
LA QUALITÀ DELL'ARIA IN MOLISE

REPORT 2016



Questo documento è stato redatto dalla U.O.C. Attività Tecniche ed Informatiche di ARPA Molise a cui fa capo la gestione della Rete regionale di Rilevamento della Qualità dell'Aria del Molise. La 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 RRQA.

Si ringrazia il personale dell'U.O.C. ATI e del Laboratorio del Dipartimento Provinciale di Campobasso dell'ARPA Molise che ha collaborato per la gestione degli apparati di rilevamento, per le indagini analitiche di laboratorio e per la verifica e la successiva elaborazione e pubblicazione dei dati

Introduzione a cura di

Antonella LAVALLE (Commissario Straordinario ARPA Molise)

Remo Manoni (Direttore Tecnico Scientifico ARPA Molise)

LA QUALITÀ DELL'ARIA IN MOLISE – REPORT 2016

AUTORI

Coordinamento generale

Antonella Lavalle - Commissario Straordinario ARPA Molise

Remo Manoni – Direttore Tecnico Scientifico ARPA Molise

Luigi Pierno – Collaboratore Tecnico Professionale ARPA Molise U.O.C. Attività Tecniche ed Informatiche

Autori

Remo Manoni – Direttore Tecnico Scientifico ARPA Molise

Luigi Pierno – Collaboratore Tecnico Professionale ARPA Molise U.O.C. Attività Tecniche ed Informatiche

Michela Presutti – Tecnico Prevenzione Ambientale Esperto ARPA Molise U.O.C. Attività Tecniche ed Informatiche

RINGRAZIAMENTI

Si ringraziano per la produzione dei dati

Roberta Capati – Collaboratore Tecnico Professionale Dipartimento Provinciale ARPA Molise di Campobasso

Vincenzo Di Iulio – Assistente Tecnico Dipartimento Provinciale ARPA Molise di Campobasso

Giovanni Guglielmi – Assistente Tecnico Dipartimento Provinciale ARPA Molise di Campobasso

Antonello Mastro Monaco – Assistente Tecnico ARPA Molise U.O.C. Attività Tecniche ed Informatiche

Ernesto Piacenti – Tecnico di laboratorio Dipartimento Provinciale ARPA Molise di Campobasso

Bernardino Principi – Responsabile Attività Laboratoristiche Dipartimento Provinciale ARPA Molise di Campobasso

Egidio Nicola Risi – Assistente Tecnico ARPA Molise U.O.C. Attività Tecniche ed Informatiche

Indice

Introduzione	3
La valutazione della qualità dell'aria	4
Sintesi	6
Contesto normativo	8
Zonizzazione	11
La rete di rilevamento della qualità dell'aria	13
La rete di rilevamento della qualità dell'aria	13
La qualità dell'aria in Molise	15
Particolato PM ₁₀ – PM _{2,5}	15
PM ₁₀	16
PM _{2,5}	23
Biossido di azoto NO ₂	25
Ozono	27
Benzene – CO – SO ₂	29
Metalli pesanti – Arsenico (As), Cadmio (Cd), Nichel (Ni), Piombo (Pb)	29
Benzo(a)pirene	30
Valutazione della qualità dell'aria – intero territorio	31
Popolazione esposta	37
Esposizione PM ₁₀	38
Esposizione ozono	41
Bibliografia	44
Indice tabelle	45
Indice figure	46
Indice grafici	47
Allegato1	48
Campagne di monitoraggio centro mobile	48
Allegato2	49
Rete Sorgenia	49
Allegato 3	50

Acronimi _____	50
Allegato4 _____	51
Stazioni di monitoraggio rete di rilevamento della qualità dell'aria _____	51
Allegato5 _____	56
La validazione dei dati _____	56
Allegato 6 _____	57
L'indice di qualità dell'aria (IQA) _____	57

Introduzione

Negli ultimi anni, secondo quanto disposto dalla normativa inerente la valutazione e gestione della qualità dell'aria ambiente, ARPA Molise ha supportato l'Ente Regione nella pianificazione delle azioni per il miglioramento della qualità dell'aria sul medio/lungo periodo e non soltanto per la gestione delle emergenze e degli eventi critici sul breve termine.

Ciò ha portato all'elaborazione della cosiddetta zonizzazione del territorio, ovvero alla suddivisione in aree, omogenee per problematiche e criticità, in cui adottare specifici piani e programmi per la tutela della salute della popolazione e degli ecosistemi ed alla conseguente elaborazione del piano regionale della qualità dell'aria (P.R.I.A.Mo.), nell'ambito del quale ARPA Molise ha lavorato in sinergia con la Regione in qualità di Soggetto Proponente.

In particolare, il processo di Valutazione Ambientale Strategica (V.A.S.), a cui il P.R.I.A.Mo. è stato sottoposto per legge, ha dato vita a un processo virtuoso di partecipazione in cui istituzioni e collettività si sono attivamente confrontati fornendo il proprio contributo concreto per la definizione di linee strategiche condivise ed efficaci.

Poiché il monitoraggio si configura come elemento sostanziale nel complesso processo di pianificazione ambientale, è stata avviata la ristrutturazione della rete di rilevamento, mediante la ridefinizione e la ricollocazione delle stazioni di misura in modo da fornire dati che siano rappresentativi dell'esposizione della popolazione.

ARPA Molise è impegnata anche nello sviluppo di sistemi e modelli di previsione della qualità dell'aria per migliorare la qualità dei sistemi ambientali. L'integrazione dell'informazione, che ARPA Molise è chiamata a dare, ha origine dal monitoraggio ambientale, dagli inventari di emissione, dai modelli e rappresenta l'approccio ottimale per la valutazione e gestione della qualità dell'aria.

La presentazione del report 2016 vuole evidenziare, non solo l'attività che ARPA Molise svolge, ma fotografare lo stato della qualità dell'aria in Molise.

Al fine di rendere più accessibili i risultati del monitoraggio, che consenta di comprendere, in modo chiaro, il significato e il valore dei dati che connotano la qualità dell'aria, sarà resa disponibile sul sito web dell'Agenzia dedicato alla qualità dell'aria, una sintesi della valutazione dell'aria ambiente del 2016.

Con l'obiettivo, infine, di favorire "l'interazione costante ed immediata tra i cittadini e l'ARPA Molise", in materia di qualità dell'aria, il personale dell'Agenzia è disponibile con chiunque voglia approfondire i contenuti del report.

La valutazione della qualità dell'aria

Come noto, la conoscenza della qualità dell'aria, è collocata in una visione integrata, dove la rete di rilevamento rappresenta uno dei tre elementi fondamentali insieme agli inventari delle emissioni e alla modellazione dei processi diffusionali e di trasformazione chimica degli inquinanti. 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 dalla rete di monitoraggio, agli inventari delle emissioni e ai dati, compresi quelli meteorologici, necessari all'impiego dei modelli di trasporto, dispersione e trasformazione chimica degli inquinanti. L'integrazione delle informazioni che hanno origine dal monitoraggio, dagli inventari di emissione e dai modelli, costituisce l'approccio ottimale alla valutazione e gestione della qualità dell'aria.

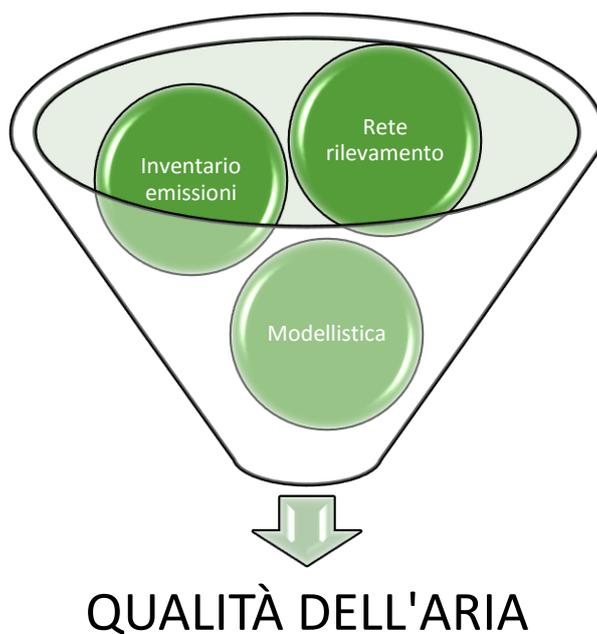


Figura 1 – rilevamento della qualità dell'aria

Di seguito si riporta il flusso di gestione dei dati e dei campioni provenienti dalla Rete di Rilevamento della Qualità dell'Aria.

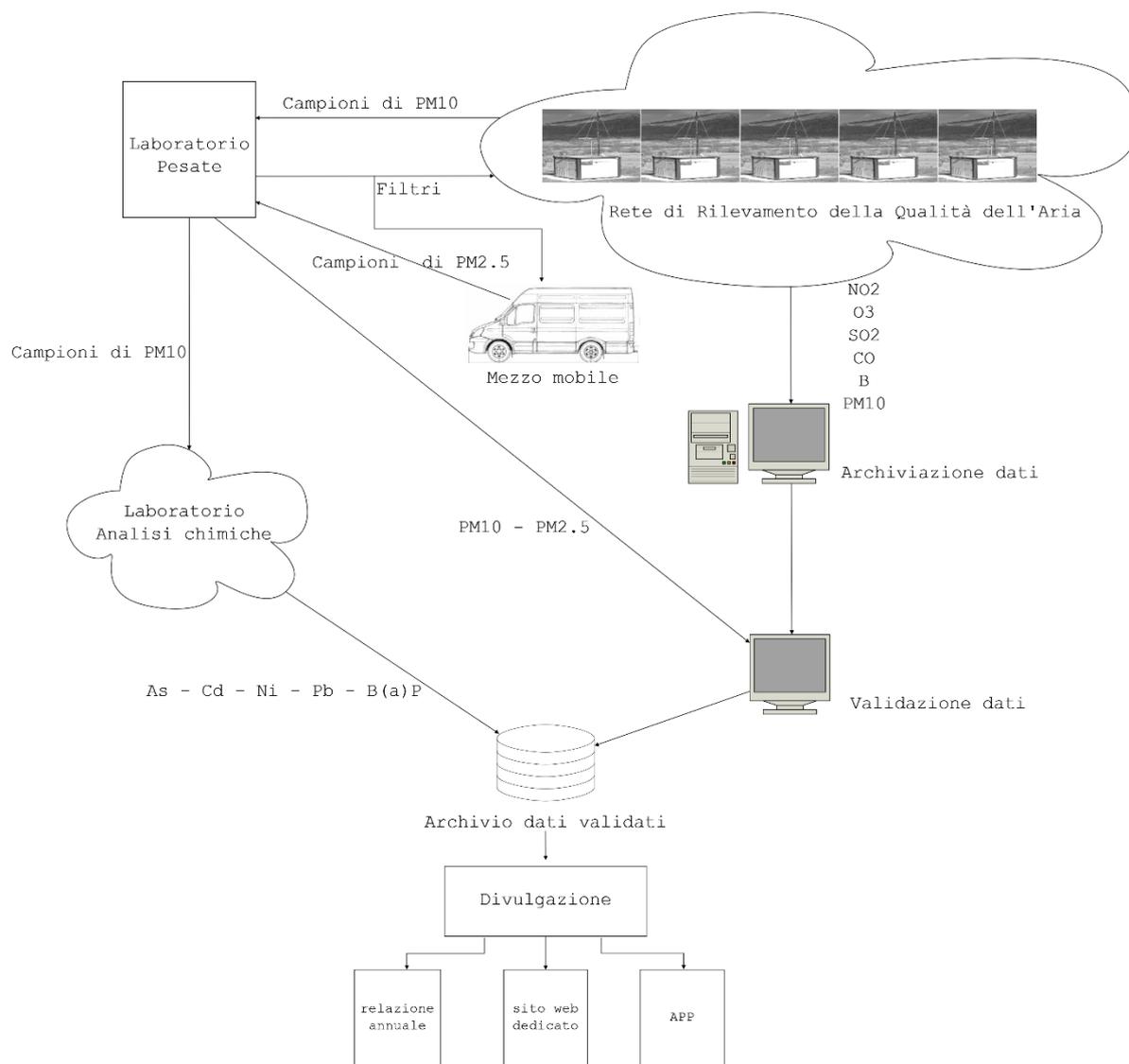


Figura 2 – flusso dati e campioni provenienti dalla RRQA

Sintesi

Rispetto agli anni precedenti, nel 2016 non sono stati superati i limiti imposti dal D. Lgs. 155/2010 per il PM₁₀ e l'NO₂ su tutto il territorio regionale. Si conferma, invece, l'ozono inquinante critico, infatti, anche nel 2016 sono stati superati gli standard normativi. Resta confermata l'assenza di criticità per gli altri inquinanti. Infine, come per il 2015 sono state effettuate campagne di monitoraggio del PM_{2.5} con l'ausilio del mezzo mobile.

-  Nessun superamento del valore limite giornaliero del PM₁₀, oltre il numero consentito.
-  Non è stato superato in nessuna parte del territorio regionale il limite annuale del PM₁₀.
-  Nessun superamento del valore limite annuale per NO₂.
-  Non è stato superato il numero consentito per il limite orario dell'NO₂.
-  Nessun superamento del valore limite del monossido di carbonio.
-  Nessun superamento del valore limite per il biossido di zolfo.
-  Nessun superamento del valore limite per il benzo(a)pirene.
-  Nessun superamento del valore limite per i metalli (As, Cd, Ni, Pb).
-  Nessun superamento del valore limite per il benzene.
-  Superamento del valore obiettivo ed a lungo termine dell'ozono.

Altro indice sintetico utilizzato in materia di qualità dell'aria è l'IQA (Indice di Qualità dell'Aria), che tiene conto in maniera integrata dei diversi inquinanti, ed è quindi utilizzato ed elaborato quotidianamente, per indicare sinteticamente lo stato dell'inquinamento atmosferico. 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: "Ottima", "Buona", "Discreta", "Mediocre", "Poco salubre", "Insalubre", "Molto insalubre", per maggiori dettagli si rimanda all'Allegato 6. Dal Grafico 1 si nota come solo in meno dell'1% dei giorni, la qualità dell'aria è risultata poco soddisfacente; in particolare, tale circostanza si è verificata nel territorio comunale di Venafro.

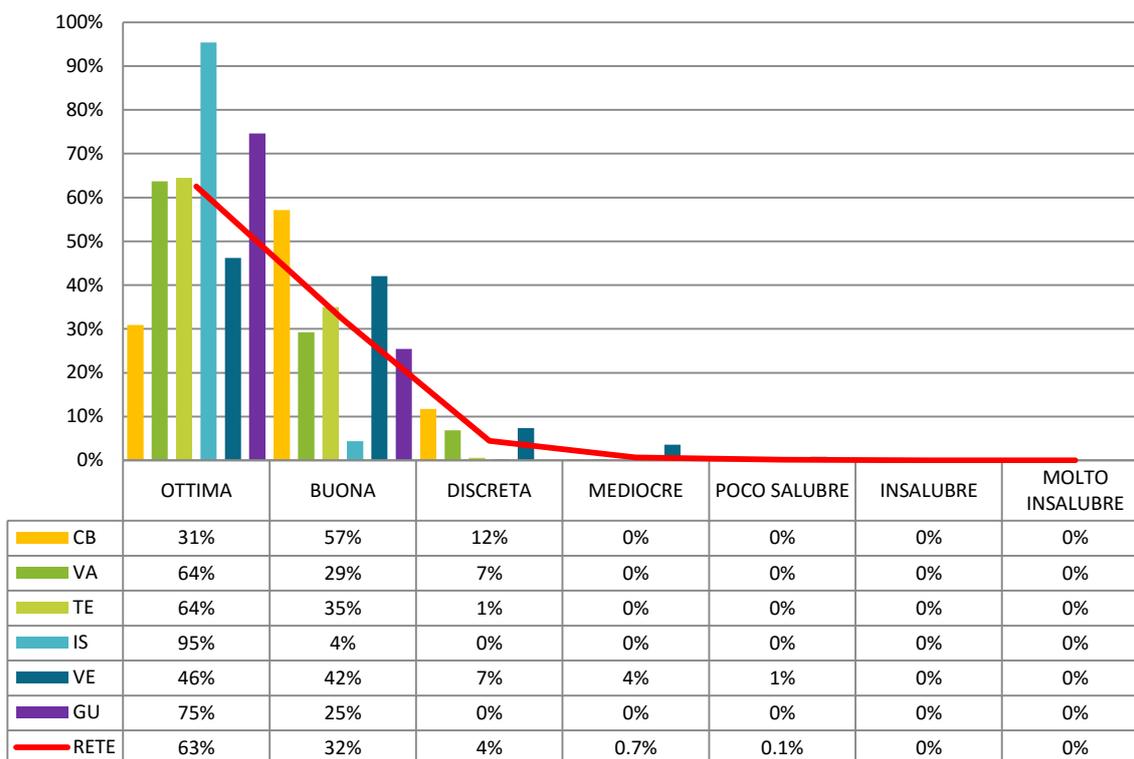


Grafico 1 – frequenza IQA aggregato per città

Contesto normativo

Nel 2008 l'approvazione della "Direttiva del Parlamento europeo e del Consiglio 2008/50/CE, del 21 maggio, relativa alla qualità dell'aria ambiente e per un'aria più pulita in Europa", ha abrogato il quadro normativo preesistente ed incorporato gli ultimi sviluppi in campo scientifico e sanitario e le esperienze degli Stati membri nella lotta contro l'inquinamento atmosferico.

Tale Direttiva è una delle misure principali proposte nella strategia tematica sull'inquinamento atmosferico adottata dalla Commissione. Lo strumento istituisce per il 2020 obiettivi ambiziosi per il miglioramento, in maniera economicamente efficace, della qualità dell'ambiente e la protezione della salute umana.

Il testo adottato riunisce di fatto in un'unica direttiva quattro precedenti Direttive (la 96/62/CE in materia di valutazione e di gestione della qualità dell'aria ambiente; la 1999/30/CE concernente i valori limite di qualità dell'aria ambiente per il biossido di zolfo, il biossido di azoto, gli ossidi di azoto, le particelle e il piombo; la 2000/69/CE concernente i valori limite per il benzene ed il monossido di carbonio nell'aria ambiente; la 2002/3/CE relativa all'ozono nell'aria) e una Decisione del Consiglio (la 97/101/CE, che instaura uno scambio reciproco di informazioni e di dati provenienti dalle reti e dalle singole stazioni di misurazione dell'inquinamento atmosferico negli Stati membri).

La Direttiva istituisce, quindi, un quadro volto a:

- fissare limiti e obiettivi concernenti la qualità dell'aria ambiente;
- stabilire metodi e sistemi comuni di valutazione della qualità dell'aria;
- disporre e diffondere informazioni sulla qualità dell'aria.

Nello specifico la Direttiva intende «evitare, prevenire o ridurre le emissioni di inquinanti atmosferici nocivi e definire adeguati obiettivi per la qualità dell'aria ambiente», ai fini della tutela della salute umana e dell'ambiente nel suo complesso. Si tratta di combattere «alla fonte» l'emissione di inquinanti e di definire misure più efficaci a livello locale, nazionale e comunitario. Ha, inoltre, lo scopo di valutare la qualità dell'aria ambiente negli Stati membri sulla base di metodi e criteri comuni, nonché ottenere informazioni per contribuire alla lotta contro l'inquinamento dell'aria e gli effetti nocivi e per monitorare le tendenze a lungo termine e i miglioramenti ottenuti con l'applicazione delle misure nazionali e comunitarie. Mira, poi, a garantire che le informazioni siano messe a disposizione del pubblico e ad incoraggiare una maggiore cooperazione tra gli Stati membri nella lotta contro l'inquinamento atmosferico. Rispetto ai diversi inquinanti, il nuovo testo riprende i limiti precedentemente vigenti e fissa nuovi valori per il PM_{2,5} definendo le tempistiche per la loro applicazione, mentre per arsenico, cadmio e nichel tali indicazioni sono riportate nella Direttiva 2004/107/CE (in Italia recepita dal D. Lgs. 152/2007).

In Italia la Direttiva 2008/50/CE è stata recepita con il Decreto Legislativo 13 Agosto 2010, n. 155. Tale Decreto costituisce un testo unico sulla qualità dell'aria, andando a comprendere anche i contenuti del D. Lgs. 152/2007.

Nella tabella che segue si riportano i valori limite o obiettivo definiti dal D. Lgs. 155/2010 per gli inquinanti normati ai fini della protezione della salute umana.

Inquinante	Concentrazione	Periodo di mediazione	Superamenti annui permessi
PM _{2,5}	25 µg/m ³	1 anno	-
SO ₂	350 µg/m ³	1 ora	24
	125 µg/m ³	24 ore	3
NO ₂	200 µg/m ³	1 ora	18
	40 µg/m ³	1 anno	-
PM ₁₀	50 µg/m ³	24 ore	35
	40 µg/m ³	1 anno	-
Piombo	0.5 µg/m ³	1 anno	-
CO	10 mg/m ³	Massimo giornaliero su media mobile 8 ore	-
BENZENE	5 µg/m ³	1 anno	-
Ozono	120 µg/m ³	Massimo giornaliero su media mobile 8 ore	25 su una media di 3 anni
Arsenico (As)	6 ng/m ³	1 anno	-
Cadmio (Cd)	5 ng/m ³	1 anno	-
Nichel (Ni)	20 ng/m ³	1 anno	-
benzo(a)pirene	1 ng/m ³	1 anno	-

Tabella 1 – valori limite e valori obiettivo D. Lgs. 155/2010

Il Decreto 155/2010, ai fini del raggiungimento degli obiettivi individuati, ha previsto quattro fasi fondamentali:

- la zonizzazione del territorio in base a densità emissiva, caratteristiche orografiche e meteorologiche, grado di urbanizzazione;
- la rilevazione e il monitoraggio del livello di inquinamento atmosferico;
- l'adozione, in caso di superamento dei valori limite, di misure di intervento sulle sorgenti di emissione;
- il miglioramento generale della qualità dell'aria.

Il D.Lgs. 155/10 stabilisce:

- i valori limite per le concentrazioni nell'aria ambiente di biossido di zolfo, biossido di azoto, benzene, monossido di carbonio, piombo e PM₁₀;
- le soglie di allarme per le concentrazioni nell'aria ambiente di biossido di zolfo e biossido di azoto e ozono;
- la soglia di informazione, valori obiettivo e obiettivi a lungo termine per l'ozono;
- il valore limite e il valore obiettivo per il PM_{2,5};

- i valori obiettivo per le concentrazioni nell'aria ambiente di arsenico, cadmio, nichel e benzo(a)pirene, idrocarburi policiclici aromatici.

In tema di pianificazione e programmazione, il D. Lgs. 155/10 disciplina le attività che necessariamente devono essere sviluppate per consentire il raggiungimento dei valori limite e il perseguimento dei valori obiettivo di qualità dell'aria. Il Decreto prevede, in via innovativa, che tali Piani debbano agire sull'insieme delle principali sorgenti di emissione, ovunque ubicate, aventi influenza sulle aree di superamento, senza l'obbligo di estendersi all'intero territorio della zona o agglomerato, né di limitarsi a tale territorio.

Si prevede anche la possibilità di adottare misure di risanamento nazionali, qualora tutte le possibili misure contenute nei Piani regionali non possano assicurare il raggiungimento dei valori limite in aree di superamento ove sia determinante l'impatto di sorgenti su cui le Regioni e le Province Autonome non esercitano competenza amministrativa e legislativa. In tali casi è convocato, presso la Presidenza del Consiglio dei Ministri, su richiesta del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare (MATTM), un Comitato Tecnico con il compito di presentare un programma di misure di carattere nazionale alla cui elaborazione partecipano anche i Ministeri competenti su specifici settori emissivi, quali i trasporti, l'energia, le attività produttive e l'agricoltura

Zonizzazione

Con D.G.R. n. 375 del 01 agosto 2014 è stata approvata la zonizzazione del territorio molisano, così come previsto dal D. Lgs. 155/10. L'attività di zonizzazione, in recepimento dei principi disposti dalla Direttiva Comunitaria 2008/50/CE e dal conseguente D. Lgs. 155/2010, si inserisce alla base di un più ampio ambito di pianificazione articolata al fine di garantire una strategia unitaria in materia di valutazione e gestione della qualità dell'aria ambiente per l'intero territorio nazionale.

Le zone individuate sono le seguenti:

Zona denominata "Area collinare" - codice zona IT1402

Zona denominata "Pianura (Piana di Bojano – Piana di Venafro)" - codice zona IT1403

Zona denominata "Fascia costiera" – codice zona IT1404

Zona denominata "Ozono montano-collinare" – codice zona IT1405

Le zone individuate con i codici IT1402, IT1403 ed IT1404 sono relative alla zonizzazione degli inquinanti di cui al comma 2 dell'articolo 1 del Decreto Legislativo 155/2010. Per la zonizzazione relativa all'ozono, poi, sono state individuate due zone, una coincidente con la zona individuata dal codice IT1404 ed una individuata dal codice IT1405.

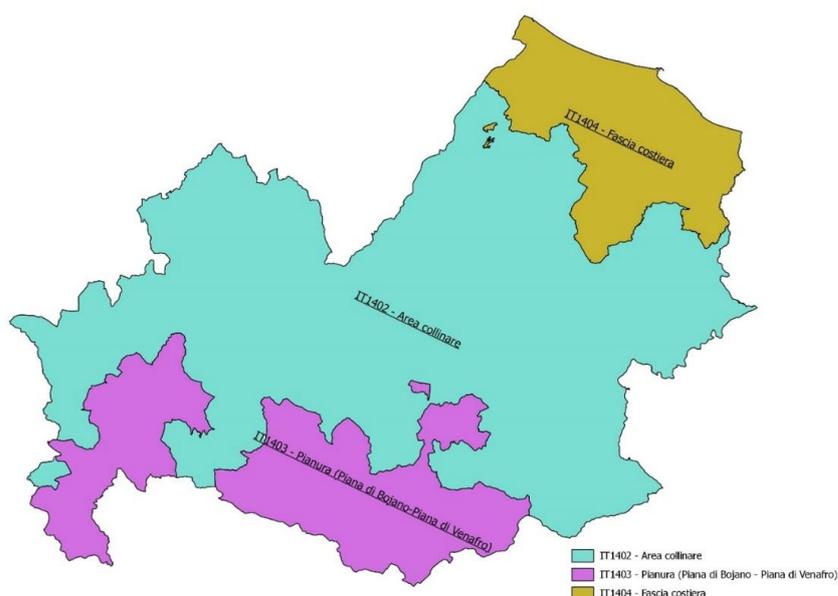


Figura 3 – zonizzazione Molise escluso ozono

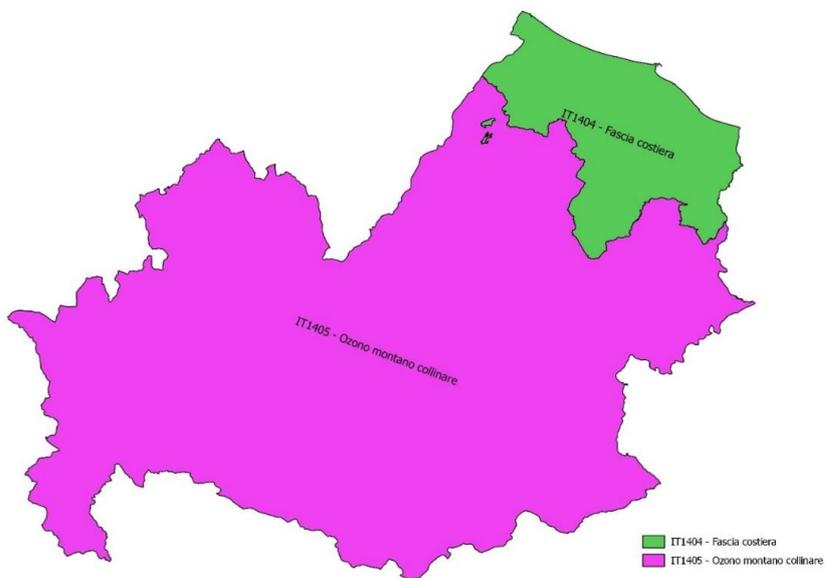


Figura 4 - zonizzazione Molise per l'ozono

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 fisse di monitoraggio, dal 2015 la rete è affiancata da strumenti modellistici di previsione e valutazione della qualità dell'aria in grado di fornire una informazione più completa ed estesa anche a porzioni di territorio prive, ad oggi, di notizie sullo stato del tasso di inquinamento dell'aria.

LA RETE DI RILEVAMENTO DELLA QUALITÀ DELL'ARIA

Per la valutazione della qualità dell'aria ci si avvale, sin dal 2006, di una rete di rilevamento composta da 11 stazioni, anche se dal 2010 la stazione denominata Isernia2 è in attesa di riallocazione. Ad integrazione delle misurazioni della rete fissa, inoltre, viene utilizzato un centro mobile che, dal 2015, monitora il PM_{2.5}. Nella tabella seguente si riporta la tipologia, la localizzazione e gli inquinanti monitorati per ognuna delle stazioni.

Denominazione stazione	Localizzazione	Tipologia	Inquinanti misurati
Campobasso1 – CB1	Piazza Cuoco (CB)	Traffico	NO _x , SO ₂ , CO, PM ₁₀ , BTX.
Campobasso3 – CB3	Via Lombardia	Background	NO _x , PM ₁₀ , O ₃ , BTX, As, Cd, Ni, Pb, B(a)P
Campobasso4 – CB4	Via XXIV Maggio	Background	NO _x , CO, O ₃ .
Termoli1 – TE1	Piazza Garibaldi	Traffico	NO _x , SO ₂ , CO, PM ₁₀ , BTX, As, Cd, Ni, Pb, B(a)P
Termoli2 – TE2	Via Martiri della Resistenza	Traffico	NO _x , PM ₁₀ , O ₃ , BTX.
Isernia1 – IS1	Piazza Puccini	Traffico	NO _x , SO ₂ , CO, PM ₁₀ , BTX.
Isernia2 ¹ – IS2	Via Aldo Moro	Background	NO _x , O ₃ , PM ₁₀ , BTX.
Venafro1 – VE1	Via Colonia Giulia	Traffico	NO _x , SO ₂ , CO, PM ₁₀ , BTX.
Venafro2 – VE2	Via Campania	Background	NO _x , PM ₁₀ , O ₃ , BTX, As, Cd, Ni, Pb, B(a)P
Guardiaregia ² – GU	Arcichiaro	Background	NO _x , SO ₂ , O ₃ .
Vastogirardi – VA	Monte di Mezzo	Background	NO _x , PM ₁₀ , O ₃ , As, Cd, Ni, Pb, B(a)P

Tabella 2 – composizione rete monitoraggio della qualità dell'aria

¹ La stazione ISERNIA2 è attualmente ferma in attesa di ricollocazione.

² 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.

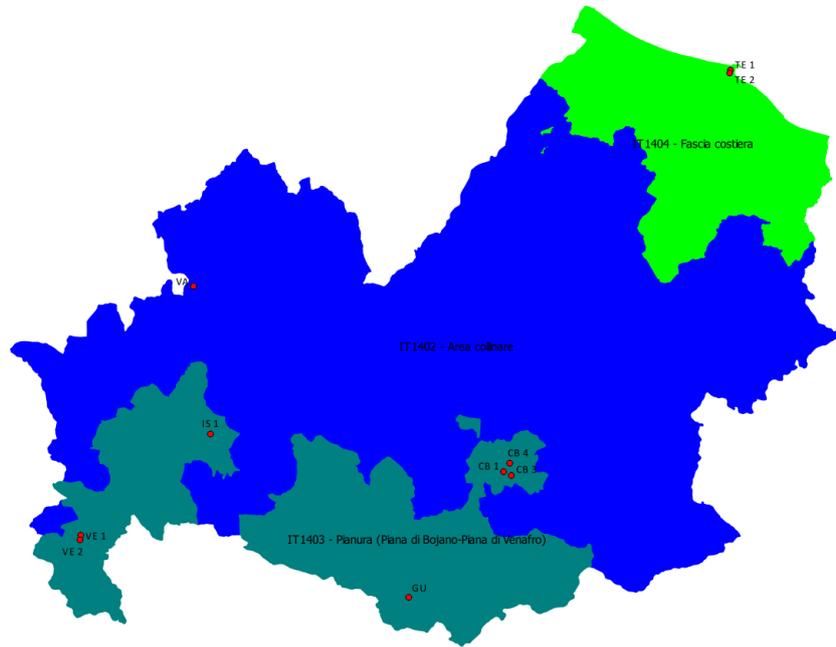


Figura 5 – dislocazione stazioni di monitoraggio qualità dell'aria al 2016

La qualità dell'aria in Molise

PARTICOLATO PM₁₀ – PM_{2.5}

Caratteristiche e sorgenti

Il particolato è costituito dall'insieme di tutto il materiale non gassoso, solido o liquido, in sospensione nell'aria ambiente. La natura delle particelle è molto varia: composti organici o inorganici di origine antropica, materiale organico proveniente da vegetali (pollini e frammenti di foglie ecc.), materiale inorganico proveniente dall'erosione del suolo o da manufatti (frazioni dimensionali più grossolane) ecc....

Nelle aree urbane, o comunque con una significativa presenza di attività antropiche, il materiale particolato può avere origine anche da lavorazioni industriali (fonderie, inceneritori ecc.), dagli impianti di riscaldamento, dall'usura dell'asfalto, degli pneumatici, dei freni e dalle emissioni di scarico degli autoveicoli, in particolare quelli con motore diesel.

Il particolato, oltre alla componente primaria emessa come tale, è costituito anche da una componente secondaria che si forma in atmosfera a partire da altri inquinanti gassosi, ad esempio gli ossidi di azoto e il biossido di zolfo, o da composti gassosi / vapori di origine naturale. La componente secondaria può arrivare a costituire la frazione maggiore del particolato misurato. I due parametri del particolato, per i quali la normativa vigente prevede il monitoraggio, sono il PM₁₀ e il PM_{2.5}; il primo è costituito dalle particelle aventi diametro aerodinamico minore od uguale a 10 µm mentre il PM_{2.5}, che rappresenta una frazione del PM₁₀, è costituito dalle particelle aventi diametro aerodinamico minore od uguale a 2.5 µm.

Effetti sulla salute

Il particolato nel suo complesso costituisce il veicolo di diffusione di composti tossici, come il benzo(a)pirene) e i metalli. Il rischio sanitario legato al particolato dipende, oltre che dalla sua concentrazione e composizione chimica, anche dalle dimensioni delle particelle stesse. Le particelle di dimensioni inferiori costituiscono un pericolo maggiore per la salute umana, in quanto possono penetrare in profondità nell'apparato respiratorio. In prima approssimazione:

- le particelle con diametro aerodinamico superiore ai 10 µm si fermano nelle prime vie respiratorie;
- le particelle con diametro aerodinamico tra i 2.5 e i 10 µm (frazione del particolato denominata "coarse") raggiungono la trachea ed i bronchi;
- le particelle con diametro aerodinamico inferiore ai 2.5 µm (frazione del particolato denominata "fine" o PM_{2.5}) raggiungono gli alveoli polmonari.

Gli studi epidemiologici hanno mostrato una correlazione tra le concentrazioni di particolato in aria ambiente e la manifestazione di malattie croniche o di effetti acuti alle vie respiratorie: in particolare asma, bronchiti, enfisemi e anche danni al sistema cardiocircolatorio.

PM₁₀

Limiti

	Concentrazione	Periodo di mediazione	Superamenti annui permessi
PM ₁₀	50 µg/m ³	24 ore	35
	40 µg/m ³	1 anno	-

Tabella 3 - limiti D.Lgs. 155/2010 PM₁₀

Dati del monitoraggio

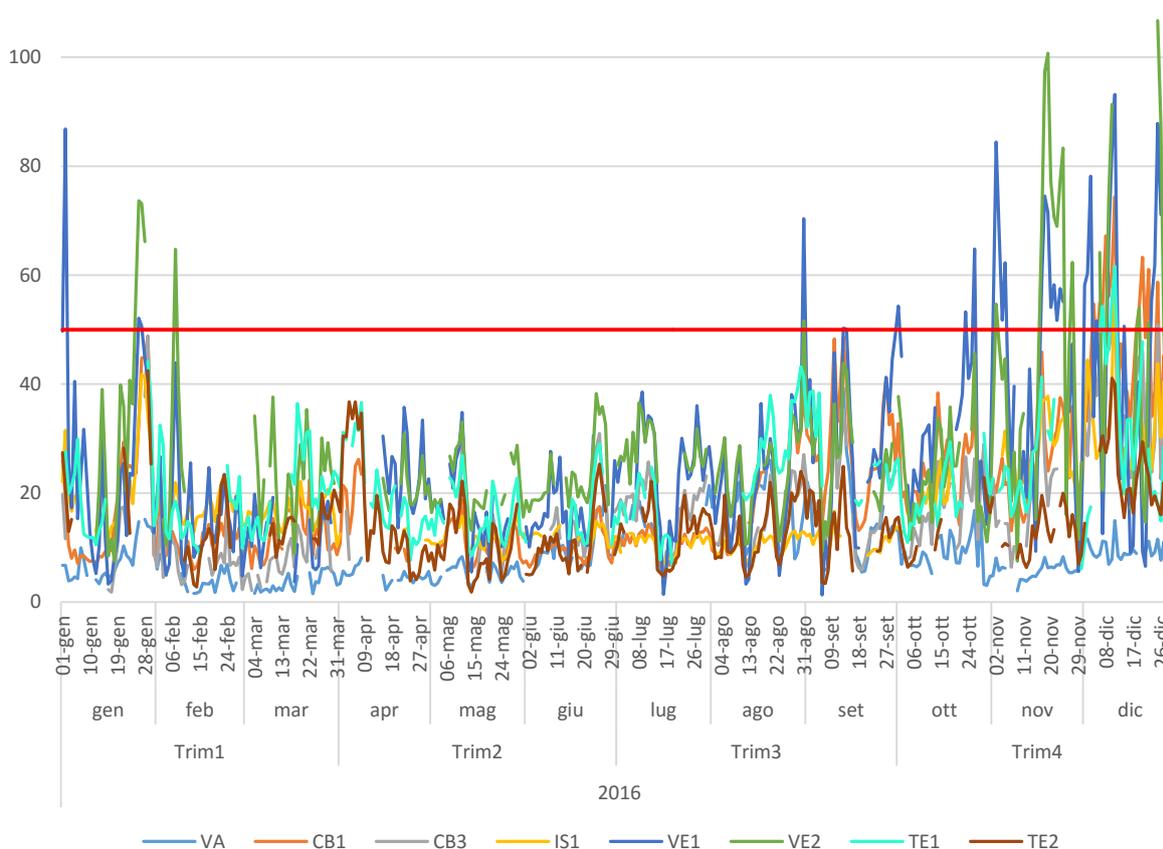


Grafico 2 – medie giornaliere PM₁₀ tutte le stazioni

	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
	2014	5	2	3	4	10	33	44	0
	2015	0	1	2	6	3	41	27	0
	2016	11	2	3	0	1	32	24	0

Tabella 4 - superamenti limiti giornalieri PM₁₀

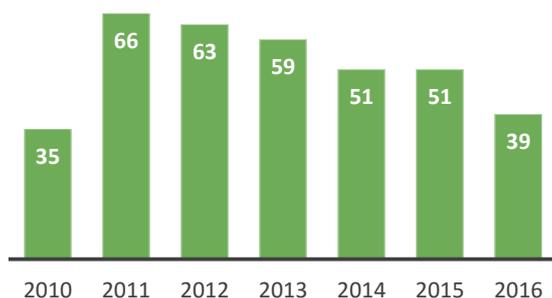


Grafico 3 – superamenti medie giornaliere Venafrò

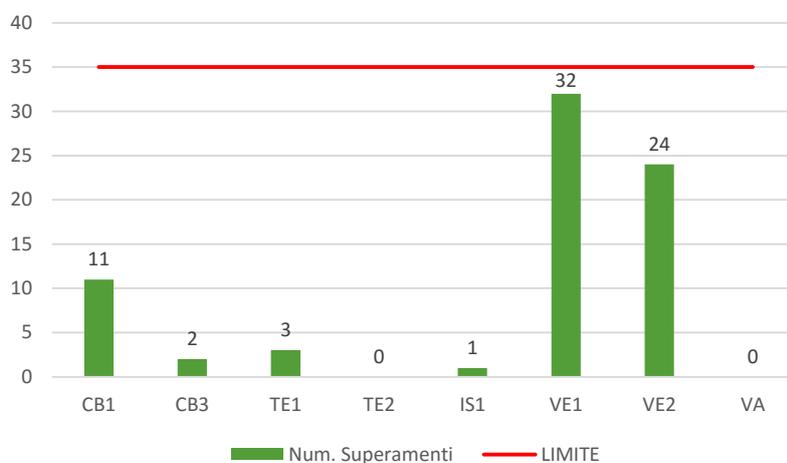


Grafico 4 – numero superamenti PM₁₀

STAZIONI	2014		2015		2016	
	Media annuale (µg/m ³)	Copertura dati (%)	Media annuale (µg/m ³)	Copertura dati (%)	Media annuale (µg/m ³)	Copertura dati (%)
CB1	18	96	17	85	20	94
CB3	17	93	15	78	17	73
TE1	18	79	20	67	21	74
TE2	20	54	19	88	14	79
IS1	27	58	19	75	17	83
VE1	24	90	23	90	26	87
VE2	28	67	25	77	29	74
VA	8	47	9	12	8	84

Tabella 5 – media annuale e copertura dati PM₁₀

CB3		TE1		VE2		VA	
continuo	gravimetrico	continuo	gravimetrico	continuo	gravimetrico	continuo	gravimetrico
2	3	3	8	24	31	0	0

Tabella 6 - confronto superamenti limiti giornalieri metodo gravimetrico e continuo

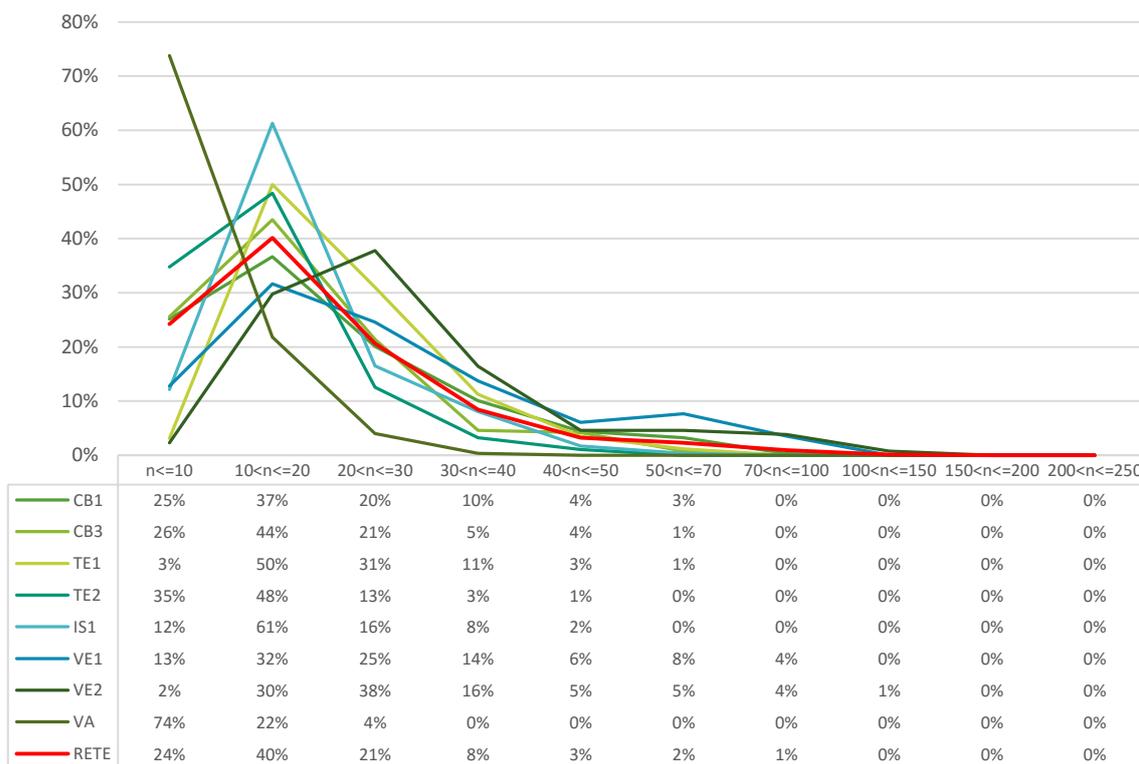


Grafico 5 – frequenze medie giornaliere PM₁₀

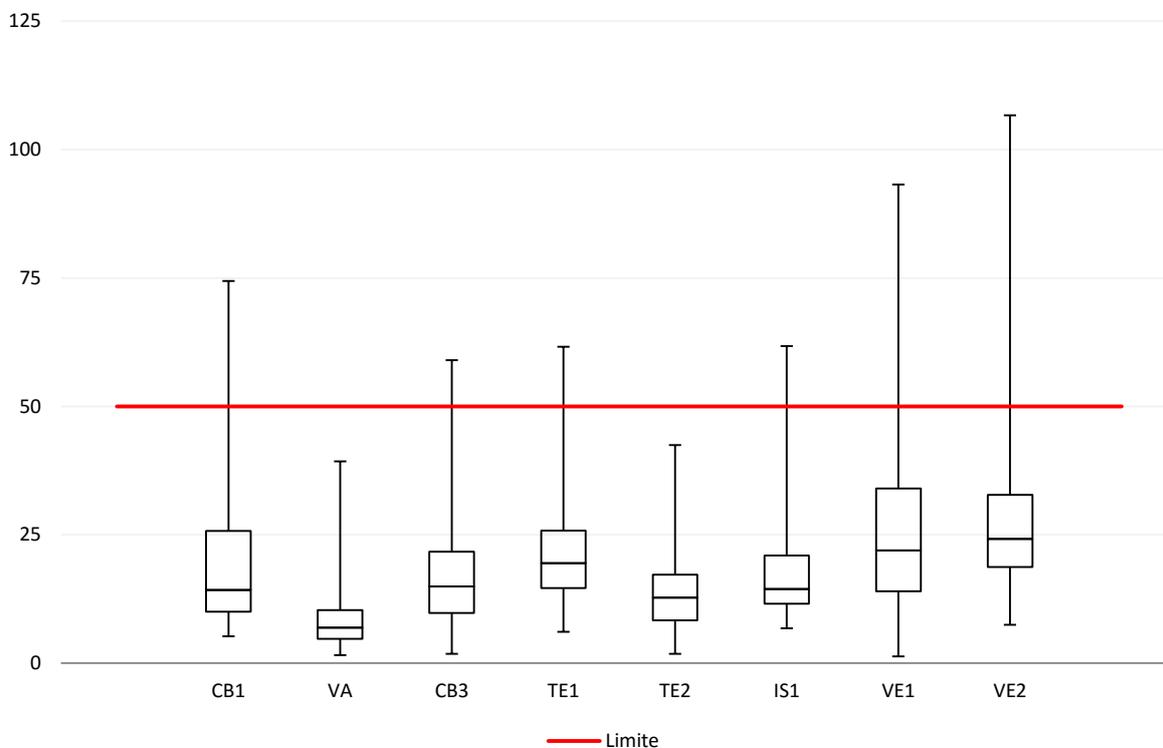


Grafico 6 – box-plot medie giornaliere PM₁₀

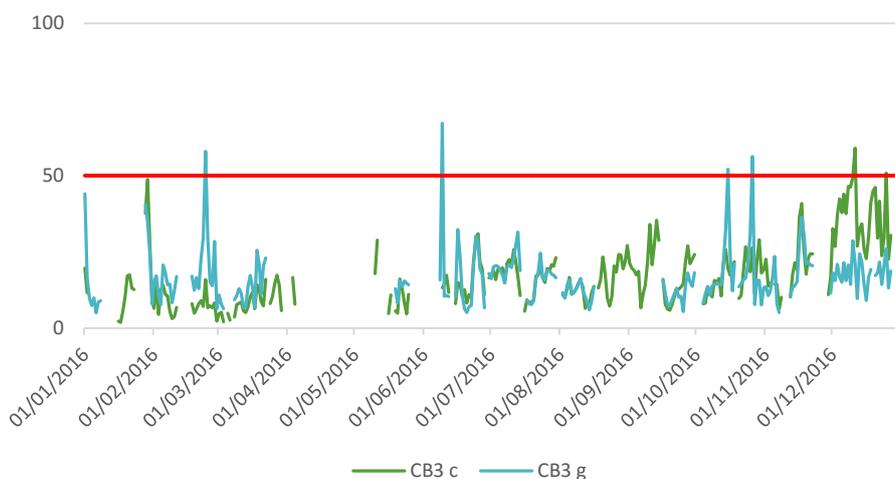


Grafico 7 – confronto medie giornaliere continuo vs gravimetrico - Campobasso

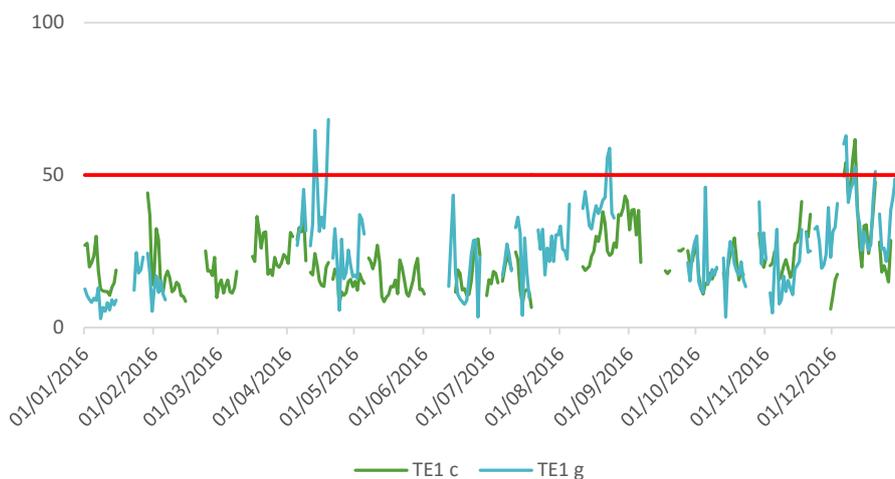


Grafico 8 - confronto medie giornaliere continuo vs gravimetrico - Termoli

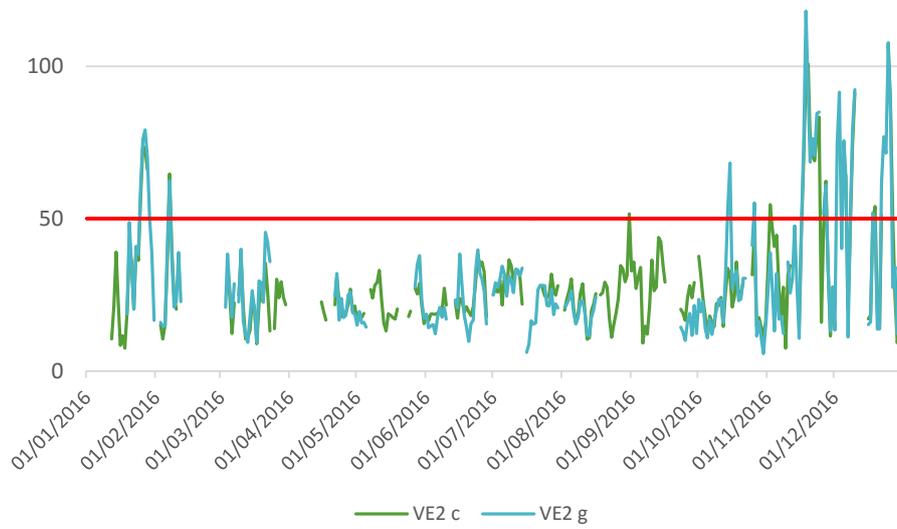


Grafico 9 - confronto medie giornaliere continuo vs gravimetrico - Venafro

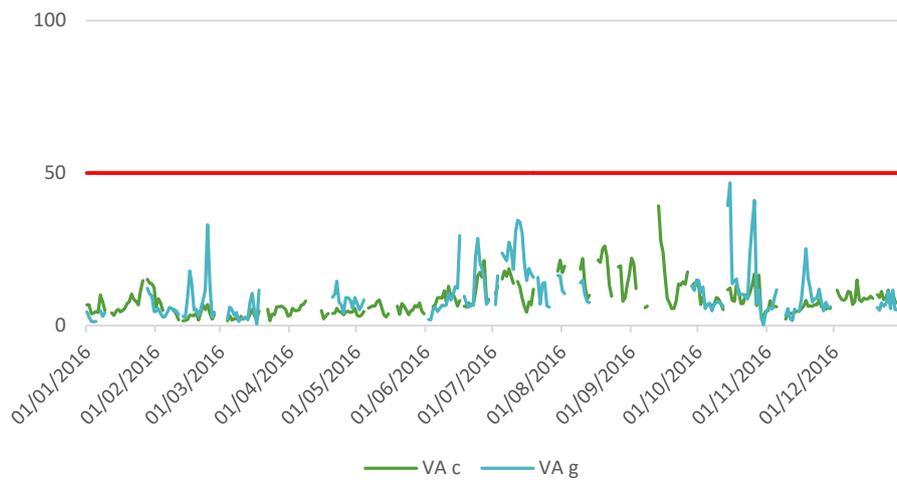


Grafico 10 - confronto medie giornaliere continuo vs gravimetrico - Vastogirardi

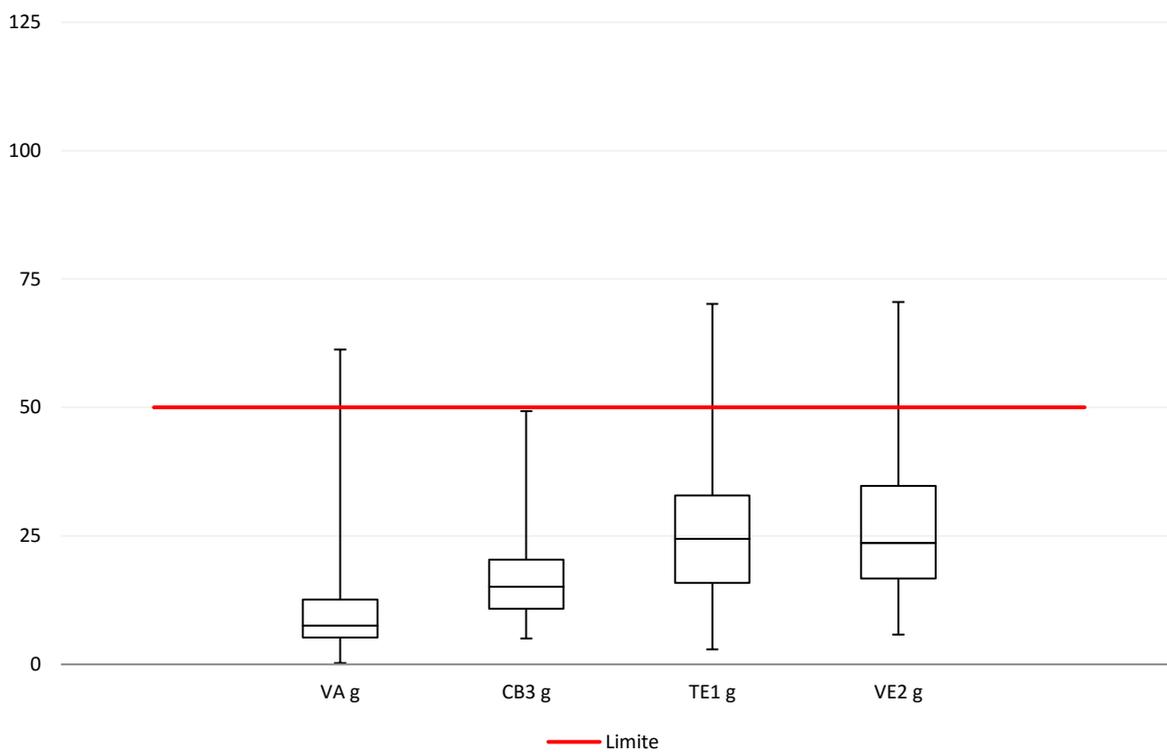


Grafico 11 – box-plot medie giornaliere PM₁₀ metodo gravimetrico

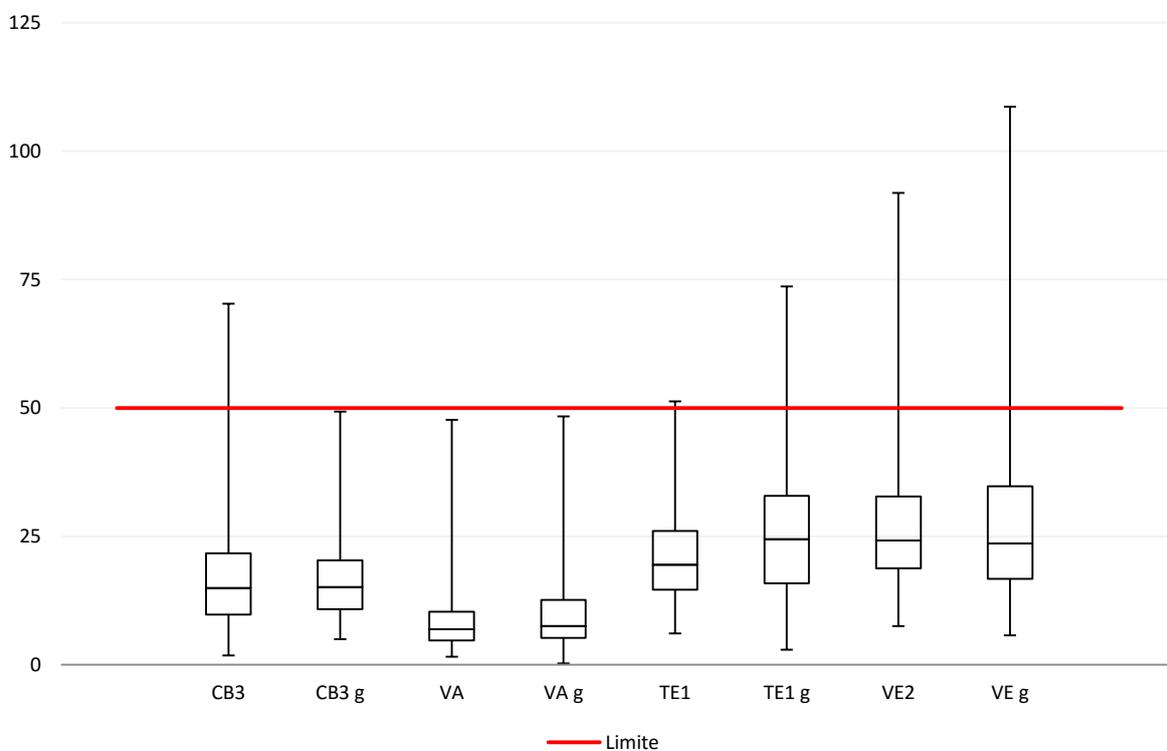


Grafico 12 – confronto box-plot medie giornaliere PM₁₀ metodi gravimetrico e continuo

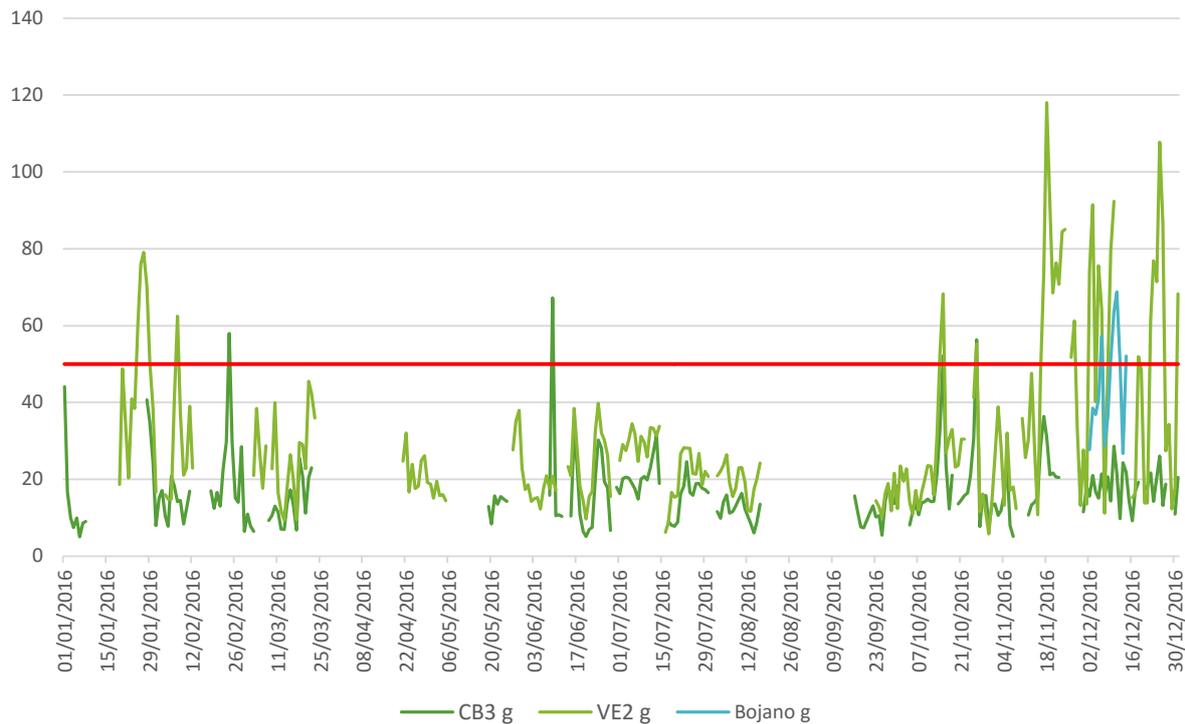


Grafico 13 – confronto gravimetriche PM₁₀ Zona IT1403

Commento ai dati

Com'è evidente dal Grafico 2 e dalla Tabella 4, si sono verificati superamenti del limite giornaliero per il PM₁₀, ma non oltre il numero consentito dalla normativa (Grafico 4) in tutto il territorio regionale; è stato, pertanto, rispettato il limite consentito dal D. Lgs. 155/2010; infatti, anche le stazioni installate nel territorio comunale di Venafro hanno segnalato un numero di superamenti non superiore a 35. Per ciò che riguarda il limite annuale, anche quest'anno nessuna stazione ha fatto registrare valori superiori alla soglia consentita dei 40 µg/m³ (Tabella 5).

Com'è evidente dal Grafico 5, quasi tutte le stazioni, fa eccezione Vastogirardi, presentano la frequenza maggiore delle medie giornaliere in corrispondenza di concentrazioni inferiori a 20 µg/m³. Dalla tabella in calce emerge che il 97% delle medie giornaliere misurate dalla rete è inferiore a 50 µg/m³. Le stazioni di Venafro presentano, ovviamente, le frequenze maggiori dei valori delle medie giornaliere superiori a 50 µg/m³.

Dall'analisi del box-plot del Grafico 6, si evince che Vastogirardi (VA) è la stazione che presenta la variabilità delle medie giornaliere più contenuta. La stazione Venafro1 (VE1) è quella che presenta una dispersione più alta rispetto alle altre che presentano una variabilità paragonabile. Sempre Venafro1, inoltre, presenta una distribuzione asimmetrica delle medie giornaliere (distanze diverse tra ciascun quartile e la mediana), insieme alla stazione Campobasso1 (CB1).

Presso le stazioni dove è svolto il monitoraggio dei metalli e del B(a)P (CB3, VE2, TE1, VA), si esegue anche il monitoraggio del PM₁₀ con metodo gravimetrico. Da un confronto dei dati, riportati nei Grafico 7-Grafico 8, si evince che, tranne che per degli hot-spot, le due tipologie di monitoraggio (continuo e

gravimetrico) rendono gli stessi valori. Dal Grafico 12 si nota come il monitoraggio con i due metodi presenta una dispersione paragonabile.

Nel Grafico 13 sono riportate le campagne gravimetriche effettuate nella Zona IT1403 (CB3, VE2 e Bojano). È possibile distinguere, nel periodo gennaio-febbraio, per VE2 valori più elevati rispetto a CB3. Nel periodo novembre-dicembre, si notano valori più elevati a Bojano e a Venafro rispetto ai valori registrati a CB3. Nel periodo estivo, invece, si nota lo stesso andamento per CB3 e VE2 con valori pressoché uguali, a parte un episodio verificatosi il 09/06/2016 quando è stato registrato un superamento della media giornaliera a CB3 misurando un valore di 67 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Nella Tabella 6 è stato riportato un confronto tra i superamenti delle medie giornaliere con i due metodi. Si nota una leggera differenza per le stazioni di Venafro e Termoli. Per Venafro, in un periodo (01-05 dicembre) non sono disponibili i dati del monitoraggio in continuo e tenendo presente che nello stesso periodo la stazione VE1 ha fatto registrare 4 superamenti, verosimilmente anche VE2 avrebbe registrato lo stesso numero di sforamenti della media giornaliera e quindi lo scarto tra i due metodi è più basso di quello riportato in tabella. Si sottolinea, comunque, che nemmeno con il monitoraggio gravimetrico si sono avuti superamenti oltre la soglia consentita.

PM_{2.5}

Limiti

	Concentrazione	Periodo di mediazione	Superamenti annui permessi
PM _{2.5}	25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	1 anno	-

Tabella 7 - limiti D.Lgs. 155/2010 PM_{2.5}

Dati del monitoraggio

Il monitoraggio del PM_{2.5} avviene con l'ausilio del centro mobile posizionato nelle immediate vicinanze delle stazioni indicate nella tabella seguente, utilizzando il metodo di riferimento gravimetrico. Il monitoraggio effettuato con il centro mobile non permette il confronto con il valore limite annuale, ma da soltanto una indicazione sui livelli di PM_{2.5} in aria ambiente.

Stazione	Periodo	Zona
Bojano Via Colle Bellavista (Piazzale A.S.Re.M.)	1° campagna dal 15 novembre al 28 novembre	IT 1403
Venafro2	1° campagna dal 01 luglio al 14 luglio	IT 1403
Vastogirardi	1° campagna dal 27 ottobre al 13 novembre	IT 1402
Termoli2	1° campagna dal 05 aprile al 19 aprile	IT 1404
	2° campagna dal 04 giugno al 18 giugno	

Tabella 8 – cronologia campagne di monitoraggio PM_{2.5}

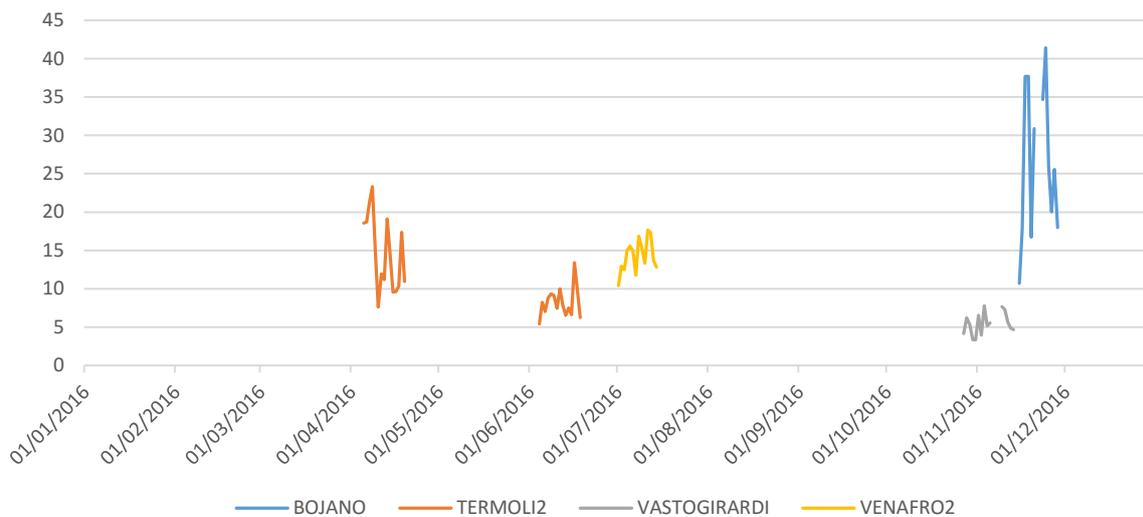


Grafico 14 – PM_{2.5} - regionale

Stazione	Periodo	Concentrazione (µg/m ³)	Media località (µg/m ³)
Bojano	1° campagna dal 15 novembre al 28 novembre	26	26
Venafro2	1° campagna dal 01 luglio al 14 luglio	14	14
Vastogirardi	1° campagna dal 27 ottobre al 13 novembre	5	5
Termoli2	1° campagna dal 05 aprile al 19 aprile	15	11
	2° campagna dal 04 giugno al 18 giugno	8	

Tabella 9 – risultati monitoraggio PM_{2.5}

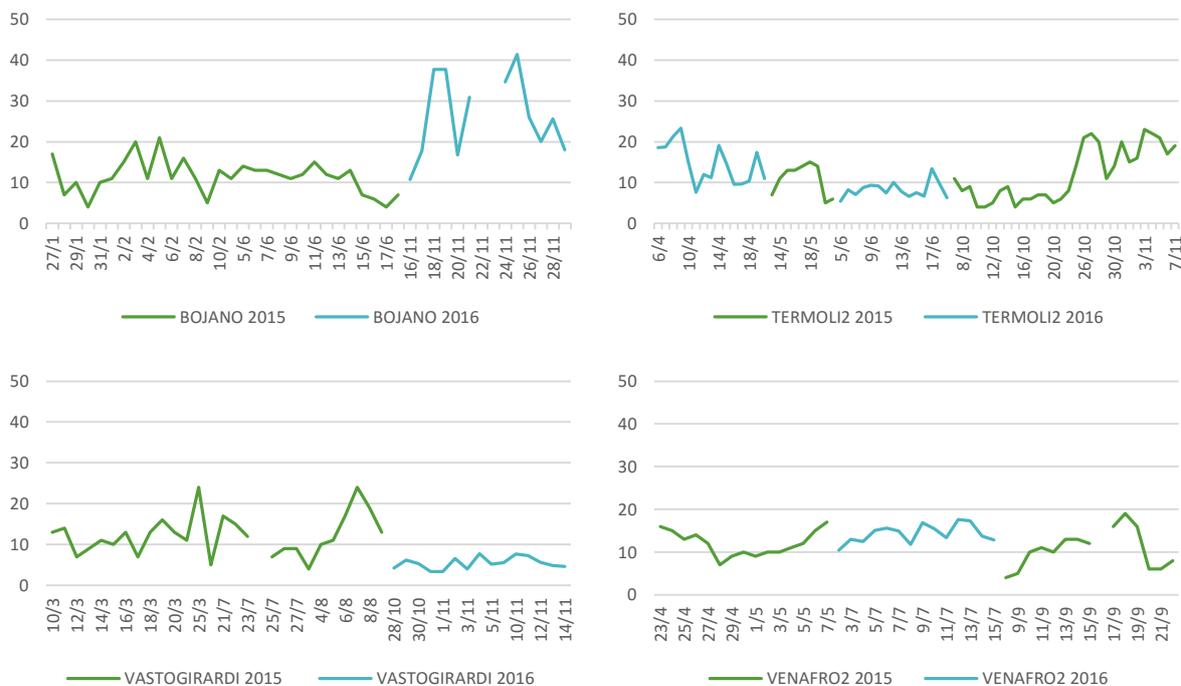


Grafico 15 – confronti PM_{2.5} 2015/2016

Commento ai dati

Complessivamente, nel 2016 sono state effettuate 5 campagne di monitoraggio del PM_{2.5}, distribuite secondo la Tabella 9. I valori più alti sono stati registrati nella campagna di monitoraggio svolta a Bojano. Da un confronto con i dati delle campagne del 2015 (Grafico 15), sebbene il confronto è fatto con stagioni diverse, si nota che a Bojano sono stati registrati valori più alti nel 2016; mentre, a Vastogirardi si sono registrati valori più bassi. A Termoli e Venafro, invece, i valori misurati nel 2016 sono in linea con quelli registrati nell'anno precedente.

BIOSSIDO DI AZOTO NO₂

Caratteristiche e sorgenti

Tutte le forme di combustione, in particolare quelle «magre», cioè a minor rapporto combustibile comburente, rappresentano una sorgente di ossidi di azoto. A livello nazionale la principale sorgente di ossidi di azoto è costituita dai trasporti su strada e dalle altre sorgenti mobili, seguite dalla combustione non industriale, dalla combustione industriale, dalla produzione di energia. Va inoltre precisato che, mentre le emissioni associate a realtà industriali (produzione di energia e combustione industriale) sono solitamente convogliate, le emissioni associate ai trasporti su strada, essendo diffuse, contribuiscono maggiormente all'incremento delle concentrazioni osservate dalle reti di monitoraggio. Gli ossidi di azoto sono principalmente composti da monossido di azoto che, essendo estremamente reattivo, si ossida rapidamente dando origine al biossido di azoto che entra in un complesso sistema di reazioni chimiche fortemente condizionate anche dai determinanti meteorologici (temperatura, umidità e radiazione solare in primis).

Effetti sulla salute

Tra gli ossidi di azoto (NO ed NO₂), i maggiori effetti sulla salute umana sono ascrivibili al biossido di azoto (NO₂), anche se il monossido di azoto può avere comunque degli effetti diretti e indiretti sulla salute umana, contribuendo ad aumentare la pressione sanguigna. Gli effetti dell'NO₂ sulla salute umana possono distinguersi in effetti acuti e effetti a lungo termine. Gli effetti acuti dell'NO₂ sull'apparato respiratorio comprendono la riacutizzazione di malattie infiammatorie croniche delle vie respiratorie e ad una generale riduzione della funzionalità polmonare. Recentemente sono stati definiti i possibili effetti dell'NO₂ sull'apparato cardio-vascolare come capacità di indurre patologie ischemiche del miocardio, scompenso cardiaco e aritmie cardiache. Gli effetti a lungo termine includono alterazioni polmonari a livello cellulare e tessutale e aumento della suscettibilità alle infezioni polmonari batteriche e virali. Non si hanno invece evidenze di associazione con tumori maligni o danni allo sviluppo fetale.

Limiti

Inquinante	Concentrazione	Periodo di mediazione	Superamenti annui permessi
NO ₂	200 µg/m ³	1 ora	18
	40 µg/m ³	1 anno	-

Tabella 10 – limiti D.Lgs. 155/2010 NO₂

Dati del monitoraggio

Indicatori	ZONE									
	IT1402	IT1403							IT1404	
	VA	CB1	CB3	CB4	IS1	VE1	VE2	GU	TE1	TE2
Superamenti soglia allarme (#)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Superamenti media oraria (#)	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0
Media annuale (µg/ m ³)	4	39	24	23	23	35	26	6	23	33
Copertura dati (%)	86	98	93	99	95	95	94	95	83	95

Tabella 11 – statistiche NO₂ 2016

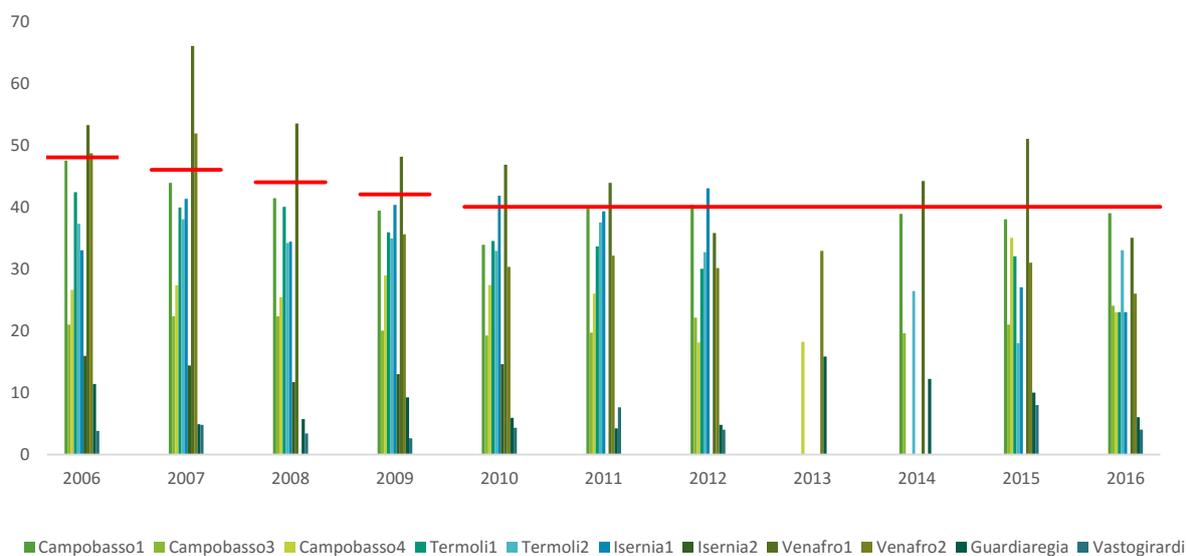


Grafico 16 – medie annuali NO₂ – 2006/2016

	ZONE											
	IT1402	IT1403								IT1404		LIMITE
	VA	CB1	CB3	CB4	IS1	IS2	VE1	VE2	GU	TE1	TE2	
2006	4	48	21	27	33	16	53	49	11	42	37	48
2007	5	44	22	27	41	14	66	52	5	40	38	46
2008	3	41	22	25	34	12	54	-	6	40	34	44
2009	3	39	20	29	40	13	48	36	9	36	35	42
2010	4	34	19	27	42	15	47	30	6	35	33	40
2011	8	40	20	26	39	-	44	32	4	34	38	40
2012	4	40	22	18	43	-	36	30	5	30	33	40
2013	-	-	-	18	-	-	-	33	16	-	-	40
2014	-	39	20	-	-	-	44	-	12	-	26	40
2015	8	38	21	35	27	-	51	31	10	32	28	40
2016	4	39	24	23	23	-	35	26	6	23	33	40

Tabella 12 – medie annuali NO₂ 2006/2016

	CB1	CB3	CB4	TE1	TE2	IS1	IS2	VE1	VE2	GU	VA
2006	2	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0
2007	3	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0
2008	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2009	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2010	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2011	0	0	0	0	0	0	-	3	0	0	0
2012	1	0	0	0	0	0	-	0	0	0	0
2013	0	0	0	0	0	0	-	0	0	0	0
2014	4	0	1	0	0	1	-	0	0	0	0
2015	0	3	1	3	0	0	-	3	0	0	0
2016	0	0	2	0	0	0	-	0	0	0	0

Tabella 13 – superamenti media oraria NO₂ 2006/2016

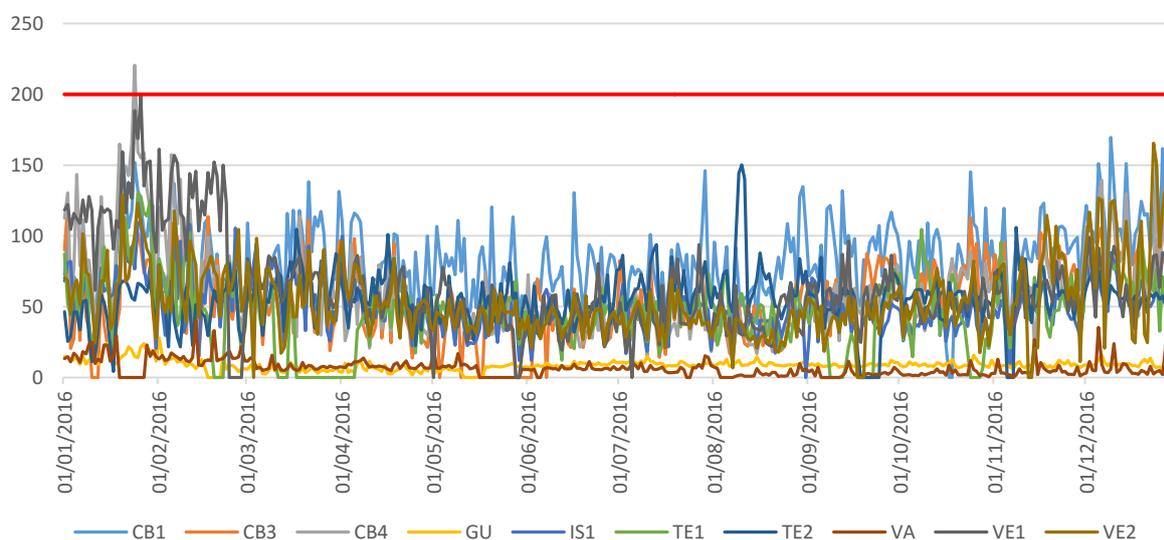


Grafico 17 – media oraria massima giornaliera NO₂ 2016

Commento ai dati

Come si evince dalla Tabella 13 non si sono mai verificate eccedenze rispetto al numero dei superamenti consentiti per quel che riguarda i valori delle medie orarie. Anche per quanto riguarda la media annuale non si sono verificati superamenti del valore di 40 µg/m³ consentito (Tabella 12 - Grafico 16). Dal Grafico 17, come noto invece, emerge che i valori più elevati si registrano nei mesi invernali.

OZONO

Caratteristiche e sorgenti

L'ozono (O₃) è un componente gassoso dell'atmosfera. Negli strati alti dell'atmosfera (stratosfera) l'ozono è un componente naturale che rappresenta una vera e propria barriera contro le radiazioni ultraviolette generate dal sole (il fenomeno di assottigliamento dello strato di ozono stratosferico è spesso indicato come "buco dell'ozono"). Negli strati più bassi dell'atmosfera, l'ozono troposferico è un inquinante secondario che si forma attraverso processi fotochimici innescati dalla radiazione solare in presenza di altri inquinanti o composti presenti in atmosfera: i principali precursori sono gli ossidi di

azoto (NO_x) e i composti organici volatili (COV), anche di origine naturale. Le concentrazioni di ozono più elevate si registrano pertanto nel periodo estivo e nelle ore della giornata di massimo irraggiamento solare. L'ozono ha un comportamento molto complesso e diverso da quello osservato per gli altri inquinanti: elevate concentrazioni di ozono si registrano ad esempio nelle stazioni rurali (il consumo di ozono da parte di NO presente ad elevate concentrazioni nelle stazioni urbane non avviene nelle stazioni collocate in aree rurali). Le principali fonti di emissione dei composti antropici precursori dell'ozono sono: il trasporto su strada, il riscaldamento civile e la produzione di energia

Effetti sulla salute

L'ozono è un forte ossidante ed è altamente tossico per gli esseri viventi. Dopo il particolato, l'ozono è l'inquinante atmosferico che, per tossicità e per diffusione, incide maggiormente sulla salute dell'uomo. Gli effetti sono a carico del sistema respiratorio: è irritante, può ridurre la funzione respiratoria, aggravare l'asma e altre patologie respiratorie e può provocare danni permanenti alla struttura del tessuto respiratorio. L'ozono è dannoso anche per la vegetazione. Agisce a livello cellulare nella foglia provocando: danni visibili alle foglie, processi di invecchiamento prematuro, riduzione dell'attività di fotosintesi e della produzione e immagazzinamento dei carboidrati, riduzione del vigore, della crescita e della riproduzione.

Limiti

Inquinante	Indicatore	Concentrazione	Periodo di mediazione	Superamenti annui permessi
Ozono (O ₃)	Valore obiettivo (VO)	120 µg/m ³	Media massima giornaliera calcolata su 8 ore	25 come media su una media di 3 anni
	Soglia di informazione	180 µg/m ³	Media oraria	-
	Soglia di allarme	240 µg/m ³	Media oraria	-
	Obiettivo a lungo termine (OLT)	120 µg/m ³	Media massima giornaliera calcolata su 8 ore nell'arco di un anno civile	-

Dati del monitoraggio

Indicatori	ZONE					
	IT1404	IT1405				
	TE2	CB3	CB4	VE2	GU	VA
Obiettivo a lungo termine (OLT) - µg/m ³	119	133	140	108	154	153
Superamenti soglia di informazione	0	0	0	0	10	0
Superamenti soglia di allarme	0	0	0	0	0	0
Superamenti VO (2016-2014)	3	2	16	1	71	11
Data capture winter (70%)	93	99	93	96	100	95
Data capture summer (85%)	93	91	98	94	97	86
Obiettivo data capture	SI	SI	SI	SI	SI	SI

Tabella 14 – statistiche per l'ozono – anno 2016

Commento ai dati

L'ozono è l'inquinante che, anche nel 2016, rappresenta una criticità per la qualità dell'aria del Molise.

BENZENE – CO – SO₂

Il benzene, il monossido di carbonio e l'anidride solforosa, non presentano alcuna criticità per la qualità dell'aria; infatti, non si sono mai verificati episodi di superamento di nessuna soglia prevista dalla normativa.

METALLI PESANTI – ARSENICO (As), CADMIO (Cd), NICHEL (Ni), PIOMBO (Pb)

Il monitoraggio ha avuto inizio nel 2014 e come si evince dalle tabelle i valori registrati nel biennio 2014-2016 sono molto lontani dal valore limite annuale.

Zona	As - Cd - Ni - Pb	Copertura dati - 2014 (%)	Copertura dati - 2015 (%)	Copertura dati - 2016 (%)
IT1402	VA	36	67	78
IT1403	CB3	98	94	93
IT1403	VE2	85	94	85
IT1404	TE1	85	79	79

Tabella 15 – copertura dati metalli 2014/2016

ARSENICO Limite annuale 6.0 ng/m ³	Media annuale – 2014 (ng/ m ³)	Media annuale – 2015 (ng/ m ³)	Media annuale – 2016 (ng/ m ³)
VA	0.08	0.08	1.3
CB3	0.91	0.12	0.6
VE2	1.41	0.13	0.6
TE1	1.76	0.11	0.8

Tabella 16 – dati monitoraggio As – 2014/2016

CADMIO Limite annuale 5.0 ng/m ³	Media annuale – 2014 (ng/ m ³)	Media annuale – 2015 (ng/ m ³)	Media annuale – 2016 (ng/ m ³)
VA	0.005	0.007	0.005
CB3	0.056	0.01	0.014
VE2	0.130	0.07	0.052
TE1	0.035	0.02	0.035

Tabella 17 – dati monitoraggio Cd – 2014/2016

NICHEL Limite annuale 20.0 ng/m ³	Media annuale -2014 (ng/ m ³)	Media annuale -2015 (ng/ m ³)	Media annuale -2016 (ng/ m ³)
VA	0.25	1.2	3.1
CB3	5.3	1.0	2.3
VE2	5.3	1.9	9.0
TE1	5.7	2.5	3.5

Tabella 18 – dati monitoraggio Ni – 2014/2016

PIOMBO Limite annuale 0.5 µg/m ³	Media annuale -2014 (µg/ m ³)	Media annuale -2015 (µg/ m ³)	Media annuale -2016 (µg/ m ³)
VA	0.0002	0.0031	0.0034
CB3	0.0059	0.0013	0.0037
VE2	0.0096	0.0039	0.0047
TE1	0.0055	0.0015	0.0052

Tabella 19 – dati monitoraggio Pb – 2014/2016

Bojano – Zona IT1403	As (ng/ m ³)	Cd (ng/ m ³)	Ni (ng/ m ³)	Pb (µg/ m ³)
Media campagna 02/16 lug. 2016	1.1	0.2	0.9	0.0035

BENZO(A)PIRENE

Nel 2016 non è stata raggiunta la percentuale dati richiesta dalla normativa per poter effettuare un confronto con il limite di legge, pur tuttavia i valori registrati sono risultati molto lontani dal valore limite.

	CB3	VE2	TE1	VA
Media annuale -2014 (ng/ m ³)	0.170	0.275	0.196	0.403
Copertura dati - 2014 (%)	101	48	69	31
Media annuale -2015 (ng/ m ³)	0.3	0.26	0.19	0.1
Copertura dati - 2015 (%)	102	83	55	34
Media annuale -2016 (ng/ m ³)	0.047	0.032	0.032	0.077
Copertura dati - 2016 (%)	45	50	46	54

Tabella 20 – statistiche b(a)p – 2014/2016

	ZONE											
	IT1402 VA			IT1403						IT1404 TE1		
	2014	2015	2016	CB3			VE2			2014	2015	2016
Media mensile (ng/ m ³)	2014	2015	2016	2014	2015	2016	2014	2015	2016	2014	2015	2016
Gennaio	-	-	0.282	-	0.11	0.080	-	-	-	-	-	0.110
Febbraio	-	-	0.120	-	0.04	0.170	-	-	-	-	0.83	0.040
Marzo	-	-	-	0.003	0.51	0.130	-	0.37	0.200	0.005	-	-
Aprile	-	-	-	0.03	0.13	-	0.007	0.20	-	0.011	0.46	0.020
Maggio	-	0.07	-	0.022	0.06	-	0.007	0.34	-	0.020	0.14	-
Giugno	-	-	0.020	0.085	1.75	0.020	-	0.26	0.020	0.023	-	-
Luglio	-	0.31	0.020	0.095	0.14	0.020	-	0.22	0.020	0.234	0.05	0.020
Agosto	-	0.11	-	0.277	0.17	-	0.2	0.54	-	0.1	-	0.020
Settembre	2.6	-	-	0.120	0.20	-	0.1	0.26	-	1.1	-	-
Ottobre	0.1	0.07	0.020	0.202	0.14	0.020	0.4	0.14	0.020	0.3	0.09	0.020
Novembre	0.4	-	0.020	0.241	0.18	0.020	0.9	0.23	0.020	0.4	-	0.020
Dicembre	0.2	0.16	-	0.485	0.22	0.020	0.1	0.12	0.020	-	0.08	0.020

Tabella 21 – medie mensili b(a)p – 2014-2016

Valutazione della qualità dell'aria – intero territorio

Lo stato della qualità dell'aria su tutto il territorio molisano per l'anno 2016 è stato ricostruito con l'ausilio del sistema modellistico regionale per la qualità dell'aria, in una configurazione analoga a quella impiegata routinariamente nelle previsioni effettuate su base giornaliera. Le simulazioni a scala regionale vengono effettuate in riferimento ad un grigliato di calcolo a risoluzione di 1 km che copre l'intero territorio della regione e porzione di quelle adiacenti, innestato all'interno di un grigliato di "background" a risoluzione di 5 km con funzione di raccordo con le simulazioni a scale maggiori, che contiene parti di Abruzzo, Lazio, Campania e Puglia (Figura 6).

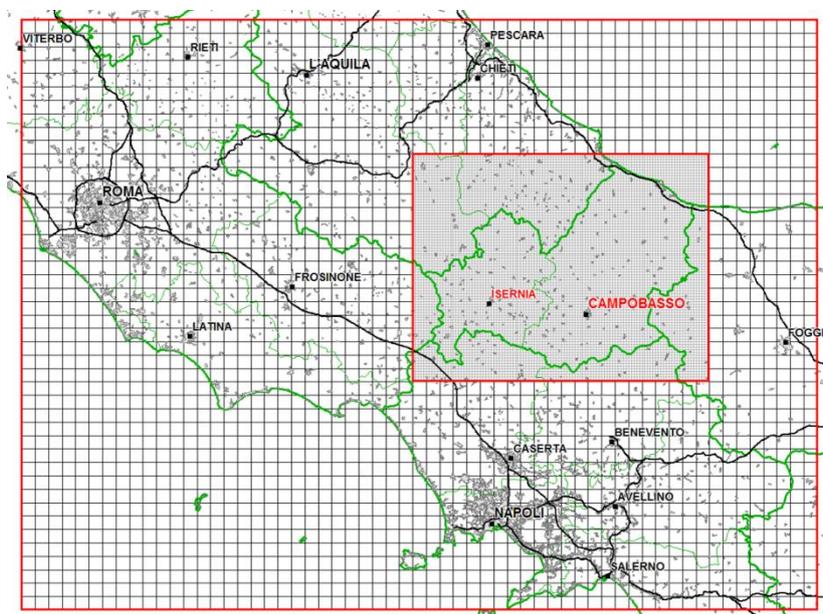


Figura 6 - Grigliati di simulazione regionale (1 km di risoluzione) e di "background" (5 km di risoluzione)

Come input meteorologico e di condizioni al contorno sono utilizzati:

- i campi meteorologici ottenuti tramite una discesa di scala realizzata per mezzo del modello prognostico WRF, a partire dai campi a grande scala prodotti dal modello meteorologico GFS del servizio meteorologico degli USA (NCEP);
- le condizioni al contorno per il dominio di "background" (concentrazioni ai bordi della griglia di calcolo) ricavate dalla elaborazione dei campi 3D prodotti giornalmente dal sistema QualeAria (www.qualearia.it).

I campi meteorologici tridimensionali prodotti da WRF su base oraria vengono poi adattati alle griglie di calcolo del modello di qualità dell'aria mediante il modulo GAP, per ciò che riguarda i campi di vento tenendo conto dell'orografia ed imponendo divergenza nulla. Mediante il preprocessore SURFPRO (ARIANET, 2011) l'input meteorologico è infine completato con le variabili necessarie al modello di qualità dell'aria (velocità di deposizione e delle diffusività turbolente), generate a partire dai campi delle variabili meteo di base e dalle informazioni di uso del suolo.

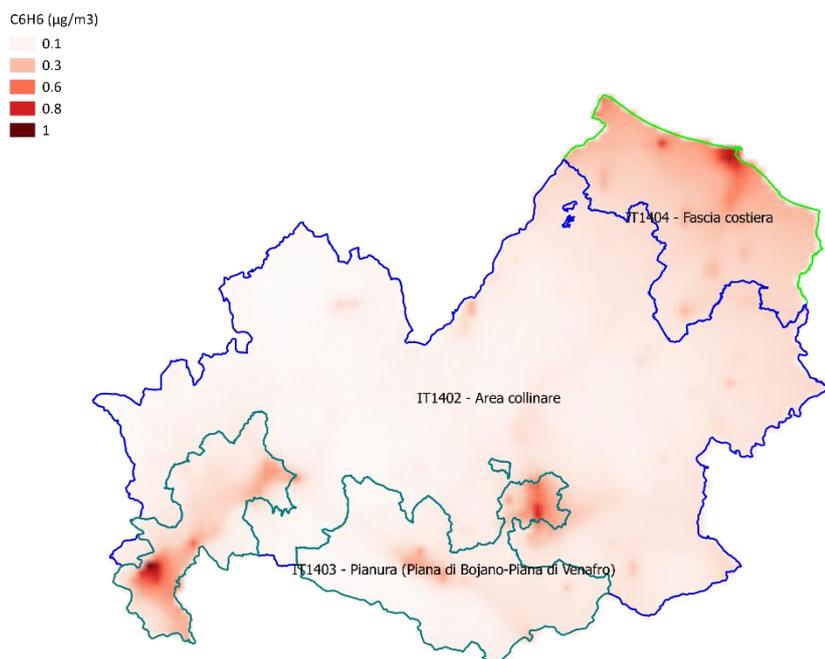
Il sistema regionale è basato sul modello tridimensionale FARM (ARIANET, 2014), di tipo euleriano reattivo, attualmente utilizzato con lo schema chimico in fase gassosa SAPRC99 ed il modulo AERO3 per il particolato. La stessa configurazione per i moduli di chimica gassosa e particolato sono utilizzati da QualeAria, dunque la preparazione delle condizioni al contorno sulla griglia di “background” del sistema regionale comporta l’interpolazione dei campi di concentrazione disponibili sulla griglia nazionale, ma non necessita di un adattamento delle specie chimiche. L’input emissivo a FARM su base oraria è predisposto (preprocessore Emission Manager) a partire dai dati degli inventari regionale e nazionale, disaggregati nello spazio, nel tempo e secondo le specie chimiche considerate dal modello, utilizzando una serie di proxy spaziali su griglia (uso del suolo, reti stradali, ecc.), profili di modulazione temporale (su base annuale, settimanale e giornaliera) e profili di speciazione per COVNM e particolato tipici per le diverse attività emissive, in modo concorde a quanto effettuato all’interno del sistema previsionale. Le emissioni biogeniche sono state stimate su base oraria sulla griglia di calcolo tramite il modello MEGAN (Guenther, 2006), a partire dai campi meteorologici orari e dalle informazioni sulla copertura del suolo.

I campi orari delle concentrazioni simulate al suolo dal modello di qualità dell’aria sono stati integrati con le osservazioni provenienti dalla rete regionale della qualità dell’aria, utilizzando il metodo delle correzioni successive (Braseth, 1986) disponibile nel modulo ARPMEAS; è stata così realizzata la data fusion osservazioni + modello (tramite ARPMEAS), dalla quale infine calcolare gli indicatori di legge.

Nell’utilizzo dei risultati, oltre alle incertezze proprie della modellazione, di tipo strutturale o legate ai dati utilizzati in input (emissioni, meteorologia, ...), va rimarcato come le concentrazioni simulate da un qualsiasi modello siano valori medi sulle celle della griglia di simulazione, pertanto possono rappresentare i livelli “di fondo” su tali celle, ma difficilmente corrispondere a situazioni di picco, qualora esse siano circoscritte ad aree più piccole delle celle stesse.

Le mappe finali, combinando osservazioni e modellazione (*data fusion*), risultano più realistiche rispetto a quelle prodotte dal solo modello di simulazione o dalla sola interpolazione delle osservazioni e di fatto estendono la rappresentatività spaziale delle misure stesse, consentendo una lettura sull’insieme del territorio di quanto rilevato in corrispondenza dei singoli punti di misura, così come indicato dalla normativa europea.

Mappe

Figura 7 – media annuale benzene ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)Figura 8 – massimo dei massimi media mobile 8 h CO (mg/m^3)

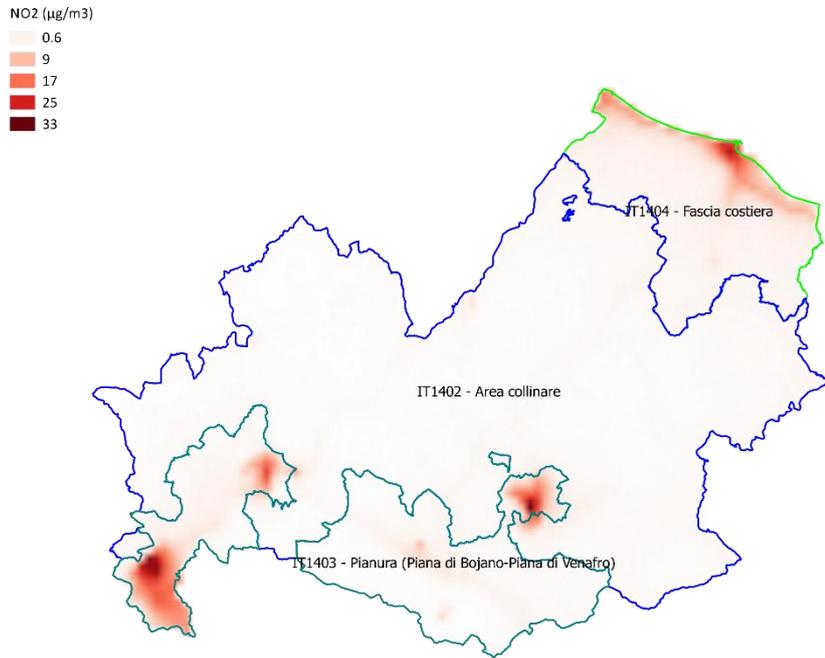


Figura 9 – media annuale NO₂ (µg/m³)

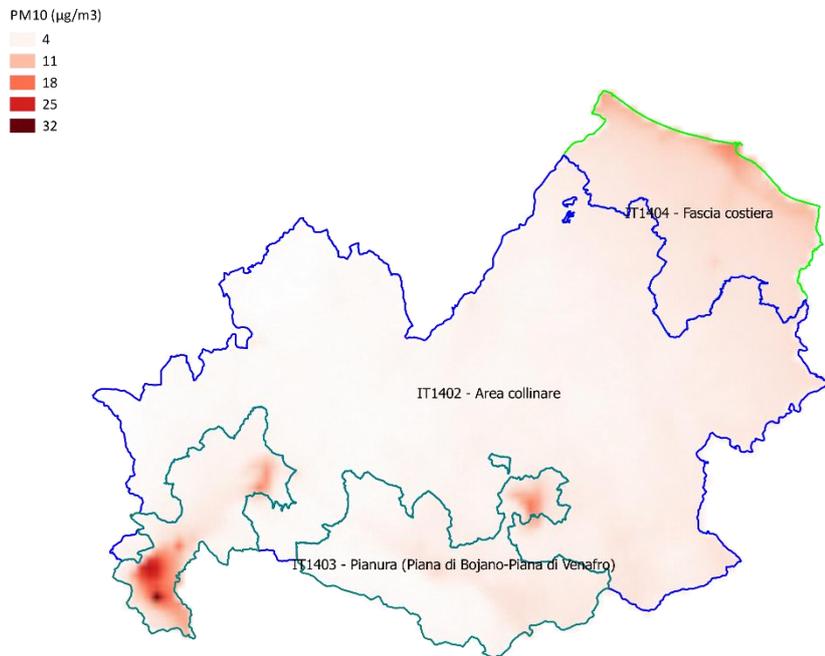


Figura 10 – media annuale PM₁₀ (µg/m³)

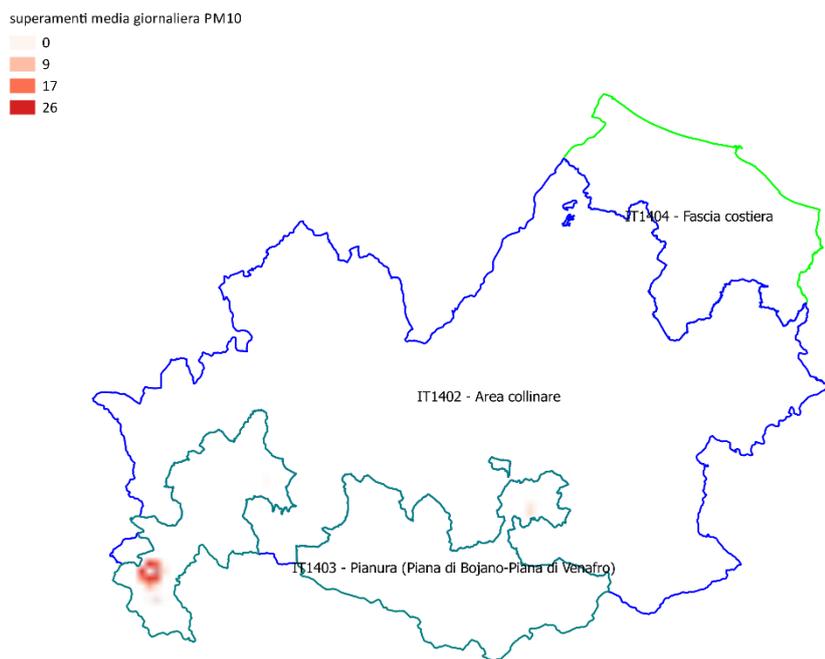


Figura 11 – numero superamenti media giornaliera PM₁₀

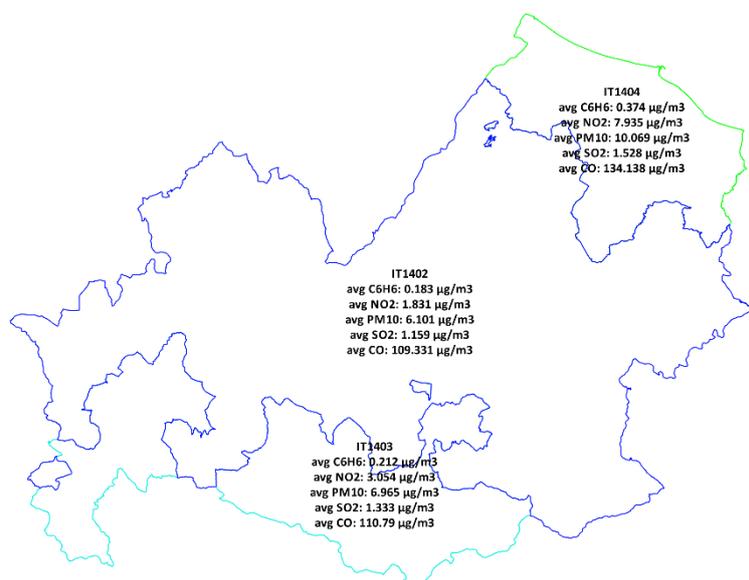


Figura 12 – Medie annuali per Zona

Commenti

Dalle mappe riportate nelle figure precedenti, emerge il rispetto degli standard normativi di qualità dell'aria su tutto il territorio regionale. I valori di concentrazione più elevati si trovano in corrispondenza dei centri urbani di Campobasso, Isernia, Termoli e Venafro.

Popolazione esposta

Per la valutazione dell'esposizione della popolazione agli inquinanti atmosferici sono stati utilizzati gli indicatori sviluppati nel progetto europeo ECOEHIS3, e che sono metodologicamente analoghi a quelli prodotti dall'Agenzia Europea per l'Ambiente e da Eurostat tra le statistiche di Sviluppo sostenibile - Public Health per il PM₁₀ e l'ozono.

Lo scopo di questo tipo di indicatore è fornire informazioni sull'efficacia delle politiche in atto per la riduzione dell'inquinamento atmosferico in relazione alla protezione della salute della popolazione. Può essere descritto come la concentrazione media annuale di inquinante, PM₁₀, PM_{2.5}, NO₂, BaP a cui è potenzialmente esposta la popolazione in ambito urbano.

Per l'ozono l'indicatore è rappresentato dal numero di giorni di esposizione della popolazione urbana a valori d'ozono che si collocano sopra la soglia dell'obiettivo a lungo termine per la protezione della salute (120 µg/m³ come media massima giornaliera calcolata su 8 ore nell'arco di un anno civile) o, laddove possibile, a valori di SOMO35 (Sum of Ozone Means Over 35 ppb).

I dati necessari allo sviluppo dell'indicatore relativo all'inquinante considerato, saranno quelli relativi alle stazioni di monitoraggio della qualità dell'aria dell'ARPA Molise. Il D. Lgs. 155/2010 indica l'utilizzo delle stazioni di fondo urbano per la stima delle concentrazioni medie annue di riferimento per la valutazione dell'esposizione media della popolazione; infatti, tra le definizioni riportate dal citato decreto si evidenzia: *"indicatore di esposizione media: livello medio da determinare sulla base di misurazioni effettuate da stazioni di fondo ubicate in siti fissi di campionamento urbani presso l'intero territorio nazionale e che riflette l'esposizione della popolazione. Permette di calcolare se sono stati rispettati l'obiettivo nazionale di riduzione dell'esposizione e l'obbligo di concentrazione dell'esposizione"*. Per il computo, quindi, e la rappresentazione degli indicatori, pertanto, si utilizzeranno i dati provenienti da centraline di monitoraggio di "fondo urbano", considerato a livello europeo come miglior proxy per una valutazione dell'esposizione media. Laddove non sia possibile, per ovviare alla eventuale assenza di importanti località e/o porzioni di territorio, verranno utilizzati dati alternativi (fondo suburbano, traffico urbano e suburbano, etc.).

Considerando, infine, che l'indicatore sarà una stima dell'esposizione della popolazione urbana, per i valori di popolazione delle città vengono utilizzati i dati ufficiali dell'ISTAT relativi all'anno considerato.

Per valutazione dell'impatto degli inquinanti atmosferici sulla salute a larga scala (regionale), per il calcolo e/o la rappresentazione dell'indicatore possono essere utilizzati diversi metodi; in particolare, per inquinanti come PM, NO₂, BaP, l'indicatore può essere:

1. presentato come la distribuzione % della popolazione esposta in alcune categorie (fasce) di concentrazione annuale;
2. calcolato pesando il valore della concentrazione sulla relativa popolazione esposta (media pesata), secondo la formula che segue:

$$Exp_y = \text{SUM} \{(P_i/P_{\text{tot}}) * C_{y_i}\}$$

- dove: C_{y_i} è la concentrazione annua dell'inquinante y nella sotto-popolazione i ;
- P_{tot} è la somma di tutti i P_i .

Per la quantificazione degli impatti dell'ozono sulla salute l'Organizzazione Mondiale della Sanità raccomanda l'uso del SOMO35. Il SOMO35 rappresenta la somma delle eccedenze dalla soglia di 35 ppb (equivalenti a $70 \mu\text{g}/\text{m}^3$) della media massima giornaliera su 8 h, calcolata per tutti i giorni dell'anno. Questa soglia rappresenta il cosiddetto cut-off level al di sopra del quale esiste uno statistico incremento del rischio relativo di mortalità.

In questo caso l'indicatore è definito come:

$$\text{SOMO35UNCORRECTED} = \sum_i \max \{0, C_i - 35\text{ppb}\}$$

- dove C_i è la concentrazione media massima giornaliera calcolata sulle 8 ore e la sommatoria va dal giorno $i=1$ al giorno 365, per anno di riferimento.

L'indicatore viene calcolato in ppb * giorni se nell'equazione viene usata come soglia 35 ppb altrimenti in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ * giorni se viene usata come soglia $70 \mu\text{g}/\text{m}^3$. L'indicatore è molto sensibile a eventuali valori mancanti durante l'anno, per cui viene utilizzata una versione "corretta" sulla base dell'attuale copertura dei dati nell'anno. L'indicatore è così calcolato come:

$$\text{SOMO35} = \text{SOMO35UNCORRECTED} * 365 / N_{\text{valid}}$$

- dove N_{valid} è il numero di valori-giorni validi.

Laddove non sia possibile il calcolo del SOMO35, è possibile far riferimento in qualità di proxy per la valutazione dell'esposizione, ai giorni di superamento dell'obiettivo a lungo termine per la protezione della salute umana ($120 \mu\text{g}/\text{m}^3$, media massima giornaliera calcolata su 8 ore nell'arco di un anno civile, da non superare più di 25gg l'anno), in questo caso, però, non è possibile calcolare la media pesata.

ESPOSIZIONE PM_{10}

L'indicatore è definito come la media annua della concentrazione di PM_{10} a cui è potenzialmente esposta la popolazione in ambito urbano. Esso stima l'esposizione della popolazione urbana al PM_{10} , sulla base dei dati di concentrazione media annua di PM_{10} delle stazioni di rilevamento che compongono la rete di monitoraggio.

La stima è stata effettuata:

- a) per una popolazione ristretta, l'esposizione a un inquinante ambientale nell'aria è stata calcolata come la concentrazione media annua misurata nell'area di residenza della popolazione;
- b) per scopi di valutazione dell'impatto sulla salute a larga scala regionale, l'indicatore è stato calcolato pesando (media pesata) il valore della concentrazione sulla relativa popolazione esposta.

Di seguito si presentano i risultati delle elaborazioni svolte. La Tabella 22 riporta le medie annuali misurate dalle stazioni di monitoraggio nel periodo 2006/2016. Per l'elaborazione dell'indicatore sono stati considerati, poi, solo le stazioni che hanno garantito una percentuale di disponibilità dei dati pari o superiore al 75%. Nella tabella 34 sono riportate le medie annuali calcolate come media dei valori rilevati dalle stazioni presenti in una stessa città. Nella tabella 35 è riportata la popolazione residente nelle diverse città per gli anni dal 2006 al 2016. La tabella 36 riporta la popolazione residente complessiva nelle città indagate, le medie aritmetiche e la media pesata sulla popolazione del PM₁₀, nonché i valori minimi e massimi ed il numero di valori per anno che superano o sono uguali a 20 µg/m³ (soglia OMS) e a 40 µg/m³ (limite di legge).

	Media annuale PM ₁₀ µg/m ³										
	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Campobasso1	19	22	19	28	22	23	23	22	18	17	20
Campobasso3	20	21	23	24	18	22	14		17	15	17
Termoli1	26	27	25	24	17	23	25		18	20	21
Termoli2	26	19	24	26	17	20	27			19	14
Isernia1	10	17	19	26	25	22	22			19	17
Venafro1	16	18	26	32	26	32	32		24	23	26
Venafro2	19	21			32	35	37	34		25	29

Tabella 22 – medie annuali PM₁₀ 2006/2016

	Media annuale PM ₁₀ µg/m ³										
	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
CAMPOBASSO	20	21	21	26	20	22	19	22	17	16	19
TERMOLI	26	23	24	25	17	22	26		18	20	18
ISERNIA	10	17	19	26	25	22	22			19	17
VENAFRO	18	20	26	32	29	33	34	34	24	24	28

Tabella 23 – valori di esposizione al PM₁₀ in area urbana

	Popolazione residente										
	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
CAMPOBASSO	51140	51321	51218	50986	50916	48675	48487	49392	49434	49431	49431
TERMOLI	31451	31975	32484	32606	32873	32814	33194		33576	33739	33739
ISERNIA	21616	21773	21799	21997	22150	21975	22005			21842	21842
VENAFRO	11437	11516	11532	11502	11535	11232	11277	11434	11329	11280	11280
TOTALE	115644	116585	117033	117091	117474	114696	114963	60826	94339	116292	116292

Tabella 24 – popolazione residente

	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Popolazione residente	115644	116585	117033	117091	117474	114696	114963	116365	116320	116292	116292
Media aritmetica	18.3	20.2	22.6	27.3	22.9	24.9	25.3	28.0	19.6	19.6	20.1
Media pesata sulla popolazione	19.3	20.8	22.1	26.2	21.1	23.2	23.0	12.7	14.8	18.4	18.8
Min	10.1	16.7	18.9	25.0	17.0	21.7	18.7	22.0	17.2	16.0	17.0
Max	25.7	23.0	25.7	32.2	29.3	33.2	34.3	34.0	23.7	24.0	27.5
Valori $\geq 20 \mu\text{g}/\text{m}^3$	1	2	3	4	3	4	3	2	1	1	1
Valori $\geq 40 \mu\text{g}/\text{m}^3$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabella 25 - esposizione complessiva PM₁₀ - media aritmetica e media pesata sulla popolazione

	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
0 < c ≤ 20	3	2	1	0	1	0	1	0	2	3	3
20 < c ≤ 30	1	2	3	3	3	3	2	1	1	1	1
30 < c ≤ 40	0	0	0	1	0	1	1	1	0	0	0
c > 40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabella 26 - Numero di comuni per fasce di concentrazione media annua

	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
0 < c ≤ 20	73%	71%	19%	0%	28%	0%	42%	0%	88%	90%	90%
20 < c ≤ 30	27%	29%	81%	90%	72%	90%	48%	81%	12%	10%	10%
30 < c ≤ 40	0%	0%	0%	10%	0%	10%	10%	0%	0%	0%	0%
c > 40	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	19%	0%	0%	0%

Tabella 27 - Percentuale di popolazione esposta a PM₁₀ per fasce di concentrazione media annua

Nella Tabella 27 l'indicatore è espresso come distribuzione percentuale della popolazione esposta all'inquinante, ripartita in fasce di concentrazione media annua "c" espressa in $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Nel 2006, 2007 e 2008 la popolazione indagata esposta a valori di PM₁₀ inferiori a $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ è rispettivamente il 73%, il 71% ed il 19%; mentre quella esposta a valori compresi tra 20 e $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ è il 27%, il 29% e l'81% del totale. Nel quinquennio 2009-2013 la situazione espositiva peggiora, infatti, c'è un aumento della percentuale di popolazione esposta a concentrazioni comprese tra i 20 ed i $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Il 2013 rappresenta l'anno peggiore, però è anche l'anno in cui si ha mancanza di dati e la popolazione indagata, quindi è sostanzialmente diversa dagli altri anni considerati, pertanto, non è corretto effettuare un confronto con le altre annualità. Continuando nell'analisi delle tabelle si nota che la popolazione esposta a valori di concentrazione di PM₁₀ superiori a $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ è nulla. È evidente, infine, come la situazione espositiva sia peggiorata nel periodo 2009-2013, per poi migliorare nell'ultimo biennio. Nel Grafico 18 è valutata l'esposizione della popolazione sia in base alla concentrazione media di inquinante, sia in base alla dimensione della popolazione esposta a tale valore -la dimensione della bolla è anche proporzionale alla dimensione della popolazione esposta- in tutto il periodo considerato.



Grafico 18 – esposizione PM₁₀ media annua

Nel Grafico 19 è effettuata, infine, l'analisi del trend dei valori di media pesata di PM₁₀ sulla popolazione. È possibile notare che a fronte di un trend in aumento registrato negli anni 2006-2009, dal 2010 in poi, ad esclusione del 2013 che per le considerazioni sopra evidenziate non si tiene conto, mostra una controtendenza, con una diminuzione della media pesata che si attesta a 18.4 µg/m³ nel 2015.

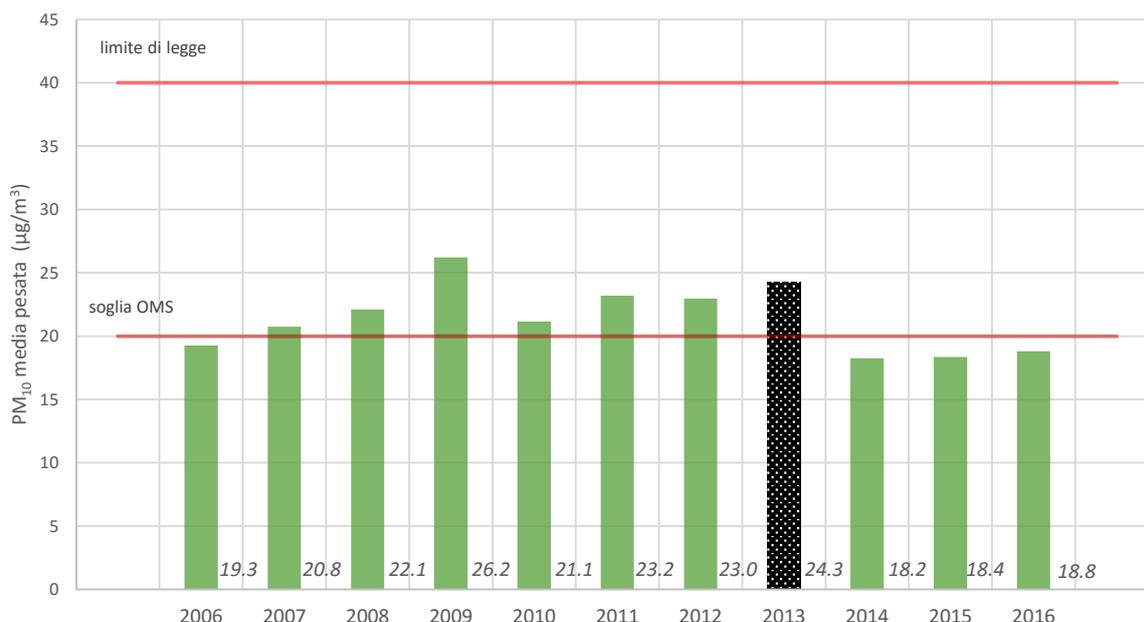


Grafico 19 – esposizione PM₁₀ media pesata

ESPOSIZIONE OZONO

Sulla base delle attuali evidenze scientifiche non è possibile stabilire un livello al di sotto del quale l'ozono non abbia effetti sulla salute, tuttavia è attualmente riconosciuta una soglia minima al di sopra della quale esiste uno statistico incremento del rischio relativo di mortalità (cut-off level, indicata anche come soglia di rischio). Questa soglia è rappresentata dai 35 ppb (equivalenti a 70 µg/m³) come media massima su 8 ore giornaliera, ed è utilizzata nel calcolo dell'indicatore SOMO35. Per i giorni con concentrazione (media massima su 8 ore) di ozono sopra 35 ppb, viene considerata, ai fini del calcolo,

solo l'eccedenza sopra il valore di 35 ppb. Il SOMO35 rappresenta perciò la somma delle eccedenze dalla soglia di 35 ppb della media massima giornaliera su 8 h, calcolata per tutti i giorni dell'anno. L'indicatore è utilizzato negli studi di rischio e di valutazione dell'impatto sulla salute umana. L'indicatore fornisce una stima dell'esposizione cumulativa annuale della popolazione urbana alle eccedenze d'ozono, quei valori che si collocano sopra la soglia minima di incremento del rischio relativo sulla mortalità (soglia di rischio). Questo genere di stima si presta ad essere utilizzata nelle valutazioni di impatto sulla salute (stime di mortalità ozono-correlata), quindi, fornisce informazioni utili alla valutazione dell'esposizione della popolazione all'ozono. L'indicatore fornisce, inoltre, informazioni sull'efficacia delle politiche in atto per la riduzione dell'inquinamento atmosferico relativamente alla protezione della salute della popolazione.

L'indicatore mostra lo stato ed il trend delle condizioni di esposizione della popolazione nelle città considerate, sebbene non esistano limiti di legge normati per una sua valutazione. Non esistono al momento valori normativi per il SOMO35. I valori di concentrazione in aria per l'ozono sono definiti nel D. Lgs. 155/2010, che fissa il valore bersaglio per la protezione della salute umana pari a $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (media massima giornaliera calcolata su 8 ore), da non superare per più di 25gg per anno civile come media su 3 anni. L'obiettivo a lungo termine è di $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (media massima giornaliera calcolata su 8 ore nell'arco di un anno civile). Inoltre, seguendo l'indirizzo della Direttiva 2008/50/CE, il decreto definisce l'utilizzo delle stazioni di background urbano per la stima delle concentrazioni medie annue di riferimento per la valutazione dell'esposizione media della popolazione, tra le definizioni si evidenzia "indicatore di esposizione media: livello medio da determinare sulla base di misurazioni effettuate da stazioni di fondo ubicate in siti fissi di campionamento urbani presso l'intero territorio nazionale e che riflette l'esposizione della popolazione. Permette di calcolare se sono stati rispettati l'obiettivo nazionale di riduzione dell'esposizione e l'obbligo di concentrazione dell'esposizione".

L'indicatore è rilevante in quanto fornisce, come detto, informazioni utili alla valutazione dell'esposizione della popolazione urbana a valori di ozono dannosi per la salute. Mostra lo stato e il trend delle condizioni di esposizione della popolazione nazionale e locale, e sebbene non vi siano elementi normativi per la sua valutazione, il trend di esposizione dà ugualmente informazioni correlabili con l'eventuale perseguimento degli obiettivi di riduzione dell'inquinamento atmosferico.

	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
SOMO35 CAMPOBASSO	5403	9845	10591	6533	3230	4122	5330	1532	2497	3989	6653
Popolazione CB	51140	51321	51218	50986	50916	48675	48487	49392	49434	49431	49431
SOMO35 TERMOLI	5251	4366	4885	6441	5055	6578	6290	0	1739	6550	2348
Popolazione TE	31451	31975	32484	32606	32873	32814	33194	0	33576	33739	33739
SOMO35 VENAFCRO					3570	5683	6661	1621	405	3488	854
Popolazione VE					11535	11232	11277	11434	11329	11280	11280

Tabella 28 – valori di SOMO35 in area urbana anni 2006/2016

	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Media esposizione SOMO35	4695	6802	8377	6497	3901	5180	5835	999	1976	4844	4422
Popolazione residente	82591	83296	83702	83592	95324	92721	92958	60826	94339	94450	94450

Tabella 29 – media pesata SOMO35 anni 2006/2016

Nella Tabella 28 sono riportati i valori di SOMO35 calcolati nei territori comunali dove sono installate le stazioni di monitoraggio della qualità dell'aria, nonché la popolazione residente. Nella Tabella 29 viene riportata la media pesata sulla popolazione per la SOMO35 e la popolazione residente nei territori comunali interessati.

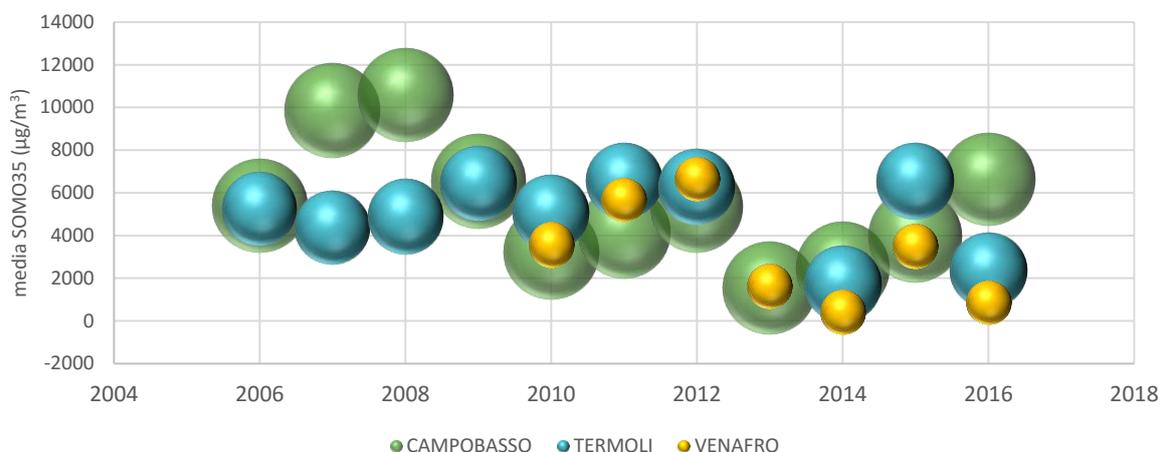


Grafico 20 – media SOMO35 anni 2006/2016

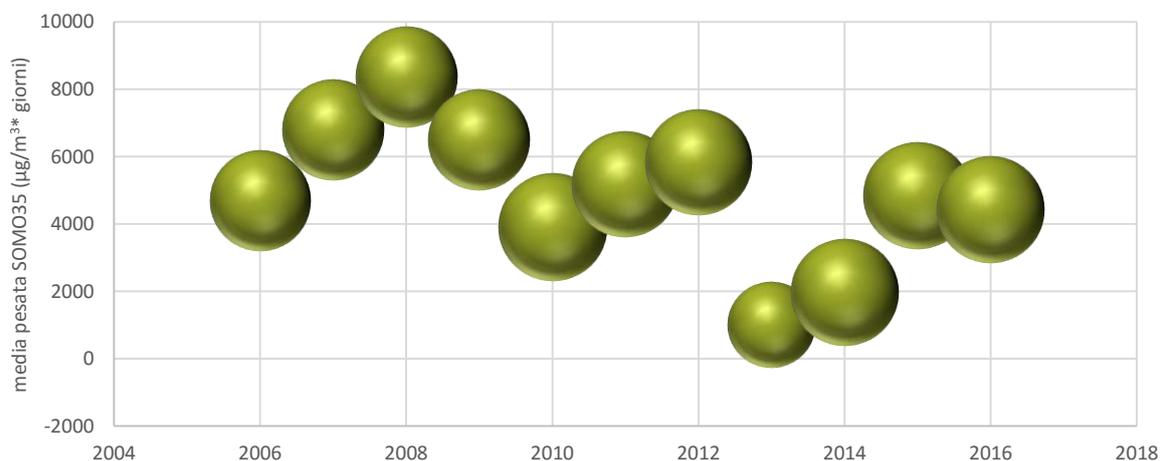


Grafico 21 – media pesata SOMO35 2006/2016

Bibliografia

1. Decreto Legislativo 13 agosto 2010, n. 155, recante attuazione della direttiva 2008/50/CE relativa alla qualità dell'aria ambiente e per un'aria più pulita in Europa.
2. Decreto Legislativo 24 dicembre 2012, n. 250 "Modifiche ed integrazioni al decreto legislativo 13 agosto 2010, n. 155, recante attuazione della direttiva 2008/50/CE relativa alla qualità dell'aria ambiente e per un'aria più pulita in Europa."
3. Legge Regionale n. 16/2011 Molise "Disposizioni per la tutela dell'ambiente in materia di inquinamento atmosferico."
4. La zonizzazione del territorio molisano D.G.R. Molise n. 375 del 01 agosto 2014.
5. ARPA Molise Inventario delle emissioni in atmosfera edizione 2015.
6. La disaggregazione a livello provinciale dell'inventario nazionale delle emissioni. Anni 1990-1995-2000-2005 – ISPRA 92/2009
7. Linee guida per la redazione di report sulla qualità dell'aria: definizione target, strumenti e core set di indicatori finalizzati alla produzione di report sulla qualità dell'aria – ISPRA 137/2016
8. Air quality in Europe – 2016 report. EEA Report No 28/2016
9. Impatto sanitario dell'ozono in 13 città italiane. e&p anno 31 (6) novembre-dicembre 2007
10. ARPA SICILIA – Ambiente e salute. Salvatore Caldara, Roberta Calzolari, Giuseppe Madonia

Indice tabelle

<i>Tabella 1 – valori limite e valori obiettivo D. Lgs. 155/2010.....</i>	<i>9</i>
<i>Tabella 2 – composizione rete monitoraggio della qualità dell’aria.....</i>	<i>13</i>
<i>Tabella 3 - limiti D.Lgs. 155/2010 PM₁₀.....</i>	<i>16</i>
<i>Tabella 4 - superamenti limiti giornalieri PM₁₀.....</i>	<i>16</i>
<i>Tabella 5 – media annuale e copertura dati PM₁₀.....</i>	<i>17</i>
<i>Tabella 6 - confronto superamenti limiti giornalieri metodo gravimetrico e continuo.....</i>	<i>17</i>
<i>Tabella 7 - limiti D.Lgs. 155/2010 PM_{2,5}.....</i>	<i>23</i>
<i>Tabella 8 – cronologia campagne di monitoraggio PM_{2,5}.....</i>	<i>23</i>
<i>Tabella 9 – risultati monitoraggio PM_{2,5}.....</i>	<i>24</i>
<i>Tabella 10 – limiti D.Lgs. 155/2010 NO₂.....</i>	<i>25</i>
<i>Tabella 11 – statistiche NO₂ 2016.....</i>	<i>26</i>
<i>Tabella 12 – medie annuali NO₂ 2006/2016.....</i>	<i>26</i>
<i>Tabella 13 – superamenti media oraria NO₂ 2006/2016.....</i>	<i>27</i>
<i>Tabella 14 – statistiche per l’ozono – anno 2016.....</i>	<i>28</i>
<i>Tabella 15 – copertura dati metalli 2014/2016.....</i>	<i>29</i>
<i>Tabella 16 – dati monitoraggio As – 2014/2016.....</i>	<i>29</i>
<i>Tabella 17 – dati monitoraggio Cd – 2014/2016.....</i>	<i>29</i>
<i>Tabella 18 – dati monitoraggio Ni – 2014/2016.....</i>	<i>29</i>
<i>Tabella 19 – dati monitoraggio Pb – 2014/2016.....</i>	<i>29</i>
<i>Tabella 20 – statistiche b(a)p – 2014/2016.....</i>	<i>30</i>
<i>Tabella 21 – medie mensili b(a)p – 2014-2016.....</i>	<i>30</i>
<i>Tabella 22 – medie annuali PM₁₀ 2006/2016.....</i>	<i>39</i>
<i>Tabella 23 – valori di esposizione al PM₁₀ in area urbana.....</i>	<i>39</i>
<i>Tabella 24 – popolazione residente.....</i>	<i>39</i>
<i>Tabella 25 - esposizione complessiva PM₁₀ - media aritmetica e media pesata sulla popolazione.....</i>	<i>40</i>
<i>Tabella 26 - Numero di comuni per fasce di concentrazione media annua.....</i>	<i>40</i>
<i>Tabella 27 - Percentuale di popolazione esposta a PM₁₀ per fasce di concentrazione media annua....</i>	<i>40</i>
<i>Tabella 28 – valori di SOMO35 in area urbana anni 2006/2016.....</i>	<i>42</i>
<i>Tabella 29 – media pesata SOMO35 anni 2006/2016.....</i>	<i>43</i>
<i>Tabella 30 – composizione rete Sorgenia.....</i>	<i>49</i>
<i>Tabella 31 – media annuale e copertura dati PM₁₀ rete Sorgenia.....</i>	<i>49</i>
<i>Tabella 32 – superamenti media giornaliera PM₁₀ rete Sorgenia.....</i>	<i>49</i>

Indice figure

<i>Figura 1 – rilevamento della qualità dell’aria.....</i>	<i>4</i>
<i>Figura 2 – flusso dati e campioni provenienti dalla RRQA.....</i>	<i>5</i>
<i>Figura 3 – zonizzazione Molise escluso ozono</i>	<i>11</i>
<i>Figura 4 - zonizzazione Molise per l’ozono</i>	<i>12</i>
<i>Figura 5 – dislocazione stazioni di monitoraggio qualità dell’aria al 2016.....</i>	<i>14</i>
<i>Figura 6 - Grigliati di simulazione regionale (1 km di risoluzione) e di “background” (5 km di risoluzione)</i>	<i>31</i>
<i>Figura 7 – media annuale benzene ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).....</i>	<i>33</i>
<i>Figura 8 – massimo dei massimi media mobile 8 h CO (mg/m^3).....</i>	<i>33</i>
<i>Figura 9 – media annuale NO_2 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).....</i>	<i>34</i>
<i>Figura 10 – media annuale PM_{10} ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)</i>	<i>34</i>
<i>Figura 11 – numero superamenti media giornaliera PM_{10}.....</i>	<i>35</i>
<i>Figura 12 – Medie annuali per Zona.....</i>	<i>35</i>

Indice grafici

Grafico 1 – frequenza IQA aggregato per città	7
Grafico 2 – medie giornaliere PM ₁₀ tutte le stazioni	16
Grafico 3 – superamenti medie giornaliere Venafro	17
Grafico 4 – numero superamenti PM ₁₀	17
Grafico 5 – frequenze medie giornaliere PM ₁₀	18
Grafico 6 – box-plot medie giornaliere PM ₁₀	18
Grafico 7 – confronto medie giornaliere continuo vs gravimetrico - Campobasso	19
Grafico 8 - confronto medie giornaliere continuo vs gravimetrico - Termoli	19
Grafico 9 - confronto medie giornaliere continuo vs gravimetrico - Venafro	20
Grafico 10 - confronto medie giornaliere continuo vs gravimetrico - Vastogirardi	20
Grafico 11 – box-plot medie giornaliere PM ₁₀ metodo gravimetrico	21
Grafico 12 – confronto box-plot medie giornaliere PM ₁₀ metodi gravimetrico e continuo	21
Grafico 13 – confronto gravimetriche PM ₁₀ Zona IT1403	22
Grafico 14 – PM _{2.5} - regionale	24
Grafico 15 – confronti PM _{2.5} 2015/2016	24
Grafico 16 – medie annuali NO ₂ – 2006/2016	26
Grafico 17 – media oraria massima giornaliera NO ₂ 2016	27
Grafico 18 – esposizione PM ₁₀ media annua	41
Grafico 19 – esposizione PM ₁₀ media pesata	41
Grafico 20 – media SOMO35 anni 2006/2016	43
Grafico 21 – media pesata SOMO35 2006/2016	43
Grafico 22 – campagne monitoraggio PM ₁₀ Sesto Campano	48

Allegato1

CAMPAGNE DI MONITORAGGIO CENTRO MOBILE

Nel corso del 2016, su richiesta del Sindaco del Comune di Sesto Campano, sono state effettuate delle campagne di monitoraggio col centro mobile, secondo la tabella di seguito riportata.

Sito	Periodo	Inquinanti monitorati
Sesto Campano paese	21 luglio – 03 agosto	PM ₁₀
Sesto Campano SS	09 agosto – 23 agosto	PM ₁₀
Sesto Campano SS	30 agosto – 13 settembre	PM _{2.5}

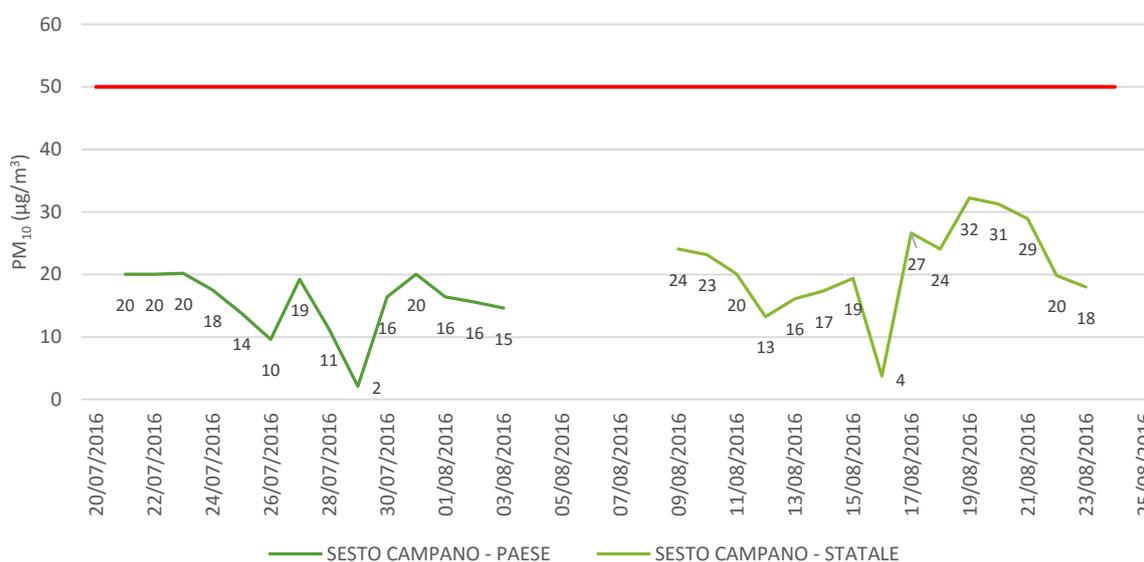
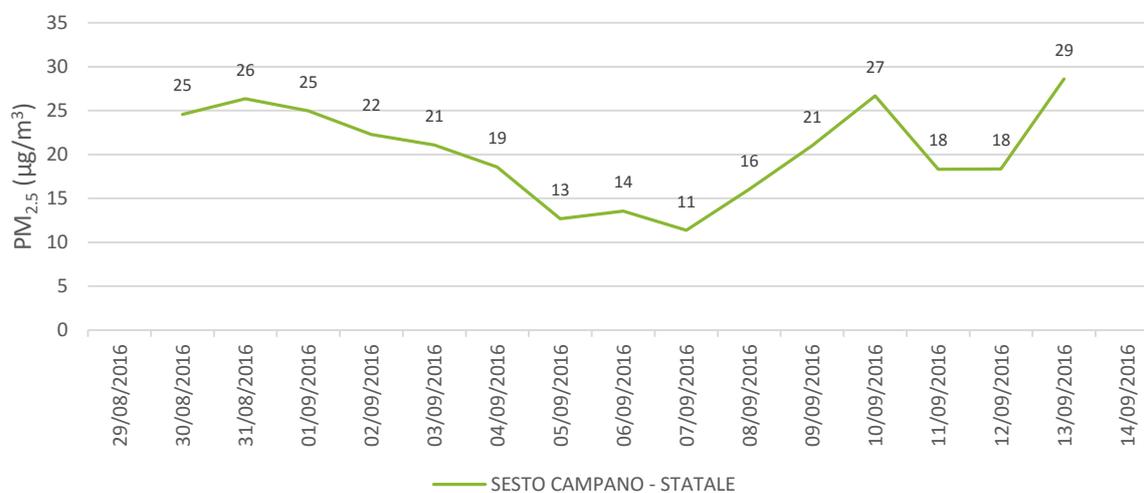


Grafico 22 – campagne monitoraggio PM₁₀ Sesto Campano



Allegato2

RETE SORGENIA

In ottemperanza al decreto autorizzativo del MAP n. 55/01/2002 la società Sorgenia Power S.p.a., sita nel Consorzio Industriale della Valle del Biferno, ha installato 3 stazioni di monitoraggio della qualità dell'aria, denominate Termoli3, Termoli4 e Termoli5 (rete Sorgenia). La gestione di queste centraline è stata affidata, tramite convenzione, all'ARPA Molise, che provvede giornalmente alla validazione dei dati registrati dalle stesse, pubblicando le sintesi statistiche sul proprio sito web istituzionale.

Denominazione stazione	Localizzazione	Inquinanti misurati
Termoli3 – TE3	Porto Cannone SP 84 incrocio via V. Veneto	NO _x , CO, PM ₁₀
Termoli4 – TE4	Campomarino SP 40	NO _x , CO, PM ₁₀
Termoli5 – TE5	San Giacomo degli Schiavoni Passo San Rocco	NO _x , CO, PM ₁₀ , O ₃

Tabella 30 – composizione rete Sorgenia

STAZIONI	PM ₁₀ 2016	
	Media annuale (µg/m ³)	Copertura dati (%)
TE3	23	87
TE4	23	80
TE5	16	93

Tabella 31 – media annuale e copertura dati PM₁₀ rete Sorgenia

Numero superamenti limite giornaliero (#)	TE3	TE4	TE5
Superamenti consentiti = 35			
2016	11	13	2

Tabella 32 – superamenti media giornaliera PM₁₀ rete Sorgenia

Le stazioni della rete Sorgenia non hanno rilevato criticità. Il monitoraggio del PM₁₀ ha fatto registrare i valori riportati in Tabella 31 e Tabella 32.

Allegato 3

ACRONIMI

$\mu\text{g}/\text{m}^3$ microgrammi per metro cubo

As Arsenico

B Benzene

BaP Benzo(a)pirene

Cd Cadmio

CO Monossido di carbonio

C₆H₆ Benzene

ng/m^3 nanogrammi per metro cubo

Ni Nichel

NO₂ Biossido di azoto

O₃ Ozono

Pb Piombo

PM_{2.5} Particolato con diametro minore o uguale a 2.5 μm

PM₁₀ Particolato con diametro minore o uguale a 10 μm

SO₂ Biossido di zolfo

RRQA = Rete di Rilevamento della Qualità dell'Aria

SOGLIA DI INFORMAZIONE = Livello di ozono oltre il quale vi è un rischio per la salute umana in caso di esposizione di breve durata per alcuni gruppi particolarmente sensibili della popolazione e raggiunto il quale devono essere adottate le misure previste.

VALORE OBIETTIVO = Concentrazione nell'aria ambiente stabilita al fine di evitare, prevenire o ridurre effetti nocivi per la salute umana e per l'ambiente, il cui raggiungimento, entro un dato termine, deve essere perseguito mediante tutte le misure a tale fine necessarie che non comportano costi sproporzionati.

Allegato4

STAZIONI DI MONITORAGGIO RETE DI RILEVAMENTO DELLA QUALITÀ DELL'ARIA

CAMPOBASSO1								
CODICE NAZIONALE	14070			CODICE UE	IT1753A			
INDIRIZZO	Piazza Cuoco Campobasso			DATA INSTALLAZIONE	2006			
COORDINATE GEOGRAFICHE	<i>Longitudine</i>	14°39'48"	<i>Latitudine</i>	41°33'28"	Altitudine (m s.l.m.)	690		
			Tipo stazione		Traffico			
			Zona		Urbana			
			Caratteristiche zona		Commerciale residenziale			
			PARAMETRI MISURATI					
			NO ₂	Biossido di azoto				
CO	Monossido di carbonio							
SO ₂	Biossido di zolfo							
BTX	Benzene Toluene Xilene							
PM10	Polveri sottili							

CAMPOBASSO3								
CODICE NAZIONALE	1407071			CODICE UE	IT1798A			
INDIRIZZO	Via Lombardia Campobasso			DATA INSTALLAZIONE	2006			
COORDINATE GEOGRAFICHE	<i>Longitudine</i>	14°40'29"	<i>Latitudine</i>	41°33'15"	Altitudine (m s.l.m.)	648		
			Tipo stazione		Background			
			Zona		Urbana			
			Caratteristiche zona		Residenziale			
			PARAMETRI MISURATI					
			NO ₂	Biossido di azoto				
O ₃	Ozono							
BTX	Benzene Toluene Xilene							
PM ₁₀	Polveri sottili							
As, Cd, Ni, Pb	Metalli							
B(a)P	Benzo-a-pirene							

CAMPOBASSO4													
CODICE NAZIONALE	1407072			CODICE UE	IT1799A								
INDIRIZZO	Via XXIV Maggio Campobasso			DATA INSTALLAZIONE	2006								
COORDINATE GEOGRAFICHE	<i>Longitudine</i>	14°40'22"	<i>Latitudine</i>	41°34'01"	Altitudine (m s.l.m.)	731							
													
							Tipo stazione				Background		
							Zona				Urbana		
							Caratteristiche zona				Commerciale residenziale		
							PARAMETRI MISURATI						
							NO ₂		Biossido di azoto				
							CO		Monossido di carbonio				
							O ₃		Ozono				

TERMOLI1													
CODICE NAZIONALE	1407073			CODICE UE	IT1800A								
INDIRIZZO	Piazza Giardini Termoli			DATA INSTALLAZIONE	2006								
COORDINATE GEOGRAFICHE	<i>Longitudine</i>	14°59'37"	<i>Latitudine</i>	42°00'04"	Altitudine (m s.l.m.)	26							
													
							Tipo stazione				Traffico		
							Zona				Urbana		
							Caratteristiche zona				Commerciale residenziale		
							PARAMETRI MISURATI						
							NO ₂		Biossido di azoto				
							CO		Monossido di carbonio				
							SO ₂		Biossido di zolfo				
							BTX		Benzene Toluene Xilene				
							PM ₁₀		Polveri sottili				
As, Cd, Ni, Pb		Metalli											
B(a)P		Benzo-a-pirene											

TERMOLI2													
CODICE NAZIONALE	1407074			CODICE UE	IT1800A								
INDIRIZZO	Via Martiri della Resistenza Termoli			DATA INSTALLAZIONE	2006								
COORDINATE GEOGRAFICHE	<i>Longitudine</i>	14°59'36"	<i>Latitudine</i>	41°59'53"	Altitudine (m s.l.m.)	34							
													
							Tipo stazione				Traffico		
							Zona				Urbana		
							Caratteristiche zona				Commerciale residenziale		
							PARAMETRI MISURATI						
							NO ₂		Biossido di azoto				
							O ₃		Ozono				
							SO ₂		Biossido di zolfo				
							BTX		Benzene Toluene Xilene				
							PM ₁₀		Polveri sottili				

GUARDIAREGIA													
CODICE NAZIONALE	1407075			CODICE UE	IT1806A								
INDIRIZZO	Loc. Arcichiaro Guardiaregia			DATA INSTALLAZIONE	2006								
COORDINATE GEOGRAFICHE	<i>Longitudine</i>	14°59'36"	<i>Latitudine</i>	41°25'08"	Altitudine (m s.l.m.)	886							
													
							Tipo stazione				Background		
							Zona				Rurale		
							Caratteristiche zona				Naturale		
							PARAMETRI MISURATI						
							NO ₂		Biossido di azoto				
							O ₃		Ozono				
							SO ₂		Biossido di zolfo				

ISERNIA1													
CODICE NAZIONALE	14094			CODICE UE	IT1802A								
INDIRIZZO	Piazza Puccini Isernia			DATA INSTALLAZIONE	2006								
COORDINATE GEOGRAFICHE	<i>Longitudine</i>	14°14'01"	<i>Latitudine</i>	41°35'50"	Altitudine (m s.l.m.)	481							
													
							Tipo stazione				Traffico		
							Zona				Urbana		
							Caratteristiche zona				Residenziale		
							PARAMETRI MISURATI						
							NO ₂		Biossido di azoto				
							CO		Monossido di carbonio				
							SO ₂		Biossido di zolfo				
							BTX		Benzene Toluene Xilene				
							PM ₁₀		Polveri sottili				

VENAFRO1													
CODICE NAZIONALE	1409496			CODICE UE	IT1804A								
INDIRIZZO	Via Colonia Giulia Venafro			DATA INSTALLAZIONE	2006								
COORDINATE GEOGRAFICHE	<i>Longitudine</i>	14°02'50"	<i>Latitudine</i>	41°29'03"	Altitudine (m s.l.m.)	183							
													
							Tipo stazione				Traffico		
							Zona				Urbana		
							Caratteristiche zona				Commerciale residenziale		
							PARAMETRI MISURATI						
							NO ₂		Biossido di azoto				
							CO		Monossido di carbonio				
							SO ₂		Biossido di zolfo				
							BTX		Benzene Toluene Xilene				

VENAFRO2													
CODICE NAZIONALE	1409499			CODICE UE	IT1962A								
INDIRIZZO	Via Campania Venafro			DATA INSTALLAZIONE	2006								
COORDINATE GEOGRAFICHE	<i>Longitudine</i>	14°02'00"	<i>Latitudine</i>	41°28'44"	Altitudine (m s.l.m.)	176							
													
							Tipo stazione	Traffico					
							Zona	Urbana					
							Caratteristiche zona	Commerciale residenziale					
							PARAMETRI MISURATI						
							NO ₂	Biossido di azoto					
							O ₃	Ozono					
							BTX	Benzene Toluene Xilene					
							PM ₁₀	Polveri sottili					
							As, Cd, Ni, Pb	Metalli					
B(a)P	Benzo-a-pirene												

VASTOGIRARDI													
CODICE NAZIONALE	1409498			CODICE UE	IT1963A								
INDIRIZZO	Loc. Montedimezzo Vastogirardi			DATA INSTALLAZIONE	2006								
COORDINATE GEOGRAFICHE	<i>Longitudine</i>	14°12'32"	<i>Latitudine</i>	41°45'34"	Altitudine (m s.l.m.)	948							
													
							Tipo stazione	Background					
							Zona	Rurale					
							Caratteristiche zona	Naturale					
							PARAMETRI MISURATI						
							NO ₂	Biossido di azoto					
							O ₃	Ozono					
							PM ₁₀	Polveri sottili					
							As, Cd, Ni, Pb	Metalli					
							B(a)P	Benzo-a-pirene					

Allegato5

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.

Allegato 6

L'INDICE DI QUALITÀ DELL'ARIA (IQA)

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

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

I1 e I2 sono due sottoindici, calcolati per gli inquinanti monitorati utilizzando i seguenti criteri:

- si utilizza sempre nel calcolo, il sottoindice relativo al parametro PM₁₀, mediato con il più alto tra i sottoindici calcolati per gli altri inquinanti.
- se manca il sottoindice relativo al PM₁₀ si utilizza il più alto tra O₃ ed NO₂.
- se mancano i sottoindici dell'O₃ e dell'NO₂ si utilizza solo il sottoindice relativo al PM₁₀.
- 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:

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

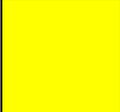
Dove:

I_{IQA_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.



*Agenzia Regionale per la Protezione Ambientale
U.O.C. Attività Tecniche ed Informatiche
Via U. Petrella, 1 – 86100 Campobasso
Web: www.arpamoliseairquality.it*
