

La qualità dell'aria in Molise – Report 2022*

Abstract

La qualità dell'aria in Molise è valutata mediante il monitoraggio di diversi inquinanti atmosferici, attraverso la rete regionale di rilevamento e l'utilizzo del sistema modellistico che ci permette, quest'ultimo, di avere informazioni anche in quella parte del territorio non monitorata con stazioni fisse o mobili. I risultati hanno mostrato che la regione presenta livelli di inquinamento accettabili con il rispetto dei limiti imposti dalla normativa nazionale. Tuttavia, si sono registrati episodi di superamento dei valori limite per l'ozono, che in due stazioni di monitoraggio ha fatto segnalare il superamento del valore obiettivo oltre il numero massimo consentito di giorni e a Venafro dove, oltre alla conferma della criticità del superamento del limite giornaliero per il PM₁₀ oltre il numero massimo consentito, si riscontra anche il superamento del valore obiettivo del benzo-a-pirene [B(a)P].

Keywords: PM; NO_x; environmental; Particulate matter; benzo[a]pyrene

1. Introduzione¹

In Molise la qualità dell'aria è valutata attraverso l'utilizzo di 10 stazioni fisse, nonché l'utilizzo dello strumento modellistico in grado, quest'ultimo, di fornire una informazione estesa anche a porzioni di territorio prive di monitoraggio. Oltre al monitoraggio istituzionale, ARPA Molise è impegnata nella caratterizzazione delle polveri per l'individuazione delle principali fonti inquinanti nell'area di Venafro mediante l'utilizzo di due centri mobili che verranno utilizzati con il duplice scopo di aumentare da un lato il monitoraggio nella Piana, infatti, saranno posizionati nei territori comunali di Sesto Campano e Pozzilli e che andranno ad affiancare così il monitoraggio con le due centraline fisse di Venafro e dall'altro di effettuare la caratterizzazione delle polveri sottili. Quest'ultima ha una forte connotazione innovativa; infatti, il monitoraggio sarà affrontato con rigore oggettivo riguardo le caratteristiche chimico-fisiche del particolato eventualmente originato da specifiche attività e quindi si utilizzerà, per la valutazione dei dati ottenuti, un metodo a recettore che, a partire dai dati chimici relativi alla composizione del particolato, consente di circoscrivere le sorgenti che ne sono all'origine. Gli studi di caratterizzazione richiedono un'attività sperimentale intensa e necessitano di tempi tecnici di

esecuzione dell'ordine di molti mesi. A conclusione dello studio, tuttavia, sarà possibile individuare e quantificare idealmente tutte le sorgenti di particolato aerodisperso che contribuiscono all'inquinamento della Piana, incluse quelle riconducibili ad attività industriali, quelle di origine naturale ed infine i contributi di attività antropogeniche legate ad attività civili. Sempre nell'ottica, infine, di una implementazione dei monitoraggi nella Piana, oltre a quello della qualità dell'aria, sarà implementato il monitoraggio dei dati meteo.

L'attivazione di un monitoraggio delle variabili meteorologiche e micrometeorologiche è indispensabile per definire in modo accurato il quadro delle condizioni meteo-climatiche e il loro evolversi nel tempo, dal momento che rappresentano un elemento chiave nel favorire l'accumulo degli inquinanti in atmosfera e il verificarsi di episodi acuti di inquinamento atmosferico, con riferimento, in particolare, al materiale particolato.

2. Metodologia

La valutazione della qualità dell'aria è organizzata in base alla zonizzazione del territorio ed alla classificazione delle Zone. Le modalità da seguire per giungere alla valutazione della qualità dell'aria in ciascuna Zona vengono descritte nel

*Documento redatto in ottemperanza alla L. R. n. 16 del 22 luglio 2011.

¹Introduzione a cura del Direttore Generale ARPA Molise avv. Alberto Manfredi Selvaggi

Programma di Valutazione (PdV) e possono comprendere l'utilizzo di stazioni di misurazione per le misure in siti fissi, per le misure indicative nonché le tecniche di modellizzazione e di stima obiettiva. L'insieme delle stazioni di misurazione indicate nel Programma di Valutazione, approvato con D.G.R. n° 451 del 07 ottobre 2016, con la quale è stato stabilito l'adeguamento della rete regionale di rilevamento della qualità dell'aria ai sensi del D. Lgs. 155/2010, costituisce la "rete regionale".

Per la validazione dei dati vengono seguiti i metodi riportati di seguito.

2.1. La validazione dei dati

La validazione dei dati è rappresentata dall'insieme delle attività, manuali o automatiche, sui valori numerici dei dati rilevati dalle stazioni della 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.

2.2. Criteri 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.

Tabella 1. Criteri calcolo parametri statistici

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 % ² dei valori di 1 ora o (se non disponibile) dei valori di 24 ore nel corso dell'anno

2.3. Trattamento dati inferiori al limite di rilevabilità

I dati inferiori al limite di rilevabilità (< LR) sono riferibili come dati NR (non rilevabile) o ND (not detectable e not detected). Il limite di rilevabilità è quello del metodo nelle condizioni sperimentali applicate. È funzione del volume di campionamento (tempo e portata), pulizia del bianco e "LR strumentale". "LR strumentale" è definito come la concentrazione che dà un segnale strumentale significativamente differente dal segnale del rumore di fondo. La definizione classica è: "la concentrazione che dà un segnale pari al segnale medio di n misure replicate del bianco più tre volte la deviazione standard dei tali misure". Per molti scopi viene espresso, secondo una definizione classica, come

² La prescrizione per il calcolo della media annuale non comprende le perdite di dati dovute alla calibrazione periodica o alla manutenzione ordinaria della strumentazione.

“la concentrazione che dà un segnale pari a tre volte quello del rumore”. In aggiunta o in luogo all'LR viene calcolato il “Limite di Quantificazione”, a questo si applicano le stesse considerazioni fatte per l'LR, salvo che invece di “tre volte” viene comunemente adottato un numero compreso tra sei e dieci.

Il problema dei dati NR si pone quando:

1. Occorre calcolare, per una sostanza, la concentrazione media a partire da più misure di cui alcune risultano NR
2. Occorre calcolare la concentrazione cumulativa (o sommatoria) di più sostanze, di cui alcune risultano NR

I criteri più comunemente impiegati consistono nell'assegnare a tali dati di concentrazione il valore di “0” oppure quello corrispondente all'LR. Un terzo criterio consiste nell'assegnare il valore corrispondente all'LR/2.

A. NR=0 -> stima LOWER-BOUND, dunque sottostima il valore vero della concentrazione media o della sommatoria delle concentrazioni

B. NR=LR -> stima UPPER-BOUND, dunque sovrastima il valore vero. È dunque una soluzione cautelativa dal punto di vista della protezione dell'ambiente e della salute

NR=LR/2 -> stima MEDIUM-BOUND e si basa sulla fatto che mediamente i dati NR siano \approx LR/2. È la soluzione maggiormente raccomandata in letteratura, anche quando i risultati non servono a valutare la conformità ad un valore limite. L'errore che questa soluzione comporta nella stima della media dipende dall'LR (tende ad aumentare con l'aumento di questo).

Un'ulteriore soluzione, tra quelle che prevedono la sostituzione con un valore fisso, consiste nel sostituire NR con $LR/\sqrt{2}$. È stata proposta come soluzione che approssima meglio media e deviazione standard nel caso di distribuzione non fortemente asimmetrica. Occorre, tuttavia, conoscere preventivamente la forma della distribuzione.

2.4. Valutazione della qualità dell'aria intero territorio

Lo stato della qualità dell'aria su tutto il territorio molisano viene 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 1).

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).

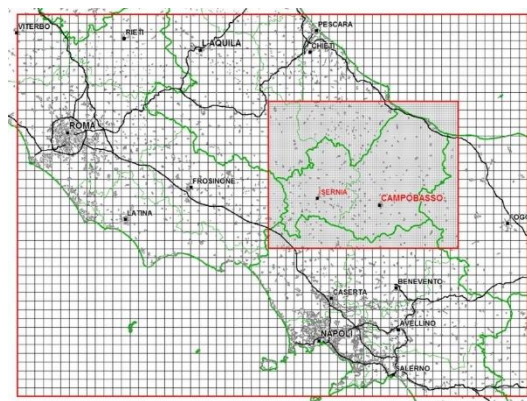


Figura 1 - grigliati di simulazione regionale (1 km di risoluzione) e di “background” (5 km di risoluzione)

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 è utilizzata 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 emmissive, 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.

3. Risultati

3.1. Particulate matter

3.1.1. PM₁₀

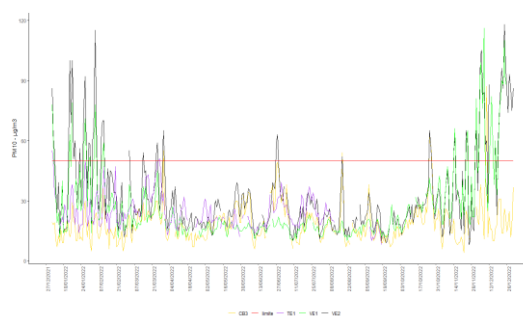


Figura 2 – medie giornaliere PM₁₀ 2022

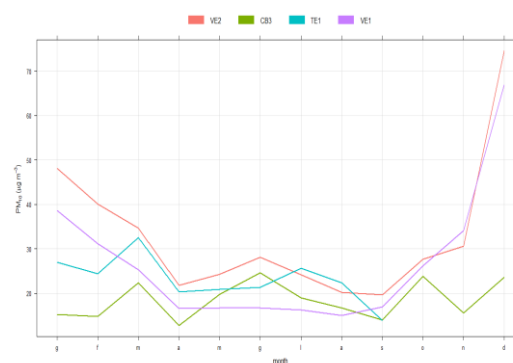


Figura 3 – medie mensili PM₁₀ - 2022

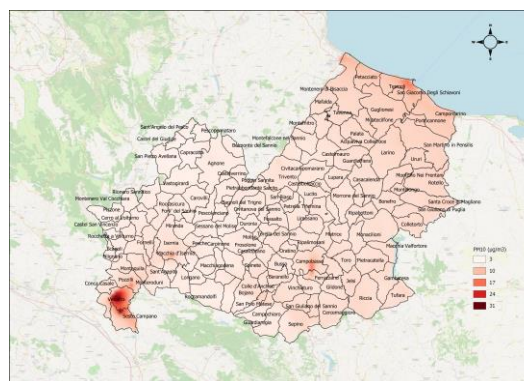


Figura 4 – medie annuali PM₁₀ intero territorio 2022

Nel 2022 non si sono verificati superamenti della media annuale del PM₁₀, mentre per ciò che riguarda il superamento della media giornaliera, la stazione di monitoraggio VE2 ha fatto registrare 60 superamenti a fronte di 35 consentiti dalla normativa. Dalla Figura 3 si nota come le concentrazioni di PM₁₀ aumentano nei mesi invernali, dove si registrano i superamenti dei valori delle medie giornaliere, mentre negli altri mesi si assestano a valori molto inferiori ai 50 µg/m³.

Dalla Figura 4 si nota come la media annuale sia rispettata su tutto il territorio regionale.

3.1.2. *PM_{2.5}*

Nel 2022 nessuna stazione ha fatto registrare il superamento del valore limite annuale del PM_{2.5} (25 µg/m³); infatti i valori misurati sono stati: VE2 = 22 µg/m³, CB3 = 11 µg/m³, TE2 = 10 µg/m³. Anche in questo caso le concentrazioni aumentano nei mesi invernali per poi diminuire nel resto dell'anno. Dalla Figura 7 si nota come la media annuale sia rispettata su tutto il territorio regionale.



Figura 5 – medie giornaliere PM_{2.5} 2022

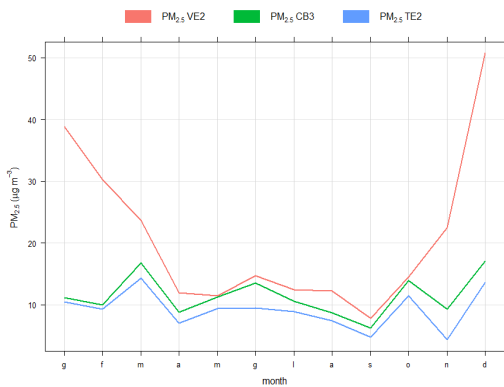


Figura 6 – medie mensili PM_{2.5} 2022

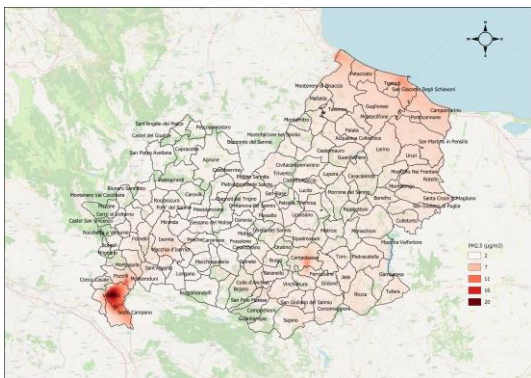


Figura 7 – media annuale PM_{2.5} intero territorio 2022

3.2. *Biossido di azoto*

Il biossido di azoto non ha presentato criticità nemmeno nel 2022. Nessun valore limite imposto dal D.Lgs. 155/2010, infatti, è stato superato.

Come si evince dalla Figura 8, la media annuale è stata rispettata su tutto il territorio molisano.

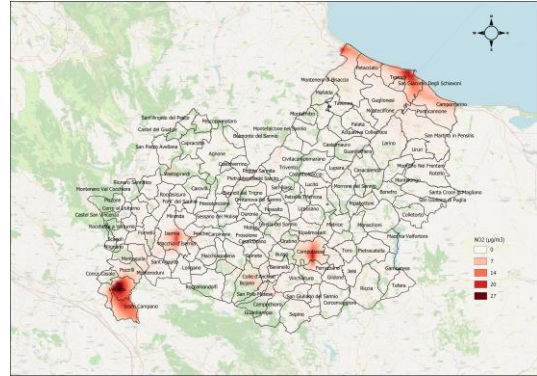


Figura 8 – media annuale NO₂ intero territorio 2022

3.3. *Ozono*

L'obiettivo a lungo termine per l'ozono non è stato rispettato nelle stazioni di Guardiaregia e Vastogirardi. Non si sono verificati superamenti delle soglie di informazione e di allarme.

3.4. *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 su tutto il territorio regionale.

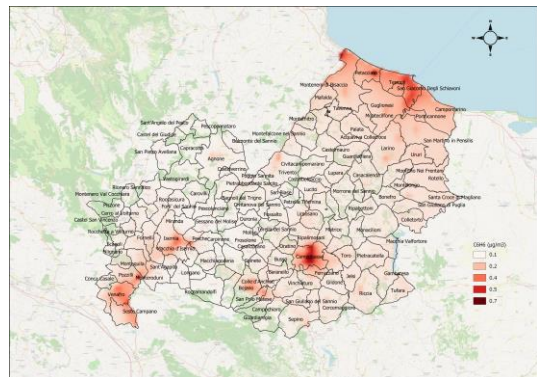
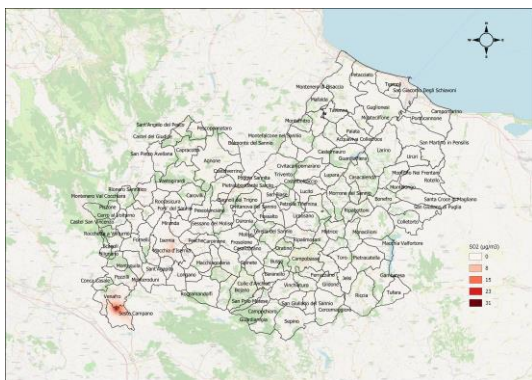


Figura 9 – media annuale benzene 2022

Figura 10 – media annuale SO₂ 2022

Ringraziamenti

I dati di qualità dell'aria e le elaborazioni sono il frutto del lavoro di diverse professionalità di ARPA Molise che con il loro contributo rendono possibile la pubblicazione quotidiana dei dati nonché la elaborazione e la pubblicazione della relazione annuale. Si ringrazia, quindi, il personale dello Staff per le Attività di Gestione della Rete di Monitoraggio della Qualità dell'Aria ed il personale del Laboratorio del Dipartimento Provinciale di Campobasso.

3.5. Arsenico, Cadmio, Nichel, Piombo, Benzo(a)pirene

Arsenico, cadmio, nichel e piombo non presentano alcuna criticità per la qualità dell'aria; infatti, non si sono mai verificati episodi di superamento dei valori previsti dalla normativa vigente.

Per il benzo(a)pirene, invece, si registra il superamento del valore obiettivo registrato presso la stazione di monitoraggio Venafro2 con un valore di 1.23 ng/m³ a fronte di 1.0 ng/m³ stabilito dalla normativa. Anche per questo inquinante, così come per il PM i valori più alti si registrano nella stagione invernale.

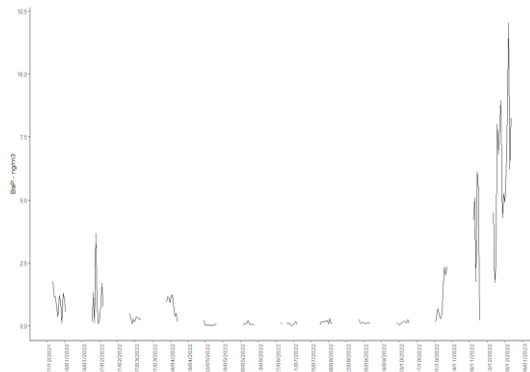


Figura 11 – medie giornaliere B(a)P 2022

4. Conclusioni

Il quadro che emerge dal monitoraggio del 2022, è la persistenza delle criticità legate ai livelli di ozono e dei valori di polveri sottili nella città di Venafro, dove la stazione di monitoraggio Venafro2 ha fatto registrare 60 superamenti del limite giornaliero a fronte dei 35 consentiti dalla legge, a cui si aggiunge il superamento del limite annuale del Benzo-a-pirene. Gli altri inquinanti monitorati non hanno superato i rispettivi standard normativi.

Appendice A Valori limite dati di monitoraggio

Tabella 2 – valori limite e valori obiettivo D. Lgs. 152/2010

Inquinante	Concentrazion e	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)	6.0 ng/m ³	1 anno	-
cadmio (Cd)	5.0 ng/m ³	1 anno	-
nicel (Ni)	20.0 ng/m ³	1 anno	-
benzo(a)pirene (B(a)P)	1.0 ng/m ³	1 anno	-

Appendice B Dati di monitoraggioTabella 3. Numero superamenti limiti giornalieri PM₁₀

Anni	CB1	CB3	TE1	TE2	IS1	VE1	VE2	VA
2006	6	16	20	17	0	15	22	0
2007	17	4	22	3	0	17	24	9
2008	14	12	19	23	8	28	n.d.	9
2009	25	15	9	18	19	31	2	2
2010	13	2	1	0	4	39	26	0
2011	13	7	11	11	10	52	57	0
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
2017	7	0	12	10	0	23	25	0
2018	-	0	1	8	0	22	24	0
2019	n.d.	0	0	2	0	7	39	0
2020	n.d.	0	n.d.	0	n.d.	n.d.	52	n.d.
2021	n.d.	6	1	n.d.	n.d.	6	40	n.d.
2022	n.d.	5	2	n.d.	n.d.	31	60	n.d.

Tabella 4. media annuale e copertura dati PM₁₀

stazioni	2015		2016		2017		2018		2019		2020		2021		2022	
	m. a.	c.d.	m. a.	c.d.	m. a.	c.d.	m. a.	c.d.	m. a.	c.d.	m. a.	c.d.	m. a.	c.d.	m. a.	c.d.
CB1	17	85	20	94	26	37	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
CB3	15	78	17	73	17	71	17	87	17	43	16	14	17	66	19	96
TE1	20	67	21	74	20	61	15	59	19	45	n.d.	n.d.	23	44	24	60
TE2	19	88	14	79	20	99	18	78	19	30	13	36	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.

stazioni	2015		2016		2017		2018		2019		2020		2021		2022	
	m. a.	c.d.	m. a.	c.d.	m. a.	c.d.	m. a.	c.d.	m. a.	c.d.	m. a.	c.d.	m. a.	c.d.	m. a.	c.d.
IS1	19	75	17	83	20	96	12	86	9	27	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
VE1	23	90	26	87	20	89	26	91	25	26	n.d.	n.d.	25	55	26	94
VE2	25	77	29	74	25	78	27	87	30	93	32	96	30	92	33	96
VA	9	12	8	84	10	50	8	53	8	42	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.

m.a. = media annuale ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
c.d.= copertura dati (%)

Tabella 5. media annuale e copertura dati $\text{PM}_{2.5}$

stazioni	2018		2019		2020		2021		2022	
	m. a.	c.d.	m. a.	c.d.	m. a.	c.d.	m. a.	c.d.	m. a.	c.d.
CB3	11	41	10	98	10	94	9	95	11	91
TE2	14	43	10	93	10	92	9	68	10	89
VE2	21	44	21	93	23	96	20	92	22	96

m.a. = media annuale ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
c.d.= copertura dati (%)

Tabella 6. Statistiche NO_2 2022

Indicatori	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	0	0	0	0	0	0	0
Media annuale ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	7	n.d.	30	18	22	34	21	5	31	23
Copertura dati (%)	95	n.d.	82	98	99	97	70	63	75	72

Tabella 7. Statistiche O_3 2022

Indicatori	TE2	CB3	CB4	VE2	GU	VA
Obiettivo a lungo termine (OLT) - $\mu\text{g}/\text{m}^3$	97	114	113	118	130	121
Superamenti soglia di informazione	0	0	0	0	0	0
Superamenti soglia di allarme	0	0	0	0	0	0
Media Superamenti VO (2022-2018)	0	9	0	0	29	34
Media Superamenti OLT (2022-2020)	0	2	0	0	14	45
Data capture winter (70%)	85	79	100	61	82	100
Data capture summer (85%)	82	64	95	93	63	83
Obiettivo data capture	no	no	si	no	no	no

Tabella 8. copertura dati As, Cd, Ni, Pb (%) - 2014/2022

stazione	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
VA	36	67	78	80	57	47	n.d.	n.d.	n.d.
CB3	98	94	93	95	102	83	24	71	104
VE2	85	94	85	101	58	53	108	97	106
TE1	85	79	79	49	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
TE2	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	84	70	43	n.d.	n.d.

Tabella 9. Media annuale As (ng/m^3) - 2014/2022

stazione	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
VA	0.1	0.1	1.3	0.7	0.1	0.11	n.d.	n.d.	n.d.
CB3	0.9	0.1	0.6	0.6	0.1	0.16	0.08	1.51	0.09
VE2	1.4	0.1	0.6	0.7	0.4	0.17	0.09	0.10	0.11
TE1	1.8	0.1	0.8	1.0	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
TE2	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0.1	0.18	0.08	n.d.	n.d.

Tabella 10. Media annuale Cd (ng/m³) - 2014/2022

stazione	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
VA	0.01	0.01	0.01	0.27	0.11	0.051	n.d.	n.d.	n.d.
CB3	0.06	0.01	0.01	0.31	0.05	0.021	0.005	0.203	0.025
VE2	0.13	0.07	0.05	0.42	0.16	0.047	0.053	0.058	0.097
TE1	0.04	0.02	0.04	0.09	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
TE2	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0.01	0.017	0.060	n.d.	n.d.

Tabella 11. Media annuale Ni (ng/m³) - 2014/2022

stazione	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
VA	0.3	1.2	3.1	2.2	1.2	0.3	0	n.d.	n.d.
CB3	5.3	1.0	2.3	1.9	0.4	0.27	0.25	0.40	0.29
VE2	5.3	1.9	9.0	3.9	0.5	0.56	0.29	0.30	0.26
TE1	5.7	2.5	3.5	8.6	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
TE2	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0.4	0.82	0.33	n.d.	n.d.

Tabella 12. Media annuale Pb (ng/m³) - 2014/2022

stazione	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
VA	0.0002	0.0031	0.0034	0.0034	0.0013	0.0008	n.d.	n.d.	n.d.
CB3	0.0059	0.0013	0.0037	0.0025	0.0017	0.0007	0.0015	0.0026	0.0017
VE2	0.0096	0.0039	0.0047	0.0057	0.0028	0.0019	0.0015	0.0013	0.0009
TE1	0.0055	0.0015	0.0052	0.0046	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
TE2	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0.0012	0.0019	0.0006	n.d.	n.d.

Tabella 13. statistiche b(a)p (ng/m³) - 2014/2022

	CB3	VE2	TE1	TE2	VA
Media annuale -2014 (ng/ m ³)	0.170	0.275	0.196	n.d.	0.403
Copertura dati - 2014 (%)	101	48	69	n.d.	31
Media annuale -2015 (ng/ m ³)	0.3	0.26	0.19	n.d.	0.1
Copertura dati - 2015 (%)	102	83	55	n.d.	34
Media annuale - 2016 (ng/ m ³)	0.047	0.032	0.032	n.d.	0.077
Copertura dati - 2016 (%)	45	50	46	n.d.	54
Media annuale - 2017 (ng/ m ³)	0.172	0.564	0.041	n.d.	0.034
Copertura dati - 2017 (%)	61	59	48	n.d.	46
Media annuale - 2018 (ng/ m ³)	0.304	0.429	n.d.	0.191	0.639
Copertura dati - 2018 (%)	83	54	n.d.	48	29
Media annuale - 2019 (ng/ m ³)	0.216	0.562	n.d.	0.329	0.231
Copertura dati - 2019 (%)	100	81	n.d.	83	75
Media annuale - 2020 (ng/ m ³)	0.254	0.503	n.d.	0.09	n.d.
Copertura dati - 2020 (%)	45	105	n.d.	72	n.d.
Media annuale - 2021 (ng/ m ³)	0.085	0.610	n.d.	n.d.	n.d.
Copertura dati - 2021 (%)	62	98	n.d.	n.d.	n.d.
Media annuale - 2022 (ng/ m ³)	0.340	1.235	n.d.	n.d.	n.d.
Copertura dati - 2022 (%)	120	114	n.d.	n.d.	n.d.

Tabella 14. Medie mensili b(a)p (ng/ m³) - VA 2014-2022

	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Gennaio	n.d.	n.d.	0.282	0.020	n.d.	0.815	n.d.	n.d.	n.d.
Febbraio	n.d.	n.d.	0.120	0.020	n.d.	0.020	n.d.	n.d.	n.d.
Marzo	n.d.	n.d.	n.d.	0.020	n.d.	0.243	n.d.	n.d.	n.d.

	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Aprile	n.d.	n.d.	n.d.	0.020	n.d.	1.176	n.d.	n.d.	n.d.
Maggio	n.d.	0.07	n.d.	0.020	n.d.	0.020	n.d.	n.d.	n.d.
Giugno	n.d.	n.d.	0.020	0.040	8.640	0.072	n.d.	n.d.	n.d.
Luglio	n.d.	0.31	0.020	0.050	0.029	0.111	n.d.	n.d.	n.d.
Agosto	n.d.	0.11	n.d.	n.d.	0.020	0.020	n.d.	n.d.	n.d.
Settembre	2.6	n.d.	n.d.	n.d.	0.140	0.040	n.d.	n.d.	n.d.
Ottobre	0.1	0.07	0.020	0.070	n.d.	0.070	n.d.	n.d.	n.d.
Novembre	0.4	n.d.	0.020	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Dicembre	0.2	0.16	n.d.	n.d.	0.500	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.

Tabella 15. Medie mensili b(a)p (ng/ m³) - CB3 2014-2022

	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Gennaio	n.d.	n.d.	0.282	0.020	n.d.	0.815	n.d.	n.d.	0.070
Febbraio	n.d.	n.d.	0.120	0.020	n.d.	0.020	n.d.	n.d.	0.096
Marzo	n.d.	n.d.	n.d.	0.020	n.d.	0.243	n.d.	n.d.	0.042
Aprile	n.d.	n.d.	n.d.	0.020	n.d.	1.176	n.d.	n.d.	0.296
Maggio	n.d.	0.07	n.d.	0.020	n.d.	0.020	n.d.	n.d.	0.267
Giugno	n.d.	n.d.	0.020	0.040	8.640	0.072	n.d.	0.020	0.064
Luglio	n.d.	0.31	0.020	0.050	0.029	0.111	n.d.	0.044	0.098
Agosto	n.d.	0.11	n.d.	n.d.	0.020	0.020	n.d.	0.020	0.043
Settembre	2.6	n.d.	n.d.	n.d.	0.140	0.040	n.d.	0.240	0.044
Ottobre	0.1	0.07	0.020	0.070	n.d.	0.070	n.d.	0.050	0.062
Novembre	0.4	n.d.	0.020	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0.150	0.365
Dicembre	0.2	0.16	n.d.	n.d.	0.500	n.d.	n.d.	0.084	1.366

Tabella 16. Medie mensili b(a)p (ng/ m³) - VE2 2014-2022

	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Gennaio	n.d.	n.d.	0.282	0.020	n.d.	0.815	n.d.	1.506	0.935
Febbraio	n.d.	n.d.	0.120	0.020	n.d.	0.020	n.d.	1.600	0.973
Marzo	n.d.	n.d.	n.d.	0.020	n.d.	0.243	n.d.	0.565	0.325
Aprile	n.d.	n.d.	n.d.	0.020	n.d.	1.176	n.d.	1.650	0.825
Maggio	n.d.	0.07	n.d.	0.020	n.d.	0.020	n.d.	0.647	0.054
Giugno	n.d.	n.d.	0.020	0.040	8.640	0.072	n.d.	0.020	0.087
Luglio	n.d.	0.31	0.020	0.050	0.029	0.111	n.d.	0.239	0.091
Agosto	n.d.	0.11	n.d.	n.d.	0.020	0.020	n.d.	0.635	0.147
Settembre	2.6	n.d.	n.d.	n.d.	0.140	0.040	n.d.	0.069	0.130
Ottobre	0.1	0.07	0.020	0.070	n.d.	0.070	n.d.	0.203	0.131
Novembre	0.4	n.d.	0.020	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0.373	1.082
Dicembre	0.2	0.16	n.d.	n.d.	0.500	n.d.	n.d.	0.544	5.643

Tabella 17. Medie mensili b(a)p (ng/ m³) - TE2 2014-2022

	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Gennaio	n.d.	n.d.	0.282	0.020	n.d.	0.815	n.d.	n.d.	n.d.
Febbraio	n.d.	n.d.	0.120	0.020	n.d.	0.020	n.d.	n.d.	n.d.
Marzo	n.d.	n.d.	n.d.	0.020	n.d.	0.243	n.d.	n.d.	n.d.
Aprile	n.d.	n.d.	n.d.	0.020	n.d.	1.176	n.d.	n.d.	n.d.
Maggio	n.d.	0.07	n.d.	0.020	n.d.	0.020	n.d.	n.d.	n.d.
Giugno	n.d.	n.d.	0.020	0.040	8.640	0.072	n.d.	n.d.	n.d.
Luglio	n.d.	0.31	0.020	0.050	0.029	0.111	n.d.	n.d.	n.d.

	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Agosto	n.d.	0.11	n.d.	n.d.	0.020	0.020	n.d.	n.d.	n.d.
Settembre	2.6	n.d.	n.d.	n.d.	0.140	0.040	n.d.	n.d.	n.d.
Ottobre	0.1	0.07	0.020	0.070	n.d.	0.070	n.d.	n.d.	n.d.
Novembre	0.4	n.d.	0.020	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Dicembre	0.2	0.16	n.d.	n.d.	0.500	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.

Appendice C Rete di monitoraggio

Ad oggi la configurazione della rete di monitoraggio è quella precedente all'approvazione del PdV, quindi, la qualità dell'aria è valutata attraverso l'utilizzo di 10 stazioni fisse, nonché l'utilizzo dello strumento modellistico in grado, quest'ultimo, di fornire una informazione estesa anche a porzioni di territorio prive di monitoraggio.

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

Tabella 18 – composizione rete di monitoraggio della qualità dell'aria 2022

Denominazione stazione	Localizzazione	Tipologia	Inquinanti misurati
Campobasso1 (CB1)	Piazza Cuoco (CB)	Traffico	SO ₂
Campobasso3 (CB3)	Via Lombardia	Background	NO _x , PM ₁₀ , PM _{2.5} , O ₃ , As, Cd, Ni, Pb, B(a)P
Campobasso4 (CB4)	Via XXIV Maggio	Background	NO _x , O ₃
Termoli1 (TE1)	Piazza Garibaldi	Traffico	NO _x , SO ₂ , CO, PM ₁₀
Termoli2 (TE2)	Via Martiri della Resistenza	Traffico	NO _x , PM _{2.5} , O ₃
Isernia1 (IS1)	Piazza Puccini	Traffico	NO _x , SO ₂
Venafro1 (VE1)	Via Colonia Giulia	Traffico	NO _x , SO ₂ , CO, PM ₁₀
Venafro2 (VE2)	Via Campania	Traffico	NO _x , PM ₁₀ , PM _{2.5} , O ₃ , As, Cd, Ni, Pb, B(a)P,
Guardiaregia (GU)	Arcichiaro	Background	NO _x , SO ₂ , O ₃ .
Vastogirardi (VA)	Monte di Mezzo	Background	NO _x , O ₃
Centro mobile	-	-	PM ₁₀ /PM _{2.5} , As, Cd, Ni, Pb, B(a)P

Appendice D 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 stazioni 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 dedicato alla qualità dell'aria.

Tabella 19 – composizione rete Sorgenia

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 20 – medie annuali PM₁₀ rete Sorgenia 2022

STAZIONI	Media annuale (µg/m ³)	Copertura dati (%)
TE3	20	93
TE4	17	92
TE5	16	84

Tabella 21 – superamenti media giornaliera PM₁₀ rete Sorgenia 2022

TE3	TE4	TE5
8	7	6

Le stazioni della rete Sorgenia non hanno rilevato criticità. Il monitoraggio del PM₁₀ ha fatto registrare i valori riportati in Tabella 20 e Tabella 21.

Appendice E 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] D.G.R. Molise n. 451/2016 “Approvazione dell'adeguamento della rete regionale di rilevamento della qualità dell'aria ai sensi del D. Lgs. 155/2010 e ss.mm.ii.”
- [6] 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.
- [7] Rapporto ISTISAN 04/15 – Trattamento dei dati inferiori al limite di rilevabilità nel calcolo dei risultati analitici
- [8] “La qualità dell'aria in Italia. Edizione 2020”. SNPA, Rapporti 17/2020, Roma, 1° dicembre 2020. ISBN 978-88-448-1027-6 - © Report SNPA, 17/2020

Appendice F Acronimi, unità e simboli

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

mg/m^3 = milligrammi per metro cubo

ng/m^3 = nanogrammi per metro cubo

As = Arsenico

B = Benzene

BaP = Benzo(a)pirene

Cd = Cadmio

C_6H_6 = Benzene

CO = Monossido di carbonio

Ni = Nichel

NO_2 = Biossido di azoto

O_3 = Ozono

Pb = Piombo

PdV = Programma di Valutazione

PM_{10} = Particolato con diametro minore o uguale a 10 μm

$\text{PM}_{2.5}$ = Particolato con diametro minore o uguale a 2.5 μm

RRQA = Rete di Rilevamento della Qualità dell'Aria

SO_2 = Biossido di zolfo

Autori

Coordinamento generale

Alberto Manfredi Selvaggi

Maila Strappini

Luigi Pierno

Autore

Luigi Pierno - luigi.pierno@arpamolise.it