



Agenzia Regionale per la Protezione dell'Ambiente della Calabria
Dipartimento Provinciale di Crotone - Servizio Tematico Aria

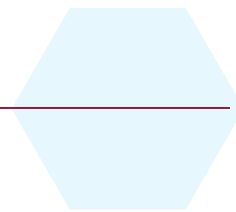
Campagna di monitoraggio della qualità dell'aria

BIOMASSE Crotone - Anno 2024



ARIA





Dipartimento Provinciale ARPACAL di Crotone

Direttore di Dipartimento Dott. Rosario Aloisio

Servizio Tematico Aria

Referente Dott.ssa Serafina Oliverio

Staff tecnico amministrativo

Dott.ssa Sonia Cimino

Analisi chimiche

Dipartimento Provinciale ARPACAL di Reggio Calabria

Direttore del Dipartimento Dott.ssa Francesca Pedullà

Laboratorio Chimico Acqua/Aria

Dirigente Dott. Clemente Migliorino

Dott.ssa Giuseppa Marino

Dott. Maurizio Messina

Dott.ssa Cinzia Maria Verduci

Dott.ssa Valeria Iolanda Visalli

Relazione

Dott.ssa Serafina Oliverio



Relazione Tecnica
STAZIONE DI MONITORAGGIO QUALITA' DELL'ARIA – BIOMASSE CROTONE

Stazione di monitoraggio

Porto Crotone

Coordinate stazione

Latitudine: 39.089087° N Longitudine: 17.116596°E



Periodo di monitoraggio

1° gennaio 2024 – 31 dicembre 2024

Validazione ed elaborazione dati

I dati prodotti dalla stazione di rilevamento della qualità dell'aria associata alla Centrale di BIOMASSE Crotone S.p.A. sono stati validati ed elaborati dal SERVIZIO TEMATICO ARIA del DIPARTIMENTO PROVINCIALE DI CROTONE:

- dott.ssa Serafina OLIVERIO Referente della Convenzione Repertorio Arpacal n° 312/int. del 10.01.2023



Sommario

1. Sintesi della Relazione Tecnica	4
1.1 Introduzione.....	4
1.2 La centrale.....	4
1.3 Inquinanti monitorati	6
1.4 Quadro normativo	6
1.5 Conclusioni in sintesi	7
2. Efficienza della stazione di rilevamento	8
3. Analisi dei singoli inquinanti atmosferici - anno 2024.....	9
3. 1 Il monossido di carbonio (CO)	9
3. 2 Il biossido di Zolfo (SO ₂)	11
3. 3 Biossido di azoto (NO ₂)	13
3. 4 Il particolato atmosferico aerodisperso	15
3. 4.1 Il particolato atmosferico aerodisperso PM ₁₀	15
3. 4.2 Il particolato atmosferico aerodisperso PM _{2,5}	16
3. 5 Il Benzene (C ₆ H ₆)	18
4 . Metalli e Benzo[a]pirene nel PM₁₀	19
4.1 Metalli pesanti nel PM ₁₀	19
4.2 Il Benzo[a]pirene nel PM ₁₀	24
5 . I parametri meteorologici	25
Direzione e Velocità del Vento.....	25
Pressione Atmosferica.....	25
Radiazione solare.....	25
La Temperatura	25
Precipitazioni	25
Umidità Relativa	26
5.1 Analisi dei principali parametri meteorologici	26



1. Sintesi della Relazione Tecnica

1.1 Introduzione

La società BIOMASSE Crotone S.p.A. gestisce la Centrale Termoelettrica alimentata a biomasse ubicata nel comune di Crotone.

La centrale, con DDG n. 15161 del 11/08/2009, e successiva rettificata DDG 16023 del 17/11/2010, ha ottenuto, dalla Regione Calabria, Dipartimento Politiche dell'Ambiente, il parere di compatibilità ambientale e l'Autorizzazione Integrata Ambientale. Il Dipartimento Attività Produttive della Regione Calabria con DDG n. 18231 del 12/10/2009 ha rilasciato l'Autorizzazione Unica. A seguito di ciò con n. 17960 del 18/12/2012 il Dipartimento Politiche dell'Ambiente della Regione Calabria, prendendo atto dei decreti emessi dal Dipartimento Attività Produttive, ha decretato la decadenza ed inefficacia del titolo autorizzativo costituito dal provvedimento di A.I.A. DDG n. 15161 del 11/08/2009, in quanto sostituito dall'Autorizzazione Unica.

Relativamente alla compatibilità ambientale dell'impianto in oggetto, come stabilito con DDG n. 17960 del 18/12/2012, conservano piena efficacia e validità tanto l'esito del giudizio di valutazione di impatto ambientale quanto tutte le prescrizioni VIA ed AIA contenute nel DDG n. 15161 del 11/08/2009

Nell'ambito dell'Autorizzazione Integrata Ambientale è stato prescritto alla società di adottare un Piano di Monitoraggio della qualità dell'aria in accordo con ARPA Calabria.

Tale Piano è stato acquisito da ARPACAL prot.n° 18177 del 06/12/12 ed approvato con Prot. n°2129 del 23/01/2013.

A seguito dell'acquisizione del Piano di monitoraggio della qualità dell'aria è stata rinnovata tra la Società e l'ARPACAL la convenzione per la validazione ed elaborazione dei dati rilevati dalla rete di rilevamento della qualità dell'aria (Repertorio Arpacal n° 312/int. del 10.01.2023).

1.2 La centrale

Lo stabilimento di Crotone nasce come "Centrale termoelettrica alimentata a biomassa" nell'area industriale di Crotone ubicata in località Passovecchio. La potenza elettrica netta dell'impianto è pari a 27 MWe.

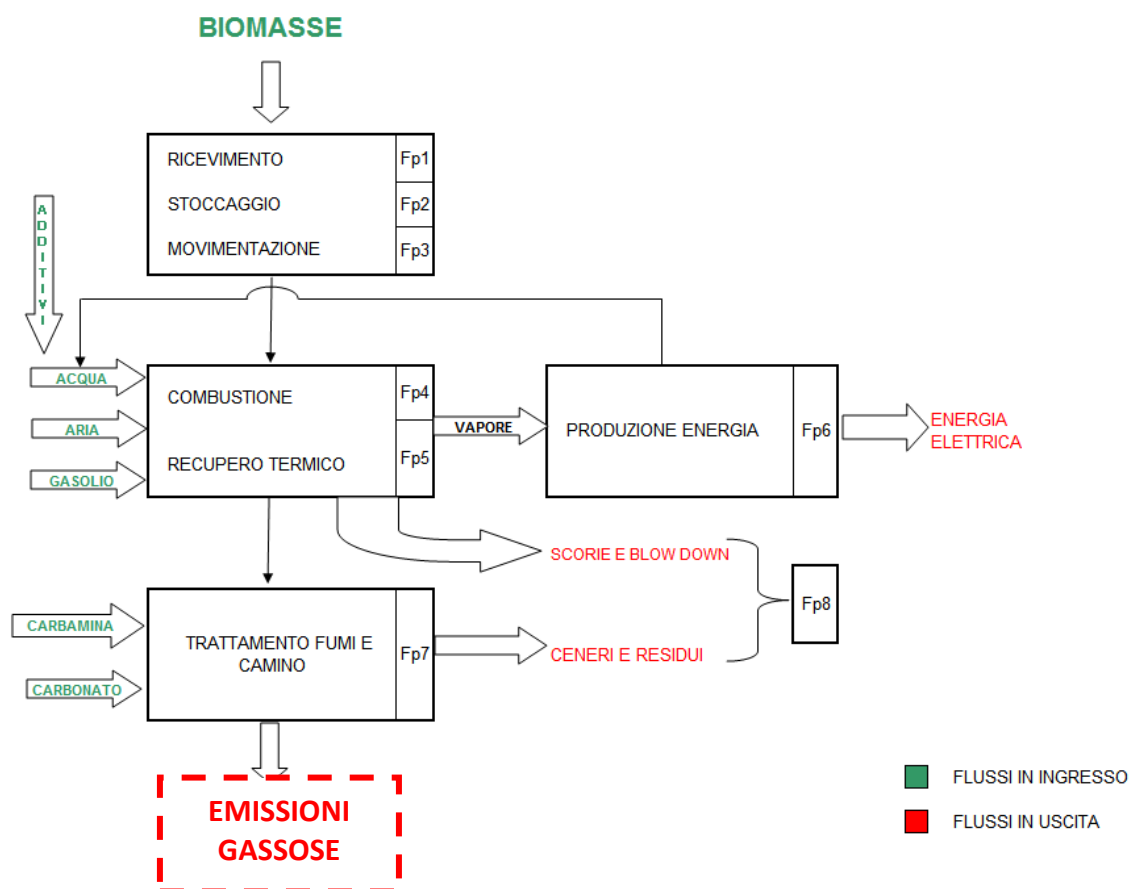
L'attività, avviata al principio degli anni 2000, è sempre stata quella di produzione di energia elettrica mediante la combustione di biomassa.

L'impianto è oggi composto essenzialmente da:

- un'area (parco combustibili) per il deposito della biomassa;
- un'area per l'impianto di movimentazione ed alimentazione del cippato alle due caldaie della centrale, costituito da coclee e nastri trasportatori;
- due caldaie a griglia per la combustione della biomassa del tipo mobile a gradini operanti ad un livello di pressione di 95 bar ed in grado di alimentare il resto dell'impianto con 56,5 t/h di vapore cadauna ad una temperatura di circa 522°C;
- un impianto di abbattimento delle ceneri presenti nei fumi caldi evacuati dalla caldaia, costituito da un assorbitore a secco ed elettrofiltro per ciascuna caldaia, installato immediatamente a valle del sistema di combustione;
- un turbogeneratore a vapore a condensazione capace di erogare circa 30 MWe elettrici lordi, alimentato con il vapore prodotto dalle caldaie e completo di tutti gli ausiliari necessari al corretto funzionamento;
- un condensatore del vapore in uscita dalla turbina del tipo ad acqua di torre completo di pozzo caldo di raccolta e dei relativi sistemi ausiliari necessari all'evacuazione degli inerti e al mantenimento del desiderato grado di vuoto;
- i sistemi ausiliari necessari al corretto e sicuro funzionamento della Centrale come di seguito descritti:
 - sistema acqua di raffreddamento;
 - sistema di produzione e distribuzione acqua demineralizzata;
 - sistema di approvvigionamento e distribuzione dell'acqua industriale;
 - stoccaggio e dosaggio reagenti chimici;
 - produzione e distribuzione aria compressa.



La biomassa utilizzata attualmente dalla Centrale è costituita principalmente da cippato vergine proveniente dal territorio locale e dall'estero.



1.3 Inquinanti monitorati

La maggior parte dell'energia elettrica prodotta dalla Società Biomasse Crotone S.p.A. proviene dalla combustione di biomassa vergine, ovvero biomassa costituita da cippato di legno proveniente da manutenzione boschiva e residui agro-alimentari proveniente dal mercato locale ed estero. L'impatto principale generato sull'ambiente atmosferico dalle attività produttive delle centrali termoelettriche è dato dai fumi derivanti dalla combustione di tali biomasse; pertanto gli inquinanti ritenuti critici per la qualità dell'aria nel caso di utilizzo di biomasse vergini, che saranno oggetto di monitoraggio continuo, sono:

- Ossidi di azoto (NO_x)
- Polveri totali sospese ($\text{PM}_{2,5}$ e PM_{10})
- Biossido di zolfo (SO_2).

Considerato che la Centrale Biomasse Crotone S.p.A. è autorizzata ad utilizzare come combustibile per la produzione di energia elettrica, non solo la biomassa vergine ma anche la biomassa rifiuto, si è valutato di monitorare anche i seguenti parametri:

- CO (monossido di carbonio)
- Benzene, Toluene, Xilene
- Benzo(a)pirene
- As, Cd, Ni, Pb

I metodi di riferimento per la determinazione dei vari inquinanti sono quelli riportati nel D.Lgs. 155/10 e ss.mm.ii.

1.4 Quadro normativo

La normativa nazionale di riferimento prevede per ciascun inquinante dei limiti imposti per garantire la salubrità dell'aria. Sono presenti limiti diversi in funzione dell'incidenza e/o pericolosità relativa alla concentrazione dell'inquinante stesso.

Il Decreto Legislativo n°155 del 13/08/2010 ha recepito la Direttiva Quadro sulla qualità dell'aria 2008/50/CE, istituendo a livello nazionale un quadro normativo unitario in materia di valutazione e di gestione della qualità dell'aria ambiente. Esso stabilisce i valori limite per le concentrazioni nell'aria ambiente di biossido di zolfo, biossido di azoto, benzene, monossido di carbonio, piombo, PM_{10} e $\text{PM}_{2,5}$; fissa, inoltre, i valori obiettivo, gli obiettivi a lungo termine, le soglie di allarme e di informazione per l'ozono, e i valori obiettivo per le concentrazioni nell'aria ambiente di arsenico, cadmio, nichel e benzo(a)pirene.

Nel D.Lgs 155/10 e ss.mm.ii., si riportano definizioni di:

- *valore limite*: livello fissato in base alle conoscenze scientifiche, incluse quelle relative alle migliori tecnologie disponibili, al fine di evitare, prevenire o ridurre gli effetti nocivi per la salute umana o per l'ambiente nel suo complesso, che deve essere raggiunto entro un termine prestabilito e che non deve essere successivamente superato;
- *valore obiettivo*: livello fissato al fine di evitare, prevenire o ridurre effetti nocivi per la salute umana o per l'ambiente nel suo complesso, da conseguire, ove possibile, entro una data prestabilita;
- *soglia di allarme*: livello oltre il quale sussiste un rischio per la salute umana in caso di esposizione di breve durata per la popolazione nel suo complesso ed il cui raggiungimento impone di adottare provvedimenti immediati;
- *soglia di informazione*: livello oltre il quale sussiste un rischio per la salute umana in caso di esposizione di breve durata per alcuni gruppi particolarmente sensibili della popolazione nel suo complesso ed il cui raggiungimento impone di assicurare informazioni adeguate e tempestive.



1.5 Conclusioni in sintesi

Dall'analisi dei dati registrati nel corso del 2024 dalla stazione di monitoraggio della qualità dell'aria relativa alla Centrale Biomasse Crotone S.p.A (KR), si può desumere quanto segue:

- **per il biossido di azoto (NO_2)**, nel periodo di monitoraggio il valore limite orario ($200 \mu\text{g}/\text{m}^3$) ed il valore limite annuale ($40 \mu\text{g}/\text{m}^3$) sono stati rispettati;
- **per il monossido di carbonio (CO)**, nel periodo di monitoraggio il valore limite stabilito come massimo della media mobile su 8 ore ($10 \text{ mg}/\text{m}^3$) è stato rispettato;
- **per il biossido di zolfo (SO_2)**, nel periodo di monitoraggio non si è registrato alcun superamento del valore limite orario, del valore limite giornaliero e della soglia oraria di allarme;
- **per il particolato atmosferico (PM_{10})**, nel periodo di monitoraggio sono stati registrati 30 casi di superamento del valore limite normativo, espresso come media giornaliera, pari a $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$, da non superare per più di 35 volte per anno civile, mentre il valore limite annuale ($40 \mu\text{g}/\text{m}^3$) è stato rispettato;
- **per il particolato atmosferico ($\text{PM}_{2,5}$)**, nel periodo di monitoraggio il valore limite annuale ($25 \mu\text{g}/\text{m}^3$) è stato rispettato.
- **per il benzene (C_6H_6)**, nel periodo di monitoraggio il valore limite annuale ($5 \mu\text{g}/\text{m}^3$) è stato rispettato.

Dall'analisi e dall'elaborazione dei certificati analitici prodotti da ARPACAL, si può desumere quanto segue:

- **per i metalli** Arsenico (As), Cadmio (Cd), Nichel (Ni) e Piombo (Pb), non si sono registrati casi di superamento del valore limite normativo, espresso come media annuale, calcolata nei periodi di campionamento;
- **per gli IPA (Benzo[a]pirene)** non si sono registrati casi di superamento del valore limite normativo, espresso come media annuale, calcolata nei periodi di campionamento.



2. Efficienza della stazione di rilevamento

Ai fini della valutazione della qualità dell'aria su base annua, per ogni stazione ed inquinante l'insieme dei dati raccolti è considerato conforme ed utilizzabile per il calcolo dei parametri statistici quando il periodo minimo di copertura (rendimento strumentale) è almeno pari al 90%.

Il rendimento della stazione è calcolato come percentuale di dati generati rispetto al totale teorico (al netto delle ore dedicate alla calibrazione degli analizzatori e delle manutenzioni ordinarie preventiva e straordinaria).

Di seguito si riportano la percentuale di rendimento degli analizzatori della stazione di monitoraggio secondo i criteri definiti dalla normativa (D. Lgs. 155/2010 e ss.mm.ii.)

Rendimento analizzatori per la stazione di Crotone anno 2024

Inquinante	Stazione di Crotone
SO ₂	96,15 %
CO	98,24 %
PM ₁₀	97,81 %
PM _{2,5}	96,45 %
NO ₂	97,46 %
Benzene	99,12 %



3. Analisi dei singoli inquinanti atmosferici - anno 2024

Di seguito si descrivono le caratteristiche generali dei singoli inquinanti atmosferici e si analizzano i *trend* degli stessi confrontati con i limiti di legge. Per ogni inquinante verranno proposte anche elaborazioni grafiche atte a valutare il comportamento e l'andamento degli inquinanti.

3.1 Il monossido di carbonio (CO)

Il monossido di carbonio (CO) è un gas risultante dalla combustione incompleta di gas naturali, propano, carburanti, benzine, carbone e legna. Le fonti di emissione di questo inquinante sono sia di tipo naturale, sia di tipo antropico; in natura, il CO viene prodotto in seguito a incendi, eruzioni dei vulcani ed emissioni da oceani e paludi.

La principale fonte di emissione da parte dell'uomo è invece costituita dal traffico autoveicolare, oltre che da alcune attività industriali come la produzione di ghisa e acciaio, la raffinazione del petrolio, la lavorazione del legno e della carta.

Le sue concentrazioni in aria ambiente sono strettamente legate ai flussi di traffico locali, e gli andamenti giornalieri rispecchiano quelli del traffico, raggiungendo i massimi valori in concomitanza delle ore di punta a inizio e fine giornata, soprattutto nei giorni feriali. Durante le ore centrali della giornata i valori tendono a calare, grazie anche ad una migliore capacità dispersiva dell'atmosfera.

Il CO può venire assunto dall'organismo umano per via inalatoria, ha la capacità di legarsi con l'emoglobina in quanto ha una maggiore affinità rispetto all'O₂, e forma con essa carbossiemoglobina, riducendo così la capacità del sangue di trasportare ossigeno ai tessuti. Gli effetti nocivi sono quindi riconducibili ai danni causati dall'ipossia a carico del sistema nervoso, cardiovascolare e muscolare, comportando una diminuzione delle funzionalità di tali apparati e affaticamento, sonnolenza, emicrania e difficoltà respiratorie.

In tabella 1 si riportano i valori di riferimento, definiti dal D.Lgs 155/10 e ss.mm.ii., mentre in tabella 2 si confrontano i livelli misurati con i valori di riferimento. In figura 1 è riportato, invece, il *trend* delle concentrazioni medie mensili di CO per l'anno 2024

Tabella 1 - Valori Limiti CO

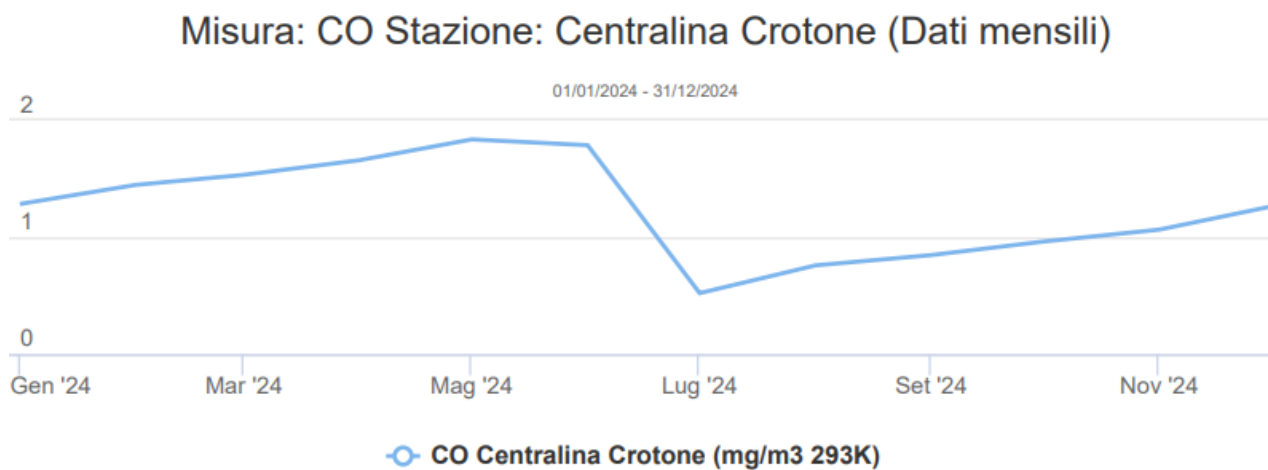
VALORI LIMITE		
CO (D.Lgs. 155 del 13/08/2010 e ss.mm.ii.)		unità di misura
Valore limite per la protezione della salute	Massima Media Mobile su 8 ore	10 mg/m ³

Tabella 2 CO - Informazioni di sintesi e confronto dei valori misurati con la normativa

Stazione	Rendimento (%)	Media annuale (mg/m ³)	Superamenti limite giornaliero della media mobile su 8 ore (mg/m ³)	Massima media su 8 ore (mg/m ³)
Crotone	98,24	1,24	0	2,19



Figura 1 - Andamento delle concentrazioni medie mensili di CO – 2024



Nel periodo di monitoraggio non si sono registrati casi di superamento del valore limite di 10 mg/m^3 espresso come media mobile su 8 ore.



3. 2 Il biossido di Zolfo (SO₂)

Il biossido di zolfo, o anidride solforosa, è un gas la cui presenza in atmosfera è da ricondursi alla combustione di combustibili fossili contenenti zolfo, quali carbone, petrolio e derivati. Per quanto riguarda il traffico veicolare, che contribuisce alle emissioni solo in maniera secondaria, la principale sorgente di biossido di zolfo è costituita dai veicoli con motore diesel.

Dal 1970 ad oggi la tecnologia ha reso disponibili combustibili a basso tenore di zolfo, il cui utilizzo è stato imposto dalla normativa. Le concentrazioni di biossido di zolfo sono così rientrate nei limiti legislativi previsti. In particolare in questi ultimi anni grazie al passaggio al gas naturale le concentrazioni si sono ulteriormente ridotte.

Data l'elevata solubilità in acqua, il biossido di zolfo contribuisce al fenomeno delle piogge acide trasformandosi in anidride solforica e, successivamente, in acido solforico, a causa delle reazioni con l'umidità presente in atmosfera.

Gli effetti registrati ai danni della salute umana variano a seconda della concentrazione e del tempo di esposizione, e vanno da irritazioni a occhi e gola già a basse concentrazioni, a patologie dell'apparato respiratorio come bronchiti, tracheiti e malattie polmonari in caso di esposizione prolungata a concentrazioni maggiori.

In tabella 3 si riportano i valori di riferimento, definiti dal D.Lgs 155/10 e ss.mm.ii., mentre in tabella 4 si confrontano i livelli misurati con i valori di riferimento. In figura 2 è riportato il *trend* delle concentrazioni medie mensili di SO₂ per l'anno 2024

Tabella 3 - Valori Limiti SO₂

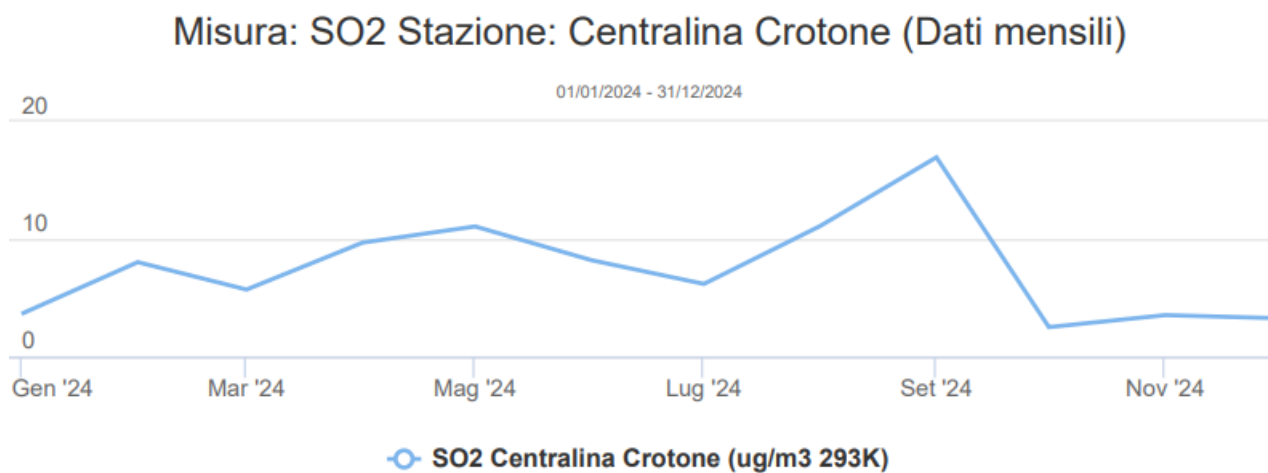
VALORI LIMITE		
SO ₂ (D.Lgs. 155 del 13/08/2010 e ss.mm.ii.)		unità di misura
Valore limite orario	Numero di superamenti Media oraria (max 24 volte in un anno)	350 µg/m ³
Valore limite giornaliero	Numero di superamenti Media giornaliera (max 3 volte in un anno)	125 µg/m ³
Soglia di Allarme	Numero di superamenti Media oraria (3 ore consecutive)	500 µg/m ³

Tabella 4 SO₂ - Informazioni di sintesi e confronto dei valori misurati con la normativa

Stazione	Rendimento (%)	Media annuale (µg/m ³)	Superamenti limite orario (350 µg/m ³)	Superamenti limite giornaliero (125 µg/m ³)
Crotone	96,15	7,42	0	0



Figura 2 - Andamento delle concentrazioni medie mensili di SO₂ – 2024



Nel periodo di monitoraggio non si sono registrati casi di superamento dei limiti normativi, né come media oraria né come media giornaliera.



3. 3 Biossido di azoto (NO₂)

Gli ossidi di azoto in generale (NO_x), vengono prodotti durante i processi di combustione a causa della reazione che, ad elevate temperature, avviene tra l'azoto e l'ossigeno contenuto nell'aria. Pertanto tali ossidi vengono emessi direttamente in atmosfera a seguito di tutti i processi di combustione ad alta temperatura (impianti di riscaldamento, motori dei veicoli, combustioni industriali, centrali di potenza, ecc.), per ossidazione dell'azoto atmosferico e, solo in piccola parte, per l'ossidazione dei composti dell'azoto contenuti nei combustibili utilizzati.

Nel caso del traffico autoveicolare, le quantità più elevate di questi inquinanti si rilevano quando i veicoli sono a regime di marcia sostenuta e in fase di accelerazione, poiché la produzione di NO_x aumenta all'aumentare del rapporto aria/combustibile, cioè quando è maggiore la disponibilità di ossigeno per la combustione.

L'NO₂ è un inquinante per lo più secondario, che si forma in seguito all'ossidazione in atmosfera dell'NO, relativamente poco tossico. Esso svolge un ruolo fondamentale nella formazione dello smog fotochimico in quanto costituisce l'intermedio di base per la produzione di inquinanti secondari molto pericolosi come l'ozono, l'acido nitrico, l'acido nitroso.

Una volta formati, questi inquinanti possono depositarsi al suolo per via umida (tramite le precipitazioni) o secca, dando luogo al fenomeno delle piogge acide, con conseguenti danni alla vegetazione e agli edifici.

Gli NO_x, ed in particolare l'NO₂, sono gas nocivi per la salute umana in quanto possono provocare irritazioni delle mucose, bronchiti e patologie più gravi come edemi polmonari. I soggetti più a rischio sono i bambini e le persone già affette da patologie all'apparato respiratorio.

In tabella 5 si riportano i valori di riferimento, definiti dal D.Lgs 155/10 e ss.mm.ii., mentre in tabella 6 si confrontano i livelli misurati con i valori di riferimento. In figura 3 è riportato il *trend* delle concentrazioni medie mensili di NO₂ per l'anno 2024

Tabella 5 - Valori Limiti NO₂

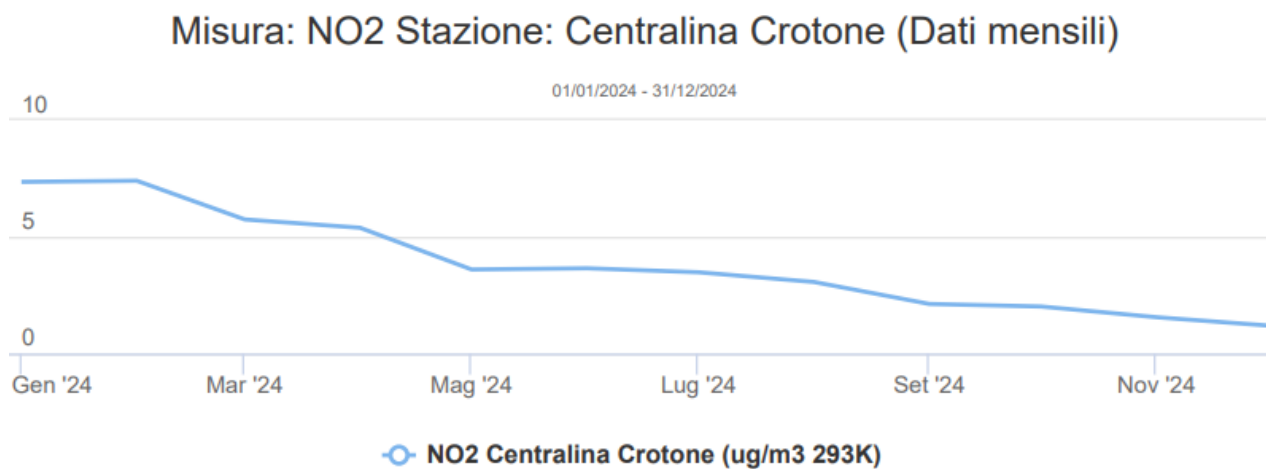
VALORI LIMITE			
NO ₂ (D.Lgs. 155 del 13/08/2010 e ss.mm.ii.)		unità di misura	
Valore limite orario	Numero di superamenti Media oraria (max 18 volte in un anno)	200	µg/m ³
Valore limite annuale	Media annua	40	µg/m ³
Soglia di Allarme	Numero di superamenti Media oraria (3 ore consecutive)	400	µg/m ³

Tabella 6 - NO₂ Informazioni di sintesi e confronto dei valori misurati con la normativa

Stazione	Rendimento (%)	Media annuale (40 µg/m ³)	Superamenti limite orario (200 µg/m ³)
Crotone	97,46	3,86	0



Figura 3 - Andamento delle concentrazioni medie mensili di NO₂ – 2024



Nel periodo di monitoraggio non si sono registrati casi di superamento del valore limite normativo, espresso come media oraria, media annuale.



3. 4 Il particolato atmosferico aerodisperso

PM (Particulate Matter) è la definizione generale con cui si definisce una miscela di particelle solide e liquide (particolato) di diverse caratteristiche chimico-fisiche e diverse dimensioni che si trovano in sospensione nell'aria.

Tali sostanze possono avere origine sia da fenomeni naturali (processi di erosione al suolo, incendi boschivi, dispersione di pollini etc.) sia, in gran parte, da attività antropiche, in particolar modo da traffico veicolare e processi di combustione.

Inoltre, esiste un particolato di origine secondaria dovuto alla compresenza in atmosfera di altri inquinanti come l' NO_x e l' SO_2 che, reagendo fra loro e con altre sostanze presenti nell'aria, danno luogo alla formazione di solfati, nitrati e sali di ammonio.

L'insieme delle particelle sospese in atmosfera è chiamato PTS (Polveri Totali Sospese). Al fine di valutare l'impatto del particolato sulla salute umana si possono distinguere una frazione in grado di penetrare nelle prime vie respiratorie (naso, faringe, laringe) e una frazione in grado di giungere fino alle parti inferiori dell'apparato respiratorio (trachea, bronchi, alveoli polmonari).

La prima corrisponde a particelle con diametro aerodinamico inferiore a $10\ \mu\text{m}$ (PM_{10}), la seconda a particelle con diametro aerodinamico inferiore a $2.5\ \mu\text{m}$ ($\text{PM}_{2.5}$).

A causa della sua composizione, il particolato presenta una tossicità che non dipende solo dalla quantità in massa ma dalle caratteristiche fisico-chimiche; la tossicità viene amplificata dalla capacità di assorbire sostanze gassose come gli IPA (idrocarburi policiclici aromatici) e i metalli pesanti, di cui alcuni sono potenti agenti cancerogeni. Inoltre, le dimensioni così ridotte (soprattutto per quanto riguarda le frazioni minori di particolato) permettono alle polveri di penetrare attraverso le vie aeree fino a raggiungere il tratto tracheo-bronchiale, causando disagi, disturbi e malattie all'apparato respiratorio.

3. 4.1 Il particolato atmosferico aerodisperso PM_{10}

In tabella 7 si riportano i valori di riferimento, definiti dal D.Lgs 155/10 e ss.mm.ii., mentre in tabella 8 si confrontano i livelli misurati con i valori di riferimento. In figura 4 è riportato il trend delle concentrazioni medie giornaliere di PM_{10} per l'anno 2024

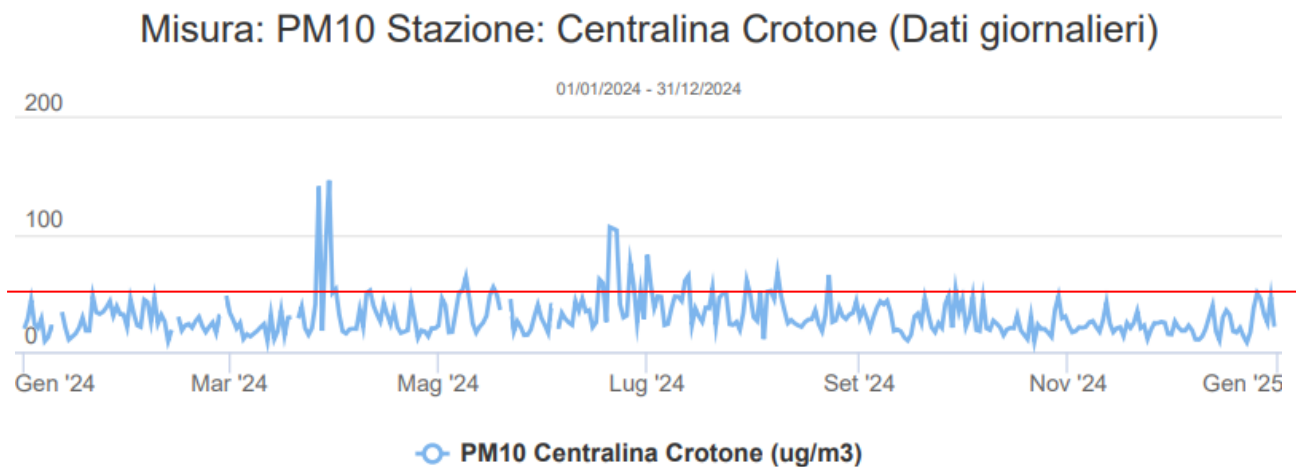
Tabella 7 - Valori Limiti PM_{10}

VALORI LIMITE		
PM_{10} (D.Lgs. 155 del 13/08/2010 e ss.mm.ii.)		unità di misura
Valore limite giornaliero	Numero di superamenti Media giornaliera (max 35 volte in un anno)	$50\ \mu\text{g}/\text{m}^3$
Valore limite annuale	Media annua	$40\ \mu\text{g}/\text{m}^3$

Tabella 8 - PM_{10} - Informazioni di sintesi e confronto dei valori misurati con la normativa

Stazione	Rendimento (%)	Media annuale ($40\ \mu\text{g}/\text{m}^3$)	Superamenti limite giornaliero ($50\ \mu\text{g}/\text{m}^3$)
Crotone	97,81	30,51	30



Figura 5 - Andamento delle concentrazioni giornaliere di PM₁₀ – 2024

Nel periodo di monitoraggio si sono registrati 30 casi di superamento del valore limite normativo espresso come media giornaliera.

3. 4.2 Il particolato atmosferico aerodisperso PM_{2,5}

Le polveri fini, denominate PM_{2,5} (diametro inferiore a 2,5 µm) sono particelle inquinanti presenti nell'aria che respiriamo. Si formano in parte in atmosfera a partire da altre sostanze (composti organici volatili, ossidi di azoto, ossidi di zolfo, ammoniaca). Possono essere di origine naturale e/o antropica (riscaldamento, industria, traffico, fenomeni di attrito su strada, attività agricole e zootecniche, sabbia desertica, ecc)

Il D.Lgs. 155/10 ha introdotto il valore limite sulla media annuale pari a 25 µg/m³.

I valori limiti sono riportati nella tabella 9. Nella tabella 10 si confrontano i livelli misurati con i valori di riferimento. Nella figura 6 è riportato il trend delle concentrazioni medie giornaliere di PM_{2,5} per l'anno 2024.

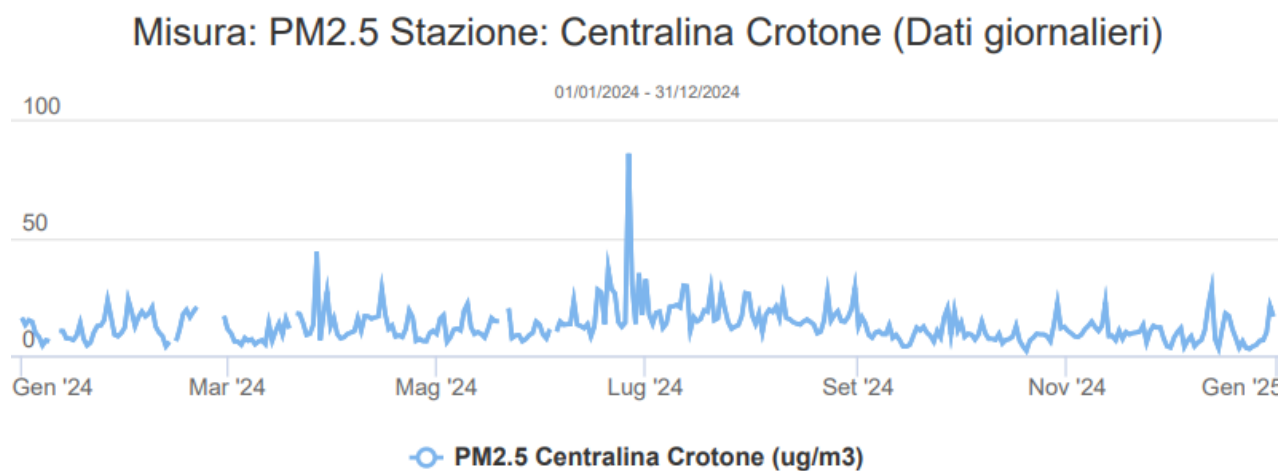
Tabella 9 - Valori limiti PM_{2,5}

VALORI LIMITE		
PM _{2,5} (D.Lgs. 155 del 13/08/2010 e ss.mm.ii.)		unità di misura
Valore limite annuale	Media annua	25 µg/m ³

Tabella 10 - PM_{2,5} Informazioni di sintesi e confronto dei valori misurati con la normativa

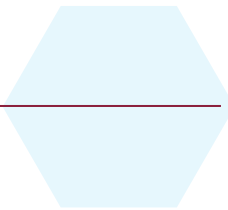
Stazione	Rendimento (%)	Media annuale (25 µg/m ³)
Crotone	96,45	12,82

Figura 6 - Andamento delle concentrazioni giornaliere di PM_{2.5} - 2024



Nel periodo di monitoraggio non si sono registrati casi di superamento del valore limite normativo, espresso come media annuale.





3. 5 Il Benzene (C₆H₆)

Il benzene (C₆H₆) è il più comune e largamente utilizzato degli idrocarburi aromatici. Viene sintetizzato a partire dal petrolio e utilizzato in svariati processi industriali come solvente, come antidetonante nella benzina e come materia prima per produrre plastiche, resine sintetiche e pesticidi.

La maggior parte del benzene presente nell’aria deriva da combustione incompleta di combustibili fossili: le principali fonti di emissione sono il traffico veicolare (soprattutto da motori a benzina) e diversi processi di combustione industriale.

Generalmente, gli effetti tossici provocati da questo inquinante variano a seconda della concentrazione e della durata dell’esposizione, e va sottolineato che esso, insieme ad altri composti organici volatili, è stato inserito dallo IARC (Agenzia Internazionale per la Ricerca sul Cancro) tra le sostanze per le quali vi è una sufficiente evidenza di cancerogenicità per l’uomo.

In tabella 11 si riportano i valori di riferimento, definiti dal D.Lgs 155/10 e ss.mm.ii., mentre in tabella 12 si confrontano i livelli misurati con i valori di riferimento. In figura 8 è riportato il *trend* delle concentrazioni medie mensili di Benzene per l’anno 2024.

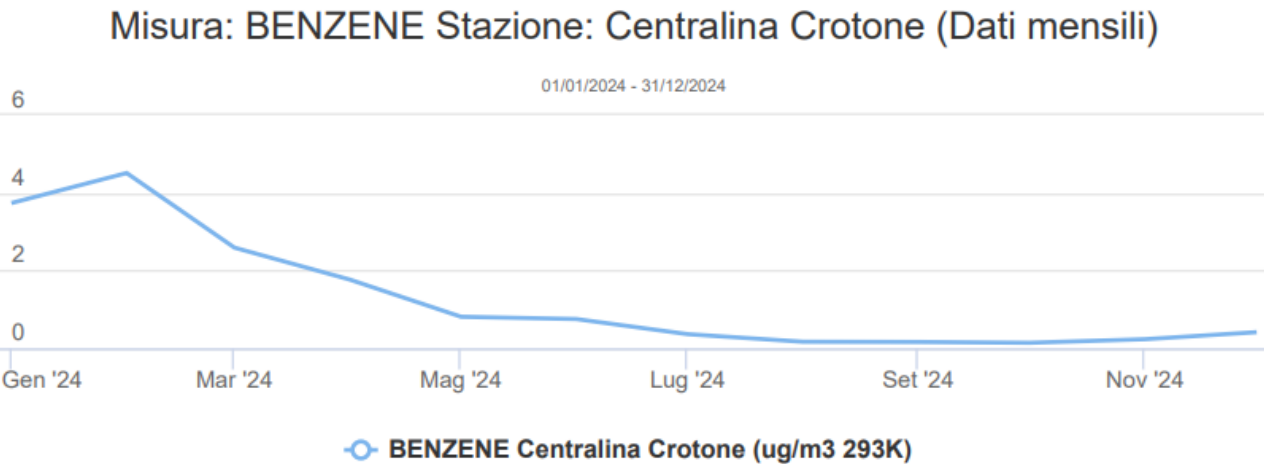
Tabella 11 - Valori Limiti benzene

VALORI LIMITE		
Benzene (D.Lgs. 155 del 13/08/2010 e ss.mm.ii.)		unità di misura
Valore limite annuale	Media annua	5 µg/m³

Tabella 12 - Benzene - Informazioni di sintesi e confronto dei valori misurati con la normativa

Stazione	Rendimento (%)	Media annuale (5 µg/m³)
Crotone	99,12	1,26

Figura 8 - Andamento delle concentrazioni medie mensili di Benzene – 2024



Nel periodo di monitoraggio non si sono registrati casi di superamento del valore limite normativo del benzene, espresso come media annua.



4 . Metalli e Benzo[a]pirene nel PM₁₀

Vengono analizzati, di seguito, i *trend* degli inquinanti confrontati con i limiti di legge. Tali elaborazioni sono state realizzate sulla base dei dati riportati nei certificati analitici prodotti da Arpacal nel periodo tra gennaio e dicembre 2024. Per ogni inquinante verranno anche realizzate elaborazioni grafiche atte a valutare il comportamento e l'andamento degli inquinanti.

4.1 Metalli pesanti nel PM₁₀

Arsenico (As), Cadmio (Cd), Nichel (Ni) e Piombo (Pb), sono i metalli pesanti più rappresentativi per il rischio ambientale a causa della loro tossicità e del loro uso massivo. Attualmente la normativa di riferimento per tutti i metalli citati è il D.Lgs 155/10 e ss.mm.ii..

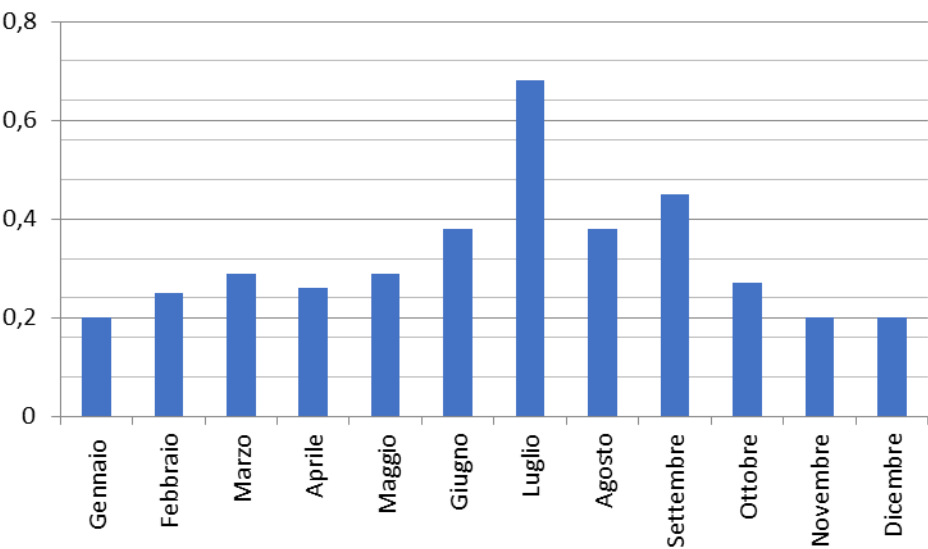
Nelle Tabella 13-17 si riportano i valori di riferimento, definiti dal D.Lgs 155/10 e ss.mm.ii., ed i valori misurati nel corso delle campagne del 2024.

Nelle Figure 10-18 sono riportati il *trend* delle concentrazioni medie mensili di ogni metallo per il periodo di monitoraggio considerato.

Tabella 13 - Arsenico - Informazioni di sintesi e confronto dei valori misurati con la normativa

Stazione	Media mensile	Periodo	ARSENICO Valore obiettivo media annuale (6 ng/m ³)
Crotone	GENNAIO	01-31/01/2024	0,20
	FEBBRAIO	01-29/02/2024	0,25
	MARZO	01-31/03/2024	0,29
	APRILE	01-30/04/2024	0,26
	MAGGIO	01-31/05/2024	0,29
	GIUGNO	01-30/06/2024	0,38
	LUGLIO	01-31/07/2024	0,68
	AGOSTO	01-31/08/2024	0,38
	SETTEMBRE	01-30/09/2024	0,45
	OTTOBRE	01-31/10/2024	0,27
	NOVEMBRE	01-30/11/2024	0,20
	DICEMBRE	01-31/12/2024	0,20

Figura 10 - Andamento delle concentrazioni medie mensili di ARSENICO in ng/m³ nel periodo considerato – 2024



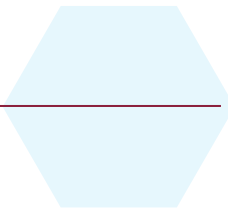


Tabella 14 - Cadmio - Informazioni di sintesi e confronto dei valori misurati con la normativa

Stazione	Media mensile	Periodo	CADMIO Valore obiettivo media annuale (5 ng/m³)
Crotone	GENNAIO	01-31/01/2024	0,08
	FEBBRAIO	01-29/02/2024	0,07
	MARZO	01-31/03/2024	0,05
	APRILE	01-30/04/2024	0,06
	MAGGIO	01-31/05/2024	0,08
	GIUGNO	01-30/06/2024	1,13
	LUGLIO	01-31/07/2024	0,13
	AGOSTO	01-31/08/2024	0,26
	SETTEMBRE	01-30/09/2024	0,09
	OTTOBRE	01-31/10/2024	2,46
	NOVEMBRE	01-30/11/2024	0,05
	DICEMBRE	01-31/12/2024	0,13

Figura 12 - Andamento delle concentrazioni medie mensili di Cadmio in ng/m³ nel periodo considerato – 2024

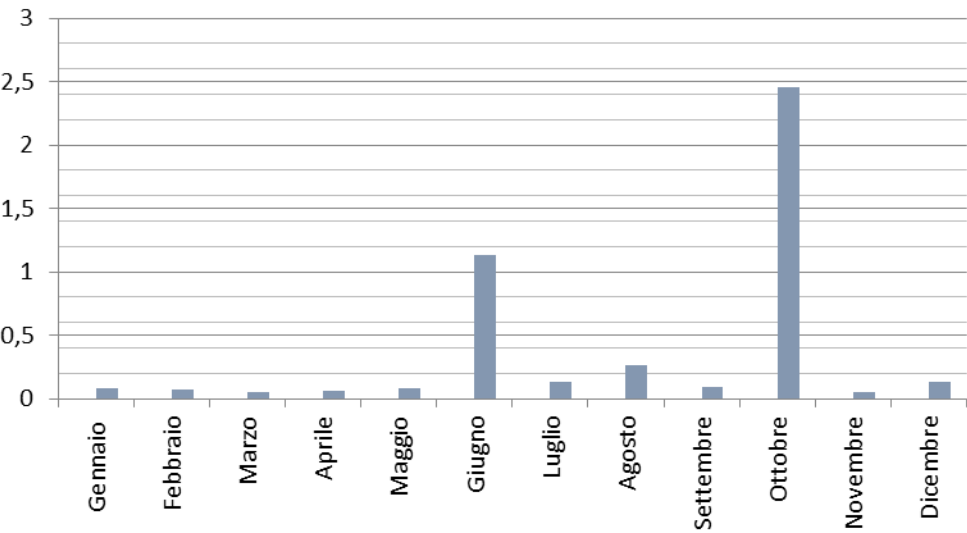
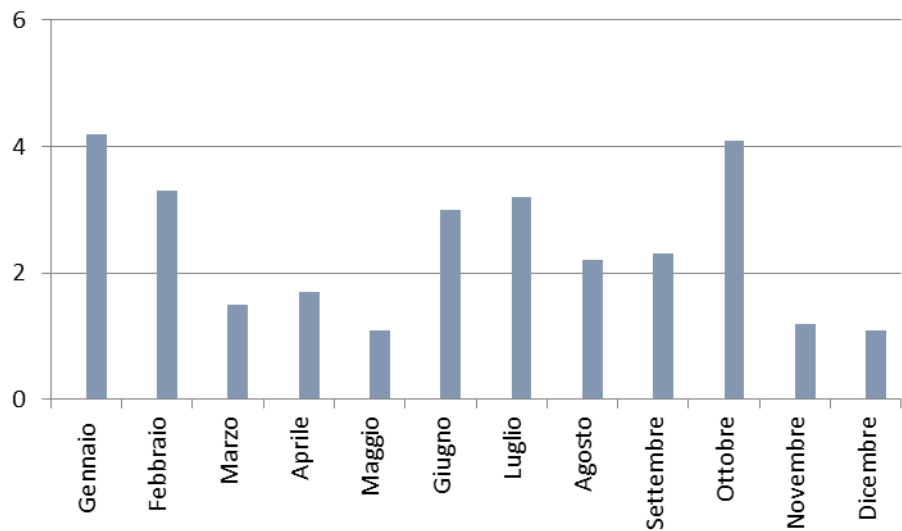


Tabella 15 - Nichel - Informazioni di sintesi e confronto dei valori misurati con la normativa

Stazione	Media mensile	Periodo	NICHEL Valore obiettivo media annuale (20 ng/m³)
Crotone	GENNAIO	01-31/01/2024	4,2
	FEBBRAIO	01-29/02/2024	3,3
	MARZO	01-31/03/2024	1,5
	APRILE	01-30/04/2024	1,7
	MAGGIO	01-31/05/2024	1,1
	GIUGNO	01-30/06/2024	3,0
	LUGLIO	01-31/07/2024	3,2
	AGOSTO	01-31/08/2024	2,2
	SETTEMBRE	01-30/09/2024	2,3
	OTTOBRE	01-31/10/2024	4,1
	NOVEMBRE	01-30/11/2024	1,2
	DICEMBRE	01-31/12/2024	1,1

Figura 14 - Andamento delle concentrazioni medie mensili di Nichel in ng/m³ nel periodo considerato – 2024



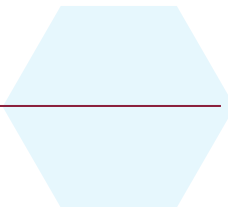


Tabella 16 - Piombo - Informazioni di sintesi e confronto dei valori misurati con la normativa

Stazione	Media mensile	Periodo	PIOMBO Valore obiettivo media annuale (500 ng/m³)
Crotone	GENNAIO	01-31/01/2024	4
	FEBBRAIO	01-29/02/2024	3
	MARZO	01-31/03/2024	2
	APRILE	01-30/04/2024	3
	MAGGIO	01-31/05/2024	4
	GIUGNO	01-30/06/2024	15
	LUGLIO	01-31/07/2024	5
	AGOSTO	01-31/08/2024	2
	SETTEMBRE	01-30/09/2024	4
	OTTOBRE	01-31/10/2024	15
	NOVEMBRE	01-30/11/2024	4
	DICEMBRE	01-31/12/2024	7

Figura 16 - Andamento delle concentrazioni medie mensili di Piombo in ng/m³ nel periodo considerato – 2024

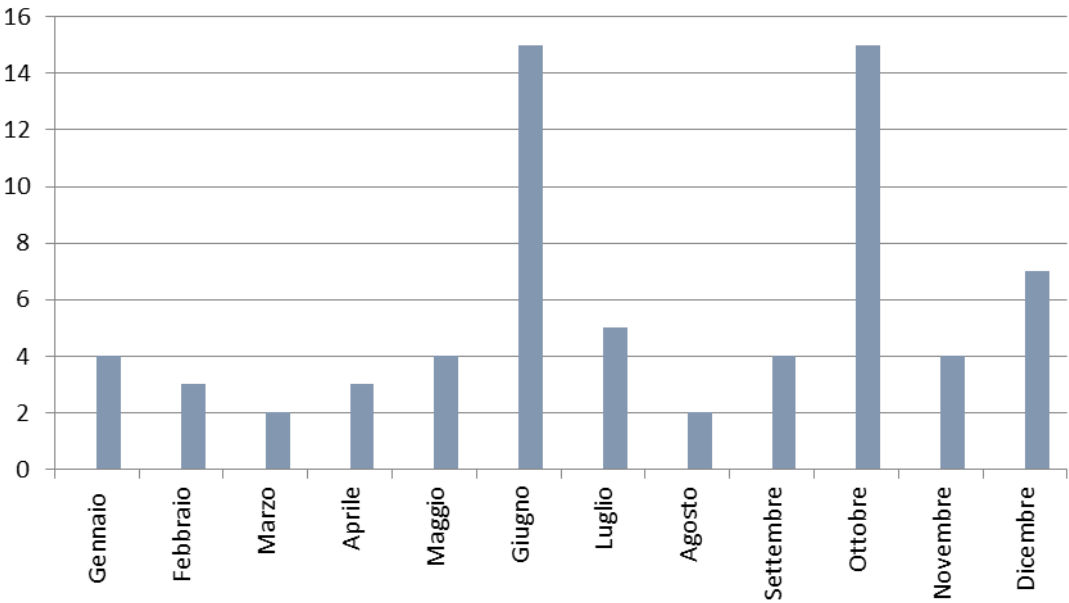
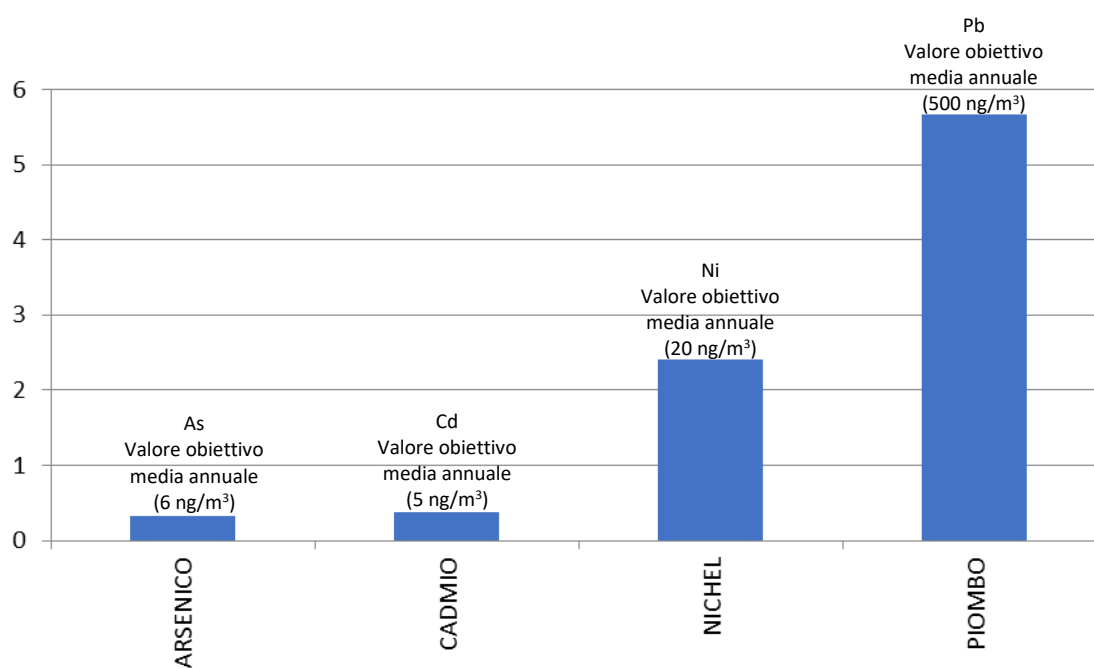


Tabella 17 - Informazioni di sintesi e confronto dei valori misurati con la normativa

Stazione	Metalli	Media annua 2016	Valore obiettivo media annuale
Crotone	ARSENICO	0.32 ng/m ³	6 ng/m ³
	CADMIO	0.38 ng/m ³	5 ng/m ³
	NICHEL	2.41 ng/m ³	20 ng/m ³
	PIOMBO	5.67 ng/m ³	500 ng/m ³

Figura 18 - Andamento delle concentrazioni annuali dei metalli (ng/m³) con evidenza del valore obiettivo - 2024 -

4.2 Il Benzo[a]pirene nel PM₁₀

Gli idrocarburi policiclici aromatici (IPA) sono composti inquinanti presenti nell’atmosfera in quanto prodotti da numerose fonti tra cui, principalmente, il traffico autoveicolare (dagli scarichi dei mezzi a benzina e a diesel) e i processi di combustione di materiali organici contenenti carbonio (legno, carbone, ecc.).

Gli IPA sono sostanze lipofile semivolatili che possono essere presenti sia nella fase gassosa sia nella fase solida. Le loro proprietà fisico-chimiche dipendono dal numero di anelli aromatici e dal loro peso molecolare. In particolare gli IPA con più di 4 anelli nell’ambiente esterno sono quasi completamente associati alla fase solida.

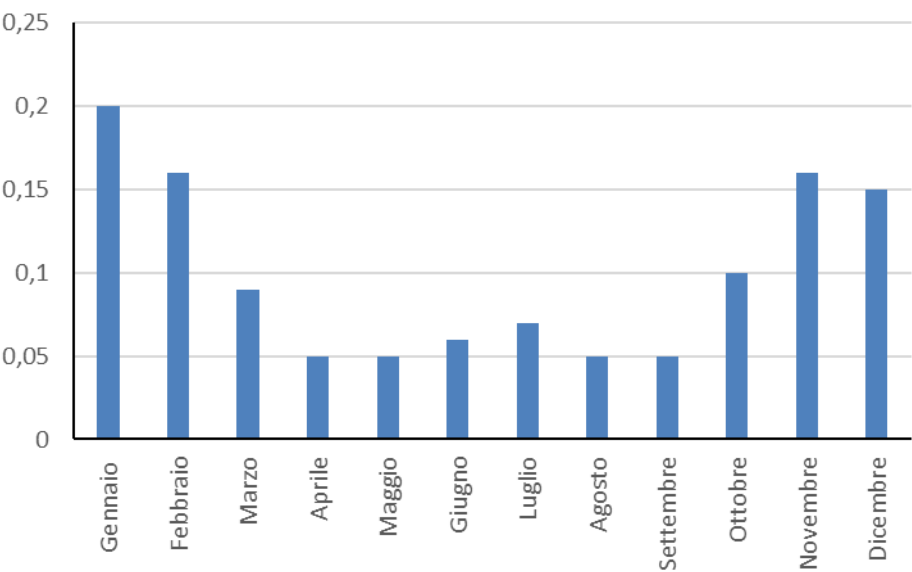
Gli IPA appartengono alla categoria dei microinquinanti in quanto possono avere effetti tossici già a concentrazioni molto più modeste di quelle normalmente osservate per gli inquinanti “classici”. La loro presenza rimane comunque un potenziale rischio per la salute umana poiché molti di essi si rivelano cancerogeni, come definito anche dall’EPA.

Gli IPA sospettati di avere effetti cancerogeni per l’uomo hanno in genere 5 o 6 anelli aromatici. In particolare il più noto idrocarburo appartenente a questa classe è il benzo[a]pirene, classificato dallo IARC come cancerogeno per l’uomo. A differenza degli inquinanti “classici” il B(a)P non può essere misurato in continuo, ma richiede un’analisi in laboratorio sui campioni di PM₁₀ precedentemente raccolti. Tra gli IPA è normato il solo B(a)P, per il quale è stabilito un limite di 1 ng/m³ per la concentrazione media annuale. La concentrazione di IPA misurata varia in funzione della stagione: essendo composti ad elevata volatilità le concentrazioni maggiori si misurano nella stagione invernale.

Tabella 18 - Benzo[a]pirene - Informazioni di sintesi e confronto dei valori misurati con la normativa

Stazione	Media mensile	Periodo	Benzo[a]pirene Valore obiettivo media annuale (1 ng/m ³)
Crotone	GENNAIO	01-31/01/2024	0,20
	FEBBRAIO	01-29/02/2024	0,16
	MARZO	01-31/03/2024	0,09
	APRILE	01-30/04/2024	0,05
	MAGGIO	01-31/05/2024	0,05
	GIUGNO	01-30/06/2024	0,06
	LUGLIO	01-31/07/2024	0,07
	AGOSTO	01-31/08/2024	0,05
	SETTEMBRE	01-30/09/2024	0,05
	OTTOBRE	01-31/10/2024	0,10
	NOVEMBRE	01-30/11/2024	0,16
	DICEMBRE	01-31/12/2024	0,15

Figura 19 - Andamento delle concentrazioni medie mensili di Benzo[a]pirene in ng/m³ nel periodo considerato – 2024



5 . I parametri meteorologici

I fattori meteo climatici rivestono un'importanza fondamentale nella valutazione e nella previsione della qualità dell'aria, in quanto interagiscono in diversi modi con i processi di formazione, dispersione, trasporto e deposizione degli inquinanti.

La precipitazione, la direzione e l'intensità del vento, la temperatura rappresentano le principali variabili meteo che influenzano localmente la qualità dell'aria. I parametri meteorologici risultano di notevole interesse non solo per descrivere i fenomeni di inquinamento invernale, ma anche quelli estivi legati alla formazione di ozono.

Ad esempio la temperatura massima giornaliera è un indicatore fondamentale da mettere in relazione con la formazione di ozono poiché le reazioni fotochimiche tra l'ossigeno e gli ossidi di azoto (precursori) sono particolarmente favorite da temperature elevate.

Direzione e Velocità del Vento

Il vento è il moto quasi orizzontale che l'aria compie rispetto alla superficie terrestre. E' generato dalla differenza di pressione atmosferica tra zone diverse della terra. Tra i parametri meteorologici osservati è uno dei più significativi. La direzione del vento è intesa come la direzione di provenienza del flusso dell'aria e può essere indicata mediante la rosa dei venti, in cui ogni quadrante, determinato dai punti cardinali è diviso in quattro parti uguali e si esprime in gradi nord (°N). La velocità del vento, ovvero la velocità di spostamento della massa d'aria, si misura in metri al secondo (m/s).

Pressione Atmosferica

La pressione atmosferica è una misura che mette in relazione l'altitudine relativa al punto di misura rispetto al livello del mare. Le osservazioni riguardanti la sua variazione temporale per uno stesso punto di misura sono la base delle previsioni sull'evoluzione dei fenomeni meteorologici direttamente collegati all'evoluzione della dispersione degli inquinanti. L'unità di misura è espressa in millibar (mBar).

Radiazione solare

La radiazione solare è uno dei parametri più significativi per la determinazione del grado di instabilità atmosferica. Il mescolamento degli inquinanti infatti viene a essere accelerato dalla turbolenza convettiva generato dall'intensità della radiazione globale. La radiazione solare, inoltre, ha effetto catalitico su molti di quei fenomeni fotochimici che originano in atmosfera gli inquinanti secondari. Nei periodi di maggiore insolazione si registrano, infatti, le concentrazioni maggiori di ozono troposferico e i valori maggiori di rapporto tra biossido e monossido di azoto. L'unità di misura in cui si esprime la radiazione globale solare è il watt al metro quadrato (W/m²)

La Temperatura

La temperatura influenza la concentrazione degli inquinanti in atmosfera. Essa varia in base alle zone e alla stagione variando così anche la composizione degli inquinanti in atmosfera. La temperatura si esprime in gradi centigradi (°C).

Precipitazioni

Le precipitazioni sono costituite dalla pioggia caduta in un determinato lasso di tempo in una data zona. Ha un'importanza fondamentale nello studio della dispersione degli inquinanti in quanto contribuisce a diminuire la



concentrazione degli inquinanti in aria. Vengono misurate mediante un pluviometro che registra la quantità di pioggia caduta in un determinato periodo di tempo espressa in millimetri (mm).

Umidità Relativa

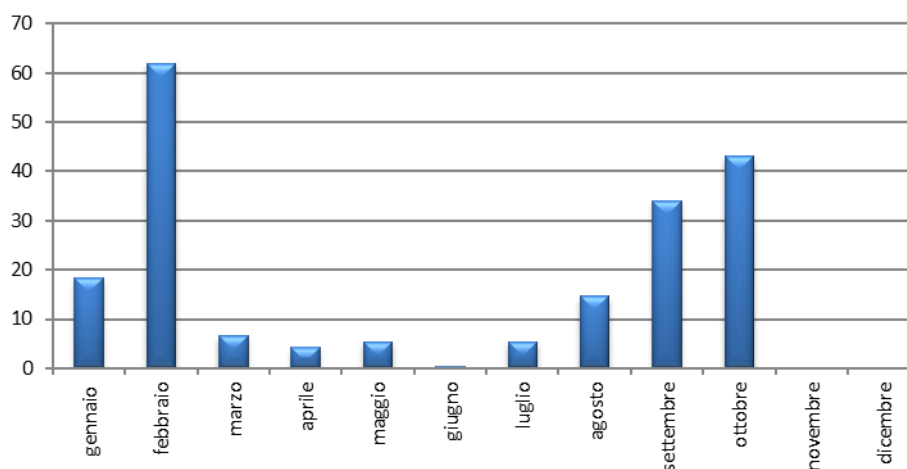
L'umidità relativa esprime il rapporto tra la quantità di vapore d'acqua contenuto in una data massa d'aria e la massima quantità di vapore d'acqua che la stessa massa d'aria può contenere, ovvero in condizioni di saturazione. Questa misura è adimensionale ma si esprime come percentuale (%). Il valore massimo, ovvero il 100%, indica che la massa d'aria contiene la massima quantità di vapore d'acqua contenibile in quelle condizioni senza che si condensi.

5.1 Analisi dei principali parametri meteorologici

Le precipitazioni influenzano la deposizione e la rimozione umida degli inquinanti, infatti l'assenza di precipitazioni e di nubi riduce la capacità dell'atmosfera di rimuovere, attraverso i processi di deposizione umida e di dilavamento, gli inquinanti e in particolare le particelle fini.

Le precipitazioni avvenute nel 2024 a Crotone ammontano a 194 mm/anno. La distribuzione mensile delle precipitazioni, riportata in Figura 21, mostra come i mesi invernali siano stati più piovosi.

Figura 21 - Precipitazione cumulata mensile registrata (mm) – 2024

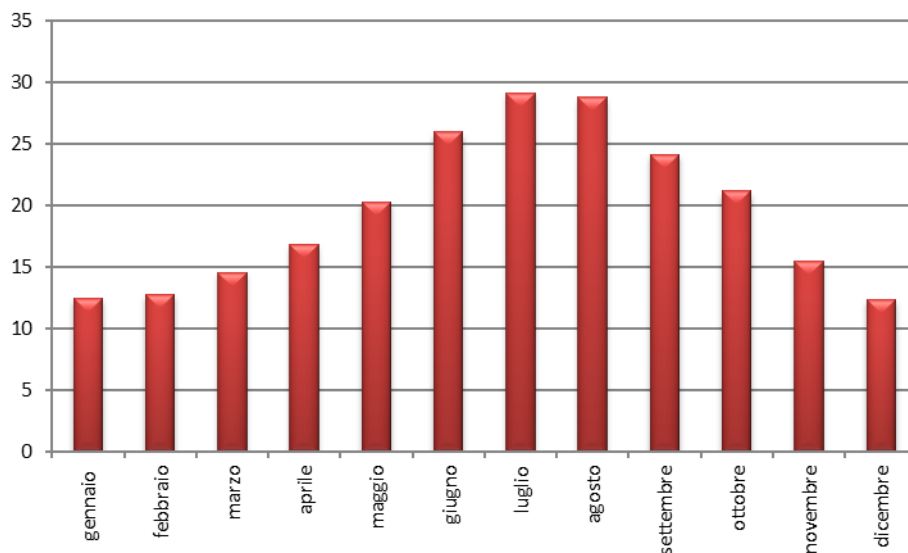


Dal punto di vista della qualità dell'aria l'aver avuto più giorni piovosi nel periodo invernale significa ovviamente un maggior numero di episodi di pulizia dell'atmosfera in un periodo caratterizzato da condizioni di fisica dell'atmosfera che portano all'accumulo degli inquinanti con conseguente riduzione delle giornate di superamento del valore limite giornaliero per le PM₁₀.



Le temperature medie mensili registrate nel 2024 sono rappresentate in Figura 22. La temperatura influenza la concentrazione degli inquinanti in atmosfera. Essa varia in base alle zone e alla stagione variando così anche la composizione degli inquinanti in atmosfera.

Figura 22 – Temperature medie mensili registrate (°C) – 2024



Il vento è tra i parametri meteorologici osservati uno dei più significativi. La direzione del vento è intesa come la direzione di provenienza del flusso dell'aria e può essere indicata mediante la rosa dei venti, in cui ogni quadrante, determinato dai punti cardinali è diviso in quattro parti uguali e si esprime in gradi nord (°N). La velocità del vento, ovvero la velocità di spostamento della massa d'aria, si misura in metri al secondo (m/s).

Le velocità medie mensili registrate nel 2024 sono rappresentate in Figura 23.

Figura 23 – Velocità del vento medie mensili registrate (m/s) – 2024

