



Agenzia Regionale per la Protezione dell'Ambiente della Calabria
Dipartimento provinciale di Reggio Calabria

Campagna di Misura della Qualità dell'Aria Laboratorio Mobile

Comune di Polistena
Provincia di Reggio Calabria
Anno 2015-2017



ARIA



Dipartimento Provinciale ARPACAL di Reggio Calabria

Servizio Tematico Aria

Dirigente Dott. Mariano Romeo

Gestione e Manutenzione Tecnica della Strumentazione

CPS Esperto Angelo Sartiano

CPS Esperto Emilio Centorrino

CTP Esperto Dott. Pasquale Crea

Validazione Dati

CTP Esperto Dott. Pasquale Crea

CPS Esperto Emilio Centorrino

Relazione

CPS Esperto Emilio Centorrino

CTP Esperto Dott. Pasquale Crea

Per le Analisi Chimiche di IPA e Metalli su particolato atmosferico (PM₁₀) si ringrazia il Laboratorio Chimico di Reggio Calabria:

Dirigente Dott.ssa Letteria Settineri

CPSE Maria Antonietta Massara, CTPE Dott.ssa Giuseppa Marino, CTPE Dott. Maurizio Messina, Ass. Tecn. Dott.ssa Cinzia Verduci, CTP Dott.ssa Valeria Visalli

Sommario

Introduzione	1
Laboratorio Mobile	3
Analizzatore di Monossido di Carbonio	3
Analizzatore di Biossido di Zolfo	3
Analizzatore di Ossidi di Azoto	3
Analizzatore di Ozono	4
Analizzatore di PM ₁₀	4
Campionamento ed Analisi di IPA	4
Campionamento ed Analisi di Metalli Pesanti	5
Analizzatore di Benzene	5
I principali inquinanti atmosferici	6
Biossido di azoto (NO ₂)	6
Ozono (O ₃)	6
Ossido di carbonio (CO)	7
Biossido di zolfo (SO ₂)	7
Benzene	7
Particolato Atmosferico (PM ₁₀)	8
Idrocarburi Policiclici Aromatici	9
Metalli pesanti	9
I parametri meteo climatici	10
Direzione e Velocità del Vento	10
Pressione Atmosferica	10
Radiazione solare	10
La Temperatura	10
Precipitazioni	10
Umidità Relativa	10
Quadro Normativo	11
Campagne di misura	13
Sito di Misura	13
Emissioni sul territorio	14
Rendimenti annuali della strumentazione	14
Situazione meteorologica per il triennio 2015 -2016- 2017	15
Risultati monitoraggio triennio 2015 -2016- 2017	17
Conclusioni	22

Sommario Tabelle

Tabella 1: Stazioni di monitoraggio della Rete Regionale della Qualità dell'Aria	2
Tabella 2: Valori limite ai sensi del D.Lgs. 155/2010 e smi.	11
Tabella 3: Copertura annuale degli analizzatori.....	14
Tabella 4: Temperature medie stagionali.	16
Tabella 5: Valori medi annui osservati degli inquinanti monitorati.....	17
Tabella 6: Massimo valore giornaliero annuo e numero di superamenti osservati.	18
Tabella 7: Massimo valore orario giornaliero annuo e numero di superamenti.	19
Tabella 8: Medie massime giornaliere su 8 ore e numero di superamenti registrati per i valori osservati.....	20

Sommario Figure

Figura 1: Ubicazione stazioni di monitoraggio della Rete Regionale della Qualità dell'Aria	1
Figura 2: Ubicazione laboratorio mobile presso il Campo sportivo del Comune di Polistena.....	13
Figura 3: Precipitazione cumulata mensile registrata	15
Figura 4: Numero di giorni con precipitazione > 5 mm/giorno	15
Figura 5: Temperature medie mensili	16
Figura 6: Concentrazione media anno PM ₁₀ Figura 7: Concentrazione media anno NO ₂	17
Figura 8: Concentrazione media anno Benzene Figura 9: Concentrazione media anno Pb	17
Figura 10: Concentrazione media anno Cd Figura 11: Concentrazione media anno Ni	18
Figura 12: Concentrazione media anno As Figura 13: Concentrazione media anno BaP	18
Figura 14: PM ₁₀ Media Giornaliera - anni 2015 2016 2017	19
Figura 15: SO ₂ Media Giornaliera - anni 2015 2016 2017	19
Figura 16: NO ₂ Massima Media Oraria - anni 2015 2016 2017	20
Figura 17: SO ₂ Massima Media Oraria - anni 2015 2016 2017	20
Figura 18: CO Massima Media Mobile su 8 ore - anni 2015 2016 2017	21
Figura 19: O ₃ Massima Media Mobile su 8 ore - anni 2015 2016 2017	21
Figura 20: O ₃ Massima Media Oraria - anni 2015 2016 2017	21
Figura 21: BaP Media Giornaliera - anni 2015 2016 2017	22
Figura 22: Benzene Media Giornaliera - anni 2015 2016 2017	22
Figura 23: Benzene - Giorno tipo - Inverno 2015 Figura 24: Benzene - Giorno tipo - Inverno 2016	22
Figura 25: Benzene - Giorno tipo - Inverno 2017	23

Introduzione

La campagna di monitoraggio effettuata ha come scopo quello di fornire i dati relativi al sito di Polistena rientrante tra quelli presenti nella Rete Regionale di Monitoraggio della Qualità dell'Aria al fine di fornire i dati necessari alla caratterizzazione puntuale del territorio regionale facendo riferimento alla zonizzazione già realizzata da ARPACal, MATTM e ISPRA.

L'ubicazione su macro e microscala è stata effettuata in ottemperanza a quanto previsto dal D.Lgs. 155/10 e s.m.i. in modo da garantire la rappresentatività della zona da monitorare così da evitare misurazioni rappresentative di microambienti nelle immediate vicinanze.

La RRQA è stata progettata e quindi realizzata su un territorio complesso, come quello calabrese, suddiviso in quattro zone in accordo con quanto approvato dal MATTM e progettato con il contributo dell'ISPRA:

- zona A - urbana, basata sul numero di abitanti di 5 macroaree omogenee chiamate, per semplicità, "sottozone";
- zona B - industriale, con 5 sottozone, compresa la città di Crotona;
- zona C - montana, senza specifici fattori di pressione;
- nella zona D - collinare e costiera, senza specifici fattori di pressione.

La configurazione finale è riportata nella Figura 1 e Tabella 1.

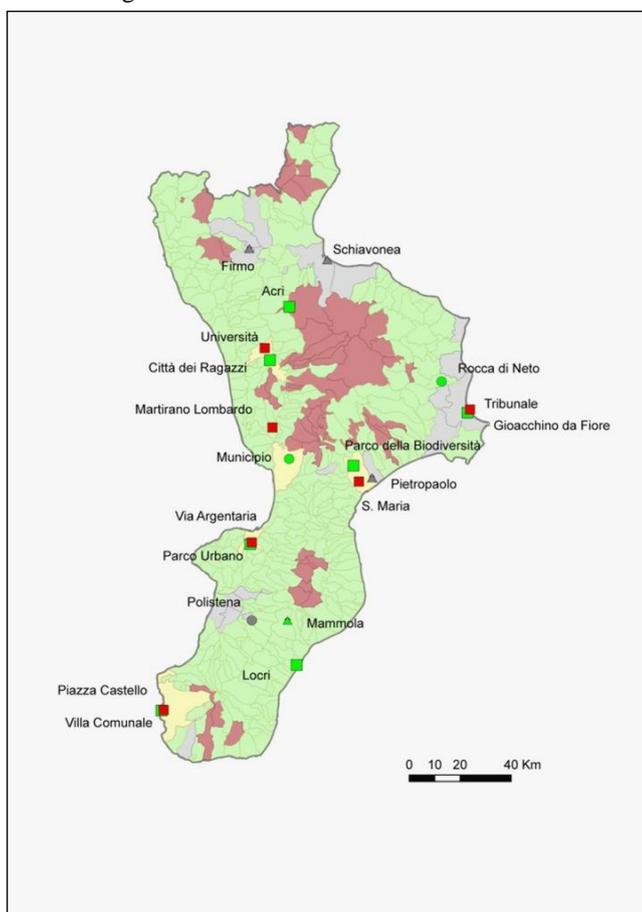


Figura 1: Ubicazione stazioni di monitoraggio della Rete Regionale della Qualità dell'Aria

Campagna di Misura della Qualità dell'Aria anno 2015-2016-2017 Comune di Polistena

Tabella 1: Stazioni di monitoraggio della Rete Regionale della Qualità dell'Aria

N	PROVINCIA	COMUNE	NOME STAZIONE	TIPO_ZONA	TIPO_STAZIONE
1	CS	Cosenza	Città dei ragazzi	U	B
2	CS	Rende	Università	U	T
3	CZ	Lamezia Terme	Municipio	S	B
4	CZ	Catanzaro	Santa Maria (frazione)	U	T
5	CZ	Catanzaro	Parco Biodiversità mediterranea	U	B
6	RC	Reggio Calabria	Piazza Castello	U	T
7	RC	Reggio Calabria	Villa Comunale	U	B
8	VV	Vibo Valentia	Via Argentaria	U	T
9	VV	Vibo Valentia	Parco urbano	U	B
10	KR	Crotone	Tribunale	U	T
11	KR	Crotone	Gioacchino da Fiore (via)	U	B
12	CS	Firmo	Firmo	R-NCA	I/B
13	CS	Corigliano Calabro	Schiavonea (frazione)	R-NCA	I
14	RC	Polistena	Polistena (campo sportivo)	S	I/B
15	CZ	Simeri Crichi	Pietropaolo (località)	R-NCA	I/B
16	CS	Acri	Acri	U	B
17	CZ	Martirano Lombardo	Martirano Lombardo	U	T
18	KR	Rocca di Neto	Rocca di Neto	S	B
19	RC	Locri	Locri	U	B
20	RC	Mammola	Mammola	R-REG	B

Legenda Tipo Zona: U=Urbana; S=SubUrbana; R-NCA= Fondo (background) rurale – Near City; R-REG= Fondo (background) rurale - Regionale
 Legenda Tipo Stazione: T=Traffico; B=Background; I=Industriale

La Rete di Monitoraggio della Qualità dell'Aria, così realizzata, ha consentito un'unione formale di un determinato numero di reti locali (principalmente urbane o industriali già esistenti), concepite per le valutazioni di specifiche aree omogenee, tramite l'integrazione di nuove stazioni e l'utilizzo di laboratori mobili dove resosi necessario per il monitoraggio di IPA e Metalli in zona B (in grassetto nella Tabella 1).

In questo elaborato saranno presentati i risultati di tre anni (2015-2016-2017) di monitoraggio presso il comune di Polistena, in accordo con quanto previsto dalla normativa relativamente alla raccolta e trasmissione dei dati ambientali della qualità dell'aria che, oltre alle ARPA, vedono coinvolti le Regioni, l'ISPRA, il Ministero dell'Ambiente e la Commissione Europea.

Laboratorio Mobile

Il monitoraggio di biossido di zolfo (SO₂), degli ossidi di azoto (NO e NO₂), dell'ozono (O₃), del monossido di carbonio (CO), del benzene toluene e xilene (BTX) e del particolato atmosferico (PM₁₀) viene realizzato mediante l'impiego di strumentazione automatica (analizzatori) presente sui laboratori mobili di monitoraggio in dotazione ai diversi dipartimenti provinciali.

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

Analizzatore di Monossido di Carbonio

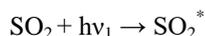
Il monossido di carbonio viene misurato mediante un analizzatore in continuo basato sulla tecnica spettrofotometrica dell'assorbimento non-dispersivo di radiazioni infrarosse attorno ai 460 nm.

Il metodo di misura è basato sull'assorbimento, da parte del CO, della radiazioni IR con la conseguente variazione dell'intensità della radiazione stessa proporzionalmente alla concentrazione di monossido di carbonio presente nell'aria campionata.

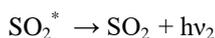
Analizzatore di Biossido di Zolfo

La norma tecnica di riferimento per la determinazione della concentrazione del biossido di zolfo è la ISO 10498:2004 "Metodo normalizzato per la misurazione della concentrazione di diossido di zolfo mediante fluorescenza ultravioletta". La tecnica analitica si basa sulla eccitazione delle molecole di biossido di zolfo (SO₂), attraverso una radiazione ultravioletta (UV) avente lunghezza d'onda compresa nel range tra 200 e 220 nm, e sulla successiva emissione di una radiazione fluorescente, avente una lunghezza d'onda compresa nel range tra 240 e 420 nm, che è direttamente proporzionale alla concentrazione di biossido di zolfo.

Nel primo step le molecole di SO₂ vengono eccitate mediante una radiazione UV con lunghezza d'onda compresa nel range tra 200 e 220 nm:



Nel secondo step le molecole di SO₂ eccitate ritornano nel loro stato fondamentale emettendo una radiazione fluorescente avente una lunghezza d'onda compresa nel range tra 240 e 420 nm.



Le radiazioni UV sono prodotte da una lampada a radiazione ultravioletta (UV) a lunga durata le cui variazioni di intensità sono compensate automaticamente via software.

Il biossido di zolfo viene misurato in continuo; l'aria ambiente prelevata viene inviata in una cella ed irradiata da una radiazione ultravioletta resa monocromatica da un filtro, le molecole di SO₂ eccitate dalla radiazione emettono a loro volta una radiazione specifica a lunghezza d'onda più grande.

Altre specie chimiche, oltre al biossido di zolfo, producono in tali condizioni una radiazione fluorescente. I principali interferenti sono rappresentati dagli idrocarburi policiclici aromatici.

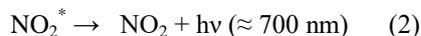
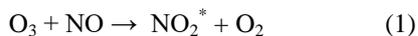
Per eliminare l'effetto di una loro eventuale presenza, gli analizzatori sono dotati di un dispositivo a permeazione il quale rimuove selettivamente le molecole di idrocarburi dal campione di gas in esame, lasciando inalterata la concentrazione di SO₂.

La luce UV emessa per fluorescenza è filtrata e convertita in segnale elettrico da un tubo fotomoltiplicatore.

Analizzatore di Ossidi di Azoto

La tecnica analitica per determinare la concentrazione degli ossidi di azoto nell'aria ambiente si basa sulla chemiluminescenza, che consiste nell'emissione di radiazioni elettromagnetiche, in particolare nel campo del visibile e del vicino infrarosso, che può accompagnare una reazione chimica.

In questo particolare caso la reazione utilizzata, che produce chemiluminescenza, è quella che avviene tra monossido di azoto e ozono, secondo lo schema di seguito riportato:



Nella camera di misura entrano contemporaneamente l'aria ambiente ed un flusso di ozono generato separatamente dall'analizzatore, l'ozono e il monossido di azoto reagiscono istantaneamente per produrre NO_2^* eccitato (1), che successivamente torna nel suo stato fondamentale (2) emettendo una radiazione elettromagnetica nella regione dell'UV (chemiluminescenza).

La radiazione emessa per chemiluminescenza è correlata alla concentrazione di NO e viene quindi registrata da un detector.

Per la determinazione del biossido di azoto (NO_2), è necessario convertirlo dapprima in monossido di azoto (NO) pertanto, il campione di aria prima di giungere nella camera di misura, viene fatto passare attraverso un convertitore catalitico al molibdeno per ridurre l' NO_2 in NO che viene quindi determinato come su esposto.

Il segnale elettrico ottenuto è pertanto proporzionale alla somma delle concentrazioni di NO ed NO_2 , generalmente indicata come NO_x . La quantità di NO_2 è calcolata per differenza.

Per la misurazione della concentrazione del diossido di azoto e del monossido di azoto la Norma tecnica di riferimento è la ISO 7996:1985: "Metodo normalizzato per la misurazione della concentrazione di diossido di azoto e monossido di azoto mediante chemiluminescenza".

Analizzatore di Ozono

Il metodo di riferimento per l'analisi dell'ozono è la Norma ISO 13964:1998 basata sull'impiego della fotometria ultravioletta.

L'analizzatore di ozono sfrutta l'assorbimento, da parte di questo gas, di una radiazione UV, monocromatica a 253,7 nm, ottenuta da una lampada a vapori di mercurio a bassa pressione e stabilizzata. La radiazione UV che passa attraverso la cella di assorbimento è misurata da un detector, costituito da un fotodiodo sensibile o da un fotomoltiplicatore, e quindi convertita in un segnale elettrico.

L'assorbimento della radiazione da parte del campione di aria è una misura della concentrazione di ozono nell'aria ambiente.

Analizzatore di PM_{10}

Il metodo di misura di riferimento è la norma UNI EN 12341 che prevede l'impiego di un orificio di ingresso PM_{10} direttamente accoppiato a un filtro e a un regolatore di flusso, seguito da una determinazione gravimetrica della massa di PM_{10} raccolta sul filtro.

Un metodo equivalente è quello basato sull'utilizzo di una strumentazione automatica che sfrutta il principio dell'assorbimento della radiazione β da parte della polvere campionata.

Il metodo si basa sull'attenuazione dei raggi beta, emessi da una piccola sorgente radioattiva di Carbonio 14 e rilevate da un contatore geiger, ossia sull'attenuazione dell'energia associata ad un fascio di elettroni che si verifica quando questo attraversa uno strato sottile di materiale.

Questi strumenti sono costituiti da una pompa che aspira l'aria ambiente attraverso una testa di prelievo, la cui geometria è stata normata a livello internazionale e che è in grado di selezionare le polveri con diametro aerodinamico inferiore ai 10 μm con una efficienza del 50%. Le sonde per il prelievo sono dotate di una testa di campionamento specifica in grado di "tagliare" le particelle con granulometria maggiore a 10 micron, per l'analisi del PM_{10} .

Campionamento ed Analisi di IPA

La norma UNI EN 15549:2008 per il campionamento e l'analisi del b(a)p nell'aria ambiente prevede il campionamento del materiale particolato con testa di prelievo PM_{10} su filtri in quarzo per 24 ore e successiva estrazione con solvente. Il contenuto in b(a)p viene quindi valutato attraverso metodi gascromatografici con la spettrometria di massa (GC-MS).

Campionamento ed Analisi di Metalli Pesanti

La norma UNI EN 14902:2005 (“Metodo normalizzato per la misurazione di Pb, Cd, As e Ni nella frazione PM₁₀ del articolato in sospensione”) prevede la raccolta del materiale particolato PM₁₀ su filtro in fibra di quarzo mediante prelievi di 24 ore che, dopo dissoluzione in acido, e successiva analisi mediante Assorbimento atomico o mediante ICP-MS (Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry).

Analizzatore di Benzene

Il monitoraggio del benzene (C₆H₆) viene realizzato mediante strumentazione automatica (analizzatore BTX) che effettua il campionamento dell'aria ambiente con frequenza semioraria e successiva analisi gascromatografica.

Generalmente la durata di un ciclo di analisi è di circa 15 minuti.

La norma tecnica di riferimento è illustrata nel DM 25/11/94 – Allegato VI.

I principali inquinanti atmosferici

Biossido di azoto (NO₂)

Le emissioni naturali di NO₂ comprendono i fulmini, gli incendi e le emissioni vulcaniche e dal suolo per cui gli ossidi di azoto (monossido e biossido di azoto) sono gas presenti, come fondo naturale, anche in aree disabitate. Le emissioni antropogeniche sono invece principalmente derivate da processi di combustione (veicoli, centrali termiche, riscaldamento domestico e attività industriale) in quanto le elevate temperature e pressioni favoriscono la reazione tra l'ossigeno e l'azoto mentre nelle aree urbane ad elevato traffico la fonte principale è costituita dai motori diesel. Ciò è determinato dal fatto che negli autoveicoli con questa tipologia di motorizzazione, l'elevata temperatura che si origina durante lo scoppio provoca la reazione tra l'azoto naturalmente presente nell'aria e l'ossigeno, formando monossido di azoto. La quantità prodotta è tanto maggiore quanto più elevata è la temperatura di combustione e tanto più veloce è il successivo raffreddamento dei gas prodotti, che impedisce la decomposizione in azoto ed ossigeno. In una atmosfera urbana, in condizioni di traffico elevato e rilevante soleggiamento, si assiste ad un ciclo giornaliero di formazione di inquinanti secondari: il monossido di azoto viene ossidato tramite reazioni fotochimiche a biossido di azoto con formazione di una miscela NO - NO₂ che raggiunge il picco di concentrazione nelle zone e nelle ore di traffico più intenso. Il Biossido d'azoto, che presenta una tossicità di circa 4 volte superiore al monossido, è un gas fortemente reattivo, ritenuto tra gli inquinanti atmosferici più pericolosi in quanto irritante per propria natura. Esplica questa azione a livello delle mucose delle vie respiratorie, sia a livello nasale che bronchiale ed è inoltre precursore, in presenza di forte irraggiamento solare, di una serie di reazioni secondarie che determinano la formazione di tutta quella serie di sostanze inquinanti note con il termine di "smog fotochimico". Essendo in generale questi composti particolarmente reattivi con gli Idrocarburi Policiclici Aromatici, possono formarsi dei composti la cui tossicità risulta fortemente amplificata. Infatti, in atmosfera in periodi di intensa attività ossidativa dalla reazione tra biossido di azoto e radicale perossiacetile, derivante a sua volta dall'ossidazione fotochimica di idrocarburi, aldeidi e chetoni, ovvero a partire da specie che a loro volta sono inquinanti secondari, si viene a formare il così detto PAN (perossiacetilnitrate) che è un nitrocomposto organico responsabile di molte infezioni respiratorie. Relativamente agli aspetti ambientali, gli ossidi di azoto intervengono nella formazione di piogge acide con conseguenti danni ai monumenti lapidei con conseguente deterioramento ed alla vegetazione a seguito di un impoverimento dei terreni di ioni calcio, magnesio, sodio e potassio e contemporanea liberazione di ioni metallici tossici per le piante, mentre per quanto riguarda le problematiche igienico-sanitarie, le conseguenze più frequenti sono riconducibili ad irritazioni e patologie a carico dell'apparato respiratorio, in particolare nei soggetti asmatici, con diminuzioni delle difese polmonari e conseguente insorgenza di bronchiti, allergie ecc. Particolarmente sensibile all'azione tossica di questo composto risulta essere l'epitelio ciliato dell'apparato respiratorio che perdendo le sue ciglia vibratili che rivestono le piccole vie aeree riduce sensibilmente la difesa meccanica nei confronti di particelle e microrganismi estranei.

Ozono (O₃)

L'ozono è un gas altamente tossico dotato di odore pungente caratteristico. Esso è naturalmente presente in una fascia della stratosfera, compresa tra i 20 e 30 Km di altezza denominata per l'appunto ozonosfera e la sua concentrazione viene mantenuta sostanzialmente costante mediante un equilibrio chimico tra le reazioni di formazione e quelle di fotolisi che avviene per assorbimento della radiazione solare. Grazie a questo fenomeno l'ozono è in grado di proteggere la terra da più del 90% delle radiazioni UV dannose per la vita sul nostro pianeta.

A prescindere da questi effetti protettivi, a livello del suolo viene definito come un inquinante gassoso secondario che si forma nell'atmosfera di aree antropizzate attraverso reazioni fotochimiche a partire da precursori come ossido di azoto, piccole molecole organiche (idrocarburi, composti organici volatili) in presenza di radiazione solare. L'ozono, energico ossidante, reagisce chimicamente con una grande quantità di sostanze presenti nell'aria e nel suolo e probabilmente rappresenta, assieme al materiale particolato, uno dei più importanti inquinanti con una tossicità valutata dalle 10 alle 15 volte superiore a quella del biossido di azoto. Assorbito per via inalatoria, penetra nell'apparato respiratorio dove è in grado di danneggiare le proteine strutturali e di causare danno e morte delle cellule. A seguito di ciò si determina una diminuzione transitoria della funzione polmonare ed infiammazione delle vie aeree profonde: numerosi studi

epidemiologici associano l'esposizione ad ozono ad un incremento del numero di ricoveri ospedalieri per disturbi respiratori, asma inclusa.

Ossido di carbonio (CO)

Il monossido di carbonio (CO), noto anche con il termine di ossido di carbonio è uno degli inquinanti atmosferici più diffusi. E' un gas tossico, incolore, inodore e insapore che viene prodotto ogni volta che una sostanza contenente carbonio brucia in maniera incompleta. E' più leggero dell'aria e diffonde rapidamente negli ambienti. Come l'anidride carbonica (CO₂) deriva dall'ossidazione del carbonio in presenza di ossigeno. La sua presenza è quindi legata ai processi di combustione che utilizzano combustibili organici. In ambito urbano la sorgente principale è rappresentata dal traffico veicolare per cui le concentrazioni più elevate si riscontrano nelle ore di punta del traffico. Il principale apporto di questo gas (fino al 90% della produzione complessiva) è determinato dagli scarichi dei veicoli a benzina in condizioni tipiche di traffico urbano rallentato (motore al minimo, fasi di decelerazione, ecc.): per questi motivi viene riconosciuto come tracciante di inquinamento veicolare. Tra i motori degli autoveicoli, quelli a ciclo Diesel ne emettono quantità minime, in quanto la combustione del gasolio avviene in eccesso di aria. Ulteriore contributo è dovuto all'emissione delle centrali termoelettriche, degli impianti di riscaldamento domestico e degli inceneritori di rifiuti. Altre sorgenti significative di CO sono le raffinerie di petrolio, gli impianti siderurgici e, più in generale, tutte le operazioni di saldatura. E' infine presente in concentrazioni significative nel fumo di sigaretta ed è un pericoloso inquinante prodotto nel corso di incendi. E' definito un inquinante primario a causa della sua lunga permanenza in atmosfera che può raggiungere i quattro - sei mesi e proprio per questo motivo può essere utilizzato come tracciante dell'andamento temporale degli inquinanti primari al livello del suolo. Sono da ritenersi sostanzialmente scarsi o trascurabili gli effetti sull'ambiente, mentre relativamente agli aspetti igienico-sanitari è da rimarcare l'elevata affinità (circa 240 volte superiore a quella per l'ossigeno) che questo gas dimostra nei confronti dell'emoglobina con formazione di un complesso estremamente stabile (carbossi-emoglobina). Considerando che l'emoglobina è la molecola organica deputata nell'uomo al trasporto dell'ossigeno ai vari organi e tessuti, in presenza di elevate concentrazioni di CO, è proprio questa associazione che determina gli effetti tossici in particolare per alcune fasce di popolazioni quali neonati, cardiopatici, asmatici e più in generale le persone anziane nei confronti dei quali possano registrarsi alterazioni delle funzioni polmonari, cardiache e nervose, effetti questi conseguenti ad una verosimile azione tossica del composto sugli enzimi cellulari che inibiscono, per questa via, la respirazione. Cefalea e vertigini sono generalmente riconosciuti come i primi sintomi di avvelenamento da tale composto chimico: ulteriori e successivi effetti fisiopatologici sono le alterazioni psicomotorie con diminuzione della vigilanza, dell'acuità visiva, della capacità di apprendimento e dell'esecuzione di test manuali.

Biossido di zolfo (SO₂)

E' un gas incolore, di odore pungente. Si forma per ossidazione dello zolfo nel corso dei processi di combustione di materiali che contengono questo elemento come impurità. Le principali emissioni di biossido di zolfo sono di origine antropica e derivano da impianti fissi di combustione che utilizzano combustibili di tipo fossile (gasolio, olio combustibile, cherosene, carbone), da processi metallurgici, produzione di acido solforico, lavorazione di molte materie plastiche, industrie della carta, fonderie, desolfurazione di gas naturali ed incenerimento di rifiuti in condizioni non controllate, mentre pressoché trascurabile l'apporto da traffico veicolare (circa il 2% sul totale) dal momento che i carburanti in uso sono raffinati e a basso tenore di zolfo. Ritenuto fino a pochi anni fa uno dei principali inquinanti atmosferici, anche perché uno dei primi composti a manifestare effetti sull'uomo e sull'ambiente, ultimamente la sua significatività è venuta sensibilmente a ridursi grazie agli interventi di metanizzazione che hanno interessato sia impianti di riscaldamento domestico che processi di combustione industriale. L'anidride solforosa, gas molto irritante per la gola, gli occhi e le vie respiratorie pur non presentando una propria tossicologia, è fattore predisponente all'acuirsi di malattie croniche nei soggetti più esposti quali anziani, in particolare asmatici, e bambini. In ragione della sua alta idrosolubilità, l'85% della SO₂ viene trattenuta dal tratto rinofaringeo e solo in minime percentuali raggiunge zone più distali quali bronchioli ed alveoli. Episodi di inquinamento atmosferico con aumento delle concentrazioni di biossido di zolfo sono risultati associati in studi epidemiologici con l'incremento sia dei ricoveri ospedalieri per patologie respiratorie sia con l'aumento della mortalità generale.

Benzene

Il benzene è un idrocarburo che si presenta come un liquido volatile, in grado cioè di evaporare rapidamente a temperatura ambiente, incolore e facilmente infiammabile. E' il capostipite di una famiglia di composti organici definiti aromatici per l'odore caratteristico ed è un componente naturale del petrolio (1 – 5% in volume) e dei suoi derivati di raffinazione. In atmosfera la sorgente più rilevante di benzene (oltre l'80%) è rappresentata dal traffico veicolare, principalmente dai gas di scarico dei veicoli alimentati a benzina dal momento che viene utilizzato (miscelato ad altri idrocarburi quali toluene, xilene ecc.) come antidetonante in questo tipo di carburante. In parte proviene anche dalle emissioni che si verificano nei cicli di raffinazione, stoccaggio e distribuzione delle benzine; a tal proposito va segnalato che durante il rifornimento di carburante dei veicoli si liberano nell'aria quantità significative della sostanza con esposizione a rischio del personale addetto ai distributori. Il prodotto è presente nelle benzine di produzione nazionale fino ad un tenore massimo dell'1% in volume (Legge 413/97), ma va considerato che in parte si forma anche durante la combustione, a partire precedentemente da altri idrocarburi aromatici. E' una molecola stabile e relativamente inerte e non ha un ruolo significativo nei processi di inquinamento secondario. Tra i vari elementi presenti in atmosfera, questo idrocarburo rappresenta probabilmente uno di quelli a più elevato rischio sanitario. Esso viene infatti classificato come cancerogeno di categoria 1, R45 dalla C.E., nel Gruppo 1 (sostanze per le quali esiste una accertata evidenza in relazione all'induzione di tumori nell'uomo) dalla International Agency for Research on Cancer (I.A.R.C) che lo definisce probabile ed importante causa nell'uomo di leucemia mielogeno acuta e forse anche di leucemia di altro tipo ed anche l'Associazione Americana degli Igienisti Industriali lo riconosce cancerogeno accertato per l'uomo.

L'Organizzazione Mondiale della Sanità e U.S. Environmental Protection Agency hanno rispettivamente stimato in 4 e 10 casi aggiuntivi di leucemia per milione di persone, il rischio massimo aggiuntivo derivante dall'esposizione, protratta per tutta la vita, a concentrazioni di benzene pari a $1\mu\text{g}/\text{m}^3$. Da un punto di vista igienico-sanitario va inoltre segnalato il significativo contributo derivante dal fumo di sigaretta. Chi fuma 20 sigarette/die inala una quantità giornaliera di benzene pari a circa 5 volte quella assorbita con l'aria ambiente mentre il ruolo derivante dal fumo passivo può ragionevolmente determinare un incremento di assunzione pari fino a circa due volte e mezzo.

Particolato Atmosferico (PM₁₀)

L'interesse suscitato dalle polveri atmosferiche, sia dal punto di vista ambientale che igienico-sanitario deriva, storicamente, dallo studio di fenomeni acuti di smog (Londra nel 1952), nel corso dei quali le polveri, in combinazione con il biossido di zolfo, avevano determinato il verificarsi di pesanti effetti sanitari. Già dalla pubblicazione dei risultati di MISA-2, un grande studio pianificato di metanalisi sugli effetti a breve termine degli inquinanti atmosferici rilevati nel periodo 1996-2002 in 15 città italiane era emerso il ruolo statisticamente significativo degli inquinanti atmosferici, ed in particolare delle polveri fini, sull'insorgenza di patologie cardiovascolari e respiratorie. Le polveri atmosferiche vengono comunemente definite con la sigla P.T.S. (Particellato Totale Sospeso) che comprende un insieme eterogeneo di particelle solide volatili (organiche ed inorganiche) e di goccioline liquide sospese nell'aria con dimensioni comprese tra 0.005 e 100 micron e che possono presentare caratteristiche e composizioni chimiche variabili e correlate alla fonte di provenienza. La loro presenza nell'ambiente è legata a fonti naturali (eruzioni vulcaniche, polverosità terrestre, polveri desertiche, pollini ecc.) o può derivare da diverse attività antropiche quali emissioni da centrali termiche, da inceneritori, da processi industriali in genere, da traffico e svariate altre. Il possibile danno per l'organismo umano può derivare sia dalla tipologia propria della particella di per sé tossica oppure, più frequentemente, a seguito di sostanze su di esse depositatesi: in altre parole il particolato sospeso risulta, di fatto, il tramite che consente la penetrazione, nell'apparato respiratorio dell'uomo, di sostanze potenzialmente nocive. Mentre le particelle con diametro maggiore di 10 micron vanno incontro a naturali fenomeni di sedimentazione e comunque sono trattenute dalle vie aeree superiori, quelle di diametro inferiore o uguale a 10 micron (note come frazione PM₁₀ che comprende anche un sottogruppo, pari al 60%, di polveri più sottili denominate PM_{2.5} e PM₁ aventi rispettivamente diametri uguali od inferiori a 2.5 ed 1 micron), rappresentano la frazione respirabile delle polveri e conseguentemente quella più pericolosa per la salute dell'uomo, in quanto possono determinare l'immissione all'interno del nostro organismo, fino a livello degli alveoli polmonari, di tutte le sostanze da esse veicolate. In sintesi quanto minori sono le dimensioni delle particelle, tanto maggiore è la loro capacità di penetrare nei polmoni e di produrre effetti dannosi sulla salute umana. Le polveri PM₁₀, una volta emesse, possono rimanere in sospensione nell'aria per circa 12 ore; di queste la frazione di diametro pari a 1 micron (PM₁), può rimanere in circolazione per circa 1 mese. Le fonti urbane di emissione di polveri PM₁₀, sono

principalmente i trasporti su gomma e gli impianti civili di riscaldamento. Tutti i mezzi di trasporto emettono polveri fini: in ogni caso i veicoli diesel, sia leggeri che pesanti, emettono quantitativi di polveri, per chilometro percorso, maggiori rispetto ai veicoli a benzina, riconosciuti comunque responsabili della produzione di piccole quantità di questo inquinante. Emissioni sono attribuibili anche alla erosione del manto stradale, all'usura di freni e pneumatici ed al risollevarsi di polvere presente sulla carreggiata.

Relativamente agli impianti di riscaldamento, possono emettere polveri in particolare quelli alimentati a gasolio, olio combustibile, carbone, legno o biomassa mentre sono da ritenersi trascurabili le emissioni di impianti alimentati a metano.

Idrocarburi Policiclici Aromatici

Gli idrocarburi policiclici aromatici (IPA) sono dei contaminanti organici presenti diffusamente nell'ambiente che si formano per combustione incompleta di materiali organici, in particolare il legno ed i combustibili fossili, come il carbone e il petrolio. Le molecole degli IPA sono costituite da tre o più anelli benzenici. Alcune di queste molecole sono costituite solo da idrogeno e carbonio, altre contengono anche atomi di altra natura come l'azoto e lo zolfo. Appartengono alla famiglia degli IPA alcune centinaia di composti molto eterogenei tra loro. Allo stato attuale delle conoscenze le sostanze più tossiche sono le molecole che hanno da quattro a sette anelli.

Il componente più studiato è il benzo(a)pirene (BaP), un composto a cinque anelli, diffuso nell'ambiente a concentrazioni significative e dotato della più elevata tossicità, tanto da venire utilizzato per rappresentare l'inquinamento ambientale dell'intero gruppo degli IPA. (ARPA Veneto)

Metalli pesanti

I metalli sono elementi chimici solidi, ad eccezione del mercurio, a temperatura ambiente; sono una eterogenea categoria di elementi duttili e malleabili, buoni conduttori di elettricità e di calore. Dei 103 elementi che compongono la tavola periodica ben 79 possono essere fatti rientrare nel gruppo dei metalli. Si definiscono pesanti quei metalli che hanno un numero atomico superiore a 20, come il mercurio, il piombo, il cromo, il cadmio, il cobalto, il nichel, ecc. Hanno la tendenza ad accumularsi nel suolo e quindi nella catena alimentare e possono avere effetti nocivi sugli esseri viventi anche a concentrazioni non elevate. (ARPA Veneto)

I parametri meteo climatici

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 generata 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/m^2)

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 la massa d'aria contiene la massima quantità di vapore d'acqua contenibile in quelle condizioni senza che si condensi.

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 D.Lgs 155/10 riporta le seguenti definizioni:

- **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;
- **superamenti consentiti:** numero di superamenti del valore limite consentiti dalla normativa per anno civile;
- **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.

Viene di seguito riportata la Tabella 2 riassuntiva della rispettiva normativa vigente con i relativi limiti.

Tabella 2: Valori limite ai sensi del D.Lgs. 155/2010 e smi.

Parametro	Valore di riferimento	Periodo di mediazione	Valore limite	Superamenti annuali consentiti
NO ₂	Valore limite orario	1 ora	200 µg/m ³	18
	Valore limite annuale	Anno civile	40 µg/m ³	-
	Soglia di allarme	1 ora	400 µg/m ³ (superamento per 3 ore consecutive)	-
CO	Valore limite	Media massima giornaliera calcolata su 8 ore	10 mg/m ³	-
SO ₂	Valore limite	1 ora	350 µg/m ³	24
	Valore limite	24 ore	125 µg/m ³	3
	Soglia di allarme	1 ora	500 µg/m ³ (superamento per 3 ore consecutive)	-
O ₃	Valore obiettivo per la protezione della salute umana	Media massima giornaliera calcolata su 8 ore	120 µg/m ³	Da non superare più di 25 giorni per anno civile come media su tre anni
	Soglia di informazione	1 ora	180 µg/m ³	-
	Soglia di allarme	1 ora	240 µg/m ³ (superamento per 3 ore consecutive)	-
PM ₁₀	Valore limite	24 ore	50 µg/m ³	35
	Valore limite	Anno civile	40 µg/m ³	-
PM _{2,5}	Valore limite	Anno civile	25 µg/m ³	-
C ₆ H ₆	Valore limite	Anno civile	5,0 µg/m ³	-

Campagna di Misura della Qualità dell'Aria anno 2015-2016-2017 Comune di Polistena

BaP	Valore limite	Anno civile	1 ng/m ³	-
As	Valore obiettivo	Anno civile	6,0 ng/m ³	-
Cd	Valore obiettivo	Anno civile	5,0 ng/m ³	-
Ni	Valore obiettivo	Anno civile	20,0 ng/m ³	-
Pb	Valore limite	Anno civile	0,5 µg/m ³	-

Campagne di misura

Sito di Misura

LABORATORIO MOBILE DP 271 CA NEL COMUNE DI POLISTENA
COMUNE: Polistena
ZONA MONITORATA: Campo Sportivo
COORDINATE: lat. 38.399038 – long. 16.071815



Figura 2: Ubicazione laboratorio mobile presso il Campo sportivo del Comune di Polistena

Emissioni sul territorio

Come da zonizzazione regionale approvata dal MATTM, il sito di monitoraggio ricade in zona B, ovvero zona industriale. Il laboratorio mobile è stato posizionato all'interno del campo sportivo in affiancamento della stazione di monitoraggio di proprietà della Società Axpo Italia che da studi modellistici rientra nel punto di massima ricaduta delle emissioni prodotte dalla centrale turbogas di Rizziconi. La zona risente anche dall'inquinamento prodotto dagli impianti termici civili, dal traffico veicolare e da altre attività presenti in zona.

Rendimenti annuali della strumentazione

Sebbene la campagna di monitoraggio prevista per il PRTQA richieda una misurazione indicativa della qualità dell'aria della zona interessata (ovvero con copertura del 14% su base annuale ripartita in modo uniforme nel corso dell'anno ai sensi del punto 4 dell'art. 1 dell'Allegato 1 del DLgs 155/2010 e smi) si è proceduto, grazie anche alla disponibilità dell'Amministrazione comunale di Polistena, al monitoraggio della zona utilizzando la stazione mobile per ottenere una misurazione in sito fisso, ovvero con una copertura di raccolta dati per come riportata nella Tabella 3 derivante dalla normativa di riferimento (DLgs 155/2010 e smi).

Tabella 3: Copertura annuale degli analizzatori.

Parametro	2015	2016	2017	Periodo minimo di copertura annuale secondo DLgs 155/2010 e smi
SO ₂	96,38%	98,43%	96,02%	90% (85%)*
NO ₂	96,87%	95,32%	97,10%	90% (85%)*
CO	97,93%	97,60%	86,82%	90% (85%)*
O ₃	97,88%	94,60%	93,53%	90% (85%)*
Benzene	92,50%	96,54%	81,07%	90% (85%)*
PM ₁₀	95,02%	97,54%	97,53%	90% (85%)*
Piombo	95,02%	97,54%	97,53%	90% (85%)*
Cadmio	95,02%	97,54%	97,53%	50% (45%)*
Nichel	95,02%	97,54%	97,53%	50% (45%)*
Benzo(a)Pirene	95,02%	97,54%	97,53%	33% (31%)*
Arsenico	95,02%	97,54%	97,53%	50% (45%)*

* in parentesi il valore percentuale al netto della perdita massima ammessa per manutenzione e calibrazione del 5%

Nel triennio oggetto di questo elaborato, ovvero 2015, 2016 e 2017, si è registrato un buon funzionamento degli analizzatori. I risultati raggiunti sono dovuti alla buona qualità dell'attività di manutenzione preventiva e correttiva oltre che ad un controllo quotidiano dei dati. Come previsto dal D.Lgs 155/2010 e smi i dati per tutti gli inquinanti gassosi hanno una frequenza oraria, mentre per le polveri la frequenza è giornaliera in quanto la modalità di monitoraggio e misura prevede un campionamento della durata di 24h. I dati vengono controllati e validati con frequenza quotidiana; tali dati vengono successivamente sottoposti ad ulteriori processi di verifica, con frequenza mensile, semestrale e annuale. Come si evince dalla Tabella 3, per quanto riguarda il triennio 2015-2017, tutti gli analizzatori hanno ottenuto una copertura annuale di raccolta dati superiore a quella richiesta dalla normativa per misurazioni in siti fissi ad eccezione dell'analizzatore per benzene riferito all'anno 2017 per il quale si è registrato una copertura dell'81,07%.

L'intera rete di monitoraggio della qualità dell'aria regionale, come anche la stazione mobile posizionata nel comune di Polistena, è sottoposta ad un programma di manutenzione ordinaria e preventiva. La manutenzione ordinaria viene effettuata ogni 15 giorni e prevede una serie di operazioni atte a garantire un corretto funzionamento della strumentazione, la sostituzione dei materiali di consumo e la verifica e pulizia del sistema di campionamento. La manutenzione preventiva consiste in operazioni tecniche sugli analizzatori e si esplica con cadenza trimestrale; ad essa poi si aggiungono le operazioni di taratura multipunto annuale attraverso l'utilizzo di standard di riferimento. Nella manutenzione preventiva sono inclusi i controlli dei sistemi di condizionamento della temperatura, dei sistemi di

sicurezza, degli estintori, dei software e hardware, dei sistemi di acquisizione. Nella stazione è inoltre attivo un sistema automatico giornaliero di verifica della calibrazione di ogni analizzatore: in caso di esito negativo si procede alla invalidazione dei dati. Oltre alle attività ordinarie e preventive suddette, vengono attivati degli interventi di manutenzione correttiva su necessità.

Situazione meteorologica per il triennio 2015 -2016- 2017

Le precipitazioni avvenute nel 2015, 2016 e 2017 a Polistena ammontano rispettivamente a 1.036 mm/anno, 777 mm/anno e 689 mm/anno. La distribuzione mensile delle precipitazioni è riportata nella Figura 3 che mostra come le precipitazioni nei mesi primaverili-estivi del 2017 siano state inferiori rispetto ai due anni precedenti.

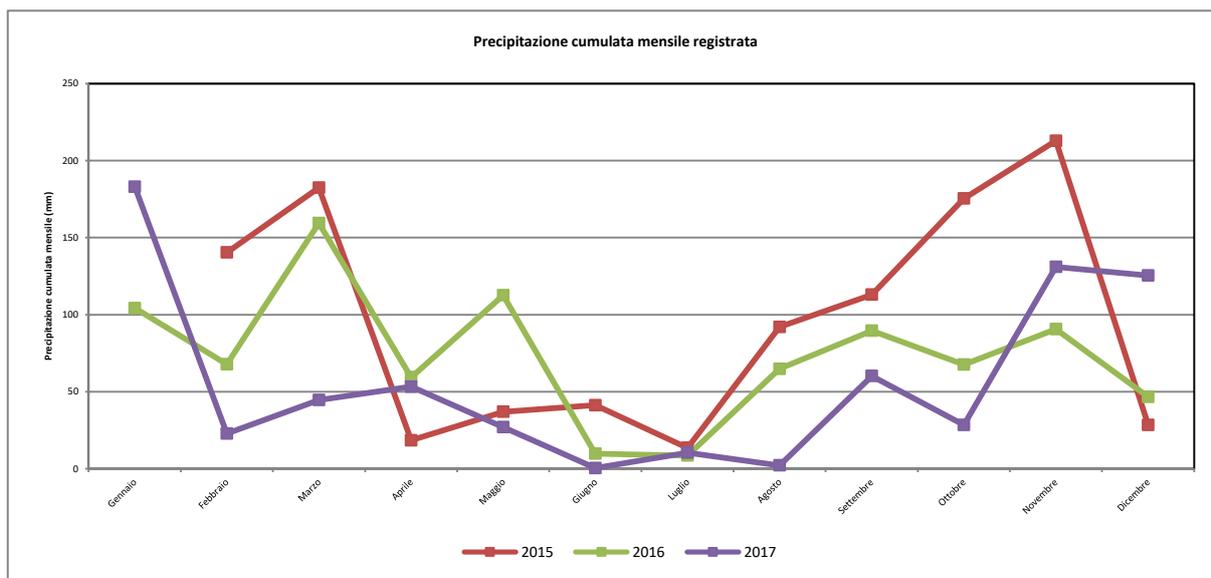


Figura 3: Precipitazione cumulata mensile registrata

La precipitazione può essere analizzata anche in termini di numero di giorni piovosi, ovvero di giorni con una precipitazione cumulata giornaliera superiore a 5 mm, vedi Figura 4. In questo caso per l'intero anno 2017 si contano 37 giorni di pioggia, con una riduzione dei giorni di pioggia maggiormente evidente nel periodo primavera-estate mentre per tutti i tre anni presi in considerazione il periodo inverno-autunno risulta simile.

È evidente inoltre una piovosità minore registrata nel 2017 rispetto ai due anni precedenti anche in termini di giorni con piovosità superiore a 5 mm giornaliera.

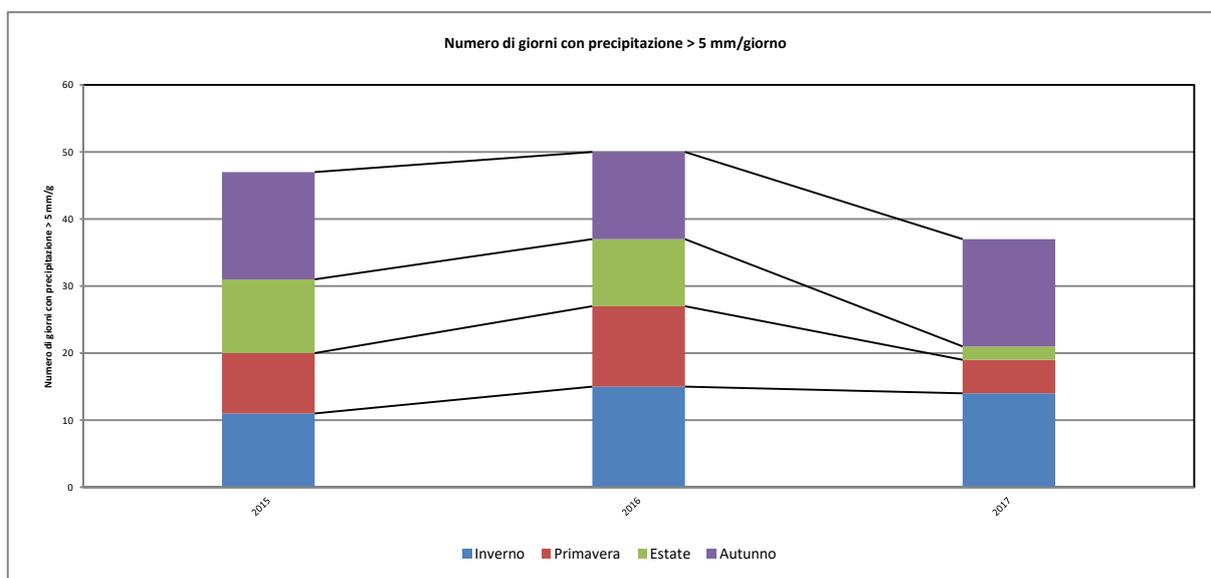


Figura 4: Numero di giorni con precipitazione > 5 mm/giorno

Per quanto attiene le temperature registrate per il triennio in oggetto nella Figura 5 sono riportate le medie mensili mentre nella Tabella 4 sono riportate le relative medie stagionali.

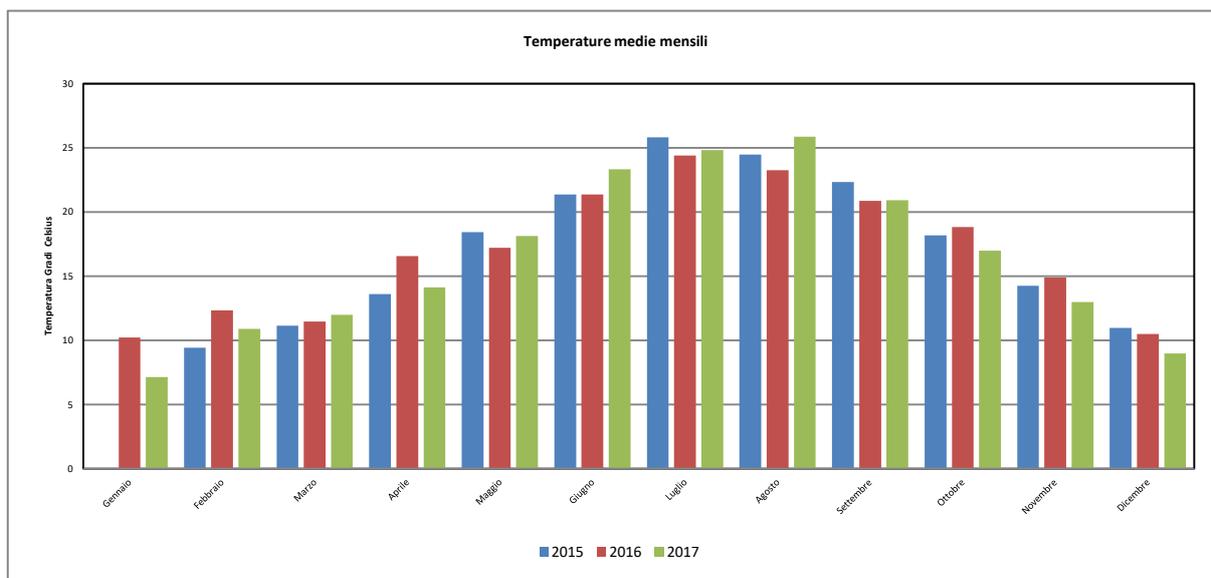


Figura 5: Temperature medie mensili

Tabella 4: Temperature medie stagionali.

	2015	2016	2017
Inverno	10,2°C	10,7°C	9,3°C
Primavera	16,9°C	17,4°C	17,2°C
Estate	24,3°C	23,1°C	24,5°C
Autunno	15,1°C	15,8°C	13,7°C
Media Anno	16,6°C	16,7°C	16,2°C

Sebbene la media annuale dei tre anni risulti pressoché uguale, dall'analisi della Figura 5 e della Tabella 4 relative alle temperature registrate si può osservare per il 2017 un inverno e un autunno più freddi rispetto al 2015 e 2016. L'estate del 2016 invece risulta la più fresca del triennio. Si registra inoltre una escursione termica tra inverno e estate maggiore nell'anno 2017 ovvero di 15,2°C rispetto al 2015 (14,1°C) ed al 2016 (12,4°C).

Risultati monitoraggio triennio 2015 -2016- 2017

Nella Tabella 5 vengono riportate le concentrazioni medie annue degli inquinanti per i quali il D.Lgs. 155/2010 e smi prevede il **Valore Limite Annuale (VLA)** che si riporta nell'ultima colonna della Tabella..

Tabella 5: Valori medi annui osservati degli inquinanti monitorati

Inquinante	unità di misura	2015	2016	2017	Valore limite
PM ₁₀	µg/m ³	26,11	24,85	25,30	40
NO ₂	µg/m ³	11,25	10,49	11,30	40
C ₆ H ₆	µg/m ³	0,77	0,78	0,85	5,0
Pb	µg/m ³	0,004	0,005	0,003	0,5
Cd	ng/m ³	0,12	0,13	0,10	5,0
Ni	ng/m ³	3,0	4,8	2,9	20,0
As	ng/m ³	0,39	0,34	0,40	6,0
BaP	ng/m ³	0,40	0,66	0,93	1,0
Superamento VLA (Si/No)		No	No	No	

Dalla analisi dei dati riportati nella Tabella 5 risulta che per il triennio non sono stati registrati superamenti del valore limite annuale per ciascuno degli inquinanti monitorati.

Per tutti i tre anni si è registrato un valore quasi costante di NO₂ e di PM₁₀, indice di una invarianza della sorgente emissiva del particolato atmosferico tipica della zona, inquinante con sostanziale componente secondaria e con contributo anche da parte di sorgenti naturali che agiscono su vaste aree. Tale considerazione trova conferma anche in riferimento alla contrazione dei metalli (Pb, Cd, Ni ed As) presenti nel particolato atmosferico PM₁₀ per i quali si registra un valore pressoché costante nel triennio (Figure 9, 10, 11 e 12).

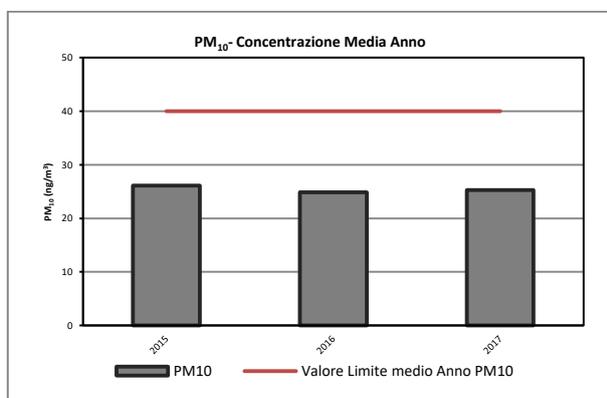


Figura 6: Concentrazione media anno PM₁₀

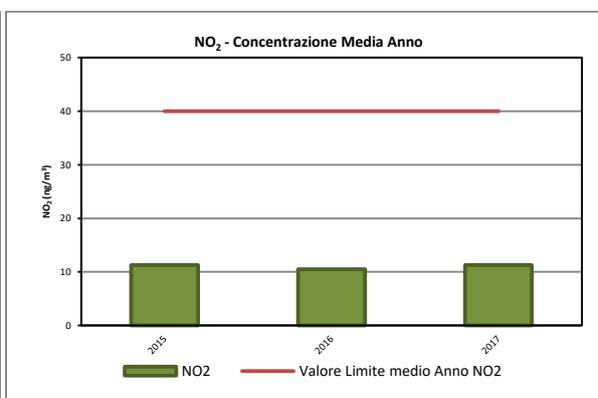


Figura 7: Concentrazione media anno NO₂

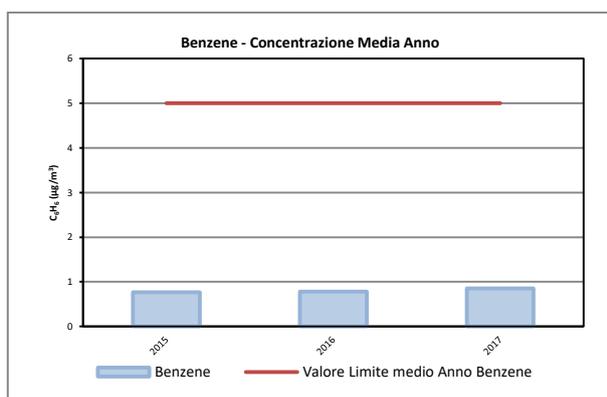


Figura 8: Concentrazione media anno Benzene

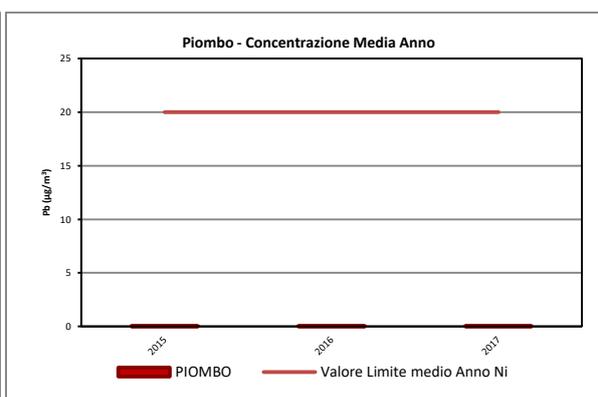


Figura 9: Concentrazione media anno Pb

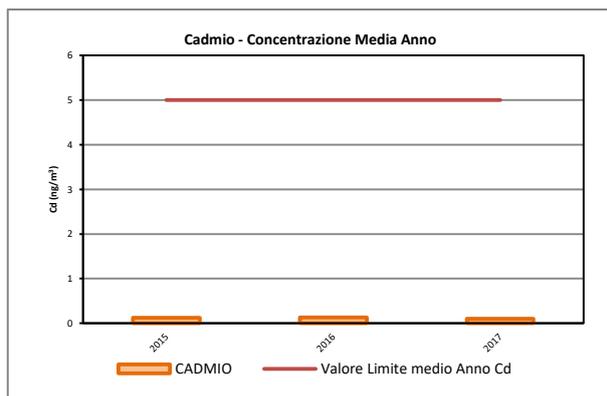


Figura 10: Concentrazione media anno Cd

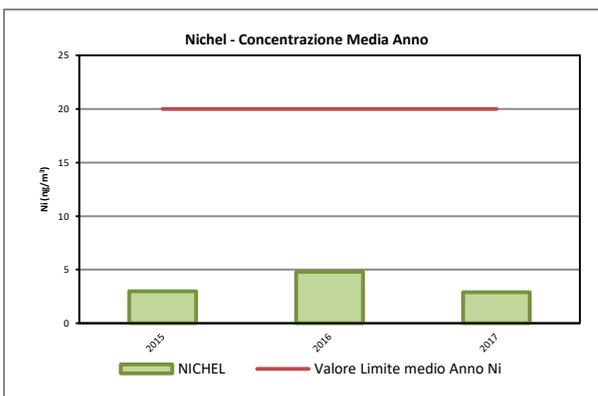


Figura 11: Concentrazione media anno Ni

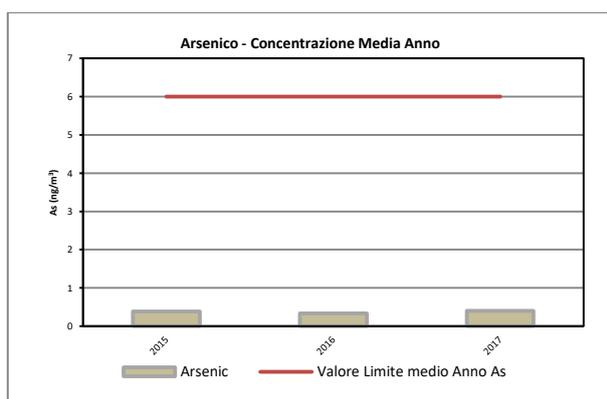


Figura 12: Concentrazione media anno As

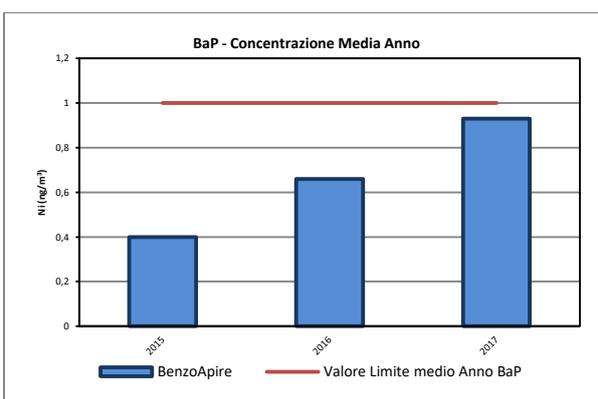


Figura 13: Concentrazione media anno BaP

Caso diverso è stato registrato sia per il Benzene (C₆H₆) che per il Benzoapirene (BaP) che hanno registrato un lieve aumento del valore medio annuo nel corso del triennio sebbene tutti i valori siano al di sotto del valore limite annuo come evidente nelle Figure 8 e 13 in cui il Valore Limite medio annuo previsto dalla normativa è rappresentato con una linea rossa. L'interpretazione di tale andamento sarà dettagliato nel paragrafo successivo.

Nella Tabella 6 vengono riportati il massimo valore giornaliero ed il numero dei superamenti registrati durante il triennio degli inquinanti per i quali il D.Lgs. 155/2010 e s.m.i. prevede il **Valore Limite Giornaliero (VLG)** ed il numero di superamenti consentiti per anno che si riporta in fondo ad ogni colonna.

Tabella 6: Massimo valore giornaliero annuo e numero di superamenti osservati.

Anno	PM ₁₀	n. superamenti PM ₁₀ in un anno	SO ₂	n. superamenti SO ₂ in un anno
	µg/m ³ (data)		µg/m ³ 293K	
2015	80,00 (27/03/2015)	9	14,51	0
2016	213,80 (23/03/2016)	13	9,42	0
2017	98,70 (25/02/2017)	14	22,00	0
Valore limite giornaliero	50	35 superamenti consentiti per anno	125	3 superamenti consentiti per anno

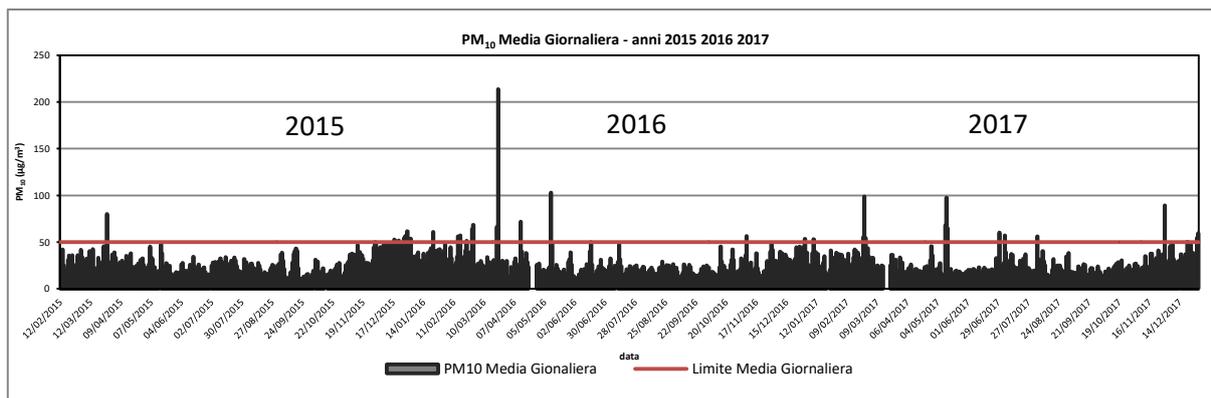


Figura 14: PM₁₀ Media Giornaliera - anni 2015 2016 2017

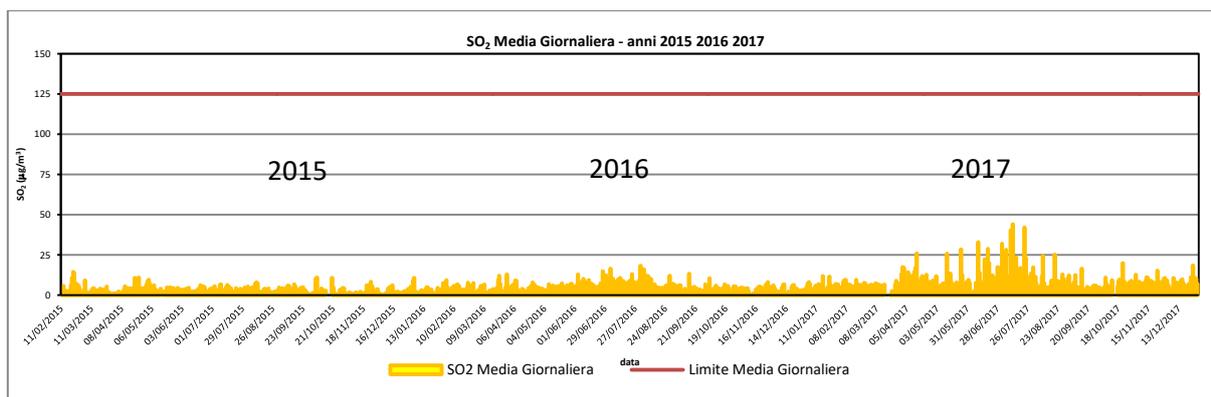


Figura 15: SO₂ Media Giornaliera - anni 2015 2016 2017

Dall'analisi dei dati riportati dalla Tabella 6 si evidenzia che il valore massimo del PM₁₀ del triennio si è registrato nel giorno 23/03/2016, attribuibile ad una condizione meteo-climatica generalizzata (area ciclonica battezzata Gaby) sull'intero territorio regionale di vento da sud/est con contributo di polveri sahariane. Tale superamento è stato anche registrato per tutte le stazioni della parte meridionale della Regione mentre non risultano interessate dall'evento meteo-climatico le stazioni presenti nella parte settentrionale della Regione.

Nel triennio, comunque, il numero di superamenti si è mantenuto ampiamente al di sotto dei 35 consentiti per anno civile.

Per quanto concerne l'SO₂, i valori registrati per tutti gli anni di monitoraggio si sono mantenuti abbondantemente sotto il limite annuale previsto dalla normativa.

Nella Tabella 7 vengono riportati il massimo valore orario giornaliero registrato per i tre anni ed il numero dei superamenti registrati degli inquinanti (NO₂ e SO₂) per i quali il D.Lgs. 155/2010 e s.m.i. prevede la **Soglia di Allarme** e il **Valore Limite Orario** (VLO) con il rispettivo numero di superamenti consentiti per anno che si riportano in fondo alla rispettiva colonna.

Tabella 7: Massimo valore orario giornaliero annuo e numero di superamenti.

Anno	NO ₂	Numero di superamenti		SO ₂	Numero di superamenti	
	µg/m ³	Limite orario (200 µg/m ³)	Soglia allarme (400 µg/m ³)*	µg/m ³	Limite orario (350 µg/m ³)	Soglia allarme (500 µg/m ³)*
2015	107,26	0	0	49,44	0	0
2016	59,13	0	0	18,26	0	0
2017	60,64	0	0	52,64	0	0
N. superamenti consentiti per anno		18	-		24	-

* Superamento per 3 ore consecutive

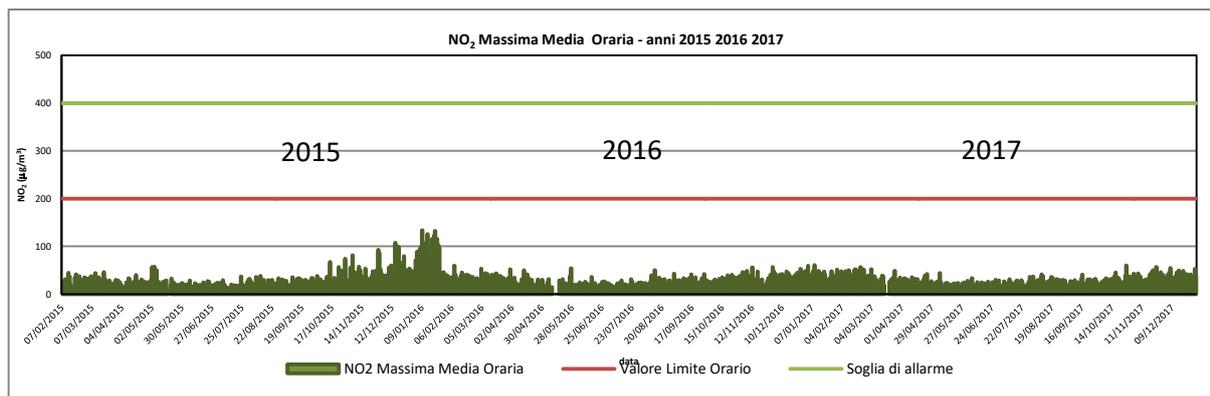


Figura 16: NO₂ Massima Media Oraria - anni 2015 2016 2017

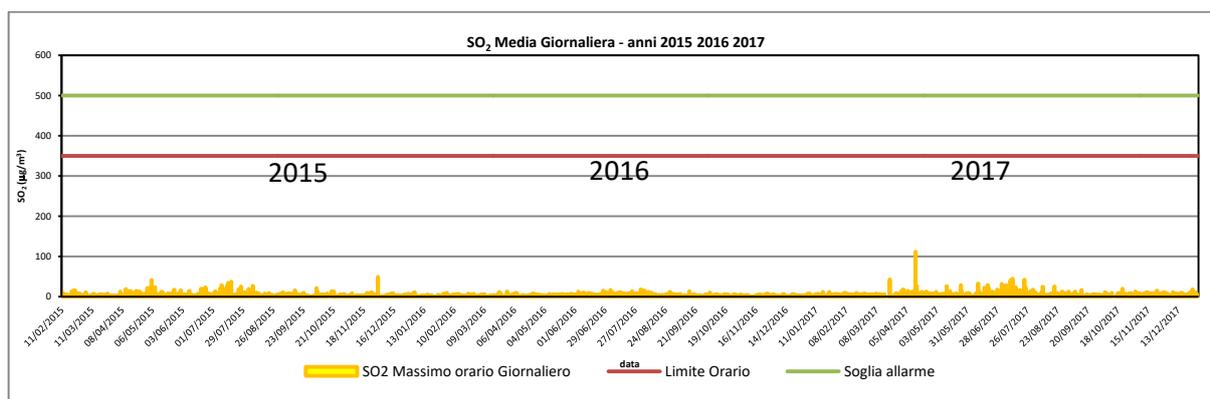


Figura 17: SO₂ Massima Media Oraria - anni 2015 2016 2017

Nella Tabella 7 e nelle Figure 16 e 17 si evidenzia che per l'NO₂ e per l'SO₂ non sono stati registrati superamenti né del valore limite orario (linea rossa) né della soglia di allarme (linea verde) per tutto il triennio.

Nella Tabella 8 vengono riportati il più alto valore delle medie massime giornaliere su 8 ore (MM8h) ed il numero dei superamenti registrati degli inquinanti (CO e O₃) per i quali il D.Lgs. 155/2010 e smi ne prevede il **Valore Limite**, il **Valore Obiettivo**, la **Soglia di Informazione** e la **Soglia di Allarme** che si riportano in fondo alla rispettiva colonna.

Tabella 8: Medie massime giornaliere su 8 ore e numero di superamenti registrati per i valori osservati.

Anno	MM8h* CO	Valore Limite (10 mg/m ³)	MM8h* O ₃	Valore Obiettivo (120 µg/m ³)	Massima Media Oraria O ₃	Soglia di Informazione (180 µg/m ³)	Soglia Allarme** (240 µg/m ³)
	mg/m ³	numero superamenti	µg/m ³	n giorni superamenti	µg/m ³	numero superamenti	numero superamenti
2015	2,06	0	123,85	5	140,96	0	0
2016	1,48	0	112,16	1	157,41	0	0
2017	1,88	0	134,37	6	151,97	0	0
n super. consentiti in un anno		-		25		-	

* Media Massima giornaliera calcolata su 8 ore

** Superamento per 3 ore consecutive

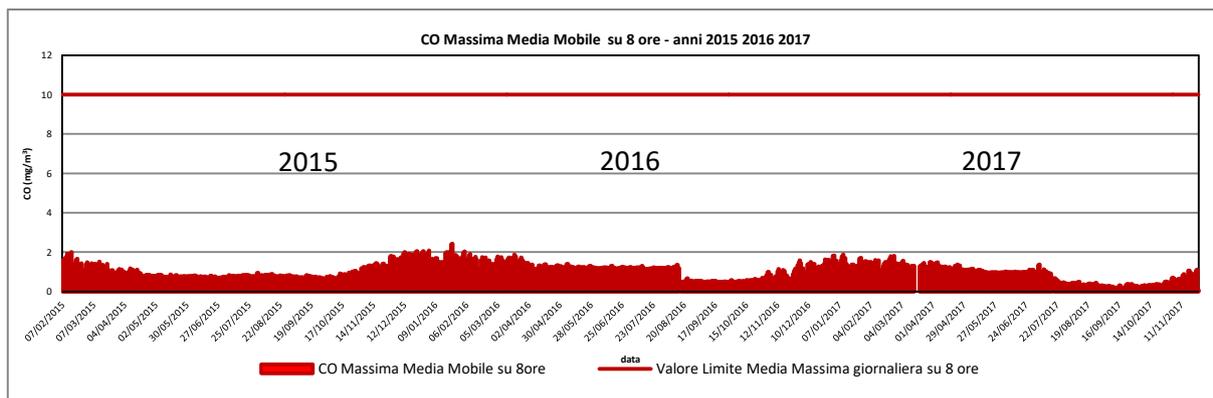


Figura 18: CO Massima Media Mobile su 8 ore - anni 2015 2016 2017

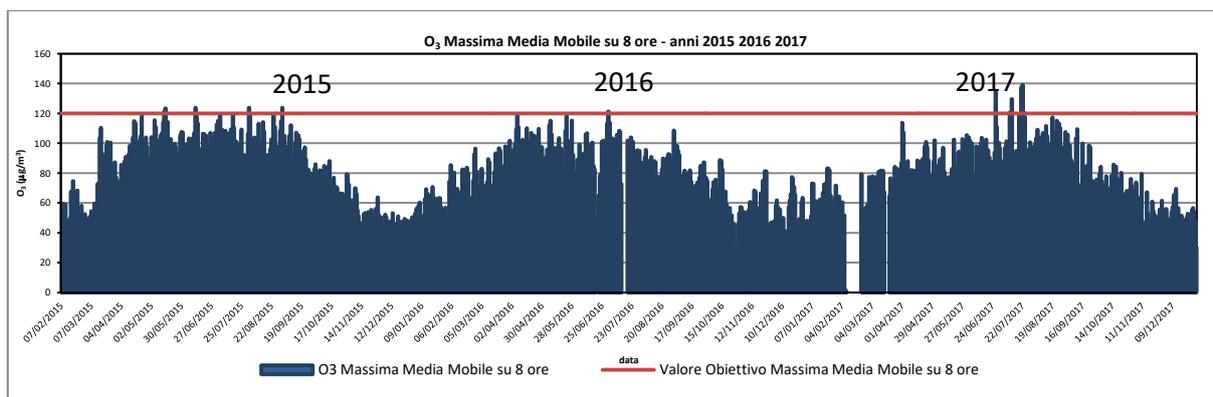


Figura 19: O₃ Massima Media Mobile su 8 ore - anni 2015 2016 2017

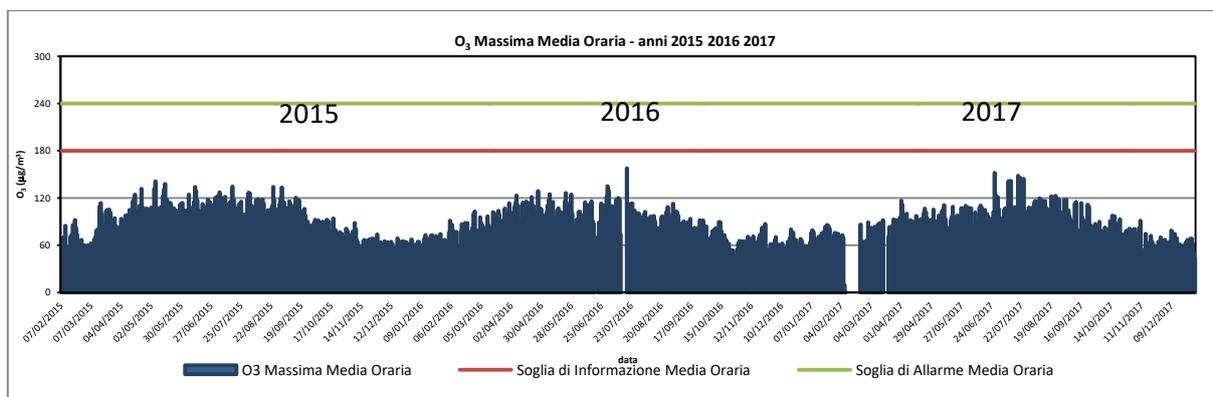


Figura 20: O₃ Massima Media Oraria - anni 2015 2016 2017

Dalla lettura della Tabella 8 e della Figura 18 si evidenzia che per il CO non si sono registrati casi di superamento del valore limite (linea rossa) per l'intero triennio di osservazione.

Come riportato nella Tabella 8 e nella Figura 20, per l'O₃ non sono stati registrati superamenti della soglia di allarme (linea verde) e della soglia di informazione oraria (linea rossa) mentre sono stati registrati alcuni superamenti del Valore Obiettivo per il quale il D.Lgs. 155/2010 e smi consente 25 giorni di superamento per anno civile come media su tre anni, Figura 19. I superamenti del Valore Obiettivo sono stati riscontrati, prevalentemente, nella stagione primaverile-estiva, coerentemente con il meccanismo di reazione fotochimica che porta alla formazione di questo inquinante secondario che necessita per poter avvenire di particolari condizioni di alta pressione, elevate temperature, scarsa ventilazione ed un forte irraggiamento solare. Il superamento del limite di legge di questo inquinante è tipico delle zone rurali ed extraurbane (ovvero in presenza di vegetazione), dato che l'ozono si forma durante il trasporto delle masse d'aria contenenti i suoi precursori (tra i quali l'NO₂), emessi soprattutto nelle aree urbane.

Conclusioni

Come evidenziato nel paragrafo precedente nelle Figure 8 e 13 il Benzene (C_6H_6) ed il Benzoapirene (BaP) hanno registrato un lieve aumento del valore medio annuo nel corso del triennio sebbene al di sotto del valore limite annuo. Tale tendenza è indice di un inquinamento locale da attenzionare e che probabilmente è attribuibile, come già evidenziato in diversi casi in letteratura, alla combustione di biomassa solida utilizzata negli impianti termici civili per come è evidente anche dall'andamento della concentrazione dei due inquinanti che risulta maggiore nei periodi freddi (vedi Figure n 21 e 22) e nelle ore serali-notturne come mostrato nelle Figure 23, 24 e 25 del giorno tipo invernale relativo al Benzene per ogni anno del triennio. Inoltre risulta che la concentrazione media annua del Benzene e Benzoapirene è maggiore per il 2017 coerentemente con il maggiore utilizzo di impianti termici civili legato alla temperatura più rigida registrata nel periodo invernale nell'anno 2017 (vedi Figura 5 e Tabella 4).

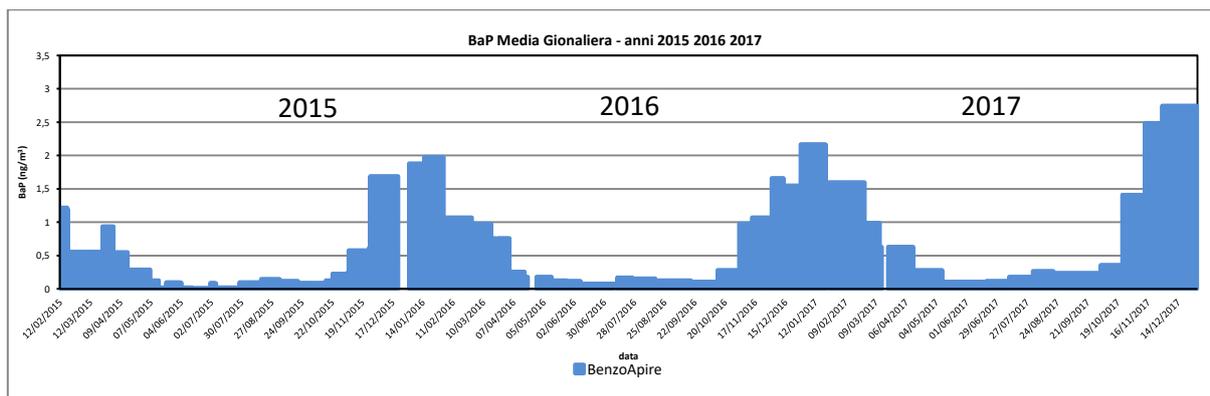


Figura 21: BaP Media Giornaliera - anni 2015 2016 2017

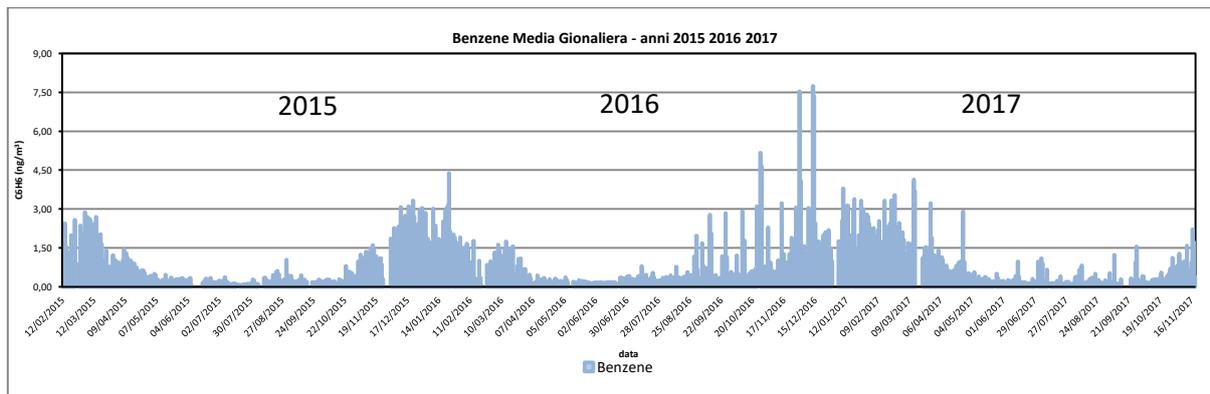


Figura 22: Benzene Media Giornaliera - anni 2015 2016 2017

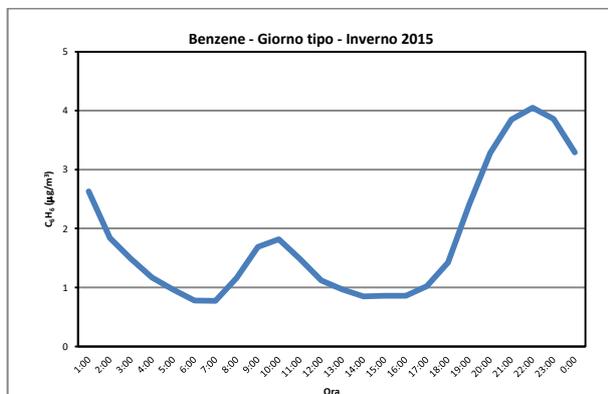


Figura 23: Benzene - Giorno tipo - Inverno 2015

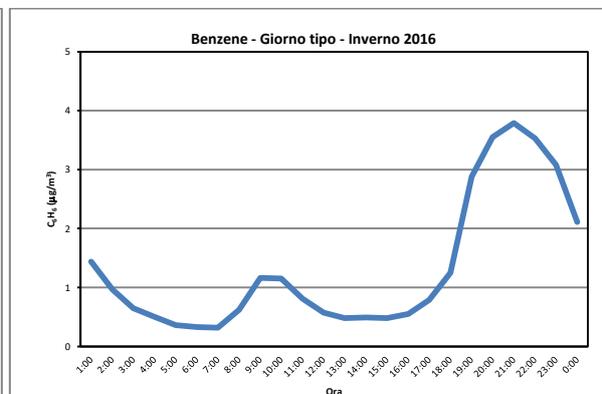


Figura 24: Benzene - Giorno tipo - Inverno 2016

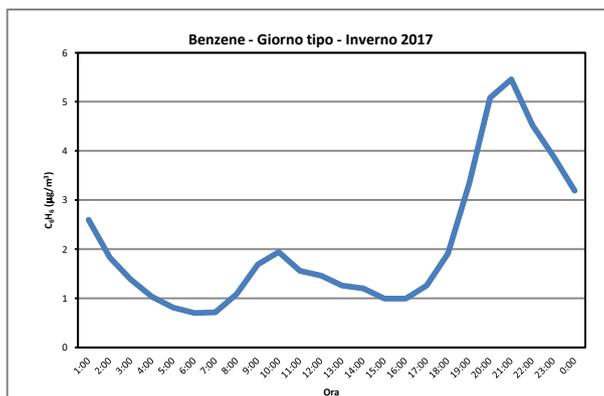


Figura 25: Benzene - Giorno tipo - Inverno 2017

Da quanto esposto è possibile valutare che, nel complesso, non si riscontrano casi di criticità per tutto il triennio in oggetto.

Tramite la prosecuzione del monitoraggio della qualità dell'aria sul sito in oggetto sarà possibile valutare il trend del Benzo(a)Pirene e del Benzene anche nel 2018 ed eventualmente considerare l'opportunità di eseguire ulteriori approfondimenti circa la loro origine come ad esempio l'analisi sul particolato atmosferico di traccianti della combustione da biomasse solide, quali il levoglucosano, e valutare i rapporti di concentrazione tra gli idrocarburi adsorbiti, quali indeno(1,2,3-c,d)pirene/(indeno(1,2,3-c,d)pirene+benzo(g,h,i)perilene, nel particolato atmosferico al fine di discriminare l'origine degli IPA come riportato dalla letteratura (M. B. Yunker, R. W. Macdonald, R. Vingarzan, R. H. Mitchell, D. Goyette, S. Sylvestre, PAHs in the Fraser River basin: a critical appraisal of PAH ratios as indicators of PAH source and composition, *Organic Geochemistry* 33 (2002) 489–515).

