



Valutazione della Qualità dell’Aria nella Regione Calabria - 2018

- attività condotte sulla RRQA (Rete Regionale della Qualità dell’Aria)
- attività condotte sul SIQUA (Sistema Informativo per la Qualità dell’Aria nella Regione Calabria)

<p>Redazione</p>	<p><u>CPS Senior Emilio Centorrino</u> - Direttore per l’Esecuzione del Contratto (DEC) per le attività sulla RRQA e sul SIQUA <u>CTP Senior Dott. Crea Pasquale</u> – Direttore Operativo del DEC per le attività sulla RRQA e sul SIQUA - Referente delegato alla responsabilità delle attività di reporting europeo <u>CTP Senior Dott.ssa Serafina Oliverio</u> – Direttore Operativo del DEC per le attività sulla RRQA e sul SIQUA <u>CTP Ing. Nicola Ocello</u> – Direttore Operativo del DEC per le attività sulla RRQA e sul SIQUA <u>CTP Dott.ssa Annalisa Morabito</u> – Direttore Operativo del DEC per le attività sulla RRQA e sul SIQUA <u>CTP Dott.ssa Marianna Caravita</u> – Direttore Operativo del DEC per le attività sulla RRQA e sul SIQUA</p>
<p>Supervisione, annotazioni, approvazione</p>	<p><u>Dirigente Tecnico Ing. Domenico Vottari</u> – Responsabile di Convenzione Rep. 1404/2017 (Parte B Q.A.) con la Regione Calabria, Responsabile Unico del Procedimento per le attività sulla RRQA e sul SIQUA</p>
<p>Data di rilascio e versione:</p>	<p>giugno 2019 - versione 01</p>

Ringraziamenti Particolari

- al Dipartimento Ambiente e Territorio della Regione Calabria, nelle persone del Dirigente Generale Dott.ssa Arch. Orsola Reillo e del Dirigente di Settore Ing. Francesco Costantino, per la fiducia accordata all'Agenzia Regionale Protezione Ambiente della Calabria per la continuità della gestione della Rete Regionale della Qualità dell'Aria (RRQA) e del Sistema Informativo per la Qualità dell'Aria (SiQua) mediante la Convezione Rep. 1404/2017 (Rep. RegCal 689/2017)
- alle Direzioni Dipartimentali ARPACAL, ai Dirigenti dei Servizi Aria dei Dipartimenti Provinciali ed al personale dell'ARPACAL che a qualsiasi titolo ha permesso la redazione della presente relazione
- al C.S. ARPACAL Avv.to Maria Francesca Gatto, per il continuo supporto assicurato al team di lavoro ARPACAL sulla Qualità dell'Aria regionale

RESPONSABILE DI CONVENZIONE E RUP

Dirigente Tecnico

f.to Ing. Domenico Vottari

Sommario

1.	Quadro normativo ed indicatori di sintesi.....	1
2.	Le stazioni della rete appartenenti alla Rete Regionale di monitoraggio della qualità dell'aria.....	3
3.	Biossido di zolfo, Monossido di carbonio, Biossido di azoto, Ozono	5
3.1.	Biossido di zolfo.....	6
3.2.	Monossido di carbonio.....	6
3.3.	Biossido di azoto.....	7
3.4.	Ozono	8
4.	Particolato PM ₁₀ e PM _{2,5} , Benzene, Benzo(a)pirene	11
4.1.	Particolato PM ₁₀	11
4.2.	Particolato PM _{2,5}	13
4.3.	Benzene	14
4.4.	Benzo(a)pirene	15
5.	Piombo ed elementi in tracce.....	17
5.1.	Piombo	18
5.2.	Elementi in tracce.....	18
6.	Rendimento analizzatori della RRQA – Obiettivi di qualità dei dati	21
7.	Conclusioni in sintesi	24
8.	Sistema modellistico previsionale regionale	25

Sommario delle Figure

Figura 1: Zonizzazione ed ubicazione delle stazioni di monitoraggio della Rete Regionale della Qualità dell’Aria	3
Figura 2: Biossido di Zolfo. Massime medie giornaliere nelle stazioni della RRQA.	6
Figura 3: Monossido di Carbonio. Massima Media mobile giornaliera nell’anno nelle stazioni della RRQA.	7
Figura 4: Biossido di Azoto. Medie annuali nelle stazioni della RRQA.	8
Figura 5: Ozono. Numero di giorni di superamento dell’obiettivo a lungo termine per la protezione della salute umana.	9
Figura 6: Ozono. Superamenti dell’obiettivo a lungo termine per la protezione della salute umana.	10
Figura 7: Particolato PM ₁₀ . Superamenti del valore limite giornaliero per registrati nelle stazioni della RRQA.	12
Figura 8: Particolato PM ₁₀ . Medie annuali confrontate nelle stazioni della RRQA.	13
Figura 9: Particolato PM _{2,5} . Verifica del rispetto del valore limite annuale per le stazioni della RRQA.	14
Figura 10: Benzene. Medie annuali registrate nelle stazioni della RRQA.	15
Figura 11: Benzo(a)pirene. Medie annuali registrate nelle stazioni della RRQA.	16
Figura 12: Benzo(a)pirene. Medie mensili registrate nelle stazioni prese ad esempio.	16
Figura 13: Benzene. Medie mensili registrate nelle stazioni prese ad esempio.	17
Figura 14: Piombo. Medie mensili registrate nelle stazioni della RRQA.	18
Figura 15: Arsenico. Medie annuali registrate nelle stazioni della RRQA.	19
Figura 16: Nichel. Medie annuali registrate nelle stazioni della RRQA.	20
Figura 17: Cadmio. Medie annuali registrate nelle stazioni della RRQA.	20
Figura 18: Zone di conformità/non conformità relativamente al valore limite e uso di tecniche di modellazione in relazione alle soglie di valutazione superiore ed inferiore.	25
Figura 19: Schema concettuale del sistema “ARIA Regional”.	26
Figura 20: sistema modellistico utilizzato per la Valutazione della Qualità dell’Aria nella Regione Calabria	28
Figura 21: Grigliato di simulazione regionale a 2 km di risoluzione	28
Figura 22: campi di concentrazione massima oraria giornaliera derivante da post-elaborazione con contributo di polveri sahariane grossolane.	29

Sommario delle Tabelle

Tabella 1: Valori limite e/o valori obiettivo secondo normativa vigente	2
Tabella 2: Stazioni di monitoraggio della Rete Regionale della Qualità dell’Aria	4
Tabella 3: Elenco delle stazioni e dei relativi analizzatori.....	4
Tabella 4: Rendimento analizzatori della RRQA.....	23

1. Quadro normativo ed indicatori di sintesi

La normativa nazionale di riferimento in materia di qualità dell'aria è il D.Lgs. 155/2010 e ss.mm.ii. in attuazione della direttiva europea 2008/50/CE, istituisce un quadro normativo unitario in materia di valutazione e di gestione della qualità dell'aria ambiente finalizzato a:

- a) individuare obiettivi di qualità dell'aria ambiente volti a evitare, prevenire o ridurre effetti nocivi per la salute umana e per l'ambiente nel suo complesso;
- b) valutare la qualità dell'aria ambiente sulla base di metodi e criteri comuni su tutto il territorio nazionale;
- c) ottenere informazioni sulla qualità dell'aria ambiente come base per individuare le misure da adottare per contrastare l'inquinamento e gli effetti nocivi dell'inquinamento sulla salute umana e sull'ambiente e per monitorare le tendenze a lungo termine, nonché i miglioramenti dovuti alle misure adottate;
- d) mantenere la qualità dell'aria ambiente, laddove buona, e migliorarla negli altri casi;
- e) garantire al pubblico le informazioni sulla qualità dell'aria ambiente;
- f) realizzare una migliore cooperazione tra gli Stati dell'Unione europea in materia di inquinamento atmosferico.

Il D.Lgs. 155/2010 e ss.mm.ii. 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;
- *valore obiettivo a lungo termine*: livello da raggiungere nel lungo periodo mediante misure proporzionate, al fine di assicurare un'efficace protezione della salute umana e dell'ambiente;
- *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.

Il decreto disciplina i livelli in aria ambiente dei seguenti inquinanti: biossido di azoto (NO₂), ossidi di azoto (NO_x), monossido di carbonio (CO), biossido di zolfo (SO₂), di ozono (O₃), particolato (PM₁₀ e PM_{2,5}), benzene (C₆H₆), oltre alle concentrazioni nel particolato PM₁₀ di Benzo(a)pirene (BaP), arsenico (As), cadmio (Cd), nichel (Ni) e piombo (Pb).

Viene di seguito riportata la Tabella 1 riassuntiva della normativa vigente con i relativi limiti e/o valori obiettivo per i parametri per gli inquinanti normati.

Tabella 1: Valori limite e/o valori obiettivo secondo normativa vigente

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 <i>(superamento per 3 ore consecutive)</i>	-
NO _x	Livello critico per la protezione della vegetazione	Media annuale	30 µg/m ³	-
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 <i>(superamento per 3 ore consecutive)</i>	-
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 <i>(superamento per 3 ore consecutive)</i>	-
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 µg/m ³	-
benzo(a)pirene	Valore obiettivo	Anno civile	1 ng/m ³	-
Arsenico	Valore obiettivo	Anno civile	6 ng/m ³	-
Cadmio	Valore obiettivo	Anno civile	5 ng/m ³	-
Nichel	Valore obiettivo	Anno civile	20 ng/m ³	-
Piombo	Valore limite	Anno civile	0,5 µg/m ³	-

In questo documento si riportano le valutazioni per l'anno 2018 derivanti dal monitoraggio della qualità dell'aria, tramite la Rete Regionale, nel rispetto dei valori limite e/o valori obiettivo e di tutti gli indicatori imposti dalla normativa.

2. Le stazioni della rete appartenenti alla Rete Regionale di monitoraggio della qualità dell'aria.

La rete di monitoraggio della qualità dell'aria (RRQA) è stata progettata a seguito della zonizzazione e classificazione dell'intero territorio regionale, in conformità alle disposizioni del D.Lgs. 155/2010 e ss.mm.ii. La definizione della RRQA e del relativo Programma di Valutazione (PdV) della qualità dell'aria hanno consentito l'individuazione e la distribuzione sul territorio di 20 stazioni di monitoraggio in siti fissi alcune delle quali di proprietà di Enti Locali o aziende private.

Al fine di valutare i valori di concentrazione di metalli ed IPA nella zona industriale, si effettuano in parallelo campagne indicative di monitoraggio (15 giorni per stagione climatica) rispetto alle stazioni di proprietà di aziende private facenti parte del PdV regionale.

Si eseguono inoltre campagne indicative di monitoraggio sul territorio regionale i cui dati, integrati con quelli provenienti dalla RRQA, forniscono le basi per poter confermare o rivalutare l'attuale zonizzazione regionale. Di fatti, l'articolo 4, comma 2, e l'articolo 8, comma 5, del D.Lgs. 155/2010 e ss.mm.ii. prevedono che la classificazione delle zone e degli agglomerati di cui all'articolo 4, comma 1, e di cui all'articolo 8, comma 2, dello stesso decreto, sia riesaminata almeno ogni cinque anni (ultima zonizzazione dell'intero territorio regionale è stata pubblicata con il DGR n. 470/14 sul BURC n. 6 del 23/01/2015) e, comunque, in caso di significative modifiche delle attività che incidono sulle concentrazioni nell'aria ambiente degli inquinanti per cui è stata effettuata.

In Figura 1 si illustra l'ubicazione delle 20 stazioni di monitoraggio i cui dati sono stati utilizzati nella presente valutazione della qualità dell'aria.

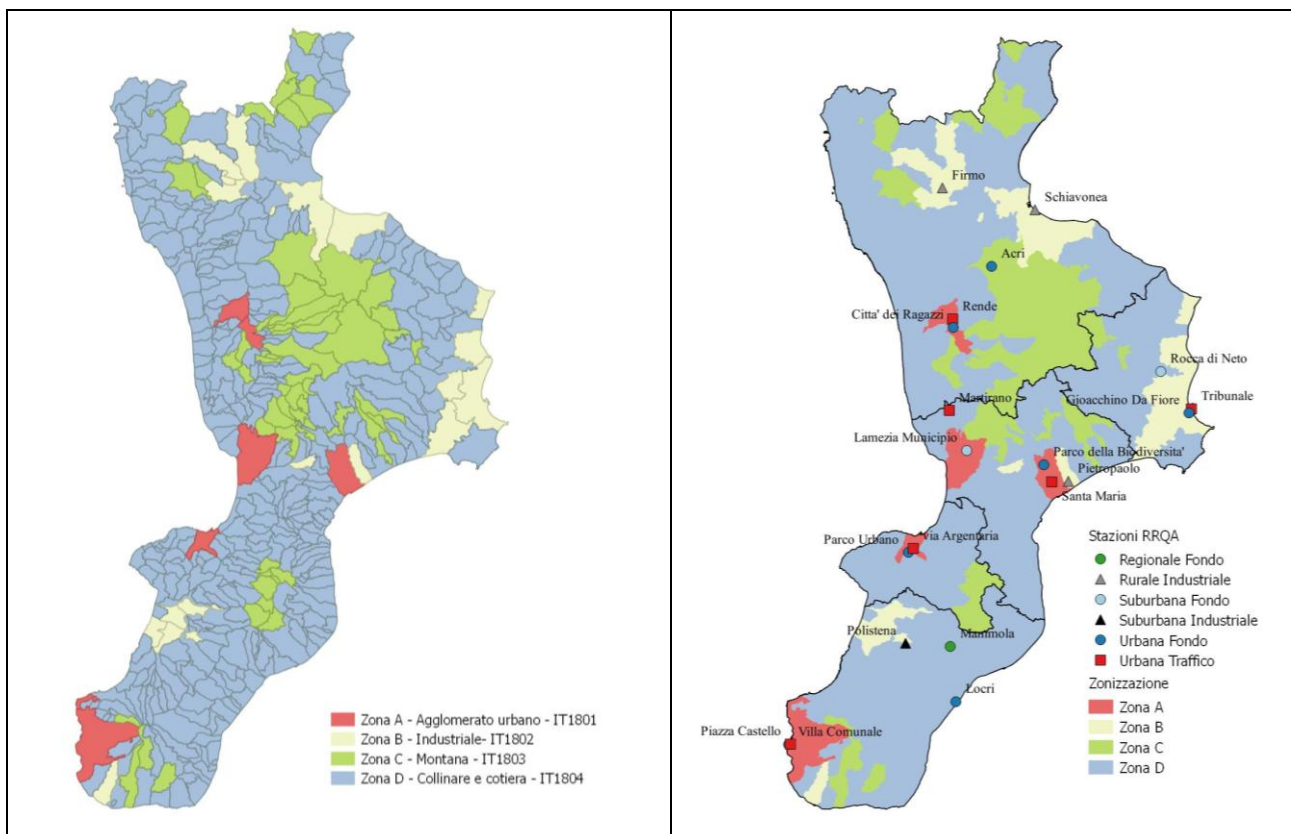


Figura 1: Zonizzazione ed ubicazione delle stazioni di monitoraggio della Rete Regionale della Qualità dell'Aria

In Tabella 2 ed in Tabella 3 sono riportate le stazioni di monitoraggio del Programma di Valutazione con la loro ubicazione e classificazione ed i relativi analizzatori presenti. Si precisa che in alcune stazioni sono presenti analizzatori non facenti parte del Programma di Valutazione i cui dati sono finalizzati principalmente ad una migliore valutazione della qualità dell'aria e che comunque vengono riportati nel presente elaborato.

Tabella 2: 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

Tabella 3: Elenco delle stazioni e dei relativi analizzatori.

COMUNE	NOME_STAZ	SO ₂	NO ₂	PM ₁₀	PM _{2,5}	C ₆ H ₆	CO	O ₃	IPA e Metalli
Cosenza	Città dei ragazzi	☑	☑	☑	☑	☑	☑	☑	☑
Rende	Università		☑	☑					
Lamezia Terme	Municipio	☑	☑	☑	☑	☑	☑	☑	☑
Catanzaro	Santa Maria (frazione)		☑	☑			◇	◇	◇
Catanzaro	Parco della biodiversità mediterranea	☑	☑	☑	☑	☑	☑	☑	☑
Reggio Calabria	Piazza Castello		☑	☑					
Reggio Calabria	Villa Comunale	☑	☑	☑	☑	☑	☑	☑	☑
Vibo Valentia	Via Argentaria		☑	☑					◇
Vibo Valentia	Parco urbano	☑	☑	☑	☑	☑	☑	☑	☑
Crotone	Tribunale		☑	☑					
Crotone	Gioacchino da Fiore (via)	☑	☑	☑	☑	☑	☑	☑	☑
Firmo	Firmo		☑	☑		☑	☑	☑	
Corigliano Calabro	Schiavonea (frazione)	☑	☑	☑					
Polistena	Polistena (campo sportivo)		☑	☑	☑			☑	

Simeri Crichi	Pietropaolo (località)		☑	☑	☑		☑	☑	
Acri	Acri	◇	☑	☑	☑	☑	◇	☑	◇
Martirano Lombardo	Martirano Lombardo	◇	☑	☑	☑	◇	◇	◇	◇
Rocca di Neto	Rocca di Neto	◇	◇	☑	☑	◇	◇	☑	◇
Locri	Locri	☑	☑	☑	☑	☑	☑	☑	◇
Mammola	Mammola	☑	☑	☑	☑	☑	☑	☑	☑

☑ analizzatore previsto nel Programma di Valutazione,

◇ analizzatore presente nella stazione non previsto nel Programma di Valutazione.

Nel 2018 l'ARPACAL ha implementato la modellistica previsionale, ai sensi del D.Lgs. 155/2010 e ss.mm.ii., con l'elaborazione del contributo delle polveri sahariane con l'installazione del modulo Copernicus Atmosphere Monitoring Service (CAMS) che utilizzando le condizioni al contorno è in grado di rappresentare il contributo fine e grossolano delle polveri sahariane. Le concentrazioni risultanti sono post-elaborate e utilizzate nel calcolo modellistico (vadasì capitolo dedicato).

In ottemperanza a quanto disposto nella Decisione di esecuzione 2011/850 della Commissione, comunemente denominata "Disposizioni attuative sulla rendicontazione (IPR)" nel 2018, l'ARPACAL nelle more della Convenzione con la Regione Calabria ha proceduto alla realizzazione di un sistema di trasmissione Near Real Time (NRT) dei dati della rete della qualità dell'aria che con cadenza oraria consente la loro pubblicazione sul portale europeo Eionet tramite ISPRA che consente una visibilità a livello europeo dei dati locali. Tale attività viene effettuata tramite la generazione di files .xml con cadenza oraria e trasferiti via FTP ad ISPRA per il controllo e il successivo inoltro ad EEA (European Environment Agency).

Inoltre sono state effettuate campagne di misura indicative o a spot con i laboratori mobili in dotazione ai Dipartimenti provinciali in alternanza del servizio di manutenzione con le campagne indicative sui siti industriali come previsto dal Programma di Valutazione (Delibera della Giunta Regionale n 141 del 21 maggio 2015) nelle zone A, B e C su richiesta di Regione, Comuni, AA.GG. e di iniziativa per la migliore conoscenza delle valutazioni della qualità dell'aria in relazione alla zonizzazione della regione. Più precisamente le campagne sono state condotte nei seguenti siti:

- Soverato, cantiere Ranieri - CZ;
- Marcellinara, scuola - CZ;
- Marcellinara, Panzino- CZ;
- Taurianova- RC;
- Area ex-Pertusola- KR;
- Vibo Marina, ENI - VV;
- Pizzo Calabro - VV;
- Area Industriale località Aeroporto - VV.

3. Biossido di zolfo, Monossido di carbonio, Biossido di azoto, Ozono

In questo paragrafo sono presentate le valutazioni relative al monitoraggio effettuato nel 2018 relativamente al biossido di zolfo, al monossido di carbonio, al biossido di azoto ed all'ozono. Il volume di campionamento degli inquinanti in oggetto è riferito alla temperatura di 293 K e 101,3 kPa, come prescritto dal D.Lgs. 155/2010 e ss.mm.ii. I punti di campionamento di questi inquinanti sono distribuiti

nelle diverse zone in cui è diviso il territorio regionale di cui al DGR n. 470/14 (BURC n. 6 del 23/01/2015) in conformità al D.Lgs. 155/2010 e ss.mm.ii.

3.1. Biossido di zolfo

Il biossido di zolfo (SO_2) è 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, desolforazione di gas naturali ed incenerimento di rifiuti in condizioni non controllate, mentre pressoché trascurabile l'apporto da traffico veicolare (circa il 2% sul totale) a seguito delle sostanziali modifiche dei combustibili avvenute negli ultimi decenni (da gasolio a metano, oltre alla riduzione del tenore di zolfo in tutti i combustibili, in particolare nei combustibili per motori diesel).

Per il biossido di zolfo (SO_2) non vi sono stati nel corso del 2018 superamenti della soglia di allarme orario di ($500 \mu\text{g}/\text{m}^3$), né superamenti del valore limite orario ($350 \mu\text{g}/\text{m}^3$) e del valore limite medio giornaliero ($125 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Nella Figura 2 vengono riportate, per le stazioni in cui è presente l'analizzatore, il valore massimo delle medie giornaliere riscontrate nel corso del 2018 ed in rosso viene riportato il valore limite della media giornaliera previsto dal D.Lgs. 155/2010 e ss.mm.ii.

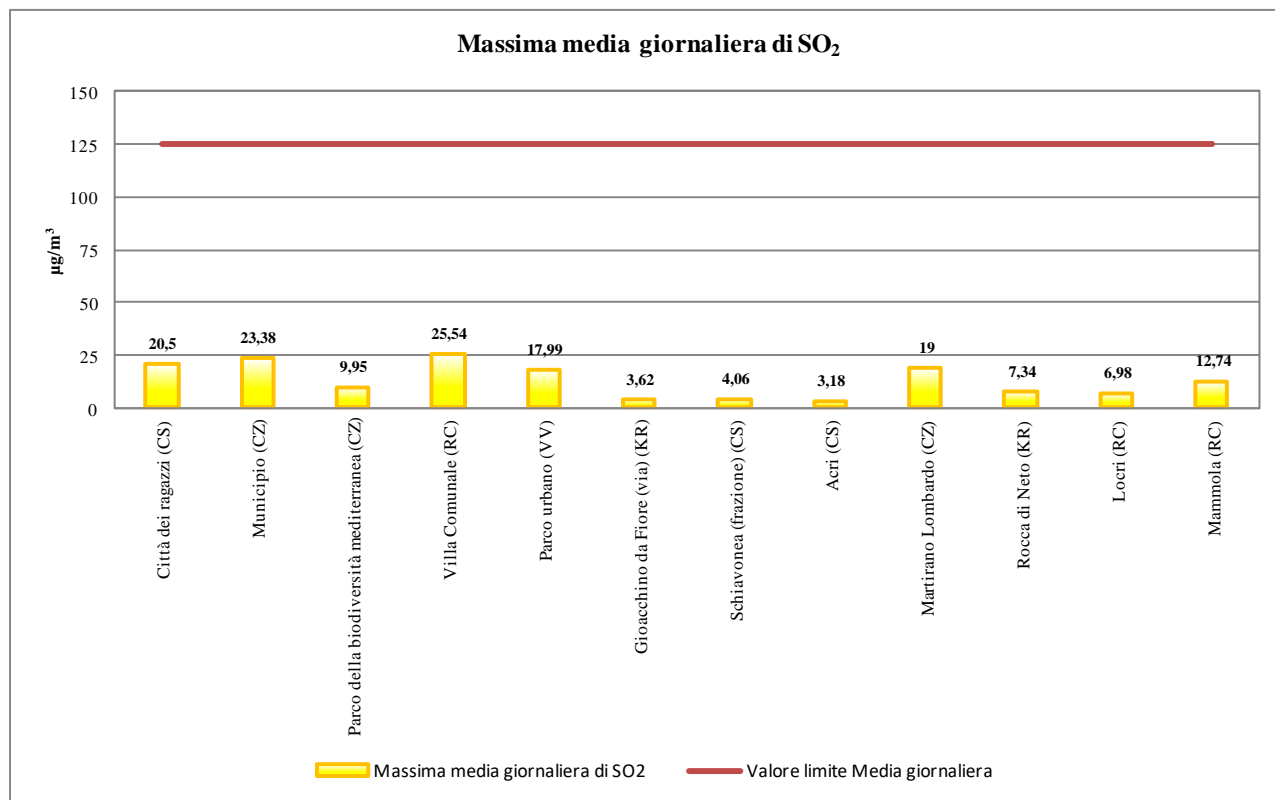


Figura 2: Biossido di Zolfo. Massime medie giornaliere nelle stazioni della RRQA.

3.2. Monossido di carbonio

Il monossido di carbonio (CO) è uno degli inquinanti atmosferici più diffusi. È un gas tossico, incolore, inodore e insapore e la sua presenza è 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. Ulteriore contributo è dovuto

all'emissioni 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. È definito un inquinante primario a causa della sua lunga permanenza in atmosfera che può raggiungere i quattro - sei mesi. Per il monossido di carbonio in tutti i punti di campionamento non sono stati registrati superamenti del limite di $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$, calcolato come valore massimo giornaliero su medie mobili di 8 ore.

Nella Figura 3 vengono riportate, per le stazioni in cui è presente l'analizzatore, il valore della massima media mobile giornaliera riscontrato nel corso del 2018 ed in rosso viene riportato il corrispettivo valore limite previsto dal D.Lgs. 155/2010 e ss.mm.ii.

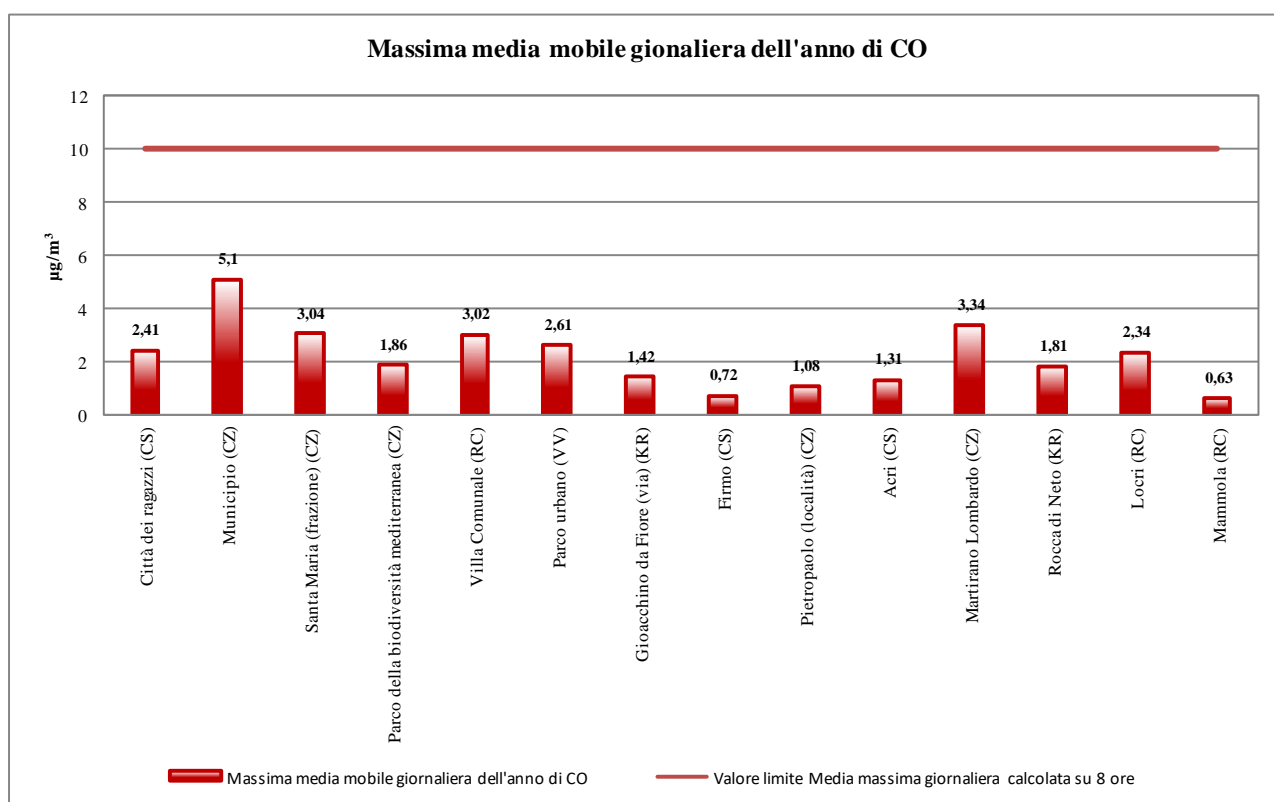


Figura 3: Monossido di Carbonio. Massima Media mobile giornaliera nell'anno nelle stazioni della RRQA.

3.3. Biossido di azoto

Le emissioni naturali di biossido di azoto (NO_2) comprendono i fulmini, gli incendi e le emissioni vulcaniche 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. 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 $\text{NO} - \text{NO}_2$ che raggiunge il picco di concentrazione nelle zone e nelle ore di traffico più intenso.

Per il biossido di azoto è stato rispettato il valore limite orario di $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ e la soglia oraria di allarme di $400 \mu\text{g}/\text{m}^3$ per tutte le stazioni di monitoraggio della RRQA.

Nella Figura 4 vengono riportate per tutte le stazioni il valore della concentrazione media annuale riscontrato nel corso del 2018 ed in rosso viene riportato il corrispettivo valore limite di $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ previsto dal D.Lgs. 155/2010 e ss.mm.ii.

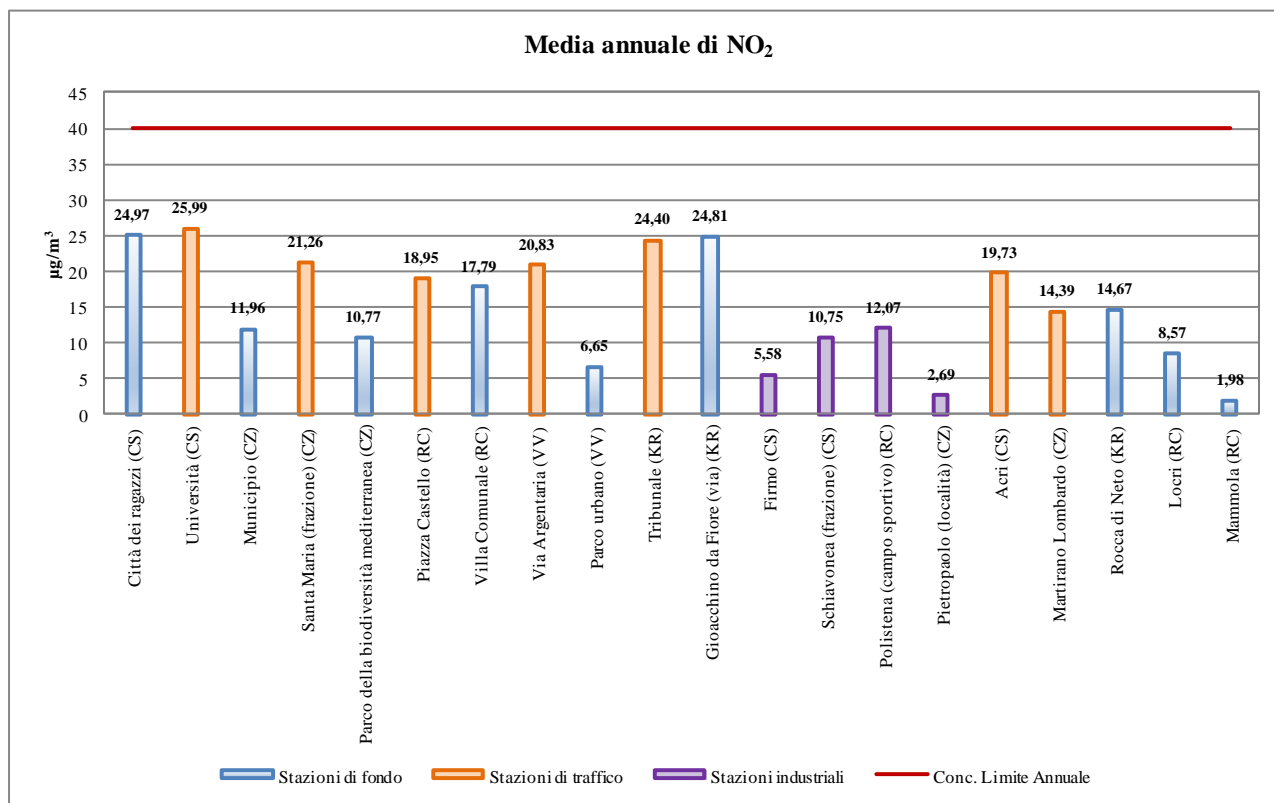


Figura 4: Biossido di Azoto. Medie annuali nelle stazioni della RRQA.

Nella Figura 4, in cui le stazioni sono distinte in funzione della tipologia (stazioni di fondo, stazioni di traffico e di tipo industriale), si può osservare che il valore limite annuale ($40 \mu\text{g}/\text{m}^3$) non è stato superato in alcuna delle stazioni della rete. Le concentrazioni medie annuali più basse sono state registrate in alcune stazioni di fondo rurale: Mammola ($1,98 \mu\text{g}/\text{m}^3$) e Pietropaolo ($2,69 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

Dall'analisi dei dati riportati in istogramma nella Figura 4, coerentemente con la tipologia della stazione, si può osservare che, per quei comuni in cui sono ubicate stazioni sia di traffico che di fondo, la concentrazione media annuale del NO_2 risulta maggiore nelle stazioni da traffico. Nello specifico si può constatare tale andamento per i comuni di Reggio Calabria (Villa Comunale - fondo, Piazza Castello-traffico), Catanzaro (Parco della biodiversità – fondo, Santa Maria – traffico), Vibo Valenzia (Parco urbano – fondo, via Argentaria – traffico), Cosenza-Rende (Città dei Ragazzi – fondo, Università – traffico), quest'ultimi, sebbene siano due distinti comuni, per la loro continuità territoriale possono essere considerati come un'unica zona. Per quanto riguarda Crotona le due stazioni (Gioacchino da Fiore – fondo, Tribunale – traffico) hanno registrato valori medi annuali di NO_2 sostanzialmente omogenei.

3.4. Ozono

L'ozono (O_3) è un inquinante gassoso secondario che si forma nell'atmosfera di aree antropizzate attraverso reazioni fotochimiche a partire da precursori come ossido di azoto e piccole molecole organiche (idrocarburi, composti organici volatili) in presenza di radiazione solare. 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.

A differenza degli inquinanti primari, che sono direttamente riconducibili a specifiche fonti di emissione, le concentrazioni di ozono, quale inquinante secondario, sono fortemente influenzate oltre che dalla presenza dei precursori anche da diverse variabili orografiche e meteorologiche, quali l'intensità della radiazione solare e la temperatura, di conseguenza la sua concentrazione è maggiore nei mesi più caldi dell'anno e nelle ore di massimo irraggiamento solare. Inoltre l'ozono subisce importanti fenomeni di trasporto in quanto il vento lo trascina dalle aree urbane alle zone suburbane e rurali, dove il minore inquinamento rende l'inquinante più stabile. Da queste particolari condizioni di formazione e trasporto ne deriva che le maggiori concentrazioni di ozono si osservano spesso in aree a maggiore altitudine e normalmente poco inquinate.

Il D.Lgs. 155/2010 e ss.mm.ii., oltre alle **Soglie di informazione e allarme**, fissa anche **valori obiettivi a lungo termine per la protezione della salute umana e della vegetazione**.

Considerando i valori di ozono registrati nelle stazioni della RRQA nel corso dell'anno 2018 non si sono riscontrati casi di superamento del limite normativo riguardante sia la **Soglia di informazione** che la **Soglia di allarme**, relativi entrambi alla massima media oraria, e per i quali è previsto rispettivamente un valore di $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$ per un'ora e $240 \mu\text{g}/\text{m}^3$ per tre ore consecutive.

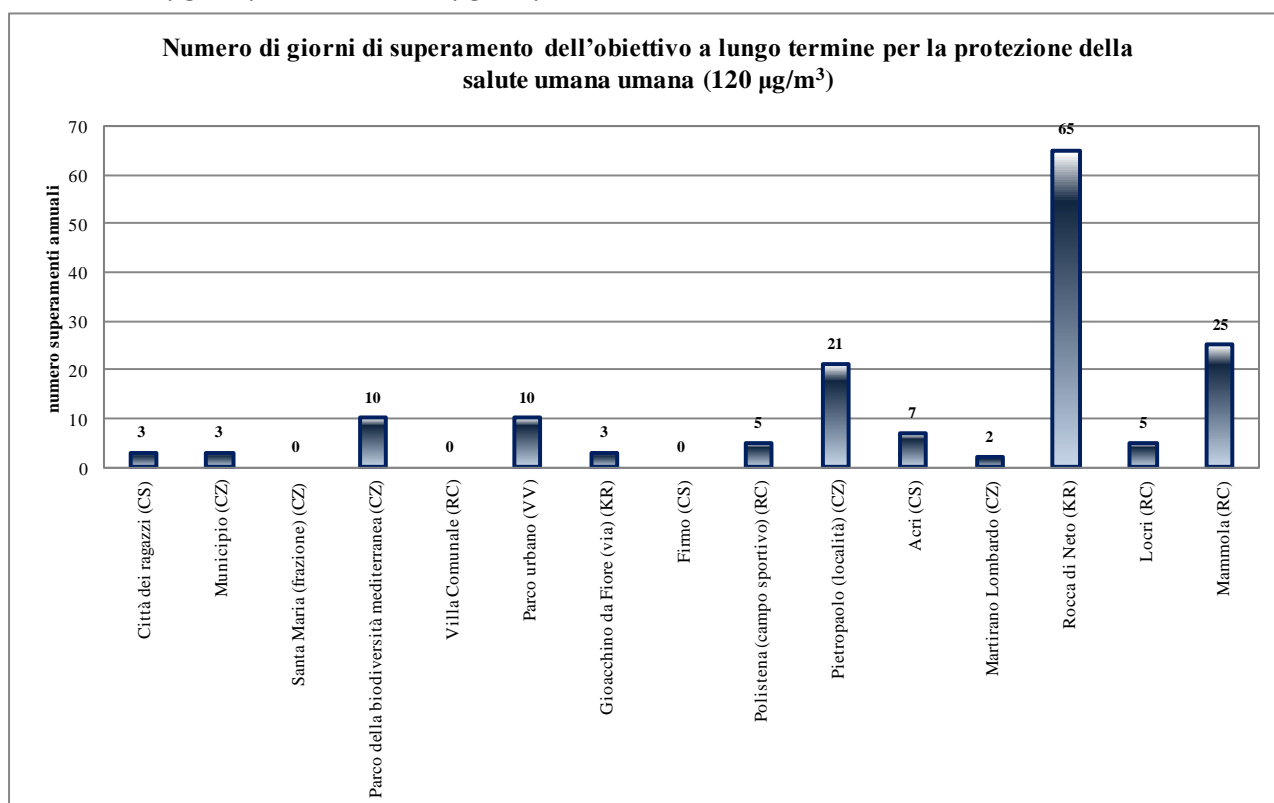


Figura 5: Ozono. Numero di giorni di superamento dell'obiettivo a lungo termine per la protezione della salute umana.

Relativamente al **valore obiettivo a lungo termine per la protezione della salute umana** (massima media mobile su 8 ore pari a $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$), considerando i valori registrati nella RRQA, si può osservare che gran parte delle stazioni considerate hanno registrato superamenti di questo indicatore ambientale (Figura 5) e che il numero maggiore di giorni di superamento sono stati registrati nelle stazioni di Rocca di Neto (65), Mammola (25) e Pietropaoło (21), stazioni classificate di fondo.

Per tali superamenti è previsto un numero massimo di superamenti di 25 giorni per anno come media dei 3 anni precedenti (periodo 2016-2018). La registrazione nel periodo tardo primaverile – estivo di superamenti del limite di legge di questo parametro, come si evince dalla Figura 6 (in cui sono riportati i superamenti giornalieri della media mobile su 8 ore di quelle stazioni in cui sono stati registrati il maggior numero di superamenti annuale), risulta in accordo con il meccanismo di reazione fotochimica che porta alla formazione di questo inquinante secondario che necessita di particolari condizioni di alta pressione, elevate temperature, scarsa ventilazione ed un forte irraggiamento solare per poter avvenire. Il superamento del limite di legge di questo inquinante, come già anticipato, è tipico delle zone rurali ed extraurbane (ovvero in presenza di vegetazione), visto che l'ozono si forma durante il trasporto delle masse d'aria contenenti i suoi precursori, emessi soprattutto nelle aree urbane.

È da segnalare che negli ultimi anni si è registrato un aumento del numero di giorni con superamento del valore obiettivo su tutto il territorio nazionale correlabile principalmente alle particolari condizioni meteorologiche con valori elevati di temperatura e di stabilità atmosferica.

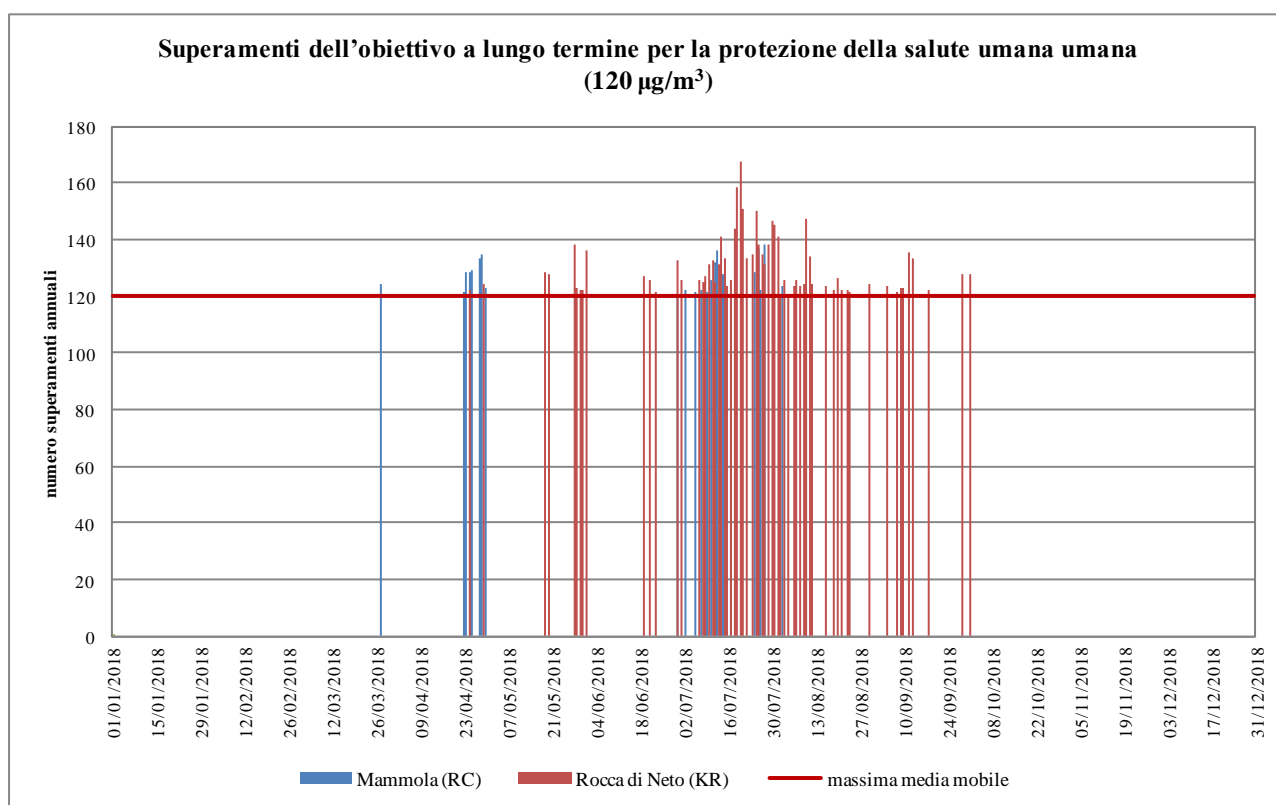


Figura 6: Ozono. Superamenti dell'obiettivo a lungo termine per la protezione della salute umana.

L'obiettivo a lungo termine per la protezione della vegetazione (ovvero il livello da raggiungere nel lungo periodo mediante misure proporzionate, al fine di assicurare un'efficace protezione dell'ambiente) è stabilito in $6000 \mu\text{g}/\text{m}^3\cdot\text{h}$, elaborato come AOT40 (Accumulated Ozone exposure over a Threshold of 40 ppb). Tale parametro si calcola utilizzando la somma delle concentrazioni orarie eccedenti i 40 ppb (circa $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$) ottenuta considerando i valori orari di ozono registrati dalle 8.00 alle 20.00 (ora solare) nel periodo compreso tra il 1° maggio e il 31 luglio di ciascun anno.

L'AOT40 deve essere calcolato per la RRQA esclusivamente per la stazione di Mammola essendo stazione di fondo regionale finalizzata alla valutazione dell'esposizione della vegetazione per la quale, per l'anno 2018, si è registrato un valore pari a $19.101 \mu\text{g}/\text{m}^3\cdot\text{h}$, superiore all'obiettivo a lungo termine di $6.000 \mu\text{g}/\text{m}^3\cdot\text{h}$ definito dal D.Lgs. 155/2010 e ss.mm.ii.

Per le sue caratteristiche peculiari di formazione e di trasporto è evidente la difficoltà di imputare a cause specifiche i superamenti dei valori normativi, da ciò non è plausibile prevederne misure di contenimento specifiche.

Inoltre l'Allegato VII del D.Lgs. 155/2010 e ss.mm.ii. non definisce per **l'obiettivo a lungo termine per la protezione della vegetazione** una data entro la quale deve essere raggiunto per tanto ad oggi risulta un dato puramente indicativo.

4. Particolato PM₁₀ e PM_{2,5}, Benzene, Benzo(a)pirene

Sono presentati in questo paragrafo l'andamento delle concentrazioni riscontrate nel corso dell'anno 2018 del particolato atmosferico (PM₁₀ e PM_{2,5}), del benzo(a)pirene e del benzene. Per il particolato PM₁₀ e PM_{2,5} e gli elementi in tracce determinati su PM₁₀, il volume di campionamento si riferisce alle condizioni ambiente in termini di temperatura e di pressione atmosferica alla data delle misurazioni. Per il benzene il volume di campionamento deve essere standardizzato alla temperatura di 293 K e alla pressione di 101,3 kPa, come prescritto dal D.Lgs. 155/2010 e ss.mm.ii.

4.1. Particolato PM₁₀

Le polveri atmosferiche vengono comunemente definite con la sigla P.T.S. (Particolato 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/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 fonti urbane di emissione di polveri PM₁₀, sono principalmente i trasporti su gomma e gli impianti civili di riscaldamento. Altre 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 combustibile gassoso.

Nella Figura 7 vengono riportati il numero di superamenti del limite giornaliero di $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ registrati dalle stazioni di monitoraggio della RRQA nel corso dell'anno 2018. In rosso viene riportato il limite dei superamenti consentiti per anno che ai sensi del D.Lgs. 155/2010 e ss.mm.ii. possono essere al massimo 35 per anno civile.

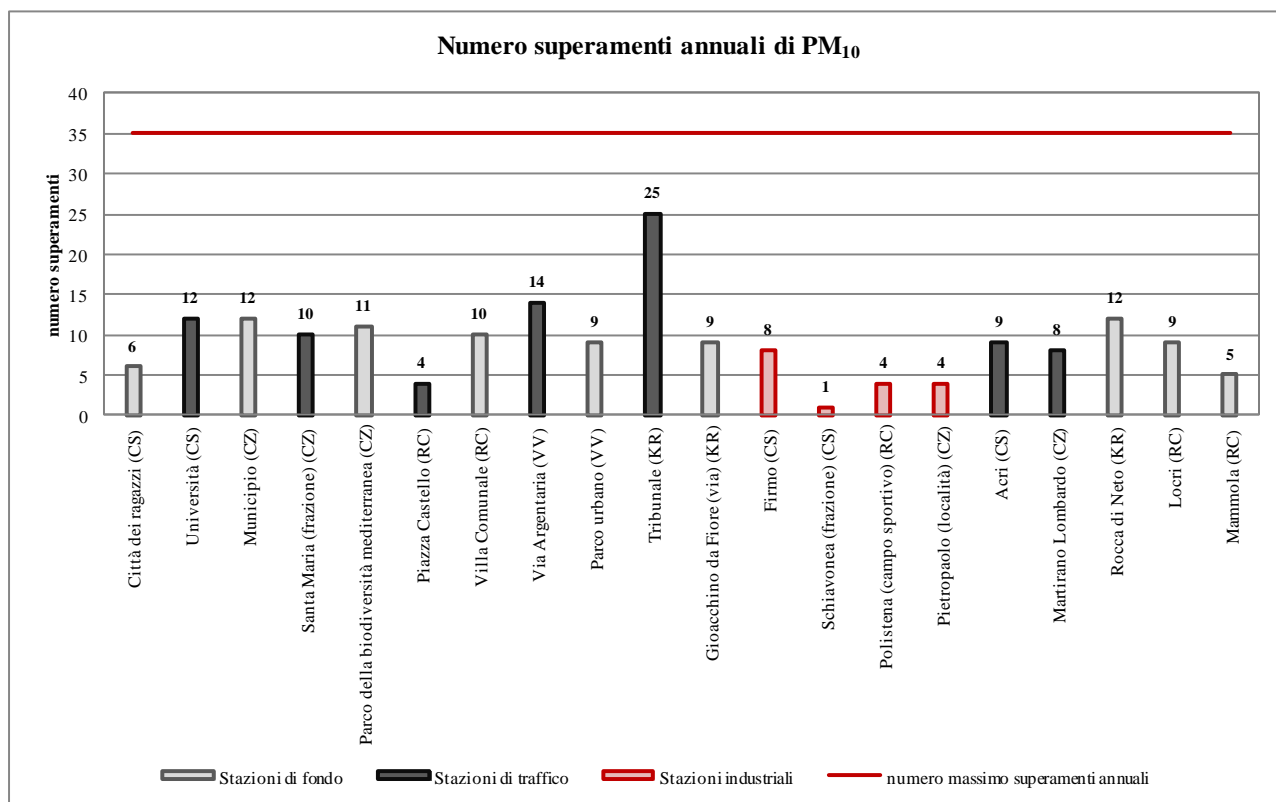


Figura 7: Particolato PM_{10} . Superamenti del valore limite giornaliero per registrati nelle stazioni della RRQA.

Nella Figura 8 vengono riportate le concentrazioni medie annue di PM_{10} registrate nelle stazioni di monitoraggio della RRQA nel corso dell'anno 2018. In rosso viene riportata la concentrazione limite media annuale di $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ai sensi del D.Lgs. 155/2010 e ss.mm.ii.

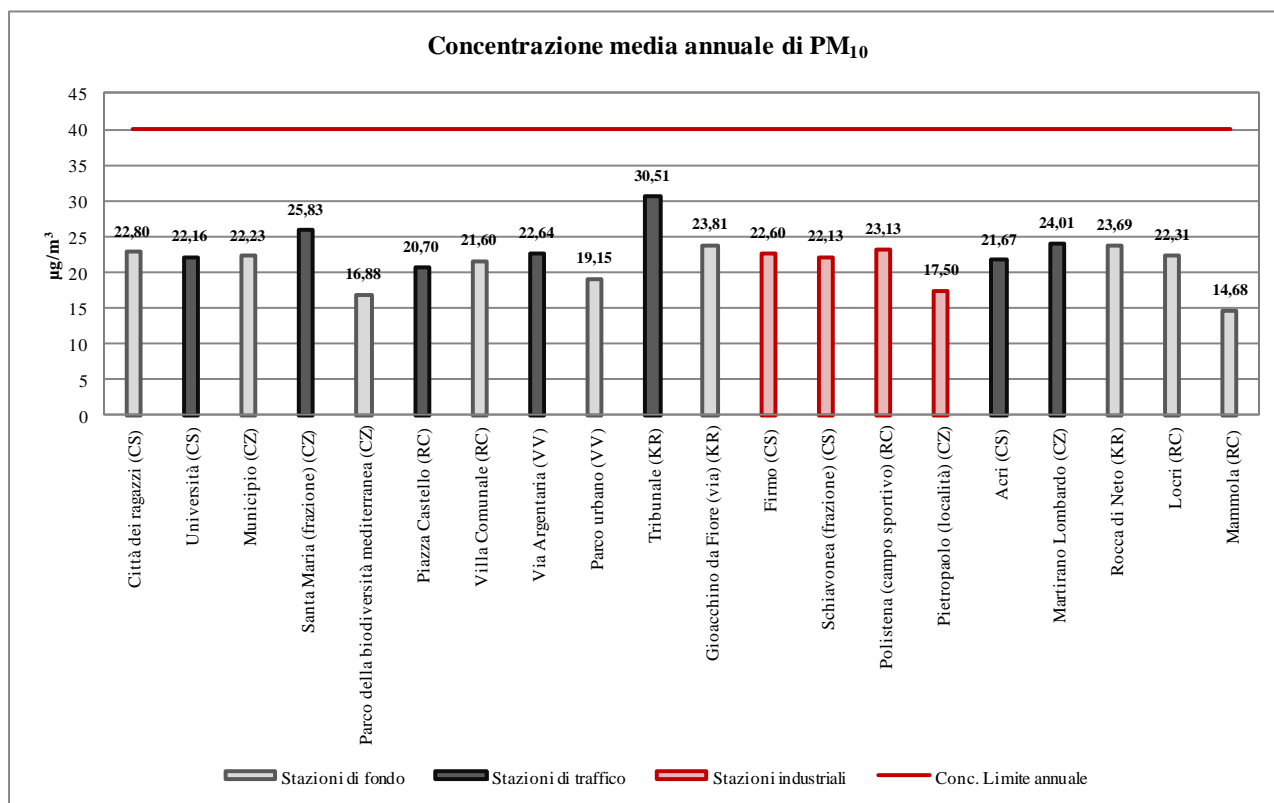


Figura 8: Particolato PM₁₀. Medie annuali confrontate nelle stazioni della RRQA.

Come si evince dalla Figura 7 e dalla Figura 8 non sono stati riscontrati superamenti sia del numero che del valore limite annuale sia nelle stazioni di fondo che in quelle di traffico e industriali della rete.

Dall'analisi dei dati riportati in istogramma nella Figura 7 si può constatare che, per quei comuni in cui sono ubicate stazioni sia di traffico che di fondo, il numero di superamenti maggiori si è registrato nelle stazioni da traffico come già evidenziato nel paragrafo 3.3 relativamente al biossido di azoto, altro inquinante da traffico veicolare. Nello specifico si riscontra tale analogia per i comuni di Reggio Calabria (Villa Comunale - fondo, Piazza Castello- traffico), Catanzaro (Parco della biodiversità – fondo, Santa Maria – traffico), Vibo Valenzia (Parco urbano – fondo, via Argentaria – traffico), Crotone (Gioacchino da Fiore – fondo, Tribunale – traffico) e Cosenza-Rende (Città dei Ragazzi – fondo, Università – traffico), quest'ultimi, sebbene siano due distinti comuni, per la loro continuità territoriale possono essere considerati come una unica zona e hanno registrato valori sostanzialmente omogenei anche in relazione delle modifiche della mobilità urbana che hanno interessato la zona.

4.2. Particolato PM_{2,5}

Il particolato PM_{2,5} è costituito dalla frazione delle polveri di diametro aerodinamico inferiore/uguale a 2,5 µm. Tale parametro ha acquisito, negli ultimi anni, una notevole importanza nella valutazione della qualità dell'aria, soprattutto in relazione agli aspetti sanitari legati a questa frazione di aerosol, in grado di giungere fino al tratto inferiore dell'apparato respiratorio (trachea e polmoni). In Figura 9 sono riportate, per le stazioni in cui è presente il campionamento, le medie annuali registrate in Calabria nel 2018. In rosso viene riportato la concentrazione limite annuale di 25 µg/m³ ai sensi del D.Lgs. 155/2010 e ss.mm.ii.

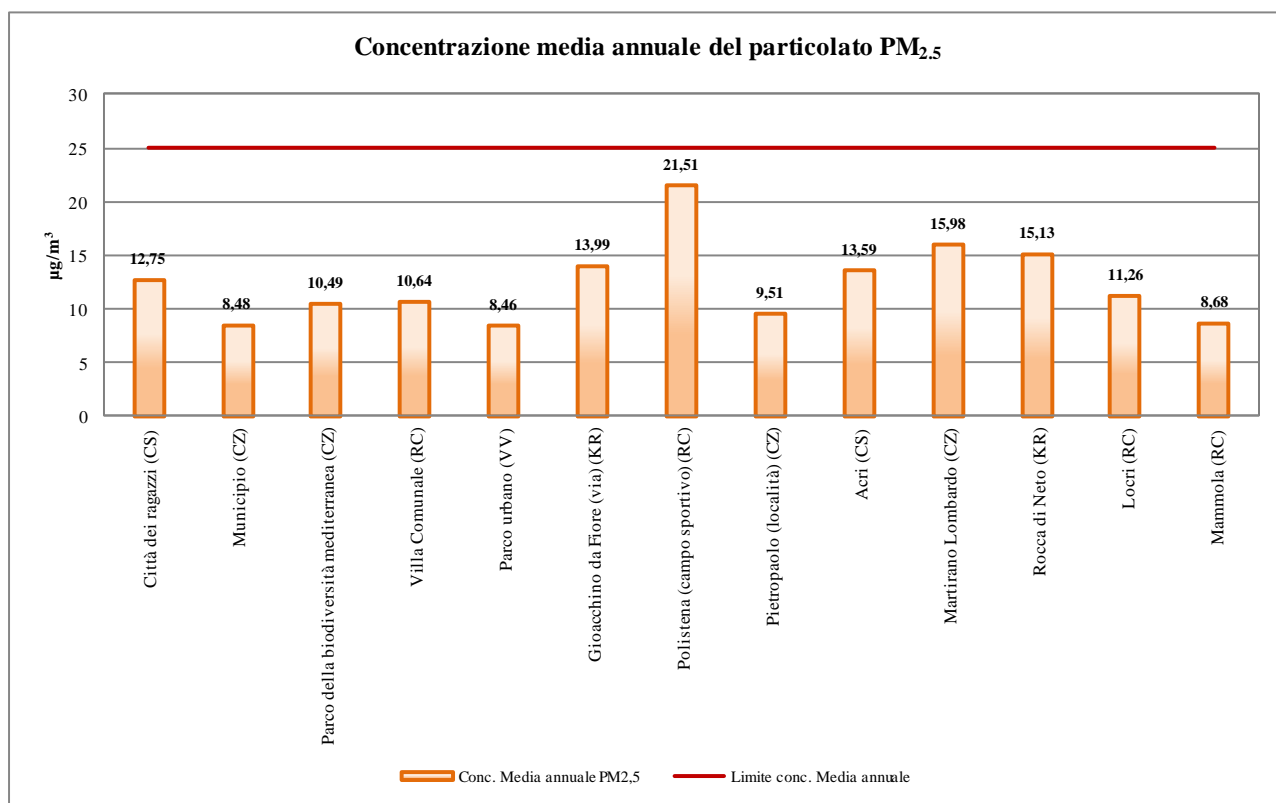


Figura 9: Particolato PM_{2,5}. Verifica del rispetto del valore limite annuale per le stazioni della RRQA.

Si può osservare che non è stato registrato alcun superamento del valore limite di 25 µg/m³.

4.3. Benzene

Il benzene (C₆H₆) è un idrocarburo che si presenta come un liquido volatile, in grado cioè di evaporare rapidamente a temperatura ambiente, incolore e facilmente infiammabile. È 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. Proviene dalla combustione della biomassa e dalle emissioni che si verificano nei cicli di raffinazione, stoccaggio e distribuzione delle benzine. È 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.

Dai dati riportati in Figura 10 si osserva che le concentrazioni medie annuali di Benzene sono di molto inferiori al valore limite di 5,0 µg/m³.

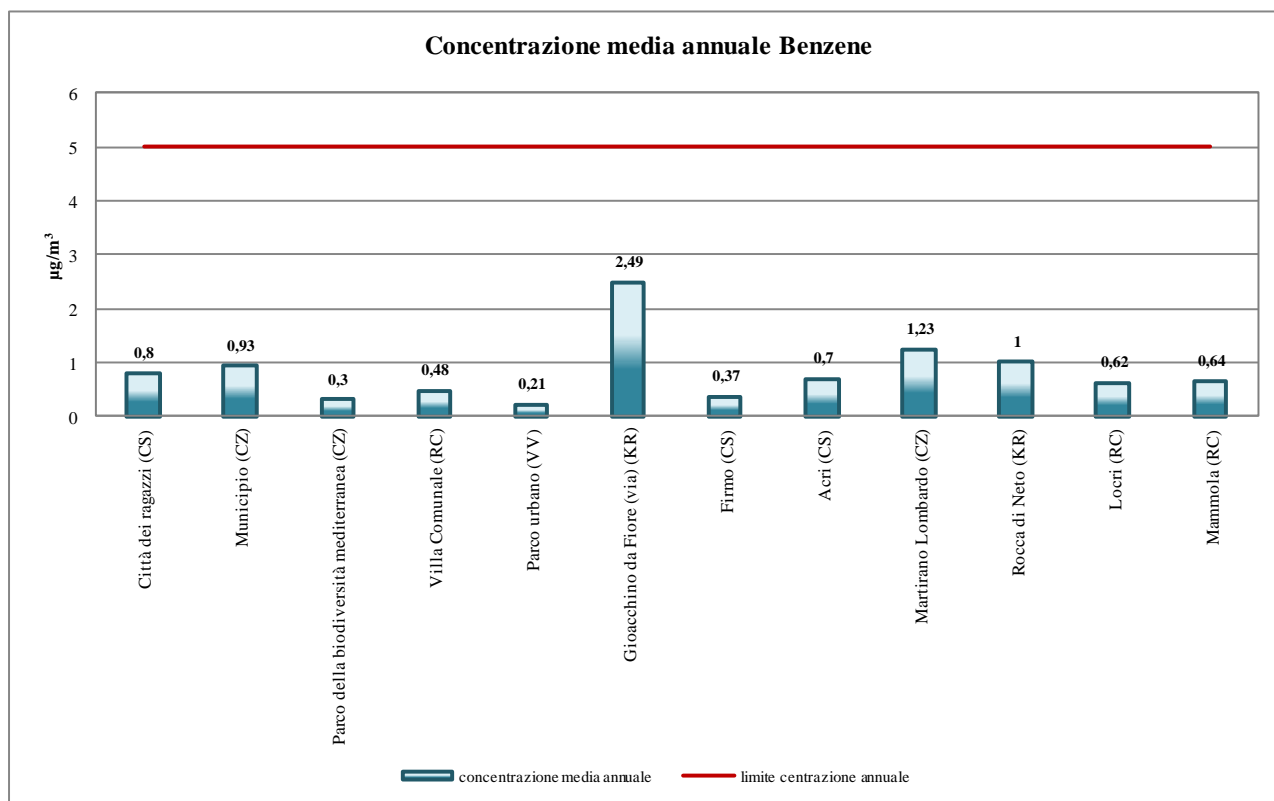


Figura 10: Benzene. Medie annuali registrate nelle stazioni della RRQA.

4.4. Benzo(a)pirene

Gli idrocarburi policiclici aromatici (IPA) sono dei contaminanti organici presenti diffusamente nell'ambiente che si formano per combustione incompleta di materiali organici, in particolare la biomassa solida 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.

In Figura 11 si riportano le medie annuali di Benzo(a)pirene determinate sul PM_{10} , registrate nelle diverse tipologie di stazioni.

Dall'analisi dei dati si evidenzia che nel periodo di monitoraggio si sono registrati valori medi al di sotto del valore limite previsto per la media annua $1,00 \text{ ng/m}^3$. Si è riscontrato che le medie annuali maggiori si sono registrate presso le stazioni ubicate in zone rurali nelle quali vi è un notevole utilizzo nel periodo invernale di biomassa solida per l'alimentazione di impianti termici civili (Polistena, Schiavonea, Martirano Lombardo, Rocca di Neto e Acri). In ogni caso il valore riscontrato non supera il valore limite previsto per la media annuale.

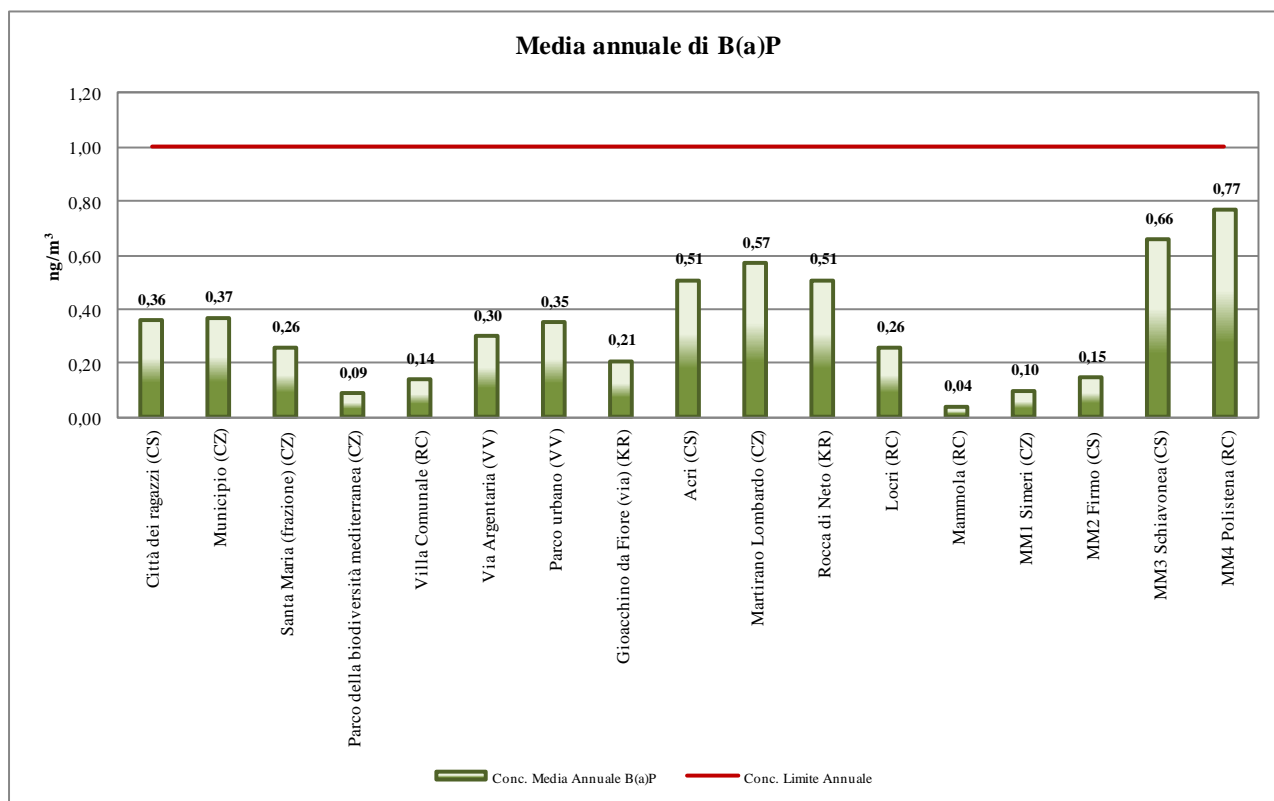


Figura 11: Benzo(a)pirene. Medie annuali registrate nelle stazioni della RRQA.

In letteratura è riportata la diretta correlazione tra concentrazione di benzene e di B(a)P pertanto la Figura 12 e la Figura 13 mostra l'andamento mensile delle concentrazioni medie di B(a)P e benzene di Martirano Lombardo e Rocca di Neto in cui sono stati registrati contemporaneamente valori mediamente più alti rispetto alle altre stazioni fisse della rete.

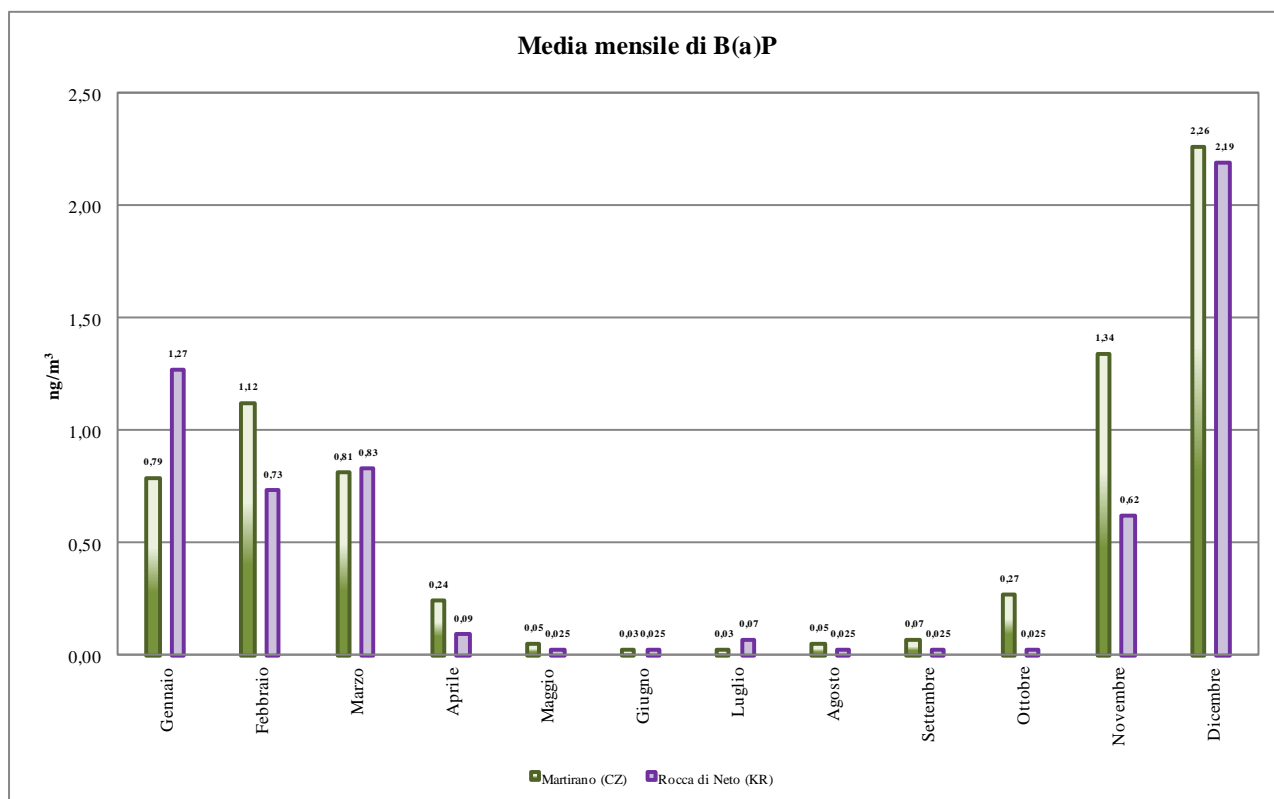


Figura 12: Benzo(a)pirene. Medie mensili registrate nelle stazioni prese ad esempio.

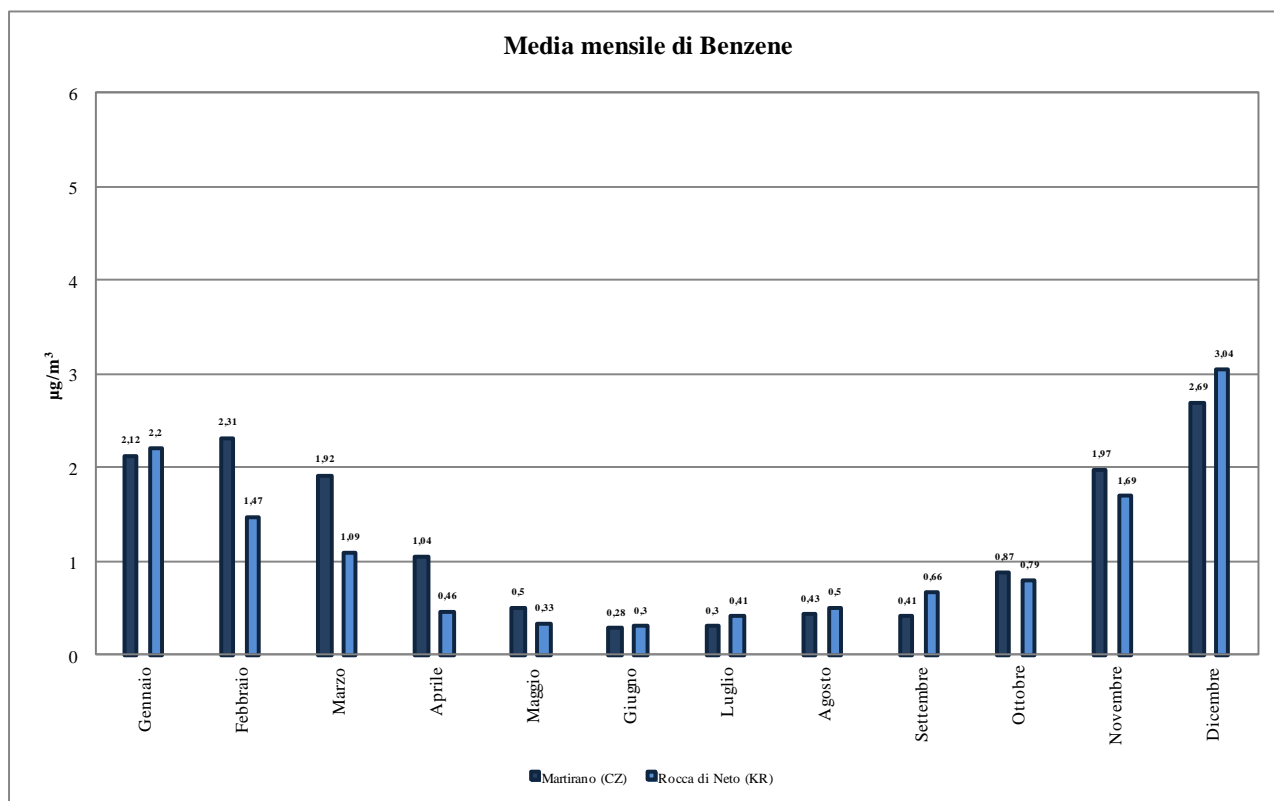


Figura 13: Benzene. Medie mensili registrate nelle stazioni prese ad esempio.

Come si può osservare per entrambi gli inquinanti si ha il tipico andamento stagionale per il quale si osservano concentrazioni maggiori nei periodi freddi rispetto al resto dell'anno, 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.

5. Piombo ed elementi in tracce

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.

I metalli pesanti sono presenti generalmente in atmosfera sotto forma di particolato aerotrasportato. Sono adsorbiti sulle superfici delle particelle aerodisperse le cui dimensioni e composizione chimica dipende dalla tipologia della sorgente di emissione ed è per questo motivo che la loro concentrazione viene determinata nella frazione PM₁₀ del materiale particolato.

Le principali fonti antropiche di piombo derivano dalla combustione del carbone e dell'olio combustibile, dai processi di estrazione e lavorazione dei minerali che contengono quest'elemento, dalle fonderie, dalle industrie ceramiche e dagli inceneritori di rifiuti.

Gli altri metalli sottoposti a controllo (arsenico, cadmio e nichel), hanno come prevalenti fonti antropiche, responsabili dell'incremento della quantità naturale di metalli, l'attività mineraria, le fonderie e le raffinerie, la produzione energetica, l'incenerimento dei rifiuti e l'attività agricola.

In questo paragrafo è analizzato lo stato della qualità dell'aria rispetto al piombo e agli elementi in tracce (arsenico, cadmio, nichel) determinati su particolato PM₁₀. Il volume di campionamento si riferisce alle condizioni ambiente in termini di temperatura e di pressione atmosferica alla data delle misurazioni.

5.1. Piombo

Nella Figura 14 vengono riportate il valore della concentrazione media annuale determinato sul particolato atmosferico PM₁₀ nel corso del 2018 per ogni singola stazione di monitoraggio ed in rosso viene riportata la concentrazione limite annuale di 0,5 µg/m³ previsto dal D.Lgs. 155/2010 e ss.mm.ii.

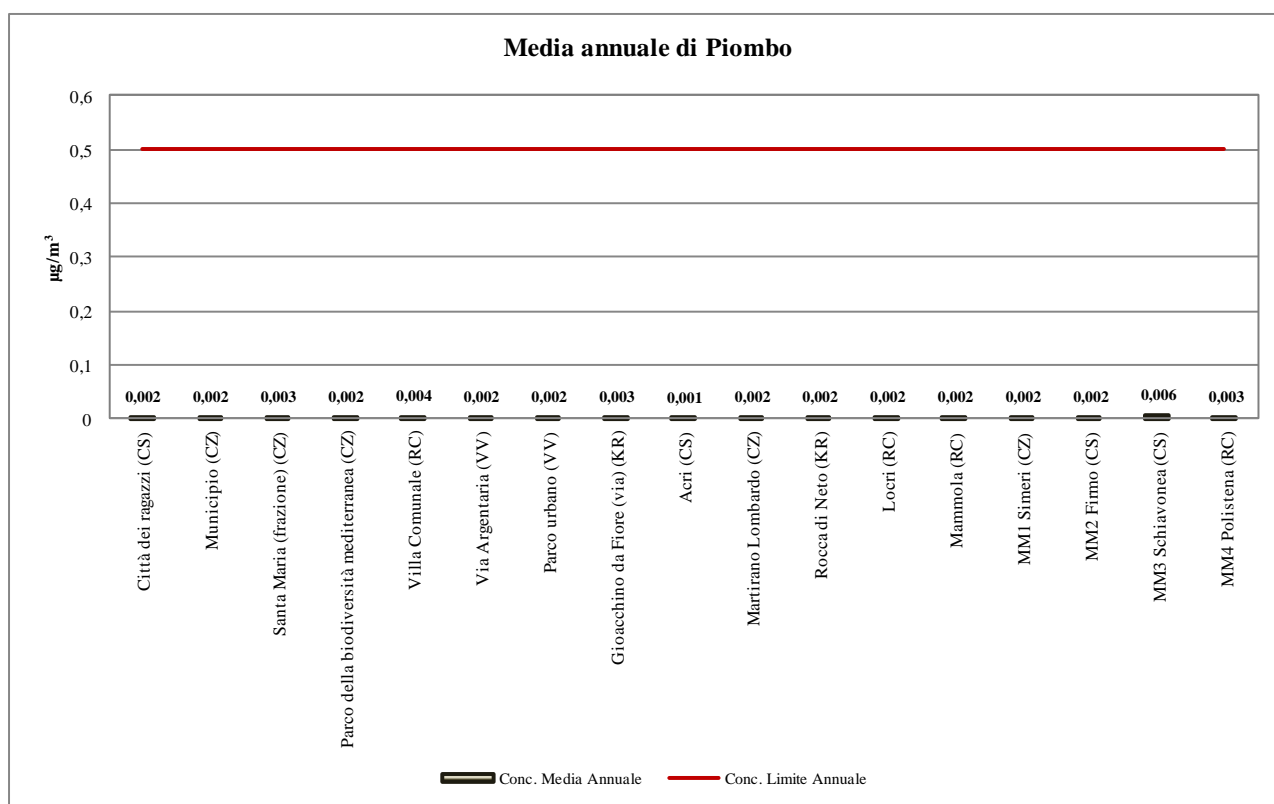


Figura 14: Piombo. Medie mensili registrate nelle stazioni della RRQA.

Si può constatare che i livelli ambientali del piombo sono simili in tutte le stazioni di monitoraggio indipendentemente dalla classificazione e dalla zona e risultano nettamente inferiori al limite previsto dal D.Lgs.155/2010 e ss.mm.ii.

5.2. Elementi in tracce

Di seguito vengono presentati i dati medi annuali di arsenico, nichel e cadmio, determinati sui campioni di PM₁₀, raccolti dalla rete di qualità dell'aria. Le medie annuali riportate nei grafici sono state confrontate con i valori obiettivo di cui all'Allegato XIII del D.Lgs.155/2010 e ss.mm.ii.

Nella Figura 15 vengono riportati i valori della concentrazione media annuale di Arsenico riscontrati nel corso del 2018 per tutte le stazioni di monitoraggio ed in rosso viene riportato il corrispettivo valore limite di 6,0 ng/m³ previsto dal D.Lgs. 155/2010 e ss.mm.ii.

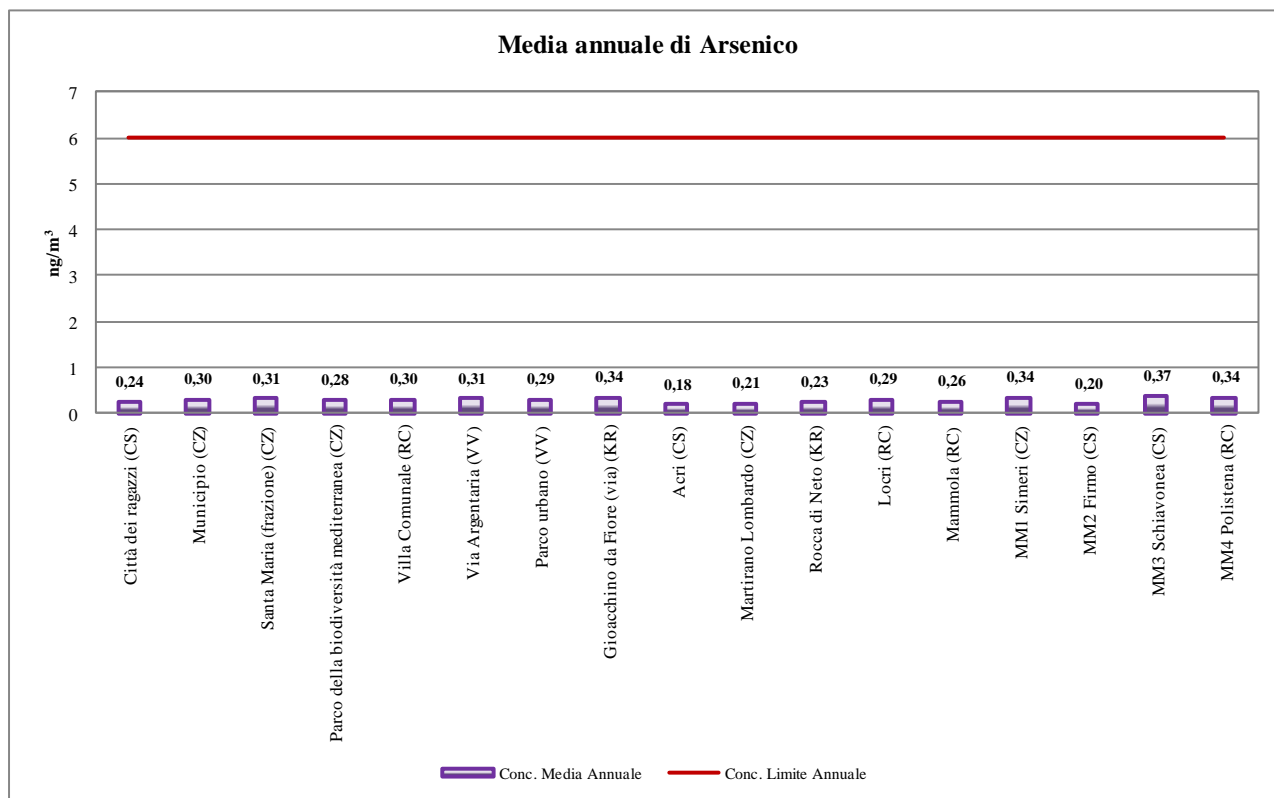


Figura 15: Arsenico. Medie annuali registrate nelle stazioni della RRQA.

È stato rispettato in tutte le stazioni di monitoraggio il valore obiettivo calcolato come media annuale.

Per quanto riguarda il nichel, nella Figura 16 vengono riportati i valori della concentrazione media annuale riscontrati nel corso del 2018 per tutte le stazioni di monitoraggio ed in rosso viene riportato il corrispettivo valore limite di 20,0 ng/m³ previsto dal D.Lgs. 155/2010 e ss.mm.ii.

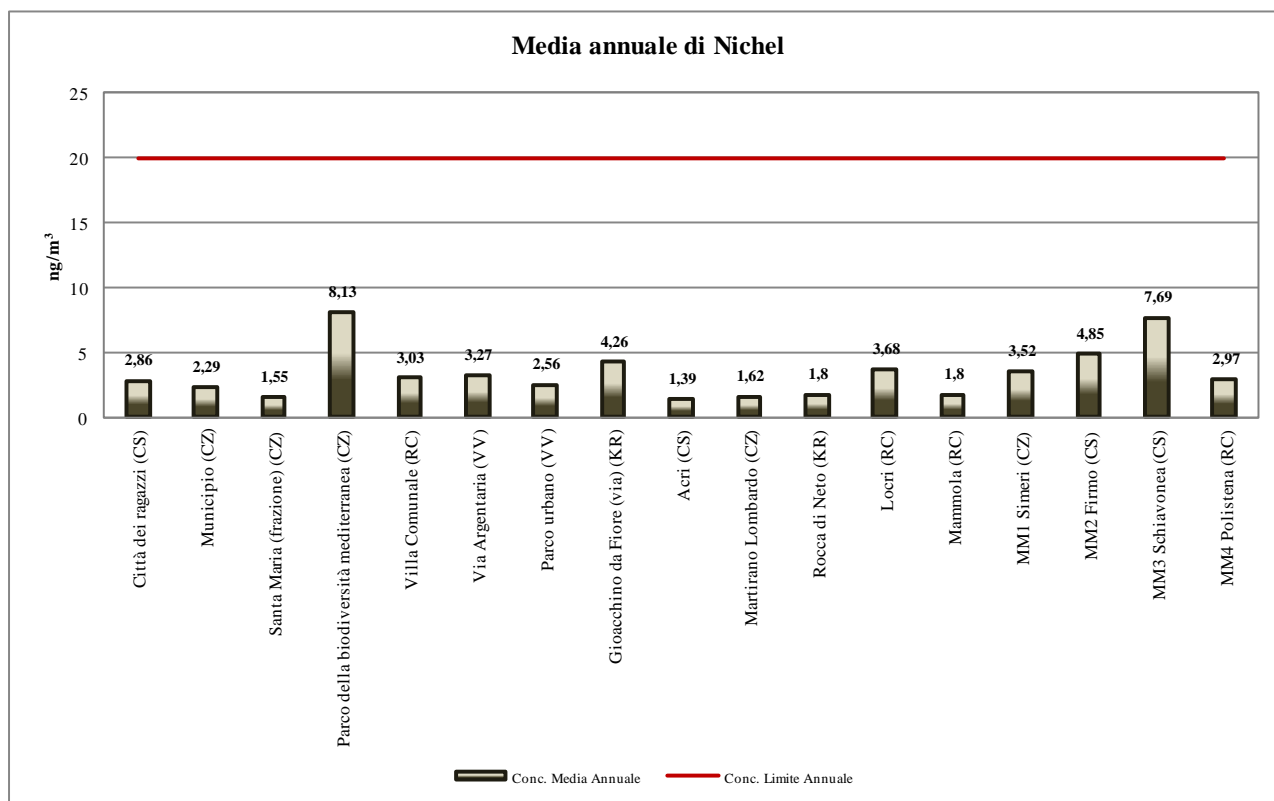


Figura 16: Nichel. Medie annuali registrate nelle stazioni della RRQA.

È stato rispettato in tutte le stazioni di monitoraggio il valore obiettivo calcolato come media annuale con valori largamente inferiori al valore prescritto.

Nella Figura 17 vengono riportati i valori della concentrazione media annuale per il Cadmio riscontrati nel corso del 2018 per tutte le stazioni di monitoraggio ed in rosso viene riportato il corrispettivo valore limite di 5,0 ng/m³ previsto dal D.Lgs. 155/2010 e ss.mm.ii.

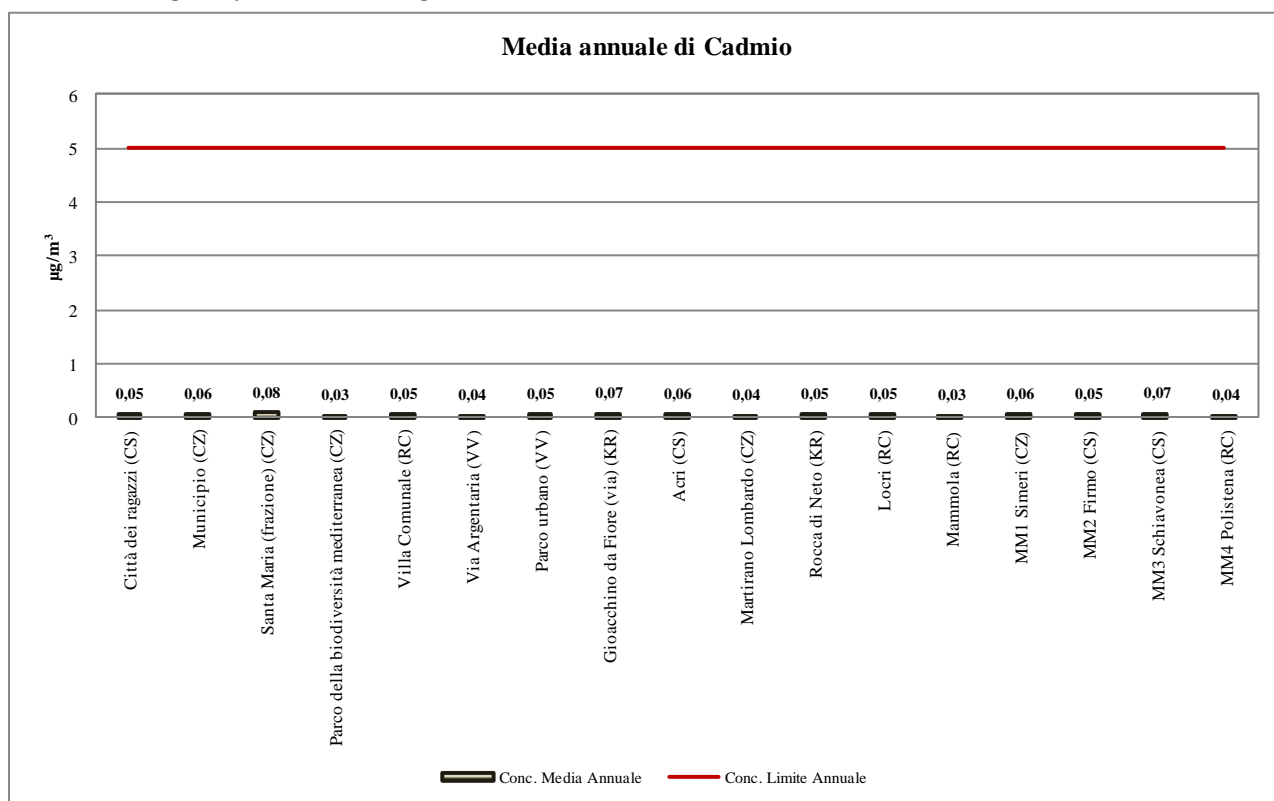


Figura 17: Cadmio. Medie annuali registrate nelle stazioni della RRQA.

Anche per questo metallo si può constatare che i livelli ambientali del cadmio sono simili in tutte le stazioni di monitoraggio indipendentemente dalla classificazione e dalla zona e risultano nettamente inferiori al limite previsto dal D.Lgs.155/2010 e ss.mm.ii.

6. Rendimento analizzatori della RRQA – Obiettivi di qualità dei dati

In questo paragrafo vengono presentati alcuni importanti aspetti relativi agli obiettivi di qualità dei dati previsti dall'Allegato I del D.Lgs. 155/2010 e ss.mm.ii.

Nella Tabella 1 del citato Allegato vengono riportati la raccolta minima dei dati ed il periodo minimo di copertura per le misurazioni in siti fissi e misurazioni indicative.

Per le misurazioni in siti fissi, relativamente a SO₂, NO₂, NO, CO, PM₁₀, PM_{2,5} e Pb la raccolta minima di dati è fissata al 90% mentre per O₃ è stabilita al 90% per l'estate ed al 75% per l'inverno.

Per le misurazioni indicative, relativamente a SO₂, NO₂, NO, CO, PM₁₀, PM_{2,5}, Pb e O₃ la raccolta minima di dati è fissata al 90% ma il periodo minimo di copertura è del 14% con misurazione effettuata in un giorno variabile di ogni settimana dell'anno in modo tale che le misurazioni siano uniformemente distribuite nell'arco dell'anno oppure effettuata per otto settimane distribuite equamente nell'arco dell'anno.

Nella Tabella 2 dell'Allegato I del D.Lgs. 155/2010 e ss.mm.ii. viene stabilita che la raccolta minima di dati validi relativamente a B(a)P, As, Cd e Ni, sia per misurazioni in siti fissi che per misurazioni indicative, deve rispettare il 90% ma con un periodo minimo di copertura pari a 14% per misurazioni indicative mentre per misurazioni in siti fissi deve essere pari la 33% per B(a)P e 50% per As, Cd e Ni.

Inoltre è specificato ai punti 4 e 5 dell'Allegato I che le misurazioni in siti fissi e le misurazioni indicative devono essere ripartite in modo uniforme nel corso dell'anno al fine di evitare risultati non rappresentativi e che i requisiti relativi alla raccolta minima di dati validi e al periodo minimo di copertura non comprendono le perdite di dati dovute alla taratura periodica o alla manutenzione ordinaria della strumentazione, ove tali attività si svolgano in conformità ai programmi di garanzia di qualità.

La perdita massima di dati ammessa per manutenzione e calibrazione è fissata al 5% da considerare per i diversi inquinanti e tipologia di misurazione.

In Tabella 4 vengono riportati i rendimenti di ogni analizzatore presente nella RRQA registrati nel corso dell'intero anno 2018. In relazione a quanto esposto sono stati rispettati tutti gli obiettivi di qualità dei dati ad eccezione del piombo di due stazioni della rete (Municipio e Via Gioacchino da Fiore), per tale inquinante nella Tabella 1 all'Allegato I è previsto che si possano applicare, come nel caso specifico, *“misurazioni discontinue invece delle misurazioni in continuo. A tal fine, le misurazioni discontinue devono essere equamente distribuite nel corso dell'anno per evitare di falsare i risultati e si deve dimostrare che l'incertezza risponde all'obiettivo di qualità del 25% e che il periodo di copertura rimane superiore al periodo minimo di copertura previsto per le misurazioni indicative”* ovvero il 14% per benzene e piombo ed il 10% per l'ozono, ampiamente raggiunto nelle stazioni in oggetto.

Gli obiettivi di qualità dei dati non sono stati raggiunti per il PM₁₀ solo dalla stazione fissa industriale di Polistena per la quale non è previsto un controllo manutentivo diretto da parte dell'ARPACAL ma esclusivamente la validazione dei dati. Tale attività di ARPACAL ha accertato, a seguito di numerose

verifiche richieste già nel 2017 confrontando i dati prodotti dal stazione mobile ARPACAL ubicata nelle immediate vicinanze, la sottostima dei dati prodotti dallo strumento della stazione industriale per effettiva avaria dello stesso e di conseguenza la storicizzazione dei dati come “invalidi”.

Tabella 4: Rendimento analizzatori della RRQA

	SO ₂	NO ₂	CO	O ₃	Benzene	PM _{2,5}	PM ₁₀	Piombo	Cadmio	Nichel	B(a)P	Arsenico
Città dei ragazzi	93,24%	94,47%	96,67%	96,31%	95,82%	90,41%	95,34%	96,71%	96,71%	96,71%	96,71%	96,71%
Università	-	97,33%	-	-	-	-	95,07%	-	-	-	-	-
Municipio	95,64%	89,59%	95,71%	96,96%	88,05%	98,36%	99,73%	82,47%	82,47%	82,47%	82,47%	82,47%
Santa Maria (frazione)	-	94,93%	95,84%	94,55%	-	-	98,90%	90,96%	90,96%	90,96%	90,96%	90,96%
Parco della biodiversità mediterranea	86,62%	87,95%	91,32%	91,93%	89,29%	89,59%	87,67%	90,14%	90,14%	90,14%	90,14%	90,14%
Piazza Castello	-	93,71%	-	-	-	-	96,44%	-	-	-	-	-
Villa Comunale	92,27%	92,63%	93,30%	95,17%	91,52%	92,88%	91,23%	90,14%	90,14%	90,14%	90,14%	90,14%
Via Argentaria	-	95,53%	-	-	-	-	99,73%	99,97%	100,00%	100,00%	99,97%	100,00%
Parco urbano	90,23%	96,75%	97,01%	97,26%	98,41%	97,53%	95,07%	98,63%	98,63%	98,63%	98,63%	98,63%
Tribunale	-	97,53%	-	-	-	-	97,53%	-	-	-	-	-
Gioacchino da Fiore (via)	95,13%	92,47%	94,79%	92,80%	94,76%	91,23%	95,89%	77,26%	77,25%	77,26%	77,26%	77,26%
Firmo	-	94,35%	96,59%	96,66%	93,03%	-	91,78%	-	-	-	-	-
Schiavonea (frazione)	88,17%	95,34%	-	-	-	-	95,43%	-	-	-	-	-
Polistena (campo sportivo)	-	87,79%	-	87,64%	-	88,52%	39,73%	-	-	-	-	-
Pietropaolo (località)	-	99,46%	98,38%	96,08%	-	92,91%	91,78%	-	-	-	-	-
Acri	96,52%	97,58%	98,17%	95,63%	95,64%	93,42%	95,62%	95,34%	95,34%	95,34%	95,34%	95,34%
Martirano Lombardo	96,97%	98,32%	98,96%	98,49%	97,21%	93,15%	86,58%	91,23%	91,23%	91,23%	91,23%	91,23%
Rocca di Neto	94,99%	95,35%	95,35%	95,22%	91,50%	94,79%	92,88%	96,44%	96,44%	96,44%	96,44%	96,44%
Locri	98,06%	95,41%	98,29%	99,46%	92,84%	96,71%	96,16%	93,15%	93,15%	93,15%	93,15%	93,15%
Mammola	89,19%	90,82%	93,86%	90,74%	89,89%	86,85%	90,14%	89,86%	89,86%	89,86%	89,86%	89,86%
MM1 Simeri *	-	-	-	-	-	-	-	83,56%	83,56%	83,56%	83,56%	83,56%
MM2 Firmo *	-	-	-	-	-	-	-	49,04%	49,04%	49,04%	49,04%	49,04%
MM3 Schiavonea *	-	-	-	-	-	-	-	25,88%	25,61%	25,61%	25,61%	25,61%
MM4 Polistena *	-	-	-	-	-	-	-	88,77%	88,77%	88,77%	88,77%	88,77%

* Misurazioni indicative

7. Conclusioni in sintesi

Dall'analisi dei dati registrati nel corso dell'anno 2018 dalla Rete di Monitoraggio della Qualità dell'aria della Regione Calabria, si può desumere quanto segue:

- **per il biossido di zolfo (SO₂)**, non vi sono stati nel corso del 2018 superamenti della soglia di allarme orario di (500 µg/m³), né del valore limite orario (350 µg/m³) e del valore limite medio giornaliero (125 µg/m³);
- **per il monossido di carbonio (CO)**, non vi sono stati nel corso del 2018 superamenti del limite di 10 mg/m³, calcolato come valore massimo giornaliero su medie mobili di 8 ore;
- **per il biossido di azoto (NO₂)**, non vi sono stati nel corso del 2018 superamenti del valore limite orario di 200 µg/m³, né della soglia oraria di allarme di 400 µg/m³ e della concentrazione media annuale di 40 µg/m³;
- **per l'ozono (O₃)** non vi sono stati nel corso del 2018 superamenti della soglia di informazione (180 µg/m³ per un'ora) e della soglia di allarme (240 µg/m³ per tre ore consecutive). Molte delle stazioni hanno registrato superamenti del valore obiettivo a lungo termine per la protezione della salute umana (120 µg/m³ come massima media mobile su 8 ore). L'AOT40 ha registrato un valore superiore all'obiettivo a lungo termine di 6.000 µg/m³ h;
- **per il particolato atmosferico (PM₁₀)**, non vi sono stati nel corso del 2018 superamenti del valore limite annuale pari a 40 µg/m³, né del valore limite normativo, espresso come media giornaliera, pari a 50 µg/m³, da non superare per più di 35 volte per anno civile;
- **per il particolato atmosferico (PM_{2,5})**, non vi sono stati nel corso del 2018 superamenti del valore limite espresso come media annuale pari a 25 µg/m³.
- **per il benzene (C₆H₆)**, non vi sono stati nel corso del 2018 superamenti del valore limite annuale pari a di 5,0 µg/m³

Dall'analisi e dall'elaborazione degli elementi determinati sui campioni di PM₁₀, si può desumere quanto segue:

- **per gli IPA (Benzo[a]pirene)** non si sono registrati nel corso del 2018 casi di superamento del valore limite normativo, espresso come media annuale pari a 1,00 ng/m³.
- **per il Piombo**, non si sono registrati nel corso del 2018 superamento del valore limite normativo, espresso come media annuale pari a 0,5 µg/m³, calcolata nei periodi di campionamento;
- **per gli elementi in tracce**, Arsenico (As), Cadmio (Cd), Nichel (Ni) e Piombo (Pb),) non si sono registrati nel corso del 2018 casi di superamenti dei valori limite, espressi come media annuale.

8. Sistema modellistico previsionale regionale

Il sistema modellistico della qualità dell'aria a scala regionale, denominato "Aria Regional" operativo dal febbraio 2016, permette di produrre su tutto il territorio regionale mappe di concentrazione degli inquinanti atmosferici integrando ed estendendo le informazioni fornite dalle stazioni di misura, correlando le concentrazioni agli inventari delle emissioni e tenendo conto delle condizioni al contorno, ovvero gli apporti extra regionali.

Aria Regional si articola in moduli specialistici per il trattamento delle diverse informazioni necessarie alla valutazione modellistica della qualità dell'aria (orografia, meteorologia, emissioni, dispersione, deposizione e chimica dell'atmosfera). Sono inoltre utilizzati moduli di post-elaborazione, finalizzati all'analisi statistica e alla visualizzazione grafica dei prodotti del sistema stesso.

Le previsioni meteorologiche vengono riportate a scala locale e, insieme ai dati riguardanti l'orografia del territorio, vengono elaborate dal modulo di interfaccia WRF per la predisposizione dei campi meteorologici (input meteo). Invece, i dati riguardanti l'orografia del territorio, insieme ai dati provenienti dall'inventario nazionale delle emissioni, vengono elaborati dal processore EMMA per la produzione dell'input emissivo.

Il sistema modellistico previsionale giornaliero di cui si è dotato la Regione Calabria per il tramite dell'Agenzia, "ARIA Regional" risulta avviato nel 2014 e portato a regime nel primo semestre 2016; rispetta i requisiti richiesti dal D.Lgs. 155/2010 e ss.mm.ii. e consente di combinare le misurazioni in siti fissi, ove il livello degli inquinanti è inferiore alla soglia di valutazione superiore, ed addirittura in via esclusiva ove il livello degli inquinanti è inferiore alla soglia di valutazione inferiore ai fini della valutazione della qualità dell'aria ambiente (art. 5, comma 1), Figura 18.



Figura 18: Zone di conformità/non conformità relativamente al valore limite e uso di tecniche di modellazione in relazione alle soglie di valutazione superiore ed inferiore.

Tale sistema è in grado di simulare la dispersione e le trasformazioni chimiche che coinvolgono gli inquinanti presenti in atmosfera (inquinanti primari e secondari) e di considerare:

- la distribuzione delle sorgenti emissive proveniente dagli inventari regionali e nazionali disponibili;
- le differenti condizioni meteorologiche ed apporti derivanti da sorgenti a maggiore distanza mediante la connessione con modelli di qualità dell'aria a scala maggiore.

Gli strumenti di cui è corredato permettono di produrre su tutto il territorio regionale mappe di concentrazione degli inquinanti atmosferici di interesse normativo:

- integrando ed estendendo le informazioni fornite dalle stazioni;

- legando le concentrazioni agli inventari delle emissioni;
- tenendo conto consistentemente degli apporti extra-regionali.

Nella Figura 19 viene descritto lo schema concettuale del sistema “ARIA Regional”.

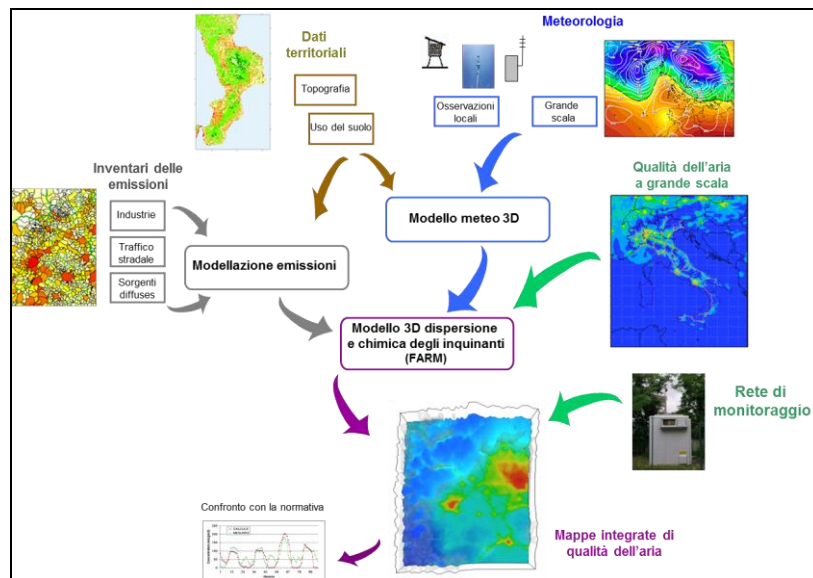


Figura 19: Schema concettuale del sistema “ARIA Regional”.

L'utilizzo del sistema modellistico da parte del personale ARPACAL, affiancato dalla società specializzata ARIANET Srl di Milano, ha consentito:

- la realizzazione della Valutazione Annuale della Qualità dell'Aria (VAQ) sull'intera regione per l'anno solare 2010,
- la stesura della Relazione Specialistica anni 2015 e 2016 con assunzione unilaterale di responsabilità per il Dipartimento Trasporti e Mobilità della Regione Calabria, la trasmissione dei dati 2017 al medesimo Dipartimento;
- la produzione di previsioni dei principali inquinanti di interesse su tutto il territorio regionale (il sistema modellistico regionale è attivo in modalità previsionale operativa su base giornaliera a partire dal marzo 2016, e ciò permette anche a fine anno di disporre di dati su tutto il territorio che uniti a quelli della Rete di Monitoraggio consentono di produrre sistematicamente la VAQ annuale).

Relativamente a quest'ultimo punto, il sistema produce mappe di inquinanti per il giorno corrente e i due giorni successivi, che vengono pubblicati sul portale web di ARPACAL dedicato alla Rete Regionale della Qualità dell'Aria accessibile dal portale istituzionale www.arpacal.it link come esemplificativamente sotto indicato:



Il sistema modellistico di cui dispone ARPACAL si alimenta di dati relativi a tre campi di interesse che determinano la qualità dell'aria, ovvero:

- *i dati meteorologici;*
- *le emissioni all'interno del territorio regionale e delle zone adiacenti;*
- *il contributo esterno alla regione all'inquinamento regionale.*

Tali dati, relativi ad un determinato periodo di interesse, vengono quindi processati dal modello fotochimico euleriano tridimensionale FARM (Flexible Air quality Regional Model) che considera i processi di dispersione, trasformazione e deposizione degli inquinanti reattivi (fotochimica e aerosol) in atmosfera. FARM è derivato dal modello STEM sviluppato dal gruppo di ricerca del Prof. G.R. Carmichael CGRER (Center for Global and Regional Environmental Research), University of Iowa.

Nella **Figura 20** viene riportato lo schema del sistema modellistico applicato che utilizza i campi meteorologici e di qualità dell'aria prodotti nell'ambito del progetto MINNI.

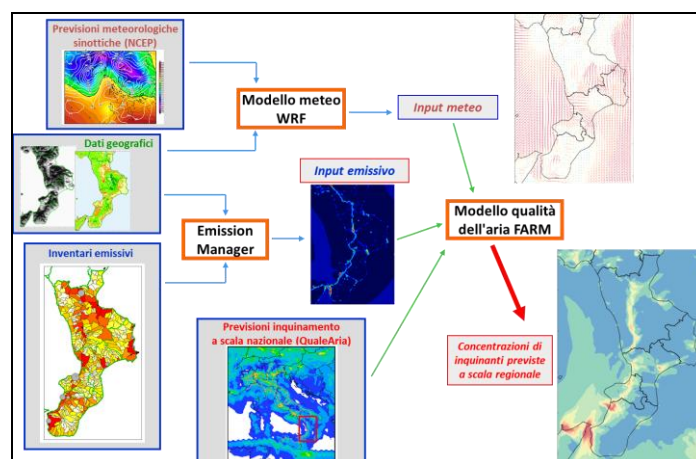


Figura 20: sistema modellistico utilizzato per la Valutazione della Qualità dell'Aria nella Regione Calabria

Il sistema modellistico ARIA Regional è stato applicato sul dominio di calcolo, mostrato nella **Figura 21**, che comprende il territorio regionale e porzioni delle regioni limitrofe.

Il dominio scelto copre un'area di 182 km x 262 km ovvero 47684 km² ed ha le seguenti caratteristiche:

- 92 celle nella direzione x;
- 132 celle nella direzione y;
- 2 km di risoluzione orizzontale nella direzione x ed y;
- coordinate UTM (fuso 33 - WGS84) del punto SW di griglia pari a 515.0 km E, 4189.0 km N.

L'estensione verticale del dominio di simulazione per la ricostruzione meteorologica è pari a 9.050 m, con i seguenti 16 livelli di calcolo espressi in metri sopra l'orografia:

10, 35, 70, 120, 195, 305, 465, 695, 1025, 1505, 2200, 3205, 4550, 6050, 7550, 9050.

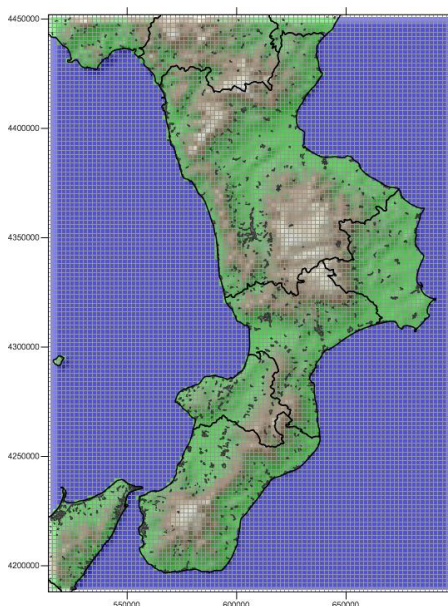


Figura 21: Grigliato di simulazione regionale a 2 km di risoluzione

I due input insieme alle previsioni dell'inquinamento a scala nazionale (Quale aria) ed alle elaborazioni sulle sabbie sahariane (a partire dal luglio 2018) vengono processati per ottenere le concentrazioni degli

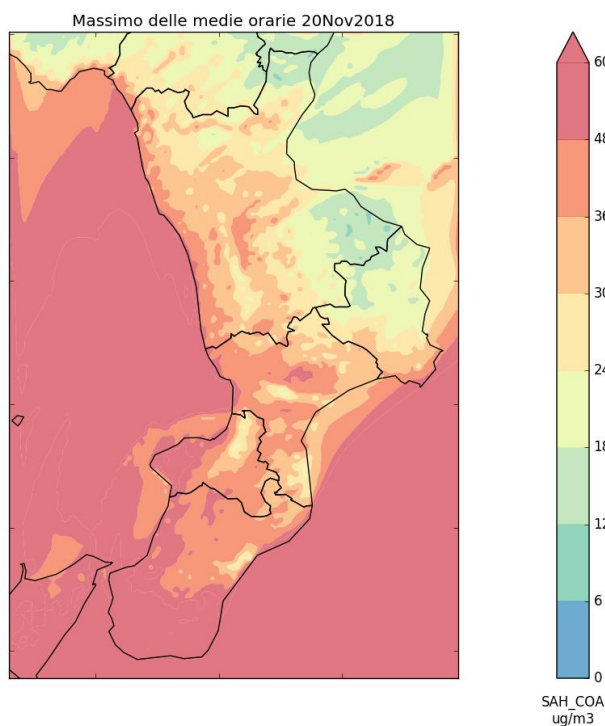
inquinanti previsti dalla normativa di settore su scala regionale dal FARM che è il modello euleriano di chimica e trasporto impiegato per la dispersione e le reazioni chimiche degli inquinanti in atmosfera.

I campi di concentrazione combinati con i dati prodotti dalla rete tramite il data fusion producono le elaborazioni pubblicate sul portale istituzionale di ARPACAL in cui vengono inseriti i campi previsionali a 24, 48 e 72 ore. Oltre alla valutazione della qualità dell'aria nelle zone del territorio regionale non coperte da stazioni fisse o mobili della RRQA così come previsto dall'art. 5 comma 2 del D.Lgs. 155/2010 e ss.mm.ii., un altro aspetto applicativo del Sistema Modellistico è la valutazione dei superamenti degli inquinanti attribuibili ad eventi naturali come avvezioni sahariane a partire dal luglio 2018.

Nel corso dell'anno 2018 sono stati riscontrati due eventi di diffusione delle polveri sahariane che hanno interessato il territorio regionale e precisamente:

- 29-30 Ottobre 2018
- 20 Novembre 2018

A titolo di esempio si riporta l'elaborazione del giorno 20 Novembre 2018. Vengono riportati di seguito, quindi, i campi di concentrazione massima oraria giornaliera derivante da post-elaborazione pubblicati sul sito istituzionale relativamente alle polveri con il contributo di avvezioni sahariane grossolane (Figura 22).



ARPA Calabria - FARM/ARIA Regional run 20181120

Figura 22: campi di concentrazione massima oraria giornaliera derivante da post-elaborazione con contributo di polveri sahariane grossolane