



Relazione annuale sullo stato della qualità dell'aria in Toscana Monitoraggio 2023



Relazione annuale sullo stato della qualità dell'aria in Toscana Monitoraggio 2023

Firenze, 2024

Relazione annuale sullo stato della qualità dell'aria in Toscana Monitoraggio 2023

A cura di:

Bianca Patrizia Andreini

ARPAT – *Settore Centro Regionale per la Tutela della Qualità dell'Aria*

Autori:

Fiammetta Dini, Elisa Bini, Tiziana Cecconi, Chiara Collaveri, Dennis Dalle Mura,
Stefano Fortunato, Roberto Fruzzetti, Alessandra Lazzarelli, David Magliacani, Marina Rosato,
Bianca Sivieri, Marco Stefanelli, Guglielmo Tanganelli

ARPAT- *Settore Centro Regionale per la Tutela della Qualità dell'Aria*

Luca Borin, *Università di Pisa*

Marco Bazzani, *ARPAT- Settore Sistema informativo regionale ambientale della Toscana*

Ha collaborato il Settore Laboratorio dell'Area Vasta Centro per la determinazione di metalli e IPA.

Copertina e editing: Settore Comunicazione, informazione e documentazione



Firenze, agosto 2024

Indice

Sintesi.....	7
Sezione 1 - Rete Regionale	9
1. Struttura della rete di monitoraggio della qualità dell'aria in Toscana	9
2. Efficienza della rete di monitoraggio della qualità dell'aria in Toscana.....	13
3. Metodi	15
3.1. Monitoraggio tramite Rete Regionale di qualità dell'aria	15
4. Indicatori 2023 e confronto con i valori limite o obiettivo	16
4.1. Particolato PM10.....	16
4.1.1. Medie annuali di PM10 Anno 2023.....	18
4.1.2. Medie giornaliere di PM10 Anno 2023.....	23
4.1.3. Andamento indicatori di PM10	27
4.2. Particolato PM2,5.....	40
4.2.1. Medie annuali di PM2,5 Anno 2023	41
4.2.2. Medie giornaliere di PM2,5 Anno 2023.....	44
4.2.3. Andamento medie annuali di PM2,5	45
4.2.4. Studio della distribuzione della frazione di PM2,5 nel PM10	49
4.3. Ossidi di azoto: NO ₂ e NO _x	53
4.3.1. Medie annuali di NO ₂ Anno 2023.....	54
4.3.2. Medie orarie di NO ₂ Anno 2023	56
4.3.3. Andamento medie annuali di Biossido di Azoto	57
4.4. Ozono	64
4.4.1. Indicatori O ₃ Anno 2023	64
4.4.2. Medie orarie di O ₃ Anno 2023	69
4.4.3. Andamento indicatori di O ₃	70
4.5. Monossido di Carbonio.....	74
4.5.1. Massime orarie e massime medie su 8 ore di CO Anno 2023.....	74
4.5.2. Andamento indicatori di CO.....	75
4.6. Biossido di Zolfo.....	76
4.6.1. Massime orarie e massime giornaliere SO ₂ Anno 2023	76
4.6.2. Andamento indicatori di SO ₂	77

4.7. Acido solfidrico.....	78
4.7.1. Indicatori di H ₂ S Anno 2023.....	78
4.7.2. Andamento indicatori di H ₂ S.....	79
4.7.3. Studio del disturbo olfattivo da H ₂ S registrato dalla RRQA.....	81
4.8. Benzene.....	82
4.8.1. Medie annuali e massimi orari di Benzene anno 2023.....	82
4.8.2. Andamento medie annuali di Benzene.....	84
4.8.3. Derivati del Benzene.....	86
4.8.4. Andamento medie annuali BTX.....	87
5. Indicatori 2023 ricavati con indagini discontinue sulla RRQA e confronto con valori limite o obiettivo.....	92
5.1. Benzo(a)pirene nel PM10.....	92
5.1.1. Medie annuali Benzo(a)pirene _Anno 2023.....	92
5.1.2. Medie mensili e stagionali Benzo(a)pirene _Anno 2023.....	93
5.1.3. Andamento medie annuali di Benzo(a)pirene.....	95
5.2. Idrocarburi policiclici aromatici.....	96
5.2.1. Medie annuali idrocarburi policiclici aromatici_ Anno 2023.....	96
5.2.2. Medie mensili e stagionali idrocarburi policiclici aromatici_ Anno 2023.....	97
5.2.3. Sito di interesse nazionale FI-Bassi.....	99
5.3. Arsenico, Cadmio, Nichel e Piombo.....	102
5.3.1. Medie annuali 2023 metalli D.Lgl 155/2010.....	103
5.3.2. Trend delle medie annuali di As, Cd, Ni e Pb registrati dalla RRQA.....	105
5.4. Monitoraggio metalli non normati nel PM10.....	107
6. Conclusioni del monitoraggio delle stazioni di Rete Regionale.....	109
Sezione 2 - Monitoraggio di interesse non regionale.....	110
Allegato 1: Tabelle dei percentili.....	115
Allegato 2: Limiti normativi D.Lgs 155/2010.....	118
Allegato 3: Confronto con valori di riferimento proposti dalla direttiva europea.....	120
3.1. PM10.....	120
3.2. PM2,5.....	121
3.3. NO ₂	123
4.4. O ₃	125
3.5. Benzene.....	126
3.6. Benzo(a)pirene, Piombo, Nichel, Cadmio ed Arsenico.....	127
3.7. CO ed SO ₂	127
Allegato 4: Analisi avvezioni di polveri.....	128
Premessa.....	128
1. Identificazione degli episodi di intrusione sahariana.....	129
2. Quantificazione degli episodi di avvezione naturale.....	132

3. Detrazione dei contributi stimati.....	138
4. Elaborazione sul lungo termine.....	139
Conclusioni	142
Allegato 5: Black Carbon e frazioni di PM10.....	143
1. Distribuzione statistica dei valori medi orari	143
2. Distribuzione statistica e variabilità mensile	146
3. Variabilità settimanale.....	148
4. Variabilità stagionale.....	151

Sintesi

Il panorama dello stato della qualità dell'aria ambiente della Toscana, emerso dall'analisi dei dati forniti dalla Rete Regionale di monitoraggio, dei dati forniti dalle stazioni locali e dall'analisi delle serie storiche, conferma una situazione complessivamente positiva per il 2023, come avviene ormai da diversi anni.

La criticità più evidente si conferma a carico del rispetto dei valori obiettivi per l'Ozono, che non sono attualmente raggiunti in gran parte del territorio.

Si confermano inoltre alcune criticità già emerse negli anni precedenti per PM₁₀ ed NO₂, che non hanno ancora pienamente raggiunto il rispetto dei limiti.

PM₁₀: il limite di 35 giorni di superamento del valore medio giornaliero di 50 µg/m³ è stato rispettato in tutti i siti, eccetto in una stazione di fondo della Zona del Valdarno Pisano e Piana Lucchese, mentre il limite di 40 µg/m³ come media annuale è rispettato in tutte le stazioni.

PM_{2,5}: il limite normativo di 25 µg/m³ come media annuale è stato rispettato in tutte le stazioni della Rete Regionale.

NO₂: il valore limite di 40 µg/m³ come media annuale è stato rispettato in tutte le stazioni, eccetto che in una stazione di traffico dell'Agglomerato di Firenze, mentre il limite massimo di 18 superamenti della media oraria di 200 µg/m³ è stato rispettato in tutte le stazioni. Nel 2023 non si è verificato alcun episodio di superamento della soglia di allarme per il biossido di azoto.

Ozono: è confermata la criticità di questo parametro per entrambi i valori obiettivo che non sono stati pienamente raggiunti. Il valore obiettivo per la protezione della popolazione non è stato raggiunto in 4 siti di monitoraggio mentre il valore obiettivo per la protezione della vegetazione non è stato raggiunto in 6 siti.

CO, SO₂ e Benzene: il monitoraggio ha confermato per questi parametri l'assenza di criticità e il pieno rispetto dei valori limite.

H₂S: I valori registrati presso le stazioni della Rete Regionale sono ampiamente inferiori al valore di riferimento dell'OMS-WHO per entrambi i siti di monitoraggio. Per quanto riguarda il disagio olfattivo, la percentuale delle ore in cui i livelli di concentrazione potrebbero averlo procurato è stata molto contenuta nel sito di Santa Croce, mentre a Pomarance è risultata pari a circa un quarto del tempo di monitoraggio.

Benzo(a)pirene: il monitoraggio 2023 ha confermato il pieno rispetto dei valori obiettivo per Benzo(a)pirene, come negli ultimi anni.

Metalli pesanti: il monitoraggio ha confermato l'assenza di criticità e il pieno rispetto del valore limite per il Piombo e dei valori obiettivo per Arsenico, Nichel e Cadmio, come per gli anni passati.

Gli allegati 3, 4 e 5 riportano, rispettivamente:

- la valutazione degli indicatori rilevati nel 2023 rispetto alla futura direttiva europea;
- la valutazione degli episodi di avvezioni di polveri
- i risultati delle recenti misurazioni di *black carbon* e degli andamenti orari di alcune frazioni di particolato.

Sezione 1 - Rete Regionale

1. Struttura della rete di monitoraggio della qualità dell'aria in Toscana

Nel corso del 2023 le 37 stazioni previste per la Toscana dalle nuove modifiche ed integrazioni della DGRT 1626/2020¹ hanno funzionato a pieno regime per tutti i parametri.

La Figura 1.1. descrive la suddivisione del territorio regionale in zone ed agglomerati, rimasta la stessa dal 2010.

¹ La struttura delle Rete Regionale di rilevamento della Qualità dell'Aria della Toscana è stata modificata passando, nel corso degli anni, da quella iniziale della DGRT 1025/2010, a quella della DGRT 964/2015, fino a raggiungere la nuova classificazione del territorio regionale della DGRT 1626/2020

Figura 1.1. Zonizzazione e stazioni di RR per inquinanti all.V del D.Lgs 155/2010 Figura 1.2. Zonizzazione e stazioni di RR per Ozono

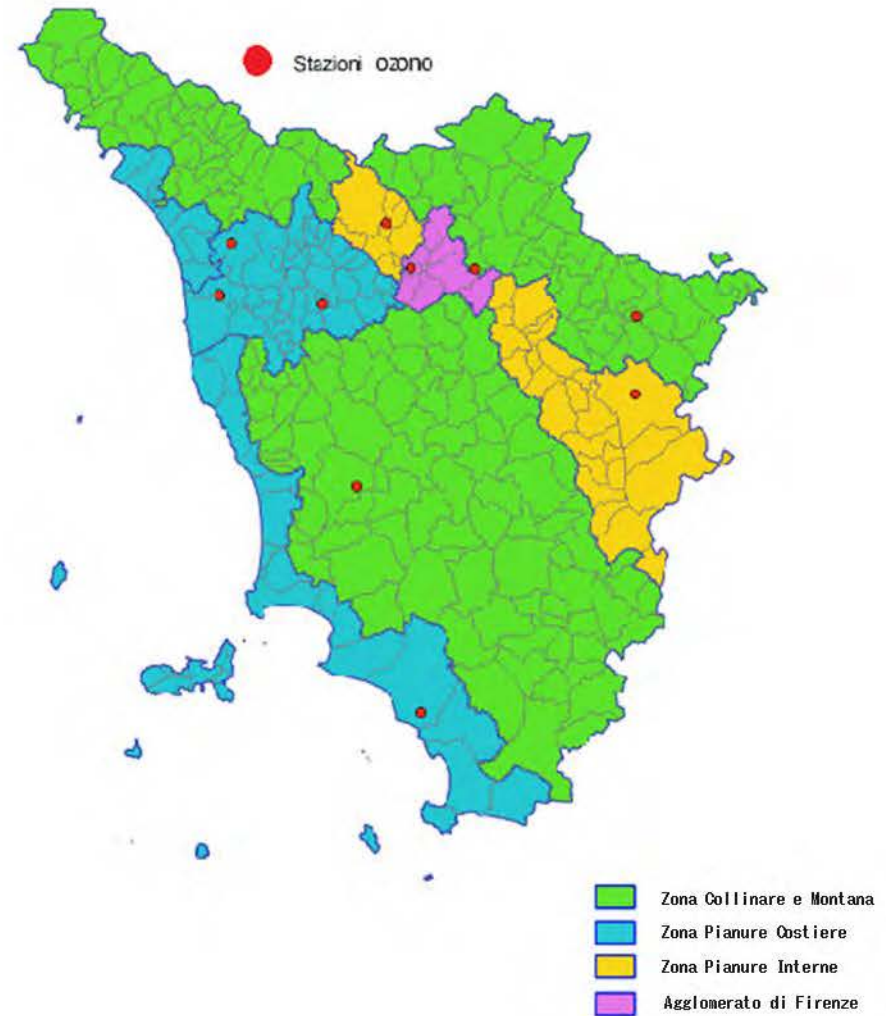


Tabella 1.1. Rete Regionale delle stazioni di misura degli inquinanti

Zonizzazione inquinanti All V	Provincia e Comune		Nome e Tipo stazione			PM10	PM2,5	NO ₂	SO ₂	H ₂ S	CO	Benzene ¹	B(a)P ¹	As	Ni	Cd	Pb ²	O ₃	Zonizzazione per l' O ₃			
Agglomerato Firenze	FI	Firenze	U	F	FI-Boboli	x														Agglomerato Firenze		
	FI	Firenze	U	F	FI-Bassi	x	x	x	x			x	x									
	FI	Firenze	U	T	FI-Gramsci	x	x	x			x	x	x	x	x	x	x					
	FI	Firenze	U	T	FI-Mosse	x		x														
	FI	Scandicci	U	F	FI-Scandicci	x		x														
	FI	Signa	U	F	FI-Signa	x		x										x	U			
	FI	Firenze	S	F	FI-Settignano			x											x		S	
Zona Prato Pistoia	PO	Prato	U	F	PO-Roma	x	x	x				x	x	x	x	x	x				Zona Pianure Interne	
	PO	Prato	U	T	PO-Ferrucci	x	x	x			x											
	PT	Pistoia	U	F	PT-Signorelli	x		x														
	PT	Montale	S	F	PT-Montale	x	x	x										x	S			
Zona Valdarno Aretino e Valdichiana	AR	Arezzo	U	F	AR-Acropoli	x	x	x				x	x	x	x	x	x	x	x	S		
	FI	Figline ed Incisa Valdarno	U	F	FI-Figline	x		x														
	AR	Arezzo	U	T	AR-Repubblica	x		x			x											
Zona Costiera	GR	Grosseto	U	F	GR-URSS	x	x	x													Zona Pianure Costiere	
	GR	Grosseto	U	T	GR-Sonnino	x		x														
	GR	Grosseto	R	F	GR-Maremma			x										x	R			
	LI	Livorno	U	F	LI-Cappiello	x	x	x														
	LI	Livorno	U	T	LI-Carducci	x	x	x			x											
	LI	Livorno	U	F	LI-Via La Pira	x		x	x			x	x	x	x	x	x					
	LI	Piombino	S	I	LI-Cotone	x		x			x											
	LI	Piombino	U	F	LI-Parco 8 Marzo	x		x														
	MS	Carrara	U	F	MS-Colombarotto	x		x														
	MS	Massa	U	T	MS-Marina vecchia	x	x	x														
	LU	Viareggio	U	F	LU-Viareggio	x	x	x														
Zona Valdarno	LU	Capannori	U	F	LU-Capannori	x	x	x	x				x									
	LU	Lucca	U	F	LU-San Concordio	x		x				x	x	x	x	x	x					

Zonizzazione inquinanti All V	Provincia e Comune		Nome e Tipo stazione		PM10	PM2,5	NO ₂	SO ₂	H ₂ S	CO	Benzene ¹	B(a)P ¹	As	Ni	Cd	Pb ²	O ₃	Zonizzazione per l' O ₃
Pisano e Piana Lucchese	LU	Lucca	U	T	LU-Micheletto	x		x										
	LU	Lucca	R	F	LU-Carignano			x									x	S
	PI	Pisa	U	F	PI-Passi	x	x	x									x	S
	PI	Pisa	U	T	PI-Borghetto	x	x	x		x								
	PI	Santa Croce sull'Arno	S	F	PI-Santa Croce	x		x		x							x	S
Zona Collinare e Montana	PI	Pomarance	S	F	PI-Montecerboli	x		x		x			x	x	x	x	x	S
	AR	Chitignano	R reg	F	AR-Casa Stabbi	x		x									x	R
	SI	Poggibonsi	U	F	SI-Poggibonsi	x	x	x			x	x						
	SI	Siena	U	T	SI-Bracci	x		x		x								
	LU	Bagni di Lucca	U	F	LU-Fornoli	x		x										

Legenda: F - Fondo, T - Traffico, I - Industriale, U - Urbana, S - Suburbana, R - Rurale, R reg – Rurale fondo regionale;

nota 1 : nella delibera si prevede soltanto il Benzene ed il Benzo(a)pirene ma il monitoraggio comprende i derivati del Benzene e 7 congeneri IPA

nota 2 : il Piombo nella delibera è previsto soltanto a FI-Gramsci ma viene campionato e analizzato insieme agli altri metalli

2. Efficienza della rete di monitoraggio della qualità dell'aria in Toscana

Nelle tabelle seguenti è riportata in percentuale, per il 2023, la raccolta dei dati degli inquinanti inseriti nella Rete Regionale. Il rendimento è calcolato come percentuale di dati raccolti rispetto al totale teorico dell'intero anno solare (al netto delle ore dedicate alla calibrazione degli analizzatori).

Ai fini della valutazione della qualità dell'aria su base annua per ogni parametro monitorato in continuo, l'insieme dei dati raccolti è considerato conforme ed utilizzabile per il confronto con i parametri statistici della normativa se il periodo di copertura (rendimento strumentale) è almeno il 90%. Fa eccezione il Benzene, per il quale nelle stazioni di tipo traffico e fondo (T e F) è sufficiente una copertura del 35%. Nelle stazioni dove è previsto il monitoraggio del Benzene, sono stati monitorati anche Toluene, m-Xilene, p-Xilene, o-Xilene ed Etil-Benzene.

Per quanto riguarda le campagne discontinue, la normativa prevede che il Benzo(a)pirene debba essere analizzato su campioni di PM₁₀ con un minimo del 33% di copertura e che i metalli Arsenico, Cadmio e Nichel debbano essere analizzati su campioni di PM₁₀ con un minimo del 50% di copertura, mentre il Piombo necessita del 90% di copertura nella postazione di traffico per la quale è previsto. Nelle stazioni di fondo, dove non è previsto dalla delibera regionale, la copertura è stata <90% ma è comunque riportato il dato relativo alla media annuale.

Tabella 2.1. Raccolta dei dati anno 2023 in percentuale

Nome stazione	PM10	PM2,5	NO ₂	SO ₂	H ₂ S	CO	Benzene	B(a)P	As	Ni	Cd	Pb	O ₃
FI-Boboli	100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
FI-Bassi	96,3	95,7	98	97	-	-	96,8	39	-	-	-	-	-
FI-Gramsci	100	100	98,4	-	-	97,2	97,2	63	92	92	92	92	-
FI-Mosse	100	-	99,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
FI-Scandicci	99,2	-	98,7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
FI-Signa	100	-	99,6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	100
FI-Settignano	-	-	100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	100
PO-Roma	99,5	100	99,2	-	-	-	99,4	57	75	75	75	75	-
PO-Ferrucci	97,5	94,9	100	-	-	100	-	-	-	-	-	-	-
PT-Signorelli	100	-	100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PT-Montale	100	99,5	99,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	98,9
AR-Acropoli	100	100	100	-	-	-	100	45	44	44	44	44	99,8
FI-Figline	100	-	100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
AR-Repubblica	100	-	100	-	-	99,5	-	-	-	-	-	-	-
GR-URSS	100	100	99,4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
GR-Sonnino	100	-	100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
GR-Maremma	-	-	96,7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	96,9
LI-Cappiello	100	100	100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
LI-Carducci	98,6	100	100	-	-	100	-	-	-	-	-	-	-
LI-La Pira	100	-	96,1	99	-	-	94,1	55	56	56	56	56	-
LI-Cotone	100	-	98,8	-	-	100	-	-	-	-	-	-	-
LI-Parco 8 Marzo	100	-	100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
MS-Colomba-rotto	100	-	100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
MS-Marina Vecchia	100	100	99,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
LU-Viareggio	100	100	99,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
LU-Capannori	100	100	99,2	97,5	-	-	-	92	-	-	-	-	-
LU-San Concordio	99,8	-	100	-	-	-	100	72	75	75	75	75	-
LU-Micheletto	100	-	100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
LU-Carignano	-	-	98,4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	99,4
PI-Passi	100	100	99,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	100
PI-Borghetto	100	99,8	98,4	-	-	98,8	-	-	-	-	-	-	-
PI-Santa Croce	100	-	100	-	92,8	-	-	-	-	-	-	-	100
PI-Montecerboli	100	-	100	-	90,8	-	-	-	60	60	60	60	100
AR-Casa Stabbi	100	-	96,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	94,4
SI-Poggibonsi	100	100	99,7	-	-	-	98,8	64	-	-	-	-	-
SI-Bracci	100	-	100	-	-	99,9	-	-	-	-	-	-	-
LU-Fornoli	100	-	97,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

3. Metodi

3.1. Monitoraggio tramite Rete Regionale di qualità dell'aria

I metodi utilizzati per il campionamento e l'analisi di tutti i parametri rilevati tramite la strumentazione di Rete Regionale sono quelli indicati dal D.Lgs 155/2010 nell' allegato IV e s.m.i..

Tabella 3.1.1. Metodi di riferimento utilizzati

Parametro	Metodo	Riferimento
PM10, PM2,5	UNI EN 12341: 2023 UNI EN 16450 :2017	D.Lgs.155/2010 Allegato VI
NO ₂ /NO _x	UNI EN 14211:2012	D.Lgs.155/2010 Allegato VI
CO	UNI EN 14626:2012	D.Lgs.155/2010 Allegato VI
SO ₂	UNI EN 14212:2012	D.Lgs.155/2010 Allegato VI
H ₂ S	UNI EN 14212:2012	Metodo per SO ₂ D.Lgs.155/2010 Allegato VI
Benzene e derivati	UNI EN 14662:2005, UNI EN 14662:2015, parte 3.	D.Lgs.155/2010 Allegato VI
Benzo(a)pirene e congeneri	UNI EN 15549:2008	D.Lgs.155/2010 Allegato VI
As, Ni, Cd, Pb e altri metalli	UNI EN 14902:2005	D.Lgs.155/2010 Allegato VI
Ozono	UNI EN 14625:2012	D.Lgs.155/2010 Allegato VI

4. Indicatori 2023 e confronto con i valori limite o obiettivo

Di seguito sono descritti e riportati su mappa gli indicatori relativi ai parametri rilevati dalle stazioni di Rete Regionale nel corso dell'anno 2023.

I valori degli indicatori sono valutati in primo luogo rispetto al D.Lgs.155/2010, che in Italia rappresenta la normativa vigente; in secondo luogo (in allegato), rispetto alla proposta di Direttiva europea COM/2022/542.

Il processo di monitoraggio della qualità dell'aria è inserito nel sistema di gestione per la qualità di ARPAT ed è conforme alla UNI EN ISO 9001:2015, certificato da RINA con registrazione n° 32671/15/5.

La valutazione degli indicatori rilevati nel 2023 rispetto alla futura direttiva europea è riportata in allegato 3.

4.1. Particolato PM10

I valori limite di legge (VL) in vigore per il PM10 (allegato XI D.Lgs.155/2010 e s.m.i.) sono stati confrontati con gli indicatori elaborati sui valori giornalieri validi dell'anno 2023, confermando per entrambi i parametri la situazione degli anni precedenti:

- il valore limite relativo alla media annuale di PM10 di $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ il PM10 è stato rispettato in tutte le stazioni della Rete Regionale;
- il limite relativo al numero massimo (35) di superamenti annuo della media giornaliera di $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ di PM10 non è stato rispettato solo nella stazione di fondo della Piana lucchese di LU-Capannori, che ha registrato 37 superamenti rappresentando, per il sesto anno consecutivo, l'unico sito di criticità regionale per il PM10.

Tabella 4.1.1. PM10 – Anno 2023 - Indicatori relativi alle stazioni di Rete Regionale

Zona	Classificazione	Provincia e Comune		Nome stazione	Media annuale (µg/m³)	V.L.	N° medie giornaliere > 50 µg/m³	V.L.
Agglomerato di Firenze	UF	FI	Firenze	FI-Boboli	18	40	1	35
	UF	FI	Firenze	FI-Bassi	20		5	
	UT	FI	Firenze	FI-Gramsci	30		23	
	UT	FI	Firenze	FI-Mosse	27		19	
	UF	FI	Scandicci	FI-Scandicci	19		3	
	UF	FI	Signa	FI-Signa	21		17	
Zona Prato Pistoia	UF	PO	Prato	PO-Roma	23		22	
	UT	PO	Prato	PO-Ferrucci	21		13	
	UF	PT	Pistoia	PT-Signorelli	20		9	
	SF	PT	Montale	PT-Montale	25		26	
Zona Valdarno Aretino e Valdichiana	UF	AR	Arezzo	AR-Acropoli	20		6	
	UF	FI	Figline e Incisa Valdarno	FI-Figline	20		5	
	UT	AR	Arezzo	AR-Repubblica	22		5	
Zona Costiera	UF	GR	Grosseto	GR-URSS	17		0	
	UT	GR	Grosseto	GR-Sonnino	24		0	
	UF	LI	Livorno	LI-Cappiello	17		0	
	UT	LI	Livorno	LI-Carducci	22		0	
	UF	LI	Livorno	LI-La Pira	20		0	
	SI	LI	Piombino	LI-Cotone	17		0	
	UF	LI	Piombino	LI- Parco 8 Marzo	18		0	
	UF	MS	Carrara	MS-Colombarotto	20		0	
	UT	MS	Massa	MS-Marina Vecchia	21		1	
	UF	LU	Viareggio	LU-Viareggio	24		17	
Zona Valdarno Pisano e Piana Lucchese	UF	LU	Capannori	LU-Capannori	27		37	
	UF	LU	Lucca	LU-San Concordio	22		13	
	UT	LU	Lucca	LU-Micheletto	25		18	
	UF	PI	Pisa	PI-Passi	21		6	
	UT	PI	Pisa	PI-Borghetto	22		7	
	SF	PI	Santa Croce sull'Arno	PI-Santa Croce	25		19	
Zona Collinare e Montana	SF	PI	Pomarance	PI-Montecerboli	12		0	
	R reg F	AR	Chitignano	AR-Casa Stabbi	9		0	
	UF	SI	Poggibonsi	SI-Poggibonsi	18		0	
	UT	SI	Siena	SI-Bracci	18		0	
	UF	LU	Bagni di Lucca	LU-Fornoli	23		8	
Media annuale regionale complessiva (µg/m³)							21	
Media annuale di PM10 stazioni di tipo fondo urbano e periferico (µg/m³)							20	
Media annuale di PM10 stazioni di tipo traffico (µg/m³)							23	

Ormai da molti anni il valore limite di $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$, relativo alla media annuale di PM₁₀, è ampiamente rispettato in tutte le stazioni della Rete Regionale. Nel 2023 la media annuale più elevata, pari a $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$, è stata registrata presso la stazione di traffico di FI-Gramsci; a seguire, la stazione traffico di FI-Mosse e la fondo di LU-Capannori hanno registrato una media di $27 \mu\text{g}/\text{m}^3$. La media complessiva regionale, sempre nel 2023, è stata pari a $21 \mu\text{g}/\text{m}^3$; presso le stazioni di fondo, la concentrazione media regionale registrata è stata pari a $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ e la media delle stazioni di traffico pari a $23 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Nel complesso, la concentrazione media è stata inferiore al 2022 di $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Con eccezione della stazione di fondo di LU-Capannori, presso la quale si sono verificati 37 eventi, al netto degli episodi di superamento per trasporto massivo di polveri da sorgenti naturali, in tutti gli altri siti gli eventi sono stati in numero molto contenuto, con massimo di 26 presso il sito PF di PT-Montale e 23 presso il sito UT di FI-Gramsci.

Si precisa che i dati medi riportati in tabella 4.1.1. e discussi sono calcolati su tutti i valori medi giornalieri comprensivi dei contributi dati dalle fonti naturali, mentre il numero di superamenti delle medie giornaliere di $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ è stato calcolato al netto del contributo dei fenomeni avvevativi di polveri da attribuire a fonti naturali (vedi Allegato 4). Questi contributi, infatti, non sono da considerare nel calcolo del numero di superamenti come previsto dall'applicazione della normativa europea.

4.1.1. Medie annuali di PM₁₀ Anno 2023

Di seguito il grafico e la mappa relativi ai valori medi di PM₁₀ che sono stati registrati nel 2023.

Grafico 4.1.1. PM₁₀ – Anno 2023 - Medie annuali PM₁₀

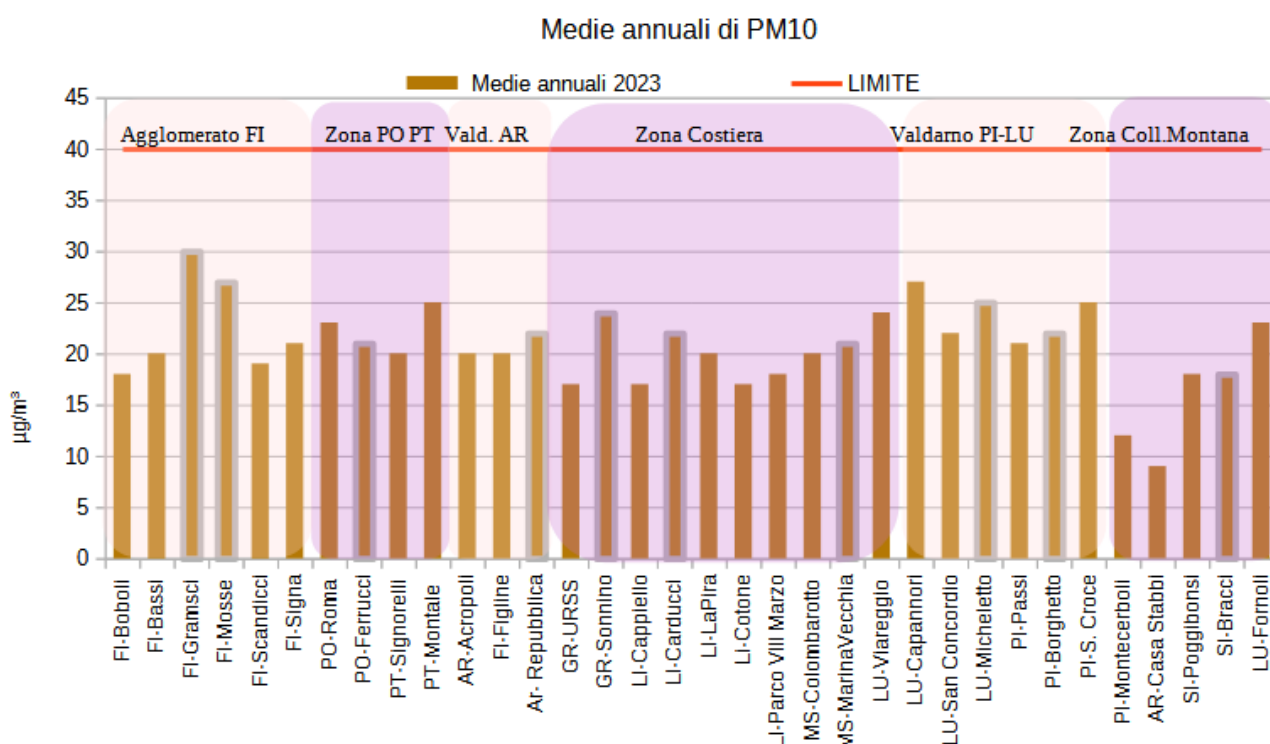
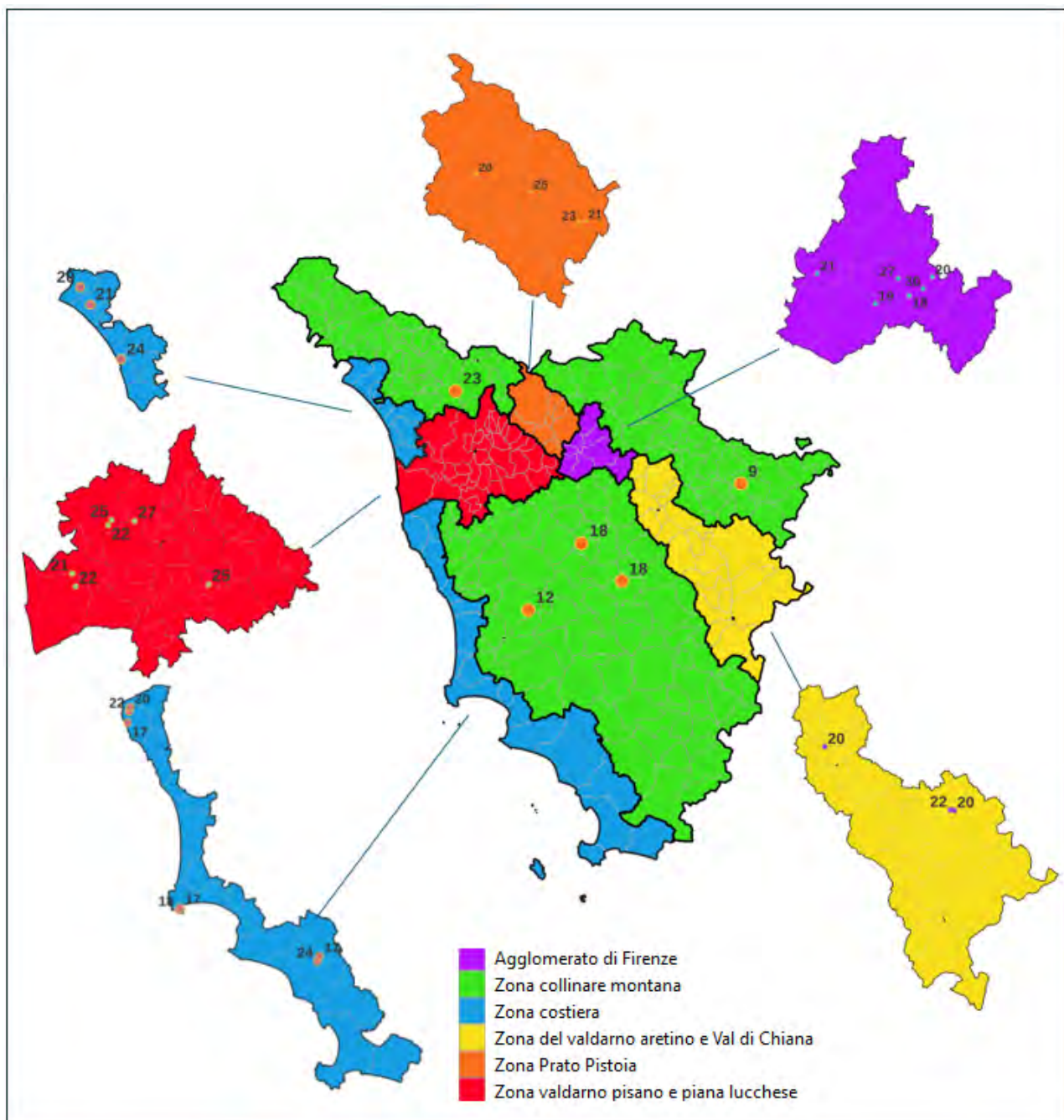
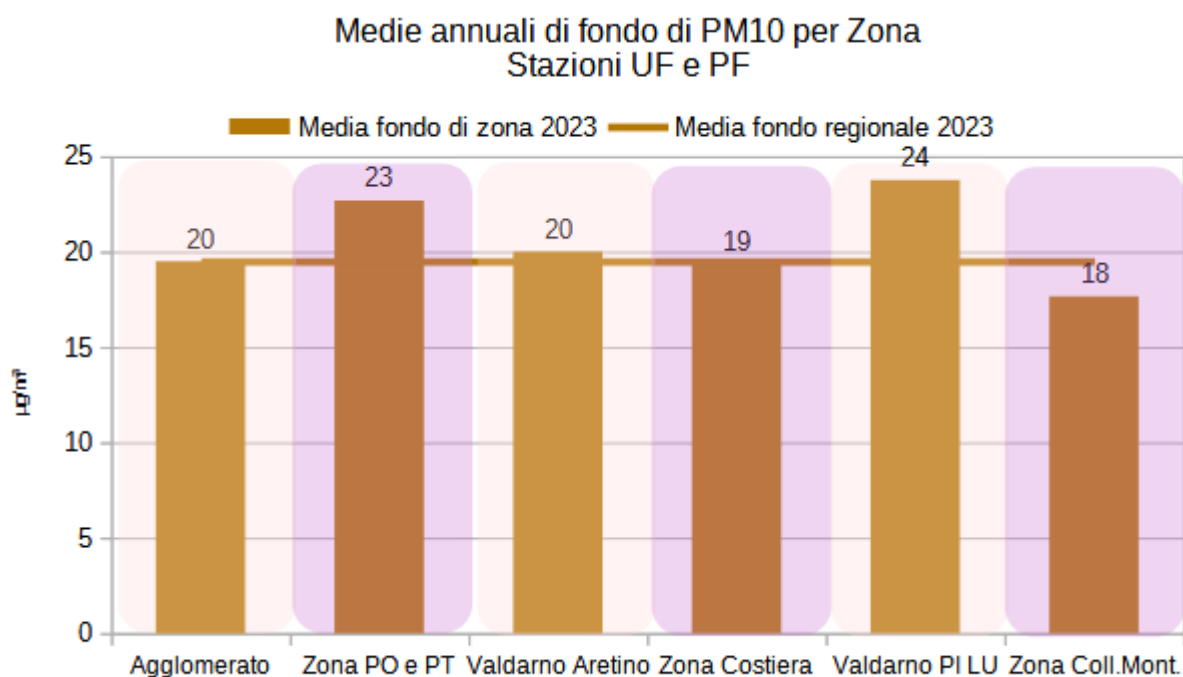


Figura 4.1.1. Medie annuali PM10 anno 2023



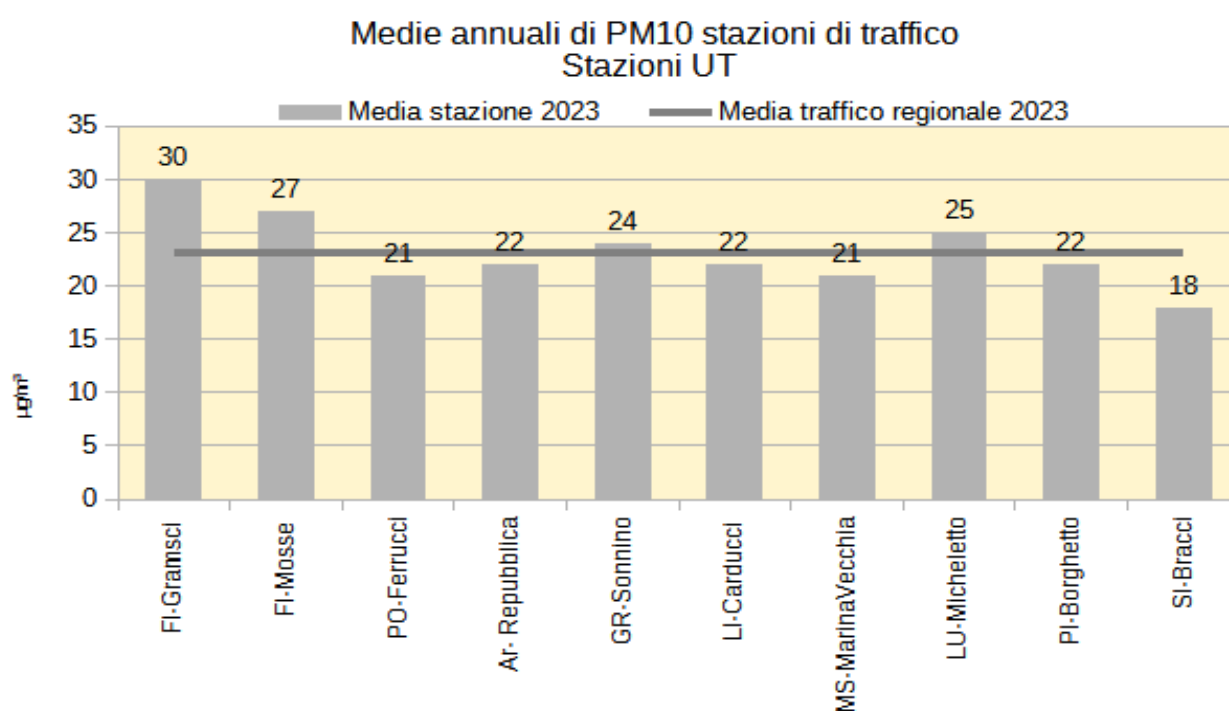
Le medie annuali per Zona delle concentrazioni di fondo, calcolate sulle stazioni urbane e periferiche ed escludendo quindi la stazione di fondo regionale di PM10 di AR-Casa Stabbi, sono riportate nel grafico seguente.

Grafico 4.1.2. PM10 – Anno 2023 - Medie fondo regionale per Zona di PM10 - Stazioni di fondo



In ciascuna porzione di territorio le medie del fondo sono state prossime alla media regionale di 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Si distinguono due zone con medie più elevate: la Zona Prato e Pistoia, con media pari a 23 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, e la Zona del Valdarno Pisano e Piana Lucchese, con media pari a 24 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, oltre alla Zona Collinare e Montana che ha la media pari a 18 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, inferiore rispetto alle altre zone.

Grafico 4.1.3. PM10 – Anno 2023 - Medie annuali di PM10 - Stazioni di traffico



Per quanto riguarda le stazioni di traffico, nonostante i valori medi siano stati contenuti e pari a $23 \mu\text{g}/\text{m}^3$, nel 2023 alcune stazioni hanno registrato medie piuttosto elevate: presso FI-Gramsci $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$, massima media regionale, e presso FI-Mosse $27 \mu\text{g}/\text{m}^3$, pari alla stazione di fondo LU-Capannori, che per il PM10 rappresenta da anni la criticità regionale.

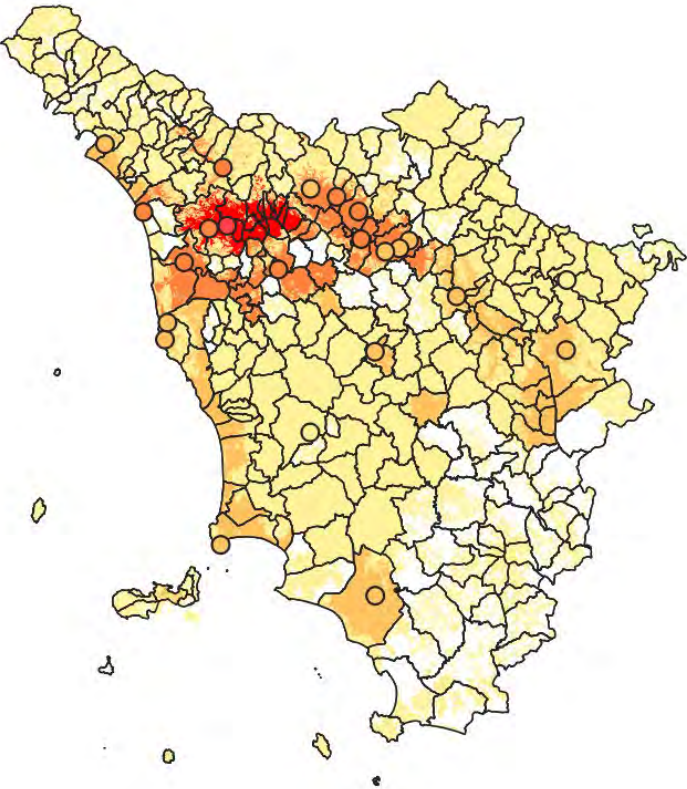
La Figura 4.1.2. evidenzia, come da colori in legenda, la distribuzione delle concentrazioni medie annuali del 2023 sul territorio toscano nelle stazioni di fondo. Lo sfondo colorato, dove presente, indica il territorio a cui è associata la rispettiva concentrazione.

La mappa è stata elaborata utilizzando i valori medi annui di PM10 delle stazioni di fondo e applicando la nuova rappresentatività spaziale delle stazioni di cui alla DGRT 228/2023 e al documento *“Elenco pubblicazioni inerenti la rappresentatività spaziale delle stazioni di rilevamento della qualità dell'aria - Regione Toscana”*.

La rappresentatività è stata ricondotta a livello comunale seguendo i seguenti criteri riportati in ordine di priorità:

1. i comuni che fanno parte delle aree di superamento sono rappresentati dalla stazione con i livelli più alti;
2. ogni stazione rappresenta il comune nel quale è ubicata, anche se questo non risulta dal calcolo della rappresentatività;
3. nell'Agglomerato di Firenze si assume cautelativamente il valore più alto tra quelli misurati;
4. la stazione di LU-Fornoli è considerata rappresentativa dell'unione dei comuni risultanti con i due metodi descritti nel documento citato;
5. per tutti gli altri comuni si fa riferimento alla stazione con la percentuale di copertura maggiore oppure, se le percentuali sono simili, alla stazione con il valore più alto;
6. a tutte le aree con uso del suolo di tipo naturale sono attribuiti i valori della stazione di fondo regionale AR-Casa Stabbi.

Figura 4.1.2. Distribuzione del PM10 sul territorio toscano nel 2023, stimata secondo le aree di rappresentatività delle stazioni di fondo



4.1.2. Medie giornaliere di PM10 Anno 2023

Di seguito si riporta la situazione toscana relativa ai superamenti della media giornaliera di PM10 registrati nel 2023.

Tabella 4.1.2. PM10 – Anno 2023 - N° Superamenti al netto ed al lordo del contributo da fonti naturali, stazioni di Rete Regionale.

Anno 2023			N° medie giornaliere > 50 µg/m³		
Zona	Class.	Nome stazione	Superamenti totali	Superamenti causati da con- tributo naturale	Superamenti al netto del contri- buto naturale
Agglomerato di Firenze	UF	FI-Boboli	1		1
	UF	FI-Bassi	5		5
	UT	FI-Gramsci	26	3	23
	UT	FI-Mosse	21	2	19
	UF	FI-Scandicci	3		3
	UF	FI-Signa	17		17
Zona Prato e Pistoia	UF	PO-Roma	23	1	22
	UT	PO-Ferrucci	13		13
	UF	PT-Signorelli	9		9
	SF	PT-Montale	27	1	26
Zona Valdarno Are- tino e Valdichiana	UF	AR-Acropoli	6		6
	UF	FI-Figline	5		5
	UT	Ar- Repubblica	5		5
Zona Costiera	UF	GR-URSS	0		0
	UT	GR-Sonnino	1	1	0
	UF	LI-Cappiello	1	1	0
	UT	LI-Carducci	1	1	0
	UF	LI-La Pira	1	1	0
	SI	Li-Cotone	1	1	0
	UF	LI-Parco 8 Marzo	1	1	0
	UF	MS-Colombarotto	0		0
	UT	MS-Marina Vecchia	1		1
Zona Valdarno Pisano e Piana Lucchese	UF	LU-Viareggio	17		17
	UF	LU-Capannori	38	1	37
	UF	LU-San Concordio	13		13
	UT	LU-Micheletto	19	1	18
	UF	PI-Passi	6		6
	UT	PI-Borghetto	8	1	7
Zona Collinare e Montana	SF	PI-Santa Croce	20	1	19
	SF	PI-Montecerboli	0		0
	R reg F	AR-Casa Stabbi	0		0
	UF	SI-Poggibonsi	0		0
	UT	SI-Bracci	0		0
	UF	LU-Fornoli	8		8

Nel 2023 gli episodi di trasporto di polveri per fenomeni naturali che hanno coinvolto la Toscana sono stati 17, ma soltanto 4 di questi hanno causato superamenti della media giornaliera di $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$, da sottrarsi al conteggio finale per il confronto con il limite. In 3 casi sono state coinvolte le stazioni dell'Agglomerato, in 4 le stazioni della Zona di Prato Pistoia, del Valdarno Pisano e Piana Lucchese e in 6 le stazioni della Zona Costiera. In nessun caso sono state coinvolte le stazioni del Valdarno Aretino o della Zona Collinare e Montana.

Grafico 4.1.4. PM10 – Anno 2023 -N° superamenti soglia $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ PM10 al lordo ed al netto del contributo delle fonti naturali

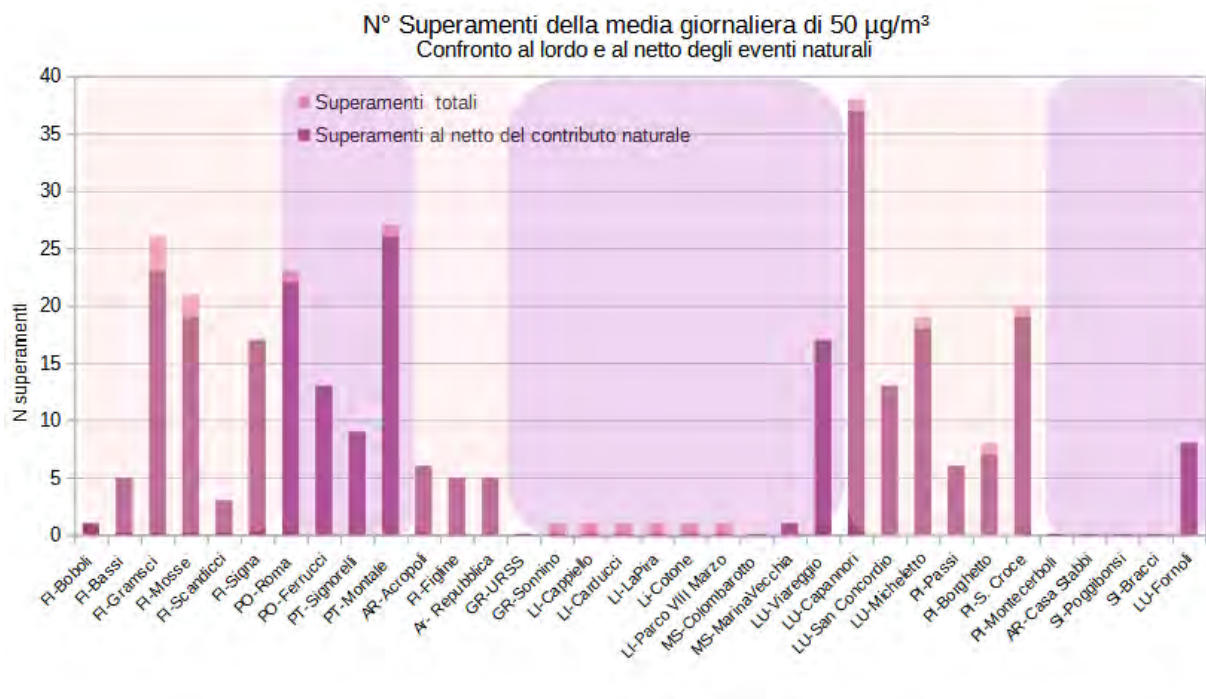


Grafico 4.1.5. PM10 – Anno 2023 -N° stazioni coinvolte in ciascuno dei superamenti causati dai fenomeni naturali

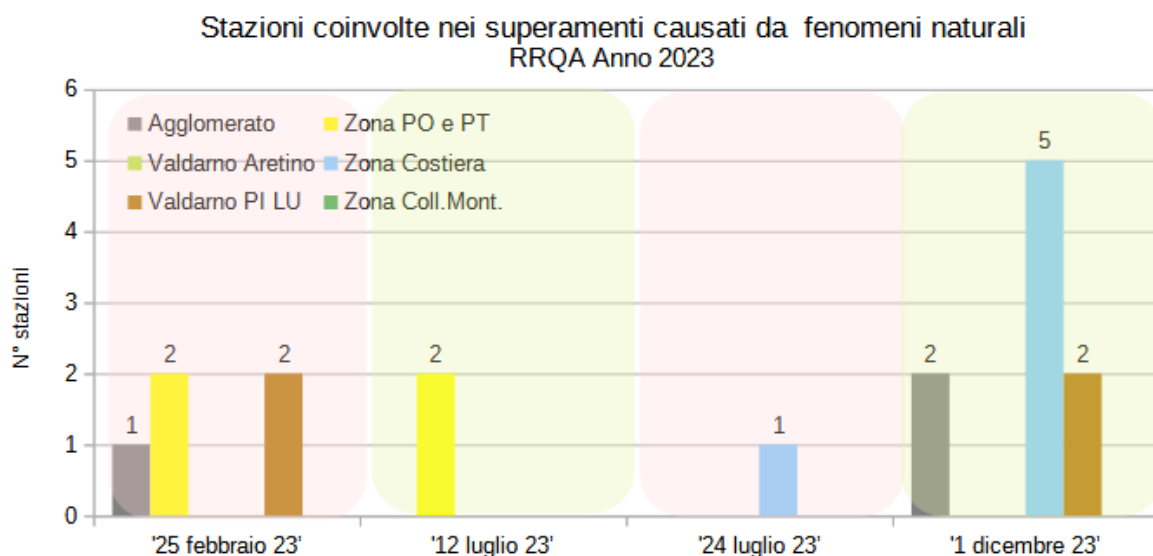
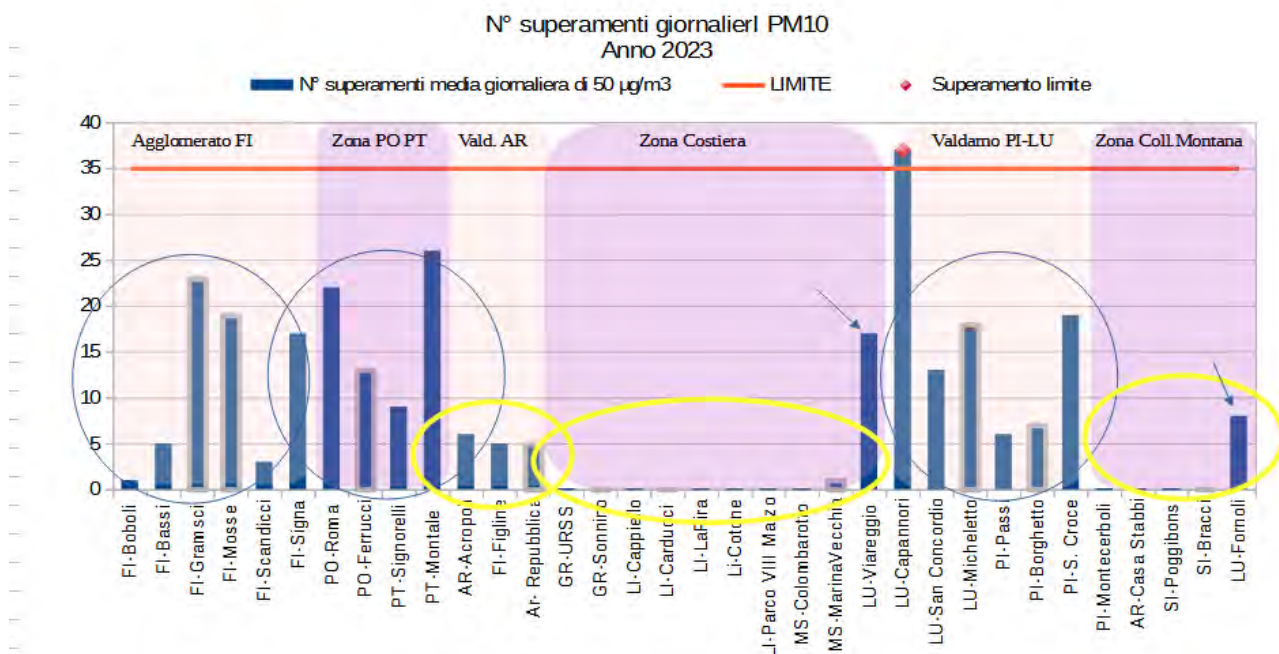


Grafico 4.1.6. PM10 – Anno 2023 - N° superamenti soglia 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ PM10



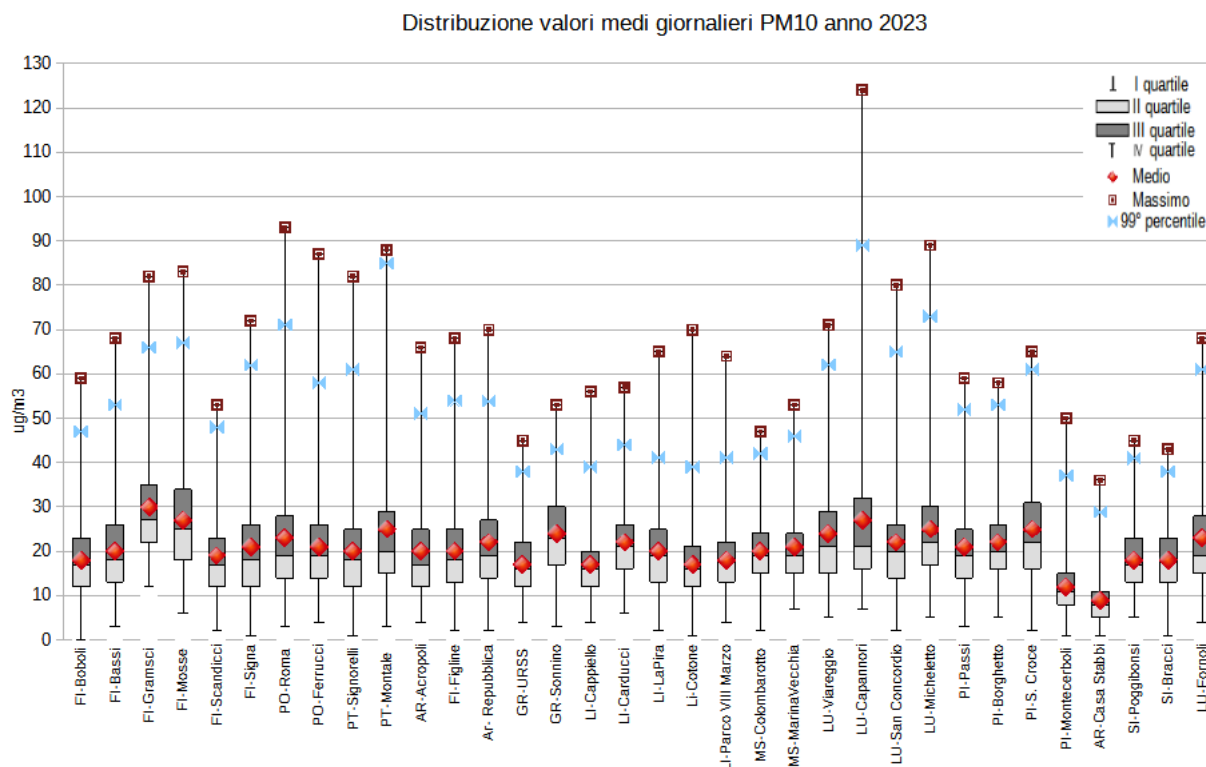
Il numero massimo di 35 superamenti della media giornaliera di 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ di PM10, indicato dal D.lgs.155/2010, è stato rispettato da tutte le stazioni delle Rete Regionale, con eccezione della sola stazione urbana di fondo di LU-Capannori, che ha registrato 37 superamenti (escluso l'evento attribuibile a fonti naturali).

Nel panorama regionale la situazione del 2023 è stata la seguente:

- la stazione di LU-Capannori, con 37 superamenti, numero di gran lunga superiore a tutte le stazioni, anche della stessa Zona del Valdarno Pisano e Piana Lucchese, rappresenta l'attuale criticità regionale;
- le stazioni dell'Agglomerato di Firenze e delle Zone di Prato e Pistoia e del Valdarno pisano e Piana lucchese sono state caratterizzate da superamenti diffusi ma in numero contenuto rispetto al limite;
- le stazioni del Valdarno Aretino e Valdichiana, della Zona Costiera e della Zona Collinare e Montana hanno registrato pochissimi superamenti, ad eccezione di LU-Viareggio e LU-Fornoli che rappresentano criticità locali;
- tra le stazioni di traffico, quelle delle Zone interne di Firenze, Prato e Lucca hanno registrato superamenti in numero nettamente superiore alle altre.

È stato elaborato il grafico box plot ottenuto calcolando alcune statistiche di base (media, mediana, percentili) della concentrazione di PM10 giornaliera sulle stazioni di Rete Regionale, con l'obiettivo di dare una rappresentazione sintetica della distribuzione statistica dei dati giornalieri. Il box rettangolare rappresentato nel grafico indica il range dal 25° al 50° percentile in grigio chiaro e dal 50° al 75° percentile in grigio scuro, comprendendo i valori di concentrazione media giornaliera registrata nel 50% dei giorni dell'anno, mentre i baffi inferiore e superiore indicano il primo ed il quarto quartile.

Grafico 4.1.7. PM10 -Distribuzione dei valori medi giornalieri 2023



Dal grafico appare che il 50% dei valori giornalieri di PM10 che caratterizzano ciascuna stazione occupano un range piuttosto ristretto intorno al valore medio (circa 10-15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ di PM10), e che il 75% di tutte le concentrazioni registrate è stata nettamente inferiore a 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Il baffo del quartile superiore è piuttosto esteso per quasi tutte le stazioni con i valori relativi al 99° percentile nettamente inferiori ai massimi valori.

4.1.3. Andamento indicatori di PM10

Si riportano di seguito gli andamenti dei 2 indicatori di PM10 per tutte le stazioni per cui è stato attivo il monitoraggio negli ultimi 10 anni.

Tabella 4.1.3. PM10 – Medie annuali - Andamenti 2014-2023 per le stazioni di Rete Regionale.

Classificazione e nome stazione		Medie annuali in mg/m ³ V.L. = 40 mg/m ³									
		2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
UF	FI-Boboli	19	22	18	18	18	18	18	17	19	18
UF	FI-Bassi	18	22	19	20	19	18	19	18	21	20
UT	FI-Gramsci	29	31	30	28	30	27	23	22	28	30
UT	FI-Mosse	23	24	22	22	24	21	20	21	26	27
UF	FI-Scandicci	20	23	21	22	21	20	20	19	21	19
UF	FI-Signa	25	26	24	23	22	22	22	20	22	21
UF	PO-Roma	25	28	26	25	24	23	23	22	23	23
UT	PO-Ferrucci	25	27	25	24	25	25	24	20	23	21
UF	PT-Signorelli	21	23	20	20	19	19	20	19	22	20
SF	PT-Montale	26	31	28	27	25	23	24	22	26	25
UF	AR-Acropoli	21	23	19	19	19	18	19	17	20	20
UF	FI-Figline	-	-	-	25	25	20	21	20	22	20
UT	Ar- Repubblica	27	30	25	24	23	23	27	22	24	22
UF	GR-URSS	17	17	17	17	18	17	15	16	19	17
UT	GR-Sonnino	-	-	26	24	27	24	22	23	25	24
UF	LI-Cappiello	17	18	18	17	17	17	16	16	16	17
UT	LI-Carducci	23	25	24	23	23	23	22	20	22	22
UF	LI-La Pira	*	21	19	19	18	18	17	17	18	20
SI	Li-Cotone	21	18	16	16	16	16	15	16	17	17
UF	LI-Parco 8 Marzo	*	19	17	17	17	18	17	18	19	18
UF	MS-Colombarotto	22	23	21	21	20	19	19	20	21	20
UT	MS-Marina Vecchia	-	*	22	21	20	19	19	21	19	21
UF	LU-Viareggio	24	27	26	26	22	24	25	24	25	24
UF	LU-Capannori	29	33	29	31	30	28	29	29	29	27
UF	LU-San Concordio	-	*	26	26	24	24	24	23	24	22
UT	LU-Micheletto	28	32	28	28	25	26	26	26	28	25
UF	PI-Passi	21	25	22	22	21	22	21	19	21	21
UT	PI-Borghetto	25	29	27	27	26	25	23	22	23	22
SF	PI-Santa Croce	27	29	26	25	24	24	25	24	26	25
SF	PI-Montecerboli	8	11	10	11	12	11	11	11	13	12
R reg F	AR-Casa Stabbi	11	11	10	10	11	10	10	9	10	9
UF	SI-Poggibonsi	18	20	18	19	18	19	18	18	20	18
UT	SI-Bracci	*	21	21	19	18	18	18	17	19	18
UF	LU-Fornoli	23	25	22	22	21	23	22	22	25	23

* efficienza minore del 90% ,
- parametro non attivo.

I dati in tabella e nel grafico mostrano che i valori medi di PM10 registrati in tutte le 34 stazioni di Rete Regionale negli ultimi 10 anni sono stati inferiori al limite di legge per tutte le tipologie di stazione.

Grafico 4.1.8a. PM10 – Medie annuali – Andamenti 2014-2023 per le stazioni di Rete Regionale per Zona

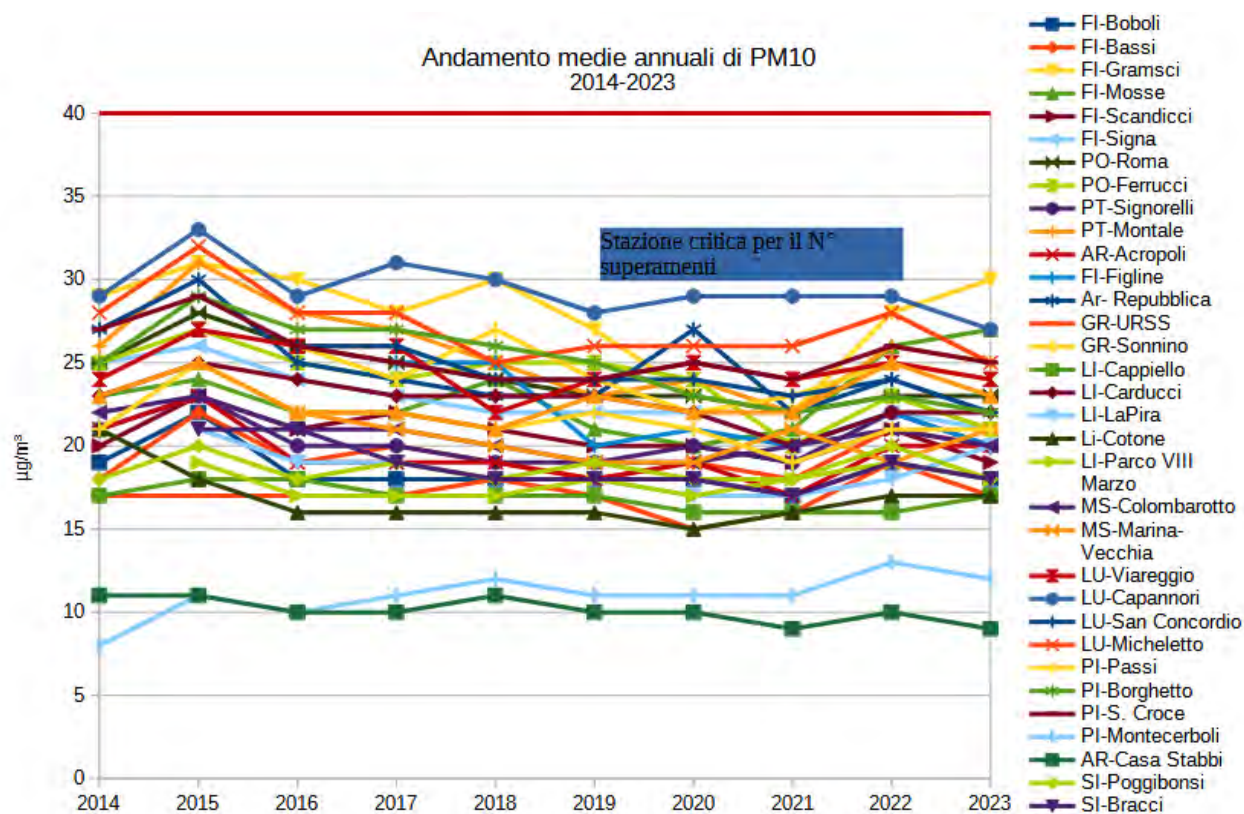


Grafico 4.1.8b. PM10 – Medie annuali – Andamenti 2014-2023 per le stazioni di traffico di Rete Regionale

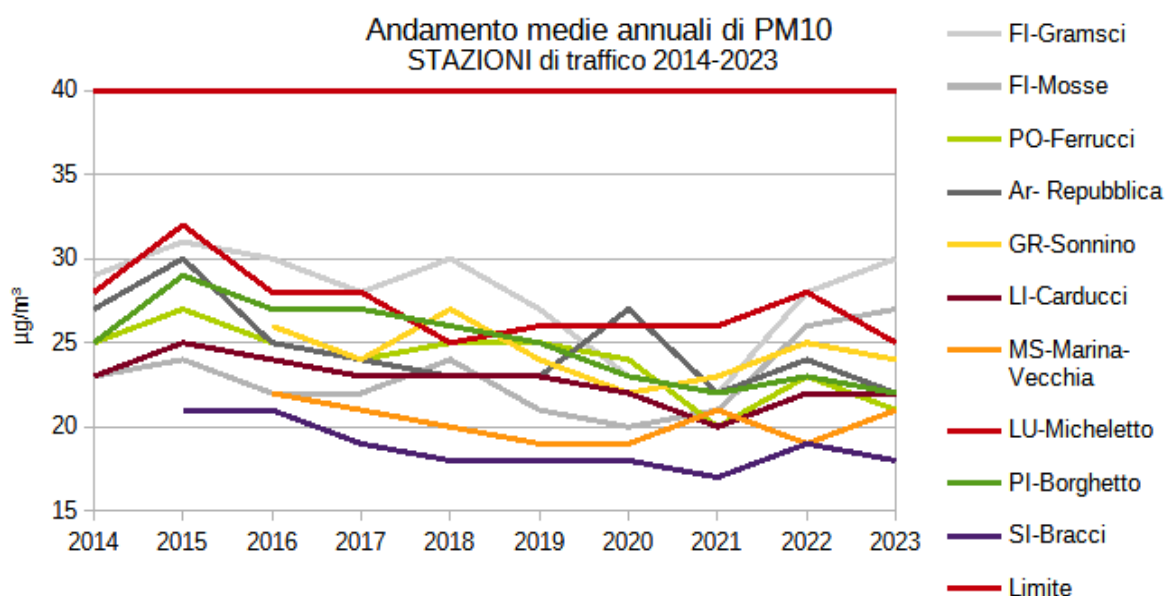


Grafico 4.1.8c. PM10 – Medie annuali – Andamenti 2014-2023 per le stazioni di fondo dell'Agglomerato di Firenze

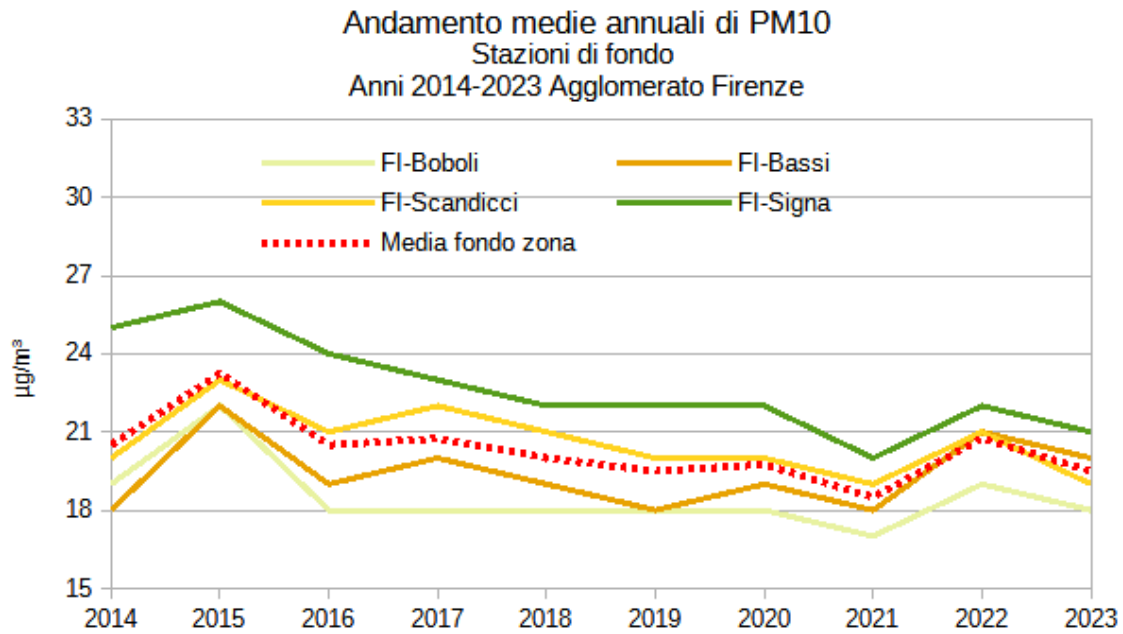


Grafico 4.1.8d. PM10 – Medie annuali – Andamenti 2014-2023 per le stazioni di fondo della Zona di Prato e Pistoia

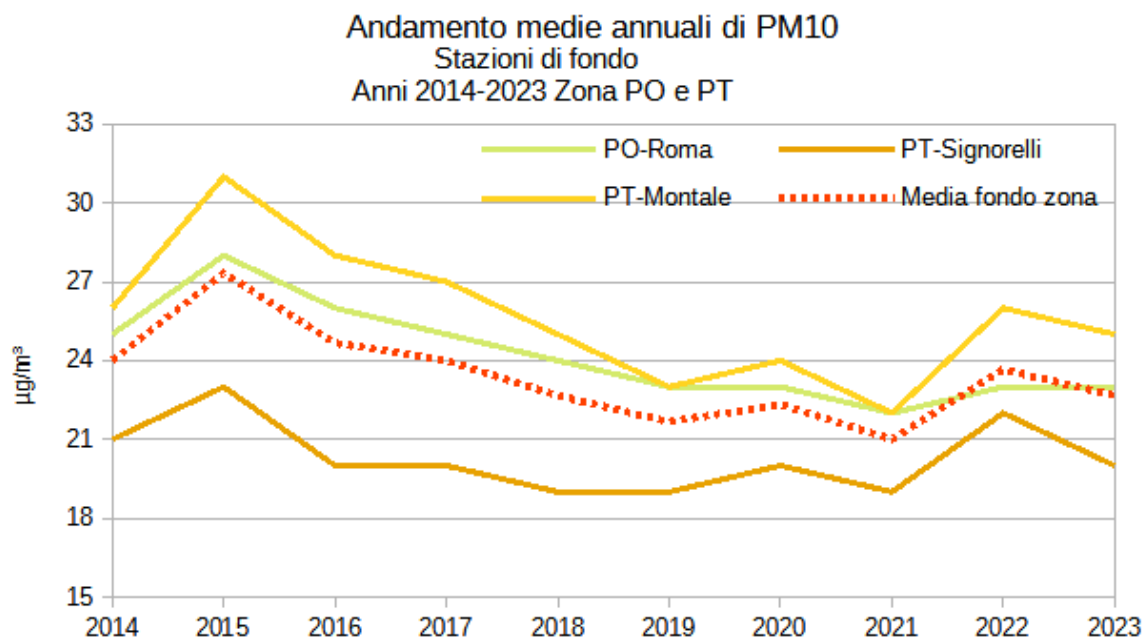


Grafico 4.1.8e. PM10 – Medie annuali – Andamenti 2014-2023 per le stazioni di fondo della Zona del Valdarno Aretino e Valdichiana

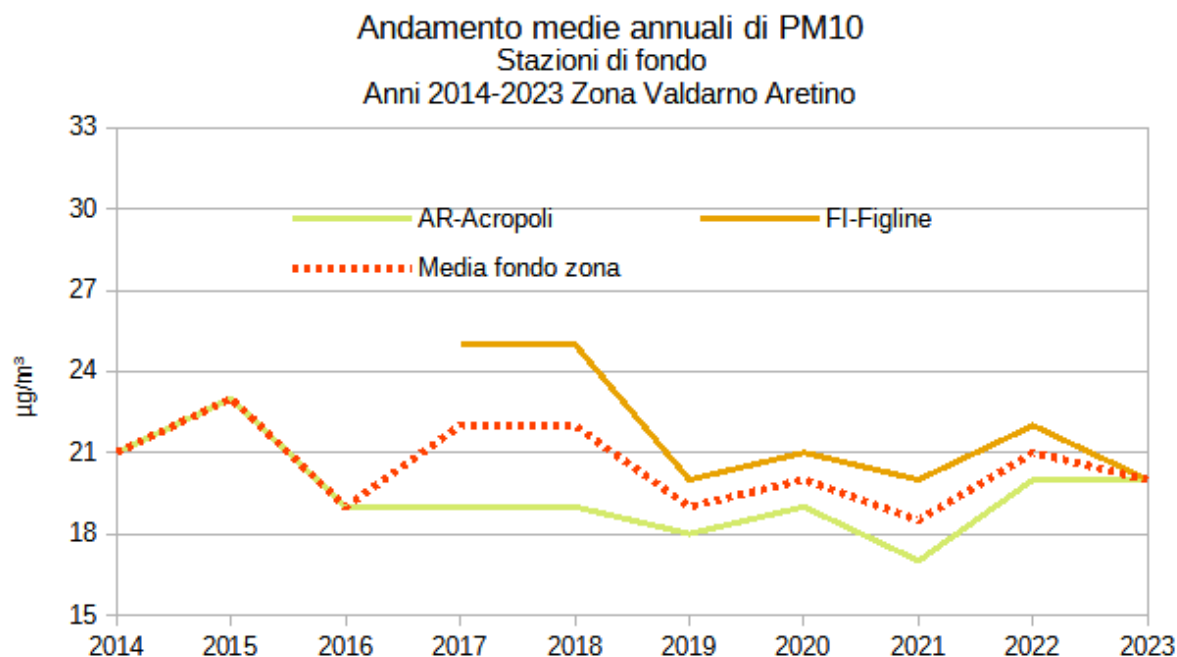


Grafico 4.1.8f. PM10 – Medie annuali – Andamenti 2014-2023 per le stazioni di fondo della Zona Costiera

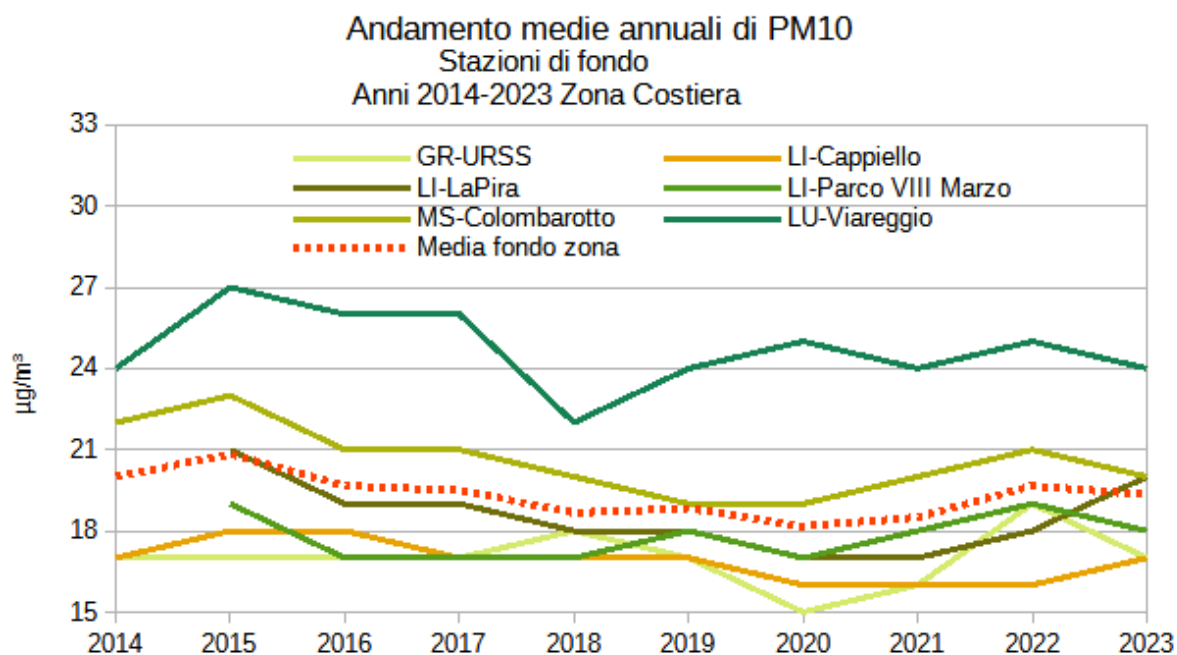


Grafico 4.1.8g. PM10 – Medie annuali – Andamenti 2014-2023 per le stazioni di fondo della Zona del Valdarno Pisano e Piana Lucchese

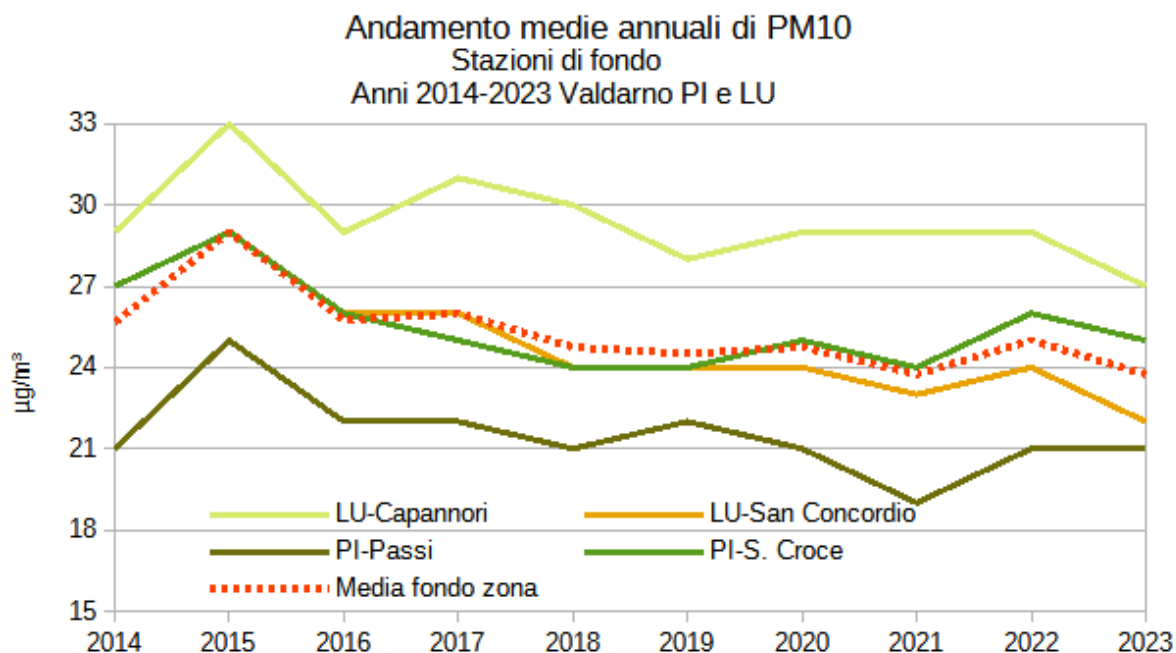
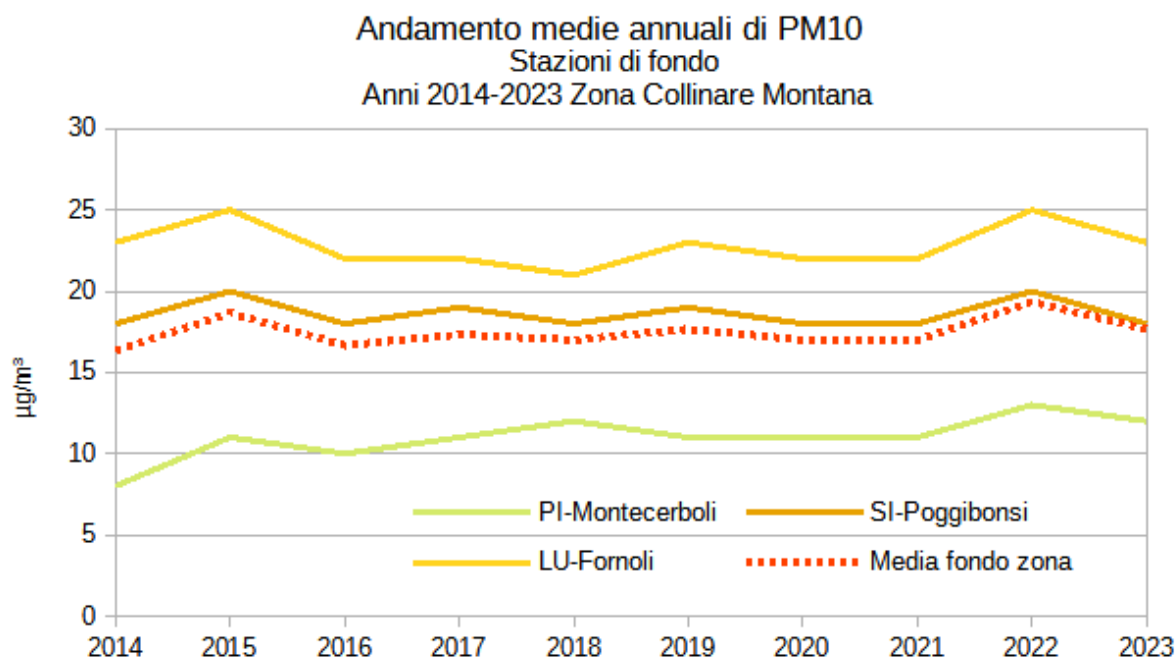
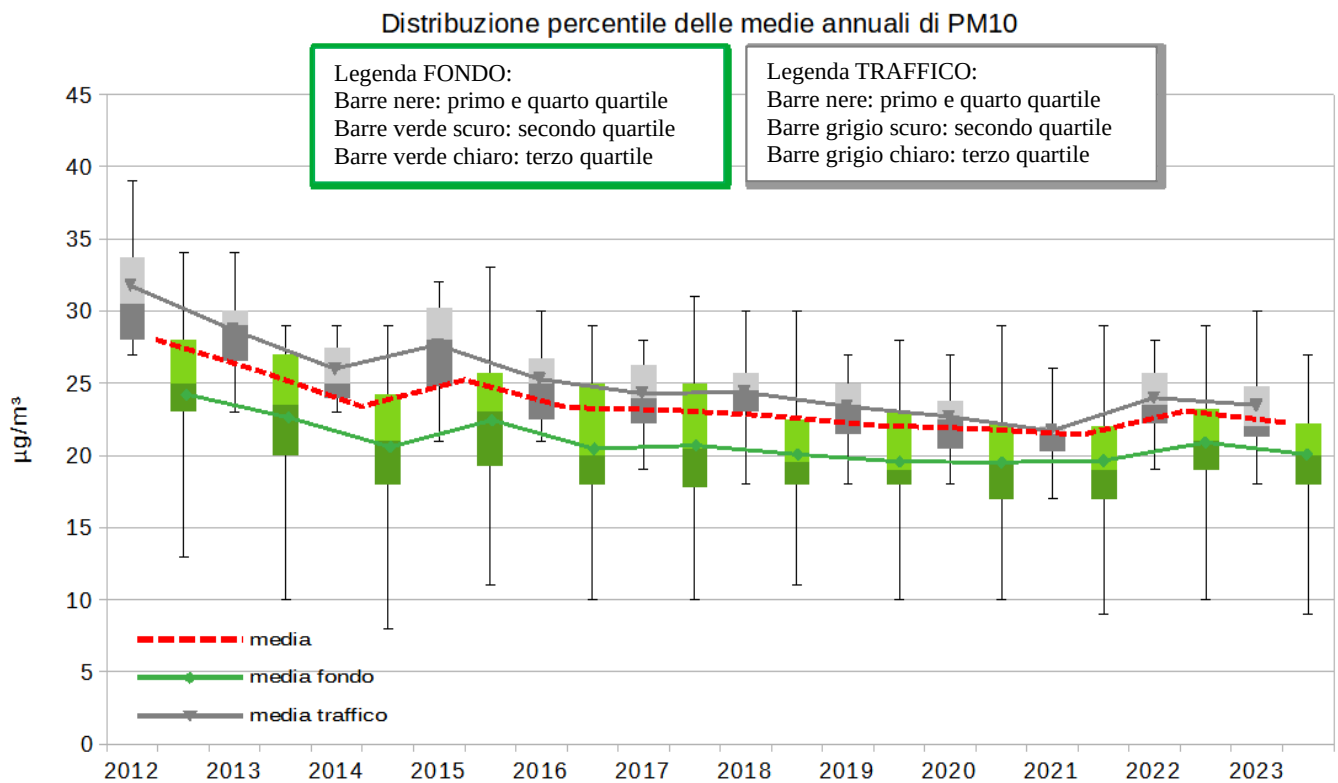


Grafico 4.1.8h. PM10 – Medie annuali – Andamenti 2014-2023 per le stazioni di fondo della Zona Collinare e Montana



Il seguente grafico evidenzia l'andamento dei valori delle medie annuali conteggiate su tutte le stazioni suddivise per tipologia. È evidente il pieno e costante rispetto del limite di normativa, pari a $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Grafico 4.1.9. PM10 Range dei valori medi annuali stazioni traffico e fondo



**Tabella 4.1.4. PM10 – n° superamenti valore giornaliero di 50 µg/m³
Andamento 2014-2023 per le stazioni di Rete Regionale**

Classificazione e nome stazione		N° superamenti media giornaliera di 50 µg/m ³ V.L. = 35 gg/anno									
		2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
UF	FI-Boboli	3	5	5	6	3	4	5	5	1	1
UF	FI-Bassi	4	9	12	10	2	5	7	4	3	5
UT	FI-Gramsci	19	26	24	22	20	13	15	7	4	23
UT	FI-Mosse	11	14	16	16	12	10	13	8	13	19
UF	FI-Scandicci	5	10	15	15	7	12	9	8	3	3
UF	FI-Signa	26	33	26	21	19	15	25	14	10	17
UF	PO-Roma	30	40	31	23	21	21	25	14	14	22
UT	PO-Ferrucci	28	34	26	25	22	24	27	10	9	13
UF	PT-Signorelli	12	15	10	10	8	6	14	8	5	9
SF	PT-Montale	32	57	43	36	26	20	28	18	20	26
UF	AR-Acropoli	9	19	8	9	2	4	10	1	0	6
UF	FI-Figline	-	-	*	28	12	14	20	7	7	5
UT	Ar- Repubblica	31	34	27	18	14	11	33	10	11	5
UF	GR-URSS	3	0	0	0	0	2	0	0	0	0
UT	GR-Sonnino	-	*	10	0	10	4	0	0	1	0
UF	LI-Cappiello	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
UT	LI-Carducci	0	2	2	2	0	1	1	0	0	0
UF	LI-La Pira	*	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SI	Li-Cotone	8	0	0	0	0	2	0	0	0	0
UF	LI-Parco 8 Marzo	*	0	0	0	0	2	0	0	0	0
UF	MS-Colombarotto	2	1	4	0	3	0	1	1	2	0
UT	MS-Marina Vecchia	-	*	10	5	3	1	3	1	2	1
UF	LU-Viareggio	11	26	25	21	6	11	20	11	12	17
UF	LU-Capannori	60	68	44	55	53	38	51	44	40	37
UF	LU-San Concordio	-	*	33	29	15	15	23	13	7	13
UT	LU-Micheletto	34	52	35	33	19	21	33	19	16	18
UF	PI-Passi	10	14	14	10	8	11	8	4	3	6
UT	PI-Borghetto	18	34	24	15	8	15	14	5	3	7
SF	PI-Santa Croce	22	40	30	26	11	22	28	18	10	19
SF	PI-Montecerboli	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
R reg F	AR-Casa Stabbi	4	0	1	0	0	0	0	0	0	0
UF	SI-Poggibonsi	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
UT	SI-Bracci	*	2	4	0	0	1	0	0	0	0
UF	LU-Fornoli	20	30	30	21	14	10	11	6	11	8

* efficienza minore del 90% , - parametro non attivo.

Grafico 4.1.10a. PM10 – N° superamenti valore giornaliero 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Andamento 2014-2023 per le stazioni di Rete Regionale

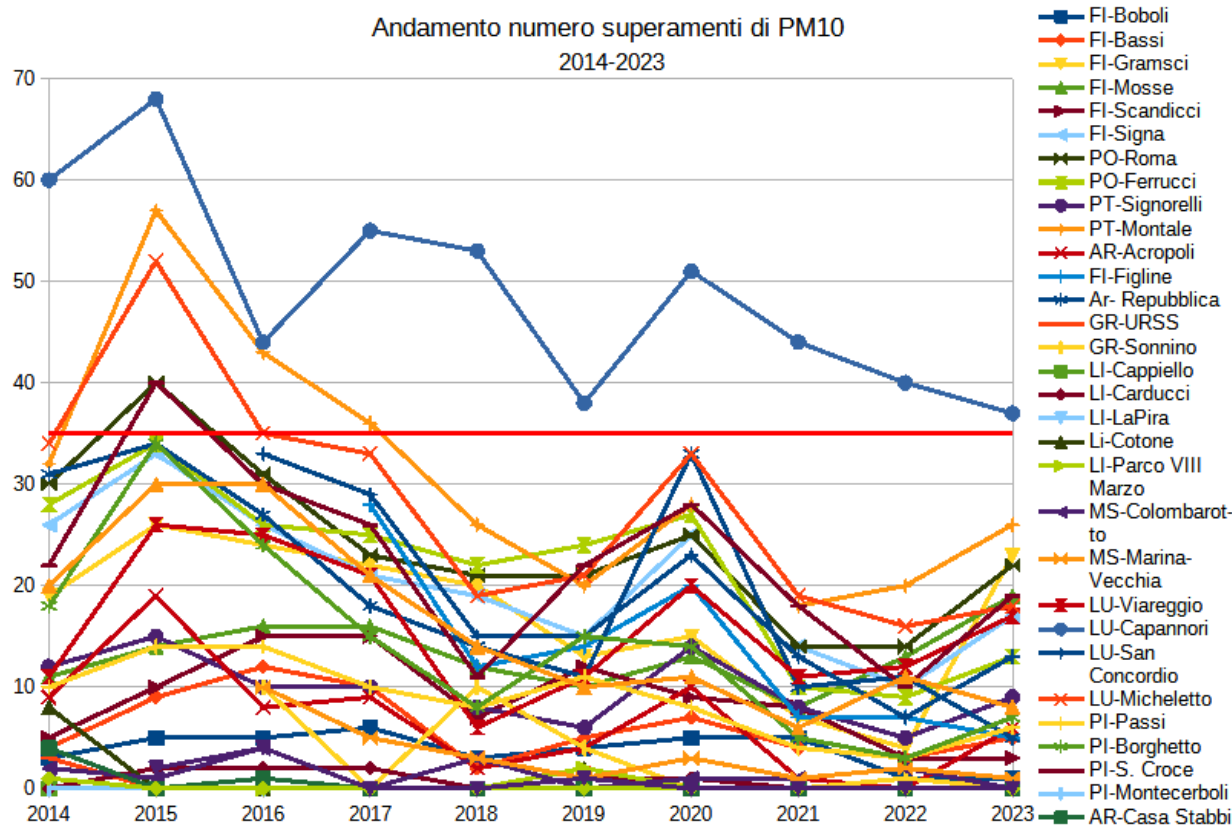


Grafico 4.1.10b. PM10 – N° superamenti valore giornaliero 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Andamento 2014-2023 per le stazioni di traffico

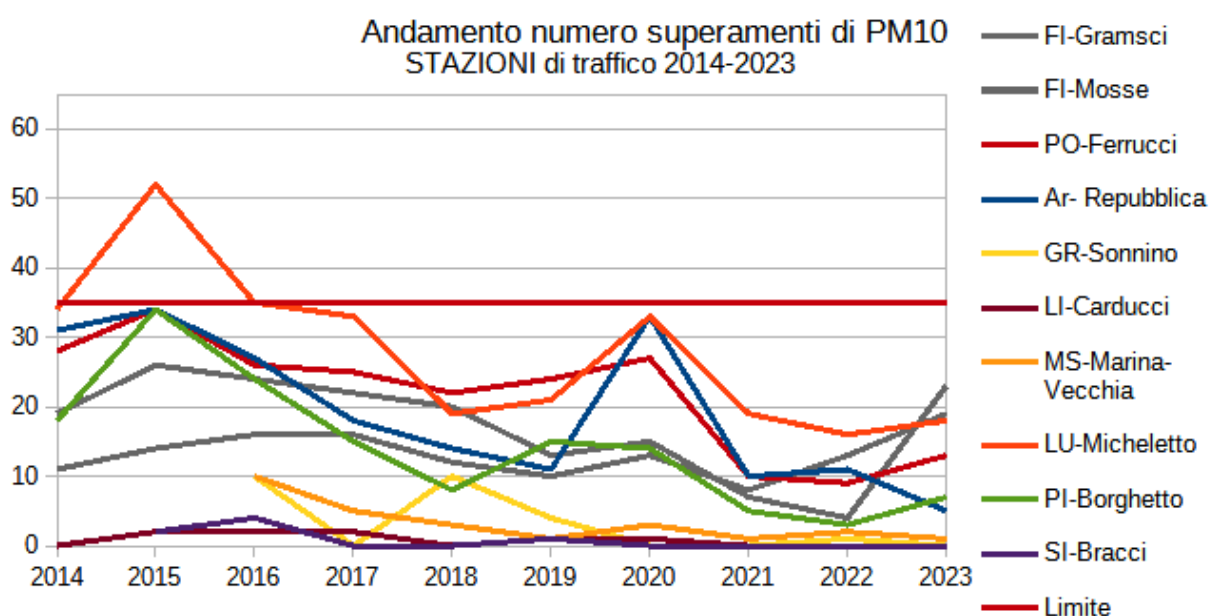


Grafico 4.1.10c. PM10 – N° superamenti valore giornaliero 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Andamento 2014-2023 per le stazioni di fondo dell'Agglomerato di Firenze

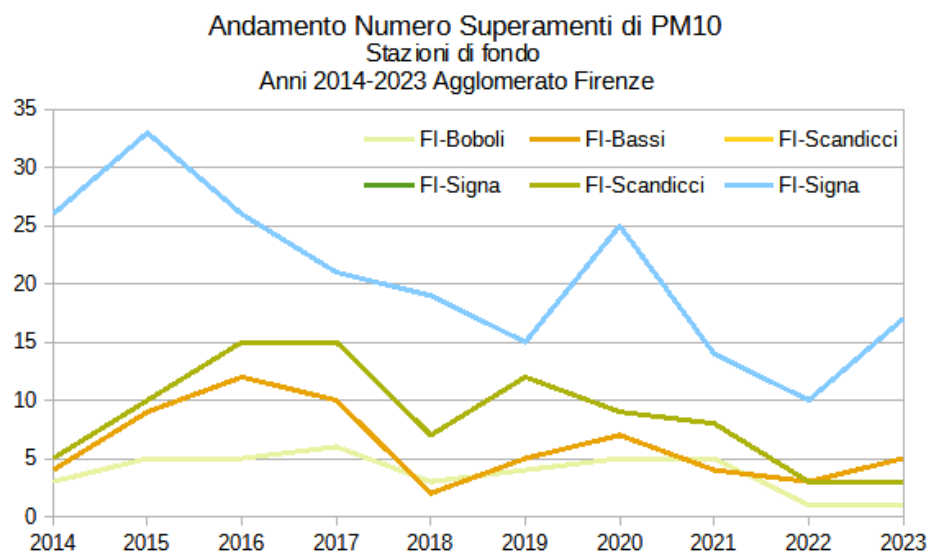


Grafico 4.1.10d. PM10 – N° superamenti valore giornaliero 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Andamento 2014-2023 per le stazioni di fondo della Zona di Prato e Pistoia

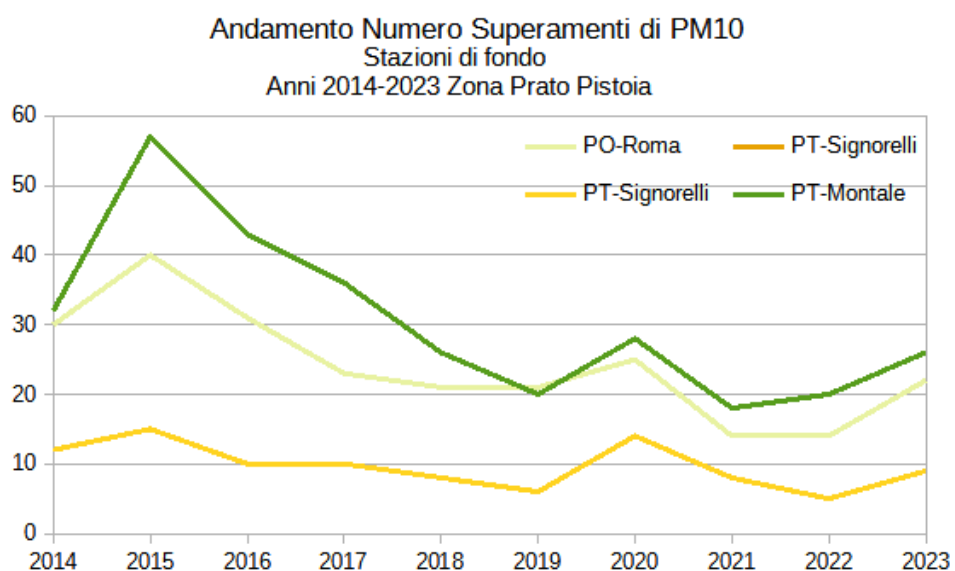


Grafico 4.1.10e. PM10 – N° superamenti valore giornaliero 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Andamento 2014-2023 per le stazioni di fondo della Zona del Valdarno Aretino e Valdichiana

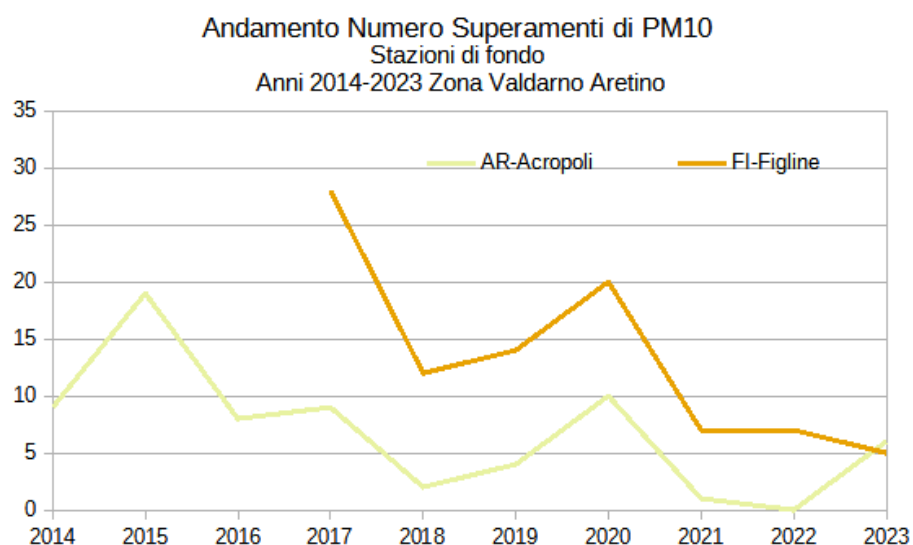


Grafico 4.1.10f. PM10 – N° superamenti valore giornaliero 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Andamento 2014-2023 per le stazioni di fondo della Zona Costiera

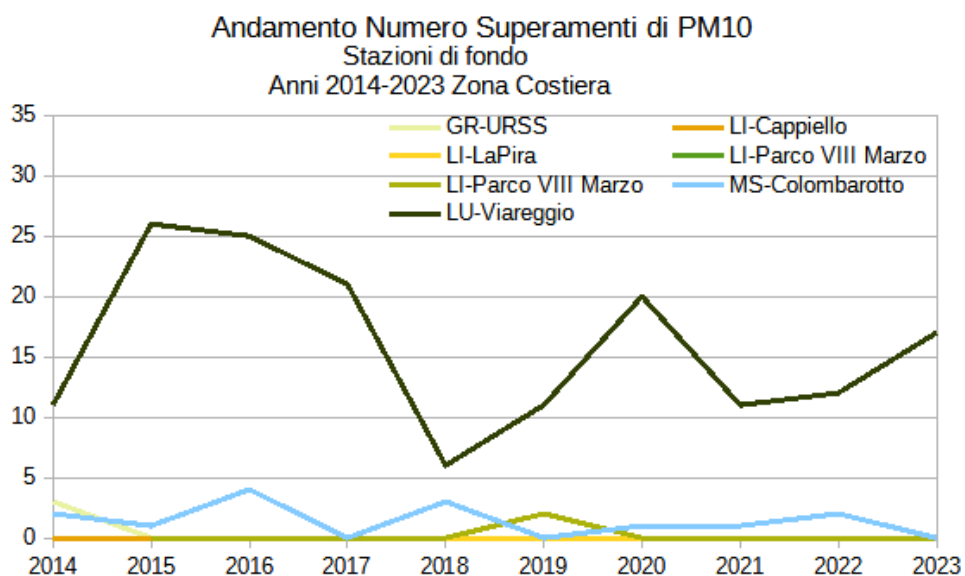
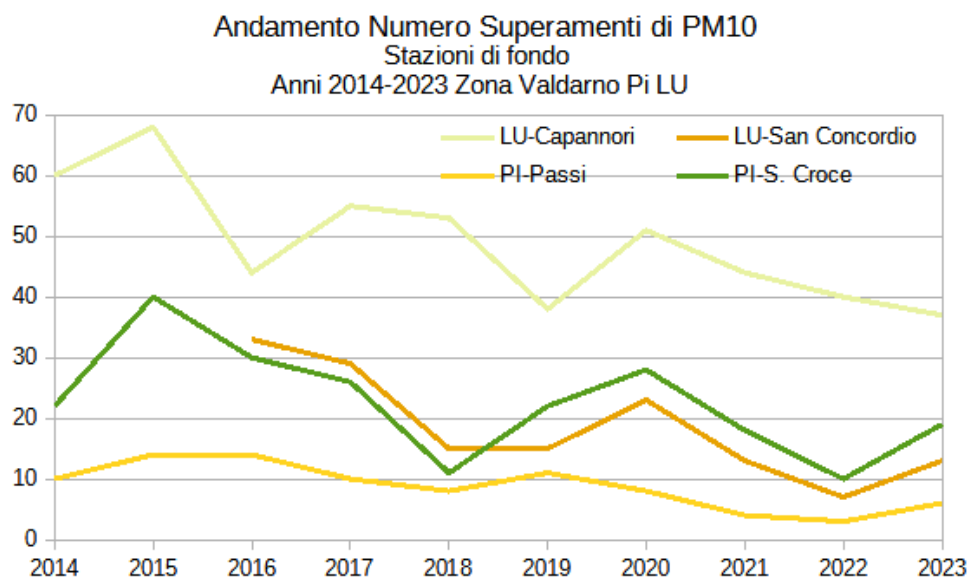
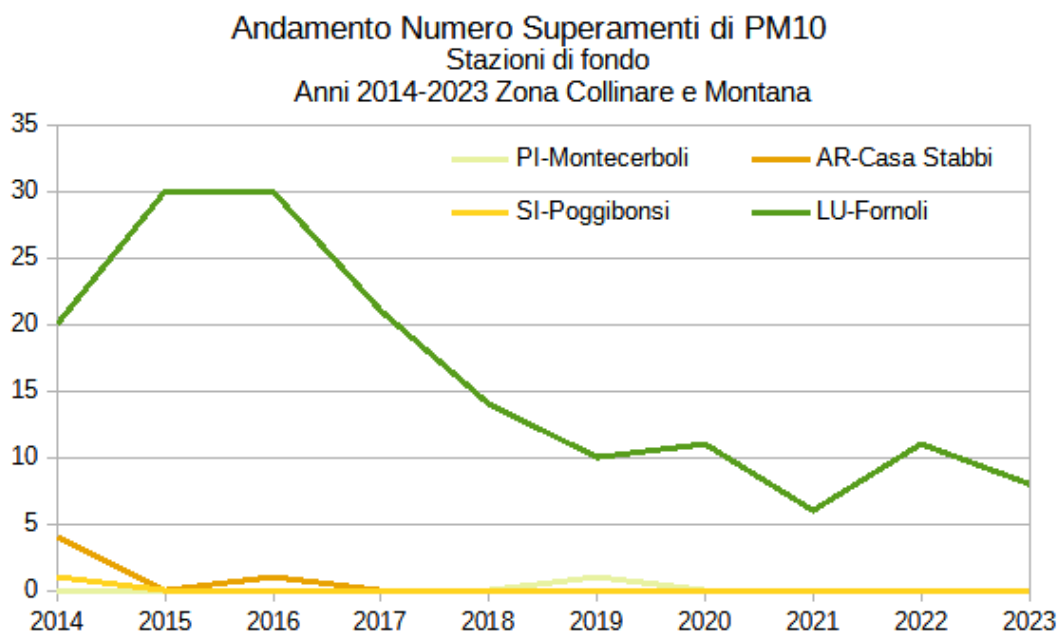


Grafico 4.1.10g. PM10 – N° superamenti valore giornaliero 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
 Andamento 2014-2023 per le stazioni di fondo della Zona del Valdarno Pisano e Piana



Lucchese

Grafico 4.1.10h. PM10 – N° superamenti valore giornaliero 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
 Andamento 2014-2023 per le stazioni di fondo della Zona Collinare e Montana

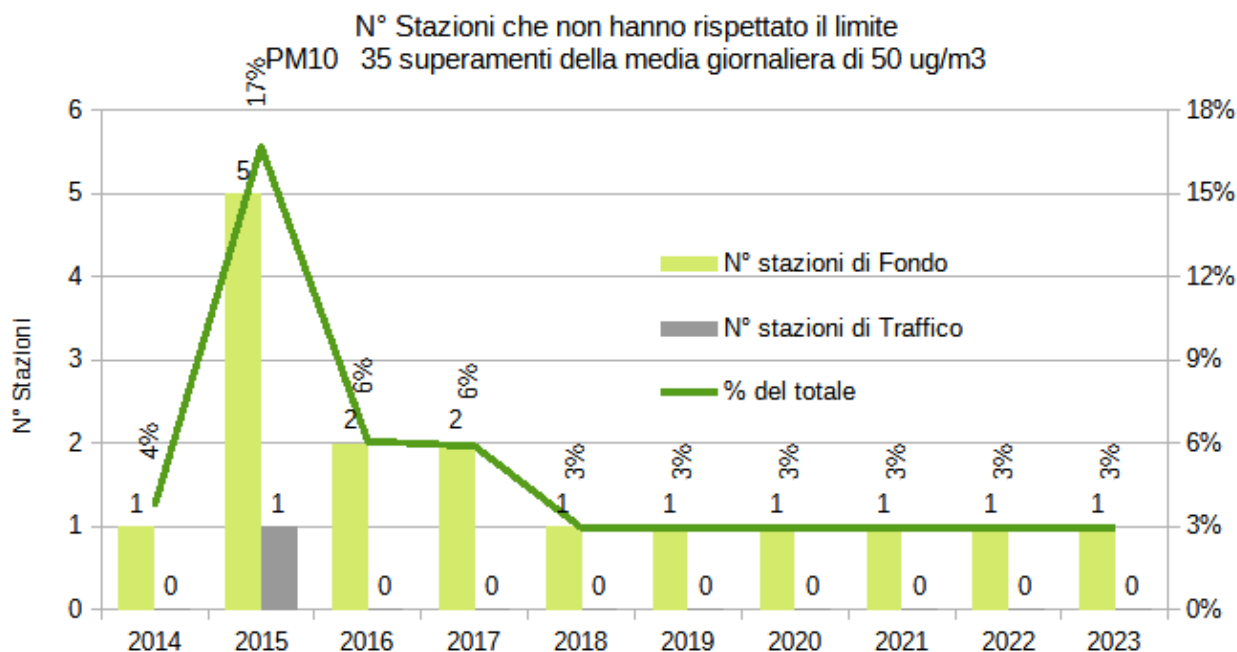


Differentemente da quanto avviene per le medie annuali di PM10, il numero dei superamenti registrati dalle stazioni di Rete Regionale nei diversi siti di Rete Regionale presenta in molti casi differenze significative di anno in anno. Il numero di stazioni che non hanno rispettato il limite annuale di 35 superamenti è diminuito nettamente negli ultimi anni, e negli ultimi 6 anni il fenomeno in Toscana riguarda soltanto una stazione di fondo. Di seguito è riportata la percentuale di stazioni che non ha rispettato il limite dei 35 superamenti negli ultimi 10 anni.

Tabella 4.1.5. PM10 – Andamento della percentuale di stazioni che non hanno rispettato il limite nell'ultimo decennio

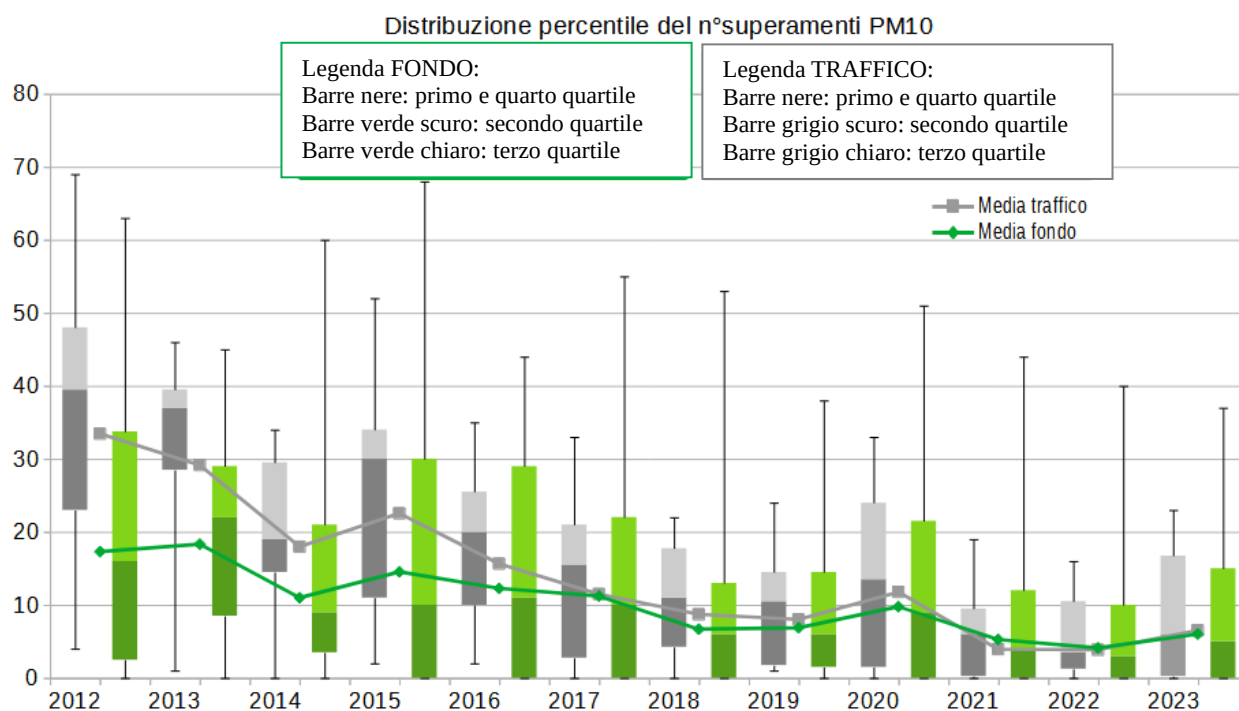
	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
N° stazioni di Fondo	1	5	2	2	1	1	1	1	1	1
N° stazioni di Traffico	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
% del totale	4%	17%	6%	6%	3%	3%	3%	3%	3%	3%

Grafico 4.1.11. PM10 – Andamento della percentuale di stazioni che non hanno rispettato il limite nell'ultimo decennio



Il seguente grafico evidenzia l'andamento dei valori medi, massimi e minimi del numero di superamenti annuali, conteggiato su tutte le stazioni suddivise per tipologia. Le barre indicano l'intervallo di variazione annuale tra massimo e minimo, molto più ampio per il fondo rispetto al traffico, mentre le linee indicano i valori medi annuali.

Grafico 4.1.12. PM10 – Distribuzione del numero di superamenti del limite giornaliero



4.2. Particolato PM_{2,5}.

Il valore limite indicato dalla normativa vigente per il PM_{2,5}, pari alla media annuale di 25 µg/m³, è stato rispettato nel 2023 in tutto il territorio regionale confermandone il pieno rispetto dall'inizio del monitoraggio di questo parametro. La valutazione degli indicatori rilevati nel 2023 rispetto alla futura direttiva europea è riportata in allegato 3.

Tabella 4.2.1. PM_{2.5} Anno 2023 - Indicatori relativi alle stazioni di Rete Regionale

Zona	Classificazione	Provincia e Comune		Nome stazione	Media annuale (µg/m ³)	V.L.
Agglomerato di Firenze	UF	FI	Firenze	FI-Bassi	11	25
	UT	FI	Firenze	FI-Gramsci	14	
Zona Prato Pistoia	UF	PO	Prato	PO-Roma	16	
	UT	PO	Prato	PO-Ferrucci	12	
	SF	PT	Montale	PT-Montale	17	
Zona Valdarno Aretino e Valdichiana	UF	AR	Arezzo	AR-Acropoli	13	
Zona Costiera	UF	GR	Grosseto	GR-URSS	9	
	UF	LI	Livorno	LI-Cappiello	8	
	UT	LI	Livorno	LI-Carducci	10	
	UT	MS	Massa	MS-Marina Vecchia	12	
	UF	LU	Viareggio	LU-Viareggio	13	
Zona Valdarno Pisano e Piana Lucchese	UF	LU	Capannori	LU-Capannori	18	
	UF	PI	Pisa	PI-Passi	12	
	UT	PI	Pisa	PI-Borghetto	13	
Zona Collinare e Montana	UF	SI	Poggibonsi	SI-Poggibonsi	11	
Media regionale PM _{2,5} (µg/m ³)					12.6	
Media regionale stazioni di tipo fondo (µg/m ³)					12.8	
Media regionale stazioni di tipo traffico (µg/m ³)					12.2	

La tabella evidenzia che il limite normativo di 25 µg/m³ per la media annuale è stato rispettato in tutte le stazioni della Rete Regionale, con ampio scarto. Nel 2023 la media massima di PM_{2,5} è stata registrata presso LU-Capannori, fondo della Zona del Valdarno pisano e Piana lucchese, e la media regionale complessiva è pari a 12,8 µg/m³. Per questo inquinante tipicamente secondario, le medie regionali del traffico sono state leggermente inferiori a quella del fondo.

Per la media annuale di LU-Capannori, la massima media regionale è nel 2023 pari a 18 µg/m³, inferiore del 10% rispetto al valore di 20 µg/m³ registrato nel 2021 e nel 2022.

4.2.1. Medie annuali di PM_{2,5} Anno 2023

I grafici seguenti mostrano i valori medi di PM_{2,5} registrati nel 2023 in Toscana.

Grafico 4.2.1. PM_{2,5} – Anno 2023 - Medie annuali PM_{2,5}

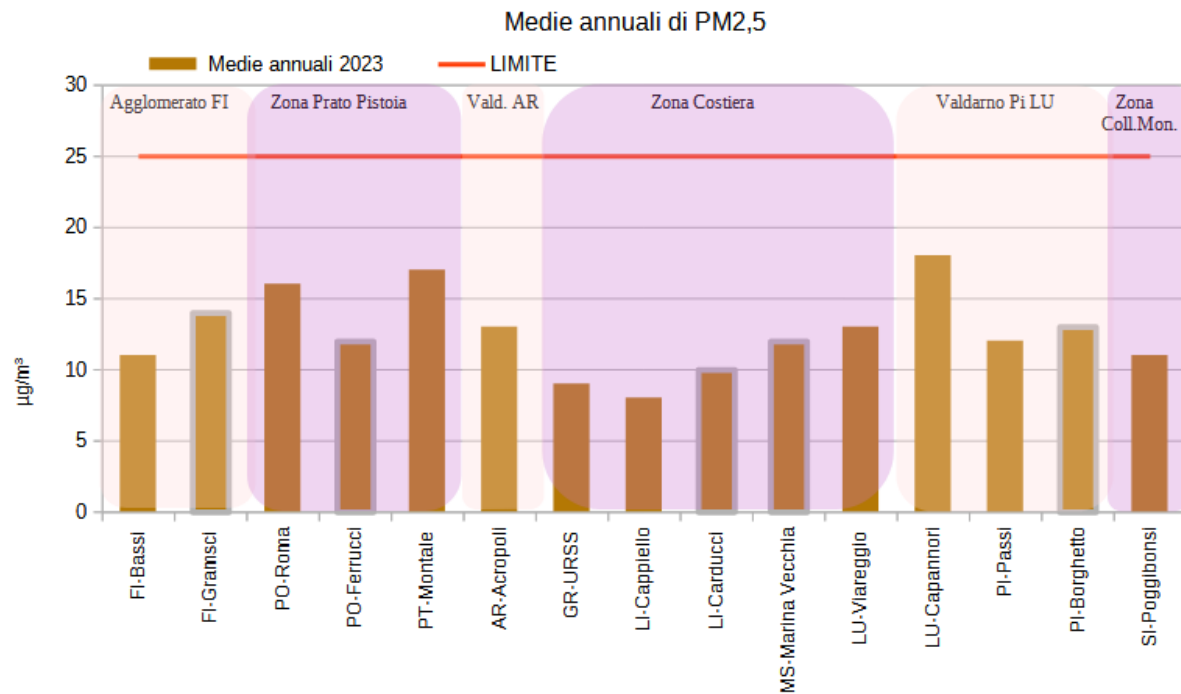
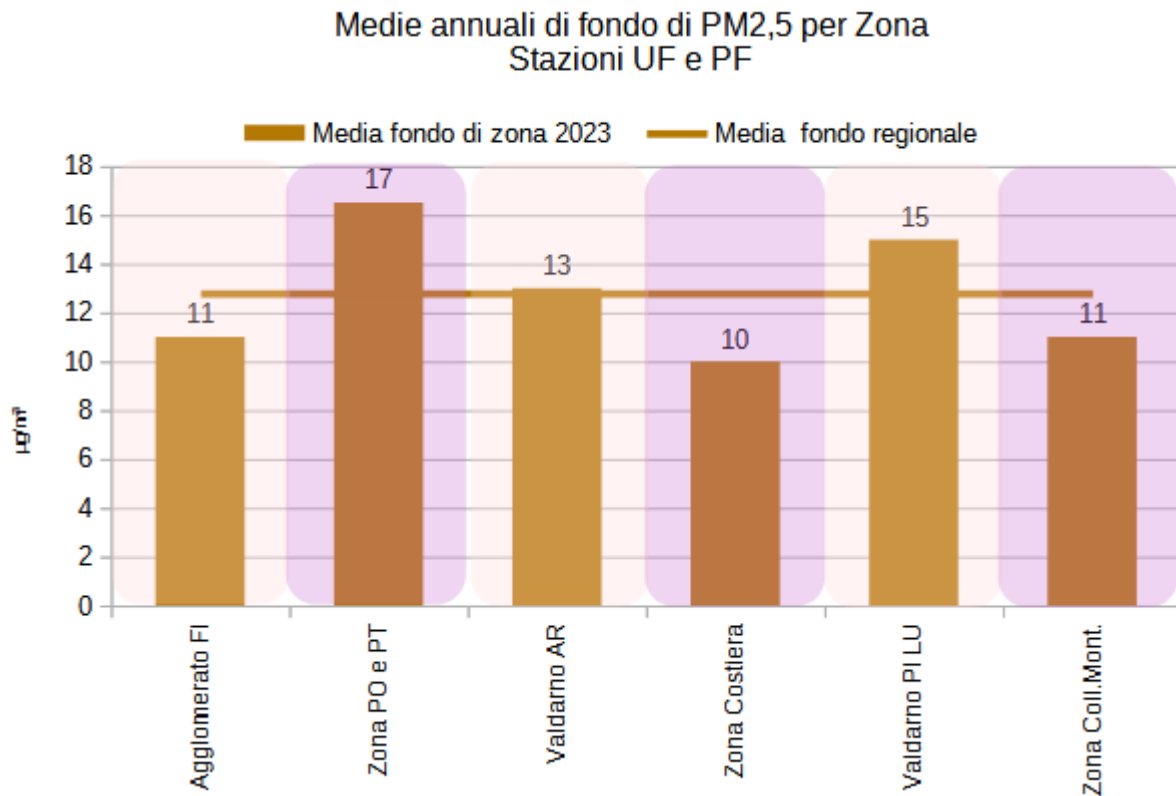
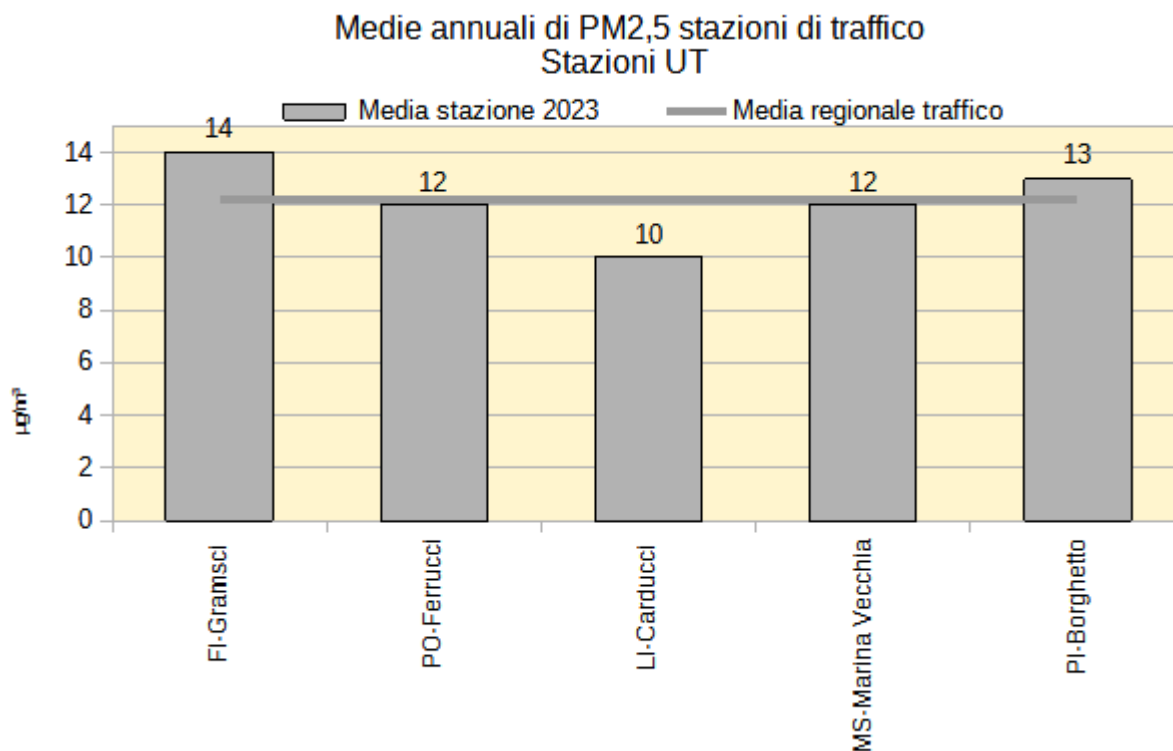


Grafico 4.2.2. PM_{2,5} – Anno 2023 - Medie annuali per Zona di PM_{2,5} - Stazioni di fondo



Confrontando i valori medi del fondo di ogni Zona si distinguono la Zona di PO e PT e la Zona del Valdarno Pisano e Piana lucchese con medie pari o superiori alla media, mentre le altre zone hanno medie più contenute. L'Agglomerato di Firenze, la Zona Collinare e Montana ed in particolare la Zona Costiera hanno medie inferiori alla media regionale.

Grafico 4.2.3. PM2,5 – Anno 2023 - Medie annuali di PM2,5 - Stazioni di traffico



La stazione di traffico che nel 2023 ha registrato la media più elevata è stata FI-Gramsci, con una media annuale pari a 14 µg/m³.

Di seguito la mappa delle concentrazioni medie di PM2.5 registrate nel 2023 dalla RRQA, dalla quale si evince che le stazioni con le medie più elevate sono quelle della Zona di PO-PT e della limitrofa Piana lucchese.

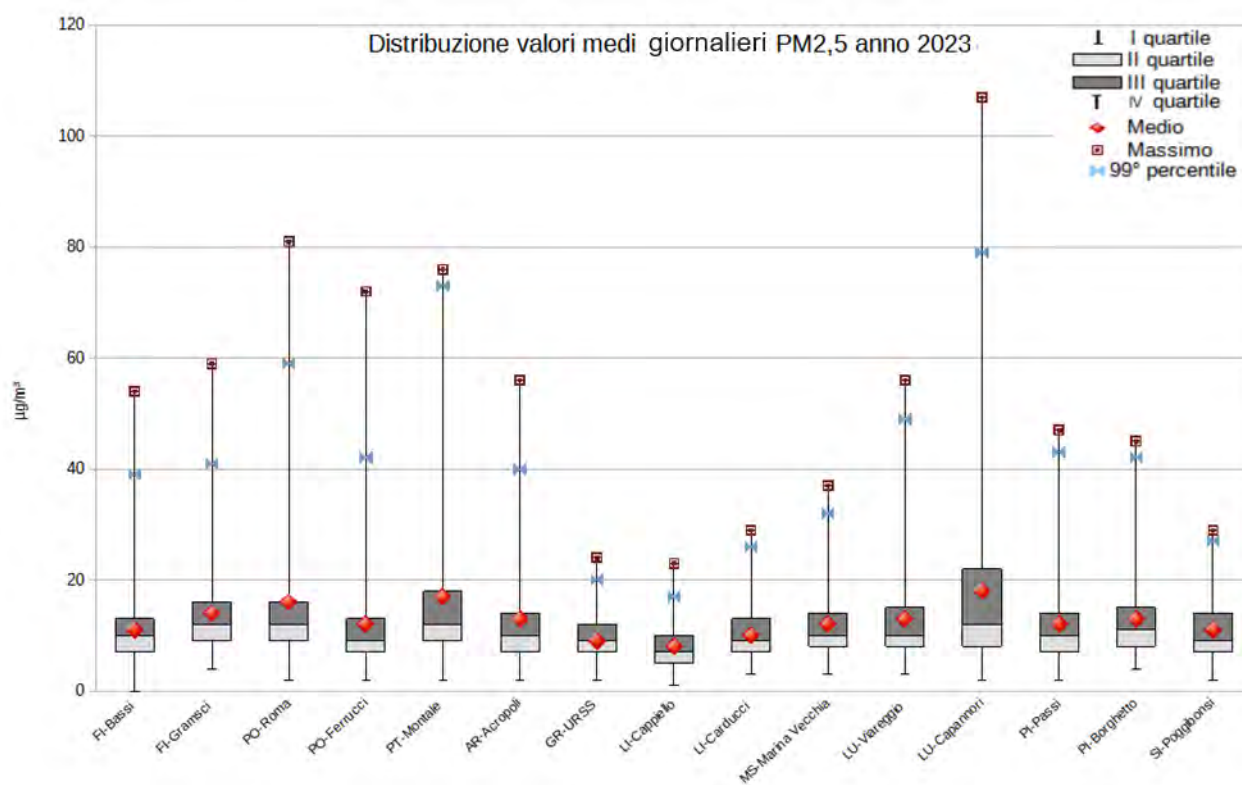
Figura 4.2.1. Medie PM2,5 anno 2023



4.2.2. Medie giornaliere di PM2.5 Anno 2023

Anche per il PM2,5 è stato elaborato il grafico box plot ottenuto calcolando alcune statistiche di base (media, mediana, percentili) delle concentrazioni medie giornaliere per le stazioni di Rete Regionale, con lo scopo di dare una rappresentazione sintetica della distribuzione statistica dei dati.

Grafico 4.2.4. PM2.5 – Distribuzione dei valori medi giornalieri anno 2023



Il box rettangolare rappresentato nel grafico indica il range dal 25° al 50° percentile in grigio chiaro e dal 50° al 75° percentile in grigio scuro, comprendendo i valori di concentrazione media giornaliera registrata nel 50% dei giorni dell'anno, mentre i baffi inferiore e superiore indicano il primo ed il quarto quartile.

Dal grafico si nota come il 50% dei valori giornalieri di PM2.5 che caratterizzano ciascuna stazione occupi un range piuttosto ristretto intorno al valore medio; il 75% di tutte le concentrazioni è stato minore di $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$, a eccezione della stazione di LU-Capannori, con il range più esteso e spostato verso valori più alti.

Il baffo del quartile superiore è piuttosto esteso per quasi tutte le stazioni a causa di valori massimi elevati.

4.2.3. Andamento medie annuali di PM_{2,5}

Si riportano di seguito le tabelle ed i grafici relativi agli andamenti delle medie annuali di PM_{2,5} degli ultimi 10 anni per ogni stazione di Rete Regionale.

Tabella 4.2.2. PM_{2,5} Medie annuali - –Andamento 2014-2023 per le stazioni di Rete Regionale

Classificazione e nome stazione		Medie annuali in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ V.L. = 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$									
		2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
UF	FI-Bassi	12	16	13	13	12	12	13	11	12	11
UT	FI-Gramsci	16	20	17	16	16	15	14	13	14	14
UF	PO-Roma	17	20	18	18	16	15	15	14	16	16
UT	PO-Ferrucci	*	19	16	17	16	15	15	12	14	12
SF	PT-Montale	19	23	21	20	18	16	17	15	17	17
UF	AR-Acropoli	14	16	13	13	13	12	13	11	13	13
UF	GR-URSS	10	11	10	10	10	9	9	9	10	9
UF	LI-Cappiello	9	11	10	9	9	9	8	8	8	8
UT	LI-Carducci	13	15	13	13	13	12	11	10	11	10
UT	MS-Marina Vecchia	-	*	14	13	12	11	12	12	11	12
UF	LU-Viareggio	14	18	16	16	14	14	15	14	14	13
UF	LU-Capannori	21	25	21	23	22	20	21	20	20	18
UF	PI-Passi	14	17	14	14	13	12	13	11	13	12
UT	PI-Borghetto	-	*	18	18	16	16	15	14	14	13
UF	SI-Poggibonsi	11	13	12	12	12	12	12	11	12	11

Le medie annuali di PM_{2,5} registrate dalle stazioni di Rete Regionale nell'ultimo decennio siano state inferiori al limite del D.Lgs. 155/2010 per tutte le stazioni di tipo traffico e fondo.

Grafico 4.2.5. PM_{2,5} Medie annuali –Andamento 2014-2023 per le stazioni di Rete Regionale

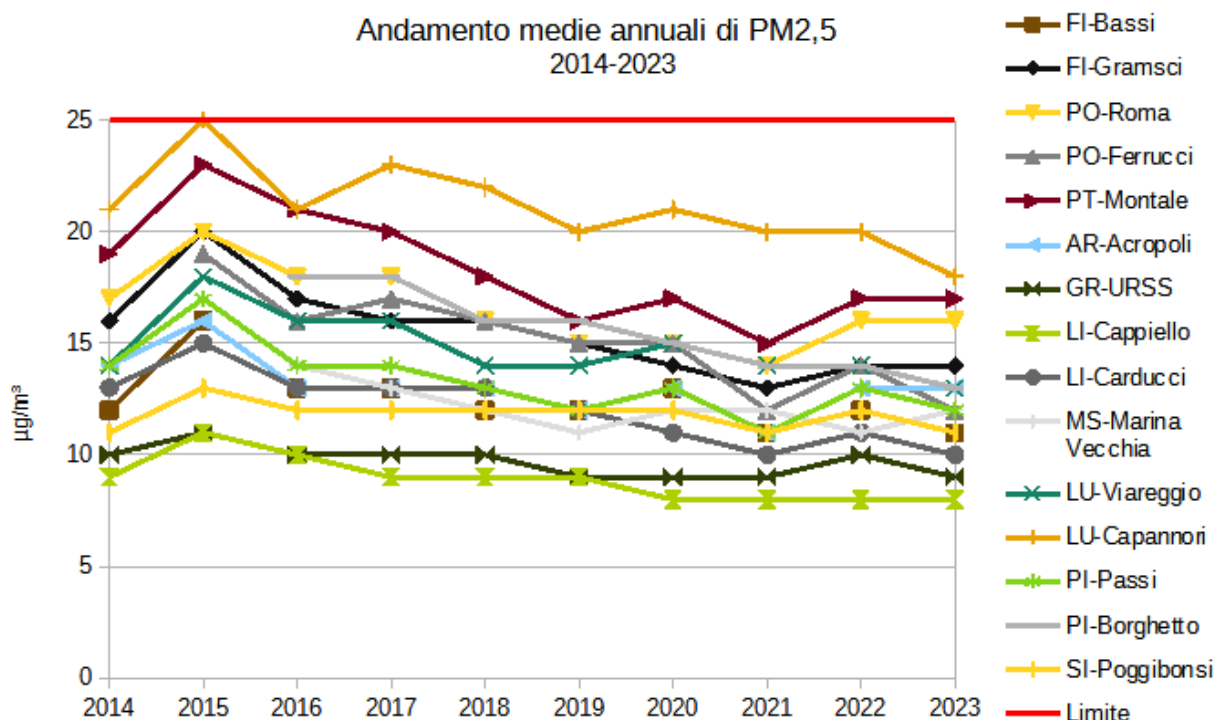


Grafico 4.2.6. PM_{2,5} Medie annuali –Andamento 2014-2023 per le stazioni di fondo di Rete Regionale

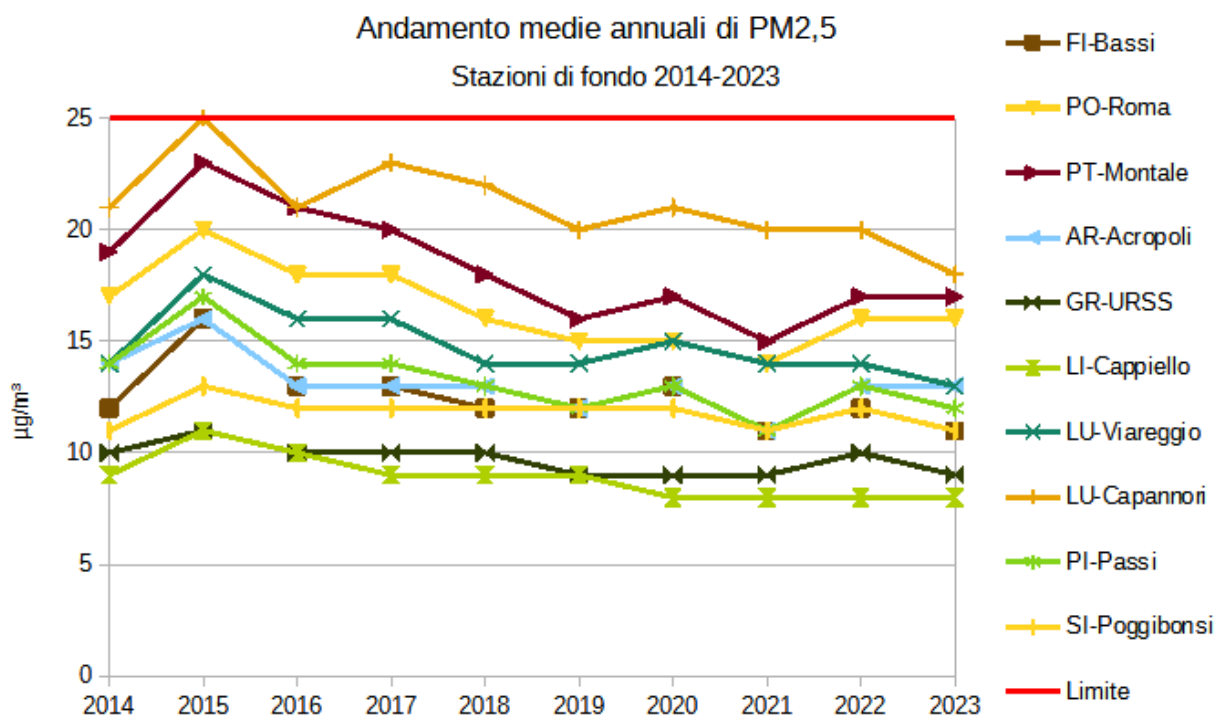
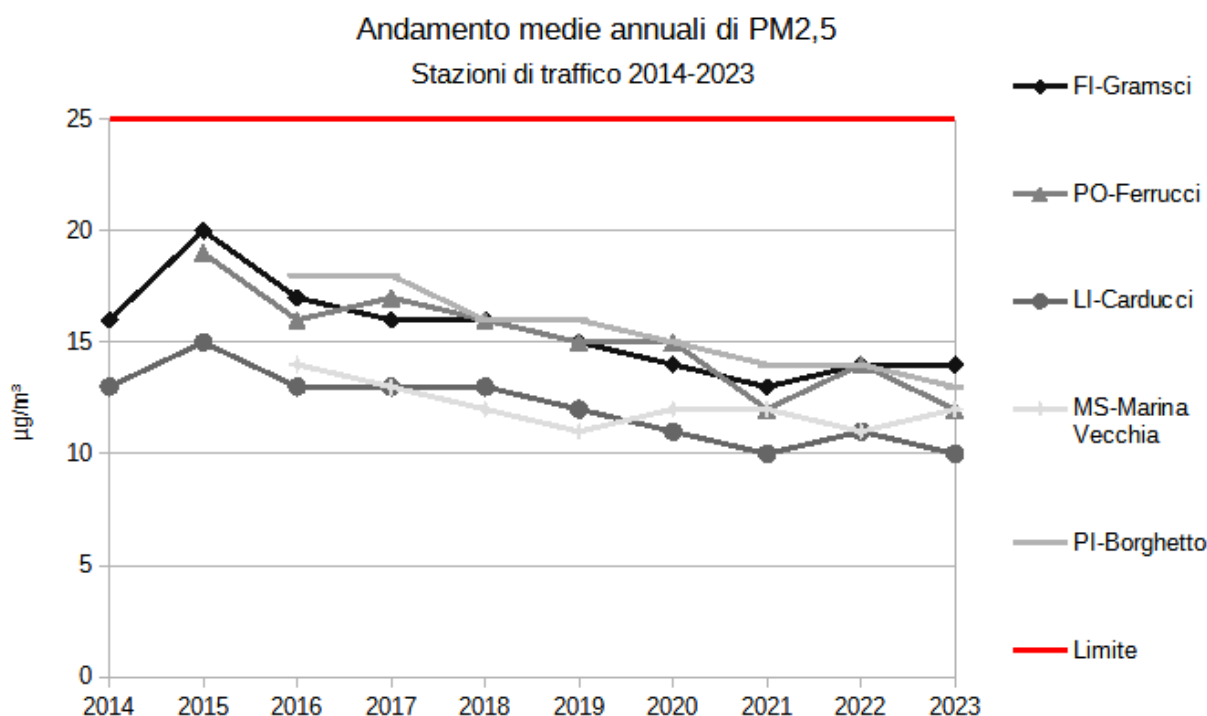
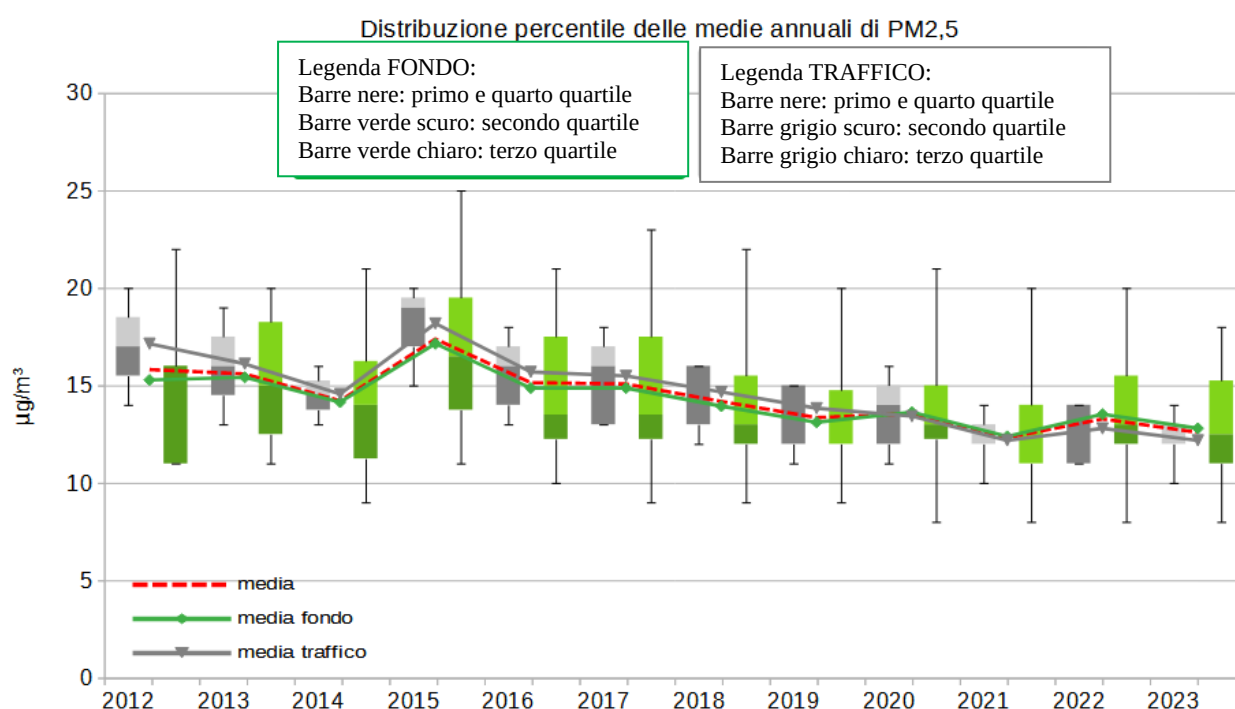


Grafico 4.2.7. PM_{2,5} Medie annuali –Andamento 2014-2023 per le stazioni di traffico di Rete Regionale



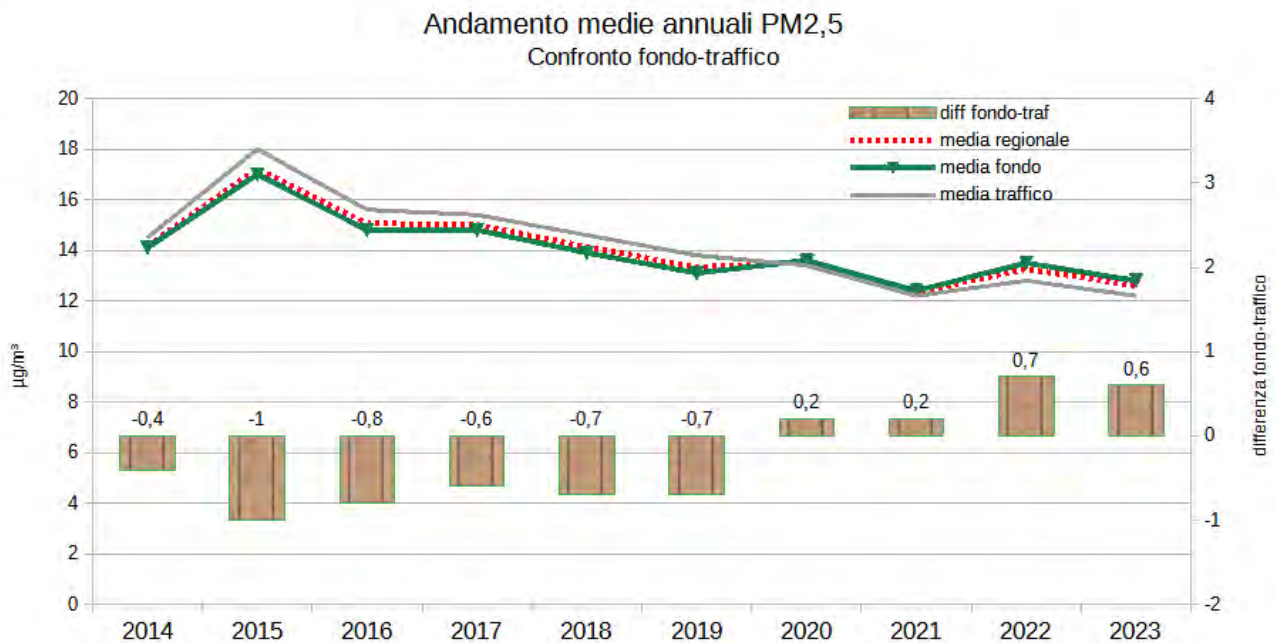
Il grafico che segue evidenzia l'andamento dei valori massimi, minimi e medi delle medie annuali conteggiate su tutte le stazioni suddivise per tipologia. Le barre indicano l'intervallo di variazione annuale tra massimo e minimo, molto più ampio per il fondo rispetto al traffico, mentre le linee indicano i valori medi annuali. È evidente il pieno e costante rispetto del limite di normativa pari a $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Grafico 4.2.8a. PM_{2,5} Range dei valori medi annuali stazioni traffico e fondo.



Le barre nell'ultimo grafico evidenziano invece che negli ultimi anni la differenza tra la media complessiva del fondo e quella del traffico è stata positiva.

Grafico 4.2.8b. PM2.5 – Andamenti per tipologia di stazione delle medie annuali con massimi e minimi e scarto.



4.2.4. Studio della distribuzione della frazione di PM_{2,5} nel PM₁₀

Tabella 4.2.3. Rapporto % tra PM_{2,5} e PM₁₀ nelle stazioni di fondo di Rete Regionale - Anno 2023

			Stazioni di fondo	
Stazione	PM _{2,5} medie annuali (µg/m ³)	PM ₁₀ medie annuali (µg/m ³)	% PM _{2,5} /PM ₁₀ 2023	% Media Zona 2023
FI-Bassi	11	20	55%	55%
PO-Roma	16	23	70%	69%
PT-Montale	17	25	68%	
AR-Acropoli	13	20	65%	65%
GR-URSS	9	17	53%	51%
LI-Cappiello	8	17	47%	
LU-Viareggio	13	24	54%	
LU-Capannori	18	27	67%	62%
PI-Passi	12	21	57%	
SI-Poggibonsi	11	18	61%	61%

Le percentuali medie della frazione di PM_{2,5} nel PM₁₀ sono state complessivamente pari al 58% con il 5% in più nel particolato delle stazioni di fondo (60%) rispetto al traffico (55%). Le % più alte sono state trovate nelle stazioni fondo della Zona di PO e PT ed a LU-Capannori mentre la percentuale più bassa è stata quella della Stazione di LI-Cappiello, nettamente inferiore alle altre. Nel complesso per le stazioni di fondo si nota una certa differenza nella composizione media del PM della Zona di PO e PT, con percentuali, nettamente più elevate delle altre zone (68%-70%), le zone dei due Valdarno e Collinare e Montana (57%-67%) rispetto all' l'Agglomerato FI e la Zona Costiera (47%-55%).

Grafico 4.2.9. Rapporto % tra PM2,5 e PM10 nelle stazioni di fondo di Rete Regionale - Anno 2023

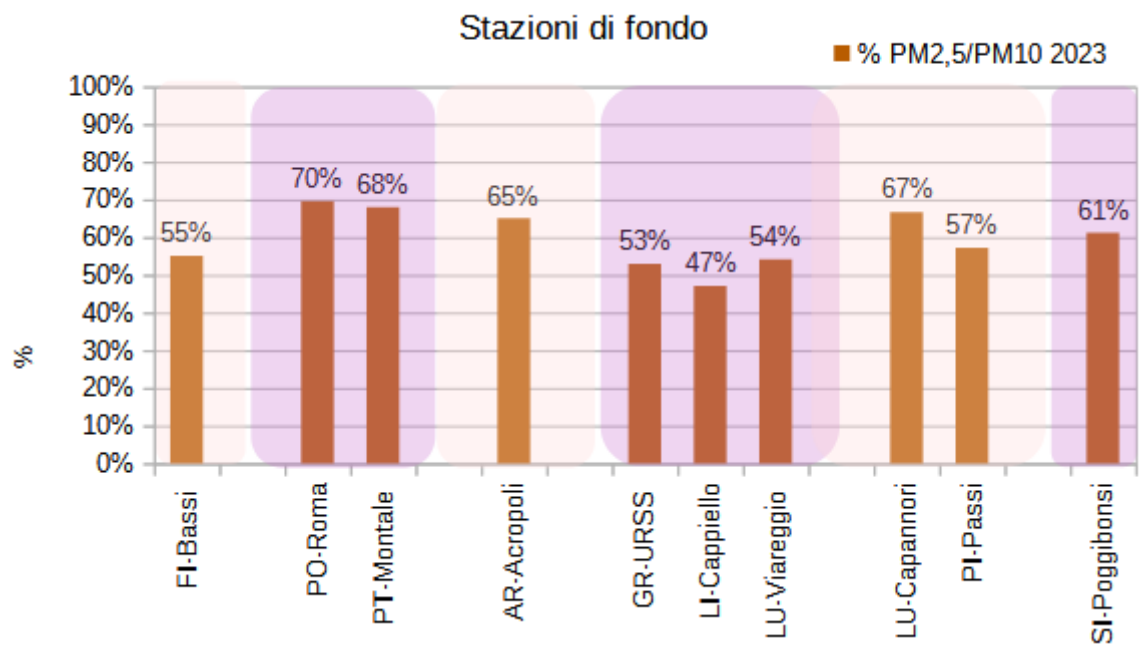


Tabella 4.2.4. Rapporto % tra PM2,5 e PM10 nelle stazioni di traffico di Rete Regionale - Anno 2023

			Stazioni di traffico
Stazione	PM2,5 medie annuali (µg/m³)	PM10 medie annuali (µg/m³)	% PM2,5/PM10 2023
FI-Gramsci	14	30	47%
PO-Ferrucci	12	21	57%
LI-Carducci	10	22	45%
MS-Marina Vecchia	12	21	57%
PI-Borghetto	13	23	57%

Grafico 4.2.10. Rapporto % tra PM2,5 e PM10 nelle stazioni di traffico di Rete Regionale - Anno 2023

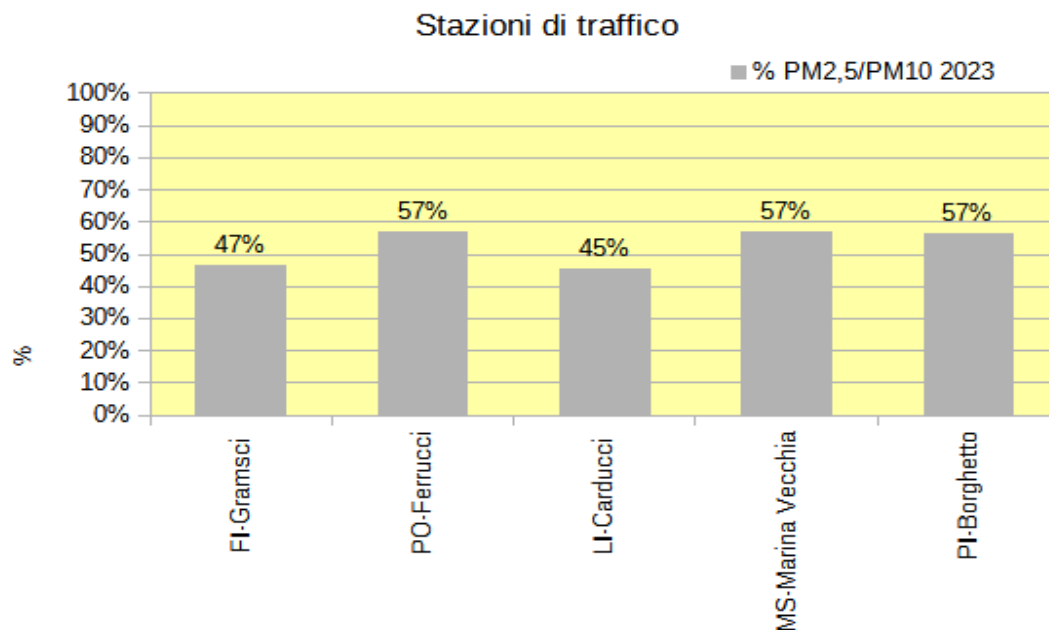
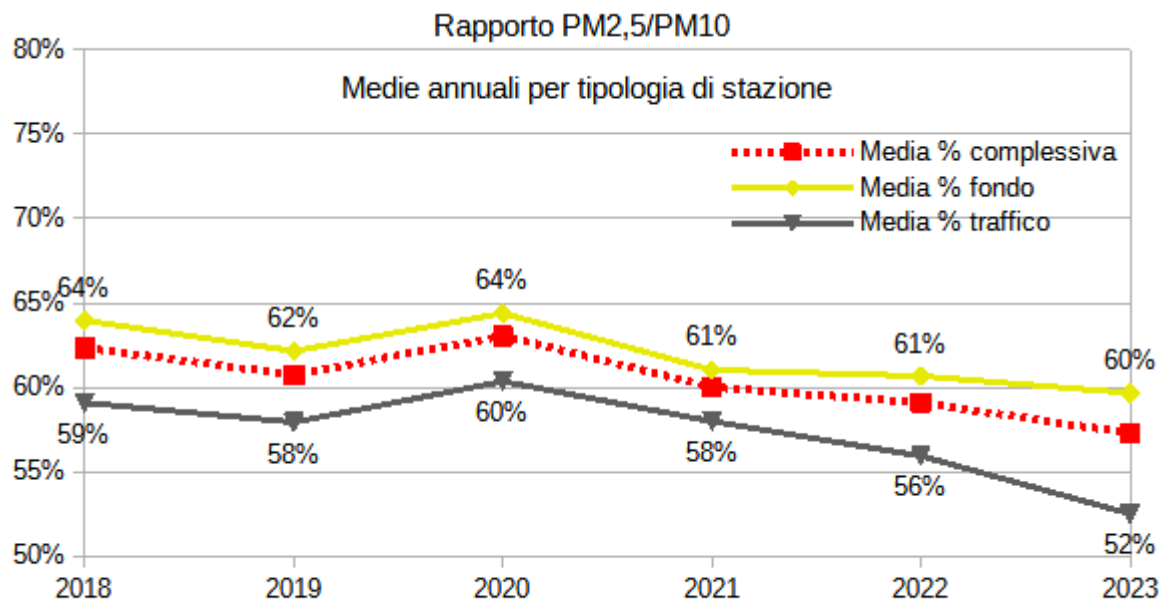


Tabella 4.2.5. Confronto PM2,5 nel PM10 ultimi 6 anni

Stazioni di fondo	% PM2,5/PM10					
	2018	2019	2020	2021	2022	2023
FI-Bassi	63%	67%	68%	61%	57%	55%
PO-Roma	67%	65%	65%	64%	70%	70%
PT-Montale	72%	70%	71%	68%	65%	68%
AR-Acropoli	68%	67%	68%	65%	65%	65%
GR-URSS	56%	53%	60%	56%	53%	53%
LI-Cappiello	53%	53%	50%	50%	50%	47%
LU-Viareggio	64%	58%	60%	58%	56%	54%
LU-Capannori	73%	71%	72%	69%	69%	67%
PI-Passi	62%	55%	62%	58%	62%	57%
SI-Poggibonsi	62%	63%	67%	61%	60%	61%
Stazioni di traffico	2018	2019	2020	2021	2022	2023
FI-Gramsci	53%	56%	61%	59%	50%	47%
PO-Ferrucci	64%	60%	63%	60%	61%	57%
LI-Carducci	57%	52%	50%	50%	50%	45%
MS-Marina Vecchia	60%	58%	63%	57%	58%	57%
PI-Borghetto	62%	64%	65%	64%	61%	57%

Come mostrano i dati in tabella, negli ultimi anni le % di PM_{2,5} nel PM₁₀ sono tendenzialmente diminuite, suggerendo con ciò la diminuzione del contributo della componente secondaria delle polveri PM₁₀.

Grafico 4.2.8. Trend della percentuale di PM_{2,5} nel PM₁₀ per tipologia di stazione



In allegato 5 è riportato un approfondimento sulle prime misure di Black Carbon in correlazione alle varie frazioni granulometriche del PM effettuate su stazioni di RRQA.

4.3. Ossidi di azoto: NO₂ e NO_x

Dal confronto con i valori limite di legge, per il Biossido di Azoto si evince che, come avviene da diversi anni, le medie annuali sono state inferiori al limite di 40 µg/m³ in tutte le stazioni di fondo ed in tutte le traffico del territorio, con l'eccezione della stazione di traffico di FI-Gramsci presso la quale la media è stata pari a 41 µg/m³. %). Non si è verificato invece alcun episodio di superamento della media oraria di 200 µg/m³ rispettando pienamente il limite di 18 superamenti, come avviene già da diversi anni. La valutazione degli indicatori rilevati nel 2023 rispetto alla futura direttiva europea è riportata in allegato 3.

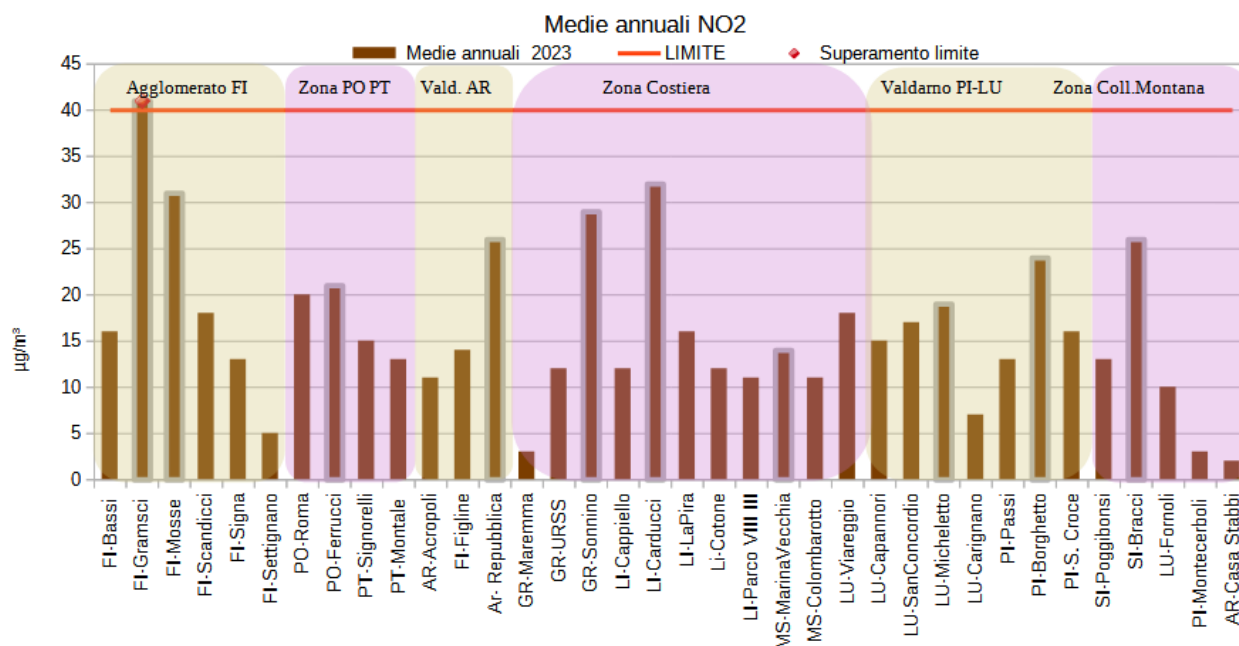
Tabella 4.3.1. NO₂ - Anno 2023 - Indicatori relativi alle stazioni di Rete Regionale

Tabella 102 - Rete Regionale - Anno 2020 - Media annuale complessiva stazioni di tipo fondo urbano									
Zona	Classificazione	Provincia e Comune		Nome stazione	Sup. media oraria di 200 µg/m³	V.L.	Media annuale (µg/m³)	V.L.	
Agglomerato di Firenze	UF	FI	Firenze	FI-Bassi	0	18	16	40	
	UT	FI	Firenze	FI-Gramsci	0		41		
	UT	FI	Firenze	FI-Mosse	0		31		
	UF	FI	Scandicci	FI-Scandicci	0		18		
	UF	FI	Signa	FI-Signa	0		13		
	SF	FI	Firenze	FI-Settignano	0		5		
Zona Prato Pistoia	UF	PO	Prato	PO-Roma	0		20		
	UT	PO	Prato	PO-Ferrucci	0		21		
	UF	PT	Pistoia	PT-Signorelli	0		15		
	SF	PT	Montale	PT-Montale	0		13		
Zona Valdarno Aretino e Valdichiana	UF	AR	Arezzo	AR-Acropoli	0		11		
	UF	FI	Figline Valdarno	FI-Figline	0		14		
	UT	AR	Arezzo	AR-Repubblica	0		26		
Zona Costiera	RF	GR	Grosseto	GR-Maremma	0		3		
	UF	GR	Grosseto	GR-URSS	0		12		
	UT	GR	Grosseto	GR-Sonnino	0		29		
	UF	LI	Livorno	LI-Cappiello	0		12		
	UT	LI	Livorno	LI-Carducci	0		32		
	UF	LI	Livorno	LI-La Pira	0		16		
	SI	LI	Piombino	LI-Cotone	0		12		
	UF	LI	Piombino	LI-Parco 8 Marzo	0		11		
	UF	MS	Carrara	MS-Colombarotto	0		14		
	UT	MS	Massa	MS-Marina Vecchia	0		11		
Valdarno Pisano e Piana Lucchese	UF	LU	Viareggio	LU-Viareggio	0		18		
	UF	LU	Capannori	LU-Capannori	0		15		
	UF	LU	Lucca	LU-San Concordio	0		17		
	UT	LU	Lucca	LU-Micheletto	0		19		
	RF	LU	Lucca	LU-Carignano	0		7		
	UF	PI	Pisa	PI-Passi	0		13		
	UT	PI	Pisa	PI-Borghetto	0		24		
Zona Collinare e Montana	SF	PI	Santa Croce sull'Arno	PI-Santa Croce	0		16		
	UF	SI	Poggibonsi	SI-Poggibonsi	0		13		
	UT	SI	Siena	SI-Bracci	0		26		
	UF	LU	Bagni di Lucca	LU-Fornoli	0		20		
	SF	PI	Pomarance	PI-Montecerboli	0		3		
R reg F	AR	Chitignano	AR-Casa Stabbi	0	2				
Media annuale complessiva Rete Regionale (µg/m³)							16		
Media annuale stazioni di tipo fondo urbane e suburbane (µg/m³)							13		
Media annuale stazioni di tipo traffico urbano (µg/m³)							26		

Per questo inquinante, come atteso, i valori medi registrati presso i siti di traffico sono stati nettamente maggiori dei valori del fondo, con media complessiva per le stazioni di traffico risultata quasi il doppio della media calcolata sulle stazioni di fondo urbano e suburbano. La media annuale di FI-Gramsci, che rappresenta la massima regionale, rispetto al 2022 è stata inferiore di circa il 10%.

4.3.1. Medie annuali di NO₂ Anno 2023

Grafico 4.3.1. Biossido di azoto - Anno 2023 - Medie annuali NO₂

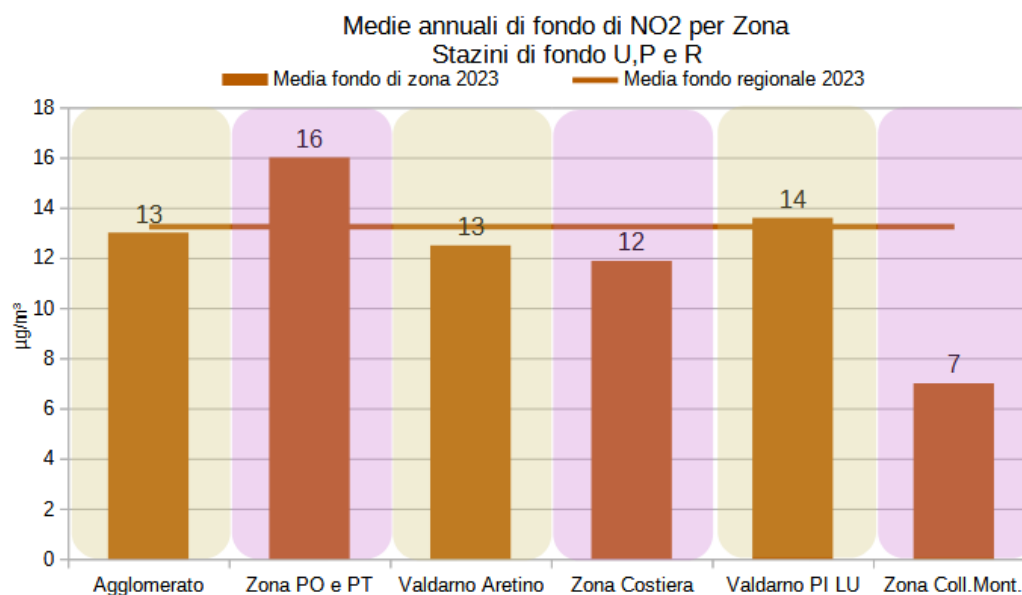


Sono state calcolate le medie delle stazioni di fondo Zona per Zona, e la media regionale, escludendo i siti rurali, ottenendo questo quadro:

- la Zona caratterizzata da concentrazioni medie annuali di NO₂ più elevata è la Zona di PO e PT con media pari a 16 µg/m³;
- nell'Agglomerato di Firenze, nella Zona del Valdarno aretino, nella Zona Costiera e la Zona del Valdarno pisano e Piana lucchese le medie del fondo sono state comprese tra 12 e 14 µg/m³;
- la Zona che ha registrato le concentrazioni medie di fondo minori è la Zona Collinare e Montana con media della Zona nettamente inferiore al resto della regione e pari a 7 µg/m³.

I siti rurali (LU-Carignano, GR-Maremma e AR-Casa Stabbi che rappresenta il fondo regionale) hanno registrato medie molto contenute e nettamente più basse delle altre stazioni della rispettiva Zona.

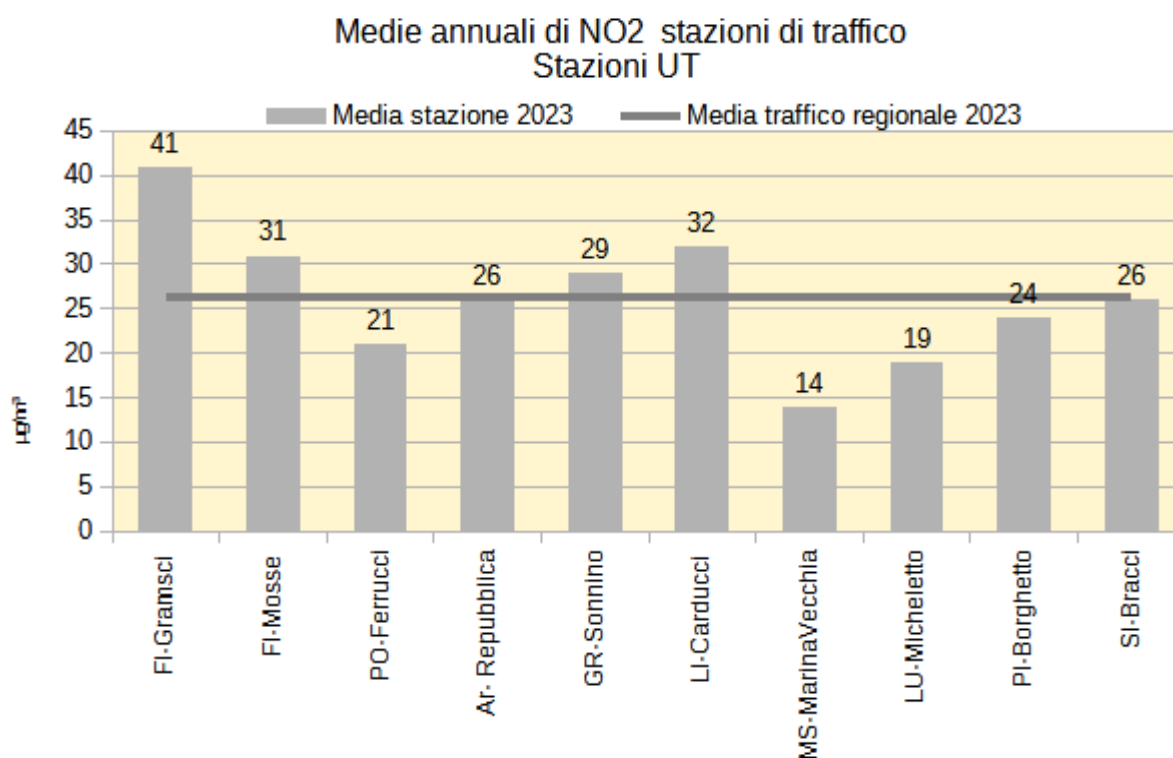
Grafico 4.3.2. NO₂ – Anno 2023 - Medie annuali per Zona di NO₂ - Stazioni di fondo



Per quanto riguarda le stazioni di traffico, i valori medi annuali sono stati nettamente superiori al fondo. Nel panorama regionale si distinguono per valori elevati:

- le due stazioni dell'Agglomerato di Firenze, tra cui FI-Gramsci che non rispetta il limite normativo;
- la stazione di Livorno.

Grafico 4.3.3. NO₂ – Anno 2023 - Medie annuali di NO₂ - Stazioni di traffico

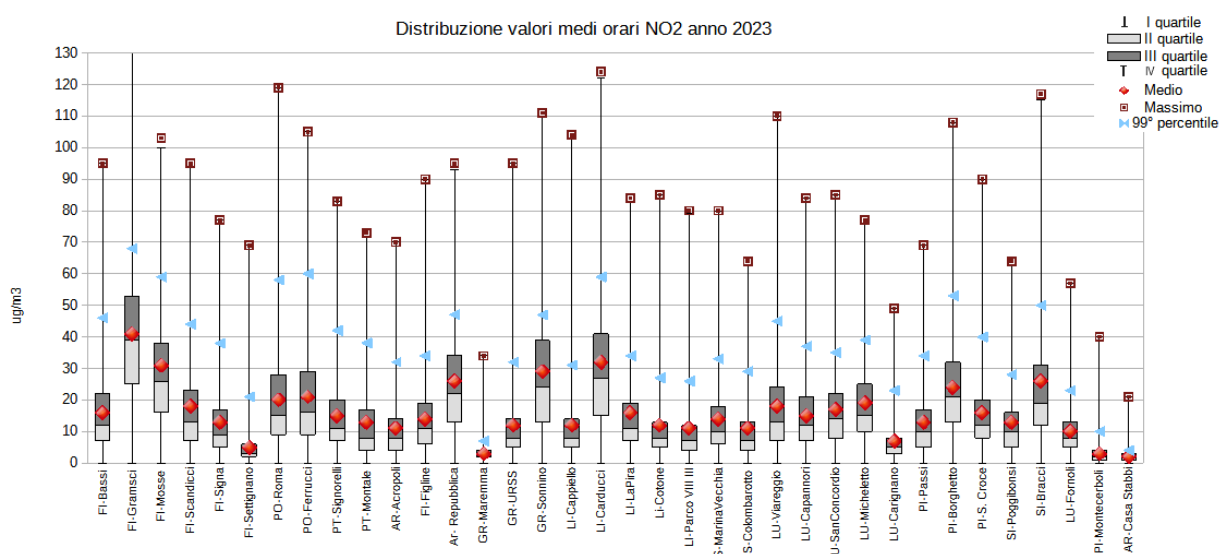


4.3.2. Medie orarie di NO₂ - Anno 2023

Con l'obiettivo di dare una rappresentazione sintetica della distribuzione statistica dei dati, è stato elaborato il grafico box plot ottenuto calcolando alcune statistiche di base (media, mediana, percentili) sulle concentrazioni medie orarie di NO₂ per le stazioni di Rete Regionale.

La barra rettangolare che rappresenta il range dal 25° al 75° percentile, e che quindi racchiude il 50 % dei valori orari dell'anno, varia significativamente per quasi tutte le stazioni con ampiezza generalmente maggiore nelle stazioni di traffico. Fanno eccezione le stazioni rurali e suburbane più remote, per le quali il 75% dei valori ha misurato pochi ppb.

Grafico 4.3.4. NO₂ – Distribuzione valori medi anno 2023



4.3.3. Andamento medie annuali di Biossido di Azoto

Tabella 4.3.2. NO₂ –Medie annuali - Andamenti 2014-2023 per le stazioni di Rete Regionale

Classificazione Zona e stazione		Medie annuali in µg/m ³ - V.L. = 40 µg/m ³									
		2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
UF	FI-Bassi	22	25	23	25	20	21	17	18	18	16
UT	FI-Gramsci	65	63	65	64	60	56	44	45	45	41
UT	FI-Mosse	45	46	41	42	39	36	28	30	35	31
UF	FI-Scandicci	28	30	28	28	26	26	20	20	20	18
UF	FI-Signa	21	24	21	21	19	19	15	14	14	13
SF	FI-Settignano	8	10	9	10	8	7	6	6	6	5
UF	PO-Roma	27	32	31	33	30	29	24	23	26	20
UT	PO-Ferrucci	34	32	31	32	27	28	25	22	23	21
UF	PT-Signorelli	23	25	24	24	22	22	18	18	17	15
SF	PT-Montale	15	20	19	20	18	18	15	14	15	13
UF	AR-Acropoli	17	18	18	16	15	15	13	12	14	11
UF	FI-Figline	-	-	-	*	20	18	15	16	15	14
UT	Ar- Repubblica	39	40	35	39	36	31	28	27	27	26
RF	GR-Maremma	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3
UF	GR-URSS	20	16	16	16	16	17	13	14	13	12
UT	GR-Sonnino	-	-	37	39	37	35	29	30	30	29
UF	LI-Cappiello	19	19	16	16	14	16	15	13	13	12
UT	LI-Carducci	41	40	33	36	39	*	33	34	35	32
UF	LI-La Pira	*	23	21	22	17	19	16	16	17	16
SI	LI-Cotone	17	17	15	15	15	14	11	12	12	12
UF	LI-Parco VIII III	*	15	14	14	12	12	12	12	12	11
UT	MS-Marina Vecchia	-	*	21	17	19	18	17	17	16	14
UF	MS-Colombarotto	18	21	18	21	15	14	13	13	12	11
UF	LU-Viareggio	26	31	28	28	24	24	20	20	21	18
UF	LU-Capannori	26	29	26	25	23	22	18	18	18	15
UF	LU-San Concordio	-	*	26	26	25	24	18	18	19	17
UT	LU-Micheletto	30	33	28	28	25	27	21	22	21	19
RF	LU-Carignano	10	12	10	11	10	9	9	8	8	7
UF	PI-Passi	16	21	19	19	17	18	14	13	15	13
UT	PI-Borghetto	33	37	36	36	32	33	27	27	27	24
SF	PI-Santa Croce	23	25	25	25	23	22	18	18	19	16
UF	SI-Poggibonsi	18	18	17	19	17	17	14	13	13	13
UT	SI-Bracci	*	39	37	42	36	34	27	28	28	26
UF	LU-Fornoli	12	13	13	14	12	12	10	11	11	10
SF	PI-Montecerboli	9	9	5	4	4	5	4	4	4	3
R reg F	AR-Casa Stabbi	2	2	2	2	2	2	2	2	1	2

* efficienza minore del 90%
-parametro non attivo

Grafico 4.3.5a. Biossido di azoto –Medie annuali - Andamenti 2014-2023 per le stazioni di Rete Regionale

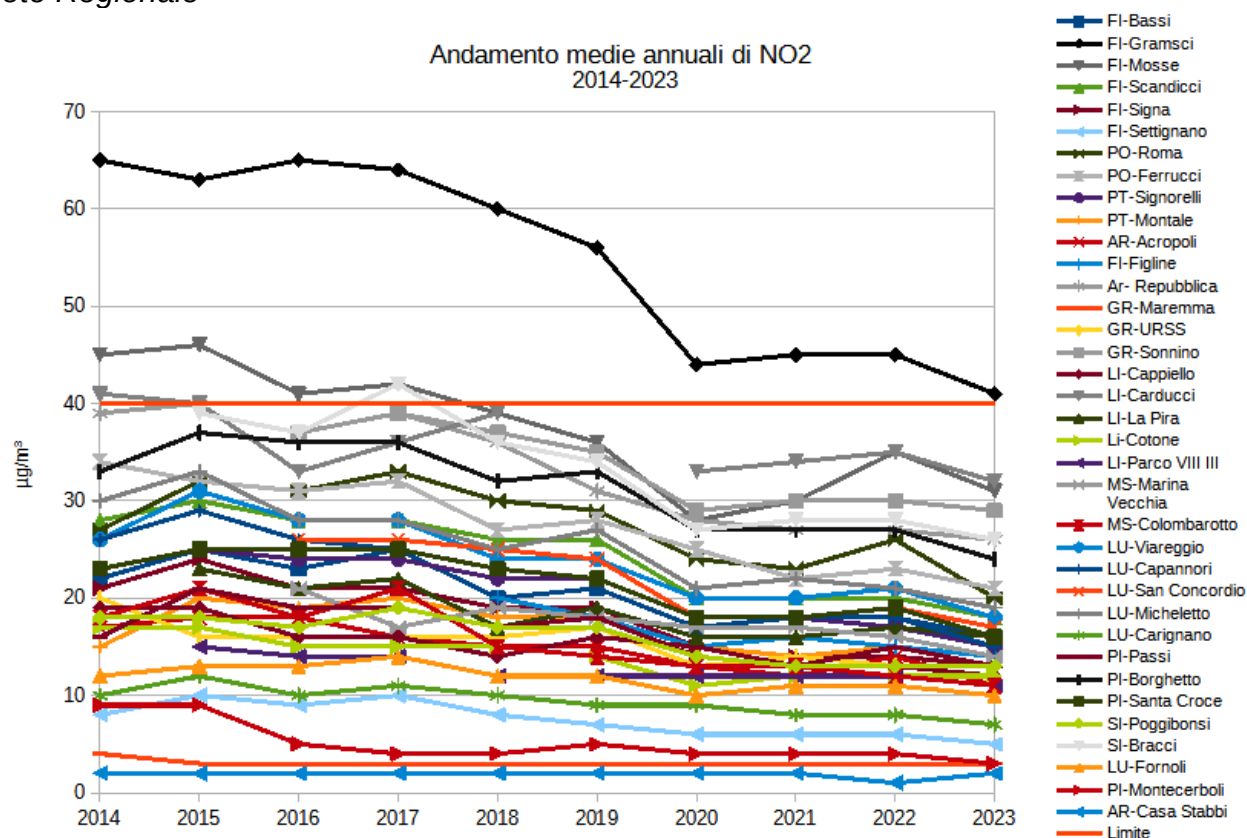


Grafico 4.3.5b. Biossido di azoto – Andamenti 2014-2023 per le stazioni di traffico di Rete Regionale

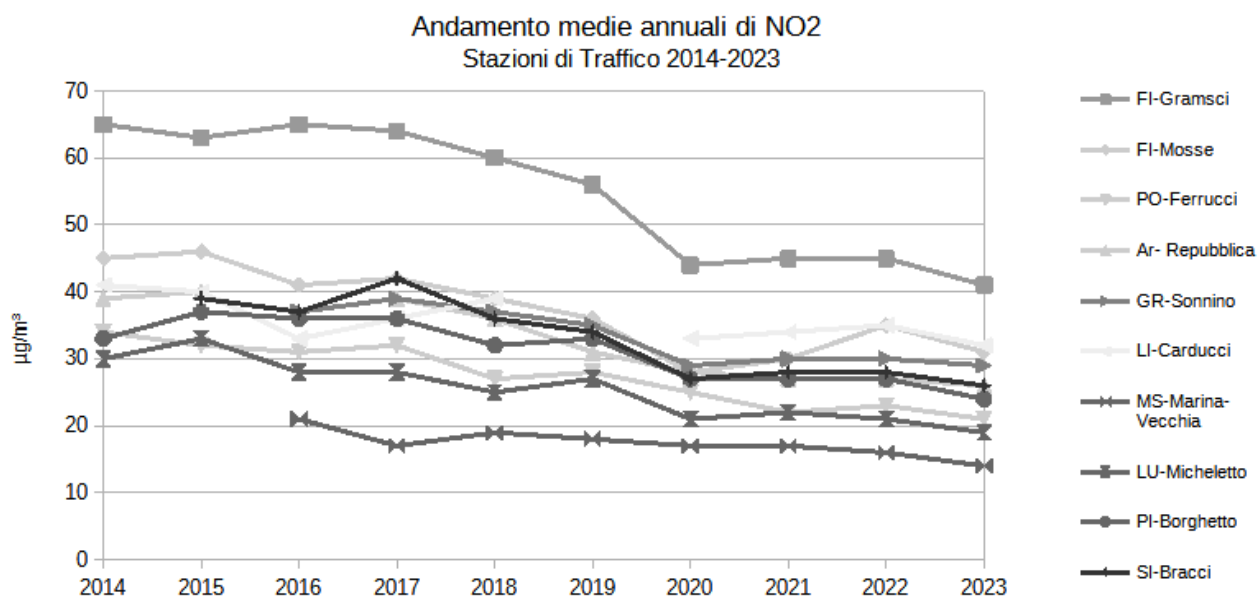


Grafico 4.3.5c. Biossido di azoto – Andamenti 2014-2023 per le stazioni di fondo dell'Agglomerato di Firenze

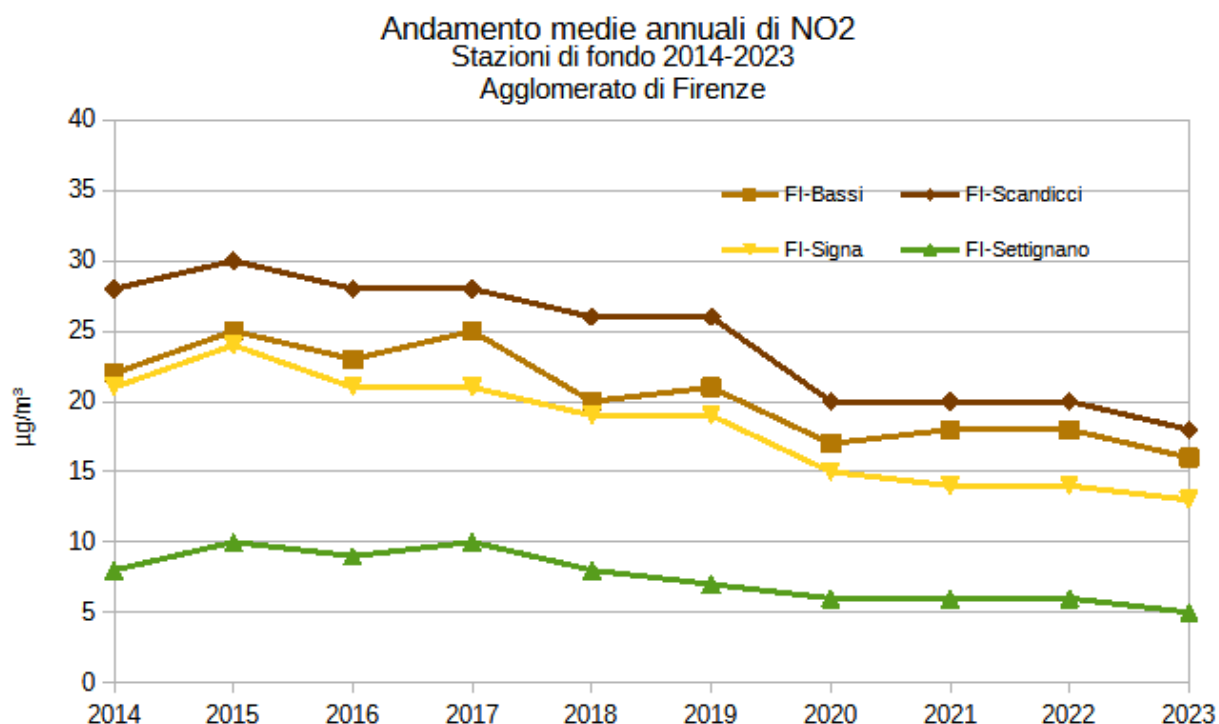


Grafico 4.3.5d. Biossido di azoto – Andamenti 2014-2023 per le stazioni di fondo della Zona di Prato e Pistoia

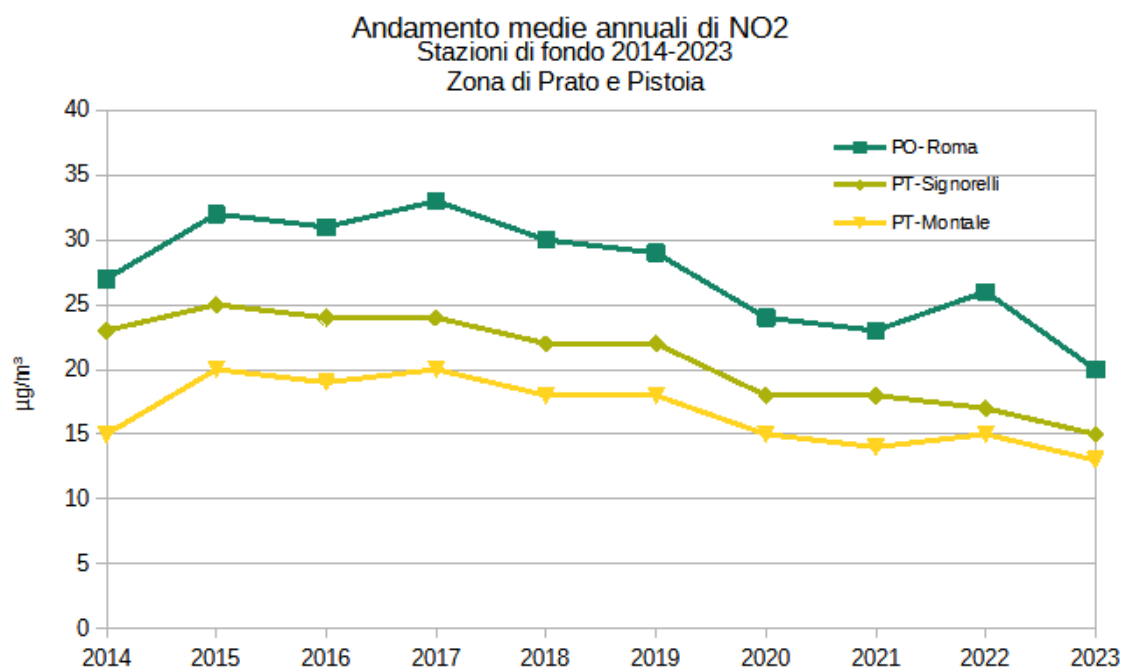


Grafico 4.3.5e. Biossido di azoto – Andamenti 2014-2023 per le stazioni di fondo della Zona del Valdarno aretino e Valdichiana

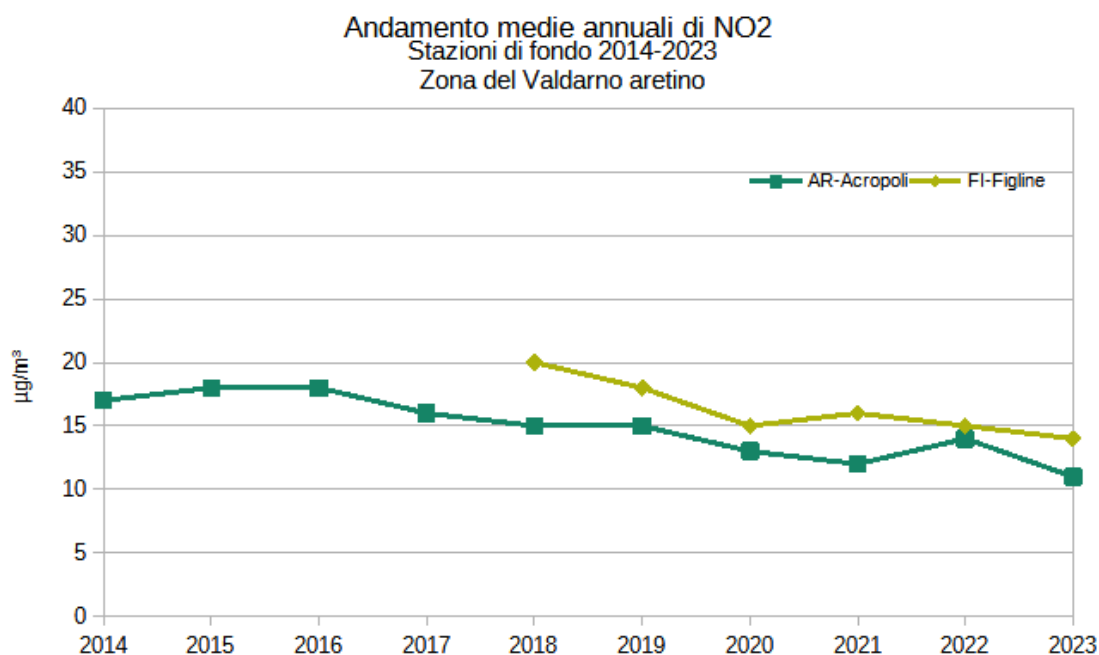


Grafico 4.3.5f. Biossido di azoto – Andamenti 2014-2023 per le stazioni di fondo della Zona Costiera

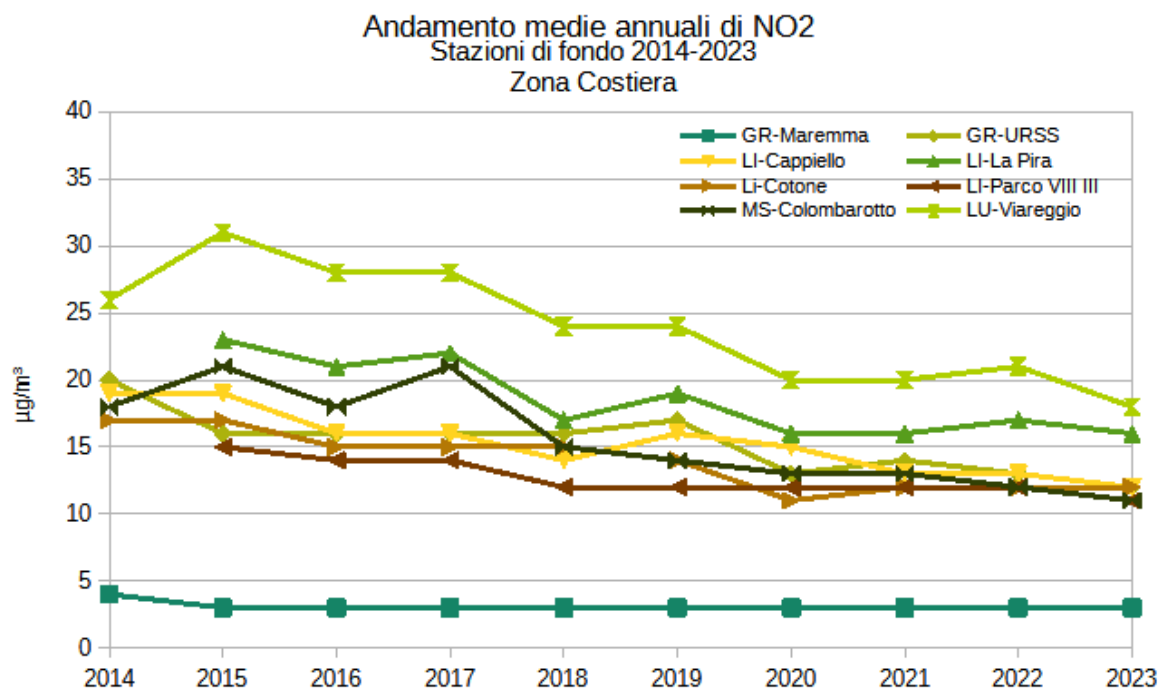


Grafico 4.3.5g. Biossido di azoto – Andamenti 2014-2023 per le stazioni di fondo della Zona del Valdarno pisano e Piana lucchese

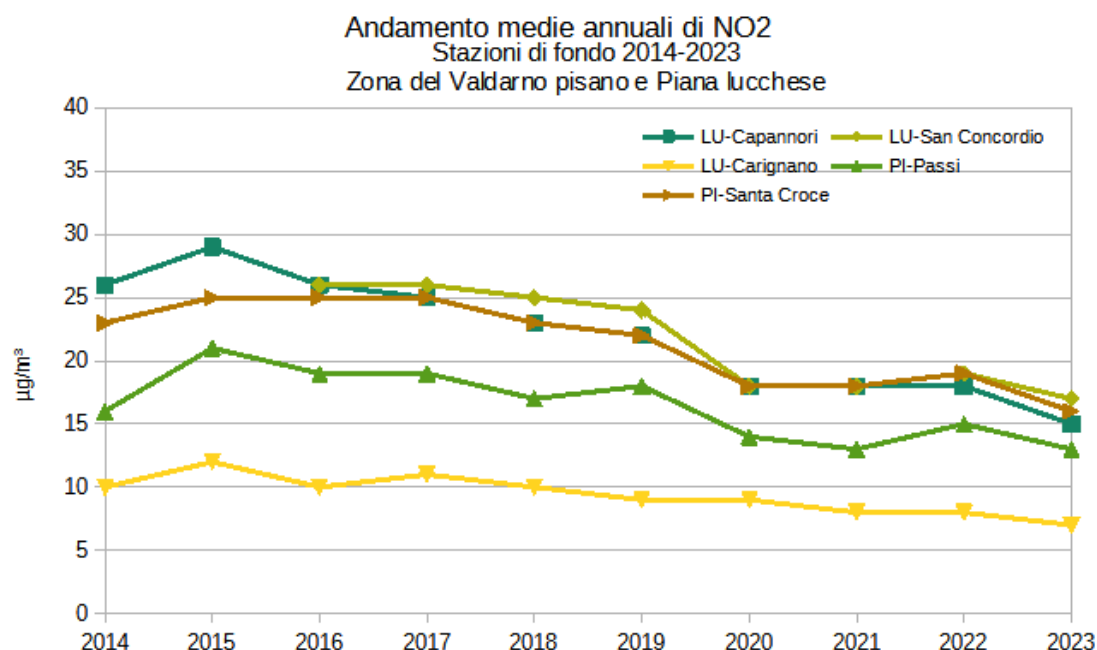
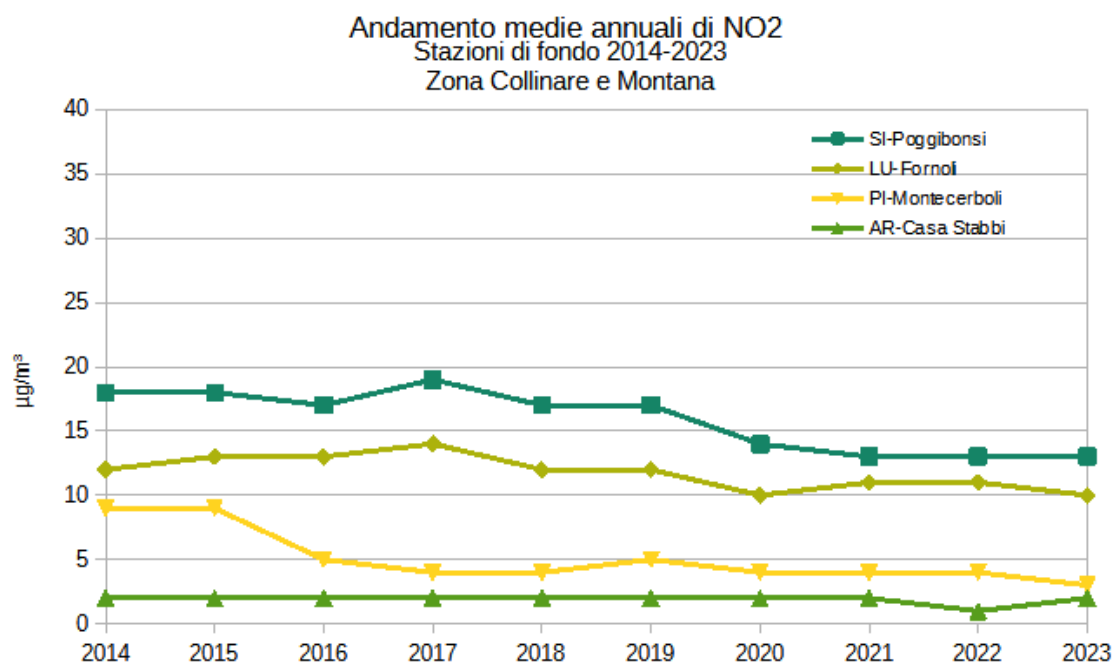


Grafico 4.3.5h. Biossido di azoto – Andamenti 2014-2023 per le stazioni di fondo della Zona Collinare e Montana



Come mostrano chiaramente i dati in tabella e nei grafici, i trend delle medie annuali di biossido di azoto degli ultimi anni tendono alla diminuzione, sia per le stazioni di traffico che per quelle di fondo. Anche il numero di stazioni che ha superato il valore limite per la media annuale è diminuito nel corso degli anni, e negli ultimi sei anni la stazione di traffico di FI-Gramsci è rimasta l'unica criticità regionale.

Tabella 4.3.3. NO₂ – Andamento del numero e della percentuale di stazioni che non hanno rispettato il limite nell'ultimo decennio

	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
N° stazioni di Fondo	1	5	2	2	1	1	1	1	1	1
N° stazioni di Traffico	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
% del totale	4%	17%	6%	6%	3%	3%	3%	3%	3%	3%

Grafico 4.3.6. NO₂ – Andamento del numero e della percentuale di stazioni che non hanno rispettato il limite nell'ultimo decennio

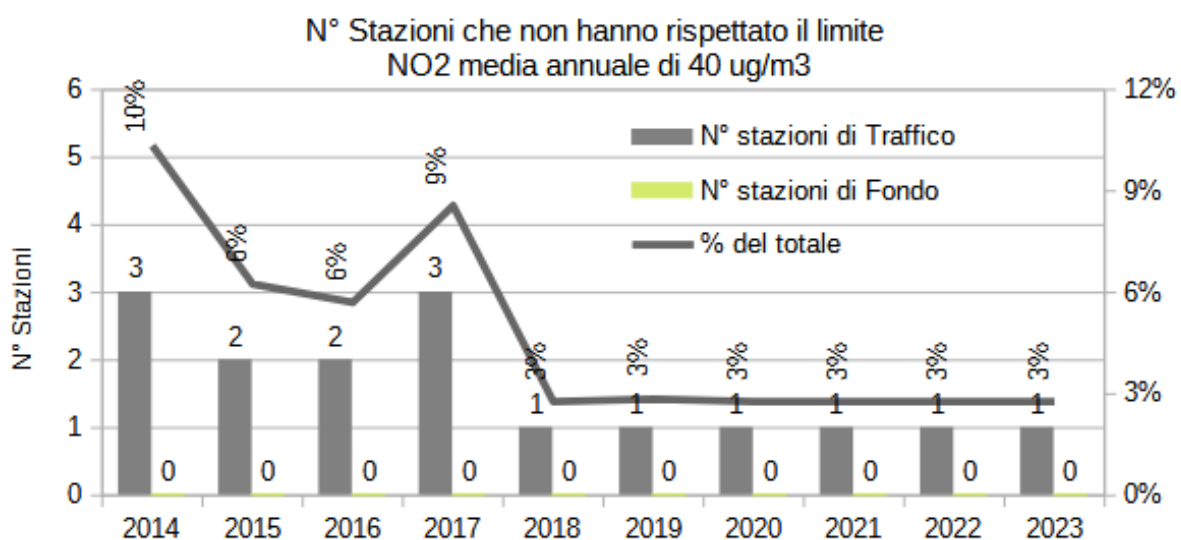
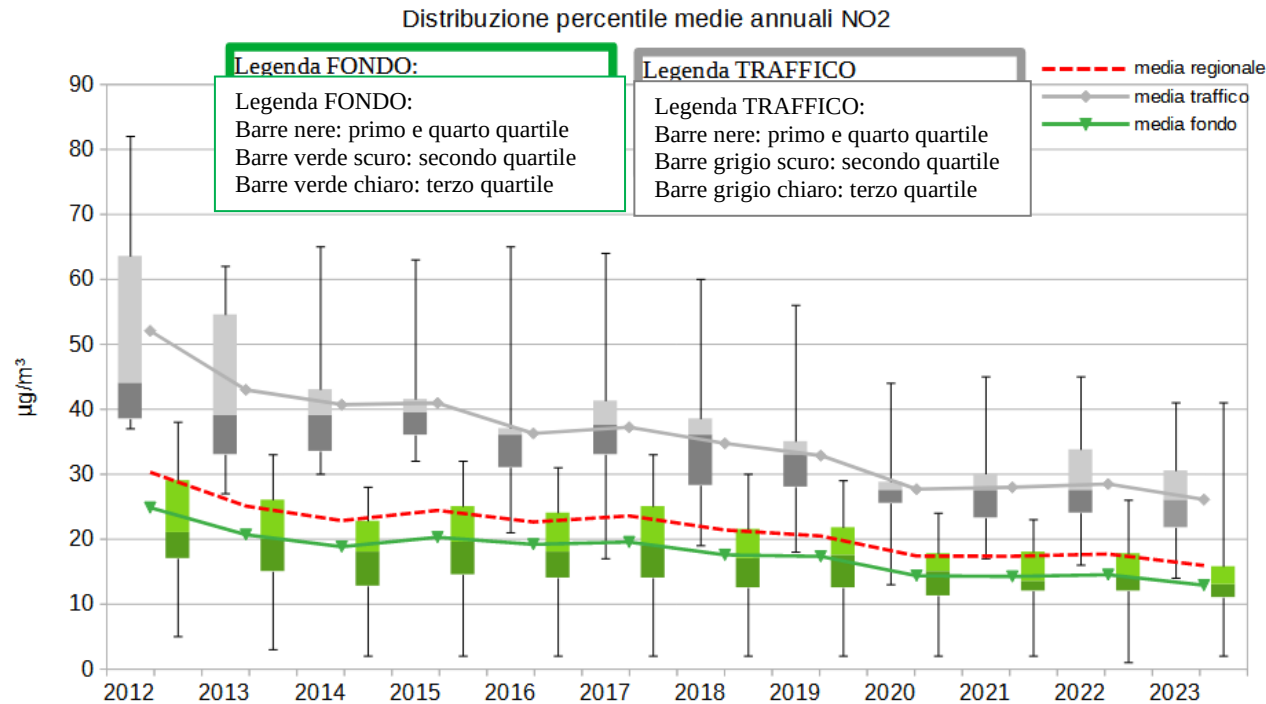


Grafico 4.3.7. Biossido di azoto – Range dei valori medi annuali stazioni traffico e fondo



Questo grafico mostra la differenza netta di valori di concentrazioni di biossido di azoto misurati presso i siti di fondo e di traffico. Presso i siti di fondo (barre verdi) le medie annuali registrate dalle stazioni di Rete Regionale sono sempre state tutte ampiamente inferiori al limite di legge, mentre presso i siti di traffico (barre grigie) le medie sono caratterizzate da valori più elevati, con il valore massimo (FI-Gramsci) che è sempre stato oltre il limite per la media annuale di 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Tabella 4.3.4. NO_x - Anno 2023 - Indicatori relativi alle stazioni di Rete Regionale

Zona	Classificazione		Provincia e Comune		Nome stazione	Media annuale ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Valore limite ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Zona collinare e montana	R reg	F	AR	Chitignano	AR-Casa Stabbi	4	30

L'indicatore NO_x viene calcolato solo per le stazioni rurali che rispettano i parametri di rappresentatività per la protezione della vegetazione. In Toscana l'unica stazione che rispetta il criterio è la rurale fondo di Chitignano, presso la quale i valori di NO_x sono costantemente molto bassi ed a livelli nettamente inferiori al valore limite.

4.4. Ozono

Confrontando gli indicatori 2023 con i parametri di riferimento per l'ozono indicati dalla normativa vigente, emerge che per questo parametro sussistono criticità diffuse per il rispetto di entrambi i valori obiettivo, mentre per quanto riguarda le soglie di attenzione e di allarme, nel 2023 non sono stati registrati episodi di superamento in nessuna stazione di Rete Regionale. La valutazione degli indicatori rilevati nel 2023 rispetto alla futura direttiva europea è riportata in allegato 3.

4.4.1. Indicatori O₃ Anno 2023

Tabella 4.4.1. O₃ - Anno 2023 - Indicatori relativi alle stazioni di Rete Regionale: valore obiettivo per la protezione della popolazione.

Indicatori Ozono Anno 2023					Valore obiettivo protezione salute umana: 25 superamenti della media giornaliera di 8 ore di 120 µg/m ³	
Zona	Class.	Provincia e comune		Stazione	Superi 2023	Media 2021-2022-2023
Agglomerato Firenze	S	FI	Firenze	FI-Settignano	20	27
	U	FI	Signa	FI-Signa	24	34
Zona Pianure Interne	S	AR	Arezzo	AR-Acropoli	1	2
	S	PT	Montale	PT-Montale	27	34
Zona Pianure Costiere	R	GR	Grosseto	GR-Maremma	28	17
	S	LU	Lucca	LU-Carignano	28	27
	S	PI	Pisa	PI-Passi	1	7
	S	PI	Santa Croce sull'Arno	PI-Santacroce	7	7
Zona Collinare Montana	RF	AR	Chitignano	AR-Casa Stabbi	4	12
	S	PI	Pomarance	PI-Montecerboli	11	24

Attualmente in Toscana l'Ozono rappresenta il parametro più critico nei confronti del rispetto dalla normativa, nonostante le concentrazioni registrate negli ultimi anni siano leggermente inferiori ai valori critici di una parte di quelli passati. Nel 2023 in 3 siti sono stati registrati più di 25 giorni con valore massimo su 8 ore superiore a 120 µg/m³, mentre il valore obiettivo per la protezione della salute che è calcolato come media di tre anni è stato superato in 4 stazioni su 10 appartenenti all'Agglomerato di Firenze, alla Zona delle Pianure Interne ed alla Zona delle pianure Costiere.

Grafico 4.4.1. O₃ - Anno 2023 - Indicatori relativi alle stazioni di Rete Regionale – Valore obiettivo per la protezione della popolazione

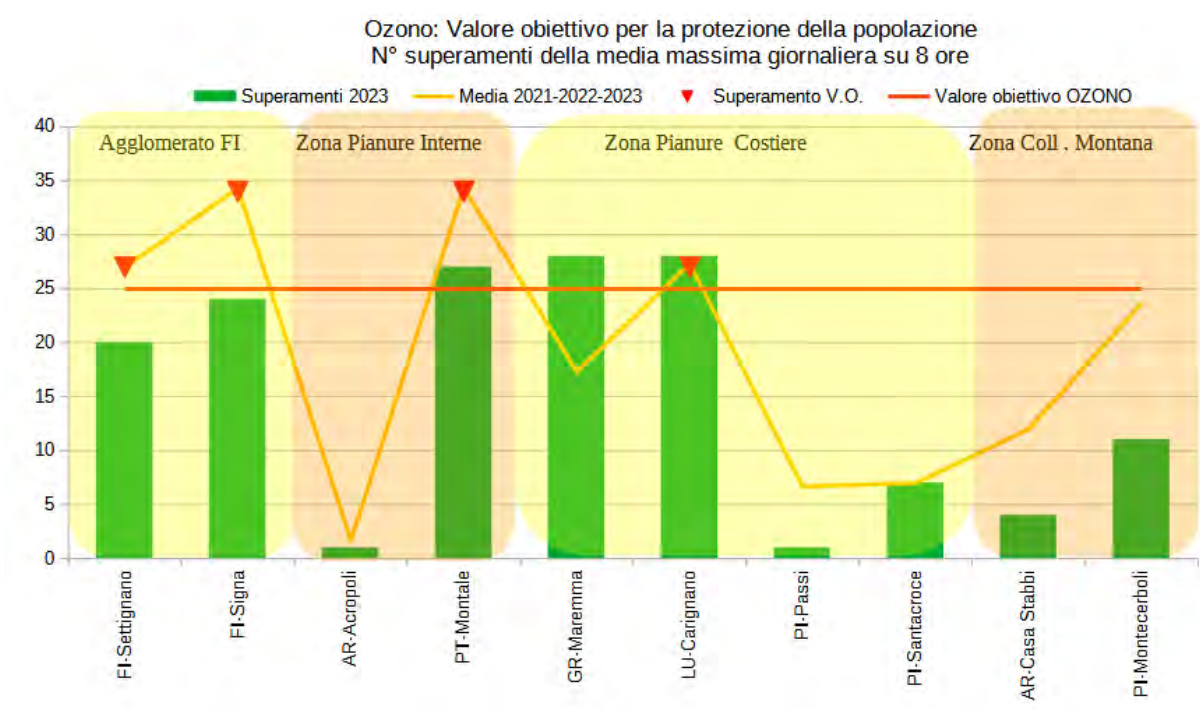


Figura 4.4.1 Valore obiettivo protezione umana anno 2023

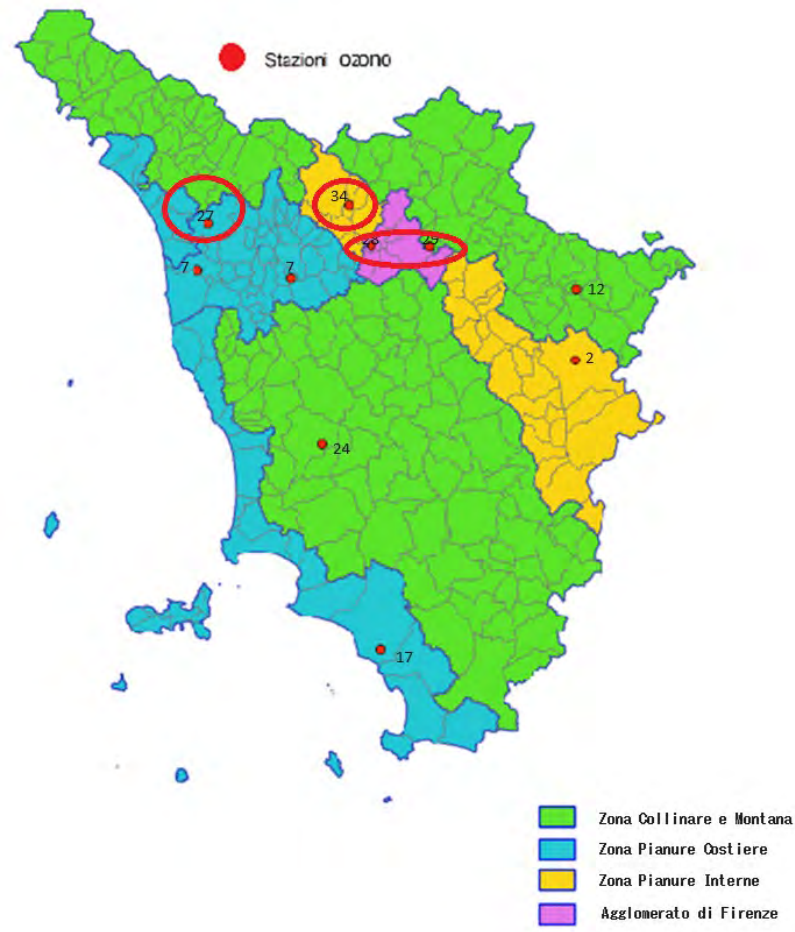


Tabella 4.4.2. O₃ - Anno 2023 – Superamenti delle soglie di informazione e di allarme

Indicatori Ozono Anno 2023							
Zona	Class	Provincia e comune		Stazione	Media oraria massima µg/m³	N° superamenti soglia informazione 180 µg/m³	N° superamenti soglia di allarme 240 µg/m³
Agglomerato Firenze	S	FI	Firenze	FI-Settignano	154	0	0
	U	FI	Signa	FI-Signa	169	0	0
Zona Pianure Interne	S	AR	Arezzo	AR-Acropoli	138	0	0
	S	PT	Montale	PT-Montale	179	0	0
Zona Pianure Costiere	R	GR	Grosseto	GR-Maremma	162	0	0
	S	LU	Lucca	LU-Carignano	157	0	0
	S	PI	Pisa	PI-Passi	136	0	0
	S	PI	S. Croce sull'Arno	PI-Santacroce	138	0	0
Zona Collinare Montana	RF	AR	Chitignano	AR-Casa Stabbi	143	0	0
	S	PI	Pomarance	PI-Montecerboli	144	0	0

Grafico 4.4.2. O₃ - Anno 2023 – Massime medie orarie e confronto con le soglie di informazione e di allarme

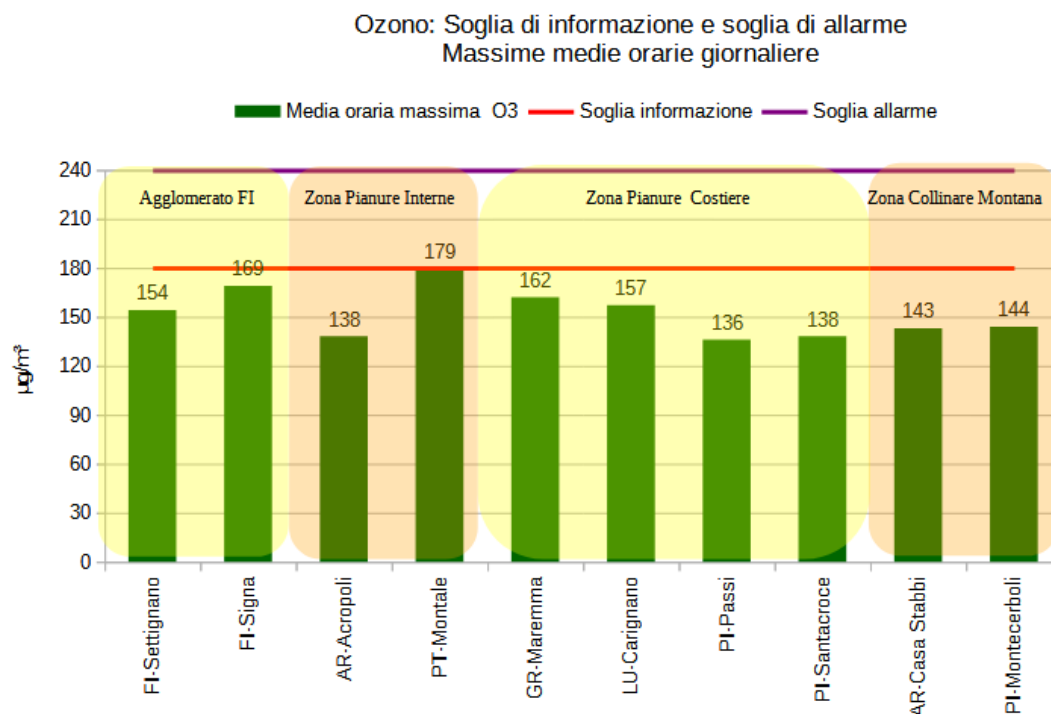


Tabella 4.4.3. O₃ - Anno 2023 - Indicatori relativi alle stazioni di Rete Regionale: valore obiettivo per la protezione della vegetazione

Indicatori Ozono Anno 2023					Valore obiettivo protezione vegetazione AOT40 Maggio/Luglio 18000 µg/m ³ h	
Zona	Class.	Provincia e comune		Stazione	AOT40 2023	Media 2019-2020-2021-2022-2023
Agglomerato Firenze	S	FI	Firenze	FI-Settignano	17735	21474
	U	FI	Signa	FI-Signa	19001	21612
Zona Pianure Interne	S	AR	Arezzo	AR-Acropoli	6455	10639
	S	PT	Montale	PT-Montale	21764	22609
Zona Pianure Costiere	R	GR	Grosseto	GR-Maremma	17238	19251
	S	LU	Lucca	LU-Carignano	17590	18277
	S	PI	Pisa	PI-Passi	9658	12427
	S	PI	Santa Croce sull'Arno	PI-Santacroce	11574	10363
Zona Collinare Montana	RF	AR	Chitignano	AR-Casa Stabbi	6314	14534
	S	PI	Pomarance	PI-Montecerboli	13119	20346

Il parametro per la protezione della vegetazione AOT40 di 18000, nel 2023 è stato superato in 2 siti su 10, mentre il valore obiettivo pari alla media su 5 anni è superato in 6 stazioni.

Grafico 4.4.3. O₃ - Anno 2023 - Indicatori relativi alle stazioni di Rete Regionale – Valore obiettivo per la protezione della vegetazione

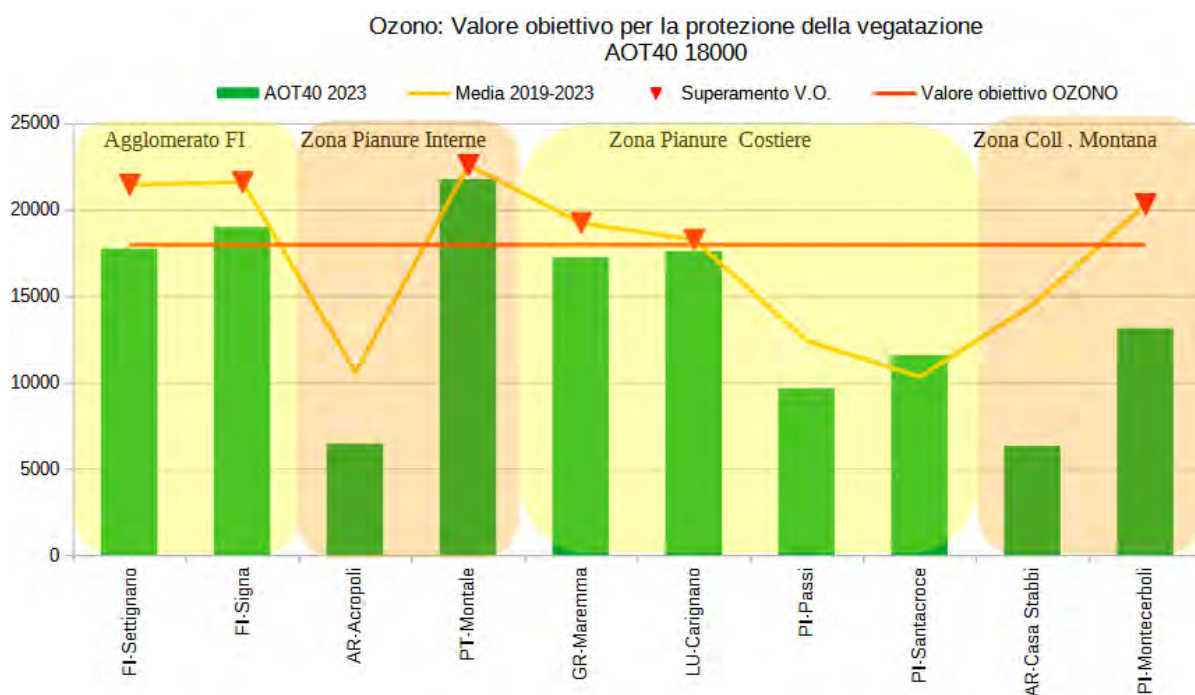
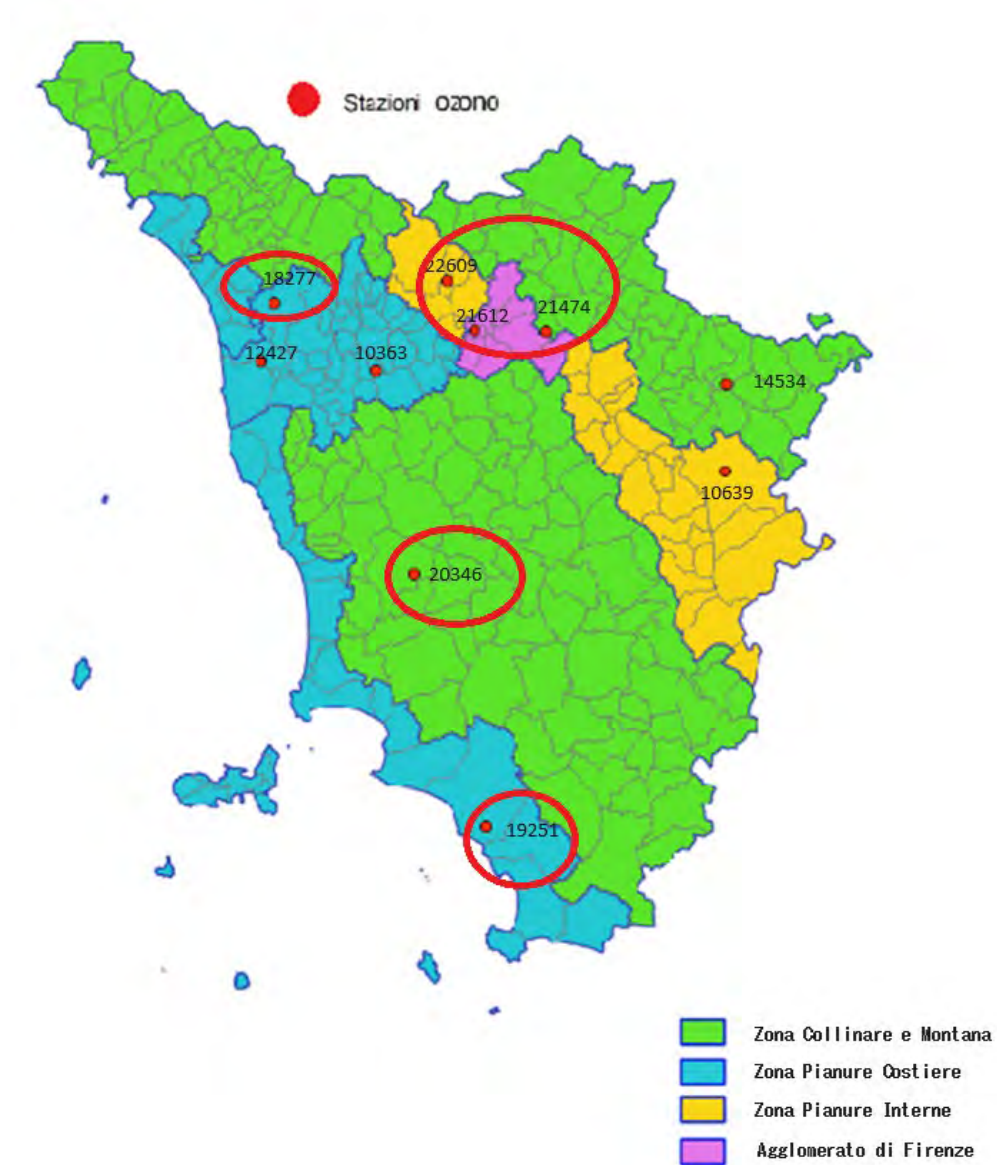


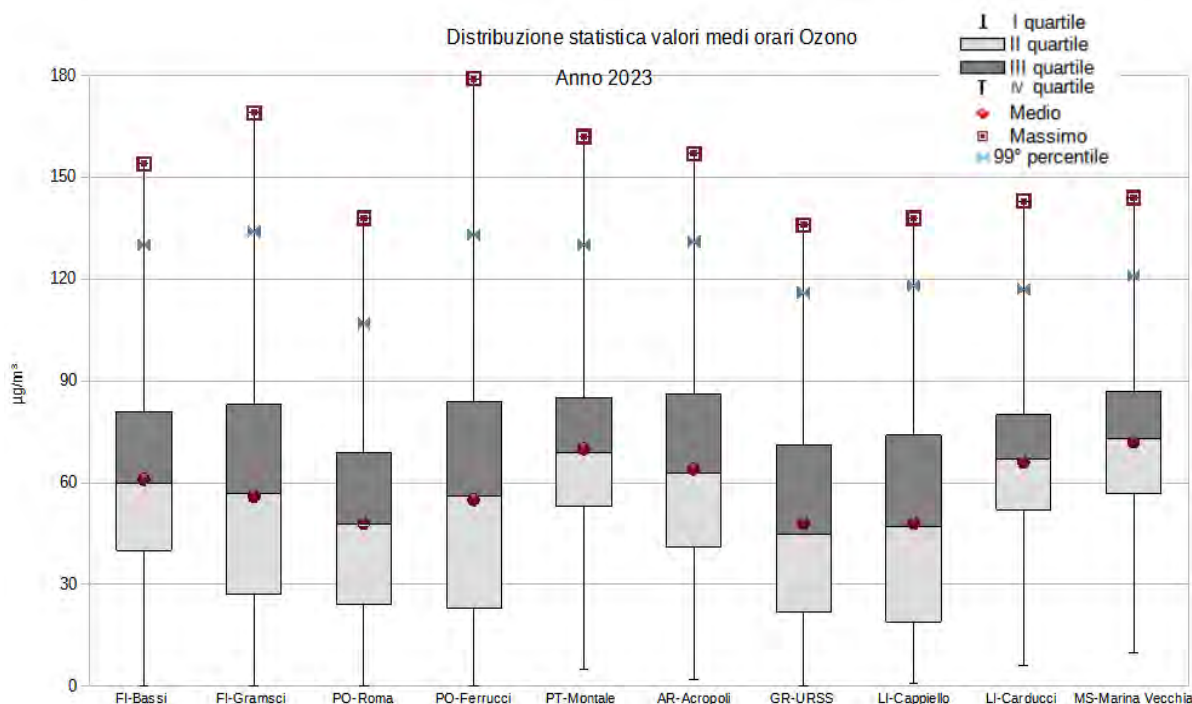
Figura 4.4.2 AOT40 anno 2023



4.4.2. Medie orarie di O₃ Anno 2023

Sono stati calcolati alcuni valori statistici di base sui valori orari di ozono registrati durante l'anno e sono stati elaborati i grafici box plot relativi ai dati registrati dalle stazioni di RR.

Grafico 4.4.4. Ozono - Range dei valori medi annuali di Ozono anno 2023



Il grafico mostra come i valori medi orari di ozono registrati, rispetto a quanto osservato per PM e per NO₂, si distribuiscono in maniera più uniforme in tutto il range di concentrazione. La barra rettangolare che comprende i valori del secondo e terzo quartile e racchiude il range del 50 % delle concentrazioni medie orarie registrate nell'arco dell'anno è, infatti, piuttosto ampia per tutte le stazioni. I baffi della barra rettangolare racchiudono l'intero range di concentrazioni orarie registrate nell'arco dell'anno, che è molto esteso per tutte le stazioni con minimi quasi nulli e massimi medi orari piuttosto elevati.

In gran parte del territorio della Toscana, ogni anno si verifica il superamento del valore obiettivo per la salute della popolazione. Anche nei confronti del limite per la protezione della vegetazione la situazione è caratterizzata da valori di AOT40 ben lontani dal rispetto del limite per la maggior parte del territorio.

Si riportano in tabella i trend degli indicatori di Ozono relativi agli ultimi 10 anni.

4.4.3. Andamento indicatori di O₃

Tabella 4.4.4. O₃ Valore obiettivo per la protezione della salute umana - Andamenti 2014-2023 per le relativi alle stazioni di Rete Regionale

		Valore obiettivo protezione salute umana: 25 superamenti della media massima giornaliera su 8 ore pari a 120 µg/m ³ (media ultimi 3 anni)									
Classificazione e nome Stazione		2014 (media 3 anni)	2015 (media 3 anni)	2016 (media 3 anni)	2017 (media 3 anni)	2018 (media 3 anni)	2019 (media 3 anni)	2020 (media 3 anni)	2021 (media 3 anni)	2022 (media 3 anni)	2023 (media 3 anni)
S	FI-Settignano	36	42	48	63	52	46	36	29	31	27
U	FI-Signa	-	38	40	56	50	43	32	28	36	34
S	AR-Acropoli	22	35	44	59	22	26	15	9	2	2
S	PT-Montale	30	25	24	30	44	39	29	30	35	34
R	GR-Maremma	28	29	36	41	41	41	33	22	11	17
S	LU-Carignano	34	40	38	48	51	51	42	26	24	27
S	PI-Passi	13	15	5	7	7	9	7	6	7	7
S	PI-Santacroce	4	4	2	2	2	4	4	4	5	7
RF	AR-Casa Stabbi	32	23	24	30	25	29	19	16	15	12
S	PI-Montecerboli	49	36	25	28	26	32	28	23	25	24

Grafico 4.4.5. O₃ Valore obiettivo per la protezione della salute umana - Andamenti 2014-2023 relativi alle stazioni di Rete Regionale

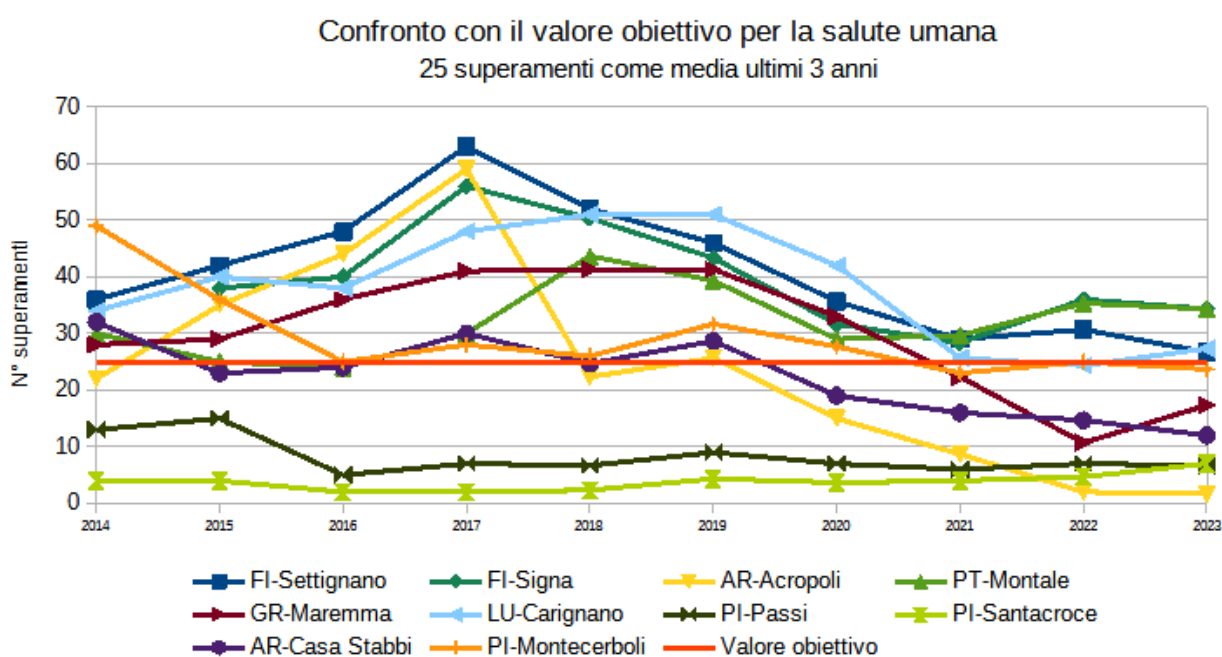


Tabella 4.4.5. O₃ Valore obiettivo per la protezione della salute umana – Percentuale di stazioni di Rete Regionale che non lo hanno rispettato.

	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
N° stazioni	6	6	5	8	6	8	6	4	3	4
% del totale	67%	60%	50%	80%	60%	80%	60%	40%	30%	40%

Grafico 4.4.6. O₃ – O₃ Valore obiettivo per la protezione della salute umana – Percentuale di stazioni di Rete Regionale che non lo hanno rispettato.

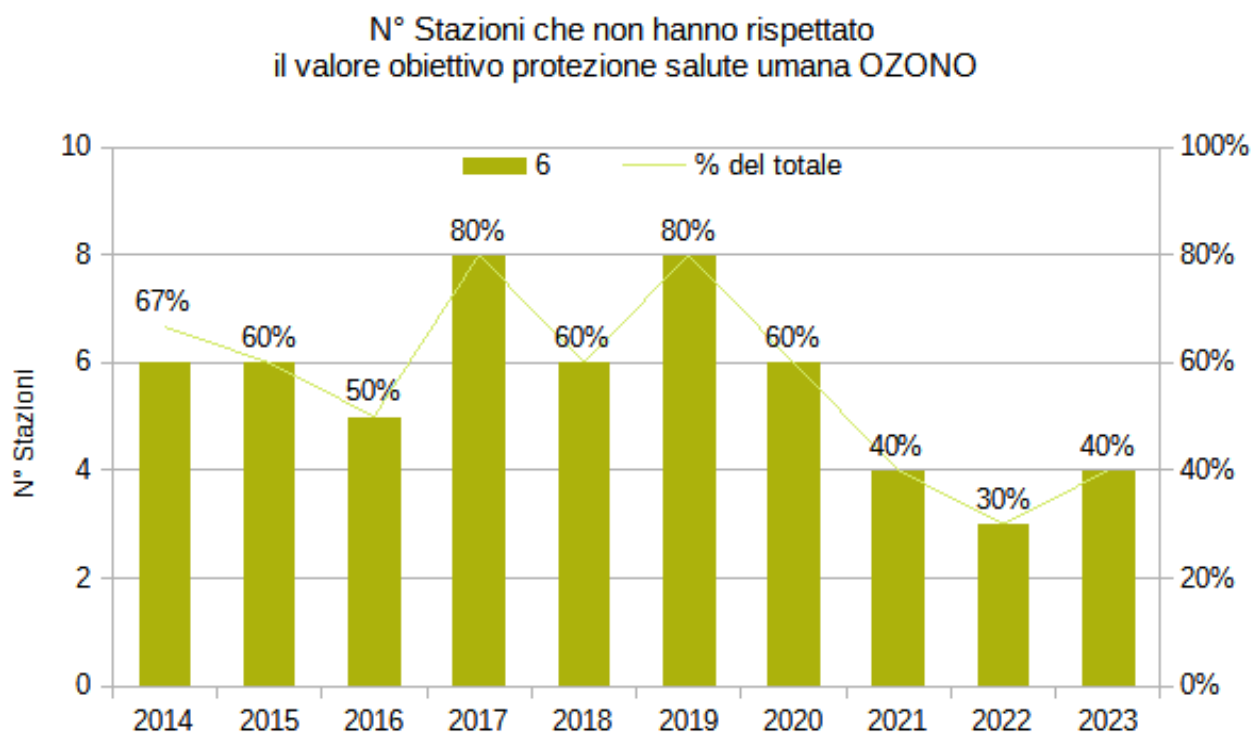
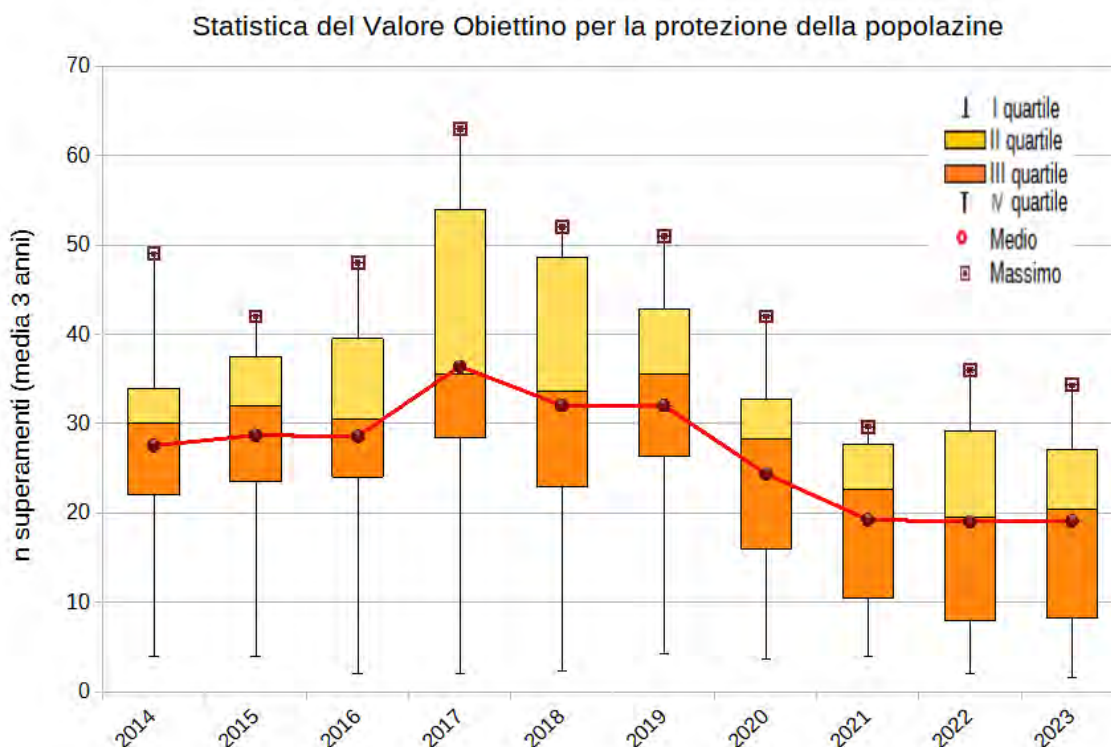


Grafico 4.4.7. Ozono – Statistica della distribuzione nell'indicatore “Valore obiettivo per la protezione della popolazione” - N° superamenti medio di 3 anni

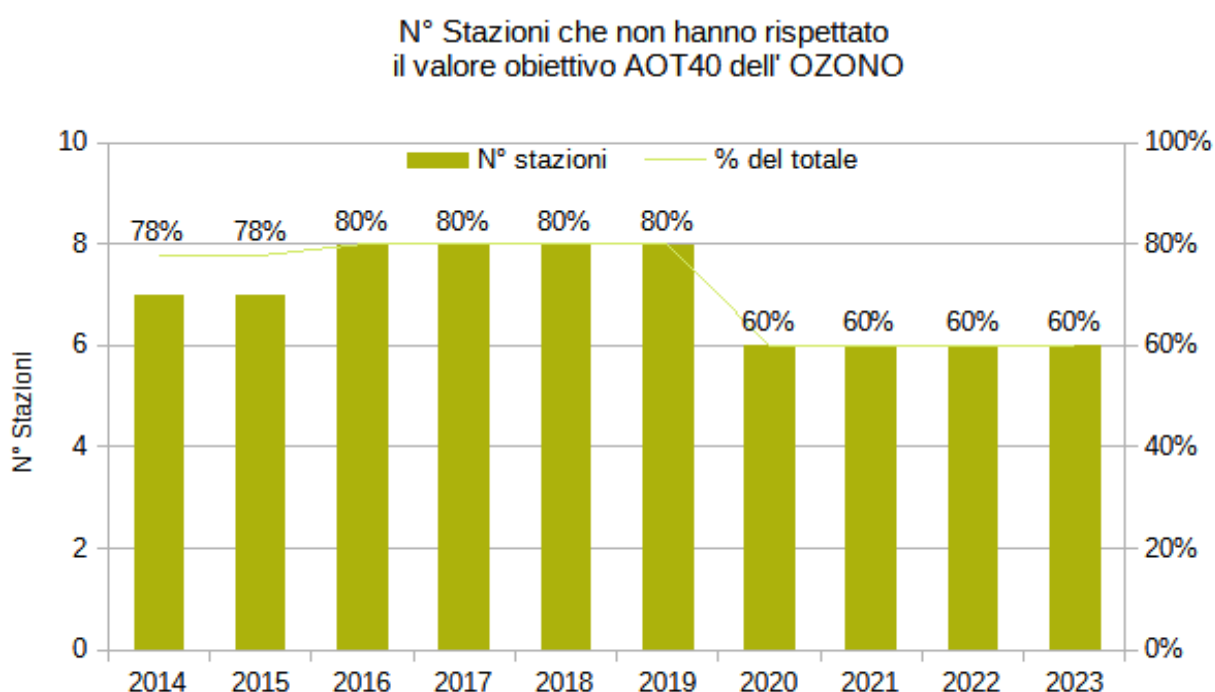


Dal grafico emerge che il valore obiettivo di 25 superamenti crea criticità e non è stato rispettato in modo diffuso nel nostro territorio. Nonostante questo indicatore sia calcolato come media su tre anni, viene fortemente influenzato dalle condizioni meteorologiche, in particolare l'irraggiamento solare dei mesi più caldi. Per questo, nonostante negli ultimi 3 anni la media triennale del numero di eventi per stazione sia stata inferiore a 25, la frazione di stazioni presso cui essa è maggiore di 25 è ancora elevata.

Tabella 4.4.6. O₃ - Valore obiettivo per la protezione della vegetazione – Percentuale di stazioni di Rete Regionale che non lo hanno rispettato.

	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
N° stazioni	7	7	8	8	8	8	6	6	6	6
% del totale	78%	78%	80%	80%	80%	80%	60%	60%	60%	60%

Grafico 4.4.7. O₃ - Valore obiettivo per la protezione della vegetazione – Percentuale di stazioni di Rete Regionale che non lo hanno rispettato.



Dalle elaborazioni dei dati relativi alle concentrazioni di ozono registrati nell'ultimo decennio presso le dieci stazioni di Rete Regionale, si evince che il rispetto dei limiti normativi dell'ozono è sempre stato critico in tutta l'area della Toscana, a eccezione delle stazioni di PI-Passi e di PI-Santa Croce.

Nel periodo da maggio a settembre ARPAT, oltre alla pubblicazione del bollettino regionale ozono, realizza quotidianamente con il Consorzio LaMMA una pagina web che riporta su mappa le concentrazioni di ozono registrate in Toscana dalla Rete Regionale di rilevamento in base alla rappresentatività delle singole stazioni. La mappa riporta i livelli delle concentrazioni di ozono misurati il giorno precedente, e fornisce un'indicazione sulla probabile tendenza della concentrazione di ozono, in base alle previsioni su alcuni parametri meteo che ne influenzano l'accumulo.

(https://www.arpat.toscana.it/temi-ambientali/aria/qualita-aria/mappa_ozono_lamma)

4.5. Monossido di Carbonio

Gli indicatori elaborati sui dati misurati nel 2023 sono stati confrontati con il valore limite di legge (allegato XI D.Lgs.155/2010 e s.m.i.), ovvero la media massima giornaliera calcolata su 8 ore pari a 10 mg/m³. Il riferimento normativo è stato ampiamente rispettato in tutte le stazioni di traffico e anche presso il sito industriale.

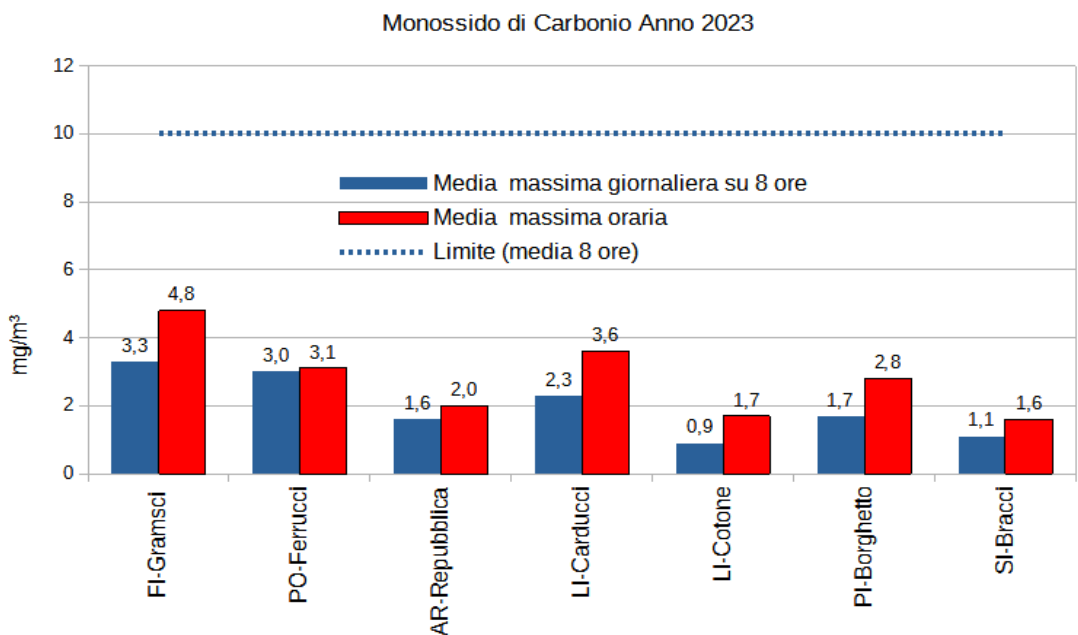
Tabella 4.5.1. CO - Anno 2023 - Indicatori relativi alle stazioni di Rete Regionale

Classificazione Zona e Stazione		Provincia e Comune		Nome stazione	Media massima su 8 ore (mg/m ³)		Valore limite (mg/m ³)
					Anno 2023	N° superamenti	
Agglomerato Firenze	UT	FI	Firenze	FI-Gramsci	3,3	0	10
Zona Prato Pistoia	UT	PO	Prato	PO-Ferrucci	3,0	0	
Zona Valdarno Aretino e Valdi-chiana	UT	AR	Arezzo	AR-Repubblica	1,6	0	
Zona Costiera	UT	LI	Livorno	LI-Carducci	2,3	0	
	UI	LI	Piombino	LI-Cotone	0,9	0	
Zona Valdarno Pisano e Piana Lucchese	UT	PI	Pisa	PI-Borghetto	1,7	0	
Zona Collinare e Montana	UT	SI	Siena	SI-Bracci	1,1	0	

4.5.1. Massime orarie e massime medie su 8 ore di CO Anno 2023

Come si evince dalla tabella, i valori di CO registrati da tutte le stazioni di Rete Regionale sono ampiamente sotto il limite imposto dal D.Lgs.155/2010. La media massima giornaliera di 8 ore è stata raggiunta presso la stazione di FI-Gramsci ed è stata pari a 3,3 mg/m³. Si riportano in grafico i valori dell'indicatore e le massime medie orarie registrate nel corso dell'anno da tutte le stazioni di RRQA.

Grafico 4.5.1. CO - Anno 2023 - Massime orarie e medie massime giornaliere su 8 ore

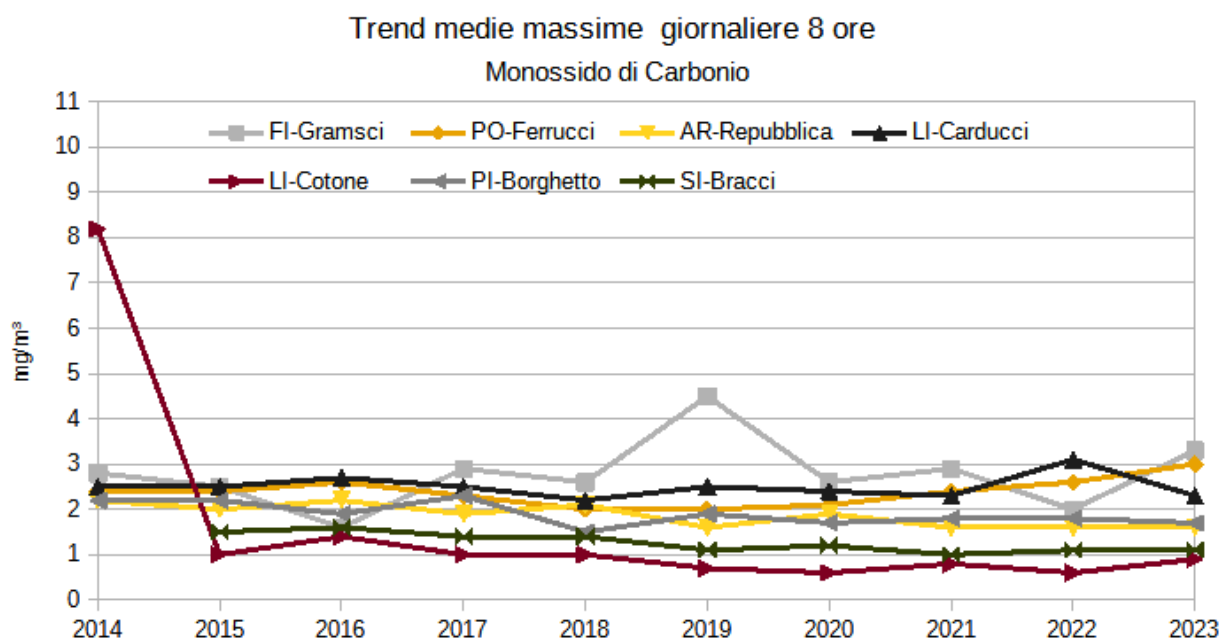


4.5.2. Andamento indicatori di CO

Tabella 4.5.2. Ossido di carbonio – Massima media giornaliera su 8 ore
Andamenti 2014-2023 per le stazioni di Rete Regionale.

			Monossido di carbonio									
Classificazione Zona e Stazione		Nome stazione	Media massima giornaliera di 8 ore (mg/m ³)									
			2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Agglomerato Firenze	UT	FI-Gramsci	2,8	2,5	1,6	2,9	2,6	4,5	2,6	2,9	2,0	3,3
Zona Prato Pistoia	UT	PO-Ferrucci	2,4	2,4	2,6	2,3	2,0	2,0	2,1	2,4	2,6	3,0
Zona Valdarno Aretino e Valdichiana	UT	AR-Repubblica	2,2	2,0	2,2	1,9	2,1	1,6	1,9	1,6	1,6	1,6
Zona Costiera	UT	LI-Carducci	2,5	2,5	2,7	2,5	2,2	2,5	2,4	2,3	3,1	2,3
	SI	LI-Cotone	8,2	1,0	1,4	1,0	1,0	0,7	0,6	0,8	0,6	0,9
Zona Valdarno Pisano e Piana Lucchese	UT	PI-Borghetto	2,2	2,2	1,9	2,3	1,5	1,9	1,7	1,8	1,8	1,7
Zona Collinare e Montana	UT	SI-Bracci	*	1,5	1,6	1,4	1,4	1,1	1,2	1,0	1,1	1,1

Grafico 4.5.2. Ossido di carbonio – Massima media giornaliera su 8 - Andamenti 2014-2023 per le stazioni di Rete Regionale.



In base ai valori storici registrati nella nostra regione il confronto con i nuovi valori di riferimento proposti dalla nuova direttiva mostra una situazione priva di criticità.

Negli ultimi anni la massima media giornaliera su 8 ore si è mantenuta in tutte le stazioni di Rete Regionale ben al di sotto dei valori limite di normativa.

4.6. Biossido di Zolfo

Gli indicatori elaborati sui dati misurati nel 2023 sono stati confrontati con i valori limite di legge (allegato XI D.Lgs.155/2010 e s.m.i.), che per SO₂ sono: il numero massimo di 3 superamenti della media giornaliera di 125 µg/m³ e il numero massimo di 24 superamenti della media oraria di 350 µg/m³. Per il Biossido di Zolfo è prevista anche una soglia di allarme pari a 3 medie orarie consecutive superiori a 500 µg/m³, che nella nostra regione non è mai stata raggiunta dall'inizio del monitoraggio.

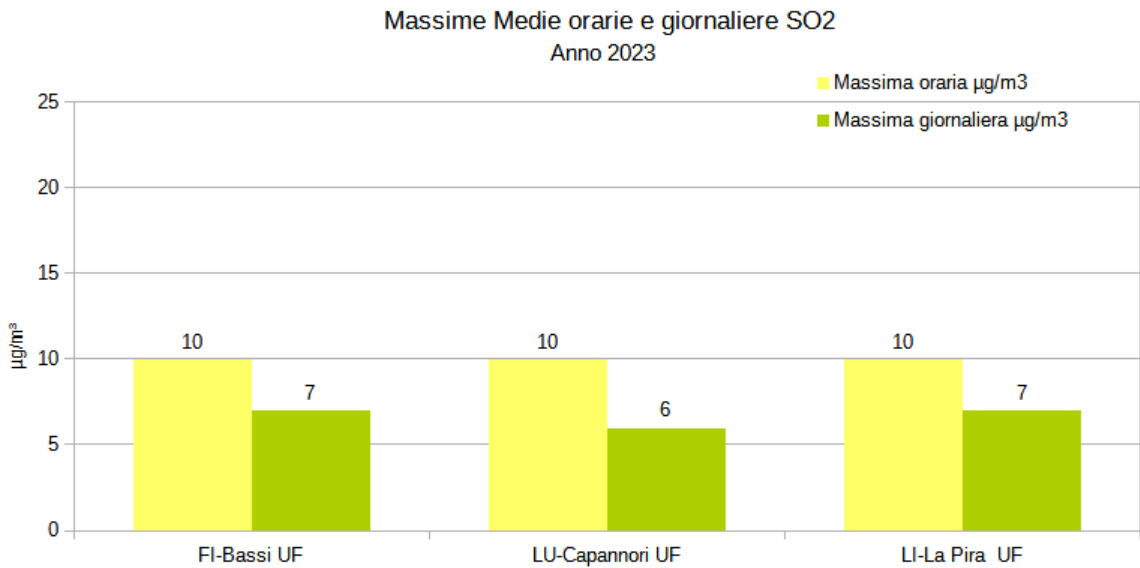
Tabella 4.6.1. SO₂ - Anno 2023 - Indicatori relativi alle stazioni di Rete Regionale

Zona	Stazione	Massima oraria µg/m ³			Massima giornaliera µg/m ³		
		Anno 2023	N° medie orarie > 350 µg/m ³	V.L.	Anno 2023	N° medie giornaliere > 125 µg/m ³	V.L.
Agglomerato Firenze	FI-Bassi UF	10	0	24	7	0	3
Valdarno Pisano e Piana Lucchese	LU-Capannori UF	10	0		6	0	
Zona Costiera	LI-La Pira UF	10	0		7	0	

I valori di SO₂ registrati sono stati nettamente inferiori ai parametri di normativa e non è stato registrato alcun superamento. In base ai valori storici registrati nella nostra regione, il confronto con i nuovi valori di riferimento proposti dalla nuova direttiva ne indica il pieno rispetto.

4.6.1. Massime orarie e massime giornaliere SO₂ Anno 2023

Grafico 4.6.1. SO₂ – Anno 2023 – Valori massimi relativi alle stazioni di Rete Regionale



4.6.2. Andamento indicatori di SO₂

Tabella 4.6.2. SO₂ – Andamenti dei valori medi annuali 2014-2023 per le stazioni di Rete Regionale

Classificazione Zona e stazione		Nome stazione	Media annuale µg/m ³									
			2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Agglomerato Firenze	UF	FI-Bassi	3	2	2	2	2	1	1	2	1	1
Valdarno Pisano e Piana Lucchese	UF	LU-Capannori	2	1	1	1	1	1	1	1	1	2
Zona Costiera	UF	LI-La Pira	*	4	5	3	3	1	0	2	1	1

I valori di SO₂ si sono mantenuti costantemente molto contenuti per tutto l'ultimo decennio senza che si siano mai verificati superamenti né del valore limite per la media giornaliera né del valore limite per la media oraria, presso nessun sito di monitoraggio.

4.7. Acido solfidrico

Nelle stazioni di tipo fondo industriale situate nei comuni di Santa Croce e Pomarance viene monitorato l'H₂S, parametro per il quale attualmente la normativa europea e quella nazionale non hanno indicato valori limite, soglie di allarme e/o valori obiettivo di qualità dell'aria. In mancanza di riferimenti normativi, ci si riferisce al valore guida indicato dall'organizzazione per la protezione della salute che è pari ad una media giornaliera di 150 µg/m³.

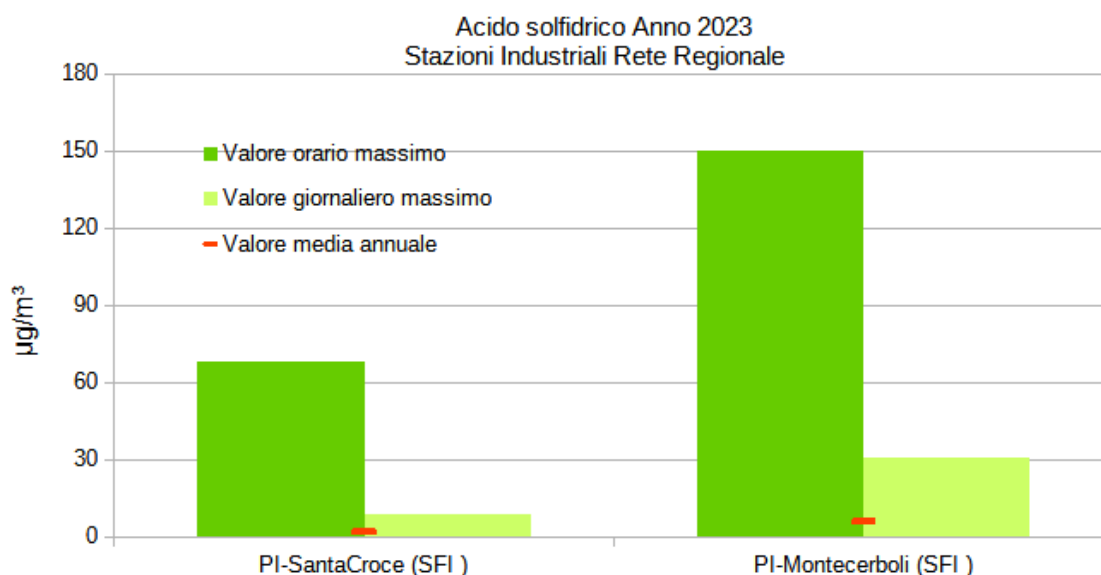
Tabella 4.7.1. H₂S - Anno 2023 - Indicatori relativi alle stazioni di Rete Regionale

Stazione	Anno 2023		
	Valore orario massimo µg/m ³	Valore giornaliero massimo µg/m ³	Valore media annuale µg/m ³
PI-Montecerboli (SFI)	150	31	6
PI-SantaCroce (SFI)	68	9	2

I valori registrati in entrambe le stazioni sono ampiamente inferiori ai valori guida dell'OMS. Le concentrazioni che caratterizzano i due siti sono sostanzialmente differenti, con i valori registrati presso il sito di Pomarance nettamente superiori al sito di Santa Croce.

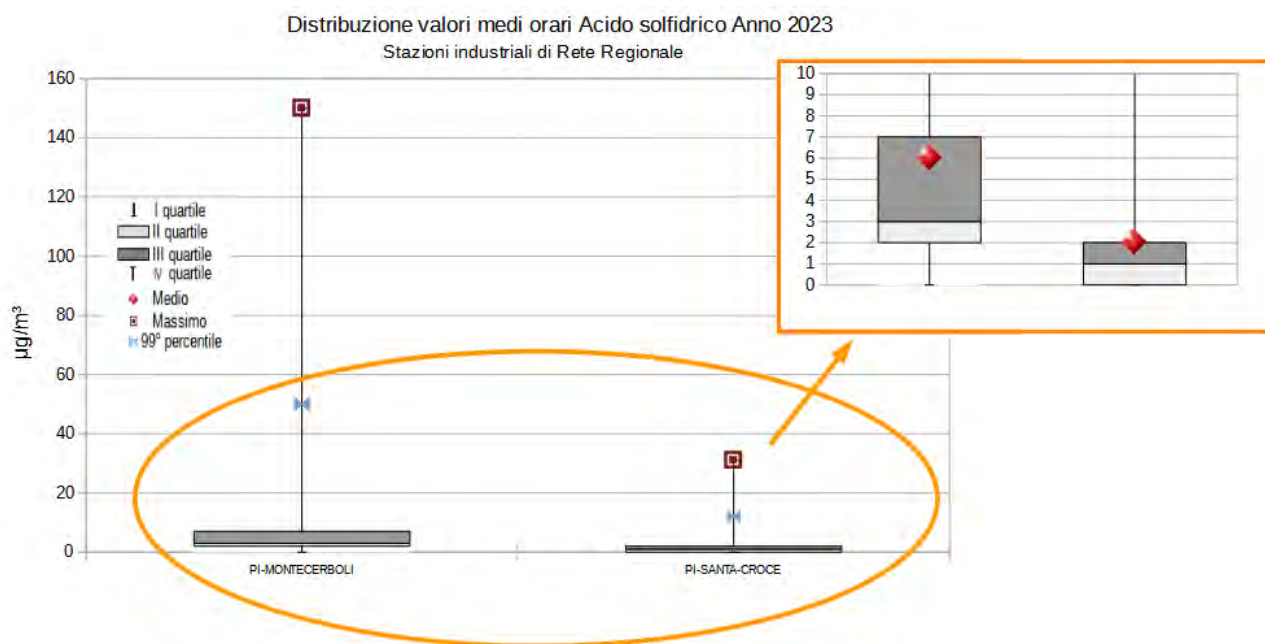
4.7.1. Indicatori di H₂S Anno 2023

Grafico 4.7.1. H₂S - Anno 2023 - Medie annuali, medie massime giornaliere e massime orarie annuali stazioni di Rete Regionale



Sono stati calcolati alcuni valori statistici di base sui valori orari di acido solforico registrati durante l'anno e sono stati elaborati i grafici box plot relativi alle 2 stazioni di RR che indicano la distribuzione dei valori medi orari.

Grafico 4.7.2. Distribuzione dei valori medi orari di acido solfidrico registrati nel 2023



Il grafico mostra come i primi tre quartili delle concentrazioni registrate a PI-Montecerboli siano inferiori a $7 \mu\text{g}/\text{m}^3$, che è la soglia media di percezione di odore per l'Acido Solfidrico, mentre a PI-Santa Croce sono state inferiori a $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$. I 99° percentili sono pari a $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ per il sito di Pomarance e $12 \mu\text{g}/\text{m}^3$ per la stazione di Santa Croce.

4.7.2. Andamento indicatori di H_2S

Tabella 4.7.2. H_2S Andamenti dei valori medi annuali 2014-2023 per le stazioni di Rete Regionale

Nome stazione	Media annuale ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)									
	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
PI-SantaCroce (SFI)	1	1	2	1	2	1	1	2	2	2
PI-Montecerboli (SFI)	7	6	4	5	5	4	4	4	4	6

Tabella 4.7.3. H_2S Andamenti dei valori medi giornalieri massimi 2014-2023 per le stazioni di Rete Regionale

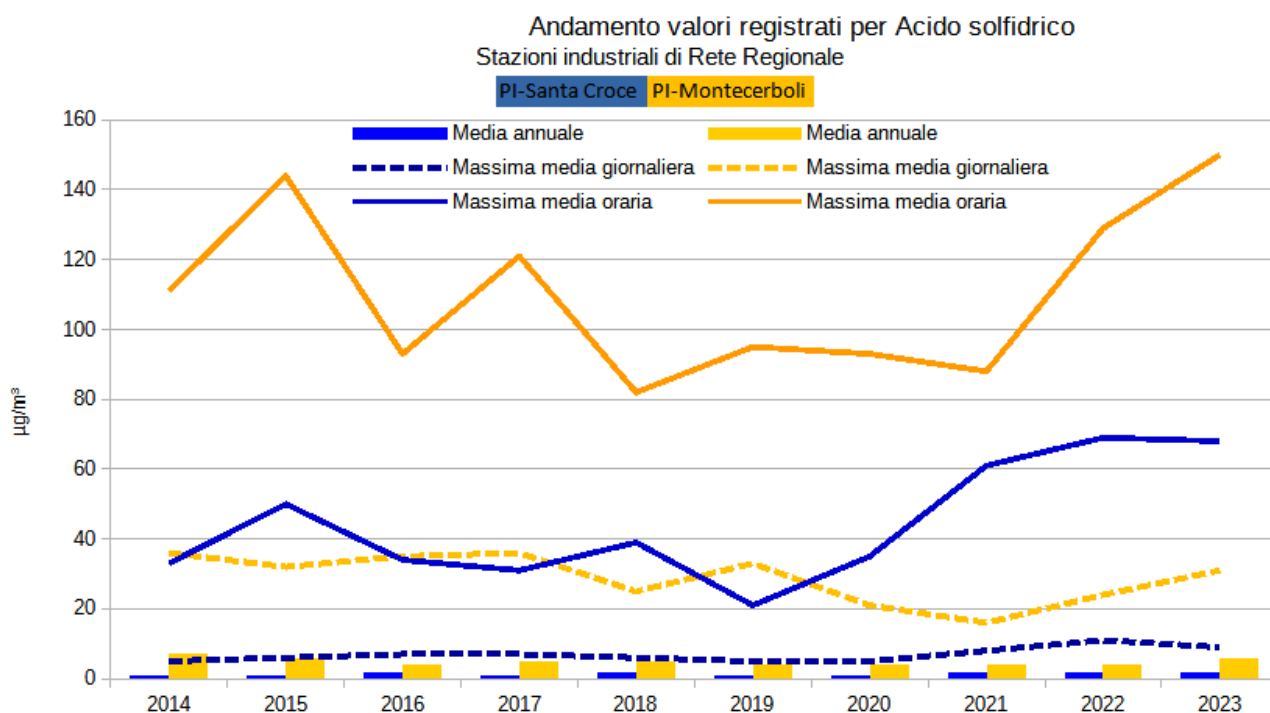
Nome stazione	Massime medie giornaliere registrate ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)									
	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
PI-SantaCroce (SFI)	5	6	7	7	6	5	5	8	11	9
PI-Montecerboli (SFI)	36	32	35	36	25	33	21	16	24	31

Tabella 4.7.4. H₂S Andamenti dei valori medi orari massimi 2014-2023 per le stazioni di Rete Regionale

Nome stazione	Massime medie orarie registrate (µg/m ³)									
	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
PI-SantaCroce (SFI)	33	50	34	31	39	21	35	61	69	68
PI-Montecerboli (SFI)	111	144	93	121	82	95	93	88	129	150

I trend mostrano che, in entrambe le stazioni considerate nelle tabelle sopra riportate, i valori registrati si sono mantenuti su livelli nettamente inferiori a quelli indicati dall'OMS come riferimento per la media giornaliera (150 µg/m³), per tutti gli anni in cui il monitoraggio è stato attivo. Presso la stazione di Pomarance si registrano costantemente valori nettamente più elevati che presso la stazione di Santa Croce sull'Arno.

Grafico 4.7.3. H₂S Medie massime giornaliera ed oraria, medie annuali. Andamento anni 2014-2023



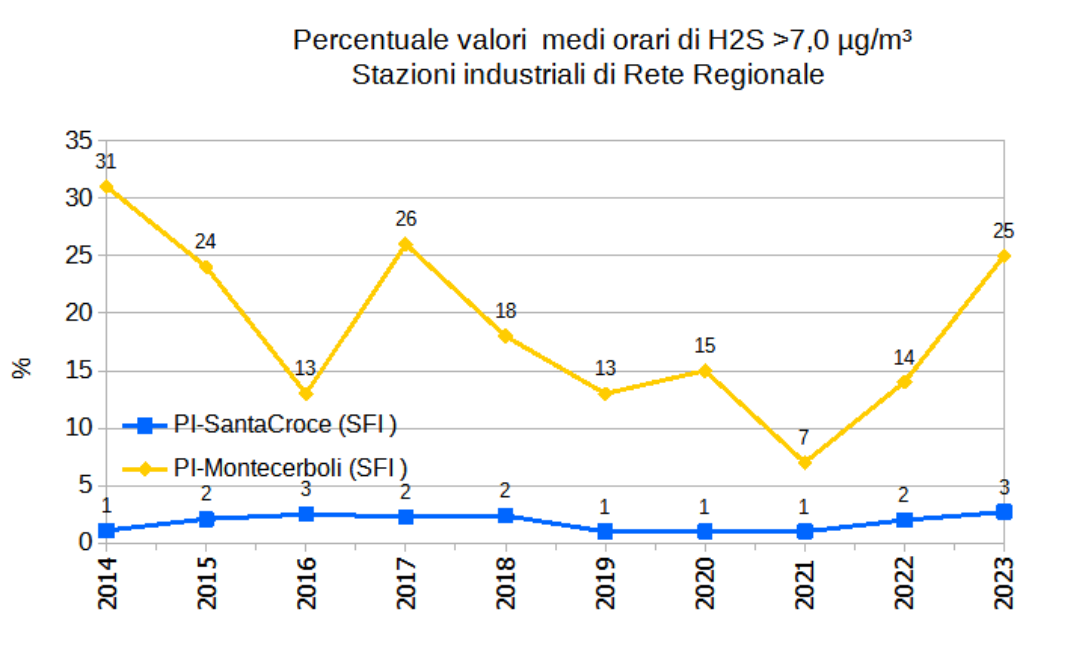
4.7.3. Studio del disturbo olfattivo da H₂S registrato dalla RRQA

L'altro riferimento per i valori di H₂S è costituito dalla soglia di disturbo olfattivo stimata mediamente pari a 7 µg/m³. Tale soglia mette in relazione i valori di acido solfidrico ad un disturbo da fonte odorigena avvertito dalla popolazione. Nel 2023 la percentuale delle ore in cui i livelli di concentrazione potrebbero aver dato luogo ad episodi di disagio olfattivo è stata molto contenuta nel sito di Santa Croce mentre a Pomarance pari a circa un quarto del tempo di monitoraggio.

Tabella 4.7.5. H₂S Trend percentuali orarie con valori superiori alla soglia olfattiva

Nome stazione	% dei valori H ₂ S superiori alla soglia olfattiva di 7,0 µg/m ³									
	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
PI-Santa Croce (SFI)	1	2	3	2	2	1	1	1	2	3
PI-Montecerboli (SFI)	31	24	13	26	18	13	15	7	14	25

Grafico 4.7.4. H₂S Trend percentuali orarie con valori superiori alla soglia olfattiva.



Il grafico relativo all'ultimo decennio mostra che:

- la Zona industriale di Santa Croce è stata, negli anni, caratterizzata da valori di concentrazioni tali da non provocare un sensibile disagio alla popolazione locale; infatti, il periodo di tempo in cui la popolazione può avere mediamente percepito un disagio olfattivo nell'anno è sempre stato tra 1 e 3 %;

- la popolazione della Zona rappresentata dalla stazione di PI-Montecerboli negli anni passati è stata sottoposta ad un disagio olfattivo mediamente percepibile in percentuali di tempo significative che variano dal 7 al 30%. Nel 2023 le concentrazioni medie orarie sono state per un 25% del totale delle ore di monitoraggio superiori alla soglia di 7 µg/m³.

4.8. Benzene

Il monitoraggio del Benzene è effettuato da diversi anni in modo continuo nelle 7 stazioni di Rete Regionale previste dalla delibera DGRT n. 964/2015.

Gli indicatori sono stati confrontati con il valore limite di legge (allegato XI D.Lgs.155/2010 e s.m.i.), pari a una media annuale di 5 µg/m³. La valutazione degli indicatori rilevati nel 2023 rispetto alla futura direttiva europea è riportata in allegato 3.

Tabella 4.8.1. Benzene - Anno 2023 - Indicatori relativi alle stazioni di Rete Regionale

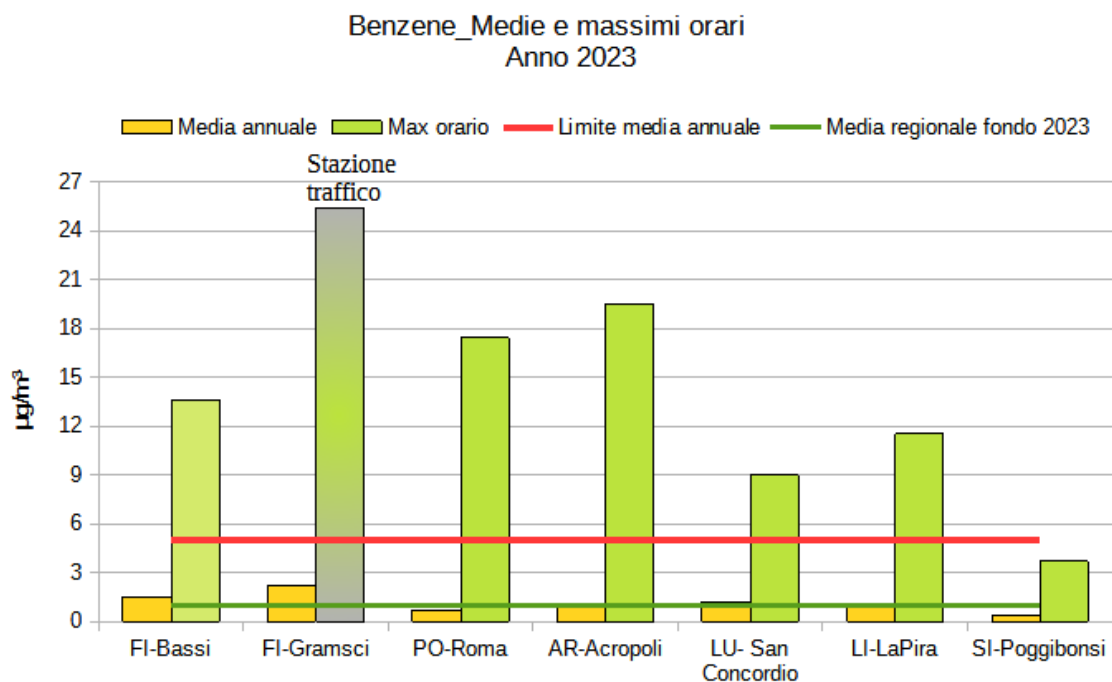
				Benzene Anno 2023 (µg/m ³)		
Classificazione zona e stazione		Provincia e Comune	Nome stazione	Media annuale	Limite media annuale	Max orario
Agglomerato Firenze	UF	Firenze (FI)	FI-Bassi	1,5	5	13,6
	UT	Firenze (FI)	FI-Gramsci	2,2		25,4
Zona Prato Pistoia	UF	Prato (PO)	PO-Roma	0,7		17,4
Zona Valdarno Aretino e Val di Chiana	UF	Arezzo (AR)	AR-Acropoli	1		19,5
Zona Valdarno Pisano e Piana Lucchese	UF	Lucca (LU)	LU- San Concordio	1,2		9
Zona Costiera	UF	Livorno (LI)	LI-LaPira	1,1		11,5
Zona Collinare e Montana	UF	Poggibonsi (SI)	SI-Poggibonsi	0,4		3,7

I dati riportati in tabella ed illustrati nel grafico seguente rappresentano una situazione molto positiva per quanto riguarda i valori di Benzene della regione, che sono tutti nettamente inferiori al limite di normativa. I valori più alti sono stati registrati, come atteso, presso la stazione di traffico di FI-Gramsci, mentre per le stazioni di fondo il valore medio regionale del 2023 è stato pari a 1,0 µg/m³.

4.8.1. Medie annuali e massimi orari di Benzene anno 2023

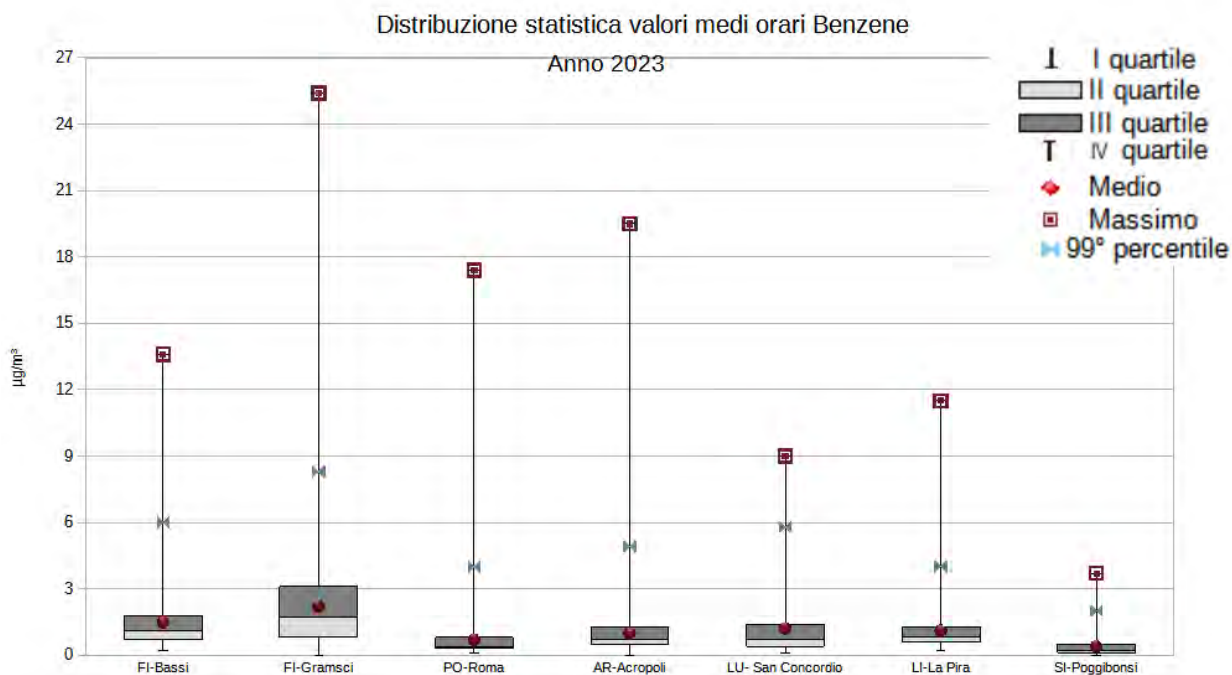
I valori più alti sia come media annuale complessiva che come valori massimi orari sono stati registrati nel sito di traffico FI-Gramsci.

Grafico 4.8.1. Benzene - Anno 2023 - Indicatori relativi alle stazioni di Rete Regionale



È stato elaborato il grafico box plot ottenuto calcolando alcune statistiche di base (media, mediana, percentili) sulle concentrazioni medie orarie di Benzene per le stazioni di Rete Regionale, con l'obiettivo di dare una rappresentazione sintetica della distribuzione statistica dei dati.

Grafico 4.8.2. Range dei valori medi annuali di Benzene _ Anno 2023



Le distribuzioni dei dati orari di Benzene registrati dalle stazioni di Rete Regionale nell'arco dell'anno mostrano che per il 99% delle ore di campionamento i valori sono stati inferiori a 6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ per i siti di fondo ed inferiori a 9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ per il traffico.

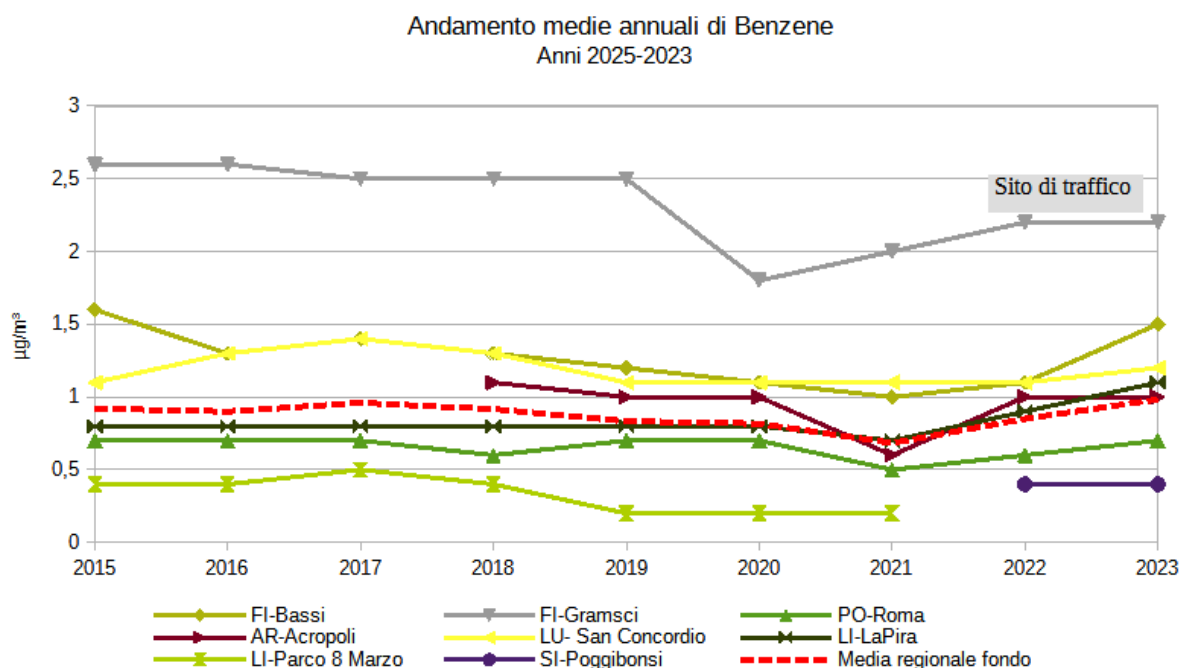
4.8.2. Andamento medie annuali di Benzene

Tabella 4.8.2. Benzene - Andamenti dei valori medi annuali 2015-2023 per le stazioni di Rete Regionale

Nome stazione	Medie annuali Benzene ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)								
	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
FI-Bassi	1,6	1,3	1,4	1,3	1,2	1,1	1	1,1	1,5
FI-Gramsci	2,6	2,6	2,5	2,5	2,5	1,8	2	2,2	2,2
PO-Roma	0,7	0,7	0,7	0,6	0,7	0,7	0,5	0,6	0,7
AR-Acropoli				1,1	1	1	0,6	1	1
LU- San Concordio	1,1	1,3	1,4	1,3	1,1	1,1	1,1	1,1	1,2
LI-La Pira	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,7	0,9	1,1
LI-Parco 8 Marzo	0,4	0,4	0,5	0,4	0,2	0,2	0,2	-	-
SI-Poggibonsi	-	-	-	-	-	-	-	0,4*	0,4

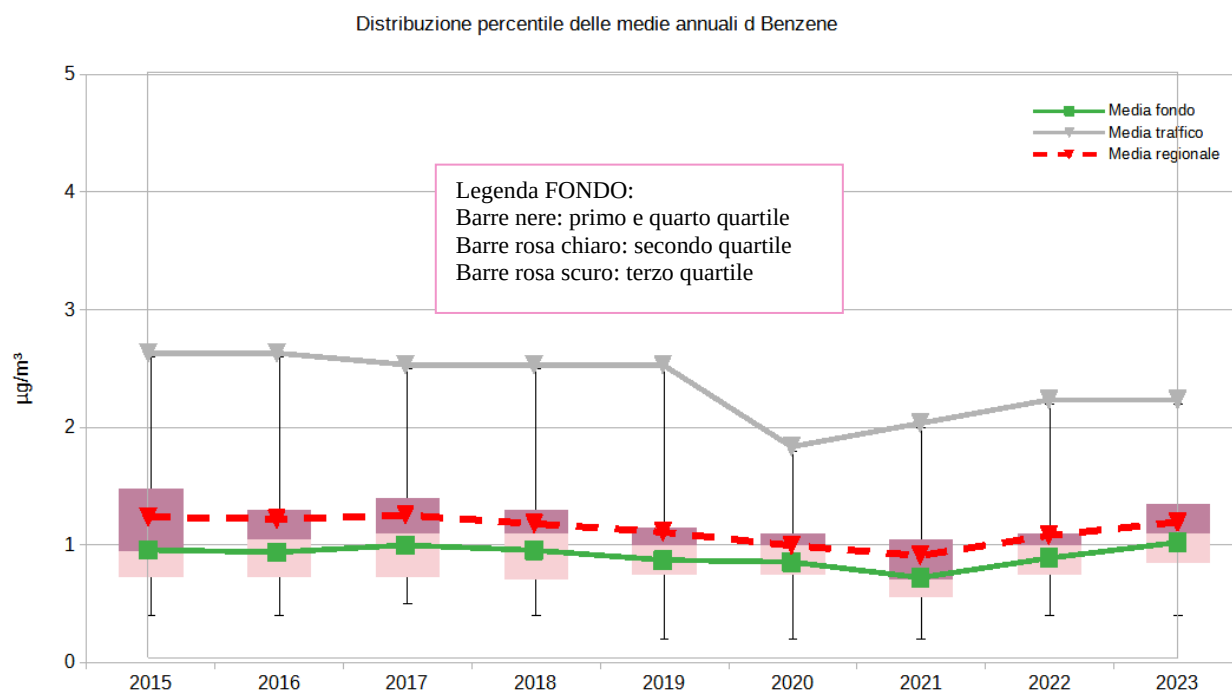
* serie non valida, riportata a scopo indicativo

Grafico 4.8.3. Benzene - Andamenti dei valori medi annuali 2015-2023 per le stazioni di Rete Regionale



Per il Benzene si è mantenuta negli anni la differenza sostanziale tra le concentrazioni medie registrate presso sito di traffico urbano rispetto al fondo urbano.

Grafico 4.8.4. Benzene – Distribuzione dei valori medi annuali anni 2015-2023



I dati medi annuali di Benzene registrati negli ultimi anni si sono mantenuti piuttosto costanti in tutti i siti di monitoraggio, registrando una media massima regionale nel sito di traffico che si è mantenuta sempre inferiore al 50% circa del valore limite, indicando una situazione molto positiva nei confronti del limite del D.lgs.155/2010.

4.8.3. Derivati del Benzene

Sono stati infine calcolati i valori medi annuali dei derivati del Benzene oggetto di monitoraggio: Toluene, Etil-Benzene, O-Xilene e M+P-Xilene per i quali la normativa attuale non indica riferimenti. Per tutti i parametri che sono stati monitorati le concentrazioni medie sono state molto contenute.

Tabella 4.8.3. Valori medi annuali dei derivati del Benzene: Toluene, e-Benzene, o-Xilene m-p-Xilene- Anno 2023

		Medie annuali BTX Anno 2023 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)				
Nome stazione		Benzene	Toluene	E-benzene	O-xilene	M e P-xilene
UF	FI-Bassi	1,5	4	0,3	0	2
UT	FI-Gramsci	2,2	5	0,3	0	2
UF	PO-Roma	0,7	2	0,2	0	1
UF	AR-Acropoli	1	2	0	0	0
UF	LU-San Concordio	1,2	2	0,2	0	1
UF	LI-La Pira	1,1	3	0,2	0	1
UF	SI-Poggibonsi	0,4	1	0,2	0	1

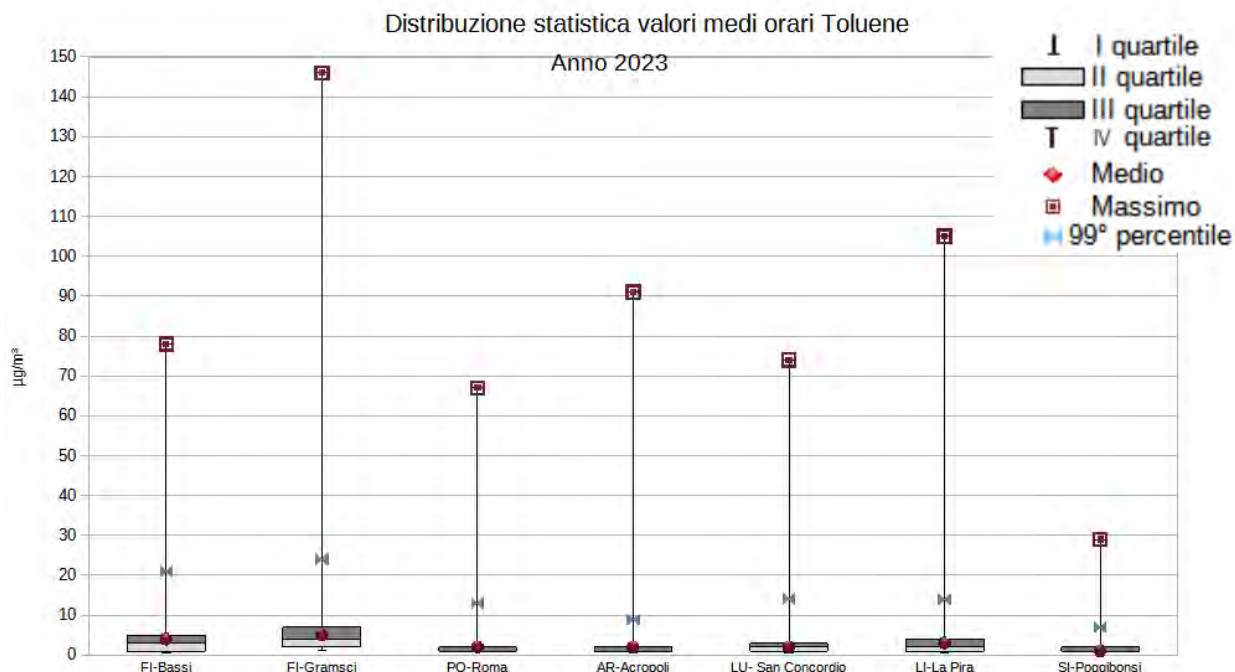
Grafico 4.8.5. Valori medi annuali dei derivati del Benzene: Toluene, e- Benzene, o-Xilene m-p-Xilene- Anno 2023



Il grafico mostra la distribuzione dei derivati del Benzene per ciascuna stazione, indicando che non ci sono sostanziali differenze nella composizione dei BTX totali né per Zona né per tipologia di sito.

Per il Toluene è stato elaborato il grafico box plot ottenuto calcolando alcune statistiche di base (media, mediana, percentili) sulle concentrazioni medie orarie, con l'obiettivo di dare una rappresentazione sintetica della distribuzione statistica dei dati.

Grafico 4.8.6. Range dei valori medi annuali di Toluene _ Anno 2023



Come già osservato per il Benzene, la distribuzione dei valori medi orari del Toluene mostra che il 99% dei valori medi è stata molto contenuta e nettamente inferiore ai massimi che rappresentano picchi isolati per ciascuna stazione di RRQA.

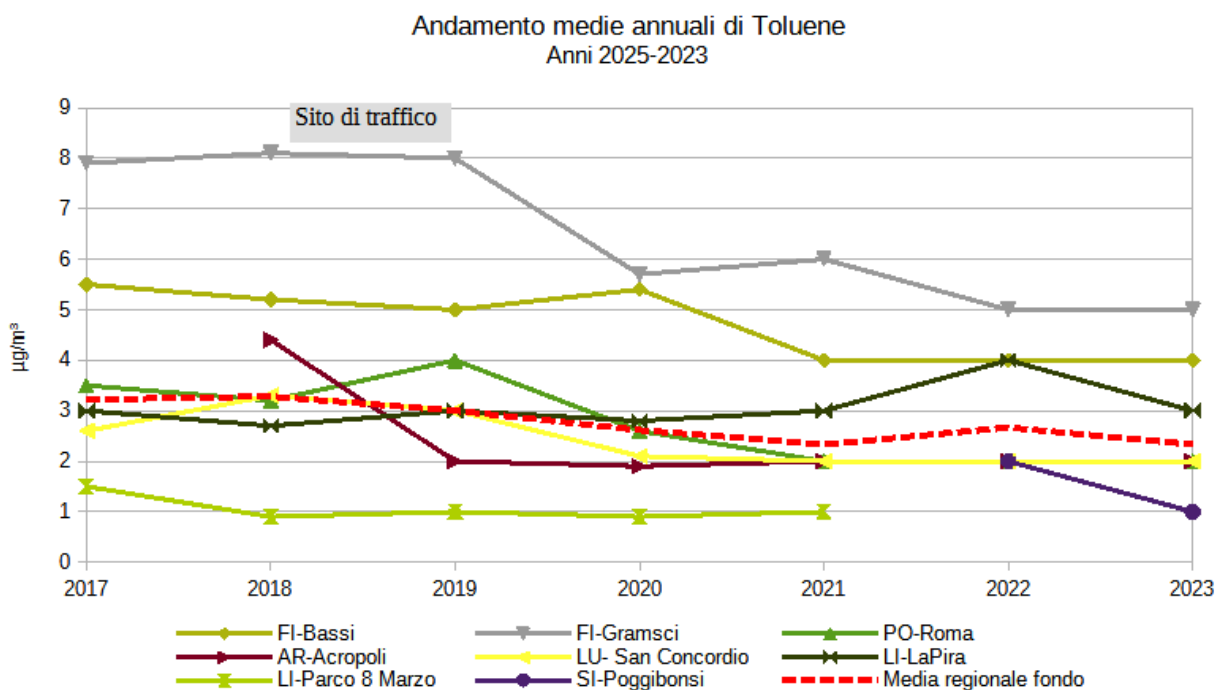
4.8.4. Andamento medie annuali BTX

Sono stati elaborati i trend dei valori medi di Toluene registrati nella Rete Regionale negli ultimi anni e sono stati calcolati i rapporti tra Toluene e Benzene in tutti i siti di monitoraggio. L'analisi dei trend mostra una situazione piuttosto costante negli anni.

Tabella 4.8.4. Toluene- Andamenti dei valori medi annuali 2017-2023 per le stazioni di Rete Regionale

Nome Stazione	Medie annuali Toluene ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)						
	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
FI-Bassi	5,5	5,2	5	5,4	4	4	4
FI-Gramsci	7,9	8,1	8	5,7	6	5	5
PO-Roma	3,5	3,2	4	2,6	2	2	2
AR-Acropoli	-	4,4	2	1,9	2	2	2
LU- San Concordio	2,6	3,3	3	2,1	2	2	2
LI-La Pira	3	2,7	3	2,8	3	4	3
LI-Parco 8 Marzo	1,5	0,9	1	0,9	1	-	-
SI-Poggibonsi	-	-	-	-	-	2	1

Grafico 4.8.7. Toluene- Andamenti dei valori medi annuali 2017-2023 per le stazioni di Rete Regionale



*Tabella 4.8.5. Rapporto tra Toluene e Benzene
Andamenti dei valori medi annuali 2017-2023 per le stazioni di Rete Regionale*

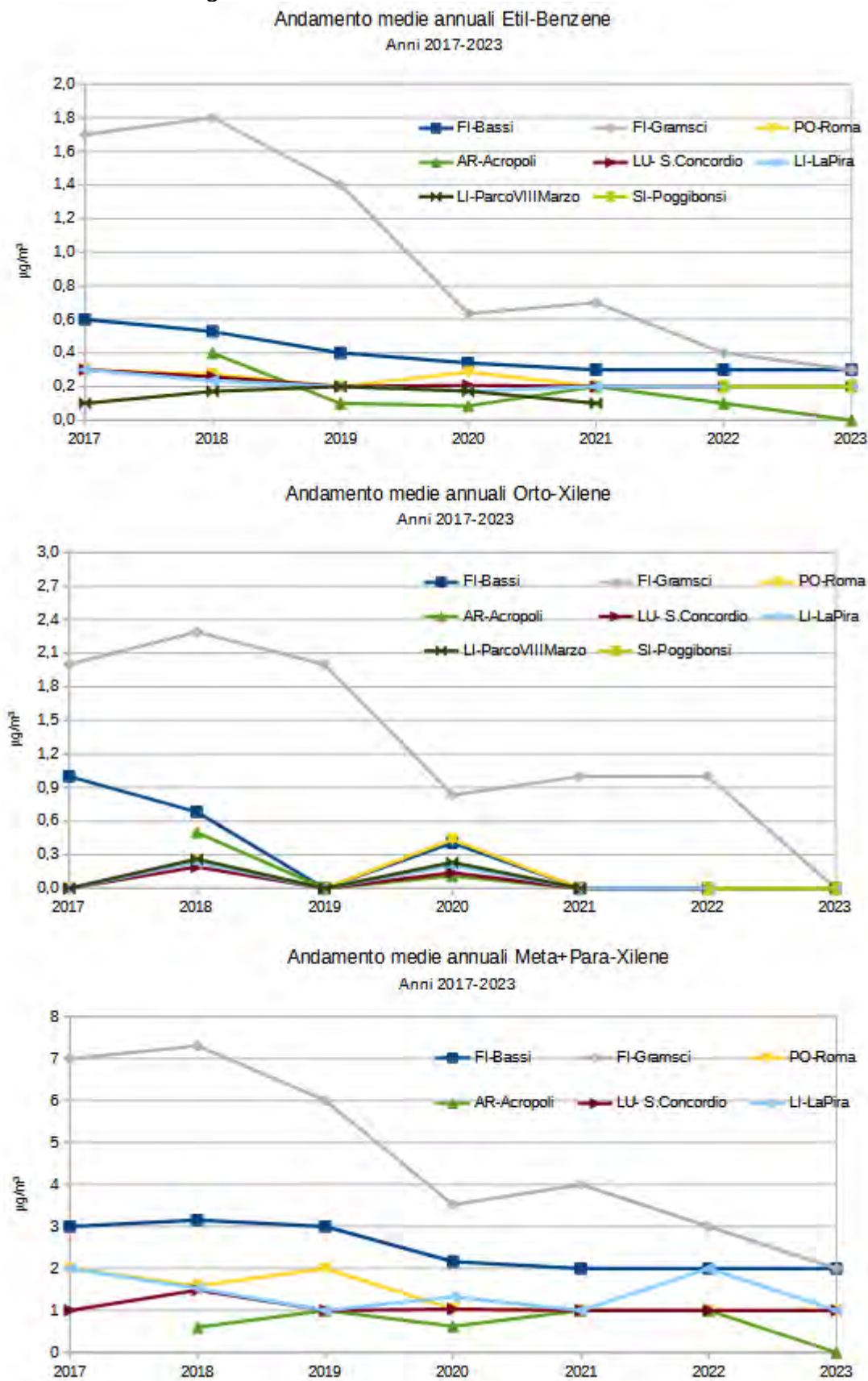
Nome stazione	Rapporto Toluene / Benzene						
	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
FI-Bassi	3,9	4,0	4,2	4,9	4,0	3,6	2,7
FI-Gramsci	3,2	3,2	3,2	3,2	3,0	2,3	2,3
PO-Roma	5,0	5,3	5,7	3,7	4,0	3,3	2,9
AR-Acropoli	-	4,0	2,0	1,9	3,3	2,0	2,0
LU- San Concordio	1,9	2,5	2,7	1,9	1,8	1,8	1,7
LI-LaPira	3,8	3,4	3,8	3,5	4,3	4,4	2,7
LI-Parco 8 Marzo	3,0	2,3	5,0	4,5	5,0	-	-
SI-Poggibonsi	-	-	-	-	-	5,0	2,5

Si riportano in grafico e in tabella gli andamenti delle medie annuali relative agli altri parametri che sono stati oggetto di monitoraggio.

Tabella 4.8.6. Derivati del Benzene- Andamenti dei valori medi annuali 2017-2023 per le stazioni di Rete Regionale

		Medie annuali ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)						
		2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Etil-Benzene	Nome stazione							
	FI-Bassi	0,6	0,5	0,4	0,3	0,3	0,3	0,3
	FI-Gramsci	1,7	1,8	1,4	0,6	0,7	0,4	0,3
	PO-Roma	0,3	0,3	0,2	0,3	0,2	0,2	0,2
	AR-Acropoli	-	0,4	0,1	0,1	0,2	0,1	0
	LU- S.Concordio	0,3	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
	LI-LaPira	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
	LI-ParcoVIII Marzo	0,1	0,2	0,2	0,2	0,1	-	-
Orto-Xilene	SI-Poggibonsi	-	-	-	-	-	0,2	0,2
	Nome stazione	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
	FI-Bassi	1	1	0	0	0	0	0
	FI-Gramsci	2	2	2	1	1	1	0
	PO-Roma	0	0	0	0	0	0	0
	AR-Acropoli	-	1	0	0	0	0	0
	LU- S.Concordio	0	0	0	0	0	0	0
	LI-LaPira	0	0	0	0	0	0	0
Meta+Para-Xilene	LI-ParcoVIII Marzo	0	0	0	0	0	-	
	SI-Poggibonsi	-	-	-	-	-	0	0
	Nome stazione	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
	FI-Bassi	3	3	3	2	2	2	2
	FI-Gramsci	7	7	6	4	4	3	2
	PO-Roma	2	2	2	1	1	1	1
	AR-Acropoli	-	1	1	1	1	1	0
	LU- S.Concordio	1	1	1	1	1	1	1
Meta+Para-Xilene	LI-LaPira	2	2	1	1	1	2	1
	LI-ParcoVIII Marzo	1	1	1	1	1	-	
	SI-Poggibonsi	-	-	-	-	-	1	1

Grafico 4.8.8. Derivati del Benzene- Andamenti dei valori medi annuali 2017-2023 per le stazioni di Rete Regionale



5. Indicatori 2023 ricavati con indagini discontinue sulla RRQA e confronto con valori limite o obiettivo

Le campagne di monitoraggio di idrocarburi policiclici aromatici e metalli pesanti sono state gestite dal Settore CRTQA - Centro Regionale per la Tutela della Qualità dell'Aria di ARPAT, mentre le analisi dei campioni prelevati sono state effettuate dal Laboratorio di Area Vasta Centro.

5.1. Benzo(a)pirene nel PM10

La concentrazione atmosferica degli idrocarburi policiclici aromatici viene determinata su campioni di polvere, frazione PM10, prelevati con cicli di campionamento di 24 ore, con le stesse modalità con cui avviene il campionamento per la determinazione della concentrazione atmosferica del PM10 (UNI 12341).

I siti di monitoraggio sono attrezzati per il prelievo di campioni di polveri PM10, che in seguito al campionamento vengono trasferiti in laboratorio per la determinazione del Benzo(a)pirene e degli altri 6 congeneri, che avviene su campioni compositi di 7 filtri ciascuno. Il metodo utilizzato è indicato nell' UNI EN 15549:2008 e la tecnica associata è la gascromatografia con spettrometro di massa.

Tutte le campagne di monitoraggio di B(a)P effettuate, comprese quelle in siti non ancora ufficiali, soddisfano i criteri previsti dall'allegato 1 del D.Lgs 155/2010 sia per il periodo minimo di copertura delle campagne di indagine nell'arco dell'anno (minimo 33%) sia per la distribuzione dei dati nell'anno e quindi gli indicatori sono da ritenersi rappresentativi.

5.1.1. Medie annuali Benzo(a)pirene _Anno 2023

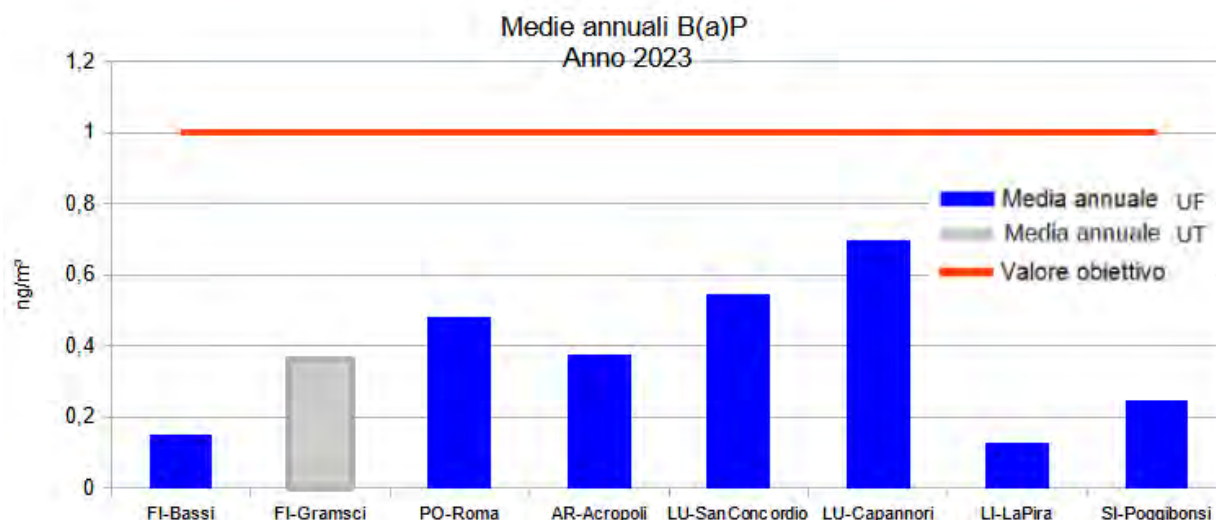
I risultati ottenuti sono stati confrontati con il valore obiettivo per il Benzo(a)pirene che corrisponde a 1,0 ng/m³ come media annua (Allegato XIII D.Lgs.155/2010 e s.m.i.).

Tabella 5.1.1. Benzo(a)pirene - Anno 2023 - Indicatori relativi alle stazioni di Rete Regionale

				Media annuale B(a)P (ng/m ³)	
Classificazione zona e stazione		Provincia e Comune	Nome stazione	Anno 2023	Valore obiettivo
Agglomerato Firenze	UF	Firenze (FI)	FI-Bassi	0,1	1,0
	UT	Firenze (FI)	FI-Gramsci	0,4	
Zona Prato Pistoia	UF	Prato (PO)	PO-Roma	0,5	
Zona Valdarno Aretino e ValdiChiana	UF	Arezzo (AR)	AR-Acropoli	0,4	
Zona Valdarno Pisano e Piana Lucchese	UF	Lucca (LU)	LU- San Concordio	0,5	
	UF	Capannori (LU)	LU-Capannori	0,7	
Zona Costiera	UF	Livorno (LI)	LI-La Pira	0,1	
Zona Collinare e Montana	UF	Poggibonsi (SI)	SI-Poggibonsi	0,2	

I dati mostrano che il valore obiettivo di $1,0 \text{ ng/m}^3$ come media annuale di B(a)P è stato rispettato in tutte le stazioni di Rete regionale. Si conferma la situazione degli ultimi anni, con differenze sostanziali nelle concentrazioni medie di fondo di Benzo(a)pirene che sono più elevate nelle zone dei due Valdarno e di Prato e Pistoia e nettamente più basse nelle zone Costiera, Collinare e Montana e nell'Agglomerato di Firenze.

Grafico 5.1.1. Benzo(a)pirene - Anno 2023 - Indicatori relativi alle stazioni di Rete Regionale



5.1.2. Medie mensili e stagionali Benzo(a)pirene _Anno 2023

Nel grafico di seguito sono riportati i valori delle medie mensili e delle medie stagionali per il Benzo(a)pirene, da cui si evince come la media sia fortemente influenzata dalle concentrazioni dei mesi invernali.

Grafico 5.1.2. Benzo(a)pirene – Medie mensili Anno 2023

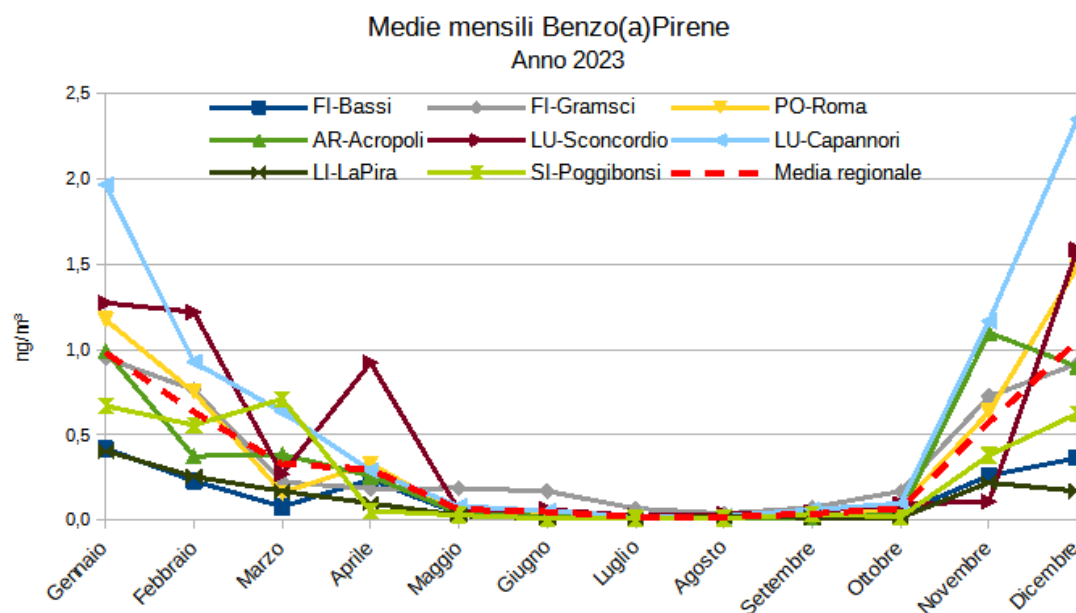
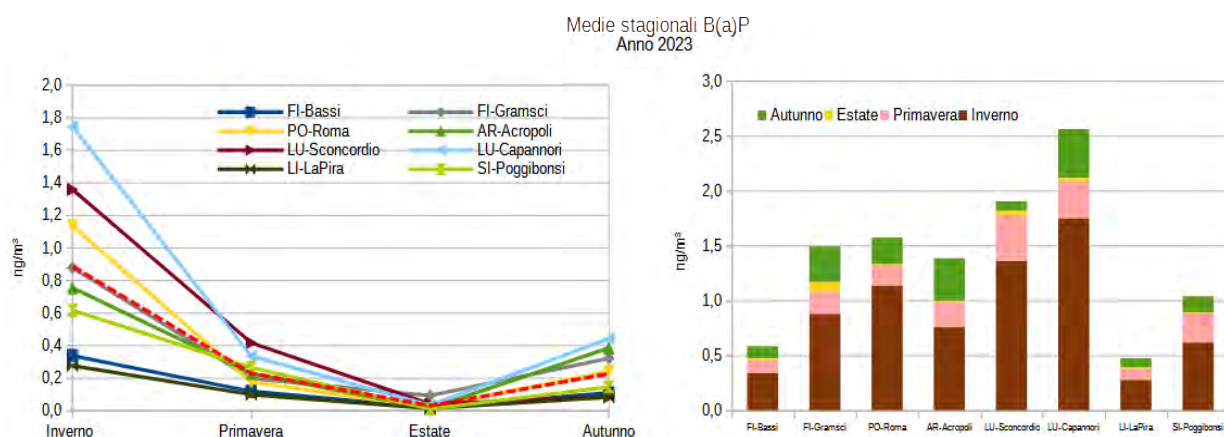


Grafico 5.1.3. Benzo(a)pirene – Medie stagionali Anno 2023



Il profilo dei grafici evidenzia che le concentrazioni di Benzo(a)pirene nei campioni di PM10 sono più elevate in inverno, diminuiscono in modo deciso in primavera ed autunno e ulteriormente in estate. Questo andamento è particolarmente marcato nei siti dove i valori medi sono più elevati (zone interne), mentre per le stazioni della Zona costiera l'andamento è meno accentuato in quanto anche nei mesi autunnali e invernali le concentrazioni medie sono molto contenute. Come atteso, le concentrazioni più elevate di B(a)P corrispondono ai campioni con le concentrazioni più elevate di PM10.

5.1.3. Andamento medie annuali di Benzo(a)pirene

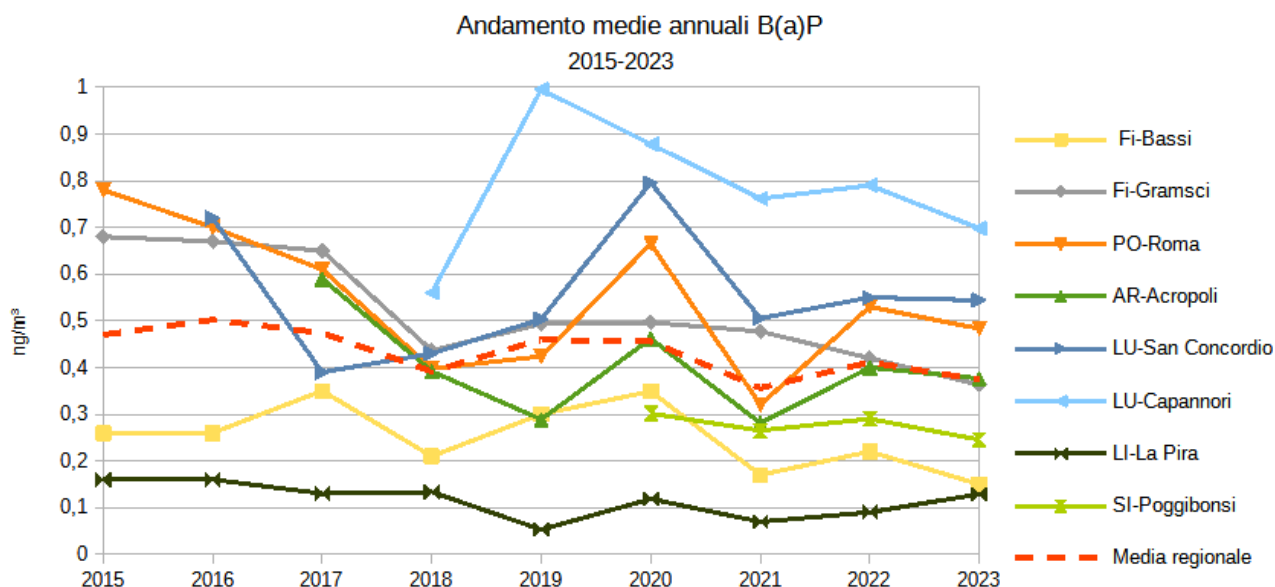
Di seguito sono riportati gli andamenti temporali delle medie annuali di Benzo(a)pirene dell'ultimo decennio, per le stazioni in cui il monitoraggio è attualmente attivo. I valori medi sono rimasti piuttosto costanti, senza evidenziare trend significativi.

Tabella 5.1.2. Benzo(a)pirene - Andamenti della media annuale 2015-2023

		Medie annuali B(a)P (ng/m ³)								
Nome stazione		2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
UF	Fi-Bassi	0,3	0,3	0,4**	0,2**	0,3**	0,3	0,2	0,2	0,1
UT	Fi-Gramsci	0,7	0,7	0,7	0,4	0,5	0,5	0,5	0,4	0,4
UF	PO-Roma	0,8	0,7	0,6	0,4	0,4	0,7	0,3	0,5	0,5
UF	AR-Acropoli	-	-	0,6	0,4	0,3	0,5	0,3	0,4	0,4
UF	LU-San Concordio	0,8*	0,7	0,4	0,4	0,5	0,8	0,5	0,6	0,5
UF	LU-Capannori	-	-	-	0,6	1,0	-	0,8	0,8	0,7
UF	LI-La Pira	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
UF	SI-Poggibonsi	-	-	-	-	-	0,3	0,3	0,3	0,2

*serie non rappresentativa per mancanza di copertura dati idonea, **serie non rappresentativa, campioni di PM_{2,5}

Grafico 5.1.4. Benzo(a)pirene - Andamenti della media annuale 2015-2023



5.2. Idrocarburi policiclici aromatici

Per i congeneri degli idrocarburi policiclici aromatici che sono stati oggetti del monitoraggio, si riporta una sintesi delle medie annuali e mensili 2023, per tutti i siti di campionamento.

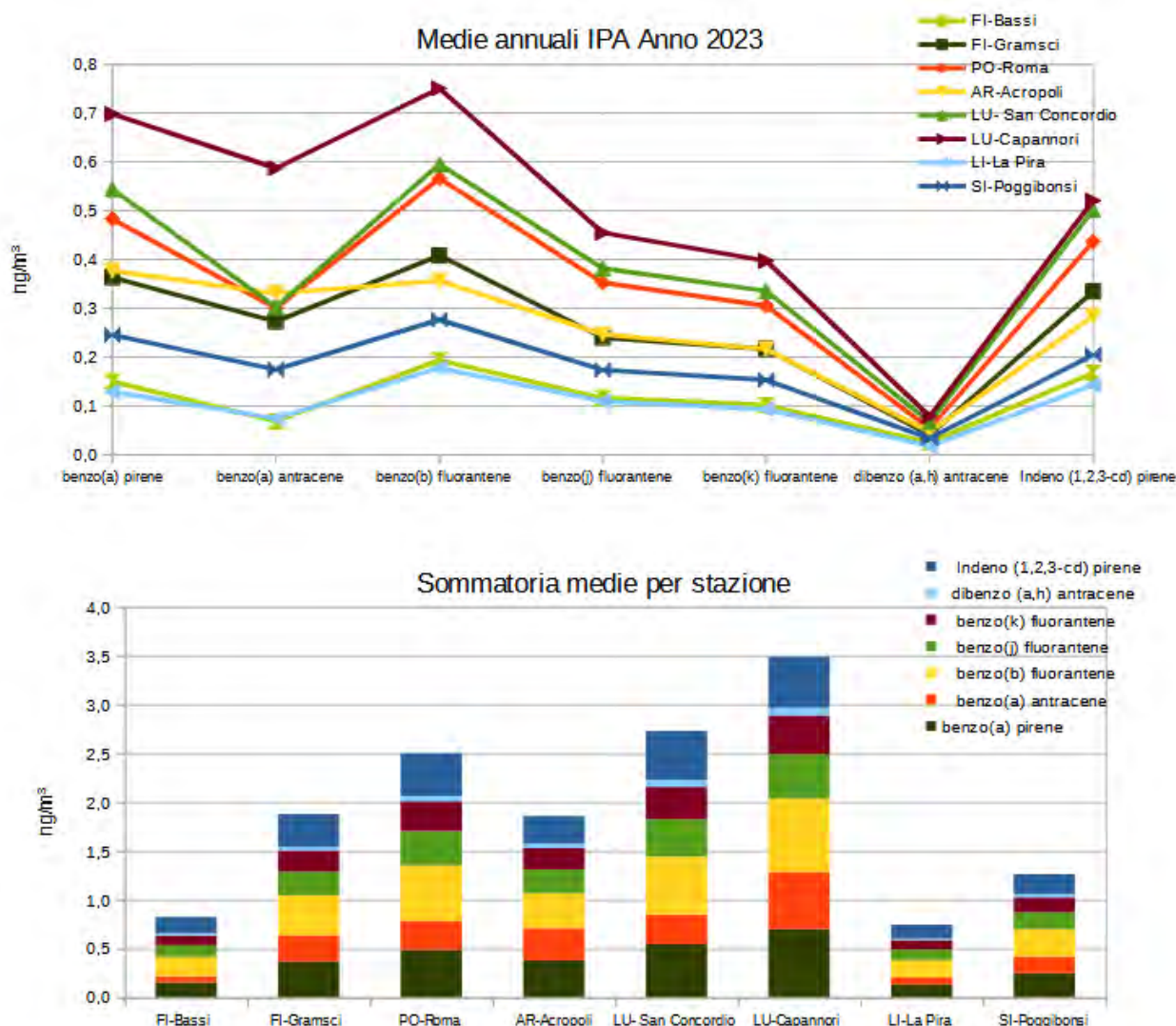
5.2.1. Medie annuali idrocarburi policiclici aromatici_ Anno 2023

Tabella 5.2.1. Idrocarburi policiclici aromatici – Medie annuali Anno 2023

Stazione	Medie annuali 2023 (ng(m ³))						
	benzo(a) pirene	benzo(a) antracene	benzo(b) fluorantene	benzo(j) fluorantene	benzo(k) fluoran- tene	dibenzo (a,h) antra- cene	Indeno (1,2,3-cd) pirene
FI-Bassi (UF)	0,1	0,1	0,2	0,1	0,1	0,0	0,2
FI-Gramsci (UT)	0,4	0,3	0,4	0,2	0,2	0,0	0,3
PO-Roma (UF)	0,5	0,3	0,6	0,4	0,3	0,1	0,4
AR-Acropoli (UF)	0,4	0,3	0,4	0,2	0,2	0,0	0,3
LU- San Concordio (UF)	0,5	0,3	0,6	0,4	0,3	0,1	0,5
LU-Capannori (UF)	0,7	0,6	0,7	0,5	0,4	0,1	0,5
LI-La Pira (UF)	0,1	0,1	0,2	0,1	0,1	0,0	0,1
SI-Poggibonsi (UF)	0,2	0,2	0,3	0,2	0,2	0,0	0,2

Come già osservato per il Benzo(a)pirene, riportato in tabella insieme agli altri congeneri, le medie annuali variano sensibilmente di zona in zona. Le medie più elevate sono state registrate dalle due stazioni di fondo della Piana Lucchese. La ripartizione dei sette congeneri sul totale è invece abbastanza uniforme per tutti i siti e non varia sensibilmente né in base alla zona né al tipo di stazione.

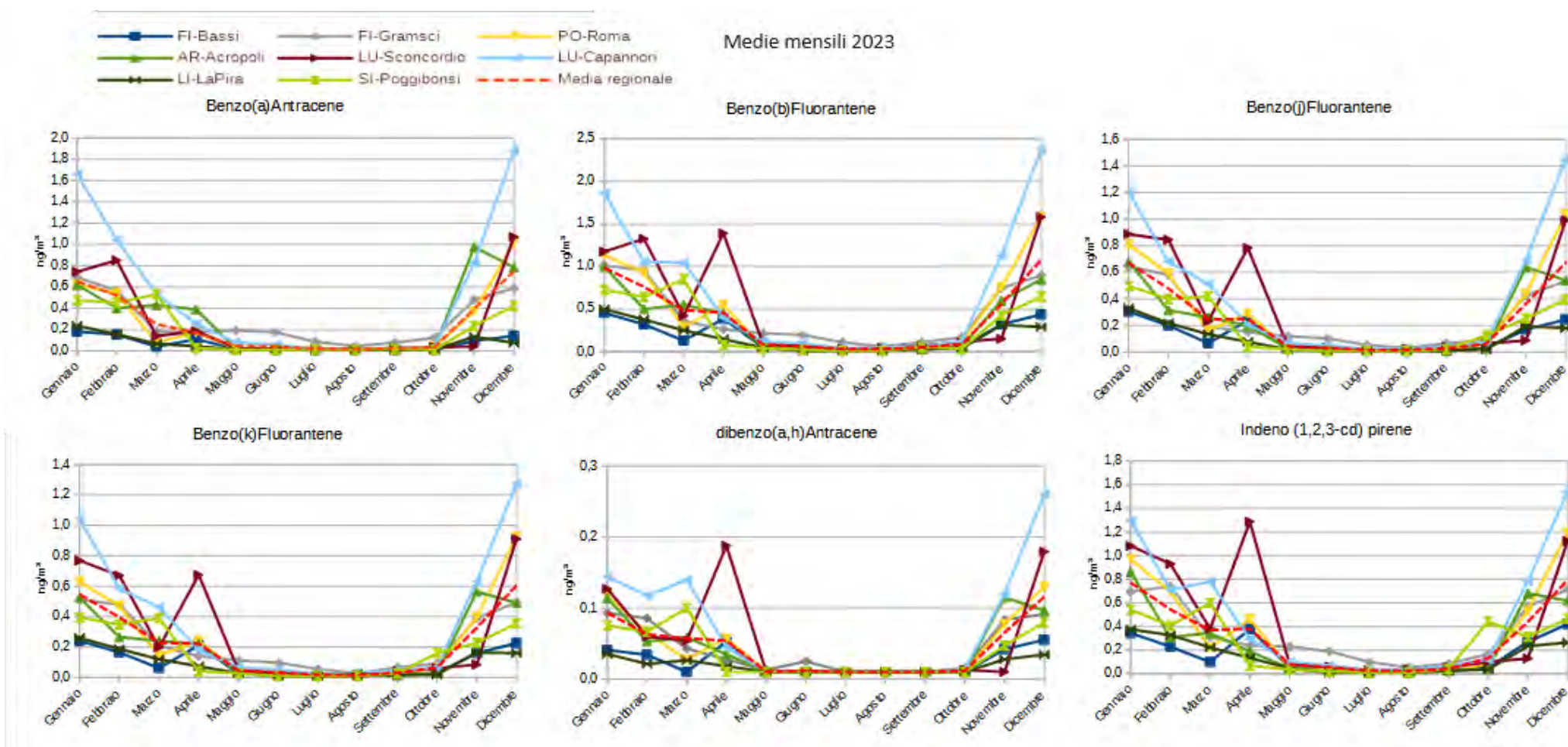
Grafico 5.2.1. Idrocarburi policiclici aromatici – Medie annuali Anno 2023



5.2.2. Medie mensili e stagionali idrocarburi policiclici aromatici_ Anno 2023

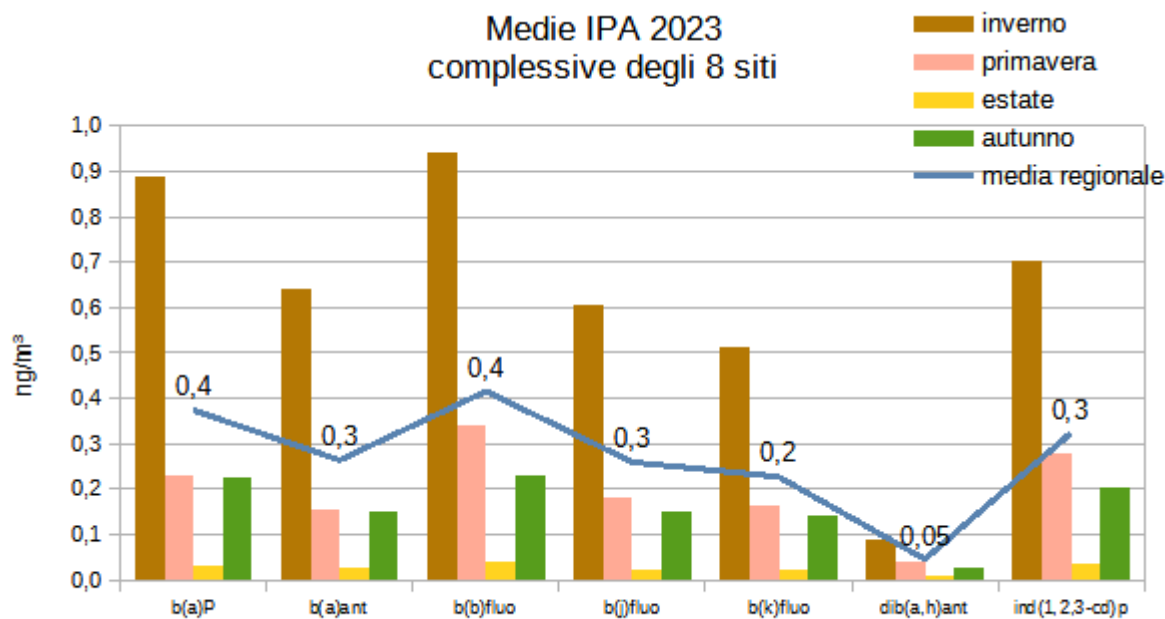
Nel grafico sono riassunti gli andamenti delle medie mensili dei congeneri. Come già osservato per il B(a)P, la concentrazione media mensile di tutti gli idrocarburi policiclici aromatici assume valori significativi nei primi mesi più freddi dell'anno per diminuire in primavera e autunno, ed essere presente soltanto in valori spesso trascurabili in estate. Sono presenti alcune eccezioni, in particolare in un campione di aprile della stazione di LU-San Concordio, in cui sono stati trovati tutti i congeneri in concentrazioni particolarmente elevate, cosa che ha influenzato in modo atipico le medie mensili di aprile. Nel 2023 i massimi valori medi mensili sono stati registrati a gennaio e a dicembre.

Grafico 5.2.2. Idrocarburi policiclici aromatici – Medie mensili Anno 2023



Il seguente grafico riassume le medie complessive stagionali ed annuali che sono state registrate in Toscana nel 2023, calcolate sui campioni raccolti negli otto siti di misura.

Grafico 5.2.3 Idrocarburi policiclici aromatici – Medie stagionali e complessive_ Anno 2023



5.2.3. Sito di interesse nazionale FI-Bassi

FI-Bassi da parte della rete nazionale speciale per la determinazione della speciazione chimica del PM 10 e del PM 2,5 e dei 7 congeneri di idrocarburi policiclici aromatici, rispettivamente benzo(a)pirene, benzo(a)antracene, benzo(b)fluorantene, benzo(j)fluorantene, benzo(k)fluorantene, indeno(1,2,3-cd)pirene e dibenzo(a,h)antracene nel PM10. Si riportano i valori medi annuali per ciascuno dei congeneri IPA, relativi agli ultimi 10 anni. Negli anni 2017, 2018 e 2019 i campioni sono stati eseguiti da ARPA Veneto e manca il dato relativo al benzo(j)fluorantene.

Tabella 5.2.2 – Andamento medie annuali Idrocarburi policiclici aromatici nel PM10 nel sito nazionale FI-Bassi

SITO FI-Bassi	Medie annuali IPA nel PM10 ng/m³									
	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
benzo(a)pirene	0,26	0,26	0,26	0,44	0,36	0,32	0,35	0,17	0,22	0,15
benzo(a)antracene	0,2	0,18	0,18	0,67	0,27	0,19	0,21	0,09	0,10	0,07
benzo(b)fluorantene	0,33	0,34	0,32	0,43	0,33	0,24	0,39	0,21	0,26	0,19
benzo(j)fluorantene	0,2	0,23	0,24				0,24	0,13	0,16	0,12
benzo(k)fluorantene	0,17	0,2	0,19	0,25	0,17	0,16	0,26	0,11	0,13	0,10
dibenzo(a,h)antracene	0,03	0,05	0,03	0,07	0,03	0,03	0,04	0,03	0,03	0,03
indeno(1,2,3-cd)pirene	0,36	0,28	0,26	0,36	0,35	0,37	0,32	0,17	0,22	0,17

Grafico 5.2.4 - Andamento medie annuali Idrocarburi policiclici aromatici nel PM10 nel sito nazionale FI-Bassi

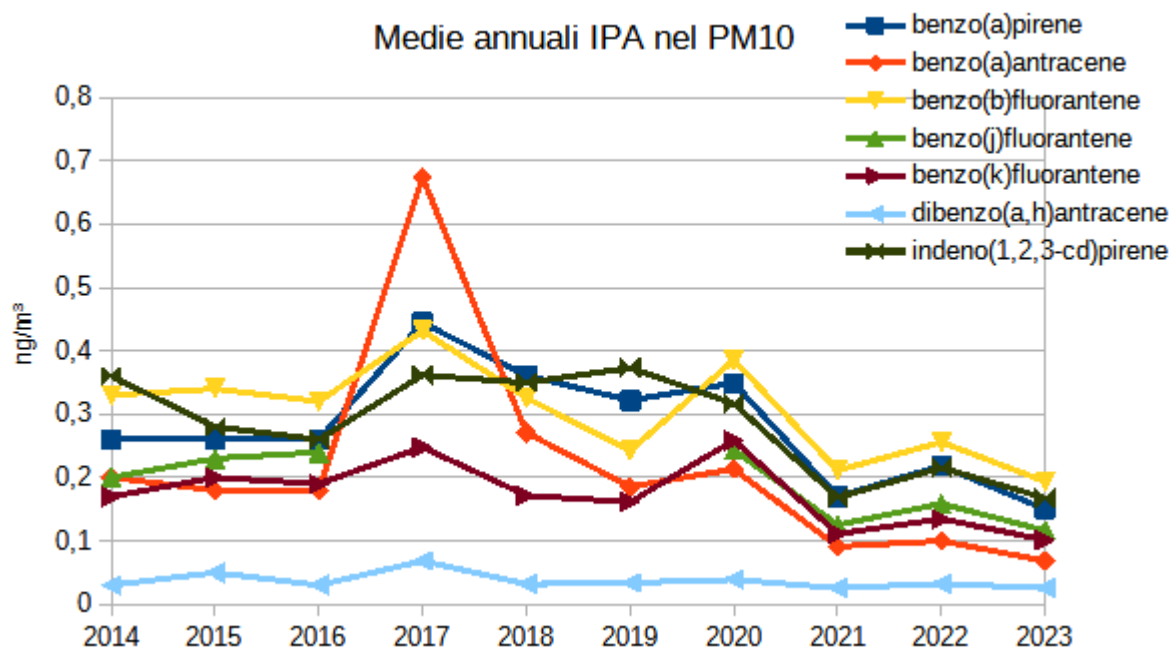
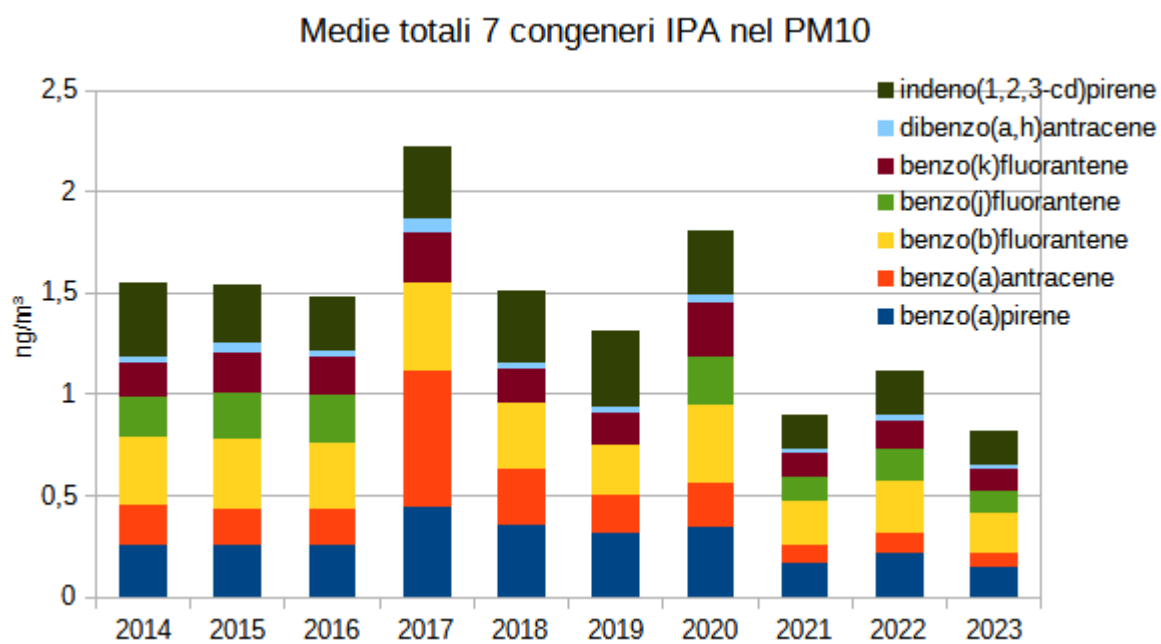


Grafico 5.2.5 - Medie annuali totali Idrocarburi policiclici aromatici nel PM10 nel sito nazionale FI-Bassi



Il monitoraggio dei congeneri ha come scopo anche lo studio degli eventuali cambiamenti nella distribuzione dei congeneri tra di loro; per questo sono stati calcolati per ogni annualità i rapporti tra le medie di ogni congenere e del B(a)P, e i risultati ottenuti hanno mostrato che la distribuzione non è cambiata significativamente negli anni: “l'impronta” del sito nazionale è rimasta costante.

Grafico 5.2.6. Rapporto tra congeneri e Benzo(a)pirene nel sito nazionale FI-Bassi

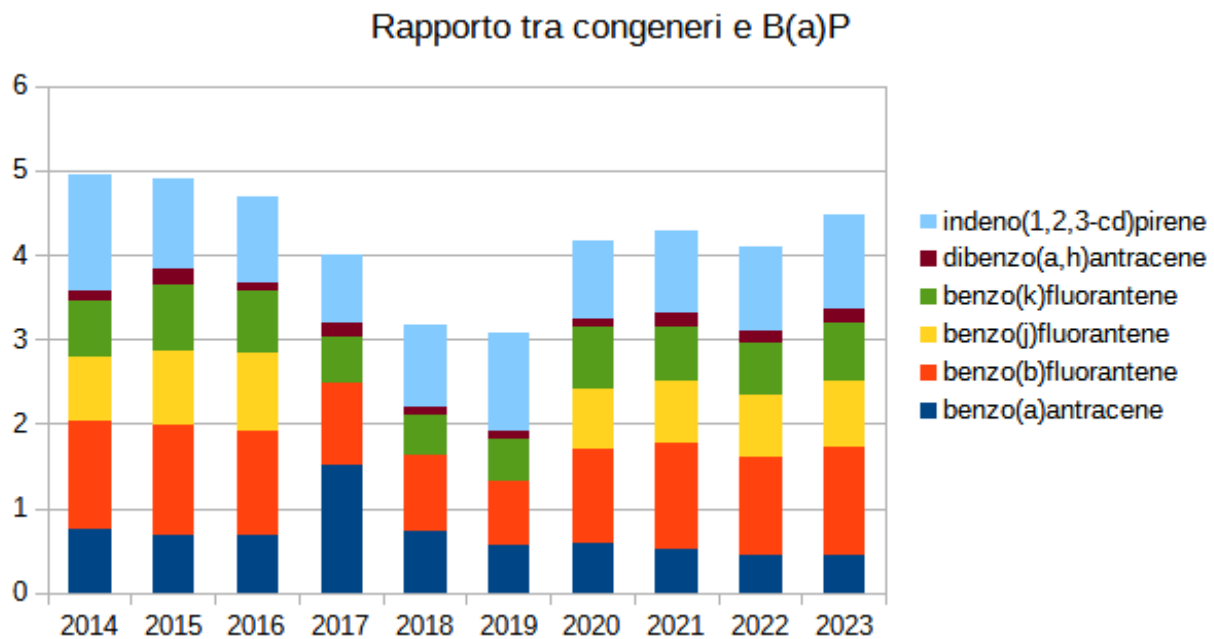
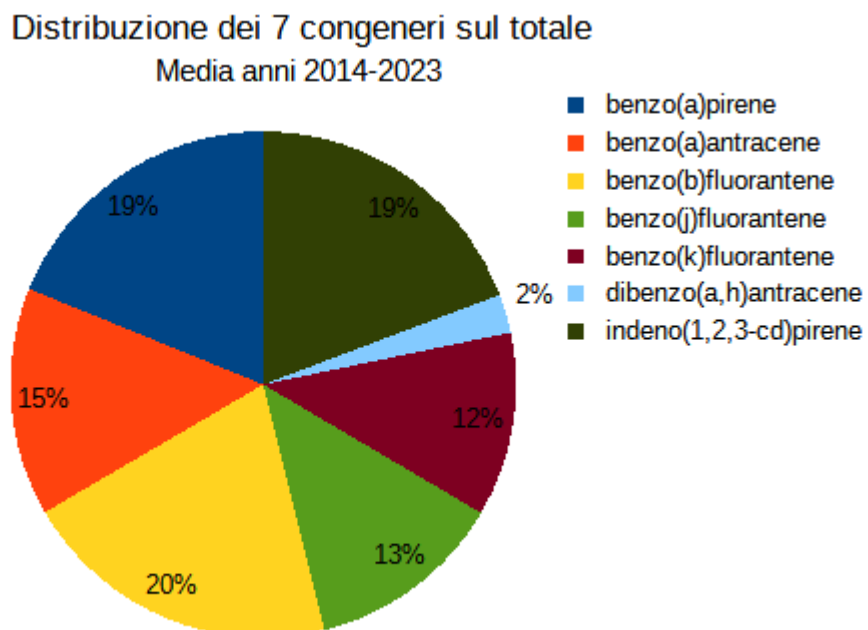


Grafico 5.2.7. Distribuzione media dei congeneri sul totale sito nazionale FI-Bassi



5.3. Arsenico, Cadmio, Nichel e Piombo

La concentrazione atmosferica di Arsenico, Cadmio, Nichel e Piombo è determinata su campioni di polvere, frazione PM10, prelevati con le stesse modalità con cui avviene il campionamento per la determinazione della concentrazione atmosferica del PM10.

Le analisi chimiche per la determinazione dei metalli sono state effettuate secondo il metodo UNI EN 14902:2005.

Le campagne di monitoraggio hanno soddisfatto i criteri previsti dall'allegato 1 del D.Lgs 155/2010, sia per il periodo minimo di copertura delle campagne di indagine nell'arco dell'anno (minimo 50% per As, Cd e Ni e 90% per il Pb nel sito definito dalla DGRT 964/15), sia per la distribuzione dei dati nell'anno, e quindi gli indicatori sono da ritenersi rappresentativi.

La stazione di FI-Gramsci è l'unico sito regionale per il quale è ufficialmente previsto il monitoraggio del Piombo, e quindi soltanto presso questo sito è stato effettuato il monitoraggio con il 90% di copertura. Si riportano comunque anche i risultati del monitoraggio del Piombo effettuato negli altri siti, in quanto ritenuti rappresentativi.

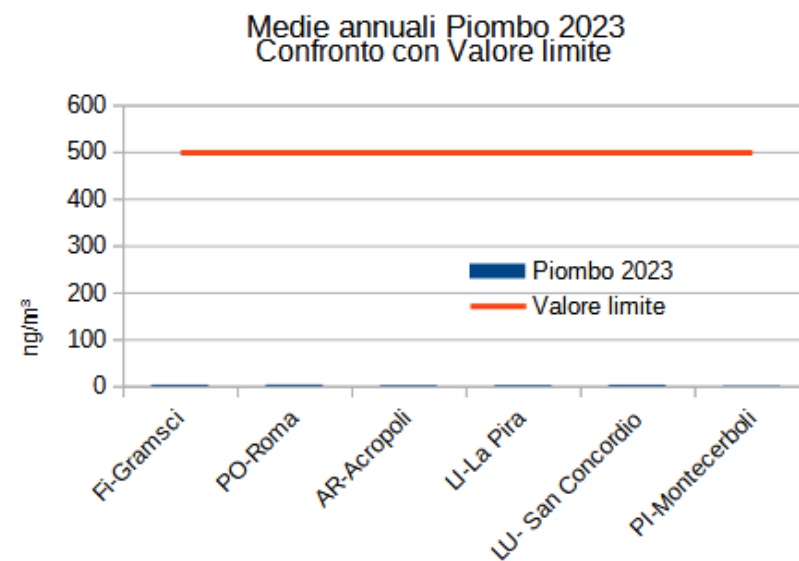
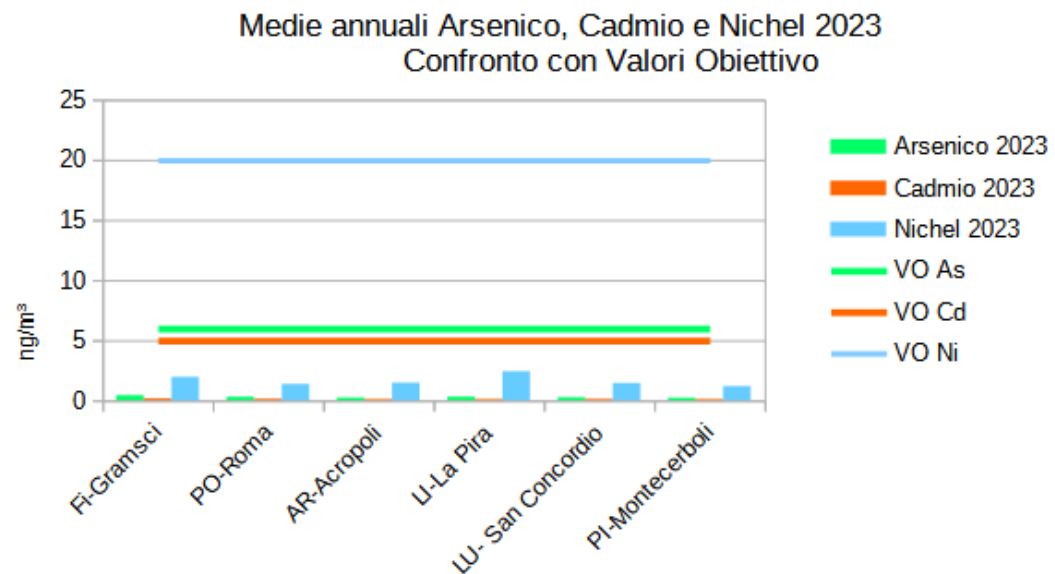
Gli indicatori ottenuti dai dati delle campagne di indagine sono stati confrontati con il valore limite del Piombo (Allegato XI D.Lgs.155/10) e con i valori obiettivo per Arsenico, Cadmio e Nichel (Allegato XIII D.Lgs.155/10). Dal 2022 sono state effettuate le analisi di ulteriori metalli oltre a quelli indicati dal D.Lgs.155/2010, per i quali sono stati riportati a scopo conoscitivo i risultati in termini di concentrazioni medie annuali. Presso la stazione di traffico di FI-Gramsci sono stati monitorati i seguenti metalli: Argento, Cobalto, Cromo, Rame, Ferro, Manganese, Antimonio, Selenio, Stagno, Tallio, Vanadio e Zinco. Presso il sito di LI-La Pira è stato effettuato per il terzo anno consecutivo il monitoraggio del Vanadio.

5.3.1. Medie annuali 2023 metalli D.Lgl 155/2010

Tabella 5.3.1. Metalli pesanti - Anno 2023 - Indicatori relativi alle stazioni di Rete Regionale

					Arsenico 2023		Cadmio 2023		Nichel 2023		Piombo 2023	
Classificazione Zona e stazione		Provincia e Comune		Nome stazione	Media annuale (ng/m ³)	Valore obiettivo (ng/m ³)	Media annuale (ng/m ³)	Valore obiettivo (ng/m ³)	Media annuale (ng/m ³)	Valore obiettivo (ng/m ³)	Media annuale (ng/m ³)	Valore limite (ng/m ³)
Agglomerato Firenze	UT	FI	Firenze	Fi-Gramsci	0,4	6,0	0,2	5,0	2,0	20,0	3,0	500,0
Zona Prato Pistoia	UF	PO	Prato	PO-Roma	0,3		0,1		1,4		3,2	
Zona Valdarno aretino e Valdichiana	UF	AR	Arezzo	AR-Acropoli	0,2		0,1		1,5		2,1	
Zona costiera	UF	LI	Livorno	LI-La Pira	0,3		0,1		2,4		2,2	
Zona Valdarno pisano e Piana lucchese	UF	LU	Lucca	LU-San Concordio	0,3		0,1		1,5		2,9	
Zona collinare e montana	PF	PI	Pomarance	PI-Montecerboli	0,2		0,1		1,2		1,2	

Grafico 5.3.1. Metalli pesanti - Anno 2023 - Indicatori relativi alle stazioni di Rete Regionale



5.3.2. Trend delle medie annuali di As, Cd, Ni e Pb registrati dalla RRQA

Tabella 5.3.2. Arsenico, Cadmio, Nichel e Piombo - Andamenti della media annuale 2015-2023

Nome stazione	Arsenico Valore obiettivo: 6 ng/m ³								
	Concentrazioni medie annue (ng/m ³)								
	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Fi-Gramsci	0,5	0,5	0,6	0,4	0,5	0,4	0,4	0,4	0,4
PO-Roma	-	-	-	-	-	0,3	0,2	0,4	0,3
AR-Acropoli	-	-	-	-	-	-	0,2	0,3	0,2
LI-La Pira	1,1	1,1	0,5	0,3	0,4	0,3	0,8	0,3	0,3
LU- San Concordio	-	-	-	-	-	0,3	0,3	0,3	0,3
PI-Montecerboli	-	-	0,5	0,3	0,3	0,3	0,2	0,2	0,2

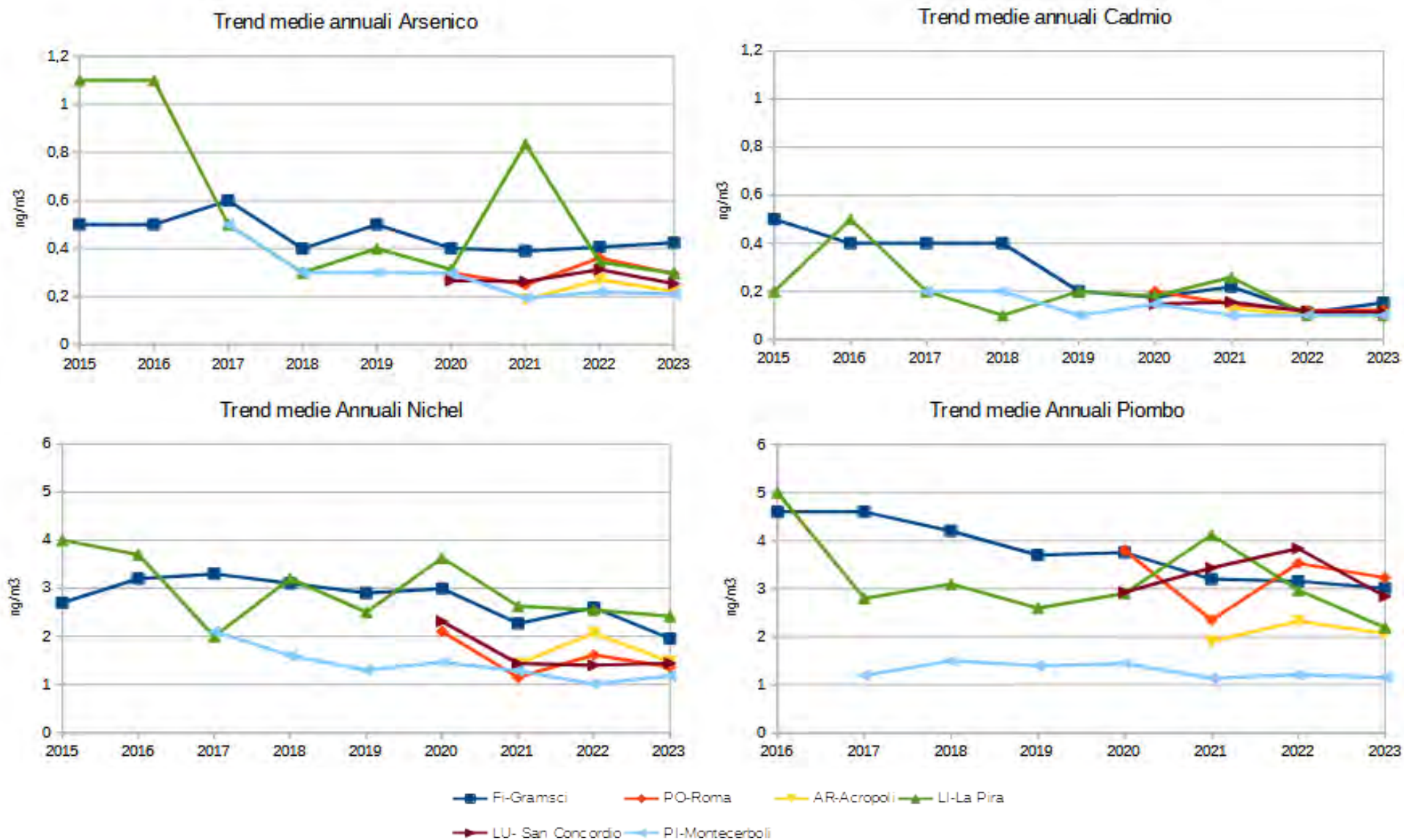
Nome stazione	Cadmio Valore obiettivo: 5 ng/m ³								
	Concentrazioni medie annue (ng/m ³)								
	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Fi-Gramsci	0,5	0,4	0,4	0,4	0,2	0,2	0,2	0,1	0,2
PO-Roma	-	-	-	-	-	0,2	0,1	0,1	0,1
AR-Acropoli	-	-	-	-	-	-	0,1	0,1	0,1
LI-La Pira	0,2	0,5	0,2	0,1	0,2	0,2	0,3	0,1	0,1
LU- San Concordio	-	-	-	-	-	0,1	0,2	0,1	0,1
PI-Montecerboli	-	-	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1

Nome stazione	Nichel Valore obiettivo: 20 ng/m ³								
	Concentrazioni medie annue (ng/m ³)								
	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Fi-Gramsci	2,7	3,2	3,3	3,1	2,9	3,0	2,3	2,6	2,0
PO-Roma	-	-	-	-	-	2,1	1,1	1,6	1,4
AR-Acropoli	-	-	-	-	-	-	1,4	2,1	1,5
LI-La Pira	4	3,7	2	3,2	2,5	3,6	2,6	2,6	2,4
LU- San Concordio	-	-	-	-	-	2,3	1,4	1,4	1,5
PI-Montecerboli	-	-	2,1	1,6	1,3	1,5	1,3	1,0	1,2

Nome stazione	Piombo Valore limite: 500 ng/m ³								
	Concentrazioni medie annue (ng/m ³)								
	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Fi-Gramsci	4,8	4,6	4,6	4,2	3,7	3,8	3,2	3,2	3,0
PO-Roma	-	-	-	-	-	3,8	2,4	3,5	3,2
AR-Acropoli	-	-	-	-	-	-	1,9	2,3	2,1
LI-La Pira	5,6	5	2,8	3,1	2,6	2,9	4,1	3,0	2,2
LU- San Concordio	-	-	-	-	-	2,9	3,4	3,8	2,9
PI-Montecerboli	-	-	1,2	1,5	1,4	1,4	1,1	1,2	1,2

Come mostrano i dati riportati nelle tabelle e nei grafici, in tutte le stazioni di *Rete Regionale* gli indicatori del 2023 sono ampiamente entro il valore limite per il Pb ed i valori obiettivo per As, Cd e Ni. Di seguito sono riportati gli andamenti temporali delle medie annuali di metalli degli ultimi anni, da quando disponibili. Da quando è stato attivato il monitoraggio dei metalli, i valori medi annuali di Piombo, Arsenico, Nichel e Cadmio sono sempre stati molto contenuti e nettamente inferiori ai valori di riferimento in tutto il territorio regionale.

Grafico 5.3.2. Arsenico, Cadmio, Nichel e Piombo- Andamenti delle medie annuali 2015-2023



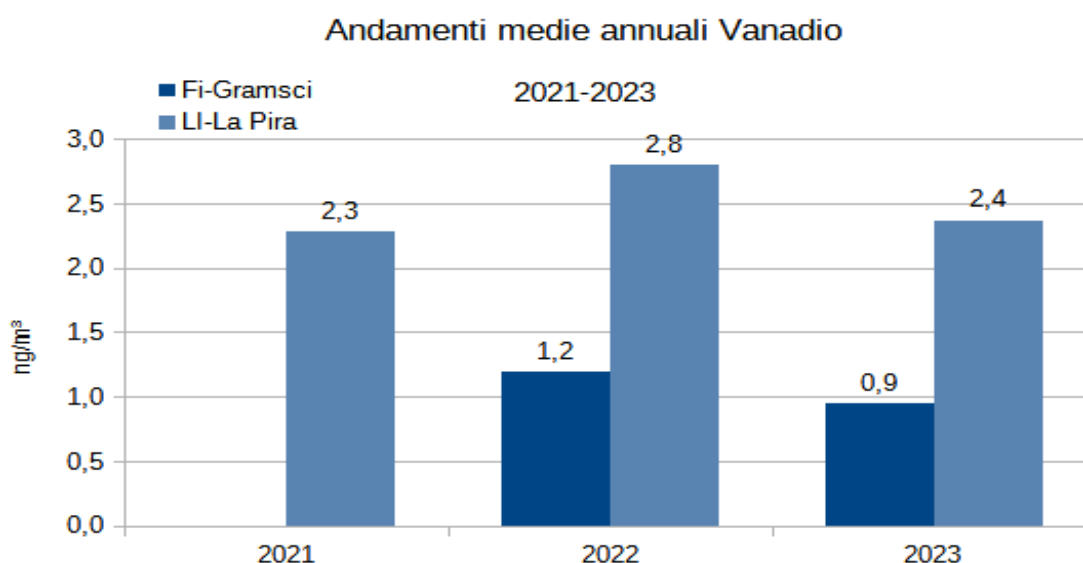
5.4. Monitoraggio metalli non normati nel PM10

Presso le stazioni di FI-Gramsci e LI-La-Pira, negli ultimi anni è stato effettuato anche il monitoraggio di altri metalli per i quali, attualmente, non sono previsti valori obiettivo. Di seguito si riportano le concentrazioni medie annuali registrate nel 2023 e il confronto con gli anni precedenti. Le % di copertura sono state le medesime dei metalli indicati dal D.Lgl155/2010 (tab 2.1.).

Tabella 5.4.1. Vanadio - Media annuale 2023

Medie annuali Vanadio anno 2023			
Classificazione		Nome stazione	Media annuale 2023 (ng/m ³)
Agglomerato Firenze	UT	Fi-Gramsci	0,9
Zona costiera	UF	LI-La Pira	2,4

Grafico 5.4.1. Vanadio – Trend medie annuali

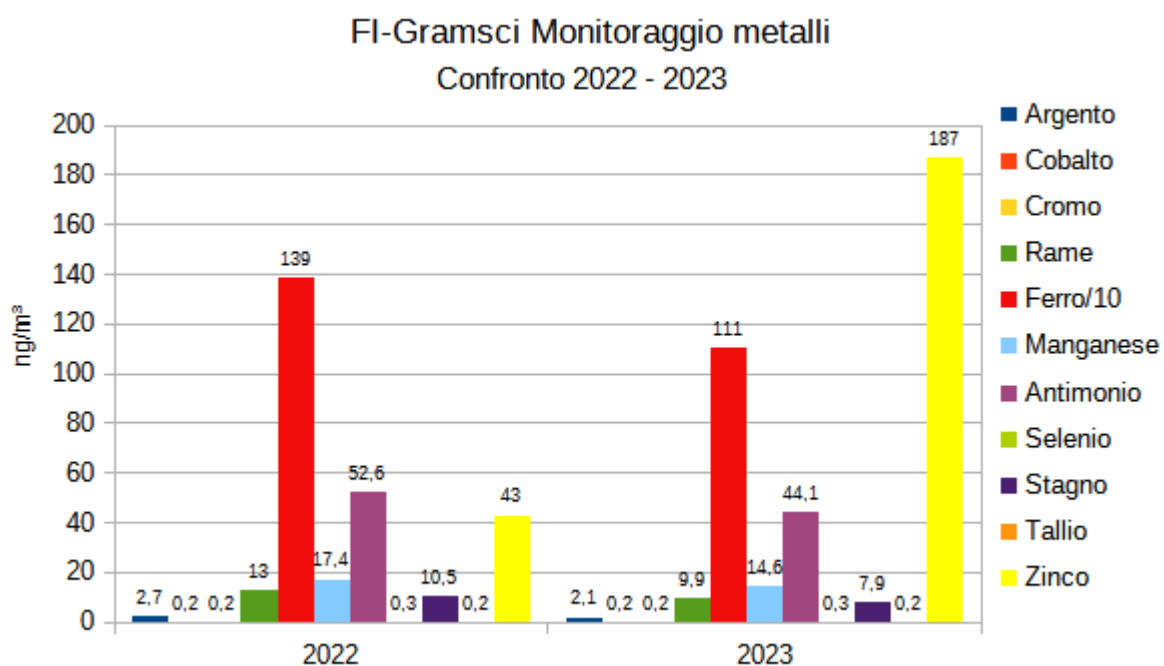


Le concentrazioni medie di Vanadio sono state in entrambi i siti molto simili nei due anni di monitoraggio.

Tabella 5.4.2. Argento, Cobalto, Cromo, Rame, Ferro, Manganese, Antimonio, Selenio, Stagno, Tallio e Zinco

Media annuale 2023 (ng/m ³)											
Nome stazione	Antimonio	Argento	Cobalto	Cromo	Ferro	Manganese	Rame	Selenio	Stagno	Tallio	Zinco
Fi-Gramsci	2,1	0,2	0,2	9,9	1.108	14,6	44,1	0,3	7,9	0,2	187

Grafico 5.4.1. Metalli non normati – Confronto 2022-2023



Le concentrazioni medie dei metalli nei due anni di monitoraggio sono state piuttosto costanti con eccezione dello Zinco che è notevolmente aumentata.

6. Conclusioni del monitoraggio delle stazioni di Rete Regionale

La situazione complessivamente positiva per la qualità della aria della Toscana degli ultimi anni è stata avvalorata dal monitoraggio dell'anno 2023, che ha sostanzialmente confermato la criticità diffusa per il rispetto dei valori obiettivo per l'O₃, e le criticità legate a situazioni locali particolari che riguardano un sito per il PM₁₀ e un sito per l'NO₂.

Si riassumono di seguito i risultati del monitoraggio.

PM₁₀: il limite di 40 µg/m³ come media annuale è stato rispettato in tutte le stazioni di monitoraggio, mentre il limite di 35 giorni di superamento del valore medio giornaliero di 50 µg/m³ è stato rispettato in tutte le stazioni di Rete Regionale eccetto nella stazione urbana di fondo di LU-Capannori, che si trova nella "Zona Valdarno pisano e Piana lucchese". Presso questo sito nel 2023 sono stati avvenuti 37 superamenti.

PM_{2,5}: per questo inquinante il limite di 25 µg/m³ come media annuale è stato rispettato in tutte le stazioni di monitoraggio.

NO₂: il valore limite di 40 µg/m³ come media annuale è stato rispettato in tutte le stazioni di monitoraggio eccetto che per la stazione urbana di traffico di FI-Gramsci, che si trova nel comune di Firenze. Presso FI-Gramsci la media annuale è risultata pari a 41 µg/m³, confermando il trend decrescente degli ultimi anni. Il limite di 18 superamenti della media oraria di 200 µg/m³ è stato invece rispettato in tutte le stazioni di Rete Regionale, non essendosi verificato episodio alcuno.

Ozono: il valore obiettivo per la protezione della salute umana non è stato rispettato in 4 stazioni su 10 e il valore obiettivo per la protezione della vegetazione (AOT40) non è stato rispettato in 6 siti su 10, confermando la criticità diffusa per l'ozono in gran parte del territorio regionale toscano. Nel 2023 non ci sono stati episodi di superamento della soglia di attenzione.

CO, SO₂ e Benzene: Il monitoraggio ha confermato l'assoluta assenza di criticità e il pieno rispetto dei valori limite in tutti i siti di monitoraggio.

H₂S: I valori registrati presso le stazioni della Rete Regionale sono ampiamente inferiori al riferimento dell'OMS-WHO, per entrambi i siti di monitoraggio. Mentre per il sito di PI-Santa Croce si conferma l'assenza di un possibile disagio olfattivo dovuto a H₂S, per il sito di PI-Montecerboli la percentuale di tempo per il quale le concentrazioni sono state tali da poter creare un certo disagio olfattivo è stata pari al 25%.

Benzo(a)pirene e congeneri e metalli su PM₁₀: il monitoraggio ha confermato il pieno rispetto del valore obiettivo per Benzo(a)pirene e il pieno rispetto dei valori obiettivo per Arsenico, Nichel e Cadmio, oltre al rispetto del valore limite per il Piombo. Altri metalli non normati sono stati determinati su PM₁₀ in particolare nell'Agglomerato e nella zona costiera.

Sezione 2 - Monitoraggio di interesse non regionale

Si riportano le elaborazioni dei parametri monitorati tramite strumentazione non facente parte della Rete Regionale.

Tabella 1. Stazioni attive nel 2023: parametri e rendimento % annuale

Provincia e Comune	Stazione	Class	PM10	PM2,5	NO ₂	CO	Ben-zene	H ₂ S	SO ₂	O ₃
S.Giovanni Valdarno (AR)	AR-ENEL S.Giovanni	UT	100%	100%	100%	100%	99,7%	-	-	-
Cavriglia (AR)	AR-ENEL Castelnuovo dei Sabbioni	UF	100%	100%	100%	-	-	-	-	-
Livorno Rosignano M.mo (LI)	LI-Poggio S.Rocco	UF	-	98,9%	99,4%	-	-	-	-	94,4%
Collesalveti (LI)	LI-Stagno	UI	100%	100%	96,9%	-	91,8%	97,6%	97,4%	-

Tabella 2. Stazioni di Arezzo San Giovanni e Cavriglia

	PM10		PM2,5	NO ₂		CO		Benzene
Stazione	Media µg/m ³	N° sup media giorn. 50	Media µg/m ³	Media µg/m ³	N° sup 200	Media µg/m ³	Max 8 ore µg/m ³	Media µg/m ³
AR-S.Giovanni	21	0	13	18	0	0,3	2,1	0,7
AR-Castelnuovo	14	0	9	8	0	-	-	-

I risultati delle elaborazioni relative alle stazioni dei comuni di S.Giovanni Valdarno e di Cavriglia, di proprietà dell'Enel mostrano l'assenza di criticità alcuna per il rispetto dei parametri di normativa per gli inquinanti monitorati nel 2023.

Tabella 3. LI-Poggio San Rocco

	O ₃						PM2,5	NO ₂	
Stazione	N° Sup 120	VO protezione popolazione (media 3 anni)	AOT40	VO protezione vegetazione (media 5 anni)	Max orario	N° Sup 180	Media µg/m ³	Media µg/m ³	N° sup 200
LI-Poggio S.Rocco	21	28	18248	21505	157	0	7	7	0

I risultati delle elaborazioni relative alla stazione del comune di Rosignano Marittimo confermano quanto osservato in passato: non c'è alcuna criticità per PM2,5 e per NO₂, mentre per quanto riguarda l'Ozono i valori obiettivo calcolati rispettivamente come medie su 3 e 5 anni non rispettano il valore di riferimento indicato dalla normativa, confermando la criticità del parametro.

Tabella 4. LI-Stagno

Stazione	PM10		PM2,5	NO ₂	
LI-Stagno	Media $\mu\text{g}/\text{m}^3$	N°Sup. media giornaliera 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Media $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Media $\mu\text{g}/\text{m}^3$	N°Sup. media oraria 200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
	20	1	11	13	0
	H ₂ S		SO ₂		
	Media $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Max media oraria $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Media $\mu\text{g}/\text{m}^3$	N°Sup.media giornaliera 125 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	N°Sup.media oraria 300 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
	2	8	3	0 (max 11)	0 (max100)
	Benzene	Toluene	E-Benzene	MP-Xilene	O-Xilene
	Media annuale $\mu\text{g}/\text{m}^3$				
	0,6	3	0,5	1	0

I risultati delle elaborazioni relative alla stazione LI-Stagno, situata in località industriale a Stagno, nel comune di Collesalveti, hanno mostrato una situazione priva di criticità per tutti gli inquinanti monitorati, con ampio rispetto dei valori di riferimento del D.Lgs.155/10. I valori di qualità dell'aria registrati presso la stazione non sono significativamente diversi dai valori del fondo urbano per PM10, PM2,5 , NO₂ ed SO₂ benzene e derivati.

Per questa la stazione si riporta il confronto grafico dei principali indicatori con le stazioni che si trovano nel comune limitrofo di Livorno.

Grafico 1. Medie annuali PM10 e PM2,5 di LI-Stagno a confronto con le stazioni di Livorno.

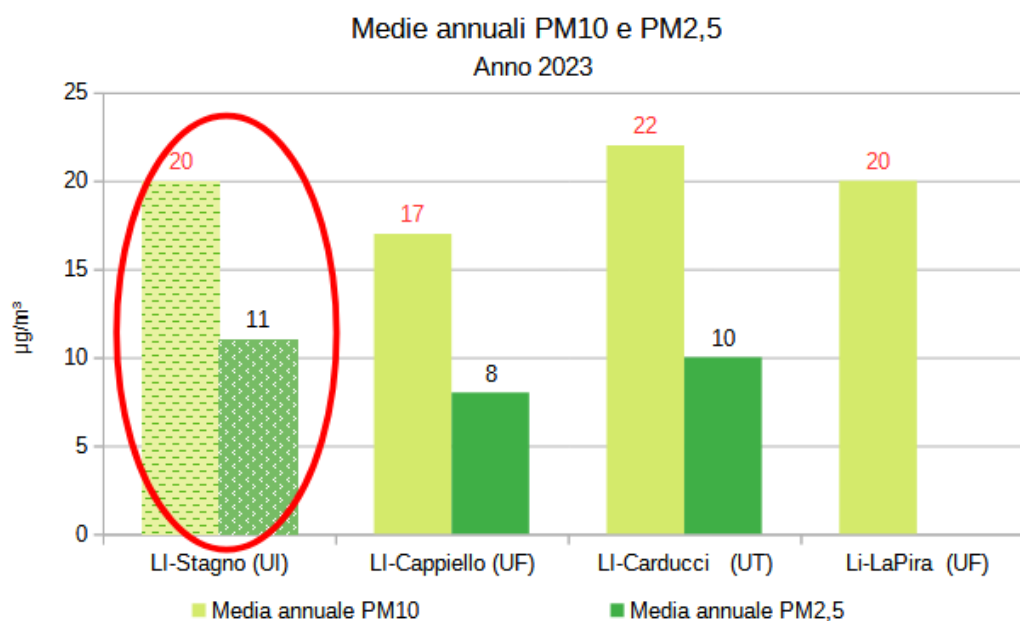


Grafico 2. Medie annuali e valori massimi NO₂ di LI-Stagno a confronto con le stazioni di Livorno.

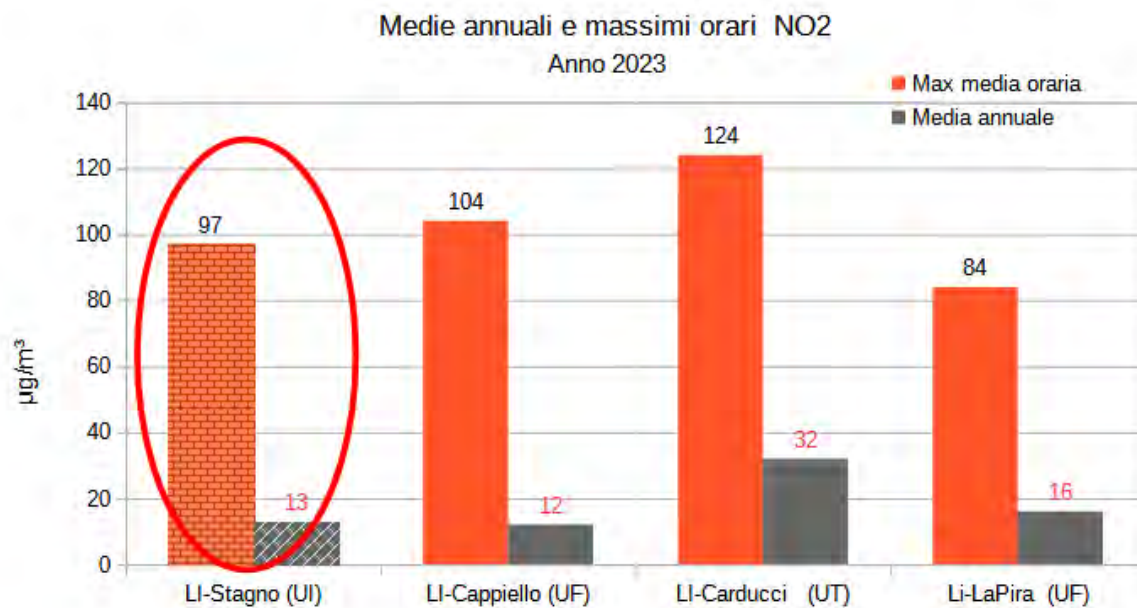


Grafico 3. Medie annuali e valori massimi SO₂ di LI-Stagno a confronto con le stazioni di Livorno.

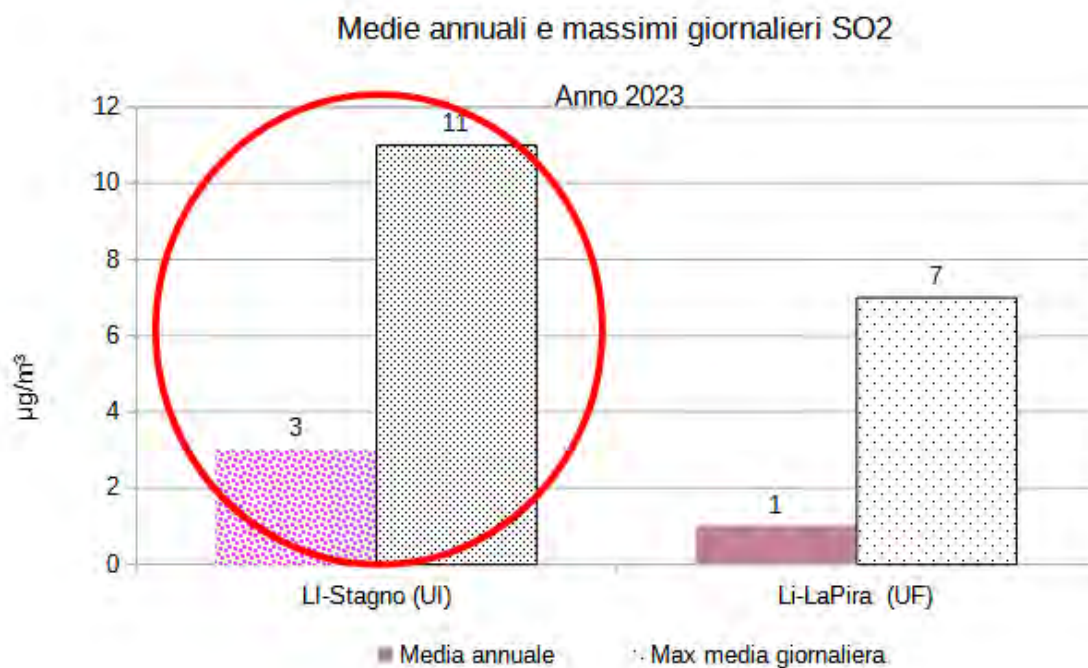
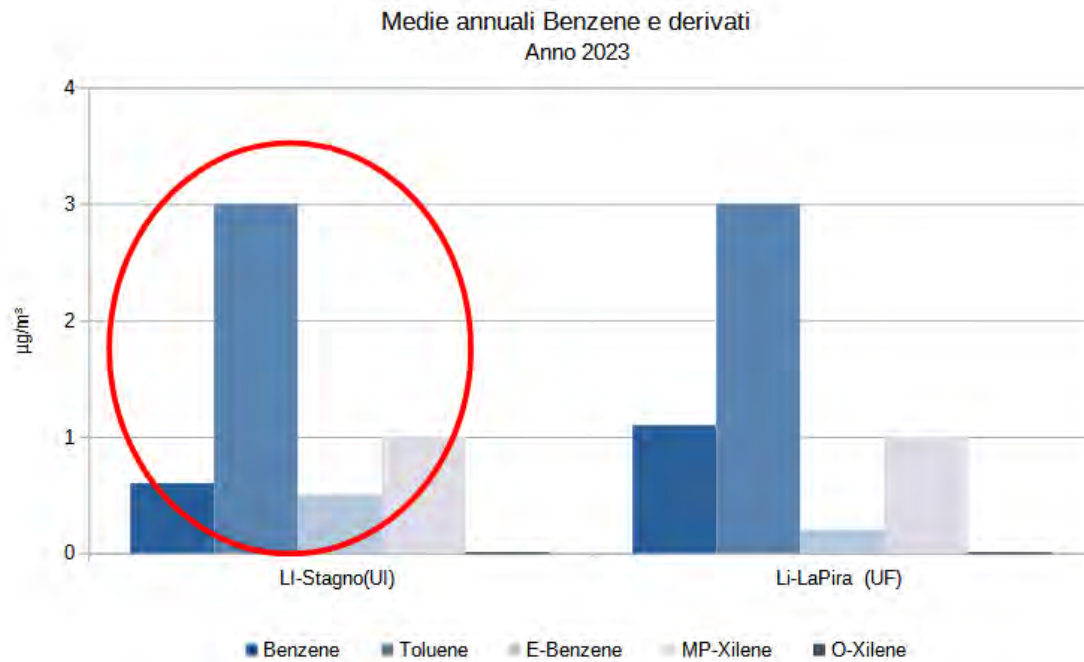


Grafico 4. Medie annuali BTX di LI-Stagno a confronto con le stazioni di Livorno.



Per quanto riguarda l' H_2S , i dati registrati presso LI-Stagno sono stati molto contenuti e non sono stati registrati valori di concentrazione oraria tali da poter creare alcun fenomeno di molestia olfattiva da H_2S (medie orarie $>7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ pari a 3 ore nel 2023).

Nell'arco del 2023 sono state realizzate campagne indicative nel territorio della Toscana. Per ognuna di queste campagne, una volta terminato il monitoraggio e l'elaborazione dei risultati viene prodotto il rapporto di monitoraggio, disponibile in:
<http://www.arpat.toscana.it/temi-ambientali/aria/sistema-di-rilevamento>.

Tabella 5. Campagne discontinue 2023

Provincia	Comune/ postazione	Parametri monitorati	Inizio campagna	Fine campagna	Campagna indicativa	Note
Firenze	Barberino Val D'elsa – loc. Vico D'Elsa	NO _x , SO ₂ PM10, PM2.5, IPA, Metalli	03/04/2023	28/02/2024	SI	
Firenze	Firenze v.le Rosselli	NO _x , CO, SO ₂ PM10, PM2.5, NH ₃	19/06/2023	in corso	NO	
Pistoia	Montecatini	SO ₂ , NO _x , PM10	13/11/2022	in corso	NO	Per Regione Toscana (su un arco di stagioni in- vernali per 3 anni)
Pistoia	Pescia	PM10, PM2.5	14/10/2023	in corso	NO	Per Regione Toscana la cam- pagna viene ripetuta per tre stagioni invernali di seguito
Lucca	Barga / frazione Fornaci di Barga – Piazzale Del Frate	PM10 / PM2,5	04/10/2023 terza stagione	25/03/2024 terza stagione	No	Per Regione To- scana la campa- gna viene ripetuta per tre stagioni invernali di seguito
Lucca	Forte dei Marmi / frazione Vaiana – Scuola “Don Milani”	NO _x , CO, PM10/PM2,5	31/03/2023	07/01/2024	SI	
Livorno	Città di Livorno, con postazioni: Piazza Grande, Piazza Cavour e Mercatino Americano	NO _x , CO, SO ₂ PM10, PM2.5, BTX	05/06/2023	Si prevede per il 30/05/2024	SI	Campagna per il comune di Li- vorno

ALLEGATO 1: TABELLE DEI PERCENTILI

PM10 medie giornaliere ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Minimo	25° per- centile	50° per- centile	75° per- centile	90,4° per- centile	99° per- centile	Massimo	Media
FI-Boboli	0	12	17	23	32	47	59	18
FI-Bassi	3	13	18	26	34	53	68	20
FI-Gramsci	12	22	27	35	48	66	82	30
FI-Mosse	6	18	25	34	46	67	83	27
FI-Scandicci	2	12	17	23	32	48	53	19
FI-Signa	1	12	18	26	38	62	72	21
PO-Roma	3	14	19	28	44	71	93	23
PO-Ferrucci	4	14	19	26	36	58	87	21
PT-Signorelli	1	12	18	25	35	61	82	20
PT-Montale	3	15	20	29	47	85	88	25
AR-Acropoli	4	12	17	25	36	51	66	20
FI-Figline	2	13	18	25	35	54	68	20
Ar- Repubblica	2	14	19	27	39	54	70	22
GR-URSS	4	12	16	22	26	38	45	17
GR-Sonnino	3	17	23	30	35	43	53	24
LI-Cappiello	4	12	16	20	25	39	56	17
LI-Carducci	6	16	21	26	32	44	57	22
LI-La Pira	2	13	19	25	30	41	65	20
Li-Cotone	1	12	16	21	26	39	70	17
LI-Parco VIII Marzo	4	13	18	22	27	41	64	18
MS-Colombarotto	2	15	19	24	29	42	47	20
MS-Marina Vecchia	7	15	19	24	33	46	53	21
LU-Viareggio	5	15	21	29	43	62	71	24
LU-Capannori	7	16	21	32	51	89	124	27
LU-San Concordio	2	14	20	26	38	65	80	22
LU-Micheletto	5	17	22	30	42	73	89	25
PI-Passi	3	14	19	25	35	52	59	21
PI-Borghetto	5	16	20	26	34	53	58	22
PI-Santa Croce	2	16	22	31	44	61	65	25
PI-Montecerboli	1	8	11	15	20	37	50	12
AR-Casa Stabbi	1	5	8	11	16	29	36	9
SI-Poggibonsi	5	13	17	23	28	41	45	18
SI-Bracci	1	13	18	23	28	38	43	18
LU-Fornoli	4	15	19	28	39	61	68	23

PM2,5 medie giornaliere ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Minimo	25° per- centile	50° per- centile	75° per- centile	99° percentile	Massimo	Media
FI-Bassi	0	7	10	13	39	54	11
FI-Gramsci	4	9	12	16	41	59	14
PO-Roma	2	9	12	16	59	81	16
PO-Ferrucci	2	7	9	13	42	72	12
PT-Montale	2	9	12	18	73	76	17
AR-Acropoli	2	7	10	14	40	56	13
GR-URSS	2	7	9	12	20	24	9
LI-Cappiello	1	5	7	10	17	23	8
LI-Carducci	3	7	9	13	26	29	10
MS-Marina Vecchia	3	8	10	14	32	37	12

LU-Viareggio	3	8	10	15	49	56	13
LU-Capannori	2	8	12	22	79	107	18
PI-Passi	2	7	10	14	43	47	12
PI-Borghetto	4	8	11	15	42	45	13
SI-Poggibonsi	2	7	9	14	27	29	11

NO₂ medie orarie (µg/m³)	Minimo	25° per- centile	50° per- centile	75° per- centile	99° per- centile	99,8° percen- tile	Massimo	Media
FI-Bassi	0	7	12	22	46	75	95	16
FI-Gramsci	1	26	40	54	68	110	148	41
FI-Mosse	3	19	29	41	59	84	103	31
FI-Scandicci	1	8	14	24	44	72	95	18
FI-Signa	0	5	9	17	38	58	77	13
FI-Settignano	0	2	3	6	21	47	69	5
PO-Roma	0	9	15	28	58	87	119	20
PO-Ferrucci	0	9	16	29	60	84	105	21
PT-Signorelli	0	7	11	20	42	68	83	15
PT-Montale	1	5	9	18	38	60	73	13
AR-Acropoli	0	4	8	14	32	56	70	11
FI-Figline	0	6	11	19	34	57	90	14
Ar- Repubblica	2	15	24	36	47	79	95	26
GR-Maremma	0	2	3	4	7	15	34	3
GR-URSS	0	5	8	14	32	78	95	12
GR-Sonnino	1	14	25	40	47	95	111	29
LI-Cappiello	1	6	9	15	31	66	104	12
LI-Carducci	2	17	29	43	59	104	124	32
LI-La Pira	1	8	12	20	34	72	84	16
Li-Cotone	0	5	8	13	27	71	85	12
LI-Parco 8 Marzo	1	5	8	13	26	61	80	11
MS-Marina Vecchia	0	6	10	18	33	63	80	14
MS-Colombarotto	1	5	8	14	29	51	64	11
LU-Viareggio	0	7	13	24	45	77	110	18
LU-Capannori	0	7	12	21	37	64	84	15
LU-San Concordio	0	8	14	22	35	67	85	17
LU-Micheletto	1	11	16	26	39	66	77	19
LU-Carignano	0	3	5	8	23	37	49	7
PI-Passi	0	5	10	17	34	59	69	13
PI-Borghetto	0	13	21	32	53	88	108	24
PI-Santa Croce	0	8	12	20	40	74	90	16
SI-Poggibonsi	1	6	11	17	28	52	64	13
SI-Bracci	2	14	21	33	50	100	117	26
LU-Fornoli	0	5	8	13	23	44	57	10
PI-Montecerboli	0	1	2	4	10	27	40	3
AR-Casa Stabbi	0	1	2	3	4	8	21	2

O₃ medie orarie (µg/m³)	Minimo	25° per- centile	50° percentile	75° percentile	99° percentile	Massimo	Media
FI-Settignano	0	40	60	81	130	154	61
FI-Signa	0	27	57	83	134	169	56
AR-Acropoli	0	24	48	69	107	138	48
PT-Montale	0	23	56	84	133	179	55
GR-Maremma	5	53	69	85	130	162	70
LU-Carignano	2	41	63	86	131	157	64
PI-Passi	0	22	45	71	116	136	48
PI-Santacroce	1	19	47	74	118	138	48
AR-Casa Stabbi	6	52	67	80	117	143	66
PI-Montecerboli	10	57	73	87	121	144	72

H₂S medie orarie (µg/m³)	Minimo	25° per- centile	50° per- centile	75° per- centile	99° percentile	Massimo	media
PI-Montecerboli	0	2	3	7	50	150	6
PI-Santa Croce	0	0	1	2	12	31	2

Benzene medie orarie (µg/m³)	Minimo	25° per- centile	50° per- centile	75° per- centile	99° percentile	Massimo	Media
FI-Bassi	0,2	0,7	1,1	1,8	6	13,6	1,5
FI-Gramsci	0	0,8	1,7	3,1	8,3	25,4	2,2
PO-Roma	0,1	0,3	0,4	0,8	4	17,4	0,7
AR-Acropoli	0	0,5	0,7	1,3	4,9	19,5	1
LU- San Concor- dio	0,1	0,4	0,7	1,4	5,8	9	1,2
LI-La Pira	0,2	0,6	0,8	1,3	4	11,5	1,1
SI-Poggibonsi	0	0,1	0,2	0,5	2	3,7	0,4
Toluene medie orarie (µg/m³)	Minimo	25° per- centile	50° per- centile	75° per- centile	99° percentile	Massimo	Media
FI-Bassi	0	1	3	5	21	78	4
FI-Gramsci	0	2	4	7	24	146	5
PO-Roma	0	1	1	2	13	67	2
AR-Acropoli	0	1	1	2	9	91	2
LU- San Concor- dio	0	1	2	3	14	74	2
LI-La Pira	0	1	2	4	14	105	3
SI-Poggibonsi	0	1	1	2	7	29	1

ALLEGATO 2: LIMITI NORMATIVI D.LGS 155/2010

Tabella 1. Particolato PM10

VALORE DI RIFERIMENTO	Periodo di mediazione	Valori limite
Valore limite sulle 24 ore per la protezione della salute umana	24 ore	50 µg/m ³ da non superare più di 35 volte per anno civile
Valore limite annuale per la protezione della salute umana	anno civile	40 µg/m ³

Tabella 2. Particolato PM2,5

VALORE DI RIFERIMENTO	Periodo di mediazione	Valori limite
Valore Limite annuale per la protezione della salute umana	Anno civile	25 µg/m ³

Tabella 3. Biossido di azoto NO₂

VALORE DI RIFERIMENTO	Periodo di mediazione	Valori limite
Valore limite orario per la protezione della salute umana	1 ora	200 µg/m ³ da non superare più di 18 volte per anno civile
Valore limite annuale per la protezione della salute umana	anno civile	40 µg/m ³

Tabella 4. Ossidi di azoto NO_x

VALORE DI RIFERIMENTO	Periodo di mediazione	Valore limite
Livello critico per la protezione della vegetazione	Anno civile	30 µg/m ³ NO _x

Tabella 5. Monossido di carbonio CO

VALORE DI RIFERIMENTO	Periodo di mediazione	Valori limite
Valore limite orario per la protezione della salute umana	Media massima giornaliera calcolata su 8 ore	10 mg/m ³

Tabella 6. Biossido di zolfo SO₂

VALORE DI RIFERIMENTO	Periodo di mediazione	Valori limite
Valore limite su 1 ora per la protezione della salute umana	1 ora	350 µg/m ³ da non superare più di 24 volte per anno civile
Valore limite sulle 24 ore per la protezione della salute umana	24 ore	125 µg/m ³ da non superare più di 3 volte per anno civile

Tabella 7. Ozono O₃

VALORE DI RIFERIMENTO	Periodo di mediazione	Valori di riferimento
Valore obiettivo per la protezione della salute umana	Media su 8 ore massima giornaliera	120 µg/m ³ da non superare più di 25 giorni per anno civile come media su tre anni
Valore obiettivo per la protezione della vegetazione	AOT40, calcolato sulla base dei valori di 1 ora da maggio a luglio	18.000 µg/m ³ come media su 5 anni
Soglia di informazione	Media massima oraria.	180 µg/ m ³
Soglia di allarme	Media massima oraria	240 µg/ m ³

Tabella 8. Benzene

VALORE DI RIFERIMENTO	Periodo di mediazione	Valori limite
Valore Limite annuale per la protezione della salute umana	Anno civile	5 µg/m ³

Tabella 9 Benzo(a)pirene

VALORE DI RIFERIMENTO	Periodo di mediazione	Valore obiettivo
Concentrazione presente nella frazione PM ₁₀ del materiale particolato, calcolato come media su un anno civile.	Anno civile	1 ng/m ³

Tabella 10. Arsenico, Cadmio e Nichel

VALORE DI RIFERIMENTO	Periodo di mediazione	Valore obiettivo
Arsenico	Anno civile	6,0 ng/m ³
Cadmio	Anno civile	5,0 ng/m ³
Nichel	Anno civile	20,0 ng/m ³

Tabella 11. Piombo

VALORE DI RIFERIMENTO	Periodo di mediazione	Valori limite
Piombo	Anno civile	0,5 µg/ m ³

ALLEGATO 3: CONFRONTO CON VALORI DI RIFERIMENTO PROPOSTI DALLA DIRETTIVA EUROPEA

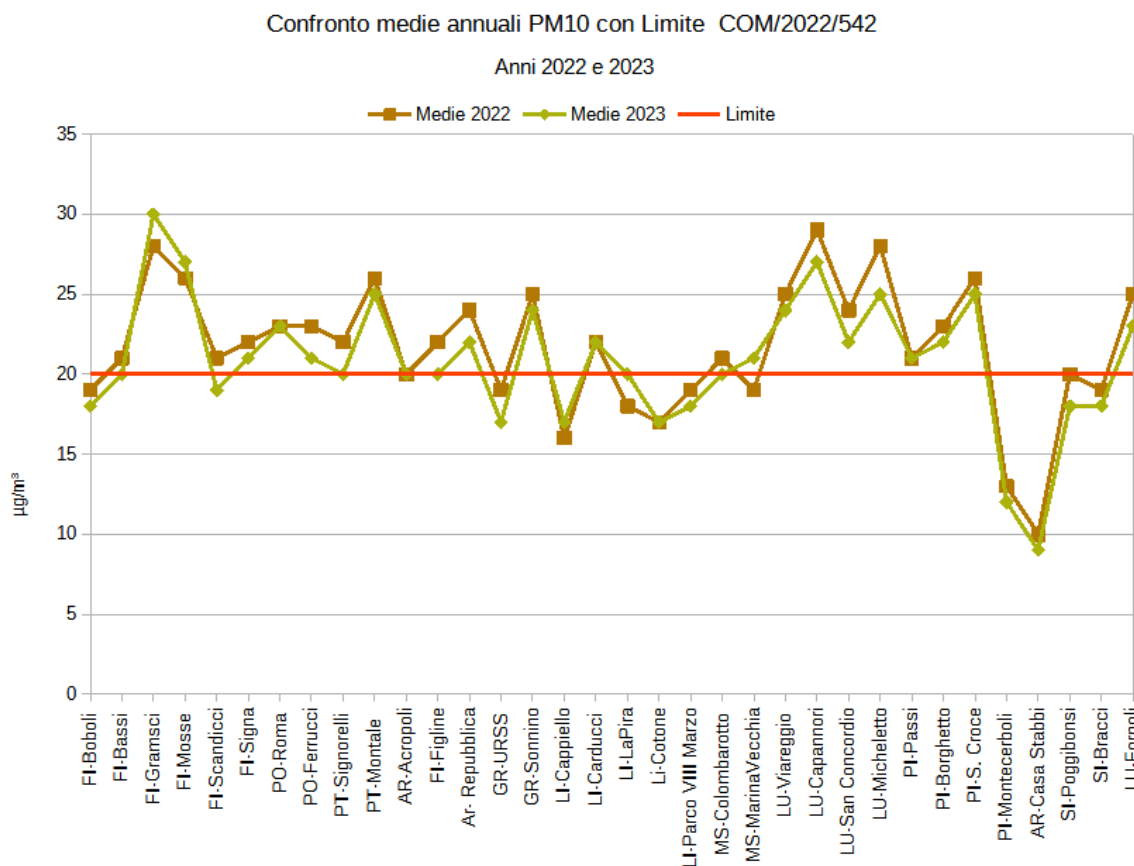
Per avere un'idea di quella che potrebbe essere la situazione della qualità dell'aria toscana una volta entrata in vigore la nuova normativa che prevede limiti più stringenti per molti parametri, gli indicatori di qualità sono stati confrontati con i valori di riferimento indicati dalla proposta di direttiva COM/2022/542. Nelle pagine successive sono discussi i confronti per i parametri più significativi.

3.1. PM10

Per quanto riguarda il PM10, i parametri presi in considerazione per la tutela della salute sono la media annuale di $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ e 18 superamenti della media giornaliera di $45 \mu\text{g}/\text{m}^3$: per entrambi la situazione regionale non è positiva.

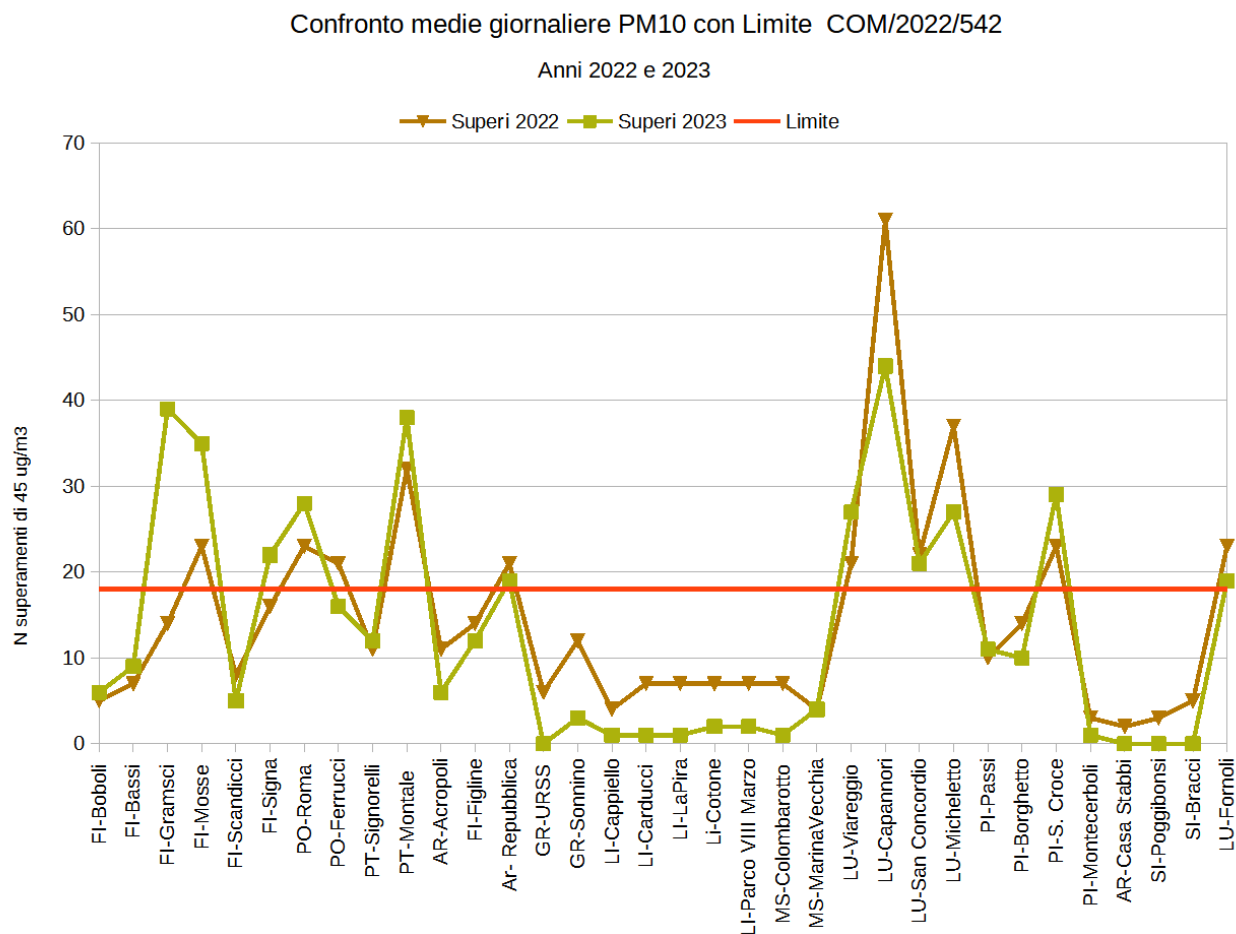
Il confronto dei valori medi annuali di PM10 registrati negli ultimi due anni con il valore limite mostra che in grande percentuale le medie registrate sono superiori al riferimento. In 22 siti di monitoraggio su 34 (65%), nel 2022, e in 18 siti su 34 (53%) nel 2023, è stata registrata una media annuale superiore a $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Figura 3.1.1. Particolato PM10 medie annuali



Il confronto delle medie giornaliere registrate negli ultimi due anni con il limite di 18 superamenti della media giornaliera di $45 \mu\text{g}/\text{m}^3$, indica che per entrambi gli anni in 12 siti su 34 (35%) il limite non è stato rispettato.

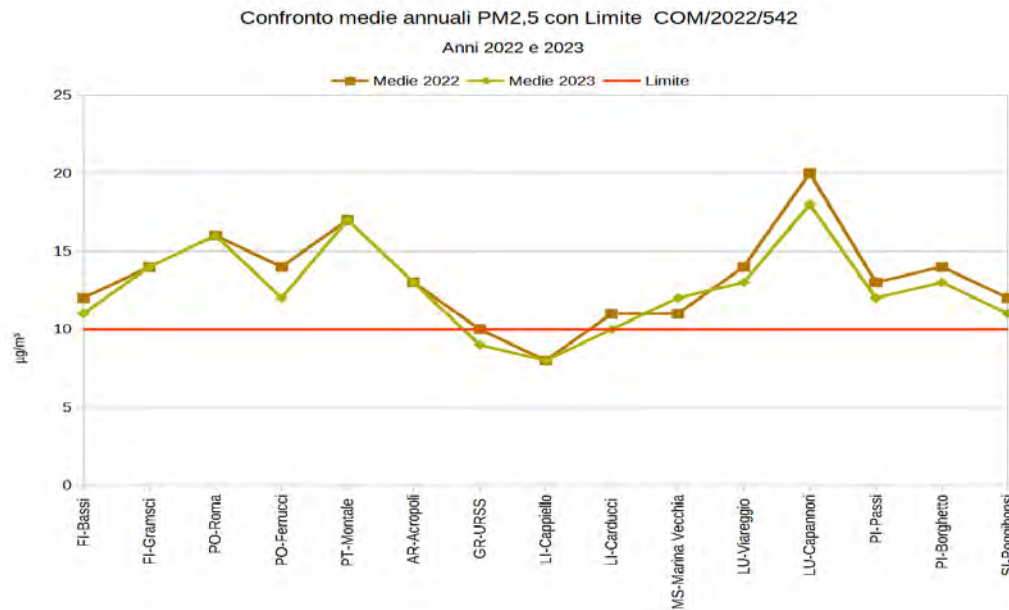
Figura 3.1.2. Particolato PM10 medie giornaliere



3.2. PM2,5

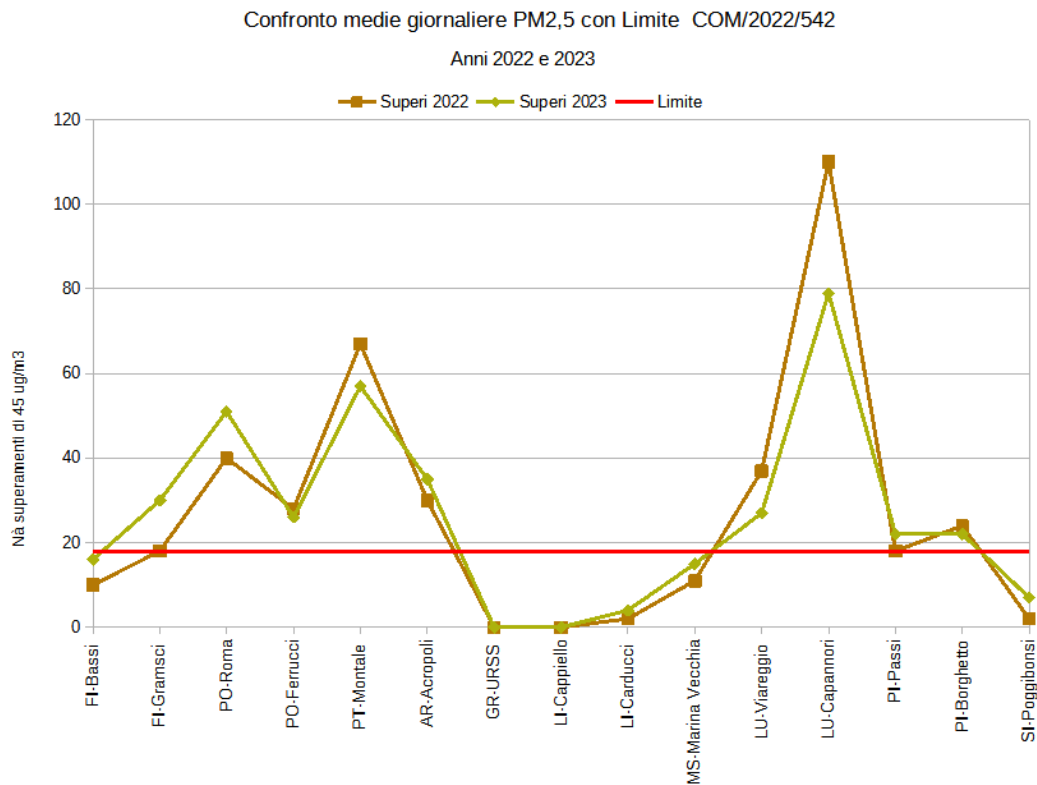
Per il PM2,5, i parametri presi in considerazione per la tutela della salute sono la media annuale di $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ e i 18 superamenti della media giornaliera di $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Per entrambi gli indicatori la situazione regionale non è positiva; infatti, 13 siti su 15 (87%), nel 2022, e 12 su 15 (80%) nel 2023 hanno registrato medie annuali superiori a $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Figura 3.2.1. Particolato PM_{2,5} medie annuali



Per quanto riguarda il limite sul numero di superamenti della media giornaliera, 7 siti su 15 (47%) nel 2022, e 9 su 15 (60%) nel 2023 non lo hanno rispettato.

Figura 3.2.2. Particolato PM_{2,5} medie giornaliere

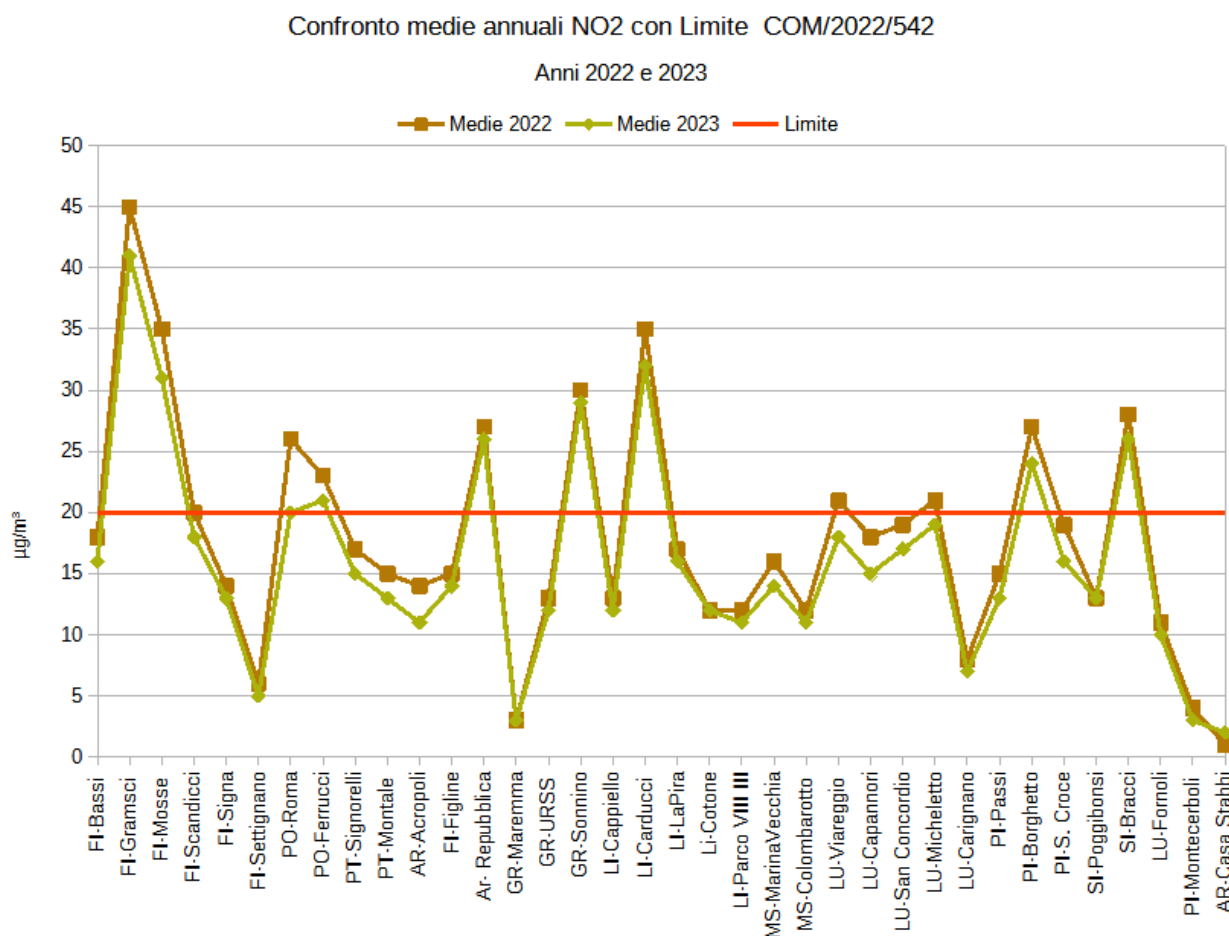


3.3. NO₂

Per quanto riguarda il Biossido di Azoto, i parametri presi in considerazione per la tutela della salute sono la media annuale di 20 µg/m³ e i 18 superamenti della media giornaliera di 50 µg/m³.

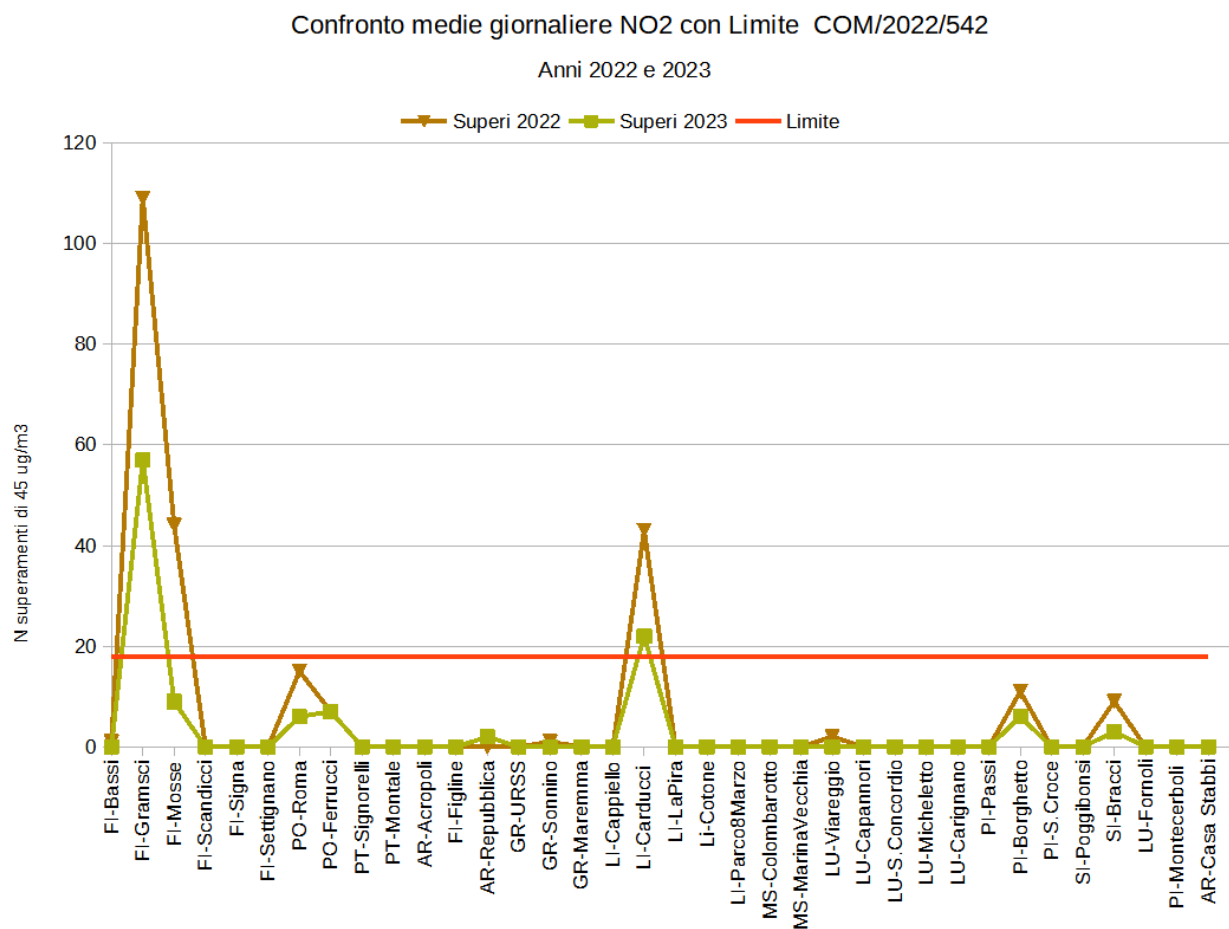
Il confronto dei valori medi annuali di NO₂ registrati negli ultimi due anni con il valore limite mostra che le medie registrate sono superiori al riferimento per la grande maggioranza delle stazioni di traffico e per poche stazioni di fondo.

Figura 3.3.1. Biossido di Azoto medie annuali



Nel 2022, in 11 siti di monitoraggio su 37 (30%), di cui 9 stazioni di traffico (90% del totale), e nel 2023 in 8 siti su 37 (22%), tutti e 8 di traffico (80% del totale), è stata registrata una media annuale superiore a 20 µg/m³.

Figura 3.3.2. Biossido di Azoto medie giornaliere

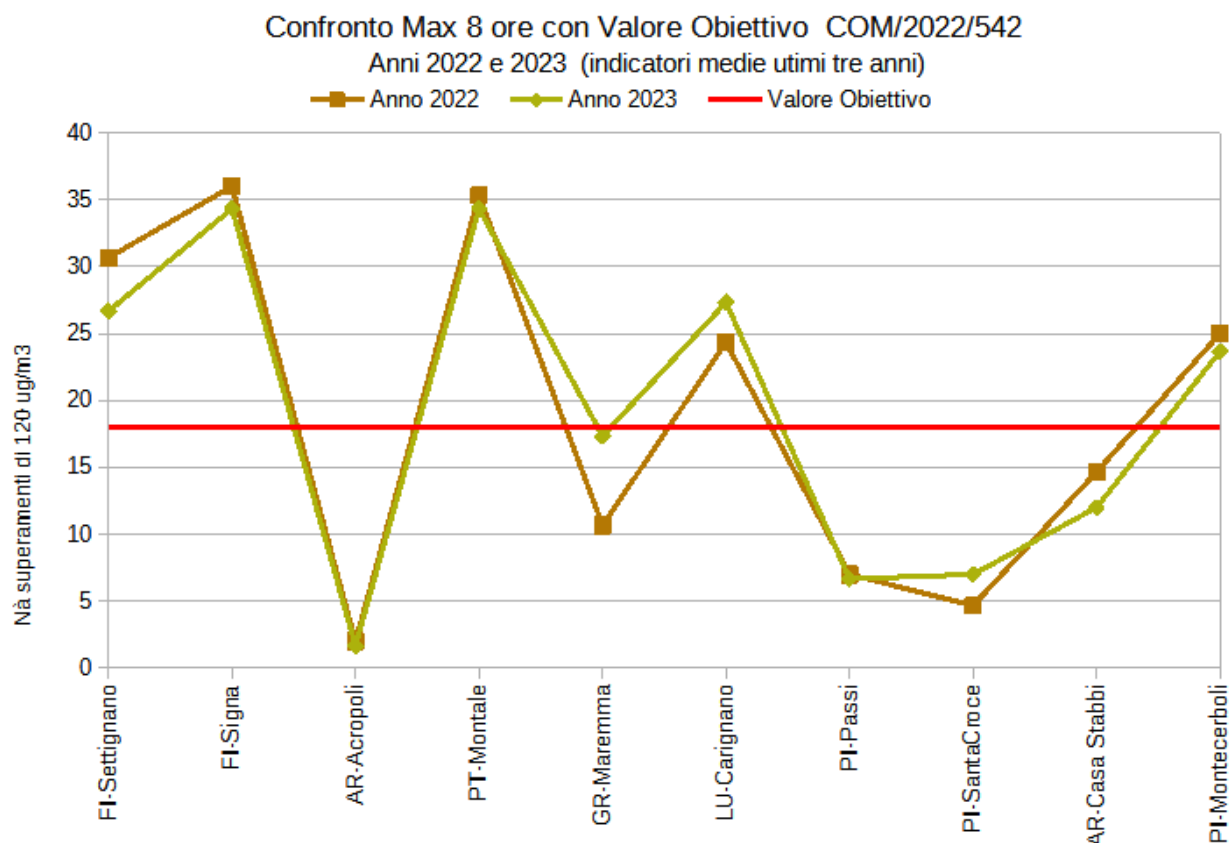


Per il limite relativo al numero di superamenti della media giornaliera, la maggior parte delle stazioni rispetta il parametro che è stato superato soltanto da 3 stazioni di traffico nel 2022 (8%) e 3 stazioni di traffico nel 2023 (5%).

4.4. O₃

Per quanto riguarda l'Ozono, il principale parametro per la tutela della salute è il Valore Obiettivo pari a massimo 18 superamenti della media massima giornaliera trascinata calcolata su 8 ore di 120 µg/m³. Il parametro è calcolato come media sugli ultimi tre anni e in Toscana negli ultimi due anni non è stato rispettato in 5 stazioni su 10 (50%).

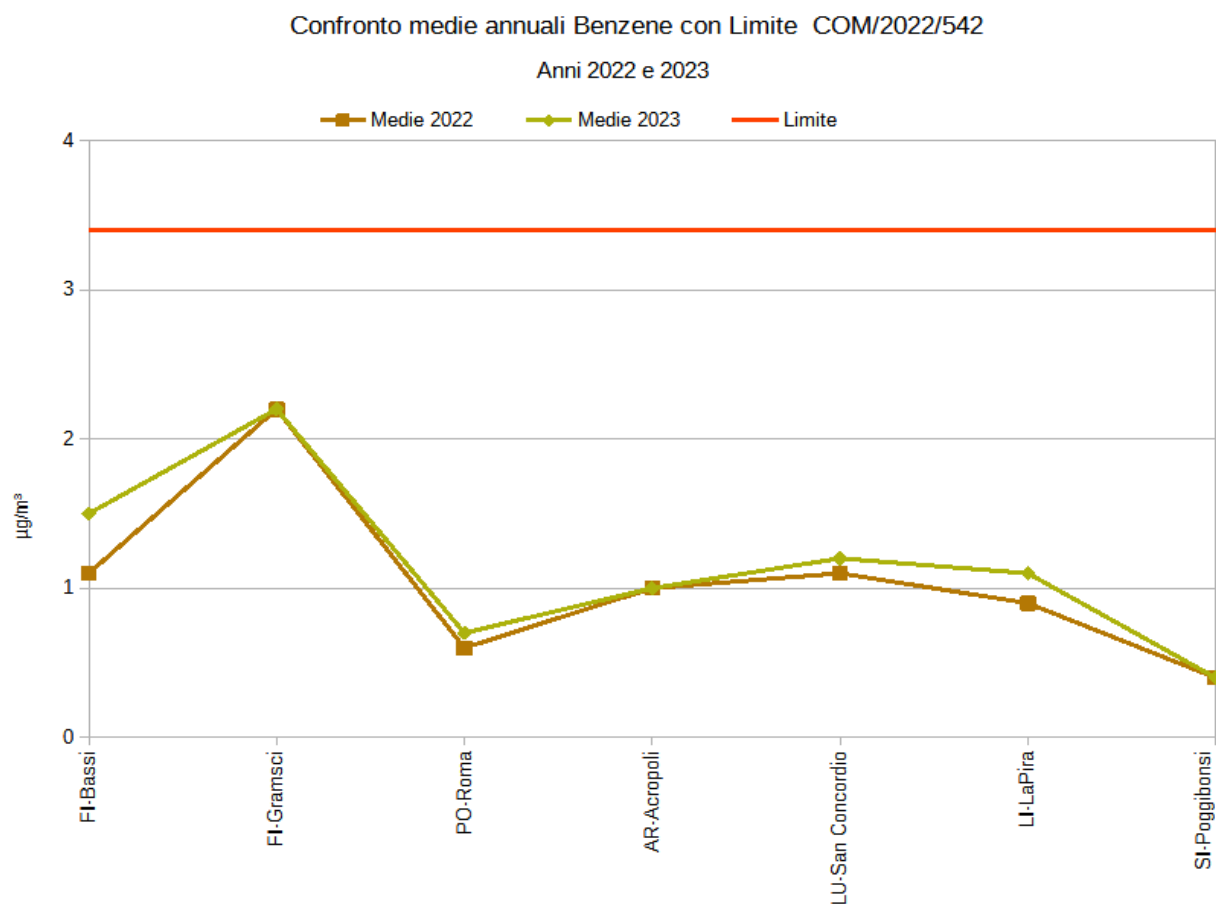
Figura 4.4.1. Ozono medie massime giornaliere trascinate di 8 ore



3.5. Benzene

Per quanto riguarda il Benzene, la proposta di nuova Direttiva indica come limite una media annuale di $3,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Nonostante l'indicatore sia notevolmente inferiore al limite attualmente vigente, il nuovo limite è stato rispettato nel 100% dei siti di monitoraggio.

Figura 3.5.1. Benzene medie annuali



3.6. Benzo(a)pirene, Piombo, Nichel, Cadmio ed Arsenico

Per questi parametri la proposta di Direttiva conferma, come valori limite, i valori limite o obiettivo della normativa attualmente vigente, che fino ad oggi sono stati ampiamente rispettati in tutti i siti di monitoraggio regionali.

3.7. CO ed SO₂

Per il Monossido di Carbonio la proposta di Direttiva conferma il valore massimo giornaliero su 8 ore di 10 mg/m³ ed introduce anche il limite sulla media giornaliera, ovvero 4 mg/m³ da non superare più di 18 volte nell'anno civile. I valori registrati nella nostra regione negli ultimi anni mostrano che questo indicatore, fino ad oggi, è stato ampiamente rispettato in tutti i siti di monitoraggio regionali.

Per il Biossido di Zolfo la proposta di Direttiva introduce il limite sulla media annuale di 20 µg/m³, inoltre indica un limite per la media giornaliera di 50 µg/m³ da non superare più di 18 volte, e porta il numero massimo di superamenti della media oraria di 350 µg/m³ da 24 a 1. I valori registrati negli ultimi anni non indicano alcuna criticità per il rispetto dei nuovi limiti per l'SO₂.

ALLEGATO 4: ANALISI AVVEZIONI DI POLVERI

Premessa

La Toscana, come del resto il continente europeo, è regolarmente raggiunta da masse d'aria che portano con loro le frazioni del materiale particolato, fra cui il PM₁₀, il quale, dalle alte quote dell'atmosfera, passa a livello del suolo.

I contributi emissivi naturali riferiti alle avvezioni di polveri che hanno interessato il territorio regionale nell'anno 2023 sono stati valutati secondo gli indirizzi definiti dalla *“Linea guida [SEC(2011) 2008 final] per la dimostrazione e la detrazione dei superamenti imputabili alle fonti naturali ai sensi della Direttiva 2008/50/CE relativa alla qualità dell'aria ambiente e per un'aria più pulita in Europa”* predisposta dalla Commissione di Lavoro il 15/2/2011.

In questo contesto, è da considerare che l'azione umana non avrebbe potuto evitare o ridurre significativamente i livelli di materiale particolato in aria ambiente.

L'attività di sottrazione dei contributi relativi alle avvezioni di polveri naturali individuate in fase di analisi è stata effettuata in relazione dell'art. 15 comma 1 del D.Lgs. 155/2010 e il corrispondente art. 20 della Direttiva 2008/50/CE, e ha riguardato le stazioni di misurazione appartenenti alla rete regionale della qualità dell'aria che hanno misurato, in concomitanza agli eventi avvevativi, valori medi giornalieri di materiale particolato PM₁₀ superiori al valore limite (50 µg/m³).

La valutazione prevista dalla linea guida [SEC(2011) 2008 final] del 15/2/2011 predisposta dalla Commissione di Lavoro è articolata nelle fasi di **identificazione** degli episodi di intrusione, di **quantificazione** degli episodi identificati e di **sottrazione** dei contributi stimati. Questo metodo consente la quantificazione del contributo delle fonti naturali su base giornaliera, e può pertanto essere utilizzato per la sottrazione dei contributi naturali di polveri, in relazione alla valutazione del *numero di superamenti del valore limite riferito all'indicatore della media giornaliera di PM₁₀*.

Per la fase di individuazione degli episodi di avvezione, sono state esaminate le stazioni di misurazione di **fondo regionale** di **Casa Stabbi** (quota: 650 slm), ubicata nel Comune di Chitignano (AR) e di **Montecerboli** (quota: 353 slm), ubicata nel Comune di Pomarance (Pi), entrambe appartenenti alla **Zona Collinare e Montana**.

Per quanto attiene gli analizzatori automatici di materiale particolato, le verifiche gravimetriche di ONGOING 2023 effettuate sulla strumentazione di PM₁₀ della rete regionale hanno fornito un valore di incertezza al valore limite per la media giornaliera (50 µg/m³) pari al 15 %.

1. Identificazione degli episodi di intrusione sahariana

La fase di identificazione dei contributi si è basata sull'analisi dei valori medi giornalieri di PM10 misurati dalle stazioni di fondo regionale di Casa Stabbi (Chitignano - AR) e Montecerboli (Pomarance – PI); le due stazioni di misurazione sono ubicate in siti caratterizzati da una quota di 650 m (Casa Stabbi) e di 353 m (Montecerboli). Nell'anno 2023 sono stati elaborati per le due stazioni di misura valori medi annuali di PM10 sostanzialmente allineati pari a $9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Casa Stabbi) ed a $12 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Montecerboli); non sono stati registrati casi di superamento del valore limite della media giornaliera, con valori massimi giornalieri pari a $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (1/12/2023) nella stazione di Montecerboli e $36 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (12/07/2023) nella stazione di Casa Stabbi.

È stata avviata una fase di analisi preliminare sulla distribuzione dei valori medi giornalieri misurati nell'anno 2023 mediante il software shiny R, dal quale è stata evidenziata una distribuzione asimmetrica, caratterizzata dalla presenza di code, soprattutto quella spostata verso i valori più elevati; l'analisi dei parametri di distribuzione, in particolare per la stazione di misurazione di Casa Stabbi, ha messo in rilievo un punto di rottura nella distribuzione attorno al valore di $23 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Tale valore è stato prescelto *in via preliminare* come valore discriminante per l'identificazione degli eventi di avvezione.

Sono state poi interpretate le situazioni meteorologiche giornaliere relative a valori medi giornalieri di PM10 superiori a $23 \mu\text{g}/\text{m}^3$ registrati in *entrambe le stazioni di misurazione*, ed avviate le successive elaborazioni modellistiche mediante il modello HYSPLIT (Hybrid Single-Particle Lagrangian Integrated Trajectory, versione 4; Draxler e Rolph, 2003; <http://www.arl.noaa.gov/ready/hysplit4.html>) predisposto dalla NOAA (National Oceanics and Atmospheric Administration USA) attraverso l'Air Resources Laboratory. Il modello ha elaborato le retrotraiettorie riferite ai 5 giorni precedenti rispetto al giorno di studio, previste alle ore 12 e per altezze di 750, 1500 e 2500 metri sul livello del mare.

Le conclusioni tratte dall'analisi delle retrotraiettorie sono state convalidate dall'esame dei dati meteorologici (report mensili) registrati dal Consorzio LaMMA, e dalle elaborazioni ottenute dal modello BSC-DREAM (<https://dust.aemet.es/products/daily-dust-products>) implementato presso l'Earth Sciences Division of the Barcelona Supercomputing Center, il quale restituisce la distribuzione spaziale della concentrazione di polvere (mineral dust) prevista nel livello più basso dell'atmosfera.

Sono stati identificati 17 giorni riferibili agli *episodi avvezzivi più significativi*, mostrati nella tabella che segue.

Tabella 1 - Elenco principali episodi di avvezione di polveri anno 2023 e relativi valori medi giornalieri PM10 registrati dalle stazioni di fondo regionali.

DATA	PM10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ PI-MONTECERBOLI	PM10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ AR-CASA-STABBI
25/02/2023	23	11
11/07/2023	37	29
12/07/2023	36	36
13/07/2023	30	26
15/07/2023	25	14
19/07/2023	40	27
20/07/2023	28	24
24/07/2023	38	29
25/07/2023	32	19
18/09/2023	23	24
27/09/2023	25	23
28/09/2023	23	16
29/09/2023	23	13
20/10/2023	28	34
24/10/2023	--	26
01/12/2023	50	29
02/12/2023	29	24

-- dato non disponibile

Dall'esame della tabella 1, traspare che, nell'anno 2023, i principali giorni riferibili ad episodi di avvezione di polveri si sono presentati prevalentemente nella stagione estiva, in particolare fra l'11 ed il 25 luglio 2023.

Nell'anno 2023, gli episodi di contributi naturali di polveri hanno determinato nella rete regionale 17 casi di superamento del Valore Limite della media giornaliera di PM10.

Il mese di luglio è stato influenzato in maniera significativa dai contributi naturali di polveri e ha presentato, in diverse stazioni, medie mensili paragonabili a quelle invernali. Pertanto, anche se i contributi naturali di polveri non hanno determinato un numero significativo di superamenti del Valore Limite della media giornaliera di PM10, hanno avuto una certa influenza sui dati estivi. Si osserva infatti per le stazioni della costa e della zona collinare montana (Casa Stabbi e Montecerboli), che il mese di luglio è stato il mese con le medie più alte.

Il contributo naturale ha raggiunto il valore massimo pari all'80% della concentrazione media giornaliera di PM10 (Montecerboli = 80 % - Casa Stabbi = 83 %), mentre il contributo medio si è assestato attorno al 53 %.

Si rileva che il numero degli episodi avvevativi (17) identificati dell'anno 2023 è allineato a quello dell'anno precedente (2022: 18 casi), ma più elevato rispetto al periodo 2016-2020. I contributi naturali medi del 2023 (es.: Casa Stabbi = 14 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) risultano essere più bassi rispetto a quelli del triennio precedente (contributo giornaliero medio polveri naturali Casa Stabbi: 2022 = 19 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ - 2021 = 32 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ - 2020 = 36 $\mu\text{g}/\text{m}^3$).

Per quanto attiene alla distribuzione temporale, gli eventi si sono verificati nella prevalenza dei casi in estate ed autunno, seguiti poi da alcuni episodi in inverno.

L'esame dei dati giornalieri di materiale particolato PM_{2,5} registrati in occasione degli eventi avvevativi, evidenzia una percentuale di PM_{2,5} nel PM₁₀ più bassa (mediamente attorno 32 %) rispetto alla stessa percentuale registrata in condizioni ordinarie (58 % anno 2023); infatti, una delle caratteristiche dei fenomeni di trasporto di sabbie desertiche è quello di produrre un aumento soprattutto della frazione più grossolana del particolato atmosferico, cioè quella con diametro superiore ai 2,5 µm. Le sabbie, infatti, si formano per fenomeni di disgregazione termica e di erosione dovuta allo sfregamento.

Le mappe relative alla distribuzione spaziale della concentrazione di polvere (mineral dust) prevista nel livello più basso dell'atmosfera elaborate dal modello BSC-Dream, hanno evidenziato, per la maggioranza degli episodi avvevativi esaminati, un ampio interessamento del territorio regionale.

2. Quantificazione degli episodi di avvezione naturale

In una prima fase sono stati determinati i **livelli di PM10 di fondo** non riferiti a contributi naturali di materiale particolato; tale quantificazione è stata effettuata mediante l'elaborazione di indicatori statistici previsti dalla LG SEC (2011) 2008 final, quali la **media** delle concentrazioni di PM10 registrate nei **15 giorni ante e 15 post** l'episodio avveztivo, il **50° percentile ed il 40° percentile dei 30 giorni antecedenti** l'episodio avveztivo. È da rilevare tuttavia, che il 40° percentile è un indicatore sito specifico che riproduce la concentrazione di fondo esistente nella penisola iberica durante i giorni con prevalenti condizioni atmosferiche avveztive. L'utilizzo di questo indicatore in altri paesi non è stato convalidato, e pertanto non si ha alcuna certezza sulla sua accuratezza. In assenza di studi specifici che identifichino l'indicatore statistico che riproduce al meglio la concentrazione di fondo PM10 del territorio regionale, in relazione alle indicazioni della linea guida, sono stati calcolati, al fine di un utilizzo preferenziale, indicatori più conservativi, come la media delle concentrazioni di PM10 registrate durante i 15 giorni prima ed i 15 giorni dopo l'episodio di avvezione, ed il 50° percentile dei 30 giorni precedenti l'episodio stesso.

Gli indicatori sono stati determinati per ogni periodo di osservazione (quindici o trenta giorni) riferibile al singolo episodio di avvezione, escludendo il giorno coincidente con l'episodio stesso.

La quantificazione del contributo avveztivo per i giorni identificati nella fase di analisi delle retrotraiettorie è stata effettuata per differenza fra il valore della media giornaliera di PM10 registrato dalle stazioni di fondo regionale di Montecerboli e Casa Stabbi e il valore relativo al livello di fondo (senza contributi di polveri naturali) delle stesse stazioni, calcolato con l'indicatore del **50° percentile dei 30 giorni antecedenti** l'episodio avveztivo.

Si evidenzia che la quantificazione dei contributi naturali è stata effettuata esclusivamente per gli episodi più significativi dell'anno (febbraio, luglio, settembre, ottobre e dicembre 2023) per la quale sono stati registrati, nell'intera rete regionale, 17 casi di superamento del valore limite della media giornaliera di PM10. L'estensione della quantificazione agli episodi avveztivi non accompagnati da casi di superamento del valore limite della media giornaliera di PM10 non porterebbe alcuna informazione significativa alla valutazione di conformità della media giornaliera di PM10 a livello regionale, e pertanto è stata tralasciata.

La sintesi delle elaborazioni di quantificazione è presentata nelle tabelle sottostanti.

Tabella 2 - Tassi giornalieri dei contributi naturali e livelli di fondo calcolati con l'indicatore del 50° percentile dei 30 giorni antecedenti l'evento - $\mu\text{g}/\text{m}^3$

data	Montecerboli PM10 media giornaliera	Casa Stabbi PM10 media giornaliera	Montecerboli valore fondo (50° perc. 30 gg ante evento)	Casa Stabbi valore fondo (50° perc. 30 gg ante evento)	contributo naturale Montecerboli	contributo naturale Casa Stabbi
25/02/2023	23	11	11	8	13	3
11/07/2023	37	29	12	9	24	20
12/07/2023	36	36	13	9	24	27
13/07/2023	30	26	13	10	17	16
15/07/2023	25	14	13	10	12	4
19/07/2023	40	27	15	10	25	17
20/07/2023	28	24	15	10	13	14
24/07/2023	38	29	16	11	22	18
25/07/2023	32	19	18	13	13	6
18/09/2023	23	24	15	12	8	12
27/09/2023	25	23	13	11	12	12
28/09/2023	23	16	14	11	9	5
29/09/2023	23	13	14	11	9	2
20/10/2023	28	34	13	10	15	24
24/10/2023	--	26	13	10	*	16
01/12/2023	50	29	10	5	40	24
02/12/2023	29	24	11	5	18	19

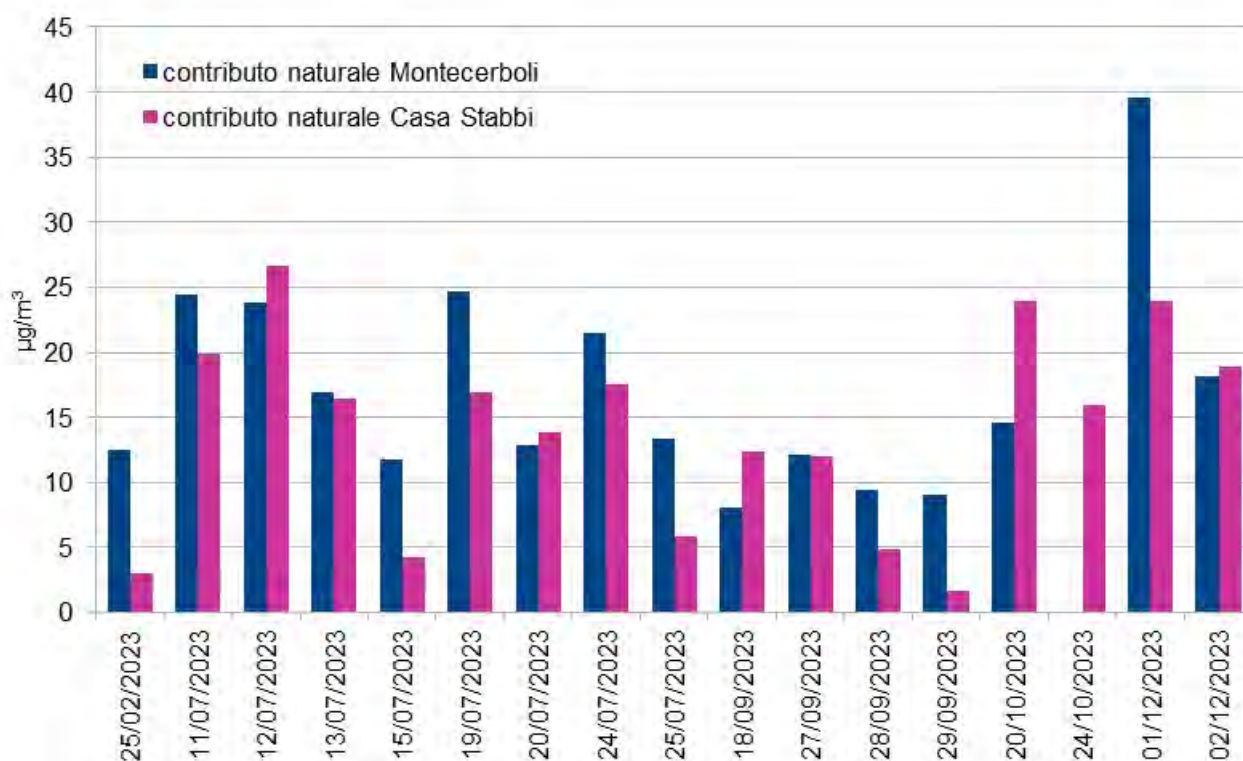
* non calcolato per indisponibilità dato giornaliero PM10

-- dato non disponibile

Dall'esame dei dati mostrati nella tabella 2, traspare che i livelli di fondo stimati per le due stazioni sono caratterizzati da valori sostanzialmente allineati alle rispettive medie annuali.

Nel grafico che segue sono presentate le elaborazioni grafiche relative ai contributi naturali giornalieri nel PM10 stimati per le stazioni rurali di Pi Montecerboli e Ar Casa Stabbi, riferiti ai principali eventi avvevivi individuati nell'anno 2023 a partire dai livelli di fondo calcolati con gli indicatori del 50° Percentile dei 30 giorni precedenti l'evento avvevivo.

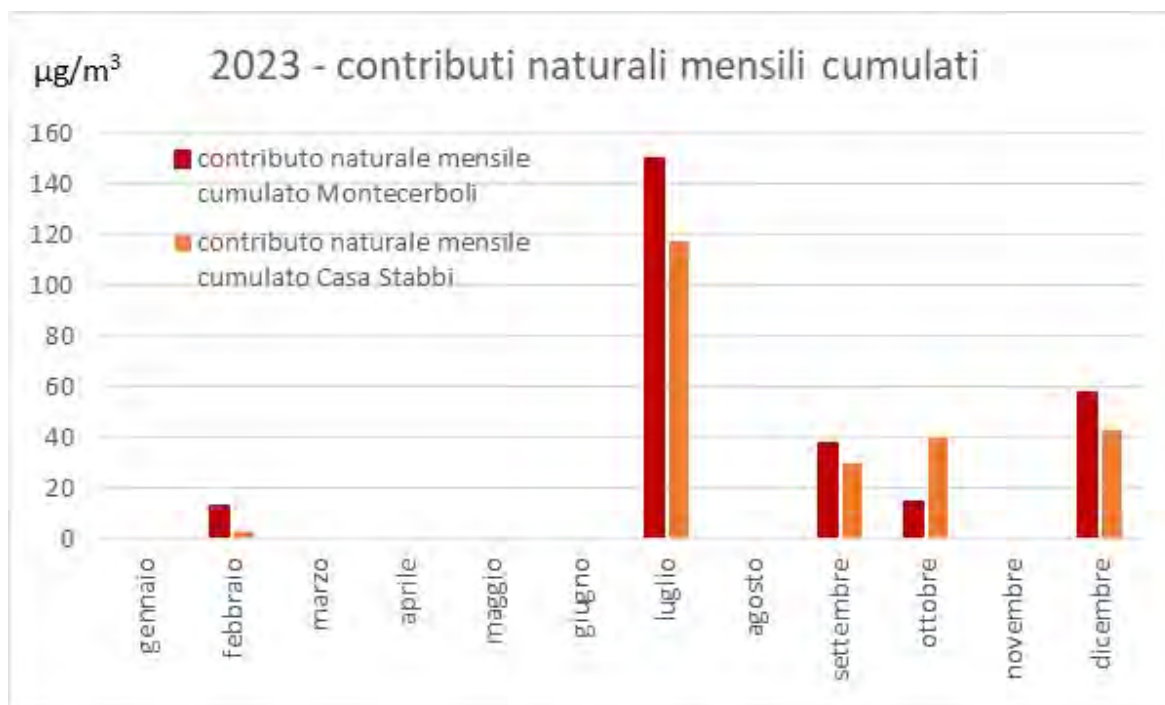
Figura 1 – Contributi naturali giornalieri stimati al PM10 anno 2023 stazioni PI Montecerboli e AR Casa Stabbi (livello di fondo elaborato con indicatore media 50° Percentile 30 giorni precedenti l'evento avvevivo).



Se si esaminano i valori dei contributi giornalieri calcolati dai valori di fondo elaborati con l'indicatore del 50° percentile relativo ai 30 giorni precedenti l'evento avvevivo, si osserva un contributo medio del 53 % per la stazione di Montecerboli e un contributo medio del 54 % per la stazione di Casa Stabbi. Questi valori risultano in linea con quanto riportato nella linea guida della Commissione di lavoro, nella quale è indicato che la polvere desertica può contribuire per più del 60 % alla concentrazione totale di PM10 nei paesi del Mediterraneo nel corso di un evento di forte inquinamento da polveri.

L'istogramma che segue presenta gli andamenti temporali dei contributi naturali di polveri cumulati mensili registrati nell'anno 2023.

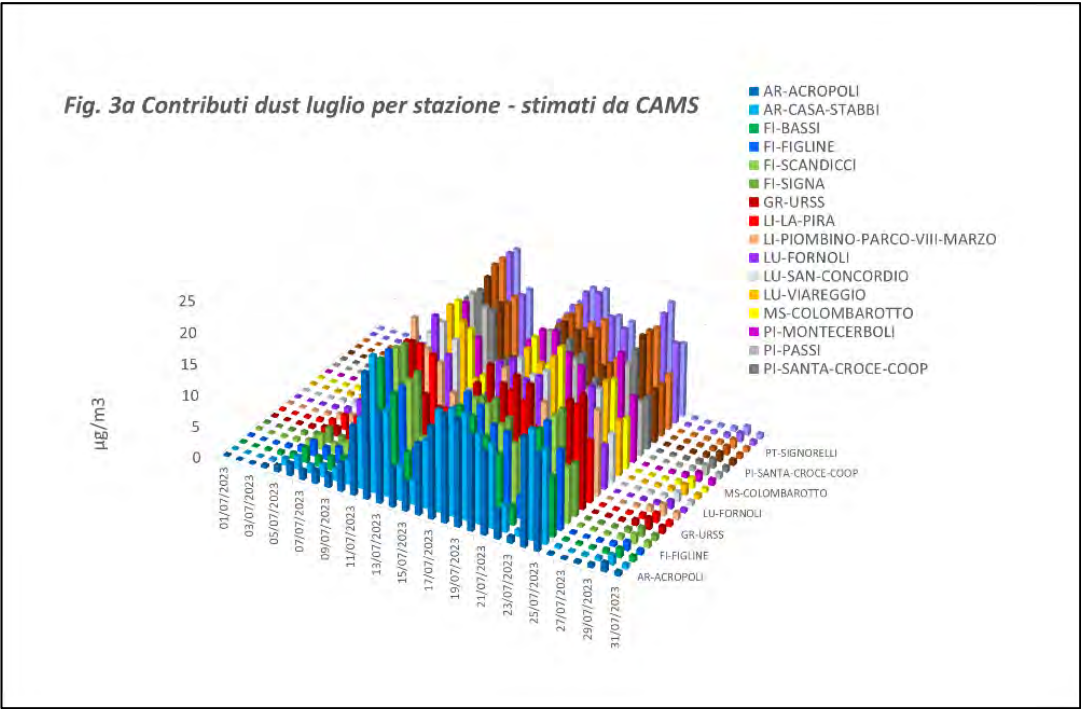
Figura 2 – Contributi naturali cumulati mensili stimati al PM10 anno 2023 stazioni PI Montecerboli e AR Casa Stabbi (livello di fondo elaborato con indicatore media 50° Percentile 30 giorni precedenti l'evento avvevivo).



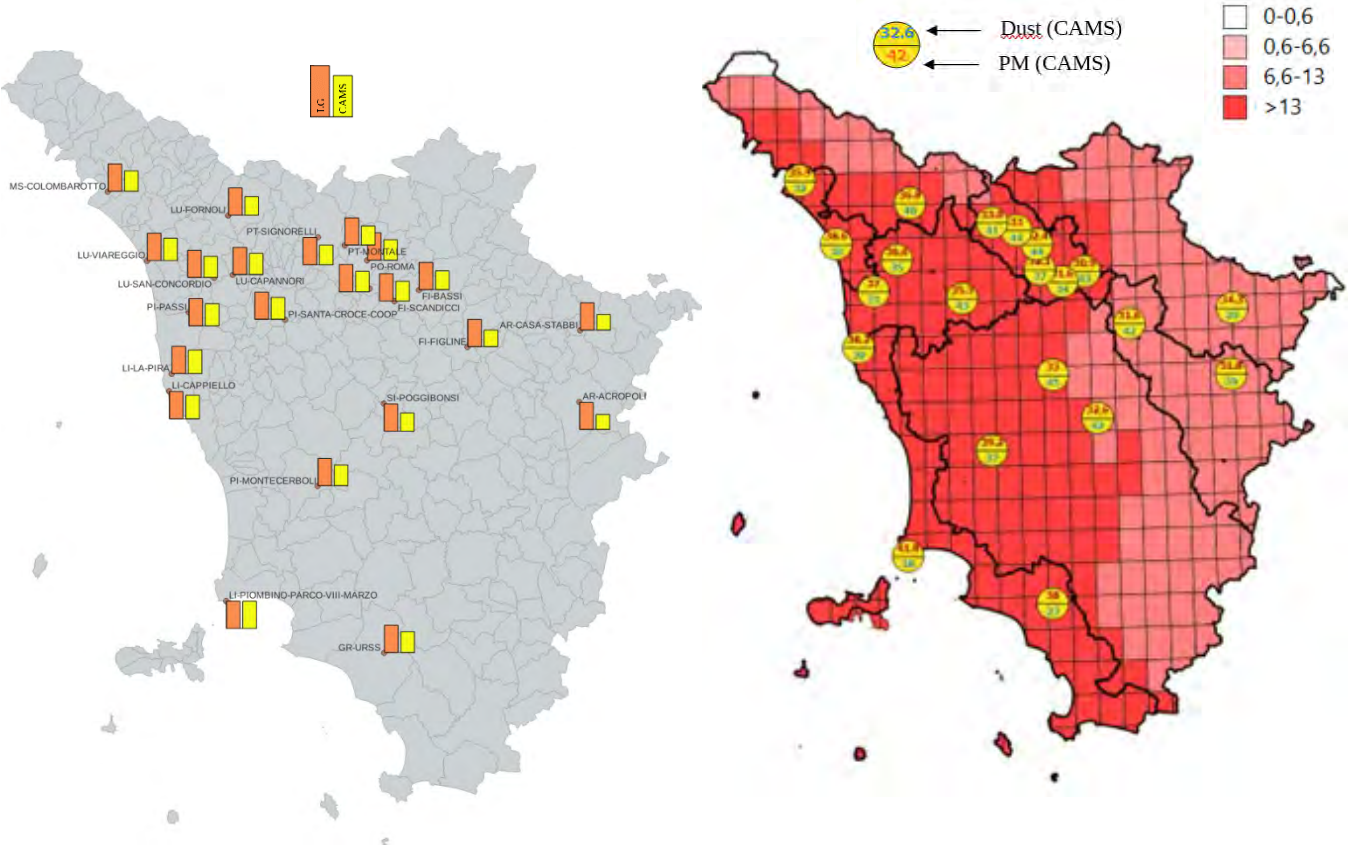
L'esame del grafico di figura 2 evidenzia un rilevante contributo cumulato mensile di polveri naturali nel mese di luglio, caratterizzato dal valore di 150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ per la stazione di Montecerboli e di 118 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ per la stazione di Casa Stabbi.

Nella seguente figura 3, l'elaborato grafico entra nel dettaglio in merito ai contributi naturali avvenuti nel mese di luglio, e presenta i carichi di polveri naturali stimati per le stazioni di rete regionale dal modello CAMS (Copernicus Atmosphere Monitoring Service), mentre le mappe rappresentano, per i giorni di luglio con il maggior carico naturale, il confronto della stima del dust dal modello CAMS e secondo la Linea Guida della Commissione di Lavoro del 15/2/2011.

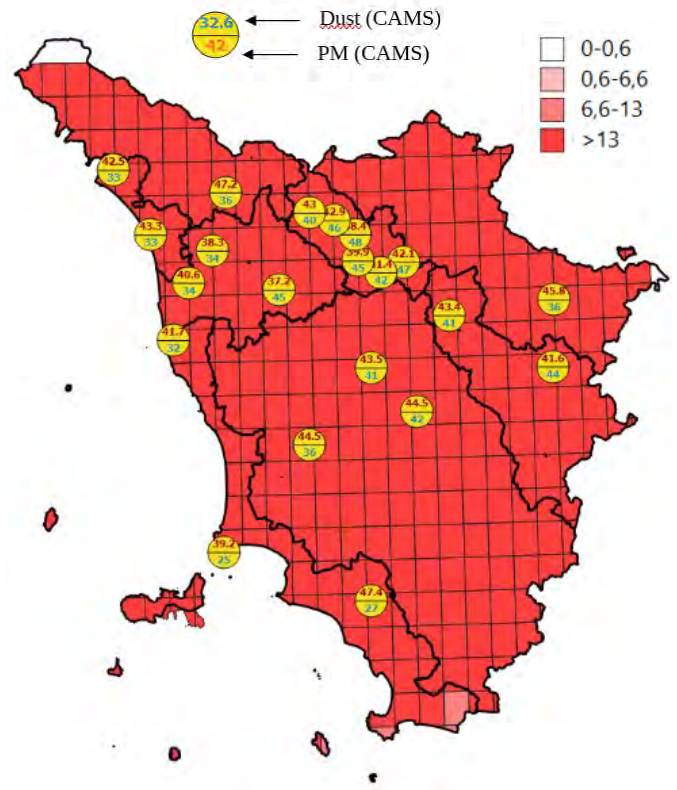
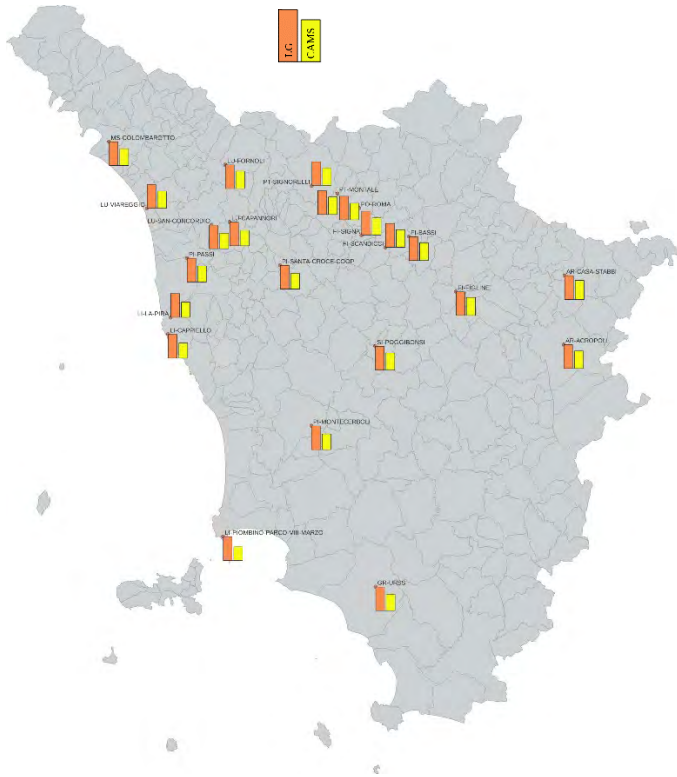
Figura 3 - Contributi naturali di polveri stimati per le stazioni di rete regionale dal modello CAMS nel mese di luglio 2023 (3a) e confronto tra dust CAMS e dust linea guida Commissione di lavoro del 15/2/2011 nei giorni 11/07 (3b), 12/07 (3c)



3b. Confronto tra stima CAMS e linea guida Commissione di lavoro del 15/2/2011 sulle stazioni e distribuzione spaziale dust secondo CAMS giorno 11/07/2023



3c. Confronto tra stima CAMS e linee guida di Commissione di lavoro del 15/2/2011 sulle stazioni e distribuzione spaziale dust secondo CAMS giorno 12/07/2023



3. Detrazione dei contributi stimati

La sottrazione dei contributi è riferita ai carichi di polvere naturale giornaliera netta determinati nelle stazioni di fondo regionale in corrispondenza dei giorni nel quale è stato individuato l'episodio di intrusione di polvere desertica.

Come già indicato nella fase di individuazione degli episodi di avvezione, le elaborazioni modellistiche effettuate con BSC-dream hanno evidenziato, per i giorni analizzati, un ampio interessamento del territorio regionale. Sono stati registrati dalle stazioni di rete regionale 17 casi di superamento del valore limite per l'indicatore della media giornaliera di PM10 nell'anno 2023.

Ai singoli valori di concentrazione media giornaliera superiori al valore limite di 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ è stato sottratto il corrispondente contributo naturale calcolato per la stazione di misurazione di **Montecerboli** secondo la procedura descritta al paragrafo 2.

La seguente tabella 4 presenta i superamenti dell'indicatore della media giornaliera di PM10 registrati in corrispondenza degli eventi avvevativi individuati nell'anno 2023, e il relativo numero di giorni da detrarre dovuti ai contributi naturali avvevativi.

Tabella 4 – 2023 - concentrazioni medie giornaliere PM10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) superiori al Valore Limite (50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) dovute a episodi avvevativi e relativo conteggio dei giorni da sottrarre per contributi avvevativi naturali

Stazione	PM10 25-02-2023 (contributo naturale 13 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)	PM10 12-07-2023 (contributo naturale 24 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)	PM10 24-07-2023 (contributo naturale 22 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)	PM10 01-12-2023 (contributo naturale 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Numero di giorni da sottrarre per contributi avvevativi naturali
Fi-Gramsci	56	61	49	55	3
Fi-Mosse	41	57	46	61	2
Gr-Sonnino	36	42	53	42	1
Li-Cappiello	29	25	39	56	1
Li-Carducci	31	31	42	57	1
Li-Cotone	34	23	47	70	1
Li-La Pira	27	32	42	65	1
Li-Piombino-Parco-VIII-Marzo	31	25	47	64	1
Lu-Capannori	59	37	36	50	1
Lu-Micheletto	55	37	36	45	1
Pi-Santa-Croce-Coop	43	45	59	61	1
Pi-Borghetto	35	35	44	53	1
Po-Roma	59	48	40	48	1
Pt-Montale	59	46	44	48	1

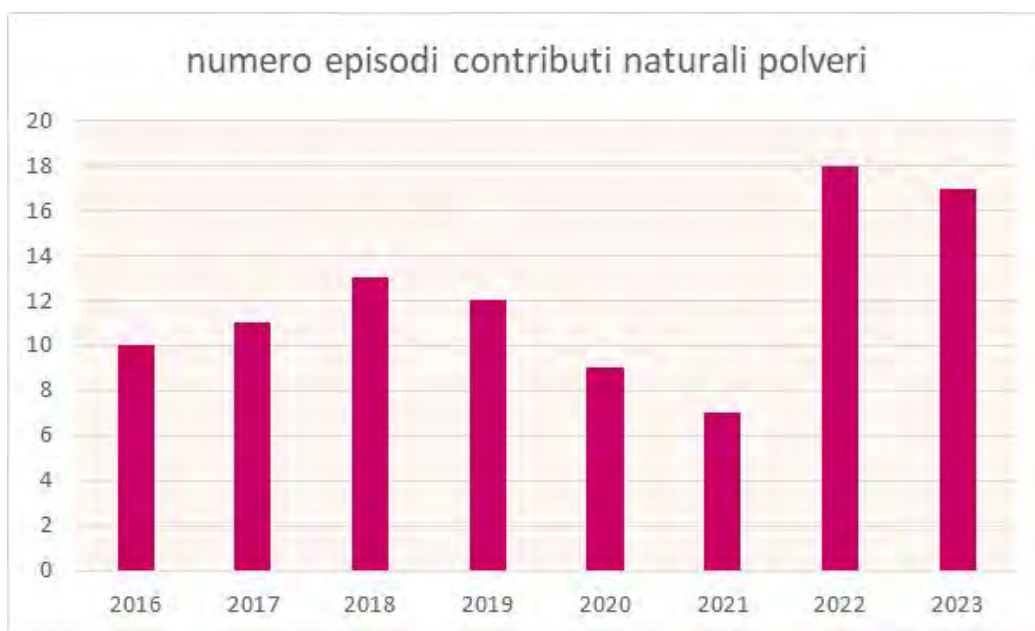
L'esame dei dati presentati nella tabella 4 evidenzia che per la prevalenza delle stazioni di rete regionale (ad eccezione per le stazioni di traffico ubicate nel Comune di Firenze) che hanno registrato il superamento del Valore Limite della media giornaliera di PM10 dovuto a contributi avvevativi naturali, dovrà essere applicata la sottrazione di 1 giorno.

4. Elaborazione sul lungo termine

In questo paragrafo sono presentati i dati annuali (2016-2023) relativi al numero di episodi dei contributi naturali di polveri e ai corrispondenti casi di superamento del valore limite della media giornaliera di PM10 registrati dalle stazioni della rete regionale.

Il grafico sottostante presenta l'andamento temporale 2016-2023 del numero dei principali episodi di contributi naturali di polveri stimati per il territorio regionale.

Figura 4 – numero episodi contributi naturali di polveri 2016-2023



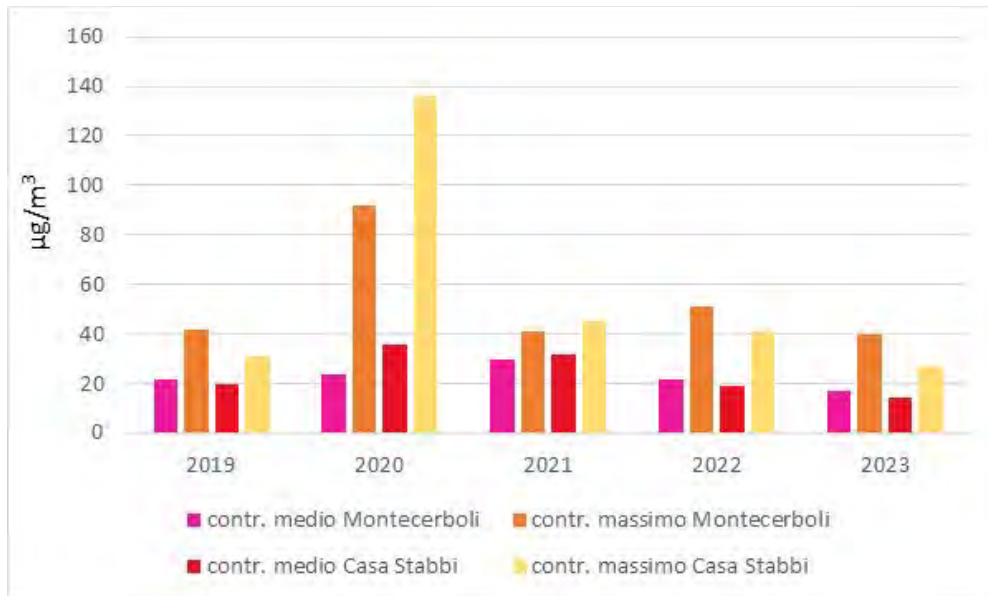
L'elaborazione grafica di figura 5 mostra la distribuzione stagionale degli eventi di avvezione dal 2016 al 2023.

Figura 5 – distribuzione stagionale % eventi avvevivi anni 2016 – 2023



Il grafico di figura 6 presenta il contributo naturale di polvere (medio e massimo) stimato per gli episodi avvertiti nel quinquennio 2019-2023 per le stazioni di misurazione di Montecerboli e Casa Stabbi.

Figura 6 – contributi naturali medi e massimi sul PM10 anni 2019-2023 stazioni di misurazione Casa Stabbi e Montecerboli.



Gli episodi di contributi naturali di polveri desertiche sono caratterizzati da una variabilità significativa, sotto il profilo sia temporale che spaziale; gli istogrammi sottostanti presentano il numero di superamenti del Valore Limite giornaliero di PM10 ($50 \mu\text{g}/\text{m}^3$) determinati da contributi naturali di polveri nel periodo di osservazione 2016-2023. I dati sono riferiti ad ogni stazione di misurazione e sono aggregati per Zona.

Figura 7 – Episodi di superamento causati da contributi naturali di polveri 2016-2023 – Zone Valdarno aretino e Valdichiana, Agglomerato di Firenze, Prato e Pistoia, Collinare e Montana.

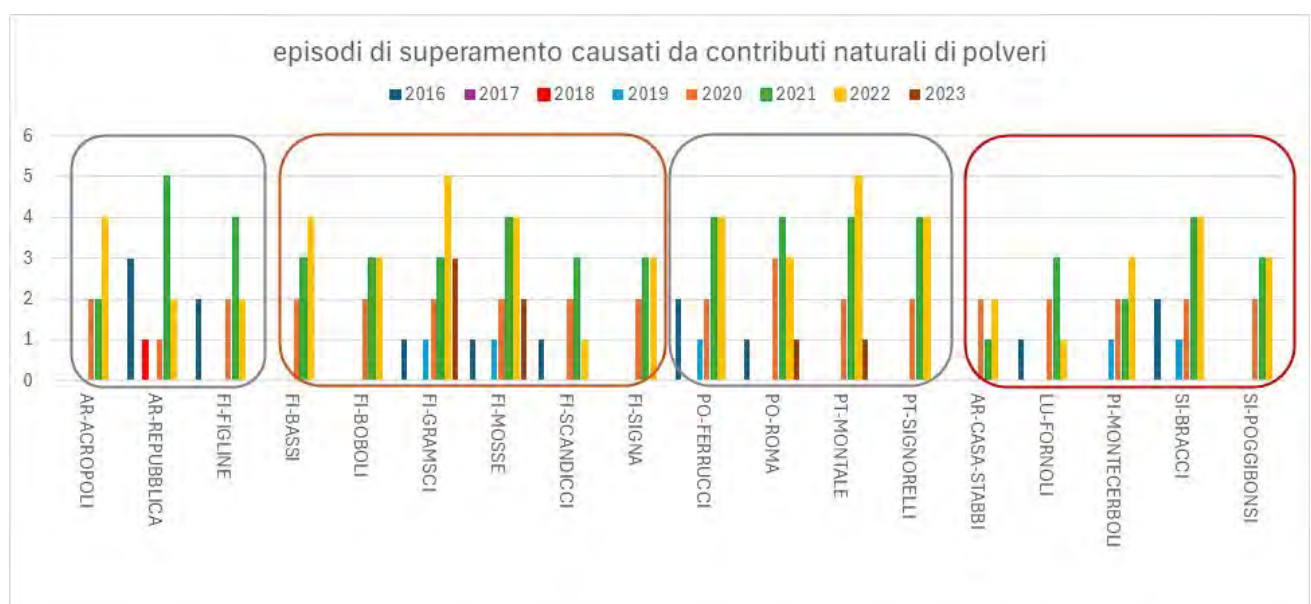


Figura 8 – Episodi di superamento causati da contributi naturali di polveri 2016-2023 – Zone Costiera e Valdarno pisano e Piana lucchese

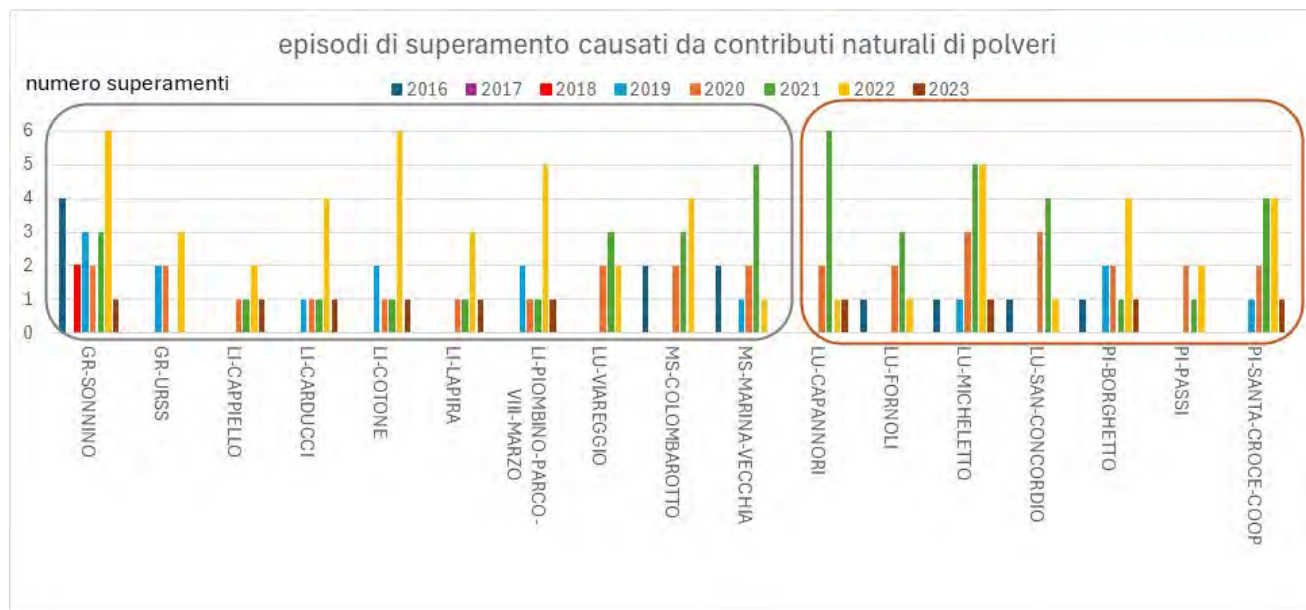
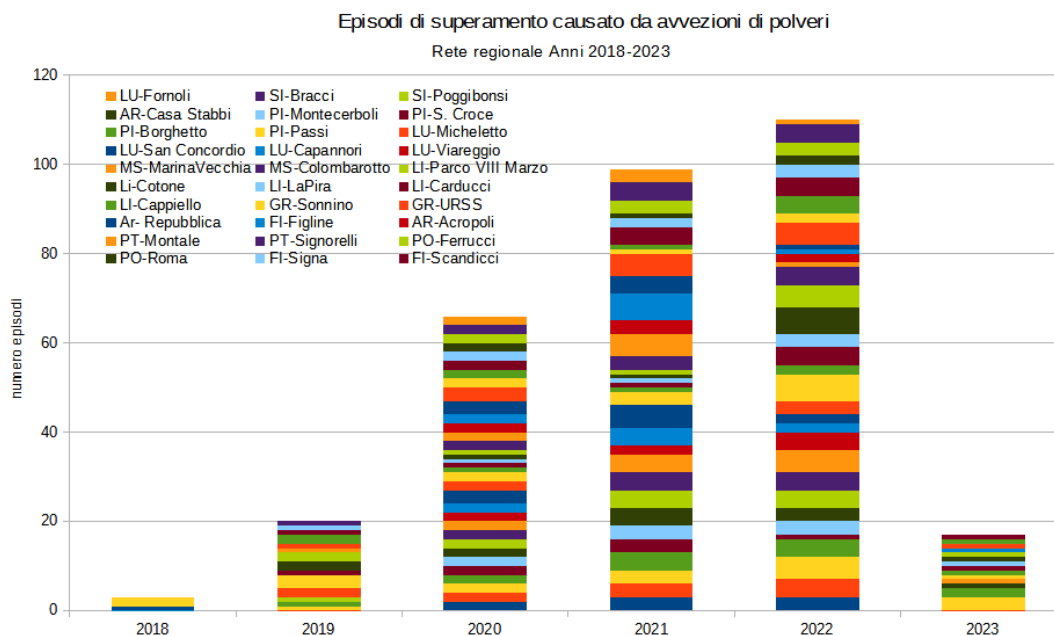


Figura 9 – Episodi di superamento causati da contributi naturali di polveri 2018-2023 – intera rete regionale



Dall'esame degli istogrammi delle figure 7 – 9, si osserva che gli anni 2021 e 2022 sono stati caratterizzati da un numero maggiore di superamenti del Valore Limite della media giornaliera di PM10 dovuti a contributi naturali di polveri; tendenzialmente, le Zone maggiormente interessate risulterebbero la Zona Costiera (in particolare area meridionale) e la Zona Collinare e Montana (in particolare area sud-est).

Conclusioni

L'analisi degli episodi avvevativi dell'anno 2023 ha prodotto la stima di 17 principali giorni riferibili a contributi naturali di polveri che hanno determinato, nelle stazioni di rete regionale, 17 casi di superamento del valore limite della media giornaliera del materiale particolato PM10.

Gli episodi più significativi si sono verificati nel mese di luglio (11-25 luglio) nel bimestre settembre-ottobre (18, 27-29 settembre 20 e 24 ottobre), e a dicembre (1 dicembre).

Presso la stazione di PI – Montercerboli, sono stati stimati *carichi giornalieri massimi* di polvere fino a $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (01/12/2023); l'origine delle masse d'aria è stata attribuita, in base alle elaborazioni modellistiche, all'area caucasica.

Gli episodi relativi al mese di luglio, occorsi per un periodo continuativo di 8 giorni, hanno fornito una rilevante stima del contributo cumulato mensile di polveri naturali, pari a $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$ nella stazione di PI-Montercerboli ed a $118 \mu\text{g}/\text{m}^3$ nella stazione di AR-Casa Stabbi.

I *contributi giornalieri medi* rappresentano il 53 % della concentrazione giornaliera di PM10; il *carico giornaliero medio* stimato per gli episodi avvevativi si attesta su $17 \mu\text{g}/\text{m}^3$ per la stazione di Pi – Montecerboli e su $14 \mu\text{g}/\text{m}^3$ per la stazione di Ar – Casa Stabbi.

L'analisi evidenzia che per la prevalenza delle stazioni di rete regionale (ad esclusione delle stazioni di traffico del Comune di Firenze) nelle quali sono registrati casi di superamento del Valore Limite della media giornaliera in corrispondenza a contributi naturali di polveri, dovrà essere applicata la sottrazione di 1 giorno.

ALLEGATO 5: BLACK CARBON E FRAZIONI DI PM10

1. Distribuzione statistica dei valori medi orari

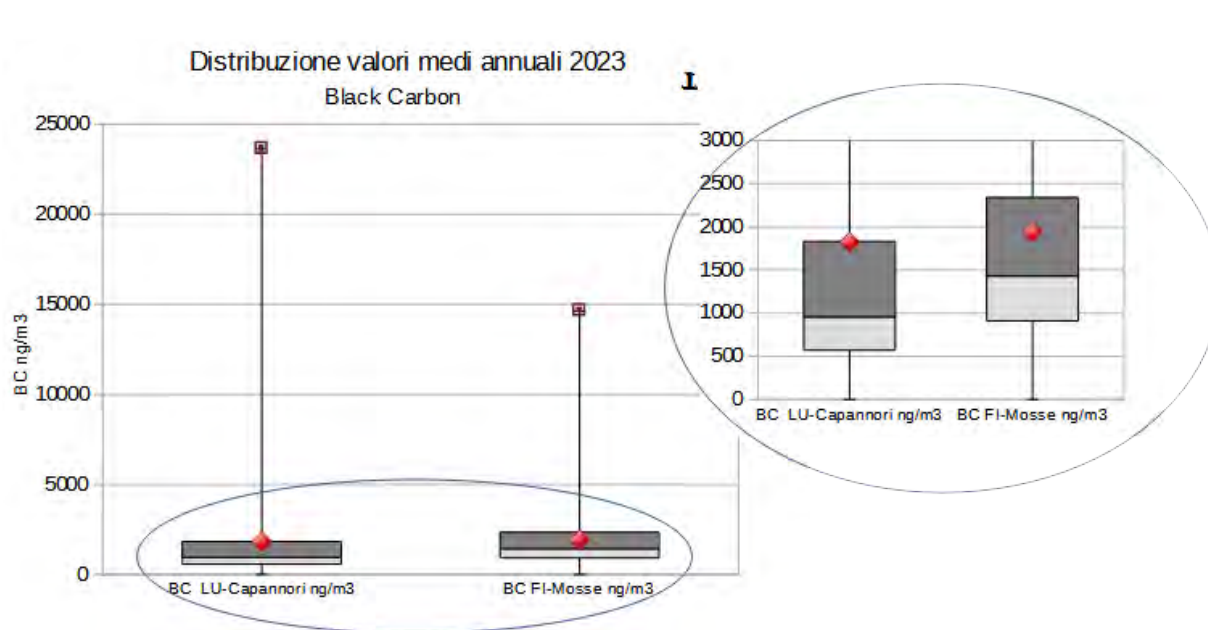
Dai primi mesi del 2023 sono stati attivati presso le centraline di LU-Capannori (UF) e di FI-Mosse (UT) degli analizzatori automatici per la misura oraria delle concentrazioni in aria ambiente di Black Carbon (BC). Si tratta di un inquinante primario emesso in aria durante la combustione incompleta di combustibili fossili e della biomassa, e il monitoraggio è indicato dalla nuova direttiva europea uscente al fine di favorirne la conoscenza. Gli analizzatori in dotazione permettono anche di stimare la frazione di Black Carbon attribuibile alla combustione di biomasse (BB%) e ricavare quindi importanti informazioni sulle fonti. Per la stazione di fondo di LU-Capannori le medie di Black Carbon (per i mesi di monitoraggio) sono state pari a $1,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$; per la stazione di traffico sono risultate leggermente superiori, pari a circa $1,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Nonostante i valori medi registrati presso le due stazioni siano molto simili, dalle elaborazioni dei dati sono emerse sostanziali differenze tra traffico e fondo nella distribuzione dei valori orari, negli andamenti e nelle % di BB, ovvero di Black Carbon derivante da biomassa.

Tabella 1. Distribuzione statistica dei valori medi orari di BC e di BB% registrati nel 2023

	Valori medi orari Black Carbon (ng/m^3)			
	LU-Capannori (UF) febbraio dicembre		FI-Mosse (UT) marzo dicembre	
	BC ng/m^3	BB%	BC ng/m^3	BB%
Minimo	55	0	63	0
25° percentile	625	17	972	9
50° percentile	1012	25	1492	13
75° percentile	1884	50	2402	18
Massimo	23668	100	14672	88
Medio	1823	36	1939	16

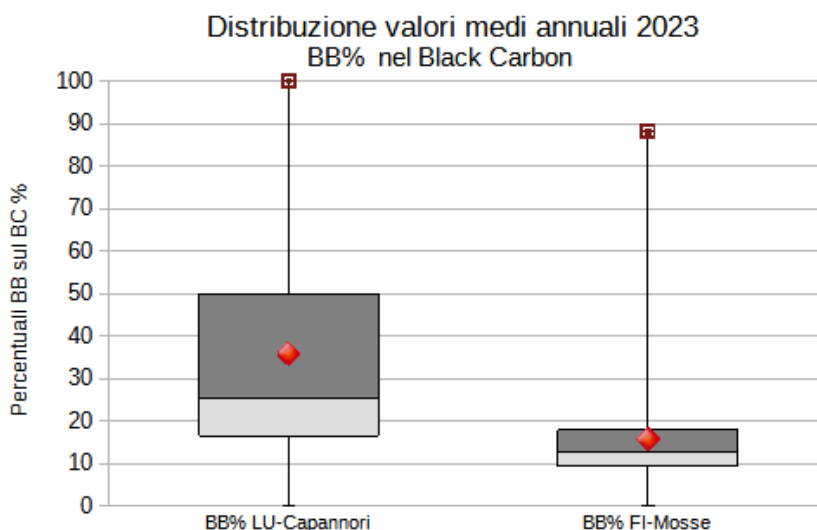
Si riportano in grafico le distribuzioni dei valori medi registrati di Black Carbon e di BB % durante il periodo di funzionamento del 2023 nei due siti.

Grafico 1. Distribuzione statistica dei valori medi orari di BC registrati nel 2023



A LU-Capannori i primi tre quartili dei valori medi orari di BC coprono un range di valori abbastanza contenuto (compreso tra zero e il valore della media), mentre il quarto quartile è molto ampio e raggiunge valori vicini a $24 \mu\text{g}/\text{m}^3$, che incidono sulla media in modo consistente. Per la stazione di traffico la distribuzione tra vari quartili è risultata più omogenea, con tutti i valori mediamente più elevati e i massimi che arrivano a circa $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Grafico 2. Distribuzione statistica dei valori medi orari di BB% registrati nel 2023



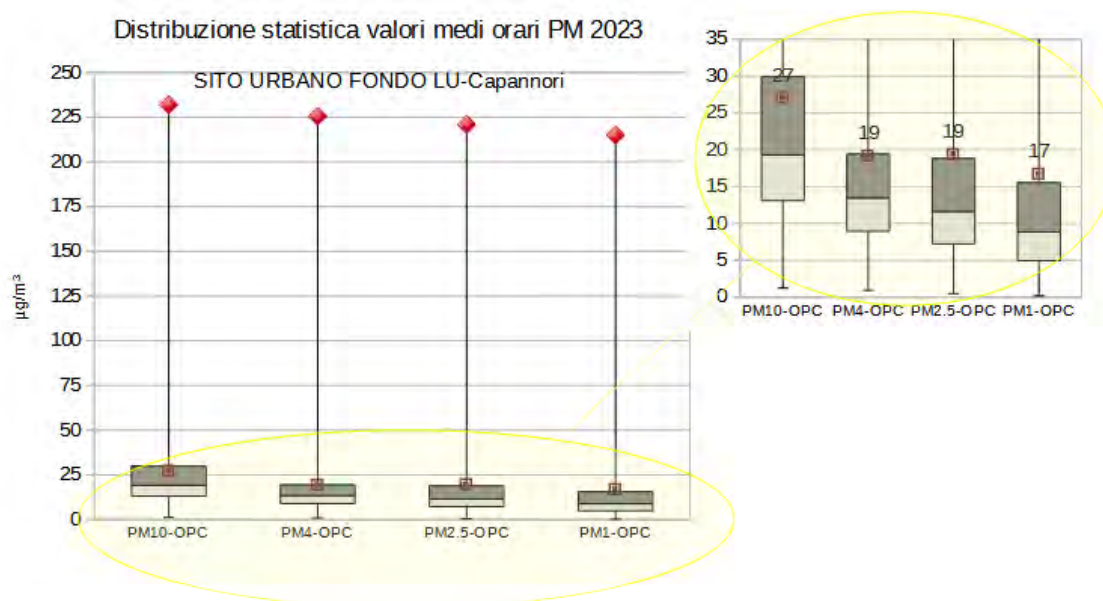
La % di BB è stata nettamente superiore nel sito di fondo rispetto al sito di traffico. Infatti, nella stazione di fondo di LU-Capannori, situata in una zona dove il contributo di fonti emissive da biomassa è importante, la % media è stata pari al 36%, con valori massimi del 100% (tutto il BC derivante da combustione di biomassa). Nella stazione di traffico di FI-Mosse la % di BB è stata mediamente pari al 18%.

Presso il sito di LU-Capannori è operativo dall'inizio del 2023 un analizzatore e contatore ottico di particelle (OPC) per la restituzione delle misure orarie di PM1, PM2.5, PM4, PM10. L'analisi della distribuzione statistica delle medie orarie delle frazioni PM1, PM2.5, PM4 e PM10 è riportata di seguito.

Tabella 2 - Distribuzione statistica dei valori medi orari di PM10, PM4, PM2,5 e PM10 registrati nel 2023

LU-Capannori (UF)	Valori medi orari 2023 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)			
	PM10	PM4	PM2.5	PM1
Minimo	1	1	0	0
25° percentile	13	9	7	5
50° percentile	19	13	12	9
75° percentile	30	19	19	16
Massimo	232	226	221	215
Medio	27	19	19	17

Grafico 3. Distribuzione statistica dei valori medi orari di PM10, PM4, PM2,5 e PM1 registrati nel 2023 a LU-Capannori



I valori delle 4 frazioni hanno registrato distribuzioni simili; il PM10 presenta valori dei primi 3 quartili più elevati per un fattore 1,5 rispetto agli altri; il PM4 ed il PM2.5 sono sostanzialmente uguali e il PM1 con valori leggermente inferiori. Per tutte e quattro le frazioni l'ampiezza del quarto quartile è stata molto estesa, con valori massimi molto simili, a dimostrare che questo è un'evidenza che nei giorni in cui si registrano elevate concentrazioni di PM10, la componente delle frazioni più fini è la quasi totalità.

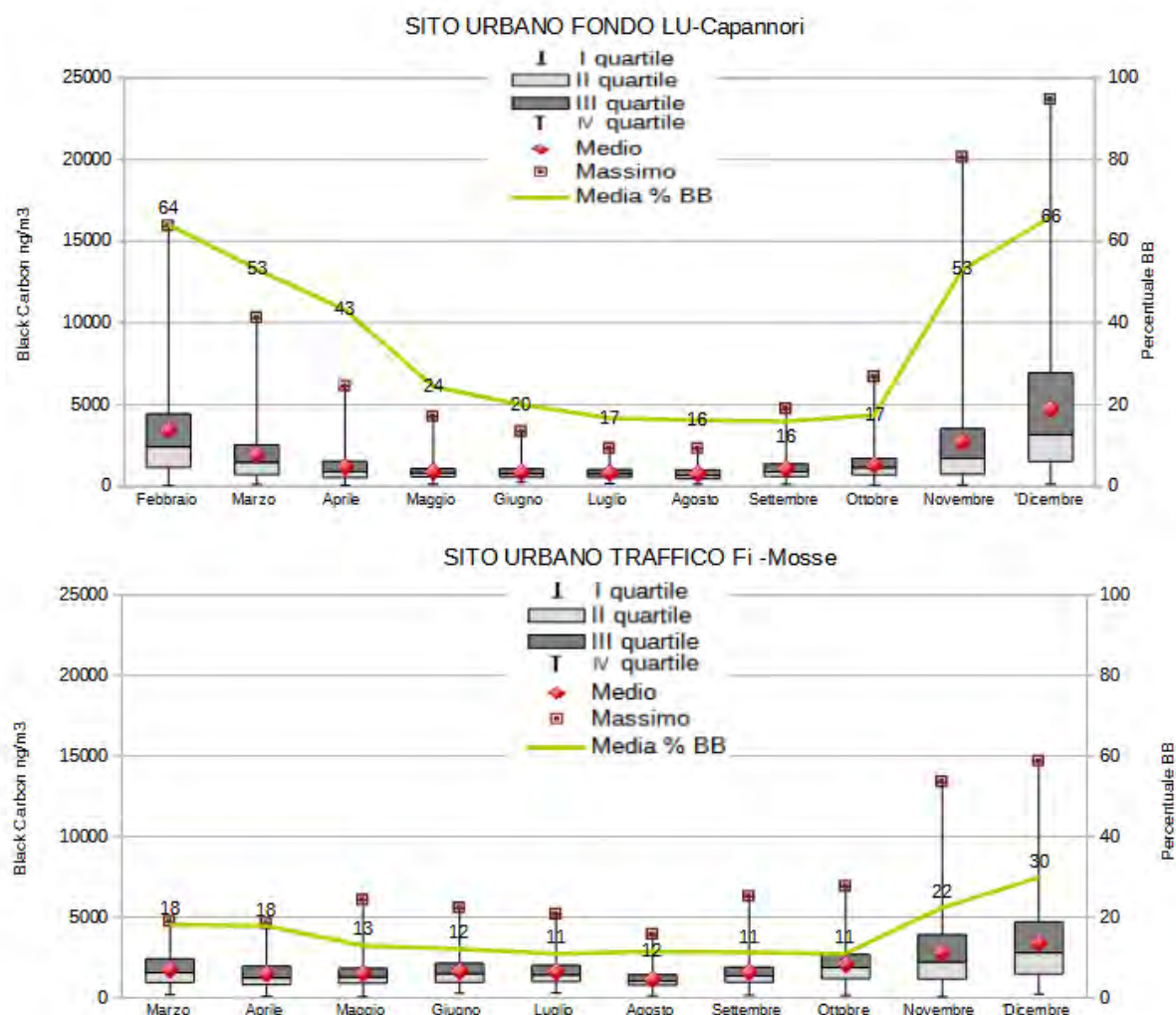
È stata analizzata la variazione dei valori statistici medi mese per mese, di cui si riportano i risultati.

2. Distribuzione statistica e variabilità mensile

Grafico 4. Distribuzione statistica dei valori medi orari BC e BB % nei mesi del 2023

1

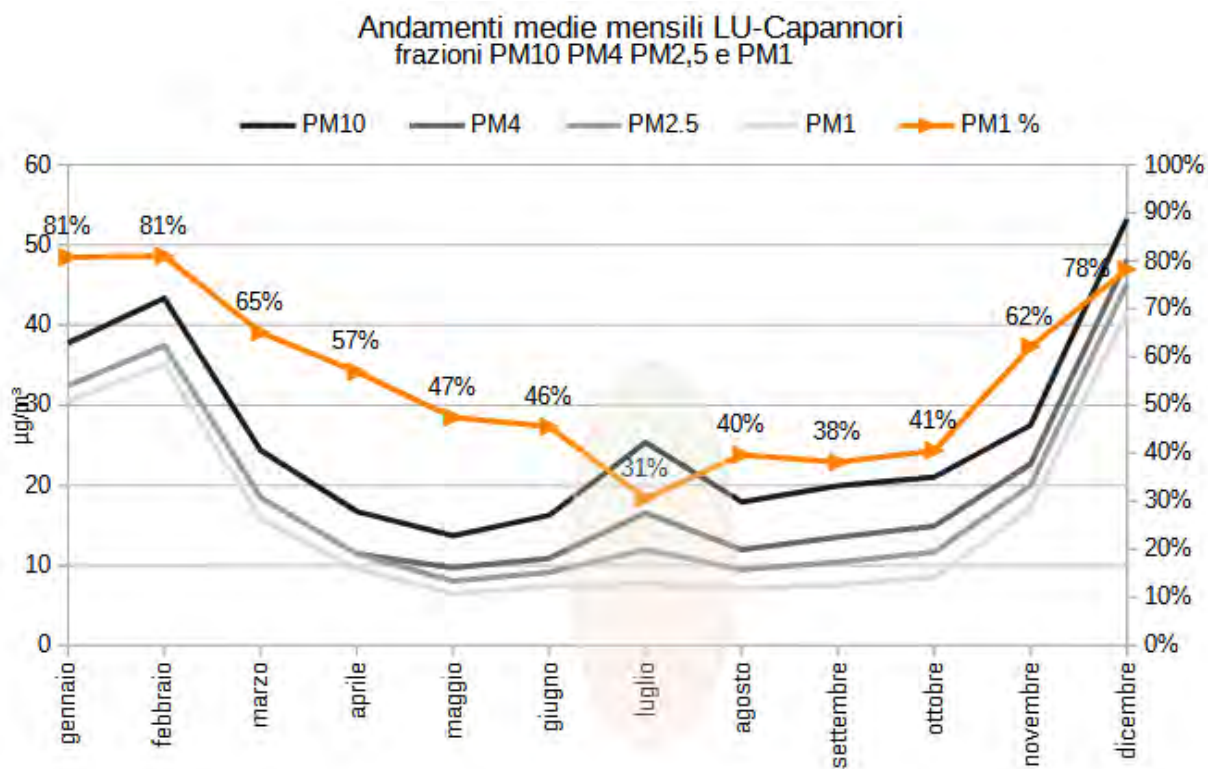
1



Nel sito di fondo della Zona del Valdarno Pisano e Piana Lucchese, c'è stata una grande variabilità stagionale sia per le concentrazioni di BC che per il BB %. Nei mesi più freddi sono stati registrati valori medi nettamente superiore al periodo caldo, con medie massime a dicembre pari a 4,7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ di BC e più del 60% di BB. Nel sito di traffico dell'Agglomerato di Firenze la variabilità è stata minore e la BB% non ha superato il 30%.

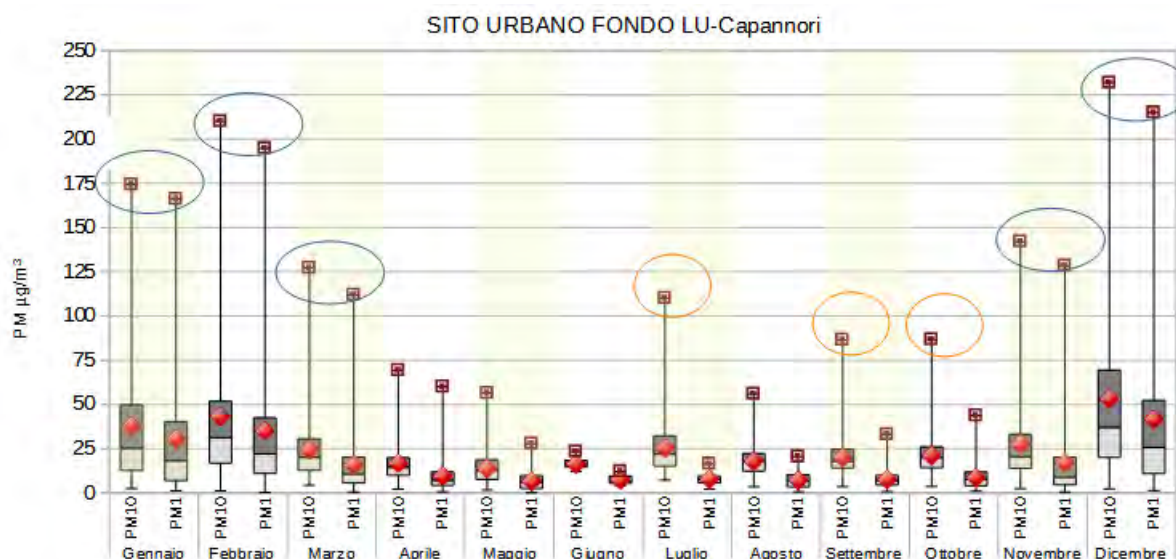
Per LU-Capannori sono stati analizzati gli andamenti medi mensili delle 4 frazioni e la distribuzione delle medie registrate in ogni mese. Si riporta l'andamento mensile per PM10, PM4, PM2.5 e PM1, e la distribuzione statistica per PM1 in PM10.

Grafico 5. Medie mensili delle frazioni di PM e % di PM1 nel PM10.



Dai grafici emerge che per il sito di LU-Capannori le frazioni di PM hanno registrato una grande variabilità nell'arco dell'anno, con valori medi mensili massimi per i mesi invernali. Nei mesi più freddi le medie delle 4 frazioni sono state simili tra loro, con circa l'80% di PM1 nel PM10 a dicembre, gennaio e febbraio. Nei mesi più caldi invece è stata più importante la componente "coarse" del PM10 e la differenza tra i valori medi delle frazioni è stata maggiore. Il mese di luglio si è distinto per ripetuti episodi di trasporto di polveri sahariane: sono aumentate le medie delle frazioni PM10, PM4 e PM2,5 (rispetto alle medie mensili periodo estivo), mentre non c'è stato aumento del PM1 che a luglio ha registrato la % minima annuale del 30%.

Grafico 6. Distribuzione statistica valori medi orari PM1 e PM10 nei mesi del 2023

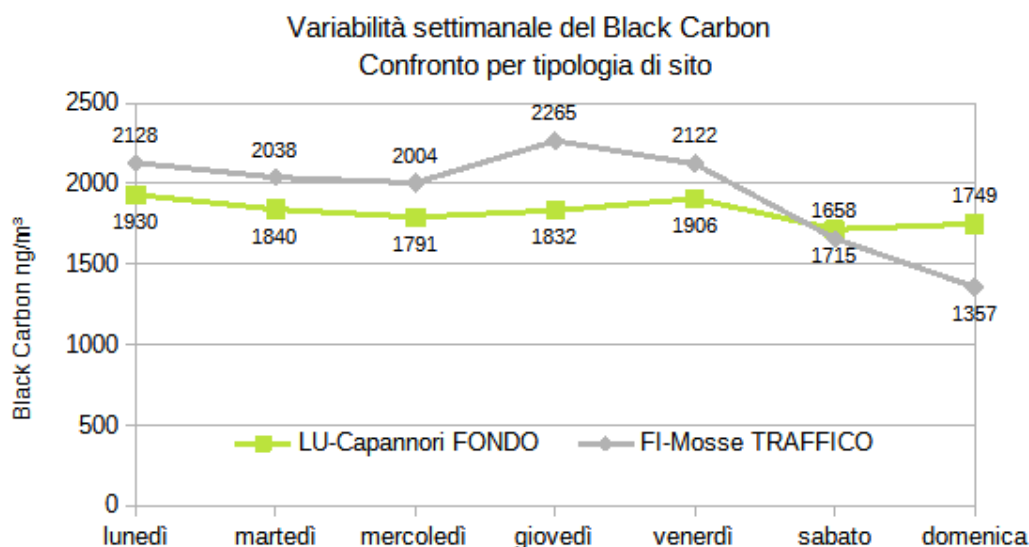


Dall'analisi della distribuzione statistica delle frazioni, si nota come nei mesi gennaio, febbraio e poi novembre e dicembre, tutti i quartili siano piuttosto estesi e siano state raggiunte concentrazioni orarie elevate. Per questi mesi i valori orari di PM1 non differiscono sostanzialmente dal PM10. Nei mesi più caldi invece, la distribuzione dei valori medi orari è schiacciata verso il basso, con i primi tre quartili inferiori a $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ eccetto che per il mese di luglio che a causa di frequenti episodi di trasporto di polveri ha il terzo quartile leggermente più esteso (75° percentile pari a $32 \mu\text{g}/\text{m}^3$). In questi mesi la differenza tra PM10 e PM1 è più marcata. In particolare, i mesi di luglio, settembre ed ottobre 2023 che sono stati caratterizzati da episodi di avvezioni, si distinguono per una distribuzione dei valori orari di PM10 particolarmente estesa per il quarto quartile che non trova corrispondenza nella frazione più sottile.

3. Variabilità settimanale

Analizzando l'andamento delle misure medie giornaliere di Black Carbon e di PM registrate nei diversi giorni della settimana per le due tipologie di stazioni, si nota che per la stazione di fondo LU-Capannori la variabilità è poco marcata (le concentrazioni medie giornaliere di BC differiscono tra i diversi giorni meno del 8%), mentre nel sito di traffico la differenza tra concentrazione medie dei giorni lavorativi e il fine settimana è maggiore (concentrazione domenicale BC il 36% inferiore a quella media dei giorni lavorativi). A seguito di queste oscillazioni il sabato e la domenica sono gli unici due giorni settimanali in cui la concentrazione media presso FI-Mosse è stata minore di LU-Capannori.

Grafico 7. Variabilità settimanale medie giornaliere di Black Carbon e di PM

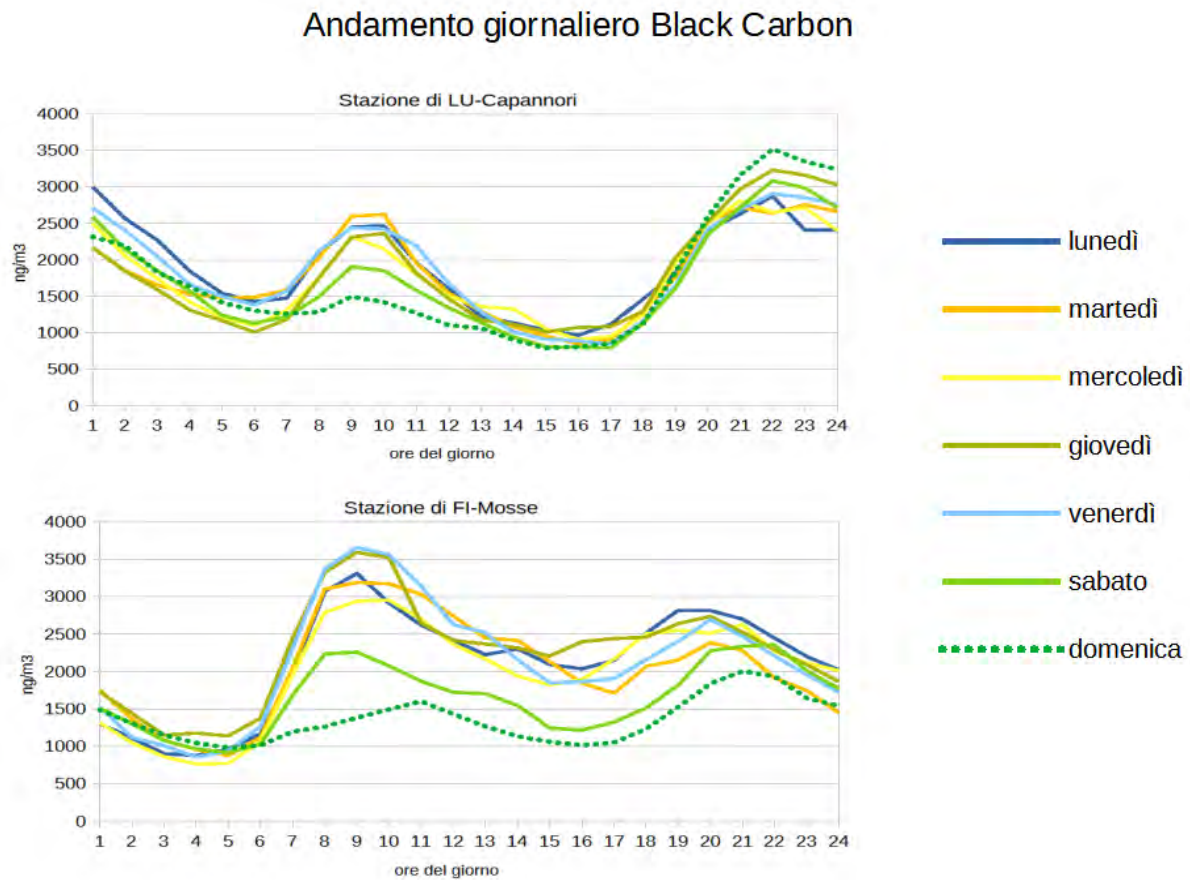


Sono stati costruiti i grafici “tipo” per ciascuno dei giorni settimanali, in base ai valori medi orari registrati per ciascuna ora del giorno dagli analizzatori di Black Carbon. L’analisi degli andamenti sottolinea le differenze tra le tipologie di stazioni.

Presso la stazione di fondo di LU-Capannori i valori di BC calano nelle prime ore del mattino fino circa alle 6, quando, in concomitanza dell’inizio delle attività antropiche, cominciano a crescere fino alle 9-10, formando il primo picco della giornata (massimo circa 2500 ng/m³). In seguito, i valori diminuiscono fino alle 16-17, ore in cui si registrano i minimi giornalieri (inferiori a 1000 ng/m³). A questo punto della giornata le concentrazioni ricominciano ad aumentare bruscamente, probabilmente in concomitanza dell’accensione dei riscaldamenti domestici, e crescono fino a circa le 22, ore del picco massimo giornaliero (massimo domenicale circa 3500 ng/m³). Le concentrazioni rimangono elevate nelle ore serali fino alla fine della giornata. Le differenze tra i vari giorni settimanali non sono particolarmente marcate, a parte il profilo della domenica che ha il picco diurno meno accentuato (inferiore a 1000 ng/m³) e il picco serale più elevato rispetto agli altri giorni settimanali.

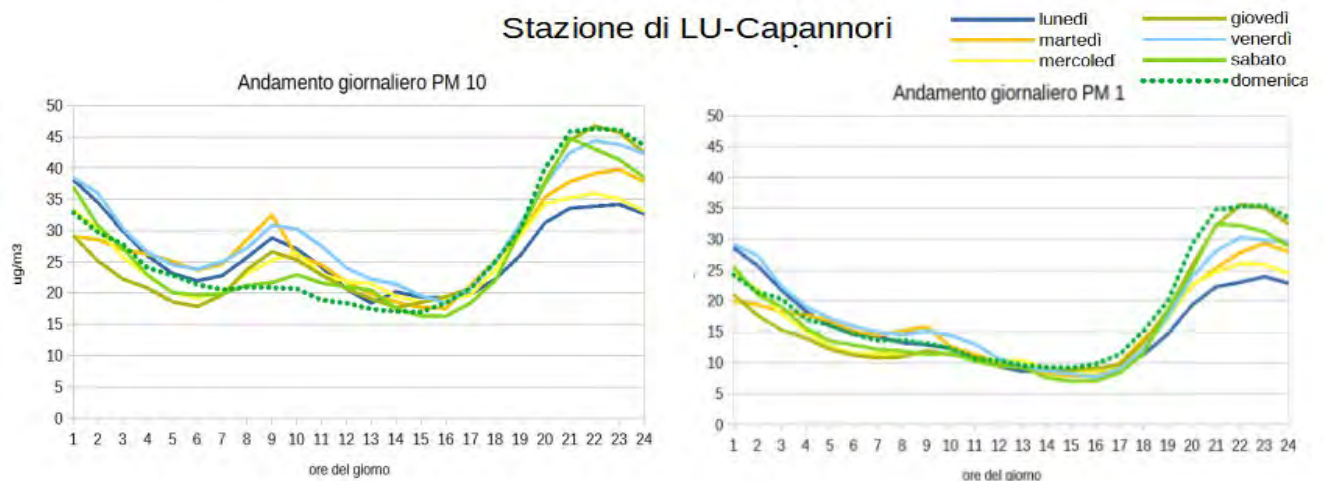
Presso la stazione di traffico di FI-Mosse, il grafico del profilo giornaliero dei valori di Black Carbon è sostanzialmente differente da quello della stazione di fondo. Infatti, le prime ore del mattino sono caratterizzate da valori bassi, con i valori minimi giornalieri intorno alle 4 (inferiori a 1000 ng/m³) che crescono bruscamente a partire dalle 6 del mattino, in coincidenza con l’inizio delle attività antropiche ed in particolare degli spostamenti stradali. In breve tempo le concentrazioni raddoppiano o triplicano fino al picco massimo giornaliero che è alle ore 9 circa (massimi il venerdì ed il giovedì superiori a 3500 ng/m³). In seguito, i valori medi orari restano elevati per gran parte della giornata, con un calo nelle prime ore del pomeriggio e una ripresa dopo le 17 che porta al secondo picco giornaliero, verso le ore 20 (fino circa 2500 ng/m³). Nelle ore serali le concentrazioni cominciano a diminuire costantemente fino al mattino seguente. Il profilo dei giorni tipo del sabato ed in particolare della domenica è sostanzialmente diverso da quello degli altri giorni, probabilmente a causa del diverso scorrimento del traffico stradale non congestionato nelle ore di punta. In questi due giorni della settimana le concentrazioni medie orarie sono nettamente inferiori ai giorni lavorativi dal lunedì al venerdì.

Grafico 8. Andamento delle concentrazioni di BC nelle ore del giorno dei diversi giorni settimanali



Esaminando i profili degli andamenti orari delle frazioni di PM del sito di LU-Capannori, si può notare che il PM₁₀ segue un andamento analogo al BC. Il picco diurno diventa meno marcato passando dal PM₄, al PM_{2,5} al PM₁, mentre picco serale è consistente in tutte le frazioni. Si mostrano a confronto i profili del giorno tipo del PM₁₀ e del PM₁.

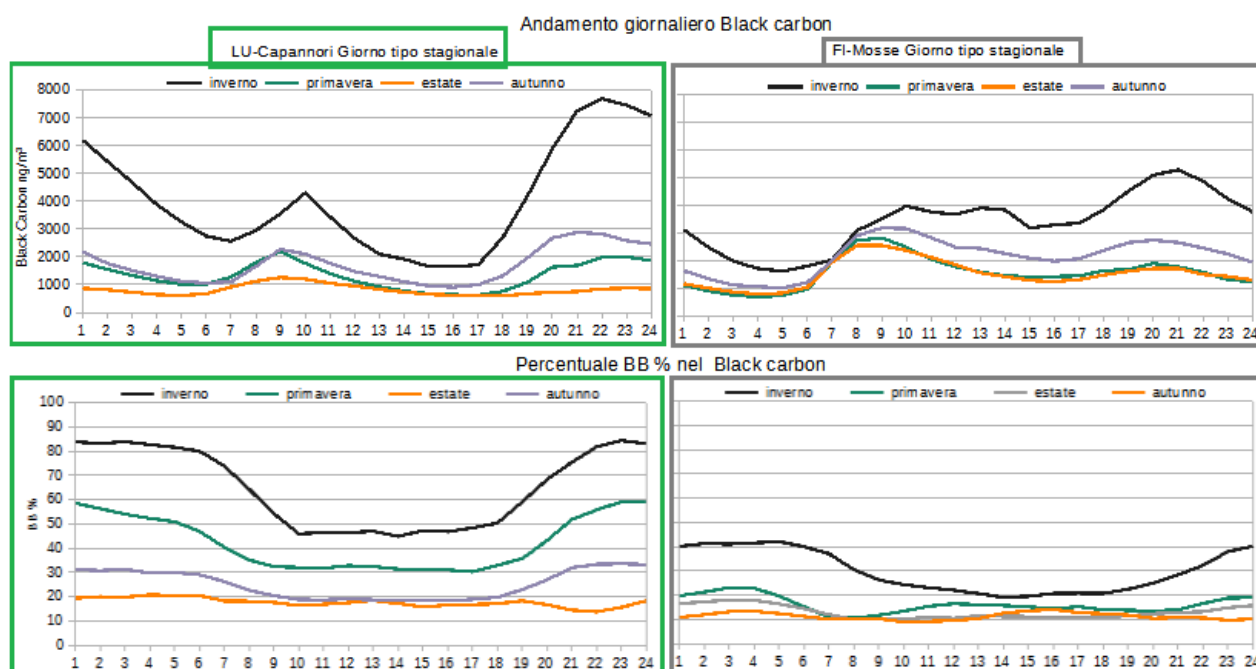
Grafico 9. Andamento delle concentrazioni di BC nelle ore del giorno dei diversi giorni settimanali



4. Variabilità stagionale

Sono stati costruiti i grafici tipo dell'andamento giornaliero del Black Carbon e del BB%, calcolati per le 4 stagioni nelle due diverse tipologie di stazioni. Per quanto riguarda la stazione di LU-Capannori, è emersa una netta distinzione tra la stagione invernale, caratterizzata da ingenti combustioni di biomassa, e le altre stagioni, in cui l'apporto di questa sorgente è minore.

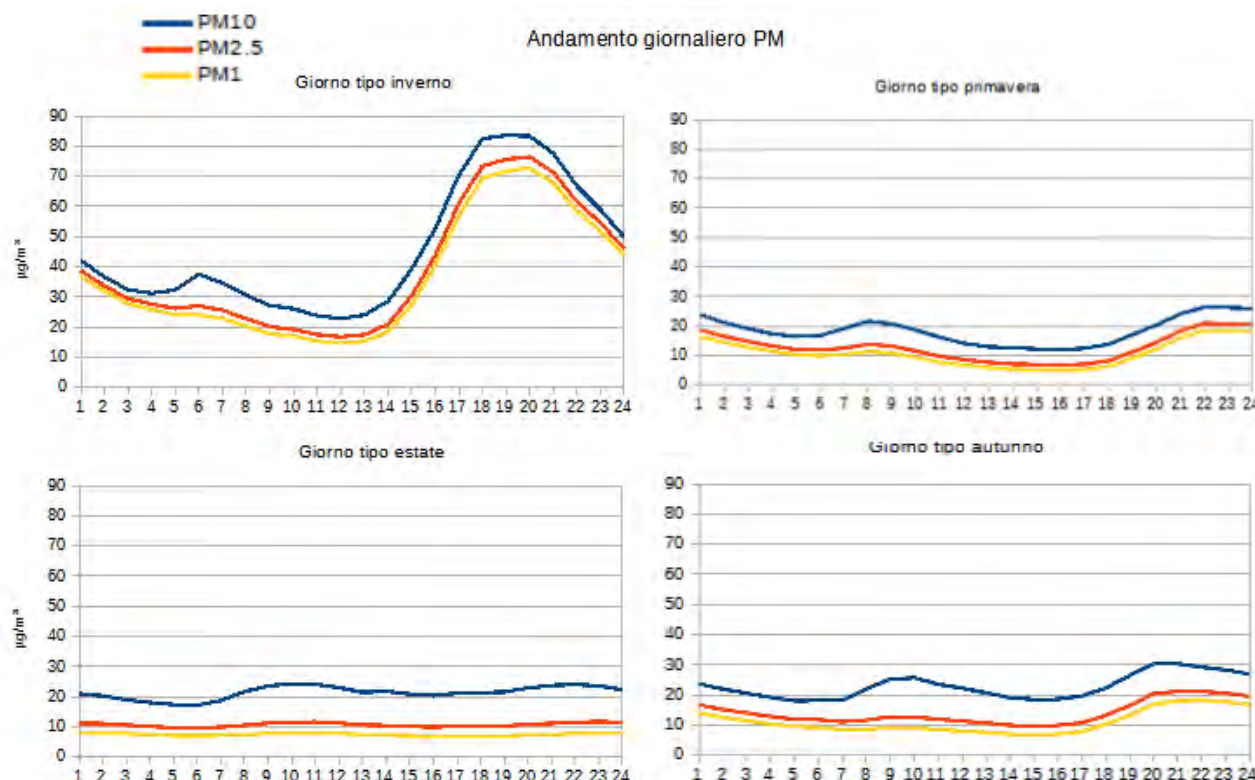
Grafico 10. Andamento delle concentrazioni di BC e BB% nelle ore del giorno nelle 4 stagioni: sito di fondo e di traffico



Per la stazione di fondo la differenza tra le varie stagioni è molto evidente. Il profilo dell'andamento giornaliero invernale dei valori medi del BC presenta due picchi molto marcati e valori medi nettamente superiori rispetto agli altri periodi. I valori di BB% in inverno oscillano tra il 50% nelle ore centrali e l'85% delle ore serali e notturne, mentre nelle altre stagioni arrivano massimo al 60% a primavera, al 30% in autunno e al 20% in estate, quando la variabilità giornaliera è molto ridotta. Per la stazione di traffico la differenza tra stagioni è molto meno marcata ed il BB% è contenuto in tutte le stagioni con massimi del 40%.

Per la stazione di LU-Capannori sono stati costruiti i grafici "tipo" dell'andamento delle frazioni di PM per le quattro stagioni del 2023, che confermano la stretta correlazione tra fonti di PM e di BC.

Grafico 11. Andamento delle concentrazioni di PM nelle ore del giorno nelle 4 stagioni nel sito di LU-Capannori



Le percentuali di PM_{2,5} e PM₁ nel PM₁₀ sono molto alte in tutte le stagioni. In inverno il primo picco giornaliero è costituito principalmente di PM₁₀ (poco inferiore a 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), mentre a partire dalle prime ore pomeridiane tutte e tre le frazioni crescono per formare il picco massimo dalle 18 alle 21 (PM₁₀ maggiore di 80 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), per poi scendere nelle ultime ore serali. Nelle stagioni primaverile e autunnali i due picchi giornalieri sono poco evidenti, mentre in estate sono quasi assenti.

Nel grafico 12 si riportano le concentrazioni orarie di PM₁₀, PM₁ e di BC, registrate durante i giorni in cui si sono registrate le massime medie giornaliere estive di PM₁₀. Le concentrazioni di PM₁₀ sono state registrate durante episodi di avvezioni di polveri da fonti naturali: PM₁₀ elevato per il periodo estivo, nessun innalzamento del PM₁, scarsa correlazione nell'andamento delle medie orarie di PM₁₀ e Black Carbon, BB% medio giornaliero <20%.

Nel grafico 13 si riportano le concentrazioni orarie di PM₁₀, PM₁ e di BC, registrate durante i giorni in cui si sono registrate le massime medie giornaliere invernali di PM₁₀. I giorni sono rappresentativi degli episodi invernali caratterizzati da medie giornaliere di PM₁₀ particolarmente elevate: PM₁₀ molto elevato, stretta correlazione tra innalzamento del PM₁₀ e crescita di tutte le frazioni sottili compreso il PM₁, ottima correlazione nell'andamento delle medie orarie tra PM₁₀, PM₁ e BC, alta percentuale di BB% medio giornaliero.

Grafico 12. Andamento medie orarie di PM10, PM1 e BC nelle giornate con massime medie giornaliere estive, registrate in concomitanza di eventi di avvezioni di polveri.

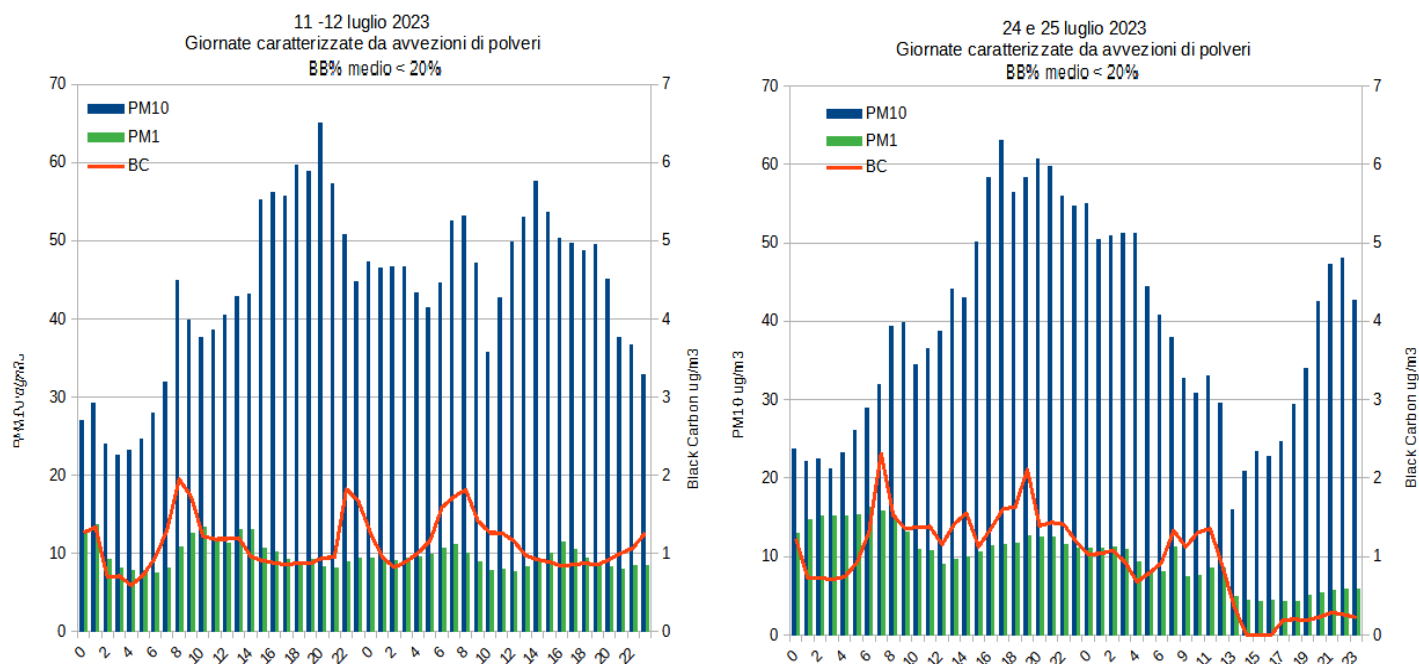


Grafico 13. Andamento medie orarie di PM10, PM1 e BC nelle giornate con massime medie giornaliere invernali.

