

Relazione annuale sullo stato della qualità dell'aria nella regione Toscana relativa al monitoraggio dell'anno 2024

**Report
ARPAT**





Relazione annuale sullo stato della qualità dell'aria nella regione Toscana relativa al monitoraggio dell'anno 2024

Firenze, 2025

Relazione annuale sullo stato della qualità dell'aria nella regione Toscana relativa al monitoraggio dell'anno 2024

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, David Magliacani, Marina Rosato, Marco Stefanelli, Guglielmo Tanganelli, Marco Bazzani*

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

*ARPAT - *Settore Sistema informativo regionale ambientale della Toscana*

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

Copertina e editing: ARPAT, Settore Comunicazione, informazione e documentazione

Immagine di copertina: Kireyonok Yuliya, Freepik.com



ARPAT 2025

Indice

Sintesi	7
Sezione 1 - Rete Regionale	8
1. Struttura della rete di monitoraggio della qualità dell'aria in Toscana	8
2. Efficienza della rete di monitoraggio della qualità dell'aria in Toscana.....	11
3. Metodi.....	13
3.1. Monitoraggio tramite Rete Regionale di qualità dell'aria.....	13
4. Indicatori 2024 e confronto con i valori limite o obiettivo	14
4.1. Particolato PM ₁₀	14
4.1.1. Medie annuali di PM ₁₀ Anno 2024.....	16
4.1.2. Medie giornaliere di PM ₁₀ Anno 2024	20
4.1.3. Andamento indicatori di PM ₁₀	24
4.1.4. Confronto indicatori PM ₁₀ con limiti della Direttiva (UE) 2024/2881 da rispettare entro il 2030.	35
4.2. Particolato PM _{2,5}	37
4.2.1. Medie annuali di PM _{2,5} Anno 2024.....	38
4.2.2. Andamento medie annuali di PM _{2,5}	40
4.2.3. Studio della distribuzione della frazione di PM _{2,5} nel PM ₁₀	43
4.2.4. Confronto indicatori PM _{2,5} con limiti della Direttiva (UE) 2024/2881 da rispettare entro il 2030.	46
Approfondimento: PM ₁ , PM _{2,5} , PM ₄ e PM ₁₀ a LU-Capannori.....	48
Approfondimento: il Black Carbon in due diverse tipologie di siti di RRQA: LU-Capannori e FI-Mosse	53
4.3. Ossidi di azoto: NO ₂ e NO _x	60
4.3.1. Medie annuali di NO ₂ Anno 2024.....	61
4.3.2. Andamento medie annuali di Biossido di Azoto	63
4.3.3. Confronto indicatori NO ₂ con limiti della Direttiva (UE) 2024/2881 da rispettare entro il 2030.	68
4.4. Ozono	70
4.4.1. Indicatori O ₃ Anno 2024	70
4.4.2. Andamento indicatori di O ₃	73
4.4.3. Confronto indicatori Ozono con limiti della Direttiva (UE) 2024/2881 da rispettare entro il 2030.	75
4.5. Monossido di Carbonio	76
4.5.1. Massime orarie e massime medie su 8 ore di CO Anno 2024	76
4.5.2. Andamento indicatori di CO	77
4.5.3. Confronto indicatori CO con limiti della Direttiva (UE) 2024/2881 da rispettare entro il 2030.	78
4.6. Biossido di Zolfo.....	79
4.6.1. Massime orarie e massime giornaliere SO ₂ Anno 2024	79

4.6.2. Andamento indicatori di SO ₂	80
4.6.3. Confronto indicatori SO ₂ con limiti della Direttiva (UE) 2024/2881 da rispettare entro il 2030.....	80
4.7. Acido solfidrico.....	81
4.7.1. Indicatori di H ₂ S Anno 2024.....	81
4.7.2. Andamento indicatori di H ₂ S.....	82
4.7.3. Studio del disturbo olfattivo da H ₂ S registrato dalla RRQA.....	83
4.8. Benzene.....	85
4.8.1. Medie annuali di Benzene anno 2024.....	85
4.8.2. Andamento medie annuali di Benzene.....	86
4.8.3. Confronto indicatori Benzene con limiti della Direttiva (UE) 2024/2881 da rispettare entro il 2030.....	88
4.8.4. Derivati del Benzene.....	88
4.8.5. Andamento medie annuali BTX.....	90
5. Indicatori 2024 da indagini discontinue sulla RRQA e confronto con valori limite o obiettivo.....	91
5.1. Benzo(a)pirene nel PM ₁₀	91
5.1.1. Medie annuali Benzo(a)pirene_Anno 2024.....	91
5.1.2. Medie stagionali Benzo(a)pirene_Anno 2024.....	92
5.1.3. Andamento medie annuali di Benzo(a)pirene.....	94
5.1.4. Confronto indicatori BaP con limite della Direttiva (UE) 2024/2881 da rispettare entro il 2030.....	95
5.2. Idrocarburi policiclici aromatici.....	96
5.2.1. Medie annuali idrocarburi policiclici aromatici_Anno 2024.....	96
5.2.2. Medie stagionali idrocarburi policiclici aromatici_Anno 2024.....	99
5.2.3. Sito di interesse nazionale FI-Bassi.....	100
5.3. Arsenico, Cadmio, Nichel e Piombo.....	103
5.3.1. Medie annuali 2024 metalli D.Lgl 155/2010.....	103
5.3.2. Confronto indicatori Arsenico, Cadmio, Nichel e Piombo con limiti della Direttiva (UE) 2024/2881 da rispettare entro il 2030.....	104
5.4. Monitoraggio metalli non normati nel PM ₁₀	105
6. Protezione della vegetazione.....	107
6.1. Ossidi di azoto.....	108
6.2. Ozono.....	109
7. Conclusioni del monitoraggio delle stazioni di Rete Regionale.....	111
Sezione 2 - Monitoraggio di interesse non regionale.....	112
Allegato 1: Analisi avvezioni di polveri anno 2024.....	117

1. Identificazione degli episodi di intrusione sahariana	118
2. Quantificazione degli episodi di avvezione naturale	120
3. Detrazione dei contributi stimati	122
4. Elaborazione sul lungo termine	124
Conclusioni.....	127
Appendice 1: Limiti normativi D.Lgs 155/2010	129
Appendice 2: Limiti normativi DE 2881/2024 per la protezione della salute umana da raggiungere entro il 1° gennaio 2030.....	130
Appendice 3: percentili dei valori giornalieri di PM ₁₀ e PM _{2,5} e dei valori orari per NO ₂ , Benzene, Toluene, H ₂ S ed Ozono.....	131

SINTESI

Il panorama dello stato della qualità dell'aria ambiente della regione Toscana emerso dall'analisi dei dati forniti dalla Rete Regionale di monitoraggio di qualità dell'aria, dei dati forniti dalle stazioni locali e dall'analisi delle serie storiche conferma la situazione complessivamente positiva per la qualità dell'aria in Toscana. In particolare, nel 2024, per il primo anno dall'inizio del monitoraggio del biossido di azoto (NO₂), in tutto il territorio sono stati rispettati i limiti di normativa per questo parametro, compreso il limite relativo alla media annuale di 40 µg/m³.

La maggiore criticità è attualmente rappresentata dal rispetto dei valori obiettivi per l'Ozono che non sono raggiunti in buona parte del territorio, inoltre si conferma una criticità puntuale per PM₁₀ legata ad un solo sito di monitoraggio.

Nel 2024:

PM₁₀: il limite di 35 giorni di superamento del valore medio giornaliero di 50 µg/m³ è stato rispettato in tutti i siti eccetto che presso la stazione di fondo di LU-Capannori nella 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: per il primo anno sono stati rispettati in tutte le stazioni di RRQA entrambi i limiti, sia il limite massimo di 18 superamenti della media oraria di 200 µg/m³, che il valore limite di 40 µg/m³ come media annuale. Non si sono verificati episodi di superamento della soglia di allarme per il biossido di azoto.

Ozono: è confermata la criticità di questo parametro per il valore obiettivo per la protezione della popolazione che non è rispettato nel 40% dei siti di monitoraggio.

CO, SO₂ e Benzene: Per questi parametri il monitoraggio ha confermato nel 2024 l'assenza di criticità alcuna ed il pieno rispetto dei valori limite.

H₂S: I valori registrati nei siti di interesse sono ampiamente inferiori al valore di riferimento dell'OMS. Nel sito di Pomarance per circa un quarto del tempo di monitoraggio le concentrazioni sono state tali da creare un possibile disagio olfattivo.

Benzo(a)pirene: il monitoraggio del 2024 ha confermato il pieno rispetto dei valori obiettivo per il Benzo(a)pirene.

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

SEZIONE 1 - RETE REGIONALE

1. STRUTTURA DELLA RETE DI MONITORAGGIO DELLA QUALITÀ DELL'ARIA IN TOSCANA

La struttura delle Rete Regionale di rilevamento della Qualità dell'Aria della Toscana è stata modificata negli anni a partire da quella iniziale della DGRT 1025/2010, in primo luogo con la DGRT 964/2015 e in seguito alla nuova classificazione del territorio regionale della DGRT 1626/2020. Attualmente è in fase di approvazione la nuova struttura con le ultime modifiche non ancora deliberate ma già effettive, comprese nella tabella 1.1. nella quale è riportata anche la stazione di supporto FI-Lavagnini attiva dal 2025. Il funzionamento delle 37 stazioni previste per il 2024 in Toscana è stato a pieno regime per tutti i parametri.

La figura 1.1. riporta la suddivisione del territorio regionale in zone ed agglomerati, invariata dal 2010 per quanto riguarda la protezione della popolazione. La zonizzazione per la protezione della vegetazione ai sensi della DGRT 214/2025 è riportata nel paragrafo 6, insieme alla discussione degli indicatori specifici.

Figura 1.1. Zonizzazione e attuale configurazione della rete di misura di qualità dell'aria

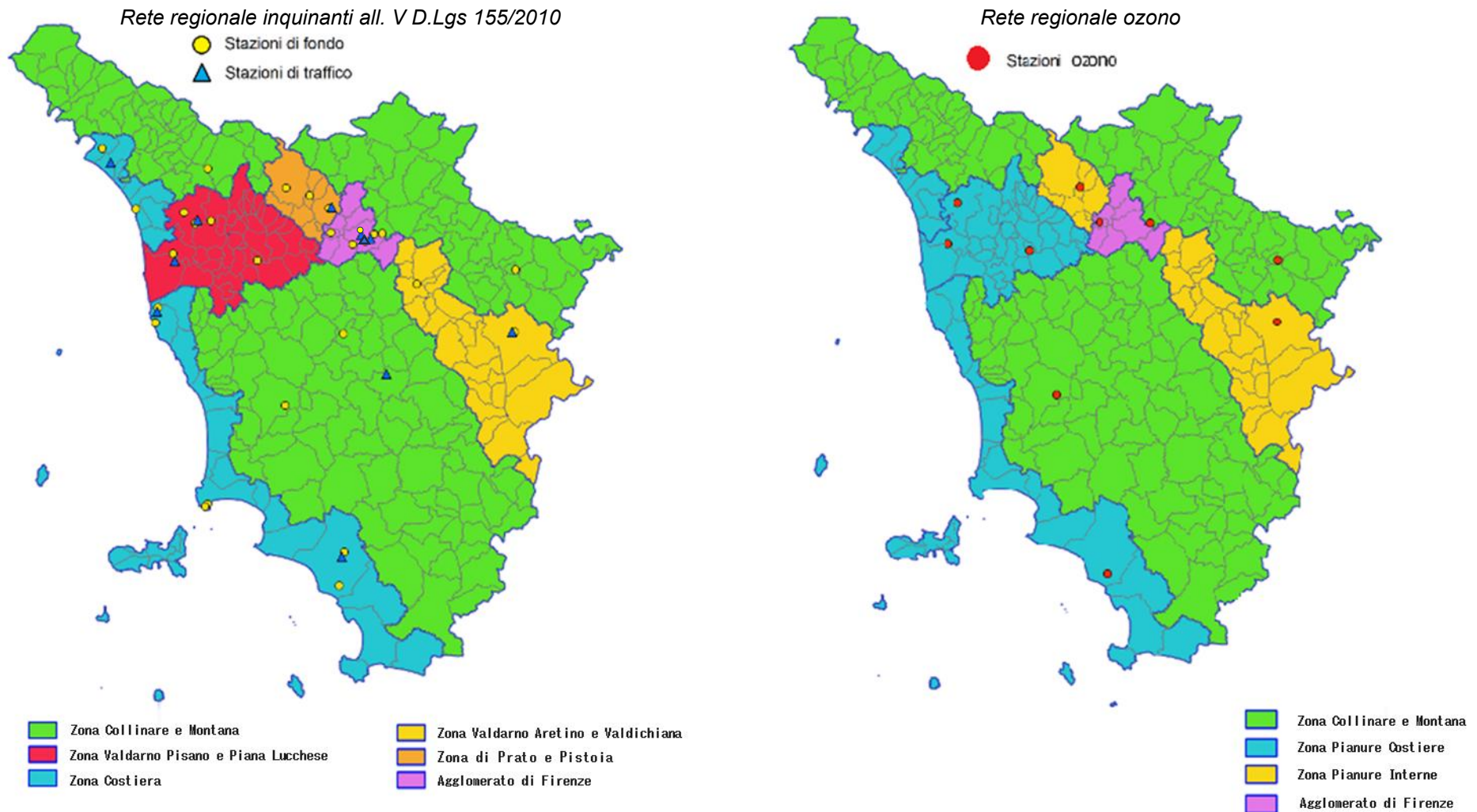


Tabella 1.1. Rete Regionale delle stazioni di misura degli inquinanti

Zonizzazione territorio All V	Provincia e Comune	Codice EOL	Nome e tipo stazione		PM ₁₀	PM _{2,5}	NO ₂	SO ₂	H ₂ S	CO	Benzene	IPA	As	Ni	Cd	Pb	O ₃	Class. O3	Zonizzazione territorio O ₃
IT0908 Agglomerato Firenze	FI Firenze	IT0948A	U	F	FI-Boboli	X													
	FI Firenze	IT0862A	U	F	FI-Bassi	X	X	X	X		X	X							
	FI Firenze	IT0861A	U	T	FI-Gramsci	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X			
	FI Firenze	IT0860A	U	T	FI-Mosse	X		X											
	FI Scandicci	IT1551A	U	F	FI-Scandicci	X		X											
	FI Signa	IT2153A	U	F	FI-Signa	X		X									X	U	
	FI Firenze	IT0863A	S	F	FI-Settignano			X									X	S	
FI Firenze	IT2332A	U	T	FI-Lavagnini	X	X	X			X	X	X	X	X	X	X			
IT0907 Zona Prato Pistoia	PO Prato	IT1654A	U	F	PO-Roma	X	X	X			X	X	X	X	X	X			
	PO Prato	IT0945A	U	T	PO-Ferrucci	X	X	X		X									
	PT Pistoia	IT1571A	U	F	PT-Signorelli	X		X											
IT0910 Zona Valdarno aretino e Valdichiana	PT Montale	IT1553A	S	F	PT-Montale	X	X	X									X	S	
	AR Arezzo	IT0950A	U	F	AR-Acropoli	X	X	X			X	X	X	X	X	X	X		S
	FI Figline ed Incisa Valdarno	IT2242A	U	F	FI-Figline	X		X											
	AR Arezzo	IT0832A	U	T	AR-Repubblica	X		X		X									
IT0908 Zona costiera	GR Grosseto	IT1593A	U	F	GR-URSS	X	X	X											
	GR Grosseto	IT1592A	U	T	GR-Sorrento	X		X											
	GR Grosseto	IT1942A	R	F	GR-Maremma			X									X	R	
	LI Livorno	IT1557A	U	F	LI-Cappiello	X	X	X											
	LI Livorno	IT2183A	U	F/I	LI-Via La Pira	X		X	X		X	X	X	X	X	X			
	LI Livorno	IT1560A	U	T	LI-Carducci	X	X	X		X									
	LI Piombino	IT2154A	U	F	LI-Parco 8 Marzo	X		X											
LI Piombino	IT0083A	S	I	LI-Colone	X		X		X										
IT0912 Zona pianure costiere	MS Carrara	IT1819A	U	F	MS-Colombarotto	X		X											
	MS Massa	IT2241A	U	T	MS-Marina vecchia	X	X	X											
	LU Viareggio	IT1186A	U	F	LU-Viareggio	X	X	X											
IT0909 Zona Valdarno pisano e Piana lucchese	LU Capannori	IT1187A	U	F	LU-Capannori	X	X	X	X		X								
	LU Lucca	IT2240A	U	F	LU-San Concordio	X		X			X	X	X	X	X	X			
	LU Lucca	IT1101A	U	T	LU-Micheletto	X		X											
	LU Lucca	IT1644A	R	F	LU-Carignano			X									X	S	
	PI Pisa	IT1110A	U	F	PI-Passi	X	X	X									X	S	
PI Pisa	IT1409A	U	T	PI-Borghetto	X	X	X		X										
PI S.Croce sull'Arno	IT1071A	S	F/I	PI-Santa Croce	X		X		X							X	S		
IT0911 Zona collinare e montana	SI Poggibonsi	IT2032A	U	F	SI-Poggibonsi	X	X	X			X	X							
	SI Siena	IT2184A	U	T	SI-Bracci	X		X		X									
	PI Pomarance	IT1149A	S	F/I	PI-Montecebolli	X		X		X			X	X	X	X	X	S	
	LU Bagni di Lucca	IT2239A	U	F	LU-Fornoli	X		X											
	AR Chiusignano	IT1681A	R reg	F	AR-Casa Stabbi	X	X	X								X	R		

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 : la stazione di FI-Lavagnini è riportata sebbene attiva soltanto dal 2025

2. EFFICIENZA DELLA RETE DI MONITORAGGIO DELLA QUALITÀ DELL'ARIA IN TOSCANA

Nelle tabelle seguenti è riportata in percentuale la raccolta dei dati relativa all'anno 2024 degli inquinanti inseriti nella Rete Regionale. Il rendimento è calcolato come percentuale di dati raccolti rispetto al totale teorico dell'anno solare (al netto delle ore dedicate alla calibrazione degli analizzatori). In tutte le stazioni dove è previsto il monitoraggio del Benzene, sono stati monitorati anche Toluene, m-Xilene, p-Xilene, o-Xilene ed Etil-Benzene.

In tutte le stazioni dove è previsto il monitoraggio del Benzo(a)pirene, sono stati monitorati anche Benzo(a) antracene, Benzo(b) fluorantene, Benzo(j) fluorantene, Benzo(k) fluorantene, Dibenzo (a,h) antracene, Indeno (1,2,3-cd) pirene.

Tabella 2.1. Raccolta dei dati anno 2024 in percentuale

Nome Stazione	PM10	PM2,5	NO ₂	SO ₂	H ₂ S	CO	Benzene + derivati	B(a)P + congeneri	As	Ni	Cd	Pb	O ₃
	100												
FI-Bassi	96,3	95,8	99,9	98,1			94,6	39					
FI-Gramsci	100	100	99,8			100	96,9	50	99	99	99	99	
FI-Mosse	100		100										
FI-Scandicci	100		100										
FI-Signa	100		100										100
FI-Settignano			100										100
PO-Roma	100	100	100				98,7	50	99	99	99	99	
PO-Ferrucci	100	100	100			100							
PT-Signorelli	100		100										
PT-Montale	100	100	100										100
AR-Acropoli	100	100	100				95,5	52	52	52	52	52	100
FI-Figline	100		99,5										
AR-Repubblica	100		100			100							
GR-URSS	100	100	98,8										
GR-Sonnino	100		100										
GR-Maremma			97,9										98,9
LI-Cappiello	100	100	100										
LI-Carducci	100	100	100			100							
LI-La Pira	100		100	99,1			99,8	72	70	70	70	70	
LI-Cotone	100		99,6			100							
LI-Parco 8 Marzo	100		100										
MS-Colombarotto	100		100										
MS-Marina Vecchia	100	100	100										
LU-Viareggio	100	100	99,6										
LU-Capannori	100	100	100	100				96					
LU-San Concordio	100		99,3				98,6	100	100	100	100	100	
LU-Micheletto	100		100										
LU-Carignano			100										100
PI-Passi	100	100	98,7										100
PI-Borghetto	100	100	99,9			99,7							
PI-Santa Croce	100		100		100								99,9
PI-Montecerboli	100		100		100				58	58	58	58	100
AR-Casa Stabbi	99,8	97,8	99,6										99,7
SI-Poggibonsi	98,6	99,2	99,8				98,3	97					
SI-Bracci	100		100			100							
LU-Fornoli	100		100										

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 2024 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 2024. I valori degli indicatori sono valutati in primo luogo rispetto ai limiti ed ai valori obiettivo del D.Lgs.155/2010 che in Italia rappresenta la normativa vigente, in secondo luogo in osservanza dei valori che la Direttiva (UE) 2024/2881 indica da rispettare entro il 2030.

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.

4.1. Particolato PM₁₀

I valori limite di legge 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 2024, confermando per entrambi i parametri la situazione degli anni precedenti:

- il PM₁₀ ha rispettato il valore limite relativo alla media annuale di PM₁₀ di 40 µg/m³ in tutte le stazioni della Rete Regionale,
- il PM₁₀ non ha rispettato il limite relativo al numero massimo (35) di superamenti annuo della media giornaliera di 50 µg/m³ nella stazione di fondo della Piana lucchese di LU-Capannori, che ne ha registrati 50 che diventano 44 al netto degli episodi attribuibili a contributi da fonti naturali. Attualmente rappresenta l'unico sito di criticità regionale per il PM₁₀.

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 µg/m³ è stato calcolato al lordo e al netto del contributo dei fenomeni avvevativi di polveri da attribuire a fonti naturali, come indicato dalla normativa europea.

Tabella 4.1.1. PM₁₀ – Anno 2024 - Indicatori relativi alle stazioni di Rete Regionale e limiti D. Lgs 155/10.

Zona	Provincia e Comune		Codice EOL	Nome e tipo stazione		Media annuale PM10 (µg/m ³)	V.L.	N° totale medie giornaliere >50 µg/m ³	N° medie giornaliere >50 µg/m ³ , dopo sottrazione eventi di origine naturale	V.L.
IT0906 Agglomerato Firenze	FI	Firenze	IT0948A	U	F	FI-Boboli	19	7	2	35
	FI	Firenze	IT0862A	U	F	FI-Bassi	22	11	4	
	FI	Firenze	IT0861A	U	T	FI-Gramsci	29	27	20	
	FI	Firenze	IT0860A	U	T	FI-Mosse	27	27	21	
	FI	Scandicci	IT1551A	U	F	FI-Scandicci	18	8	4	
	FI	Signa	IT2153A	U	F	FI-Signa	23	24	18	
IT0907 Zona Prato Pistoia	PO	Prato	IT1654A	U	F	PO-Roma	23	24	18	
	PO	Prato	IT0945A	U	T	PO-Ferrucci	22	21	15	
	PT	Pistoia	IT1571A	U	F	PT-Signorelli	21	10	4	
	PT	Montale	IT1553A	S	F	PT-Montale	25	28	22	
IT0910 Zona Valdarno aretino e Valdichiana	AR	Arezzo	IT0950A	U	F	AR-Acropoli	20	11	6	
	FI	Figline ed Incisa Valdarno	IT2242A	U	F	FI-Figline	21	10	4	
	AR	Arezzo	IT0832A	U	T	AR-Repubblica	24	19	13	
IT0908 Zona costiera	GR	Grosseto	IT1593A	U	F	GR-URSS	18	6	1	
	GR	Grosseto	IT1592A	U	T	GR-Sonnino	24	7	2	
	LI	Livorno	IT1557A	U	F	LI-Cappiello	16	4	1	
	LI	Livorno	IT1560A	U	T	LI-Carducci	22	7	1	
	LI	Livorno	IT2183A	U	F/I	LI-Via La Pira	19	5	0	
	LI	Piombino	IT0063A	S	I	LI-Cotone	17	6	1	
	LI	Piombino	IT2154A	U	F	LI-Parco 8 Marzo	18	4	1	
	MS	Carrara	IT1819A	U	F	MS-Colombarotto	20	5	0	
	MS	Massa	IT2241A	U	T	MS-Marina vecchia	22	6	1	
	LU	Viareggio	IT1186A	U	F	LU-Viareggio	25	17	12	
IT0909 Zona Valdarno pisano e Piana lucchese	LU	Capannori	IT1187A	U	F	LU-Capannori	28	50	44	
	LU	Lucca	IT2240A	U	F	LU-San Concordio	24	16	11	
	LU	Lucca	IT1101A	U	T	LU-Micheletto	27	28	22	
	PI	Pisa	IT1110A	U	F	PI-Passi	22	10	5	
	PI	Pisa	IT1409A	U	T	PI-Borghetto	23	12	7	
	PI	S.Croce sull'Arno	IT1071A	S	F/I	PI-Santa Croce	25	20	14	
IT0911 Zona collinare e montana	SI	Poggibonsi	IT2032A	U	F	SI-Poggibonsi	18	5	0	
	SI	Siena	IT2184A	U	T	SI-Bracci	19	6	0	
	PI	Pomarance	IT1149A	S	F/I	PI-Montecerboli	12	4	0	
	LU	Bagni di Lucca	IT2239A	U	F	LU-Fornoli	23	9	4	
	AR	Chitignano	IT1681A	R reg	F	AR-Casa Stabbi	10	8	0	

Ormai da molti anni il valore limite di 40 µg/m³, relativo alla media annuale di PM₁₀, è ampiamente rispettato in tutte le stazioni della Rete Regionale. Nel 2024, per il secondo anno consecutivo la media annuale più elevata è stata registrata presso la stazione di traffico di FI-Gramsci, (29 µg/m³ nel 2024) mentre la media complessiva regionale è stata pari a 21 µg/m³. La concentrazione media regionale registrata presso le stazioni di fondo è stata pari a 21 µg/m³ (esclusa la rurale fondo regionale) mentre la media delle stazioni di traffico pari a 24 µg/m³, entrambe leggermente superiori a quelle dell'anno precedente.

Il numero di eventi di superamento è stato contenuto in tutte le stazioni di rete regionale con eccezione del sito UF di LU-Capannori, presso la quale nel 2024 si sono verificati 50 superamenti che diventano 44 eventi, al netto degli episodi di superamento per trasporto massivo di polveri da sorgenti naturali. Per le restanti stazioni, il numero più alto di superamenti è stato registrato presso PT-Montale (PF) e LU-Micheletto (UT), in entrambi pari a 22 eventi, al netto degli episodi di trasporto di polveri.

4.1.1. Medie annuali di PM₁₀ Anno 2024

Di seguito il grafico e la mappa relativi ai valori medi di PM₁₀ che sono stati registrati nel 2024.

Grafico 4.1.1. PM₁₀ – Anno 2024 - Medie annuali PM₁₀

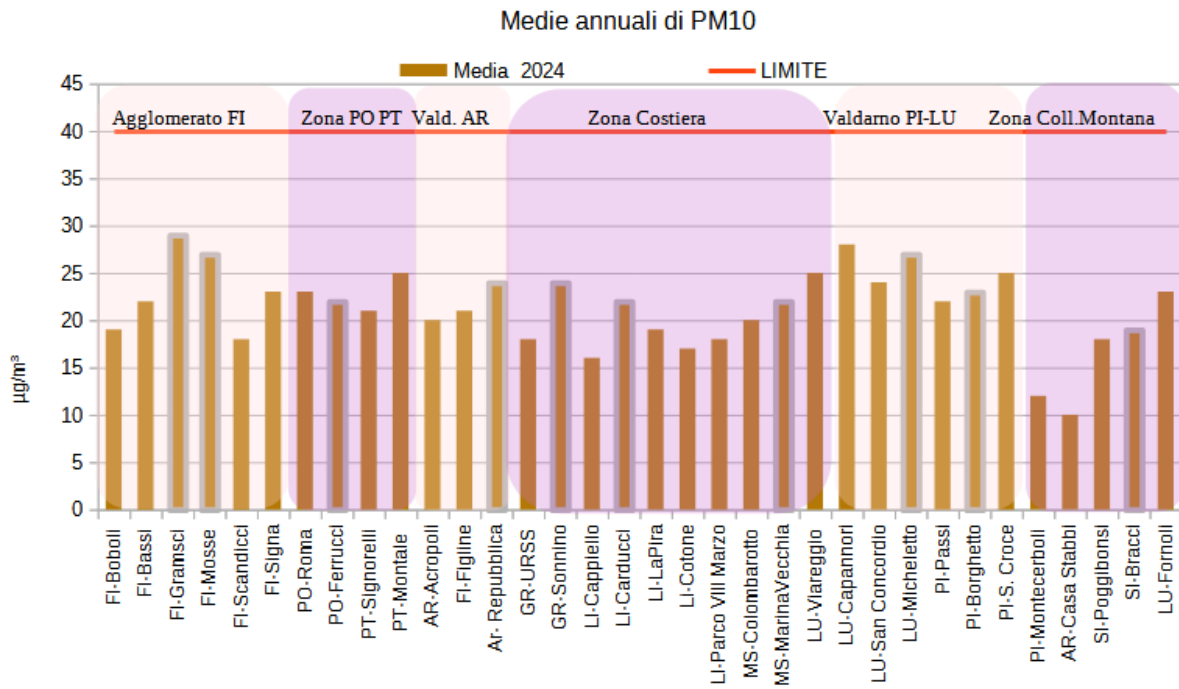
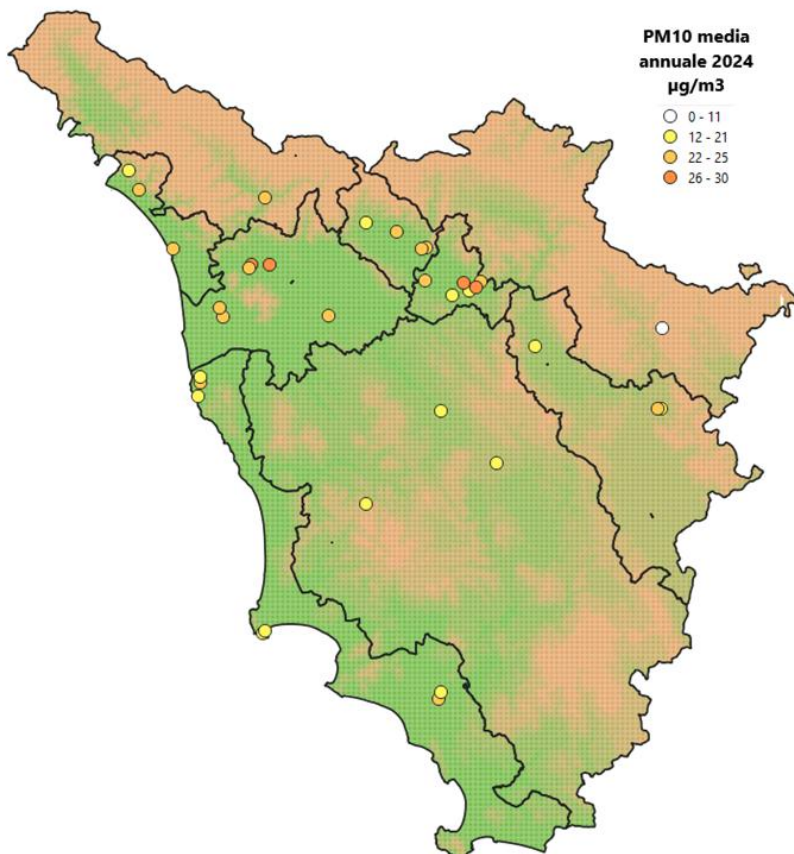
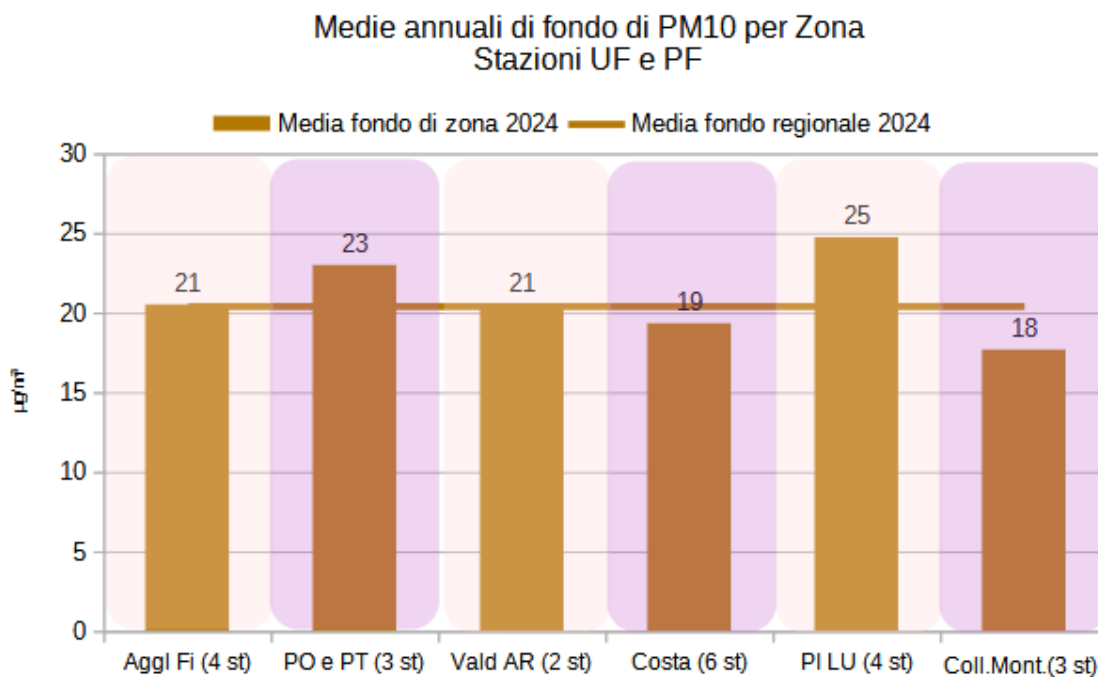


Figura 4.1.1. Medie annuali PM₁₀ anno 2024



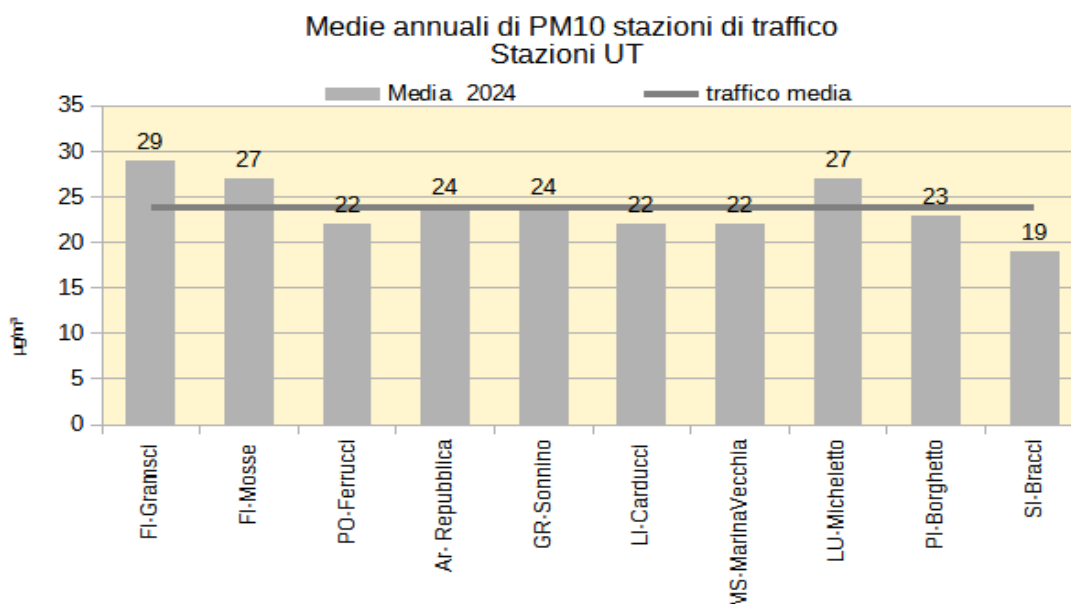
Le medie annuali per Zona delle concentrazioni di fondo, calcolate sulle stazioni urbane e periferiche (escludendo quindi la stazione di fondo regionale di PM₁₀ di AR-Casa Stabbi), sono riportate nel grafico seguente.

Grafico 4.1.2. PM₁₀ – Anno 2024 - Medie fondo regionale per Zona di PM₁₀ - Stazioni di fondo



Le zone che si distinguono per le medie più elevate sono la Zona di PO e PT con media pari a 23 µg/m³ e la Zona del Valdarno Pisano e Piana Lucchese con media pari a 25 µg/m³, mentre Zona Collinare e Montana ha la media pari a 18 µg/m³, leggermente inferiore rispetto al resto del territorio.

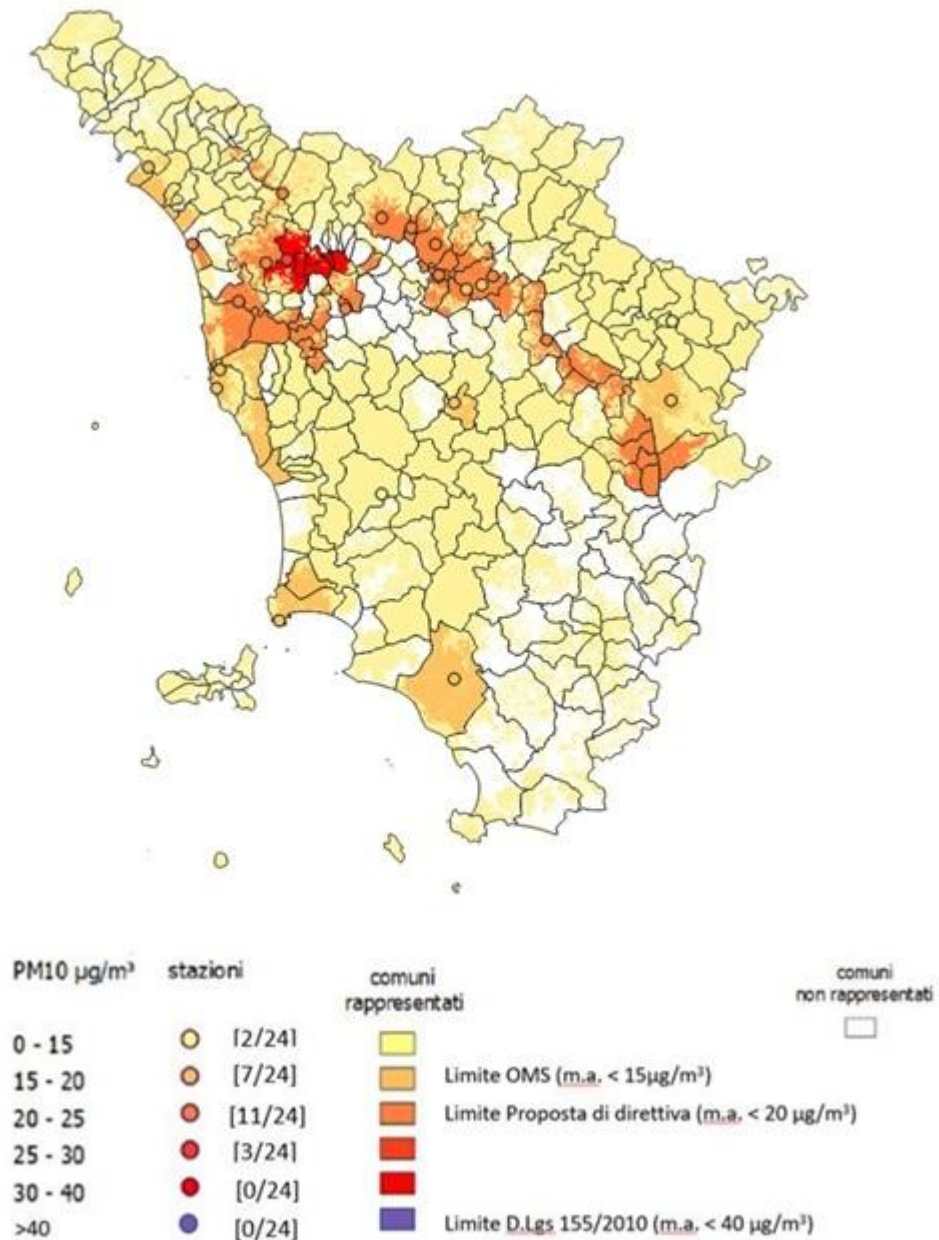
Grafico 4.1.3. PM₁₀ – Anno 2024 - Medie annuali di PM₁₀ - Stazioni di traffico



Per quanto riguarda le stazioni di traffico, i valori medi siano stati contenuti e pari a $24 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Le due stazioni dell'Agglomerato fiorentino hanno registrato medie piuttosto elevate pari a $29 \mu\text{g}/\text{m}^3$ presso FI-Gramsci e pari a $27 \mu\text{g}/\text{m}^3$ presso FI-Mosse, come anche la stazione di LU-Micheletto.

Figura 4.1.2. Distribuzione del PM₁₀ sul territorio toscano nel 2024, stimata secondo le aree di rappresentatività delle stazioni di fondo

Mappa PM10 2024



La figura 4.1.2. evidenzia con i colori in legenda la distribuzione delle concentrazioni medie annuali del 2024 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 costruita utilizzando la stima della rappresentatività aggiornata al 2022, attribuendo ai comuni i dati delle stazioni che ne rappresentano una percentuale di territorio pari o superiore al 15%.

Tutti i dettagli sono riportati nel documento pubblicato sul sito della Regione Toscana al link: https://www.regione.toscana.it/documents/10180/23809530/Lamma_RAPP_PM10_NO2_O3.pdf/5d72a9b7-1c28-cb5d-f878-332d6fc0d69e?t=1664284453325

Sono stati utilizzati i seguenti criteri:

1. l'intero territorio dell'Agglomerato è attribuito alla stazione con il livello più alto (per il 2024 Fi-Signa);
2. se un comune è rappresentato da 2 stazioni con percentuali > 15% esso viene attribuito a quella con il livello più alto;
3. se un comune è rappresentato da una sola stazione con percentuale superiore al 15% MA ha una stazione sul suo territorio, anche se con copertura inferiore al 15%, si prende tra le due quella con il valore più alto;
4. se un comune non è rappresentato da nessuna stazione con copertura superiore al 15% MA ha una stazione sul suo territorio, si attribuisce a quella stazione.

4.1.2. Medie giornaliere di PM₁₀ Anno 2024

Di seguito si riporta in dettaglio la situazione Toscana relativa ai superamenti della media giornaliera di PM₁₀ che sono stati registrati nel 2024.

Tabella 4.1.2. PM₁₀ – Anno 2024 - N° Superamenti al lordo ed al netto del contributo da fonti naturali, stazioni di Rete Regionale.

Anno 2024			N° medie giornaliere > 50 µg/m ³		
Zona	Class.	Nome stazione	Superamenti totali	Superamenti causati da contributo naturale	Superamenti al netto del contributo naturale
Agglomerato di Firenze	UF	FI-Boboli	7	5	2
	UF	FI-Bassi	11	7	4
	UT	FI-Gramsci	27	7	20
	UT	FI-Mosse	27	6	21
	UF	FI-Scandicci	8	4	4
	UF	FI-Signa	24	6	18
Zona Prato e Pistoia	UF	PO-Roma	24	6	18
	UT	PO-Ferrucci	21	6	15
	UF	PT-Signorelli	10	6	4
	SF	PT-Montale	28	6	22
Zona Valdarno Aretino e Valdichiana	UF	AR-Acropoli	11	5	6
	UF	FI-Figline	10	6	4
	UT	Ar- Repubblica	19	6	13
Zona Costiera	UF	GR-URSS	6	5	1
	UT	GR-Sonnino	7	5	2
	UF	LI-Cappiello	4	3	1
	UT	LI-Carducci	7	6	1
	UF	LI-La Pira	5	5	0
	SI	Li-Cotone	6	5	1
	UF	LI-Parco VIII Marzo	4	3	1
	UF	MS-Colombarotto	5	5	0
	UT	MS-Marina Vecchia	6	5	1
	UF	LU-Viareggio	17	5	12
Zona Valdarno	UF	LU-Capannori	50	6	44
	UF	LU-San Concordio	16	5	11

Anno 2024			N° medie giornaliere > 50 µg/m ³		
Zona	Class.	Nome stazione	Superamenti totali	Superamenti causati da contributo naturale	Superamenti al netto del contributo naturale
Pisano e Piana Lucchese	UT	LU-Micheletto	28	6	22
	UF	PI-Passi	10	5	5
	UT	PI-Borghetto	12	5	7
	SF	PI-S. Croce	20	6	14
Zona Collinare e Montana	SF	PI-Montecerboli	4	4	0
	R regF	AR-Casa Stabbi	8	8	0
	UF	SI-Poggibonsi	5	5	0
	UT	SI-Bracci	6	6	0
	UF	LU-Fornoli	9	5	4

Nel 2024 ci sono stati 9 episodi di trasporto di polveri per fenomeni naturali che hanno causato dei superamenti della media giornaliera di $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ in Toscana. Questi episodi, distribuiti in un arco temporale tra febbraio e giugno, devono essere sottratti dal conteggio finale per il confronto con il limite, su indicazione della normativa. Tutte le stazioni di rete regionale sono state coinvolte nei fenomeni di avvezione, con un numero di superamenti attribuibile alle avvezioni che varia da 3 a 8.

Grafico 4.1.4. PM_{10} – Anno 2024 -N° superamenti soglia $50 \mu\text{g}/\text{m}^3 \text{PM}_{10}$ al lordo ed al netto del contributo delle fonti naturali

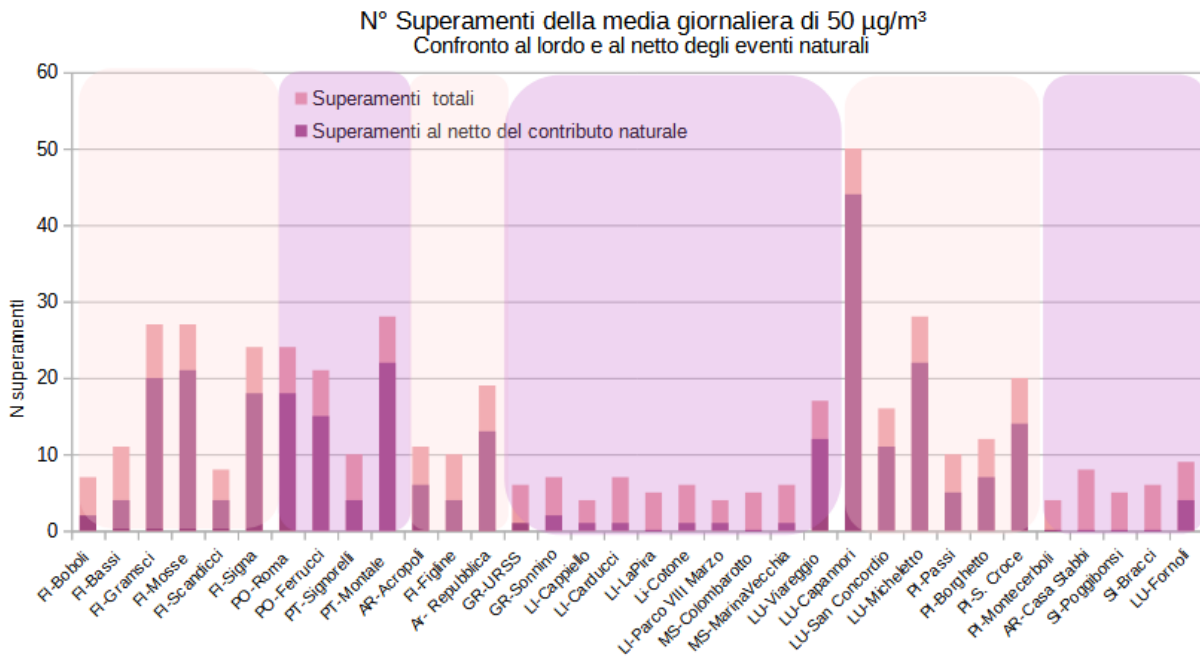


Grafico 4.1.5. PM_{10} – Anno 2024 -N° stazioni coinvolte in ciascuno dei superamenti causati dai fenomeni naturali, per Zona.

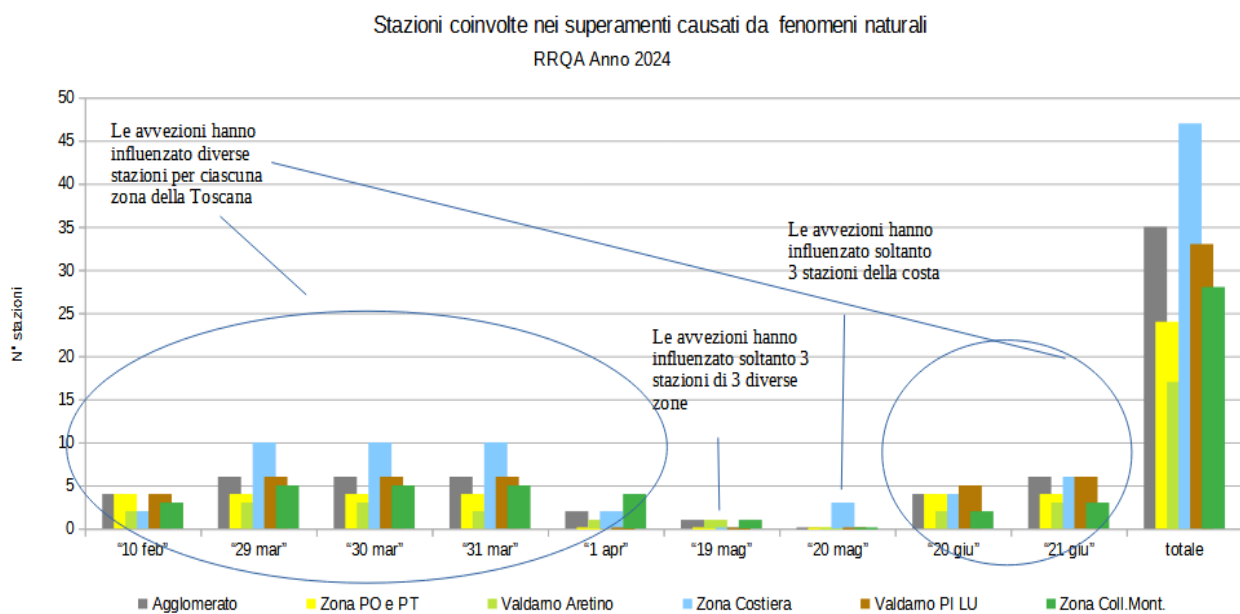
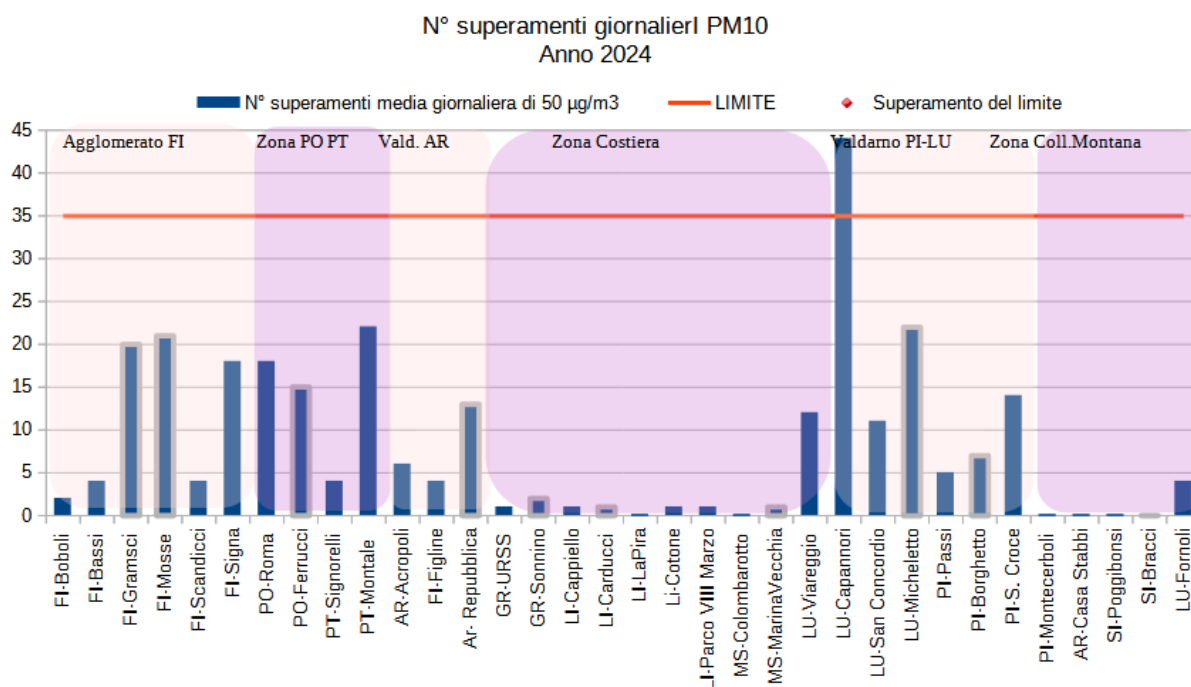


Grafico 4.1.6. PM₁₀ – Anno 2024 - N° superamenti soglia 50 µg/m³ PM₁₀ al netto dei superamenti causati da fenomeni naturali



Il numero massimo di 35 superamenti della media giornaliera di 50 µg/m³ di PM₁₀ indicato dal D.Lgs.155/2010, è stato rispettato da tutte le stazioni della Rete Regionale con eccezione della stazione urbana di fondo di LU-Capannori che ha registrato 44 superamenti (al netto degli eventi attribuibili a fonti naturali).

Il panorama regionale presenta marcate disomogeneità con pochissimi eventi per la maggior parte delle stazioni della Zona Costiera e della Zona Collinare e Montana, sia di fondo che di traffico e un numero nettamente superiore per le altre, in particolare nella Zona del Valdarno di Pisa e Lucca e nella Zona di Prato e Pistoia, ma da diversi anni l'unica stazione che non rispetta l'attuale normativa è la stazione di fondo del comune di Capannori.

L'analisi di dettaglio è riportata in Allegato 1

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 2015-2024 per le stazioni di Rete Regionale.

Classificazione e nome stazione		Medie annuali in µg/m ³									
		V.L. = 40 µg/m ³									
		2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
UF	FI-Boboli	22	18	18	18	18	18	17	19	18	19
UF	FI-Bassi	22	19	20	19	18	19	18	21	20	22
UT	FI-Gramsci	31	30	28	30	27	23	22	28	30	29
UT	FI-Mosse	24	22	22	24	21	20	21	26	27	27
UF	FI-Scandicci	23	21	22	21	20	20	19	21	19	18
UF	FI-Signa	26	24	23	22	22	22	20	22	21	23
UF	PO-Roma	28	26	25	24	23	23	22	23	23	23
UT	PO-Ferrucci	27	25	24	25	25	24	20	23	21	22
UF	PT-Signorelli	23	20	20	19	19	20	19	22	20	21
SF	PT-Montale	31	28	27	25	23	24	22	26	25	25
UF	AR-Acropoli	23	19	19	19	18	19	17	20	20	20
UF	FI-Figline	-	-	25	25	20	21	20	22	20	21
UT	Ar- Repubblica	30	25	24	23	23	27	22	24	22	24
UF	GR-URSS	17	17	17	18	17	15	16	19	17	18
UT	GR-Sonnino	-	26	24	27	24	22	23	25	24	24
UF	LI-Cappiello	18	18	17	17	17	16	16	16	17	16
UT	LI-Carducci	25	24	23	23	23	22	20	22	22	22
UF	LI-LaPira	21	19	19	18	18	17	17	18	20	19
SI	Li-Cotone	18	16	16	16	16	15	16	17	17	17
UF	LI-Parco VIII Marzo	19	17	17	17	18	17	18	19	18	18
UF	MS-Colombarotto	23	21	21	20	19	19	20	21	20	20
UT	MS-MarinaVecchia	*	22	21	20	19	19	21	19	21	22
UF	LU-Viareggio	27	26	26	22	24	25	24	25	24	25
UF	LU-Capannori	33	29	31	30	28	29	29	29	27	28
UF	LU-San Concordio	*	26	26	24	24	24	23	24	22	24
UT	LU-Micheletto	32	28	28	25	26	26	26	28	25	27
UF	PI-Passi	25	22	22	21	22	21	19	21	21	22
UT	PI-Borghetto	29	27	27	26	25	23	22	23	23	23
SF	PI-S. Croce	29	26	25	24	24	25	24	26	25	25
SF	PI-Montecerboli	11	10	11	12	11	11	11	13	12	12
R regF	AR-Casa Stabbi	11	10	10	11	10	10	9	10	9	10
UF	SI-Poggibonsi	20	18	19	18	19	18	18	20	18	18
UT	SI-Bracci	21	21	19	18	18	18	17	19	18	19
UF	LU-Fornoli	25	22	22	21	23	22	22	25	23	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 2015-2024 per le stazioni di Rete Regionale per Zona₁₀

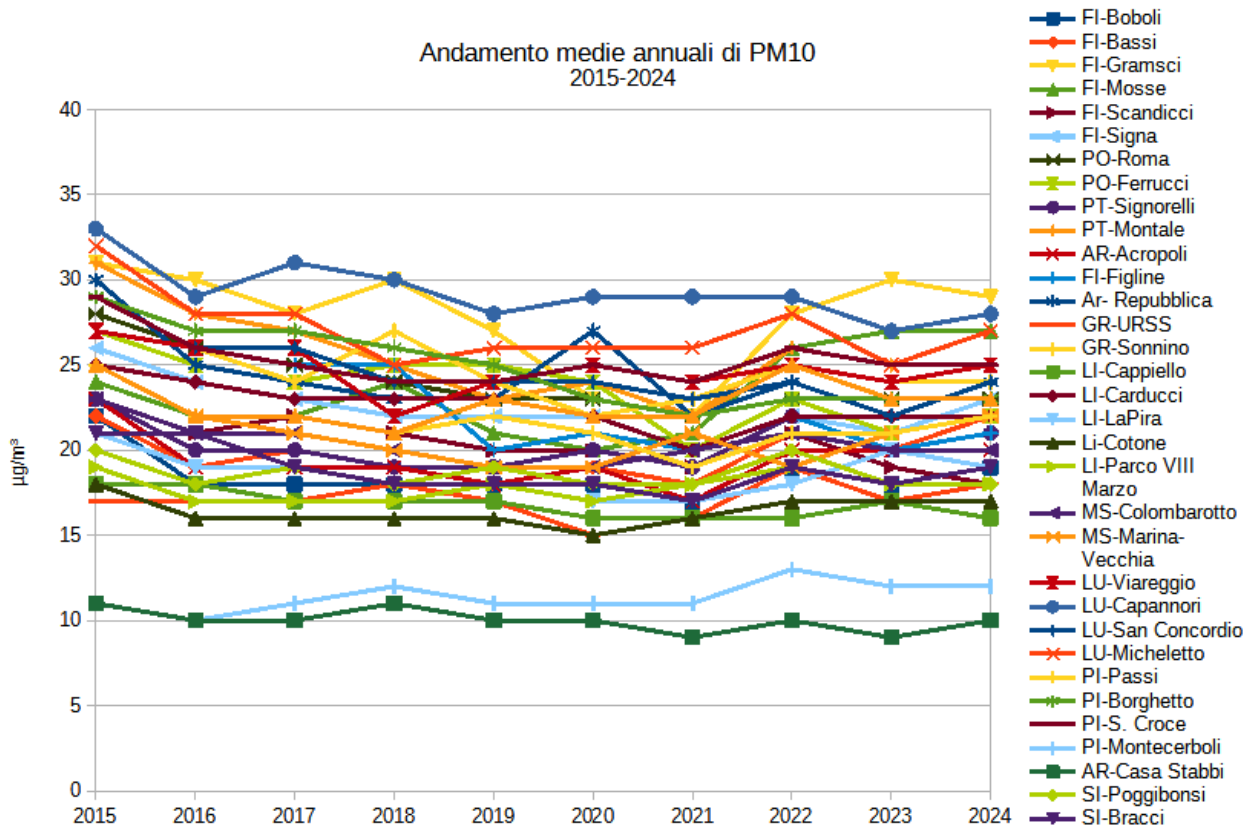


Grafico 4.1.8b. PM₁₀ – Medie annuali – Andamenti 2015-2024 per le stazioni di traffico di Rete Regionale

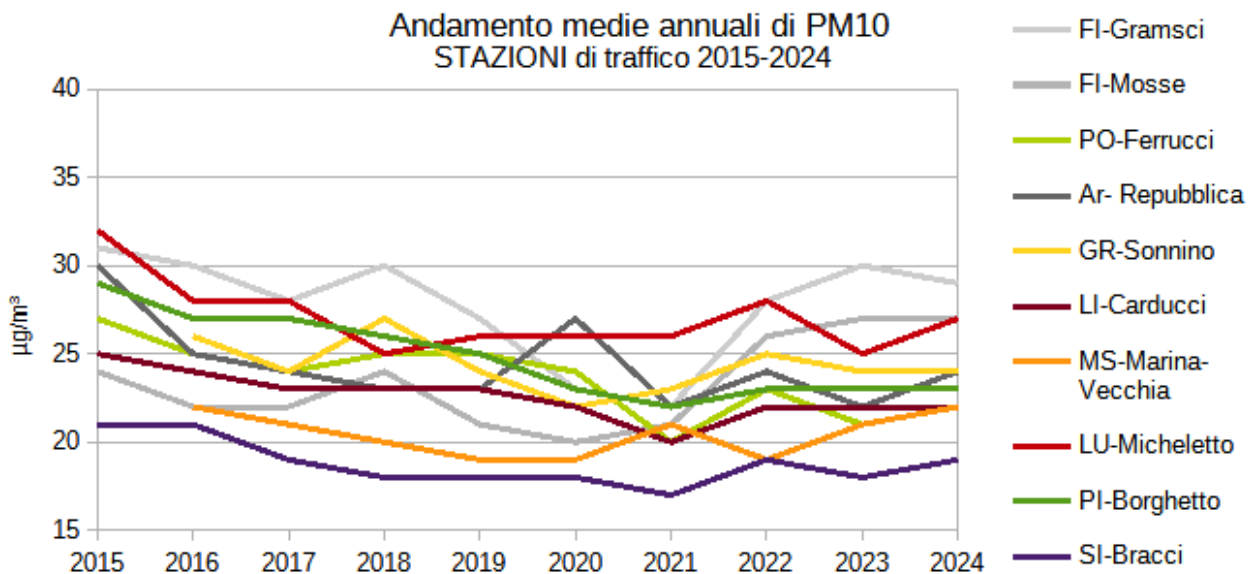


Grafico 4.1.8c. PM₁₀ – Medie annuali – Andamenti 2015-2024 per le stazioni di fondo dell'Agglomerato di Firenze

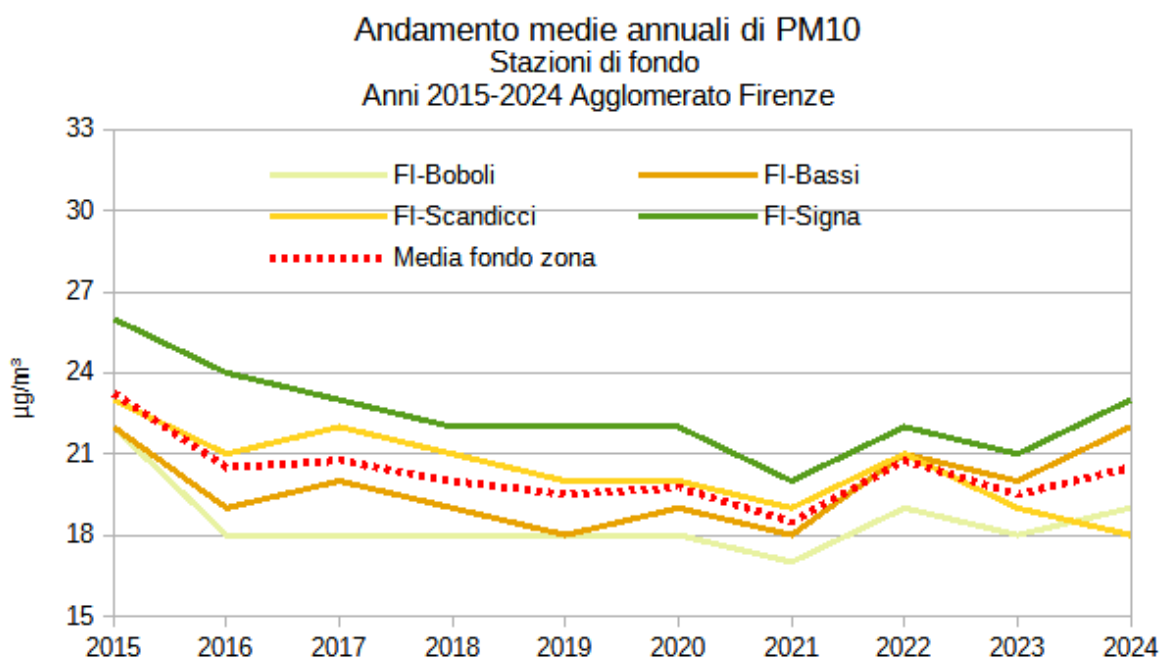


Grafico 4.1.8d. PM₁₀ – Medie annuali – Andamenti 2015-2024 per le stazioni di fondo della Zona di Prato e Pistoia

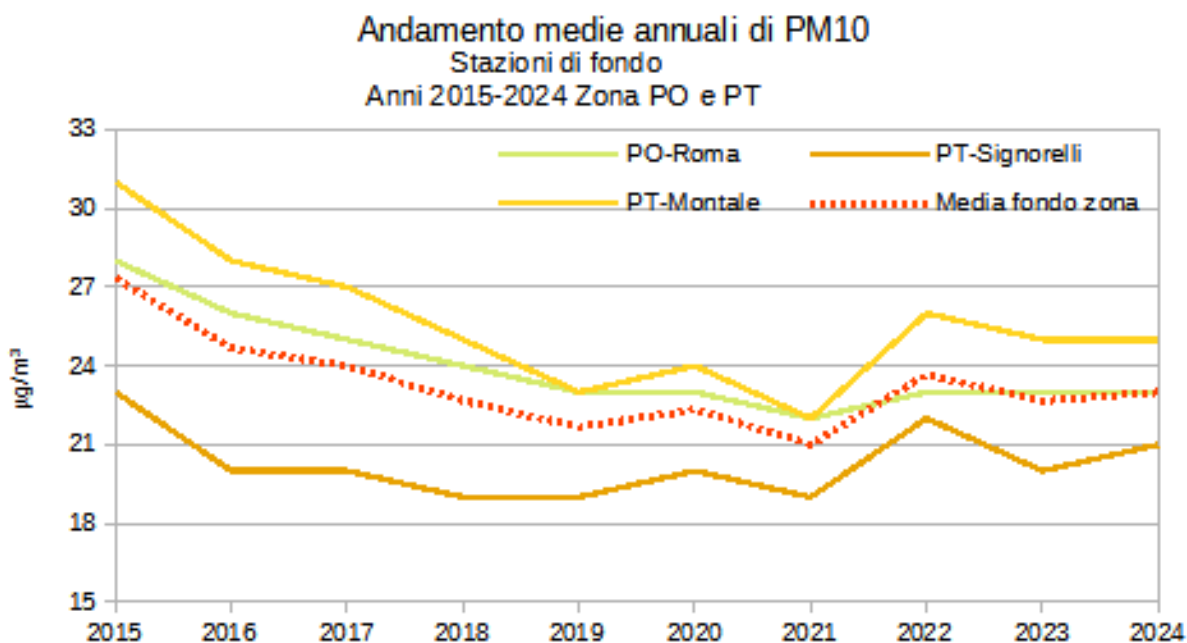


Grafico 4.1.8e. PM₁₀ – Medie annuali – Andamenti 2015-2024 per le stazioni di fondo della Zona del Valdarno Aretino e Valdichiana

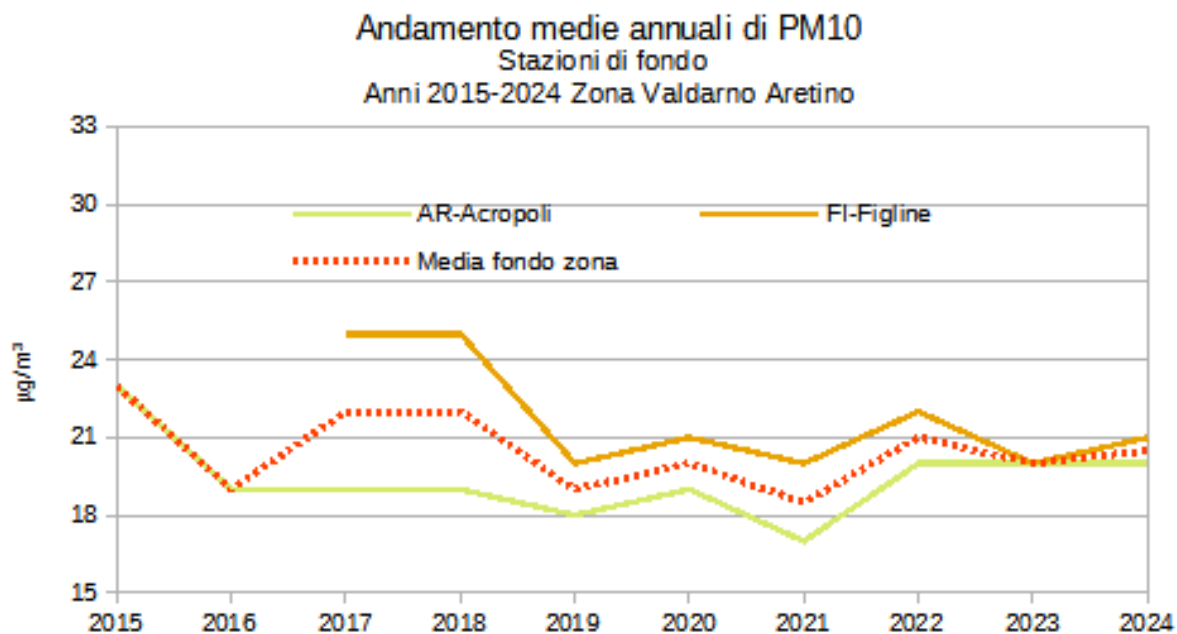


Grafico 4.1.8f. PM₁₀ – Medie annuali – Andamenti 2015-2024 per le stazioni di fondo della Zona Costiera

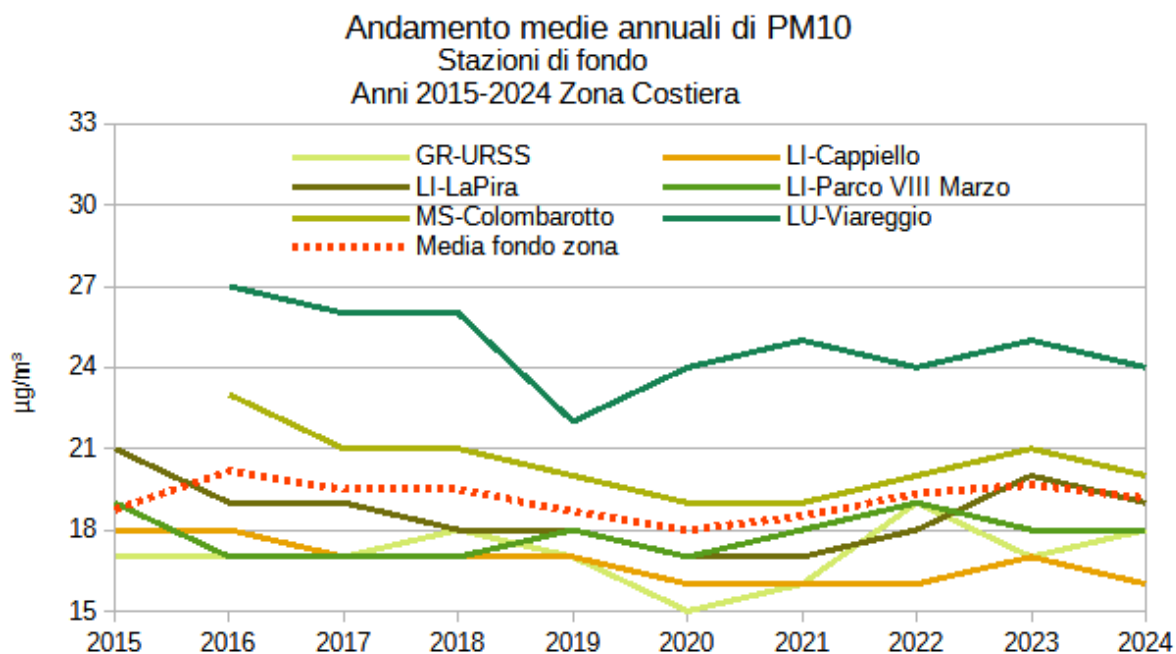


Grafico 4.1.8g. PM₁₀ – Medie annuali – Andamenti 2015-2024 per le stazioni di fondo della Zona del Valdarno Pisano e Piana Lucchese

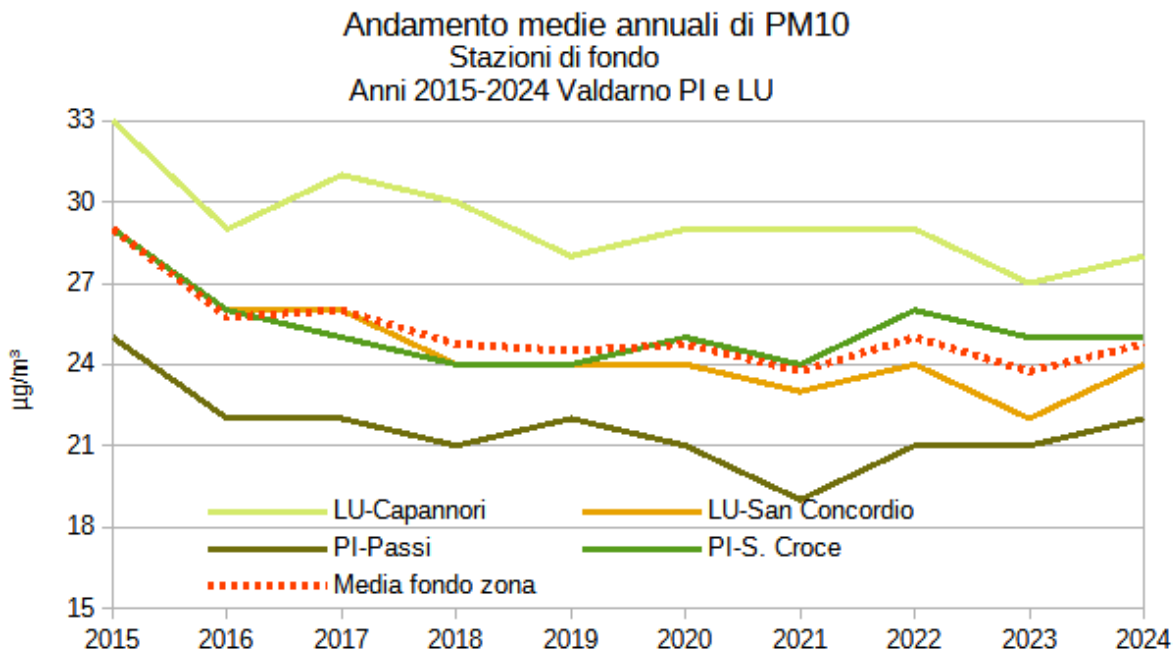


Grafico 4.1.8h. PM₁₀ – Medie annuali – Andamenti 2015-2024 per le stazioni di fondo della Zona Collinare e Montana

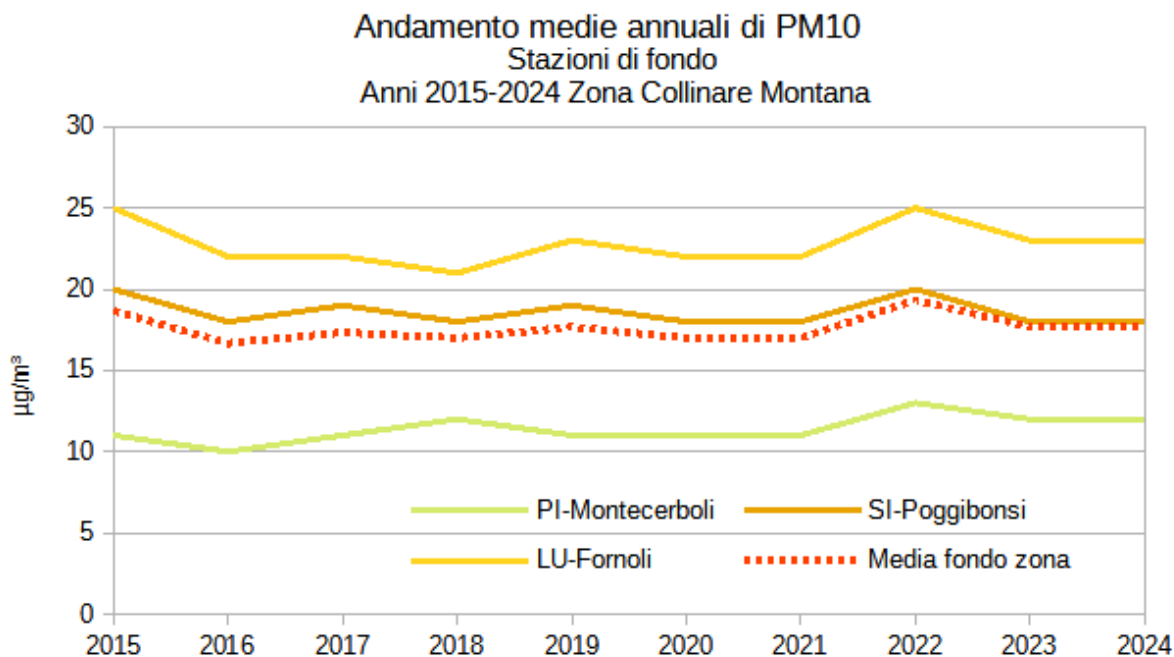


Tabella 4.1.4. PM₁₀ – n° superamenti valore giornaliero di 50 µg/m³ –Andamento 2015-2024 per le stazioni di Rete Regionale. In questa tabella i superamenti sono al netto degli eventi naturali.

Classificazione e nome stazione		N° superamenti media giornaliera di 50 µg/m ³									
		V.L. = 35 gg/anno									
		2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
UF	FI-Boboli	5	5	6	3	4	5	5	1	1	2
UF	FI-Bassi	9	12	10	2	5	7	4	3	5	4
UT	FI-Gramsci	26	24	22	20	13	15	7	4	23	20
UT	FI-Mosse	14	16	16	12	10	13	8	13	19	21
UF	FI-Scandicci	10	15	15	7	12	9	8	3	3	4
UF	FI-Signa	33	26	21	19	15	25	14	10	17	18
UF	PO-Roma	40	31	23	21	21	25	14	14	22	18
UT	PO-Ferrucci	34	26	25	22	24	27	10	9	13	15
UF	PT-Signorelli	15	10	10	8	6	14	8	5	9	4
SF	PT-Montale	57	43	36	26	20	28	18	20	26	22
UF	AR-Acropoli	19	8	9	2	4	10	1	0	6	6
UF	FI-Figline	-	*	28	12	14	20	7	7	5	4
UT	Ar- Repubblica	34	27	18	14	11	33	10	11	5	13
UF	GR-URSS	0	0	0	0	2	0	0	0	0	1
UT	GR-Sonnino	*	10	0	10	4	0	0	1	0	2
UF	LI-Cappiello	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
UT	LI-Carducci	2	2	2	0	1	1	0	0	0	1
UF	LI-LaPira	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SI	LI-Cotone	0	0	0	0	2	0	0	0	0	1
UF	LI-Parco VIII Marzo	0	0	0	0	2	0	0	0	0	1
UF	MS-Colombarotto	1	4	0	3	0	1	1	2	0	0
UT	MS-MarinaVecchia	*	10	5	3	1	3	1	2	1	1
UF	LU-Viareggio	26	25	21	6	11	20	11	12	17	12
UF	LU-Capannori	68	44	55	53	38	51	44	40	37	44
UF	LU-San Concordio	*	33	29	15	15	23	13	7	13	11
UT	LU-Micheletto	52	35	33	19	21	33	19	16	18	22
UF	PI-Passi	14	14	10	8	11	8	4	3	6	5
UT	PI-Borghetto	34	24	15	8	15	14	5	3	7	7
SF	PI-Santa Croce	40	30	26	11	22	28	18	10	19	14
SF	PI-Montecerboli	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
R regF	AR-Casa Stabbi	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
UF	SI-Poggibonsi	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
UT	SI-Bracci	2	4	0	0	1	0	0	0	0	0
UF	LU-Fornoli	30	30	21	14	10	11	6	11	8	4

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

Dal 2015 al 2024 il numero di eventi su scala regionale si è ridotto di più del 50% con un totale di eventi del 2024 pari a 277, in media soltanto 8 per stazione.

Grafico 4.1.10a. PM_{10} – N° superamenti valore giornaliero $50 \mu g/m^3$ – Andamento 2015-2024 per le stazioni di Rete Regionale

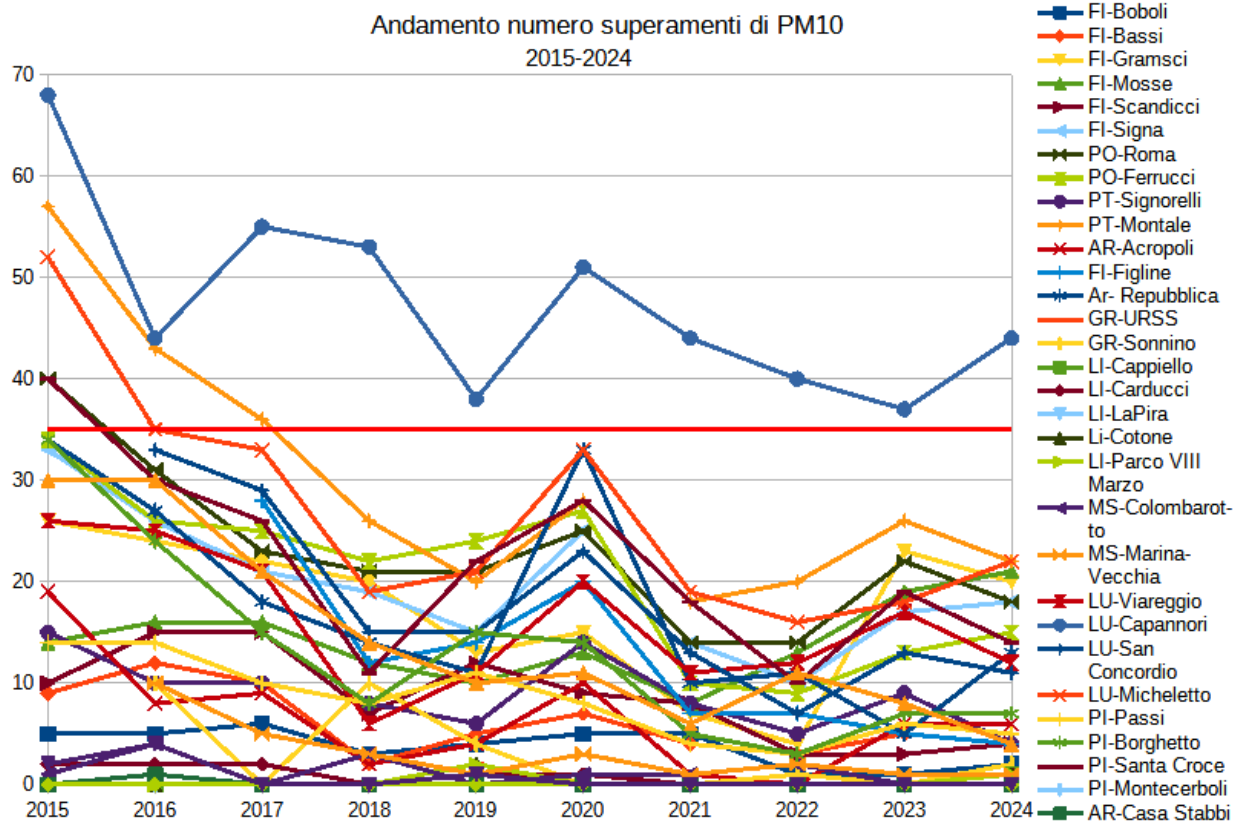


Grafico 4.1.10b. PM_{10} – N° superamenti valore giornaliero $50 \mu g/m^3$ – Andamento 2015-2024 per le stazioni di traffico

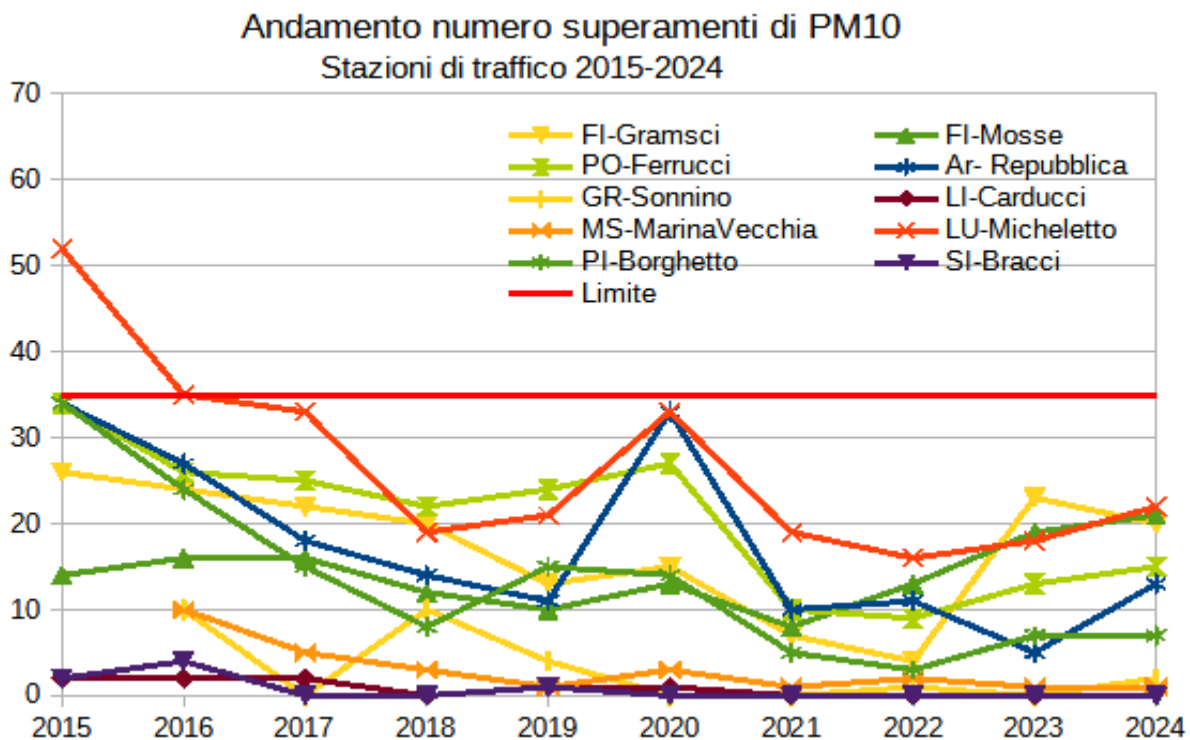


Grafico 4.1.10c. PM₁₀ – N° superamenti valore giornaliero 50 µg/m³ – Andamento 2015-2024 per le stazioni di fondo dell'Agglomerato di Firenze

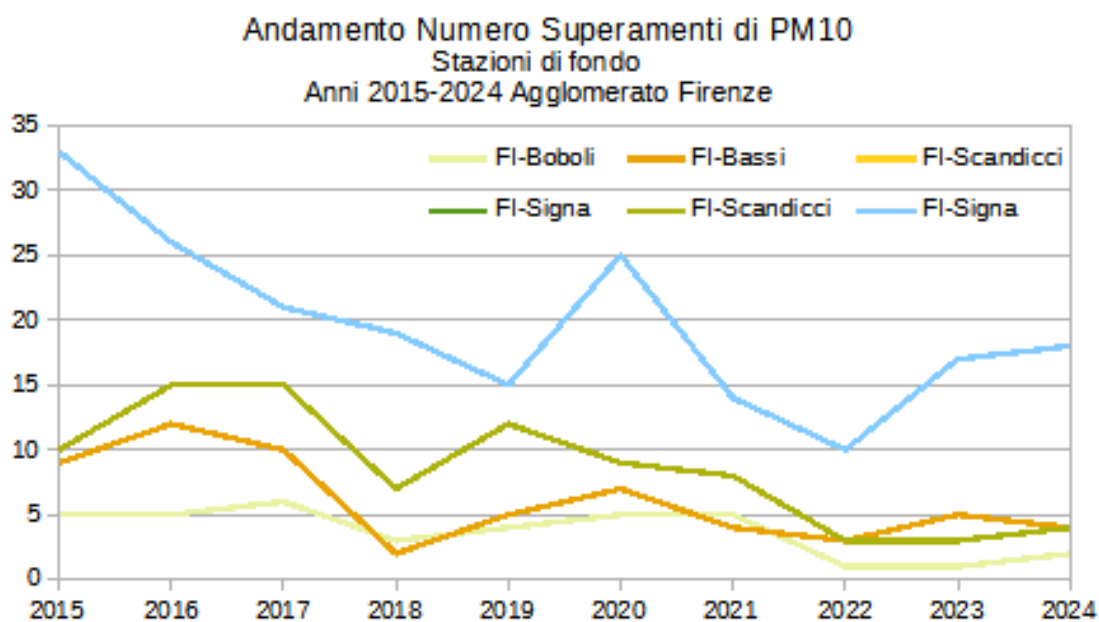


Grafico 4.1.10d. PM₁₀ – N° superamenti valore giornaliero 50 µg/m³ – Andamento 2015-2024 per le stazioni di fondo della Zona di Prato e Pistoia

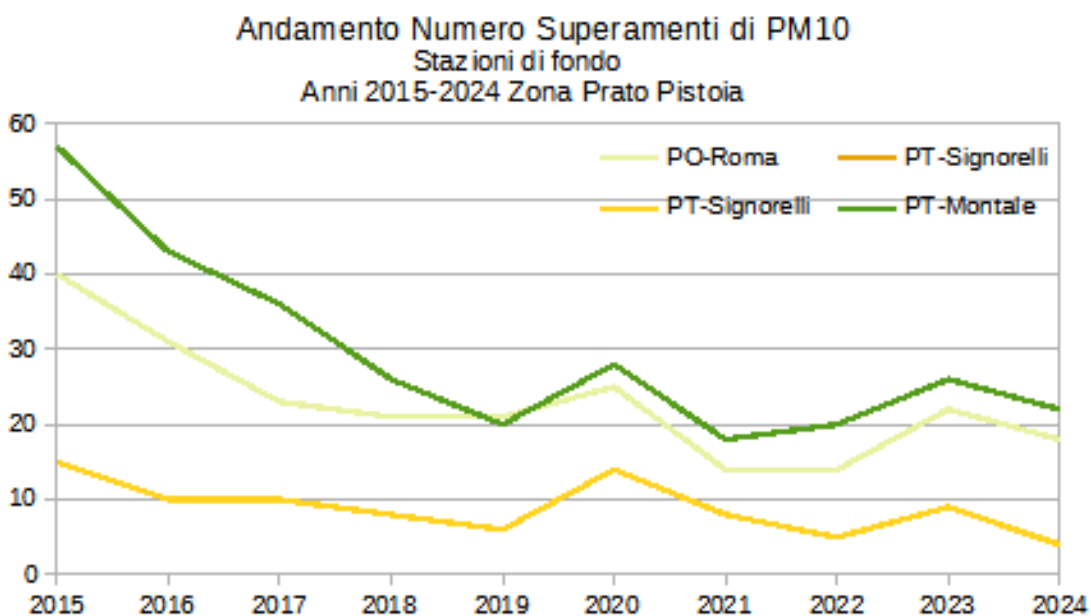


Grafico 4.1.10e. PM_{10} – N° superamenti valore giornaliero $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ – Andamento 2015-2024 per le stazioni di fondo della Zona del Valdarno Aretino e Valdichiana

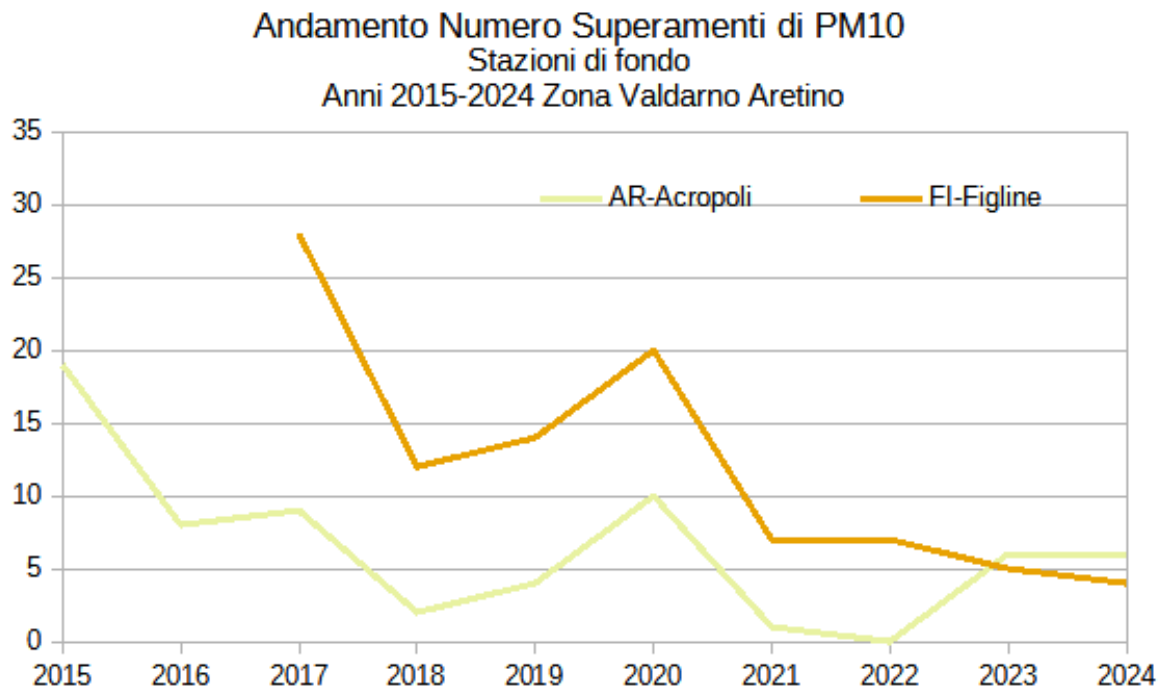


Grafico 4.1.10f. PM_{10} – N° superamenti valore giornaliero $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ – Andamento 2015-2024 per le stazioni di fondo della Zona Costiera

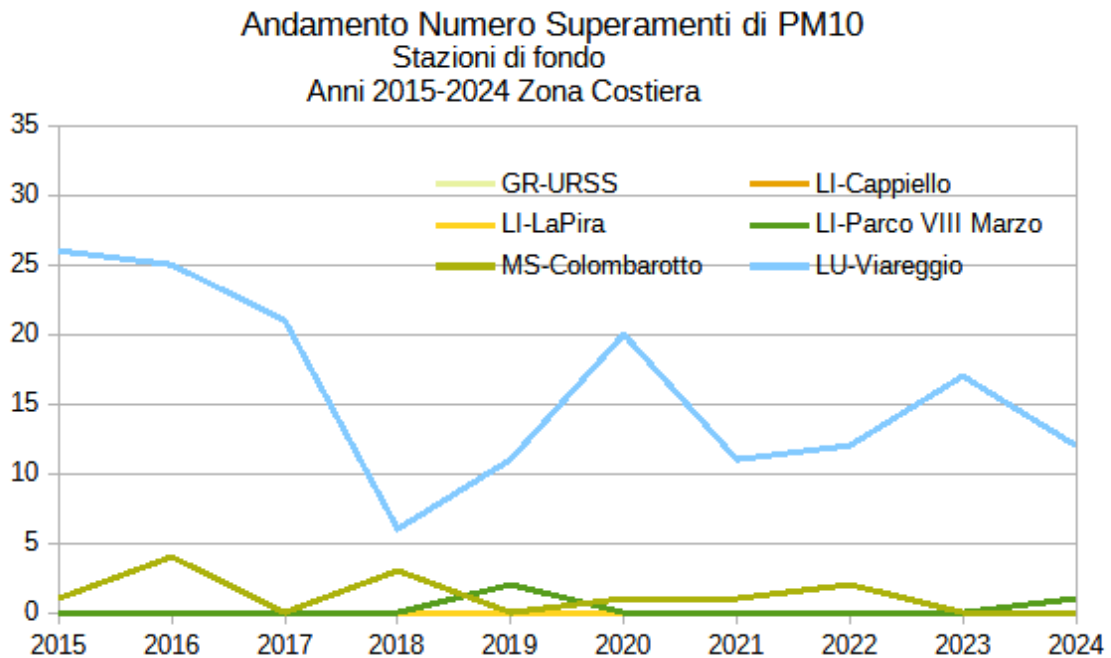


Grafico 4.1.10g. PM₁₀ – N° superamenti valore giornaliero 50 µg/m³ – Andamento 2015-2024 per le stazioni di fondo della Zona del Valdarno Pisano e Piana Lucchese

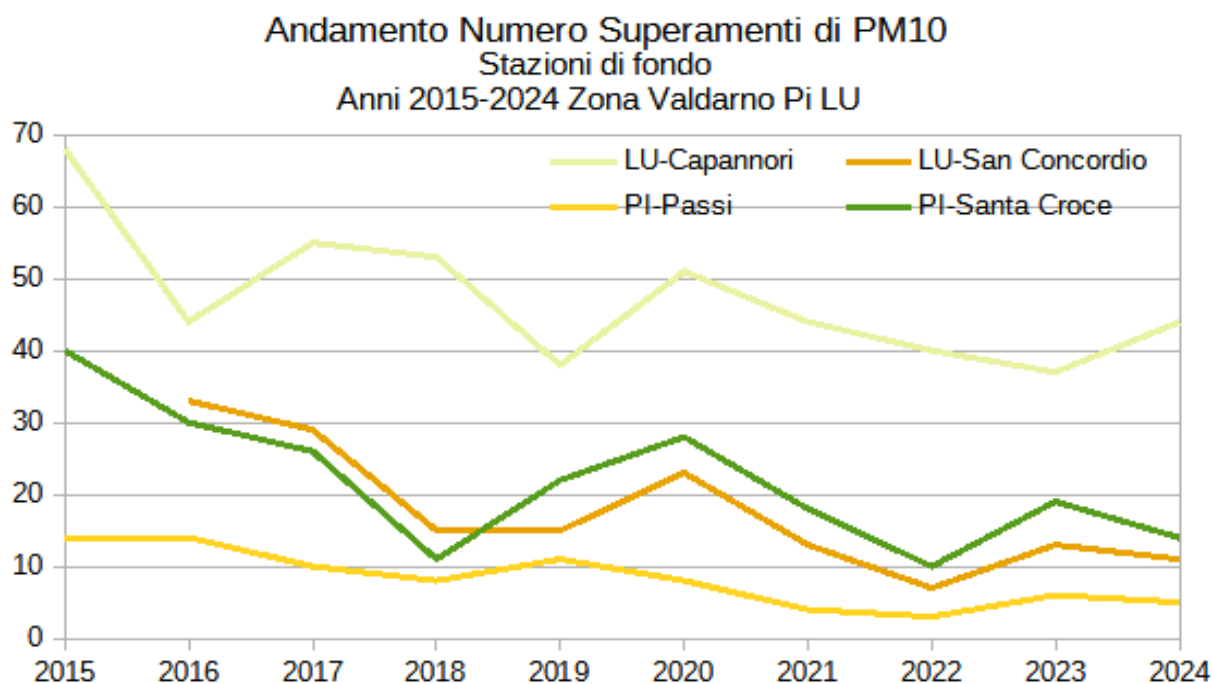
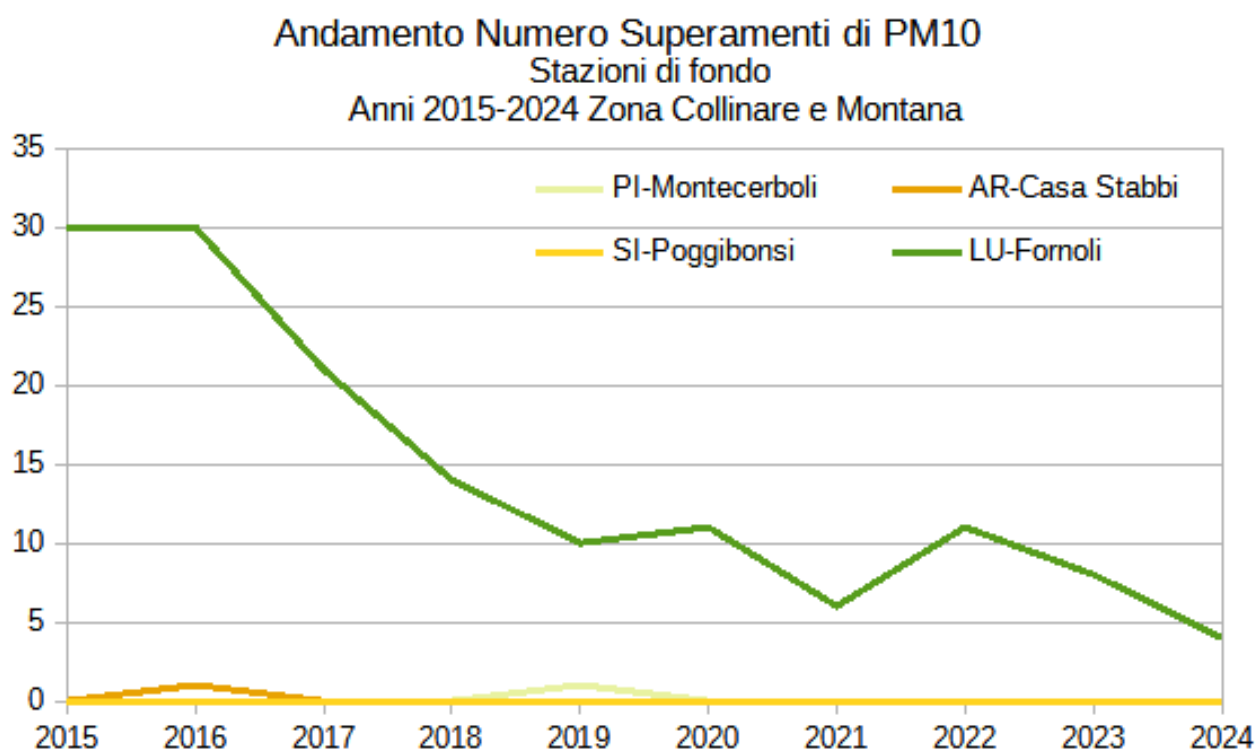


Grafico 4.1.10h. PM₁₀ – N° superamenti valore giornaliero 50 µg/m³ – Andamento 2015-2024 per le stazioni di fondo della Zona Collinare e Montana



Differentemente da quanto avviene per le medie annuali di PM₁₀, il numero dei superamenti registrati

dalle stazioni di Rete Regionali 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 7 anni il fenomeno in Toscana riguarda soltanto una stazione di fondo. È riportata di seguito 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

	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
N° stazioni di Fondo	5	2	2	1	1	1	1	1	1	1
N° stazioni di Traffico	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
% del totale	17%	6%	6%	3%	3%	3%	3%	3%	3%	3%

4.1.4. Confronto indicatori PM₁₀ con limiti della Direttiva (UE) 2024/2881 da rispettare entro il 2030.

Tabella 4.1.4.1. Medie annuali anni 2023 e 2024

Zona	Provincia e Comune		Nome e tipo stazione		Confronto con Limite Dir (UE) 2881/24		
					Media annuale 20 µg/m ³		
					Medie 2023	Medie 2024	
Agglomerato Firenze	FI	Firenze	U	F	FI-Boboli	18	19
	FI	Firenze	U	F	FI-Bassi	20	22
	FI	Firenze	U	T	FI-Gramsci	30	29
	FI	Firenze	U	T	FI-Mosse	27	27
	FI	Scandicci	U	F	FI-Scandicci	19	18
	FI	Signa	U	F	FI-Signa	21	23
Zona Prato Pistoia	PQ	Prato	U	F	PO-Roma	23	23
	PQ	Prato	U	T	PQ-Ferrucci	21	22
	PT	Pistoia	U	F	PT-Signorelli	20	21
	PT	Montale	S	F	PT-Montale	25	25
Zona Valdarno aretino e Valdichiana	AR	Arezzo	U	F	AR-Acropolis	20	20
	FI	Figline	U	F	FI-Figline	20	21
	AR	Arezzo	U	T	AR-Repubblica	22	24
Zona costiera	GR	Grosseto	U	F	GR-URSS	17	18
	GR	Grosseto	U	T	GR-Sonnino	24	24
	LI	Livorno	U	F	LI-Cappiello	17	16
	LI	Livorno	U	T	LI-Carducci	22	22
	LI	Livorno	U	F	LI-Via La Pira	20	19
	LI	Piombino	S	I	LI-Cotone	17	17
	LI	Piombino	U	F	LI-Parco 8 Marzo	18	18
	MS	Carrara	U	F	MS-Colombarotto	20	20
MS	Massa	U	T	MS-Marina vecchia	21	22	
Zona Valdarno pisano e Piana lucchese	LU	Viareggio	U	F	LU-Viareggio	24	25
	LU	Capannori	U	F	LU-Capannori	27	28
	LU	Lucca	U	F	LU-San Concordio	22	24
	LU	Lucca	U	T	LU-Micheletto	25	27
	PI	Pisa	U	F	PI-Passi	21	22
	PI	Pisa	U	T	PI-Borghetto	22	23
	PI	S.Croce sull'Arno	S	F/I	PI-Santa Croce	25	25
Zona collinare e montana	PI	Pomarance	S	F/I	PI-Montecerboli	12	12
	AR	Chitignano	R	F	AR-Casa Stabbi	9	10
	SI	Poggibonsi	U	F	SI-Poggibonsi	18	18
	SI	Siena	U	T	SI-Bracci	18	19
	LU	Bagni di Lucca	U	F	LU-Fornoli	23	23
					18/34 non ok	21/34 non ok	

La Direttiva (UE) 2024/288, attualmente non ancora recepita in Italia, indica nuovi limiti da rispettare entro il 2030. Per il PM₁₀ il valore da rispettare per la media annuale sarà di 20 µg/m³ e la tabella mostra che in più della metà delle stazioni di RRQA, negli ultimi due anni i valori medi sono stati superiori al valore indicato.

Tabella 4.1.4.2. Medie giornaliere anni 2023 e 2024.

				PM_{10}	N° superamenti della media giornaliera di 45 (LIMITE 18)		
Zona	Provincia e Comune		Nome e tipo stazione		N° sup. 2023	N° sup. 2024	
Agglomerato Firenze	FI	Firenze	U	F	FI-Boboli	6	8
	FI	Firenze	U	F	FI-Bassi	9	14
	FI	Firenze	U	T	FI-Gramsci	39	36
	FI	Firenze	U	T	FI-Mosse	35	38
	FI	Scandicci	U	F	FI-Scandicci	5	10
	FI	Signa	U	F	FI-Signa	22	28
Zona Prato Pistoia	PO	Prato	U	F	PO-Roma	28	27
	PO	Prato	U	T	PO-Ferrucci	16	23
	PT	Pistoia	U	F	PT-Signorelli	12	17
	PT	Montale	S	F	PT-Montale	38	37
Zona Valdarno aretino e Valdichiana	AR	Arezzo	U	F	AR-Acropoli	6	17
	FI	Figline	U	F	FI-Figline	12	15
	AR	Arezzo	U	T	AR-Repubblica	19	26
Zona costiera	GR	Grosseto	U	F	GR-URSS	0	6
	GR	Grosseto	U	T	GR-Sonnino	3	8
	LI	Livorno	U	F	LI-Cappiello	1	7
	LI	Livorno	U	T	LI-Carducci	1	9
	LI	Livorno	U	F	LI-Via La Pira	1	6
	LI	Piombino	S	I	LI-Cotone	2	6
	LI	Piombino	U	F	LI-Parco 8 Marzo	2	5
	MS	Carrara	U	F	MS-Colombarotto	1	5
	MS	Massa	U	T	MS-Marina vecchia	4	10
	LU	Viareggio	U	F	LU-Viareggio	27	27
Zona Valdarno pisano e Piana lucchese	LU	Capannori	U	F	LU-Capannori	44	58
	LU	Lucca	U	F	LU-San Concordio	21	26
	LU	Lucca	U	T	LU-Micheletto	27	35
	PI	Pisa	U	F	PI-Passi	11	16
	PI	Pisa	U	T	PI-Borghetto	10	19
	PI	S.Croce sull'Arno	S	F/I	PI-Santa Croce	29	32
Zona collinare e montana	PI	Pomarance	S	F/I	PI-Montecerboli	1	4
	AR	Chitignano	R	F	AR-Casa Stabbi	0	8
	SI	Poggibonsi	U	F	SI-Poggibonsi	0	6
	SI	Siena	U	T	SI-Bracci	0	8
	LU	Bagni di Lucca	U	F	LU-Fornoli	19	15
					12/34 non ok	13/34 non ok	

Per il PM_{10} , il secondo valore da rispettare è 18 superamenti della media giornaliera di $45 \mu\text{g}/\text{m}^3$. La tabella mostra che una buona percentuale delle stazioni ha registrato negli ultimi due anni, numero di superamenti in eccesso rispetto a quanto indicato.

La panoramica che emerge dal confronto con i probabili futuri limiti normativi è nettamente differente rispetto agli attuali limiti che per il PM_{10} sono costantemente rispettati in tutto il territorio regionale (con l'eccezione di LU-Capannori).

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 anche nel 2024 in tutto il territorio regionale confermando il pieno rispetto del limite. Dopo il confronto con i parametri attuali di normativa, è riportata la valutazione degli indicatori in confronto ai valori che la Direttiva (UE) 2024/2881 indica da rispettare entro il 2030.

Tabella 4.2.1. PM_{2,5} Anno 2024 - Indicatori relativi alle stazioni di Rete Regionale

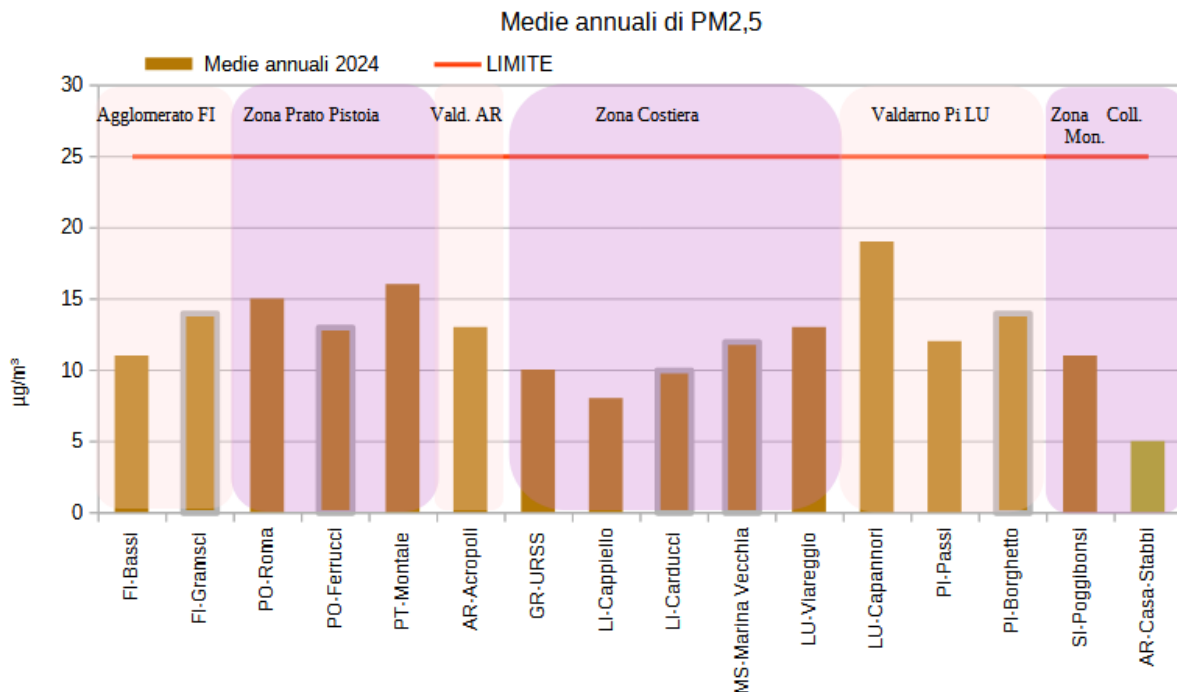
Zona	Classificazione	Provincia e Comune		Nome stazione	Media annuale (µg/m ³)	V.L.
Agglomerato di Firenze	UF	FI	Firenze	FI-Bassi	11	25
	UT	FI	Firenze	FI-Gramsci	14	
Zona Prato Pistoia	UF	PO	Prato	PO-Roma	15	
	UT	PO	Prato	PO-Ferrucci	13	
	SF	PT	Montale	PT-Montale	16	
Zona Valdarno Aretino e Valdichiana	UF	AR	Arezzo	AR-Acropoli	13	
Zona Costiera	UF	GR	Grosseto	GR-URSS	10	
	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	19	
	UF	PI	Pisa	PI-Passi	12	
	UT	PI	Pisa	PI-Borghetto	14	
Zona Collinare e Montana	UF	SI	Poggibonsi	SI-Poggibonsi	11	
	Reg F	AR	Chitignano	AR-Casa Stabbi	5	
Media regionale PM_{2,5} (µg/m³)					12,7	
Media regionale stazioni di tipo fondo U e S (µg/m³)					12,8	
Media regionale stazioni di tipo traffico (µg/m³)					12,6	

La tabella mostra 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. La media massima di PM_{2,5} è stata registrata presso LU-Capannori, fondo della Zona del Valdarno pisano e Piana lucchese dove stata pari a 19 µg/m³, con una media regionale complessiva è pari a 12,7 µg/m³ escludendo il sito rurale regionale. Per questo inquinante tipicamente secondario, la media regionale complessiva delle stazioni di traffico è leggermente inferiore a quella del fondo.

4.2.1. Medie annuali di PM_{2,5} Anno 2024

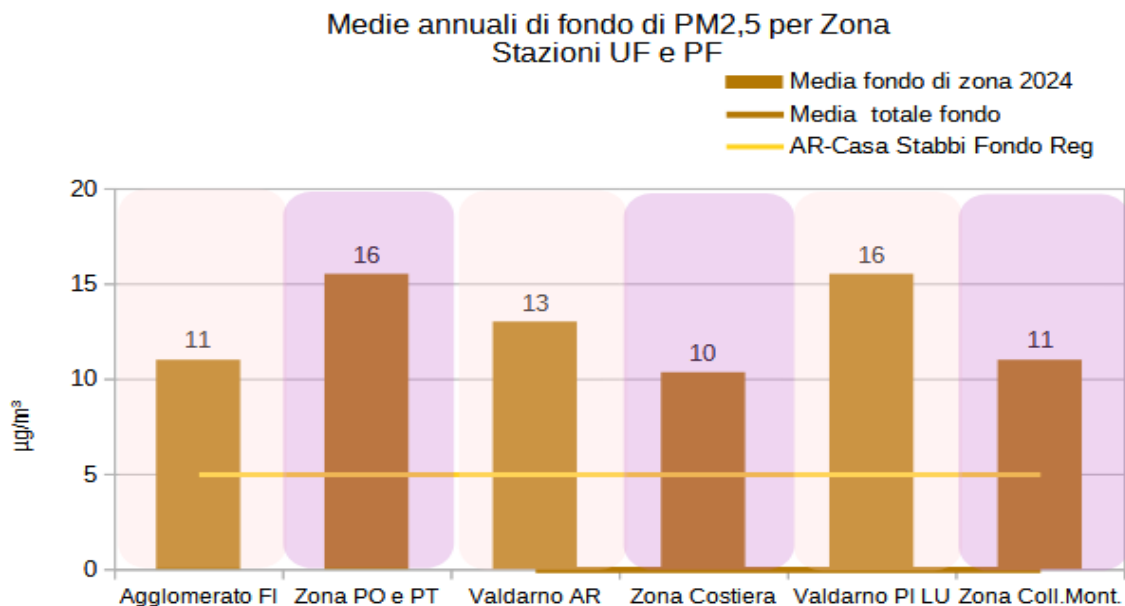
I grafici seguenti mostrano i valori medi di PM_{2,5} registrati nel 2024 in Toscana.

Grafico 4.2.1. PM_{2,5}– Anno 2024 - Medie annuali PM_{2,5}



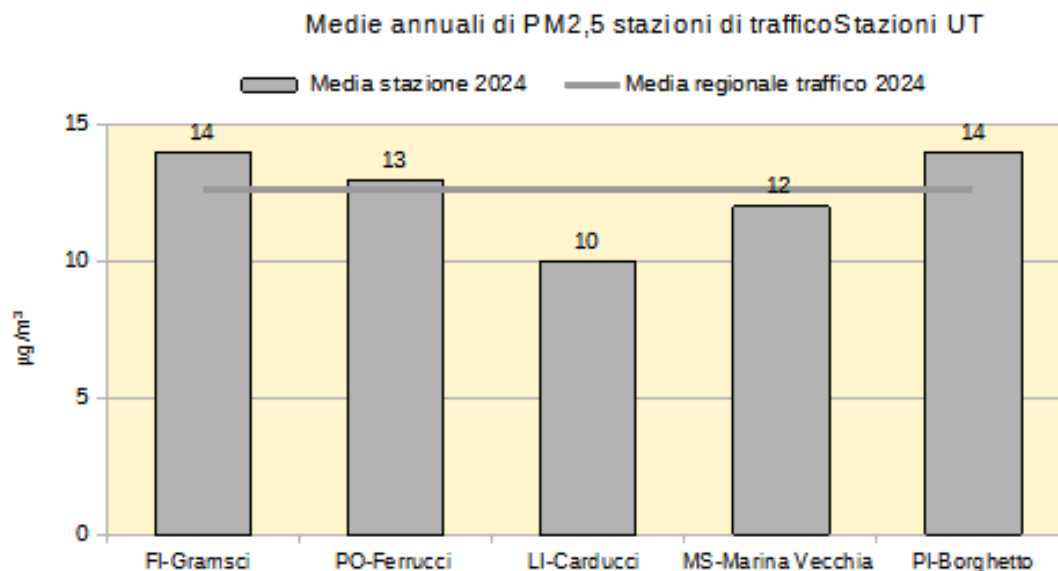
Le stazioni caratterizzate dai valori medi più elevati sono 3 stazioni di fondo, LU-Capannori, PT-Montale e PO-Roma rispettivamente con medie pari a 19 µg/m³, 16 µg/m³ e 15 µg/m³, mentre le traffico con medie più elevate sono state Fi-Gramsci e PI-Borghetto con media di 14 µg/m³.

Grafico 4.2.2. PM_{2,5}– Anno 2024 - Medie annuali per Zona di PM_{2,5}- Stazioni di fondo



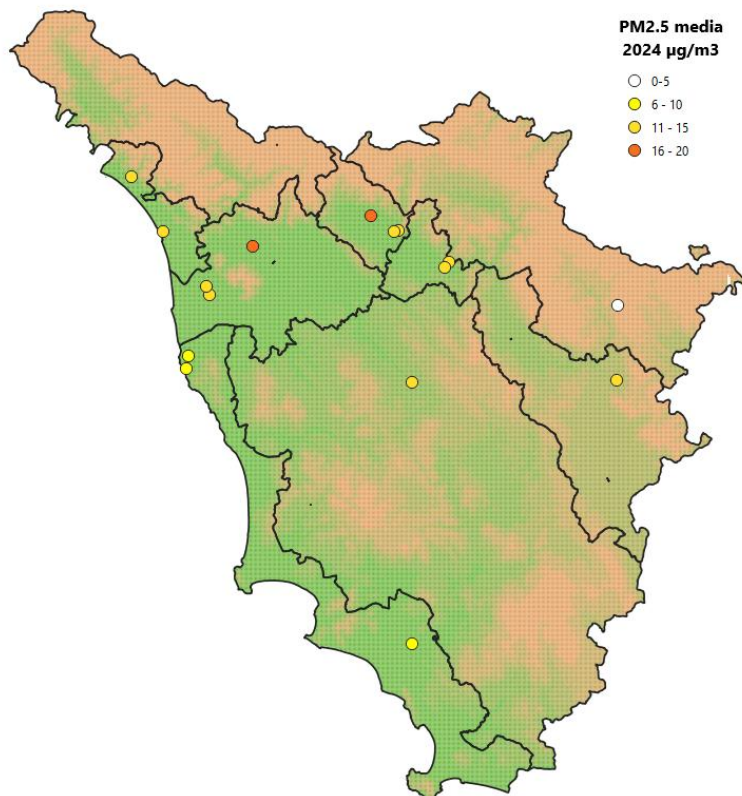
Confrontando valori medi del fondo di ogni Zona si distinguono la Zona di PO e PT e la Zona del Valdarno Pisano e Piana lucchese con le medie più elevate. Dal 2024 è cominciato il monitoraggio del $PM_{2,5}$ presso il sito di AR-Casa Stabbi che rappresenta il fondo rurale regionale e ha registrato una media di $5 \mu g/m^3$.

Grafico 4.2.3. $PM_{2,5}$ – Anno 2024 - Medie annuali di $PM_{2,5}$ - Stazioni di traffico



Di seguito la mappa delle concentrazioni medie di $PM_{2,5}$ registrate nel 2024 dalla RRQA, da cui 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 $PM_{2,5}$ anno 2024



4.2.2. 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 2015-2024 per le stazioni di Rete Regionale

Classificazione e nome stazione		Medie annuali in µg/m ³									
		V.L. = 25 µg/m ³									
		2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
UF	FI-Bassi	16	13	13	12	12	13	11	12	11	11
UT	FI-Gramsci	20	17	16	16	15	14	13	14	14	14
UF	PO-Roma	20	18	18	16	15	15	14	16	16	15
UT	PO-Ferrucci	19	16	17	16	15	15	12	14	12	13
SF	PT-Montale	23	21	20	18	16	17	15	17	17	16
UF	AR-Acropoli	16	13	13	13	12	13	11	13	13	13
UF	GR-URSS	11	10	10	10	9	9	9	10	9	10
UF	LI-Cappiello	11	10	9	9	9	8	8	8	8	8
UT	LI-Carducci	15	13	13	13	12	11	10	11	10	10
UT	MS-Marina Vecchia	*	14	13	12	11	12	12	11	12	12
UF	LU-Viareggio	18	16	16	14	14	15	14	14	13	13
UF	LU-Capannori	25	21	23	22	20	21	20	20	18	19
UF	PI-Passi	17	14	14	13	12	13	11	13	12	12
UT	PI-Borghetto	*	18	18	16	16	15	14	14	13	14
UF	SI-Poggibonsi	13	12	12	12	12	12	11	12	11	11
Reg F	AR-Casa-Stabbi	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5

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 4.2.4. $PM_{2,5}$ Medie annuali –Andamento 2015-2024 per le stazioni di Rete Regionale

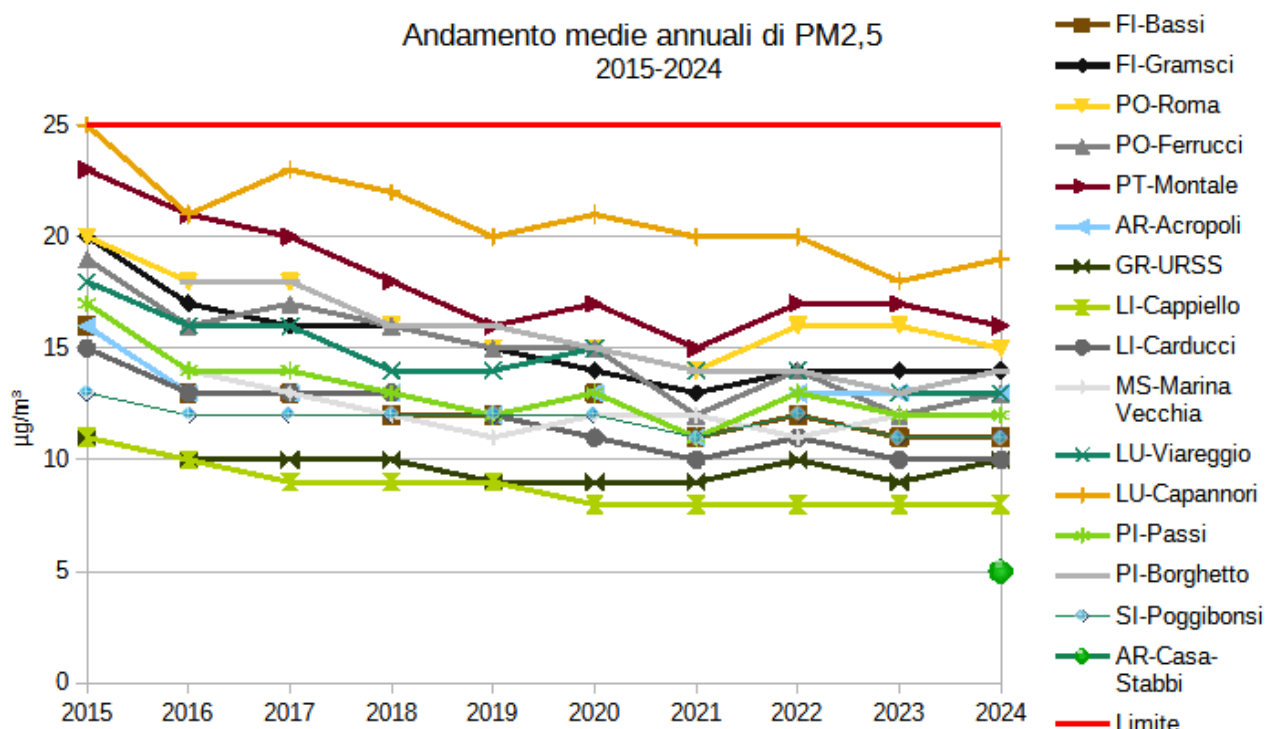


Grafico 4.2.5 $PM_{2,5}$ Medie annuali –Andamento 2015-2024 per le stazioni di fondo di Rete Regionale

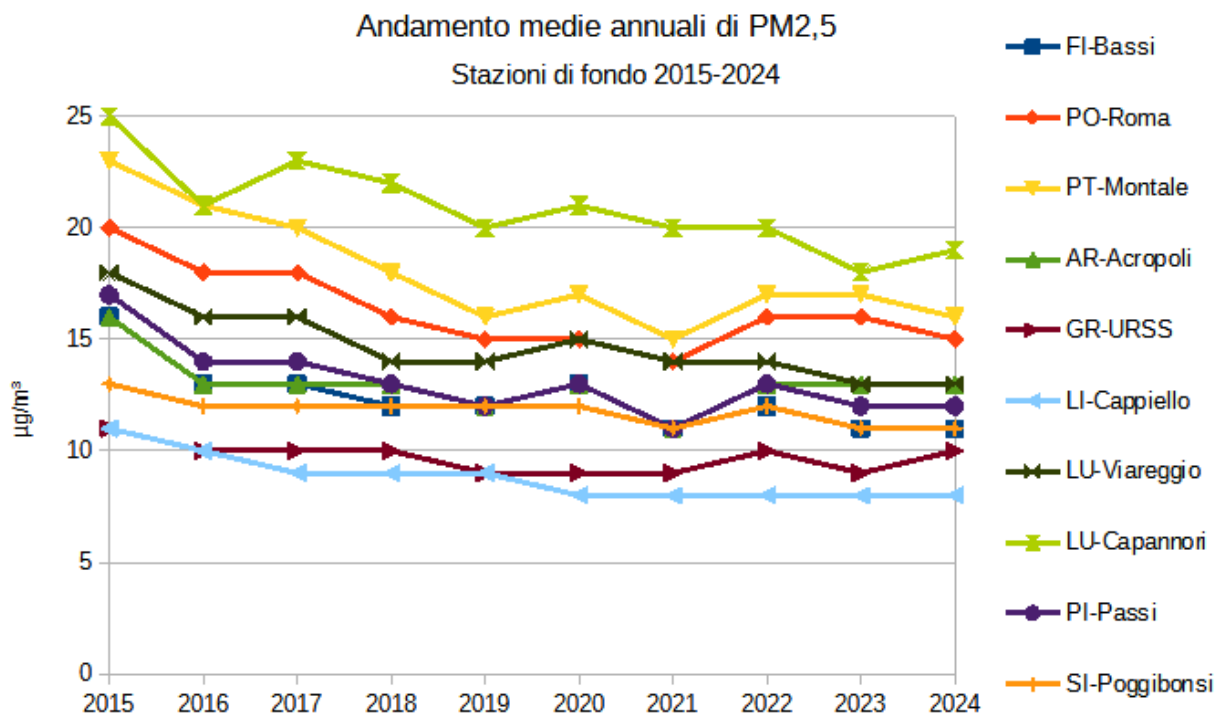
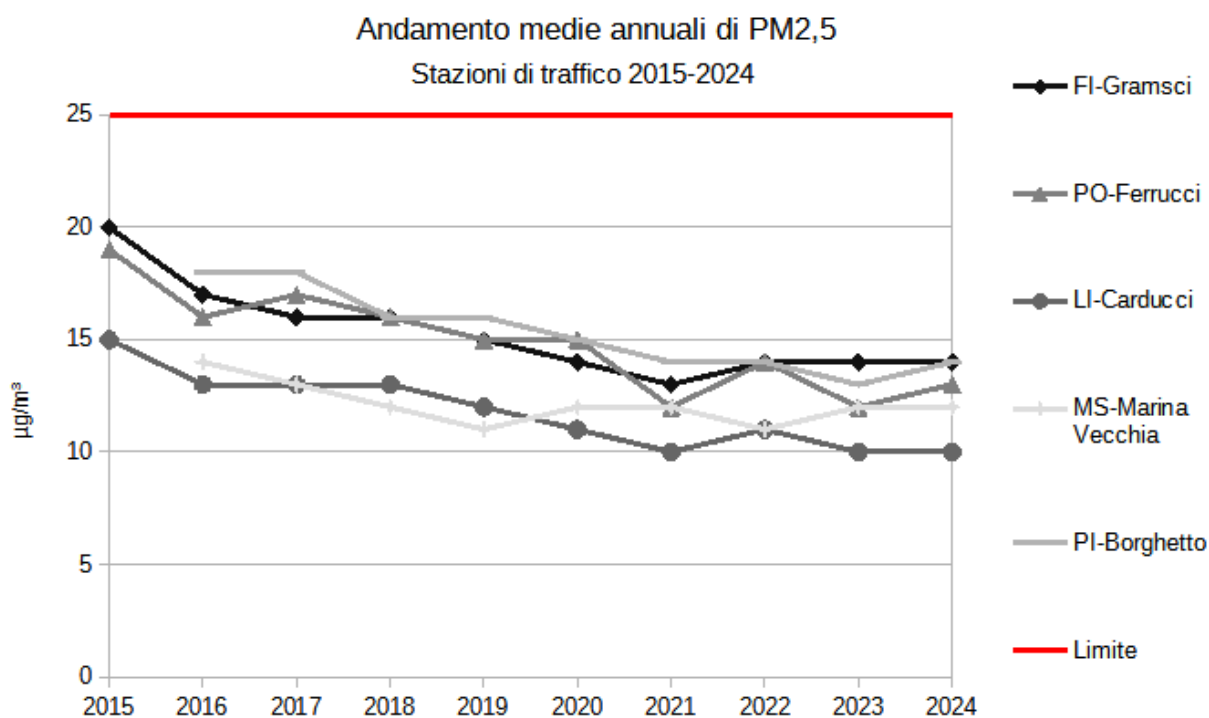
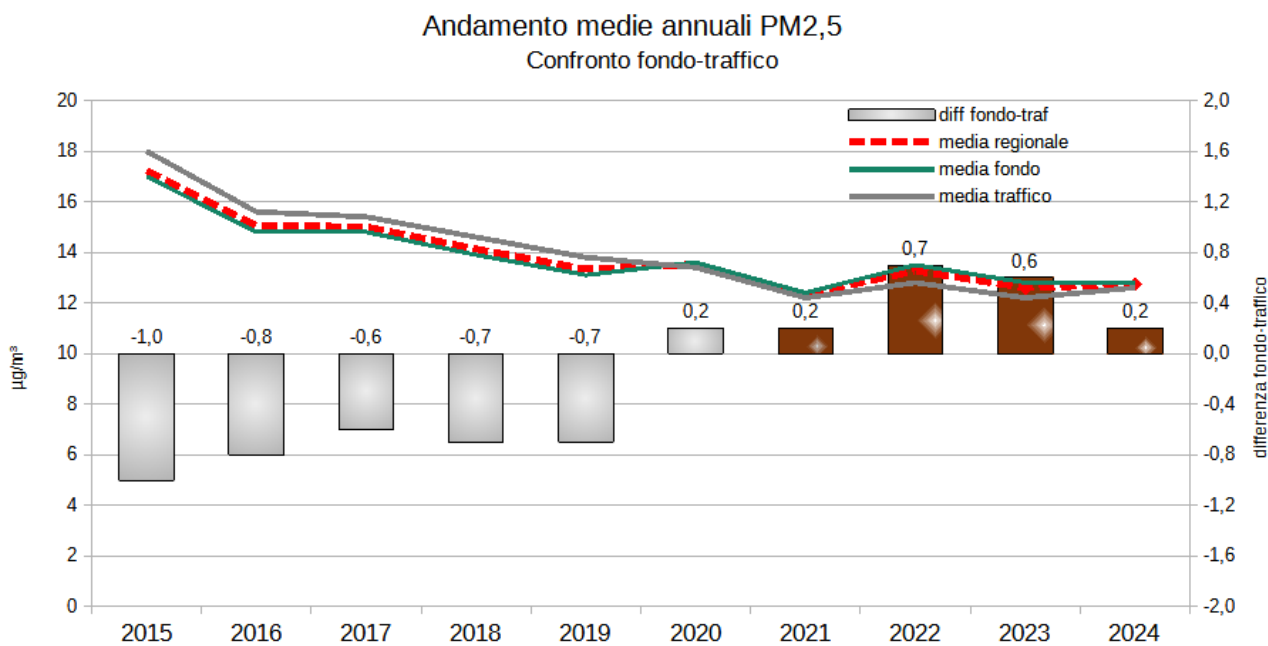


Grafico 4.2.6. $PM_{2,5}$ Medie annuali –Andamento 2015-2024 per le stazioni di traffico di Rete Regionale



Le barre del grafico seguente evidenziano la differenza tra la media complessiva del fondo e del traffico che negli ultimi è stata positiva.

Grafico 4.2.7. $PM_{2,5}$ – Andamenti per tipologia di stazione delle medie annuali con massimi e minimi e scarto.



4.2.3. 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 2024

Stazione	PM _{2,5} medie annuali (µg/m ³)	PM ₁₀ medie annuali (µg/m ³)	Stazioni di fondo	
			% PM _{2,5} /PM ₁₀ 2024	% Media Zona 2024
FI-Bassi	11	22	50%	50%
PO-Roma	15	23	65%	65%
PT-Montale	16	25	64%	
AR-Acropoli	13	20	65%	
GR-URSS	10	18	56%	53%
LI-Cappiello	8	16	50%	
LU-Viareggio	13	25	52%	
LU-Capannori	19	28	68%	61%
PI-Passi	12	22	55%	
SI-Poggibonsi	11	18	61%	56%
AR-Casa-Stabbi	5	10	50%	

Grafico 4.2.8. Rapporto % tra PM_{2,5} e PM₁₀ nelle stazioni di fondo di Rete Regionale - Anno 2023

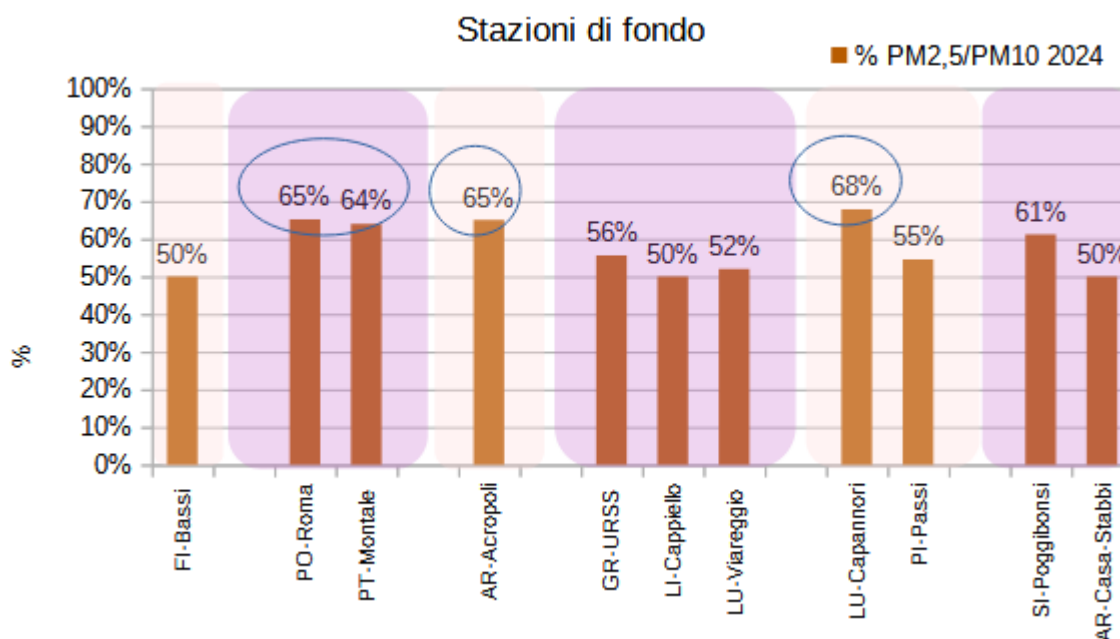
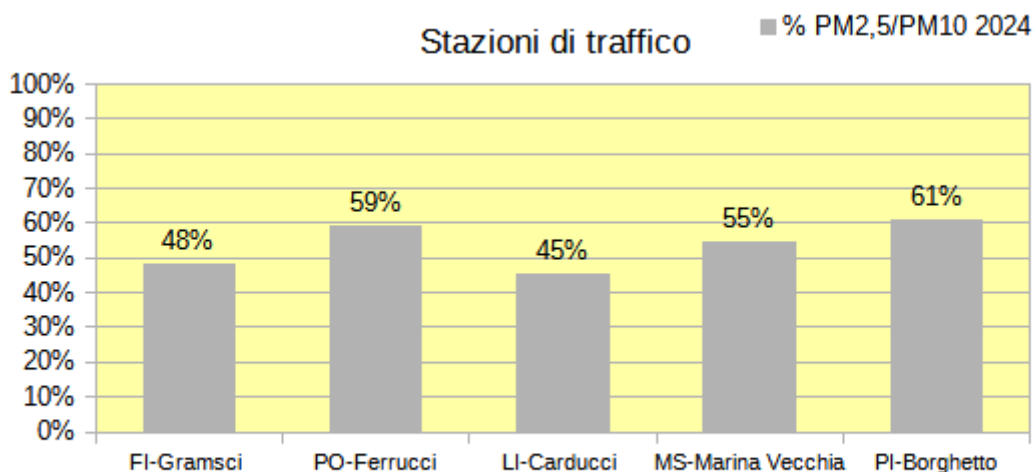


Tabella 4.2.4. Rapporto % tra PM_{2,5} e PM₁₀ nelle stazioni di traffico di Rete Regionale - Anno 2024

	PM _{2,5} medie annuali (µg/m ³)	PM ₁₀ medie annuali (µg/m ³)	% PM _{2,5} /PM ₁₀ 2024
FI-Gramsci	14	29	48%
PO-Ferrucci	13	22	59%
LI-Carducci	10	22	45%
MS-Marina Vecchia	12	22	55%
PI-Borghetto	14	23	61%

Grafico 4.2.9. Rapporto % tra $PM_{2,5}$ e PM_{10} nelle stazioni di traffico di Rete Regionale - Anno 2024



Le percentuali medie della frazione di $PM_{2,5}$ nel PM_{10} sono state complessivamente pari al 56%, con il 4% in più nel particolato delle stazioni di fondo (58%) rispetto al traffico (54%). Le percentuali più alte sono state trovate nelle stazioni fondo situate a PO-PT e nei Valdarno, mentre le percentuali più basse sono nelle stazioni di fondo della costa e dell'Agglomerato di FI. Nel 2024 è stato effettuato per il primo anno il monitoraggio del $PM_{2,5}$ presso il sito rurale di AR-Casa Stabbi che rappresenta il fondo regionale e presso il quale la media di $PM_{2,5}$ è risultata pari al 50% del PM_{10} .

Grafico 4.2.10. Trend della percentuale $PM_{2,5}$ nel PM_{10} per tipologia di stazione

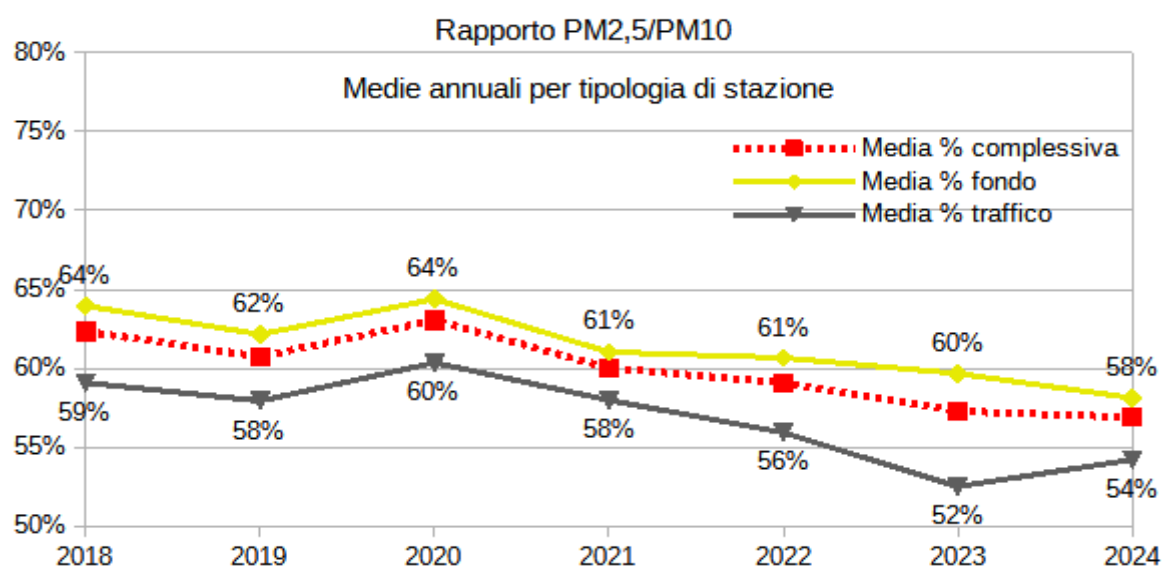


Tabella 4.2.5. Confronto $PM_{2,5}$ nel PM_{10} dal 2018 al 2024

Stazioni di fondo	% $PM_{2,5}/PM_{10}$						
	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
FI-Bassi	63%	67%	68%	61%	57%	55%	50%
PO-Roma	67%	65%	65%	64%	70%	70%	65%
PT-Montale	72%	70%	71%	68%	65%	68%	64%
AR-Acropoli	68%	67%	68%	65%	65%	65%	65%
GR-URSS	56%	53%	60%	56%	53%	53%	56%
LI-Cappiello	53%	53%	50%	50%	50%	47%	50%
LU-Viareggio	64%	58%	60%	58%	56%	54%	52%
LU-Capannori	73%	71%	72%	69%	69%	67%	68%
PI-Passi	62%	55%	62%	58%	62%	57%	55%
SI-Poggibonsi	62%	63%	67%	61%	60%	61%	61%
AR-Casa-Stabbi	-	-	-	-	-	-	50%
Stazioni di traffico	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
FI-Gramsci	53%	56%	61%	59%	50%	47%	48%
PO-Ferrucci	64%	60%	63%	60%	61%	57%	59%
LI-Carducci	57%	52%	50%	50%	50%	45%	45%
MS-Marina Vecchia	60%	58%	63%	57%	58%	57%	55%
PI-Borghetto	62%	64%	65%	64%	61%	57%	61%
% $PM_{2,5}/PM_{10}$							
	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Media % complessiva	62%	61%	63%	60%	59%	57%	56%
Media % fondo	64%	62%	64%	61%	61%	60%	58%
Media % traffico	59%	58%	60%	58%	56%	52%	54%

$PM_{2,5}$

Come mostrano i dati in tabella negli ultimi anni le % di PM_{2,5} nel PM₁₀ sono tendenzialmente diminuite, suggerendo la diminuzione del contributo della componente secondaria delle polveri PM₁₀. La Direttiva (UE) 2024/288, attualmente non ancora recepita in Italia, indica nuovi limiti da rispettare entro il 2030. Per il PM_{2,5} il valore da rispettare per la media annuale sarà di 10 µg/m³ e per la media giornaliera saranno al massimo 18 superamenti della media di 25 µg/m³. La tabella mostra che in circa tre quarti delle stazioni di RRQA, negli ultimi due anni i valori medi sono stati superiori a 10 µg/m³ e in circa due terzi i valori giornalieri superiori al limite sono stati in eccesso. Questa panoramica è nettamente differente rispetto al rispetto degli attuali limiti che per il PM_{2,5} sono costantemente rispettati in tutto il territorio regionale.

4.2.4. Confronto indicatori PM_{2,5} con limiti della Direttiva (UE) 2024/2881 da rispettare entro il 2030.

Tabella 4.2.5.1. Medie annuali anni 2023 e 2024

					Confronto con Limite Dir (UE) 2881/24		
					Media annuale 10 µg/m ³		
PM _{2,5}							
Zona	Provincia e Comune		Nome e tipo stazione		Medie 2023	Medie 2024	
Agglomerato Firenze	FI	Firenze	U	F	FI-Bassi	11	11
	FI	Firenze	U	T	FI-Gramsci	14	14
Zona Prato Pistoia	PO	Prato	U	F	PO-Roma	16	15
	PO	Prato	U	T	PO-Ferrucci	12	13
	PT	Montale	S	F	PT-Montale	17	16
Zona Valdarno aretino e Valdichiana	AR	Arezzo	U	F	AR-Acropoli	13	13
Zona costiera	GR	Grosseto	U	F	GR-URSS	9	10
	LI	Livorno	U	F	LI-Cappiello	8	8
	LI	Livorno	U	T	LI-Carducci	10	10
	MS	Massa	U	T	MS-Marina Vecchia	12	12
	LU	Viareggio	U	F	LU-Viareggio	13	13
Zona Valdarno pisano e Piana lucchese	LU	Capannori	U	F	LU-Capannori	18	19
	PI	Pisa	U	F	PI-Passi	12	12
	PI	Pisa	U	T	PI-Borghetto	13	14
Zona collinare e montana	SI	Poggibonsi	U	F	SI-Poggibonsi	11	11
	AR	Chitignano	R	F	AR-Casa Stabbi	-	5
					12/15 non ok	12/16 non ok	

Tabella 4.2.5.2. Medie giornaliere anni 2023 e 2024.

					Confronto con Limite Dir (UE) 2881/24		
					PM2,5	N° superamenti della media giornaliera di 25 (LIMITE 18)	
Zona	Provincia e Comune		Nome e tipo stazione		N° sup, 2023	N° sup, 2024	
Agglomerato Firenze	FI	Firenze	U	F	FI-Bassi	16	18
	FI	Firenze	U	T	FI-Gramsci	30	31
Zona Prato Pistoia	PQ	Prato	U	F	PO-Roma	51	46
	PQ	Prato	U	T	PQ-Ferrucci	26	40
	PT	Montale	S	F	PT-Montale	57	65
Zona Valdarno aretino e Valdichiana	AR	Arezzo	U	F	AR-Acropolis	35	34
Zona costiera	GR	Grosseto	U	F	GR-URSS	0	6
	LI	Livorno	U	F	LI-Cappiello	0	2
	LI	Livorno	U	T	LI-Carducci	4	3
	MS	Massa	U	T	MS-Marina Vecchia	15	19
	LU	Viareggio	U	F	LU-Viareggio	27	37
Zona Valdarno pisano e Piana lucchese	LU	Capannori	U	F	LU-Capannori	79	89
	PI	Pisa	U	F	PI-Passi	22	28
	PI	Pisa	U	T	PI-Borghetto	22	29
Zona collinare e montana	SI	Poggibonsi	U	F	SI-Poggibonsi	7	7
	AR	Chitignano	R	F	AR-Casa Stabbi	-	4

9/15 non ok

10/16 non ok

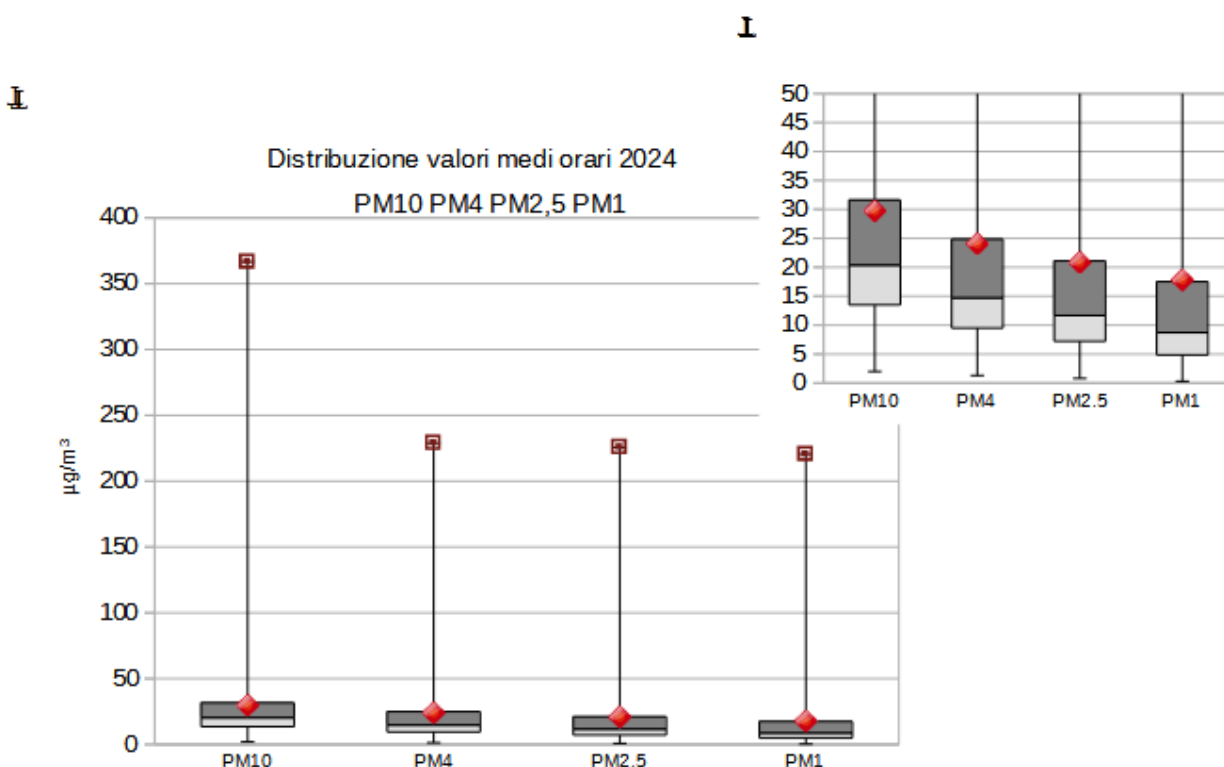
APPROFONDIMENTO: PM₁, PM_{2,5}, PM₄ E PM₁₀ A LU-CAPANNORI

Nel 2024 il monitoraggio del PM presso il sito di LU-Capannori è stato completato con un analizzatore e contatore ottico di particelle (OPC) che restituisce le concentrazioni orarie di PM₁, PM_{2,5}, PM₄ e PM₁₀. L'analisi della distribuzione statistica delle medie orarie delle varie frazioni è riportata di seguito

Tabella 1. Distribuzione statistica dei valori medi orari di PM₁₀, PM_{2,5}, PM₄ e PM₁ registrati nel 2024

	Valori medi orari 2024 (µg/m ³)			
	PM10-OPC	PM4-OPC	PM2.5-OPC	PM1-OPC
Minimo	2	1	1	0
25° percentile	14	10	7	5
50° percentile	20	15	12	9
75° percentile	32	25	21	18
Massimo	367	229	226	221

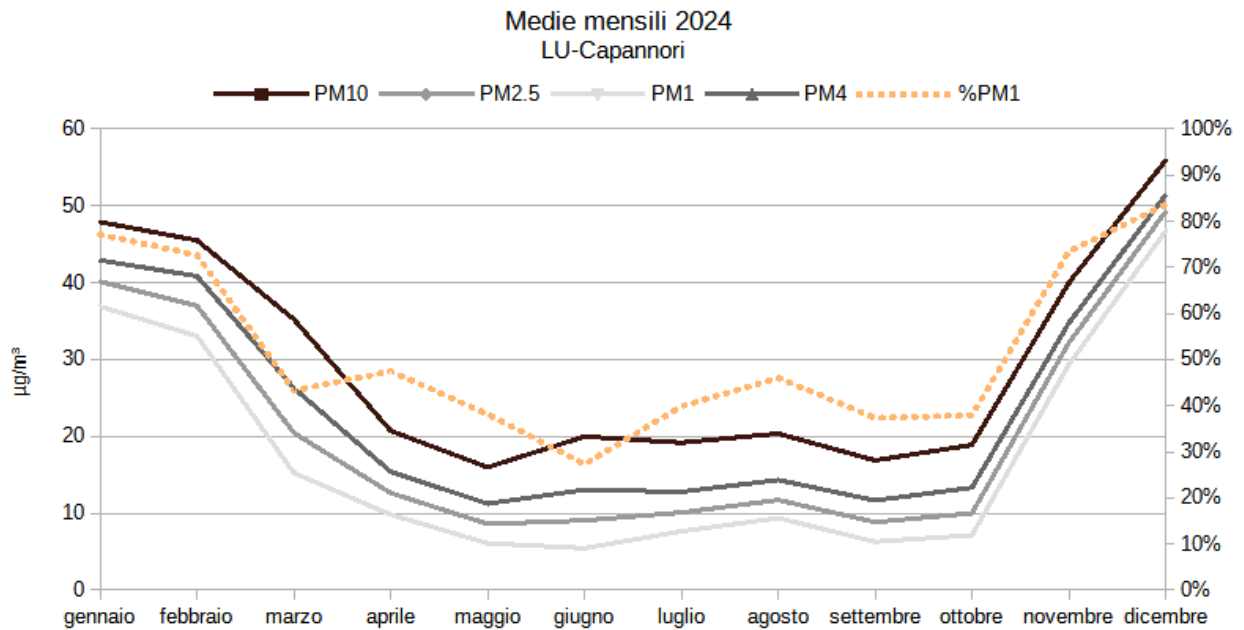
Grafico 1. Distribuzione statistica dei valori medi orari di PM₁₀, PM_{2,5}, PM₄ e PM₁ registrati nel 2024



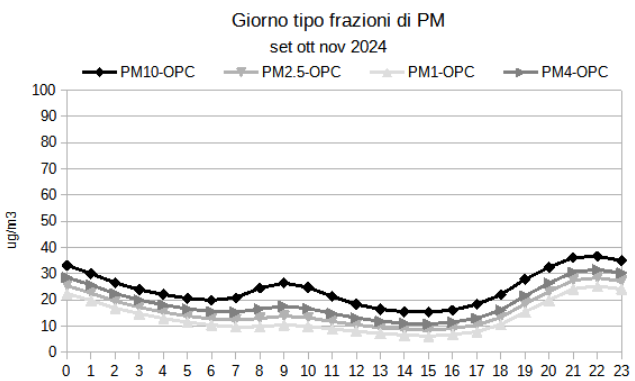
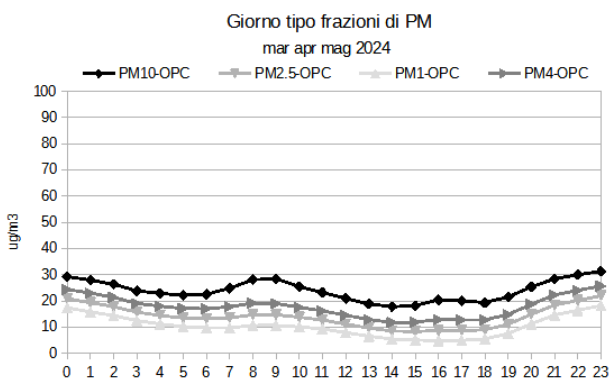
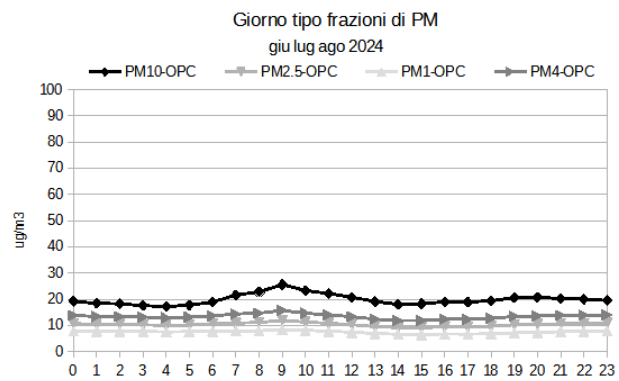
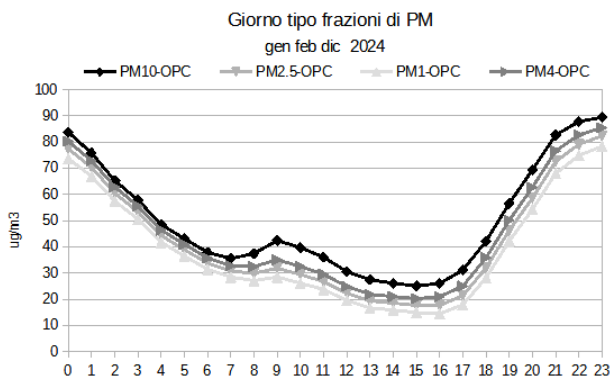
I valori delle 4 frazioni, in particolare le 3 più sottili (PM₄, PM_{2,5} e PM₁) hanno registrato distribuzioni

simili, sia in termini di media, che di mediana, 25° e 75° percentili e massimo orario che differiscono tra loro di pochi $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Per tutte e quattro le frazioni i primi tre quartili coprono un range contenuto mentre l'ampiezza del quarto quartile è molto estesa: nei giorni in cui si registrano elevate concentrazioni di PM_{10} è dunque molto importante la componente delle frazioni più fini.

Grafico 2. Andamento delle medie mensili dei valori medi orari delle frazioni di PM



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 primi due e gli ultimi due mesi dell'anno. Questi sono i mesi in cui le medie delle 4 frazioni sono state più simili tra loro e la percentuale di PM_1 nel PM_{10} è stata superiore al 70% con massimo a dicembre in cui il PM_1 è stato mediamente pari al 84% del PM_{10} .



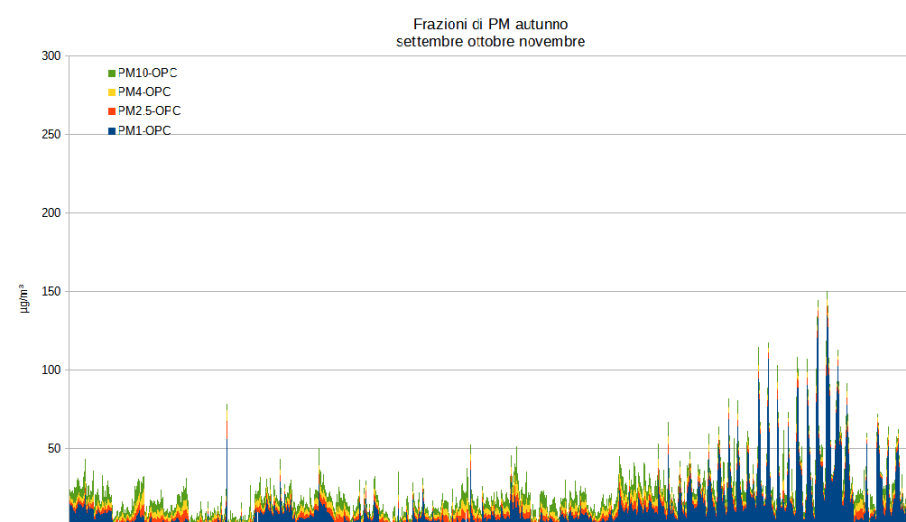
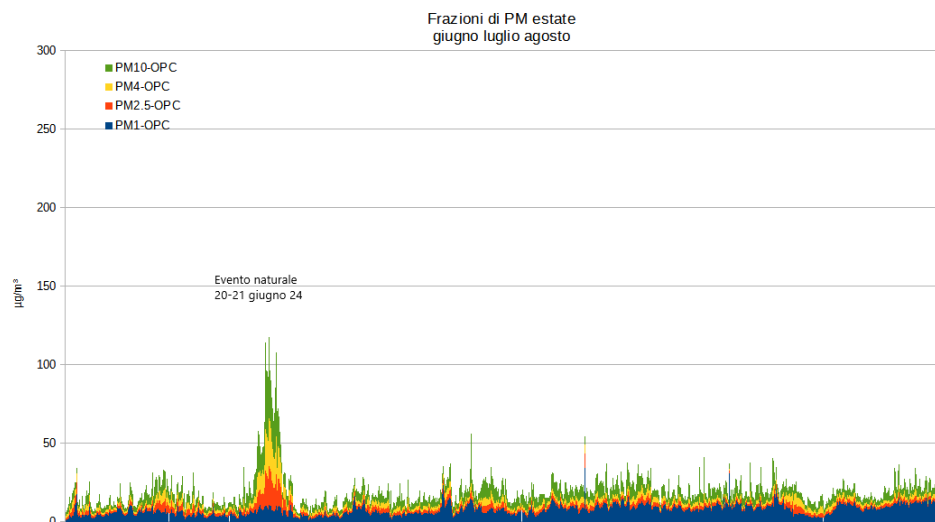
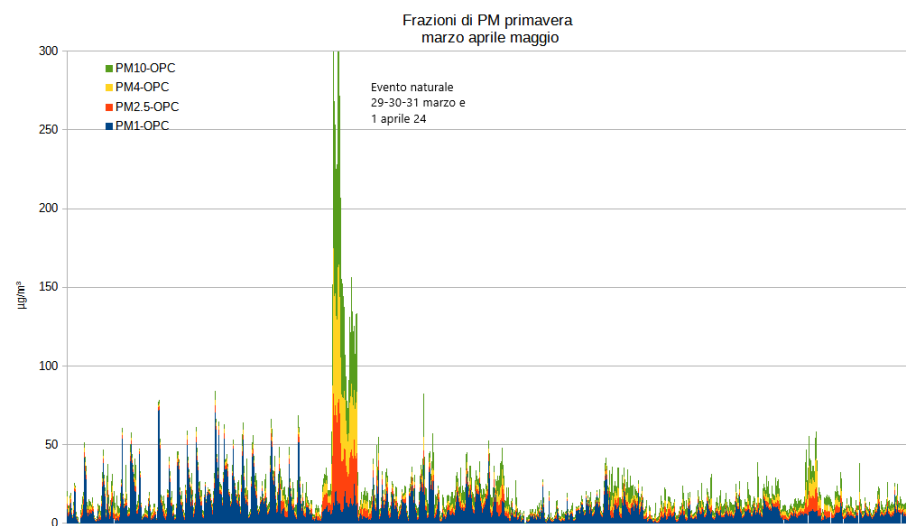
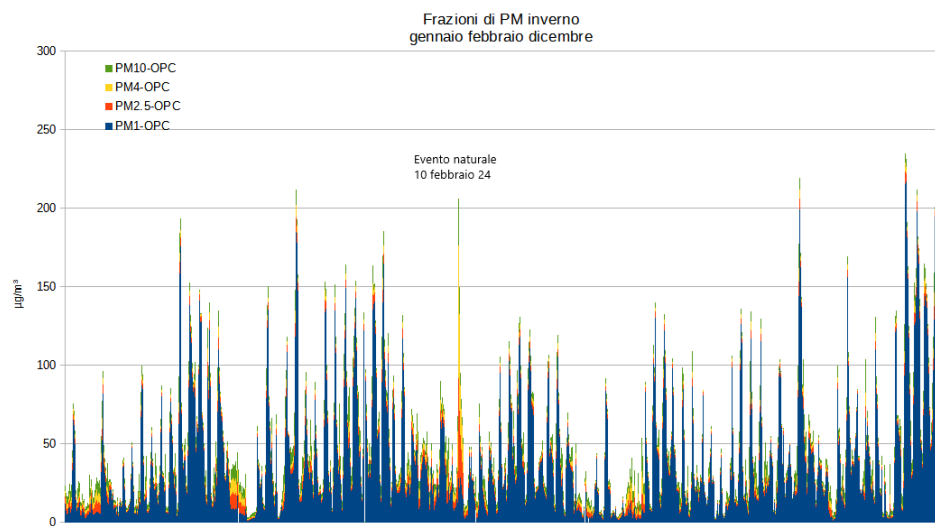
Per la stazione di LU-Capannori sono stati costruiti i grafici “tipo” dell’andamento delle frazioni di PM nelle 24 ore, per ognuna delle quattro stagioni del 2024.

Grafico 3. Andamento stagionale delle concentrazioni di PM nelle ore del giorno per il sito di LU-Capannori

L’inverno è stato calcolato su gennaio febbraio e dicembre e poi le seguenti stagioni di tre mesi in tre mesi. I profili delle frazioni di PM₁₀, PM₄, PM_{2,5} e PM₁ non differiscono sostanzialmente tra loro, ma in inverno la componente delle PM₄, PM_{2,5} e PM₁ nel PM₁₀ è più importante in particolare nelle ore del giorno con media più elevata, inoltre c’è una grande variabilità all’interno delle 24 ore, con valori medi di PM₁₀ che oscillano di un fattore 3 e due picchi giornalieri ben distinti di cui il primo con massimo alle 9.00 di mattina ed il secondo nelle ore notturne che arriva a 90 µg/m³. Nelle altre stagioni la variabilità delle concentrazioni all’interno delle ore del giorno è molto ridotta, con picco notturno praticamente assente in estate.

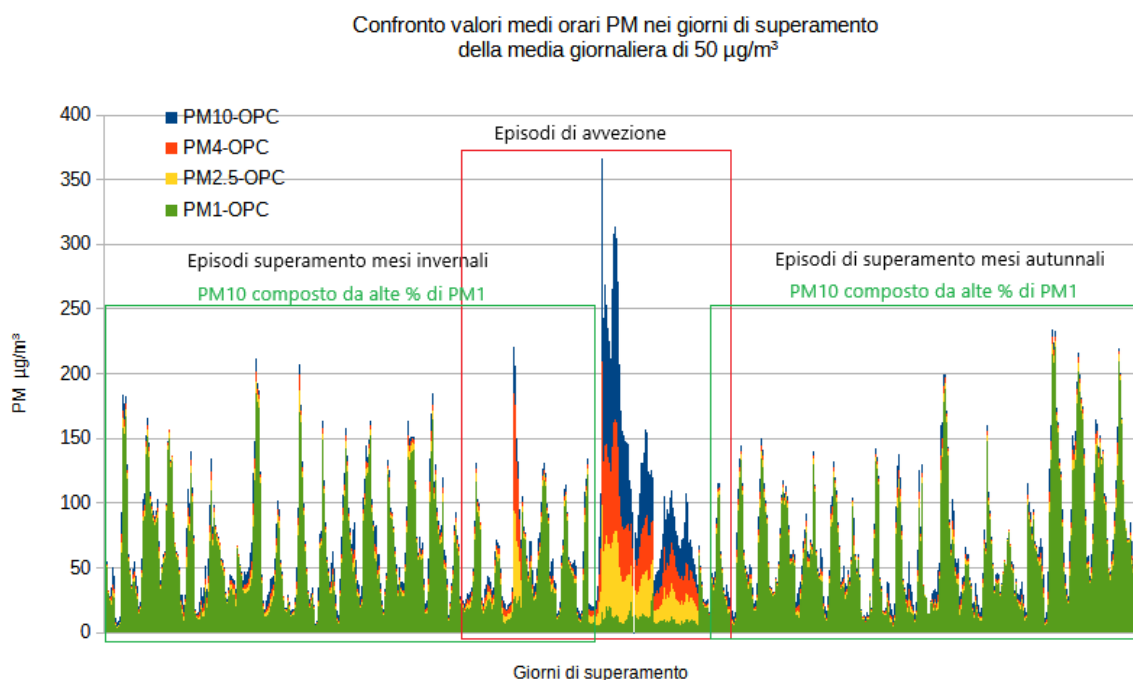
Di seguito, in grafico 4 si riportano gli andamenti delle medie orarie delle frazioni di PM nelle stagioni del 2024. Dal grafico è evidente che nel periodo caratterizzato da riscaldamento domestico a biomassa e abbruciamenti ovvero inverno e ultimo periodo autunnale, il PM registra i valori più elevati ed è composto in percentuali consistenti dalle frazioni sottili. Negli altri periodi dell’anno, difficilmente i valori medi orari superano i 100 µg/m³, ciò avviene soltanto in concomitanza con fenomeni di trasporto di polveri di origine naturale durante i quali il PM è composto principalmente dalle frazioni più grossolane mentre il PM₁ non è sostanzialmente diverso dagli altri giorni del periodo.

Grafico 4. Frazioni di PM registrate durante il 2024: differenze stagionali



Nel seguente grafico è riportata la distribuzione delle 4 frazioni di PM, in tutti i giorni del 2024 in cui è stato registrato un superamento della media giornaliera di $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$, compresi quelli attribuiti a fenomeni di trasporto di polveri da cause naturali. Dal grafico è evidente che nei giorni di superamento la composizione del PM è stata essenzialmente fatta da polveri sottili con il PM_{10} poco inferiore al PM_{10} , eccetto che nei giorni di avvezione in cui la composizione è risultata, come atteso, sostanzialmente diversa.

Grafico 5. Frazioni di PM registrate nei giorni di superamento della media giornaliera di $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ durante il 2024: differenze tra episodi di combustione di biomassa e fenomeni di origine naturale.



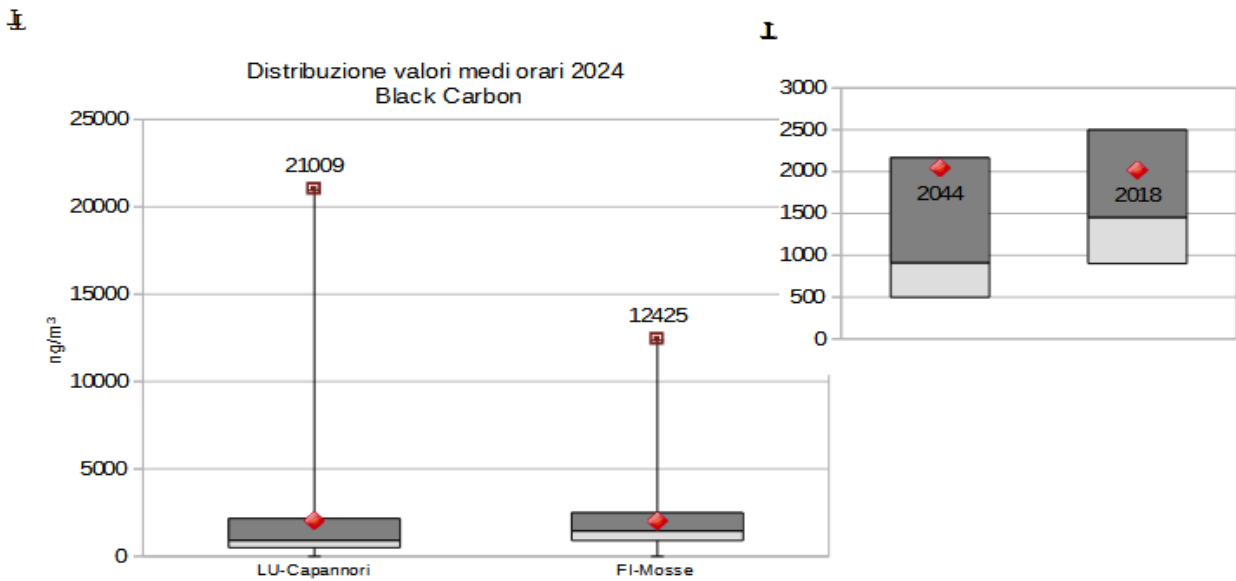
APPROFONDIMENTO: IL BLACK CARBON IN DUE DIVERSE TIPOLOGIE DI SITI DI RRQA: LU-CAPANNORI E FI-MOSSE

Nel 2024 presso il sito di LU-Capannori (hot-spot regionale per il PM₁₀ e caratterizzato da fonti di combustione domestica di biomassa) e presso la stazione di traffico di FI-Mosse, è stato monitorato il Black Carbon (BC) con un analizzatore automatico per la misura oraria delle concentrazioni in aria ambiente di. Questo inquinante primario emesso in aria durante la combustione incompleta di combustibili fossili e della biomassa è indicato dalla nuova direttiva DE 2024/2881 con lo scopo di favorirne la conoscenza. Gli analizzatori in dotazione permettono di stimare anche la frazione di Black Carbon attribuibile alla combustione di biomasse (BB%) e ricavare quindi importanti informazioni sulle fonti. Le medie annuali complessive di Black Carbon registrate nel 2024 sono state per i due siti molto simili e pari a 2044 ng/m³ per la stazione di fondo di LU-Capannori e pari a 2018 ng/m³ per la stazione di traffico di Firenze. Nonostante i valori medi registrati presso le due stazioni siano molto simili, dalle elaborazioni dei dati sono emerse sostanziali differenze tra i due siti nella distribuzione dei valori orari, negli andamenti e nelle percentuali attribuibili al BB.

Tabella 1. Distribuzione statistica dei valori medi orari di BC e di BB% registrati nel 2024

	Valori medi orari Black Carbon (ng/m ³)			
	2024 LU-Capannori (UF)		2024 FI-Mosse (UT)	
	BC ng/m ³	BB%	BC ng/m ³	BB%
Minimo	70	0	75	0
25° percentile	568	8	975	10
50° percentile	982	25	1528	15
75° percentile	2236	55	2573	24
Massimo	21009	100	12425	100
Medio	2044	34	2018	19

Grafico 1. Distribuzione statistica dei valori medi orari di BC registrati nel 2024



In entrambe le stazioni, circa i tre quarti dei valori orari sono compresi tra poche decine di ng/m^3 e il valore medio, con i valori di LU-Capannori inferiori a quelli di FI-Mosse fino al 75° percentile. Il quartile che rappresenta i valori più elevati risulta invece molto più esteso per il sito di LU-Capannori dove ha raggiunto nel 2024 un valore massimo di 21009 ng/m^3 (circa 10 volte il valore medio), quasi il doppio rispetto al valore massimo raggiunto nella stazione di traffico pari a 12425 ng/m^3 (circa 5 volte il valore medio).

Grafico 2. Distribuzione statistica dei valori medi orari di BB% registrati nel 2024

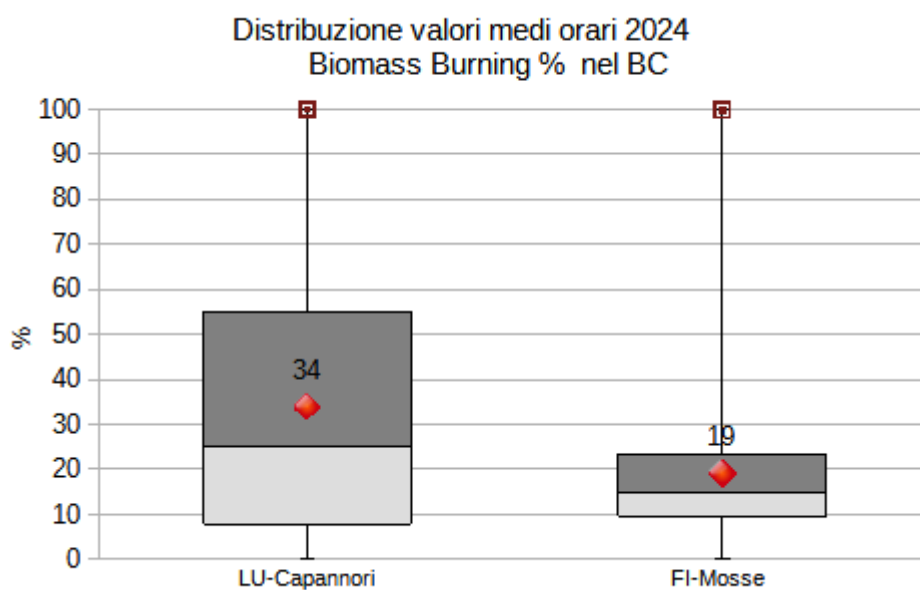


Tabella 2. Distribuzione statistica dei valori medi orari di BB% superiori al 95%

	2024 LU-Capannori (UF)		2024 FI-Mosse (UT)	
BB%	N° ore	% annuale	N° ore	% annuale
>=95%	355	4,2%	4	0,05%
>=98%	255	3,0%	2	0,02%
100%	157	1,9%	1	0,01%

Per quanto riguarda la percentuale di BB, le differenze tra le distribuzioni delle due tipologie di stazioni sono molto accentuate. Nel 2024 il BB% è stato in media rispettivamente il 34% e il 19% del Black Carbon totale. A LU-Capannori, per più del 4% delle di funzionamento la percentuale è stata superiore al 95%, per più del 3% superiore a 98% e per quasi il 2% del tempo pari al 100%, mentre nel sito di FI-Mosse le ore con BB% superiore al 95% rappresentano eventi sporadici ed eccezionali. È stata analizzata la variazione dei valori statistici medi mese per mese, di cui si riportano i risultati.

Grafico 3. Distribuzione statistica dei valori medi orari di BC nei mesi del 2024

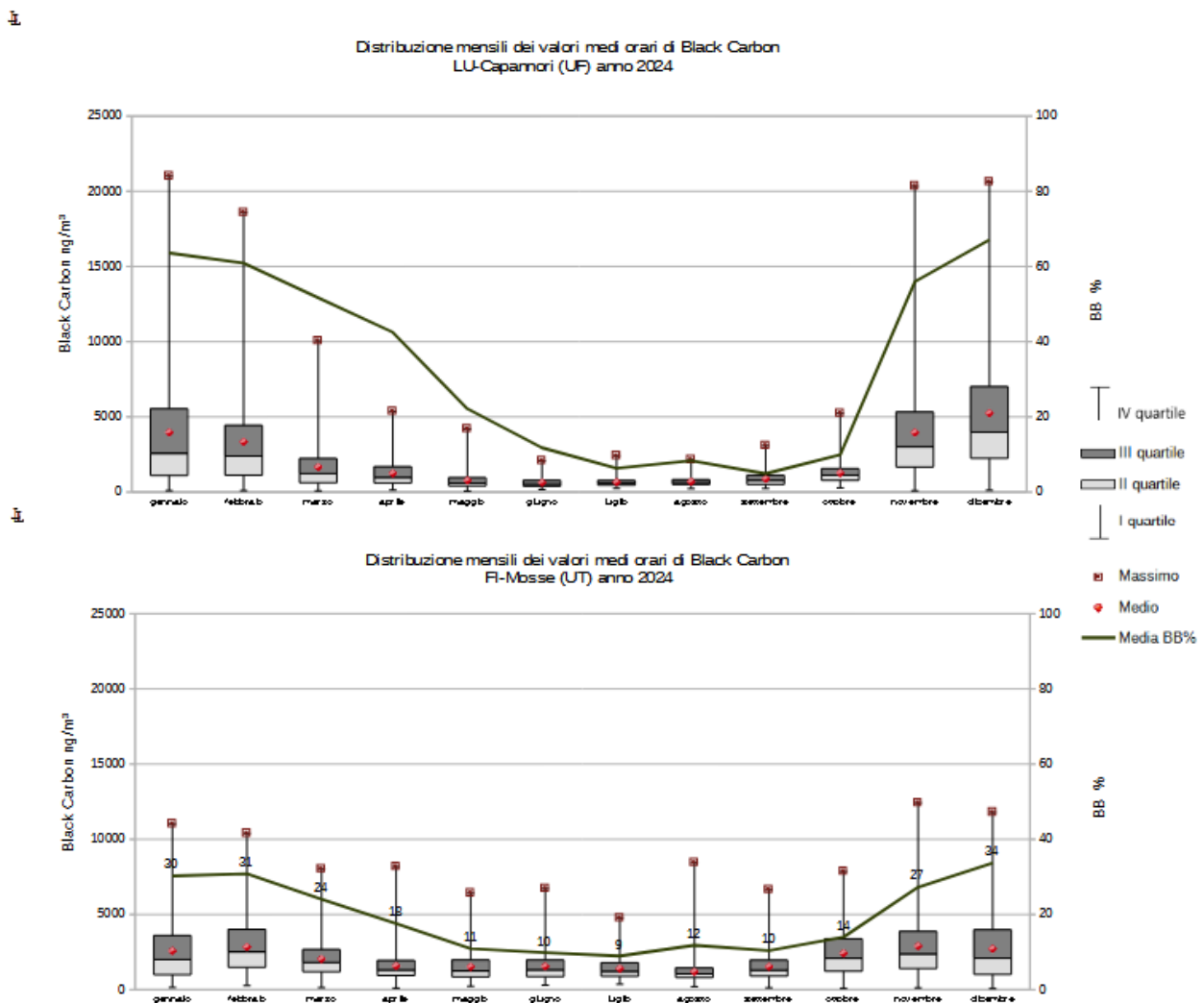
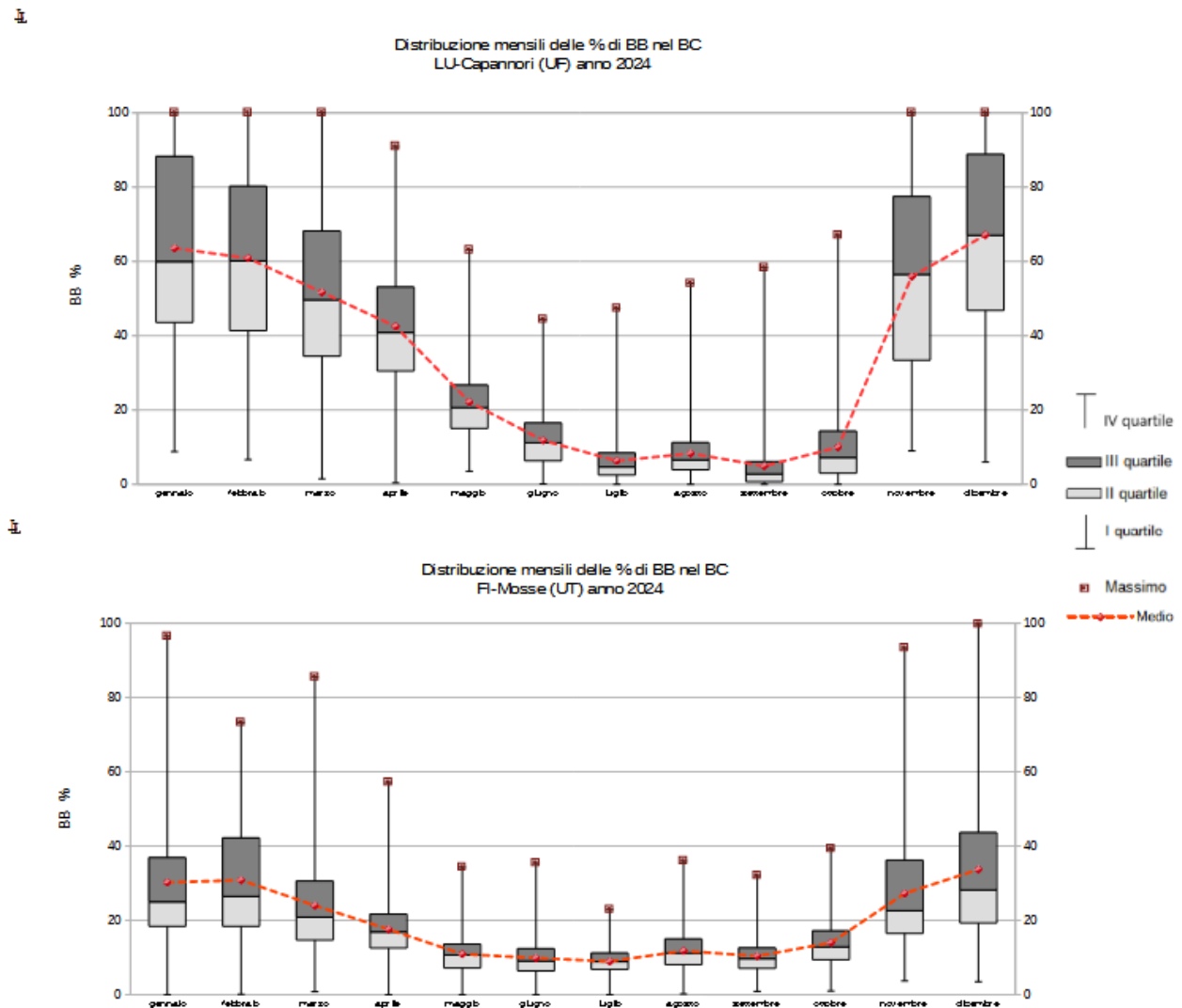


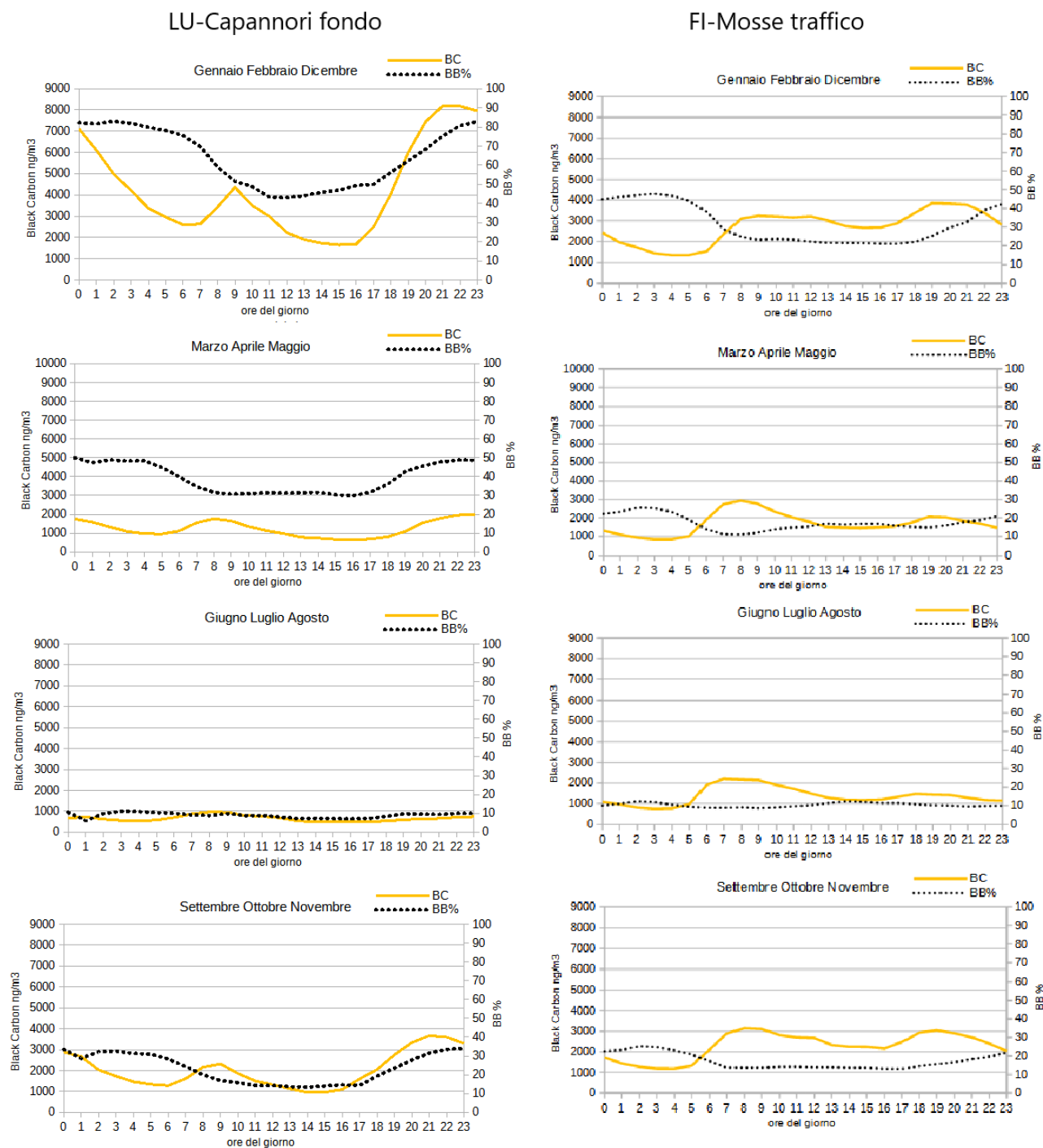
Grafico 4. Distribuzione statistica dei valori medi orari di BB % nei mesi del 2024



I grafici mostrano la grande differenza nelle variazioni mensili delle concentrazioni di BC tra un sito caratterizzato da un ingente contributo di biomass burning al PM ed un sito di traffico. 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 % e nei mesi più freddi in cui il riscaldamento domestico era acceso, sono stati registrati valori medi nettamente superiore al periodo caldo. Nel sito di traffico dell'Agglomerato di Firenze la variabilità è stata nettamente minore e la percentuale attribuibile al BB più omogenea nell'anno.

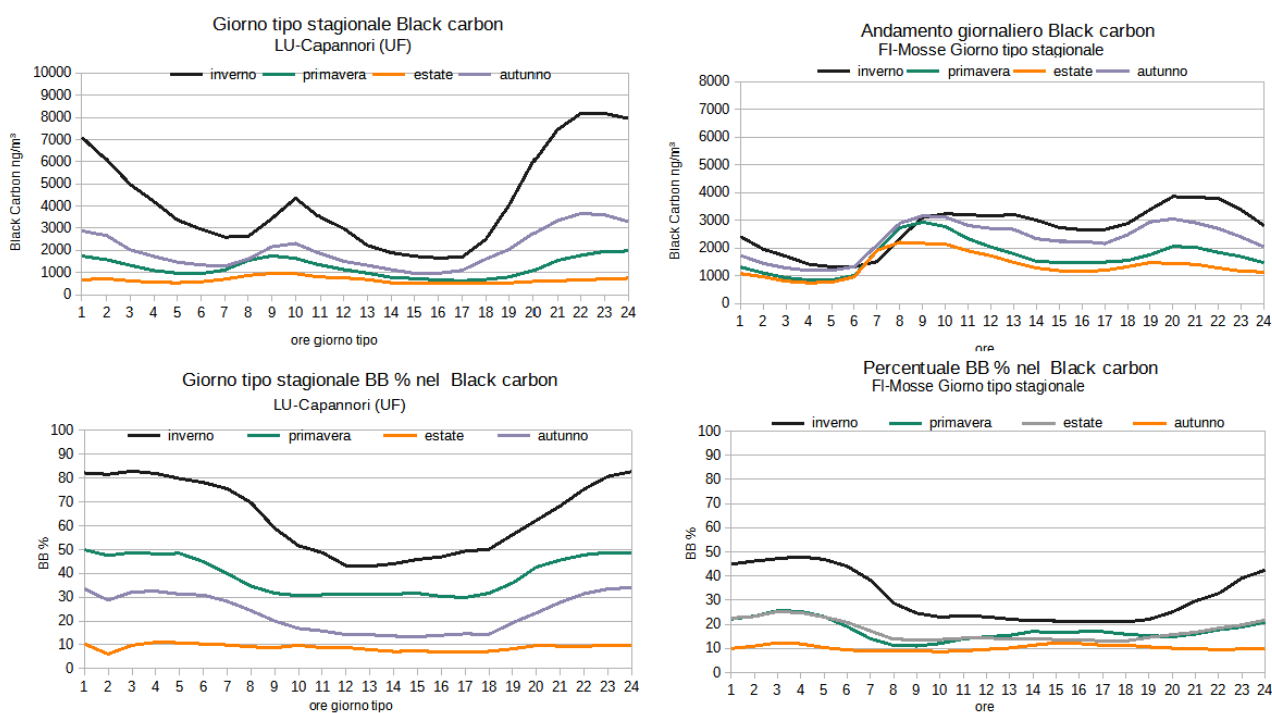
Analizzando il profilo giornaliero dell'andamento delle concentrazioni di BC e di BB% nelle diverse stagioni, emerge netta la differenza tra la tipologia dei contributi.

Grafico 5. Profili del giorno tipo stagionale



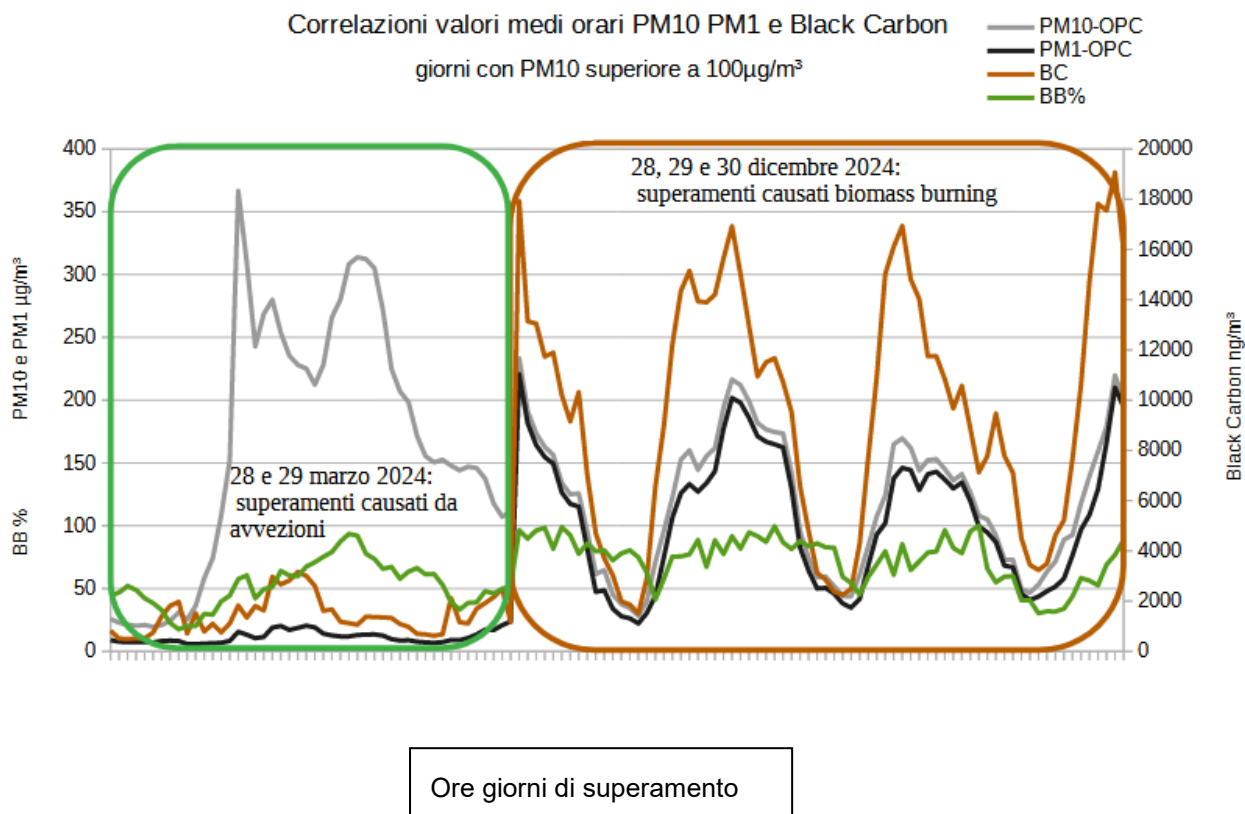
Presso il sito di fondo di LU-Capannori la differenza tra le varie stagioni è molto evidente. Il profilo dell'andamento giornaliero invernale dei valori medi del BC, presenta due picchi molto marcati alle ore 10.00 ed alle ore 22.00 e seguenti, con valori medi nettamente superiori rispetto agli altri periodi. I valori di BB% in inverno nelle ore serali (23-24) e notturne (fino alle 5) si mantengono superiori all'80%, mentre nelle altre stagioni non superano il 50% a primavera, il 35% in autunno ed in estate sono sempre inferiori al 10% con variabilità giornaliera praticamente assente. Per la stazione di traffico la differenza tra i profili del BC è molto meno marcata. Il BB% non supera mai il 50% in inverno, nelle stagioni intermedie non supera il 25% ed in estate è sempre inferiore al 12% con variabilità giornaliera praticamente assente.

Grafico 6. Sovrapposizione dei profili del giorno tipo stagionale



Dal confronto delle analisi dei valori medi orari delle varie frazioni di PM e dei valori medi orari di Black registrati nel sito di LU-Capannori, emergono evidenti analogie sia negli andamenti dei valori medi mensili, sia nelle variabilità stagionale del giorno tipo. La correlazione diventa ancora più marcata nei giorni di elevate concentrazioni di PM invernale in cui gli eventi di superamento sono presumibilmente causati da fenomeni di combustione di biomassa. Si riportano in grafico gli andamenti dei valori medi orari di PM₁₀, PM₁ e BC nei giorni del 2024 in cui sono state registrate le maggiori concentrazioni di PM₁₀ (>100 µg/m³) evidenziando la stretta correlazione tra BC e PM nei giorni invernali.

Grafico 7. Correlazione tra PM e BC nei giorni di massime concentrazioni registrate a LU-Capannori



4.3. Ossidi di azoto: NO₂ e NO_x

Per quanto riguarda il biossido di azoto per il primo anno dall'inizio del monitoraggio di questo parametro, in tutto il territorio sono stati rispettati entrambi i limiti di normativa, compreso il limite relativo alla media annuale di 40 µg/m³. Negli ultimi anni tale limite era stato superato presso la stazione di traffico dell'Agglomerato fiorentino di FI-Gramsci che nel 2024 ha registrato una media pari a 37 µg/m³.

Non si è verificato alcun episodio di superamento della media oraria di 200 µg/m³ rispettando pienamente il limite di 18 superamenti, come avviene già da diversi anni.

Tabella 4.3.1. NO₂ - Anno 2024 - Indicatori relativi alle stazioni di Rete Regionale

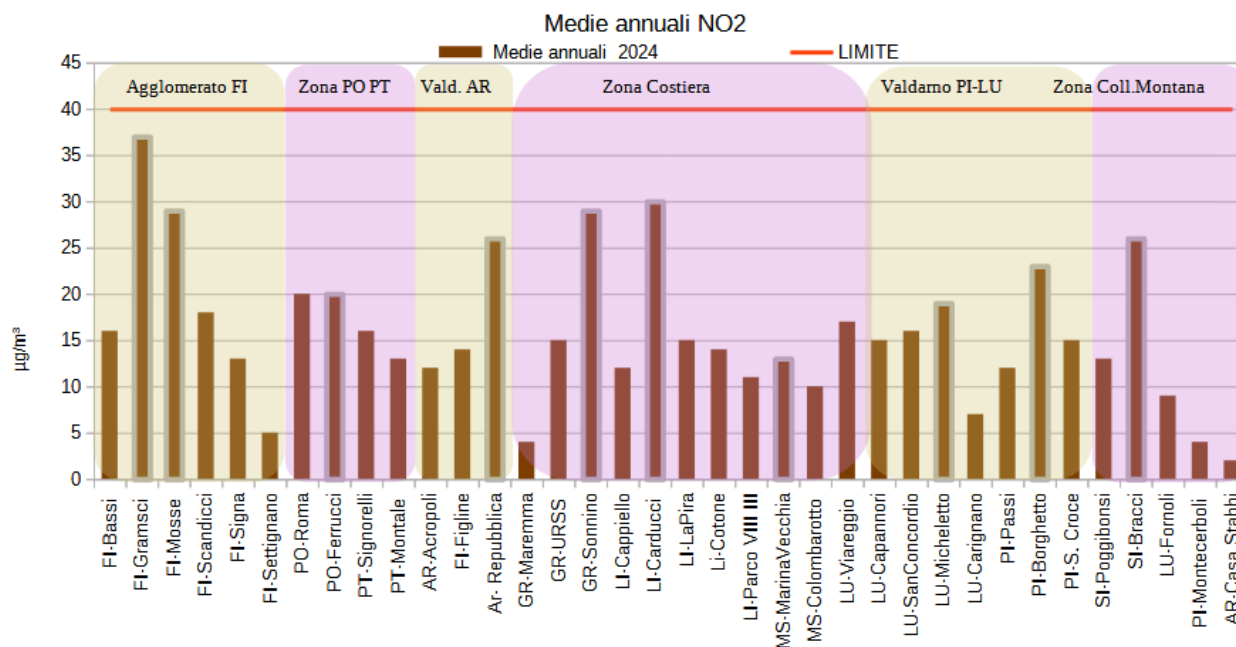
Zona	Classificazione	Provincia e Comune		Nome stazione	Media annuale (µg/m ³)	V.L.	N° medie orarie > 200 µg/m ³	V.L.
Agglomerato di Firenze	UF	FI	Firenze	FI-Bassi	16	40	0	18
	UT	FI	Firenze	FI-Gramsci	37		0	
	UT	FI	Firenze	FI-Mosse	29		0	
	UF	FI	Scandicci	FI-Scandicci	18		0	
	UF	FI	Signa	FI-Signa	13		0	
	SF	FI	Firenze	FI-Settignano	5		0	
Zona Prato Pistoia	UF	PO	Prato	PO-Roma	20		0	
	UT	PO	Prato	PO-Ferrucci	20		0	
	UF	PT	Pistoia	PT-Signorelli	16		0	
	SF	PT	Montale	PT-Montale	13		0	
Zona Valdarno Aretino e Valdichiana	UF	AR	Arezzo	AR-Acropoli	12		0	
	UF	FI	Figline ed Incisa Valdarno	FI-Figline	14		0	
	UT	AR	Arezzo	AR-Repubblica	26		0	
Zona Costiera	RF	GR	Grosseto	GR-Maremma	4	0		
	UF	GR	Grosseto	GR-URSS	15	0		
	UT	GR	Grosseto	GR-Sonnino	29	0		
	UF	LI	Livorno	LI-Cappiello	12	0		
	UT	LI	Livorno	LI-Carducci	30	0		
	UF	LI	Livorno	LI-La Pira	15	0		
	SI	LI	Piombino	LI-Cotone	14	0		
	UF	LI	Piombino	LI- Parco 8 Marzo	11	0		
	UT	MS	Massa	MS-Marina Vecchia	13	0		
	UF	MS	Carrara	MS-Colombarotto	10	0		
Zona Valdarno Pisano e Piana Lucchese	UF	LU	Viareggio	LU-Viareggio	17	0		
	UF	LU	Capannori	LU-Capannori	15	0		
	UF	LU	Lucca	LU-San Concordio	16	0		
	UT	LU	Lucca	LU-Micheletto	19	0		
	RF	LU	Lucca	LU-Carignano	7	0		
UF	PI	Pisa	PI-Passi	12	0			

Zona	Classificazione	Provincia e Comune		Nome stazione	Media annuale ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	V.L.	N° medie orarie > 200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	V.L.
	UT	PI	Pisa	PI-Borghetto	23		0	
	SF	PI	Santa Croce sull'Arno	PI-Santa Croce	15		0	
Zona Collinare e Montana	SF	PI	Pomarance	PI-Montecerboli	4		0	
	R reg F	AR	Chitignano	AR-Casa Stabbi	2		0	
	UF	SI	Poggibonsi	SI-Poggibonsi	13		0	
	UT	SI	Siena	SI-Bracci	26		0	
	UF	LU	Bagni di Lucca	LU-Fornoli	9		0	
Media annuale regionale complessiva ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)							16	
Media annuale di NO₂ stazioni di tipo fondo urbano e periferico ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)							13	
Media annuale di NO₂ stazioni di tipo traffico ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)							25	

Per questo inquinante, 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 pari a $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$, circa il doppio della media calcolata sulle stazioni di fondo urbano e suburbano.

4.3.1. Medie annuali di NO₂ Anno 2024

Grafico 4.3.1. Biossido di azoto - Anno 2024 - Medie annuali NO₂



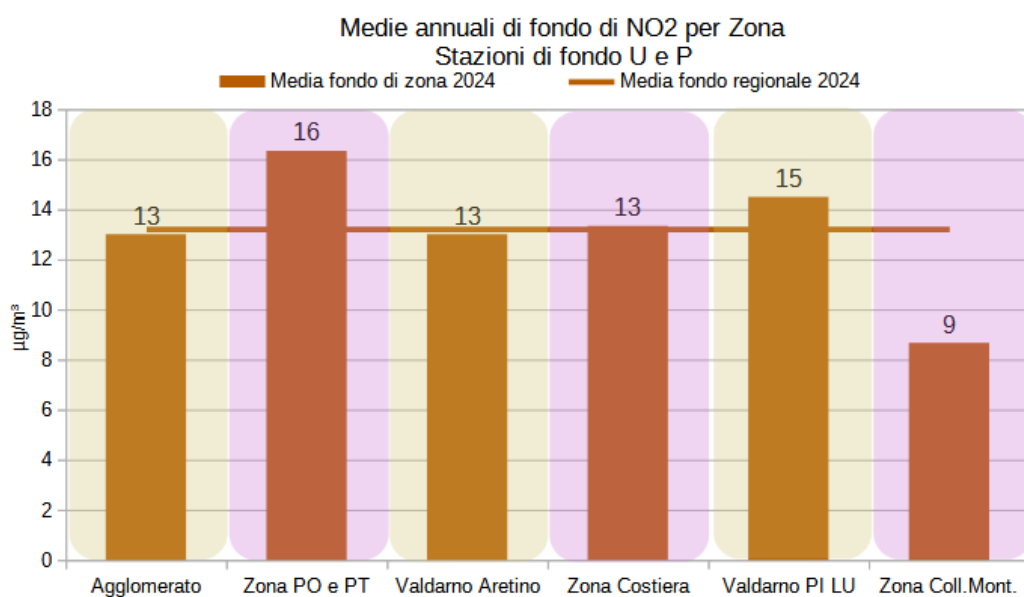
Sono state calcolate le medie delle stazioni di fondo Zona per Zona, e la media regionale, escludendo i siti rurali, ottenendo la seguente panoramica:

- la Zona caratterizzata da concentrazioni medie annuali di NO₂ più elevata è la Zona di PO e PT con media pari a $16 \mu\text{g}/\text{m}^3$; segue il Valdarno pisano e Piana lucchese con media pari a $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$;

- nell'Agglomerato di Firenze, nella Zona del Valdarno aretino e nella Zona Costiera le medie del fondo sono state pari alla media complessiva regionale di 13 $\mu\text{g}/\text{m}^3$;
- la Zona che ha registrato le concentrazioni medie di fondo minori è la Zona Collinare e Montana con media pari a 9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

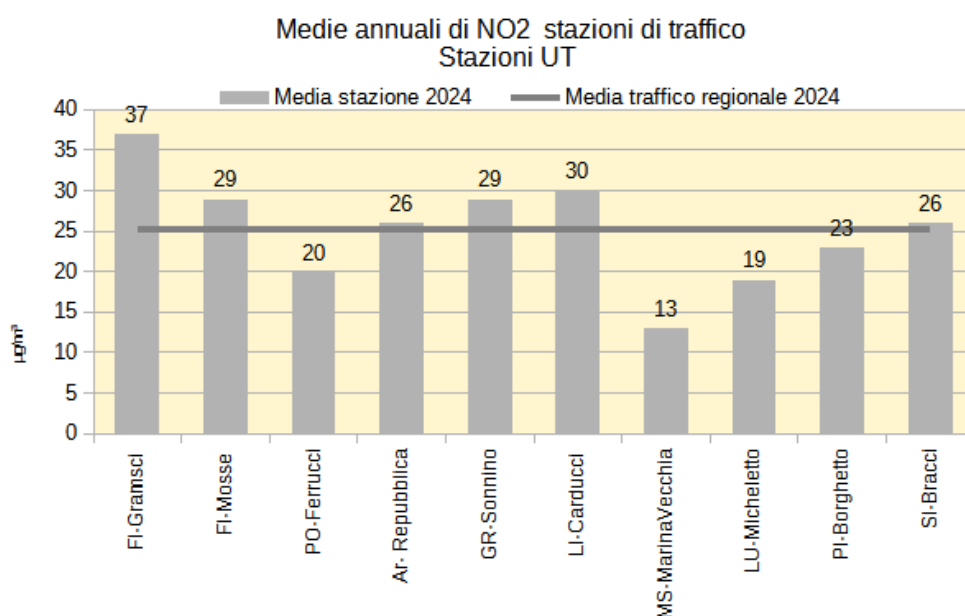
I siti rurali di LU-Carignano, GR-Maremma e AR-Casa Stabbi hanno registrato medie molto contenute e nettamente più basse delle altre stazioni delle rispettive Zone.

Grafico 4.3.2. NO₂ – Anno 2024 - Medie annuali per Zona di NO₂ - Stazioni di fondo



Per quanto riguarda le stazioni di traffico, i valori medi annuali di biossido di azoto si mantengono negli anni nettamente superiori al fondo. Nel panorama regionale si distingue per i valori più elevati la stazione di FI-Gramsci.

Grafico 4.3.3. NO₂ – Anno 2024 - Medie annuali di NO₂ - Stazioni di traffico



4.3.2. Andamento medie annuali di Biossido di Azoto

Tabella 4.3.2. NO₂ –Medie annuali - Andamenti 2015-2024 per le stazioni di Rete Regionale

Classificazione e nome stazione		Medie annuali in µg/m ³									
		V.L. = 40 µg/m ³									
		2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
UF	FI-Bassi	25	23	25	20	21	17	18	18	16	16
UT	FI-Gramsci	63	65	64	60	56	44	45	45	41	37
UT	FI-Mosse	46	41	42	39	36	28	30	35	31	29
UF	FI-Scandicci	30	28	28	26	26	20	20	20	18	18
UF	FI-Signa	24	21	21	19	19	15	14	14	13	13
SF	FI-Settignano	10	9	10	8	7	6	6	6	5	5
UF	PO-Roma	32	31	33	30	29	24	23	26	20	20
UT	PO-Ferrucci	32	31	32	27	28	25	22	23	21	20
UF	PT-Signorelli	25	24	24	22	22	18	18	17	15	16
SF	PT-Montale	20	19	20	18	18	15	14	15	13	13
UF	AR-Acropoli	18	18	16	15	15	13	12	14	11	12
UF	FI-Figline	-	-	*	20	18	15	16	15	14	14
UT	Ar- Repubblica	40	35	39	36	31	28	27	27	26	26
RF	GR-Maremma	3	3	3	3	3	3	3	3	3	4
UF	GR-URSS	16	16	16	16	17	13	14	13	12	15
UT	GR-Sonnino	-	37	39	37	35	29	30	30	29	29
UF	LI-Cappiello	19	16	16	14	16	15	13	13	12	12
UT	LI-Carducci	40	33	36	39	*	33	34	35	32	30
UF	LI-La Pira	23	21	22	17	19	16	16	17	16	15
SI	Li-Cotone	17	15	15	15	14	11	12	12	12	14
UF	LI-Parco VIII Ill	15	14	14	12	12	12	12	12	11	11
UT	MS-Marina Vecchia	*	21	17	19	18	17	17	16	14	13
UF	MS-Colombarotto	21	18	21	15	14	13	13	12	11	10
UF	LU-Viareggio	31	28	28	24	24	20	20	21	18	17
UF	LU-Capannori	29	26	25	23	22	18	18	18	15	15
UF	LU-San Concordio	*	26	26	25	24	18	18	19	17	16
UT	LU-Micheletto	33	28	28	25	27	21	22	21	19	19
RF	LU-Carignano	12	10	11	10	9	9	8	8	7	7
UF	PI-Passi	21	19	19	17	18	14	13	15	13	12
UT	PI-Borghetto	37	36	36	32	33	27	27	27	24	23
SF	PI-Santa Croce	25	25	25	23	22	18	18	19	16	15
UF	SI-Poggibonsi	18	17	19	17	17	14	13	13	13	13
UT	SI-Bracci	39	37	42	36	34	27	28	28	26	26
UF	LU-Fornoli	13	13	14	12	12	10	11	11	10	9
SF	PI-Montecerboli	9	5	4	4	5	4	4	4	3	4
R re	AR-Casa Stabbi	2	2	2	2	2	2	2	1	2	2

* efficienza minore del 90%
-parametro non attivo

Grafico 4.3.5a. Biossido di azoto –Medie annuali - Andamenti 2015-2024 per le stazioni di Rete Regionale

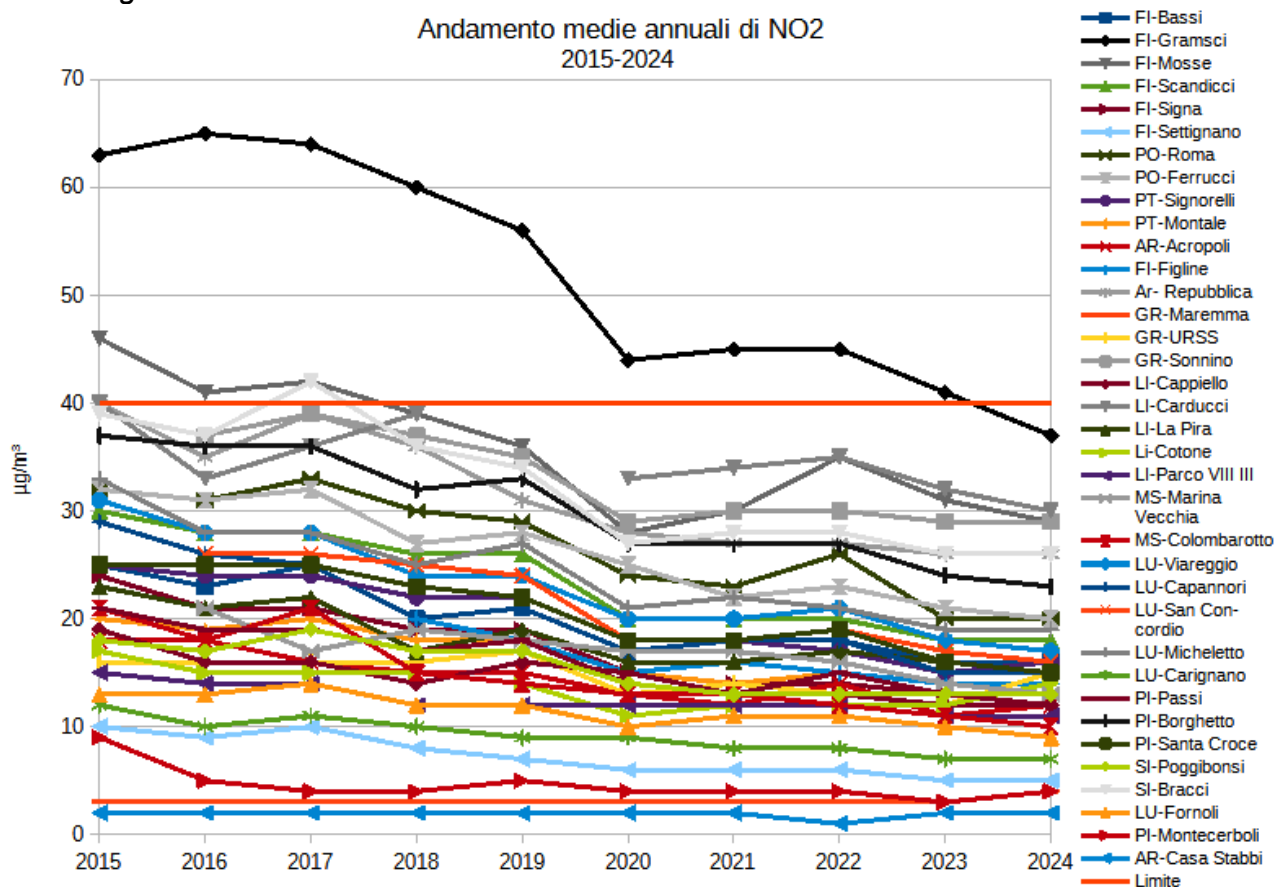


Grafico 4.3.5b. Biossido di azoto – Andamenti 2015-2024 per le stazioni di traffico di Rete Regionale

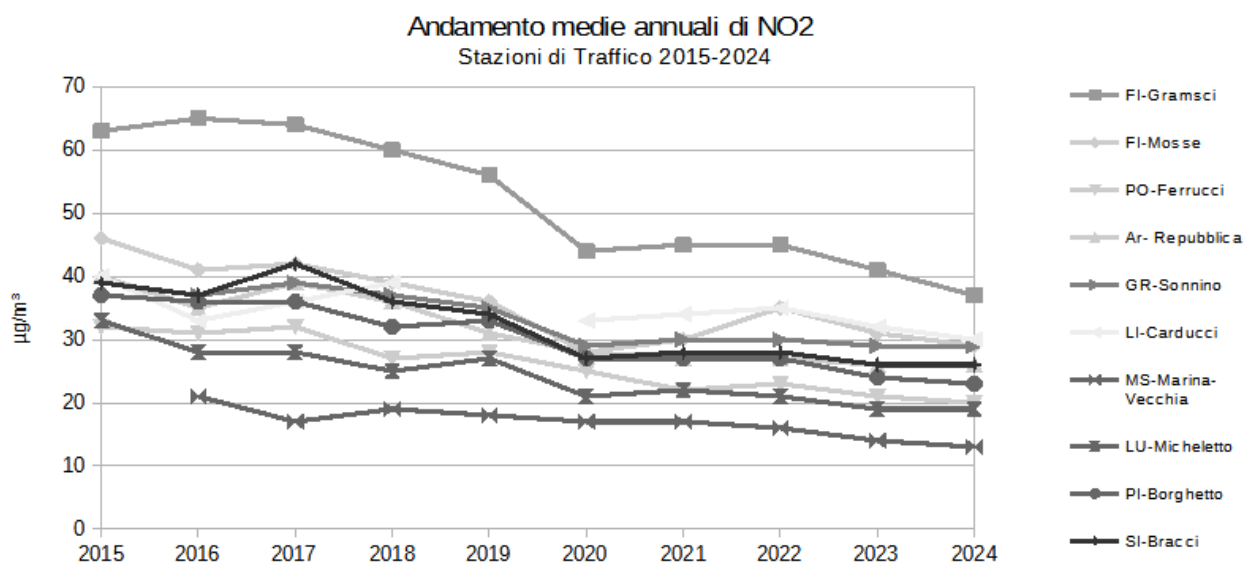


Grafico 4.3.5c. Biossido di azoto – Andamenti 2015-2024 per le stazioni di fondo dell'Agglomerato di Firenze

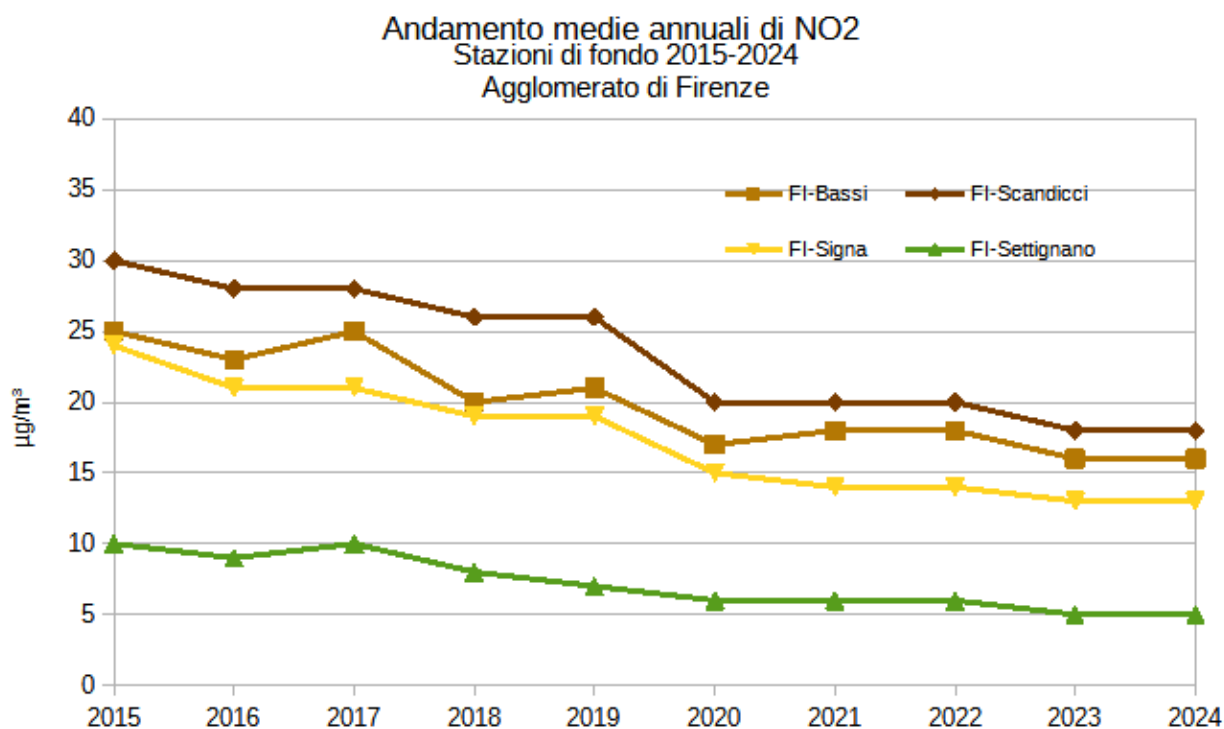


Grafico 4.3.5d. Biossido di azoto – Andamenti 2015-2024 per le stazioni di fondo della Zona di Prato e Pistoia

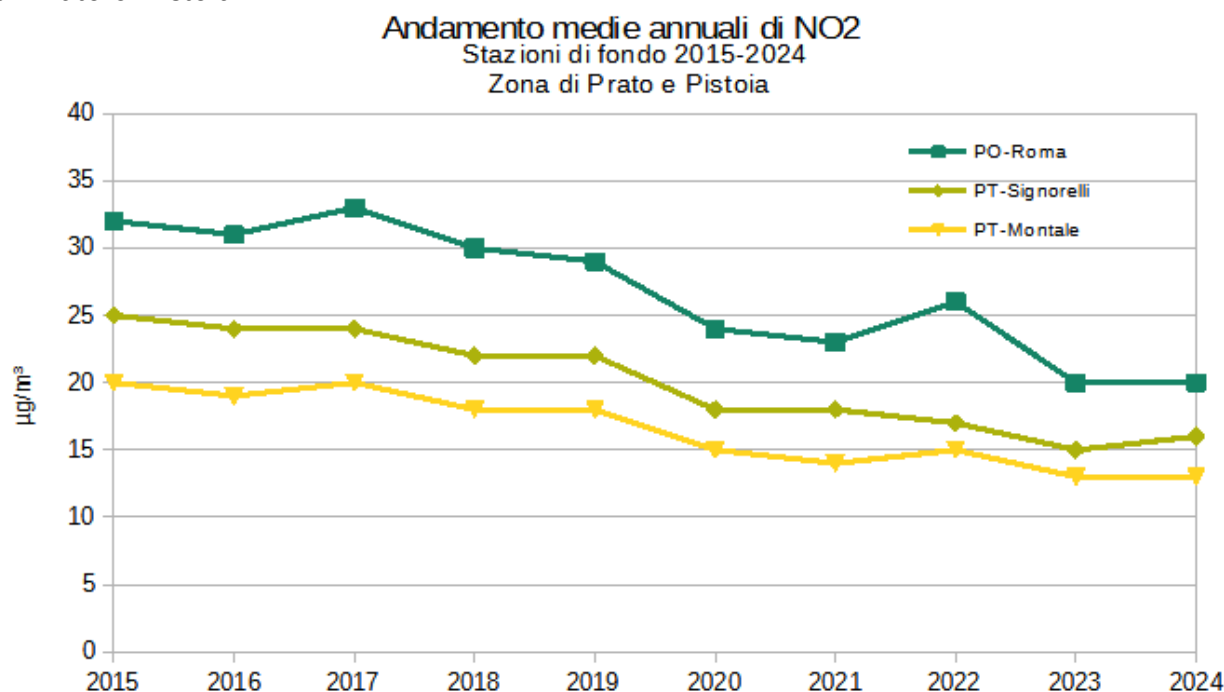


Grafico 4.3.5e. Biossido di azoto – Andamenti 2015-2024 per le stazioni di fondo della Zona del Valdarno aretino e Valdichiana

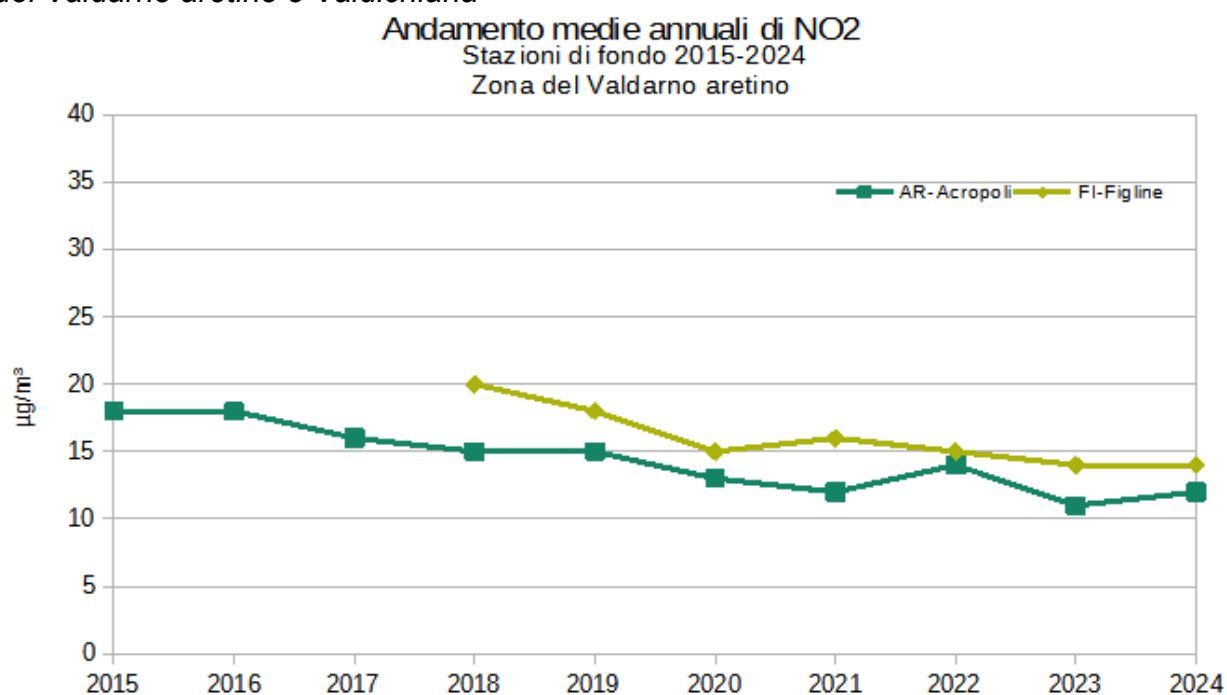


Grafico 4.3.5f. Biossido di azoto – Andamenti 2015-2024 per le stazioni di fondo della Zona Costiera

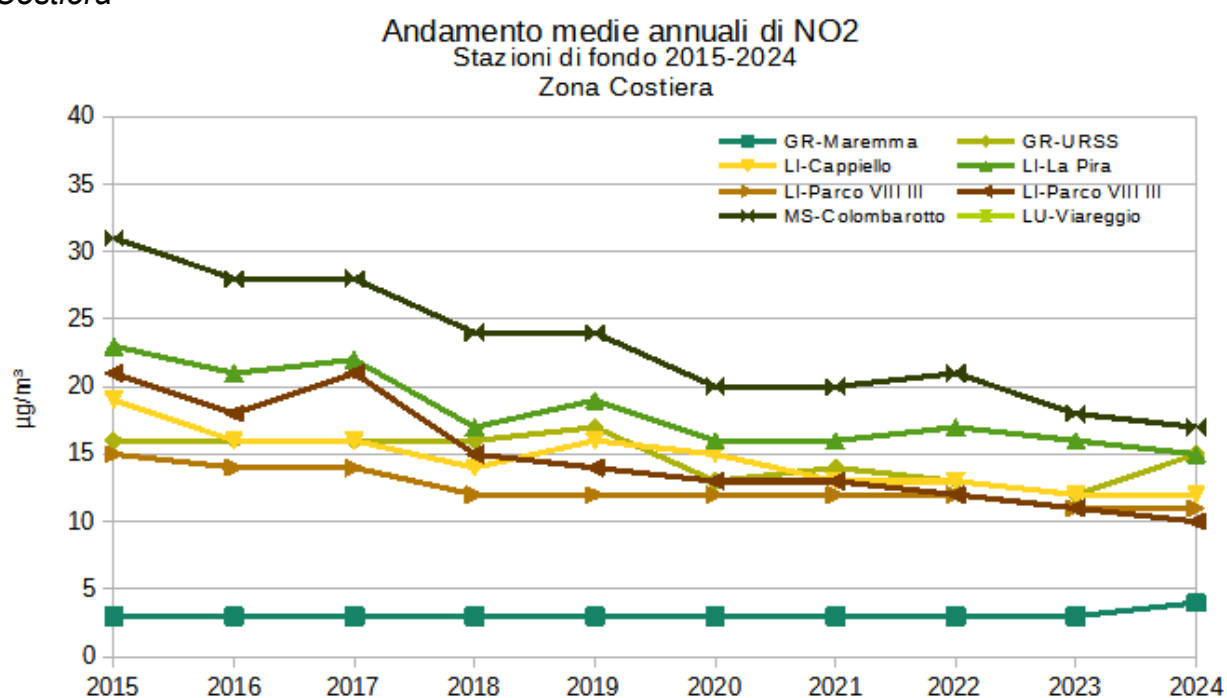


Grafico 4.3.5g. Biossido di azoto – Andamenti 2015-2024 per le stazioni di fondo della Zona del Valdarno pisano e Piana lucchese

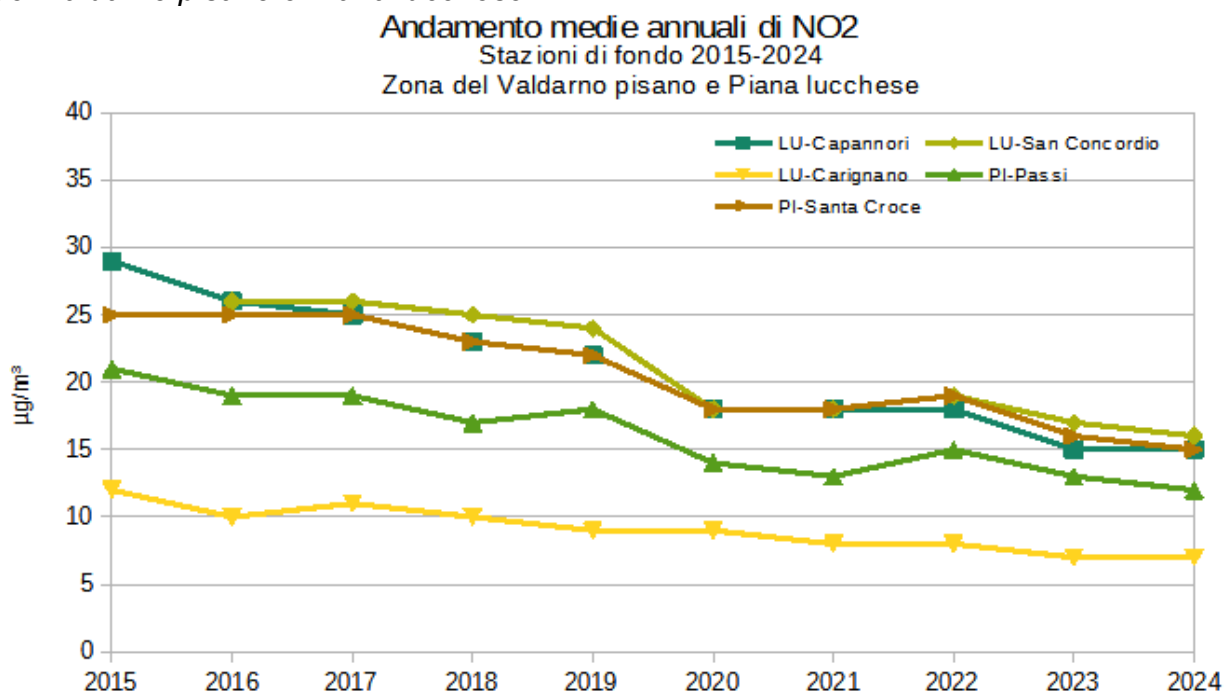
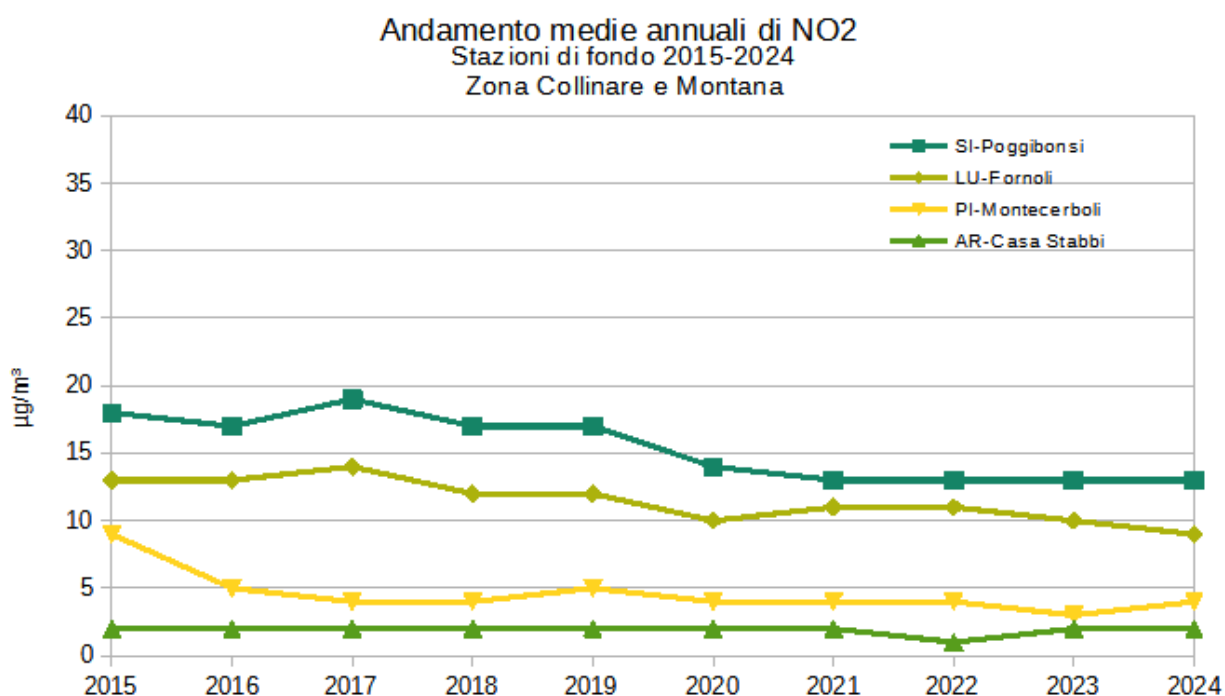


Grafico 4.3.5h. Biossido di azoto – Andamenti 2015-2024 per le stazioni di fondo della Zona Collinare e Montana



Come mostrano chiaramente i dati in tabella e nei grafici, le medie annuali di biossido di azoto degli ultimi anni hanno avuto la tendenza alla diminuzione, sia per le stazioni di traffico che per le fondo. Le stazioni di traffico dell'Agglomerato di Firenze che storicamente hanno registrato i valori più elevati, FI- Gramsci e FI Mosse, hanno registrato dal 2015 al 2024 un calo rispettivamente del 41% e del 37%.

Il numero di stazioni che ha superato il valore limite per la media annuale è diminuito nel corso degli anni e negli ultimi dieci anni il fenomeno ha riguardato soltanto casi isolati (UT) fino al 2024 nel quale il limite è rispettato in tutta la regione.

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

	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
N° stazioni di Fondo	5	2	2	1	1	1	1	1	1	0
N° stazioni di Traffico	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
% del totale	17%	6%	6%	3%	3%	3%	3%	3%	3%	0%

4.3.3. Confronto indicatori NO₂ con limiti della Direttiva (UE) 2024/2881 da rispettare entro il 2030.

Tabella 4.3.4.1. Medie annuali anni 2023 e 2024

Zona	Provincia e Comune	Nome e tipo stazione	Confronto con Limite Dir (UE) 2881/24	
			Media annuale 20 µg/m ³	
			NO ₂	
			Medie 2023	Medie 2024
Agglomerato Firenze	FI Firenze	U F FI-Bassi	16	16
	FI Firenze	U T FI-Gramsci	41	37
	FI Firenze	U T FI-Mosse	31	29
	FI Scandicci	U F FI-Scandicci	18	18
	FI Signa	U F FI-Signa	13	13
	FI Firenze	S F FI-Settignano	5	5
Zona Prato Pistoia	PO Prato	U F PO-Roma	20	20
	PO Prato	U T PO-Ferrucci	21	20
	PT Pistoia	U F PT-Signorelli	15	16
	PT Montale	S F PT-Montale	13	13
Zona Valdarno aretino e Valdichiana	AR Arezzo	U F AR-Acropoli	11	12
	FI Figline	U F FI-Figline	14	14
	AR Arezzo	U T AR-Repubblica	26	26
Zona costiera	GR Grosseto	R F GR-Maremma	3	4
	GR Grosseto	U F GR-URSS	12	15
	GR Grosseto	U T GR-Sonnino	29	29
	LI Livorno	U F LI-Cappiello	12	12
	LI Livorno	U T LI-Carducci	32	30
	LI Livorno	U F LI-Via La Pira	16	15
	LI Piombino	S I LI-Cotone	12	14
	LI Piombino	U F LI-Parco 8 Marzo	11	11
	MS Carrara	U F MS-Colombarotto	11	10
	MS Massa	U T MS-Marina vecchia	14	13
Zona Valdarno pisano e Piana lucchese	LU Viareggio	U F LU-Viareggio	18	17
	LU Capannori	U F LU-Capannori	15	15
	LU Lucca	U F LU-San Concordio	17	16
	LU Lucca	U T LU-Micheletto	19	19
	LU Lucca	R F LU-Carignano	7	7
	PI Pisa	U F PI-Passi	13	12
	PI Pisa	U T PI-Borghetto	24	23
Zona collinare e montana	PI S.Croce sull'Arno	S F/ I PI-Santa Croce	16	15
	PI Pomarance	S F/ I PI-Montecerboli	3	4
	AR Chitignano	R F AR-Casa Stabbi	2	2
	SI Poggibonsi	U F SI-Poggibonsi	13	13
	SI Siena	U T SI-Bracci	26	26
LU Bagni di Lucca	U F LU-Fomoli	10	9	

La Direttiva (UE) 2024/288, attualmente non ancora recepita in Italia, indica nuovi limiti da rispettare entro il 2030. Per il NO₂ il valore da rispettare per la media annuale sarà di 20 µg/m³, valore attualmente superato in circa il 20% delle stazioni, Le criticità coinvolgono esclusivamente le stazioni di traffico di cui il 70% eccede il limite.

Tabella 4.3.4.2. Medie giornaliere anni 2023 e 2024

					Confronto con Limite Dir (UE) 2881/24		
					18 superi media giornaliera di 50 µg/m ³		
					Superi 2023	Superi 2024	
Agglomerato Firenze	FI	Firenze	U	F	FI-Bassi	0	0
	FI	Firenze	U	T	FI-Gramsci	57	31
	FI	Firenze	U	T	FI-Mosse	9	1
	FI	Scandicci	U	F	FI-Scandicci	0	0
	FI	Signa	U	F	FI-Signa	0	0
	FI	Firenze	S	F	FI-Settignano	0	0
Zona Prato Pistoia	PO	Prato	U	F	PO-Roma	6	8
	PO	Prato	U	T	PO-Ferrucci	7	7
	PT	Pistoia	U	F	PT-Signorelli	0	0
	PT	Montale	S	F	PT-Montale	0	0
Zona Valdarno aretino e Valdichiana	AR	Arezzo	U	F	AR-Acropoli	0	0
	FI	Figline	U	F	FI-Figline	0	0
	AR	Arezzo	U	T	AR-Repubblica	2	0
Zona costiera	GR	Grosseto	R	F	GR-URSS	0	0
	GR	Grosseto	U	F	GR-Sonnino	0	0
	GR	Grosseto	U	T	GR-Maremma	0	0
	LI	Livorno	U	F	LI-Cappiello	0	0
	LI	Livorno	U	T	LI-Carducci	22	14
	LI	Livorno	U	F	LI-LaPira	0	0
	LI	Piombino	S	I	LI-Cotone	0	0
	LI	Piombino	U	F	LI-Parco8Marzo	0	0
	MS	Carrara	U	F	MS-Colombarotto	0	0
	MS	Massa	U	T	MS-MarinaVecchia	0	0
	LU	Viareggio	U	F	LU-Viareggio	0	0
Zona Valdarno pisano e Piana lucchese	LU	Capannori	U	F	LU-Capannori	0	0
	LU	Lucca	U	F	LU-S Concordio	0	0
	LU	Lucca	U	T	LU-Micheletto	0	0
	LU	Lucca	R	F	LU-Carignano	0	0
	PI	Pisa	U	F	PI-Passi	0	0
	PI	Pisa	U	T	PI-Borghetto	6	3
	PI	S.Croce sull'Arno	S	F/I	PI-S.Croce	0	0
Zona collinare e montana	SI	Poggibonsi	S	F/I	SI-Poggibonsi	0	0
	SI	Siena	R	F	SI-Bracci	3	2
	LU	Bagni di Lucca	U	F	LU-Fornoli	0	0
	PI	Pomarance	U	T	PI-Montecerboli	0	0
	AR	Chitignano	U	F	AR-Casa Stabbi	0	0

La nuova DE introdurrà anche un limite sui valori medi giornalieri, pari ad una media di 50 µg/m³ da non superare più di 18 volte. Questo limite, è molto meno restrittivo del limite sulla media annuale, e nel 2024 anni non è stato rispettato soltanto in un sito di RR.

4.4. Ozono

Per questo parametro sussistono criticità diffuse per il rispetto di entrambi i valori obiettivo sia per la protezione della popolazione che per la protezione della vegetazione. Confrontando gli indicatori 2024 con i parametri di riferimento per l'ozono indicati dalla normativa vigente, emerge che anche nel 2024 nel 40% dei siti regionali non è stato rispettato il valore obiettivo per la protezione della popolazione. Il confronto con il VO per la vegetazione è discusso al paragrafo 6.2.

Per quanto riguarda le soglie di attenzione e di allarme, nel 2024 non sono stati registrati episodi di superamento in nessuna stazione di Rete Regionale. Segue valutazione degli indicatori rilevati nel 2024 rispetto alla futura direttiva europea.

4.4.1. Indicatori O₃ Anno 2024

Tabella 4.4.1. O₃ - Anno 2024 - Indicatori relativi alle stazioni di Rete Regionale: valore obiettivo per la protezione della popolazione.

Indicatori Ozono Anno 2024					Valore obiettivo protezione salute umana: 25 superamenti media giornaliera di 8 ore di 120 µg/m ³	
Zona	Class.	Provincia e comune		Stazione	Superi 2024	Media 2022-2023-2024
Agglomerato Firenze	S	FI	Firenze	FI-Settignano	22	26
	U	FI	Signa	FI-Signa	27	33
Zona pianure interne	S	AR	Arezzo	AR-Acropoli	7	4
	S	PT	Montale	PT-Montale	29	34
Zona pianure costiere	R	GR	Grosseto	GR-Maremma	18	19
	S	LU	Lucca	LU-Carignano	23	31
	S	PI	Pisa	PI-Passi	7	7
	S	PI	Santa Croce sull'Arno	PI-Santacroce	5	7
Zona Collinare Montana	RF	AR	Chitignano	AR-Casa Stabbi	7	10
	S	PI	Pomarance	PI-Montecerboli	14	22

Attualmente in Toscana l'Ozono rappresenta il parametro più critico nei confronti del rispetto dalla normativa, nonostante le concentrazioni di ozono registrate negli ultimi anni siano leggermente inferiori ai valori critici di alcuni anni precedenti. Nel 2024 in 2 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 2024 - Indicatori relativi alle stazioni di Rete Regionale – Valore obiettivo per la protezione della popolazione

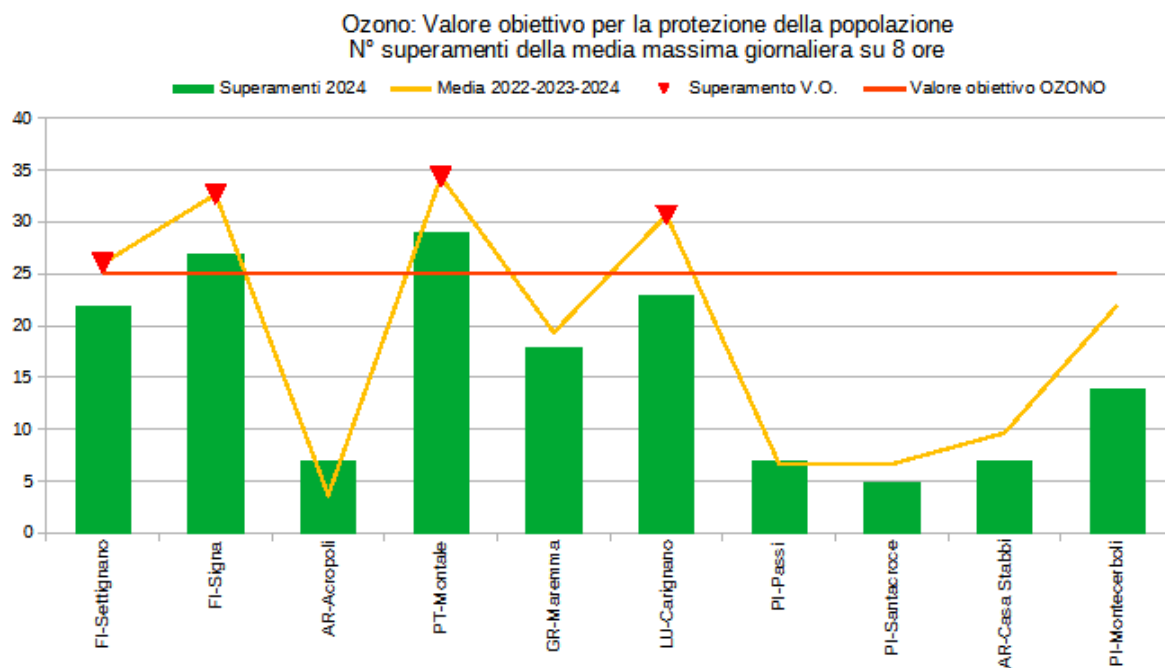


Figura 4.4.1 Valore obiettivo protezione umana anno 2024

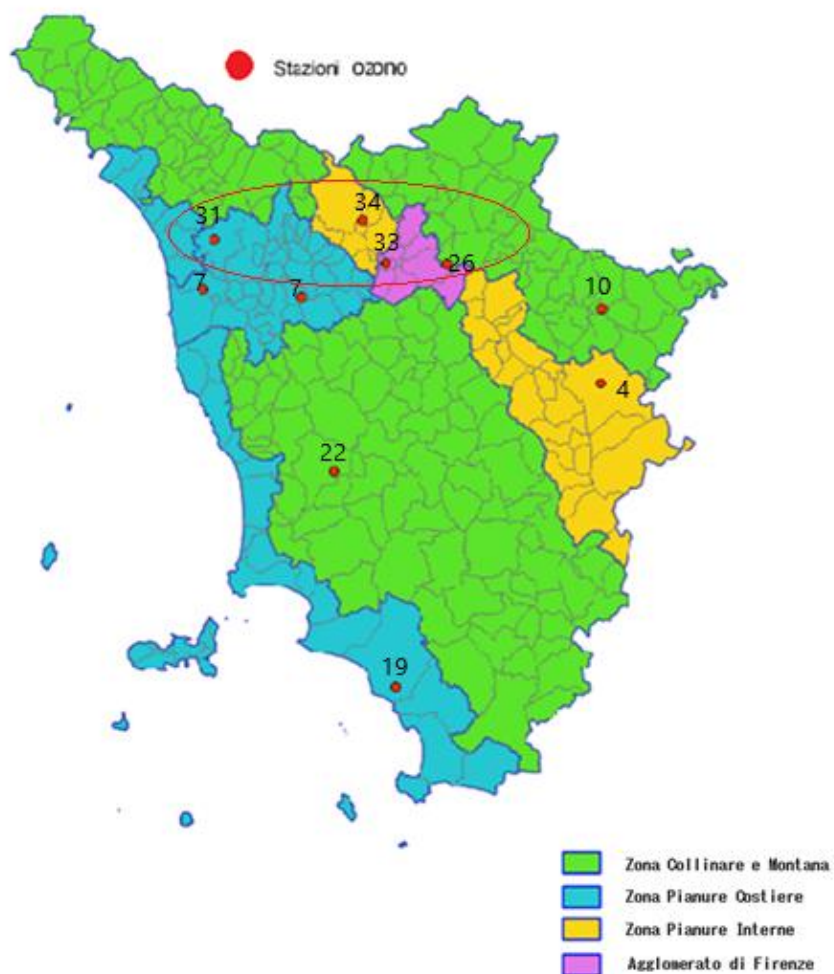
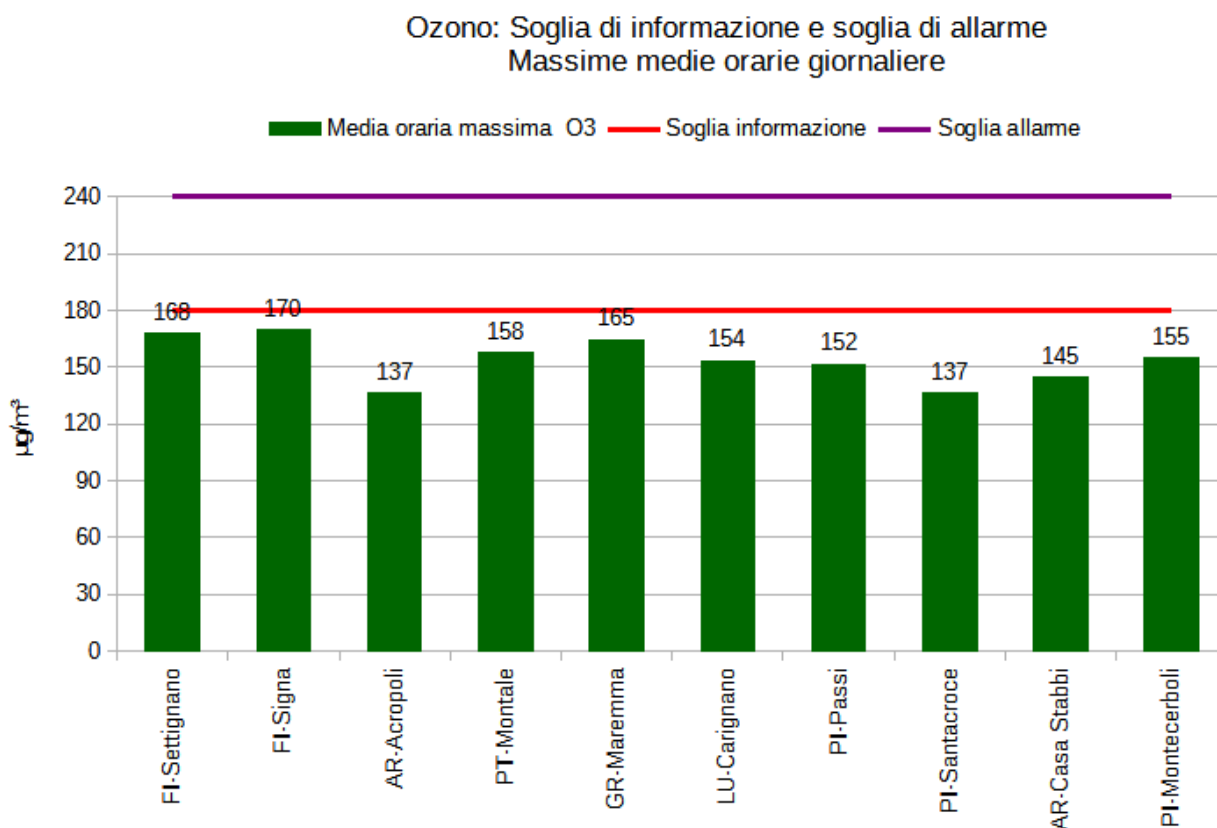


Tabella 4.4.2. O₃ - Anno 2024 – Superamenti delle soglie di informazione e di allarme

Indicatori Ozono Anno 2024							
Zona	Class	Provincia e comune		Stazione	Media oraria massima $\mu\text{g}/\text{m}^3$	N° superamenti soglia informazione 180 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	N° superamenti soglia di allarme 240 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Agglomerato Firenze	S	FI	Firenze	FI-Settignano	168	0	0
	U	FI	Signa	FI-Signa	170	0	0
Zona pianure interne	S	AR	Arezzo	AR-Acropoli	137	0	0
	S	PT	Montale	PT-Montale	158	0	0
Zona pianure costiere	R	GR	Grosseto	GR-Maremma	165	0	0
	S	LU	Lucca	LU-Carignano	154	0	0
	S	PI	Pisa	PI-Passi	152	0	0
	S	PI	S. Croce sull'Arno	PI-Santacroce	137	0	0
Zona Collinare Montana	RF	AR	Chitignano	AR-Casa Stabbi	145	0	0
	S	PI	Pomarance	PI-Montecerboli	155	0	0

Grafico 4.4.2. O₃ - Anno 2024 – Massime medie orarie e confronto con le soglie di informazione e di allarme



4.4.2. Andamento indicatori di O₃

Tabella 4.4.4. O₃ Valore obiettivo per la protezione della salute umana - Andamenti 2015-2024 relativi alle stazioni di Rete Regionale

Classificazione e nome Stazione		Valore obiettivo protezione salute umana: 25 superamenti della media massima giornaliera su 8 ore pari a 120 µg/m ³ (media ultimi 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)	2024 (media 3 anni)
S	FI-Settignano	42	48	63	52	46	36	29	31	27	26
U	FI-Signa	38	40	56	50	43	32	28	36	34	33
S	AR-Acropoli	35	44	59	22	26	15	9	2	2	4
S	PT-Montale	25	24	30	44	39	29	30	35	34	34
R	GR-Maremma	29	36	41	41	41	33	22	11	17	19
S	LU-Carignano	40	38	48	51	51	42	26	24	27	31
S	PI-Passi	15	5	7	7	9	7	6	7	7	7
S	PI-Santacroce	4	2	2	2	4	4	4	5	7	7
RF	AR-Casa Stabbi	23	24	30	25	29	19	16	15	12	10
S	PI-Montecerboli	36	25	28	26	32	28	23	25	24	22

Grafico 4.4.5. O₃ Valore obiettivo per la protezione della salute umana - Andamenti 2015-2024 relativi alle stazioni di Rete Regionale

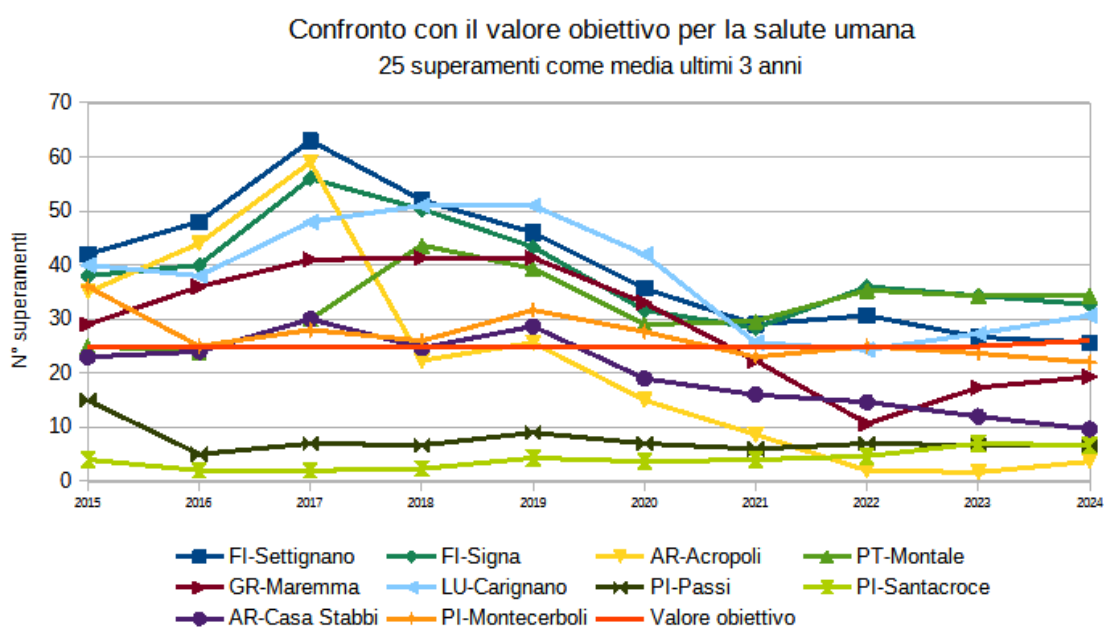
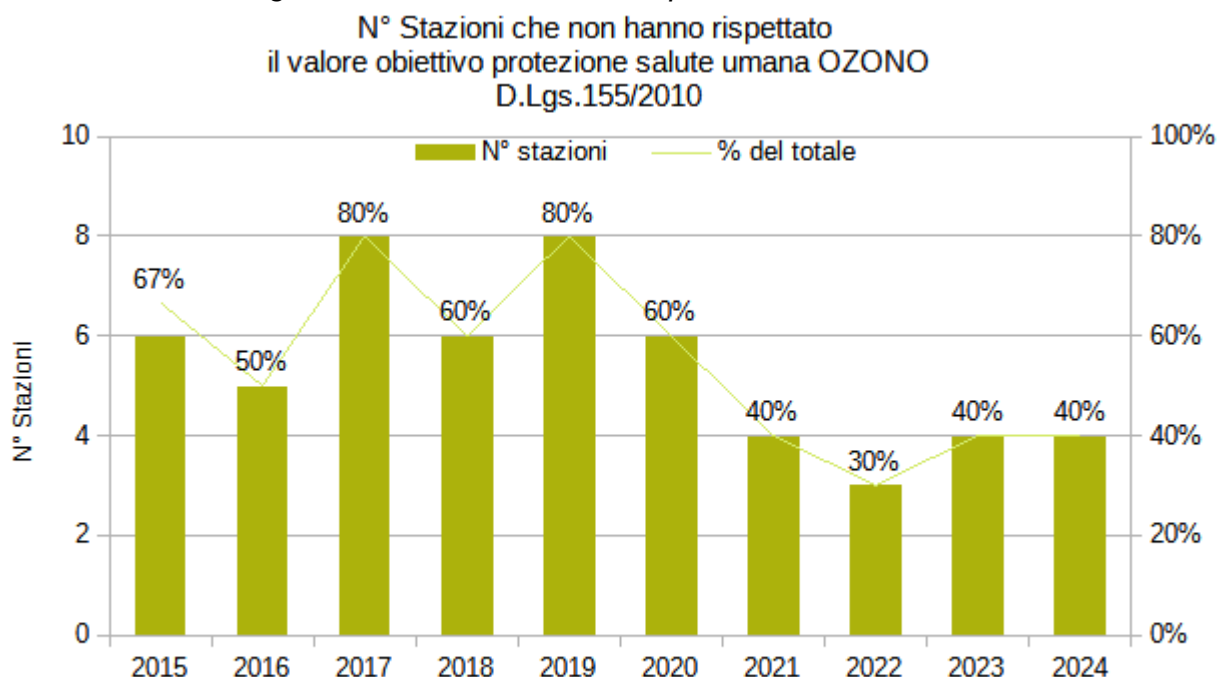


Tabella 4.4.5. O₃ Valore obiettivo per la protezione della salute umana – Percentuale di stazioni di Rete Regionale che non lo hanno rispettato.

	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
N° stazioni	6	5	8	6	8	6	4	3	4	4
% del totale	60%	50%	80%	60%	80%	60%	40%	30%	40%	40%

Grafico 4.4.6. O₃ – Valore obiettivo per la protezione della salute umana – 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 con eccezione delle stazioni di PI-Passi e di PI-Santa Croce. Nel periodo da maggio a settembre ARPAT, oltre alla pubblicazione quotidiana del bollettino regionale ozono, realizza giornalmente con il Consorzio LaMMA un 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.arp.at.toscana.it/temi-ambientali/aria/qualita-aria/mappa_ozono_lamma

4.4.3. Confronto indicatori Ozono con limiti della Direttiva (UE) 2024/2881 da rispettare entro il 2030.

Tabella 4.3.4.1. Valore obiettivo per la protezione della salute umana anni 2023 e 2024

					Confronto con Limite Dir (UE) 2881/24	
					18 giorni di superamento della media mobile 8 ore 120 µg/m³ (media 3 anni)	
Zona	Class	Provincia e comune		Stazione	Media 2021-2022-2023	Media 2022-2023-2024
Agglomerato Firenze	S	FI	Firenze	FI-Settignano	27	26
	U	FI	Signa	FI-Signa	34	33
Zona pianure interne	S	AR	Arezzo	AR-Acropoli	2	4
	S	PT	Montale	PT-Montale	34	34
Zona pianure costiere	R	GR	Grosseto	GR-Maremma	17	19
	S	LU	Lucca	LU-Carignano	27	31
	S	PI	Pisa	PI-Passi	7	7
	S	PI	Santa Croce sull'Arno	PI-Santacroce	7	7
Zona Collinare Montana	RF	AR	Chitignano	AR-Casa Stabbi	12	10
	S	PI	Pomarance	PI-Montecerboli	24	22
					5 / 10	6 / 10

La nuova normativa indica un massimo di 18 superamenti della media massima su 8 ore di 120 µg/m³, 7 in meno rispetto all'attuale VO. Nel 2024 è stato superato nel 60% dei siti.

4.5. Monossido di Carbonio

Gli indicatori elaborati sui dati misurati nel 2024 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 ed anche presso il sito industriale.

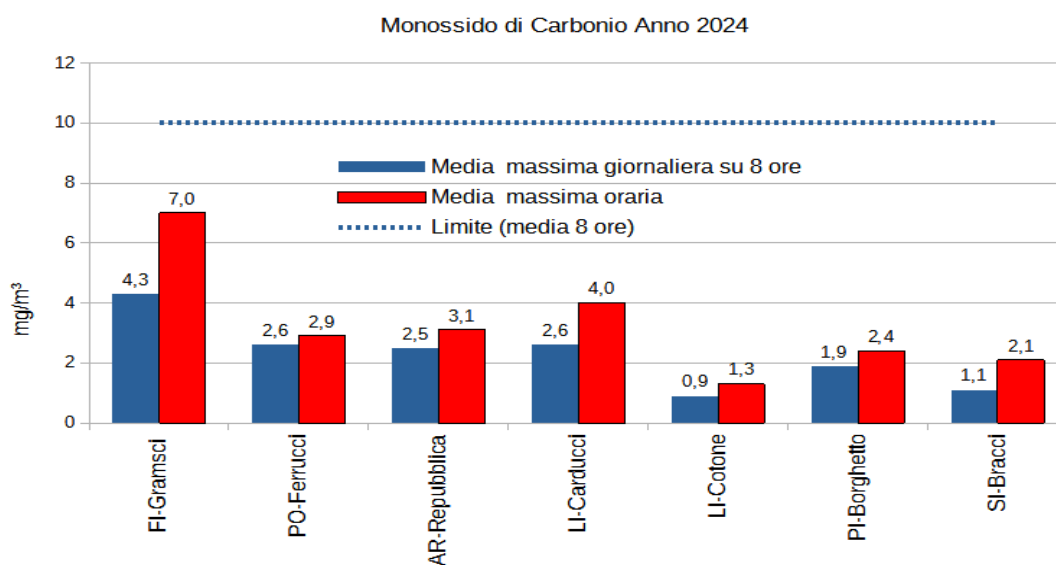
Tabella 4.5.1. CO - Anno 2024 - Indicatori relativi alle stazioni di Rete Regionale

Classificazione Zona e Stazione		Provincia e Comune		Nome stazione	Media massima su 8 ore (mg/m ³)	Valore limite (mg/m ³)
					Anno 2024	
Agglomerato Firenze	UT	FI	Firenze	FI-Gramsci	4,3	10
Zona Prato Pistoia	UT	PO	Prato	PO-Ferrucci	2,6	
Zona Valdarno Aretino e Valdichiana	UT	AR	Arezzo	AR-Repubblica	2,5	
Zona Costiera	UT	LI	Livorno	LI-Carducci	2,6	
	UI	LI	Piombino	LI-Cotone	0,9	
Zona Valdarno Pisano e Piana Lucchese	UT	PI	Pisa	PI-Borghetto	1,9	
Zona Collinare e Montana	UT	SI	Siena	SI-Bracci	1,1	

4.5.1. Massime orarie e massime medie su 8 ore di CO Anno 2024

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 4,3 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 2024 - Massime orarie e medie massime giornaliere su 8 ore

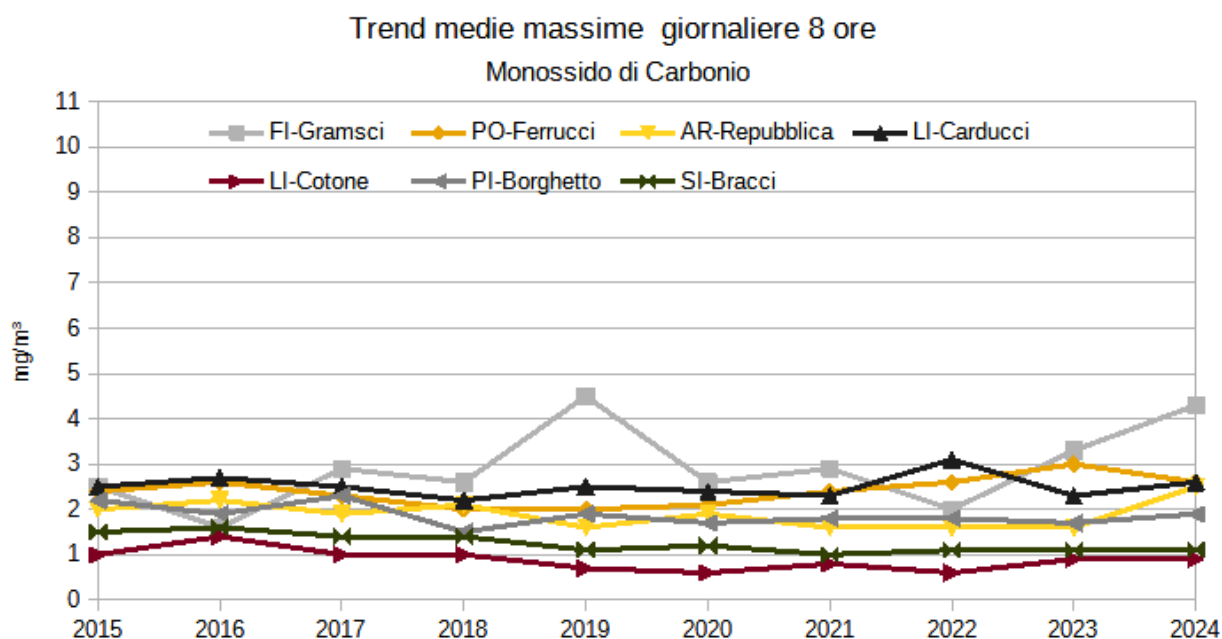


4.5.2. Andamento indicatori di CO

Tabella 4.5.2. Ossido di carbonio – Massima media giornaliera su 8 ore- Andamenti 2015-2024 per le stazioni di Rete Regionale.

			Monossido di Carbonio									
Classificazione Zona e Stazione		Nome stazione	Media massima giornaliera di 8 ore (mg/m ³)									
			2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Agglomerato Firenze	UT	FI-Gramsci	2,5	1,6	2,9	2,6	4,5	2,6	2,9	2,0	3,3	4,3
Zona Prato Pistoia	UT	PO-Ferrucci	2,4	2,6	2,3	2,0	2,0	2,1	2,4	2,6	3,0	2,6
Zona Valdarno Aretino e Valdichiana	UT	AR-Repubblica	2,0	2,2	1,9	2,1	1,6	1,9	1,6	1,6	1,6	2,5
Zona Costiera	UT	LI-Carducci	2,5	2,7	2,5	2,2	2,5	2,4	2,3	3,1	2,3	2,6
	SI	LI-Cotone	1,0	1,4	1,0	1,0	0,7	0,6	0,8	0,6	0,9	0,9
Zona Valdarno Pisano e Piana Lucchese	UT	PI-Borghetto	2,2	1,9	2,3	1,5	1,9	1,7	1,8	1,8	1,7	1,9
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	1,1

Grafico 4.5.2. Ossido di carbonio – Massima media giornaliera su 8 - Andamenti 2015-2024



per le stazioni di Rete Regionale.

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 e anche il confronto con i nuovi valori di riferimento proposti dalla nuova direttiva mostra una situazione priva di criticità.

4.5.3. Confronto indicatori CO con limiti della Direttiva (UE) 2024/2881 da rispettare entro il 2030.

La Direttiva DE 2024/2881, attualmente non ancora recepita in Italia, indica nuovi limiti da rispettare entro il 2030. Per il CO indica due limiti:

- massima media giornaliera su 8 ore di 10 mg/m^3 , che coincide con il limite attuale,
- la media giornaliera di 4 mg/m^3 , da non superare più di 18 volte.

Il rispetto di entrambi i limiti non presenta alcuna criticità per il territorio della regione Toscana.

4.6. Biossido di Zolfo

Gli indicatori elaborati sui dati misurati nel 2024 sono stati confrontati con i valori limite di legge (allegato XI D.Lgs.155/2010 e s.m.i.) che per l'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.

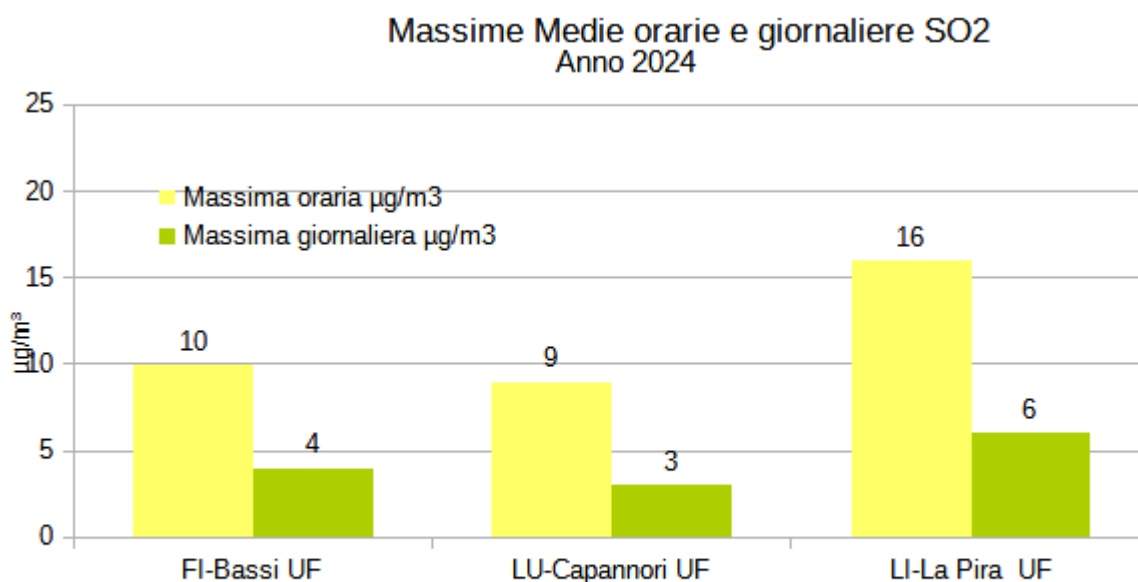
Tabella 4.6.1. SO₂ - Anno 2024 - Indicatori relativi alle stazioni di Rete Regionale

Zona	Stazione	Massima oraria µg/m ³			Massima giornaliera µg/m ³		
		Anno 2024	N° medie orarie > 350 µg/m ³	V.L.	Anno 2024	N° medie giornaliere > 125 µg/m ³	V.L.
Agglomerato Firenze	FI-Bassi UF	10	0	24	4	0	3
Valdarno Pisano e Piana Lucchese	LU-Capannori UF	9	0		3	0	
Zona Costiera	LI-La Pira UF	16	0		6	0	

I valori di SO₂ registrati sono stati nettamente inferiori ai parametri di normativa e non è stato registrato alcun superamento.

4.6.1. Massime orarie e massime giornaliere SO₂ Anno 2024

Grafico 4.6.1. SO₂ – Anno 2024 – 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 2015-2024 per le stazioni di Rete Regionale

Class. Zona e stazione		Stazione	Media annuale µg/m ³									
			2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Agglomerato Firenze	UF	FI-Bassi	2	2	2	2	1	1	2	1	1	2
Valdarno Pisano e Piana Lucchese	UF	LU-Capannori	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1
Zona Costiera	UF	LI-La Pira	4	5	3	3	1	0	2	1	1	2

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.

4.6.3. Confronto indicatori SO₂ con limiti della Direttiva (UE) 2024/2881 da rispettare entro il 2030.

La Direttiva (UE) 2024/2881, attualmente non ancora recepita in Italia, indica nuovi limiti da rispettare entro il 2030. Per il Biossido di Zolfo indica due limiti:

- massima media oraria di 350 µg/m³, da non superare più di 3 volte in un anno,
- la media giornaliera di 50 µg/m³, da non superare più di 18 volte.

Il rispetto di entrambi i limiti non presenta alcuna criticità per il territorio della regione Toscana.

4.7. Acido solfidrico

Nelle stazioni di tipo fondo industriale situate nei comuni di Santa Croce e Pomarance viene monitorato l'H₂S. In mancanza di riferimenti normativi in vigore, 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.

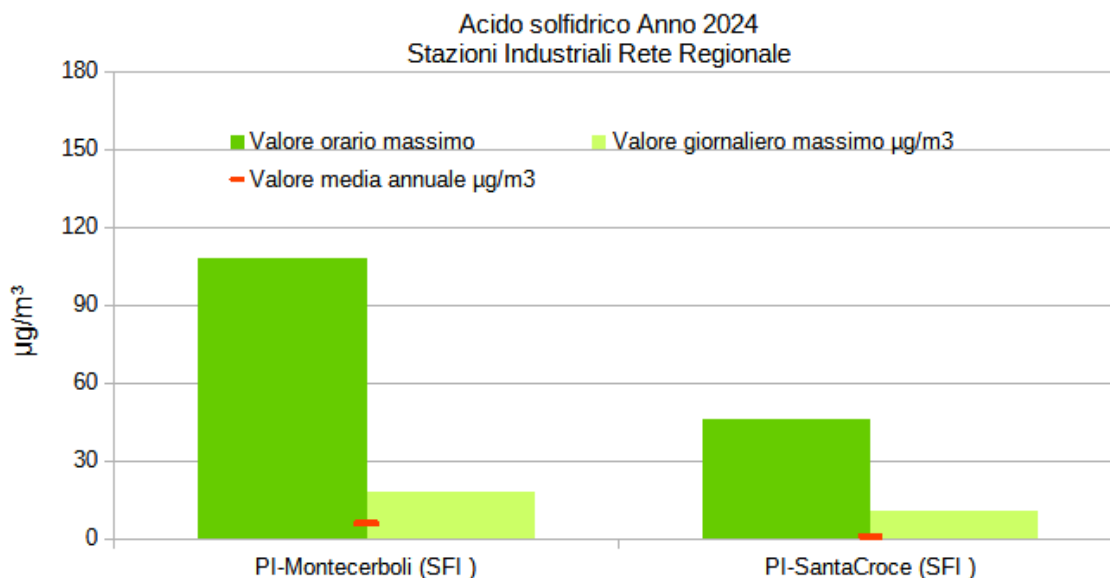
Tabella 4.7.1. H₂S - Anno 2024 - Indicatori relativi alle stazioni di Rete Regionale

Stazione	Anno 2024		
	Valore orario massimo	Valore giornaliero massimo µg/m ³	Valore media annuale µg/m ³
PI-Montecerboli (SFI)	108	18	6
PI-SantaCroce (SFI)	46	11	1

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 2024

Grafico 4.7.1. H₂S - Anno 2024 - Medie annuali, medie massime giornaliere e massime orarie annuali stazioni di Rete Regionale



4.7.2. Andamento indicatori di H₂S

Tabella 4.7.2. H₂S Andamenti dei valori medi annuali 2015-2024 per le stazioni di Rete Regionale

Nome stazione	Media annuale (µg/m ³)									
	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
PI-SantaCroce (SFI)	1	2	1	2	1	1	2	2	2	1
PI-Montecerboli (SFI)	6	4	5	5	4	4	4	4	6	6

Tabella 4.7.3. H₂S Andamenti dei valori medi giornalieri massimi 2015-2024 per le stazioni di Rete Regionale

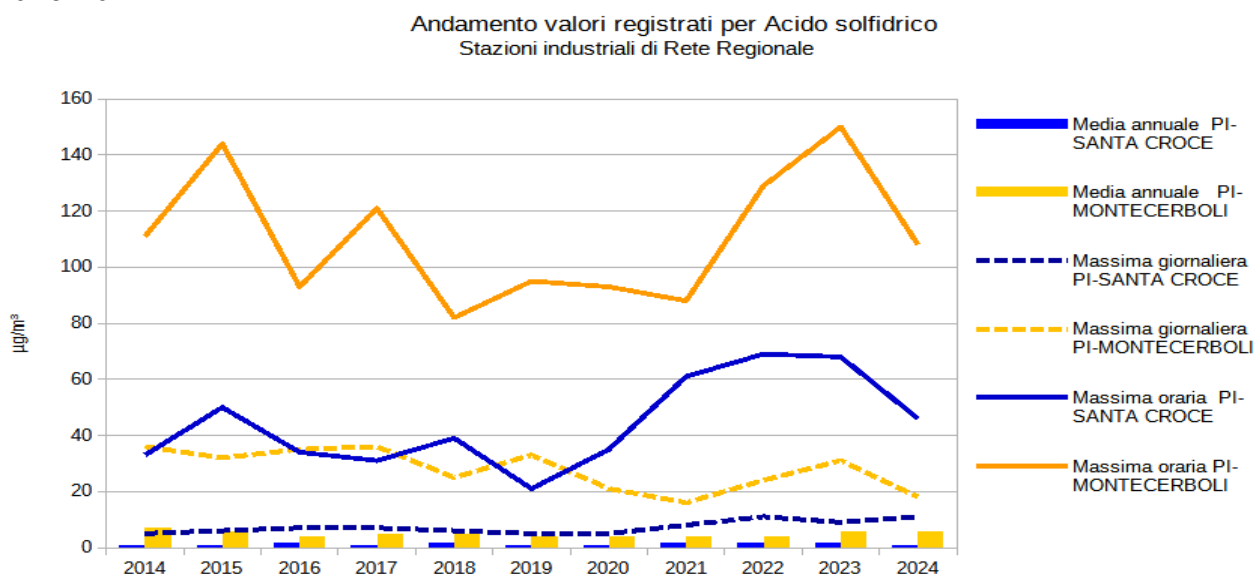
Nome stazione	Massime medie giornaliere registrate (µg/m ³)									
	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
PI-SantaCroce (SFI)	6	7	7	6	5	5	8	11	9	11
PI-Montecerboli (SFI)	32	35	36	25	33	21	16	24	31	18

Tabella 4.7.4. H₂S Andamenti dei valori medi orari massimi 2015-2024 per le stazioni di Rete Regionale

Nome stazione	Massime medie orarie registrate (µg/m ³)									
	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
PI-SantaCroce (SFI)	50	34	31	39	21	35	61	69	68	46
PI-Montecerboli (SFI)	144	93	121	82	95	93	88	129	150	108

Le tendenze mostrano che presso entrambe le stazioni i valori registrati si sono mantenuti su livelli nettamente inferiori a quelli di guardia indicati dall'OMS, per tutti gli anni in cui il monitoraggio è stato attivo. Presso la zona di Pomarance si registrano costantemente valori nettamente più elevati che nella zona di Santa Croce sull'Arno.

Grafico 4.7.3. H₂S Medie massime giornaliera ed oraria, medie annuali. Andamento anni 2015-2024



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 che mette in relazione le concentrazioni di acido solfidrico in atmosfera al disturbo olfattivo avvertito dalla popolazione. Nel 2024 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 quasi un quarto delle ore in cui è stato attivo il monitoraggio. Analizzando i dati degli ultimi 10 anni possiamo concludere che:

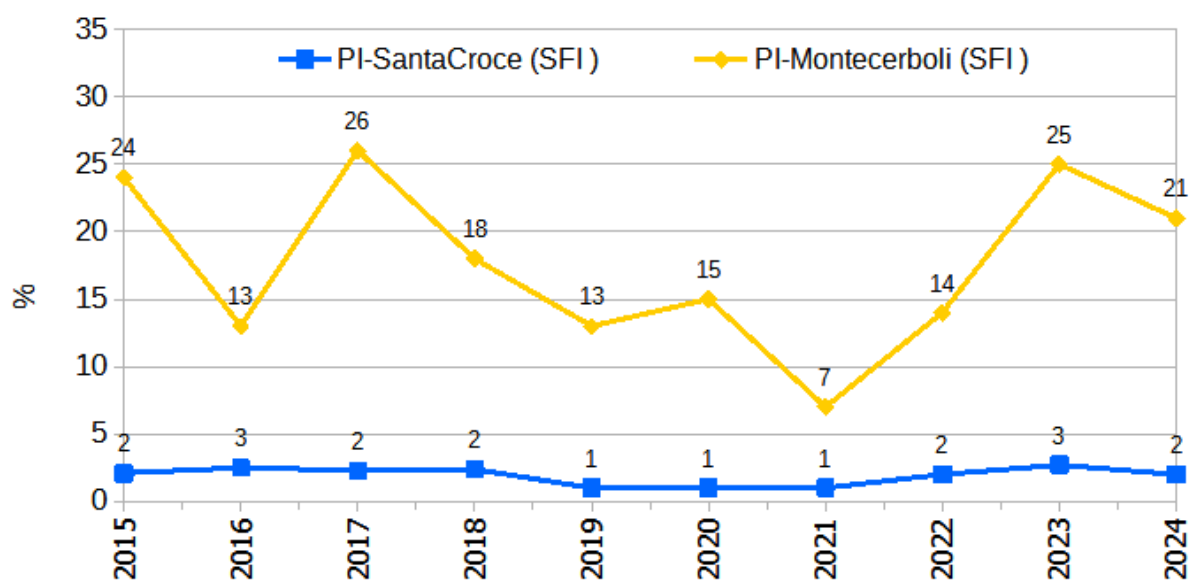
- la Zona industriale di Santa Croce è caratterizzata da valori di concentrazioni tali da non provocare presumibilmente alcun disagio alla popolazione locale; infatti, il periodo di tempo in cui la popolazione può avere percepito un certo disagio olfattivo nell'anno, è sempre stata compresa tra 1 e 3 %;
- la popolazione della Zona rappresentata dalla stazione di PI-Montecerboli è presumibilmente stata sottoposta ad un certo disagio olfattivo, percepibile in percentuali di tempo significative.

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

Nome stazione	% medie orarie H ₂ S > soglia olfattiva di 7,0 µg/m ³									
	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
PI-SantaCroce (SFI)	2	3	2	2	1	1	1	2	3	2
PI-Montecerboli (SFI)	24	13	26	18	13	15	7	14	25	21

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

Percentuale valori medi orari di H₂S >7 µg/m³
Stazioni industriali di Rete Regionale



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 ad una media annuale di 5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Infine è stato fatto il confronto con i limiti indicati dalla Direttiva 2024/2881 in fase di recepimento.

Tabella 4.8.1. Benzene - Anno 2024 - Indicatori relativi alle stazioni di Rete Regionale

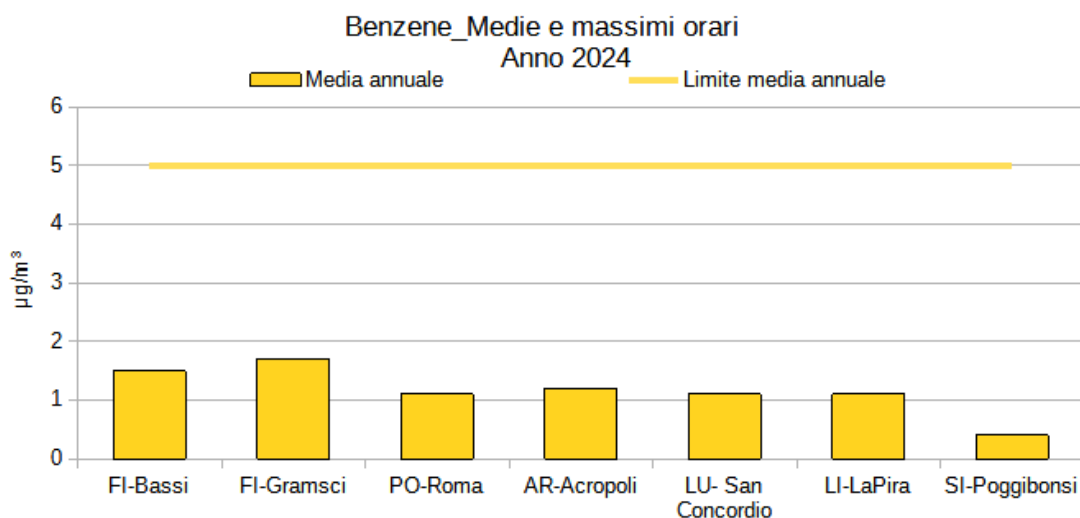
Classificazione Zona e Stazione	Indicatori Anno 2024 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)			
	UF	Provincia e Comune	Nome stazione	Media annuale
Agglomerato Firenze	UF	Firenze (FI)	FI-Bassi	1,5
	UT	Firenze (FI)	FI-Gramsci	1,7
Zona Prato Pistoia	UF	Prato (PO)	PO-Roma	1,1
Zona Valdarno aretino e ValdiChiana	UF	Arezzo (AR)	AR-Acropoli	1,2
Zona Valdarno pisano e Piana lucchese	UF	Lucca (LU)	LU- San Concordio	1,1
Zona costiera	UF	Livorno (LI)	LI-LaPira	1,1
Zona Collinare e montana	UF	Poggibonsi (SI)	SI-Poggibonsi	0,4

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 medi più alti sono stati registrati presso la stazione di traffico di FI-Gramsci che ha registrato media annuale di 1,7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, non significativamente differente al fondo del comune di Firenze dove il valore medio di fondo nel 2024 è stato pari a 1,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

4.8.1. Medie annuali di Benzene anno 2024

La media annuale più elevata è stata registrata nel sito di traffico regionale per il monitoraggio del Benzene, mentre la media oraria più elevata è registrata presso la stazione di LI-La Pira, stazione di fondo della zona nord del comune di Livorno.

Grafico 4.8.1. Benzene - Anno 2024 - Indicatori relativi alle stazioni di Rete Regionale



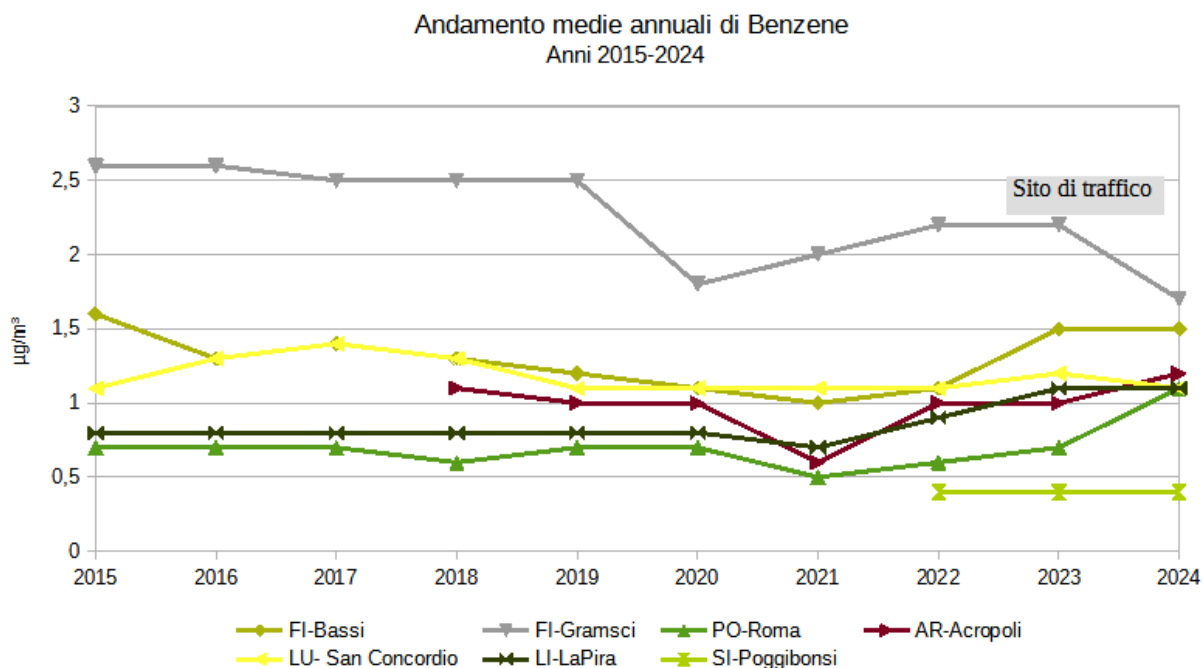
4.8.2. Andamento medie annuali di Benzene

Tabella 4.8.2. Benzene - Andamenti dei valori medi annuali 2015-2024 per le stazioni di Rete Regionale

Nome stazione	Medie annuali Benzene (µg/m ³)									
	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
FI-Bassi	1,6	1,3	1,4	1,3	1,2	1,1	1	1,1	1,5	1,5
FI-Gramsci	2,6	2,6	2,5	2,5	2,5	1,8	2	2,2	2,2	1,7
PO-Roma	0,7	0,7	0,7	0,6	0,7	0,7	0,5	0,6	0,7	1,1
AR-Acropoli				1,1	1	1	0,6	1	1	1,2
LU- San Concordio	1,1	1,3	1,4	1,3	1,1	1,1	1,1	1,1	1,2	1,1
LI-LaPira	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,7	0,9	1,1	1,1
SI-Poggibonsi	-	-	-	-	-	-	-	0,4*	0,4	0,4

* serie non valida, riportata a scopo indicativo

Grafico 4.8.2. Benzene - Andamenti dei valori medi annuali 2015-2024 per le stazioni di Rete Regionale



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 comunque 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. Confronto indicatori Benzene con limiti della Direttiva (UE) 2024/2881 da rispettare entro il 2030.

La Direttiva (UE) 2024/2881, attualmente non ancora recepita in Italia, indica nuovi limiti da rispettare entro il 2030. Per il Benzene il limite è pari ad una media annuale di 3,4 µg/ m³. Il rispetto di tale limite non sembra presentare alcuna criticità per il territorio della regione Toscana nonostante significativamente più restrittivo dell'attuale.

Tabella 4.8.3. Benzene – Medie Anno 2023 e 2024 confronto con limite Direttiva (UE)

Zona	Provincia e Comune		Nome e tipo stazione			Confronto con Limite Dir (UE) 2881/24	
						Media annuale 3,4 µg/m ³	
Benzene							
					Medie 2023	Medie 2024	
Agglomerato Firenze	FI	Firenze	U	F	FI-Bassi	1,5	1,5
	FI	Firenze	U	T	FI-Gramsci	2,2	1,7
Zona Prato Pistoia	PO	Prato	U	F	PO-Roma	0,7	1,1
Zona Valdarno aretino e Valdichiana	AR	Arezzo	U	F	AR-Acropoli	1,0	1,2
Zona costiera	LI	Livorno	U	F	LI-LaPira	1,1	1,1
Zona Valdarno pisano e Piana lucchese	LU	Lucca	U	F	LU-San Concordio	1,2	1,1
Zona collinare e montana	SI	Poggibonsi	U	F	SI-Poggibonsi	0,4	0,4

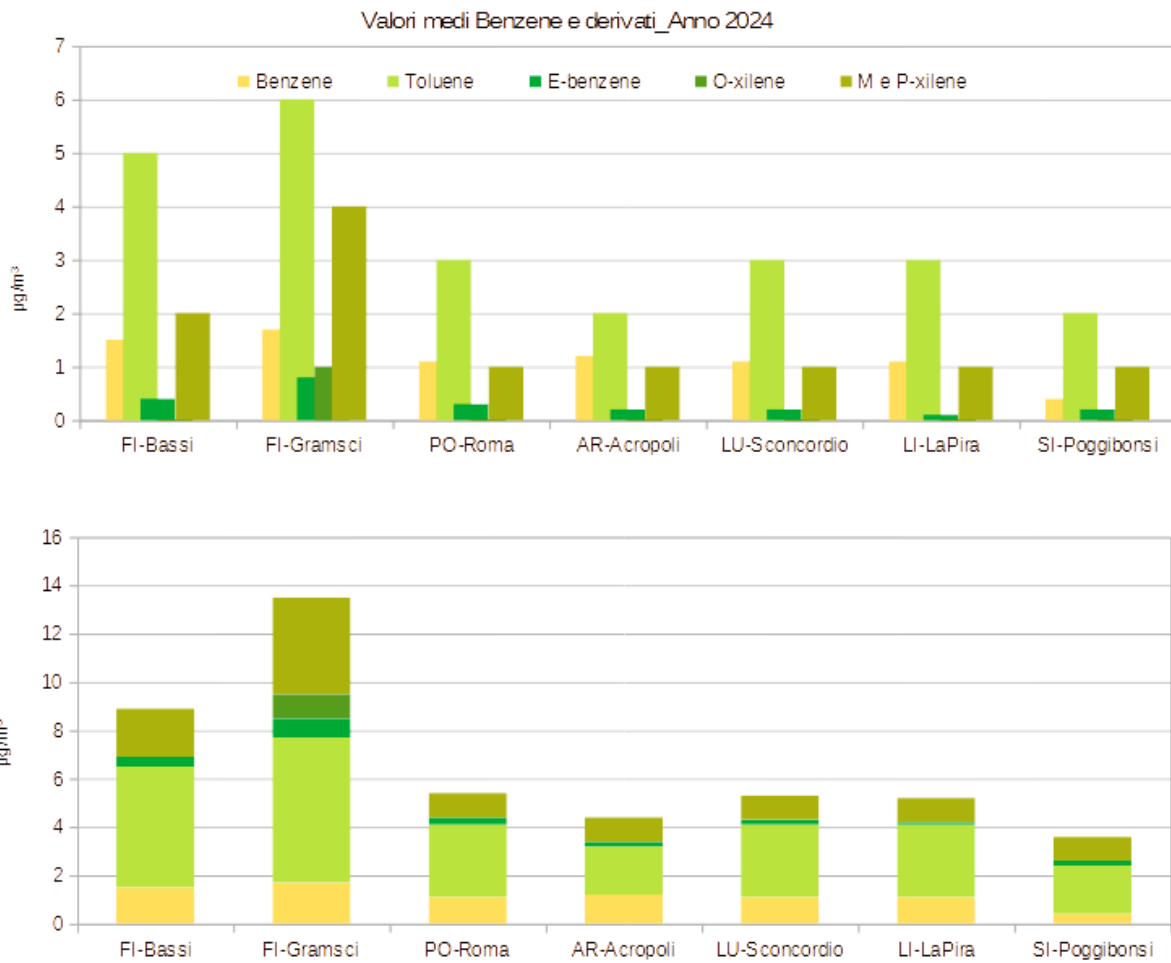
4.8.4. Derivati del Benzene

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 4.8.4. Valori medi annuali dei derivati del Benzene: Toluene, e-Benzene, o-Xilene m-p-Xilene- Anno 2024

Zona	Nome stazione		Medie annuali BTX Anno 2024 (µg/m ³)				
			Benzene	Toluene	E-benzene	O-xilene	M e P-xilene
Agglomerato Firenze	UF	FI-Bassi	1,5	5	0,4	0	2
	UT	FI-Gramsci	1,7	6	0,8	1	4
Zona Prato Pistoia	UF	PO-Roma	1,1	3	0,3	0	1
Zona Valdarno aretino e ValdiChiana	UF	AR-Acropoli	1,2	2	0,2	0	1
Zona Valdarno pisano e Piana lucchese	UF	LU-Sconcordio	1,1	3	0,2	0	1
Zona Costiera	UF	LI-LaPira	1,1	3	0,1	0	1
Zona Collinare e montana	UF	SI-Poggibonsi	0,4	2	0,2	0	1

Grafico 4.8.3. Valori medi annuali dei derivati del Benzene: Toluene, e- Benzene, o-Xilene m-p-Xilene- Anno 2024



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.

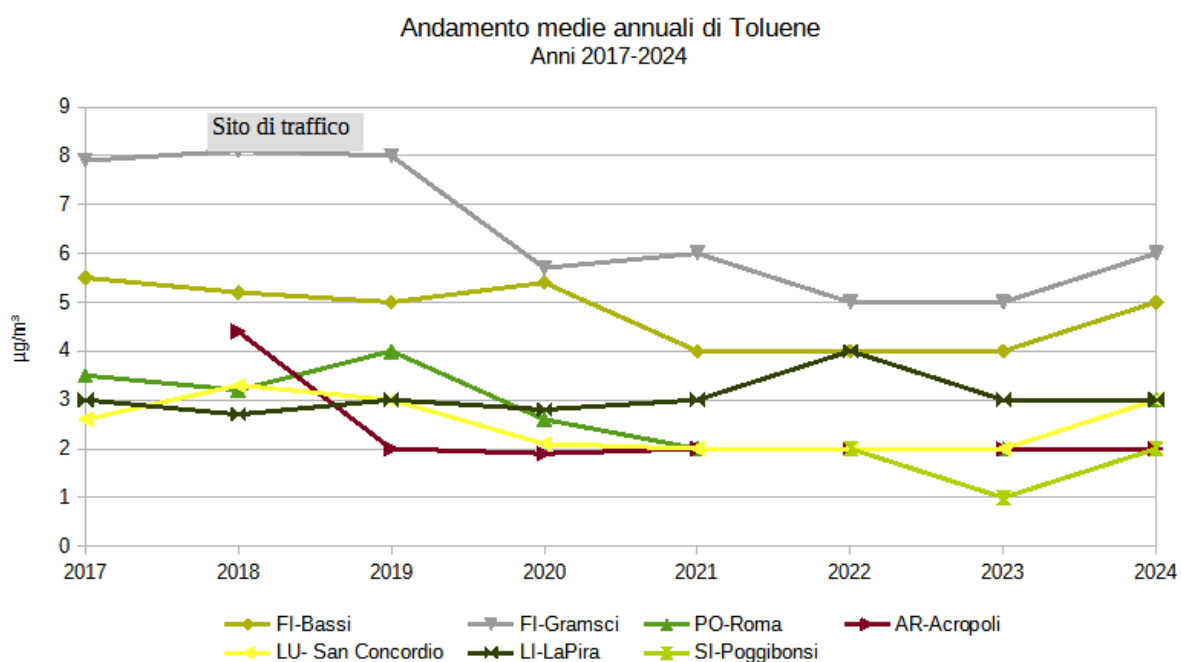
4.8.5. Andamento medie annuali BTX

Sono state elaborate le tendenze dei valori medi di Toluene registrati nella Rete Regionale negli ultimi anni e l'analisi mostra una situazione piuttosto costante negli anni.

Tabella 4.8.5. Toluene- Andamenti dei valori medi annuali 2017-2024 per le stazioni di Rete Regionale

Nome Stazione	Medie annuali Toluene ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)							
	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
FI-Bassi	5,5	5,2	5	5,4	4	4	4	5
FI-Gramsci	7,9	8,1	8	5,7	6	5	5	6
PO-Roma	3,5	3,2	4	2,6	2	2	2	3
AR-Acropoli	-	4,4	2	1,9	2	2	2	2
LU- San Concordio	2,6	3,3	3	2,1	2	2	2	3
LI-LaPira	3	2,7	3	2,8	3	4	3	3
SI-Poggibonsi	-	-	-	-	-	2	1	2

Grafico 4.8.4. Toluene- Andamenti dei valori medi annuali 2017-2024 per le stazioni di Rete Regionale



5. INDICATORI 2024 DA 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 sulla frazione PM10, campionati in base alla UNI 12341 e determinati in base alla UNI EN 15549:2008

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 composti di 7 filtri ciascuno. Il metodo utilizzato 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 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 2024

I risultati ottenuti sono stati confrontati in primo luogo 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.ie coincide con il valore limite che la Direttiva (UE) 2024/2881 indica da rispettare entro il 2030.

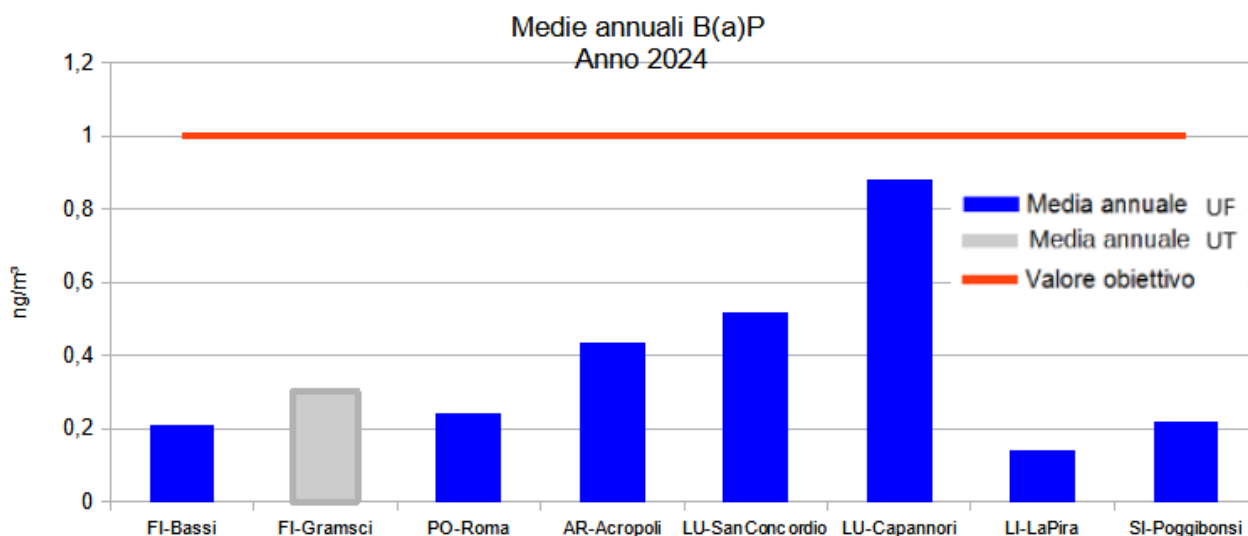
Tabella 5.1.1. Benzo(a)pirene - Anno 2024 - Indicatori relativi alle stazioni di Rete Regionale

				Media annuale B(a)P (ng/m ³)	
Classificazione zona e stazione		Provincia e Comune	Nome stazione	Anno 2024	Valore obiettivo
Agglomerato Firenze	UF	Firenze (FI)	FI-Bassi	0,2	1,0
	UT	Firenze (FI)	FI-Gramsci	0,3	
Zona Prato Pistoia	UF	Prato (PO)	PO-Roma	0,2	
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	0,9	
Zona Costiera	UF	Livorno (LI)	LI-La Pira	0,1	
Zona Collinare e Montana	UF	Poggibonsi (SI)	SI-Poggibonsi	0,2	

L'attuale 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 confermando la situazione di rispetto del V.O..

Sussistono differenze sostanziali tra le concentrazioni medie di Benzo(a)pirene nei diversi siti di monitoraggio: le due stazioni della zona del Valdarno pisano e Piana lucchese hanno registrato le medie più elevate, a LU-Capannori in particolare il valore medio è più del doppio del valore medio regionale di $0,4 \text{ ng/m}^3$.

Grafico 5.1.1. Benzo(a)pirene - Anno 2024 - Indicatori relativi alle stazioni di Rete Regionale

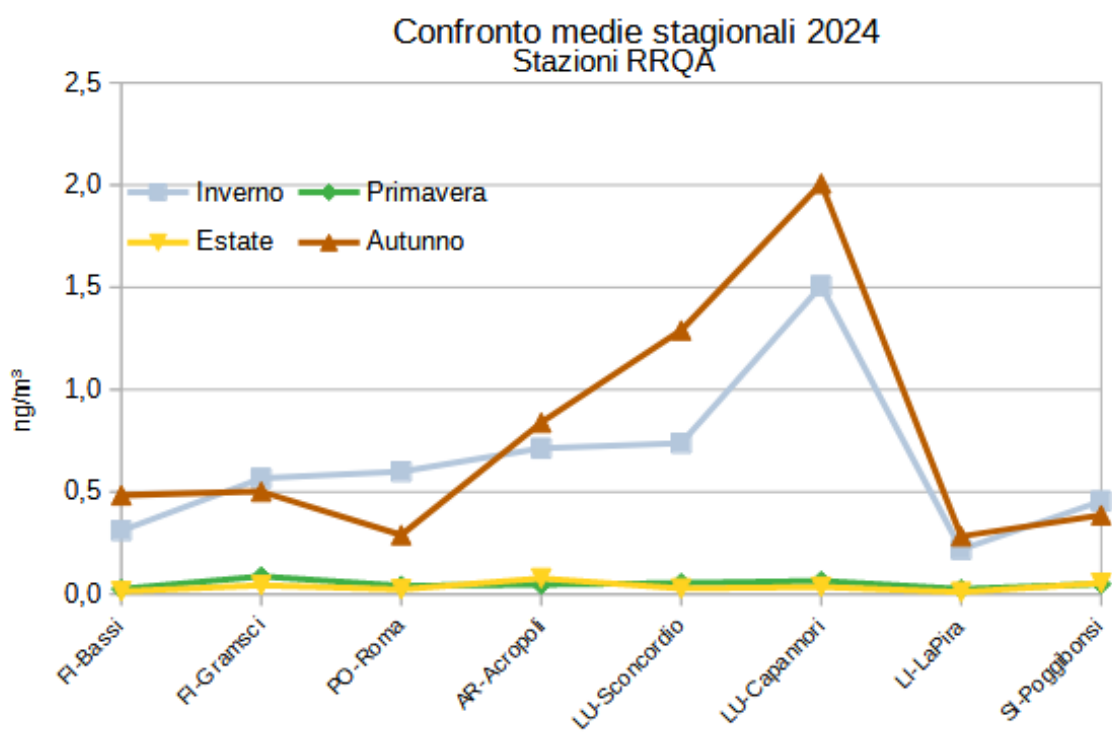
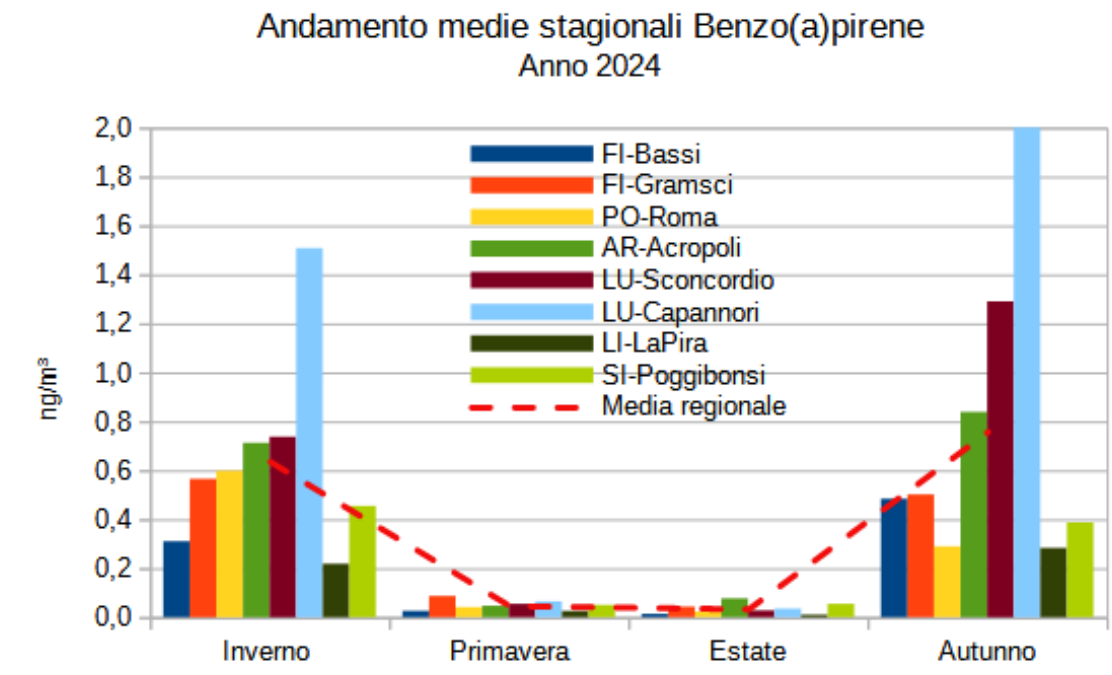


5.1.2. Medie stagionali Benzo(a)pirene_Anno 2024

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

Il profilo dei grafici evidenzia che le concentrazioni di Benzo(a)pirene nei campioni di PM_{10} sono più elevate in inverno ed in autunno, ovvero nei mesi più freddi dell'anno. Esse diminuiscono in modo deciso in primavera ed ulteriormente in estate quando le concentrazioni medie settimanali risultante dai rapporti di prova, sono spesso inferiori al valore limite per periodi variabili di sito in sito. La variazione stagionale è particolarmente marcata nei siti dove i valori medi sono più elevati quindi nelle stazioni dei Valdarni, mentre per le altre stazioni della Zona costiera l'andamento è meno accentuato e anche nei mesi autunnali ed invernali le concentrazioni medie sono molto contenute.

Grafico 5.1.2. Benzo(a)pirene –Medie stagionali Anno 2024



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.

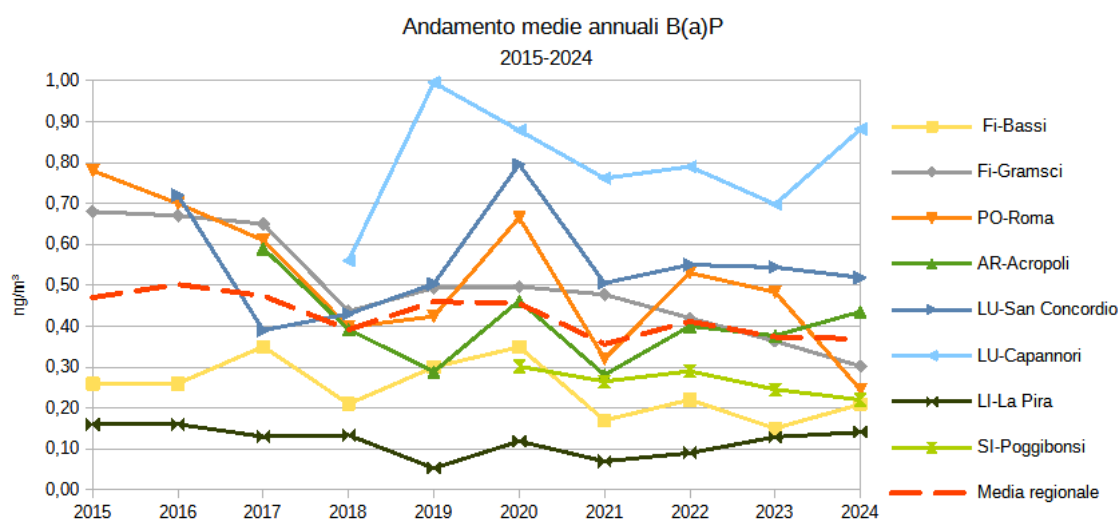
Tabella 5.1.2. Benzo(a)pirene - Andamenti della media annuale 2015-2024

		Medie annuali B(a)P (ng/m ³)									
Nome stazione		2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
UF	Fi-Bassi	0,3	0,3	0,4**	0,2**	0,3**	0,3	0,2	0,2	0,1	0,2
UT	Fi-Gramsci	0,7	0,7	0,7	0,4	0,5	0,5	0,5	0,4	0,4	0,3
UF	PO-Roma	0,8	0,7	0,6	0,4	0,4	0,7	0,3	0,5	0,5	0,2
UF	AR-Acropoli	-	-	0,6	0,4	0,3	0,5	0,3	0,4	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	0,5
UF	LU-Capannori	-	-	-	0,6	1,0	-	0,8	0,8	0,7	0,9
UF	LI-La Pira	0,2	0,2	0,1	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	0,2

* serie non rappresentativa per mancanza di copertura dati idonea

**serie non rappresentativa, analisi effettuate su campioni di PM2,5

Grafico 5.1.4. Benzo(a)pirene - Andamenti della media annuale 2015-2024



La media complessiva regionale di Benzo(a)pirene non è variata significativamente negli anni, rimanendo intorno a 0,4 ng/m³-0,5 ng/m³. Alcune stazioni come Li-La Pira, FI-Bassi e SI-Poggibonsi hanno registrato medie annuali costantemente inferiori alla media regionale, mentre le due stazioni del Valdarno pisano e Piana lucchese, ovvero LU-Capannori e LU-San Concordio hanno registrato medie costantemente superiori alla media toscana.

5.1.4. Confronto indicatori BaP con limite della Direttiva (UE) 2024/2881 da rispettare entro il 2030.

Tabella 4.1.4.1. Medie annuali anni 2023 e 2024

Zona	Provincia e Comune		Nome e tipo stazione			Confronto con Limite Dir (UE) 2881/24	
						Media annuale 1,0 ng/m ³	
Agglomerato Firenze	FI	Firenze	U	F	FI-Bassi	0,1	0,2
	FI	Firenze	U	T	FI-Gramsci	0,4	0,3
Zona Prato Pistoia	PO	Prato	U	F	PO-Roma	0,5	0,2
Zona Valdarno aretino e Valdichiana	AR	Arezzo	U	F	AR-Acropolis	0,4	0,4
Zona costiera	LI	Livorno	U	F	LI-LaPira	0,1	0,1
Zona Valdarno pisano e Piana lucchese	LU	Capannori	U	F	LU-Capannori	0,7	0,9
	LU	Lucca	U	F	LU-San Concordio	0,5	0,5
Zona collinare e montana	SI	Poggibonsi	U	F	SI-Poggibonsi	0,2	0,2

La nuova Direttiva indica un valore limite pari al valore obiettivo del D.Lgs 155/2010 che è costantemente rispettato nella nostra regione.

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 2024 per tutti i siti di campionamento.

5.2.1. Medie annuali idrocarburi policiclici aromatici_ Anno 2024

Tabella 5.2.1. Idrocarburi policiclici aromatici – Medie annuali Anno 2024

Stazione	Medie annuali 2024 (ng/m ³)							Somma IPA (7 congeneri)
	benzo(a) pirene	benzo(a) antracene	benzo(b) fluorantene	benzo(j) fluorantene	benzo(k) fluorantene	dibenzo (a,h) antracene	Indeno (1,2,3-cd) pirene	
FI-Bassi	0,2	0,1	0,3	0,2	0,1	0,0	0,2	1,1
FI-Gramsci	0,3	0,2	0,4	0,2	0,2	0,0	0,3	1,7
PO-Roma	0,2	0,2	0,3	0,2	0,2	0,0	0,2	1,3
AR-Acropoli	0,4	0,4	0,5	0,3	0,3	0,1	0,3	2,2
LU- San Concordio	0,5	0,3	0,6	0,3	0,3	0,1	0,4	2,6
LU-Capannori	0,9	0,7	1,0	0,6	0,5	0,1	0,7	4,4
LI-La Pira	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0	0,1	0,7
SI-Poggibonsi	0,2	0,1	0,3	0,2	0,1	0,0	0,2	1,1
Media regionale	0,4	0,3	0,4	0,3	0,2	0,1	0,3	

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 2024

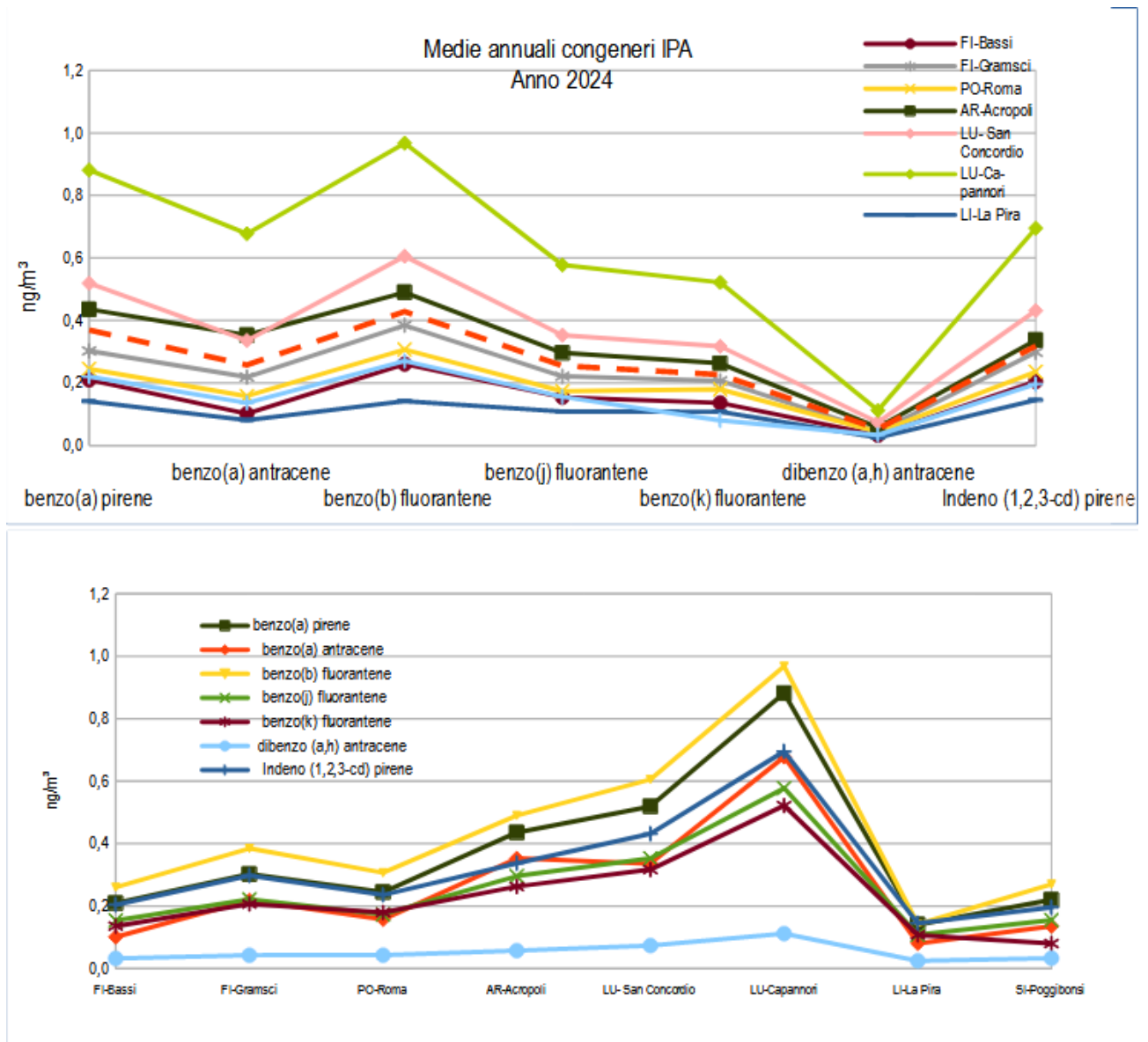
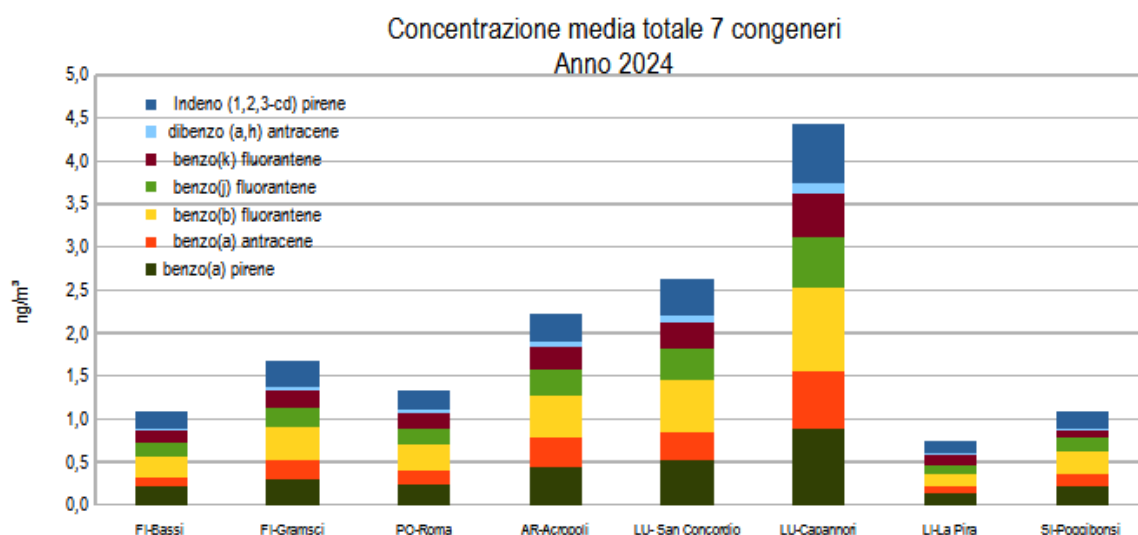


Tabella 5.2.2. Idrocarburi policiclici aromatici – Media annuale complessiva 7 congeneri e percentuale sul totale

	% sul totale							Media annuale somma 7 congeneri (ng/m ³)
	benzo(a) pirene	benzo(a) antracene	benzo(b) fluorantene	benzo(j) fluorantene	benzo(k) fluorantene	dibenzo (a,h) antracene	Indeno (1,2,3-cd) pirene	
FI-Bassi	19%	9%	24%	14%	12%	3%	19%	1,1
FI-Gramsci	18%	13%	23%	13%	12%	3%	18%	1,7
PO-Roma	18%	12%	23%	13%	13%	3%	18%	1,3
AR-Acropoli	20%	16%	22%	13%	12%	3%	15%	2,2
LU- San Concordio	20%	13%	23%	13%	12%	3%	16%	2,6
LU-Capannori	20%	15%	22%	13%	12%	3%	16%	4,4
LI-La Pira	19%	11%	19%	14%	14%	3%	19%	0,7
SI-Poggibonsi	20%	12%	25%	14%	7%	3%	18%	1,1

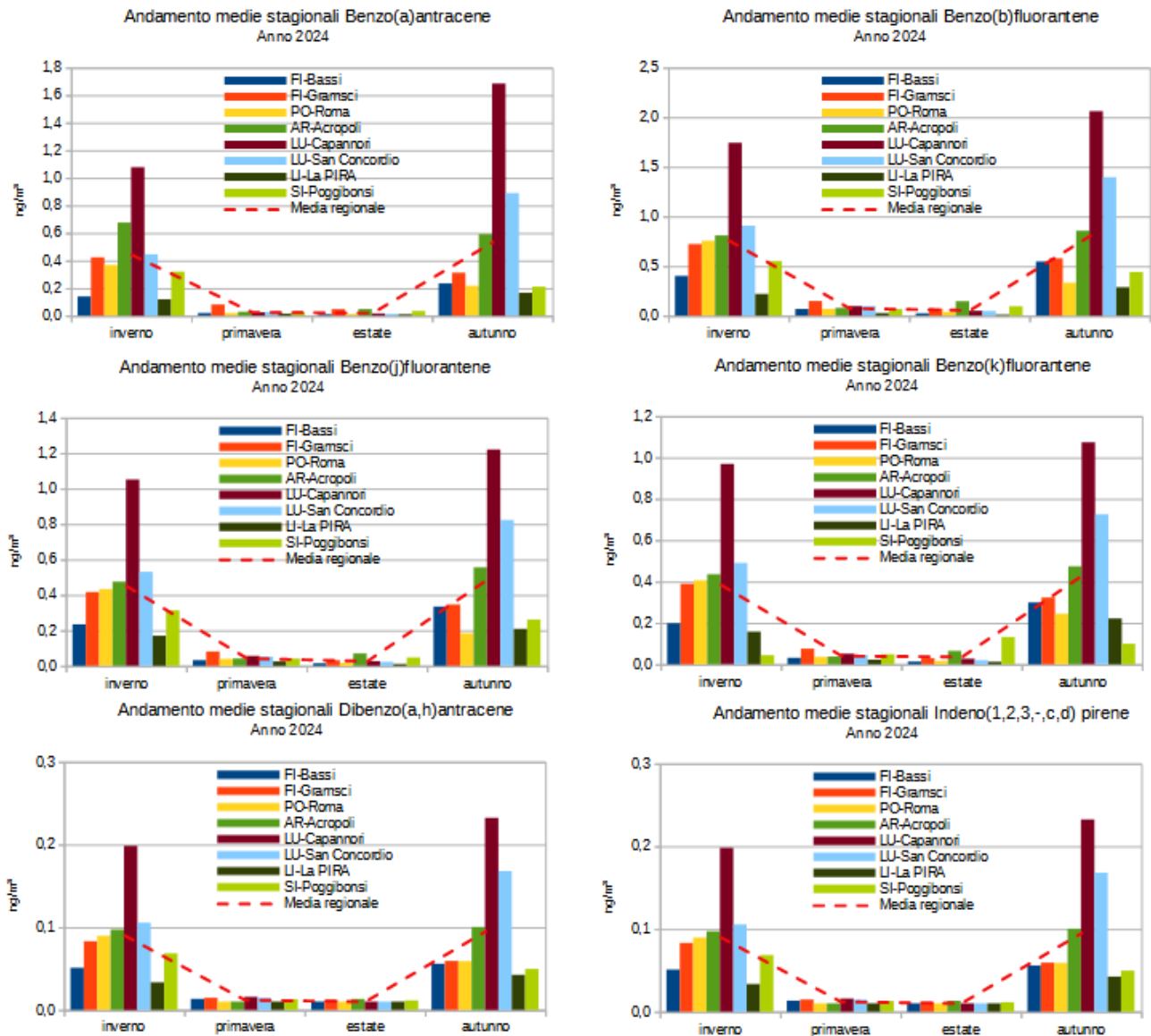
Grafico 5.2.2. Idrocarburi policiclici aromatici – media annuale complessiva 7 congeneri e distribuzioni sul totale



5.2.2. Medie stagionali idrocarburi policiclici aromatici_ Anno 2024

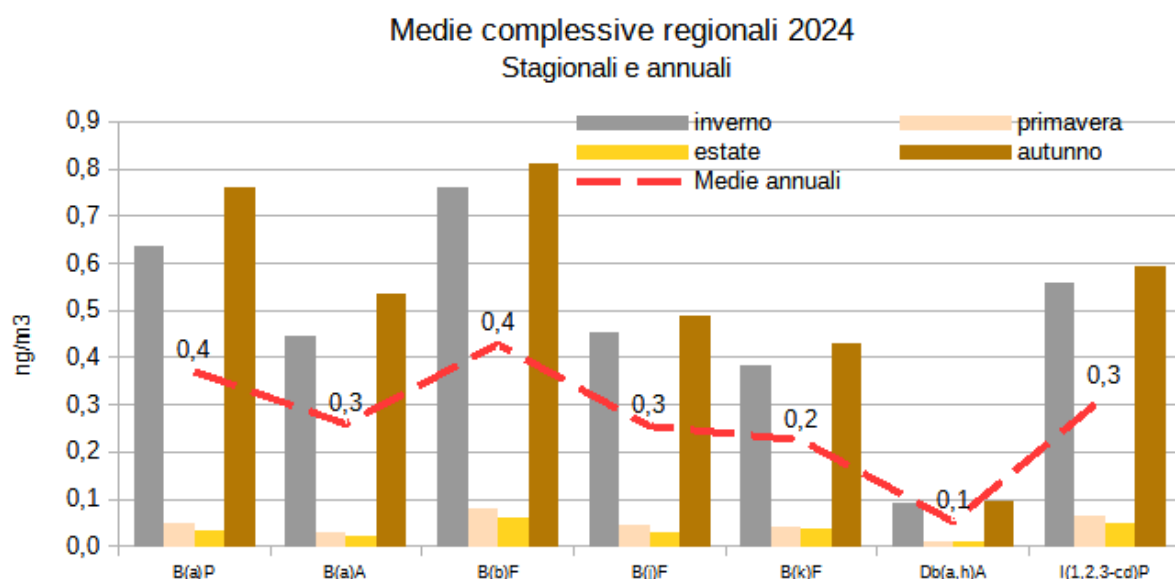
Sono riassunti in grafico gli andamenti delle medie stagionali dei congeneri. Come già osservato per il B(a)P, la concentrazione media mensile di tutti gli idrocarburi policiclici aromatici assume valori significativi nei mesi più freddi dell'anno per diminuire significativamente in primavera ed estate.

Grafico 5.2.3. Idrocarburi policiclici aromatici – Medie stagionali Anno 2024



Il seguente grafico riassume per le medie complessive stagionali ed annuali che sono state registrate in Toscana nel 2024, calcolate sui campioni raccolti negli otto siti di misura.

Grafico 5.2.4 Idrocarburi policiclici aromatici – Medie stagionali e complessive_ Anno 2024



5.2.3. Sito di interesse nazionale FI-Bassi

FI-Bassi da parte della rete nazionale speciale per la determinazione della speciazione chimica del PM₁₀ e del PM_{2,5} e dei 7 congeneri di idrocarburi policiclici aromatici

(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 5 anni ed una sintesi complessiva di caratterizzazione del sito.

Tabella 5.2.3 – Andamento medie annuali Idrocarburi policiclici aromatici nel PM10 nel sito nazionale FI-Bassi

Sito nazionale FI-Bassi	Medie annuali IPA nel PM10 ng/m ³					
	2020	2021	2022	2023	2024	Media ultimi 5 anni
benzo(a) pirene	0,3	0,2	0,2	0,1	0,2	0,2
benzo(a) antracene	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
benzo(b) fluorantene	0,4	0,2	0,3	0,2	0,3	0,3
benzo(j) fluorantene	0,2	0,1	0,2	0,1	0,2	0,2
benzo(k) fluorantene	0,3	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
dibenzo(a,h) antracene	0,04	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
indeno(1,2,3-cd) pirene	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
	2020	2021	2022	2023	2024	
Media IPA totale (somma 7 congeneri)	1,8	0,9	1,1	0,8	1,1	1,1

Grafico 5.2.5 - Andamento medie annuali Idrocarburi policiclici aromatici nel PM₁₀ nel sito nazionale FI-Bassi

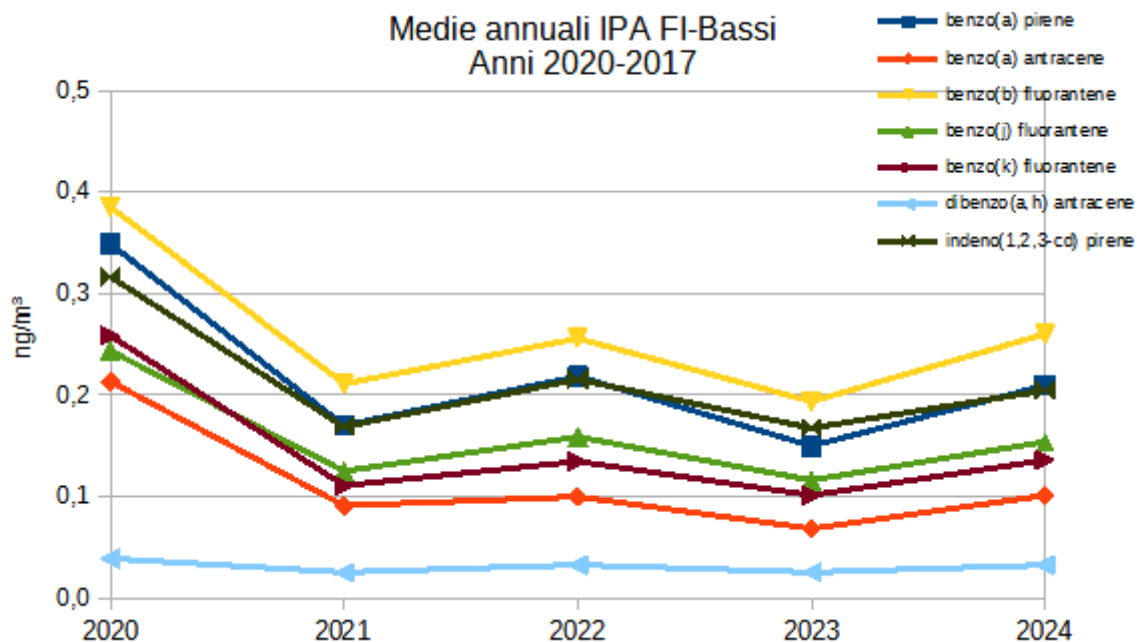
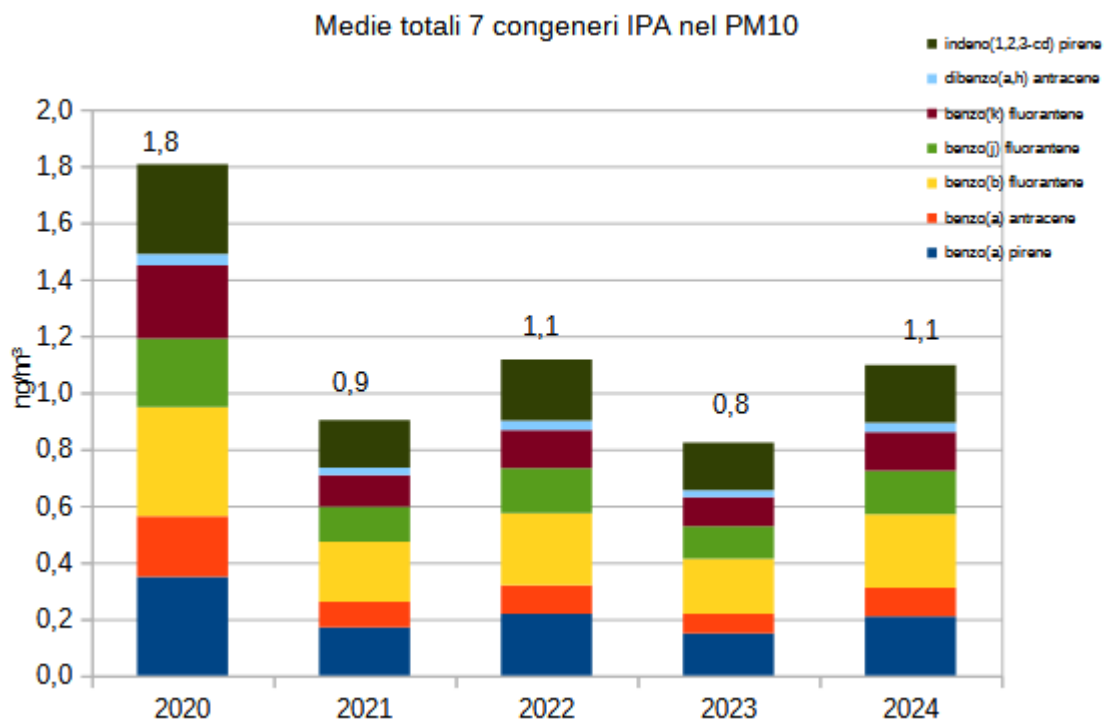
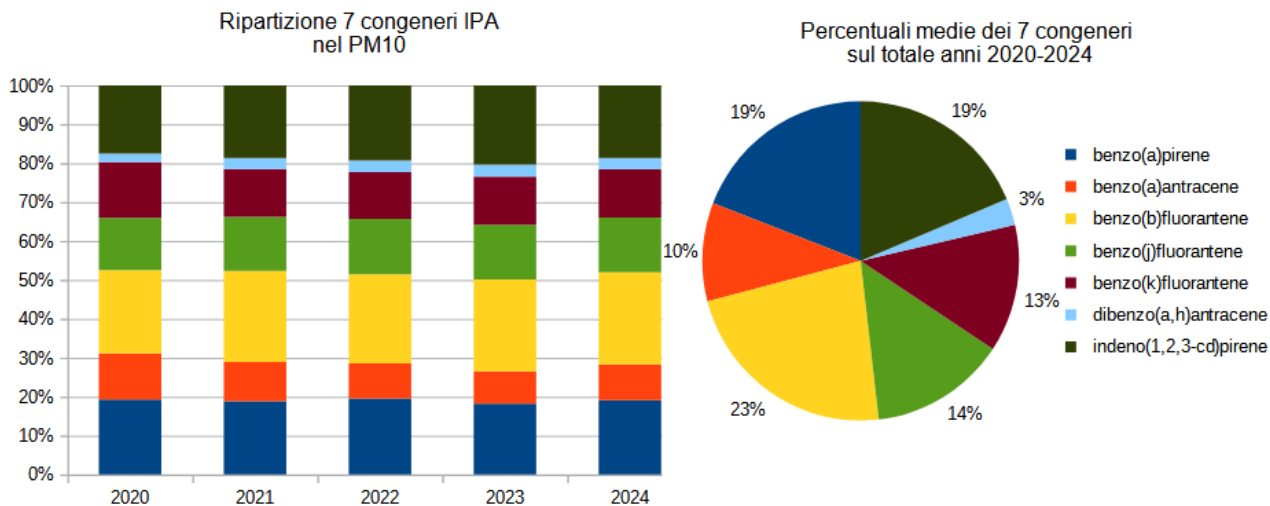


Grafico 5.2.6 - Medie totali Idrocarburi policiclici aromatici



Il monitoraggio dei congeneri ha come scopo anche lo studio degli eventuali cambiamenti nella distribuzione dei congeneri tra di loro. I risultati ottenuti hanno mostrato che la distribuzione non è cambiata significativamente negli anni e “l'impronta” del sito nazionale è rimasta costante.

Grafico 5.2.6. Distribuzione dei congeneri negli IPA: anni 2020-2024



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 sia per la distribuzione dei dati nell'anno e quindi gli indicatori sono da ritenersi 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 l'Arsenico, Cadmio e Nichel, (Allegato XIII D.Lgs.155/10).

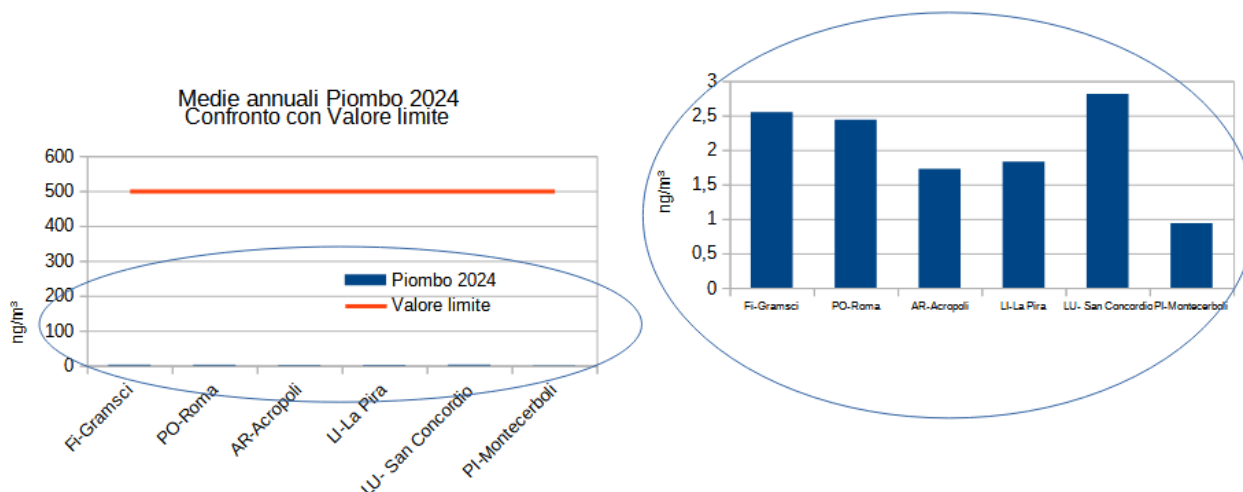
5.3.1. Medie annuali 2024 metalli D.Lgl 155/2010

Tabella 5.3.1. Metalli pesanti - Anno 2024 - Indicatori relativi alle stazioni di Rete Regionale

Classificazione Zona e stazione		Nome stazione	Arsenico 2024		Cadmio 2024		Nichel 2024		Piombo 2024	
			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-Gramsci	<0,4	6,0	0,09	5,0	<2	20,0	2,5	500,0
Zona Prato Pistoia	UF	PO-Roma	<0,4		0,07		<2		2,4	
Zona Valdarno aretino e Valdichiana	UF	AR-Acropoli	<0,4		0,09		<2		1,7	
Zona costiera	UF	LI-La Pira	<0,4		<0,05		<2		1,8	
Zona Valdarno pisano e Piana lucchese	UF	LU- San Concordio	<0,4		0,08		<2		2,8	
Zona collinare e montana	PF	PI-Montecerboli	<0,4		<0,05		<2		0,9	
LD ng/m ³			0,4		0,05		2		0,4	

I risultati del monitoraggio dei metalli indicano valori medi molto bassi e nettamente inferiori ai parametri di riferimento normativo. In particolare, per la grande maggioranza dei campioni elementari di Arsenico e di Cadmio, le concentrazioni risultanti dal monitoraggio sono state inferiori al limite di determinazione strumentale, per cui la stessa media annuale è risultata nettamente inferiore al LD per tutte le stazioni.

Grafico 5.3.1. *Piombo - Anno 2024 - Indicatori relativi alle stazioni di Rete Regionale*



In tutte le stazioni di *Rete Regionale* gli indicatori sono stati ampiamente entro il valore limite per il Pb ed i valori obiettivo per As, Cd e Ni dall’inizio del monitoraggio con la RRQA.

5.3.2. Confronto indicatori Arsenico, Cadmio, Nichel e Piombo con limiti della Direttiva (UE) 2024/2881 da rispettare entro il 2030.

La Direttiva (UE) 2024/2881, attualmente in fase di recepimento, indica nuovi limiti da rispettare entro il 2030. Per il Piombo il limite è pari ad una media annuale di 0,5 µg/ m³ e coincide con il limite del D.Lgs 155/2010 attualmente in vigore mentre per Arsenico, Cadmio e Nichel i nuovi limiti sono pari ai valori obiettivo del D.Lgs 155/2010, rispettivamente media annuali di 6,0 ng/m³ , 5,0 ng/m³ e 20,0 ng/m³. Il rispetto di tali limiti non sembra presentare alcuna criticità per il territorio della regione Toscana.

5.4. Monitoraggio metalli non normati nel PM₁₀.

Presso le stazioni di FI-Gramsci Li-La-Pira, negli ultimi anni è stato effettuato anche il monitoraggio di altri metalli per il quale attualmente non sono previsti valori obiettivo. Di seguito si riportano le concentrazioni medie annuali di Vanadio registrate nel 2024 ed il confronto con gli anni precedenti.

Tabella 5.4.1. Vanadio - Media annuale 2024

Medie annuali Vanadio anno 2024		
Classificazione	Nome stazione	Media annuale 2024 (ng/m ³)
Agglomerato Firenze UT	Fi-Gramsci	0,9
Zona costiera UF	LI-La Pira	2,1

Grafico 5.4.1. Vanadio – Trend medie annuali 2021-2024

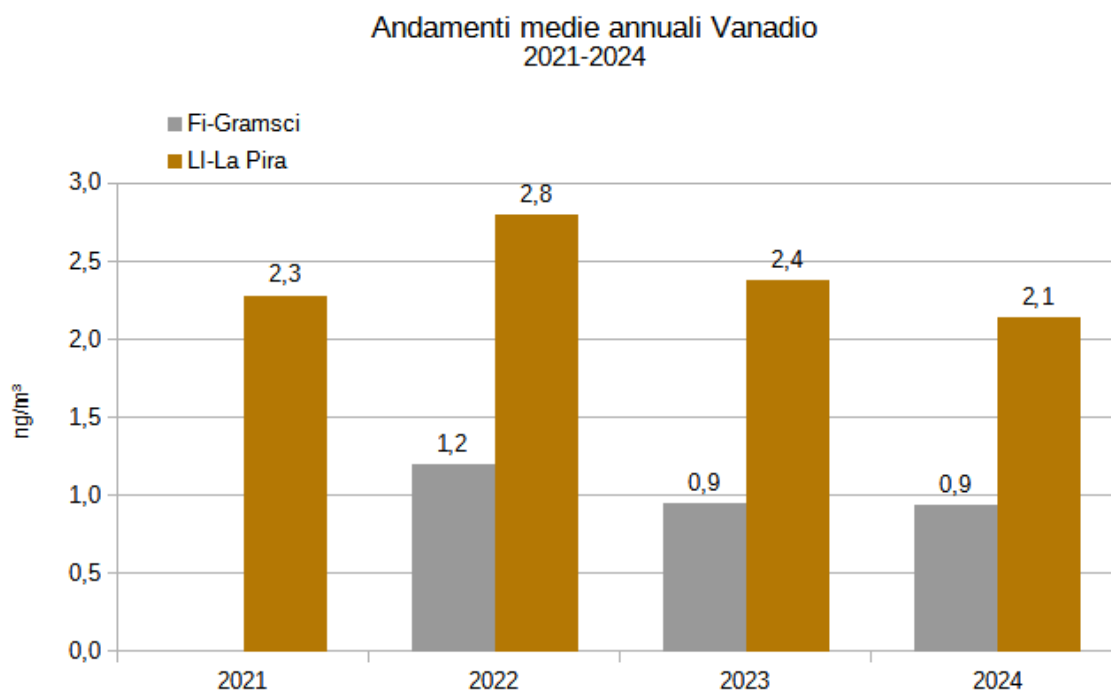
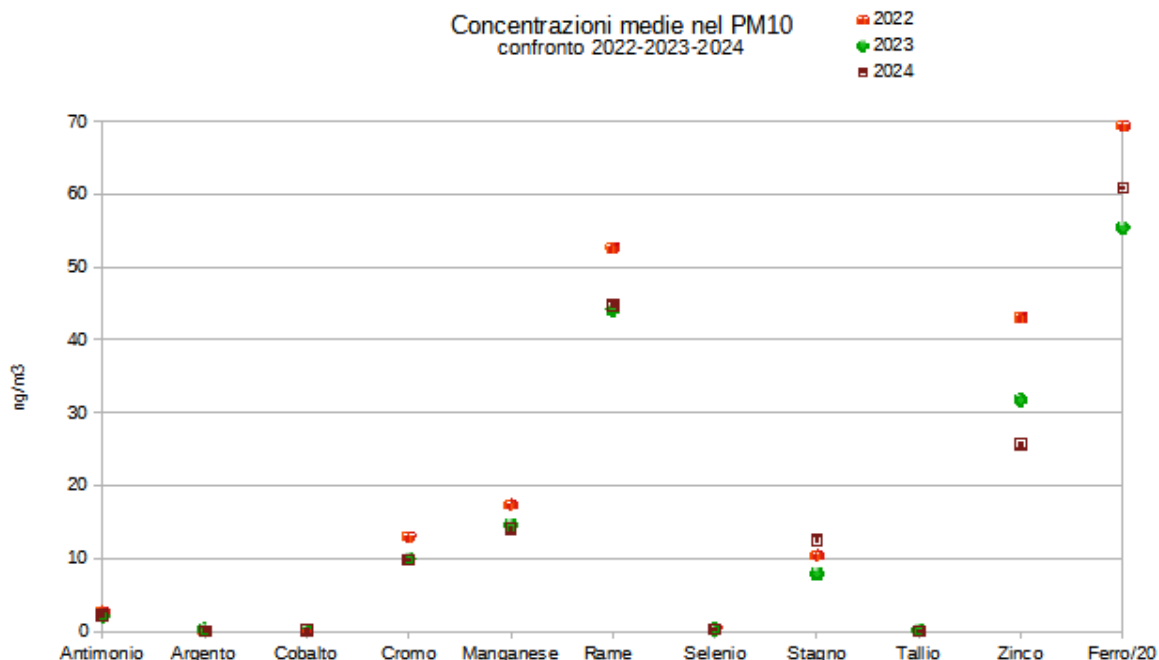


Tabella 5.4.2. Medie annuali 2024 e confronto con anni precedenti: Argento, Cobalto, Cromo, Rame, Ferro, Manganese, Antimonio, Selenio, Stagno, Tallio e Zinco

FI-Gramsci Media annuale ultimi 3 anni (ng/m ³)			
Nome stazione	2022	2023	2024
Antimonio	2,7	2,1	2,2
Argento	0,2	0,2	0,1
Cobalto	0,2	0,2	0,2
Cromo	13	10	10
Manganese	17	15	14
Rame	53	44	45
Selenio	0,3	0,3	0,3
Stagno	10	8	13
Tallio	0,2	0,2	0,0
Zinco	43	32	26
Ferro/20	69	55	61

Le concentrazioni medie nel PM₁₀ dei metalli oggetto del monitoraggio non sono variate significativamente nel triennio in cui sono state monitorate.

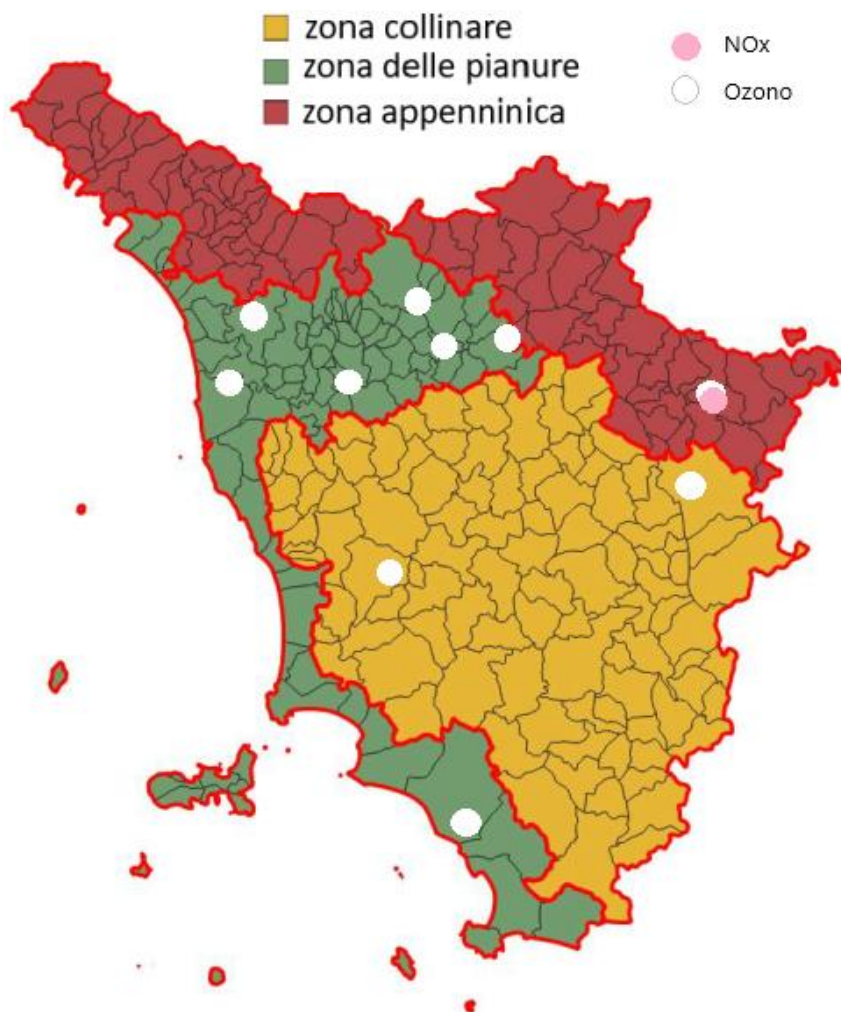
Grafico 5.4.2. Medie annuali 2024 e confronto con anni precedenti: Argento, Cobalto, Cromo, Rame, Ferro, Manganese, Antimonio, Selenio, Stagno, Tallio e Zinco



6. PROTEZIONE DELLA VEGETAZIONE

Con DGR 214 del 24 febbraio 2025 è stata approvata la zonizzazione per la protezione della vegetazione per quanto riguarda il territorio della regione Toscana. Di seguito è riportata la mappa con la suddivisione del territorio regionale, risultante dall'allegato A della delibera sopracitata.

Figura 6.1. Zonizzazione del territorio della Toscana ai fini della protezione della vegetazione con indicate le stazioni di monitoraggio per i relativi indicatori



Gli indicatori di RRQA rappresentativi per la protezione della vegetazione in Toscana sono: la media annuale degli ossidi di azoto registrata presso il sito regionale di fondo di AR-Casa Stabbi e l'indicatore AOT40 calcolato sui dati orari registrati dalle 10 stazioni per il monitoraggio dell'ozono.

6.1. Ossidi di azoto

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 critico di 30 µg/m³.

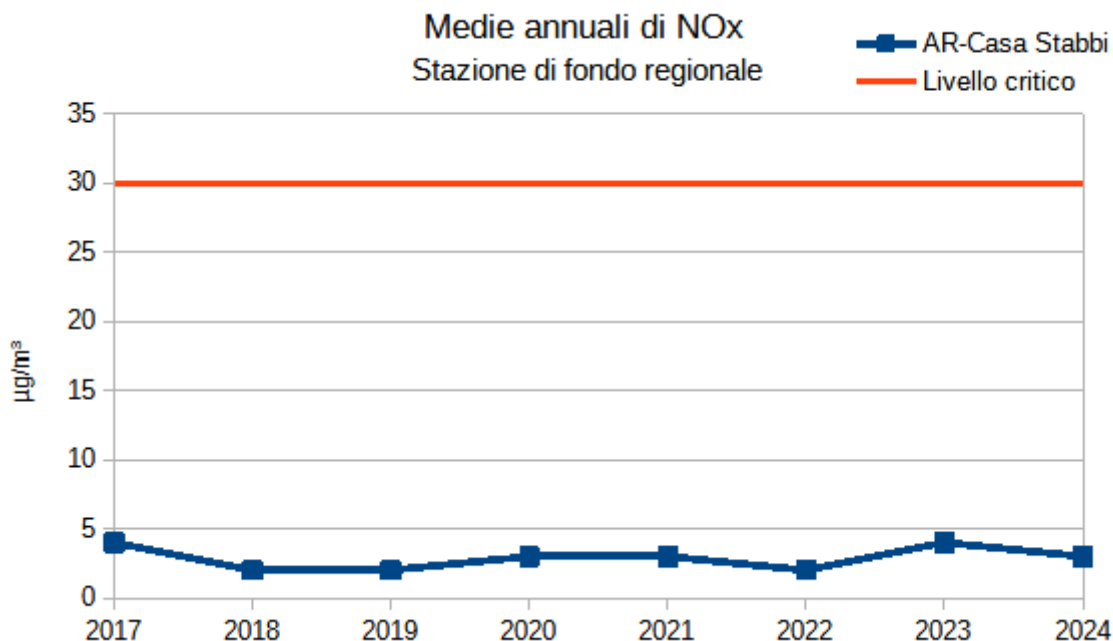
Tabella 6.1.1. NO_x - Anno 2024 - Indicatori relativi alle stazioni di Rete Regionale

Classificazione Stazione		Provincia e Comune		Nome stazione	Media annuale (µg/m ³)	Valore limite (µg/m ³)
R reg	F	AR	Chitignano	AR-Casa Stabbi	3	30

Tabella 6.1.2. NO_x – Andamento medie annuali

Classificazione e nome stazione		Medie annuali NO _x per la protezione della vegetazione (µg/m ³)							
		V.L. = 30 µg/m ³							
		2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
R reg F	AR-Casa Stabbi	4	2	2	3	3	2	4	3

Grafico 6.1.1. NO_x – Andamento medie annuali



6.2. Ozono

Tabella 6.2.1 O₃ - Anno 2024- Indicatori relativi al valore obiettivo per la protezione della vegetazione

Indicatori Ozono Anno 20234					Valore obiettivo protezione vegetazione AOT40 Maggio/Luglio 18000 µg/m³h	
Zona	Class.	Provincia e comune	Stazione	AOT40 2024	Media 2020-2021-2022-2023-2024	
Zona delle pianure	S	FI Firenze	FI-Settignano	17032	19858	
	U	FI Signa	FI-Signa	20417	21625	
	S	PT Montale	PT-Montale	19056	21461	
	S	LU Lucca	LU-Carignano	15820	15759	
	S	PI Santa Croce sull'Arno	PI-Santacroce	9456	10092	
	S	PI Pisa	PI-Passi	10423	11583	
	R	GR Grosseto	GR-Maremma	18913	17379	
Zona collinare	S	PI Pomarance	PI-Montecerboli	15678	18157	
	S	AR Arezzo	AR-Acropoli	10035	8825	
Zona appenninica	RF	AR Chitignano	AR-Casa Stabbi	9780	12686	

Il valore obiettivo per la protezione della vegetazione AOT40 di 18000, nel 2024 è stato superato in 3 siti della Zona delle pianure e nel sito della Zona collinare. L'indicatore è calcolato come media degli ultimi 5 anni.

Grafico 6.2.1 O₃ - Anno 2024 - Indicatori relativi alle stazioni di Rete Regionale – Valore obiettivo per la protezione della vegetazione

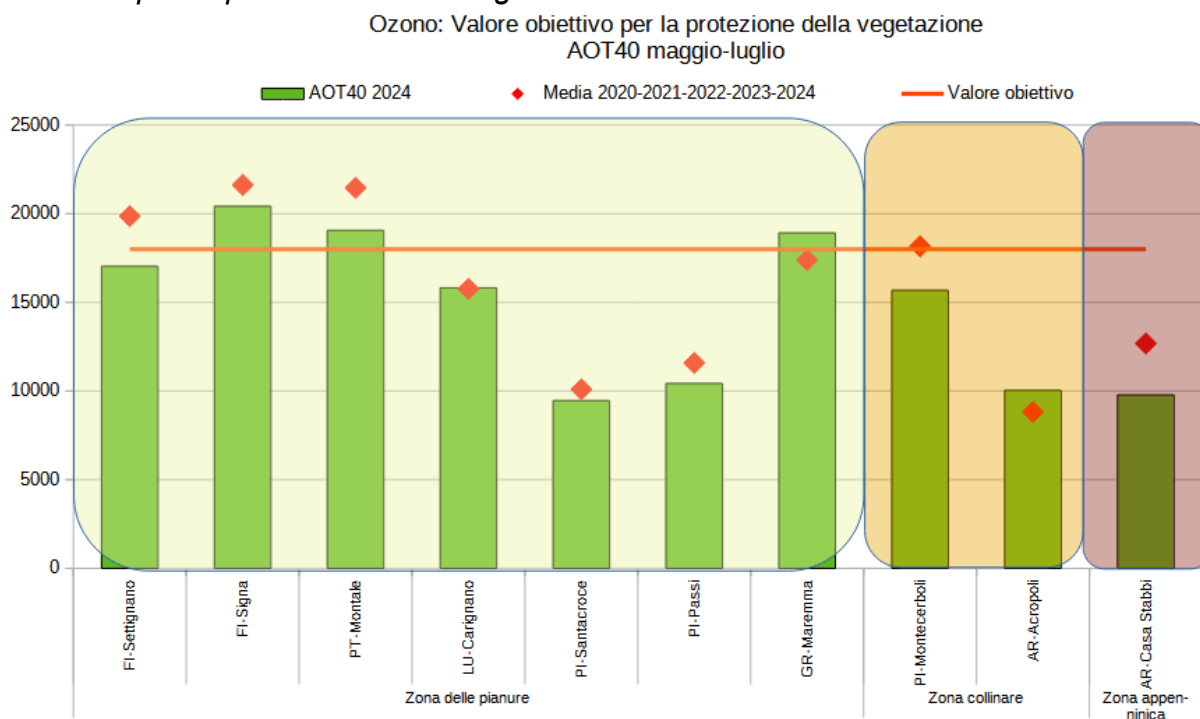
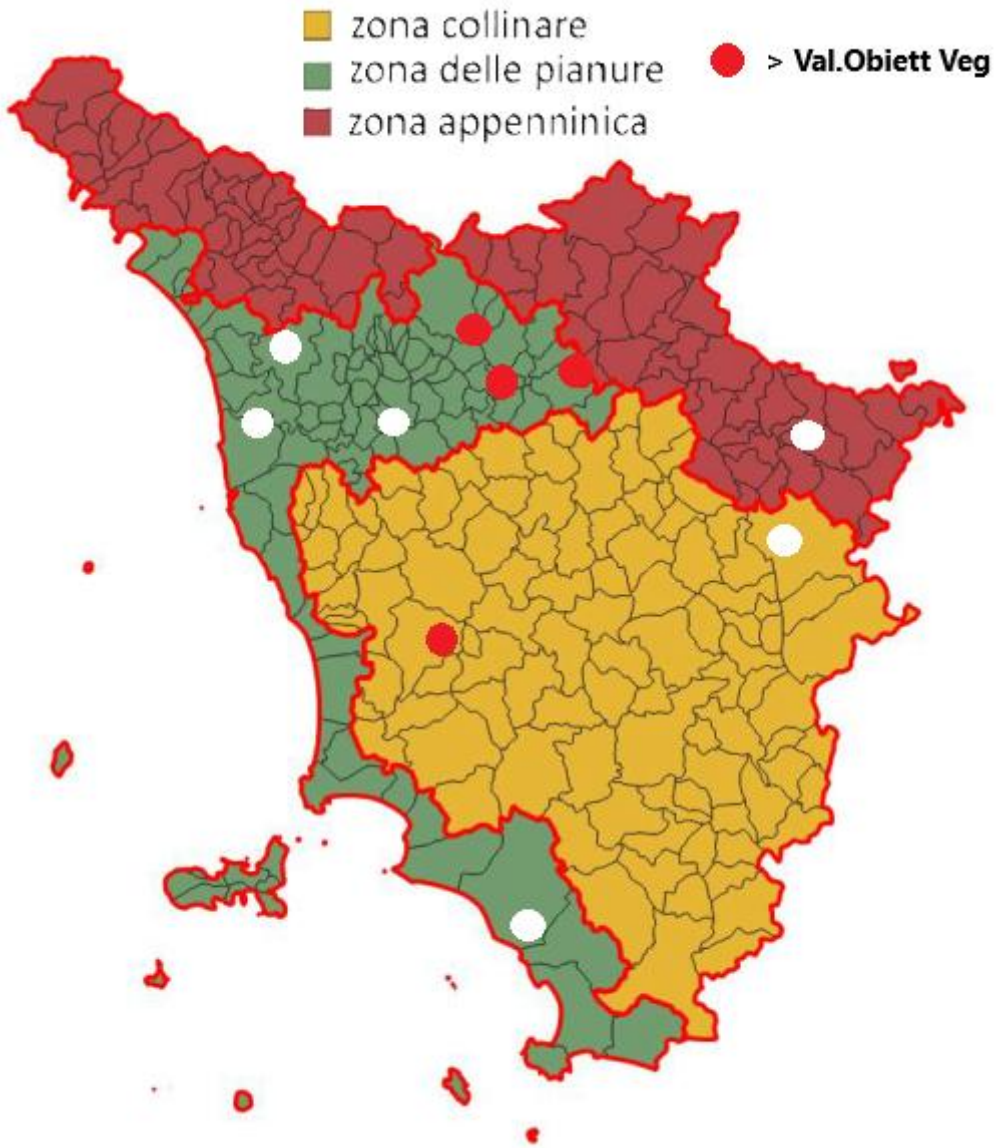


Immagine 6.2.1. O₃ - Valore obiettivo per la protezione della vegetazione – Stazioni che non hanno rispettato il V.O. nel 2024



7. CONCLUSIONI DEL MONITORAGGIO DELLE STAZIONI DI RETE REGIONALE

Il monitoraggio del 2024 ha sostanzialmente confermato la situazione complessivamente positiva per la qualità della aria della regione Toscana degli ultimi anni. Il panorama è attualmente caratterizzato da poche e specifiche criticità: una criticità diffusa per il rispetto dei valori obiettivo per l'O₃ e una singola criticità per il rispetto del valore limite sulla media giornaliera del PM₁₀, ormai legata ad una situazione sito specifica. Nel 2024 per il primo anno sono stati rispettati in tutta la regione i valori limite per l'NO₂.

Riassumendo 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 2024 sono stati avvenuti 44 superamenti.

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

NO₂: per il primo anno entrambi i valori limite sono stati rispettati in tutte le stazioni di Rete Regionale, compreso presso l'hot-spot di FI-Gramsci.

Ozono: il valore obiettivo per la protezione della salute umana non è stato rispettato in 4 stazioni su 10 confermando la criticità diffusa per l'ozono in gran parte del territorio regionale toscano. Nel 2024 non ci sono stati episodi di superamento della soglia di attenzione.

CO, SO₂ e Benzene: Il monitoraggio ha confermato l'assoluta assenza di criticità ed 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. Nel sito di PI-Montecerboli la percentuale di tempo per il quale le concentrazioni sono state tali da poter creare disagio olfattivo è stata pari al 21%.

Benzo(a)pirene e congeneri e metalli su PM₁₀: il monitoraggio ha confermato il rispetto del valore obiettivo per Benzo(a)pirene, il rispetto del valore limite per il Piombo e il rispetto dei valori obiettivo per Arsenico, Nichel e Cadmio.

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 2024: parametri e rendimento % annuale

Stazione	Class	PM10	PM2,5	NO ₂	CO	Benzene	H ₂ S	SO ₂	O ₃
AR-ENEL S.Giovanni	UT	96,1%	96,1%	100%	100%	99,9%	-	-	
AR-ENEL Castelnuovo dei Sabbioni	UF	100%	100%	100%	-	-	-	-	
LI-Poggio S.Rocco	UF	-	98,9%	98,0%	-	-	-	-	97%
LI-Stagno	UI	100%	100%	95,9%	-	94,0%	95,9%	95,5%	

Tabella 2. Stazioni di Arezzo San Giovanni e Cavriglia

Indicatori 2024	PM10		PM2,5		NO ₂	CO	Benzene
Stazione	Media µg/m ³	N° sup media giorn 50 µg/m ³	Media µg/m ³	Media µg/m ³	N° sup media oraria di 200 µg/m ³	Max media 8 ore µg/m ³	Media µg/m ³
AR-ENEL S.Giovanni	20	8	13	16	0	1,8	0,9
AR-ENEL Castelnuovo dei Sabbioni	14	6	9	4	0	-	-

I risultati delle elaborazioni relative alle stazioni dei comuni di San 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.

Tabella 3. LI-Poggio San Rocco

Stazione	O ₃			PM2,5	NO ₂	
	N° Sup 120	VO protezione popolazione (media 3 anni)	AOT40	Media µg/m ³	Media µg/m ³	N° sup media oraria di 200 µg/m ³
LI-Poggio S.Rocco	18	26	17567	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 i valori obiettivo per l'Ozono calcolati rispettivamente come medie su 3 e 5 anni non rispettano il valore di riferimento indicato dalla normativa confermando la criticità del parametro. Non ci sono stati superamenti delle soglie di informazione e d allarme, con valore massimo orario pari a 162 µg/m³.

Tabella 4. LI-Stagno

Stazione	PM10		PM2,5	NO ₂	
	Media µg/m ³	N°Sup.media giornaliera di 50 µg/m ³	Media µg/m ³	Media µg/m ³	N°Sup.media oraria di 200 µg/m ³
LI-Stagno	19	6	10	14	0 (max77)
	H ₂ S		SO ₂		
	Media µg/m ³	Max media oraria µg/m ³	Media µg/m ³	N°Sup.media giornaliera di 125 µg/m ³	N°Sup.media oraria di 300 µg/m ³
	2	9	3	0 (max 6)	0 (max 63)
	Benzene	Toluene	E-Benzene	MP-Xilene	O-Xilene
	Media annuale µg/m ³				
	0,6	2	0,4	1	0

I risultati delle elaborazioni relative alla stazione LI-Stagno, situata nella località industriale di 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 della zona per PM₁₀, PM_{2,5}, 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 PM_{2,5} di LI-Stagno a confronto con le stazioni di Livorno.

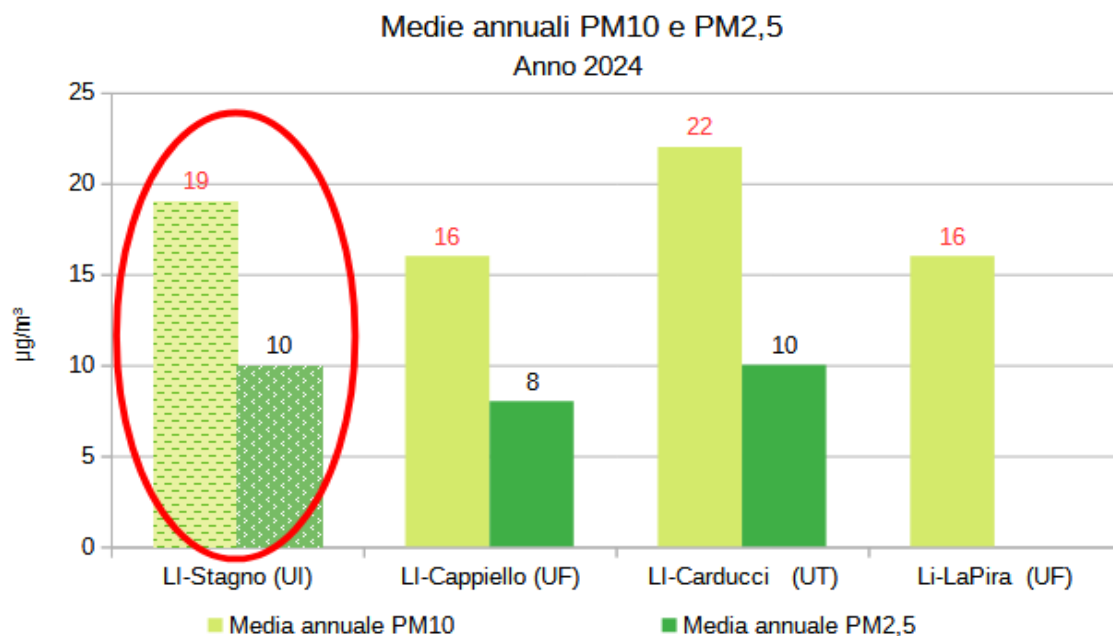


Grafico 2. Medie annuali e valori massimi NO₂ di LI-Stagno a confronto con le stazioni di Livorno.

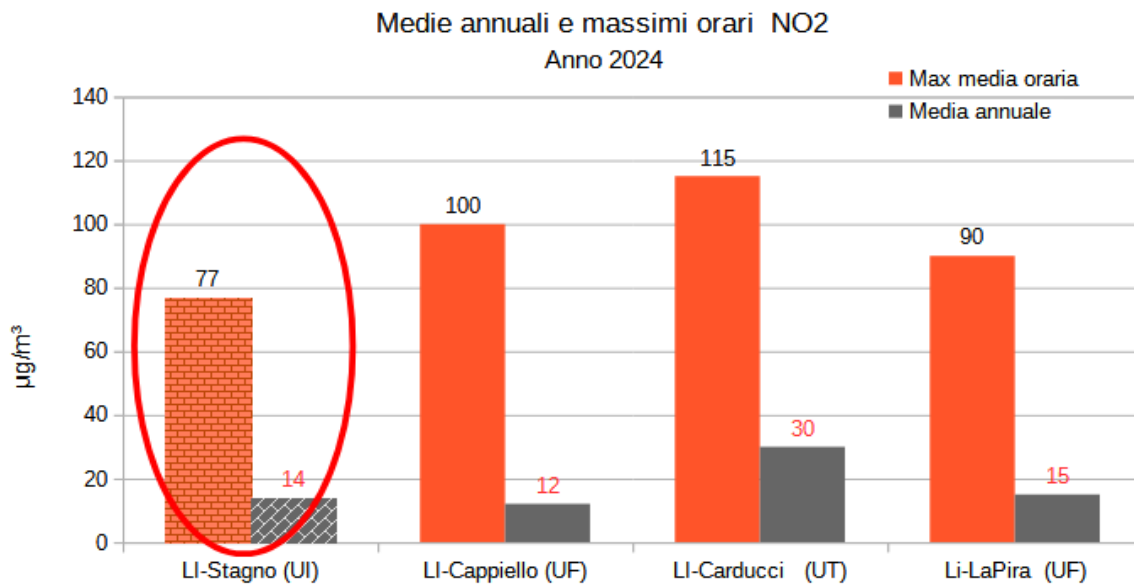


Grafico 3. Medie annuali e valori massimi SO₂ di LI-Stagno a confronto con le stazioni di Livorno.

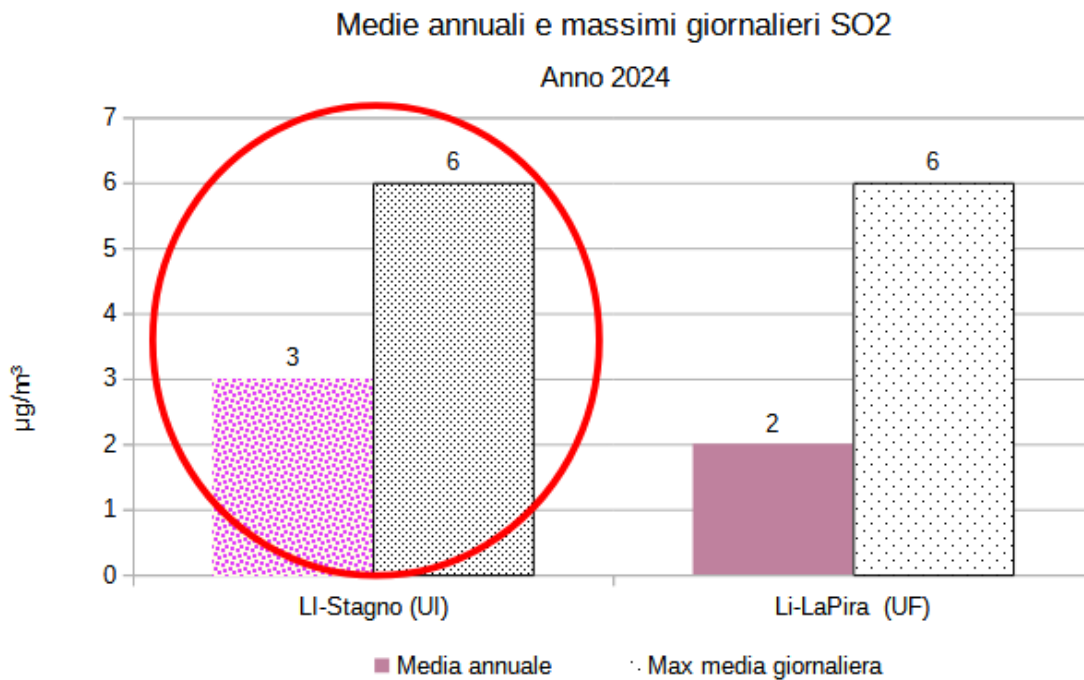
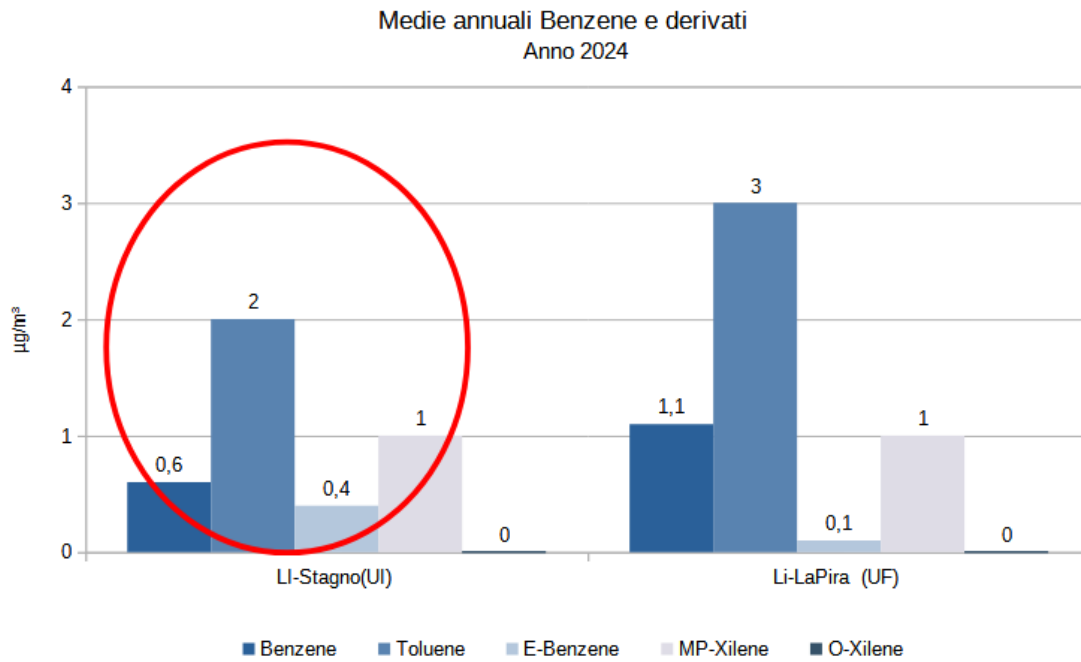


Grafico 4. Medie annuali BTX di LI-Stagno a confronto con le stazioni di Livorno.



Per quanto riguarda l'H₂S, 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 H₂S dato che soltanto per 1 ora nel 2024 le medie orarie sono state >7 µg/m³.

Nell'arco del 2024 sono state realizzate campagne indicative nel territorio della regione 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 2024

Provincia	Comune/ postazione	Parametri monitorati	Inizio campagna	Fine campagna	Campagna indicativa
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	conclusa	NO
Pistoia	Montecatini	SO ₂ , NO _x , PM10	13/11/2022	in corso	NO
Pistoia	Pescia	PM10, PM2.5	14/10/2023	in corso	NO
Pistoia	Cantagrillo	NO _x , SO ₂ PM10, PM2.5, BTX, Metalli, Pesticidi	05/11/2024	in corso	SI
Lucca	Barga / frazione Fornaci di Barga – Piazzale Del Frate	PM10 / PM2,5	04/10/2023 terza stagione	25/03/2024 terza stagione	No
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	20/05/2024	SI

Allegato 1: Analisi avvezioni di polveri anno 2024

La regione Toscana, come del resto il continente europeo, è regolarmente raggiunta da masse d'aria che portano con sé 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 2024, sono stati stimati 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 ed il corrispondente art. 20 della Direttiva 2008/50/CE, ed 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 stati esaminati i dati di PM₁₀ misurati dalle 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 2024 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 10 %.

1. Identificazione degli episodi di intrusione sahariana

La fase di identificazione dei contributi si è basata sull'analisi dei valori medi giornalieri di PM_{10} 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 2024 sono stati elaborati per le due stazioni di misura valori medi annuali di PM_{10} sostanzialmente allineati pari a $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Casa Stabbi) ed a $12 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Montecerboli); sono stati registrati 8 giorni di superamento del valore limite della media giornaliera nella stazione di Casa Stabbi (valore massimo giornaliero $155 \mu\text{g}/\text{m}^3$ il 30/3/2024) nella stazione di Casa Stabbi e 4 giorni di superamento nella stazione di Montecerboli (valore massimo giornaliero $148 \mu\text{g}/\text{m}^3$ il 30/3/204). Questi superamenti sono da riferire a due significativi episodi di contributi naturali avvenuti tra fine marzo ed inizio aprile, nel mese di giugno (20 e 21) e ad altri singoli casi rilevati nel mese di febbraio (giorno 10) e nel mese di maggio (giorno 19).

E' stata avviata una fase di analisi preliminare sulla distribuzione dei valori medi giornalieri misurati nell'anno 2024 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 $21 \mu\text{g}/\text{m}^3$. 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 PM_{10} superiori a $21 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 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 19 giorni riferibili agli episodi avvezzivi più significativi, i quali sono mostrati nella tabella sottostante.

Tabella 1. Elenco principali episodi di avvezione di polveri anno 2024 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
10/02/2024	39	54
28/02/2024	25	20
29/03/2024	144	105
30/03/2024	148	155
31/03/2024	121	132
01/04/2024	62	110
28/04/2024	22	24
19/05/2024	42	54
20/05/2024	36	34
19/06/2024	27	16
20/06/2024	34	64
21/06/2024	43	63
08/07/2024	17	23
31/08/2024	23	18
08/09/2024	34	36
15/10/2024	10	21
16/10/2024	8	25
17/10/2024	12	24
28/10/2024	17	21

Dall'esame della tabella 1, traspare che nell'anno 2024, i principali giorni riferibili ad episodi di avvezione di polveri, sono avvenuti nella stagione della primavera e dell'estate; l'episodio della primavera risulta significativo, sia per quanto riguarda la durata (dal 29 marzo al 1° aprile), sia per quanto riguarda il carico del contributo naturale di polvere ($149 \mu\text{g}/\text{m}^3$ pari al 96 % del PM₁₀ giornaliero misurato dalla stazione di Casa Stabbi).

Nell'anno 2024, gli episodi di contributi naturali di polveri hanno determinato nella rete regionale, 188 giorni di superamento del Valore Limite della media giornaliera di PM₁₀.

Il mese di marzo è stato influenzato in maniera significativa dai contributi naturali di polveri ed ha presentato, in diverse stazioni, medie mensili paragonabili a quelle invernali od addirittura più elevate degli altri mesi dell'anno in alcune stazioni di fondo.

Il contributo naturale ha raggiunto il valore massimo pari all'96 % della concentrazione media giornaliera di PM₁₀ (Montecerboli = 94 % - Casa Stabbi = 96 %), mentre il contributo medio si è assestato fra il 59 (Montecerboli) e il 73 % (Casa Stabbi).

Il numero degli episodi avvevativi (19) identificati dell'anno 2024, è sostanzialmente allineato a quello del biennio precedente (2023: 17 casi - 2022: 18 casi), ma più elevato rispetto al periodo 2016-2020. I contributi di polveri naturali medi del 2024 (es.: Casa Stabbi = $44 \mu\text{g}/\text{m}^3$) risultano invece essere più elevati rispetto a quelli degli anni precedenti (contributo annuale medio polveri naturali Casa Stabbi: 2023 = $14 \mu\text{g}/\text{m}^3$ - 2022 = $19 \mu\text{g}/\text{m}^3$ - 2021 = $32 \mu\text{g}/\text{m}^3$ - 2020 = $36 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

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 avvevativo, il **50° percentile ed il 40° percentile dei 30 giorni antecedenti** l'episodio avvevativo. 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 avvevative. 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 identificano 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 avvevativo 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 ed 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 avvevativo. Si evidenzia che la quantificazione dei contributi naturali è stata effettuata esclusivamente per gli episodi più significativi dell'anno, (febbraio, **marzo**, **aprile**, maggio, **giugno**, luglio, agosto, settembre e ottobre 2024) per la quale, sono stati registrati, nell'intera rete regionale, 188 casi di superamento del valore limite della media giornaliera di PM₁₀. L'estensione della quantificazione agli episodi avvevativi 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.

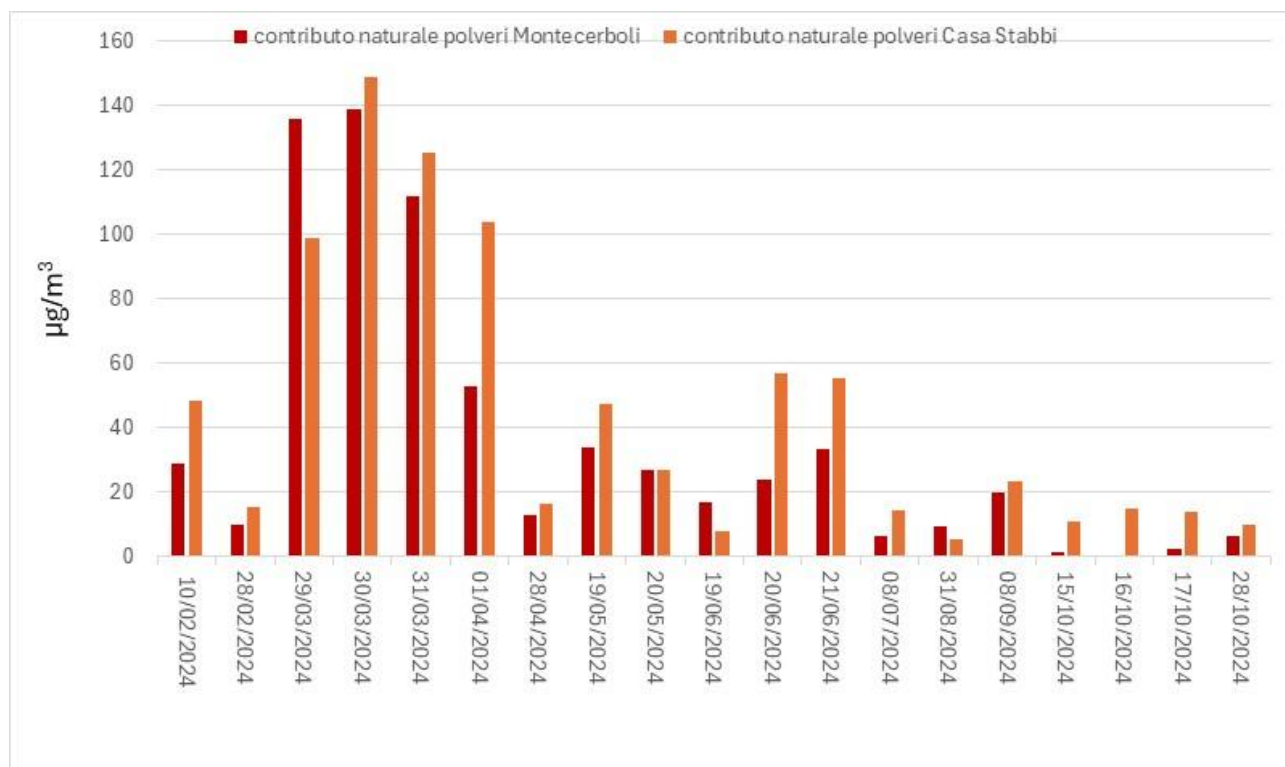
La sintesi delle elaborazioni di quantificazione è presentata nella tabella 2.

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
10/02/2024	39	54	10	6	29	48
28/02/2024	25	20	15	5	10	16
29/03/2024	144	105	8	6	136	99
30/03/2024	148	155	9	6	139	149
31/03/2024	121	132	9	6	112	126
01/04/2024	62	110	9	6	53	104
28/04/2024	22	24	9	8	13	16
19/05/2024	42	54	8	7	34	47
20/05/2024	36	34	9	7	27	27
19/06/2024	27	16	10	7	17	8
20/06/2024	34	64	10	7	24	57
21/06/2024	43	63	10	7	34	55
08/07/2024	17	23	10	9	7	14
31/08/2024	23	18	14	12	10	5
08/09/2024	34	36	14	13	20	24
15/10/2024	10	21	9	10	1	11
16/10/2024	8	25	9	10	NC	15
17/10/2024	12	24	9	10	3	14
28/10/2024	17	21	10	11	7	10

Sono presentate nel grafico sottostante 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 2024 a partire dai livelli di fondo calcolati con gli indicatori del 50° Percentile dei 30 giorni precedenti l'evento avvevivo.

Grafico 1. Contributi naturali giornalieri stimati al PM₁₀ anno 2024 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 59 % per la stazione di Montecerboli ed un contributo medio del 73 % per la stazione di Casa Stabbi. Questi valori risultano in linea con quanto riportato nella linea guida della Commissione di lavoro nel quale è indicato che la polvere desertica, può contribuire più del 60 % alla concentrazione totale di PM₁₀ nei paesi del Mediterraneo nel corso di un evento di forte inquinamento da polveri.

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, per i quali, sono stati registrati dalle stazioni di rete regionale, 188 casi di superamento del valore limite per l'indicatore della media giornaliera di PM₁₀ nell'anno 2024.

Ai singoli valori di concentrazione media giornaliera superiori al valore limite di 50 µg/m³ è stato sottratto il corrispondente contributo naturale calcolato per la stazione di misurazione di **Montecerboli** secondo la procedura effettuata al paragrafo 2.

La tabella 4 presenta i superamenti dell'indicatore della media giornaliera di PM₁₀ registrati in corrispondenza degli eventi avvevivi individuati nell'anno 2024 ed il relativo numero di giorni da detrarre dovuti ai contributi naturali avvevivi.

Tabella 3. 2024 concentrazioni medie giornaliere PM₁₀ (µg/m³) superiori al Valore Limite (50 µg/m³) dovuti a contributi naturali e conteggio dei giorni da sottrarre

Stazione	PM10 10-02-2024 (contributo naturale 29 µg/m ³)	PM10 29-03-2024 (contributo naturale 136 µg/m ³)	PM10 30-03-2024 (contributo naturale 139 µg/m ³)	PM10 31-03-2024 (contributo naturale 112 µg/m ³)	PM10 01-04-2024 (contributo naturale 53 µg/m ³)	PM10 19-05-2024 (contributo naturale 34 µg/m ³)	PM10 20-05-2024 (contributo naturale 24 µg/m ³)	PM10 20-06-2024 (contributo naturale 34 µg/m ³)	PM10 21-06-2024 (contributo naturale 34 µg/m ³)	Numero giorni da sottrarre
AR-ACROPOLI	79	127	172	--	--	45	47	58	76	5
AR-CASA-STABBI	54	105	155	132	110	54	34	64	63	8
AR-REPUBBLICA	81	131	182	147	117	52	--	58	78	6
FI-BASSI	58	128	159	122	58	--	--	58	67	7
FI-BOBOLI	44	131	145	131	44	44	45	64	72	5
FI-FIGLINE	71	121	172	128	79	43	36	46	58	6
FI-GRAMSCI	63	142	156	144	55	58	49	--	74	7
FI-MOSSE	57	142	158	140	46	48	43	65	77	6
FI-SCANDICCI	39	122	140	112	35	37	31	48	62	4
FI-SIGNA	53	131	148	112	38	37	29	54	68	6
GR-SONNINO	96	158	136	116	111	48	64	45	51	5
GR-URSS	92	145	123	100	96	43	56	39	44	5
LI-CAPPIELLO	86	132	136	100	50	20	39	46	46	3
LI-CARDUCCI	71	137	151	109	48	23	40	51	53	6
LI-COTONE	114	141	134	120	54	39	52	33	43	5
LI-LAPIRA	53	150	168	112	45	24	42	50	54	5
LI-PIOMBINO- PARCO-VIII-MARZO	112	113	115	100	45	38	50	39	40	3
LU-CAPANNORI	58	108	158	95	36	23	31	61	56	6
LU-FORNOLI	35	115	143	97	33	20	30	58	52	5
LU-MICHELETTO	57	116	180	110	40	27	33	67	61	6
LU-SAN- CONCORDIO	54	110	165	100	29	24	28		57	5
LU-VIAREGGIO	43	129	159	102	49	21	35	63	54	5
MS- COLOMBAROTTO	38	122	178	110	35	20	42	71	62	5
MS-MARINA- VECCHIA	44	122	170	107	38	20	39	74	62	5
PI-BORGHETTO	47	120	158	104	37	24	34	58	56	5
PI-MONTECERBOLI	39	144	148	121	62	42	36	34	43	4
PI-PASSI	44	115	160	101	39	22	34	54	55	5
PI-SANTA-CROCE- COOP	75	134	178	119	46	36	35	63	63	6
PO-FERRUCCI	55	123	148	115	38	37	--	57	69	6
PO-ROMA	58	132	157	116	36	37	34	58	67	6
PT-MONTALE	62	107	142	106	35	33	33	61	68	6
PT-SIGNORELLI	52	107	166	105	42	27	30	57	61	6
SI-BRACCI	77	134	148	123	79	46	40	49	63	6
SI-POGGIBONSI	81	130	126	122	69	40	34	43	50	5

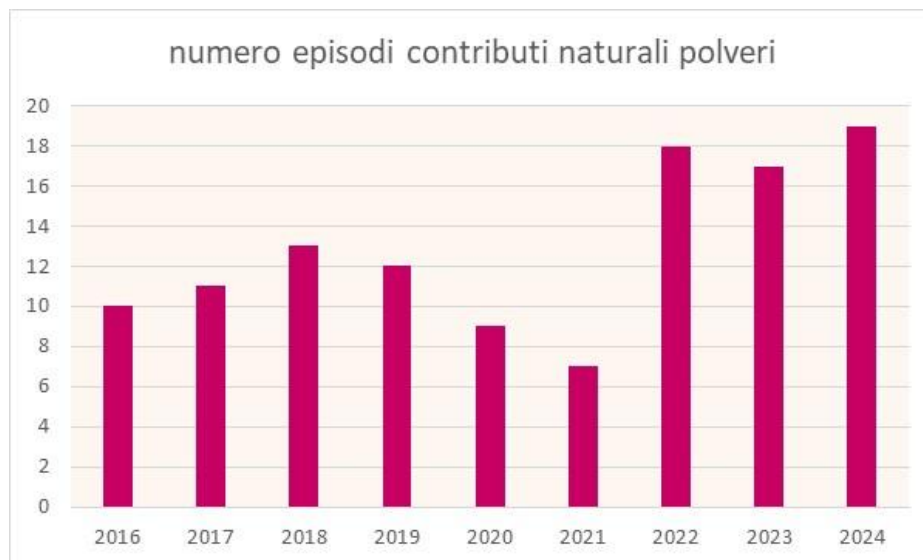
L'esame dei dati presentati nella tabella 4 evidenzia l'episodio significativo e diffuso sul territorio regionale avvenuto a fine marzo. Alla prevalenza delle stazioni di rete regionale, a causa di contributi naturali di polveri, dovrà essere applicata la sottrazione di 5 e 6 giorni di superamento; sono comunque stati stimati anche casi relativi ad 8 e 3 giorni da sottrarre per contributi naturali.

4. Elaborazione sul lungo termine

In questo paragrafo sono presentati i dati annuali (2016-2024) relativi al numero di episodi dei contributi naturali di polveri, dei relativi contributi, ed 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 2016-2024 del numero dei principali episodi di contributi naturali di polveri stimati per il territorio regionale.

Grafico 3. Numero episodi significativi contributi naturali di polveri 2016-2024



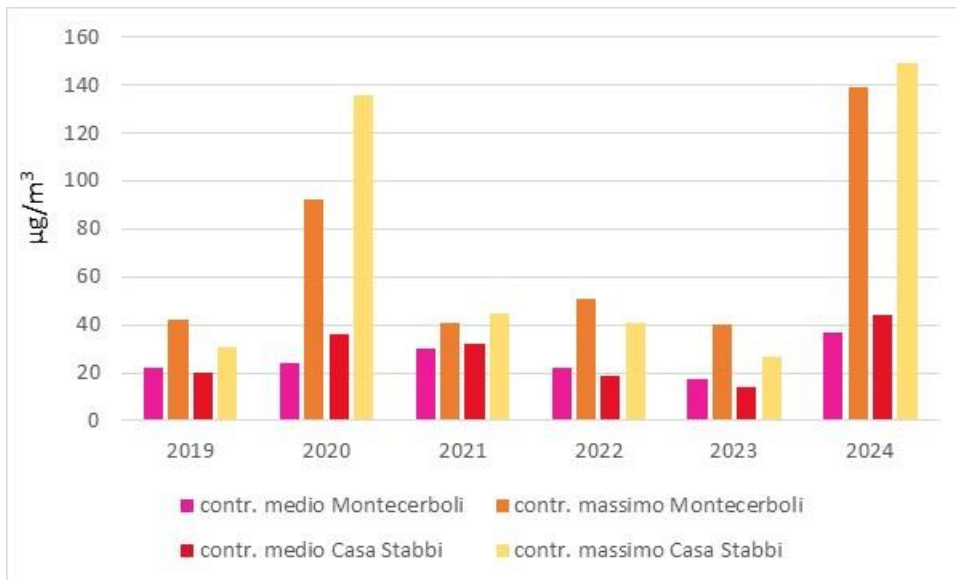
L'elaborazione grafica di figura 6 mostra la distribuzione stagionale degli eventi di avvezione dal 2016 al 2024

Grafico 4. Distribuzione stagionale % eventi avvevivi anni 2016 – 2024



Il grafico di figura 7 presenta il contributo naturale di polveri (medio e massimo) stimato per gli episodi avvevivi nel quinquennio 2019-2024 per le stazioni di misurazione di Montecerboli e Casa Stabbi

Grafico 5. Contributi naturali medi e massimi sul PM₁₀ anni 2019-2024 stazioni di misurazione Casa Stabbi e Montecerboli.



Gli episodi di contributi naturali di polveri desertiche sono caratterizzati da una variabilità significativa, sia sotto il profilo temporale che spaziale; gli istogrammi sottostanti presentano il numero di superamenti del Valore Limite giornaliero di PM₁₀ (50 µg/m³) determinati da contributi naturali di polveri nel periodo di osservazione 2016-2024. I dati sono riferiti ad ogni stazione di misurazione e sono aggregati per Zona.

Figura 8 – episodi di superamento causati da contributi naturali di polveri 2016-2024 – Zone Valdarno aretino e Valdichiana, Agglomerato di Firenze, Prato e Pistoia, Collinare e Montana.

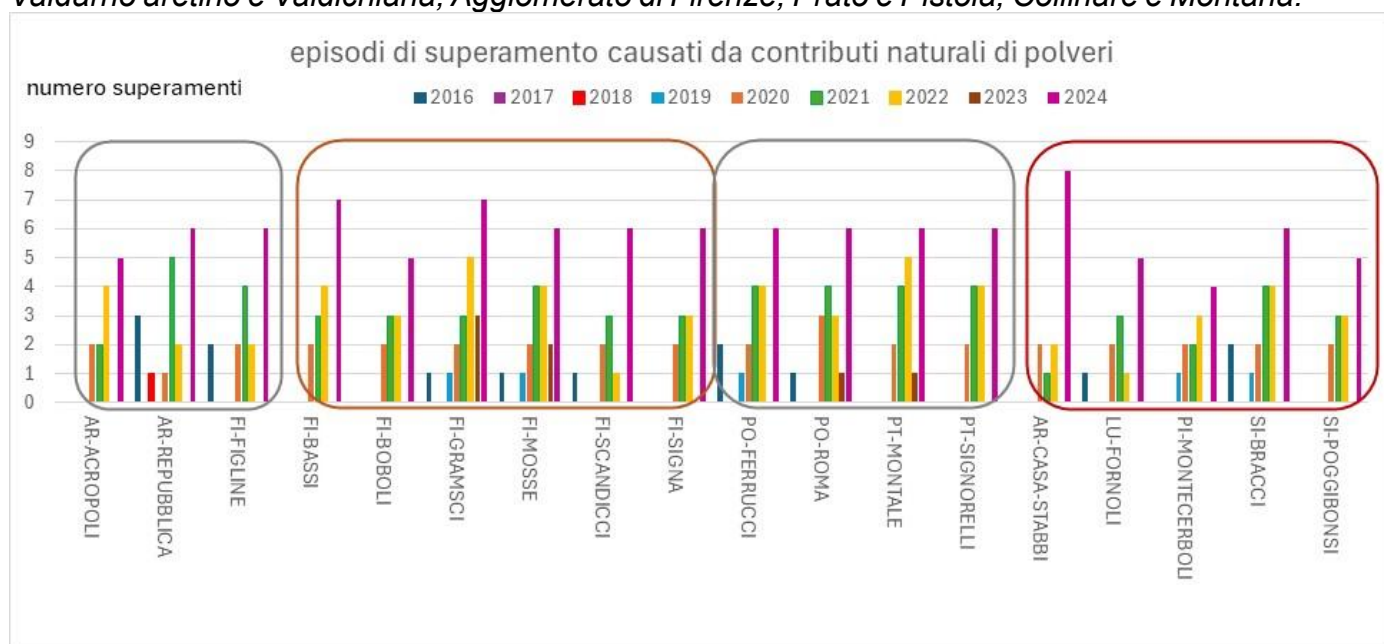


Grafico 6. Episodi di superamento causati da contributi naturali di polveri 2016-2024 – Zone Costiera, Valdarno pisano e Piana lucchese

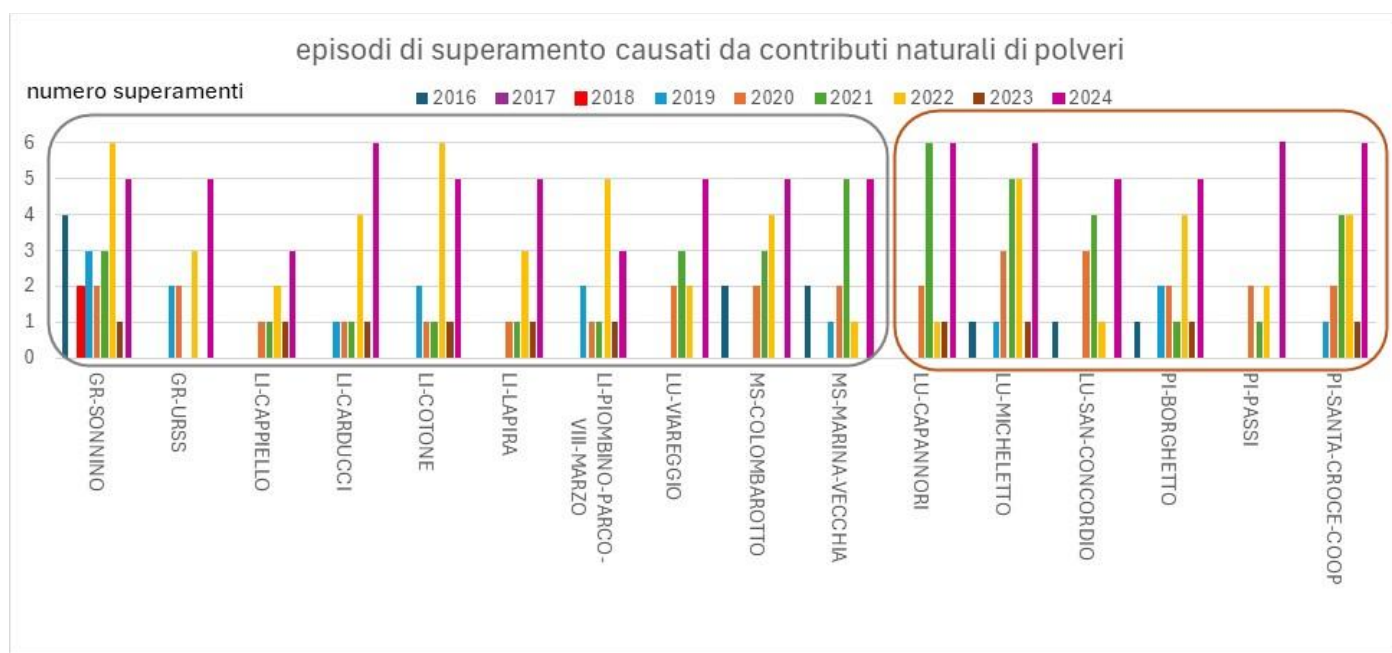
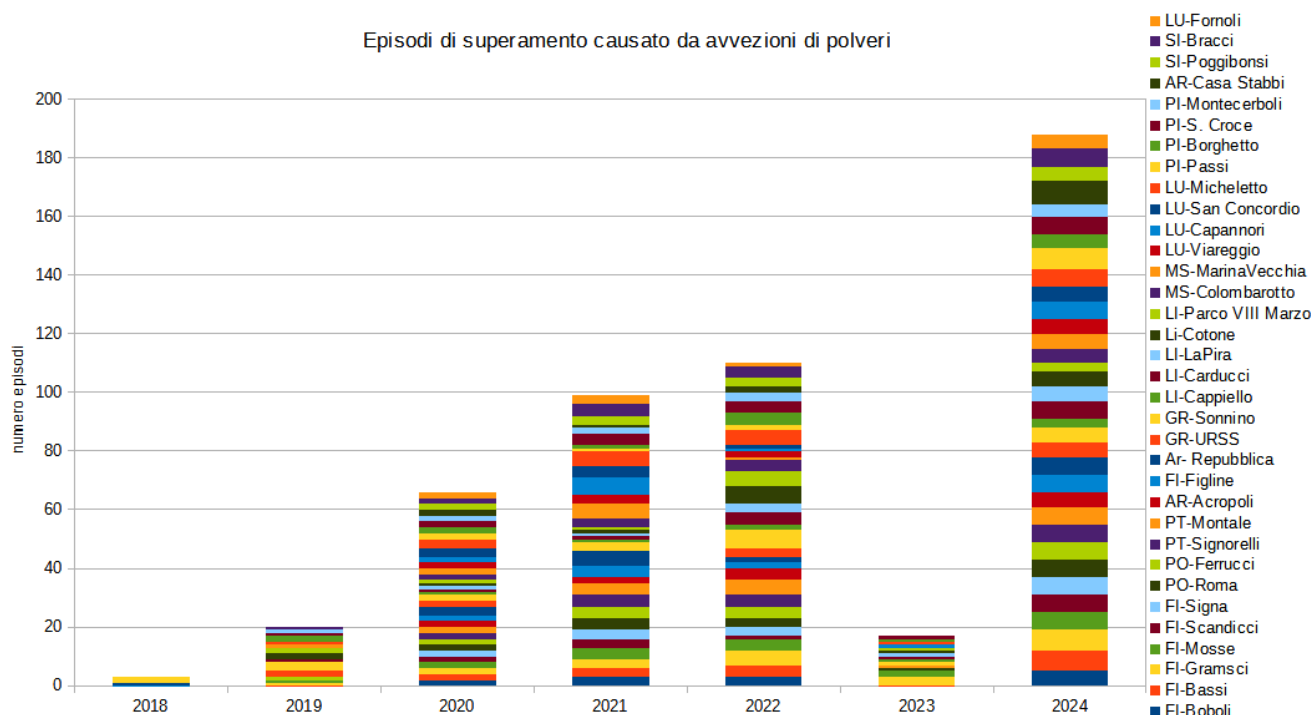


Grafico 7. Episodi di superamento causati da contributi naturali di polveri 2018-2024 – intera rete regionale



Dall’esame degli istogrammi delle figure 8 – 10, si osserva che l’anno 2024 è rappresentato da un numero di superamenti del Valore Limite della media giornaliera di PM₁₀ dovuti a contributi naturali di polveri più elevato del periodo esaminato; 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 2024 ha messo in evidenza la stima di 19 principali giorni riferibili a contributi naturali di polveri, fra questi, nove giorni hanno determinato, nelle stazioni di rete regionale, 188 casi di superamento del valore limite della media giornaliera del materiale particolato PM₁₀. I contributi naturali dell’anno 2024 si contraddistinguono pertanto per l’intensità e la spazialità sul territorio regionale.

Gli episodi più significativi si sono verificati fra marzo ed aprile (29 marzo – 1° aprile), nel mese di maggio (19 e 20) e nel mese di giugno (20 e 21).

Presso la stazione di PI – Montercerboli, sono stati stimati **carichi giornalieri massimi** di polvere (30/03/2024) fino a **139 µg/m³** mentre per la postazione di Casa Stabbi fino a **149 µg/m³**, questi valori risultano i più elevati rispetto a quelli stimati negli anni precedenti.

In base alle elaborazioni modellistiche, l’origine delle masse d’aria è stata attribuita, nella prevalenza dei casi, all’area del nord Africa, è rilevato anche un contributo proveniente dall’area caucasica il giorno 31/08/2025.

Il mese di marzo è stato influenzato in maniera significativa dai contributi naturali di polveri ed ha

presentato, in diverse stazioni, medie mensili paragonabili a quelle invernali od addirittura più elevate degli altri mesi dell'anno in alcune stazioni di fondo.

I **contributi giornalieri medi** rappresentano il **59 %** della concentrazione giornaliera di PM₁₀ per la stazione di Montecerboli ed il **73 %** per la stazione di Casa Stabbi; il carico giornaliero medio stimato per gli episodi avvevativi si attesta su 37 µg/m³ per la stazione di Pi – Montecerboli e su 44 µg/m³ per la stazione di Ar – Casa Stabbi.

L'analisi evidenzia che per la prevalenza delle stazioni di rete regionale nel quale sono registrati casi di superamento del Valore Limite della media giornaliera in corrispondenza a contributi naturali di polveri, dovrà essere applicata la sottrazione di fra 5 e 6 giorni

Appendice 1: Limiti normativi D.Lgs 155/2010

Valori di riferimento per la protezione della salute umana

	Periodo di mediazione	Valori limite	
PM10	24 ore	50 µg/m ³	da non superare più di 35 volte per anno civile
	anno civile	40 µg/m ³	-
PM2,5	anno civile	25 µg/m ³	-
NO ₂	1 ora	200 µg/m ³	da non superare più di 18 volte per anno civile
	anno civile	40 µg/m ³	-
CO	media massima giornaliera calcolata su 8 ore	10 mg/m ³	-
SO ₂	1 ora	350 µg/m ³	da non superare più di 24 volte per anno civile
	24 ore	125 µg/m ³	da non superare più di 3 volte per anno civile
Benzene	anno civile	5,0 µg/m ³	-
Piombo	anno civile	0,5 µg/m ³	-
Arsenico	anno civile	6,0 ng/ m ³	(valore obiettivo)
Cadmio	anno civile	5,0 ng/ m ³	(valore obiettivo)
Nichel	anno civile	20 ng/ m ³	(valore obiettivo)
Benzo(a)pirene	anno civile	1,0 ng/ m ³	(valore obiettivo)
Ozono	Media massima giornaliera calcolata su 8 ore	120 µg/m ³	(valore obiettivo) da non superare più di 25 giorni come media su tre anni
	1 ora	180 µg/m ³	(Soglia di informazione)
	1 ora	240 µg/m ³	(Soglia di allarme)

Valori di riferimento per la protezione della vegetazione

	Periodo di mediazione	Valori limite	
Ozono	AOT40 da maggio a luglio	18.000 µg/m ³	(valore obiettivo) come media su 5 anni
NOx	anno civile	30 µg/m ³	-
SO ₂	anno civile	20 µg/m ³	-
	1° ottobre- 31 marzo	20 µg/m ³	-

Appendice 2: Limiti normativi DE 2881/2024 per la protezione della salute umana da raggiungere entro il 1° gennaio 2030

	Periodo di mediazione	Limite	
PM10	1 giorno	45 µg/m ³	da non superare più di 18 volte per anno civile
	anno civile	20 µg/m ³	-
PM2,5	1 giorno	25 µg/m ³	da non superare più di 18 volte per anno civile
	anno civile	10 µg/m ³	-
NO ₂	1 ora	200 µg/m ³	da non superare più di 3 volte per anno civile
	1 giorno	50 µg/m ³	da non superare più di 18 volte per anno civile
	anno civile	20 µg/m ³	-
SO ₂	1 ora	350 µg/m ³	da non superare più di 3 volte per anno civile
	1 giorno	50 µg/m ³	da non superare più di 18 volte per anno civile
	anno civile	20 µg/m ³	-
Benzene	anno civile	3,4 µg/m ³	-
CO	media massima giornaliera su 8 ore	10 mg/ m ³	-
	1 giorno	4 mg/ m ³	da non superare più di 18 volte per anno civile
Piombo	anno civile	0,5 µg/m ³	-
Arsenico	anno civile	6,0 ng/ m ³	-
Cadmio	anno civile	5,0 ng/ m ³	-
Nichel	anno civile	20 ng/ m ³	-
Benzo(a)pirene	anno civile	1,0 ng/ m ³	-

Appendice 3: percentili dei valori giornalieri di PM₁₀ e PM_{2,5} e dei valori orari per NO₂, Benzene, Toluene, H₂S ed Ozono

PM10	0° percentile	25° percentile	50° percentile	75° percentile	90,4° percentile	100° percentile
FI-Boboli	0	12	16	21	29	145
FI-Bassi	2	14	20	25	34	159
FI-Gramsci	7	21	26	33	47	156
FI-Mosse	3	17	23	31	46	158
FI-Scandicci	0	11	16	21	31	140
FI-Signa	0	15	19	25	42	148
PO-Roma	2	13	18	25	41	157
PO-Ferrucci	2	14	19	25	39	148
PT-Signorelli	0	13	18	23	36	166
PT-Montale	4	15	20	28	48	142
AR-Acropoli	5	13	17	22	35	172
FI-Figline	0	13	17	25	37	172
AR-Repubblica	3	14	19	26	42	182
GR-URSS	5	13	16	21	25	145
GR-Sonnino	6	17	22	27	33	158
LI-Cappiello	3	11	15	18	23	136
LI-Via La Pira	2	13	17	22	27	168
LI-Carducci	6	16	20	25	31	151
LI-Parco 8 Marzo	1	13	16	20	24	115
LI-Cotone	1	12	15	19	23	141
MS-Colombarotto	1	13	18	24	31	178
MS-Marina vecchia	6	15	19	24	33	170
LU-Viareggio	5	16	22	29	42	159
LU-Capannori	7	16	21	34	56	158
LU-San Concordio	1	14	20	28	40	165
LU-Micheletto	3	16	22	31	46	180
PI-Passi	5	14	19	24	34	160
PI-Borghetto	6	15	20	26	34	158
PI-Santa Croce	3	16	22	29	43	178
SI-Poggibonsi	4	12	16	21	27	130
SI-Bracci	0	13	17	22	27	148
PI-Montecerboli	0	7	10	14	18	148
LU-Fornoli	6	15	20	27	37	143
AR-Casa Stabbi	1	5	8	11	16	155
AR-ENEL Castelnuovo dei Sabbioni	4	9	12	16	20	149
AR-ENEL S.Giovanni	4	12	16	23	37	138
LI-Stagno	3	13	18	22	26	156

PM2,5	0° percentile	25° percentile	50° percentile	75° percentile	99° percentile	100° percentile
FI-Bassi	1	6	9	13	37	51
FI-Gramsci	3	9	12	16	41	48
PO-Roma	2	8	10	15	75	115
PO-Ferrucci	0	7	10	14	56	83
PT-Montale	2	8	12	19	61	94
AR-Acropoli	2	7	10	14	52	61
GR-URSS	3	6	9	12	31	44
LI-Cappiello	1	5	7	10	20	52
LI-Carducci	2	7	9	12	25	62
MS-Marina vecchia	3	7	11	14	35	48
LU-Viareggio	2	7	11	16	49	62
LU-Capannori	1	8	12	25	79	95
PI-Passi	2	7	10	15	50	75
PI-Borghetto	3	8	12	16	44	74
SI-Poggibonsi	1	6	10	13	31	43
AR-Casa Stabbi	0	2	4	6	27	68
AR-ENEL Castelnuovo dei Sabbioni	2	5	8	10	30	48
AR-ENEL S.Giovanni	1	7	10	15	39	48
LI-Stagno	2	7	9	12	31	38
LI-Poggio S.Rocco	0	4	7	9	19	50

NO2	0° percentile	25° percentile	50° percentile	75° percentile	99,8° percentile	100° percentile
FI-Bassi	1	7	12	22	69	80
FI-Gramsci	2	23	36	49	91	114
FI-Mosse	4	19	28	38	68	76
FI-Scandicci	1	8	14	24	69	76
FI-Signa	0	5	9	17	56	66
FI-Settignano	0	2	3	6	42	56
PO-Roma	1	9	15	28	81	97
PO-Ferrucci	0	8	15	28	73	81
PT-Signorelli	0	7	11	21	61	72
PT-Montale	0	5	9	17	56	73
AR-Acropoli	0	5	8	16	54	67
FI-Figline	0	8	12	18	47	59
AR-Repubblica	1	14	24	35	76	89
GR-URSS	2	8	11	17	77	87
GR-Sonnino	2	15	27	40	95	118
GR-Maremma	0	3	4	5	13	65
LI-Cappiello	1	6	9	14	66	100
LI-Via La Pira	1	8	12	19	70	90
LI-Carducci	2	16	27	40	100	115
LI-Parco 8 Marzo	1	6	9	13	59	90
LI-Cotone	0	7	10	16	70	84
MS-Colombarotto	0	4	7	13	48	58
MS-Marina vecchia	1	5	10	18	60	87
LU-Viareggio	0	7	12	24	76	89
LU-Capannori	0	7	12	20	57	71
LU-San Concordio	0	8	13	21	60	70
LU-Micheletto	1	10	16	25	65	81
LU-Carignano	0	3	5	9	36	47
PI-Passi	0	5	9	16	58	69
PI-Borghetto	1	12	19	30	78	89
PI-Santa Croce	1	7	12	20	71	91
SI-Poggibonsi	1	7	11	17	55	67
SI-Bracci	3	14	21	32	96	133
PI-Montecerboli	0	2	3	4	27	34
LU-Fornoli	0	4	7	12	39	45
AR-Casa Stabbi	0	1	2	2	7	21
AR-ENEL Castelnuovo dei Sabbioni	0	2	3	6	23	36
AR-ENEL S.Giovanni	1	8	14	21	61	79
LI-Stagno	2	7	11	17	65	77
LI-Poggio S.Rocco	0	4	6	9	24	38

Benzene	0° percentile	25° percentile	50° percentile	75° percentile	99° percentile	100° percentile
FI-Bassi	0	0,6	1	2	6,3	9,8
FI-Gramsci	0	0,6	1,3	2,3	7	22,4
PO-Roma	0	0,5	0,7	1,2	5,5	10,2
AR-Acropoli	0	0,5	0,7	1,4	5,9	13,1
LI-Via La Pira	0	0,4	0,7	1,2	5,6	35,1
LU-San Concordio	0,1	0,4	0,7	1,4	5,8	9,3
SI-Poggibonsi	0	0,2	0,3	0,5	2	4,4
AR-ENEL S.Giovanni	0	0,2	0,4	1,2	4,9	10,6
LI-Stagno	0	0,3	0,5	0,7	2,2	14,2

Toluene	0° percentile	25° percentile	50° percentile	75° percentile	99° percentile	100° percentile
FI-Bassi	0	1	3	7	20	37
FI-Gramsci	0	2	5	9	26	105
PO-Roma	0	1	2	4	17	133
AR-Acropoli	0	1	1	3	11	58
LI-Via La Pira	0	1	2	3	19	97
LU-San Concordio	0	1	2	3	13	180
SI-Poggibonsi	0	1	1	2	8	106
AR-ENEL S.Giovanni	0	1	1	2	7	46
LI-Stagno	0	1	1	2	12	194

H2S	0° percentile	25° percentile	50° percentile	75° percentile	99° percentile	100° percentile
PI-Santa Croce	0	0	1	2	9	46
PI-Montecerboli	0	2	3	6	38	108
LI-Stagno	0	1	2	2	4	9

Ozono	0° percentile	25° percentile	50° percentile	75° percentile	99° percentile	100° percentile
FI-Signa	0	22	51	78	130	170
FI-Settignano	0	33	51	74	131	168
AR-Acropoli	0	22	48	71	120	137
PT-Montale	1	18	48	75	132	158
GR-Maremma	5	52	70	87	128	165
LU-Carignano	2	37	60	82	130	154
PI-Passi	1	23	47	73	118	152
PI-Santa Croce	0	15	41	69	117	137
PI-Montecerboli	7	54	71	86	127	155
AR-Casa Stabbi	6	48	63	79	120	145
LI-Poggio S.Rocco	16	65	77	90	129	162



ARPAT

Agenzia regionale
per la protezione ambientale
della Toscana

ARPAT, via del Ponte alle Mosse, 211 - 50144 Firenze

Tel. 055.32061 - Fax 055.3206324

urp@arpat.toscana.it