



Relazione annuale sullo stato della qualità dell'aria in Toscana Monitoraggio 2022





Relazione annuale
sullo stato della
qualità dell'aria
in Toscana
Monitoraggio 2022

Firenze, 2023

Relazione annuale sullo stato della qualità dell'aria in Toscana - Monitoraggio 2022

A cura di:

Bianca Patrizia Andreini

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

Autori :

Fiammetta Dini, Elisa Bini, Tiziana Cecconi, Chiara Collaveri, Dennis Dalle Mura,
Stefano Fortunato, Roberto Fruzzetti, Alessandra Lazzarelli, David Magliacani,
Marina Rosato, Bianca Sivieri, Marco Stefanelli, Guglielmo Tanganelli
ARPAT- Settore Centro Regionale per la Tutela della Qualità dell'Aria

Luca Borin, *Università di Pisa*

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

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

Copertina e editing:

Settore Comunicazione, informazione e documentazione

ARPAT, 2023



ARPAT - Agenzia regionale per la protezione ambientale della Toscana
Via del Ponte alle Mosse 211 - 50144 Firenze - tel. 055 32061
www.arpat.toscana.it

Indice

Sintesi.....	6
Sezione 1 - Rete Regionale.....	7
1. Struttura della rete di monitoraggio della qualità dell'aria in Toscana.....	7
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 2022 e confronto con i valori limite.....	14
4.1. Particolato PM ₁₀	14
4.1.1. Medie annuali di PM ₁₀ Anno 2022.....	17
4.1.2. Medie giornaliere di PM ₁₀ Anno 2022.....	21
4.1.3. Trend degli indicatori di PM ₁₀ registrati dalla RRQA.....	26
4.2. Particolato PM _{2,5}	40
4.2.1. Medie annuali di PM _{2,5} Anno 2022.....	40
4.2.2. Medie giornaliere di PM _{2,5} Anno 2022.....	42
4.2.3. Trend delle medie annuali di PM _{2,5} registrate dalla RRQA.....	43
4.2.4. Studio della distribuzione della frazione di PM _{2,5} nel PM ₁₀ nel 2022 e trend degli ultimi anni.....	47
4.3. Ossidi di azoto: NO ₂ e NO _x	51
4.3.1. Medie annuali di NO ₂ Anno 2022.....	52
4.3.2. Medie orarie di NO ₂ Anno 2022.....	55
4.3.3. Trend delle medie annuali registrate dalla RRQA.....	57
4.4. Ozono.....	66
4.4.1. Confronto con valori obiettivo e soglie per O ₃ Anno 2022.....	67
4.4.2. Medie orarie di O ₃ Anno 2022.....	69
4.4.3. Trend indicatori di O ₃ registrati dalla RRQA.....	70
4.5. Monossido di Carbonio.....	75
4.5.1. Massime orarie e massime medie su 8 ore di CO Anno 2022.....	75
4.5.2. Trend indicatori di CO registrati dalla RRQA.....	76
4.6. Biossido di Zolfo.....	78
4.6.1. Massime orarie e massime giornaliere SO ₂ Anno 2022.....	78
4.6.2. Trend indicatori di SO ₂ registrati dalla RRQA.....	79
4.7. Acido solfidrico.....	80
4.7.1. Indicatori di H ₂ S Anno 2022.....	80
4.7.2. Trend indicatori di H ₂ S registrati dalla RRQA.....	81
4.7.3. Studio del disturbo olfattivo da H ₂ S registrato dalla RRQA.....	83

4.8. Benzene.....	84
4.8.1. Medie annuali e massimi orari di Benzene anno 2022.....	84
4.8.2. Trend indicatori di Benzene registrati dalla RRQA.....	86
4.8.3. Derivati del Benzene oggetto del monitoraggio dalla RRQA.....	87
4.8.4. Trend derivati dal Benzene registrati dalla RRQA.....	89
4.8.5. Rapporto tra concentrazioni medie di Toluene e di Benzene: andamento medie mensili 2022 e trend.....	94
5. Inquinanti rilevati con campagne discontinue: indicatori e confronto con il valore limite o obiettivo, anno 2022.....	96
5.1. Benzo(a)Pirene nel PM10.....	97
5.1.1. Medie annuali e mensili Benzo(a)Pirene Anno 2022.....	97
5.1.2. Trend delle medie annuali di Benzo(a)Pirene registrati dalla RRQA.....	101
5.2. Altri 6 congeneri di idrocarburi policiclici aromatici.....	102
5.2.1. Medie annuali dei 7 congeneri IPA Anno 2022.....	102
5.2.2. Trend delle medie annuali dei 7 congeneri registrate a FI-Bassi (sito di interesse nazionale).....	104
5.2.3. Medie mensili dei 7 congeneri IPA Anno 2022.....	106
5.3. Arsenico, Cadmio, Nichel e Piombo.....	109
5.3.1. Medie annuali metalli normati Anno 2022.....	110
5.3.2. Trend delle medie annuali di As, Cd, Ni e Pb registrati dalla RRQA.....	112
5.4. Monitoraggio metalli non normati nel PM10.....	115
6. Conclusioni del monitoraggio delle stazioni di Rete Regionale relativo all'anno 2022.....	116
Sezione 2 - Monitoraggio di interesse non regionale.....	117
Allegato 1: Tabelle dei percentili.....	122
Allegato 2: Limiti normativi D.Lgs 155/2010.....	126
Allegato 3: Confronto indicatori 2022 con valori di riferimento oms e proposta di direttiva europea.....	128
1. PM ₁₀	128
2. PM _{2,5}	131
3. NO ₂	133
4. O ₃	137
5. Benzene.....	139
6. Benzo(a)Pirene.....	140
7. SO ₂ , CO e Metalli.....	141
ALLEGATO 4: Analisi avvezioni di polveri anno 2022.....	142
Premessa.....	142
1. Identificazione degli episodi di intrusione sahariana.....	142
2. Quantificazione degli episodi di avvezione naturale.....	145
3. Sottrazione dei contributi stimati.....	150
Conclusioni.....	152

Sintesi

Il panorama dello stato della qualità dell'aria ambiente della 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 una situazione complessivamente positiva per il 2022, come avviene ormai da diversi anni.

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

Si confermano inoltre le criticità già emerse negli anni precedenti per PM_{10} e NO_2 , che non hanno ancora pienamente raggiunto il rispetto dei limiti.

PM_{10} : il limite di 35 giorni di superamento del valore medio giornaliero di $50 \mu g/m^3$ è stato rispettato in tutti i siti, eccetto che in una stazione di fondo della Zona del Valdarno Pisano e Piana Lucchese, mentre il limite di $40 \mu g/m^3$ come media annuale è rispettato in tutte le stazioni.

$PM_{2,5}$: il limite normativo di $25 \mu g/m^3$ come media annuale è stato rispettato in tutte le stazioni della Rete Regionale.

NO_2 : il valore limite di $40 \mu g/m^3$ come media annuale è stato rispettato in tutte le stazioni, eccetto che in una stazione di traffico dell'Agglomerato di Firenze, mentre il limite massimo di 18 superamenti della media oraria di $200 \mu g/m^3$ è stato rispettato in tutte le stazioni. Nel 2022 non si è verificato alcun episodio di superamento della soglia di allarme per il biossido di azoto.

Ozono: è confermata la criticità di questo parametro per entrambi i valori obiettivo, che non sono stati pienamente raggiunti. Il valore obiettivo per la protezione della popolazione non è stato raggiunto in 3 siti di monitoraggio, mentre il valore obiettivo per la protezione della vegetazione non è stato raggiunto in 4 siti.

CO, SO_2 e benzene: il monitoraggio relativo al 2022 ha confermato per questi parametri l'assenza di criticità e il pieno rispetto dei valori limite.

H_2S : i valori registrati presso le stazioni della Rete Regionale sono ampiamente inferiori al valore di riferimento dell'OMS-WHO per entrambi i siti di monitoraggio. Per quanto riguarda il disagio olfattivo, la percentuale delle ore in cui i livelli di concentrazione potrebbero averlo procurato è stata contenuta in entrambi i siti.

Benzo(a)pirene: il monitoraggio relativo al 2022, come per gli ultimi anni, ha confermato il pieno rispetto dei valori obiettivo.

Metalli pesanti: il monitoraggio ha confermato l'assenza di criticità per As, Cd, Ni e Pb e il pieno rispetto dei valori obiettivo per arsenico, nichel e cadmio, oltre al rispetto del valore limite per il piombo, così come per gli anni passati.

Sezione 1 - Rete Regionale

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

Nel corso del 2022 le 37 le stazioni previste dalla Delibera regionale n. 964/2015 hanno funzionato a pieno regime. Di seguito, le figure 1.1 e 1.2 e la tabella 1.1 riportano i parametri monitorati.

Successivamente alla DGRT 1025/2010, la struttura delle Rete Regionale di rilevamento della Qualità dell'Aria della Toscana è stata modificata: passando, nel corso degli anni, dalla DGRT 964/2015 ha raggiunto, nel 2022, la configurazione sotto descritta.

Alla luce dei risultati del monitoraggio degli ultimi 5 anni, la Regione Toscana ha rivisto la classificazione del territorio toscano indicata nella DGRT 1626/2020, apportando alcune modifiche che pur risultando, in parte, effettive già dal 2022, devono essere ancora ufficializzate.

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

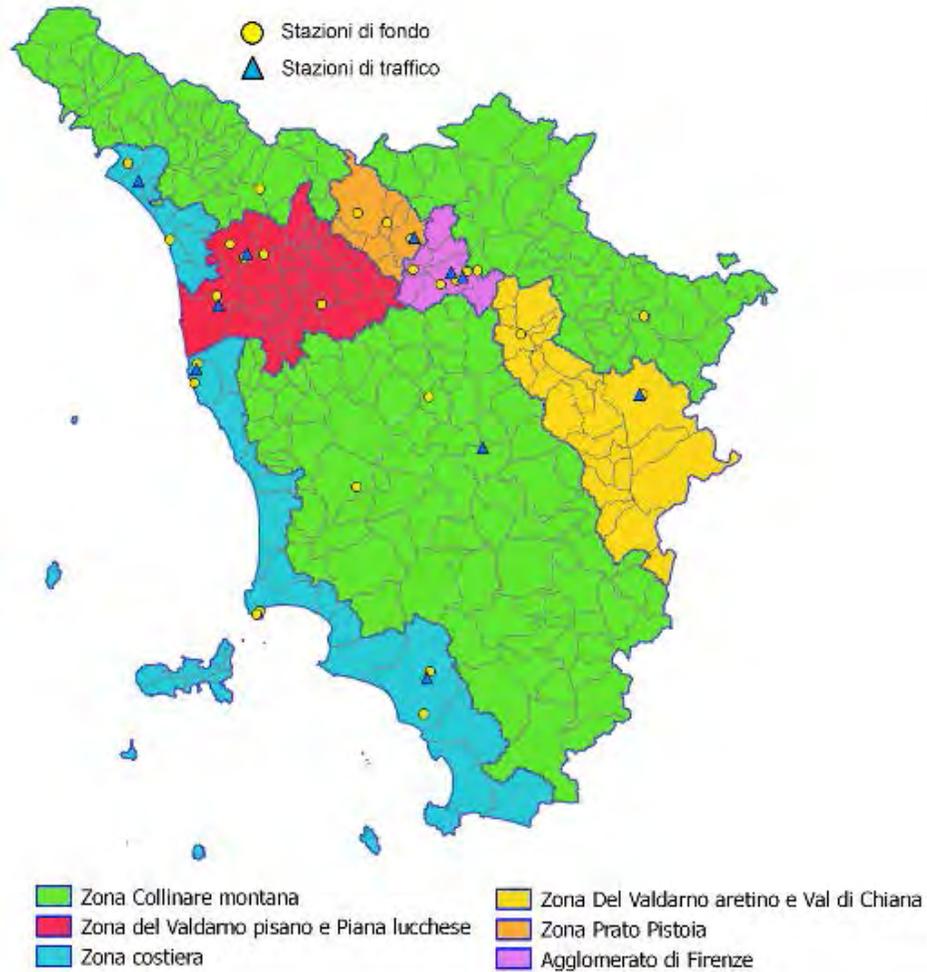


Tabella 1.1. Rete Regionale delle stazioni di misura degli inquinanti

Zonizzazione	Class. zona e stazione		Provincia e Comune		Nome stazione	PM10	PM _{2,5}	NO ₂	SO ₂	CO	Ben-zene ¹	B(a)P ¹	As	Ni	Cd	Pb ²	Zonizza-zione O ₃	Class. O ₃	O ₃	Altro	
	U	F																			
Agglomerato Firenze	U	F	FI	Firenze	FI-BOBOLI	x											Agglo-merato Firenze				
	U	F	FI	Firenze	FI-BASSI	x	x	x	x		x	x									
	U	T	FI	Firenze	FI-GRAMSCI	x	x	x		x	x	x	x	x	x	x					
	U	T	FI	Firenze	FI-MOSSE	x		x													
	U	F	FI	Scandicci	FI-SCANDICCI	x		x													
	U	F	FI	Signa	FI-SIGNA	x		x											U	x	
	S	F	FI	Firenze	FI-SETTIGNANO			x											S	x	
Zona Prato Pistoia	U	F	PO	Prato	PO-ROMA	x	x	x			x	x	x	x	x	x	Zona delle Pianure Interne				
	U	T	PO	Prato	PO-FERRUCCI	x	x	x		x											
	U	F	PT	Pistoia	PT-SIGNORELLI	x		x													
	S	F	PT	Montale	PT-MONTALE	x	x	x											S	x	
Zona Valdarno aretino e Valdichiana	U	F	AR	Arezzo	AR-ACROPOLI	x	x	x			x	x	x	x	x	x	Zona delle Pianure Interne	S	x		
	U	F	FI	Figline e Incisa Valdarno	FI-FIGLINE	x		x													
	U	T	AR	Arezzo	AR-REPUBBLICA	x		x		x											
Zona Costiera	U	F	GR	Grosseto	GR-SONNINO	x	x	x									Zona delle Pianure Costiere				
	U	T	GR	Grosseto	GR-URSS	x		x													
	R	F	GR	Grosseto	GR-MAREMMA			x											R	x	
	U	F	LI	Livorno	LI-CAPPIELLO	x	x	x													
	U	T	LI	Livorno	LI-CARDUCCI	x	x	x		x											
	U	F	LI	Livorno	LI-LA-PIRA	x		x	x		x	x	x	x	x	x					
	S	I	LI	Piombino	LI-COTONE	x		x		x											
	U	F	LI	Piombino	LI-Parco 8 Marzo	x		x													

Zonizzazione	Class. zona e stazione		Provincia e Comune		Nome stazione	PM10	PM _{2,5}	NO ₂	SO ₂	CO	Benzene ¹	B(a)P ¹	As	Ni	Cd	Pb ²	Zonizzazione O ₃	Class. O ₃	O ₃	Altro
	U	F	MS	Carrara																
	U	F	MS	Carrara	MS-COLOM-BAROTTO	x		x												
	U	T	MS	Massa	MS-MARINA-VECCHIA	x	x	x												
	U	F	LU	Viareggio	LU-VIAREGGIO	x	x	x												
Zona Valdarno pisano e Piana lucchese	U	F	LU	Capannori	LU-CAPANNORI	x	x	x	x			x								
	U	F	LU	Lucca	LU-SAN-CONCORDIO	x		x			x	x	x	x	x	x				
	U	T	LU	Lucca	LU-MICHELETTO	x		x												
	R	F	LU	Lucca	LU-CARIGNANO			x										S	x	
	U	F	PI	Pisa	PI-PASSI	x	x	x										S	x	
	U	T	PI	Pisa	PI-BORGHETTO	x	x	x		x										
	S	F	PI	S.Croce sull'Arno	PI-SANTA-CROCE	x		x										S	x	H2S
Zona Collinare e Montana	S	F	PI	Pomarance	PI-MONTE-CERBOLI	x		x					x	x	x	x		S	x	H2S
	R reg	F	AR	Chitignano	AR-CASA-STABBI	x		x										R	x	
	U	F	SI	Poggibonsi	SI-POGGIBONSI	x	x	x			x ³	x								
	U	T	SI	Siena	SI-BRACCI	x		x		x										
	U	F	LU	Bagni di Lucca	LU-FORNOLI	x		x												

Legenda: F - Fondo, T - Traffico, I - Industriale, U - Urbana, S - Suburbana, R - Rurale, R reg – Rurale fondo regionale;
 nota 1 : nella delibera si prevede soltanto il Benzene ed il Benzo(a)pirene
 nota 2 : il Piombo nella delibera è previsto soltanto a FI-Gramsci ma viene campionato e analizzato insieme agli altri metalli
 nota 3 : non ancora ufficializzato, serie 2022 non valida per distribuzione non omogenea nell'arco dell'anno

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

Nelle tabelle che seguono è riportata in percentuale, per il 2022, la raccolta dei dati degli inquinanti inseriti nella Rete Regionale. Il rendimento è calcolato come percentuale di dati raccolti rispetto al totale teorico dell'intero anno solare (al netto delle ore dedicate alla calibrazione degli analizzatori).

Ai fini della valutazione della qualità dell'aria su base annua, per ogni analizzatore in continuo l'insieme dei dati raccolti è considerato conforme e utilizzabile per il confronto con i parametri statistici della normativa se il periodo di copertura (rendimento strumentale) è almeno il 90%. Fa eccezione il benzene, per il quale nelle stazioni di tipo traffico e fondo è sufficiente una copertura del 35%.

Per quanto riguarda le campagne discontinue, il B(a)P deve essere analizzato su campioni di PM₁₀ con un minimo del 33% di copertura, mentre i metalli As, Cd e Ni devono essere analizzati su campioni di PM₁₀ con un minimo del 50%. Il Piombo necessita del 90% di copertura nelle postazioni di traffico (nelle altre stazioni dove la copertura è stata <90% e il dato relativo alla media annuale è riportato solo come indicativo).

Tabella 2.1. Raccolta dei dati anno 2022

Nome stazione	PM10	PM2,5	NO ₂	SO ₂	H ₂ S	CO	BTEX	B(a)P	As	Ni	Cd	Pb	O ₃
FI-Boboli	100%												
FI-Bassi	98,1%	97,5%	97,4%	99,4%			99,0%	39%					
FI-Gramsci	100%	100%	99,8%			100%	96,6%	54%	90%	90%	90%	90%	
FI-Mosse	100%		98,0%										
FI-Scandicci	99,8%		100%										
FI-Signa	100%		98,3%										99,8%
FI-Settignano			100%										99,9%
PO-Roma	99,5%	100%	98,1%				97,7%	52%	73%	73%	73%	73%	
PO-Ferrucci	98,3%	98,6%	99,6%			100%							
PT-Signorelli	100%		99,6										
PT-Montale	100%	100%	100%										99,9%
AR-Acropoli	99,8%	99,8%	98,3%				96,1%	47%	48%	48%	48%	48%	97,8%
FI-Figline	100%		100%										
AR-Repubblica	100%		100%			100%							
GR-URSS	100%	100%	95,1%										
GR-Sonnino	100%		99,0%										
GR-Maremma			96,6%										98,2%
LI-Cappiello	100%	100%	98,8%										
LI-Carducci	100%	100%	99,9%			100%							
LI-La Pira	100%		100%	100%			93,5%	50%	53%	53%	53%	53%	
LI-Cotone	100%		99,4			98,5%							
LI-Parco 8 Marzo	100%		100%										
MS-Colombarotto	100%		98,9%										
MS-Marina vecchia	100%	100%	98,2%										
LU-Viareggio	100%	100%	99,0%										
LU-Capannori	100%	100%	100%	99,8%				98%					
LU-San Concordio	100%		100%				97,9%	72%	71%	71%	71%	71%	
LU-Micheletto	100%		100%										
LU-Carignano			96,3%										96,8%
PI-Passi	98,3%	98,3%	100%										98,9%
PI-Borghetto	100%	100%	100%			99,7%							
PI-Santa Croce	100%		100%		99,8%								100%
PI-Montecerboli	100%		100%		98,3%				54%	54%	54%	54%	100%
AR-Casa Stabbi	99,2%		97,1%										97,9%
SI-Poggibonsi	100%	100%	99,1%				70%	60%					
SI-Bracci	100%		99,5%			99,9%							
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: 2014 UNI EN 16450 :2017	D.Lgs.155/2010 Allegato IV
NO ₂ /NO _x	UNI EN 14211:2012	D.Lgs.155/2010 Allegato IV
CO	UNI EN 14626:2012	D.Lgs.155/2010 Allegato IV
SO ₂	UNI EN 14212:2012	D.Lgs.155/2010 Allegato IV
H ₂ S	UNI EN 14212:2012	Metodo per SO ₂ D.Lgs.155/2010 Allegato IV
Benzene e derivati	UNI EN 14662:2005, UNI EN 14662:2015, parte 3.	D.Lgs.155/2010 Allegato IV
Benzo(a)Pirene e altri 6 IPA	UNI EN 15549:2008	D.Lgs.155/2010 Allegato IV
As, Ni, Cd, Pb	UNI EN 14902:2005	D.Lgs.155/2010 Allegato IV
Ozono	UNI EN 14625:2012	D.Lgs.155/2010 Allegato IV

4. Indicatori 2022 e confronto con i valori limite

Di seguito sono descritti e riportati su mappa gli indicatori relativi ai parametri rilevati dalle stazioni di Rete Regionale nel corso dell'anno 2022.

I valori degli indicatori sono valutati in primo luogo rispetto al D.Lgs.155/2010, che in Italia rappresenta la normativa vigente; in secondo luogo, rispetto ai valori guida dell'OMS¹ (allegato 3) e alla proposta di Direttiva europea COM/2022/542.

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

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 del 2022, confermando per entrambi i parametri la situazione degli anni precedenti:

- il valore limite relativo alla media annuale di PM₁₀ di 40 µg/m³ è stato rispettato in tutte le stazioni della Rete Regionale;
- il limite relativo al numero massimo di 35 superamenti della media giornaliera di 50 µg/m³ di PM₁₀ (allegato XI D.Lgs.155/2010 e s.m.i.), è stato superato soltanto presso una stazione urbana di fondo della zona del Valdarno Pisano e Piana Lucchese, dove la stazione LU-Capannori, ha registrato 40 superamenti: si tratta dell'unica eccezione al pieno rispetto della normativa.

¹ WHO-World Health Organisation global air quality guidelines. Particulate matter (PM2.5 and PM10), ozone, nitrogen dioxide, sulfur dioxide and carbon monoxide. Geneva: World Health Organization; 2021. Licence: CC BY-NC-SA 3.0 IGO.

Tabella 4.1.1. PM10 – Anno 2022 - Indicatori relativi alle stazioni di Rete Regionale

Zona	Classificazione	Provincia e Comune		Nome stazione	Media annuale ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	V.L.	N° medie giornaliere > 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	V.L.
Agglomerato di Firenze	UF	FI	Firenze	FI-Boboli	19	40	1	35
	UF	FI	Firenze	FI-Bassi	21		3	
	UT	FI	Firenze	FI-Gramsci	28		4	
	UT	FI	Firenze	FI-Mosse	26		13	
	UF	FI	Scandicci	FI-Scandicci	21		3	
	UF	FI	Signa	FI-Signa	22		10	
Zona Prato Pistoia	UF	PO	Prato	PO-Roma	23		14	
	UT	PO	Prato	PO-Ferrucci	23		9	
	UF	PT	Pistoia	PT-Signorelli	22		5	
	SF	PT	Montale	PT-Montale	26		20	
Zona Valdarno aretino e Valdichiana	UF	AR	Arezzo	AR-Acropoli	20		0	
	UF	FI	Figline e Incisa Valdarno	FI-Figline	22		7	
	UT	AR	Arezzo	AR-Repubblica	24		11	
Zona Costiera	UF	GR	Grosseto	GR-URSS	19		0	
	UT	GR	Grosseto	GR-Sonnino	25		1	
	UF	LI	Livorno	LI-Cappiello	16		0	
	UT	LI	Livorno	LI-Carducci	22		0	
	UF	LI	Livorno	LI-LaPira	18		0	
	SI	LI	Piombino	LI-Cotone	17		0	
	UF	LI	Piombino	LI-Parco VIII Marzo	19		0	
	UF	MS	Carrara	MS-Colombarotto	21		2	
	UT	MS	Massa	MS-MarinaVecchia	19		2	
	UF	LU	Viareggio	LU-Viareggio	25		12	
Zona Valdarno pisano e Piana lucchese	UF	LU	Capannori	LU-Capannori	29		40	
	UF	LU	Lucca	LU-San Concordio	24	7		
	UT	LU	Lucca	LU-Micheletto	28	16		
	UF	PI	Pisa	PI-Passi	21	3		
	UT	PI	Pisa	PI-Borghetto	23	3		
	SF	PI	Santa Croce sull'Arno	PI-Santa Croce	26	10		
Zona Collinare e Montana	SF	PI	Pomarance	PI-Montecerboli	13	0		
	R regF	AR	Chitignano	AR-Casa Stabbi	10	0		
	UF	SI	Poggibonsi	SI-Poggibonsi	20	0		
	UT	SI	Siena	SI-Bracci	19	0		
	UF	LU	Bagni di Lucca	LU-Fornoli	25	11		
Media annuale regionale complessiva ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)							22	
Media annuale di PM10 stazioni di tipo fondo ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)							21	
Media annuale di PM10 stazioni di tipo traffico ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)							24	

La concentrazione media regionale registrata nel 2022 è stata pari a 22 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, con media registrata presso le stazioni di fondo pari a 21 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ e media delle stazioni di traffico pari a 24 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Anche nel 2022 la massima media annuale di PM_{10} è stata registrata presso la stazione di fondo del comune di Capannori, dove per il terzo anno consecutivo è stata pari a $29 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Tra le stazioni di traffico, le medie più elevate sono state registrate presso LU-Micheletto e FI-Gramsci con $28 \mu\text{g}/\text{m}^3$. La media complessiva regionale, sempre nel 2022, è stata pari a $22 \mu\text{g}/\text{m}^3$, con media delle stazioni di fondo pari a $21 \mu\text{g}/\text{m}^3$ e delle stazioni di traffico pari a $24 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

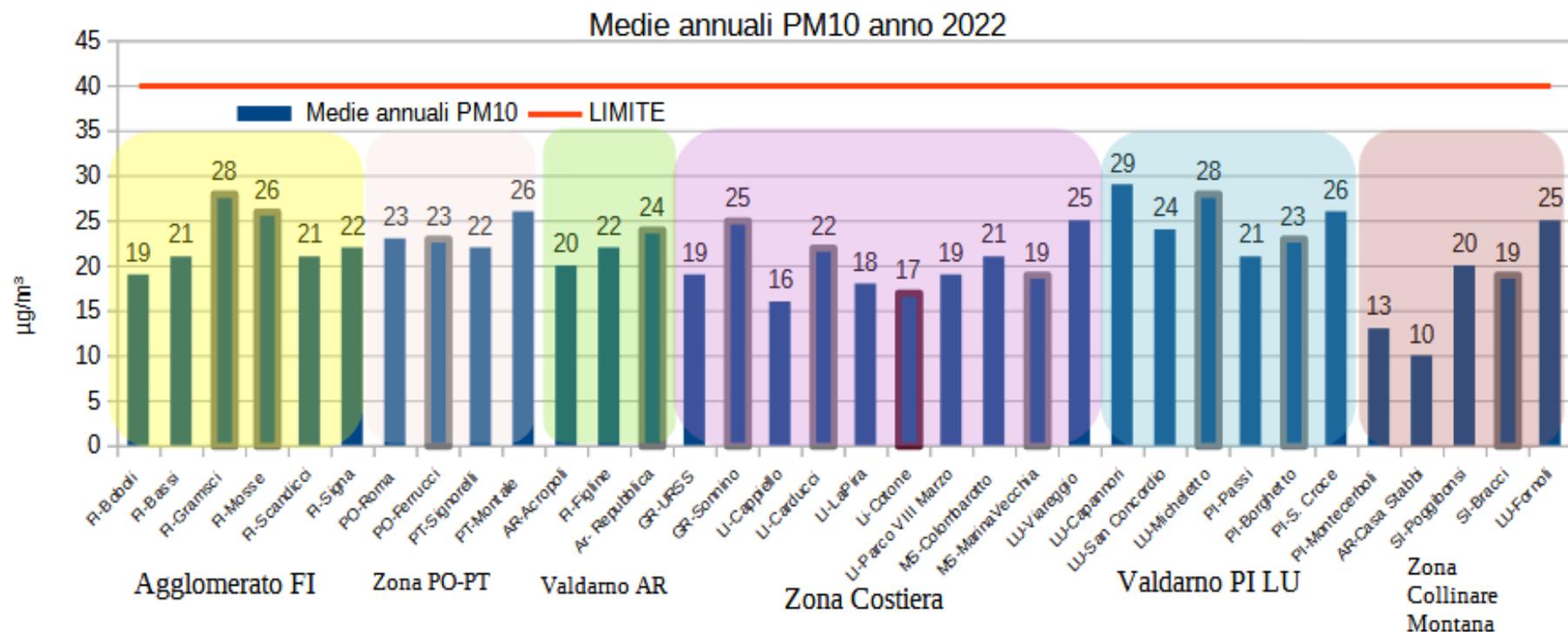
Con eccezione della stazione di fondo di LU-Capannori, presso la quale si sono verificati 40 eventi, al netto degli episodi di superamento per trasporto massivo di polveri da sorgenti naturali, in tutti gli altri siti gli eventi sono stati in numero molto contenuto, con massimo di 20 presso il sito PF di PT-Montale e pochi superamenti presso tutti i siti di traffico della regione.

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

4.1.1. Medie annuali di PM10 Anno 2022

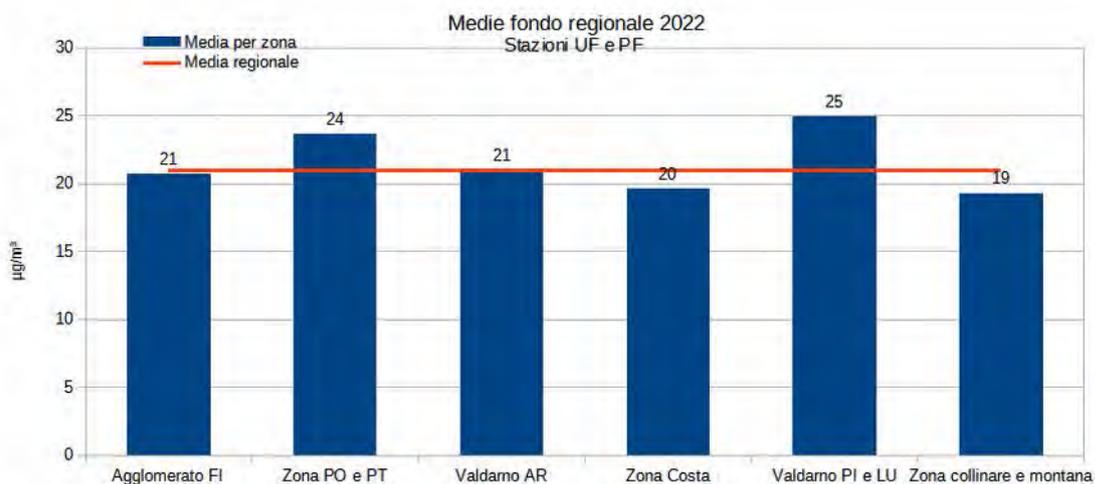
Di seguito il grafico relativo ai valori medi di PM₁₀ registrati nel 2022.

Grafico 4.1.1. PM10 – Anno 2022 - Medie annuali PM10



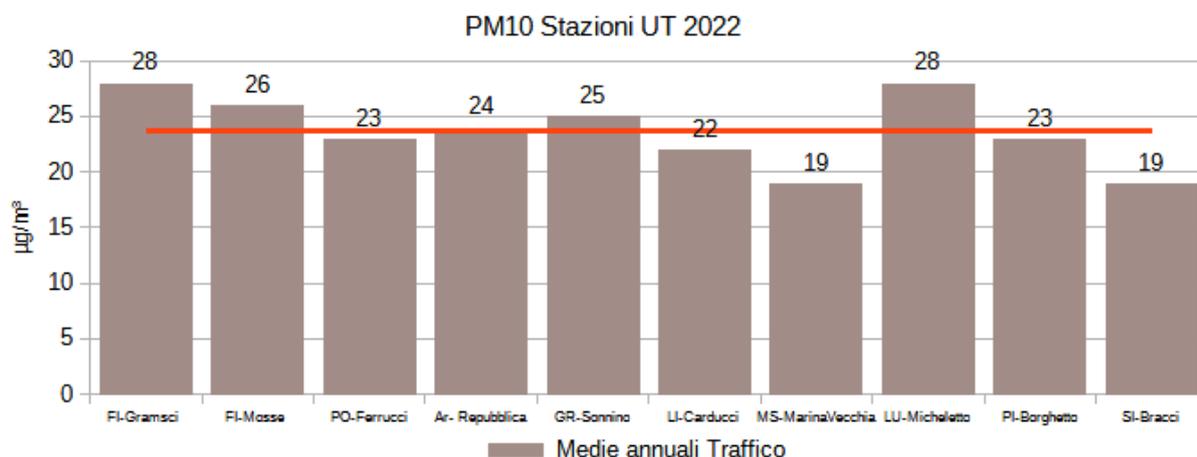
Nel 2022 le medie annuali delle concentrazioni di fondo di PM₁₀ sono state in gran parte del territorio intorno ai 20 µg/m³. Più elevate rispetto al resto del territorio le medie delle due Zone di PO e PT, pari a 24 µg/m³, e del Valdarno pisano e Piana lucchese, pari a 25 µg/m³.

Grafico 4.1.2. PM₁₀ – Anno 2022 - Medie annuali per zona di PM₁₀ - Stazioni di fondo



Per quanto riguarda le stazioni di traffico, i valori medi annuali sono stati compresi tra 28 µg/m³ e 19 µg/m³, con i valori più elevati nelle stazioni di Firenze e di Lucca; i più contenuti sono nelle stazioni di Livorno, Massa a Siena.

Grafico 4.1.3. PM₁₀ – Anno 2022 - Medie annuali di PM₁₀ - Stazioni di traffico



Confrontando i valori medi annuali di concentrazione di PM₁₀ registrati presso le stazioni di Rete Regionale Toscana con il valore guida dell'OMS (Organizzazione Mondiale per la Sanità), ovvero una media annua di 20 µg/m³, si nota che sia per le stazioni di traffico che per quelle di fondo il rispetto del valore di riferimento è critico in gran parte del territorio. Il

confronto con i valori dell'OMS è descritto in allegato, insieme al confronto con i nuovi valori limite proposti dalla bozza di direttiva europea.

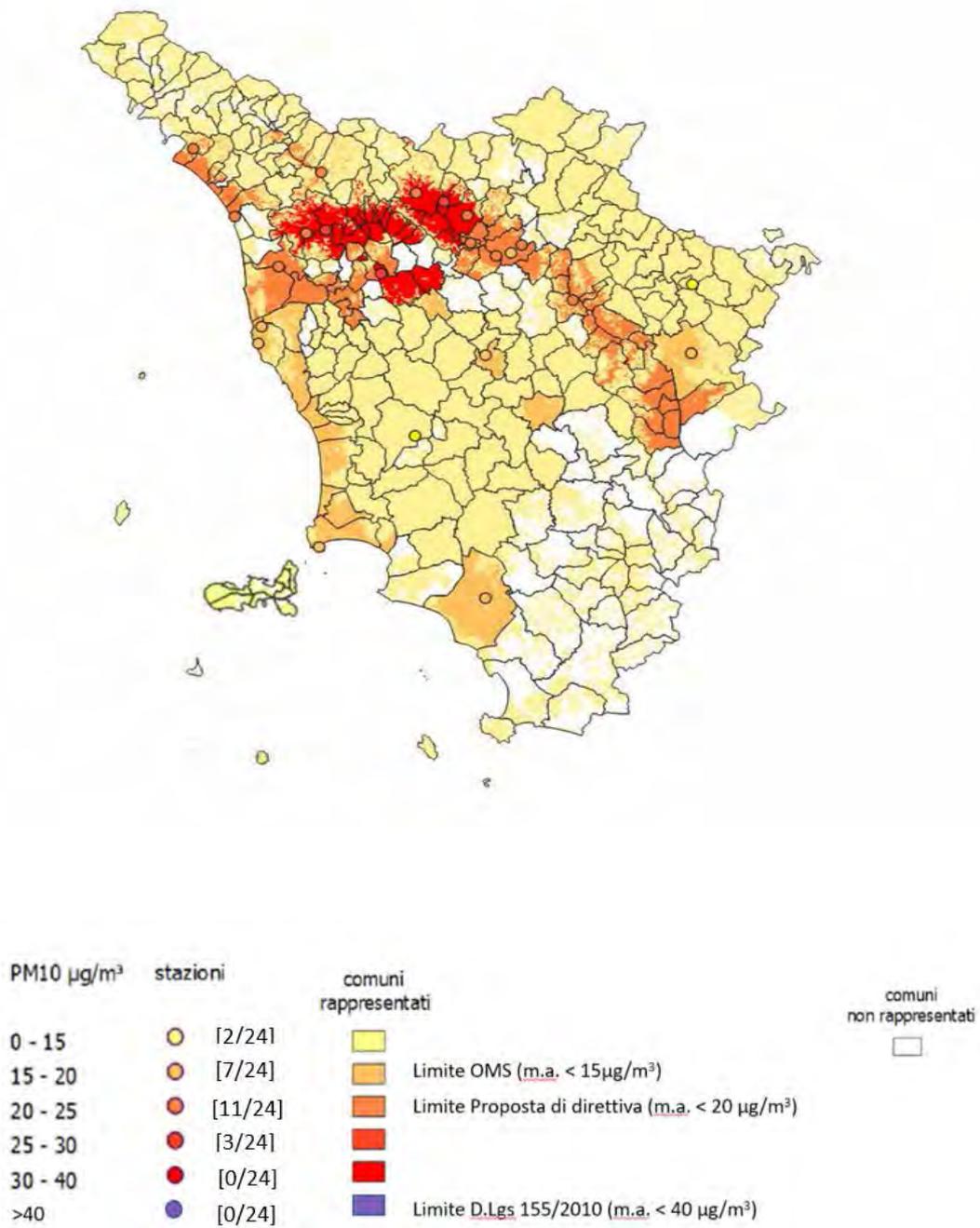
La Figura 4.1.1. evidenzia con i colori in legenda la distribuzione delle concentrazioni medie annuali del 2022 nelle stazioni di fondo del territorio toscano. Lo sfondo colorato, dove presente, indica il territorio a cui è associata la rispettiva concentrazione.

La mappa è stata elaborata utilizzando i valori medi annui di PM_{10} delle stazioni di fondo e applicando la nuova rappresentatività spaziale delle stazioni di cui alla DGRT 228/2023 e al documento *“Elenco pubblicazioni inerenti la rappresentatività spaziale delle stazioni di rilevamento della qualità dell'aria - Regione Toscana”*.

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

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

Figura 4.1.1. Distribuzione del PM_{10} sul territorio toscano nel 2022, stimata secondo le aree di rappresentatività delle stazioni di fondo



4.1.2. Medie giornaliere di PM10 Anno 2022

Di seguito si riporta la situazione Toscana relativa ai superamenti della media giornaliera di PM₁₀ che sono stati registrati nel 2022.

Tabella 4.1.2. PM₁₀ – Anno 2022 - N° Superamenti al netto ed al lordo del contributo da fonti naturali, stazioni di Rete Regionale.

Anno 2022			N° medie giornaliere > 50 µg/m ³		
Zona	Classificazione e nome stazione		Superamenti totali al lordo del contributo naturale	Superamenti causati da contributo naturale	Superamenti al netto del contributo naturale
Agglomerato di Firenze	UF	FI-Boboli	4	3	1
	UF	FI-Bassi	7	4	3
	UT	FI-Gramsci	9	5	4
	UT	FI-Mosse	17	4	13
	UF	FI-Scandicci	4	1	3
	UF	FI-Signa	13	3	10
Zona Prato Pistoia	UF	PO-Roma	17	3	14
	UT	PO-Ferrucci	13	4	9
	UF	PT-Signorelli	9	4	5
Zona Valdarno aretino e Valdichiana	SF	PT-Montale	25	5	20
	UF	AR-Acropoli	4	4	0
Zona Costiera	UF	FI-Figline	9	2	7
	UT	Ar- Repubblica	13	2	11
	UF	GR-URSS	3	3	0
	UT	GR-Sonnino	7	6	1
	UF	LI-Cappiello	2	2	0
	UT	LI-Carducci	4	4	0
	UF	LI-LaPira	3	3	0
	SI	Li-Cotone	6	6	0
	UF	LI-Parco VIII Marzo	5	5	0
Zona Valdarno pisano e Piana lucchese	UF	MS-Colombarotto	6	4	2
	UT	MS-MarinaVecchia	3	1	2
	UF	LU-Viareggio	14	2	12
	UF	LU-Capannori	41	1	40
	UT	LU-San Concordio	8	1	7
	UF	LU-Micheletto	21	5	16
Zona Collinare e Montana	UF	PI-Passi	5	2	3
	UT	PI-Borghetto	7	4	3
	SF	PI-Santa Croce	14	4	10
	SF	PI-Montecerboli	3	3	0
	R regF	AR-Casa Stabbi	2	2	0
Zona Collinare e Montana	UF	SI-Poggibonsi	3	3	0
	UT	SI-Bracci	4	4	0
	UF	LU-Fornoli	12	1	11

Grafico 4.1.4. PM_{10} – Anno 2022 -N° superamenti soglia $50 \mu g/m^3$ PM_{10}

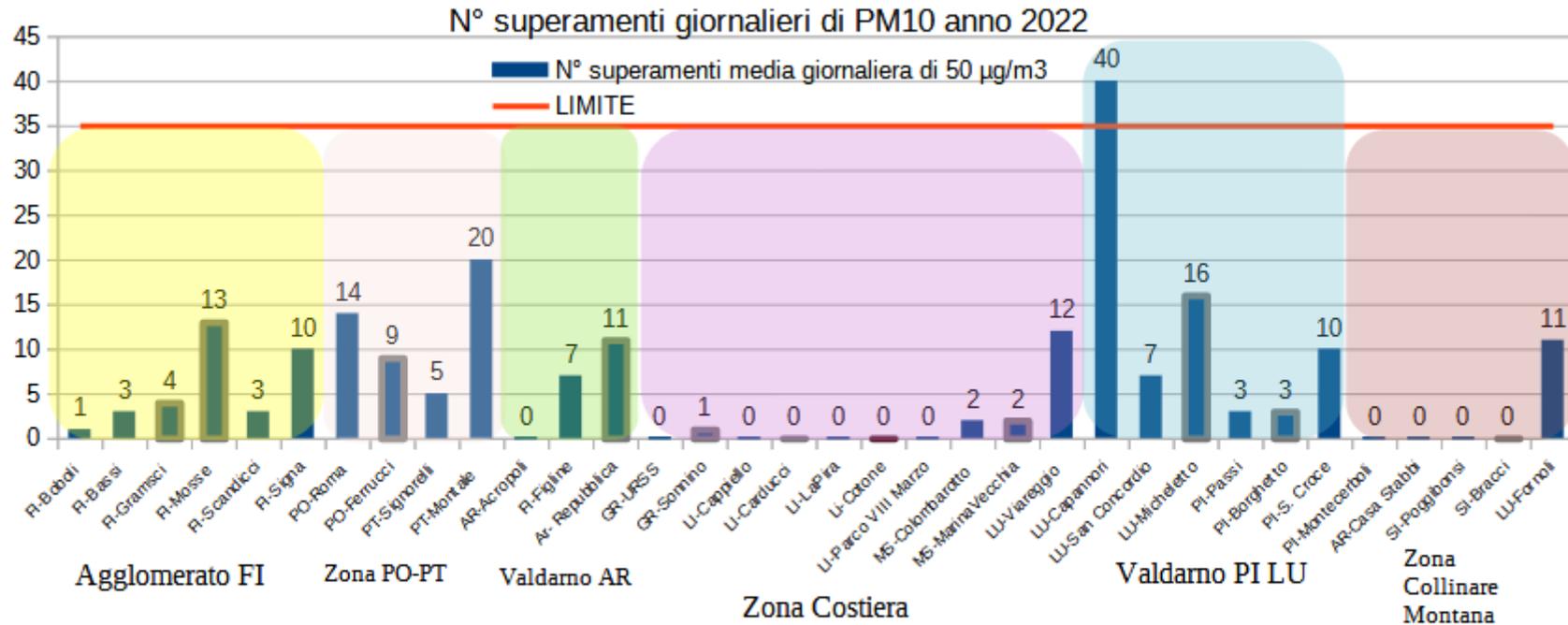
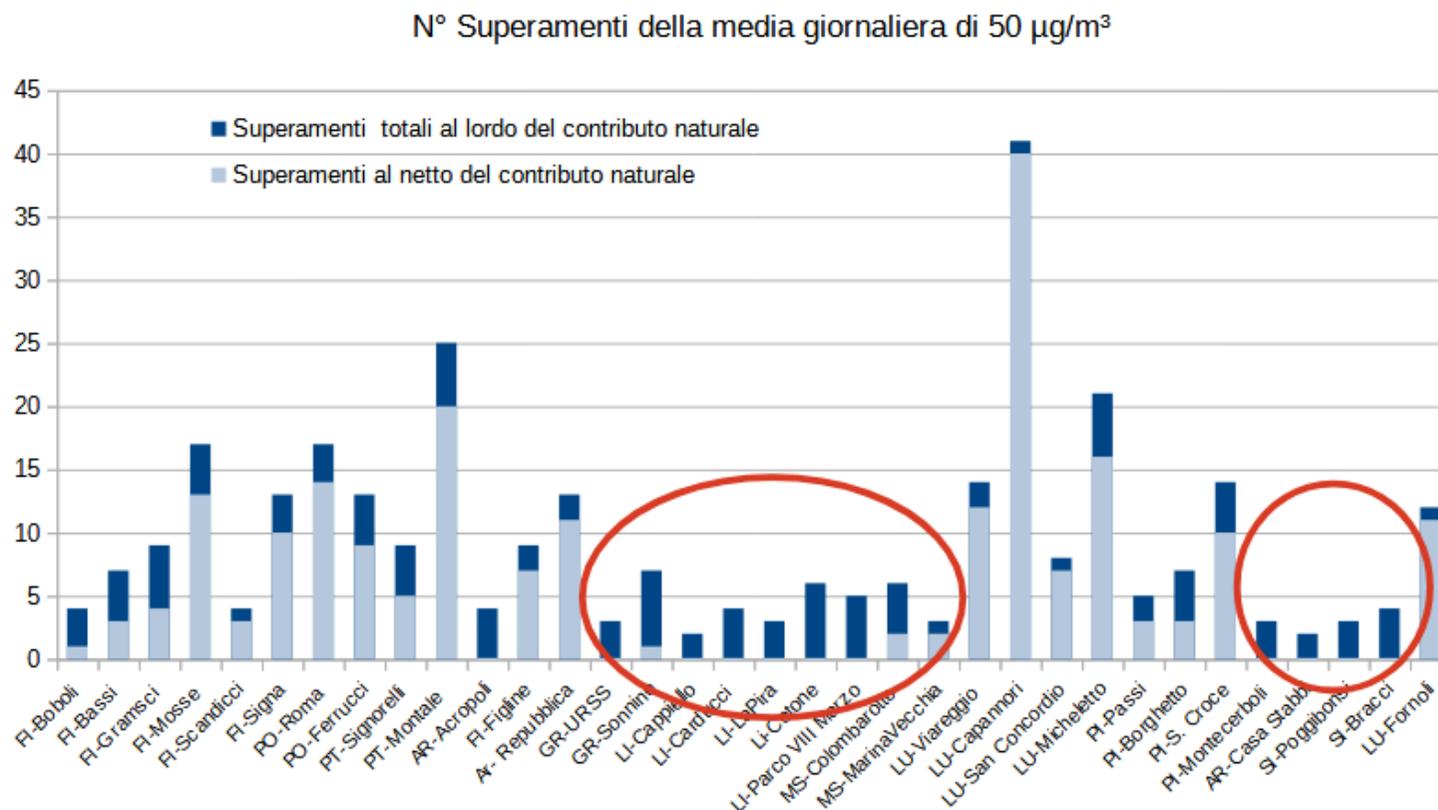


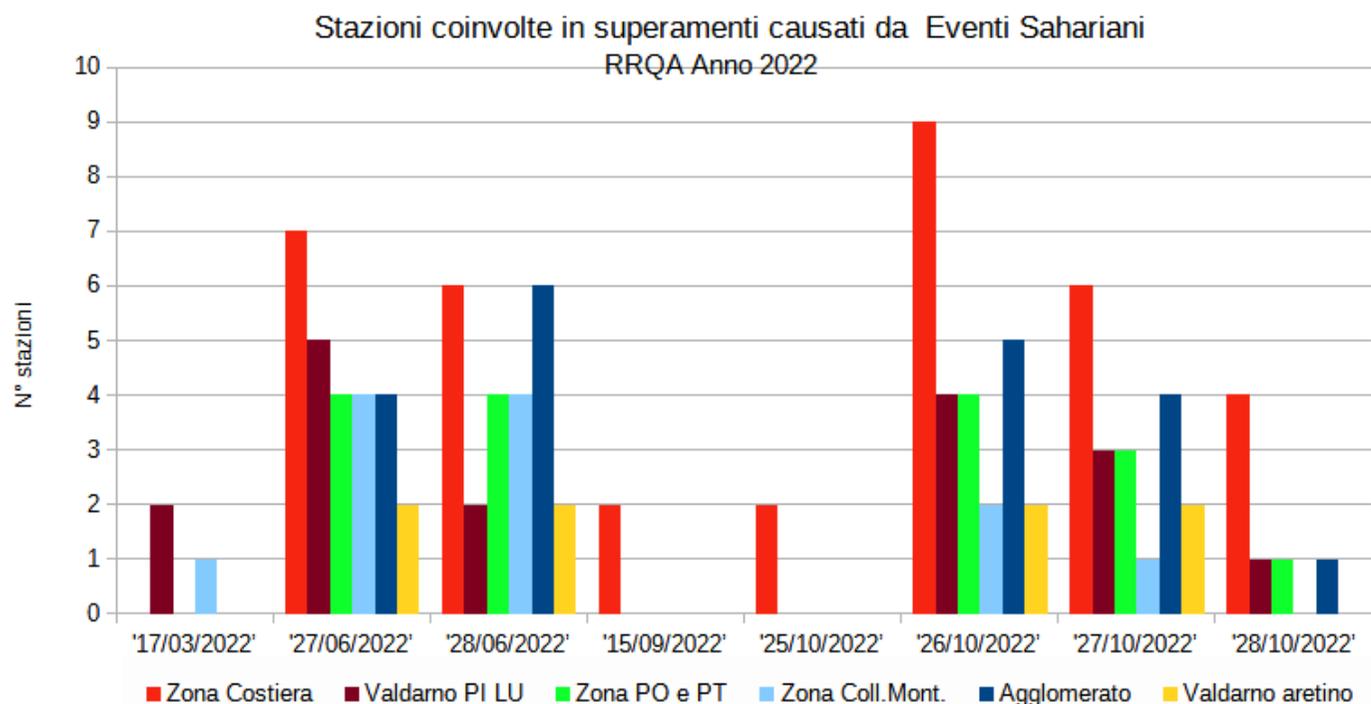
Grafico 4.1.5. PM10 – Anno 2022 -N° superamenti soglia 50 µg/m³ PM₁₀ al lordo ed al netto del contributo delle fonti naturali



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 sola stazione urbana di fondo di LU-Capannori che ha registrato 40 superamenti (escluso l'evento attribuibile a fonti naturali).

Esaminando gli episodi di superamento da sottrarre al numero di superamenti ufficiali perché da attribuirsi a fonti naturali, come da normativa, come descritto in allegato, si nota che la Zona Costiera e la Zona Collinare e Montana sono quelle che sono state maggiormente investite dalle avvezioni.

Grafico 4.1.6. PM_{10} – Anno 2022 - N° stazioni coinvolte in ciascuno dei superamenti causati dai fenomeni naturali

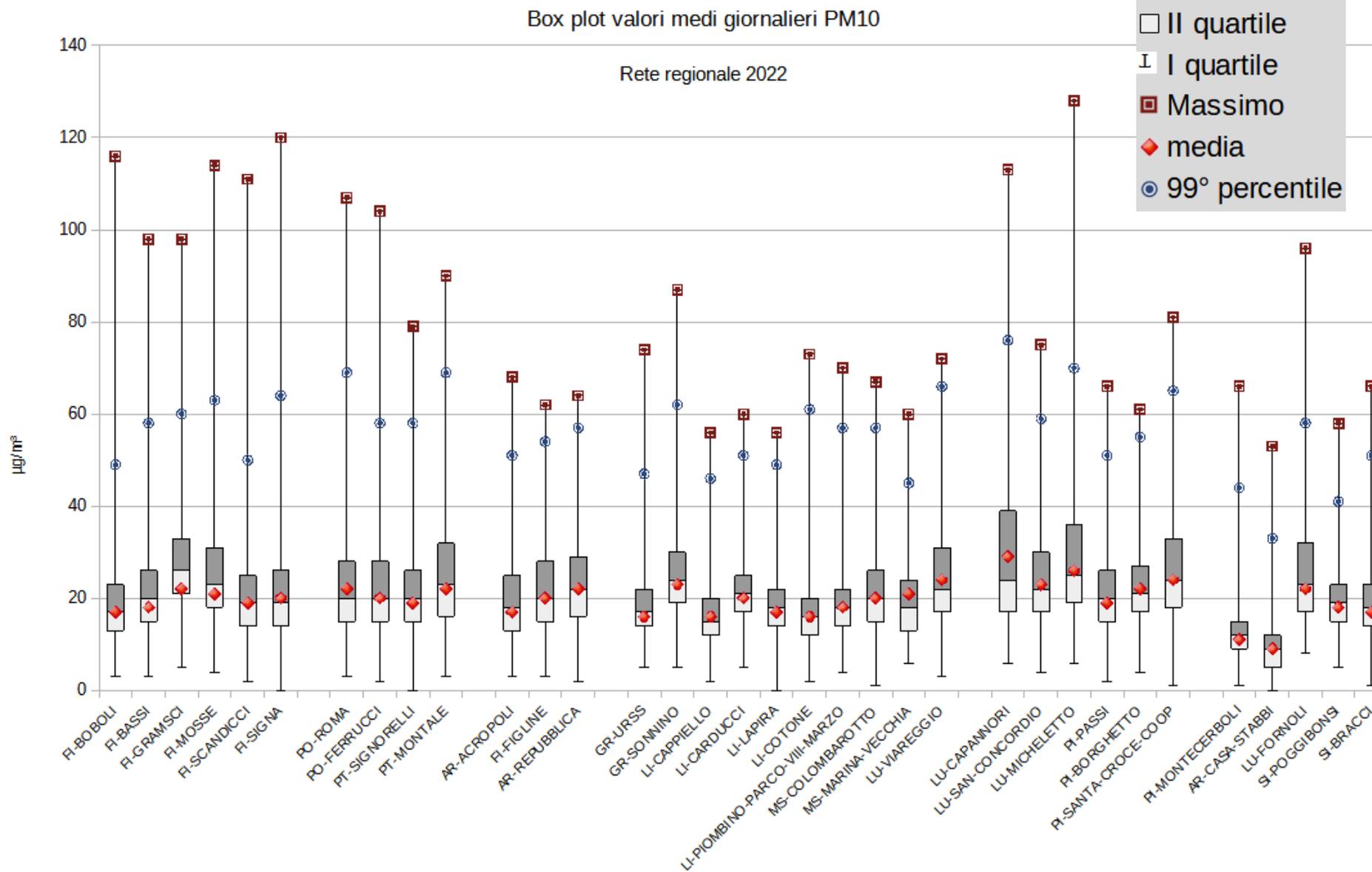


Esaminando la panoramica dei superamenti che si sono verificati in ogni zona si nota che:

- le stazioni della Zona Costiera e della Zona Collinare e Montana hanno registrato un numero di superamenti molto basso, con eccezione delle stazioni di LU-Viareggio e di LU-Fornoli;
- le stazioni di tutte le altre zone hanno registrato un numero di superamenti comunque molto contenuto, con eccezione di LU-Capannori;
 - la stazione di LU-Capannori, con 40 episodi, emerge nel panorama regionale ed anche tra le stazioni della sua Zona.

Il rispetto del valore guida individuato dall'OMS per la media giornaliera di PM_{10} da non superare per la salvaguardia della salute della popolazione mondiale, corrispondente a $45\mu\text{g}/\text{m}^3$, è critico in gran parte del territorio sia per le stazioni di traffico che per quelle di fondo. Il confronto con i valori dell'OMS è descritto in allegato, insieme al confronto con i nuovi valori limite proposti dalla bozza di direttiva COM/2022/542.

Grafico 4.1.6.PM₁₀ – Anno 2022 - Box plot dei valori giornalieri 2022



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

Dal grafico appare che il 50% dei valori giornalieri di PM₁₀ che caratterizzano ciascuna stazione occupano un range piuttosto ristretto intorno al valore medio (circa 10-15 µg/m³ di PM₁₀), e che il 75% di tutte le concentrazioni registrate nel 2022 è stato nettamente inferiore a 40 µg/m³. Nonostante il baffo del quartile superiore sia piuttosto esteso per quasi tutte le stazioni, i valori relativi al 99° percentile sono nettamente inferiori ai massimi valori giornalieri e minori di 70 µg/m³ per tutte le stazioni (eccezione LU-Capannori con 99° percentile pari a 76 µg/m³). I valori di concentrazioni straordinariamente elevati dei massimi giornalieri rappresentano dunque picchi isolati.

4.1.3. Trend degli indicatori di PM₁₀ registrati dalla RRQA

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.

ANDAMENTI DEGLI INDICATORI ultimo decennio

Tabella 4.1.3. PM₁₀ – Medie annuali - Andamenti 2012-2022 per le stazioni di Rete Regionale.

Zona	Classificazione e nome stazione		Medie annuali in µg/m ³										
			V.L. = 40 µg/m ³										
			2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Agglomerato Firenze	UF	FI-Boboli	23	20	19	22	18	18	18	18	18	17	19
	UF	FI-Bassi	23	20	18	22	19	20	19	18	19	18	21
	UT	FI-Gramsci	36	34	29	31	30	28	30	27	23	22	28
	UT	FI-Mosse	39	30	23	24	22	22	24	21	20	21	26
	UF	FI-Scandicci	27	24	20	23	21	22	21	20	20	19	21
	UF	FI-Signa	-	-	25	26	24	23	22	22	22	20	22
Zona Prato Pistoia	UF	PO-Roma	30	27	25	28	26	25	24	23	23	22	23
	UT	PO-Ferrucci	31	30	25	27	25	24	25	25	24	20	23
	UF	PT-Signorelli	24	23	21	23	20	20	19	19	20	19	22
	SF	PT-Montale	34	29	26	31	28	27	25	23	24	22	26
Zona Valdarno aretino e Valdichiana	UF	AR-Acropoli	-	-	21	23	19	19	19	18	19	17	20
	UF	FI-Figline	-	-	-	-	-	25	25	20	21	20	22
	UT	Ar- Repubblica	28	27	27	30	25	24	23	23	27	22	24
Zona Costiera	UF	GR-URSS	19	17	17	17	17	17	18	17	15	16	19
	UT	GR-Sonnino	30	-	-	-	26	24	27	24	22	23	25
	UF	LI-Cappiello	-	-	17	18	18	17	17	17	16	16	16
	UT	LI-Carducci	27	23	23	25	24	23	23	23	22	20	22
	UF	LI-LaPira	-	-	*	21	19	19	18	18	17	17	18
	SI	Li-Cotone	25	23	21	18	16	16	16	16	15	16	17
	UF	LI-Parco VIII Marzo	-	-	*	19	17	17	17	18	17	18	19
	UF	MS-Colombarotto	24	24	22	23	21	21	20	19	19	20	21
	UT	MS-MarinaVecchia	-	-	-	*	22	21	20	19	19	21	19
	UF	LU-Viareggio	28	27	24	27	26	26	22	24	25	24	25

Zona	Classificazione e nome stazione		Medie annuali in $\mu\text{g}/\text{m}^3$										
			V.L. = $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$										
			2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Zona Valdarno pisano e Piana lucchese	UF	LU-Capannori	26	24	29	33	29	31	30	28	29	29	29
	UF	LU-San Concordio	-	-	-	*	26	26	24	24	24	23	24
	UT	LU-Micheletto	33	29	28	32	28	28	25	26	26	26	28
	UF	PI-Passi	25	23	21	25	22	22	21	22	21	19	21
	UT	PI-Borghetto	28	26	25	29	27	27	26	25	23	22	23
	SF	PI- Santa Croce	28	27	27	29	26	25	24	24	25	24	26
Zona Collinare e Montana	SF	PI-Montecerboli	14	10	8	11	10	11	12	11	11	11	13
	R regF	AR-Casa Stabbi	13	*	11	11	10	10	11	10	10	9	10
	UF	SI-Poggibonsi	22	18	18	20	18	19	18	19	18	18	20
	UT	SI-Bracci	-	-	*	21	21	19	18	18	18	17	19
	UF	LU-Fornoli	28	27	23	25	22	22	21	23	22	22	25

* 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 4.1.7. PM_{10} – Medie annuali – Andamento 2012-2022 per le stazioni di rete regionale

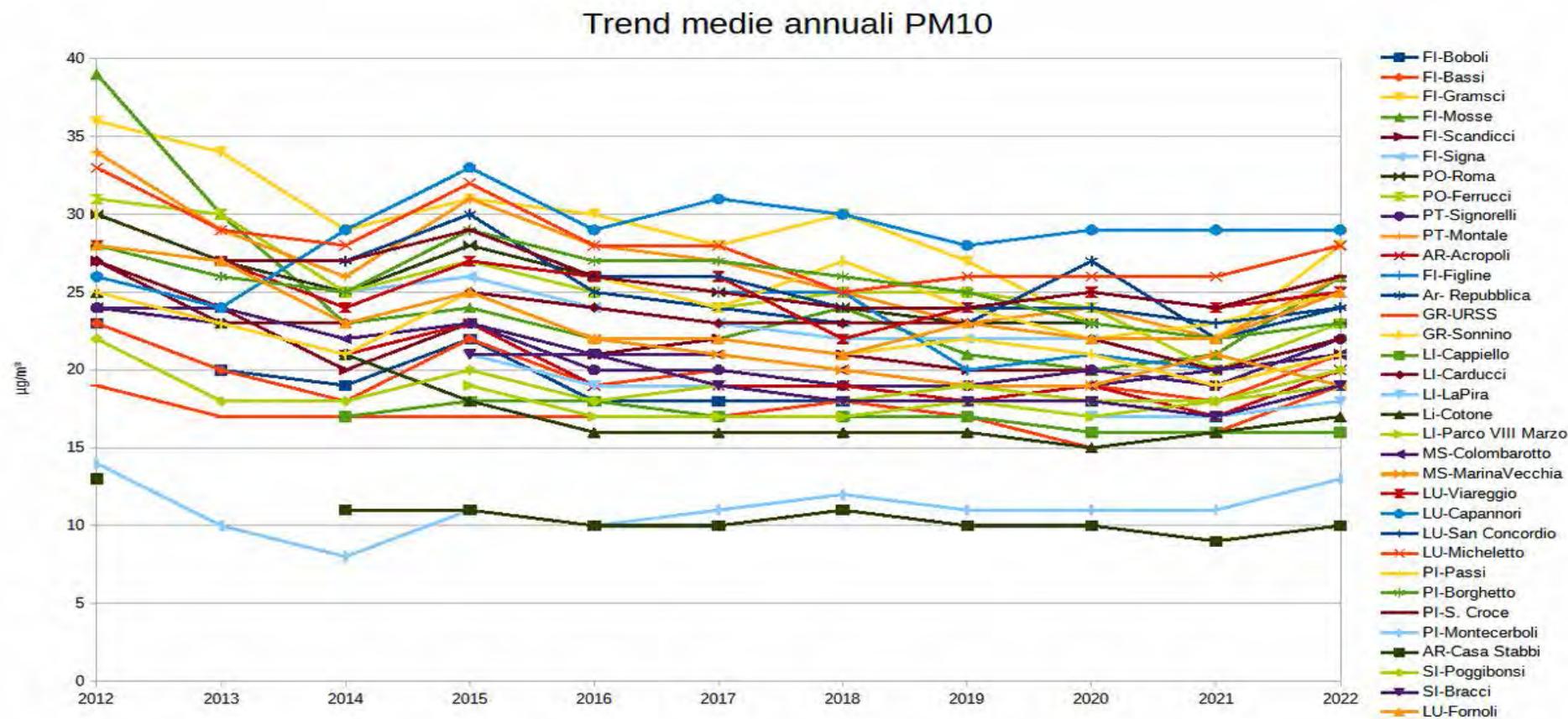


Grafico 4.1.8a. PM_{10} – Medie annuali – Andamenti 2012-2022 per le stazioni di Rete Regionale per Zona

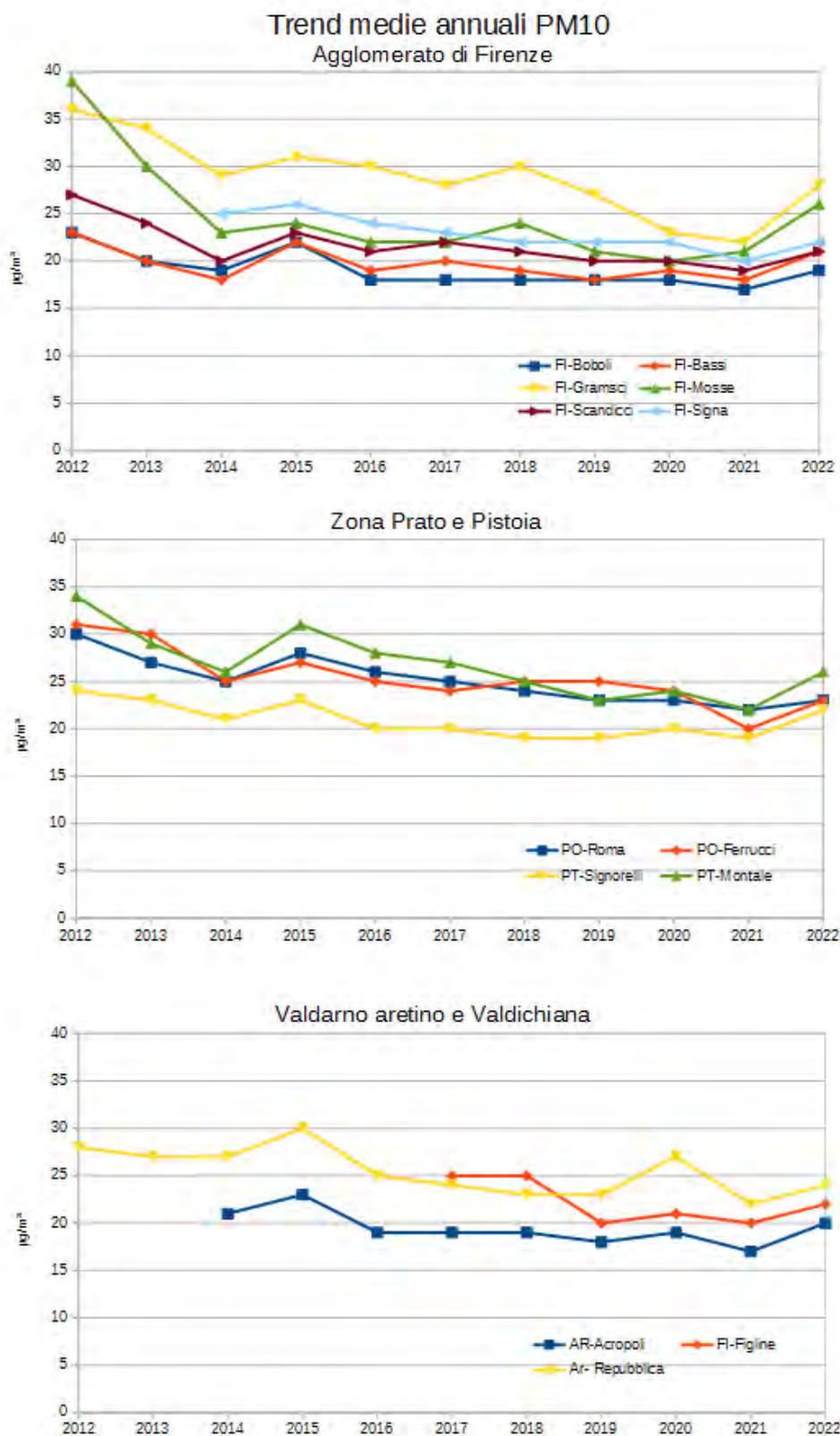
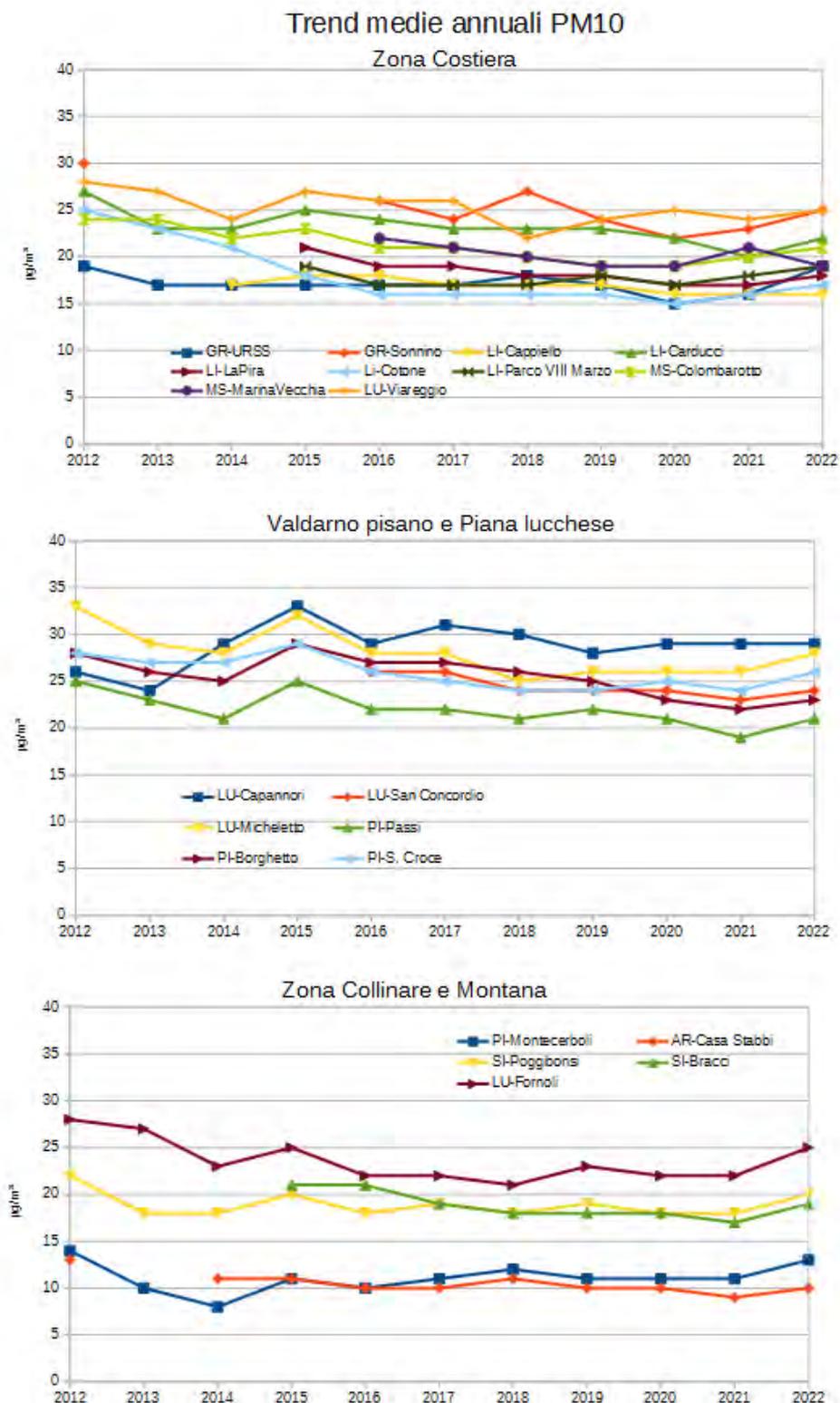


Grafico 4.1.8b. PM_{10} – Medie annuali – Andamenti 2012-2022 per le stazioni di Rete Regionale per Zona



Per uno sguardo complessivo alla regione, di seguito si riporta in grafico l'andamento pluriennale delle medie annuali regionali conteggiate su tutte le stazioni (linea verde continua in figura) e l'intervallo di variazione massimo e minimo delle medie per tipologia di stazione (traffico e fondo) (barre verticali). E' evidente il pieno rispetto del limite di normativa pari a $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ in tutto l'ultimo decennio, e anche come i valori medi dal 2015 siano molto costanti negli anni.

Grafico 4.1.9. PM_{10} – Andamenti per tipologia di stazione delle medie annuali con massimi e minimi e minimi

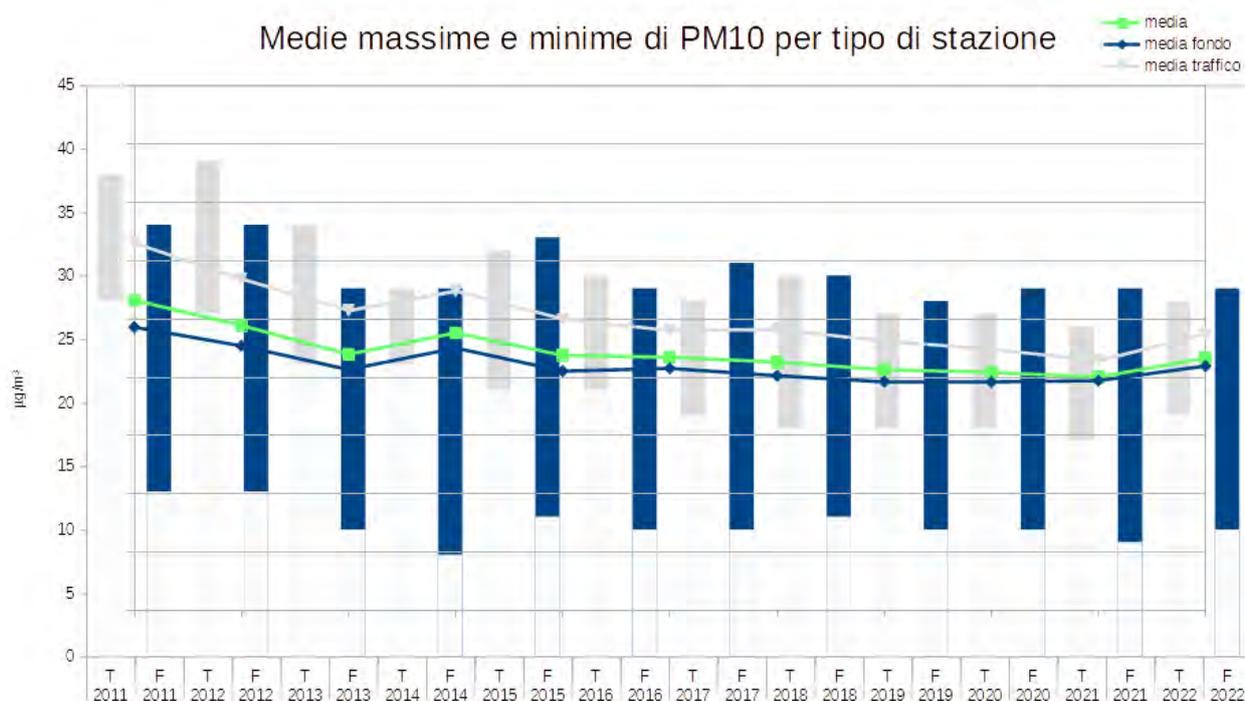


Tabella 4.1.4. PM_{10} – n° superamenti valore giornaliero di $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ – Andamento 2012-2022 per le stazioni di Rete Regionale

Zona	Classificazione e nome stazione		N° superamenti media giornaliera di $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$										
			V.L. = 35 gg/anno										
			2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Agglomerato Firenze	UF	FI-Boboli	7	18	3	5	5	6	3	4	5	5	1
	UF	FI-Bassi	11	17	4	9	12	10	2	5	7	4	3
	UT	FI-Gramsci	46	38	19	26	24	22	20	13	15	7	4
	UT	FI-Mosse	69	46	11	14	16	16	12	10	13	8	13
	UF	FI-Scandicci	23	22	5	10	15	15	7	12	9	8	3
	UF	FI-Signa	-	-	26	33	26	21	19	15	25	14	10
Zona Prato Pistoia	UF	PO-Roma	43	35	30	40	31	23	21	21	25	14	14
	UT	PO-Ferrucci	44	37	28	34	26	25	22	24	27	10	9
	UF	PT-Signorelli	22	28	12	15	10	10	8	6	14	8	5
	SF	PT-Montale	63	45	32	57	43	36	26	20	28	18	20
Zona Valdarno aretino e Valdichiana	UF	AR-Acropoli	-	-	9	19	8	9	2	4	10	1	0
	UF	FI-Figline	-	-	-	-	*	28	12	14	20	7	7
	UT	Ar- Repubblica	29	26	31	34	27	18	14	11	33	10	11
Zona Costiera	UF	GR-URSS	0	0	3	0	0	0	0	2	0	0	0
	UT	GR-Sonnino	5	-	-	*	10	0	10	4	0	0	1
	UF	LI-Cappiello	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	UI	LI-Carducci	4	1	0	2	2	2	0	1	1	0	0
	UF	LI-LaPira	-	-	*	0	0	0	0	0	0	0	0
	SI	LI-Cotone	6	8	8	0	0	0	0	2	0	0	0
	UF	LI-Parco VIII Marzo	-	-	*	0	0	0	0	2	0	0	0
	UF	MS-Colombarotto	3	9	2	1	4	0	3	0	1	1	2
	UT	MS-MarinaVecchia	-	-	-	*	10	5	3	1	3	1	2
UF	LU-Viareggio	15	21	11	26	25	21	6	11	20	11	12	

Zona	Classificazione e nome stazione		N° superamenti media giornaliera di 50 µg/m ³										
			V.L. = 35 gg/anno										
			2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Zona Valdarno pisano e Piana lucchese	UF	LU-Capannori	36	30	60	68	44	55	53	38	51	44	40
	UF	LU-San Concordio	-	-	-	*	33	29	15	15	23	13	7
	UT	LU-Micheletto	54	41	34	52	35	33	19	21	33	19	16
	UF	PI-Passi	17	22	10	14	14	10	8	11	8	4	3
	UT	PI-Borghetto	35	31	18	34	24	15	8	15	14	5	3
	SF	PI- Santa Croce	33	27	22	40	30	26	11	22	28	18	10
Zona Collinare e Montana	SF	PI-Montecerboli	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
	R regF	AR-Casa Stabbi	1	*	4	0	1	0	0	0	0	0	0
	UF	SI-Poggibonsi	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
	UI	SI-Bracci	-	-	*	2	4	0	0	1	0	0	0
	UF	LU-Fornoli	50	45	20	30	30	21	14	10	11	6	11

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

Grafico 4.1.10. PM₁₀ – N° superamenti valore giornaliero 50 µg/m³ – Andamento 2012-2022 per le stazioni di Rete Regionale

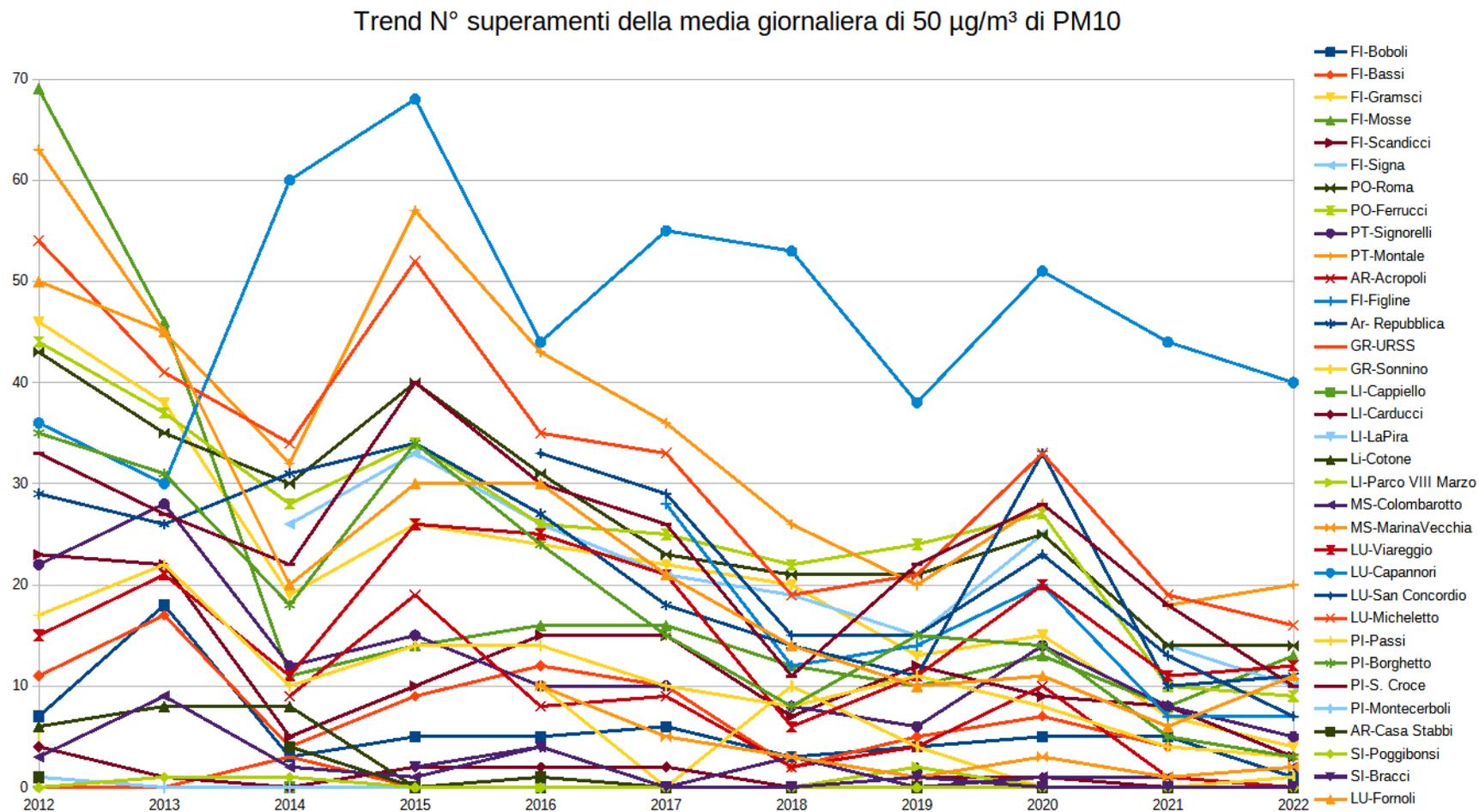


Grafico 4.1.11a. PM_{10} – N° superamenti valore giornaliero $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ – Andamento 2012-2022 per le stazioni di Rete Regionale per Zona

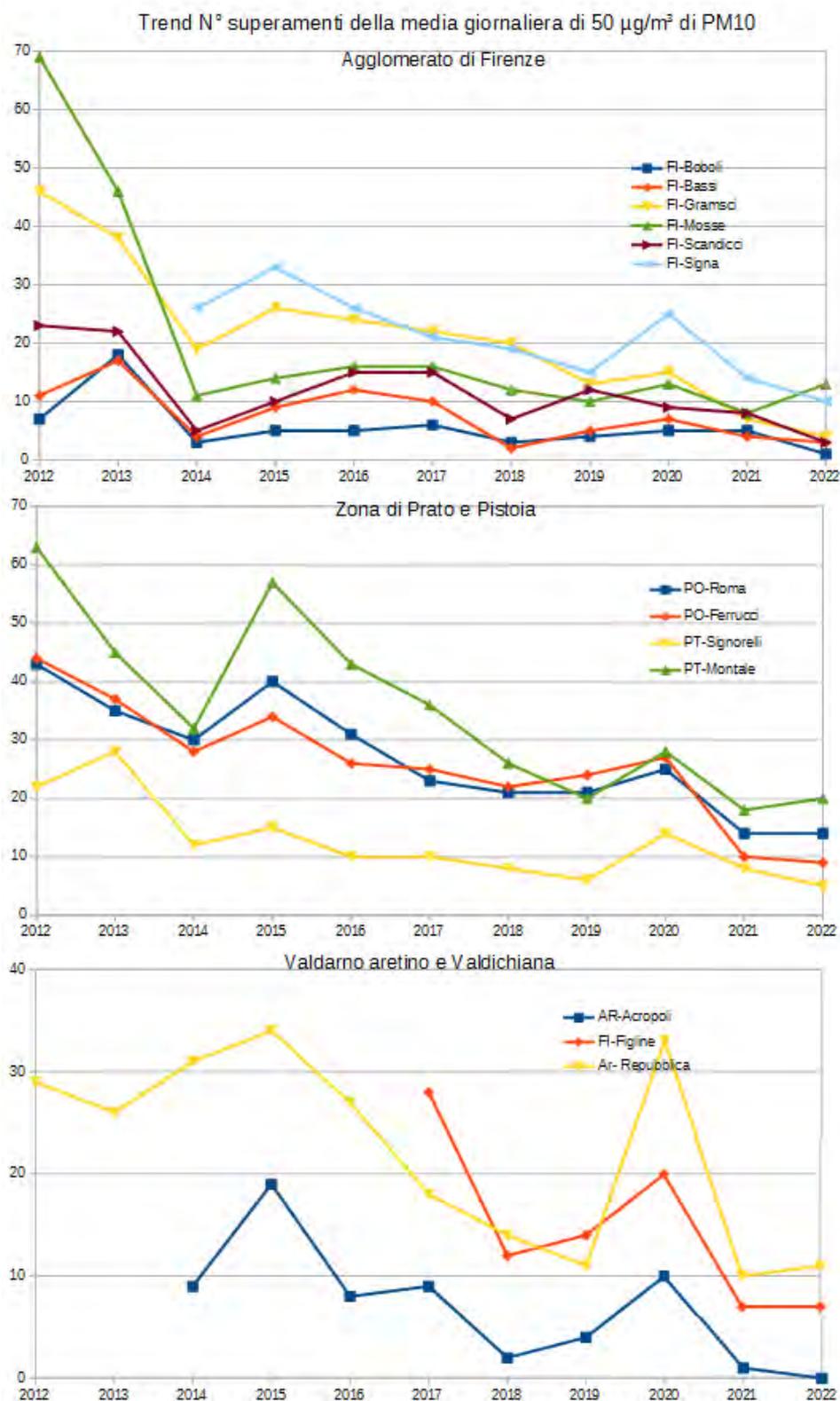
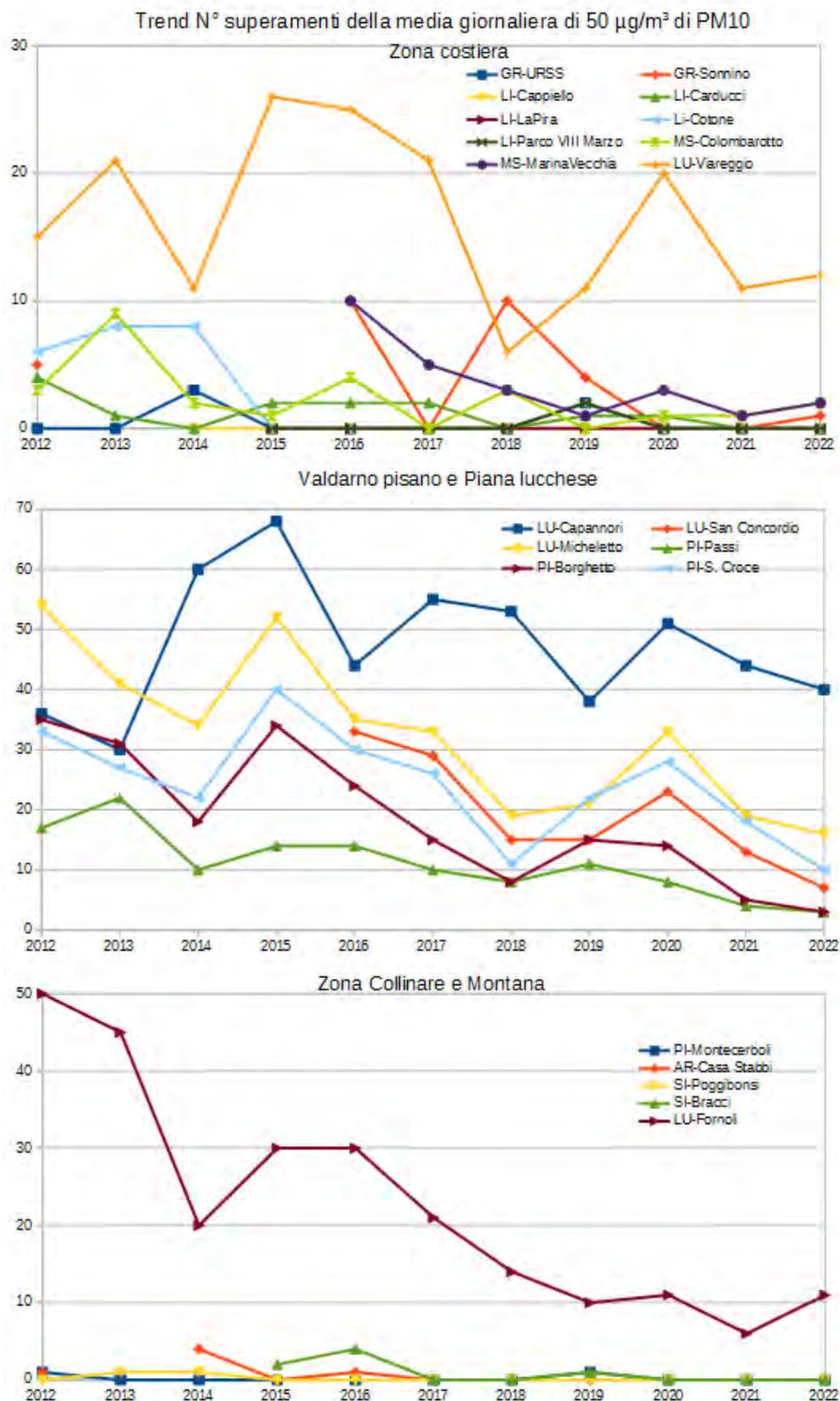


Grafico 4.1.11b. PM_{10} – N° superamenti valore giornaliero $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ – Andamento 2012-2022 per le stazioni di Rete Regionale per Zona



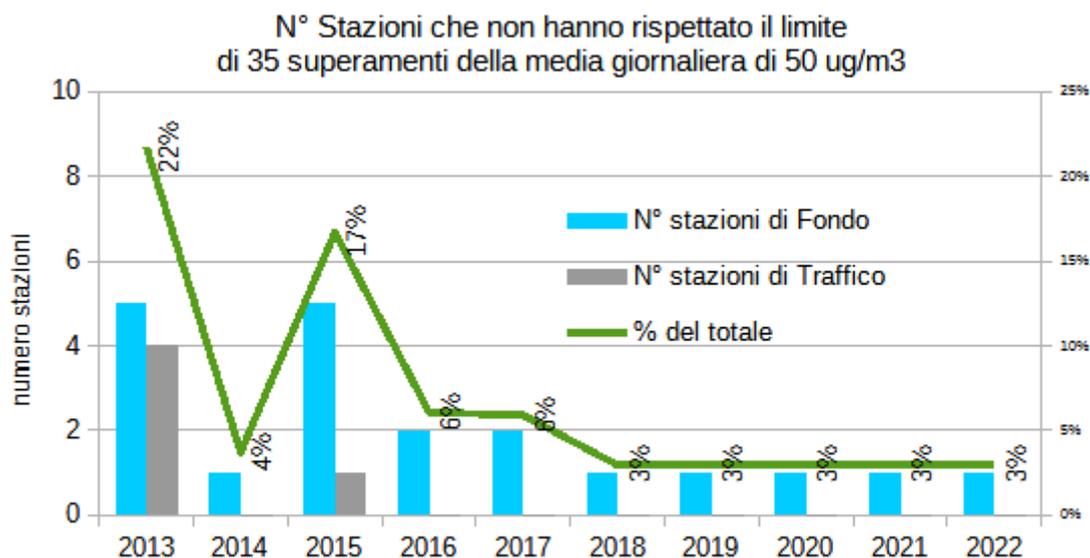
Dai grafici emerge che negli ultimi anni quanto affermato per il 2022 relativamente alle stazioni della Provincia di Lucca è un fattore costante. Il numero di eventi di superamenti della media giornaliera di $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ di PM_{10} che si verificano in alcune stazioni quali LU-Viareggio, LU-Capannori e LU-Fornoli le ha distinte nettamente nel panorama della rispettiva zona di appartenenza in tutti gli anni di monitoraggio.

Differentemente da quanto avviene per le medie annuali di PM_{10} , il numero dei superamenti registrati dalle stazioni di Rete Regionali nei diversi siti 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, e negli ultimi anni il fenomeno in Toscana riguarda soltanto una stazione di fondo. E' riportata di seguito la percentuale di stazioni che non ha rispettato il limite dei 35 superamenti negli ultimi 10 anni.

Tabella 4.1.5. PM_{10} – Andamento della percentuale di stazioni che non hanno rispettato il limite nell'ultimo decennio

	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
N° stazioni di Fondo	5	1	5	2	2	1	1	1	1	1
N° stazioni di Traffico	4	0	1	0	0	0	0	0	0	0
% del totale	22%	4%	17%	6%	6%	3%	3%	3%	3%	3%

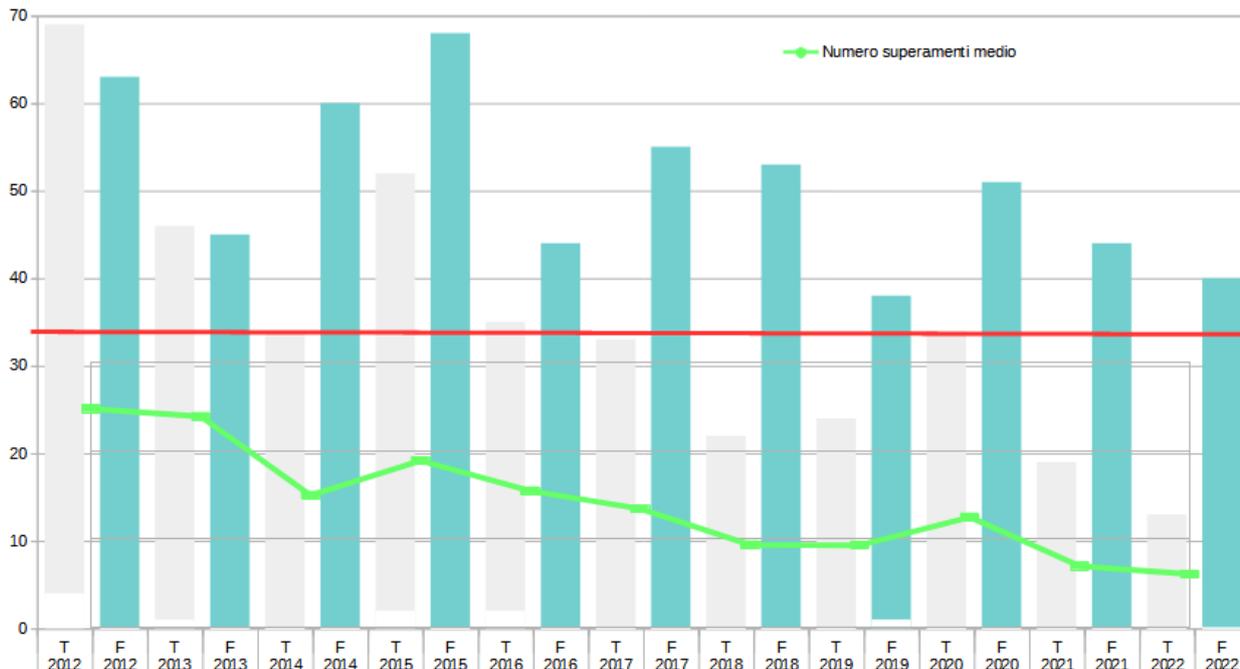
Grafico 4.1.12. PM_{10} – Andamento della percentuale di stazioni che non hanno rispettato il limite nell'ultimo decennio



Per uno sguardo complessivo sulla Toscana, di seguito si riporta in grafico l'andamento pluriennale del numero di superamenti del valore limite giornaliero di $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ calcolato come numero medio dei superamenti conteggiati su tutte le stazioni di Rete Regionale (linea verde continua in figura), nonché l'intervallo di variazione massimo e minimo del numero di superamenti del valore limite giornaliero per tipologia di stazione (traffico e fondo) (barre verticali grigio e azzurro rispettivamente).

Grafico 4.1.13. PM_{10} – Andamenti del numero massimo e minimo di superamenti per tipologia di stazione

Massimo e minimo numero di superamenti di PM_{10} per tipologia di stazione



4.2. Particolato PM_{2,5}

Nel 2022 il valore limite indicato dalla normativa vigente per il PM_{2,5}, pari alla media annuale di 25 µg/m³, è stato rispettato in tutto il territorio regionale, come del resto accade dall'inizio del monitoraggio di questo parametro.

Tabella 4.2.1. PM_{2,5} Anno 2022 - 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	12	25
	UT	FI	Firenze	FI-Gramsci	14	
Zona Prato Pistoia	UF	PO	Prato	PO-Roma	16	
	UT	PO	Prato	PO-Ferrucci	14	
	SF	PT	Montale	PT-Montale	17	
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	
	UI	LI	Livorno	LI-Carducci	11	
	UI	MS	Massa	MS-Marina Vecchia	11	
	UF	LU	Viareggio	LU-Viareggio	14	
Zona Valdarno pisano e Piana lucchese	UF	LU	Capannori	LU-Capannori	20	
	UF	PI	Pisa	PI-Passi	13	
		PI	Pisa	PI-Borghetto	14	
Zona Collinare e Montana	UF	SI	Poggibonsi	SI-Poggibonsi	12	
Media regionale PM _{2,5} (µg/m ³)					13,3	
Media regionale stazioni di tipo fondo (µg/m ³)					13,5	
Media regionale stazioni di tipo traffico (µg/m ³)					12,8	

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. Come negli ultimi anni, la media massima è stata registrata presso LU-Capannori e nel 2022 è pari all'80% del limite. Le medie regionali dei valori registrati presso le due tipologie di stazione sono per questo parametro molto simili, anche se negli ultimi anni la media delle stazioni di fondo è stata leggermente superiore a quella delle stazioni di traffico.

4.2.1. Medie annuali di PM_{2,5} Anno 2022

Di seguito è illustrata la situazione in Toscana relativamente ai valori medi di PM_{2,5} registrati nel 2022.

Grafico 4.2.1. $PM_{2,5}$ – Anno 2022 - Medie annuali $PM_{2,5}$

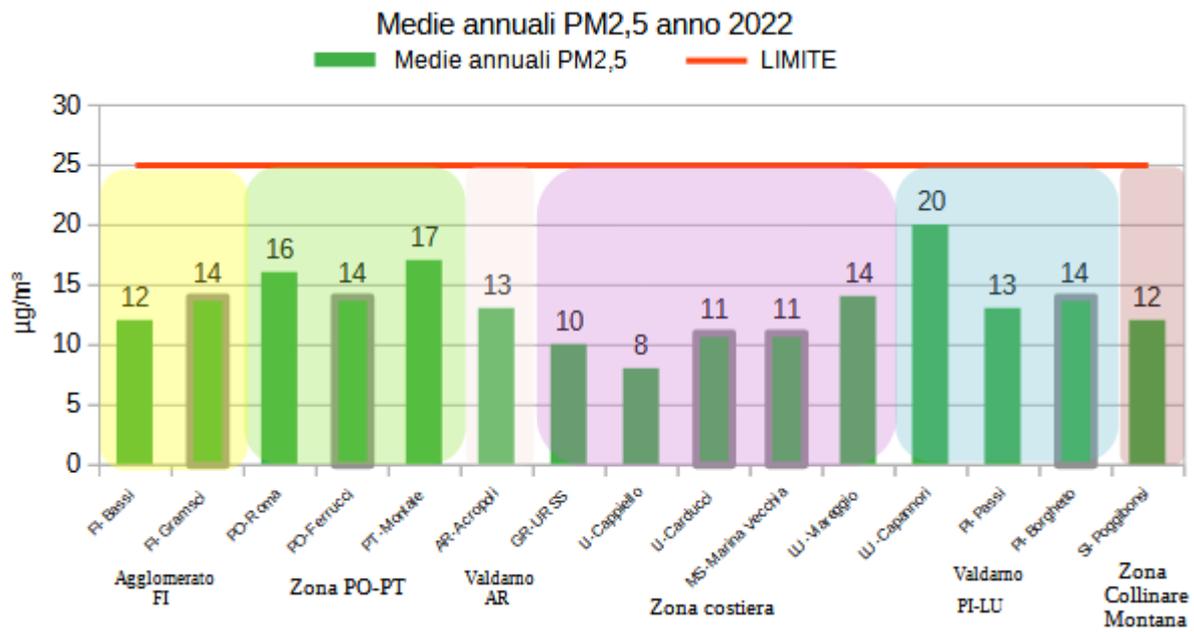
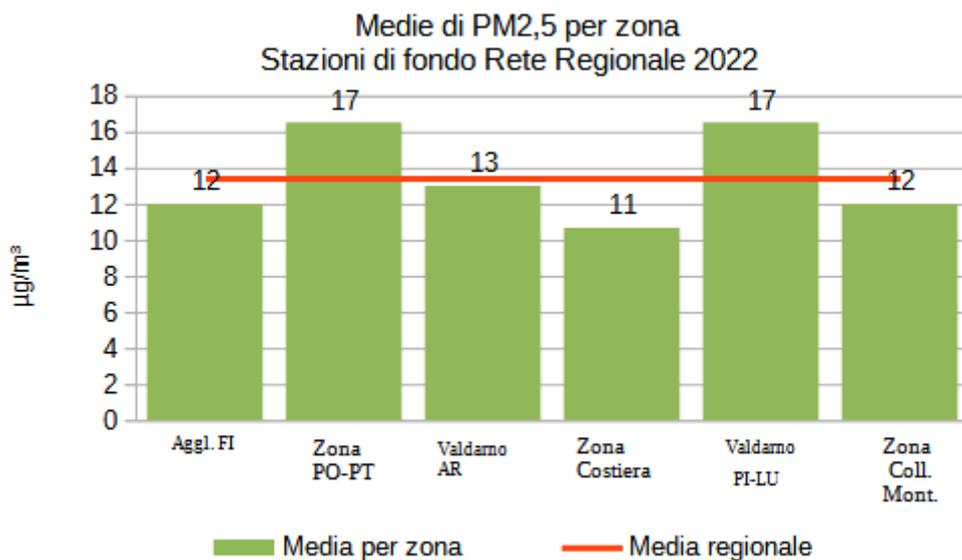
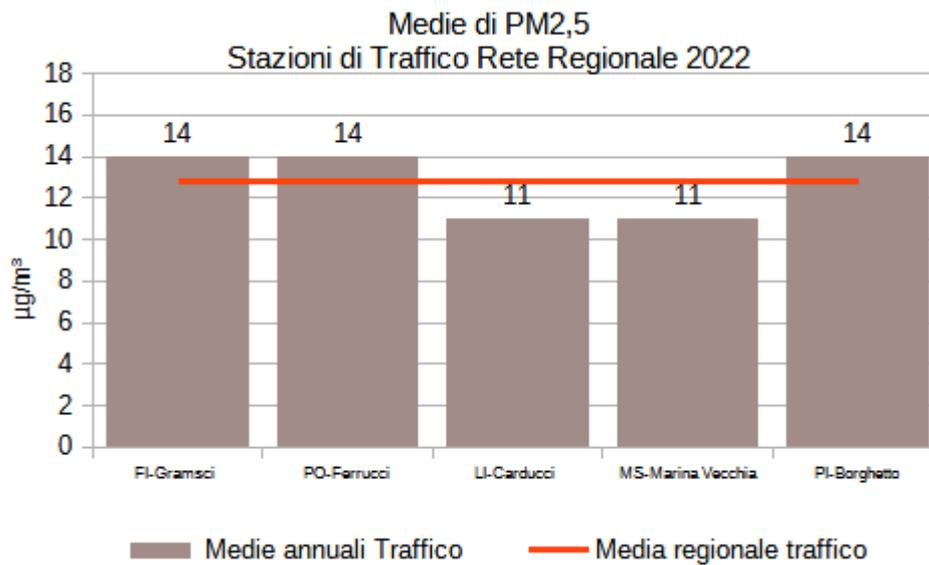


Grafico 4.2.2. $PM_{2,5}$ – Anno 2022 - Medie annuali per zona di $PM_{2,5}$ - Stazioni di fondo



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 medie pari a $17 \mu g/m^3$, mentre le altre zone hanno medie più contenute e comprese tra 11 e $13 \mu g/m^3$.

Grafico 4.2.3. $PM_{2,5}$ – Anno 2022 - Medie annuali di $PM_{2,5}$ - Stazioni di traffico

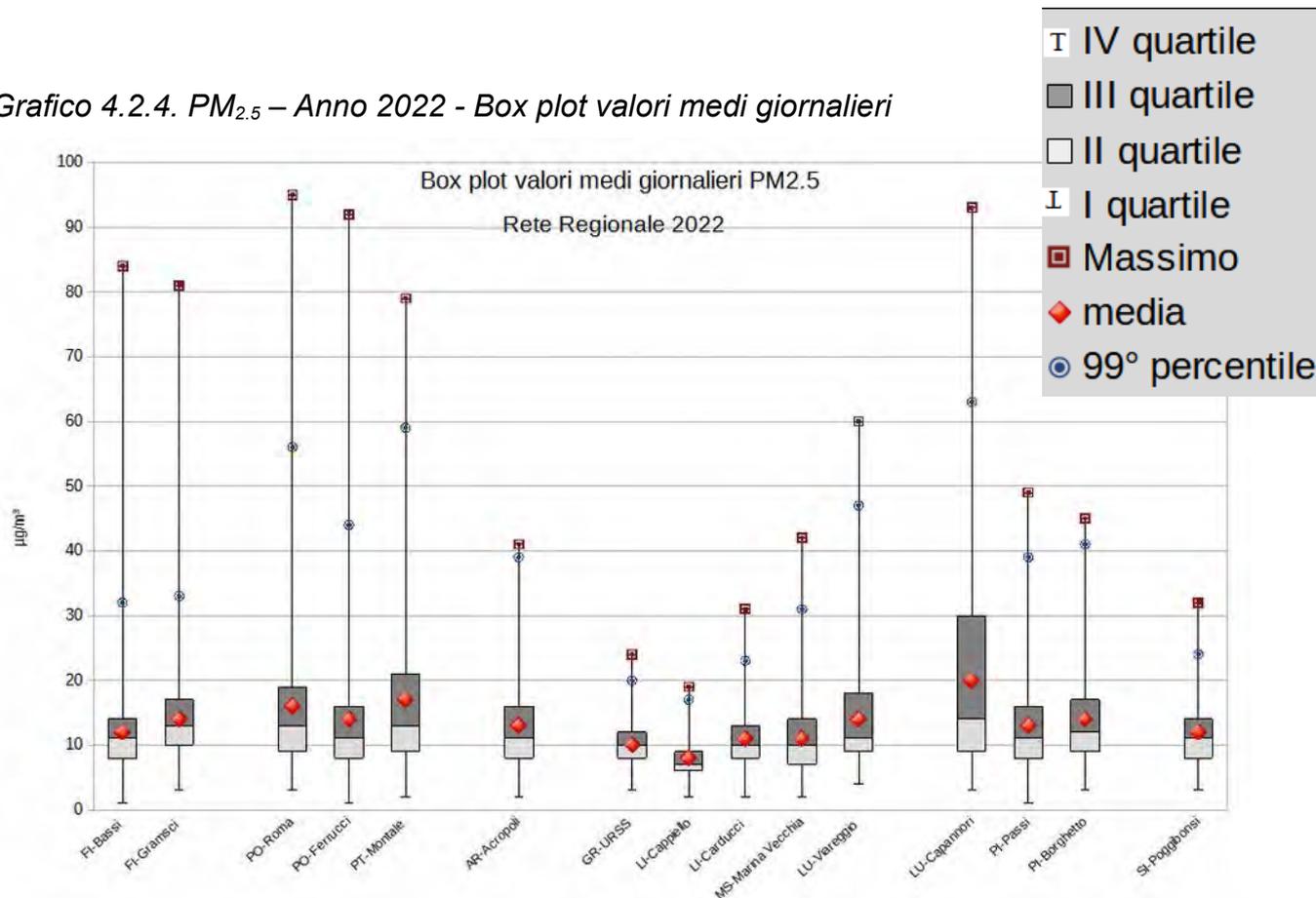


Il valore guida da non superare per il $PM_{2,5}$, individuato dall'OMS per la salvaguardia della salute umana, corrisponde a una media annua pari a $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ e a una massima media giornaliera pari a $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$: in gran parte del nostro territorio, questi rappresentano traguardi ancora difficili da raggiungere. Il confronto con tali valori guida è discusso in allegato 3, insieme al confronto con i nuovi valori limite proposti dalla Direttiva europea COM/2022/542.

4.2.2. Medie giornaliere di $PM_{2,5}$ Anno 2022

Anche per il $PM_{2,5}$ è stato elaborato il grafico Box plot, ottenuto calcolando alcune statistiche di base (media, mediana, percentili) delle concentrazioni medie giornaliere per le stazioni di Rete Regionale, con lo scopo di dare una rappresentazione sintetica della distribuzione statistica dei dati.

Grafico 4.2.4. $PM_{2.5}$ – Anno 2022 - Box plot valori medi giornalieri



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

Dal grafico appare che il 50% dei valori giornalieri di $PM_{2.5}$ che caratterizzano ciascuna stazione occupa un range piuttosto ristretto intorno al valore medio, e il 75% di tutte le concentrazioni registrate nel 2022 è rientrato nei $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ circa. Nel panorama si distingue la stazione di LU-Capannori con il range più esteso e spostato verso valori più alti.

Nonostante il baffo del quartile superiore sia piuttosto esteso per quasi tutte le stazioni a causa dei valori massimi elevati, i valori relativi al 99° percentile sono nettamente inferiori per tutte le stazioni.

4.2.3. Trend delle medie annuali di $PM_{2.5}$ registrate dalla RRQA

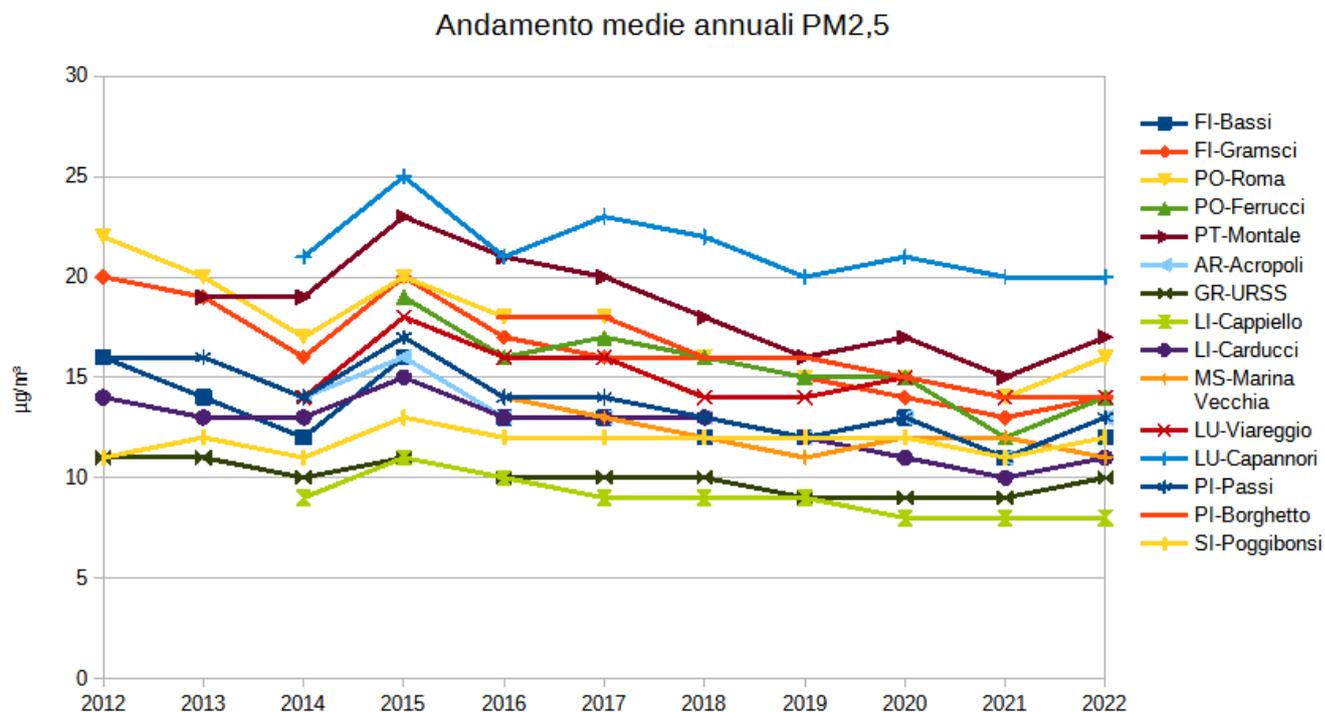
Si riportano di seguito le tabelle e i grafici relativi agli andamenti delle medie annuali di $PM_{2.5}$ degli ultimi 10 anni per ogni stazione di Rete Regionale.

Tabella 4.2.2. $PM_{2,5}$ Medie annuali - --Andamento 2012-2022 per le stazioni di Rete Regionale

Zona		Classificazione e nome stazione		Medie annuali in $\mu\text{g}/\text{m}^3$									
				V.L. = $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$									
			2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Agglomerato di Firenze	UF	FI-Bassi	16	14	12	16	13	13	12	12	13	11	12
	UT	FI-Gramsci	20	19	16	20	17	16	16	15	14	13	14
Zona PO PT	UF	PO-Roma	22	20	17	20	18	18	16	15	15	14	16
	UT	PO-Ferrucci	-	-	*	19	16	17	16	15	15	12	14
	SF	PT-Montale	-	19	19	23	21	20	18	16	17	15	17
Valdarno Aretino e Val di Chiana	UF	AR-Acropoli	-	*	14	16	13	13	13	12	13	11	13
Zona costiera	UF	GR-URSS	11	11	10	11	10	10	10	9	9	9	10
	UF	LI-Cappiello	-	-	9	11	10	9	9	9	8	8	8
	UT	LI-Carducci	14	13	13	15	13	13	13	12	11	10	11
	UT	MS-Marina Vecchia	-	-	-	*	14	13	12	11	12	12	11
	UF	LU-Viareggio	-	-	14	18	16	16	14	14	15	14	14
Valdarno pisano e piana lucchese	UF	LU-Capannori	-	-	21	25	21	23	22	20	21	20	20
	UF	PI-Passi	16	16	14	17	14	14	13	12	13	11	13
	UT	PI-Borghetto	-	-	-	*	18	18	16	16	15	14	14
Zona collinare e montana	UF	SI-Poggibonsi	11	12	11	13	12	12	12	12	12	11	12

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

Grafico 4.2.5. PM_{2,5} Medie annuali - –Andamento 2012-2022 per le stazioni di Rete Regionale



Sono di seguito riportati gli andamenti delle medie annuali di PM_{2,5} per tipologia di stazione.

Nei grafici seguenti le barre verticali mostrano lo scarto tra la media massima e minima per tipologia di stazione, in grigio per il traffico e in blu per il fondo; inoltre sono riportati l'andamento delle medie complessive del PM_{2,5} in verde, l'andamento della media del traffico in grigio e del fondo in blu. Le barre nell'ultimo grafico evidenziano invece la differenza tra la media complessiva del fondo e del traffico che è positiva a partire dal 2020 per il terzo anno consecutivo.

Grafico 4.2.6a. $PM_{2.5}$ – Andamenti per tipologia di stazione delle medie annuali con massimi e minimi.

Medie massime e minime di $PM_{2.5}$ per tipo di stazione

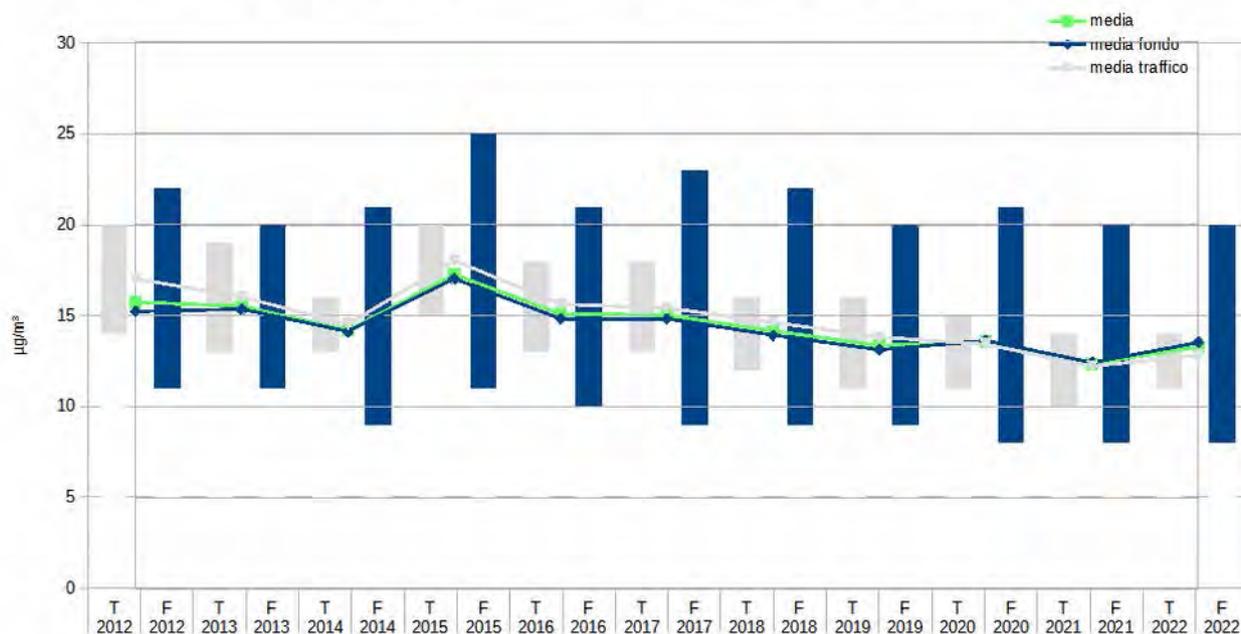
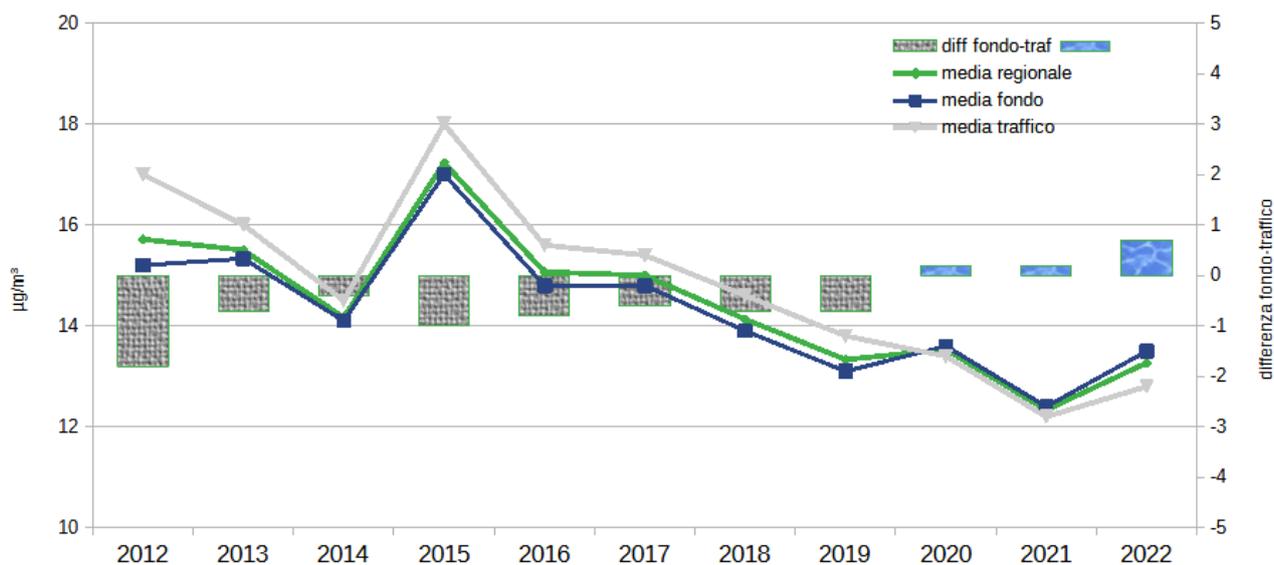


Grafico 4.2.6b. $PM_{2.5}$ – Andamenti per tipologia di stazione delle medie annuali con massimi e minimi e scarto.

Andamento medie annuali $PM_{2.5}$
Confronto fondo-traffico



4.2.4. Studio della distribuzione della frazione di $PM_{2,5}$ nel PM_{10} nel 2022 e trend degli ultimi anni

Tabella 4.2.3. Rapporto % tra $PM_{2,5}$ e PM_{10} nelle stazioni di Rete Regionale - Anno 2022

Stazione	% $PM_{2,5}/PM_{10}$	Media fondo zona
FI-Bassi	57%	57%
FI-Gramsci	50%	57%
PO-Roma	70%	67%
PO-Ferrucci	61%	67%
PT-Montale	65%	67%
AR-Acropoli	65%	65%
GR-URSS	53%	53%
LI-Cappiello	50%	53%
LI-Carducci	50%	53%
MS-Marina Vecchia	58%	53%
LU-Viareggio	56%	53%
LU-Capannori	69%	65%
PI-Passi	62%	65%
PI-Borghetto	61%	65%
SI-Poggibonsi	60%	60%

Le percentuali medie della frazione di $PM_{2,5}$ nel PM_{10} sono state complessivamente pari al 59% con il 5% in più nel particolato delle stazioni di fondo (61%) rispetto al traffico (56%). Le percentuali più alte sono state trovate nelle stazioni fondo di PO-Roma (70%) e LU-Capannori (69%), seguite da PT-Montale e AR-Acropoli (65%), mentre le stazioni di fondo di FI-Bassi e le 3 della zona costiera hanno percentuali minori del 60%. Nel complesso, per le stazioni di fondo si nota una certa differenza nella composizione del PM delle zone di PO e PT, Valdarno Aretino e Valdichiana e Valdarno pisano e Piana lucchese rispetto a l'Agglomerato FI, la Zona Costiera e quella Collinare e Montana

Tabella 4.2.4. Confronto della percentuale di $PM_{2,5}$ nel PM_{10} dal 2015 al 2022

	% $PM_{2,5}/PM_{10}$							
	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
FI-Bassi	73%	68%	65%	63%	67%	68%	61%	57%
FI-Gramsci	65%	57%	57%	53%	56%	61%	59%	50%
PO-Roma	71%	69%	72%	67%	65%	65%	64%	70%
PO-Ferrucci	70%	64%	71%	64%	60%	63%	60%	61%
PT-Montale	74%	75%	74%	72%	70%	71%	68%	65%
AR-Acropoli	70%	68%	68%	68%	67%	68%	65%	65%
GR-URSS	65%	59%	59%	56%	53%	60%	56%	53%
LI-Cappiello	61%	56%	53%	53%	53%	50%	50%	50%
LI-Carducci	60%	54%	57%	57%	52%	50%	50%	50%
MS-Marina Vecchia	-	64%	62%	60%	58%	63%	57%	58%
LU-Viareggio	67%	62%	62%	64%	58%	60%	58%	56%
LU-Capannori	76%	72%	74%	73%	71%	72%	69%	69%
PI-Passi	68%	64%	64%	62%	55%	62%	58%	62%
PI-Borghetto	-	67%	67%	62%	64%	65%	64%	61%
SI-Poggibonsi	65%	67%	63%	62%	63%	67%	61%	60%

Grafico 4.2.7. Confronto della percentuale di PM2,5 nel PM10 dal 2015 al 2022

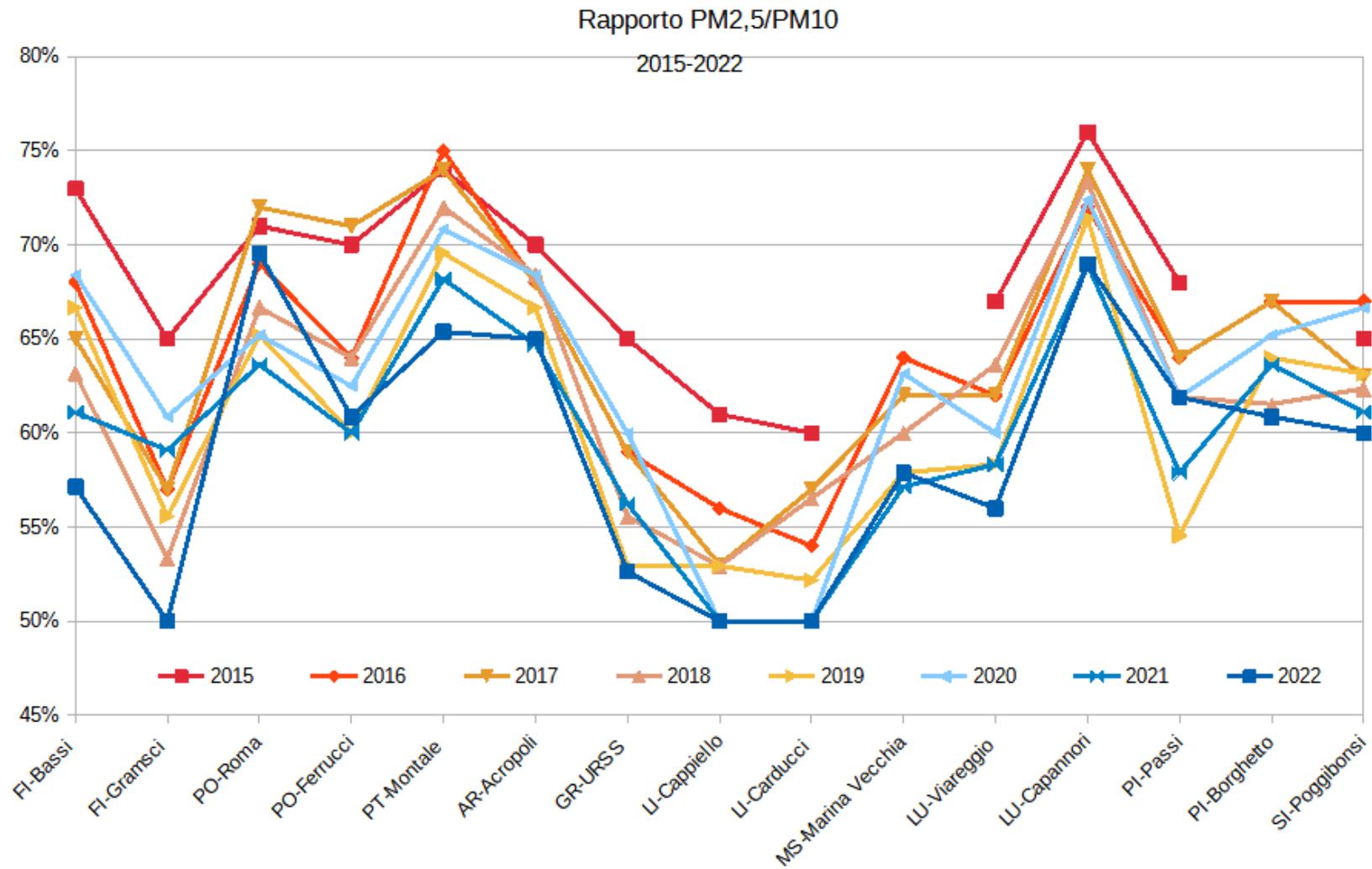
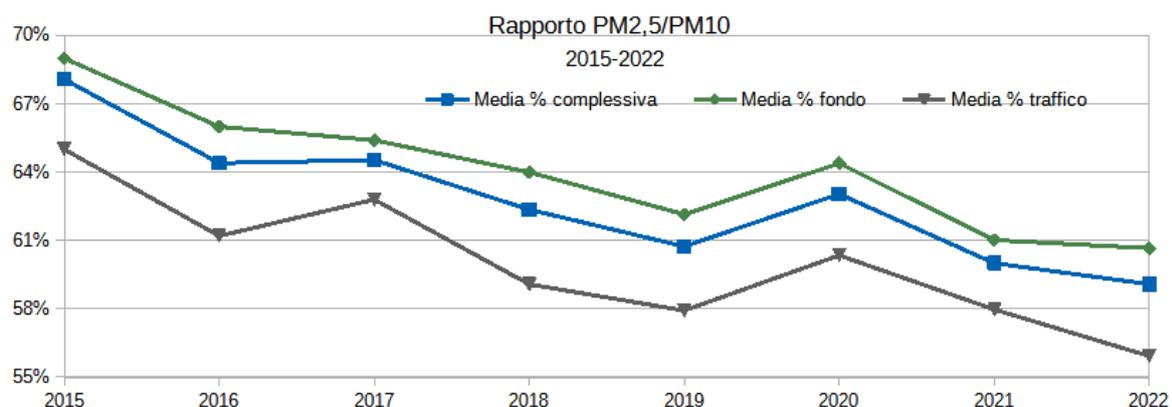


Tabella 4.2.5. Trend della percentuale di $PM_{2,5}$ nel PM_{10} per tipologia di stazione dal 2015 al 2022

	% $PM_{2,5}/PM_{10}$							
	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Media % complessiva	68%	64%	65%	62%	61%	63%	60%	59%
Media % fondo	69%	66%	65%	64%	62%	64%	61%	61%
Media % traffico	65%	61%	63%	59%	58%	60%	58%	56%

Come mostrano i dati in tabella, negli ultimi anni le percentuali di $PM_{2,5}$ nel PM_{10} sono tendenzialmente diminuite, cosa che suggerisce la diminuzione del contributo della componente secondaria delle polveri PM_{10} .

Grafico 4.2.8. Trend della percentuale di $PM_{2,5}$ nel PM_{10} per tipologia di stazione dal 2015 al 2022



4.3. Ossidi di azoto: NO₂ e NO_x

I valori limite di legge per il biossido di azoto sono stati confrontati con gli indicatori calcolati sui dati registrati nel 2022.

Tabella 4.3.1. NO₂ - Anno 2022 - Indicatori relativi alle stazioni di Rete Regionale

Zona	Classificazione	Provincia e Comune		Nome stazione	Media annuale (µg/m ³)	V.L.	Media annuale (µg/m ³)	V.L.
Agglomerato di Firenze	UF	FI	Firenze	FI-Bassi	0	18	18	40
	UT	FI	Firenze	FI-Gramsci	0		45	
	UT	FI	Firenze	FI-Mosse	0		30	
	UF	FI	Scandicci	FI-Scandicci	0		20	
	UF	FI	Signa	FI-Signa	0		14	
	SF	FI	Firenze	FI-Settignano	0		6	
Zona Prato e Pistoia	UF	PO	Prato	PO-Roma	0		23	
	UT	PO	Prato	PO-Ferrucci	0		22	
	UF	PT	Pistoia	PT-Signorelli	0		18	
	SF	PT	Montale	PT-Montale	0		14	
Zona Valdarno aretino e Valdichiana	UF	AR	Arezzo	AR-Acropoli	0		12	
	UF	FI	Figline Valdarno	FI-Figline	0		16	
	UT	AR	Arezzo	AR-Repubblica	0		27	
Zona Costiera	RF	GR	Grosseto	GR-Maremma	0		3	
	UF	GR	Grosseto	GR-URSS	0		14	
	UT	GR	Grosseto	GR-Sonnino	0		30	
	UF	LI	Livorno	LI-Cappiello	0		13	
	UT	LI	Livorno	LI-Carducci	0		34	
	UF	LI	Livorno	LI-LaPira	0		16	
	SI	LI	Piombino	LI-Cotone	0		12	
	UF	LI	Piombino	LI-Parco VIII Marzo	0	12		
	UF	MS	Carrara	MS-Colombarotto	0	13		
	UT	MS	Massa	MS-Marinavecchia	0	17		
Zona Valdarno pisano e Piana lucchese	UF	LU	Viareggio	LU-Viareggio	0	20		
	UF	LU	Capannori	LU-Capannori	0	18		
	UF	LU	Lucca	LU-San Concordio	0	18		
	UT	LU	Lucca	LU-Micheletto	0	22		
	RF	LU	Lucca	LU-Carignano	0	8		
	UF	PI	Pisa	PI-Passi	0	13		
	UT	PI	Pisa	PI-Borghetto	0	27		
Zona Collinare e Montna	SF	PI	S.Croce sull'Arno	PI-Santa Croce	0	18		
	UF	SI	Poggibonsi	SI-Poggibonsi	0	13		
	UT	SI	Siena	SI-Bracci	0	28		
	UF	LU	Bagni di Lucca	LU-Fornoli	0	11		
	SF	PI	Pomarance	PI-Montecerboli	0	4		
	R regF	AR	Chitignano	AR-Casa Stabbi	0	2		
Media annuale complessiva Rete Regionale (µg/m ³)							18	
Media annuale stazioni di tipo fondo urbano e suburbano (µg/m ³)							15	
Media annuale stazioni di tipo traffico urbano (µg/m ³)							28	

Nel 2022 il limite di $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$, indicato dall'allegato XI D.Lgs.155/2010 e s.m.i. come media annuale, è stato rispettato in tutto il territorio con l'eccezione della stazione di traffico di FI-Gramsci, presso la quale la media è stata pari a $45 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (+12,5%). Non si è verificato invece alcun episodio di superamento della media oraria di $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$, rispettando pienamente il limite di 18 superamenti, come avviene già da diversi anni. Per questo inquinante, come atteso, i valori medi registrati presso i siti di traffico sono stati nettamente maggiori dei valori del fondo, con media complessiva per le stazioni di traffico di quasi il doppio della media calcolata sulle stazioni di fondo urbano e suburbano.

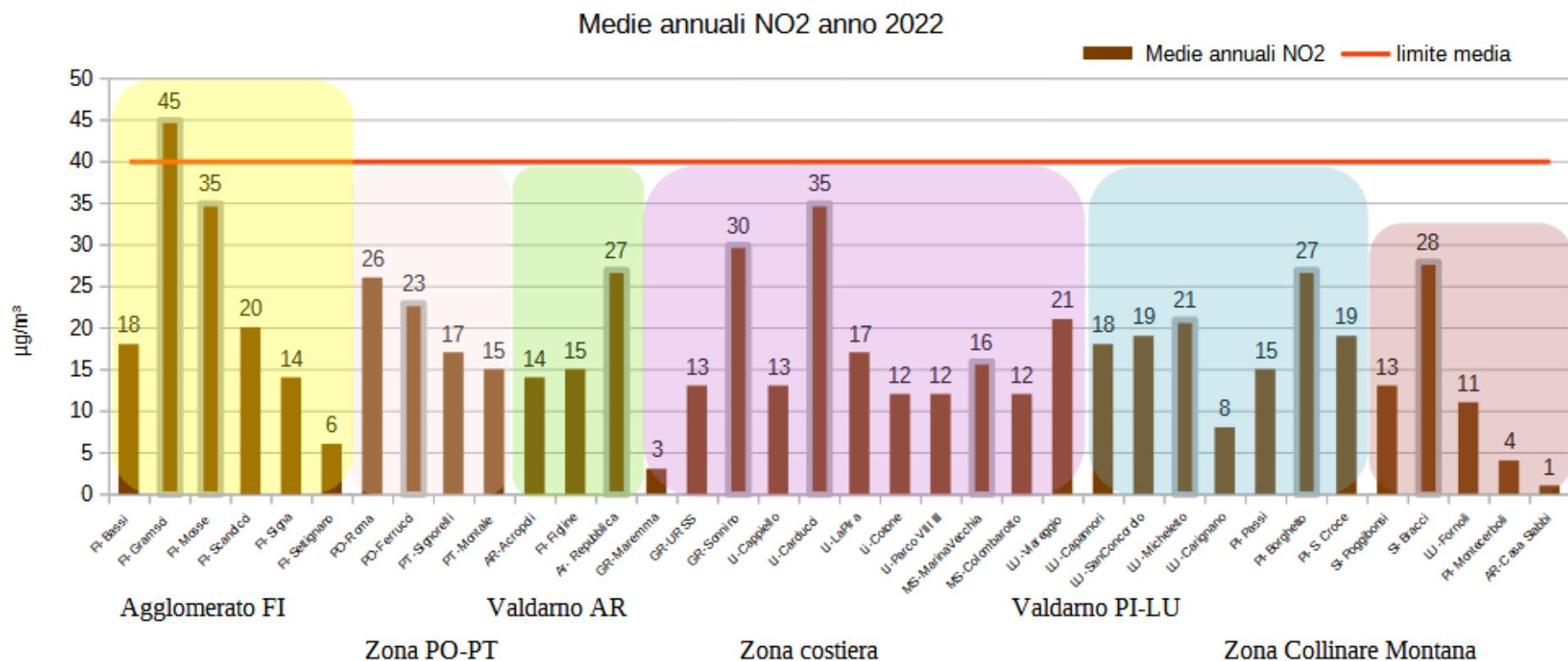
4.3.1. Medie annuali di NO₂ Anno 2022

Di seguito è illustrata la situazione in Toscana relativamente ai valori medi di NO₂ registrati nel 2022.

Sono state calcolate le medie delle stazioni di fondo zona per zona, esclusi i siti rurali, ottenendo la seguente panoramica:

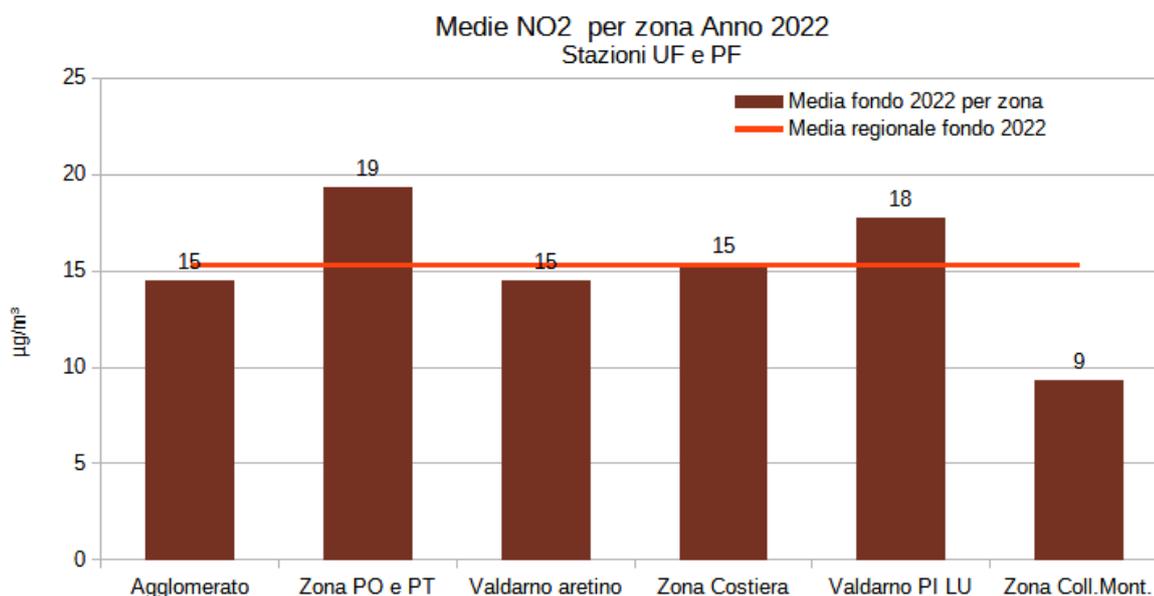
- le due zone caratterizzate da concentrazioni medie annuali di NO₂ più elevate sono la zona di PO e PT con media pari a $18 \mu\text{g}/\text{m}^3$, e la zona del Valdarno pisano e Piana lucchese, con media $17 \mu\text{g}/\text{m}^3$;
- nell'Agglomerato di Firenze, nella zona del Valdarno aretino e nella zona Costiera le medie del fondo sono state pari a $14-15 \mu\text{g}/\text{m}^3$.
- la zona che ha registrato le concentrazioni medie di fondo minori è la zona collinare e montana con media della zona nettamente inferiore al resto della regione e pari a $9 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Grafico 4.3.1. Biossido di azoto - Anno 2022 - Medie annuali NO₂



Il grafico seguente mostra le variazioni delle medie annuali di biossido di azoto tra le stazioni di fondo di tipo urbano e suburbano all'interno di ciascuna zona.

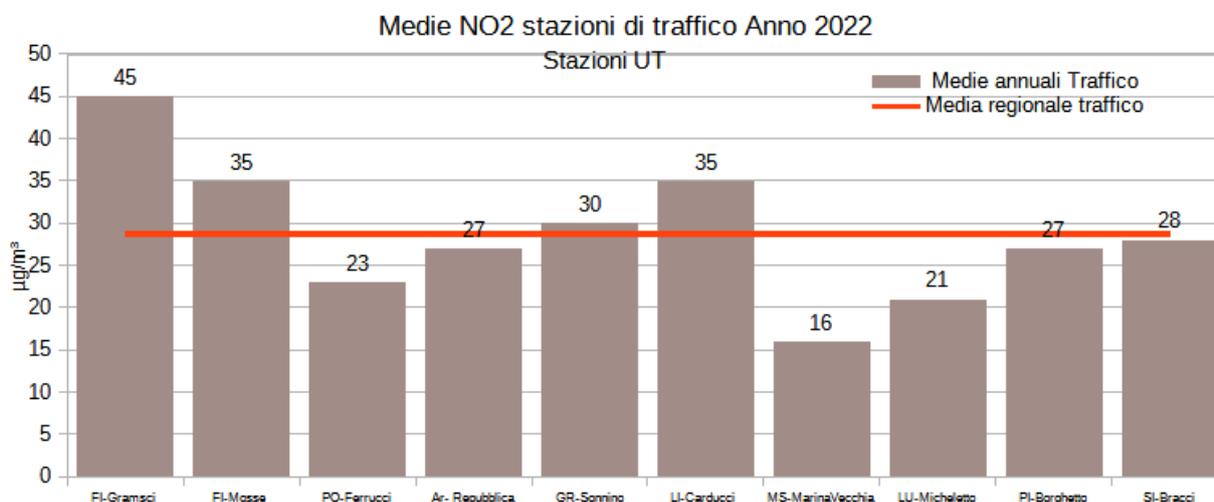
Grafico 4.3.2. NO_2 – Anno 2022 - Medie annuali per zona di NO_2 - Stazioni di fondo



Sono state escluse dalle elaborazioni le stazioni di tipo rurale, quali LU-Carignano per la zona del Valdarno pisano e Piana lucchese, con media annuale pari a $8 \mu\text{g}/\text{m}^3$, GR-Maremma per la zona Costiera, con media annuale pari a $3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ e AR-Casa Stabbi per la zona Collinare e Montana, con media annuale pari a $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Per quanto riguarda le stazioni di traffico, i valori medi annuali sono stati nettamente superiori al fondo, con valori tutti oltre i $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (eccezione nel 2022 MS-Marina Vecchia). I valori più elevati si sono riscontrati nelle stazioni di Firenze e di Livorno.

Grafico 4.3.3. NO_2 – Anno 2022 - Medie annuali di NO_2 - Stazioni di traffico



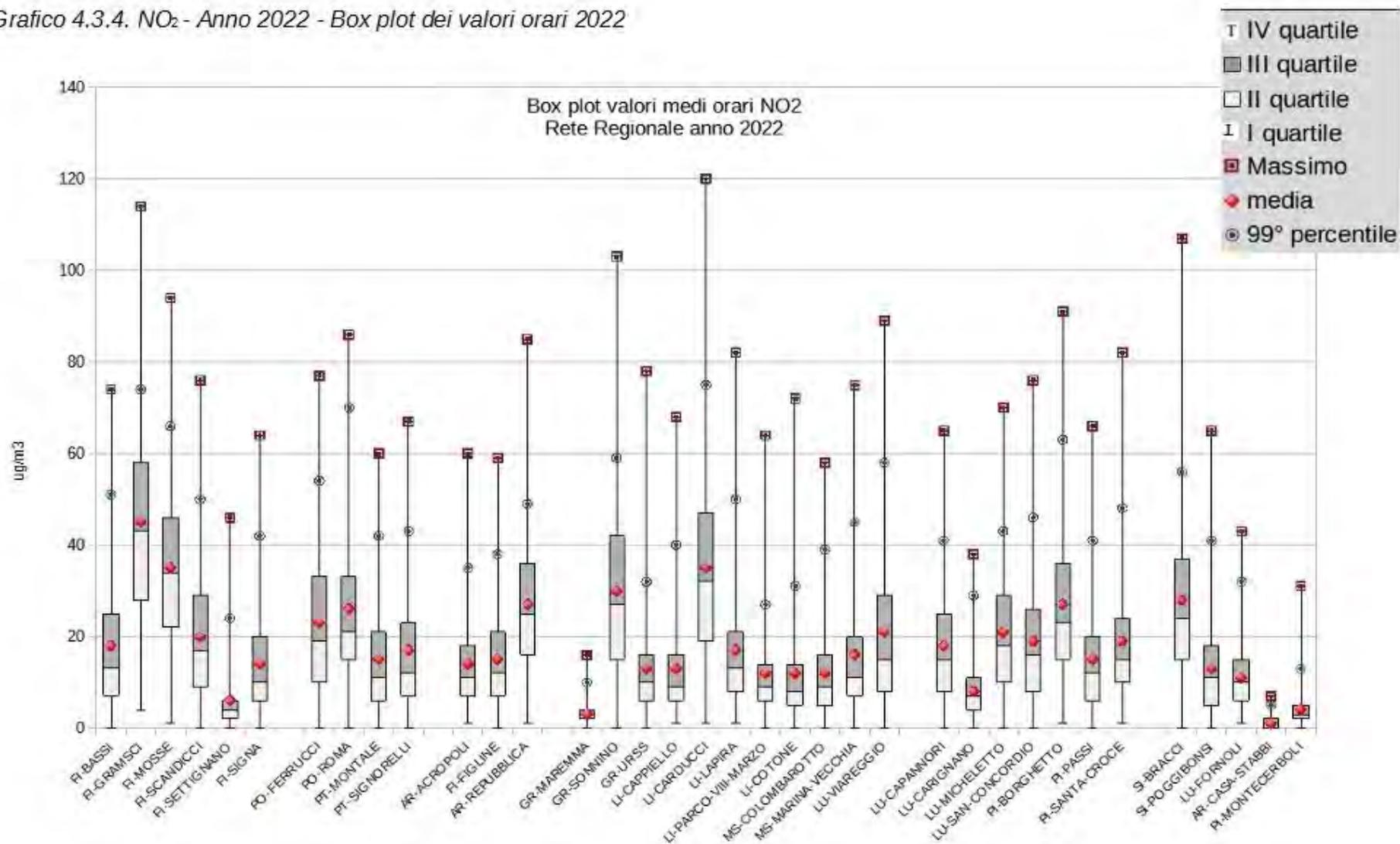
Per salvaguardare la salute della popolazione mondiale, l'OMS ha individuato come valore guida per il NO₂, una media annua di 10 µg/m³ ed una media giornaliera di 25µg/m³, limiti molto più restrittivi di quelli vigenti. In Toscana, i valori registrati fino ad oggi sono ben lontani dal rispetto di entrambi i valori in quasi tutto il territorio, sia per le stazioni di traffico che per le fondo. Il confronto con i valori dell'OMS è descritto in allegato, insieme al confronto con i nuovi valori limite proposti dalla uscente COM/2022/542.

4.3.2. Medie orarie di NO₂ Anno 2022

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

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

Grafico 4.3.4. NO₂ - Anno 2022 - Box plot dei valori orari 2022



4.3.3. Trend delle medie annuali registrate dalla RRQA

Tabella 4.3.2. Biossido di azoto –Medie annuali - Andamenti 2012-2022 per le stazioni di Rete Regionale

Zona	Classificazione zona e stazione		Medie annuali in $\mu\text{g}/\text{m}^3$										
			V.L. = $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$										
			2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Agglom. Firenze	UF	FI-Bassi	30	23	22	25	23	25	20	21	17	18	18
	UT	FI-Gramsci	82	62	65	63	65	64	60	56	44	45	45
	UT	FI-Mosse	67	59	45	46	41	42	39	36	28	30	35
	UF	FI-Scandicci	33	29	28	30	28	28	26	26	20	20	20
	UF	FI-Signa	-	-	21	24	21	21	19	19	15	14	14
	SF	FI-Settignano	14	10	8	10	9	10	8	7	6	6	6
Zona Prato Pistoia	UF	PO-Roma	36	33	27	32	31	33	30	29	24	23	26
	UT	PO-Ferrucci	*	27	34	32	31	32	27	28	25	22	23
	UF	PT-Signorelli	25	25	23	25	24	24	22	22	18	18	17
	SF	PT-Montale	17	18	15	20	19	20	18	18	15	14	15
Valdarno aretino e Valdichiana	UF	AR-Acropoli	24	20	17	18	18	16	15	15	13	12	14
	UF	FI-Figline	-	-	-	-	-	*	20	18	15	16	15
	UT	Ar- Repubblica	44	39	39	40	35*	39	36	31	28	27	27
Zona costiera	RF	GR-Maremma	5	5	4	3	3	3	3	3	3	3	3
	UF	GR-URSS	20	20	20	16	16	16	16	17	13	14	13
	UT	GR-Sonnino	40	-	-	-	37	39	37	35	29	30	30
	UF	LI-Cappiello	26	29	19	19	16	16	14	16	15	13	13
	UT	LI-Carducci	60	50	41	40	33	36	39	*	33	34	35
	UF	LI-LaPira	-	-	*	23	21	22	17	19	16	16	17
	SI	Li-Cotone	17	16	17	17	15	15	15	14	11	12	12
	UF	LI-Parco VIII III	-	-	*	15	14	14	12	12	12	12	12
	UT	MS-MarinaVecchia	-	-	-	*	21	17	19	18	17	17	16
	UF	MS-Colombarotto	*	20	18	21	18	21	15	14	13	13	12
UF	LU-Viareggio	38	26	26	31	28	28	24	24	20	20	21	

Zona	Classificazione zona e stazione		Medie annuali in $\mu\text{g}/\text{m}^3$										
			V.L. = $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$										
			2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Valdarno pisano e Piana lucchese	UF	LU-Capannori	38	27	26	29	26	25	23	22	18	18	18
	UF	LU-San Concordio	-	-	-	*	26	26	25	24	18	18	19
	UT	LU-Micheletto	37	30	30	33	28	28	25	27	21	22	21
	RF	LU-Carignano	14	13	10	12	10	11	10	9	9	8	8
	UF	PI-Passi	21	20	16	21	19	19	17	18	14	13	15
	UT	PI-Borghetto	37	36	33	37	36	36	32	33	27	27	27
	SF	PI-Santa Croce	28	28	23	25	25	25	23	22	18	18	19
Zona Collinare e montana	UF	SI-Poggibonsi	19	20	18	18	17	19	17	17	14	13	13
	UT	SI-Bracci	-	-	*	39	37	42	36	34	27	28	28
	UF	LU-Fornoli	17	15	12	13	13	14	12	12	10	11	11
	SF	PI-Montecerboli	*	5	9	9	5	4	4	5	4	4	4
	R regF	AR-Casa Stabbi	5	3	2	2	2	2	2	2	2	2	1

* efficienza minore del 90%
-parametro non attivo

Grafico 4.3.5. Biossido di azoto –Medie annuali - Andamenti 2012-2022 per le stazioni di Rete Regionale

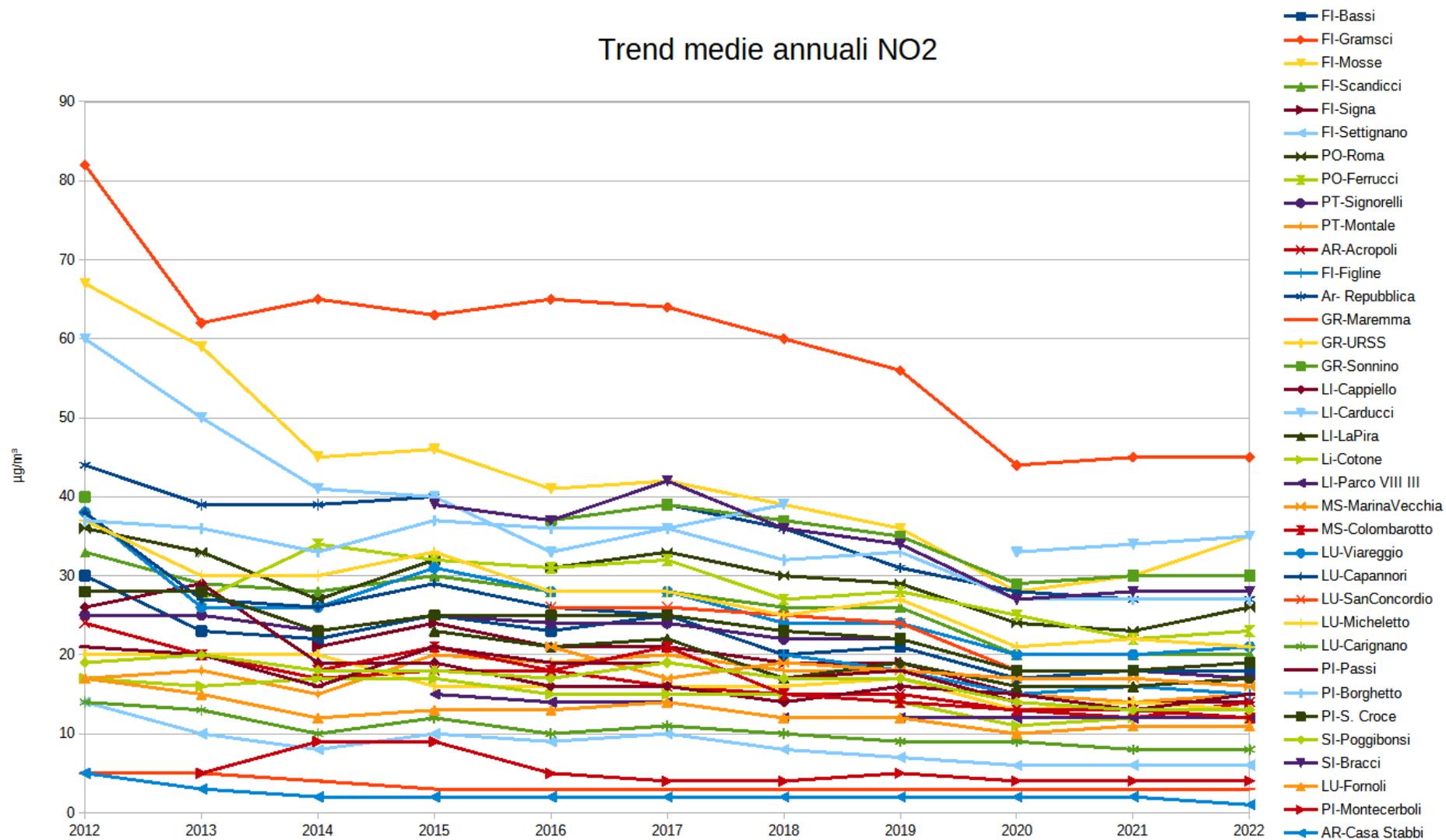


Grafico 4.3.6a. Biossido di azoto – Andamenti 2012-2022 per le stazioni di Rete Regionale per zona

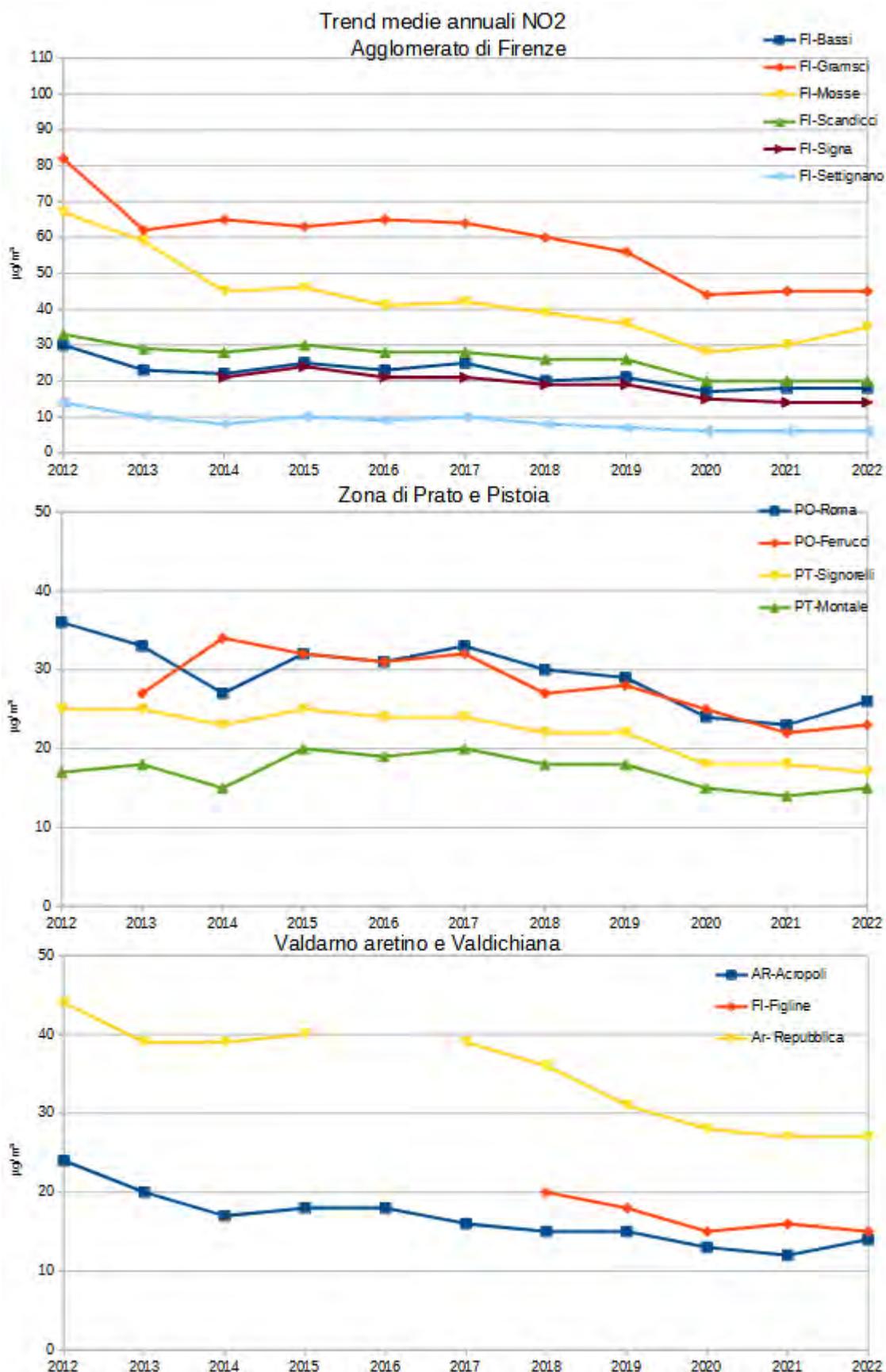
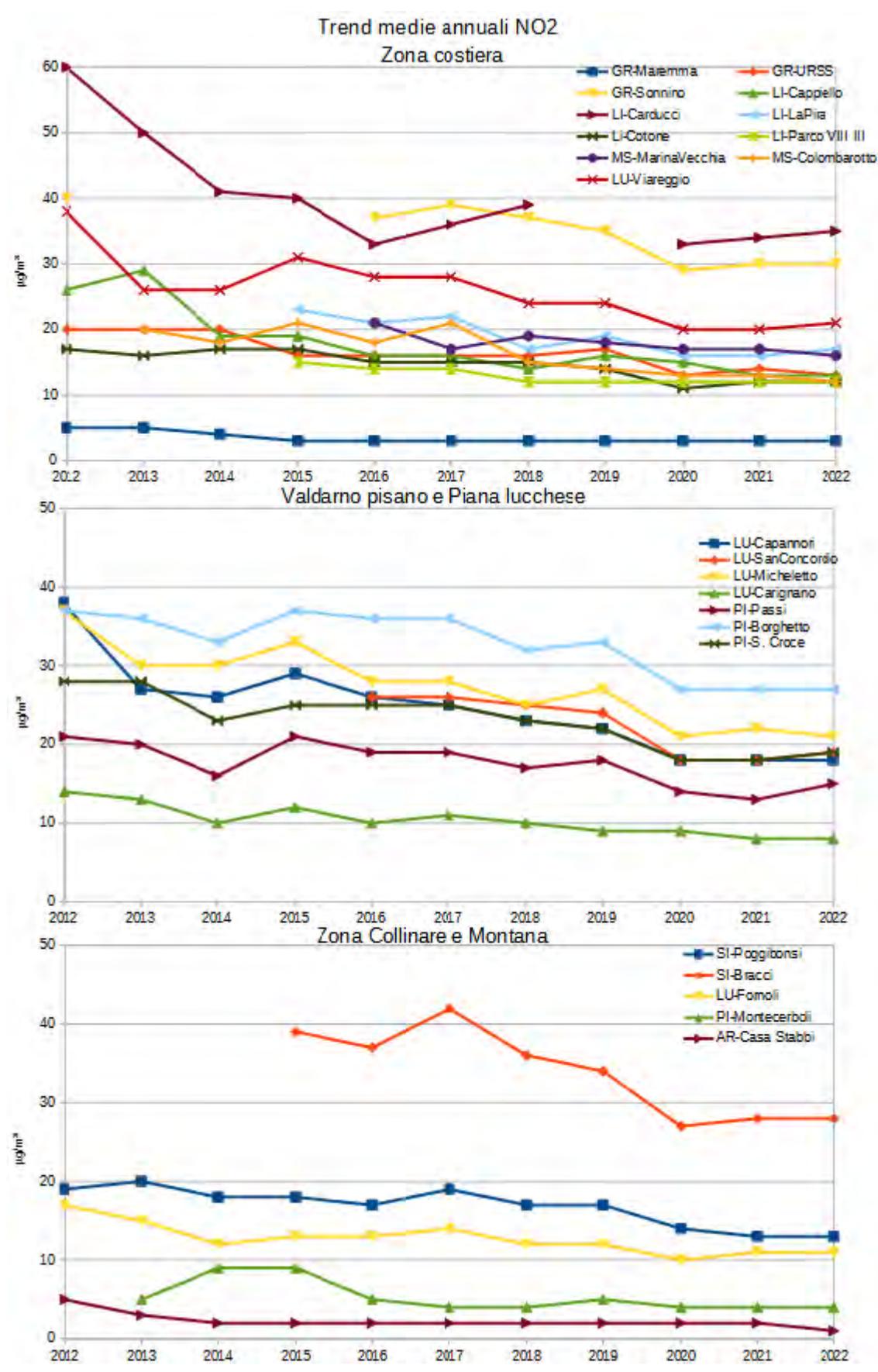
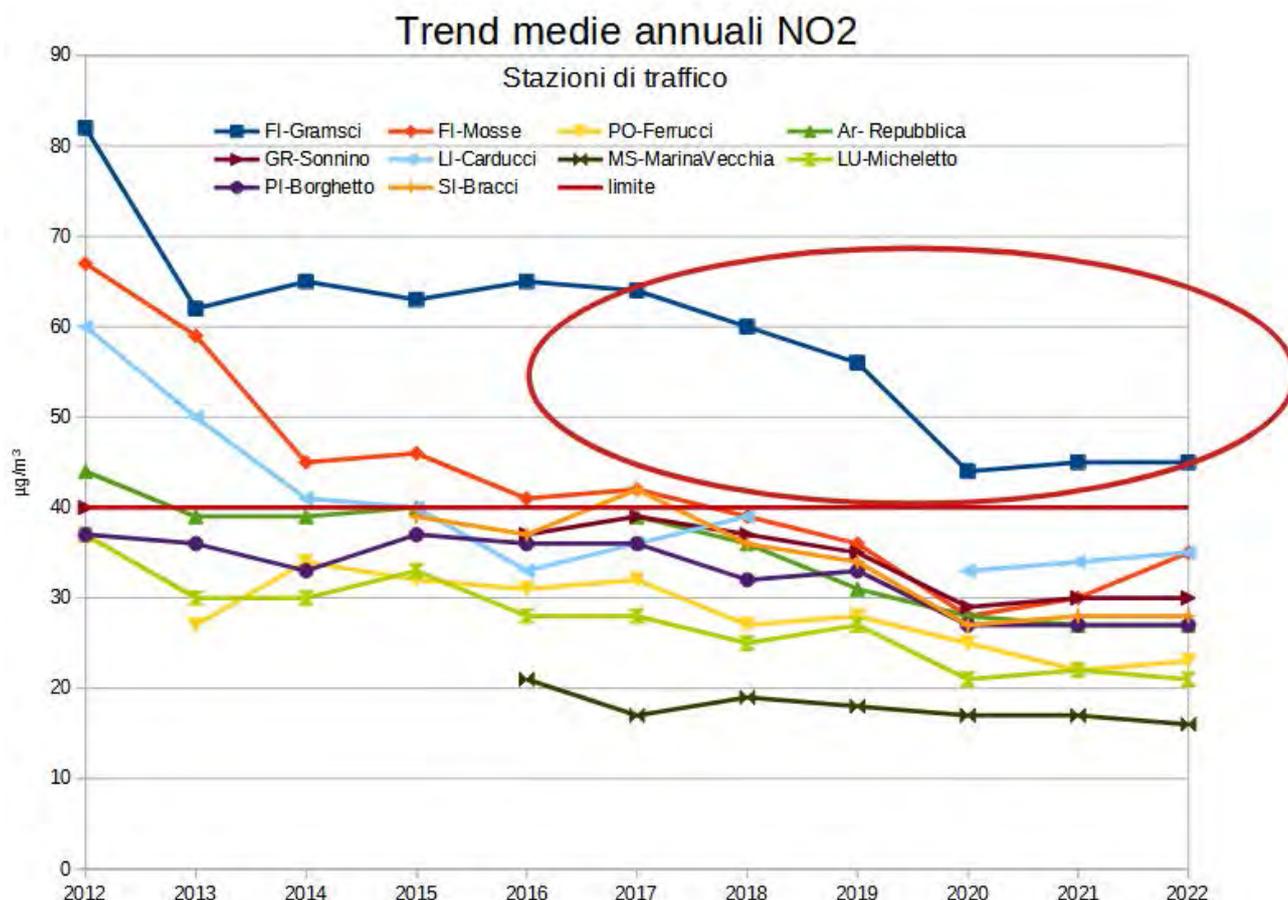


Grafico 4.3.6b. Biossido di azoto – Andamenti 2012-2022 per le stazioni di Rete Regionale per zona



Come mostrano chiaramente i dati in tabella e nei i grafici, nel corso degli anni il trend delle medie annuali di biossido di azoto tende alla diminuzione, il numero di stazioni che ha superato il valore limite per la media annuale è diminuito e negli ultimi 5 anni ha superato soltanto una stazione di traffico.

Grafico 4.3.7. Biossido di azoto – Andamenti 2012-2022 per le stazioni di traffico



Mapa 4.3.1. Biossido di azoto – Andamenti 2012-2022 per le stazioni di traffico.

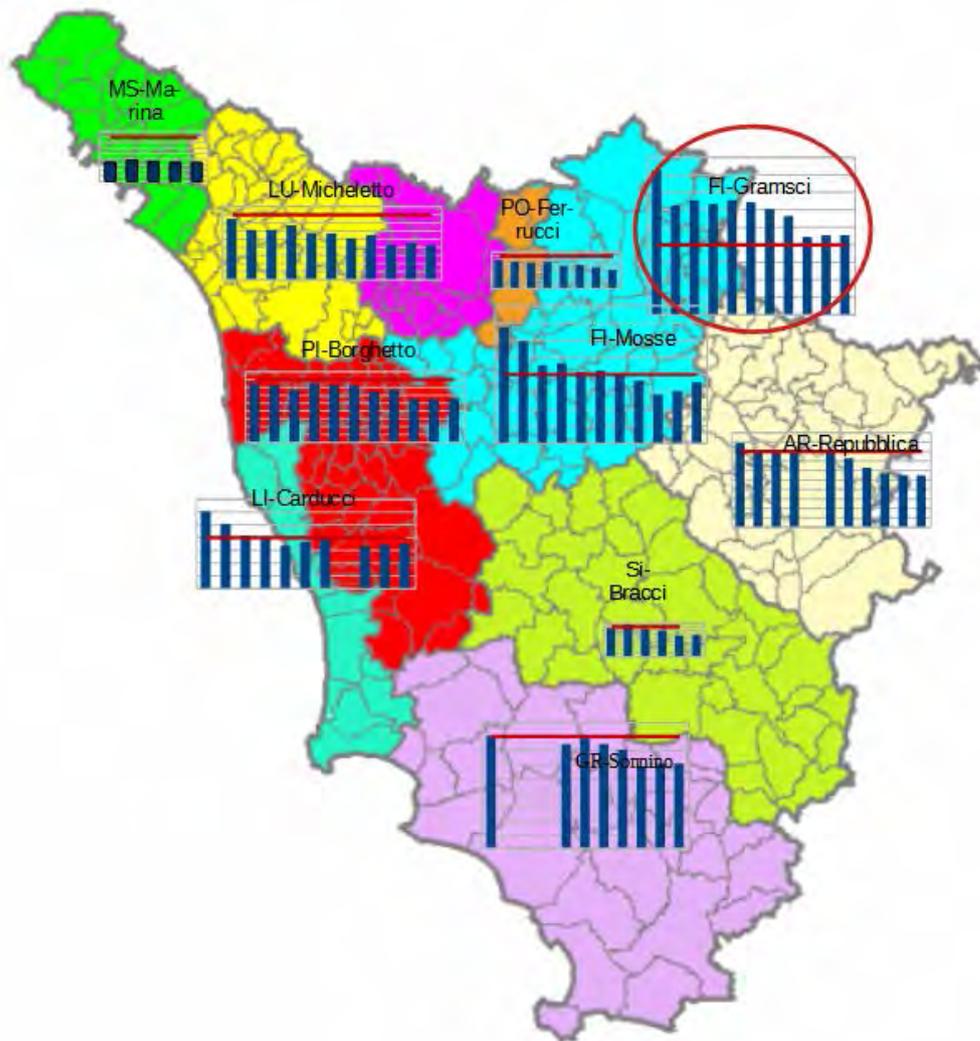
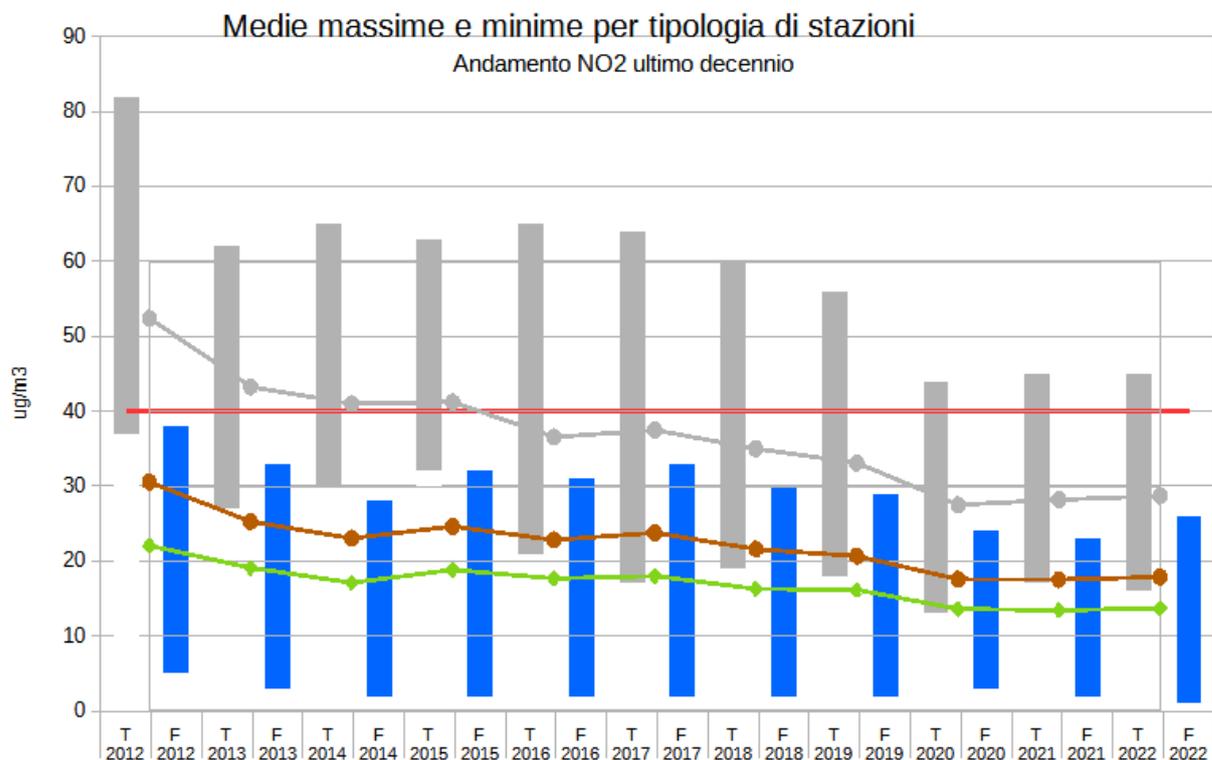


Grafico 4.3.8. Biossido di azoto – Andamenti per tipologia di stazione delle medie annuali con massimi e minimi, ultimo decennio



Questo grafico mostra la differenza netta di valori di concentrazioni di biossido di azoto misurata presso i siti di fondo e presso i siti di traffico. Presso i siti di fondo (barre celesti) le medie annuali registrate dalle stazioni di Rete Regionale sono tutte ampiamente inferiori al limite di legge, mentre presso i siti di traffico (barre grigie) le medie sono caratterizzate da valori più elevati, con il valore massimo (FI-Gramsci) che è sempre stato oltre il limite per la media annuale.

Tabella 4.3.3. NOx - Anno 2022 - Indicatori relativi alle stazioni di Rete Regionale

Zona	Classificazione		Provincia e Comune		Nome stazione	Media annuale (µg/m ³)	Valore limite (µg/m ³)
Zona collinare e montana	R reg	F	AR	Chitignano	AR-Casa Stabbi	2	30

L'indicatore NOx 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 NOx sono costantemente molto bassi e a livelli nettamente inferiori al valore limite.

4.4. Ozono

I parametri di riferimento per l'ozono indicati dalla normativa vigente sono:

- il valore obiettivo per la protezione della salute umana che consiste nel numero di 25 medie massime giornaliere di 8 ore superiori a $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$, come media dei valori degli ultimi tre anni;
- il valore obiettivo per la protezione della vegetazione AOT40 che consiste nella somma della differenza tra le concentrazioni orarie superiori a $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$ e $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$ rilevate ogni giorno tra le 8.00 e le 20.00, tra maggio e luglio. Il valore obiettivo è $18000 \mu\text{g}/\text{m}^3$ come media dei valori degli ultimi cinque anni;
- la soglia di informazione pari alla media oraria di $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$;
- la soglia di allarme pari alla media oraria di $240 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Tabella 4.4.1. O_3 - Anno 2022 - Indicatori relativi alle stazioni di Rete Regionale

Indicatori per Ozono Anno 2022				Valore obiettivo protezione salute umana: max 25 superamenti media 3 anni		Valore obiettivo protezione vegetazione ($\mu\text{g}/\text{m}\cdot\text{h}$): 18000 media 5 anni		
Zona	Classificazione	Provincia e comune		Stazione	Superi 2022	Media 2020-2021-2022	AOT40 2022	Media 2018-2019-2020-2021-2022
Agglomerato Firenze	S	FI	Firenze	FI-Settignano	36	31	27845	23045
	U	FI	Signa	FI-Signa	47	36	30074	23142
Zona pianure interne	S	AR	Arezzo	AR-Acropoli	3	2	11610	13085
	S	PT	Montale	PT-Montale	47	35	29524	22498
Zona pianure costiere	R	GR	Grosseto	GR-Maremma	12	11	22164	21216
	S	LU	Lucca	LU-Carignano	41	24	26145	20173
	S	PI	Pisa	PI-Passi	12	7	17975	13194
	S	PI	S. Croce sull'Arno	PI-Santacroce	8	5	16672	9901
Zona Collinare Montana	RF	AR	Chitignano	AR-Casa Stabbi	18	15	20113	16912
	S	PI	Pomarance	PI-Montecerboli	41	25	26757	22408

Attualmente in Toscana l'Ozono rappresenta il parametro più critico relativamente al rispetto dalla normativa, nonostante le concentrazioni registrate negli ultimi anni siano leggermente inferiori ai valori critici di alcuni anni passati. Il valore massimo di 25 superamenti è stato superato nel 2022 in 5 siti su 10, mentre il valore obiettivo per la protezione della salute che è calcolato come media di tre anni è ancora superato in 3 stazioni su 10.

Il parametro per la protezione della vegetazione AOT40 di 18000, nel 2022 è stato superato in 7 stazioni su 10, e il valore obiettivo pari alla media su 5 anni è superato in 6 stazioni.

4.4.1. Confronto con valori obiettivo e soglie per O₃ Anno 2022

Grafico 4.4.1. O₃ - Anno 2022 - Indicatori relativi alle stazioni di Rete Regionale – Valore obiettivo per la protezione della popolazione

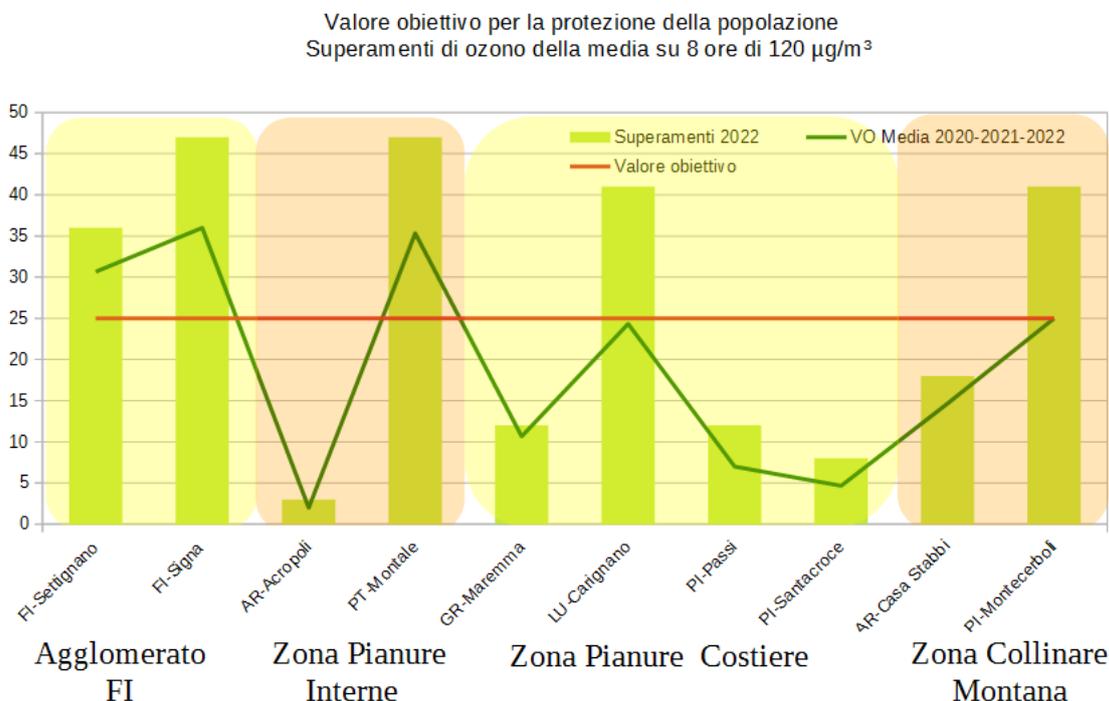
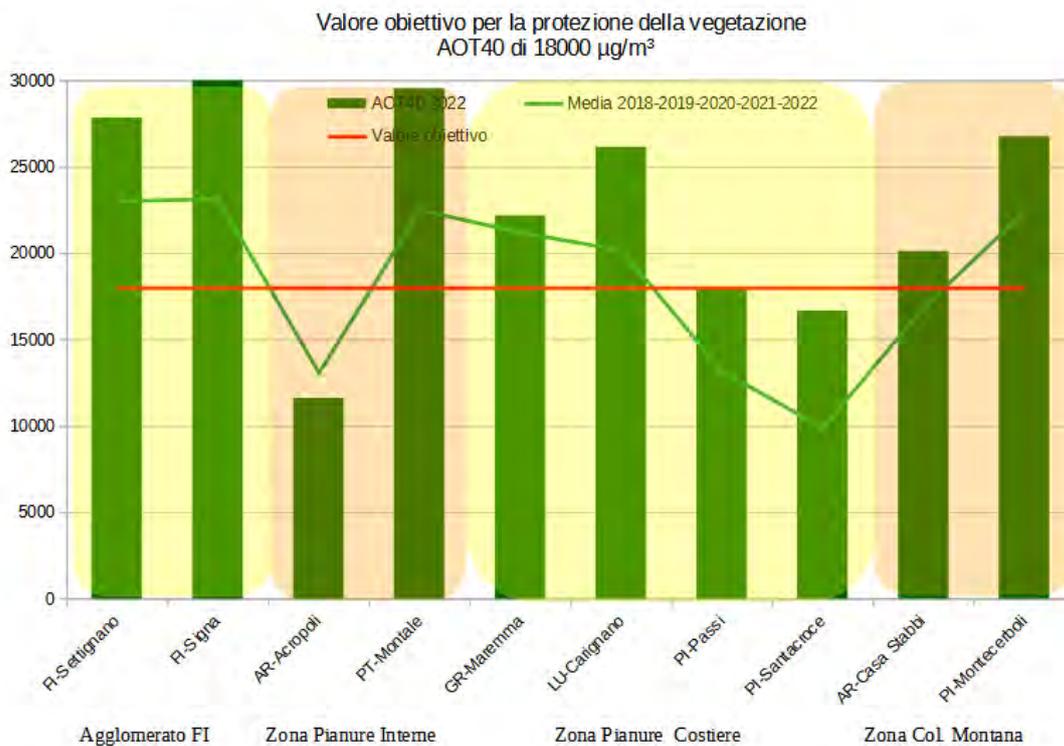


Grafico 4.4.2. O₃ - Anno 2022 - Indicatori relativi alle stazioni di Rete Regionale – Valore obiettivo per la protezione della vegetazione

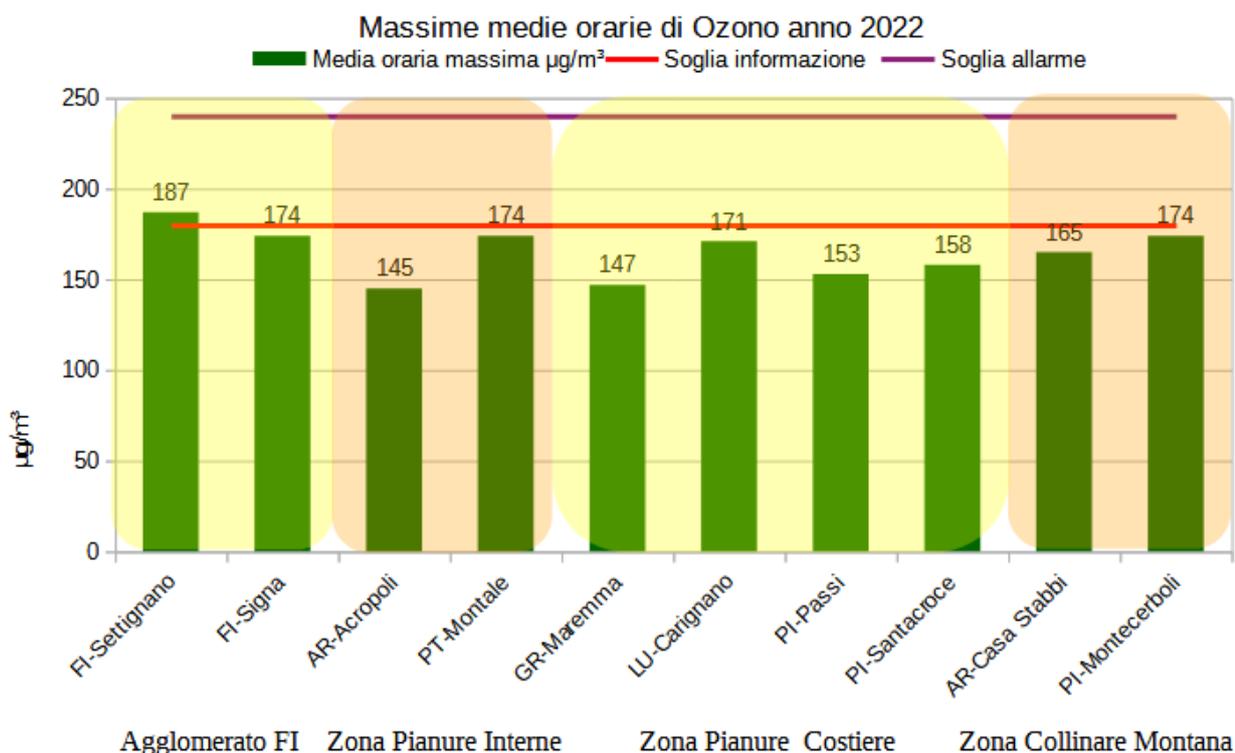


Mentre la soglia di allarme per l'ozono non è mai stata raggiunta, nel 2022 presso la stazione di FI-Settignano è stata superata la soglia di attenzione. L'evento si è verificato in un periodo in cui le temperature si sono mantenute su valori particolarmente elevati per molti giorni consecutivi, favorendo l'accumulo di Ozono.

Tabella 4.4.2. O₃ - Anno 2022 – Superamenti delle soglie di informazione e di allarme

Zona	Classificazione	Provincia e comune	Stazione	Anno 2022				
				Media oraria massima µg/m ³	Soglia informazione 180 µg/m ³	N° superamenti soglia di informazione	Soglia allarme 240 µg/m ³	N° superamenti soglia di allarme
Agglomerato Firenze	S	FI	Firenze	FI-Settignano	187	1	240	0
	U	FI	Signa	FI-Signa	174	0		0
Zona pianure interne	S	AR	Arezzo	AR-Acropoli	145	0		0
	S	PT	Montale	PT-Montale	174	0		0
Zona pianure costiere	R	GR	Grosseto	GR-Maremma	147	0		0
	S	LU	Lucca	LU-Carignano	171	0		0
	S	PI	Pisa	PI-Passi	153	0		0
	S	PI	S. Croce sull'Arno	PI-Santacroce	158	0		0
	S	AR	Chitignano	AR-Casa Stabbi	165	0		0
Zona Collinare Montana	S	PI	Pomarance	PI-Montecerboli	174	0		0

Grafico 4.4.3. O₃ - Anno 2022 – Massime medie orarie e confronto con le soglie di informazione e di allarme

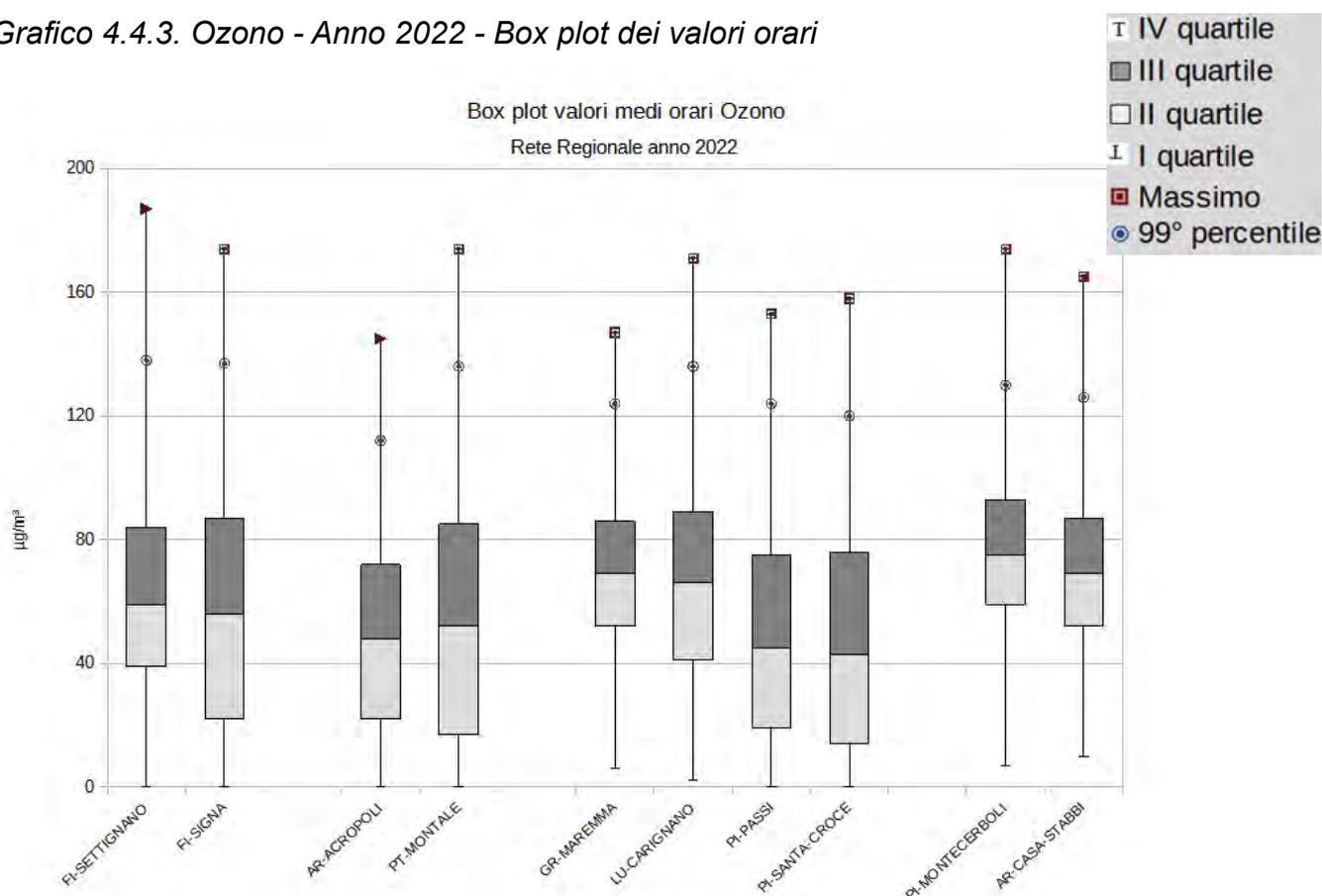


L'OMS indica due valori di riferimento per l'ozono, una massima media mobile giornaliera calcolata su 8 ore di $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ e il "Peak season", ovvero la media delle medie massime giornaliere di 8 ore calcolate sui 6 mesi consecutivi nei quali sono state registrate le medie di ozono più elevate, che non deve superare $60 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Il confronto con questi indicatori, molto più restrittivi di quelli della normativa vigente, indica una criticità netta estesa a tutte le zone della regione. Il confronto con tali indicatori è discusso in allegato, insieme al confronto con i nuovi valori limite proposti dalla bozza di direttiva COM/2022/542.

4.4.2. Medie orarie di O₃ Anno 2022

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

Grafico 4.4.3. Ozono - Anno 2022 - Box plot dei valori orari



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

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

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

4.4.3. Trend indicatori di O₃ registrati dalla RRQA

Tabella 4.4.3. O₃ Valore obiettivo per la protezione della salute umana - Andamenti 2012-2022 per le stazioni di Rete Regionale

		Valore obiettivo per la protezione della salute umana:										
		25 superamenti come media di tre anni del N° medie massime giornaliere su 8 ore >120 µg/m ³										
Zona	Classificazione Zona e Stazione	2010-2012	2011-2013	2012-2014	2013-2015	2014-2016	2015-2017	2016-2018	2017-2019	2018-2020	2019-2021	2020-2022
Agglomerato di Firenze	S FI-Settignano	43	43	36	42	48	63	52	46	36	29	31
	U FI-Signa	-	-	-	38	40	56	50	43	32	28	36
Zona pianure interne	S AR-Acropoli	47	33	22	35	44	59	22	26	15	9	2
	S PT-Montale	32	37	30	25	24	30	44	39	29	30	35
Zona pianure costiere	R GR-Maremma	25	26	28	29	36	41	41	41	33	22	11
	S LU-Carignano	36	43	34	40	38	48	51	51	42	26	24
	S PI-Passi	9	16	13	15	5	7	7	9	7	6	7
	S PI-Santa Croce	-	5	4	4	2	2	2	4	4	4	5
Zona Collinare Montana	RF AR-Casa Stabbi	40	41	32	23	24	30	25	29	19	16	15
	S PI-Montecerboli	52	54	49	36	25	28	26	32	28	23	25

Grafico 4.4.4. O₃ Valore obiettivo per la protezione della salute umana - Andamenti 2012-2022 per le stazioni di Rete Regionale

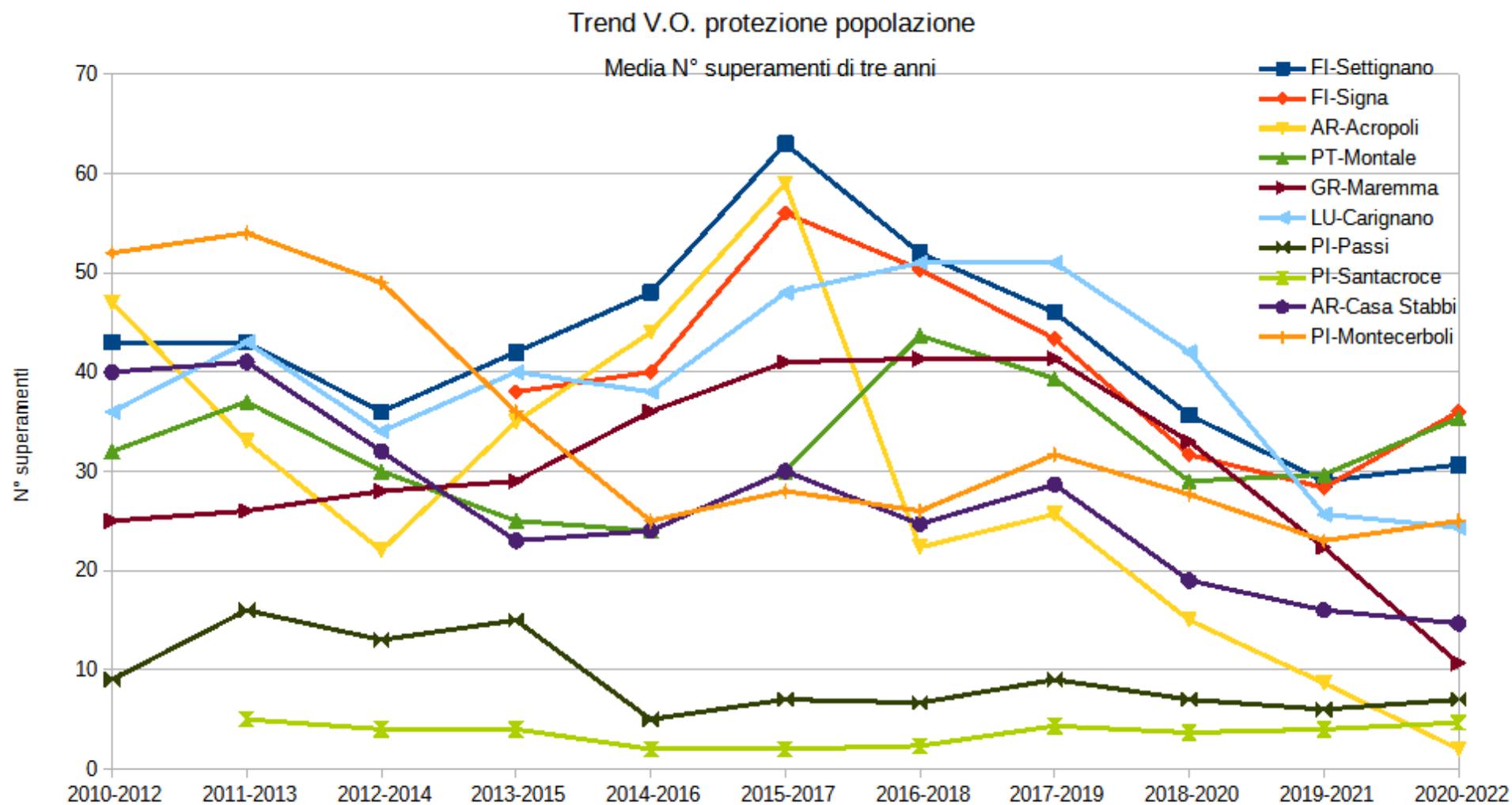
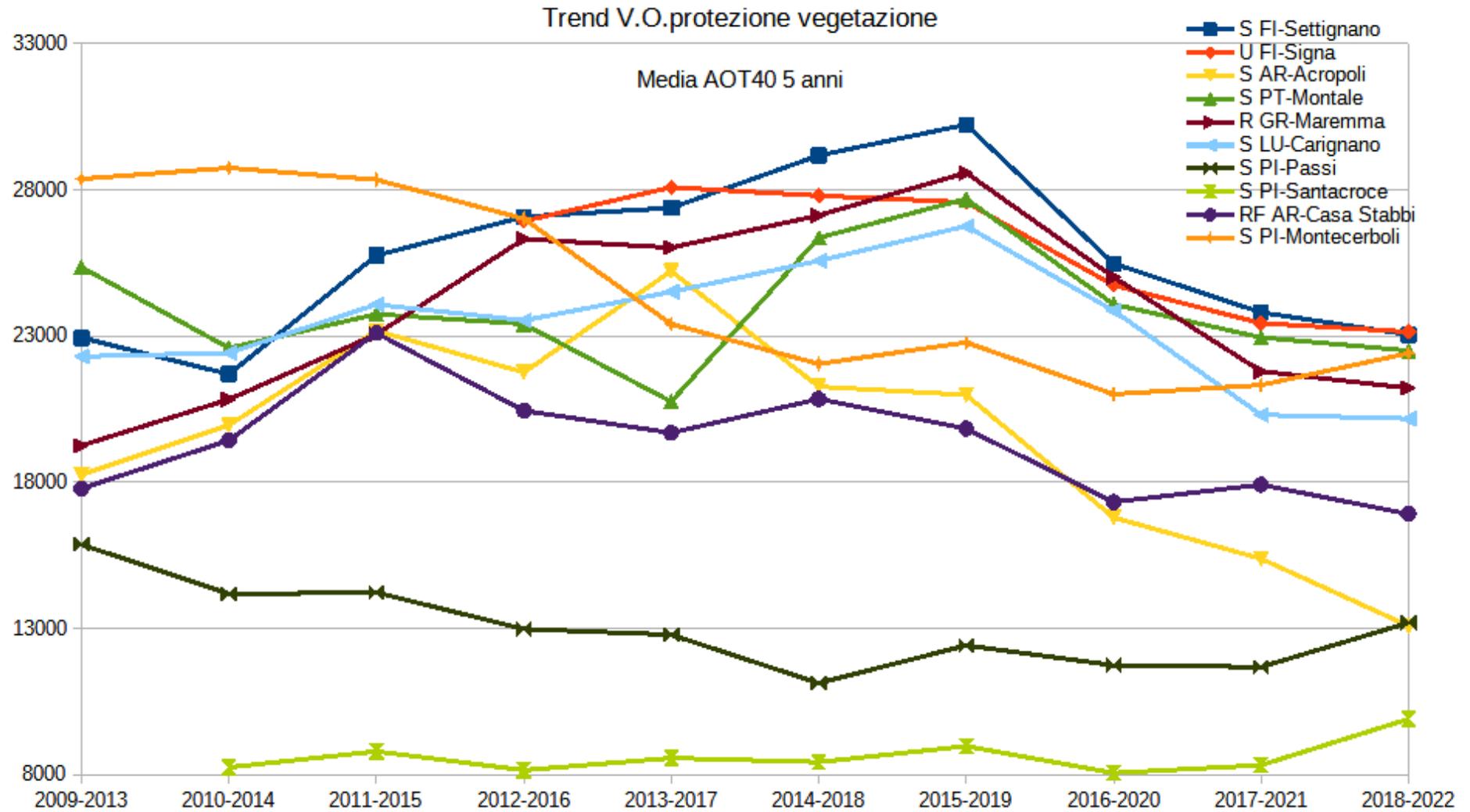


Tabella 4.4.4. O₃ - Valore obiettivo per la protezione della vegetazione - Andamenti 2012-2022 per le stazioni di Rete Regionale

		AOT40 Maggio/Luglio									
		Valore obiettivo per la protezione della vegetazione 18000 come media su 5 anni									
Zona	Classificazione Zona e Stazione	2009-2013	2010-2014	2011-2015	2012-2016	2013-2017	2014-2018	2015-2019	2016-2020	2017-2021	2018-2022
Agglomerato Firenze	S FI-Settignano	22938	21693	25748	27078	27379	29172	30226	25476	23804	23045
	U FI-Signa	-	-	-	26930	28082	27796	27570	24731	23435	23142
Zona pianure interne	S AR-Acropoli	18252	19952	23179	21757	25215	21266	20987	16793	15383	13085
	S PT-Montale	25352	22585	23746	23410	20757	26358	27688	24081	22948	22498
Zona pianure costiere	R GR-Maremma	19254	20830	23053	26314	26020	27123	28582	25011	21791	21216
	S LU-Carignano	22300	22420	24075	23532	24509	25569	26758	23864	20302	20173
	S PI-Passi	15871	14177	14229	12978	12783	11129	12418	11742	11681	13194
	S PI-Santa Croce	-	8249	8793	8153	8565	8429	8974	8056	8323	9901
Zona Collinare Montana	RF AR-Casa Stabbi	17784	19429	23101	20446	19687	20844	19831	17323	17915	16912
	S PI-Montecerboli	28371	28747	28344	27010	23404	22045	22780	21010	21320	22408

Grafico 4.4.5. O₃ - Valore obiettivo per la protezione della vegetazione - Andamenti 2012-2022 per le stazioni di Rete Regionale



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 2022 si è confermata la criticità per questo inquinante, nonostante in alcune stazioni sia stato raggiunto il rispetto dei valori obiettivo. Nel periodo da maggio a settembre ARPAT, oltre alla pubblicazione quotidiana del bollettino regionale ozono, realizza con il Consorzio LaMMA giornalmente 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 misurate 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.arpad.toscana.it/temi-ambientali/aria/qualita-aria/mappa_ozono_lamma)

4.5. Monossido di Carbonio

Gli indicatori elaborati sui dati misurati nel 2022 sono stati confrontati con i valori limite di legge (allegato XI D.Lgs.155/2010 e s.m.i.) che per il monossido di carbonio corrispondono alla media massima giornaliera calcolata su 8 ore pari a 10 mg/m³.

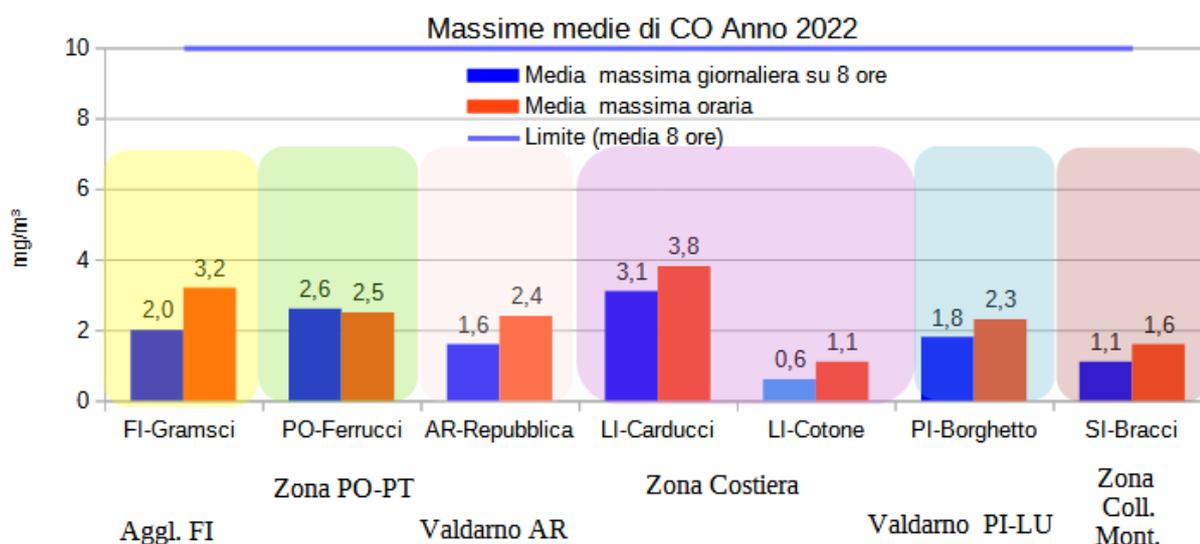
Tabella 4.5.1. CO - Anno 2022 - Indicatori relativi alle stazioni di Rete Regionale

Classificazione Zona e Stazione		Provincia e Comune		Nome stazione	Indicatori Anno 2022		Valore limite (mg/m ³)
					Media massima su 8 ore (mg/m ³)	N° superamenti	
Agglomerato Firenze	UT	FI	Firenze	FI-Gramsci	2,0	0	10
Zona Prato Pistoia	UT	PO	Prato	PO-Ferrucci	2,6	0	
Zona Valdarno aretino e Valdichiana	UT	AR	Arezzo	AR-Repubblica	1,6	0	
Zona costiera	UT	LI	Livorno	LI-Carducci	3,1	0	
	UI	LI	Piombino	LI-Cotone	0,6	0	
Zona Valdarno pisano e Piana lucchese	UT	PI	Pisa	PI-Borghetto	1,8	0	
Zona Collinare e Montana	UT	SI	Siena	SI-Bracci	1,1	0	

4.5.1. Massime orarie e massime medie su 8 ore di CO Anno 2022

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, con media massima giornaliera di 8 ore, che è stata raggiunta presso la stazione di LI-Carducci, pari a 3,1 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 2022 - massime orarie e medie massime giornaliere su 8 ore



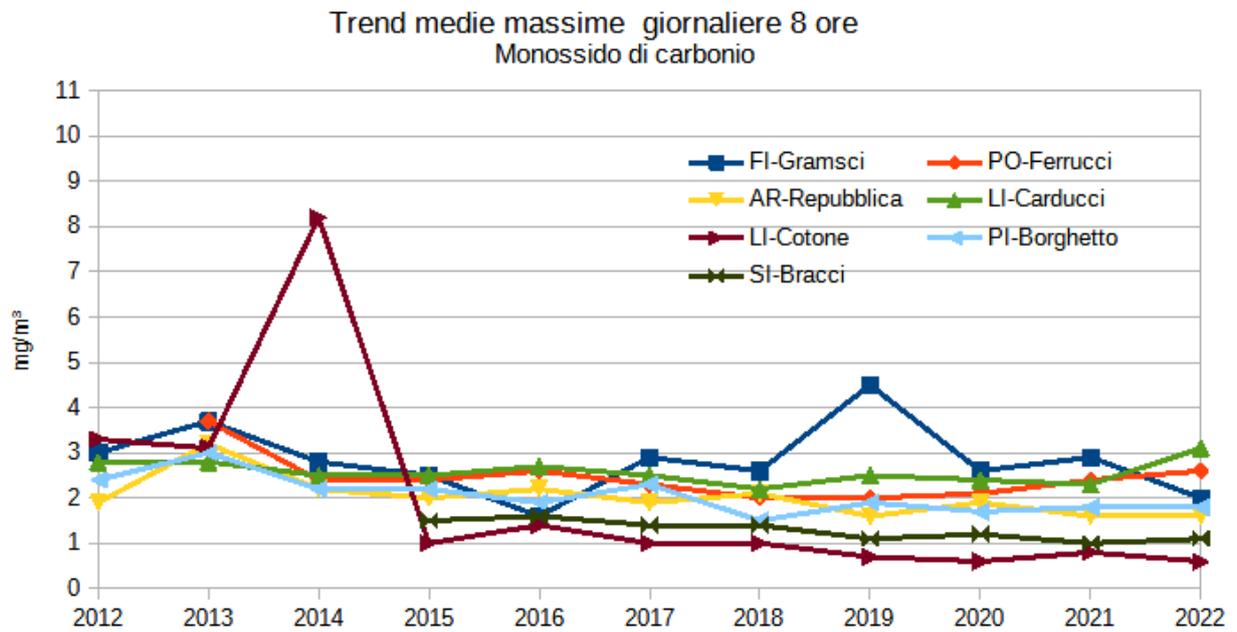
In base ai valori storici registrati nella nostra regione, il rispetto dei nuovi valori guida dell'OMS per il monossido di carbonio non dovrebbe r un problema in futuro, come il confronto con i nuovi valori di riferimento proposti dalla nuova direttiva.

4.5.2. Trend indicatori di CO registrati dalla RRQA

Tabella 4.5.2. Ossido di carbonio – Massima media giornaliera su 8 - Andamenti 2012-2022 per le stazioni di Rete Regionale.

Classificazione Zona e Stazione			Monossido di Carbonio										
			Media massima giornaliera di 8 ore (mg/m ³)										
			2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Agglomerato Firenze	UT	FI-Gram- sci	3,0	3,7	2,8	2,5	1,6	2,9	2,6	4,5	2,6	2,9	2,0
Zona Prato Pistoia	UT	PO-Fer- rucci	*	3,7	2,4	2,4	2,6	2,3	2,0	2,0	2,1	2,4	2,6
Zona Valdarno aretino e Valdi- chiana	UT	AR- Repubbli- ca	1,9	3,2	2,2	2,0	2,2	1,9	2,1	1,6	1,9	1,6	1,6
Zona costiera	UT	LI-Car- ducci	2,8	2,8	2,5	2,5	2,7	2,5	2,2	2,5	2,4	2,3	3,1
	SI	LI-Coto- ne	3,3	3,1	8,2	1,0	1,4	1,0	1,0	0,7	0,6	0,8	0,6
Zona Valdarno pisano e Piana lucchese	UT	PI-Bor- ghetto	2,4	3,0	2,2	2,2	1,9	2,3	1,5	1,9	1,7	1,8	1,8
Zona Collinare e Montana	UT	SI-Bracci	-	-	*	1,5	1,6	1,4	1,4	1,1	1,2	1,0	1,1

Grafico 4.5.2. Ossido di carbonio – Massima media giornaliera su 8 - Andamenti 2012-2022 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.

4.6. Biossido di Zolfo

Gli indicatori elaborati sui dati misurati nel 2022 sono stati confrontati con i valori limite di legge (allegato XI D.Lgs.155/2010 e s.m.i.) che per l' SO₂ sono:

- massimo 3 superamenti della media giornaliera di 125 µg/m³;
- massimo 24 superamenti della media oraria di 350 µg/m³;
- soglia di allarme come 3 medie orarie consecutive superiori a 500µg/m³, tutti abbondantemente rispettati.

Tabella 4.6.1. SO₂ - Anno 2022 - Indicatori relativi alle stazioni di Rete Regionale

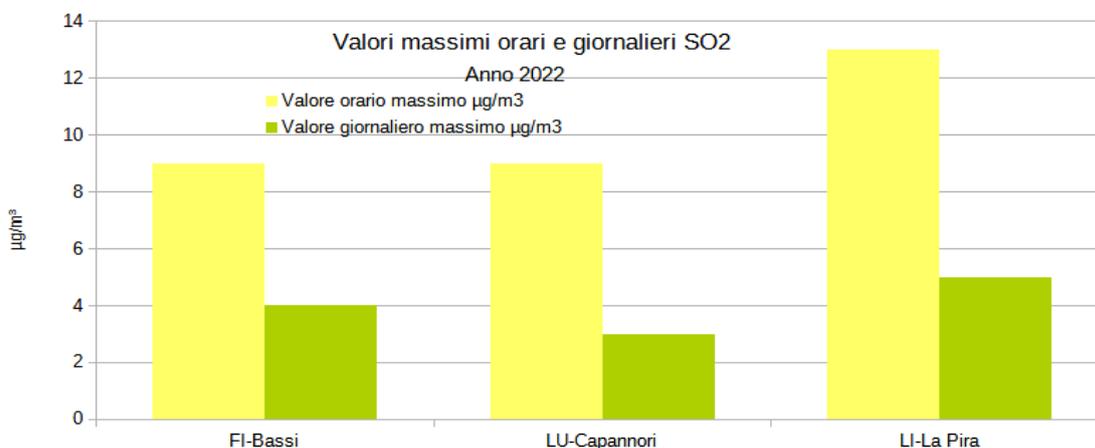
Classificazione Zona e stazione		Provincia Comune	Nome stazione	Indicatori Anno 2022					
				Valore orario massimo µg/m ³	N° > 350 µg/m ³	V.L.	Valore giornaliero massimo µg/m ³	N° > 125 µg/m ³	V.L.
Agglomerato Firenze	UF	Firenze (FI)	FI-Bassi	9	0	24	4	0	3
Valdarno pisano e Piana lucchese	UF	Capannori (LU)	LU-Capannori	9	0		3	0	
Zona Costiera	UF	Livorno (LI)	LI-La Pira	13	0		5	0	

I valori di SO₂ registrati durante l'anno 2022, così come negli ultimi anni, sono stati nettamente inferiori ai parametri di normativa, e non è stato registrato alcun superamento né della soglia prevista per la media giornaliera né della soglia prevista per la media oraria, né della soglia di allarme.

In base ai valori storici registrati nella nostra regione, il rispetto dei nuovi valori guida dell'OMS per il biossido di zolfo non dovrebbe rappresentare un problema in futuro, come il confronto con i nuovi valori di riferimento proposti dalla nuova direttiva uscente.

4.6.1. Massime orarie e massime giornaliere SO₂ Anno 2022

Grafico 4.6.1. SO₂ – Anno 2022 – Valori massimi relativi alle stazioni di Rete Regionale



4.6.2. Trend indicatori di SO₂ registrati dalla RRQA

Tabella 4.6.2. SO₂ – Andamenti dei valori medi annuali 2012-2022 per le stazioni di Rete Regionale

Classificazione Zona e stazione		Nome stazione	Media annuale µg/m ³											
			2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	
Agglomerato Firenze	UF	FI-Bassi	2	*	3	2	2	2	2	2	1	1	2	1
Valdarno pisano e Piana lucchese	UF	LU-Capannori	*	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Zona Costiera	UF	LI-La Pira	-	-	*	4	5	3	3	1	0	2	1	

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

4.7. Acido solfidrico

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

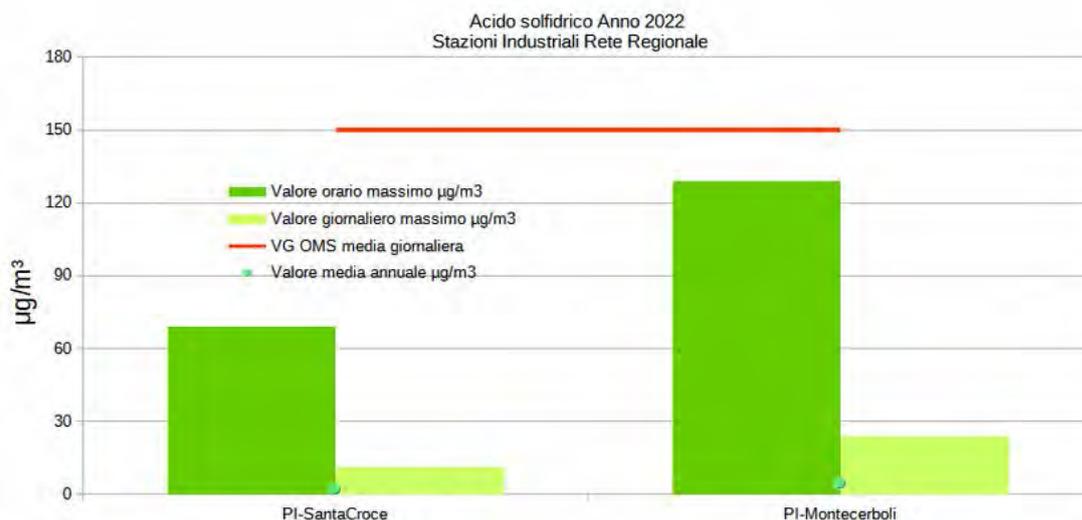
Tabella 4.7.1. H₂S - Anno 2022 - Indicatori relativi alle stazioni di Rete Regionale

Classificazione Zona e stazione		Nome stazione	Indicatori Anno 2022 (µg/m ³)			
			Valore orario massimo	Valore giornaliero massimo	VG OMS media giornaliera	Valore media annuale
Zona del Valdarno pisano e piana lucchese	SFI	PI-Santa Croce	69	11	150	2
Zona collinare e montana	SFI	PI-Montecerboli	129	24		4

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.

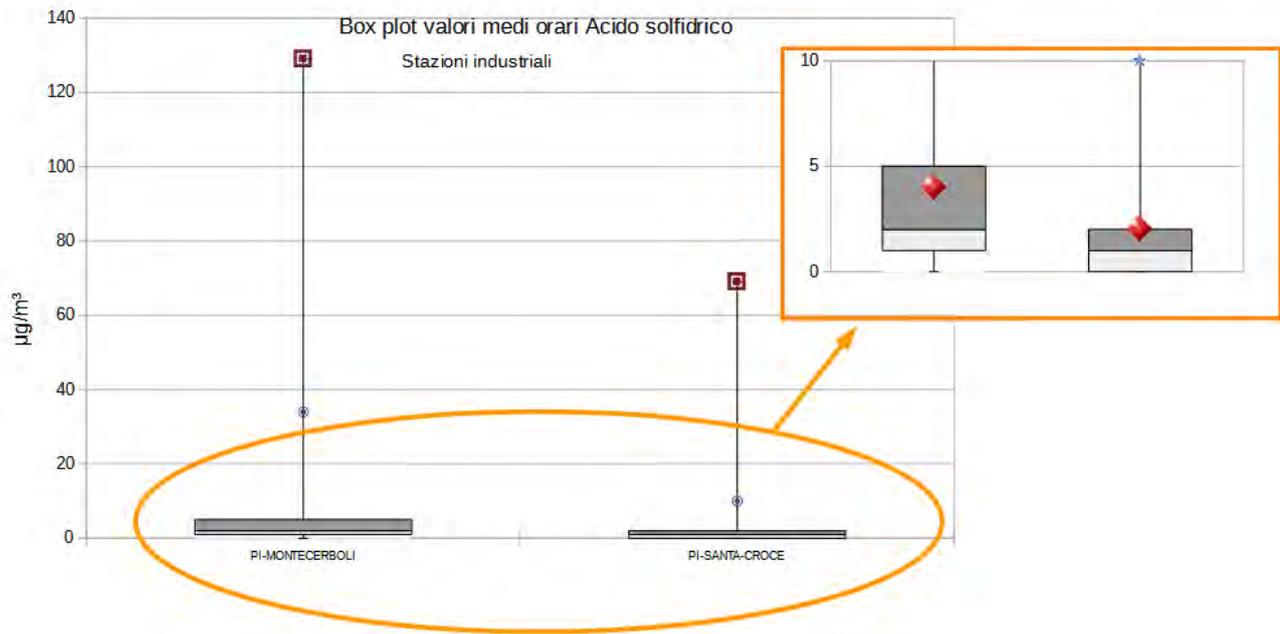
4.7.1. Indicatori di H₂S Anno 2022

Grafico 4.7.1. H₂S - Anno 2022 - Medie annuali, medie massime giornaliere e massime orarie annuali stazioni di Rete Regionale



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

Grafico 4.7.2. H₂S Box plot dei valori medi orari di acido solfidrico registrati nel 2022



4.7.2. Trend indicatori di H₂S registrati dalla RRQA

Tabella 4.7.2. H₂S Andamenti dei valori medi annuali 2012-2022 per le stazioni di Rete Regionale

Classificazione Zona e stazione	Nome stazione	Media annuale (µg/m ³)										
		2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Zona Valdarno PI LU	SFI PI-Santa-Croce	1	1	1	1	2	1	2	1	1	2	2
Zona collinare e montana	SFI PI-Monte- cerboli	6	6	7	6	4	5	5	4	4	4	4

Tabella 4.7.3. . H₂S Andamenti dei valori medi giornalieri massimi 2012-2022 per le stazioni di Rete Regionale

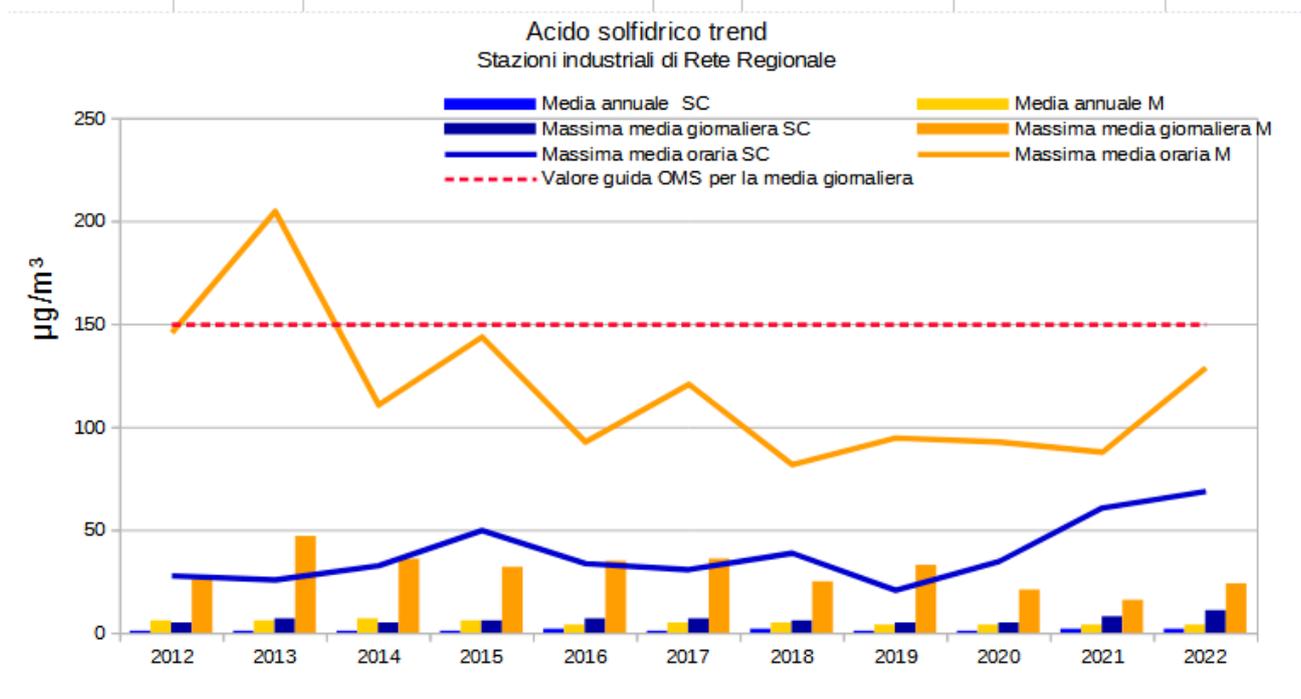
Classificazione Zona e stazione	Nome stazione	Massime medie giornaliere registrate (µg/m ³)										
		2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Zona Valdarno PI LU	SFI PI-Santa-Croce	5	7	5	6	7	7	6	5	5	8	11
Zona collinare e montana	SFI PI-Monte- cerboli	26	47	36	32	35	36	25	33	21	16	24

Tabella 4.7.4. H₂S Andamenti dei valori medi orari massimi 2012-2022 per le stazioni di Rete Regionale

Classificazione Zona e stazione	Nome stazione	Massime medie orarie registrate (µg/m ³)										
		2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Zona Valdarno PI LU	SFI PI-Santa-Croce	28	26	33	50	34	31	39	21	35	61	69
Zona collinare e montana	SFI PI-Monte- cerboli	146	205	111	144	93	121	82	95	93	88	129

I trend mostrano che presso entrambe le stazioni i valori registrati si sono mantenuti su livelli nettamente inferiori a quelli indicati dall'OMS per la media giornaliera, per tutti gli anni in cui il monitoraggio è stato attivo. Presso la stazione di Pomarance si registrano costantemente valori nettamente più elevati che presso la stazione di Santa Croce sull'Arno, con media oraria pari al doppio.

Grafico 4.7.3. H₂S Medie massime giornaliera ed oraria, medie annuali. Trend 2012-2022 per l'acido solfidrico



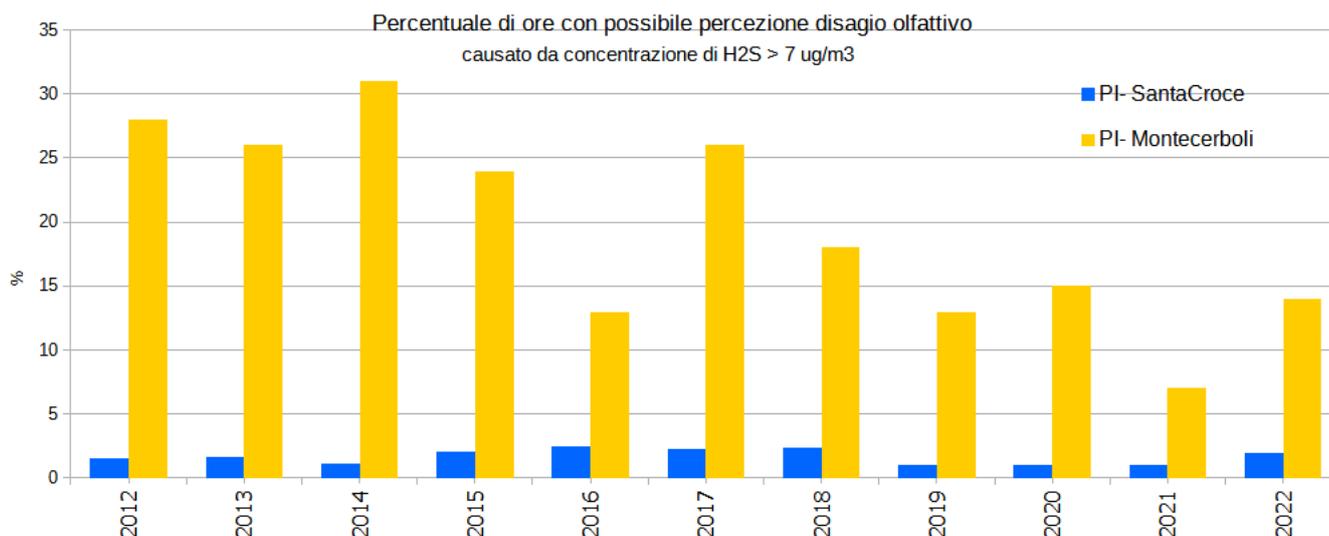
4.7.3. Studio del disturbo olfattivo da H₂S registrato dalla RRQA

L'altro riferimento per i valori di H₂S è costituito dalla soglia di disturbo olfattivo stimata mediamente pari a 7 µg/m³. Tale soglia mette in relazione i valori di acido solfidrico ad un disturbo da fonte odorigena avvertito dalla popolazione.

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

Classificazione Zona e stazione		Nome stazione	% dei valori superiori alla soglia olfattiva di 7										
			2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Zona Valdarno PI LU	SFI	PI- Santa Croce	2	2	1	2	3	2	2	1	1	1	2
Zona collinare e montana	SFI	PI- Montecerboli	28	26	31	24	13	26	18	13	15	7	14

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



Il grafico relativo all'ultimo decennio mostra che:

- la zona rappresentata dalla stazione di PI-Santa Croce è caratterizzata da valori di concentrazioni tali da non provocare un sensibile disagio alla popolazione locale; infatti, il periodo di tempo in cui la popolazione può avere mediamente percepito un disagio olfattivo nell'anno è sempre stato nell'ordine dell'1 o 2 %;
- la popolazione della zona rappresentata dalla stazione di PI-Montecerboli negli anni passati è stata sottoposta ad un disagio olfattivo mediamente percepibile in percentuali di tempo significative. Nel 2022 le concentrazioni sono state tali da poter creare un certo disagio olfattivo per un 14% del totale delle ore di monitoraggio.

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 µg/m³.

Tabella 4.8.1. Benzene - Anno 2022 - Indicatori relativi alle stazioni di Rete Regionale

Indicatori Anno 2022 (µg/m ³)						
Classificazione Zona e Stazione		Provincia e Comune	Nome stazione	Media annuale	Limite media annuale	Max orario
Agglomerato Firenze	UF	Firenze (FI)	FI-Bassi	1,1	5	19,2
	UT	Firenze (FI)	FI-Gramsci	2,2		17,3
Zona Prato Pistoia	UF	Prato (PO)	PO-Roma	0,6		4,1
Zona Valdarno aretino e Val di Chiana	UF	Arezzo (AR)	AR-Acropoli	1		14,5
Zona Valdarno pisano e Piana lucchese	UF	Lucca (LU)	LU- San Concordio	1,1		10,4
Zona costiera	UF	Livorno (LI)	LI-La Pira	0,9		7
Zona Collinare e montana	UF	Poggibonsi (SI)	SI-Poggibonsi*	0,4*		7,2*

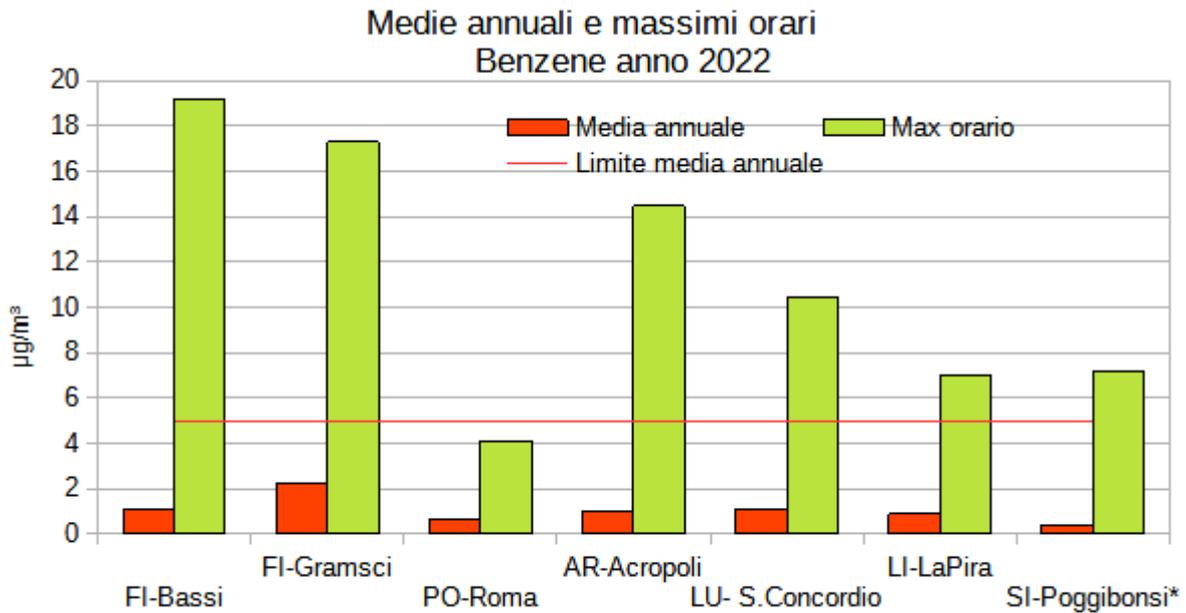
* Per la stazione di SI-Poggibonsi, il monitoraggio è iniziato il 1 aprile 2022 e quindi, sebbene la copertura di normativa sia raggiunta, non c'è stata per il 2022 un'omogenea distribuzione della raccolta dati nell'arco dell'anno.

I dati riportati in tabella e 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.

4.8.1. Medie annuali e massimi orari di Benzene anno 2022

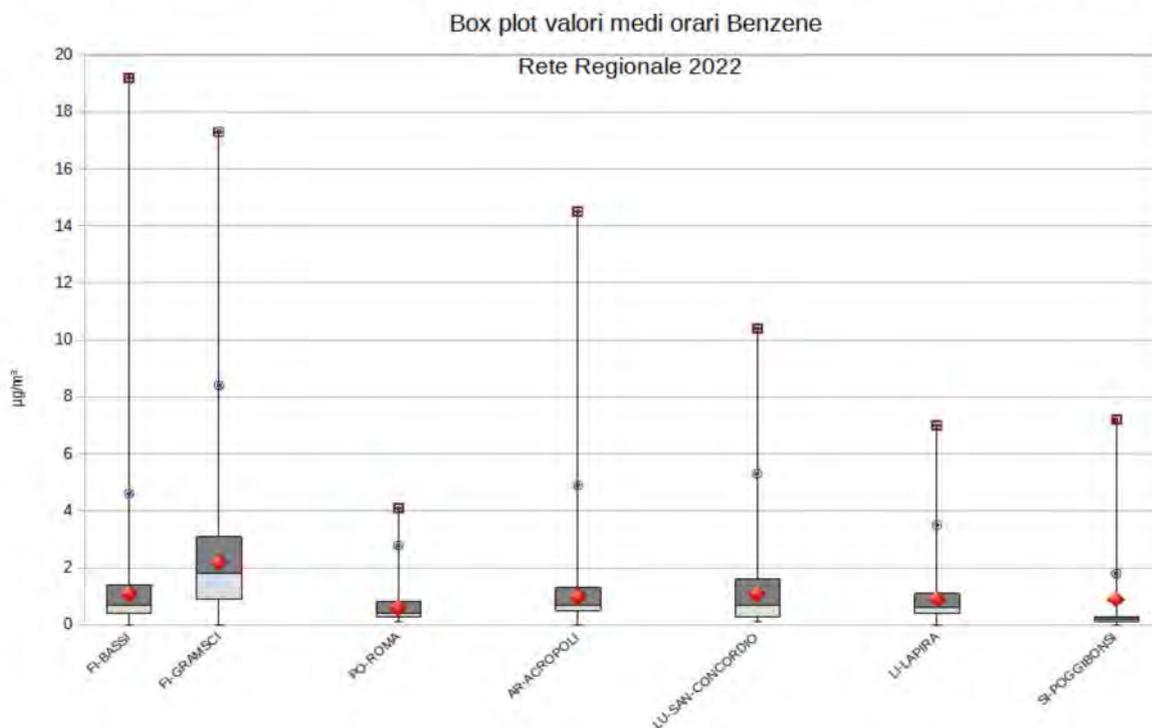
La media annuale più elevata è stata registrata presso il sito di monitoraggio di traffico e i valori vanno dal 10% al 20% del limite. I valori massimi orari durante l'anno sono stati registrati dalle due stazioni urbane di Firenze e sono stati molto contenuti.

Grafico 4.8.1. Benzene - Anno 2022 - Indicatori relativi alle stazioni di Rete Regionale



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

Grafico 4.8.2. Benzene - Anno 2022 - Box plot dei valori medi orari



La distribuzione dei dati orari di benzene registrati nell'arco dell'anno dalle stazioni di Rete Regionale mostrano che per la maggior parte delle ore di campionamento i valori sono stati decisamente bassi, con il valore relativo al 99° percentile entro i 5 µg/m³ per le stazioni di fondo e pari a 8 µg/m³ per la stazione di traffico; per tutte, il valore relativo al 75° percentile è rimasto entro i 2 µg/m³. I valori massimi sono contenuti e rappresentano inoltre pochi picchi isolati di concentrazione.

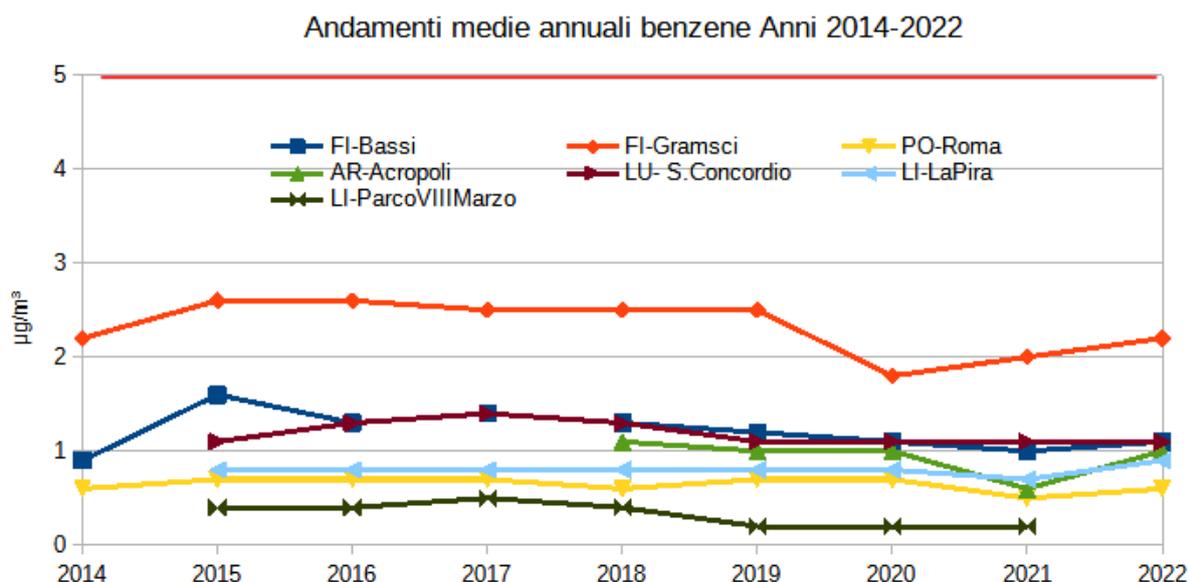
4.8.2. Trend indicatori di Benzene registrati dalla RRQA

Tabella 4.8.2. Benzene - Andamenti dei valori medi annuali 2014-2022 per le stazioni di Rete Regionale

Classificazione Zona e stazione	Nome stazione	Medie annuali benzene (µg/m ³)									
		2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	
Agglomerato Firenze	UF FI-Bassi	0,9*	1,6	1,3	1,4	1,3	1,2	1,1	1	1,1	
	UT FI-Gramsci	2,2*	2,6	2,6	2,5	2,5	2,5	1,8	2	2,2	
Zona PO e PT	UF PO-Roma	0,6	0,7	0,7	0,7	0,6	0,7	0,7	0,5	0,6	
Zona Valdarno AR	UF AR-Acropoli	-	-	-	-	1,1	1	1	0,6	1	
Zona Valdarno PI LU	UF LU- San Concordio	-	1,1*	1,3	1,4	1,3	1,1	1,1	1,1	1,1	
Zona costiera	UF LI-LaPira	*	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,7	0,9	
	UF LI-ParcoVIIIIMarzo	-	0,4*	0,4	0,5	0,4	0,2	0,2	0,2	-	

* serie non valida, riportata a scopo indicativo

Grafico 4.8.3. Benzene - Andamenti dei valori medi annuali 2014-2022 per le stazioni di Rete Regionale



I dati medi annuali di benzene registrati negli ultimi anni sono stati piuttosto costanti in tutti i siti di monitoraggio, con un leggero calo per il sito di traffico, confermando una situazione molto positiva nei confronti del limite del D.Lgs.155/2010.

Il valore di riferimento indicato dall'OMS per il benzene è pari a una media annuale di 1.7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$: viene costantemente rispettato per le stazioni di fondo ma non presso la stazione regionale di traffico. Il confronto con tale valore guida è discusso in allegato insieme al confronto con i valori proposti dalla direttiva europea uscente.

4.8.3. Derivati del Benzene oggetto del monitoraggio dalla RRQA

Sono stati infine calcolati i valori medi annuali di toluene, etil-benzene, o-xilene e m+p-xilene per tutte le stazioni di Rete Regionale. La normativa italiana impone il limite soltanto sul benzene, ma per tutti i derivati che sono stati monitorati le concentrazioni registrate sono state sostanzialmente contenute.

Tabella 4.8.3. Valori medi annuali dei derivati del benzene: toluene, e-benzene, o-xilene m-p-xilene- Anno 2022

Classificazione Zona e Stazione			Medie annuali BTX Anno 2022 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)				
			Benzene	Toluene	E-benzene	O-xilene	P-xilene
Agglomerato Firenze	UF	FI-Bassi	1,1	4	0,3	0	2
	UT	FI-Gramsci	2,2	5	0,4	1	3
Zona Prato Pistoia	UF	PO-Roma	0,6	2	0,2	0	1
Zona Valdarno aretino e ValdiChiana	UF	AR-Acropoli	1	2	0,1	0	1
Zona Valdarno pisano e Piana lucchese	UF	LU-San Concordio	1,1	2	0,2	0	1
Zona Costiera	UF	LI-LaPira	0,9	4	0,2	0	2
Zona Collinare e montana	UF	SI-Poggibonsi*	0,4	2	0,2	0	1

Grafico 4.8.4. Valori medi annuali dei derivati del benzene: toluene, e-benzene, o-xilene m- p-xilene- Anno 2022

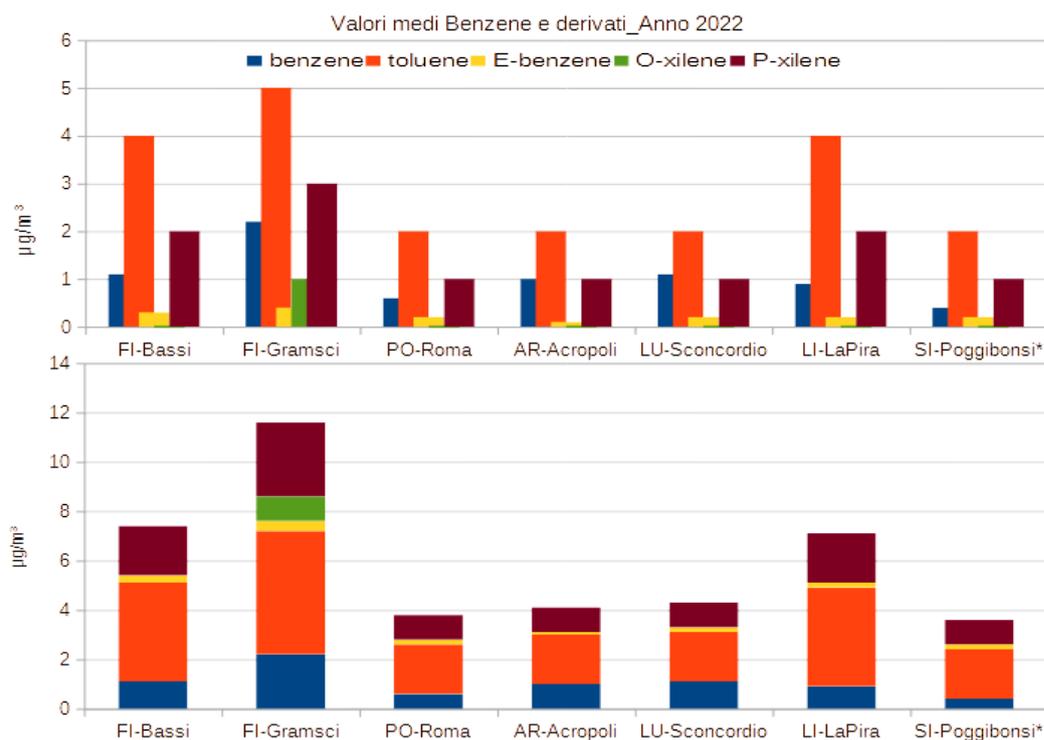


Figura 4.8.1. Valori medi annuali dei derivati del benzene: toluene, e-benzene, o-xilene m-p-xilene- Anno 2022



La figura mostra graficamente la distribuzione % dei congeneri per ciascuna stazione, indicando che non ci sono sostanziali differenze nella composizione dei BTX totali né per zona né per tipologia di sito.

4.8.4. Trend derivati dal Benzene registrati dalla RRQA

Sono stati elaborati i trend dei valori medi di BTEX registrati nella Rete Regionale negli ultimi 5 anni .

Tabella 4.8.4. Toluene- Andamenti dei valori medi annuali 2017-2022 per le stazioni di Rete Regionale

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

Grafico 4.8.5. Toluene- Andamenti dei valori medi annuali 2017-2022 per le stazioni di Rete Regionale

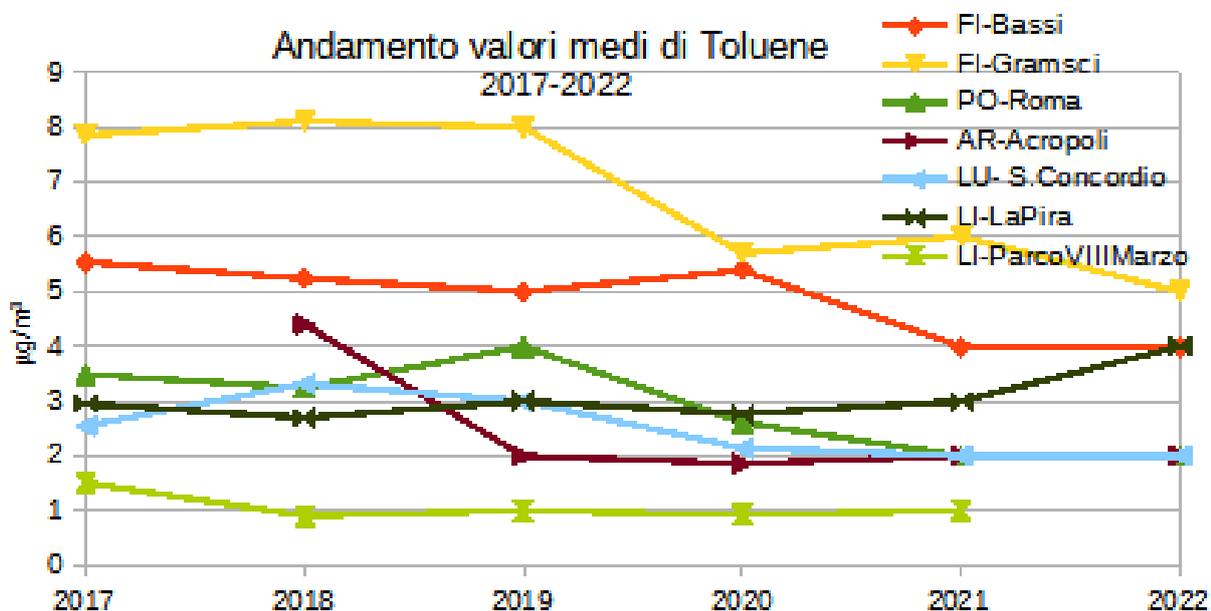


Tabella 4.8.5. Etilbenzene- Andamenti dei valori medi annuali 2017-2022 per le stazioni di Rete Regionale

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

Grafico 4.8.6. Etilbenzene- Andamenti dei valori medi annuali 2017-2022 per le stazioni di Rete Regionale

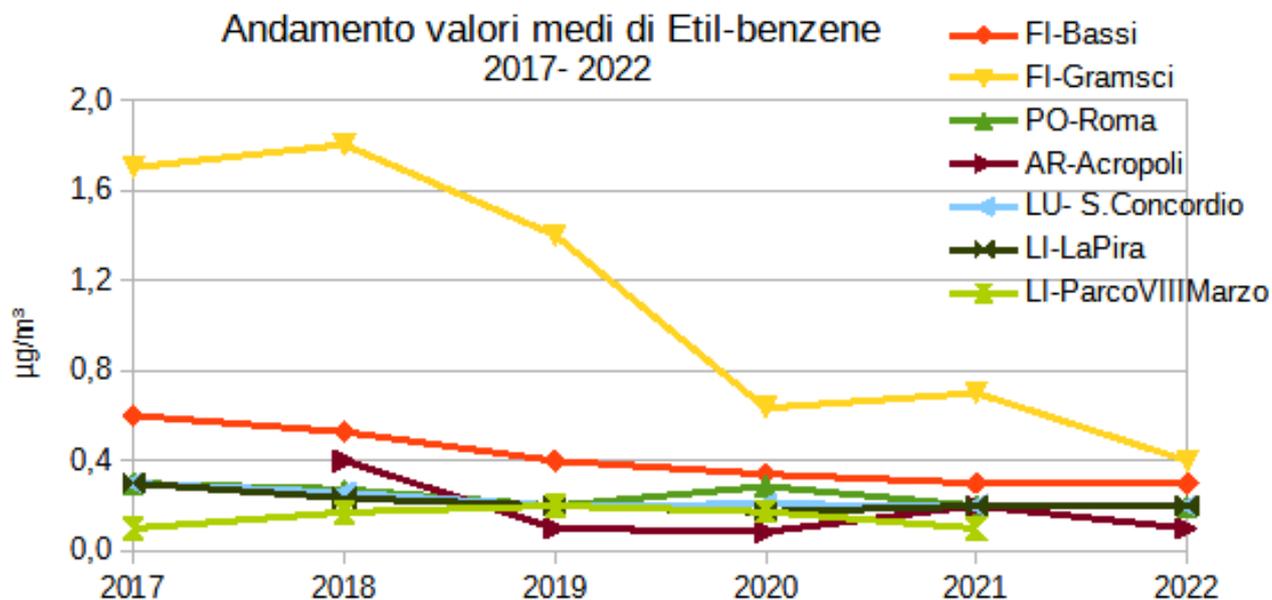


Tabella 4.8.6. O-Xilene Andamenti dei valori medi annuali 2017-2022 per le stazioni di Rete Regionale

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

Grafico 4.8.7. O-Xilene Andamenti dei valori medi annuali 2017-2022 per le stazioni di Rete Regionale

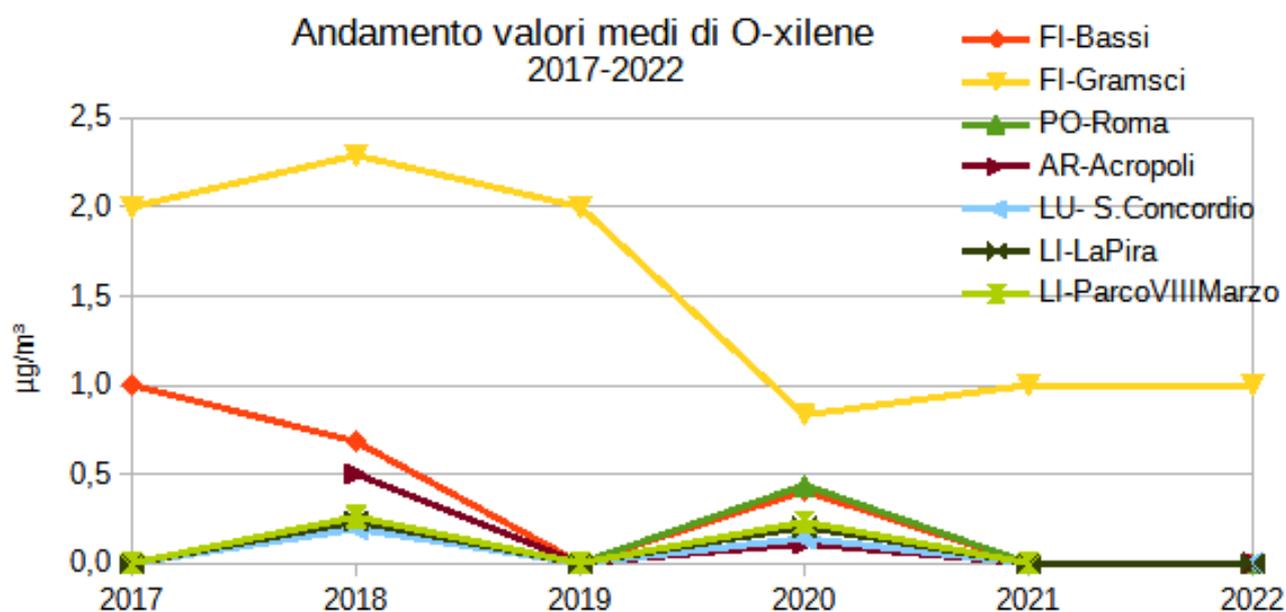
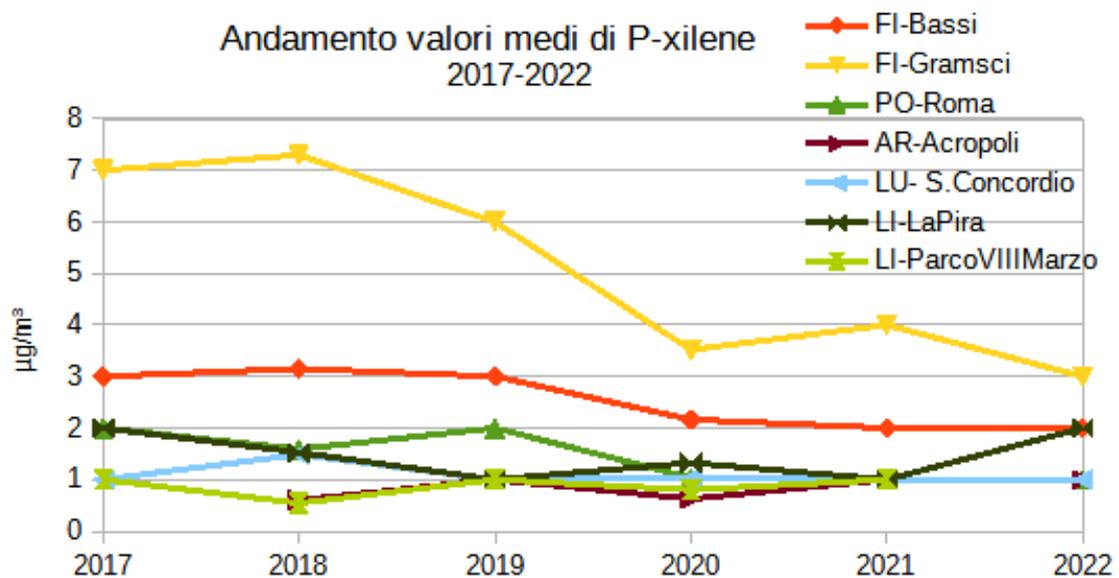


Tabella 4.8.7. P-Xilene - Andamenti dei valori medi annuali 2017-2022 per le stazioni di Rete Regionale

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

Grafico 4.8.8. P-Xilene - Andamenti dei valori medi annuali 2017-2022 per le stazioni di Rete Regionale

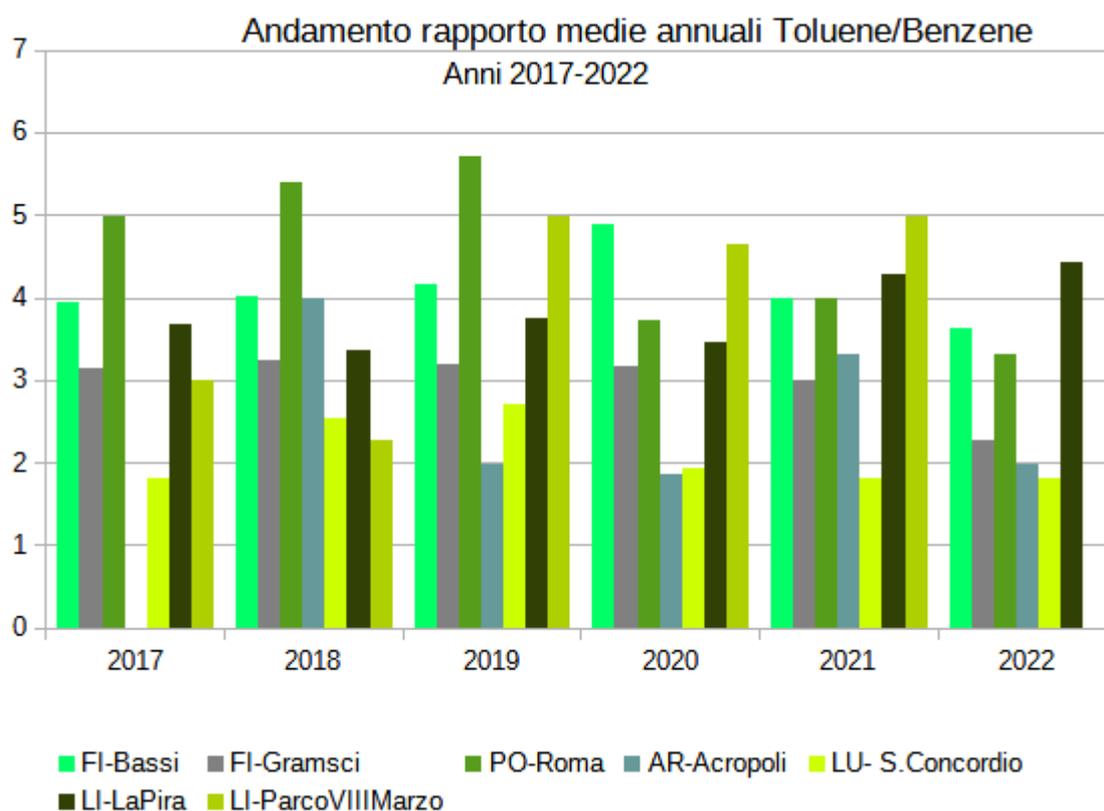


Dai trends si nota un calo nelle concentrazioni medie dei BTX per il sito di traffico, come già constatato per il benzene.

Tabella 4.8.8. Rapporto tra Toluene e Benzene- Andamenti dei valori medi annuali 2017-2022 per le stazioni di Rete Regionale

Rapporto Medie annuali Toluene/Benzene						
Stazione	2017	2018	2019	2020	2021	2022
FI-Bassi	4,0	4,0	4,2	4,9	4,0	3,6
FI-Gramsci	3,1	3,2	3,2	3,2	3,0	2,3
PO-Roma	5,0	5,4	5,7	3,7	4,0	3,3
AR-Acropoli	-	4,0	2,0	1,9	3,3	2,0
LU- San Concordio	1,8	2,6	2,7	2,0	1,8	1,8
LI-LaPira	3,7	3,4	3,8	3,5	4,3	4,4
LI-ParcoVIII Marzo	3,0	2,3	5,0	4,6	5,0	-

Grafico 4.8.9. Rapporto tra Toluene e Benzene- Andamenti dei valori medi annuali 2017-2022 per le stazioni di Rete Regionale



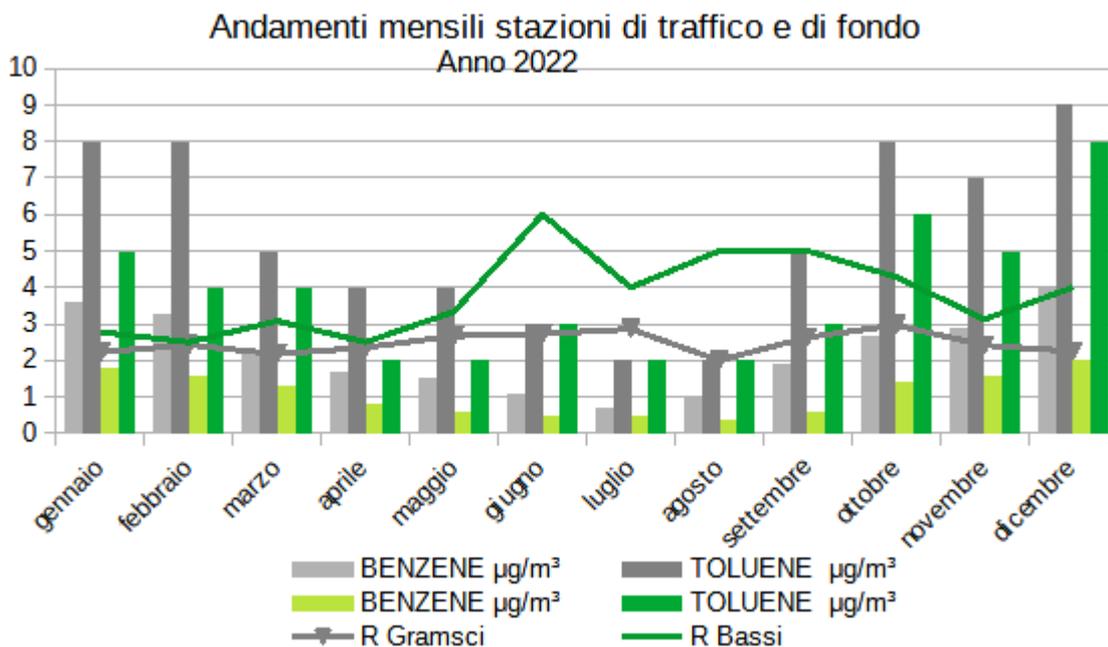
4.8.5. Rapporto tra concentrazioni medie di Toluene e di Benzene: andamento medie mensili 2022 e trend

Per le stazioni del comune di Firenze (Bassi e Gramsci), come esempio delle due tipologie di stazione di fondo e di traffico, sono state calcolate le medie mensili di benzene, toluene insieme all'andamento del loro rapporto nell'arco del 2022.

Tabella 4.8.10. Valori medi mensili di benzene, toluene e loro rapporto per le stazioni di FI-Gramsci e di FI- Bassi - Anno 2022

	2022 Medie mensili FI-Gramsci			2022 Medie mensili FI-Bassi		
	BENZENE $\mu\text{g}/\text{m}^3$	TOLUENE $\mu\text{g}/\text{m}^3$	R Gramsci	BENZENE $\mu\text{g}/\text{m}^3$	TOLUENE $\mu\text{g}/\text{m}^3$	R Bassi
gennaio	3,6	8	2,2	1,8	5	2,8
febbraio	3,3	8	2,4	1,6	4	2,5
marzo	2,3	5	2,2	1,3	4	3,1
aprile	1,7	4	2,4	0,8	2	2,5
maggio	1,5	4	2,7	0,6	2	3,3
giugno	1,1	3	2,7	0,5	3	6,0
luglio	0,7	2	2,9	0,5	2	4,0
agosto	1	2	2,0	0,4	2	5,0
settembre	1,9	5	2,6	0,6	3	5,0
ottobre	2,7	8	3,0	1,4	6	4,3
novembre	2,9	7	2,4	1,6	5	3,1
dicembre	4	9	2,3	2	8	4,0

Grafico 4.8.11. Valori medi mensili di benzene, toluene e loro rapporto per le stazioni di FI-Gramsci e di FI- Bassi - Anno 2022

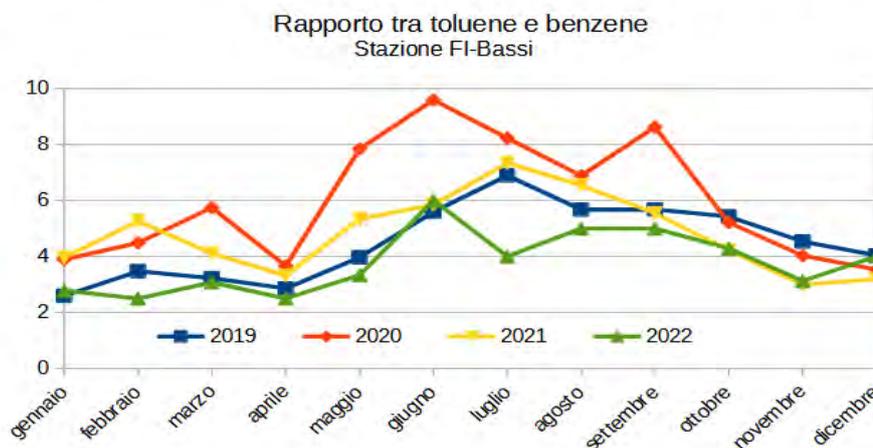
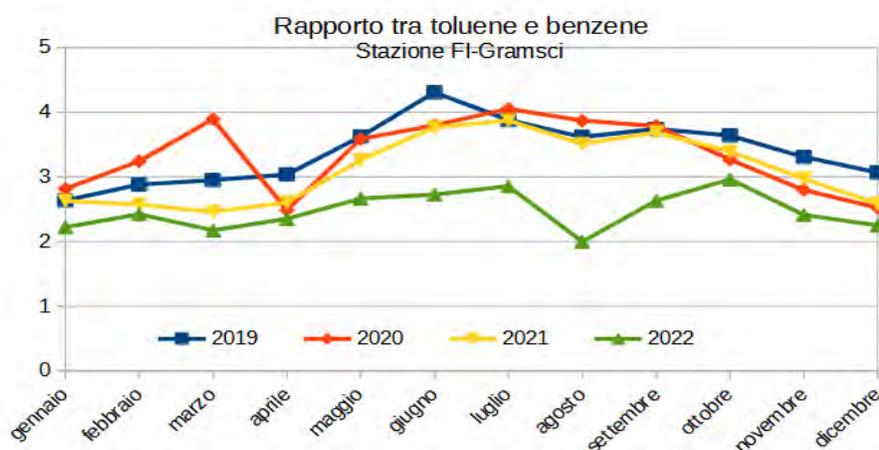


Andamento dei rapporti delle medie mensili tra benzene e toluene, 2019-2022.

Tabella 4.8.11. Andamento dei rapporti tra Toluene e Benzene nelle stazioni di FI-Bassi e di FI-Gramsci, confronto 2019-2020-2021-2022.

Andamento Rapporto Mensile Toluene/Benzene									
FI-Gramsci	2019	2020	2021	2022	FI-Bassi	2019	2020	2021	2022
gennaio	2,6	2,8	2,6	2,2	gennaio	2,6	3,9	4,0	2,8
febbraio	2,9	3,2	2,6	2,4	febbraio	3,5	4,5	5,3	2,5
marzo	3,0	3,9	2,5	2,2	marzo	3,2	5,7	4,1	3,1
aprile	3,0	2,5	2,6	2,4	aprile	2,9	3,7	3,3	2,5
maggio	3,6	3,6	3,3	2,7	maggio	4,0	7,8	5,3	3,3
giugno	4,3	3,8	3,8	2,7	giugno	5,6	9,6	5,8	6,0
luglio	3,9	4,1	3,9	2,9	luglio	6,9	8,2	7,3	4,0
agosto	3,6	3,9	3,5	2,0	agosto	5,7	6,9	6,5	5,0
settembre	3,7	3,8	3,7	2,6	settembre	5,7	8,6	5,5	5,0
ottobre	3,6	3,3	3,4	3,0	ottobre	5,4	5,2	4,2	4,3
novembre	3,3	2,8	3,0	2,4	novembre	4,5	4,0	3,0	3,1
dicembre	3,1	2,5	2,6	2,3	dicembre	4,0	3,5	3,2	4,0

Grafico 4.8.12. Andamento dei rapporti tra Toluene e Benzene nelle stazioni di FI-Bassi e di FI-Gramsci, confronto 2019-2020-2021-2022.



5. Inquinanti rilevati con campagne discontinue: indicatori e confronto con il valore limite o obiettivo, anno 2022

Tabella 5.1. Monitoraggio di B(a)P e altri 6 congeneri di idrocarburi policiclici aromatici (IPA), monitoraggio di alcuni metalli pesanti-Anno 2022.

Zona e classificazione stazione		Provincia e Comune		Nome stazione	Parametri monitorati					
					B(a)P	+ 6 IPA	As	Ni	Cd	Pb ⁽¹⁾
Agglomerato Firenze	UF	FI	Firenze	FI-Bassi	X	X				
	UT	FI	Firenze	FI-Gramsci	X	X	X	X	X	X
Zona Prato Pistoia	UF	PO	Prato	PO-Roma	X	X	X	X	X	X
Zona del Valdarno aretino e Valdichiana	UF	AR	Arezzo	AR-Acropoli	X	X	X	X	X	X
Zona del Valdarno pisano e Piana lucchese	UF	LU	Lucca	LU-San Concordio	X	X	X	X	X	X
	UF	LU	Capannori	LU-Capannori	X	X				
Zona costiera	UF	PI	Livorno	LI-La Pira	X	X	X	X	X	X
Zona collinare e montana	UF	SI	Poggibonsi	SI-Poggibonsi	X	X				
	PF	PI	Pomarance	PI-Montecerboli			X	X	X	X

(1) Il piombo è stato campionato con un'efficienza >90% come da normativa soltanto presso il sito ufficiale di FI-Gramsci, mentre negli altri siti l'efficienza raggiunta è stata quella richiesta per gli altri metalli, ovvero >50%. Per il resto tutti i monitoraggi riportati in tabella sono avvenuti in base a quanto previsto dalle norme tecniche in vigore.

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. A partire dal 2022 è stato sospeso il monitoraggio presso il sito di LI-Parco 8 Marzo. In virtù dei bassissimi livelli misurati nell'ultimo decennio presso entrambi i siti della zona costiera è stato ritenuto opportuno continuare il monitoraggio soltanto presso LI-La Pira.

5.1. Benzo(a)Pirene nel PM10

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

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

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

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

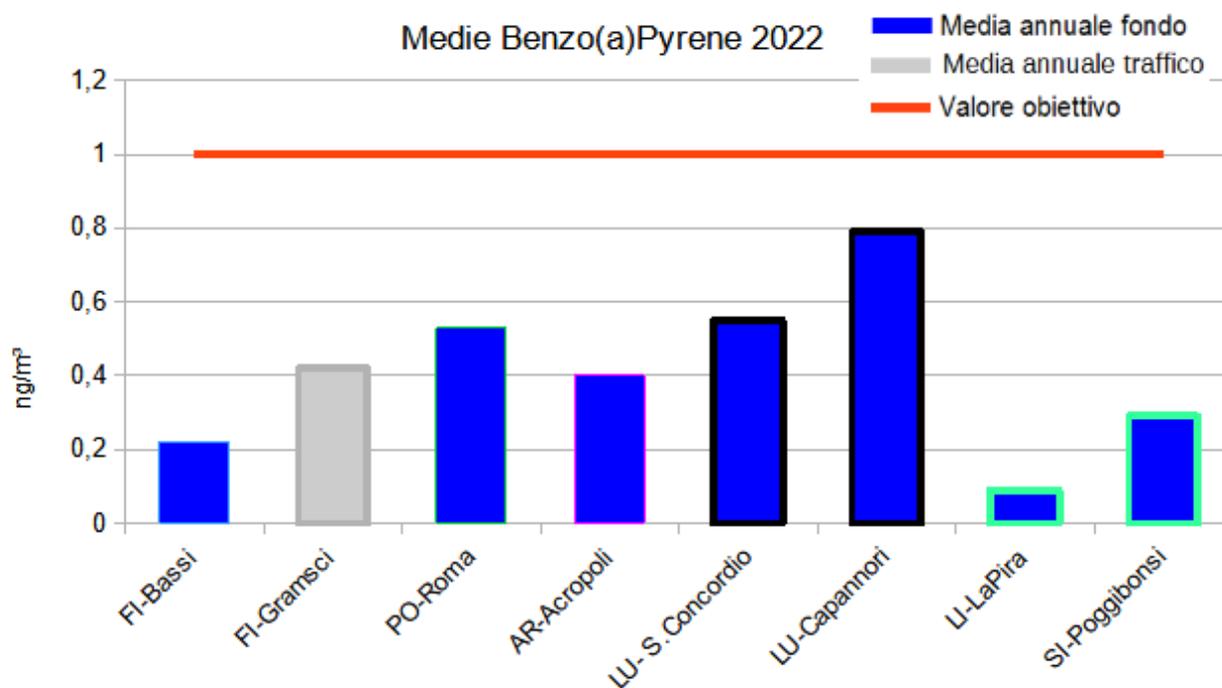
5.1.1. Medie annuali e mensili Benzo(a)Pirene Anno 2022

Tabella 5.1.1. Benzo(a)Pirene - Anno 2022 - Indicatori relativi alle stazioni di Rete Regionale

Classificazione Zona e Stazione		Provincia e Comune	Nome stazione	%	Media annuale B(a)p 2022 (ng/m ³)	Valore obiettivo (ng/m ³)
Agglomerato Firenze	UF	Firenze (FI)	FI-Bassi	39%	0,2	1,0
	UT	Firenze (FI)	FI-Gramsci	54%	0,4	
Zona Prato Pistoia	UF	Prato (PO)	PO-Roma	52%	0,5	
Zona Valdarno aretino e ValdiChiana	UF	Arezzo (AR)	AR-Acropoli	47%	0,4	
Zona Valdarno pisano e Piana lucchese	UF	Lucca (LU)	LU- San Concordio	72%	0,6	
	UF	Capannori (LU)	LU-Capannori	98%	0,8	
Zona costiera	UF	Livorno (LI)	LI-LaPira	50%	0,09	
Zona Collinare e Montana	UF	Poggibonsi (SI)	SI-Poggibonsi	60%	0,3	

I dati mostrano che il valore obiettivo di 1,0 ng/m³ come media annuale di B(a)P è stato rispettato in tutte le stazioni di Rete regionale. Per quanto riguarda i valori medi di Benzo(a)Pirene registrati dalle stazioni di RR, si conferma la situazione degli ultimi anni con differenze sostanziali nelle concentrazioni medie di Benzo(a)Pirene tra le varie Zone. Nella Zona Costiera, a partire dal 2022 è sospeso il monitoraggio presso il sito di LI-Parco 8Marzo, dati i bassissimi livelli misurati nell'ultimo decennio presso entrambi i siti della zona in base ai quali si è deciso di continuare il monitoraggio soltanto presso LI-La Pira.

Grafico 5.1.1. Benzo(a)Pirene - Anno 2022 - Indicatori relativi alle stazioni di Rete Regionale



L'OMS ha indicato come valore di riferimento per il Benzo(a)Pirene una media annuale di 0,12 ng/m³ che, confrontato con le medie della Toscana, è stato superato in gran parte del territorio. In allegato la discussione del confronto.

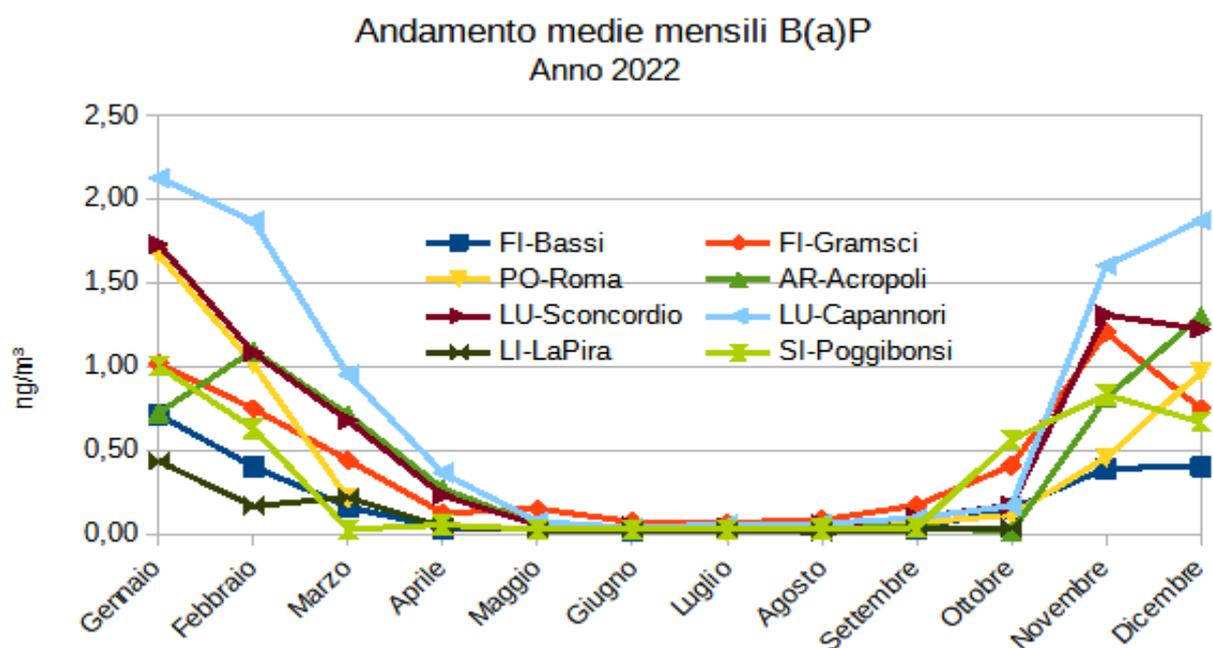
Sono di seguito riportati in tabella e in grafico gli andamenti delle medie mensili per il Benzo(a)Pirene, da cui si evince che i campioni del periodo "caldo" hanno valori di B(a)P nettamente inferiori alla media, che è invece fortemente influenzata dalle concentrazioni dei mesi invernali.

Tabella 5.1.2. Benzo(a)Pirene - Anno 2022 - Andamenti mensili

Benzo(a)Pirene	Medie mensili Anno 2022 (ng/m ³)							
	FI-Bassi	FI-Gramsci	PO-Roma	AR-Acropoli	LU-San Concordio	LU-Capannori	LI-La Pira	SI-Poggibonsi
Gennaio	0,71	1,02	1,67	0,72	1,73	2,13	0,43	1,00
Febbraio	0,40	0,75	1,01	1,09	1,08	1,87	0,17	0,63
Marzo	0,16	0,44	0,21	0,71	0,68	0,95	0,22	0,03
Aprile	0,03	0,12	-	0,27	0,23	0,36	0,04	0,05
Maggio	0,02	0,15	0,03	0,05	0,05	0,07	0,02	0,03
Giugno	0,02	0,07	0,03	0,03	0,04	0,04	0,02	0,02
Luglio	0,03	0,07	0,01	0,03	0,04	0,06	0,02	0,03
Agosto	0,04	0,08	0,03	0,04	0,05	0,06	0,01	0,03
Settembre	0,03	0,17	0,07	0,04	0,10	0,09	0,03	0,04
Ottobre	0,15	0,41	0,11	0,01	0,17	0,17	0,04	0,56
Novembre	0,39	1,20	0,46	0,81	1,31	1,60	-	0,83
Dicembre	0,40	0,75	0,96	1,30	1,22	1,87	-	0,67

Il profilo del grafico sotto riportato evidenzia che le concentrazioni di Benzo(a)Pirene nei campioni di PM₁₀ sono più elevate nei mesi autunnali e invernali, per diminuire poi in modo deciso con la primavera e l'estate. Questo andamento è più marcato nei siti dove i valori medi sono più elevati (zone interne), mentre per le stazioni della zona costiera l'andamento è meno accentuato in quanto anche nei mesi autunnali e invernali le concentrazioni medie sono molto contenute. Come atteso, le concentrazioni più elevate di B(a)P corrispondono ai campioni con le concentrazioni più elevate di PM₁₀.

Grafico 5.1.2. Benzo(a)Pirene - Anno 2022 - Andamenti mensili

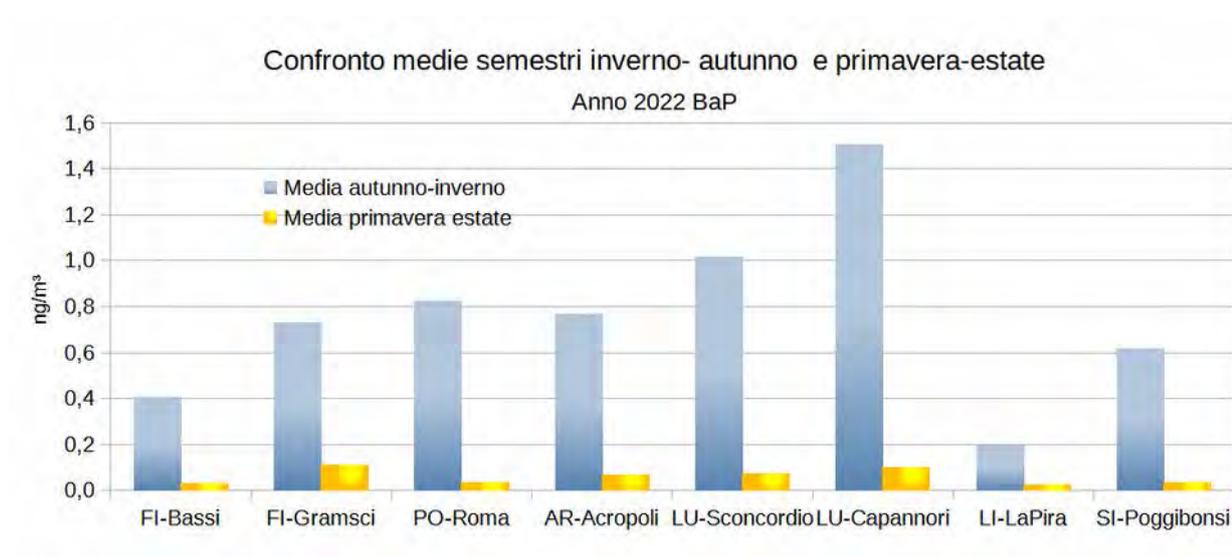


I dati nella tabella e nel relativo grafico che seguono mostrano come la concentrazione nel semestre più freddo incida maggiormente nella media annuale. Si precisa che nella Tabella 5.1.3. le medie stagionali tengono conto dei giorni di campionamento effettivi per stagione, così come anche la media annuale.

Tabella 5.1.3. Benzo(a)Pirene - Anno 2022 - Medie semestrali

Benzo(a)Pirene	FI-Bassi	FI-Gramsci	PO-Roma	AR-Acropoli	LU-San Concordio	LU-Capannori	LI-La Pira	SI-Poggibonsi
Media autunno-inverno (ng/m ³)	0,41	0,73	0,82	0,77	1,02	1,50	0,19	0,62
Media primavera estate (ng/m ³)	0,03	0,11	0,04	0,07	0,07	0,10	0,02	0,03

Grafico 5.1.3. Benzo(a)Pirene - Anno 2022 - Medie semestrali



5.1.2. Trend delle medie annuali di Benzo(a)Pirene registrati dalla RRQA

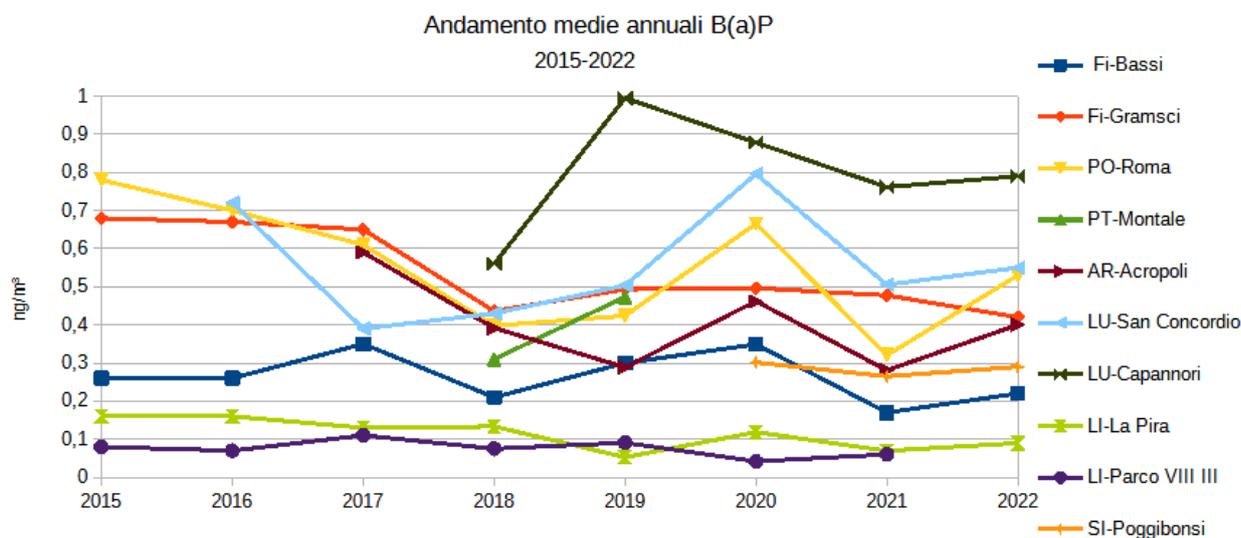
Di seguito sono riportati gli andamenti temporali delle medie annuali di Benzo(a)Pirene dell'ultimo decennio per le stazioni in cui il monitoraggio è stato attivo. I valori medi sono rimasti piuttosto costanti, senza evidenziare trend significativi.

Tabella 5.1.4. Benzo(a)Pirene - Andamenti della media annuale 2015-2022

Classificazione Zona e Stazione		Nome stazione	Concentrazioni medie annuali B(a)P (ng/m ³)							
			2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
			Valore Obiettivo 1.0 ng/m ³							
Agglomerato Firenze	UF	Fi-Bassi	0,26	0,26	0,35**	0,21**	0,30**	0,35	0,17	0,22
	UT	Fi-Gramsci	0,68	0,67	0,65	0,44	0,49	0,50	0,48	0,42
Zona Prato Pistoia	UF	PO-Roma	0,78	0,70	0,61	0,40	0,42	0,67	0,32	0,53
	PF	PT-Montale	-	-	-	0,31	0,47	-	-	-
Zona Valdarno aretino e ValdiChiana	UF	AR-Acropoli	-	-	0,59	0,39	0,29	0,46	0,28	0,40
Zona Valdarno pisano e Piana lucchese	UF	LU-San Concordio	0,79*	0,72	0,39	0,43	0,50	0,80	0,51	0,55
	UF	LU-Capannori	-	-	-	0,56	1,00	-	0,76	0,79
Zona costiera	UF	LI-La Pira	0,16	0,16	0,13	0,13	0,05	0,12	0,07	0,09
	UF	LI-Parco VIII Marzo	0,08	0,07	0,11	0,08	0,09	0,04	0,06	-
Zona Collinare e Montana	UF	SI-Poggibonsi	-	-	-	-	-	0,30	0,27	0,29

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

Grafico 5.1.4. Benzo(a)Pirene - Andamenti della media annuale 2015-2022



5.2. Altri 6 congeneri di idrocarburi policiclici aromatici

L'articolo 6 del D.Lgs 155/2010 prevede che venga definita una rete nazionale dove monitorare, oltre al Benzo(a)Pirene, anche altri 6 IPA di rilevanza tossicologica: (Benzo(a)Antracene, Benzo(b)Fluorantene, Benzo(j)Fluorantene, Benzo(k)Fluorantene, Indeno(1,2,3-cd)Pirene e Dibenzo(a,h)Antracene), al fine di verificare la costanza dei rapporti nel tempo e nello spazio tra il Benzo(a)Pirene e gli altri idrocarburi policiclici aromatici di rilevanza tossicologica. Con Decreto Ministeriale del 29/11/12 è stata istituita tale rete nazionale, di cui fa parte anche il sito di FI-Bassi, e dal 2013 sono stati quindi determinati per la stazione di FI-Bassi i sette IPA richiesti dal D.Lgs. 155/10.

Per tre anni (2017-2018-2019) le analisi dei campioni relativi ai 7 di IPA di FI-Bassi sono state effettuate dal laboratorio dell' ARPA Veneto in seguito a un accordo con il MITE, ma dal 2020 tali analisi sono state effettuate direttamente da ARPAT. I dati di seguito riportati, relativi al 2017-2018 -2019, si riferiscono a campioni effettuati dai laboratori ARPAT su campioni non di PM₁₀ ma di PM_{2,5}, e il confronto con gli anni precedenti è soltanto indicativo.

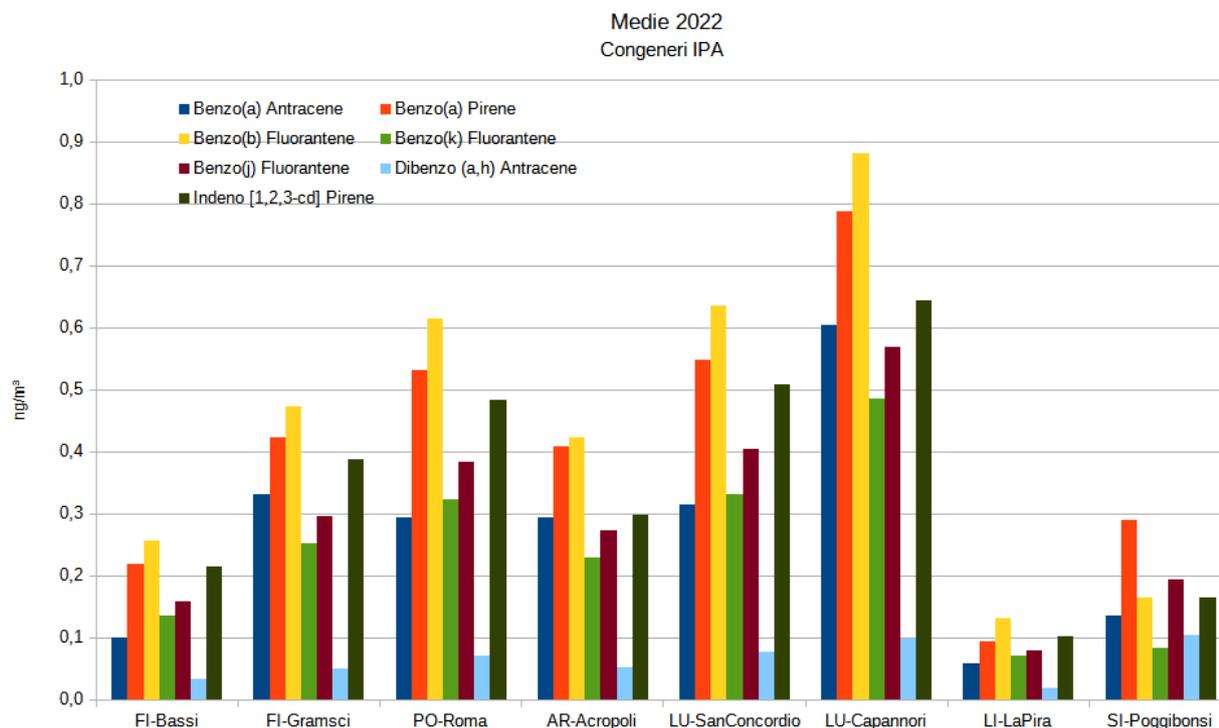
In tabella e in grafico sono riportati i valori delle medie annuali 2022 dei 7 congeneri IPA per tutte le stazioni, e il trend dal 2013 per la stazione di FI-Bassi.

5.2.1. Medie annuali dei 7 congeneri IPA Anno 2022

Tabella 5.2.1. 7 congeneri IPA - Anno 2022 – medie annuali relative alle stazioni di Rete Regionale

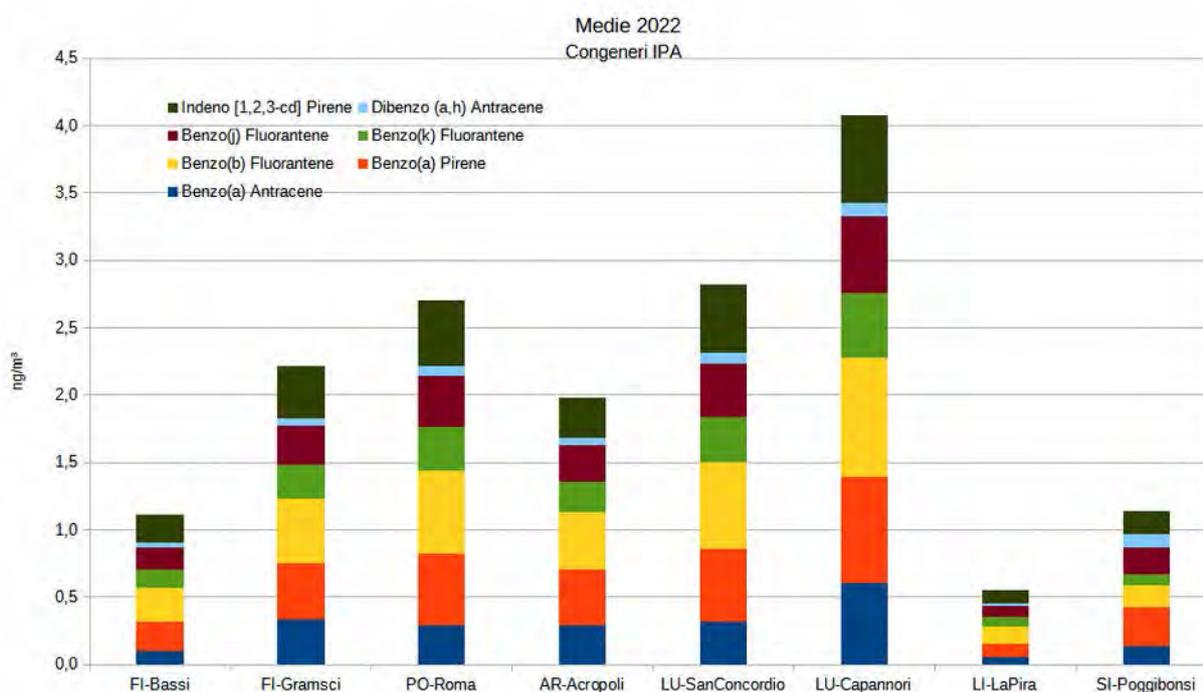
Concentrazioni Media 2022 (ng/m ³)							
Nome stazione	Benzo(a) Antracene	Benzo(a) Pirene	Benzo(b) Fluo	Benzo(k) Fluo	Benzo(j) Fluo	Dibenzo (a,h) Antracene	Indeno [1,2,3-cd] Pirene
Fi-Bassi (UF)	0,1	0,2	0,3	0,1	0,2	0,03	0,2
Fi-Gramsci (UT)	0,3	0,4	0,5	0,3	0,3	0,0	0,4
PO-Roma (UF)	0,3	0,5	0,6	0,3	0,4	0,1	0,5
AR-Acropoli (UF)	0,3	0,4	0,4	0,2	0,3	0,1	0,3
LU-San Concordio (UF)	0,3	0,5	0,6	0,3	0,4	0,1	0,5
LU-Capannori (UF)	0,6	0,8	0,9	0,5	0,6	0,1	0,6
LI-La Pira (UF)	0,06	0,09	0,13	0,07	0,08	0,02	0,10
SI-Poggibonsi (UF)	0,1	0,3	0,2	0,1	0,2	0,1	0,2

Grafico 5.2.1. 7 Congeneri IPA - Anno 2022 – medie annuali relative alle stazioni di Rete Regionale



Dal grafico si nota che i valori delle concentrazioni medie annuali dei 7 congeneri sono state contenute per tutte le stazioni. Si possono comunque notare differenze sostanziali tra le zone della regione con le zone del Valdarno e quelle interne che sono caratterizzate dai valori più alti rispetto alla costa ed alla zona collinare e montana.

Grafico 5.2.2. 7 congeneri IPA - Anno 2022 – sommatoria concentrazioni medie

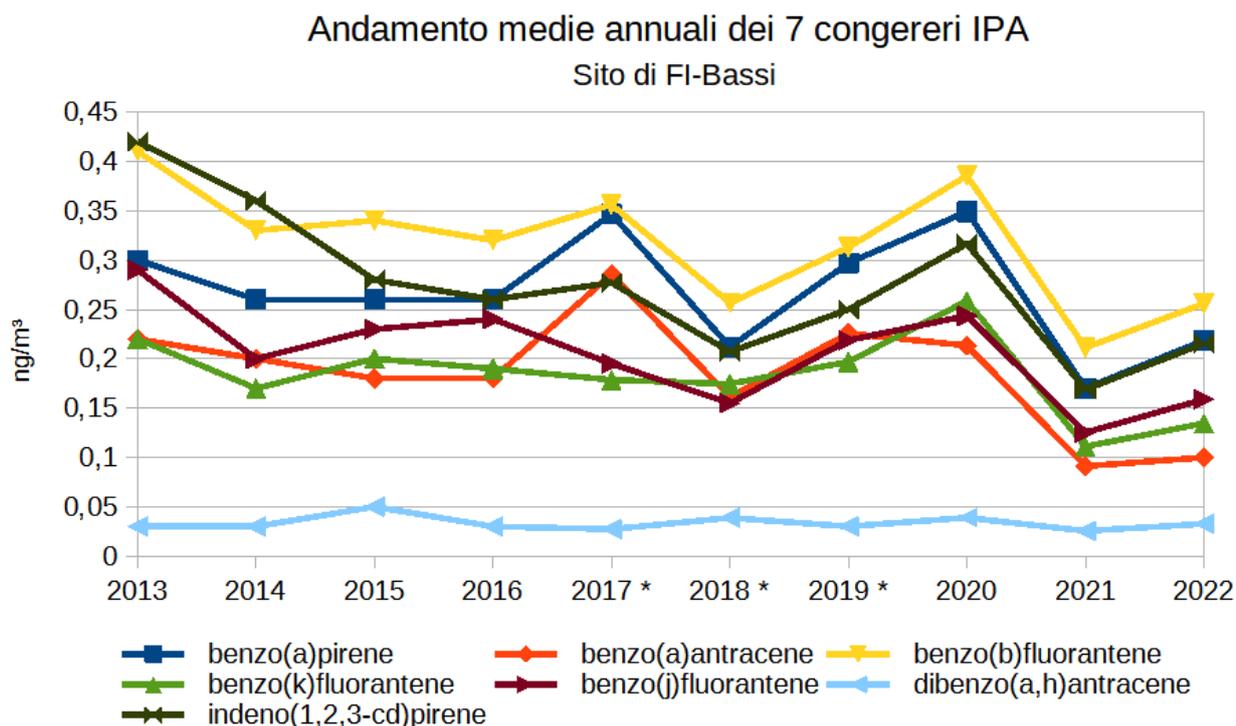


5.2.2. Trend delle medie annuali dei 7 congeneri registrate a FI-Bassi (sito di interesse nazionale)

Tabella 5.2.2 - 7 congeneri IPA – Trend medie annuali 2013-2022 – Stazione FI-Bassi

	Trend medie annuali 7 congeneri IPA ng/m ³									
	Sul PM10				Sul PM2,5			Sul PM10		
FI-Bassi	2013	2014	2015	2016	2017 *	2018 *	2019 *	2020	2021	2022
Benzo(a)Pirene	0,3	0,26	0,26	0,26	0,35	0,21	0,30	0,35	0,17	0,22
Benzo(a)Antracene	0,22	0,2	0,18	0,18	0,29	0,16	0,23	0,21	0,09	0,10
Benzo(b)Fluorantene	0,41	0,33	0,34	0,32	0,36	0,26	0,31	0,39	0,21	0,26
Benzo(k)Fluorantene	0,22	0,17	0,2	0,19	0,18	0,17	0,20	0,26	0,11	0,13
Benzo(j)Fluorantene	0,29	0,2	0,23	0,24	-	0,15	0,22	0,24	0,13	0,16
Dibenzo(a,h)Antracene	0,03	0,03	0,05	0,03	0,03	0,04	0,03	0,04	0,03	0,03
Indeno(1,2,3-cd)Pirene	0,42	0,36	0,28	0,26	0,28	0,21	0,25	0,32	0,17	0,22

Grafico 5.2.3 - 7 congeneri IPA – Trend medie annuali 2013-2022 – Stazione FI-Bassi



Per ogni annualità sono stati calcolati i rapporti tra le medie di ogni congenero e del B(a)P, per studiare la distribuzione delle concentrazioni dei congeneri sui campioni di PM; i risultati ottenuti hanno mostrato che la distribuzione non è cambiata significativamente negli anni, ma “l'impronta” del sito è rimasta costante. Infatti, nonostante le differenze di concentrazione che distinguono le stazioni di Rete Regionale appartenenti alle diverse zone, **la distribuzione tra i vari congeneri tra di loro è abbastanza simile** per tutte le stazioni, compreso il sito di traffico di FI-Gramsci. Le stazioni che si sono contraddistinte per le più alte concentrazioni di B(a)P, come la traffico di FI-Gramsci (UT) e le due stazioni

della zona di PI-LU, hanno riportato i massimi valori medi annuali anche degli altri congeneri.

Grafico 5.2.4 - 7 congeneri IPA – Somma medie annuali 2013-2022 – Stazione FI-Bassi

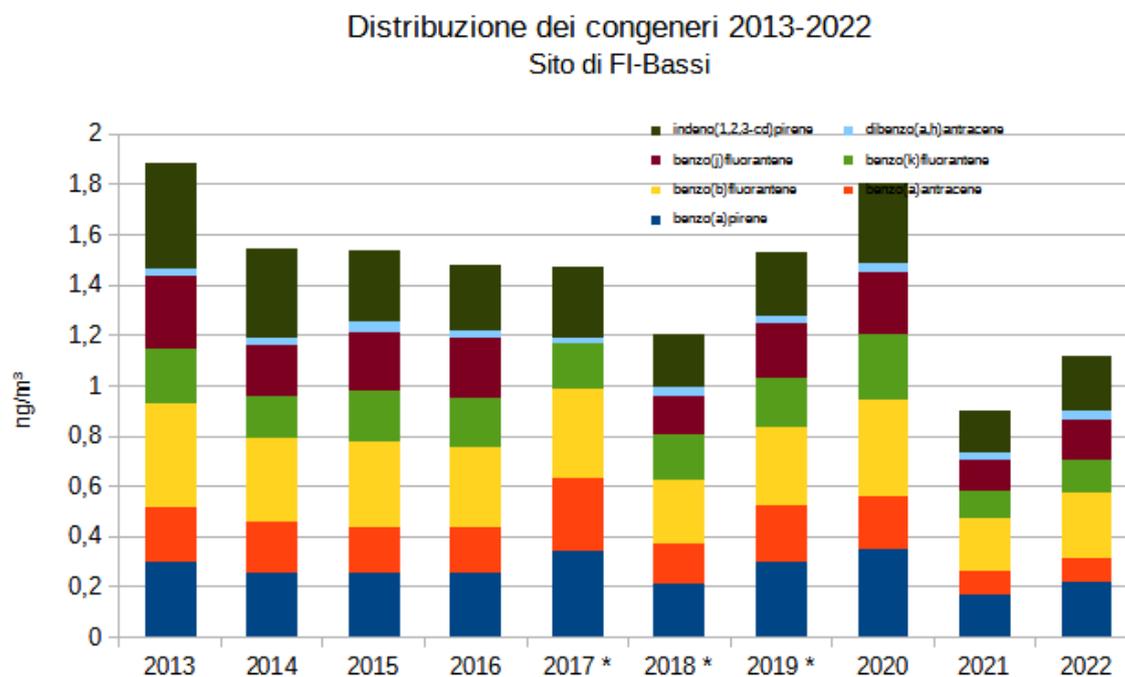
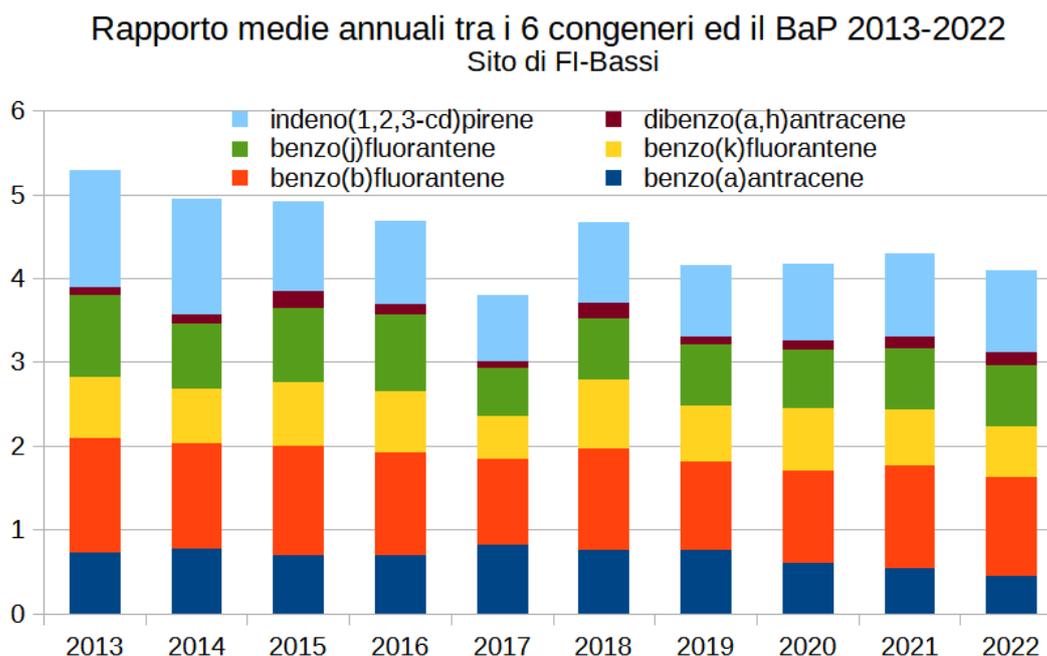


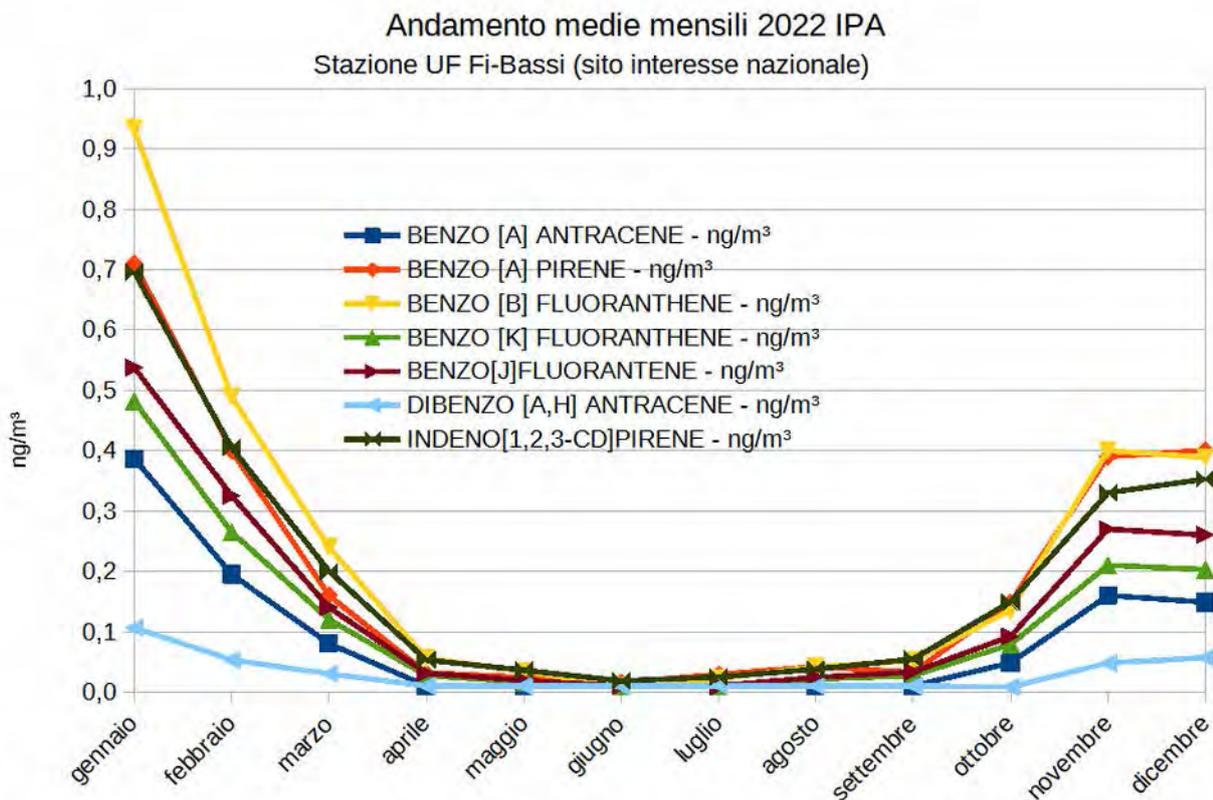
Grafico 5.2.5. Rapporto tra congeneri e Benzo(a)Pirene, anni 2013 – 2022–
Stazione FI-Bassi



5.2.3. Medie mensili dei 7 congeneri IPA Anno 2022

Per il sito di interesse nazionale di FI-Bassi sono state elaborate le medie mensili del 2022 e riportato su grafico il trend delle concentrazioni nell'arco dell'anno. Nei grafici sottostanti sono descritti gli andamenti delle medie mensili 2022 per ciascuno dei 7 IPA. Come già osservato per il B(a)P, la concentrazione media mensile di tutti gli idrocarburi policiclici aromatici assume valori significativi soltanto nei primi mesi dell'anno, in particolare da gennaio a marzo con l'arrivo della primavera tale concentrazione diminuisce fino a valori spesso trascurabili in estate. Da ottobre, con l'arrivo dell'autunno, tali valori aumentano di nuovo fino a raggiungere i massimi stagionali a novembre e dicembre.

Grafico 5.2.6. IPA – Andamento medie mensili 2022 – Stazione FI-Bassi



Analogamente a quanto effettuato per la stazione di FI-Bassi, sono state calcolate le medie mensili di tutti i congeneri anche per le altre stazioni di Rete Regionale, verificando che l'andamento delle concentrazioni è il medesimo per tutti i siti indipendentemente dalla zona e dalla tipologia di stazione. Si riporta il grafico degli andamenti delle medie mensili dei 7 congeneri, con evidenza per la stazione di LU-Capannori, considerata la più rappresentativa a causa dei valori elevati rispetto al panorama regionale e della ottima percentuale di copertura di campionamento ottenuta (98%).

Grafico 5.2.7. IPA – Andamento medie mensili 2022 – Stazione LU-Capannori

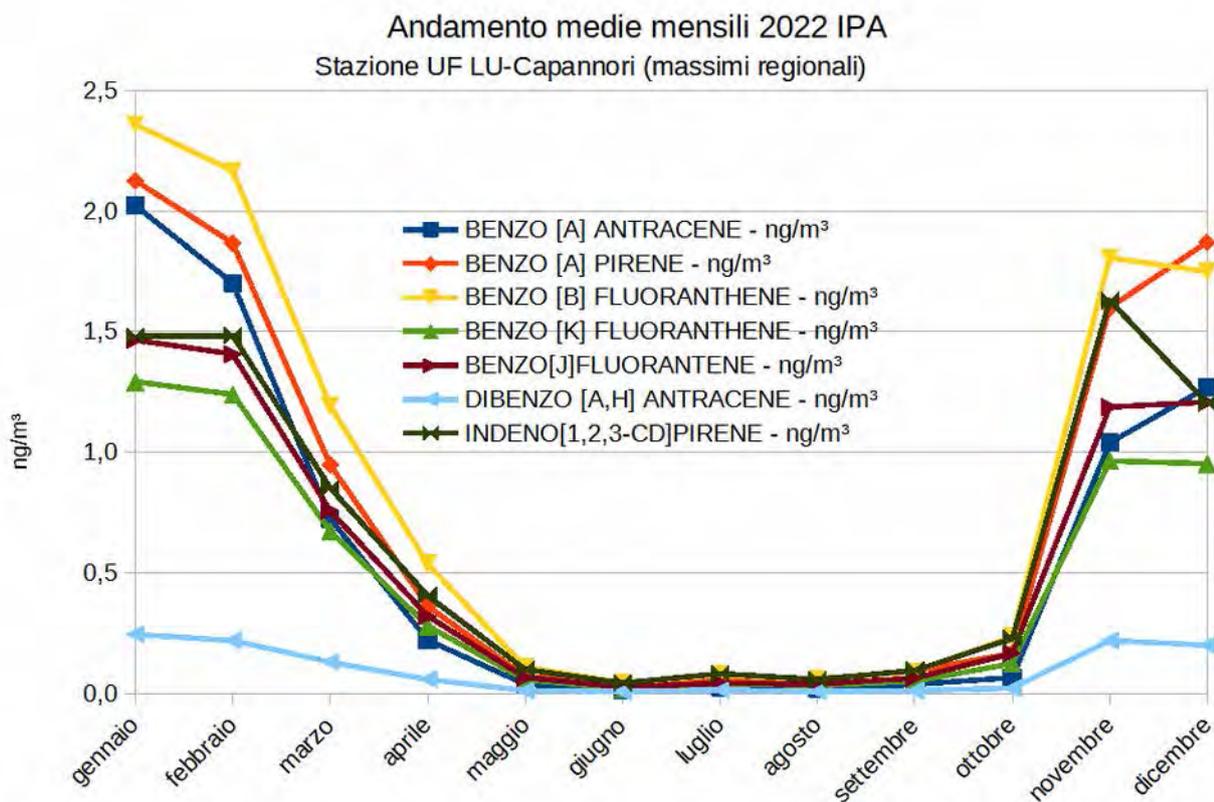
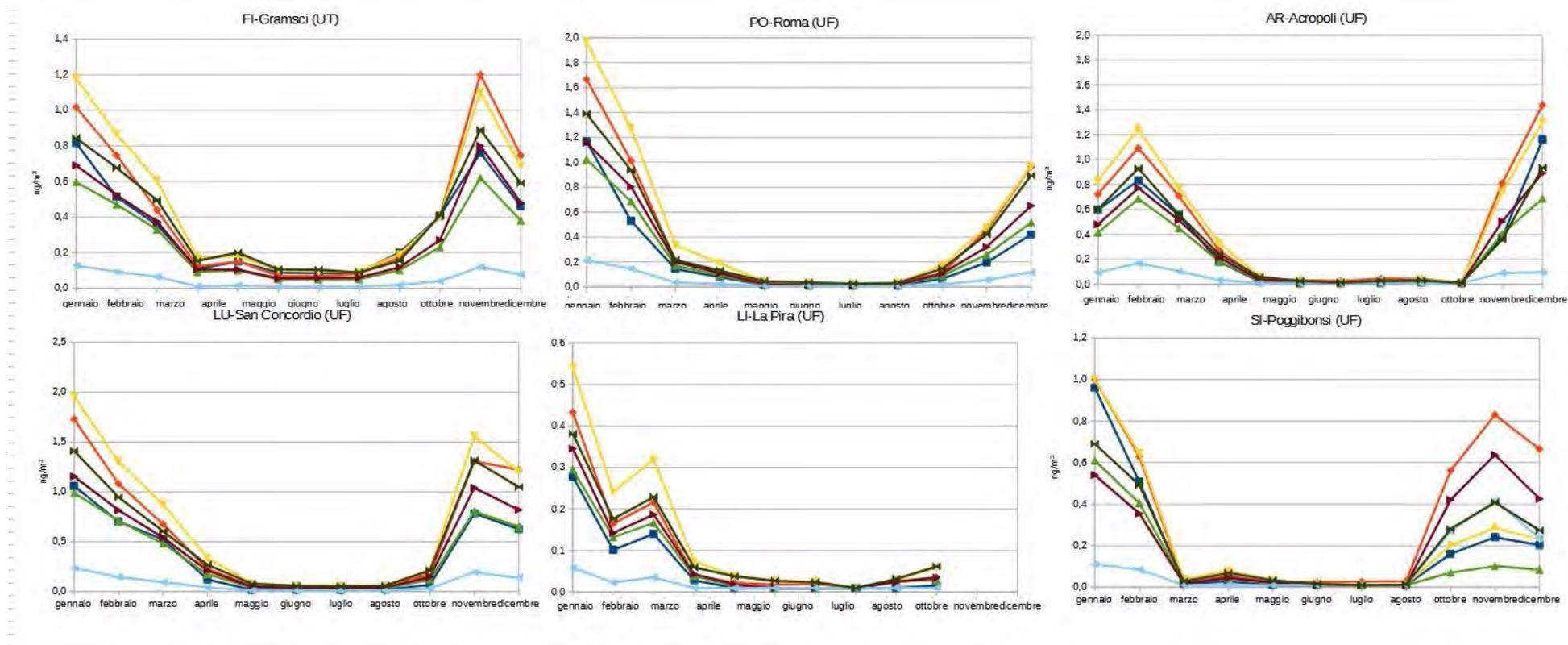


Grafico 5.2.8. IPA – Andamento medie mensili 2022 – Stazioni RR



5.3. Arsenico, Cadmio, Nichel e Piombo

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

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

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

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

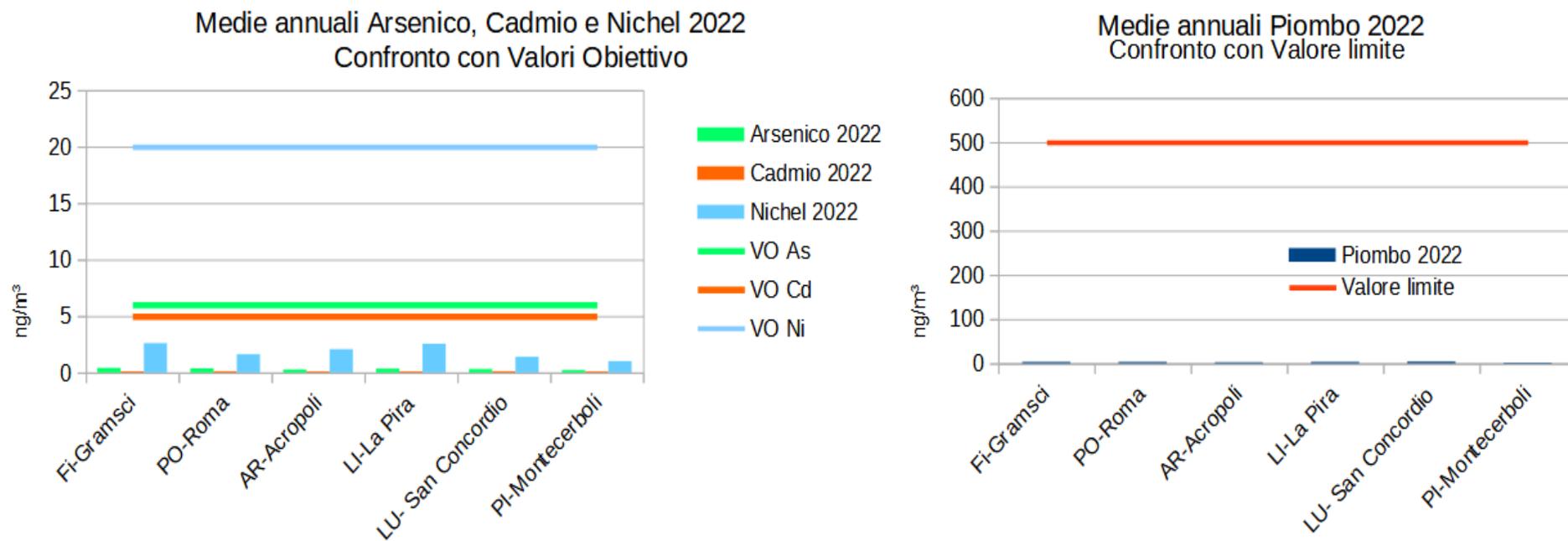
Gli indicatori ottenuti dai dati delle campagne di indagine sono stati confrontati con il valore limite del piombo (Allegato XI D.Lgs.155/10) e con i valori obiettivo per arsenico, cadmio e nichel (Allegato XIII D.Lgs.155/10). Nel 2022 sono state eseguite le analisi di ulteriori metalli oltre a quelli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

5.3.1. Medie annuali metalli normati Anno 2022

Tabella 5.3.1. Metalli pesanti - Anno 2022 - Indicatori relativi alle stazioni di Rete Regionale

Classificazione Zona e stazione		Provincia e Comune		Nome stazione	%	Arsenico 2022		Cadmio 2022		Nichel 2022		Piombo 2022	
						Media annuale (ng/m ³)	Valore obiettivo (ng/m ³)	Media annuale (ng/m ³)	Valore obiettivo (ng/m ³)	Media annuale (ng/m ³)	Valore obiettivo (ng/m ³)	Media annuale (ng/m ³)	Valore limite (ng/m ³)
Agglomerato Firenze	UT	FI	Firenze	Fi-Gramsci	90%	0,4	6,0	0,1	5,0	2,6	20,0	3,2	500,0
Zona Prato Pistoia	UF	PO	Prato	PO-Roma	73%	0,4		0,1		1,6		3,5	
Zona Valdarno aretino e Valdichiana	UF	AR	Arezzo	AR-Acropoli	48%	0,3		0,1		2,1		2,3	
Zona costiera	UF	LI	Livorno	LI-La Pira	53%	0,3		0,1		2,6		3,0	
Zona Valdarno pisano e Piana lucchese	UF	LU	Lucca	LU- San Concordio	71%	0,3		0,1		1,4		3,8	
Zona collinare e montana	PF	PI	Pomarance	PI-Montecerboli	54%	0,2		0,1		1,0		1,2	

Grafico 5.3.1. Metalli pesanti - Anno 2022 - Indicatori relativi alle stazioni di Rete Regionale



Come mostrano i dati riportati nelle tabelle e nei grafici, in tutte le stazioni di Rete Regionale gli indicatori del 2022 sono ampiamente entro il valore limite per il Pb e i valori obiettivo per As, Cd e Ni.

In base ai valori storici registrati nella nostra regione, il rispetto dei nuovi valori guida dell'OMS per i metalli previsti non dovrebbe essere un problema in futuro, come il confronto con i nuovi valori di riferimento proposti dalla nuova direttiva.

Di seguito sono riportati gli andamenti temporali delle medie annuali di metalli degli ultimi anni, laddove disponibili.

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

Tabella 5.3.2. Arsenico - Andamenti della media annuale 2015-2022

Classificazione Zona e stazione		Nome stazione	Arsenico Valore obiettivo: 6 ng/m ³							
			Concentrazioni medie annue (ng/m ³)							
			2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Agglomerato Firenze	UT	Fi-Gramsci	0,5	0,5	0,6	0,4	0,5	0,4	0,4	0,4
Zona Prato Pistoia	UF	PO-Roma	-	-	-	-	-	0,3	0,2	0,4
Zona Valdarno aretino e Valdichiana	UF	AR-Acropoli	-	-	-	-	-	-	0,2	0,3
Zona costiera	UF	LI-La Pira	1,1	1,1	0,5	0,3	0,4	0,3	0,8	0,3
Zona Valdarno pisano e Piana lucchese	UF	LU- San Concordio	-	-	-	-	-	0,3	0,3	0,3
Zona collinare e montana	PF	PI-Montecerboli	-	-	0,5	0,3	0,3	0,3	0,2	0,2

Tabella 5.3.3. Cadmio - Andamenti della media annuale 2015-2022

Classificazione Zona e stazione		Nome stazione	Cadmio Valore obiettivo: 5 ng/m ³							
			Concentrazioni medie annue (ng/m ³)							
			2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Agglomerato Firenze	UT	Fi-Gramsci	0,5	0,4	0,4	0,4	0,2	0,2	0,2	0,1
Zona Prato Pistoia	UF	PO-Roma	-	-	-	-	-	0,2	0,1	0,1
Zona Valdarno aretino e Valdichiana	UF	AR-Acropoli	-	-	-	-	-	-	0,1	0,1
Zona costiera	UF	LI-La Pira	0,2	0,5	0,2	0,1	0,2	0,2	0,3	0,1
Zona Valdarno pisano e Piana lucchese	UF	LU- San Concordio	-	-	-	-	-	0,1	0,2	0,1
Zona collinare e montana	PF	PI-Montecerboli	-	-	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1

Tabella 5.3.4. Nichel - Andamenti della media annuale 2015-2022

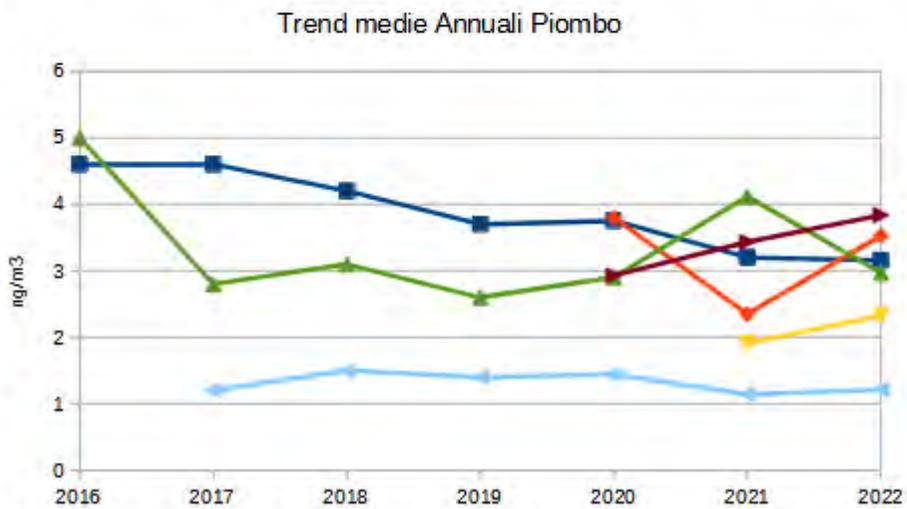
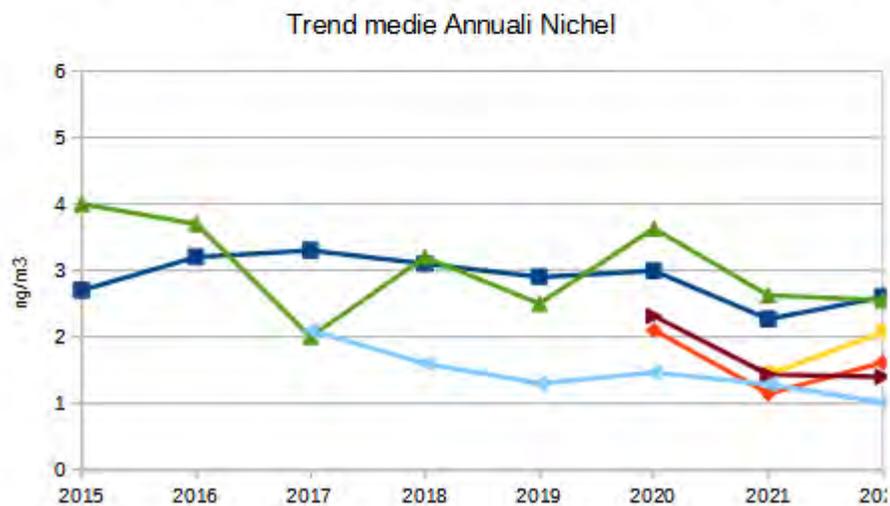
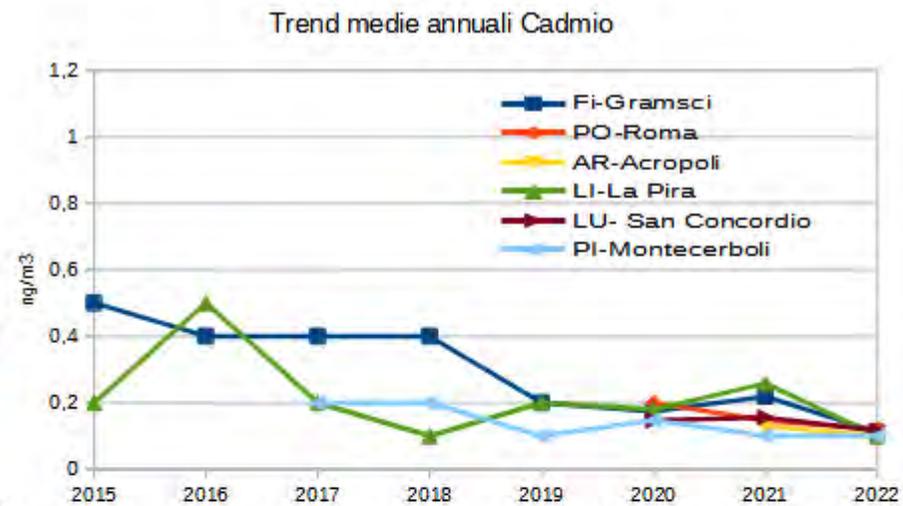
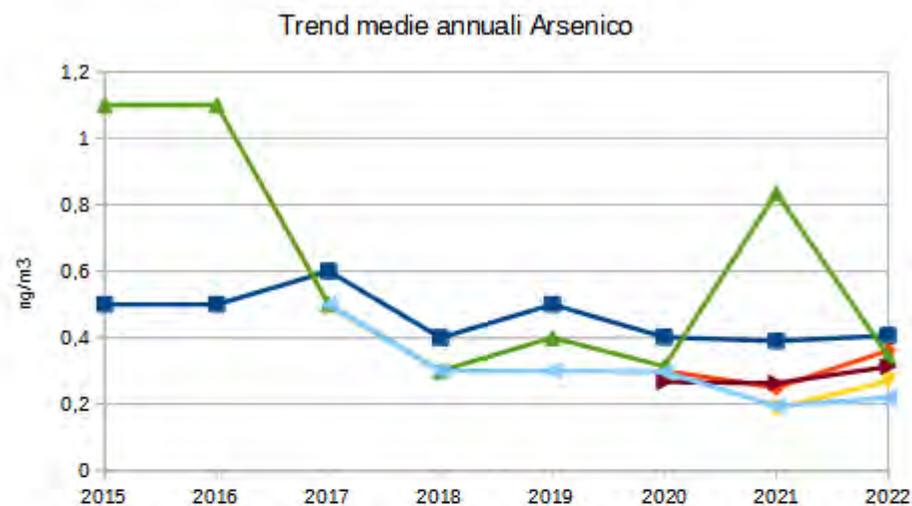
Classificazione Zona e stazione		Nome stazione	Nichel Valore obiettivo: 20 ng/m ³								
			Concentrazioni medie annue (ng/m ³)								
			2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	
Agglomerato Firenze	UT	Fi-Gramsci	2,7	3,2	3,3	3,1	2,9	3,0	2,3	2,6	
Zona Prato Pistoia	UF	PO-Roma	-	-	-	-	-	2,1	1,1	1,6	
Zona Valdarno aretino e Valdichiana	UF	AR-Acropoli	-	-	-	-	-	-	1,4	2,1	
Zona costiera	UF	LI-La Pira	4	3,7	2	3,2	2,5	3,6	2,6	2,6	
Zona Valdarno pisano e Piana lucchese	UF	LU- San Concordio	-	-	-	-	-	2,3	1,4	1,4	
Zona collinare e montana	PF	PI-Montecerboli	-	-	2,1	1,6	1,3	1,5	1,3	1,0	

Tabella 5.3.5. Piombo - Andamenti della media annuale 2015-2022

Classificazione Zona e stazione		Nome stazione	Piombo Valore limite: 500 ng/m ³								
			Concentrazioni medie annue (ng/m ³)								
			2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	
Agglomerato Firenze	UT	Fi-Gramsci	4,8	4,6	4,6	4,2	3,7	3,8	3,2	3,2	
Zona Prato Pistoia	UF	PO-Roma	-	-	-	-	-	3,8	2,4	3,5	
Zona Valdarno aretino e Valdichiana	UF	AR-Acropoli	-	-	-	-	-	-	1,9	2,3	
Zona costiera	UF	LI-La Pira	5,6	5	2,8	3,1	2,6	2,9	4,1	3,0	
Zona Valdarno pisano e Piana lucchese	UF	LU- San Concordio	-	-	-	-	-	2,9	3,4	3,8	
Zona collinare e montana	PF	PI-Montecerboli	-	-	1,2	1,5	1,4	1,4	1,1	1,2	

Dai valori riportati nelle tabelle e rappresentati nei grafici si può concludere che da quando è stato attivato il monitoraggio dei metalli, i valori medi annuali di Piombo, Arsenico, Nichel e Cadmio sono sempre stati molto contenuti e nettamente inferiori ai valori di riferimento in tutto il territorio regionale.

Grafico 5.3.2. Arsenico, Cadmio, Nichel e Piombo- Andamenti della medie annuali 2015-2022



5.4. Monitoraggio metalli non normati nel PM10.

Presso le stazioni di FI-Gramsci Li-La Pira è stato effettuato anche il monitoraggio di altri metalli per il quale attualmente non sono previsti valori obiettivo. In tabella si riportano le concentrazioni medie annuali. Le % di copertura sono state di 53% presso la stazione di Livorno e 90% presso la stazione di Firenze.

Tabella 5.3.6. Vanadio - Media annuale 2022

Classificazione		Nome stazione	Vanadio
			Media annuale 2022 (ng/m ³)
Agglomerato Firenze	UT	Fi-Gramsci	1,2
Zona costiera	UF	LI-La Pira	2,8

Tabella 5.3.7. Argento, Cobalto, Cromo, Rame, Ferro, Manganese, Antimonio, Selenio, Stagno, Tallio e Zinco

Nome stazione	Media annuale 2022 (ng/m ³)										
	Argento	Cobalto	Cromo	Rame	Ferro	Manganese	Antimonio	Selenio	Stagno	Tallio	Zinco
Fi-Gramsci	0,2	0,2	13	53	1389	17	2,7	0,3	10	0,2	43

6. Conclusioni del monitoraggio delle stazioni di Rete Regionale relativo all'anno 2022

Per il 2022, l'analisi degli indicatori di monitoraggio della qualità della aria ottenuti dal monitoraggio della Rete Regionale ha confermato quanto emerso negli ultimi anni, evidenziando una situazione complessivamente positiva per la Toscana. L'unica sostanziale criticità nel rispetto della attuale normativa è nei confronti dei 2 valori obiettivo per l'O₃; rimangono alcune criticità per PM₁₀ e NO₂ legate a situazioni particolari.

PM₁₀: il limite di 40 µg/m³ come media annuale è stato rispettato in tutte le stazioni di monitoraggio per questo inquinante, 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 che nella stazione urbana di fondo di LU-Capannori, nella "Zona Valdarno pisano e Piana lucchese" presso la quale sono stati registrati 40 episodi di superamento.

PM_{2,5}: il limite normativo di 25 µg/m³ come media annuale è stato rispettato in tutte le 15 stazioni di monitoraggio per questo inquinante.

NO₂: il valore limite di 40 µg/m³ come media annuale è stato rispettato in tutte le 36 stazioni di monitoraggio per questo inquinante, eccetto che per una delle due stazioni urbane di traffico del comune di Firenze. Infatti, presso FI-Gramsci la media annuale è risultata pari a 45 µg/m³. Il limite di 18 superamenti della media oraria di 200 µg/m³ è stato rispettato in tutte le stazioni di Rete Regionale, non essendosi verificato alcun episodio.

Ozono: il valore obiettivo per la protezione della salute umana non è stato rispettato in 3 stazioni su 10, e il valore obiettivo per la protezione della vegetazione (AOT40) non è stato rispettato in 6 siti su 10, confermando la criticità nel rispetto dei valori obiettivo per l'ozono in gran parte del territorio regionale toscano. La soglia di attenzione è stata superata una sola volta, presso la stazione di FI-Settignano.

CO, SO₂ e benzene: il monitoraggio ha confermato l'assoluta assenza di criticità e il pieno rispetto dei valori limite.

H₂S: i valori registrati presso le stazioni della Rete Regionale sono ampiamente inferiori al riferimento dell'OMS per entrambi i siti di monitoraggio. Per il sito di PI-Montecerboli la percentuale di tempo per il quale le concentrazioni sono state tali da poter creare un certo disagio olfattivo è stata pari al 14%, mentre per il sito di PI-Santa Croce si conferma l'assenza di possibile disagio olfattivo dovuto a H₂S.

Benzo(a)Pirene : il monitoraggio relativo al 2022 ha confermato il pieno rispetto dei valori obiettivo per Benzo(a)Pirene.

Metalli pesanti: il monitoraggio relativo al 2022 ha confermato l'assenza di criticità e il pieno rispetto dei valori obiettivo per Arsenico, Nichel e Cadmio, oltre al rispetto del valore limite per *il Piombo*.

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 2022: parametri e rendimento % annuale

Provincia	Comune	Nome	Tipo sito	Inquinanti monitorati e % copertura anno 2020				
Arezzo	S.Giovanni Valdarno	AR-ENEL Castelnuovo	Urbana Fondo	PM10 100%	PM2,5 100%	NO ₂ 99,5%	CO 97,6%	BTX 98,1%
Arezzo	S.Giovanni Valdarno	AR-ENEL S.Giovanni	Urbana Fondo	PM10 100%		PM2,5 100%		NOx 100%
Livorno	Rosignano Marittimo	LI-Poggio S.Rocco	Urbana Fondo	PM2,5 * 79,6%		NO ₂ 98,7%		O ₃ 97,6%
Livorno	Collesalveti	LI-Stagno	Urbana Industriale	PM10 100%	PM2,5 100%	NO ₂ 93,5%	H ₂ S/SO ₂ 99,7%	BTX 93,7%

* serie non valida

Tabella 2. Stazioni di Arezzo San Giovanni e Cavriglia

Indicatori 2022			PM10		PM2,5	NO ₂	
Provincia e Comune	Stazione		Media annuale µg/m ³	N° superamenti media gior. di 50	Media annuale µg/m ³	Media annuale µg/m ³	N° sup. Media oraria di 200
S. Giovanni Valdarno (AR)	AR-ENEL San Giovanni	UT	21	6	14	19	0 (max77)
			CO		Benzene		
			Media annuale mg/m ³	Massima me-dia 8 ore mg/m ³	Media annuale µg/m ³		
			0,4	1,8	0,7		
Indicatori 2022			PM10		PM2,5	NO ₂	
Provincia e Comune	Stazione		Media annuale µg/m ³	N° superamenti media gior. di 50	Media annuale µg/m ³	Media annuale µg/m ³	N° sup. Media oraria di 200
Cavriglia (AR)	AR-ENEL Castelnuovo	UF	15	4	9	4	0 (max 37)

I risultati delle elaborazioni relative alle stazioni dei comuni di S.Giovanni Valdarno e di Cavriglia, di proprietà dell'Enel, mostrano l'assenza di criticità per il rispetto dei parametri di normativa per gli inquinanti monitorati nel 2022.

Tabella 3. LI-Poggio San Rocco

Indicatori 2022		O ₃						
Provincia e Comune	Stazione	N° Sup anno 2022	VO protezione popolazione (media 3 anni)	AOT40 anno 2022	VO protezione vegetazione (media 5 anni)	Max orario 2022	N Sup Soglia Informazione 180 µg/m ³	
Livorno Rosignano M.mo (LI)	LI-Poggio S.Rocco	UF	38	30	26870	22937	191	2
			PM _{2,5}		NO ₂			
			Media annuale µg/m ³	Media annuale µg/m ³		N° sup. Media oraria di 200 µg/m ³		
			8	7		0 (max84)		

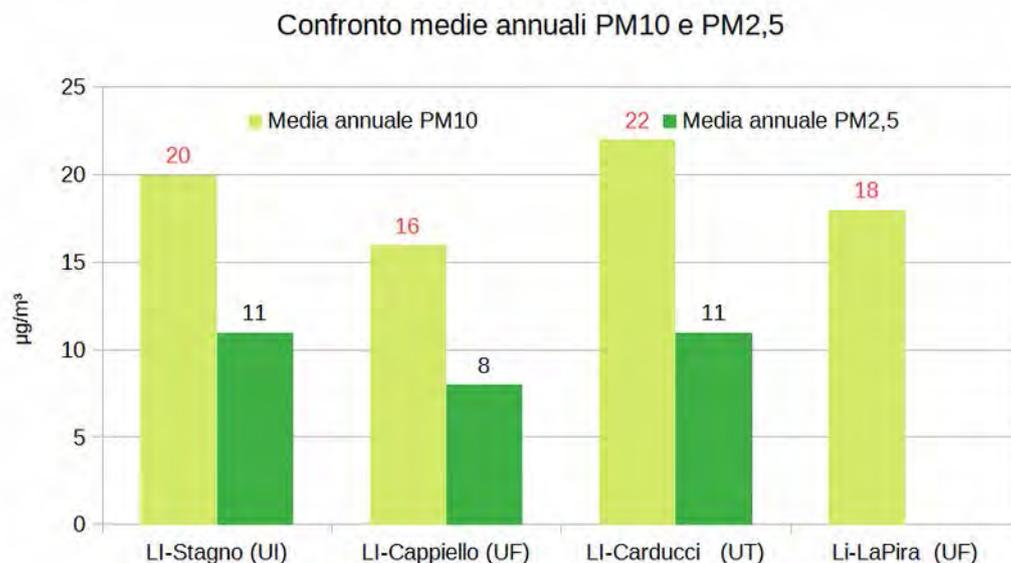
I risultati delle elaborazioni relative alla stazione del comune di Rosignano Marittimo confermano quanto osservato in passato: non c'è alcuna criticità per PM_{2,5} e per NO₂, mentre per quanto riguarda l'Ozono i valori obiettivo calcolati come medie su 3 e 5 anni non rispettano il valore di riferimento indicato dalla normativa e sono stati registrati 2 superamenti della soglia di informazione.

Tabella 4. LI-Stagno

Indicatori 2022 Stazione LI-Stagno						
Provincia e Comune	Stazione	PM ₁₀		PM _{2,5}	NO ₂	
Collesalvetti (LI)	LI-Stagno	Media annuale µg/m ³	N° Sup.media gior. di 50 µg/m ³	Media annuale µg/m ³	Media annuale µg/m ³	N°Sup.media oraria di 200 µg/m ³
		20	4	11	14	0 (max 85)
		H ₂ S		SO ₂		
		Media annuale µg/m ³	Max media oraria µg/m ³	Media annuale µg/m ³	N°Sup.media gior.di 125 µg/m ³	N°Sup.media oraria di 300 µg/m ³
		2	7	3	0 (max 8)	0 (max 20)
		Benzene	Toluene	E-Benzene	MP-Xilene	O-Xilene
		Media annuale µg/m ³				
		0,5	2	0,2	1	0

I risultati delle elaborazioni relative alla stazione LI-Stagno, situata in località industriale a Stagno nel comune di Collesalvetti, 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 della stazione non sono significativamente diversi dai valori del fondo urbano. Per questa stazione si riporta il confronto grafico dei principali indicatori con le stazioni che si trovano nel comune limitrofo di Livorno.

Grafico 1. PM_{10} e $PM_{2,5}$ Stazione di LI-Stagno a confronto con valori medi della Rete Regionale del comune di Livorno



Per quanto riguarda il PM_{10} e il $PM_{2,5}$, la situazione registrata dalla stazione di Stagno è del tutto simile a quella della stazioni di fondo del comune di Livorno

Grafico 2. NO_2 Stazione di LI-Stagno a confronto con valori medi e massimi della Rete Regionale del comune di Livorno

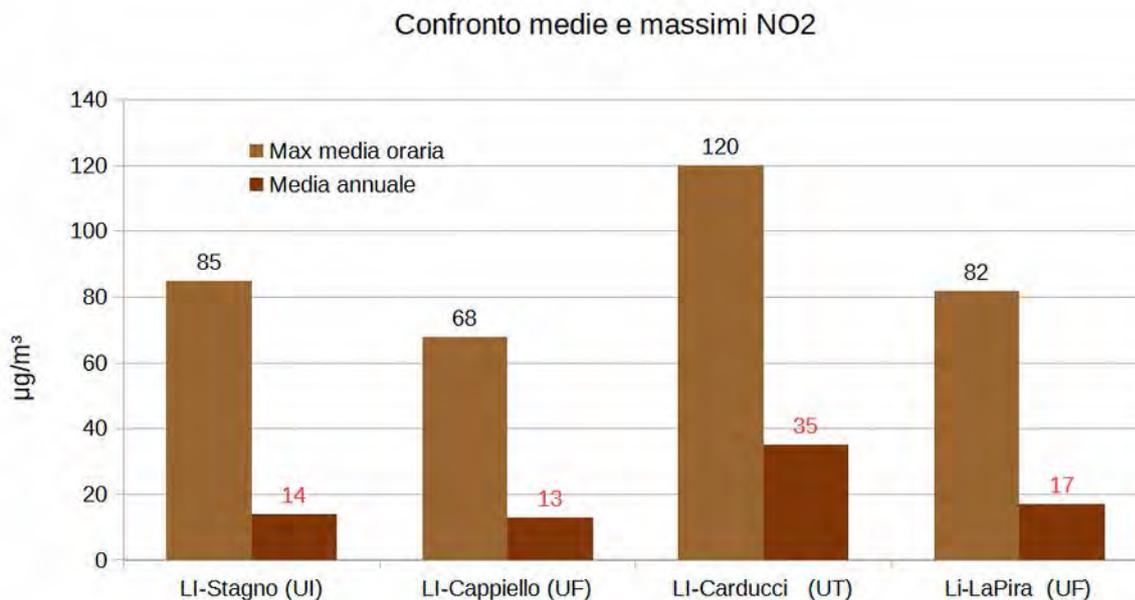
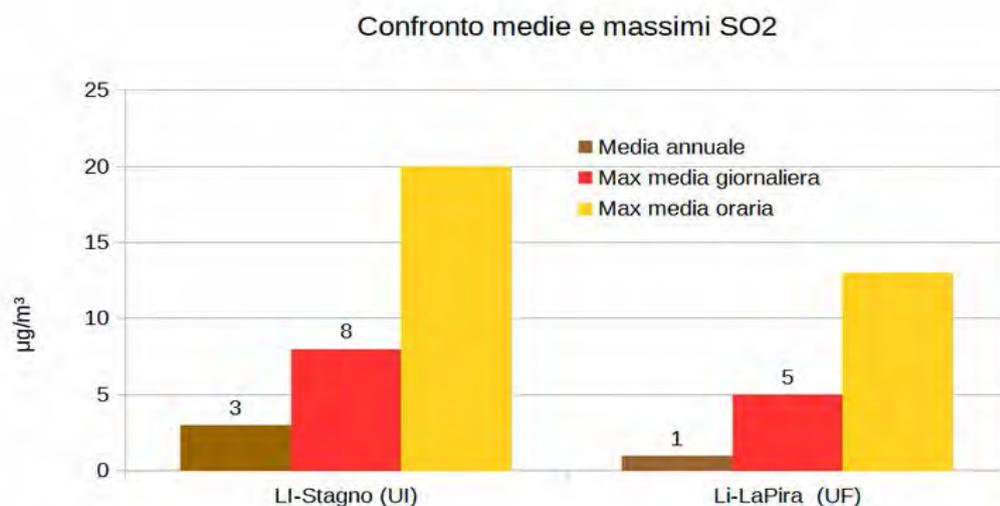
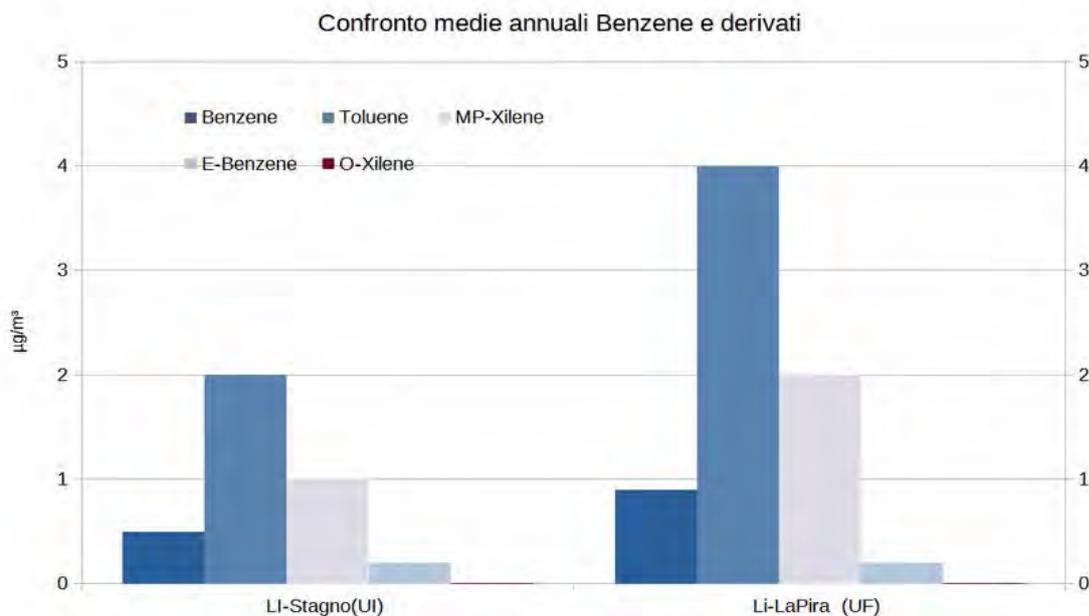


Grafico 3. SO₂: Stazione di LI-Stagno a confronto con la Rete Regionale del comune di Livorno



Anche per NO₂ ed SO₂ e BTX il monitoraggio effettuato presso la stazione di Stagno ha evidenziato che i valori sono del tutto assimilabili alle stazioni di fondo del comune di Livorno.

Grafico 4. BTX: Stazione di LI-Stagno a confronto con la Rete Regionale del comune di Livorno



Per quanto riguarda l'H₂S, i dati registrati presso LI-Stagno nel 2022 sono stati molto contenuti e non sono stati registrati valori di concentrazione oraria tali da poter creare un fenomeno di molestia olfattiva da H₂S (medie orarie >7 µg/m³ pari a 1 ora durante tutto il 2022).

Come ogni anno sono state realizzate delle campagne indicative nel territorio della nostra regione. Per alcune di esse è stato già prodotto il relativo rapporto di monitoraggio, disponibile in

<http://www.arpat.toscana.it/temi-ambientali/aria/sistema-di-rilevamento/rapporti-annuali>,

mentre per altre è ancora in fase di elaborazione. Infine, per le campagne che non sono ancora terminate il rapporto sarà disponibile, al medesimo indirizzo Web, alla fine del monitoraggio e delle elaborazioni.

Tabella 4. Campagne discontinue svolte durante il 2022, con mezzi mobili

Provincia	Comune/ postazione	Parametri monitorati	Inizio campagna	Fine campagna	Campagna indicativa	Note
Firenze	Barberino Val D'elsa	NOX, CO, PM ₁₀ , PM _{2.5}	Dicembre 2021	Dicembre 2022	SI	
Firenze	Zona Cascine	SO ₂ , NO _x , PM ₁₀	Luglio 2022	Settembre 2022	NO	Progetto NEMO
Firenze	Viale Spartaco Lavagnini	NOX, CO, PM ₁₀ , PM _{2.5}	Agosto 2022	Novembre 2022	NO	
Pistoia	Montecatini	SO ₂ , NO _x , PM ₁₀	Novembre 2022	Marzo 2023	NO	
Pistoia	Pescia	SO ₂ , NO _x , H ₂ S, PM ₁₀ , PM _{2.5}	Dicembre 2022	Marzo 2023	NO	Per Regione Toscana (su un arco di stagioni invernali per 3 anni)
Lucca	Barga / frazione Fornaci di Barga – Piazzale Del Frate	PM ₁₀ / PM _{2.5}	Dicembre 2021	Aprile 2022	NO	Per Regione Toscana (su un arco di stagioni invernali per 3 anni)
Lucca	Forte dei Marmi / frazione Vittoria Apuana – Scuola “Ugo Guidi”	NO _x , CO, PM ₁₀ /PM _{2.5}	Giugno 2021	Maggio 2022	SI	
Lucca	Barga / frazione Fornaci di Barga – Piazzale Del Frate	PM ₁₀ / PM _{2.5}	Novembre 2022	Aprile 2023	NO	Per Regione Toscana (su un arco di stagioni invernali per 3 anni)
Livorno	Calata Bengasi in porto industriale	NOX, CO, SO ₂ PM ₁₀ , PM _{2.5} , BTX, Metalli	Luglio 2021	Aprile 2022	SI	Progetto AER- NOSTRUM
Livorno	Fortezza Vecchia	NO _x , CO, SO ₂ PM ₁₀ , PM _{2.5} , BTX, Metalli	Agosto 2021	Maggio 2022	SI	Progetto AER- NOSTRUM

ALLEGATO 1: TABELLE DEI PERCENTILI

Tabella 1. PM10

Percentili PM10 medie giornaliere ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)						
Stazione	Minimo	25° percentile	50° percentile	75° percentile	99° percentile	Massimo
FI-BOBOLI	3	13	17	23	49	116
FI-BASSI	3	15	20	26	58	98
FI-GRAMSCI	5	21	26	33	60	98
FI-MOSSE	4	18	23	31	63	114
FI-SCANDICCI	2	14	19	25	50	111
FI-SIGNA	0	14	19	26	64	120
PO-ROMA	3	15	20	28	69	107
PO-FERRUCCI	2	15	20	28	58	104
PT-SIGNORELLI	0	15	20	26	58	79
PT-MONTALE	3	16	23	32	69	90
AR-ACROPOLI	3	13	18	25	51	68
FI-FIGLINE	3	15	20	28	54	62
AR-REPUBBLICA	2	16	22	29	57	64
GR-URSS	5	14	17	22	47	74
GR-SONNINO	5	19	24	30	62	87
LI-CAPPIELLO	2	12	15	20	46	56
LI-CARDUCCI	5	17	21	25	51	60
LI-LAPIRA	0	14	18	22	49	56
LI-COTONE	2	12	16	20	61	73
LI-PIOMBINO-PARCO-VIII-MARZO	4	14	18	22	57	70
MS-COLOMBAROTTO	1	15	20	26	57	67
MS-MARINA-VECCHIA	6	13	18	24	45	60
LU-VIAREGGIO	3	17	22	31	66	72
LU-CAPANNORI	6	17	24	39	76	113
LU-SAN-CONCORDIO	4	17	22	30	59	75
LU-MICHELETTO	6	19	25	36	70	128
PI-PASSI	2	15	20	26	51	66
PI-BORGHETTO	4	17	21	27	55	61
PI-SANTA-CROCE	1	18	24	33	65	81
PI-MONTECERBOLI	1	9	12	15	44	66
AR-CASA-STABBI	0	5	9	12	33	53
LU-FORNOLI	8	17	23	32	58	96
SI-POGGIBONSI	5	15	19	23	41	58
SI-BRACCI	1	14	18	23	51	66

Tabella 2. $PM_{2,5}$

Percentili $PM_{2,5}$ medie giornaliere ($\mu g/m^3$)						
Stazione	Minimo	25° percentile	50° percentile	75° percentile	99° percentile	Massimo
FI-BASSI	1	8	11	14	32	84
FI-GRAMSCI	3	10	13	17	33	81
PO-ROMA	3	9	13	19	56	95
PO-FERRUCCI	1	8	11	16	44	92
PT-MONTALE	2	9	13	21	59	79
AR-ACROPOLI	2	8	11	16	39	41
GR-URSS	3	8	10	12	20	24
LI-CAPPIELLO	2	6	7	9	17	19
LI-CARDUCCI	2	8	10	13	23	31
MS-MARINA-VECCHIA	2	7	10	14	31	42
LU-VIAREGGIO	4	9	11	18	47	60
LU-CAPANNORI	3	9	14	30	63	93
PI-PASSI	1	8	11	16	39	49
PI-BORGHETTO	3	9	12	17	41	45
SI-POGGIBONSI	3	8	11	14	24	32

Tabella 3. NO_2

Percentili NO_2 medie orarie ($\mu g/m^3$)						
Stazione	Minimo	25° percentile	50° percentile	75° percentile	99,8° percentile	Massimo
FI-BASSI	0	7	13	25	51	74
FI-GRAMSCI	4	28	43	58	74	114
FI-MOSSE	1	22	34	46	66	94
FI-SCANDICCI	0	9	17	29	50	76
FI-SETTIGNANO	0	2	4	6	24	46
FI-SIGNA	0	6	10	20	42	64
PO-FERRUCCI	0	10	19	33	54	77
PO-ROMA	0	15	21	33	70	86
PT-MONTALE	0	6	11	21	42	60
PT-SIGNORELLI	0	7	12	23	43	67
AR-ACROPOLI	1	7	11	18	35	60
FI-FIGLINE	0	7	12	21	38	59
AR-REPUBBLICA	1	16	25	36	49	85
GR-MAREMMA	0	2	3	4	10	16
GR-SONNINO	0	15	27	42	59	103
GR-URSS	0	6	10	16	32	78
LI-CAPPIELLO	1	6	9	16	40	68
LI-CARDUCCI	1	19	32	47	75	120

Percentili NO ₂ medie orarie (µg/m ³)						
Stazione	Minimo	25° percentile	50° percentile	75° percentile	99,8° percentile	Massimo
LI-LAPIRA	1	8	13	21	50	82
LI-PARCO-VIII-MARZO	0	6	9	14	27	64
LI-COTONE	0	5	8	14	31	72
MS-COLOMBAROTTO	0	5	9	16	39	58
MS-MARINA-VECCHIA	0	7	11	20	45	75
LU-VIAREGGIO	0	8	15	29	58	89
LU-CAPANNORI	0	8	15	25	41	65
LU-CARIGNANO	0	4	7	11	29	38
LU-MICHELETTO	0	10	18	29	43	70
LU-SAN-CONCORDIO	0	8	16	26	46	76
PI-BORGHETTO	1	15	23	36	63	91
PI-PASSI	0	6	12	20	41	66
PI-SANTA-CROCE	1	10	15	24	48	82
SI-BRACCI	0	15	24	37	56	107
SI-POGGIBONSI	0	5	11	18	41	65
LU-FORNOLI	1	6	10	15	32	43
AR-CASA-STABBI	0	0	1	2	5	7
PI-MONTECERBOLI	0	2	3	5	13	31

Tabella 4. ozono

Percentili O ₃ medie orarie (µg/m ³)						
Stazione	Minimo	25° percentile	50° percentile	75° percentile	99° percentile	Massimo
FI-SETTIGNANO	0	39	59	84	138	187
FI-SIGNA	0	22	56	87	137	174
AR-ACROPOLI	0	22	48	72	112	145
PT-MONTALE	0	17	52	85	136	174
GR-MAREMMA	6	52	69	86	124	147
LU-CARIGNANO	2	41	66	89	136	171
PI-PASSI	0	19	45	75	124	153
PI-SANTA-CROCE	0	14	43	76	120	158
PI-MONTECERBOLI	7	59	75	93	130	174
AR-CASA-STABBI	10	52	69	87	126	165

Tabella 5. H₂S

Percentili H ₂ S medie orarie (µg/m ³)						
Stazione	Minimo	25° percentile	50° percentile	75° percentile	99° percentile	Massimo
PI-MONTECERBOLI	0	1	2	5	34	129
PI-SANTA-CROCE	0	0	1	2	10	69

Tabella 6. Benzene

Percentili Benzene medie orarie (µg/m ³)						
Stazione	Minimo	25° percentile	50° percentile	75° percentile	99° percentile	Massimo
FI-BASSI	0	0,4	0,7	1,4	4,6	19,2
FI-GRAMSCI	0	0,9	1,8	3,1	8,4	17,3
PO-ROMA	0,1	0,3	0,4	0,8	2,8	4,1
AR-ACROPOLI	0	0,5	0,7	1,3	4,9	14,5
LU-SAN-CONCORDIO	0,1	0,3	0,7	1,6	5,3	10,4
LI-LAPIRA	0	0,4	0,6	1,1	3,5	7
SI-POGGIBONSI	0,1	0,2	0,3	0,4	1,8	7,2

ALLEGATO 2: LIMITI NORMATIVI D.LGS 155/2010

Tabella 1. Particolato PM_{10}

VALORE DI RIFERIMENTO	Periodo di mediazione	Valori limite
Valore limite sulle 24 ore per la protezione della salute umana	24 ore	50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ da non superare più di 35 volte per anno civile
Valore limite annuale per la protezione della salute umana	anno civile	40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Tabella 2. Particolato $PM_{2,5}$

VALORE DI RIFERIMENTO	Periodo di mediazione	Valori limite
Valore Limite annuale per la protezione della salute umana	Anno civile	25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Tabella 3. Biossido di azoto NO_2

VALORE DI RIFERIMENTO	Periodo di mediazione	Valori limite
Valore limite orario per la protezione della salute umana	1 ora	200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ da non superare più di 18 volte per anno civile
Valore limite annuale per la protezione della salute umana	anno civile	40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Tabella 4. Ossidi di azoto NO_x

VALORE DI RIFERIMENTO	Periodo di mediazione	Valore limite
Livello critico per la protezione della vegetazione	Anno civile	30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ NO_x

Tabella 5. Monossido di carbonio CO

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

Tabella 6. Biossido di zolfo SO_2

VALORE DI RIFERIMENTO	Periodo di mediazione	Valori limite
Valore limite su 1 ora per la protezione della salute umana	1 ora	350 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ da non superare più di 24 volte per anno civile
Valore limite sulle 24 ore per la protezione della salute umana	24 ore	125 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ da non superare più di 3 volte per anno civile

Tabella 7. Ozono O₃

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

Tabella 8. Benzene

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

Tabella 9 . Benzo(a)Pirene

VALORE DI RIFERIMENTO	Periodo di mediazione	Valore obiettivo
Concentrazione presente nella frazione PM10 del materiale particolato, calcolato come media su un anno civile.	Anno civile	1 ng/m ³

Tabella 10. Arsenico, Cadmio e Nichel

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

Tabella 11. Piombo

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

ALLEGATO 3: CONFRONTO INDICATORI 2022 CON VALORI DI RIFERIMENTO OMS E PROPOSTA DI DIRETTIVA EUROPEA

Gli indicatori di qualità dell'aria calcolati sui dati del 2022 sono stati confrontati con i valori di riferimento per la protezione della salute dell'OMS. Inoltre, è stato fatto il confronto con i valori indicati dalla proposta di direttiva COM/2022/542. Nelle pagine successive sono illustrati i confronti per i parametri più significativi.

1. PM₁₀

Per quanto riguarda il PM₁₀, i parametri presi in considerazione per la tutela della salute sono la media annuale ed i valori medi giornalieri.

Tabella 1.1. Particolato PM₁₀

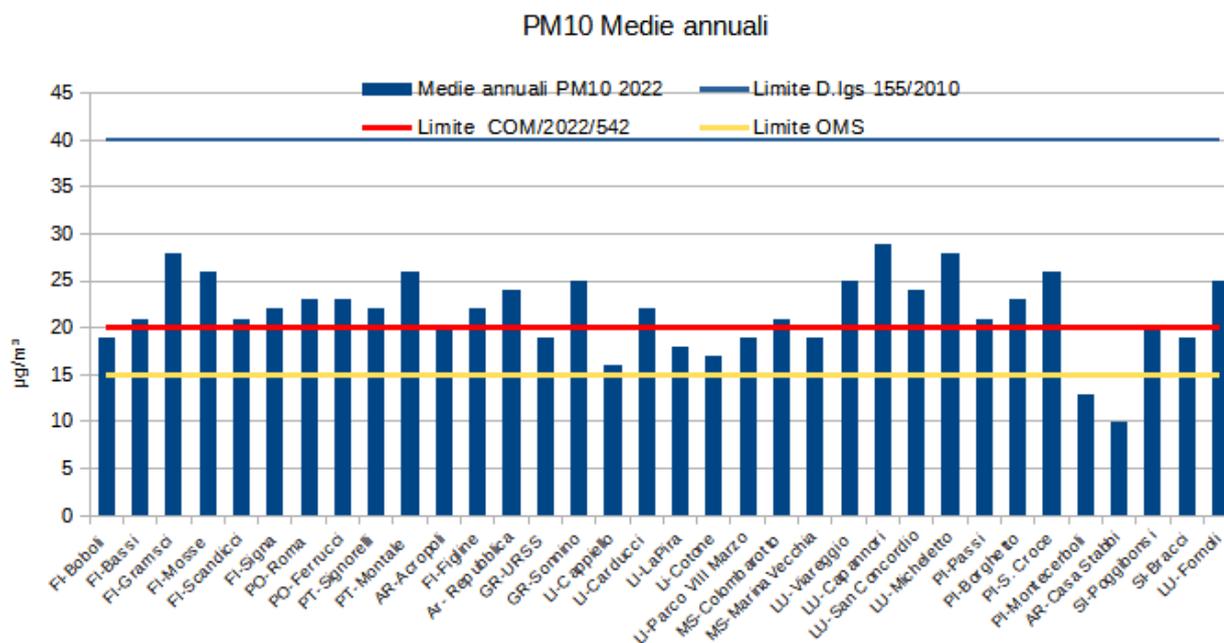
PM10 Anno 2022			Limite D.lgs 155/2010	Limite COM / 2022/542	Limite OMS	Limite D.lgs 155/2010	Limite COM / 2022/542	Limite OMS
			40	20	15	35	18	3
			Medie annuali PM ₁₀ 2022 (µg/m ³)			N° superi media giornaliera di 50 µg/m ³		N° superi media giornaliera di 45 µg/m ³
FI-Boboli	U	F	19	19	19	1	5	5
FI-Bassi	U	F	21	21	21	3	7	7
FI-Gramsci	U	T	28	28	28	4	14	14
FI-Mosse	U	T	26	26	26	13	23	23
FI-Scandicci	U	F	21	21	21	3	8	8
FI-Signa	U	F	22	22	22	10	16	16
PO-Roma	U	F	23	23	23	14	23	23
PO-Ferrucci	U	T	23	23	23	9	21	21
PT-Signorelli	U	F	22	22	22	5	11	11
PT-Montale	S	F	26	26	26	20	32	32
AR-Acropoli	U	F	20	20	20	0	11	11
FI-Figline	U	F	22	22	22	7	14	14
Ar- Repubblica	U	T	24	24	24	11	21	21
GR-URSS	U	F	19	19	19	0	6	6
GR-Sonnino	U	T	25	25	25	1	12	12
LI-Cappiello	U	F	16	16	16	0	4	4
LI-Carducci	U	T	22	22	22	0	7	7
LI-La Pira	U	F	18	18	18	0	7	7
LI-Cotone	S	I	17	17	17	0	7	7
LI-Parco VIII Marzo	U	F	19	19	19	0	7	7
MS-Colombarotto	U	F	21	21	21	2	7	7
MS-MarinaVecchia	U	T	19	19	19	2	4	4
LU-Viareggio	U	F	25	25	25	12	21	21
LU-Capannori	U	F	29	29	29	40	61	61

LU-San Concordio	U	F	24	24	24	7	22	22
LU-Micheletto	U	T	28	28	28	16	37	37
PI-Passi	U	F	21	21	21	3	10	10
PI-Borghetto	U	T	23	23	23	3	14	14
PI-Santa Croce	S	F	26	26	26	10	23	23
PI-Montecerboli	S	F	13	13	13	0	23	23
AR-Casa Stabbi	R reg	F	10	10	10	0	2	2
SI-Poggibonsi	U	F	20	20	20	0	3	3
SI-Bracci	U	T	19	19	19	0	5	5
LU-Fornoli	U	F	25	25	25	11	23	23

Per la media annuale, il limite del D.Lgs 155/2010 è $40\mu\text{g}/\text{m}^3$; l'OMS raccomanda una media annuale non superiore a $15\mu\text{g}/\text{m}^3$, mentre la bozza di direttiva suggerisce un valore limite pari a $20\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Il confronto grafico con le medie annuali registrate nel 2022 dalle stazioni della Rete Regionale di qualità dell'aria è riportato di seguito.

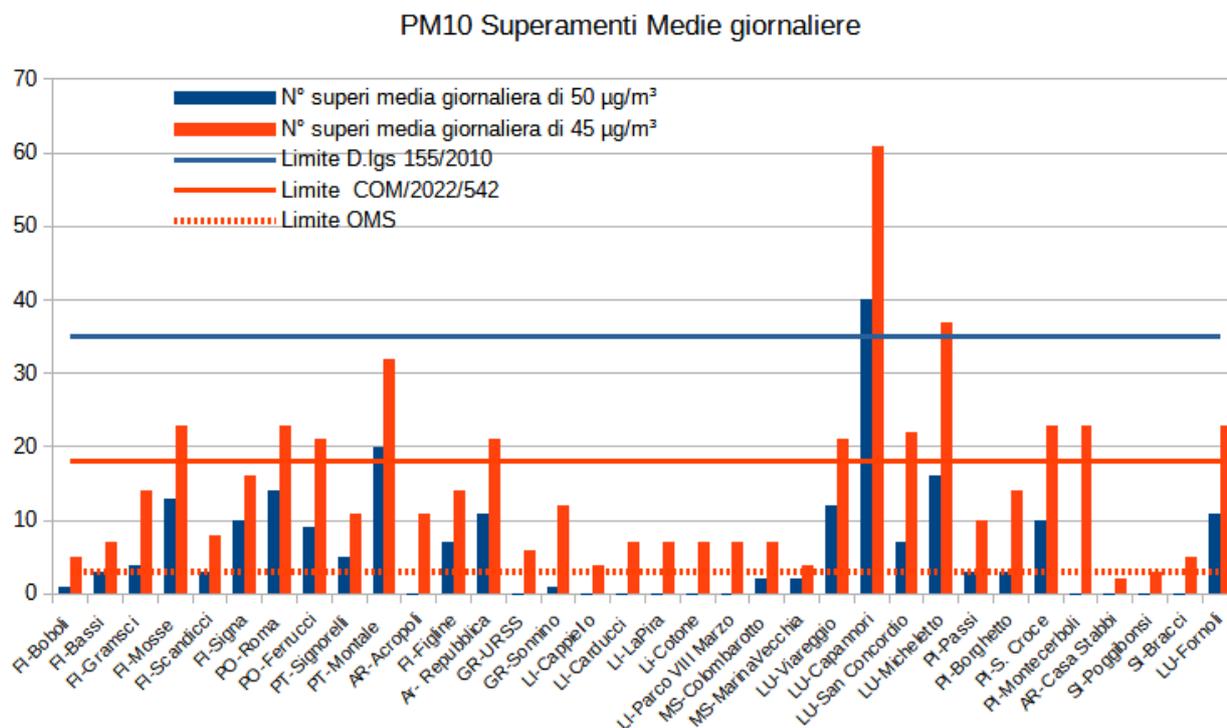
Grafico 1.1. Particolato PM_{10} confronto con i valori limite per la media annuale di PM_{10}



È evidente dal grafico che le concentrazioni medie registrate in Toscana, nettamente inferiori al limite in vigore, sono quasi tutte superiori al valore guida dell'OMS che non è rispettato in 32 stazioni su 34, con le due sole eccezioni della stazione periferica di fondo PI-Montecerboli e della rurale di fondo di AR-Casa Stabbi. Il valore proposto dalla direttiva si posiziona circa a metà del range delle concentrazioni medie registrate dalle stazioni che sono comprese tra $10\mu\text{g}/\text{m}^3$ e $29\mu\text{g}/\text{m}^3$ ed è superato da 22 stazioni su 34.

Per la media giornaliera, il limite del D.Lgs 155/2010 è 35 superamenti di $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$, rispettato nel 2022 in tutte le stazioni della Toscana con un'unica eccezione. L'OMS e la nuova direttiva prendono invece a riferimento per la media giornaliera il valore di $45 \mu\text{g}/\text{m}^3$, con il limite di, rispettivamente, 3 superamenti per l'OMS e di 18 per la bozza di direttiva. Il confronto tra le medie giornaliere registrate nel 2022 dalle stazioni della Rete Regionale di qualità dell'aria e questi indicatori è riportato di seguito.

Grafico 1.2. Particolato PM_{10} confronto con i valori limite per la media giornaliera



Le concentrazioni medie giornaliere registrate in Toscana non hanno consentito il rispetto del valore guida dell'OMS di 3 superamenti in 32 stazioni su 34, con le due sole eccezioni della stazione urbana di fondo SI-Poggibonsi e della rurale di fondo di AR-Casa Stabbi. Per quanto riguarda il valore proposto dalla direttiva, il limite di 18 superamenti nel 2022 non è rispettato da 12 stazioni su 34.

2. PM_{2,5}

Analogamente al PM₁₀, anche per il PM_{2,5}, i parametri presi in considerazione per la tutela della salute sono la media annuale ed i valori medi giornalieri.

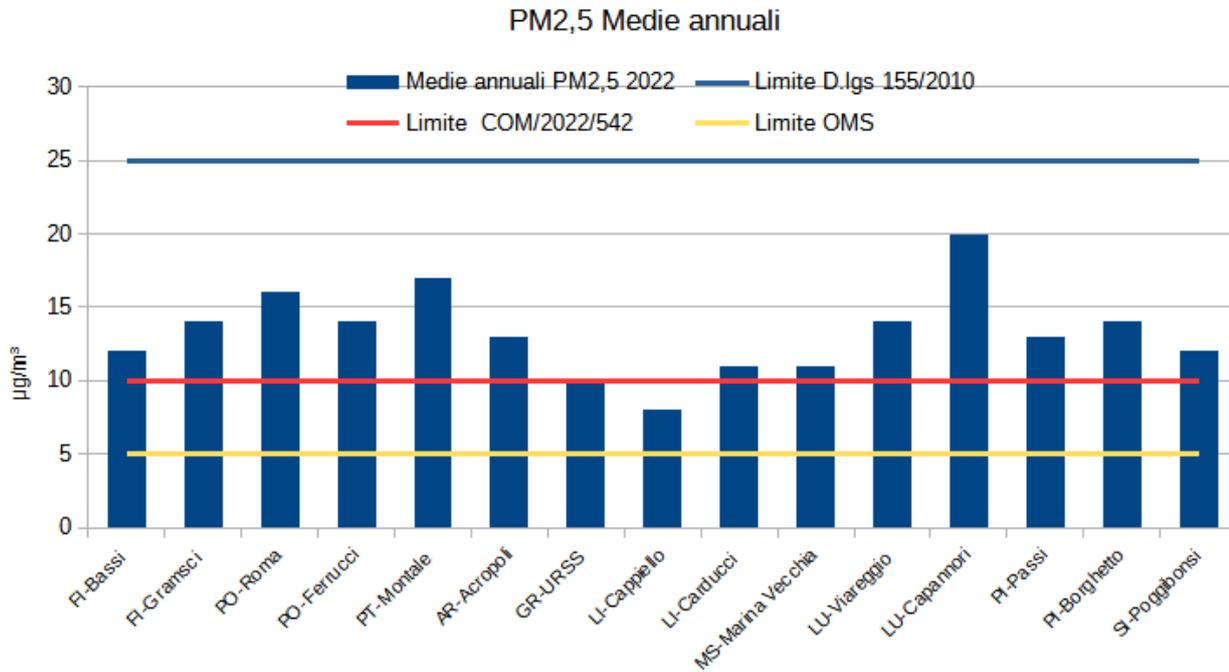
Tabella 2.1. Particolato PM_{2,5}

PM _{2,5} Anno 2022			Limite D.lgs 155/2010	Limite COM / 2022/542	Limite OMS	Limite COM / 2022/542	Limite OMS
			25	10	5	18	3
			Medie annuali PM _{2,5} 2022 (µg/m ³)			N° superi media giornaliera di 25µg/m ³	
FI-Bassi	U	F	12	12	12	10	68
FI-Gramsci	U	T	14	14	14	18	116
PO-Roma	U	F	16	16	16	40	129
PO-Ferrucci	U	T	14	14	14	28	94
PT-Montale	S	F	17	17	17	67	144
AR-Acropoli	U	F	13	13	13	30	93
GR-URSS	U	F	10	10	10	0	22
LI-Cappiello	U	F	8	8	8	0	10
LI-Carducci	U	T	11	11	11	2	45
MS-Marina Vecchia	U	T	11	11	11	11	69
LU-Viareggio	U	F	14	14	14	37	113
LU-Capannori	U	F	20	20	20	110	160
PI-Passi	U	F	13	13	13	18	86
PI-Borghetto	U	T	14	14	14	24	118
SI-Poggibonsi	U	F	12	12	12	2	70

Per la media annuale, il limite del D.Lgs 155/2010 è 25 µg/m³ ; il valore guida dell'OMS è pari a 5 µg/m³, mentre la bozza di direttiva suggerisce un valore limite sulla media annuale pari a 10 µg/m³.

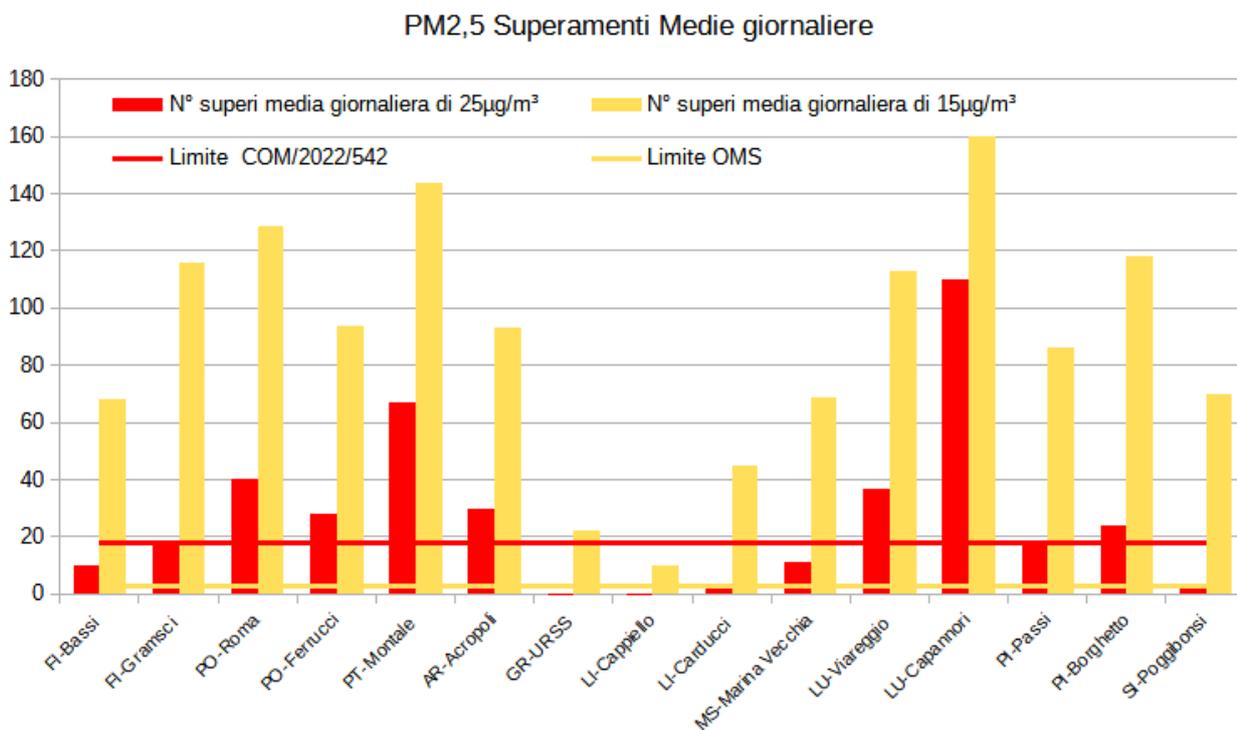
Di seguito si riporta il confronto con le medie annuali registrate nel 2022 dalle stazioni della Rete Regionale di qualità dell'aria.

Grafico 2.1. Particolato PM_{2,5} confronto con i valori guida per la media annuale per il PM_{2,5}



Le concentrazioni medie di PM_{2,5} registrate in Toscana nel 2022, sebbene nettamente inferiori al limite normativo vigente, sono tutte abbondantemente superiori al valore guida dell'OMS. Il confronto con l'indicatore proposto dalla direttiva mostra invece che le medie annuali sono più vicine a tale valore, per quanto lo stesso sia superato in 13 stazioni su 15.

Grafico 2.2. Particolato PM_{2,5} confronto con i valori guida per la media giornaliera



Il D.lgs155/2010 non prende in considerazione la media giornaliera di PM_{2,5} per il confronto con i limiti. L'OMS, invece, indica un massimo di 3 superamenti della media giornaliera di 15 µg/m³.

Il rispetto di tale valore nella nostra regione è lontanissimo dall'essere realizzato. Infatti, anche nelle stazioni che rispettano il valore guida per la media annuale, le medie giornaliere superiori a 15 µg/m³ oltrepassano nettamente il limite di 3.

La direttiva COM/2022/542 indica per le medie giornaliere di PM_{2,5} un massimo di 18 superamenti del valore di 25 µg/m³. Il confronto delle medie giornaliere di PM_{2,5} registrate nel 2022 in Toscana con tale valore mostra una situazione meno pesante rispetto al limite OMS. Infatti 7 stazioni su 15 hanno registrato più di 18 superamenti: più della metà delle stazioni rispettano il VG.

3. NO₂

Per quanto riguarda il biossido di azoto, i parametri presi in considerazione per la tutela della salute sono la media annuale, i valori medi giornalieri e la massima media oraria. Per la massima oraria di NO₂ non vi è criticità alcuna e non è quindi oggetto della presentazione seguente.

Tabella 3.1. Biossido di Azoto NO₂

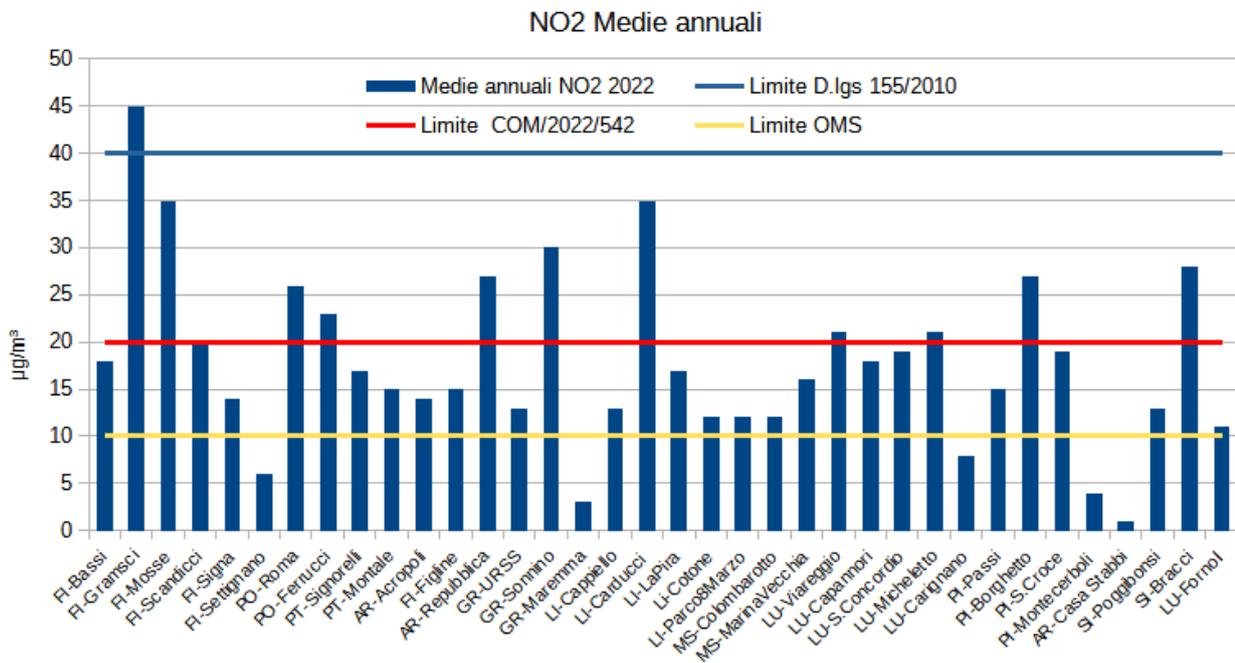
NO ₂ Anno 2022			Limite D.lgs 155/2010	Limite COM / 2022/542	Limite OMS	Limite COM / 2022/542	Limite OMS
			40	20	10	18	3
			Medie annuali NO ₂ 2022 (µg/m ³)			N° superi media giornaliera di 50 µg/m ³	N° superi media giornaliera di 25 µg/m ³
FI-Bassi	U	F	18	18	18	1	70
FI-Gramsci	U	T	45	45	45	109	349
FI-Mosse	U	T	35	35	35	44	291
FI-Scandicci	U	F	20	20	20	0	99
FI-Signa	U	F	14	14	14	0	49
FI-Settignano	S	F	6	6	6	0	0
PO-Roma	U	F	26	26	26	15	139
PO-Ferrucci	U	T	23	23	23	7	125
PT-Signorelli	U	F	17	17	17	0	69
PT-Montale	S	F	15	15	15	0	49
AR-Acropoli	U	F	14	14	14	0	22
FI-Figline	U	F	15	15	15	0	35
AR-Repubblica	U	T	27	27	27	0	195
GR-URSS	U	F	13	13	13	0	12
GR-Sonnino	U	T	30	30	30	1	260
GR-Maremma	R	F	3	3	3	0	0
LI-Cappiello	U	F	13	13	13	0	18
LI-Carducci	U	T	35	35	35	43	292

NO ₂ Anno 2022			Limite D.lgs 155/2010	Limite COM / 2022/542	Limite OMS	Limite COM / 2022/542	Limite OMS
			40	20	10	18	3
			Medie annuali NO ₂ 2022 (µg/m ³)			N° superi media giornaliera di 50 µg/m ³	N° superi media giornaliera di 25 µg/m ³
LI-La Pira	U	F	17	17	17	0	45
Li-Cotone	S	I	12	12	12	0	13
LI-Parco8Marzo	U	F	12	12	12	0	4
MS-Colombarotto	U	F	12	12	12	0	7
MS-MarinaVecchia	U	T	16	16	16	0	41
LU-Viareggio	U	F	21	21	21	2	101
LU-Capannori	U	F	18	18	18	0	79
LU- San Concordio	U	F	19	19	19	0	92
LU-Micheletto	U	T	21	21	21	0	123
LU-Carignano	R	F	8	8	8	0	2
PI-Passi	U	F	15	15	15	0	42
PI-Borghetto	U	T	27	27	27	11	187
PI-Santa Croce	S	F	19	19	19	0	84
PI-Montecerboli	S	F	4	4	4	0	0
AR-Casa Stabbi	R reg	F	1	1	1	0	0
SI-Poggibonsi	U	F	13	13	13	0	26
SI-Bracci	U	T	28	28	28	9	206
LU-Fornoli	U	F	11	11	11	0	3

Per la media annuale, il limite del D.Lgs.155/2010 è 40µg/m³; il valore guida dell'OMS è pari a 10 µg/m³ mentre la bozza di direttiva suggerisce un valore intermedio e pari a 20µg/m³.

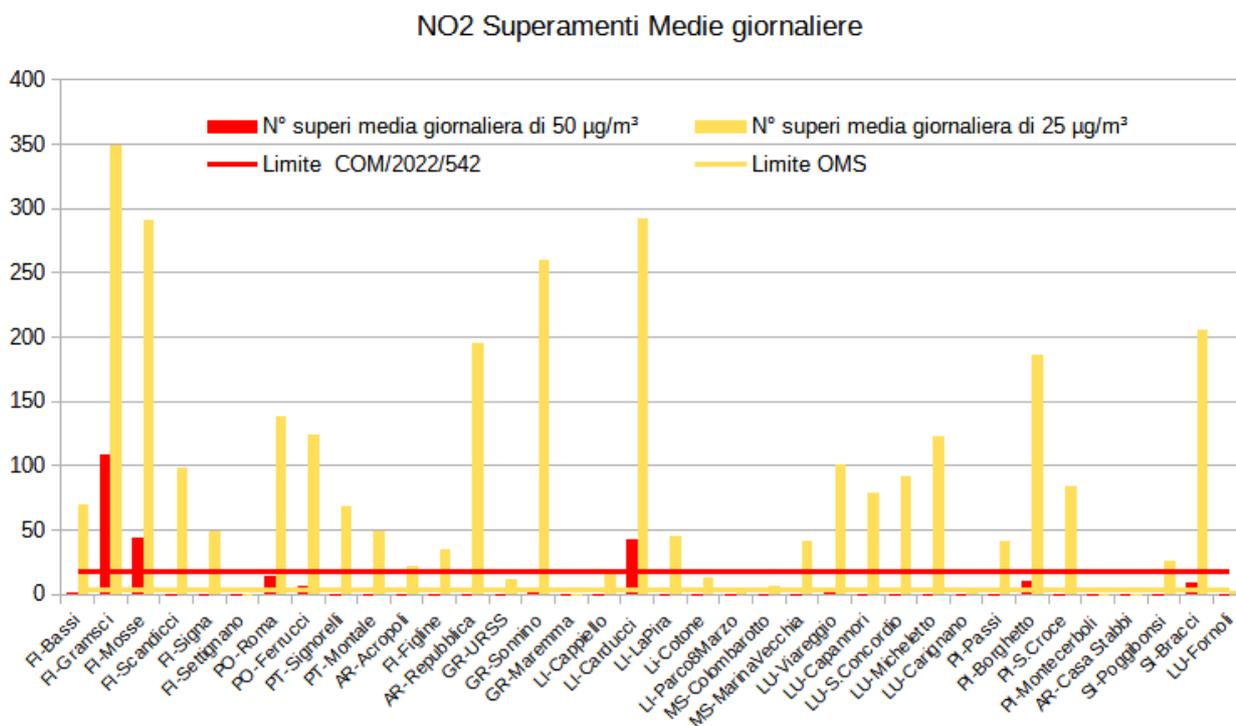
Il confronto con le medie annuali registrate nel 2022 dalle stazioni della Rete Regionale di qualità dell'aria è riportato di seguito.

Grafico 3.1. Biossido di Azoto confronto con i valori guida per la media annuale per il NO₂



Il grafico mostra che, nel 2022, per i valori medi annuali il limite della normativa vigente è stato rispettato da tutte le stazioni di Rete Regionale, a parte la stazione di traffico di FI-Gramsci. Il valore guida dell'OMS è invece ben lontano dall'essere raggiunto: nella maggior parte delle stazioni (31 su 36) le medie annuali sono infatti state superiori a 10 µg/m³, con eccezione delle 3 stazioni rurali e di 2 suburbane. Per quanto riguarda il valore di riferimento proposto dalla nuova direttiva, nel 2022 è stato rispettato da tutte le stazioni di fondo con eccezione di PO-Roma e LU-Viareggio; presso siti di traffico il valore è stato superato in 9 casi su 10, con la sola eccezione del sito di MS-Marina Vecchia.

Grafico 3.2. Biossido di Azoto confronto con i valori guida per la media giornaliera



Il D.lgs155/2010 non prende in considerazione la media giornaliera di NO₂ per il confronto con i limiti. L'OMS invece indica un massimo di 3 superamenti della media giornaliera di 25 µg/m³. Il rispetto di tale valore nella nostra regione è lontanissimo dall'essere realizzato:

soltanto 3 stazioni rurali e 2 suburbane, oltre alla stazione UF di LU-Fornoli, rimangono nei limiti di 3 superamenti.

La direttiva indica come limite per le medie giornaliere di NO₂ un massimo di 18 superamenti del valore di 50 µg/m³. Il confronto delle medie giornaliere registrate nel 2022 in Toscana con tale valore limite mostra che su 36 stazioni solo 3 di traffico hanno registrato più di 18 superamenti, rispettivamente le due stazioni del capoluogo e la stazione di LI-Carducci.

4. O₃

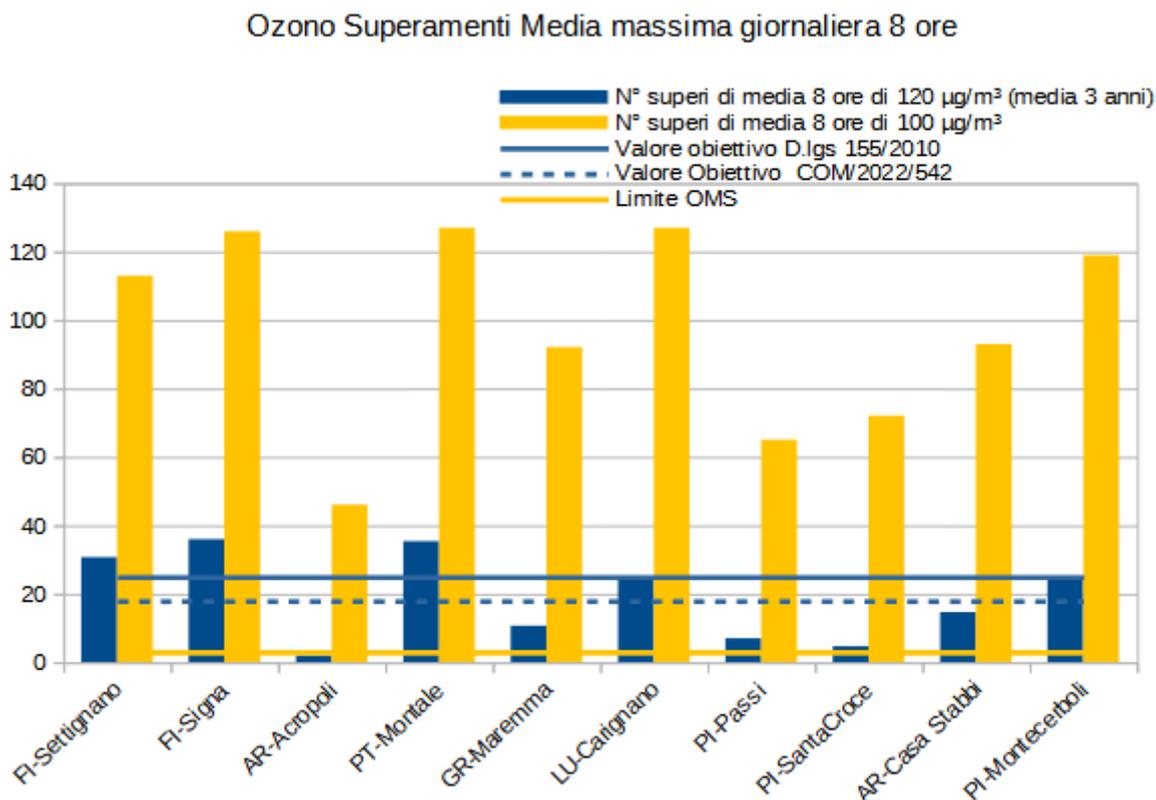
Per quanto riguarda l'ozono, il principale parametro preso in considerazione per la tutela della salute umana è la massima media giornaliera mobile di 8 ore. Per questo indicatore, il valore obiettivo del D.Lgs 155/2010 è un numero massimo di 25 superamenti del valore di 120 µg/m³, calcolato come media dei superamenti registrati negli ultimi 3 anni. La nuova bozza di direttiva riduce il numero massimo di superamenti da 25 a 18, mentre il valore obiettivo a lungo termine indicato dall'OMS è molto più restrittivo e pari alla massima media giornaliera di 8 ore di 100 µg/m³, da non superarsi più di 3 volte annuali. L'OMS ha introdotto inoltre un nuovo indicatore: il Peak season. Questo indicatore è pari alla media dei massimi giornalieri mobili su 8 ore dei 6 mesi consecutivi con la più elevata concentrazione di Ozono, e deve essere inferiore a 60 µg/m³.

Tabella 4.1. Ozono O₃

O ₃ Anno 2022		Valore obiettivo D.lgs 155/2010	Valore obiettivo COM /2022/542	Limite OMS	Limite OMS
		25	18	3	60
		N° superi di media 8 ore di 120 µg/m ³ (media 3 anni)	N° superi di media 8 ore di 100 µg/m ³	Peak season µg/m ³	
S	FI-Settignano	31	31	113	105
U	FI-Signa	36	36	126	108
S	AR-Acropoli	2	2	46	89
S	PT-Montale	35	35	127	108
R	GR-Maremma	11	11	92	101
S	LU-Carignano	24	24	127	107
S	PI-Passi	7	7	65	97
S	PI-Santa Croce	5	5	72	96
RF	AR-Casa Stabbi	15	15	93	101
S	PI-Montecerboli	25	25	119	107

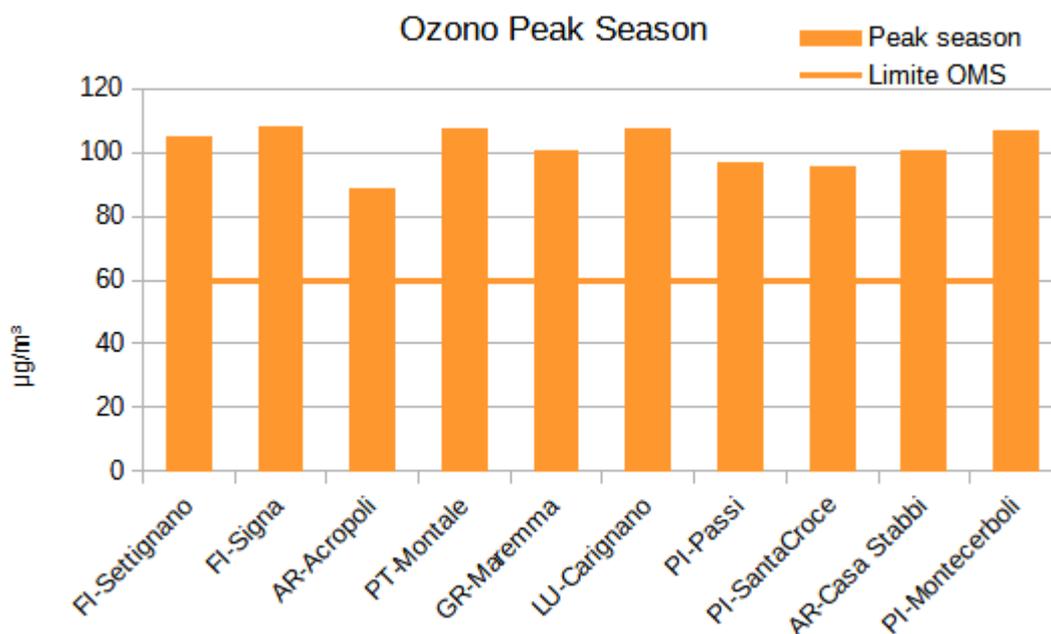
I valori di ozono registrati dalla RRQA mostrano già criticità per il rispetto del valore obiettivo della normativa vigente per la protezione della salute, che aumenta di gravità se si prende in considerazione l'indicatore della nuova direttiva. I limiti individuati all'OMS sono nettamente più restrittivi e, in Toscana, entrambi lontanissimi dall'essere raggiunti.

Grafico 4.1. Ozono confronto per il valore guida per la massima media giornaliera mobile su 8 ore



Dal grafico che segue è evidente che per la nostra regione anche l'indicatore Peak Season è nettamente superiore al limite OMS, per ogni sito di monitoraggio.

Grafico 4.2. Ozono confronto per il valore guida OMS Peak Season



5. Benzene

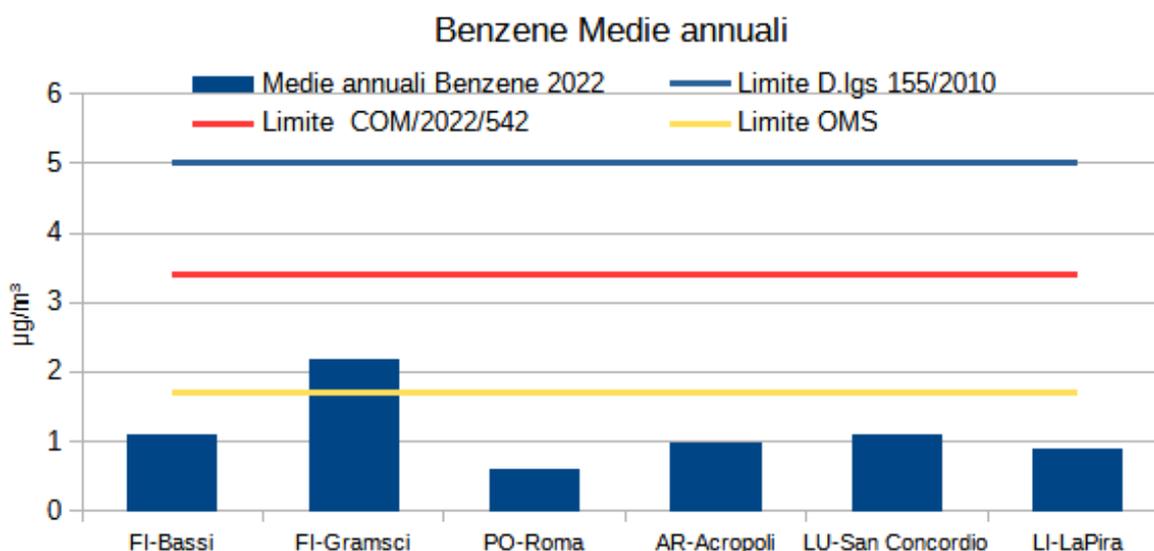
Per il benzene il valore di riferimento del D.Lgs. 155 è una media annuale di $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$; l'OMS propone una media annuale di $1,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$, mentre la direttiva indica come valore medio $3,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Tabella 5.1. Benzene

Benzene Anno 2022			Limite D.lgs 155/2010	Limite COM / 2022/542	Limite OMS
			5	3,4	1,7
			Medie annuali Benzene 2022 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)		
FI-Bassi	U	F	1,1	1,1	1,1
FI-Gramsci	U	T	2,2	2,2	2,2
PO-Roma	U	F	0,6	0,6	0,6
AR-Acropoli	U	F	1	1	1
LU-San Concordio	U	F	1,1	1,1	1,1
LI-LaPira	U	F	0,9	0,9	0,9

Mentre il rispetto dei limiti indicati dall'attuale normativa e dalla direttiva europea non sembra rappresentare un problema in Toscana, nel 2022 il limite dell'OMS è superato dalla media annuale della stazione di FI-Gramsci, unico sito di traffico nel quale è attivo il monitoraggio.

Grafico 5.1. Benzene confronto con i valori guida per la media annuale



6. Benzo(a)Pirene

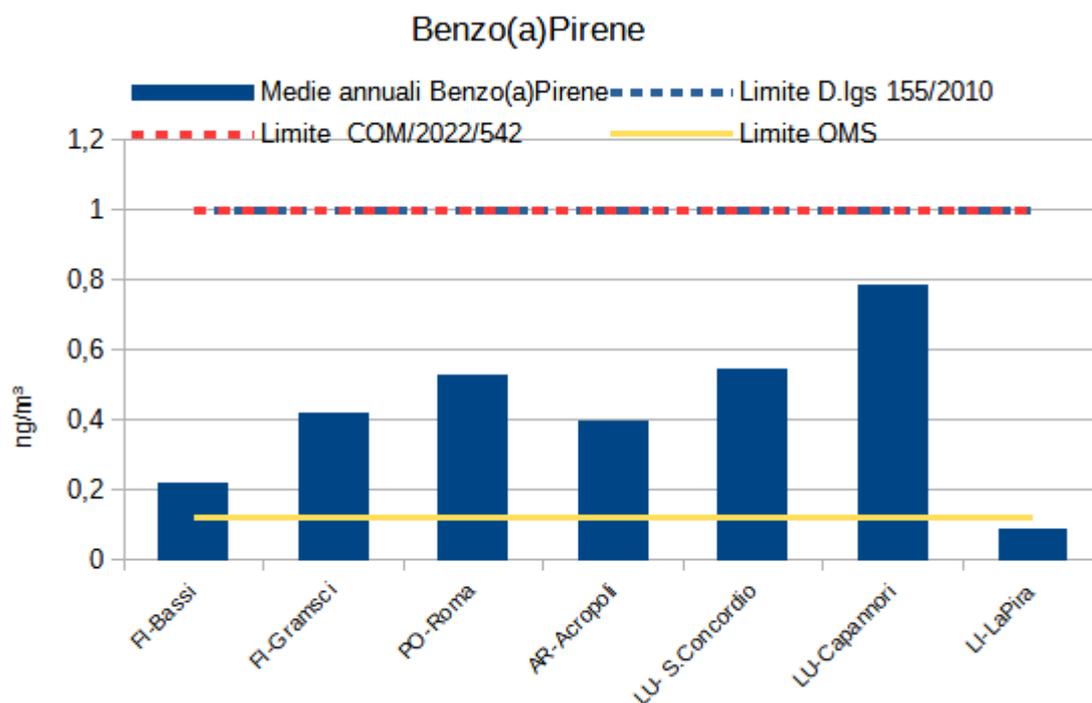
Per il Benzo(a)Pirene il valore di riferimento del D.Lgs.155 è una media annuale di 1,0 ng/m³, confermato anche dalla proposta di direttiva. Il valore di riferimento indicato dall'OMS è pari invece a 0,12 ng/m³, un ordine di grandezza inferiore.

Tabella 6.1. Benzo(a)Pirene

Benzo(a)Pirene Anno 2022			Limite D.lgs 155/2010	Limite COM / 2022/542	Limite OMS
			1,0	1,0	0,12
Medie annuali Benzo(a)Pirene 2022 (ng/m ³)					
FI-Bassi	U	F	0,22	0,22	0,22
FI-Gramsci	U	T	0,4	0,4	0,4
PO-Roma	U	F	0,5	0,5	0,5
AR-Acropoli	U	F	0,4	0,4	0,4
LU- San Concordio	U	F	0,6	0,6	0,6
LU-Capannori	U	F	0,8	0,8	0,8
LI-LaPira	U	F	0,09	0,09	0,09
SI-Poggibonsi	U	F	0,29	0,29	0,29

Il grafico seguente mostra che in Toscana non c'è criticità alcuna per il rispetto dei valori indicato dal D.Lgs.155 e dalla nuova direttiva, mentre il valore guida indicato dall'OMS è stato superato in gran parte del territorio regionale.

Grafico 6.1. Benzo(a)Pirene confronto con i valori guida per la media annuale



7. SO₂, CO e Metalli

Per il rispetto dei valori guida indicati sia dalla nuova bozza di direttiva COM /2022/542 che dall'OMS per il Biossido di Zolfo, Monossido di Carbonio, Piombo e Cadmio non è stata rilevata alcuna criticità.

ALLEGATO 4: ANALISI AVVEZIONI DI POLVERI ANNO 2022

Premessa

La 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 2022 sono stati valutati secondo gli indirizzi definiti dalla "Linea guida [SEC(2011) 2008 final] per la dimostrazione e la detrazione dei superamenti imputabili alle fonti naturali ai sensi della Direttiva 2008/50/CE relativa alla qualità dell'aria ambiente e per un'aria più pulita in Europa", predisposta dalla Commissione di Lavoro il 15/2/2011.

In questo contesto, è da considerare che l'azione umana non avrebbe potuto evitare o ridurre significativamente i contributi identificati.

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

La valutazione prevista dalla Linea guida sopra citata è articolata nelle fasi di **identificazione** degli episodi di intrusione, **quantificazione** degli episodi identificati e **sottrazione** dei contributi stimati. Questo metodo consente la quantificazione del contributo delle fonti naturali su base giornaliera, e può pertanto essere utilizzato per la sottrazione dei contributi naturali di polveri, in relazione alla valutazione del numero di superamenti del valore limite riferito all'indicatore della media giornaliera di PM₁₀.

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

Si fa presente che i risultati delle verifiche 2022 sulla strumentazione di PM₁₀ appartenente alla Rete Regionale hanno evidenziato un valore di incertezza al valore limite per la media giornaliera di 50 µg/m³, pari al 10,7 %.

1. Identificazione degli episodi di intrusione sahariana

La fase di identificazione dei contributi si è basata sull'analisi dei valori medi giornalieri di PM₁₀ misurati dalle stazioni di fondo regionale di Casa Stabbi (Chitignano - AR) e Montecerboli (Pomarance - PI); le due stazioni di misurazione sono ubicate in siti caratterizzati da una quota di 650 m (Casa Stabbi) e di 353 m (Montecerboli). Nell'anno 2022 per le due stazioni di misura sono stati elaborati valori medi annuali di PM₁₀ sostanzialmente equivalenti, pari a 10 µg/m³ (Casa Stabbi) e a 13 µg/m³ (Montecerboli). Per quanto attiene il numero di superamenti del valore limite della media giornaliera, sono stati registrati 3 casi per la stazione di Montecerboli e 2 casi per la stazione di Casa Stabbi nei giorni compresi fra il 27 e il 28 giugno 2022 con livelli massimi giornalieri poco superiori al valore limite di 50 µg/m³.

È stata avviata una fase di analisi preliminare sulla distribuzione dei valori medi giornalieri misurati nell'anno 2022 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 dopo il valore di 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. 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 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 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 (<http://www.bsc.es/projects/earthscience/DREAM/>) 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 18 giorni riferibili ad episodi avvevativi, che sono mostrati nella tabella sottostante.

Tabella 1 Elenco principali episodi di avvezione di polveri anno 2022 e relativi valori medi giornalieri PM_{10} registrati dalle stazioni di fondo regionali.

DATA	$\text{PM}_{10} \mu\text{g}/\text{m}^3$	
	PI-MONTECERBOLI	AR-CASA-STABBI
17/03/22	27	23
26/05/22	26	--
27/05/22	32	24
28/05/22	31	19
04/06/22	30	--
05/06/22	26	--
23/06/22	25	26
24/06/22	25	27
26/06/22	24	21
27/06/22	66	53
28/06/22	56	52
17/08/22	26	23
18/08/22	22	34
15/09/22	39	23
25/10/22	45	33
26/10/22	57	39
27/10/22	43	32
28/10/22	37	19

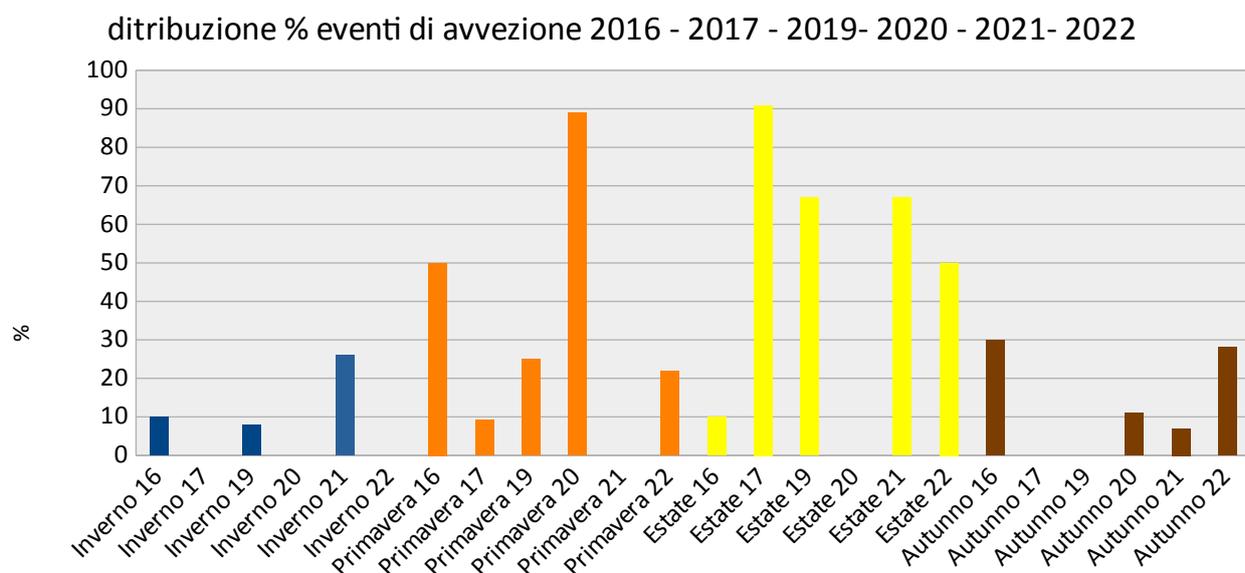
-- dato non disponibile

Dall'esame della tabella 1, traspare che nell'anno 2022 i principali giorni riferibili a episodi di avvezione di polveri (18) sono avvenuti prevalentemente nella stagione estiva con effetti più rilevanti nei giorni 27 e 28 giugno 2022. Tale evento avvevivo ha determinato un'estesa situazione di superamento del valore limite dell'indicatore della media giornaliera di PM₁₀ nel territorio regionale e ha riguardato l'83 % delle stazioni di misurazione della Rete Regionale. In entrambe le stazioni di Casa Stabbi e Montecerboli il contributo naturale ha raggiunto il 77 % della concentrazione media giornaliera di PM₁₀.

Si osserva che il numero degli episodi avvevivi identificati dell'anno 2022 è più basso rispetto all'anno precedente, ma più elevato rispetto al periodo 2016-2020 (anno 2016: =10 casi; anno 2017: = 11 casi; anno 2019 = 12 casi; anno 2020 = 9 casi; anno 2021 =25 casi); i contributi naturali del 2022 risultano comunque meno intensi rispetto all'anno precedente (contributo giornaliero massimo polveri naturali Casa Stabbi: 2021 = 45 µg/m³ - 2020 = 136 µg/m³). Per quanto attiene la distribuzione temporale, gli eventi si sono verificati nella prevalenza dei casi in estate, seguiti da casi in primavera ed autunno.

L'elaborazione grafica sotto riportata mostra la distribuzione stagionale degli eventi di avvezione dal 2016 al 2022.

Grafico 1 Distribuzione stagionale % eventi avvevivi anni 2016 - 2022

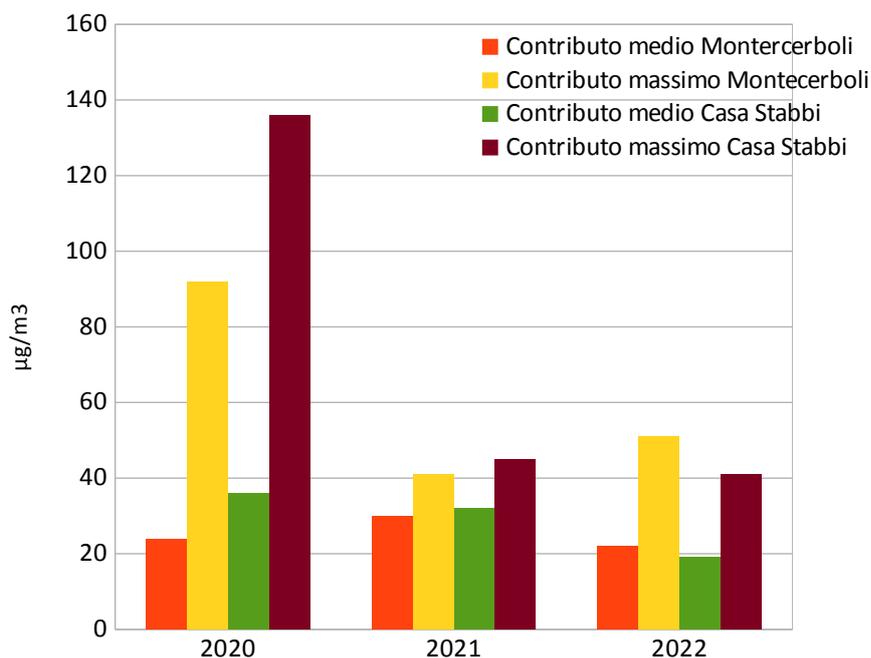


L'esame dei dati giornalieri di materiale particolato PM_{2,5} registrati in occasione degli eventi avvevivi evidenzia una riduzione della percentuale di PM_{2,5} (31 %) nel PM₁₀ rispetto alla stessa percentuale registrata in condizioni ordinarie (59 % anno 2022); infatti, una delle caratteristiche dei fenomeni di trasporto di sabbie desertiche è quello di produrre un aumento soprattutto della frazione più grossolana del particolato atmosferico, cioè quella con diametro superiore ai 2,5 µm. Le sabbie, infatti, si formano per fenomeni di disgregazione termica e di erosione dovuta allo sfregamento.

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

Il grafico sottostante presenta il contributo naturale di polvere (medio e massimo) stimato per gli episodi avvevivi nel triennio 2020-2022 per le stazioni di misurazione di Montecerboli e Casa Stabbi.

Grafico 2 Contributi naturali medi e massimi sul PM₁₀ anni 2020-2022 stazioni di misurazione Casa Stabbi e Montecerboli.



2. Quantificazione degli episodi di avvezione naturale

In una prima fase, sono stati determinati i livelli di PM₁₀ di fondo non affetti da 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** episodio avveztivo, il **50° percentile ed il 40° percentile dei 30 giorni antecedenti** l'episodio avveztivo. E' da rilevare, tuttavia, che il 40° percentile è un indicatore sito specifico che riproduce la concentrazione di fondo esistente nella penisola iberica durante i giorni con prevalenti condizioni atmosferiche avveztive. L'utilizzo di questo indicatore in altri paesi non è stato convalidato e pertanto non si ha alcuna certezza sulla sua accuratezza. In assenza di studi specifici che 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 i giorni coincidenti con l'episodio stesso.

La quantificazione del contributo avveztivo per i giorni identificati nella fase di analisi delle retrotraiettorie è stata effettuata per differenza fra il valore della media giornaliera di PM₁₀ registrato dalle stazioni di fondo regionale di Montecerboli e Casa Stabbi e il valore relativo al livello di fondo (senza contributi di polveri naturali) delle stesse stazioni, calcolato con i tre indicatori statistici previsti dalla LG SEC(2011) 2008 final.

Si evidenzia che la quantificazione dei contributi naturali è stata effettuata esclusivamente per gli episodi più significativi dell'anno, avvenuti nei mesi di marzo, giugno, settembre ed

ottobre: nell'intera Rete Regionale sono stati registrati 111 casi di superamento del valore limite della media giornaliera di PM₁₀. L'estensione della quantificazione agli episodi avvertiti non accompagnati da casi di superamento del valore limite della media giornaliera di PM₁₀ non porterebbe alcuna informazione significativa alla valutazione di conformità della media giornaliera di PM₁₀ a livello regionale, e pertanto è stata tralasciata.

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

Tabella 2 Tassi giornalieri dei contributi naturali e livelli di fondo calcolati con l'indicatore del 40° percentile dei 30 giorni antecedenti l'evento - µg/m³

Data	Montecerboli PM10 media giornaliera	Casa Stabbi PM10 media giornaliera	Montecerboli valore fondo (40° perc. 30 gg ante evento)	Casa Stabbi valore fondo (40° perc. 30 gg ante evento)	Contributo naturale Montecerboli	Contributo naturale Casa Stabbi
17/03/2022	27	23	11	7	7	16
26-05-2022	26	--	13	*	13	*
27-05-2022	32	24	13	9	19	15
28-05-2022	31	19	13	9	18	10
04-06-2022	30	--	15	*	15	*
05-06-2022	26	--	15	*	11	*
23-06-2022	25	26	13	9	12	17
24-06-2022	25	27	13	9	12	18
26-06-2022	24	21	13	11	11	10
27-06-2022	66	53	13	11	53	42
28-06-2022	56	52	13	11	43	41
17-08-2022	26	23	12	10	14	13
18-08-2023	22	34	12	10	10	24
15-09-2022	39	23	10	9	29	14
25-10-2022	45	33	13	11	32	22
26-10-2022	57	39	13	11	44	28
27-10-2022	43	32	13	11	30	21
28-10-2022	37	19	13	11	24	8

* non calcolato per mancanza dato giornaliero PM₁₀

-- dato non disponibile

Tabella 3 Tassi giornalieri dei contributi naturali e livelli di fondo calcolati con l'indicatore della media dei 15 giorni ante e post evento – $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Data	Montecerboli PM10 media giornaliera	Casa Stabbi PM10 media giornaliera	Montecerboli valore fondo (media 15 gg prec e 15 gg post evento)	Casa Stabbi valore fondo (media 15 gg perc e 15 gg post evento)	Contributo naturale Montecerboli	Contributo naturale Casa Stabbi
17/03/2022	27	23	17	13	10	10
26-05-2022	26	--	17	*	9	*
27-05-2022	32	24	16	11	16	13
28-05-2022	31	19	16	11	15	8
04-06-2022	30	--	16	*	14	*
05-06-2022	26	--	16	*	10	*
23-06-2022	25	26	18	16	7	10
24-06-2022	25	27	18	16	8	12
26-06-2022	24	21	18	16	6	5
27-06-2022	66	53	16	15	50	39
28-06-2022	56	52	17	14	40	38
17-08-2022	26	23	11	11	15	12
18-08-2023	22	34	11	10	11	24
15-09-2022	39	23	10	8	29	16
25-10-2022	45	33	16	12	29	21
26-10-2022	57	39	16	12	42	27
27-10-2022	43	32	16	12	27	20
28-10-2022	37	19	15	12	22	7

* non calcolato per mancanza dato giornaliero PM10

-- dato non disponibile

Tabella 4 Tassi giornalieri dei contributi naturali e livelli di fondo calcolati con l'indicatore del 50° percentile dei 30 giorni ante 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
17/03/2022	27	23	11	8	16	15
26-05-2022	26	--	14	*	12	*
27-05-2022	32	24	14	9	18	15
28-05-2022	31	19	14	9	18	10
04-06-2022	30	--	16	*	15	*
05-06-2022	26	--	16	*	11	*
23-06-2022	25	26	16	12	10	14
24-06-2022	25	27	16	12	10	15
26-06-2022	24	21	16	12	8	9
27-06-2022	66	53	16	12	51	41
28-06-2022	56	52	16	12	40	40
17-08-2022	26	23	13	11	14	12
18-08-2023	22	34	13	11	9	23
15-09-2022	39	23	11	11	28	12
25-10-2022	45	33	13	11	32	22
26-10-2022	57	39	13	12	44	28
27-10-2022	43	32	13	12	29	20
28-10-2022	37	19	13	12	23	7

* non calcolato per mancanza dato giornaliero PM₁₀

-- dato non disponibile

Si presentano di seguito 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 2022 a partire dai livelli di fondo calcolati con gli indicatori della media dei 15 giorni precedenti e dei 15 giorni successivi l'evento avvevivo e del 50° Percentile dei 30 giorni precedenti l'evento avvevivo.

Grafico 3 Contributi naturali giornalieri stimati al PM₁₀ anno 2022 stazioni PI Montecerboli e AR Casa Stabbi – livello di fondo elaborato con indicatore media 15 giorni ante e post evento avvevivo.

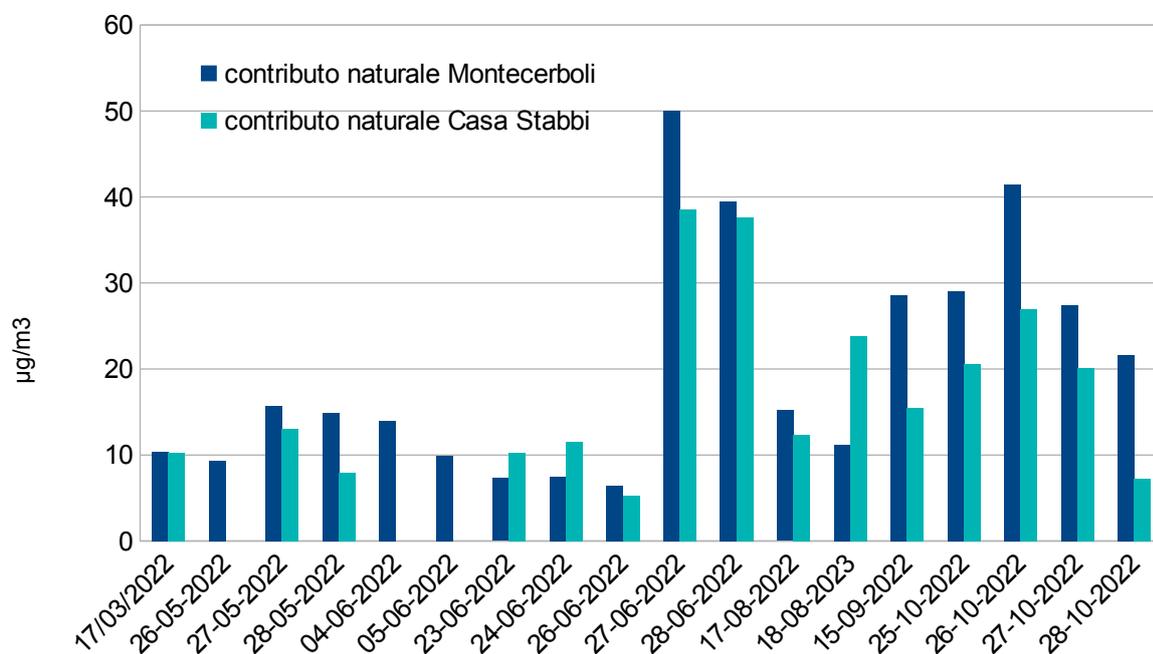
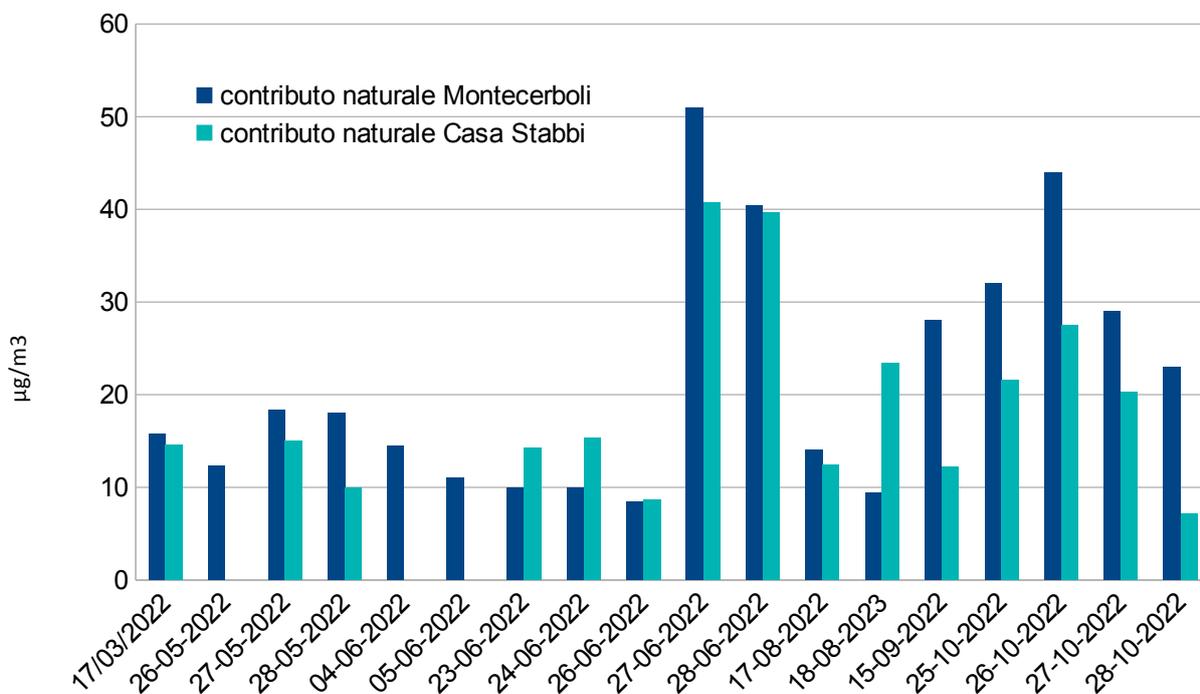


Grafico 4 Contributi naturali giornalieri stimati al PM₁₀ anno 2022 stazioni PI Montecerboli e AR Casa Stabbi - livello di fondo elaborato con indicatore 50° Percentile 30 giorni precedenti l'evento avvevivo.



Dall'esame dei dati mostrati nelle tabelle 2, 3 e 4, e dalle relative elaborazioni grafiche, traspare che i livelli di fondo stimati per le due stazioni sono caratterizzati da valori poco superiori alle rispettive medie annuali. Se si esaminano i contributi giornalieri calcolati dai valori di fondo elaborati con l'indicatore del 50° percentile relativo ai 30 giorni precedenti l'evento avvevivo si osserva, in relazione alla concentrazione giornaliera di PM₁₀, un contributo medio del 57 % per la stazione di Montecerboli e un contributo medio del 60 % per la stazione di Casa Stabbi. Tali valori dei contributi percentuali giornalieri risultano in linea con quanto riportato nella linea guida della Commissione di lavoro nel quale è indicato che la polvere desertica può contribuire per più del 60 % alla concentrazione totale di PM₁₀ nei paesi del Mediterraneo nel corso di un evento di forte inquinamento da polveri.

3. Sottrazione 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 nei quali 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: nell'anno 2022, dalle stazioni di Rete Regionale sono stati registrati 111 casi di superamento del valore limite per l'indicatore della media giornaliera di PM₁₀.

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** mediante differenza dal valore di fondo elaborato con l'indicatore del **50° percentile relativo ai 30 giorni precedenti** l'episodio avvevivo (tabella 4). Fa eccezione la stazione di Casa Stabbi per la quale è stato sottratto il contributo specifico calcolato per la medesima stazione.

La tabella 5 presenta i superamenti dell'indicatore della media giornaliera di PM₁₀ registrati in concomitanza degli eventi avvevivi individuati nell'anno 2022 e il relativo numero di giorni da sottrarre dovuti ai contributi naturali avvevivi.

Tabella 5 2022 concentrazioni medie giornaliere PM10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) superiori al Valore Limite ($50 \mu\text{g}/\text{m}^3$) in corrispondenza degli episodi avvevativi e relativo conteggio giorni da sottrarre per contributi avvevativi naturali

Stazione	PM ₁₀ 17-03- 2022 (contributo naturale 16 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)	PM ₁₀ 27-06- 2026 (contributo naturale 51 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)	PM ₁₀ 28-06- 2022 (contributo naturale 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)	PM ₁₀ 15-09- 2022 (contributo naturale 28 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)	PM ₁₀ 25-10- 2022 (contributo naturale 32 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)	PM ₁₀ 26-10- 2022 (contributo naturale 44 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)	PM ₁₀ 27-10- 2022 (contributo naturale 29 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)	PM ₁₀ 28-10- 2022 (contributo naturale 23 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Numero di giorni da sottrarre per contributi avvevativi naturali
Ar-Acropoli	30	59	68	30	41	61	52	35	4
Ar-Repubblica	35	--	--	35	44	64	56	40	2
Ar-Casa-Stabbi	23	53*	52*	23	33	39	32	19	2
Fi-Scandicci	33	50	57	30	39	--	46	38	1
Fi-Boboli	31	54	58	28	39	53	44	36	3
Fi-Bassi	31	59	60	28	43	57	52	39	4
Fi-Signa	30	49	56	26	33	53	51	39	3
Fi-Gramsci	39	59	67	38	43	62	55	51	5
Fi-Figline	36	51	61	22	31	--	38	28	2
Fi-Mosse	41	59	66	34	46	66	59	45	4
Gr-Sonnino	31	69	87	47	60	62	61	61	6
Gr-Urss	26	51	74	40	49	51	53	46	4
Li-Cappiello	33	56	50	32	45	54	48	39	2
Li-Carducci	36	60	56	37	46	53	54	49	4
Li-Cotone	29	49	64	62	60	71	73	52	6
Li-La Pira	32	56	54	31	49	54	49	49	3
Li-Piombino-Parco-VIII-Marzo	32	50	63	59	46	67	70	54	5
Lu-San-Concordio	49	57	50	30	37	46	46	--	1
Lu-Fornoli	53	48	37	--	40	44	46	35	1
Lu-Capannori	56	--	--	30	40	50	--	37	1
Lu-Micheletto	54	59	54	34	48	58	56	48	5
Lu-Viareggio	41	59	50	34	43	56	50	45	2
Ms-Colombarotto	35	67	--	28	42	61	61	54	4
Ms-Marina-Vecchia	43	55	39	28	35	43	46	38	1
Pi-Santa-Croce	37	66	61	35	44	67	52	49	4
Pi-Borghetto	--	57	49	36	47	55	55	52	4
Pi-Montecerboli	27	66	56	39	45	57	43	37	3
Pi-Passi	46	56	--	--	44	52	49	--	2
Po-Ferrucci	28	57	55	33	41	60	54	45	4
Po-Roma	30	58	57	32	44	60	--	45	3
Pt-Montale	40	57	58	31	43	56	57	57	5
Pt-Signorelli	36	59	53	34	43	55	57	39	4
Si-Bracci	34	54	66	38	46	54	57	44	4
Si-Poggibonsi	32	57	58	31	41	56	42	39	3

* contributo naturale relativo alla stazione di Casa Stabbi

27/06/22 = 41 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

28/06/22 = 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

L'esame della tabella 5 evidenzia che per oltre la metà delle stazioni di Rete Regionale dovrà essere applicata la sottrazione di 3-4 casi di superamento del valore limite della media giornaliera di PM_{10} per contributi avvettivi naturali; sotto il profilo spaziale l'area meridionale della regione, in particolare quella della costa, risulta più esposta ai fenomeni avvettivi di polvere naturale provenienti dalle aree desertiche.

Conclusioni

L'analisi degli episodi avvettivi 2022 ha evidenziato una stima di 18 giorni principali riferibili a contributi naturali di polveri per il materiale particolato PM_{10} in aria ambiente, per i quali sono stati registrati dalle stazioni di Rete Regionale 111 casi di superamento del valore limite della media giornaliera.

Gli episodi più significativi si sono verificati nei giorni 27-28 giugno e 27-28 ottobre 2022: presso la stazione di PI – Montecerboli, sono stati calcolati **carichi giornalieri massimi** di polvere fino a **51 $\mu\text{g}/\text{m}^3$** (27/06/2022), e l'origine delle masse d'aria è stata attribuita, in base alle elaborazioni modellistiche, all'area nord africana.

I **contributi giornalieri medi** rappresentano il **57 %** (Pi – Montecerboli) e il **60 %** (Ar – Casa Stabbi) della concentrazione giornaliera di PM_{10} ; il carico giornaliero medio stimato per gli episodi avvettivi si attesta su 22 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ per la stazione di Pi – Montecerboli e 19 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ per la stazione di Ar – Casa Stabbi.

L'analisi evidenzia che, a causa dei contributi avvettivi naturali, per oltre la metà delle stazioni di Rete Regionale dovrà essere applicata la sottrazione di 3-4 casi di superamento del valore limite della media giornaliera di PM_{10} . Nell'anno 2022, l'area meridionale della regione, in particolare quella della costa, è risultata più esposta ai fenomeni avvettivi di polvere naturale provenienti dalle aree desertiche.



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