

Campagne di rilevamento della qualità dell'aria
come previste dalla DGRT n.1182/2015

AULLA – EMPOLI - MONTEMURLO

siti di rilevamento
Parco La Camilla - Aulla
Via C. Ridolfi - Empoli
Via E. Berlinguer - Montemurlo

Periodo: 2020

REPORT

ARIA 

CAMPAGNE DI RILEVAMENTO INDICATIVE CON MEZZI MOBILI SITI DI:

Parco La Camilla, Aulla
Via C. Ridolfi, Empoli
Via E. Berlinguer, Montemurlo

A cura di:

Bianca Patrizia Andreini

Settore “*Centro Regionale per la Tutela della Qualità dell’Aria*” (CRTQA)

ARPAT – Area Vasta “Toscana Costa”

Autori:

T. Cecconi, C. Collaveri, D. Dalle Mura, R. Fruzzetti, M. Stefanelli

ARPAT – Settore CRTQA

Le attività di prova per il monitoraggio di PM₁₀ e PM_{2,5} sono effettuate presso il laboratorio del Centro regionale di riferimento per la qualità dell’aria (CRRQA)

Il processo di monitoraggio della qualità dell’aria è inserito nel Sistema di Gestione per la Qualità di ARPAT mediante il documento ‘PG.SG.17 - Monitoraggio della qualità dell’aria mediante reti di rilevamento’. Sistema di gestione certificato da RINA, registrazione n.32671/15/S secondo la UNI EN ISO 9001:2015.

SINTESI

Le campagne di rilevamento previste in allegato 1 della DGRT 1182/2015 per la verifica dei livelli di concentrazione atmosferica di PM_{10} nella zona al confine tra i comuni di Licciana Nardi, Aulla e Podenzana e per la verifica del rientro dei superamenti del limite annuo del biossido di azoto (NO_2) nelle aree urbane di Empoli e Montemurlo sono state condotte da ARPAT nel corso del 2020, di seguito una sintesi degli esiti delle tre campagne.

Misurazione dei livelli di concentrazione atmosferica di PM_{10} nella zona di confine tra i comuni di Licciana Nardi, Aulla e Podenzana

La campagna di monitoraggio prevista dalla DGRT 1182/2015 è legata alla verifica del rispetto del limite giornaliero del PM_{10} nell'area al confine tra i comuni di Licciana Nardi, Aulla e Podenzana, poiché, in fase di definizione delle zone a rischio di superamento del limite giornaliero per il PM_{10} , dall'applicazione del modello di stima messo a punto dal LAMMA emergeva che in quest'area avrebbero potuto presentarsi delle criticità (punto 1.15 - allegato 1, DGRT 1182/2015).

Nel corso del 2020 è stata condotta la campagna richiesta per tale verifica, scegliendo come sito di monitoraggio Parco La Camilla nel comune di Aulla, un sito che è risultato rappresentativo per le misure di PM_{10} dell'area oggetto di indagine.

Gli esiti della campagna mostrano che i livelli di concentrazione atmosferica di PM_{10} misurati rispettano entrambi i limiti previsti dalla norma, tabella 1, e sono coerenti con i livelli medi misurati delle altre stazioni collocate nella zona collinare e montana, SI-Poggibonsi e LU-Fornoli, e alla più prossima stazione di MS-Colombarotto collocata nella zona costiera. Non emerge quindi dalle misure effettuate un rischio di superamento del limite giornaliero del PM_{10} nell'area oggetto di verifica.

Tabella 1. PM10 - Indicatori relativi alla campagna di monitoraggio di Aulla

		Aulla Parco la Camilla	VL di riferimento
PM₁₀	Media delle medie giornaliere - $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (da confrontare con il VL della media annua)	20	40
	90,4° percentile dei dati registrati - $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (da confrontare con VL giornaliero)	31	50

Durante la campagna di monitoraggio sono stati misurati anche il biossido di azoto e il PM2.5, anche per questi inquinanti i livelli medi misurati sono inferiori ai corrispondenti limiti normativi, il dettaglio dei risultati ottenuti della campagna di monitoraggio è riportato al paragrafo 2.

Verifica dei livelli di concentrazione del biossido di azoto nelle aree urbane traffico dei comuni di Empoli e Montemurlo

Per i comuni di Empoli e Montemurlo le campagne di monitoraggio sono volte alla verifica degli attuali livelli di concentrazione atmosferica dell'NO₂ nelle aree urbane caratterizzate da emissioni provenienti prevalentemente da traffico veicolare, come indicato al paragrafo 2, allegato 1 della DGRT 1182/2015. La verifica era stata programmata a seguito del superamento del limite annuo dell'NO₂ rilevato nel 2010 dalle due stazioni fisse di FI-Ridolfi (Empoli) e PO-Montalese (Montemurlo), due stazioni di tipo Urbana-Traffico (UT) il cui monitoraggio è stato interrotto nel 2011. Le due stazioni facevano parte rispettivamente della rete provinciale di Firenze e della rete provinciale di Prato.

I siti scelti per le misure di verifica coincidono con la vecchia collocazione delle due stazioni in cui erano stati registrati i superamenti, in modo da rendere perfettamente coerenti e confrontabili le nuove misure con i dati acquisiti dalle due vecchie stazioni.

Gli esiti delle campagne di Empoli e Montemurlo mostrano che attualmente il limite annuo di NO₂ risulta rispettato in entrambi i siti e che i livelli di concentrazione media sono simili a quelli registrati dalle stazioni regionali di tipo urbane-traffico attive nelle relative zone di pertinenza: del Valdarno Pisano per Empoli e Prato-Pistoia per Montemurlo.

Tabella 2. NO₂ - Indicatori relativi alle campagne di monitoraggio di Empoli e Montemurlo

		EMPOLI	MONTEMURLO	VL di riferimento
NO₂	Media delle medie orarie <i>μg/m³ a 20°C</i> (da confrontare con il VL della media annua)	23	26	40
	Valore massimo orario <i>μg/m³ a 20°C</i> (da confrontare con il VL orario)	91 (23.01.20 19:00)	105 (14.02.20 18:00)	200

Si può quindi ritenere che anche per questi due siti l'evoluzione della concentrazione atmosferica media di NO₂ negli ultimi anni presenti un trend in diminuzione del tutto simile a quello registrato dalle stazioni della rete regionale presenti nelle zone del Valdarno Pisano e di Prato-Pistoia e che pertanto anche per le due aree urbane questo inquinante non rappresenti attualmente una criticità.

Durante le campagne di monitoraggio di Empoli e Montemurlo sono stati misurati anche PM₁₀ e PM_{2.5} (a Montemurlo il PM_{2.5} nella sola campagna autunnale) e anche per questi inquinanti è emerso un completo rispetto dei limiti previsti dalla norma. Il dettaglio dei risultati ottenuti per le due campagne è riportato ai paragrafi 3 e 4.

Indice

1 Premessa.....	8
2 Campagna di Aulla.....	11
2.1 Aulla – Sito di misura.....	11
2.2 Aulla - Calendario delle sessioni di monitoraggio e copertura temporale.....	15
2.3 Aulla - Calcolo degli indicatori e analisi dei dati.....	16
2.3.1 Aulla - Biossido di azoto NO ₂	17
2.3.2 Aulla - Materiale particolato PM ₁₀	19
2.3.3 Aulla - Materiale particolato PM _{2.5}	23
2.3.4 Statistiche e correlazione tra siti (PM10 e PM2,5).....	24
2.4 Aulla - Dati e grafici.....	27
2.4.1 Biossido di Azoto NO ₂	27
2.4.2 Materiale particolato PM ₁₀ e PM _{2.5}	32
3 Campagna di Empoli.....	42
3.1 Empoli - Sito di misura.....	42
3.2 Empoli - Calendario delle sessioni di monitoraggio e copertura temporale.....	44
3.3 Empoli - Calcolo degli indicatori e analisi dei dati.....	45
3.3.1 Empoli - Biossido di azoto NO ₂	46
3.3.2 Empoli - Materiale particolato PM ₁₀	51
3.3.3 Empoli - Materiale particolato PM _{2.5}	54
3.4 Empoli - Dati e grafici.....	56
3.4.1 Biossido di Azoto NO ₂	56
3.4.2 Materiale particolato PM ₁₀	58
3.4.3 Materiale particolato PM _{2.5}	61
4 Campagna di Montemurlo.....	63
4.1 Montemurlo - Sito di misura.....	63
4.2 Montemurlo - Calendario delle sessioni di monitoraggio e copertura temporale.....	65
4.3 Montemurlo - Calcolo degli indicatori e analisi dei dati.....	66
4.3.1 Montemurlo - Biossido di azoto NO ₂	67
4.3.2 Montemurlo - Materiale particolato PM ₁₀	70
4.3.3 Montemurlo - Materiale particolato PM _{2.5}	72
4.4 Montemurlo - Dati e grafici.....	73
4.4.1 Biossido di Azoto NO ₂	73
4.4.2 Materiale particolato PM ₁₀	75
4.4.3 Materiale particolato PM _{2.5} – campagna autunnale.....	78
5 Conclusioni.....	80

Allegato 1 - **STRUMENTAZIONE UTILIZZATA PER L'ESECUZIONE DELLE CAMPAGNE**

Allegato 2 - **LIMITI NORMATIVI**

1 Premessa

La Delibera di Giunta Regionale n.1182 del 09.12.2015 ha definito quali sono in Toscana le aree di superamento secondo i criteri indicati nel D.Lgs.155/2010 e in allegato 1 *“identificazione delle aree di superamento ai fini dell’adozione dei piani di azione comunale pac”*, specifica la definizione di Area di Superamento adotta dalla Regione Toscana: *“porzione del territorio regionale toscano comprendente parte del territorio di uno o più comuni anche non contigui, rappresentata da una stazione di misura della qualità dell’aria che ha registrato nell’ultimo quinquennio¹ almeno un superamento del valore limite o del valore obiettivo di un inquinante”*.

Per l’identificazione delle aree di superamento era necessario in primo luogo individuare per quali inquinanti si registravano delle criticità dall’analisi dei dati di qualità dell’aria disponibili, in particolare dai dati relativi al quinquennio 2010-2014 emergeva che in Toscana gli inquinanti per i quali si registravano superamenti dei valori limite erano il materiale particolato PM10 ed il biossido di azoto NO2.

Per il PM10 i superamenti erano relativi al solo valore limite giornaliero rilevato in stazioni di tipo traffico, fondo e periferiche; per il biossido di azoto NO2 i superamenti riguardavano sia il valore limite orario superato però nella sola stazione di traffico di FI-Gramsci, sia la media annua con superamenti in alcune stazioni di tipo traffico.

Poiché la natura e le sorgenti di questi due inquinanti sono diverse, sono state definite aree di superamento distinte per ciascuno dei due inquinanti e per ciascuna area di superamento sono poi state individuate una serie di stazioni di riferimento, sulla base delle quali valutare nel tempo l’andamento delle concentrazioni atmosferiche di PM10 e NO2 nelle singole aree.

L’identificazione delle aree di superamento si fonda su un processo che si sviluppa in varie fasi, dall’analisi dei dati di qualità dell’aria acquisiti dalle reti, all’applicazione di modelli matematici per la valutazione della rappresentatività spaziale delle stazioni di monitoraggio e la stima dei livelli di concentrazione medi (solo per PM10) in zone della regione in cui non sono disponibili le misure.

Nella definizione delle aree di superamento per il PM10 l’applicazione dei modelli aveva messo in evidenza la presenza di aree sparse nel territorio regionale che avrebbero potuto presentare delle criticità, in particolare alcuni territori comunali in cui non si avevano né misure né risultavano coperti in nessuna parte del loro territorio dalle aree di rappresentatività spaziale di altre stazioni. Tra queste l’area posta al confine tra i comuni di Licciana Nardi, Aulla e Podenzana, per la quale probabilmente l’esito negativo dell’applicazione del modello dipende

¹ Il quinquennio a cui si fa riferimento è il 2010-2014.

dalle particolari condizioni al contorno della zona e dalle emissioni associate alla vicina realtà industriale di La Spezia. La Regione toscana ha pertanto programmato per questa zona una campagna di misure indicativa per verificare lo stato effettivo dei livelli di concentrazione medi di PM10. La campagna è stata effettuata nel corso del 2020 collocando il mezzo nel comune di Aulla all'interno del parco La Camilla.

Per quanto riguarda il biossido di azoto tra le aree di superamento erano state individuate anche le aree urbane di Empoli e Montemurlo, con particolare riferimento alle aree in cui il traffico veicolare rappresenta la fonte principale di emissione, in cui erano stati registrati nel 2010 dei superamenti dalle stazioni urbane-traffico denominate FI-Empoli-Ridolfi(UT) ad Empoli e PO-Montalese(UT) a Montemurlo. Entrambe le stazioni erano poi state disattivate nel corso del 2011 con la definizione della nuova rete regionale di monitoraggio della qualità dell'aria, pertanto la Regione Toscana ha previsto con la DGRT 1182/2015 una verifica del rientro nei limite attraverso lo svolgimento di 2 campagne indicative da effettuare nei due comuni interessati dai superamenti. Entrambe le campagne sono state effettuate tra la fine del 2019 e il 2020, collocando il mezzo mobile con cui sono state eseguite nei siti in cui operavano le due vecchie postazioni urbane-traffico in cui erano stati rilevati i superamenti.

Di seguito illustreremo i risultati ottenuti dalle tre campagne di monitoraggio effettuate dall'Agenzia nei comuni di Empoli, Montemurlo e Aulla. I parametri monitorati sono indicati in tabella 1.1, le caratteristiche tecniche degli strumenti utilizzati sono indicati in allegato 1, mentre in allegato 2 sono riportati i limiti normativi a cui fare riferimento per la valutazione degli esiti delle campagne effettuate.

Tabella 1.1 Parametri monitorati e mezzi utilizzati per le tre campagne di monitoraggio

Sito	Parametri monitorati	mezzo utilizzato
AULLA – parco La Camilla	NO ₂ – PM₁₀ – PM _{2.5}	CJ845CC
EMPOLI – via Ridolfi	NO₂ – PM ₁₀ – PM _{2.5}	BX888RB
MONTEMURLO – via Montalese	NO₂ – PM ₁₀ – PM _{2.5} * *solo per la campagna autunnale	DB329YN BX888RB (campagna autunnale)

Come previsto per questo tipo di campagne le indagini svolte nei tre siti sono da ricondurre alla tipologia di “misurazioni indicative” di qualità dell’aria, secondo quanto previsto dal D.Lgs. 155/2010 e s.m.i.

Tutti i valori di concentrazione riportati nel report sono espressi in unità di massa (μg) per metro cubo d’aria campionata (m^3), il volume di campionamento è riferito: per gli ossidi di azoto ad una pressione di 101,3 kPa ed alla temperatura di 20° C (293 K); per PM₁₀ e PM_{2.5} alle condizioni di pressione e temperatura registrate al momento del campionamento.

Per quanto riguarda le stazioni di rete regionale, tutti i dati riportati nelle tabelle e nei grafici del presente elaborato sono ottenuti da serie che rispettano gli obiettivi di qualità ai sensi del D.Lgs. 155/2010 e s.m.i.

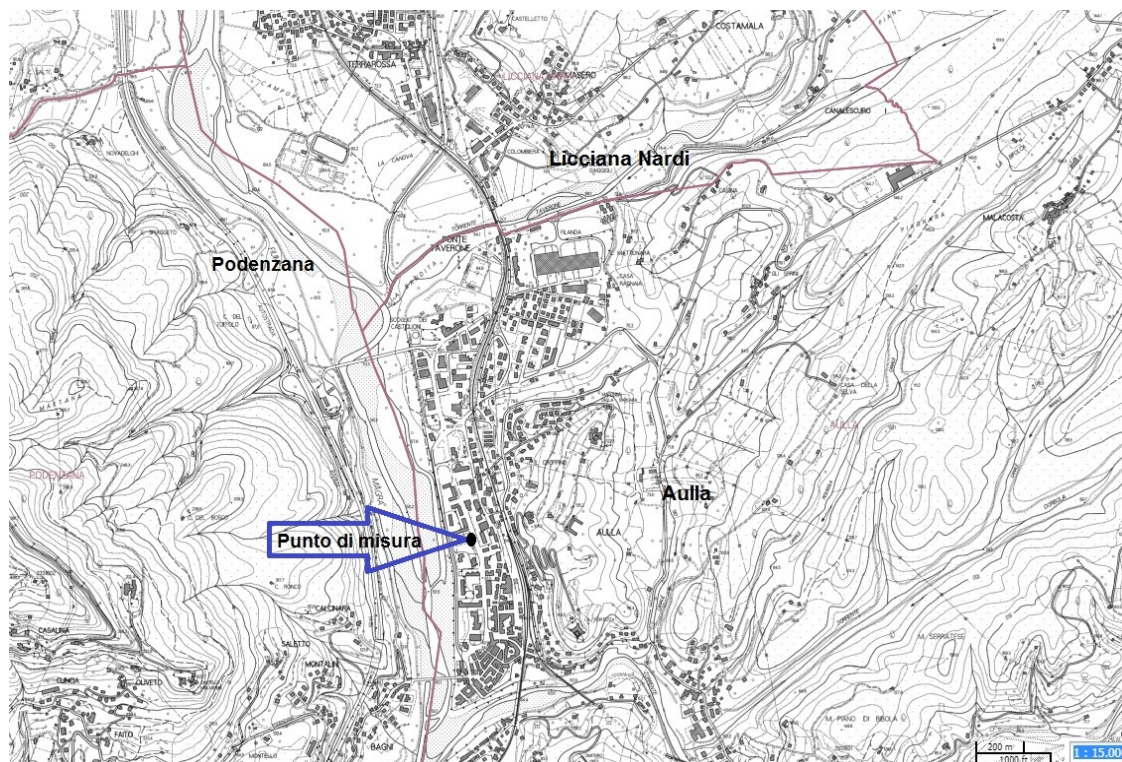
2 Campagna di Aulla

2.1 Aulla – Sito di misura

Il territorio comunale di Aulla si trova in Lunigiana, a pochi chilometri dal confine con la Liguria e fa parte della Zona omogenea “Collinare e Montana”, secondo le DGRT 964/2015. Il paese si trova in una posizione strategica alla confluenza del torrente Aulella nel fiume Magra, dove la vallata si restringe notevolmente, ricompresa entro le colline circostanti. Per questi motivi essa è un naturale crocevia tra le vie di comunicazione che conducono ai passi della Cisa e del Cerreto e concentra in poco spazio il transito di un'autostrada (la A15 Parma-La Spezia), due strade statali (la SS62 del Passo della Cisa e la SS63 del valico del Cerreto) e due linee ferroviarie, la Parma - La Spezia e la Aulla – Lucca. Ha circa 11000 abitanti; il suo territorio comunale si trova tra le quote di 60 e 665 m sul livello del mare circa. Si trova a circa 24 km in direzione Nord-Ovest dal capoluogo di provincia (Massa) e a circa 14 km in direzione Nord-Est da La Spezia. Confina con Podenzana, Fivizzano, Fossdinovo, Lucciana Nardi all'interno della propria provincia e, per quanto riguarda la provincia della Spezia, con i comuni di Bolano, Santo Stefano di Magra e Sarzana.

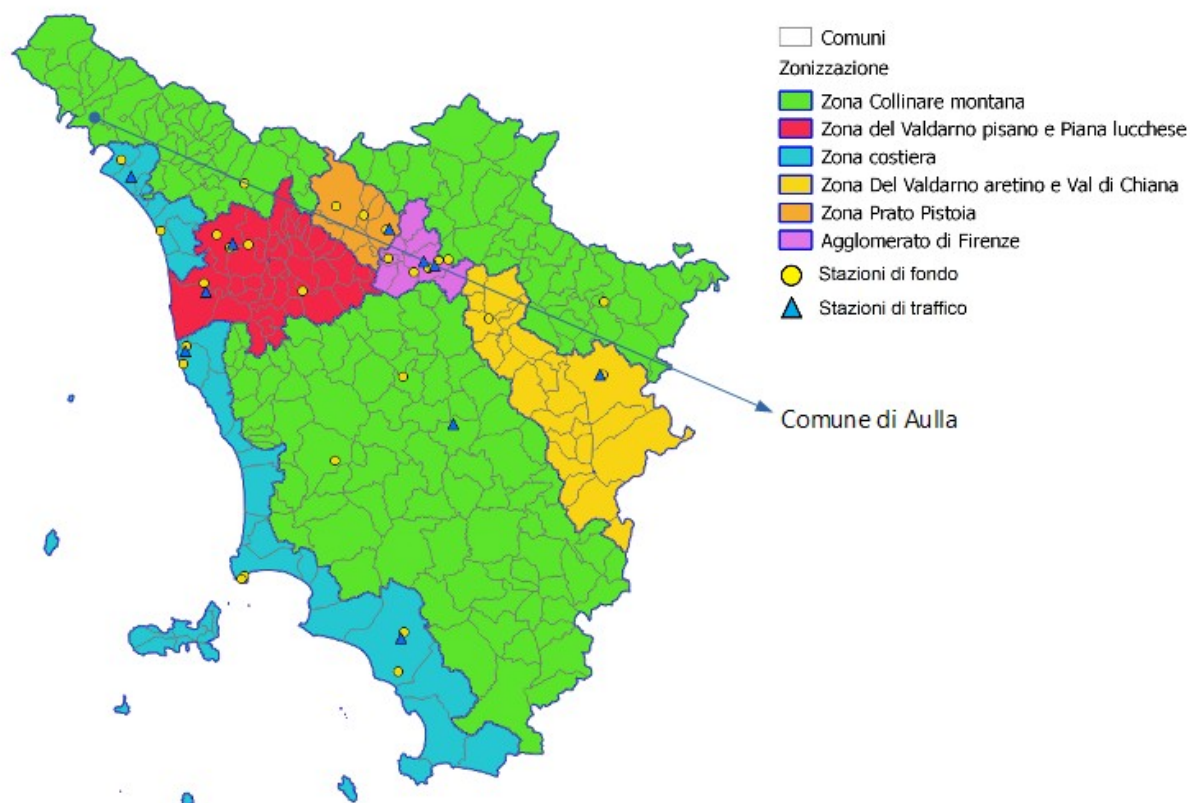
Il sito in cui è stata condotta l'indagine indicativa annuale di qualità dell'aria è posto nel centro cittadino di Aulla, all'interno del Parco La Camilla, un'area aperta a circa 60 m s.l.m., in posizione intermedia tra gli assi viari Viale Lunigiana (SP14) e Viale della Resistenza, che corrono con buona approssimazione in direzione nord-sud. A est del sito di misura, va citata la Strada statale della Cisa (SS62) che si sviluppa grosso modo parallelamente ai due assi citati, figura 2.1, le coordinate Gauss – Boaga del punto di misura sono: Nord 4895937; Est 1577327, quota circa 60m s.l.m.; in base all'Allegato 3 del D.Lgs. 155/2010, il sito può essere classificato come postazione di misura urbana-fondo (UF).

Figura 2.1 Collocazione del mezzo mobile CJ845CC nel sito di Parco la Camilla, Aulla



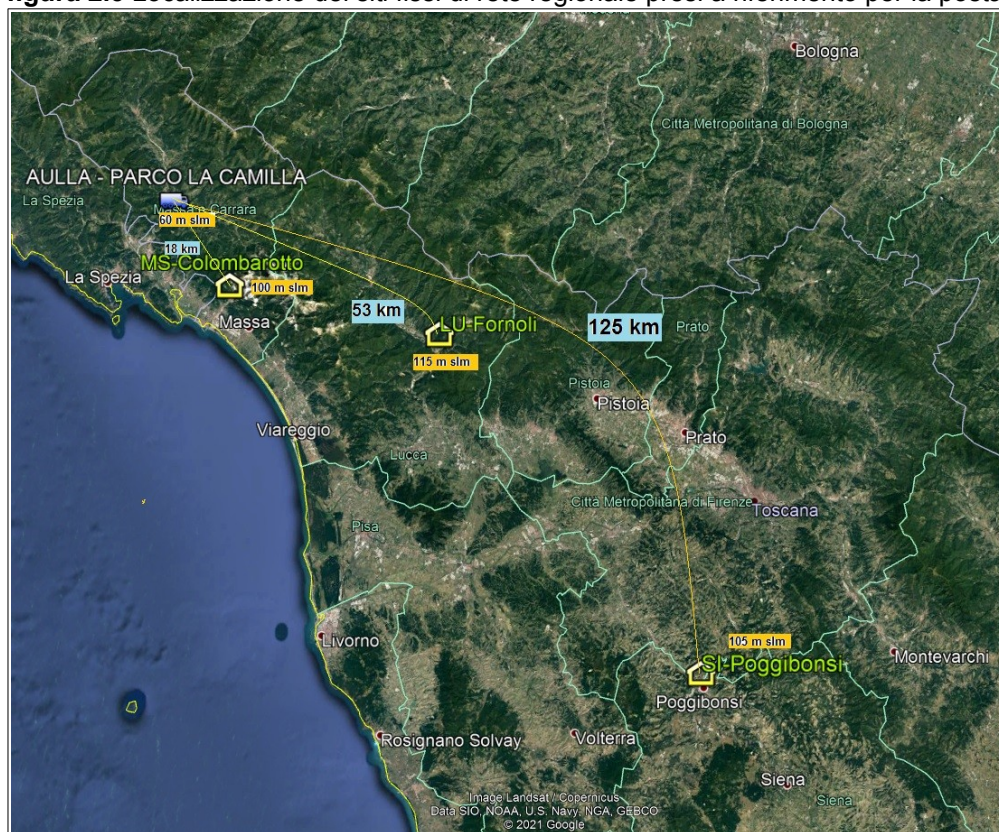
Secondo la zonizzazione del territorio regionale definita dalla DGRT n. 964/2015 *“Nuova zonizzazione e classificazione del territorio regionale, nuova struttura della rete regionale di rilevamento della qualità dell'aria e adozione del programma di valutazione ai sensi della L.R. 9/2010 e del D.Lgs 155/2010”*, il comune di Aulla è inserito nella zona collinare e montana figura 2.2.

Figura 2.2 Zonizzazione del territorio toscano per gli inquinanti di cui all'allegato V del D.Lgs. 155/2010



Pertanto per quanto riguarda i confronti degli indicatori di qualità dell'aria ottenuti dalla campagna sono stati presi in considerazione due siti di misura fissi del tipo UF appartenenti alla rete regionale della Zona Collinare e Montana: LU-Fornoli (Bagni di Lucca) e SI-Poggibonsi (Poggibonsi); nonché il sito fisso regionale UF geograficamente più vicino, vale a dire MS-Colombarotto, ubicato nel comune di Carrara, figura 2.3.

figura 2.3 Localizzazione dei siti fissi di rete regionale presi a riferimento per la postazione di Aulla.



2.2 Aulla - Calendario delle sessioni di monitoraggio e copertura temporale

La campagna di monitoraggio effettuata nel comune di Aulla si è sviluppata nel corso del 2020, in quattro periodi distinti, in modo da permettere una distribuzione omogenea delle misure nelle quattro stagioni meteorologiche, con una percentuale di copertura e una distribuzione delle misure conforme agli obiettivi di qualità previsti dal D.Lgs 155/2010 per le misurazioni indicative al fine del calcolo di indicatori².

Tabella 2.1 Aulla, periodi di campionamento e copertura stagionale

INVERNO	INQUINANTE	PERIODO	n° giorni	raccolta dati grezza
	NO ₂	04/02 – 02/03	28	95%
	PM10 / PM2,5	04 – 23/02	20	95%
PRIMAVERA	INQUINANTE	PERIODO	n° giorni	raccolta dati grezza
	NO ₂	18/05 – 15/06	29	93%
	PM10 / PM2,5	16/05 – 03/06	19	100%
ESTATE	INQUINANTE	PERIODO	n° giorni	raccolta dati grezza
	NO ₂	14 - 31/07 + 07 – 18/08	30	94%
	PM10 / PM2,5	16/07 – 03/08	19	100%
AUTUNNO	INQUINANTE	PERIODO	n° giorni	raccolta dati grezza
	NO ₂	31/10 – 24/11	25	96%
	PM10 / PM2,5	31/10 – 18/11	19	100%
ANNO 2020	INQUINANTE	n° giorni totali	periodo di copertura	raccolta dati globale
	NO ₂	112	31%	94%
	PM10 / PM2,5	77	21%	99%

² Periodo minimo di copertura richiesto 14%

2.3 Aulla - Calcolo degli indicatori e analisi dei dati

Di seguito sono illustrati i risultati ottenuti per i singoli inquinanti monitorati e la valutazione di conformità ai limiti previsti dalla norma. Per la valutazione di conformità oltre al confronto diretto con i limiti di riferimento, gli indicatori ottenuti dalla campagna sono stati confrontati anche con gli stessi indicatori ottenuti dal monitoraggio effettuato con le stazioni di rete regionale, in particolare con una selezione di stazioni a cui il sito di Aulla può far riferimento, sia per vicinanza che per tipologia di zona monitorata. Nel dettaglio sono state scelte le tre stazioni regionali di SI-Poggibonsi, LU-Fornoli, appartenenti alla zona collinare e montana in cui rientra anche il territorio di Aulla e MS-colombarotto che è la stazione di rete regionale più vicina al sito di Aulla, tutte di tipo urbana-fondo come il sito scelto per il monitoraggio, tabella 2.2.

Tabella 2.2 Stazioni di rete regionale utilizzate per l'analisi dei dati ottenuti dalla campagna di Aulla.

Sito di misura	Tipologia sito di misura	Comune di appartenenza	Popolazione	Zona omogenea classificazione	Distanza in linea d'aria da Aulla	Altitudine sito (s.l.m.)
Parco "La Camilla"	Urbano – fondo	Aulla (MS)	11000	Collinare e montana		60 m
SI-Poggibonsi		Poggibonsi (SI)	29000	Collinare e montana	125 km	105 m
LU-Fornoli		Bagni di Lucca (LU)	5700	Collinare e montana	53 km	115 m
MS-Colombarotto		Carrara (MS)	61000	Zona costiera	18 km	100 m

Per il confronto degli indicatori ricavati dalla campagna con quelli ottenuti dal monitoraggio con le stazioni di rete regionali sono stati presi in esame per le stazioni fisse sia gli indicatori calcolati su base annuale sia considerando anche per le stazioni fisse gli indicatori calcolati utilizzando esclusivamente i giorni di misura della campagna, in modo da valutare eventuali effetti dovuti ai differenti periodi di mediazione.

2.3.1 Aulla - Biossido di azoto NO₂

Tabella 2.3 NO₂ – Aulla, indicatori ottenuti dalla campagna indicativa e confronto con le stazioni di rete regionale

PERIODI DI CAMPAGNA MM AULLA	MM Aulla	SI-Poggibonsi	LU-Fornoli	MS-Colombarotto
VALORE MEDIO (µg/m ³)	12	14	10	12
VALORE MASSIMO (µg/m ³)	56	65	43	54
NUMERO DI SUPERAMENTI VL=200 µg/m ³	0	0	0	0
VALORE MEDIO INVERNO (µg/m ³)	19	22	16	18
VALORE MEDIO PRIMAVERA (µg/m ³)	6	8	5	7
VALORE MEDIO ESTATE (µg/m ³)	9	9	6	8
VALORE MEDIO AUTUNNO (µg/m ³)	14	17	13	16

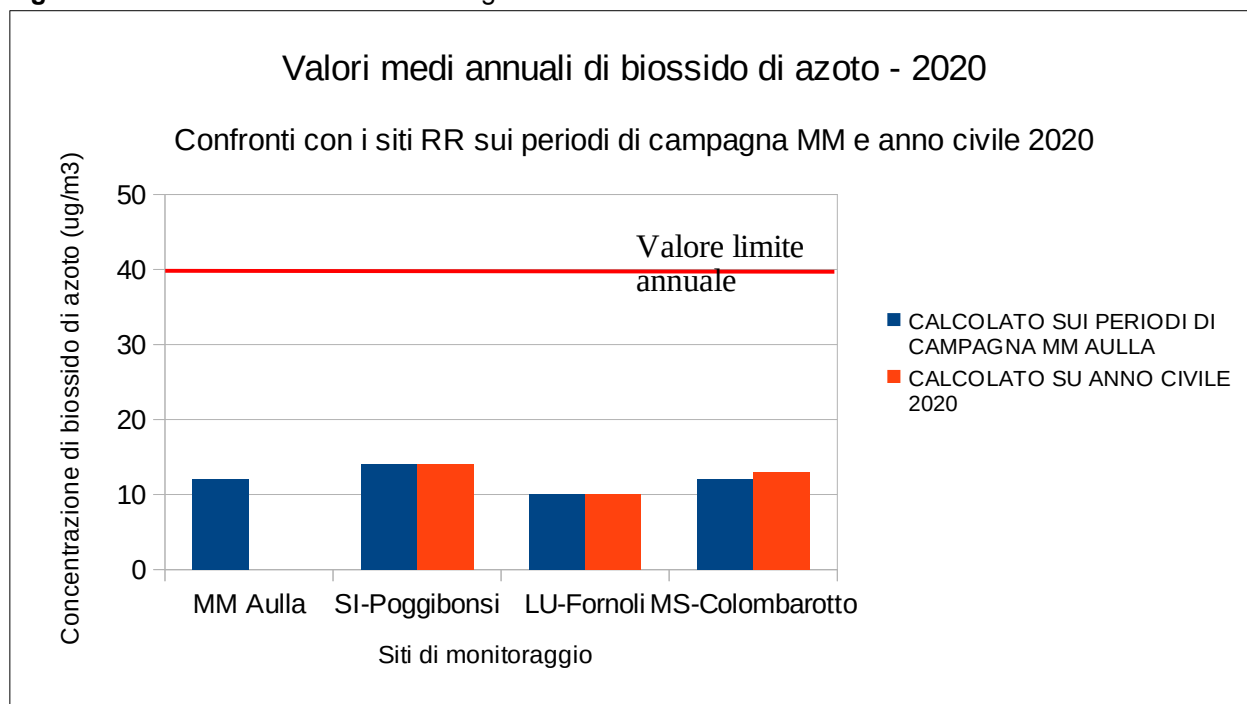
ANNO CIVILE 2020	SI-Poggibonsi	LU-Fornoli	MS-Colombarotto
VALORE MEDIO (µg/m ³)	14	10	13
VALORE MASSIMO (µg/m ³)	75	55	78
NUMERO DI SUPERAMENTI VL=200 µg/m ³	0	0	0
VALORE MEDIO CALCOLATO SULL'INVERNO 2020 (µg/m ³)	23	17	21
VALORE MEDIO CALCOLATO SULLA PRIMAVERA 2020 (µg/m ³)	10	8	10
VALORE MEDIO CALCOLATO SULL'ESTATE 2020 (µg/m ³)	8	6	8
VALORE MEDIO CALCOLATO SULL'AUTUNNO 2020 (µg/m ³)	15	11	13

Tutti gli indicatori del biossido di azoto (NO₂) ottenuti dalla campagna di misurazioni ad Aulla rispettano i valori limite di legge. Ciò vale anche per i siti di riferimento presi a confronto, sia per i periodi di campagna, sia per l'anno civile 2020.

Gli indicatori globali calcolati a partire dalle misurazioni della campagna indicativa svolta ad Aulla sono decisamente in linea con quanto rilevato nei siti fissi presi a riferimento, sia sui periodi della campagna mobile stessa, sia sull'anno civile 2020 (per i siti fissi).

Gli indicatori stagionali, calcolati sia sui periodi di misurazioni di Aulla, sia riferiti alle stagioni sul 2020 (per i siti fissi), sono in linea soprattutto per quanto riguarda la primavera, l'estate e anche l'autunno. Sussiste maggiore variabilità dei valori medi in inverno, sia per quanto attiene ai periodi stagionali che all'intero anno 2020. In questo ambito, si nota che Aulla si posiziona su una fascia medio-bassa, in riferimento ai siti fissi regionali. Poggibonsi mostra normalmente gli indicatori più alti. L'indicatore annuale più basso, sia sui periodi di campagna che sull'anno 2020, è attribuibile a LU-Fornoli.

Figura 2.4 NO₂ – Grafico annuale – istogramma valori medi annuali – confronto con siti fissi di riferimento



2.3.2 Aulla - Materiale particolato PM₁₀

Tabella 2.4 PM10 – Aulla, indicatori ottenuti dalla campagna indicativa e confronto con le stazioni di rete regionale

CALCOLO SUI PERIODI DI CAMPAGNA MM AULLA	MM Aulla	SI-Poggibonsi	LU-Fornoli	MS-Colombarotto
VALORE MEDIO ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	20	18	21	19
VALORE MASSIMO ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	41	43	38	40
90,4° PERCENTILE ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	31	26	33	28
NUMERO DI SUPERAMENTI VL=50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	0	0	0	0
VALORE MEDIO CALCOLATO SU INVERNO CAMPAGNA MM AULLA ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	26	21	26	21
VALORE MEDIO CALCOLATO SU PRIMAVERA CAMPAGNA MM AULLA ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	13	12	14	14
VALORE MEDIO CALCOLATO SU ESTATE CAMPAGNA MM AULLA ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	16	17	15	16
VALORE MEDIO CALCOLATO SU AUTUNNO CAMPAGNA MM AULLA ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	26	22	30	24

CALCOLO SU ANNO CIVILE 2020	SI-Poggibonsi	LU-Fornoli	MS-Colombarotto
VALORE MEDIO ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	18	22	19
VALORE MASSIMO ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	103	98	72
90,4° PERCENTILE ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	30	37	31
NUMERO DI SUPERAMENTI VL=50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	0	11	1
VALORE MEDIO CALCOLATO SULL'INVERNO 2020 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	23	33	22
VALORE MEDIO CALCOLATO SULLA PRIMAVERA 2020 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	16	19	18
VALORE MEDIO CALCOLATO SULL'ESTATE 2020 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	15	13	16
VALORE MEDIO CALCOLATO SULL'AUTUNNO 2020 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	18	22	19

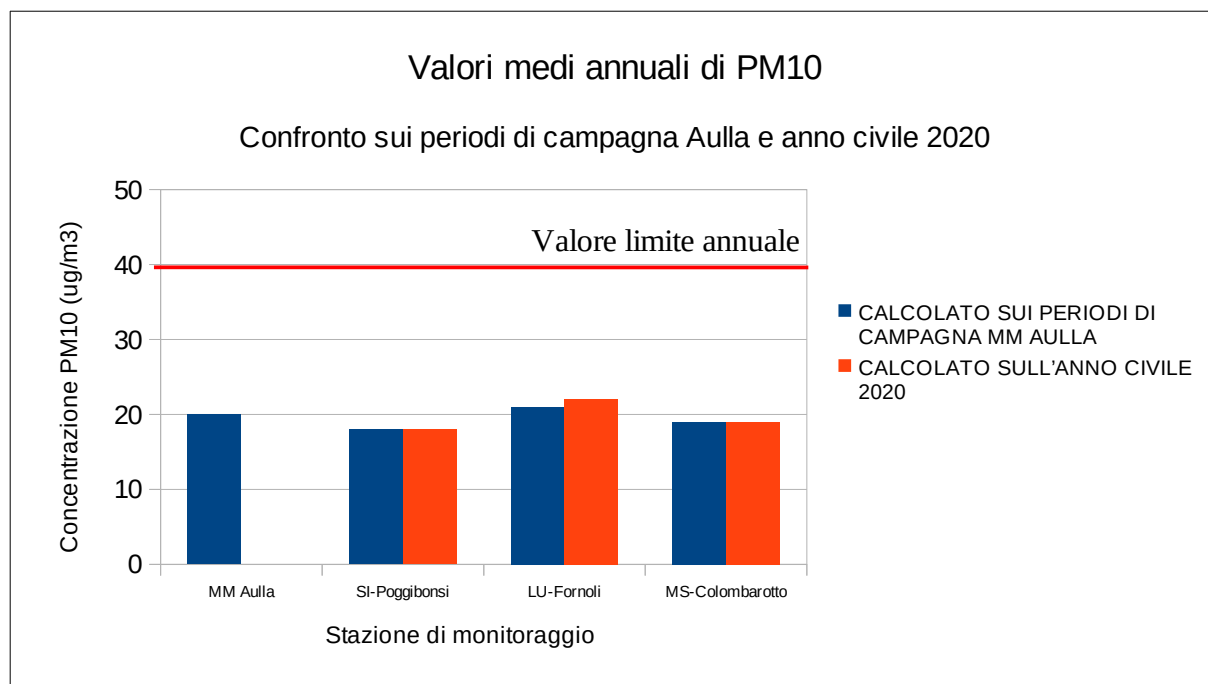
NOTA: nel computo del N° superamenti non sono conteggiati i giorni in corrispondenza delle avvezioni di polveri desertiche di fine marzo 2020 (Caucaso e Sahara).

Tutti gli indicatori del PM10 ottenuti dalla campagna di misurazioni ad Aulla rispettano i valori limite di legge. Ciò vale anche per i siti di riferimento presi a confronto, sia per i periodi di campagna, sia per l'anno civile 2020.

Gli indicatori globali calcolati a partire dalle misurazioni della campagna indicativa svolta ad Aulla sono decisamente in linea con quanto rilevato nei siti fissi presi a riferimento, sia sui periodi della campagna mobile stessa, sia sull'anno civile 2020 (per i siti fissi).

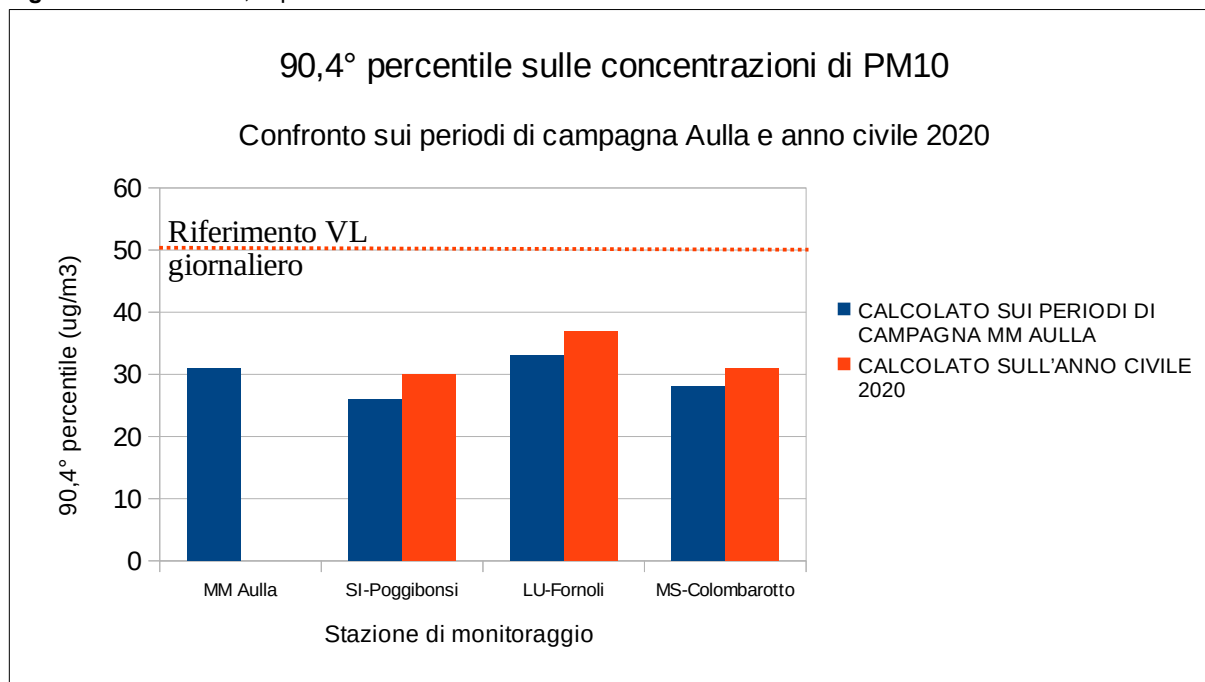
Gli indicatori stagionali, calcolati sia sui periodi di misurazioni di Aulla, sia riferiti alle stagioni sul 2020 (per i siti fissi), sono in linea su tutti i periodi soprattutto per quanto riguarda la primavera e l'estate. Sussiste maggiore variabilità dei valori medi sulle stagioni invernali e autunnali, sia riferite ai periodi di campagna mobile che sull'anno. In queste ultime due stagioni Aulla è maggiormente riconducibile al sito fisso di LU-Fornoli.

Figura 2.5 PM10 – Grafico annuale – istogramma valori medi annuali – confronto con siti fissi di riferimento



Per quanto riguarda il 90,4° percentile, che viene regolarmente confrontato con il VL giornaliero di PM10 (pari a 50 µg/m³), va fatta una considerazione anche alla luce di quello che è stato ottenuto calcolando questo indicatore sull'anno civile 2020 per le stazioni fisse prese a riferimento. Tale indicatore per la campagna indicativa di Aulla si assesta su un valore di 31 µg/m³. Per quanto riguarda i siti fissi tale indice assume un valore leggermente più elevato se considerato sull'anno civile intero: SI-Poggibonsi fa registrare un valore relativo al 90,4° percentile pari a 26 µg/m³ se calcolato sui periodi della campagna di Aulla, 30 µg/m³ se calcolato sull'anno 2020. LU-Fornoli mostra un un valore relativo al 90,4° percentile di 33 µg/m³ sui periodi di Aulla, di 37 µg/m³ sull'anno civile 2020. MS-Colombarotto ha un un valore relativo al 90,4° percentile di 28 µg/m³ sui periodi di campagna indicativa e di 31 µg/m³ sull'anno 2020. Il limite superiore per le stazioni qui considerate, compresa la campagna di Aulla, è costituito quindi da LU-Fornoli, sito che ha mostrato un indice 90,4° percentile pari a 37 µg/m³ sull'anno civile, il massimo valore sui siti considerati in questa indagine; contestualmente, sempre LU-Fornoli ha fatto registrare un numero di superamenti ampiamente inferiore di fatto ai 35 permessi dalla normativa vigente (sono 11 i superamenti per Fornoli nel 2020, al netto delle avvezioni di sabbia del deserto di fine marzo, si veda tabella 2.4). A fronte di un un valore relativo al 90,4° percentile di 30 µg/m³ per SI-Poggibonsi e 31 µg/m³ per MS-Colombarotto sull'anno civile, si riscontra appena 1 superamento per la prima, nessun superamento per la seconda (sempre al netto delle avvezioni di polveri desertiche di fine marzo 2020).

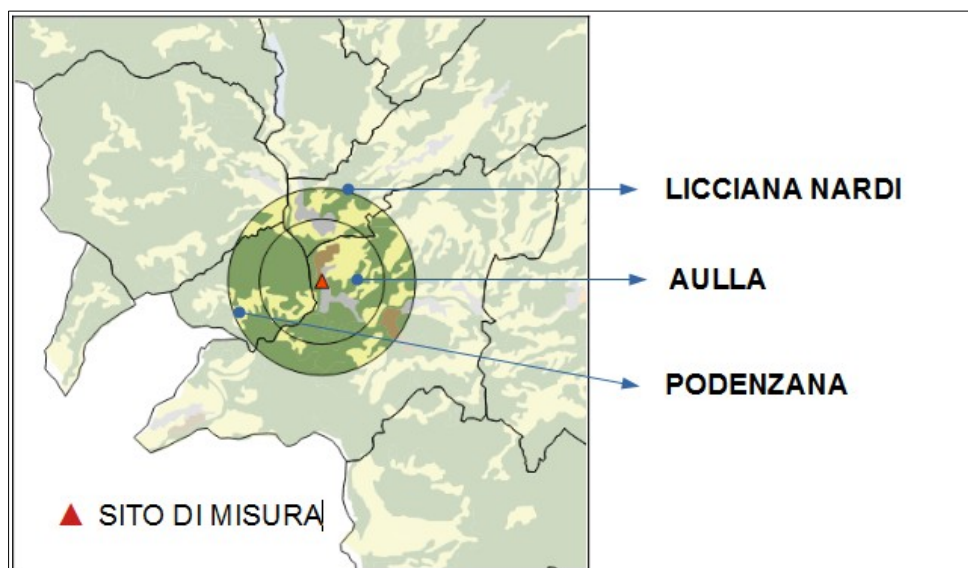
Figura 2.6 PM10 – 90,4° percentile – confronto con i valori dei siti fissi di riferimento



Si può quindi sostenere con ragionevole certezza che il sito di Aulla non è a rischio di superamento del VL dei 35 superamenti concessi per anno civile dalla normativa vigente, almeno per quanto riguarda le condizioni meteo-climatiche e il contesto di parziale restrizione alla mobilità caratterizzanti l'anno 2020.

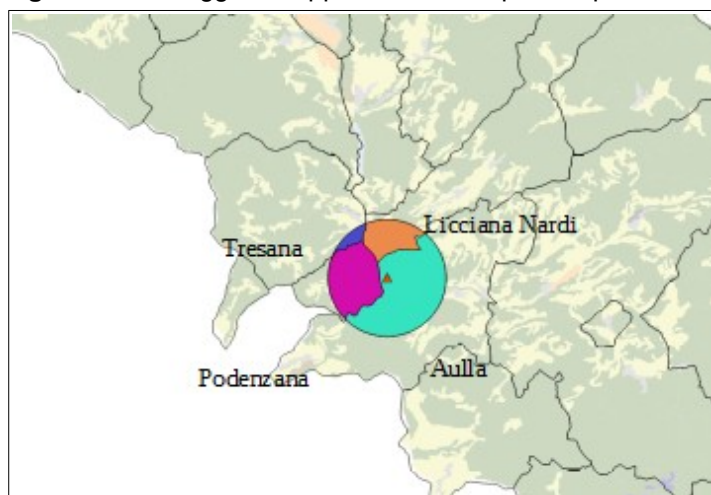
Considerando inoltre che la verifica del rispetto di tale limite era stata richiesta dalla DGRT 1182/2015 per la zona al confine tra i comuni di Licciana Nardi, Aulla e Podenzana è stato verificato il raggio di rappresentatività del sito stesso per il PM10 in fase di scelta del sito per effettuare le misure. Dall'applicazione del metodo dell'indice β è emerso che possiamo attribuire al sito scelto un raggio di rappresentatività di circa 3 Km e che pertanto le misure possono considerarsi rappresentative dell'area oggetto di verifica. Gli esiti delle misure e le considerazioni fatte sopra possono pertanto essere estese anche all'area di confine tra i tre comuni.

Figura 2.7 a. Raggio di rappresentatività spaziale per il PM10 del sito di Parco la Camilla di Aulla



Considerando il raggio di 3 km la rappresentatività il dato di PM10 si estende al 25% della superficie del comune di Aulla e ad aree con caratteristiche simili dei comuni limitrofi quali Podenzana, Lucciana Nardi e Tresana interessate dal buffer rispettivamente per il 45%, 7,8% e 2% della superficie comunale.

Figura 2.7 b. Raggio di rappresentatività spaziale per il PM10 del sito di Parco la Camilla di Aulla



2.3.3 Aulla - Materiale particolato PM_{2,5}

Tabella 2.5 PM_{2,5} – Aulla, tabella riassuntiva PM_{2,5} e frazione % percentuale PM_{2,5} / PM₁₀

CALCOLO SUI PERIODI DI CAMPAGNA MM AULLA	MM Aulla	SI-Poggibonsi
VALORE MEDIO (µg/m ³)	13	12
%PM _{2,5} /PM ₁₀	68%	63%
VALORE MASSIMO (µg/m ³)	30	33
VALORE MEDIO CALCOLATO SU INVERNO CAMPAGNA MM AULLA (µg/m ³)	17	13
VALORE MEDIO CALCOLATO SU PRIMAVERA CAMPAGNA MM AULLA (µg/m ³)	9	7
VALORE MEDIO CALCOLATO SU ESTATE CAMPAGNA MM AULLA (µg/m ³)	11	10
VALORE MEDIO CALCOLATO SU AUTUNNO CAMPAGNA MM AULLA (µg/m ³)	17	16
%PM_{2,5}/PM₁₀		
INVERNO	69%	64%
PRIMAVERA	68%	58%
ESTATE	68%	58%
AUTUNNO	67%	71%

CALCOLO SU ANNO CIVILE 2020	SI-Poggibonsi
VALORE MEDIO (µg/m ³)	12
%PM _{2,5} /PM ₁₀	64%
VALORE MASSIMO (µg/m ³)	39
VALORE MEDIO CALCOLATO SULL'INVERNO 2020 (µg/m ³)	17
VALORE MEDIO CALCOLATO SULLA PRIMAVERA 2020 (µg/m ³)	10
VALORE MEDIO CALCOLATO SULL'ESTATE 2020 (µg/m ³)	8
VALORE MEDIO CALCOLATO SULL'AUTUNNO 2020 (µg/m ³)	12
%PM_{2,5}/PM₁₀	
INVERNO	73%
PRIMAVERA	65%
ESTATE	55%
AUTUNNO	64%

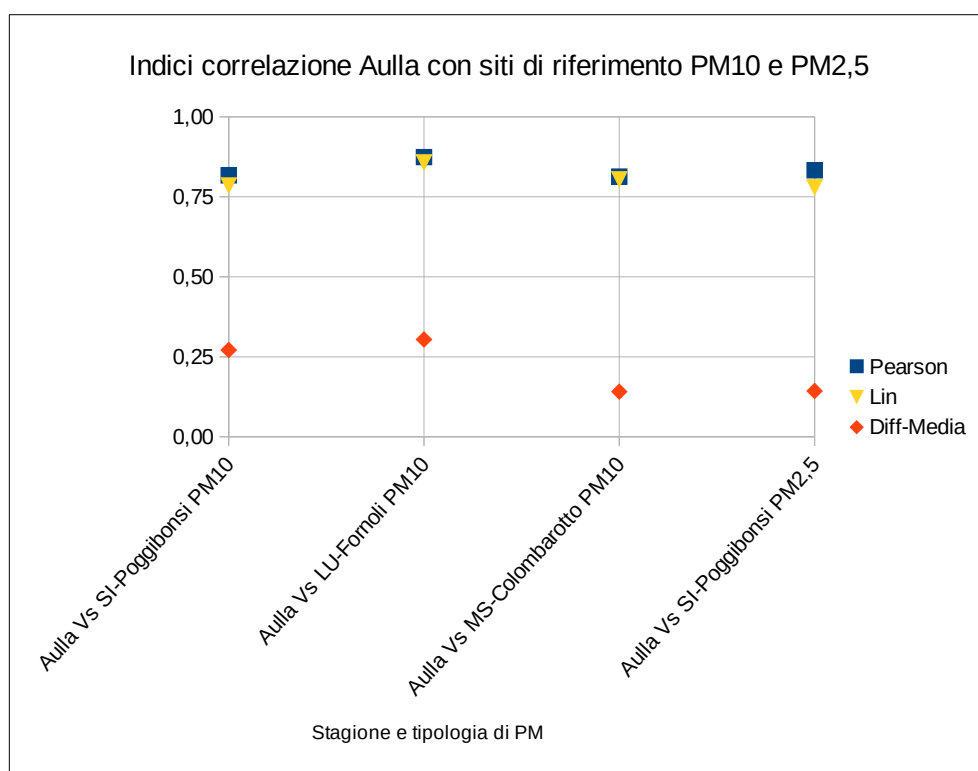
Anche per il PM_{2,5}, gli indicatori ottenuti dalla campagna di misurazione ad Aulla rispettano i valori limite di legge. Ciò vale anche per il sito fisso di SI-Poggibonsi, unico tra i siti presi a riferimento attrezzato per la misura del PM_{2,5}. Gli indicatori medi stagionali, calcolati sia sui periodi di misurazioni di Aulla, sia riferiti alle stagioni sul 2020 (per SI-Poggibonsi), sono in linea tra Aulla e Poggibonsi su tutti i periodi soprattutto per quanto riguarda primavera, estate ed autunno. Sussiste maggiore differenza tra valori medi sull'inverno, periodo in cui Aulla mostra valori leggermente superiori. Anche la frazione % PM_{2,5}/PM₁₀ stagionale ad Aulla si assesta su valori superiori, costanti per stagione, poco sotto il 70%. Questo è un fatto abbastanza nuovo per un sito urbano fondo, visto che normalmente si nota il consueto andamento stagionale, tipico delle stazioni di fondo, SI-Poggibonsi mostra valori leggermente più bassi e con l'atteso andamento stagionale più marcato (valori percentuali maggiori in inverno e autunno).

2.3.4 Statistiche e correlazione tra siti (PM10 e PM2,5)

Tabella 2.6 PM10 e PM2.5 – Aulla, coefficienti di correlazione con le stazioni regionali

	Pearson	Lin	Diff-Media
Aulla Vs SI-Poggibonsi PM10	0,82	0,79	0,27
Aulla Vs LU-Fornoli PM10	0,87	0,86	0,30
Aulla Vs MS-Colombarotto PM10	0,81	0,80	0,14
Aulla Vs SI-Poggibonsi PM2,5	0,83	0,78	0,14

Figura 2.8 PM10 e PM2.5 – Aulla, coefficienti di correlazione con le stazioni regionali



Procediamo ad una disamina di quanto riportato in tabella 2.6 e rappresentato graficamente in fig.2.8.

Facendo uno studio sulla correlazione tra gli insiemi di dati costituiti dalle concentrazioni di particolato atmosferico (PM10 e PM2,5) registrati nella postazione di Aulla e nei siti fissi di rete regionale presi a riferimento per il PM10 (Poggibonsi, Fornoli e Colombarotto) e per il PM2,5 (Poggibonsi), si possono ricavare le seguenti osservazioni molto utili per comparare il comportamento delle serie misurate nelle diverse postazioni:

1. il coefficiente di correlazione di Pearson mostra in tutti i casi una correlazione forte (in quanto maggiore di 0,75) tra gli insiemi di dati considerati, sia per PM10 che PM2,5;

2. anche il coefficiente di concordanza di Lin è elevato, anche se leggermente inferiore rispetto a Pearson. Si può quindi affermare che tutti i siti rappresentano contesti simili, come ci si attendeva, e hanno una più che buona riproducibilità. Ciò vale sia per PM10 che per PM2,5.
3. indice “differenza – media” rende informazioni su serie di dati che, pur essendo riproducibili e rappresentative del medesimo contesto, possono però avere diverse ampiezze di oscillazioni dei dati che contengono. Siccome esso restituisce una misura della correlazione tra differenza e media di ciascuna coppia di dati nell'insieme considerato, più tale coefficiente è alto, minore è l'affinità tra le ampiezze delle oscillazioni nei valori di ciascuna serie dati (ciò significa che media e differenza tendono a essere correlate). Quindi per avere similarità nelle oscillazioni mostrate dai valori misurati nei siti messi a confronto, si deve ottenere un indice quanto più possibile tendente a zero per ciascuna coppia di serie di dati. In quel caso, le serie di dati sono perfettamente in fase.

Quest'ultimo indice è molto condizionato dalla numerosità dei dati e quindi la valutazione di seguito riportata è sicuramente indicativa.

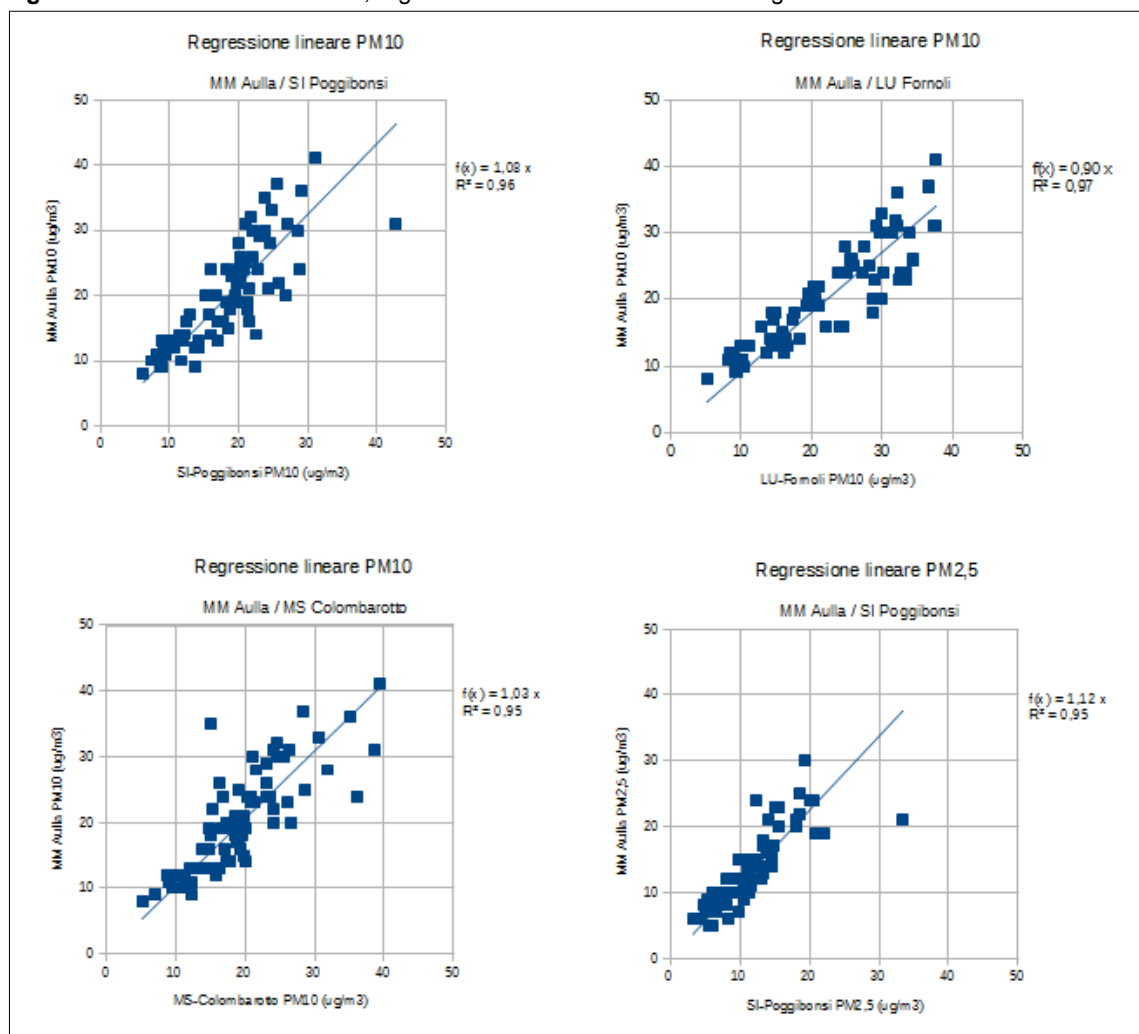
La valutazione dell'indice differenza-media restituisce un valore assai basso (pari a 0,14), quindi tendente ad una situazione ideale, se si raffrontano gli insiemi di dati PM10 misurati ad Aulla e a MS-Colombarotto e i valori di PM2,5 rilevati ad Aulla e a SI-Poggibonsi. Ciò equivale ad affermare che si ha un'affinità nell'oscillazione dei dati di PM10 misurati ad Aulla e a Colombarotto; il risultato risulta plausibile vista la vicinanza geografica dei due siti di misurazione. Lo stesso giudizio è ascrivibile alla serie di dati di PM2,5 misurati ad Aulla e messa in correlazione con quella di SI-Poggibonsi. Anche in questo ambito, nonostante la distanza geografica, l'andamento del PM2,5 nei due contesti sembra essere caratterizzato da oscillazioni simili e sostanzialmente in fase.

Per quanto riguarda i confronti statistici tra i dati di PM10 misurati ad Aulla e i siti di riferimento di Fornoli e Poggibonsi, rispettivamente, si nota un indice “differenza – media” che si attesta su 0,27 – 0,30; in questi due confronti (Aulla – Fornoli, Aulla – Poggibonsi), si può concludere che le oscillazioni delle ampiezze sono leggermente dissimili e non in fase. Anche in questi ultimi due confronti, comunque, i valori dell'indice “differenza – media” sono ben al di sotto di 0,5, valore che è considerato la soglia al di sopra della quale si parla di sfasamento tra oscillazioni delle misure di due siti messi in correlazione.

Dai grafici in fig. 2.7 è evidente inoltre un ottimo coefficiente di correlazione R^2 , per quanto riguarda tutti i confronti delle serie dei dati di PM10 e di PM2,5 (regressione lineare). R^2 sempre superiore o uguale a 0,95. Inoltre è da osservare che l'unico caso in cui la pendenza m della retta di regressione è inferiore a 1, è il caso di confronto di MM Aulla PM10 con i dati di PM10 di LU-Fornoli, in cui i dati PM10 di Aulla risultano mediamente inferiori di un 10% rispetto ai rispettivi dati PM10 misurati a Fornoli ($m = 0,90$).

Nei rimanenti casi, compresa regressione lineare PM2,5 con Poggibonsi, i coefficienti m delle rette di regressione calcolate sono leggermente superiori a 1 (dagli 1,03 del confronto con dati PM10 di MS-Colombarotto a $m = 1,12$ del confronto con i dati PM2,5 di SI-Poggibonsi; $m = 1,08$ nella regressione lineare dei dati PM10 del MM Aulla confrontati con i rispettivi dati registrati a Si-Poggibonsi). In questi rimanenti casi, ciò significa che mediamente i dati misurati ad Aulla sono leggermente preponderanti sulle rispettive misure negli altri siti presi a confronto da un minimo di un 3% a un massimo del 12%.

Figura 2.7 PM10 e PM2.5 – Aulla, regressione lineare con le stazioni regionali



2.4 Aulla - Dati e grafici

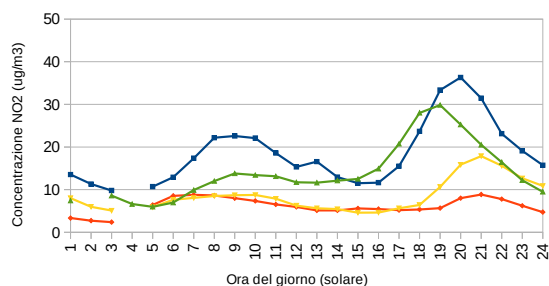
2.4.1 Biossido di Azoto NO₂

Di seguito i **grafici del giorno tipo per stagione** delle singole stazioni di riferimento.



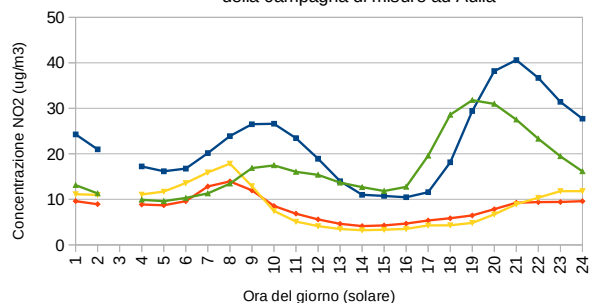
Giorno tipo NO₂ (biossido di azoto) Aulla

Confronto tra le stagioni della campagna di misure



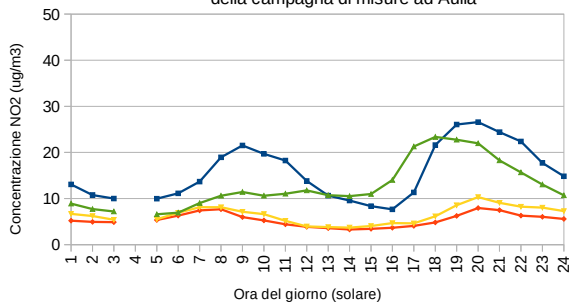
Giorno tipo NO₂ (biossido di azoto) SI-Poggibonsi

Confronto tra stagioni sugli stessi periodi della campagna di misure ad Aulla



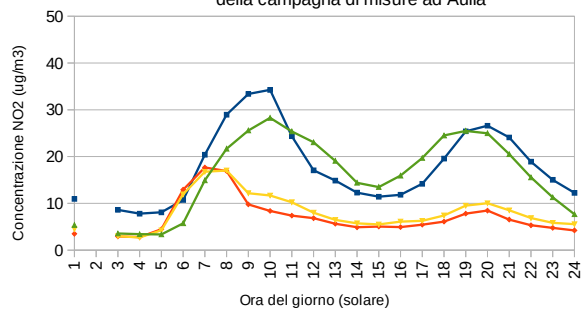
Giorno tipo NO₂ (biossido di azoto) LU-Fornoli

Confronto tra stagioni sugli stessi periodi della campagna di misure ad Aulla



Giorno tipo NO₂ (biossido di azoto) MS-Colombarotto

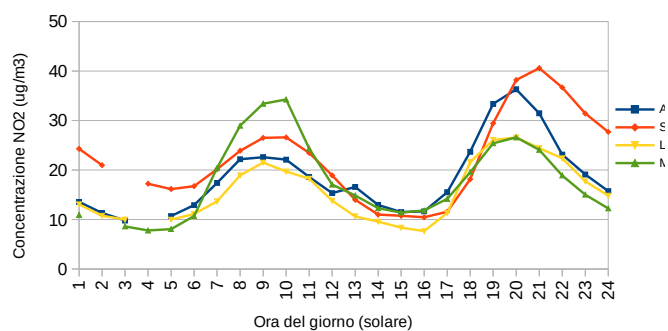
Confronto tra stagioni sugli stessi periodi della campagna di misure ad Aulla



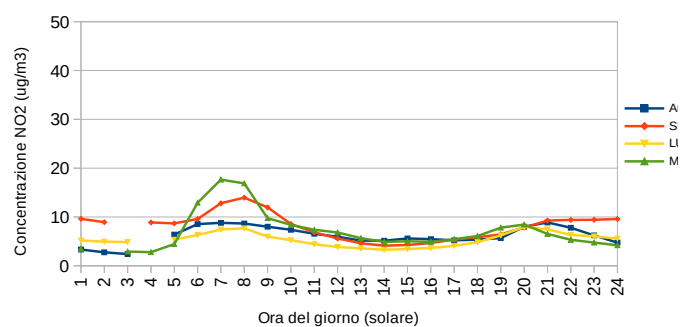
Di seguito i **grafici del giorno tipo per stagione e confronto tra i siti di riferimento.**

- Aulla
- ◆ SI-Poggibonsi
- ▼ LU-Fornoli
- ▲ MS-Colombarotto

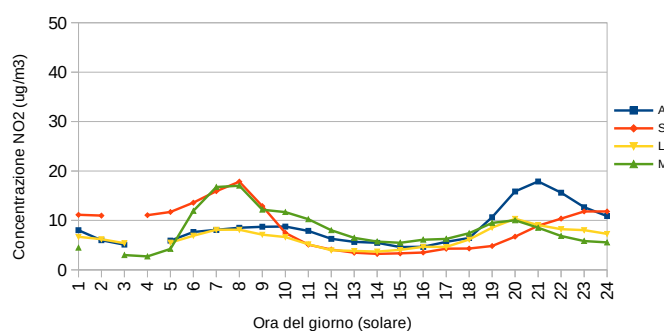
Giorno tipo NO₂ (biossido di azoto) INVERNO
Confronto tra Aulla e stazioni di riferimento sullo stesso periodo



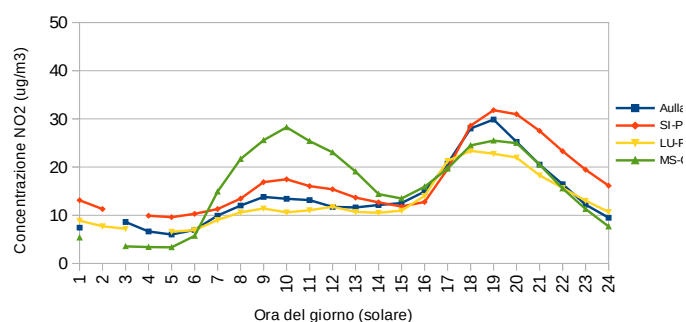
Giorno tipo NO₂ (biossido di azoto) PRIMAVERA
Confronto tra Aulla e stazioni di riferimento sullo stesso periodo



Giorno tipo NO₂ (biossido di azoto) ESTATE
Confronto tra Aulla e stazioni di riferimento sullo stesso periodo



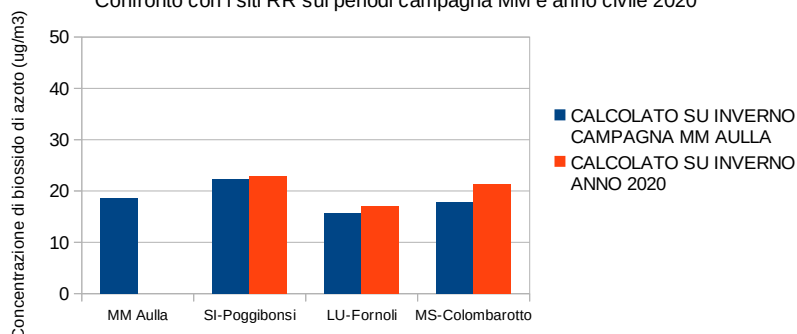
Giorno tipo NO₂ (biossido di azoto) AUTUNNO
Confronto tra Aulla e stazioni di riferimento sullo stesso periodo



Grafici stagionali, confronto con siti di riferimento

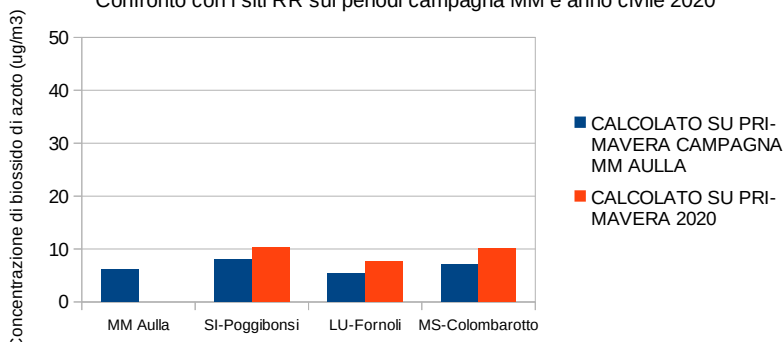
Valori medi stagionali INVERNO 2020 - biossido di azoto

Confronto con i siti RR sui periodi campagna MM e anno civile 2020



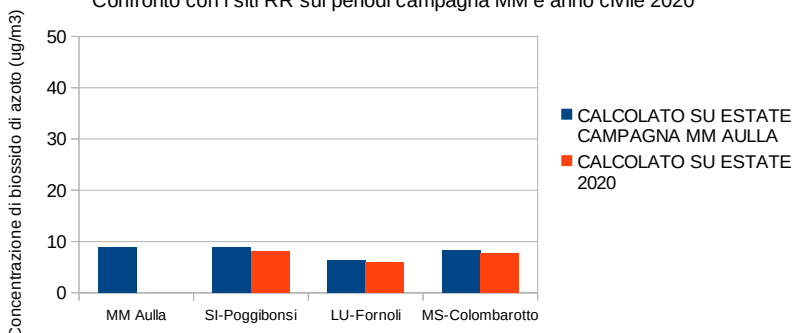
Valori medi stagionali PRIMAVERA 2020 - biossido di azoto

Confronto con i siti RR sui periodi campagna MM e anno civile 2020



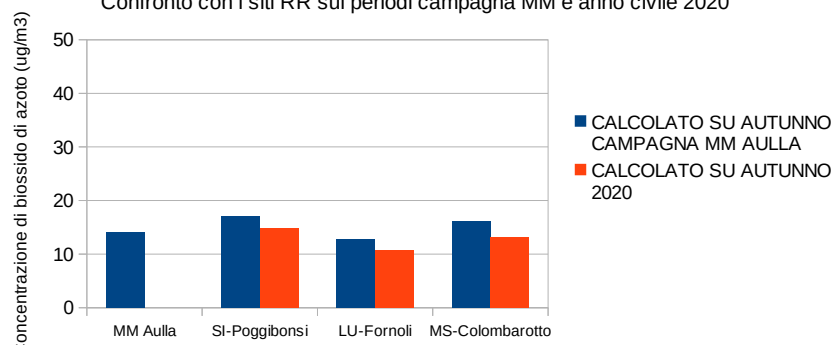
Valori medi stagionali ESTATE 2020 - biossido di azoto

Confronto con i siti RR sui periodi campagna MM e anno civile 2020



Valori medi stagionali AUTUNNO 2020 - biossido di azoto

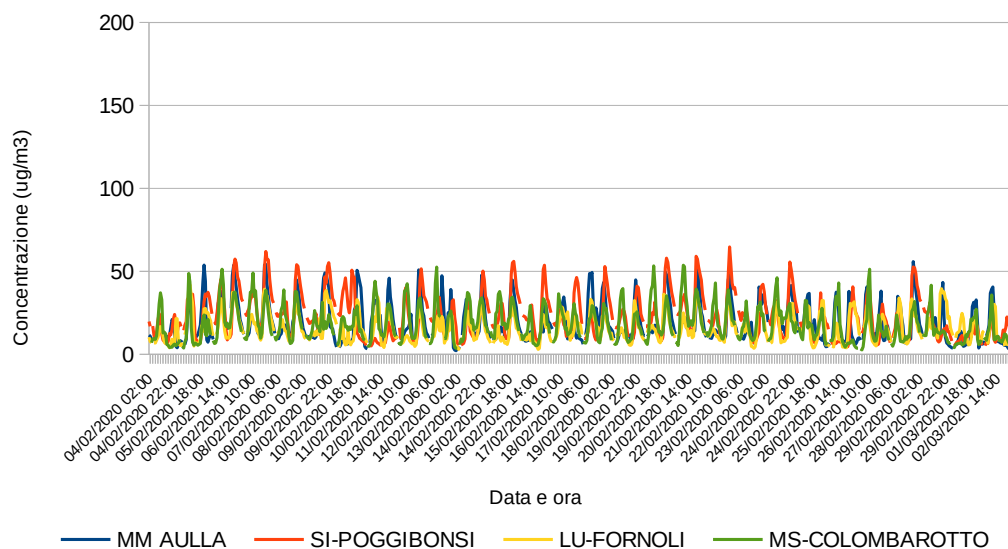
Confronto con i siti RR sui periodi campagna MM e anno civile 2020



Grafici stagionali dei valori medi orari per stagione e confronto con siti di riferimento

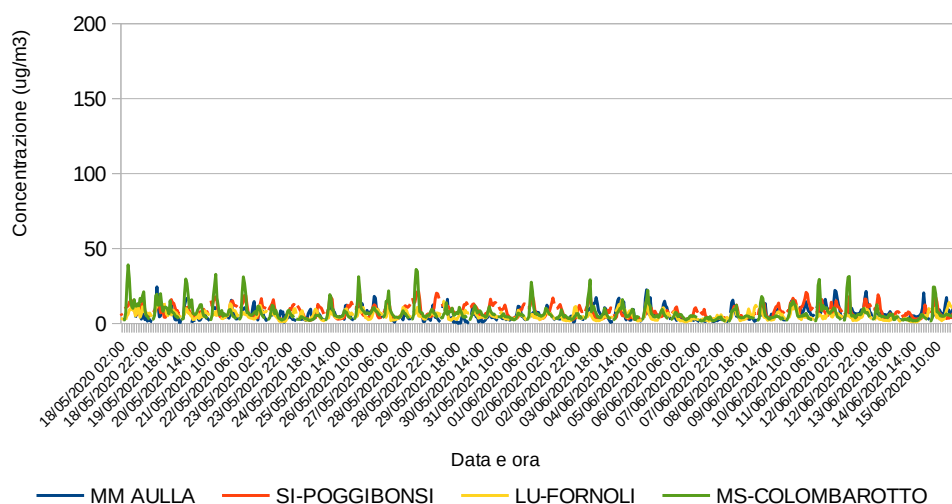
Andamento dei valori medi orari di biossido di azoto - INVERNO

Confronto con i siti di interesse dal 4 febbraio al 2 marzo 2020



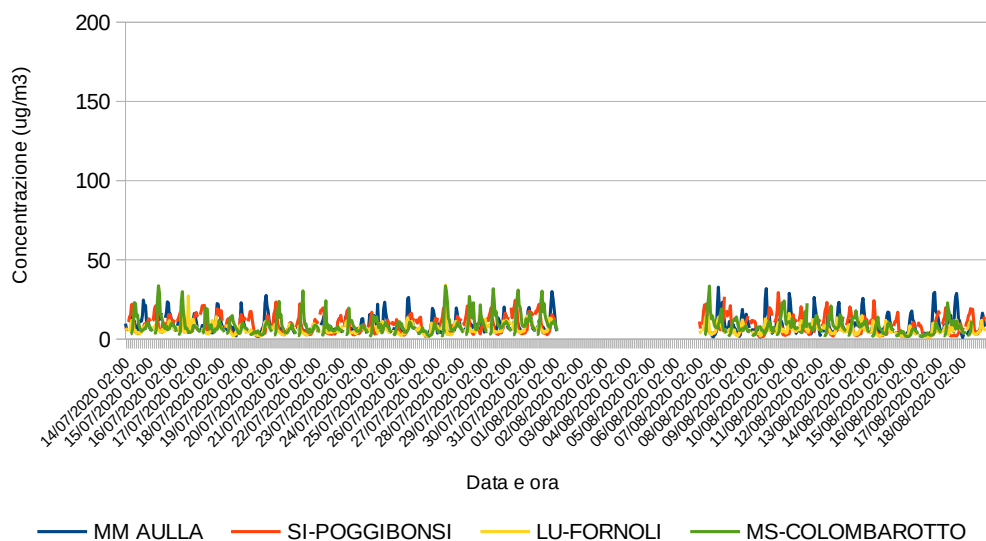
Andamento dei valori medi orari di biossido di azoto - PRIMAVERA

Confronto con i siti di interesse dal 18 maggio al 14 giugno 2020



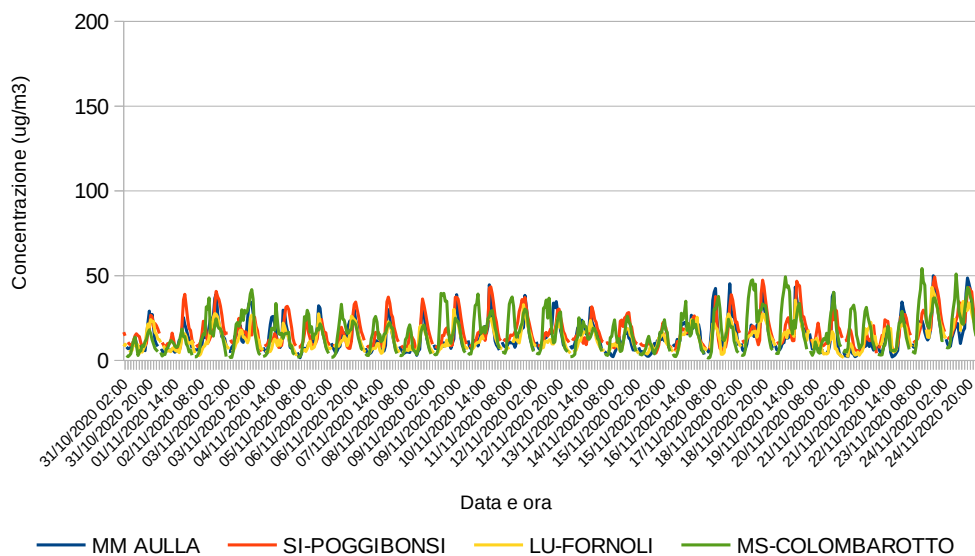
Andamento dei valori medi orari di biossido di azoto - ESTATE

Confronto con i siti di interesse dal 14 al 31 luglio e dal 7 al 18 agosto 2020



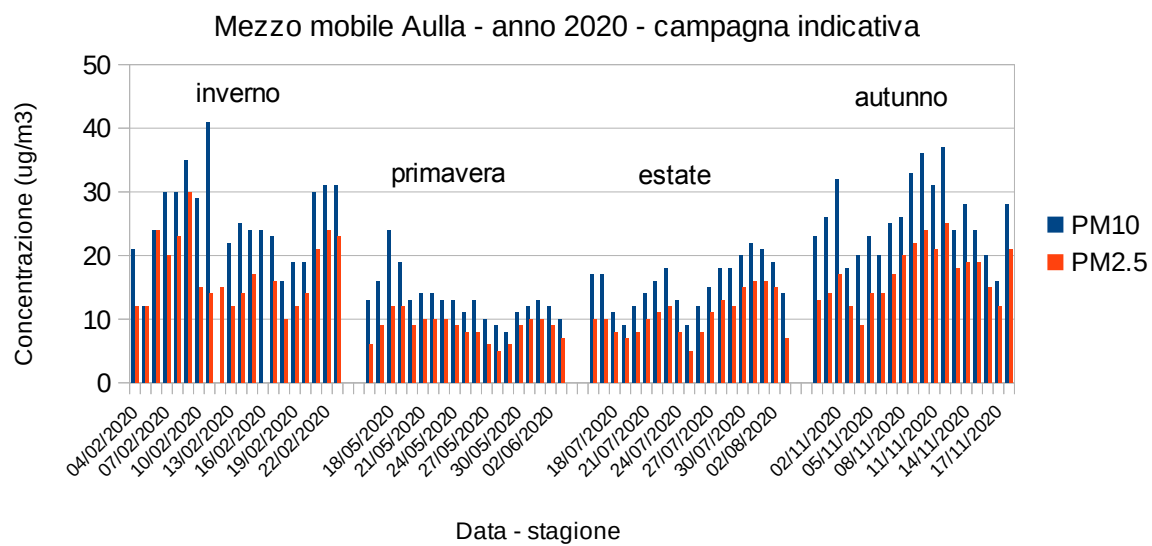
Andamento dei valori medi orari di biossido di azoto - AUTUNNO

Confronto con i siti di interesse dal 31 ottobre al 24 novembre 2020



2.4.2 Materiale particolato PM₁₀ e PM_{2.5}

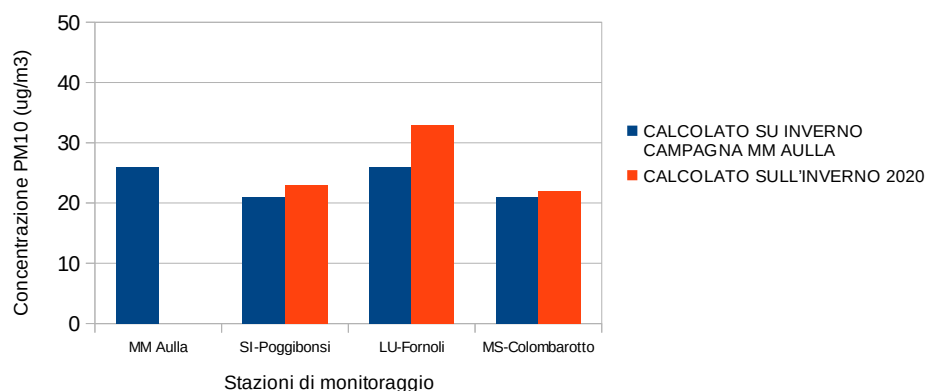
Andamento dei valori medi giornalieri di PM₁₀ e PM_{2.5}



Grafici stagionali dei valori medi stagionali e confronto con i siti di riferimento

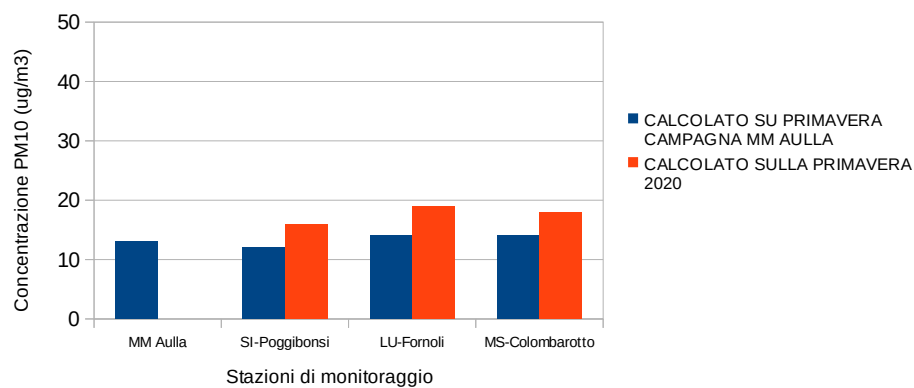
Valori medi stagionali di PM10 - INVERNO

Confronti sui periodi di campagna Aulla e anno civile 2020



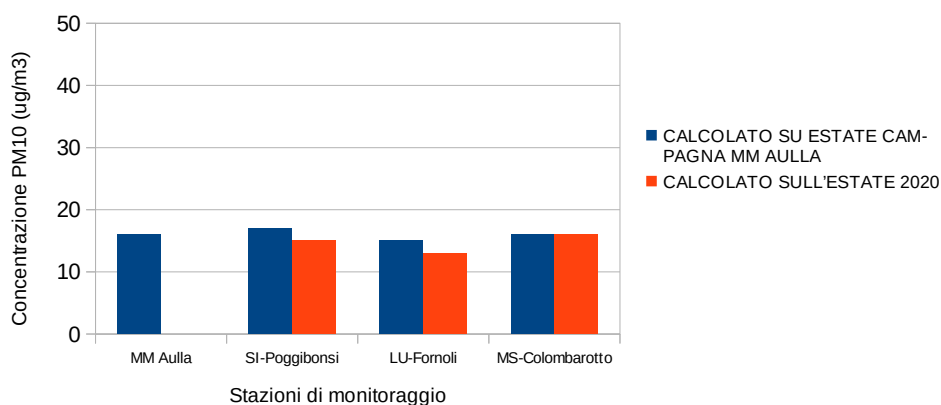
Valori medi stagionali di PM10 - PRIMAVERA

Confronti sui periodi di campagna Aulla e anno civile 2020



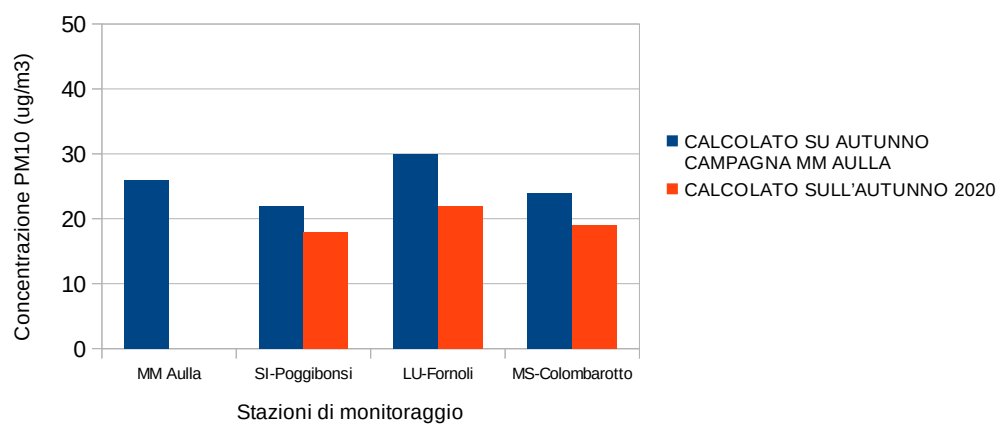
Valori medi stagionali di PM10 - ESTATE

Confronti sui periodi di campagna Aulla e anno civile 2020



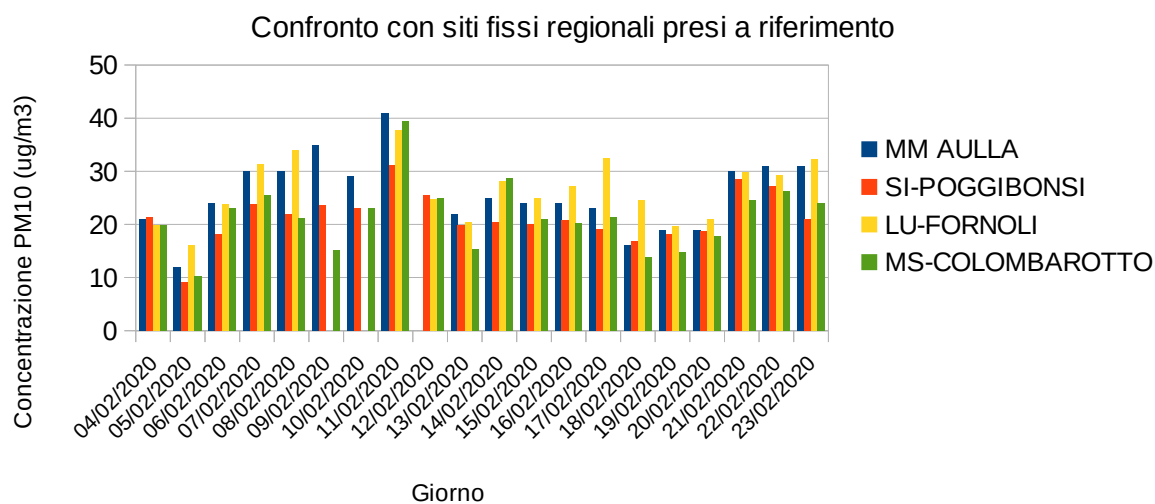
Valori medi stagionali di PM10 - AUTUNNO

Confronti sui periodi di campagna Aulla e anno civile 2020

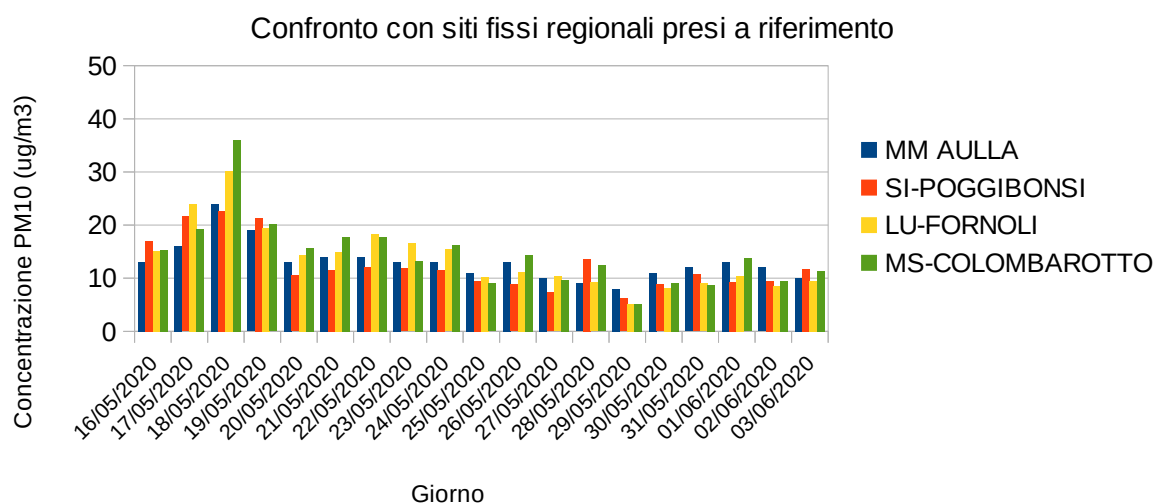


Grafici stagionali giornalieri: confronto con i siti fissi di riferimento

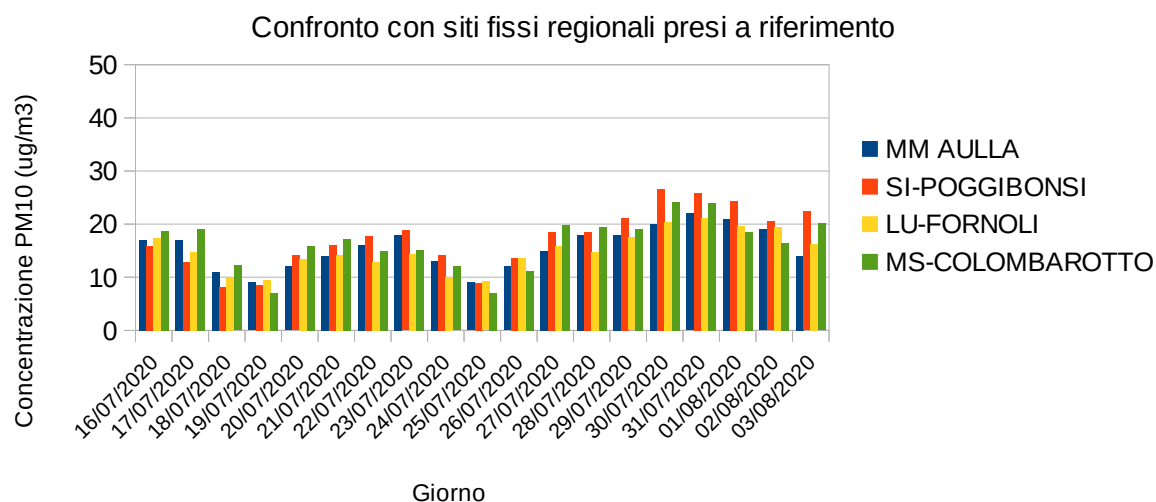
Andamento dei valori medi PM10 - stagione INVERNO periodi di campagna MM AULLA



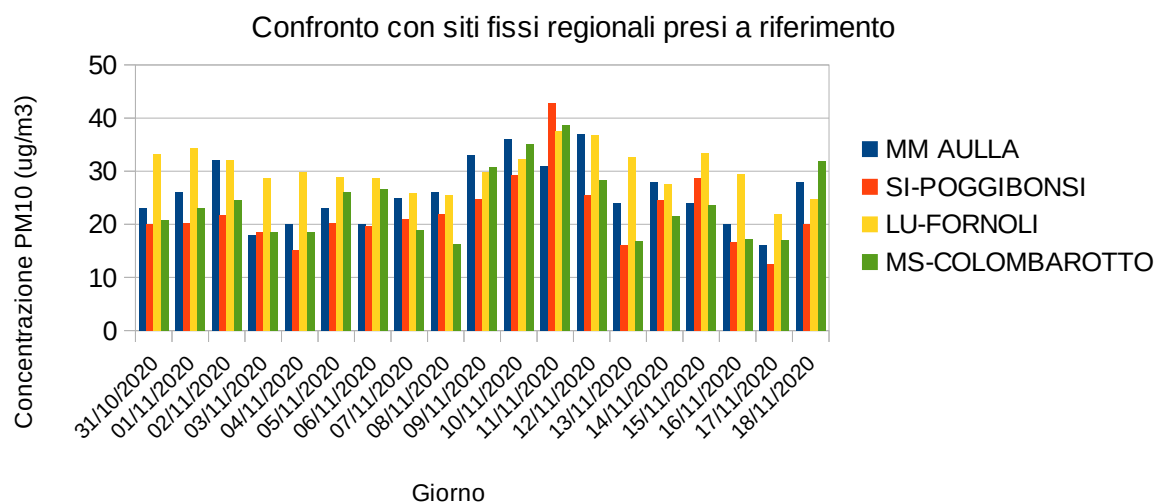
Andamento dei valori medi PM10 - stagione PRIMAVERA - periodi di campagna MM AULLA



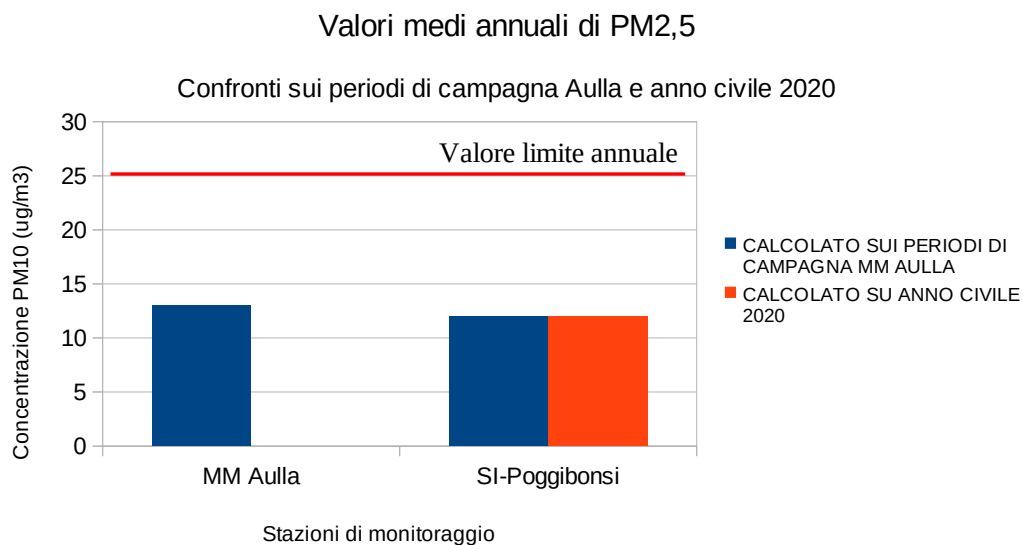
Andamento dei valori medi PM10 - stagione ESTATE - periodi di campagna MM AULLA



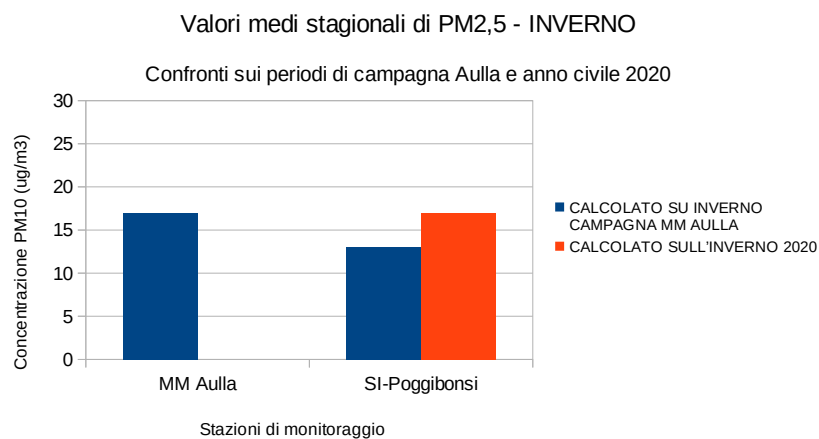
Andamento dei valori medi PM10 - stagione AUTUNNO - periodi di campagna MM AULLA



Grafici annuali – istogramma dei valori medi annuali – confronto con SI-Poggibonsi

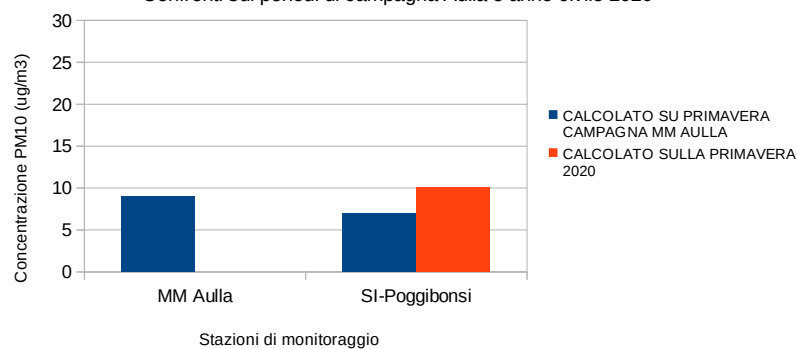


Grafici stagionali – istogramma valori medi stagionali – confronto con SI-Poggibonsi



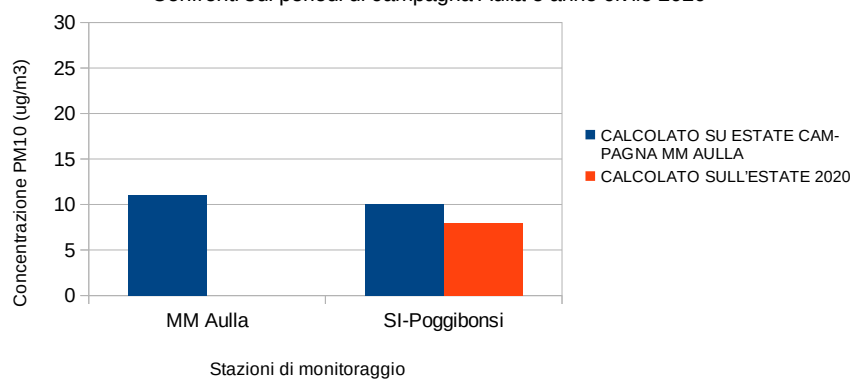
Valori medi stagionali di PM_{2,5} - PRIMAVERA

Confronti sui periodi di campagna Aulla e anno civile 2020



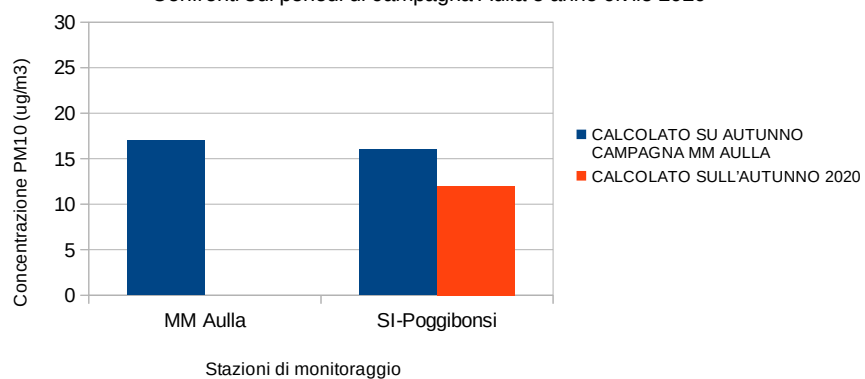
Valori medi stagionali di PM_{2,5} - ESTATE

Confronti sui periodi di campagna Aulla e anno civile 2020



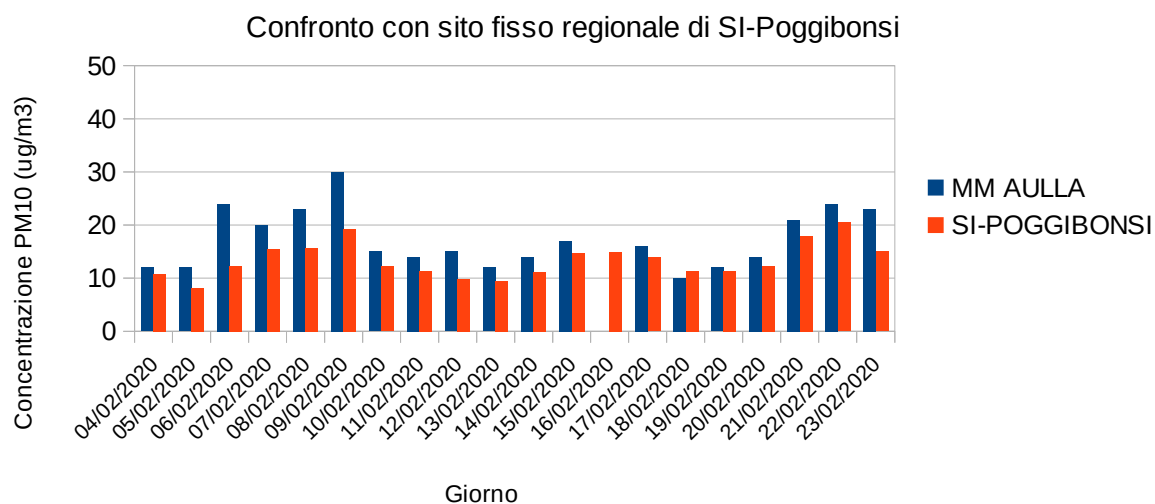
Valori medi stagionali di PM_{2,5} - AUTUNNO

Confronti sui periodi di campagna Aulla e anno civile 2020

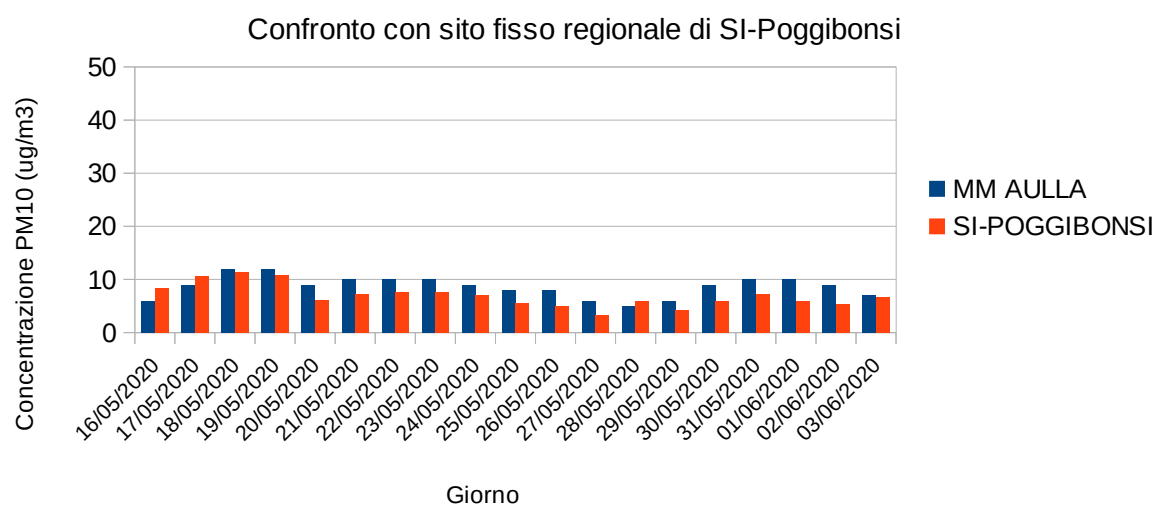


Grafici stagionali giornalieri: confronto con SI-Poggibonsi

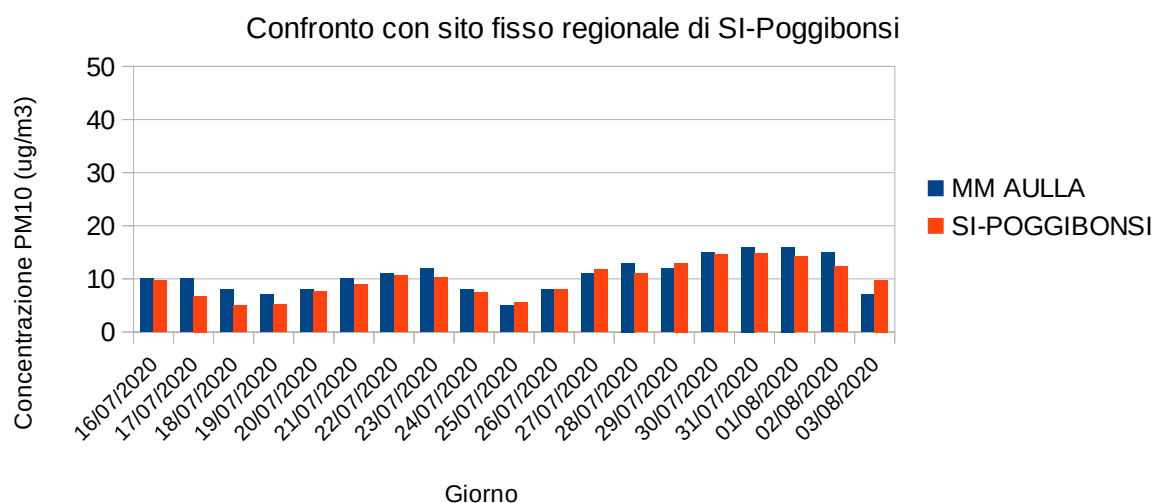
Andamento dei valori medi PM_{2,5} - stagione INVERNO periodi di campagna MM AULLA



Andamento dei valori medi PM_{2,5} - stagione PRIMAVERA periodi di campagna MM AULLA



Andamento dei valori medi PM_{2,5} - stagione ESTATE periodi di campagna MM AULLA



Andamento dei valori medi PM_{2,5} - stagione AUTUNNO periodi di campagna MM AULLA

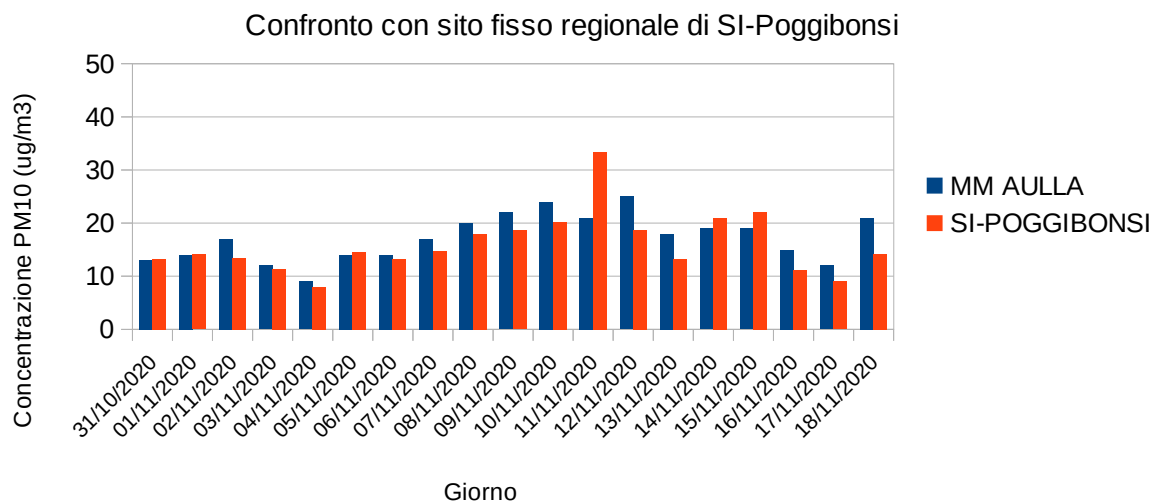
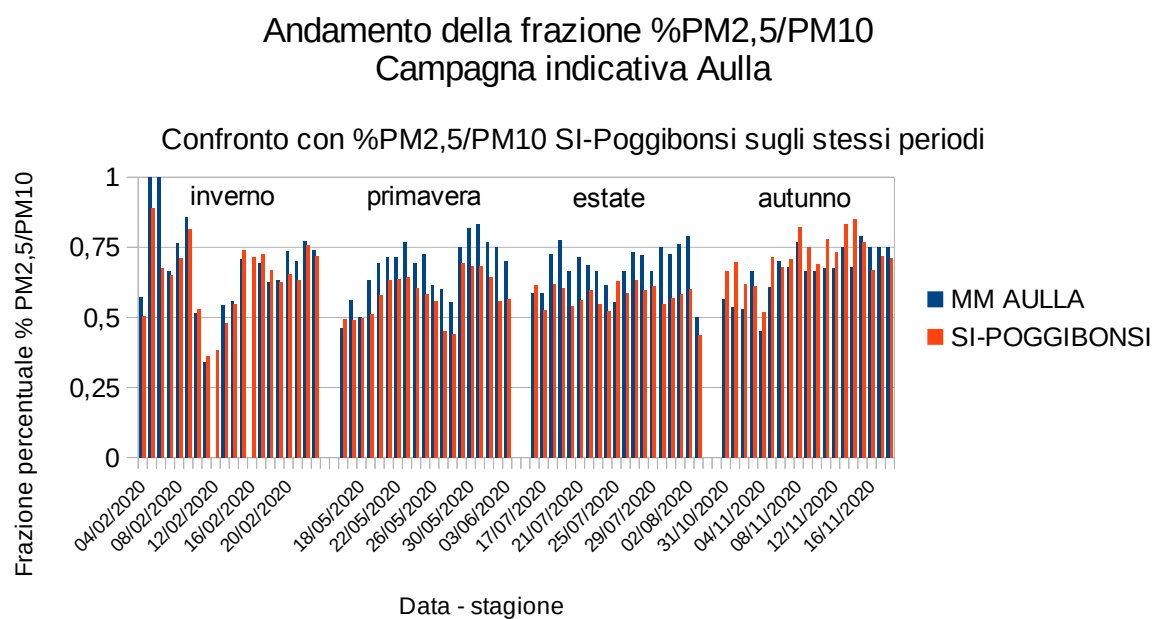


Grafico annuale – Istogramma della frazione %PM_{2,5}/PM₁₀ – campagna indicativa MM Aulla



3 Campagna di Empoli

3.1 Empoli - Sito di misura

Visto lo scopo della campagna di monitoraggio per la collocazione del mezzo è stato scelto il sito in cui fino al 2011 era collocata la stazione di monitoraggio denominata FI-Ridolfi, una stazione Urbana Traffico che apparteneva alla rete di monitoraggio della Provincia di Firenze e che è stata spenta nel 2011. Per questa stazione UT era prevista la verifica del rientro del superamento del limite della media annua per il biossido di azoto registrato nel 2010 (DGRT 1182/2015).

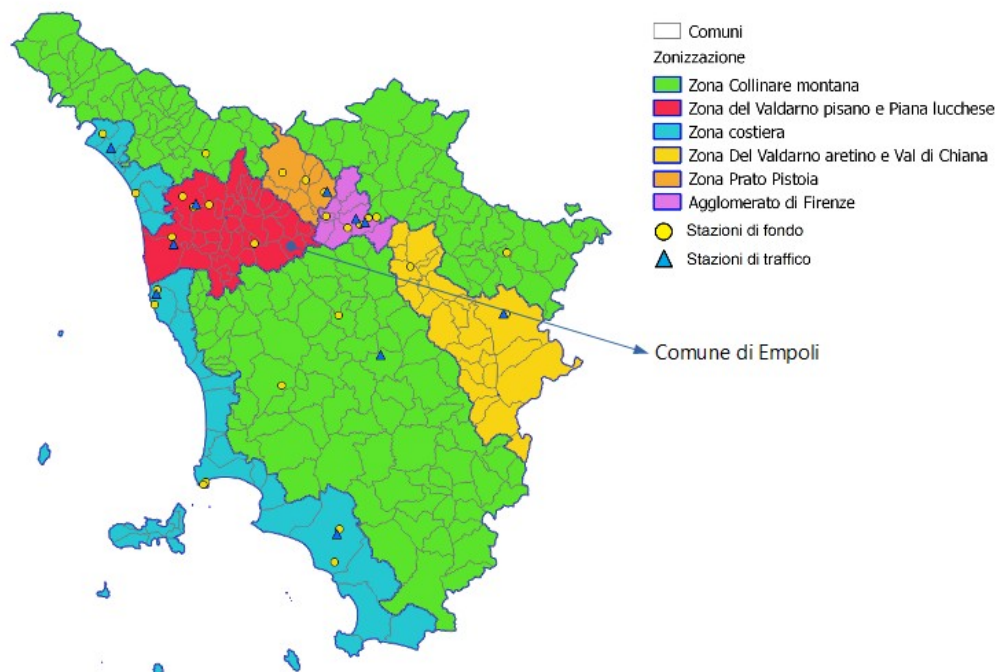
Il mezzo mobile è stato posizionato al termine di via Ridolfi all'incrocio con via Cavour, figura 4.1 (coordinate geografiche Gauss-Boaga: EGB 10.947952, NGB 43.717951; quota di 32 m s.l.m), a margine della zona del centro di Empoli (<https://www.google.it/maps/place>) ex collocazione della stazione FI-Ridolfi (UF).

Figura 3.1 Collocazione del mezzo mobile BX888RB nel sito di Via Ridolfi, Empoli



Secondo la zonizzazione del territorio regionale definita dalla DGRT n. 964/2015 *“Nuova zonizzazione e classificazione del territorio regionale, nuova struttura della rete regionale di rilevamento della qualità dell'aria e adozione del programma di valutazione ai sensi della L.R. 9/2010 e del D.Lgs 155/2010”*, il territorio del comune di Empoli è inserito nella zona del Valdarno pisano e piana lucchese e nello specifico l'area di riferimento è quella del Valdarno pisano, figura 3.2.

Figura 3.2 Zonizzazione del territorio toscano per gli inquinanti di cui all'allegato V del D.Lgs. 155/2010



Pertanto per la valutazione dei dati acquisiti, oltre al confronto diretto con i limiti di riferimento, gli indicatori ottenuti dalla campagna sono stati confrontati anche con gli stessi indicatori ottenuti dalle stazioni di monitoraggio della rete regionale appartenenti alla stessa zona di riferimento: PI-Santa Croce Coop (UF), Pi-Passi (UF) e PI-Borghetto (UT). Inoltre, vista la collocazione del comune di Empoli, al confine con l'agglomerato fiorentino, per completezza sono state scelte per un confronto anche alcune stazioni appartenenti a questa zona, con un criterio di scelta delle stazioni basato prevalentemente sulla vicinanza al sito di monitoraggio e alla tipologia di stazione, con particolare riferimento ai siti del tipo Urbani-Traffico.

3.2 Empoli - Calendario delle sessioni di monitoraggio e copertura temporale

Nella campagna di monitoraggio effettuata nel comune di Empoli sono state misurate oltre agli ossidi di azoto come richiesto dalla Delibera anche le polveri nelle frazioni PM10 e PM2.5. La campagna si è sviluppata da novembre 2019 ad agosto 2020, in quattro periodi distinti, in modo da permettere una distribuzione omogenea delle misure nelle quattro stagioni meteorologiche, con una percentuale di copertura e una distribuzione delle misure conforme agli obiettivi di qualità previsti dal D.Lgs 155/2010 per le misurazioni indicative al fine del calcolo di indicatori³.

Tabella 3.1 NO₂ – Empoli, periodi di campionamento e copertura stagionale

NO ₂	periodo di monitoraggio	giorni di campionamento	% copertura stagionale
AUTUNNO	30.10.19 – 26.11.19	28	31
INVERNO	17.01.20 – 16.02.20	31	34
PRIMAVERA	19.05.20 – 20.06.20	29	32
ESTATE	21.06.20 – 05.08.20	37	40

Tabella 3.2 PM₁₀ e PM_{2.5}- Empoli, periodi di campionamento e copertura stagionale

PM10 e PM2.5	periodo di monitoraggio	giorni di campionamento	% copertura stagionale
AUTUNNO	01.11.19 – 23.11.19	19	21
INVERNO	19.01.20 – 06.02.20	19	21
PRIMAVERA	19.05.20 – 06.06.20	18	20
ESTATE	01.07.20 – 14.07.20	14	15

3 Periodo minimo di copertura richiesto 14%

3.3 Empoli - Calcolo degli indicatori e analisi dei dati

Di seguito sono illustrati i risultati ottenuti per i singoli inquinanti monitorati e la valutazione di conformità ai limiti previsti dalla norma. Per la valutazione di conformità oltre al confronto diretto con i limiti di riferimento, gli indicatori ottenuti dalla campagna sono stati confrontati anche con gli stessi indicatori ottenuti dal monitoraggio effettuato con le stazioni di rete regionale, in particolare con una selezione di stazioni a cui il sito di Empoli può far riferimento, sia per vicinanza che per tipologia di zona monitorata, nel caso specifico si fa riferimento ad una zona di tipo urbana-traffico. Nel dettaglio sono state scelte le tre stazioni regionali della zona del valdarno pisano, zona a cui appartiene anche il comune di Empoli: PI-Santa Croce Coop, PI-Passi e PI-Borghetto, tra le tre stazioni PI-Santa Croce è sicuramente la più significativa per un confronto, per la maggiore vicinanza, ma visto lo scopo della campagna risulta indicativa anche la stazione di PI-Borghetto per la tipologia di stazione Urbana-Traffico, benché la distanza dal sito monitorato sia significativa, tabella 4.3. Inoltre, vista la collocazione del comune di Empoli, al confine con l'agglomerato fiorentino, per completezza sono state scelte per un confronto anche alcune stazioni appartenenti a questa zona, con un criterio di scelta delle stazioni basato prevalentemente sulla vicinanza al sito di monitoraggio e alla tipologia di stazione, includendo entrambe le stazioni da traffico presenti in questa zona. In tabella 3.3 le stazioni di rete regionale utilizzate per l'analisi dei dati.

Tabella 3.3 Stazioni di rete regionale utilizzate per l'analisi dei dati ottenuti dalla campagna di Empoli

		Distanza in linea d'aria dal sito di Empoli (Km)	Quota sul livello del mare (m)
Zona valdarno pisano	Empoli – via Ridolfi (UT)	---	32
	PI-Santa Croce (SF)	15	17
	PI-Passi (UF)	43	3
	PI-Borghetto (UT)	43	8
Agglomerato fiorentino	FI-Signa (UF)	15	41
	FI-Scandicci (UF)	20	46
	FI-Bassi (UF)	28	60
	FI-Boboli (UF)	25	73
	FI-Mosse (UT)	24	44
	FI-Gramsci (UT)	27	52

Per il confronto degli indicatori ricavati dalla campagna con quelli ottenuti dal monitoraggio con le stazioni di rete regionali sono stati presi in esame per le stazioni fisse sia gli indicatori calcolati su base annuale sia considerando anche per le stazioni fisse gli indicatori calcolati utilizzando esclusivamente i giorni di misura della campagna, in modo da valutare eventuali effetti dovuti ai differenti periodi di mediazione.

3.3.1 Empoli - Biossido di azoto NO₂

I valori degli indicatori ottenuti dalla campagna effettuata nel comune di Empoli per l'NO₂ sono riportati in tabella 3.4 e rispettano ampiamente entrambi i limiti previsti dalla norma per questo inquinante.

Tabella 3.4 NO₂ – Empoli, indicatori ottenuti dalla campagna di monitoraggio

NO ₂	EMPOLI – V. Ridolfi	VL di riferimento
Media campagna - µg/m ³ a 20°C (da confrontare con il VL della media annua)	23	40
Valore massimo orario - µg/m ³ a 20°C (da confrontare con il VL orario)	91 (23.01.20 ore 19.00)	200
n. ore con concentrazione maggiore di 200 µg/m ³ a 20°C (da confrontare con il numero di superamenti consentiti del VL orario)	0	18

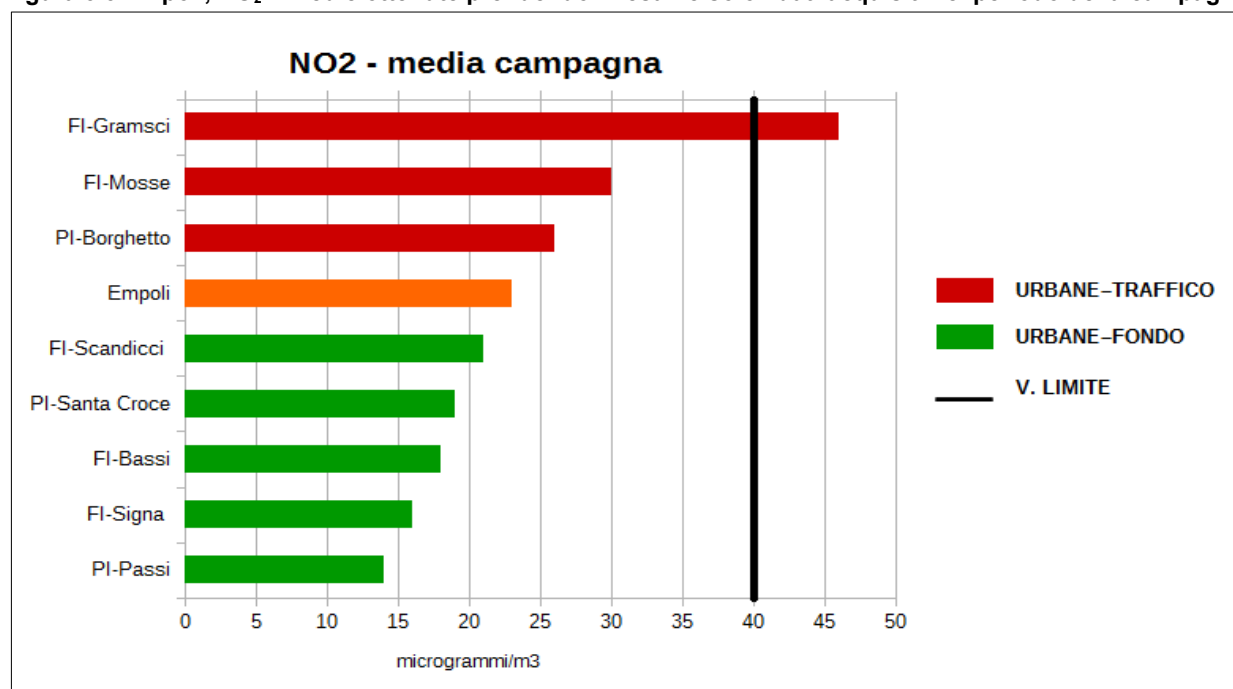
La media di NO₂ ottenuta dalla campagna di Empoli è stata valutata in relazione ai dati acquisiti dalle stazioni della rete regionale considerando i valori ottenuti mediando sui periodi della campagna, tabella 3.5.

Tabella 3.5 NO₂ – Confronto con gli indicatori ottenuti dal monitoraggio della stazioni di rete regionale

NO ₂		Media annua		
		Valore limite 40 µg/m ³		
		Media campagna	Media annua 2019	Media annua 2020
Zona valdarno pisano e piana lucchese	Empoli – via Ridolfi (UT)	23	---	---
	PI-Santa Croce (SF)	19	22	18
	PI-Passi (UF)	14	18	14
	PI-Borghetto (UT)	26	33	27
Agglomerato fiorentino	FI-Signa (UF)	16	19	15
	FI-Scandicci (UF)	21	26	20
	FI-Bassi (UF)	18	21	17
	FI-Mosse (UT)	30	36	28
	FI-Gramsci (UT)	46	56	44

Il valore ottenuto ad Empoli, 23 µg/m³, è il più basso rispetto ai valori di tutti gli altri siti di traffico presi in esame e si colloca tra il gruppo delle stazioni di fondo e quelle da traffico.

Figura 3.3 Empoli, NO₂ – medie ottenute prendendo in esame solo i dati acquisiti nel periodo della campagna



Tra le stazioni da traffico il valore più simile risulta quello della stazione di PI-Borghetto, con un valore medio di 26 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, mentre le stazioni da traffico dell'agglomerato fiorentino presentano valori nettamente superiori a quelli misurati ad Empoli: 30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ a FI-Mosse e 46 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ a FI-Gramsci. Tra le stazioni di fondo quella con la concentrazione più vicina risulta quella di FI-Scandicci, con una concentrazione media nel periodo della campagna di 21 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Si riportano di seguito le correlazioni tra le stazioni prese in esame, ricordando però che nel caso di siti da traffico, come quello in esame, le correlazioni relative non sempre sono ottime poiché la sorgente emissiva di cui risentono maggiormente è l'emissione primaria del traffico veicolare che si sviluppa nelle prime vicinanze del sito di monitoraggio e quindi caratteristico del singolo sito. I coefficienti di correlazione di Pearson calcolati tra le serie dei dati acquisiti, tabella 3.6, mostrano comunque una buona correlazione del sito di Empoli con la stazione di PI-Santa Croce, risultato da attribuire probabilmente alla vicinanza della stazione e all'appartenenza alla medesima zona di riferimento. Tra le stazioni da traffico quella che mostra la maggiore correlazione con il sito di Empoli risulta FI-Mosse, con un coefficiente di correlazione di Pearson di 0.85, mentre PI-Borghetto presenta una minore correlazione attribuibile probabilmente alla maggiore distanza dal sito di Empoli, 43 Km rispetto ai 24 Km di FI-Mosse.

Tabella 3.6 NO₂ – Coefficienti di correlazione con le stazioni regionali

NO₂	Coefficienti di correlazione di Pearson
PI-Santa Croce (SF)	0.87
FI-Mosse (UT)	0.85
FI-Scandicci (UF)	0.82
FI-Bassi (UF)	0,79
FI-Signa (UF)	0.74
PI-Borghetto (UT)	0.73
PI-Passi (UF)	0.71
FI-Gramsci (UT)	0.72

Come descritto in premessa questa campagna aveva lo scopo di valutare gli attuali livelli di concentrazione media di NO₂ nell'area urbana di Empoli con particolare riferimento ai siti di traffico, visto che gli ultimi valori acquisiti dalla stazione provinciale di FI-Empoli-Ridolfi mostravano un superamento del valore limite relativo alla media annua di NO₂; in particolare nel 2010, ultimo anno di funzionamento della stazione, il valore registrato era stato di 59 µg/m³. Confrontando questo dato con i dati del 2010 registrati dalle stazioni da traffico prese in esame nell'analisi riportata, si osserva che il dato di Empoli era comunque di molto inferiore ai valori registrati dalle stazioni da traffico dell'agglomerato fiorentino, ma superiore al valore di PI-Borghetto, tabella 3.7.

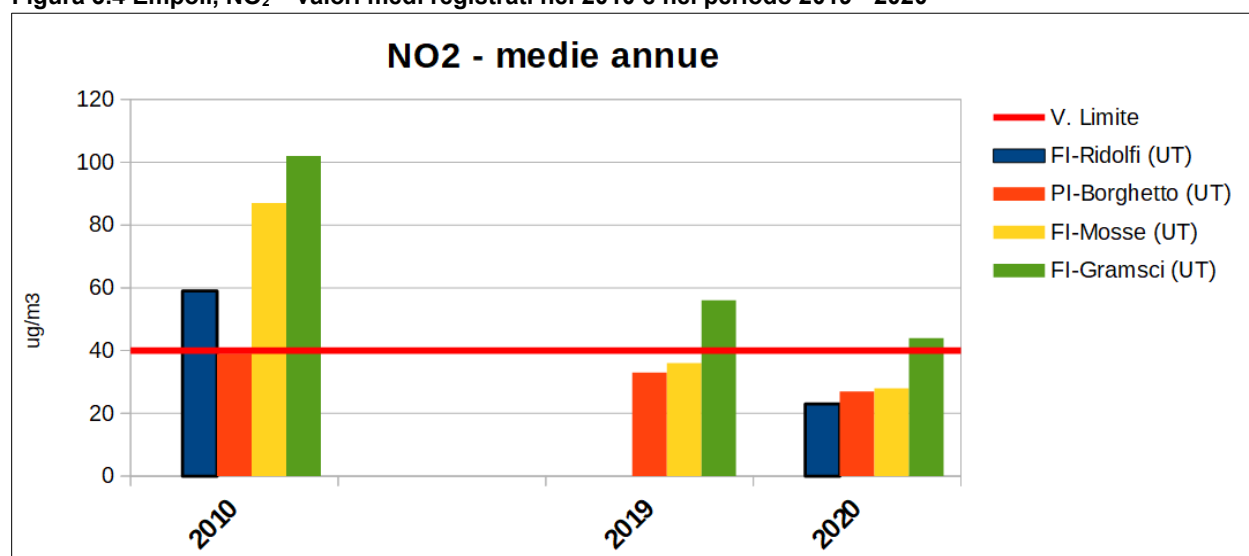
Il valore medio ottenuto nella campagna del 2020 mostra un decremento percentuale rispetto al dato medio del 2010 di circa il 60%, mostrando quindi una diminuzione percentuale molto simile a quella registrata dalle stazioni da traffico dell'agglomerato.

Tabella 3.7 NO₂ – Empoli, NO₂ medie campagna e medie annue

NO ₂		Media annua		
		Valore limite 40 µg/m ³		
		Media annua 2010	Media annua 2020	Decremento %
Zona valdarno pisano e piana lucchese	FI-Ridolfi (UT)	59	23*	61
	PI-Borghetto (UT)	39	27	31
Agglomerato fiorentino	FI-Mosse (UT)	87	28	68
	FI-Gramsci (UT)	102	44	57

**Media campagna Empoli*

Figura 3.4 Empoli, NO₂ – valori medi registrati nel 2010 e nel periodo 2019 - 2020



Concludendo, dall'analisi dei dati ottenuti dalla campagna si può ritenere che per il sito monitorato attualmente il limite annuo per il biossido di azoto risulti rispettato.

3.3.2 Empoli - Materiale particolato PM₁₀

I risultati ottenuti dalla campagna di Empoli per il PM₁₀ sono riportati in tabella 3.8 e confrontati con i relativi riferimenti normativi. Come descritto in allegato 2, per la valutazione della conformità al limite giornaliero viene utilizzato per le campagne indicative il 90,4° percentile delle medie giornaliere acquisite, che per il rispetto del limite deve essere inferiore a 50 µg/m³. Per completezza è stato comunque riportato anche il numero dei superamenti registrati durante la campagna, benché questo parametro sia evidentemente influenzato dal periodo in cui si sono svolte le misure. Come per il biossido di azoto anche in questo caso i limiti risultano ampiamente rispettati.

Tabella 3.8 PM₁₀ - indicatori ottenuti dalla campagna di monitoraggio

PM₁₀	EMPOLI – V. Ridolfi	VL di riferimento
<i>Media delle medie giornaliere</i> - µg/m ³ (da confrontare con il VL della media annua)	20	40
90,4° percentile dei dati registrati (da confrontare con VL giornaliero)	33	50
n. di superamenti del VL giornaliero (da confrontare con il numero di superamenti consentiti del VL giornaliero)	0	35

Dal confronto con le stazioni di rete regionale prese in esame, tabelle 3.9 e 3.10, si osserva che per questo parametro il valori ottenuti nel sito di Empoli sono molto simili ai dati registrati dalla stazione di PI-Santa Croce, con la quale si ottiene anche un ottimo coefficiente di correlazione. I coefficienti di correlazione risultano comunque molto buoni per tutte le stazioni, come atteso per questo tipo di inquinante, e risulta comunque particolarmente elevato con la stazione di FI-Gramsci, probabilmente perché entrambi i siti sono del tipo traffico.

Tabella 3.9 PM₁₀ – Confronto con gli indicatori ottenuti dal monitoraggio delle stazioni di rete regionale

PM ₁₀		Media annua		
		Valore limite 40 µg/m ³		
		Media campagna	Media annua 2019	Media annua 2020
Zona valdarno pisano e piana lucchese	Empoli	20	---	---
	PI-Santa Croce (SF)	19	24	25
	PI-Passi (UF)	16	22	21
	PI-Borghetto (UT)	18	25	23
Agglomerato fiorentino	FI-Signa (UF)	17	22	22
	FI-Scandicci (UF)	16	20	20
	FI-Bassi (UF)	14	18	19
	FI-Boboli (UF)	13	18	18
	FI-Mosse (UT)	17	21	20
	FI-Gramsci (UT)	21	27	23

Tabella 3.10 PM₁₀ 90.4° percentile – Confronto con gli indicatori ottenuti dal monitoraggio della stazioni di rete regionale

PM ₁₀		90.4 percentile		
		Valore limite 50 µg/m ³		
		campagna	2019	2020
Zona valdarno pisano e piana lucchese	Empoli	33	---	---
	PI-Santa Croce (SF)	34	44	48
	PI-Passi (UF)	25	36	37
	PI-Borghetto (UT)	31	41	40
Agglomerato fiorentino	FI-Signa (UF)	29	40	41
	FI-Scandicci (UF)	27	35	32
	FI-Bassi (UF)	23	31	34
	FI-Boboli (UF)	22	30	30
	FI-Mosse (UT)	27	37	35
	FI-Gramsci (UT)	38	41	40

Tabella 3.11 PM₁₀ superamenti del limite giornaliero – Confronto con gli indicatori ottenuti dal monitoraggio della stazioni di rete regionale

PM ₁₀		n. superamenti del limite giornaliero		
		Valore limite 35 superamenti consentiti		
		periodo campagna	2019	2020
Zona valdarno pisano e piana lucchese	Empoli	0	---	---
	PI-Santa Croce (SF)	2	22	28
	PI-Passi (UF)	1	11	8
	PI-Borghetto (UT)	1	15	14
Agglomerato fiorentino	FI-Signa (UF)	2	15	25
	FI-Scandicci (UF)	0	12	9
	FI-Bassi (UF)	0	5	7
	FI-Boboli (UF)	0	4	5
	FI-Mosse (UT)	0	10	13
	FI-Gramsci (UT)	1	13	15

Tabella 3.12 PM₁₀ – Coefficienti di correlazione con le stazioni regionali

PM ₁₀	Coefficienti di correlazione di Pearson
PI-Santa Croce (SF)	0.90
PI-Passi (UF)	0.83
PI-Borghetto (UT)	0.86
FI-Signa (UF)	0.87
FI-Scandicci (UF)	0.84
FI-Bassi (UF)	0.87
FI-Boboli (UF)	0.85
FI-Mosse (UT)	0.88
FI-Gramsci (UT)	0.91

3.3.3 Empoli - Materiale particolato PM_{2.5}

Il valore medio ottenuto dalla campagna di Empoli per il PM_{2.5} è riportato in tabella 3.13 ed è ampiamente inferiore al limite annuo previsto dalla norma.

Tabella 3.13 PM_{2.5} - indicatori ottenuti dalla campagna di monitoraggio

PM _{2.5}	EMPOLI – V. Ridolfi	VL di riferimento
Media delle medie giornaliere - µg/m ³ (da confrontare con il VL della media annua)	11	25

Per questo parametro il numero di stazioni regionali utilizzabili per un confronto risulta limitato, visto che il PM_{2.5} viene monitorato solo in alcune delle stazioni prese in esame.

I dati riportati in tabella 3.14 mostrano come il valore medio della campagna sia simile ai valori ottenuti per la stazioni da traffico prese in esame e la percentuale di PM_{2.5} nel PM₁₀ ottenuta è tipica dei siti da traffico, simile al valore ottenuto a FI-Gramsci. Come per il PM₁₀ i coefficienti di Pearson mostrano una discreta correlazione con tutte le stazioni prese in esame, con una leggera prevalenza per le stazioni dell'agglomerato fiorentino.

Tabella 3.14 PM_{2.5} – Confronto con gli indicatori ottenuti dal monitoraggio della stazioni di rete regionale

PM _{2.5}		Media annua			
		Valore limite 25 µg/m3			
		Media campagna	Media annua 2019	Media annua 2020	% PM _{2.5} nel PM ₁₀ dati campagna
	Empoli	11	---	---	57
Zona valdarno pisano e piana lucchese	PI-Passi (UF)	9	12	13	59
	PI-Borghetto (UT)	11	16	15	62
Agglomerato fiorentino	FI-Bassi (UF)	9	12	13	64
	FI-Gramsci (UT)	12	15	14	58

Tabella 3.15 $PM_{2.5}$ – Coefficienti di correlazione con le stazioni regionali

$PM_{2.5}$	Coefficienti di correlazione di Pearson
PI-Passi (UF)	0.87
PI-Borghetto (UT)	0.88
FI-Bassi (UF)	0.93
FI-Gramsci (UT)	0.93

3.4 Empoli - Dati e grafici

Tutti i dati acquisiti durante la campagna sono archiviati e disponibili presso le nostre banche dati e sono in parte consultabili alla pagina web http://www.arpat.toscana.it/temi-ambientali/aria/qualita-aria/rete_monitoraggio/scheda_stazione/AUTOLAB-EMPOLI-RIDOLFI, dove sono visibili e scaricabili tutti i dati che generalmente si pubblicano nei bollettini giornalieri di qualità dell'aria: media oraria massima giornaliera per NO₂ e medie giornaliere di PM₁₀, PM_{2.5}.

Di seguito si riportano per i singoli inquinanti i grafici dei dati acquisiti durante la campagna di Empoli, confrontandoli con i dati delle stazioni regionali utilizzate per l'analisi dei dati.

3.4.1 Biossido di Azoto NO₂

Il grafici seguenti mostrano l'andamento delle medie giornaliere di NO₂ acquisite durante la campagna nel sito di Empoli, confrontate con le stazioni di rete regionale suddivise per zona di appartenenza e selezionate in funzione della correlazione trovata con il sito di via Ridolfi.

Per la zona del valdarno pisano è stata presa come riferimento la stazione di PI-Santa Croce, mentre per l'agglomerato i dati di Empoli saranno confrontati con la stazioni di FI-Scandicci e FI-Mosse.

I grafici mostrano il tipico andamento annuale per l'NO₂ con valori più elevati nei periodi più freddi e minimi di concentrazione nel periodo estivo.

Grafico 3.1 NO₂ – Andamento delle medie giornaliere a confronto con i dati di PI-Santa Croce, stazione della zona del valdarno pisano

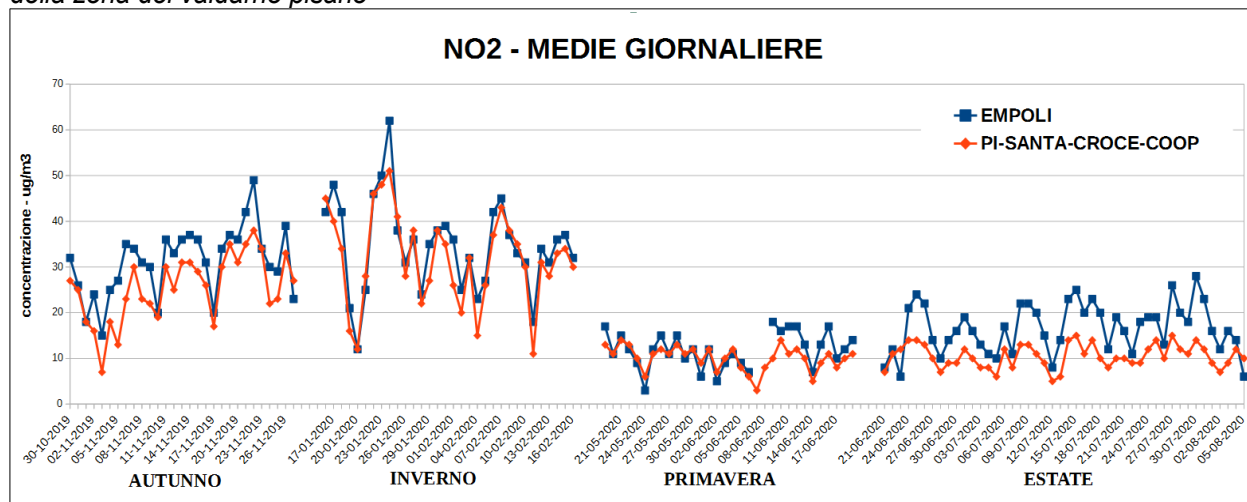
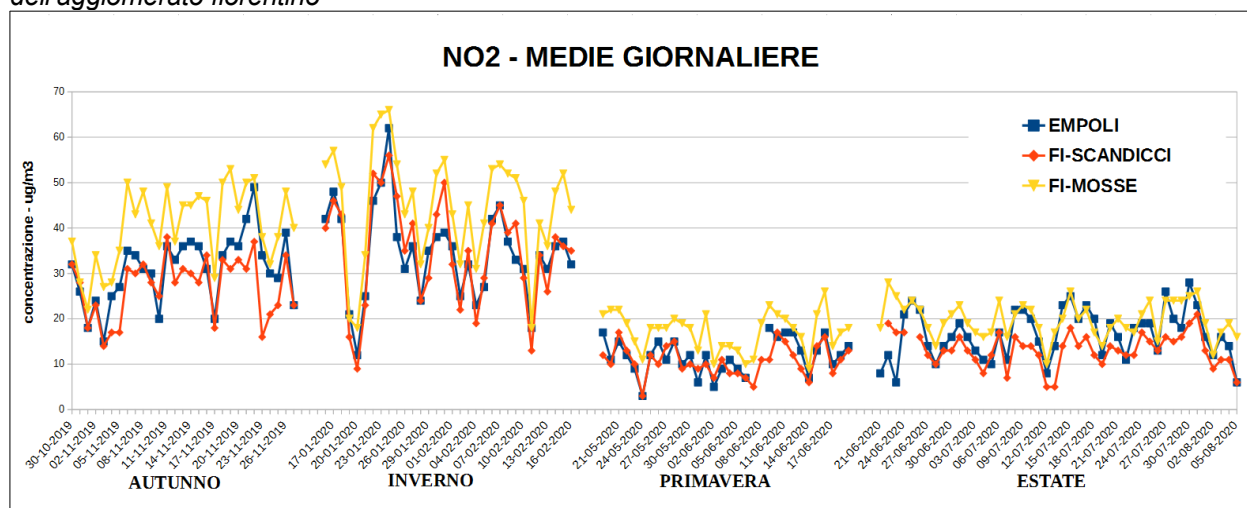


Grafico 3.2 NO₂ – Andamenti delle medie giornaliere confrontate con le stazioni della zona dell'agglomerato fiorentino



3.4.2 Materiale particolato PM₁₀

I grafici seguenti illustrano l'andamento dei dati di PM₁₀ acquisiti durante la campagna posti a confronto con dati delle stazioni di rete regionale suddivise per zona di appartenenza. In particolare sono state prese in esame la stazione di fondo PI-Santa Croce e la traffico PI-Borghetto per il valdarno pisano e per l'agglomerato le stazioni di fondo di FI-Signa, FI-Scandicci e FI-Bassi e le traffico FI-Mosse e FI-Gramsci.

Per completezza si riporta anche il grafico delle concentrazioni di PM₁₀ registrate nel periodo 01.11.10 – 14.07.20 dalle stazioni delle stazioni che hanno mostrato una maggiore correlazione con il sito di Empoli durante la campagna: PI-Santa Croce e FI-Gramsci.

Grafico 3.3 PM₁₀ – Andamenti delle medie giornaliere a confronto con le stazioni della zona del valdarno pisano

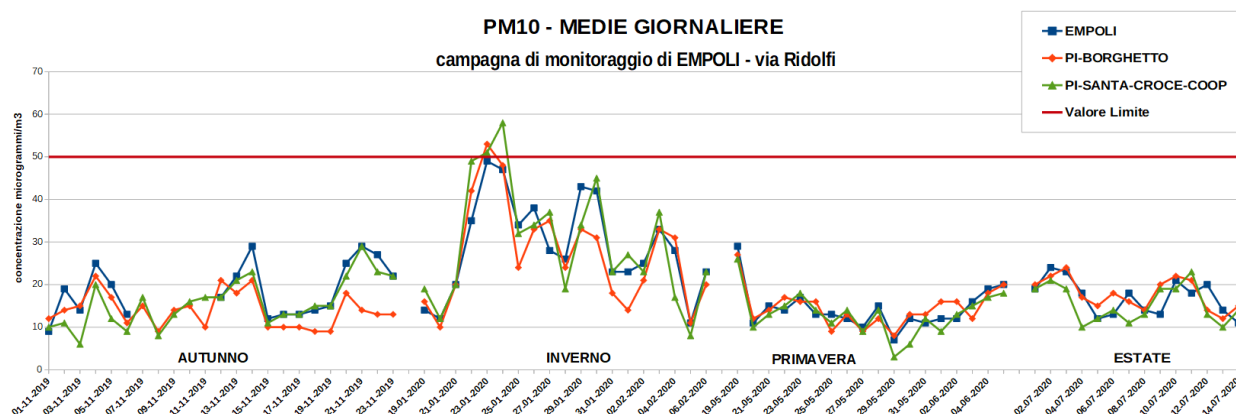


Grafico 3.4 PM₁₀ – Andamenti delle medie giornaliere a confronto con le stazioni di fondo dell'agglomerato fiorentino

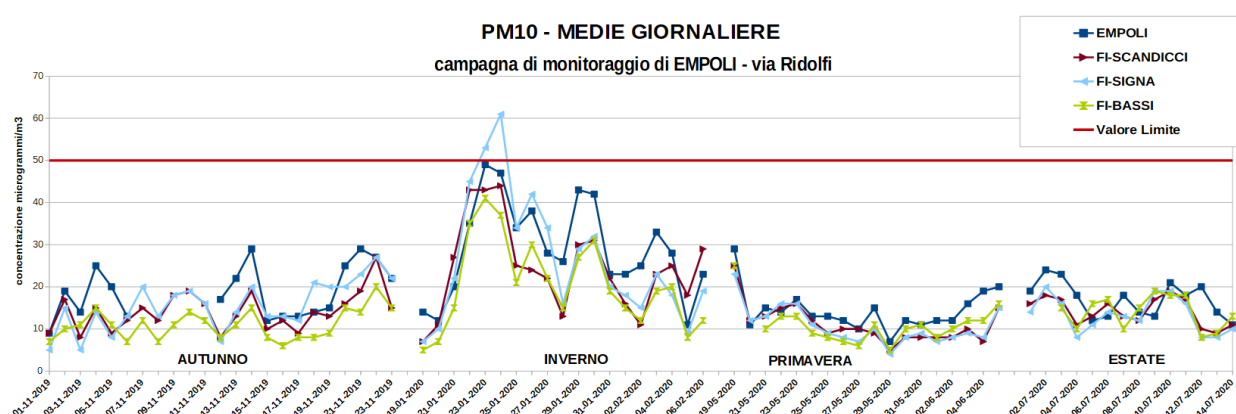


Grafico 3.5 PM₁₀ – Andamenti delle medie giornaliere a confronto con le stazioni traffico dell'agglomerato fiorentino

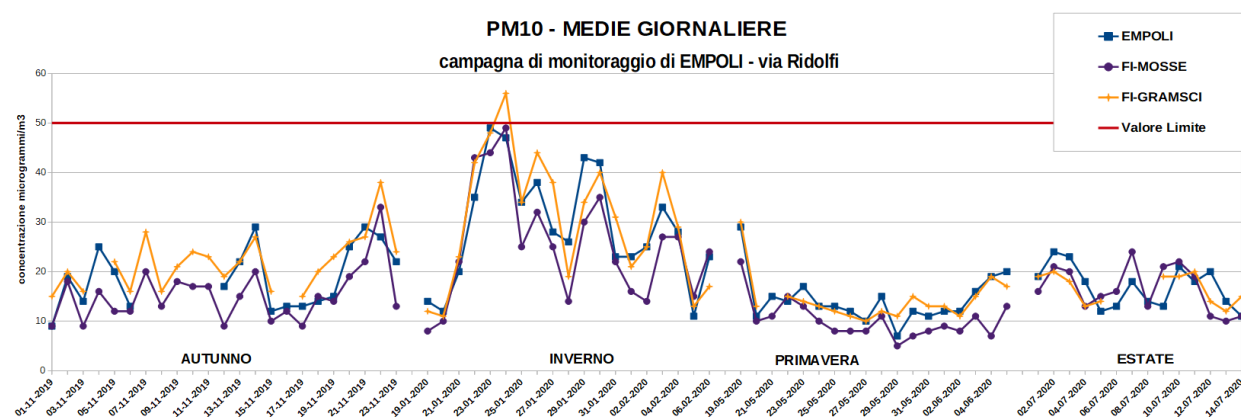


Grafico 3.6 PM₁₀ – Andamenti delle medie giornaliere nel periodo 01.11.10 – 14.07.20, PI-Santa Croce

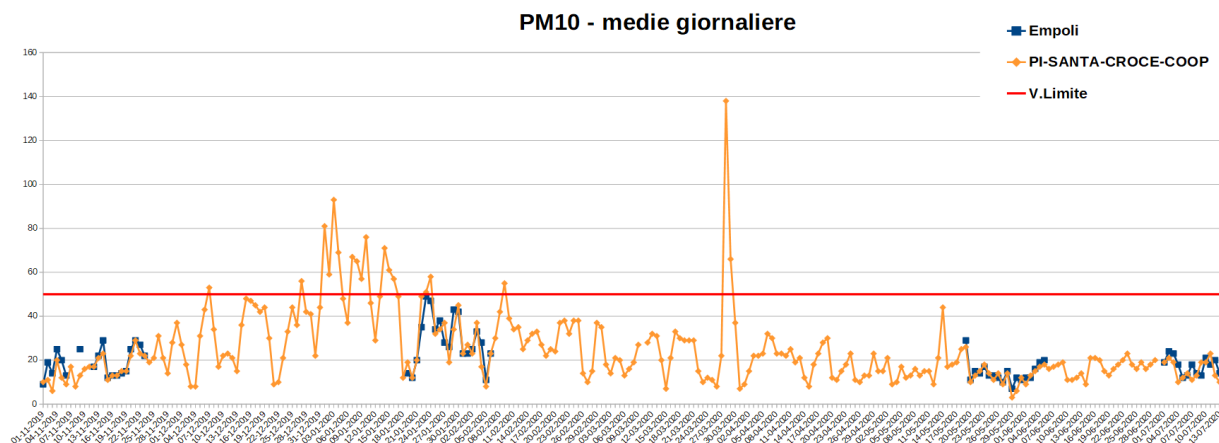
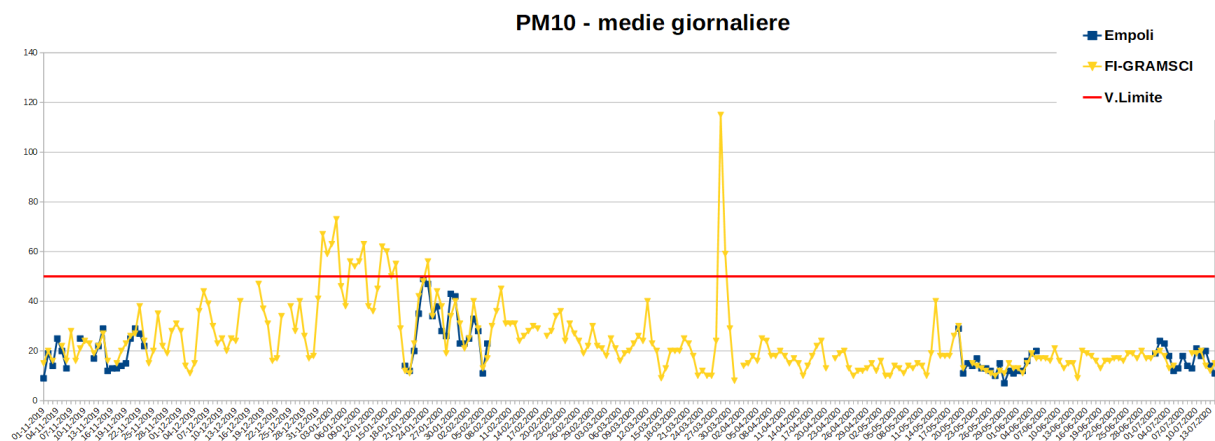


Grafico 3.7 PM₁₀ – Andamenti delle medie giornaliere nel periodo 01.11.10 – 14.07.20, FI-Gramsci



Il picco rilevato da entrambe le stazioni alla fine di marzo è dovuto ad un fenomeno di avvezione di polveri desertiche che ha coinvolto tutto il territorio regionale con superamenti registrati da quasi tutte le stazioni della rete.

3.4.3 Materiale particolato PM_{2.5}

Il grafici seguenti illustrano il confronto dei dati acquisiti durante la campagna con le stazioni di rete regionale che misurano il PM_{2.5}. Come per il PM₁₀ si riporta il grafico delle concentrazioni di PM_{2.5} registrate nel periodo 01.11.19 - 14.07.20 dalle stazioni di rete regionale sovrapponendo i dati di Empoli.

Grafico 3.8 PM_{2.5} – Andamenti delle medie giornaliere, confronto con le stazioni della zona del valdarno pisano

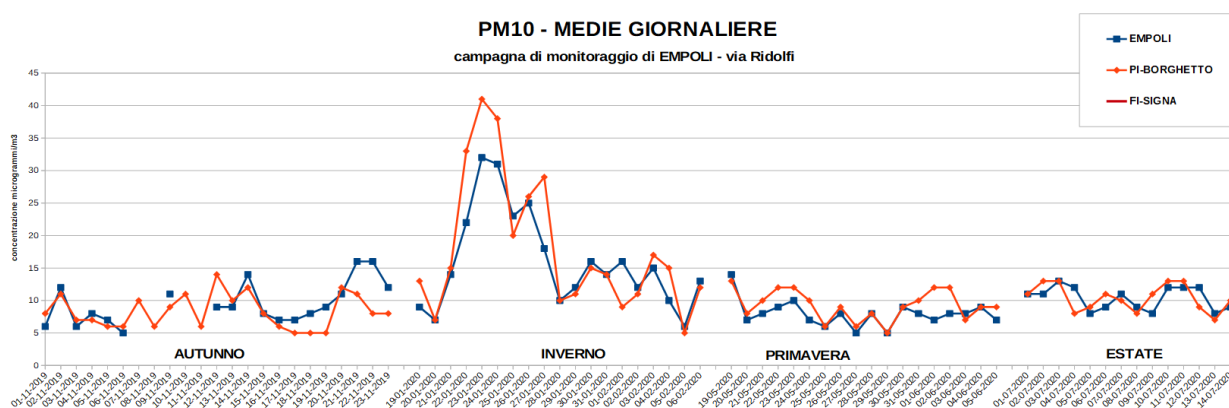


Grafico 3.9 PM_{2.5} – Andamenti delle medie giornaliere, confronto con le stazioni dell'agglomerato fiorentino

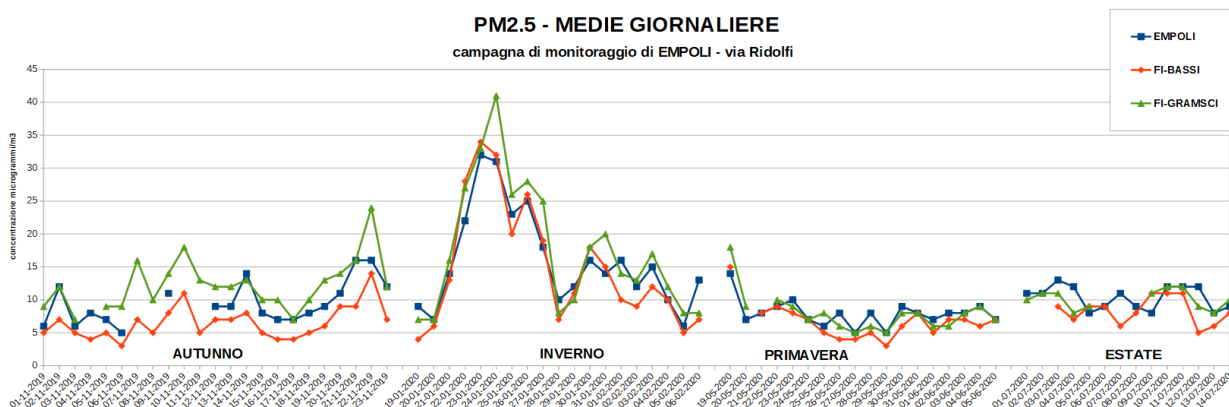


Grafico 3.10 PM_{2.5} – Andamenti delle medie giornaliere nel periodo 01.11.19 – 14.07.20 zona valdarno pisano

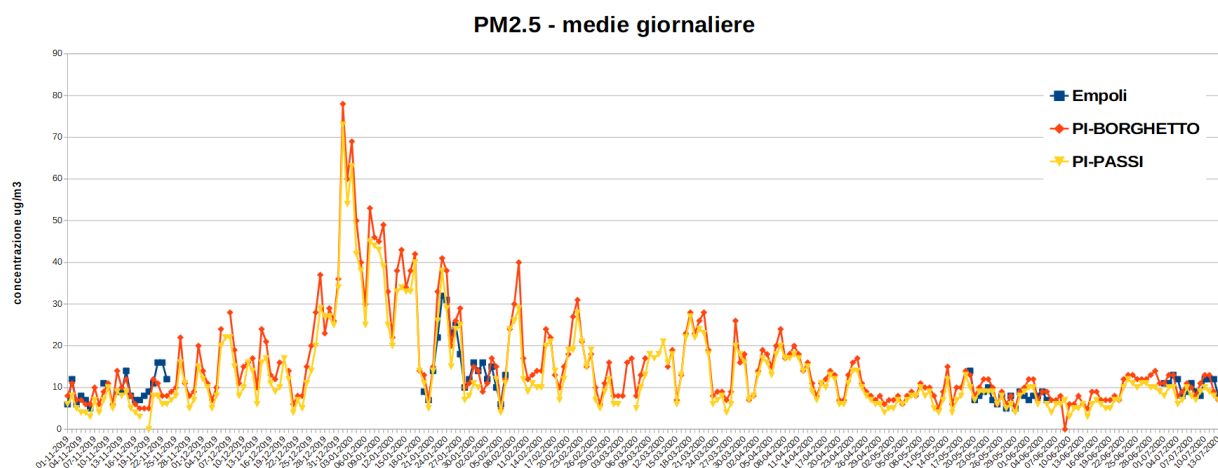
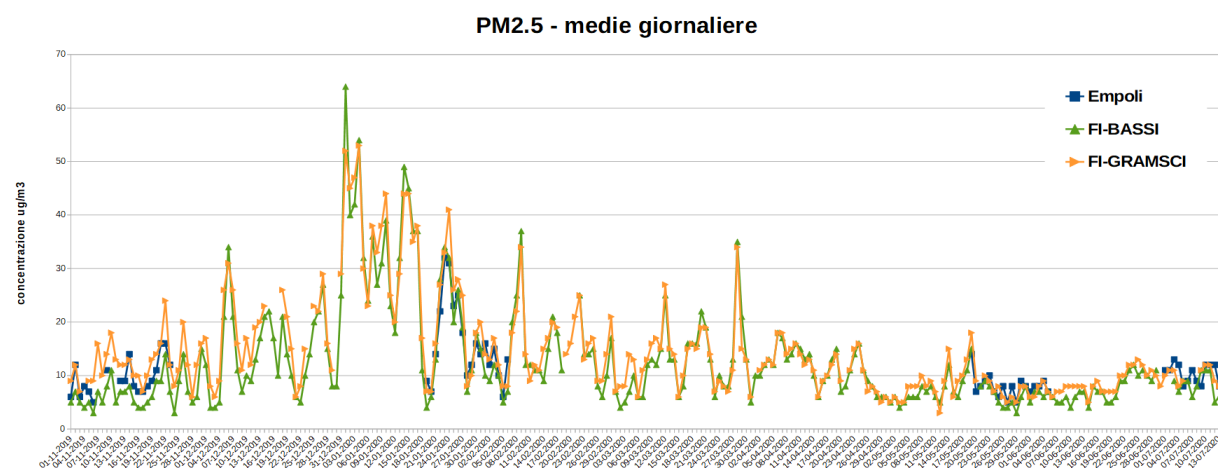


Grafico 3.11 PM_{2.5} – Andamenti delle medie giornaliere nel periodo 01.11.19 – 14.07.20 agglomerato fiorentino



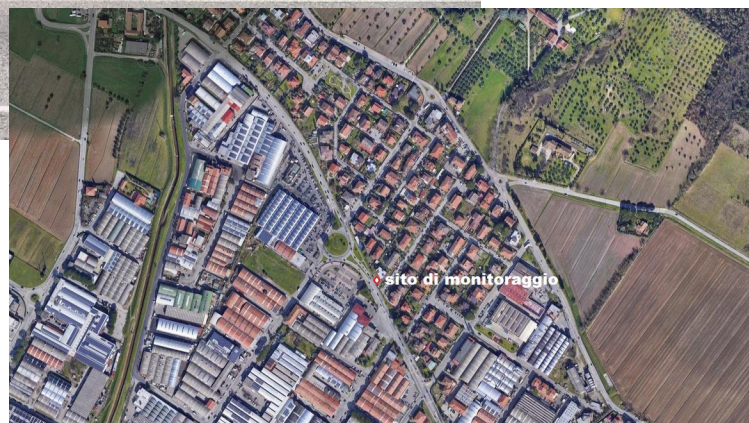
4 Campagna di Montemurlo

4.1 Montemurlo - Sito di misura

Come per la campagna di Empoli anche in questo caso lo scopo indicato dalla DGRT 1182/2015 era quello di verificare gli attuali livelli medi di concentrazione di NO₂ nell'area urbana di Montemurlo con particolare riferimento al sito di traffico che fino al 2010 era monitorato con la stazione della rete della Provincia di Prato denominata PO-Montalese (UT), che poi venne disattivata nel 2011; tale stazione nel 2010 fece registrare il superamento dei valori limite annuo per l'NO₂.

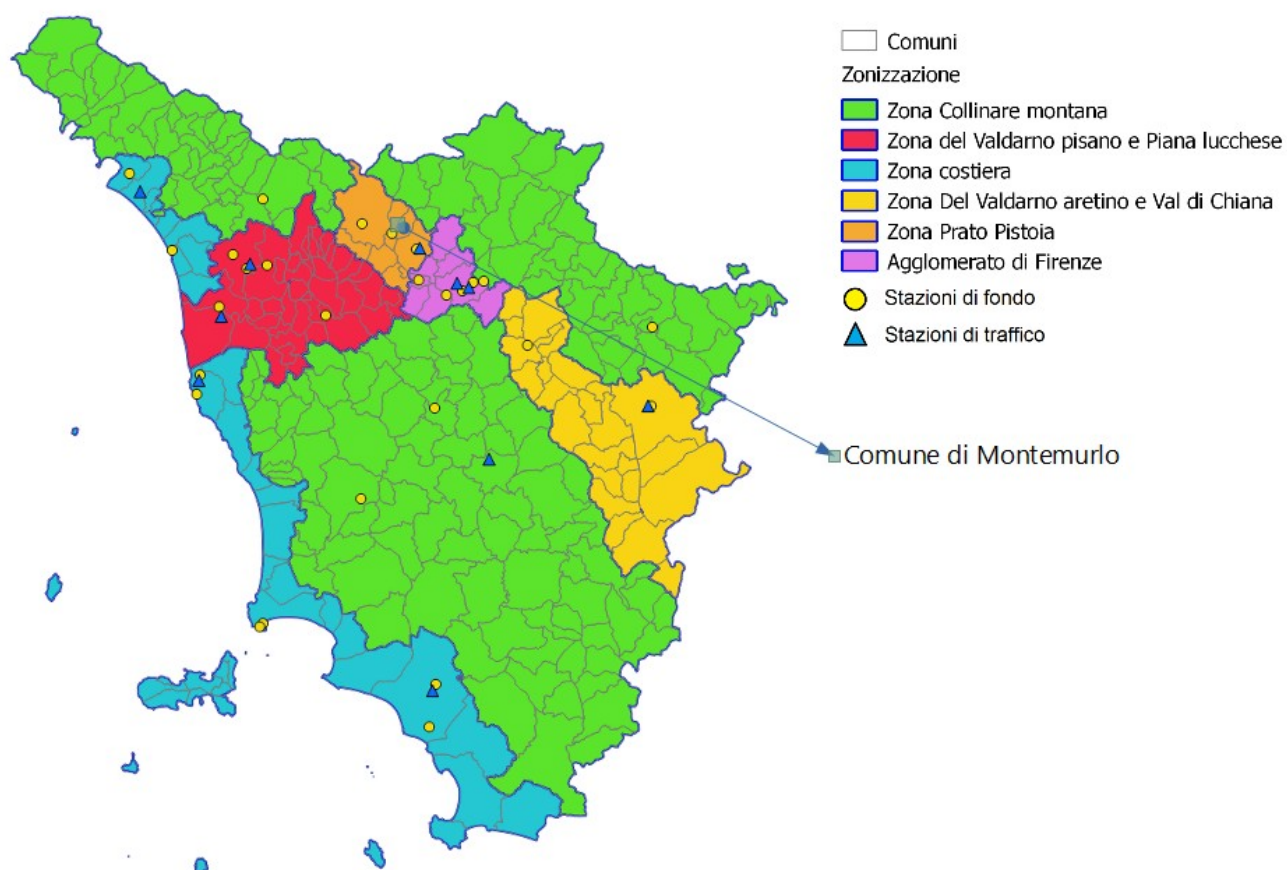
Per i motivi già descritti il mezzo mobile utilizzato per la campagna è stato collocato lungo via Berlinguer a fianco della vecchia stazione di monitoraggio ormai in disuso di PO-Montalese, a circa 2m dal bordo della carreggiata, figura 4.1 (coordinate geografiche Gauss-Boaga: EGB 1665644, NGB 4864055; quota di 54 m s.l.m), nella zona dei supermarket e del centro commerciale a Bagnolo di Montemurlo (<https://www.google.it/maps/place>).

Figura 4.1 Collocazione del mezzo mobile nel sito di Montemurlo



Secondo la zonizzazione del territorio regionale definita dalla DGRT n. 964/2015 *“Nuova zonizzazione e classificazione del territorio regionale, nuova struttura della rete regionale di rilevamento della qualità dell'aria e adozione del programma di valutazione ai sensi della L.R. 9/2010 e del D.Lgs 155/2010”*, il territorio del comune di Montemurlo fa parte della zona Prato Pistoia, figura 4.2.

Figura 4.2 Zonizzazione del territorio toscano per gli inquinanti di cui all'allegato V del D.Lgs. 155/2010



Pertanto per la valutazione dei dati acquisiti sono state prese come riferimento le stazioni di monitoraggio della rete regionale appartenenti alla stessa zona di riferimento.

4.2 Montemurlo - Calendario delle sessioni di monitoraggio e copertura temporale

Nella campagna di monitoraggio effettuata nel comune di Montemurlo sono state misurate oltre agli ossidi di azoto come richiesto dalla Delibera 1182 anche le polveri nelle frazioni PM₁₀ e per la sola campagna autunnale la frazione PM_{2.5}. La campagna di monitoraggio si è svolta nel 2020, in quattro periodi distinti, in modo da permettere una distribuzione omogenea delle misure nelle quattro stagioni meteorologiche, con una percentuale di copertura e una distribuzione delle misure conforme agli obiettivi di qualità previsti dal D.Lgs 155/2010 per le misurazioni indicative al fine del calcolo di indicatori⁴.

Tabella 4.1 NO₂ - periodi di campionamento della campagna di Montemurlo

NO₂	periodo di monitoraggio	giorni di campionamento	% copertura stagionale
INVERNO	14.02.20 – 20.03.20	36	40
PRIMAVERA	21.03.20 – 20.06.20	90	98
ESTATE	21.06.20 – 30.07.20	40	43
AUTUNNO	10.10.20 – 09.11.20	31	34

Tabella 4.2 PM₁₀ - periodi di campionamento della campagna di Montemurlo

PM₁₀	periodo di monitoraggio	giorni di campionamento	% copertura stagionale
INVERNO	18.02.20 – 07.03.20	19	21
PRIMAVERA	22.05.20 – 07.06.20	16	17
ESTATE	17.06.20 – 07.07.20	18	20
AUTUNNO*	12.10.20 – 30.10.20	19	21

**Per la campagna autunnale è disponibile anche il PM_{2.5}*

4 Periodo minimo di copertura richiesto 14%

4.3 Montemurlo - Calcolo degli indicatori e analisi dei dati

Di seguito sono illustrati i risultati ottenuti per i singoli inquinanti e la valutazione di conformità ai limiti previsti dalla norma. Per la valutazione di conformità oltre al confronto diretto con i limiti di riferimento, gli indicatori ottenuti dalla campagna sono stati confrontati anche con gli stessi indicatori ottenuti dal monitoraggio della rete regionale, in particolare con una selezione di stazioni di rete regionale a cui il sito di Montemurlo può far riferimento, sia per vicinanza che per zona di appartenenza. Nel dettaglio sono state scelte le tre stazioni appartenenti alla zona Prato Pistoia più vicine al sito di Montemurlo: PT-Montale (SF), PO-Roma (UF) e l'unica altra stazione urbana-traffico presente in questa zona PO-Ferrucci (UT). In tabella 4.3 le stazioni di rete regionale utilizzate per l'analisi dei dati.

Tabella 4.3. Stazioni di rete regionale utilizzate per l'analisi dei dati ottenuti dalla campagna di Montemurlo

		Distanza in linea d'aria dal sito di Montemurlo (Km)	Quota sul livello del mare (m)
Zona Prato-Pistoia	Montemurlo	---	55
	PO-ROMA (UF)	4.8	51
	PO-FERRUCCI (UT)	5.3	54
	PT-MONTALE (SF)	4.5	49

Il confronto degli indicatori ricavati dalla campagna con quelli ottenuti dal monitoraggio con le stazioni di rete regionali è avvenuto prendendo in esame per le stazioni fisse sia gli indicatori calcolati su base annuale sia considerando anche per le stazioni fisse gli indicatori calcolati utilizzando esclusivamente i giorni di misura della campagna, in modo da valutare eventuali effetti dovuti ai differenti periodi di mediazione.

4.3.1 Montemurlo - Biossido di azoto NO₂

Per il biossido di azoto i valori degli indicatori ottenuti dalla campagna di Montemurlo rispettano entrambi i limiti previsti dalla norma per questo inquinante, tabella 4.4.

Tabella 4.4 NO₂ - indicatori ottenuti dalla campagna di monitoraggio

NO ₂	Montemurlo via E. Berlinguer	VL di riferimento
Media campagna - µg/m ³ a 20°C (da confrontare con il VL della media annua)	26	40
Valore massimo orario - µg/m ³ a 20°C (da confrontare con il VL orario)	105 (14.02.20 ore 18.00)	200
n. ore con concentrazione maggiore di 200 µg/m ³ a 20°C (da confrontare con il numero di superamenti consentiti del VL orario)	0	18

Per la valutazione di conformità ai limiti è comunque importante esaminare i dati ottenuti dalla campagna anche in relazione agli analoghi indicatori ottenuti dal monitoraggio con le stazioni regionali presenti nella zona di Prato-Pistoia, con particolare riferimento alle stazioni di traffico.

In tabella 4.5 i valori delle medie calcolate nel periodo della campagna mostrano che il dato ottenuto a Montemurlo è vicino alle medie delle stazioni regionali di Prato, in particolare alla stazione di traffico di PO-Ferrucci, con cui presenta anche il coefficiente di correlazione più elevato, tabella 4.6; come prevedibile il sito monitorato mostra le caratteristiche tipiche di un sito urbano-traffico. La stazione suburbana fondo di PT-Montale presenta invece livelli di concentrazione medi di NO₂ molto più bassi. Tutte le stazioni mostrano comunque un ampio rispetto del valore limite annuo di 40 µg/m³ e pertanto possiamo affermare che dai dati ottenuti dalla campagna di Montemurlo per il biossido di azoto non emergono criticità.

Tabella 4.5 NO₂ – Confronto con gli indicatori ottenuti dal monitoraggio delle stazioni di rete regionale

NO ₂		Media annua	
		Valore limite 40 µg/m ³	
		Media campagna	Media annua 2020
	Montemurlo (UT)	26	---
Zona Prato-Pistoia	PO-ROMA (UF)	23	24
	PO-FERRUCCI (UT)	25	25
	PT-MONTALE (SF)	13	15

Figura 4.3 Montemurlo, NO₂ – medie ottenute prendendo in esame solo i dati acquisiti nel periodo della campagna

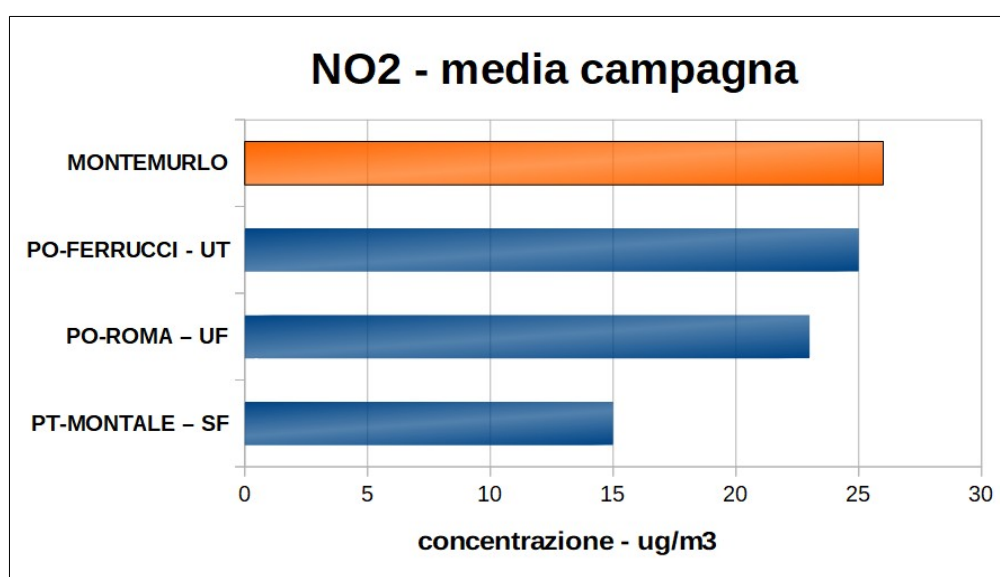


Tabella 4.6 NO₂ – Coefficienti di correlazione con le stazioni regionali

NO ₂	Coefficienti di correlazione di Pearson
PO-ROMA (UF)	0.79
PO-FERRUCCI (UT)	0.83
PT-MONTALE (SF)	0.71

Come per la campagna di Empoli anche quella di Montemurlo ha lo scopo di valutare gli attuali livelli di concentrazione media di NO₂ nell'area urbana di Montemurlo in riferimento ai siti di traffico, visto che gli ultimi valori acquisiti dalla stazione provinciale di PO-Montalese (UT) avevano fatto registrare un superamento del valore limite annuo per l'NO₂, in particolare nel 2010, ultimo anno di attività della stazione, il valore registrato era 54 µg/m³. Nello stesso anno la situazione si presentava simile anche nell'altra stazione da traffico della zona Prato-Pistoia

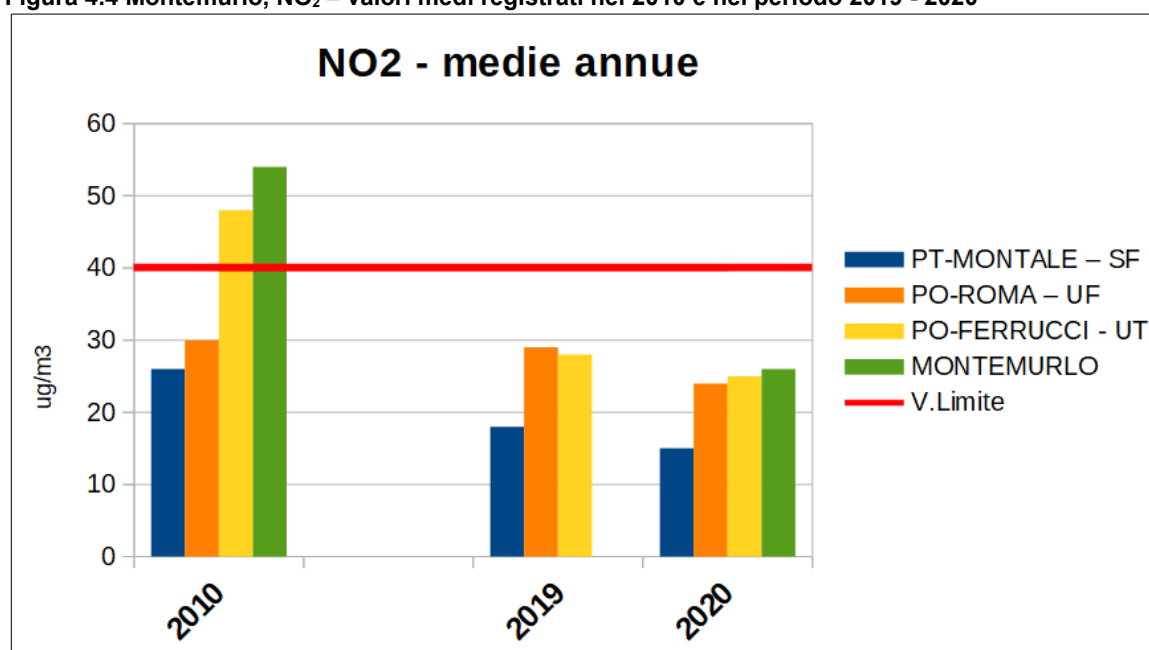
PO-Ferrucci, tabella 4.7. Negli anni successivi al 2010 è stata poi registrata una diminuzione dei livelli medi di NO₂ fino ad arrivare alla situazione attuale in cui il rispetto del limite annuo è consolidato in tutte le stazioni della zona.

Tabella 4.7 NO₂ – Confronto con gli indicatori ottenuti dal monitoraggio delle stazioni di rete regionale anni 2010 e 2020.

NO ₂		Media annua		
		Valore limite 40 µg/m ³		
		Media annua 2010	Media annua 2020	Decremento %
Zona Prato-Pistoia	Montemurlo (UT)	54	26*	52
	PO-ROMA (UF)	30	24	20
	PO-FERRUCCI (UT)	48	25	47
	PT-MONTALE (SF)	26	15	42

*Media campagna

Figura 4.4 Montemurlo, NO₂ – valori medi registrati nel 2010 e nel periodo 2019 - 2020



Concludendo, dall'analisi dei dati ottenuti dalla campagna possiamo ritenere che per il sito monitorato attualmente il limite annuo per il biossido di azoto risulti rispettato.

4.3.2 Montemurlo - Materiale particolato PM₁₀

I risultati ottenuti dalla campagna di Montemurlo per il PM₁₀ sono riportati in tabella 4.8, ricordiamo che per le campagne indicative la valutazione della conformità al limite giornaliero viene valutata utilizzando il 90,4° percentile delle medie giornaliere acquisite, che per il rispetto del limite deve risultare inferiore a 50 µg/m³. Per completezza è stato comunque riportato anche il numero dei superamenti registrati durante la campagna, benché questo parametro sia evidentemente influenzato dal periodo in cui si sono svolte le misure. Come per il biossido di azoto anche in questo caso i limiti risultano rispettati.

Tabella 4.8 PM₁₀ - indicatori ottenuti dalla campagna di monitoraggio

PM ₁₀	Montemurlo via E. Berlinguer	VL di riferimento
Media delle medie giornaliere - µg/m ³ (da confrontare con il VL della media annua)	23	40
90,4° percentile dei dati registrati (da confrontare con VL giornaliero)	42	50
n. di superamenti del VL giornaliero (da confrontare con il numero di superamenti consentiti del VL giornaliero)	1	35

Dal confronto con le stazioni di rete regionale, tabelle 4.9 e 4.10, si osserva che per il PM₁₀ i valori registrati nel sito di Montemurlo sono i più elevati rispetto alle stazioni vicine, comunque inferiore al limite di riferimento.

I coefficienti di correlazione di Pearson sono molto elevati per tutte le stazioni a conferma che i livelli medi di PM₁₀ nel territorio preso in esame presentano una distribuzione omogenea.

Tabella 4.9 PM_{10} – Confronto con gli indicatori ottenuti dal monitoraggio delle stazioni di rete regionale

PM_{10}		Media annua	
		Valore limite 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	
		Media campagna	Media annua 2020
	Montemurlo (UT)	23	---
Zona Prato-Pistoia	PO-ROMA (UF)	18	23
	PO-FERRUCCI (UT)	20	24
	PT-MONTALE (SF)	19	24

Tabella 4.10 PM_{10} 90.4° percentile – Confronto con gli indicatori ottenuti dal monitoraggio delle stazioni di rete regionale

PM_{10}		90.4 percentile	
		Valore limite 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	
		campagna	2020
	Montemurlo (UT)	42	---
Zona Prato-Pistoia	PO-ROMA (UF)	34	45
	PO-FERRUCCI (UT)	32	44
	PT-MONTALE (SF)	33	47

Tabella 4.11 PM_{10} superamenti del limite giornaliero – Confronto con gli indicatori ottenuti dal monitoraggio delle stazioni di rete regionale

PM_{10}		n. superamenti del limite giornaliero	
		Valore limite 35 superamenti consentiti	
		campagna	2020
	Montemurlo (UT)	1	---
Zona Prato-Pistoia	PO-ROMA (UF)	0	26
	PO-FERRUCCI (UT)	0	27
	PT-MONTALE (SF)	0	28

Tabella 4.12 PM_{10} – Coefficienti di correlazione con le stazioni regionali

PM_{10}	Coefficienti di correlazione di Pearson
PO-ROMA (UF)	0.92
PO-FERRUCCI (UT)	0.91
PT-MONTALE (SF)	0.92

4.3.3 Montemurlo - Materiale particolato PM_{2.5}

Per quanto riguarda il PM_{2.5} solamente il mezzo utilizzato per la campagna autunnale era attrezzato per la sua misura, mostriamo quindi i dati medi del periodo autunnale senza però poter fare nessuna valutazione di conformità al limite.

Tabella 4.13 PM_{2.5} – Confronto delle medie della campagna autunnale

PM _{2.5}		Media campagna autunnale
	Montemurlo (UT)	18
Zona Prato-Pistoia	PO-ROMA (UF)	12
	PO-FERRUCCI (UT)	12
	PT-MONTALE (SF)	16

Tabella 4.14 PM_{2.5} – Coefficienti di correlazione con le stazioni regionali

PM ₁₀	Coefficienti di correlazione di Pearson (dati disponibili solo per la campagna autunnale)
PO-ROMA (UF)	0.96
PO-FERRUCCI (UT)	0.96
PT-MONTALE (SF)	0.94

4.4 Montemurlo - Dati e grafici

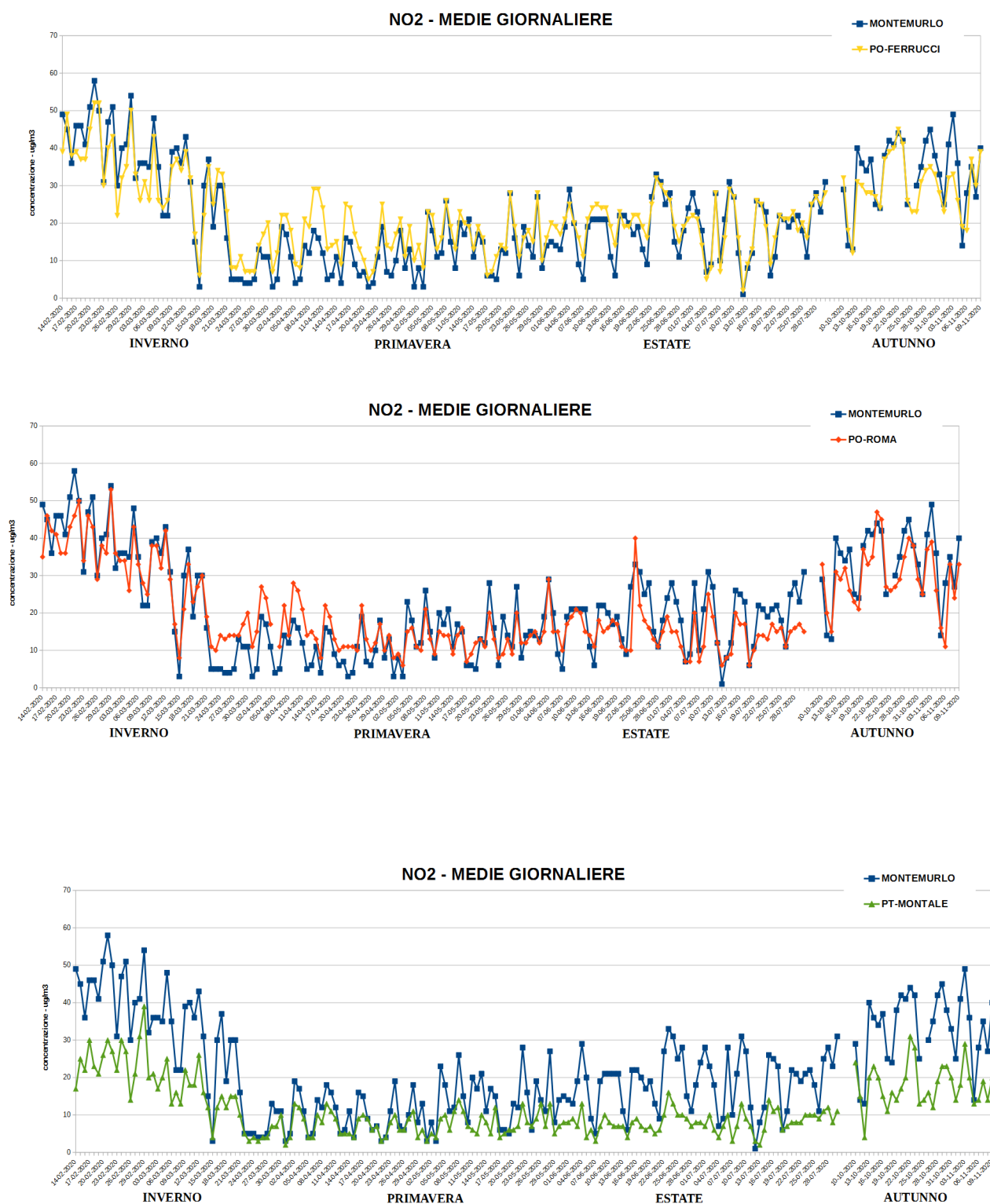
Tutti i dati acquisiti durante la campagna sono archiviati e disponibili presso le nostre banche dati e sono in parte consultabili alla pagina web http://www.arpat.toscana.it/temi-ambientali/aria/qualita-aria/rete_monitoraggio/scheda_stazione/PO-AUTOLAB-MONTEMURLO-NUOVA-MONTALESE, dove sono visibili e scaricabili tutti i dati che generalmente si pubblicano nei bollettini giornalieri di qualità dell'aria: media oraria massima giornaliera per NO₂ e medie giornaliere di PM₁₀, PM_{2.5} (disponibili solo per la campagna autunnale) .

Di seguito si riportano per i singoli inquinanti i grafici dei dati acquisiti durante la campagna di Montemurlo, confrontandoli con i dati delle stazioni regionali di Prato e Montale.

4.4.1 Biossido di Azoto NO₂

Il grafici seguenti mostrano l'andamento delle medie giornaliere di NO₂ acquisite durante la campagna nel sito di Montemurlo, come vediamo le campagne invernale, primaverile ed estiva sono state acquisite senza interruzioni, partendo dal 14.02.20 fino al 30.07.20. I grafici mostrano un buon accordo con i dati delle stazioni pratesi mentre la stazione di PT-Montale registra valori mediamente più bassi.

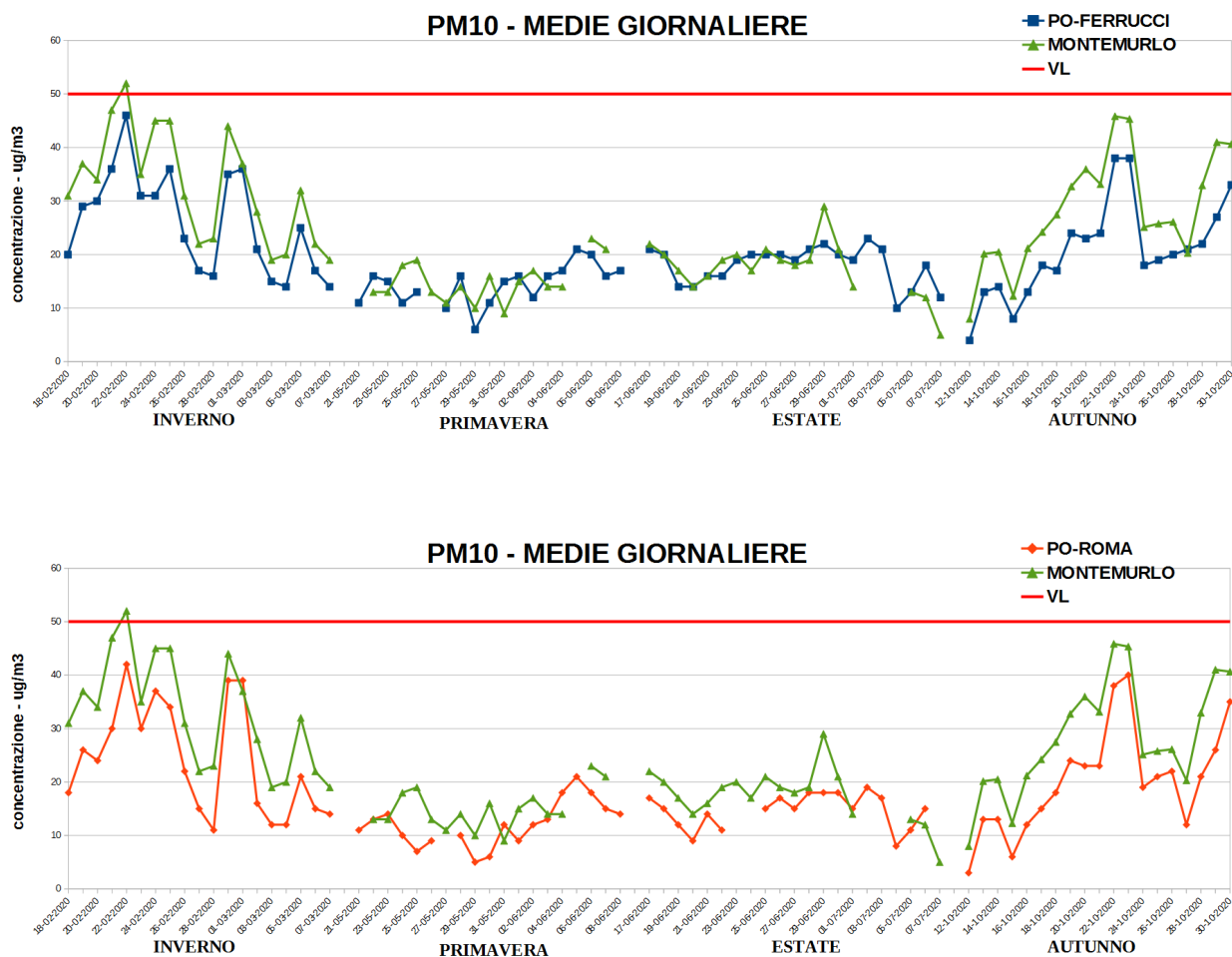
Grafico 4.1 NO₂ – Andamento delle medie giornaliere a confronto le stazioni di rete regionale

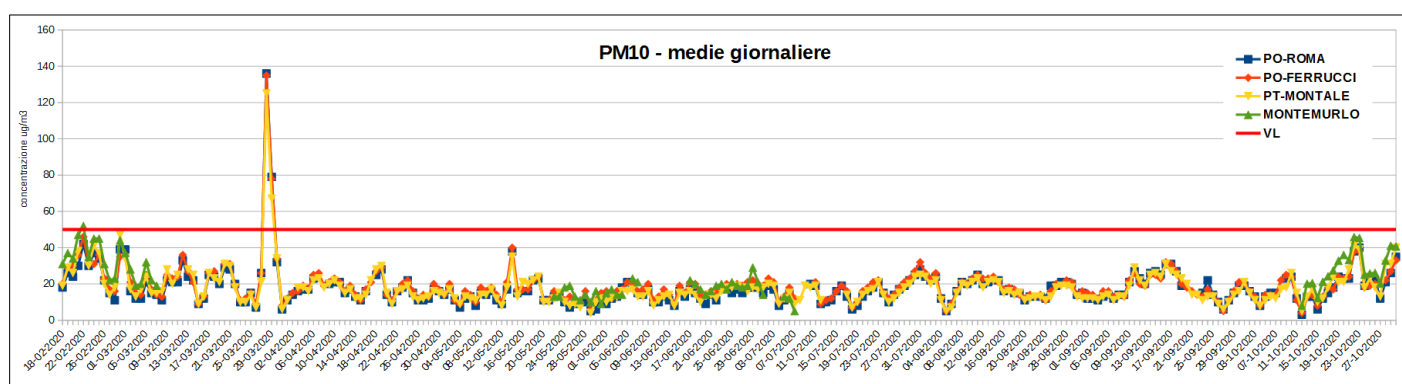
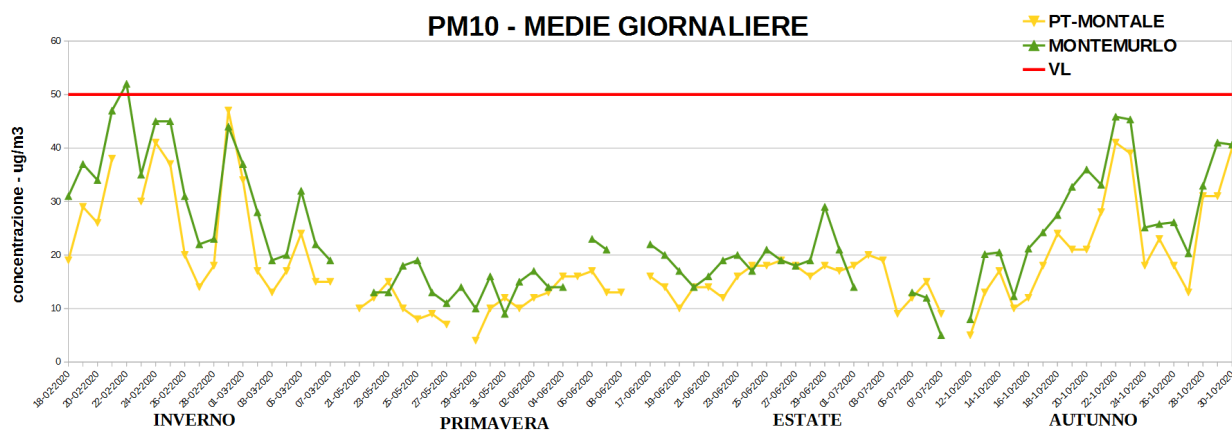


4.4.2 Materiale particolato PM₁₀

Di seguito i dati di PM₁₀ acquisiti durante la campagna confrontati con i dati delle stazioni di rete regionale PO-Roma, PO-Ferrucci e PT-Montale.

Grafico 4.2 PM₁₀ – Andamenti delle medie giornaliere a confronto con le stazioni della rete regionale



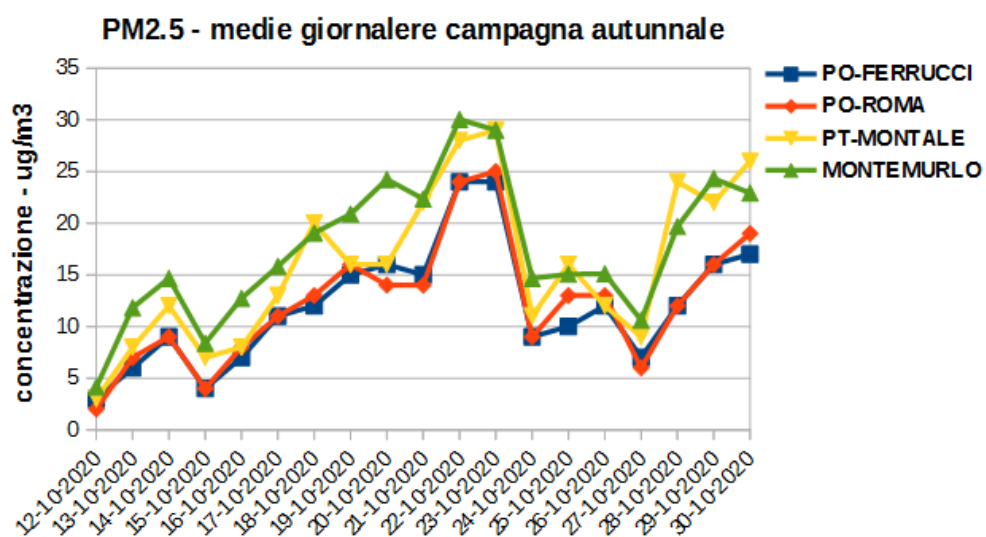


Il picco rilevato da entrambe le stazioni alla fine di marzo è dovuto ad un fenomeno di avvezione di polveri desertiche che ha coinvolto tutto il territorio regionale con superamenti registrati da quasi tutte le stazioni della rete.

4.4.3 Materiale particolato PM_{2.5} – campagna autunnale

Mostriamo di seguito i dati acquisiti durante la sessione autunnale della campagna di Montemurlo.

Grafico 4.3 PM_{2.5} – Andamenti delle medie giornaliere



5 Conclusioni

Le campagne di rilevamento di Aulla, Empoli e Montemurlo erano previste dalla DGRT 1182/2015, per Aulla al fine di verificare i livelli di concentrazione atmosferica di PM_{10} nella zona al confine tra i comuni di Licciana Nardi, Aulla e Podenzana, per Empoli e Montemurlo per la verifica del rientro dei superamenti del limite annuo del biossido di azoto (NO_2) registrate nel 2010 dalle stazioni di FI-Empoli-Ridolfi e PO-Montalese, facenti parte delle reti provinciali di Firenze e Prato e disattivate poi nel 2011.

La campagna di Aulla è stata svolta nel corso del 2020 e gli esiti del monitoraggio mostrano una situazione completamente conforme ai limiti previsti dal D.Lgs. 155/2010. In riferimento allo scopo del monitoraggio previsto dalla DGRT 1182/2015 dalle misure non emergono situazioni di criticità per quanto riguarda il limite giornaliero del PM_{10} e considerando gli esiti dell'applicazione del metodo dell'indice beta per la verifica della rappresentatività si ritiene che gli esiti delle misure effettuate possano essere estesi a tutta l'area oggetto di indagine, rappresentata dalla zona al confine tra i comuni di Licciana Nardi, Aulla e Podenzana.

Analogamente le campagne svolte ad Empoli e Montemurlo mostrano una situazione completamente conforme ai limiti previsti dal D.Lgs. 155/2010 per gli inquinanti monitorati.

In questo caso l'obiettivo era quello di valutare gli attuali livelli medi di concentrazione atmosferica di NO_2 nelle rispettive aree urbane con particolare riferimento ai siti di traffico che fino al 2010 erano stati monitorati con le stazioni provinciali di FI-Empoli-Ridolfi e PO-Montalese. Gli esiti delle misure mostrano un completo rispetto del valore limite con valori medi sulla campagne di 23 $\mu g/m^3$ ad Empoli e 26 a Montemurlo, confermando quindi anche in queste aree il trend in diminuzione registrato per NO_2 dal monitoraggio effettuato con le stazioni regionali. I livelli medi registrati ad Empoli e Montemurlo sono inoltre in linea con i valori acquisiti dalle stazioni di rete regionale appartenenti alle relative zone di competenza ed in particolare per il sito di Empoli che ricade nella zona del valdarno pisano e della piana lucchese è stata osservata una buona correlazione con il sito di PI-Santa Croce Coop, ma anche con alcune stazioni dell'agglomerato, in particolare con FI-Mosse che essendo un sito da traffico mostra caratteristiche analoghe a quelle di Empoli ex FI-Empoli-Ridolfi. Anche per Montemurlo che fa parte della zona Prato Pistoia si osserva una buona concordanza con le stazioni di PO-Roma e PO-Ferrucci, con una leggera prevalenza di quest'ultima che, essendo un sito da traffico, risulta più simile al sito monitorato a Montemurlo.

Concludendo le campagne effettuate mostrano un rientro delle criticità emerse in fase di definizione delle zone a rischio di superamento come definite nella DGRT.1182/2015.

STRUMENTAZIONE UTILIZZATA PER L'ESECUZIONE DELLE CAMPAGNE

In tabella sono riportate le caratteristiche tecniche della strumentazione utilizzata durante le tre campagne di monitoraggio

<i>campagna</i>	<i>mezzo utilizzato</i>	<i>Parametro misurato</i>	<i>Marca modello</i>	<i>Principio Metodo</i>	<i>Limite Rivelabilità</i>	<i>Precisione</i>
AULLA	CJ845CC	NO_x	API 200E	Chemiluminescenza UNI EN 14211:2012	0,7 µg/m ³	0,5% della lettura
		PM₁₀/PM_{2,5}	FAI Hydra Dual Channel	Campionamento gravimetrico su membrane filtranti UNI EN 12341:2014	---	---
EMPOLI	BX888RB	NO_x	API 200E	Chemiluminescenza UNI EN 14211:2012	0,7 µg/m ³	0,5% della lettura
		PM₁₀/PM_{2,5}	FAI Hydra Dual Channel	Campionamento gravimetrico su membrane filtranti UNI EN 12341:2014	---	---
MONTEMURLO¹	DB329YN	NO_x	API 200E	Chemiluminescenza UNI EN 14211:2012	0,7 µg/m ³	0,5% della lettura
		PM₁₀	TECORA Campionatore charlie	Campionamento gravimetrico su membrane filtranti UNI EN 12341:2014	---	---

¹ Per la campagna autunnale è stato utilizzato il mezzo BX888RB

LIMITI NORMATIVI

riferimenti normativi per gli inquinanti oggetto di questo rapporto

Biossido di azoto NO₂ - Limiti di riferimento (D.Lgs. 155/2010 all. XI e s.m.i.)

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

È inoltre definita nell'allegato XII del D.Lgs. 155/2010 una soglia di allarme, pari a 400 µg/m³ calcolata come concentrazione media da ripetersi per tre ore consecutive.

Particolato PM₁₀ - Limiti di riferimento (D.Lgs. 155/2010 all. XI e s.m.i.)

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

Per quanto riguarda il PM₁₀, per poter utilizzare le misure indicative per valutare il rispetto del limite giornaliero, occorre valutare il 90.4° percentile delle medie giornaliere acquisite, che deve essere inferiore o uguale a 50 µg/m³, anziché il numero dei superamenti, il quale risulta fortemente influenzato dal periodo di copertura della campagna (Allegato I, D.Lgs. 155/2010).

Particolato PM_{2.5} - Limiti di riferimento (D.Lgs. 155/2010 all. XI e s.m.i.)

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