

Campagna di rilevamento della qualità dell'aria nel Comune di Calenzano

**presso il sito di
Via Baldanzese**

Campagna indicativa di rilevamento con
Autolaboratorio-BX888RB

Periodo:
26 Febbraio 2020 – 23 Febbraio 2021

**Settore "Centro regionale per la tutela
della qualità dell'aria"**

REPORT

ARIA 

RELAZIONE CAMPAGNA DI RILEVAMENTO INDICATIVA CON MEZZO MOBILE targato BX888RB

Febbraio 2020 – Febbraio 2021

Calenzano – Via Baldanzese

A cura di:

Bianca Patrizia Andreini

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

ARPAT – Area Vasta “Toscana Costa”

Autori:

Marco Stefanelli, Tiziana Cecconi

ARPAT – Settore “*Centro Regionale per la Tutela della Qualità dell’Aria*” - Prato

Le attività di prova per il monitoraggio del PM10 e PM2,5 sono effettuate presso il laboratorio del Centro regionale di riferimento per la qualità dell’aria (CRRQA)

Maggio 2021

Indice generale

1 Sintesi.....	5
2 Introduzione.....	6
3 Descrizione del sito di misura.....	6
4 Analizzatori installati nell'Autolaboratorio BX888RB.....	12
5 Limiti normativi.....	13
5.1 Materiale particolato PM10 – normativa e limiti.....	13
5.2 Materiale particolato PM2.5 – normativa e limiti.....	13
5.3 Biossido di azoto – normativa e limiti.....	14
6 Calendario delle sessioni di monitoraggio e copertura temporale dei rilievi.....	15
6.1 Calendario delle sessioni stagionali.....	15
6.2 Copertura stagionale.....	15
7 Calcolo degli Indicatori previsti dalla normativa.....	16
7.1 Standardizzazione.....	16
7.2 Calcolo della media complessiva della campagna.....	16
7.3 Valori degli indicatori.....	16
7.3.1 Materiale particolato PM10.....	17
7.3.1.1 PM10 : Tabella di confronto degli indicatori calcolati nei corrispettivi periodi di misura delle centraline fisse prese a riferimento.....	17
7.3.1.2 PM10 : Tabella di confronto degli indicatori calcolati sulla serie annuali complete (anno 2020).....	18
7.3.1.3 PM10: Tabella di confronto degli indici di correlazione.....	18
7.3.1.4 PM10: Grafico combinato degli indici Lin e Differenza-Media.....	19
7.3.1.5 PM10: Grafico di correlazione con tra le concentrazioni ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) Calenzano Baldanzese e la stazione FI-SIGNA.....	20
7.3.1.6 PM10: Confronto delle medie giornaliere tra Calenzano Baldanzese e FI-SIGNA.....	20
7.3.1.7 PM10: Note sugli indicatori.....	22
7.3.2 Materiale particolato PM2.5.....	23
7.3.2.1 PM2.5 : Tabella di confronto degli indicatori calcolati nei corrispettivi periodi di misura delle centraline fisse prese a riferimento.....	23
7.3.2.2 PM2.5 : Tabella di confronto degli indicatori calcolati sulla serie annuali complete (anno 2020).....	23
7.3.3 PM2.5: Tabella di confronto degli indici di correlazione.....	23
7.3.3.1 PM2.5: Grafico combinato degli indici Lin e Differenza-Media.....	24
7.3.3.2 PM2.5: Grafico di correlazione concentrazioni medie giornaliere ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) Autolaboratorio - stazione FI-BASSI.....	24
7.3.3.3 Grafico delle medie giornaliere Calenzano Baldanzese vs stazione FI-BASSI.....	25
7.3.3.4 PM2.5 Note sugli indicatori.....	25
7.3.4 Biossido di azoto (NO_2).....	26
7.3.4.1 NO_2 : Tabella di confronto degli indicatori calcolati nei periodi di misura della campagna di monitoraggio a Calenzano Baldanzese.....	26
7.3.4.2 NO_2 : Tabella di confronto degli indicatori calcolati sulla serie annuali complete (anno 2020).....	26
7.3.4.3 NO_2 : Tabella di confronto degli indici di correlazione.....	27
7.3.4.4 NO_2 : Grafico combinato degli indici Lin e Differenza-Media.....	27
7.3.4.5 NO_2 : Grafico di correlazione delle medie orarie tra Calenzano Baldanzese e PO-FERRUCCI.....	28
7.3.4.6 NO_2 : Grafico di confronto delle medie giornaliere tra Calenzano Baldanzese ed alcune stazioni fisse.....	28
7.3.4.7 Biossido di Azoto - Note sugli indicatori.....	29

8	Analisi delle frazioni percentuali PM10/PM2.5.....	30
8.1	Tabella frazione PM2.5/PM10.....	30
8.2	Analisi frazione PM2.5 / PM10.....	30
8.2.1	Grafico del rapporto PM2.5 / PM10 su base stagionale ed annuale.....	30
9	Analisi grafica delle sessioni di misura stagionali.....	31
9.1	Materiale particolato PM10.....	31
9.1.1	Serie dati completa: Grafico di confronto con le stazioni fisse della RMQA.....	31
9.1.2	PM10 Tabella e grafico valori medi stagionali.....	32
9.1.3	PM10: Grafici di confronto con stazione fisse della RMQA nelle 4 sessioni stagionali.....	34
9.2	Materiale particolato PM2.5.....	36
9.2.1	Serie dati completa: Grafico di confronto con le stazione fisse della RMQA.....	36
9.2.2	PM2.5: Tabella e grafico valori medi stagionali.....	37
9.2.3	PM2.5: Grafici di confronto con stazione fisse della RMQA nelle 4 sessioni stagionali.....	38
9.3	Biossido di Azoto NO ₂	40
9.3.1	Tabella e grafico valori medi stagionali.....	40
9.3.2	NO ₂ : Grafici di confronto con le stazioni fisse della RMQA nelle 4 sessioni stagionali.....	42
9.3.3	NO ₂ - Analisi variazione nel tempo (ordinate in µg/m ³).....	44
9.3.4	NO ₂ - Analisi della provenienza in funzione dei venti prevalenti da febbraio a maggio 2020.....	45
9.3.4.1	Grafico frequenze di direzione di provenienza inquinante NO ₂ (NO ₂ in µg/m ³).....	45
9.3.4.2	Grafico polare direzione di provenienza inquinante NO ₂ (NO ₂ in µg/m ³).....	45
9.3.4.3	NO ₂ : Grafico polare provenienza inquinante sovrapposto alla mappa.....	47
10	Considerazione finali sulla campagna di monitoraggio.....	49

1 Sintesi

La campagna di misurazione in Via Baldanzese, nel Comune di Calenzano, ha avuto inizio il 26 Febbraio 2020 ed è terminata il 23 Febbraio 2021. La postazione è in zona urbana in prossimità di un'area industriale con elevato traffico veicolare. L'indagine si è sviluppata in cinque sessioni di misura, coprendo ogni stagione, in modo da soddisfare i requisiti previsti dalla normativa per le misure di tipo indicativo.

La sessione invernale del 2020 che è iniziata il 26 febbraio è stata replicata nell'inverno 2020-2021 prolungando la sessione autunnale iniziata in data 11-11-2020 in modo da avere un set di dati più cospicuo e con una ampia copertura nella stagione invernale notoriamente caratterizzata da condizioni di inquinamento più gravose.

Il valore della media delle concentrazioni di PM10 rilevato nelle campagne effettuate dal 26.02.2020 al 23.02.2021 in Via Baldanzese a Calenzano è inferiore al limite previsto dalla normativa per la media annua. Le concentrazioni di PM10 rilevate risultano essere più alte rispetto a quelle rilevate in analogo periodo nelle stazioni dell'agglomerato fiorentino e dell'area Prato-Pistoia. La media è inferiore rispetto a quella della stazione di LU-CAPANNORI, che rileva storicamente le concentrazioni di PM10 più alte in Toscana. La serie numerica di PM10 di Calenzano Baldanzese correla molto bene con le stazioni della RMQA, in special modo con FI-SIGNA. Per quanto riguarda il numero di superamenti nel periodo monitorato, l'indicatore fornito dal 90,4° percentile, pari a 56, indica statisticamente la probabilità del superamento del criterio dei 35 superamenti annui. Tale indicatore tuttavia è molto condizionato dal periodo di campionamento nelle diverse stagioni.

Per quanto riguarda il particolato fine PM2.5 si rilevano concentrazioni medie più allineate con le stazioni RMQA prese come riferimento, il valore medio di $17 \mu\text{g}/\text{m}^3$ rispetta ampiamente il valore limite previsto dalla normativa ed è leggermente superiore ai $16 \mu\text{g}/\text{m}^3$ di PO-FERRUCCI ed inferiore al $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ della stazione PT-MONTALE.

Per il Biossido di Azoto gli indicatori rispettano tutti i limiti previsti dalla norma, il valore della media pari a $27 \mu\text{g}/\text{m}^3$ è leggermente superiore allo stesso rilevato nella stazione FI-MOSSE, una delle due stazioni urbana-traffico nel Comune di Firenze. Il profilo orario del giorno tipo e la buona correlazione con le stazioni di tipologia urbana-traffico sembrano indicare come fonte prevalente le emissioni dovute a traffico veicolare.

In estrema sintesi si osservano alti valori di PM10 con prevalenza di particolato coarse e meno ultrafine, che suggeriscono fenomeni di disgregazione di materiali e risollevarimento, e livelli di Biossido di Azoto medio-alti assimilabili sia come fonte emissiva che come valori assoluti ad una stazione urbana-traffico dove la fonte emissiva principale è costituita dal traffico veicolare.

2 Introduzione

La presente relazione illustra i risultati dell'attività di monitoraggio dell'Autolaboratorio BX888RB della Regione Toscana relativa al periodo febbraio 2020 – febbraio 2021, nel contesto di una convenzione stabilita tra Comune di Calenzano e ARPAT e formalizzata nel disciplinare del 21/01/2020 prot. Arpat n° 4257.

La presente indagine può essere assimilata a una "misurazione indicativa" di qualità dell'aria, come previsto dal D.Lgs. N° 155/2010 e s.m.i.

L'attività di monitoraggio è stata richiesta dal Comune di Calenzano. Il monitoraggio effettuato nella campagna oggetto della presente relazione è stato effettuato con gli analizzatori classici per la valutazione della qualità dell'aria che possono fornire un quadro indicativo della situazione di inquinamento atmosferico per il particolato e gli ossidi di azoto.

Il processo di monitoraggio della qualità dell'aria è inserito nel sistema di gestione per la qualità di ARPAT. Tale sistema di gestione di ARPAT è certificato dal RINA con registrazione n° 32671/15/S secondo le UNI EN ISO 9001:2015. Pertanto, tutti i dati misurati dal laboratorio mobile, sono stati acquisiti, elaborati e validati secondo le procedure disciplinate dal suddetto documento.

3 Descrizione del sito di misura

Il sito in cui sono state condotte le misure con l'utilizzo del mezzo mobile BX888RB è compreso nell'area omogenea Agglomerato di Firenze, la postazione in esame è all'interno dell'abitato nel Comune di Calenzano in località Settimello, in via Baldanzese nel parcheggio posto davanti al numero civico 55.

Si tratta di una zona urbanizzata con media densità abitativa caratterizzata dalla commistione tra edifici residenziali e attività artigianali / commerciali di vario tipo nonché di un cementificio situato a una distanza di circa 500 metri dalla postazione di misura. Una sorgente emissiva importante è costituita dall' Autostrada A1 distante circa 200 di metri dal sito di installazione dell'autolaboratorio.

La postazione di misura in Via Baldanzese è stata individuata come la migliore possibile per coniugare le esigenze di vicinanza alla zona in cui era richiesto il monitoraggio con quelle di sicurezza nel parcheggio del mezzo senza compromettere la circolazione e modificare il contesto

da un punto di vista ambientale. Il punto di installazione del mezzo è molto vicino alla carreggiata di Via Baldanzese pertanto la postazione potrebbe essere assimilata ad una stazione di tipo traffico, tuttavia il limitato flusso veicolare a senso unico di via Baldanzese la rende sensibile anche ad emissioni più diffuse, aumentandone il raggio di azione da un punto di vista della rappresentatività spaziale.

Le coordinate geografiche Gauss-Boaga sono: N:4857746 – E:1674954 . L'altitudine è di 65 metri s.l.m. Sotto sono riportate le immagini del contesto territoriale del sito e del laboratorio mobile installato.

Altre informazioni sul sito di misurazione e sui dati rilevati sono disponibili sul sito web di ARPAT all'indirizzo

http://www.arpad.toscana.it/temi-ambientali/aria/qualita-aria/rete_monitoraggio/scheda_stazione/FI-AUTOLAB-CALENZANO-BALDANZESE.

Figura 3.1 Mappa su scala locale della postazione di misura.



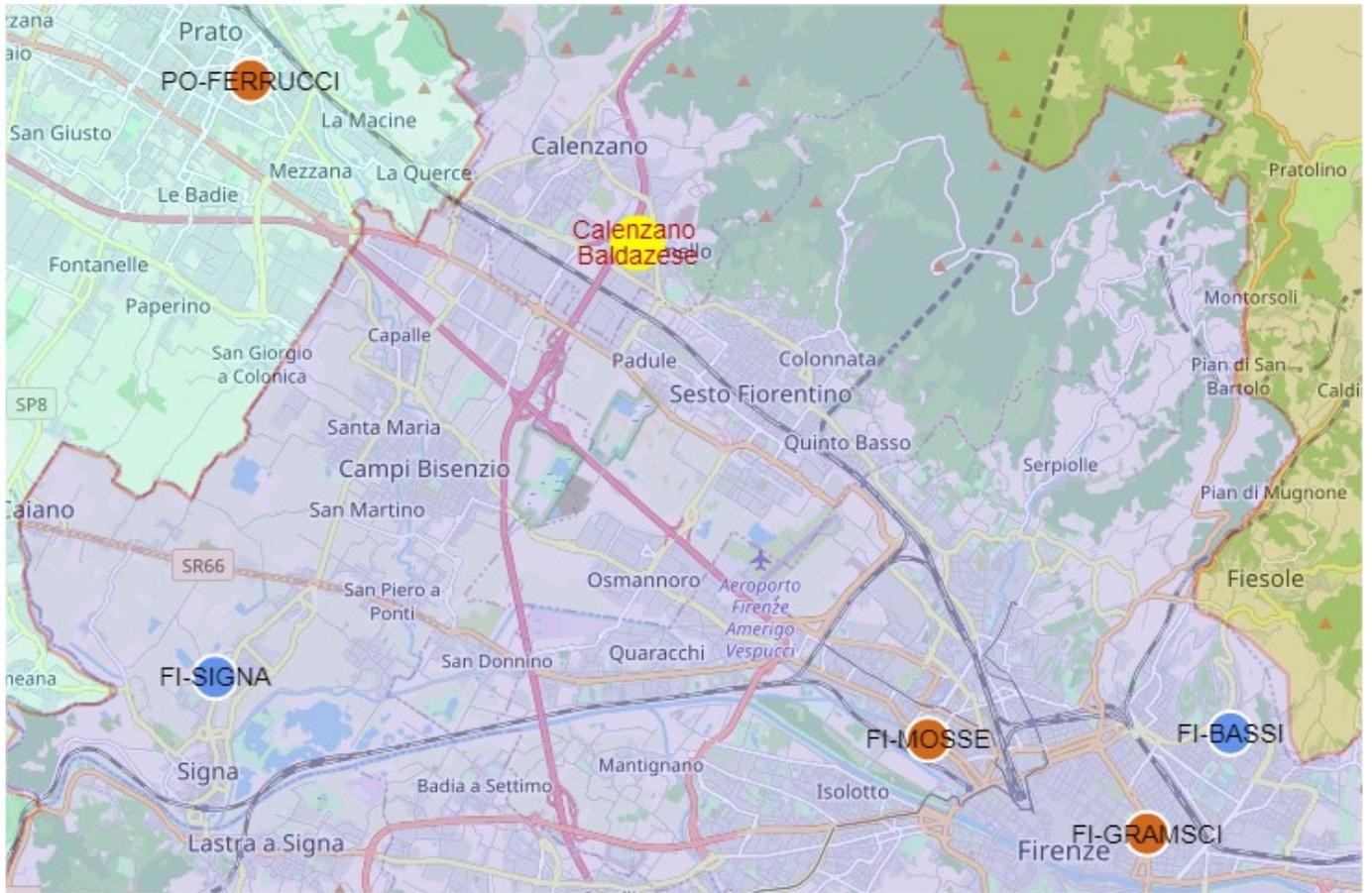
Figura 3.2 *Mapa della zonizzazione della Toscana con individuazione dell'area di indagine all'interno dell' "Agglomerato di Firenze "*



Figura 3.3 Autolaboratorio BX888RB in via Baldanzese a Calenzano



Figura 3.4 Mappa Autolaboratorio in via Baldanzese a Calenzano con le 5 stazioni della rete regionale scelte per il confronto degli indicatori



4 Analizzatori installati nell'Autolaboratorio BX888RB

Nella tabella 4.1 sono indicati gli inquinanti monitorati dall'autolaboratorio:

Tabella 4.1 – Inquinanti monitorati.

NO _x	PM10	PM2,5
x	x	x

NO_x = ossidi di azoto totali, ovvero monossido di azoto (NO) e biossido di azoto (NO₂)

PM10 = polveri con diametro aerodinamico inferiore a 10 micrometri

PM2,5 = polveri con diametro aerodinamico inferiore a 2,5 micrometri

Di seguito in tabella sono elencati gli strumenti presenti all'interno del mezzo mobile e le relative caratteristiche tecniche:

Tabella 4.2 – Caratteristiche tecniche degli strumenti installati

Inquinante	Marca modello	Metodo	Limite Rivelabilità	Precisione
NO _x	API 200E	UNI EN 14211:2012	0,7 µg/m ³	0,5% della lettura
PM10/PM2,5	FAI Hydra Dual Channel	UNI EN 12341:2014	---	---

Sul Laboratorio mobile sono installati anche i sensori per la misura della velocità del vento (VV) e per la determinazione della provenienza dei fenomeni ventosi (DV).

5 Limiti normativi

I valori limite che esprimono gli indicatori di qualità dell'aria sono stati definiti dalla Comunità Europea (Direttiva 2008/50/CE) e sono stati recepiti dallo Stato italiano con il D.Lgs. n° 155 del 13 agosto 2010 e s.m.i.

5.1 Materiale particolato PM10 – normativa e limiti

(paragrafo 1 allegato XI D.Lgs. 155/2010 - punto B Allegato XI Direttiva 2008/50/CE)

	Periodo di mediazione	Valori limite
Valore limite di 24 ore per la protezione della salute umana	24 ore	50 µg/m ³ PM10 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 PM10

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 utilizzare il numero dei superamenti registrati durante la campagna il quale risulta fortemente influenzato dal periodo di copertura della campagna stessa (Allegato I, D.Lgs. 155/2010).

5.2 Materiale particolato PM2.5 – normativa e limiti

(paragrafo 1 allegato XI D.Lgs. 155/2010 - punto D Allegato XIV Direttiva 2008/50/CE)

	Periodo di mediazione	Valori limite
Valore limite annuale per la protezione della salute umana	Anno civile	25 µg/m ³ PM2,5 (in vigore dal 1° gennaio 2015)

5.3 Biossido di azoto – normativa e limiti

(paragrafo 1 allegato XI D.Lgs. 155/2010 e paragrafo 1 allegato XII D.Lgs. 155/2010 – punto B Allegato XI, punto A Allegato XII ed Allegato XIII Direttiva 2008/50/CE)

	Periodo di mediazione	Valore limite
Valore limite orario per la protezione della salute umana.	1 ora	200 µg/m ³ NO ₂ 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 NO ₂
Soglia di allarme	Anno civile Superamento di 3 ore consecutive	400 µg/m ³ NO ₂

6 Calendario delle sessioni di monitoraggio e copertura temporale dei rilievi.

6.1 Calendario delle sessioni stagionali

	NO2		PM10 – PM2.5	
	Data start	Data stop	Data start	Data stop
Inverno 2019-2020	26-02-2020	20-03-2020	---	---
Primavera 2020	21-03-2020	12-05-2020	19-03-2020	06-04-2020
Estate 2020	07-08-2020	20-09-2020	10-08-2020	21-09-2020
Autunno 2020	21-09-2020	20-12-2020	12-11-2020	30-11-2020
Inverno 2020-2021	21-12-2020	23-02-2021	28-12-2020	04-02-2021

6.2 Copertura stagionale

Copertura stagionale			
	NO2	PM10	PM2,5
Inverno 2019-2020	24.00%	---	---
Primavera 2020	56.00%	19.00%	19.00%
Estate 2020	45.00%	41.00%	40.00%
Autunno 2020	56.00%	22.00%	22.00%
Inverno 2020-2021	65.00%	37.00%	33.00%

La distribuzione delle misure ed i periodi di copertura rispettano quanto previsto per le misurazioni indicative dal DLGS 155/2010 Allegato 1.

7 Calcolo degli Indicatori previsti dalla normativa

7.1 Standardizzazione

Tutti i valori di concentrazione espressi in unità di massa (μg o mg per metro cubo d'aria (m^3)) sono riferiti ad una pressione di 101,3 kPa ed alla temperatura di 20° C (293 K), ad esclusione del materiale particolato PM10, il cui volume di campionamento si riferisce alle condizioni ambiente in termini di temperatura e di pressione atmosferica alla data delle misurazioni.

7.2 Calcolo della media complessiva della campagna

Per il calcolo della media complessiva della campagna per il confronto con l'indicatore normato media annuale previsto sia per PM10 e per PM2.5 che per il Biossido di Azoto si è preceduto nel calcolo delle medie stagionali e quindi nel calcolo della media della campagna dalle medie delle quattro stagioni.

Per il Biossido di Azoto che è stato monitorato sia nell'inverno 2019-2020 che nell'inverno 2020-2021 la media invernale è stata ottenuta dalle medie delle due sessioni invernali.

7.3 Valori degli indicatori

Di seguito sono presi in considerazione i singoli inquinanti per ognuno dei quali sono riportati gli indici sintetici relativi al periodo di monitoraggio, nonché i corrispondenti limiti di riferimento previsti dalla normativa vigente in materia di Qualità dell'Aria (D.Lgs. 155/2010 e s.m.i.).

La campagna di monitoraggio a Calenzano – Via Baldanzese si è articolata in modo distribuito su tutte e quattro le stagioni con una copertura temporale coerente con quanto previsto dal DLGS 155/2010 per le misurazioni indicative, sarà pertanto possibile il calcolo ed il confronto con gli indicatori normati.

La postazione di misura oggetto della presente relazione si trova nell'agglomerato fiorentino, al confine con la zona di Prato-Pistoia pertanto per quanto riguarda il biossido di azoto si è scelto di confrontare i valori rilevati nella campagna con gli analoghi delle stazioni della RMQA PO-FERRUCCI (urbana – traffico) nella zona omogenea Prato – Pistoia e FI-BASSI (urbana – fondo), FI-GRAMSCI (urbana – traffico), FI-MOSSE (urbana – traffico), FI-SIGNA (urbana-fondo) per l'area omogenea Agglomerato di Firenze.

Per il particolato oltre alle stazioni FI-MOSSE, FI-BASSI, FI-SIGNA, FI-GRAMSCI dell'Agglomerato abbiamo esteso il confronto a PO-FERRUCCI e PT-MONTALE dell'area Prato – Pistoia, e LU-CAPANNORI come riferimento della stazione regionale con i valori storicamente più alti.

7.3.1 Materiale particolato PM10

7.3.1.1 PM10 : Tabella di confronto degli indicatori calcolati nei corrispettivi periodi di misura delle centraline fisse prese a riferimento.

PM10 -Indicatori Campagna	Limite di rifer.	LU-CAPANNORI	FI-MOSSE	FI-BASSI	FI-SIGNA	FI-GRAMSCI	PO-FERRUCCI	PT-MONTALE	Calenz. Via Bald.se
Numero superamenti del VL 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ come media giornaliera sulla serie della campagna	35	25	6	5	11	7	6	11	13
Media delle medie giornaliere ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) *	40 media annua	36	23	21	26	25	26	28	29
90,4° percentile dei dati registrati (da confrontare con VL giornaliero) **	50	69	38	32	46	40	42	49	56
Massima media giornaliera rilevata nel periodo ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	-	89	128	133	128	115	135	125	128

* Per il calcolo della media si veda il capitolo 7.2

** Indicatore 90.4 percentile è calcolato senza il contributo delle avvezioni di polveri desertiche del 27-28-29-30 Marzo 2020.

7.3.1.2 PM10 : Tabella di confronto degli indicatori calcolati sulla serie annuali complete (anno 2020).

PM10 -Indicatori 2020	Limite di rifer.	LU-CAPANNORI	FI-MOSSE	FI-BASSI	FI-SIGNA	FI-GRAMSCI	PO-FERRUCCI	PT-MONTALE
Numero superamenti del VL 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ come media giornaliera sulla serie della campagna	35	53	15	9	27	17	29	30
Media delle medie giornaliere ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	40 media annua	29	20	19	22	23	24	24
90,4° percentile dei dati registrati (da confrontare con VL giornaliero)	50	63	35	34	41	40	44	47

7.3.1.3 PM10: Tabella di confronto degli indici di correlazione

	LU-CAPANNORI	FI-MOSSE	FI-BASSI	FI-SIGNA	FI-GRAMSCI	PO-FERRUCCI	PT-MONTALE
Pearson	0,73	0,93	0,92	0,96	0,94	0,95	0,93
Lin	0,66	0,87	0,86	0,94	0,90	0,95	0,92
Diff-Media	0,07	0,35	0,42	0,23	0,63	0,17	0,07

Gli indicatori presi in considerazione per valutare il grado di correlazione tra il sito di monitoraggio e le stazioni prese a riferimento sono :

1. il coefficiente di correlazione di Brevais Pearson
2. il coefficiente di concordanza di Lin
3. il coefficiente di correlazione tra differenza e media.

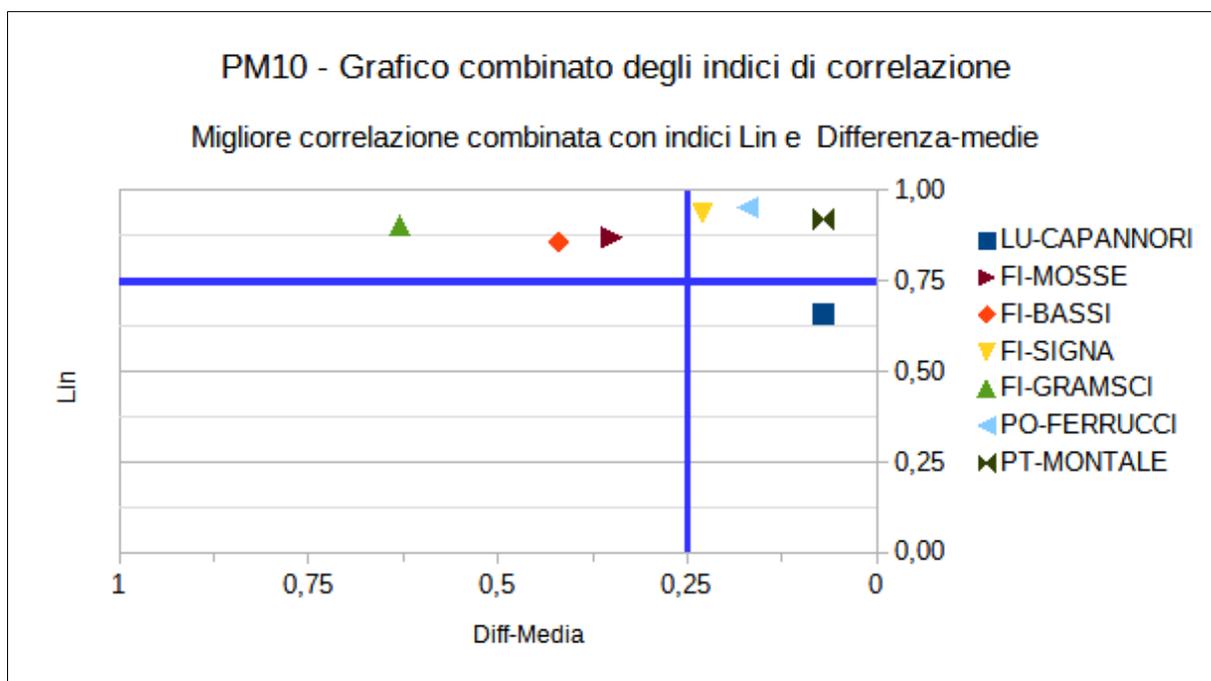
Il coefficiente di Brevais-Pearson misura il grado di associazione lineare tra due variabili: un'alta correlazione indica che le due stazioni sono in fase, cioè le graduatorie dei valori sono rispettate e i valori sono concentrati intorno alla retta di regressione.

Il coefficiente di concordanza di Lin misura quanto le coppie di valori giornalieri rappresentati in un grafico di dispersione si scostino dalla bisettrice: un alto coefficiente di concordanza di Lin indica che le due stazioni misurano i soliti livelli di inquinamento.

Il coefficiente di correlazione tra differenza e media è calcolato come coefficiente di correlazione di Pearson tra due variabili che sono la differenza tra i due valori misurati dalle due

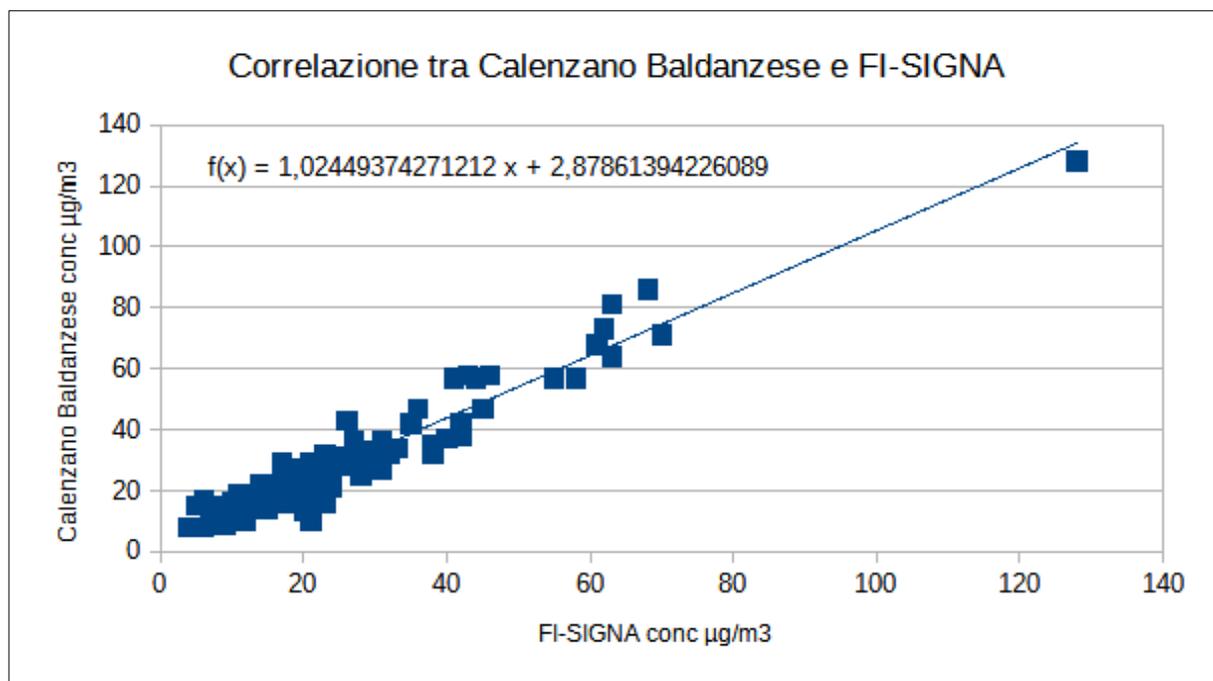
stazioni e la loro media, se basso indica che i valori misurati dalle due stazioni hanno la stessa ampiezza di oscillazioni.

7.3.1.4 PM10: Grafico combinato degli indici Lin e Differenza-Media

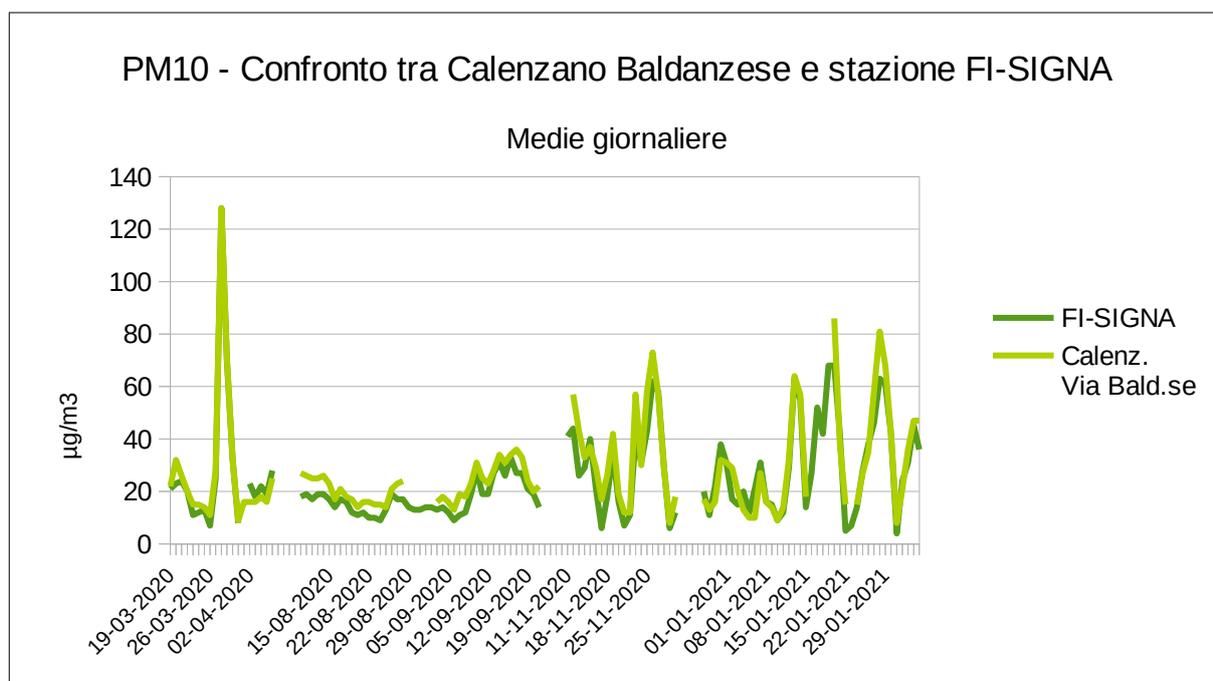


FI-SIGNA ottiene l'indice migliore per quanto riguarda la correlazione lineare di Pearson. Le stazioni di PO-FERRUCCI e PT-MONTALE (insieme a LU-CAPANNORI) sono invece le stazioni che ottengono migliore correlazione rispettivamente con gli indici di Lin e Differenza - Media.

7.3.1.5 PM10: Grafico di correlazione con tra le concentrazioni ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) Calenzano Baldanzese e la stazione FI-SIGNA



7.3.1.6 PM10: Confronto delle medie giornaliere tra Calenzano Baldanzese e FI-SIGNA



Il grafico 7.3.1.4 consente di visualizzare le stazioni che correlano meglio con Calenzano Baldanzese: sono quelle stazioni che si collocano nel box in alto a destra e che quindi combinano buona coerenza sia dal punto di vista dei valori assoluti che da un punto di vista delle oscillazioni. Possiamo notare che le stazioni che correlano meglio, FI-SIGNA , PT-MONTALE e PO-FERRUCCI sono di diversa tipologia le prime due urbana fondo e suburbana fondo mentre PO-FERRUCCI è del tipo urbana-traffico

L'eccellente valore degli indici di correlazione si evidenzia nei grafici **7.3.1.5 e 7.3.1.6**, le concentrazioni sono ben distribuite intorno alla bisettrice nel grafico 7.3.1.5 e sono pressoché sovrapposte nel grafico delle medie giornaliere 7.3.1.6.

7.3.1.7 PM10: Note sugli indicatori

Nelle tabella 7.3.1.1 sono elencati gli indicatori calcolati sulle serie di misure rilevate nella postazione di Calenzano Via Baldanzese in relazione ai corrispettivi calcolati per le stazioni di riferimento negli stessi periodi e in tutto l'anno solare 2020 (tabella 7.2.1.2). Nella postazione di Calenzano si rilevano valori più alti che nelle stazioni di riferimento eccetto per LU-CAPANNORI sia per quanto riguarda la media, che per quanto riguarda il 90,4 percentile, indicatore previsto dal DLGs 155/2010 per le misure discontinue per valutare il numero dei superamenti del limite previsto sulla media giornaliera. Anche il numero dei superamenti del valore limite sulla media giornaliera risulta più alto rispetto a quello delle stazioni fisse dell'agglomerato e dell'area Prato-Pistoia.

L'indicatore sulla media risulta inferiore al limite dei $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ mentre il valore relativo al 90.4% ($56 \mu\text{g}/\text{m}^3$) risulta maggiore al limite di legge fissato a 50 per le misure indicative. Tale indicatore tuttavia è una funzione probabilistica applicata alle misure discontinue dove non è possibile avere una copertura dei dati completa, quindi ha una funzione di stima indicativa.

Nella tabella 7.3.1.3 sono riportati una serie di indicatori di correlazione, riportati nel grafico 7.3.1.4 che individuano nelle stazioni FI-SIGNA, PO-FERRUCCI e PT-MONTALE come le stazioni che correlano meglio sul PM10 e che dunque possono fornire un valido modello di riferimento per osservare la dinamica di tale inquinante. Il grafico scatter 7.3.1.5 della correlazione tra la serie di Calenzano con la corrispettiva di FI-SIGNA evidenzia una forte coerenza che viene ampiamente confermata dal grafico delle medie giornaliere 7.3.1.6. Per quanto riguarda il confronto con gli indicatori, la media di Calenzano Baldanzese risulta più alta del 12% rispetto a quella di FI-SIGNA, mentre il numero di superamenti è superiore del 24%.

Osservando il grafico 7.3.1.6 si nota un picco molto alto rilevato a fine marzo 2020. Si è trattato di un fenomeno di avvezione di polvere desertica che ha influenzato per alcune giorni tutta l'Italia centrale. E' un fenomeno naturale che quindi comporterebbe lo scarto dal conteggio dei superamenti, tuttavia dato che non influenza il confronto con le stazioni della RMQA si è ritenuto opportuno mantenere il dataset integro.

7.3.2 Materiale particolato PM2.5

7.3.2.1 PM2.5 : Tabella di confronto degli indicatori calcolati nei corrispettivi periodi di misura delle centraline fisse prese a riferimento.

PM2.5 -Indicatori Campagna	Limite di riferimento	LU-CAPANNORI	FI-BASSI	FI-GRAMSCI	PO-FERRUCCI	PT-MONTALE	Calenz. Via Bald.se
Media delle medie giornaliere * (µg/m ³)	25 media annua	28	14	15	16	20	17
Massima media giornaliera rilevata nel periodo (µg/m ³)	-	73	52	50	64	69	66

* Per il calcolo della media si veda il capitolo 7.2

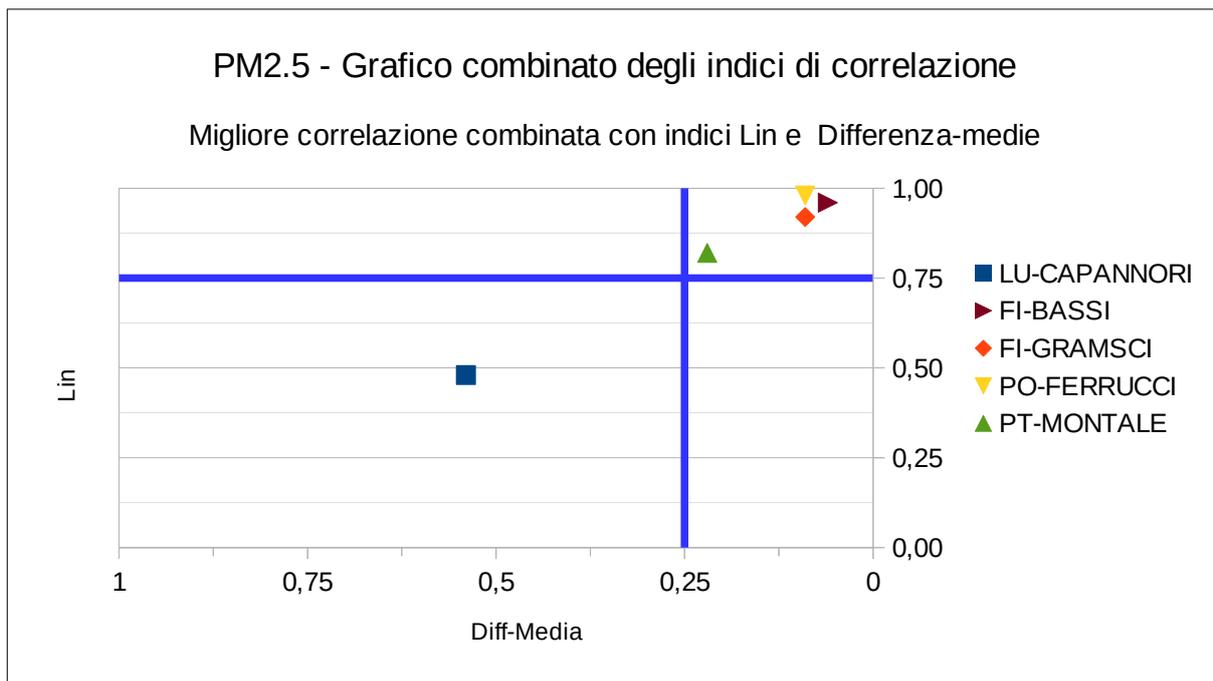
7.3.2.2 PM2.5 : Tabella di confronto degli indicatori calcolati sulla serie annuali complete (anno 2020).

PM2.5 -Indicatori 2020	Limite di riferimento	LU-CAPANNORI	FI-BASSI	FI-GRAMSCI	PO-FERRUCCI	PT-MONTALE
Media delle medie giornaliere (µg/m ³)	25 media annua	21	13	14	15	17

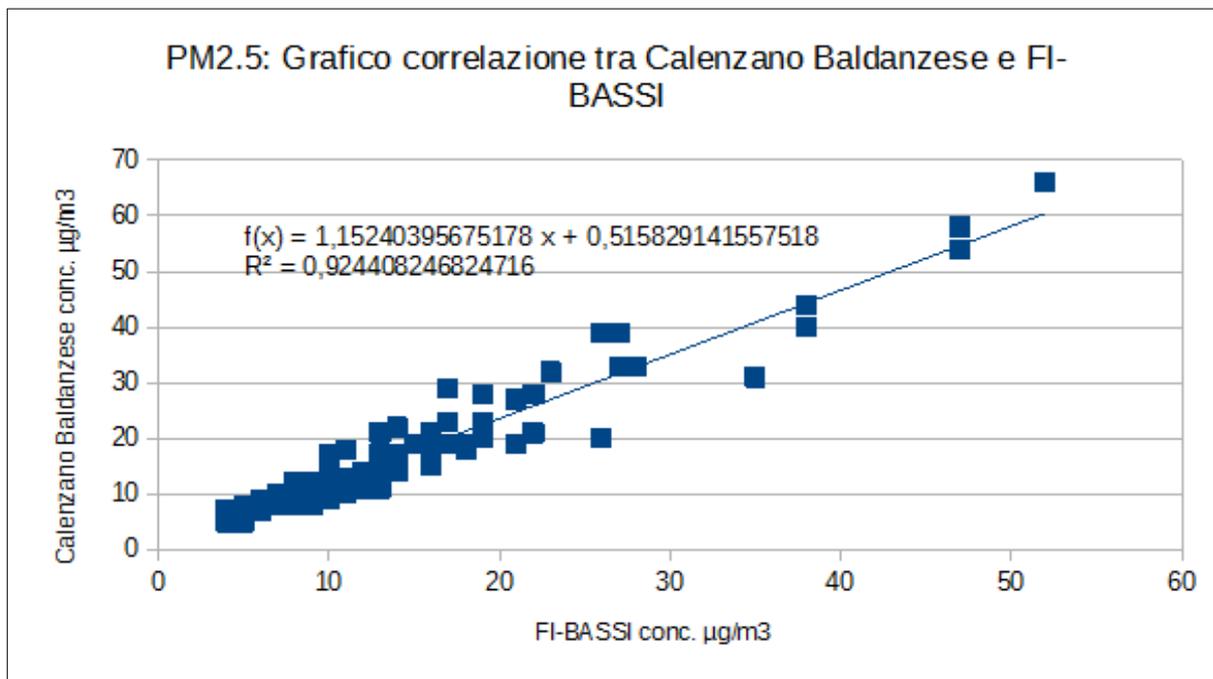
7.3.3 PM2.5: Tabella di confronto degli indici di correlazione

	LU-CAPANNORI	FI-BASSI	FI-GRAMSCI	PO-FERRUCCI	PT-MONTALE
Pearson	0,68	0,96	0,96	0,95	0,89
Lin	0,48	0,96	0,92	0,98	0,82
Diff-Media	0,54	0,06	0,09	0,09	0,22

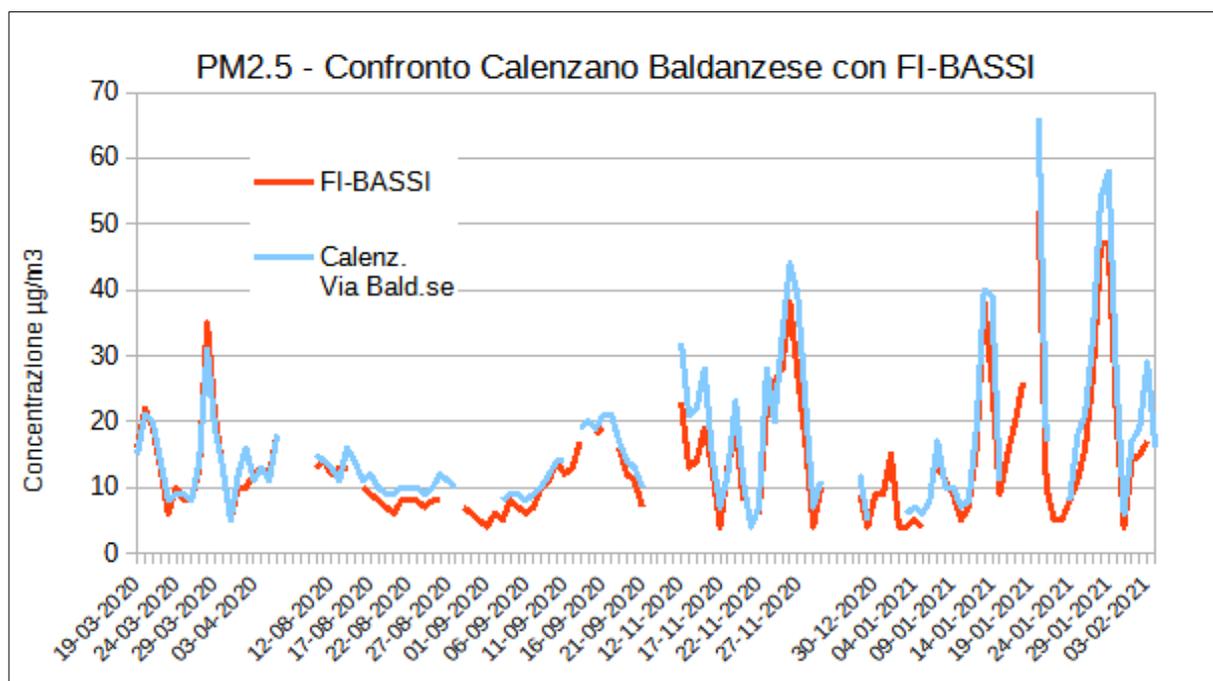
7.3.3.1 PM2.5: Grafico combinato degli indici Lin e Differenza-Media



7.3.3.2 PM2.5: Grafico di correlazione concentrazioni medie giornaliere ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) Autolaboratorio - stazione FI-BASSI



7.3.3.3 Grafico delle medie giornaliere Calenzano Baldanzese vs stazione FI-BASSI



7.3.3.4 *PM2.5 Note sugli indicatori*

Per quanto riguarda il particolato PM2.5 nella postazione di Calenzano l'indicatore sulla media risulta più alto che nelle stazioni di riferimento dell'agglomerato di Firenze, mentre è inferiore a quanto rilevato nella stazione PT-MONTALE dell'area Prato-Pistoia.

L'indicatore della media rientra ampiamente nei limiti previsti dalla normativa.

Relativamente all'analisi della correlazione osservando il grafico 7.3.3.1 si nota che la stazione con la migliore combinazione degli indici è FI-BASSI, ottime correlazioni si rilevano anche per le stazioni di PO-FERRUCCI, FI-GRAMSCI e PT-MONTALE

Nella stazione FI-SIGNA non è presente l'analizzatore di PM2.5 e quindi non è possibile verificare la forte correlazione già vista per il PM10.

IL valore della media di periodo è coerente con i valori medi della zona per questo inquinante.

7.3.4 Biossido di azoto (NO₂)

7.3.4.1 NO₂ : Tabella di confronto degli indicatori calcolati nei periodi di misura della campagna di monitoraggio a Calenzano Baldanzese

	Limite di riferimento	PO-FERRUCCI	FI-SIGNA	FI-MOSSE	FI-GRAMSCI	FI-BASSI	Calenz. Bald.se
Valore orario > 200 µg/m ³ N°/anno superamenti consentiti	18	0	0	0	0	0	0
Media (µg/m ³)	40 media annuale	23	15	26	41	16	27
Massimo (µg/m ³)	-	81	68	134	140	91	102
Mediana (µg/m ³)	-	20	12	23	38	11	24

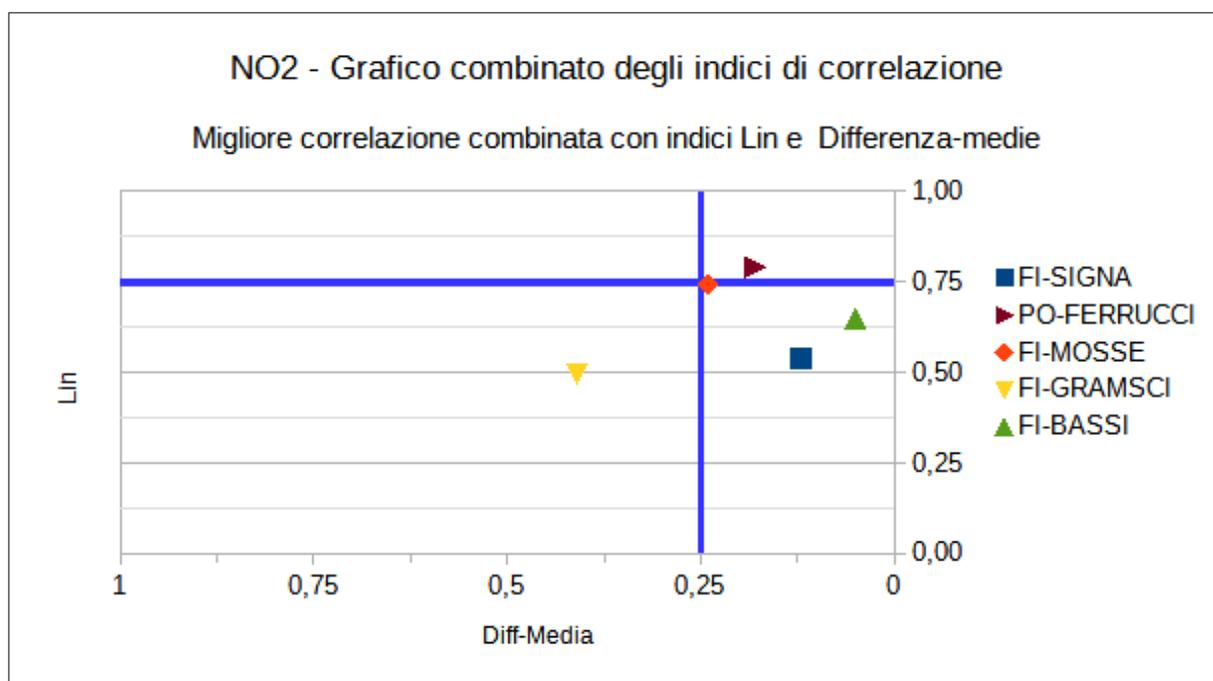
7.3.4.2 NO₂ : Tabella di confronto degli indicatori calcolati sulla serie annuali complete (anno 2020).

	Limite di riferimento	PO-FERRUCCI	FI-SIGNA	FI-MOSSE	FI-GRAMSCI	FI-BASSI
Valore orario > 200 µg/m ³ N°/anno superamenti consentiti	18	0	0	0	0	0
Media (µg/m ³)	40 media annuale	25	15	28	44	17
Massimo (µg/m ³)	-	97	83	121	176	90
Mediana (µg/m ³)	-	22	10	23	41	11

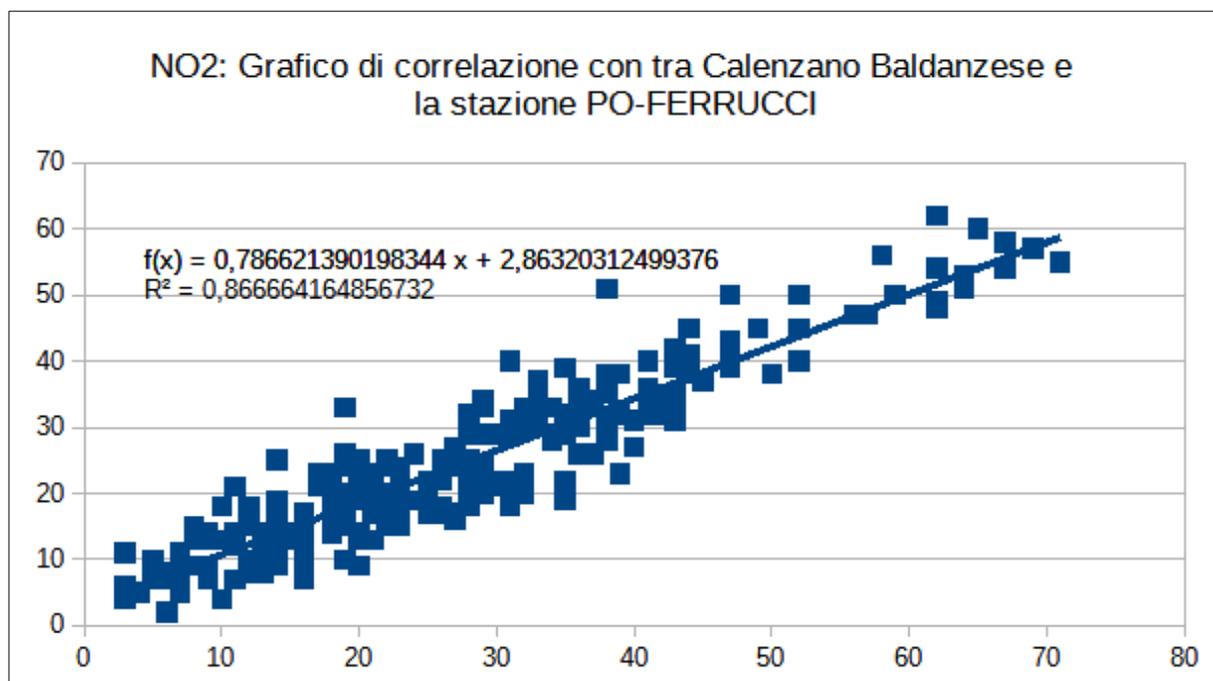
7.3.4.3 NO2: Tabella di confronto degli indici di correlazione

	PO-FERRUCCI	FI-SIGNA	FI-MOSSE	FI-GRAMSCI	FI-BASSI
Pearson	0,82	0,72	0,74	0,62	0,77
Lin	0,79	0,54	0,74	0,50	0,65
Diff-Media	0,18	0,12	0,24	0,41	0,05

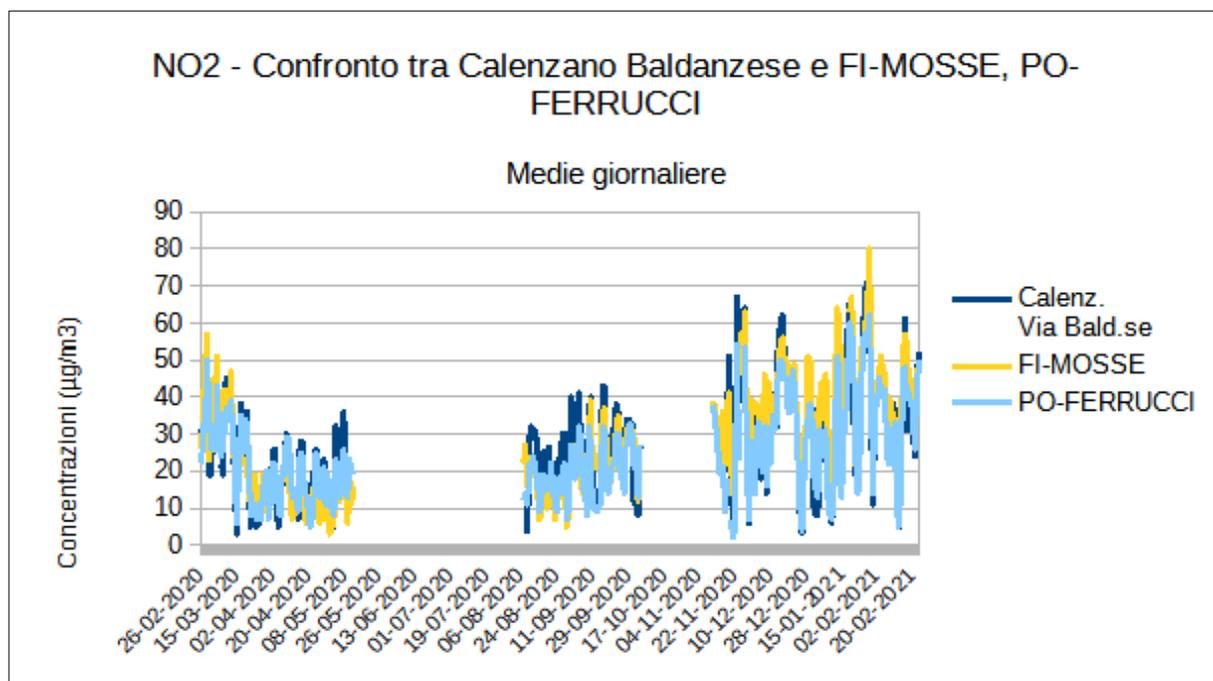
7.3.4.4 NO2: Grafico combinato degli indici Lin e Differenza-Media



7.3.4.5 NO2: Grafico di correlazione delle medie orarie tra Calenzano Baldanzese e PO-FERRUCCI



7.3.4.6 NO2: Grafico di confronto delle medie giornaliere tra Calenzano Baldanzese ed alcune stazioni fisse



7.3.4.7 *Biossido di Azoto - Note sugli indicatori*

Tutti Gli indicatori calcolati sul biossido di azoto nella postazione Calenzano Baldanzese rientrano nei limiti di legge, sia per quanto riguarda la media che per i valori massimi che non arrivano mai a superare il limite di 200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ previsto dalla normativa.

In valore assoluto l'indicatore sulla media risulta quasi coincidente con quello della stazione FIMOSSE (urbana – traffico) dell'agglomerato di Firenze mentre da un punto di vista degli indici di correlazione la stazione che segue meglio la dinamica delle concentrazioni risulta essere PO-FERRUCCI una stazione urbana-traffico dell'Area Prato-Pistoia.

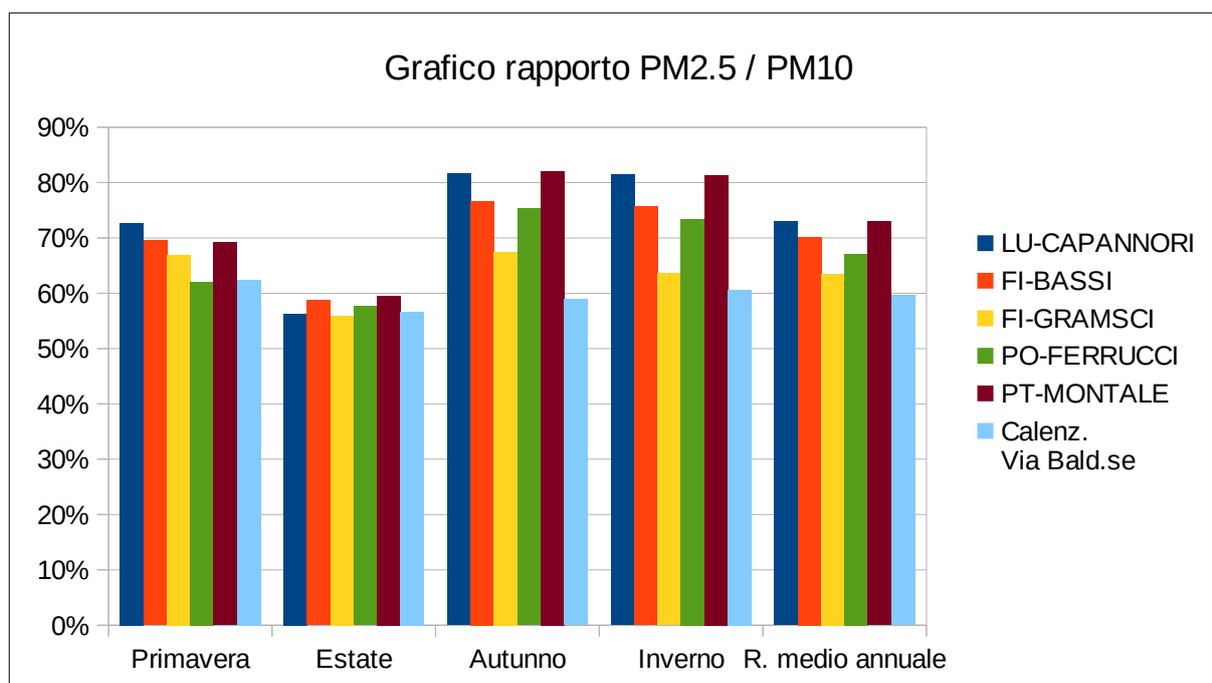
8 Analisi delle frazioni percentuali PM10/PM2.5

8.1 Tabella frazione PM2.5/PM10

	LU-CAPANNORI	FI-BASSI	FI-GRAMSCI	PO-FERRUCCI	PT-MONTALE	Calenz. Via Bald.se
Primavera	73%	70%	67%	62%	69%	62%
Estate	56%	59%	56%	58%	59%	57%
Autunno	82%	77%	67%	75%	82%	59%
Inverno	81%	76%	64%	73%	81%	61%
Rapporto medio annuale	73%	70%	63%	67%	73%	60%

8.2 Analisi frazione PM2.5 / PM10

8.2.1 Grafico del rapporto PM2.5 / PM10 su base stagionale ed annuale

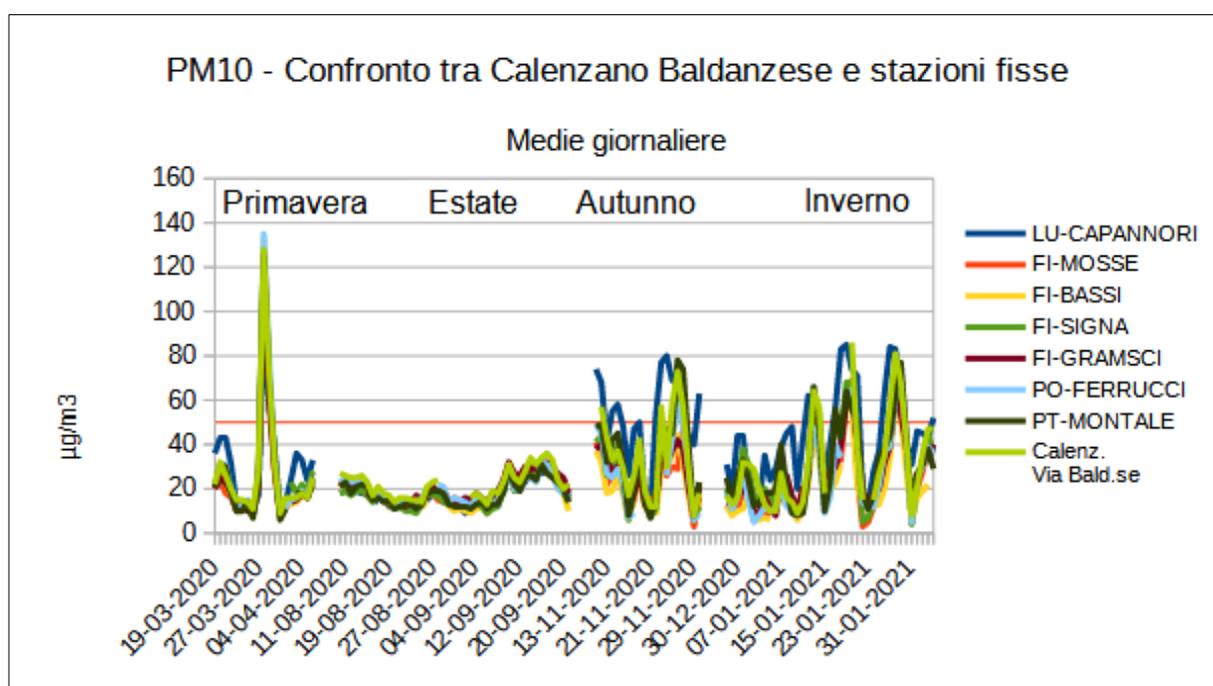


La percentuale di PM_{2,5} nel PM₁₀ varia dal 57% dell'estate al 62% della primavera. La percentuale nelle varie stagioni è più simile a quella delle postazioni di traffico rispetto a quella delle postazioni di fondo.

9 Analisi grafica delle sessioni di misura stagionali

9.1 Materiale particolato PM₁₀

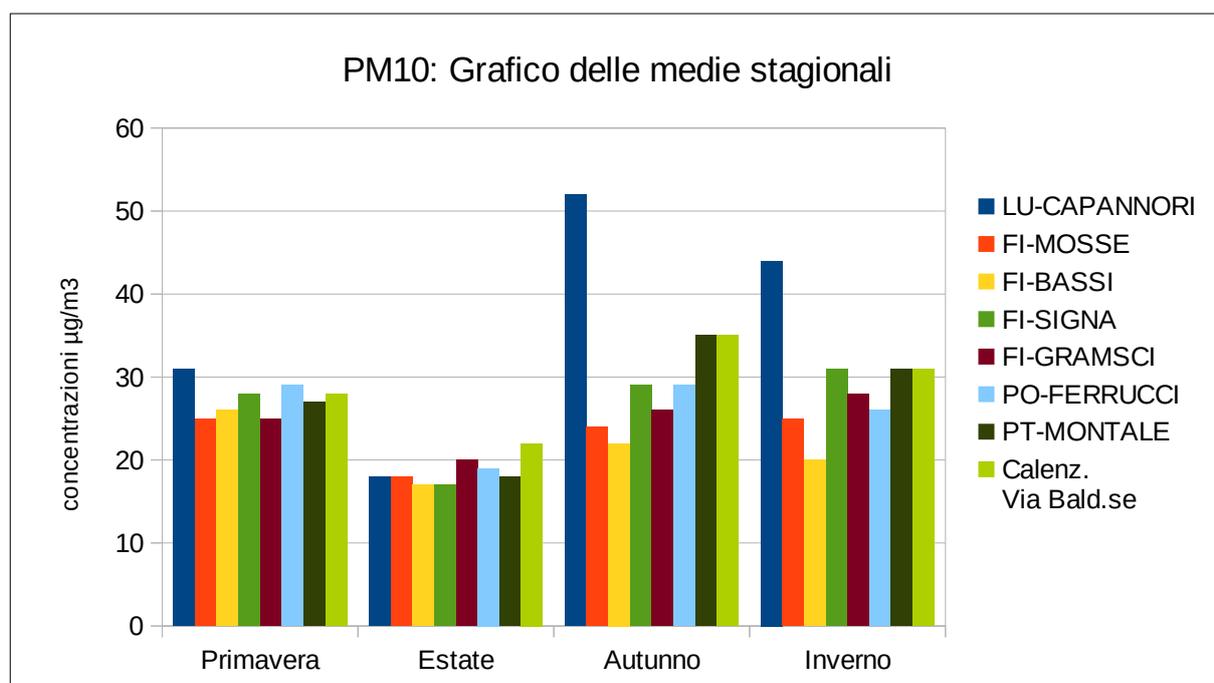
9.1.1 Serie dati completa: Grafico di confronto con le stazioni fisse della RMQA



Nella postazione di Calenzano Baldanzese si rilevano le concentrazioni più alte rispetto a quanto rilevato nelle stazioni dell'agglomerato di Firenze e dell'Area Prato - Pistoia, i valori sono tuttavia inferiori alla stazione di LU-CAPANNORI che storicamente rileva le concentrazioni più alte della regione Toscana.

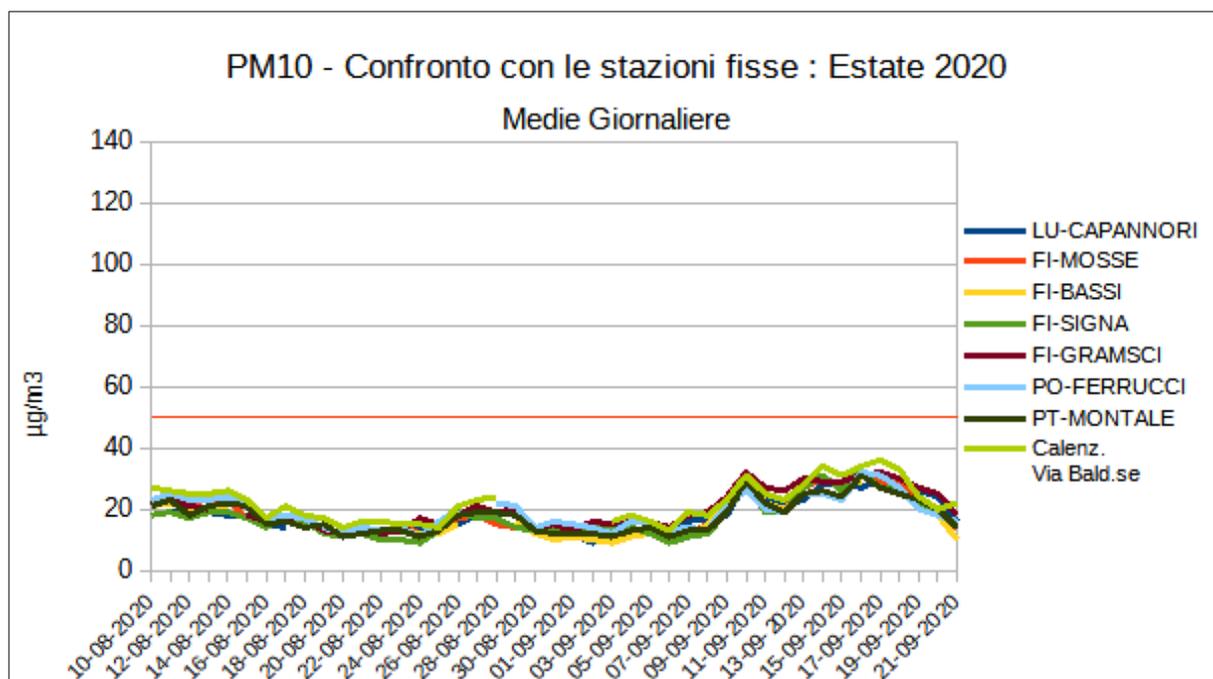
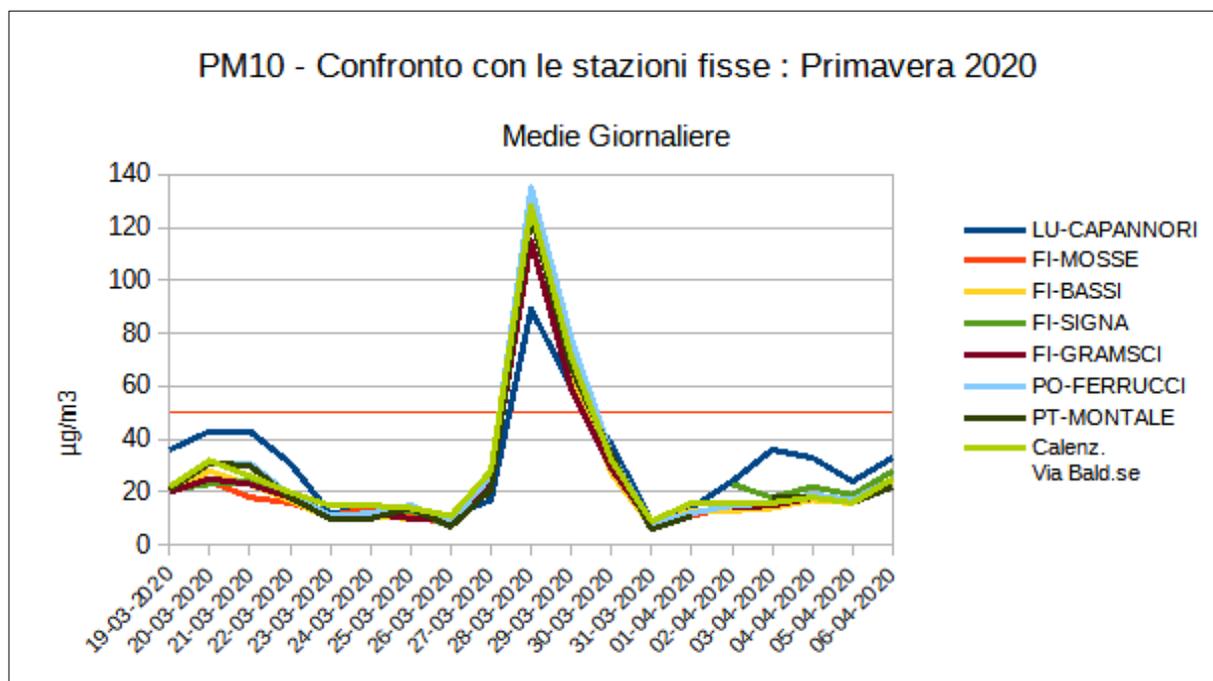
9.1.2 PM10 Tabella e grafico valori medi stagionali

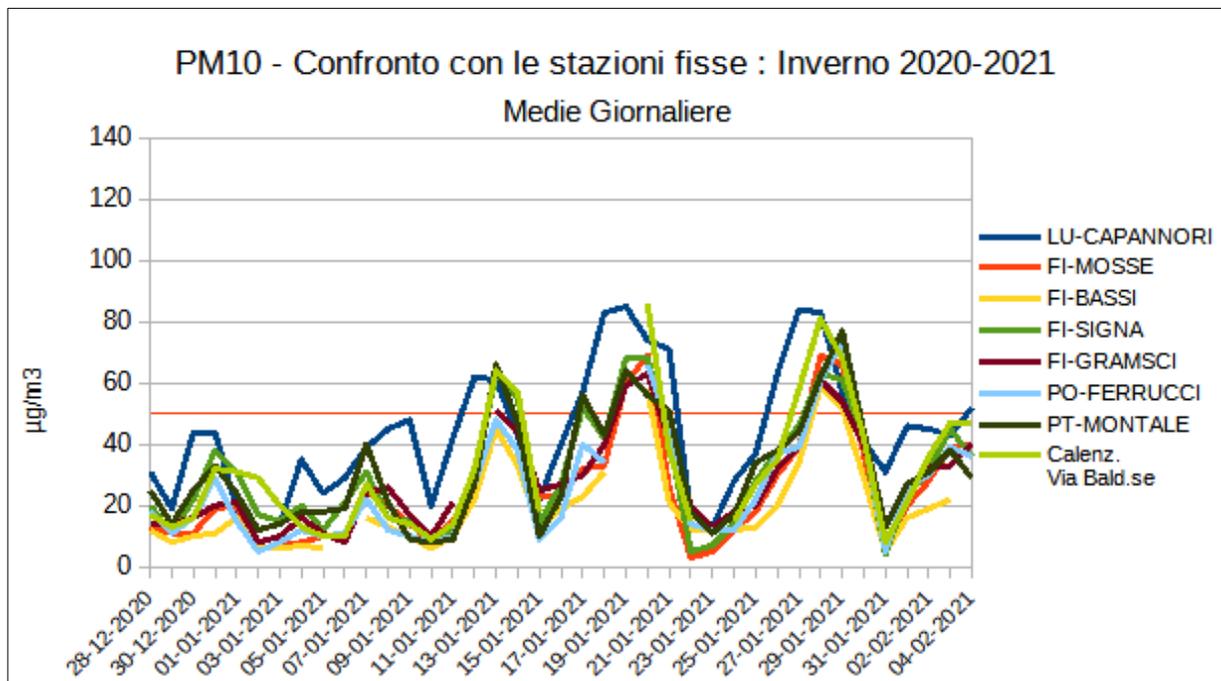
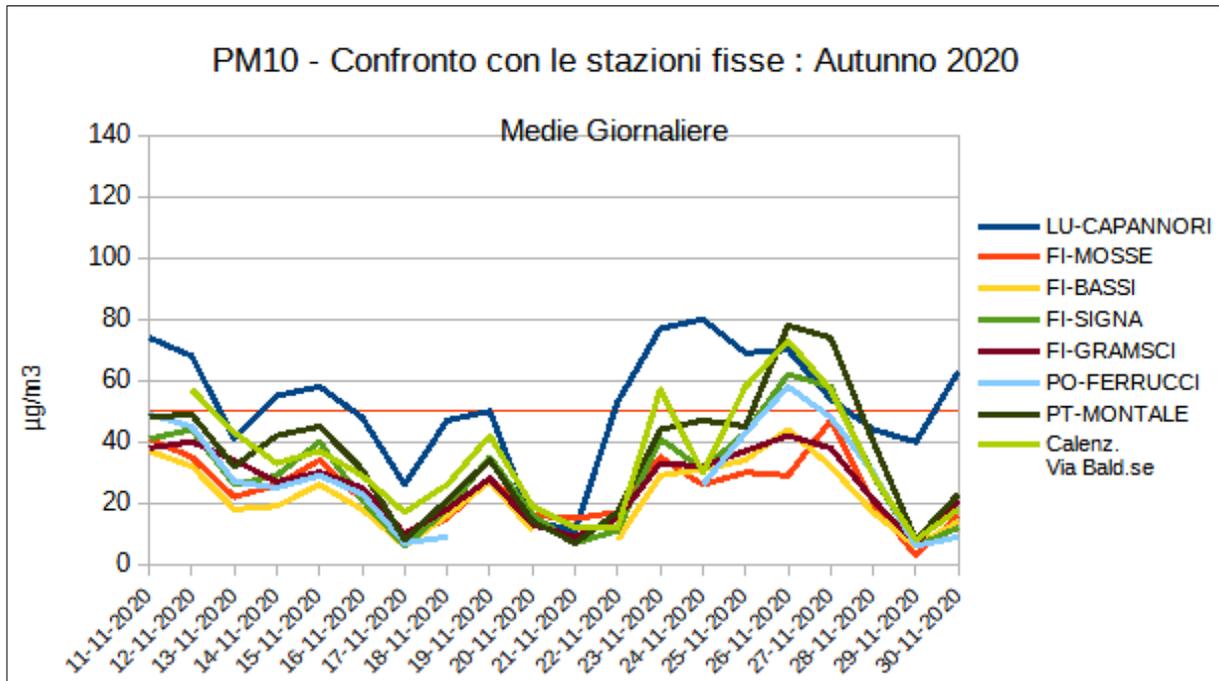
	LU-CAPANNORI	FI-MOSSE	FI-BASSI	FI-SIGNA	FI-GRAMSCI	PO-FERRUCCI	PT-MONTALE	Calenz. Via Bald.se
Primavera	31	25	26	28	25	29	27	28
Estate	18	18	17	17	20	19	18	22
Autunno	52	24	22	29	26	29	35	35
Inverno	44	25	20	31	28	26	31	31
MEDIA STAGIONI	36	23	21	26	25	26	28	29



La variazione stagionale della serie di dati di PM10 di Calenzano Baldanzese rispetto alle stazioni della rete fissa è articolata. Nelle stagioni Autunno ed Inverno coincide con valori medi di PT-MONTALE, in primavera è allineata alla stazione FI-SIGNA, nella stagione estiva invece le concentrazioni di PM10 a Calenzano sono le più alte rispetto alle stazioni fisse prese a riferimento, compresa LU-CAPANNORI.

9.1.3 PM10: Grafici di confronto con stazione fisse della RMQA nelle 4 sessioni stagionali

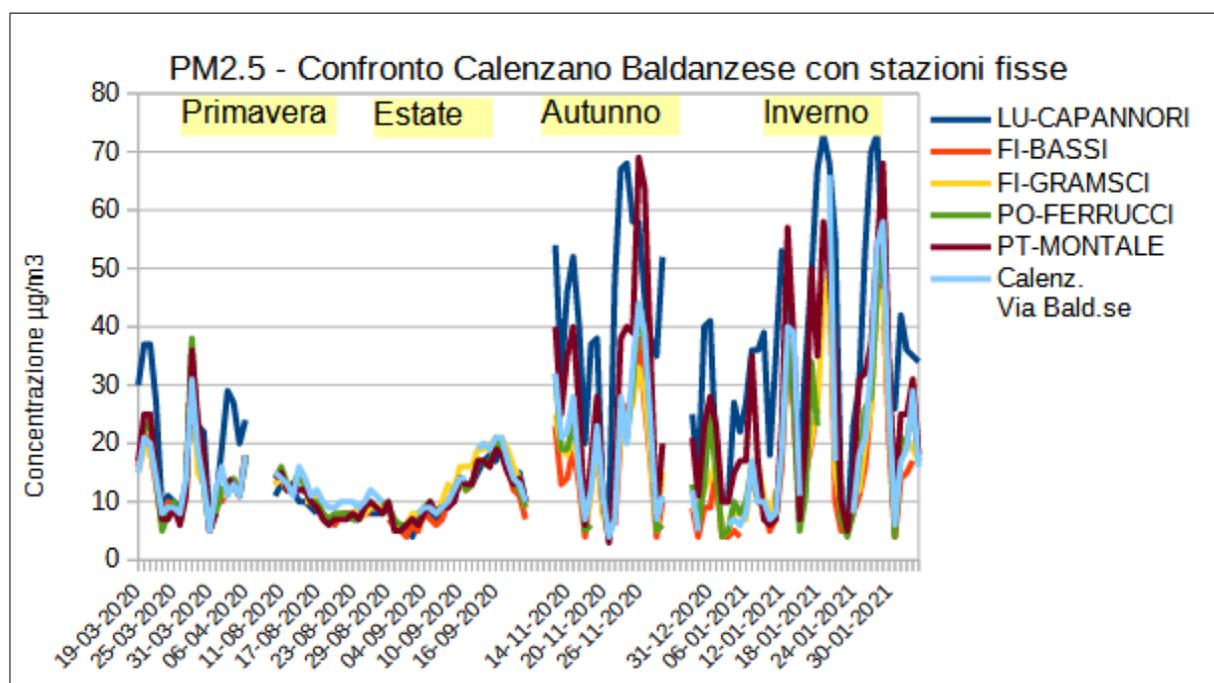




Nella stagione estiva si nota la leggera predominanza delle concentrazioni rilevate in Calenzano Baldanzese come si era già osservato nel grafico delle medie stagionali. Il picco nella stagione primaverile è dovuto ad un fenomeno naturale di trasporto di sabbie desertiche che ha interessato tutta l'Italia del centro nord.

9.2 Materiale particolato PM2.5

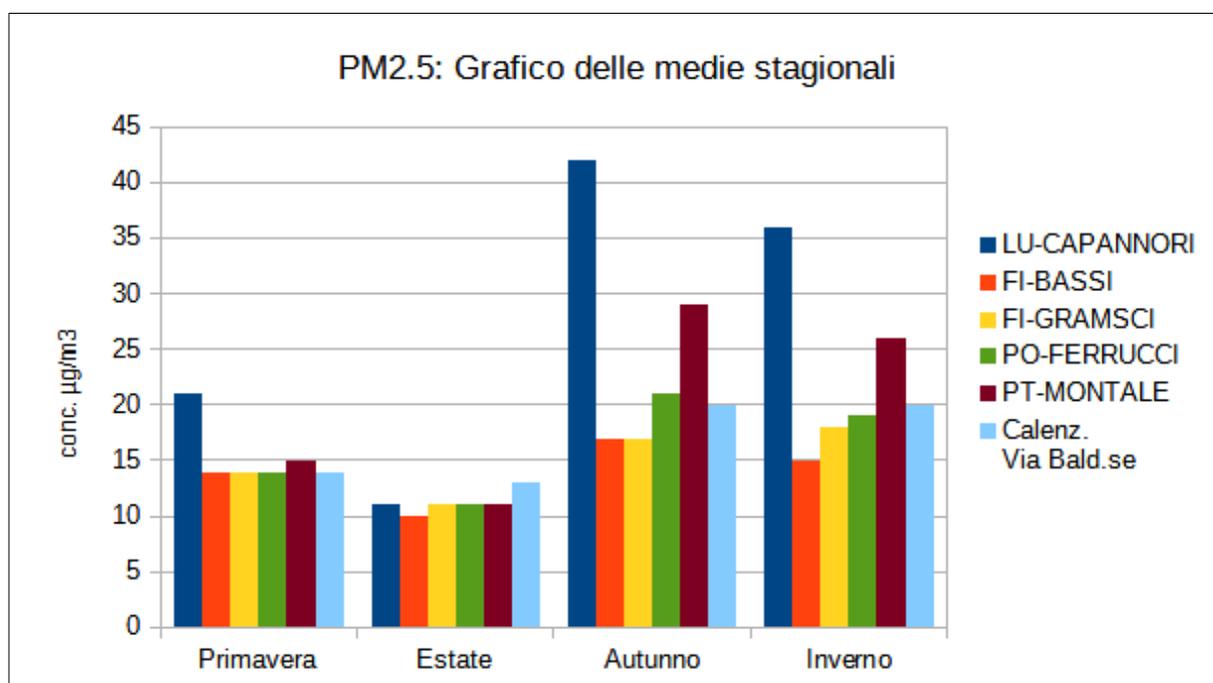
9.2.1 Serie dati completa: Grafico di confronto con le stazioni fisse della RMQA



Le concentrazioni di PM2.5 rilevate in Via Baldanzese a Calenzano hanno una forte correlazione con le stazioni della RMQA prese come riferimento, tra queste la stazione FI-BASSI è quella con i migliori coefficienti di correlazione come si osserva nella tabella 7.2.4.3.

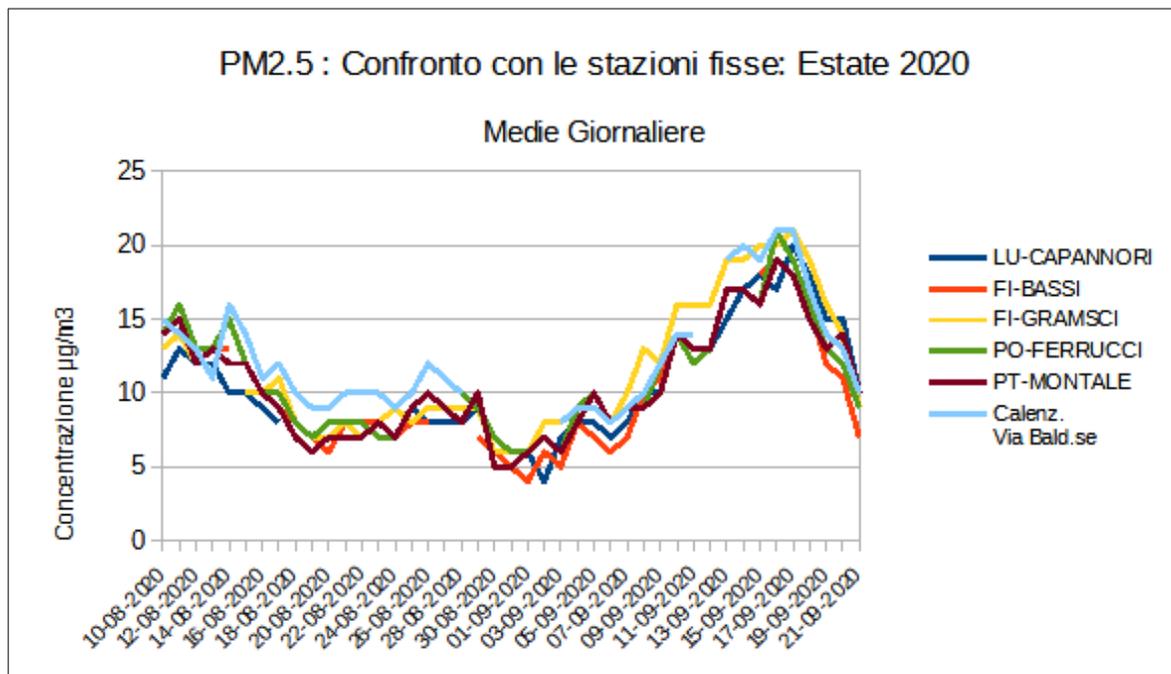
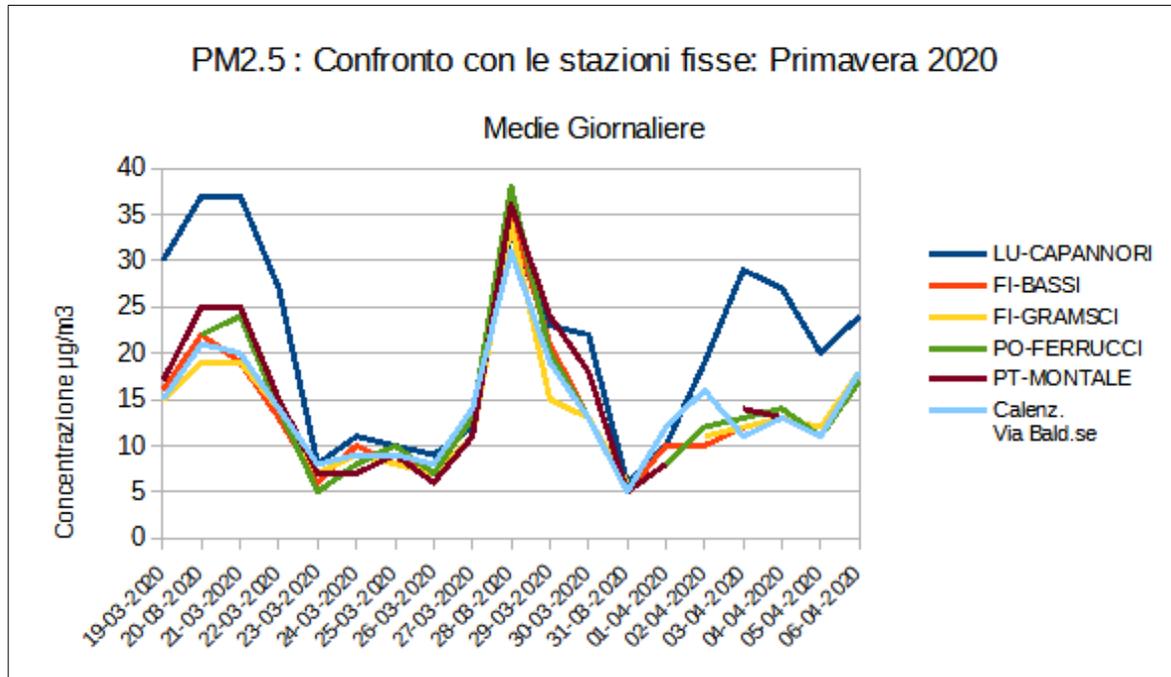
9.2.2 PM2.5: Tabella e grafico valori medi stagionali

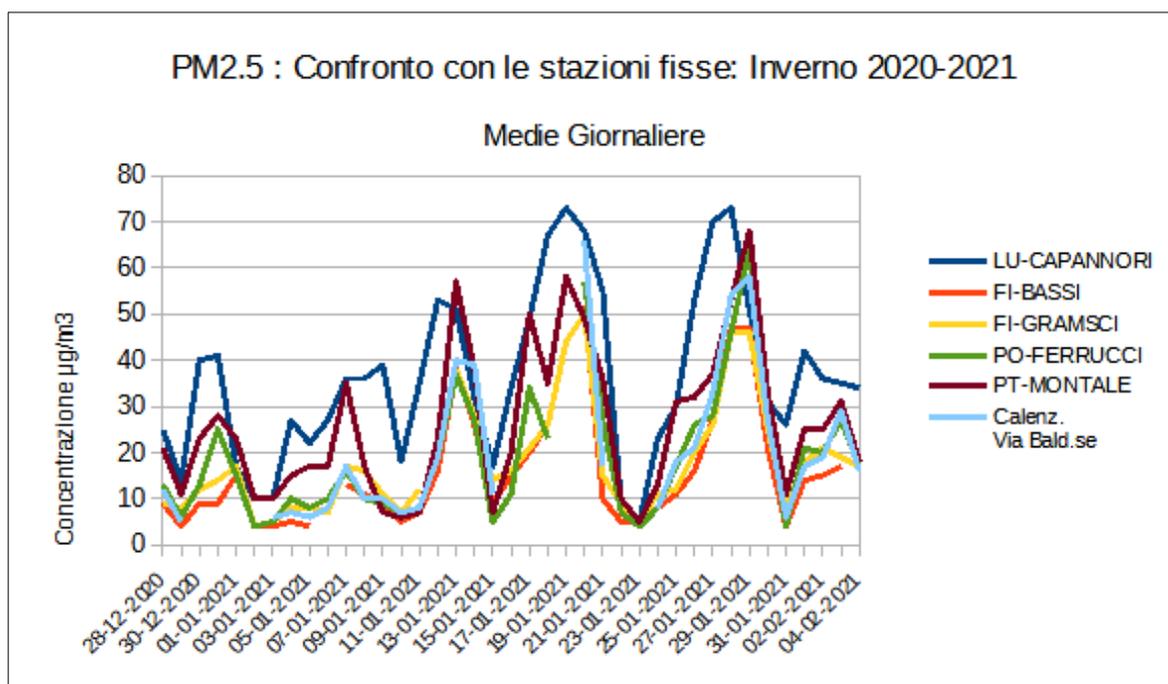
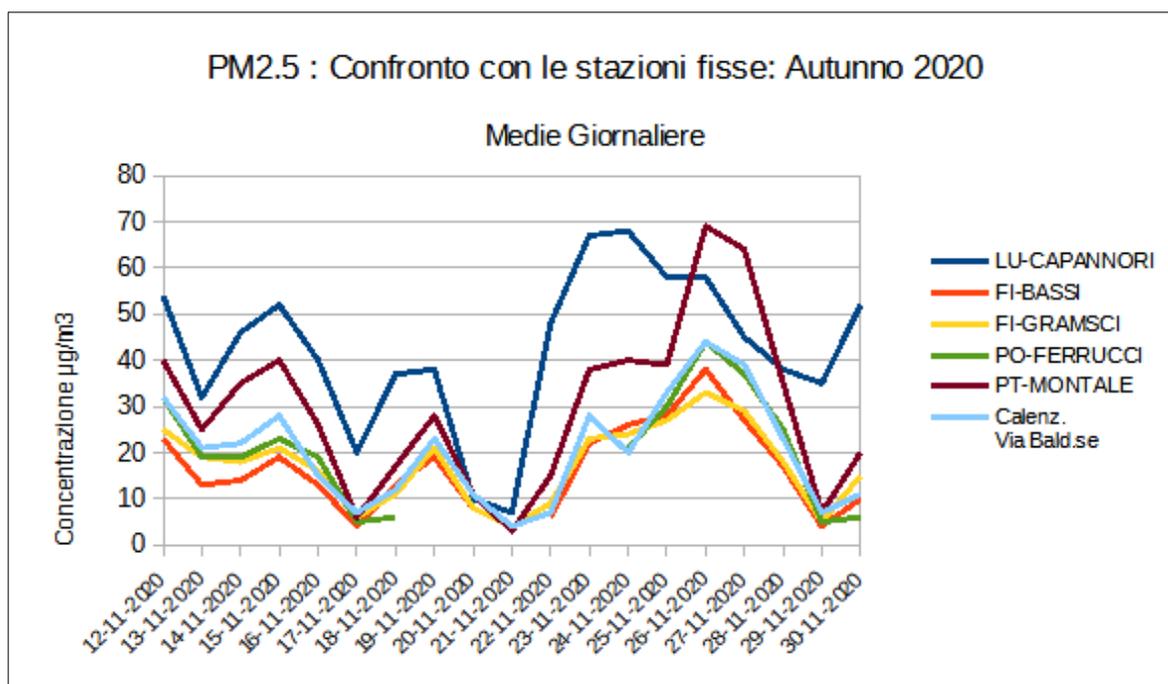
	LU-CAPANNORI	FI-BASSI	FI-GRAMSCI	PO-FERRUCCI	PT-MONTALE	Calenz. Via Bald.se
Primavera	21	14	14	14	15	14
Estate	11	10	11	11	11	13
Autunno	42	17	17	21	29	20
Inverno	36	15	18	19	26	20
MEDIA STAGIONI	28	14	15	16	20	17



Anche per il PM2.5 come per il PM10 si notano i valori della stagione estiva più alti delle stazioni fisse prese come riferimento, mentre in Autunno, Inverno e Primavera le medie stagionali sono molto simili in valori assoluti a quelle rilevate nella stazione PO-FERRUCCI.

9.2.3 PM2.5: Grafici di confronto con stazione fisse della RMQA nelle 4 sessioni stagionali

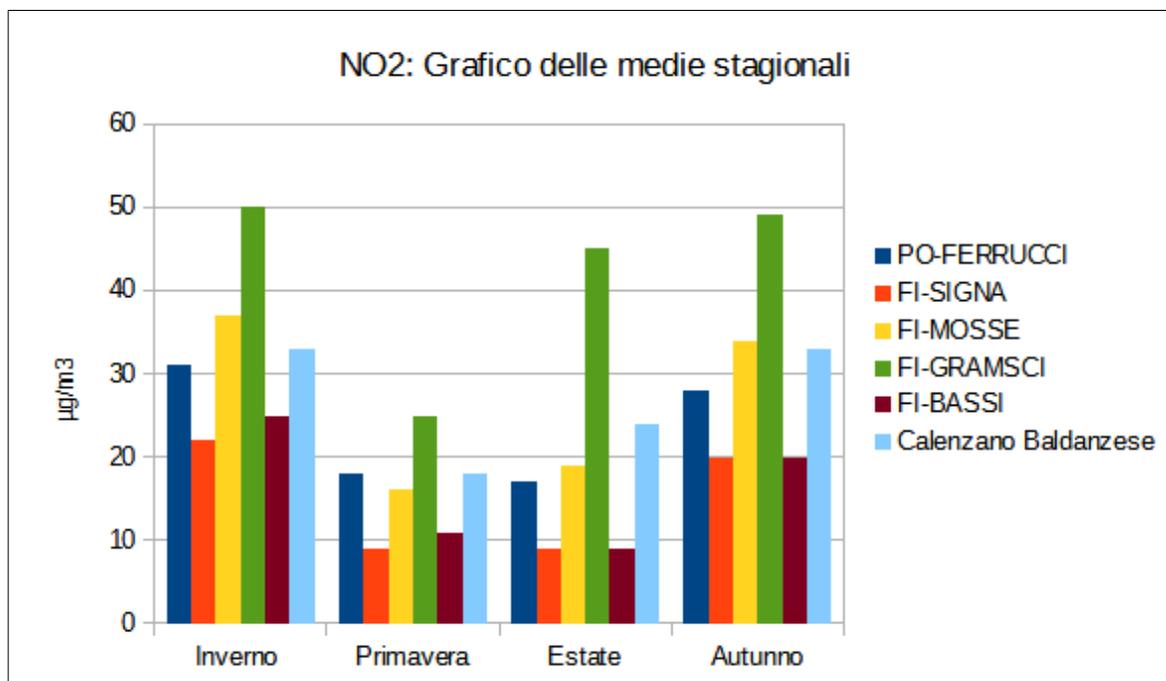




Nei grafici stagionali si nota una sostanziale coerenza con le stazioni fisse in particolare con FI-BASSI e PO-FERRUCCI, associazione già evidenziata dall'analisi degli indici di correlazione.

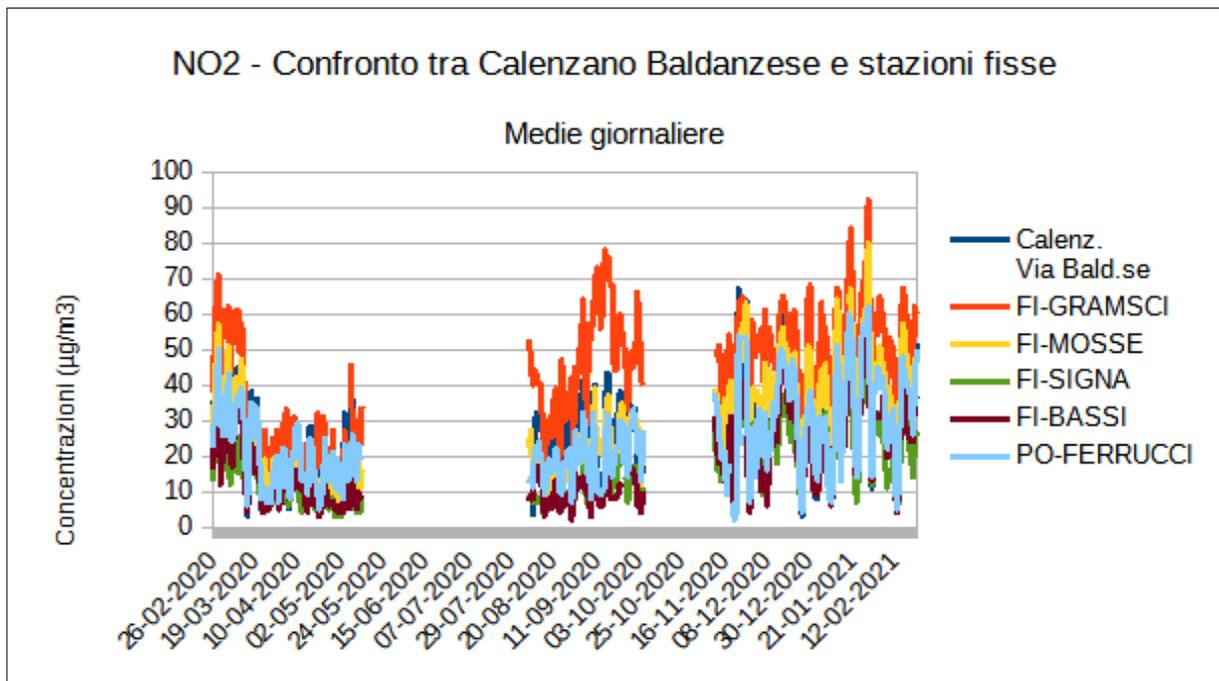
9.3 Biossido di Azoto NO₂

9.3.1 Tabella e grafico valori medi stagionali



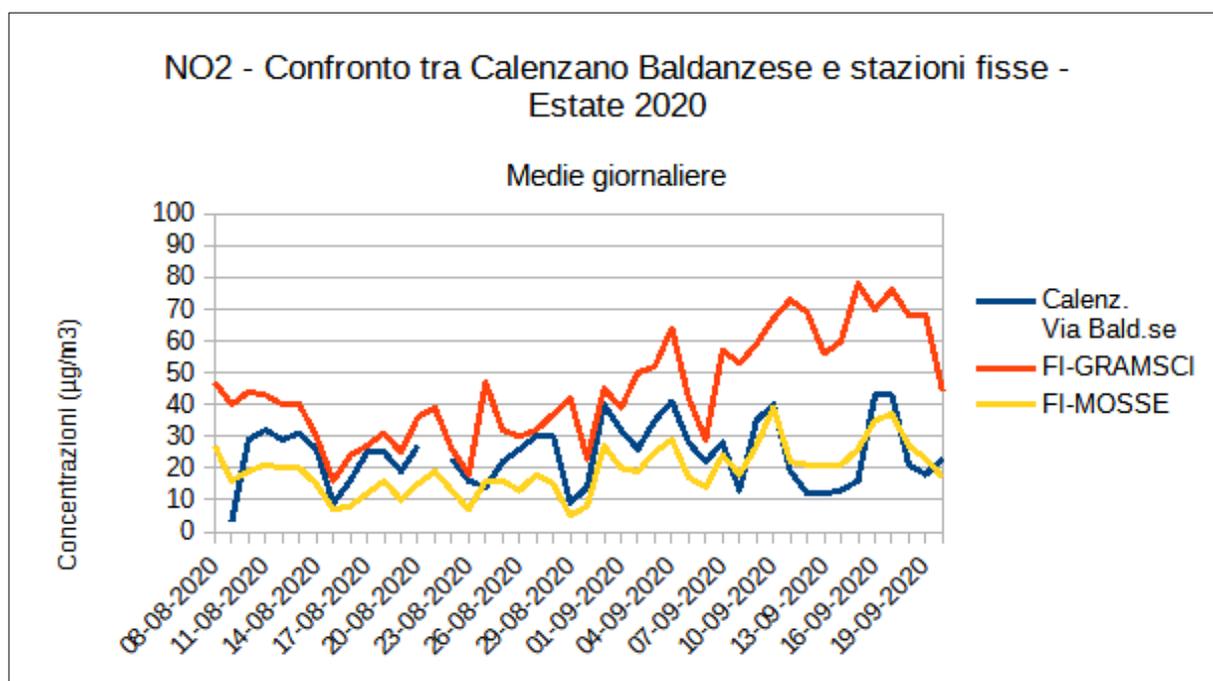
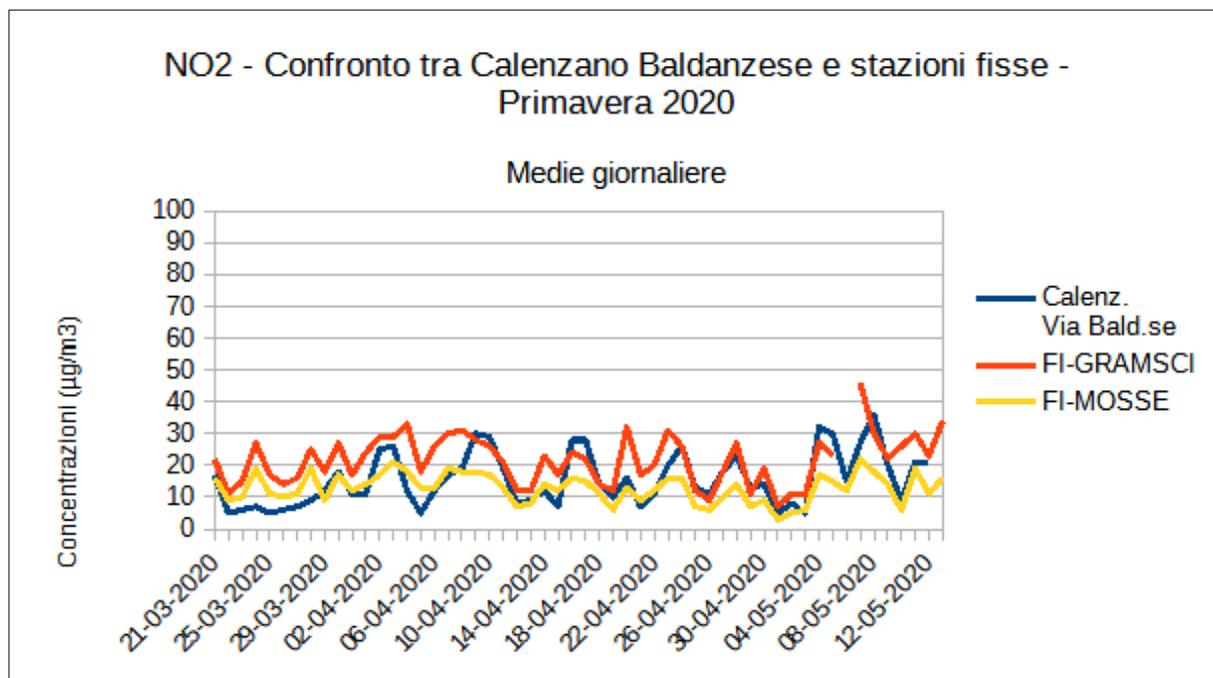
	PO-FERRUCCI	FI-SIGNA	FI-MOSSE	FI-GRAMSCI	FI-BASSI	Calenzano Baldanzese
Inverno 2020	30	19	33	47	23	31
Inverno 2021	32	24	40	52	26	35
Media Inverno	31	22	37	50	25	33
Primavera	16	7	13	21	9	16
Estate	17	9	19	45	9	24
Autunno	28	20	34	49	20	33
Media stagioni	23	15	26	41	16	27

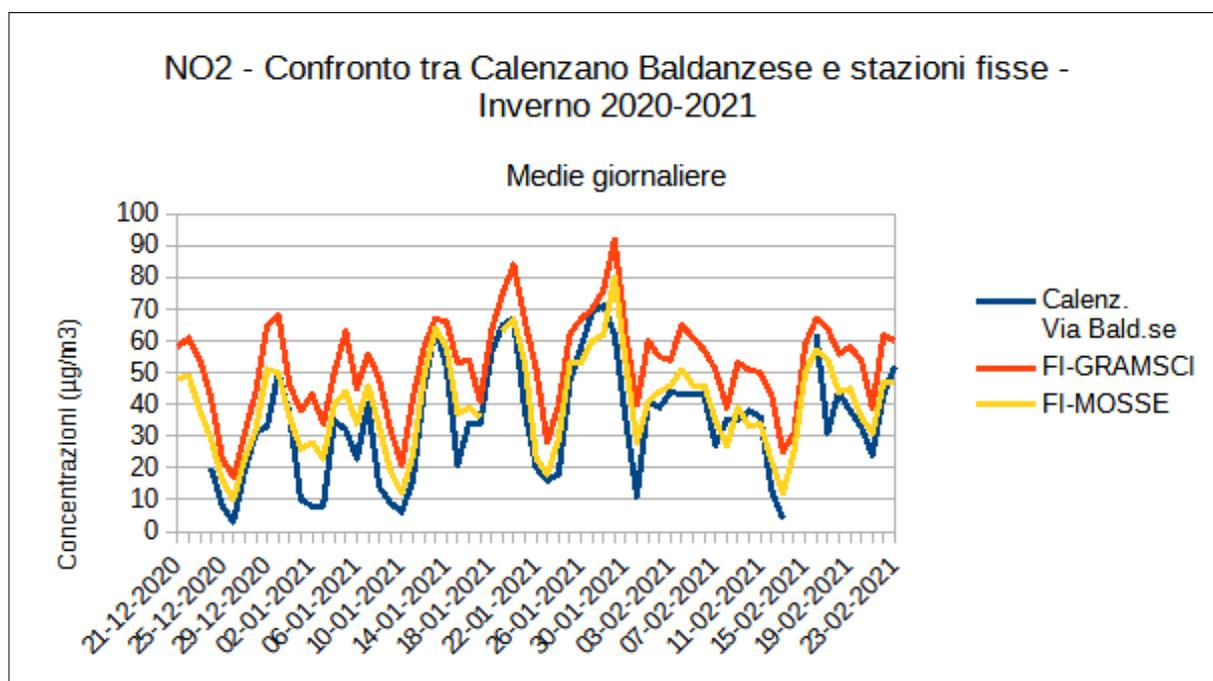
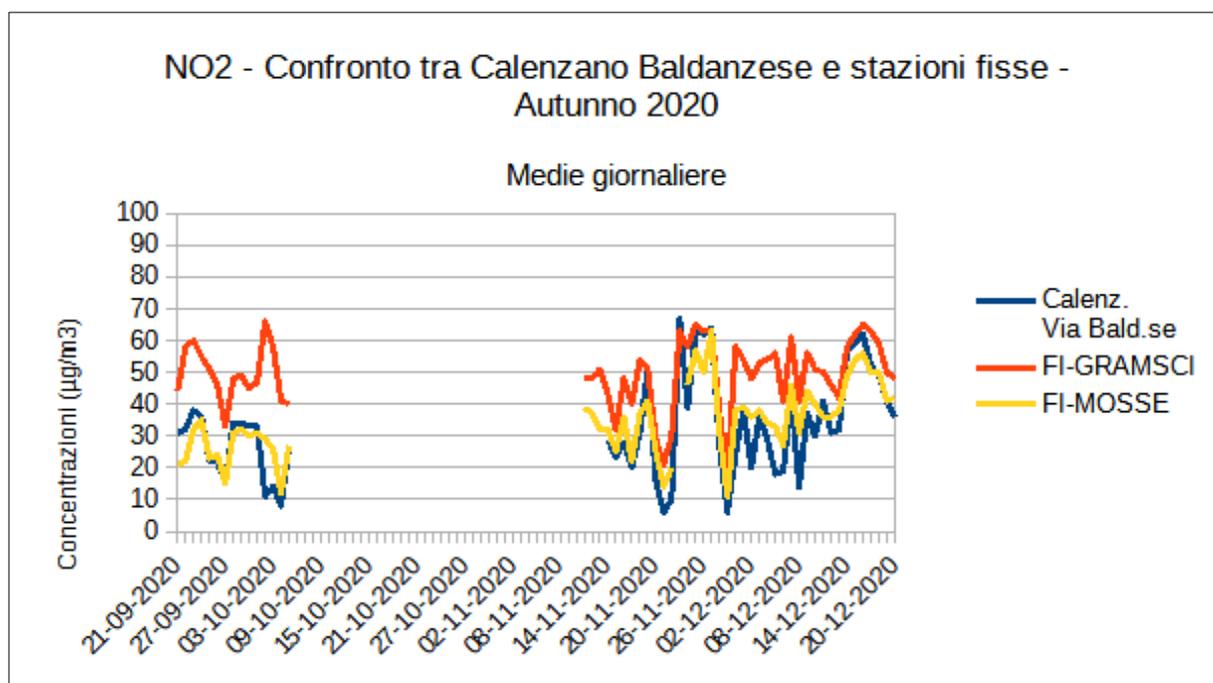
* La sessione invernale è stata calcolata come media della sessione inverno 2020 con la sessione inverno 2020-2021.



La media stagionale per l'inquinante Biossido di Azoto nelle stagioni inverno, primavera ed autunno risulta essere simile a quelle delle stazioni PO-FERRUCCI e FI-MOSSE, mentre nella stagione estiva i valori tendono ad essere leggermente più alti, anche se sempre inferiori alla stazione FI-GRAMSCI.

9.3.2 NO2: Grafici di confronto con le stazioni fisse della RMQA nelle 4 sessioni stagionali

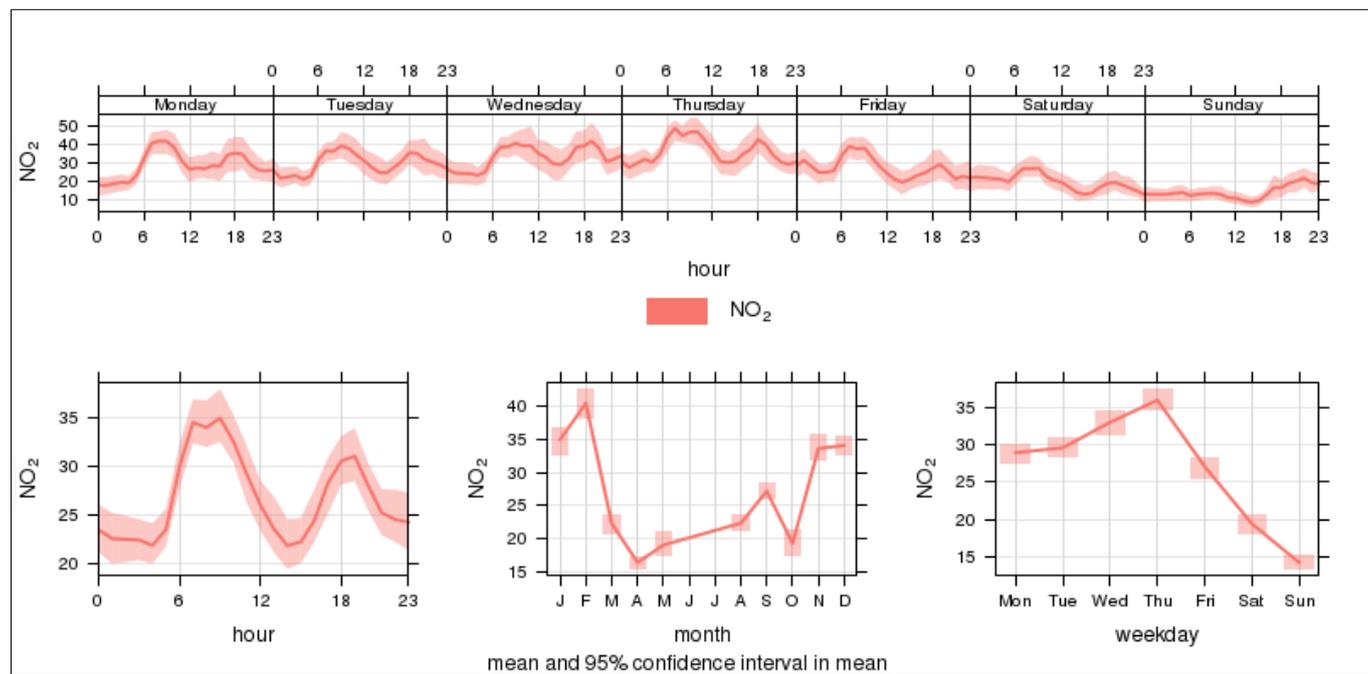




In tutte le stagioni si nota una forte coerenza con i valori rilevati dalle stazioni fisse di FI-GRAMSCI e FI-MOSSE, le dinamiche sovrapponibili nello sviluppo delle concentrazioni suggeriscono che anche nella postazione di Calenzano Baldanzese il fattore emissivo principale

del Biossido di Azoto sia lo stesso delle due stazioni da traffico del Comune di Firenze, ossia il traffico veicolare.

9.3.3 NO₂ - Analisi variazione nel tempo (ordinate in µg/m³)

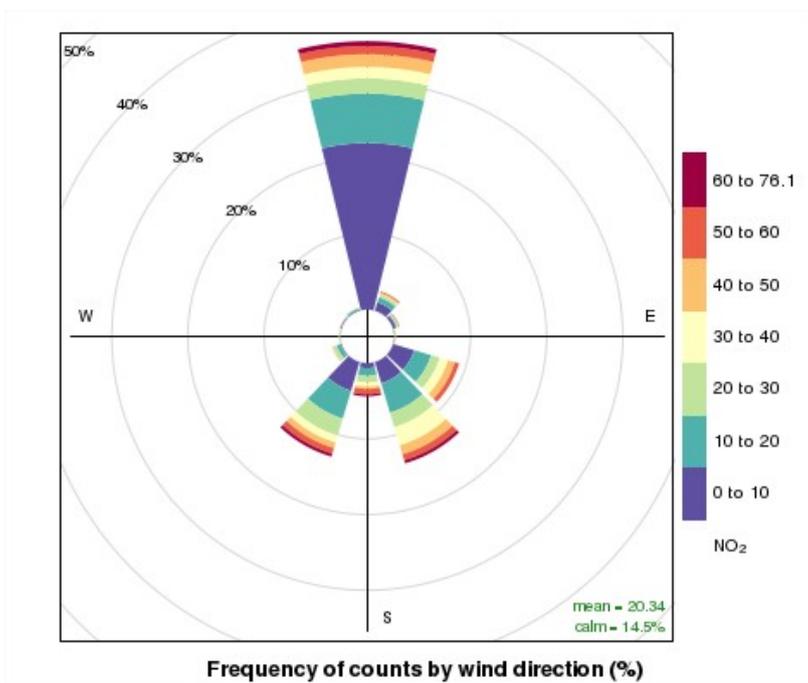


Il campionamento su base oraria degli inquinanti NO_x – NO – NO₂ consente di avere una base statistica per indagare la dinamica dell'inquinante in funzione di varie basi temporali. Nel grafico 9.3.3 realizzato con la libreria Openair* in R osserviamo l'andamento del giorno settimanale medio dove si evidenziano i minimi nei giorni di sabato e domenica e massimi nella parte centrale della settimana. Interessante è anche lo sviluppo all'interno del giorno tipo, ove si rilevano chiaramente due picchi in corrispondenza delle ore di punta del traffico veicolare. La forte variabilità legata alle ore di punta sembra suggerire uno stretto legame con emissioni legate al traffico veicolare. Il grafico delle medie mensili denota il classico sviluppo con i massimi nel periodo invernale (assenti nei mesi di giugno e luglio), si nota però un minimo anomalo nel mese di Ottobre che può essere spiegato con l'esiguo numero di giornate di campionamento (5) che non hanno base statistica per una corretta rappresentatività della media mensile.

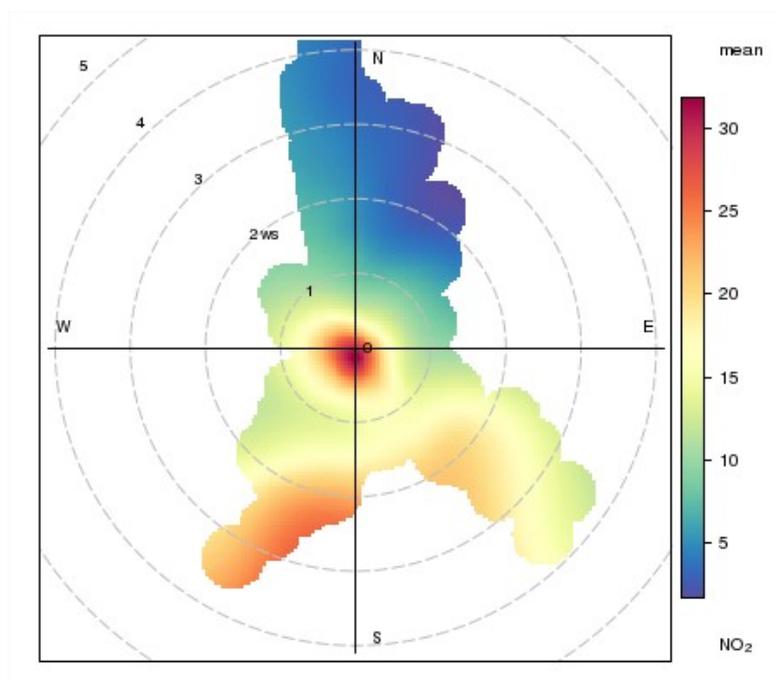
*Openair: open source tools for air quality data analysis : <https://davidcarslaw.github.io/openair/>

9.3.4 NO₂ - Analisi della provenienza in funzione dei venti prevalenti da febbraio a maggio 2020

9.3.4.1 Grafico frequenze di direzione di provenienza inquinante NO₂ (NO₂ in µg/m³)



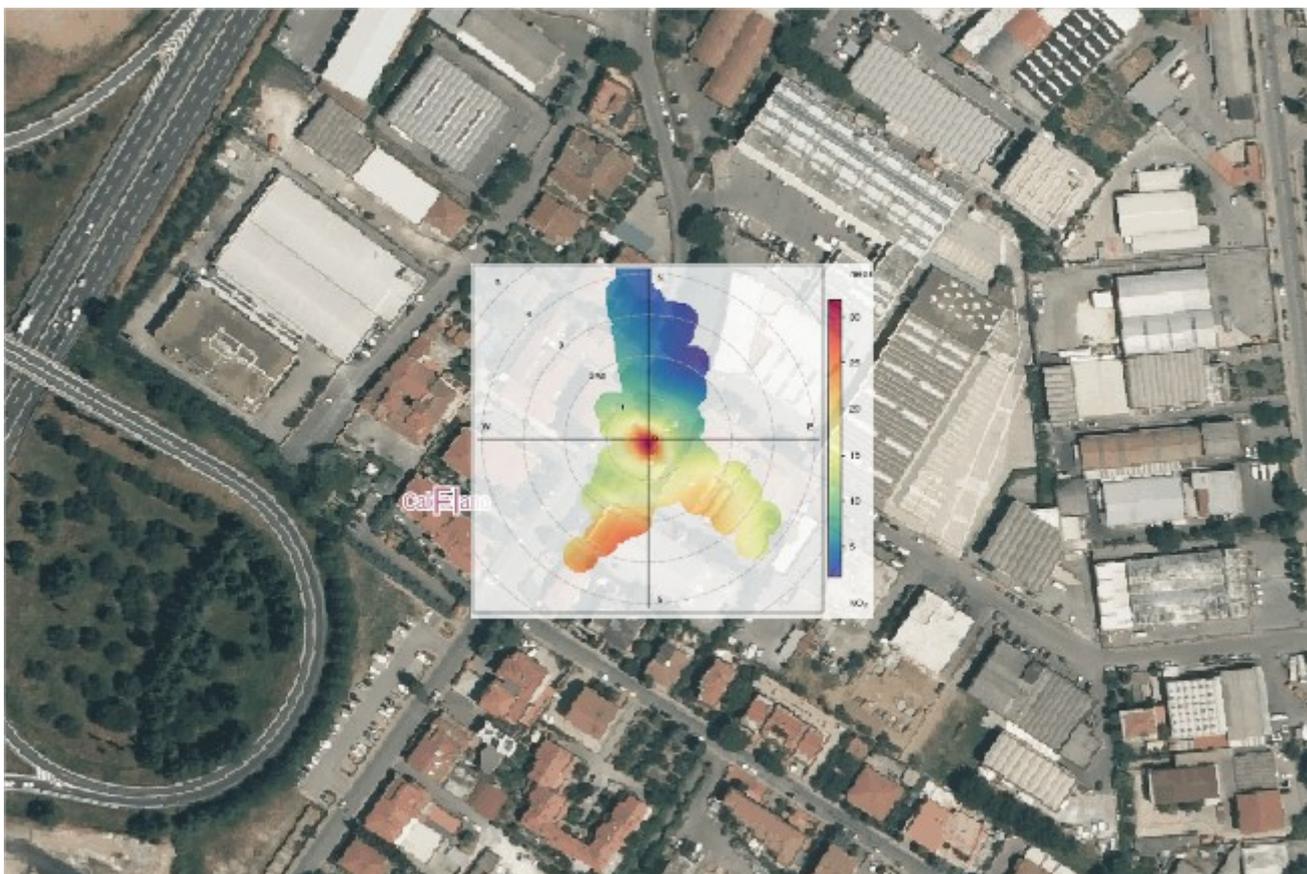
9.3.4.2 Grafico polare direzione di provenienza inquinante NO₂ (NO₂ in µg/m³)



Durante la prima sessione di rilievi, dal 26-02-2020 al 12-05-2020 sul tetto dell'autolaboratorio è stata installata una sonda meteo dotata di sensori di velocità e direzione del vento, nelle altre sessioni non è stato possibile a causa della vicinanza con le fronde di un albero. Il rilievo dei parametri sulla ventosità per essere rappresentativo dovrebbe essere effettuato in campo aperto, senza la presenza di edifici o altri ostacoli, e con le sonde posizionate ad un'altezza di 10 metri. Nel sito di misura non era possibile rispettare le condizioni ottimali, tuttavia la sonda quando possibile viene montata per avere informazioni aggiuntive sulla circolazione delle masse di aria nel punto specifico senza pretese di rappresentatività di zone più vaste. Utilizzando le funzioni grafiche della libreria Openair è possibile ottenere il grafico 9.3.4.1 che visualizza le frequenze di direzione di un inquinante. Il grafico, denominato 'Pollution rose' è una variante del grafico della rosa dei venti in cui al posto della velocità del vento viene inserita una variabile di concentrazione di un inquinante, il grafico consente di visualizzare la proporzione (qui rappresentata come percentuale) del tempo in cui il vento spira da un certo angolo in relazione ad una determinata concentrazione di inquinante. Si nota che nel periodo di osservazione nel punto di misura la frequenza più alta dei venti di trasporto proviene da nord, mentre la parte residua proviene da sud, sud-est, sud-ovest. Non si rilevano eventi dai quadranti Est Ovest, questo potrebbe essere semplicemente dovuto alla presenza degli edifici che schermano i flussi di aria. Il grafico 9.3.4.2 è del tipo 'Polarplot' e offre la possibilità di mostrare le variazioni delle concentrazioni di Biossido di azoto in funzione delle velocità e direzione del vento. Dal grafico si nota che tra febbraio e maggio 2020 anche se i venti prevalentemente provengono da nord, le concentrazioni più alte di biossido di azoto provengono da sud-ovest.

Se si sovrappone il grafico polare della provenienza di NO₂ con la mappa del punto di misura – grafico 9.3.4.3 - si nota che le due direzioni di provenienza nord e sud-ovest sembrano allineate alla carreggiata di Via Baldanzese, la terza direzione, quella da sud-est sembra invece provenire dalla adiacente zona artigianale – industriale.

9.3.4.3 NO₂: Grafico polare provenienza inquinante sovrapposto alla mappa.



10 Considerazione finali sulla campagna di monitoraggio

Il valore della media delle concentrazioni di PM10 rilevato nelle campagne effettuate dal 26.02.2020 al 23.02.2021 in Via Baldanzese a Calenzano risulta inferiore al valore limite indicato dalla norma per la media annua .

Le concentrazioni di PM10 rilevate risultano essere più alte rispetto a quelle rilevata in analogo periodo nelle stazioni dell'agglomerato fiorentino e dell'area Prato-Pistoia. La media è inferiore rispetto a quella della stazione di LU-CAPANNORI, che rileva storicamente le concentrazioni di PM10 più alte in Toscana. La serie numerica di PM10 di Calenzano Baldanzese correla molto bene con le stazioni RMQA, in special modo con FI-SIGNA, PT-MONTALE. PO-FERRUCCI. Per quanto riguarda il numero di superamenti nel periodo monitorato, l'indicatore fornito dal 90,4° percentile, pari a 56, indica statisticamente la probabilità del superamento del criterio dei 35 superamenti annui. Tale indicatore tuttavia è molto condizionato dal periodo di campionamento nelle diverse stagioni.

Per quanto riguarda il particolato fine PM2.5 si rilevano concentrazioni medie allineate con le stazioni RMQA prese come riferimento, il valore medio di 17 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ rispetta ampiamente il valore limite previsto dalla normativa ed è leggermente superiore ai 16 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ di PO-FERRUCCI e FI-GRAMSCI ed inferiore al 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ della stazione PT-MONTALE. Per il PM2.5 la stazione della RMQA che segue meglio le dinamiche delle concentrazioni risulta essere FI-BASSI.

Il rapporto PM2.5 / PM10 è interessante perché fornisce una indicazione della composizione del particolato. Come si osserva nel grafico 8.2.1 il rapporto tende in genere a diminuire nelle stagioni estiva e primaverile che sono caratterizzate da condizioni meteo con elevata ventilazione che favoriscono i fenomeni di trasporto delle frazioni più piccole e la dispersione della componente grossolana mentre durante la stagione invernale la stabilità atmosferica favorisce il ristagno e l'accumulo delle particelle originate dalle attività antropiche producendo un aumento generalizzato del rapporto PM2.5/PM10. Nella postazione di Calenzano le variazioni su base stagionale sono minime e anche il rapporto medio annuale risulta il più basso in confronto alle stazioni della RMQA prese come riferimento; inoltre sia per il PM10 che per il PM2.5 durante la stagione estiva si rilevano concentrazioni più alte rispetto a tutte le stazioni della rete prese a riferimento. Questo andamento suggerisce la presenza di una sorgente di particolato più grossolano, vicina al punto di misura che viene emessa in modo

continuativo in tutte le stagioni dell'anno. Dal punto di vista della frazione PM2.5 / PM10 la stazione fissa più assimilabile è la stazione di traffico quella di FI-GRAMSCI che tra le stazioni prese come confronto presenta la più bassa variabilità stagionale e anche la minore percentuale PM2.5 / PM10 su base annuale. Ulteriori approfondimenti sulle fonti saranno fornite dagli studi in corso da parte dell'Università di Firenze.

Per quanto riguarda il Biossido di Azoto gli indicatori rientrano tutti nei limiti previsti dalla norma, non si rilevano superamenti orari del valore di $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ e il valore della media pari a $27 \mu\text{g}/\text{m}^3$ è simile a quello rilevato nella stazione FI-MOSSE , una delle due stazioni urbana-traffico nel Comune di Firenze. Il profilo orario del giorno tipo con picchi evidenti in corrispondenza delle ore di punta del traffico e minimi nella parte centrale della giornata, sembra legare l'origine di questo inquinante principalmente al traffico veicolare e in misura minore ad emissioni di altra origine. Questa ipotesi viene rafforzata osservando la buona correlazione con le stazioni fisse, soprattutto con le stazioni di tipologia urbana-traffico (migliore correlazione con PO-FERRUCCI e FI-MOSSE).