

# CAMPAGNA INDICATIVA DI RILEVAMENTO DELLA QUALITÀ DELL'ARIA CON MEZZO MOBILE

presso

***Livorno – Fortezza vecchia  
Livorno – Darsena toscana ovest***

**26 ottobre 2017 – 30 luglio 2018  
22 novembre 2017 – 21 agosto 2018**

**Centro Regionale Tutela Qualità dell'aria**

REPORT

ARIA 

## RELAZIONE CAMPAGNA INDICATIVA DI RILEVAMENTO DELLA QUALITÀ DELL'ARIA CON MEZZO MOBILE

Livorno – Fortezza vecchia  
26 ottobre 2017 – 30 luglio 2018

Livorno – Darsena toscana ovest  
22 novembre 2017 – 21 agosto 2018

A cura di:

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

Autori :  
Fiammetta Dini, Elisa Bini, Claudia Cavazza, Stefano Fortunato  
*ARPAT- Settore Centro Regionale per la Tutela della Qualità dell'Aria*

## Indice generale

SINTESI.....	5
INTRODUZIONE.....	8
1. DESCRIZIONE DEI SITI DI MISURA E DEL LABORATORIO MOBILE UTILIZZATO.....	8
2. LIMITI NORMATIVI.....	11
2.1. Particolato PM10 – Limiti di riferimento (D.Lgs. 155/2010 all. XI e s.m.i.).....	11
2.2. Particolato PM2,5 – Limiti di riferimento (D.Lgs. 155/2010 all. XI ed all.XIV e s.m.i.).	11
2.3. Biossido di azoto NO <sub>2</sub> – Limiti di riferimento (D.Lgs. 155/2010 all. XI e s.m.i.).....	11
2.4. Monossido di carbonio CO – Limiti di riferimento (D.Lgs. 155/2010 all. XI e s.m.i.).....	12
2.5. Biossido di zolfo SO <sub>2</sub> – Limiti di riferimento (D.Lgs. 155/2010 all. XI e s.m.i.).....	12
2.6. Ozono O <sub>3</sub> – Limiti di riferimento (D.Lgs. 155/2010 e s.m.i.).....	12
2.7. Benzene – Limiti di riferimento (D.Lgs. 155/2010 all. XI e s.m.i.).....	12
3. VALORI DEGLI INDICATORI PRESSO I SITI DI INDAGINE.....	13
3.1. Polveri PM10.....	13
3.2. Polveri PM2,5.....	15
3.3. Biossido di Azoto (NO <sub>2</sub> ).....	19
3.4. Monossido di carbonio (CO).....	22
3.5. Biossido di zolfo (SO <sub>2</sub> ).....	25
3.6. Ozono (O <sub>3</sub> ).....	29
3.7. Benzene.....	31
3.8. Toluene.....	34
4. CONFRONTO CON LE STAZIONI APPARTENENTI ALLA RETE REGIONALE DI QUALITA' DELL'ARIA DI LIVORNO.....	36
4.1. PM10.....	36
4.2. PM2,5.....	45
4.3. Frazione PM2,5 nel PM10.....	53
4.4. NO <sub>2</sub> .....	61
4.5. CO.....	68
4.6. SO <sub>2</sub> .....	70
4.7. Benzene.....	75
4.8. Toluene.....	80
4.9. Rapporto tra toluene e benzene.....	85
4.10. Altri derivati del benzene.....	88
CONCLUSIONI.....	92

## Allegato 1

1. CARATTERIZZAZIONE ANEMOLOGICA DEI SITI DI MONITORAGGIO.....	II
2. VALUTAZIONE DEI LIVELLI DI CONCENTRAZIONE MEDI ORARI IN RELAZIONE AI PARAMETRI ANEMOLOGICI. LE ROSE DELLE CONCENTRAZIONI.....	VI
2.1. Monossido di azoto (NO): medie orarie di concentrazione.....	VII

2.2	Biossido di zolfo (SO <sub>2</sub> ): medie orarie di concentrazione.....	XIV
2.3	Benzene (C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> ): medie orarie di concentrazione.....	XIX
3.	VALUTAZIONE DEI MASSIMI LIVELLI DI CONCENTRAZIONE REGISTRATI ALL'INTERNO DI CIASCUNA ORA IN RELAZIONE AI PARAMETRI ANEMOLOGICI - LE ROSE DELLE CONCENTRAZIONI.....	XXIV
3.1	Monossido di azoto (NO): livelli massimi di concentrazione all'interno di ciascuna ora.....	XXIV
3.2	Biossido di zolfo (SO <sub>2</sub> ): livelli massimi di concentrazione all'interno di ciascuna ora.....	XXX
3.3	Benzene (C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> ): livelli massimi di concentrazione all'interno di ciascuna ora.....	XXXVIII
	CONCLUSIONI.....	XLIV

## **SINTESI**

In previsione del profondo riassetto della infrastruttura portuale, ARPAT, nell'ambito di una convenzione con l'Autorità di Sistema Portuale del mar Tirreno settentrionale, ha effettuato il rilevamento delle concentrazioni in aria ambiente di alcuni inquinanti mediante campagne di misura con postazione mobile collocata in due siti. Le postazioni sono state scelte con l'obiettivo di descrivere al meglio lo stato attuale e i cambiamenti determinati dal traffico indotto in funzione della realizzazione dei vari interventi e dalle variazioni strutturali e infrastrutturali previste.

Una postazione è collocata nell'area nord del porto presso la Darsena toscana ovest, l'altra di fronte alla Fortezza vecchia nei pressi della Calata Sgarallino.

In ciascuno dei due siti sono state svolte, nel periodo da autunno 2017 a estate 2018, 4 indagini di almeno 15 giorni ciascuna, distribuite una per ogni stagione in modo che gli indicatori calcolati sull'intero periodo fossero rappresentativi secondo le indicazioni della normativa vigente.

Per effettuare la campagna nei due siti scelti del porto di Livorno è stato utilizzato un mezzo mobile gestito da ARPAT dotato di analizzatori per la misura della qualità dell'aria in continuo relativi ai seguenti parametri: biossido di azoto, biossido di zolfo, monossido di carbonio, ozono e benzene ed attrezzato con campionatori in continuo per le polveri PM10 e PM2,5, che raccolgono campioni giornalieri destinati alla determinazione gravimetrica in laboratorio.

La campagna che si è svolta nel porto di Livorno ha evidenziato nel complesso una situazione positiva, con livelli di qualità dell'aria buona testimoniata dal pieno rispetto in entrambi i siti dei limiti di normativa per tutti gli inquinanti che sono stati monitorati: PM10, PM2,5 biossido di azoto, monossido di carbonio, biossido di zolfo, ozono e benzene.

In particolare per PM10, PM2,5 biossido di azoto, monossido di carbonio e benzene oltre al pieno rispetto dei limiti di normativa si è riscontrata l'assenza totale di valori di concentrazione anomali rispetto agli andamenti tipici della zona.

Per l'ozono i valori medi orari massimi sono stati ampiamente inferiori ai valori soglia e le medie trascinate sulle 8 ore hanno superato il valore obiettivo soltanto in episodi rari ed isolati.

Nonostante i limiti di normativa per SO<sub>2</sub> siano stati ampiamente rispettati, per il biossido di zolfo e per il toluene è stata riscontrata la presenza di picchi orari di concentrazione saltuari ma degni di nota in entrambe le postazioni.

In allegato, un approfondimento di valutazione dei dati relativi alla media oraria e al massimo all'interno dell'ora ha portato ad identificare livelli di concentrazione "anomali" rispetto alla serie dei livelli di concentrazione rilevati nel corso delle campagne di monitoraggio per gli inquinanti di origine principalmente primaria (NO, SO<sub>2</sub>, benzene). Sebbene il massimo nell'ora corrisponda a un dato di concentrazione di pochi secondi e non corrisponda al tempo di mediazione previsto dalla normativa, l'elaborazione di questi dati in funzione delle caratteristiche dei venti permette una caratterizzazione di dettaglio dell'area oggetto di indagine.

A tale proposito è stata effettuata l'analisi dei livelli di concentrazione medi e massimi all'interno dell'ora degli inquinanti di origine principalmente primaria (NO, SO<sub>2</sub>, benzene) registrati nel corso delle campagne effettuate in relazione alle caratteristiche dei venti prevalenti registrati in corrispondenza ad essi. L'analisi ha avuto l'obiettivo di individuare

eventuali orrispondenze tra i livelli di concentrazione anomali (outlier) e la corrispondente direzione di vento prevalente.

In relazione alla corrispondenza tra direzione prevalente del vento e livelli di concentrazione rilevati si osserva quanto segue:

1. nel caso del sito di monitoraggio di Fortezza vecchia si è potuto osservare che:

- per il monossido di azoto (NO) e il biossido di zolfo (SO<sub>2</sub>), sia per le medie che per i massimi all'interno dell'ora, gli outlier vengono rilevati generalmente in corrispondenza di direzioni di vento prevalenti provenienti dai settori di ovest con variazioni tra NNO e S/SSO a seconda del periodo.

Fanno eccezione le campagne autunnale e invernale nel corso delle quali si osservano valori "anomali" prevalentemente in corrispondenza dei settori di vento NNE-ENE; questo diverso comportamento della distribuzione dei dati potrebbe essere imputabile al fatto che, in tali periodi, sono stati registrati venti con direzione prevalente NNE-ENE e intensità mediamente elevate (superiori, in media, a 3 m/s).

- per il benzene (C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>) si osserva, invece, un diverso comportamento tra la distribuzione degli outlier relativi alle medie orarie e quelli dei massimi all'interno dell'ora. Nel caso delle medie orarie gli outlier vengono rilevati, generalmente, in corrispondenza di direzioni di vento prevalenti provenienti dai settori di Est con variazioni tra NNE e ENE a seconda del periodo.

Nel caso dei massimi all'interno dell'ora, invece, i livelli di concentrazione "anomali" non vengono generalmente rilevati in corrispondenza di specifiche direzioni di vento prevalenti; fa eccezione la campagna condotta durante il periodo invernale. In questo caso, infatti, gli outliers si concentrano principalmente in corrispondenza dei settori di vento compresi tra Nord ed Est; a tale proposito si osserva che in tale periodo sono stati rilevati venti provenienti da questi settori con intensità anche superiore a 6 m/s.

2. nel caso del sito di monitoraggio di Darsena toscana ovest si è potuto osservare che:

- per il monossido di azoto (NO) e il biossido di zolfo (SO<sub>2</sub>), sia per le medie che per i massimi all'interno dell'ora, gli outlier vengono rilevati prevalentemente in corrispondenza dei settori compresi tra le direzioni Nord e Est. Per il periodo autunnale e invernale si possono osservare outliers anche in corrispondenza dei settori di Ovest; a tale proposito si osserva che, in particolare durante la campagna invernale, sono stati rilevati venti provenienti dai settori di Ovest con intensità anche superiore a 6 m/s. Gli eventi osservati in corrispondenza di tali settori sono stati registrati tutti tra il 7 e l'8 dicembre 2017, in particolare tra le ore 12 e le 14 del primo giorno e nel corso della mattinata del giorno successivo fino alle ore 14.

- per il benzene (C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>) si osserva, invece, un diverso comportamento tra la distribuzione degli outlier relativi alle medie orarie e quelli dei massimi orari.

Nel caso delle medie orarie gli outlier vengono rilevati, generalmente, in corrispondenza di direzioni di vento prevalenti provenienti dai settori di Est con variazioni tra NNE e ENE a seconda del periodo. Per il sito di Darsena toscana si rilevano alcuni outlier anche per le direzioni di vento provenienti dai settori Ovest.

Nel caso dei massimi orari, invece, i livelli di concentrazione “anomali” non vengono generalmente rilevati in corrispondenza di specifiche direzioni di vento prevalenti; fa eccezione la campagna condotta durante il periodo invernale. In questo caso, infatti, gli outliers si concentrano principalmente in corrispondenza dei settori di vento compresi tra Nord ed Est; a tale proposito si osserva che in tale periodo sono stati rilevati venti provenienti da questi settori con intensità anche superiore a 6 m/s.

In relazione ai livelli di concentrazione mediamente rilevati nel corso delle otto campagne di monitoraggio e al numero e al valore degli outliers si osserva:

1. Per quanto riguarda il monossido di azoto (NO) il sito di Darsena toscana ovest presenta livelli di concentrazione mediamente più elevati rispetto al sito di Fortezza vecchia; il numero di “outliers” rilevati nel corso delle quattro campagne presso Darsena toscana ovest è minore rispetto a quelli osservati presso il sito di Fortezza vecchia ma questi presentano valori superiori a quelli rilevati presso quest’ultima postazione.
2. I livelli di concentrazione di biossido di zolfo (SO<sub>2</sub>) rilevati presso i due siti non presentano, invece, evidenti differenze né in termini di valore mediamente rilevato né in termini di valori relativi agli “outliers” individuati, sebbene si osservi una forte variabilità di tali parametri tra una campagna e l’altra. Il numero di eventi “estremi” rilevati presso il sito di Darsena toscana ovest risulta, invece, essere superiore rispetto a quanto rilevato presso il sito di Fortezza vecchia.
3. Per quanto riguarda, infine, il Benzene i due siti non presentano evidenti differenze né in termini di valore mediamente rilevato né in termini di numero di “outliers” rilevati; il valore dei livelli di concentrazione “anomali” rilevati presso il sito di Fortezza vecchia risulta, invece, essere mediamente superiore rispetto a quanto rilevato presso il sito di Darsena toscana ovest.

## **INTRODUZIONE**

Il Piano Regolatore del Porto di Livorno prevede un profondo riassetto della infrastruttura portuale con numerosi interventi strutturali tra i quali il più importante è la realizzazione di un nuovo ampio bacino esterno, denominato “Piattaforma Europa”, nell’area nord del porto; tale riassetto avrà ripercussioni importanti anche sull’assetto delle aree di tessuto urbano limitrofe all’area portuale.

In questo contesto si inserisce l'Accordo di programma quadriennale tra Autorita' di Sistema Portuale del mar Tirreno settentrionale (A.d.S.P.) e ARPAT indirizzato a completare ed aggiornare il Quadro Conoscitivo Ambientale del territorio di Livorno circostante l’area portuale nel quale le opere stesse e le conseguenti variazioni verranno a collocarsi.

ARPAT ha stipulato con A.d.S.P. una convenzione finalizzata, tra le altre, al rilevamento di dati ambientali mediante campagne di misura dei livelli di concentrazione in atmosfera con postazione mobile collocata nel 2017-2018 in due postazioni strategiche individuate in accordo con l'Autorità Portuale; tali postazioni sono state scelte con l'obiettivo di descrivere al meglio lo stato attuale e i cambiamenti determinati dal traffico indotto in funzione della realizzazione dei vari interventi e dalle variazioni strutturali e infrastrutturali previste.

## **1. DESCRIZIONE DEI SITI DI MISURA E DEL LABORATORIO MOBILE UTILIZZATO**

La campagna si è articolata in due indagini, rispettivamente presso due siti che si trovano:

1. in prossimità della Fortezza Vecchia, sito FORTEZZA;
2. in prossimità della darsena Toscana, nella parte nord del porto di Livorno, sito DARSENA.

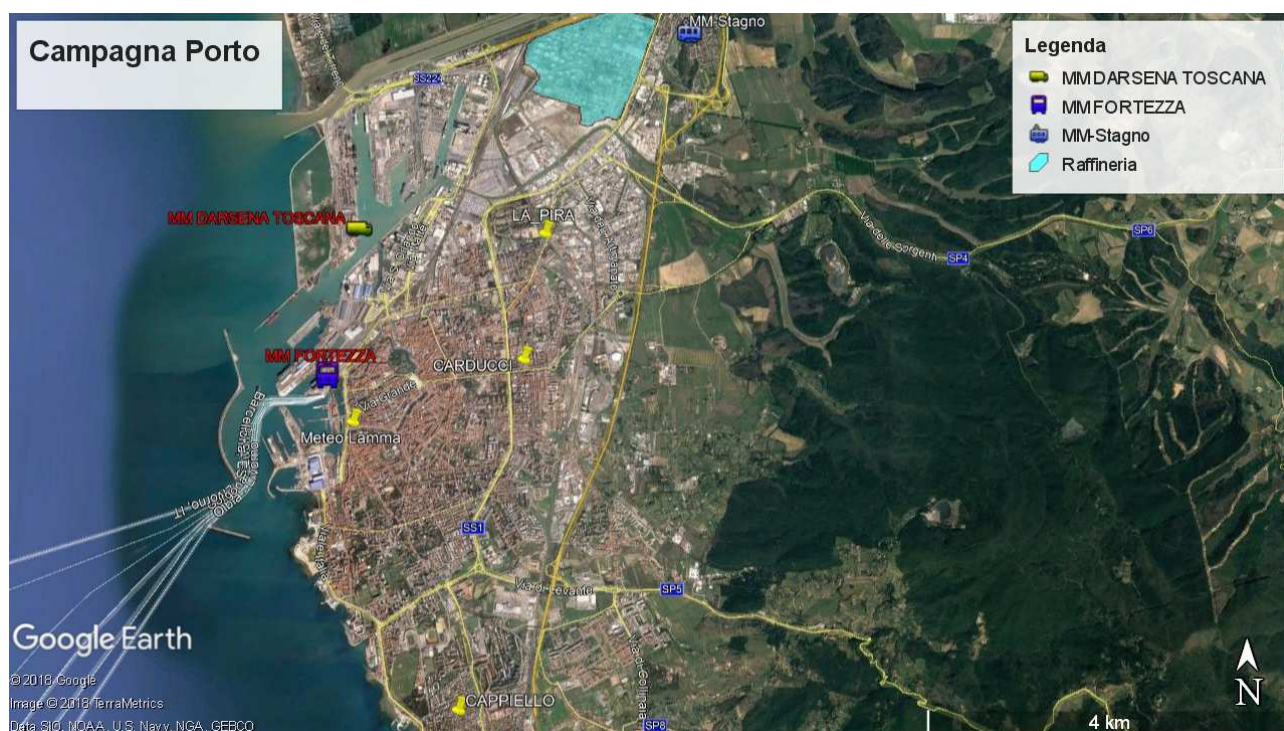
Le due postazioni sono collocate la prima nell’area nord del porto presso la Darsena toscana ovest, la seconda di fronte alla Fortezza vecchia nei pressi della Calata Sgarallino.

La postazione individuata presso la Darsena si trova in un’area del porto dedicata alla movimentazione, imbarco e sbarco dei containers mentre la seconda è collocata in un’area dedicata ai traghetti passeggeri e navi da crociera e non lontana da aree portuali destinate all’ormeggio di naviglio da diporto.

La collocazione dei due siti di monitoraggio, scelta in accordo con l’Autorita' di Sistema Portuale, è stata definita con lo scopo di monitorare due aree che verranno interessate in maniera rilevante dal riassetto dell’area portuale previsto nel nuovo Piano regolatore. L’area presso la quale è stato individuato il sito di seguito definito “Darsena” sarà, infatti, interessata dai lavori di realizzazione del un nuovo bacino esterno della “Piattaforma Europa”.



L'area presso la quale è stato collocato il sito di seguito definito "Fortezza" sarà, invece, interessata da un riassetto del traffico traghetti e crociere; tale sito si trova, inoltre, in un'area portuale prospiciente l'area urbana della città di Livorno.



### Immagine 1.1. Postazioni di misura

In ciascuno dei due siti sono state svolte, nel periodo da autunno 2017 a estate 2018, 4 indagini di almeno 15 giorni ciascuna, distribuite una per ogni stagione in modo che gli indicatori calcolati sull'intero periodo fossero rappresentativi secondo le indicazioni della normativa vigente.

I periodi di interesse sono stati rispettivamente:

Sito	Stagione	Periodo indagine	
Fortezza Vecchia	Autunno	26/10/2017	20/11/2017
	Inverno	13/02/2018	28/02/2018
	Primavera	12/04/2018	02/05/2018
	Estate	04/07/2018	30/07/2018
Darsena Toscana	Autunno	22/11/2017	06/12/2017
	Inverno	11/01/2018	29/01/2018
	Primavera	06/05/2018	27/05/2018
	Estate	01/08/2018	21/08/2018

**Tabella 1.1. Periodi di indagine**

Per effettuare la campagna nei due siti scelti del porto di Livorno è stato utilizzato un mezzo mobile di proprietà e gestione di ARPAT. Il furgone (AUTOLAB-SI408060) è dotato di analizzatori per la misura della qualità dell'aria in continuo, relativi ai seguenti parametri: biossido di azoto, biossido di zolfo, monossido di carbonio, ozono e benzene. Inoltre il mezzo mobile è attrezzato con campionatori in continuo per le polveri PM10 e PM2,5, che raccolgono campioni giornalieri destinati alla determinazione gravimetrica in laboratorio.

Inquinante	Marca Modello	N. serie	Metodo
CO	API 300 E	SN:758	UNI EN 14626:2012
NOx	API 200 A	SN:1048	UNI EN 14211:2012
SO <sub>2</sub>	API 100 E	SN:740	UNI EN 14212:2012
C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> (BTX)	Chromatec Air Toxic GC866	SN: 26881211	UNI EN 14662:2005
O <sub>3</sub>	TEI 49 C	SN: 5031103 75/2006	UNI EN 14625:2012
PM10 e PM2,5	Swam Dual Channel (senza sorgente)		UNI EN 12341:2014

**Tabella 1.2. Strumenti e metodi**

## **2. LIMITI NORMATIVI**

Si riportano i riferimenti normativi in vigore per gli inquinanti oggetto dell'indagine al porto di Livorno.

### **2.1. Particolato PM<sub>10</sub> – Limiti di riferimento (D.Lgs. 155/2010 all. XI e s.m.i.).**

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

**Tabella 2.1. Limiti per il Particolato PM<sub>10</sub>**

### **2.2. Particolato PM<sub>2,5</sub> – Limiti di riferimento (D.Lgs. 155/2010 all. XI ed all.XIV e s.m.i.).**

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

**Tabella 2.2. Limite per il Particolato PM<sub>2,5</sub>**

### **2.3. Biossido di azoto NO<sub>2</sub> – Limiti di riferimento (D.Lgs. 155/2010 all. XI e s.m.i.).**

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

**Tabella 2.3. Limiti per il NO<sub>2</sub>**

Per il biossido di azoto è inoltre definita dall'allegato XII del D.Lgs. 155/2010 una soglia di allarme che è pari a 400 µg/m<sup>3</sup> calcolata come concentrazione media da ripetersi per tre ore consecutive.

## 2.4.Monossido di carbonio CO – Limiti di riferimento (D.Lgs. 155/2010 all. XI e s.m.i.).

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

**Tabella 2.4. Limite per il CO**

## 2.5.Biossido di zolfo SO<sub>2</sub> – Limiti di riferimento (D.Lgs. 155/2010 all. XI e s.m.i.).

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

**Tabella 2.5. Limiti per il SO<sub>2</sub>**

Per il biossido di zolfo è inoltre definita dall'allegato XII del D.Lgs. 155/2010 una soglia di allarme che è pari a 500 µg/m<sup>3</sup> calcolata come concentrazione media da ripetersi per tre ore consecutive.

## 2.6.Ozono O<sub>3</sub> – Limiti di riferimento (D.Lgs. 155/2010 e s.m.i.).

VALORE DI RIFERIMENTO	Periodo di mediazione	Valori di riferimento
Valore obiettivo per la protezione della salute umana	Media su 8 ore massima giornaliera	120 µg/ m <sup>3</sup> da non superare più di 25 giorni per anno civile come media su tre anni
VALORI SOGLIA	Periodo di mediazione	Valori di riferimento
Soglia di informazione	Media massima oraria.	180 µg/ m <sup>3</sup>
Soglia di allarme	Media massima oraria	240 µg/ m <sup>3</sup>

**Tabella 2.6. Limiti per l'Ozono**

## 2.7.Benzene – 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	5 µg/m <sup>3</sup>

**Tabella 2.7. Limite per il Benzene**

### 3. VALORI DEGLI INDICATORI PRESSO I SITI DI INDAGINE

#### 3.1. Polveri PM10

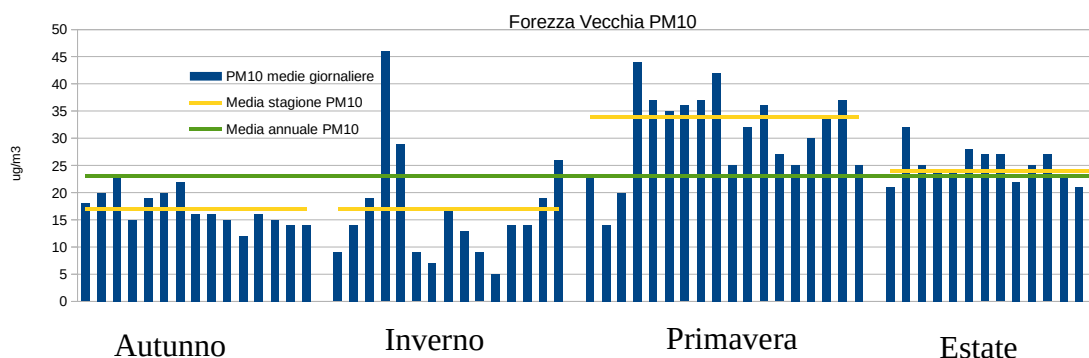
Per quanto riguarda il PM10, la normativa indica come limiti una media annuale di 40 ug/m<sup>3</sup>, ed un numero massimo di 35 superamenti della media giornaliera di 50 ug/m<sup>3</sup>, che per le campagne discontinue equivale al 90,4° percentile del valore medio giornaliero che non deve essere superiore a 50 ug/m<sup>3</sup>.

I campionamenti relativi al sito **Fortezza Vecchia** hanno fornito i seguenti risultati:

PM10 Fortezza Vecchia	Autunno	Inverno	Primavera	Estate	Annuale
Valori medi giornalieri validi	100%	100%	100%	100%	100%
Massimo valore medio giornaliero (ug/m <sup>3</sup> )	23	46	44	32	46
Media periodo (ug/m <sup>3</sup> )	17	17	31	24	23

**Tabella 3.1.1. Risultati PM10 indagine Fortezza Vecchia**

Come mostrano i dati in tabella i valori di PM10 registrati sono stati contenuti per tutti i periodi di indagine, con valori medi giornalieri sempre inferiori a 50 ug/m<sup>3</sup> e 90,4° percentile pari a 36 ug/m<sup>3</sup>. Le medie del periodo sono state anche esse contenute, ampiamente inferiori al limite di riferimento.

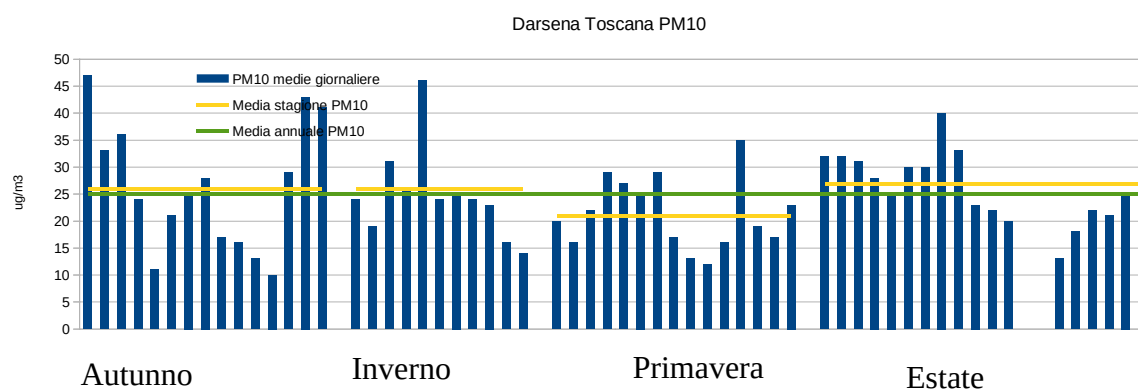


**Grafico 3.1.1. Risultati PM10 indagine Fortezza Vecchia**

I campionamenti relativi al sito **Darsena Toscana** hanno fornito i seguenti risultati:

PM10 Darsena Toscana	Autunno	Inverno	Primavera	Estate	Annuale
Valori medi giornalieri validi	100%	100%	100%	100%	100%
Massimo valore medio giornaliero (ug/m <sup>3</sup> )	47	46	35	45	47
Media periodo (ug/m <sup>3</sup> )	26	26	21	27	25

**Tabella 3.1.2. Risultati PM10 indagine Darsena Toscana**



**Grafico 3.1.2. Risultati PM10 indagine Darsena Toscana**

Come mostrano i dati in tabella, anche in questo secondo sito i valori di PM10 registrati sono stati contenuti per tutti i periodi di indagine, con valori medi giornalieri sempre inferiori a 50 ug/m<sup>3</sup>. Il 90,4° percentile è stato pari a 36 ug/m<sup>3</sup>. Le medie del periodo sono state ampiamente inferiori al limite di riferimento di 40 ug/m<sup>3</sup>, con media complessiva pari a 25 ug/m<sup>3</sup>.

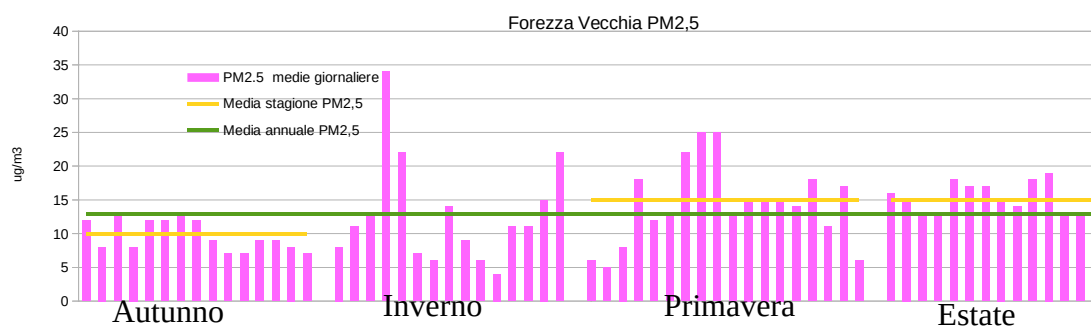
### 3.2. Polveri PM2,5

Per quanto riguarda il PM2,5, la normativa indica come limite una media annuale di 25 ug/m3, che è stata ampiamente rispettata in tutti e quattro i periodo di indagine.

I campionamenti relativi al sito **Fortezza Vecchia** hanno fornito i seguenti risultati:

PM2,5 Fortezza Vecchia	Autunno	Inverno	Primavera	Estate	Annuale
Valori medi giornalieri validi	100%	100%	100%	100%	100%
Massimo valore medio giornaliero (ug/m3)	13	34	25	19	34
Media periodo (ug/m3)	10	13	15	15	13

**Tabella 3.2.1. Risultati PM2,5 indagine Fortezza Vecchia**



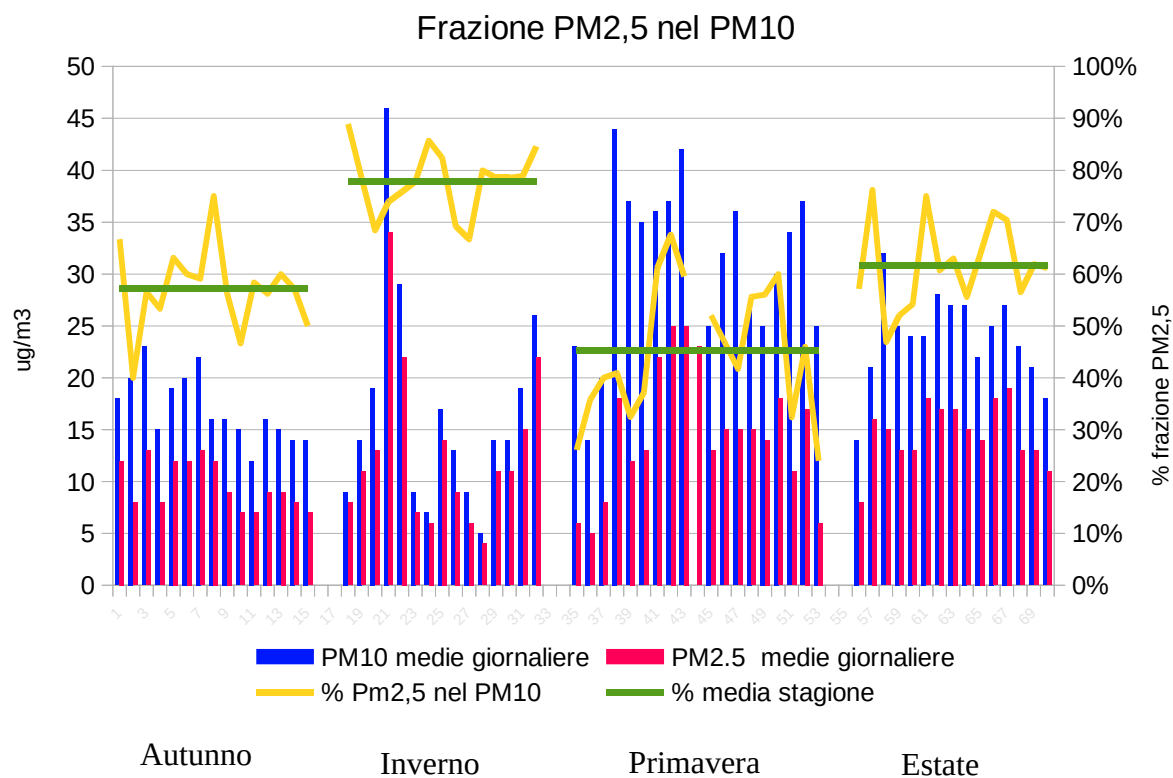
**Grafico 3.2.1. Risultati PM2,5 indagine Fortezza Vecchia**

Confrontando i valori medi giornalieri del PM10 e del PM2,5 registrati durante l'indagine in Fortezza Vecchia si nota che le percentuali medie della frazione più fine contenuta nel PM10 variano sensibilmente con il variare delle stagioni.

Fortezza vecchia			
% PM2,5 nel PM10	Media	Min	Max
Autunno	57%	40%	75%
Inverno	78%	67%	89%
Primavera	45%	24%	68%
Estate	62%	47%	76%
Annuale	61%	24%	89%

**Tabella 3.2.2. Risultati frazione di PM2,5 nel PM10 Fortezza Vecchia**

La percentuale più alta è stata raggiunta in inverno (come prevedibile), con il 78% del PM10 mediamente composto da PM2,5, e percentuali giornaliere comprese tra 67% e 89%, mentre in primavera si è registrata la frazione più bassa, con media stagionale del 48% e frazioni comprese tra il 24% ed il 68%. Per quanto riguarda estate ed autunno i valori medi della frazione di PM2,5 sono stati intermedi tra inverno e primavera e simili tra loro, intorno al 60%.



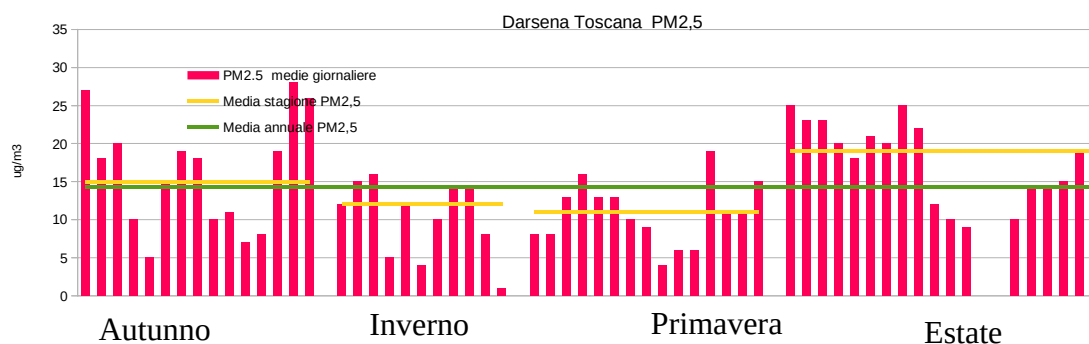
**Grafico 3.2.2. Risultati frazione di PM2,5 nel PM10 Fortezza Vecchia**



I campionamenti relativi al sito **Darsena Toscana** hanno fornito i seguenti risultati:

PM2,5 Darsena Toscana	Autunno	Inverno	Primavera	Estate	Annuale
Valori medi giornalieri validi	100,00%	100%	100%	100%	100%
Massimo valore medio giornaliero (ug/m3)	28	20	19	33	33
Media periodo (ug/m3)	15	12	11	19	14

**Tabella 3.2.3. Risultati PM2,5 indagine Darsena Toscana**



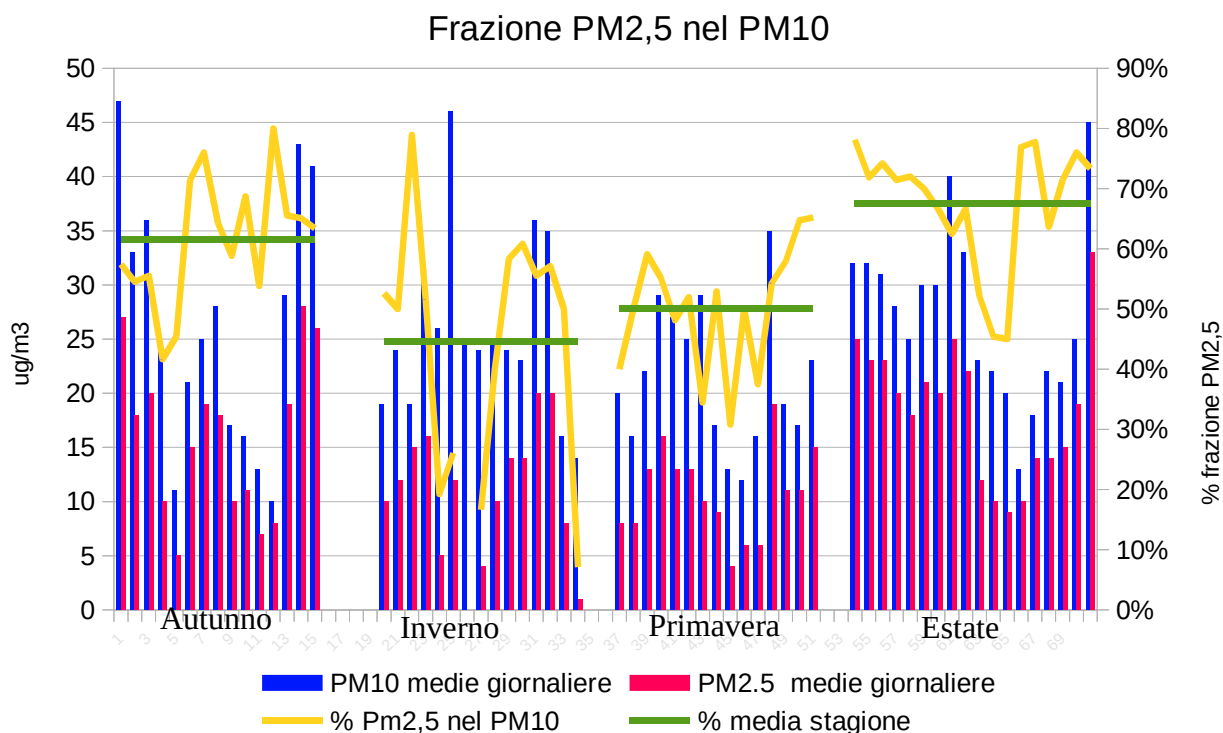
**Grafico 3.2.3. Risultati PM2,5 indagine Darsena Toscana**

I risultati del confronto dei valori medi giornalieri del PM10 e del PM2,5 registrati durante l'indagine in Darsena Toscana sono riportati in tabella:

Darsena Toscana			
% PM2,5 nel PM10	Media	Min	Max
Autunno	61%	42%	80%
Inverno	45%	7%	79%
Primavera	50%	31%	65%
Estate	68%	45%	78%
Annuale	56%	7%	80%

**Tabella 3.2.4. Risultati frazione di PM2,5 nel PM10 Darsena Toscana**

Anche per questo sito le percentuali medie della frazione più fine contenuta nel PM10 variano sensibilmente con il variare delle stagioni. La percentuale più alta è stata raggiunta in estate, con il 68% del PM10 mediamente composto da PM2,5, e percentuali giornaliere comprese tra 45% e 78%, mentre in inverno si è registrata la frazione con la percentuale più bassa, con media stagionale del 45%.



### Grafico 3.2.4. Risultati frazione di PM<sub>2,5</sub> nel PM<sub>10</sub> Darsena Toscana

Confrontando i risultati delle due indagini possiamo concludere che i valori di PM<sub>10</sub> e di PM<sub>2,5</sub> che caratterizzano i due diversi siti non differiscono sensibilmente tra loro.

Confronto siti di indagine		Fortezza Vecchia	Darsena Toscana
PM <sub>10</sub> ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Massimo giornaliero	47	46
	Media periodo	25	23
PM <sub>2.5</sub> ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Massimo giornaliero	34	33
	Media periodo	13	14

**Tabella 3.2.5. Risultati frazione di PM<sub>2,5</sub> confronto tra i due siti**

### 3.3. Biossido di Azoto (NO<sub>2</sub>)

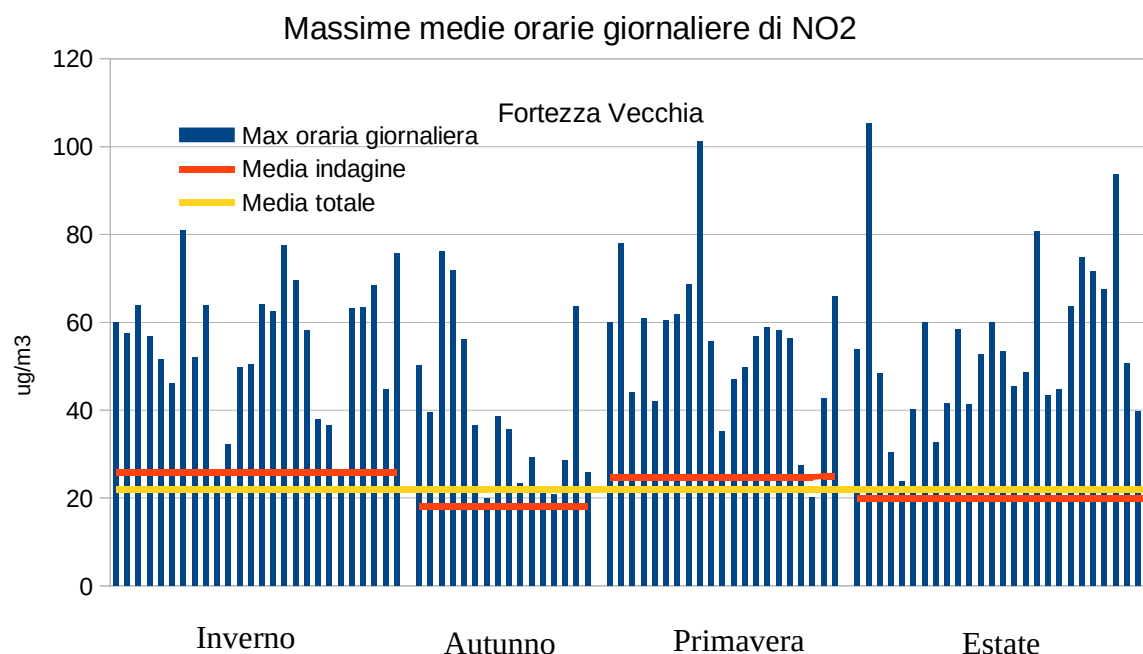
La normativa indica per il biossido di azoto due limiti normativi: una media annuale di 40 ug/m<sup>3</sup>, ed un numero massimo di 18 superamenti della media oraria di 200 ug/m<sup>3</sup>.

I campionamenti relativi al sito **Fortezza Vecchia** hanno fornito i seguenti risultati:

NO <sub>2</sub> Fortezza Vecchia	Autunno	Inverno	Primavera	Estate	Annuale
Valori medi orari validi %	95%	95%	95%	95%	95%
Massimo valore medio orario (µg/m <sup>3</sup> )	81	76	101	105	105
Media periodo (µg/m <sup>3</sup> )	26	18	25	20	22

**Tabella 3.3.1. Risultati NO<sub>2</sub> indagine Fortezza vecchia**

Come mostrano i dati in tabella, i valori di NO<sub>2</sub> registrati non hanno registrato in nessuno dei quattro periodi oggetto di indagine alcun superamento del valore massimo orario di 200 ug/m<sup>3</sup>, con massima media oraria registrata in estate, pari a circa il 53% del valore di riferimento. Anche i valori medi sono stati contenuti in tutti e quattro i periodi oggetto di indagine, con media complessiva di 22 ug/m<sup>3</sup>, pari poco più del 50% del limite. I valori medi più elevati sono stati registrati durante la campagna autunnale, mentre i valori medi orari più elevati sono relativi alla primavera ed estate.



**Grafico 3.3.1. Risultati NO<sub>2</sub> indagine Fortezza vecchia**

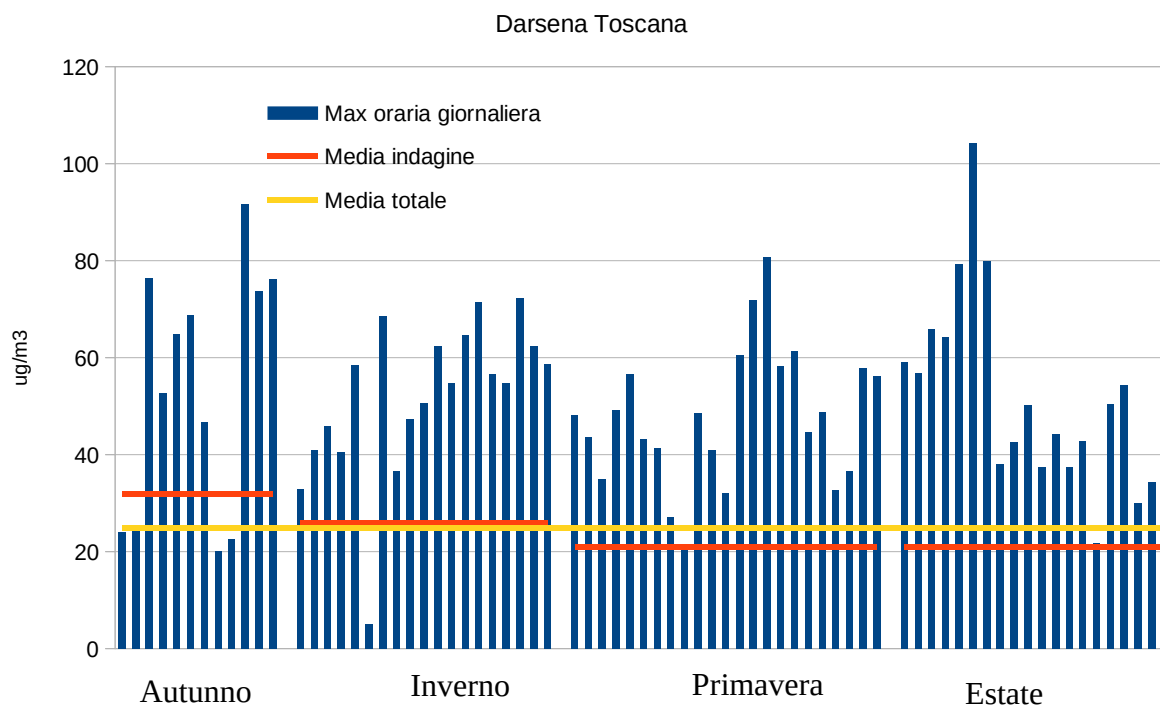
I campionamenti relativi al sito **Darsena Toscana** hanno fornito i seguenti risultati:

NO <sub>2</sub> Darsena Toscana	Autunno	Inverno	Primavera	Estate	Annuale
Valori medi orari validi %	86%	94%	94%	90%	91%
Massimo valore medio orario (µg/m <sup>3</sup> )	92	72	81	104	104
Media periodo (µg/m <sup>3</sup> )	32	26	21	21	25

**Tabella 3.3.2. Risultati NO<sub>2</sub> indagine Darsena Toscana**

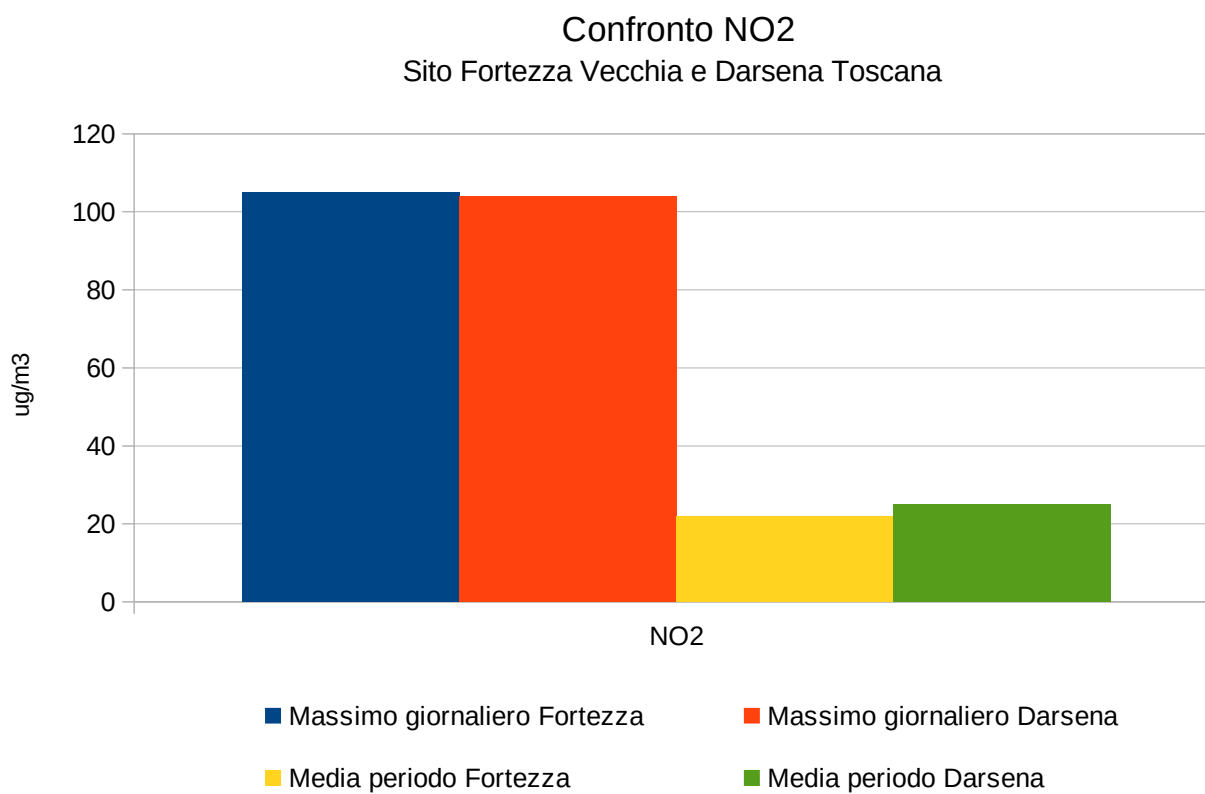
In nessuno dei quattro periodi oggetto di indagine si è registrato alcun superamento del valore massimo orario di 200 ug/m<sup>3</sup>, con massima media oraria registrata in estate, e pari pari a circa il 52% del valore di riferimento. Anche i valori medi sono stati contenuti in tutti e quattro i periodi oggetto di indagine, con media complessiva di 25 ug/m<sup>3</sup>, pari al 60% del limite. Analogamente a quanto avvenuto per la campagna effettuata nel primo sito, i valori medi più elevati sono stati registrati durante la campagna autunnale, mentre i valori medi orari più elevati sono relativi a primavera ed estate.

Massime dedie orarie giornaliere NO<sub>2</sub>



**Grafico 3.3.2. Risultati NO<sub>2</sub> indagine Darsena Toscana**

Nonostante i periodi in cui i rilevamenti sono stati effettuati non coincidano, i valori di NO<sub>2</sub> dei due siti oggetto di indagine si mostrano molto simili attestando un panorama complessivo omogeneo.



**Grafico 3.3.3. Risultati NO<sub>2</sub> confronto tra i due siti di indagine**

### 3.4. Monossido di carbonio (CO)

Il valore di riferimento che la normativa vigente indica per il monossido di carbonio è pari a 10 mg/m<sup>3</sup>, come media mobile di 8 ore, che non deve essere raggiunto o superato.

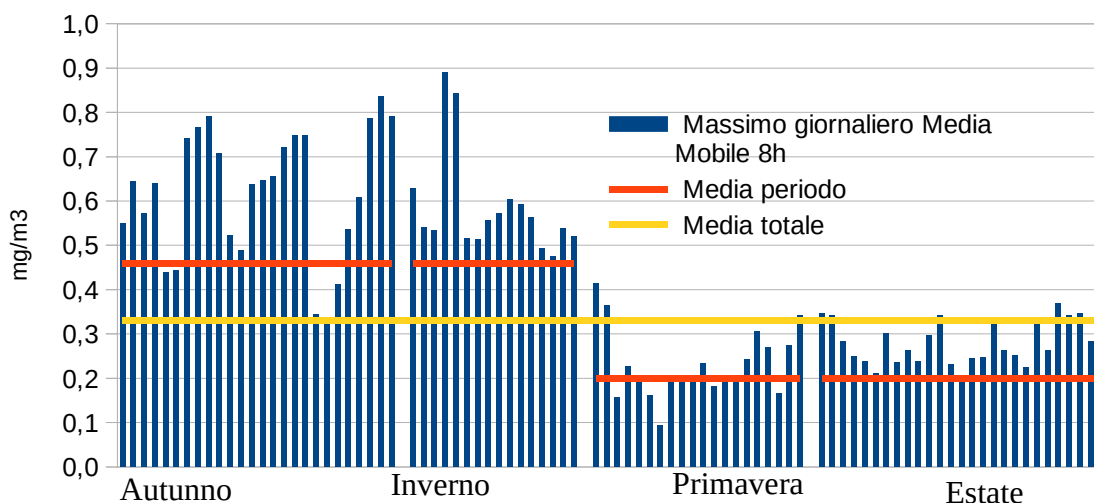
I campionamenti relativi al sito **Fortezza Vecchia** hanno fornito i seguenti risultati:

CO Fortezza Vecchia	Autunno	Inverno	Primavera	Estate	Annuale
Valori medi orari validi nel periodo %	96%	99%	89%	95%	95%
Massimo valore medio orario (mg/m <sup>3</sup> )	1,2	1,0	0,4	0,5	1,2
Massima media mobile su 8 ore	0,8	0,9	0,3	0,4	0,9
Media periodo (mg/m <sup>3</sup> )	0,5	0,5	0,2	0,2	0,3

**Tabella 3.4.1. Risultati CO indagine Fortezza Vecchia**

I dati in tabella mostrano che in tutti e quattro i periodi oggetto di indagine sono state registrate concentrazioni molto contenute, con media mobile sulle 8 ore massima dell'intero periodo pari al 9% del limite di legge ed una totale assenza di picchi orari.

Massime medie mobili 8 ore di CO  
Fortezza Vecchia



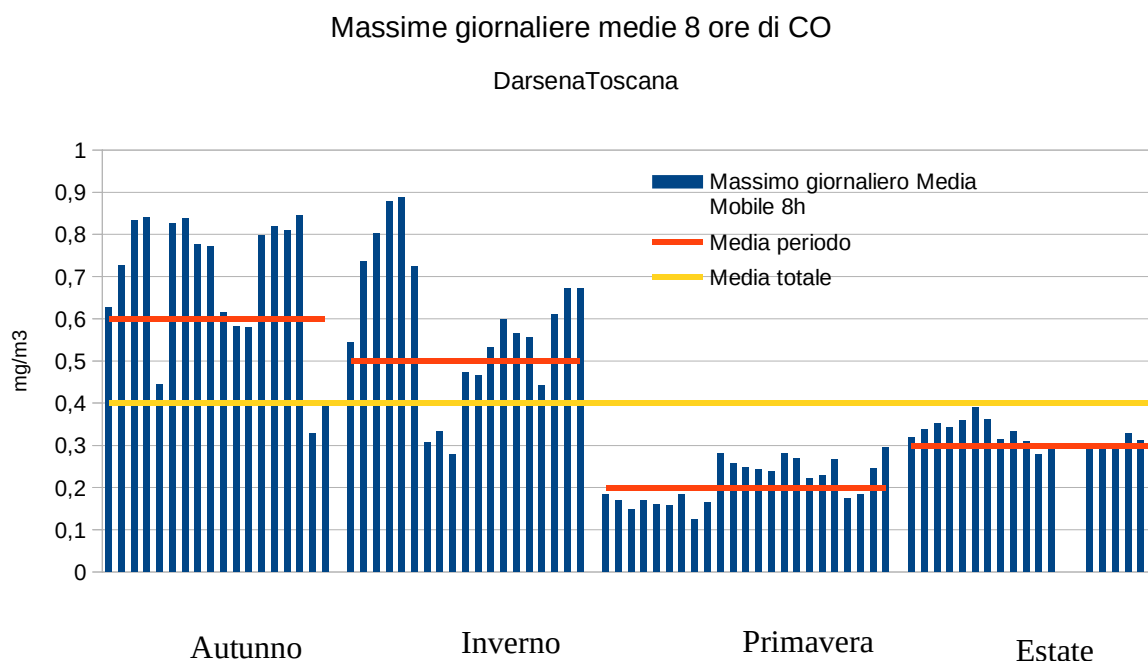
**Grafico 3.4.1. Risultati CO indagine Fortezza Vecchia**

I campionamenti relativi al sito **Darsena Toscana** hanno fornito i seguenti risultati:

CO Darsena Toscana	Autunno	Inverno	Primavera	Estate	Annuale
Valori medi orari validi nel periodo %	96%	99%	99%	96%	98%
Massimo valore medio orario (mg/m <sup>3</sup> )	1,4	1,3	0,5	0,6	1,4
Massima media mobile su 8 ore	0,7	0,8	0,2	0,3	0,8
Media periodo (mg/m <sup>3</sup> )	0,6	0,5	0,2	0,3	0,4

### Tabella 3.4.2. Risultati CO indagine Darsena Toscana

Anche presso il sito di Darsena Toscana le registrazioni di monossido di carbonio hanno dato come risultato una media mobile sulle 8 ore massima dell'intero periodo pari al 8% del limite di legge ed una totale assenza di picchi orari.



### Grafico 3.4.2. Risultati CO indagine Darsena Toscana

Il panorama complessivo relativo alle concentrazioni di monossido di carbonio emerso dell'indagine è molto positivo, con una situazione di omogeneità su concentrazioni di CO molto contenute in entrambi i siti.

Indagine 2017-2018	CO (mg/m <sup>3</sup> )
Massima media mobile 8 ore Fortezza	0,9
Massima media mobile 8 ore Darsena	0,8
Media periodo Fortezza	0,3
Media periodo Darsena	0,4

**Tabella 3.4.3. Risultati CO confronto tra i due siti**



### 3.5. Biossido di zolfo (SO<sub>2</sub>)

La normativa indica per il biossido di zolfo due limiti normativi: un numero massimo di 24 superamenti della media oraria di 350 ug/m<sup>3</sup> ed un numero massimo di 3 superamenti della media giornaliera di 125 ug/m<sup>3</sup>, nell'arco dell'anno.

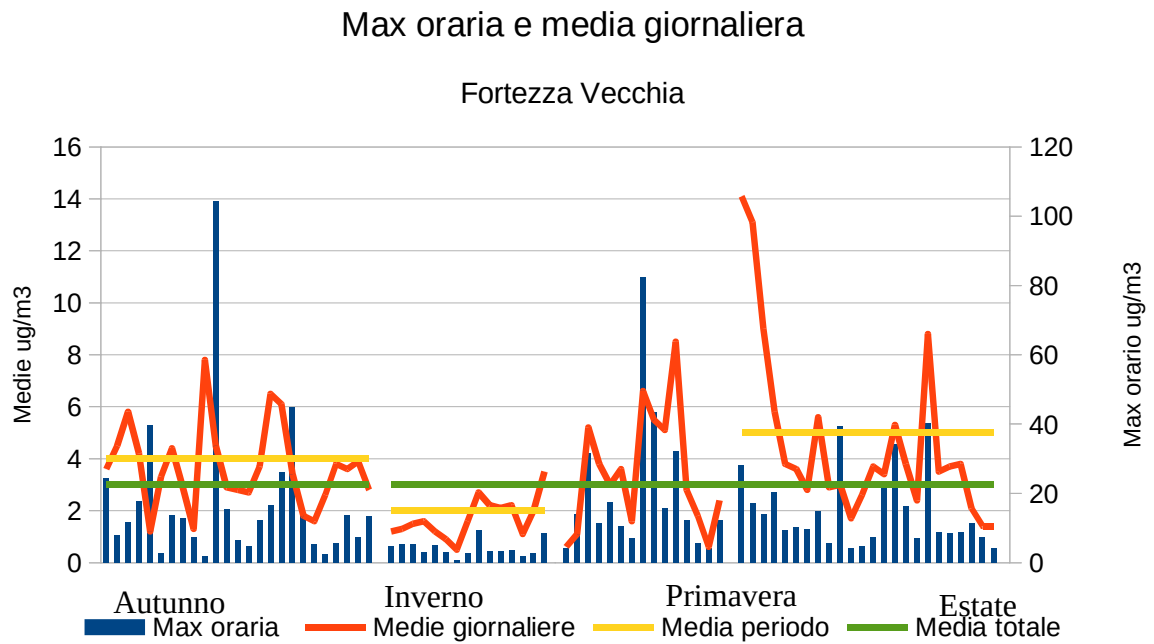
I campionamenti relativi al sito **Fortezza Vecchia** hanno fornito i seguenti risultati:

SO <sub>2</sub> Fortezza Vecchia	Autunno	Inverno	Primavera	Estate	Annuale
Valori medi orari validi nel periodo %	96%	90%	71%	85%	85%
Massimo valore medio orario (ug/m <sup>3</sup> )	104	9	82	40	104
Massimo valore medio giornaliero del periodo (ug/m <sup>3</sup> )	8	3	8	14	14
Media periodo (ug/m <sup>3</sup> )	4	2	3	5	3

**Tabella 3.5.1. Risultati SO<sub>2</sub> indagine Fortezza Vecchia**

I limiti di legge sono stati entrambi ampiamente rispettati.

Per quanto riguarda le massime medie orarie, esse variano sensibilmente a seconda del periodo di indagine, con picco massimo pari a 104 ug/m<sup>3</sup> registrato in autunno . Le massime medie giornaliere sono state invece contenute in tutte e quattro le campagne con massima pari a 14 in estate. Si nota che l'inverno è l'unica stagione che ha fatto registrare una media stagionale inferiore alla media totale del periodo di indagine.



**Grafico 3.5.1. Risultati SO<sub>2</sub> indagine Fortezza Vecchia**

Gli eventi specifici saranno discussi nella sezione dedicata.

I campionamenti relativi al sito **Darsena Toscana** hanno fornito i seguenti risultati:

SO <sub>2</sub> Darsena Toscana	Autunno	Inverno	Primavera	Estate	Annuale
Valori medi orari validi nel periodo %	96%	95%	95%	91%	94%
Massimo valore medio orario (ug/m <sup>3</sup> )	49	74	60	27	74
Massimo valore medio giornaliero del periodo (ug/m <sup>3</sup> )	11	6	8	3	11
Media periodo (ug/m <sup>3</sup> )	6	3	3	1	3

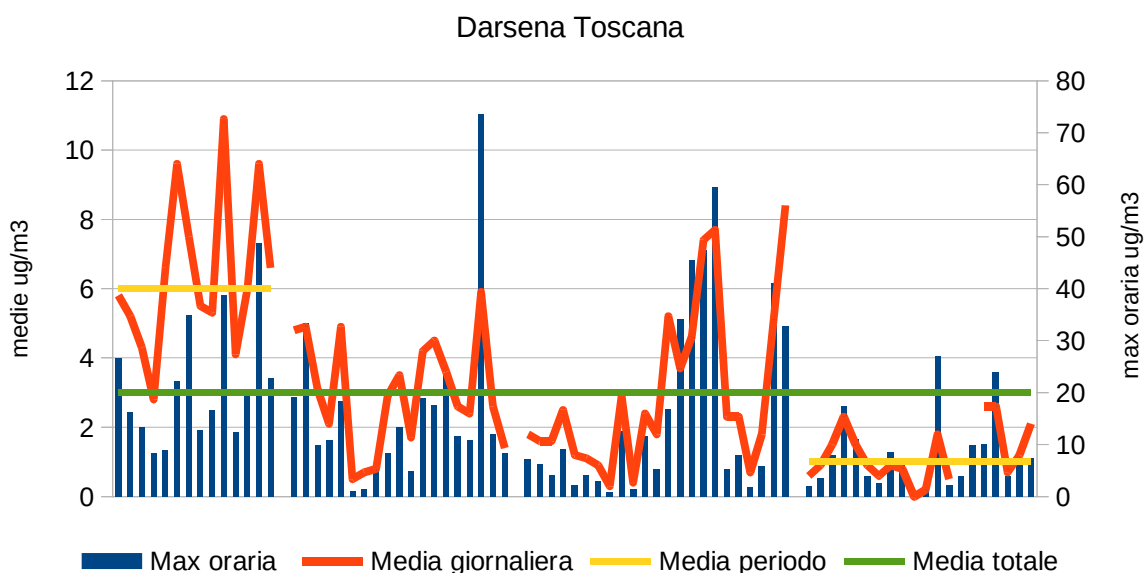
### Tabella 3.5.2. Risultati SO<sub>2</sub> indagine Darsena Toscana

I limiti di legge sono stati entrambi ampiamente rispettati.

Per quanto riguarda le massime medie orarie, esse variano sensibilmente a seconda del periodo di indagine, con picco massimo pari a 74 ug/m<sup>3</sup> registrato durante la campagna primaverile. Le massime medie giornaliere sono state invece contenute in tutte e quattro le campagne, con media autunnale pari al doppio della media complessiva annuale, media invernale e primaverile pari alla media annuale e media estiva molto bassa.

Gli eventi specifici saranno discussi nella sezione dedicata.

#### Max oraria e media giornaliera SO<sub>2</sub>

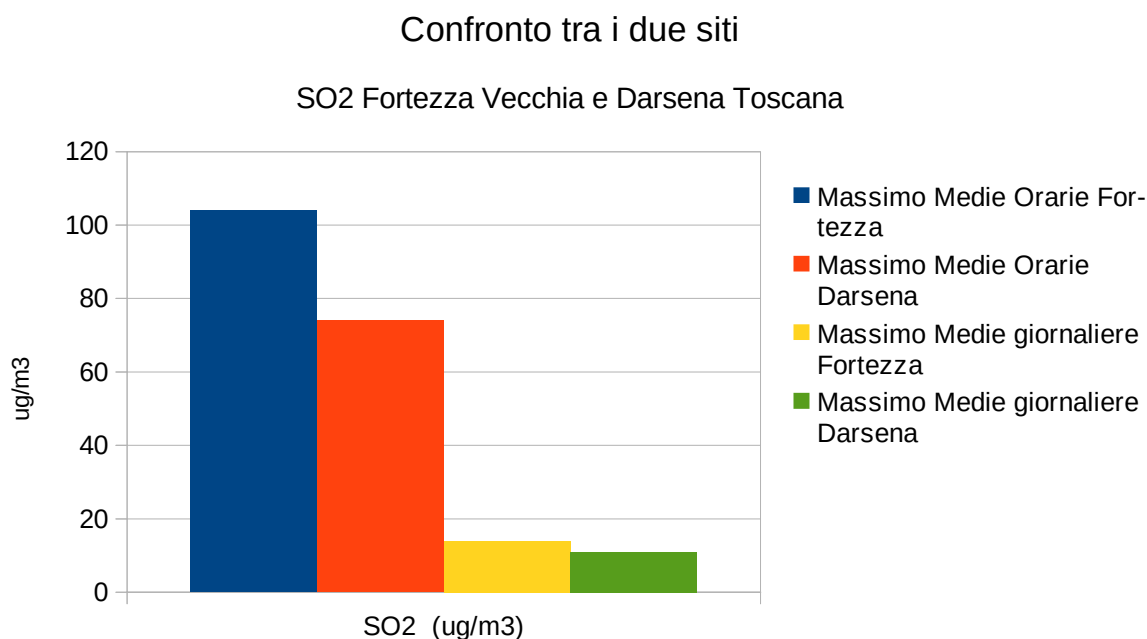


### Grafico 3.5.2. Risultati SO<sub>2</sub> indagine Darsena Toscana

Dalla panoramica complessiva che abbiamo dall'unione delle due campagne, possiamo concludere che, sebbene i limiti normativi siano ampiamente rispettati, in entrambi i siti sono registrati eventi di picchi orari di SO<sub>2</sub> con conseguenti medie giornaliere più elevate rispetto ai valori regionali di biossido di zolfo.

Indagine 2017-2018	SO <sub>2</sub> (ug/m <sup>3</sup> )
Massimo Medie Orarie Fortezza	104
Massimo Medie Orarie Darsena	74
Massimo Medie giornaliere Fortezza	14
Massimo Medie giornaliere Darsena	11

**Tabella 3.5.3. Risultati SO<sub>2</sub> confronto tra i due siti**



**Grafico 3.5.3. Risultati SO<sub>2</sub> confronto tra i due siti**

### 3.6. Ozono (O<sub>3</sub>)

Tra i valori obiettivo che la normativa indica come riferimento per le misurazioni di ozono, i valori delle campagne indicative si confrontano con l'obiettivo a lungo termine per la protezione della popolazione, pari a 120 ug/m<sup>3</sup> come media mobile su 8 ore, mentre le medie orarie si confrontano con i valori soglia.

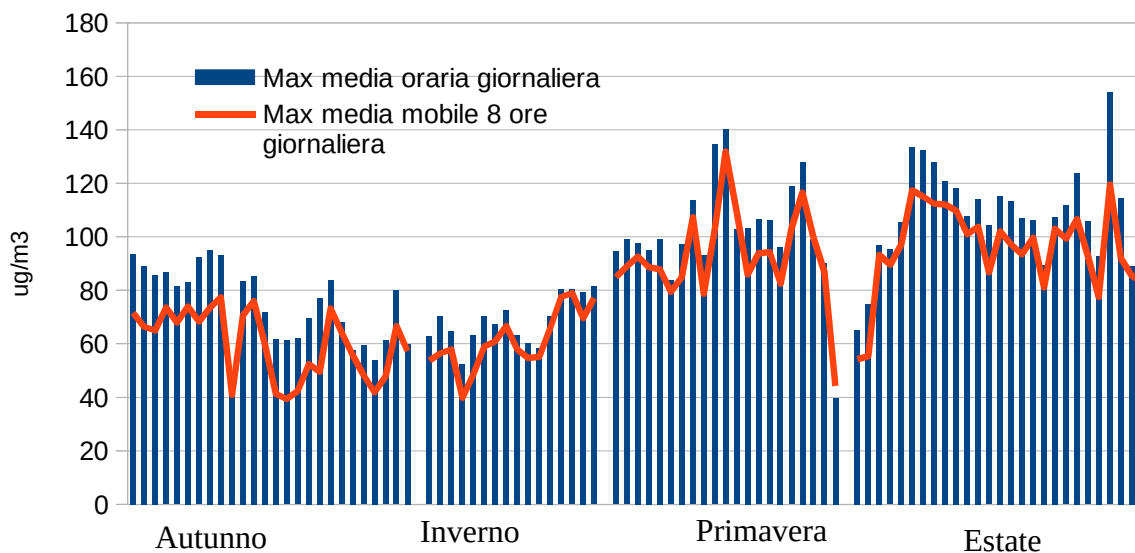
I campionamenti relativi al sito **Fortezza Vecchia** hanno fornito i seguenti risultati:

O <sub>3</sub> Fortezza Vecchia	Autunno	Inverno	Primavera	Estate	Annuale
Valori medi orari validi nel periodo %	100%	100%	%100	99%	100%
Massimo valore medio orario (mg/m <sup>3</sup> )	95	81	140	154	154
Massima media mobile su 8 ore	78	79	132	120	132

#### Tabella 3.6.1. Risultati ozono indagine Fortezza Vecchia

I dati in tabella evidenziano che per quanto riguarda i valori medi orari massimi, essi sono stati ampiamente inferiori ai valori soglia di informazione e di allarme con il picco medio massimo registrato in estate. Le medie trascinate sulle 8 ore invece, hanno superato il valore obiettivo durante la campagna di primavera, per 5 ore consecutive il 22 aprile 2018.

Max oraria e max media 8 ore giornaliera OZONO  
Fortezza Vecchia



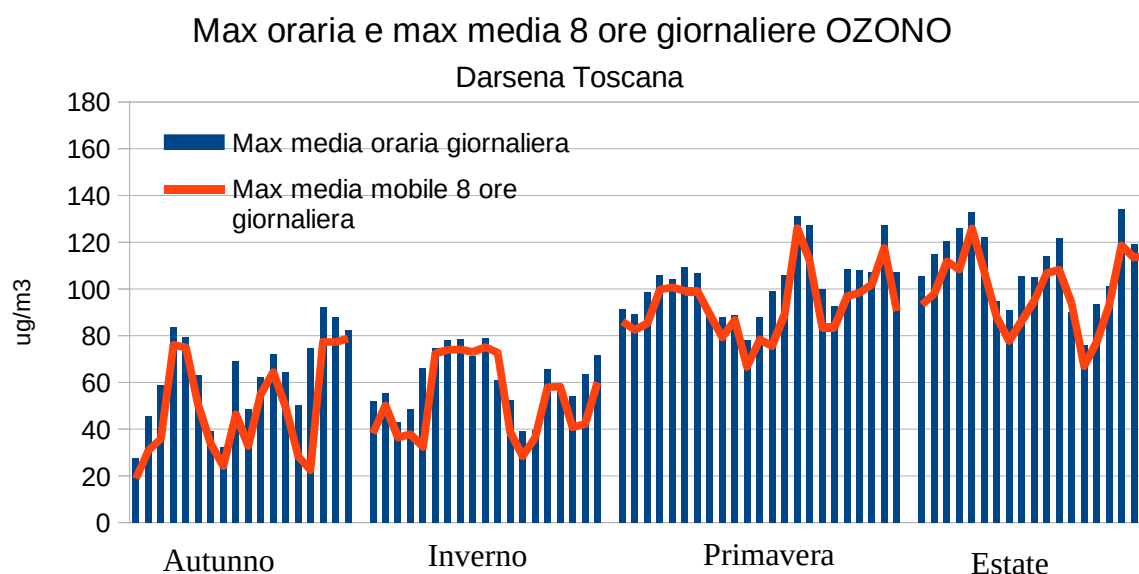
#### Grafico 3.6.1. Risultati ozono indagine Fortezza Vecchia

I campionamenti relativi al sito **Darsena Toscana** hanno fornito i seguenti risultati:

O <sub>3</sub> Darsena Toscana	Autunno	Inverno	Primavera	Estate	Annuale
Valori medi orari validi nel periodo %	100%	100%	100%	95%	99%
Massimo valore medio orario (mg/m <sup>3</sup> )	84	79	131	134	134
Massima media mobile su 8 ore	76	75	126	126	126

**Tabella 3.6.2. Risultati ozono indagine Darsena Toscana**

I valori medi orari sono stati ampiamente inferiori ai valori soglia di informazione e di allarme con il picco medio massimo registrato in estate. Le medie trascinate sulle 8 ore invece hanno superato il valore obiettivo durante sia la campagna di primaverile che quella estiva, in due episodi isolati orari avvenuti rispettivamente il 19 maggio ed il 5 agosto 2018. Si ricorda che per normativa il valore obiettivo per l'ozono può essere superato per 25 volte come media su 3 anni, quindi per questo parametro non è possibile con due campagne quindicinali stabilire se si è verificato un rispetto o meno del valore obiettivo.



**Grafico 3.6.2. Risultati ozono indagine Darsena Toscana**

### 3.7. Benzene

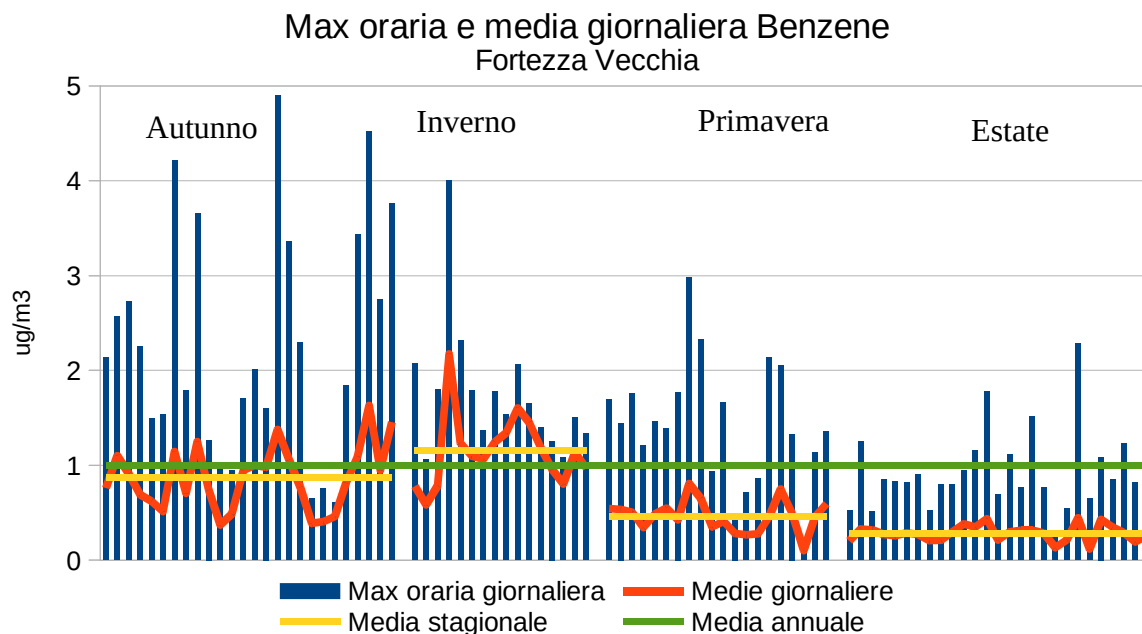
Il parametro normativo di riferimento per il benzene riguarda la media annuale che non deve superare il valore di 5  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

I risultati delle campagne nel sito della **Fortezza Vecchia** hanno dato i seguenti risultati:

Benzene Fortezza Vecchia	Autunno	Inverno	Primavera	Estate	Annuale
Valori medi orari validi %	92%	85%	82%	92%	88%
Massimo valore medio orario ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	4,9	4,0	3,0	2,3	4,9
Massimo valore medio giornaliero	1,6	2,2	0,8	0,5	2,2
Media periodo ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	0,9	1,2	0,5	0,3	0,7

**Tabella 3.7.1. Risultati Benzene indagine Fortezza Vecchia**

Il pieno rispetto del parametro di normativa è mostrato dai valori medi dell'intero periodo, pari al 14% del limite, inoltre in ogni stagione oggetto di indagine i valori sono stati molti contenuti, con totale assenza di picchi orari e valori medi nettamente inferiori al riferimento.



### Grafico 3.7.1. Risultati Benzene indagine Fortezza Vecchia

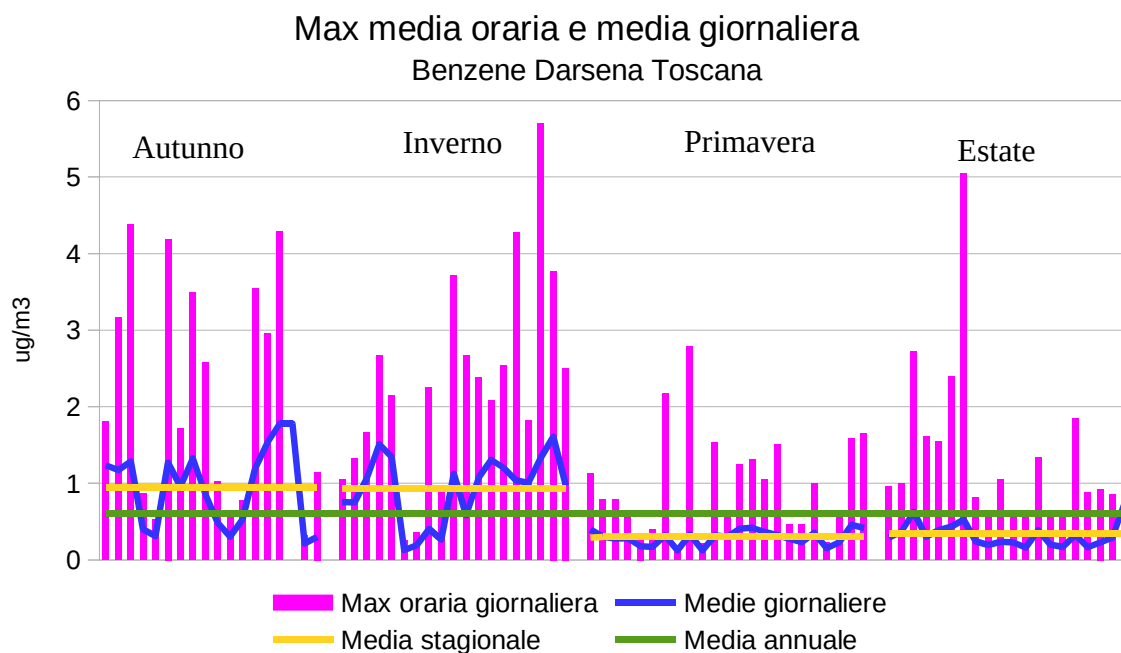
Come atteso i valori medi di benzene registrati sono diminuiti passando dall'inverno alla primavera ed all'estate.

I risultati delle campagne nel sito della **Darsena Toscana** hanno dato i seguenti risultati:

Benzene Darsena Toscana	Autunno	Inverno	Primavera	Estate	Annuale
Valori medi orari validi %	100%	100%	100%	96%	99%
Massimo valore medio orario ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	5,7	5,7	2,9	5,0	5,7
Massimo valore medio giornaliero	1,8	1,6	0,5	0,8	1,8
Media periodo ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	1,0	0,9	0,3	0,3	0,6

### Tabella 3.7.2. Risultati benzene indagine Darsena Toscana

Anche per questo sito, si conferma il pieno rispetto del valore limite con media complessiva pari al 12% del limite è l'assenza di episodi di rilievo.



### Grafico 3.7.2. Risultati benzene indagine Darsena Toscana



Possiamo concludere che in entrambi i siti i livelli di benzene sono stati contenuti in tutte e quattro le campagne stagionali.

Indagine 2017-2018 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Benzene
Massimo orario giornaliero Fortezza	4,9
Massimo orario giornaliero Darsena	5,7
Massima media giornaliera Fortezza	2,2
Massima media giornaliera Darsena	1,8
Media periodo Fortezza	0,7
Media periodo Darsena	0,6

**Tabella 3.7.3. Risultati benzene confronto tra i due siti**

### 3.8. Toluene

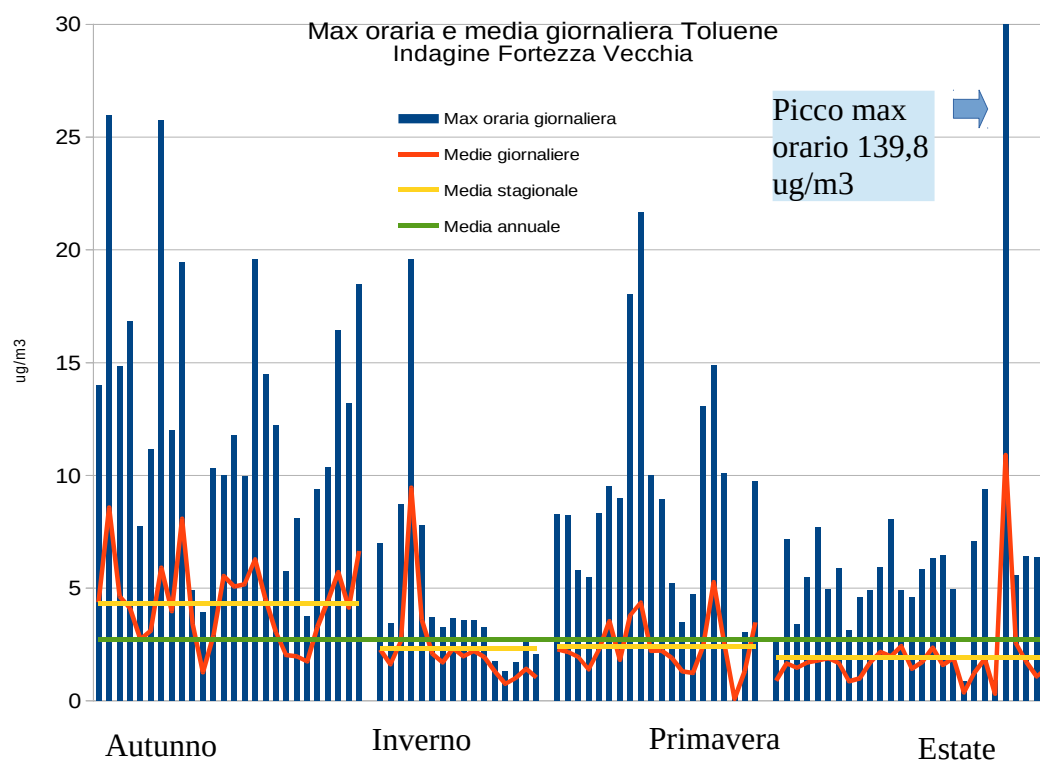
Il D.lgs.155/2010 non indica un valore di riferimento per il toluene, ma a scopo esemplificativo sono riportate le elaborazioni relative anche a questo parametro.<sup>1</sup>

I risultati delle campagne nel sito della **Fortezza Vecchia** hanno dato i seguenti risultati:

Toluene Fortezza Vecchia	Autunno	Inverno	Primavera	Estate	Annuale
Valori medi orari validi %	92%	85%	82%	92%	88%
Massimo valore medio orario ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	25,9	19,6	21,7	139,8	139,8
Massimo valore medio giornaliero ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	8,6	9,5	5,3	10,9	10,9
Media periodo ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	4,3	2,3	2,4	1,9	2,7

**Tabella 3.7.1. Risultati Toluene indagine Fortezza Vecchia**

Come si può notare, non sono stati assenti picchi orari di toluene che in Fortezza ha raggiunto in estate il valore di 139.8  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .



**Grafico 3.7.1. Risultati Toluene indagine Fortezza Vecchia**

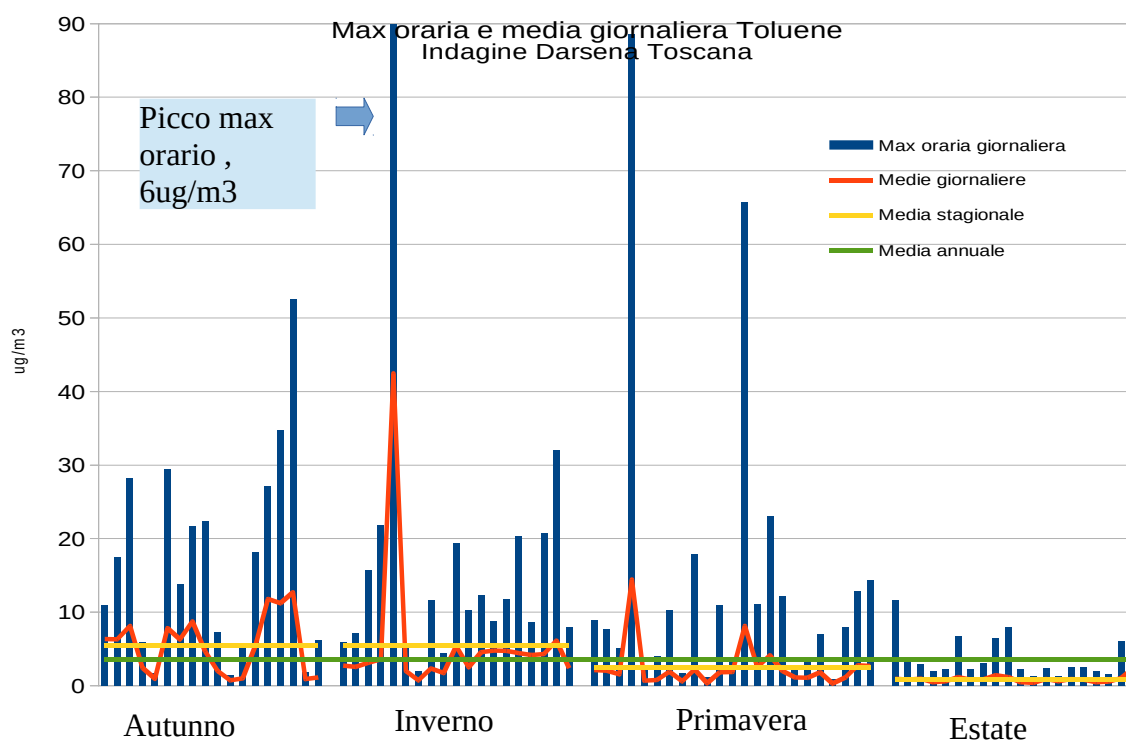
<sup>1</sup> Valore-guida di tutela sanitaria = 260  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  come media settimanale, Valore-guida di tutela dalle maleodoranze = 1000  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  su 30 min WHO, "Air quality guidelines for Europe", Second edition, WHO Regional Publications, European Series, n. 91, 2000, ISBN 92 890 1358 3 (<http://www.euro.who.int/en/what-we-publish/abstracts/air-quality-guidelines-for-europe>).

I risultati delle campagne nel sito della **Darsena Toscana** hanno dato i seguenti risultati:

Toluene Fortezza Vecchia	Autunno	Inverno	Primavera	Estate	Annuale
Valori medi orari validi %	100%	100%	100%	96%	99%
Massimo valore medio orario ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	52,6	315,6	88,5	13,9	315,6
Massimo valore medio giornaliero ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	12,7	42,5	14,4	2,4	42,5
Media periodo ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	5,5	5,5	2,5	0,9	3,6

**Tabella 3.7.2. Risultati Toluene indagine Darsena Toscana**

Anche durante l'indagine in Darsena Toscana sono stati rilevate alcune concentrazioni orarie di toluene sporadicamente alte, in particolare il massimo è stato raggiunto durante la campagna invernale ed è stato pari a 315,6  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .



**Grafico 3.7.2. Risultati Toluene indagine Darsena Toscana**

## **4. CONFRONTO CON LE STAZIONI APPARTENENTI ALLA RETE REGIONALE DI QUALITÀ DELL'ARIA DI LIVORNO**

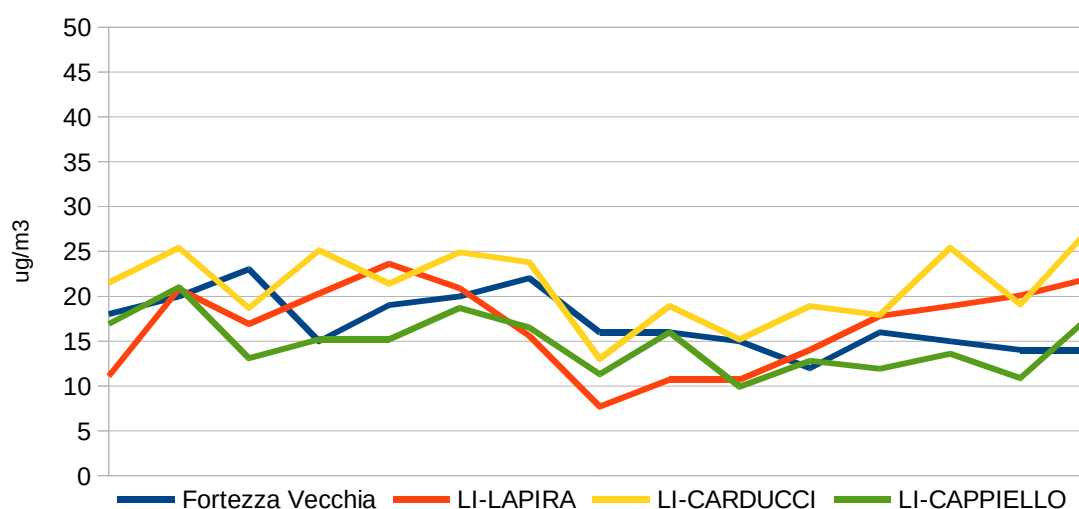
### **4.1. PM10**

I valori di PM10 ottenuti dalle campagne presso i due siti oggetto di indagine sono stati confrontati con i dati restituiti dalle stazioni di rilevamento della Rete Regionale di Qualità dell'aria nel medesimo intervallo di tempo nel comune di Livorno.

**AUTUNNO**

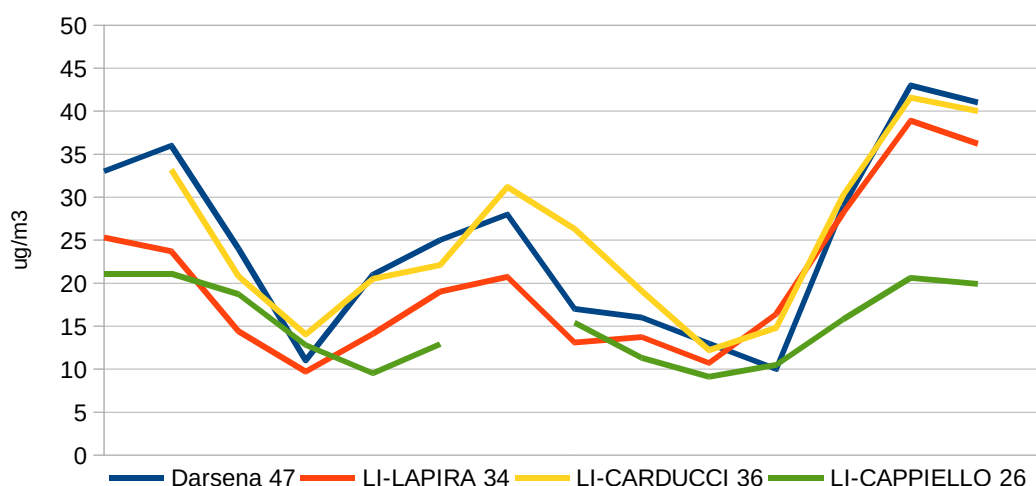
#### **Andamento medie giornaliere PM10**

Autunno Fortezza Vecchia



#### **Andamento medie giornaliere PM10**

Autunno Darsena Toscana



**Grafico 4.1.1. Andamento medie PM10 autunno**

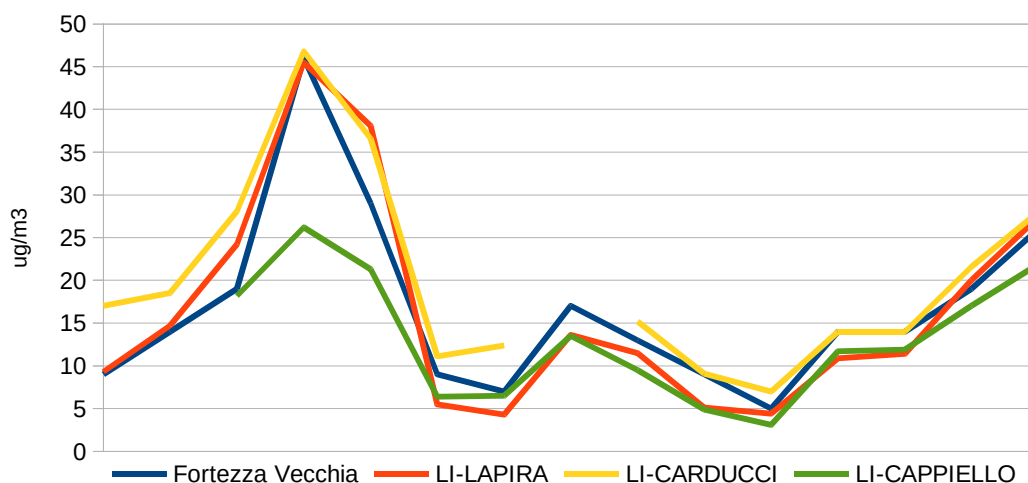
Le media giornaliere di PM10 registrate in Fortezza Vecchia (ottobre – novembre 2017) sono state in linea con la stazione di fondo di via La pira, leggermente inferiori alla stazione di traffico di Viale Carducci e leggermente superiori alle medie giornaliere del sito di fondo di Piazza Cappelletto.

Presso il sito di Darsena Toscana, le medie giornaliere di PM10 caratteristiche del periodo autunnale (novembre-dicembre 2018) sono state vicine a quelle del sito di traffico di Viale Carducci, mentre le stazioni di fondo hanno registrato valori medi leggermente inferiori.

## INVERNO

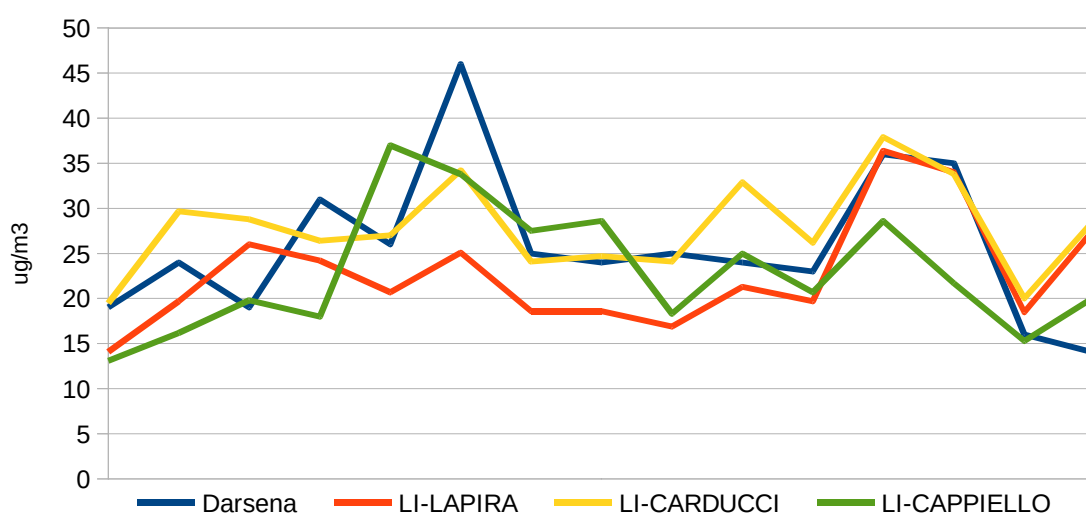
## Andamento medie giornaliere PM10

Inverno Fortezza Vecchia



## Andamento medie giornaliere PM10

Inverno Darsena Toscana

**Grafico 4.1.2. Andamento medie PM10 inverno**

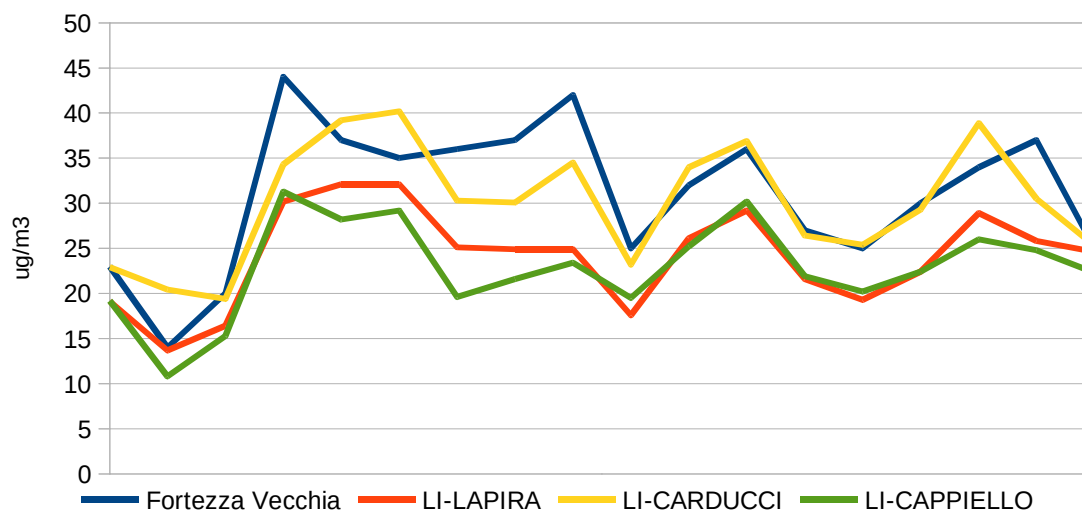
Nel periodo invernale (febbraio 20108), presso il sito di indagine in Fortezza Vecchia sono state registrate medie giornaliere molto simili a quelle del sito di traffico di viale Carducci e del fondo di Via La Pira.

Durante l'indagine di gennaio 2018 presso Darsena Toscana, ad eccezione di un giorno di picco di PM10, le concentrazioni medie di PM10 del sito sono state vicine a quelle del sito di traffico di Viale Carducci, mentre le stazioni di fondo hanno registrato valori medi leggermente inferiori.

## PRIMAVERA

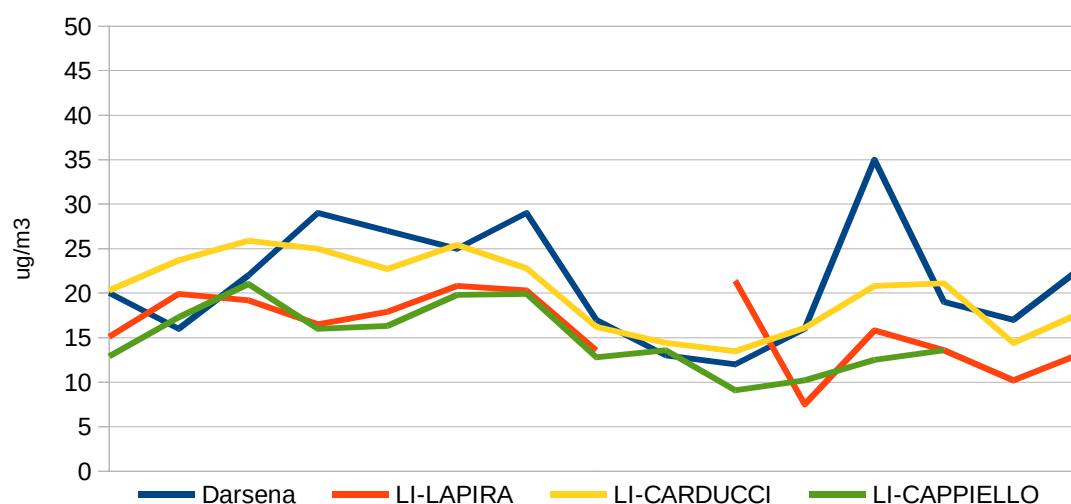
## Andamento medie giornaliere PM10

Primavera Fortezza Vecchia



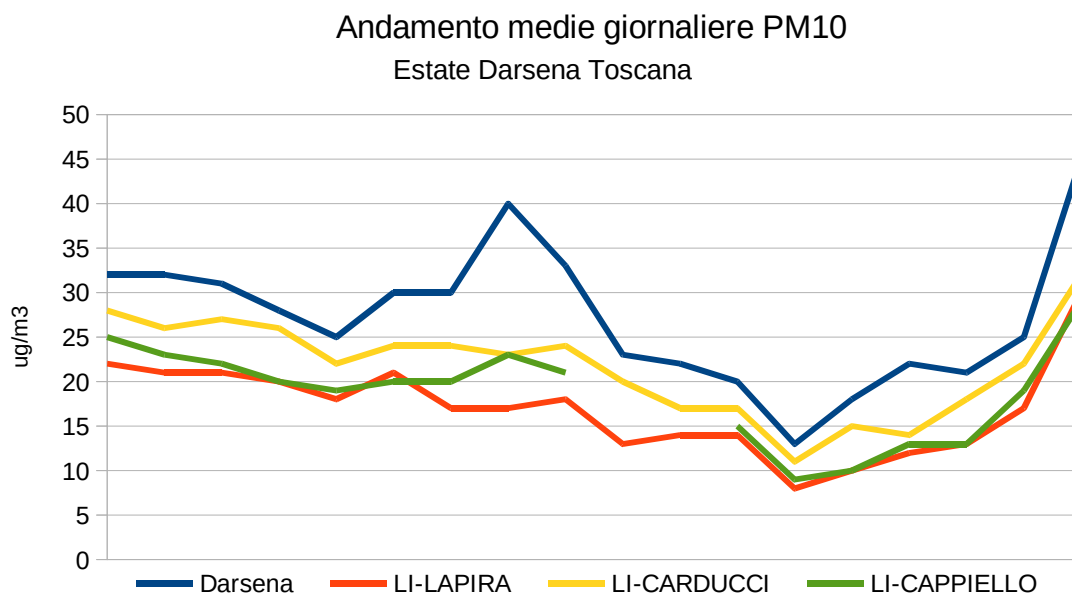
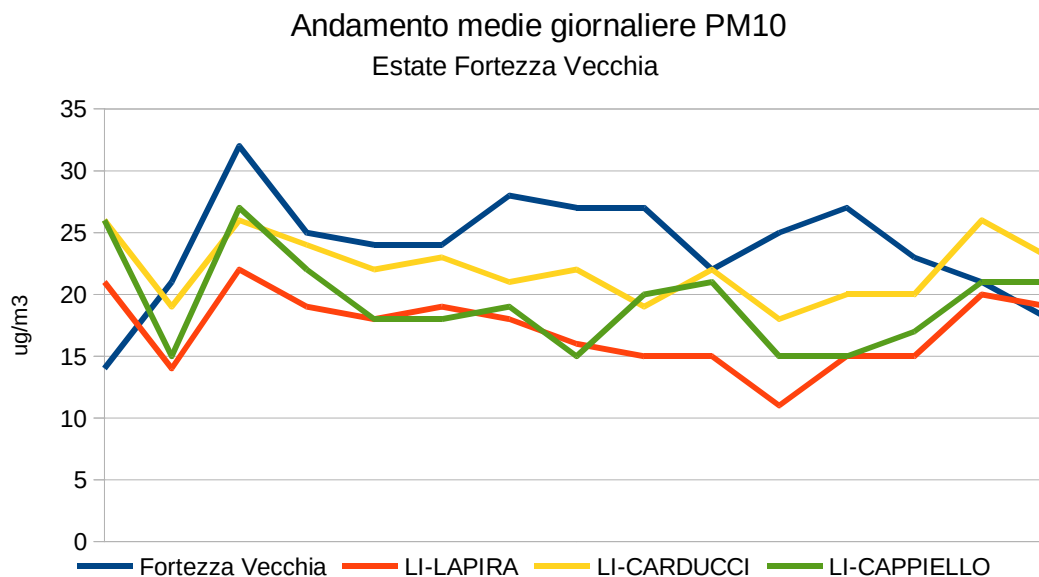
## Andamento medie giornaliere PM10

Primavera Darsena Toscana

**Grafico 4.1.3. Andamento medie PM10 primavera**

Presso entrambi i siti di indagine, nelle due campagne primaverili che si sono svolte rispettivamente ad aprile 2018 in Fortezza Vecchia e a maggio 2018 in Darsena Toscana, i valori medi di PM10 sono stati più elevati di quelli registrati dal fondo ed anche leggermente più elevati del traffico.

## ESTATE



#### Grafico 4.1.4. Andamento medie PM10 estate

In estate, presso Fortezza Vecchia (luglio 2018) le medie giornaliere di PM10 che hanno caratterizzato l'indagine sono state più alte rispetto a quelle registrate da ciascuna delle tre stazioni della rete regionale.

Lo stesso fenomeno è avvenuto presso il sito di Darsena durante l'indagine di agosto 2018, le medie caratteristiche del sito portuale sono state superiori a quelle delle stazioni di rete regionale del comune di Livorno.



Riassunto per sito di indagine: **PM10 Fortezza Vecchia**

Le tabelle di seguito riportano il confronto tra le massime giornaliere e le medie delle quattro stagioni per il sito Fortezza Vecchia.

Stagione	Pm 10 Massimo giornaliero ug/m3			
	Autunno	Inverno	Primavera	Estate
Sito Fortezza Vecchia	23	46	44	32
Stazione LI-La Pira (UF)	24	49	32	22
Stazione LI-Carducci (UT	34	47	40	27
Stazione LI-Cappiello (UF)	21	26	31	27

Stagione	Pm 10 Media quindicinale ug/m3				Media annuale 1 sett 2017 /31 agosto 2018
	Autunno	Inverno	Primavera	Estate	
Sito Fortezza Vecchia	17	17	34	24	23
Stazione LI-La Pira (UF)	18	17	26	17	18
Stazione LI-Carducci (UT	23	20	29	22	23
Stazione LI-Cappiello (UF)	15	13	22	20	17

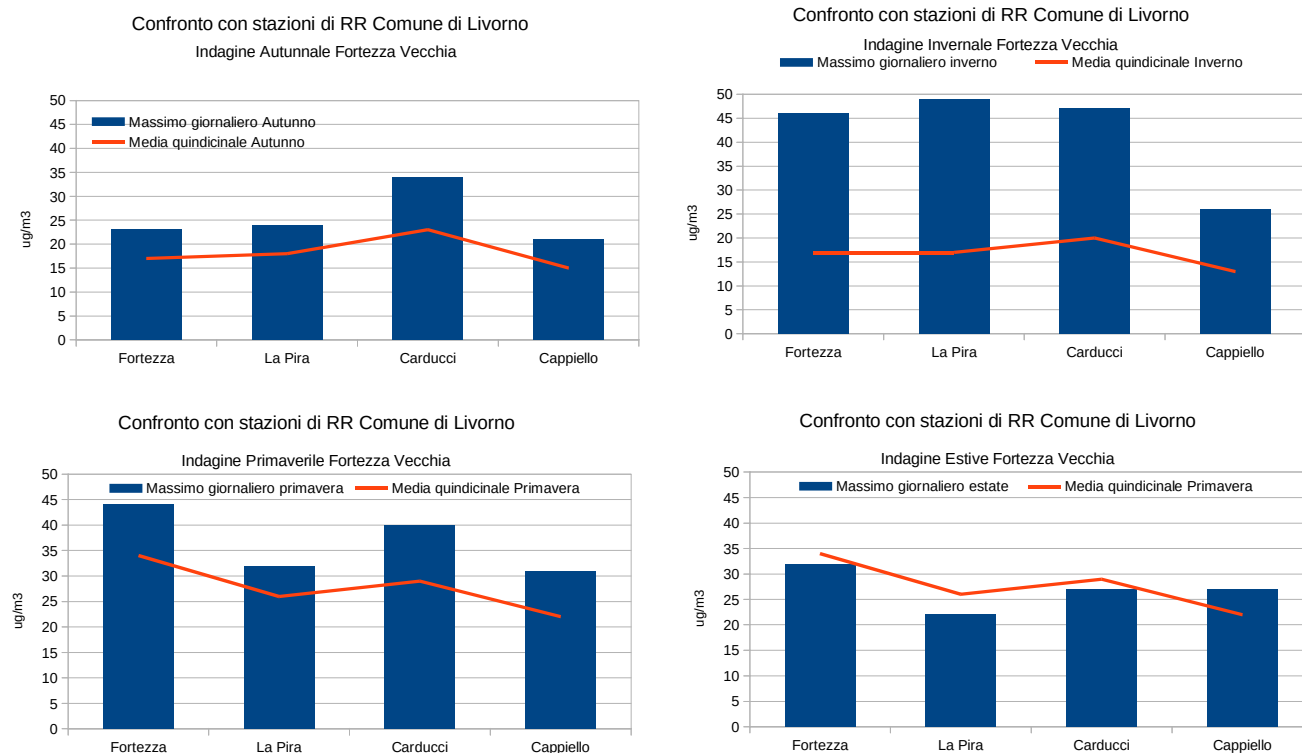
**Tabella 4.1.1. PM10 indagine Fortezza Vecchia**

Si nota che:

1. la media del periodo autunnale è simile alle medie che hanno caratterizzato il fondo,
2. la media del periodo invernale è compresa tra le medie che hanno caratterizzato il traffico e quelle del fondo,
3. la media primaverile è superiore alle medie di tutte le stazioni del comune di Livorno;
4. la media estiva è superiore alle medie di tutte le stazioni di fondo, pari alla media della stazione di traffico del comune di Livorno.

Durante le stagioni primavera ed estate presso il sito di indagine è stata registrata la media massima giornaliera di PM10 più alta del comune di Livorno.

## PM10 Fortezza Vecchia



**Grafico 4.1.5. PM10 indagine Fortezza Vecchia**

Riassunto per sito di indagine: **PM10 Darsena Toscana**

Le tabelle di seguito riportano il confronto tra le massime giornaliere e le medie delle quattro stagioni per il sito Darsena Toscana.

Stagione	Pm 10 Massimo giornaliero ug/m3			
	Autunno	Inverno	Primavera	Estate
Sito Darsena Toscana	47	46	35	45
Stazione LI-La Pira (UF)	39	36	24	30
Stazione LI-Carducci (UT)	42	41	29	31
Stazione LI-Cappiello (UF)	26	27	22	29

Stagione	Pm 10 Media quindicinale ug/m3				Media annuale 1 sett 2017 /31 agosto 2018
	Autunno	Inverno	Primavera	Estate	
Sito Darsena Toscana	26	26	21	27	25
Stazione LI-La Pira (UF)	21	23	16	16	18
Stazione LI-Carducci (UT)	26	29	21	22	23
Stazione LI-Cappiello (UF)	16	22	16	18	17

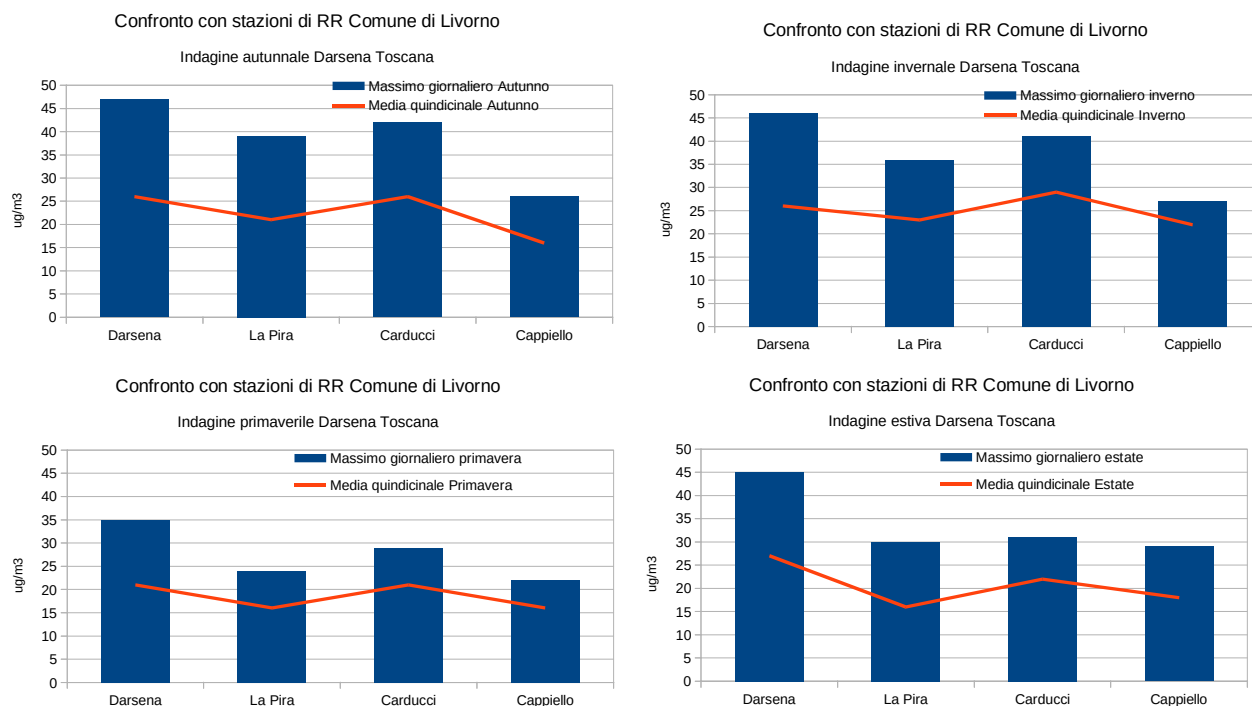
### Tabella 4.1.2. PM10 indagine Darsena Toscana

Si nota che:

1. la media del periodo autunnale è vicina alla media della stazione di traffico, superiore al fondo;
2. la media del periodo invernale è compresa tra le medie che hanno caratterizzato il traffico e quelle del fondo;
3. la media primaverile è vicina alla media della stazione di traffico, superiore al fondo;
4. la media estiva è superiore alle medie di tutte le stazioni del comune di Livorno sia di traffico che di fondo.

In ognuna delle 4 indagini svolte presso la Darsena Toscana le medie massime di PM10 del periodo sono state registrate nel sito portuale.

## PM10 Darsena Toscana



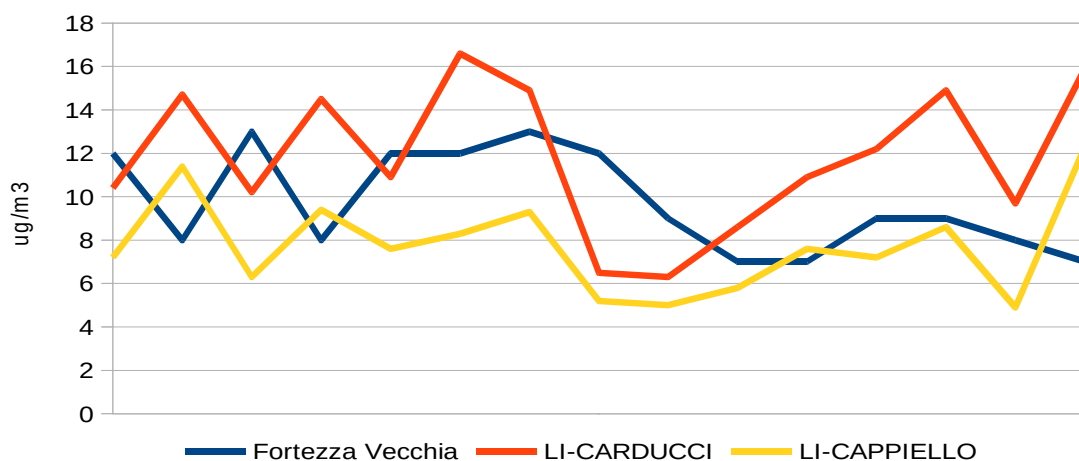
## 4.2. PM<sub>2,5</sub>

I valori di PM<sub>2,5</sub> ottenuti dalle campagne presso i due siti oggetto di indagine sono stati confrontati con i dati restituiti dalle stazioni di rilevamento della Rete Regionale di Qualità dell'aria nel medesimo intervallo di tempo.

### AUTUNNO

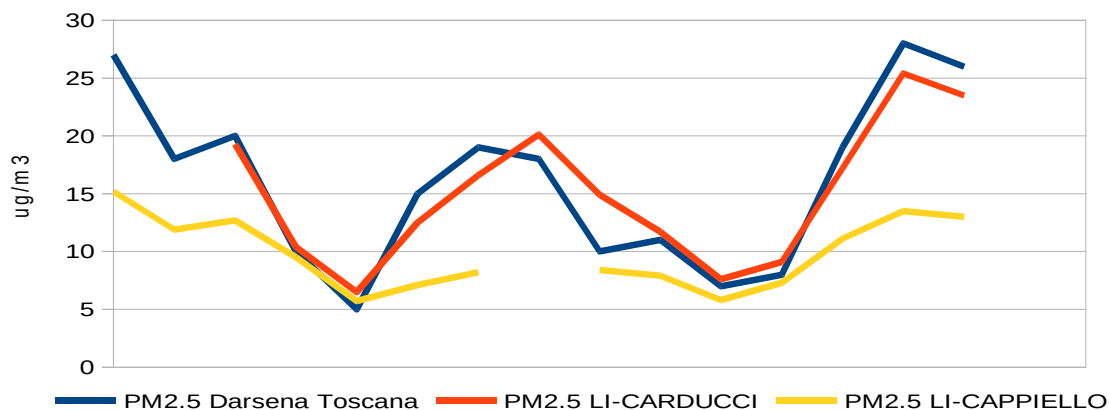
PM<sub>2,5</sub> Andamento medie giornaliere

Fortezza Vecchia Autunno



PM<sub>2,5</sub> Andamento medie giornaliere

Darsena Toscana Autunno

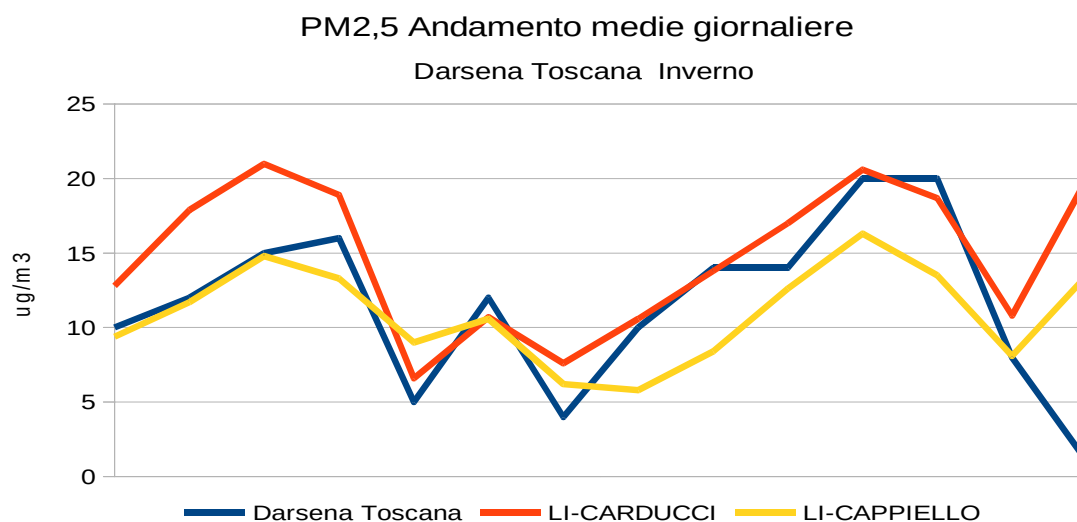
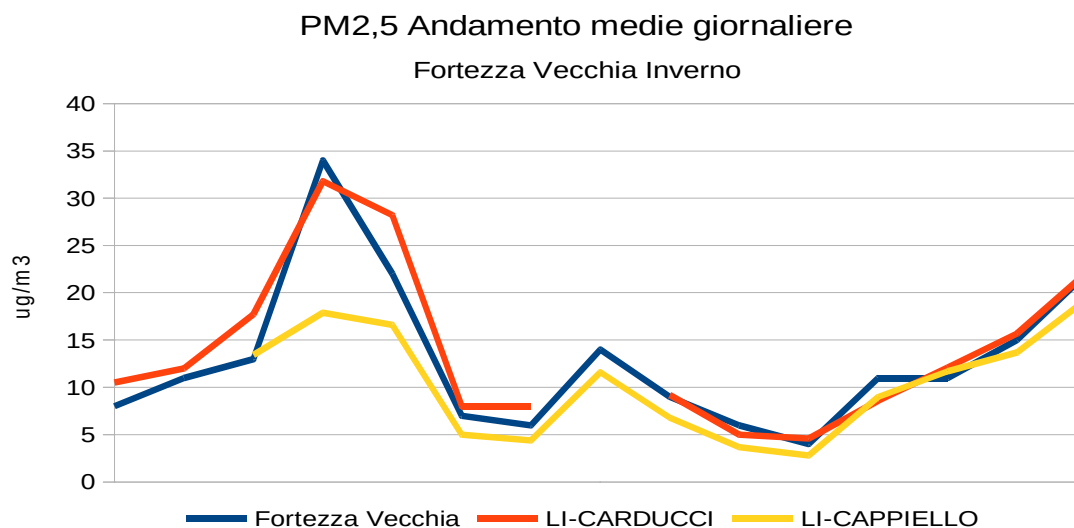


### Grafico 4.2.1. Andamento medie PM<sub>2,5</sub> autunno

Durante i giorni dell'indagine autunnale in Fortezza Vecchia (ottobre – novembre 2017) le medie giornaliere registrate presso il sito Fortezza Vecchia si sono mantenute su valori di PM<sub>2,5</sub> complessivamente intermedi a quelli della stazione di traffico e della stazione di fondo.

In Darsena, durante l'indagine di novembre – dicembre 2017 i valori medi di PM<sub>2,5</sub> registrati nel sito sono stati superiori a quelli del fondo del comune di Livorno, simili ai valori della stazione di traffico di Viale Carducci.

## INVERNO



### Grafico 4.2.2. Andamento medie PM2,5 inverno

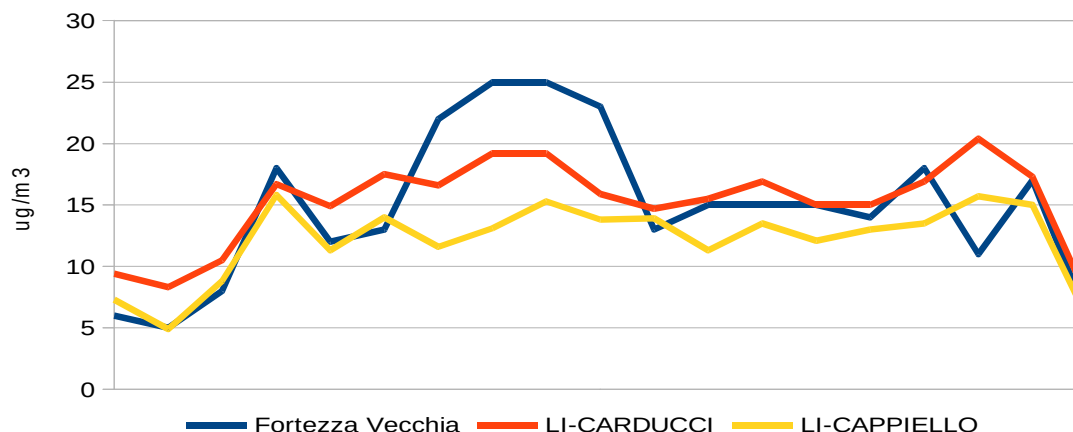
Durante l'indagine invernale di febbraio 2018 le medie giornaliere registrate presso il sito di indagine di Fortezza Vecchia sono state molto simili a quelle registrate dalle altre stazioni del comune di Livorno, ad eccezione dei primi giorni della campagna nella quale presso il sito sono stati rilevate due medie giornaliere di PM2,5 elevate analogamente al sito di traffico ma non rilevate dal fondo di LI-Cappiello.

Durante i giorni dell'indagine invernale in Darsena (gennaio 2018) le medie giornaliere registrate presso il sito si sono mantenute su valori di PM2,5 complessivamente intermedi a quelli della stazione di traffico e della stazione di fondo.

## PRIMAVERA

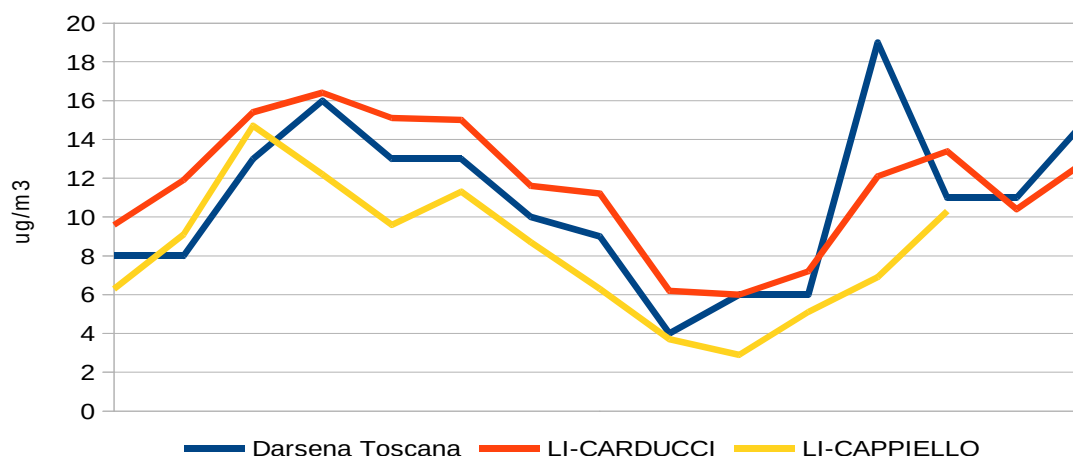
## PM2,5 Andamento medie giornaliere

Fortezza Vecchia Primavera



## PM2,5 Andamento medie giornaliere

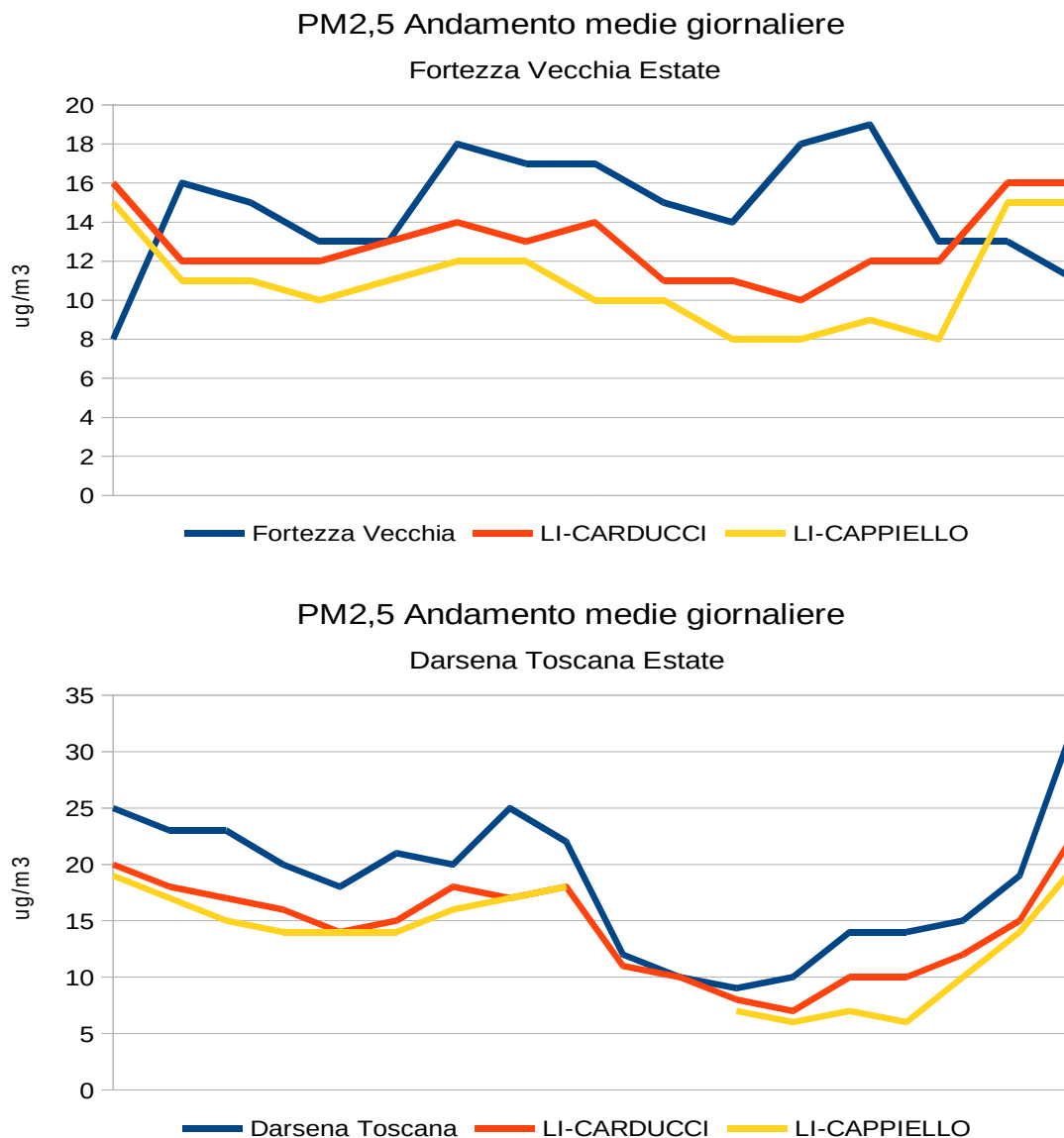
Darsena Toscana Primavera

**Grafico 4.2.3. Andamento medie PM2,5 primavera**

Ad eccezione di un evento di 4 giorni con valori mediamente più elevati, che sarà discusso in un'altra sezione, le medie giornaliere registrate nel sito di indagine nel periodo primaverile (aprile 2018) si sono mantenute su valori di PM2,5 molto simili a quelle registrate dalle altre stazioni del comune di Livorno.

Anche durante l'indagine primaverile di maggio 2017 che si è svolta in Darsena Toscana, ad eccezione di un picco elevato di concentrazione di PM2,5 che non è stato avvertito dalle altre stazioni del comune di Livorno, i valori medi di PM 2,5 si sono mantenuti compresi tra i valori delle stazioni di rete regionale.

## ESTATE



#### Grafico 4.2.4. Andamento medie PM2,5 estate

Durante la campagna estiva di luglio 2018 svolta in Fortezza Vecchia i valori medi giornalieri registrati presso la Fortezza Vecchia sono stati leggermente superiori a quelli registrati presso le due stazioni del comune di Livorno.

Stesso fenomeno si è verificato in agosto presso il sito portuale di Darsena, le concentrazioni medie giornaliere rispetto ad entrambi le stazioni di rete regionale sono state superiori.



Riassunto per sito di indagine: **FORTEZZA VECCHIA**

Le tabelle di seguito riportano il confronto tra le massime giornaliere di PM<sub>2,5</sub> e le medie di PM<sub>2,5</sub> delle quattro stagioni per il sito Fortezza Vecchia.

PM <sub>2,5</sub>	Massimo giornaliero (ug/m <sup>3</sup> )		
	Fortezza	Carducci	Cappiello
Autunno	13	23	15
Inverno	34	32	19
Primavera	25	20	16
Estate	19	19	17

PM <sub>2,5</sub>	Media quindicinale (ug/m <sup>3</sup> )		
	Fortezza	Carducci	Cappiello
Autunno	10	12	8
Inverno	13	14	10
Primavera	15	15	12
Estate	15	13	11

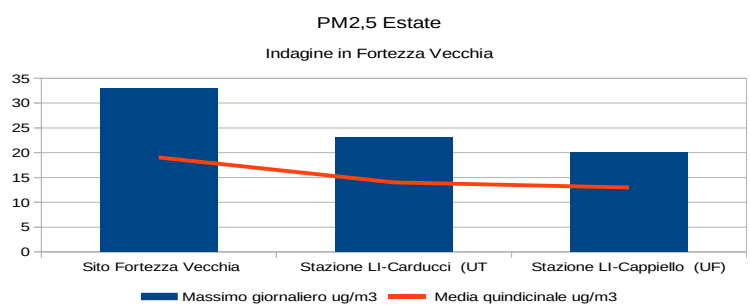
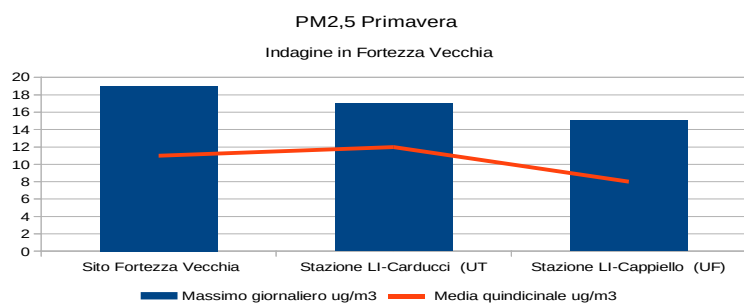
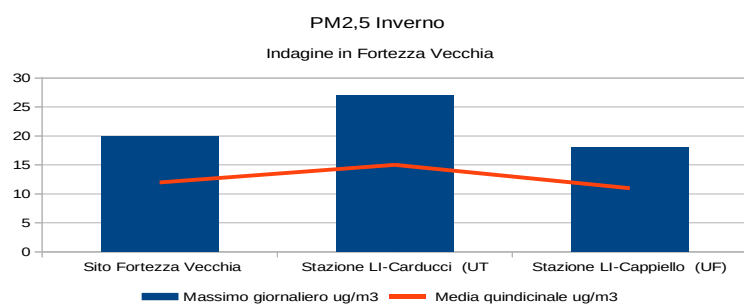
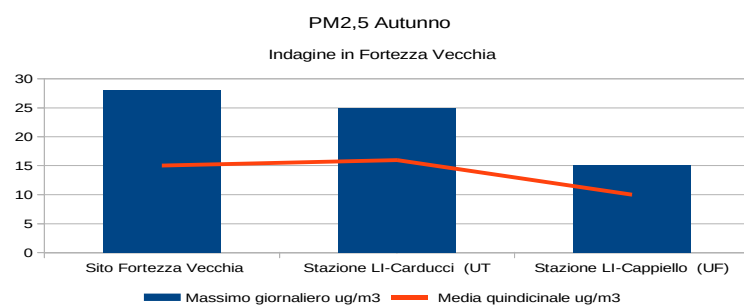
Media annuale (ug/m <sup>3</sup> ) 1/9/2017 _ 31/8/2018	13	13	9
--	----	----	---

#### **Tabella 4.2.1. PM<sub>2,5</sub> indagine Fortezza Vecchia**

Si nota che rispetto alle stazioni di Livorno, i valori medi registrati presso il sito Fortezza Vecchia sono aumentati passando dall'autunno all'estate da :

- valori medi compresi tra quelli registrati dal sito di traffico e quelli del sito di fondo di autunno e inverno;
- pari ai valori medi registrati presso il sito di traffico a primavera;
- superiori ai valori medi registrati sia dal sito di traffico che dal sito di fondo di estate.

## FORTEZZA VECCHIA PM2,5



**Grafico 4.2.5. PM2,5 indagine Fortezza Vecchia**

Riassunto per sito di indagine: **DARSENA TOSCANA**

Le tabelle di seguito riportano il confronto tra le massime giornaliere di PM<sub>2,5</sub> e le medie di PM<sub>2,5</sub> delle quattro stagioni per il sito Darsena Toscana.

PM <sub>2,5</sub>	Massimo giornaliero (ug/m <sup>3</sup> )		
	Darsena Toscana	Carducci	Cappiello
Autunno	28	25	15
Inverno	20	27	18
Primavera	19	17	15
Estate	33	23	20

PM <sub>2,5</sub>	Media quindicinale (ug/m <sup>3</sup> )		
	Darsena Toscana	Carducci	Cappiello
Autunno	15	16	10
Inverno	12	15	11
Primavera	11	12	8
Estate	19	14	13

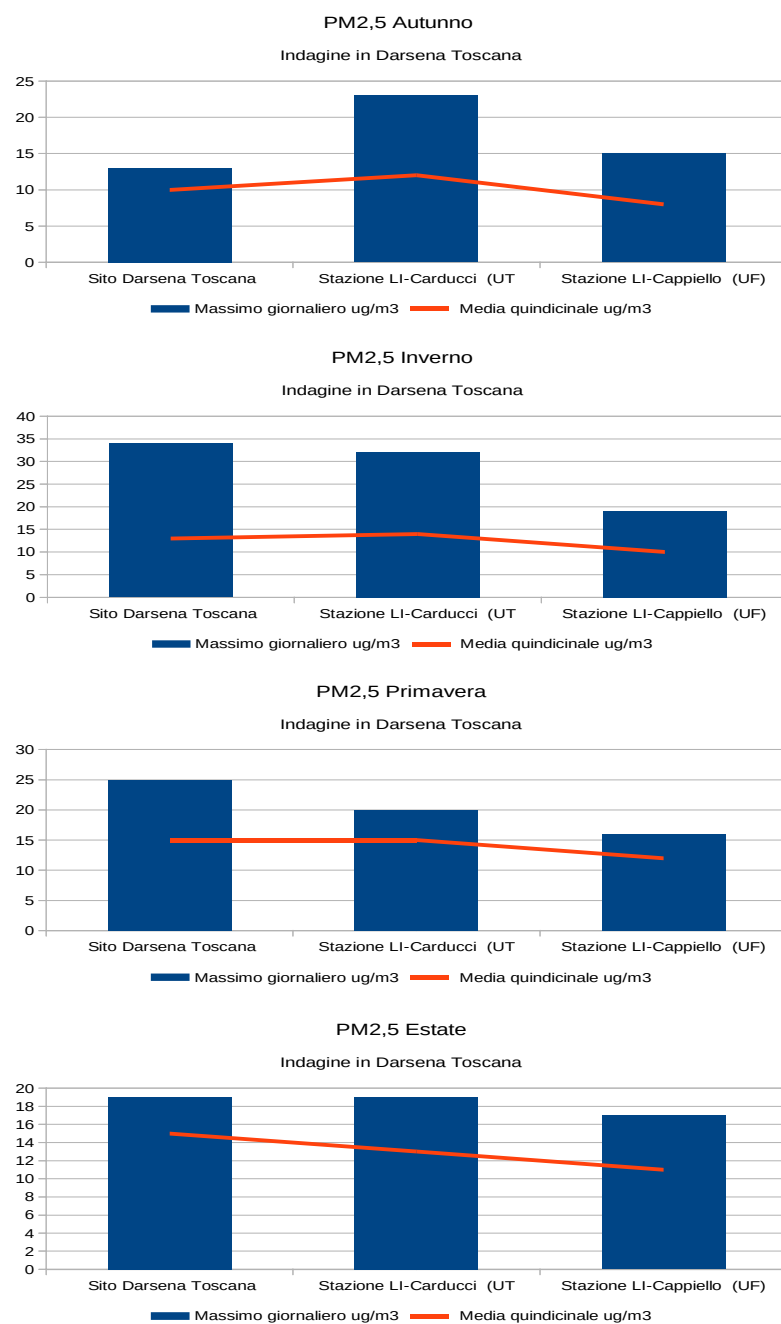
Media annuale (ug/m <sup>3</sup> ) 1/9/2017 _ 31/8/2018	14	13	9
--	----	----	---

#### **Tabella 4.2.2. PM<sub>2,5</sub> indagine Darsena Toscana**

I dati in tabella mostrano che i valori medi quindicinali di PM<sub>2,5</sub> registrati presso il sito Darsena Toscana, sono stati compresi tra i valori medi della stazione di traffico e quella di fondo per le stagioni autunnale, invernale e primaverile mentre sono stati nettamente superiori ai valori medi di entrambe le stazioni durante l'indagine estiva.

Ad eccezione dell'inverno presso il sito sono state registrate le massime medie giornaliere del periodo.

## DARSENA TOSCANA PM<sub>2,5</sub>



**Grafico 4.2.6. PM<sub>2,5</sub> indagine Darsena Toscana**

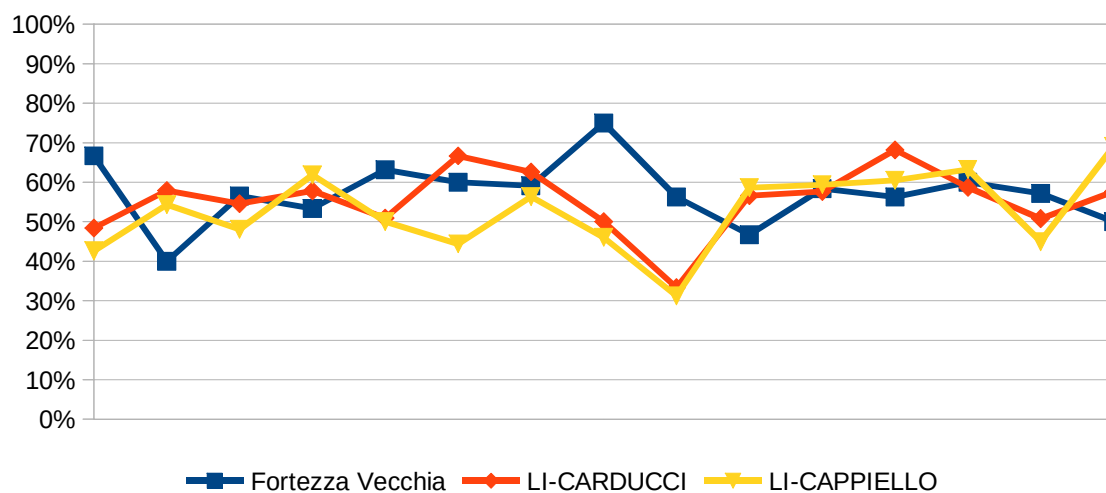
### 4.3. Frazione PM<sub>2,5</sub> nel PM<sub>10</sub>

Sono stati esaminati, nei giorni oggetto di indagine, gli andamenti del rapporto di PM<sub>2,5</sub>/PM<sub>10</sub> per le stazioni del comune di Livorno. In modo da avere per ciascuna indagine il confronto del valore % della frazione PM<sub>2,5</sub> trovata nel sito portuale e quella rilevata dalle stazioni della rete regionale.

AUTUNNO

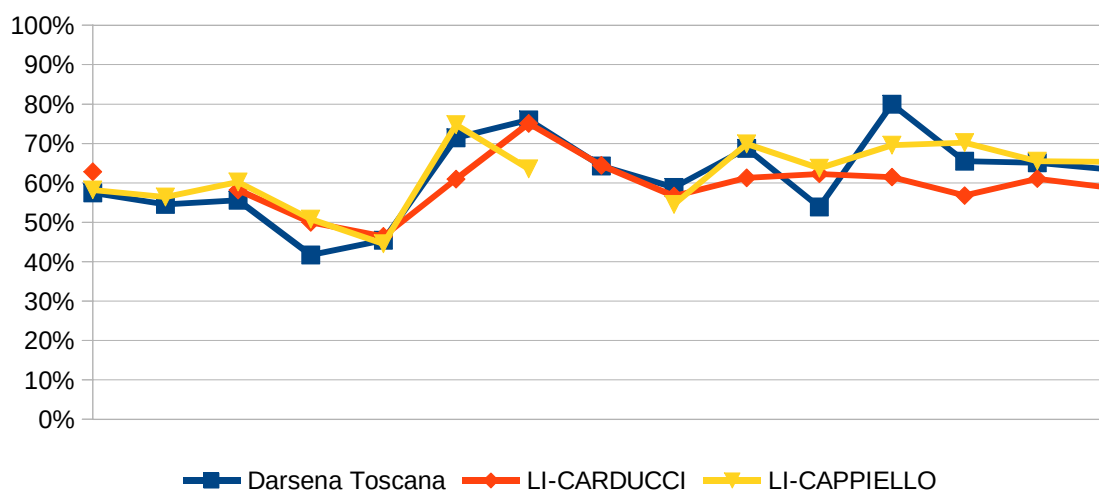
Andamento giornaliero rapporto tra PM<sub>2,5</sub> e PM<sub>10</sub>

Indagine autunnale Fortezza Vecchia



Andamento giornaliero rapporto tra PM<sub>2,5</sub> e PM<sub>10</sub>

Indagine autunnale Darsena Toscana



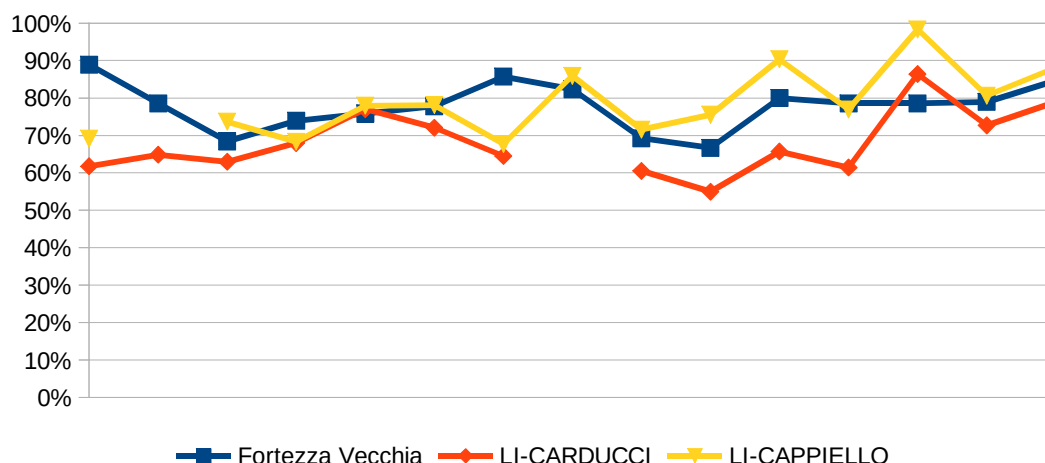
**Grafico 4.3.1 Frazione PM<sub>2,5</sub> nel PM<sub>10</sub> autunno**

Come si nota dai grafici precedenti, la frazione di PM<sub>2,5</sub> nel PM<sub>10</sub> che ha caratterizzato i campioni di entrambi i siti portuali non si sono differenziate in modo sostanziale da quelle delle postazioni di rete regionale, mantenendosi comprese tra il 40% e l'80%.

### INVERNO

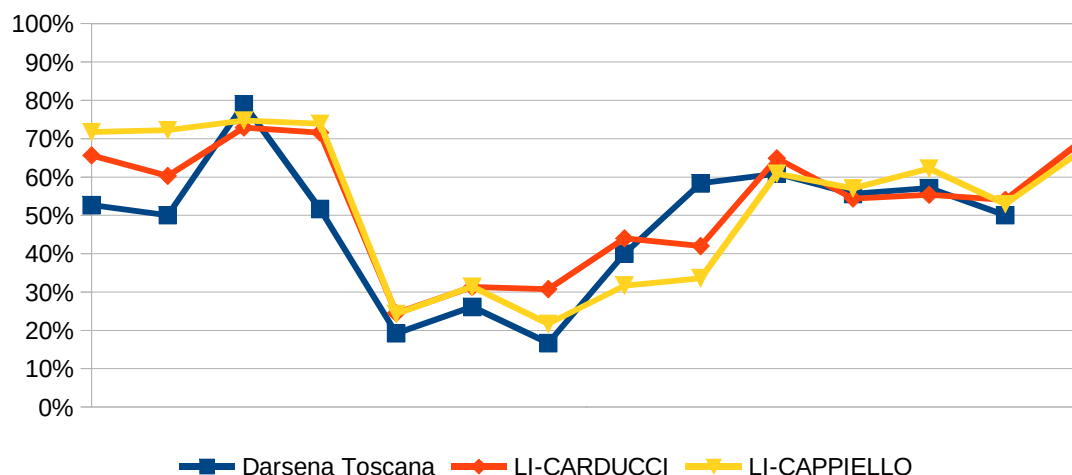
#### Andamento giornaliero rapporto tra PM<sub>2,5</sub> e PM<sub>10</sub>

##### Indagine invernale Fortezza Vecchia



#### Andamento giornaliero rapporto tra PM<sub>2,5</sub> e PM<sub>10</sub>

##### Indagine invernale Darsena Toscana



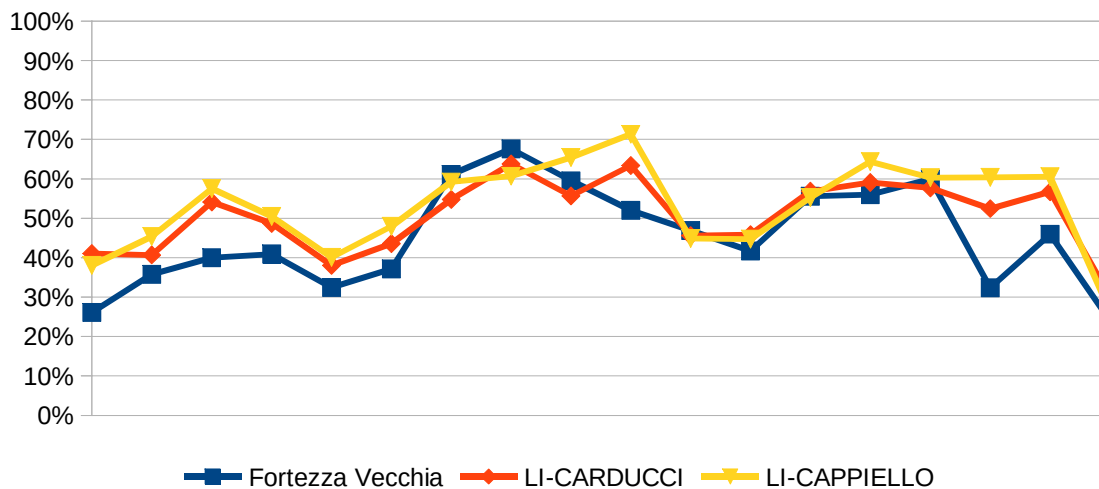
### Grafico 4.3.2 Frazione PM<sub>2,5</sub> nel PM<sub>10</sub> inverno

Anche durante le campagne invernali le percentuali di PM<sub>2,5</sub> sono state in linea con quelle delle stazioni di rete regionale del comune di Livorno. Per l'indagine nel sito Fortezza sono state comprese tra il 65% ed il 90%, mentre durante l'indagine in Darsena hanno oscillato fino a percentuali minori del 20%.

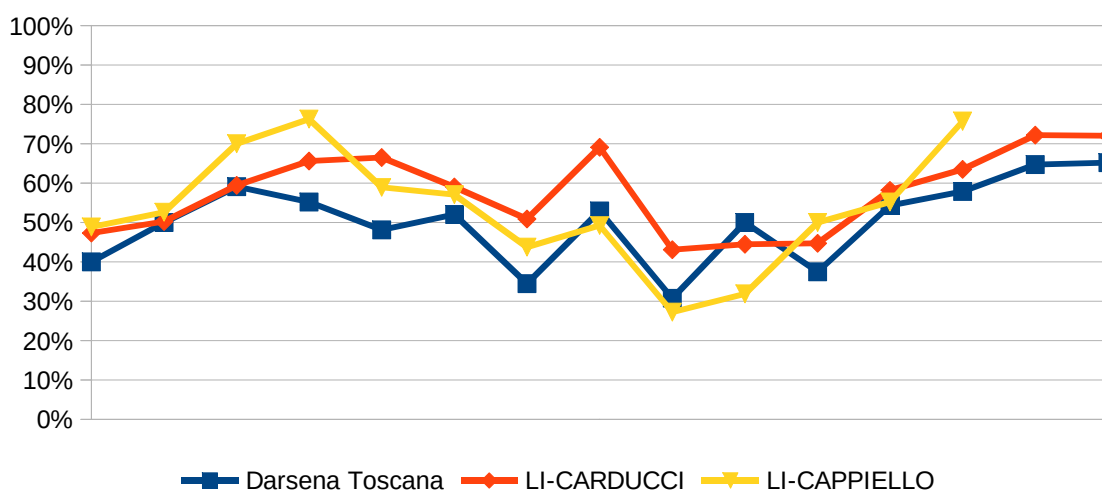
## PRIMAVERA

Andamento giornaliero rapporto tra PM<sub>2,5</sub> e PM<sub>10</sub>

## Indagine primaverile Fortezza Vecchia

Andamento giornaliero rapporto tra PM<sub>2,5</sub> e PM<sub>10</sub>

## Indagine primaverile Darsena Toscana

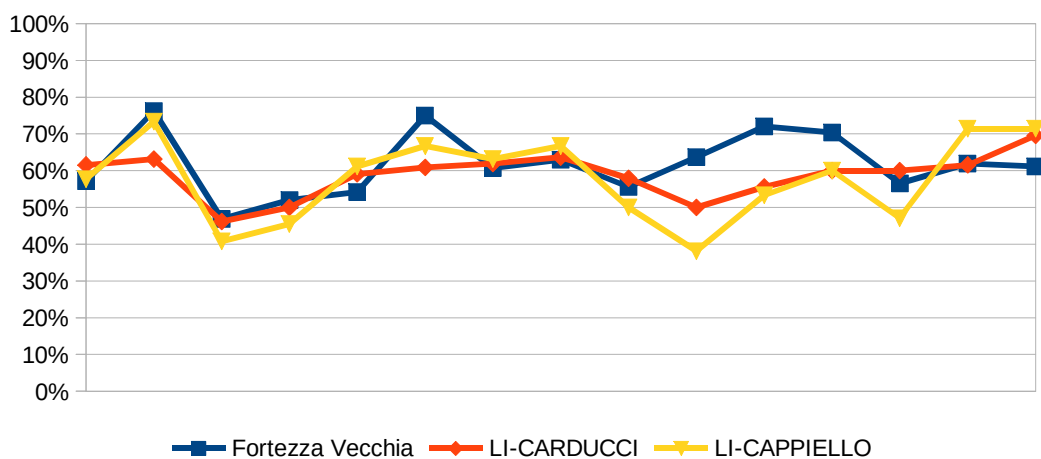
**Grafico 4.3.3. Frazione PM<sub>2,5</sub> nel PM<sub>10</sub> primavera**

Durante le indagini primaverili i valori % della frazione PM<sub>2,5</sub> nel PM<sub>10</sub> si sono mantenute piuttosto allineate con i valori delle stazioni del comune di Livorno, in particolare con la stazione di fondo. Durante l'indagine in Fortezza hanno oscillato dal 20% al 70% mentre in Darsena i valori sono compresi tra il 30% ed il 65%, in linea con le altre stazioni di rete regionale.

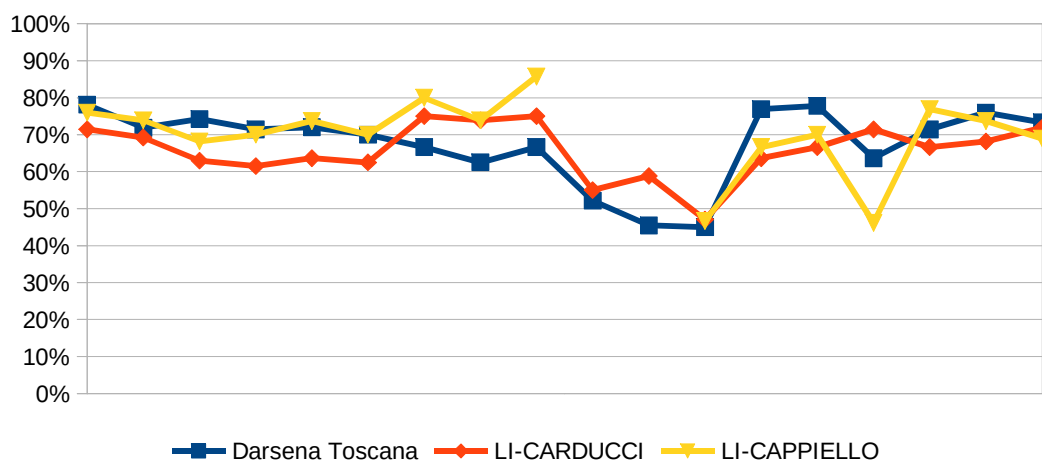
## ESTATE

Andamento giornaliero rapporto tra PM<sub>2,5</sub> e PM<sub>10</sub>

## Indagine estiva Fortezza Vecchia

Andamento giornaliero rapporto tra PM<sub>2,5</sub> e PM<sub>10</sub>

## Indagine estiva Darsena Toscana

**Grafico 4.3.4. Frazione PM<sub>2,5</sub> nel PM<sub>10</sub> estate**

Durante l'estate le % registrate sono state più elevate, comprese tra il 40% e l'80%, per tutte e due la campagne sono state in linea con le altre stazioni .



Riassunto per sito di indagine: **frazione PM<sub>2,5</sub> nel PM<sub>10</sub> Fortezza Vecchia**

Le tabelle di seguito riportano il confronto tra le massime giornaliere e le medie delle quattro stagioni per il sito Fortezza Vecchia.

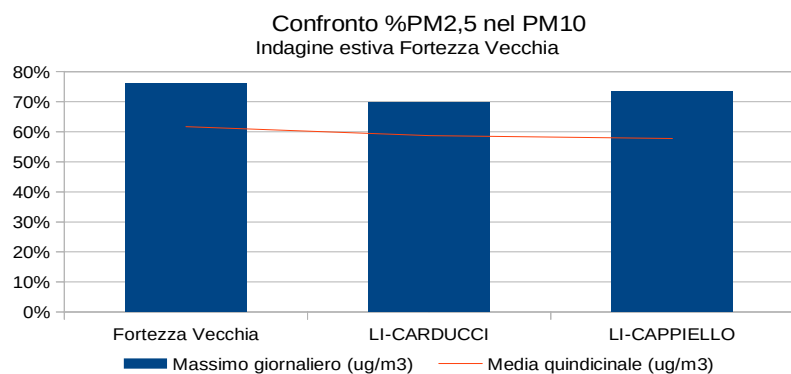
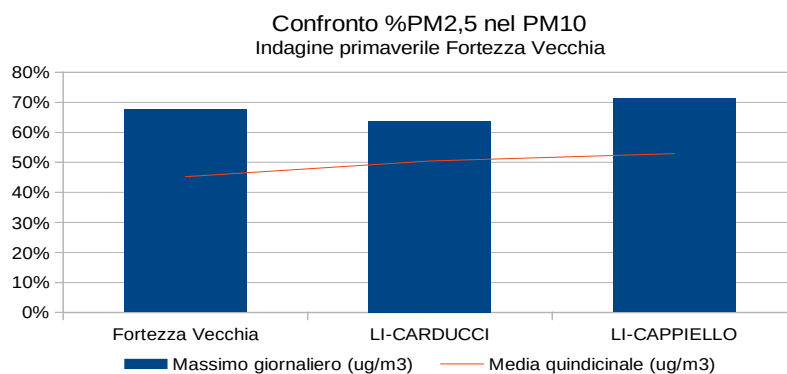
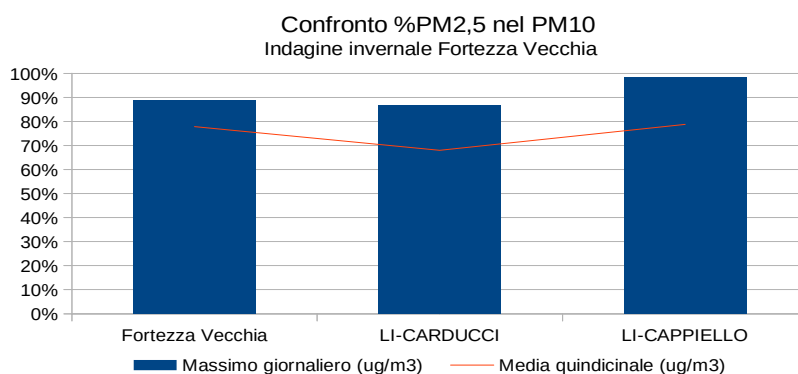
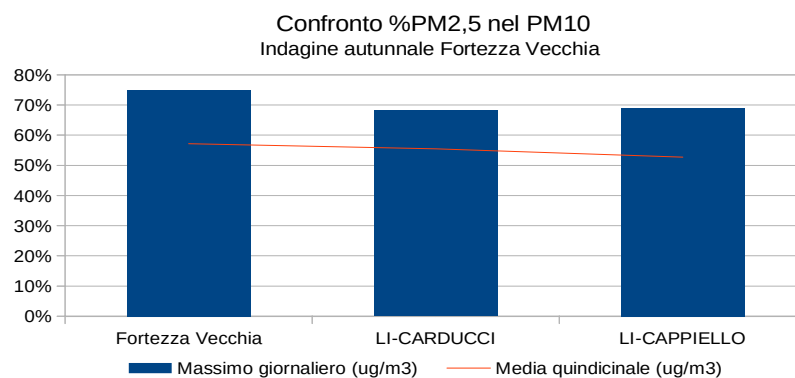
%PM <sub>2,5</sub>	Massimo giornaliero (ug/m <sup>3</sup> )		
	Fortezza Vecchia	LI-CARDUCCI	LI-CAPPIELLO
Autunno	75%	68%	69%
Inverno	89%	86%	98%
Primavera	68%	64%	71%
Estate	76%	70%	73%

%PM <sub>2,5</sub>	Media quindicinale (ug/m <sup>3</sup> )		
	Fortezza Vecchia	LI-CARDUCCI	LI-CAPPIELLO
Autunno	57%	55%	53%
Inverno	78%	68%	79%
Primavera	45%	50%	53%
Estate	62%	59%	58%

**Tabella 4.3.1. Frazione PM<sub>2,5</sub> nel PM<sub>10</sub> indagine Fortezza Vecchia**

Si può notare:

- la % massima giornaliera è stata registrata nel periodo invernale, per il sito di indagine ed anche per le due stazioni di traffico e di fondo del comune di Livorno;
- la % media quindicinale invernale è la più elevata per tutti e tre i siti, nettamente superiore alle medie delle altre stagioni;
- la % media più bassa è relativa al periodo primaverile per il sito Fortezza Vecchia come per gli altri due siti.



**Grafico 4.3.5. Frazione PM<sub>2,5</sub> nel PM<sub>10</sub> indagine Fortezza Vecchia**

Riassunto per sito di indagine: **frazione PM<sub>2,5</sub> nel PM<sub>10</sub> Darsena Toscana**

Le tabelle di seguito riportano il confronto tra le massime giornaliere e le medie delle quattro stagioni per il sito Darsena Toscana.

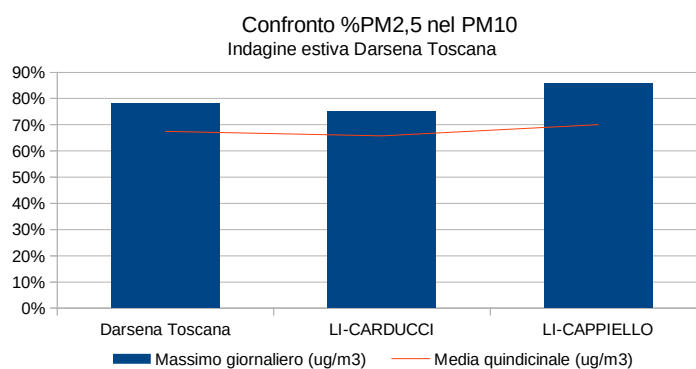
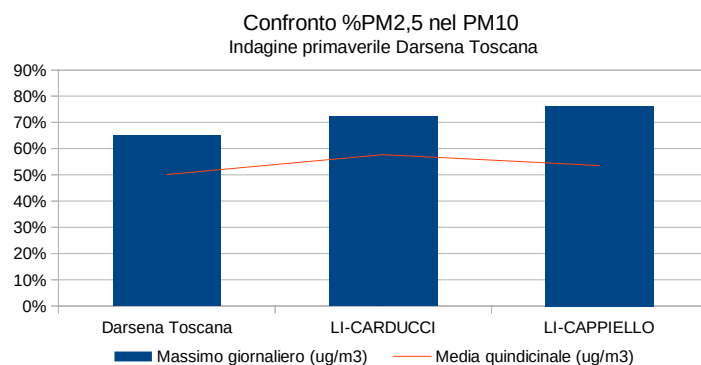
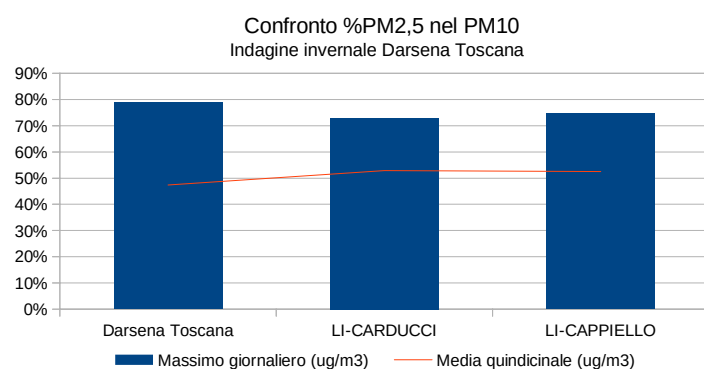
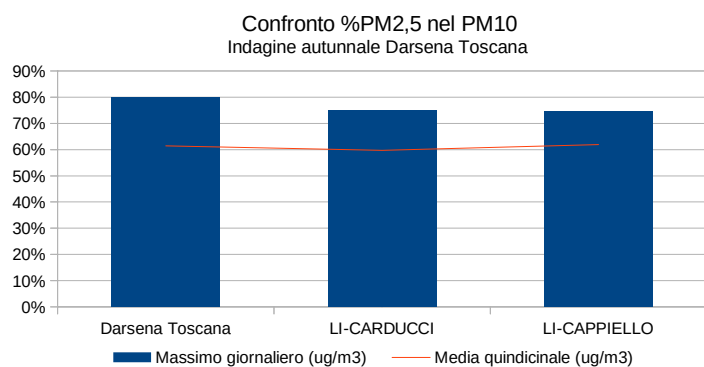
%PM <sub>2,5</sub>	Massimo giornaliero (ug/m <sup>3</sup> )		
	Darsena Toscana	LI-CARDUCCI	LI-CAPPIELLO
Autunno	80%	75%	75%
Inverno	79%	73%	75%
Primavera	65%	72%	76%
Estate	78%	75%	86%

%PM <sub>2,5</sub>	Media quindicinale (ug/m <sup>3</sup> )		
	Darsena Toscana	LI-CARDUCCI	LI-CAPPIELLO
Autunno	61%	60%	62%
Inverno	47%	53%	53%
Primavera	50%	58%	54%
Estate	68%	66%	70%

**Tabella 4.3.2. Frazione PM<sub>2,5</sub> nel PM<sub>10</sub> indagine Darsena Toscana**

Si può notare:

- la % massima giornaliera di autunno, inverno ed estate sono molto simili per il sito di indagine ed anche per le due stazioni di traffico e di fondo del comune di Livorno non si è registrata una grande variabilità;
- la % media quindicinale estiva è stata la più elevata per tutti e tre i siti, nettamente superiore alle medie delle altre stagioni;
- in questa indagine la % media più bassa è stata relativa al periodo primaverile per il sito Darsena Toscana come per gli altri due siti.



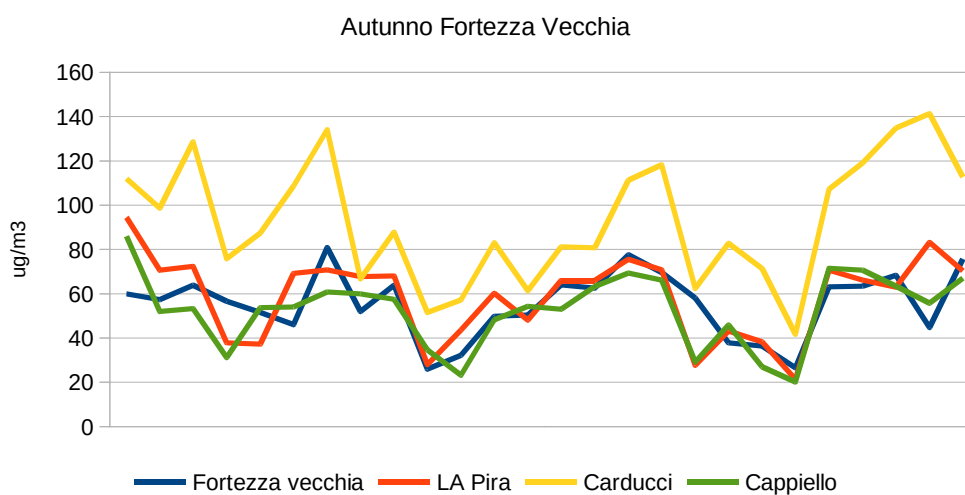
**Grafico 4.3.6. Frazione PM<sub>2,5</sub> nel PM<sub>10</sub> indagine Darsena Toscana**

## 4.4. NO<sub>2</sub>

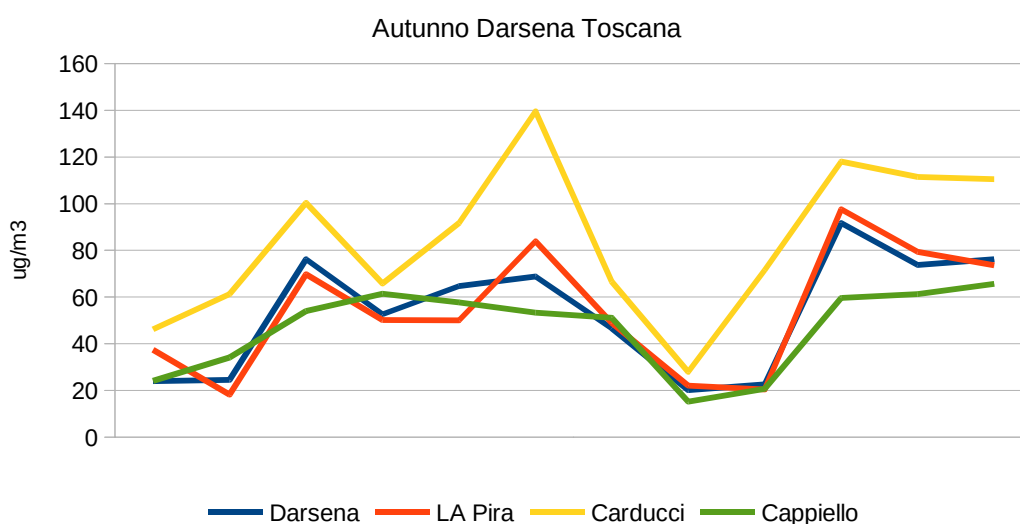
Sono stati confrontati i valori di NO<sub>2</sub> relativi ai due siti di indagine con i valori di NO<sub>2</sub> registrati dalle stazioni del comune di Livorno, che appartengono alla Rete di rilevamento Regionale della Qualità dell'Aria, in modo da inserire le informazioni ottenute nella panoramica della zona. Sono stati presi in considerazione, per ognuno dei due siti, i valori di NO<sub>2</sub> restituiti dalle stazioni nei giorni in cui si sono svolte le quattro indagini.

### AUTUNNO

#### Andamento max medie orarie giornaliere NO2



#### Andamento max medie orarie giornaliere NO2



**Grafico 4.4.1. Andamento medie giornaliere NO<sub>2</sub> autunno**

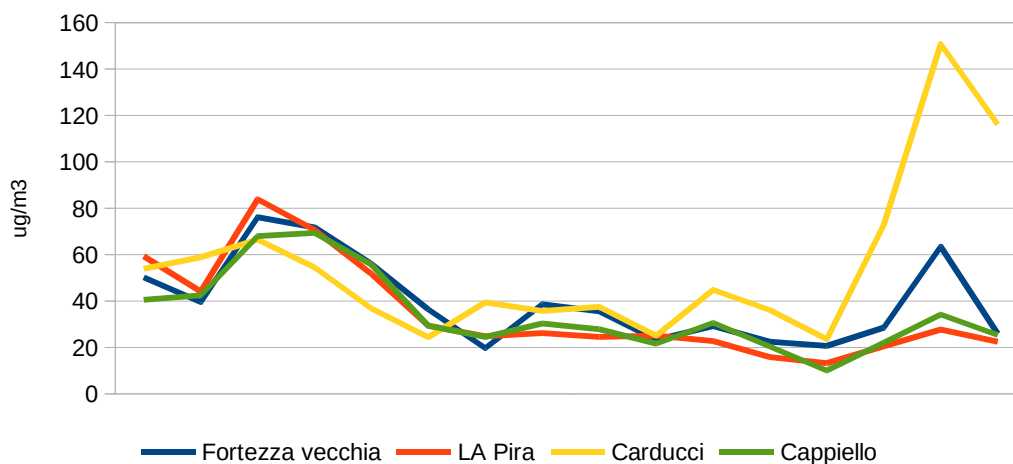
In autunno (ottobre- novembre) le massime orarie di biossido di azoto registrate presso la Fortezza Vecchia sono state perfettamente in linea con i valori delle due stazioni di fondo del comune di Livorno, nettamente inferiori ai valori del traffico.

Anche per il sito Darsena Toscana, i valori massimi registrati durante la campagna autunnale, svoltasi in novembre-dicembre 2017, sono simili ai valori delle stazioni di fondo del comune di Livorno e inferiori ai valori che hanno caratterizzato il sito di traffico.

### INVERNO

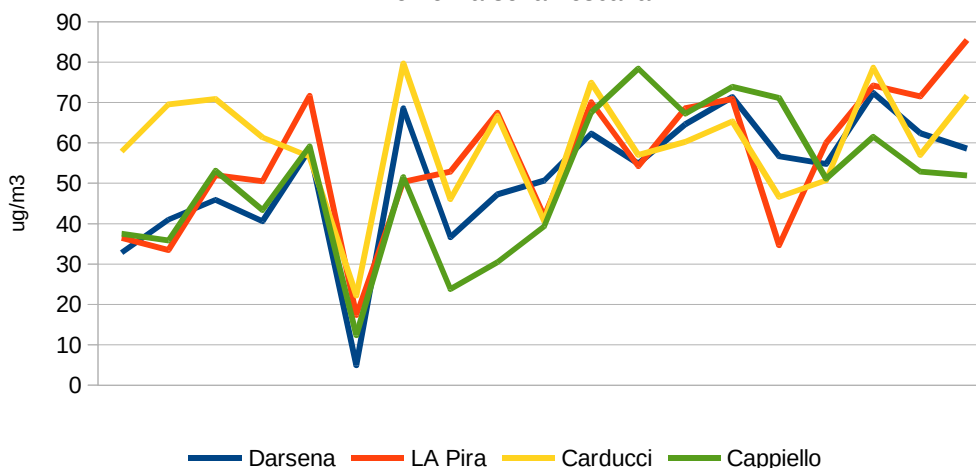
#### Andamento max medie orarie giornaliere NO<sub>2</sub>

##### Inverno Fortezza Vecchia



#### Andamento max medie orarie giornaliere NO<sub>2</sub>

##### Inverno Darsena Toscana



### Grafico 4.4.2. Andamento medie giornaliere NO<sub>2</sub> inverno

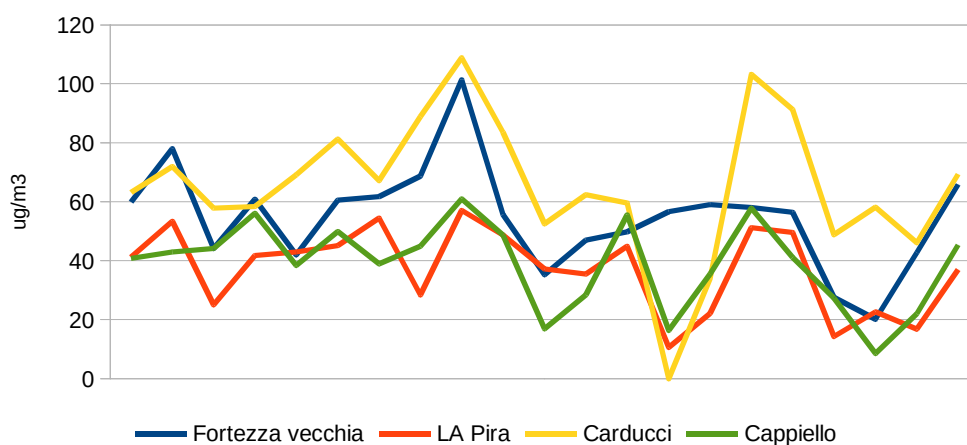
In inverno (febbraio 2018) i valori del sito della Fortezza Vecchia sono stati in linea con le stazioni di fondo della zona. I valori registrati dal sito di traffico sono stati simili al fondo per quasi tutta la campagna ad eccezione degli ultimi giorni.

Durante la campagna invernale che si è svolta a gennaio in Darsena Toscana i valori massimi orari del sito di indagine sono simili a quelli delle altre stazioni del comune di Livorno, in questo periodo non si nota una differenza sostanziale tra i valori della stazione di traffico e delle fondo.

## PRIMAVERA

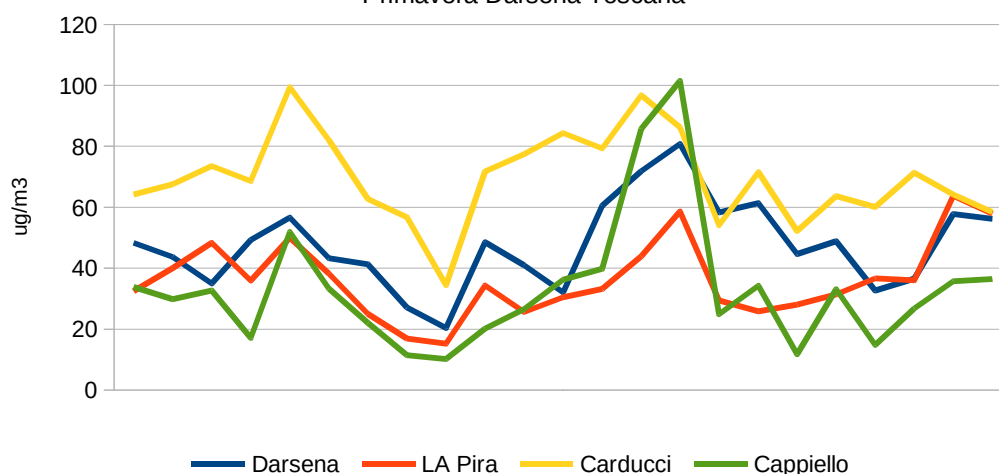
### Andamento max medie orarie giornaliere NO<sub>2</sub>

#### Primavera Fortezza Vecchia



### Andamento max medie orarie giornaliere NO<sub>2</sub>

#### Primavera Darsena Toscana



### Grafico 4.4.3. Andamento medie giornaliere NO<sub>2</sub> primavera

Durante l'indagine primaverile che si è svolta ad aprile 2018, i valori massimi orari giornalieri registrati nel sito di indagine, sono stati mediamente più elevati dei valori

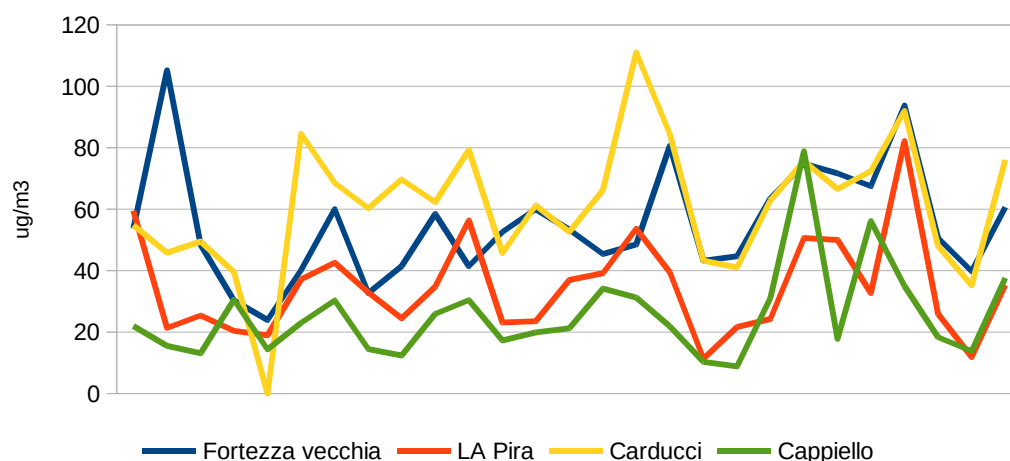
registrati dalle stazioni di fondo del comune, con massime orarie talvolta simili a quelle del sito di traffico.

I valori massimi registrati presso il sito Darsena Toscana durante la campagna primaverile sono in media leggermente superiori ai valori delle stazioni di fondo del comune di Livorno e inferiori ai valori che hanno caratterizzato il sito di traffico.

## ESTATE

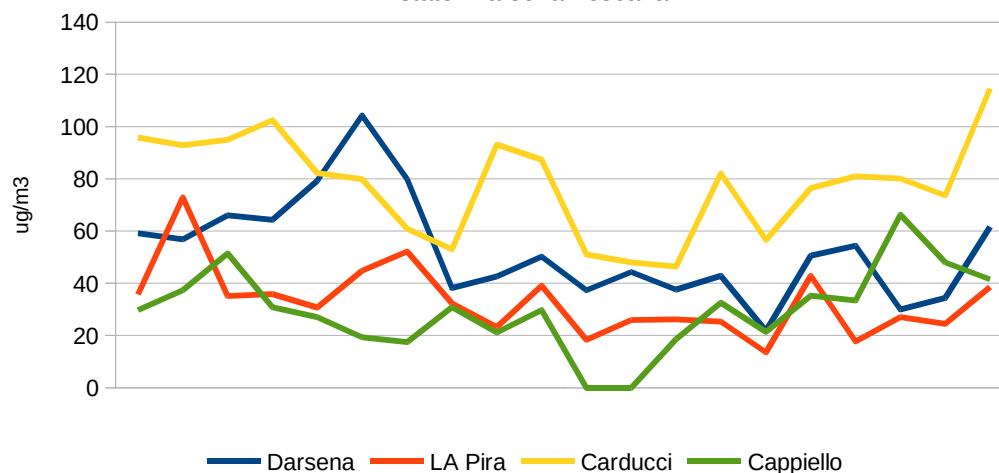
### Andamento max medie orarie giornaliere NO<sub>2</sub>

#### Estate Fortezza Vecchia



### Andamento max medie orarie giornaliere NO<sub>2</sub>

#### Estate Darsena Toscana



### Grafico 4.4.4. Andamento medie giornaliere NO<sub>2</sub> estate

Anche durante l'indagine estiva, i valori massimi orari giornalieri registrati nel sito di indagine, sono stati più elevati dei valori registrati dalle stazioni di fondo del comune, con



massime orarie talvolta simili a quelle del sito di traffico, come già avvenuto nell'indagine primaverile.

Durante l'indagine estiva il sito Darsena è stato caratterizzato da valori massimi orari generalmente intermedi tra i valori del fondo del comune e quelli registrati dalla stazione di tipo traffico. Ci sono stati picchi orari di entità pari a quelli della stazione di traffico di Viale Carducci.

### Riassunto per sito di indagine: **FORTEZZA VECCHIA**

Le tabelle di seguito riportano il confronto tra le massime orarie giornaliere e le medie quindicinali di NO<sub>2</sub> del sito Fortezza Vecchia e delle stazioni del comune di Livorno.

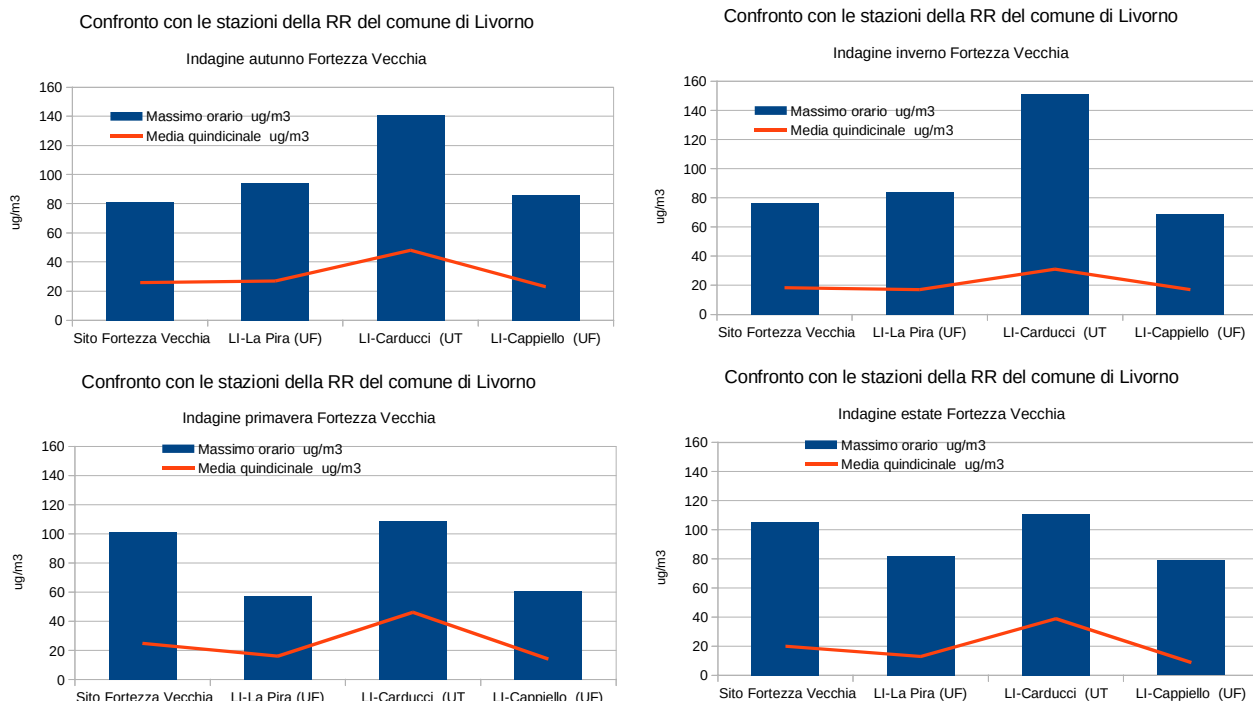
NO2	Massimo orario ug/m3			
	Autunno	Inverno	Primavera	Estate
Sito Fortezza Vecchia	81	76	101	105
LI-La Pira (UF)	94	84	57	82
LI-Carducci (UT)	141	151	109	111
LI-Cappiello (UF)	86	69	61	79

NO2	Media quindicinale ug/m3				Media annuale 1 sett 2017 /31 agosto 2018
	Autunno	Inverno	Primavera	Estate	
Sito Fortezza Vecchia	26	18	25	20	22
LI-La Pira (UF)	27	17	16	13	19
LI-Carducci (UT)	48	31	46	39	41
LI-Cappiello (UF)	23	17	14	9	15

### Tabella 4.4.1. NO<sub>2</sub> indagine Fortezza Vecchia

Dai valori riportati in tabella e dai grafici che seguono, si nota che mentre in autunno ed in inverno i valori di biossido di azoto sono stati confrontabili con i valori delle stazioni di fondo del comune di Livorno, in primavera ed in estate i valori medi si sono alzati rispetto al fondo del comune con valori medi leggermente superiori al fondo e valori massimi orari simili a quelli della stazione di traffico.

### NO<sub>2</sub> Fortezza Vecchia



### Grafico 4.4.5. NO<sub>2</sub> indagine Fortezza Vecchia

### Riassunto per sito di indagine: **DARSENA TOSCANA**

Le tabelle di seguito riportano il confronto tra le massime orarie giornaliere e le medie quindicinali di NO<sub>2</sub> del sito darsena Toscana e delle stazioni del comune di Livorno.

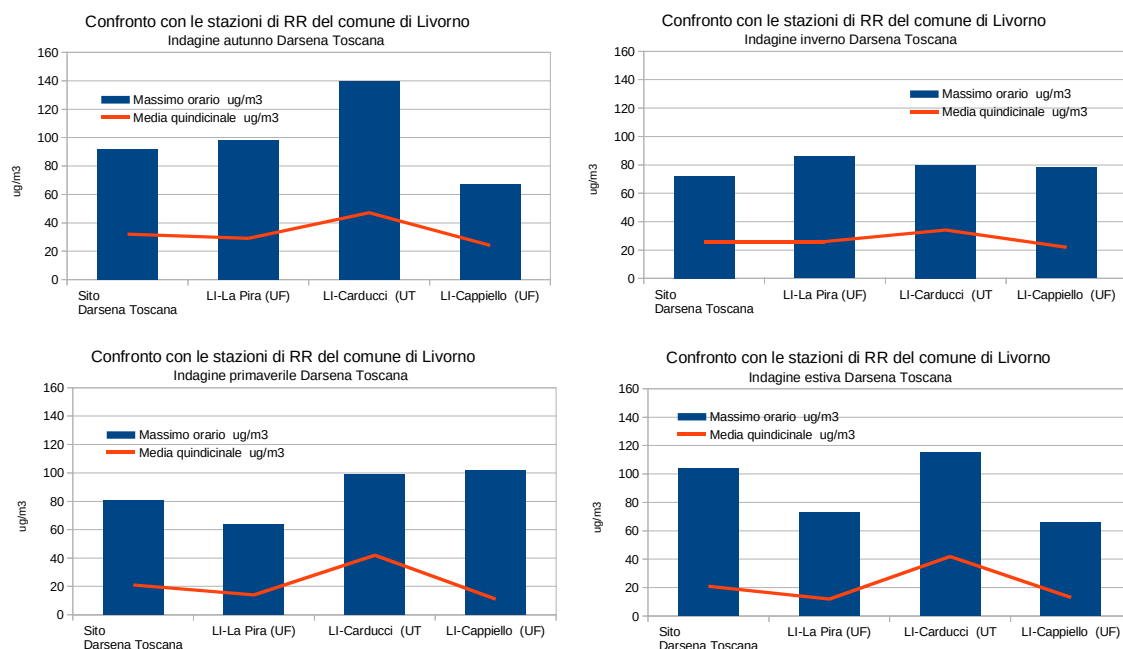
NO2	Massimo orario ug/m3			
	Autunno	Inverno	Primavera	Estate
Sito Darsena Toscana	92	72	81	104
Stazione LI-La Pira (UF)	98	86	64	73
Stazione LI-Carducci (UT)	140	80	99	115
Stazione LI-Cappiello (UF)	67	78	102	66

NO2	Media quindicinale ug/m3				Media annuale 1 sett 2017 /31 agosto 2018
	Autunno	Inverno	Primavera	Estate	
Sito Darsena Toscana	32	26	21	21	25
Stazione LI-La Pira (UF)	29	26	14	12	19
Stazione LI-Carducci (UT)	47	34	42	42	41
Stazione LI-Cappiello (UF)	24	22	11	13	15

### Tabella 4.4.2. NO<sub>2</sub> indagine Darsena Toscana

I valori di biossido di azoto che hanno caratterizzato la Darsena Toscana in autunno ed in inverno sono stati confrontabili con i valori delle stazioni di fondo del comune di Livorno, mentre in primavera ed in estate i valori medi si sono alzati con valori medi leggermente superiori al fondo del comune, ma nettamente inferiori ai valori di NO<sub>2</sub> che caratterizzano in traffico urbano. Alcuni picchi orari sono stati paragonabili a quelli della stazione di traffico.

### NO2 Darsena Toscana



### Tabella 4.4.6. NO<sub>2</sub> indagine Darsena Toscana

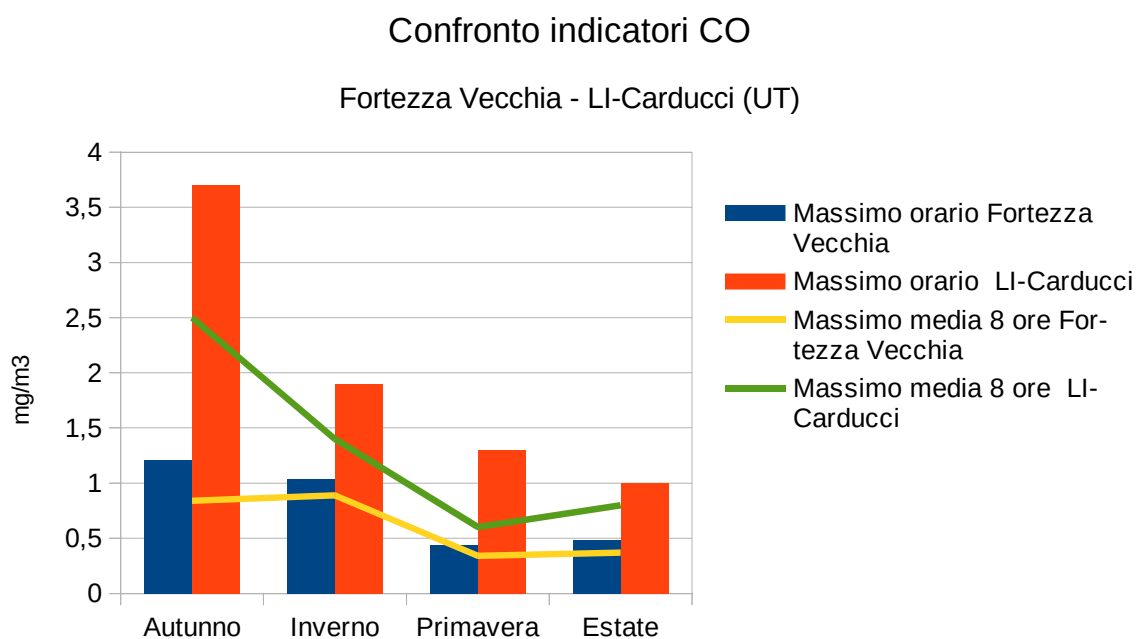
## 4.5.CO

Per il monossido di carbonio si riporta a scopo conoscitivo il confronto tra i valori ottenuti per i due siti di indagine nelle quattro stagioni ed i valori registrati dalla stazione di traffico di Vale Carducci.

### FORTEZZA VECCHIA

CO mg/m3	Massimo orario Fortezza Vecchia	Massimo orario LI-Carducci	Massimo media 8 ore Fortezza Vecchia	Massimo media 8 ore LI-Carducci
Autunno	1,21	3,7	0,84	2,5
Inverno	1,04	1,9	0,89	1,4
Primavera	0,44	1,3	0,34	0,6
Estate	0,48	1	0,37	0,8

**Tabella 4.5.1. Indagine Fortezza Vecchia \_ Confronto con stazioni di RR**



**Grafico 4.5.1. Indagine Fortezza Vecchia \_ Confronto con stazioni di RR**

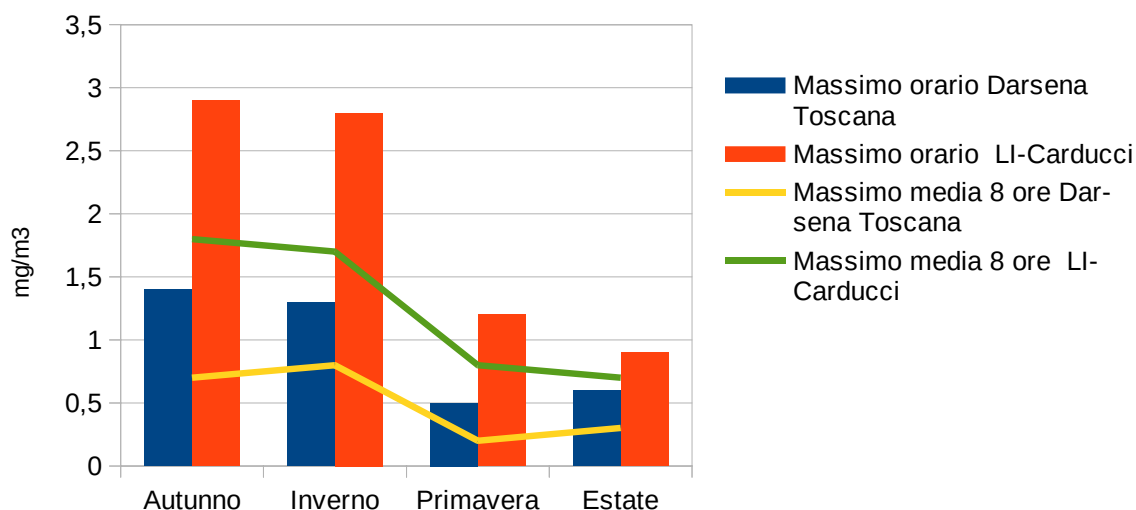
## DARSENA TOSCANA

	Massimo orario Darsena Toscana	Massimo orario LI- Carducci	Massimo media 8 ore Darsena Toscana	Massimo media 8 ore LI-Carducci
CO mg/m3				
Autunno	1,4	2,9	0,7	1,8
Inverno	1,3	2,8	0,8	1,7
Primavera	0,5	1,2	0,2	0,8
Estate	0,6	0,9	0,3	0,7

**Tabella 4.5.2. Indagine Darsena Toscana \_ Confronto con stazioni di RR**

### Confronto indicatori CO

Darsena Toscana - LI-Carducci (UT)



**Grafico 4.5.2. Indagine Darsena Toscana \_ Confronto con stazioni di RR**

Entrambi i siti oggetto di indagine sono stati caratterizzati da concentrazioni di CO molto basse, inferiori nettamente a quelle registrate nei medesimi intervalli di tempo dalla stazione di rete regionale di LI-Carducci, che rappresenta i valori di CO del traffico cittadino, anche essi molto contenuti.

## 4.6.SO<sub>2</sub>

Sono stati confrontati i valori di biossido di zolfo relativi ai due siti di indagine con i valori di SO<sub>2</sub> registrati dalla stazioni del comune di Livorno, che appartiene alla Rete di rilevamento Regionale della Qualità dell'Aria, in modo da inserire le informazioni ottenute nella panoramica della zona. Sono stati presi in considerazione per il confronto con ognuno dei due siti oggetto della campagna, i valori di biossido di zolfo restituiti dalla stazione di LA-Pira nell'intervallo di tempo in cui si sono svolte le campagne.

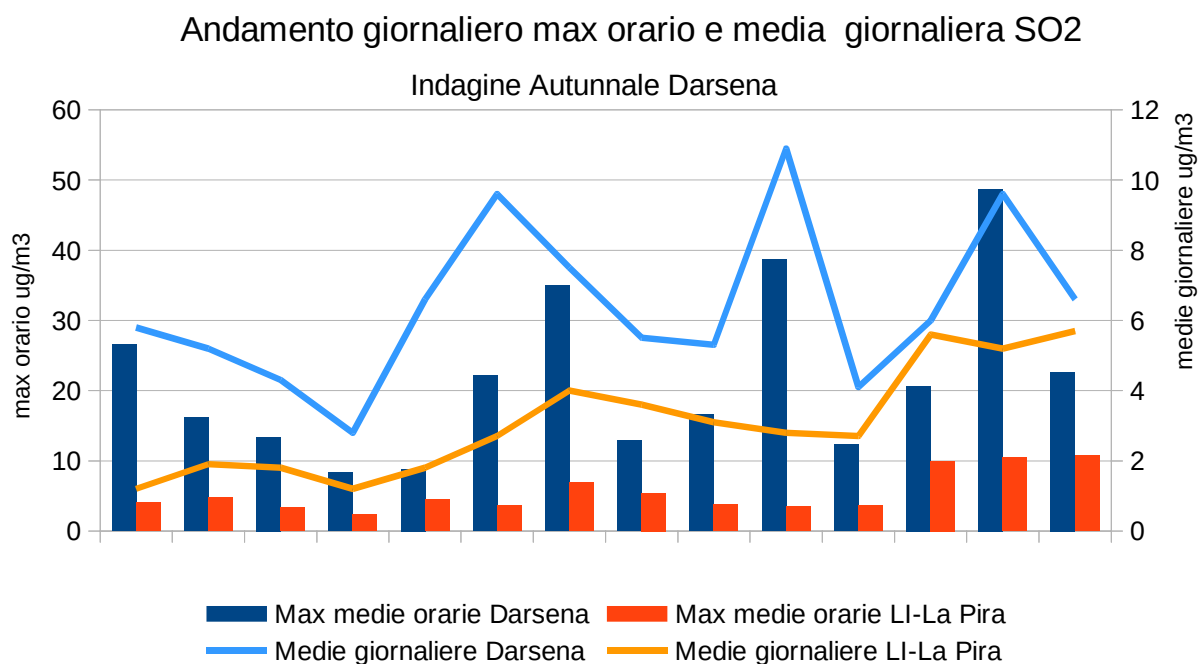
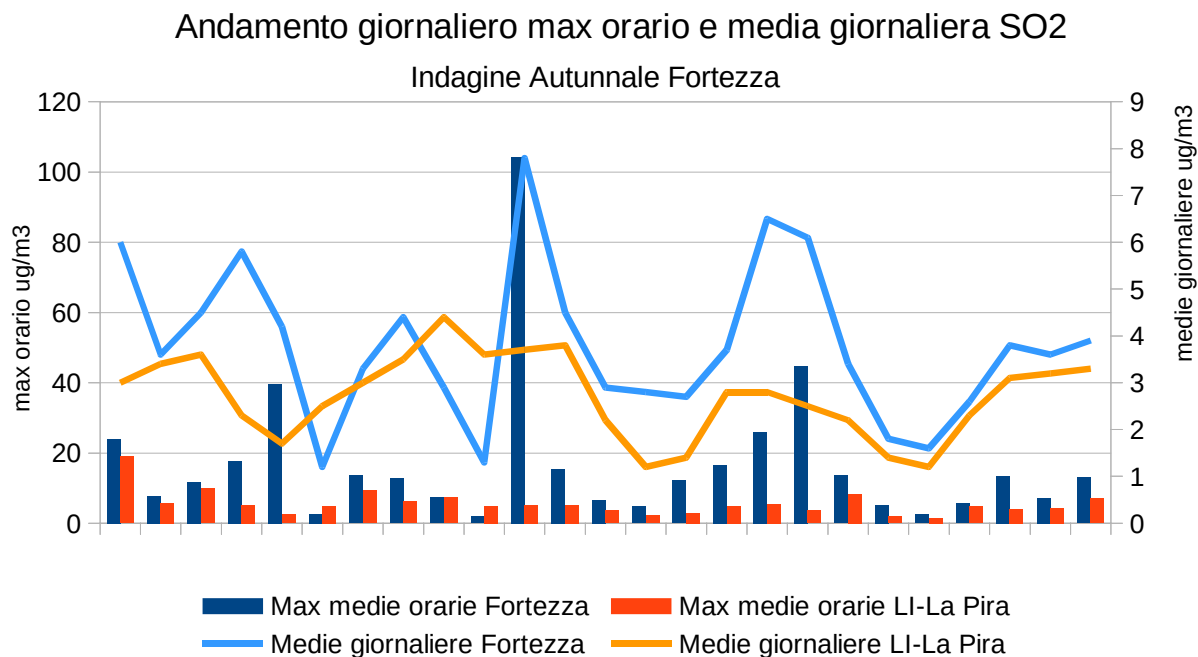
SO2 ug/m3	Massimo orario		Massimo giornaliero	
	Fortezza Vecchia	LI-La Pira	Fortezza Vecchia	LI-La Pira
Autunno	104	19	8	4
Inverno	9	9	3	4
Primavera	82	12	8	5
Estate	40	23	14	8

SO2 ug/m3	Massimo orario		Massimo giornaliero	
	Darsena Toscana	LI-La Pira	Darsena Toscana	LI-La Pira
Autunno	49	11	11	6
Inverno	74	10	6	6
Primavera	60	11	8	4
Estate	27	20	3	7

**Tabella 4.6.1. SO<sub>2</sub> Indagini Fortezza Vecchia e Darsena Toscana**

In confronto alle stazioni di RRAnalizziamo stagione per stagione le massime medie orarie e le medie giornaliere del periodo registrate per i siti oggetto della campagna e per la stazione di fondo di via La Pira.

## AUTUNNO



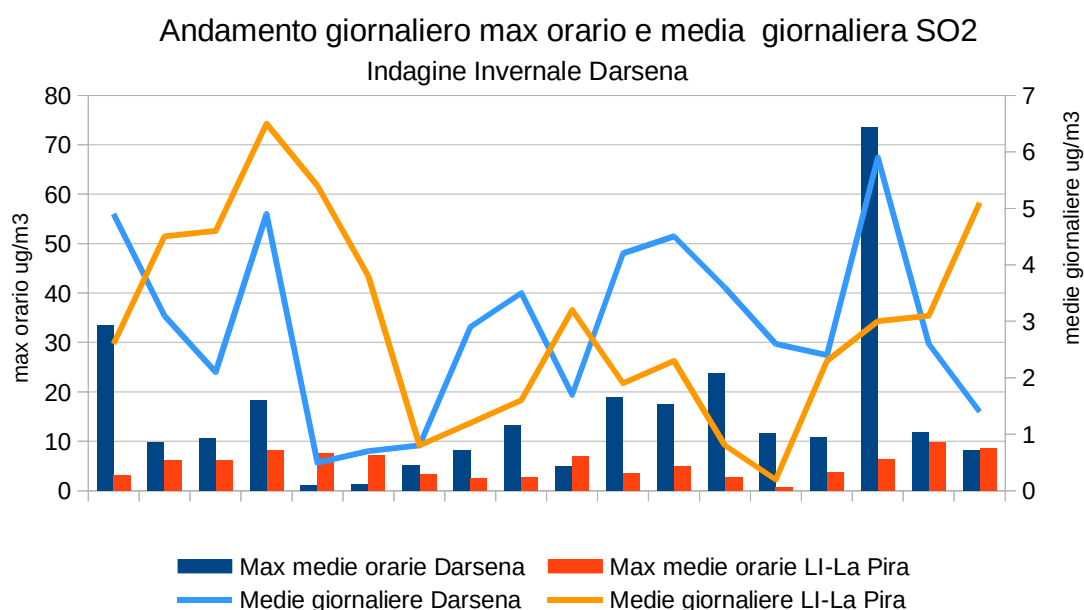
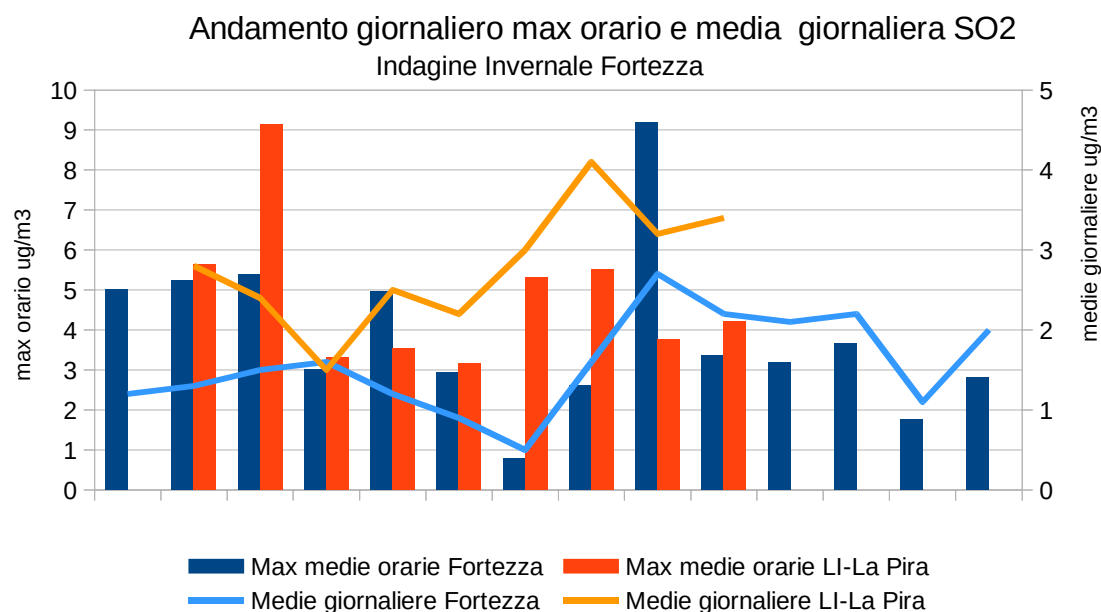
**Grafico 4.6.1. Andamento medie SO<sub>2</sub> Autunno**

Nonostante le medie giornaliere siano state molto contenute per ciascuno dei giorni dell'indagine, in entrambi i siti, si può notare che presso il sito portuale di Fortezza Vecchia sono stati registrati ripetuti massimi orari degni di rilievo, diversamente da quanto rilevato per il sito di rete regionale nei medesimi giorni (ott-nov 2017). In particolare sono stati registrate massime orarie di 104, 45 e 40 ug/m<sup>3</sup>.

Anche durante l'indagine autunnale in Darsena Toscana (nov-dic 2017), sono stati registrati picchi orari nettamente superiori rispetto alla stazione di rete regionale, sebbene

le medie giornaliere risultanti si sono mantenute contenute. I massimi orari più rilevanti sono stati pari a 49, 39 e 35 ug/m<sup>3</sup>.

### INVERNO



## Grafico 4.6.2. Andamento medie SO<sub>2</sub> Inverno

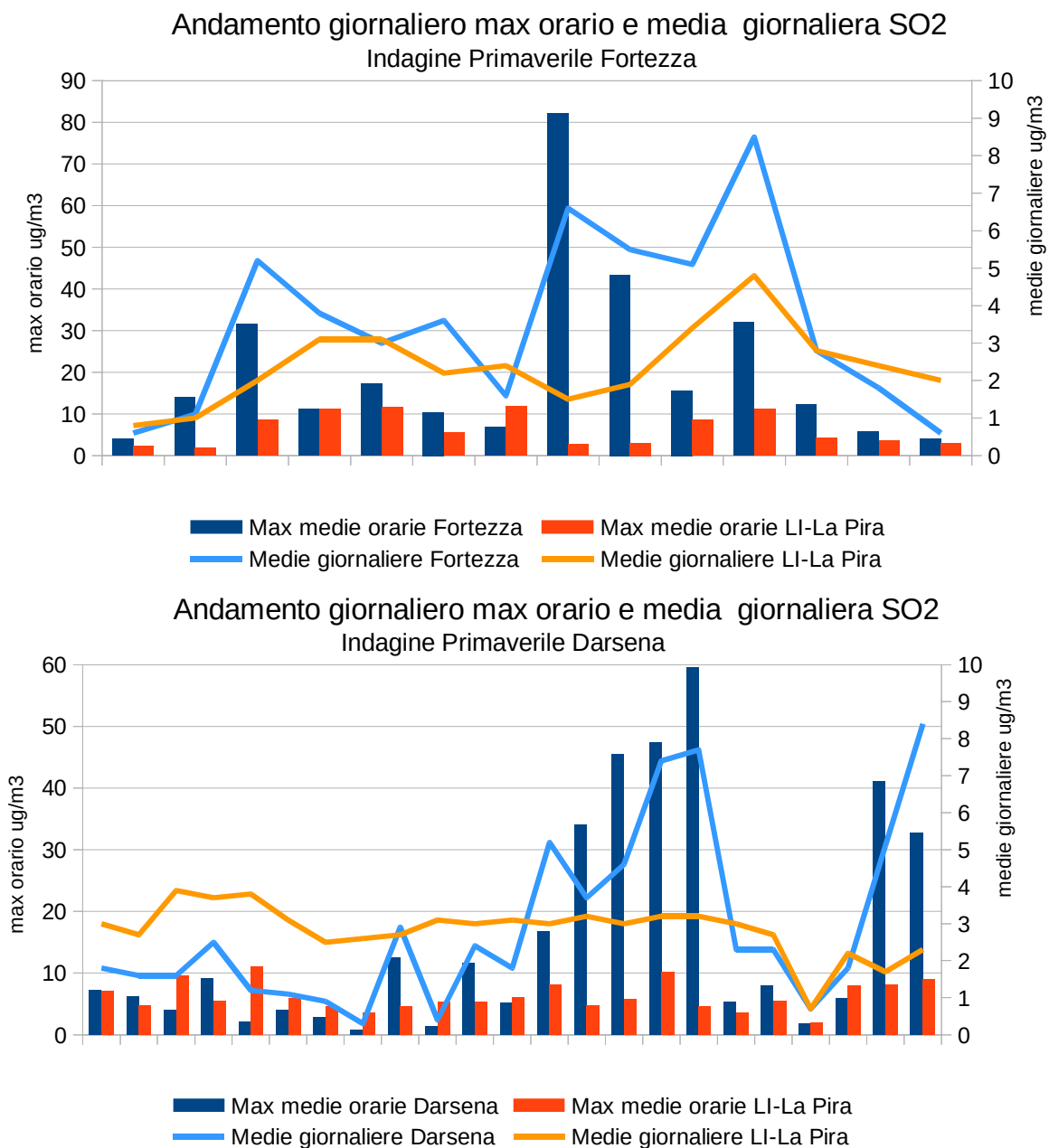
Durante l'indagine invernale svoltasi a febbraio 2018 in Fortezza Vecchia non ci sono stati eventi orari caratterizzati da picchi elevati di SO<sub>2</sub>, i valori registrati dal mezzo mobile sono stati confrontabili a quelli della stazione di rete regionale.

Durante l'indagine invernale (gennaio 2018), nonostante i valori medi giornalieri siano stati contenuti durante tutti i giorni di svolgimento della campagna, presso il sito Darsena Toscana si sono verificati diversi picchi orari di SO<sub>2</sub> con elevata concentrazione, fenomeno



non riscontrato dalla stazione di monitoraggio di rete regionale. In particolare si è registrata una massima oraria di 74 ug/m<sup>3</sup>.

### PRIMAVERA



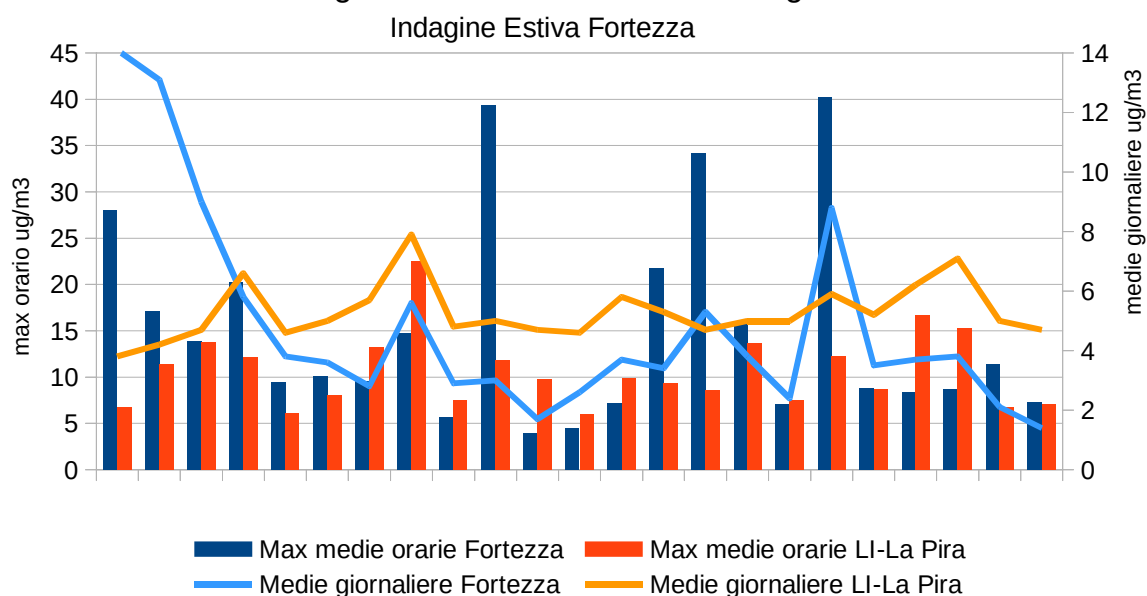
### Grafico 4.6.3. Andamento medie SO<sub>2</sub> Primavera

Durante l'indagine primaverile in Fortezza Vecchia, che si è svolta ad aprile 2018, sono stati nuovamente registrati picchi orari di rilievo presso il sito di indagine, con i valori più alti di SO<sub>2</sub> pari a 82 e 43 ug/m<sup>3</sup>. Questi picchi non sono stati rilevati dalla stazione di rete regionale che è stata caratterizzata da valori orari contenuti.

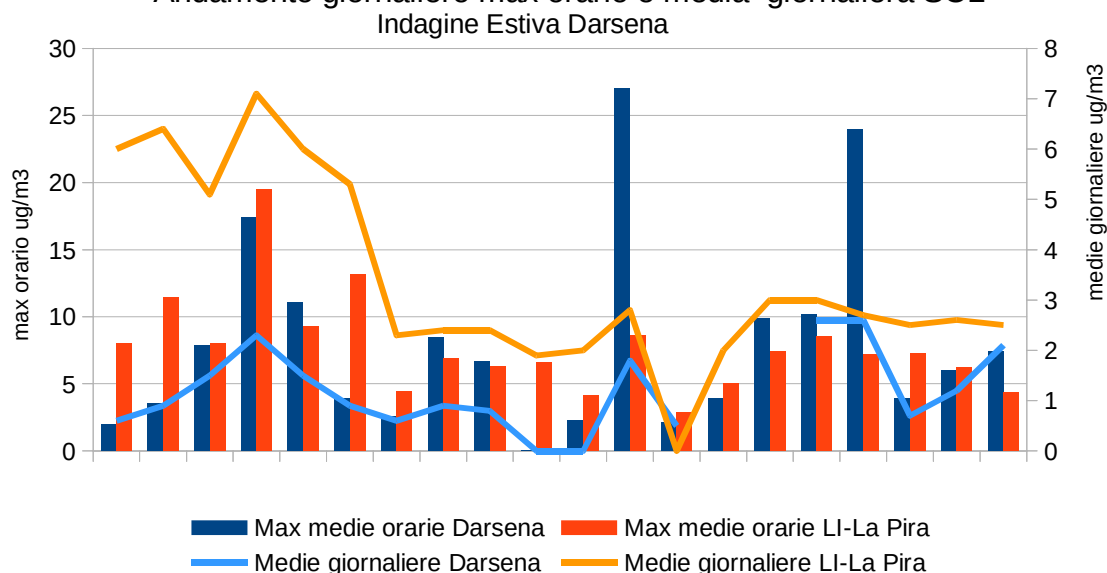
Di nuovo, anche nell'indagine primaverile svolasi a maggio 2018, presso il sito Darsena Toscana è stata rilevata la presenza di concentrazioni orarie di SO<sub>2</sub> degne di nota, con diverse massime orarie elevate come 60, 47,45 e 41 ug/m<sup>3</sup>. Nei soliti giorni la stazione di rete regionale non ha registrato picchi orari significativi.

## ESTATE

### Andamento giornaliero max orario e media giornaliera SO<sub>2</sub>



### Andamento giornaliero max orario e media giornaliera SO<sub>2</sub>



#### Grafico 4.6.4. Andamento medie SO<sub>2</sub> estate

Presso il sito Fortezza Vecchia anche durante l'indagine estiva di luglio 2018, sono stati registrati ripetuti valori orari di concentrazione di SO<sub>2</sub> rilevante (40, 39 ug/m<sup>3</sup>), fenomeno non avvenuto per quanto riguarda la stazione di rete regionale. Questi picchi sono stati sporadici e le medie giornaliere ne hanno risentito in misura minima.

In estate, durante l'indagine nel sito di Darsena Toscana che si è svolta ad agosto 2018 si sono comunque verificati eventi di elevata concentrazione oraria di SO<sub>2</sub>, ma di entità minore rispetto al sito di Fortezza Vecchia ed anche rispetto alle altre stagioni.

### 4.7. Benzene

Sono stati confrontati i valori di benzene registrati nei due siti di indagine con i valori registrati dalla stazione di La Pira, nel Livorno, che appartiene alla Rete di rilevamento Regionale della Qualità dell'Aria, in modo da inserire le informazioni ottenute nella panoramica della zona.

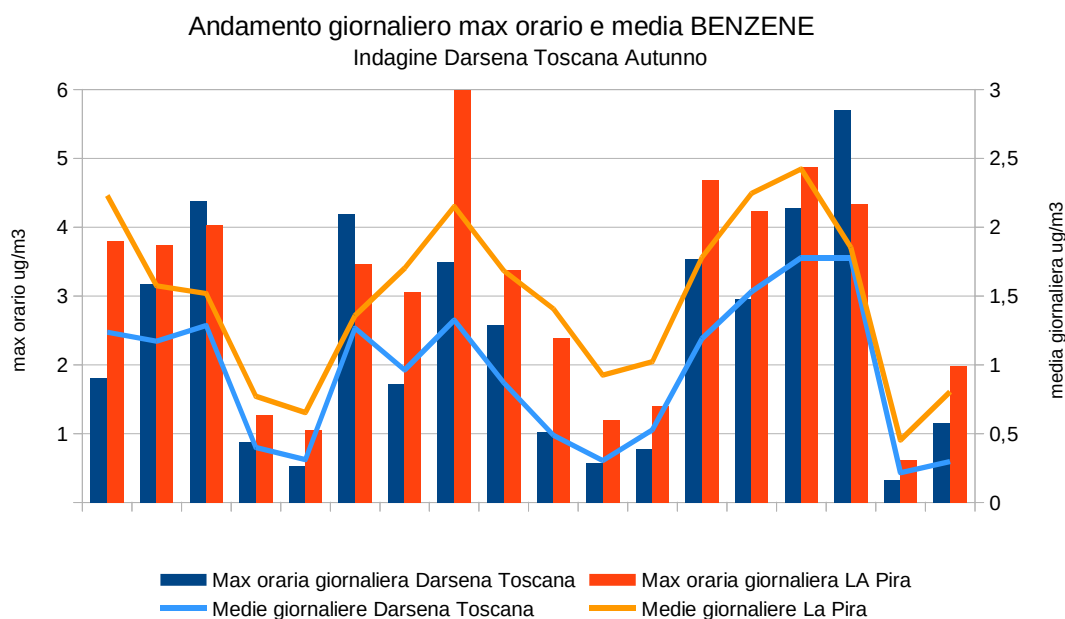
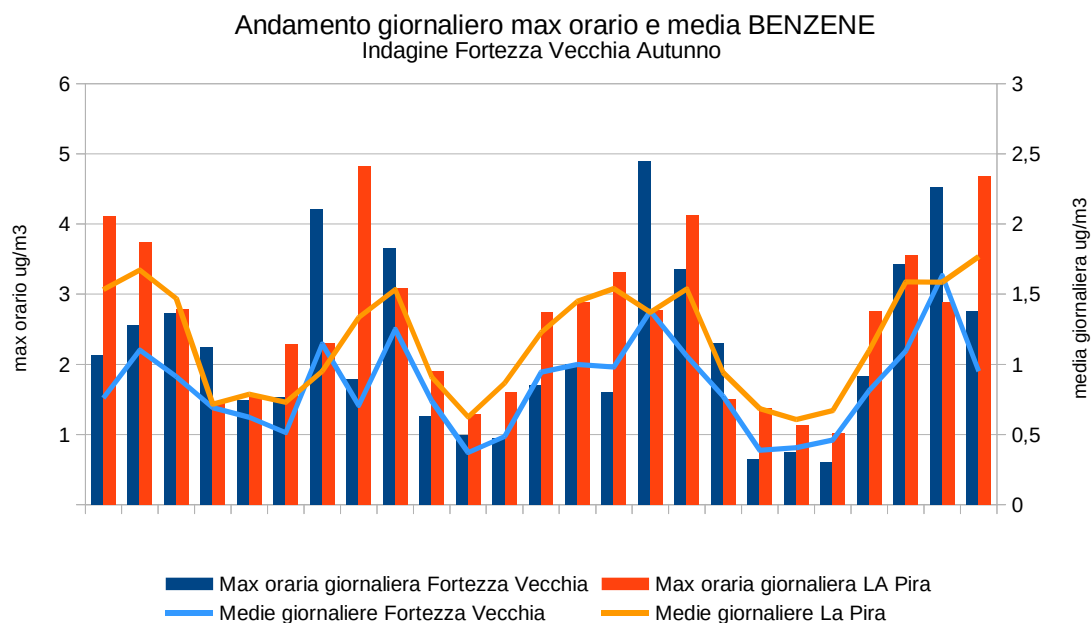
	Massima media giornaliera		Massima media oraria		Media periodo	
	Fortezza Vecchia	LI-La Pira	Fortezza Vecchia	LI-La Pira	Fortezza Vecchia	LI-La Pira
Benzene ug/m <sup>3</sup>						
Autunno	1,6	1,8	4,9	4,8	0,9	1,2
Inverno	2,2	2,5	4	3,8	1,2	1,7
Primavera	0,8	0,9	3	5	0,5	0,7
Estate	0,5	0,5	2,3	1,9	0,3	0,3

	Massima media giornaliera		Massima media oraria		Media periodo	
	Darsena Toscana	LI-La Pira	Darsena Toscana	LI-La Pira	Darsena Toscana	LI-La Pira
Benzene ug/m <sup>3</sup>						
Autunno	1,8	2,2	5,8	6	1	1,5
Inverno	1,6	2,4	5,7	5,5	0,9	1,5
Primavera	0,5	0,6	2,9	1,7	0,3	0,4
Estate	0,8	0,5	5	1,6	0,3	0,4

**Tabella 4.7.1. Benzene Indagini Fortezza Vecchia e Darsena Toscana in confronto alle stazioni di RR**

## AUTUNNO

Durante l'indagine autunnale di ottobre 2017 i valori di benzene registrati presso il sito in Fortezza sono stati simili ai valori della stazione di rilevamento di Rete Regionale sia come valori massimi orari che come massima media giornaliera del periodo. Le medie giornaliere registrate presso la Fortezza sono state invece generalmente leggermente inferiori al sito di via La Pira.

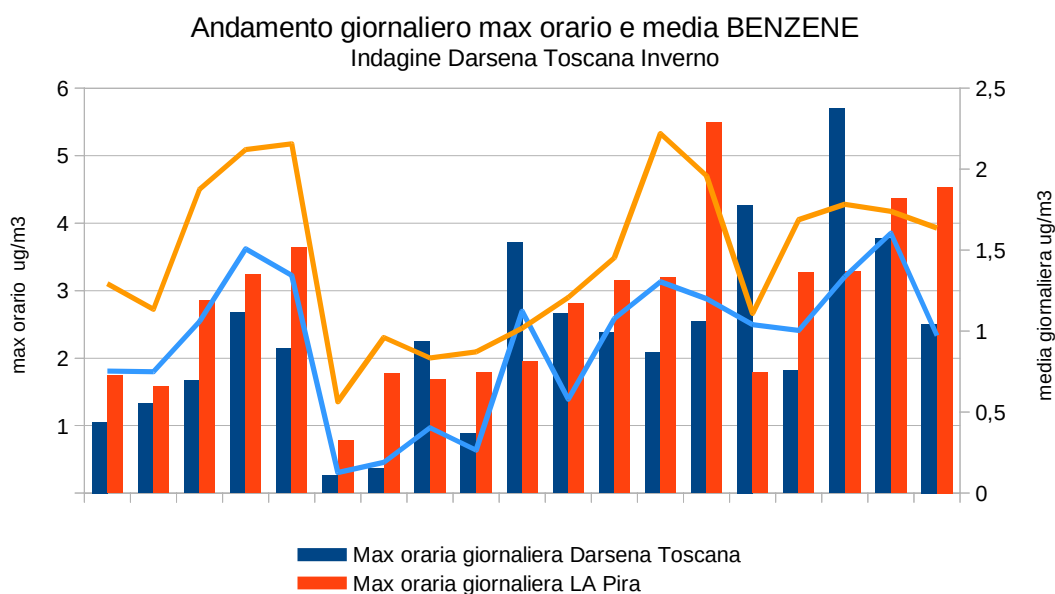
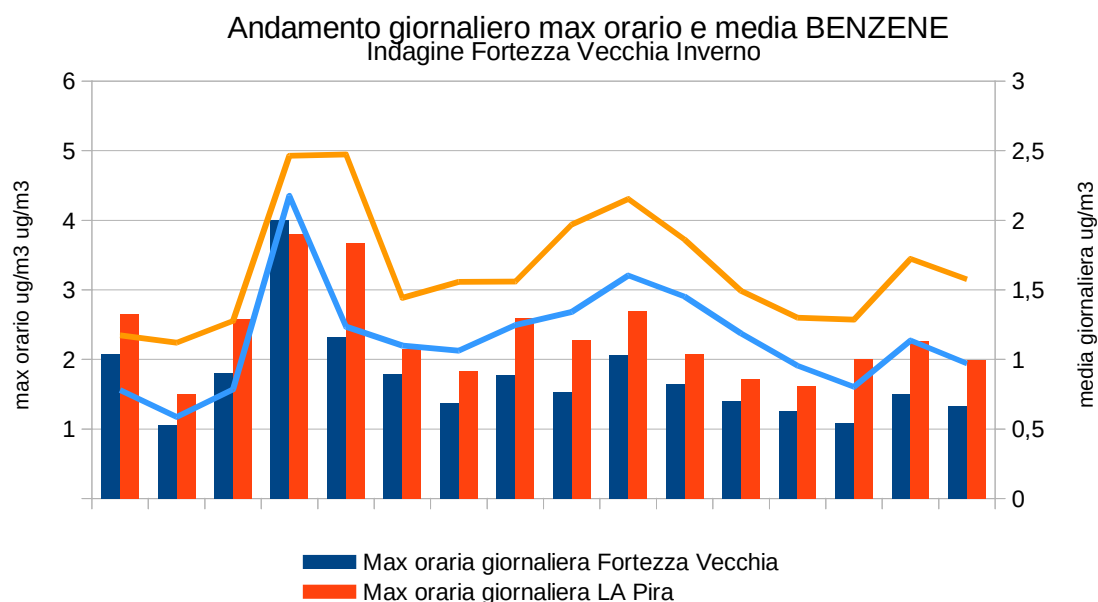


### Grafico 4.7.1. Andamento medie Benzene Autunno

Per quanto riguarda il secondo sito di rilevamento, Darsena Toscana, durante l'indagine di novembre-dicembre 2017 i valori massimi orari sono stati simili a quelli del sito di rete regionale, mentre le medie giornaliere si sono mantenute leggermente inferiori.

#### INVERNO

L'indagine invernale svolta a febbraio presso la Fortezza evidenzia come le massime orarie che sono state registrate siano confrontabili con quelle del sito di rete regionale di via La Pira, come anche le massime medie giornaliere del periodo, sebbene il grafico mostra come presso il sito portuale i valori medi si siano mantenuti inferiori per tutto il periodo di indagine.

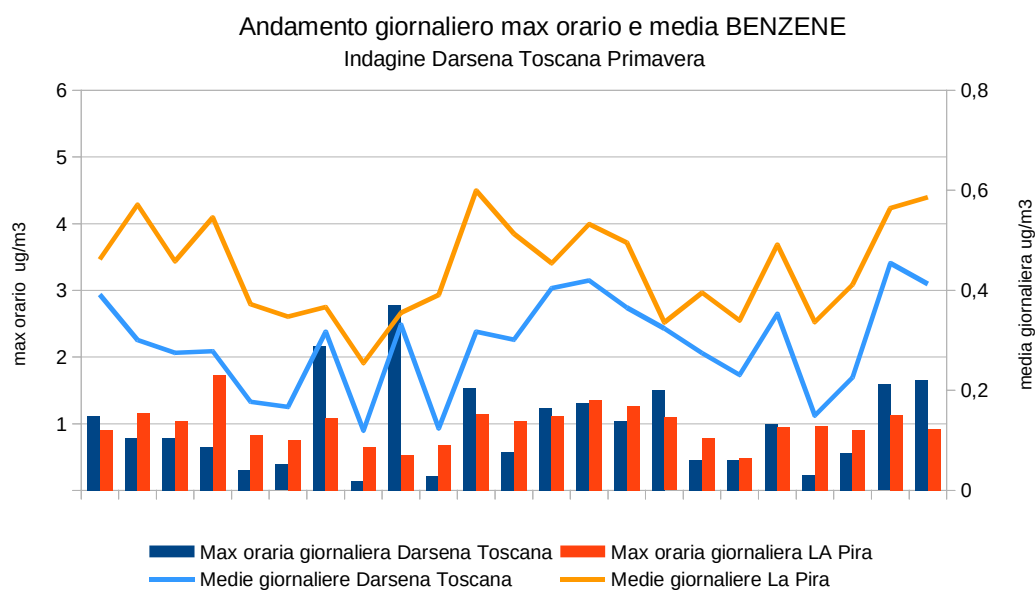
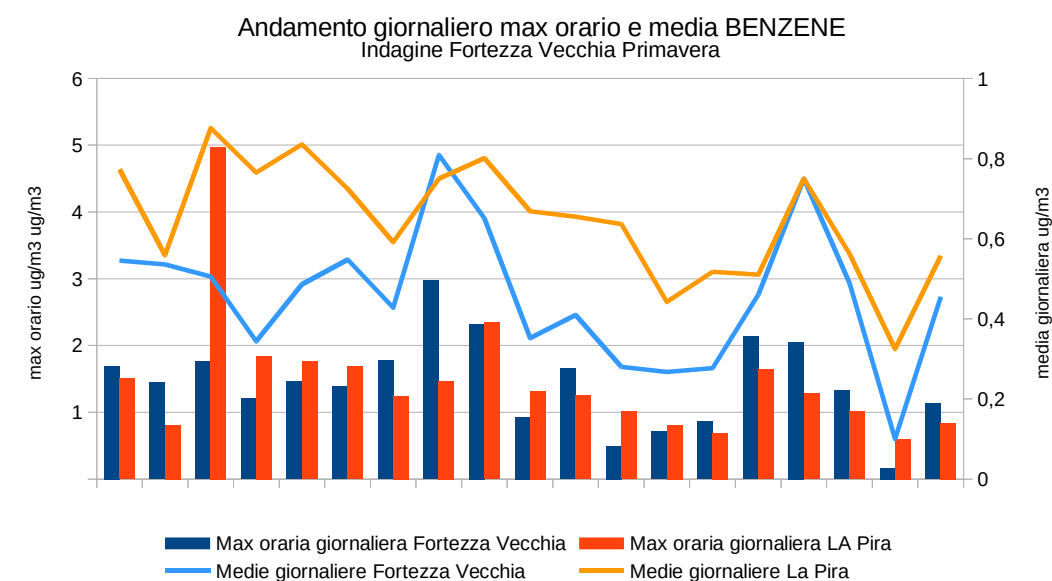


## Grafico 4.7.2. Andamento medie Benzene Inverno

Il grafico relativo all'indagine invernale che si è svolta a gennaio presso la Darsena Toscana mostra come, anche in questo sito, i valori medi giornalieri si siano mantenuti inferiori rispetto ai valori di benzene della stazione di rete regionale, nonostante i picchi massimi registrati siano stati molto simili.

### PRIMAVERA

L'indagine primaverile in Fortezza (aprile 2018) ha fornito i medesimi risultati delle indagini invernali ed autunnali, con la differenza che in questo periodo in Fortezza sono stati molto contenute anche le massime orarie.

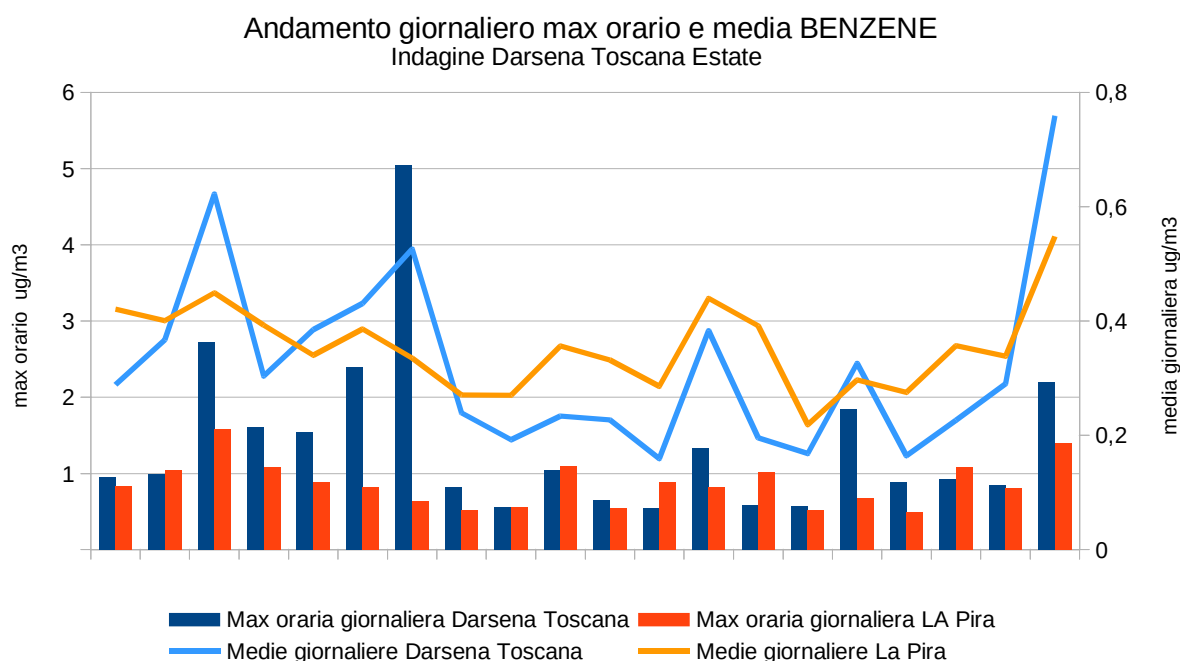
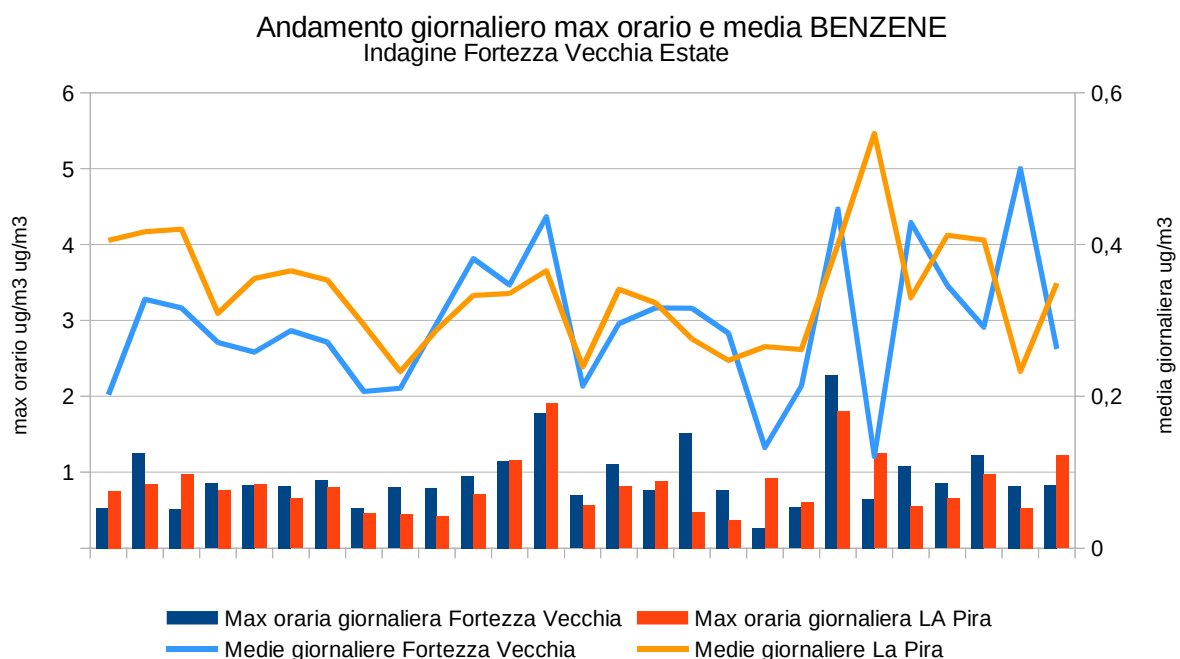


### Grafico 4.7.3. Andamento medie Benzene Primavera

Analogamente anche in Darsena Toscana i valori di benzene dell'indagine di maggio 2018 sono stati mediamente inferiori a quelli della stazione di rete regionale, con assenza di valori orari significativi in entrambi i siti di rilevamento.

#### ESTATE

L'indagine estiva in Fortezza Vecchia svoltasi a luglio 2018 è stata caratterizzata da una totale assenza di concentrazioni significative di benzene e da valori medi giornalieri molto contenuti e simili ai valori medi registrati dalla stazione di via La Pira.



### Grafico 4.7.3. Andamento medie Benzene Estate

I risultati emersi dall'indagine di agosto presso il sito della Darsena Toscana mostrano che a parte un evento orario (che sarà discusso separatamente) le concentrazioni di benzene sono state contenute con valori medi giornalieri molto contenuti e simili ai valori medi registrati dalla stazione di via La Pira.

## 4.8.Toluene

Sono stati confrontati i valori di toluene registrati nei due siti di indagine con i valori registrati dalla stazione di La Pira, nel Livorno, che appartiene alla Rete di rilevamento Regionale della Qualità dell'Aria, in modo da inserire le informazioni ottenute nella panoramica della zona.

Toluene ug/m3	Massimo orario		Massimo giornaliero		Media periodo	
	Fortezza Vecchia	LI-La Pira	Fortezza Vecchia	LI-La Pira	Fortezza Vecchia	LI-La Pira
Autunno	26	70,8	8,6	12,5	4,3	5,5
Inverno	19,6	18,8	9,5	7	2,3	2,4
Primavera	21,7	11,3	5,9	4,3	2,4	2,7
Estate	139,8	13,5	10,9	3,4	1,9	1,9

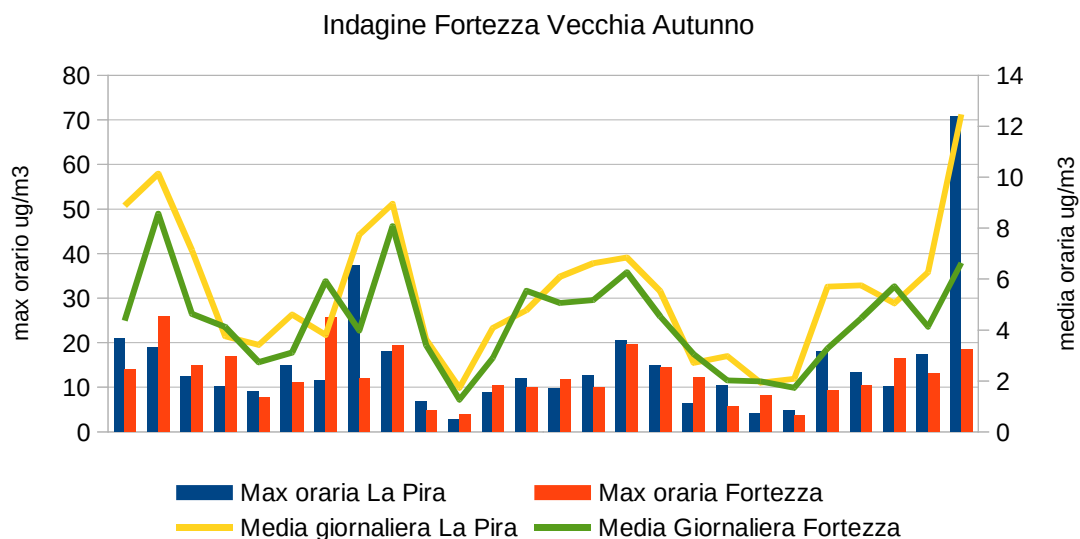
Toluene ug/m3	Massimo orario		Massimo giornaliero		Media periodo	
	Darsena Toscana	LI-La Pira	Darsena Toscana	LI-La Pira	Darsena Toscana	LI-La Pira
Autunno	52,6	46,8	12,7	13	5,5	5,7
Inverno	315,6	30,7	42,5	7,7	5,5	4,2
Primavera	88,8	7,8	14,4	3,1	2,5	1,8
Estate	13,9	11,8	2,4	4,1	0,9	2,2

**Tabella 4.8.1. Toluene Indagini Fortezza Vecchia e Darsena Toscana in confronto alle stazioni di RR**

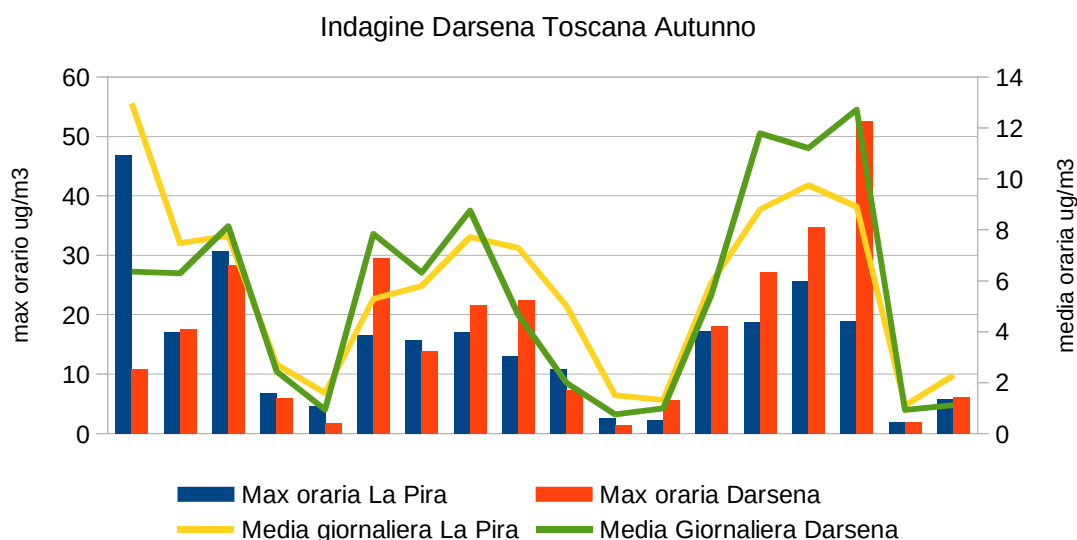


## AUTUNNO

## Andamento media giornaliera e max media oraria TOLUENE

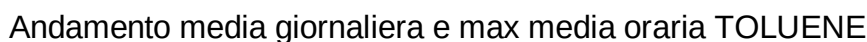


## Andamento media giornaliera e max media oraria TOLUENE

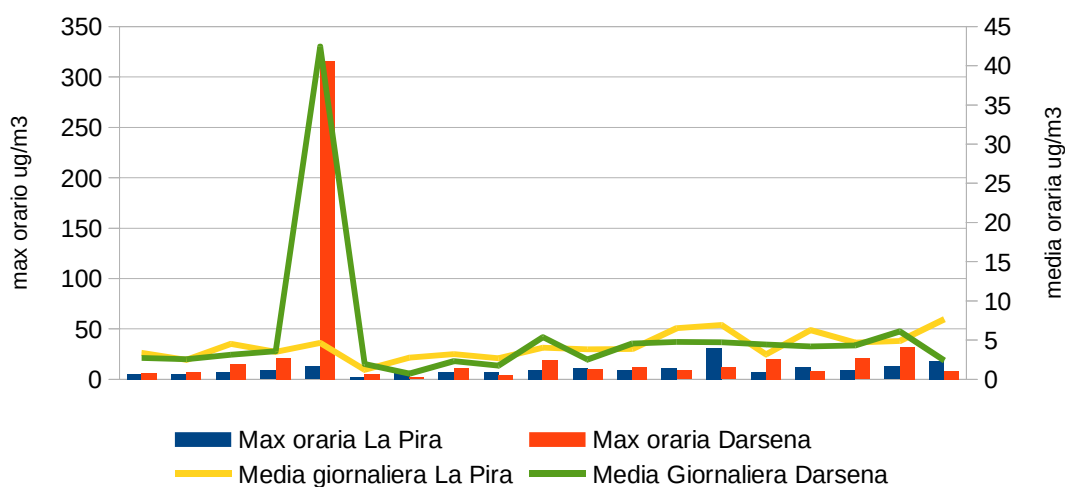
**Grafico 4.8.1. Andamento medie Toluene Autunno**

Durante l'indagine di ottobre 2017 in Fortezza Vecchia sono state contenute sia le medie giornaliere di Toluene registrate nel sito portuale (inferiori a 10 ug/m<sup>3</sup>) sia le massime medie orarie (max pari a 26 ug/m<sup>3</sup>). Presso la stazione di rete regionale l'andamento delle concentrazioni giornaliere è stato analogo, con qualche picco orario di Toluene (max= 70 ug/m<sup>3</sup>) che non è stato rilevato nel sito di indagine. Durante l'indagine di novembre in Darsena i valori medi giornalieri hanno registrato massimi leggermente più elevati rispetto all'indagine in Fortezza Vecchia, ma comunque contenuti e con andamento analogo alla stazione di La Pira. Le massime orarie hanno raggiunto un massimo di 53 ug/m<sup>3</sup> in Darsena e un 46 ug/me presso La Pira, ma non in giorni coincidenti.

## Indagine Fortezza Vecchia Inverno



## Indagine Darsena Toscana Inverno

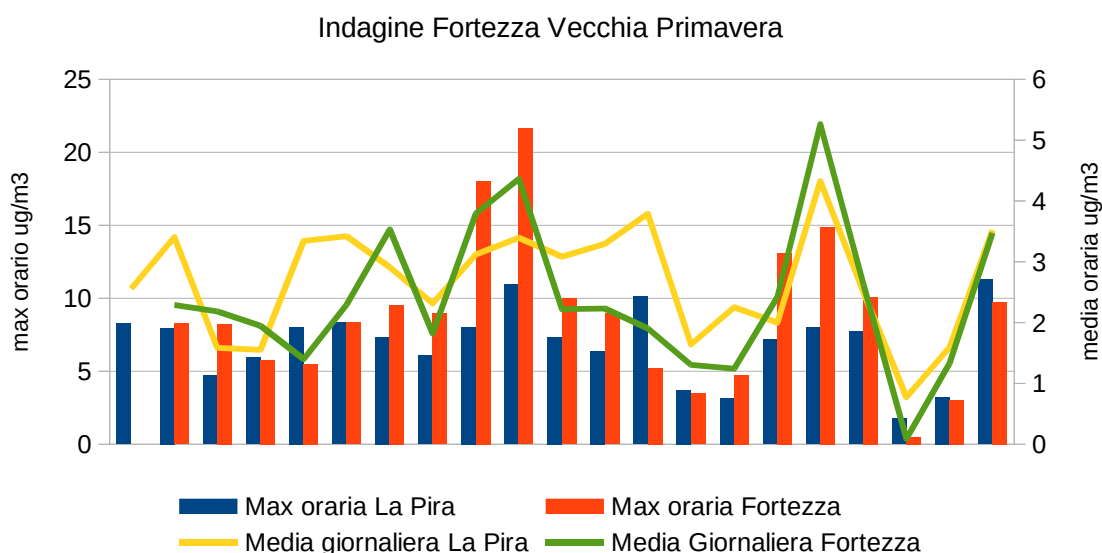


Durante l'indagine in Darsena Toscana è stato registrato nel sito portuale un picco molto elevato di Toluene con massima oraria di 315 ug/m<sup>3</sup> e media giornaliera di 43 ug/m<sup>3</sup>. Tale picco non è stato registrato presso il sito di La Pira. Per il resto dei giorni di indagine le medie giornaliere sono state contenute ed inferiori a 8 ug/m<sup>3</sup> in entrambi i siti; le medie orarie presso il sito Darsena Toscana hanno oscillato tra valori molto bassi ed alcuni picchi

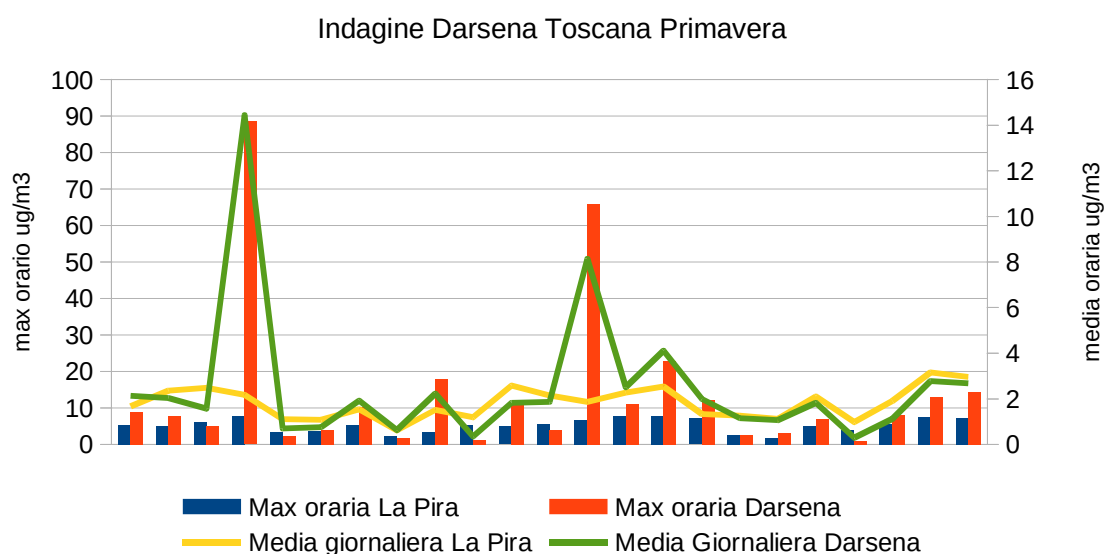
nell'ordine di 20-30 ug/m<sup>3</sup>, mentre la stazione di La Pira a parte un picco orario di 30 ug/m<sup>3</sup> per il resto ha registrato medie orarie più contenute.

### PRIMAVERA

#### Andamento media giornaliera e max media oraria TOLUENE



#### Andamento media giornaliera e max media oraria TOLUENE



### Grafico 4.8.3. Andamento medie Toluene Primavera

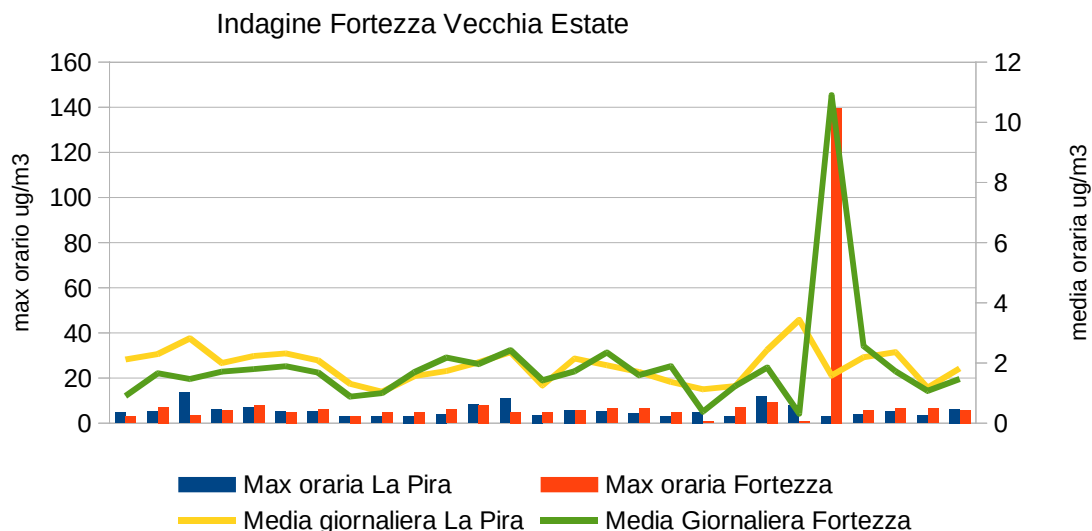
In aprile 2018 in Fortezza Vecchia i valori medi giornalieri di Toluene registrati sono stati molto contenuti (inferiori a 5 ug/m<sup>3</sup>), così come presso il sito di La Pira. Le concentrazioni massime orarie sono state molto contenute presso entrambi i siti, con solo qualche picco orario di concentrazione tra 10 e 20 ug/m<sup>3</sup> che è stato rilevato nel sito portuale.

L'indagine di maggio presso Darsena Toscana ha invece registrato due picchi orari pari a 89 e 66 ug/m<sup>3</sup>, con medie giornaliere rispettivamente di 14 e 8 ug/m<sup>3</sup>. Questi picchi non

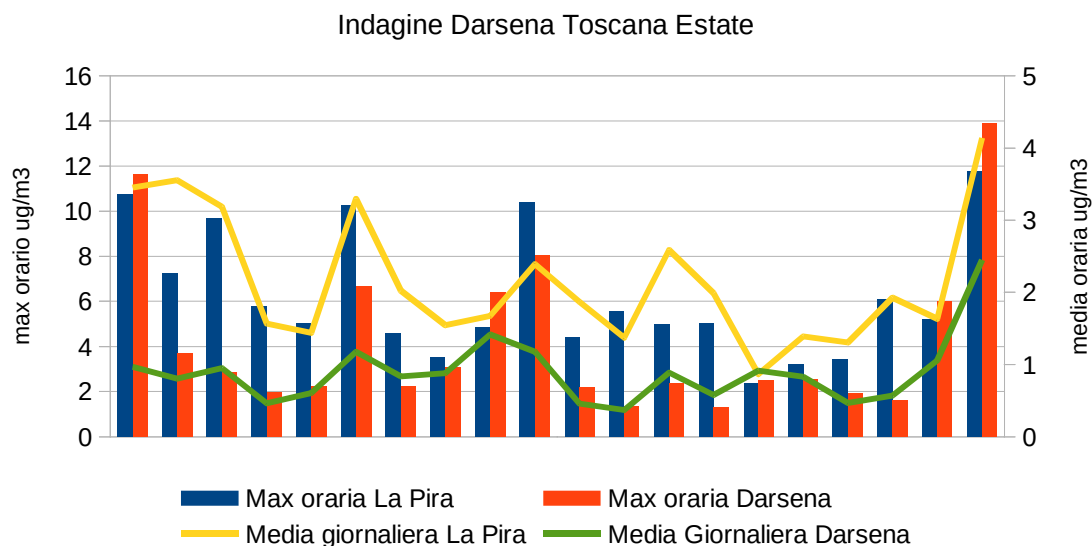
sono stati riscontrati presso il sito regionale. Per il resto dei giorni, i valori massimi orari sono stati sempre inferiori a 20 ug/m<sup>3</sup> in entrambi i siti con medie giornaliere minori di 4 ug/m<sup>3</sup>.

### ESTATE

#### Andamento media giornaliera e max media oraria TOLUENE



#### Andamento media giornaliera e max media oraria TOLUENE



#### Grafico 4.8.4. Andamento medie Toluene Estate

L'indagine di luglio 2018 in Fortezza Vecchia ha registrato un picco di concentrazione media oraria di Toluene pari a 140 ug/m<sup>3</sup> con relativa media oraria di 11 ug/m<sup>3</sup>, per il resto le concentrazioni orarie si sono mantenute su valori molto contenuti ed inferiori a 12 ug/m<sup>3</sup>, con medie giornaliere inferiori a 4 ug/m<sup>3</sup> sia per il sito portuale che per la stazione di rete regionale.

## 4.9. Rapporto tra toluene e benzene

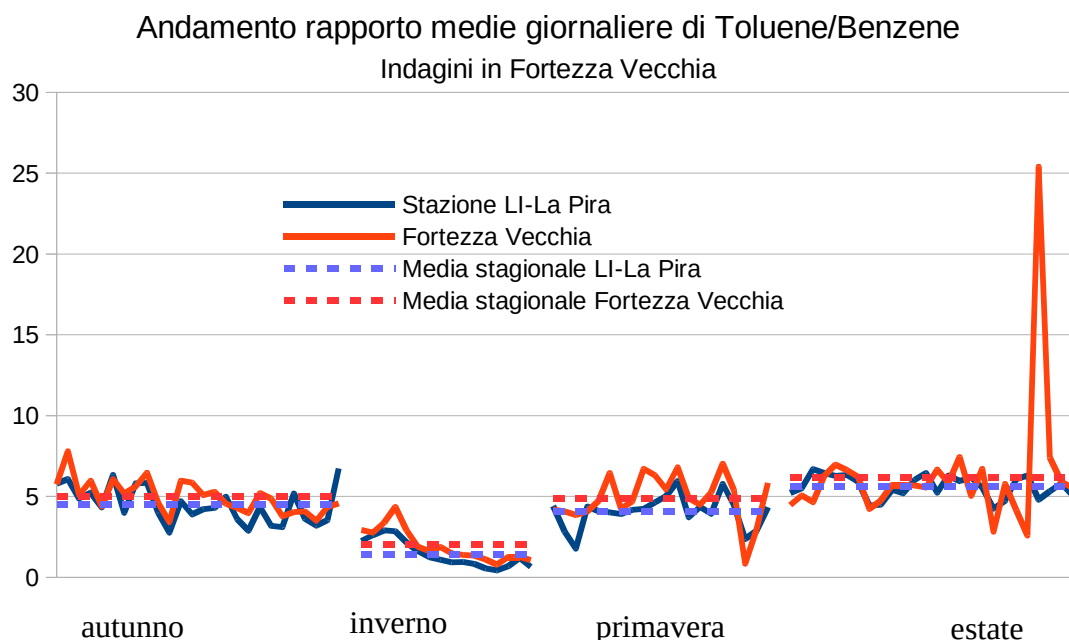
Riassunto per sito di indagine: **FORTEZZA VECCHIA**

Esaminando i rapporti tra medie giornaliere tra toluene e benzene che sono stati registrati presso il sito di indagine e nei soliti periodi presso la stazione di rete regionale di LI- La Pira, si nota che i rapporti giornalieri hanno oscillato intorno al valore di 4-5, ad eccezione dei valori invernali che hanno oscillato su valori vicini o minori di 2.

I rapporti medi stagionali sono compresi tra 4,9 e 6,2 per il sito di Fortezza Vecchia e tra 4,1 e 5,6 per La Pira, ad eccezione del periodo invernale durante il quale i rapporti sono stati nettamente più bassi in entrambe le stazioni con media 2,0 e 1,4. Per quanto riguarda il periodo estivo, il rapporto medio di Fortezza Vecchia è influenzato dal picco di Toluene del 27 luglio 2018 senza il quale sarebbe pari a 5,5.

Stagione	Rapporto medio toluene/benzene	
	Fortezza Vecchia	LI-La Pira
autunno	5,0	4,5
inverno	2,0	1,4
primavera	4,9	4,1
estate	6,2	5,6
estate escluso picco del 27 luglio che è pari a 25,4	5,5	-----
Media annuale	4,5	3,9

**Tabella 4.9.1. rapporto tra toluene e benzene indagine Fortezza Vecchia e confronto con stazioni di RR**



**Grafico 4.9.1. rapporto tra toluene e benzene indagine Fortezza Vecchia e confronto con stazioni di RR**

Il grafico mostra che il rapporto Toluene /Benzene è leggermente più elevato presso il sito portuale rispetto alla stazione di rete regionale.

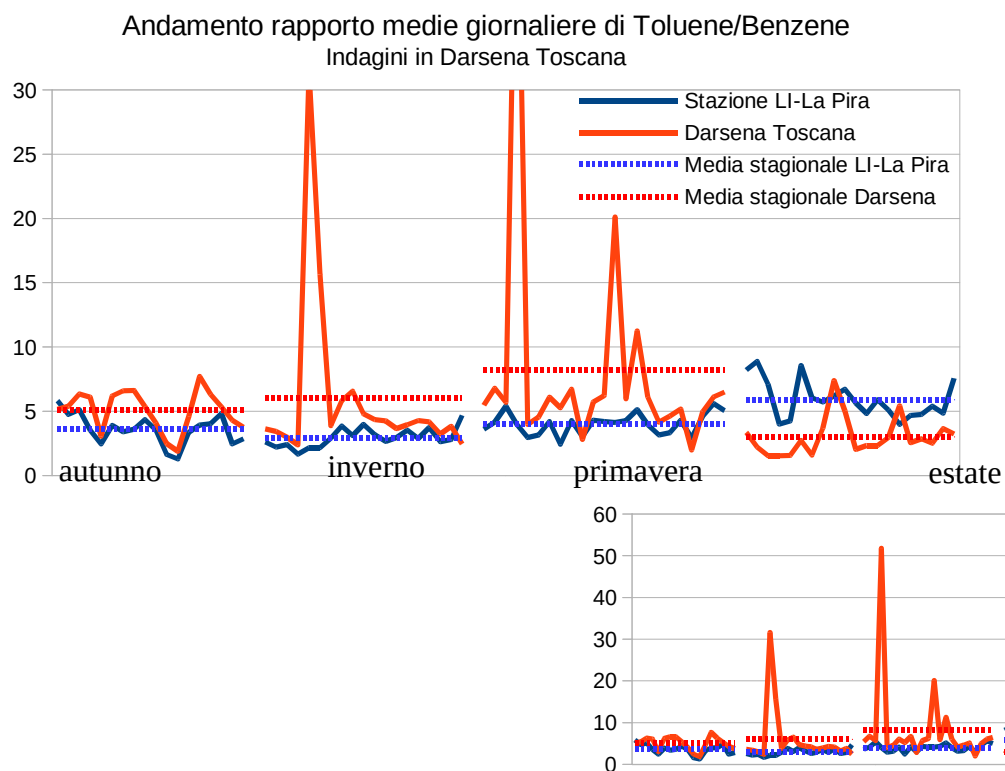
Riassunto per sito di indagine: **DARSENA TOSCANA**

Ad eccezione di alcuni picchi di concentrazione di toluene molto elevata, i rapporti tra medie di toluene e benzene nel sito portuale hanno oscillato intorno a valori di 4-5, mantenendosi superiori rispetto alla stazione di La Pira, eccetto che per il periodo estivo.

Presso il sito di Darsena Toscana, i rapporti medi stagionali tra medie giornaliere di toluene e di benzene sono stati compresi tra 3,0 e 8,2 mentre per la Pira tra 2,9 e 5,9. Per il sito Darsena i valori medi delle stagioni inverno e primavera sono stati fortemente influenzati da due picchi giornalieri di toluene, senza considerare i quali le medie sono nettamente inferiori.

Stagione	Rapporto medio toluene/benzene	
	Darsena Toscana	LI-La Pira
autunno	5,1	3,6
inverno	6,0	2,9
primavera	8,2	4,0
estate	3,0	5,9
inverno escluso picco del 16 gennaio che è pari a 31,6	4,6	-----
Primavera escluso picco del 9 maggio che è pari a 51,8	6,2	-----
Media annuale	5,6	4,1

**Tabella 4.9.2. rapporto tra toluene e benzene indagine Darsena Toscana e confronto con stazioni di RR**

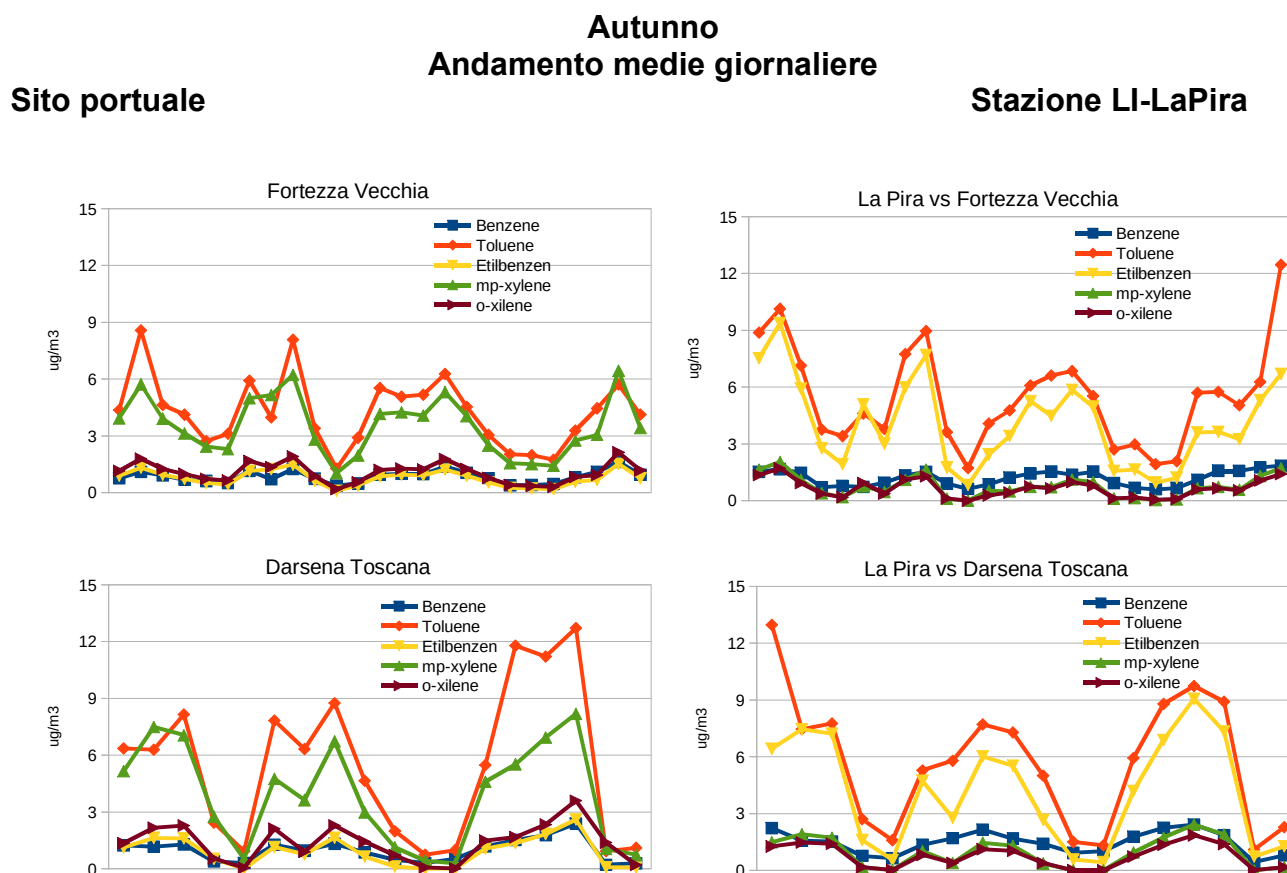


**Grafico 4.9.2. rapporto tra toluene e benzene indagine Darsena Toscana e confronto con stazioni di RR**

## 4.10. Altri derivati del benzene

Sono stati elaborati i dati relativi al toluene, mp-xilene, o-xilene, e-benzene e sono stati riportati stagione per stagione, per ciascuno dei due siti i profili dei grafici relativi alle medie giornaliere.

Andamenti delle medie giornaliere registrate dal mezzo mobile nei due siti di indagine in confronto con le medie registrate presso il sito di LI-LaPira nel solito periodo.



**Grafico 4.10.1. Andamento medie giornaliere BTX autunno**

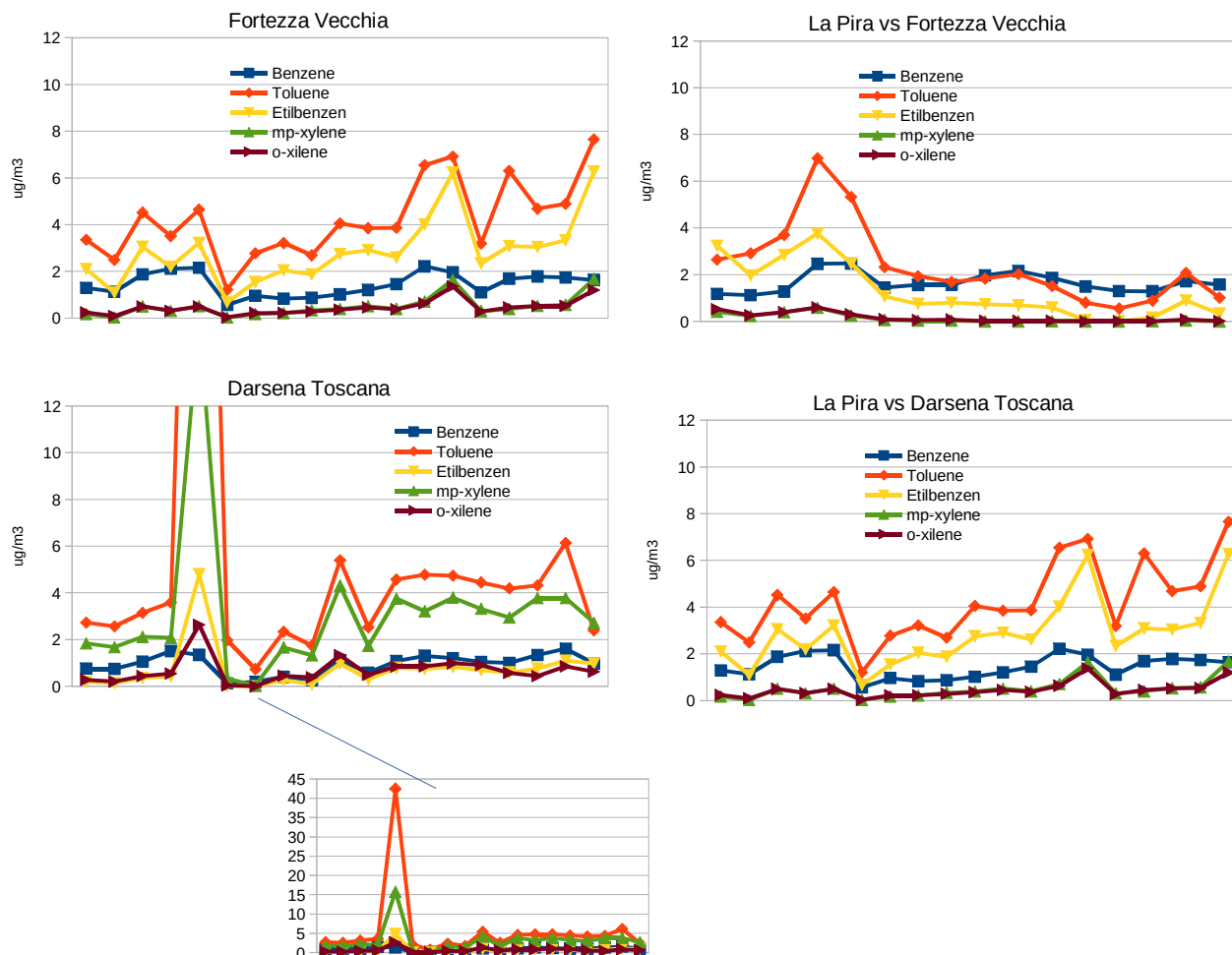
Dai valori medi giornalieri registrati durante le due indagini autunnali, presso il sito di indagine Fortezza Vecchia e a seguire presso il sito Darsena Toscana, si può notare che i valori medi non sono stati sostanzialmente diversi rispetto a quelli della stazione di rete regionale.



## Inverno Andamento medie giornaliere

Sito portuale

Stazione LI-LaPira



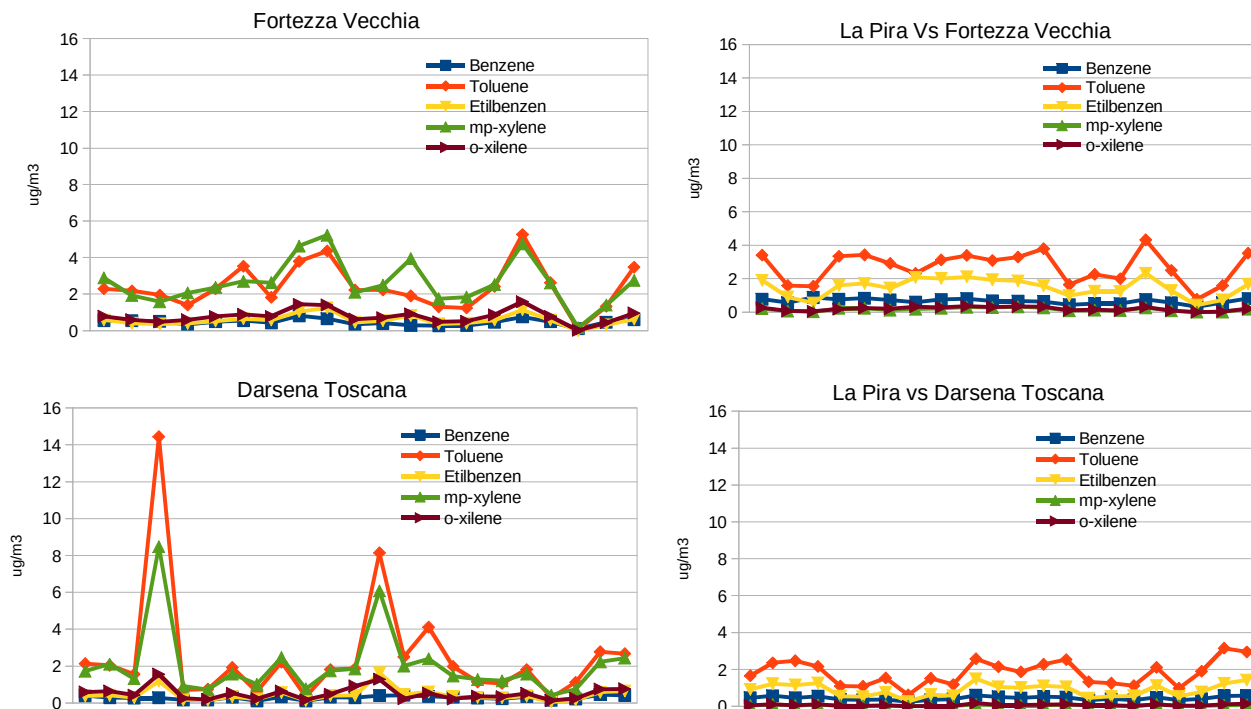
**Grafico 4.10.2. Andamento medie giornaliere BTX inverno**

Per quanto riguarda la stagione invernale, durante l'indagine in Fortezza Vecchia sono stati registrati valori generalmente molto contenuti ( $<2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ), fa eccezione un picco giornaliero di toluene che è stato registrato sia nel sito di indagine che nella stazione di rete regionale. Anche durante l'indagine in Darsena Toscana, nel sito portuale i valori medi giornalieri sono stati molto contenuti, con eccezione di un picco particolarmente elevato (in particolare di toluene e mp-xilena); presso la stazione di La Pira sono stati rilevati valori medi giornalieri generalmente più elevati rispetto al sito di indagine, ma non è stato registrato tale picco.

## Primavera Andamento medie giornaliere

**Sito portuale**

**Stazione LI-LaPira**



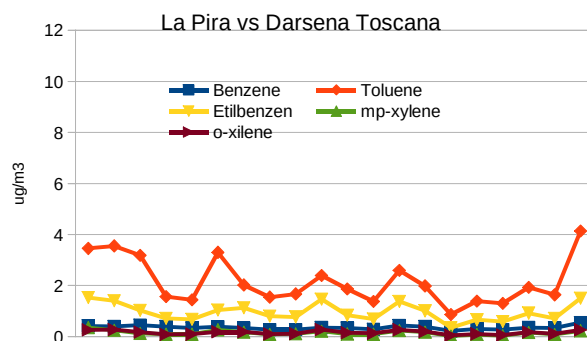
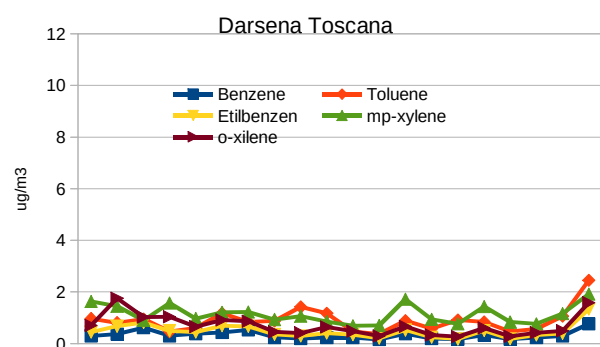
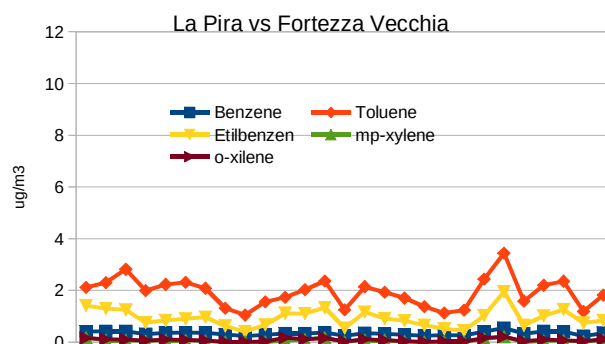
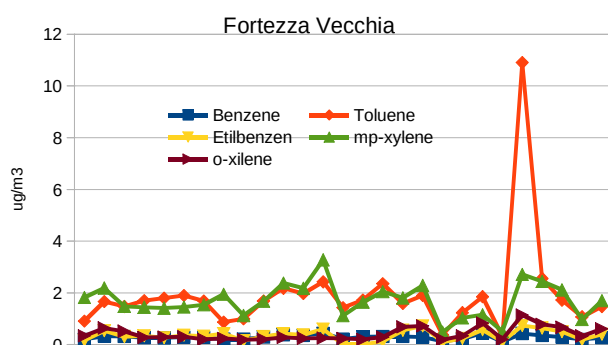
**Grafico 4.10.3. Andamento medie giornaliere BTX primavera**

L'indagine primaverile presso il sito Fortezza Vecchia, ho fornito come risultati medie giornaliere contenute, analogamente a quanto registrato dalla stazione di Li-La Pira. L'indagine in Darsena Toscana ha registrato un andamento discontinuo delle medie giornaliere di toluene e mp-xilene, con picchi di rilievo. Questa situazione che ha caratterizzato il sito portuale non è stata riscontrata presso la stazione di Li-La Pira

## Estate Andamento medie giornaliere

### Sito portuale

### Stazione LI-LaPira



### Grafico 4.10.4. Andamento medie giornaliere BTX estate

Durante le due campagne estive i valori medi dei derivati del benzene si sono mantenuti molto bassi. E' stato rilevato solo un picco di toluene durante l'indagine a Fortezza Vecchia, che non è stato rilevato dalla stazione di rete regionale.

## **CONCLUSIONI**

Dalle elaborazioni dei dati relativi alla campagna effettuata in zona portuale di Livorno, è possibile concludere che lo stato attuale della qualità dell'aria è il seguente:

- i valori di PM10 giornalieri registrati in entrambi i siti hanno sempre rispettato il valore limite giornaliero per tutti i periodi di indagine, con la massima giornaliera registrata presso il sito Fortezza Vecchia pari a 46ug/m<sup>3</sup> e presso il sito Darsena Toscana pari a 47 ug/m<sup>3</sup>; analogamente i valori medi sono stati anche essi molto contenuti con media annuale di 23 ug/m<sup>3</sup> per il primo sito e pari a 25 ug/m<sup>3</sup> per il secondo; confrontando i valori registrati in zona portuale con i valori di PM10 delle stazioni di rete regionale che si trovano nel comune di Livorno si nota, che pur non differendo in modo sostanziale, i valori medi della zona portuale aumentano rispetto alle altre stazioni passando dal periodo invernale al periodo primaverile ed estivo, per entrambi i siti.
- I valori di PM2,5 registrati in entrambi i siti sono stati contenuti per tutti i periodi di indagine, con la massima giornaliera registrata presso il sito Fortezza Vecchia pari a 34 ug/m<sup>3</sup> e presso il sito Darsena Toscana pari a 33 ug/m<sup>3</sup>; i valori medi sono stati anche essi molto contenuti con media annuale di 13 ug/m<sup>3</sup> per il primo sito e pari a 14 ug/m<sup>3</sup> per il secondo; confrontando i valori registrati in zona portuale con i valori di PM2,5 delle stazioni di rete regionale che si trovano nel comune di Livorno, si nota che anche per il PM2,5 passando dal periodo invernale al periodo primaverile ed estivo le concentrazioni medie diventano leggermente più elevate nei siti della zona portuale rispetto alle altre stazioni.
- Per quanto riguarda il biossido di azoto, anche per questo inquinante i valori registrati in entrambi i siti della zona portuale sono stati contenuti con massime orarie pari a 105 ug/m<sup>3</sup> in Fortezza Vecchia e pari a 104 ug/m<sup>3</sup> in Darsena Toscana. I valori medi annuali sono stati rispettivamente pari a 22 ug/m<sup>3</sup> e 25 ug/m<sup>3</sup>. Rispetto ai valori misurati dalla stazioni di rete regionale, i valori di NO<sub>2</sub> che caratterizzano la zona portuale sono molto simili ai valori di fondo per le stagioni autunno ed inverno mentre nelle stagioni primaverile ed estiva aumentano leggermente con valori più vicini alla stazione di traffico.
- I valori di monossido di carbonio registrati in entrambi i siti sono stati molto contenuti per tutte le stagioni con valori nettamente inferiori a quelli della stazioni di traffico della rete regionale.
- Per quanto riguarda il biossido di zolfo, i valori medi registrati in entrambi i siti della zona portuale sono stati molto contenuti con media annuale pari a 3 ug/m<sup>3</sup> per entrambi i siti; le medie giornaliere non hanno registrato valori degni di nota con massima pari a 14 ug/m<sup>3</sup> per il sito Fortezza Vecchia e pari a 11 ug/m<sup>3</sup> per il sito Darsena Toscana; relativamente ai valori medi orari invece è stata rilevata la sporadica presenza di picchi di SO<sub>2</sub> degni di rilievo, che si sono verificati sia nel sito Fortezza Vecchia (massima oraria pari a 104 ug/m<sup>3</sup>) sia nel sito Darsena Toscana (massima oraria pari a 74 ug/m<sup>3</sup>), questi picchi di concentrazione non sono stati registrati dalla stazione di rete regionale. I valori di concentrazione media giornaliera di SO<sub>2</sub> della zona portuale non sembrano avere correlazione con i valori della stazione di rete regionale.
- Per quanto riguarda l'ozono, la situazione che è stata registrata in zona portuale è in linea con la panoramica della regione (nel comune di Livorno non ci sono siti di misura per l'ozono di rete regionale), i valori medi orari massimi sono stati

ampiamente inferiori ai valori soglia e le medie trascinate sulle 8 ore hanno superato il valore obiettivo soltanto in episodi rari ed isolati avvenuti nei periodi di maggiore irradiazione solare.

- I valori di benzene che sono stati registrati presso i due siti portuali hanno mostrato il pieno rispetto della normativa con valori medi dell'intero periodo, pari a 0,7 ug/m<sup>3</sup> per il sito Fortezza Vecchia e pari a 0,6 ug/m<sup>3</sup> per il sito Darsena Toscana. La situazione monitorata è stata caratterizzata dalla totale assenza di picchi orari (massime orarie rispettivamente pari a 4,9 e 5,7 ug/m<sup>3</sup>), e da valori di benzene inferiori a quelli della stazione di RR per autunno, inverno e primavera, simili per il periodo estivo.
- Per quanto riguarda il toluene i valori medi registrati in entrambi i siti della zona portuale sono stati contenuti con media annuale pari a 2,7 ug/m<sup>3</sup> per Fortezza Vecchia e pari a 3,6 per Darsena Toscana. Per questo parametro sono stati registrati alcuni sporadici picchi orari di toluene che in Fortezza ha raggiunto il valore massimo di 139,8 ug/m<sup>3</sup> ed in Darsena Toscana di 315,6 ug/m<sup>3</sup>. I picchi sono stati di breve durata e non sono stati rilevati contemporaneamente dalla stazione di rete regionale
- Oltre al benzene ed al toluene sono stati analizzati mp-xilene, o-xilene, e-benzene con risultati che hanno mostrato una situazione caratterizzata da valori di concentrazione generalmente bassi, in corrispondenza dei picchi orari di toluene registrati in zona portuale si nota un aumento della concentrazione di mp-xilene. Questo fenomeno non è stato rilevato presso la stazione di rete regionale.

In allegato è stata effettuata l'analisi dei dati relativi alla media oraria e al massimo all'interno dell'ora degli inquinanti di origine principalmente primaria (NO, SO<sub>2</sub>, benzene) registrati nel corso delle campagne effettuate in relazione alle caratteristiche dei venti prevalenti registrati in corrispondenza ad essi. L'analisi ha avuto l'obiettivo di individuare eventuali corrispondenze tra i livelli di concentrazione "anomali" (outlier) e la corrispondente direzione di vento prevalente.

Nel caso del sito di monitoraggio di Fortezza vecchia si è potuto osservare che:

- per il monossido di azoto (NO) e il biossido di zolfo (SO<sub>2</sub>), sia per le medie che per i massimi all'interno dell'ora, gli outlier vengono rilevati generalmente in corrispondenza di direzioni di vento prevalenti provenienti dai settori di ovest con variazioni tra NNO e S/SSO a seconda del periodo.

Fanno eccezione le campagne autunnale e invernale nel corso delle quali si osservano valori "anomali" prevalentemente in corrispondenza dei settori di vento NNE-ENE; questo diverso comportamento della distribuzione dei dati potrebbe essere imputabile al fatto che, in tali periodi, sono stati registrati venti con direzione prevalente NNE-ENE e intensità mediamente elevate (superiori, in media, a 3 m/s)

- per il benzene (C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>) si osserva, invece, un diverso comportamento tra la distribuzione degli outlier relativi alle medie orarie e quelli dei massimi all'interno dell'ora.

Nel caso delle medie orarie gli outlier vengono rilevati, generalmente, in corrispondenza di direzioni di vento prevalenti provenienti dai settori di Est con variazioni tra NNE e ENE a seconda del periodo.

Nel caso dei massimi all'interno dell'ora, invece, i livelli di concentrazione "anomali" non vengono generalmente rilevati in corrispondenza di specifiche direzioni di vento prevalenti; fa eccezione la campagna condotta durante il periodo invernale. In questo caso, infatti, gli

outliers si concentrano principalmente in corrispondenza dei settori di vento compresi tra Nord ed Est; a tale proposito si osserva che in tale periodo sono stati rilevati venti provenienti da questi settori con intensità anche superiore a 6 m/s.

Nel caso del sito di monitoraggio di Darsena toscana ovest si è potuto osservare che:

- per il monossido di azoto (NO) e il biossido di zolfo (SO<sub>2</sub>), sia per le medie che per i massimi orari, gli outlier vengono rilevati prevalentemente in corrispondenza dei settori compresi tra le direzioni Nord e Est. Per il periodo autunnale e invernale si possono osservare outliers anche in corrispondenza dei settori di Ovest; a tale proposito si osserva che, in particolare durante la campagna invernale, sono stati rilevati venti provenienti dai settori di Ovest con intensità anche superiore a 6 m/s. Gli eventi osservati in corrispondenza di tali settori sono stati registrati tutti tra il 7 e l'8 dicembre 2017, in particolare tra le ore 12 e le 14 del primo giorno e nel corso della mattinata del giorno successivo fino alle ore 14.
- per il benzene (C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>) si osserva, invece, un diverso comportamento tra la distribuzione degli outlier relativi alle medie orarie e quelli dei massimi all'interno dell'ora.

Nel caso delle medie orarie gli outlier vengono rilevati, generalmente, in corrispondenza di direzioni di vento prevalenti provenienti dai settori di Est con variazioni tra NNE e ENE a seconda del periodo. Per il sito di Darsena toscana si rilevano alcuni outlier anche per le direzioni di vento provenienti dai settori Ovest.

Nel caso dei massimi all'interno dell'ora, invece, i livelli di concentrazione "anomali" non vengono generalmente rilevati in corrispondenza di specifiche direzioni di vento prevalenti; fa eccezione la campagna condotta durante il periodo invernale. In questo caso, infatti, gli outliers si concentrano principalmente in corrispondenza dei settori di vento compresi tra Nord ed Est; a tale proposito si osserva che in tale periodo sono stati rilevati venti provenienti da questi settori con intensità anche superiore a 6 m/s.