



## ***“Accordo per la gestione del Centro del Telerilevamento delle emissioni nel sistema produttivo del Comprensorio del Cuoio”***

Campagne indicative di rilevamento con  
Autolaboratorio-CJ845CC

Periodo:  
3 dicembre 2016 – 28 novembre 2017

**Settore “Centro regionale per la tutela  
della qualità dell’aria”**

Pisa, giugno 2018

REPORT





## PROVINCIA DI PISA

### RELAZIONE CAMPAGNE DI RILEVAMENTO INDICATIVE CON MEZZO MOBILE N° 3

- 1) San Miniato (PI) – Fraz. Ponte a Egola, Via della Tecnica
- 2) Santa Croce sull'Arno - Via delle Querce Rosse angolo via San Tommaso
- 1) Montopoli in Val d'Arno (PI) – Fraz. San Romano, Via Sandro Pertini
- 3) Fucecchio (FI) – Via dei Cerchi

A cura di:

Bianca Patrizia Andreini

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

ARPAT – Area Vasta “Toscana Costa”

Autori:

Dennis Dalle Mura, Roberto Fruzzetti

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

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

*Si ringraziano i colleghi del Dipartimento di Pisa presso la sede di San Romano - Montopoli in Val d'Arno per il supporto logistico.*

Area Vasta ARPAT Toscana Costa  
via Marradi, 114 - 57126 Livorno  
tel. 055.32061, fax 055.5305615 - p.iva 04686190481  
[www.arpat.toscana.it](http://www.arpat.toscana.it) - [urp@arpat.toscana.it](mailto:urp@arpat.toscana.it) - PEC: [arpat.protocollo@postacert.toscana.it](mailto:arpat.protocollo@postacert.toscana.it)

## Sintesi

Le quattro campagne indicative di indagine di qualità dell'aria svolte con il Laboratorio mobile regionale targato CJ845 CC tra il dicembre 2016 e la fine di novembre del 2017, analogamente a quanto fatto nei due anni precedenti in altrettante postazioni di monitoraggio, restituiscono un quadro abbastanza esaustivo della situazione esistente nel Comprensorio del Cuoio in relazione ai parametri monitorati, NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, PM 10, PM 2,5 e H<sub>2</sub>S.

Come per la precedente indagine, la presente ha restituito indicatori, che, per quanto attiene NO<sub>2</sub> e SO<sub>2</sub>, rispettano ampiamente le soglie e i valori limite previsti dalla normativa vigente in materia di qualità dell'aria (D.Lgs. 155/2010) per la protezione della salute umana.

I valori delle medie di campagna di PM 10 per ogni postazione rispettano il valore limite per questo indicatore. Si nota che il valore medio su base annuale della campagna di Santa Croce via delle Querce Rosse supera del 20% l'indicatore media annuale 2017 del sito fisso regionale di riferimento di PI-Santa Croce Coop: 30 µg/m<sup>3</sup> contro i 25 µg/m<sup>3</sup>. Tuttavia analizzando i valori delle medie sullo stesso periodo delle due postazioni (Santa Croce via delle Querce Rosse e PI-Santa Croce Coop), tale media supera solo del 3% il rispettivo indicatore medio del sito fisso (30 µg/m<sup>3</sup> contro 29 µg/m<sup>3</sup>). Si osserva che sono stati riscontrati superamenti del VL giornaliero in tutti i siti di monitoraggio, anche se a Fucecchio l'unico valore al di sopra del VL giornaliero è risultato pari a 52 µg/m<sup>3</sup>.

Per quanto riguarda i siti oggetto delle campagne indicative, il valore riferito al 90,4° percentile è superiore a 50 µg/m<sup>3</sup> a Santa Croce via delle Querce Rosse (58 µg/m<sup>3</sup>), ma nello stesso periodo il valore riferito al 90,4° percentile nel sito di riferimento (PI- S.Croce Coop) era 61 µg/m<sup>3</sup> e in questo sito non si è comunque avuto il superamento del valore limite giornaliero su base annuale. Quindi non è possibile concludere con questa numerosità di dati che nella postazione di Santa Croce via delle Querce Rosse si verifichi il superamento dell'indicatore in questione su base annuale. Dall'analisi dei dati di tutte le campagne dal 2010 ad oggi si può quindi ancora affermare che il sito di PI-Santa Croce "Coop" preso a riferimento fornisce valori di indicatori cautelativi e rappresentativi per l'area del Comprensorio.

Per quanto riguarda il PM<sub>2,5</sub>, non si rilevano criticità e si evidenzia una buona coerenza con i risultati annuali 2017 della stazione di rete regionale LU-Capannori, almeno in tre siti su quattro, solo per quanto concerne i valori medi sugli stessi periodi di monitoraggio. Per quanto riguarda la frazione percentuale (%) PM<sub>2,5</sub>/PM<sub>10</sub>, solo la postazione di Fucecchio ha fatto registrare valori più simili a quelli della stazione regionale di PI-Passi.

In sostanza, si può affermare che il sito preso a riferimento di PI-Santa Croce "Coop" rappresenta il territorio preso in esame per il Biossido di Azoto e il PM<sub>10</sub>, mentre si può affermare che, a differenza degli anni precedenti, per il PM<sub>2,5</sub> la stazione di LU-Capannori sia quella che meglio rappresenta il contesto del Comprensorio.

L'Acido solfidrico (H<sub>2</sub>S) è sicuramente l'inquinante più caratterizzante il territorio: si evidenziano criticità nella postazione "urbana industriale" di San Miniato, con superamenti della soglia olfattiva di 7 µg/m<sup>3</sup> che si sono verificati per più del 25% del tempo su base annuale con probabile formazione di maleodoranze locali. Anche nel sito di Santa Croce via delle Querce Rosse sono stati riscontrati superamenti della soglia olfattiva per più del 13% del tempo e un valore massimo orario di 91 µg/m<sup>3</sup>. I diagrammi polari (dati medi orari di direzione del vento (DV) messi in relazione con i corrispondenti valori medi orari di concentrazione di H<sub>2</sub>S) forniscono indicazioni sul posizionamento delle fonti di Acido solfidrico rispetto al punto di misura in particolare nei siti di Ponte a Egola e Santa Croce via delle Querce Rosse .

# SOMMARIO

1. INTRODUZIONE.....	5
2. DESCRIZIONE DEI SITI DI MISURA.....	6
3. L'AUTOLABORATORIO CJ845CC.....	12
4. LIMITI NORMATIVI.....	13
5. RISULTATI.....	16
5.1 STANDARDIZZAZIONE.....	16
5.2 VALORI DEGLI INDICATORI.....	16
5.2.1 <i>Biossido di Azoto (NO<sub>2</sub>)</i> .....	18
5.2.2 <i>Biossido di Zolfo (SO<sub>2</sub>)</i> .....	21
5.2.3 <i>Polveri PM10</i> .....	24
5.2.4 <i>Polveri PM2,5</i> .....	34
5.2.5 <i>Acido solfidrico (H<sub>2</sub>S)</i> .....	38
5.2.5.1 <i>Analisi statistica delle misure di <a href="#">H<sub>2</sub>S</a></i> .....	45
5.2.5.2 <i>Diagrammi polari per le misure di <a href="#">H<sub>2</sub>S</a></i> .....	51
CONCLUSIONI.....	55
ALLEGATO A: DATI METEOROLOGICI.....	57
ALLEGATO B: GIORNO TIPO DEL BIOSSIDO DI AZOTO (INVERNO / ESTATE).....	67
ALLEGATO C: TEST DI CORRELAZIONE DI PEARSON – DEFINIZIONE.....	71

# 1. INTRODUZIONE

Le campagne di misura condotte con il Mezzo mobile possono assumere una duplice funzione a seconda della zona di collocazione:

- Forniscono dati integrativi della rete di monitoraggio della Qualità dell'Aria;
- Definiscono situazioni ambientali non ancora sottoposte ad indagini che su tempi lunghi potrebbero determinare un superamento degli standard di Q.A. a causa di fattori locali (incidenza di industrie, alti flussi di traffico, condizioni meteorologiche sfavorevoli, etc.)

La presente relazione illustra l'attività dell'Autolaboratorio-CJ845CC (definito MM 3) della Regione Toscana relativa al periodo dicembre 2016 - novembre 2017, nel contesto del protocollo di "Accordo per la gestione del Centro del Telerilevamento delle emissioni nel sistema produttivo del comprensorio del cuoio" stabilito tra Regione, ARPAT e la Provincia di Pisa, di concerto con i Comuni facenti parte del "Comprensorio del Cuoio" e aderenti all'iniziativa, e definito dalla DGR n. 719 del 02/09/2013.

Ciascuna delle quattro indagini, ricompresa nella presente relazione, può essere assimilata a una "misurazione indicativa" di qualità dell'aria, come previsto dal D.Lgs. N° 155/2010 e s.m.i.

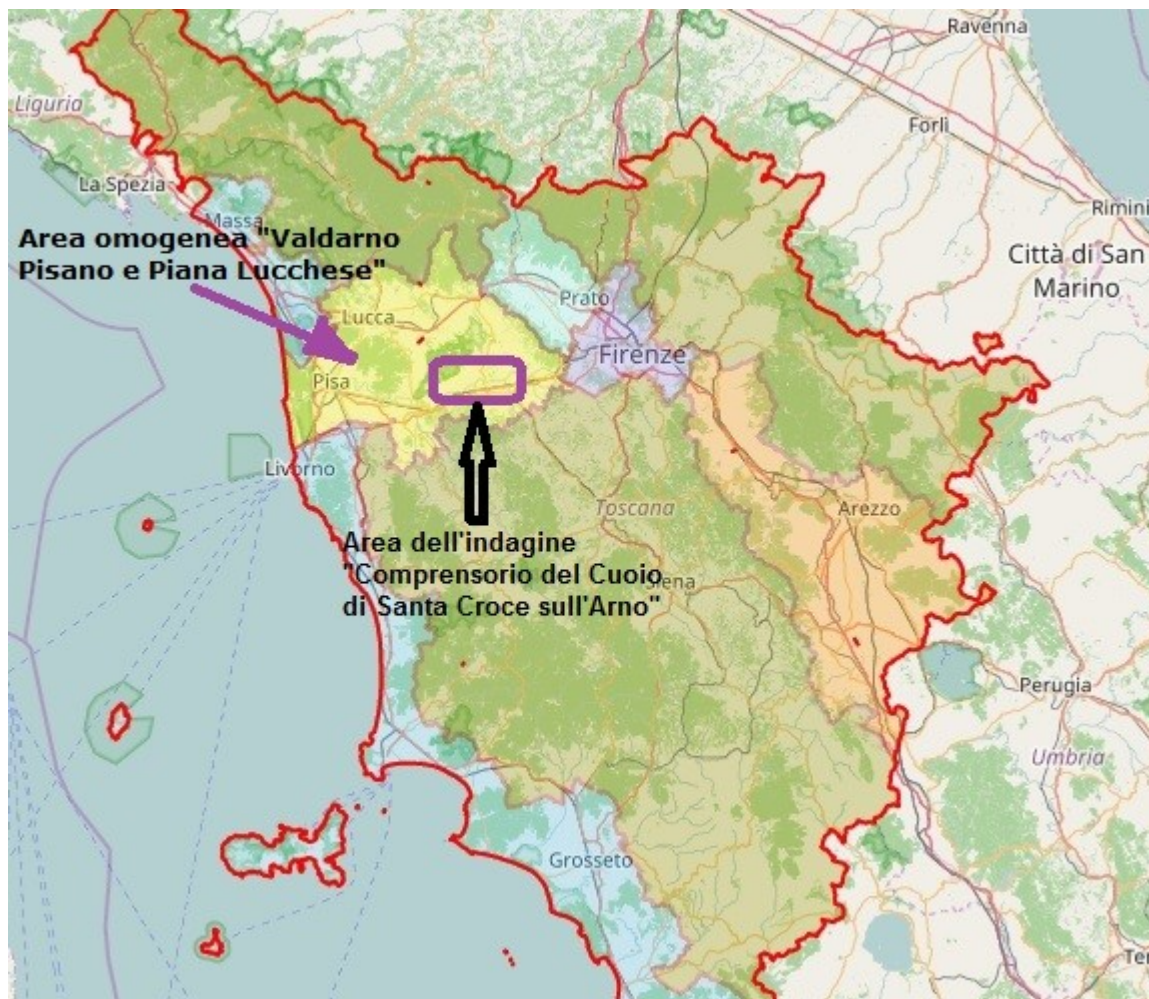
Il processo di monitoraggio della qualità dell'aria è inserito nel sistema di gestione per la qualità di ARPAT mediante il documento di processo DP SGQ.099.016 "Monitoraggio della qualità dell'aria mediante reti di rilevamento". Tale sistema di gestione di ARPAT è certificato dal RINA con registrazione n° 32671/15/S secondo le UNI EN ISO 9001:2015. Pertanto, tutti i dati misurati dal laboratorio mobile, sono stati acquisiti, elaborati e validati secondo le procedure disciplinate dal suddetto documento.

## 2. DESCRIZIONE DEI SITI DI MISURA

I siti in cui sono state condotte le misure con l'utilizzo del Mezzo mobile n° 3 si trovano nel cosiddetto Comprensorio del Cuoio, in particolare in postazioni facenti parte dei comuni di San Miniato (PI), Santa Croce sull'Arno (PI), Montopoli in Val d'Arno (PI) e Fucecchio (FI).

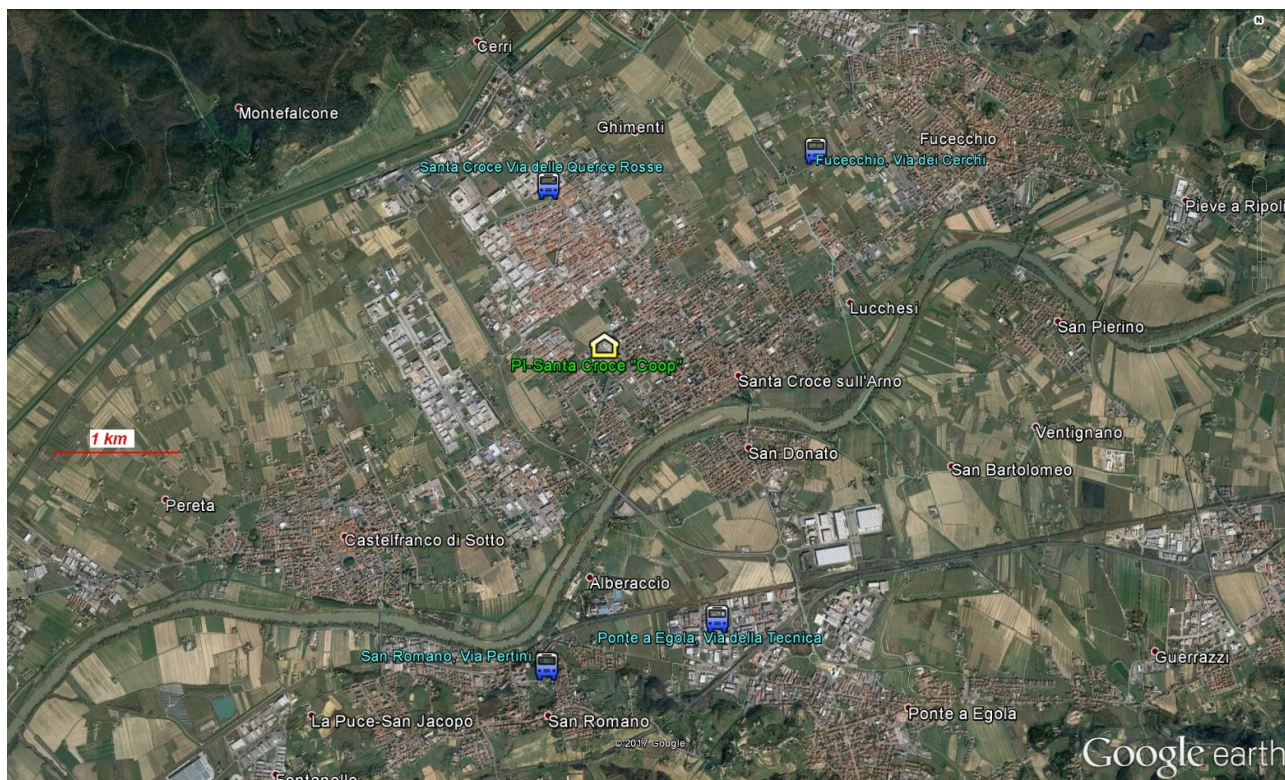
I punti di misura, le tipologie del sito e le localizzazioni rispetto alla stazione di monitoraggio regionale di PI-Santa Croce "Coop" sono i seguenti:

- 1) San Miniato – frazione di Ponte a Egola, Via della Tecnica, sito “urbano – industriale”, distante 2,3 km in direzione SSE;
- 2) Santa Croce sull'Arno – Via delle Querce Rosse, sito “urbano – industriale”, distante 1,3 km in direzione NNO;
- 3) Montopoli in Val d'Arno – frazione di San Romano, Via Sandro Pertini; sito “urbano – fondo” distante 2,5 km in linea d'aria in direzione Sud dal sito regionale;
- 4) Fucecchio (FI) – Via dei Cerchi, “suburbano – fondo”, 2,5 km in direzione NE;



**Figura 2.1** Mappa della zonizzazione della Toscana con individuazione dell'area di indagine e indicazione dell'Area omogenea di interesse (Valdarno Pisano e Piana Lucchese)

**Immagine 2.2** Mappa dell'area di indagine con indicazione dei siti di misura e del sito fisso di PI-Santa Croce "Coop"



**Immagine 2.3** Mezzo Mobile 3 a San Miniato – fraz. Ponte a Egola – Via della Tecnica (vista da Nord-Ovest)



**Immagine 2.3.bis** Contesto ambientale del sito “Urbano – Industriale” ubicato nel Comune di San Miniato



**Immagine 2.4** Mezzo Mobile 3 a Santa Croce sull'Arno – Via delle Querce Rosse (vista da Sud)



**Immagine 2.4.bis** Contesto del sito “Urbano – Industriale” ubicato nel Comune di Santa Croce sull'Arno



**Immagine 2.5** Mezzo Mobile 3 a Montopoli in Val d'Arno – Via Sandro Pertini – San Romano (vista da Sud-Est)



**Immagine 2.5.bis** Contesto ambientale del sito “Urbano - Fondo” ubicato nel Comune di Montopoli in Val d’Arno



**Immagine 2.6** Mezzo Mobile 3 a Fucecchio – Via dei Cerchi (vista da Sud-Ovest)



**Immagine 2.6.bis** *Contesto ambientale del sito “Suburbano – Fondo” ubicato nel Comune di Fucecchio (FI)*



### 3. AUTOLABORATORIO CJ845CC (EX LABORATORIO MOBILE N° 3)

Nella tabella 3.1 è fornita una descrizione degli inquinanti monitorati dall'autolaboratorio:

**Tabella 3.1** – Inquinanti monitorati.

SO <sub>2</sub> /H <sub>2</sub> S	NO <sub>x</sub>	PM10	PM2,5
x	x	x	x

NO<sub>x</sub> = ossidi di azoto totali, ovvero monossido di azoto (NO) e biossido di azoto (NO<sub>2</sub>)

SO<sub>2</sub> = biossido di zolfo

H<sub>2</sub>S = acido solfidrico

PM10 = polveri con diametro aerodinamico inferiore a 10 micrometri

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

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

**Tabella 3.2** – Caratteristiche tecniche degli strumenti installati

Inquinante	Marca modello	Principio Metodo	Limite Rilevabilità	Precisione
SO <sub>2</sub> /H <sub>2</sub> S	API 101A	Fluorescenza	2,6 µg/m <sup>3</sup> (come SO <sub>2</sub> )	Al 20% del campo di misura ≤ 1,6 µg/m <sup>3</sup> All'80% del campo di misura ≤ 6 µg/m <sup>3</sup>
NO <sub>x</sub>	API 200A	Chemiluminescenza	0,7 µg/m <sup>3</sup>	0,5% della lettura
PM10/PM2,5	FAI Hydra Dual Channel	Campionamento gravimetrico su membrane filtranti	---	---

Sul Laboratorio mobile CJ845CC sono installati anche i sensori per la misura della velocità del vento (VV) e per la determinazione della provenienza dei fenomeni ventosi (DV).

## 4. LIMITI NORMATIVI

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

**Tabella 4.1** BIOSSIDO DI AZOTO – normativa e limiti  
(paragrafo 1 allegato XI D.Lgs. 155/2010 e paragrafo 1 allegato XII D.Lgs. 155/2010 – punto B Allegato XI, punto A Allegato XII ed Allegato XIII Direttiva 2008/50/CE)

	<b>Periodo di mediazione</b>	<b>Valore limite</b>
Valore limite orario per la protezione della salute umana.	<b>1 ora</b>	200 µg/m <sup>3</sup> NO <sub>2</sub> da non superare più di 18 volte per l'anno civile.
Valore limite annuale per la protezione della salute umana	<b>Anno civile</b>	40 µg/m <sup>3</sup> NO <sub>2</sub>
Soglia di allarme	<b>Anno civile Superamento di 3 ore consecutive</b>	400 µg/m <sup>3</sup> NO <sub>2</sub>

**Tabella 4.2** BLOSSIDO DI ZOLFO – normativa e limiti

(paragrafi 1, 3 allegato XI D.Lgs. 155/2010 e paragrafo 1 allegato XII D.Lgs. 155/2010 - punto B Allegato XI, punto A Allegato XII ed Allegato XIII Direttiva 2008/50/CE)

	<b>Periodo di mediazione</b>	<b>Valore limite</b>
Valore limite orario per la protezione della salute umana.	<b>1 ora</b>	350 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ da non superare più di 24 volte per l'anno civile.
Valore limite di 24 ore per la protezione della salute umana	<b>24 ore</b>	125 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ da non superare più di 3 volte per anno civile
Livello critico per la protezione della vegetazione	<b>Anno civile</b>	20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Livello critico per la protezione della vegetazione	<b>Livello critico invernale (1 ottobre – 31 marzo)</b>	20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Soglia di allarme	<b>Anno civile Superamento di 3 ore consecutive</b>	500 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

**Tabella 4.3** MATERIALE PARTICOLATO PM10 – normativa e limiti

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

	<b>Periodo di mediazione</b>	<b>Valori limite</b>
Valore limite di 24 ore per la protezione della salute umana	<b>24 ore</b>	50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ PM10 da non superare più di 35 volte per anno civile
Valore limite annuale per la protezione della salute umana	<b>Anno civile</b>	40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ PM10

**Tabella 4.4** MATERIALE PARTICOLATO PM<sub>2,5</sub> – normativa e limiti  
(paragrafo 1 allegato XI D.Lgs. 155/2010 - punto D Allegato XIV Direttiva 2008/50/CE)

	Periodo di mediazione	Valori limite
Valore limite annuale per la protezione della salute umana	Anno civile	25 µg/m <sup>3</sup> PM <sub>2,5</sub> (in vigore dal 1° gennaio 2015)

Nonostante la normativa vigente non preveda prescrizioni per il parametro H<sub>2</sub>S, in tabella 4.5 sono riportate le soglie indicate dall'Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS).

**Tabella 4.5** ACIDO SOLFIDRICO – soglie dell'OMS (o WHO) <sup>(1)</sup>

Tipologia di soglia	Periodo di mediazione	Valore
Soglia per inquinamento olfattivo	Mezz'ora	7 µg/m <sup>3</sup>
Soglia per la tutela sanitaria	24 ore	150 µg/m <sup>3</sup>
Soglia per protezione della vegetazione	1 ora	40 µg/m <sup>3</sup>

(1) WHO Air Quality guidelines for Europe, 2<sup>a</sup> edizione. Anno 2000

## 5. RISULTATI

Tra il dicembre 2016 e il novembre 2017, sono state svolte quattro campagne indicative in quattro diversi siti nell'ambito del Comprensorio del Cuoio; in particolare sono state condotte indagini di qualità dell'aria nei territori comunali di:

- San Miniato, frazione di Ponte a Egola, Via della Tecnica;
- Santa Croce sull'Arno, Via delle Querce Rosse angolo via San Tommaso;
- Montopoli in Val d'Arno, frazione di San Romano, Via Sandro Pertini;
- Fucecchio (FI), via dei Cerchi.

Gli intervalli di misura degli inquinanti gassosi in ciascuna stagione per ogni postazione sono riassunti nella seguente tabella:

SQ2-H2S-NO2		INVERNO			PRIMAVERA			ESTATE			AUTUNNO			Totale Giorni campionamento	Totale Ore teoriche campionamento
Comune	Ubicazione	Inizio	Fine	n. giorni	Inizio	Fine	n. giorni	Inizio	Fine	n. giorni	Inizio	Fine	n. giorni		
San Miniato	Via della Tecnica – Ponte a Egola	3-dic-16	20-dic-16	18	4-mar-17	21-mar-17	18	5-giu-17	22-giu-17	18	1-set-17	18-set-17	18	72	1728
Santa Croce sull'Arno	Via delle Querce Rosse	23-dic-16	9-gen-17	18	23-mar-17	9-apr-17	18	24-giu-17	11-lug-17	18	23-set-17	10-ott-17	18	72	1728
Montopoli Valdarno	Via Sandro Pertini – San Romano	11-gen-17	28-gen-17	18	14-apr-17	1-mag-17	18	17-lug-17	3-ago-17	18	15-ott-17	1-nov-17	18	72	1728
Fucecchio	Via dei Cerchi	4-feb-17	21-feb-17	18	5-mag-17	22-mag-17	18	5-ago-17	22-ago-17	18	11-nov-17	28-nov-17	18	72	1728

I periodi dedicati al campionamento del particolato atmosferico PM10 e PM2,5 sono illustrati nella tabella seguente:

		INVERNO			PRIMAVERA			ESTATE			AUTUNNO			Totale Giorni campionamento
Comune	Ubicazione	Inizio	Fine	n. giorni	Inizio	Fine	n. giorni	Inizio	Fine	n. giorni	Inizio	Fine	n. giorni	
San Miniato	Via della Tecnica – Ponte a Egola	3-dic-16	17-dic-16	15	4-mar-17	17-mar-17	14	7-giu-17	21-giu-17	15	2-set-17	17-set-17	16	60
Santa Croce sull'Arno	Via delle Querce Rosse	23-dic-16	6-gen-17	15	24-mar-17	04/04/2017+7-8/04/2017	14	24-giu-17	8-lug-17	15	23-set-17	7-ott-17	15	59
Montopoli Valdarno	Via Sandro Pertini – San Romano	14-gen-17	28-gen-17	15	14-apr-17	28-apr-17	15	18-lug-17	1-ago-17	15	19-ott-17	1-nov-17	14	59
Fucecchio	Via dei Cerchi	4-feb-17	18-feb-17	15	5-mag-17	19-mag-17	15	5-ago-17	19-ago-17	15	14-nov-17	28-nov-17	15	60

### 5.1 Standardizzazione

Tutti i valori di concentrazione espressi in unità di massa ( $\mu\text{g}$  o  $\text{mg}$  per metro cubo d'aria ( $\text{m}^3$ )) sono riferiti ad una pressione di 101,3 kPa ed alla temperatura di 20° C (293 K), ad esclusione del materiale particolato PM10 e PM2,5, il cui volume di campionamento si riferisce alle condizioni ambiente in termini di temperatura e di pressione atmosferica alla data delle misurazioni.

### 5.2 Valori degli indicatori

Di seguito sono presi in considerazione i singoli inquinanti per ognuno dei quali sono riportati gli indici sintetici relativi al periodo di monitoraggio, nonché i corrispondenti limiti di riferimento previsti

dalla normativa vigente in materia di Qualità dell'Aria (D.Lgs. 155/2010 e s.m.i.).

I dati acquisiti nel corso delle campagne condotte con il Laboratorio mobile CJ845CC permettono di effettuare una trattazione in termini statistici, secondo quanto previsto dalla normativa per la qualità dell'aria, pertanto forniscono un quadro, limitato temporalmente, della situazione di inquinamento atmosferico relativa al sito in esame. I periodi indagati, per ciascuna indagine, hanno una durata di almeno due settimane per ogni stagione.

Per quanto riguarda i periodi di interesse, sono state considerate le stagioni meteorologiche, più precisamente per gli anni 2016 - 2017:

- inverno: 1° dicembre 2016 – 28 febbraio 2017;
- primavera: 1° marzo – 31 maggio 2017;
- estate: 1° giugno – 31 agosto 2017;
- autunno: 1° settembre – 30 novembre 2017.

#### **Il confronto con i limiti normativi è a tutti gli effetti valido ai sensi del D.Lgs. 155/2010**

I dati di SO<sub>2</sub> e H<sub>2</sub>S non sono utilizzabili per il confronto con i limiti di legge, dato che non soddisfano la raccolta minima dei dati sull'ora. L'analizzatore relativo, infatti, il Teledyne API 101A, effettua a intervalli di circa 15 minuti, misure singole di SO<sub>2</sub> e H<sub>2</sub>S.

Per completezza, ove possibile, è stato introdotto un confronto con le misure ottenute, sugli stessi periodi, presso la stazione di Rete Regionale denominata PI-Santa Croce-Coop, che si trova in posizione quasi baricentrica rispetto ai punti di misura dell'autolaboratorio CJ845CC.

Per il PM<sub>2,5</sub>, sono stati operati confronti con le centraline fisse di rete regionale di tipologia "Urbana - fondo" dell'area omogenea "Valdarno pisano e Piana lucchese" di cui l'area del Comprensorio del Cuoio fa parte: le stazioni suddette sono PI-Passi, che dista circa 30 km in direzione Ovest, e LU-Capannori, distante circa 20 km in direzione Nord-Ovest dall'area oggetto delle quattro campagne indicative.

*Il segno ( - ) presente in alcune tabelle riassuntive indica l'assenza di un limite di riferimento relativo alla normativa vigente.*

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

Tabella 5.2.1.a – Dati di NO<sub>2</sub> – indicatori annuali 2016-2017; confronto e variazioni percentuali delle medie con PI-Santa Croce Coop sugli stessi periodi di ciascuna campagna indicativa

NO2	CJ845CC	PI-Santa Croce Coop
<b>SAN MINIATO – fraz. Ponte a Egola, Via della Tecnica</b>		
Media delle medie orarie (µg/m <sup>3</sup> ) – variazione % rispetto a sito di rif.	24 (-8%)	26
Massima media oraria (µg/m <sup>3</sup> )	110 (15/03/2017 ore 21)	114 (10/03/2017 ore 19)
n. ore valide	1647	1636
% ore valide	95%	95%
n. ore con concentrazione maggiore di 200 µg/m <sup>3</sup>	0	0
<b>SANTA CROCE SULL'ARNO – Via delle Querce Rosse (angolo Via San Tommaso)</b>		
Media delle medie orarie (µg/m <sup>3</sup> ) – variazione % rispetto a sito di rif.	24 (-8%)	26
Massima media oraria (µg/m <sup>3</sup> )	98 (09/01/2017 ore 18)	125 (09/01/2017 ore 20)
n. ore valide	1652	1638
% ore valide	96%	95%
n. ore con concentrazione maggiore di 200 µg/m <sup>3</sup>	0	0
<b>MONTEPOLI IN VAL D'ARNO – fraz. San Romano, Via Sandro Pertini</b>		
Media delle medie orarie (µg/m <sup>3</sup> ) – variazione % rispetto a sito di rif.	19 (-27%)	26
Massima media oraria (µg/m <sup>3</sup> )	111 (27/01/2017 ore 22)	117 (11/01/2017 ore 19)
n. ore valide	1637	1642
% ore valide	95%	95%
n. ore con concentrazione maggiore di 200 µg/m <sup>3</sup>	0	0
<b>FUCECCHIO – Via dei Cerchi</b>		
Media delle medie orarie (µg/m <sup>3</sup> ) – variazione % rispetto a sito di rif.	19 (-21%)	24
Massima media oraria (µg/m <sup>3</sup> )	85 (15/02/2017 ore 20)	91 (15/02/2017 ore 21)
n. ore valide	1653	1656
% ore valide	96%	96%
n. ore con concentrazione maggiore di 200 µg/m <sup>3</sup>	0	0

Come si può rilevare dalla Tabella riassuntiva 5.2.1.a, i valori medi orari superano in sporadiche occasioni i 100 µg/m<sup>3</sup>, nelle campagne di San Miniato e Montopoli in Val d'Arno.

L'indicatore media sul periodo è sempre inferiore all'analogo indicatore calcolato sugli stessi periodi nel sito fisso di Santa Croce "Coop", che ha fatto segnare il valore medio orario più elevato nell'anno solare 2017 (cfr. Tabella 5.2.1.c: 125 µg/m<sup>3</sup>), valore al di sopra della metà del valore limite orario di 200 µg/m<sup>3</sup>.

I valori medi delle medie orarie sui periodi in ciascun sito si attestano sull'intervallo 19 - 24 µg/m<sup>3</sup>, al di sotto del valore medio annuale, riferito all'anno 2017, registrato nel sito fisso di Rete regionale preso a riferimento.

**Tabella 5.2.1.b – Dati di NO<sub>2</sub> - indicatori stagionali per ciascun sito di misura**

NO2	INVERNO	PRIMAVERA	ESTATE	AUTUNNO
<b>SAN MINIATO – fraz. Ponte a Egola, Via della Tecnica</b>				
Media delle medie orarie (µg/m <sup>3</sup> )	36	29	15	15
Massima media oraria (µg/m <sup>3</sup> )	103 (06/12/2016 ore 18)	110 (15/03/2017 ore 21)	54 (19/06/2017 ore 6)	58 (06/09/2017 ore 21)
n. ore valide	414	409	411	413
% ore valide	96%	95%	95%	96%
n. ore con concentrazione maggiore di 200 µg/m <sup>3</sup>	0	0	0	0
<b>SANTA CROCE SULL'ARNO – Via delle Querce Rosse (angolo Via San Tommaso)</b>				
Media delle medie orarie (µg/m <sup>3</sup> )	32	24	17	21
Massima media oraria (µg/m <sup>3</sup> )	98 (09/01/2017 ore 18)	72 (03/04/2017 ore 8)	43 (08/07/2017 ore 1)	53 (27/09/2017 ore 8)
n. ore valide	414	410	414	414
% ore valide	96%	95%	96%	96%
n. ore con concentrazione maggiore di 200 µg/m <sup>3</sup>	0	0	0	0
<b>MONTOPOLI IN VAL D'ARNO – fraz. San Romano, Via Sandro Pertini</b>				
Media delle medie orarie (µg/m <sup>3</sup> )	29	13	13	22
Massima media oraria (µg/m <sup>3</sup> )	111 (27/01/2017 ore 22)	45 (21/04/2017 ore 8)	50 (19/07/2017 ore 8)	68 (31/10/2017 ore 19)
n. ore valide	412	411	402	412
% ore valide	95%	95%	93%	95%
n. ore con concentrazione maggiore di 200 µg/m <sup>3</sup>	0	0	0	0
<b>FUCECCHIO – Via dei Cerchi</b>				
Media delle medie orarie (µg/m <sup>3</sup> )	25	13	10	26
Massima media oraria (µg/m <sup>3</sup> )	85 (15/02/2016 ore 20)	41 (05/05/2016 ore 20)	36 (09/08/2017 ore 8)	71 (22/11/2017 ore 22)
n. ore valide	413	414	414	412
% ore valide	96%	96%	96%	95%
n. ore con concentrazione maggiore di 200 µg/m <sup>3</sup>	0	0	0	0

**Tabella 5.2.1.c – Dati di NO<sub>2</sub> – indicatori annuali 2017 di PI-Santa Croce “Coop”**

<b>NO2 – INDICATORI ANNUALI 2017</b>	<b>PI-SC_Coop</b>
Media annuale (µg/m <sup>3</sup> )	25
Massima media oraria (µg/m <sup>3</sup> )	125 (09/01/2017 ore 20)
n. superamenti del VL giornaliero di 200 µg/m <sup>3</sup>	0

Come si evince dalla Tabella 5.2.1.b, i valori massimi orari, così come i valori medi stagionali per ciascun sito sono stati raggiunti in inverno, ad eccezione di San Miniato, che ha il valore massimo orario in primavera e di Fucecchio che registra il valore medio sul periodo più alto in autunno.

Il valore medio annuale e il valore massimo medio orario si sono registrati, su base 2017, nel sito di riferimento di PI-SC\_Coop.

In Allegato B alla presente relazione, vengono riportati i giorni-tipo di questo inquinante nei vari siti di misura, analizzando in particolare le stagioni che hanno più rilevanza: l'inverno, che fa registrare i valori mediamente più alti, e l'estate, che è caratterizzata dai valori normalmente più bassi, vista la stagionalità dell'inquinante. L'andamento tipico con due massimi (picchi a metà mattinata e a metà serata) è evidente nella sola stagione invernale, anche per quanto riguarda la preponderanza del massimo serale, attorno a 40 – 50 µg/m<sup>3</sup>, (Ponte a Egola fa registrare un massimo leggermente superiore ai 60 µg/m<sup>3</sup>), rispetto a quello mattutino che si assesta nell'intervallo 30 – 40 µg/m<sup>3</sup>. In estate, su tutti i siti si nota solo l'evidenza del picco mattutino (tipicamente nell'intervallo 18 – 30 µg/m<sup>3</sup>). Inoltre, mentre in inverno il valore massimo di concentrazione mattutino è attorno alle ore 9 – 10, in estate esso si assesta sulle ore 8.

Immagine 5.2.1.a – Mappa dei valori delle medie annuali di NO<sub>2</sub> nei vari siti di misura. Per PI-Santa Croce Coop è stata considerata la media annuale riferita all'anno 2017.



Immagine 5.2.1.b – Mappa dei valori delle massime medie orarie di NO<sub>2</sub> nei vari siti di misura. Per PI-Santa Croce Coop è stata considerata la massima media oraria riferita all'anno 2017.



## 5.2.2 Biossido di Zolfo (SO<sub>2</sub>)

Tabella 5.2.2.a – Dati di SO<sub>2</sub> – indicatori annuali 2016-2017; confronto con LU-Capannori sugli stessi periodi di ciascuna campagna indicativa

SO2	CJ845CC	LU-Capannori
<b>SAN MINIATO – fraz. Ponte a Egola, Via della Tecnica</b>		
Media delle medie orarie (µg/m <sup>3</sup> )	8	2
Massima media oraria (µg/m <sup>3</sup> )	65 (15/03/2017 ore 23)	7 (10/06/2017 ore 10)
Massima media giornaliera (µg/m <sup>3</sup> )	21 (15/03/2017)	3 (14/06/2017)
n. ore valide	1649	1650
% ore valide	95%	95%
n. giorni validi	72	71
% giorni validi	100%	99%
n. ore con concentrazione maggiore di 350 µg/m <sup>3</sup>	0	0
n. giorni con concentrazione maggiore di 125 µg/m <sup>3</sup>	0	0
<b>SANTA CROCE SULL'ARNO – Via delle Querce Rosse (angolo Via San Tommaso)</b>		
Media delle medie orarie (µg/m <sup>3</sup> )	4	1
Massima media oraria (µg/m <sup>3</sup> )	31 (06/10/2017 ore 15)	5 (03/07/2017 ore 9)
Massima media giornaliera (µg/m <sup>3</sup> )	10 (06/10/2017)	4 (27/06/2017)
n. ore valide	1652	1637
% ore valide	96%	95%
n. giorni validi	72	71
% giorni validi	100%	99%
n. ore con concentrazione maggiore di 350 µg/m <sup>3</sup>	0	0
n. giorni con concentrazione maggiore di 125 µg/m <sup>3</sup>	0	0
<b>MONTOPOLI IN VAL D'ARNO – fraz. San Romano, Via Sandro Pertini</b>		
Media delle medie orarie (µg/m <sup>3</sup> )	3	1
Massima media oraria (µg/m <sup>3</sup> )	18 (21/04/2017 ore 8)	7 (28/01/2017 ore 15)
Massima media giornaliera (µg/m <sup>3</sup> )	6 (23/01/2017)	3 (21/07/2017)
n. ore valide	1626	1651
% ore valide	94%	96%
n. giorni validi	72	72
% giorni validi	100%	100%
n. ore con concentrazione maggiore di 350 µg/m <sup>3</sup>	0	0
n. giorni con concentrazione maggiore di 125 µg/m <sup>3</sup>	0	0
<b>FUCECCHIO – Via dei Cerchi</b>		
Media delle medie orarie (µg/m <sup>3</sup> )	1	2
Massima media oraria (µg/m <sup>3</sup> )	6 (10/02/2017 ore 11)	8 (27/11/2017 ore 13)
Massima media giornaliera (µg/m <sup>3</sup> )	4 (10/02/2017)	3 (05/08/2017)
n. ore valide	1650	1643
% ore valide	95%	95%
n. giorni validi	72	71
% giorni validi	100%	99%
n. ore con concentrazione maggiore di 350 µg/m <sup>3</sup>	0	0
n. giorni con concentrazione maggiore di 125 µg/m <sup>3</sup>	0	0

**Tabella 5.2.2.b – Dati di SO<sub>2</sub> - indicatori stagionali per ciascun sito di misura**

SO <sub>2</sub>	INVERNO	PRIMAVERA	ESTATE	AUTUNNO
<b>SAN MINIATO – fraz. Ponte a Egola, Via della Tecnica</b>				
Media delle medie orarie (µg/m <sup>3</sup> )	6	13	8	5
Massima media oraria (µg/m <sup>3</sup> )	42 (05/12/2016 ore 18)	65 (15/03/2017 ore 23)	37 (09/06/2017 ore 10)	49 (08/09/2017 ore 12)
Massima media giornaliera (µg/m <sup>3</sup> )	17 (05/12/2016)	21 (15/03/2017)	12 (20/06/2017)	11 (11/09/2017)
n. ore valide	414	414	409	412
% ore valide	96%	96%	95%	95%
n. giorni validi	18	18	18	18
% giorni validi	100%	100%	100%	100%
n. ore con concentrazione maggiore di 350 µg/m <sup>3</sup>	0	0	0	0
n. giorni con concentrazione maggiore di 125 µg/m <sup>3</sup>	0	0	0	0
<b>SANTA CROCE SULL'ARNO – Via delle Querce Rosse (angolo Via San Tommaso)</b>				
Media delle medie orarie (µg/m <sup>3</sup> )	4	4	4	4
Massima media oraria (µg/m <sup>3</sup> )	10 (09/01/2017 ore 19)	13 (23/03/2017 ore 22)	12 (28/06/2017 ore 8)	31 (06/10/2017 ore 15)
Massima media giornaliera (µg/m <sup>3</sup> )	6 (23/12/2017)	6 (04/04/2017)	6 (28/06/2017)	10 (10/10/2017)
n. ore valide	414	412	412	414
% ore valide	96%	95%	95%	96%
n. giorni validi	18	18	18	18
% giorni validi	100%	100%	100%	100%
n. ore con concentrazione maggiore di 350 µg/m <sup>3</sup>	0	0	0	0
n. giorni con concentrazione maggiore di 125 µg/m <sup>3</sup>	0	0	0	0
<b>MONTEPOLI IN VAL D'ARNO – fraz. San Romano, Via Sandro Pertini</b>				
Media delle medie orarie (µg/m <sup>3</sup> )	4	3	3	3
Massima media oraria (µg/m <sup>3</sup> )	15 (27/01/2017 ore 22)	18 (21/04/2017 ore 8)	13 (18/07/2017 ore 4)	12 (25/10/2017 ore 11)
Massima media giornaliera (µg/m <sup>3</sup> )	6 (23/01/2017)	4 (21/04/2017)	4 (01/08/2017)	4 (17/10/2017)
n. ore valide	411	414	412	414
% ore valide	95%	96%	95%	96%
n. giorni validi	18	18	18	18
% giorni validi	100%	100%	100%	100%
n. ore con concentrazione maggiore di 350 µg/m <sup>3</sup>	0	0	0	0
n. giorni con concentrazione maggiore di 125 µg/m <sup>3</sup>	0	0	0	0
<b>FUCECCHIO – Via dei Cerchi</b>				
Media delle medie orarie (µg/m <sup>3</sup> )	2	1	2	1
Massima media oraria (µg/m <sup>3</sup> )	6 (10/02/2017 ore 11)	6 (22/05/2017 ore 9)	5 (09/08/2017 ore 8)	6 (24/11/2017 ore 21)
Massima media giornaliera (µg/m <sup>3</sup> )	4 (10/02/2017)	3 (18/05/2017)	3 (19/08/2017)	2 (24/11/2017)
n. ore valide	412	410	414	414
% ore valide	95%	95%	96%	96%
n. giorni validi	18	18	18	18
% giorni validi	100%	100%	100%	100%
n. ore con concentrazione maggiore di 350 µg/m <sup>3</sup>	0	0	0	0
n. giorni con concentrazione maggiore di 125 µg/m <sup>3</sup>	0	0	0	0

Come già accaduto per le campagne di misura indicative svolte negli anni 2014-2016, i valori limite previsti dal D.Lgs. 155/10 per la protezione della salute umana, intesi come 350 µg/m<sup>3</sup> con tempo di mediazione di 1 ora, da non superare più di 24 volte per anno civile, e 125 µg/m<sup>3</sup>, con tempo di mediazione di 24 ore, da non superare più di 3 volte per anno civile, risultano ampiamente rispettati. Gli stessi valori massimi riportati in tabella, orario e della media giornaliera, estremamente contenuti rispetto a 350 µg/m<sup>3</sup> e 125 µg/m<sup>3</sup>, confermano che nel periodo di indagine non si sono verificati episodi acuti rilevanti di inquinamento da biossido di zolfo. Anche i valori più elevati, rilevati nella postazione di San Miniato, sono tutti al di sotto di 1/5 del VL previsto. Per quanto riguarda il sito di LU-Capannori, preso a riferimento, i valori massimi delle medie orarie e giornaliere risultano estremamente contenuti, confrontabili con quelli del sito di Fucecchio.

**Tabella 5.2.2.c – Dati di SO<sub>2</sub> – indicatori annuali 2017 di LU-Capannori**

<b>SO<sub>2</sub> – INDICATORI ANNUALI 2017</b>	<b>LU-Capannori</b>
Media annuale (µg/m <sup>3</sup> )	1
Massima media oraria (µg/m <sup>3</sup> )	8 (27/11/2017 ore 13)
Massima media giornaliera (µg/m <sup>3</sup> )	4 (27/06/2017)
n. ore con concentrazione maggiore di 350 µg/m <sup>3</sup>	0
n. giorni con concentrazione maggiore di 125 µg/m <sup>3</sup>	0

Immagine 5.2.2.a – Mappa con i valori delle concentrazioni massime orarie di SO<sub>2</sub> nei vari siti di misura



Immagine 5.2.2.b – Mappa con i valori delle concentrazioni massime giornaliere di SO<sub>2</sub> nei vari siti di misura



A San Miniato – Ponte a Egola via della Tecnica, è stato rilevato un totale di 14 valori medi orari di concentrazione di SO<sub>2</sub> superiori a 1/10 del VL orario, con prevalenza in primavera e autunno. Va segnalata, inoltre, una certa costanza al di sopra del limite di rilevabilità strumentale nel corso

delle varie stagioni dei valori medi orari registrati anche a Montopoli e Santa Croce sull'Arno, verosimilmente derivanti da una fonte di emissione puntuale di SO<sub>2</sub>.

### 5.2.3 Polveri PM10

Le polveri PM10 sono state campionate secondo il metodo ufficiale gravimetrico (vedi norma tecnica UNI EN 12341:2014) in un intervallo di tempo di due settimane a stagione per ciascuna delle quattro campagne di misura, i valori degli indicatori sono riportati nelle seguenti tabelle riassuntive.

*Tabella 5.2.3.a – Dati di PM10 – indicatori annuali 2016-2017; confronto con PI-Santa Croce Coop sugli stessi periodi di ciascuna campagna indicativa*

PM10	CJ845CC	PI-SC_Coop
<b>SAN MINIATO – fraz. Ponte a Egola, Via della Tecnica</b>		
Media delle medie giornaliere (µg/m <sup>3</sup> ) – variazione % rispetto a sito di rif.	26 (-10%)	29
Massima media giornaliera (µg/m <sup>3</sup> )	72 (10/12/2016)	94 (10/12/2016)
n. giorni validi	60	57
% giorni validi	100%	95%
90,4° percentile (da confrontare con VL giornaliero)	48	<b>61</b>
n. giorni con concentrazione maggiore di 50 µg/m <sup>3</sup>	3	11
<b>SANTA CROCE SULL'ARNO – Via delle Querce Rosse (angolo Via San Tommaso)</b>		
Media delle medie giornaliere (µg/m <sup>3</sup> ) – variazione % rispetto a sito di rif.	30 (+3%)	29
Massima media giornaliera (µg/m <sup>3</sup> )	79 (01/01/2017)	97 (25/12/2016)
n. giorni validi	59	58
% giorni validi	98%	97%
90,4° percentile (da confrontare con VL giornaliero)	<b>58</b>	<b>61</b>
n. giorni con concentrazione maggiore di 50 µg/m <sup>3</sup>	7	8
<b>MONTOPOLI IN VAL D'ARNO – fraz. San Romano, Via Sandro Pertini</b>		
Media delle medie giornaliere (µg/m <sup>3</sup> ) – variazione % rispetto a sito di rif.	23 (-4%)	24
Massima media giornaliera (µg/m <sup>3</sup> )	59 (27/01/2017)	56 (27/01/2017)
n. giorni validi	59	58
% giorni validi	98%	97%
90,4° percentile (da confrontare con VL giornaliero)	32	32
n. giorni con concentrazione maggiore di 50 µg/m <sup>3</sup>	2	2
<b>FUCECCHIO – Via dei Cerchi</b>		
Media delle medie giornaliere (µg/m <sup>3</sup> ) – variazione % rispetto a sito di rif.	22 (-8%)	24
Massima media giornaliera (µg/m <sup>3</sup> )	52 (22/11/2017)	60 (22/11/2017)
n. giorni validi	60	60
% giorni validi	100%	100%
90,4° percentile (da confrontare con VL giornaliero)	37	42
n. giorni con concentrazione maggiore di 50 µg/m <sup>3</sup>	1	4

Il valore limite relativo alla media di periodo risulta ampiamente rispettato in tutte le postazioni oltre alla postazione di riferimento di PI-S.Croce Coop.

**Tabella 5.2.3.b – Dati di PM10 - indicatori stagionali per ciascun sito di misura**

PM10	INVERNO	PRIMAVERA	ESTATE	AUTUNNO
<b>SAN MINIATO – fraz. Ponte a Egola, Via della Tecnica</b>				
Media delle medie giornaliere ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	43	22	22	16
Massima media giornaliera ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	72 (10/12/2016)	35 (15/03/2017)	31 (07/06/2017)	25 (13/09/2017)
n. giorni validi	15	14	15	16
% giorni validi	100%	93%	100%	100%
n. giorni con concentrazione maggiore di $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$	3	0	0	0
media di PI-SC_Coop sullo stesso periodo	57	25	19	15
Differenza % con PI-SC_Coop sullo stesso periodo	-25%	-12%	16%	7%
<b>SANTA CROCE SULL'ARNO – Via delle Querce Rosse (angolo Via San Tommaso)</b>				
Media delle medie giornaliere ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	47	28	21	26
Massima media giornaliera ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	79 (01/01/2017)	45 (31/03/2017)	30 (28/06/2017)	37 (28 e 29/09/2017)
n. giorni validi	15	14	15	15
% giorni validi	100%	93%	100%	100%
n. giorni con concentrazione maggiore di $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$	7	0	0	0
media di PI-SC_Coop sullo stesso periodo	50	24	18	23
Differenza % con PI-SC_Coop sullo stesso periodo	-6%	17%	17%	13%
<b>MONTEPOLI IN VAL D'ARNO – fraz. San Romano, Via Sandro Pertini</b>				
Media delle medie giornaliere ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	25	17	23	25
Massima media giornaliera ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	59 (27/01/2017)	28 (26/04/2017)	29 (24/07/2017)	40 (27/10/2017)
n. giorni validi	15	15	15	14
% giorni validi	100%	100%	100%	93%
n. giorni con concentrazione maggiore di $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$	2	0	0	0
media di PI-SC_Coop sullo stesso periodo	30	18	24	26
Differenza % con PI-SC_Coop sullo stesso periodo	-17%	-6%	-4%	-4%
<b>FUCECCHIO – Via dei Cerchi</b>				
Media delle medie giornaliere ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	23	17	20	31
Massima media giornaliera ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	41 (16/02/2017)	24 (19/05/2017)	34 (05/08/2017)	52 (22/11/2017)
n. giorni validi	15	15	15	15
% giorni validi	100%	100%	100%	100%
n. giorni con concentrazione maggiore di $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$	0	0	0	1
media di PI-SC_Coop sullo stesso periodo	27	16	18	34
Differenza % con PI-SC_Coop sullo stesso periodo	-15%	6%	11%	-9%

**Tabella 5.2.3.c – Dati di PM10 – indicatori annuali 2017 di PI-Santa Croce Coop**

<b>PM10 – INDICATORI ANNUALI 2017</b>	<b>PI-SC_Coop</b>
Media annuale ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	25
Massima media giornaliera ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	106 (25/12/2017)
n. superamenti del VL giornaliero di $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$	26

Come evidente da Tabella 5.2.3.a e dall'immagine 5.2.3.c, si hanno superamenti del VL giornaliero in tutti i siti esaminati, compreso quello di Santa Croce “Coop” preso a riferimento.

L'unico superamento registrato a Fucecchio è poco al di sopra del VL giornaliero ( $52 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ), mentre vi sono 7 superamenti del VL giornaliero a Santa Croce via delle Querce Rosse. Tutti gli indicatori di periodo ricavati dalle quattro indagini risultano inferiori all'indicatore registrato, sui medesimi periodi, nel sito fisso di Santa Croce “Coop” preso a riferimento, tranne che per il sito di Santa Croce via delle Querce Rosse, in cui l'indicatore di periodo supera di una unità quello del sito fisso di riferimento. Per il valore riferito al 90,4° percentile, da confrontare con il VL giornaliero di  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , l'indicatore non supera mai quello calcolato per lo stesso periodo nel sito di Santa Croce “Coop”, tranne che nel caso di Montopoli in cui i due numeri si eguagliano con valore ( $32 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ), peraltro assai inferiore al VL giornaliero di  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Dall'analisi delle tabelle 5.2.3, limitatamente ai dati raccolti, possiamo dedurre che il sito di riferimento di PI-Santa Croce “Coop” non ha superato il numero di 35 superamenti del VL

giornaliero di PM10 in un anno. : infatti sono stati registrati 26 superamenti riferiti all'anno 2017. Per quanto riguarda i siti oggetto delle campagne indicative il valore riferito al 90,4° percentile è superiore a 50  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  a Santa Croce via delle Querce Rosse (58  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ), valore simile a quello rilevato nella stazione di riferimento (61  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) sul medesimo periodo. E' interessante osservare che in assenza di un dato annuale la postazione di Santa Croce Coop sarebbe stata dichiarata come postazione con probabile superamento del VL relativo al numero di superamenti del VL giornaliero (35) di PM10 in un anno, mentre in realtà il valore limite è stato ampiamente rispettato. In modo analogo può essere trattata la postazione di Santa Croce via delle Querce Rosse. Questi dati confermano che la numerosità dei dati è essenziale per valutare il valore riferito al 90,4° percentile.

I valori riferiti al 90,4° percentile registrati presso Montopoli Val d'Arno (32  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) e Fucecchio (37  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) suggeriscono, con ragionevole certezza, il non superamento del limite normativo dei 35 superamenti per anno del VL giornaliero.

*Immagine 5.2.3.a – Mappa con i valori delle concentrazioni medie annuali di PM10 nei vari siti. Per PI-Santa Croce Coop è stata considerata il valore della media annuale riferita all'anno 2017.*



Immagine 5.2.3.b – Mappa con i valori relativi al 90,4°percentile, espressi in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , nei vari siti di misura. Per PI-Santa Croce Coop è stato considerato il numero di superamenti del VL giornaliero registrati nell'anno 2017.

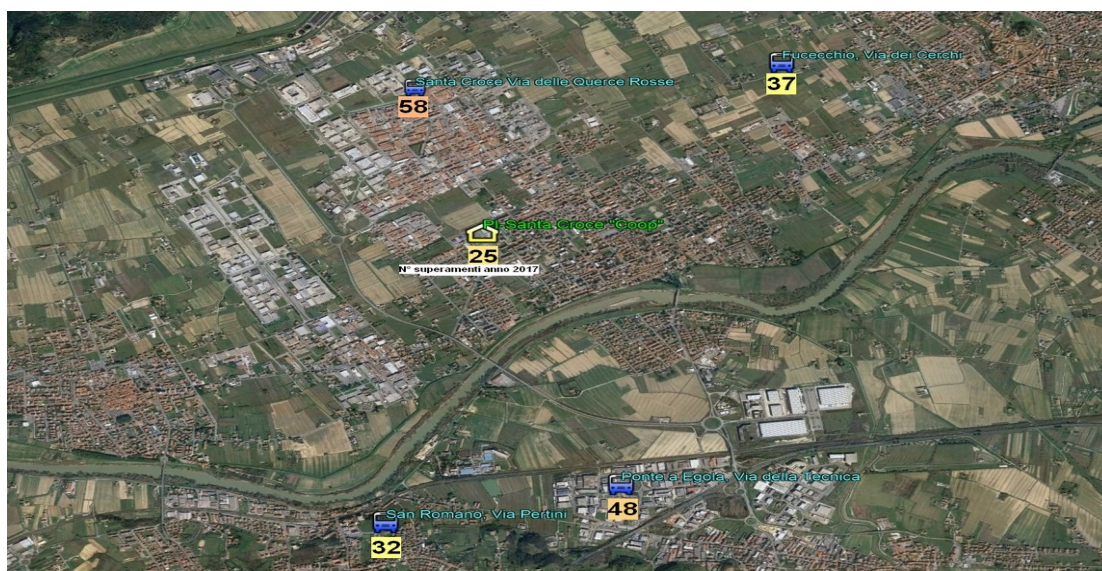
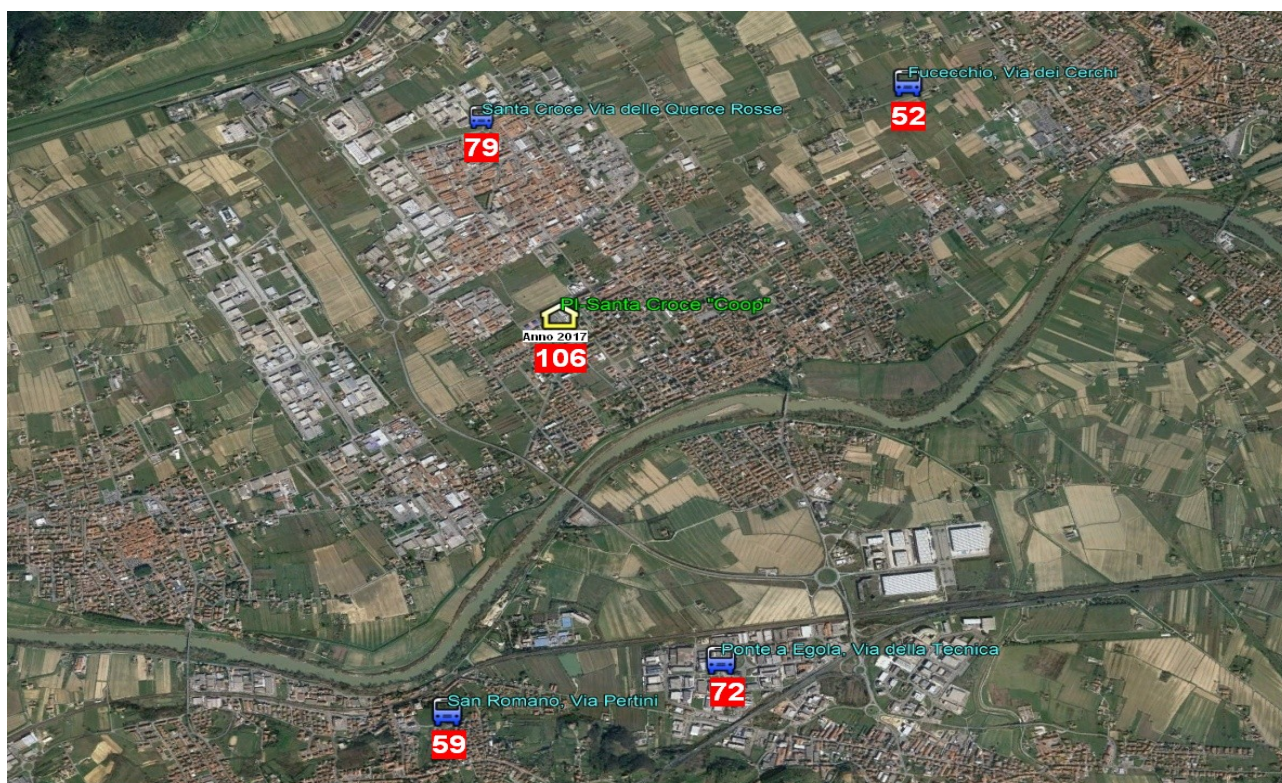


Immagine 5.2.3.c – Mappa con i valori della massima media giornaliera di PM10 registrata in ciascun sito. Per PI-Santa Croce Coop è stato considerato il valore della massima media giornaliera riferito all'anno 2017.



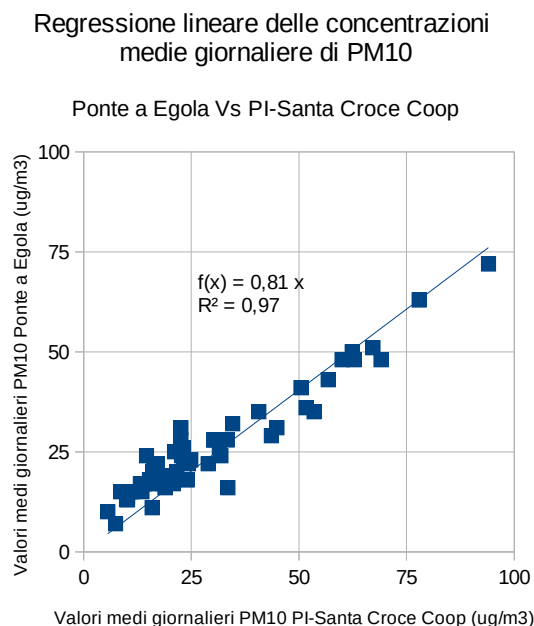
Osservando la serie di grafici 5.2.3 si osserva che i valori medi giornalieri di PM10 registrati a Santa Croce “Coop” sono mediamente superiori rispetto ai valori medi di PM10 rilevati nei siti indagati dal Laboratorio mobile di circa 10-20%. Vi è una confrontabilità dei valori invece per il sito

di Via delle Querce Rosse a Santa Croce. Ne è evidenza anche la Tabella 5.2.3.a sopra riportata, per la quale solo il sito di via delle Querce Rosse fa registrare una media sui periodi di misura leggermente superiore a quella di Santa Croce Coop sui medesimi intervalli.

Per quanto riguarda i valori stagionali, per i primi due siti i valori medi invernali sono più elevati rispetto alle altre stagioni, mentre per Fucecchio vi è una inversione di tendenza, con valore medio di PM10 maggiore in autunno rispetto al periodo invernale. Per quanto riguarda Montopoli in Val d'Arno, vi è un livellamento dei valori medi sul periodo invernale e autunnale. I valori medi di periodo registrati per l'estate e la primavera sono sempre inferiori ai corrispettivi invernale e autunnale nei siti di misura di Montopoli e Fucecchio. Invece a San Miniato che il valore medio sull'autunno è inferiore sia a quello primaverile che estivo. A Santa Croce via delle Querce Rosse il valore medio sulla primavera supera sia quello autunnale che quello estivo.

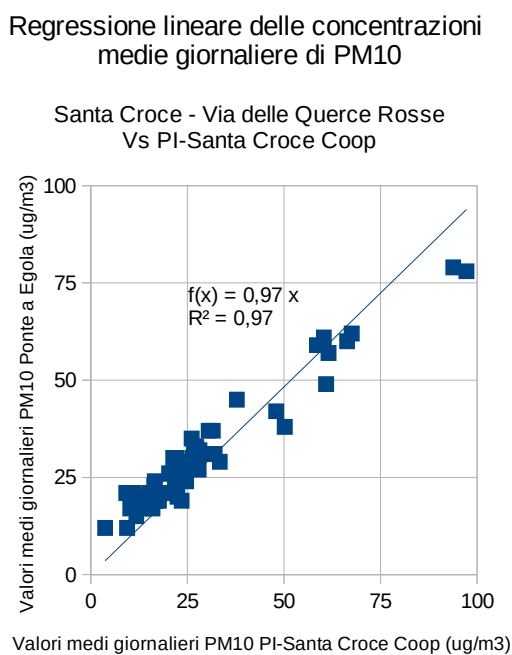
**Correlazione tra valori delle medie giornaliere di PM10 misurate con metodo gravimetrico nei siti del MM e i valori delle medie giornaliere PM10 misurate con metodo automatico a PI-Santa Croce Coop sugli stessi intervalli temporali**

*Grafico 5.2.3.a – sito di San Miniato – Ponte a Egola e PI-Santa Croce Coop*



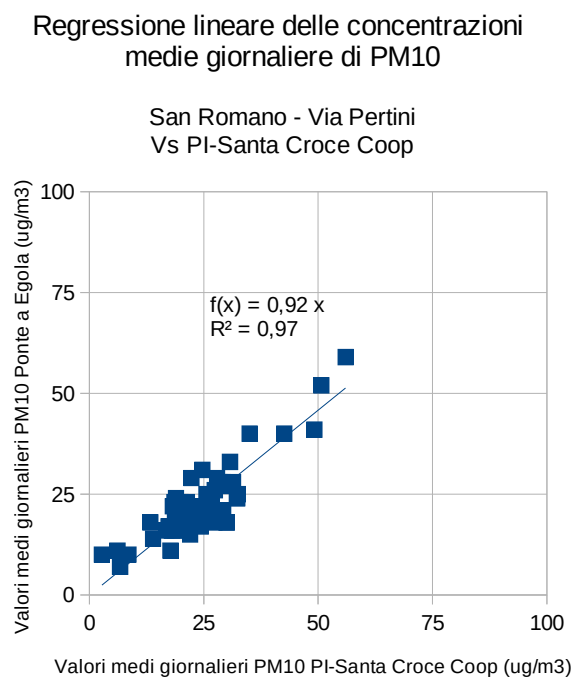
**COEFFICIENTE DI CORRELAZIONE DI PEARSON: 0,96**

*Grafico 5.2.3.b – sito di Santa Croce, via delle Querce Rosse e PI-Santa Croce Coop*



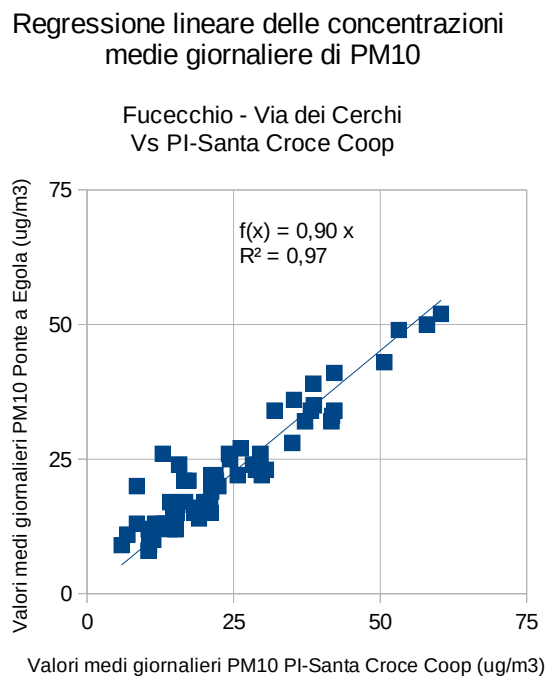
**COEFFICIENTE DI CORRELAZIONE DI PEARSON: 0,97**

Grafico 5.2.3.c – sito di Montopoli – San Romano, via Pertini e PI-Santa Croce Coop



COEFFICIENTE DI CORRELAZIONE DI PEARSON: **0,88**

Grafico 5.2.3.d – sito di Fucecchio via dei Cerchi e PI-Santa Croce Coop



COEFFICIENTE DI CORRELAZIONE DI PEARSON: **0,94**

Come si può evidenziare dalla serie di Grafici 5.2.3 di dispersione sopra riportati, vi è una

fortissima correlazione (coefficiente di correlazione di Pearson maggiore o prossimo a 0,9) tra i dati del sito fisso preso a riferimento (PI-Santa Croce "Coop") e le misure ottenute con metodo gravimetrico in tutti i siti.

Procedendo ad un confronto degli indici sintetici di regressione e correlazione nelle postazioni già esistenti nelle precedenti campagne annuali, va detto che per San Miniato – Ponte a Egola, il coefficiente di correlazione di Pearson risultava, per la campagna 2015-2016, di poco inferiore (pari a 0,93 contro lo 0,96 attuale), il coefficiente  $R^2$  risultava uguale a quello attuale (0,97); la pendenza della retta era "m" = 0,90, nel 2015-2016, risultava maggiore rispetto allo 0,81 attuale.

Per Montopoli San Romano, presente nelle campagne indicative dal dicembre 2014, tali valori erano: coefficiente di correlazione di Pearson: 0,89 (2014-2015) e 0,96 (2015-2016) contro lo 0,88 attuale,  $R^2$  = 0,78 (2014-2015) e 0,97 (2015-2016) pari a quello attuale, coefficiente "m" della retta di regressione: 0,85 (2014-2015) e 0,93 (2015-2016), quest'ultimo molto vicino allo 0,92 attuale.

Per quanto concerne Fucecchio, via dei Cerchi, il coefficiente di correlazione di Pearson risultava per la campagna 2015-2016 leggermente inferiore (pari a 0,93 contro lo 0,94 attuale), il coefficiente  $R^2$  risultava uguale a quello attuale (0,97); la pendenza della retta era "m" = 0,88 nel 2015-2016 contro lo 0,90 attuale.

Si osserva inoltre che in tutti i casi i coefficienti della retta di regressione sono inferiori a 1, il che conferma quanto già evidenziato: mediamente i valori di PM10 misurati a Santa Croce "Coop" presentano valori più elevati rispetto a quelli ottenuti nei vari siti oggetto delle indagini.

La campagna di Santa Croce via delle Querce Rosse non aveva mai fatto parte delle campagne indicative annuali degli anni precedenti. Essa è l'unica che restituisce valori più simili a quelli registrati presso il sito fisso di riferimento (coefficiente m della retta di regressione pari a 0,97)

Si rimanda all'Allegato C per la definizione di indice di correlazione di Pearson.

## Indicatori delle campagne di misura nel Comprensorio del Cuoio dall'anno 2010

Tabella 5.2.3.d - PM10 monitorato, sia con l'ausilio di mezzi mobili sia in siti fissi, a partire dall'anno 2010 nel Comprensorio del Cuoio di Santa Croce sull'Arno: indicatori stagionali e annuali.

Anno	Periodo	Stagione	Sito di misura	Tipologia di sito di misura / stazione	Stazione mobile o centralina fissa	Comune (Provincia)	Media delle medie giornaliere sul periodo (ug/m3)
2010	Annuale		Santa Croce sull'Arno – Piazza Matilde Serao	Rurale / industriale	Centralina fissa	Santa Croce sull'Arno (PI)	24
	Annuale		PI-Santa Croce "Coop"	Periferica / fondo	Centralina fissa	Santa Croce sull'Arno (PI)	30
	Annuale		Montopoli – San Romano	Urbana / industriale	Centralina fissa	Montopoli in Val d'Arno (PI)	29
	1° marzo – 7 aprile; 21 luglio – 6 agosto; 11 settembre – 06 ottobre	Primavera / Estate / Autunno	Ponte a Cappiano	Periferica / industriale	Mezzo mobile	Fucecchio (FI)	9
	10 aprile – 14 giugno	Primavera / Estate	San Donato – Zona Interporto	Rurale / industriale	Mezzo mobile	San Miniato (PI)	16
2011	Annuale		PI-Santa Croce "Coop"	Periferica / fondo	Centralina fissa	Santa Croce sull'Arno (PI)	31
	10 marzo – 7 aprile	Primavera	Ponte a Cappiano	Periferica / industriale	Mezzo mobile	Fucecchio (FI)	16
	8 aprile – 8 giugno	Primavera	San Donato – Zona Interporto	Rurale / industriale	Mezzo mobile	San Miniato (PI)	19
	1° - 25 luglio	Estate	Ponte a Cappiano	Periferica / industriale	Mezzo mobile	Fucecchio (FI)	14
	14 settembre – 7 novembre	Autunno	San Donato – Zona Interporto	Rurale / industriale	Mezzo mobile	San Miniato (PI)	17
2012	Annuale		PI-Santa Croce "Coop"	Periferica / fondo	Centralina fissa	Santa Croce sull'Arno (PI)	28
	23 marzo – 7 maggio	Primavera	Ponte a Cappiano	Periferica / industriale	Mezzo mobile	Fucecchio (FI)	27
	9 maggio – 6 giugno	Primavera	San Donato – Zona Interporto	Rurale / industriale	Mezzo mobile	San Miniato (PI)	17
	8 giugno – 4 luglio	Estate	Santa Croce sull'Arno – Loc. "Cerni"	Rurale / industriale	Mezzo mobile	Santa Croce sull'Arno (PI)	23
	9 agosto – 31 agosto	Estate	Castellfranco – "Barnini"	Rurale / industriale	Mezzo mobile	Castellfranco di Sotto (PI)	18
	1° settembre – 12 novembre	Autunno	Castellfranco – "Barnini"	Rurale / industriale	Mezzo mobile	Castellfranco di Sotto (PI)	23
	16 novembre – 31 dicembre	Autunno / Inverno	Santa Croce sull'Arno – Loc. "Cerni"	Rurale / industriale	Mezzo mobile	Santa Croce sull'Arno (PI)	29
	Annuale		PI-Santa Croce "Coop"	Periferica / fondo	Centralina fissa	Santa Croce sull'Arno (PI)	27
2013	1° gennaio – 6 marzo	Inverno	Santa Croce sull'Arno – Loc. "Cerni"	Rurale / industriale	Mezzo mobile	Santa Croce sull'Arno (PI)	28
	14 aprile – 31 maggio	Primavera	Castellfranco – Via Usciana	Rurale / industriale	Mezzo mobile	Castellfranco di Sotto (PI)	18
	1° giugno – 22 luglio	Estate	Castellfranco – Via Usciana	Rurale / industriale	Mezzo mobile	Castellfranco di Sotto (PI)	18
	24 luglio – 31 agosto	Estate	Santa Croce sull'Arno – Loc. "Cerni"	Rurale / industriale	Mezzo mobile	Santa Croce sull'Arno (PI)	17
	1° settembre – 12 novembre	Autunno	Santa Croce sull'Arno – Loc. "Cerni"	Rurale / industriale	Mezzo mobile	Santa Croce sull'Arno (PI)	18
	Annuale		PI-Santa Croce "Coop"	Suburbana / fondo	Centralina fissa	Santa Croce sull'Arno (PI)	27
2014	26 marzo – 14 maggio	Primavera	Ponte a Cappiano	Periferica / industriale	Mezzo mobile	Fucecchio (FI)	14
	14 – 28 giugno	Estate	Santa Croce sull'Arno – Loc. "Cerni"	Rurale / industriale	Mezzo mobile	Santa Croce sull'Arno (PI)	15
	6 – 20 agosto	Estate	Castellfranco – Via Usciana	Rurale / industriale	Mezzo mobile	Castellfranco di Sotto (PI)	17
	21 settembre – 6 ottobre	Autunno	Castellfranco – Via Usciana	Rurale / industriale	Mezzo mobile	Castellfranco di Sotto (PI)	17
	7 – 18 novembre	Autunno	Santa Croce sull'Arno – Loc. "Cerni"	Rurale / industriale	Mezzo mobile	Santa Croce sull'Arno (PI)	20
2015	Annuale		PI-Santa Croce "Coop"	Suburbana / fondo	Centralina fissa	Santa Croce sull'Arno (PI)	29
	Annuale		Castellfranco – Via Usciana	Rurale / industriale	Mezzo mobile	Castellfranco di Sotto (PI)	23
	Annuale		Montopoli – San Romano – Via Pertini	Urbana / fondo	Mezzo mobile	Montopoli in Val d'Arno (PI)	27
	Annuale		Ex-sito fisso di Santa Croce sull'Arno – Loc. "Cerni"	Rurale / industriale	Mezzo mobile	Santa Croce sull'Arno (PI)	29
	Annuale		Fucecchio – Via del Ronzino	Suburbana / fondo	Mezzo mobile	Fucecchio (FI)	25
	Annuale		Castellfranco – Via dell'Acacia	Suburbana / industriale	Mezzo mobile	Castellfranco di Sotto (PI)	23
2016	Annuale		PI-Santa Croce "Coop"	Suburbana / fondo	Centralina fissa	Santa Croce sull'Arno (PI)	26
	18 maggio – 1° giugno	Primavera	Castellfranco – Via Solferino	Urbana / fondo	Mezzo mobile	Castellfranco di Sotto (PI)	19
	8 – 28 giugno	Estate	Ponte a Egola – Piazza Spalletti	Urbana / fondo	Mezzo mobile	San Miniato (PI)	16
	Annuale		Montopoli – San Romano – Via Pertini	Urbana / fondo	Mezzo mobile	Montopoli in Val d'Arno (PI)	26
	Annuale		Castellfranco – Via dell'Acacia	Suburbana / industriale	Mezzo mobile	Castellfranco di Sotto (PI)	26
	Annuale		Fucecchio – Via dei Cerchi	Suburbana / fondo	Mezzo mobile	Fucecchio (FI)	20
2017	Annuale		Ponte a Egola – Via della Tecnica	Urbana / industriale	Mezzo mobile	San Miniato (PI)	20
	Annuale		PI-Santa Croce "Coop"	Suburbana / fondo	Centralina fissa	Santa Croce sull'Arno (PI)	25
	Annuale		Ponte a Egola – Via della Tecnica	Urbana / industriale	Mezzo mobile	San Miniato (PI)	26
	Annuale		Santa Croce sull'Arno – Via delle Querce Rosse	Urbana / industriale	Mezzo mobile	Santa Croce sull'Arno (PI)	30
	Annuale		Montopoli – San Romano	Urbana / fondo	Mezzo mobile	Montopoli in Val d'Arno (PI)	23
	Annuale		Fucecchio – Via dei Cerchi	Suburbana / fondo	Mezzo mobile	Fucecchio (FI)	22

\*Annuale-Mezzo mobile: si intende campagna indicativa sulle 4 stagioni

Dalla Tabella 5.2.3.d sopra riportata, nel sito di PI - Santa Croce "Coop" si ricava una sostanziale stabilità, a partire dal 2012, del valore medio annuale della concentrazione del PM10, con diminuzione dei valori al di sotto della soglia dei 30  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Tutte le campagne annuali di stazione fissa, o non indicative e indicative con autolaboratorio fanno registrare valori medi assai inferiori (in special modo quelle di tipo "spot") o uguali all'indicatore restituito dalle misure presso lo stesso sito fisso regionale, ad eccezione di due casi facenti parte della presente campagna indicativa: indicatore medio annuale di 30  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  per Santa Croce via delle Querce Rosse e di 26  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  per Ponte a Egola contro i 25  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  di media annuale, riferita all'anno 2017, di PI-Santa Croce "Coop".

Sostanzialmente, il sito di riferimento di Santa Croce "Coop" rimane un sito rappresentativo e cautelativo per il PM10 nell'area del Comprensorio del Cuoio, se teniamo conto anche della Tabella 5.2.3.e riportata di seguito.

**PM10: rappresentatività del sito di Santa Croce “Coop” nel Comprensorio del Cuoio: un'analisi delle campagne indicative 2014-2015, 2015-2016, 2016-2017 - periodo invernale**

*Tabella 5.2.3.e - Mappa dei valori percentuali di scostamento delle concentrazioni medie sul periodo del PM10 in INVERNO rispetto al sito di riferimento di PI-S.Croce Coop. Per i siti di misura di Fucecchio-Ronzinello e Santa Croce Cerri sono stati presi gli omologhi indicatori delle campagne indicative 2014-2015.*

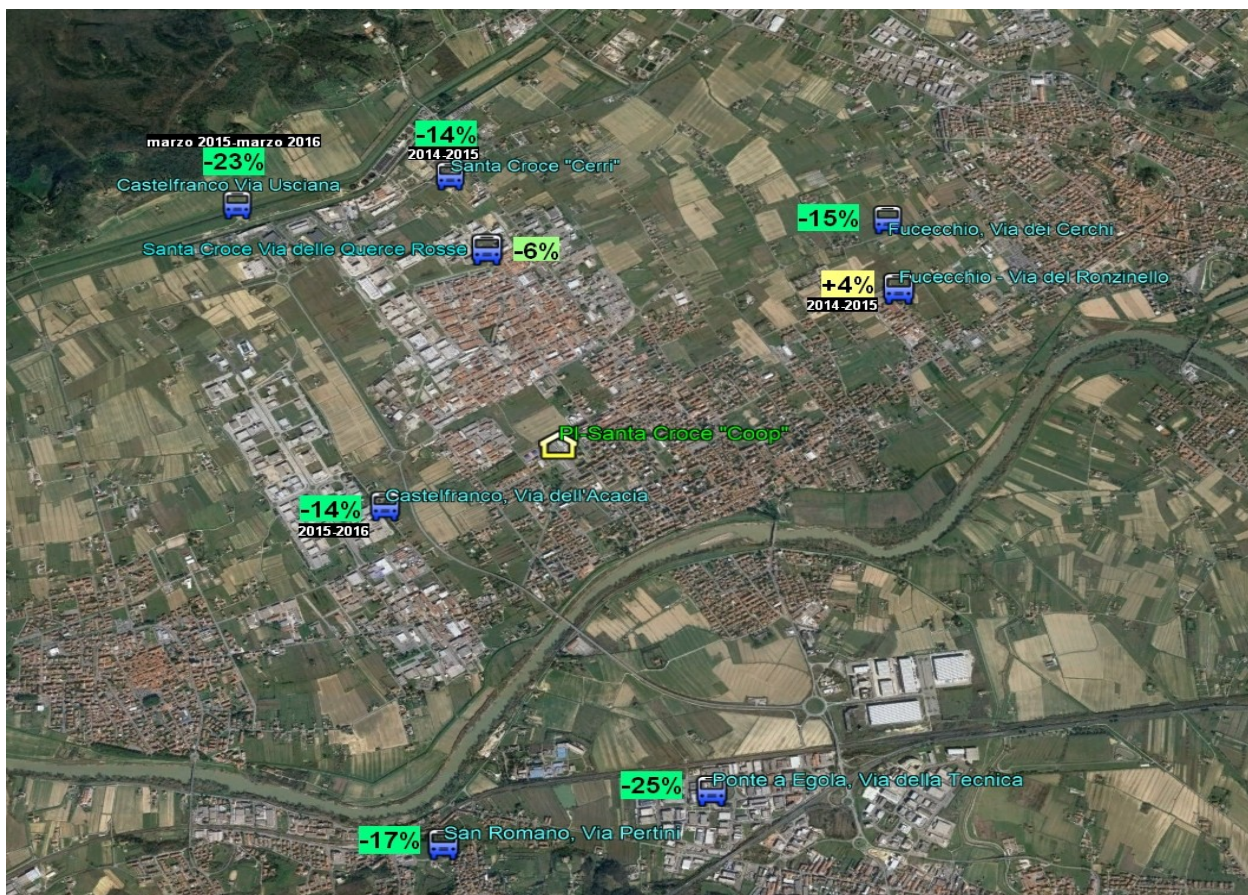
	Montopoli – San Romano	Castelfranco – Via dell'Acacia	Fucecchio – Via dei Cerchi	San Miniato – Ponte a Egola – Via della Tecnica	Castelfranco – Via Usciana	Santa Croce “Cerri”	Fucecchio – Via del Ronzinello	Santa Croce – Via delle Querce Rosse	PI-Santa Croce “Coop” *
<b>PM10 Inverno 2016-2017</b>									
Media delle medie giornaliere ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	25		23	43				47	
Massima media giornaliera ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	59		41	72				79	
N° giorni con concentrazione maggiore di $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$	2		0	3				7	
Media delle medie giornaliere della stazione di rif. ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	30		27	57				50	
Differenza % rispetto a stazione di riferimento	-17		-15	-25				-6	
Media di tutta la campagna indicativa (4 periodi stagionali)	23		22	26				30	25 (annua)
<b>PM10 Inverno 2015-2016</b>									
Media delle medie giornaliere ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	55	31	25	23	20				
Massima media giornaliera ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	73	55	46	48	34				
N° giorni con concentrazione maggiore di $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$	10	1	0	0	0				
Media delle medie giornaliere della stazione di rif. ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	58	36	29	24	26				
Differenza % rispetto a stazione di riferimento	-5	-14	-14	-4	-23				
Media di tutta la campagna indicativa (4 periodi stagionali)	26	26	20	20	23				26 (annua)
<b>PM10 Inverno 2014-2015</b>									
Media delle medie giornaliere ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	37	25				48	29		
Massima media giornaliera ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	61	51				84	49		
N° giorni con concentrazione maggiore di $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$	3	1				0	0		
Media delle medie giornaliere della stazione di rif. ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	49	29				56	28		
Differenza % rispetto a stazione di riferimento	-25	-14				-14	+4		
Media di tutta la campagna indicativa (4 periodi stagionali)	27	23				29	25		29 (annua)

Vista la criticità che caratterizza il PM10 durante l'inverno in Toscana, è stata condotta una analisi delle medie di periodo invernali per tutte le postazioni di misura coinvolte nella sessione di campagne indicative qui trattata, oltre alle postazioni oggetto di misure invernali pregresse, facenti riferimento al periodo dicembre 2014 – febbraio 2015 e dicembre 2015 – febbraio 2016. Inoltre è stata tenuta in considerazione la campagna annuale di Castelfranco Via Usciana (6 marzo 2015 – 5 marzo 2016).

In Tabella 5.2.3.e sono riportati i dati relativi agli indicatori di media invernale di PM10 delle suddette campagne. Sono evidenziati, per ogni postazione, anche i valori medi annui sulla riga con sfondo grigio.

È inoltre riportata la differenza percentuale rispetto al dato medio, calcolato sugli stessi periodi, di PI-Santa Croce “Coop”. Si osserva che le altre postazioni di misura presentano valori inferiori a quelli della stazione di riferimento, eccetto Fucecchio via del Ronzinello, facente parte delle campagne della sessione precedente. Le differenze medie nel periodo invernale oscillano tra il 4 e il 25%, e sono rappresentate graficamente in Immagine 5.2.3.d.

Immagine 5.2.3.d. Scostamenti percentuali delle medie annuali misurate in ciascun sito appartenente alle campagne indicative anni 2014-2015, 2015-2016 e 2016-2017 rispetto al valore medio, calcolato sul medesimo periodo invernale di ciascuna campagna, della stazione di riferimento di PI-Santa Croce "Coop"



Come già accennato nel precedente paragrafo e anche in base alle considerazioni fatte sempre in questa sezione sulle correlazioni dei dati di PM10 tra le varie postazioni e il sito di PI-Santa Croce "Coop" (coefficiente di Pearson  $\geq 0,88$ ), si può concludere che le misure sperimentali evidenziano la sostanziale rappresentatività della stazione di riferimento ottenuta tramite l'approccio modellistico e indicano che l'utilizzo di questa stazione è cautelativo nei confronti della protezione della popolazione per l'esposizione a PM10.

## 5.2.4 Polveri PM2,5

Anche le polveri PM2,5 sono state campionate secondo il metodo ufficiale gravimetrico (vedi norma tecnica UNI EN 12341:2014), in modo analogo a quanto detto sopra nel Par. 5.2.3 per il PM10. Sono di seguito riportate le tabelle riassuntive su base annuale per sito di misura con confronto con i siti fissi di riferimento di PI-Passi e LU-Capannori, in cui è attivo il monitoraggio sia del PM10 che del PM2,5, oltre alla tabella riassuntiva riferita all'anno 2017 per questi due siti:

**Tabella 5.2.4.a – Dati di PM2,5 – indicatori annuali 2016-2017; confronto con PI-Passi e LU-Capannori sugli stessi periodi di ciascuna campagna indicativa**

PM2,5	CJ845CC	PI-Passi	LU-Capannori
<b>SAN MINIATO – fraz. Ponte a Egola, Via della Tecnica</b>			
Media delle medie giornaliere ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) – variazioni % rispetto a siti di rif.	18 (+22%, -29%)	15	26
Massima media giornaliera ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	64 (10/12/2016)	41 (10/12/2016)	93 (10/12/2016)
n. giorni validi	60	58	60
% giorni validi	100%	97%	100%
<b>SANTA CROCE SULL'ARNO – Via delle Querce Rosse (angolo Via San Tommaso)</b>			
Media delle medie giornaliere ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) – variazioni % rispetto a siti di rif.	22 (+22%, -27%)	18	30
Massima media giornaliera ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	73 (01/01/2017)	68 (01/01/2017)	124 (01/01/2017)
n. giorni validi	59	56	55
% giorni validi	98%	93%	92%
<b>MONTOPOLI IN VAL D'ARNO – fraz. San Romano, Via Sandro Pertini</b>			
Media delle medie giornaliere ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) – variazioni % rispetto a siti di rif.	15 (+25%, -29%)	12	21
Massima media giornaliera ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	47 (27/01/2017)	37 (27/01/2017)	96 (28/01/2017)
n. giorni validi	59	57	58
% giorni validi	98%	95%	97%
<b>FUCECCHIO – Via dei Cerchi</b>			
Media delle medie giornaliere ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) – variazioni % rispetto a siti di rif.	15 (+15%, -38%)	13	24
Massima media giornaliera ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	41 (22/11/2017)	31 (16/02/2017)	75 (24/11/2017)
n. giorni validi	60	59	60
% giorni validi	100%	98%	100%

**Tabella 5.2.4.b – Dati di PM2,5 – indicatori annuali 2016 di PI-Passi e LU-Capannori**

PM2,5 – INDICATORI ANNUALI 2017	PI-Passi	LU-Capannori
Media annuale ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	14	23
Massima media giornaliera ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	68 (01/01/2017)	124 (01/01/2017)

La Tabella 5.2.4.c riassume i dati riferiti ai quattro siti oggetto delle presenti indagini per gli indicatori riguardanti il PM<sub>2,5</sub> su base stagionale:

*Tabella 5.2.4.c – Dati di PM<sub>2,5</sub> – indicatori stagionali per ciascun sito di misura*

PM <sub>2,5</sub>	INVERNO	PRIMAVERA	ESTATE	AUTUNNO
<b>SAN MINIATO – fraz. Ponte a Egola, Via della Tecnica</b>				
Media delle medie giornaliere (µg/m <sup>3</sup> )	36	15	15	8
Massima media giornaliera (µg/m <sup>3</sup> )	64 (10/12/2016)	25 (15/03/2017)	22 (15/06/2017)	12 (07 e 15/09/2017)
n. giorni validi	15	14	15	16
% giorni validi	100%	93%	100%	100%
<b>SANTA CROCE SULL'ARNO – Via delle Querce Rosse (angolo Via San Tommaso)</b>				
Media delle medie giornaliere (µg/m <sup>3</sup> )	40	19	12	17
Massima media giornaliera (µg/m <sup>3</sup> )	73 (01/01/2017)	32 (31/03/2017)	18 (27/06/2017)	23 (27/09 e 29/09 e 01/10/2017)
n. giorni validi	15	14	15	15
% giorni validi	100%	93%	100%	100%
<b>MONTOPOLI IN VAL D'ARNO – fraz. San Romano, Via Sandro Pertini</b>				
Media delle medie giornaliere (µg/m <sup>3</sup> )	21	10	13	17
Massima media giornaliera (µg/m <sup>3</sup> )	47 (27/01/2017)	19 (15/04/2017)	17 (23/07/2017)	30 (27/10/2017)
n. giorni validi	15	15	15	14
% giorni validi	100%	100%	100%	93%
<b>FUCECCHIO – Via dei Cerchi</b>				
Media delle medie giornaliere (µg/m <sup>3</sup> )	17	9	10	23
Massima media giornaliera (µg/m <sup>3</sup> )	31 (16/02/2017)	13 (18 e 19/05/2017)	21 (05/08/2017)	41 (22/11/2017)
n. giorni validi	15	15	15	15
% giorni validi	100%	100%	100%	100%

*Immagine 5.2.4.a – Mappa con i valori delle concentrazioni medie annuali di PM<sub>2,5</sub> nei vari siti.*



Immagine 5.2.4.b – Mappa con i valori massimi delle concentrazioni giornaliere di PM<sub>2,5</sub> registrate.



La Tabella 5.2.4.a evidenzia il fatto che della zona del Valdarno Pisano e Piana Lucchese, su cui il Comprensorio del Cuoio insiste, la situazione dei valori medi delle campagne indicative è baricentrica tra quella dei valori medi sugli stessi periodi calcolati a PI-Passi e LU-Capannori e si ottengono indicatori al di sotto del VL annuale prescritto dalla normativa vigente ( $= 25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ).

In Tabella 5.2.4.c può essere rilevata la stagionalità che contraddistingue anche questo tipo di inquinante, con una preponderanza di valori superiori agli altri periodi in inverno, tranne che per il sito di Fucecchio, che vede registrare il valore medio più alto sul periodo autunnale. Netamente superiori a tutti gli altri valori stagionali i valori medi invernali di PM<sub>2,5</sub> registrati a Santa Croce sull'Arno – Via delle Querce Rosse ( $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) e a San Miniato - Ponte a Egola ( $36 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ).

Per completezza, riportiamo di seguito, nelle Tabella 5.2.4.d e 5.2.4.e, i valori delle percentuali di frazione di PM<sub>2,5</sub> rispetto al PM<sub>10</sub>, registrate nei siti fissi di Rete Regionale della zona Valdarno Pisano e Piana Lucchese: PI-Passi e LU-Capannori. La prima tabella analizza i valori per stagione nelle postazioni considerate per il PM<sub>2,5</sub>, la seconda riporta i valori percentuali per sito di misura. Nella Tabella 5.2.4.d il valore stagionale corrispondente al mezzo mobile è la media stagionale sui 4 siti indagati.

*Tabella 5.2.4.d – Dati di frazione % PM<sub>2,5</sub>/PM<sub>10</sub> – percentuali medie per stagione (per i siti fissi di riferimento è stata considerata ogni stagione per intero)*

<b>MEDIE DELLE FRAZIONI PER STAGIONE</b>		
<b>POSTAZIONE DI MISURA</b>	<b>STAGIONE</b>	<b>FRAZIONE %</b>
PI-PASSI	INVERNO	68
LU-Capannori		83
CJ845CC		79
PI-PASSI	PRIMAVERA	58
LU-Capannori		65
CJ845CC		63
PI-PASSI	ESTATE	56
LU-Capannori		58
CJ845CC		58
PI-PASSI	AUTUNNO	60
LU-Capannori		66
CJ845CC		63

*Tabella 5.2.4.e – Dati di frazione % PM<sub>2,5</sub>/PM<sub>10</sub> – percentuali medie per sito di misura (le medie qui sotto illustrate sono state calcolate sui medesimi periodi di campionamento del Laboratorio mobile)*

<b>MEDIA DELLE FRAZIONI PER SITO DI MISURA</b>			
<b>FRAZIONE % SUGLI STESSI PERIODI</b>			
<b>COMUNE DI INDAGINE</b>	<b>CJ845CC</b>	<b>PI-PASSI</b>	<b>LU-CAPANNORI</b>
San Miniato	67	59	66
Santa Croce sull'Arno	68	65	69
Montopoli Val d'Arno	65	59	67
Fucecchio	63	61	68

Dalla Tabella 5.2.4.d riepilogativa per stagione, rispetto alle campagne del 2016 , si evidenzia una maggiore similitudine tra i dati percentuali di frazione PM<sub>2,5</sub>/PM<sub>10</sub> registrati dal Laboratorio mobile CJ845CC con quelli del sito fisso di riferimento di LU-Capannori nelle stagioni invernale ed estiva.

Dalla Tabella 5.2.4.e si deduce che, su ciascuna campagna intera di misure, vi è maggiore attinenza tra i siti indagati dal Mezzo mobile di Fucecchio con PI-Passi, come nella sessione 2015-2016, mentre i siti di San Miniato, Santa Croce e Montopoli risultano più affini al sito fisso di LU-Capannori. In sintesi si ricava che nel 2017 per questo aspetto le postazioni indagate presentano un comportamento simile a LU-Capannori a differenza delle campagne del 2016.

## 5.2.5 Acido solfidrico (H<sub>2</sub>S)

H <sub>2</sub> S	CJ845CC	PI-SC_Coop
<b>SAN MINIATO – fraz. Ponte a Egola, Via della Tecnica</b>		
Media delle medie orarie (µg/m <sup>3</sup> )	8	1
Massima media oraria (µg/m <sup>3</sup> )	208 (08/03/2017 ore 7)	31 (10/12/2016 ore 9)
Mediana (µg/m <sup>3</sup> )	3	1
Massima media giornaliera (µg/m <sup>3</sup> )	31 (07/12/2016)	4 (05/12/2016)
n. ore valide	1647	1641
% ore valide	95%	95%
n. ore con concentrazione maggiore di 7 µg/m <sup>3</sup>	430	26
% ore nell'anno sopra la soglia olfattiva di 7 µg/m <sup>3</sup>	26,1%	1,6%
<b>SANTA CROCE SULL'ARNO – Via delle Querce Rosse (angolo Via San Tommaso)</b>		
Media delle medie orarie (µg/m <sup>3</sup> )	4	1
Massima media oraria (µg/m <sup>3</sup> )	91 (23/12/2016 ore 18)	31 (05/01/2017 ore 9)
Mediana (µg/m <sup>3</sup> )	3	1
Massima media giornaliera (µg/m <sup>3</sup> )	11 (05/04/2017)	4 (05/01/2017)
n. ore valide	1652	1652
% ore valide	96%	91%
n. ore con concentrazione maggiore di 7 µg/m <sup>3</sup>	220	21
% ore nell'anno sopra la soglia olfattiva di 7 µg/m <sup>3</sup>	13,3%	1,3%
<b>MONTOPOLI IN VAL D'ARNO – fraz. San Romano, Via Sandro Pertini</b>		
Media delle medie orarie (µg/m <sup>3</sup> )	2	1
Massima media oraria (µg/m <sup>3</sup> )	26 (29/07/2017 ore 6)	27 (25/10/2017 ore 20)
Mediana (µg/m <sup>3</sup> )	1	1
Massima media giornaliera (µg/m <sup>3</sup> )	7 (27/10/2017)	7 (25/10/2017)
n. ore valide	1648	1639
% ore valide	95%	95%
n. ore con concentrazione maggiore di 7 µg/m <sup>3</sup>	111	31
% ore nell'anno sopra la soglia olfattiva di 7 µg/m <sup>3</sup>	6,7%	1,9%
<b>FUCECCHIO – Via dei Cerchi</b>		
Media delle medie orarie (µg/m <sup>3</sup> )	1	2
Massima media oraria (µg/m <sup>3</sup> )	10 (16/05/2017 ore 6)	30 (16/11/2017 ore 9)
Mediana (µg/m <sup>3</sup> )	1	1
Massima media giornaliera (µg/m <sup>3</sup> )	3 (24/11/2017)	6 (16/11/2017)
n. ore valide	1651	1543
% ore valide	96%	89%
n. ore con concentrazione maggiore di 7 µg/m <sup>3</sup>	4	32
% ore nell'anno sopra la soglia olfattiva di 7 µg/m <sup>3</sup>	0,2%	2,1%

Tabella 5.2.5.a – Dati di H<sub>2</sub>S – indicatori annuali 2016-2017; confronto con PI-Santa Croce Coop sugli stessi periodi di ciascuna campagna indicativa

Tabella 5.2.5.b – Dati di H<sub>2</sub>S – indicatori annuali 2017 di PI-Santa Croce Coop

H <sub>2</sub> S – INDICATORI ANNUALI 2017	PI-SC_Coop
Media annuale (µg/m <sup>3</sup> )	1
Massima media oraria (µg/m <sup>3</sup> )	31 (05/01/2017 ore 9)
Massima media giornaliera (µg/m <sup>3</sup> )	7 (25/10/2017)
n. ore con concentrazione maggiore di 7 µg/m <sup>3</sup>	130
% ore nell'anno sopra la soglia olfattiva di 7 µg/m <sup>3</sup>	1,6%
n. giorni con concentrazione maggiore di 150 µg/m <sup>3</sup>	0

Tabella 5.2.5.c – Dati di H<sub>2</sub>S – indicatori stagionali per ciascun sito di misura

H2S	INVERNO	PRIMAVERA	ESTATE	AUTUNNO
<b>SAN MINIATO – fraz. Ponte a Egoia, Via della Tecnica</b>				
Media delle medie orarie (µg/m <sup>3</sup> )	13	9	6	5
Massima media oraria (µg/m <sup>3</sup> )	117 (07/12/2016 ore 19)	208 (08/03/2017 ore 7)	90 (12/06/2017 ore 8)	86 (18/09/2017 ore 11)
Mediana (µg/m <sup>3</sup> )	5	4	3	2
Massima media giornaliera (µg/m <sup>3</sup> )	31 (07/12/2016)	25 (08/03/2017)	13 (12/06/2017)	16 (18/09/2017)
n. ore valide	412	414	408	410
% ore valide	95%	96%	94%	95%
n. giorni validi	18	18	18	18
% giorni validi	100%	100%	100%	100%
n. ore con concentrazione maggiore di 7 µg/m <sup>3</sup>	175	118	72	65
% ore nell'anno sopra la soglia olfattiva di 7 µg/m <sup>3</sup>	42,5%	29%	17,6%	15,9%
n. giorni con concentrazione maggiore di 150 µg/m <sup>3</sup>	0	0	0	0
<b>SANTA CROCE SULL'ARNO – Via delle Querce Rosse (angolo Via San Tommaso)</b>				
Media delle medie orarie (µg/m <sup>3</sup> )	3	5	4	5
Massima media oraria (µg/m <sup>3</sup> )	91 (23/12/2017 ore 18)	90 (04/04/2017 ore 21)	75 (30/06/2017 ore 6)	48 (27/09/2017 ore 8)
Mediana (µg/m <sup>3</sup> )	2	3	3	3
Massima media giornaliera (µg/m <sup>3</sup> )	9 (09/01/2017)	11 (05/04/2017)	9 (28/06/2017)	10 (27/09/2017)
n. ore valide	414	412	414	414
% ore valide	96%	95%	96%	96%
n. giorni validi	18	18	18	18
% giorni validi	100%	100%	100%	100%
n. ore con concentrazione maggiore di 7 µg/m <sup>3</sup>	38	52	56	74
% ore nell'anno sopra la soglia olfattiva di 7 µg/m <sup>3</sup>	9,2%	12,6%	13,5%	17,9%
n. giorni con concentrazione maggiore di 150 µg/m <sup>3</sup>	0	0	0	0
<b>MONTOPOLI IN VAL D'ARNO – fraz. San Romano, Via Sandro Pertini</b>				
Media delle medie orarie (µg/m <sup>3</sup> )	2	2	2	4
Massima media oraria (µg/m <sup>3</sup> )	20 (11/01/2017 ore 21)	25 (21/04/2017 ore 7)	26 (29/07/2017 ore 6)	24 (27/10/2017 ore 9)
Mediana (µg/m <sup>3</sup> )	1	1	1	2
Massima media giornaliera (µg/m <sup>3</sup> )	5 (27/01/2017)	4 (21/04/2017)	4 (17/07/2017)	7 (27/10/2017)
n. ore valide	411	414	412	411
% ore valide	95%	96%	95%	95%
n. giorni validi	18	18	18	18
% giorni validi	100%	100%	100%	100%
n. ore con concentrazione maggiore di 7 µg/m <sup>3</sup>	15	10	27	59
% ore nell'anno sopra la soglia olfattiva di 7 µg/m <sup>3</sup>	3,6%	2,4%	6,6%	14,4%
n. giorni con concentrazione maggiore di 150 µg/m <sup>3</sup>	0	0	0	0
<b>FUCECCHIO – Via dei Cerchi</b>				
Media delle medie orarie (µg/m <sup>3</sup> )	1	1	1	1
Massima media oraria (µg/m <sup>3</sup> )	9 (10/02/2017 ore 10)	10 (16/05/2017 ore 6)	2 (10/08/2017 ore 0)	9 (24/11/2017 ore 10)
Mediana (µg/m <sup>3</sup> )	1	1	1	1
Massima media giornaliera (µg/m <sup>3</sup> )	2 (04/02/2017)	2 (16/05/2017)	1 (09/08/2017)	3 (24/11/2017)
n. ore valide	413	410	414	414
% ore valide	96%	95%	96%	96%
n. giorni validi	18	18	18	18
% giorni validi	100%	100%	100%	100%
n. ore con concentrazione maggiore di 7 µg/m <sup>3</sup>	2	1	0	1
% ore nell'anno sopra la soglia olfattiva di 7 µg/m <sup>3</sup>	0,5%	0,2%	0,0%	0,2%
n. giorni con concentrazione maggiore di 150 µg/m <sup>3</sup>	0	0	0	0

Immagine 5.2.5.a – Mappa dei valori delle massime medie orarie di  $H_2S$  nei vari siti di misura. Per PI-Santa Croce Coop è stata considerata il valore della massima media oraria riferito all'anno 2017.



Immagine 5.2.5.b – Mappa dei valori delle massime medie giornaliere di  $H_2S$  nei vari siti di misura. Per PI-Santa Croce Coop è stata considerato il valore della massima media oraria riferito all'anno 2017.

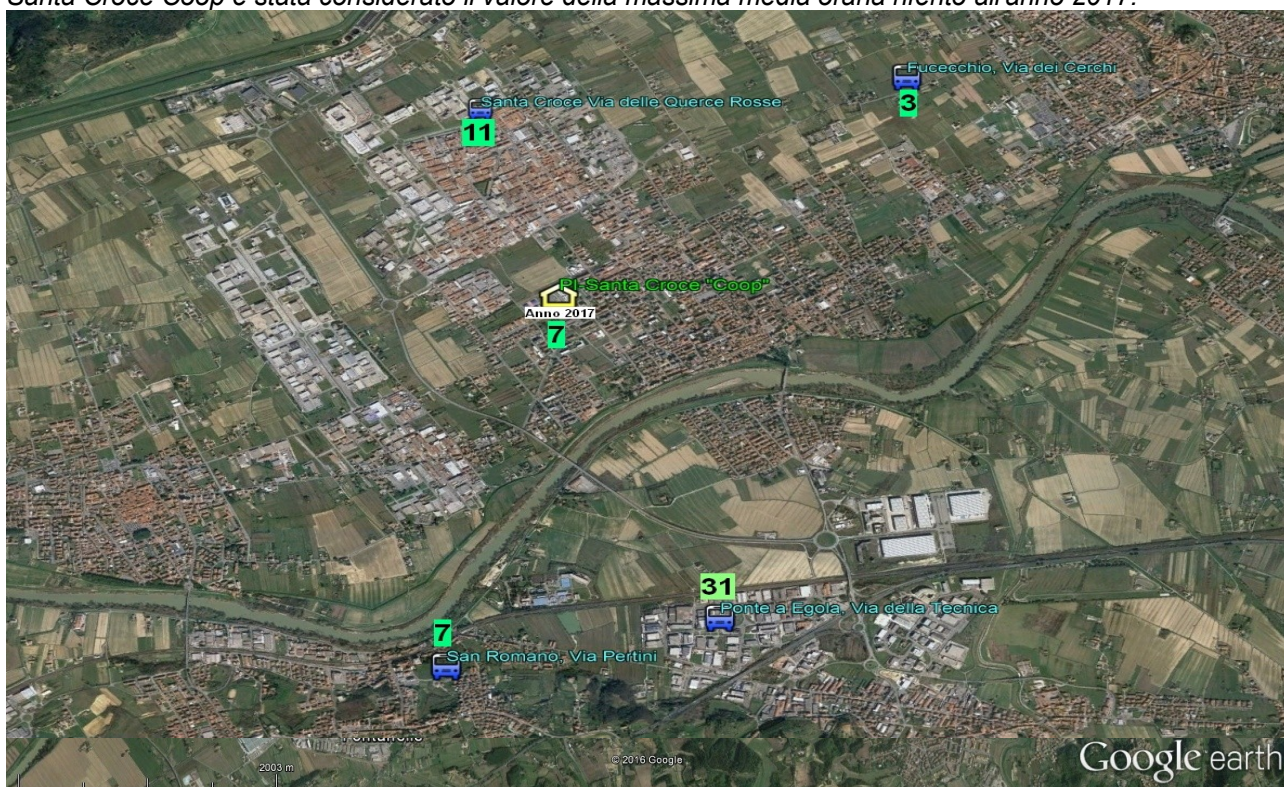


Immagine 5.2.5.c – Mappa dei valori percentuali di superamento della soglia olfattiva di  $H_2S$  (pari a  $7 \mu g/m^3$ ) nei vari siti di misura su ciascuna campagna indicativa completa. Per PI-Santa Croce Coop è stata considerata la percentuale riferita all'anno 2017.

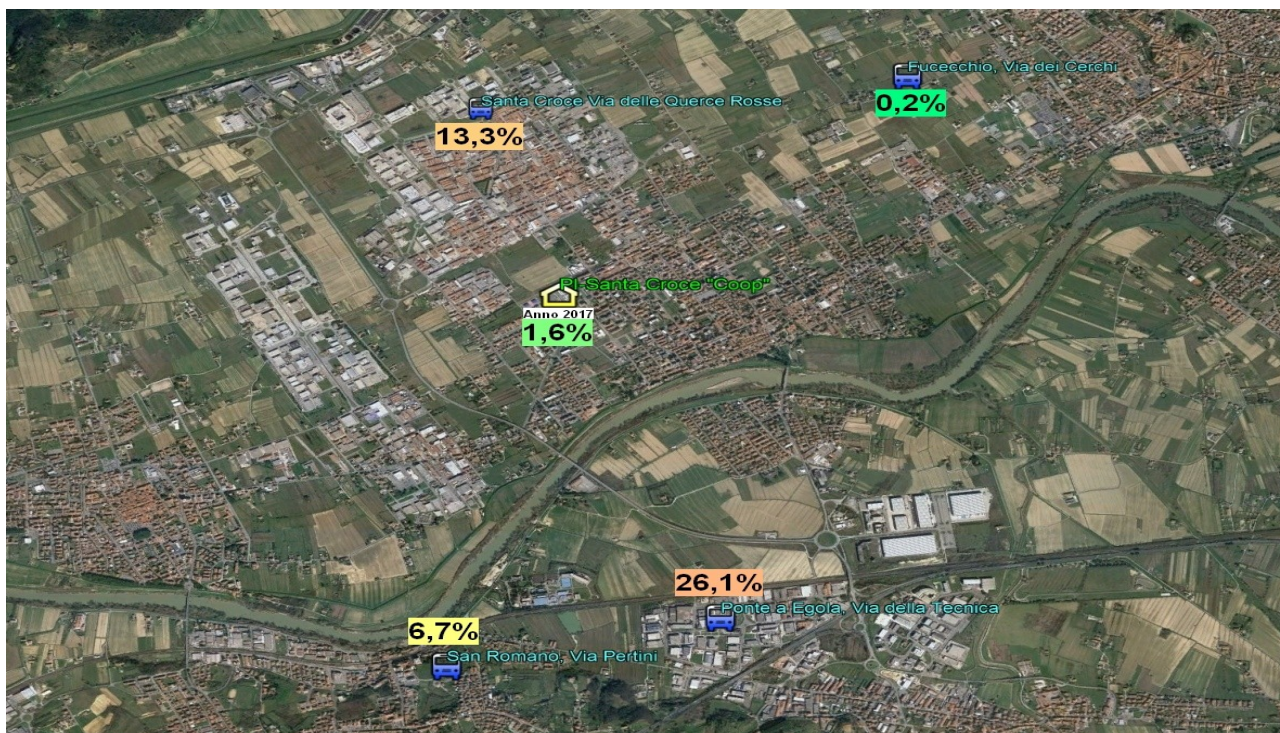


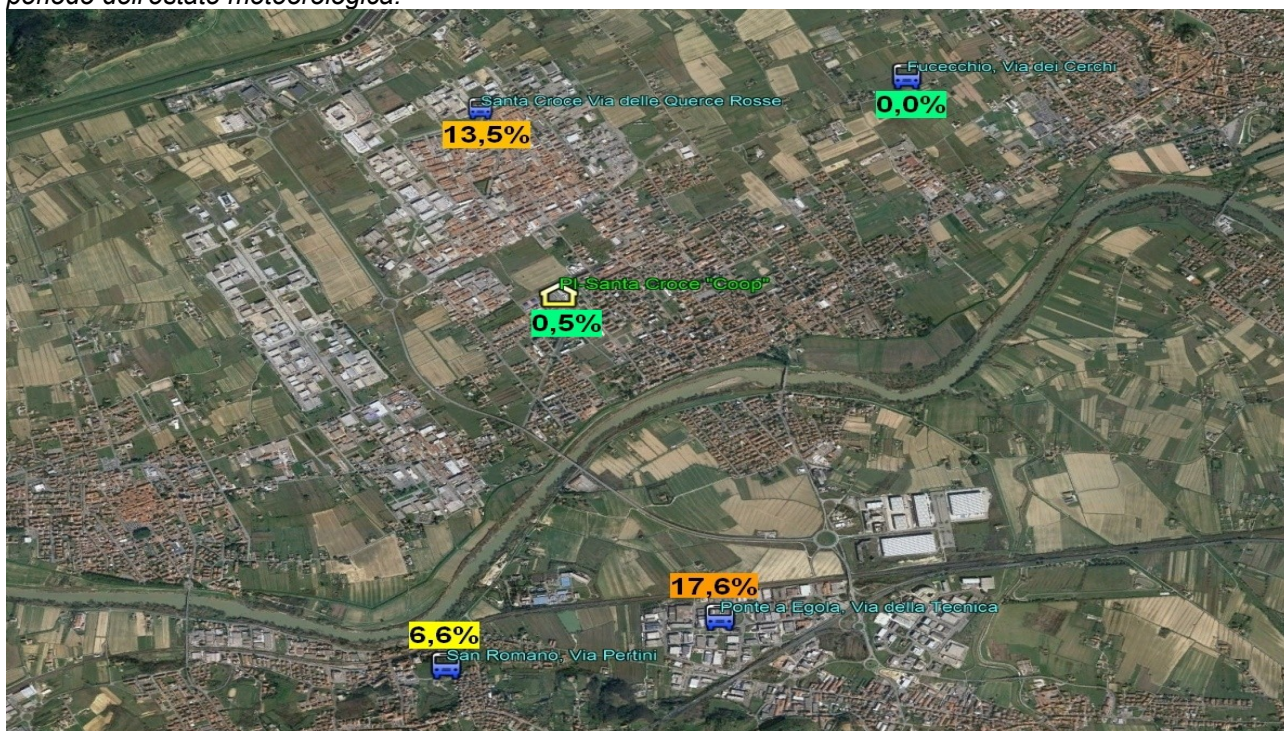
Immagine 5.2.5.d – Mappa dei valori percentuali di superamento della soglia olfattiva di  $H_2S$  (pari a  $7 \mu g/m^3$ ) nei vari siti di misura per ciascuna campagna invernale. Per PI-Santa Croce Coop è stato considerato l'intero periodo dell'inverno meteorologico.



Immagine 5.2.5.e – Mappa dei valori percentuali di superamento della soglia olfattiva di  $H_2S$  (pari a  $7 \mu g/m^3$ ) nei vari siti di misura per ciascuna campagna primaverile. Per PI-Santa Croce Coop è stato considerato l'intero periodo della primavera meteorologica.



Immagine 5.2.5.f – Mappa dei valori percentuali di superamento della soglia olfattiva di  $H_2S$  (pari a  $7 \mu g/m^3$ ) nei vari siti di misura per ciascuna campagna estiva. Per PI-Santa Croce Coop è stato considerato l'intero periodo dell'estate meteorologica.



*Immagine 5.2.5.g – Mappa dei valori percentuali di superamento della soglia olfattiva di H<sub>2</sub>S (pari a 7 µg/m<sup>3</sup>) nei vari siti di misura per ciascuna campagna autunnale. Per PI-Santa Croce Coop è stato considerato l'intero periodo relativo all'autunno meteorologico.*



Seppur in assenza di riferimenti normativi cogenti, riteniamo comunque opportuno riportare i risultati ottenuti per questo inquinante di derivazione industriale che nel Comprensorio del Cuio riveste importanza prioritaria.

Nelle Tabelle 5.2.5.a e 5.2.5.c sono riportati i valori delle concentrazioni medie di H<sub>2</sub>S sia orarie che giornaliere, il valore massimo di concentrazione sia della media oraria che giornaliera, la percentuale di superamenti della soglia olfattiva minima indicata dall'OMS (7,0 µg/m<sup>3</sup>). Si riporta anche la mediana delle concentrazioni orarie del periodo in quanto sono presenti episodi in cui i livelli di concentrazione sono molto elevati; infatti questo indicatore è molto meno influenzato dagli episodi acuti rispetto alla media. La Tabella 5.2.5.a è redatta su base annuale, con il confronto con la centralina fissa presa a riferimento per questo inquinante e baricentrica rispetto alla dislocazione spaziale dei quattro siti di misura. La Tabella 5.2.5.c riporta i valori medi per stagione per ogni singolo sito di misura.

L'acido solfidrico è considerato un inquinante presente in tutta l'area del Cuio, ma nell'area in oggetto le concentrazioni sono spesso variabili da zona a zona.

È opportuno focalizzare l'attenzione sul valore percentuale degli episodi di superamento, su base oraria, della soglia olfattiva (4a riga delle Tabelle 5.2.5.a e 5.2.5.b) in quanto questo dato può dare un'indicazione sulla possibilità di innesco di maleodoranze locali; tale possibilità è strettamente legata alla frequenza di condizioni determinanti.

Le frequenze di superamento non trascurabili e valori orari di concentrazione così elevati come mostrato in Tabella 5.2.4.a, quasi esclusivamente nel sito di San Miniato – Ponte a Egola e Santa Croce via delle Querce Rosse, anche se in misura minore, concorrono a definire una situazione di contaminazione locale da Acido solfidrico. Tale fenomeno è visibile anche nelle Immagini 5.2.5.c – 5.2.5.g: il colore giallo/arancione che contraddistingue i siti con maggiore permanenza di concentrazioni orarie al di sopra della soglia olfattiva si ritrova in tutte le stagioni a Ponte a Egola, Via della Tecnica, Santa Croce via delle Querce Rosse e, in autunno, anche a San Romano, Via Pertini. In quelle situazioni, è elevata la probabilità di formazioni di odori molesti sia di breve che di lunga durata. Il sito fisso di riferimento PI-Santa Croce “Coop” presenta una frequenza di superamento della soglia olfattiva inferiore al 5%. Rispetto all'anno 2016 e alle campagne indicative precedenti, si conferma la posizione del sito fisso di riferimento rispetto a episodi di possibili maleodoranze, con percentuale su scala annuale nella fascia tra il 2,0 e il 3,0%.

In inverno, primavera ed autunno, il sito di San Miniato fa registrare queste percentuali di ricorrenza di superamento della soglia olfattiva dei  $7,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$  sempre al di sopra del 15%, con una punta di oltre il 40% in inverno.

Per quanto riguarda il raggiungimento dei valori di concentrazione media oraria massimi, si nota un diminuzione netta per quanto riguarda i siti di Montopoli in Val d'Arno e il sito fisso di riferimento. Per quanto riguarda San Miniato – Ponte a Egola, si evidenzia il valore di  $208 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , che segna un valore di concentrazione più che doppio rispetto a quello registrato nel sito di Santa Croce Via delle Querce Rosse ( $91 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ).

### 5.2.5.1 ANALISI STATISTICA DELLE MISURE DI H<sub>2</sub>S

Per tutte le quattro campagne di indagine, si riportano sotto le analisi statistiche sintetiche, volte a comprendere più a fondo le concentrazioni orarie registrate per questo inquinante tipico del Comprensorio del Cuio.

Riportiamo le tabelle riepilogative degli indicatori statistici:

*Tabella 5.2.5.1 – Indicatori della distribuzione delle concentrazioni di H<sub>2</sub>S misurate a San Miniato:*

N.dati	1645
Media	8,2
Massimo	208
% dati validi	95
Errore standard	0,4
Mediana	3,1
Moda	0
Asimmetria	4,6
Varianza campionaria	202,2
Deviazione standard	14,2

*Tabella 5.2.5.2 – Indicatori della distribuzione delle concentrazioni di H<sub>2</sub>S misurate a Santa Croce S/A:*

N.dati	1652
Media	4,3
Massimo	91
% dati validi	96
Errore standard	0,1
Mediana	2,7
Moda	1
Asimmetria	6,9
Varianza campionaria	36,4
Deviazione standard	6,0

*Tabella 5.2.5.3 – Indicatori della distribuzione delle concentrazioni di H<sub>2</sub>S misurate a Montopoli Val d'Arno:*

N.dati	1648
Media	2,4
Massimo	26
% dati validi	95
Errore standard	0,1
Mediana	1,3
Moda	1
Asimmetria	3,1
Varianza campionaria	9,9
Deviazione standard	3,1

Tabella 5.2.5.4 – Indicatori della distribuzione delle concentrazioni di H<sub>2</sub>S misurate a Fucecchio:

N.dati	1651
Media	1,0
Massimo	10
% dati validi	96
Errore standard	0,0
Mediana	0,7
Moda	1
Asimmetria	2,8
Varianza campionaria	0,9
Deviazione standard	0,9

Vengono qui sotto riportati gli andamenti del numero di ricorrenze per le concentrazioni misurate e della percentuale cumulativa in funzione dell'aumento dei livelli delle classi di concentrazione individuate.

Come si evince dalla serie di Grafici 5.2.5.1 – 5.2.5.4, le concentrazioni al di sotto dei 4,0 µg/m<sup>3</sup> sono pari al 99,2% delle medie orarie raccolte nel sito di Fucecchio, che vede il superamento della soglia olfattiva di 7,0 µg/m<sup>3</sup> solo per 4 valori medi orari. Per quanto riguarda San Miniato, il sito più interessato dalle maleodoranze, le concentrazioni al di sotto della soglia olfattiva sono circa il 74% del totale delle medie orarie raccolte nell'intera indagine, in aumento rispetto all'anno precedente (erano l'80% circa).

Grafico 5.2.5.1 Distribuzione delle concentrazioni di H<sub>2</sub>S e percentuale cumulativa a San Miniato:

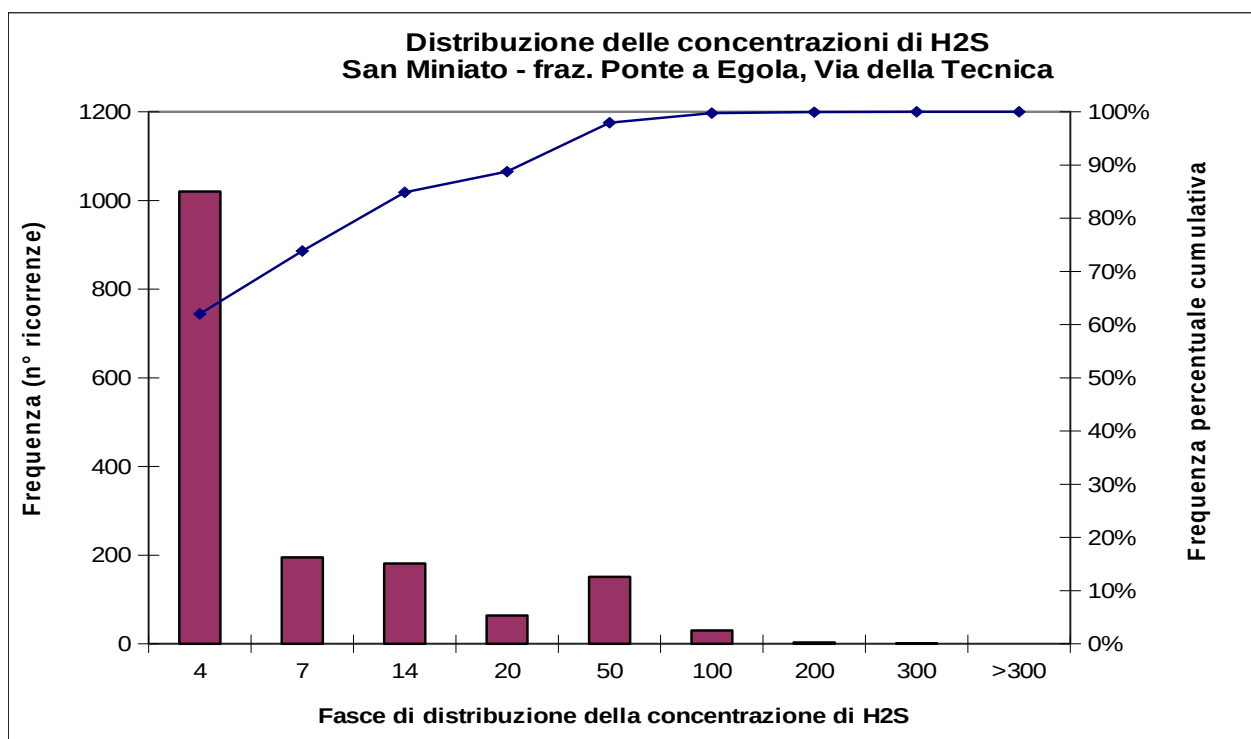


Grafico 5.2.5.2 Distribuzione delle concentrazioni di H<sub>2</sub>S e percentuale cumulativa a Santa Croce S/A:

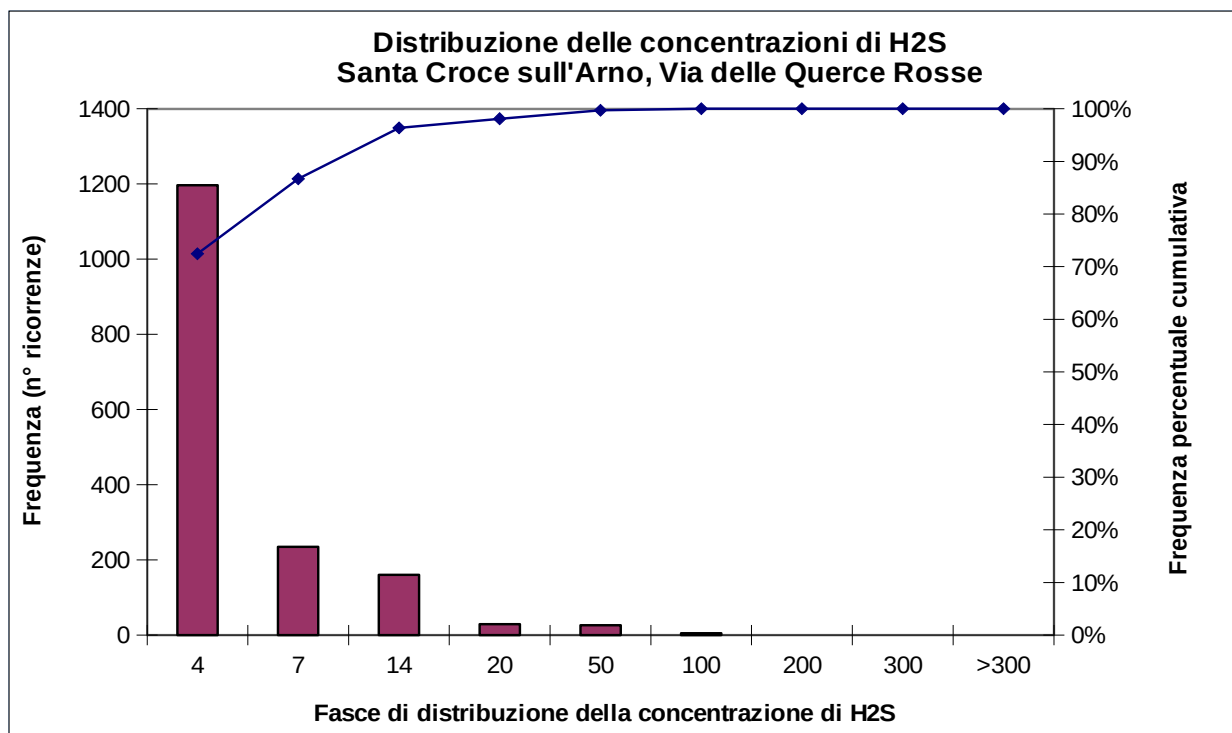


Grafico 5.2.5.3 Distribuzione delle concentrazioni di H<sub>2</sub>S e percentuale cumulativa a Montopoli in Val d'Arno:

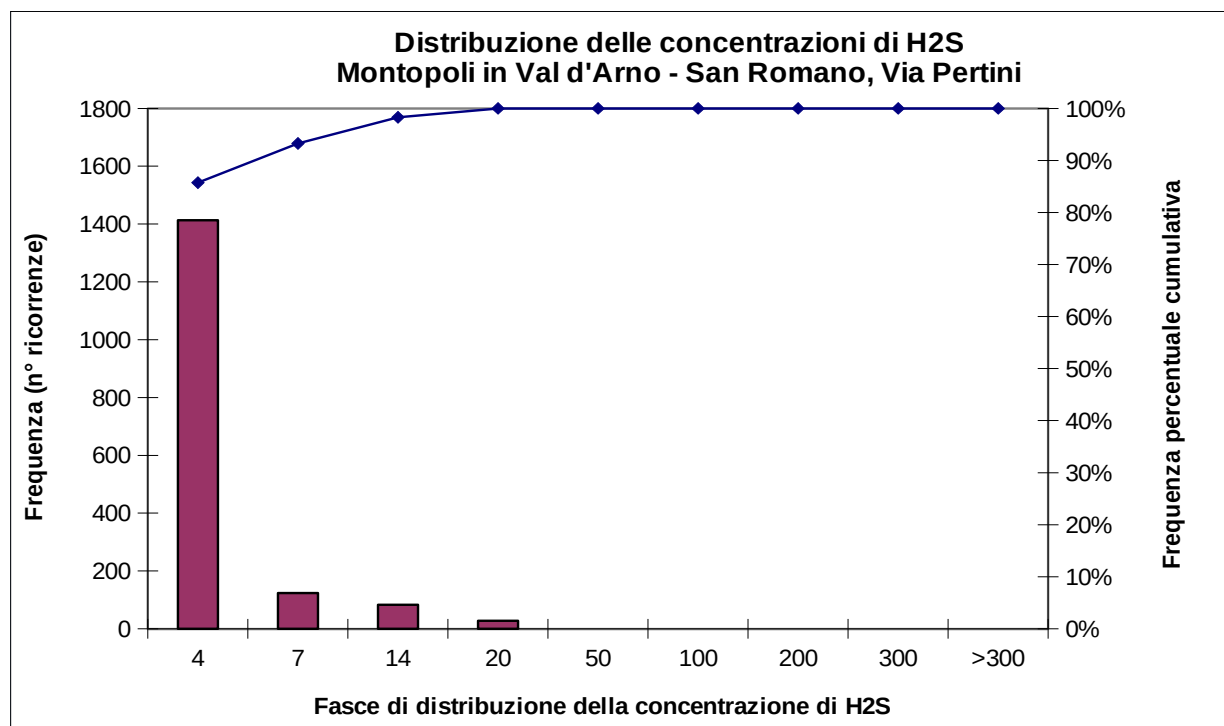
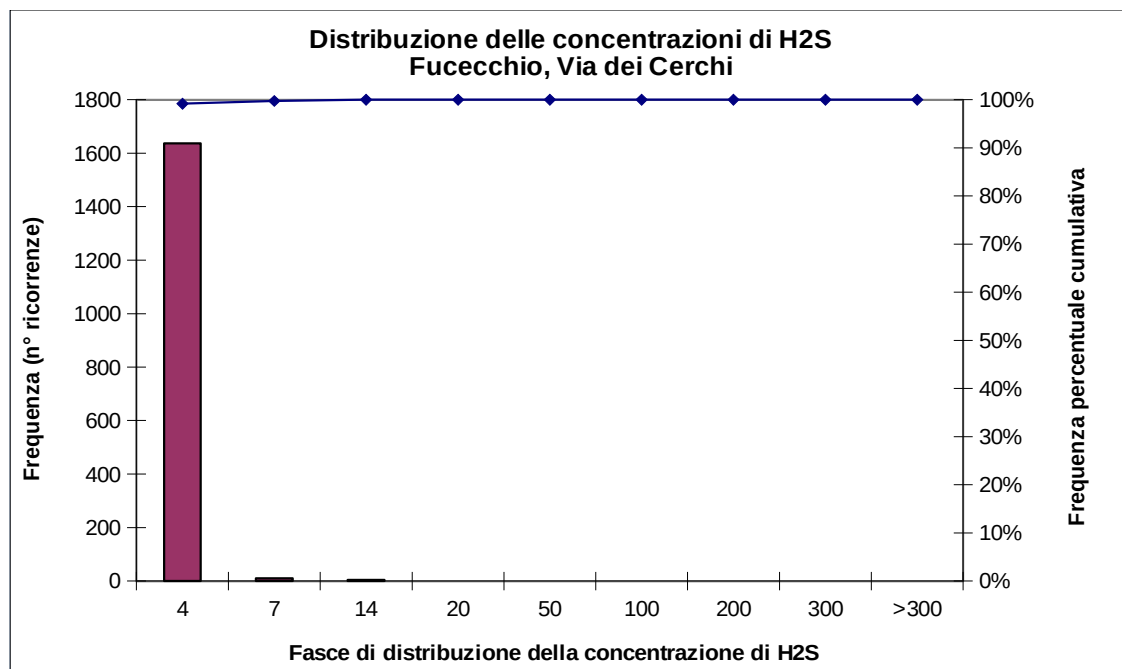


Grafico 5.2.5.4 Distribuzione delle concentrazioni di H<sub>2</sub>S e percentuale cumulativa a Fucecchio:



Nelle tabelle successive sono riportati tutti gli episodi acuti, per un totale di 34 valori medi orari a Ponte a Egola e di 5 a Santa Croce sull'Arno, includendo data e ora dell'episodio, valore della concentrazione di Acido solfidrico, velocità e direzione del vento, sito di misura e stagione corrispondente.

Per episodio acuto è stato arbitrariamente considerata ciascuna media oraria di concentrazione di H<sub>2</sub>S superiore a 50 µg/m<sup>3</sup>.

**Tabella 5.2.5.5.a Elenco degli episodi acuti rilevati in ordine di concentrazione di H<sub>2</sub>S decrescente nel sito di Ponte a Egola:**

SAN MINIATO, fraz. PONTE A EGOLA				
Data e ora	DV	VV (m/s)	Concentrazione H <sub>2</sub> S (ug/m <sup>3</sup> )	Stagione
08/03/2017 07:00	n.d.	0,0	208	primavera
07/12/2016 19:00	NE	0,8	117	inverno
08/03/2017 18:00	ENE	1,7	114	primavera
07/12/2016 09:00	NE	0,4	109	inverno
16/12/2016 07:00	NE	0,8	100	inverno
12/06/2017 08:00	NNE	0,9	90	estate
18/09/2017 11:00	ESE	0,8	86	autunno
05/09/2017 06:00	n.d.	0,0	86	autunno
16/03/2017 08:00	ENE	0,6	85	primavera
05/12/2016 17:00	NE	0,6	81	inverno
20/12/2016 13:00	NNE	1,7	81	inverno
07/12/2016 18:00	NE	0,6	79	inverno
16/12/2016 12:00	NE	3,0	73	inverno
11/03/2017 08:00	ENE	0,7	73	primavera
12/12/2016 11:00	n.d.	0,0	72	inverno
16/12/2016 11:00	NE	3,0	72	inverno
05/12/2016 07:00	n.d.	0,0	69	inverno
12/12/2016 07:00	n.d.	0,0	68	inverno
09/12/2016 07:00	NE	0,8	68	inverno
07/12/2016 20:00	NE	1,6	68	inverno
13/03/2017 07:00	n.d.	0,0	67	primavera
06/12/2016 10:00	NE	0,8	66	inverno
09/12/2016 10:00	NE	0,6	64	inverno
16/03/2017 07:00	NE	0,7	64	primavera
06/12/2016 09:00	n.d.	0,0	61	inverno
07/12/2016 14:00	NNE	1,0	59	inverno
07/03/2017 08:00	NE	0,6	59	primavera
17/12/2016 09:00	N	0,7	59	inverno
10/03/2017 07:00	NE	0,6	59	primavera
18/09/2017 12:00	ESE	0,9	59	autunno
08/03/2017 09:00	n.d.	0,0	57	primavera
15/09/2017 06:00	E	0,5	52	autunno
12/06/2017 09:00	NE	1,2	52	estate
07/06/2017 06:00	ENE	0,7	51	estate

**Tabella 5.2.5.5.b Elenco degli episodi acuti rilevati in ordine di concentrazione di H<sub>2</sub>S decrescente nel sito di Santa Croce sull'Arno:**

SANTA CROCE SULL'ARNO – Via delle Querce Rosse				
Data e ora	DV	VV (m/s)	Concentrazione H <sub>2</sub> S (ug/m <sup>3</sup> )	Stagione
23/12/2016 18:00	n.d.	0	91	inverno
04/04/2017 21:00	n.d.	0	90	primavera
30/06/2017 06:00	E	0,4	75	estate
03/01/2017 04:00	ESE	0,7	61	inverno
05/04/2017 08:00	n.d.	0	60	primavera

Per quanto riguarda Ponte a Egola, si evidenzia subito il fatto che più della metà degli episodi (18 su 34) sono occorsi nella stagione invernale, nove sono in primavera, quattro in autunno e tre in estate.

Sempre in questo sito, quasi tutti gli episodi qui riportati sono inoltre corrispondenti a situazione di calma o bava di vento ( $VV \leq 1,6$  m/s), ad eccezione di tre eventi orari con  $VV = 3,0$  e  $1,7$  m/s, dei quali due in inverno e uno in primavera. Inoltre, tutti quelli con Velocità del Vento (VV) maggiore di zero e quindi con Direzione (DV) determinabile, hanno direzione del vento dai quadranti orientali.

Per quanto riguarda Santa Croce, i due eventi con DV determinabile sono dall'intorno di Est e gli altri tre hanno velocità del vento nulla con conseguente direzione non determinabile. Su cinque eventi, due sono in inverno e due in primavera, uno in estate.

Rispetto al monitoraggio precedente 2015-2016 a Ponte a Egola, si registrano otto eventi orari maggiori di  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , con un valore orario massimo poco al di sopra dei  $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (nel 2016 il massimo era stato di  $231 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ).

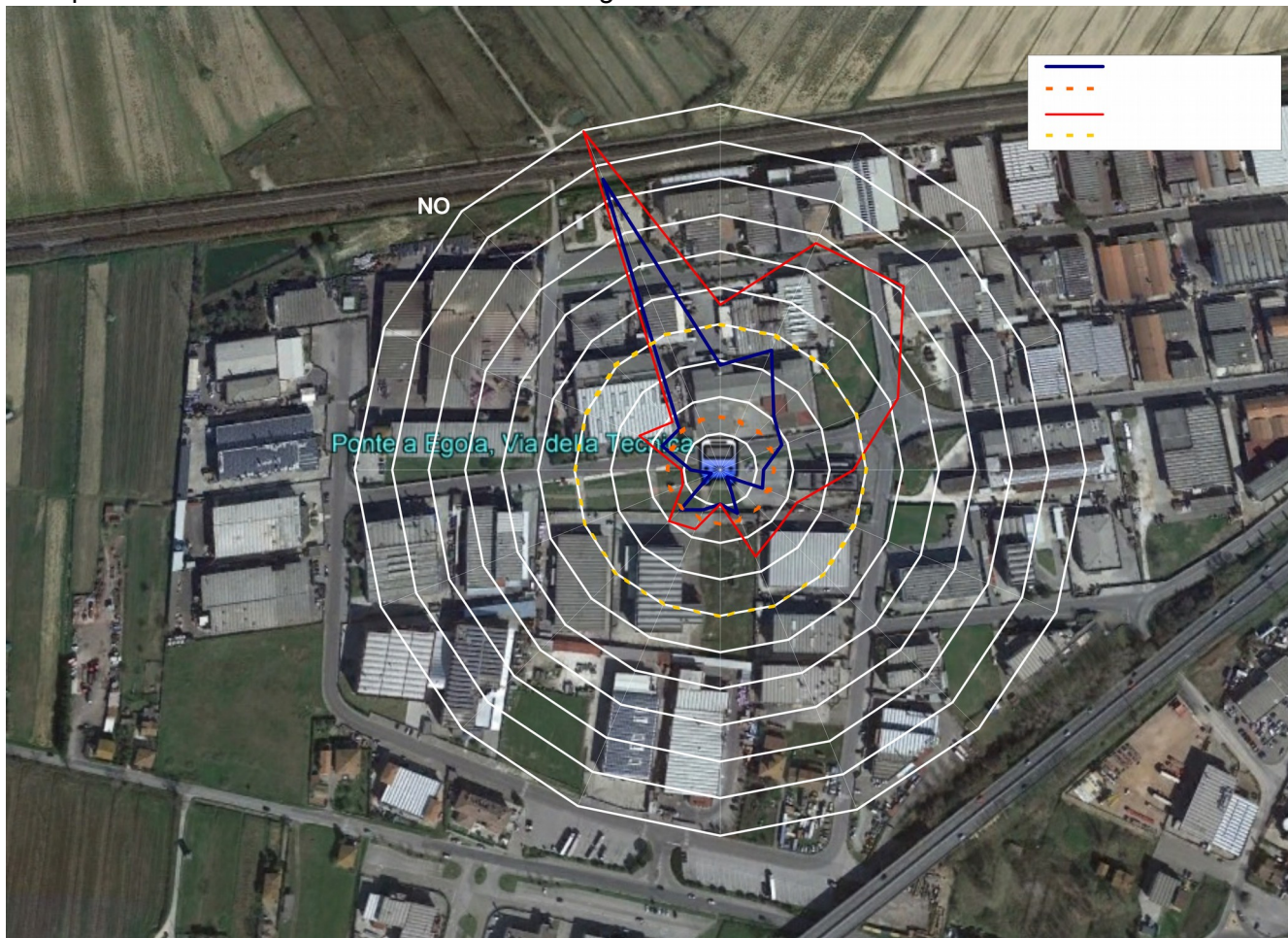
Nessun valore orario critico di  $\text{H}_2\text{S}$  registrato nel 2017 nel sito di riferimento di PI-Santa Croce "Coop".

In Allegato A sono presenti tutte le rose dei venti stagionali e i grafici annuali di velocità del vento per ogni sito e alcuni commenti a margine della raccolta dei dati meteorologici.

### 5.2.5.2 DIAGRAMMI POLARI PER LE MISURE DI H<sub>2</sub>S

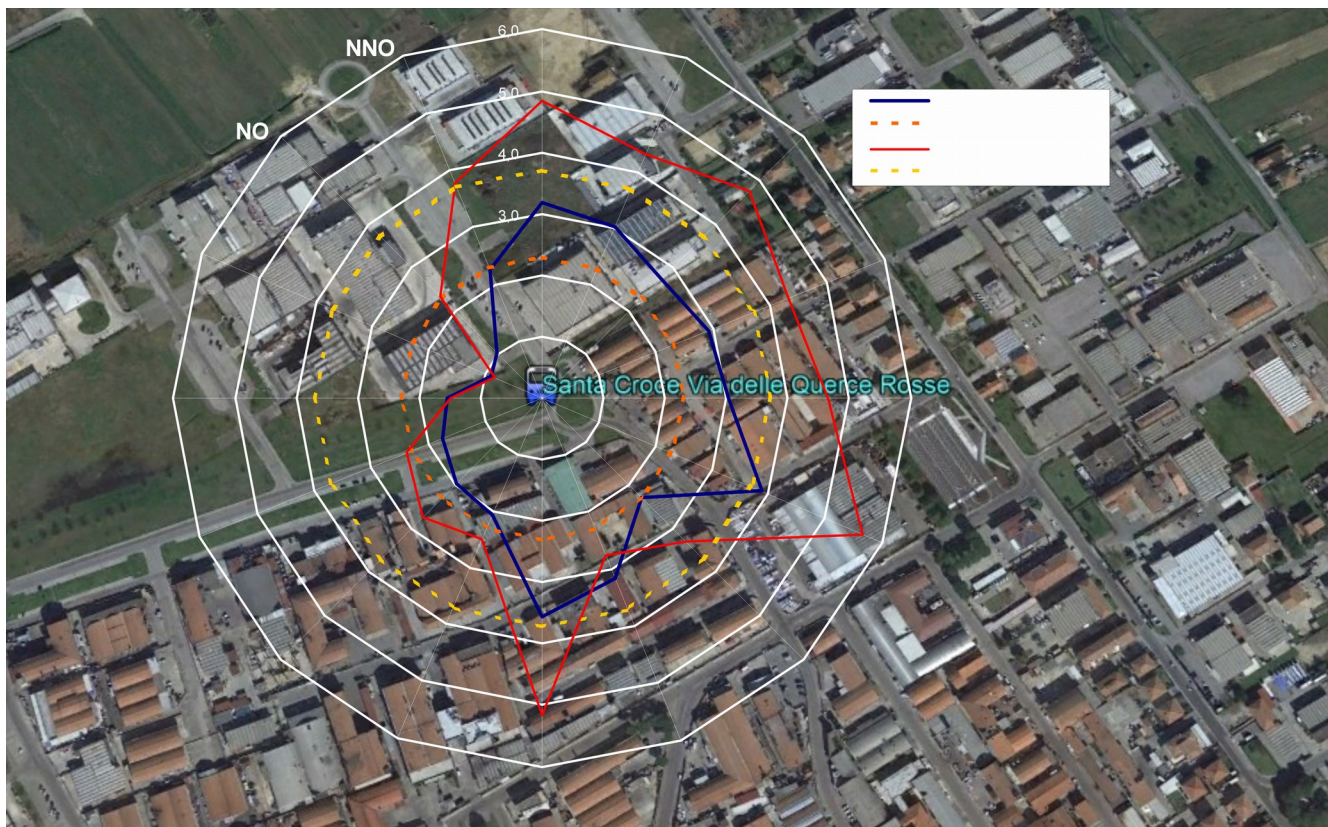
Riportiamo qui di seguito i diagrammi polari relativamente alle concentrazioni medie orarie di Acido solfidrico incrociate con i dati di valori medi orari di settore di provenienza del vento (DV): i diagrammi sono in ordine di campagna indicativa.

Ecco qua sotto il sito di San Miniato – Ponte a Egola:



Il diagramma polare in esame è interessante, perché, al di là dei valori di “mediana campagna” e “media campagna” costanti sui vari settori, che vanno a formare una circonferenza con valori di raggio di circa 3 e 10  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , tutt’altro che trascurabili, i valori di concentrazione media oraria della media e della mediana di H<sub>2</sub>S incrociati con i valori medi orari di DV danno evidenza di concentrazioni sopra la media sui settori settentrionali, in particolare NNO e NE/NNE. Questo significa che, con buona ragionevolezza, le direzioni di vento che fanno aumentare maggiormente i livelli di concentrazione di Acido solfidrico sono quelle dei settori sopraccitati.

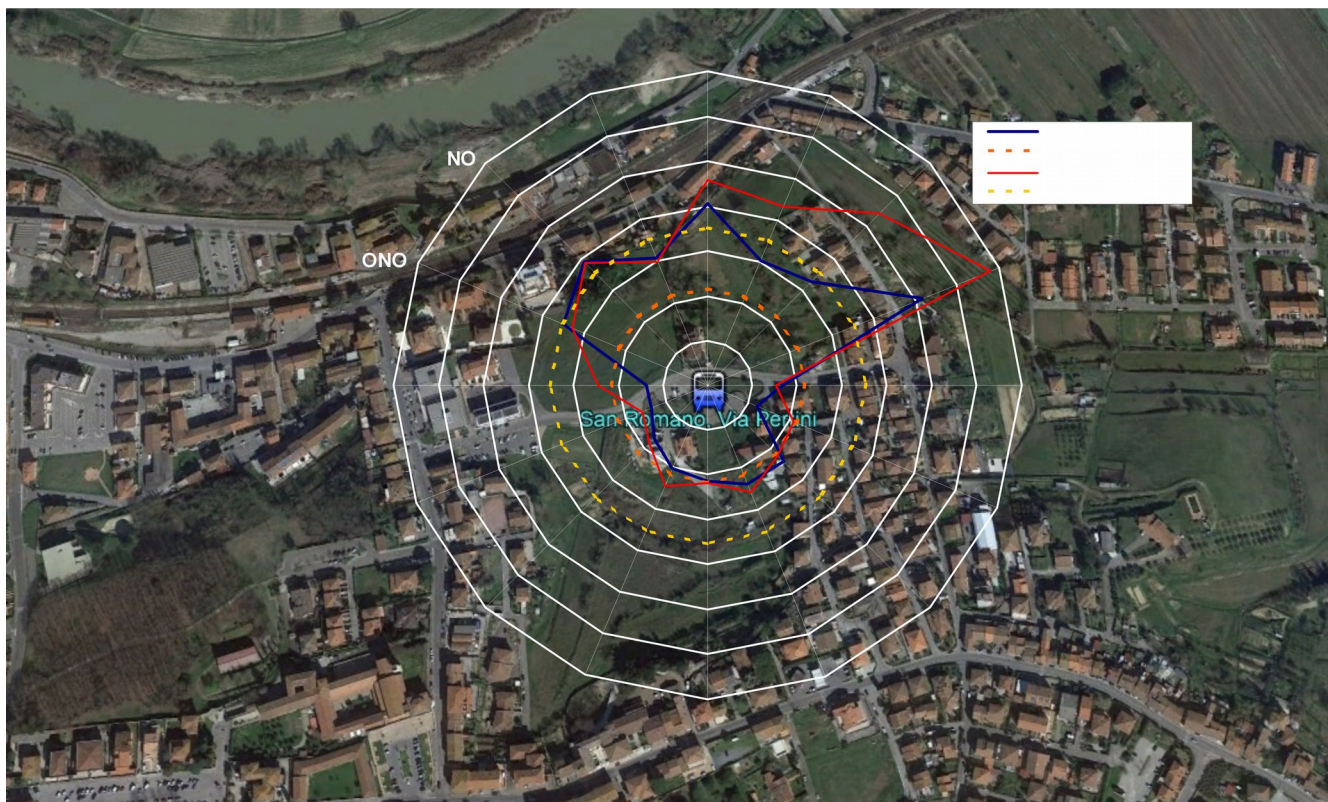
Nella immagine sottostante è visibile il diagramma polare per il sito di Santa Croce via delle Querce Rosse:



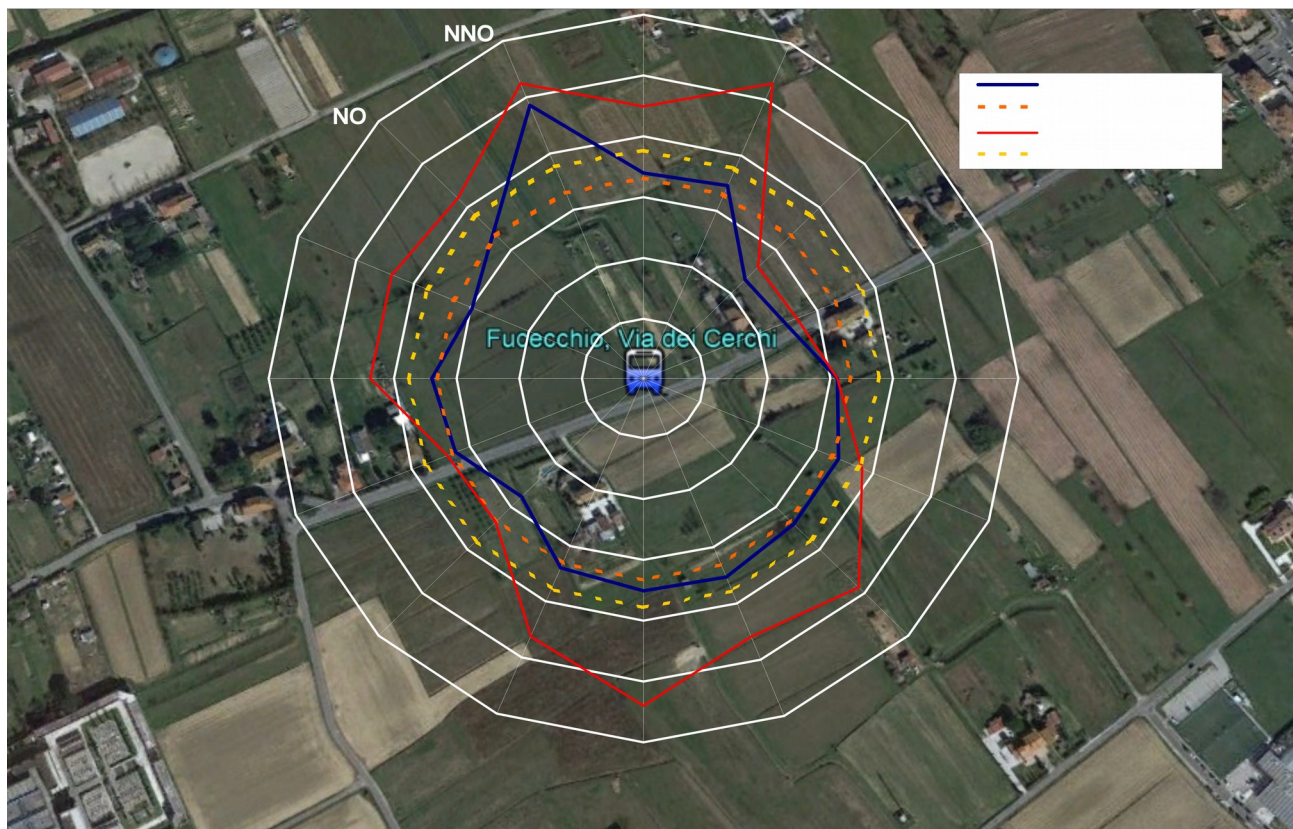
Anche questo diagramma è interessante, perché i valori di concentrazione media oraria della media e della mediana di  $H_2S$  incrociati con i valori medi orari di DV danno un'evidenza di concentrazioni sopra la media sui settori orientali, compresi Nord e Sud, in particolare ESE

Di seguito riportiamo il diagramma per il sito di monitoraggio di Montopoli in Val d'Arno:

Anche qui vi è una direzione “privilegiata” che sembra far innalzare maggiormente i livelli di concentrazione di  $H_2S$ , corrispondente ai settori incentrati sulla direzione Nord-Est, oltre ai fenomeni ventosi con provenienze da Nord e Nord-Ovest, anche se in misura assai minore.



Infine, mostriamo il diagramma polare per il sito di Fucecchio via dei Cerchi:



Essendo il sito di fondo, è ragionevole aspettarsi un comportamento dei livelli di concentrazione dell'Acido solfidrico indipendente dalla direzione. I livelli di concentrazione corrispondenti alla media e alla mediana sono molto bassi e analogamente i valori medi orari presentano livelli simili e un andamento scarsamente influenzato dai venti.

## Conclusioni

Le campagne indicative di monitoraggio della qualità dell'aria, realizzate per mezzo del Laboratorio mobile regionale targato CJ845CC nei quattro siti di misura sopra elencati e ricadenti sotto il Comprensorio del Cuoio, hanno fornito un quadro ambientale completo che, per quanto attiene agli inquinanti gassosi SO<sub>2</sub> e NO<sub>2</sub>, evidenzia indicatori che rispettano ampiamente le soglie previste dalla normativa vigente in materia di qualità dell'aria (D.Lgs. 155/2010) per la protezione della salute umana.

Per quanto riguarda il PM<sub>10</sub> il valore limite relativo alla media annuale è rispettato in tutti i siti; è interessante osservare che l'indicatore relativo alla media annuale rilevato a Santa Croce via delle Querce Rosse risulta pari a 30 µg/m<sup>3</sup>, superiore del 20% rispetto al valore medio di PM<sub>10</sub> su base annua, riferito all'anno 2017, della stazione di rete regionale PI-Santa Croce Coop. Tale stazione di riferimento ha fatto segnare una media annuale pari a 25 µg/m<sup>3</sup>, in costante calo dal 2015. Tuttavia sugli stessi periodi della campagna di misura di via delle Querce Rosse il valor medio registrato a PI-Santa Croce "Coop" è stato di 29 µg/m<sup>3</sup>, inferiore per solo 1 µg/m<sup>3</sup>, rispetto al sito di via delle Querce Rosse, a dimostrazione che tale campagna è stata sicuramente svolta in periodi delle varie stagioni interessati da valori piuttosto elevati.

Per quanto riguarda il n° di superamenti del VL giornaliero del PM<sub>10</sub> in un anno, non è stato superato il numero di 35 nel sito regionale di riferimento di PI-Santa Croce "Coop": infatti sono stati registrati 25 superamenti riferiti all'anno 2017 (erano 30 nel 2016).

Per quanto riguarda i siti oggetto delle campagne indicative, il valore riferito al 90,4° percentile è superiore a 50 µg/m<sup>3</sup> a Santa Croce via delle Querce Rosse (58 µg/m<sup>3</sup>), ma nello stesso periodo il valore riferito al 90,4° percentile nel sito di riferimento era 61 µg/m<sup>3</sup> e in questo non si è comunque avuto il superamento del valore limite giornaliero su base annuale. Quindi non è possibile concludere con questa numerosità di dati che nella postazione di Santa Croce via delle Querce Rosse si verifichi il superamento dell'indicatore in questione su base annuale.

I valori riferiti al 90,4° percentile registrati presso gli altri siti, Montopoli (32 µg/m<sup>3</sup>), assai inferiore rispetto allo stesso indicatore della campagna indicativa precedente, Ponte a Egola (48 µg/m<sup>3</sup>) e Fucecchio (37 µg/m<sup>3</sup>), entrambi superiori rispetto al 2016, suggeriscono il non superamento del limite normativo dei 35 superamenti per anno del VL giornaliero, tenuto conto anche dello stesso non superamento di PI-Santa Croce "Coop".

In aggiunta, la sintesi dei dati storici (anni 2010 – 2017) Tab 5.2.3.d, redatto per il PM<sub>10</sub>, mostra come il sito regionale di PI-Santa Croce Coop sia cautelativo e rappresentativo nello stesso tempo per l'area del Comprensorio del Cuoio.

Per quanto riguarda il PM<sub>2,5</sub>, a differenza del 2016, solo il sito di Fucecchio presenta una media annuale simile a quella del sito di riferimento di PI-Passi; tutti gli altri siti presentano una media annuale simile a quella del 2017 registrata a LU-Capannori.

In tutti i casi, i valori medi annuali sono inferiori sia al valore limite annuale ( $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) sia agli indicatori di periodo di LU-Capannori, preso anch'esso a riferimento. Rispetto alle campagne indicative del 2016, la frazione percentuale di PM<sub>2,5</sub> (rispetto al PM<sub>10</sub>) risulta mediamente più simile alla frazione percentuale PM<sub>2,5</sub>/PM<sub>10</sub> registrata a LU-Capannori, rispetto a quella misurata a PI-Passi, mentre in autunno vi è una situazione intermedia rispetto ai due siti fissi di riferimento. Per quanto riguarda le campagne annuali, Santa Croce, Montopoli e San Miniato hanno percentuali di frazione PM<sub>2,5</sub> più simili a quelle registrate a LU-Capannori. Le frazioni ricavate a Fucecchio su scala annuale mostrano più affinità con i dati registrati a PI-Passi nei rispettivi periodi, fatto evidenziato anche nel 2016.

Per quanto concerne l'Acido solfidrico, sicuramente l'inquinante più caratterizzante le zone esaminate, si evidenziano criticità in particolar modo nel sito di San Miniato, come nel 2016, con superamenti della soglia olfattiva di  $7 \mu\text{g}/\text{m}^3$  che si sono verificati, su scala annuale, per una percentuale superiore al 25% del tempo di misura, con conseguente alta probabilità dell'instaurarsi di condizioni favorevoli allo sviluppo di maleodoranze locali. Sempre in quel sito, la massima media oraria è risultata di  $208 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (indicatori simili alla stessa campagna indicativa anno 2016). A Santa Croce via delle Querce Rosse si osserva una situazione con valori di Acido solfidrico inferiori rispetto a quella di San Miniato, ma comunque rilevanti: il valore massimo della media oraria registrata è stato di  $91 \mu\text{g}/\text{m}^3$  e il superamento della soglia olfattiva si è protratto per il 13,3% del tempo su scala annuale.

Montopoli, Fucecchio e PI-Santa Croce Coop hanno fatto registrare concentrazioni medie orarie inferiori a  $35 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

In sostanza, si può affermare che il sito preso a riferimento di PI-Santa Croce "Coop" rappresenta il territorio preso in esame per il Biossido di Azoto e il PM<sub>10</sub>.

Mentre per quanto attiene al PM<sub>2,5</sub> vi è una maggiore attinenza ai valori registrati a LU-Capannori piuttosto che a quelli di PI-Passi, come registrato negli anni precedenti. Per quanto riguarda il Biossido di Zolfo, in base ai valori riscontrati nelle campagne indicative, la stazione LU-Capannori può essere utilizzata come riferimento anche per la zona indagata, almeno per i siti di Fucecchio e Montopoli, considerando comunque che da anni sicuramente questo composto è divenuto un inquinante scarsamente presente. Le postazioni di Ponte a Egola (San Miniato) e, in misura minore, quella di Santa Croce via delle Querce Rosse, seppure ampiamente nei limiti normativi, hanno fatto rilevare le concentrazioni più elevate, facendo prescindere dalla postazione di Capannori, limitatamente a un confronto diretto dei valori registrati.

L'acido solfidrico è un inquinante primario e i diagrammi polari mostrati forniscono indicazioni sul posizionamento delle fonti di Acido solfidrico rispetto al punto di misura, e nei siti di Ponte a Egola e Santa Croce via delle Querce Rosse sono stati ottenuti risultati interessanti rispetto anche alla stazione di riferimento di PI-Santa Croce "Coop".

## ALLEGATO A: dati meteorologici

E' importante conoscere la situazione meteorologica relativa ai vari periodi di misura, dato che le condizioni meteorologiche influiscono sia sui fenomeni di dispersione e di accumulo degli inquinanti, sia sulla formazione di alcuni di essi.

Il laboratorio mobile è attrezzato con sensori per il rilevamento dei seguenti parametri meteorologici:

Direzione del vento (DV)

Velocità del vento (VV)

Il posizionamento dei sensori non rispetta in alcune postazioni di campionamento del mezzo mobile le caratteristiche previste per il corretto posizionamento di una stazione meteo pertanto i risultati sotto riportati sono da considerarsi solo indicativi e non possono essere utilizzati al fini di una correlazione puntuale con i dati di qualità dell'aria.

**Tabella A.1 Caratteristiche tecniche dei sensori**

Parametro	Marca modello	Principio Metodo	Limite Rilevabilità	Precisione
DV	Gonioanemometro Lastem C 500 D	Potenziometria	0,4° (risoluzione in gradi sessagesimali)	2° (gradi sessagesimali)
VV	Tacoanemometro Lastem C 500 S	Disco rotante a lettura optoelettronica	0,25 m/s	1%

**Grafico A.1.1 Rosa dei venti presso San Miniato fraz. Ponte a Egola – Inverno 2016**

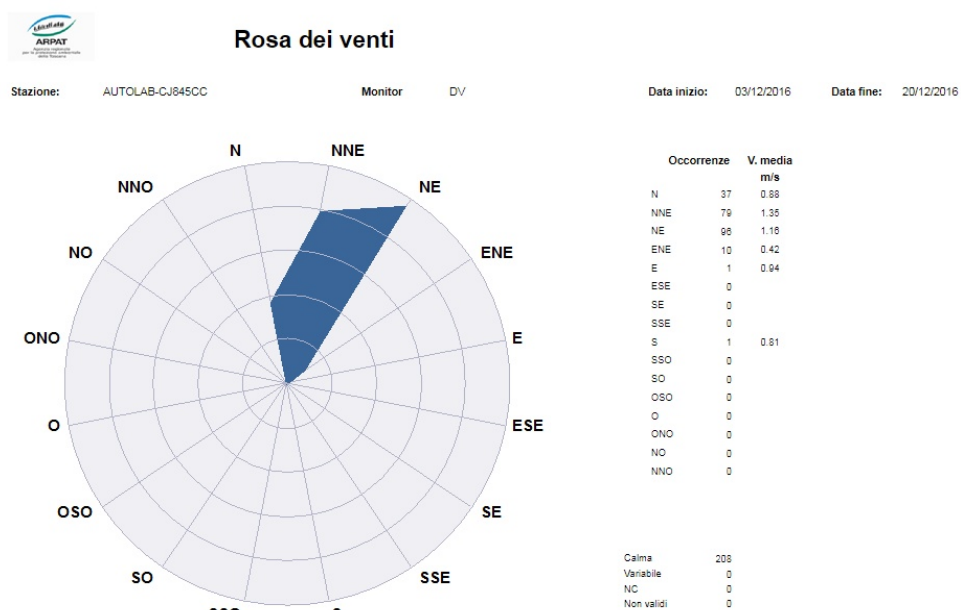


Grafico A.1.2 Rosa dei venti presso San Miniato fraz. Ponte a Egola – Primavera 2017

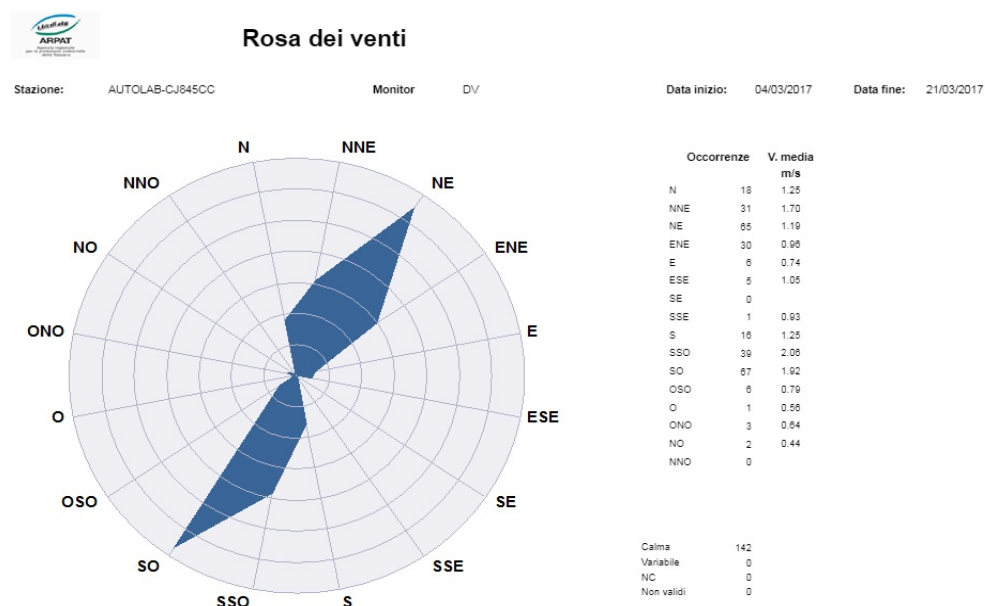


Grafico A.1.3 Rosa dei venti presso San Miniato fraz. Ponte a Egola – Estate 2017

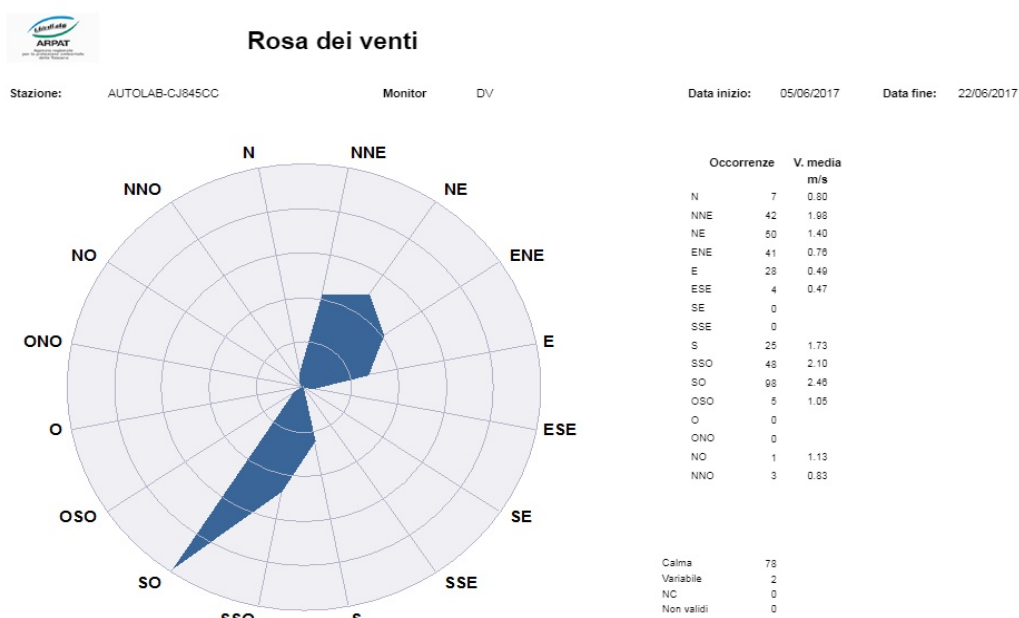


Grafico A.1.4 Rosa dei venti presso San Miniato fraz. Ponte a Egola – Autunno 2017

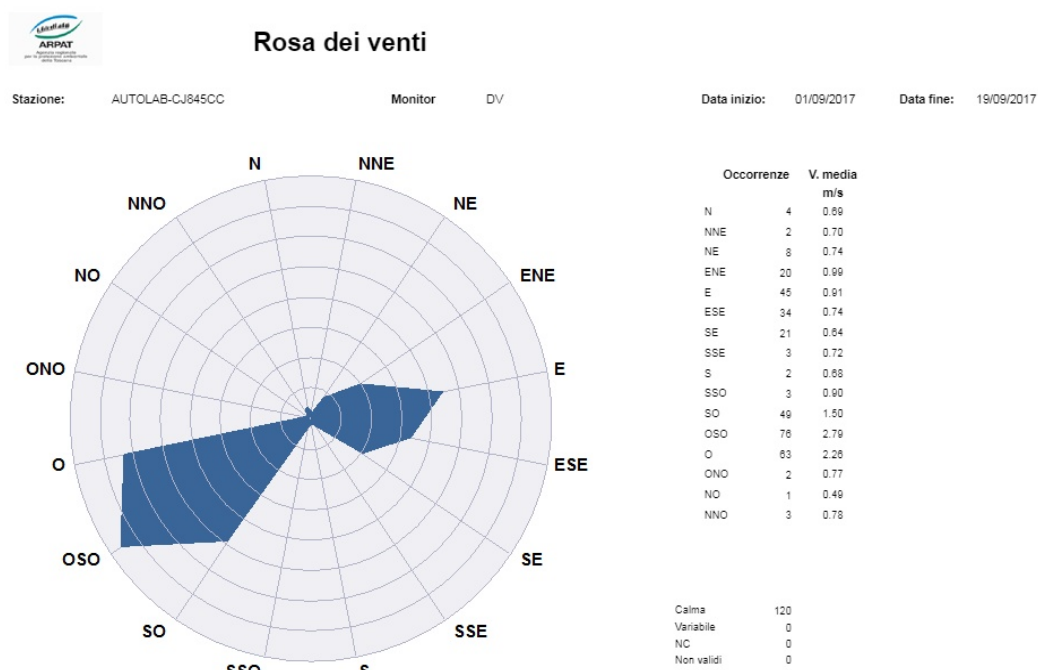


Grafico A.2.1 Rosa dei venti presso Santa Croce sull'Arno – Inverno 2016/2017

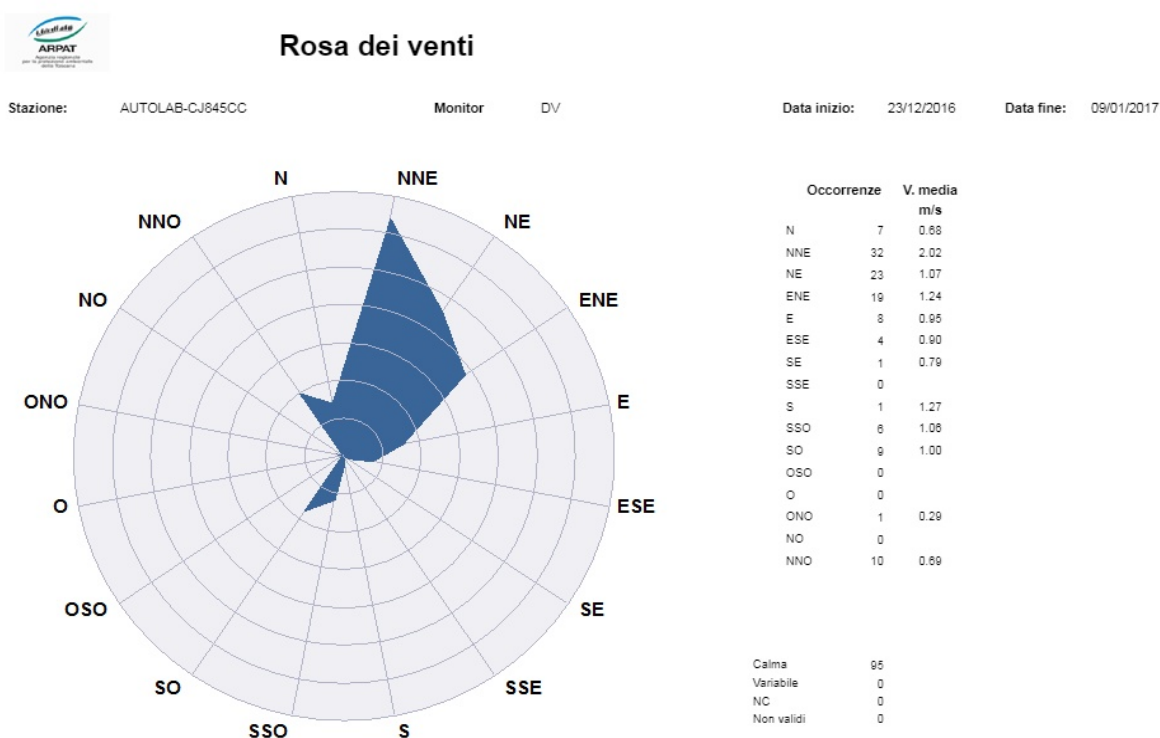


Grafico A.2.2 Rosa dei venti presso Santa Croce sull'Arno – Primavera 2017

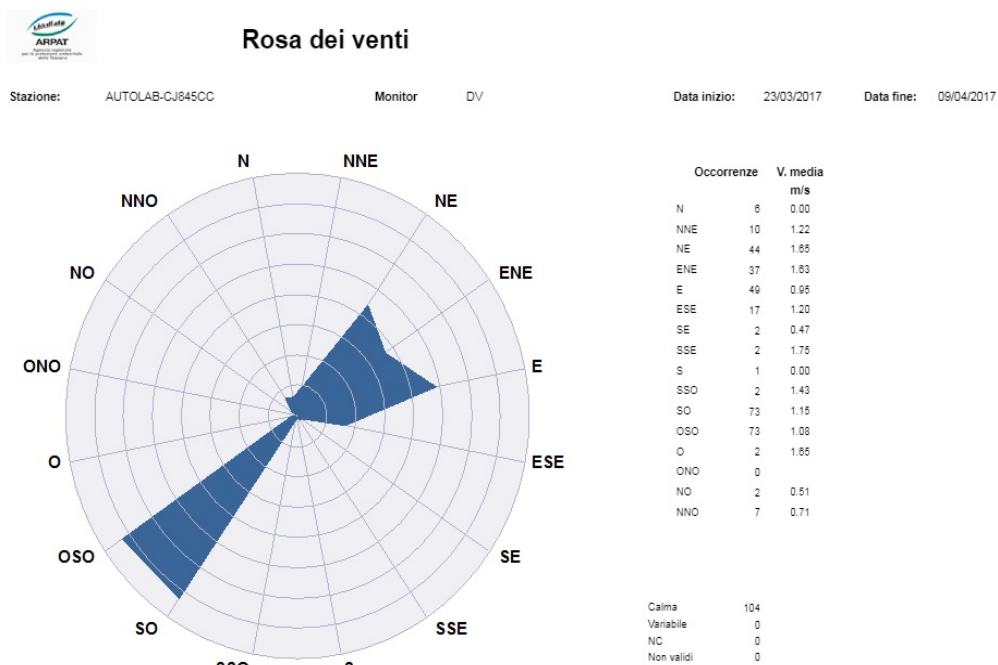


Grafico A.2.3 Rosa dei venti presso Santa Croce sull'Arno – Estate 2017

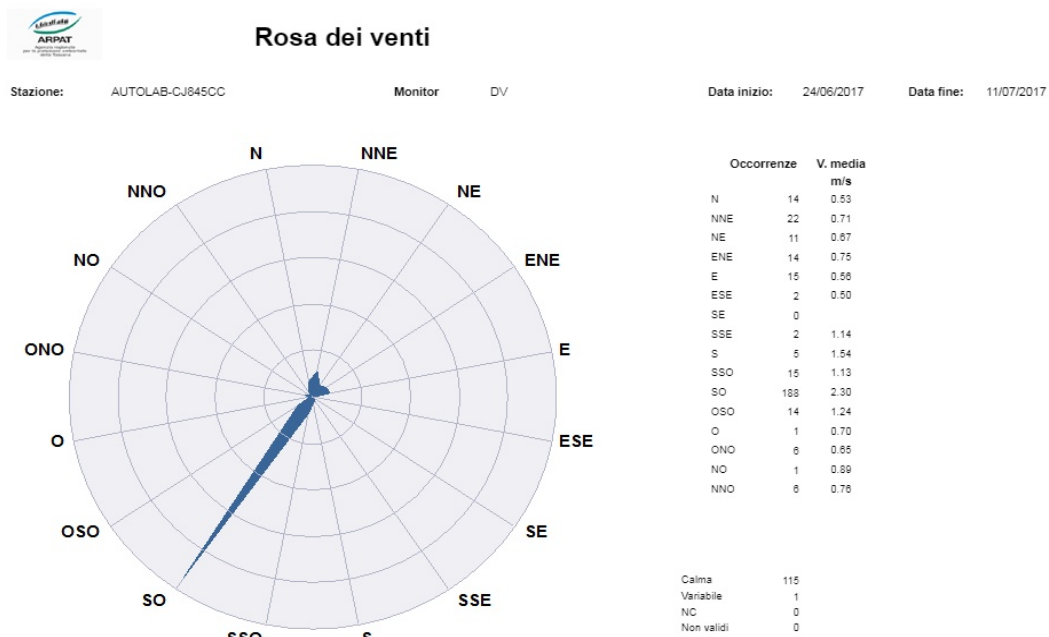


Grafico A.2.4 Rosa dei venti presso Santa Croce sull'Arno – Autunno 2017

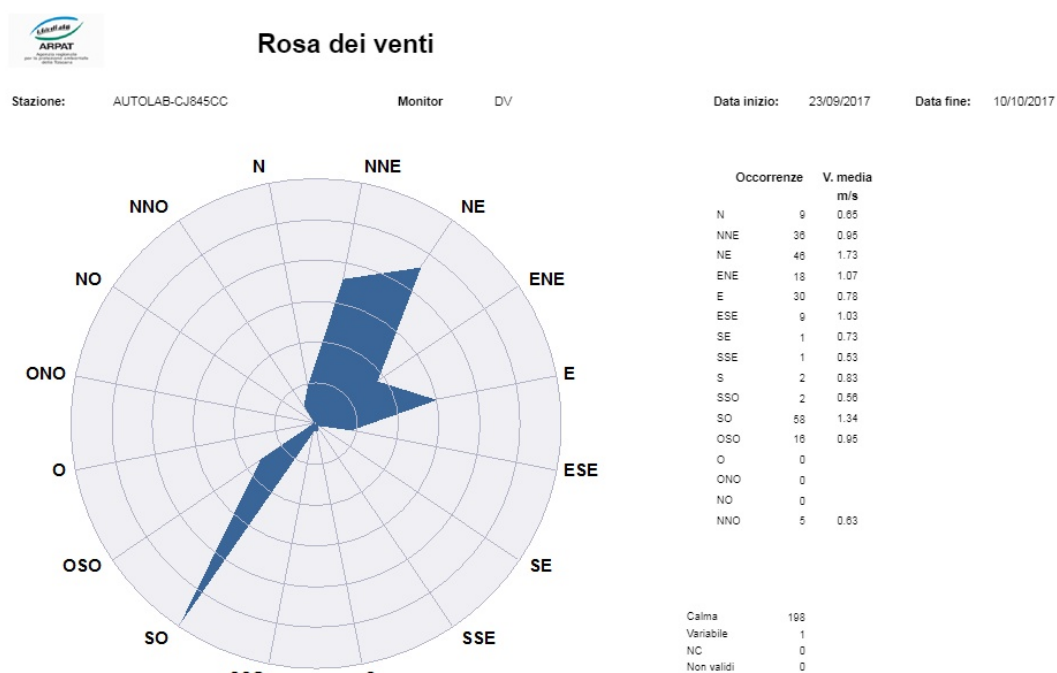


Grafico A.3.1 Rosa dei venti presso Montopoli fraz. San Romano – Inverno 2017

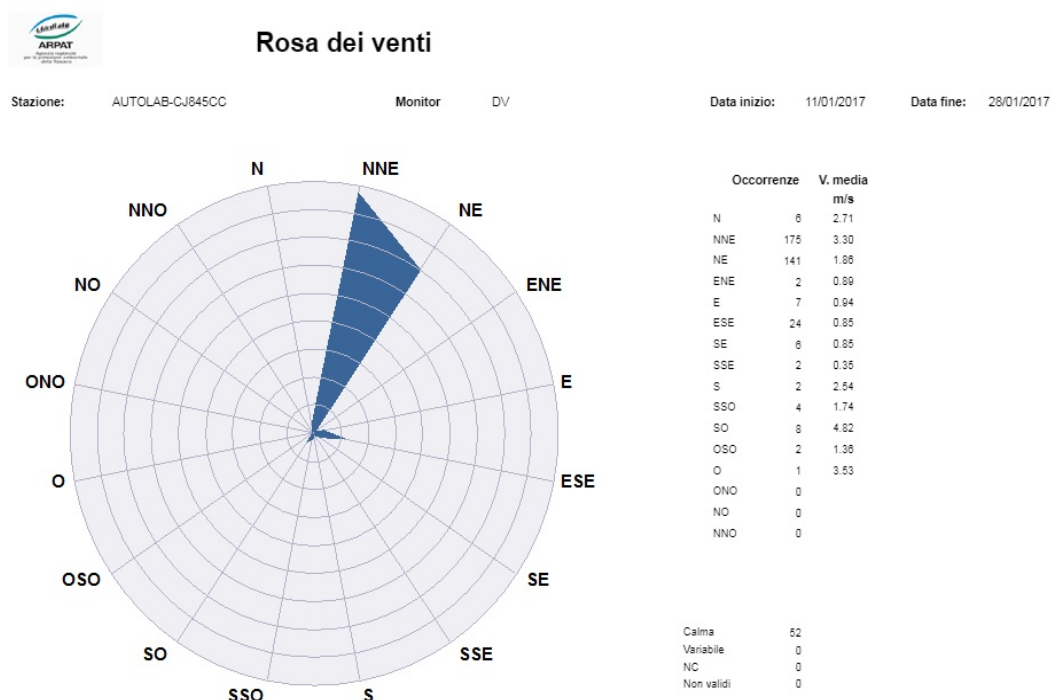


Grafico A.3.2 Rosa dei venti presso Montopoli fraz. San Romano – Primavera 2017

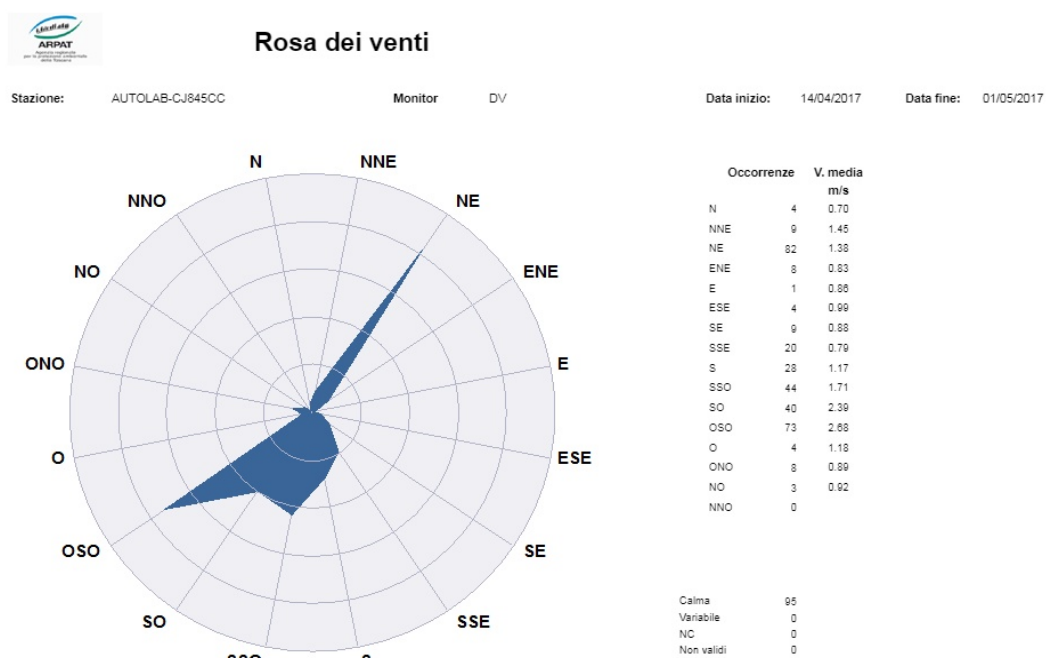


Grafico A.3.3 Rosa dei venti presso Montopoli fraz. San Romano – Estate 2017

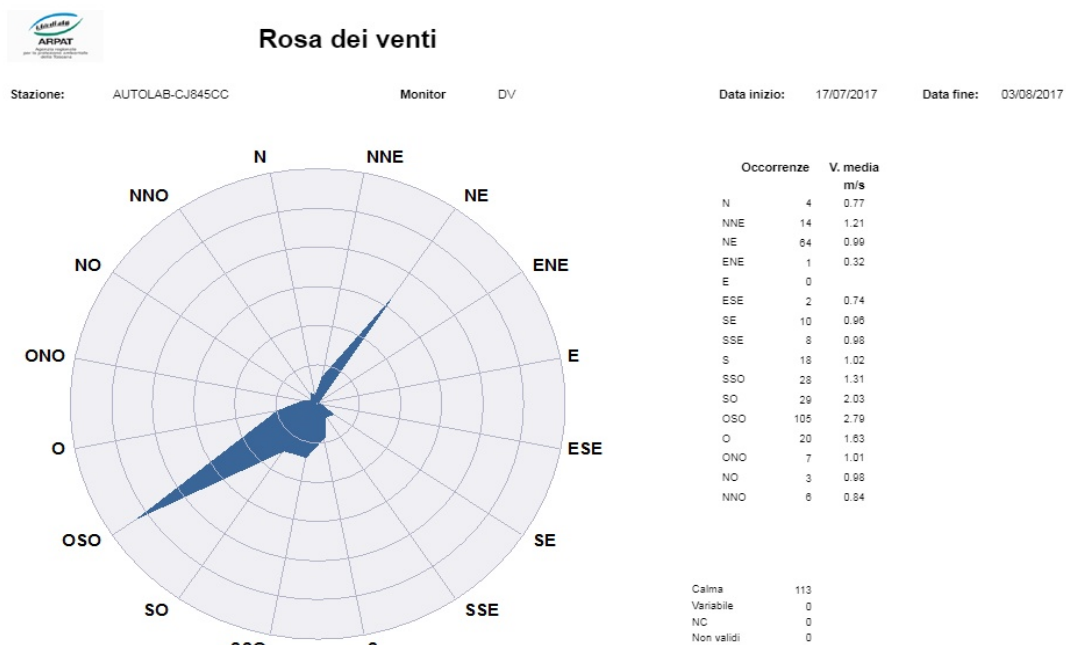


Grafico A.3.4 Rosa dei venti presso Montopoli fraz. San Romano – Autunno 2017

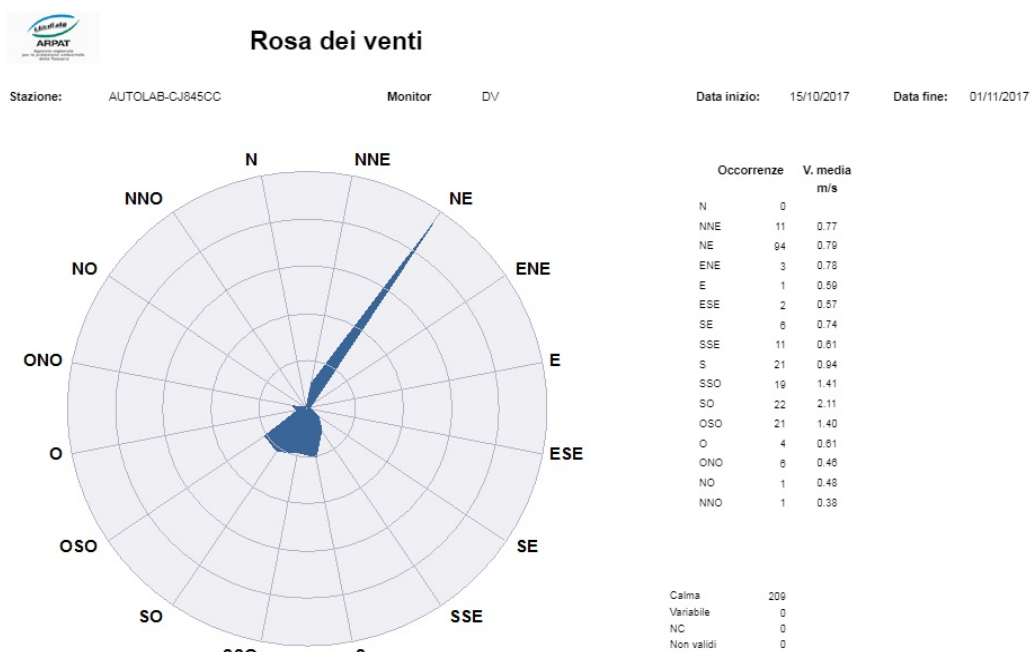


Grafico A.4.1 Rosa dei venti presso Fucecchio – Inverno 2017

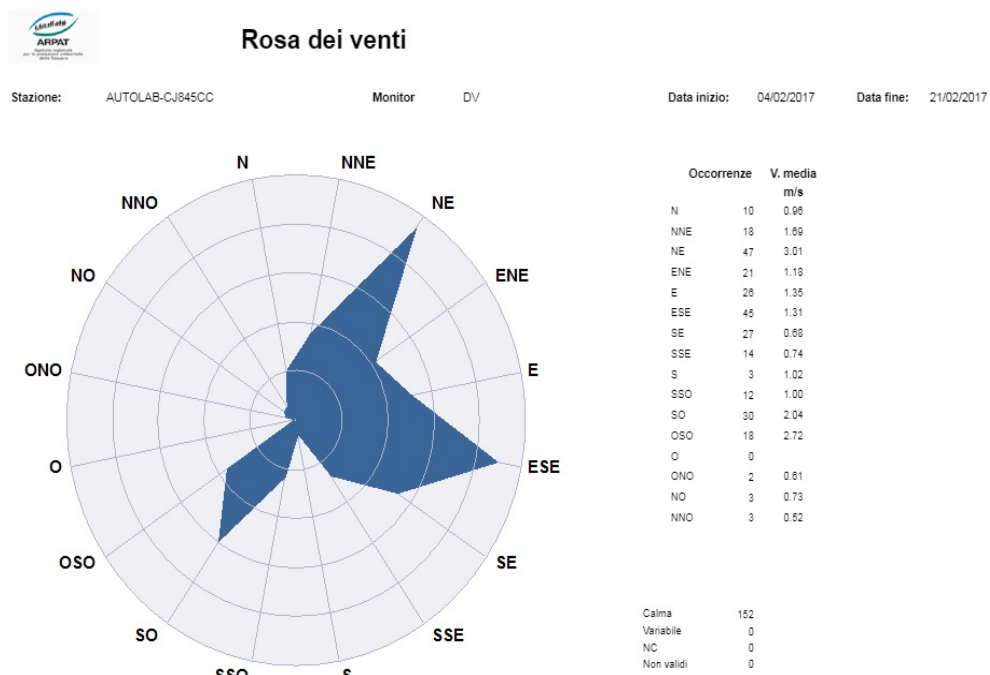


Grafico A.4.2 Rosa dei venti presso Fucecchio – Primavera 2017

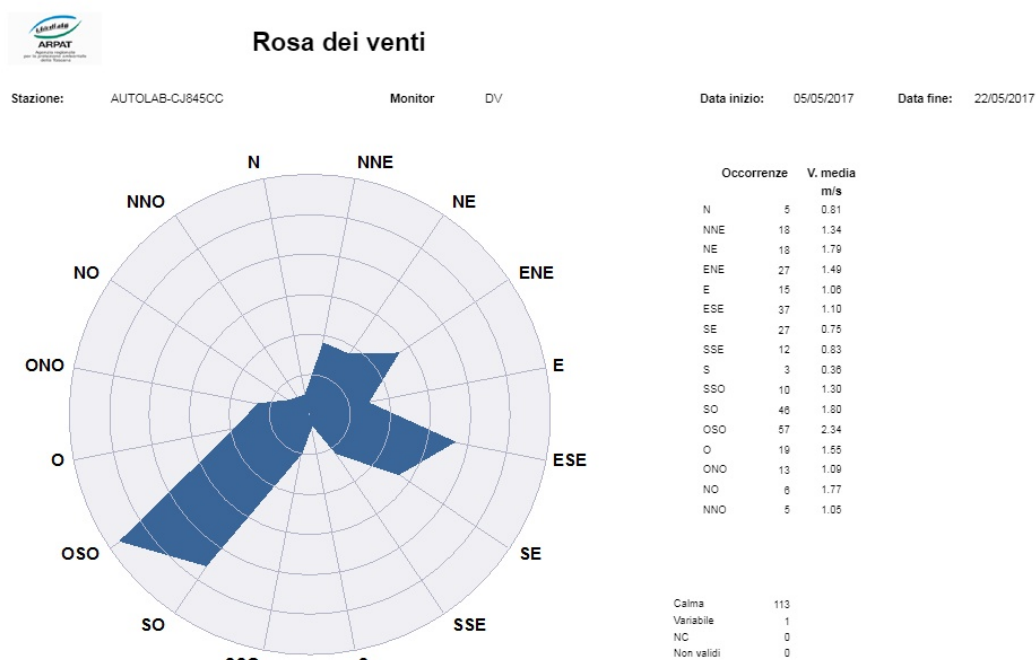


Grafico A.4.3 Rosa dei venti presso Fucecchio – Estate 2017

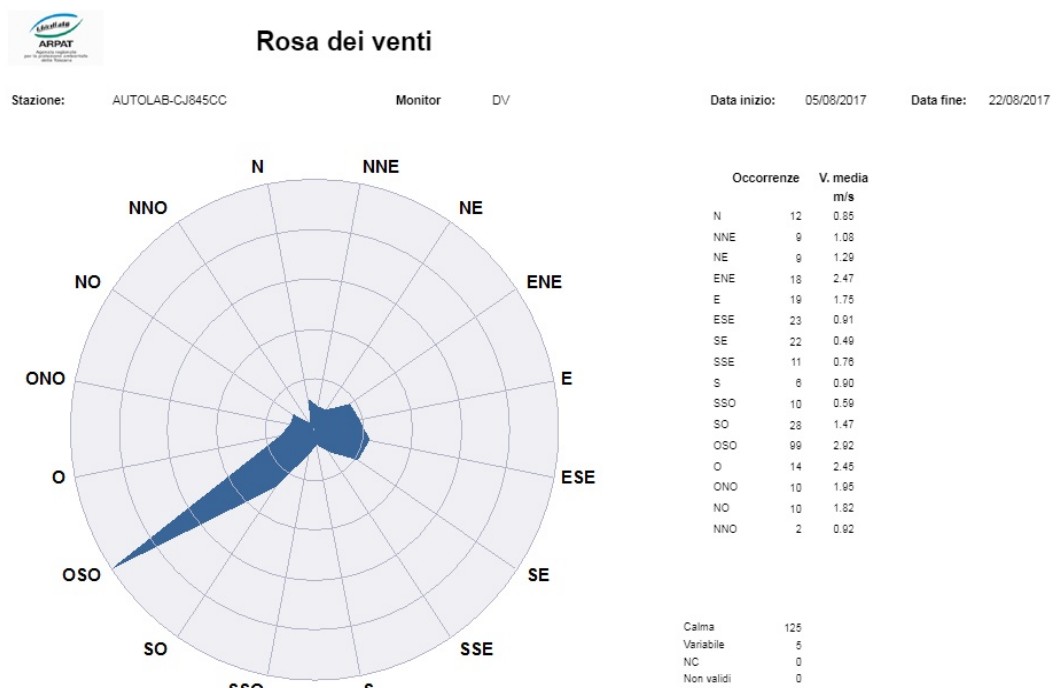
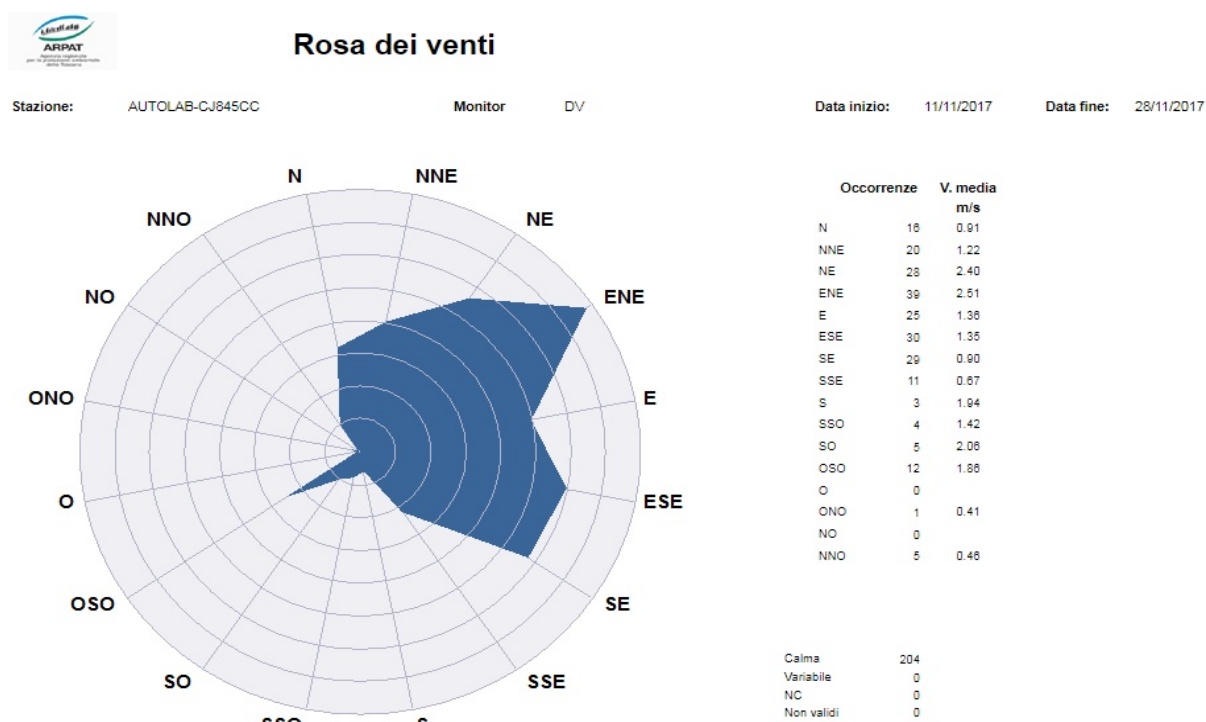


Grafico A.4.4 Rosa dei venti presso Fucecchio – Autunno 2017



Come già osservato per la precedente sessione di campagne indicative annuali 2015-2016, in estate si nota una netta preponderanza dei fenomeni ventosi da Sud-Ovest, ad eccezione che nel sito di San Miniato, dove c'è anche una presenza non trascurabile dei fenomeni dal quadrante Nord-Orientale. Il sito di Santa Croce sull'Arno, in estate, fa registrare una netta preminenza degli eventi ventosi dal quadrante Sud-Occidentale, più che in ogni altro sito.

Come accennato, nel sito di San Miniato fraz. Ponte a Egola, i venti da Nord-Est hanno una incidenza netta in inverno, mentre in primavera, estate e autunno vi è un livellamento tra i fenomeni ventosi da Nord-Est e Sud-Ovest.

Come l'anno scorso, nel sito di Montopoli in Val d'Arno, le frequenze maggiori di provenienza del vento sono dai quadranti orientali (in particolare Nord-Est) per quanto riguarda le stagioni invernale e autunnale.

Nel sito di Fucecchio si nota che, rispetto alla campagna indicativa precedente 2015-2016, vi è un più marcato divario tra i fenomeni ventosi dai quadranti orientali e i venti dal quadrante Sud-Occidentale nelle stagioni invernale e autunnale. Sempre più frequenti invece i venti da Sud-Ovest durante l'estate anche in questa postazione.

Tabella A.2: frequenza percentuale dei fenomeni di CALMA DI VENTO ( $v < 1,5$  m/s) e di velocità del vento (VV) superiore a 3,5 m/s

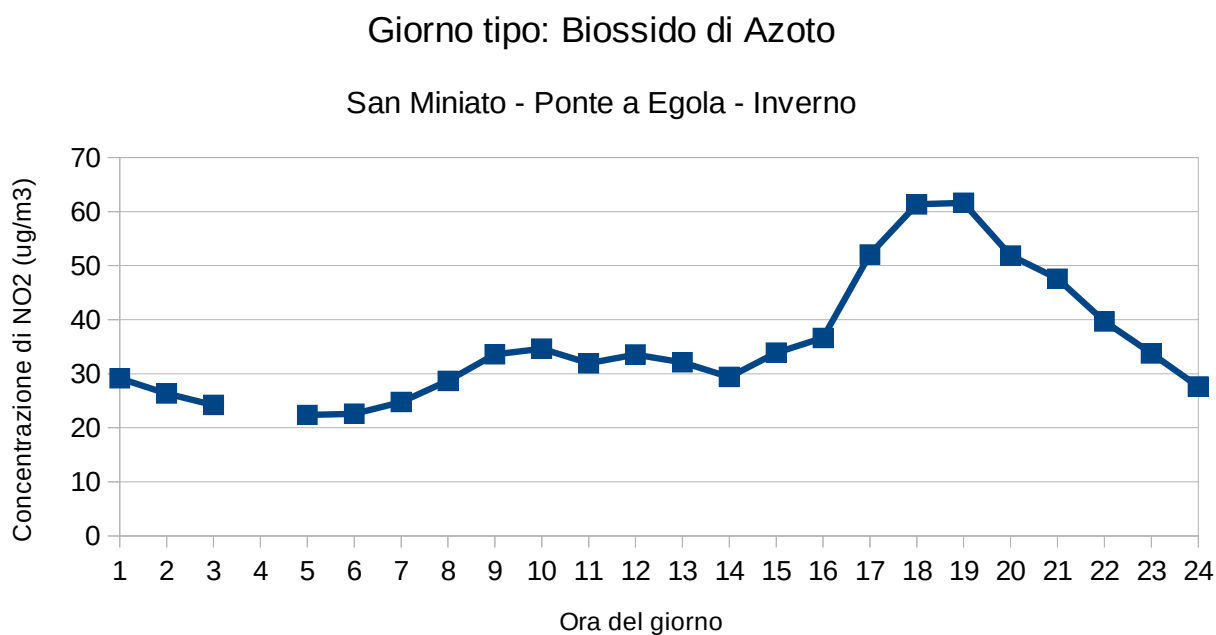
Sito di misura	Stagione	Frequenza percentuale di VV < 1,5 m/s	Frequenza percentuale di VV > 3,5 m/s
<b>Ponte a Egola – Via della Tecnica</b>	inverno	87%	2%
	primavera	74%	4%
	estate	62%	6%
	autunno	71%	8%
<b>Santa Croce – Via delle Querce Rosse</b>	inverno	89%	3%
	primavera	74%	5%
	estate	69%	9%
	autunno	87%	1%
<b>San Romano – Via Pertini</b>	inverno	50%	25%
	primavera	65%	9%
	estate	63%	7%
	autunno	92%	2%
<b>Fucecchio – Via dei Cerchi</b>	inverno	73%	7%
	primavera	69%	5%
	estate	65%	8%
	autunno	78%	5%

Dalla tabella sopra, si nota una elevata ricorrenza di fenomeni ventosi (come medie orarie) al di sopra dei 3,5 m/s (=12,6 km/h) nella stagione invernale, per quanto riguarda Montopoli in Val d'Arno - San Romano, in controtendenza con quanto misurato nelle campagne precedenti. In tutti gli altri siti, per ogni stagione, la percentuale di velocità del vento superiori ai 3,5 m/s non si protrae per più del 9% del tempo di misura. Per quanto riguarda Santa Croce sull'Arno, si rileva una incidenza maggiore dei fenomeni al di sopra dei 3,5 m/s nella stagione estiva. Per quanto riguarda Fucecchio, la maggior parte degli eventi ventosi è in inverno e estate. A San Miniato – Ponte a Egola l'autunno fa registrare una discreta ricorrenza di fenomeni ventosi superiori ai 3,5 m/s, pari all'8%.

Come anche accennato sopra per il sito di Montopoli, va detto che non vi è una grande corrispondenza delle percentuali stagionali dei punti indagati anche nella precedente sessione 2015-2016, dato che le varie postazioni sono state “rimiscolate” come sequenza all'interno della singola stagione. Ad esempio, Montopoli – San Romano risultava la prima postazione all'inizio di ogni stagione nella campagna indicativa 2015-2016, mentre in questa sessione cade più “baricentrica” all'interno della stagione (in 3<sup>a</sup> posizione).

## **ALLEGATO B: Giorno tipo del Biossido di Azoto (inverno / estate)**

*Grafico B.1.a – Giorno tipo di NO<sub>2</sub> a San Miniato - Ponte a Egola - Inverno*



*Grafico B.1.b – Giorno tipo di NO<sub>2</sub> a San Miniato - Ponte a Egola - Estate*

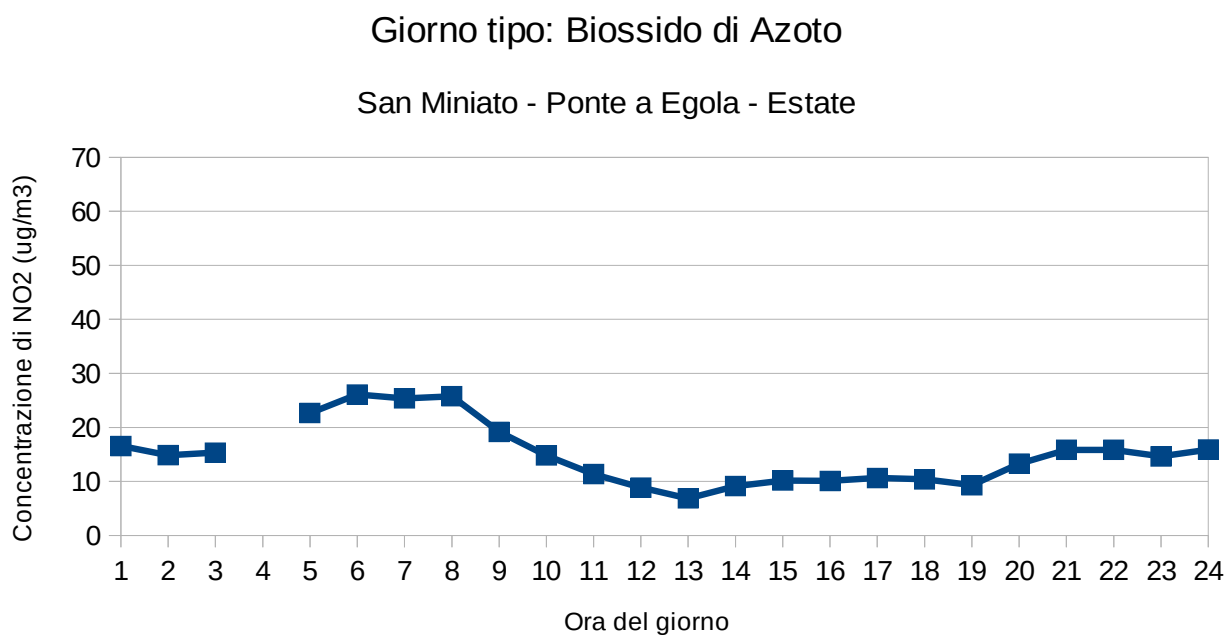


Grafico B.2.a – Giorno tipo di NO<sub>2</sub> a Santa Croce, via delle Querce Rosse - Inverno

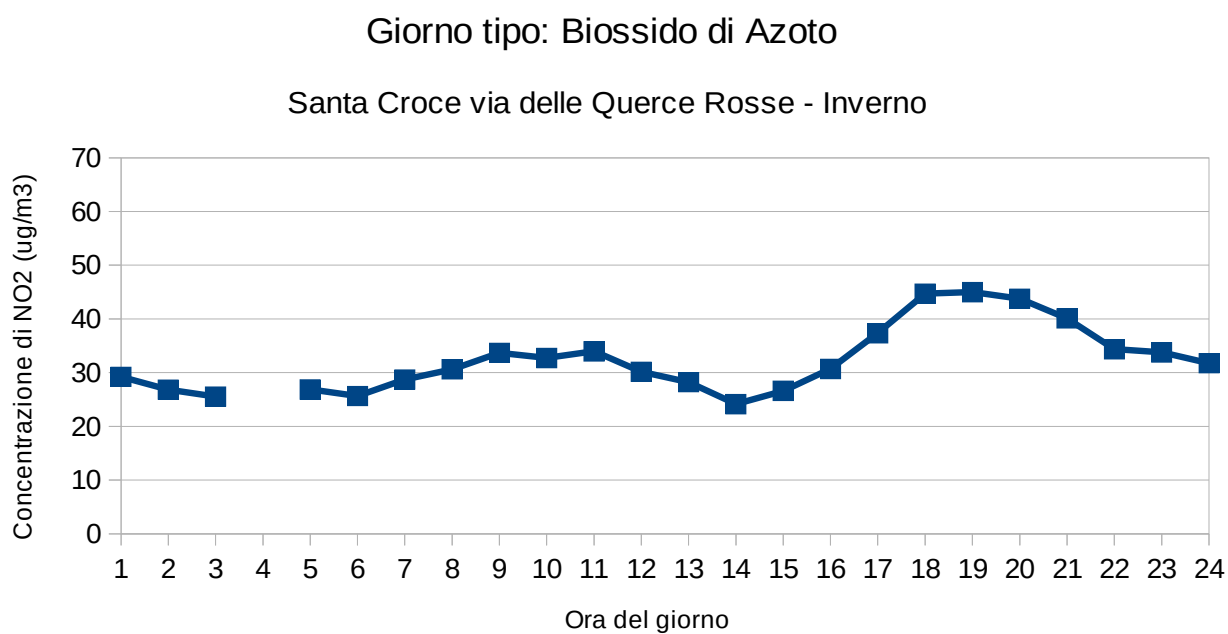


Grafico B.2.b – Giorno tipo di NO<sub>2</sub> a Santa Croce, via delle Querce Rosse - Estate

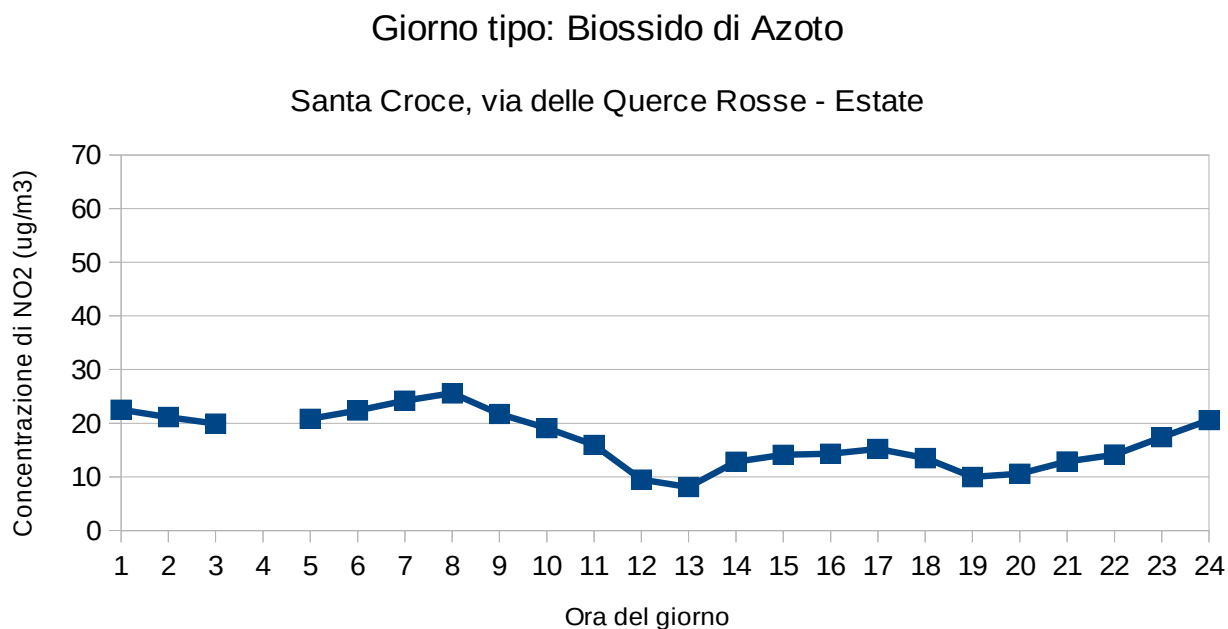


Grafico B.3.a – Giorno tipo di NO<sub>2</sub> a Montopoli Val d'Arno – San Romano - Inverno

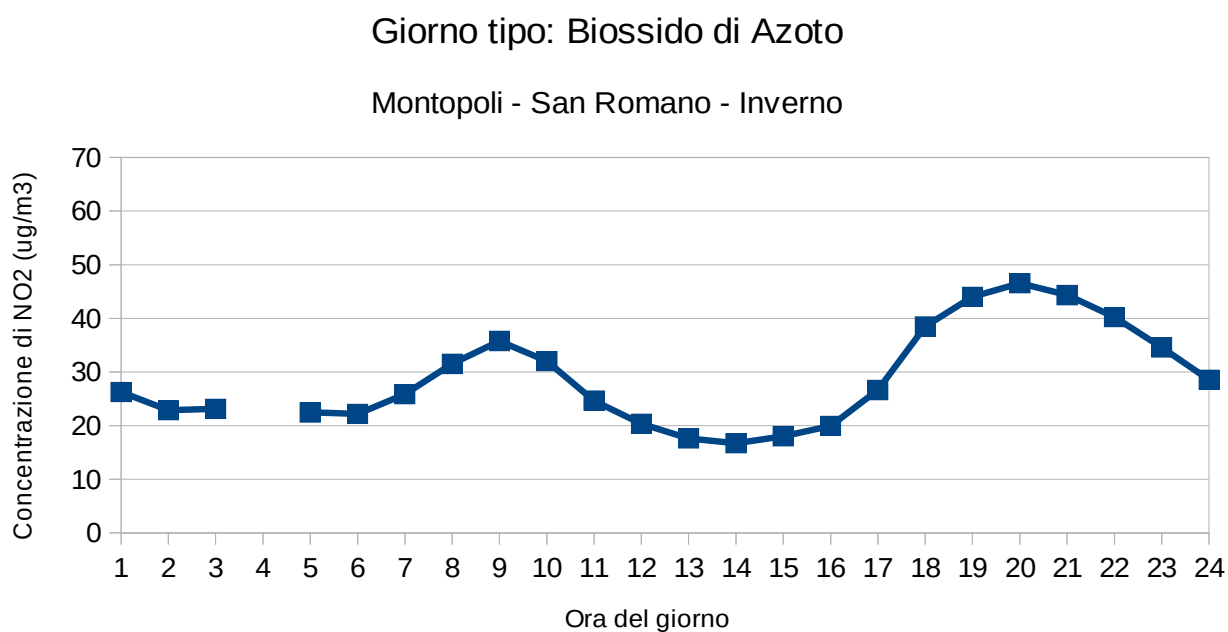


Grafico B.3.b – Giorno tipo di NO<sub>2</sub> a Montopoli Val d'Arno – San Romano - Estate

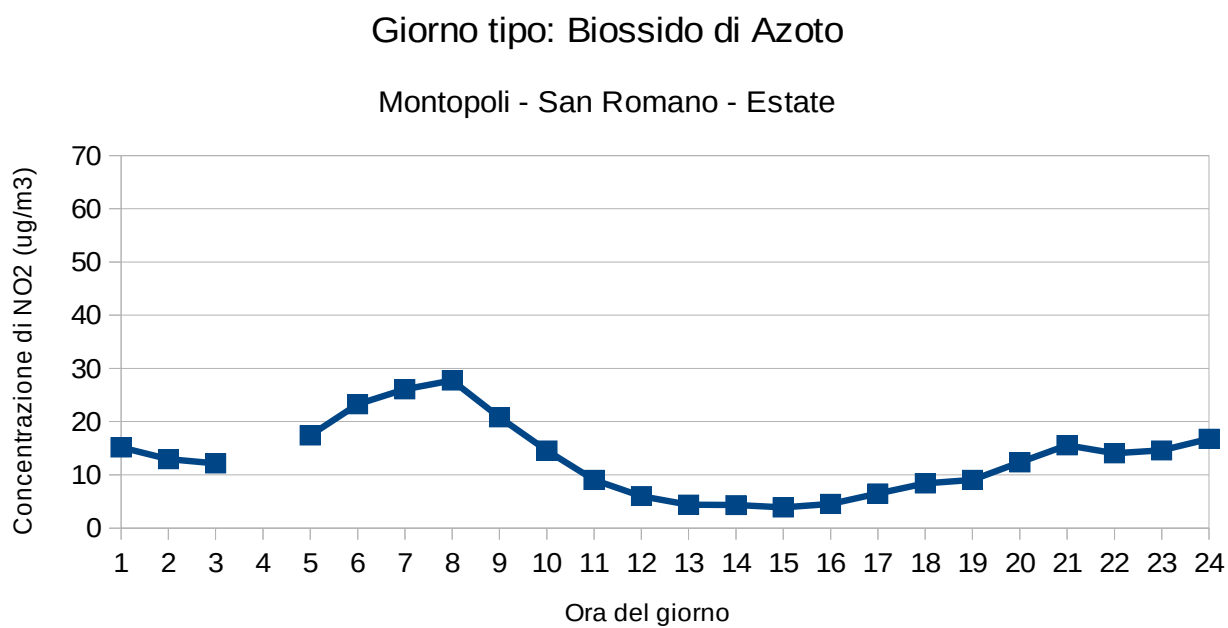


Grafico B.4.a – Giorno tipo di NO<sub>2</sub> a Fucecchio – Inverno

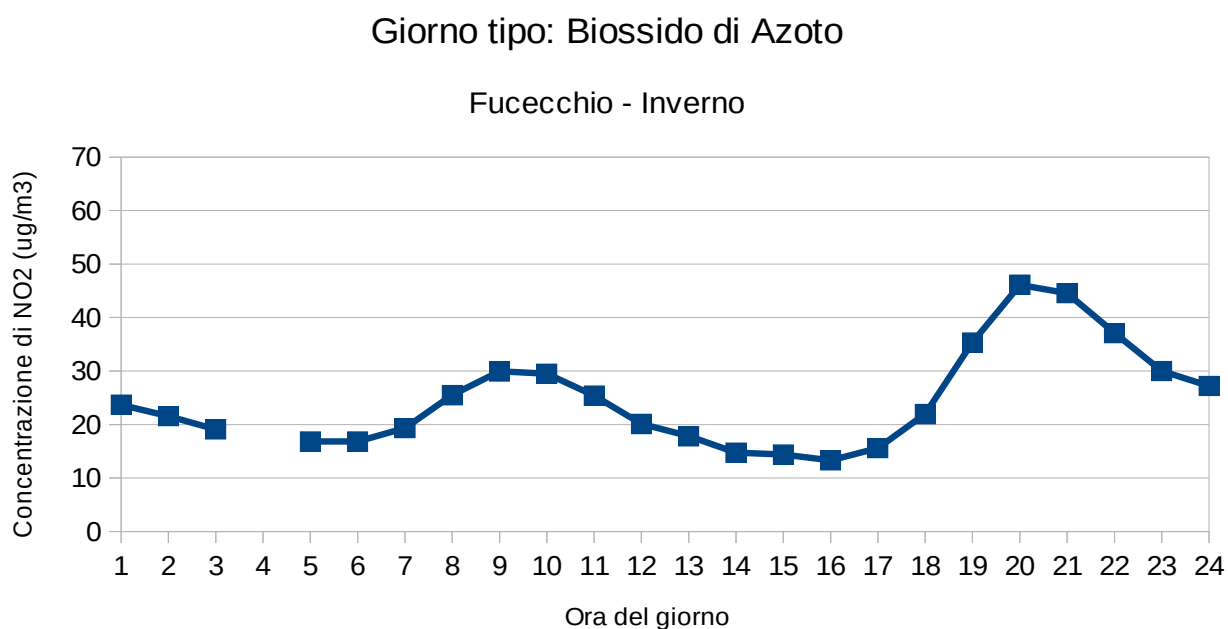
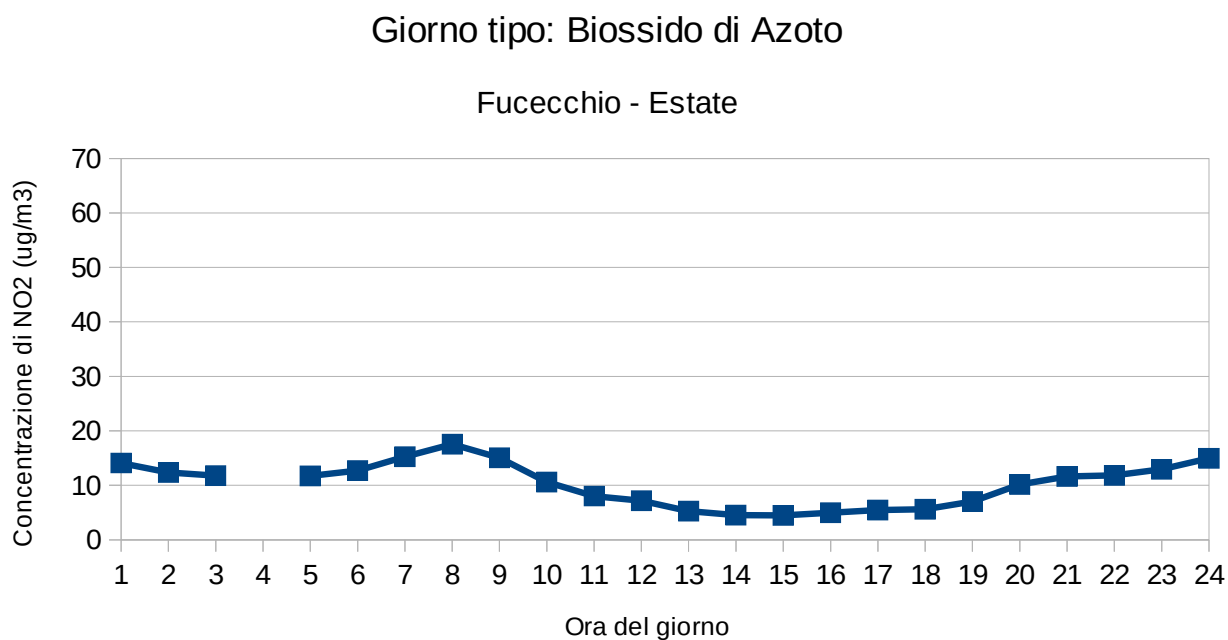


Grafico B.4.b – Giorno tipo di NO<sub>2</sub> a Fucecchio – Estate



## **ALLEGATO C: Test di correlazione di Pearson – definizione**

In teoria degli errori, l'indice di correlazione di Pearson, anche detto coefficiente di correlazione di Pearson (o di Bravais-Pearson) tra due variabili aleatorie è un coefficiente che esprime la linearità tra la loro covarianza e il prodotto delle rispettive deviazioni standard.

Date due variabili statistiche X e Y, l'indice di correlazione di Pearson è definito come la loro covarianza divisa per il prodotto delle deviazioni standard delle due variabili:

$$\rho_{xy} = \frac{\sigma_{xy}}{\sigma_x \sigma_y}$$

dove

$\sigma_{xy}$  è la covarianza tra X e Y

$\sigma_x, \sigma_y$  sono le due deviazioni standard

Il coefficiente assume sempre valori compresi tra -1 e 1:

$$-1 \leq \rho_{xy} \leq 1$$

Se:

$$\rho_{xy} > 0$$

le variabili x e y si dicono *direttamente correlate*, oppure *correlate positivamente*

$$\rho_{xy} = 0$$

le variabili x e y si dicono *incorrelate*

$$\rho_{xy} < 0$$

le variabili x e y si dicono *inversamente correlate*, oppure *correlate negativamente*

Per la correlazione diretta si distingue inoltre:

$$0 < \rho_{xy} < 0,3$$

*correlazione debole*

$$0,3 < \rho_{xy} < 0,7$$

*correlazione moderata*

$$\rho_{xy} > 0,7$$

*correlazione forte*

L'indice di correlazione vale 0 se le due variabili sono indipendenti. Non vale la conclusione opposta: in altri termini, la non correlazione è condizione *necessaria* ma non *sufficiente* per l'indipendenza. L'ipotesi di assenza di autocorrelazione è più restrittiva ed implica quella di indipendenza fra due variabili.

L'indice di correlazione vale + 1 in presenza di correlazione lineare positiva ( $y = a + b x$ , dove  $b > 0$ ), mentre vale -1 in presenza di correlazione lineare negativa (p.es.:  $y = a + b x$ , con  $b < 0$ ).