Agenzia Regionale per la Prevenzione e Protezione Ambientale del Veneto

REGIONE DEL VENETO

CAMPAGNA DI MONITORAGGIO DELLA QUALITA' DELL'ARIA

COMUNE DI SOLESINO

VIALE DELLA LIBERTÀ

PERIODO DI ATTUAZIONE

23/11/2016 - 11/01/2017 (1ª CAMPAGNA)
15/05/2017 - 20/07/2017 (2ª CAMPAGNA)

RELAZIONE TECNICA

ARPAV
Direttore Generale: Dott. Nicola Dell'Acqua

Dipartimento Provinciale di Padova
Direttore: Ing.Vincenzo Restaino

Progetto e realizzazione
Servizio Stato dell'Ambiente
Responsabile: Ing. Ilario Beltramin
R.Millini, *P. Baldan, E. Cosma, C. Lanzoni, A. Pagano, S. Rebeschini*

Con la collaborazione di
Servizio Meteorologico di Teolo
Ufficio Agrometeorologia e Meteorologia Ambientale
Responsabile: Alberto Bonini
M.E.Ferrario, M.Sansone

Dipartimento Regionale Laboratori
Responsabile: Francesca Daprà
Servizio Osservatorio Regionale Aria
Responsabile: Salvatore Patti

La presente Relazione tecnica può essere riprodotta solo integralmente. L'utilizzo parziale richiede l'approvazione scritta del Dipartimento ARPAV Provinciale di Padova e la citazione della fonte stessa.

Indice

1 Obiettivi di campagna e caratterizzazione del sito **6**

2 Commento meteoclimatico **8**
2.0.1 Campagna invernale: 23/11/2016 - 11/01/2017 8
2.0.2 Campagna estiva: 15/05/2017 - 20/07/2017 10

3 Inquinanti monitorati e normativa di riferimento **13**

4 Informazioni sulla strumentazione e sulle analisi **15**

5 Efficienza di campionamento **16**

6 Analisi dei dati rilevati **17**
6.1 Biossido di Zolfo 17
6.2 Monossido di Carbonio 18
6.3 Ozono 18
6.4 Biossido di Azoto 20
6.5 Polveri fini [PM10] 21
6.6 Benzo(a)pirene 23
6.7 Benzene 23

7 Indice di Qualità dell'Aria (IQA) **25**

8 Conclusioni **27**

9 Scheda sintetica di valutazione **28**

10 Allegati **29**
10.1 Concentrazione Massima Giornaliera della Media Mobile di 8h di Ozono - semestre invernale 29
10.2 Concentrazione Massima Giornaliera della Media Mobile di 8h di Ozono - semestre estivo 30
10.3 Concentrazione Giornaliera di PM10 - semestre invernale 31
10.4 Concentrazione Giornaliera di PM10 - semestre estivo 32
10.5 Glossario 32

Elenco delle figure

1.1 Zonizzazione del territorio regionale approvata con DGR n. 2130/2012 6
1.2 Posizionamento della stazione mobile a Solesino 7

2.1 Frequenze di vento e pioggia per classi: CAMPAGNA di MISURA a confronto con il relativo pentadale degli ANNI PRECEDENTI e l'intero ANNO CORRENTE 9
2.2 Rosa dei venti registrati presso la stazione meteo nel corso della CAMPAGNA INVERNALE 10
2.3 Frequenze di vento e pioggia per classi: CAMPAGNA di MISURA a confronto con il relativo pentadale degli ANNI PRECEDENTI e l'intero ANNO CORRENTE 11
2.4 Rosa dei venti registrati presso la stazione di Tribano nel corso della CAMPAGNA ESTIVA 12

3.1 Valori limite per la protezione della salute umana e della vegetazione . 14

6.1 Monitoraggio dell'Ozono a Solesino 19
6.2 Monitoraggio del Biossido d'Azoto a Solesino 20
6.3 Monitoraggio del PM10 a Solesino 22

7.1 Indice sintetico di qualità dell'aria [Inverno] 26
7.2 Indice sintetico di qualità dell'aria [Estate] 26

10.1 Concentrazione Massima Giornaliera della Media Mobile di 8h di Ozono - semestre invernale 29
10.2 Concentrazione Massima Giornaliera della Media Mobile di 8h di Ozono - semestre estivo 30
10.3 Concentrazione Giornaliera di PM10 - semestre invernale 31
10.4 Concentrazione Giornaliera di PM10 - semestre estivo 32

Elenco delle tabelle

6.1 Parametri statistici per il biossido di zolfo 18
6.2 Parametri statistici per il monossido di carbonio 18
6.3 Parametri statistici per l'Ozono 19
6.4 Parametri statistici per il biossido d'azoto 20
6.5 Parametri statistici per il PM_{10} 21
6.6 Parametri statistici per il Benzo(a)pirene 23
6.7 Parametri statistici per il Benzene 24

7.1 Scala giudizio QA 25

9.1 Stato degli inquinanti monitorati nel 2017 28

Capitolo 1

Obiettivi di campagna e caratterizzazione del sito

La campagna è stata richiesta dall'Amministrazione Comunale. Nello specifico, il monitoraggio effettuato permette di fornire lo stato dell'ambiente atmosferico attraverso la valutazione della concentrazione degli inquinanti rilevati dalla stazione mobile posizionata in Viale della Libertà a Solesino dal 23/11/2016 al 11/01/2017 e dal 15/05/2017 al 20/07/2017.

L'area sottoposta a monitoraggio è di tipologia "background urbano". Il comune di Solesino ricade nella zona "Bassa Pianura e Colli" (IT0514), ai sensi della zonizzazione regionale approvata con DGR n. 2130/2012 e rappresentata in figura 1.1.

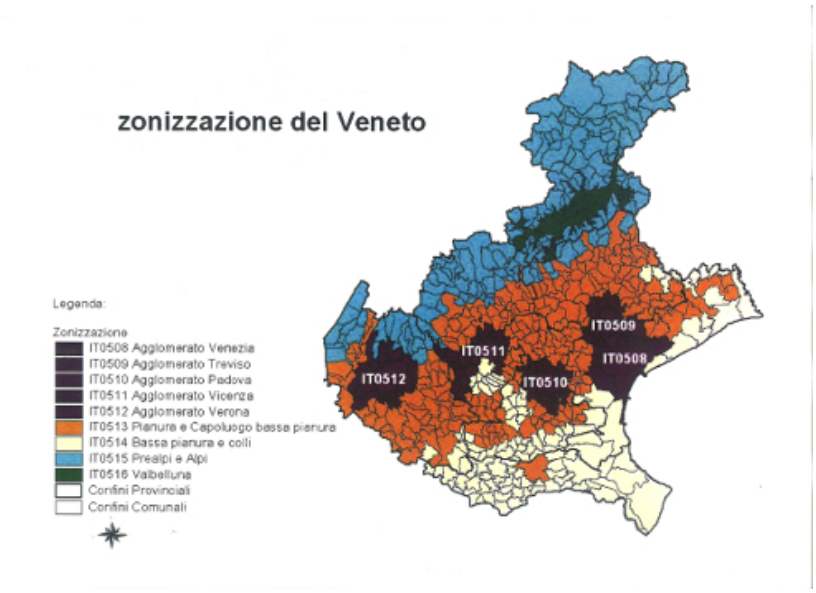

Figura 1.1: Zonizzazione del territorio regionale approvata con DGR n. 2130/2012

Il punto di monitoraggio a Solesino è riportato sulla mappa in figura 1.2.

Figura 1.2: Posizionamento della stazione mobile a Solesino

Capitolo 2

Commento meteoclimatico

Di seguito si analizza la situazione meteorologica tramite diagrammi circolari nei quali si riporta la frequenza dei giorni con caratteristiche di piovosità e ventilazione definite in tre classi che individuano il grado dispersivo degli inquinanti. La stazione meteo di riferimento è Tribano, che dista dal sito della campagna meno di 10 km ed è dotata di anemometro a 10 m.

- ROSSO (precipitazione giornaliera < 1 mm e intensità media del vento < 1.5 m/s): condizioni POCO FAVOREVOLI alla dispersione;
- GIALLO (precipitazione giornaliera tra 1 ÷6 mm e intensità media del vento tra 1.5 ÷3 m/s): condizioni di DEBOLE dispersione;
- VERDE (precipitazione giornaliera > 6 mm e intensità media del vento > 3 m/s): situazioni MOLTO FAVOREVOLI alla dispersione.

I valori delle soglie per la ripartizione nelle tre classi derivano da una individuazione empirica da un campione pluriennale di dati.

2.0.1 Campagna invernale: 23/11/2016 - 11/01/2017

In figura 2.1 si mettono a confronto le caratteristiche di piovosità e ventilazione ricavate dai dati rilevati presso la stazione meteo in tre periodi:

- 23 novembre 2016 - 11 gennaio 2017, periodo di svolgimento della campagna di misura;
- 21 novembre - 15 gennaio dall'anno 1996 all'anno 2016 (ANNI PRECEDENTI);
- 12 gennaio 2016 – 11 gennaio 2017 (ANNO CORRENTE).

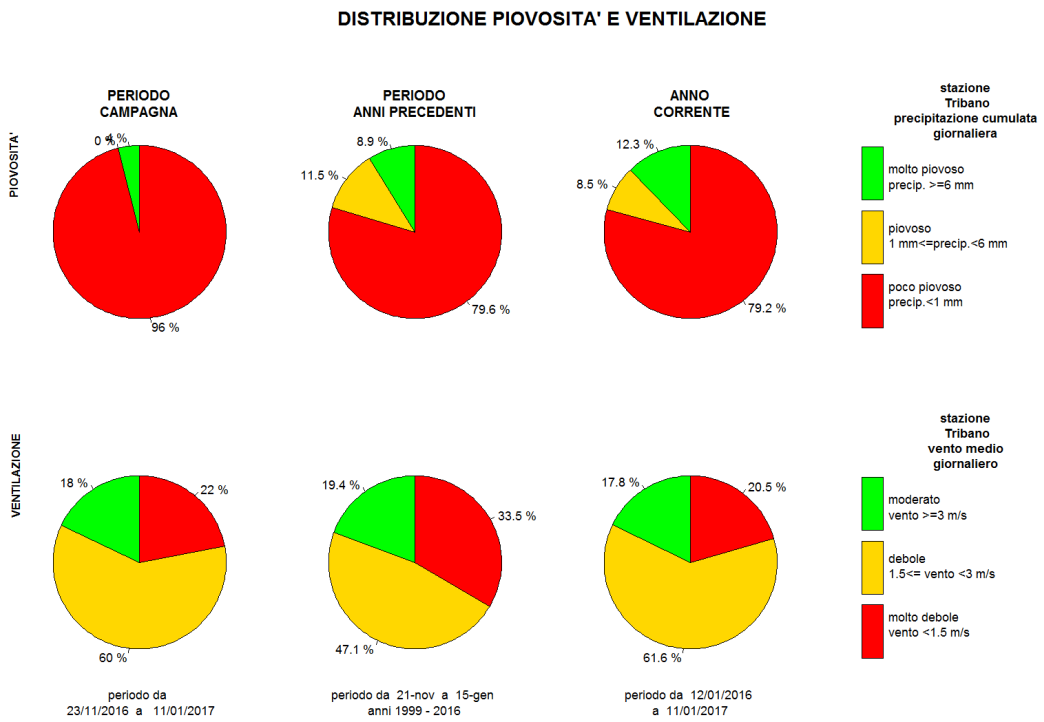

Figura 2.1: Frequenze di vento e pioggia per classi: CAMPAGNA di MISURA a confronto con il relativo pentadale degli ANNI PRECEDENTI e l'intero ANNO CORRENTE

Dai diagrammi circolari risulta che durante il periodo di svolgimento della campagna di misura:

- i giorni poco piovosi sono stati ben più frequenti rispetto ad entrambi i periodi di riferimento;
- la distribuzione delle giornate in base alla ventosità è simile a quella dell'anno corrente, mentre, rispetto allo stesso periodo degli anni precedenti, sono meno frequenti i giorni con vento medio giornaliero molto debole.

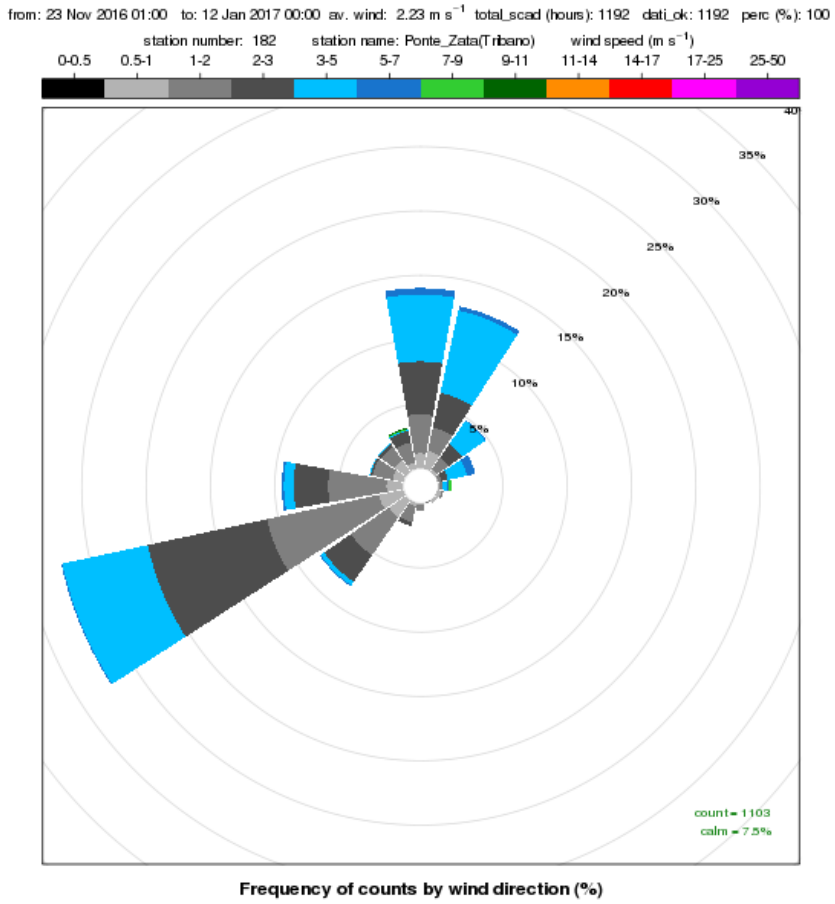

Figura 2.2: Rosa dei venti registrati presso la stazione meteo nel corso della CAMPAGNA INVERNALE

In figura 2.2 si riporta la rosa dei venti registrati presso la stazione meteo durante la campagna di misura. Da essa si evince che la direzione prevalente di provenienza del vento è ovest-sudovest (circa 28% dei casi), seguita da nord (circa 14%), nord-nordest (circa 13%), ovest (circa 9%) e sud-ovest (circa 8%). La frequenza delle calme (venti di intensità inferiore a 0.5 m/s) è stata pari a circa 8%; la velocità media pari a circa 2.2 m/s.

2.0.2 Campagna estiva: 15/05/2017 - 20/07/2017

In figura 2.3 si confrontano le caratteristiche di piovosità e ventilazione ricavate dai dati della stazione meteo in tre periodi:

- 15 maggio - 20 luglio 2017, periodo di svolgimento della campagna di misura;
- 15 maggio - 20 luglio dall'anno 1996 all'anno 2016 (ANNI PRECEDENTI);
- 20 luglio 2016 - 20 luglio 2017 (ANNO CORRENTE).

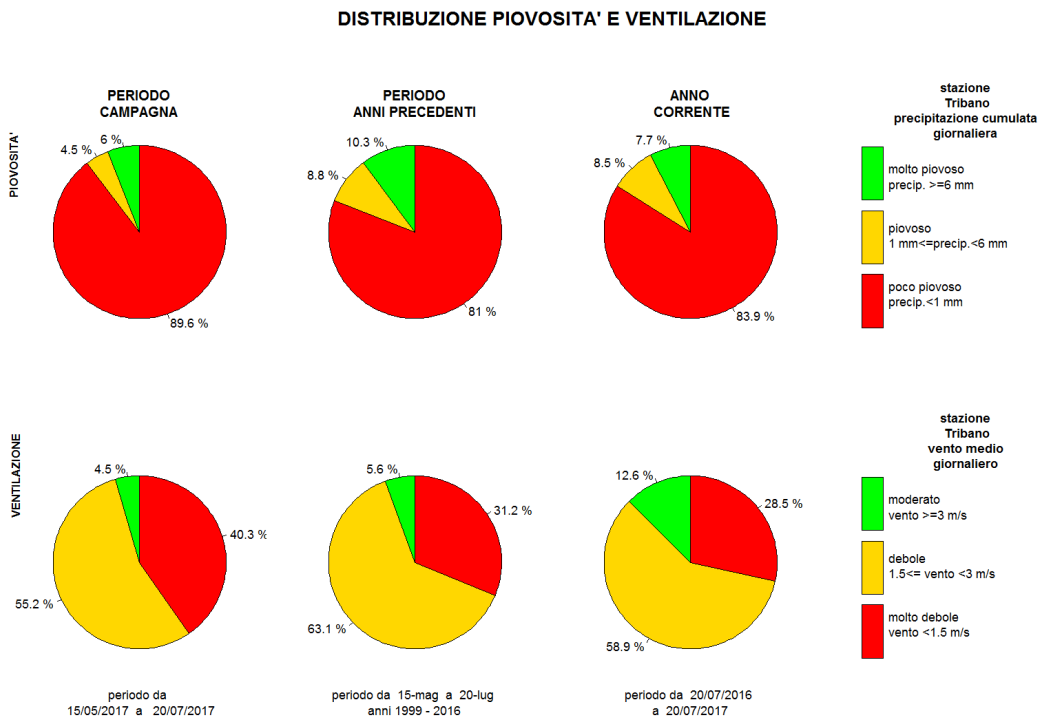

Figura 2.3: Frequenze di vento e pioggia per classi: CAMPAGNA di MISURA a confronto con il relativo pentadale degli ANNI PRECEDENTI e l'intero ANNO CORRENTE

Dal confronto dei diagrammi circolari risulta che durante la campagna di misura:

- i giorni poco piovosi sono stati un po' più frequenti rispetto ad entrambi i periodi di riferimento;
- i giorni con vento molto debole sono stati più frequenti rispetto sia allo stesso periodo degli anni precedenti, che all'anno corrente.

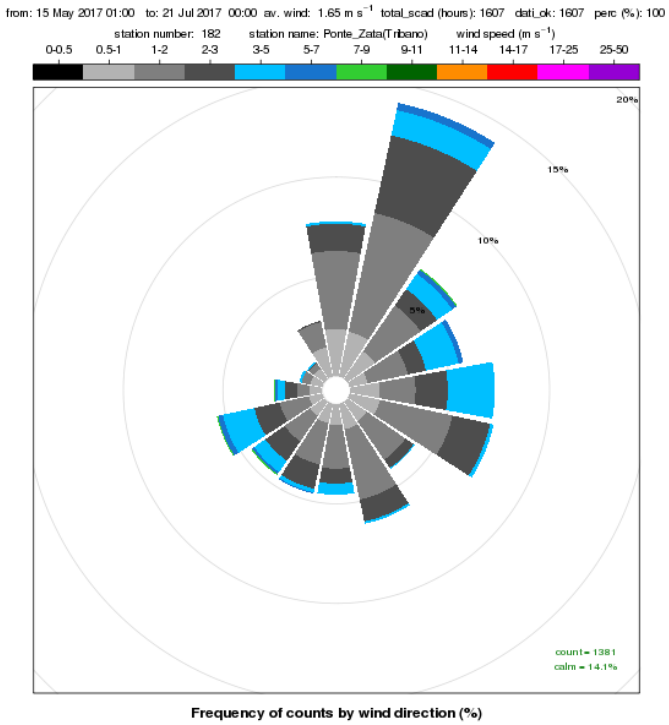

Figura 2.4: Rosa dei venti registrati presso la stazione di Tribano nel corso della CAMPAGNA ESTIVA

In figura 2.4 si riporta la rosa dei venti registrati presso la stazione meteo durante la campagna di misura. Da essa si evince che la direzione prevalente di provenienza del vento è nord-nordest (circa 14% dei casi), seguita da nord (circa 8%), est e est-sudest (circa 7%) e dalle altre direzioni del primo settore, da sud-sudest e ovest-sudovest che si sono presentate con frequenze superiori al 5% dei casi. La frequenza delle calme (venti di intensità inferiore a 0.5 m/s) è stata pari a circa 14%; la velocità media pari a circa 1.7 m/s.

Capitolo 3

Inquinanti monitorati e normativa di riferimento

La stazione mobile è dotata di analizzatori in continuo per il campionamento e la misura degli inquinanti chimici individuati dalla normativa vigente: monossido di carbonio (CO), anidride solforosa (SO_2), biossido di azoto (NO_2), ossidi di azoto (NO_x) e ozono (O_3), nonché di strumenti per la misura giornaliera delle polveri (PM_{10}), dalla cui successiva caratterizzazione chimica in laboratorio è possibile determinare gli idrocarburi policiclici aromatici (IPA), in particolare il Benzo(a)pirene.

Sono stati effettuati anche dei rilievi della concentrazione media di benzene (C_6H_6) con campionatori passivi manuali. I campionatori passivi, posizionati al riparo dalle precipitazioni atmosferiche, vengono fissati ad una altezza di circa $2.5m$ dal suolo e lasciati in situ mediamente per una settimana. La successiva quantificazione analitica viene effettuata in laboratorio.

Per tutti gli inquinanti considerati risultano in vigore i limiti individuati dal Decreto Legislativo 13 agosto 2010, n. 155, attuazione della Direttiva 2008/50/CE. Gli inquinanti da monitorare e i limiti stabiliti sono rimasti invariati rispetto alla disciplina precedente. Nella tabella seguente si riportano, per ciascun inquinante, i limiti di legge suddivisi in base alla mediazione di breve periodo e lungo periodo e in relazione alla protezione degli ecosistemi.

Inquinante	Nome limite	Indicatore statistico	Valore
SO_2	Limite per la protezione degli ecosistemi	Media annuale e Media invernale	**20** $\mu g/m^3$
	Soglia di allarme	superamento per 3h consecutive del valore soglia	**500** $\mu g/m^3$
	Limite orario per la protezione della salute umana	Media 1 h	**350** $\mu g/m^3$ da non superare più di 24 volte per anno civile
	Limite di 24 ore per la protezione della salute umana	Media 24 h	**125** $\mu g/m^3$ da non superare più di 3 volte per anno civile
NO_X	Limite per la protezione della vegetazione	Media annuale	**30** $\mu g/m^3$
NO_2	Soglia di allarme	superamento per 3h consecutive del valore soglia	**400** $\mu g/m^3$
	Limite orario per la protezione della salute umana	Media 1 h	**200** $\mu g/m^3$ da non superare più di 18 volte per anno civile
	Limite annuale per la protezione della salute umana	Media annuale	**40** $\mu g/m^3$
PM10	Limite di 24 ore per la protezione della salute umana	Media 24 h	**50** $\mu g/m^3$ da non superare più di 35 volte per anno civile
	Limite annuale per la protezione della salute umana	Media annuale	**40** $\mu g/m^3$
PM2.5	Valore obiettivo per la protezione della salute umana	Media annuale	**25** $\mu g/m^3$
CO	Limite per la protezione della salute umana	Max giornaliero delle Media mobile 8h	**10** mg/m^3
Pb	Limite annuale per la protezione della salute umana	Media annuale	**0.5** $\mu g/m^3$
BaP	Valore obiettivo	Media annuale	**1.0** ng/m^3
C_6H_6	Limite annuale per la protezione della salute umana	Media annuale	**5.0** $\mu g/m^3$
O_3	Soglia di informazione	superamento del valore orario	**180** $\mu g/m^3$
	Soglia di allarme	superamento del valore orario	**240** $\mu g/m^3$
	Obiettivo a lungo termine per la protezione della salute umana	Max giornaliero della Media mobile 8h	**120** $\mu g/m^3$
	Valore obiettivo per la protezione della salute umana	Max giornaliero della Media mobile 8h	**120** $\mu g/m^3$ da non superare per più di 25 giorni all'anno come media su 3 anni
	Valore obiettivo per la protezione della salute umana	AOT40, calcolato sulla base dei valori orari da maggio a luglio	**18000** $\mu g/m^3 h$ da calcolare come media su 5 anni
	Obiettivo a lungo termine per la protezione della vegetazione	AOT40, calcolato sulla base dei valori orari da maggio a luglio	**6000** $\mu g/m^3 \cdot h$
Ni	Valore obiettivo	Media Annuale	**20.0** ng/m^3
As	Valore obiettivo	Media Annuale	**6.0** ng/m^3
Cd	Valore obiettivo	Media Annuale	**5.0** ng/m^3

Figura 3.1: Valori limite per la protezione della salute umana e della vegetazione

Capitolo 4

Informazioni sulla strumentazione e sulle analisi

Gli analizzatori in continuo per l'analisi degli inquinanti, allestiti a bordo della stazione rilocabile, presentano caratteristiche conformi al D.Lgs. 155/2010 ed effettuano l'acquisizione, la misura e la registrazione dei risultati in modo automatico.

Il campionamento del particolato PM_{10} (diametro aerodinamico < 10 µm) è realizzato con linee di prelievo sequenziale, poste all'interno della stazione, che utilizzano filtri da $47mm$ di diametro (in quarzo) e cicli di prelievo di 24 ore. Detti campionamenti sono condotti con l'utilizzo di apparecchiature conformi alle specifiche tecniche di legge (il volume campionato si riferisce alle condizioni ambiente in termini di temperatura e pressione atmosferica alla data delle misurazioni).

Le determinazioni analitiche degli idrocarburi policiclici aromatici (B(a)p e altri IPA) e del PM_{10} sono effettuate al termine del ciclo di campionamento sui filtri esposti, rispettivamente mediante cromatografia liquida ad alta prestazione (HPLC) metodo UNI EN 15549:2008 e determinazione gravimetrica metodo UNI EN 12341:2014, i metalli mediante spettrofotometria di emissione con plasma ad accoppiamento induttivo (ICP-Ottico) e spettrofotometria di assorbimento atomico con fornetto a grafite metodo UNI EN 14902:2005. Le determinazioni del benzo(a)pirene sono eseguite (sul PM_{10}) nel rispetto degli obiettivi di qualità del dato previsti per legge.

Con riferimento ai risultati riportati di seguito si precisa che la rappresentazione dei valori inferiori al limite di rivelabilità segue una distribuzione statistica di tipo gaussiano normale, in cui la metà del limite di rivelabilità rappresenta il valore più probabile. Si è scelto pertanto di attribuire tale valore ai dati inferiori al limite di rivelabilità, differente a seconda dello strumento impiegato e della metodologia adottata. Allo stato attuale, ai fini delle elaborazioni e per la valutazione della conformità al valore limite si utilizzano le Regole di accettazione e rifiuto semplici, cioè le regole più elementari di trattamento dei dati, corrispondenti alla considerazione delle singole misure prive di incertezza e del valore medio come numero esatto (Valutazione della conformità in presenza dell'incertezza di misura, R.Mufato e G.Sartori, Bollettino degli esperti ambientali. Incertezza delle misure e certezza del diritto/anno 62, 2011 2-3).

Capitolo 5

Efficienza di campionamento

Al fine di assicurare il rispetto degli obiettivi di qualità previsti per legge e l'accuratezza delle misurazioni, la normativa stabilisce dei criteri in materia di incertezza dei metodi di valutazione, di periodo minimo di copertura e di raccolta minima dei dati.

Per le misurazioni indicative, la normativa stabilisce dei periodi minimi di copertura con un'efficienza di campionamento di almeno il 90%. Le misurazioni possono essere uniformemente distribuite nell'arco dell'anno civile o, in alternativa, effettuate per otto settimane equamente distribuite nell'arco dell'anno.

Nella pratica, le otto settimane di misura nell'arco dell'anno dovrebbero essere suddivise, quando possibile, in due periodi di quattro settimane consecutive ciascuno; uno nel semestre invernale (1 ottobre - 31 marzo) e uno nel semestre estivo (1 aprile - 30 settembre), caratterizzati da una diversa prevalenza delle condizioni di rimescolamento dell'atmosfera.

Nella campagna in esame l'efficienza di campionamento risulta tra l'$89 - 90\%$ per tutti i monitor. Su 106 filtri si son fatte analisi di PM_{10}, su 70 di IPA.

Capitolo 6

Analisi dei dati rilevati

In questo capitolo si presentano le elaborazioni statistiche delle misure di concentrazione effettuate durante la campagna di monitoraggio. Si confrontano i parametri statistici con i rispettivi valori limite di legge, anche se la verifica di questi ultimi si riferisce principalmente al monitoraggio con stazioni fisse rispondenti a stringenti criteri di posizionamento e di raccolta dati. La valutazione con la stazione mobile si basa su obiettivi di qualità meno severi, e, quindi, il confronto con i limiti è solo indicativo.

Al fine di proporre un confronto con una realtà analoga, costantemente monitorata, e di cui son noti i principali elementi di criticità, per ogni parametro misurato è riportato il corrispondente valore registrato presso la stazione fissa di Mandria (stazione di "background urbano") nel comune di Padova, o in caso di assenza del monitor a Mandria, in altre stazioni via via indicate, sempre all'interno del territorio comunale.

Per ciascun inquinante considerato, si riporta una sintetica descrizione delle principali fonti di emissione antropica e dei possibili effetti a carico della salute per i principali gruppi a rischio. Si tratta di effetti dovuti al superamento dei limiti di esposizione (tempo di esposizione e concentrazione media) definiti sulla base di ricerche di tipo epidemiologico e non direttamente confrontabili con i valori medi registrati durante il monitoraggio.

6.1 Biossido di Zolfo

Le emissioni di origine antropica, dovute prevalentemente all'utilizzo di combustibili solidi e liquidi, sono strettamente correlate al contenuto di zolfo, sia come impurezze, sia come costituenti nella formulazione molecolare del combustibile (gli oli). A causa dell'elevata solubilità in acqua il biossido di zolfo viene assorbito facilmente dalle mucose del naso e dal tratto superiore dell'apparato respiratorio (solo piccolissime quantità riescono a raggiungere la parte più profonda dei polmoni). Fra gli effetti acuti sono compresi un aumento delle secrezioni mucose, bronchite, tracheite, spasmi bronchiali e/o difficoltà respiratoria negli asmatici. Fra gli effetti a lungo termine sono da ricordare le alterazioni della funzionalità polmonare e l'aggravamento delle bronchiti croniche, dell'asma e dell'enfisema. I gruppi più sensibili sono costituiti dagli asmatici e dai bronchitici.

Poiché il monitor a Mandria non è presente, nella tabella 6.1 si sono confrontati i valori statistici (massimi orari, Max_{1h}) registrati a Solesino con le medie dei rispettivi valori rilevati dalla stazione di Este (stazione fissa di tipo 'Industriale suburbano').

CAMPAGNA	SO_2(µg/m^3)	Solesino	Este
Invernale	Max_{1h}	5.0	4.0
Estiva	Max_{1h}	3.0	4.0
Complessiva	Max_{1h}	5.0	4.0
Invernale	N^o dati	1077	1200
Estiva	N^o dati	1456	1608
Complessiva	N^o dati	2533	2808

Tabella 6.1: Parametri statistici per il biossido di zolfo

Dalla tabella 6.1 si notano livelli di biossido di zolfo sostanzialmente equivalenti tra i due siti confrontati. I livelli ambientali di SO_2 rilevati a Solesino risultano inferiori sia al limite per la protezione della salute (350 µg/m^3, media su 1h; 125 µg/m^3, media su 24h) che alla soglia di allarme (500 µg/m^3, persistenza per 3 h consecutive) e confrontabili con quelli registrati a Este.

6.2 Monossido di Carbonio

Gas incolore e inodore, viene prodotto dalla combustione incompleta delle sostanze contenenti carbonio. Le fonti antropiche sono costituite dagli scarichi delle automobili, dal trattamento e dallo smaltimento dei rifiuti, dalle industrie e dalle raffinerie di petrolio, dalle fonderie. Il monossido di carbonio raggiunge facilmente gli alveoli polmonari e, quindi, il sangue dove compete con l'ossigeno per il legame con l'emoglobina (riducendo notevolmente la capacità di trasporto dell'ossigeno ai tessuti). Gli effetti sanitari sono essenzialmente riconducibili ai danni causati dall'ipossia a carico del sistema nervoso, cardiovascolare e muscolare. I gruppi più sensibili sono gli individui con malattie cardiache e polmonari, gli anemici e le donne in stato di gravidanza.

Il monitoraggio del monossido di carbonio a Solesino non evidenzia superamenti del valore limite fissato dal DLgs 155/2010 (10 mg/m3, media mobile 8h). Nella tabella 6.2 si riportano i parametri statistici (massima media mobile giornaliera su otto ore, Max_{mm}) a confronto con i rispettivi valori rilevati dalla stazione di Mandria.

CAMPAGNA	CO(mg/m^3)	Solesino	Mandria
Invernale	Max_{mm}	2.6	2.3
Estiva	Max_{mm}	0.5	0.7
Complessiva	Max_{mm}	2.6	2.3
Invernale	N^o dati	1059	1130
Estiva	N^o dati	1451	1527
Complessiva	N^o dati	2510	2657

Tabella 6.2: Parametri statistici per il monossido di carbonio

Dalla tabella 6.2 risulta che i valori statistici di Solesino sono dello stesso ordine della stazione fissa, in ogni caso ben al di sotto del limite di legge.

6.3 Ozono

Inquinante 'secondario', si forma in seguito alle reazioni fotochimiche che coinvolgono inquinanti precursori prodotti dai processi di combustione (NO_x, idrocarburi, aldeidi).

Le concentrazioni ambientali di ozono tendono pertanto ad aumentare durante i periodi caldi e soleggiati dell'anno. Nell'arco della giornata, i livelli di ozono risultano tipicamente bassi al mattino, raggiungono il massimo nel primo pomeriggio e si riducono progressivamente nelle ore serali con il diminuire della radiazione solare (anche se sono frequenti picchi nelle ore notturne dovuti ai complessi processi di rimescolamento dell'atmosfera). Il bersaglio principale dell'ozono è l'apparato respiratorio.

In tabella 6.3 si riportano i parametri statistici, indicativi dei valori limite previsti per legge, relativi al mezzo mobile e alla stazione di Mandria.

CAMPAGNA	O_3(µg/m^3)	Solesino	Mandria
Invernale	N^o sup 120	0	0
Estiva	N^o sup 120	35	32
Complessiva	N^o sup 120	35	32
Invernale	N^o sup 180	0	0
Estiva	N^o sup 180	19	6
Complessiva	N^o sup 180	19	6
Invernale	N^o dati	1069	1145
Estiva	N^o dati	1466	1528
Complessiva	N^o dati	2535	2673

Tabella 6.3: Parametri statistici per l'Ozono

Nel corso dell'intera campagna di monitoraggio si son registrati 35 superamenti del valore obiettivo a lungo termine per la protezione della salute umana (120 µg/m^3, in termini di massima media mobile giornaliera su 8h) e 19 superamenti della soglia di informazione (180 µg/m^3, come valore orario). Rispetto a Mandria, si registra un consistente numero di superamenti della soglia di informazione. In Allegato 10 si riporta la serie temporale della massima media mobile giornaliera dell'Ozono per le due campagne, a confronto con il valore limite. Figura 6.1 riporta i valori di sintesi.

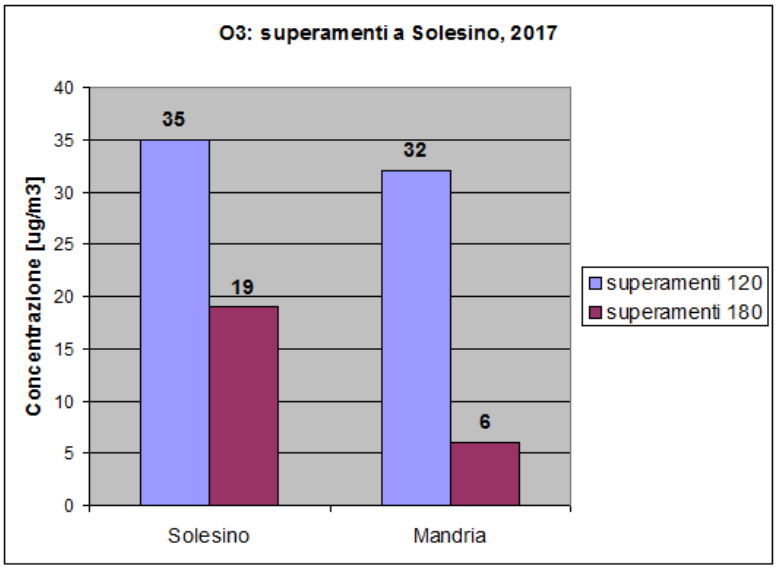

Figura 6.1: Monitoraggio dell'Ozono a Solesino

6.4 Biossido di Azoto

È un gas caratterizzato ad alte concentrazioni da un odore pungente. Le fonti antropiche, rappresentate da tutte le reazioni di combustione, riguardano principalmente gli autoveicoli, le centrali termoelettriche e il riscaldamento domestico. Gli effetti acuti comprendono infiammazione delle mucose e diminuzione della funzionalità polmonare. Gli effetti a lungo termine includono l'aumento dell'incidenza delle malattie respiratorie e la maggiore suscettibilità alle infezioni polmonari batteriche e virali. I gruppi a maggior rischio sono costituiti dagli asmatici e dai bambini.

In tabella 6.4 si riportano i parametri statistici (media) desunti dalle registrazioni della campagna del mezzo mobile a confronto con i rispettivi valori rilevati nella stazione di Mandria (stazione fissa).

CAMPAGNA	NO_2(µg/m^3)	Solesino	Mandria
Invernale	Media	36	47
Estiva	Media	16	20
Complessiva	Media	24	31
Invernale	N^o dati	1050	1144
Estiva	N^o dati	1451	1546
Complessiva	N^o dati	2501	2690

Tabella 6.4: Parametri statistici per il biossido d'azoto

Nel corso dell'intera campagna di monitoraggio non si sono registrati superamenti del valore limite di protezione della salute (200 µg/m^3, media su 1h). Il valore medio dell'intera campagna a Solesino è pari a 24µg/m^3, inferiore rispetto a Mandria e al limite annuale di legge di 40 µg/m^3.

In figura 6.2 si riportano i valori di sintesi per il biossido di azoto.

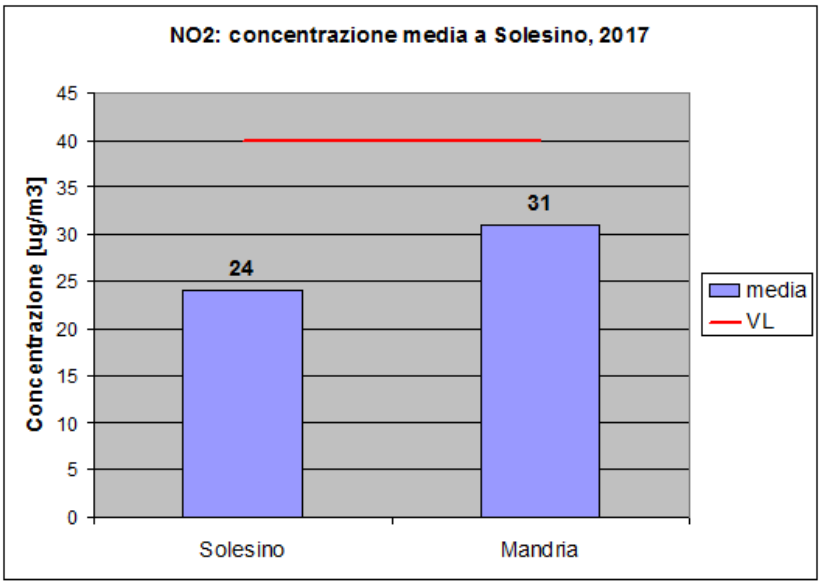

Figura 6.2: Monitoraggio del Biossido d'Azoto a Solesino

6.5 Polveri fini [PM10]

Le polveri sospese in atmosfera sono costituite da un insieme estremamente eterogeneo di sostanze la cui origine può essere primaria (emesse come tali) o secondaria (derivata da reazioni chimico-fisiche successive alla fase di emissione). Una caratterizzazione esauriente del particolato atmosferico si basa, oltre che sulla misura della concentrazione e l'identificazione delle specie chimiche coinvolte, anche sulla valutazione della dimensione media delle particelle. Quelle di dimensioni inferiori a 10 µm hanno un tempo medio di vita (permanenza in aria) che varia da pochi giorni fino a diverse settimane e possono essere veicolate dalle correnti atmosferiche anche per lunghe distanze. La dimensione media delle particelle determina il grado di penetrazione nell'apparato respiratorio e la conseguente pericolosità per la salute umana. Il monitoraggio ambientale del particolato con diametro < di 10 µm (PM_{10}) può esser considerato un indice della concentrazione di particelle in grado di penetrare nel torace (frazione inalabile). Per valutare gli effetti sulla salute è, quindi, molto importante la determinazione della composizione chimica del particolato atmosferico. Le caratteristiche chimiche del particolato influenzano la capacità di reagire con altre sostanze inquinanti quali ad esempio IPA, SO_2. Le polveri PM_{10} che si depositano nel tratto superiore o extra toracico (cavità nasali, faringe, laringe) possono causare effetti irritativi locali quali secchezza e infiammazione. Le fonti antropiche di polveri atmosferiche sono rappresentate essenzialmente dalle attività industriali, dagli impianti di riscaldamento e dal traffico veicolare.

In tabella 6.5 si riportano i parametri statistici del PM_{10} a Solesino e Mandria.

CAMPAGNA	PM_{10}(µg/m^3)	Solesino	Mandria
Invernale	Media	57	68
Estiva	Media	21	23
Complessiva	Media	36	42
Invernale	N^o sup 50	24	34
Estiva	N^o sup 50	0	0
Complessiva	N^o sup 50	24	34
Invernale	N^o dati	45	47
Estiva	N^o dati	61	63
Complessiva	N^o dati	106	110

Tabella 6.5: Parametri statistici per il PM_{10}

Il limite giornaliero (50 µg/m^3) è stato superato 24 volte e la media è risultata inferiore al limite annuale (40 µg/m^3). Figura 6.3 riporta i valori di sintesi per il PM_{10}.

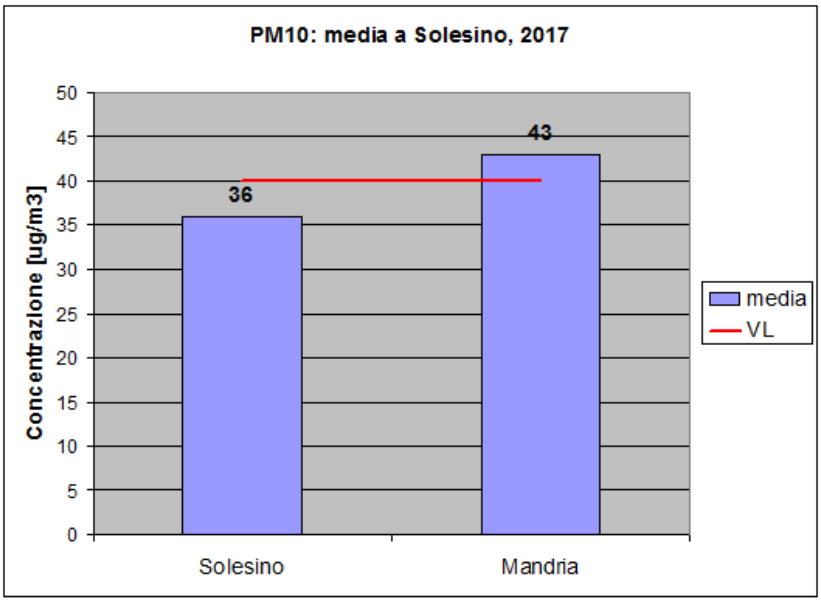

Figura 6.3: Monitoraggio del PM10 a Solesino

I grafici in Allegato 10 riportano la serie temporale delle misure di PM_{10} per le due campagne di monitoraggio, a confronto con il valore limite giornaliero di 50 µg/m^3.

Allo scopo di valutare il rispetto dei valori limite di legge per il parametro PM_{10}, si utilizza una metodologia di calcolo elaborata dall'Osservatorio Regionale Aria di ARPAV, basata sulla rappresentatività spaziale del parametro PM_{10}. Tale metodologia confronta il "sito sporadico" (campagna di monitoraggio) con una stazione fissa, considerata rappresentativa per vicinanza o per stessa tipologia di emissioni e di condizioni meteorologiche. Nella pratica si valuta il grado di correlazione tra i dati della stazione fissa e del "sito sporadico" nel corso delle due campagne. Dalla serie annuale della stazione fissa si calcolano il valore medio annuo e il 90° percentile delle concentrazioni di PM_{10}. Se il grado di correlazione tra i due siti è elevato, si ritiene plausibile che la media e i percentili della stazione fissa, siano rappresentativi anche del sito sporadico. Il calcolo del 90° percentile è legato al fatto che in una distribuzione di 365 valori, il 90° percentile corrisponde al 36° valore massimo. E poiché per il PM_{10} sono consentiti 35 superamenti del valore limite giornaliero di 50 µg/m^3, il rispetto del valore limite è garantito se e solo se il 90° percentile è inferiore a 50 µg/m^3.

Nel nostro caso il "sito sporadico" di Solesino è confrontato con la stazione fissa di "background urbano" di Mandria. Per la serie annuale di dati di Mandria si è considerato il periodo 01/10/2016 - 30/09/2017. Nei periodi di sovrapposizione (durante le due campagne di misura), i dati delle due stazioni mostrano un indice di correlazione superiore a 0.94, quindi molto significativo, a suffragio della confrontabilità tra i due siti e del metodo induttivo adottato.

La metodologia di calcolo statistico applicata a Mandria dà come risultati un valore medio nell'anno solare considerato di 39 µg/m^3 ed un 90° percentile pari a 79 µg/m^3. Tuttavia, essendo i limiti di legge riferiti ad un anno civile e non solare, i precedenti valori non consentono di trarre conclusioni dirette sul rispetto degli stessi. Poiché però il

sito di Solesino nel corso delle due campagne esaminate mostra valori inferiori a Mandria, è plausibile che nel corso del 2016 e 2017, per quanto attiene il particolato PM_{10}, Solesino abbia registrato valori medi annui inferiori ai limiti di legge e un numero di superamenti dei valori giornalieri inferiore rispetto a quelli registrati da Mandria.

6.6 Benzo(a)pirene

Gli idrocarburi policiclici aromatici (IPA) sono una classe di idrocarburi la cui composizione è data da due o più anelli benzenici condensati. La classe degli IPA è perciò costituita da un insieme piuttosto eterogeneo di sostanze, caratterizzate da differenti proprietà tossicologiche. Gli IPA sono composti persistenti, caratterizzati da un basso grado di idrosolubilità e da un'elevata capacità di aderire al materiale organico; derivano principalmente dai processi di combustione incompleta dei combustibili fossili, e si ritrovano quindi nei gas di scarico degli autoveicoli e nelle emissioni degli impianti termici, delle centrali termoelettriche, degli inceneritori, ma non solo. Gli idrocarburi policiclici aromatici sono molto spesso associati alle polveri sospese. In questo caso la dimensione delle particelle del particolato aerodisperso rappresenta il parametro principale che condiziona l'ingresso e la deposizione nell'apparato respiratorio e quindi la relativa tossicità. È accertato il potere cancerogeno di tutti gli IPA e tra questi anche del benzo(a)pirene (BaP) a carico delle cellule del polmone (il BaP è inserito nel gruppo 1 della classificazione IARC -International Association of Research on Cancer - cioè tra le sostanze con accertato potere cancerogeno sull'uomo). Poiché è stato evidenziato che la relazione tra B(a)P e gli altri IPA, detto profilo IPA, è relativamente stabile nell'aria delle diverse città, la concentrazione di B(a)P viene spesso utilizzata come indice del potenziale cancerogeno degli IPA totali.

In tabella 6.6 si riportano i parametri statistici del Benzo(a)pirene a confronto con i rispettivi valori rilevati dalla stazione fissa di Mandria.

CAMPAGNA	B(a)p (ng/m^3)	Solesino	Mandria
Invernale	Media	3.4	4.2
Estiva	Media	0.02	0.1
Complessiva	Media	1.5	1.8

Tabella 6.6: Parametri statistici per il Benzo(a)pirene

La media di Benzo(a)pirene relativa all'intera campagna di monitoraggio è risultata superiore al valore obiettivo annuale di 1 ng/m^3 e in linea con Mandria. Si sottolinea, tuttavia, che le medie riportate, essendo calcolate per periodi limitati, non sono confrontabili con i valori limite di legge che sono medie annuali.

6.7 Benzene

È un idrocarburo liquido, incolore e dotato di un odore caratteristico. In ambito urbano gli autoveicoli rappresentano la principale fonte di emissione: in particolare, circa l'85% è immesso nell'aria per combustione nei gas di scarico mentre il restante 15% per evaporazione del combustibile dal serbatoio e dal motore e durante le operazioni di rifornimento. L'intossicazione di tipo acuto dovuta a concentrazioni molto elevate è causa di effetti sul sistema nervoso centrale. Fra gli effetti a lungo termine sono note le

interferenze sul processo emopoietico (produzione del sangue) e l'induzione della leucemia nei lavoratori maggiormente esposti. Il benzene è stato inserito da International Agency for Research on Cancer (IARC) nel gruppo 1, cioè tra le sostanze che hanno un accertato potere cancerogeno sull'uomo.

In tabella 6.7 sono elencati i parametri statistici del Benzene registrati a Solesino, a confronto con i rispettivi valori rilevati di Mandria.

CAMPAGNA	C_6H_6 (µg/m^3)	Solesino	Mandria
Invernale	Media	1.7	2.9
Estiva	Media	0.3	0.3
Complessiva	Media	0.9	1.4

Tabella 6.7: Parametri statistici per il Benzene

La media di Benzene relativa all'intera campagna di monitoraggio è risultata, pressoché dimezzata rispetto a Mandria, e inferiore al valore limite annuale (5 µg/m^3).

Capitolo 7

Indice di Qualità dell'Aria (IQA)

Un indice di qualità dell'aria è una grandezza che permette di rappresentare in maniera sintetica lo stato di qualità dell'aria tenendo conto contemporaneamente del contributo di molteplici inquinanti atmosferici. L'indice è normalmente associato ad una scala di 5 giudizi sulla qualità dell'aria (tabella seguente).

COLORI	QUALITA'
	Buona
	Accettabile
	Mediocre
	Scadente
	Pessima

Tabella 7.1: Scala giudizio QA

Il calcolo dell'indice, che può essere effettuato per ogni giorno di campagna, è basato sull'andamento delle concentrazioni di tre inquinanti: Biossido di azoto, Ozono e PM_{10}. Le prime due classi (buona e accettabile) informano che per nessuno dei tre inquinanti vi sono stati superamenti dei relativi indicatori di legge e che quindi non vi sono criticità legate alla qualità dell'aria nella stazione esaminata. Le altre tre classi (mediocre, scadente e pessima) indicano che almeno uno dei tre inquinanti considerati ha superato il relativo indicatore di legge. In questo caso la gravità del superamento è determinata dal relativo giudizio assegnato. Quindi, è possibile distinguere situazioni di moderato superamento da situazioni significativamente più critiche [1].

Di seguito sono riportati il numero di giorni ricadenti in ciascuna classe dell'IQA per la campagna invernale, estiva e per il totale campagna (fig 7.1, fig 7.2) per la stazione rilocabile.

[1] Per approfondimenti sul calcolo dell'IQA si rimanda al sito ufficiale: www.arpa.veneto.it/temi-ambientali/aria/qualita-dellaria/iqa

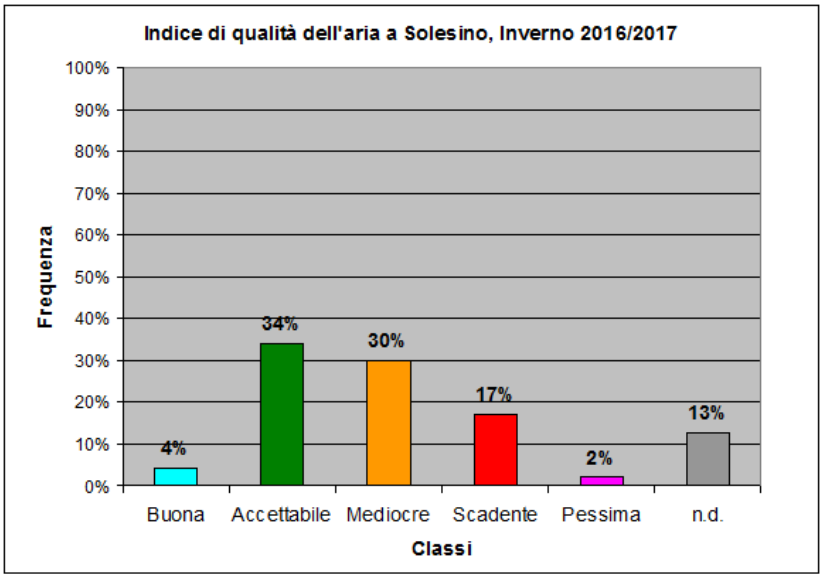

Figura 7.1: Indice sintetico di qualità dell'aria [Inverno]

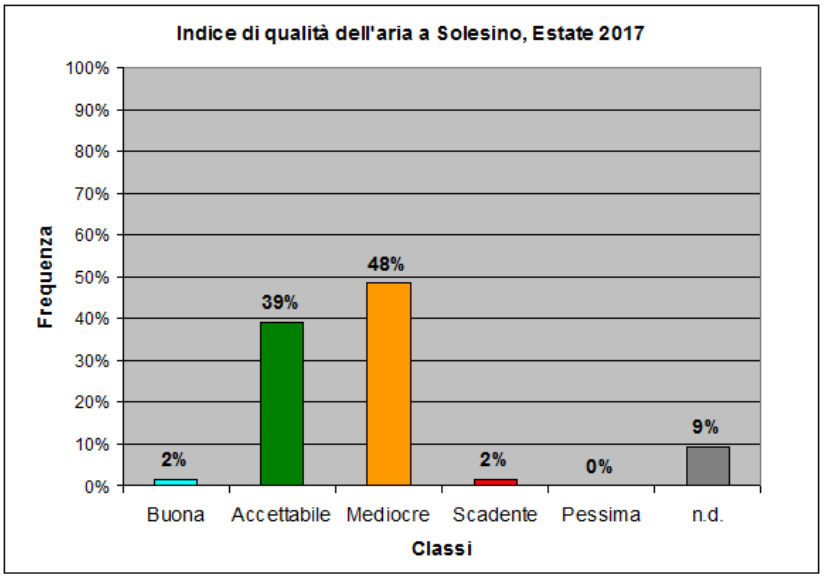

Figura 7.2: Indice sintetico di qualità dell'aria [Estate]

Dall'analisi dell'indice di qualità dell'aria risulta che in estate la maggior parte delle giornate ricade nelle classi accettabile-mediocre, con qualche caso buono o scadente, mentre d'inverno le classi sono più sparpagliate, con anche quache episodio di classe pessima.

Capitolo 8

Conclusioni

Di seguito si riassumono brevemente i risultati dell'analisi della qualità dell'aria effettuata a Solesino. Si ribadisce che le valutazioni statistiche con i limiti normativi su base annuale, hanno nel caso delle campagne effettuate con mezzi mobili per periodi limitati un valore puramente indicativo.

Biossido di zolfo e **monossido di carbonio** non evidenziano superamenti dei valori limite previsti dal Dlgs. 155/2010, confermandosi inquinanti non critici.

Il particolato **PM10** sia in termini di valore medio che di numero di superamenti rimane entro i limiti di legge. Tuttavia l'estrapolazione statistica dalla serie di Mandria, evidenzia criticità in termini di superamenti annui probabili.

Il **biossido di azoto** risulta inferiore a Mandria e entro i limiti di legge.

Per quanto riguarda l'**ozono**, rispetto a Mandria si registrano più superamenti sia del valore obiettivo che della soglia di informazione.

In termini di **benzene** i livelli a Solesino risultano quasi dimezzati rispetto a Mandria e comunque al di sotto dei limiti di legge.

Il valore medio di **benzo(a)pirene** nel corso delle campagne effettuate è risultato superiore al limite annuale individuato per legge.

Le condizioni meteorologiche sono state per lo più poco favorevoli alla dispersione degli inquinanti, salvo e soltanto in termini di vento, nel periodo invernale.

Capitolo 9

Scheda sintetica di valutazione

La tabella seguente sintetizza graficamente lo stato della qualità dell'aria a Solesino nel 2017. Rappresenta quindi una valutazione complessiva dell'inquinamento sul territorio comunale.

INDICATORE DI QUALITA' DELL'ARIA	STATO 2017
Biossido di Zolfo (SO_2)	☺
Monossido di Carbonio (CO)	☺
Ozono (O_3)	☹
Biossido di Azoto (NO_2)	☺
Polveri fini media (PM_{10})	😐
Polveri fini superamenti (PM_{10})	☹
Benzo(a)pirene (IPA)	☹
Benzene (C_6H_6)	☺

Tabella 9.1: Stato degli inquinanti monitorati nel 2017

SIMBOLO	GIUDIZIO
☺	Positivo
😐	Intermedio
☹	Negativo

Capitolo 10

Allegati

10.1 Concentrazione Massima Giornaliera della Media Mobile di 8h di Ozono - semestre invernale

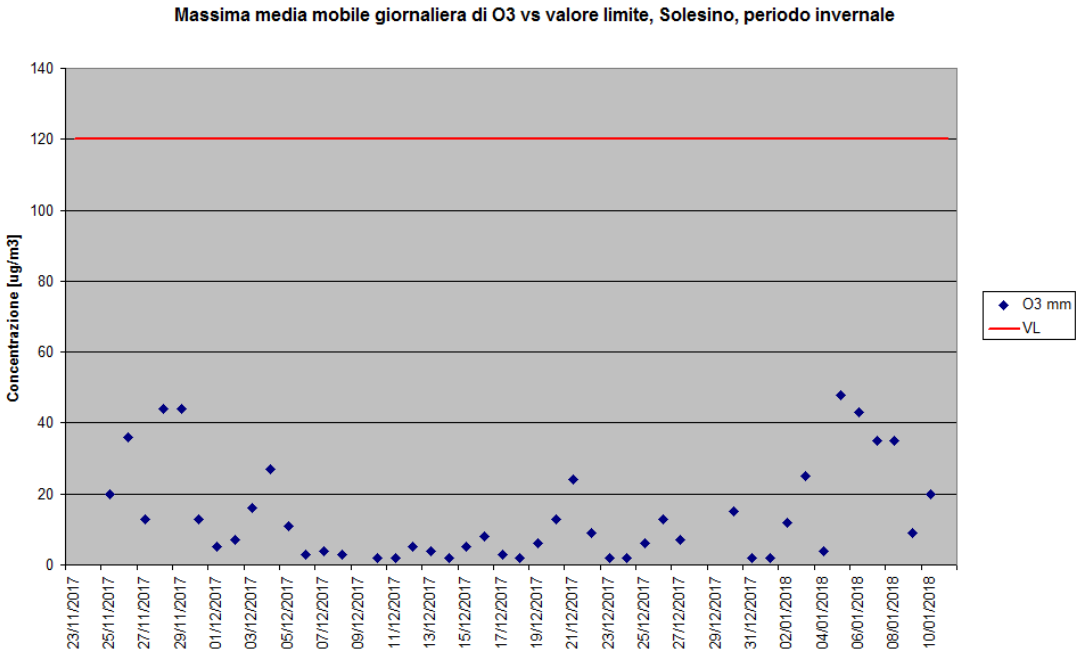

Figura 10.1: Concentrazione Massima Giornaliera della Media Mobile di 8h di Ozono - semestre invernale

10.2 Concentrazione Massima Giornaliera della Media Mobile di 8h di Ozono - semestre estivo

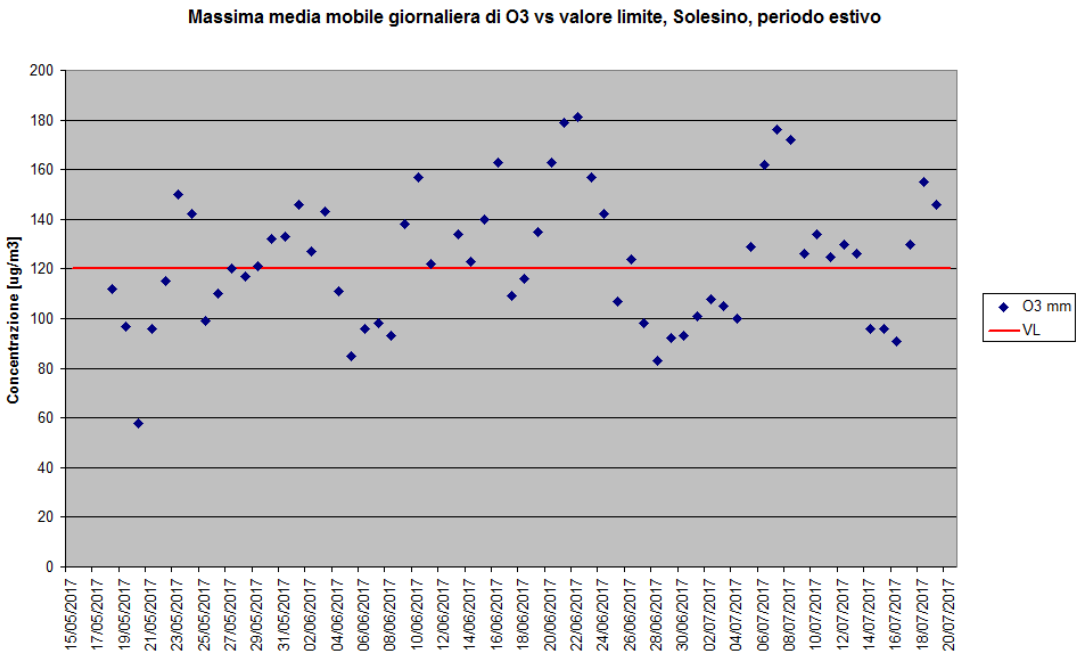

Figura 10.2: Concentrazione Massima Giornaliera della Media Mobile di 8h di Ozono - semestre estivo

10.3 Concentrazione Giornaliera di PM10 - semestre invernale

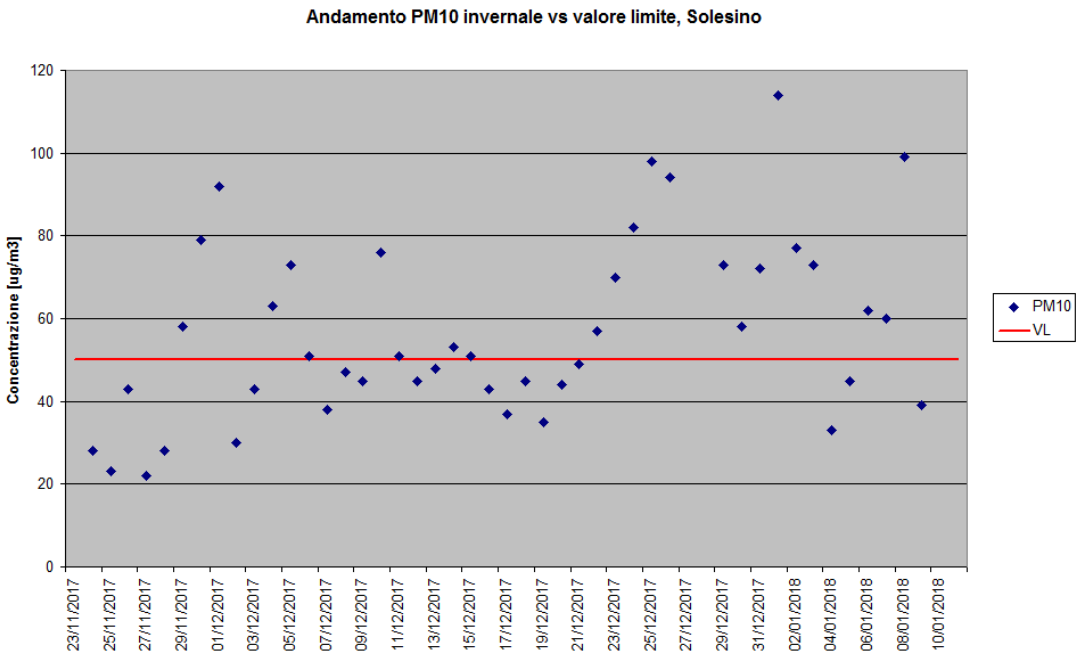

Figura 10.3: Concentrazione Giornaliera di PM10 - semestre invernale

10.4 Concentrazione Giornaliera di PM10 - semestre estivo

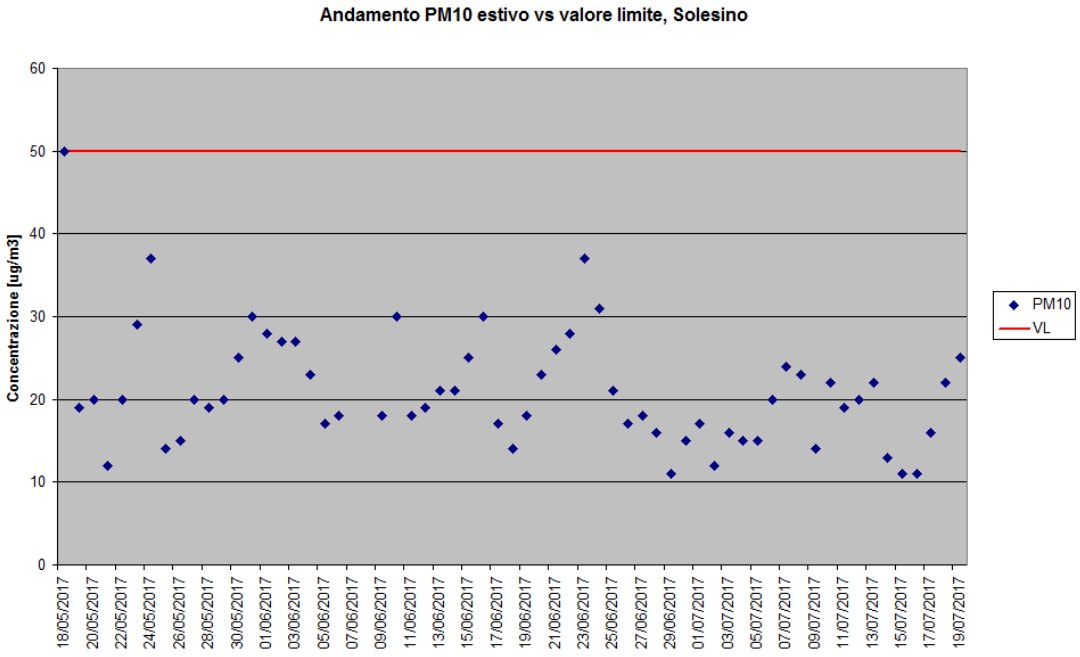

Figura 10.4: Concentrazione Giornaliera di PM10 - semestre estivo

10.5 Glossario

Agglomerato: zona costituita da un'area urbana o da un insieme di aree urbane che distano tra loro non più di qualche chilometro oppure da un'area urbana principale e dall'insieme delle aree urbane minori che dipendono da quella principale sul piano demografico, dei servizi e dei flussi di persone e merci, avente: 1) una popolazione superiore a 250.000 abitanti oppure 2) una popolazione inferiore a 250.000 abitanti e una densità di popolazione per km2 superiore a 3.000 abitanti.
AOT40 (Accumulated exposure Over Threshold of 40 ppb): espresso in µg/m^3*h. Rappresenta la differenza tra le concentrazioni orarie di ozono superiori a 40 ppb (circa 80 µg/m^3) e 40 ppb, in un dato periodo di tempo, utilizzando solo valori orari rilevati, ogni giorno, tra le 8:00 e le 20:00 (ora dell'Europa centrale).
Background (stazione di): Punto di campionamento ubicato in posizione tale che il livello di inquinamento non sia influenzato prevalentemente da emissioni da specifiche fonti (industrie, traffico, riscaldamento residenziale, ecc.) ma dal contributo integrato di tutte le fonti poste sopravento alla stazione rispetto alle direzioni predominanti dei venti nel sito.
Fattore di emissione: Valore medio (su base temporale e spaziale) che lega la quantità di inquinante rilasciato in atmosfera con l'attività responsabile dell'emissione (ad es. kg di inquinante emesso per tonnellata di prodotto o di combustibile utilizzato).
Industriale (stazione): Punto di campionamento ubicato in posizione tale che il livello

di inquinamento sia influenzato prevalentemente da singole fonti industriali o da zone industriali limitrofe.
Inquinante: Qualsiasi sostanza immessa direttamente o indirettamente dall'uomo nell'aria ambiente che può avere effetti nocivi sulla salute umana o sull'ambiente nel suo complesso.
Inventario delle emissioni: Serie organizzata di dati, realizzata secondo procedure e metodologie verificabili e aggiornabili, relativi alle quantità di inquinanti introdotti nell'atmosfera da sorgenti naturali e/o da attività antropiche. Le quantità di inquinanti emesse dalle diverse sorgenti della zona in esame si possono ottenere tramite misure dirette, campionarie o continue o tramite stima.
IQA (Indice di Qualità dell'Aria): E' una grandezza che permette di rappresentare in maniera sintetica lo stato di qualità dell'aria.
Margine di tolleranza: Percentuale del valore limite entro la quale è ammesso il superamento del valore limite alle condizioni stabilite dal D.Lgs. 155/2010.
Media mobile (su 8 ore): La media mobile su 8 ore è una media calcolata sui dati orari scegliendo un intervallo di 8 ore; ogni ora l'intervallo viene aggiornato e, di conseguenza, ricalcolata la media. Ogni media su 8 ore così calcolata è assegnata al giorno nel quale l'intervallo di 8 ore si conclude. Ad esempio, il primo periodo di 8 ore per ogni singolo giorno sarà quello compreso tra le ore 17.00 del giorno precedente e le ore 01.00 del giorno stesso; l'ultimo periodo di 8 ore per ogni giorno sarà quello compreso tra le ore 16.00 e le ore 24.00 del giorno stesso. La media mobile su 8 ore massima giornaliera corrisponde alla media mobile su 8 ore che, nell'arco della giornata, ha assunto il valore più elevato.
Obiettivo a lungo termine: Livello da raggiungere nel lungo periodo mediante misure proporzionate, al fine di assicurare un'efficace protezione della salute umana e dell'ambiente.
Percentile: I percentili o quantili, sono parametri di posizione che dividono una serie di dati in gruppi non uguali, ad esempio un quantile 0.98 (o 98° percentile), è quel valore che divide la serie di dati in due parti, nella quale una delle due ha il 98% dei valori inferiore al dato quantile. La mediana rappresenta il 50° percentile. I percentili si calcolano come la mediana, ordinando i dati in senso crescente e interpolando il valore relativo al quantile ricercato.
Soglia di allarme: livello oltre il quale sussiste un rischio per la salute umana in caso di esposizione di breve durata per la popolazione nel suo complesso ed il cui raggiungimento impone di adottare provvedimenti immediati.
Soglia di informazione: livello di ozono oltre il quale vi è un rischio per la salute umana in caso di esposizione di breve durata per alcuni gruppi particolarmente sensibili della popolazione e raggiunto il quale devono essere adottate le misure previste.
Sorgente (inquinante): Fonte da cui ha origine l'emissione della sostanza inquinante. Può essere naturale (acque, sole, foreste) o antropica (infrastrutture e servizi). A seconda della quantità di inquinante emessa e delle modalità di emissione una sorgente può essere puntuale, diffusa, lineare.
Traffico (stazione di): Punto di campionamento rappresentativo dei livelli d'inquinamento massimi caratteristici dell'area monitorata influenzato prevalentemente da emissioni da traffico provenienti dalle strade limitrofe.
Valore limite: Livello fissato al fine di evitare, prevenire o ridurre gli effetti dannosi sulla salute umana o per l'ambiente nel suo complesso.
Valore obiettivo: Concentrazione nell'aria ambiente stabilita al fine di evitare, prevenire o ridurre effetti nocivi per la salute umana e per l'ambiente, il cui raggiungimento, entro un dato termine, deve essere perseguito mediante tutte le misure che non com-

portino costi sproporzionati.
Zonizzazione: Suddivisione del territorio in aree a diversa criticità relativamente all'inquinamento atmosferico, realizzata in conformità al D.Lgs. 155/2010.

DIPARTIMENTO PROVINCIALE DI PADOVA
Via Ospedale 24, 35121 Padova
tel.: 049 8227801 - fax: 049 8227810
e-mail: dappd@arpa.veneto.it

ARPAV
Agenzia Regionale per la Prevenzione e Protezione Ambientale del Veneto

Direzione Generale
Via Ospedale, 24
35121 Padova
Italy

Tel. +39 049 82 39301
Fax. +39 049 66 0966
e-mail urp@arpa.veneto.it
e-mail certificata: protocollo@pec.arpav.it
www.arpa.veneto.it