

QUALITÀ DELL'ARIA
IN
PROVINCIA DI PADOVA

SINTESI DEI RISULTATI DEL MONITORAGGIO 2016

RELAZIONE TECNICA



Agenzia Regionale per la Prevenzione
e Protezione Ambientale del Veneto



REGIONE DEL VENETO

ARPAV

Il Direttore Generale

Nicola Dell'Acqua

Il Direttore Tecnico

Carlo Terrabujo

Dipartimento Provinciale di Padova

Vincenzo Restaino

Progetto e realizzazione

Servizio Stato dell'Ambiente

Ilario Beltramin

Roberta Millini, Enrico Cosma, Antonella Pagano, Silvia Rebeschini

Con la collaborazione di

Dipartimento Regionale Laboratori

Francesca Daprà

Servizio Osservatorio Regionale Aria

Salvatore Patti

Servizio Meteorologico di Teolo

Maria Sansone, Massimo Enrico Ferrario

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 GENERALE

1.Introduzione.....	4
2.Normativa di riferimento.....	6
3.Risultati.....	7
3.1.OSSIDI DI AZOTO.....	8
3.2.BIOSSIDO DI AZOTO.....	8
3.3.OZONO.....	8
3.4.MONOSSIDO DI CARBONIO.....	10
3.5.BIOSSIDO DI ZOLFO.....	10
3.6.PARTICOLATO PM ₁₀	10
3.7.PARTICOLATO PM _{2,5}	12
3.8.BENZENE.....	12
3.9.BENZO(A)PIRENE.....	12
3.10.PIOMBO ED ELEMENTI IN TRACCE (ARSENICO, CADMIO, NICHEL E MERCURIO).....	13
4.Commento meteorologico.....	14
4.1.ANALISI DI PIOGGE E VENTI NEL 2016 PER PADOVA E PROVINCIA.....	14
4.2.PRECIPITAZIONI NELL'AREA DI PADOVA E NELLE AREE SETTENTRIONALE E MERIDIONALE DELLA PROVINCIA.....	14
4.3.VENTI NELL'AREA DI PADOVA E NELLE AREE SETTENTRIONALE E MERIDIONALE DELLA PROVINCIA.....	17
4.4.VALUTAZIONE SINTETICA DELLE CAPACITÀ DISPERSIVE DELL'ATMOSFERA SULLA PROVINCIA DI PADOVA.....	19
4.5.VALUTAZIONE SINTETICA DELLE CONDIZIONI TERMICHE CHE INFLUENZANO LA FORMAZIONE DI OZONO.....	23
5.Sintesi Conclusiva.....	25
6.Glossario.....	26

1. Introduzione

Il rapporto presenta la valutazione dei livelli di inquinanti atmosferici nella provincia di Padova relativamente all'anno 2016 inserendoli nell'andamento storico a partire dal 2008. L'analisi è condotta mediante l'elaborazione statistica delle misure di concentrazione delle centraline fisse di monitoraggio dislocate sul territorio e gestite da ARPAV.

In Tabella 1 si riportano le caratteristiche delle centraline con gli inquinanti monitorati.

Stazione	Tipologia	Inquinanti monitorati								
		NOx/NO ₂	CO	SO ₂	O ₃	PM10	PM2.5	Bap	C ₆ H ₆	Metalli
Mandria	B.U.	x	x		x	x	x	x	x	x
Arcella	T.U.	x	x	x		x		x		x
Granze	I.U.					x		x		x
APS1	I.U.	x	x	x	x	x	x	x		x
APS2	I.U.	x	x	x	x	x	x	x		x
Santa Giustina in Colle	B.R.	x	x	x	x	x		x		x
Parco Colli	B.R.	x			x	x				
Este	I.S.	x	x	x	x	x	x	x		x

TABELLA 1

Legenda a TABELLA 1
NOx: ossidi di azoto. Costituiti dalla somma di Biossido di azoto (NO ₂) e Monossido di azoto (NO)
NO ₂ : biossido di azoto
CO: monossido di carbonio
SO ₂ : biossido di zolfo
O ₃ : ozono
PM10: particolato con diametro inferiore a 10 µm
PM2.5: particolato con diametro inferiore a 2.5 µm
Bap: Benzo(a)pirene, fa parte degli Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA)
C ₆ H ₆ : Benzene
Metalli: Pb (Piombo) + Hg (Mercurio) + Cd (Cadmio) + Ni (Nichel) + As (Arsenico)
T.U. : stazione di traffico urbano
B.U. : stazione di fondo urbano
I.U. : stazione industriale in ambito urbano
B.R. : stazione di background rurale
I.S.: stazione industriale in ambito suburbano

Arcella e Mandria sono le stazioni che rilevano gli inquinanti, gassosi e particolato, da più lunga data. In seguito alla riorganizzazione della rete regionale, a partire dal 2012 ad Arcella sono stati dismessi il monitoraggio dell'ozono e del benzene. La stazione di Granze rileva, a partire dal 2006, le polveri fini e i microinquinanti veicolati dalle polveri. Le due stazioni APS, posizionate nella zona del termovalorizzatore di San Lazzaro, rilevano le polveri fini e i microinquinanti dal 2009, mentre gli inquinanti gassosi sono monitorati fin dal 2002. Esse rientrano in una apposita convenzione per il monitoraggio delle ricadute del termovalorizzatore.

La stazione di Santa Giustina in Colle è attiva dal 2010 ed è definita di background rurale, in quanto idonea al monitoraggio dell'ozono nella zona indicata come Alta Padovana. Infine, la centralina di Parco Colli, situata in comune di Cinto Euganeo, rileva la qualità dell'aria nel particolare ambiente del Parco dei Colli Euganei, mentre la centralina di Este è dislocata nella zona caratterizzata storicamente dalle attività delle cementerie.

Dal mese di ottobre 2016 è attiva anche una stazione di background urbano nel comune di Monselice, la cui serie di dati non è sufficientemente rappresentativa dell'anno analizzato.

Gli inquinanti gassosi sono misurati da analizzatori automatici in continuo, mentre per il particolato si utilizzano sia dei misuratori automatici, ad assorbimento di radiazione beta, che gravimetrici, per i quali è necessaria la pesata in laboratorio del campione. Il Benzo(a)pirene, rappresentante degli idrocarburi policiclici aromatici (IPA), e i metalli (Pb, As, Cd, Ni, Hg) sono determinati dalla caratterizzazione chimica in laboratorio del particolato PM10. Per il mercurio la norma prevede il monitoraggio, ma non stabilisce un valore obiettivo. Per gli altri inquinanti i valori di riferimento sono riportati nel capitolo 2.

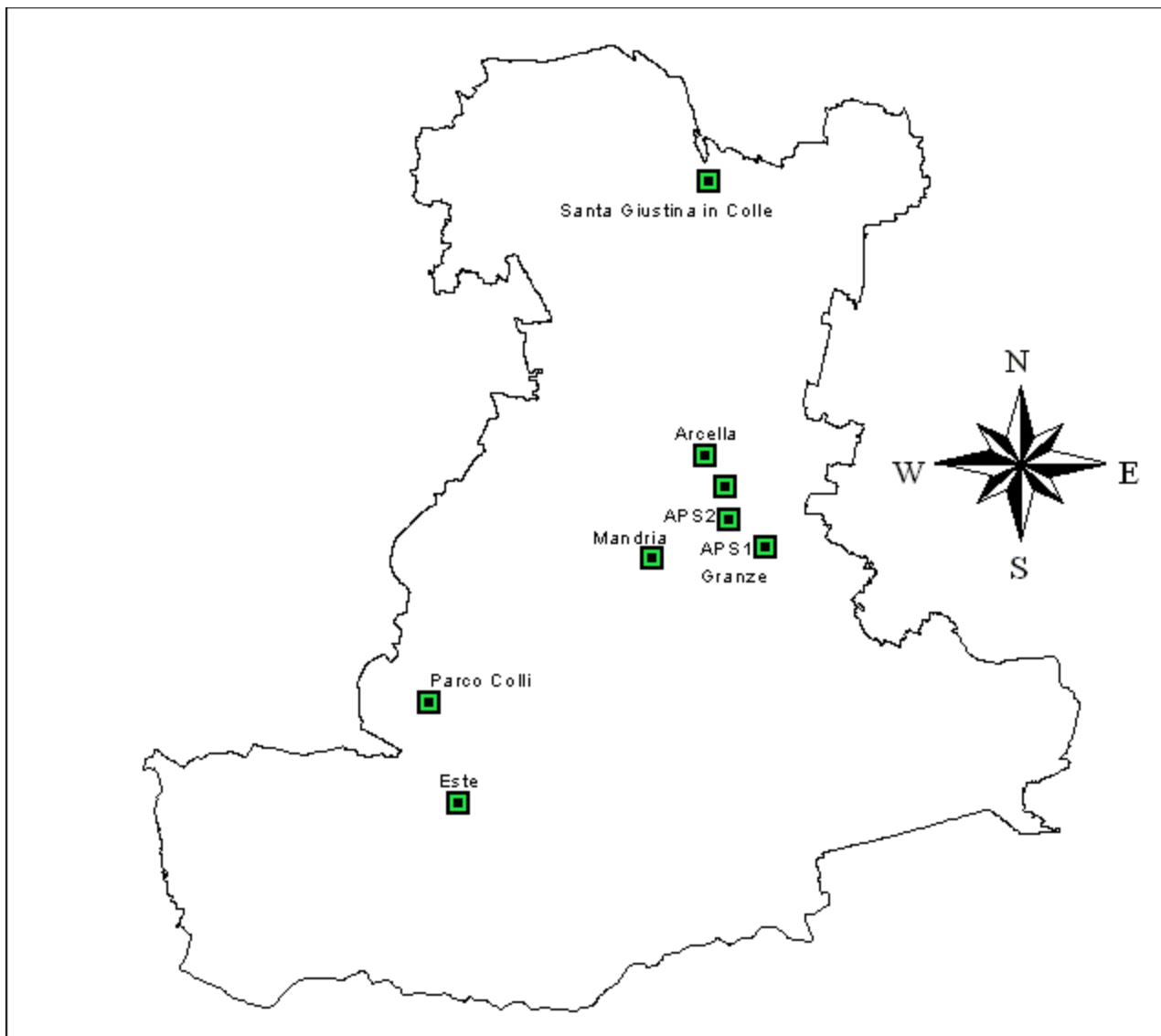


Fig.1: Ubicazione delle centraline fisse nella provincia di Padova.

Nel capitolo 2 è presentato il quadro di riferimento normativo per la qualità dell'aria con i limiti di legge previsti dal D.lgs. 155/2010, nel capitolo 3 sono illustrati i risultati delle elaborazioni statistiche delle misure; ad ogni inquinante è riservato un paragrafo in cui i risultati del monitoraggio sono commentati e inseriti nella serie storica a partire dal 2008. Il capitolo 4 descrive le condizioni meteorologiche del 2016 in base ai dati rilevati dalle stazioni indicate. Il capitolo 5 sintetizza le conclusioni dell'analisi effettuata.

2. Normativa di riferimento

Per gli inquinanti considerati risultano in vigore i limiti individuati dal Decreto Legislativo 13 agosto 2010, n. 155. Nelle Tabelle seguenti si riportano, per ciascun inquinante, i limiti di legge previsti dal D.Lgs. 155/2010, suddivisi in limiti di legge a mediazione di breve periodo e limiti di legge a mediazione di lungo periodo. In Tabella 4 sono indicati i limiti di legge stabiliti dal D.Lgs. 155/2010 per la protezione degli ecosistemi.

Inquinante	Tipologia	Valore
SO ₂	Soglia di allarme (¹)	500 µg/m ³
	Limite orario da non superare più di 24 volte per anno civile	350 µg/m ³
	Limite di 24 h da non superare più di 3 volte per anno civile	125 µg/m ³
NO ₂	Soglia di allarme	400 µg/m ³
	Limite orario da non superare più di 18 volte per anno civile	200 µg/m ³
PM10	Limite di 24 h da non superare più di 35 volte per anno civile	50 µg/m ³
CO	Massimo giornaliero della media mobile di 8 h	10 mg/m ³
O ₃	Soglia di informazione (Media 1 h)	180 µg/m ³
	Soglia di allarme (Media 1 h)	240 µg/m ³
	Valore obiettivo per la protezione della salute umana da non superare per più di 25 giorni all'anno come media su 3 anni (altrimenti su 1 anno) Media su 8 h massima giornaliera	120 µg/m ³
	Obiettivo a lungo termine per la protezione della salute umana Media su 8 h massima giornaliera	120 µg/m ³

Tabella 2 - Limiti di legge a mediazione di breve periodo

Inquinante	Tipologia	Valore
NO ₂	Valore limite annuale	40 µg/m ³
PM10	Valore limite annuale	40 µg/m ³
PM2.5	Valore limite annuale	25 µg/m ³
Piombo	Valore limite annuale	0.5 µg/m ³
Arsenico	Valore obiettivo (media su anno civile)	6.0 ng/m ³
Cadmio	Valore obiettivo (media su anno civile)	5.0 ng/m ³
Nichel	Valore obiettivo (media su anno civile)	20.0 ng/m ³
Benzene	Valore limite annuale	5.0 µg/m ³
Benzo(a)pirene	Valore obiettivo (media su anno civile)	1.0 ng/m ³

Tabella 3- Limiti di legge a mediazione di lungo periodo

Inquinante	Tipologia	Valore
SO ₂	Livello critico per la protezione della vegetazione	20 µg/m ³
	Anno civile e inverno (01/10 – 31/03)	
NO _x	Livello critico per la protezione della vegetazione (Anno civile)	30 µg/m ³
O ₃	Valore obiettivo per la protezione della vegetazione	18000 µg/m ³ h
	AOT40 su medie di 1 h da maggio a luglio Da calcolare come media su 5 anni (altrimenti su 3 anni)	
	Obiettivo a lungo termine per la protezione della vegetazione	6000 µg/m ³ h
	AOT40 su medie di 1 h da maggio a luglio	

Tabella 4 – Limiti di legge per la protezione degli ecosistemi

Per il mercurio il D. Lgs. 155/2010 prevede il monitoraggio, ma non stabilisce un valore obiettivo.

¹ misurato per 3 ore consecutive in un sito rappresentativo della qualità dell'aria in un'area di almeno 100 Km², oppure in un'intera zona o agglomerato nel caso siano meno estesi.

3. Risultati

In questo capitolo si presentano le elaborazioni statistiche delle misure degli inquinanti atmosferici rilevati dalle stazioni ubicate in provincia di Padova.

Le tabelle seguenti riportano per ogni inquinante gli indicatori statistici rilevanti per l'anno 2016.

Nome stazione	NO ₂		NO _x	O ₃			CO	SO ₂
	N° sup. lim. orario 200 µg/m ³	Media anno (µg/m ³)	Media anno (µg/m ³)	N° sup. soglia informazione 180 µg/m ³	N° sup. soglia allarme 240 µg/m ³	N° sup. obiet. lungo termine 120 µg/m ³	N° sup. val. limite prot. salute umana (med mob 8h)	N° sup. limite giornaliero 125 µg/m ³
Mandria	0	33	64	2	0	38	nd	nd
Arcella	3	40	85	nd	nd	nd	0	0
Granze	nd	nd	n.a.	nd	nd	nd	nd	nd
APS1	0	36	83	0	0	11	0	0
APS2	0	36	77	0	0	20	0	0
Santa Giustina in Colle	0	23	43	1	0	30	0	nd
Parco Colli	0	15	23	0	0	45	nd	nd
Este	0	25	48	0	0	37	0	0

Tabella 5: indicatori statistici di NO₂, NO_x, O₃, CO e SO₂; "n.d." indica dato non disponibile, "n.a." indica parametro non applicabile

Nome stazione	PM 10		PM 2.5	C ₆ H ₆	Ba P
	N° sup. limite/giorno	media anno (µg/m ³)	media anno (µg/m ³)	media anno (µg/m ³)	media anno (ng/m ³)
Mandria	66	37	30	1.02	1.1
Arcella	68	36	nd	nd	1.4
Granze	62	37	nd	nd	1.6
APS1	54	33	25	nd	1.4
APS2	57	33	24	nd	1.3
Santa Giustina in Colle	57	34	nd	nd	2.0
Parco Colli	39	27	nd	nd	nd
Este	40	30	20	nd	0.7

Tabella 6: indicatori statistici del particolato, Benzene e Benzo(a)pirene; "n.d." indica dato non disponibile, "n.a." indica parametro non applicabile

Nome stazione	Pb	As	Ni	Cd	Hg
	media anno (µg/m ³)	media anno (ng/m ³)	media anno (ng/m ³)	media anno (ng/m ³)	media anno (ng/m ³)
Mandria	nd	nd	nd	nd	nd
Arcella	0.008	0.6	2.7	0.4	< 1
Granze	0.016	0.7	5.9	0.5	< 1
APS1	0.007	0.6	2.1	0.4	< 1
APS2	0.007	0.6	2.1	0.4	< 1
Santa Giustina in Colle	0.006	0.7	1.5	0.3	< 1
Parco Colli	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Este	0.007	0.7	1.9	0.2	< 1

Tabella 7: indicatori statistici dei Metalli; "n.d." indica dato non disponibile

Nei paragrafi successivi si commentano per ogni inquinante i risultati del monitoraggio in relazione ai limiti di legge. I parametri statistici vengono inseriti nella tendenza rilevata a partire dall'anno 2008 in modo da visualizzare, oltre al dato aggiornato al 2016, anche l'evoluzione nel corso degli ultimi anni.

3.1. Ossidi di azoto

L'unico limite riguardante gli ossidi di azoto (NO_x) è quello annuale di $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ relativo alla protezione della vegetazione. Tale limite è previsto solo per le stazioni di background rurale e risulta superato a Santa Giustina in Colle con $43 \mu\text{g}/\text{m}^3$, mentre Parco Colli presenta un valore medio inferiore al limite ($23 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

3.2. Biossido di azoto

La stazione di traffico di Arcella si conferma la più critica per questo inquinante: in questa stazione il valore limite annuale ($40 \mu\text{g}/\text{m}^3$) è stato raggiunto, ma non superato, e il valore limite orario di $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ è stato superato tre volte. Le stazioni di Mandria, APS1 e APS2 indicano valori inferiori rispetto al 2015. Santa Giustina in Colle continua a rilevare valori sensibilmente superiori a Parco Colli, pur analoga come tipologia, ed è, invece, in linea con i valori rilevati ad Este.

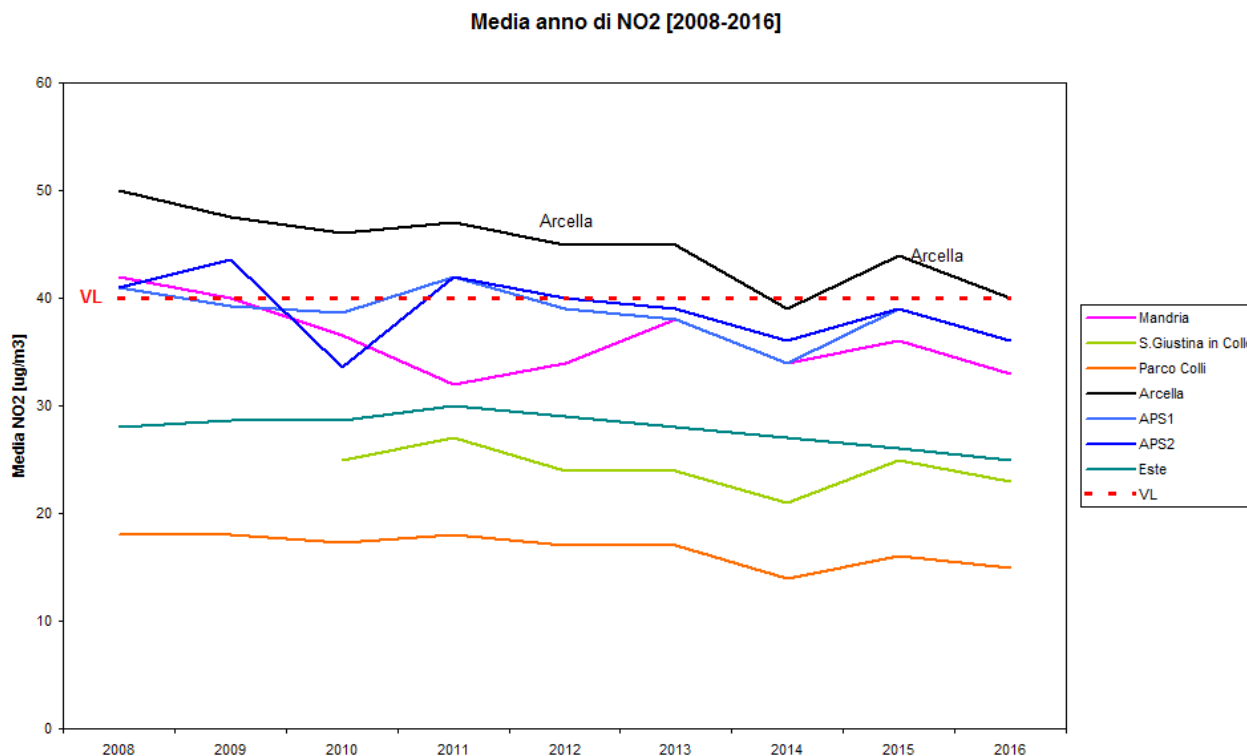


Fig.2: Media annuale di NO_2 a confronto con il valore limite vigente (linea orizzontale tratteggiata)

In ambito urbano questo inquinante, fortemente connesso con le emissioni dei processi di combustione, permane su livelli critici, anche se negli ultimi anni, eccettuata Arcella, nessuna stazione ha superato il limite. La media pluriennale (2008-2016) delle due stazioni APS1 e APS2 è di $39 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

3.3. Ozono

La soglia di allarme ($240 \mu\text{g}/\text{m}^3$), definita come livello di concentrazione oraria oltre il quale vi è un rischio per la salute umana in caso di esposizione di breve durata, non è stata superata. La soglia di informazione ($180 \mu\text{g}/\text{m}^3$), definita come livello di concentrazione oraria oltre il quale vi è un rischio per la salute umana, in caso di esposizione di breve durata e limitatamente ad alcuni gruppi particolarmente sensibili della popolazione, è stata superata due volte a Mandria e una volta a Santa Giustina in Colle.

Nella figura successiva si riporta l'andamento pluriennale del numero dei superamenti (Fig.3).

Superamenti annui soglia informazione di 180 ug/m³ di O₃ [2008-2016]

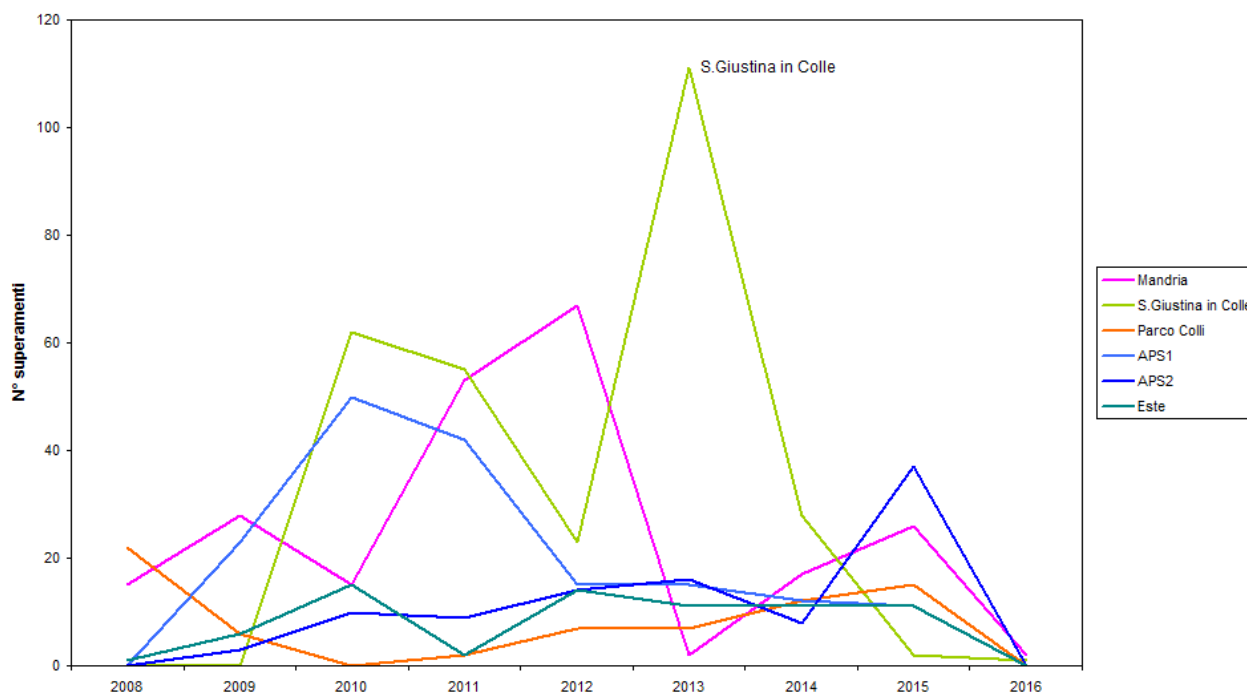


Fig.3: N° di superamenti della soglia di informazione di 180 ug/m³ dell'ozono.

Il Decreto Legislativo n. 155/2010, oltre alle soglie di informazione e allarme, fissa anche gli obiettivi a lungo termine per la protezione della salute umana e della vegetazione. Tali obiettivi rappresentano la concentrazione di ozono al di sotto della quale si ritengono improbabili effetti nocivi diretti sulla salute umana o sulla vegetazione e devono essere conseguiti nel lungo periodo, al fine di fornire un'efficace protezione della popolazione e dell'ambiente.

L'obiettivo a lungo termine per la protezione della salute umana si considera superato quando la massima media mobile giornaliera su otto ore supera 120 µg/m³; il conteggio viene effettuato su base annuale.

Nella figura successiva (fig.4) si riporta il numero di superamenti annui del valore obiettivo a lungo termine (120 ug/m³) a confronto con l'obiettivo di 25 superamenti per anno, inteso come media mobile su tre anni. In sostanza, per ottenere il grafico, si è prima calcolato il numero di superamenti del valore obiettivo anno per anno, dal 2008 al 2016 e, poi, dai valori annuali, si è calcolata la media mobile su tre anni.

**O3: numero di superamenti annui del valore obiettivo a lungo termine (120 ug/m3)
a confronto con l'obiettivo di 25 superamenti/anno (media mobile su tre anni)**

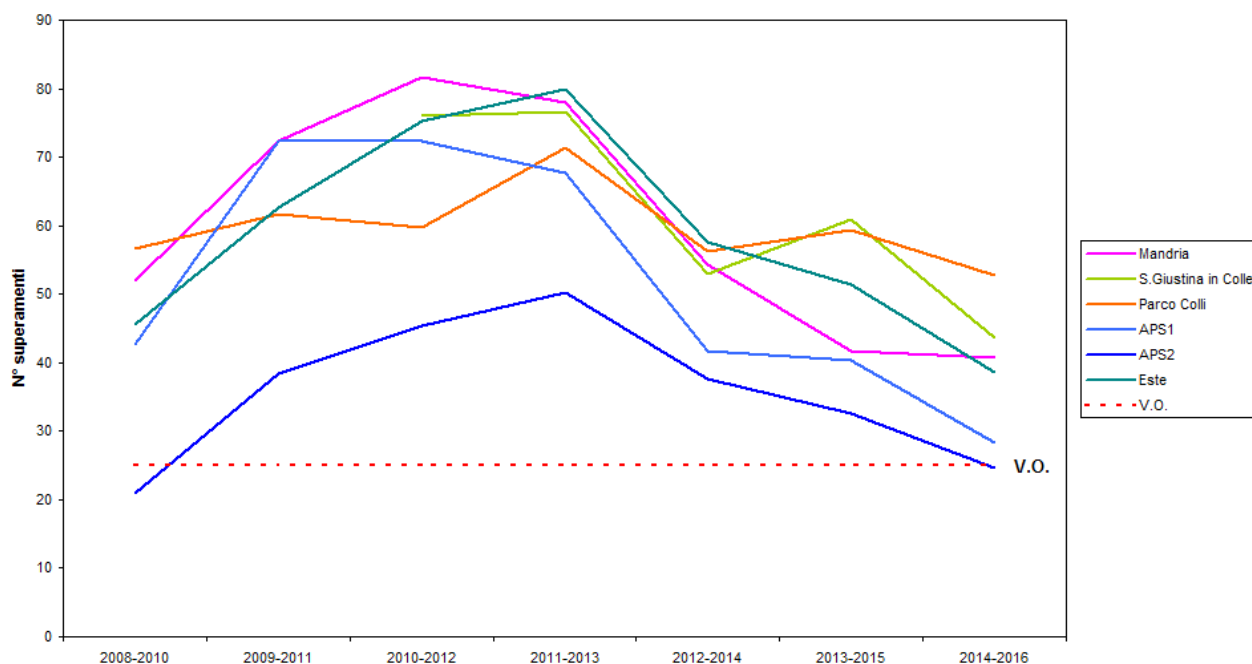


Fig.4: Numero di superamenti del valore obiettivo di 120 ug/m³ dell'ozono a confronto con l'obiettivo di 25 superamenti/anno (come media su tre anni).

L'andamento di questo indicatore (fig.4) mostra una tendenza generale ad una diminuzione a partire indicativamente dal 2011, anche se comunque si mantiene generalmente superiore al valore obiettivo di 25.

3.4. Monossido di Carbonio

Le concentrazioni di monossido di carbonio (CO) rilevate continuano a non destare preoccupazione: nei punti di campionamento non ci sono stati superamenti del limite di 10 mg/m³, inteso come valore massimo giornaliero su medie mobili di 8 ore.

3.5. Biossido di Zolfo

Il biossido di zolfo (SO₂) non mostra superamenti della soglia di allarme di 500 µg/m³, né del valore limite orario (350 µg/m³) o del valore limite giornaliero (125 µg/m³).

Si conferma pertanto un inquinante primario non critico; ciò deriva dalle sostanziali modifiche avvenute nell'utilizzo dei combustibili negli ultimi decenni (da gasolio a metano, oltre alla riduzione del tenore di zolfo in tutti i combustibili, in particolare nei combustibili diesel).

3.6. Particolato PM₁₀

Tutte le centraline hanno oltrepassato il valore limite di 35 superamenti/anno del limite giornaliero di 50 µg/m³; il massimo è stato raggiunto ad Arcella (Fig.5) con 68 superamenti.

N° di superamenti del limite giornaliero di PM10 di 50 ug/m3 [2008-2016]

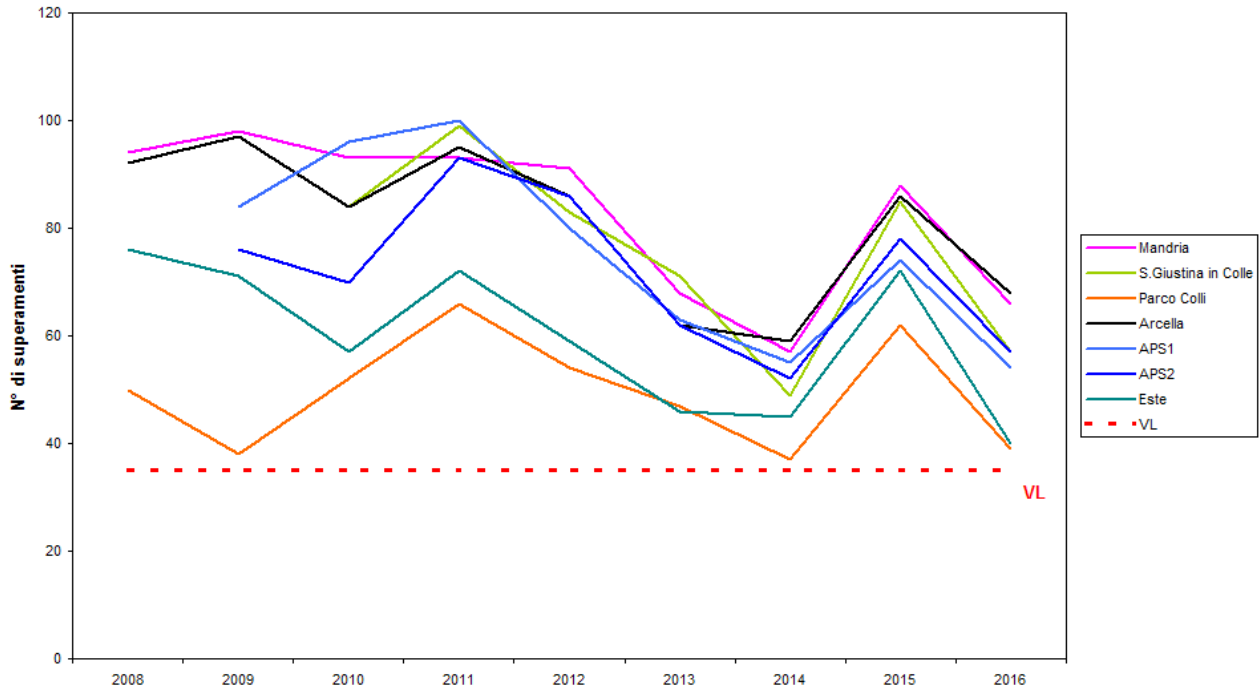


Fig.5: N° di superamenti del limite giornaliero di 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ del PM10 a confronto con il valore limite di 35 superamenti /anno

Il numero di superamenti dell'area rurale si conferma sempre inferiore a quello dell'area urbana, se si eccettua la stazione di Santa Giustina in Colle che rileva sempre livelli confrontabili con quelli urbani.

La concentrazione media annuale del 2016 è risultata ovunque inferiore al limite di 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (Fig.6).

Media annuale PM10 a confronto con il limite annuale di 40 ug/m3 [2008-2016]

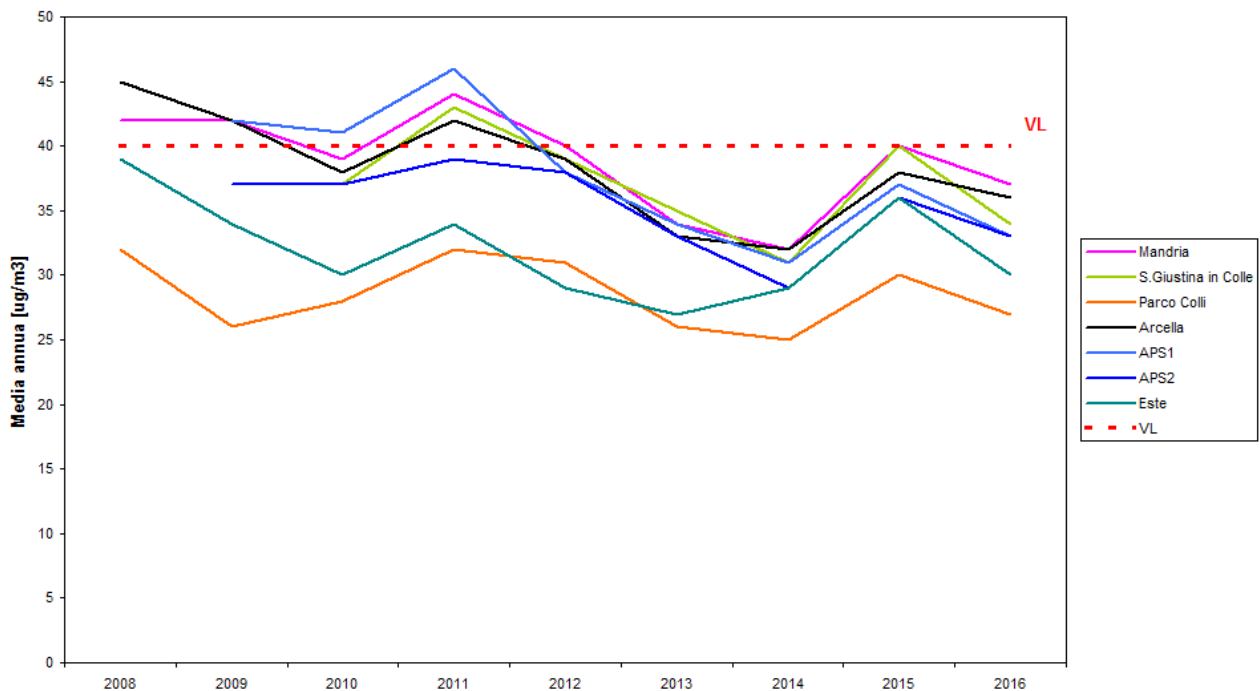


Fig.6: Media annuale del PM10 a confronto con il limite annuale di 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

3.7. Particolato PM_{2.5}

Il particolato PM_{2.5} è costituito dalla frazione delle polveri di diametro aerodinamico inferiore a 2.5 µm. Negli ultimi anni ha acquisito notevole importanza nella valutazione della qualità dell'aria, soprattutto in relazione agli aspetti sanitari legati a questa frazione di aerosol, in grado di giungere fino al tratto inferiore dell'apparato respiratorio. Con il D.Lgs.155/2010 il PM_{2.5} si è inserito tra gli inquinanti per i quali è previsto un valore limite (25 µg/m³), calcolato come media annuale.

Nel grafico successivo (Fig.7), si riportano le medie annuali delle stazioni ove presente il monitor, e il loro raffronto con il succitato valore limite. Per la stazione di Este (linea verde nel grafico) è presente solo un biennio di dati.

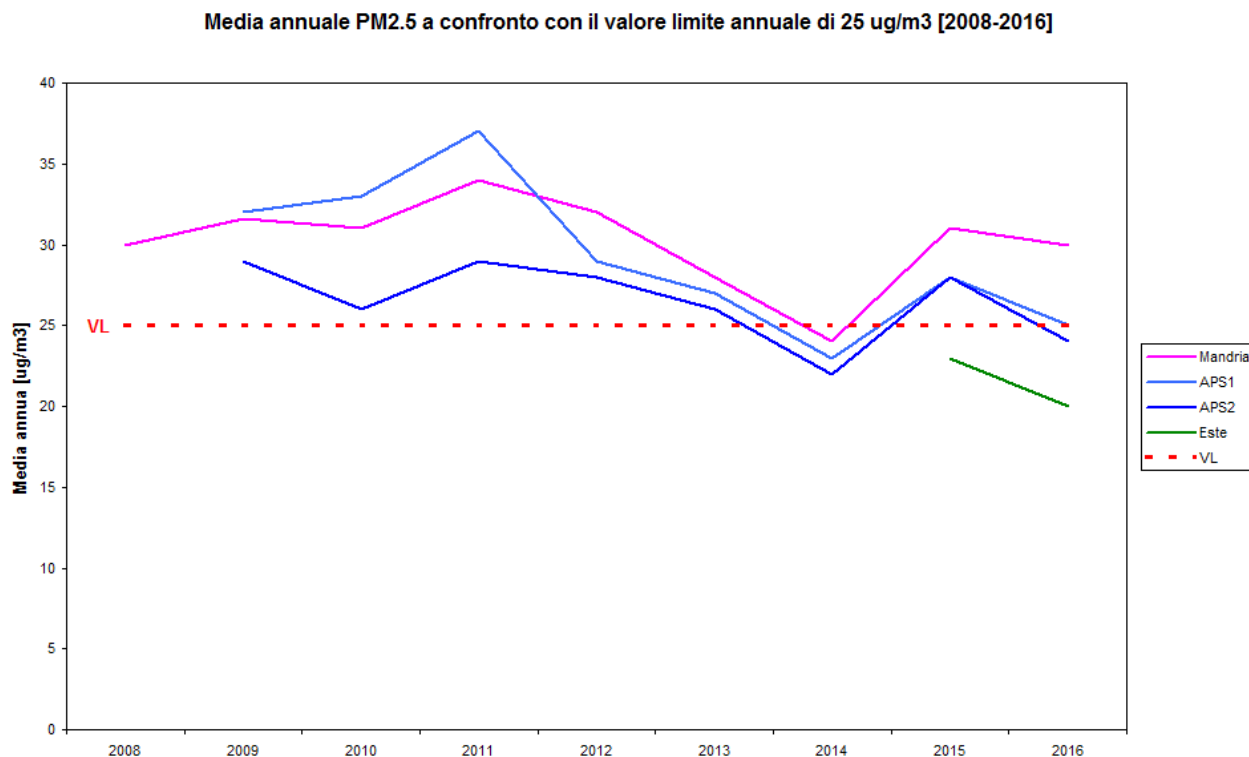


Fig.7: Media annuale di PM_{2.5} a confronto con valore limite obiettivo (25 µg/m³), ove presente il monitor di PM_{2.5}

3.8. Benzene

La stazione di Mandria rileva una media annuale di 1.02 µg/m³, sensibilmente inferiore al valore limite di 5.0 µg/m³. Dal 2008 il livello di questo inquinante si è stabilizzato su valori intorno a 1-2 µg/m³.

3.9. Benzo(a)pirene

Nella figura successiva (fig.8) si riportano le medie annuali di Benzo(a)pirene, determinato in laboratorio sul particolato PM₁₀.

Come evidenziato in figura, se si eccettua la stazione di Este, tutte le stazioni hanno superato il valore obiettivo di 1.0 ng/m³ nella media annuale. Il grafico, inoltre, conferma la presenza presso la stazione di Santa Giustina in Colle dei valori più elevati (2.0 ng/m³).

Tutte le stazioni, eccetto Este, comunque, mostrano una media pluriennale superiore al valore obiettivo suddetto.

Media annuale di Benzo(a)pirene a confronto con il valore limite di 1 ng/m³ [2008-2016]

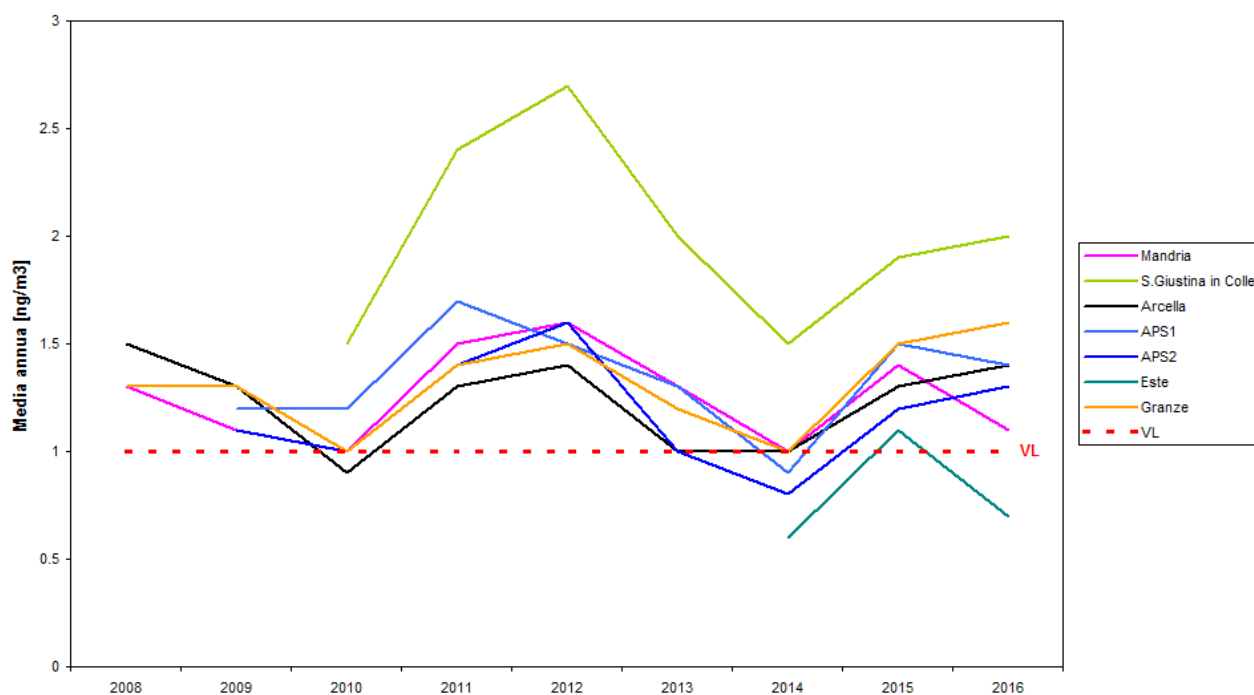


Fig.8: Media annuale del Benzo(a)pirene a confronto con il valore obiettivo.

3.10. Piombo ed elementi in tracce (Arsenico, Cadmio, Nichel e Mercurio)

Le concentrazioni medie rilevate presso le stazioni sono ampiamente inferiori al valore limite di 0.5 µg/m³ per il Piombo e ai valori obiettivo di 6, 20 e 5 ng/m³ rispettivamente per Arsenico, Nichel e Cadmio. Da diversi anni questi inquinanti si mantengono su livelli sensibilmente inferiori ai rispettivi limiti.

Si precisa che per il mercurio il D.Lgs. 155/2010 prevede il monitoraggio, ma non stabilisce un valore obiettivo da rispettare. In ogni caso, le concentrazioni medie annuali rilevate nel territorio provinciale risultano sempre inferiori al limite di rilevabilità strumentale, pari a 1.0 ng/m³.

4. Commento meteorologico

Di seguito si illustra l'andamento meteorologico del 2016 con riferimento al territorio provinciale di Padova. In particolare sono state prese in considerazione tre variabili: la precipitazione e il vento che sono particolarmente significative per la dispersione degli inquinanti atmosferici e in particolare delle polveri sottili e la temperatura massima giornaliera nei mesi estivi che è un fattore che incrementa la formazione di ozono. I dati di precipitazione, vento e temperatura rilevati nell'anno 2016 sono stati messi a confronto con le medie degli anni precedenti (considerando il periodo di funzionamento delle stazioni) e con alcune serie degli anni più recenti più significative per il ristagno o per la dispersione.

Le condizioni meteorologiche che causano un maggiore accumulo di inquinanti e la cui persistenza può portare ad episodi acuti di inquinamento, sono in modo particolare quelle associate alla presenza di alta pressione. In tali situazioni, infatti, da un lato mancano le precipitazioni che dilavano l'atmosfera e, dall'altro, l'intensità dei venti, che favorirebbe la dispersione degli inquinanti, è debole o molto debole. Inoltre, durante l'inverno, lo scarso rimescolamento dei bassi strati durante il giorno e la prolungata presenza di inversioni termiche, prevalentemente notturne provocano un forte ristagno degli inquinanti, tra cui le polveri sottili. Durante l'estate, quando si verificano condizioni di alta pressione, l'intenso soleggiamento attiva la formazione di ozono troposferico, che risulta altresì incentivata in presenza di temperature elevate (superiori a 28°C).

Il passaggio di perturbazioni, invece, con le relative precipitazioni e con l'aumento della ventilazione favorisce il dilavamento dell'atmosfera, la dispersione degli inquinanti e la scomparsa dell'inversione termica; pertanto a tali condizioni meteorologiche sono generalmente connesse migliori capacità dispersive dell'atmosfera. In estate le perturbazioni portano un aumento della nuvolosità che riduce il soleggiamento e un calo delle temperature, quindi le condizioni meteorologiche sono sfavorevoli alla formazione di ozono.

4.1. Analisi di piogge e venti nel 2016 per Padova e provincia

Di seguito si riporta un'analisi dettagliata delle precipitazioni e dei venti per il comune di Padova e per le aree settentrionale e meridionale e collinari della provincia.

Le stazioni utilizzate sono, per il comune di Padova "Legnaro" che, pur essendo fuori dal territorio comunale di Padova, può essere considerata rappresentativa in quanto è poco distante dalla città (in linea d'aria meno di 10 km), è collocata in uno spazio libero da ostacoli e la quota di misura è a 10 m (standard WMO); per la parte settentrionale della provincia, per le precipitazioni "Cittadella" e per il vento "Grantorto"; per la parte meridionale e per la zona dei colli sono state utilizzate rispettivamente le stazioni meteorologiche di "Tribano" e "Teolo" (che si trova a 158 m s.l.m.) sia per la precipitazione che per il vento.

4.2. Precipitazioni nell'area di Padova e nelle aree settentrionale e meridionale della provincia

Di seguito si riporta l'andamento mensile delle piogge rilevate presso le stazioni di Legnaro, Cittadella, Tribano e Teolo nell'anno 2016 e si effettua un confronto con i rispettivi andamenti medi mensili, stimati a partire dalle serie dei dati disponibili, che coprono periodi di lunghezze diverse a seconda dell'anno di attivazione delle stazioni.

Nelle figure 9, 10 e 11, 12 si riportano i grafici, rispettivamente per le località di Legnaro, Cittadella, Tribano e Teolo, con le precipitazioni mensili dell'anno 2016 e quelle mensili medie registrate nei rispettivi periodi di funzionamento delle stazioni; gli ultimi due rettangoli a destra rappresentano la precipitazione totale dell'anno 2016 e quella totale media divise per 10 per facilitare la lettura con la stessa scala. Analizzando le tre figure si può osservare che:

1. in febbraio e maggio è piovuto più della media nelle stazioni di riferimento;
2. in giugno, ottobre e novembre è piovuto più della media a Legnaro, Tribano e Teolo; a Cittadella negli stessi mesi le precipitazioni sono state un po' inferiori alla media;
3. nei restanti mesi le precipitazioni sono state raramente di poco superiori alla media (Cittadella in marzo e settembre, Tribano in marzo, Teolo in gennaio, marzo e agosto) e quasi sempre meno abbondanti della media;
4. il mese più critico per il deficit di pioggia è stato dicembre, quando a Legnaro non si sono verificate precipitazioni e nelle altre stazioni sono stati registrati solo pochi millimetri di pioggia;
5. complessivamente, nonostante i mesi poco piovosi, la cumulata annuale è stata un po' superiore alla media in tutte e quattro le stazioni, grazie soprattutto agli apporti molto cospicui di febbraio e maggio.

Legnaro

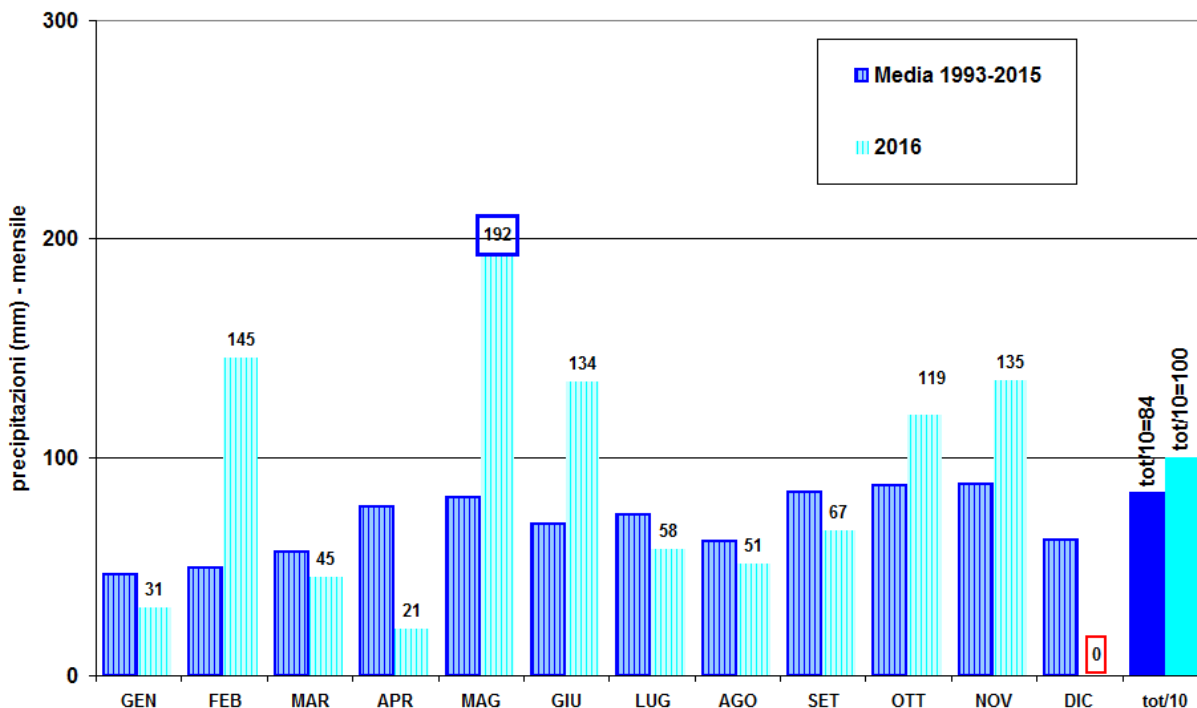


Figura 9: Legnaro: confronto delle precipitazioni mensili (istogrammi a linee verticali) e totali (istogrammi a tinta unita) registrate nell'anno 2016 con la media di riferimento (anni 1993-2015).

Cittadella

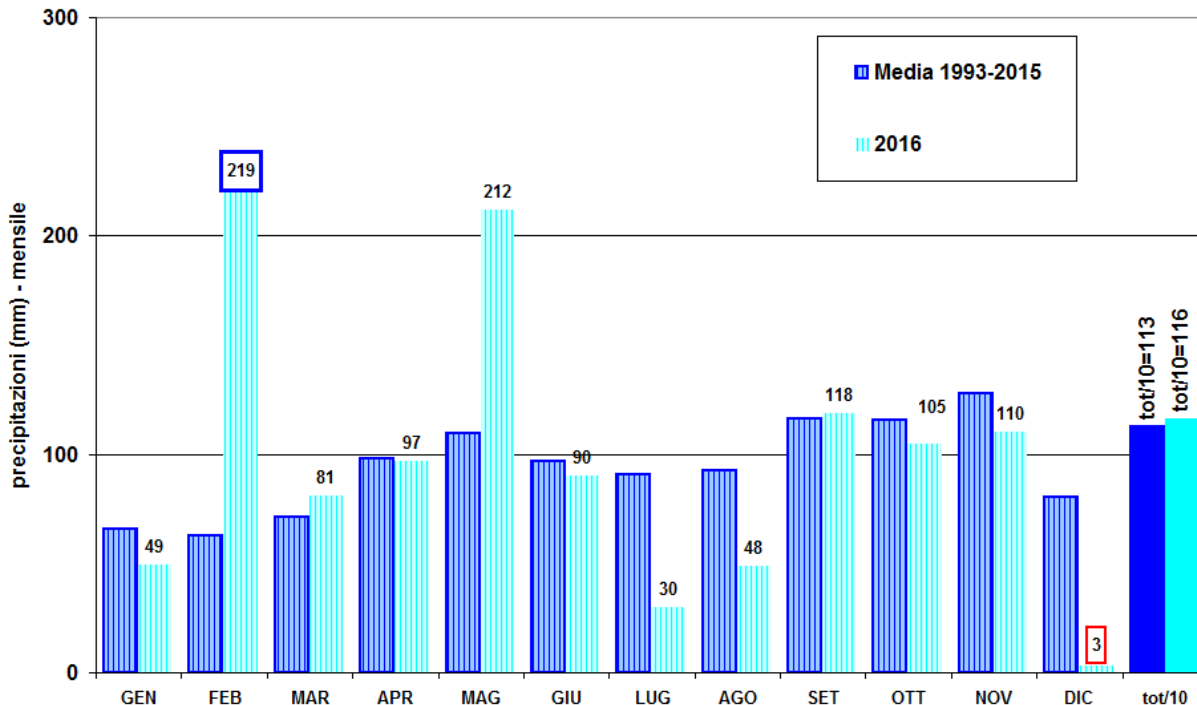


Figura 10: Cittadella: confronto delle precipitazioni mensili (istogrammi a linee verticali) e totali (istogrammi a tinta unita) registrate nell'anno 2016 con la media di riferimento (anni 1993-2015).

Tribano

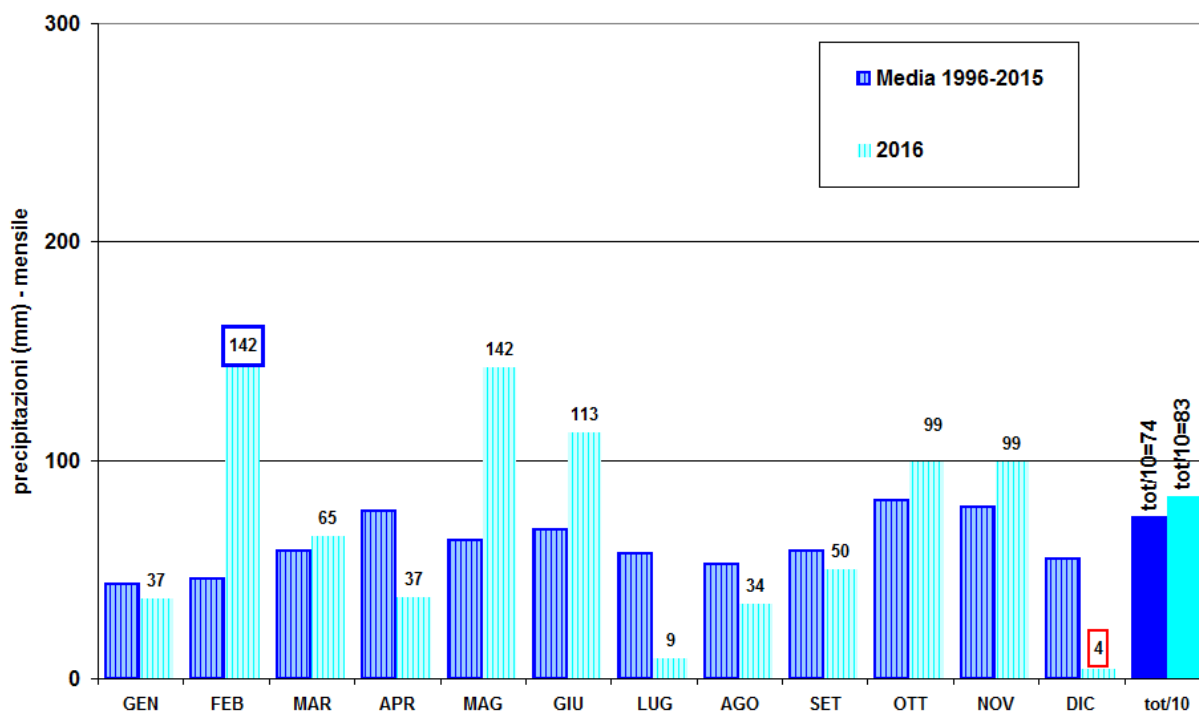


Figura 11: Tribano: confronto delle precipitazioni mensili (istogrammi a linee verticali) e totali (istogrammi a tinta unita) registrate nell'anno 2016 con la media di riferimento (anni 1996-2015).

Teolo

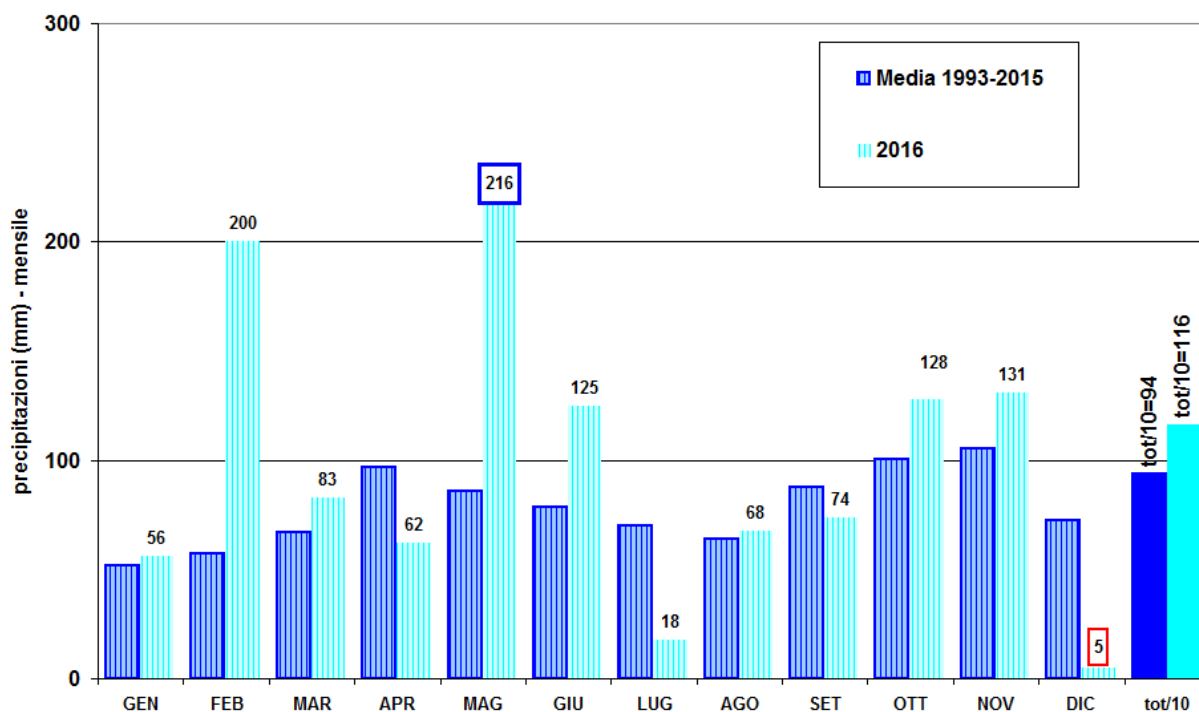
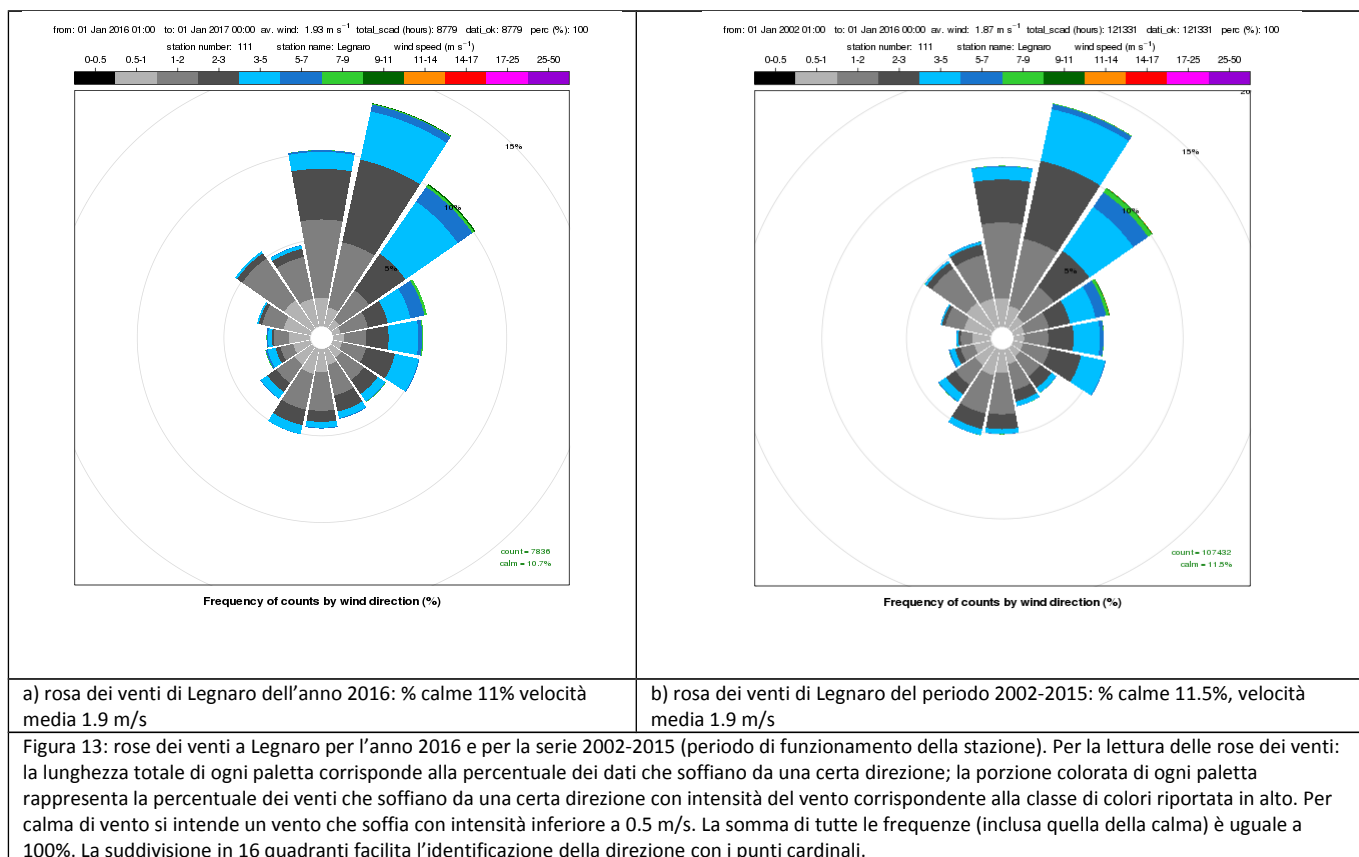


Figura 12: Teolo: confronto delle precipitazioni mensili (istogrammi a linee verticali) e totali (istogrammi a tinta unita) registrate nell'anno 2016 con la media di riferimento (anni 1996-2015).

4.3. Venti nell'area di Padovae nelle aree settentrionale e meridionale della provincia.

Di seguito si riportano le rose dei venti per l'anno 2016, e per le serie complete degli anni in cui la quota di rilevamento del vento è a 10 m, cioè, rispettivamente 2002-2015 per Legnaro, 2006-2015 Grantorto e 1999-2015 per Tribano.



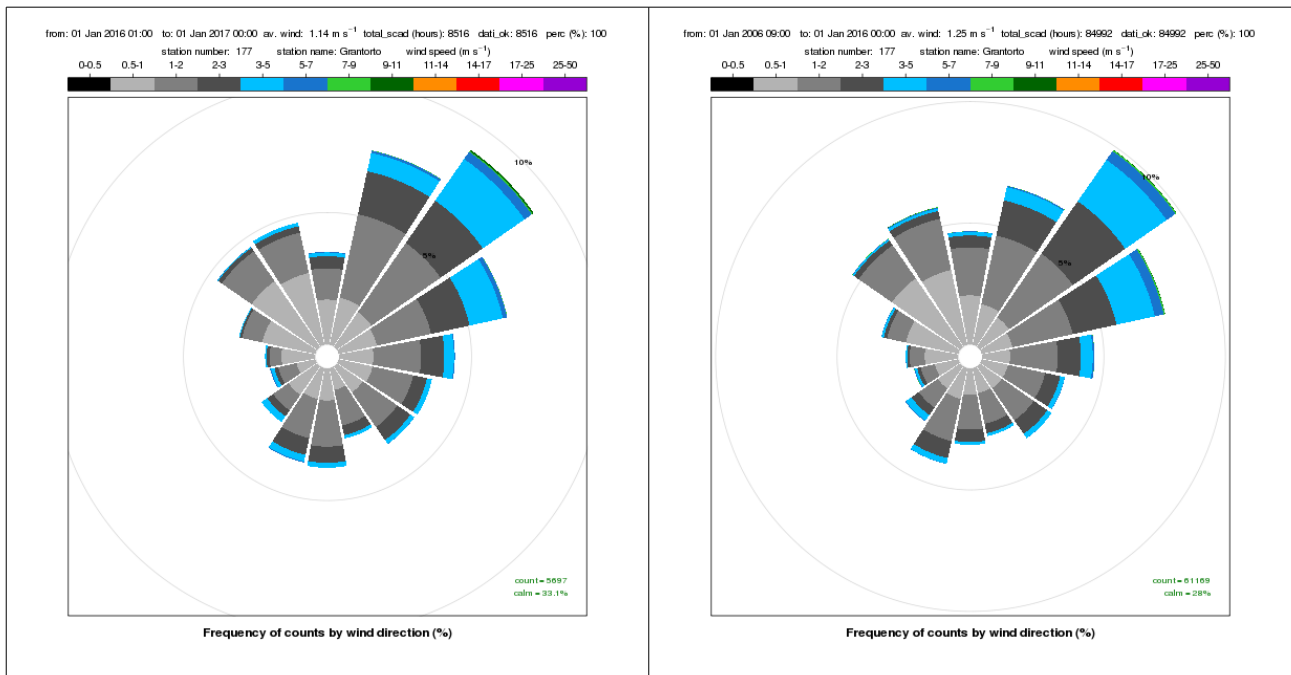
Presso la stazione di Legnaro, la direzione prevalente di provenienza del vento per l'anno 2016 è nord-nordest (circa 13% dei casi), seguita da nord e nord-est (entrambe circa 10%) come negli altri anni di riferimento (fig. 13).

Dalle informazioni sul vento medio e sulla frequenza delle calme si evince che nel 2016 la ventilazione a Legnaro è stata lievemente più intensa rispetto al passato.

Dalle informazioni rilevate dalla centralina di Grantorto (figura 14), si evince che nel 2016 la direzione prevalente di provenienza del vento è stata nord-est (circa 9% dei casi), seguita da nord-nordest (circa 8%) e est-nordest (circa 7%); la rosa dei venti è simile a quella degli anni precedenti, seppure con leggere differenze sulla percentuale dei casi. Dal confronto delle velocità medie e della percentuale delle calme risulta che a Grantorto l'intensità del vento nel 2016 è stata un po' inferiore rispetto al passato.

Presso la stazione di Tribano (figura 15), nel 2016 i venti hanno soffiato in prevalenza da nord (circa 16% dei casi), da nord-nordest (circa 15%) e da ovest-sudovest (circa 10%). Dal confronto con la rosa degli anni precedenti, risultano delle leggere differenze nelle frequenze delle direzioni più popolate e si evince che il vento nel 2016 è stato mediamente più intenso.

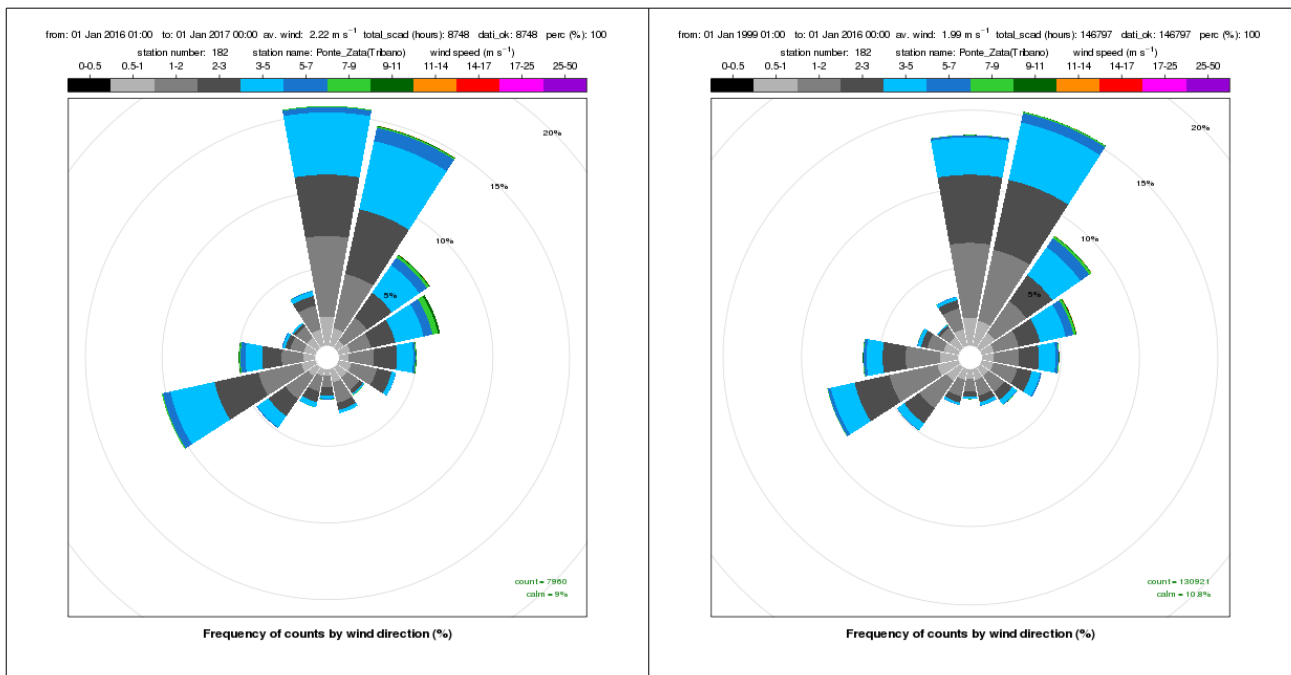
A Teolo (figura 16), nel 2016 i venti hanno soffiato in prevalenza dai settori nord-orientali, seguiti da sud-ovest. Dal confronto con il passato risulta che il vento a Teolo nel 2016 è stato meno intenso rispetto al passato.



a) rosa dei venti di Grantorto dell'anno 2016: frequenza delle calme 33% velocità media 1.14 m/s

b) rosa dei venti di Grantorto del periodo 2006-2015: frequenza delle calme 28%, velocità media 1.25 m/s

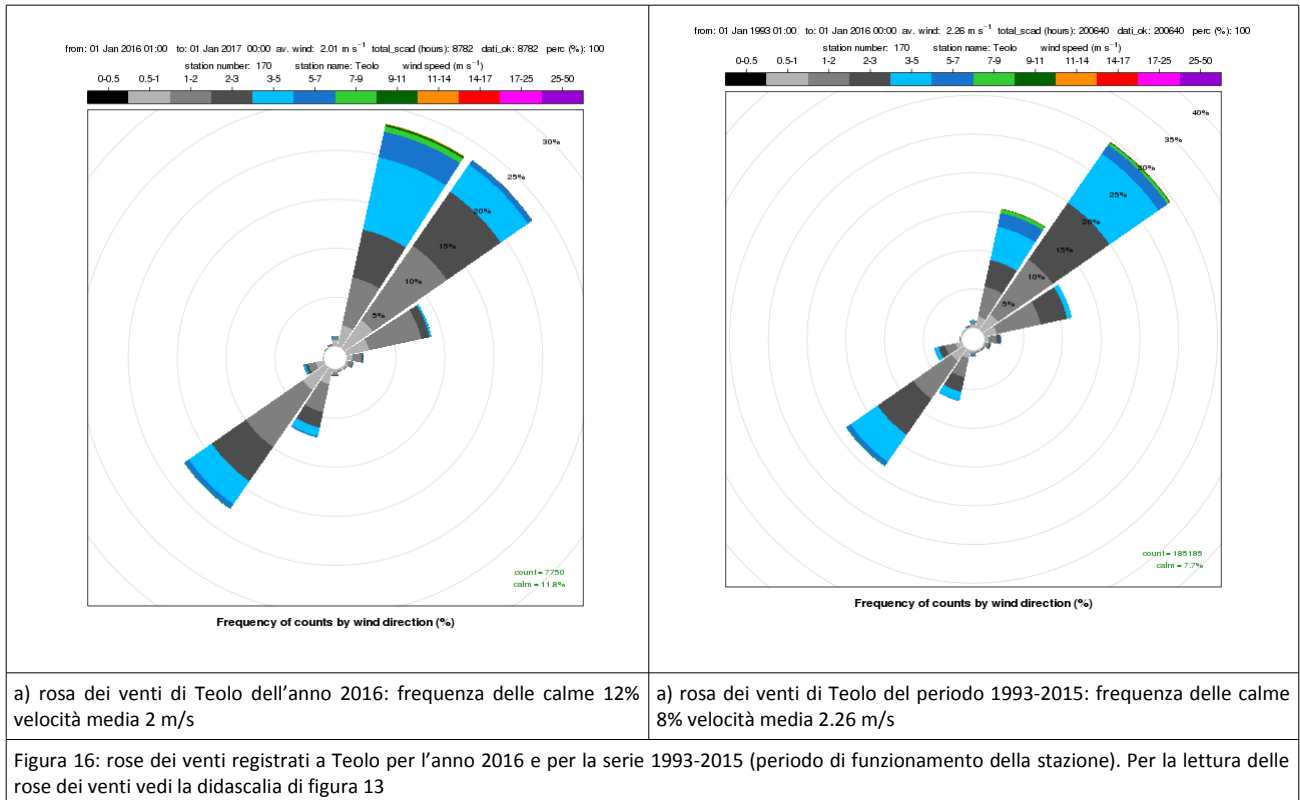
Figura 14: rose dei venti registrati a Grantorto per l'anno 2016 e per la serie 2006-2015 (periodo di funzionamento della stazione). Per la lettura delle rose dei venti vedi la didascalia di figura 12



a) rosa dei venti di Tribano dell'anno 2016: frequenza delle calme 9% velocità media 2.22 m/s

b) rosa dei venti di Tribano del periodo 1999-2015: frequenza delle calme 11% velocità media 1.99 m/s

Figura 15 rose dei venti registrati a Tribano per l'anno 2016 e per la serie 1999-2015 (periodo di funzionamento della stazione). Per la lettura delle rose dei venti vedi la didascalia di figura 12



4.4. Valutazione sintetica delle capacità dispersive dell'atmosfera sulla provincia di Padova

Negli ultimi anni presso il Servizio Meteorologico di ARPAV è stato predisposto un prodotto che descrive in maniera sintetica le capacità dispersive dell'atmosfera. Si tratta di un diagramma circolare (fig.17) diviso in due metà di uguale area uno per la pioggia e l'altro per il vento. Ogni semicerchio è diviso in 3 spicchi di estensione variabile a seconda del numero di giorni in cui le precipitazioni e l'intensità media giornaliera del vento si sono collocate rispettivamente in una delle tre categorie indicate nella leggenda a sinistra del diagramma. Le soglie sono state definite in maniera empirica, in base ad una prima analisi di un campione pluriennale di dati. La categoria di colore rosso (vento debole e pioggia scarsa o assente) raccoglie le situazioni poco favorevoli alla dispersione; quella di colore giallo ingloba le situazioni moderatamente favorevoli alla dispersione; quella verde (venti moderati o forti e precipitazioni abbondanti) riunisce le situazioni in cui è molto favorita la dispersione degli inquinanti.

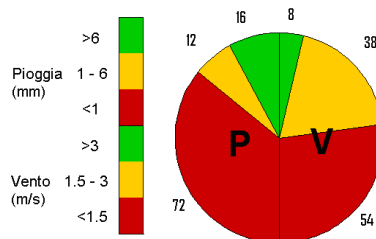


Figura 17: diagramma circolare con frequenza di casi di vento e pioggia nelle diverse classi: il rosso rappresenta dispersione inibita, il giallo dispersione moderata, il verde dispersione favorita.

Per la valutazione a livello provinciale delle capacità dispersive dell'atmosfera si sono utilizzati i valori medi calcolati a partire dai dati delle stazioni meteorologiche più vicine alle località in cui viene effettuato il monitoraggio della qualità dell'aria. In particolare,

- per le precipitazioni: media delle cumulate giornaliere registrate presso le stazioni: Cittadella, Legnaro, Teolo, Tribano;
- per il vento: media delle velocità medie giornaliere rilevate a quota 10 m presso le stazioni di Legnaro, Teolo, Grantorto, Tribano;

In figura 18 si riporta il confronto effettuato mediante diagrammi circolari dell'anno 2016 con la serie climatologica (2003-2015), e in figura 19 con i periodi corrispondenti, nei quali sono state registrate le condizioni più favorevoli alla dispersione (migliore) o più critiche per l'accumulo (peggiore). Il confronto è effettuato per i mesi di

gennaio, febbraio, marzo, ottobre, novembre, dicembre, che sono i più problematici per l'inquinamento da polveri sottili. In figura 20, si effettua la comparazione per la stagione invernale, per il periodo problematico per l'inquinamento da polveri fini (gennaio-marzo, ottobre-dicembre) e per l'intero anno.

Dal confronto in figura 18 si evince che:

- gennaio presenta, rispetto alla media, una percentuale più alta di condizioni di dispersione inibita a causa di una minor ventilazione;
- in febbraio le condizioni di dispersione favorita si sono presentate con una frequenza ben più alta rispetto alla media;
- in marzo le condizioni di dispersione favorita sono state più frequenti rispetto alla media grazie ad una maggiore ventilazione;
- in ottobre le condizioni di dispersione inibita sono state un po' più frequenti rispetto alla media, soprattutto a causa di una minor ventilazione;
- in novembre, le distribuzioni delle giornate è abbastanza simile alla media;
- in dicembre le condizioni di dispersione inibita si sono verificate con una frequenza maggiore rispetto alla media.

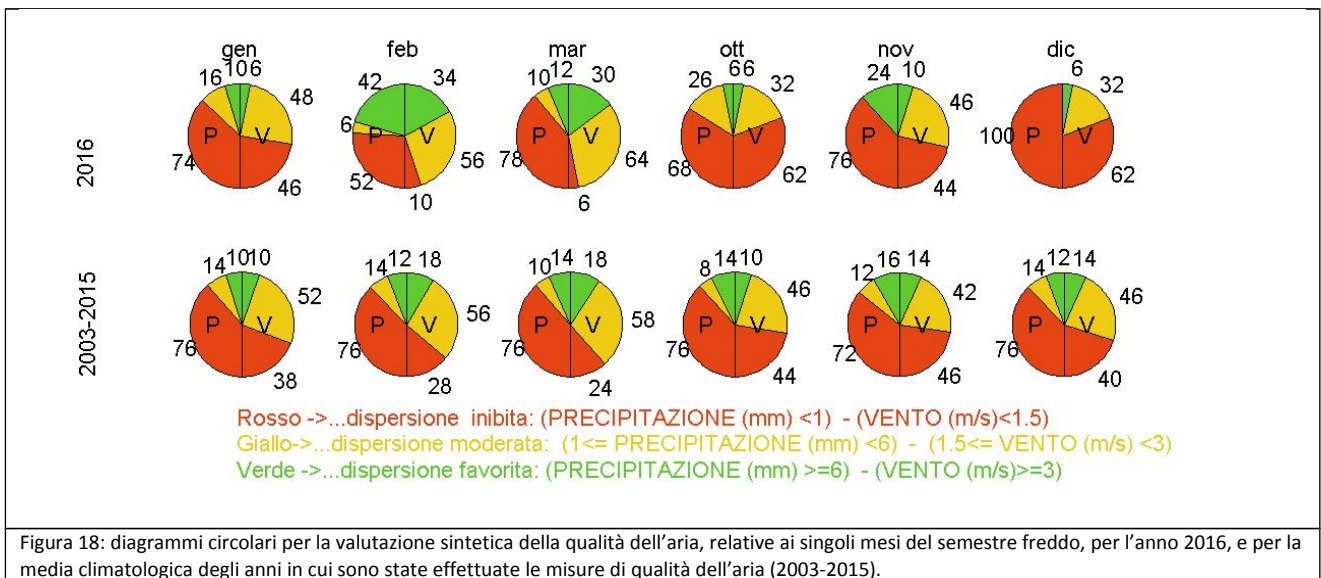


Figura 18: diagrammi circolari per la valutazione sintetica della qualità dell'aria, relative ai singoli mesi del semestre freddo, per l'anno 2016, e per la media climatologica degli anni in cui sono state effettuate le misure di qualità dell'aria (2003-2015).

Dal confronto con i corrispondenti mesi migliori e peggiori (figura 19) risulta che febbraio 2016 presenta capacità di dispersione favorita più frequenti rispetto al febbraio migliore (2014), dicembre presenta una distribuzione simile a quella del dicembre peggiore (2015); nei restanti mesi le distribuzioni sono intermedie tra il peggiore e il migliore.

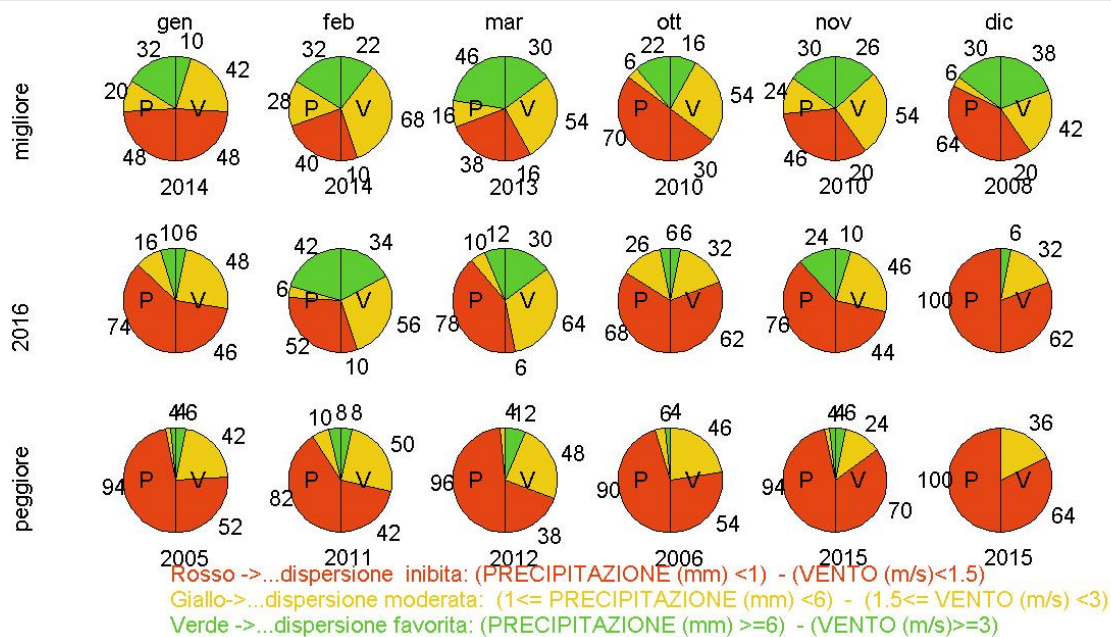


Figura 19: diagrammi circolari per la valutazione sintetica della qualità dell'aria, relative ai singoli mesi del semestre freddo, per l'anno 2016 e per gli anni in cui si sono verificate condizioni più favorevoli (migliore) o meno favorevoli (peggiore) alla dispersione degli inquinanti; i rispettivi anni in cui si è verificato il mese migliore o peggiore sono riportati sotto ciascun diagramma circolare.

Dal confronto in figura 20, si evince che, le condizioni di dispersione inibita sia durante l'inverno (inv), sia durante il periodo critico per l'inquinamento da polveri sottili (invplus), sia nel corso dell'intero anno (anno) si sono presentate con frequenze simili alla media, ma inferiori rispetto alle rispettive serie peggiori, che si sono verificate nel 2015.

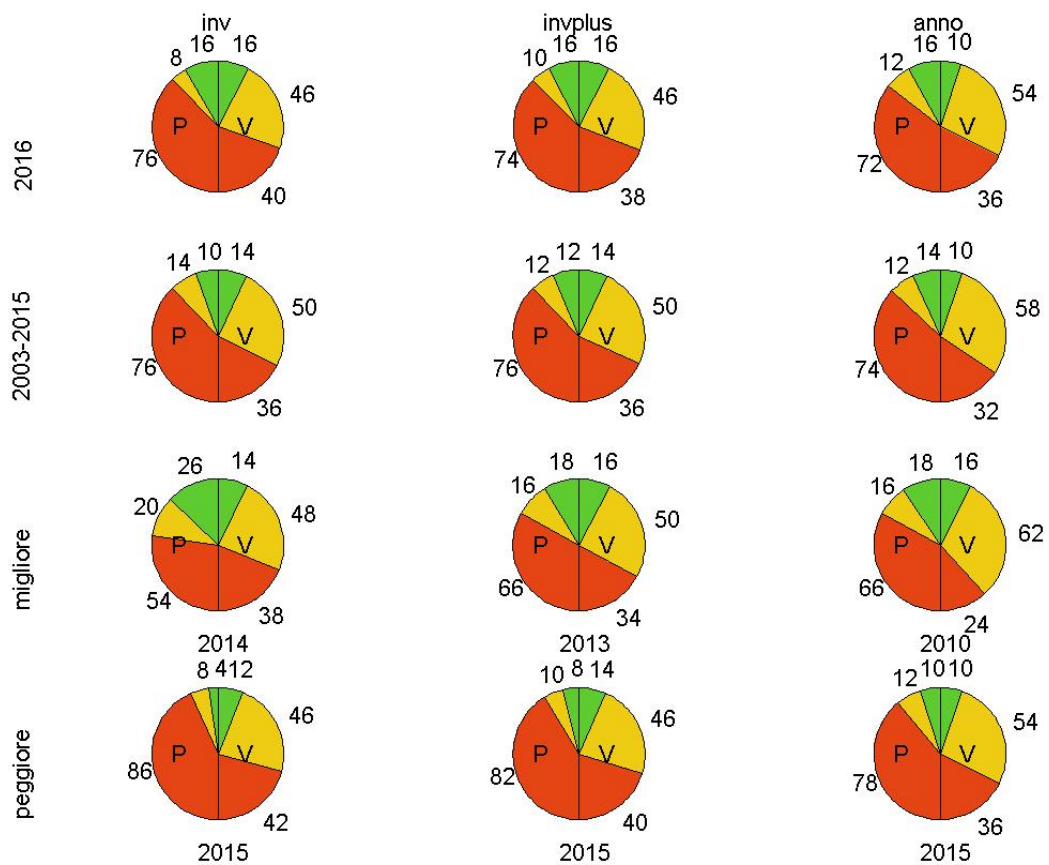


Figura 20 diagrammi circolari per la valutazione sintetica della qualità dell'aria, relative ai mesi invernali, ai mesi invernali + marzo, ottobre e novembre (invplus) e annuali, per il 2016, per la media climatologica (2003-2015) e per gli anni in cui si sono verificate condizioni più favorevoli (migliore) o meno favorevoli (peggiore) alla dispersione degli inquinanti; i rispettivi anni in cui si è verificato il periodo migliore o peggiore sono riportati sotto ciascun diagramma circolare.

4.5. Valutazione sintetica delle condizioni termiche che influenzano la formazione di Ozono

Per valutare se si sono verificate condizioni favorevoli alla formazione di ozono, sono stati analizzati i valori di temperatura massima giornaliera, registrati presso le stazioni più vicine alle località di misura di qualità dell'aria, che sono: Cittadella (zone settentrionali della provincia), Legnaro (area di Padova), Teolo (zona colli) e Tribano (zone meridionali).

In figura 21 si riporta un esempio per agevolare la lettura dei grafici relativi alla temperatura. La somma dei valori di tutte le fette è 100 (100%). La superficie di ogni fetta rappresenta la percentuale dei giorni del mese in cui la temperatura massima giornaliera ha raggiunto un valore compreso nell'intervallo indicato dalla legenda: al rosso corrispondono i valori più alti, favorevoli alla formazione di ozono, al verde quelli più bassi meno favorevoli per la formazione di ozono. Si ribadisce che l'assegnazione delle classi è stata definita in maniera empirica, in base ad una prima analisi di un campione pluriennale di dati.

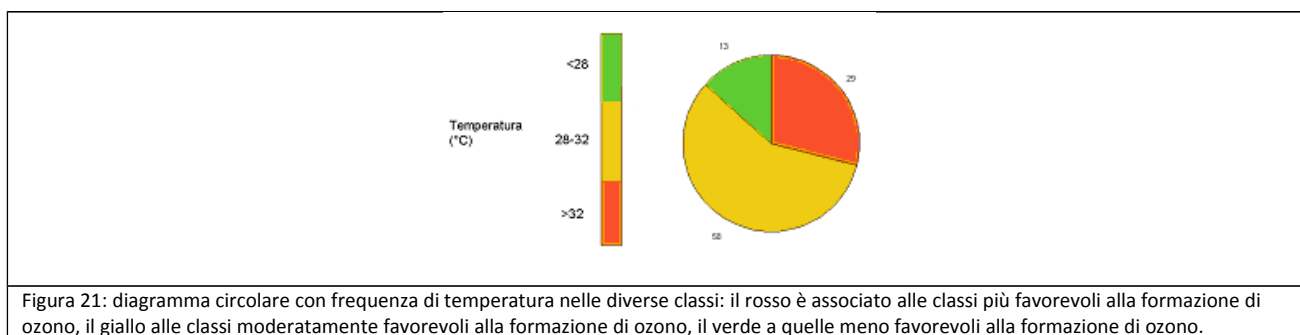


Figura 21: diagramma circolare con frequenza di temperatura nelle diverse classi: il rosso è associato alle classi più favorevoli alla formazione di ozono, il giallo alle classi moderatamente favorevoli alla formazione di ozono, il verde a quelle meno favorevoli alla formazione di ozono.

In figura 22 si riportano i diagrammi circolari dei mesi più critici per l'inquinamento da ozono per l'anno 2016, per la serie clima (anni 2003-2015), per i periodi in cui si sono verificate condizioni climatiche sfavorevoli alla formazione di ozono (migliore) o più idonee all'incremento dell'inquinante (peggiore).

Nell'estate 2016 le condizioni favorevoli alla formazione di ozono sono state in generale inferiori alla media, solo in luglio e settembre sono state un po' più frequenti della media e nel caso di settembre anche un po' più numerose rispetto al corrispondente peggiore (2011).

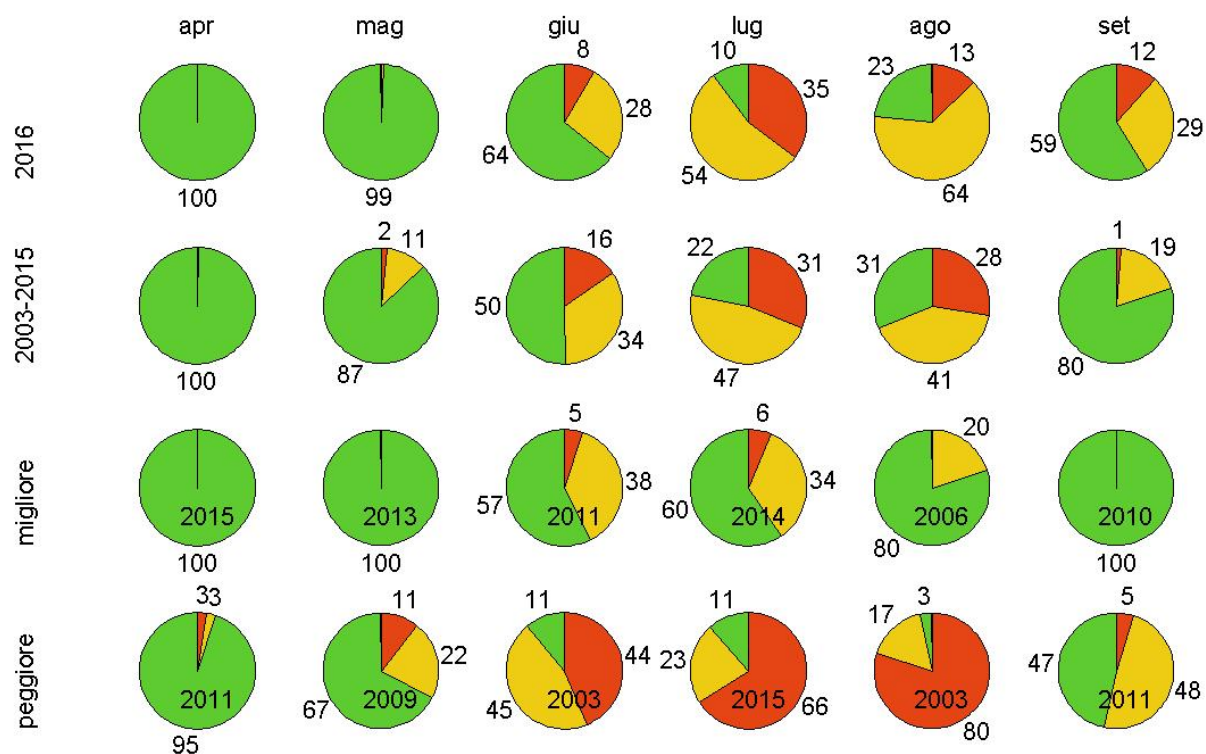


Figura 22: confronto della distribuzione delle temperature nelle tre classi di dispersione dei mesi più critici per l'inquinamento da ozono (aprile, maggio, giugno, luglio, agosto, settembre) dell'anno 2016 con la distribuzione climatica (anni 2003-2015), e con i periodi corrispondenti in cui si sono verificate le condizioni meno favorevoli alla formazione dell'ozono (migliore) o quelle più favorevoli (peggiore); per queste ultime due serie di dati sul diagramma circolare è riportato l'anno in cui si sono verificate mese per mese condizioni rispettivamente migliori o peggiori.

5. Sintesi Conclusiva

L'anno 2016 risulta caratterizzato da livelli di inquinamento complessivamente inferiori a quelli del 2015, grazie essenzialmente a condizioni meteorologiche meno favorevoli al loro accumulo.

Biossido di zolfo (SO₂) e monossido di carbonio (CO) non hanno evidenziato alcun superamento dei valori limite previsti dal Dlgs. 155/2010, continuando a confermarsi inquinanti non critici.

La concentrazione media annua del particolato **PM₁₀** in tutte le centraline si è attestata su valori inferiori al limite di 40 µg/m³, mentre in tutte le stazioni si è oltrepassato il numero massimo di superamenti consentiti (35 superamenti/anno) del limite giornaliero di 50 µg/m³. Il massimo numero di superamenti si è registrato ad Arcella.

Il valore medio annuale di **PM_{2,5}** è diminuito rispetto al 2015. Tuttavia, Mandria ha rilevato un valore medio ben superiore al valore limite di legge (25 µg/m³), mentre APS1 lo ha raggiunto.

Il **biossido di azoto (NO₂)**, in ambito urbano, permane su livelli critici pur essendo tutte le stazioni, tranne Arcella, al di sotto del limite di concentrazione media annuale. Invece per gli **ossidi di azoto (NO_x)** il limite, previsto solo per le stazioni di background rurale, è superato a Santa Giustina in Colle, come negli anni precedenti.

L'**ozono (O₃)**, caratterizzato da un andamento piuttosto irregolare negli anni, nel 2016 non evidenzia superamenti della soglia di allarme, mentre nelle stazioni di Mandria e Santa Giustina in Colle è stata superata un numero limitato di volte la soglia di informazione (180 µg/m³). In termini di valori obiettivo, nel 2016 il massimo numero di superamenti si registra a Parco Colli, Este e Mandria.

Il **benzene (C₆H₆)** a Mandria, unica stazione ove presente il monitor, le medie annue risultano sensibilmente inferiori al valore limite.

Il **Benzo(a)pirene** supera il valore obiettivo in tutte le stazioni, eccetto Este, confermando Santa Giustina in Colle la stazione con valori più elevati.

Le concentrazioni medie rilevate dei **metalli** si confermano ampiamente inferiori ai valori limite relativi.

In fine, come emerge dall'analisi meteorologica e di dispersione, a parte un inizio anno con condizioni in prevalenza favorevoli all'accumulo di inquinanti, già da inizio febbraio si sono verificati frequenti passaggi di perturbazioni che hanno favorito il dilavamento dell'atmosfera e la diminuzione delle polveri sottili.

Buona parte del periodo primaverile poi è caratterizzato da condizioni in prevalenza favorevoli all'abbattimento degli inquinanti, seguito da un inizio estate molto instabile, almeno fino a metà di giugno, che ha rallentato la formazione di ozono. Nella restante parte dell'estate si sono verificate fasi con temperature più elevate della media, durante le quali la formazione di ozono è stata favorita.

La piovosità dei primi due mesi autunnali ha favorito l'abbattimento delle polveri sottili. Mentre negli ultimi due mesi dell'anno le condizioni meteorologiche hanno favorito un progressivo rialzo delle concentrazioni di inquinanti, specie a dicembre.

6. 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/m³)*h. Rappresenta la differenza tra le concentrazioni orarie di ozono superiori a 40 ppb (circa 80 µg/m³) 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 rappresentativo dei livelli d'inquinamento medi caratteristici dell'area monitorata.

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 per il monitoraggio di fenomeni acuti posto in aree industriali con elevati gradienti di concentrazione degli inquinanti. Tali stazioni sono situate in aree nelle quali i livelli d'inquinamento sono influenzati prevalentemente da emissioni di tipo industriale.

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): è 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): 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 comportino costi sproporzionati.

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

Dipartimento di Padova
Via Ospedale, 24
35121 PADOVA
Italy
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
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