ARPAV
Agenzia Regionale
per la Prevenzione e
Protezione Ambientale
del Veneto

REGIONE DEL VENETO

Sistema di Gestione Certificato
UNI EN ISO 9001:2008

Dipartimento Provinciale di Padova
Servizio Stato dell'Ambiente
Via Ospedale, 22
35121 Padova Italy
Tel. +39 049 8227801
Fax +39 049 8227810
e-mail: dappd@arpa.veneto.it
PEC: dappd@pec.arpav.it
Responsabile del Procedimento: In.g Ilario Beltramin

La qualità dell'aria in Comune di Padova nell'anno 2012. Sintesi dei risultati del monitoraggio

Realizzato da:

ARPAV - DIPARTIMENTO PROVINCIALE DI PADOVA

Servizio Stato dell'Ambiente

Indice

1 Introduzione
2 Quadro di riferimento normativo: Il D.Lgs. N. 155/2010
3 Presentazione dei risultati
3.1 Ossidi di azoto
3.2 Biossido di azoto
3.3 Ozono
3.4 Monossido di Carbonio
3.5 Biossido di Zolfo
3.6 Particolato PM 10
3.7 Particolato PM 2.5
3.8 Benzene
3.9 Benzo(a)pirene
3.10 Piombo
3.11 Arsenico, Cadmio, Nichel e Mercurio
4 Effetti sulla salute
5 Commento meteorologico
6 Sintesi Conclusiva
7 Riferimenti

1 Introduzione

Il rapporto presenta la valutazione dei livelli di inquinanti atmosferici nel territorio del comune di Padova relativamente all'anno 2012 e li inserisce nell'andamento storico a partire dal 2002. L'analisi è condotta mediante l'elaborazione statistica delle misure di concentrazione delle centraline fisse di monitoraggio gestite da ARPAV dislocate sul territorio. La seguente tabella riporta le caratteristiche delle centraline:

stazione	Tipologia	Inquinanti monitorati								
		NOx/NO_2	CO	SO_2	O_3	PM10	PM2.5	Bap	C_6H_6	Metalli
Arcella	T.U.	x	x	x		x		x		x
Mandria	B.U.	x	x	x	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

Legenda
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_6H_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

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 rilevano le polveri fini e relativi microinquinanti dal 2009, mentre gli inquinanti gassosi sono monitorati fin dal 2002. Gli inquinanti gassosi sono misurati da analizzatori automatici, mentre per il particolato si utilizzano sia dei misuratori automatici, ad assorbimento di radiazione beta, che gravimetrici. 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.
La figura seguente illustra l'ubicazione delle centraline.

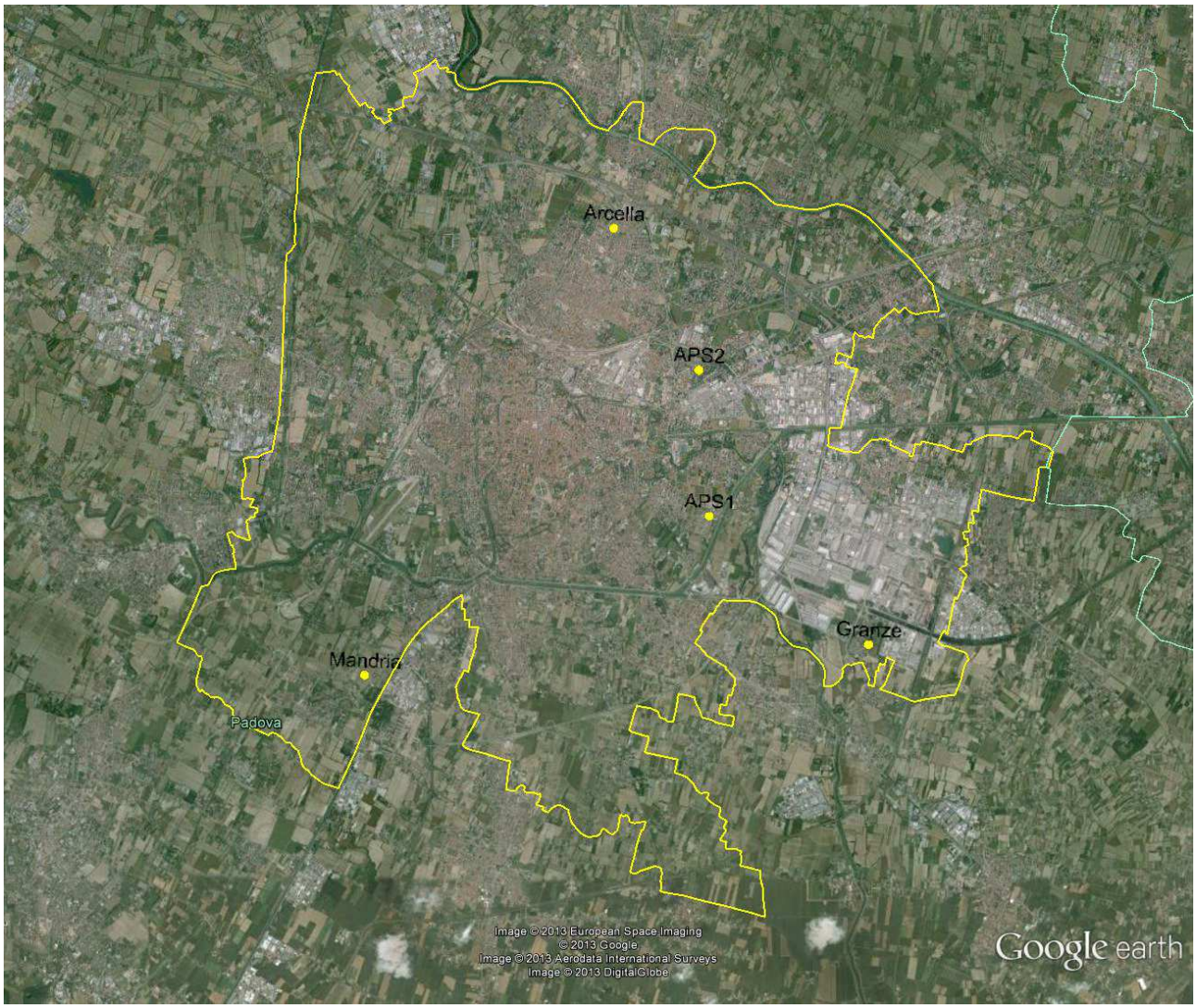

Figura 1. Ubicazione delle centraline fisse nel Territorio comunale di Padova.

Nel capitolo 2 è presentato il quadro di riferimento normativo per la qualità dell'aria con i limiti di legge, 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 2002. Il capitolo 4 include una breve descrizione degli effetti sulla salute provocate dall'esposizione in eccesso ai vari inquinanti, evidenziandone la pericolosità in particolare per i gruppi più vulnerabili della popolazione. Il capitolo 5 descrive le condizioni meteo-diffusive in base ai dati rilevati dalla stazione meteorologica di Legnaro. Infine il capitolo 6 sintetizza le conclusioni del rapporto e presenta una scheda grafica di valutazione dell'inquinamento nel territorio comunale.

2 Quadro di riferimento normativo: Il D.Lgs. N. 155/2010

Il Decreto Legislativo 155/2010 del 13/08/2010, pubblicato sulla Gazzetta Ufficiale della Repubblica Italiana, suppl. ord. n°216 del 15/09/2010 recepisce la direttiva 2008/50/CE relativa alla "qualità dell'aria ambiente e per un'aria più pulita in Europa" ed è entrato in vigore in data 1 ottobre 2010. Tale decreto riveste particolare importanza nel quadro normativo della qualità dell'aria perché costituisce di fatto un vero e proprio testo unico sull'argomento. Infatti, secondo quanto riportato all'articolo 21 del decreto, sono abrogati il D.Lgs. 351/99, il DM 261/2002, il DM 60/2002, il D.Lgs.183/2004 e il D.Lgs. 152/2007, assieme ad altre norme considerate all'atto pratico di minore importanza. E' importante precisare che la *ratio* di questo testo è quella di unificare sotto un'unica legge la normativa previgente, mantenendo un sistema di limiti e di prescrizioni analogo a quello già in vigore. Gli inquinanti da monitorare e i limiti stabiliti sono rimasti invariati rispetto alla disciplina precedente, eccezion fatta per il PM2.5, i cui livelli nell'aria ambiente vengono per la prima volta regolamentati in Italia con il D.Lgs.155/2010. Per il particolato e gli inquinanti

che vengono determinati su di esso (il benzo(a)pirene e i metalli), il volume di campionamento si riferisce alle condizioni ambiente in termini di temperatura e di pressione atmosferica alla data delle misurazioni. Per gli altri inquinanti il volume di campionamento deve essere standardizzato alla temperatura di 293 K (20 °C) e alla pressione di 101,3 kPa. Nella Tabella seguente sono riportati distintamente i valori limite e i valori obiettivo di riferimento:

Inquinante	Nome limite	Indicatore statistico	Valore
SO_2	Limite per la protezione degli ecosistemi	Media annuale e Media invernale	**20** µg/m^3
	Soglia di allarme	superamento per 3h consecutive del valore soglia	**500** µg/m^3
	Limite orario per la protezione della salute umana	Media 1 h	**350** µg/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** µg/m^3 da non superare più di 3 volte per anno civile
NO_X	Limite per la protezione della vegetazione	Media annuale	**30** µg/m^3
NO_2	Soglia di allarme	superamento per 3h consecutive del valore soglia	**400** µg/m^3
	Limite orario per la protezione della salute umana	Media 1 h	**200** µg/m^3 da non superare più di 18 volte per anno civile
	Limite annuale per la protezione della salute umana	Media annuale	**40** µg/m^3
PM10	Limite di 24 ore per la protezione della salute umana	Media 24 h	**50** µg/m^3 da non superare più di 35 volte per anno civile
	Limite annuale per la protezione della salute umana	Media annuale	**40** µg/m^3
PM2.5	Valore obiettivo per la protezione della salute umana	Media annuale	**25** µg/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** µg/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** µg/m^3
O_3	Soglia di informazione	superamento del valore orario	**180** µg/m^3
	Soglia di allarme	superamento del valore orario	**240** µg/m^3
	Obiettivo a lungo termine per la protezione della salute umana	Max giornaliero della Media mobile 8h	**120** µg/m^3
	Valore obiettivo per la protezione della salute umana	Max giornaliero della Media mobile 8h	**120** µg/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** µg/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** µg/m^3 · 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

Si sottolinea che per il mercurio il D. Lgs. 155/2010 prevede il monitoraggio, ma non stabilisce un valore obiettivo.

3 Presentazione dei risultati

In questo capitolo si presentano le elaborazioni statistiche delle misure degli inquinanti atmosferici per le stazioni ubicate in comune di Padova. Le tabelle seguenti riportano per ogni inquinante gli indicatori statistici relativi all'anno 2012.

	NO_2		O_3			CO	SO_2
Nome stazione	**N. sup. limite orario 200 ug/m3**	**media anno (µg/m3)**	**N. sup. soglia informazione 180 ug/m3**	**N. sup. soglia allarme 240 ug/m3**	**N. sup. obiettivo a lungo termine 120 ug/m3**	**N. sup. val. limite protez. salute umana (media mob 8h)**	**N. sup. limite giornaliero 125 ug/m3**
Arcella	5	45	n.d.	n.d.	n.d.	0	0
Mandria	0	34	67	0	91	0	0
APS1	0	39	15	0	58	0	0
APS2	0	40	14	0	54	0	0

Tabella 1: indicatori statistici di NO2, O3, CO e SO2

	PM 10		PM 2.5	C_6H_6	Ba P
Nome stazione	**N. sup. limite giornaliero**	**media anno (µg/m3)**	**media anno (µg/m3)**	**media anno (µg/m3)**	**media anno (ng/m3)**
Arcella	86	39	n.d.	n.d.	1.4
Mandria	91	40	32	1.8	1.6
Granze	82	39	n.d	n.d.	1.5
APS1	80	38	29	n.d.	1.5
APS2	86	38	29	n.d.	1.6

Tabella 2: indicatori statistici del particolato, benzene e benzo(a)pirene

	Pb	As	Ni	Cd	Hg
Nome stazione	**media anno (µg/m3)**	**media anno (ng/m3)**	**media anno (ng/m3)**	**media anno (ng/m3)**	**media anno (ng/m3)**
Arcella	0.013	0.7	3.4	0.7	<1
Mandria	0.014	0.6	3.4	0.5	<1
Granze	0.022	0.9	3.1	0.6	<1
APS1	0.012	1.2	3.1	0.6	<1
APS2	0.011	1.2	3.2	0.5	<1

Tabella 3: indicatori statistici dei Metalli

Nei paragrafi successivi si commentano i risultati del monitoraggio per ogni inquinante in relazione ai limiti di legge. I parametri statistici vengono inseriti nella tendenza rilevata a partire dall'anno 2002 in modo da visualizzare, contestualmente al dato aggiornato al 2012, anche l'evoluzione nel corso degli anni di ogni parametro.

3.1 Ossidi di azoto

L'unico limite riguardante gli ossidi di azoto (NOx) è quello annuale di 30 $\mu g/m^3$ relativo alla protezione della vegetazione. Tale limite non è applicabile in quanto esso è previsto solo per le stazioni di background rurale e quindi di tipologia diversa da quelle esaminate in questa relazione.

3.2 Biossido di azoto

Il valore limite annuale (40 µg/m3) è stato superato solo ad Arcella con 45 $\mu g/m^3$, mentre Mandria ha registrato il valore più basso con 34 µg/m3 e le due stazioni APS sono molto vicine con 39 e 40 µg/m3. Rispetto al 2011 si è rilevata una leggera diminuzione delle medie annuali, tranne che per Mandria che

registra un lieve aumento (Figura 2). Il valore limite orario di 200 µg/m3 è stato superato solo da Arcella per 5 volte.

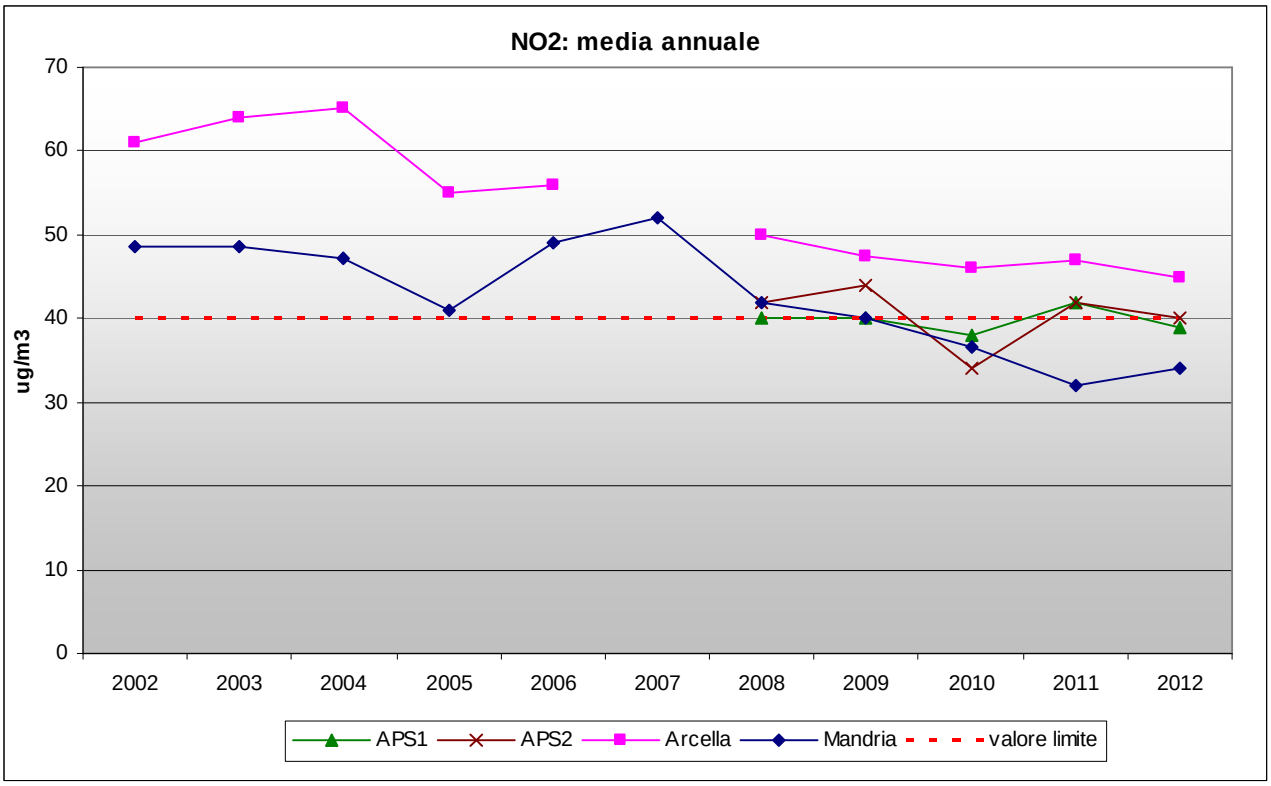

Figura 2. Media annuale di NO_2 a confronto con il valore limite vigente (linea orizzontale).

Per questo inquinante si nota complessivamente una diminuzione rispetto a inizio periodo di monitoraggio quando i valori erano prossimi ai 50 µg/m^3 per Mandria e 60 µg/m^3 per Arcella. In particolare la stazione di Mandria evidenzia negli ultimi anni una netta tendenza alla diminuzione della media annua che dal 2009 è scesa sotto il valore limite annuale. Per Arcella, stazione di traffico urbano, invece i valori restano sensibilmente superiori al limite annuale.

3.3 Ozono

L'analisi dei dati di ozono parte dall'esame delle informazioni sui superamenti della soglia di allarme (240 µg/m^3), definita come il livello oltre il quale vi è un rischio per la salute umana in caso di esposizione di breve durata (D.Lgs. 155/2010, art.2, comma 1). Si segnala che non sono stati registrati nel corso dell'anno superamenti della soglia di allarme. La soglia di informazione (180 µg/m^3) viene definita come il livello oltre il quale vi è un rischio per la salute umana, in caso di esposizione di breve durata e per alcuni gruppi particolarmente sensibili della popolazione. Raggiunta tale soglia è necessario comunicare al pubblico una serie dettagliata di informazioni inerenti il luogo, l'ora del superamento, le previsioni per la giornata successiva e le precauzioni da seguire per minimizzare gli effetti di tale inquinante. Nel 2012 il maggior numero di superamenti si è registrato a Mandria (67) seguita da APS1 (15) e APS2 (14) (Figura 3). Con riferimento alla Figura 3 si osserva che dal 2010 il numero di superamenti è in crescita a Mandria, mentre è sceso sensibilmente ad APS1 che si è portata sui livelli di APS2. Gli anni peggiori sono stati il 2003 e il 2006 con più di 100 superamenti della soglia di informazione a Mandria e APS1 rispettivamente. Il minimo è stato raggiunto nel 2008, anno in cui non si verificò alcun superamento della soglia di informazione ad APS1 e APS2.

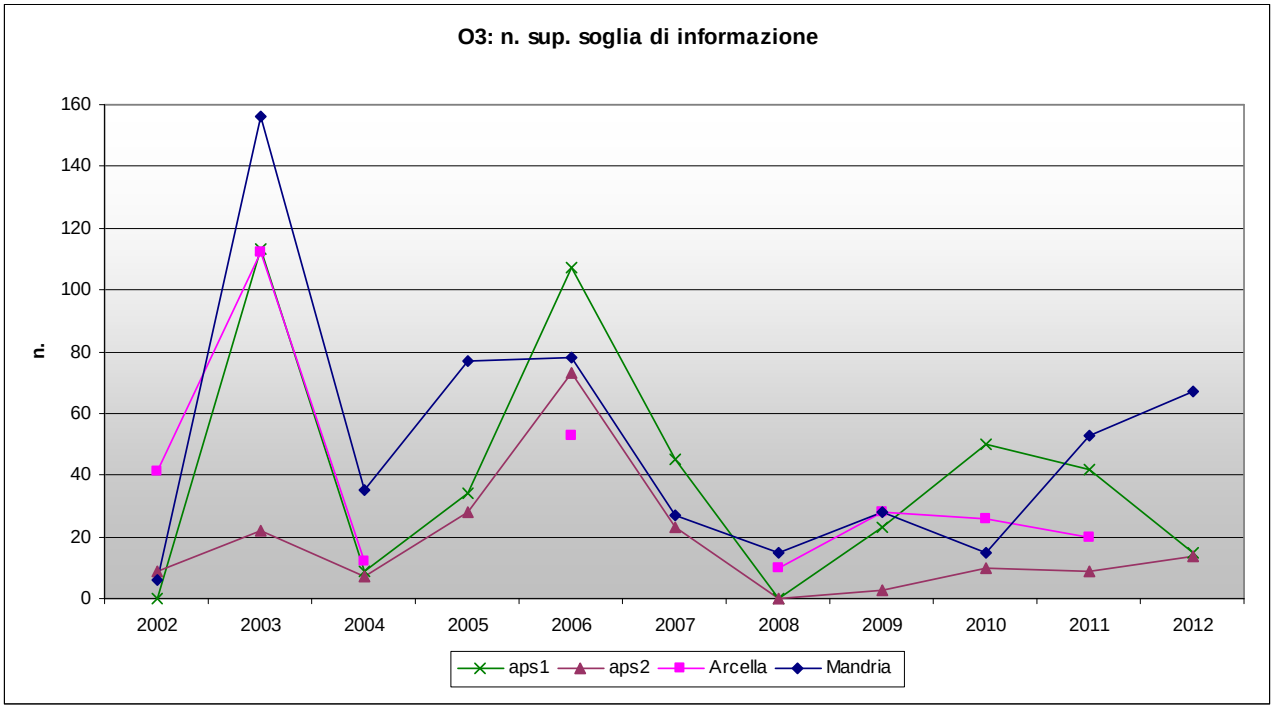

Figura 3. Numero di superamenti della soglia di informazione di 180 µg/m^3 dell'ozono.

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/m^3; il conteggio viene effettuato su base annuale. Anche in questo caso il primato spetta a Mandria con 91 superamenti seguita da APS1 (58), e APS2 (54) (Figura 4). Il valore di Mandria è leggermento sceso rispetto al 2011 mentre si è rilevata una sensibile diminuzione del livello misurato presso APS1 che si è portato sui livelli di APS2.

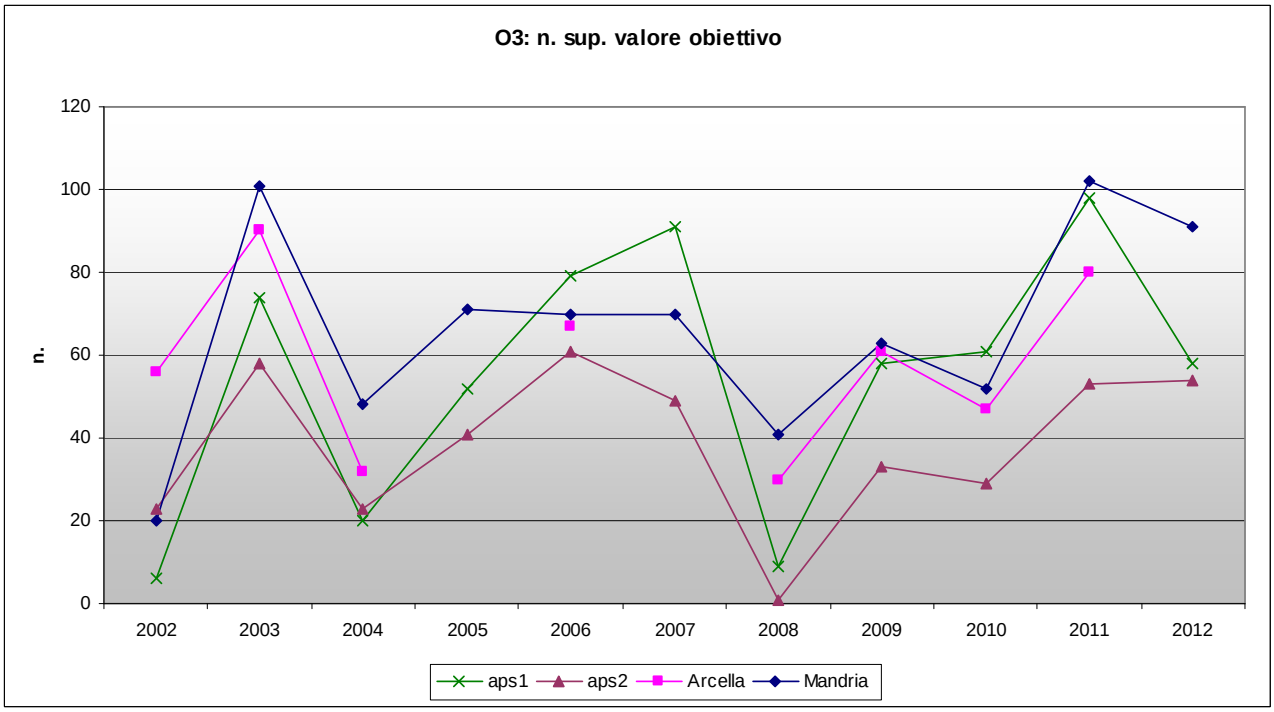

Figura 4. Numero di superamenti del valore obiettivo di 120 µg/m^3 dell'ozono

Per questo indicatore il 2011 è stato l'anno peggiore con livelli comparabili al 2003, mentre il 2008 si conferma come l'anno con meno superamenti. In definitiva, l'ozono si conferma un'inquinante critico per la qualità dell'aria.

3.4 Monossido di Carbonio

Analogamente al biossido di zolfo non destano preoccupazione le concentrazioni di monossido di carbonio (CO) rilevate: in tutti i punti di campionamento non ci sono stati superamenti del limite di 10 mg/m3, calcolato come valore massimo giornaliero su medie mobili di 8 ore.

3.5 Biossido di Zolfo

Per il biossido di zolfo (SO2) non vi sono stati superamenti della soglia di allarme di 500 µg/m3, né superamenti del valore limite orario (350 µg/m3) e del valore limite giornaliero (125 µg/m3). Il biossido di zolfo si conferma un inquinante primario non critico; ciò è stato determinato dalle sostanziali modifiche dei combustibili avvenute 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 PM 10

Tutte le centraline hanno oltrepassato il valore limite di 35 superamenti/anno del limite giornaliero di 50 µg/m3, registrando un massimo di 91 superamenti a Mandria (Figura 5). Anche se rispetto al 2011 si osserva una generale diminuzione, questo indicatore della qualità dell'aria resta probabilmente il più critico tra quelli normati, sul quale è importante mantenere una sorveglianza puntuale sul territorio.

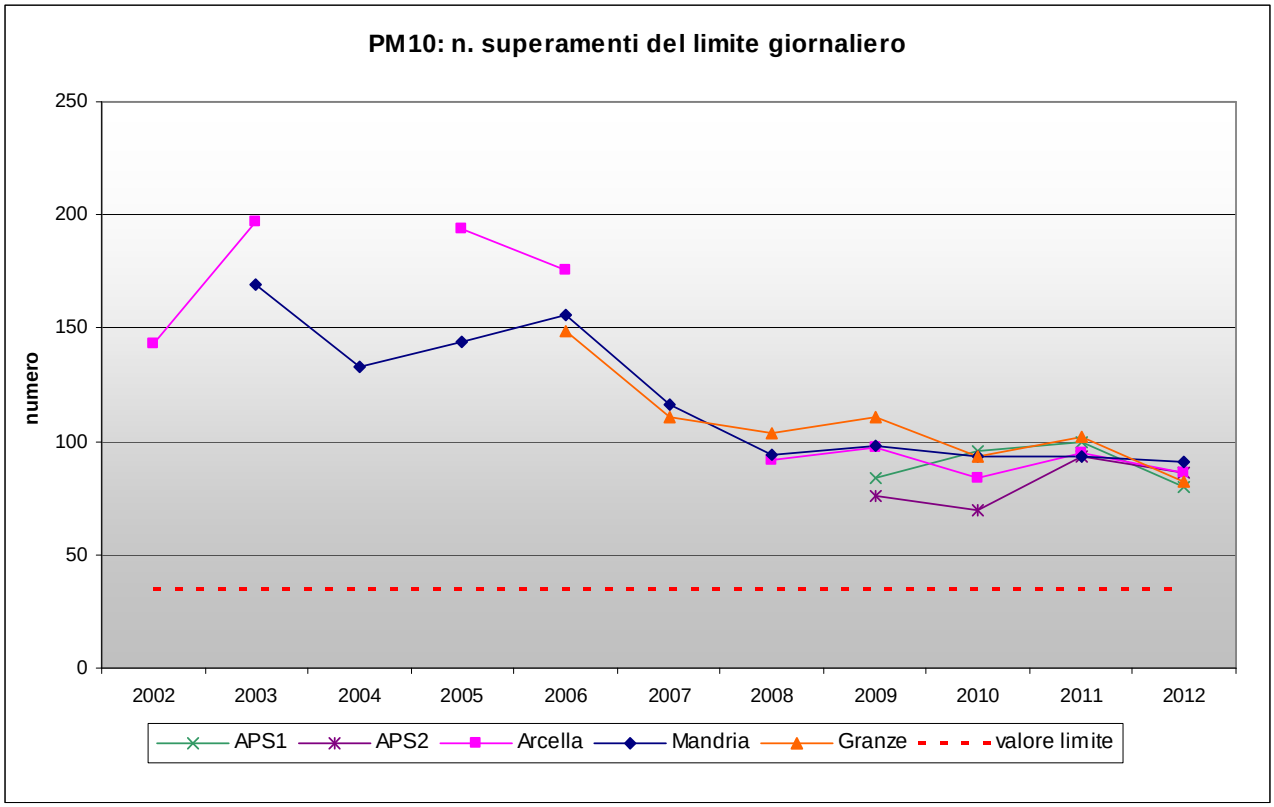

Figura 5. Numero di superamenti del limite giornaliero di 50 µg/m^3 del PM10 a confronto con il valore limite di 35 superamenti /anno.

Con riferimento all'ultimo decennio tale parametro inizialmente varia irregolarmente ed assume valori molto elevati fino a quasi 200 superamenti, poi decresce fino al 2008 e quindi assume un andamento altalenante, con valori prossimi a 100. Il numero di superamenti è tuttavia sempre sensibilmente superiore al limite di 35 sup/anno. Nel grafico successivo, che riporta le concentrazioni medie annuali, si osserva che il limite di 40 µg/m3 è stato eguagliato da Mandria mentre le altre centraline hanno rilevato valori leggermente inferiori al

limite (Figura 6). Come per il parametro precedente si osserva una generale diminuzione rispetto al 2011, con valori che ritornano ai livelli del 2010.

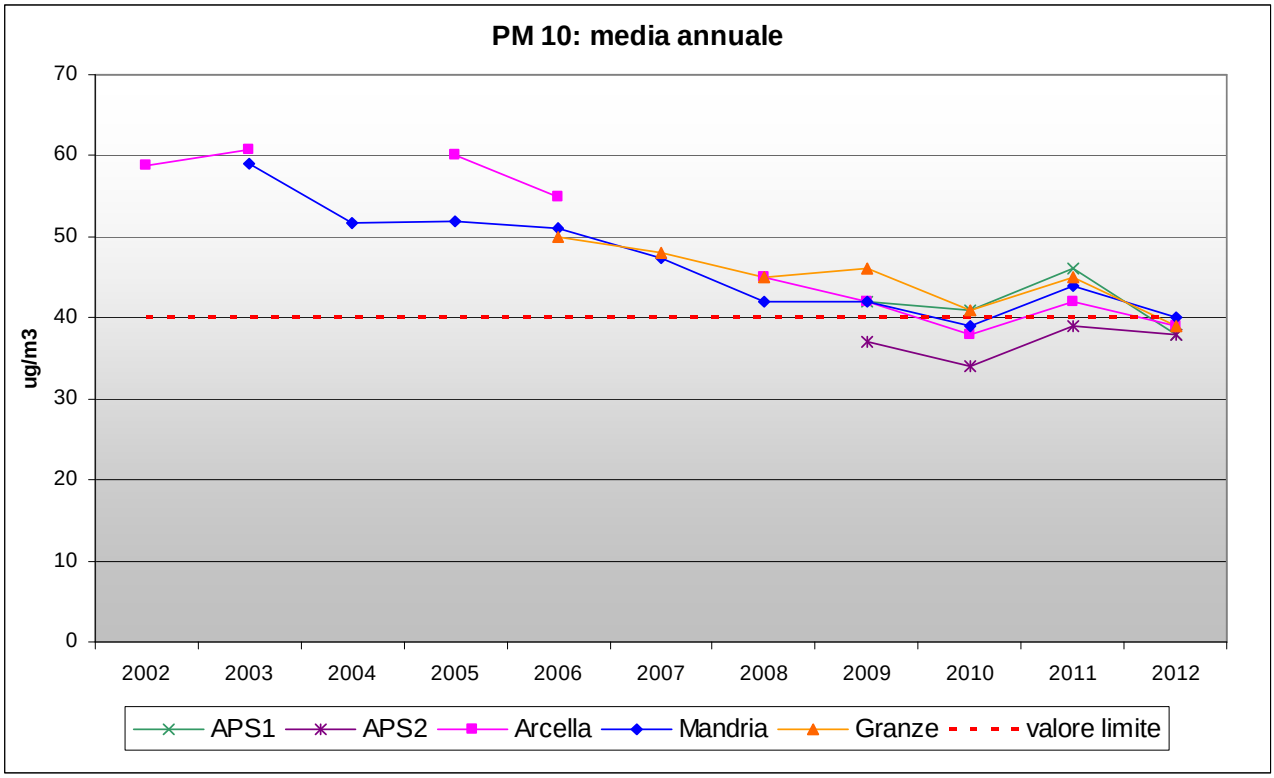

Figura 6. Media annuale del PM10 a confronto con il limite annuale di 40 µg/m^3.

Nell'ultimo decennio è evidente una decrescita della concentrazione media, sia per le stazioni di Mandria e Granze che per la stazione di Arcella, che continua fino al 2008. Da questo anno ad oggi l'andamento è altalenante e si assesta su valori prossimi al valore limite.

3.7 Particolato PM 2.5

Il particolato PM2.5 è costituito dalla frazione delle polveri di diametro aerodinamico inferiore a 2.5 µm. Tale parametro ha acquisito negli ultimi anni una 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 (trachea e polmoni). Con l'emanazione del D.Lgs.155/2010 il PM2.5 si inserisce tra gli inquinanti per i quali è previsto un valore limite (25 µg/m3), calcolato come media annua da raggiungere entro il 1° gennaio 2015. Inoltre, la Decisione 850/UE del 16 dicembre 2011, all'Allegato 1, punto 5, definisce in maniera univoca il margine di tolleranza da applicare al valore limite fino al 2015 e stabilito per il 2012 pari a 2 µg/m3. La concentrazione di 25 µg/m3 è stata fissata come valore obiettivo da raggiungere al 1° gennaio 2015. Nel grafico seguente sono riportate le medie annuali registrate nel 2012. Viene evidenziato il valore obiettivo (25 µg/m3) e il valore limite con margine di tolleranza al 2012 (27 µg/m3).

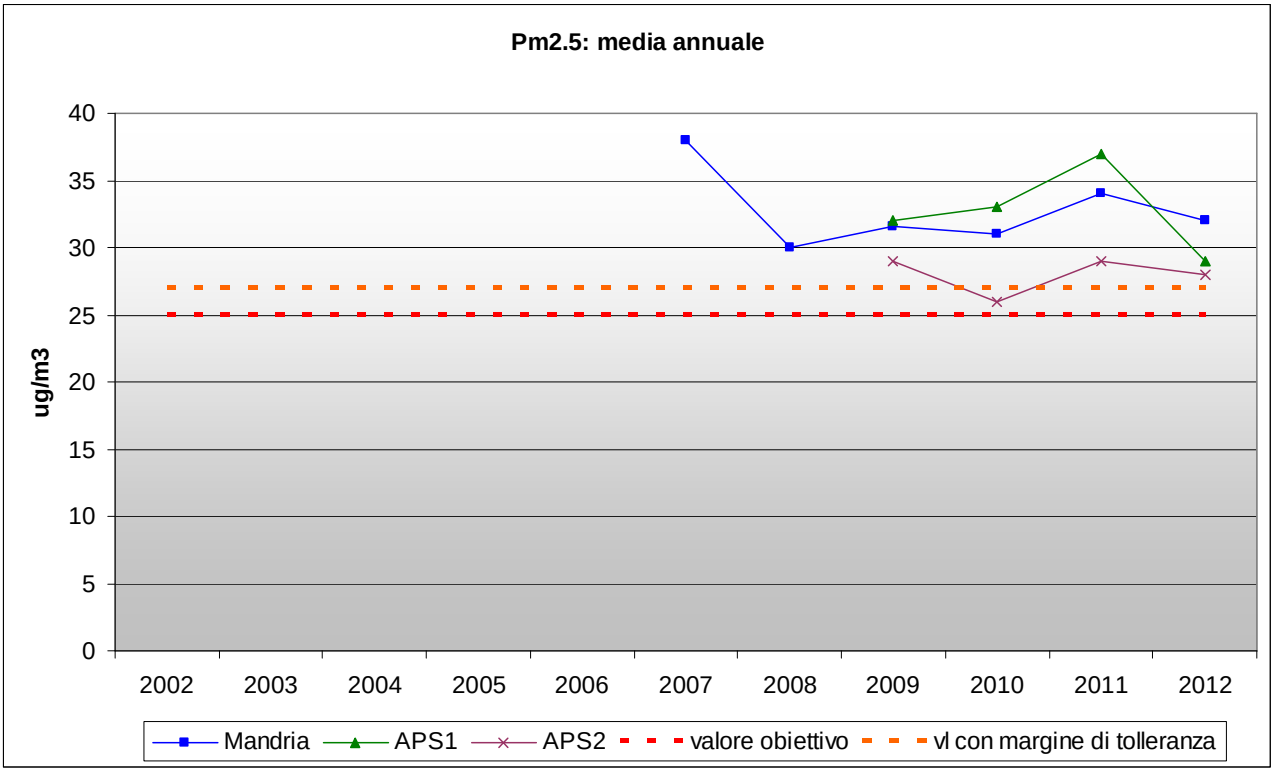

Figura 7. Media annuale del PM2.5 a confronto con valore limite (27 µg/m3) e valore obiettivo (25 µg/m3).

Il valore limite aumentato del margine di tolleranza viene sempre superato, in misura più marcata presso Mandria che raggiunge i 32 µg/m^3. Si può quindi affermare che il PM2.5 presenta una situazione di criticità piuttosto diffusa, almeno in ambito urbano. Tuttavia rispetto al 2011, come per il PM10, si osserva una diminuzione.

3.8 Benzene

Al 2012 l'unica stazione che misura il Benzene è quella di Mandria che ha rilevato una media annuale di 1.8 µg/m^3, sensibilmente inferiore al valore limite di 5.0 µg/m3. Dal 2008 il livello di questo inquinante si è stabilizzato su valori intorno ai 2 µg/m3 (Figura 8).

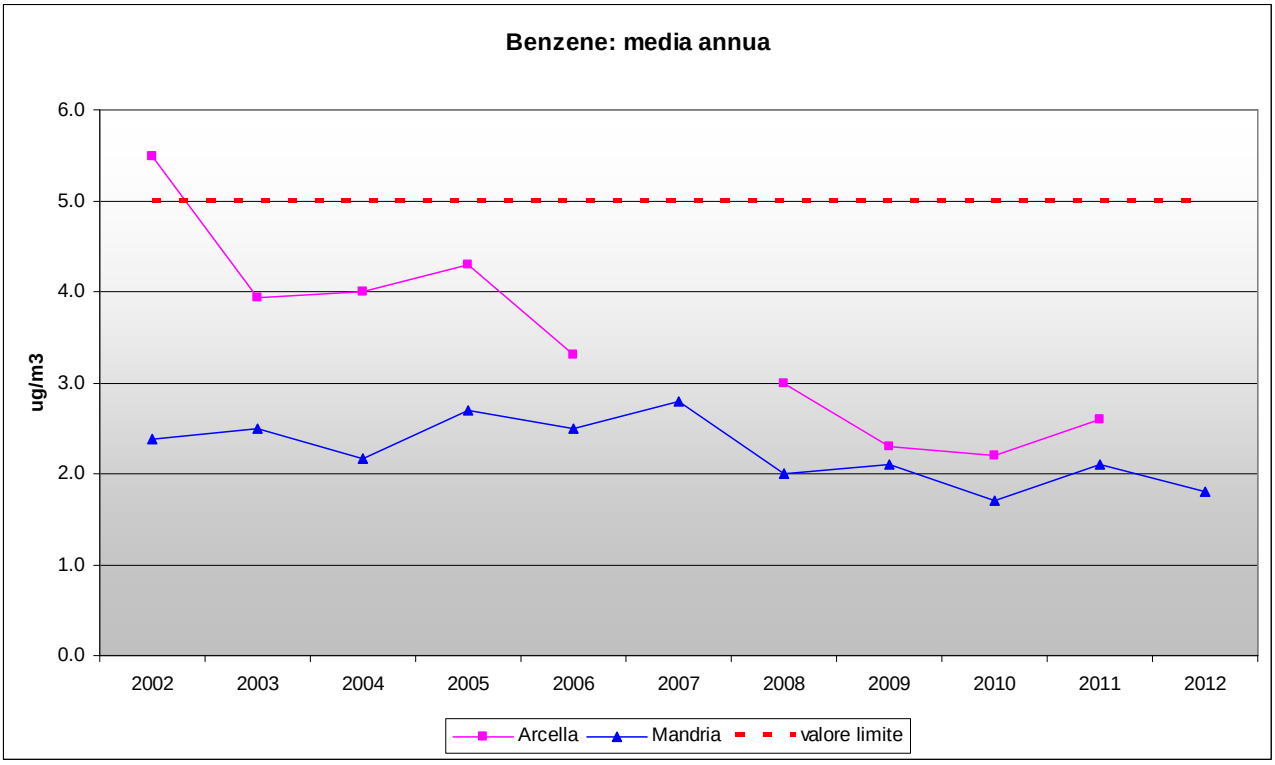

Figura 8: Media annuale di Benzene, a confronto con il valore limite.

Rispetto ai primi anni del periodo il livello di benzene è sensibilmente diminuito ad Arcella dove da un valore superiore al limite di 5 ug/m^3 del 2002 si è passati a un valore pari circa alla metà nel 2011. Anche per Mandria la tendenza è per una graduale diminuzione.

3.9 Benzo(a)pirene

Il grafico di Figura 9 riporta le medie annuali di benzo(a)pirene determinate in laboratorio sul PM10. Presso tutte le stazioni si osserva il superamento del valore obiettivo di 1.0 ng/m3 stabilito dal D.Lgs. 155/2010. Inoltre rispetto al 2011 e in controtendenza rispetto al particolato, questo parametro è in leggero aumento presso tutte le stazioni, a parte APS1 che invece mostra una lieve diminuzione. Si conferma quindi la significativa criticità di questo inquinante per la qualità dell'aria.

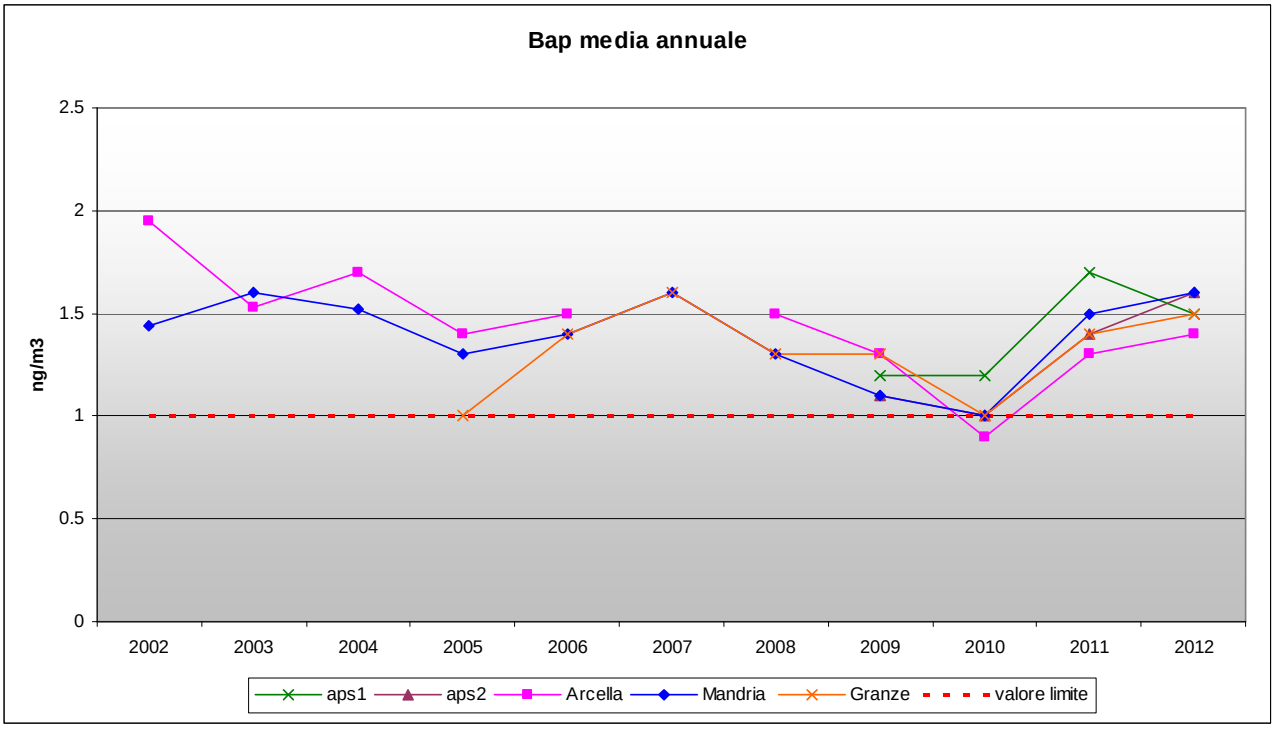

Figura 9. Media annuale del Benzo(a)pirene a confronto con il valore obiettivo.

Nell'ultimo decennio la media annuale di Bap si mantiene quasi sempre su livelli superiori al valore obiettivo di 1 ng/m^3 in tutte le stazioni. Il minimo viene raggiunto nel 2010 quando la stazione di Arcella scende sotto il valore obiettivo, il massimo nel 2002 quando la stessa stazione rileva una media annua pari a 1.9 ng/m^3.

3.10 Piombo

Come si osserva nel grafico di Figura 10 tutte le medie sono ampiamente inferiori al valore limite di 0.5 µg/m3. In particolare, anche in corrispondenza ad Arcella , stazione di traffico, i livelli ambientali del piombo sono molto inferiori (circa 20 volte più bassi) al limite previsto per cui tale inquinante non presenta ad oggi alcun rischio di criticità. La stazione di Granze registra il valore più elevato ma la tendenza è comunque verso una diminuzione della differenza con le altre stazioni.

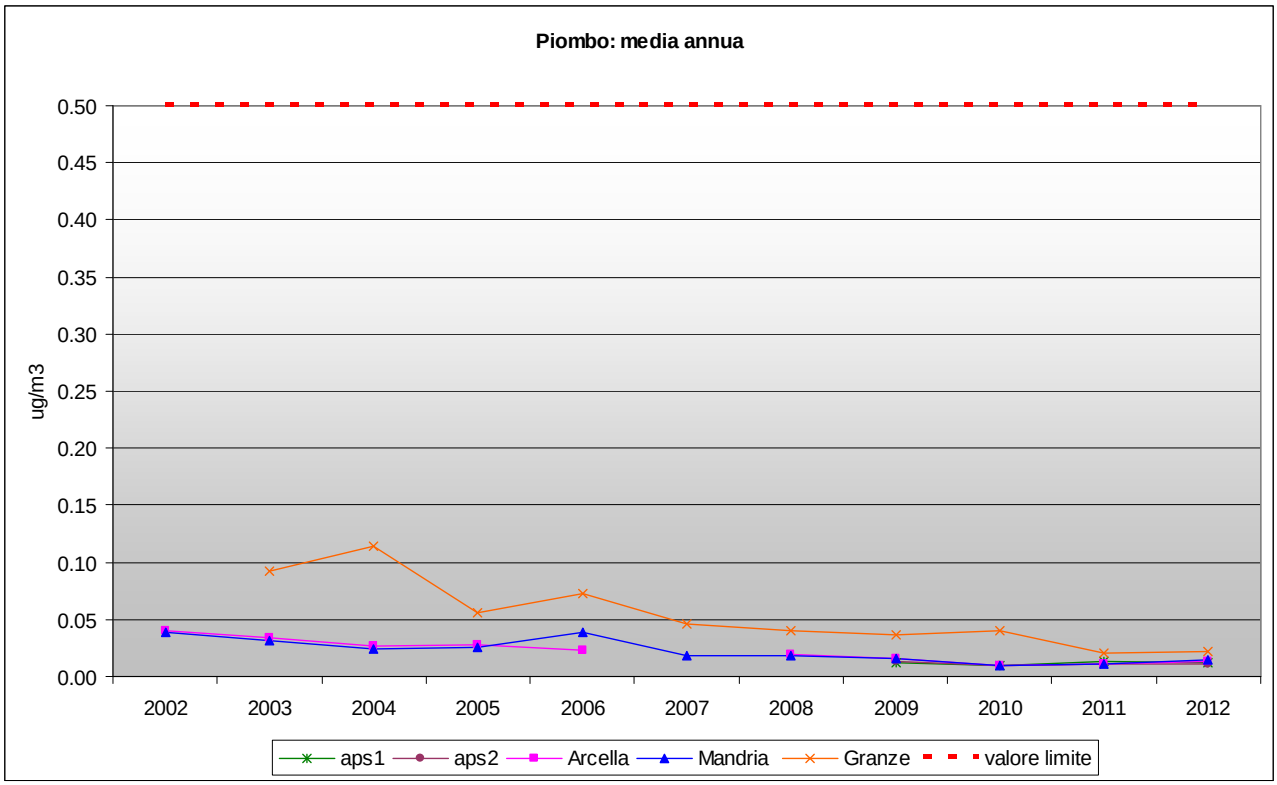

Figura 10. Media annuale del piombo a confronto con il valore limite.

3.11 Arsenico, Cadmio, Nichel e Mercurio

Sono di seguito illustrate le medie annuali di Arsenico, Cadmio e Nichel, determinati sui campioni di PM10, raccolti dalla rete di qualità dell'aria. Le medie annue sono state confrontate con i valori obiettivo di cui all'Allegato XIII del D.Lgs.155/2010. I monitoraggi effettuati per l'arsenico mostrano che per il 2012 il valore obiettivo di 6.0 ng/m^3, calcolato come media annuale, è rispettato in tutti i punti di campionamento considerati (Figura 11). Anche per il Cadmio (Figura 12) e il Nichel (Figura 13) i valori obiettivo di 5.0 ng/m^3 e 20.0 ng/m^3 sono ampiamente rispettati. Ormai da diversi anni questi inquinanti si mantengono su livelli sensibilmente inferiori ai rispettivi limiti.

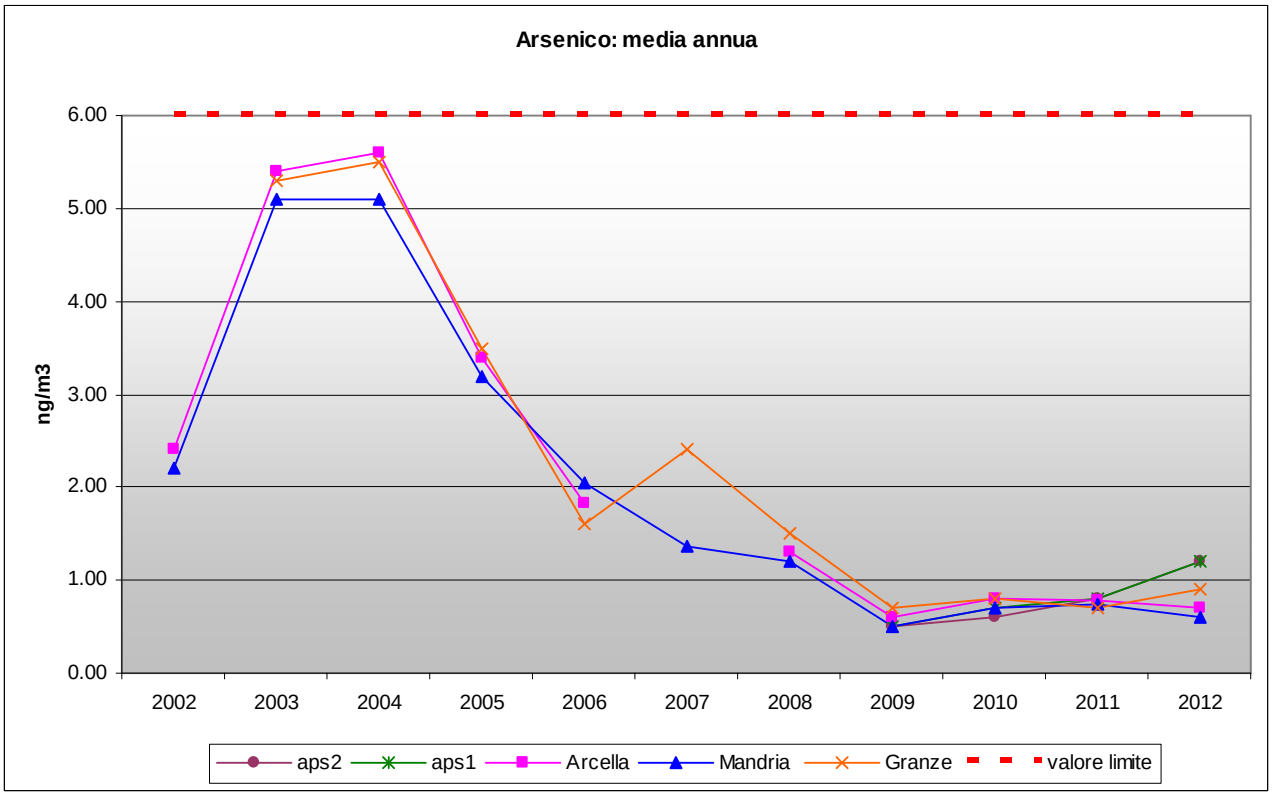

Figura 11. Media annuale dell'Arsenico a confronto con il valore obiettivo.

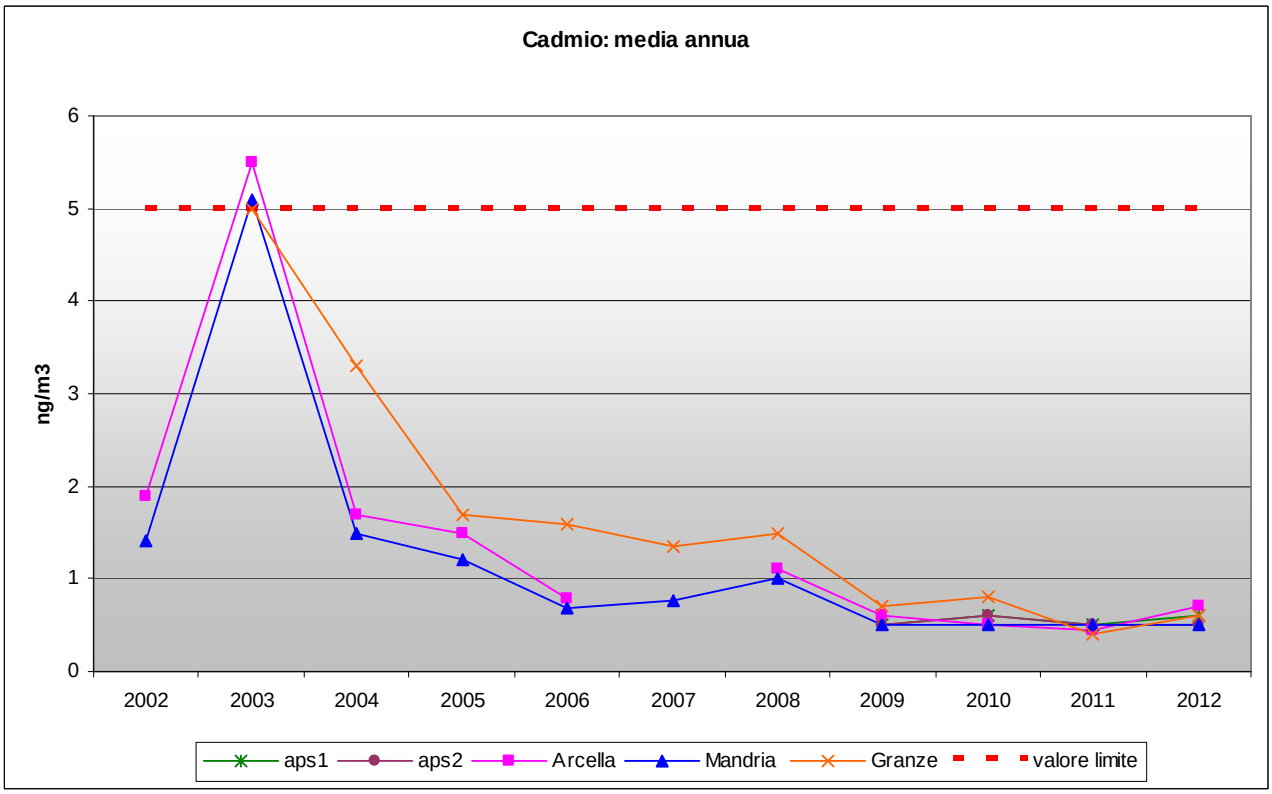

Figura 12. Media annuale del Cadmio a confronto con il valore obiettivo.

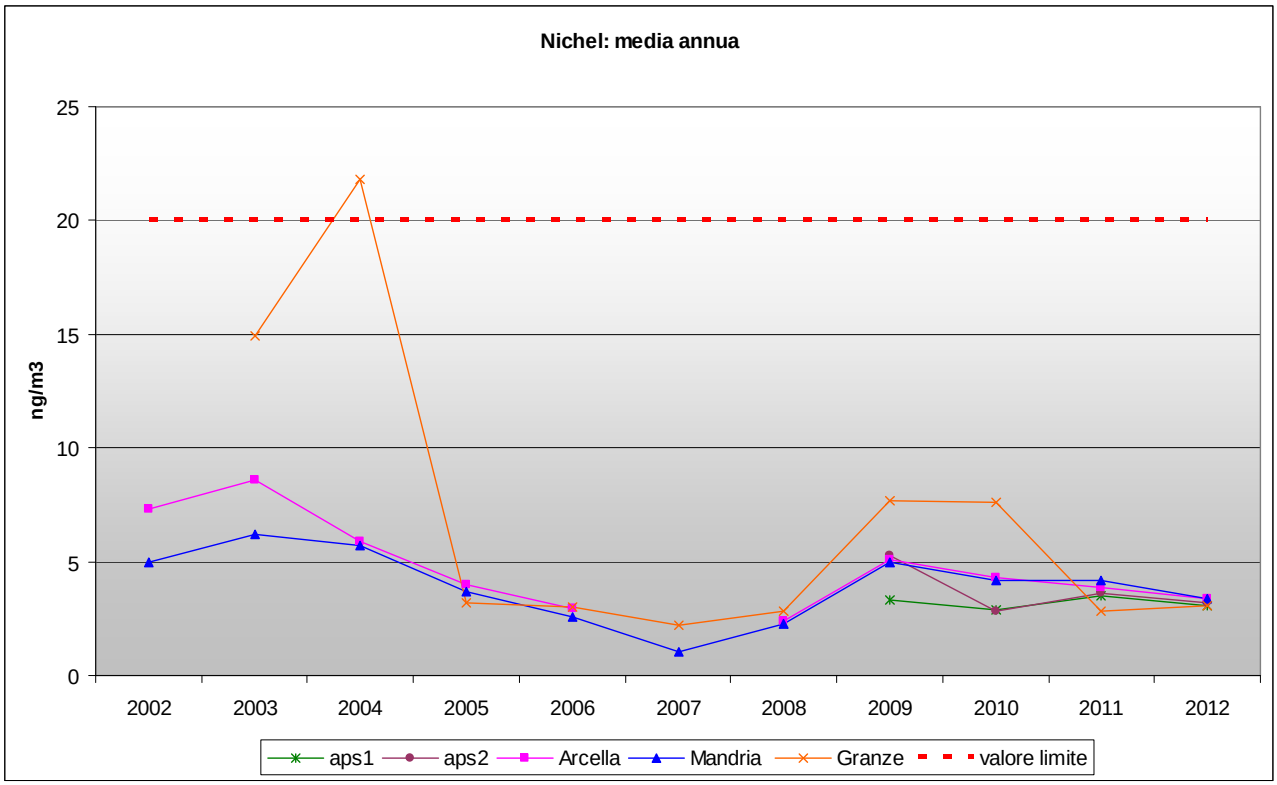

Figura 13. Media annuale del Nichel a confronto con il valore obiettivo.

A livello di andamento decennale si nota come per alcuni siti e in anni anteriori al 2005, i valori siano piuttosto elevati, anche superiori al valore limite. Al riguardo si precisa che i dati antecedenti al 2007 sono tuttavia da considerare come misurazioni indicative, basate su obiettivi di qualità meno severi di quelli attuali, poiché l'obbligo di monitorarli, e i rispettivi valori limite, sono stati introdotti dal D.Lgs. 152/2007 (abrogato e sostituito dal D.Lgs. 155/2010). Infine si evidenzia che per il mercurio la legge prevede il monitoraggio, ma non stabilisce un valore obiettivo; dalle misure effettuate sono state determinate concentrazioni medie annuali inferiori al limite di rilevabilità di 1.0 ng/m^3.

4 Effetti sulla salute

Le emissioni di **biossido di zolfo** 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 SO_2 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.
Gas incolore e inodore, il **monossido di carbonio**, 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 CO 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.
L' **ozono** è un inquinante 'secondario' che si forma in seguito alle reazioni fotochimiche che coinvolgono inquinanti precursori prodotti dai processi di combustione (NO_x, idrocarburi, aldeidi). Le concentrazioni ambientali di O_3 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.
Il **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.
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 inferiore a 10 μm (PM_{10}) può essere considerato un indice della concentrazione di particelle in grado di penetrare nel torace (frazione inalabile). A sua volta il $PM_{2,5}$ (con diametro inferiore a 2.5 μm) rappresenta la frazione in grado di raggiungere la parte più profonda dei polmoni (frazione respirabile). Per valutare gli effetti sulla salute è, quindi, molto importante la determinazione delle dimensioni e della composizione chimica del particolato atmosferico. Le dimensioni determinano il grado di penetrazione all'interno del tratto respiratorio mentre le caratteristiche chimiche influenzano la capacità di reagire con altre sostanze inquinanti (quali ad esempio IPA, metalli pesanti, SO_2). Le polveri PM_{10} che si depositano nel tratto superiore o extratoracico (cavità nasali, faringe, laringe) possono causare effetti irritativi locali quali secchezza e infiammazione. Le polveri $PM_{2,5}$ che riescono a raggiungere la parte più profonda del polmone (bronchi e bronchioli) possono causare un aggravamento delle malattie respiratorie croniche (asma, bronchite ed enfisema). Le fonti antropiche di polveri atmosferiche sono rappresentate essenzialmente dalle attività industriali, dagli impianti di riscaldamento e dal traffico veicolare.
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 una 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. E' 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.
Il **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.
Alla categoria dei **metalli pesanti** appartengono circa 70 elementi. Tra i più rilevanti da un punto di vista sanitario-ambientale quelli 'regolamentati' da una specifica normativa sono: il **piombo** (Pb), l'arsenico (As), il cadmio (Cd), il nichel (Ni) e il mercurio (Hg). Le fonti antropiche responsabili dell'incremento della

quantità naturale di metalli sono l'attività mineraria, le fonderie e le raffinerie, la produzione energetica, l'incenerimento dei rifiuti e l'attività agricola. I metalli pesanti sono diffusi in atmosfera con le polveri (le cui dimensioni e composizione chimica dipendono fortemente dalla tipologia della sorgente). La principale fonte di inquinamento atmosferico da piombo nelle aree urbane era un tempo costituita dagli scarichi dei veicoli alimentati con benzina 'rossa super' (il piombo tetraetile veniva usato come additivo antidetonante). Le altre fonti antropiche sono rappresentate dai processi di combustione, di estrazione e lavorazione dei minerali che contengono Pb, dalle fonderie, dalle industrie ceramiche e dagli inceneritori di rifiuti. I gruppi sensibili maggiormente a rischio sono i bambini e le donne in gravidanza. Il livello di piombo nel sangue è l'indicatore più attendibile di esposizione ambientale. Le linee guida dell'OMS indicano un valore critico di Pb pari ad una concentrazione di 100 µg/l e su questa base è stata proposta una stima della concentrazione media annuale consentita dalla normativa in atmosfera (0.5 µg/m^3, DLgs 155/2010).

5 Commento meteorologico

La concentrazione di inquinanti è fortemente influenzata dalle condizioni meteorologiche; alta pressione e assenza di vento favoriscono il ristagno e l'aumento delle concentrazioni, al contrario bassa pressione con ventilazione sostenuta e precipitazioni favoriscono la dispersione e la rimozione degli inquinanti dall'aria con una conseguente diminuzione delle concentrazioni. Il 2012 è stato un anno complessivamente poco piovoso; a confronto con la media del periodo 2002-12, i periodi invernale ed estivo sono stati particolarmente secchi con precipitazioni sensibilmente inferiori alla media, solo il mese di ottobre è stato più piovoso della media (Figura 14).

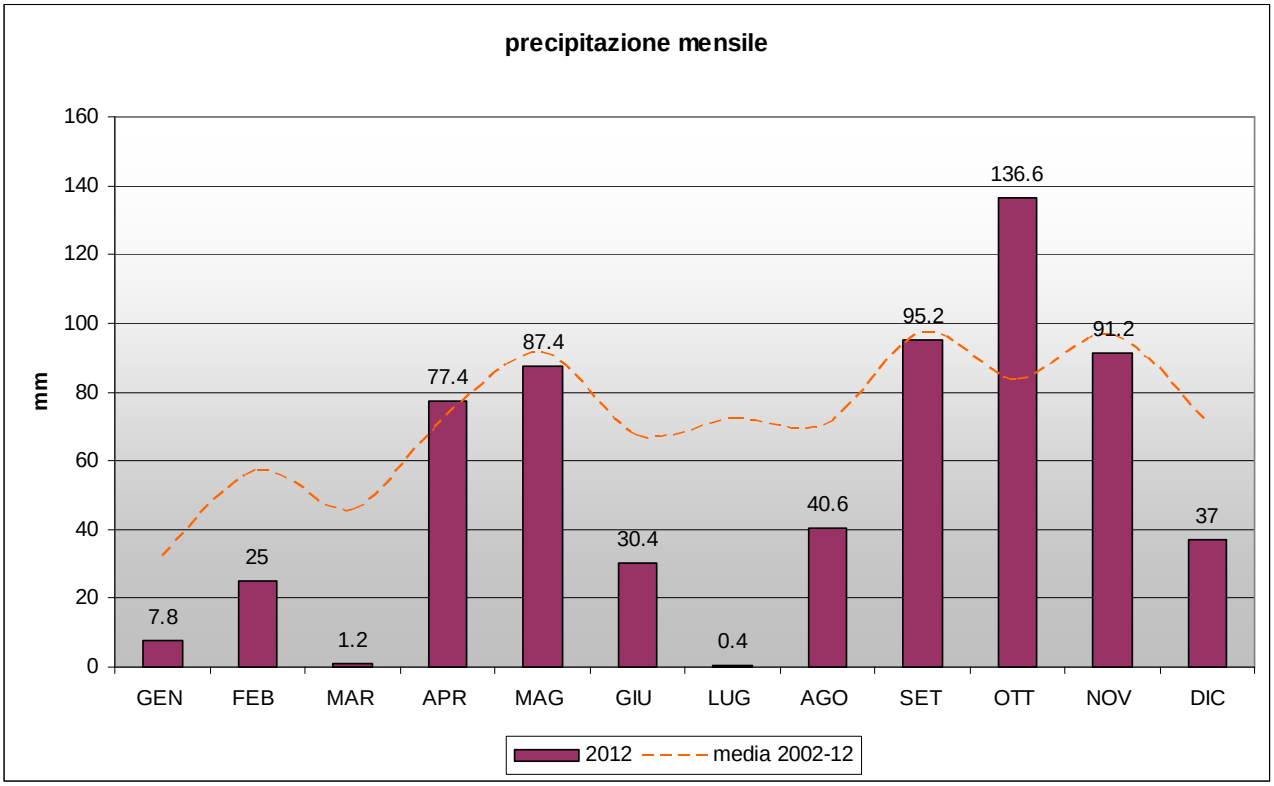

Figura 14: Precipitazioni mensili: confronto tra il 2012 e la media 2002-2012 (dati della stazione meteorologica di Legnaro).

Come riportato nella "Relazione regionale della qualità dell'aria– Anno 2012: Commento Meteo Climatologico", la tendenza dell'atmosfera a disperdere e rimuovere gli inquinanti può essere descritta in termini di diagrammi che riportano la percentuale di giornate più o meno favorevoli in funzione della ventosità e della piovosità. L'area di un diagramma circolare (Figura 15) è suddivisa in due fette di uguale superficie, una per la pioggia (a sinistra indicata con "P"), e una per il vento (a destra indicata con "V"). La somma dei valori su ognuna delle due fette è 100 (100%) e corrisponde al totale dei giorni nel periodo considerato. Le classi utilizzate per la classificazione sono tre per ognuno dei due parametri meteorologici: in nero la classe "poco dispersiva" (vento <= 1.5 m/s , pioggia <= 1 mm), in grigio la classe "abbastanza

dispersiva” (vento tra 1.5 e 3 m/s, pioggia tra 1 e 6 mm), in bianco la classe “molto dispersiva” (vento > 3 m/s, pioggia > 6 mm). Si precisa che l’assegnazione delle classi è stata definita in maniera soggettiva, in base ad una prima analisi di un campione pluriennale di dati. La figura seguente riporta i diagrammi dei periodi più critici ai fini dell’inquinamento di PM10, ossia il trimestre gennaio - febbraio - marzo (periodo invernale) e il trimestre ottobre – novembre - dicembre (periodo autunnale). Oltre al 2012 sono riportati, per confronto, anche i diagrammi relativi al 2011 e al 2010.

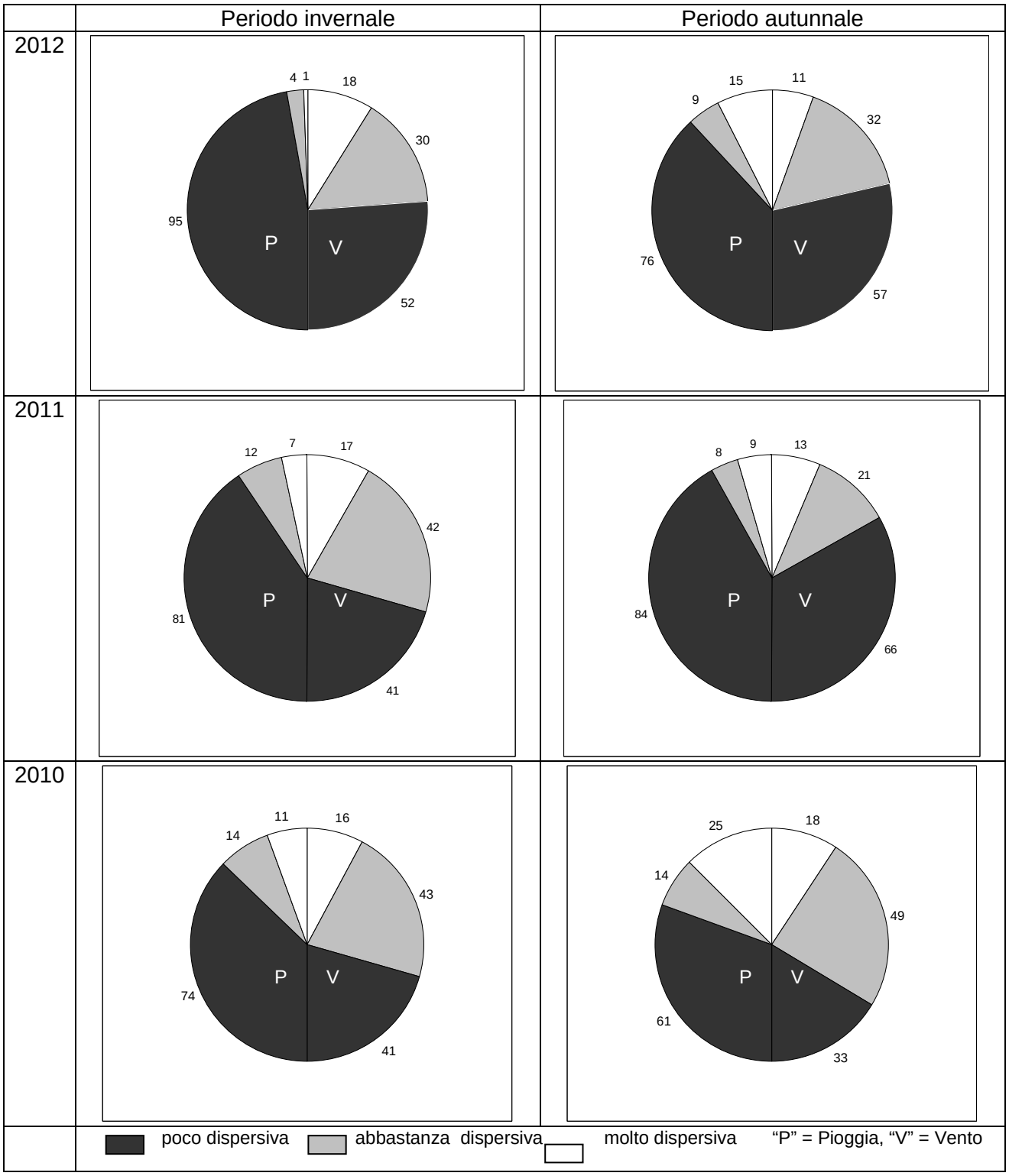

Figura 15: Diagrammi che illustrano la percentuale di condizioni più o meno favorevoli alla dispersione nel periodo invernale e autunnale per gli anni 2010, 2011 e 2012 (dati della stazione meteorologica di Legnaro).

In riferimento al vento e al periodo invernale il 2011 e il 2010 manifestano una maggiore numerosità della classe “abbastanza dispersiva” rispetto al 2012. Il periodo invernale del 2010 è il più piovoso seguito dal 2011 e dal 2012 che risulta quindi l’anno più secco. Nel periodo autunnale l’anno più piovoso e ventoso è senz’altro il 2010 mentre il 2012 risulta più piovoso del 2011 e anche con una maggiore numerosità della classe di vento “abbastanza dispersiva”; ciò può spiegare almeno in parte l’osservata diminuzione delle concentrazioni di PM10. Una valutazione analoga può essere effettuata per le concentrazioni di ozono in funzione della temperatura; in generale più la temperatura è elevata più è probabile la formazione di ozono. La figura seguente illustra i diagrammi relativi al periodo estivo degli anni 2010, 2011 e 2012 con la percentuale di giorni più o meno favorevoli alla formazione di ozono: in nero temperatura massima > 32°C, in grigio temperatura massima tra 28 e 32 °C, in bianco temperatura massima < 28°C. La somma dei valori è normalizzata a 100. Si precisa che anche in questo caso, come per la pioggia e il vento, le classi di temperatura sono state definite in maniera soggettiva, in base ad una prima analisi di un campione pluriennale di dati.

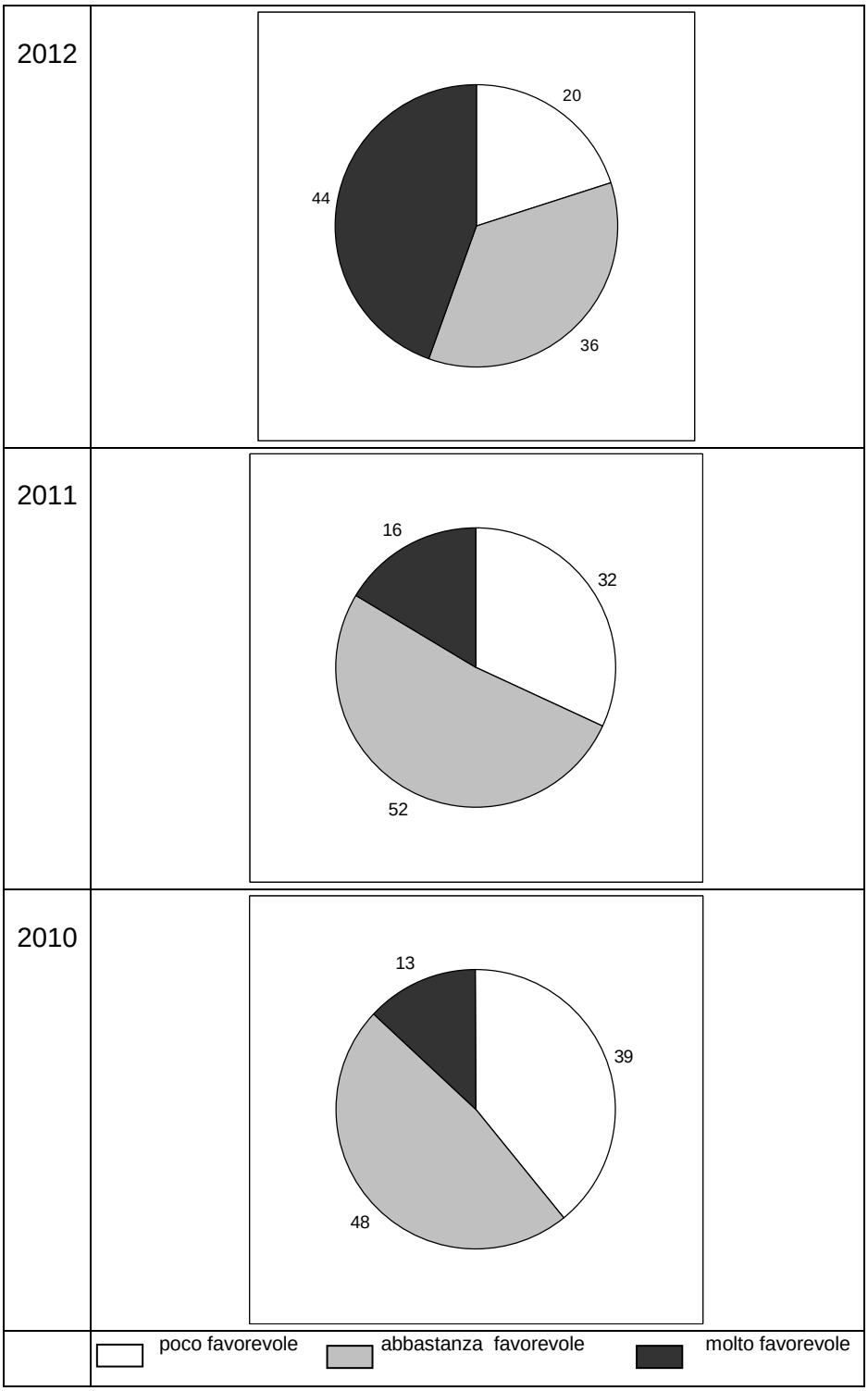

Figura 16. Diagrammi che illustrano la percentuale di condizioni più o meno favorevoli alla formazione di ozono nei mesi più critici per gli anni 2010, 2011 e 2012 (dati della stazione meteorologica di Legnaro).

E' evidente come il 2012 sia stato caratterizzato da un numero molto maggiore di giornate con temperature elevate, rispetto al 2010 e al 2011; ciò può spiegare almeno in parte l'aumento del numero di superamenti della soglia di informazione dell'ozono, che però non è stato accompagnato da una corrispondente aumento del numero di superamenti del valore obiettivo, che, anzi, presso la stazione di Mandria, è diminuito (cfr cap. 3.3). Occorre tuttavia sottolineare che nel processo di formazione e accumulo di ozono intervengono numerose sostanze chimiche che interagiscono in modo complesso con la radiazione solare (smog fotochimico). L'aspetto legato alla temperatura è quindi solo uno tra quelli coinvolti nel processo.

6 Sintesi Conclusiva

L'anno 2012 è stato caratterizzato da livelli di inquinamento complessivamente inferiori a quelli del 2011. Biossido di zolfo e monossido di carbonio non hanno evidenziato nessun superamento dei valori limite previsti dal Dlgs. 155/2010 e si confermano inquinanti non critici. Il particolato PM10 è diminuito ma resta tuttavia su livelli superiori ai limiti di legge per quanto riguarda il numero di superamenti del limite giornaliero, mentre per la media annuale i livelli sono prossimi al valore limite. Il PM2.5 si conferma su livelli superiori al valore limite in vigore dal 2015 aumentato del margine di tolleranza. Il biossido di azoto non ha subito apprezzabili variazioni e risulta superiore al limite annuale solo nella stazione di traffico di Arcella. Per quanto riguarda l'ozono, rispetto al 2011, a Mandria si sono rilevati un maggiore numero di superamenti della soglia di informazione, ma un minor numero di superamenti del valore obiettivo.
In leggero aumento è invece il Benzo(a)pirene che è risultato superiore al valore obiettivo annuale presso tutte le stazioni di misura e si conferma come l'inquinante più critico e da monitorare con attenzione. Il Benzene e i Metalli hanno evidenziato livelli ampiamente inferiori ai rispettivi valori limite. La tabella seguente sintetizza graficamente lo stato al 2012 e la tendenza valutata sugli ultimi anni per ogni inquinante monitorato, indipendentemente dalla stazione di misura. Rappresenta quindi una valutazione complessiva dell'inquinamento sul territorio comunale.

Indicatore di qualità dell'aria	**Giudizio**	**Tendenza**
Biossido di Zolfo (SO2)	☺	😐
Monossido di Carbonio (CO)	☺	😐
Ozono (O_3)	😐	😐
Biossido di azoto (NO_2)	😐	😐
*Polveri fini (PM_{10})**	☹	😐
Polveri fini ($PM_{2.5}$)	☹	😐
Benzo(a)pirene (IPA)	☹	☹
Benzene (C_6H_6)	☺	😐
Piombo (Pb)	☺	😐
Arsenico (As), Cadmio (Cd), Nichel (Ni), Mercurio (Hg)	☺	😐

**) il giudizio negativo dipende dall'elevato numero di superamenti del limite giornaliero, dato che la media annuale è risultata entro il limite.*

Legenda

Simbolo	**Giudizio**
☺	*Positivo/in miglioramento*
😐	*Intermedio/stazionario*
☹	*Negativo/in peggioramento*

INDICE DELLE FIGURE

Figura 1. Ubicazione delle centraline fisse nel Territorio comunale di Padova.
Figura 2. Media annuale di NO_2 a confronto con il valore limite vigente (linea orizzontale).
Figura 3. Numero di superamenti della soglia di informazione di 180 $\mu g/m^3$ dell'ozono.
Figura 4. Numero di superamenti del valore obiettivo di 120 $\mu g/m^3$ dell'ozono
Figura 5. Numero di superamenti del limite giornaliero di 50 $\mu g/m^3$ del PM10 a confronto con il valore limite di 35 superamenti /anno.
Figura 6. Media annuale del PM10 a confronto con il limite annuale di 40 $\mu g/m^3$.
Figura 7. Media annuale del PM2.5 a confronto con valore limite (27 μg/m3) e valore obiettivo (25 μg/m3).
Figura 8: Media annuale di Benzene, a confronto con il valore limite.
Figura 9. Media annuale del Benzo(a)pirene a confronto con il valore obiettivo.
Figura 10. Media annuale del piombo a confronto con il valore limite.
Figura 11. Media annuale dell'Arsenico a confronto con il valore obiettivo.
Figura 12. Media annuale del Cadmio a confronto con il valore obiettivo.
Figura 13. Media annuale del Nichel a confronto con il valore obiettivo.
Figura 14: Precipitazioni mensili: confronto tra il 2012 e la media 2002-2012 (dati della stazione meteorologica di Legnaro).
Figura 15: Diagrammi che illustrano la percentuale di condizioni più o meno favorevoli alla dispersione nel periodo invernale e autunnale per gli anni 2010, 2011 e 2012 (dati della stazione meteorologica di Legnaro).
Figura 16. Diagrammi che illustrano la percentuale di condizioni più o meno favorevoli alla formazione di ozono nei mesi più critici per gli anni 2010, 2011 e 2012 (dati della stazione meteorologica di Legnaro).

7 Riferimenti

- ARPAV - Relazioni annuali della qualità dell'aria nella regione Veneto, disponibili all'indirizzo http://www.arpa.veneto.it/temi-ambientali/aria/riferimenti/documenti
- Decreto Legislativo 155/2010 del 13/08/2010, pubblicato sulla Gazzetta Ufficiale della Repubblica Italiana, suppl. ord. n°216 del 15/09/2010.
- WHO, 2000. Air quality guidelines for Europe. WHO Regional Publications, European Series, World Health Organization, Regional Office for Europe, Copenhagen.

DIPARTIMENTO PROVINCIALE DI PADOVA
Via Ospedale 22, 35121 Padova
tel.: 049 8227801 - fax: 049 8227810
e-mail: dappd@arpa.veneto.it