

## Biossido di zolfo

Il biossido di zolfo è un gas incolore, di odore pungente. Le principali emissioni di SO<sub>2</sub> derivano dai processi di combustione che utilizzano combustibili di tipo fossile (ad esempio gasolio, olio combustibile e carbone) nei quali lo zolfo è presente come impurità.

Una ridotta percentuale di biossido di zolfo nell'aria (6÷7%) proviene dal traffico veicolare, in particolare da veicoli a motore diesel.

La concentrazione di biossido di zolfo presenta una variazione stagionale molto evidente, con i valori massimi durante la stagione invernale a causa del riscaldamento domestico.

Fino a pochi anni fa, il biossido di zolfo era considerato uno degli inquinanti più problematici, per le elevate concentrazioni rilevate nell'aria e per i suoi effetti negativi sull'uomo e sull'ambiente. Negli ultimi anni, con la limitazione del contenuto di zolfo nei combustibili imposta dalla normativa e la sostituzione dei combustibili solidi con il gas naturale, si osserva la progressiva diminuzione di questo inquinante con concentrazioni che si posizionano ben al di sotto dei limiti previsti dalla normativa.

La non problematicità di questo inquinante è confermata dai dati ottenuti durante le campagne di monitoraggio di Chivasso; infatti i valori sia giornalieri sia orari sono ampiamente al di sotto dei limiti. Il massimo valore giornaliero è pari a 6 µg/m<sup>3</sup> in estate e 4 µg/m<sup>3</sup> in inverno (calcolato come media giornaliera sulle 24 ore), di molto inferiore al limite per la protezione della salute di 125 µg/m<sup>3</sup>. Il valore massimo orario è pari a 14 µg/m<sup>3</sup> (estate) e 9 µg/m<sup>3</sup> (inverno), quindi ben al di sotto del livello orario per la protezione della salute di 350 µg/m<sup>3</sup>. I dati riportati in Tabella 6 e Figura 20 evidenziano che i limiti previsti dalla normativa non vengono mai superati.

**Tabella 6** – Dati relativi al monossido di biossido di zolfo (SO<sub>2</sub> in µg/m<sup>3</sup>)

	Inverno	Estate
Minima media giornaliera	2	2
Massima media giornaliera	5	11
Media delle medie giornaliere	4	6
Giorni validi	16	28
Percentuale giorni validi	80%	100%
Media dei valori orari	4	6
Massima media oraria	9	14
Ore valide	377	671
Percentuale ore valide	79%	100%
<u>Numero di superamenti livello orario protezione della salute (350)</u>	<b>0</b>	<b>0</b>
<u>Numero di giorni con almeno un superamento livello orario protezione della salute (350)</u>	<b>0</b>	<b>0</b>
<u>Numero di superamenti livello giornaliero protezione della salute (125)</u>	<b>0</b>	<b>0</b>
<u>Numero di superamenti livello allarme (500)</u>	<b>0</b>	<b>0</b>
<u>Numero di giorni con almeno un superamento livello allarme (500)</u>	<b>0</b>	<b>0</b>

**Figura 20** - SO<sub>2</sub> confronto con il limite di legge (media giornaliera)



## Monossido di Carbonio

È un gas inodore ed incolore che viene generato durante la combustione di materiali organici quando la quantità di ossigeno a disposizione è insufficiente. L'unità di misura con la quale si esprimono le concentrazioni è il milligrammo al metro cubo (mg/m<sup>3</sup>), infatti si tratta dell'inquinante gassoso più abbondante in atmosfera. Il traffico veicolare rappresenta la principale sorgente di CO, in particolare i gas di scarico dei veicoli a benzina. Quando il motore del veicolo funziona al minimo, o si trova in decelerazione si producono le maggiori concentrazioni di CO in emissione, per cui i valori più elevati si raggiungono in zone caratterizzate da intenso traffico rallentato.

Il monossido di carbonio è caratterizzato da un'elevata affinità con l'emoglobina presente nel sangue (circa 220 volte maggiore rispetto all'ossigeno), pertanto la presenza di questo gas comporta un peggioramento del normale trasporto di ossigeno nei diversi distretti corporei. Gli organi più colpiti sono il sistema nervoso centrale e il sistema cardiovascolare. Nei casi peggiori con concentrazioni elevatissime di CO si può arrivare anche alla morte per asfissia. La carbossiemoglobina, che si può formare in seguito ad inalazione del CO alle concentrazioni abitualmente rilevabili nell'atmosfera delle nostre città, non ha effetti sulla salute di carattere irreversibile e acuto, pur essendo per sua natura, un composto estremamente stabile.

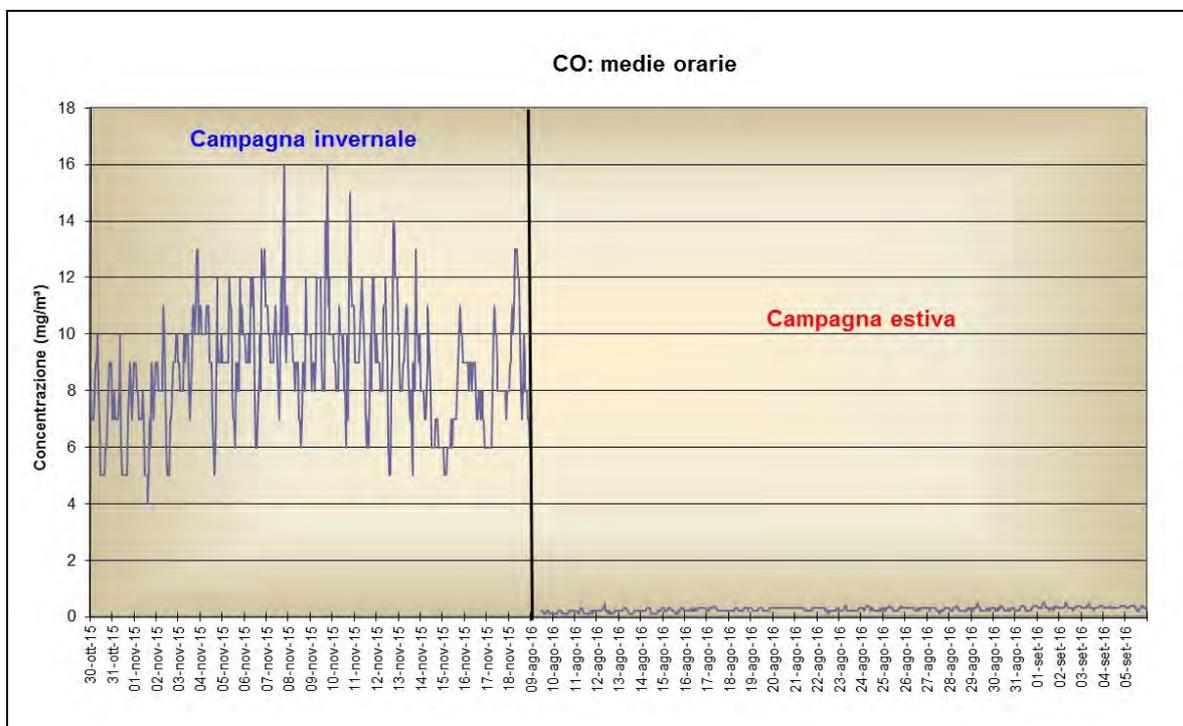
Nell'ultimo ventennio, con l'introduzione delle marmitte catalitiche nei primi anni '90 e l'incremento degli autoveicoli a ciclo Diesel, si è osservata una costante e significativa diminuzione della concentrazione del monossido di carbonio nei gas di combustione prodotti dagli autoveicoli ed i valori registrati attualmente rispettano ampiamente i limiti normativi.

**Tabella 7** – Dati relativi al monossido di Carbonio (CO (mg/m<sup>3</sup>), della campagna di monitoraggio

	Inverno	Estate
Minima media giornaliera	0.7	0.1
Massima media giornaliera	1.0	0.3
Media delle medie giornaliere	0.9	0.3
Giorni validi	20	27
Percentuale giorni validi	100%	96%
Media dei valori orari	0.9	0.3
Massima media oraria	1.6	0.5
Ore valide	480	660
Percentuale ore valide	100%	98%
Minimo medie 8 ore	0.5	0.1
Media delle medie 8 ore	0.9	0.3
Massimo medie 8 ore	1.2	0.4
Percentuale medie 8 ore valide	100%	97%
<u>Numero di superamenti livello protezione della salute su medie 8 ore (10)</u>	<b>0</b>	<b>0</b>
<u>Numero di superamenti dell'obiettivo a lungo termine per la protezione della salute umana (max media 8h &gt; 10)</u>	<b>0</b>	<b>0</b>

Durante le due campagne di monitoraggio nel comune di Chivasso non si sono osservate criticità per questo parametro. La Tabella 7 e la Figura 21 evidenziano infatti che non si sono registrati superamenti del valore di  $10 \text{ mg/m}^3$  che, in base alla normativa vigente, è il limite da non superare come media di otto ore consecutive.

**Figura 21** - CO andamento orario



## Ossidi di Azoto

Gli ossidi di azoto vengono generati da tutti i processi di combustione, qualsiasi sia il tipo di combustibile usato.

Per il monossido di azoto la normativa non prevede valori limite ma questo inquinante viene comunque misurato in quanto partecipa ai fenomeni di inquinamento fotochimico e si trasforma in biossido di azoto in presenza di ossigeno e ozono; per tale inquinante la normativa non prevede dei limiti di concentrazione nell'aria per la protezione della salute umana.

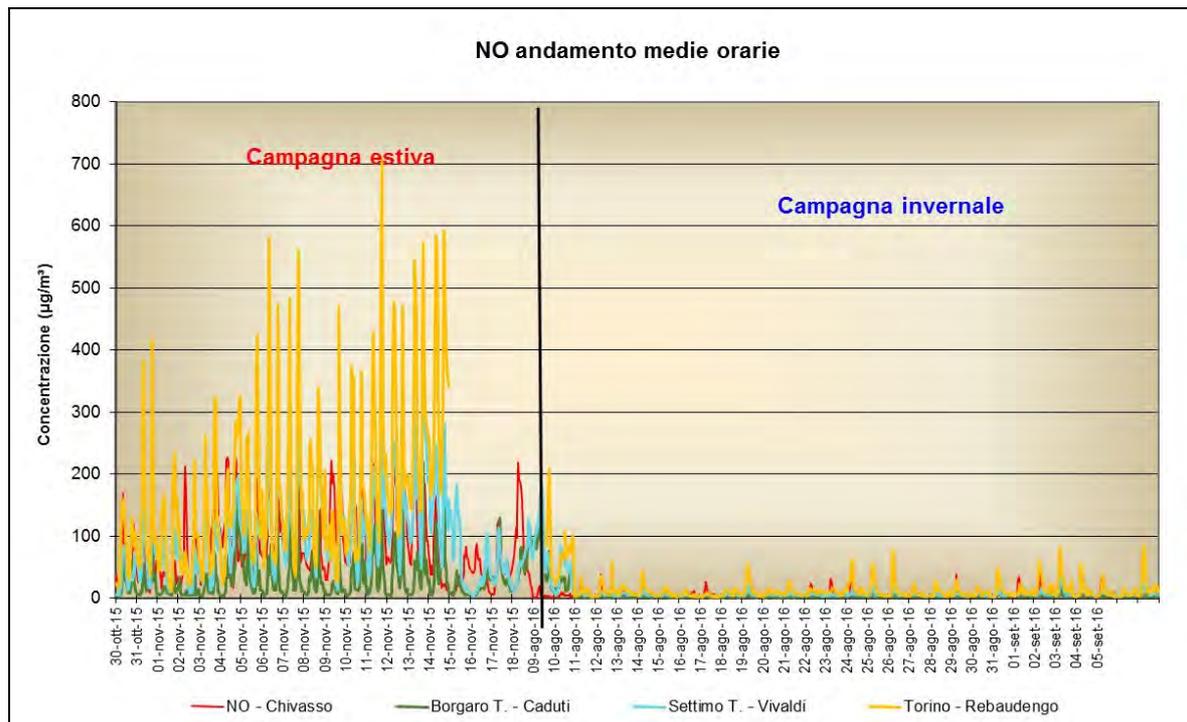
Durante il periodo di monitoraggio i livelli di NO registrano un valore massimo pari a 256  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  in periodo invernale, usualmente più critico per gli ossidi di azoto, come esemplifica anche la media relativa a ciascuna campagna, che in estate si attesta a 5  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  mentre in inverno è 80  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (Tabella 8).

Confrontando i dati con quelli osservati nella stazione fissa di Borgaro T.se si può notare come l'andamento sia simile ma i picchi siano, in alcune giornate, più pronunciati a Chivasso. Si ipotizza quindi una maggiore influenza del traffico nel sito prescelto per il monitoraggio rispetto alla stazione fissa di fondo.

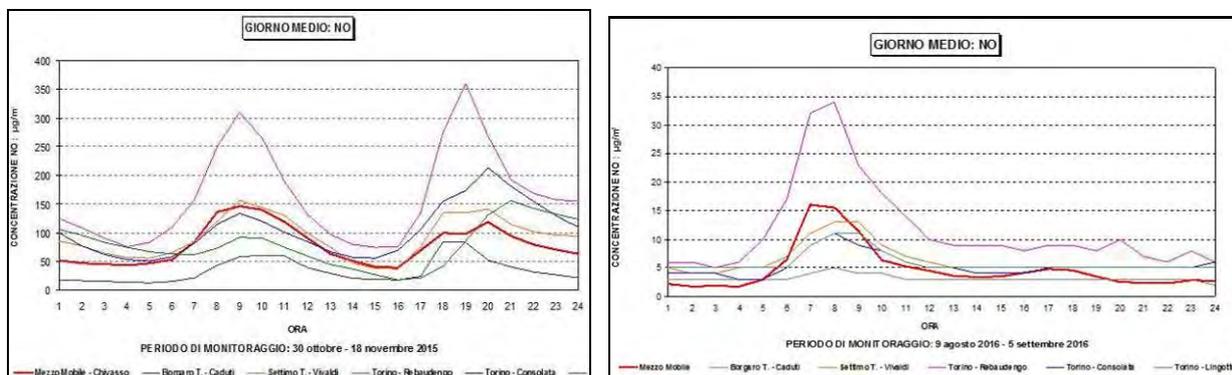
**Tabella 8** - Dati relativi al monossido di azoto (NO) ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )

	Inverno	Estate
Minima media giornaliera	32	2
Massima media giornaliera	124	9
Media delle medie giornaliere (b):	80	5
Giorni validi	19	28
Percentuale giorni validi	95%	100%
Media dei valori orari	80	5
Massima media oraria	256	45
Ore valide	456	671
Percentuale ore valide	95%	100%

**Figura 22** – NO: andamento della concentrazione oraria nel corso delle campagne di monitoraggio e confronto con i dati di altre stazioni di monitoraggio



**Figura 23** - NO: andamento giorno medio - confronto con i dati di altre stazioni di monitoraggio



E' interessante notare come nel periodo invernale il profilo giornaliero evidenzia due picchi, uno al mattino e uno in serata, ciò non avviene in estate in quanto a seguito del soleggiamento il monossido di azoto viene convertito in biossido di azoto.

Il biossido di azoto è da ritenersi fra gli inquinanti atmosferici maggiormente pericolosi sia perché è per sua natura irritante, sia perché dà inizio, in presenza di forte irraggiamento solare, ad una serie di reazioni fotochimiche secondarie che portano alla formazione di sostanze inquinanti complessivamente indicate con il termine di "smog fotochimico".

La formazione di NO<sub>2</sub> è piuttosto complessa, in quanto si tratta di un inquinante di origine mista, vale a dire in parte originato direttamente dai fenomeni di combustione e indirettamente dall'ossidazione in atmosfera del monossido di azoto (NO) all'interno di un insieme complesso di reazioni fotochimiche.

Nel corso delle campagne di monitoraggio nel Comune di Chivasso, l'andamento dell'NO<sub>2</sub> registra un valore medio di 13 µg/m<sup>3</sup>, con un picco di 19 µg/m<sup>3</sup>, nel periodo estivo; in inverno i valori sono superiori, con un valor medio di 49 µg/m<sup>3</sup> e un picco di 64 µg/m<sup>3</sup>, ma senza che si verifichi nessun superamento dei limiti; vedi Tabella 9.

**Tabella 9** – Dati relativi al biossido di azoto (NO<sub>2</sub>) (µg/m<sup>3</sup>)

	Inverno	Estate
Minima media giornaliera	30	9
Massima media giornaliera	64	19
Media delle medie giornaliere (b):	49	14
Giorni validi	19	28
Percentuale giorni validi	95%	100%
Media dei valori orari	49	13
Massima media oraria	111	53
Ore valide	456	671
Percentuale ore valide	95%	100%
<u>Numero di superamenti livello orario protezione della salute (200)</u>	<b>0</b>	<b>0</b>
<u>Numero di giorni con almeno un superamento livello orario protezione della salute (200)</u>	<b>0</b>	<b>0</b>
<u>Numero di superamenti livello allarme (400)</u>	<b>0</b>	<b>0</b>
<u>Numero di giorni con almeno un superamento livello allarme (400)</u>	<b>0</b>	<b>0</b>

Dal grafico di Figura 24 si nota che i livelli di concentrazione dell'NO<sub>2</sub> sono mediamente simili alla stazione fissa di Borgaro T.se, mentre la stazione di traffico urbano di Settimo T.se registra valori mediamente più elevati.

Il D.Lgs. 155/2010 prevede per il biossido di azoto anche un valore limite annuale per la protezione della salute umana di 40 µg/m<sup>3</sup>. Visto che la durata delle due campagne non è paragonabile all'arco temporale di riferimento del limite normativo, non è possibile un confronto diretto con le misure effettuate. Si può però considerare un valore stimato di media annuale ricavato con la metodologia descritto nella nota.

Dalla Tabella 10 e dalla Figura 27 osserviamo che il valore di media annuale stimata per il sito di Chivasso è inferiore al limite annuale di 40 µg/m<sup>3</sup> essendo la media stimata pari a 29 µg/m<sup>3</sup>; il valore è molto simile a quello registrato nelle stazioni di fondo di Borgaro T.se.

*Nota*

Si sono calcolate le medie di NO<sub>2</sub>, per il periodo della campagna, delle stazioni considerate analoghe al sito monitoraggio in quanto collocate in prima cintura in area nord (Leinì, Settimo) e ovest (Collegno); dal rapporto con la media dell'anno 2015 si è calcolato il fattore che moltiplicato per il valore medio delle campagne a Chivasso permette di ricavare la stima annuale:

$$M_c = (m_c / m_p) \times M_p$$

dove

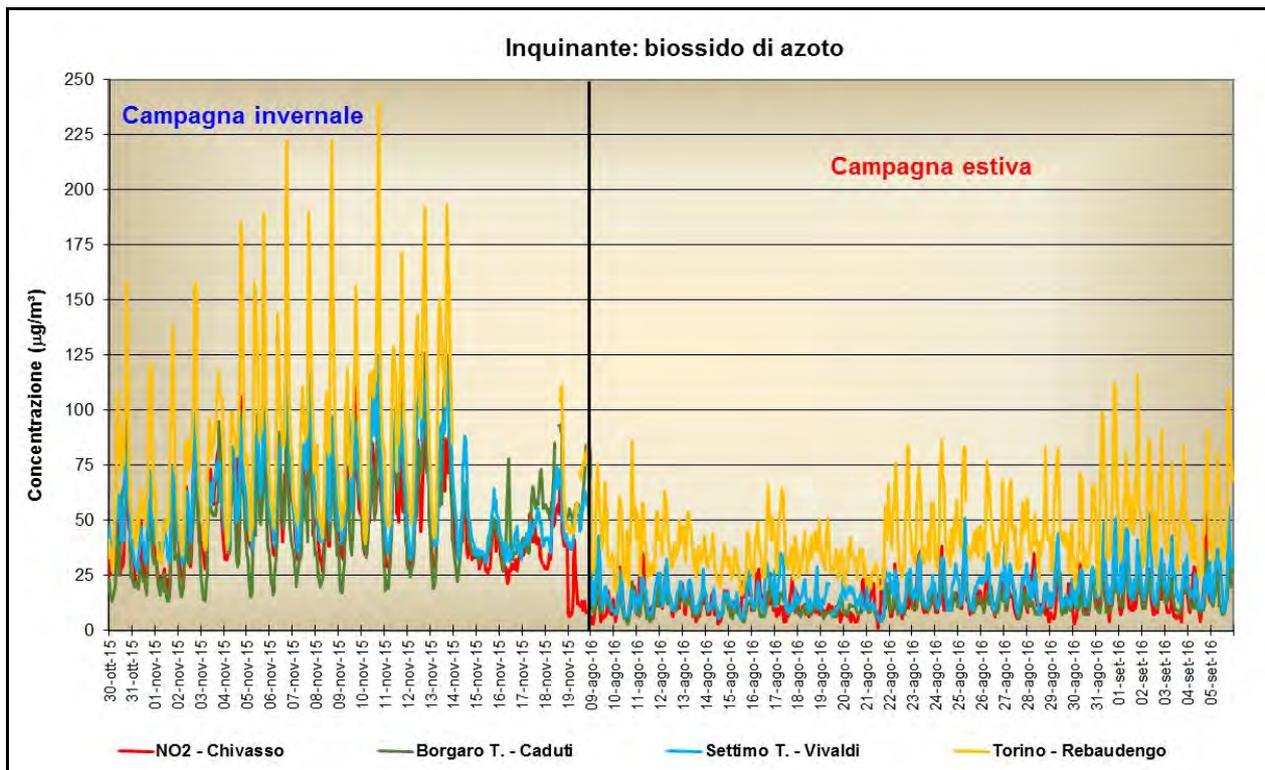
**m<sub>c</sub>**: media periodo campagne NO<sub>2</sub> Chivasso

**M<sub>c</sub>**: media stimata anno 2015 NO<sub>2</sub> Chivasso

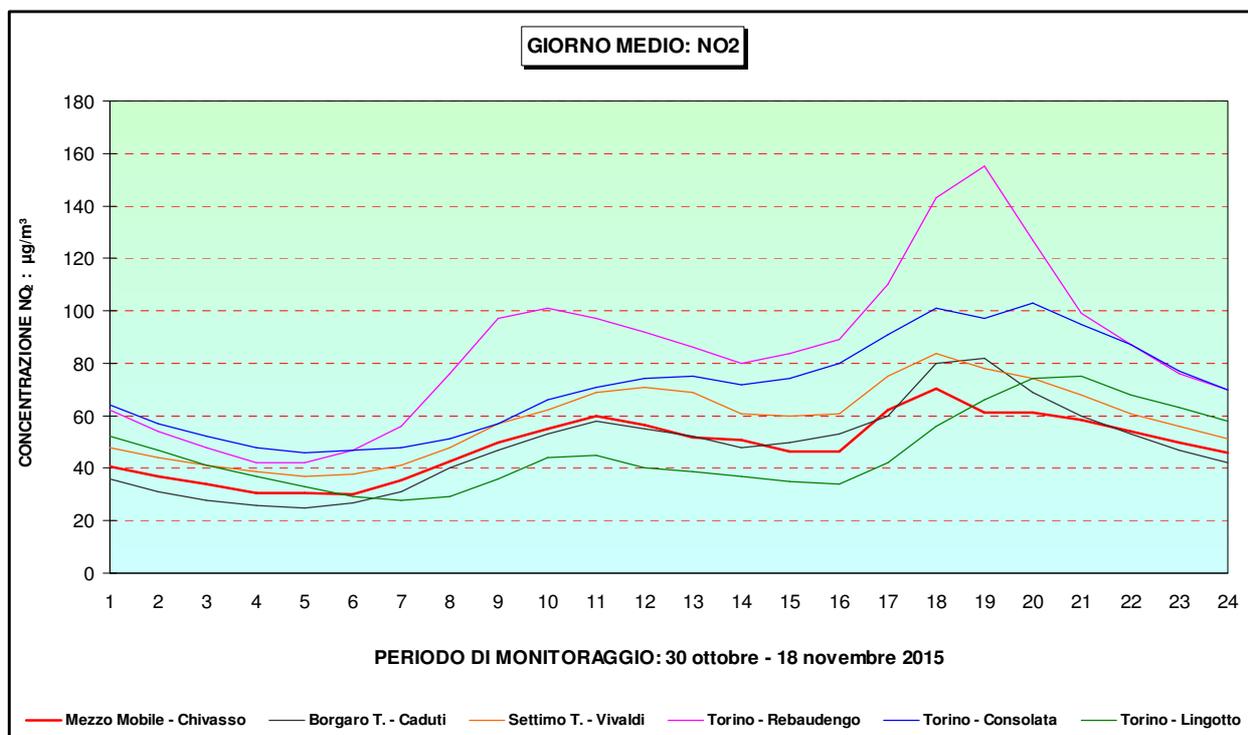
**m<sub>p</sub>**: media periodo campagne NO<sub>2</sub> presso la stazione di Borgaro

**M<sub>p</sub>**: media anno 2015 NO<sub>2</sub> Borgaro

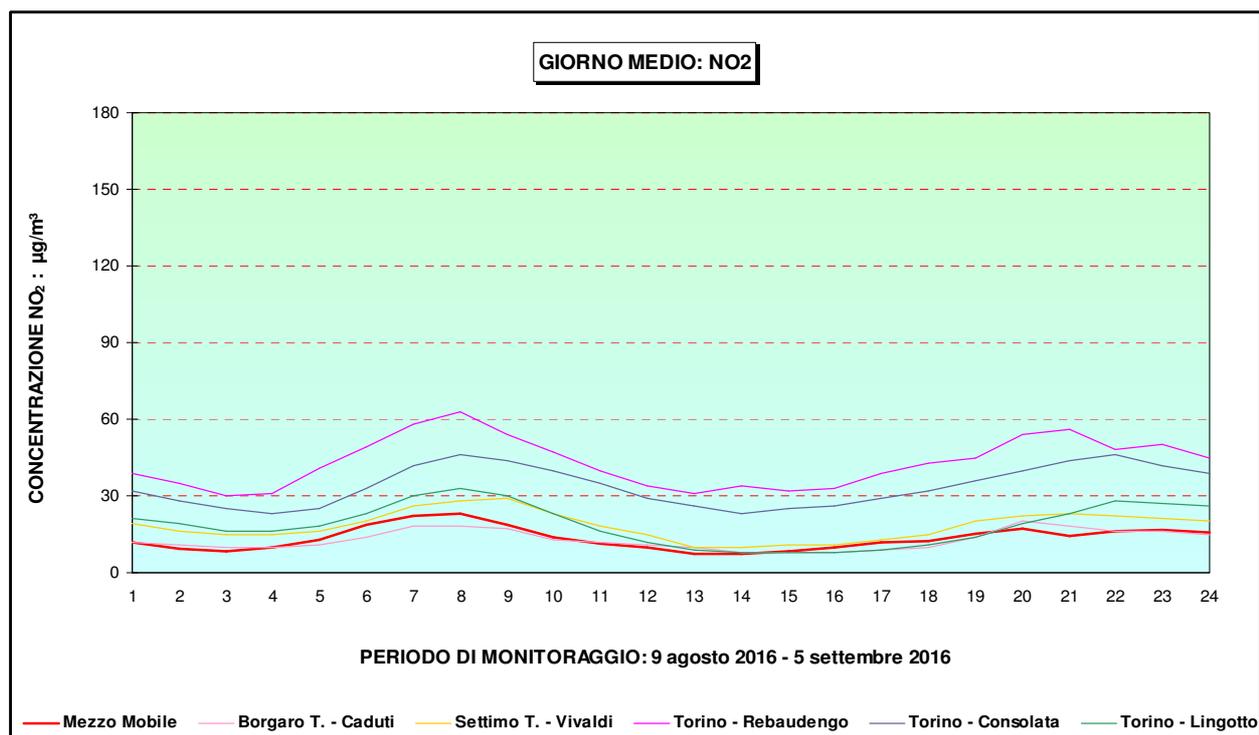
**Figura 24** – NO<sub>2</sub>: confronto con i dati di altre stazioni di monitoraggio



**Figura 25** – NO<sub>2</sub>: andamento giorno medio - confronto con i dati di altre stazioni di monitoraggio durante la campagna invernale



**Figura 26** – NO<sub>2</sub>: andamento giorno medio - confronto con i dati di altre stazioni di monitoraggio durante la campagna estiva

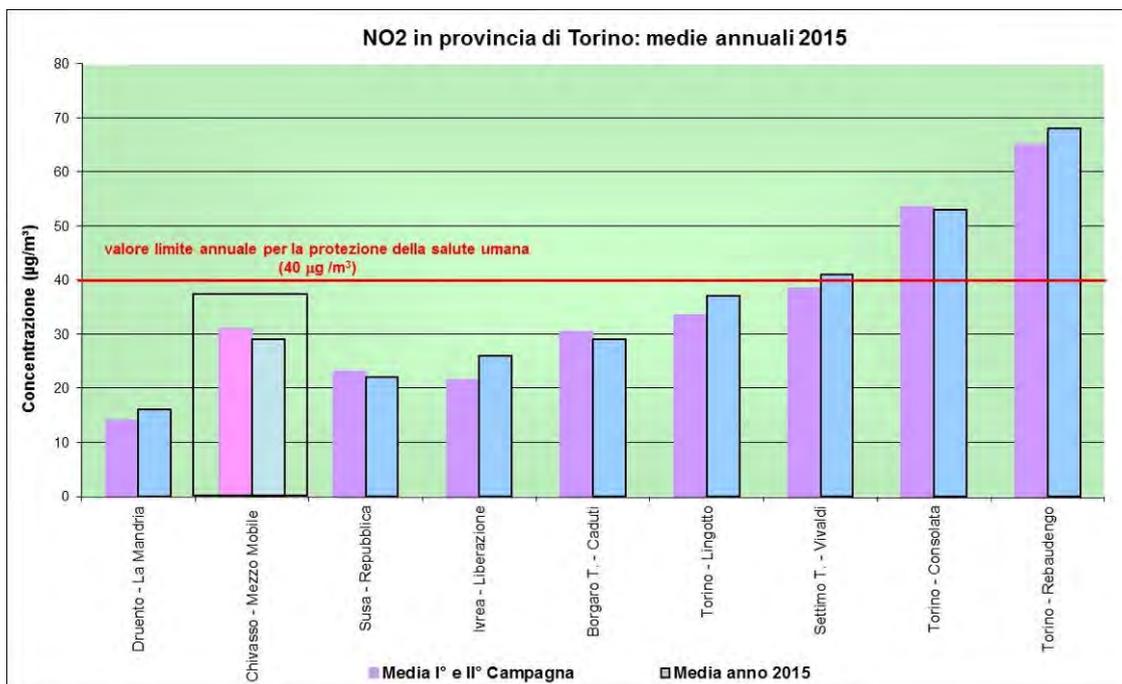


**Tabella 10** - NO<sub>2</sub> - confronto medie del periodo di monitoraggio con medie annuali 2015 nella provincia di Torino

	Inverno	Estate	media periodo campagne	Annuale 2015
Stazione	NO <sub>2</sub> (µg/m <sup>3</sup> )			
Ceresole Reale - Diga	3	5	4	5
Druento - La Mandria	24	4	14	16
Oulx - Roma	29	13	21	20
Susa - Repubblica	32	14	23	22
Chieri - Bersezio	36	11	24	25
Ivrea - Liberazione	35	8	22	26
<b>Borgaro T. - Caduti</b>	<b>48</b>	<b>13</b>	<b>31</b>	<b>29</b>
<b>Leini'(ACEA) - Grande Torino</b>	<b>42</b>	<b>11</b>	<b>27</b>	<b>31</b>
<b>TO - Mezzo Mobile</b>	<b>49</b>	<b>13</b>	<b>31</b>	<b>29 (*)</b>
Orbassano - Gozzano	44	16	30	35
<b>Collegno - Francia</b>	<b>52</b>	<b>25</b>	<b>39</b>	<b>36</b>
Torino - Lingotto	48	19	34	37
Carmagnola - I Maggio	49	27	38	38
<b>Settimo T. - Vivaldi</b>	<b>59</b>	<b>18</b>	<b>39</b>	<b>41</b>
Vinovo - Volontari	65	21	43	43
Torino - Rubino	58	20	39	44
Torino - Consolata	73	34	54	53
Torino - Rebaudengo	87	43	65	68
<b>media stazioni analoghe</b>	<b>51</b>	<b>18</b>	<b>35</b>	<b>36</b>

(\*)= media annuale NO<sub>2</sub> stimata

**Figura 27** - NO<sub>2</sub> - confronto medie annuali e medie del periodo nella provincia di Torino; la media annuale per il sito di Chivasso – Mezzo Mobile è stata stimata



Si sono calcolate le medie di NO<sub>2</sub>, per il periodo della campagna, delle stazioni considerate analoghe al sito monitoraggio in quanto collocate in prima cintura in area nord (Leini, Settimo) e ovest (Collegno); dal rapporto con la media dell'anno 2015 si è stimato un valore di concentrazione media annuale a Chivasso di 32 µg/m<sup>3</sup>, un po' più elevata di quella stimata utilizzando la sola stazione di Borgaro T.se ma comunque al di sotto dell'indicatore normativo annuale

## BENZENE E TOLUENE

Il benzene presente in atmosfera viene prodotto dall'attività umana, in particolare dall'uso del petrolio, degli oli minerali e dei loro derivati.

La maggior fonte di esposizione per la popolazione deriva dai gas di scarico degli autoveicoli, in particolare dei veicoli alimentati a benzina; stime effettuate a livello di Unione Europea attribuiscono a questa categoria di veicoli più del 70% del totale delle emissioni di benzene.

Il benzene è presente nelle benzine come tale e si produce inoltre durante la combustione a partire soprattutto da altri idrocarburi aromatici. La normativa italiana in vigore fissa, a partire dal 1 luglio 1998, il tenore massimo di benzene nelle benzine all'uno per cento.

L'unità di misura con la quale vengono misurate le concentrazioni di benzene è il microgrammo al metro cubo ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ).

Il benzene è una sostanza classificata:

- dalla Comunità Europea come cancerogeno di categoria 1, R45;
- dalla I.A.R.C. (International Agency for Research on Cancer) nel gruppo 1 (sostanze per le quali esiste un'accertata evidenza in relazione all'induzione di tumori nell'uomo);
- dalla A.C.G.I.H. (American Conference of Governmental Industrial Hygienists) in classe A1 (cancerogeno accertato per l'uomo).

Studi di mutagenesi evidenziano inoltre che il benzene agisce sul bagaglio genetico delle cellule. Con esposizione a concentrazioni elevate, superiori a milioni di ppb, si osservano danni acuti al midollo osseo. Una esposizione cronica può provocare la leucemia (casi di questo genere sono stati riscontrati in lavoratori dell'industria manifatturiera, dell'industria della gomma e dell'industria petrolifera). Stime dell'Organizzazione Mondiale della Sanità indicano che, a fronte di un'esposizione a  $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$  di benzene per l'intera vita, quattro persone ogni milione sono sottoposte al rischio di contrarre la leucemia.

La normativa vigente (DLgs 155 del 13/8/2010) prevede per il benzene un limite annuale pari  $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  da rispettare dal 2010 in avanti.

Durante le campagne di monitoraggio, vedi (*Tabella 11*), si registrano valori di benzene con una media del periodo pari a  $1,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$  in estate e  $2,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$  in inverno e un valore massimo di  $6,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$  verificatosi in inverno.

Dalla *Figura 28*, si può vedere come i dati di benzene a Chivasso abbiano valori intermedi tra quelli mediamente più alti delle stazioni di traffico come quella di Settimo T.se e quelli più bassi della stazione di fondo come Vinovo. Nel periodo invernale durante il quale è maggiore la criticità per questo inquinante i livelli misurati a Chivasso sono inferiori sia alle stazioni di traffico che a quelle di fondo.

La normativa vigente (D.Lgs. 155/2010) prevede per il benzene un valore limite annuale di  $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ; poiché la durata della campagna non è paragonabile all'arco temporale di riferimento del limite normativo, non è possibile un confronto diretto con le misure effettuate. Si può però considerare un valore stimato di media annuale ricavato dal rapporto fra la media delle medie giornaliere dei due periodi pari a  $2,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$  e un fattore ricavato come descritto nella nota.

### Nota

Si sono calcolate le medie di benzene, per il periodo della campagna, della stazione che ha registrato nei due periodi di misura livelli di concentrazione analoghe al sito di monitoraggio (Vinovo); dal rapporto con la media dell'anno 2015 si è calcolato il fattore che moltiplicato per il valore medio delle campagne a Chivasso permette di ricavare la stima annuale:

$$M_c = (m_c / m_p) \times M_p$$

dove

$m_c$ : media periodo campagne benzene Chivasso

$M_c$ : media stimata anno 2015 benzene Chivasso

$m_p$ : media periodo campagne benzene Vinovo

$M_p$ : media anno 2015 benzene Vinovo

Applicando tale procedimento, la media annuale stimata è pari a 2.1  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , (vedi [Figura 30](#)) valore inferiore al limite, ma superiore alla stazione fissa di Vinovo, in quanto il sito di Chivasso è maggiormente influenzato dal traffico, come si è osservato anche nelle considerazioni relative al monossido di azoto.

Per quanto riguarda il toluene la normativa italiana non prevede alcun limite, ma le linee guida del 2000 dell'Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS) indicano un valore di 260  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  come media settimanale.

Gli effetti del toluene sono stati studiati soprattutto in relazione all'esposizione lavorativa e sono stati dimostrati casi di disfunzioni del sistema nervoso centrale, ritardi nello sviluppo e anomalie congenite, oltre a sbilanci ormonali in donne e uomini.

**Tabella 11** – Dati relativi al benzene ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )

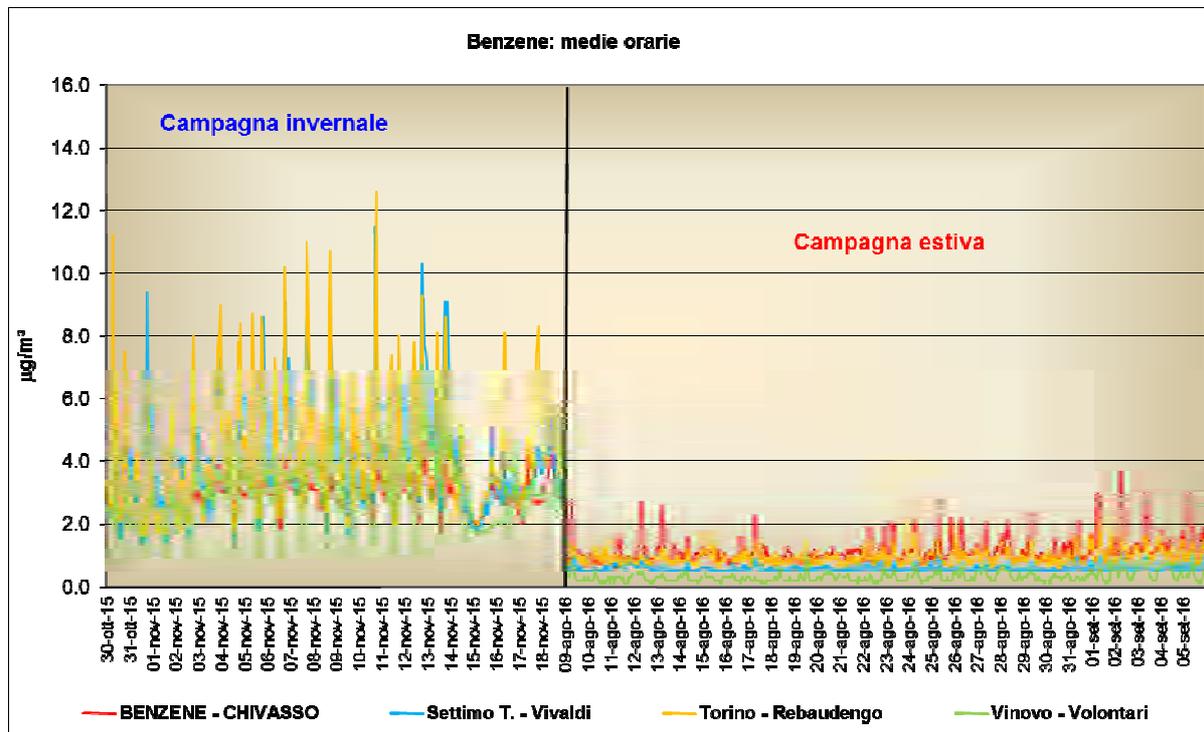
	Inverno	Estate
Minima media giornaliera	2.5	0.9
Massima media giornaliera	3.3	1.6
Media delle medie giornaliere (b):	2.9	1.2
Giorni validi	16	28
Percentuale giorni validi	80%	100%
Media dei valori orari	2.9	1.2
Massima media oraria	6.3	3.7
Ore valide	390	669
Percentuale ore valide	81%	100%

Per il toluene la massima media giornaliera è risultata essere di 4.4  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  in estate e 11.3  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  in inverno e la massima media oraria invernale è di 39.5  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  ([Tabella 12](#)), valori ben al di sotto del valore guida consigliato dall'OMS.

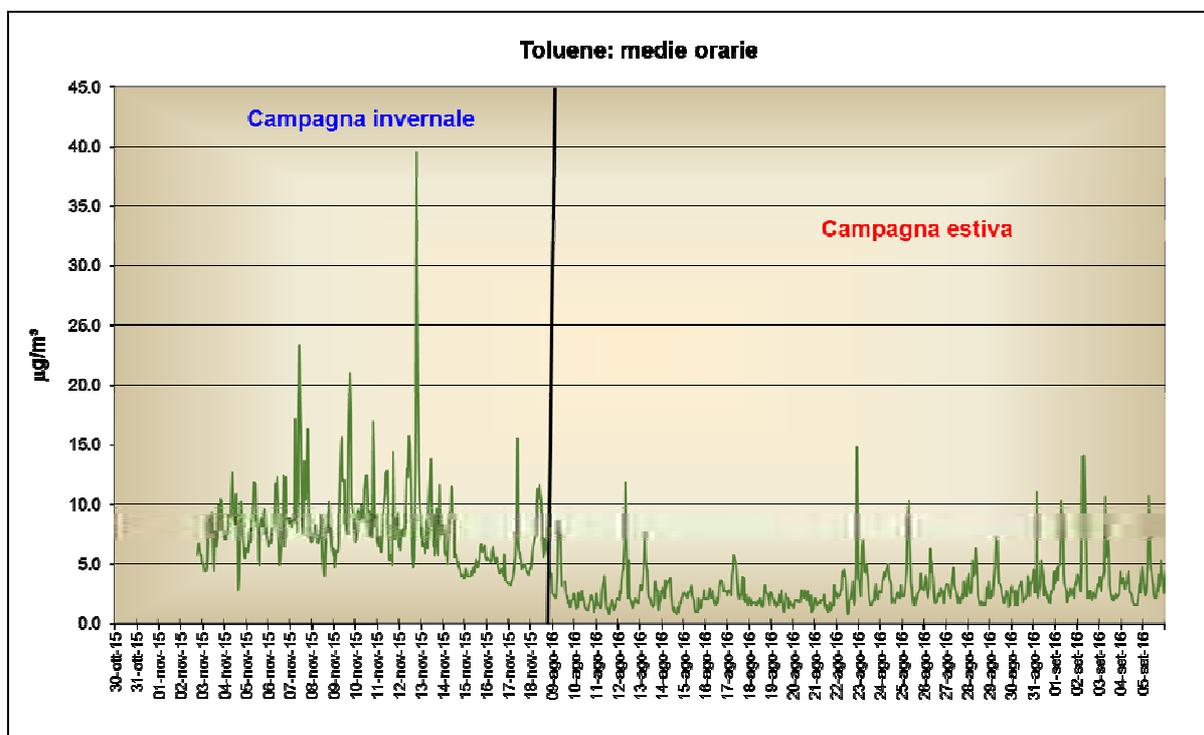
**Tabella 12** – Dati relativi al toluene ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )

	Inverno	Estate
Minima media giornaliera	4.9	1.7
Massima media giornaliera	11.3	4.4
Media delle medie giornaliere (b):	7.9	2.9
Giorni validi	16	28
Percentuale giorni validi	80%	100%
Media dei valori orari	7.9	2.9
Massima media oraria	39.5	14.8
Ore valide	390	669
Percentuale ore valide	81%	100%

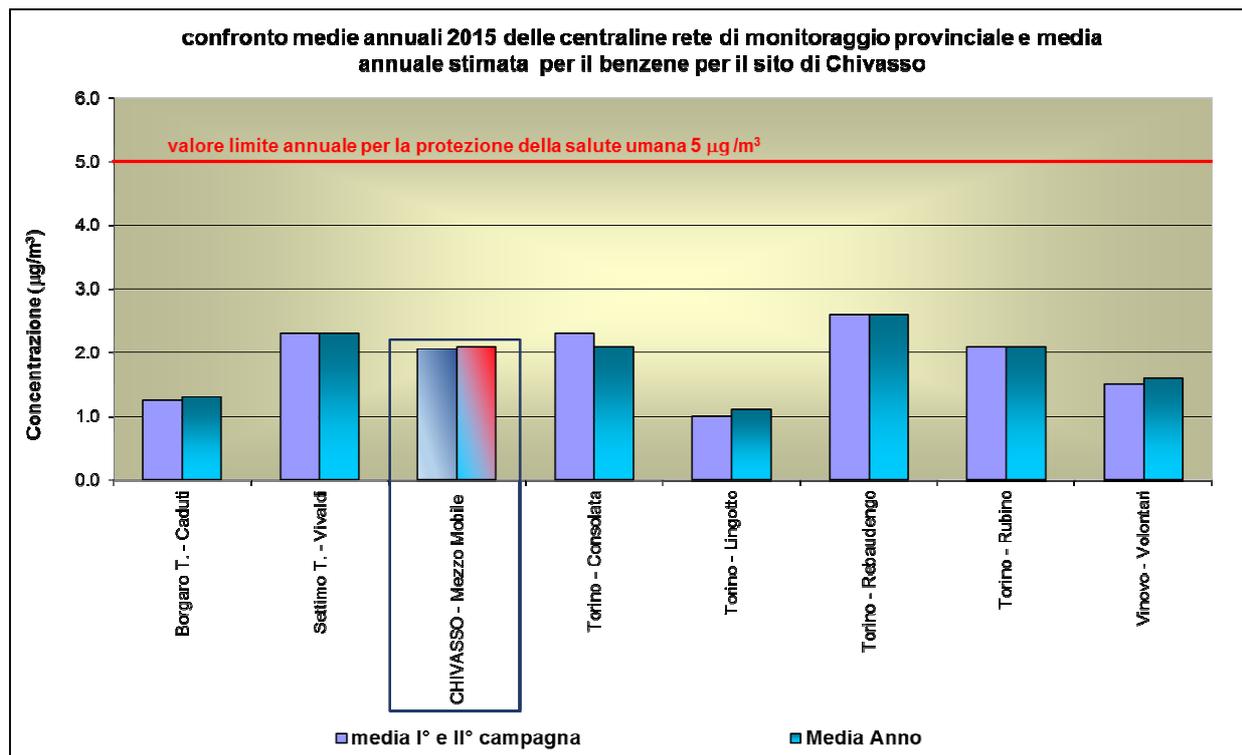
**Figura 28** – Benzene: andamento della concentrazione oraria nel corso delle campagne di monitoraggio



**Figura 29** – Toluene: andamento della concentrazione oraria nel corso della campagna di monitoraggio



**Figura 30** - Benzene confronto media annuale 2015 e media del periodo



*Errata corrige: si evidenzia un errore nella relazione relativa alla prima campagna di misura relativamente alla scala dell'asse delle ordinate nelle figure 21 e 22 relative al profilo orario del benzene e del Toluene*

## Particolato Sospeso (PM10 e PM2.5)

Il particolato sospeso è costituito dall'insieme di tutto il materiale non gassoso in sospensione nell'aria. La natura delle particelle aerodisperse è molto varia: ne fanno parte le polveri sospese, il materiale organico disperso dai vegetali, il materiale inorganico prodotto da agenti naturali, ecc... Nelle aree urbane il materiale può avere origine da lavorazioni industriali, dall'usura dell'asfalto, dei pneumatici, dei freni e dalle emissioni di scarico degli autoveicoli, in particolare quelli con motore diesel.

Il particolato è costituito anche da una componente secondaria, che si forma in atmosfera a seguito di complessi fenomeni chimico-fisici a carico da precursori originariamente emessi in forma gassosa.

Il rischio sanitario legato a questo tipo di inquinamento dipende, oltre che dalla concentrazione, anche dalle dimensioni delle particelle stesse; infatti le particelle con dimensioni inferiori costituiscono un pericolo maggiore per la salute umana in quanto possono penetrare in profondità nell'apparato respiratorio. Diversi studi epidemiologici hanno mostrato una correlazione tra la concentrazione di polveri nell'aria e la manifestazione di malattie croniche alle vie respiratorie, a causa degli inquinanti che queste particelle veicolano e che possono essere rilasciati negli alveoli polmonari.

La legislazione italiana, recependo quella europea, non ha più posto limiti per il particolato sospeso totale (PTS), ma, prima con il DM 60/2002 e successivamente con il DLgs 155/2010, ha previsto dei limiti esclusivamente per il particolato PM10, cioè la frazione con diametro aerodinamico inferiore a 10 µm, più pericolosa in quanto può raggiungere facilmente trachea e bronchi ed inoltre gli inquinanti adsorbiti sulla polvere possono venire a contatto con gli alveoli polmonari.

Inoltre il DLgs 155/2010 introduce un limite anche per il PM<sub>2.5</sub> (diametro aerodinamico inferiore ai 2.5 µm) calcolati come media annuale pari a 25 µg/m<sup>3</sup> da raggiungere entro il 1 gennaio 2015.

Nella prima campagna di monitoraggio invernale la media dei valori di concentrazione di particolato PM<sub>10</sub> è stata pari a 58 µg/m<sup>3</sup>, (vedi [Tabella 13](#)), con un valore massimo giornaliero di 89 µg/m<sup>3</sup> e 12 superamenti del valore giornaliero dei 50 µg/m<sup>3</sup>. I superamenti sono avvenuti tra il 2 e il 14 novembre in maniera analoga ad altre stazioni di confronto ([Figura 23](#)), successivamente i valori si sono abbassati a causa della maggiore instabilità atmosferica.

**Tabella 13** – Dati relativi al particolato sospeso PM10 (µg/m<sup>3</sup>)

	Inverno	Estate
Minima media giornaliera	25	8
Massima media giornaliera	89	46
Media delle medie giornaliere (b):	58	21
Giorni validi	18	28
Percentuale giorni validi	90%	100%
<u>Numero di superamenti livello giornaliero protezione della salute (50)</u>	<b>12</b>	<b>0</b>

I valori registrati durante la campagna hanno andamento simile a quelli registrati in altre stazioni provinciali e si collocano tra quelli della stazione di Settimo, Torino - Rebaudengo e quelli di Collegno, stazioni rappresentative del traffico urbano torinese.

Nella seconda campagna di monitoraggio la media dei valori di concentrazione di particolato PM<sub>10</sub> è inferiore alla prima campagna invernale per ragioni soprattutto meteorologiche. Nella campagna invernale si è registrata una media di 11 µg/m<sup>3</sup>, (vedi Tabella 13), con un valore massimo giornaliero di 19 µg/m<sup>3</sup>, e zero superamenti del valore giornaliero dei 50 µg/m<sup>3</sup>.

La durata delle due campagne non è paragonabile all'arco temporale di riferimento del limite normativo annuale (40 µg/m<sup>3</sup>) e non è possibile un confronto diretto con le misure effettuate. Si può però considerare un valore stimato di media annuale ricavato come descritto nella nota.

Applicando tale procedimento, la media annuale stimata è pari a 38 µg/m<sup>3</sup>, quindi al di sotto del limite normativo annuale (40 µg/m<sup>3</sup>), come si può vedere in Figura 23.

Per stimare il numero di superamenti nel corso dell'anno ci si è basati sulle elaborazioni effettuate per valutare quale sia la media annuale da conseguire per rispettare il valore limite giornaliero. Tali elaborazioni si possono reperire sull'edizione 2014 di "Uno Sguardo all'Aria" (Arpa Piemonte, Città Metropolitana di Torino), nel capitolo "Analisi del rapporto di correlazione fra media annuale e numero di superamenti del valore limite per il particolato PM<sub>10</sub> – La situazione nella Città Metropolitana di Torino nel quadro europeo". Sulla base di tali considerazioni il valore di media annuale "efficace" di PM<sub>10</sub>, che permette di rispettare anche il valore limite giornaliero, risulta pari a circa 24,7 µg/m<sup>3</sup> a livello piemontese, pertanto a Chivasso, avendo stimato una media annuale di 38 µg/m<sup>3</sup>, il numero di superamenti sarebbe superiore al limite, ossia ai 35 consentiti dalla legge in un anno. Ciò si conferma considerando l'analogia con le stazioni della rete fissa che, durante il periodo delle campagne, hanno registrato un numero di superamenti uguali o molto vicini come ad es. Collegno nel corso dell'anno ha avuto un totale di 81 superamenti.

In Figura 24 si riporta il confronto del numero di superamenti del limite giornaliero registrati, durante la campagna di misura, presso le stazioni di monitoraggio della rete provinciale e presso il sito del laboratorio mobile.

**Tabella 14** – Dati relativi al particolato sospeso PM<sub>2.5</sub> (µg/m<sup>3</sup>)

	Inverno	Estate
Minima media giornaliera	19	5
Massima media giornaliera	75	19
Media delle medie giornaliere (b):	49	11
Giorni validi	19	27
Percentuale giorni validi	95%	96%

*Nota*

Si sono calcolate le medie delle concentrazioni del PM<sub>10</sub> per il periodo delle campagne della stazione di Collegno, che presentava concentrazioni simili al sito di Chivasso; dal rapporto con la media dell'anno 2015 si è calcolato il fattore che moltiplicato per il valore medio delle campagne a Chivasso permette di ricavare la stima annuale:

$$M_c = (m_c / m_p) \times M_p$$

dove

**m<sub>c</sub>**: media periodo campagne PM<sub>10</sub> Chivasso

**M<sub>c</sub>**: media stimata anno 2015 PM<sub>10</sub> Chivasso

$m_p$ : media periodo campagne PM10 Collegno  
 $M_p$ : media anno 2015 PM10 Collegno

In Tabella 14 sono riportati i dati relativi al PM<sub>2,5</sub> durante le due campagne: la media dei valori di concentrazione di particolato PM<sub>2,5</sub> è stata pari a 11 µg/m<sup>3</sup> in estate e 49 µg/m<sup>3</sup> in inverno, con un valore massimo giornaliero di 75 µg/m<sup>3</sup> registrato il 12 novembre.

I valori sono molto simili alla stazione di fondo di Settimo T.se (Figura 36) e rappresentano circa l'80 % del PM<sub>10</sub>. Tale situazione indica che, in generale, buona parte della frazione che costituisce il particolato atmosferico PM<sub>2,5</sub> è di origine secondaria, e, in quanto tale, può aver avuto origine anche da emissioni di precursori in zone lontane rispetto al punto di campionamento.

Per stimare la media annuale si è seguito lo stesso procedimento utilizzato per il PM<sub>10</sub>, prendendo però come riferimento la stazione fissa di Settimo T.se. La stima annuale ottenuta è pari a 31 µg/m<sup>3</sup> e quindi superiore al valore limite annuale per la protezione della salute di 25 µg/m<sup>3</sup> imposto dal D.Lgs 155/2010 (Tabella 16). In termini relativi tale media annuale si situa nell'intorno dei valori più alti rilevabili a livello provinciale (vedi Figura 37).

**Tabella 15** - PM10 (µg/m<sup>3</sup>) confronto numero di superamenti limite giornaliero, concentrazioni medie del periodo e anno 2015

	campagna invernale		campagna estiva		periodo I° e II° campagna		anno 2015	
	media periodo [µg/m <sup>3</sup> ]	Numero di superamenti livello giornaliero protezione della salute (50)	media periodo [µg/m <sup>3</sup> ]	Numero di superamenti livello giornaliero protezione della salute (50)	media periodo [µg/m <sup>3</sup> ]	Numero di superamenti livello giornaliero protezione della salute (50)	media anno 2015 [µg/m <sup>3</sup> ]	Numero di superamenti livello giornaliero protezione della salute (50)
Baldissero T.(ACEA) - parco	25	2	14	0	20	1	17	8
Borgaro T. - Caduti	47	6	14	0	31	3	35	71
Susa - Repubblica	19	0	15	0	17	0	18	11
Druento - La Mandria	29	0	17	0	23	0	23	23
Ivrea - Liberazione	41	3	18	0	30	2	28	55
<b>CHIVASSO - Mezzo Mobile</b>	<b>58</b>	<b>12</b>	<b>21</b>	<b>0</b>	<b>40</b>	<b>6</b>	<b>38(*)</b>	
Collegno - Francia	54	12	21	0	38	6	36	81
Torino - Lingotto	62	13	21	0	42	7		86
Settimo T. - Vivaldi	60	8	16	0	38	4	39	98
Torino - Consolata	61	15	21	0	41	8	40	93
Carmagnola - I Maggio	62	15	26	0	44	8	41	107
Torino - Rebaudengo	68	19	21	0	45	10	43	101
Torino - Grassi	63	18	24	0	44	9	-	
Torino - Rubino	57	14	19	0	38	7	36	84
Oulx - Roma	16	0	17	0	17	0	18	7
Leini'(ACEA) - Grande Torino	51	9	19	0	35	5	36	84

(\*) media stimata

Contestualmente alla verifica dei parametri di legge tramite laboratorio mobile è stato installato un campionatore gravimetrico di polveri presso l'ex asilo di via Moro al fine di valutare i livelli di PM<sub>10</sub> in

quel contesto. Purtroppo durante il monitoraggio invernale, a causa di ripetuti guasti strumentali, non è stato possibile fare valutazioni su quest'area della città.

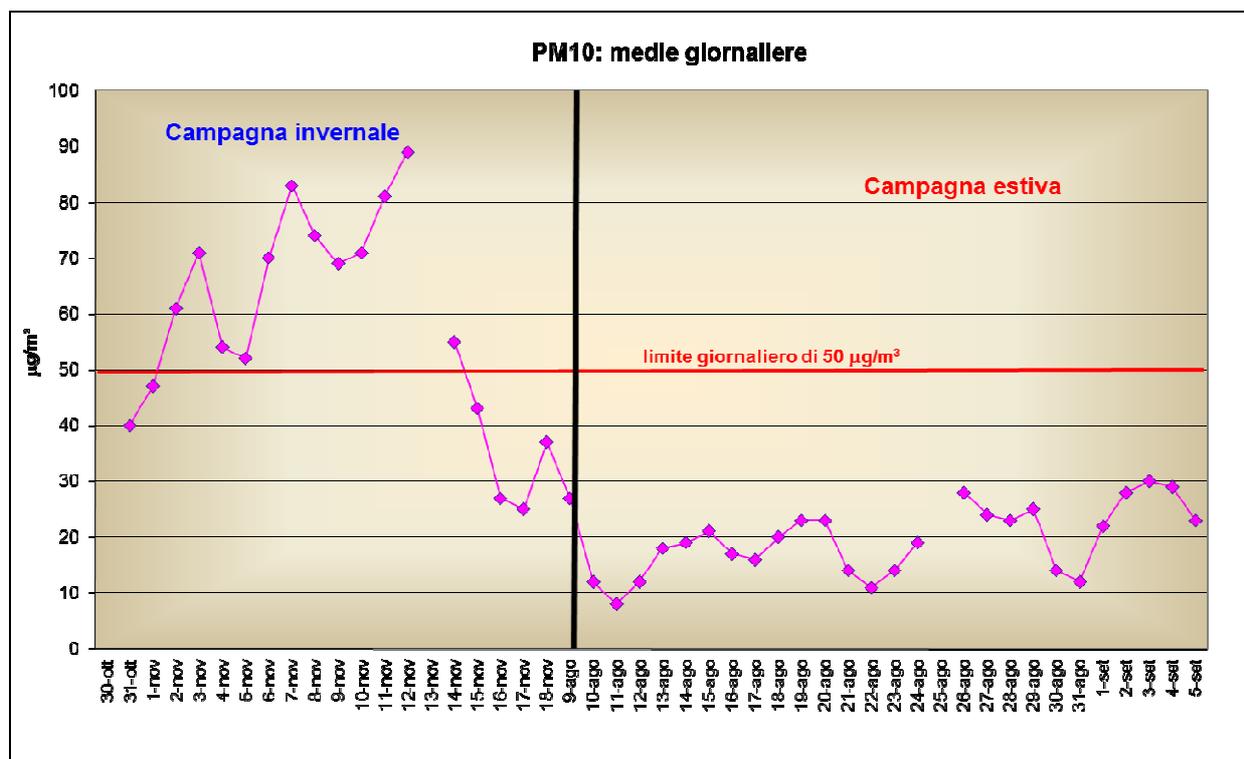
Nella *Figura 35* si riportano i livelli giornalieri registrati presso l'ex asilo di via Moro confrontandoli con quanto misurato sia presso il sito di viale Vittorio Veneto a Chivasso sia presso altre stazioni della rete fissa provinciale. I valori medi giornalieri misurati presso il sito di via Moro - Chivasso sono sempre inferiori non solo alle stazioni della rete fissa provinciale utilizzate per il confronto ma anche al sito di viale V. Veneto a Chivasso, maggiormente interessato dal traffico veicolare.

**Tabella 16:**  $PM_{2.5}$  ( $\mu g/m^3$ ) confronto, concentrazioni medie del periodo e anno 2015

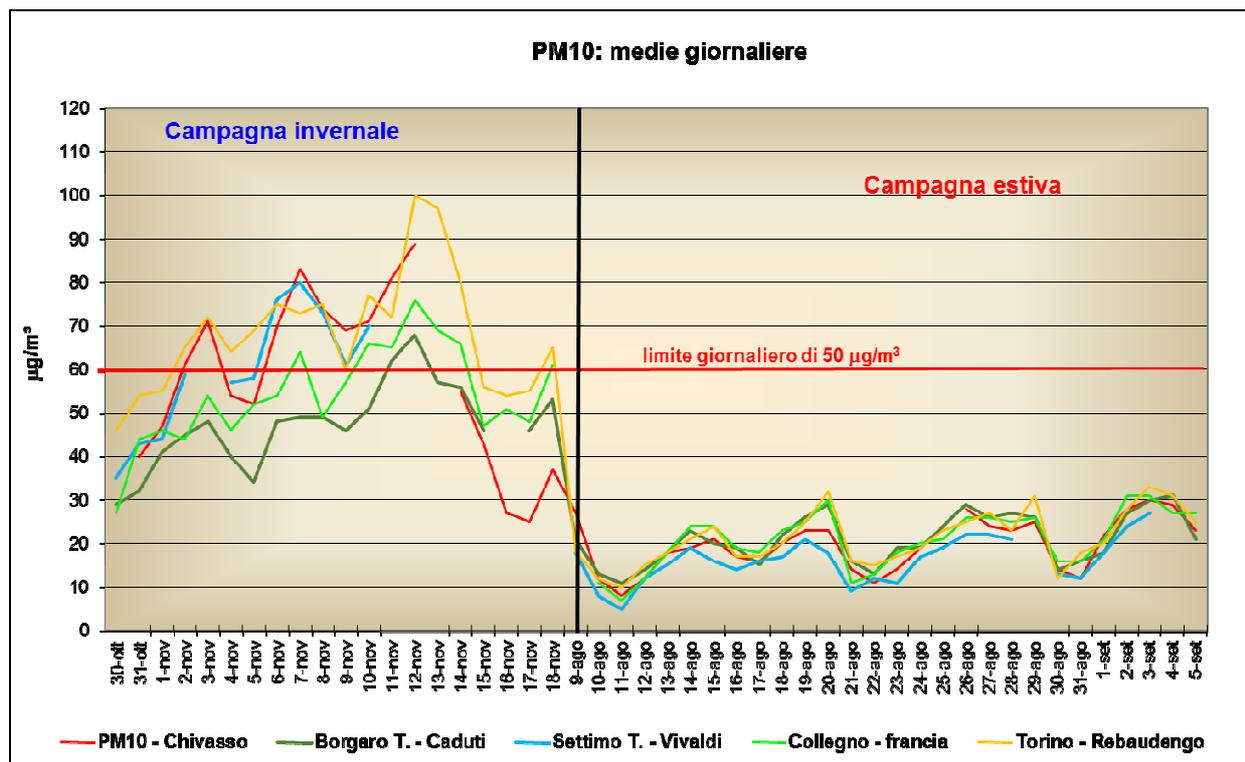
	campagna invernale	Campagna estiva	media campagne	anno 2015
	media periodo [ $\mu g/m^3$ ]			
Borgaro T. - Caduti	36	14	25	26
Chieri - Bersezio	41	12	27	24
Ivrea - Liberazione	34	12	23	24
Leini'(ACEA) - Grande Torino	43	11	27	30
Settimo T. - Vivaldi	48	12	30	31
<b>CHIVASSO - Mezzo Mobile</b>	<b>49</b>	<b>11</b>	<b>30</b>	<b>31 (*)</b>
Torino - Lingotto	46	12	29	27

(\*) media stimata

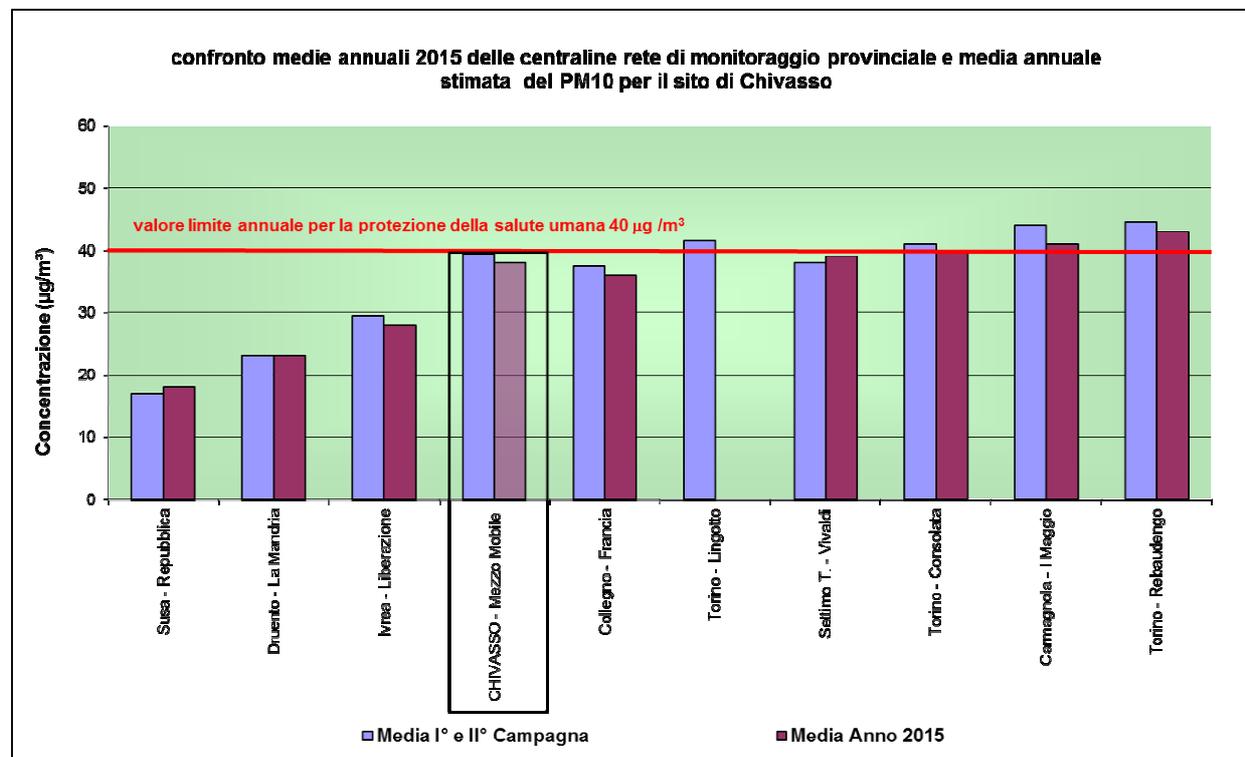
**Figura 31** – Particolato sospeso  $PM_{10}$ : confronto con il limite giornaliero per la protezione della salute



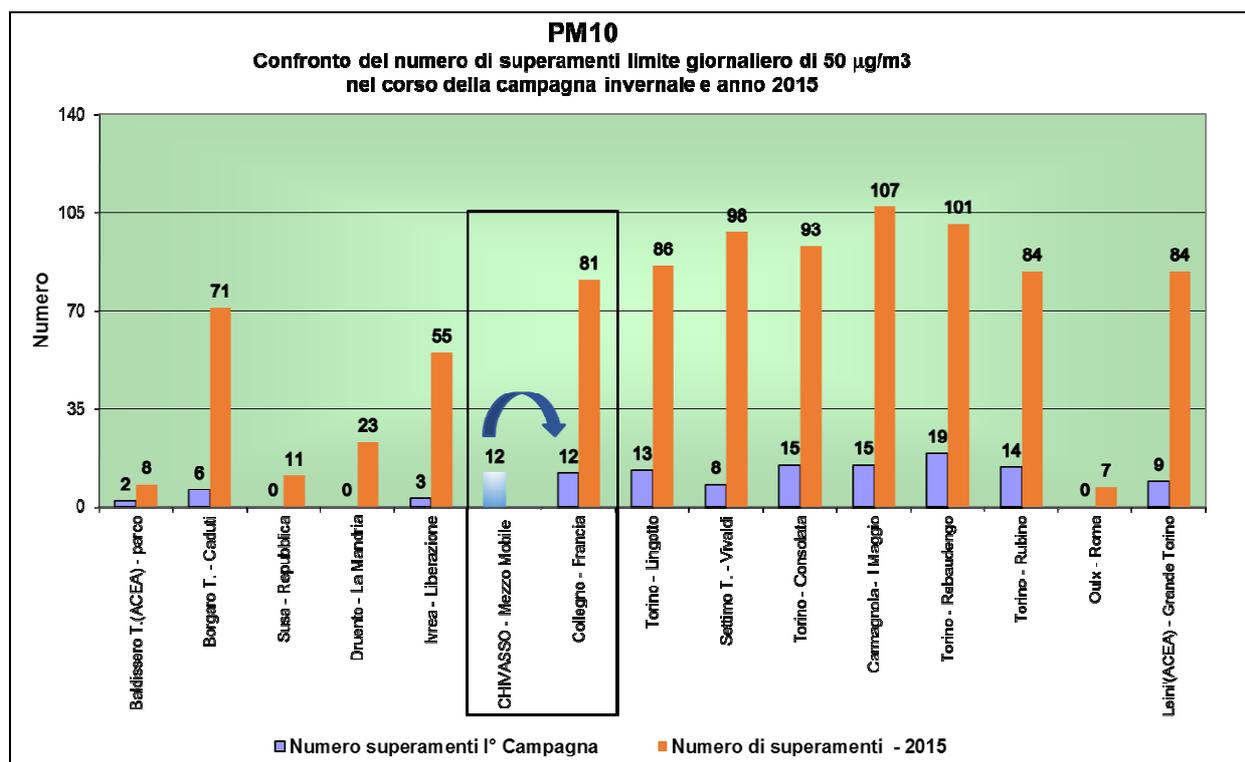
**Figura 32** – Particolato sospeso PM<sub>10</sub>: confronto concentrazioni medie giornaliere con alcune delle altre stazioni della rete di monitoraggio fissa



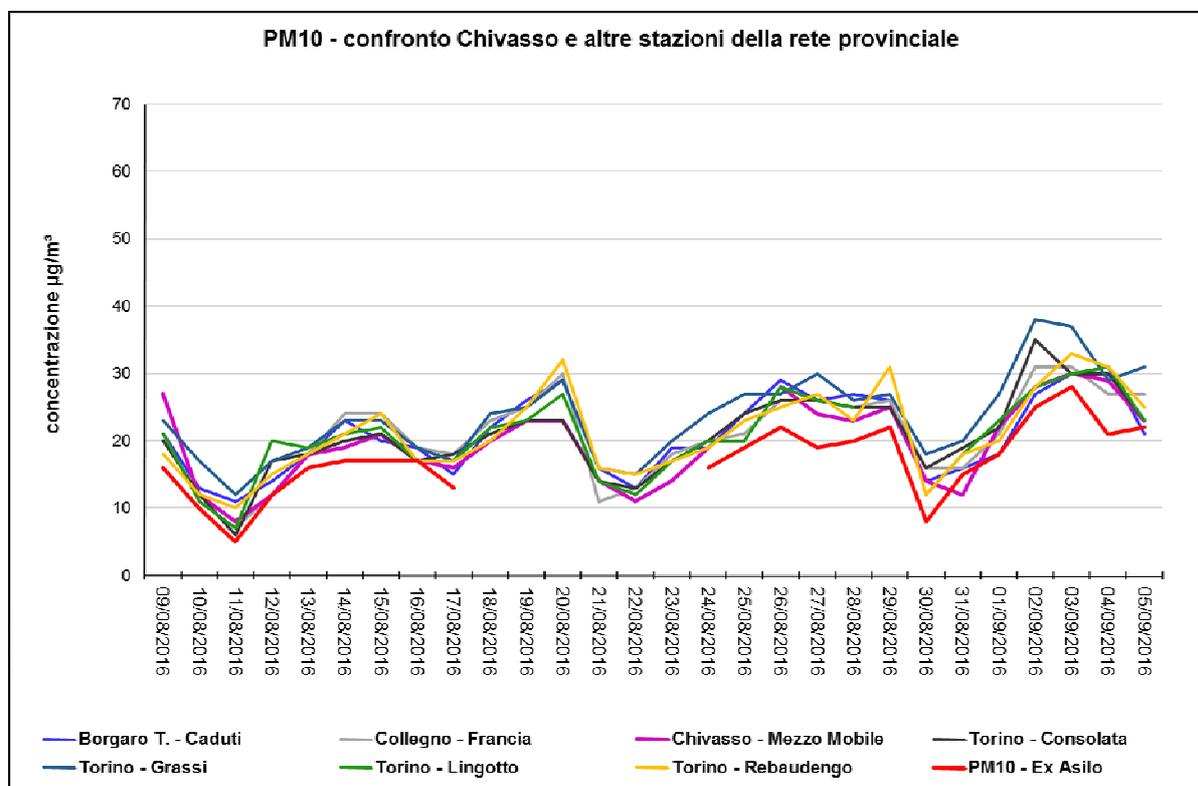
**Figura 33** - Particolato sospeso PM<sub>10</sub> confronto medie anno 2015 e medie del periodo nella provincia di Torino



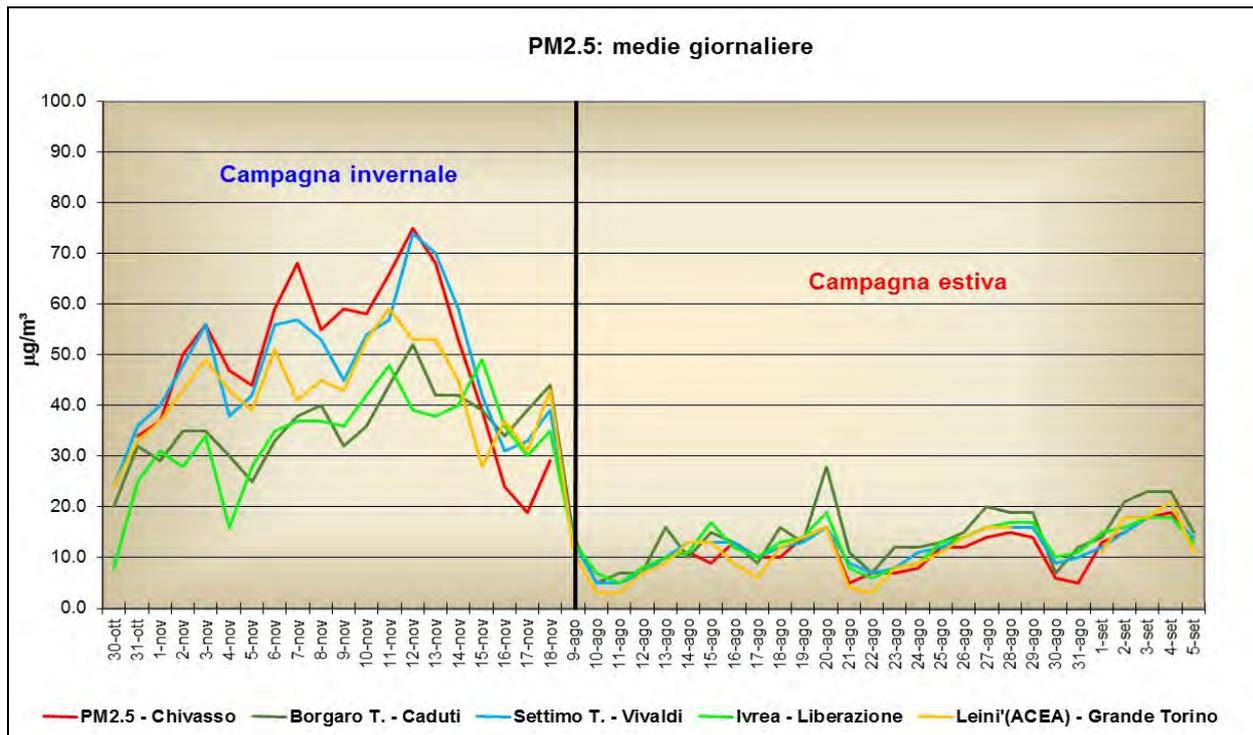
**Figura 34** - Particolato sospeso PM10 - numero di superamenti del valore limite giornaliero in provincia di Torino nel corso della prima campagna.



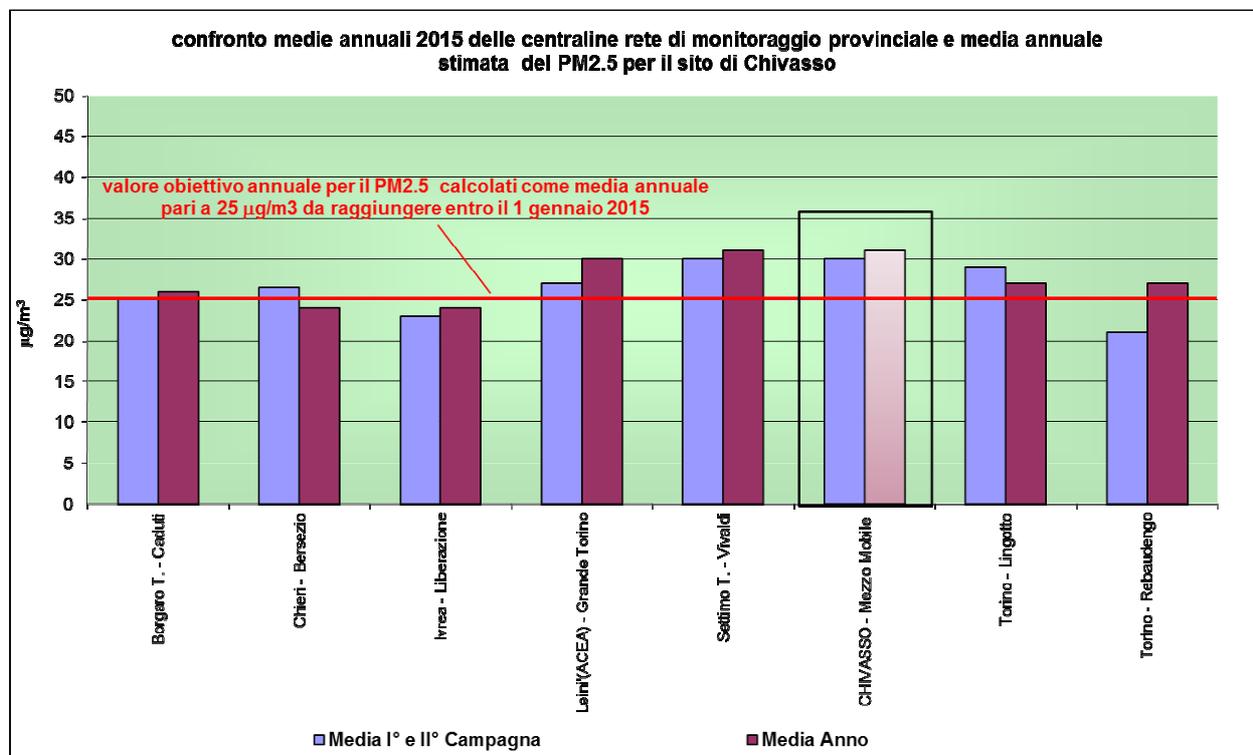
**Figura 35** - Particolato sospeso PM10 – confronto tra le medie giornaliere registrate presso i due siti di Chivasso e altre stazioni della rete.



**Figura 36** – Particolato sospeso PM<sub>2.5</sub>, confronto con i dati di altre stazioni di monitoraggio



**Figura 37** - Particolato sospeso PM<sub>2.5</sub> confronto medie anno 2015 e medie del periodo nella provincia di Torino



## Idrocarburi policiclici aromatici (IPA)

Gli idrocarburi policiclici aromatici, noti come IPA, sono un importante gruppo di composti organici caratterizzati dalla presenza di due o più anelli aromatici condensati. Gli IPA presenti in aria ambiente si originano da tutti i processi che comportano la combustione incompleta e/o la pirolisi di materiali organici. Le principali fonti di emissione in ambito urbano sono costituite dagli autoveicoli alimentati a benzina o gasolio e dalle combustioni domestiche e industriali che utilizzano combustibili solidi o liquidi. Tuttavia negli autoveicoli alimentati a benzina l'utilizzo di marmitte catalitiche riduce l'emissione di IPA dell'80-90%<sup>2</sup>. A livello di ambienti confinati il fumo di sigaretta e le combustioni domestiche possono costituire un'ulteriore fonte di inquinamento da IPA.

In termini generali la parziale sostituzione del carbone e degli oli combustibili con il gas naturale ai fini della produzione di energia ha costituito un indubbio beneficio anche in termini di emissioni di IPA. La diffusione della combustione di biomasse per il riscaldamento domestico, invece, se da un lato ha indubbi benefici in termini di bilancio complessivo di gas serra, dall'altro va tenuta attentamente sotto controllo in quanto la quantità di IPA emessi da un impianto domestico alimentato a legna è 5-10 volte maggiore di quella emessa da un impianto alimentato con combustibile liquido (kerosene, gasolio da riscaldamento, ecc.)<sup>3</sup>.

In termini di massa gli IPA costituiscono una frazione molto piccola del particolato atmosferico rilevabile in aria ambiente (< 0,1%) ma rivestono un grande rilievo tossicologico, specialmente quelli con 5 o più anelli, e sono per la quasi totalità adsorbiti sulla frazione di particolato con diametro aerodinamico inferiore a 2,5 µm.

In particolare il benzo(a)pirene (o 3,4-benzopirene), che è costituito da cinque anelli condensati, viene utilizzato quale indicatore di esposizione in aria per l'intera classe degli IPA. Il D.Lgs. 152/2007 individua anche altri sei idrocarburi policiclici aromatici di rilevanza tossicologica (art. 5.4) che vanno misurati al fine di verificare la costanza dei rapporti tra la loro concentrazione e quella del benzo(a)pirene stesso.

I dati ricavati da test su animali di laboratorio indicano che molti IPA hanno effetti sanitari rilevanti che includono l'immunotossicità, la genotossicità, e la cancerogenicità. Va comunque sottolineato che, da un punto di vista generale, la maggiore fonte di esposizione a IPA, secondo l'Organizzazione Mondiale della Sanità, non è costituita dall'inalazione diretta ma dall'ingestione di alimenti contaminati a seguito della deposizione del particolato atmosferico al suolo. In particolare il benzo(a)pirene, produce tumori a livello di diversi tessuti sugli animali da laboratorio ed è inoltre l'unico idrocarburo policiclico aromatico per il quale sono disponibili studi approfonditi di tossicità per inalazione, dai quali risulta che questo composto induce il tumore polmonare in alcune specie.

L'International Agency for Research on Cancer (IARC)<sup>4</sup> classifica il benzo(a)pirene nel gruppo 1 come "cancerogeno per l'uomo", il dibenzo(a,h)antracene nel gruppo 2A come "probabile cancerogeno per l'uomo" mentre tutti gli altri IPA sono inseriti nel gruppo 2B come "possibili cancerogeni per l'uomo".

La normativa italiana fissa un obiettivo di qualità solo per il benzo(a)pirene qui di seguito riportato.

**Tabella 17** - benzo(a)pirene, valori di riferimento e normativa in vigore

BENZO(A)PIRENE			
Riferimento normativo	Parametro di controllo	Periodo di osservazione	Valore di riferimento
VALORE OBIETTIVO (D.Lgs 155/2010)	media annuale	Anno (1 gennaio - 31 dicembre)	1 ng/m <sup>3</sup>

<sup>2</sup> European Commission Ambient air pollution by PAH –Position Paper , pag 8

<sup>3</sup> EMEP/CORINAIR Emission Inventory Guidebook – 2007 pag. B216-29 tab 8.1a e B216-32 tab 8.2 b

<sup>4</sup> International Agency for Research on Cancer (IARC) –Agents reviewed by the IARC monographs Volumes 1-100A last updated 2 april 2009

Analogamente agli altri inquinanti in cui esiste un limite di legge annuale (NO<sub>2</sub>, Benzene, PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub>) e visto che la durata del monitoraggio del sito di Chivasso è pari a due mesi distribuiti nel corso dell'anno in stagioni diverse, la media dei due mesi non è paragonabile all'arco temporale di riferimento del limite normativo; non è quindi possibile in termini formali un confronto diretto con il limite stesso.

Dall'analisi dei dati notiamo che il benzo(a)pirene e gli altri IPA monitorati presentano concentrazioni analoghe ad altri siti della rete di monitoraggio provinciale, aventi le stesse condizioni d'inquinamento (vedi *Figura 38* ÷ *Figura 41*); il valore medio sia di Benzo(a)pirene risulta molto vicino a quello registrato presso le stazioni di traffico come Torino - Rebaudengo e Settimo T.se - Vivaldi.

Si può però considerare anche in questo caso un valore stimato di media annuale ricavato come descritto nella nota. Applicando tale procedimento, si ottengono i valori di media annuale che sono stati messi a confronto con i valori delle altre stazioni della rete di monitoraggio della provincia di Torino in cui si determinano gli idrocarburi policiclici aromatici da cui emerge che presso il sito di Chivasso la media di BaP stimata è pari a 1.1 ng/m<sup>3</sup> quindi superiore al limite normativo.

#### Nota

Si sono calcolate le medie delle concentrazioni nel PM<sub>10</sub> dei quattro IPA (Benzo(a)antracene, Benzo(b+j+k)fluorantene, Benzo(a)pirene, Indeno(1, 2, 3-cd)pirene per il periodo delle campagne, utilizzando come riferimento le stazioni con livelli simili (Torino - Consolata e Torino - Lingotto); per la concentrazione nel PM<sub>2.5</sub> il confronto è stato eseguito con la stazione di Torino-Lingotto, l'unica della Provincia nella quale vengono analizzate le concentrazioni degli IPA nel PM<sub>2.5</sub>. Dal rapporto con la media dell'anno 2015 si è calcolato il fattore che, moltiplicato per il valore medio delle campagne a Chivasso, permette di ricavare la stima annuale:

$$M_c = (m_c / m_p) \times M_p$$

dove

**m<sub>c</sub>** : media periodo campagne per ogni parametro IPA di Chivasso

**M<sub>c</sub>** : media stimata anno 2015 per ogni parametro IPA di Chivasso

**m<sub>p</sub>** : media periodo campagne per ogni parametro IPA nelle due stazioni di Torino considerate

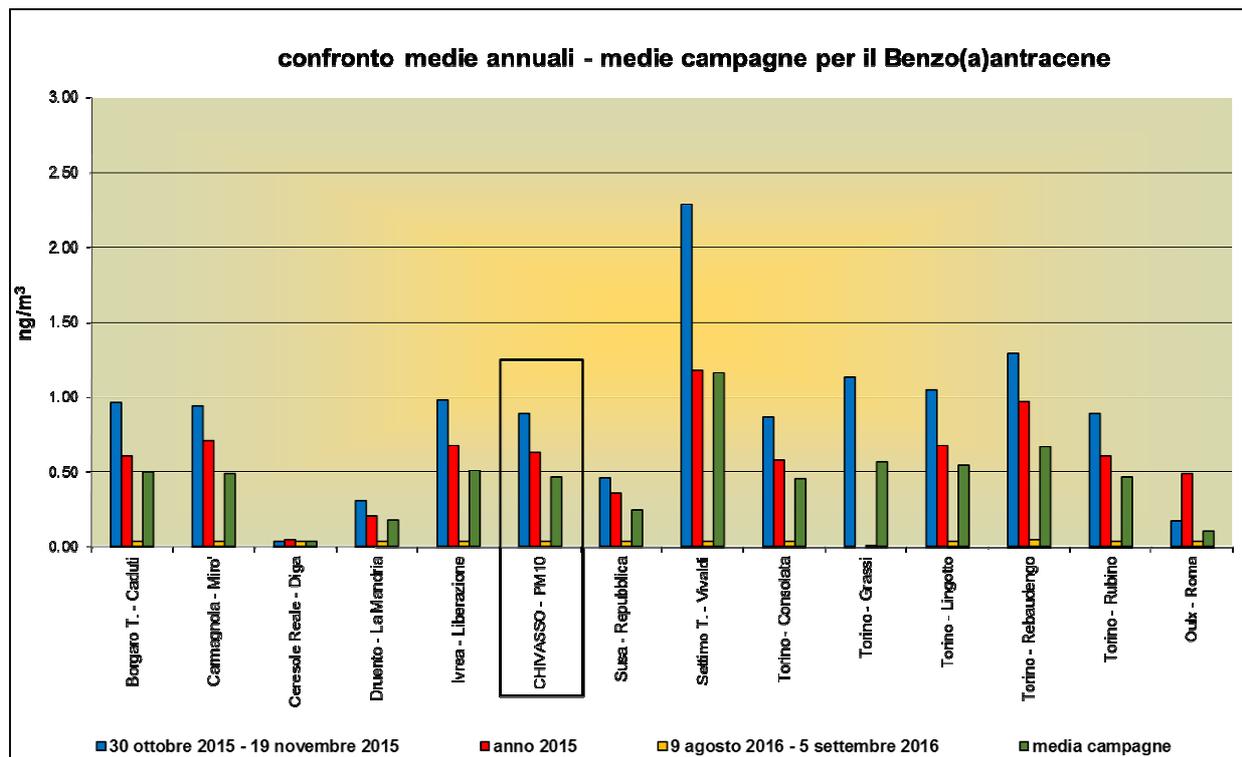
**M<sub>p</sub>** : media anno 2015 per ogni parametro IPA nelle due stazioni di Torino considerate

Gli IPA determinati sul particolato PM<sub>2.5</sub> seguono lo stesso andamento di quelli analizzati sul PM<sub>10</sub> e le concentrazioni riscontrate sono del tutto confrontabili, avvalorando l'ipotesi che i vari IPA vengono adsorbiti totalmente sul particolato più fine come documentato in letteratura.

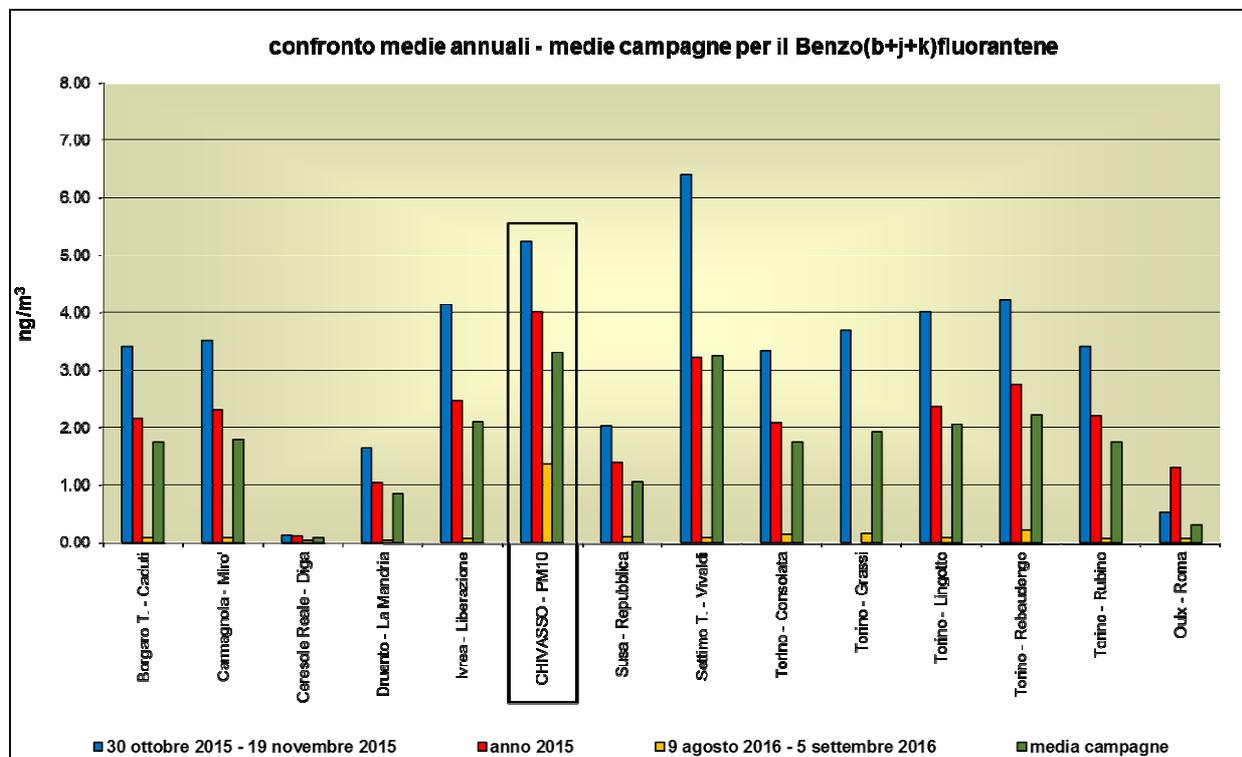
**Tabella 18** - Laboratorio mobile ARPA presso Chivasso- concentrazione IPA rilevati nel monitoraggio

Laboratorio mobile ARPA presso Chivasso - concentrazione IPA rilevati nel monitoraggio						
	Inverno		Estate		Media campagne	
	PM10	PM2.5	PM10	PM2.5	PM10	PM2.5
Benzo(a)antracene (ng/m <sup>3</sup> )	0.89	0.62	0.04	0.04	0.47	0.33
Benzo(b+j+k)fluorantene (ng/m <sup>3</sup> )	5.24	3.7	1.37	0.86	3.31	2.28
Benzo(a)pirene (ng/m <sup>3</sup> )	2.2	1.5	0.10	0.09	1.15	0.80
Indeno(1,2,3-cd)pirene (ng/m <sup>3</sup> )	2.08	1.54	1.27	1.04	1.68	1.29

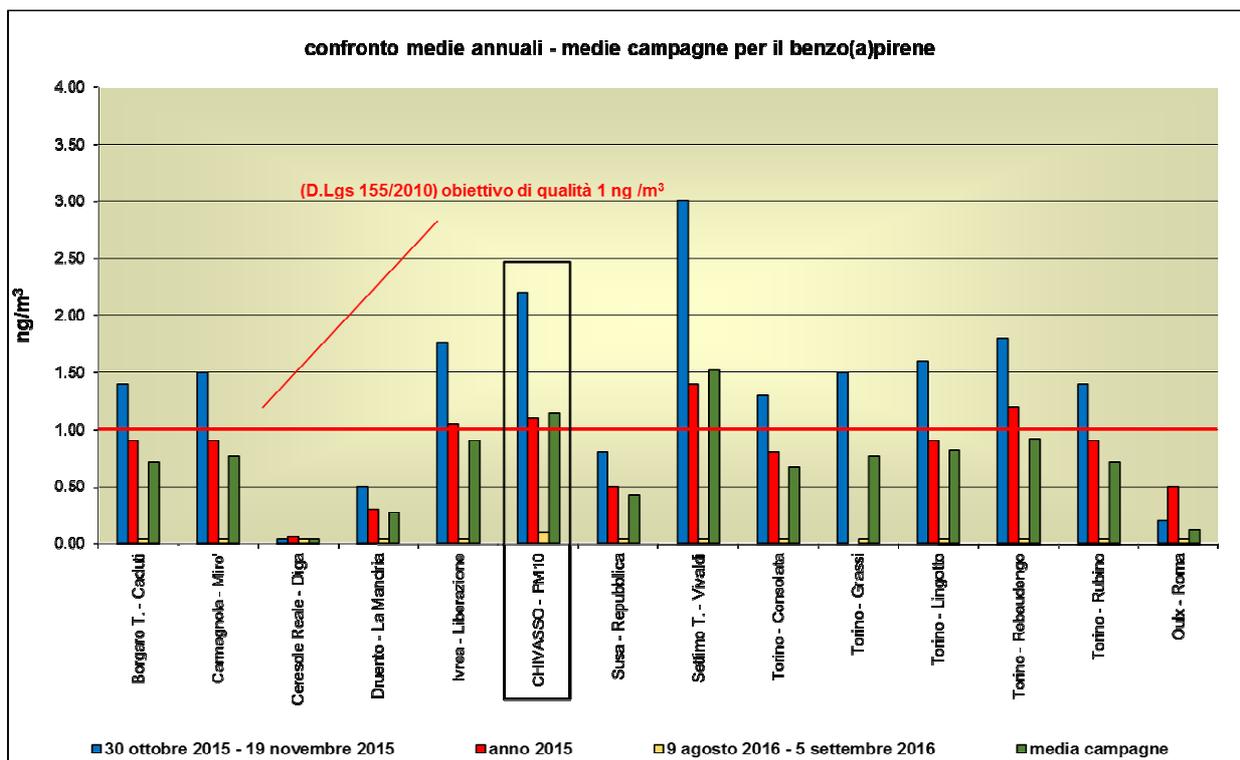
**Figura 38** - Benzo(a)antracene confronto della media campagna invernale e primaverile con media anno 2015 nella provincia di Torino



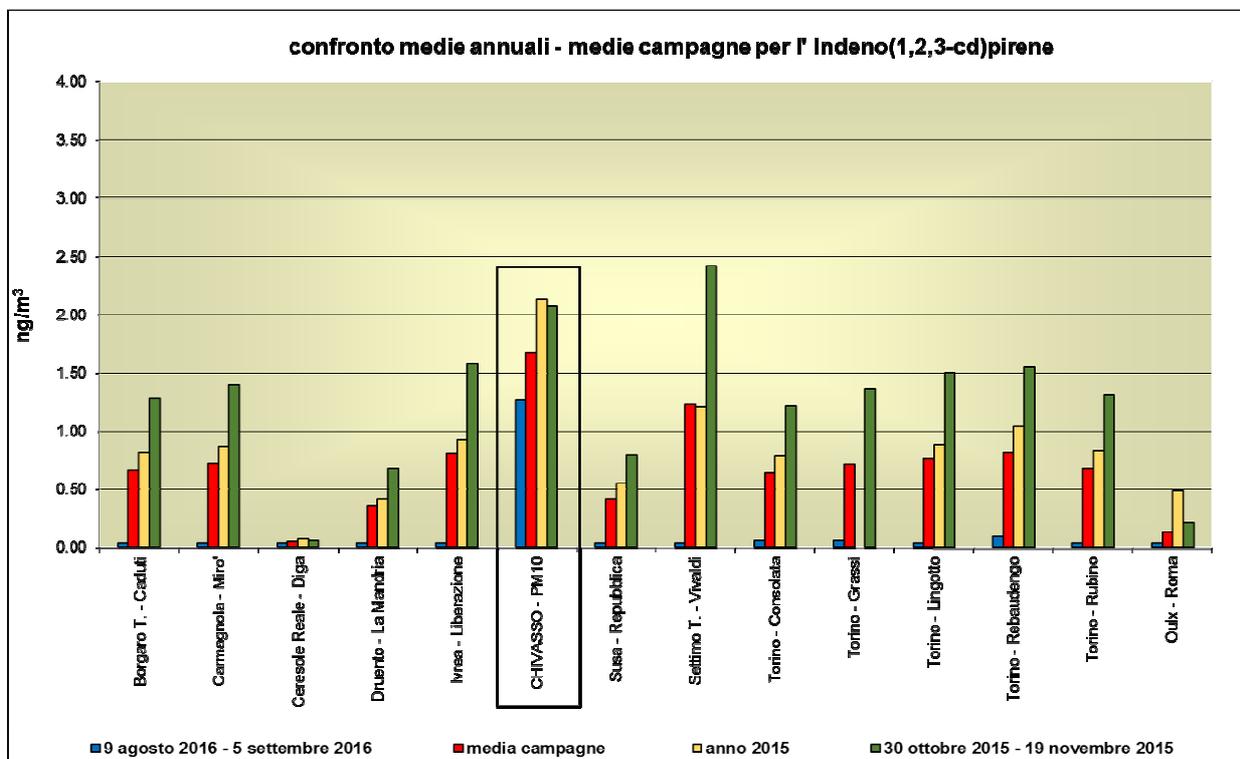
**Figura 39** - Benzo(b+j+k)fluorantene confronto della media campagna invernale e primaverile con media anno 2015 nella provincia di Torino



**Figura 40** - Benzo(a)pirene confronto della media campagna invernale e primaverile con media anno 2015 nella provincia di Torino



**Figura 41** - Indeno(1, 2, 3-cd)pirene confronto della media campagna invernale e primaverile con media anno 2015 nella provincia di Torino



## Metalli

I metalli pesanti costituiscono una classe di sostanze inquinanti estremamente diffusa nelle varie matrici ambientali. La loro presenza in aria, acqua e suolo può derivare da fenomeni naturali (erosione, eruzioni vulcaniche), ai quali si sommano gli effetti derivanti da tutte le attività antropiche.

Riguardo l'inquinamento atmosferico i metalli che maggiormente preoccupano sono generalmente As (arsenico), Cd (cadmio), Co (cobalto), Cr (cromo), Mn (manganese), Ni (nicel) e Pb (piombo), che sono veicolati dal particolato atmosferico.

La loro origine è varia, Cd, Cr e As provengono principalmente dalle industrie minerarie e metallurgiche; Cu dalla lavorazione di manufatti e da processi di combustione; Ni dall'industria dell'acciaio, della numismatica, da processi di fusione e combustione; Co e Zn da materiali cementizi ottenuti con il riciclaggio degli scarti delle industrie siderurgiche e degli inceneritori. L'incenerimento dei rifiuti può essere una fonte di metalli pesanti quali antimonio, cadmio, cromo, manganese, mercurio, stagno, piombo.

L'effetto dei metalli pesanti sull'organismo umano dipende dalle modalità di assunzione del metallo, nonché dalle quantità assorbite. Alcuni metalli sono oligoelementi necessari all'organismo per lo svolgimento di numerose funzioni quali il metabolismo proteico (Zn), quello del tessuto connettivo osseo e la sintesi dell'emoglobina (Cu), la sintesi della vitamina B12 (Co) e altre funzioni endocrino-metaboliche ancora oggetto di studio. L'assunzione eccessiva e prolungata di tali sostanze, invece, può provocare danni molteplici a tessuti e organi.

L'avvelenamento da zinco si manifesta con disturbi al sistema nervoso centrale, anemia, febbre e pancreatite. Il rame, invece, produce alterazioni della sintesi di emoglobina e del tessuto connettivo osseo oltre a promuovere epatiti, cirrosi e danni renali. L'intossicazione da cobalto provoca un blocco della captazione dello iodio a livello tiroideo con conseguente gozzo da ipotiroidismo, alterazioni delle fibre muscolari cardiache e disturbi neurologici. Cromo e nichel, sono responsabili, in soggetti predisposti, di dermatiti da contatto e di cancro polmonare. L'enfisema polmonare (per deficit di  $\alpha_1$  antitripsina) è la principale manifestazione dell'intossicazione cronica da cadmio, cui generalmente si accompagnano danni ai tubuli renali e osteomalacia. Sia il piombo, che l'arsenico, inoltre, sono responsabili di numerose alterazioni organiche. L'avvelenamento cronico da piombo (saturismo), ad esempio, è responsabile di anemia emolitica e danni neurologici.

Tra i metalli che sono più comunemente monitorati nel particolato atmosferico, quelli di maggiore rilevanza sotto il profilo tossicologico sono il nichel, il cadmio e il piombo. I composti del nichel e del cadmio sono classificati dalla Agenzia Internazionale di Ricerca sul Cancro come cancerogeni per l'uomo; l'Organizzazione Mondiale della Sanità stima che, a fronte di una esposizione ad una concentrazione di nichel nell'aria di  $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$  per l'intera vita, quattro persone su diecimila siano a rischio di contrarre il cancro.

Nella Tabella 19 sono riportati i valori obiettivo per As, Cd e Ni e il valore limite per la protezione della salute umana per il Pb previsti dal D.Lgs. 13/8/2010 n. 155.

**Tabella 19** - valori obiettivo per As, Cd e Ni e il valore limite per la protezione della salute umana per il Pb previsti dal D.Lgs. 13/8/2010 n. 155

<b>PIOMBO (Pb)</b>		
<b>VALORE LIMITE ANNUALE PER LA PROTEZIONE DELLA SALUTE UMANA</b>		
Periodo di mediazione	Valore limite (condizioni di campionamento)	Data alla quale il valore limite deve essere rispettato
Anno civile	0,5 µg/m <sup>3</sup>	1 gennaio 2005
<b>ARSENICO (As)</b>		
<b>VALORE OBIETTIVO DELLA MEDIA ANNUALE</b>		
Periodo di mediazione	Valore Obiettivo	Data alla quale il valore obiettivo deve essere rispettato
Anno civile	6 ng/m <sup>3</sup>	31 dicembre 2012
<b>CADMIO (Cd)</b>		
<b>VALORE OBIETTIVO DELLA MEDIA ANNUALE</b>		
Periodo di mediazione	Valore Obiettivo	Data alla quale il valore obiettivo deve essere rispettato
Anno civile	5 ng/m <sup>3</sup>	31 dicembre 2012
<b>NICHEL (Ni)</b>		
<b>VALORE OBIETTIVO DELLA MEDIA ANNUALE</b>		
Periodo di mediazione	Valore Obiettivo	Data alla quale il valore obiettivo deve essere rispettato
Anno civile	20 ng/m <sup>3</sup>	31 dicembre 2012

Anche per i quattro metalli monitorati nell'indagine, visto che la durata del monitoraggio di Chivasso oggetto della relazione è pari a circa due mesi distribuiti nel corso dell'anno in stagioni diverse, la media dei valori del periodo di campionamento non è paragonabile all'arco temporale di riferimento del limite normativo; non è quindi possibile in termini formali un confronto diretto con il limite stesso.

Si può però considerare un valore stimato di media annuale ricavato come descritto nella nota. Applicando tale procedimento, si ottengono i valori di media annuale che sono stati messi a confronto con i valori delle altre centraline della rete di monitoraggio della provincia di Torino in cui si determinano i metalli.

*Nota*

Si sono calcolate le medie delle concentrazioni nel PM<sub>10</sub> di nichel (Ni), cadmio (Cd), arsenico (As) e piombo (Pb) per il periodo delle campagne, della stazione di riferimento di Borgaro T.- Caduti; per le concentrazioni nel PM<sub>2.5</sub> il confronto è stato eseguito con la stazione di Torino-Lingotto, l'unica della Provincia nella quale sono state analizzate le concentrazioni dei metalli nel PM<sub>2.5</sub> fino al 2015. Dal rapporto con la media dell'anno 2015 si è calcolato il fattore che moltiplicato per il valore medio delle campagne a Chivasso permette di ricavare la stima annuale:

$$M_c = (m_c / m_p) \times M_p$$

dove

**m<sub>c</sub>**: media periodo campagne per ogni metallo Chivasso

**M<sub>c</sub>**: media stimata anno 2015 per ogni metallo Chivasso

**m<sub>p</sub>**: media periodo campagne per ogni metallo Borgaro - Caduti

**M<sub>p</sub>**: media anno 2015 per ogni metallo Borgaro T.- Caduti

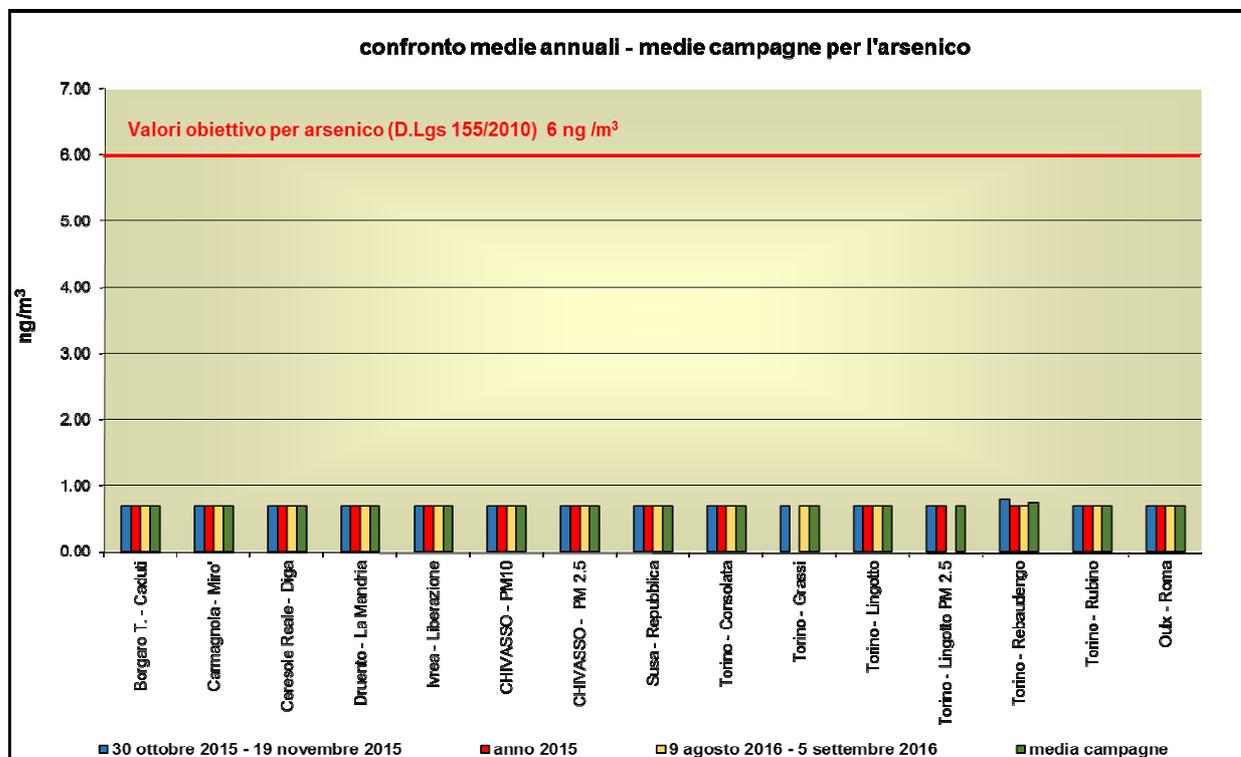
Il valore stimato di media annuale per tutti i metalli considerati è abbondantemente inferiore al valore obiettivo in vigore. Le concentrazioni di piombo, arsenico, nichel e cadmio sono omogenee in tutto il territorio provinciale, nelle stazioni analoghe al sito di monitoraggio (es. Carmagnola e Ivrea) ed inferiori alle stazioni site nella Città di Torino.

Le concentrazioni dei metalli determinati su PM<sub>2.5</sub> seguono lo stesso andamento di quelli analizzati su PM<sub>10</sub>, con concentrazioni confrontabili in tutti i casi tranne che per il nichel, che nel PM<sub>2.5</sub> è presente in quantità minore.

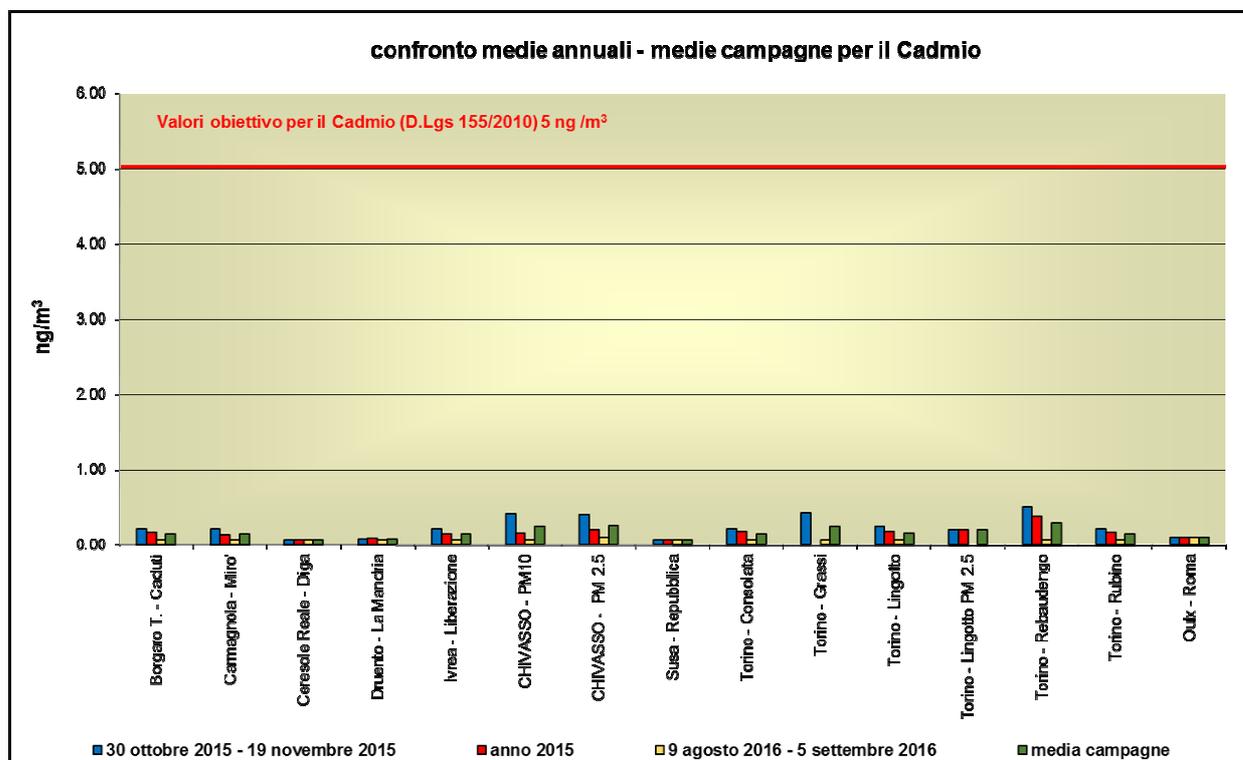
**Tabella 20** - Laboratorio mobile ARPA presso Chivasso - concentrazione dei quattro metalli rilevati nel monitoraggio

Laboratorio mobile ARPA presso Chivasso: concentrazione dei quattro metalli rilevati nel monitoraggio						
	Inverno		Estate		Media campagna	
	PM10	PM2.5	PM10	PM2.5	PM10	PM2.5
Arsenico (ng/m <sup>3</sup> )	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7
Cadmio (ng/m <sup>3</sup> )	0.4	0.4	0.1	0.1	0.2	0.2
Nichel (ng/m <sup>3</sup> )	4.6	3.9	0.7	0.7	2.7	2.3
Piombo (µg/m <sup>3</sup> )	0.019	0.019	0.001	0.001	0.010	0.010

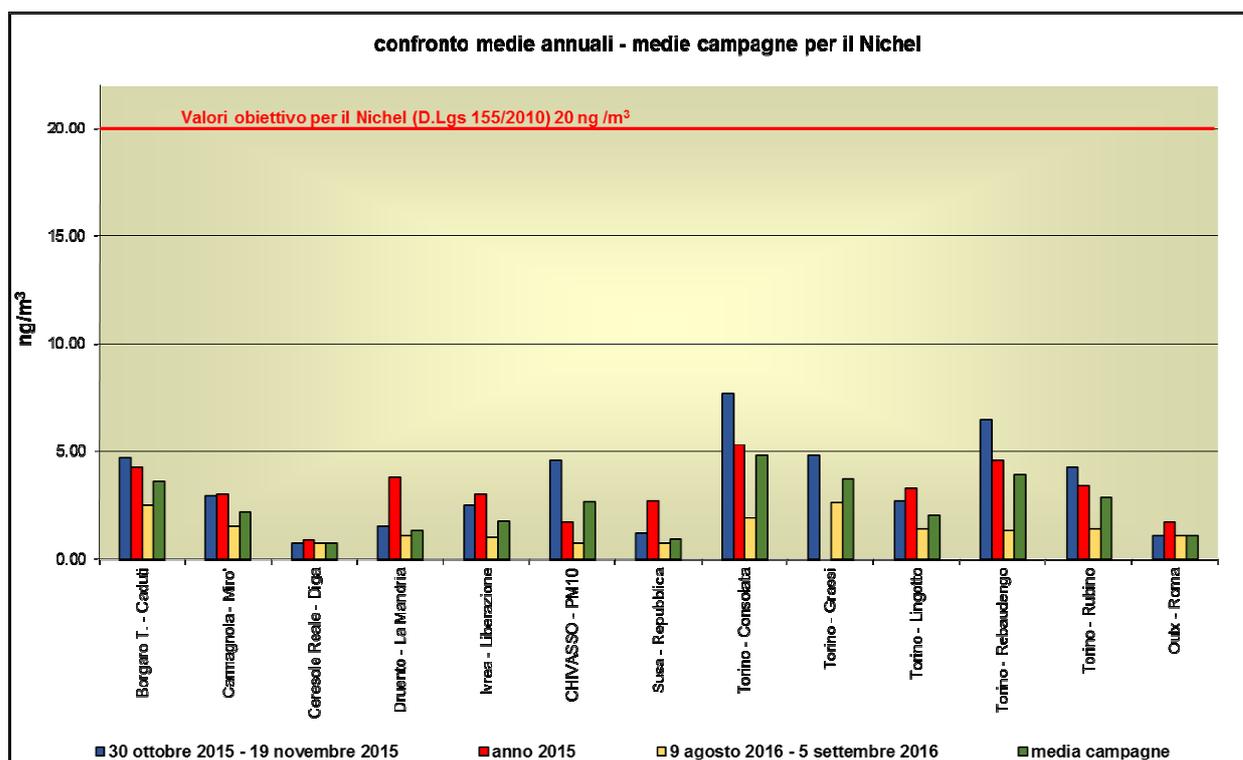
**Figura 42** - Arsenico confronto della media campagna invernale e primaverile con media anno 2015 nella provincia di Torino



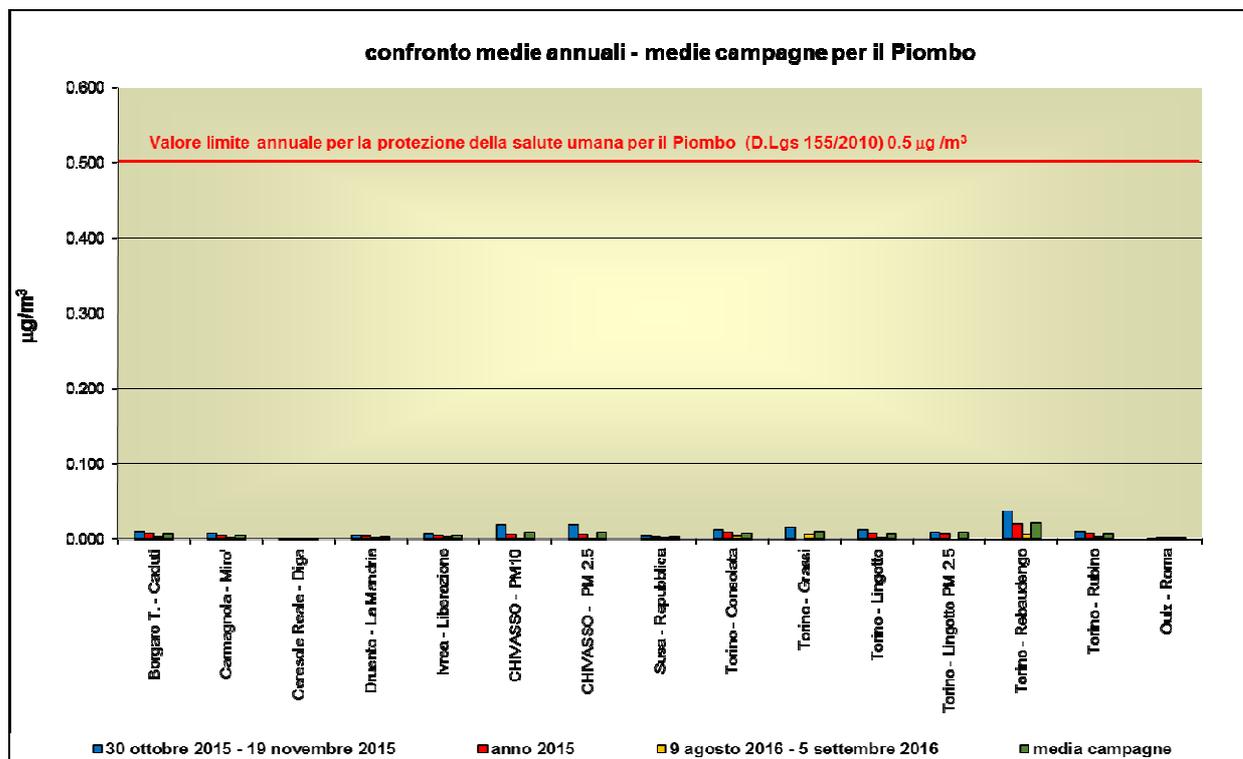
**Figura 43** - Cadmio confronto della media campagna invernale e primaverile con media anno 2015 nella provincia di Torino



**Figura 44** - Nichel confronto della media campagna invernale e primaverile con media anno 2015 nella provincia di Torino



**Figura 45** - Piombo confronto della media campagna invernale e primaverile con media anno 2015 nella provincia di Torino

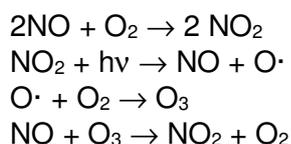


## Ozono

L'ozono è un gas con elevato potere ossidante, di odore pungente. L'ozono presente nella troposfera, lo strato più basso dell'atmosfera, è un inquinante non direttamente emesso da fonti antropiche, che si genera in atmosfera grazie all'instaurarsi di un ciclo di reazioni fotochimiche (favorite da un intenso irraggiamento solare) che coinvolgono principalmente gli ossidi di azoto (NOx) e i composti organici volatili (VOC).

I valori più alti di tale inquinante si raggiungono nella stagione calda quando la radiazione solare e la temperatura media dell'aria raggiungono i valori più alti dell'anno.

In forma semplificata, si possono riassumere nel modo seguente le reazioni coinvolte nella formazione di questo inquinante:



L'elevato potere ossidante dell'ozono è in grado di produrre infiammazioni e danni all'apparato respiratorio più o meno gravi, in funzione della concentrazione cui si è esposti, della durata dell'esposizione e della ventilazione polmonare, in particolar modo nei soggetti sensibili (asmatici, bambini, anziani, soggetti aventi patologie respiratorie).

Durante la campagna primaverile non si sono registrati superamenti dei valori di riferimento della normativa, con un valore medio di 58  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , e un valore massimo di 136  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , vedi [Tabella 21](#).

In inverno i valori sono molto più bassi dei periodi più caldi, la media dei valori orari è stata di 9  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , con una massima media oraria di 102  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ; non si sono registrati superamenti.

Dal grafico in [Figura 46](#), si può vedere come i valori di picco non sono superino quelli delle altre stazioni usate come confronto.

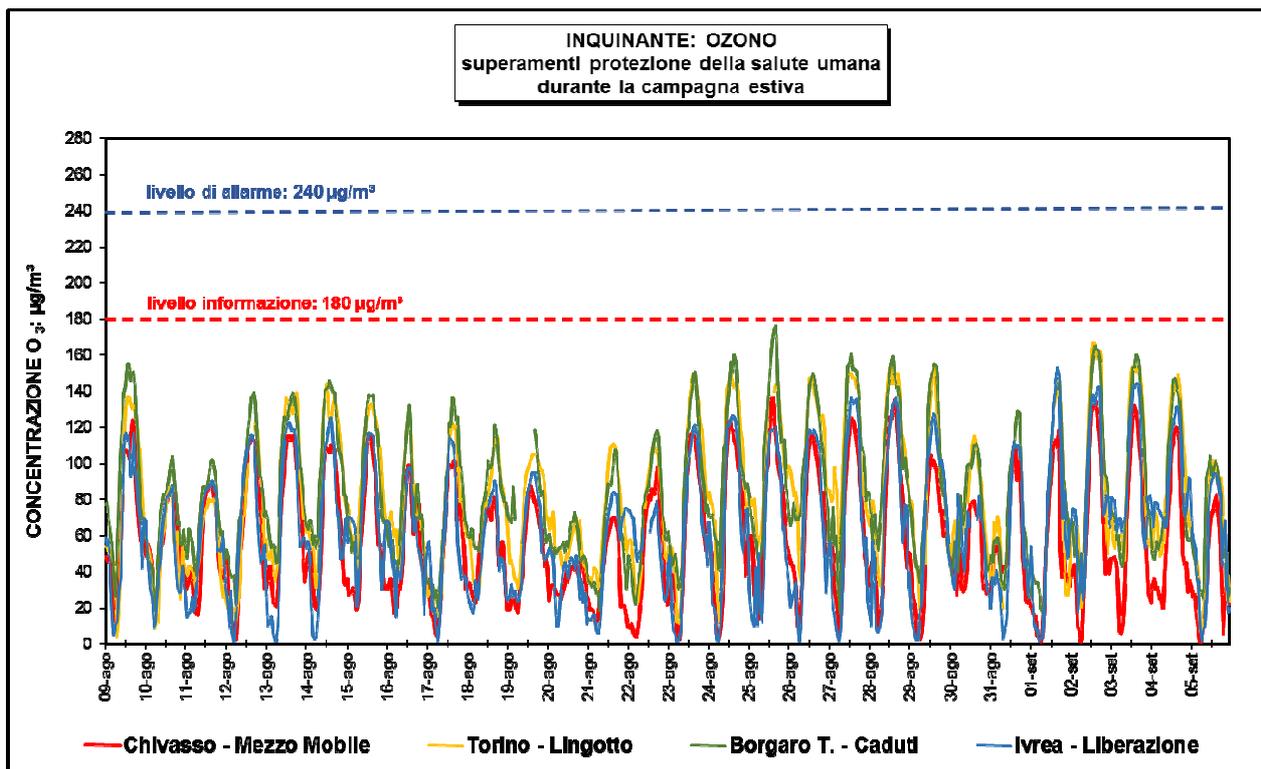
Nel grafico di [Figura 46](#) invece è possibile notare la correlazione dei dati di ozono con i valori di radiazione solare, a confronto nelle due campagne di monitoraggio. Come si può notare le più elevate temperature primaverili ed il maggiore irraggiamento solare hanno favorito una superiore formazione di ozono nella campagna primaverile rispetto a quella invernale.

I valori più alti di ozono sono tipici del periodo estivo, l'ozono infatti viene prodotto in atmosfera a partire da altri inquinanti a seguito di reazioni di tipo fotochimico, per cui è un inquinante critico nei mesi più caldi dell'anno.

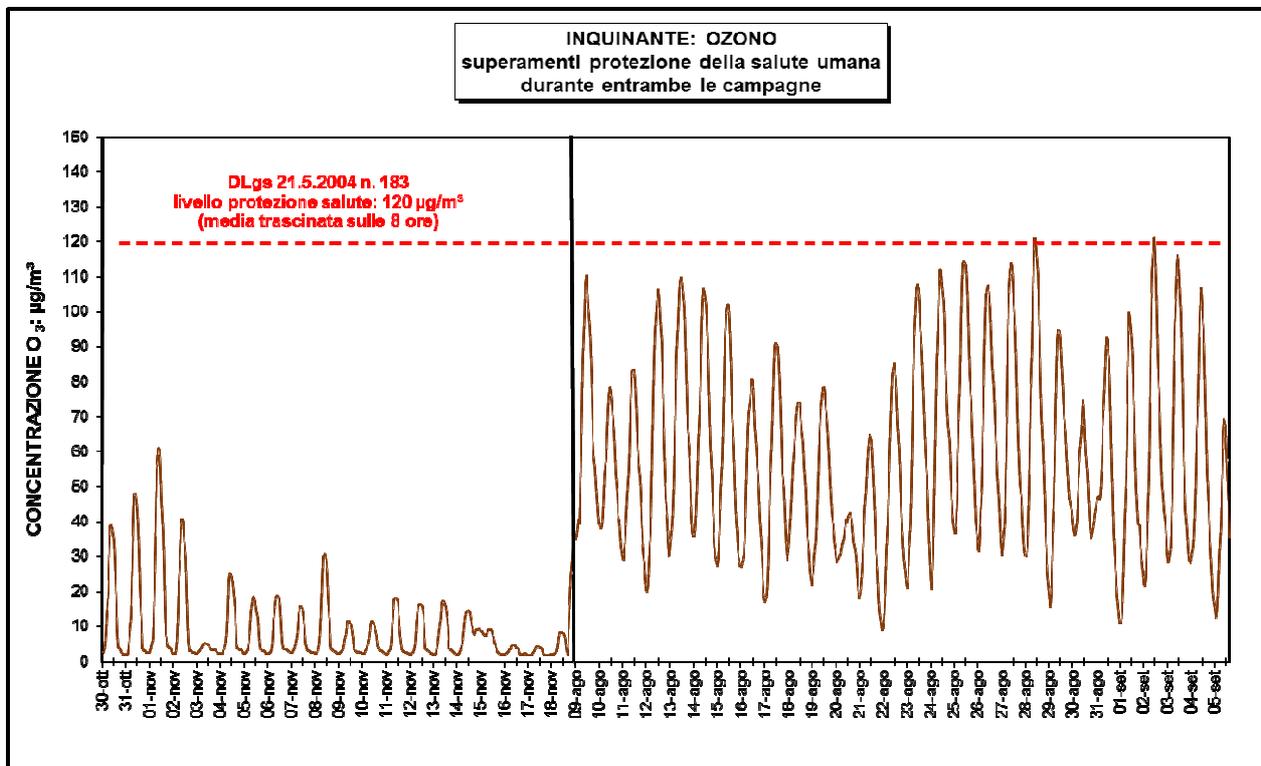
**Tabella 21** – Dati relativi all'ozono (O<sub>3</sub>) (µg/m<sup>3</sup>)

	Inverno	Estate
Minima media giornaliera	3	35
Massima media giornaliera	24	75
Media delle medie giornaliere (b):	9	58
Giorni validi	20	28
Percentuale giorni validi	100%	100%
Media dei valori orari	9	58
Massima media oraria	102	136
Ore valide	480	670
Percentuale ore valide	100%	100%
Minimo medie 8 ore	2	9
Media delle medie 8 ore	9	58
Massimo medie 8 ore	61	121
Percentuale medie 8 ore valide	100%	100%
<u>Numero di superamenti livello protezione della salute su medie 8 ore (120)</u>	0	3
<u>Numero di superamenti dell'obiettivo a lungo termine per la protezione della salute umana (max media 8h &gt; 120)</u>	0	2
<u>Numero di superamenti livello informazione (180)</u>	0	0
<u>Numero di giorni con almeno un superamento livello informazione (180)</u>	0	0
<u>Numero di valori orari superiori al livello allarme (240)</u>	0	0
<u>Numero di superamenti livello allarme (240 per almeno 3 ore consecutive)</u>	0	0
<u>Numero di giorni con almeno un valore superiore al livello allarme (240)</u>	0	0

**Figura 46** – O<sub>3</sub>: andamento della concentrazione oraria e confronto con i limiti di legge nel periodo primaverile



**Figura 47** - O<sub>3</sub>: confronto con i limiti di legge (media trascinata sulle 8 ore)

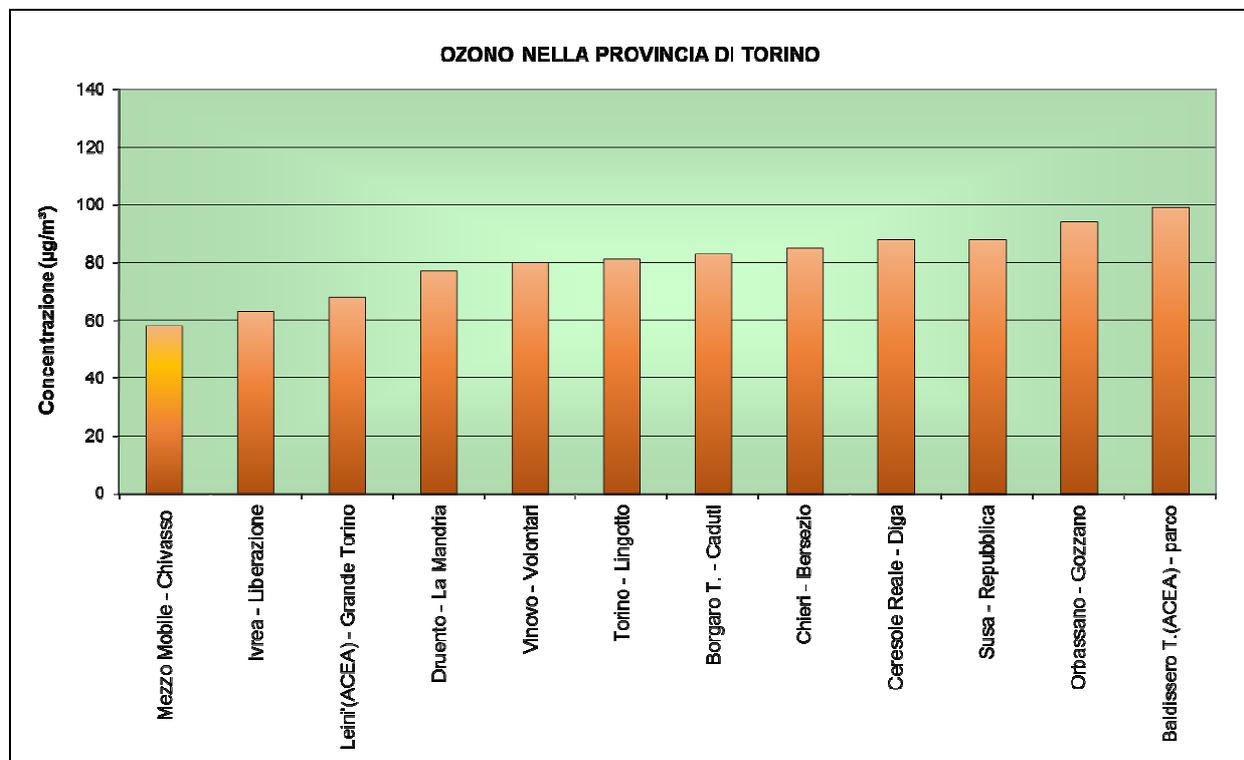


**Figura 48** - O<sub>3</sub> - andamento della concentrazione oraria e confronto con radiazione solare globale



Nella *Figura 50* si riporta il confronto tra le medie del periodo estivo registrate a Chivasso con il laboratorio mobile e gli analoghi valori misurati nelle altre stazioni della rete fissa rispetto alla quale il sito di Chivasso presenta un valore medio inferiore a quello delle stazioni fisse prese come riferimento.

**Figura 50** -  $O_3$  confronto delle medie del periodo 17 marzo – 8 aprile 2015



## CONCLUSIONI

Lo stato della qualità dell'aria che emerge dalla campagna di monitoraggio del comune di Chivasso risulta simile a quello misurato in siti maggiormente influenzati dal traffico urbano, come ad esempio Settimo Torinese.

Le soglie di allarme non sono mai state superate per gli inquinanti (ozono, biossido di zolfo e biossido di azoto), per i quali la normativa prevede tale tipo di limite; sono inoltre stati rispettati i valori limite per la protezione della salute umana su base oraria e giornaliera per biossido di zolfo, monossido di carbonio e biossido di azoto ovvero tutti gli inquinanti per i quali sono previsti dalla normativa specifici valori di riferimento sul breve periodo, ad eccezione del particolato atmosferico PM<sub>10</sub>. Infatti, per quest'ultimo sono stati registrati dodici superamenti del valore limite giornaliero per la protezione della salute (50 µg/m<sup>3</sup>); il numero massimo di giorni di superamento consentito dalla normativa è di 35 in un anno civile.

Per quanto riguarda il rispetto di tale valore limite, il confronto con i valori rilevati dalle altre stazioni provinciali nello stesso periodo mostra come i valori siano tipici di quella di una stazione di traffico urbano. Poiché le stazioni fisse che hanno mostrato nel periodo di monitoraggio un numero di giorni di superamento molto simile al sito in esame (*Figura 34*) presentano tutte su base annuale il superamento del numero massimo di giorni consentiti, è del tutto presumibile che il valore limite non sia rispettato anche nel sito oggetto del monitoraggio.

Per quanto riguarda il valore limite su base annuale del PM<sub>10</sub>, è stata calcolata una stima della media annuale sulla base dei valori registrati a Collegno, ottenendo una media di 38 µg/m<sup>3</sup>, inferiore quindi al valore limite annuale per il PM<sub>10</sub>.

Per quanto concerne il monitoraggio eseguito con campionatore gravimetrico presso l'ex asilo di via A. Moro non è stato possibile fare valutazioni su quest'area della città poiché, mancando i dati del periodo invernale (a causa di ripetuti guasti strumentali) non si è potuta stimare la media annuale. I valori medi giornalieri misurati in quel contesto, durante la campagna estiva, sono risultati sempre inferiori non solo alle stazioni della rete fissa provinciale utilizzate per il confronto (vedi *Figura 35*) ma anche al sito di viale V. Veneto a Chivasso, maggiormente interessato dal traffico veicolare.

Per quanto riguarda il PM<sub>2.5</sub> la stima del valore medio annuale, pari a 31 µg/m<sup>3</sup>, superiore al valore limite di 25 µg/m<sup>3</sup> previsto dal D.Lgs 155/2010

I dati di PM<sub>2.5</sub> acquisiti mostrano come la frazione che compone il PM<sub>10</sub> sia costituita per una percentuale significativa da particolato secondario, come è peraltro caratteristico dell'area urbana torinese.

La stima del valore annuale di benzene non ha evidenziato superamenti.

Il valore stimato di media annuale per tutti i metalli di cui la normativa prevede la determinazione sul particolato (piombo, arsenico, cadmio e nichel) è abbondantemente inferiore al valore obiettivo in vigore; il valore medio annuale stimato per il Benzo(a)pirene (pari a 1.1 ng/m<sup>3</sup>) evidenzia invece il superamento dell'indicatore normativo.

Nel loro insieme i dati registrati mostrano, per il periodo monitorato, una situazione priva di particolari criticità ad eccezione del particolato atmosferico e del Benzo(a)pirene. Il quadro d'insieme è coerente con quanto si riscontra nelle aree urbane di pianura del territorio provinciale.

## **APPENDICE - SPECIFICHE TECNICHE DEGLI ANALIZZATORI**

- **Biossido di zolfo** **API 100 E**

Analizzatore a fluorescenza classificato da EPA (U.S. Environmental Protection Agency) per la misura della concentrazione di SO<sub>2</sub> nell'aria ambiente.

  - ✓ Campo di misura: 0 ÷ 2000 ppb;
  - ✓ Limite inferiore di rivelabilità < 1 ppb.
  
- **Ossidi di azoto** **MONITOR EUROPE ML 9841B**

Analizzatore reazione di chemiluminescenza classificato da EPA quale metodo di riferimento per la misura della concentrazione di NO/NO<sub>x</sub>.

  - ✓ Campo di misura: 0 ÷ 20000 ppb;
  - ✓ Limite inferiore di rivelabilità : 0.5 ppb.
  
- **Ozono** **MONITOR EUROPE ML 9810B**

Analizzatore ad assorbimento ultravioletto classificato da EPA per la misura delle concentrazioni di O<sub>3</sub> nell'aria ambiente.

  - ✓ Campo di misura: 0 ÷ 20 ppm;
  - ✓ Limite inferiore di rivelabilità: 0.001 ppm.
  
- **Monossido di carbonio** **API 300 A**

Analizzatore a filtro a correzione di gas classificato da EPA quale metodo di riferimento per la misura della concentrazione di CO nell'aria ambiente.

  - ✓ Campo di misura: 0 ÷ 200 ppm;
  - ✓ Limite inferiore di rivelabilità: 0.1 ppm.
  
- **Particolato sospeso PM10 e PM2.5** **TECORA CHARLIE AIR GUARD PM**

Campionatore di particolato sospeso PM10 – PM2.5; campionamento delle particelle sospese con diametro aerodinamico inferiore a 10 e 2.5 µm in aria ambiente, con testa di prelievo EPA.  
Analisi gravimetrica su filtri in fibra di quarzo MILLIPORE di diametro 47 mm.
  
- **Stazione meteorologica** **LSI LASTEM**

Stazione completa per la misura dei seguenti parametri: velocità e direzione vento, temperatura, umidità relativa, pressione atmosferica, irraggiamento solare.
  
- **Benzene, Toluene, Xileni** **SINTECH SPECTRAS CG 855 serie 600**

Gasromatografo con doppia colonna, rivelatore PID (fotoionizzazione)

  - ✓ Campo di misura benzene: 0 ÷ 324 µg/m<sup>3</sup>
  - ✓ Campo di misura toluene: 0 ÷ 766 µg/m<sup>3</sup>
  - ✓ Campo di misura xileni : 0 ÷ 442 µg/m<sup>3</sup>