

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 PM2.5 (diametro aerodinamico inferiore a 2.5 μm) calcolati come media annuale pari a 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ da raggiungere entro il 1° gennaio 2015.

Particolato PM10

Nella prima campagna di monitoraggio invernale la media dei valori di concentrazione di particolato PM10 è stata pari a 71 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, (vedi Tabella 15), con un valore massimo giornaliero di 106 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ e 20 superamenti del valore giornaliero dei 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ su 27 giorni di monitoraggio.

Durante la campagna estiva i valori misurati sono decisamente più contenuti, con un valore massimo registrato pari a 44 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ e una media del periodo di 28 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. La percentuale di dati validi nella seconda campagna è più bassa a causa di ripetute interruzioni elettriche

Tabella 15: Dati relativi al particolato sospeso PM10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

	Inverno	Estate
Minima media giornaliera	22	15
Massima media giornaliera	106	44
Media delle medie giornaliere (b):	71	28
Giorni validi	27	18
Percentuale giorni validi	100%	82%
<u>Numero di superamenti livello giornaliero protezione della salute (50)</u>	20	0

I valori registrati durante la campagna hanno andamento simile a quelli registrati in altre stazioni provinciali e i livelli misurati sono molto simili a quelli registrati presso le stazioni di traffico urbano, Settimo e Torino - Rebaudengo.

Figura 22: Particolato sospeso PM10 - confronto concentrazioni medie giornaliere con alcune delle altre stazioni della rete di monitoraggio fissa

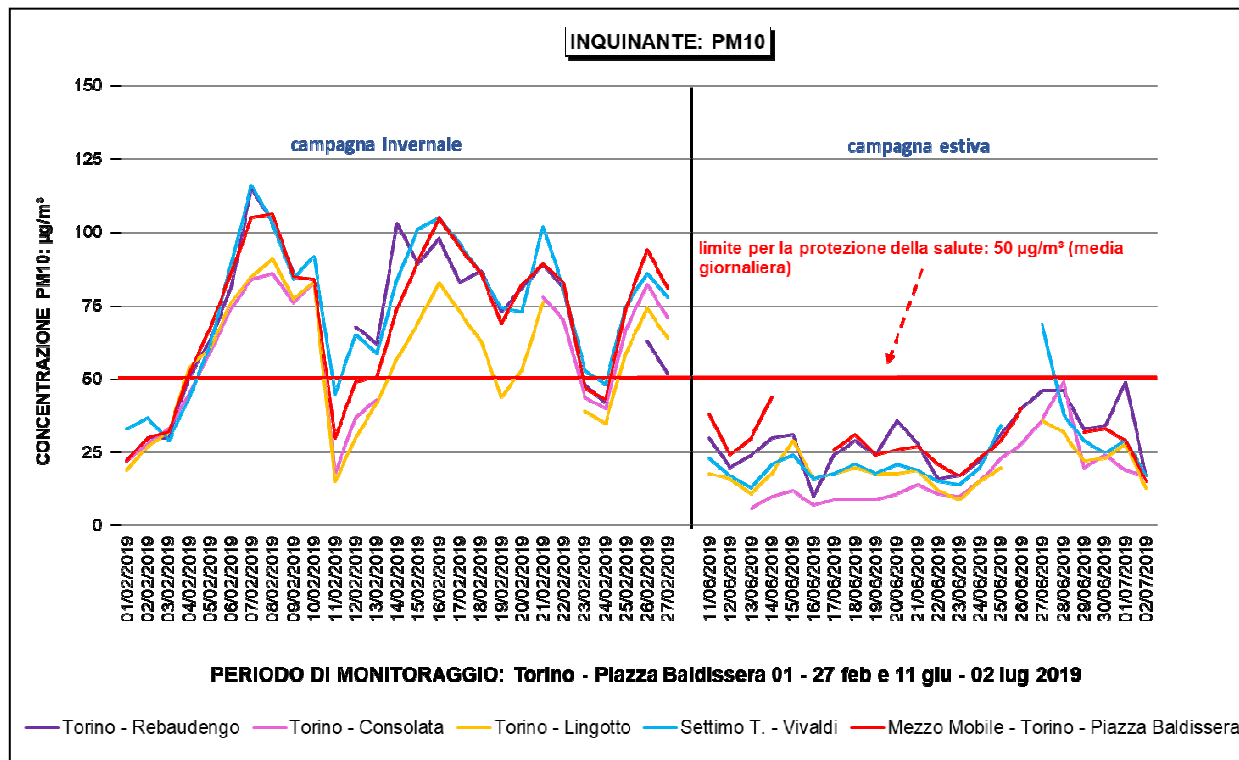
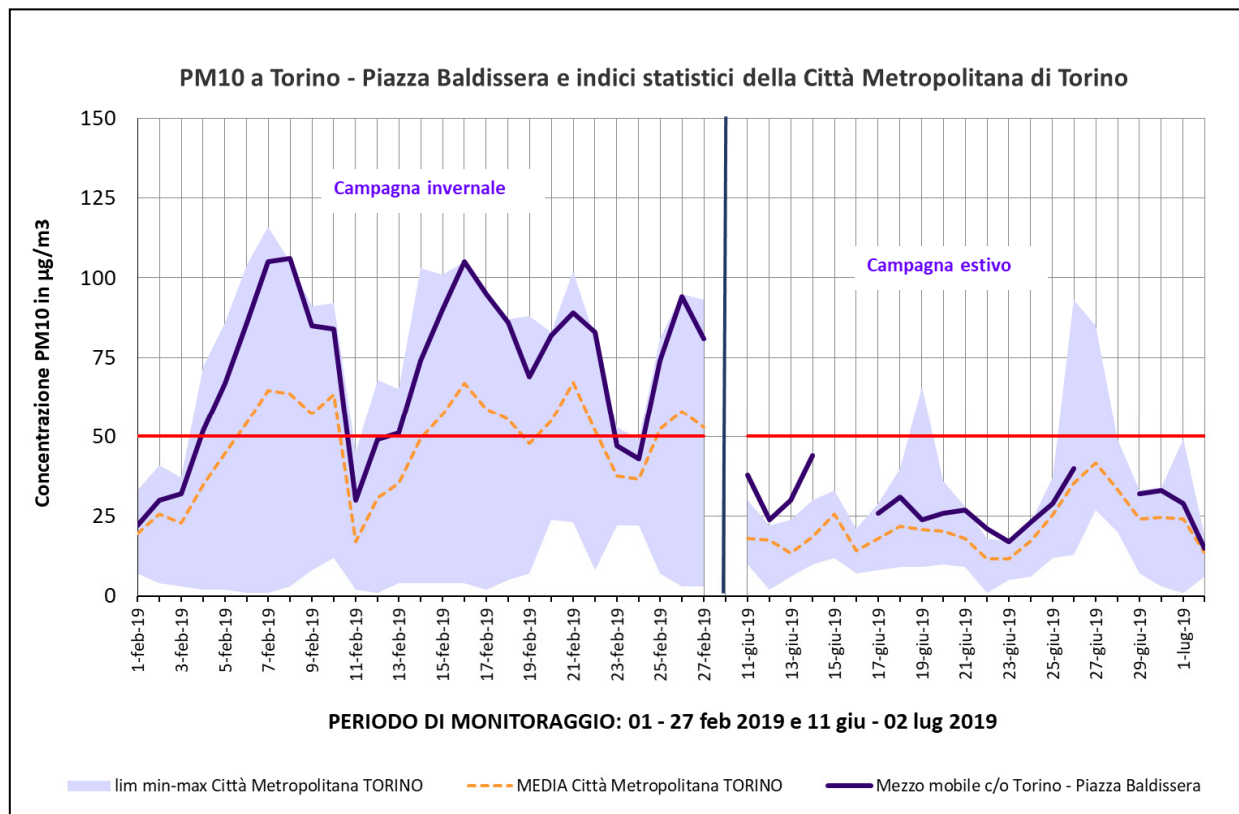


Figura 23: Particolato sospeso PM10 - confronto con la rete delle stazioni fisse della CMT

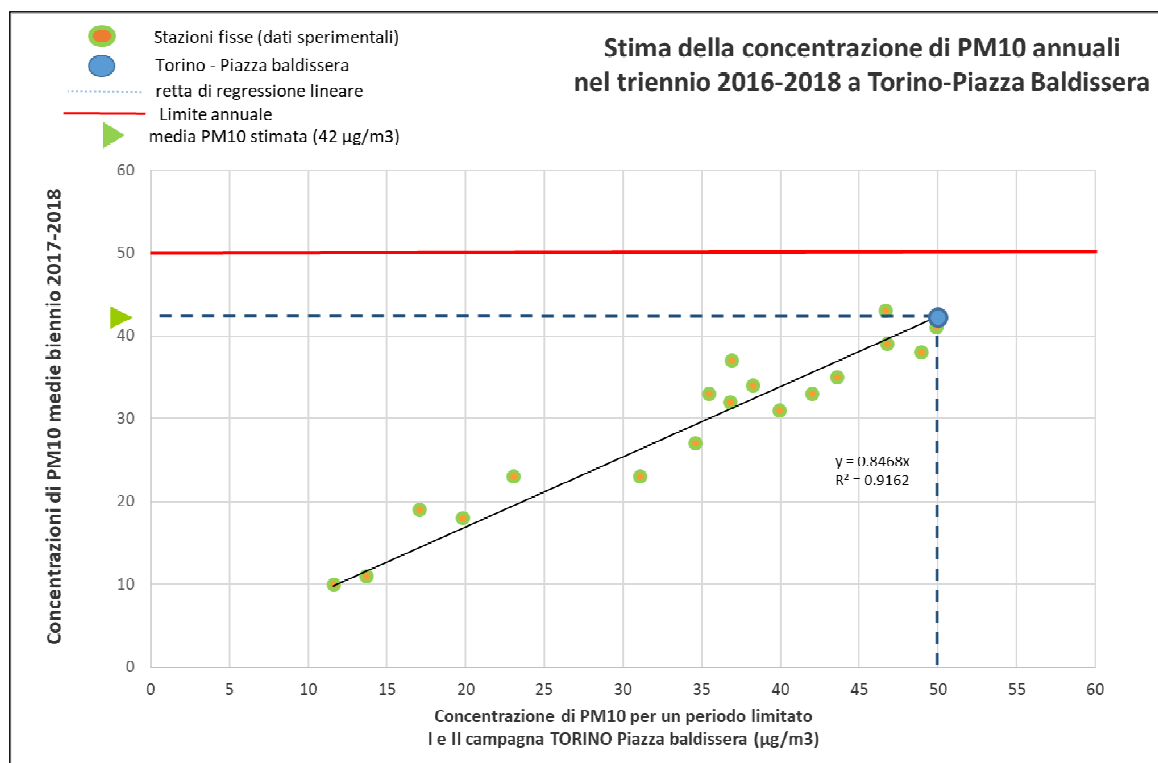


Il grafico di Figura 23 mette in evidenza i valori massimi, minimi e medi della città Metropolitana di Torino nei due periodi di misura indagati: è evidente che l'andamento di Torino - Piazza Baldissera è al di sopra del valore medio provinciale durante il monitoraggio invernale.

Il D.Lgs 155/2010 prevede per le polveri PM10 un valore limite annuale per la protezione della salute umana di 40 µg/m³. Anche in questo caso la durata della campagna non è paragonabile all'arco temporale di riferimento del limite normativo e non è possibile quindi un confronto diretto con le misure effettuate. Tuttavia, così come è stato fatto per l'NO₂, per arrivare a stimare un dato di concentrazione annuale di PM10 per il sito di Torino - Piazza Baldissera si può fare riferimento ai dati della Rete Regionale di Qualità dell'Aria della CMT.

Sono state prese in considerazione le stazioni della Rete Regionale di Qualità dell'Aria presenti sul territorio della Città Metropolitana di Torino e sono stati rapportati i valori di concentrazione del PM10, come media del triennio 2016-2018, alla concentrazione media calcolata nei giorni delle due campagne di misura svolte, ed è stata costruita la retta di interpolazione Figura 24.

Figura 24: stime della concentrazione annuale di PM10 a Torino - Piazza Baldissera nel triennio 2016-2018



Il coefficiente di determinazione R² trovato, evidenzia che la correlazione tra i dati è altamente significativa. È stato così possibile prevedere una concentrazione media annuale per Torino – Piazza Baldissera, riferita al triennio 2016-2018, pari a 42 µg/m³: valore superiore alla media CMT e al limite normativo (40 µg/m³) e confrontabile con quanto registrato presso la stazione Torino – Rebaudengo.

Tabella 16: PM10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) confronto concentrazioni medie del periodo e triennio 2016-2018

Stazioni di misura	Media PM10	Media PM10	Media PM10	Media PM10
	Campagna invernale	Campagna estiva	due campagna	Anni 2016 - 2018
	01 - 27 feb 2019	11 giu – 02 lug 2019	[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]
	[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]		
Ceresole Reale	6	17	12	10
Baldissero	15	13	14	11
Oulx	17	22	20	18
Susa	15	19	17	19
Pinerolo	32	14	23	23
Druento	30	32	31	23
Ivrea	48	21	35	27
Beinasco TRM	58	22	40	31
Ieini	52	22	37	32
To - Rubino	61	23	42	33
Borgaro T.se	48	23	36	33
To - Lingotto	59	21	40	34
Collegno	64	23	44	35
To - Consolata	57	17	37	37
Settimo	74	24	49	38
Carmagnola	69	25	47	39
TO - Rebaudengo	71	29	50	41
To - Grassi	74	20	47	43
Torino - Piazza Baldissera	71	28	50	42
<i>Media solo Torino</i>	<i>66</i>	<i>24</i>	<i>45</i>	<i>38</i>
Media CMT	51	22	36	31

In Figura 25 si riporta il confronto della media del triennio 2016-2018 registrata presso le stazioni di monitoraggio della rete provinciale e quella stimata presso il sito del laboratorio mobile, da cui si evince che in generale la situazione a Torino - Piazza Baldissera è molto simile alla stazione di traffico della città, Torino - Rebaudengo.

In Figura 26 riportano le medie giornaliere relative a Torino - Piazza Baldissera confrontandole con alcuni indici statistici calcolati sulle stazioni fisse della città metropolitana da cui si evince che, nel periodo più critico si collocano al di sopra del 75° percentile della RRQA. Durante il periodo estivo il profilo dei valori massimi è influenzato dai valori elevati che si registrano presso la stazione di Druento – La Mandria, tali picchi sono realisticamente ascrivibili alle pratiche agricole che si svolgono nella stagione estiva in prossimità della stazione di rilevamento.

Nella Figura 27 è stato confrontato l'andamento del PM10 con i millimetri di pioggia misurati durante le campagne di monitoraggio da cui è evidente come la pioggia influenzi il PM10 facendone calare le concentrazioni: nei giorni di pioggia è presente un certo rimescolamento dell'aria verticale; inoltre risulta inibito il fenomeno della risospensione di polveri dalle superfici bagnate.

Figura 25: Particolato sospeso PM10 confronto medie anno 2016-2018 e medie del periodo nella provincia di Torino

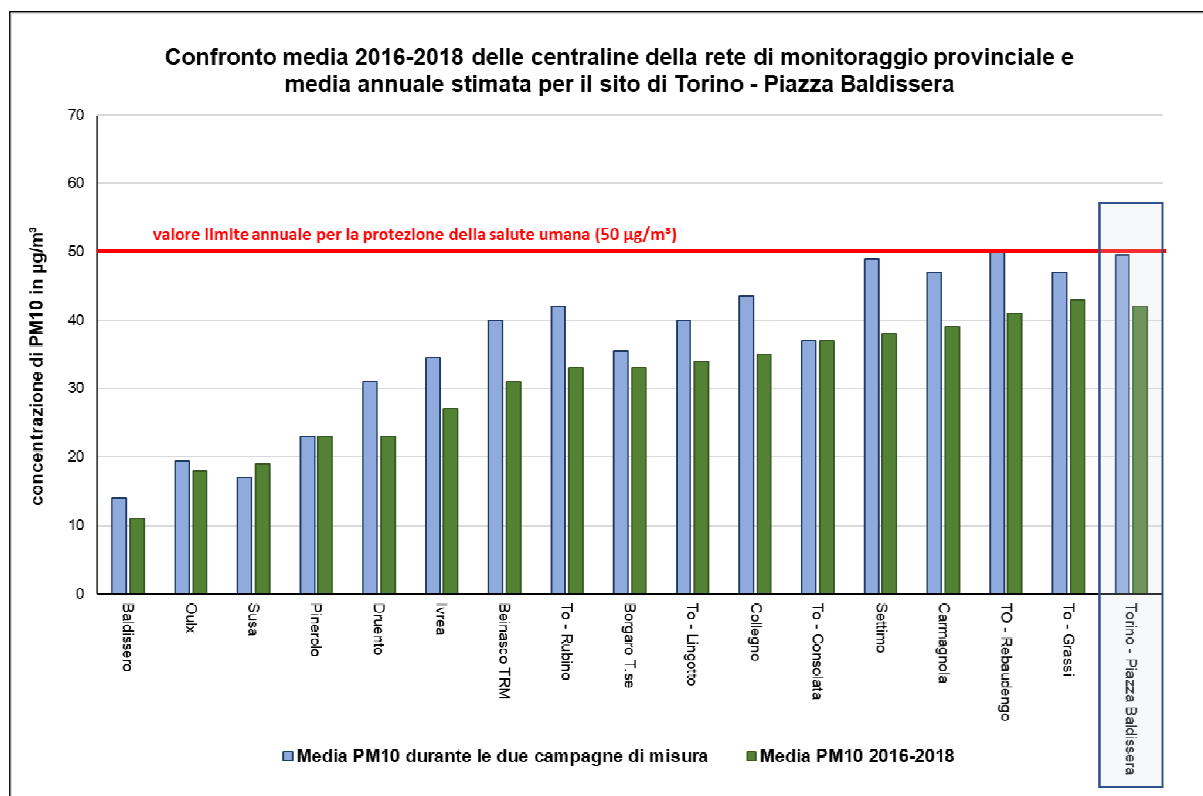


Figura 26: Particolato sospeso PM10 - concentrazioni medie giornaliere durante le due campagne di misura

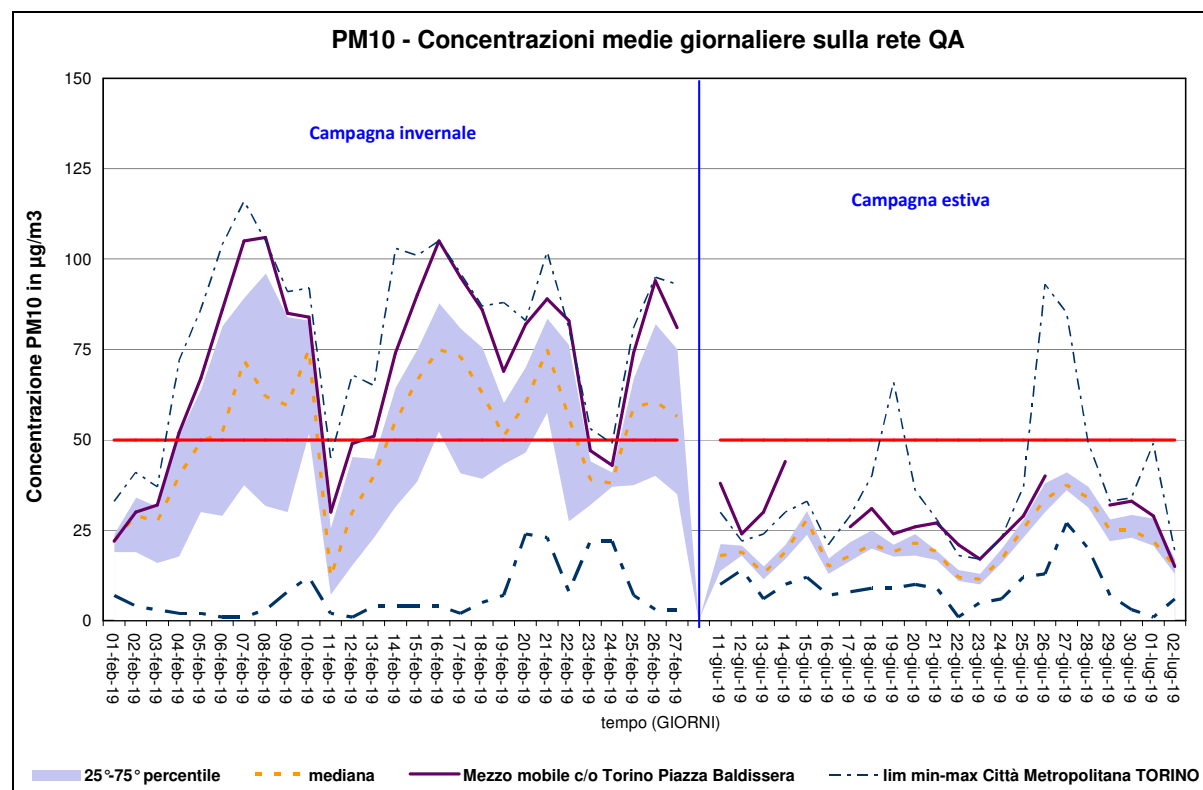
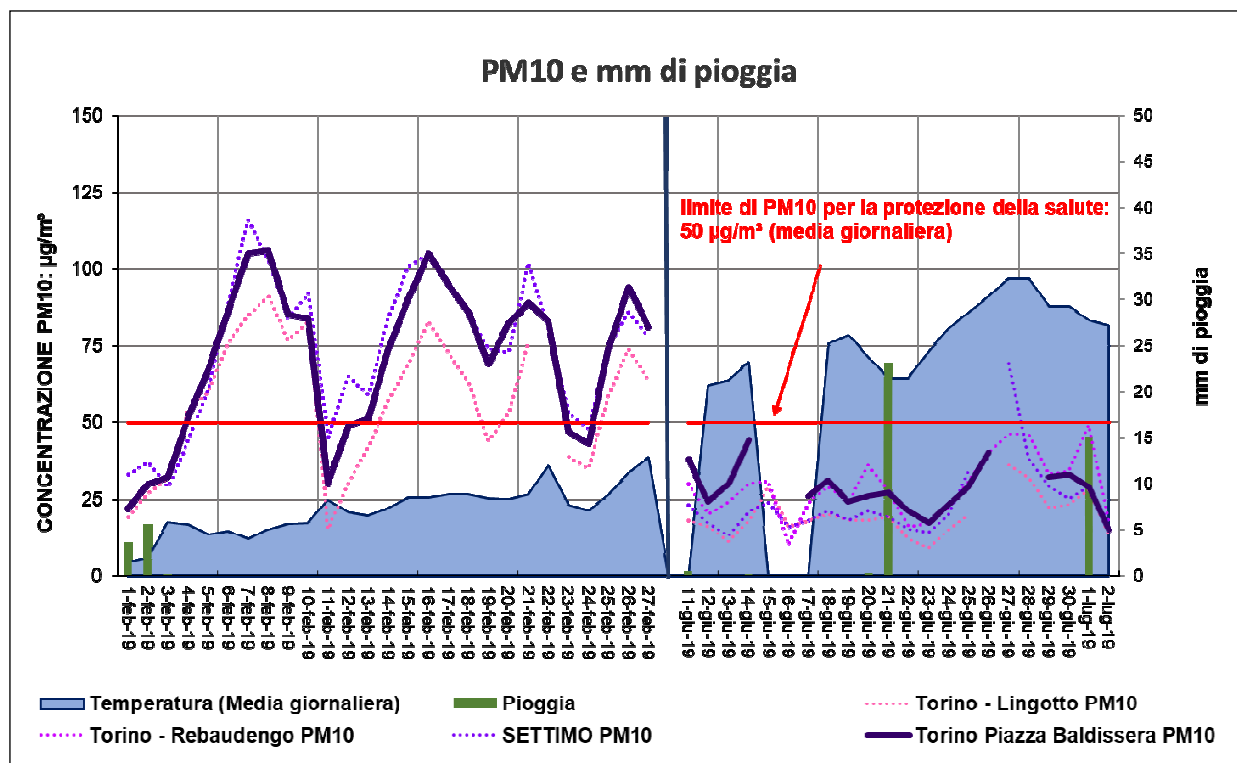


Figura 27: Particolato sospeso PM10 e parametri meteorologici



Meno ovvio è l'impatto che può avere la temperatura. Generalmente, un maggior irraggiamento solare produce un maggior riscaldamento della superficie terrestre e di conseguenza un aumento della temperatura dell'aria a contatto con essa. Questo instaura moti convettivi nel primo strato di atmosfera (PBL) che hanno il duplice effetto di rimescolare le sostanze in esso presenti e di innalzare lo strato stesso.

Conseguenza di tutto questo è una diluizione in un volume maggiore di tutti gli inquinanti, da cui una diminuzione della loro concentrazione. Le basse temperature nelle notti serene, viceversa, causano una forte stabilità dell'aria fino a produrre il fenomeno dell'inversione termica, ovvero quando la temperatura dell'aria nei bassi strati è inferiore a quella degli strati superiori; l'inversione termica comporta l'intrappolamento degli inquinanti al suolo, favorendo così il loro accumulo e l'aumento della loro concentrazione. Tale fenomeno risulta più evidente se si osservano i dati relativi a due differenti periodi stagionali, inverno ed estate poiché le differenze meteorologiche tra estate e inverno sono tali da rendere molto visibili le variazioni di concentrazione degli inquinanti tra le due stagioni.

Rispetto al numero di superamenti un metodo per stimare i superamenti nel corso dell'anno consiste nel fare riferimento alle elaborazioni effettuate per valutare quale sia la media annuale da conseguire per rispettare il valore limite giornaliero². Sulla base di tali considerazioni il valore di media annuale "efficace" di PM10, che permette di rispettare anche il valore limite giornaliero, risulta pari a circa 24,7 µg/m³ a livello piemontese. La media annuale stimata per Torino - Piazza Baldissera (42 µg/m³) è superiore a tale valore, a conferma che il valore limite giornaliero presumibilmente non sarebbe rispettato.

² Tali elaborazioni – la cui sintesi è contenuta negli Atti del VII Convegno nazionale sul particolato atmosferico - 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 PM10 – La situazione nella Città Metropolitana di Torino nel quadro europeo".

Particolato PM2.5

Il parametro PM2.5 segue lo stesso andamento temporale del PM10; in Figura 28 si riporta il profilo giornaliero del PM10 e PM2.5 rilevato presso il sito di Torino - Piazza Baldissera nelle due campagne di misura; la parte della frazione PM2,5 che costituisce il particolato atmosferico 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).

Il valore medio della campagna invernale è pari a 43 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, che corrisponde a circa il 61% della media del PM10, una percentuale in linea con il periodo indagato (Tabella 17). Durante il monitoraggio estiva la concentrazione di PM2.5 è molto bassa, pari a 16 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, quasi la metà (in percentuale) del valore del PM10.

Tabella 17: Dati relativi al particolato sospeso PM2.5 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

	Inverno	Estate
Minima media giornaliera	16	9
Massima media giornaliera	71	24
Media delle medie giornaliere (b):	43	16
Giorni validi	27	13
Percentuale giorni validi	100%	59%

La normativa italiana prevede per il PM2.5 solamente il rispetto di un limite annuale, pari a 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Anche in questo caso per stimare un dato di concentrazione annuale di PM2.5 per il sito di Torino - Piazza Baldissera si può fare riferimento ai dati delle stazioni della Rete Regionale di Qualità dell'Aria situate sul territorio della Città Metropolitana di Torino.

Per le 9 stazioni provinciali della Rete Regionale sono stati rapportati i valori di concentrazione del PM2.5 come media del triennio 2016 - 2018 alla concentrazione media calcolata nei giorni delle due campagne svolte, ed è stata costruita la retta di interpolazione (Figura 29), il cui coefficiente di determinazione R2 evidenzia una buona correlazione tra i dati.

In base all'equazione della retta per il triennio 2016-2018 a Torino - Piazza Baldissera è stata stimata una concentrazione media annua di PM2.5 di 30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, valore superiore sia alla media della Città Metropolitana sia al limite normativo (25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$).

La stima annuale ottenuta, pari a 30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, è riportata in tabella 18 ed in Figura 31 confrontandola con quelle calcolate presso le altre stazioni della rete di monitoraggio fissa da cui si evince la buona correlazione con quanto si registra presso la stazione di Torino – Rebaudengo.

Figura 28: Particolato sospeso PM10 e PM 2.5 a Torino - Piazza Baldissera durante le due campagne di misura

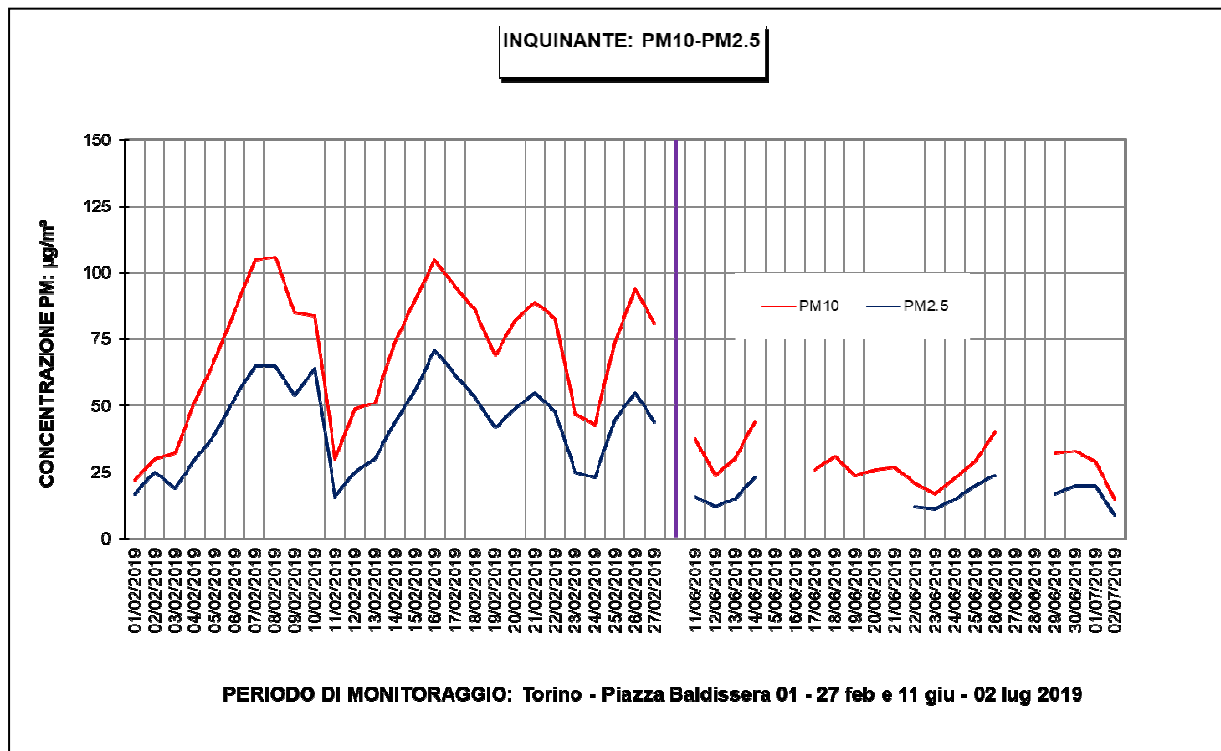


Figura 29: stima della concentrazione annuale di PM2.5 a Torino - Piazza Baldissera nel triennio 2016-2018

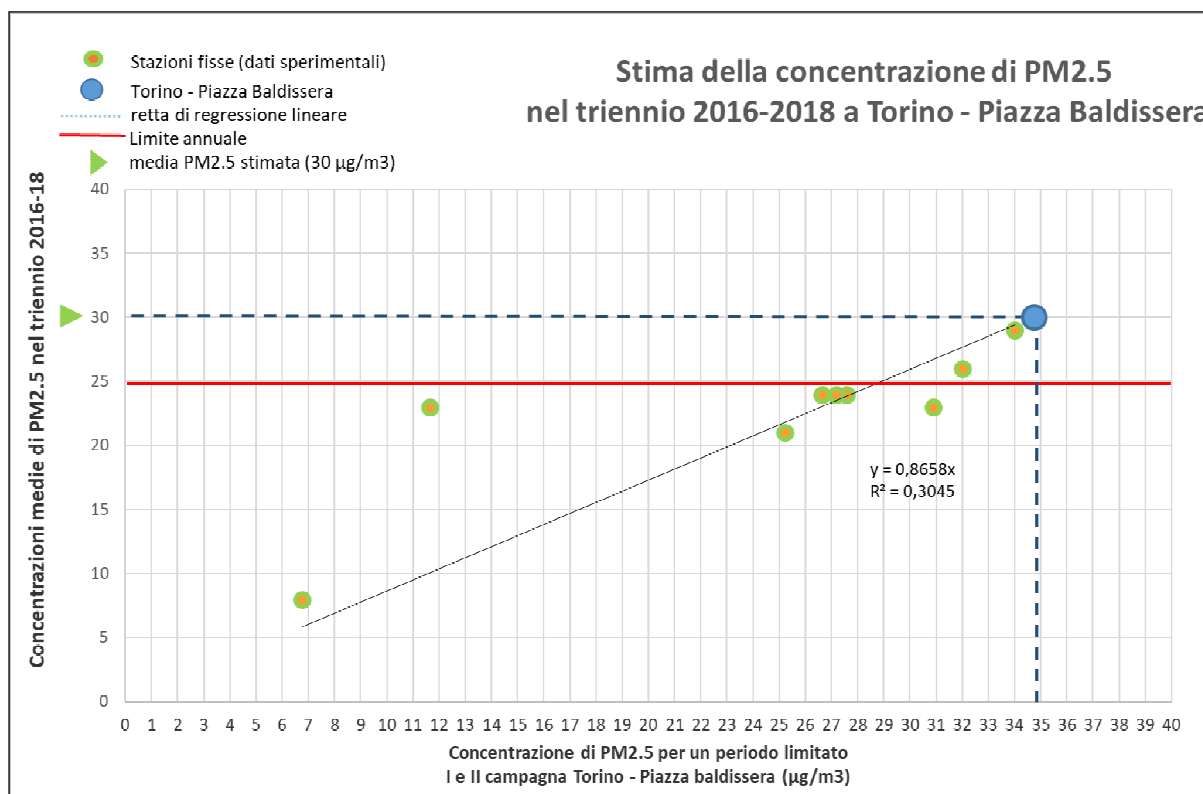


Tabella 18: PM_{2.5} (µg/m³), confronto concentrazioni medie del periodo di misura e del triennio 2016 - 2018

Stazioni di misura	Media PM _{2.5} Campagna invernale 01 - 27 feb 2019 [µg/m ³]	Media PM _{2.5} Campagna estiva 11 giu - 02 lug 2019 [µg/m ³]	Media PM _{2.5} due campagne [µg/m ³]	Media PM _{2.5} 2016 - 2018
	Ceresole Reale	4	7	6
Ivrea	35	25	30	21
Borgaro T.se	36	27	32	24
To - Lingotto	39	27	33	24
Chieri	39	28	34	24
Beinasco TRM	45	31	38	23
Torino - Piazza Baldissera	43	35	39	30
Settimo	48	32	40	26
TO - Rebaudengo	48	34	41	29
media Città METROPOLITANA DI TORINO	42	27	33	25

Figura 30: Particolato sospeso PM_{2.5} - concentrazioni medie giornaliere durante le due campagne di misura

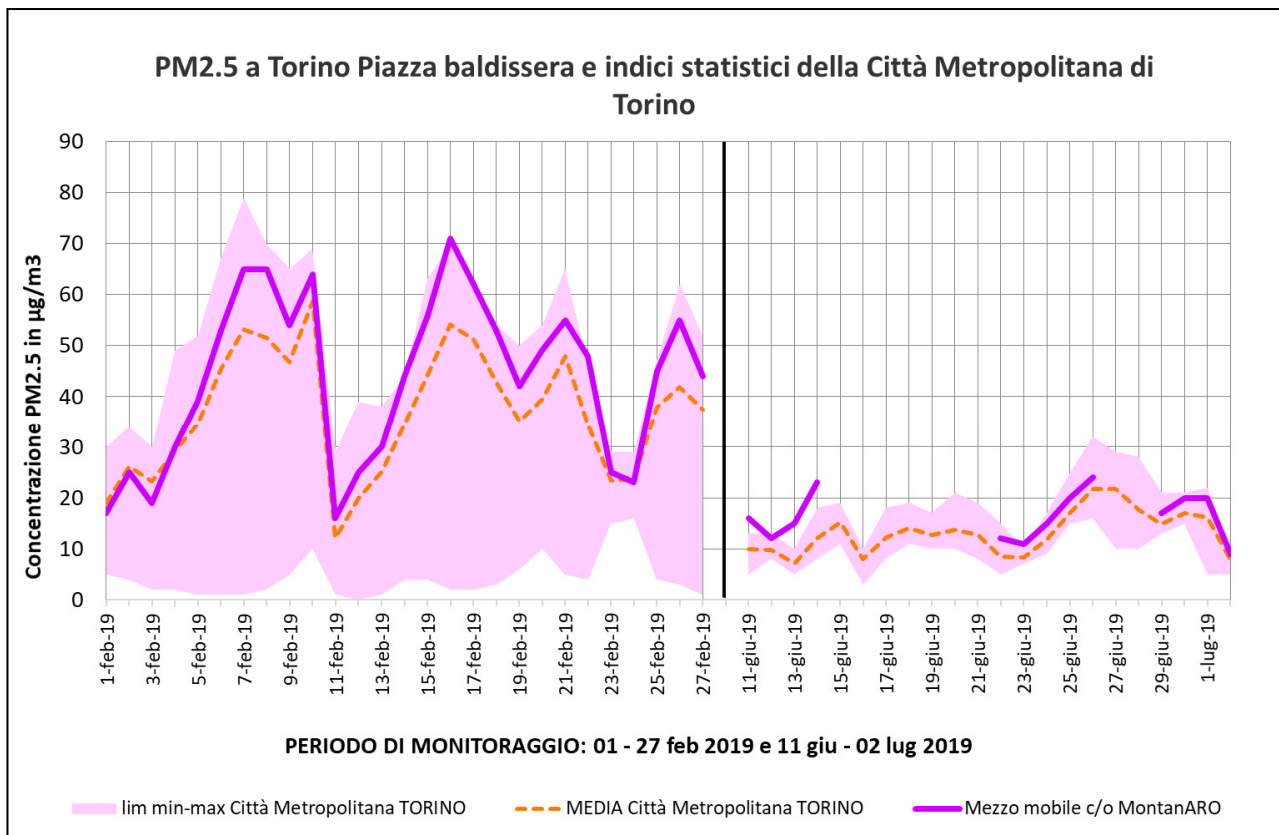
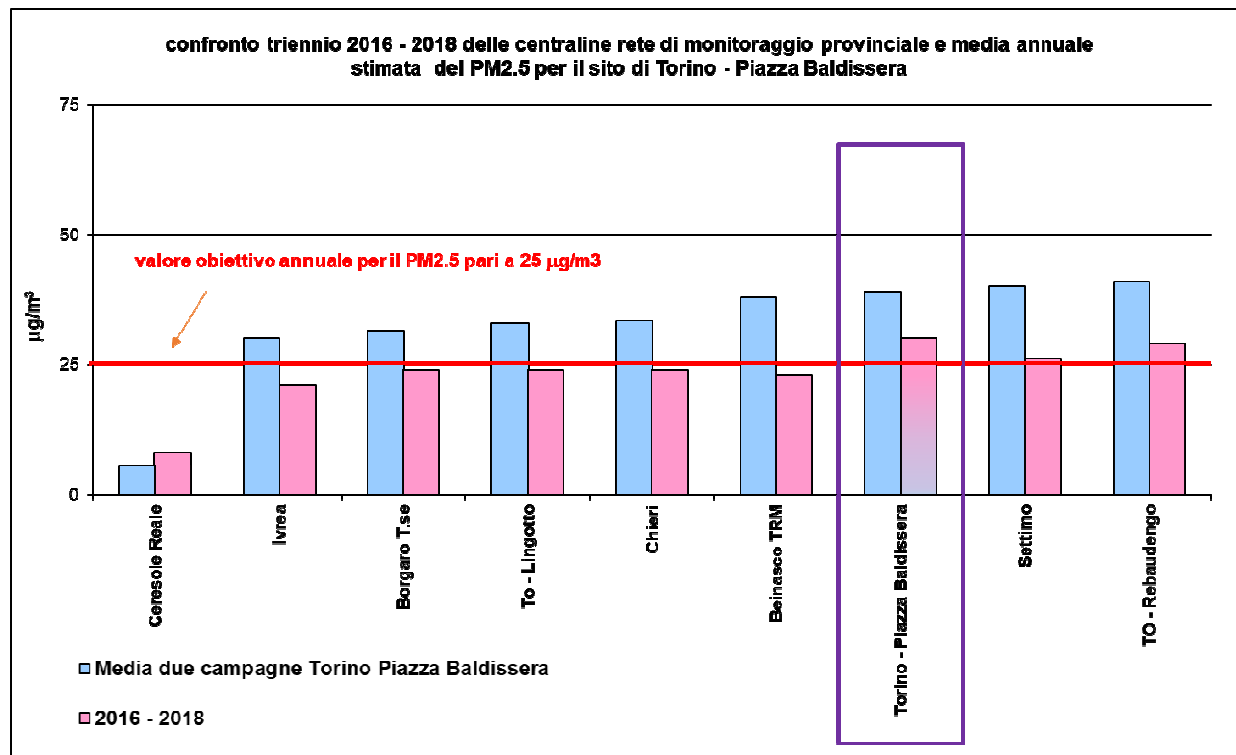


Figura 31: Particolato sospeso PM2.5 confronto medie del triennio 2016-2019 e medie del periodo nella CM di Torino



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%³. 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.)⁴.

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.

³ European Commission Ambient air pollution by PAH –Position Paper, pag 8

⁴ EMEP/CORINAIR Emission Inventory Guidebook – 2007 pag. B216-29 tab 8.1a e B216-.32 tab 8.2 b

In particolare, il benzo(a)pirene (o 3,4-benzopirene, anche abbreviato BaP), 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'immunosensibilità, 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.

Tabella 19: 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 ³

L'International Agency for Research on Cancer (IARC)⁵ 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.

Analogamente agli altri inquinanti, per cui è previsto un limite di legge annuale, visto che la durata del monitoraggio del sito di Torino - Piazza Baldissera è pari a due mesi distribuiti in due 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.

Possiamo, 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 Torino - Piazza Baldissera la media di BaP stimata è pari a 0.9 ng/m³, inferiore al limite normativo.

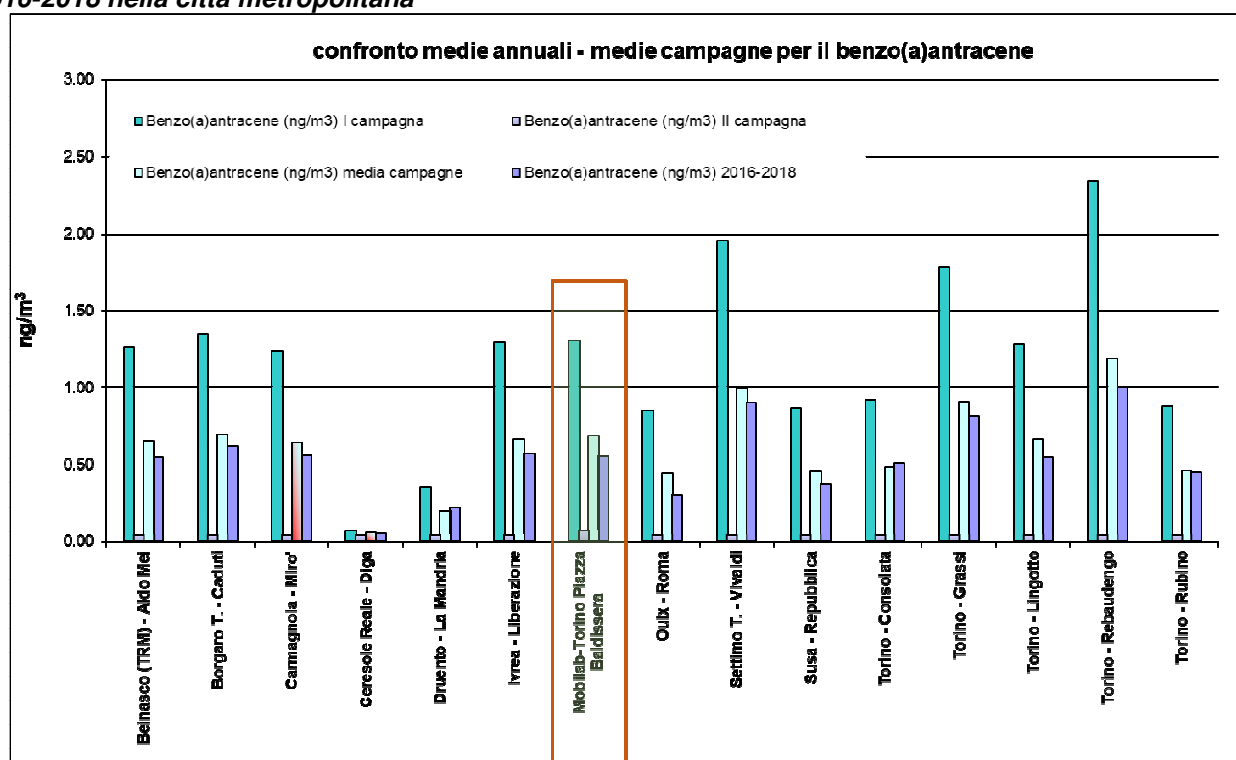
Dall'analisi dei dati notiamo che il benzo(a)pirene e gli altri IPA monitorati presentano concentrazioni analoghe ai siti di fondo della rete di monitoraggio provinciale ([Figura 33](#) ÷ [Figura 36](#)); il valore medio di benzo(a)pirene risulta inferiore a quello registrato presso la stazione di Torino – Rebaudengo nell'ultimo triennio.

⁵ International Agency for Research on Cancer (IARC) –Agents reviewed by the IARC monographs Volumes 1-100A last updated 2 april 2009

Tabella 20: Laboratorio mobile ARPA presso Torino Piazza Baldissera - IPA rilevati nel monitoraggio

Laboratorio mobile ARPA presso Torino - Piazza Baldissera- concentrazione IPA rilevati nel monitoraggio		
	Inverno	Estate
Benzo(a)antracene (ng/m ³)	1.30	0.07
Benzo(b+j+k)fluorantene (ng/m ³)	3.42	0.07
Benzo(a)pirene (ng/m ³)	1.76	0.07
Indeno(1,2,3-cd)pirene (ng/m ³)	1.86	0.07

Figura 32: benzo(a)antracene - confronto della media campagna invernale ed estiva con media triennio 2016-2018 nella città metropolitana



Nota

Si sono calcolate le medie delle concentrazioni nel PM10 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 la stazione di Torino - Rebaudengo. Dal rapporto con la media del triennio 2016 - 2018 si è calcolato il fattore che, moltiplicato per il valore medio delle campagne a Torino - Piazza Baldissera, permette di ricavare la stima annuale:

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

dove

m_c : media periodo campagne per ogni parametro IPA Torino - Piazza Baldissera

M_c : media stimata, rispetto all'ultimo triennio, per ogni parametro IPA Torino - Piazza Baldissera

m_p : media periodo campagne per ogni parametro IPA CMT

M_p : media triennio 2016-18 per ogni parametro IPA CMT

Figura 33: benzo(b+j+k)fluorantene - confronto della media campagna invernale ed estiva con media triennio 2016-2018 nella città metropolitana

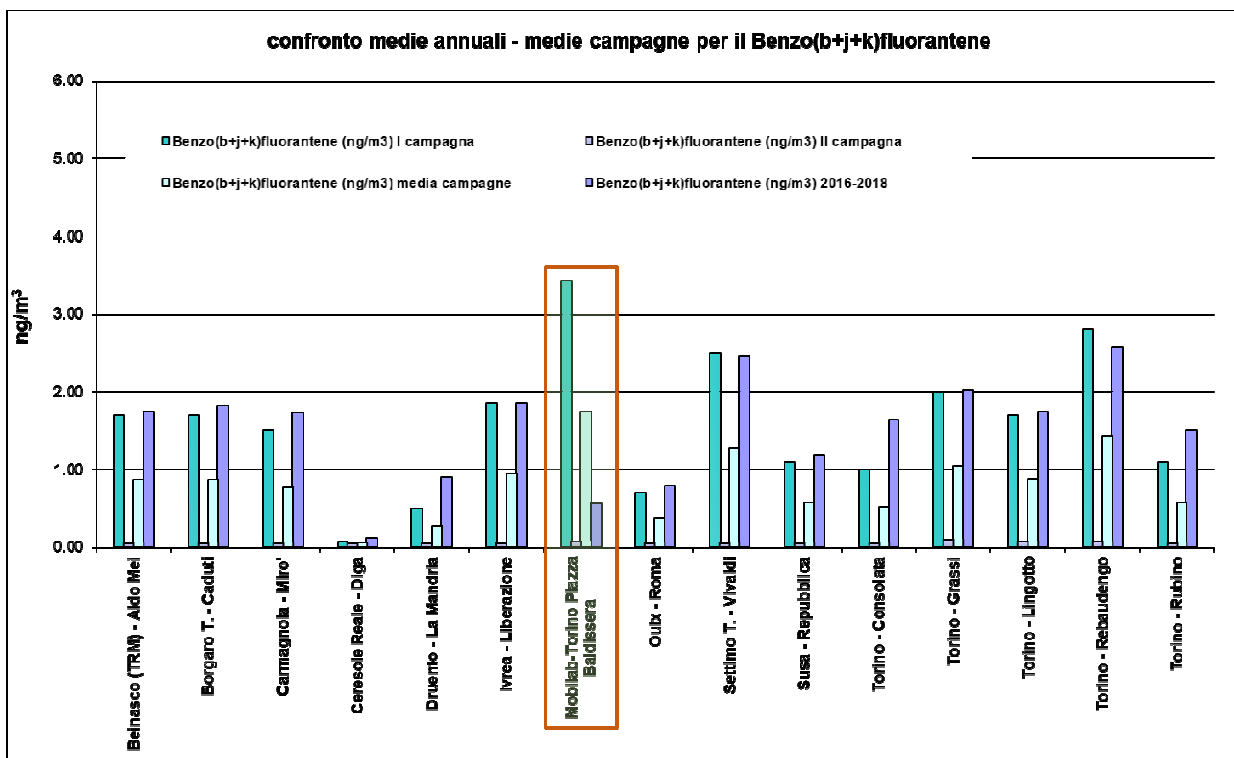


Figura 34: benzo(a)pirene - confronto della media campagna invernale ed estiva con media triennio 2016-2018 nella città metropolitana

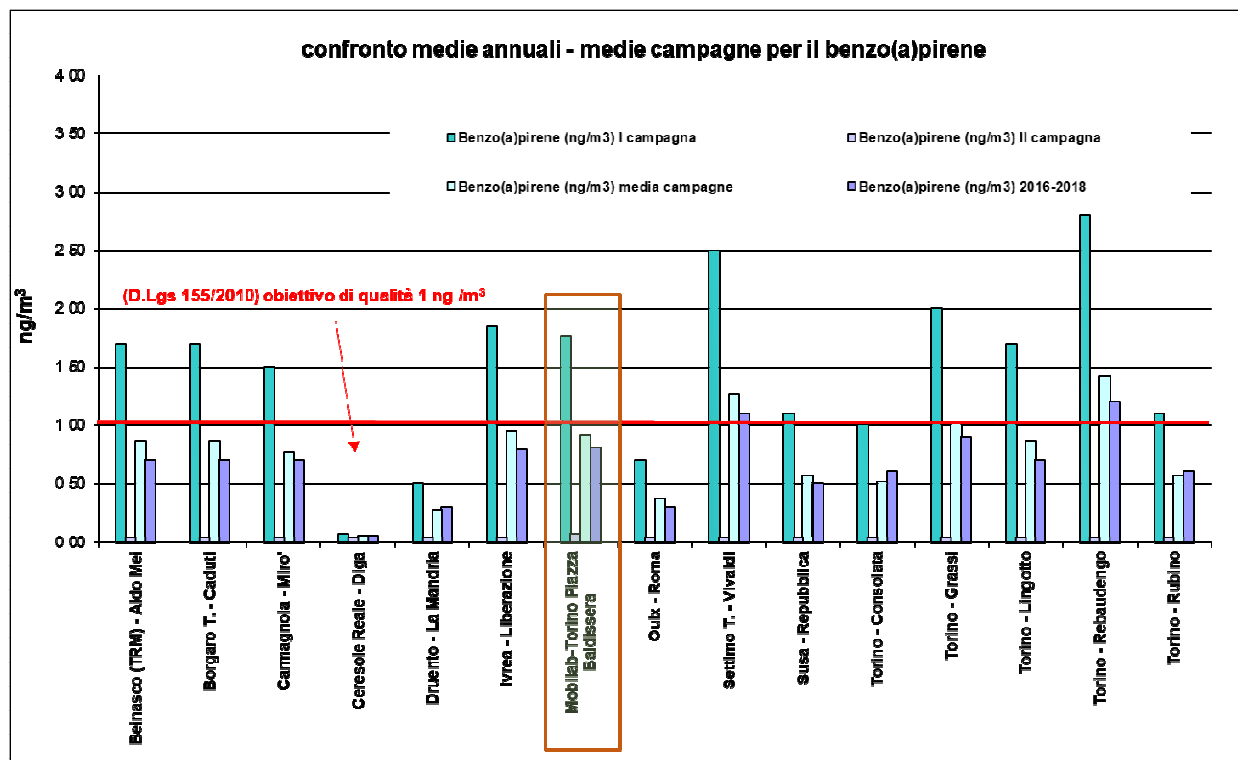
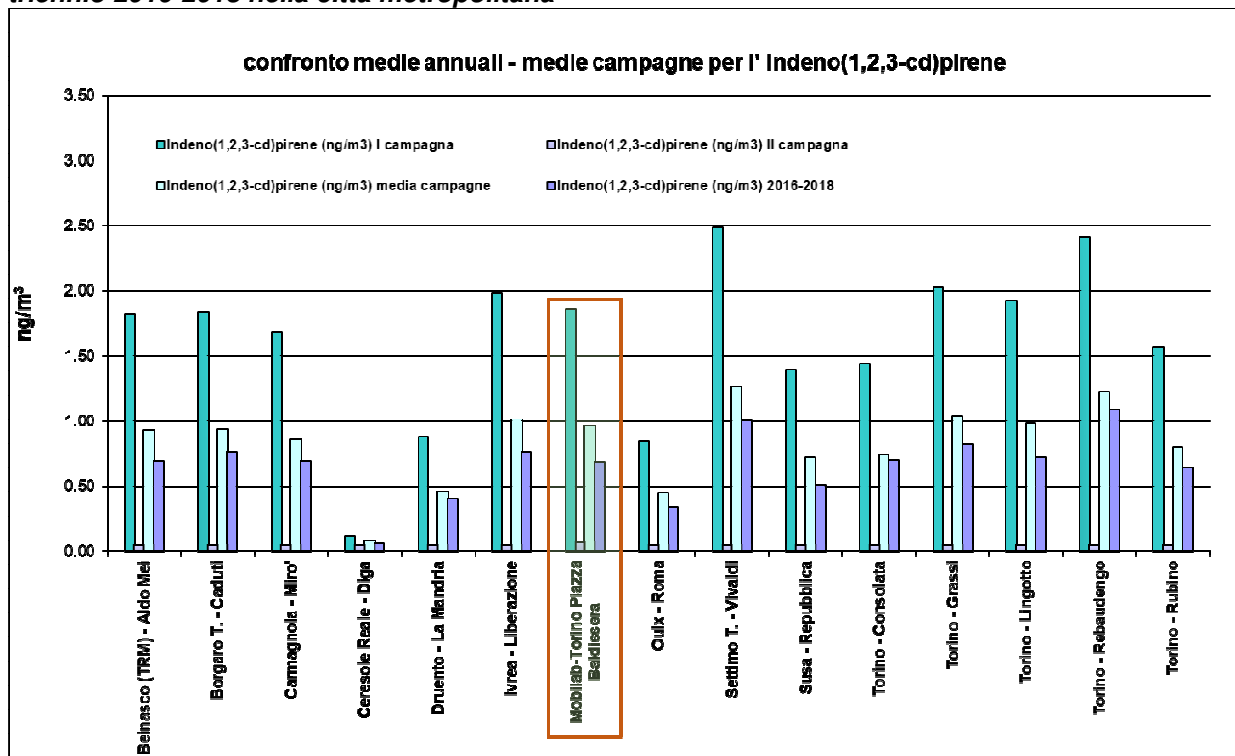


Figura 35: indeno(1, 2, 3-cd)pirene - confronto della media campagna invernale ed estiva con media triennio 2016-2018 nella città metropolitana



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 arsenico (As), cadmio (Cd), cobalto (Co), cromo (Cr), manganese (Mn), nichel (Ni) e piombo (Pb), che sono veicolati dal particolato atmosferico.

La loro origine è varia, cadmio, cromo e arsenico provengono principalmente dalle industrie minerarie e metallurgiche; il rame dalla lavorazione di manufatti e da processi di combustione; il nichel dall'industria dell'acciaio, della numismatica, da processi di fusione e combustione; cobalto e zinco 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 ed organi.

Tabella 21: 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

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

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 α_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 (saturnismo), 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 µg/m³ per l'intera vita, quattro persone su diecimila siano a rischio di contrarre il cancro.

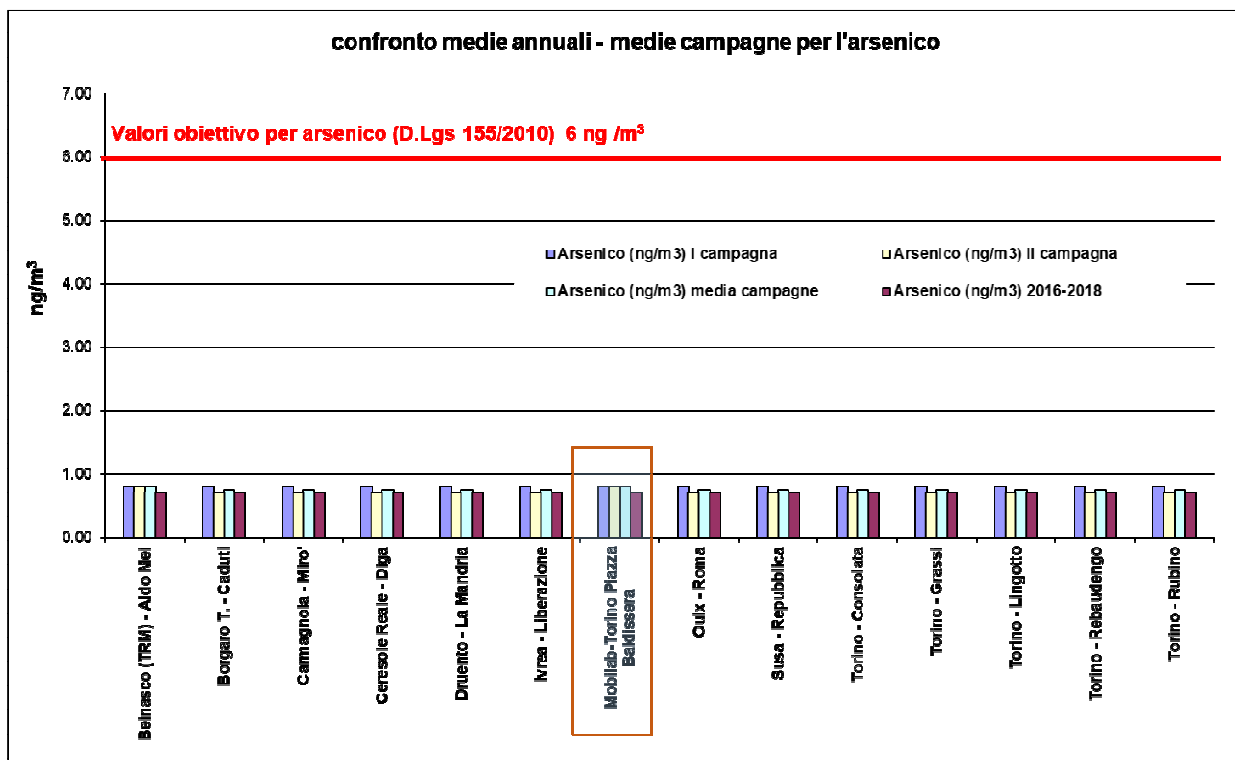
Anche per i quattro metalli monitorati nell'indagine, visto che la durata del monitoraggio di Torino - Piazza Baldissera oggetto della relazione è pari a circa due mesi distribuiti nel corso dell'anno in stagioni diverse, la media dei valori del periodo di campionamento non è paragonabile all'arco temporale 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. Il valore stimato di media annuale per tutti i metalli considerati è 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 ed inferiori alle stazioni site nella Città di Torino.

Tabella 22: Laboratorio mobile ARPA presso Torino Piazza Baldissera - concentrazione dei quattro metalli rilevati nel monitoraggio

Laboratorio mobile ARPA presso Torino – Piazza Baldissera: concentrazione dei quattro metalli rilevati nel monitoraggio		
	Inverno	Estate
Arsenico (ng/m ³)	0.8	0.8
Cadmio (ng/m ³)	0.25	0.14
Nichel (ng/m ³)	7.7	4.32
Piombo (µg/m ³)	0.02	0.004

Figura 36: Arsenico - confronto della media campagna invernale ed estiva con la media del triennio 2016-2018 nella città metropolitana



Nota

Si sono calcolate le medie delle concentrazioni nel PM10 di nichel (Ni), cadmio (Cd), arsenico (As) e piombo (Pb) per il periodo delle campagne, della stazione di riferimento di Torino - Rebaudengo

Dal rapporto con la media del triennio 2016 - 2018 si è calcolato il fattore che moltiplicato per il valore medio delle campagne a Torino - Piazza Baldissera permette di ricavare la stima annuale nel PM10:

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

dove

m_c : media periodo campagne per ogni metallo Torino - Piazza Baldissera

M_c : media stimata, rispetto all'ultimo triennio, per ogni metallo Torino - Piazza Baldissera

m_p : media periodo campagne per ogni metallo Torino - Rebaudengo

M_p : media triennio 2016-18 per ogni metallo Torino - Rebaudengo

Figura 37: Cadmio - confronto della media campagna invernale ed estiva con la media del triennio 2016-2018 nella città metropolitana

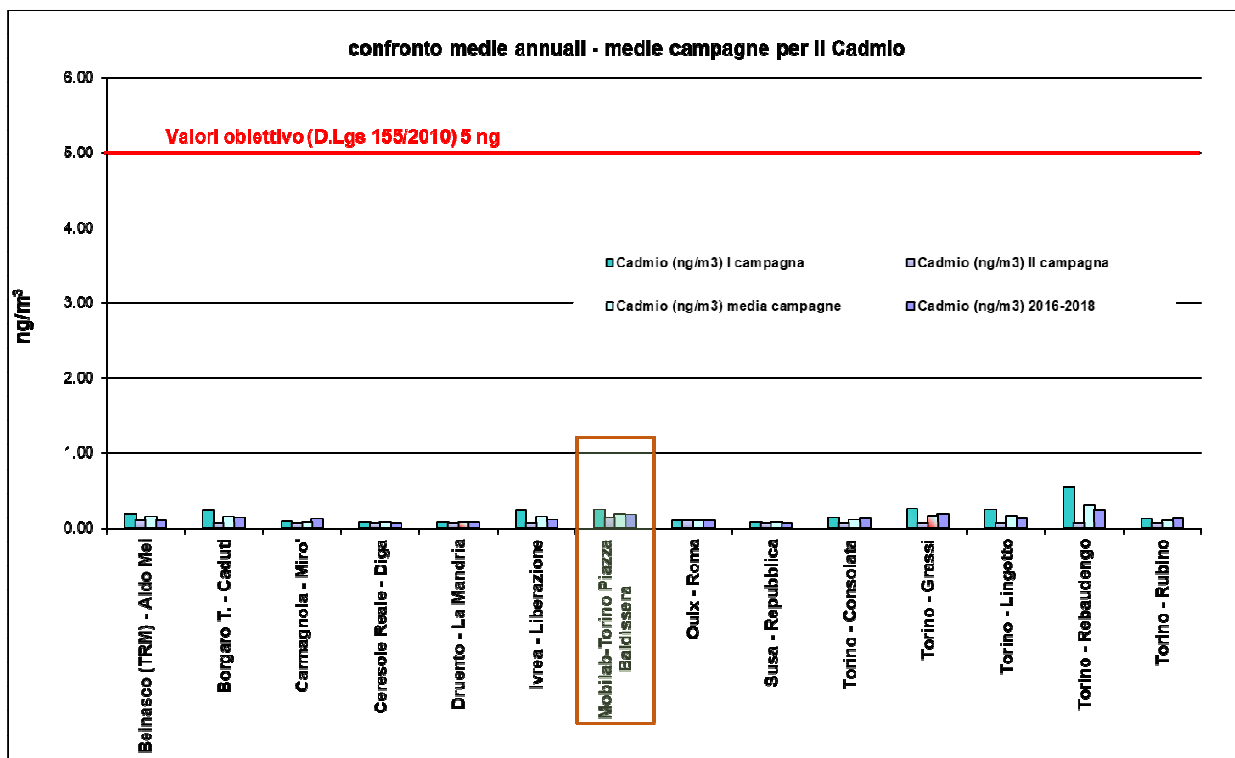


Figura 38: Nichel - confronto della media campagna invernale ed estiva con la media del triennio 2016-2018 nella città metropolitana

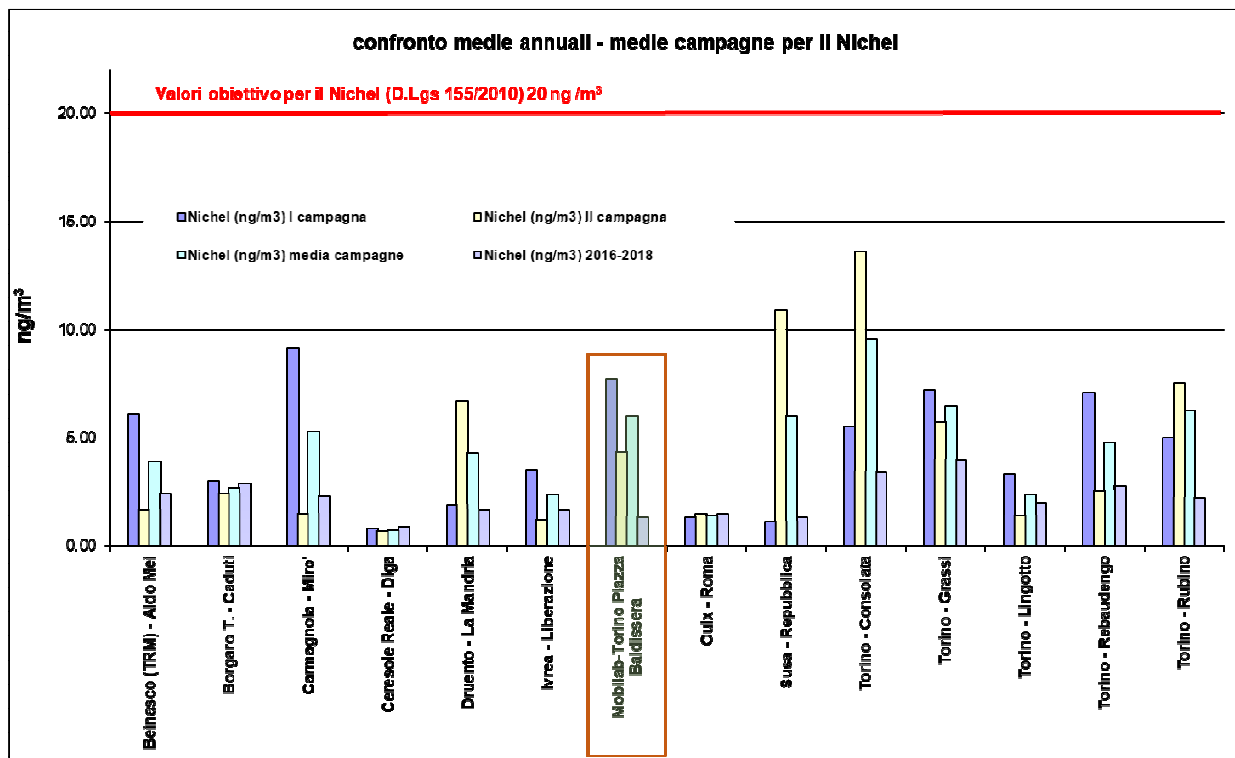
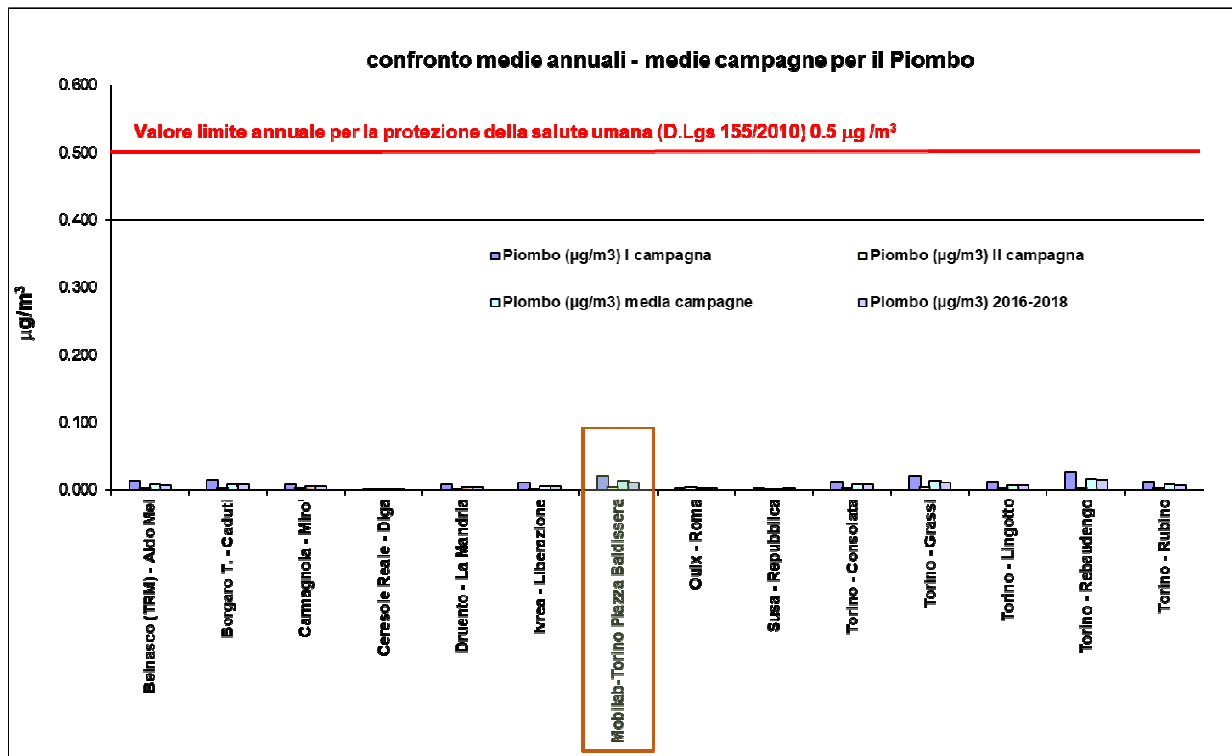


Figura 39: Piombo - confronto della media campagna invernale ed estiva con la media del triennio 2016-2018 nella città metropolitana

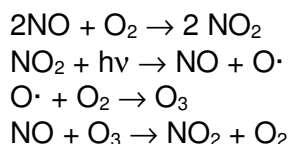


Ozono

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).

Tabella 23: Dati relativi all'ozono (O₃) (µg/m³)

	Inverno	Estate
Minima media giornaliera	4	49
Massima media giornaliera	35	111
Media delle medie giornaliere (b):	15	83
Giorni validi	21	14
Percentuale giorni validi	78%	64%
Media dei valori orari	15	84
Massima media oraria	72	190
Ore valide	517	373
Percentuale ore valide	80%	71%
Minimo medie 8 ore	2	18
Media delle medie 8 ore	15	84
Massimo medie 8 ore	63	174
Percentuale medie 8 ore valide	79%	68%
<u>Numero di superamenti livello protezione della salute su medie 8 ore (120)</u>	0	67
<u>Numero di superamenti dell'obiettivo a lungo termine per la protezione della salute umana (max media 8h > 120)</u>	0	8
<u>Numero di superamenti livello informazione (180)</u>	0	5
<u>Numero di giorni con almeno un superamento livello informazione (180)</u>	0	2
<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

Al fine di proteggere la salute umana, la normativa prevede per l'ozono un valore obiettivo di 120 µg/m³ per la concentrazione media di 8 ore, da non superare per più di 25 giorni all'anno (come media su tre anni), durante la campagna estiva si sono registrati 9 superamenti di tale livello normativo e nessun superamento del livello informazione; il valore medio del periodo è pari a 67 µg/m³ con un valore massimo di 158 µg/m³, vedi Tabella 24.

In inverno i valori sono più contenuti dei periodi più caldi, la media dei valori orari è stata di 15 µg/m³, con una massima media oraria di 35 µg/m³ e nessun superamento. In estate invece la media è pari a 83 µg/m³ con un valore massimo giornaliero di 111 µg/m³. Nel periodo estivo si sono registrati 8 superamenti del valore obiettivo a lungo termine per la protezione della salute umana e 2 superamenti del livello di informazione (180 µg/m³).

Nella Figura 40 si riporta il profilo della media mobile sulle 8 ore da cui si evincono i superamenti registrati in entrambi i periodi.

Dal grafico in Figura 41 in cui si riporta il profilo orario registrato a Torino - Piazza Baldissera e quello relativo ad alcune stazioni di fondo della rete di monitoraggio provinciale si evince che le concentrazioni misurate a Torino - Piazza Baldissera sono risultate complessivamente in linea, sia negli andamenti sia nelle quantità assolute, con quelle registrate nelle altre centraline della RRQA considerate per il confronto.

Figura 40: O₃ - confronto con i limiti di legge (media trascinata sulle 8 ore)

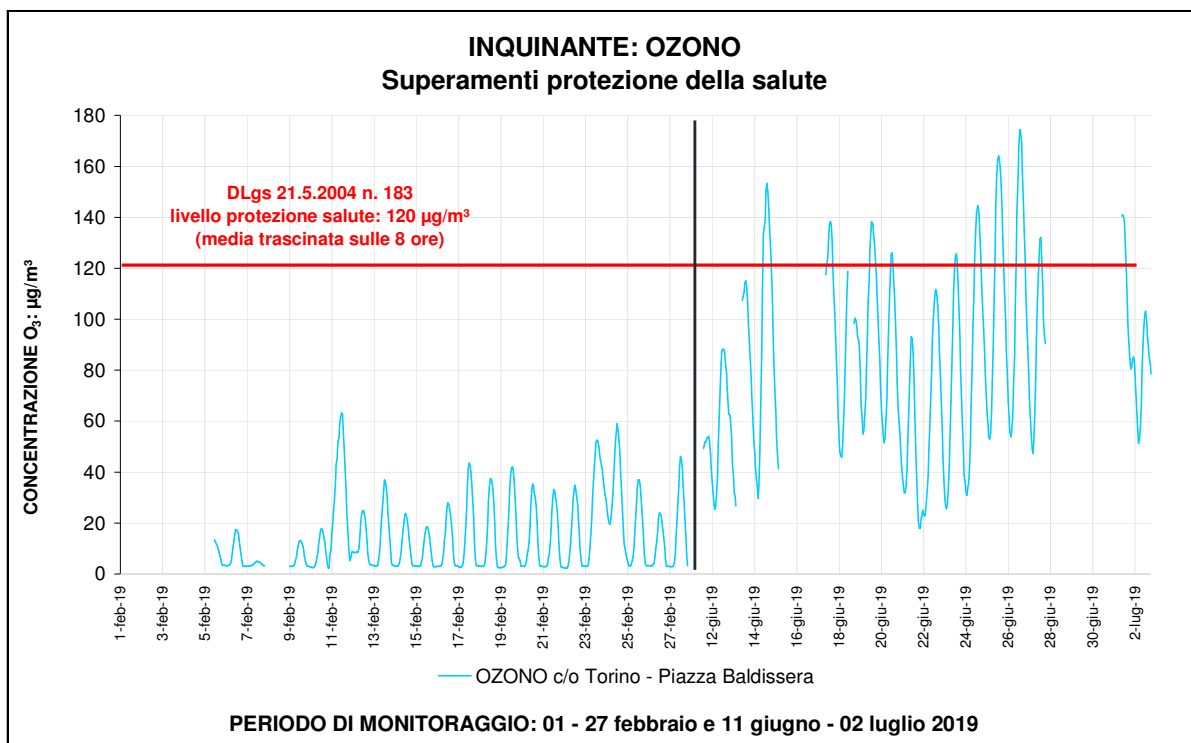
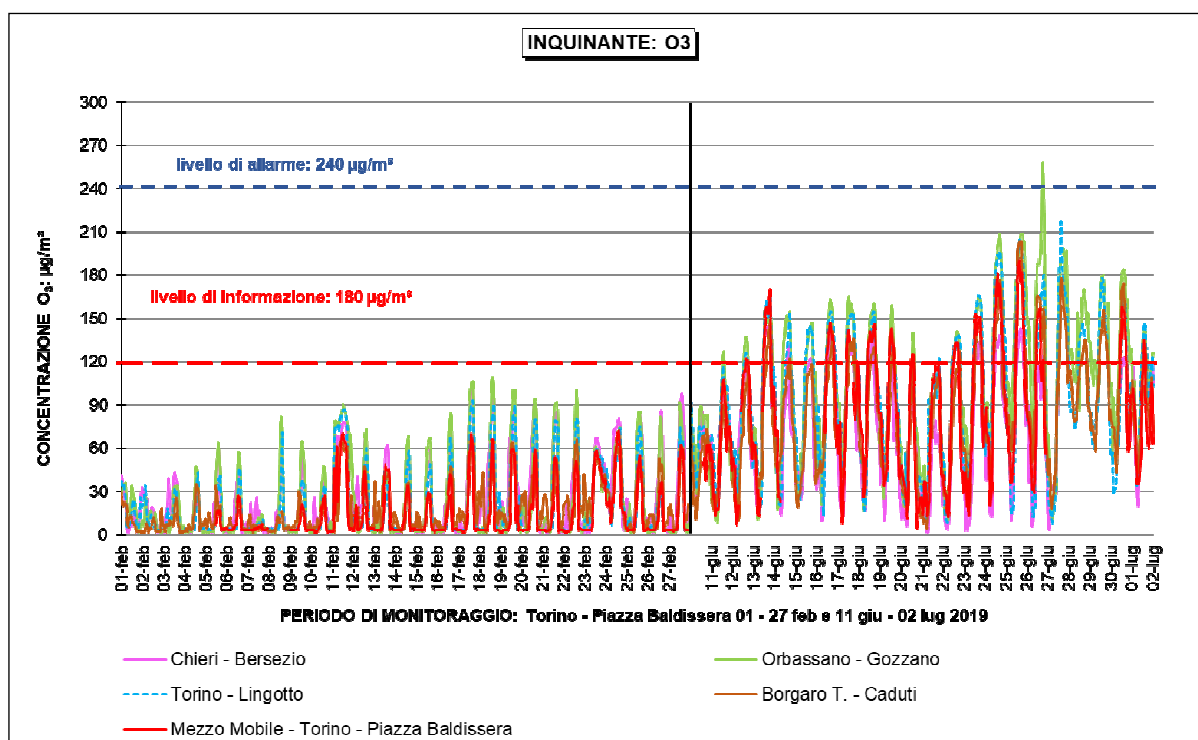
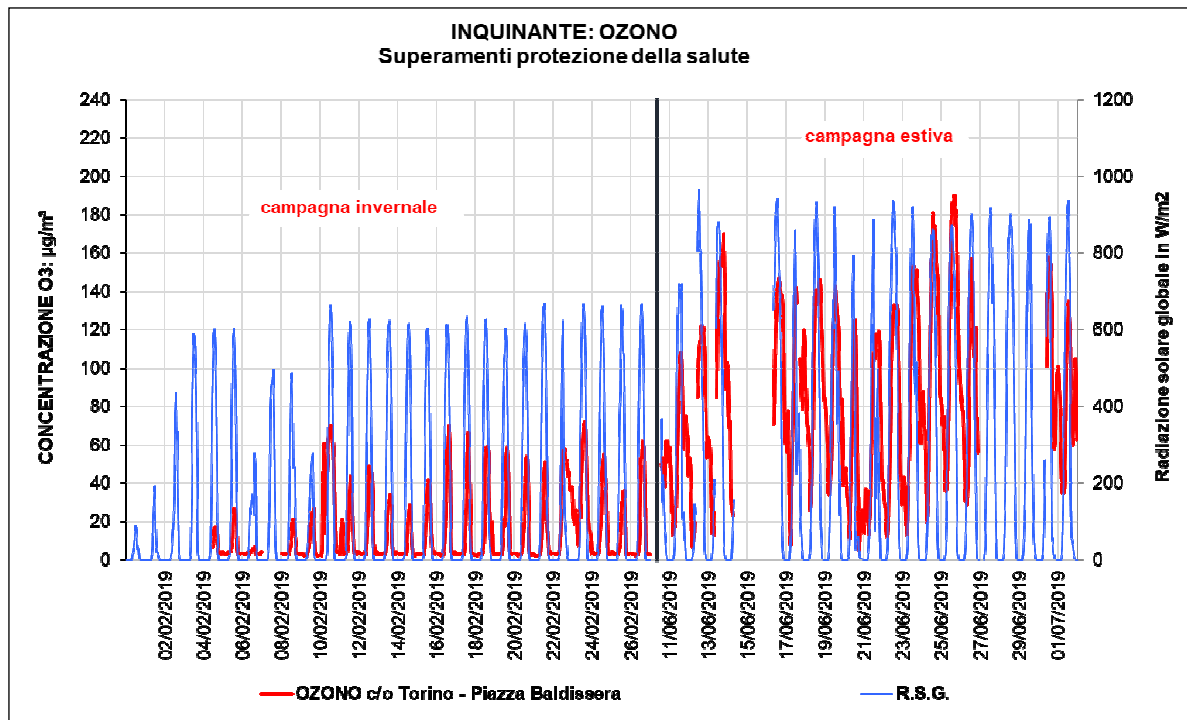


Figura 41: O₃ - andamento della concentrazione oraria e confronto con i limiti di legge nel periodo invernale



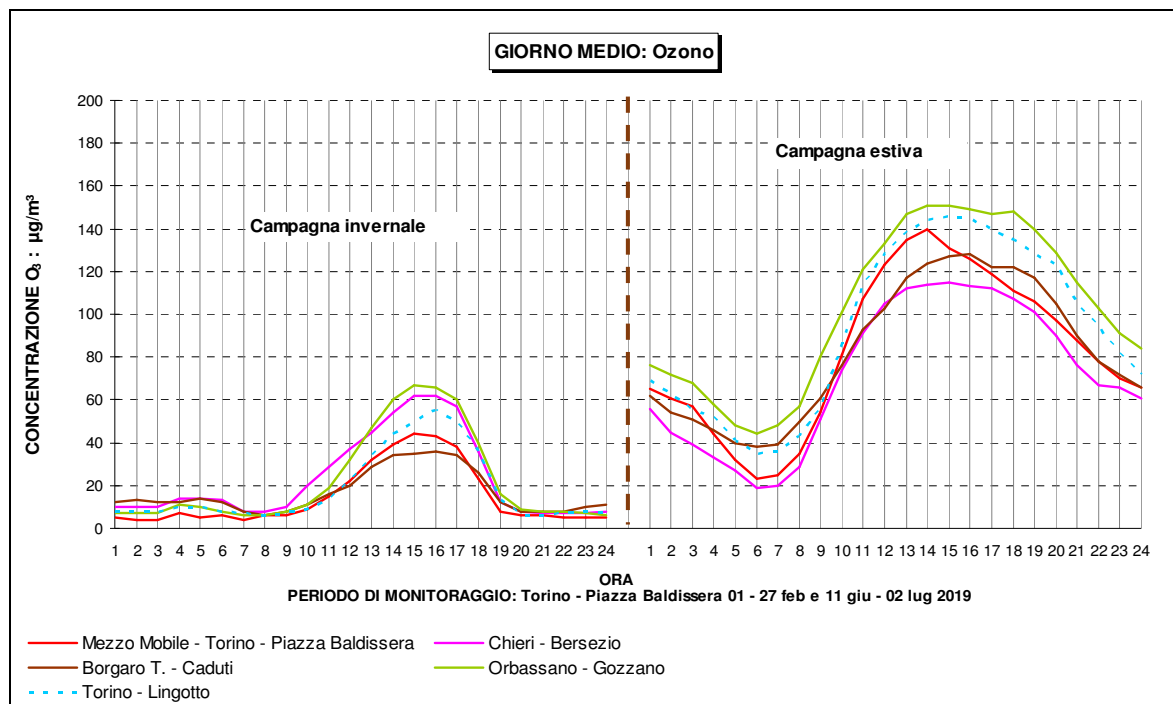
Nella Figura 42 si riporta la correlazione dei dati di ozono con i valori di radiazione solare durante le due campagne di monitoraggio da cui è possibile notare la correlazione che c'è tra i livelli di ozono che si registrano e l'irraggiamento solare.

Figura 42: O3 - andamento della concentrazione oraria e confronto con radiazione solare globale



I valori più alti di ozono sono tipici dei periodi caldi dell'anno, l'ozono è infatti un inquinante secondario che viene prodotto in atmosfera a partire da altri inquinanti (principalmente NOx e composti organici volatili VOC) a seguito di reazioni di tipo fotochimico, per questo motivo i valori più elevati delle concentrazioni medie orarie si hanno nei giorni con intensa insolazione e in assenza di coperture nuvolose. Ciò è evidente anche confrontando il profilo del giorno medio a Torino - Piazza Baldissera e gli analoghi valori misurati nelle altre stazioni della rete fissa nello stesso periodo (in Figura 43).

Figura 43: O3 - confronto del profilo del giorno medio registrato durante le due campagne di misura



CONCLUSIONI

Lo stato della qualità dell'aria che emerge dalle campagne di monitoraggio in Piazza Baldissera nella città di Torino è in linea con quanto viene misurato in siti di traffico dell'area metropolitana torinese.

Le soglie di allarme non sono mai state superate per gli inquinanti (ozono e biossido di azoto), per i quali la normativa prevede tale tipo di limite; è stato rispettato il valore limite per la protezione della salute umana su base oraria dal monossido di carbonio. Per gli altri inquinanti, per i quali sono previsti dalla normativa specifici valori di riferimento sul breve periodo, NO₂ e PM₁₀, sono stati invece registrati dei superamenti. Infatti, per il PM₁₀ nella campagna invernale si sono verificati 20 superamenti del valore limite giornaliero di 50 µg/m³ su 27 giorni validi; il numero massimo di giorni di superamento consentito dalla normativa è di 35 in un anno civile. Per il biossido di azoto si sono registrati 2 superamenti del livello orario per la protezione della salute umana durante il periodo invernale.

Per il PM₁₀, è stata calcolata una stima della media annuale sulla base dei valori registrati dalle centraline della rete fissa di monitoraggio Arpa nel triennio precedente, ottenendo una media stimata pari a 42 µg/m³, superiore al limite annuale di 40 µg/m³.

Il confronto delle concentrazioni misurate in Piazza Baldissera con i valori rilevati presso le altre stazioni provinciali, nel periodo in cui è stato condotto il monitoraggio, mostra come i livelli rilevati siano tipici di una stazione di traffico urbano. Dal momento che le stazioni fisse, di traffico urbano, che hanno mostrato negli stessi periodi di monitoraggio un numero di giorni di superamento molto simile al sito in esame hanno presentato su base annuale il superamento del numero massimo di giorni consentiti, è del tutto presumibile che il valore limite sia superato anche nel sito oggetto del monitoraggio.

La scelta di utilizzare l'ultimo triennio per stimare la media annuale nel sito di piazza Baldissera emerge dal fatto che non sono ancora disponibili tutti i dati del 2019, anno in cui sono state condotte entrambe le campagne di misura. Questa scelta potrebbe determinare una stima in eccesso dei livelli considerando che il 2017 è stato un anno piuttosto critico; ciò che è importante è comunque evidenziare l'analogia del sito con quello di Torino - Rebaudengo che di fatto presenta la stessa tipologia di stazione.

Per quanto riguarda il PM_{2.5} la stima del valore medio annuale, pari a 30 µg/m³, superiore al valore limite di 25 µg/m³ previsto dal D.Lgs 155/2010.

La stima del valore annuale del benzene è pari a 1,9 µg/m³ e del benzo(a)pirene è pari a 0.9 ng/m³ entrambe ben al di sotto dell'indicatore normativo.

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.

Durante le campagne di misura sono stati registrati superamenti dei limiti normativi per quanto riguarda l'ozono, in maniera analoga a quanto avvenuto in altre stazioni di fondo della rete fissa.

L'ozono ha registrato valori complessivamente in linea, sia negli andamenti che nelle quantità assolute, con quelle registrate nelle altre centraline della rete. Non è stata in ogni caso evidenziata nessuna criticità prettamente locale legata a tale inquinante che è di fatto ubiquitario.

In conclusione, la valutazione congiunta di tutti gli inquinanti monitorati, per l'area rappresentata dal sito di monitoraggio, ha evidenziato le stesse problematiche, già note, della stazione fissa di Torino – Rebaudengo, tra quelle più critiche a livello provinciale, e delle altre stazioni di traffico torinesi e dell'area metropolitana interessate da fonti emissive dovute ad attività antropiche, quali traffico veicolare e riscaldamento domestico, presenti nella RRQA.

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 SO₂ 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_x.

 - ✓ 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 O₃ 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/m³
 - ✓ Campo di misura toluene: 0 ÷ 766 µg/m³
 - ✓ Campo di misura xileni : 0 ÷ 442 µg/m³