

STRUTTURA COMPLESSA
DIPARTIMENTO TERRITORIALE PIEMONTE SUD EST
 Struttura Semplice Produzione – Nucleo Operativo Qualità dell’Aria

**STAZIONI FISSE DELLA RETE REGIONALE
 DI MONITORAGGIO DELLA QUALITA’ DELL’ARIA**

PROVINCIA DI ALESSANDRIA
RELAZIONE SULLA QUALITA’ DELL’ARIA ANNO 2019



SERVIZIO C1.02
PRATICA N° G07-2020-00495

Redazione	Funzione: Tecnico Nucleo Qualità Aria Dott.ssa Laura Erbetta	Firmato elettronicamente
Verifica e Approvazione	Funzione: Responsabile S.S. Produzione Nome: Donatella Bianchi	Firmato digitalmente

Il sistema di gestione qualità è certificato ISO 9001:2015 da CSQ

ARPA Piemonte Dipartimento Territoriale Sud Est – Responsabile Alberto Maffiotti

Redazione dei testi e delle elaborazioni a cura di:

L. Erbetta del Dipartimento territoriale ARPA Piemonte Sud Est

Per la gestione tecnica delle stazioni di monitoraggio, acquisizione, validazione ed elaborazione dei dati hanno collaborato:

G. Mensi, V. Ameglio, E. Scagliotti, C. Littera, C. Otta del Dipartimento territoriale ARPA Piemonte Sud Est

Le determinazioni analitiche dei metalli e degli IPA sono state realizzate da:

Laboratorio del Dipartimento Provinciale ARPA Torino – Sede di Grugliasco

Le analisi meteorologiche relative alla regione Piemonte, i dati della rete meteorologica regionale e il coordinamento della Rete Regionale della Qualità dell'aria e del Sistema regionale di monitoraggio meteorologico sono a cura della:

Struttura Complessa Sistemi Previsionali

INDICE

	pag.
1. Introduzione	4
1.1 Accesso ai dati di inquinamento atmosferico regionali.....	6
1.2 Inquadramento del contesto territoriale ai sensi della zonizzazione regionale.....	7
1.3 Stazioni di monitoraggio.....	8
2. Condizioni meteo climatiche	11
2.1 Clima e inquinamento.....	11
2.2 Dati generali sulla regione Piemonte – anno 2019.....	12
2.3 Dati registrati dalla stazione meteo di Alessandria Lobbi.....	15
3. Il quadro normativo	20
4. Descrizione degli inquinanti monitorati	21
5. Qualità dell'aria in provincia di Alessandria	23
5.1 Sintesi dei risultati	23
5.2 Polveri PM ₁₀ e PM _{2.5}	28
5.3 Biossido di Azoto NO ₂	41
5.4 Benzene e toluene	47
5.5 Ozono O ₃	49
5.6 Metalli pesanti	54
5.7 IPA.....	56
5.8 Analisi delle serie storiche	58
6. Conclusioni	66
7. Approfondimenti	68
7.1 Piano regionale di risanamento della qualità dell'aria.....	68
7.2 Influenza del fattore atmosferico sulle concentrazioni di inquinanti	72
7.3 Inquinamento atmosferico e cambiamenti climatici.....	77
7.4 Studio di mutagenesi sul particolato atmosferico.....	79

1. INTRODUZIONE

La presente relazione riporta le analisi ed elaborazioni dei dati di inquinanti monitorati dalle stazioni fisse installate in Provincia di Alessandria e registrati con media oraria, giornaliera e annuale lungo l'intero anno solare 2019 nonché gli andamenti delle serie storiche di dati registrati nell'arco dell'intero periodo di funzionamento delle stazioni.

Il territorio alessandrino conta attualmente la presenza di 8 stazioni fisse afferenti al *Sistema Regionale di Rilevamento della Qualità dell'Aria* (SRRQA) gestita da Arpa Piemonte che rilevano l'inquinamento atmosferico sulla base dei criteri e delle modalità fissati dalla direttiva comunitaria 2008/50/CE recepita dal D.lgs.155/2010. Tali criteri prevedono la misura degli inquinanti valutati come maggiormente diffusi sul territorio ed al contempo potenzialmente pericolosi per la salute dell'uomo e dell'ambiente nel suo complesso per i quali sono previsti limiti di concentrazione che vanno obbligatoriamente rispettati su tutto il territorio europeo. Questi inquinanti sono: ossidi di azoto, biossido di zolfo, monossido di carbonio, polveri PM10 e PM2.5, ozono, benzene. Inoltre, all'interno del particolato, è prevista la determinazione degli I.P.A. (idrocarburi policiclici aromatici) ed in particolare del suo composto più tossico, il benzo(a)pirene, ed anche di alcuni metalli pesanti (Arsenico, Cadmio, Nichel, Piombo).

La direttiva comunitaria fissa altresì il numero, la tipologia ed i criteri di dislocazione delle stazioni sul territorio distinguendole, sulla base delle sorgenti limitrofe presenti, in **stazioni da traffico, di fondo industriali** e, sulla base delle caratteristiche insediative del territorio circostante, in **stazioni urbane, suburbane e rurali**. Le stazioni ed i parametri in esse misurati possono inoltre avere **carattere nazionale o locale** a seconda che il dato entri o meno a fare parte del data-base nazionale ed europeo.

In provincia di Alessandria la rete di monitoraggio aria si trova nei comuni "centri zona" (Alessandria, Tortona, Casale Monferrato, Novi Ligure), in alcuni siti caratterizzati da importanti insediamenti industriali (Arquata, Spinetta Marengo) e in un punto in area appenninica che invece rappresenta il fondo a livello regionale (Dernice).

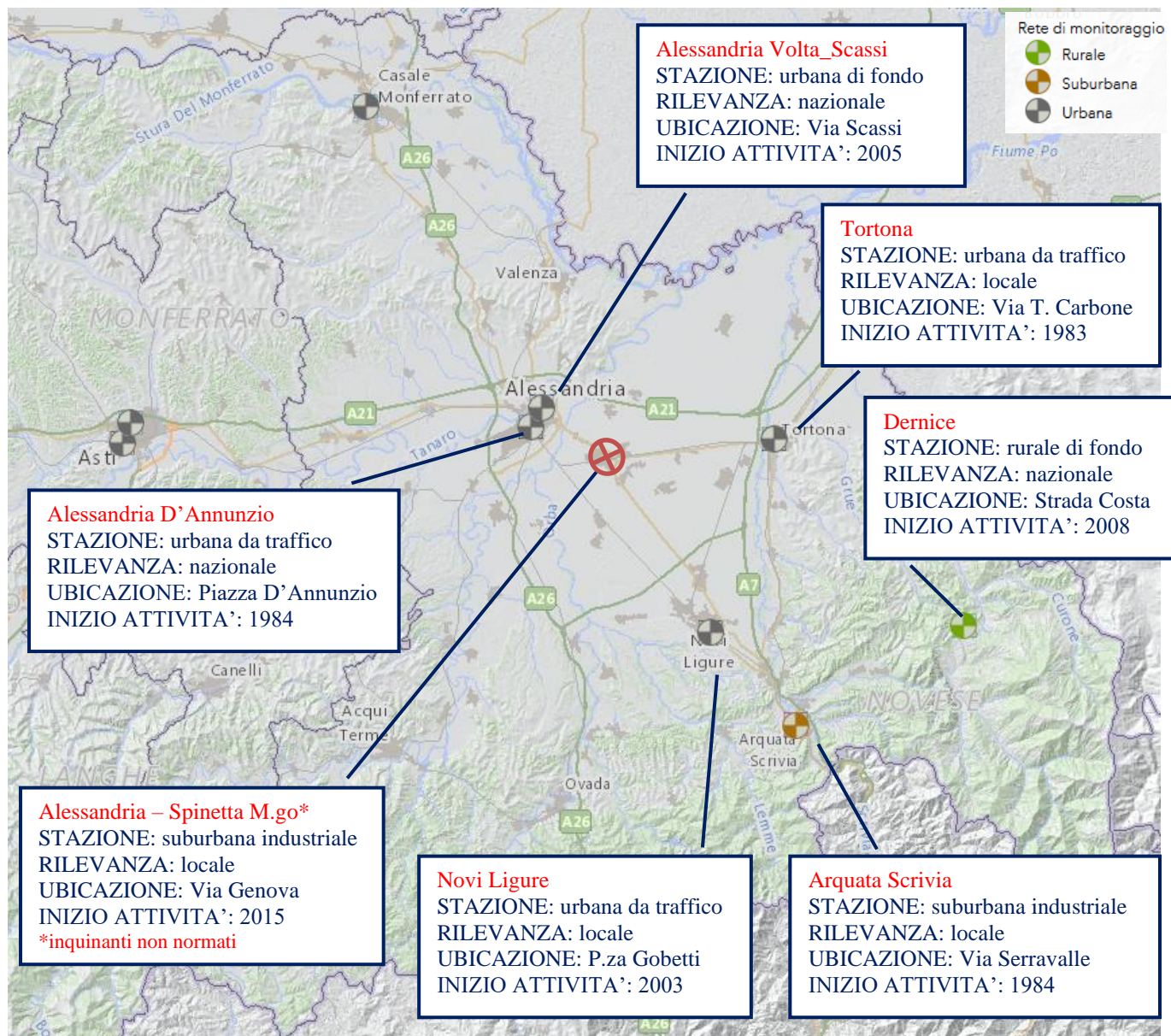
Più nel dettaglio, in relazione alla tipologia emissiva prevalente, le stazioni si classificano come:

- ❖ **stazioni di traffico**, collocate in modo da misurare prevalentemente gli inquinanti provenienti da emissioni veicolari da strade limitrofe con intensità di traffico medio alta;
- ❖ **stazioni di fondo**, ubicate in modo tale da essere rappresentative di livelli di inquinamento riferibili al contributo integrato di diverse sorgenti;
- ❖ **stazioni industriali**, deputate a rilevare il contributo delle limitrofe attività industriali;

Facendo invece riferimento alle caratteristiche della zona in cui è ubicata, le stazioni si classificano come:

- ❖ **stazioni urbane**: in siti fissi inseriti in aree edificate in continuo o in modo predominante;
- ❖ **stazioni suburbane**: siti fissi inseriti in aree in cui sono presenti sia zone edificate, sia zone non urbanizzate;
- ❖ **stazioni rurali**: siti fissi inseriti in tutte le aree diverse da urbane e suburbane

Stazioni fisse di monitoraggio della qualità dell'aria in provincia di Alessandria afferenti al SRRQA



(fonte Geoportale Arpa Piemonte http://webgis.arpa.piemonte.it/Geoviewer2D/?config=other-configs/SRRQA_config.json)

La stazione industriale di Spinetta Marengo è una stazione privata inserita nella Rete Regionale in quanto data in gestione ad Arpa da Solvay Specialty Polimers nell'ambito dei monitoraggi ambientali previsti dalla autorizzazione A.I.A. La stazione misura inquinanti peculiari emessi dal polo chimico e non previsti dalla normativa (acido fluoridrico, acido cloridrico) per i quali si rimanda alle specifiche relazioni tecniche annuali redatte dal dipartimento Arpa Sud-Est e pubblicate on line sul sito di Arpa Piemonte.

1.1 ACCESSO AI DATI DI INQUINAMENTO ATMOSFERICO REGIONALI

In ottemperanza alle direttive europee, Arpa Piemonte divulga i dati ambientali in suo possesso attraverso molteplici applicativi web tra cui segnaliamo il geoportale che visualizza su cartografia tutti i dati ambientali e meteorologici (<http://webgis.arpa.piemonte.it/geoportale/>). Per quanto attiene nello specifico alla qualità dell'aria è possibile scaricare liberamente i dati orari registrati da tutte le stazioni della rete di monitoraggio regionale, i dati di stima modellistica giornaliera e annuale di inquinamento da polveri, ossidi di azoto e ozono su base comunale e su griglia di 4x4Km per tutta la Regione e le stime previsionali emesse giornalmente per le successive 72 ore di inquinamento da polveri (da novembre a marzo) e da ozono (da maggio a settembre) per tutti i comuni della regione. Di seguito i link alle pagine di Arpa Piemonte e del portale regionale Sistema Piemonte dove accedere alle citate informazioni.

I. Le **stime previsionali** a 72 ore di inquinamento da polveri invernali e ozono estivo si trovano sul sito di Arpa Piemonte alla pagina dei bollettini:

<http://www.arpa.piemonte.it/bollettini>

oppure tramite il Geoportale di ARPA Piemonte

http://webgis.arpa.piemonte.it/previsionipm10_webapp/

II. E' possibile consultare i **dati di inquinamento in tempo reale** rilevati da tutte le stazioni di monitoraggio della rete regionale sul sito ad accesso libero:

<http://www.sistemapiemonte.it/ambiente/srqa/conoscidati.shtml>

I **dati di misura delle stazioni** si selezionano sulla destra della pagina: è possibile fare una selezione per parametro (dato giornaliero) o per parametro e stazione (dati orari degli **ultimi due anni**) e scaricarli in formato .csv.

Da qui si possono anche visualizzare le stime modellistiche giornaliere degli **ultimi due anni** per tutta la regione di inquinamento da polveri (media giornaliera), ossidi di azoto (max valore orario) e ozono (max valore su 8h): cliccando la provincia di interesse compare il menu a tendina con possibilità di selezionare i dati giornalieri relativi a ciascun comune.

III. Se si necessita di **dati di misura delle stazioni di anni passati** occorre registrarsi al **portale regionale ARIA WEB** da cui si possono scaricare tutti i dati completi e storicizzati di tutta la rete regionale, con ulteriore possibilità di elaborazioni e reportistica:

<http://www.regione.piemonte.it/ambiente/aria/rilev/ariaday/ariaweb-new/>

IV. Le **stime modellistiche annuali** regionali (VAQ) dal 2007 al 2015 per PM10, PM2.5, ozono e NO2 su griglia di 4x4Km si trovano sul geoportale di Arpa alla pagina

http://webgis.arpa.piemonte.it/aria_modellistica_webapp/index-anni-griglia.html

V. Infine è possibile scaricare le **relazioni dei monitoraggi periodici e le relazioni annuali** sulla qualità dell'aria in Alessandria e Asti dal sito di ARPA Piemonte alle pagine:

<http://www.arpa.piemonte.it/approfondimenti/territorio/alessandria/aria-1/aria-2>

<http://www.arpa.piemonte.it/approfondimenti/territorio/asti/aria>

la presente relazione è scaricabile dal sito di ARPA Piemonte al link:

<http://www.arpa.piemonte.it/approfondimenti/territorio/alessandria/aria-1/relazioni-qualita-aria-stazioni-fisse>

1.2 INQUADRAMENTO DEL CONTESTO TERRITORIALE AI SENSI DELLA ZONIZZAZIONE REGIONALE

Con la **Deliberazione della Giunta Regionale del 29 dicembre 2014, n. 41-855**, la Regione Piemonte, previa consultazione con le Province ed i Comuni interessati, ha adottato la nuova zonizzazione del territorio regionale piemontese relativa alla qualità dell'aria ambiente in attuazione degli articoli 3, 4 e 5 del D.lgs. 155/2010 e della direttiva comunitaria 2008/50/CE. La nuova zonizzazione si basa sugli obiettivi di protezione della salute umana per gli inquinanti NO₂, SO₂, C₆H₆, CO, PM₁₀, PM_{2,5}, Pb, As, Cd, Ni, B(a)P, nonché sugli obiettivi a lungo termine per la protezione della salute umana e della vegetazione relativamente all'ozono. Sulla base dei nuovi criteri il territorio regionale viene ripartito nelle seguenti zone ed agglomerati:

- ❖ Agglomerato di Torino - codice zona **IT0118**
- ❖ Zona denominata Pianura - codice zona **IT0119**
- ❖ Zona denominata Collina - codice zona **IT0120**
- ❖ Zona denominata di Montagna - codice zona **IT0121**
- ❖ Zona denominata Piemonte - codice zona **IT0122**

Il processo di classificazione ha tenuto conto delle Valutazioni annuali della qualità dell'aria nella Regione Piemonte elaborate ai fini del reporting verso la Commissione Europea, nonché dei dati elaborati nell'ambito dell'Inventario Regionale delle Emissioni in Atmosfera (IREA Piemonte) – consultabili al sito <http://www.sistemapiemonte.it/ambiente/irea/> - che indicano l'apporto dei diversi settori sulle emissioni dei principali inquinanti e dai quali è possibile determinare il carico emissivo per ciascun inquinante, compresi quelli critici quali: PM₁₀, NO_x, NH₃ e COV.

In considerazione del fatto che l'inquinamento dell'aria risulta diffuso omogeneamente a livello di Bacino Padano e, per tale ragione, non risulta sufficiente una pianificazione settoriale di tutela della qualità dell'aria, ma si rendono necessarie azioni più complesse coordinate a tutti i livelli di governo (nazionale, regionale e locale), in data **9 giugno 2017** è stato sottoscritto il nuovo **“Accordo di Programma per l'adozione coordinata e congiunta di misure di risanamento della qualità dell'aria nel Bacino Padano”**, finalizzato all'istituzione di appositi tavoli tecnici per l'integrazione degli obiettivi relativi alla gestione della qualità dell'aria con quelli relativi ai cambiamenti climatici ed alle politiche settoriali (trasporti, edilizia, pianificazione territoriale ed agricoltura) che hanno diretta relazione con l'inquinamento atmosferico e che prevede interventi organici di natura sia emergenziale (*protocollo antismog*) che strutturale.

Sulla scorta della zonizzazione regionale, si individuano per Alessandria e le aree di pianura della provincia alcuni potenziali superamenti dei limi di legge relativamente agli inquinanti più critici: polveri PM₁₀ e PM_{2,5}, ossidi di azoto, ozono. Come si legge dalla cartina sopra, l'area di pianura compresa tra Casale M.to, Alessandria e Tortona risulta del tutto omogenea all'area lombarda confinante e presenta le medesime criticità dal punto di vista della qualità dell'aria. Tale zona si conferma tra le aree piemontesi soggette a risanamento al fine di rientrare entro i limiti imposti dalla direttiva europea recepita dal Decreto 155/2010 per quanto riguarda polveri sottili, ossidi di azoto e ozono. Le criticità sono stimate sulla base dell'inventario regionale delle fonti emissive di cui si riportano di seguito alcuni dati. La tabella riporta i principali contributi emissivi stimati per il Comune di Alessandria espressi in tonnellate/anno e suddivisi per fonti di emissione.

1.3 STAZIONI DI MONITORAGGIO

A partire dal 1983 sono state installate in provincia di Alessandria stazioni fisse per il monitoraggio della qualità dell'aria che attualmente si trovano nei punti indicati in cartografia. Di seguito si riportano le schede sintetiche con le caratteristiche tecniche della strumentazione installata presso le stazioni e dei parametri misurati.

Stazione di rilevamento di ALESSANDRIA Volta

Codice 6003-805 Stazione di rilevanza nazionale

Indirizzo: Alessandria – Via Scassi

UTM_X: 470167

UTM_Y: 4974174

Altitudine: 91m s.l.m

Data inizio attività: 07-12-2005

spostamento da Ist. Volta a Via Scassi (17/12/2010)

ID ZONA: urbana

ID STAZIONE: background

CARATTERISTICHE ZONA: residenziale



Strumentazione

PARAMETRO	STRUMENTO	METODO	TEMPO DI MEDIA	INCERTEZZA ESTESA
NO/NO ₂	API200	chemiluminescenza	1 ora	15.1%
O ₃	API400	assorbimento UV	1 ora	5.1%
PM2.5	Charlie Sentinel	gravimetrico BV	1 giorno	%
PM10	Tecora Skypost	gravimetrico BV	1 giorno	13.0%
PM10_PM2.5	SWAM 5Dual	sorgente beta	1 ora	25%max

Stazione di rilevamento di ALESSANDRIA D'Annunzio

Codice 6003-801 Stazione di rilevanza nazionale

Indirizzo Alessandria - Piazza D'Annunzio

UTM_X: 469452

UTM_Y: 4972848

Altitudine: 95m s.l.m.

Data inizio attività: 01-06-1984

ID ZONA: urbana

ID STAZIONE: traffico

CARATTERISTICHE ZONA: residenziale, commerciale



Strumentazione

PARAMETRO	STRUMENTO	METODO	TEMPO DI MEDIA	INCERTEZZA ESTESA*
NO/NO ₂	API200	chemiluminescenza	1 ora	15.1%
BTX	SYNTEC GC855	gascromatografia	1 ora	25%max
CO	M 9841	assorbimento IR	1 ora	8.2%
PM10	Charlie Sentinel	gravimetrico BV	1 giorno	13.0%

Stazione di rilevamento di Casale M.to

Codice 6039-801 Stazione di rilevanza nazionale
 Indirizzo Casale Monferrato
 Via XX Settembre c/o Mercato Pavia (Castello)

UTM_X: 456488
 UTM_Y: 4998419
 Altitudine: 118m

ID ZONA: urbana
 ID STAZIONE: background
 CARATTERISTICHE ZONA: residenziale, commerciale

Data inizio attività: 13-03-2003



Strumentazione

PARAMETRO	STRUMENTO	METODO	TEMPO DI MEDIA	INCERTEZZA ESTESA*
NO/NO ₂	API200A	chemiluminescenza	1 ora	15.1%
BTX	AIR TOXIC GC866	gascromatografia	1 ora	25%max
PM10	MP101	Sorgente beta	1 giorno	25%max

Stazione di rilevamento di Novi Ligure

Codice 6114-801 Stazione di rilevanza locale
 Indirizzo Novi Ligure - Piazza Gobetti

UTM_X: 483932
 UTM_Y: 4956284
 Altitudine: 201 m s.l.m.

ID ZONA: urbana
 ID STAZIONE: traffico
 CARATTERISTICHE ZONA: residenziale, commerciale

Data inizio attività: 16-01-2003



Strumentazione

PARAMETRO	STRUMENTO	METODO	TEMPO DI MEDIA	INCERTEZZA ESTESA*
NO/NO ₂	API100	chemiluminescenza	1 ora	15.1%
PM10	Tecora Skypost	gravimetrico BV	1 giorno	13.0%

Stazione di rilevamento di Arquata Scrivia

Codice 6009-800 Stazione di rilevanza locale
 Indirizzo Arquata Scrivia - Via Serravalle

UTM_X: 490710
 UTM_Y: 4948863
 Altitudine: 242

Data inizio attività: 01-06-1984
 ID ZONA: suburbana
 ID STAZIONE: industriale
 CARATTERISTICHE ZONA: residenziale, commerciale



Strumentazione

PARAMETRO	STRUMENTO	METODO	TEMPO DI MEDIA	INCERTEZZA ESTESA*
SO ₂	API100	Fluorescenza	1 ora	10.8%
PM10	MP101	Sorgente beta	1 giorno	25%max

Stazione di rilevamento QA di Tortona

Codice 6174-800 Stazione di rilevanza locale
 Indirizzo Tortona
 Via Tito Carbone

UTM_X: 488918
 UTM_Y: 4971607
 Altitudine: 118m

ID ZONA: urbana
 ID STAZIONE: traffico
 CARATTERISTICHE ZONA: residenziale, commerciale

Data inizio attività: 01-10-1983



Strumentazione

PARAMETRO	STRUMENTO	METODO	TEMPO DI MEDIA	INCERTEZZA ESTESA*
NO/NO ₂	API200A	chemiluminescenza	1 ora	15.1%
PM10	MP101	Sorgente beta	1 giorno	25%max

Stazione di rilevamento di Dernice Costa

Codice: 6066-800 Stazione di rilevanza nazionale
 Indirizzo: strada comunale Costa

UTMX: 504146 UTM_Y: 4956656
 Altitudine: 580m slm

Data inizio attività: 19/12/2008

ID ZONA: rurale
 ID STAZIONE: background
 CARATTERISTICHE ZONA: residenziale, agricola



Strumentazione

PARAMETRO	STRUMENTO	METODO	TEMPO DI MEDIA	INCERTEZZA ESTESA
NO/NO ₂	API200A	chemiluminescenza	1 ora	15.1%
O ₃	API400E	assorbimento UV	1 ora	5.1%
PM2.5	Charlie Sentinel	gravimetrico BV	1 giorno	15.0%
PM10	Charlie Sentinel	gravimetrico BV	1 giorno	13.0%

L'incertezza estesa e riferita ai valori limite imposti dalla normativa (all. XI D.lgs 155/2010) e calcolata secondo le UNI EN specifiche per i vari inquinanti, tenendo conto dei contributi all'incertezza ritenuti più significativi.

2. CONDIZIONI METEOCLIMATICHE

2.1 CONSIDERAZIONI GENERALI

Gli inquinanti dell'aria, essendo presenti, come particelle solide, liquide o gassose in una miscela di gas che noi chiamiamo atmosfera, sono soggetti alla forte influenza degli agenti atmosferici a scala locale, ovvero ai parametri fisici che regolano gli andamenti della meteorologica e del clima: pressione atmosferica, temperatura, vento, pioggia, radiazione solare, etc. In particolare, i bassi strati atmosferici che sono a contatto con la superficie terrestre si comportano come sistemi turbolenti ed instabili in cui la variazione continua dei parametri sopra citati è regolata da complessi scambi energetici tra sole, terra ed atmosfera stessa. Il comportamento dunque degli inquinanti rilasciati in atmosfera da attività umane o fenomeni naturali è regolato non solo dal rateo di rilascio di queste sostanze da parte delle sorgenti e dunque, nei casi di quelle antropiche, dall'intensità delle pressioni, ma dall'effetto che si produce dalle reazioni chimico fisiche che queste sostanze una volta rilasciate innescano in atmosfera, che si comporta a tutti gli effetti come una grande camera di reazione. Dunque l'impatto finale su ecosistemi e popolazione, ovvero la concentrazione al suolo degli inquinanti mediata su un'ora, un giorno o un anno, è il risultato di un certo quantitativo emesso dalle sorgenti per unità di tempo e volume e delle reazioni intercorse con l'atmosfera. I principali fenomeni chimico-fisici che presiedono a tali reazioni sono: trasporto e risospensione ad opera del vento, trasformazione chimica delle specie inquinanti ad opera della radiazione solare, trasformazione chimica delle specie inquinanti ad opera di altri gas atmosferici (es. vapore acqueo), schiacciamento al suolo degli inquinanti per effetto di condizioni di elevata stabilità atmosferica, dilavamento degli inquinanti per opera delle precipitazioni. Come è noto questi parametri sono soggetti a notevoli variazioni di anno in anno, pertanto una analisi di trend storici dell'inquinamento dell'aria deve necessariamente partire da un'analisi climatologica su scala locale per soppesare adeguatamente gli effetti meteo-climatici sul dato. Ciascuna annata presenta sue proprie singolarità meteorologiche cui accenniamo brevemente per quanto riguarda precipitazioni e temperature degli ultimi anni:

- ❖ Anno 2008: molto piovoso; temperature nella media con gennaio caldo e luglio freddo
- ❖ Anno 2009: piovosità nella media, abbastanza caldo, temperature massime e minime elevate in estate e soprattutto autunno
- ❖ Anno 2010: molto piovoso; temperature nella media
- ❖ Anno 2011: precipitazioni nella media; abbastanza caldo, temperature minime elevate in inverno e massime elevate da agosto a ottobre
- ❖ Anno 2012: precipitazioni nella media; abbastanza freddo, record di -20°C a febbraio, da aprile a maggio temperature sotto la media
- ❖ Anno 2013: molto piovoso; abbastanza freddo con temperature sotto la media in primavera ed estate
- ❖ Anno 2014: molto piovoso; mediamente molto caldo, con temperature sotto la media in estate e sopra la media nelle altre stagioni.
- ❖ Anno 2015: piovosità nella norma con prolungato periodo siccitoso a fine anno; mediamente molto caldo in tutte le stagioni, con temperature da record nei mesi di luglio, novembre e dicembre.
- ❖ Anno 2016: piovosità inferiore alla norma con evento alluvionale a fine novembre; mediamente molto caldo in tutte le stagioni, con temperature da record nei mesi di luglio, novembre e dicembre e prolungati periodi siccitosi.
- ❖ Anno 2017: piovosità inferiore alla norma; mediamente molto caldo e secco in tutte le stagioni, con temperature da record a marzo, giugno e agosto, con record di siccità in autunno.
- ❖ Anno 2018: caldo e piovoso, con temperature minime molto sopra le medie storiche e surplus pluviometrico in autunno
- ❖ Anno 2019: caldo e piovoso, con temperature minime molto sopra le medie storiche e surplus pluviometrico in autunno

Tendenzialmente temperature più calde in inverno tendono ad un maggior avvezione in atmosfera con conseguente diluizione degli inquinanti mentre temperature elevate in estate, abbinate a forte radiazione solare, determinano un forte inquinamento da ozono. Al contrario estati fredde permettono una riduzione

della formazione di ozono che si innesca solo in presenza di forte radiazione solare. Le precipitazioni o il vento di una certa intensità costituiscono l'unico efficace meccanismo di rimozione delle polveri atmosferiche e degli inquinati gassosi.

2.2 DATI METEO-CLIMATICI SULLA REGIONE PIEMONTE – ANNO 2019

I dati presentati sono prodotti dal Settore Sistemi Previsionali di Arpa Piemonte. Tutti i dati meteorologici e le elaborazioni più sotto riportate sono scaricabili dal sito di Arpa Piemonte.¹

L'anno solare 2019 è stato il 5° più caldo in Piemonte degli ultimi 62 anni con una **anomalia termica positiva di circa +1.5°C** rispetto al trentennio di riferimento 1971-2000. Si segnala l'eccezionale ondata di calore di fine giugno in cui si sono toccati record di temperatura in molte parti della regione. Il 2019 è stato un anno caldo e piovoso, con un surplus di pioggia che si è concentrata a maggio e ottobre, mese in cui si sono registrati eventi di particolare intensità collegati a fenomeni alluvionali soprattutto nel basso alessandrino (la stazione di Gavi ha toccato il record piemontese di pioggia con 480mm in 24 ore a fine ottobre).



-  +1.5 °C oltre la norma 1971-2000
5° anno più caldo degli ultimi 62 anni
-  Ondata di calore nei giorni 26-29 giugno con record termici
-  Precipitazione media annuale: 1.295 mm (+23% rispetto alla norma 1971-2000); 9° anno più piovoso degli ultimi 62 anni
-  Eventi pluviometrici intensi nei giorni 19-24 ottobre e 22-25 novembre con esondazioni e frane

9

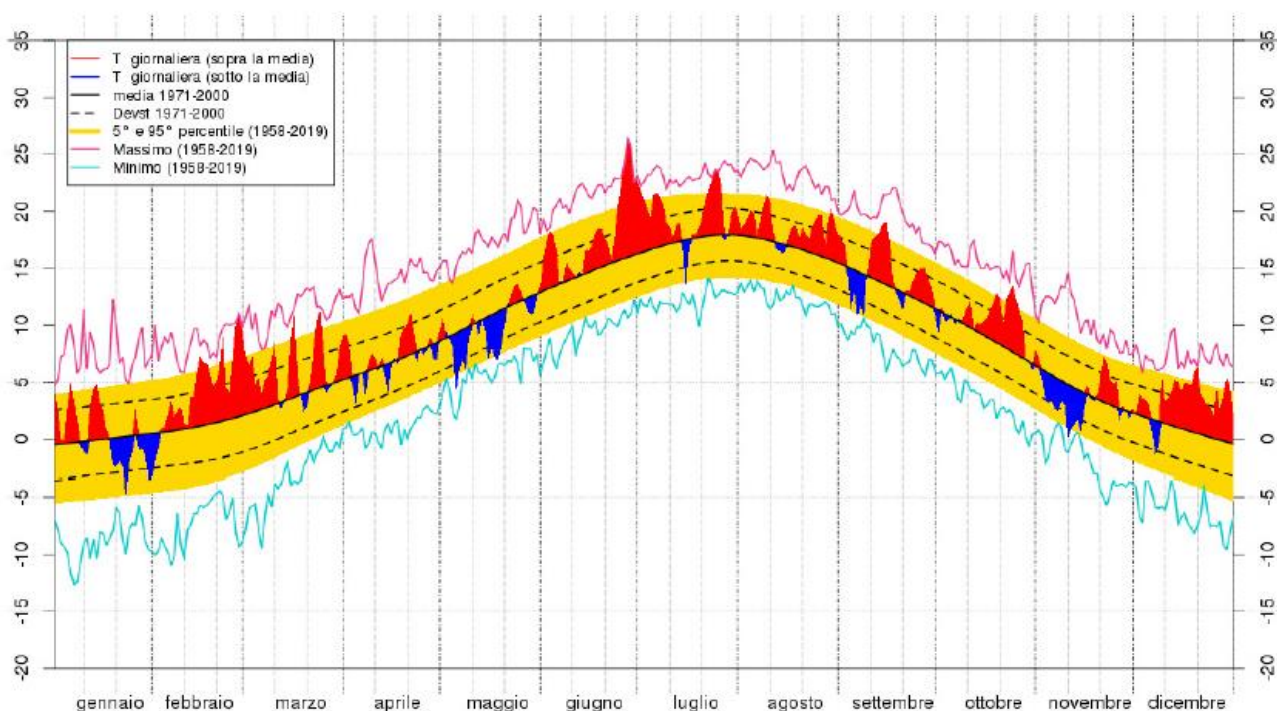
Media per decennio delle temperature sulla regione Piemonte a partire dal 1960

Decennio	Temperatura media (°C)
2010-2019	10.3
2000-2009	9.9
1990-1999	9.4
1980-1989	9.0
1970-1979	8.7
1960-1969	8.7

Fonte: Arpa Piemonte Sistemi Previsionali – “Il clima in Piemonte nel 2019”

¹ http://www.arpa.piemonte.it/rischinaturali/tematismi/clima/rapporti-di-analisi/annuale_pdf/anno_2019.pdf

Temperatura giornaliera: media Piemonte ANNO 2019



I mesi più caldi rispetto alla media sono stati i mesi di gennaio, aprile e settembre caratterizzati da temperature rispettivamente di +2.7°C, +3.4°C e +2.8°C. In generale tutti i mesi tranne febbraio sono stati circa 2°C sopra la media storica. Le anomalie hanno riguardato sia le temperature massime che quelle minime. Per quanto riguarda la provincia di Alessandria il surriscaldamento ha riguardato l'intero territorio con anomalie positive variabili da 0.5 a 3°C sulle temperature medie. In particolare Il casalese è stato il territorio che ha fatto registrare le anomalie più elevate da 2 a 3°C in più rispetto alle medie storiche, con innalzamenti maggiori sulle temperature minime.

Per quanto riguarda il periodo estivo risultano anche in aumento le notti tropicali (con temperature minime >20°C) ed i giorni estivi (con temperature massime >30°C) su tutto il territorio.

località	PROV	notti tropicali 2018	notti tropicali 1991-2015	giorni estivi 2018	giorni estivi 1991-2015
Alessandria	AL	5	2	63	61
Montaldo Scarampi	AT	25	17	53	29
Biella	BI	32	28	36	35
Boves	CN	0	1	29	14
Cameri	NO	12	4	80	32
Torino	TO	12	17	84	46
Pallanza	VB	35	17	34	38
Vercelli	VC	14	8	54	48

Fonte: Arpa Piemonte Sistemi Previsionali – “Il clima in Piemonte nel 2019”

Il grafico sopra mostra in rosso i periodi del 2019 con temperature sopra la media ed in blu quelli sotto la media storica 1971-2000 in Piemonte. Si evidenzia come maggio e novembre siano stati mesi più freddi della media mentre tutti gli altri mesi dell'anno sono stati più caldi in modo particolare febbraio (+3.3°C) e giugno/luglio. (+3.2°C) con un maggior rialzo sulle temperature massime.

La seguente tabella mostra per Alessandria città il numero di notti tropicali (T minima >20°C), giorni estivi (T massima >30°C) e giorni di gelo (T minima ≤0°C) nel 2019 rispetto alla media 1991-2015.

località	PROV	notti tropicali 2019	notti tropicali 1991-2015	giorni estivi 2019	giorni estivi 1991-2015	giorni gelo 2019	giorni gelo 1991-2015
Alessandria	AL	14	2	71	61	77	61

Fonte: Arpa Piemonte Sistemi Previsionali – “Il clima in Piemonte nel 2019”

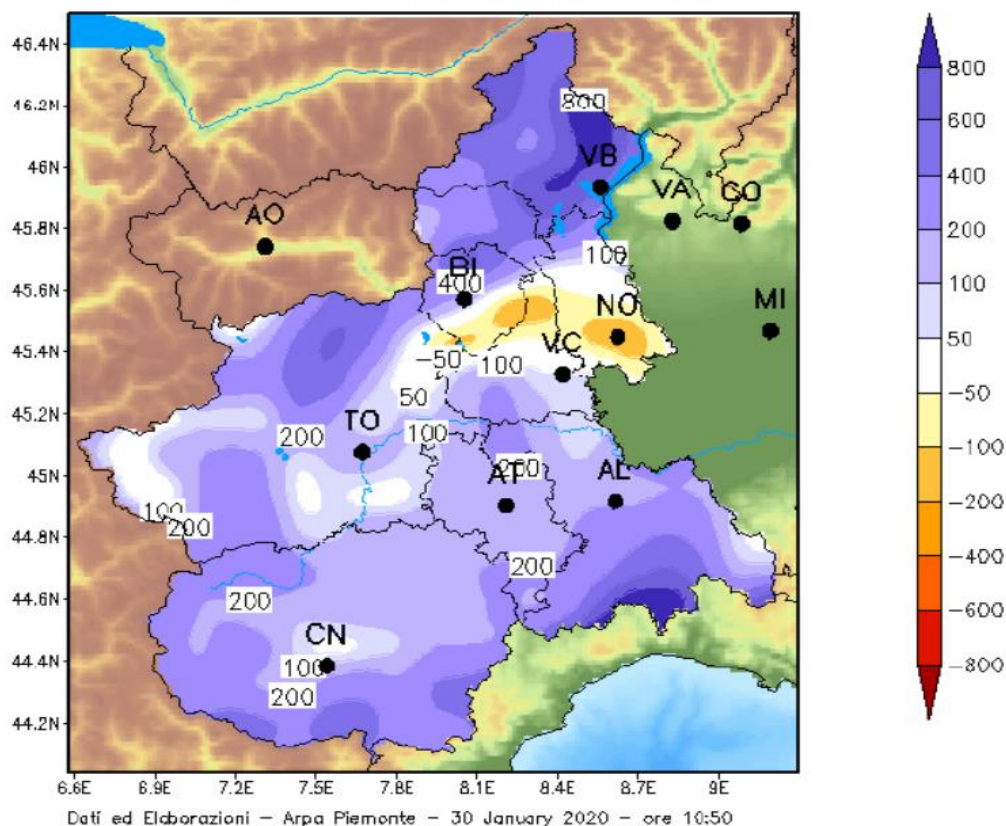
Le precipitazioni cumulate medie dell'anno 2019 in Piemonte sono state pari a 1295.5 mm e sono risultate superiori alla norma 1971-2000, con un surplus di circa 245 mm, che corrisponde al +23%; il 2019 è il 9° anno più piovoso nella distribuzione storica degli anni 1958-2019.

La piovosità non è stata però omogenea nell'arco dell'anno, il surplus pluviometrico è stato concentrato nei mesi di ottobre e novembre: in questi due mesi sono caduti 543.9 mm di precipitazione, pari al 42% del totale annuale. Da notare come fino a metà Ottobre 2019 ci fosse negativo un 25% in meno di pioggia caduta rispetto alla norma mentre a fine novembre l'anomalia di precipitazione è risultata superiore del 20% rispetto a quanto si registra normalmente alla fine della stagione autunnale.

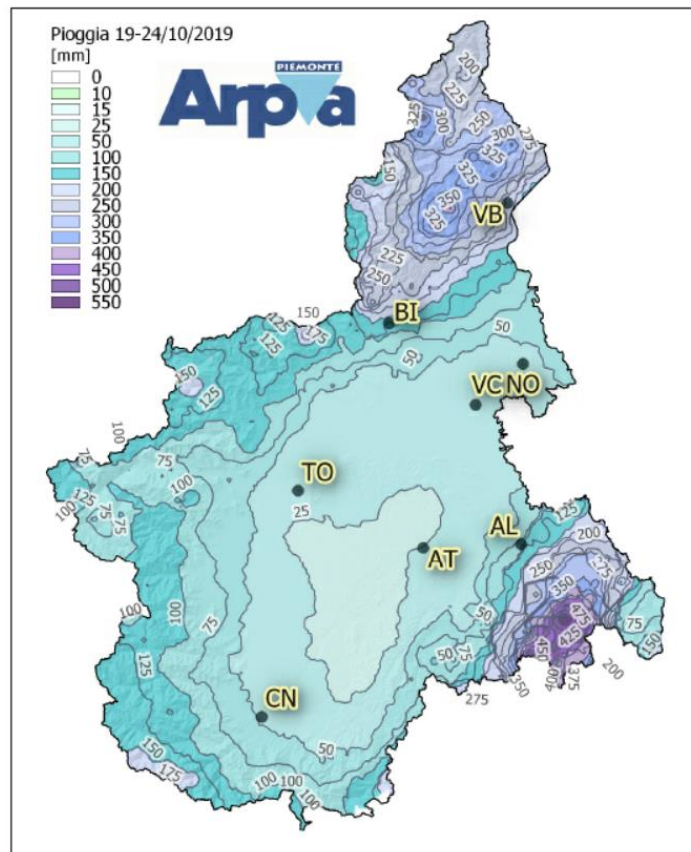
La provincia di Alessandria ha fatto registrare un surplus pluviometrico annuo del +30% circa, simile al 2018. Questo surplus ha interessato tutta la provincia con varie intensità, in particolare il sud appenninico ha registrato un significativo surplus pluviometrico da +600mm a +800mm nell'anno.

Anomalie annuali di Precipitazione (mm) anno 2019

Periodo di riferimento 1971–2000



Da menzionare il record storico di piogge intense registrato ad ottobre in tutta la regione ed in particolare a Gavi (AL) dove in 24 ore ha piovuto quello che piove in normalmente in 6 mesi.



Precipitazione cumulata dal 19 a 24 ottobre 2019

Intervallo temporale (ore)	Giorno	Ora (UTC)	Località	Valore (mm)
1	09-lug-2019	20:30	Lanzo (TO)	82.4
3	21-ott-2019	17:40	Gavi (AL)	205.4
6	21-ott-2019	20:10	Gavi (AL)	318.0
12	22-ott-2019	01:30	Gavi (AL)	432.2
24	22-ott-2019	00:00	Gavi (AL)	480.0

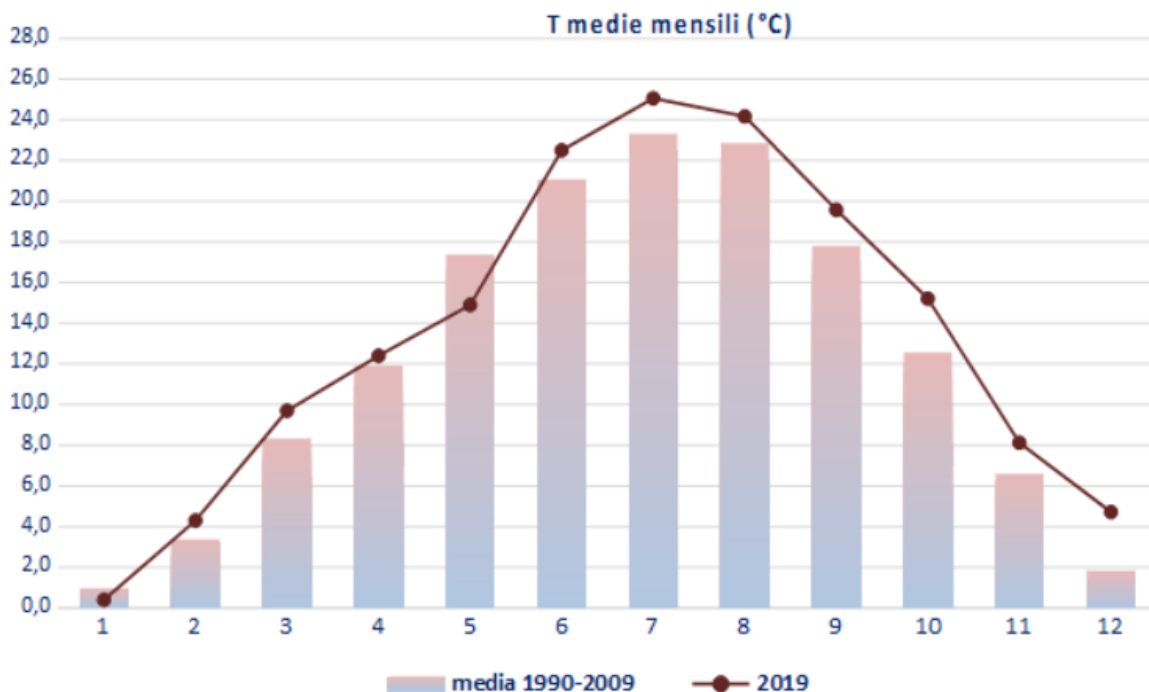
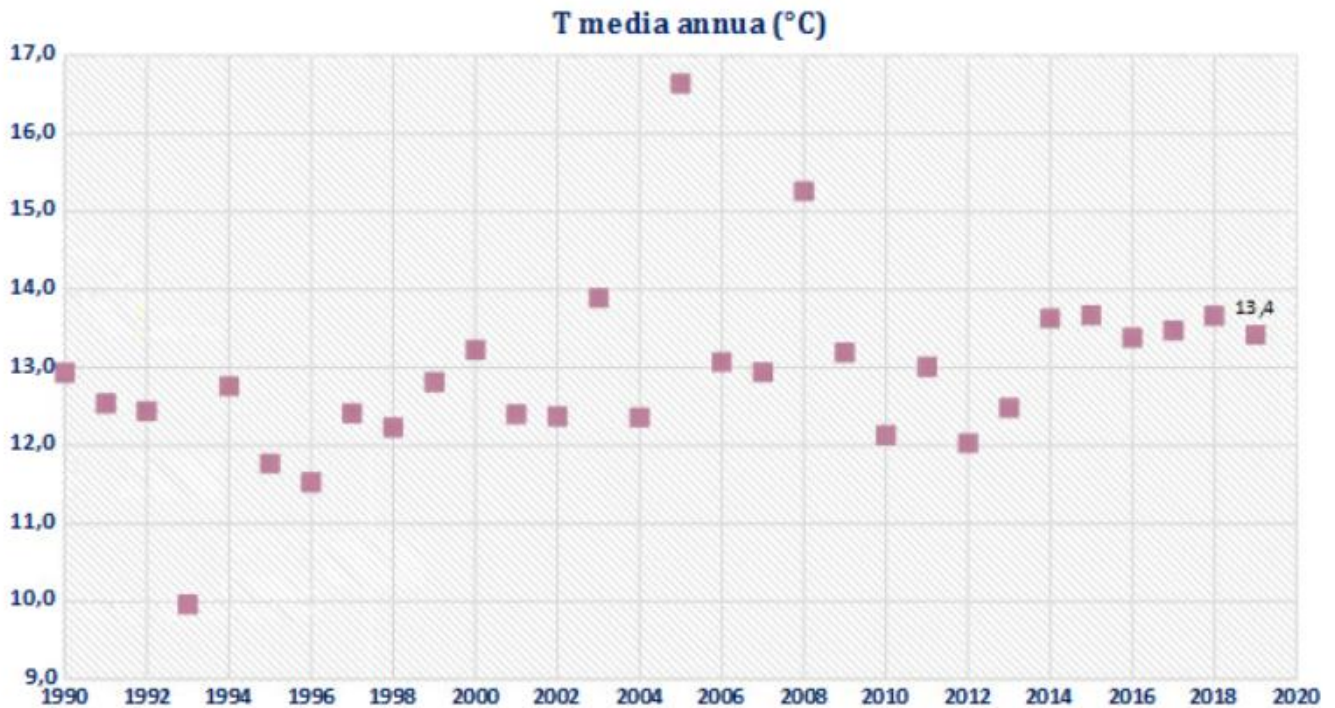
Fonte: Arpa Piemonte Sistemi Previsionali – “Il clima in Piemonte nel 2019”

2.3 DATI REGISTRATI NEL 2019 DALLA STAZIONE METEO DI ALESSANDRIA LOBBI

STAZIONE METEO ALESSANDRIA LOBBI PRESSO DEPURATORE COMUNALE
 COORD UTM WGS84
 UTMX: 476727
 UTM Y: 4976201
 PARAMETRI: PIOGGIA, TEMPERATURA, VEL VENTO, DIR VENTO, RADIAZIONE SOLARE

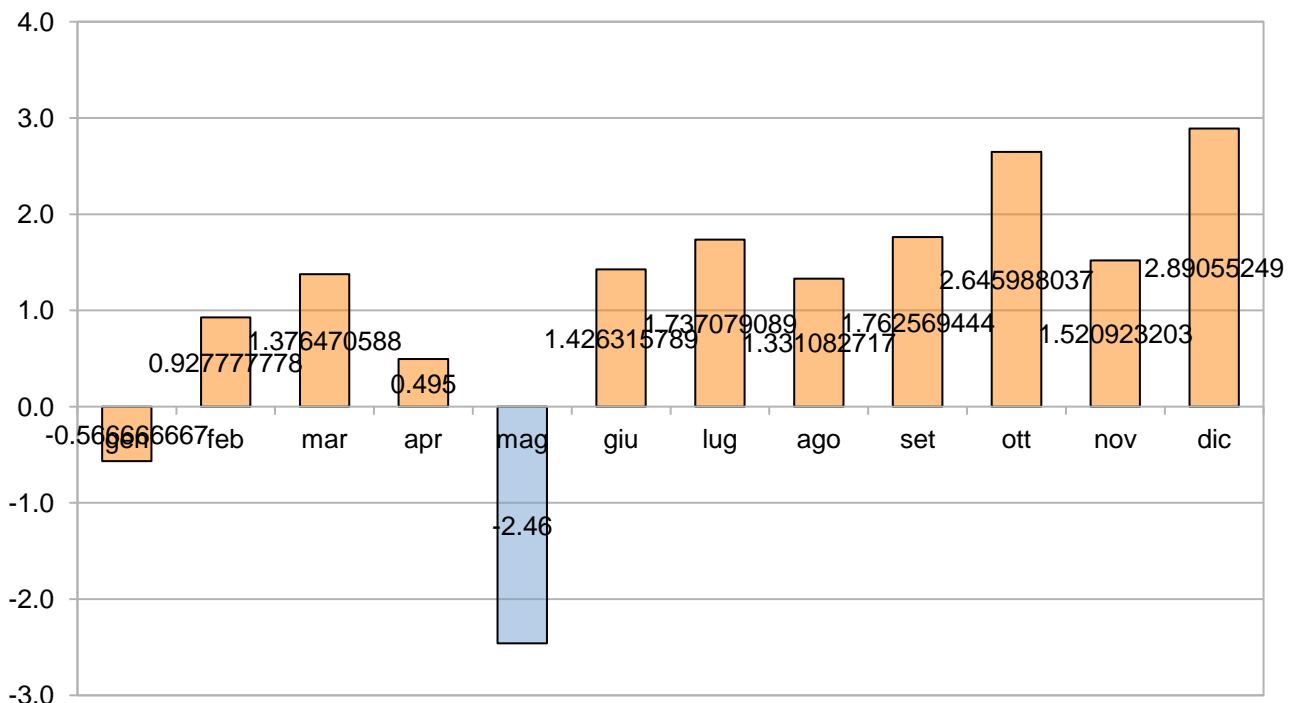
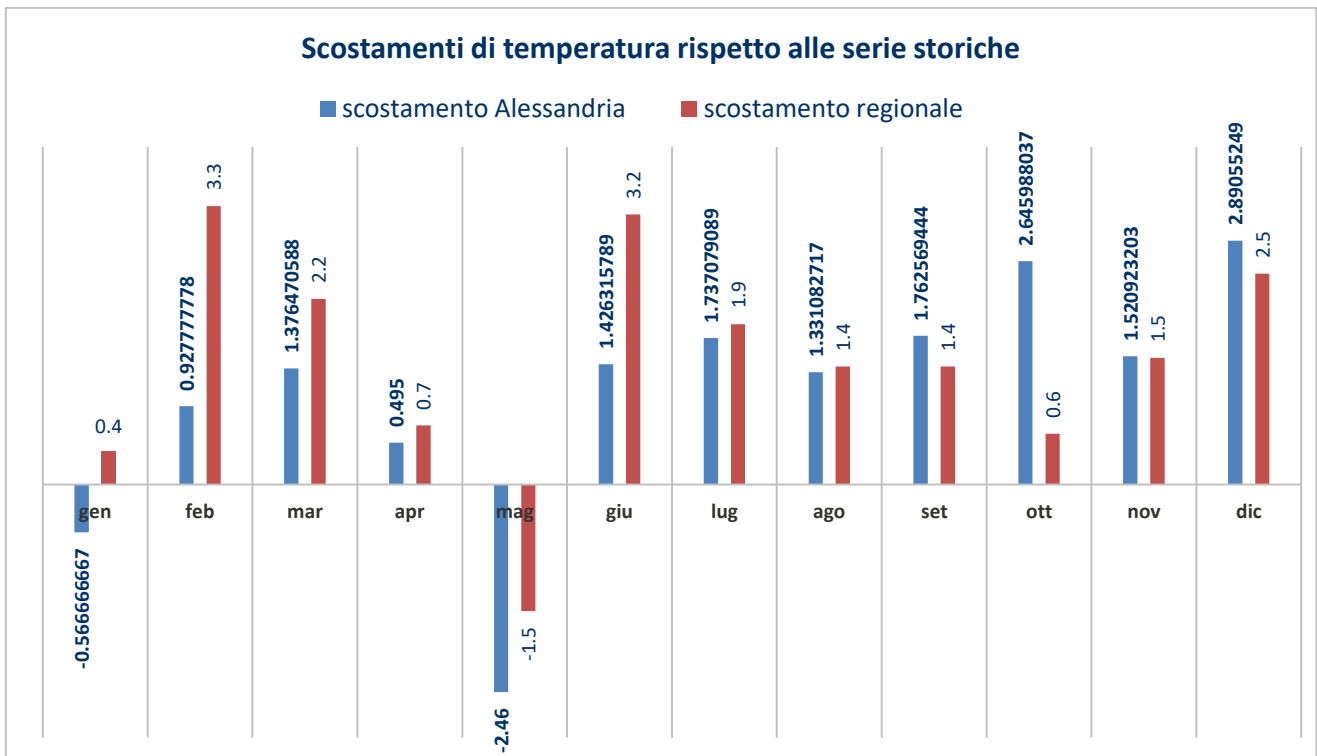
Nel 2019 la temperatura media annuale ad Alessandria è stata di 13.4°C, in linea con quelle degli ultimi sei anni. Le medie mensili mostrano valori superiori alla media per tutti i mesi tranne maggio che è stato

più freddo, mentre da settembre in poi le temperature sono state notevolmente più elevate. **Gli incrementi di Alessandria sono in linea con gli incrementi registrati a livello regionale.**

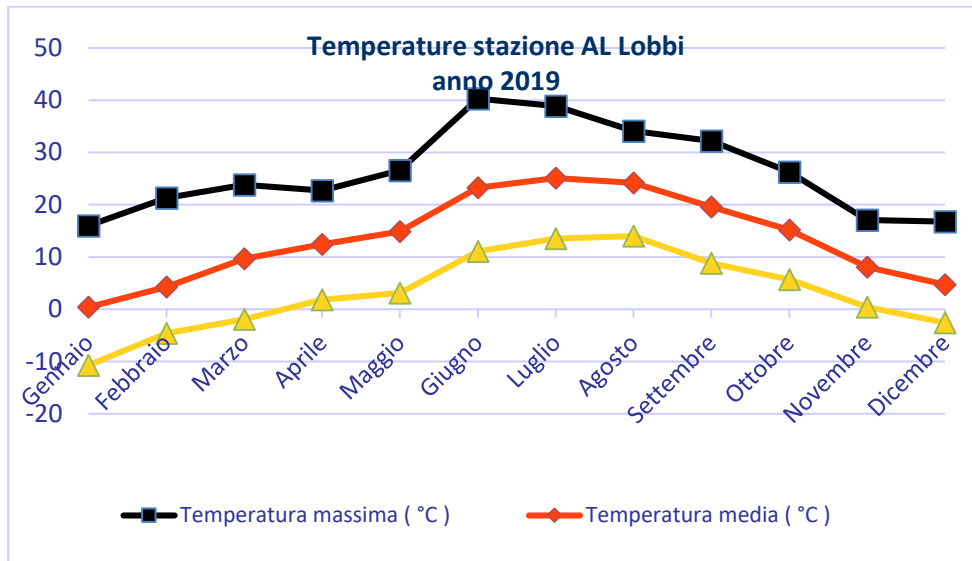


L'anno 2019 rispetto alla media storica registrata dal 1990 al 2009 evidenzia temperature mediamente più elevate di 0.6°C in linea con quanto registrato a livello regionale. Fatta eccezione per il mese di maggio che ha presentato una temperatura inferiore di -2.5°C rispetto alla media e quello di gennaio con -0.6°C, gli altri mesi fanno registrare tutti anomalie positive, in particolare

ottobre e dicembre con +2.6°C e 2.9°C rispettivamente. Anche l'estate è stata più calda della media di circa 1.5°C.



I valori minimi, medi, massimi e minimi delle temperature nel 2019 nella stazione di Alessandria Lobbi evidenziano valori massimi particolarmente elevati a giugno e dicembre.



I test statistici indicano un trend significativo in aumento, che si stima rispettivamente di 0.5°C, 0.6°C e 0.70°C per decade (intervallo di confidenza 95%) per le temperature minime, medie e massime.

Mann-Kendall Test su T medie delle medie mensili

M-K Test Value (S)	149
Critical Value (0.05)	1.645
Standard Deviation of S	56,01
Standardized Value of S	3
Approximate p-value	0,004

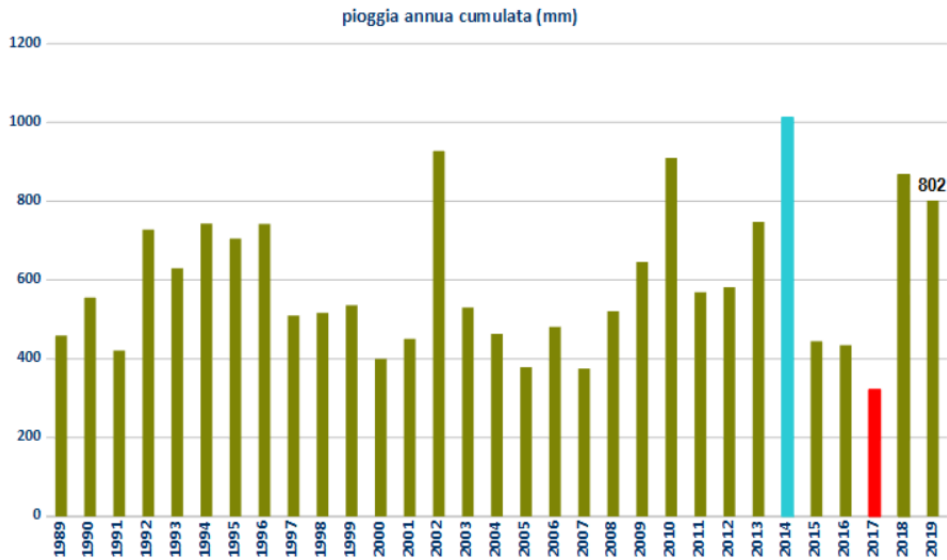
Statistically significant evidence of an increasing trend at the specified level of significance.

Mann-Kendall Test su T massime delle medie mensili

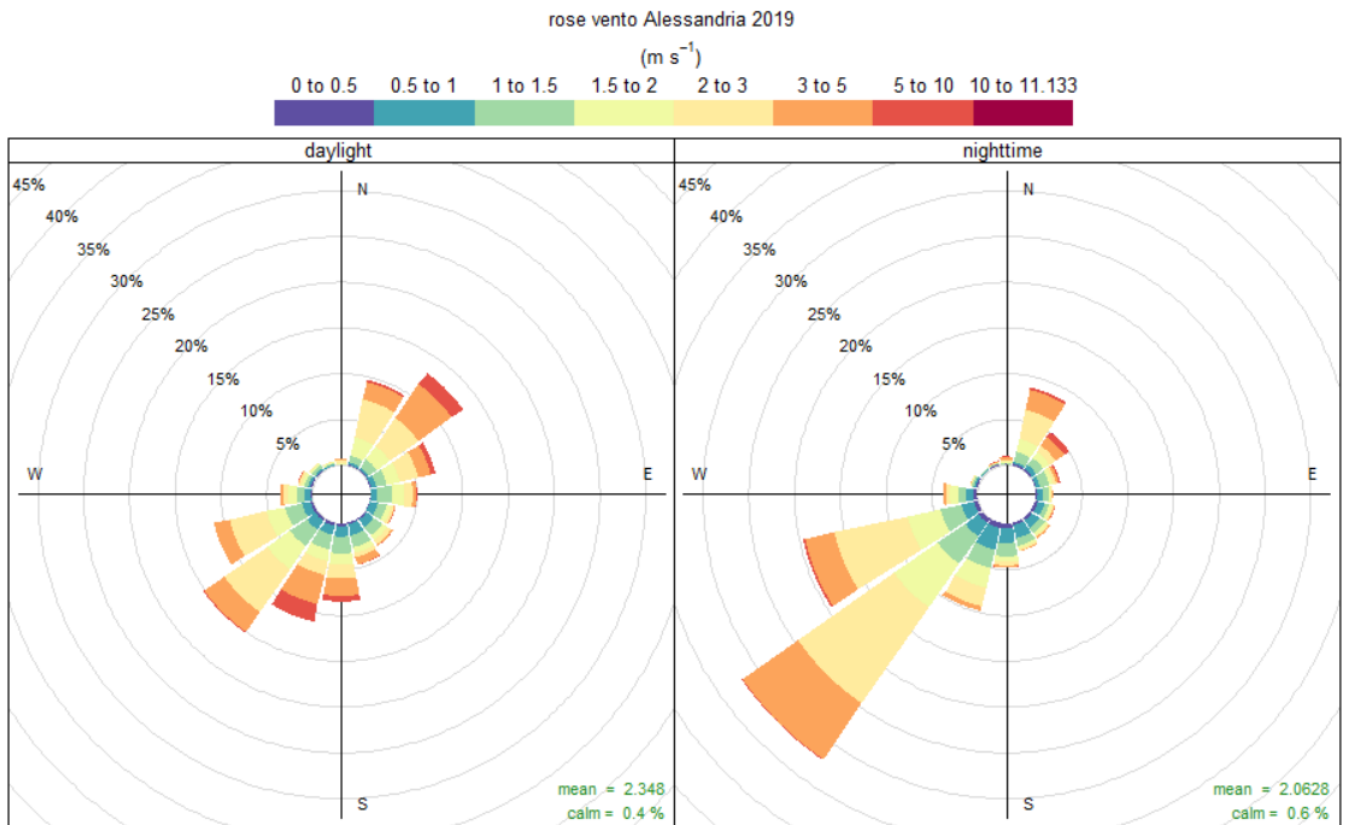
M-K Test Value (S)	128
Critical Value (0.05)	1.645
Standard Deviation of S	55,99
Standardized Value of S	2
Approximate p-value	0,0017

Statistically significant evidence of an increasing trend at the specified level of significance.

Le precipitazioni nel 2019 sono state abbondanti e sopra la media. La pioggia cumulata nell'anno è stata di 802mm, simile a quanto registrato nel 2018. La piovosità si è concentrata nei mesi di ottobre e novembre, mesi in cui ha piovuto in 440mm, più della metà della pioggia cumulata dell'anno e superiore al quantitativo di pioggia caduta nel 2017.



L'area geografica di Alessandria conferma una rosa dei venti bimodale con asse prevalente Nordest-Sudovest e prevalenza di venti da Sud-Ovest. Di seguito la rosa dei venti giorno/notte registrata ad Alessandria Lobbi nel 2019.



Frequency of counts by wind direction (%)

3. IL QUADRO NORMATIVO

Il Decreto Legislativo 155 del 13/08/2010 recepisce la Direttiva Europea 2008/50/CE, abroga la normativa precedente riguardo i principali inquinanti atmosferici (D.P.C.M. 28/03/83 – D.P.R. 203/88 – D.M. 25/11/94 – D.M. 60/02 - D.lgs. 183/04) istituendo un quadro normativo unitario in materia di valutazione e gestione della qualità dell'aria. Al fine di salvaguardare la salute umana e l'ambiente, stabilisce limiti di concentrazione, a lungo e a breve termine, a cui attenersi. La Tabella sottostante riassume i limiti previsti dalla normativa per i diversi inquinanti considerati.

Table 4.1 Air quality standards for the protection of health, as given in the EU Ambient Air Quality Directives

Pollutant	Averaging period	Legal nature and concentration	Comments
PM ₁₀	1 day	Limit value: 50 µg/m ³	Not to be exceeded on more than 35 days per year
	Calendar year	Limit value: 40 µg/m ³	
PM _{2.5}	Calendar year	Limit value: 25 µg/m ³	Average Exposure Indicator (AEI) (*) in 2015 (2013-2015 average)
		Exposure concentration obligation: 20 µg/m ³	
		National Exposure reduction target: 0-20 % reduction in exposure	
O ₃	Maximum daily 8-hour mean	Target value: 120 µg/m ³	Not to be exceeded on more than 25 days/year, averaged over 3 years (°)
		Long term objective: 120 µg/m ³	
	1 hour	Information threshold: 180 µg/m ³	
		Alert threshold: 240 µg/m ³	
NO ₂	1 hour	Limit value: 200 µg/m ³	Not to be exceeded on more than 18 hours per year
		Alert threshold: 400 µg/m ³	To be measured over 3 consecutive hours over 100 km ² or an entire zone
	Calendar year	Limit value: 40 µg/m ³	
BaP	Calendar year	Target value: 1 ng/m ³	Measured as content in PM ₁₀
SO ₂	1 hour	Limit value: 350 µg/m ³	Not to be exceeded on more than 24 hours per year
		Alert threshold: 500 µg/m ³	To be measured over 3 consecutive hours over 100 km ² or an entire zone
	1 day	Limit value: 125 µg/m ³	Not to be exceeded on more than 3 days per year
CO	Maximum daily 8-hour mean	Limit value: 10 mg/m ³	
C ₆ H ₆	Calendar year	Limit value: 5 µg/m ³	
Pb	Calendar year	Limit value: 0.5 µg/m ³	Measured as content in PM ₁₀
As	Calendar year	Target value: 6 ng/m ³	Measured as content in PM ₁₀
Cd	Calendar year	Target value: 5 ng/m ³	Measured as content in PM ₁₀
Ni	Calendar year	Target value: 20 ng/m ³	Measured as content in PM ₁₀

Notes: (*) AEI: based upon measurements in urban background locations established for this purpose by the MSs, assessed as a 3-year running annual mean.

(°) In the context of this report, only the maximum daily 8-hour means in 2015 are considered, so no average over 2013-2015 is presented.

Fonte: EEA Air Quality Report 2017

4. DESCRIZIONE DEGLI INQUINANTI MONITORATI

Gli inquinanti che si trovano dispersi in atmosfera possono essere divisi schematicamente in due gruppi: inquinanti primari e inquinanti secondari. I primi sono emessi nell'atmosfera direttamente da sorgenti di emissione antropogeniche o naturali, mentre gli altri si formano in atmosfera in seguito a reazioni chimiche che coinvolgono altre specie siano esse primarie o secondarie. Le concentrazioni di un inquinante primario dipendono significativamente dalla distanza tra il punto di misura e le sorgenti, mentre le concentrazioni di un inquinante secondario, essendo prodotto dai suoi precursori già dispersi nell'aria ambiente, risultano in genere diffuse in modo più omogeneo sul territorio

TABELLA – Inquinanti principali sorgenti emissive

Inquinanti	Formula chimica	Principali sorgenti emissive
Benzene*	C ₆ H ₆	Attività industriali, traffico autoveicolare
Biossido di zolfo*	SO ₂	Attività industriali, centrali di potenza
Biossido di azoto*/**	NO ₂	Impianti di riscaldamento, traffico autoveicolare (in particolare quello diesel), centrali di potenza, attività industriali
Monossido di carbonio*	CO	Traffico autoveicolare (processi di combustione incompleta dei combustibili fossili)
Ozono**	O ₃	Non ci sono significative sorgenti di emissione antropiche in atmosfera
Particolato atmosferico */**	PM ₁₀	È prodotto da combustioni, per azioni di tipo meccaniche (erosione, attrito, ecc.), da processi chimico-fisici che avvengono in atmosfera a partire da precursori anche in fase gassosa.

* = Inquinante Primario (generato da emissioni dirette in atmosfera dovute a fonti naturali e/o antropogeniche)

** = Inquinante Secondario (prodotto in atmosfera attraverso reazioni chimiche)

Si descrivono di seguito le caratteristiche dei principali inquinanti atmosferici misurati dalle stazioni ARPA di rilevamento della qualità dell'aria.

Ossidi di azoto (NO e NO₂)

Gli ossidi di azoto (nel complesso indicati anche come NO_x) sono emessi direttamente in atmosfera dai processi di combustione ad alta temperatura (impianti di riscaldamento, motori dei veicoli, combustioni industriali, centrali termiche, ecc.), per ossidazione dell'azoto atmosferico e, solo in piccola parte, per l'ossidazione dei composti dell'azoto contenuti nei combustibili utilizzati. All'emissione, gran parte degli NO_x è in forma di monossido di azoto (NO), con un rapporto NO/NO₂ notevolmente a favore del primo. L'NO, una volta diffusosi in atmosfera può ossidarsi e portare alla formazione di NO₂. L'NO è quindi un inquinante primario mentre l'NO₂ ha caratteristiche prevalentemente di inquinante secondario. Il monossido di azoto (NO) non è soggetto a limiti alle immissioni in quanto, alle concentrazioni tipiche misurate in aria ambiente, non provoca effetti dannosi sulla salute e sull'ambiente. Se ne misurano comunque i livelli poiché esso, attraverso la sua ossidazione in NO₂ e la sua partecipazione ad altri processi fotochimici, contribuisce, tra altro, alla produzione di ozono troposferico.

Benzene

Composto appartenente alla classe degli idrocarburi aromatici, si presenta come un liquido incolore, volatile, infiammabile, insolubile in acqua con odore gradevole e sapore bruciante. È largamente usato come solvente di molte sostanze organiche, è presente nelle benzine, è utilizzato come materia prima per la produzione di materie plastiche, detergenti, fibre tessili, coloranti ecc. In Europa si stima che circa l'80% delle emissioni di benzene siano attribuibili al traffico veicolare dei motori a benzina. Il **benzene** è una sostanza classificata come cancerogeno accertato dalla Comunità Europea, dallo I.A.R.C. (International Agency for Research on Cancer) e dalla A.C.G.I.H. (American Conference of Governmental Industrial Hygienists).

Biossido di zolfo (SO₂)

Il biossido di zolfo (SO₂) è un gas incolore, di odore pungente ed è molto irritante per gli occhi, la gola e le vie respiratorie; per inalazione può causare edema polmonare ed una prolungata esposizione può portare alla morte. La principale fonte di inquinamento è costituita dall'utilizzo di combustibili fossili (carbone e derivati del petrolio) in cui lo zolfo è presente come impurezza. Può dare luogo a formazione di acido solforico in atmosfera causando l'acidificazione delle precipitazioni con effetti fitotossici sui vegetali e corrosivi sui materiali da costruzione. Negli anni le emissioni antropiche sono notevolmente diminuite grazie al crescente utilizzo del metano per il riscaldamento e la produzione di energia elettrica ed alla diminuzione del tenore di zolfo contenuto nel gasolio ed in altri derivati dal petrolio.

Monossido di carbonio (CO)

Ha origine da processi di combustione incompleta di composti contenenti carbonio. È un gas la cui origine, soprattutto nelle aree urbane, è da ricondursi prevalentemente al traffico autoveicolare, soprattutto ai veicoli a benzina. Le emissioni di CO dai veicoli sono maggiori in fase di accelerazione e di traffico congestionato. Si tratta quindi di un inquinante primario e le sue concentrazioni sono strettamente legate

ai flussi di traffico locali, e gli andamenti giornalieri rispecchiano tipicamente quelli del traffico, raggiungendo i massimi valori in concomitanza delle ore di punta a inizio e fine giornata, soprattutto nei giorni feriali. È da sottolineare che le concentrazioni di CO sono ormai prossime al limite di rilevabilità degli analizzatori con le caratteristiche indicate dalla normativa, soprattutto grazie al progressivo miglioramento della tecnologia dei motori a combustione.

Particolato atmosferico aerodisperso

È costituito da una miscela di particelle allo stato solido o liquido, esclusa l'acqua, presenti in sospensione nell'aria per tempi sufficientemente lunghi da subire fenomeni di diffusione e trasporto. Possono avere dimensioni che variano anche di 5 ordini di grandezza (da 10 nm a 100 µm), così come forme diverse e per lo più irregolari: le polveri fini PM₁₀ e PM_{2.5} sono costituite da particelle il cui diametro sia inferiore rispettivamente a 10 e 2.5 micron. Esse possono essere di origine primaria, cioè emesse direttamente in atmosfera da processi naturali o antropici, o secondaria, cioè formate in atmosfera a seguito di reazioni chimiche e fisiche. Le principali sorgenti naturali sono l'erosione e il successivo risollevarsi di polvere del suolo, incendi, pollini, spray marino, eruzioni vulcaniche; le sorgenti antropiche si possono ricondurre principalmente a processi di combustione (traffico autoveicolare, uso di combustibili, emissioni industriali); non vanno tuttavia trascurati i fenomeni di risospensione causati dalla circolazione dei veicoli, le attività di cantiere e alcune attività agricole. Nelle aree urbane il materiale particolato di origine antropica può avere origine da lavorazioni industriali (cantieri edili, fonderie, cementifici), dal traffico (usura dell'asfalto, dei pneumatici, dei freni e delle frizioni, emissioni di scarico degli autoveicoli), dal riscaldamento, dalle attività agricole e dalla produzione di energia elettrica. Le polveri fini e ultrafini si formano in atmosfera (particolato secondario) anche da numerosi precursori tra cui ossidi di azoto, idrocarburi, inquinanti emessi dal settore agricolo e zootecnico, uso di solventi, etc. I principali gas precursori (ammoniaca, ossidi di zolfo e di azoto) reagiscono in atmosfera per formare sali di ammonio: questi composti formano nuove particelle nell'aria o condensano su quelle preesistenti e formano i cosiddetti **aerosol inorganici secondari (SIA)**. Altre sostanze organiche emesse in forma gassosa (VOC) reagiscono chimicamente formando **aerosol organici secondari (SOA)**. Al fine di valutare l'impatto del particolato sulla salute umana è quindi necessario individuare uno o più sottoinsiemi di particelle che, in base alla loro dimensione, abbiano maggiore capacità di penetrazione nelle prime vie respiratorie (naso, faringe, laringe) piuttosto che nelle parti più profonde dell'apparato respiratorio (trachea, bronchi, alveoli polmonari). Nel 2013 lo **IARC** (Agenzia Internazionale per la Ricerca sul Cancro) ha ufficialmente classificato il particolato atmosferico come cancerogeno per l'uomo (Gruppo 1) alla stregua di alcuni inquinanti atmosferici specifici dell'aria come il benzene e il benzo(a)pirene già inseriti nel gruppo dei cancerogeni. L'**OMS** inoltre indica valori di tutela della salute per polveri **PM₁₀** e **PM_{2.5}** più bassi rispetto alla legislazione europea: **20 e 10 microgrammi/m³** rispettivamente come media sull'anno.

Ozono

L'ozono a livello del suolo (**troposferico**) è un inquinante del tutto peculiare poiché non viene emesso da nessuna sorgente ma si forma in atmosfera in presenza di forte radiazione solare per reazione chimica da altri inquinanti primari (ossidi di azoto, composti organici volatili) prodotti sia da fenomeni naturali che da attività umane (traffico veicolare, industrie, processi di combustione). L'ozono è un componente dello "smog fotochimico" che si origina da maggio a settembre in concomitanza di un intenso irraggiamento solare e di un'elevata temperatura. Le più alte concentrazioni di ozono si registrano d'estate nelle ore di massimo irraggiamento solare mentre nelle ore serali la sua concentrazione tende a diminuire.

5. QUALITÀ DELL'ARIA IN PROVINCIA DI ALESSANDRIA

5.1 SINTESI DEI RISULTATI

TABELLA RIASSUNTIVA DEI RISULTATI - ULTIMI 3 ANNI

Stazione di monitoraggio: Alessandria VOLTA	2017	2018	2019
	NO₂ (µg/m³)		
Media dei massimi giornalieri	62	44	44
Media dei valori orari (limite =40 µg/m ³)	35	24	25
Percentuale ore valide	92%	97%	94%

N° di superamenti livello orario protezione della salute (200)	0	0	0
	PM₁₀ (µg/m³)		
Massima media giornaliera	151	104	107
Media delle medie giornaliere (limite =40 µg/m ³)	37	32	29
Percentuale giorni validi	99%	97%	99%
N° di superamenti livello giornaliero protezione della salute (max 35 superamenti)	90	40	50
Data del 35° superamento livello giornaliero protezione della salute (50)	29-set	15-dic	23-mar
	PM_{2.5} (µg/m³)		
Massima media giornaliera	117	88	78
Media delle medie giornaliere (limite =25 µg/m ³)	26	22	20
Percentuale giorni validi	99%	100%	99%
	Ozono (µg/m³)		
Media delle medie 8 ore	45	50	50
Massimo medie 8 ore	179	175	216
Percentuale ore valide	92%	93%	94%
N° superamenti livello protezione della salute su medie 8h (120)	337	469	347
N° di superamenti dell'obiettivo a lungo termine per la protezione della salute umana (max media 8h > 120)	57	77	57
N° di superamenti livello informazione (180)	14	5	6
N° di superamenti livello allarme (240 per 3 ore consecutive)	0	0	0
	Benzo(a)pirene nel PM₁₀ (ng/m³)		
Massima Media mensile	1.7	1.4	0.4
Media annua (limite =1 ng/m ³)	0.5	0.3	0.2
Percentuale giorni validi	99%	100%	99%
	Arsenico nel PM₁₀ (ng/m³)		
Massima Media mensile	0.8	0.8	0.8
Media annua (limite =6 ng/m ³)	0.7	0.7	0.7
Percentuale giorni validi	99%	100%	99%
	Cadmio nel PM₁₀ (ng/m³)		
Massima Media mensile	0.35	0.21	0.24
Media annua (limite =5 ng/m ³)	0.14	0.1	0.1
Percentuale giorni validi	99%	100%	99%
	Nichel nel PM₁₀ (ng/m³)		
Massima Media mensile	5.8	2.8	5.9
Media annua (limite =20 ng/m ³)	2.8	2.0	3.1
Percentuale giorni validi	99%	100%	99%
	Piombo nel PM₁₀ (ng/m³)		
Massima Media mensile	12	11	12
Media annua (limite =500 ng/m ³)	6	5.0	5
Percentuale giorni validi	90%	100%	99%
Stazione di monitoraggio: Alessandria D'ANNUNZIO	2017	2018	2019
	Benzene (µg/m³)		
Media dei massimi giornalieri	2.1	1.7	1.7
Media dei valori orari (limite =5 µg/m ³)	1.2	1.0	0.9
Percentuale ore valide	94%	95%	92%
	NO₂ (µg/m³)		
Media dei massimi giornalieri	71	58	60
Media dei valori orari	38	31	32
Percentuale ore valide	99%	95%	88%
N° di superamenti livello orario protezione della salute (200)	0	0	0
	PM₁₀ (µg/m³)		

Massima media giornaliera	152	103	124
Media delle medie giornaliere (limite =40 µg/m ³)	42	37	35
Percentuale giorni validi	98%	99%	98%
N° di superamenti livello giornaliero protezione della salute (max 35 superamenti)	102	59	66
Data del 35° superamento livello giornaliero protezione della salute (50)	23-feb	17-ott	15-feb
Benzo(a)pirene nel PM10 (ng/m³)			
Massima Media mensile	2.5	1.5	1.9
Media annua (limite =1 ng/m ³)	0.6	0.4	0.4
Percentuale giorni validi	98%	99%	98%
Arsenico nel PM10 (ng/m³)			
Massima Media mensile	0.8	0.8	0.8
Media annua (limite =6 ng/m ³)	0.7	0.7	0.7
Percentuale giorni validi	98%	99%	98%
Cadmio nel PM10 (ng/m³)			
Massima Media mensile	0.24	0.21	0,22
Media annua (limite =5 ng/m ³)	0.13	0.09	0,10
Percentuale giorni validi	98%	99%	98%
Nichel nel PM10 (ng/m³)			
Massima Media mensile	10.0	4.8	9.6
Media annua (limite =20 ng/m ³)	4.3	3.0	4.2
Percentuale giorni validi	98%	99%	98%
Piombo nel PM10 (ng/m³)			
Massima Media mensile	17	11	11
Media annua (limite =500 ng/m ³)	7.0	5.0	5.0
Percentuale giorni validi	98%	95%	98%

Stazione di monitoraggio: CASALE M.TO	2017	2018	2019
Benzene (µg/m³)			
Media dei massimi giornalieri	1.8	1.5	1,6
Media dei valori orari (limite =5 µg/m ³)	0.9	0.8	0,8
Percentuale ore valide	95%	96%	88%
NO₂ (µg/m³)			
Media dei massimi giornalieri	57	48	47
Media dei valori orari (limite =40 µg/m ³)	29	25	24
Percentuale ore valide	88%	91%	96%
N° di superamenti livello orario protezione della salute (200)	0	0	0
PM₁₀ (µg/m³)			
Massima media giornaliera	112	99	
Media delle medie giornaliere (limite =40 µg/m ³)	31	28	
Percentuale giorni validi	89%	86%*	
N° di superamenti livello giornaliero protezione della salute (max 35 superamenti)	64	26	Dati < 70%
Data del 35° superamento livello giornaliero protezione della salute (50)	15-ott	--	

* DATI PM10 INFERIORI AL 90% - RISULTATI PARZIALI

Stazione di monitoraggio: TORTONA	2017	2018	2019
NO₂ (µg/m³)			
Media dei massimi giornalieri	60	51	55
Media dei valori orari (limite =40 µg/m ³)	32	28	29
Percentuale ore valide	99%	96%	95%

N° di superamenti livello orario protezione della salute (200)	6	0	0
		PM₁₀ (µg/m³)	
Massima media giornaliera	144	112	
Media delle medie giornaliere (limite =40 µg/m ³)	33	28	
Percentuale giorni validi	97%	88%*	
N° di superamenti livello giornaliero protezione della salute (max 35 superamenti)	70	30	Dati < 70%
Data del 35° superamento livello giornaliero protezione della salute (50)	15-mar	--	

* DATI PM10 INFERIORI AL 90% - RISULTATI PARZIALI

Stazione di monitoraggio: NOVI LIGURE	2017	2018	2019
		NO₂ (µg/m³)	
Media dei massimi giornalieri	61	57	52
Media dei valori orari (limite =40 µg/m ³)	33	30	30
Percentuale ore valide	96%	99%	95%
N° di superamenti livello orario protezione della salute (200)	0	0	0
		PM₁₀ (µg/m³)	
Massima media giornaliera	160	105	
Media delle medie giornaliere (limite =40 µg/m ³)	33	31	27
Percentuale giorni validi	97%	100%	99%
N° di superamenti livello giornaliero protezione della salute (max 35 superamenti)	65	42	33
Data del 35° superamento livello giornaliero protezione della salute (50)	04-ott	06-dic	--

Stazione di monitoraggio: ARQUATA SCRIVIA	2017	2018	2019
		SO₂ (µg/m³)	
Max media oraria	33	56	
Media dei valori orari	10	8	9
Percentuale ore valide	100%	97%	85%
N° di superamenti livello orario protezione della salute (350)	0	0	0
		PM₁₀ (µg/m³)	
Massima media giornaliera	139	102	93
Media delle medie giornaliere (limite =40 µg/m ³)	32	29	25
Percentuale giorni validi	100%	100%	98%
N° di superamenti livello giornaliero protezione della salute (max 35 superamenti)	56	35	22
Data del 35° superamento livello giornaliero protezione della salute (50)	21-ott	27-dic	--
		Benzo(a)pirene nel PM10 (ng/m³)	
Massima Media mensile	2.2	1.4	1.6
Media annua (limite =1 ng/m ³)	0.6	0.3	0.4
Percentuale giorni validi	100%	100%	98%
		Arsenico nel PM10 (ng/m³)	
Massima Media mensile	0.8	0.8	0.8
Media annua (limite =6 ng/m ³)	0.7	0.7	0.7
Percentuale giorni validi	100%	100%	98%
		Cadmio nel PM10 (ng/m³)	
Massima Media mensile	0.2	0.2	0.2
Media annua (limite =5 ng/m ³)	0.1	0.1	0.1
Percentuale giorni validi	100%	100%	98%

Nichel nel PM10 (ng/m³)

Massima Media mensile	4.1	2.8	2.9
Media annua (limite =20 ng/m3)	2.4	2.0	1.8
Percentuale giorni validi	100%	100%	98%

Piombo nel PM10 (ng/m3)			
Massima Media mensile	14	11	7
Media annua (limite =500 ng/m3)	7.0	5.0	3
Percentuale giorni validi	100%	100%	98%

Stazione di monitoraggio: DERNICE	2016	2017	2018
-----------------------------------	------	------	------

NO ₂ (µg/m ³)			
Media dei massimi giornalieri	18	17	16
Media dei valori orari (limite =40 µg/m3)	11	11	9
Percentuale ore valide	95%	92%	97%
N° di superamenti livello orario protezione della salute (200)	0	0	0

PM ₁₀ (µg/m ³)			
Massima media giornaliera	95	51	71
Media delle medie giornaliere (limite =40 µg/m3)	16	15	12
Percentuale giorni validi	100%	100%	98%
N° di superamenti livello giornaliero protezione della salute (max 35 superamenti)	10	1	3
Data del 35° superamento livello giornaliero protezione della salute (50)	--	--	--

PM _{2.5} (µg/m ³)			
Massima media giornaliera	77	41	60
Media delle medie giornaliere (limite =25 µg/m3)	12	11	9
Percentuale giorni validi	100%	96%	99%

Ozono (µg/m3)			
Media delle medie 8 ore	177	159	198
Massimo medie 8 ore	83	77	82
Percentuale ore valide	97%	93%	96%
N° superamenti livello protezione della salute su medie 8h (120)	836	513	596
N° di superamenti dell'obiettivo a lungo termine per la protezione della salute umana (max media 8h > 120)	77	54	61
N° di superamenti livello informazione (180)	8	0	10
N° di superamenti livello allarme (240 per 3 ore consecutive)	0	0	0

Benzo(a)pirene nel PM10 (ng/m3)			
Massima Media mensile	0.4	1.5	0.7
Media annua (limite =1 ng/m3)	0.1	0.4	0.1
Percentuale giorni validi	99%	99%	98%

Arsenico nel PM10 (ng/m3)			
Massima Media mensile	0.8	0.8	0.8
Media annua (limite =6 ng/m3)	0.7	0.7	0.7
Percentuale giorni validi	99%	99%	98%

Cadmio nel PM10 (ng/m3)			
Massima Media mensile	0.08	0.21	0.08
Media annua (limite =5 ng/m3)	0.07	0.09	0.07
Percentuale giorni validi	99%	99%	98%

Nichel nel PM10 (ng/m3)			
Massima Media mensile	4.7	4.8	4.8
Media annua (limite =20 ng/m3)	1.2	3.0	1.2
Percentuale giorni validi	99%	99%	98%

Piombo nel PM10 (ng/m3)			
-------------------------	--	--	--

Massima Media mensile	6.0	11	3.0
Media annua (limite =500 ng/m3)	2.0	5.0	2.0
Percentuale giorni validi	99%	99%	98%

VALORI DI RANGE							
Parametro	Tipo di media	Unità di misura	Molto buona	Buona	Moderatamente Buona	Moderatamente Insalubre	Insalubre
Biossido di Zolfo (SO ₂)	oraria	microgrammi / metro cubo	<140	140-210	210-350	350-500	>500
Biossido di Zolfo (SO ₂)	giornaliera	microgrammi / metro cubo	<50	50-75	75-125	125-150	>150
Monossido di Carbonio (CO)	8 ore	milligrammi / metro cubo	<5	5-7	7-10	10-16	>16
Biossido di Azoto (NO ₂)	oraria	microgrammi / metro cubo	<100	100-140	140-200	200-300	>300
Biossido di Azoto (NO ₂)	annuale oraria	microgrammi / metro cubo	<26	26-32	32-40	40-60	>60
Benzene	annuale oraria	microgrammi / metro cubo	<2.0	2.0-3.5	3.5-5.0	5.0-10.0	>10.0
PM10 - Basso Volume	giornaliera	microgrammi / metro cubo	<20	20-30	30-50	50-75	>75
PM10 - Basso Volume	annuale giornaliera	microgrammi / metro cubo	<10	10-20	20-40	40-48	>48
Ozono (O ₃)	oraria	microgrammi / metro cubo	<90	90-180	180-210	210-240	>240
Ozono (O ₃)	8 ore	microgrammi / metro cubo	<60	60-120	120-180	180-240	>240
PM10 - Beta	giornaliera	microgrammi / metro cubo	<20	20-30	30-50	50-75	>75
PM10 - Beta	annuale giornaliera	microgrammi / metro cubo	<10	10-20	20-40	40-48	>48

5.2 POLVERI PM10 E PM2.5

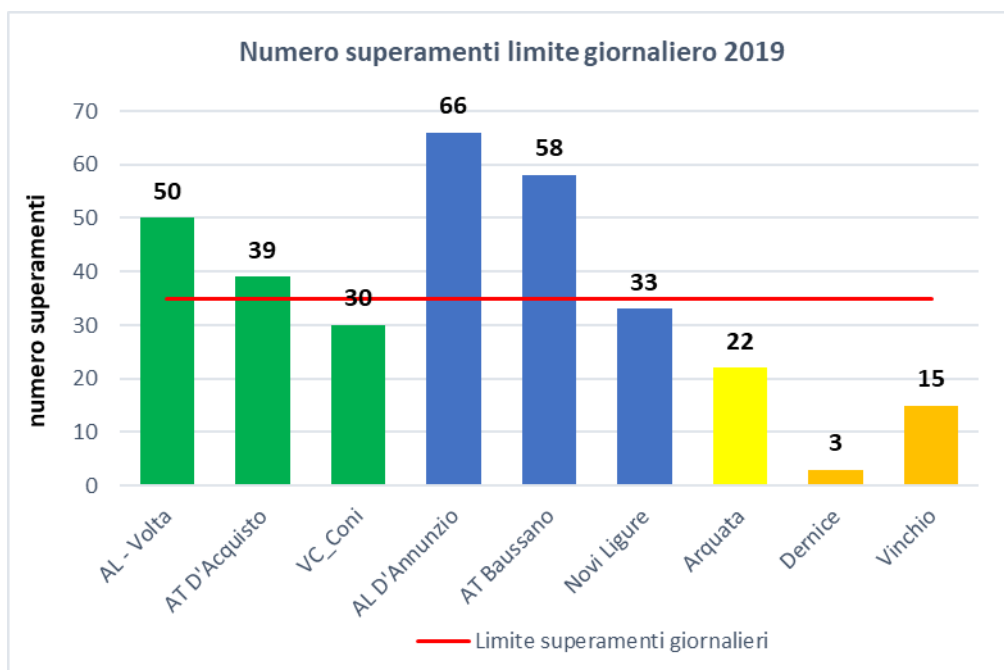
Il limite giornaliero di 50microgrammi/m³ sulle polveri Pm10

L'anno che si è appena concluso si è caratterizzato per concentrazioni di polveri basse in tutte le stazioni: si rilevano generalmente valori medi annuali e numero di superamenti del valore limite giornaliero in linea con il 2018, in cui si era registrato un diffuso miglioramento rispetto al 2017 in tutte le stazioni della rete regionale. L'autunno particolarmente piovoso ha certamente contribuito al contenimento delle concentrazioni di PM10 nell'ultimo trimestre dell'anno.

Non sono riportati i dati di Casale Monferrato e Tortona in quanto ripetuti fermi strumentali non hanno permesso di avere un numero sufficiente di dati per le valutazioni sull'anno.

Il numero di superamenti del limite giornaliero per le PM10 di 50microgrammi/m³ da non superarsi per più di 35 volte l'anno è stato superato solo nella stazione urbane di Alessandria e Asti. A Novi Ligure, Dernice, Arquata il limite risulta rispettato: questo risultato è importante visto che il limite giornaliero è quello più difficile da rispettare. Questo andamento, già positivo nel 2018, si conferma in miglioramento anche nel 2019 ed è comune a tutto il contesto piemontese. Nel miglioramento hanno giocato in parte anche le piogge intense occorse negli ultimi due anni, in ogni caso, anche escludendo l'effetto della piogge, i valori sono in diminuzione (si veda l'analisi delle serie storiche al par.7.1).

Il grafico sotto illustra il numero di superamenti del limite giornaliero di 50microgrammi/m³ registrati nel 2019. **Il numero massimo di superamenti ammessi è di 35 in un anno. I dati evidenziano decise differenze a livello urbano tra aree trafficate e non: le zone urbane interessate da traffico intenso hanno un numero di superamenti del limite giornaliero dal 30 al 50% superiore rispetto alle zone residenziali meno trafficate, mentre quelle rurali sono inferiori anche del 80% rispetto alle aree urbane.**



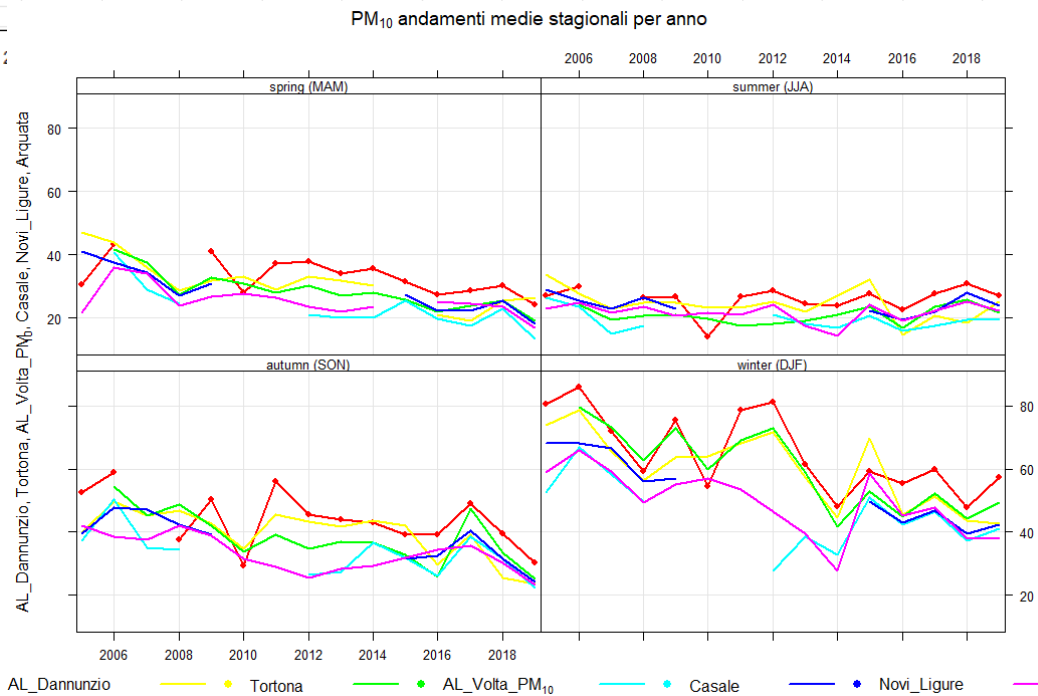
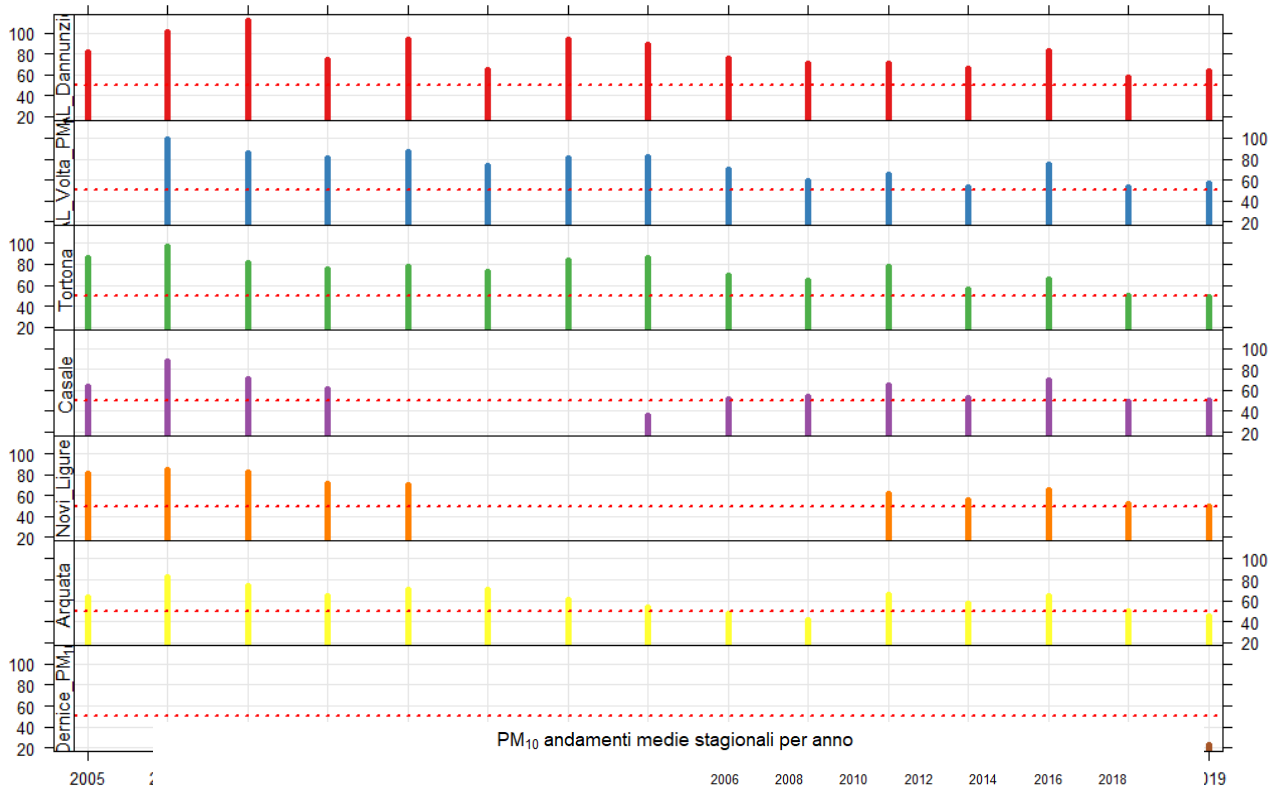
ANNO 2019-PM10-Numero superamenti livello giornaliero protezione della salute (max 35 volte l'anno)

Anche gli andamenti del 90.4°percentile che **deve risultare inferiore a 50 affinché il limite giornaliero sia rispettato** mostrano una diminuzione negli anni che non è però sufficiente a rientrare al di sotto della soglia di legge per tutte le stazioni. **Negli ultimi due anni si registra un segnale positivo con un numero inferiore di superamenti rispetto agli ultimi anni in tutte le stazioni rispetto al passato.** Per l'analisi dei trend delle serie storiche si rimanda al paragrafo 7.1.

Dai grafici in particolare **risulta evidente il decremento del numero di superamenti del limite giornaliero dal 2011 in poi rispetto agli anni precedenti.** Considerando gli andamenti stagionali per anno si nota come le diminuzioni delle polveri sottili si registrino in misura nettamente maggiore in inverno,

seguito da autunno e primavera in tutta la provincia, segno che le politiche di riduzione hanno avuto il loro effetto.

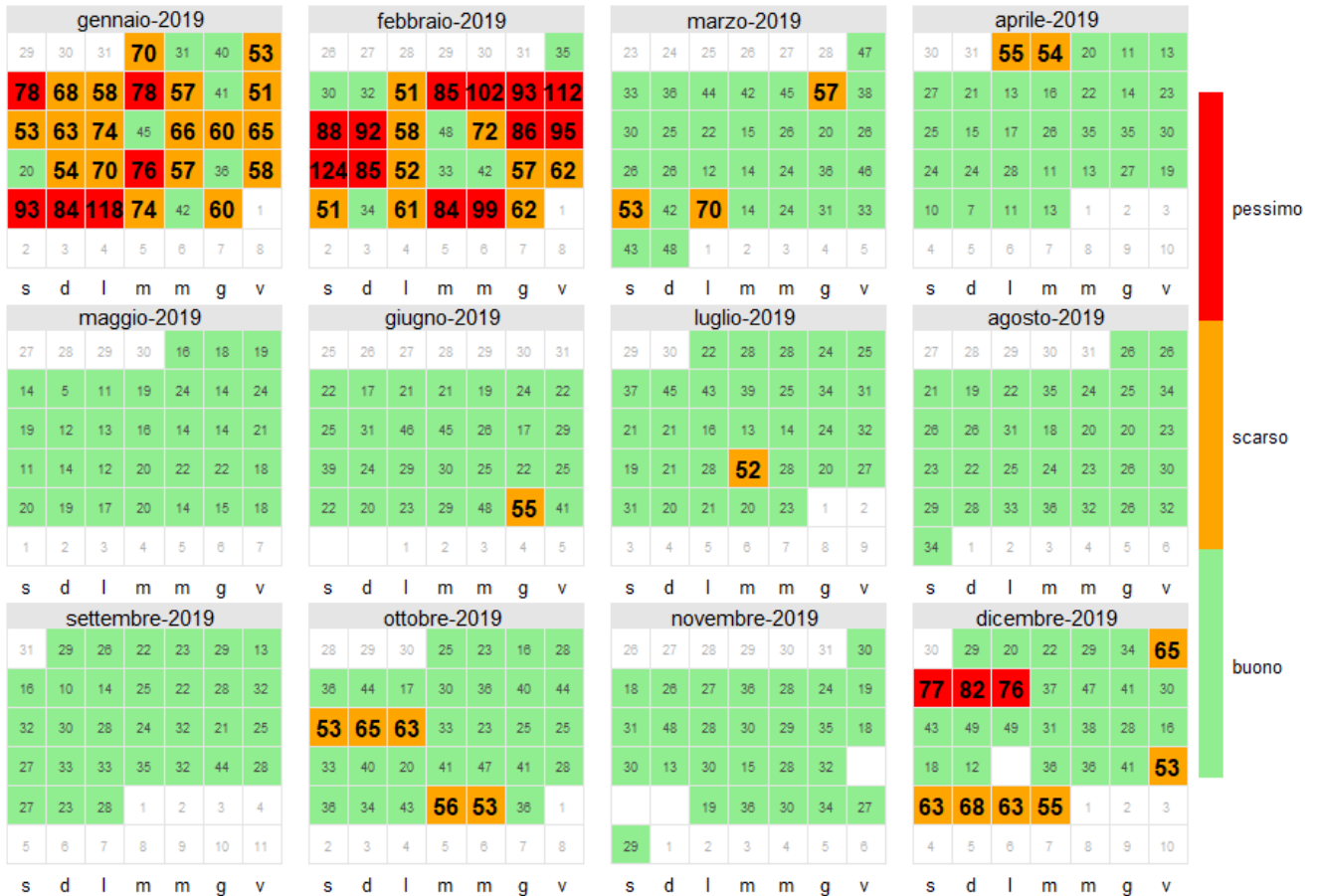
90.4°percentile dei valori giornalieri di PM₁₀



I “calendar plot” seguenti visualizzano, come in un calendario, il valore medio di polveri PM10 registrato dalle

stazioni della rete per ciascun giorno dell'anno ed evidenziano le giornate di superamento del limite giornaliero di 50microgrammi/m³ nell'arco del 2019 (in arancio e rosso).

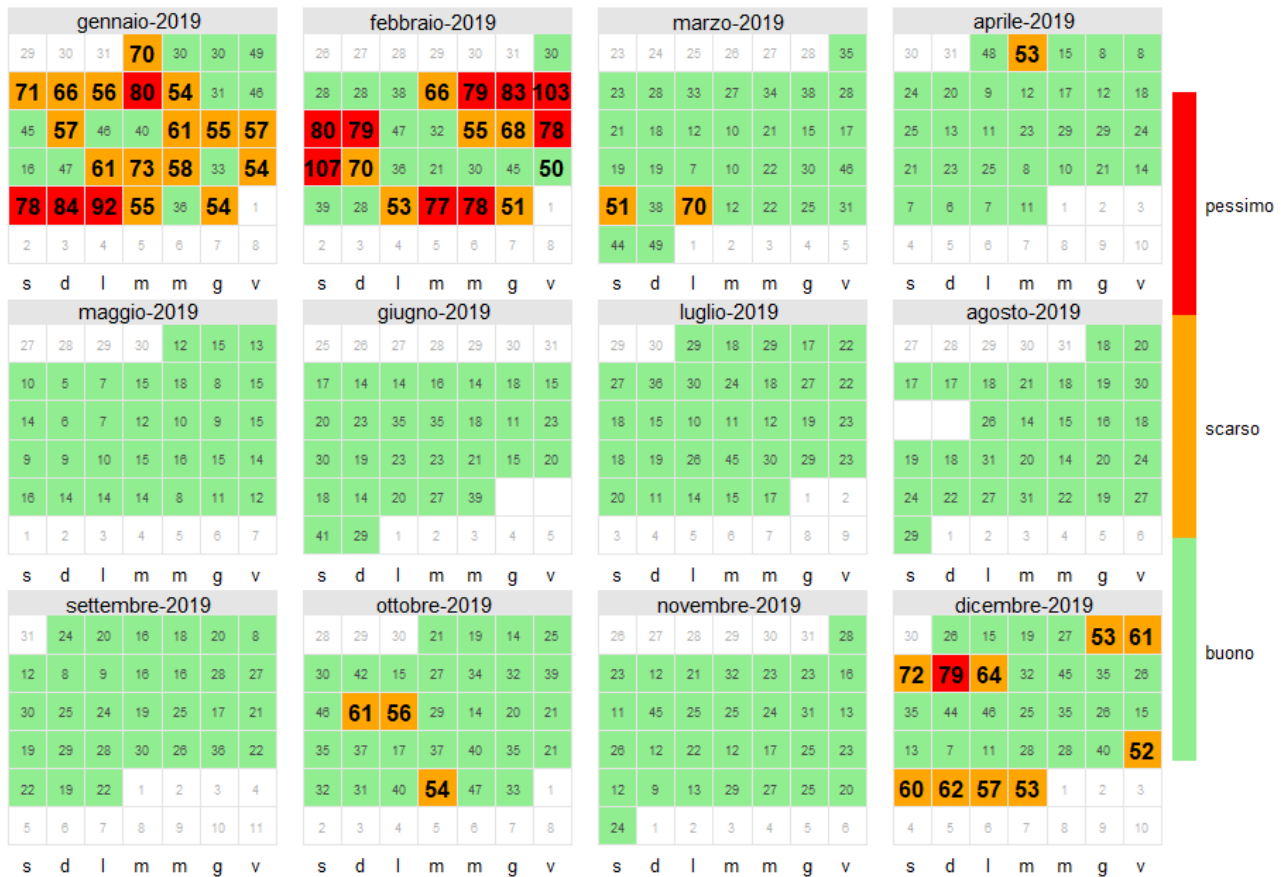
ALESSANDRIA STAZIONE D'ANNUNZIO (traffico urbano) ANNO 2019



Come si nota i mesi dove si concentrano i superamenti sono tipicamente quelli invernali: i primi superamenti si registrano a ottobre e gli ultimi a marzo. Il periodo primavera/estate è invece caratterizzato da una buona qualità dell'aria, ciò è in primo luogo dovuto alle condizioni climatiche del periodo che, grazie al riscaldamento del terreno e dei primi strati atmosferici, produce un maggior rimescolamento delle masse d'aria ed una diluizione verso l'altro degli inquinanti che in inverno invece non è possibile. L'assenza del contributo del riscaldamento è il secondo fattore di diminuzione degli inquinanti in estate.

Le condizioni atmosferiche unitamente la periodo freddo determinano un'elevata frequenza di superamenti soprattutto nei mesi di gennaio e febbraio, dove quasi ovunque più della metà delle giornate fa registrare valori superiori al limite di 50microgrammi/m³. Nel 2019 il numero di superamenti invernali del limite giornaliero di 50 microgrammi/m³ è stato decisamente contenuto rispetto agli anni passati.

ALESSANDRIA STAZIONE VOLTA (fondo urbano) - ANNO 2019



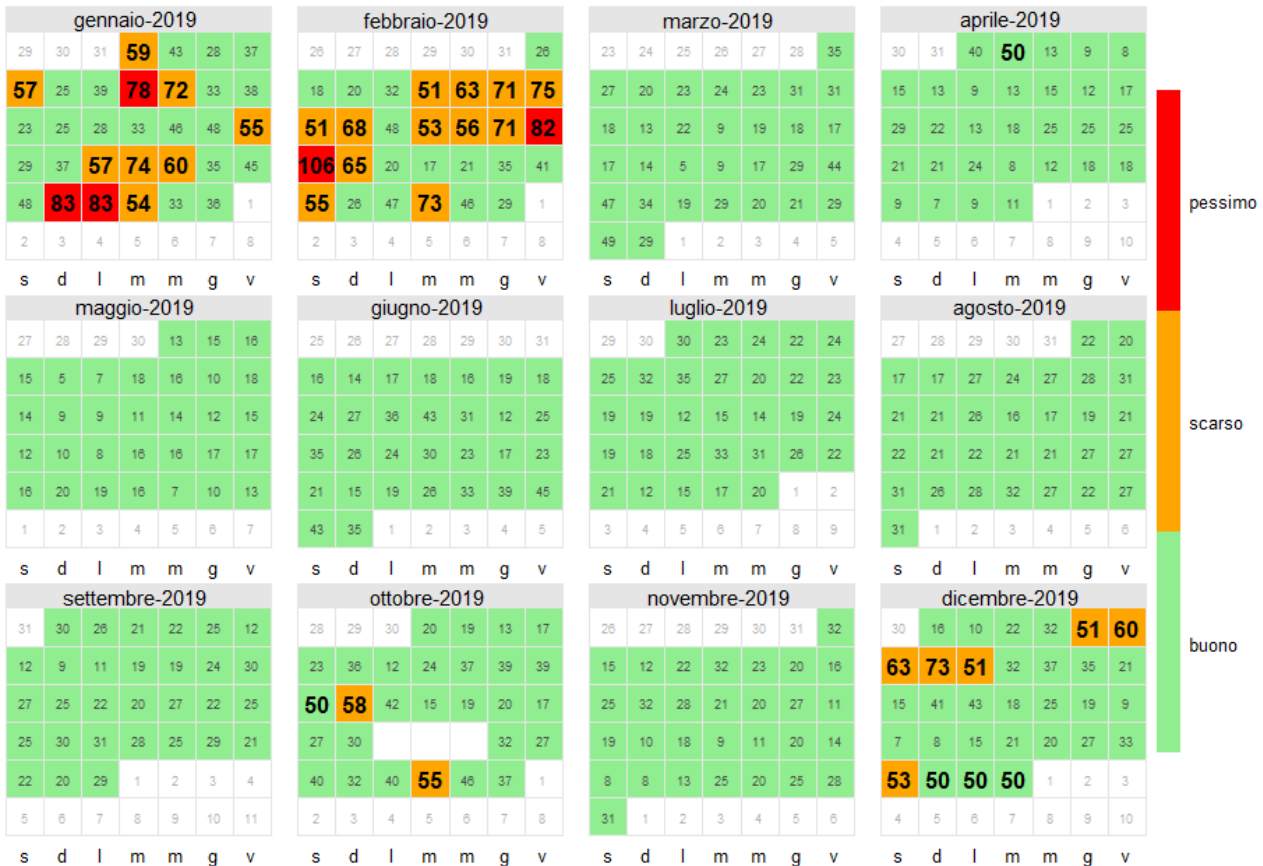
L'omogeneità sorprendente dei dati su stazioni anche distanti tra loro conferma il carattere ubiquitario e secondario delle polveri ultra-fini che in gran parte si formano in atmosfera da altri inquinanti, anche gassosi, e tendono spontaneamente a diffondersi a notevoli distanze dal punto di emissione delle polveri stesse o dei loro precursori. Ciò non fa altro che dimostrare l'importanza della forzante atmosferica a livello di bacino padano che agisce sulla formazione delle polveri fini, sulla loro persistenza nei bassi strati in concomitanza con condizioni invernali di elevata stabilità atmosferica e inversione termica, ed infine sulla loro diffusione omogenea su tutto il territorio a livello del suolo.

La stazione di fondo urbano di Alessandria fa registrare un numero inferiore di superamenti giornalieri e di minore entità rispetto alla stazione esposta a traffico, a riprova che il traffico determina picchi di inquinamento sia come emissioni dirette dovute alla combustione (gas di scarico soprattutto diesel) ed a usura delle parti meccaniche e del fondo stradale (pneumatici, asfalto, freni, etc.), sia come contributo indiretto dovuto alle emissioni di ossidi di azoto precursori delle polveri che del risollevarimento delle polveri depositate a terra per effetto del passaggio dei veicoli.

Da tenere in debita considerazione non solo il numero dei superamenti del limite giornaliero, ma anche l'entità di tali superamenti, che non è irrilevante ai fini della tutela della salute pubblica. Molteplici studi, infatti, alcuni dei quali condotti anche da Arpa Piemonte sul territorio regionale², dimostrano un aumento delle patologie a carico dell'apparato respiratorio, delle malattie, dei ricoveri e dei decessi, nelle giornate immediatamente successive a quelli con picchi di inquinamento da polveri ed in maniera proporzionale alle concentrazioni registrate.

² <http://www.arpa.piemonte.it/approfondimenti/temi-ambientali/ambiente-e-salute/dipartimento-tematico/progetti-1/progetto-medhiss>
<http://www.medhiss.eu/>

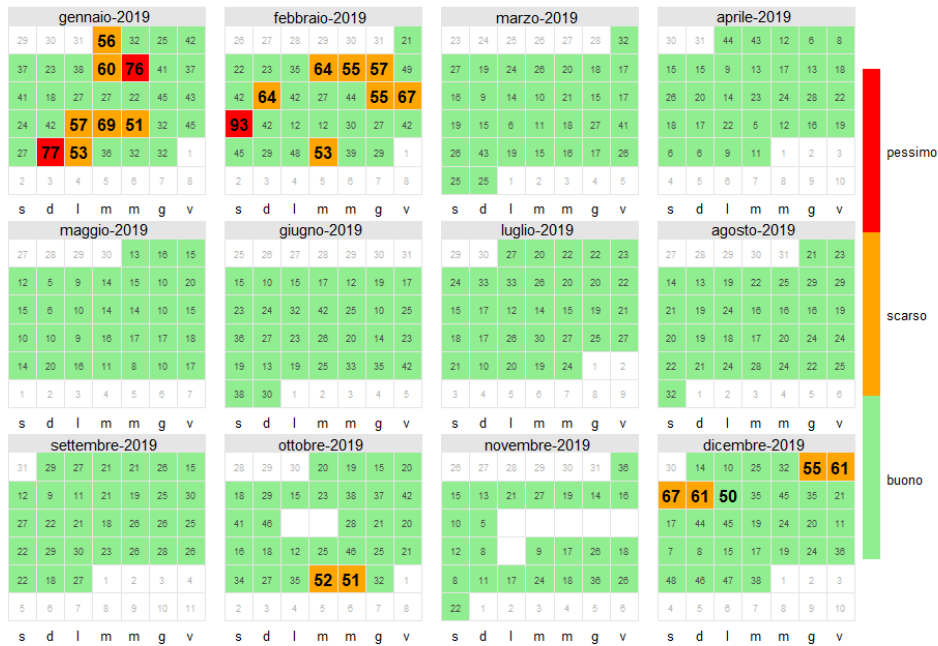
NOVI LIGURE STAZIONE P.ZA GOBETTI (traffico urbano) – ANNO 2019



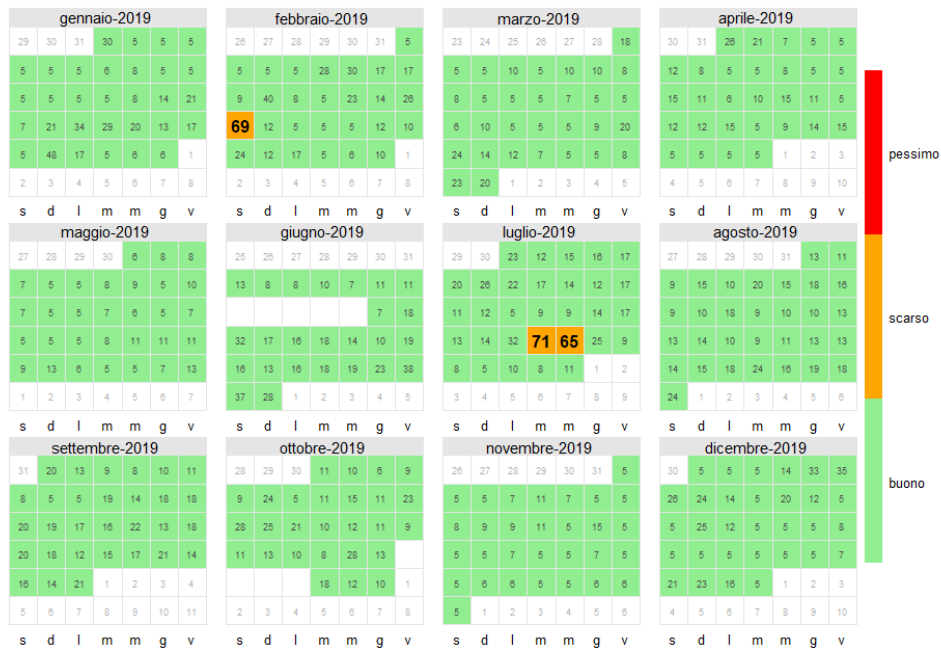
Novi Ligure fa registrare un numero di superamenti intermedio tra Alessandria e Arquata Scrivia.

Si tenga presente che il cosiddetto “**strato di rimescolamento**”, ovvero l'altezza della colonna d'aria a partire dal suolo che raggiunge il punto di prima inversione termica, cioè l'altezza al di sopra della quale gli inquinanti non si possono diluire per via delle condizioni atmosferiche che creano due strati d'aria fra loro non comunicanti, in pianura varia da poche centinaia di metri in inverno a 1000-2000m d'estate. Tale altezza varia sia tra giorno e notte che stagionalmente determinando accumuli di inquinanti alla sera e al primo mattino soprattutto in inverno. (si veda il paragrafo approfondimenti)

ARQUATA SCRIVIA STAZIONE VIA DON MINZONI (industriale) – ANNO 2019



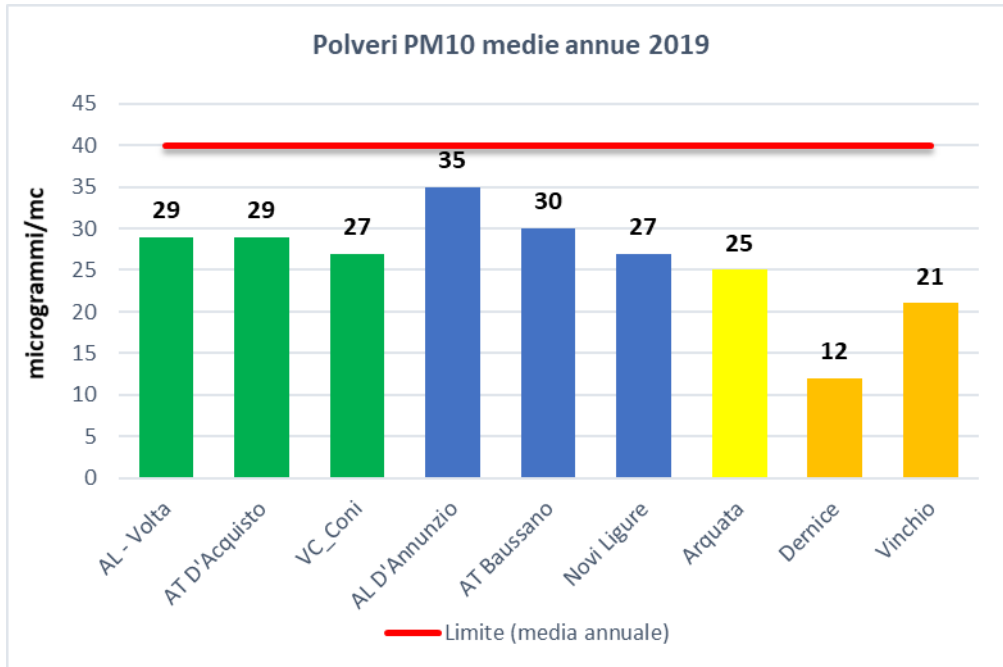
DERNICE STAZIONE COSTA (fondo rurale) - ANNO 2019



Il fatto che solo DERNICE, in virtù della posizione remota in area scarsamente antropizzata e della quota di 600m circa che la pone spesso al di sopra e al di fuori dello “strato di rimescolamento”, ovvero della cappa di smog di pianura, dimostra che l’area raggiunta da inquinamento eccessivo riguarda tutto il territorio di pianura e bassa collina, da qui la necessità di interventi di contrasto all’inquinamento di tipo strutturale e sull’intero bacino padano. **L’anno 2019 è stato particolarmente buono con 3 superamenti del limite giornaliero registrati a DERNICE che si conferma avere valori tra i più bassi a livello regionale.**

Il limite annuale di 40microgrammi/m3 sulle polveri Pm10

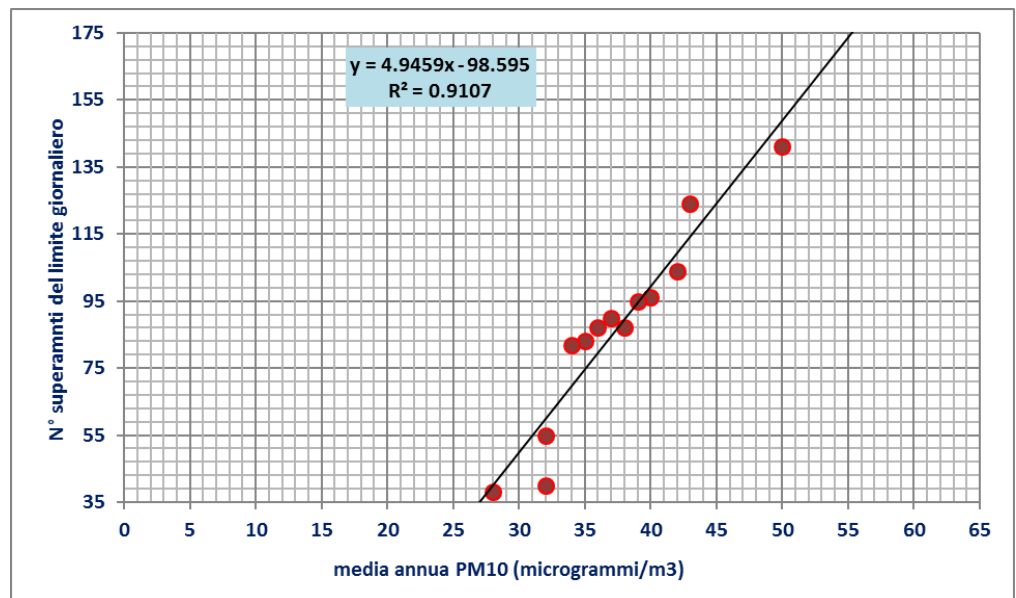
A livello regionale nel 2019 **non è stato superato in nessuna stazione il valore limite della media annuale di PM10**. Nel grafico seguente vengono riassunte le concentrazioni medie annue rilevate nelle stazioni fisse presenti nella Provincia Astigiana e Alessandrina, ove è visibile il rispetto del valore limite annuale, pari a $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$. In verde sono indicate le stazioni di FONDO URBANO, in blu le stazioni di TRAFFICO URBANO, in giallo la stazione di Arquata che è esposta ad emissioni di tipo industriale, in arancio le stazioni collinari di FONDO RURALE.



ANNO 2019-PM10-Concentrazioni medie annue stazioni provinciali Asti e Alessandria

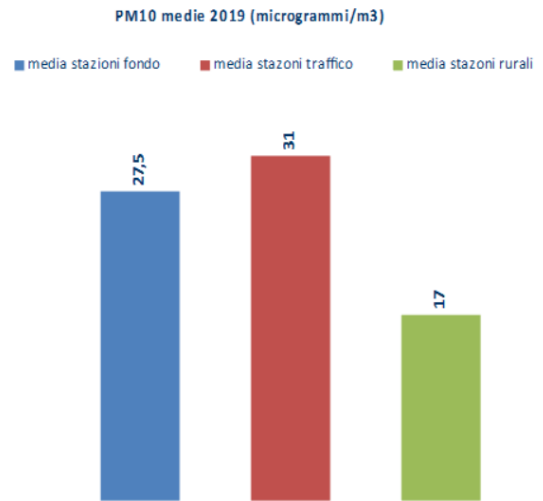
Il limite giornaliero e quello annuale di polveri PM10 sono in relazione fra di loro.

Affinchè sia rispettato il limite giornaliero, più stringente, occorre che la media annuale scenda ben sotto del limite fissato a $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ e raggiunga livelli attorno a $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$

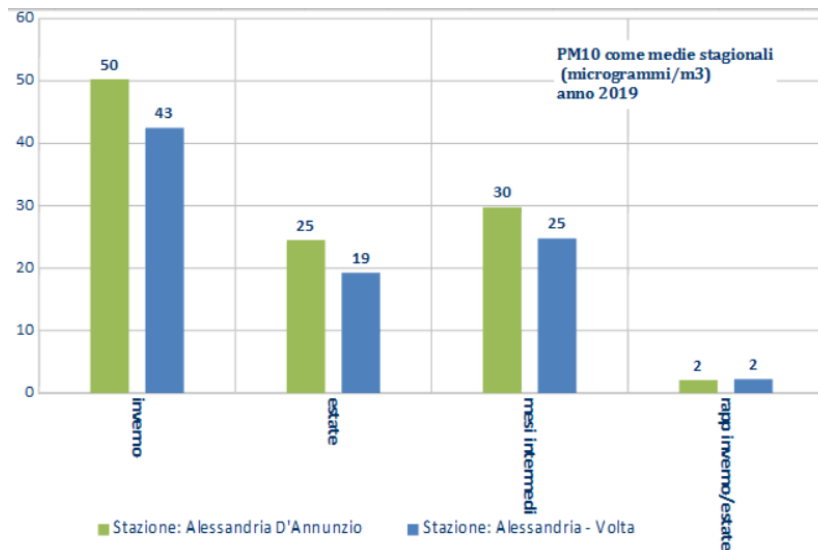


L'Organizzazione Mondiale della Sanità propone un limite annuo sulle PM10 di $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ anziché di $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Nel grafico sottostante, è ben visibile la differenza di inquinamento in relazione alla urbanizzazione delle aree: le stazioni urbane esposte a traffico intenso mostrano livelli del 10% circa superiori alle stazioni urbane collocate in aree residenziali, mentre le stazioni rurali hanno un inquinamento da polveri che è quasi la metà di quello delle città .

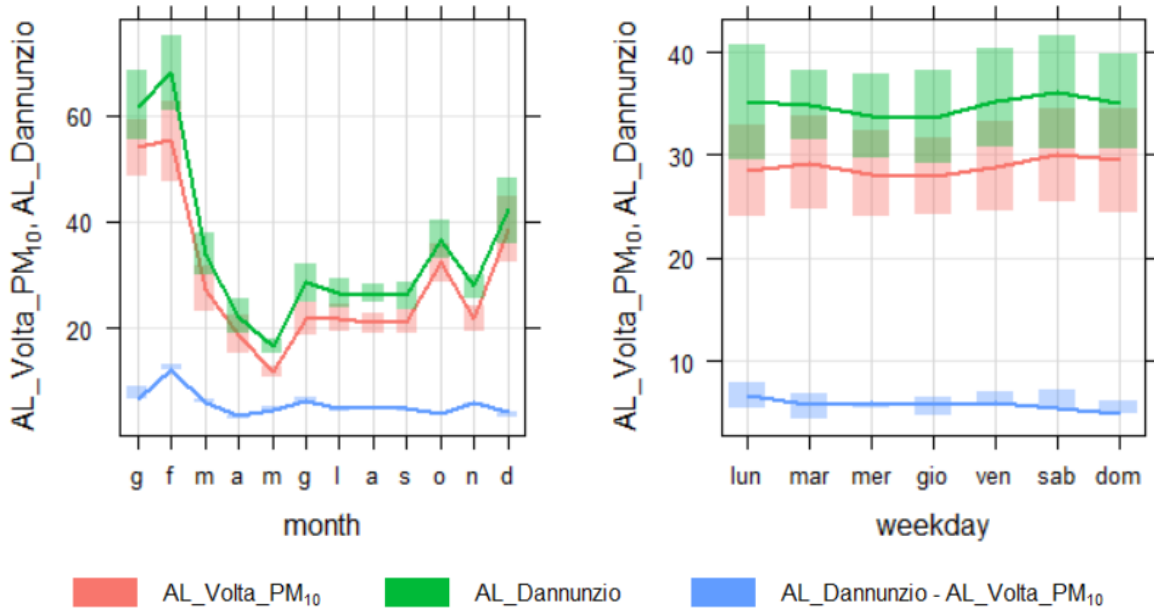


I fenomeni acuti di inquinamento con superamento del limite giornaliero delle polveri riguardano spesso tutto il bacino padano e si verificano solo in periodo invernale in concomitanza con condizioni meteorologiche che non consentono la dispersione degli inquinanti. Tali condizioni atmosferiche tipiche del bacino padano determinano in inverno, insieme al contributo aggiuntivo del riscaldamento, concentrazioni dalle due alle tre volte più elevate di quelle estive.

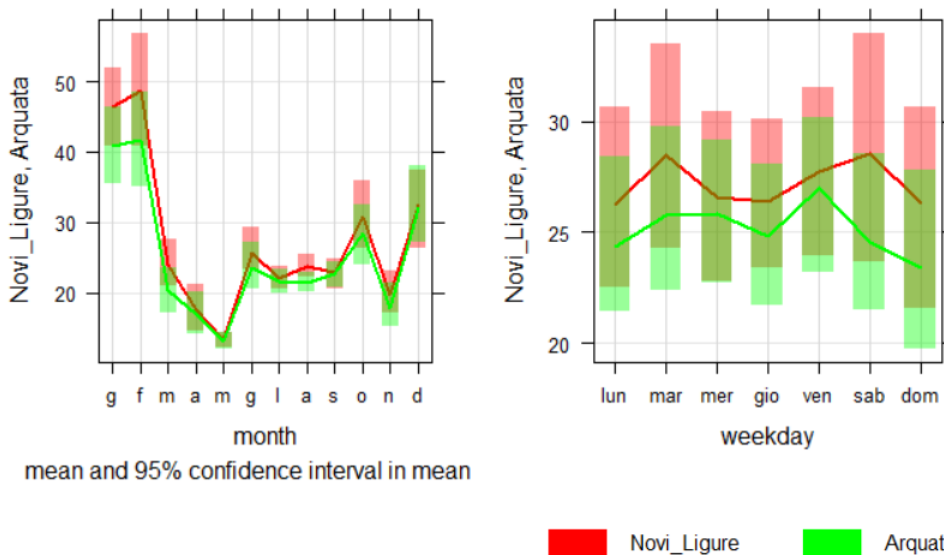


In inverno i valori di concentrazione sono particolarmente elevati in quanto, oltre alle emissioni usuali alle quali si aggiungono quelle del riscaldamento, si determinano delle condizioni meteorologiche particolarmente sfavorevoli alla dispersione degli inquinanti. Nel periodo invernale infatti la presenza di una vasta area anticiclonica stabile sul nord Italia favorisce la formazione di condizioni di inversione termica (la temperatura aumenta invece che diminuire con la quota), in particolare nelle ore notturne. In queste condizioni, che spesso persistono per l'intera giornata, lo strato di atmosfera nel quale si possono disperdere gli inquinanti è assai limitato; si ha così la formazione di aree inquinate, specie in prossimità dei centri urbani. Nei mesi estivi invece, grazie all'intensa radiazione solare e alla presenza di un campo anticiclonico consolidato, gli strati superficiali dell'atmosfera risultano interessati da fenomeni di rimescolamento turbolento: gli inquinanti immessi in prossimità del suolo sono diluiti su un volume molto maggiore rispetto a quello del periodo invernale, e ciò fa sì che le loro concentrazioni in aria siano circa la

metà rispetto all'inverno. Gli andamenti mensili e settimanali delle polveri PM10 nei due siti di fondo e da traffico di Alessandria mostrano andamenti identici ma su valori leggermente differenti: le differenze assolute tra sito da traffico e sito di fondo (linea blu) si attestano attorno a 5 microgrammi/m³ in aumento in inverno rispetto all'estate.

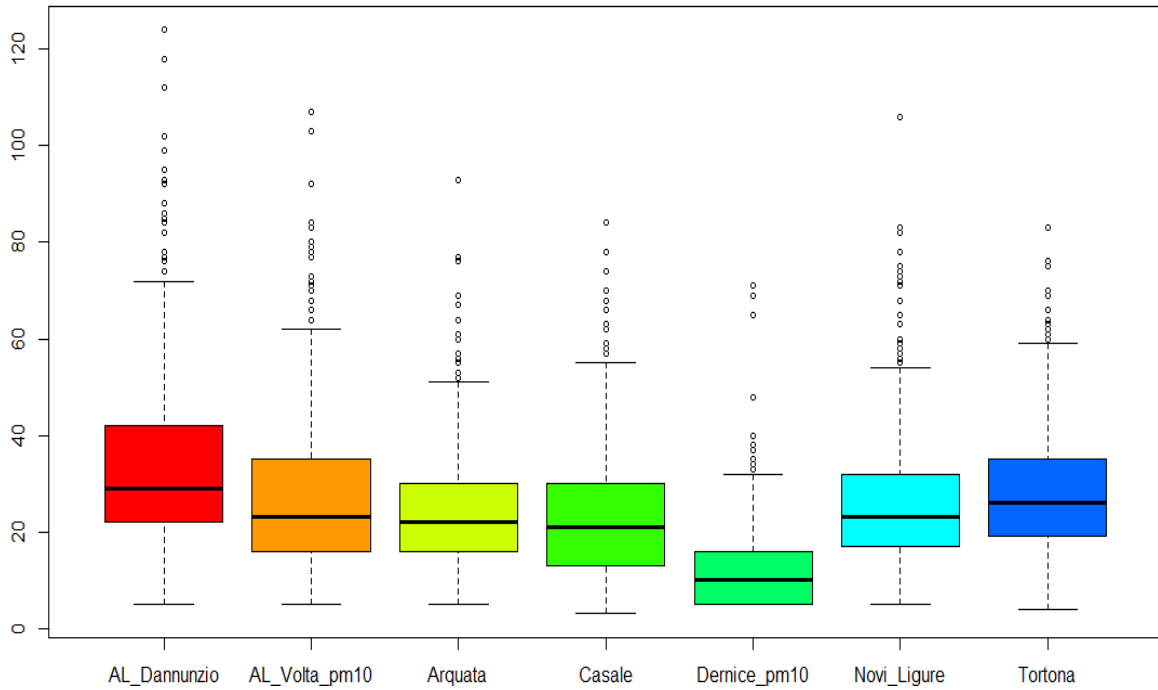


Gli andamenti mensili e settimanali delle polveri PM10 nei due siti di Novi Ligure e Arquata mostrano andamenti e valori molto simili ma su valori leggermente differenti: Novi mostra valori più elevati mediamente di circa di 3 microgrammi/m³ in aumento in inverno rispetto all'estate.

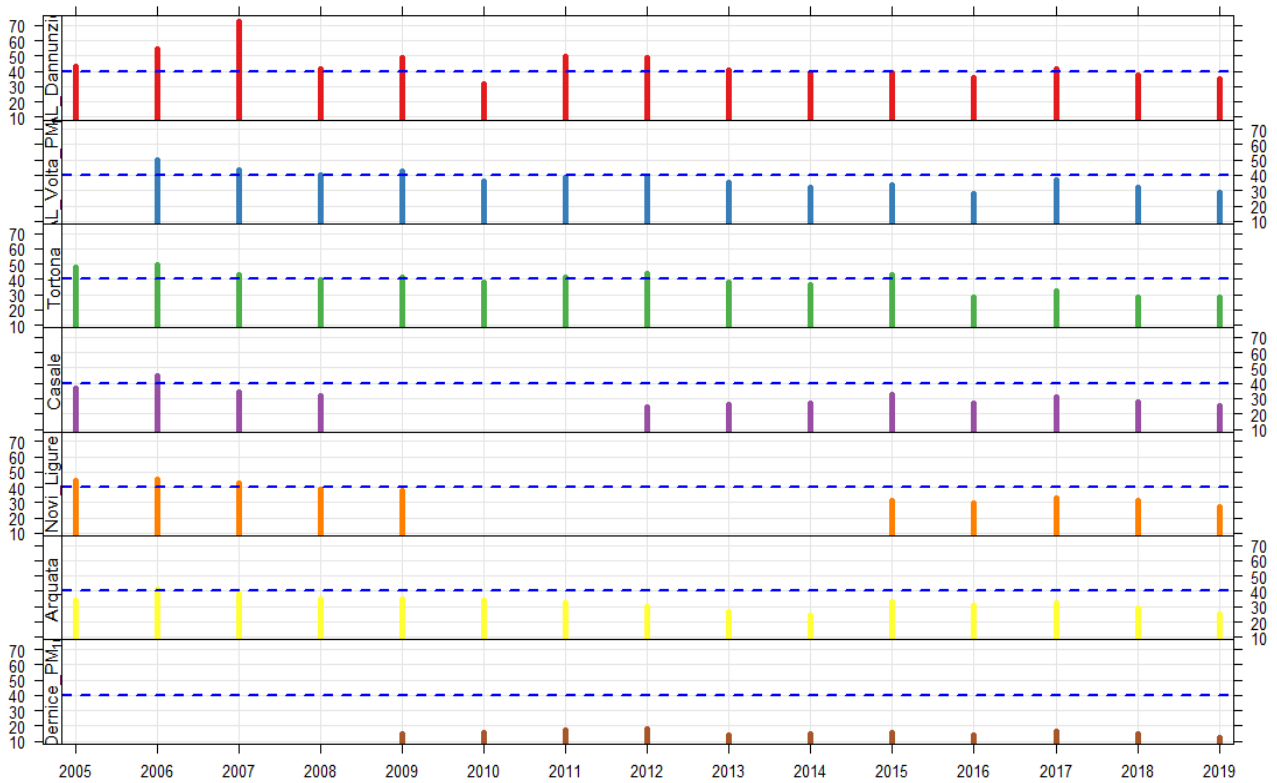


Il box-plot dei dati di PM10 misurati nel 2019 mostra distribuzioni simili nelle stazioni di pianura. Si registrano distribuzioni simili tra Casale M.to e Arquata Scrivia, tra Tortona, Alessandria Volta (FU) e Novi Ligure. I valori massimi giornalieri delle stazioni urbane nel 2019 hanno sfiorato i 120microgrammi/m³. Il grafico delle medie annue di PM10 dal 2005 al 2019 evidenziano invece un lento decremento negli anni per tutte le stazioni della rete. **Nel 2018 e 2019 tutte le stazioni si attestano sotto il limite di legge di 40microgrammi/m³ come media annua; è la quarta volta che si verifica il pieno rispetto negli ultimi 10 anni dopo il 2014 e 2016.**

Pm10 anno 2019



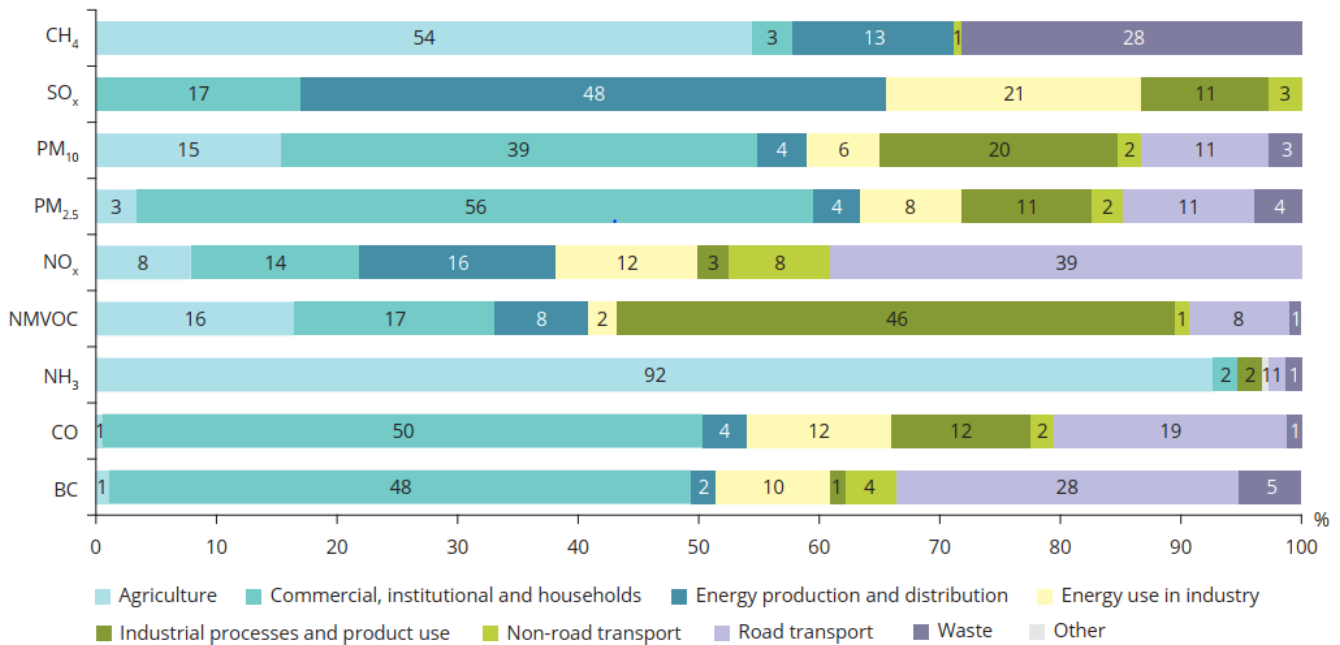
Medie annue dei valori di PM₁₀ (microgrammi/m3)



Le polveri a livello europeo

In Europa il **riscaldamento** contribuisce per il **39%** alle emissioni primarie di polveri sottili, seguito dal **20%** emesso dall'**industria** e dal **11%** emesso dai **trasporti**. Questi ultimi producono anche un contributo indiretto al particolato emettendo ossidi di azoto che contribuiscono alla formazione di polveri sottili in atmosfera. Riguardo alle emissioni del traffico i contributi sono di due tipi: emissioni dovute alla combustione (**exhaust emissions**) che sono quelle prevalenti, ed emissioni dovute alla usura delle parti meccaniche (freni, pneumatici) e dell'asfalto (**non exhaust emissions**) che contribuiscono per circa il 30% delle PM_{2,5} emesse dal traffico (Amato et al., 2018).

Figure 2.4 Contribution to EU-28 emissions from the main source sectors in 2017 of SO_x, NO_x, primary PM₁₀, primary PM_{2,5}, NH₃, NMVOCs, CO, BC and CH₄



L'Organizzazione Mondiale della Sanità fissa limiti più stringenti per le polveri sottili PM₁₀ e PM_{2,5}. la metà della normativa europea come medie sull'anno

Table 3.1 Air quality standards for protecting human health from PM

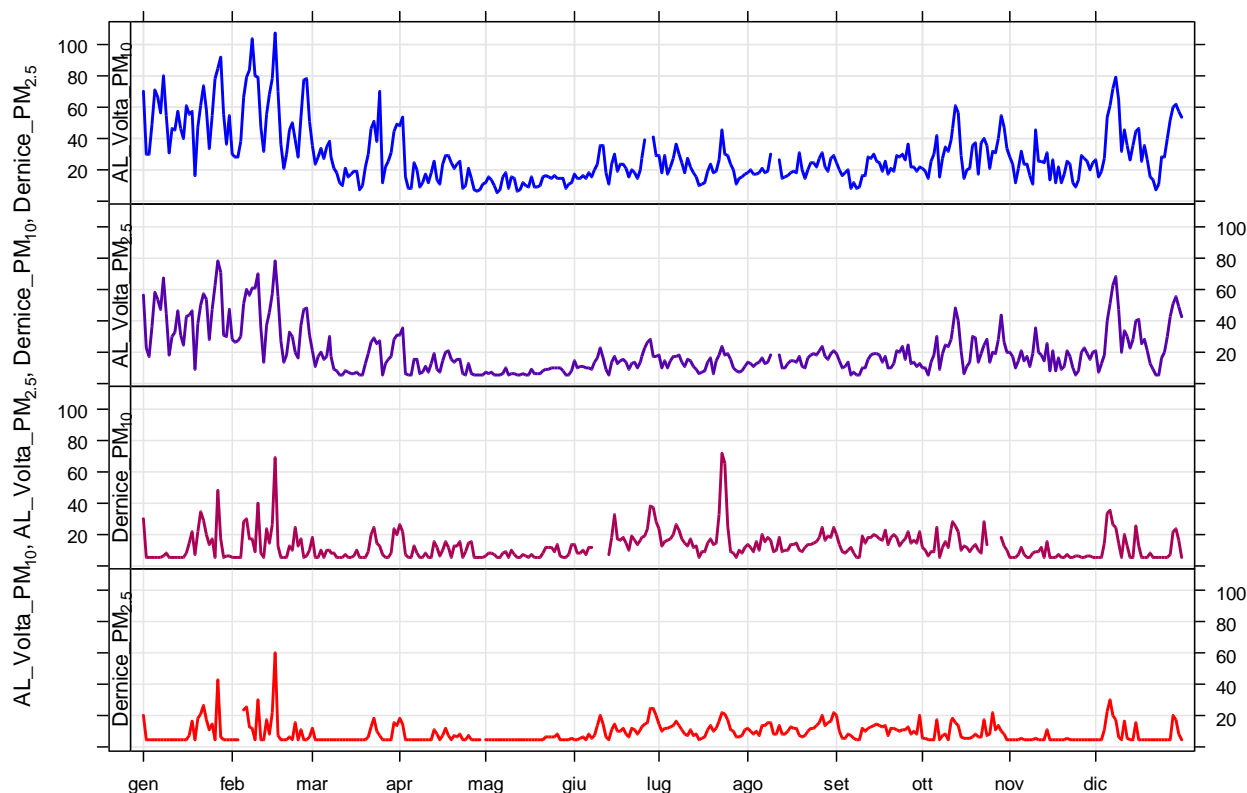
Pollutant	Averaging period	Standard type and concentration	Comments
PM ₁₀	1 day	EU limit value: 50 µg/m ³	Not to be exceeded on more than 35 days per year
		WHO AQG: 50 µg/m ³	99th percentile (3 days per year)
	Calendar year	Limit value: 40 µg/m ³	
		WHO AQG: 20 µg/m ³	
PM _{2,5}	1 day	WHO AQG: 25 µg/m ³	99th percentile (3 days per year)
	Calendar year	EU limit value: 25 µg/m ³	
		EU exposure concentration obligation: 20 µg/m ³	Average exposure indicator (AEI) ^(*) in 2015 (2013-2015 average)
		EU national exposure reduction target: 0-20 % reduction in exposure	AEI ^(*) in 2020, the percentage reduction depends on the initial AEI
		WHO AQG: 10 µg/m ³	

Fonte EEA Air Quality Report 2019

Polveri PM2.5

Le polveri PM2.5 vengono misurate solo nelle stazioni di Alessandria Volta (fondo urbano) e Derrice (fondo rurale). Il grafico sotto riporta le medie giornaliere di PM2.5 e PM10 registrate a Alessandria e Derrice 2019. I dati mostrano andamenti molto simili tra le due frazioni con valori invernali particolarmente elevati e drasticamente ridotti in estate.

PM₁₀_2.5 anno 2019

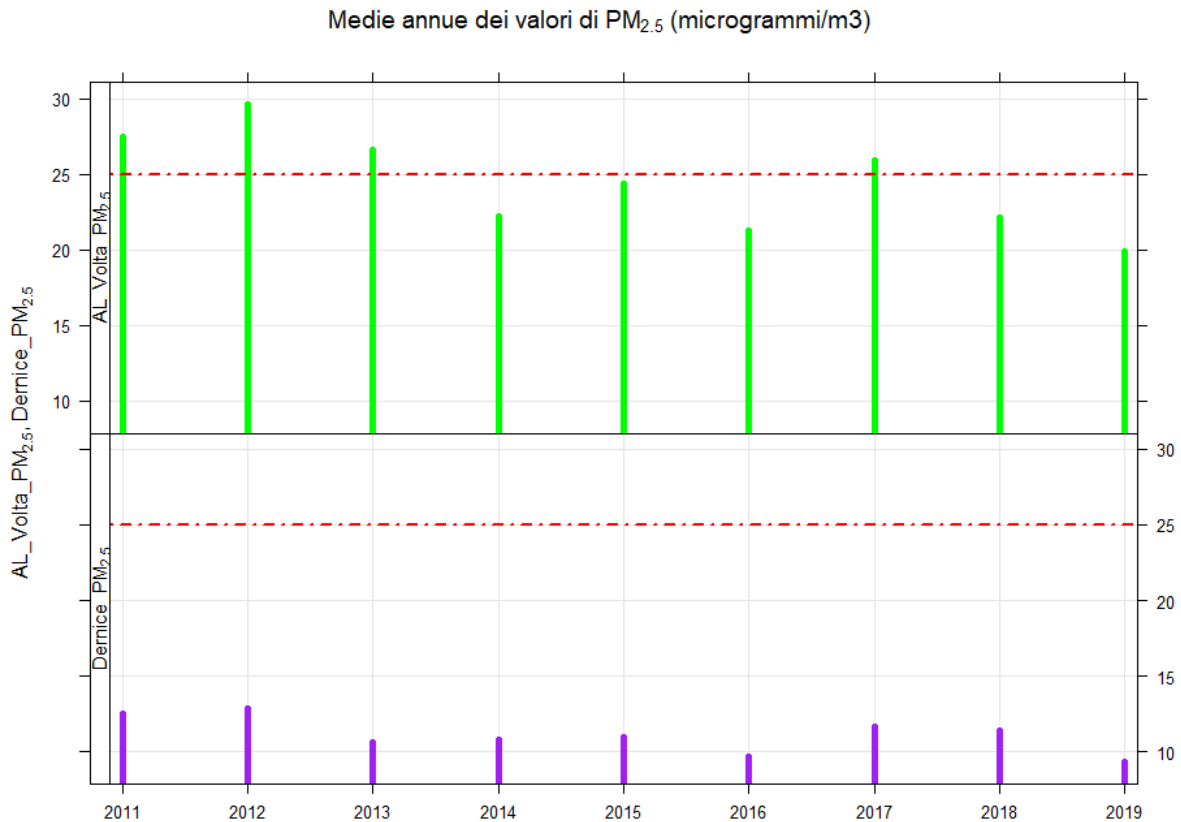


Medie giornaliere PM10/PM2.5 – anno 2019

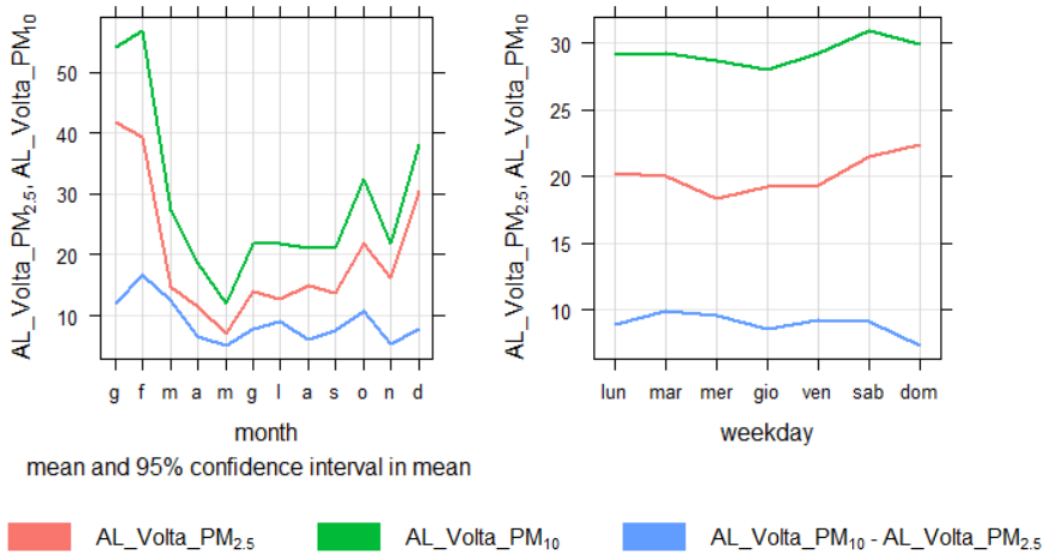
Il limite annuo fissato a livello europeo sulle PM2.5 è di 25microgrammi/m³. **Il dato annuo, disponibile dal 2011, mostra per Alessandria valori superiori al limite in 4 anni su 8, la media del 2019 è stata di 22microgrammi/m³. Derrice mostra invece valori sempre inferiori a 15microgrammi/m³.**

L'Organizzazione Mondiale della Sanità propone un limite annuo sulle PM2.5 di 10microgrammi/m³ anziché di 25.

In aree urbanizzate, la maggior parte del particolato PM10 è composto dalla frazione più piccola PM2.5. Il particolato invernale è relativamente più abbondante di particolato ultrafine rispetto a quello estivo: **mediamente la frazione di PM2.5 presente nel PM10 varia dal 60% in estate al 80% in inverno.**



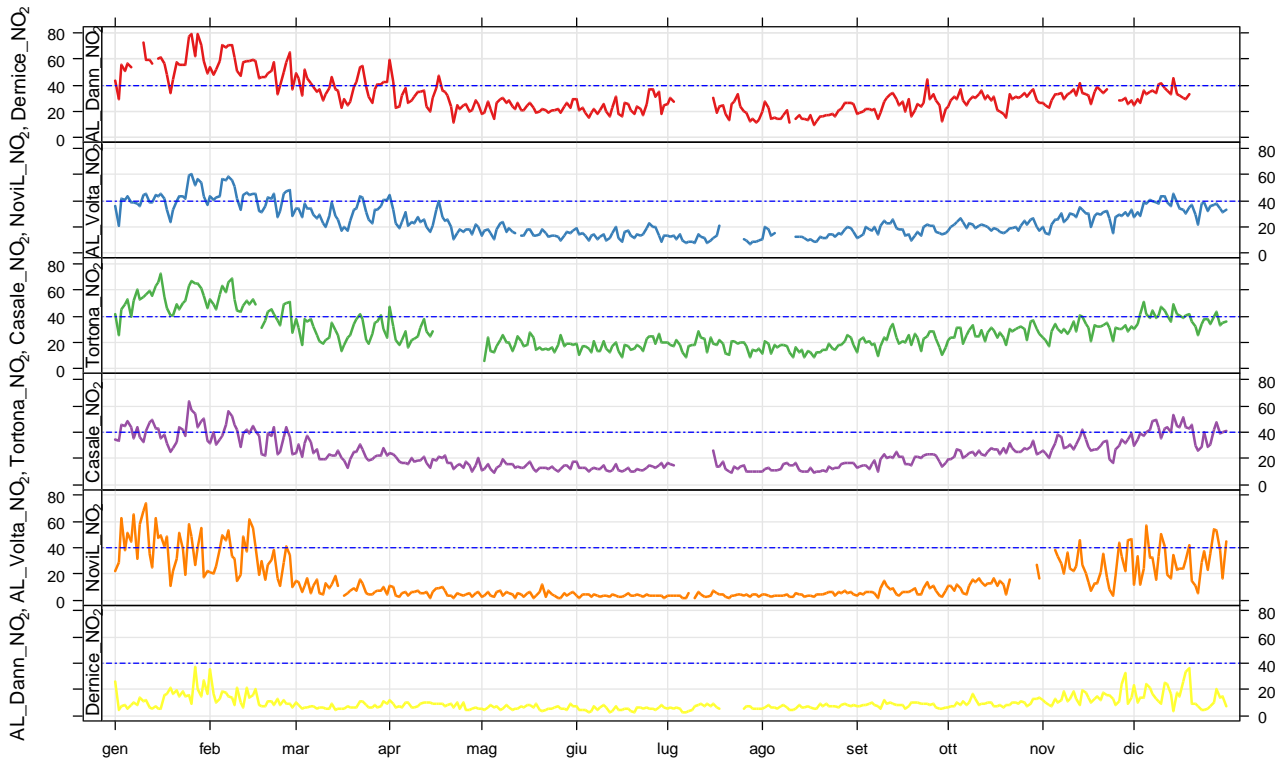
Il rapporto PM10/PM2.5, come riportato nei grafici sotto, mostra un livello medio negli anni attorno a 1.3: Ciò significa che il 70-80% del particolato PM10 è costituito dalla sua frazione più fine. **Ciò implica che il limite di 25 microgrammi/m³ sulle PM2.5 sia più stringente rispetto al limite di 40 microgrammi/m³ sulle PM10, ovvero il rispetto del limite annuale sulle PM10 non implica il rispetto anche del limite sulle PM2.5**



5.3 BIOSSIDO DI AZOTO NO₂

Per via dell'importanza di tale inquinante sia per i suoi effetti diretti sia come precursore di inquinanti secondari quali polveri fini e ozono, il monitoraggio del biossido di azoto è effettuato in molte stazioni della provincia sia urbane che rurali. **I limiti da rispettare per NO₂ sono quello orario di 200microgrammi/m³ da non superare per più di 18 volte all'anno e la media annua di 40microgrammi/m³.** Le medie orarie registrate nel 2019 mostrano andamenti simili per la maggior parte delle stazioni sia da traffico che di fondo, con valori elevati in inverno e bassi d'estate, analogamente alle polveri sottili. Nel caso del NO₂ però la sorgente primaria risulta essere il traffico veicolare in tutte le stagioni. **Sia il limite orario che quello annuale per NO₂ risultano rispettati nel 2019 in tutte le stazioni.**

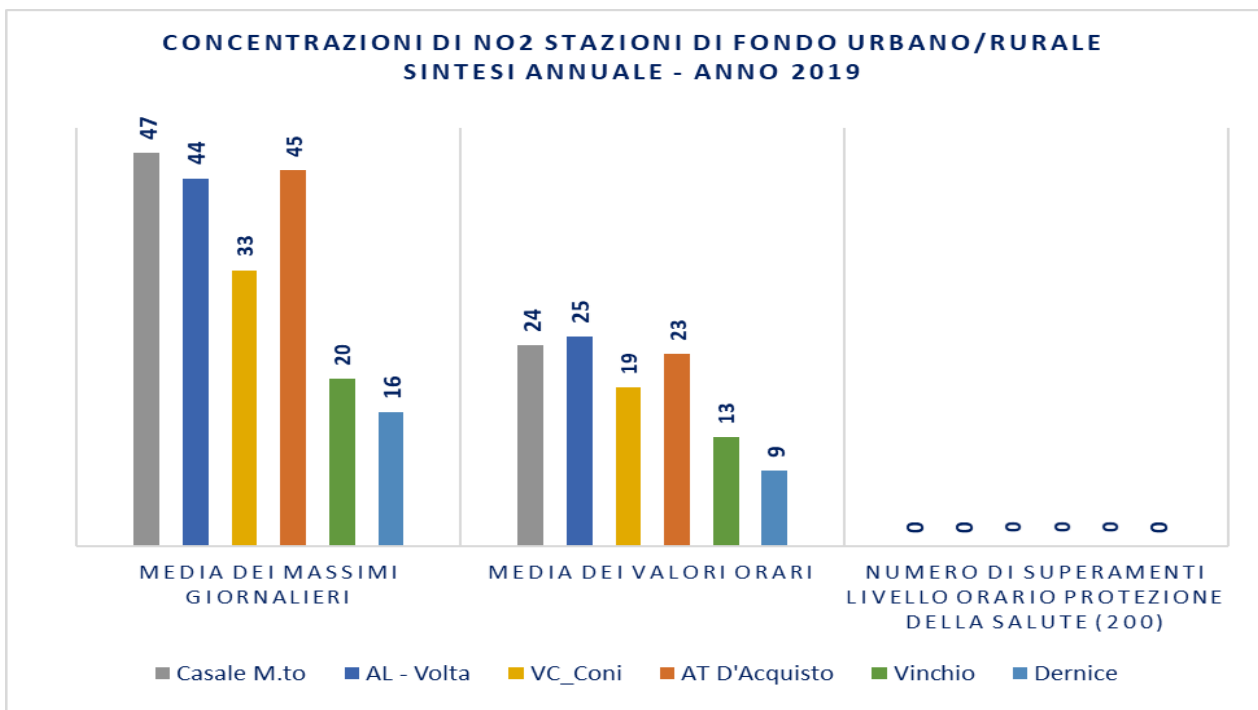
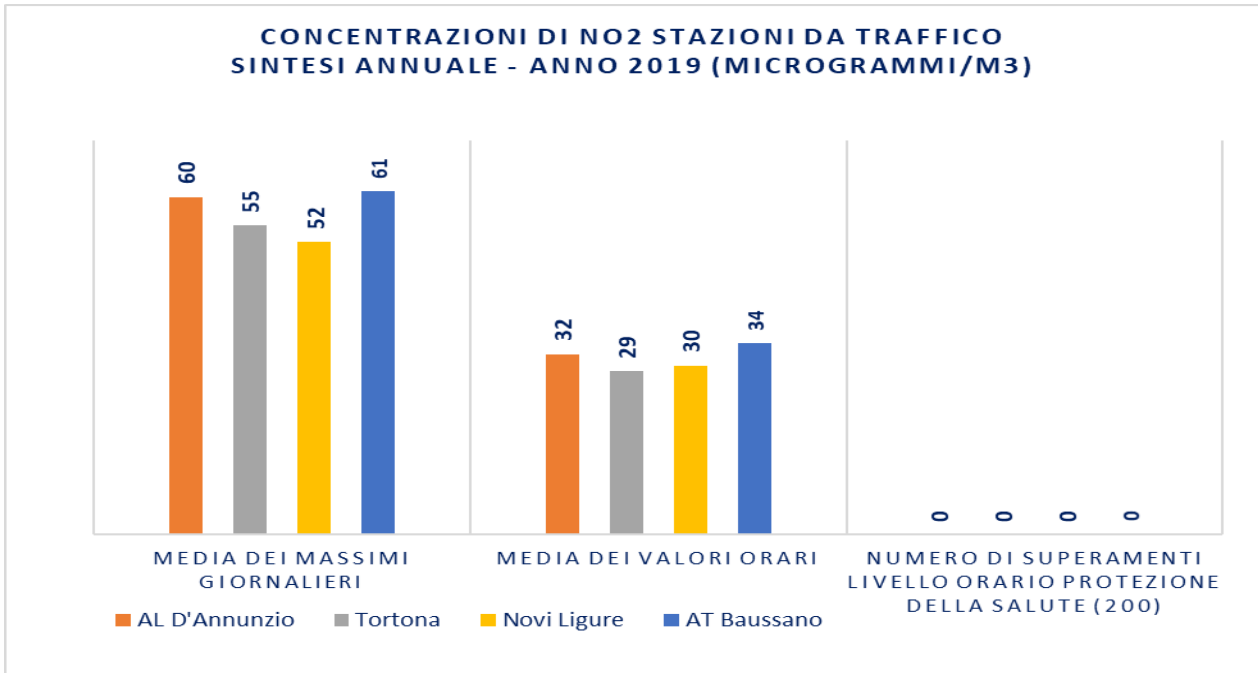
NO₂_day anno 2019



Media giornaliera di biossido di azoto NO₂ registrato nel 2019 nelle stazioni della provincia di Alessandria

Come prevedibile, essendo gli ossidi di azoto emessi principalmente dal traffico veicolare, le concentrazioni più elevate si registrano nelle stazioni da traffico: le medie annue più elevate (>30microgrammi/m³) si registrano nelle stazioni da traffico di Alessandria e Asti. Leggermente inferiori le stazioni da traffico di Tortona e Novi Ligure. Presso le stazioni di fondo urbano di Alessandria Asti, Casale le medie si attestano attorno a 20-25 microgrammi/m³, mentre presso le stazioni collinari rurali di Vinchio e Dernice le concentrazioni permangono basse tutto l'anno.

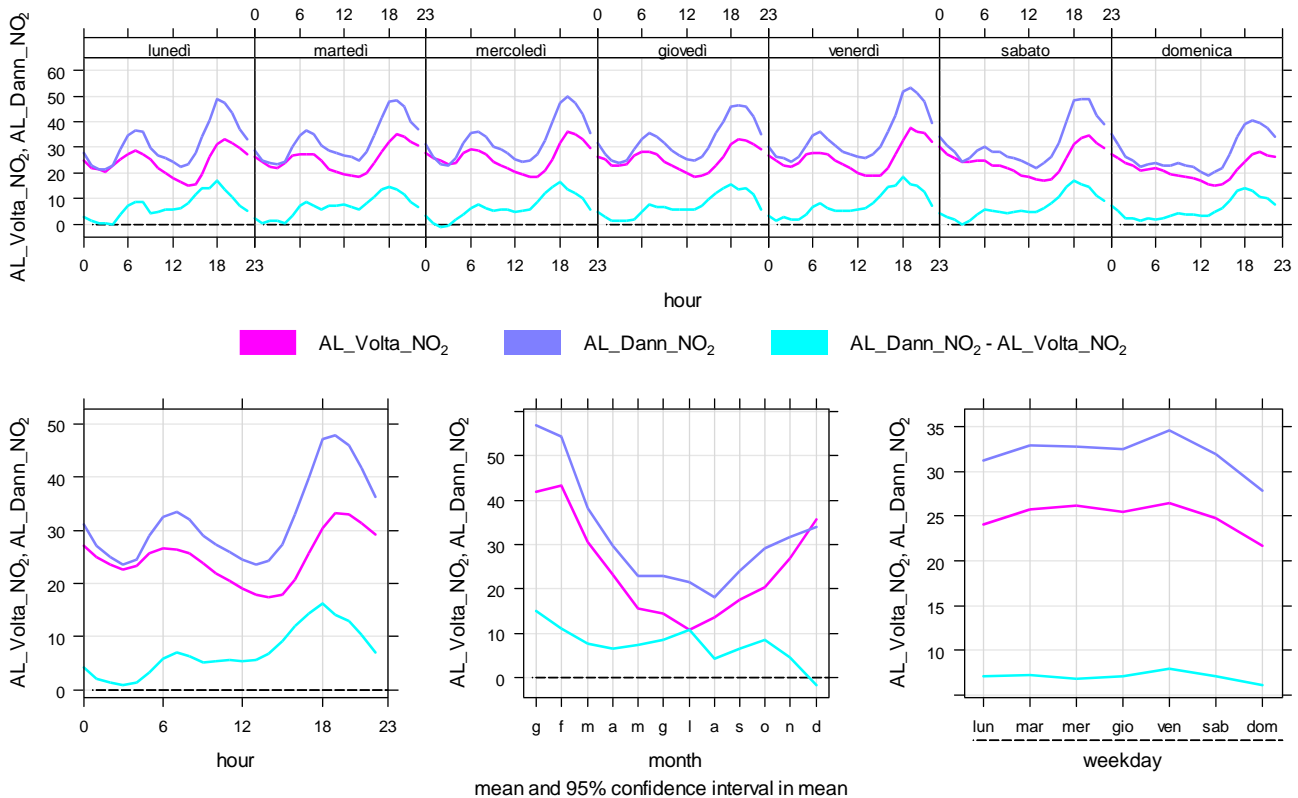
Il limite annuo di 40microgrammi/m³ è ampiamente rispettato in tutte le stazioni così come quello giornaliero pari a 200microgrammi/m³.



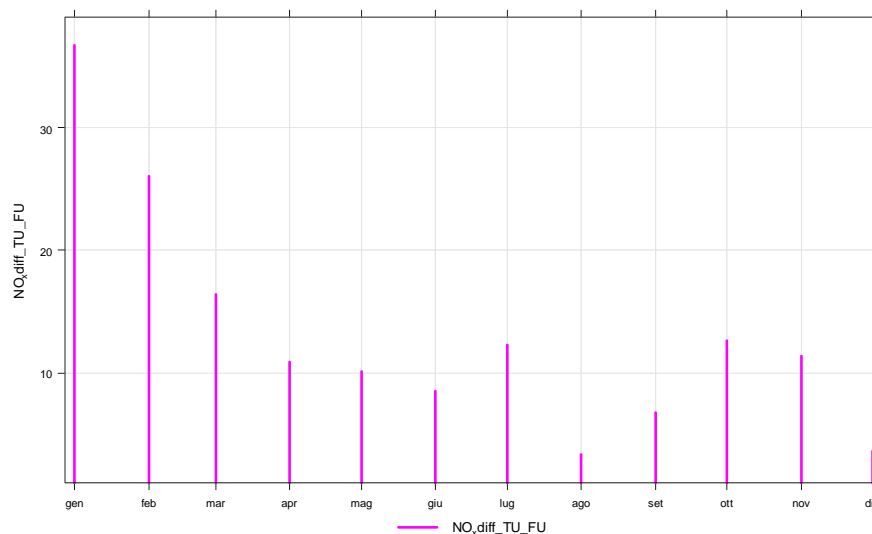
Per le stazioni da traffico si ha un contributo aggiuntivo di emissioni di ossidi di azoto rispetto alle stazioni di fondo. Questo contributo è tanto maggiore quanto più il traffico è congestionato. Ad esempio ad Alessandria presso la stazione da traffico di D'Annunzio l'aggiunta della rotonda circolatoria sulla piazza ha determinato un decremento degli NOx, per cui i valori dal 2016 si sono avvicinati a quelli della stazione di fondo urbano di Volta.

Gli andamenti di NO₂ nelle ore del giorno e sui giorni della settimana messi a confronto tra stazione di fondo urbano e stazione da traffico, mostrano sensibili riduzioni per entrambe la domenica e nei mesi estivi. I picchi mattutini e serali legati al traffico sono sensibilmente più elevati presso la stazione da traffico (AL_D'Annunzio) rispetto a quella di fondo (AL_Volta, rispettivamente +8 e +15microgrammi/m³ mentre lo scostamento medio si attesta sui 20 microgrammi/m³ in più d'inverno e <10microgrammi/m³ d'estate legati alle emissioni dirette del traffico rispetto alla stazione di fondo, ovvero un 20-30% in più presso la stazione da traffico rispetto ai valori medi registrati nelle due stazioni.

NO₂ Confronto sito traffico-fondo anno 2019



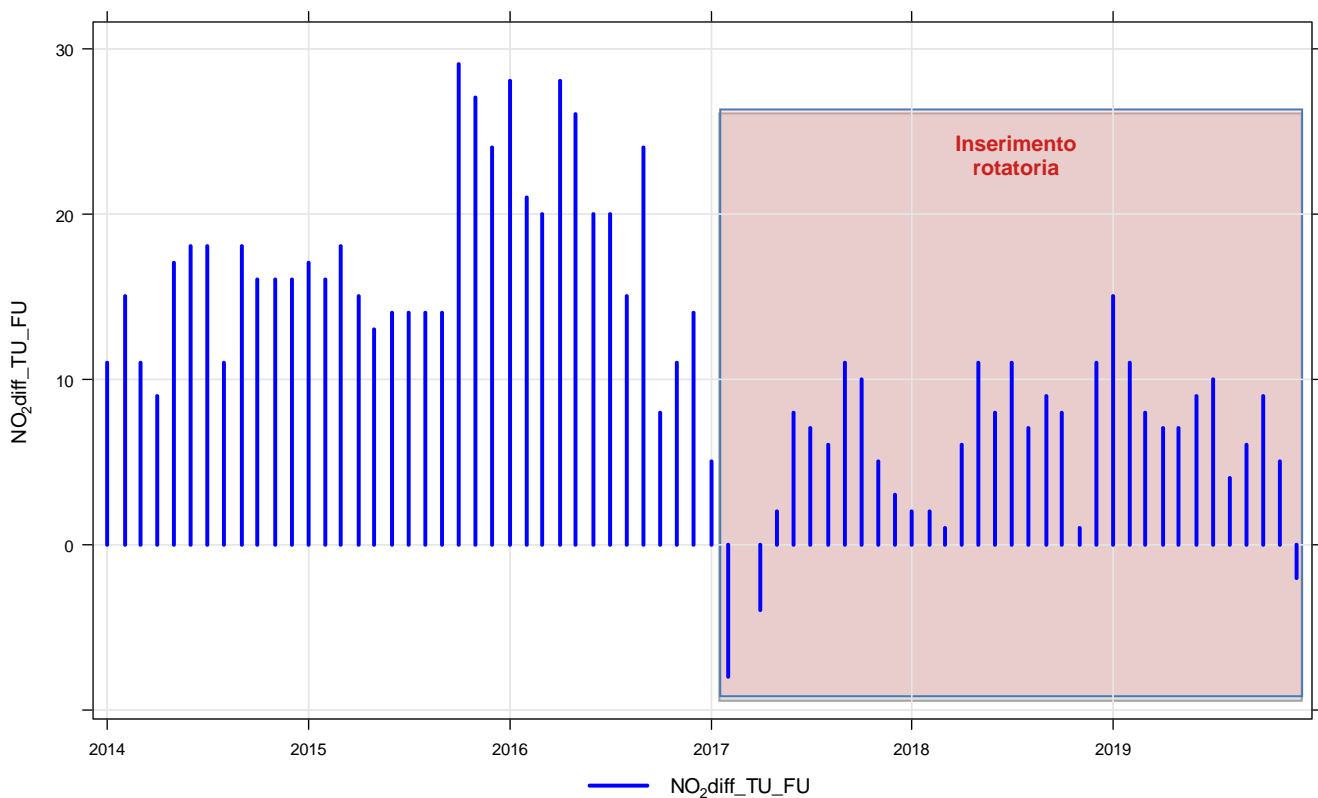
Alessandria - differenza NO_x Traffico/NO₂ fondo urbano 2019



E' evidente la variabilità stagionale di tale parametro che è massimo nella stagione invernale dove la concomitanza di maggiori fonti emissive (riscaldamento + traffico) e di condizioni meteorologiche avverse alla diluizione degli inquinanti nei bassi strati atmosferici (estrema stabilità atmosferica con inversione termica, schiacciamento dello strato di rimescolamento e conseguente formazione di nebbie e smog) ne favoriscono l'accumulo. Livelli maggiori si segnalano nei mesi di gennaio e febbraio. D'estate, al contrario, la presenza di forte irraggiamento solare ne determina sia la dispersione sia la distruzione a favore di altri composti inquinanti di carattere secondario (ozono).

Una considerazione particolare merita l'analisi dei dati mensili di NO₂ registrati nelle due stazioni dal 2014 al 2018. La stazione da traffico di Alessandria D'Annunzio ha mostrato dal 2017 una consistente riduzione dell'inquinamento da NO₂ rispetto al passato grazie all'introduzione della rotatoria sulla piazza adiacente la stazione. Come evidenziato dal grafico sotto, ***i livelli di NO₂ a D'Annunzio sono passati mediamente da +15microgrammi/m³ a +5microgrammi/m³ rispetto alla stazione di fondo urbano, con concentrazioni di NO₂ che si assestavano a + 40% prima della rotatoria che si sono ridotte percentualmente +20% circa rispetto alla stazione di fondo di Volta dopo l'inserimento della rotatoria.*** Questo conferma che la fluidificazione del traffico porta benefici consistenti in relazione alla riduzione delle emissioni degli inquinanti primari.

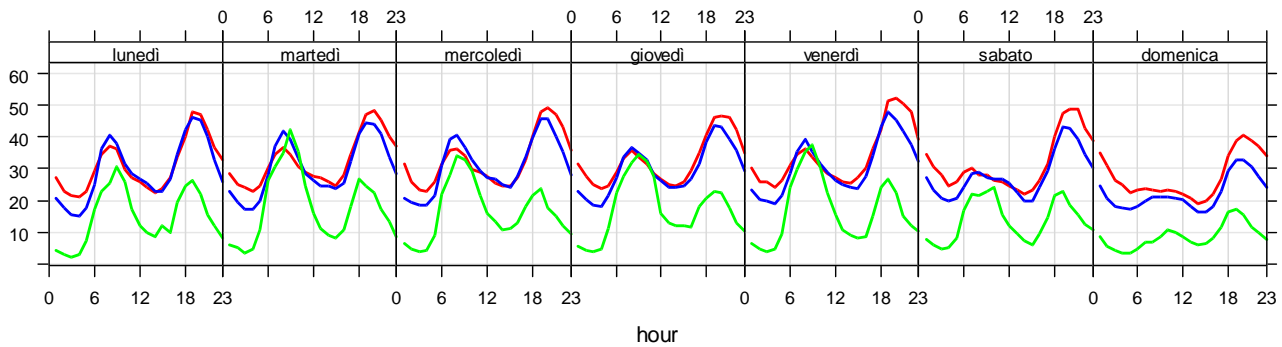
Alessandria - differenza NO₂ Traffico/NO₂ fondo urbano



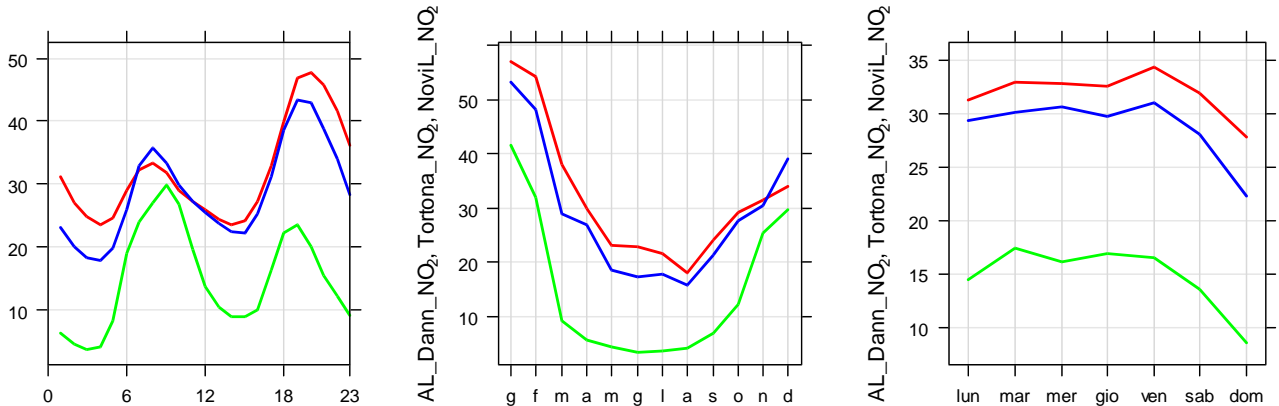
Nelle stazioni da traffico si verificano spesso episodi acuti di inquinamento che sono legati anche alla congestione di snodi viabilistici particolarmente trafficati. Analizzando nel dettaglio i picchi di inquinamento da NO₂ presso Alessandria D'Annunzio, Novi Ligure e Tortona si notano condizioni di inquinamento sito-specifiche e differenti tra loro.

Gli andamenti tipo di NO₂ su tutte le stazioni, che riportano le medie per ciascuna ora del giorno e dei giorni della settimana di tutti i dati dell'anno, mostrano livelli più elevati nelle stazioni direttamente esposte al traffico (AL_D'Annunzio, Novi L., Tortona) e livelli più bassi nelle stazioni di fondo urbano/rurale (AL_Volta, Casale M.to, Dernice). La curva del giorno tipo mostra andamenti tipici del contesto urbano con picchi di NO₂ in concomitanza con le ore di punta del traffico, al mattino e alla sera. Alla sera si aggiunge l'effetto di aumento degli inquinanti dovuto alla inversione termica al suolo.

NO₂ sito traffico anno 2019



AL_Dann_NO₂ Tortona_NO₂ NoviL_NO₂

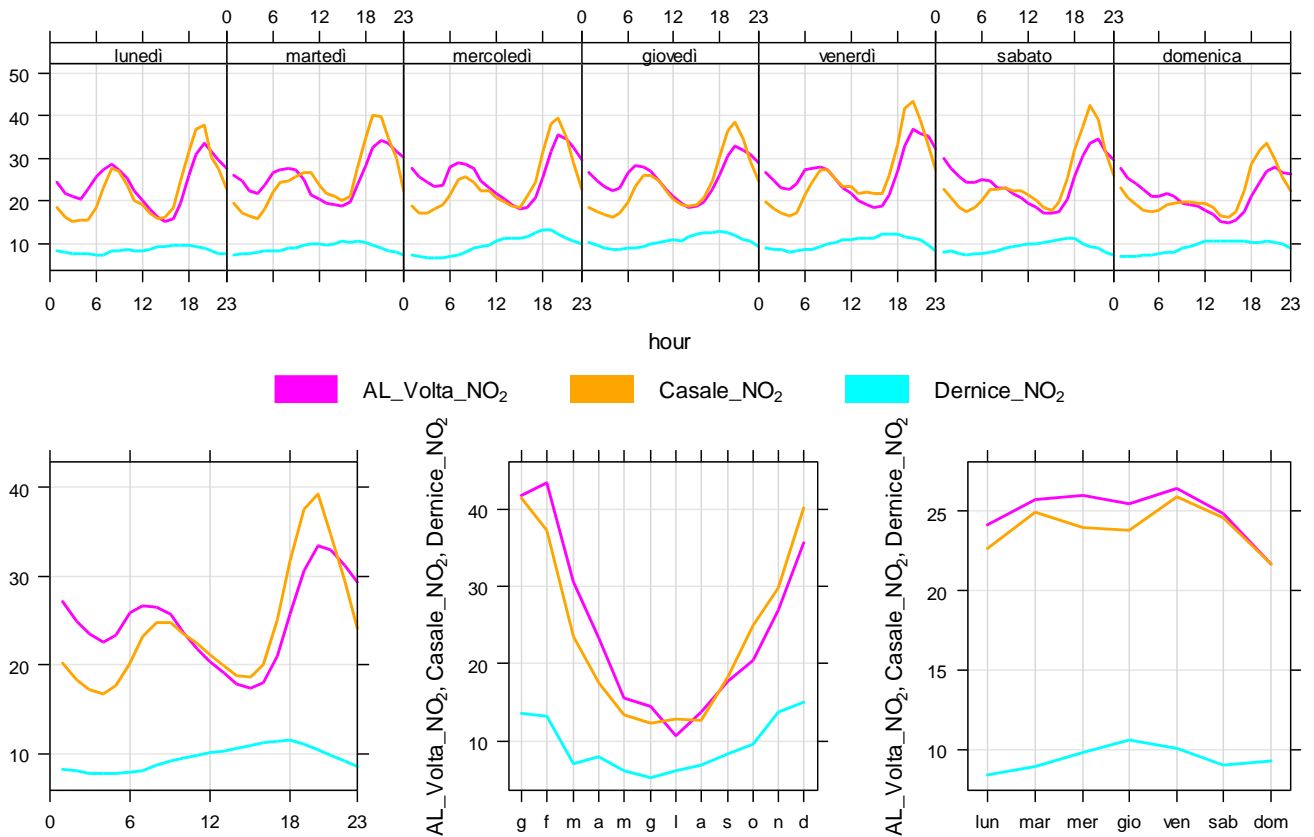


Per quanto riguarda le stazioni da traffico il confronto evidenzia valori minimi più elevati ad Alessandria e Tortona con una drastica riduzione su tutte le stazioni il sabato e la domenica e nei mesi estivi in cui NO₂ si dissocia dando luogo alla formazione di ozono estivo.

Le stazioni di fondo presentano andamenti giornalieri e stagionali del tutto simili a quelle da traffico ma si attestano su valori circa 10 microgrammi/m³ inferiori sia come picchi che come valori medi mensili. Per quanto riguarda le stazioni di fondo il confronto evidenzia valori in ambiente urbano leggermente più elevati a Casale M.to rispetto a Alessandria Volta, con picchi serali più pronunciati e una drastica riduzione su tutte le stazioni il sabato e la domenica. A casale si nota l'incremento al martedì e venerdì in corrispondenza delle attività mercatali.

Dernice, stazione di fondo rurale regionale, conferma valori estremamente bassi di NO₂ lungo tutto l'arco dell'anno.

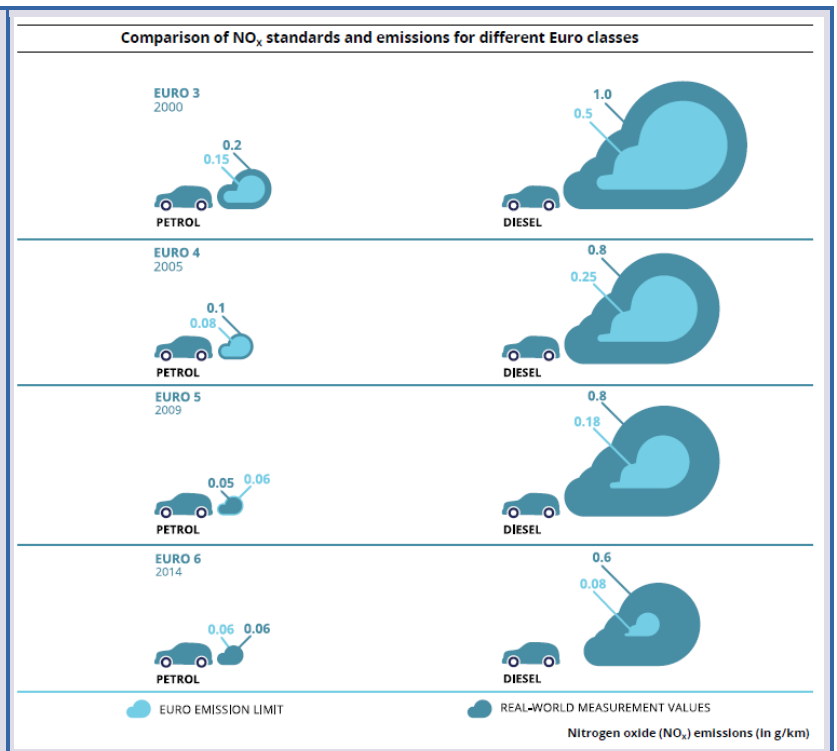
NO₂ sito fondo urbano_rurale anno 2019



I trasporti sono il settore che emette la maggior quantità di NO_x del totale delle emissioni dell'UE. Le concentrazioni più elevate si riscontrano infatti nelle stazioni da traffico per via delle emissioni degli autoveicoli che sono a livello del suolo, rispetto, ad esempio, alle emissioni industriali che, essendo a quote più elevate, vengono maggiormente diluite prima di raggiungere il suolo.

Alla diminuzione delle emissioni di NO_x (-30%) non corrisponde una eguale diminuzione di NO₂ (-18%) per effetto delle emissioni dirette di NO₂ da veicoli diesel che su strada possono essere di molto superiori rispetto alle prove di laboratorio.

Fonte EEA Report 2017 - 2019



5.4 BENZENE E TOLUENE

Gli idrocarburi aromatici vengono misurati presso le stazioni da traffico in quanto principalmente emessi dai motori a benzina. I parametri misurati sono: benzene, toluene, xileni, etilbenzene. Di questi l'unico soggetto a limite è il benzene in quanto composto altamente tossico e cancerogeno. 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).

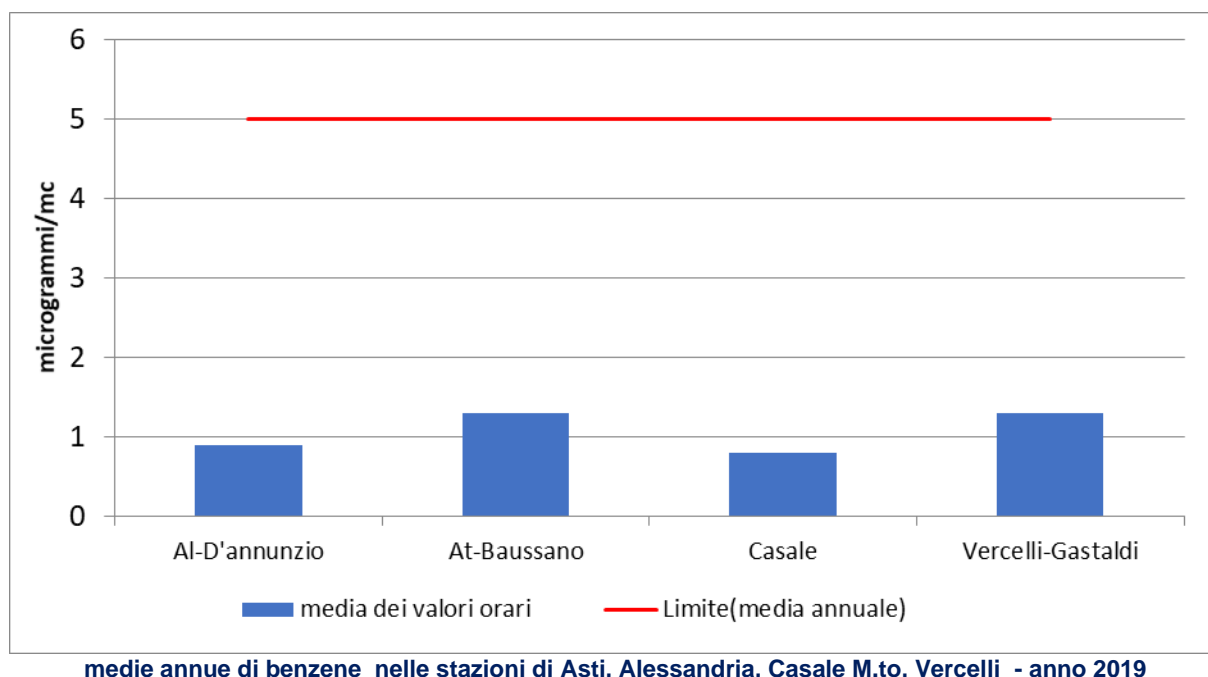
Studi di mutagenesi evidenziano inoltre che il benzene agisce sul bagaglio genetico delle cellule. Con esposizione a concentrazioni elevate, superiori a milioni di ppb, si osservano danni acuti al midollo osseo. Un'esposizione cronica può provocare la leucemia. L'Organizzazione Mondiale della Sanità indica come valore di esposizione cronica un valore soglia RL di $1.7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ di benzene per l'intera vita.

Table 7.3 Air quality standards for protecting human health from C_6H_6

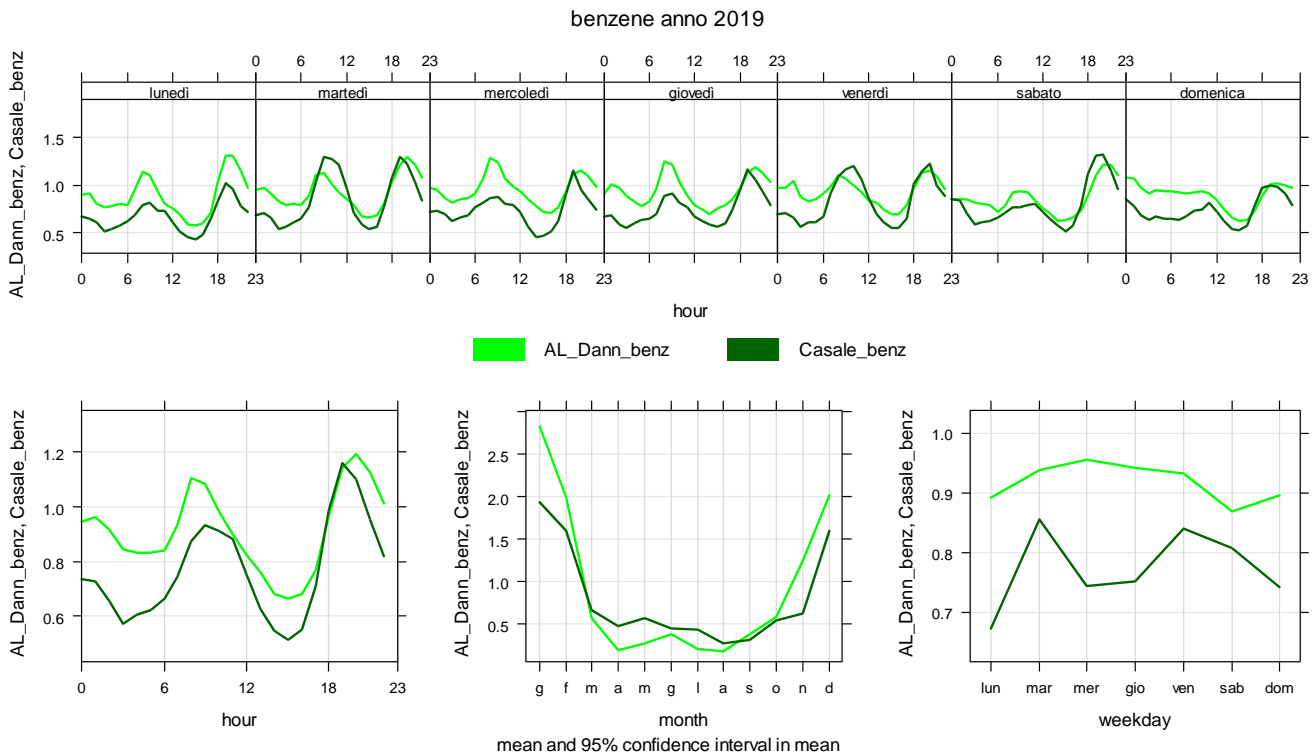
Pollutant	Averaging period	Standard type and concentration
C_6H_6	Calendar year	EU limit value: $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ RL: $1.7 \mu\text{g}/\text{m}^3$

Fonte EEA Air QualityReport 2009

Le concentrazioni di benzene registrate nel 2019 si confermano ampiamente al di sotto del limite annuale di $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ in tutte le stazioni provinciali e mostrano concentrazioni analoghe alle altre stazioni piemontesi. I valori misurati negli ultimi anni sono sostanzialmente stabili e notevolmente diminuiti grazie dell'introduzione dal luglio 1998, del limite del 1% del tenore di benzene nelle benzine ed al progressivo aumento del numero di auto con catalizzatore ossidante sul totale degli autoveicoli circolanti. L'andamento negli anni evidenzia come i livelli di benzene permangono ampiamente al di sotto dei limiti di legge ($5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ come media sull'anno) e anche dei valori di tutela indicati dal OMS.

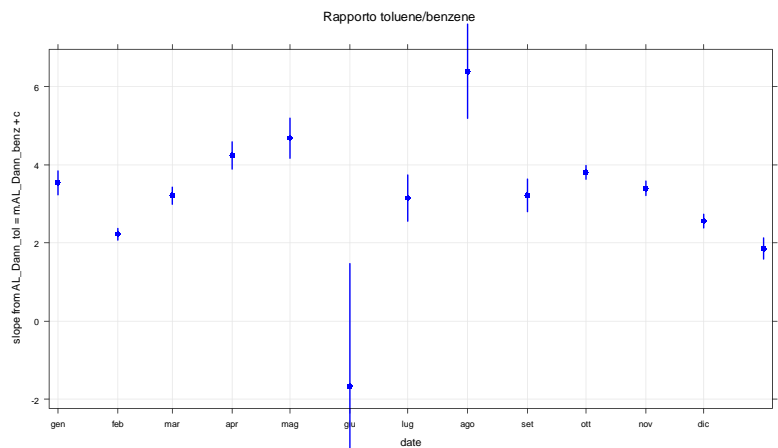


Il Benzene in ambiente urbano è un tipico marker da traffico. Gli andamenti sulle ore del giorno e sui giorni della settimana mostrano per benzene il contributo del traffico soprattutto nelle ore del mattino (07.00 – 10.00) e della sera (18.00-21.00) con livelli più elevati la sera per effetto concomitante del picco di traffico e dell'inversione termica con schiacciamento degli inquinanti al suolo. Gli andamenti si mostrano differenti sui giorni della settimana con Casale M.to che presenta livelli più elevati il martedì per effetto del traffico indotto dalle attività mercatali, mentre Alessandria ha livelli più elevati il mercoledì, giovedì e venerdì. **Si evidenzia anche qui una notevole differenza stagionale nella presenza di benzene che, come tutti gli inquinati eccetto l'ozono, sono significativamente più elevati nella stagione fredda con concentrazioni fino a 5 volte superiori rispetto all'estate.**



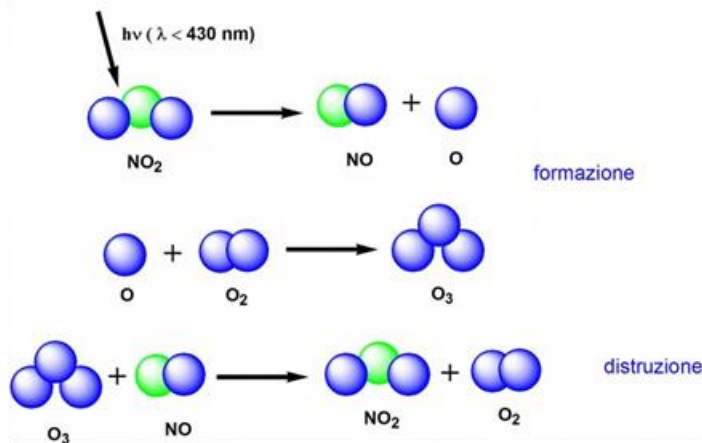
E' utile il confronto tra benzene e toluene che non è soggetto a limite in quanto meno tossico del benzene ma il cui rapporto con il benzene è indicativo del tipo di sorgenti di provenienza. **In aree urbane il rapporto medio dei due inquinanti è di un fattore da 3 a 5.**

ALESSANDRIA RAPPORTO MENSILE TOLUENE/BENZENE



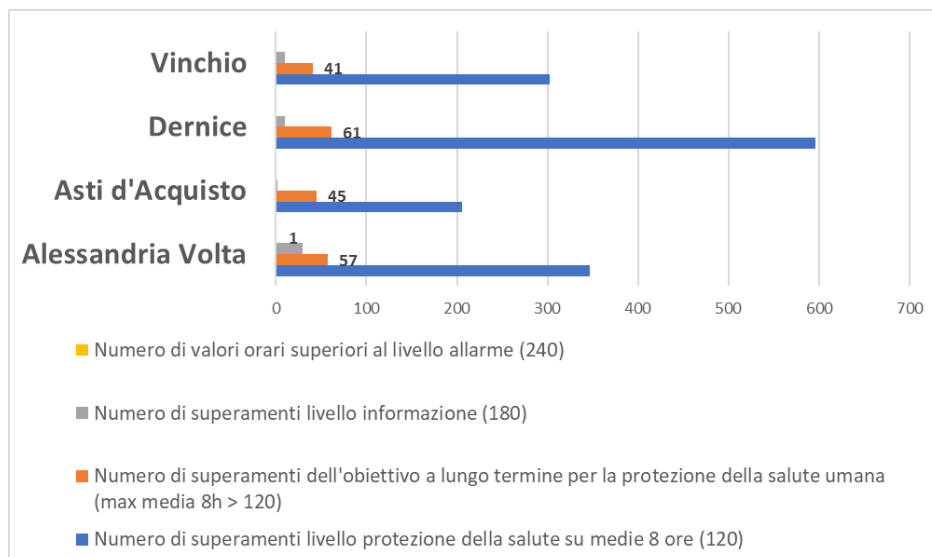
5.5 OZONO O₃

L'ozono, insieme al PM₁₀ e al biossido di azoto, è uno degli inquinanti di maggiore rilevanza in Europa, con un gradiente che aumenta da nord a sud del continente e le cui concentrazioni più elevate si registrano nelle stazioni di monitoraggio dell'area mediterranea. **In contrasto con gli altri parametri, le concentrazioni di ozono sono generalmente maggiori d'estate e nelle località rurali, minori d'inverno e nelle stazioni urbane e soprattutto in quelle di traffico.** Ciò dipende principalmente dalle modalità di formazione dell'ozono, influenzate da alcune variabili meteorologiche quali l'elevata radiazione solare e le alte temperature e dalla presenza dei suoi precursori sia di origine antropica (es. benzene e toluene, ossidi di azoto) che naturale (terpeni, alcani, alcheni, etc.). In particolare la foto-dissociazione di NO₂ in presenza di radiazione ultravioletta con formazione di ozono contribuisce alla formazione di questo inquinante nei siti urbani maggiormente influenzati dal traffico veicolare.



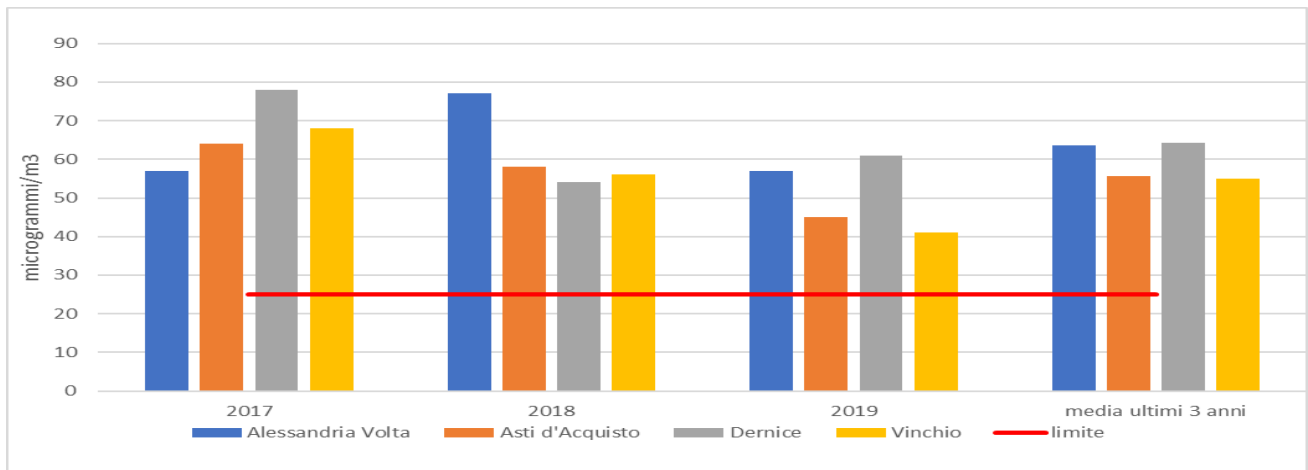
ciclo fotostazionario dell'ozono

L'ozono è soggetto a vari limiti sia per la popolazione che per la salute della vegetazione, essendo un composto estremamente aggressivo, ossidante ed irritante sia per le piante che per l'apparato respiratorio dell'uomo. I limiti di riferimento principali sono il **limite di protezione della salute** riferito a medie su 8 ore che non devono superare i 120 µg/m³, la **soglia di informazione** riferita a media su 1 ora che non deve superare i 180 µg/m³ e la **soglia di allarme** riferita a media su 1 ora che non deve superare i 240 µg/m³. In Provincia di Alessandria l'inquinante viene misurato presso la stazione di fondo urbano di Alessandria Volta e in quella di fondo rurale di Dernice. Nel grafico seguente è illustrato l'andamento dei superamenti occorsi nel 2019 nelle due stazioni e nelle stazioni di confronto di Asti (fondo urbano) e Vinchio (fondo rurale).

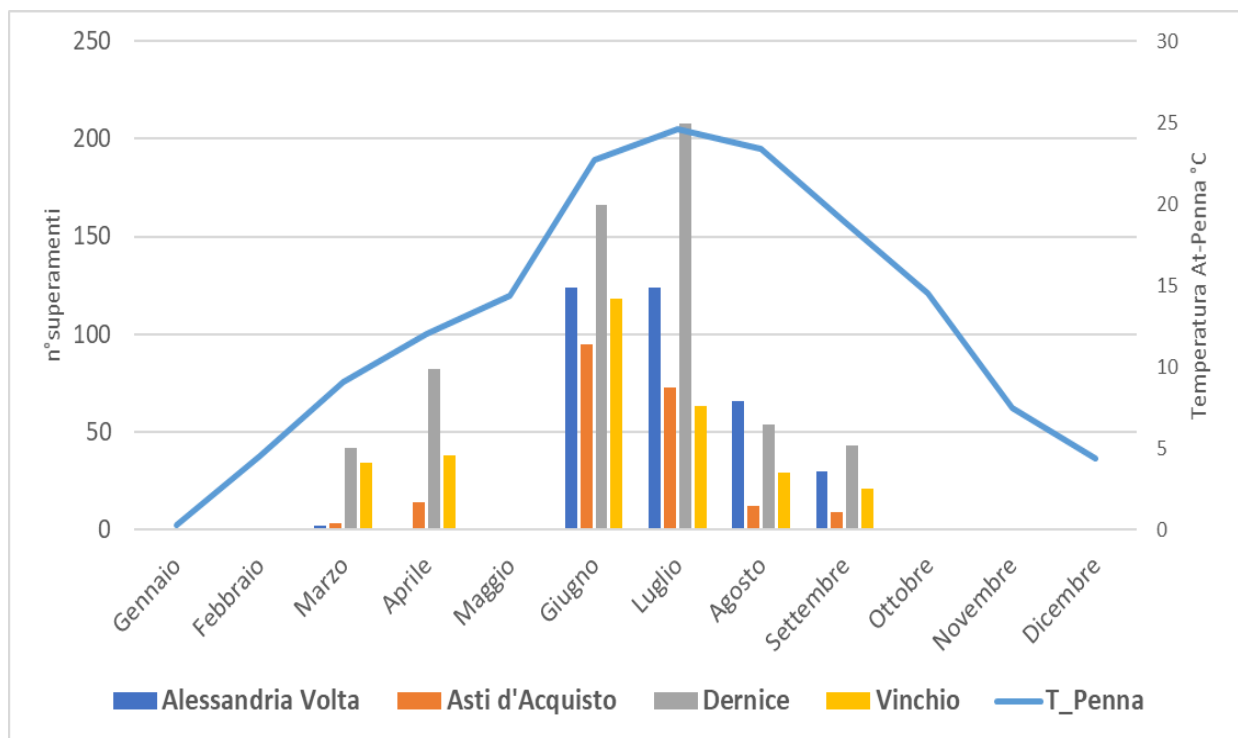


Mediando il numero di superamenti registrati nell'ultimo triennio (2017-2018-2019) si osserva il comune non raggiungimento dell'obiettivo imposto dalla normativa (**Il valore obiettivo di 120 µg/m³ non deve essere superato per più di 25 volte per anno civile come media su 3 anni**).

Il numero dei giorni di superamento va dai 55 della stazione di Vinchio ai 64 delle stazioni di Al-Volta e Dernice. Tuttavia, Il valore mediato negli anni 2017-2019 presenta un lieve miglioramento rispetto al triennio precedente (2016-2018) in particolare nelle stazioni di Al-Volta e Vinchio. Viene quindi confermata una **spiccata criticità legata a questo inquinante, nonostante la riduzione a livello nazionale delle emissioni di NO_x e dei composti organici non metanici (VOCNM), precursori dell'ozono**.

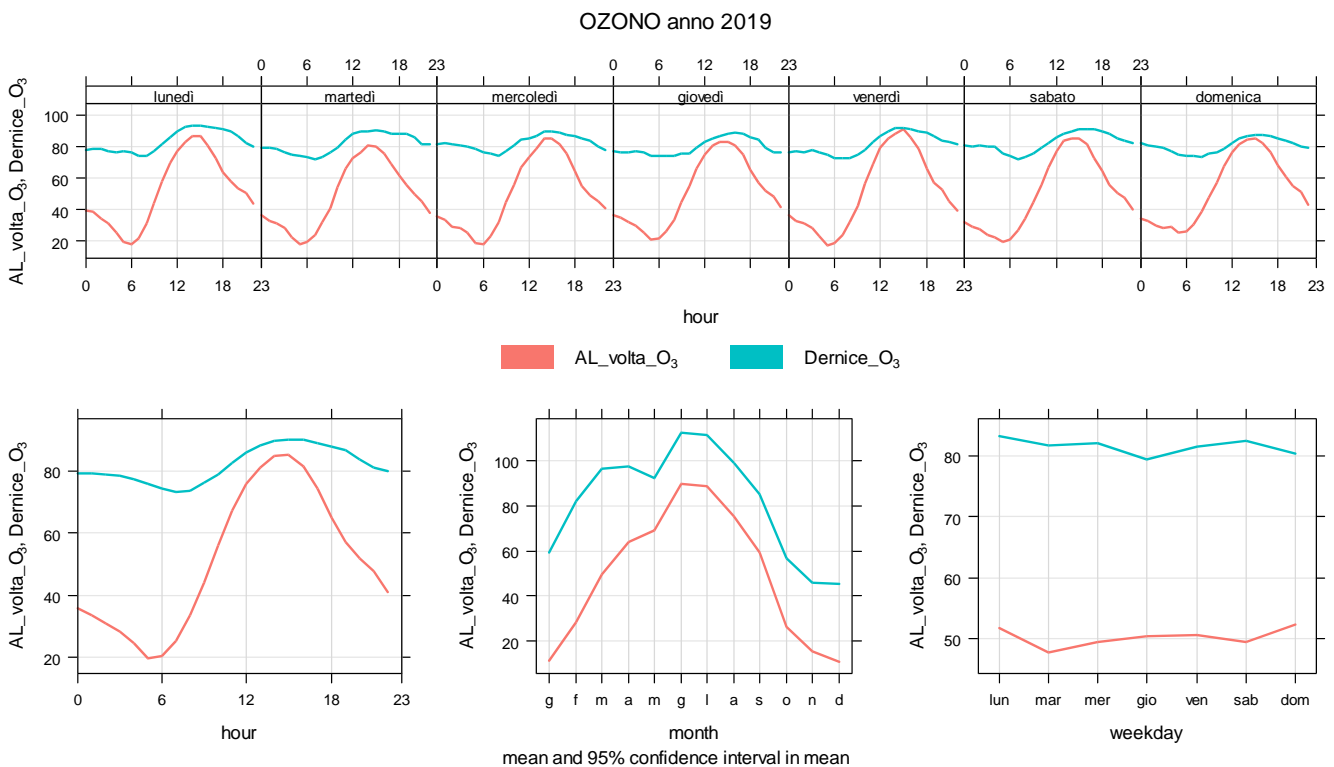


Nella figura seguente è riportata, per l'anno 2019, la distribuzione mensile dei superamenti del valore obiettivo per la protezione della salute umana nelle 4 stazioni stazioni: Al-Volta e At-D'Acquisto, rappresentative del fondo urbano, Vinchio e Dernice, poste più in quota e rappresentative del fondo rurale. Il numero di giorni di superamenti del limite dei 120 µg/m³ per tutte le stazioni segue l'andamento della temperatura media mensile registrata nella stazione meteorologica di Asti.



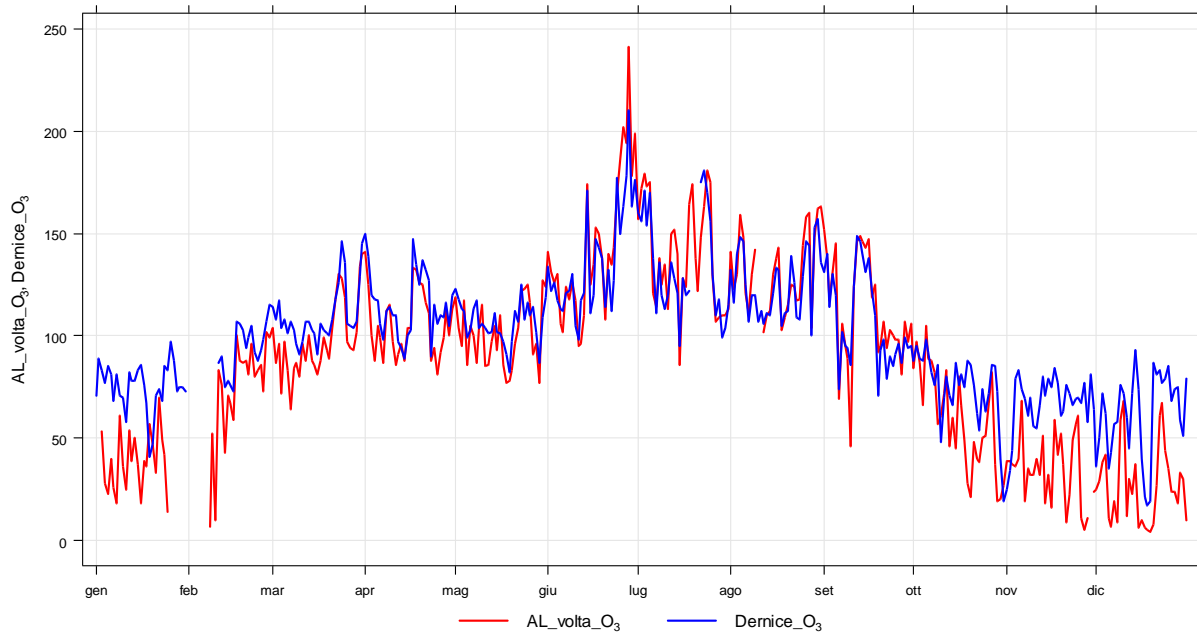
I superamenti cominciano a marzo in particolare nelle stazioni rurali, per poi aumentare dopo la diminuzione di maggio, nei mesi di giugno e luglio, quando si registra il numero massimo e poi decrescere sino a settembre. Dal grafico è quindi evidente ancora una volta l'influenza della temperatura e quindi della radiazione solare sulla formazione di ozono troposferico. In generale le alte temperature dei mesi da giugno ad agosto portano alla formazione di ozono troposferico e quindi ad un elevato numero di superamenti del valore obiettivo per la protezione della salute umana mentre un maggio piovoso con una diminuita temperatura e irradiazione solare ha invece "provocato" l'azzeramento del numero di superamenti del limite normativo nel periodo aprile – settembre 2019.

Il giorno medio, ottenuto mediando tutti i valori corrispondenti ad una stessa ora nell'arco di un anno, mostra per Alessandria l'andamento tipico "a campana" dell'ozono con massimi nelle ore centrali della giornata corrispondenti alla massima irradiazione solare; di notte, al contrario, avviene la sua dissociazione con conseguente diminuzione dei livelli. Per Dernice si hanno andamenti differenti tipici delle zone rurali remote e poco inquinate dove tuttavia l'ozono di presenta molto elevato Il giorno medio, ottenuto mediando tutti i valori corrispondenti ad una stessa ora nell'arco di un anno, non mostra l'andamento "a campana" tipico dei contesti urbanizzati ma, al contrario, risulta più piatto con minimi elevati. Dernice presenta quindi un livello di inquinamento da ozono superiore alle zone urbane di pianura ed analogo a quanto succede nelle aree rurali e in quota. Ciò si spiega con il fatto che **nelle aree urbane l'ozono si forma e si trasforma con grande rapidità e si diffonde o viene trasportato dalle aree urbane alle aree suburbane e rurali dove il minore inquinamento lo rende più stabile. Le maggiori concentrazioni si trovano dunque nelle località più periferiche della città o in zone remote meno inquinate.**

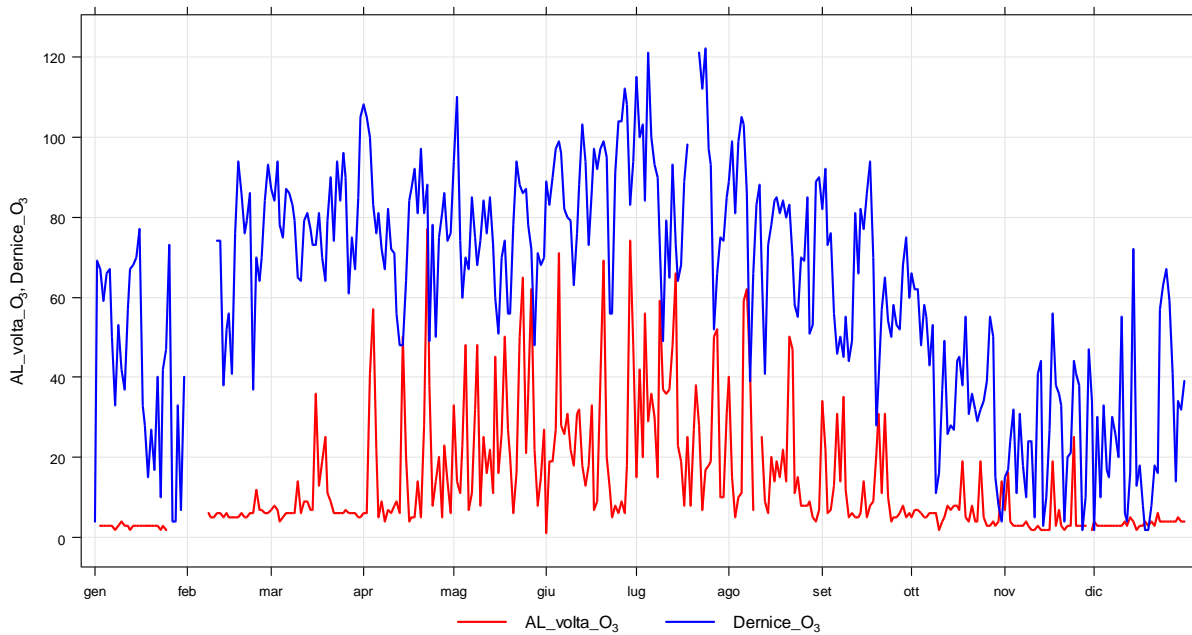


Anche i valori massimi e minimi giornalieri di ozono registrati ad Alessandria (pianura) e Dernice (in quota) mostrano le differenze soprattutto tra i valori minimi che in quota non scendono nemmeno di notte e presenta livelli discretamente elevati anche in inverno in presenza di giornate soleggiate.

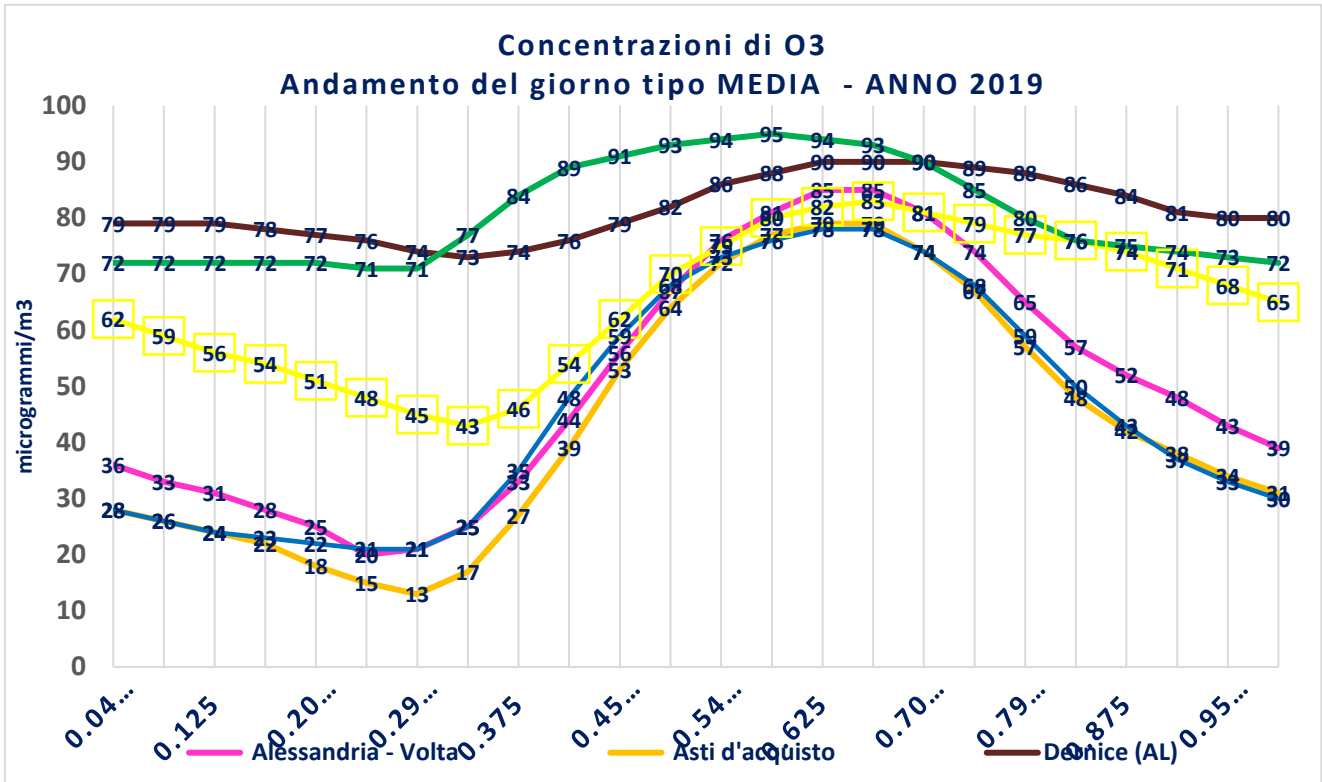
ozono MAX giornaliero anno 2019



ozono MIN giornaliero anno 2019

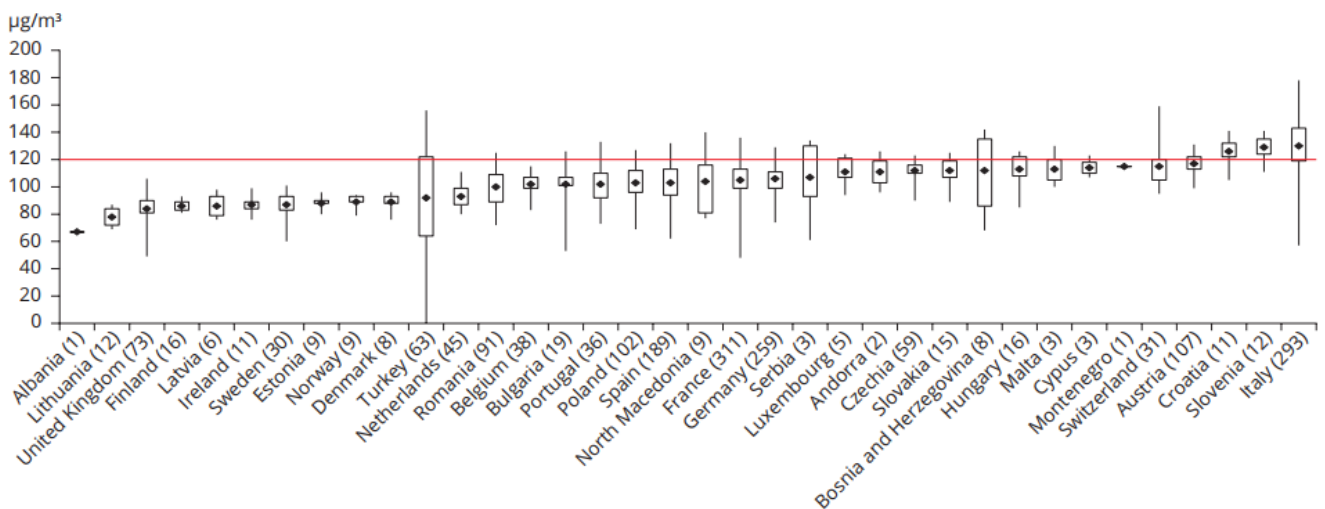


Confrontando alcune stazioni di misura dell'ozono presenti in Piemonte a varie quote altimetriche, si nota come i livelli crescano al crescere della quota, con livelli particolarmente levati in montagna e come il profilo degli andamenti nelle ore del giorno muti al variare della quota. Le stazioni di pianura (Asti, Alessandria) presentano il caratteristico profilo "a campana" con massimi diurni in corrispondenza del massimo irraggiamento solare e minimi notturni; Saliceto (CN) e Vinchio (AT) in zona di prima collina (250-300m s.l.m.) cominciano ad avere un profilo più smussato con minimi e massimi più alti, infine Dernice (AL) in alta collina (580m s.l.m.) e Alpe Devero (VB) in zona montana (1600m s.l.m.) presentano andamenti quasi piatti con l'ozono che non decresce mai nemmeno di notte per i motivi più sopra richiamati.



L'inquinamento da ozono estivo è estremamente diffuso nel continente europeo e costituisce un problema sia per la vegetazione che per la salute. Inoltre l'ozono è annoverato tra i gas a effetto serra. Gli studi europei dell'EEA (European Environment Agency) già da anni segnalano il problema di inquinamento da ozono che dalle zone urbanizzate si sposta in aree remote e ne risulta particolarmente interessato tutto l'arco alpino. L'Italia risulta tra le peggiori in Europa per livelli di ozono estivo. I cambiamenti climatici in atto inoltre tendono a produrre un anticipo dei picchi di ozono in primavera e prima estate per effetto dell'aumento delle temperature, ciò in parte frena la diminuzione delle concentrazioni di ozono per effetto delle politiche di abbattimento dei suoi precursori

Figure 4.1 O₃ concentrations in relation to the target value in 2017 and number of stations considered for each country



5.6 METALLI PESANTI

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 sia da fenomeni naturali (erosione, eruzioni vulcaniche) che da tutte attività antropiche (traffico, processi industriali, incenerimento rifiuti). Riguardo l'inquinamento atmosferico i metalli normati sono: As (arsenico), Cd (cadmio), Ni (nicel) e Pb (piombo) che sono veicolati dal particolato atmosferico. Questi sono di particolare rilevanza sotto il profilo tossicologico: i composti del nichel e del cadmio sono classificati dalla Agenzia Internazionale di Ricerca sul Cancro come cancerogeni per l'uomo.

Di seguito si riportano i risultati delle analisi sui metalli effettuate sui filtri di deposizione del PM10 campionati nelle stazioni di Volta dal 2006 al 2019 e di D'Annunzio dal 2010 al 2019.

Stazione AL_D'Annunzio Metalli - Media annuale (nanogrammi/m ³)	PIOMBO (Pb)	ARSENICO (As)	CADMIO (Cd)	NICHEL (Ni)
2010	7	0.72	0.15	5.95
2011	11	0.72	0.22	6.20
2012	13	0.72	0.21	5.65
2013	8	0.72	0.15	4.80
2014	7	0.70	0.14	4.40
2015	7	0.70	0.15	4.60
2016	6	0.70	0.12	3.00
2017	7	0.70	0.16	4.30
2018	5	0.70	0.09	3.00
2019	5	0.70	0.10	4.20
Limite annuale	500	6	5	20

Stazione AL_Volta Metalli - Media annuale (nanogrammi/m ³)	PIOMBO (Pb)	ARSENICO (As)	CADMIO (Cd)	NICHEL (Ni)
2010	9	0.72	0.17	5.62
2011	10	0.71	0.18	3.12
2012	13	0.72	0.21	5.65
2013	7	0.72	0.17	2.86
2014	7	0.70	0.12	3.00
2015	8	0.70	0.20	3.20
2016	6	0.70	0.14	2.60
2017	6	0.70	0.14	2.80
2018	5	0.70	0.10	2.00
2019	5	0.70	0.10	3.10
Limite annuale	500	6	5	20

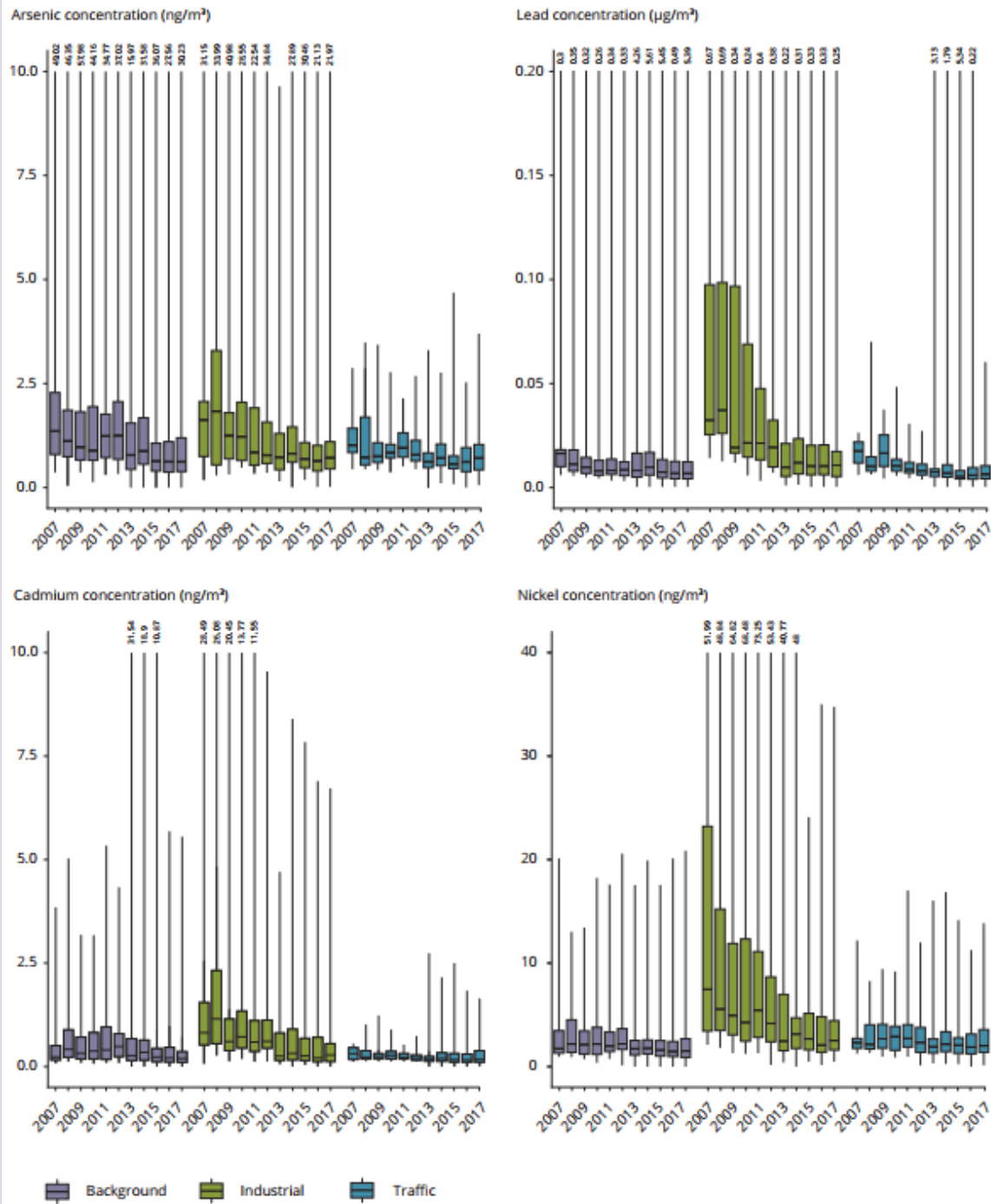
I valori si riferiscono alla media sull'anno solare da confrontarsi con i limiti di legge. ***I valori rilevati sull'anno sono tutti inferiori ai parametri di legge. Presso le due stazioni si nota una progressiva e significativa riduzione dei parametri negli anni.*** I dati degli ultimi anni coincidono nelle due stazioni, ad indicare livelli di fondo ormai raggiunti ovunque.

I grafici sotto riportano l'andamento dei metalli negli anni che denota una diminuzione dei valori, ormai molto simili in tutte le stazioni e vicini al fondo ambientale ovunque presente anche per la stazione da traffico di Alessandria D'Annunzio.

Si riscontra una maggior abbondanza di metalli nel particolato nel periodo invernale rispetto a quello estivo: le concentrazioni di Piombo ad esempio passano da 18nanogrammi/m³ a gennaio a 5nanogrammi/m³ in estate nella stazione da traffico di Alessandria D'Annunzio.

I metalli tossici normati dalla EU (arsenico, cadmio, nichel e piombo), si trovano all'interno del particolato fine atmosferico. possono essere trasportati a larga distanza dal punto di emissione e permangono nell'ambiente per decenni. Sebbene le concentrazioni atmosferiche siano basse e quindi anche l'assorbimento per inalazione, questi inquinanti possono depositarsi su suoli, sedimenti, acque, vegetali ed entrare nella catena alimentare. La loro persistenza li rende bio-accumulabili nel corpo umano. Tipicamente gli organi bersaglio sono fegato, cervello, sistema cardio vascolare.

Figure 8.3 Concentrations of toxic metals between 2007 and 2017 for EEA-33 stations



Fonte EEA Report 2019

5.7 IDROCARBURI POLICICLICI AROMATICI

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. Negli autoveicoli alimentati a benzina l'utilizzo di marmitte catalitiche riduce l'emissione di IPA dell'80-90%. A livello di ambienti confinati il fumo di sigaretta e le combustioni domestiche possono costituire un'ulteriore fonte di inquinamento da IPA. **La diffusione della combustione di biomasse per il riscaldamento domestico, se da un lato può comportare 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, etc).**

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 che vanno misurati al fine di verificare la costanza dei rapporti tra la loro concentrazione e quella del benzo(a)pirene stesso. Di seguito si riportano i risultati delle analisi di benzo(a)pirene effettuate sui filtri di deposizione del PM10 campionati nelle stazioni di Volta e D'Annunzio dal 2010 al 2019. I valori si riferiscono alla media sull'anno solare.

Benzo(a)pirene	Stazione AL_D'Annunzio Media annuale (nanogrammi/m ³)	Stazione AL_Volta Media annuale (nanogrammi/m ³)
2010	0.50	0.49
2011	0.69	0.55
2012	0.79	0.78
2013	0.66	0.56
2014	0.50	0.50
2015	0.50	0.50
2016	0.50	0.60
2017	0.60	0.50
2018	0.40	0.30
2019	0.40	0.40
Limite annuale	1.00	1.00

L'Organizzazione Mondiale della Sanità indica come valore di esposizione cronica un valore soglia RL di 0,12 nanogrammi/m³ di b(a)P .

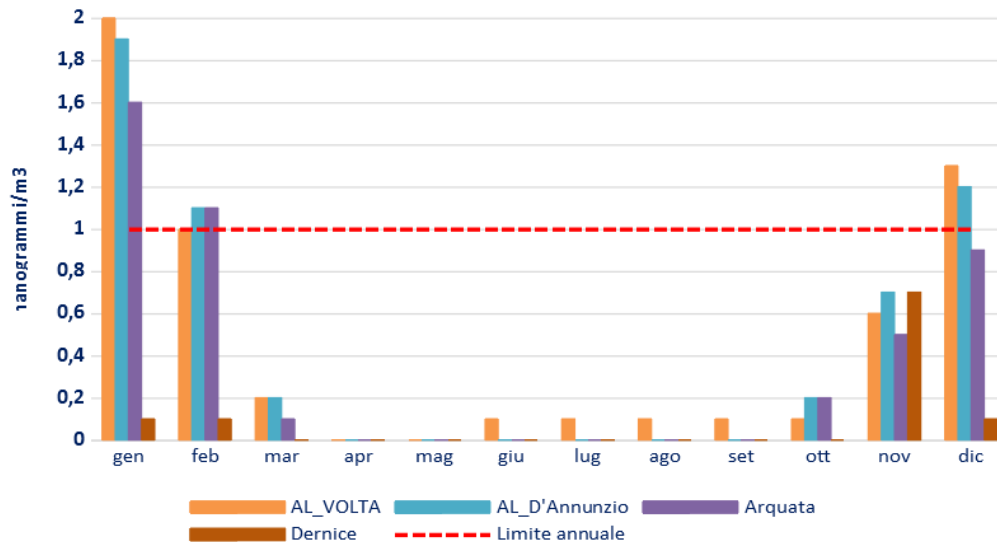
Table 6.1 Air quality standards for protecting human health from BaP

Pollutant	Averaging period	Standard type and concentration	Comments
BaP	Calendar year	EU target value: 1 ng/m ³ RL: 0.12 ng/m ³	Measured as content in PM ₁₀

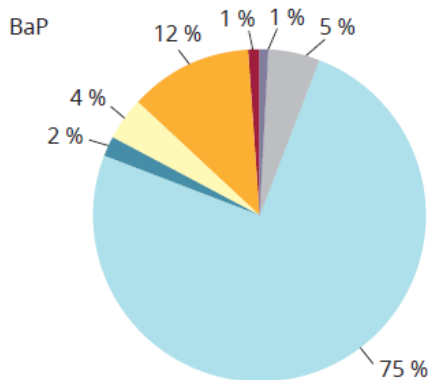
Dagli studi si evidenzia inoltre che a livello temporale il PM10 risulta significativamente più ricco di IPA totali durante i mesi freddi dell'anno. Il periodo invernale risulta quindi quello più critico per l'esposizione a particolato non solo in termini di concentrazioni assolute ma anche di composizione in microinquinanti organici. A livello spaziale durante i mesi caldi non vi sono differenze significative tra le diverse stazioni

mentre durante il semestre freddo si osserva che le stazioni esterne alle aree urbanizzate sono quelle in cui la percentuale di IPA totali è più elevata. Le stazioni di Alessandria e Arquata evidenziano valori di benzo(a)pirene in inverno attorno a 2-3 nanogrammi/m³, dieci volte superiori a quanto si rileva in estate mentre per Dernice il rapporto inverno/estate è di circa un fattore 3-4. **Complessivamente le medie annue rientrano sotto il limite di 1 nanogrammi/m³**

Benzo(a)pirene - medie mensili 2019

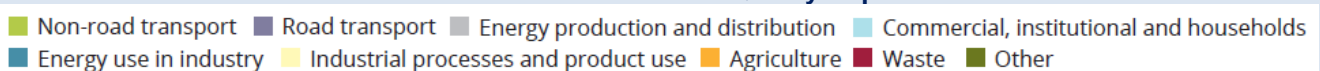


I dati ricavati da test su animali di laboratorio indicano che molti IPA hanno effetti sanitari rilevanti che includono l'immunosensibilità, la genotossicità, e la cancerogenicità. Va comunque sottolineato che, da un punto di vista generale, la maggiore fonte di esposizione a IPA, secondo l'Organizzazione 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. **L'International Agency for Research on Cancer (IARC)3 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".**



Il benzo(a)pirene è un idrocarburo policiclico aromatico (PAH) che si trova nel particolato fine. **Le fonti principali di BaP in Europa sono il riscaldamento domestico con legna e carbone** (responsabile dell'85% delle emissioni totali di BaP), l'incenerimento di rifiuti, la produzione di acciaio ed il traffico stradale. Altre fonti possono essere i fuochi all'aperto e l'usura della gomma. Le emissioni di BaP nell'UE sono aumentate del 21%, tra il 2003 e il 2012. Questo aumento può essere dovuto ad un aumento del consumo di combustibili solidi (legno) per il riscaldamento domestico, legato in parte agli incentivi governativi messi in atto per aumentare l'utilizzo di energie rinnovabili ed in parte legata al risparmio economico a fronte dell'aumento dei costi di altre fonti di energia

Fonte EEA Air Quality Report 2017



5.1 ANALISI DELLE SERIE STORICHE

Per gli inquinanti che presentano maggiori criticità (NO₂ e polveri PM10) è stato eseguito uno studio di trend applicando il test di Theil-Sen attraverso l'utilizzo delle funzionalità implementate nel pacchetto software OPENAIR. Il test prevede la correzione rispetto alla stagionalità quale effetto confondente. Questo studio permette la valutazione degli andamenti di lungo periodo sull'intera serie storica dell'inquinante evidenziando la presenza o meno di tendenze significative (TREND) alla diminuzione o all'aumento. Le elaborazioni sono state effettuate direttamente sui data-set delle medie mensili disponibili dall'inizio delle misurazioni; sono stati esclusi gli anni con disponibilità di dati validati inferiore al 75%.

5.1.1 BLOSSIDO DI AZOTO

Di seguito si riporta la tabella con i calcoli dei trend per NO₂ ed i time-plot delle serie storiche di NO₂ delle stazioni in provincia di Alessandria dove è presente una criticità per tale inquinante. Per tutte le stazioni si dispone di serie di almeno di dieci anni di dati e dunque statisticamente idonee ad effettuare lo studio di trend. I dati sono medie mensili dall'anno di inizio della rilevazione dalle quali risulta evidente un trend di decrescita significativo per tutte le stazioni.

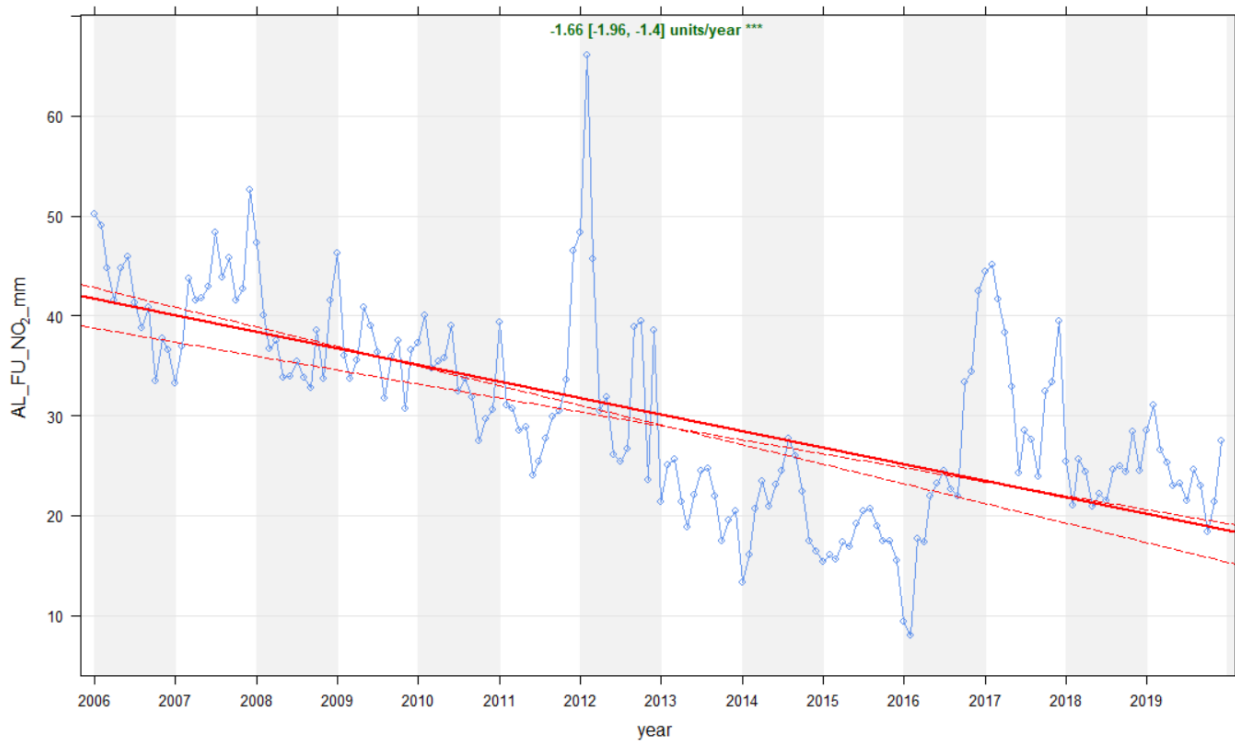
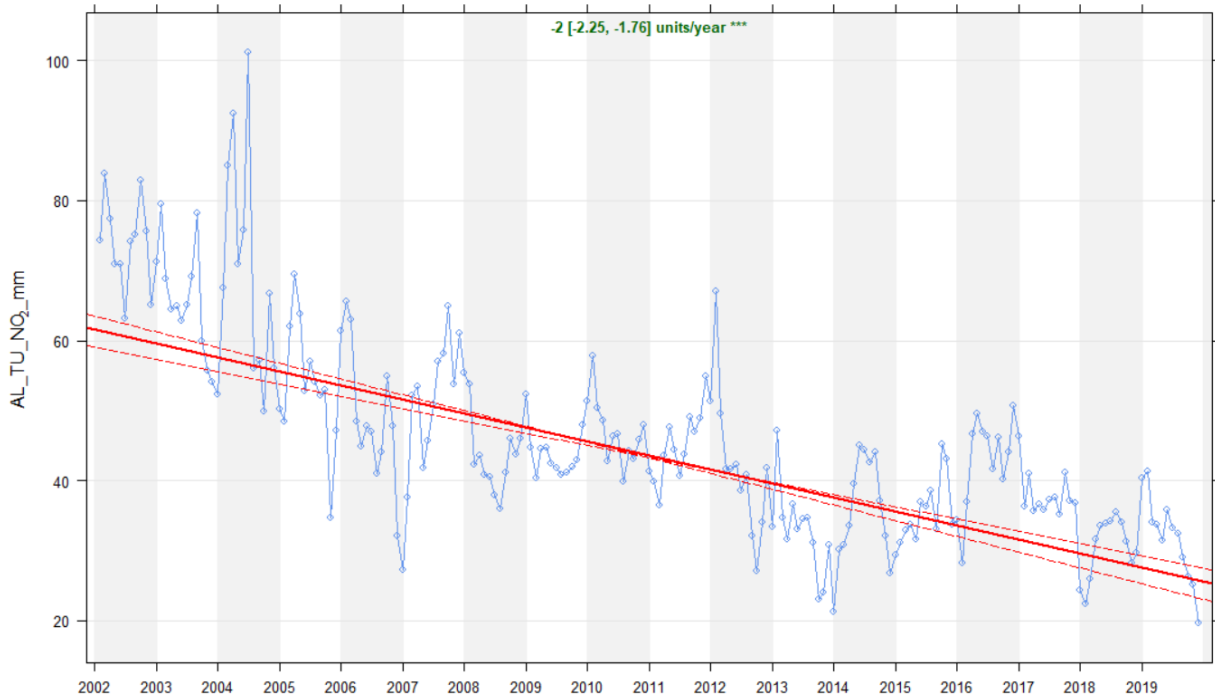
Nella tabella seguente vengono riportati i risultati dell'analisi di trend per le stazioni considerate. Il parametro fondamentale derivante dal test è lo **slope** (in tabella identificato con il termine coefficiente angolare-slope) che permette di esprimere in termini quantitativi l'aumento o la diminuzione espressi in microgrammi/m³ all'anno.

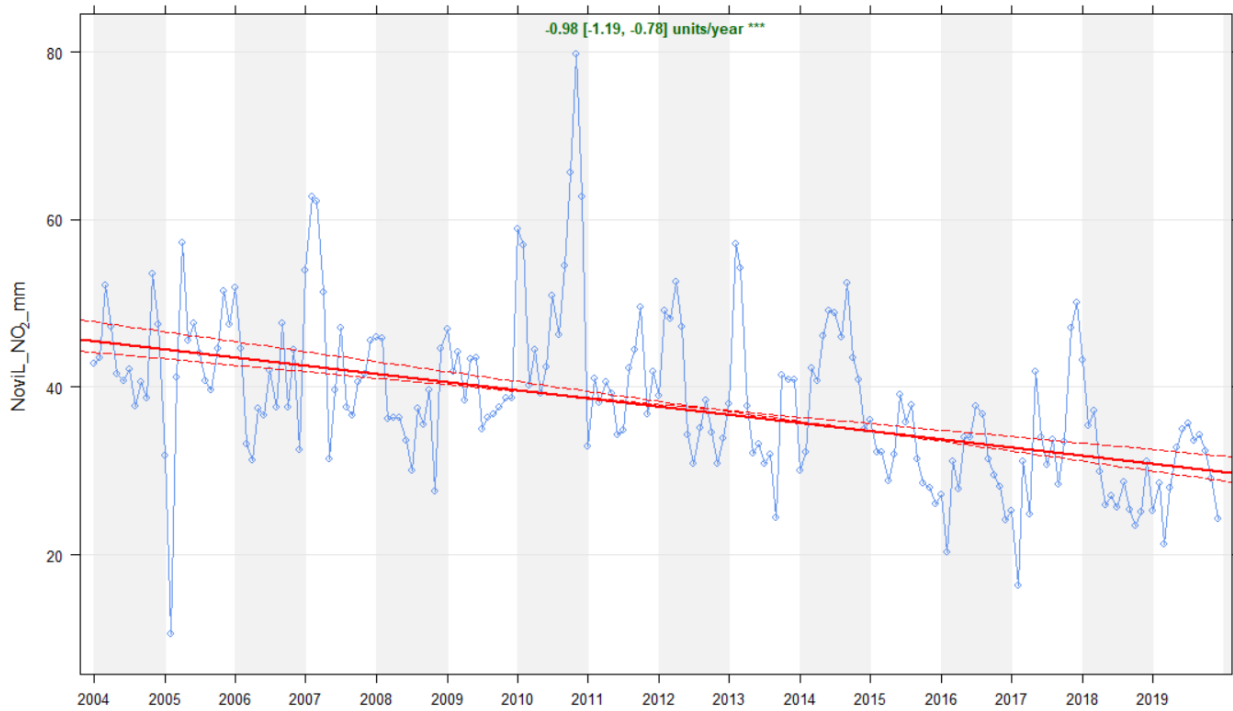
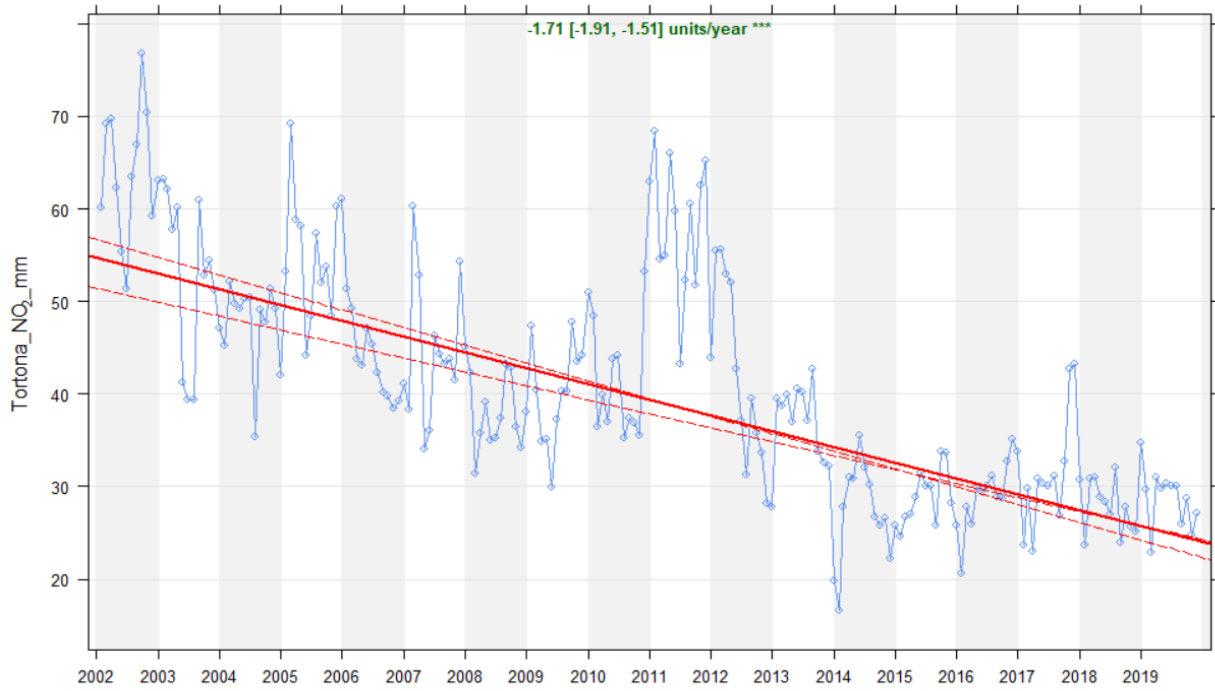
Per tutte le stazioni è stato individuato un **trend decrescente statisticamente significativo** (p-value<0.001) con coefficienti simili che vanno da una **diminuzione attorno a 2 microgrammi/m³ all'anno di NO₂ per Tortona e Alessandria a 1.0 microgrammi/m³ all'anno per Novi Ligure e 0.45 microgrammi/m³ all'anno per Casale Monferrato. Quest'ultima stazione presenta trend meno significativi ma ha già valori di fondo più bassi delle altre.**

Stazione	Tipo stazione	Periodo	TREND	Coeff. angolare o pendenza (slope)
AL-Volta	Fondo Urbano	2006-2019	Decrescente (p-value<0.001)	-1.66 µg/m ³ y Intervallo di confidenza [-1.96÷ -1.40]
AL-D'Annunzio	Traffico Urbano	2002-2019	Decrescente (p-value<0.001)	-2.0 µg/m ³ y Intervallo di confidenza [-2.25÷ -1.76]
Tortona	Traffico Urbano	2002-2019	Decrescente (p-value<0.001)	-1.71 µg/m ³ y Intervallo di confidenza [-1.91÷ -1.51]
Novi Ligure	Traffico Urbano	2004-2019	Decrescente (p-value<0.001)	-0.98 µg/m ³ y Intervallo di confidenza [-1.19÷ -0.78]
Casale M.to	Fondo Urbano	2006-2019	Decrescente (p-value<0.001)	-0.58 µg/m ³ y Intervallo di confidenza [-0.78÷ -0.36]

NO₂-Risultati dell'analisi del trend con il test di Theil-Sen corretto per la stagionalità

Dai grafici si nota anche come l'evidente diminuzione tenda a stabilizzarsi dal 2014 ad indicare che le misure intraprese sin qui hanno dato i loro risultati ma non sono più in grado di incidere ulteriormente sulla diminuzione dell'inquinante.





5.1.2 POLVERI PM₁₀

Di seguito si riporta la tabella con i calcoli dei trend per PM₁₀ ed i time-plot delle serie storiche delle stazioni di Alessandria dove è presente una criticità per tale inquinante. Per tutte le stazioni si dispone di serie di almeno di dieci anni di dati e dunque statisticamente idonee ad effettuare lo studio di trend.

I dati sono medie mensili dall'anno di inizio della rilevazione da quali risulta evidente un **evidente trend di decrescita ma meno rapido rispetto a NO₂**. Ciò è essenzialmente legato alla natura secondaria del particolato ed a fenomeni di chimica e trasporto in atmosfera per cui una riduzione delle emissioni di PM₁₀ e dei suoi precursori alla sorgente non comporta una riduzione di eguale entità del particolato in atmosfera come riscontrato anche a livello europeo³.

Nella tabella seguente vengono riportati i risultati dell'analisi di trend per le stazioni considerate. Il parametro fondamentale derivante dal test è lo **slope** (in tabella identificato con il termine coefficiente angolare-slope) che permette di esprimere in termini quantitativi l'aumento o la diminuzione espressi in microgrammi/m³ all'anno.

Per tutte le stazioni è stato individuato un **trend decrescente statisticamente significativo** (p-value<0.001) **che indica una riduzione delle polveri PM₁₀ attorno a 1.0 microgrammi/m³ all'anno**.

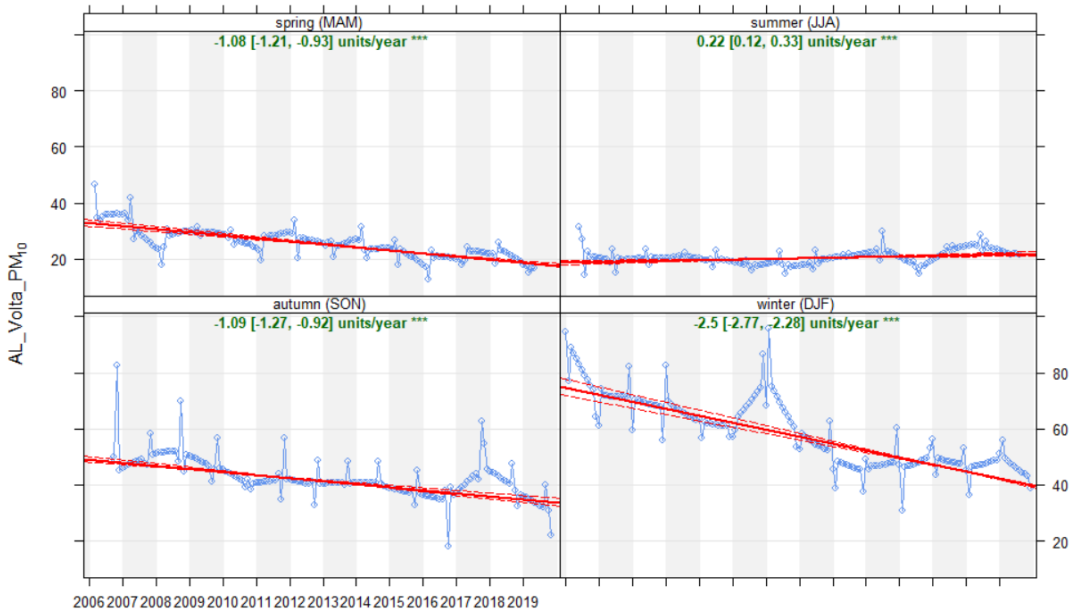
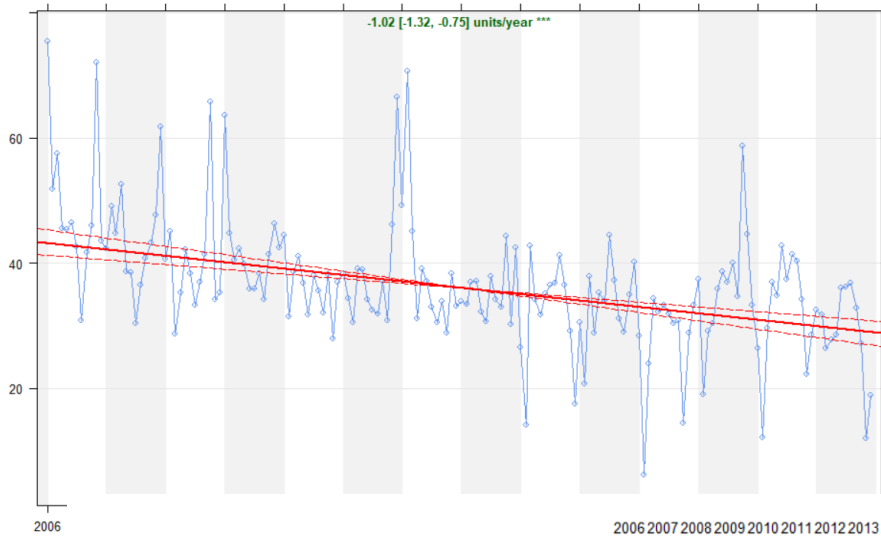
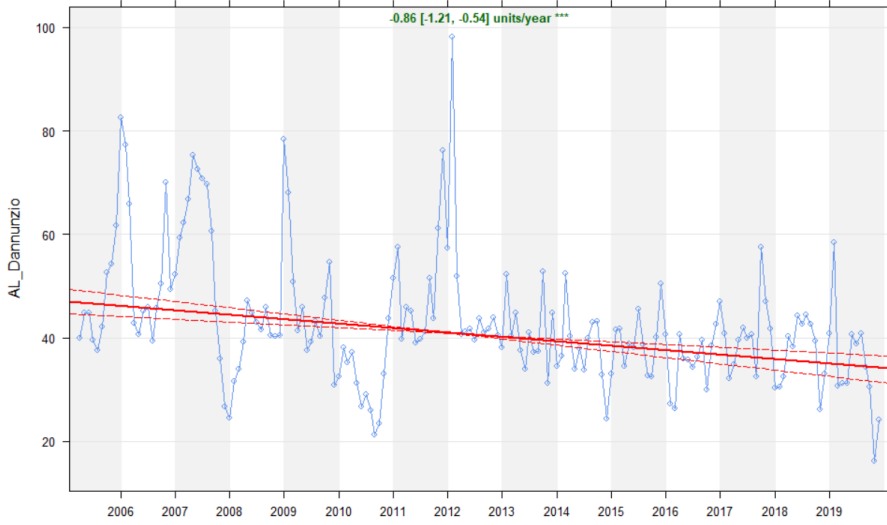
La ripartizione dei decrementi su base stagionale effettuata per la stazione di AL_Volta evidenzia che i decrementi maggiormente significativi si sono verificati in periodo invernale con ben -2.5 microgrammi/m³ di decremento all'anno mentre la riduzione è pressochè nulla in estate dove le polveri sono già basse. Tale comportamento è simile in tutte le stazioni.

Anche in questo caso, come per NO₂, la diminuzione negli ultimi 5 anni sembra tendere a stabilizzarsi ad indicare che le misure intraprese sin qui hanno dato i loro risultati ma rischiano di non essere più in grado di incidere ulteriormente sulla diminuzione dell'inquinante.

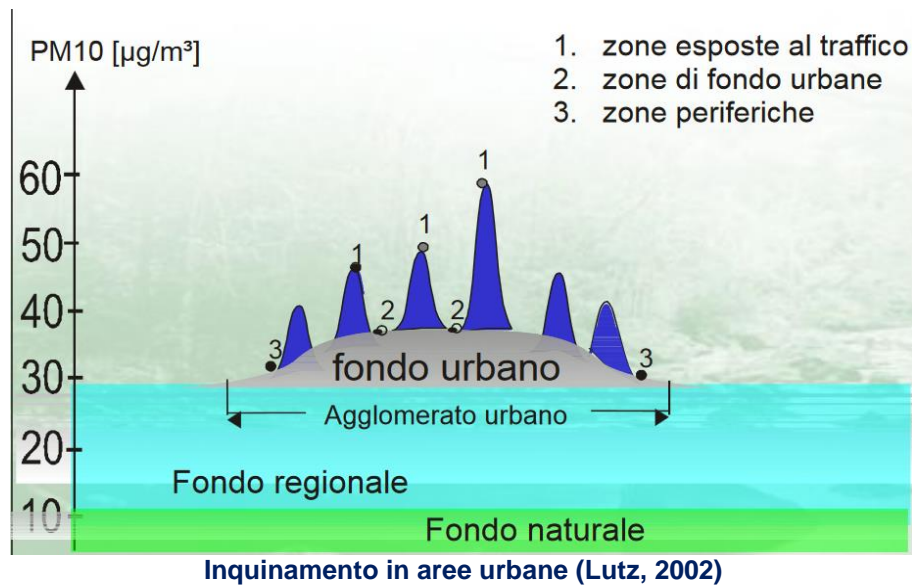
Stazione	Tipo stazione	Periodo	TREND	Coeff. angolare o pendenza (slope)
AL-Volta	Fondo Urbano	2006-2019	Decrescente (p-value<0.001)	-1.02 µg/m³ y Intervallo di confidenza [-1.32÷ -0.75]
AL-D'Annunzio	Traffico Urbano	2006-2019	Decrescente (p-value<0.001)	-0.86 µg/m³ y Intervallo di confidenza [-1.21÷ -0.54]
Tortona	Traffico Urbano	2006-2018*	Decrescente (p-value<0.001)	-1.18 µg/m³ y Intervallo di confidenza [-1.48÷ -0.92]
Novi Ligure	Traffico Urbano	2006-2019	Decrescente (p-value<0.001)	-1.13 µg/m³ y Intervallo di confidenza [-1.49÷ -0.82]
Casale M.to	Fondo Urbano	2006-2018*	Decrescente (p-value<0.001)	-0.72 µg/m³ y Intervallo di confidenza [-1.09÷ -0.36]
Arquata Scrivia	Fondo industriale	2006-2019	Decrescente (p-value<0.001)	-0.74 µg/m³ y Intervallo di confidenza [-0.98÷ -0.53]

PM₁₀-Risultati dell'analisi del trend con il test di Theil-Sen corretto per la stagionalità

**per Casale e Tortona esclusi i dati 2019 perché <75%*



Si osserva infine che, a differenza del biossido di azoto, per il quale la sorgente primaria è il traffico, il particolato ha una molteplicità di sorgenti ed è principalmente di natura secondaria, ovvero si forma in atmosfera da altri inquinanti per reazioni chimico fisiche. Su tale inquinante è dunque più difficile andare ad incidere e le politiche di risanamento devono necessariamente intervenire su ampia scala e su più settori, in primis riscaldamento e traffico veicolare.



E' opportuno notare che per assicurare il rispetto del limite giornaliero come richiesto dalla normativa, limite che risulta essere il più stringente, la media annuale dovrebbe scendere ben al di sotto del valore limite di 40microgrammi/m³: per Alessandria le serie storiche ci indicano che il valore medio annuo che garantisce anche il rispetto del limite giornaliero è circa 25 microgrammi/m³. Ciò significa che, mantenendo inalterati i trend di riduzione di circa -1.0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ occorrerebbero dieci anni per completare il risanamento e scendere sotto il limite giornaliero per le polveri PM10.

6. CONCLUSIONI

Dall'analisi dei dati meteorologici e di qualità dell'aria nella provincia di Alessandria si registra un anno 2019 molto simile al 2018 con fenomeni di aumento di temperature e variazione dei regimi di pioggia legati ai cambiamenti climatici in atto mentre per l'inquinamento atmosferico si registra una generale tendenza positiva alla riduzione degli inquinanti invernali negli anni (polveri fini, ossidi di azoto, IPA, metalli pesanti, benzene) anche se i trend di miglioramento tendono a rallentare negli ultimi 5 anni.

Dal punto di vista meteorologico il territorio alessandrino in linea con il resto del Piemonte ha fatto registrare un **2019 caldo e piovoso**. **La provincia di Alessandria fa registrare un trend di crescita delle temperature medie di +0.6°C per decade in linea con gli andamenti regionali**. Nel 2019 si è avuto un mese di maggio freddo, con una temperatura inferiore di -2.5°C rispetto alla media, ma gli altri mesi hanno registrato anomalie positive, in particolare ottobre e dicembre con +2.6°C e +2.9°C superiori alla media. Anche l'estate è stata più calda della media di circa +1.5°C, con caldo record alla fine di giugno. **Le precipitazioni nel 2019 sono state abbondanti e sopra la media. La pioggia cumulata nell'anno è stata di 802mm, simile a quanto registrato nel 2018**. La piovosità si è concentrata nei mesi di ottobre e novembre, mesi in cui ha piovuto in 440mm, più della metà della pioggia cumulata dell'anno e superiore al quantitativo di pioggia complessivamente caduta nel 2017.

CONDIZIONI METEOCLIMATICHE – ANNO 2019 PROVINCIA DI ALESSANDRIA

Anno caldo e piovoso



PIOGGIA

Quarto anno più piovoso dall'inizio delle rilevazioni dopo 2002, 2010 e 2018 con 802mm totali. A ottobre e novembre ha piovuto 440mm più della metà della pioggia dell'anno

TEMPERATURE

sesto anno più caldo dall'inizio delle rilevazioni dopo il 2006, 2008, 2003, 2014 e 2015. **Anomalie di temperatura con eventi estremi: da -2.5°C a maggio a +3°C di temperatura a dicembre sopra la media storica.**

Fine giugno con caldo record. Si registrano 71 giorni estivi con Tmassima >30°C e 14 notti tropicali con Tminima >20°C in netto aumento rispetto al passato

Dal punto di vista dell'inquinamento atmosferico da polveri sottili, **l'anno che si è appena concluso ha registrato concentrazioni di polveri basse rispetto ai dati dell'ultimo decennio in tutte le stazioni**. L'autunno particolarmente piovoso ha certamente contribuito al contenimento delle concentrazioni di PM10 nell'ultimo trimestre dell'anno. **Nel 2019, per il secondo anno consecutivo, non abbiamo avuto superamenti in nessuna delle stazioni provinciali del limite come media annuale di 40microgrammi/m³ su polveri PM10 e biossidi di azoto. Il limite giornaliero di 50microgrammi/m³ per le polveri PM10 fa registrare ancora dei superamenti presso le due stazioni di Alessandria mentre Novi Ligure e Dornice mostrano il pieno rispetto dei parametri di legge**. Mancano per il 2019 i dati di PM10 di Casale Monferrato e Tortona in quanto ripetuti fermi strumentali non hanno permesso di avere un numero sufficiente di dati per le valutazioni sull'anno. **Le polveri PM2.5 ad Alessandria quest'anno come nel 2018 risultano inferiori al valore limite di 25 microgrammi/m³ come media sull'anno. La situazione permane tuttavia ancora critica per via dei valori troppo vicini al limite che per l'anno a venire scenderà a 20 microgrammi/m³.**

Altro inquinante critico rimane l'ozono estivo, per il quale permangono superamenti dei limiti di legge ovunque nella provincia. In tutte le stazioni, anche quelle rurali come Dornice, si registrano numerosi superamenti del limite per la protezione della salute umana di 120microgrammi/m³ e, in misura minore, anche della soglia di informazione che non deve superare i 180microgrammi/m³. Viene quindi confermata una spiccata criticità legata a questo inquinante. L'Italia risulta tra le peggiori in Europa per livelli di ozono estivo. I cambiamenti climatici in atto inoltre tendono a produrre un anticipo dei picchi di

ozono in primavera ed estate per effetto dell'aumento delle temperature: ciò in parte frena la diminuzione delle concentrazioni di ozono per effetto delle politiche di abbattimento dei suoi precursori (ossidi di azoto e composti organici volatili).

In sintesi i superamenti ancora presenti in provincia negli ultimi tre anni sono legati essenzialmente alle polveri sottili e all'ozono estivo, mentre IPA e metalli presenti nel particolato risultano ampiamente sotto il limiti.

TABELLA RIASSUNTIVA DELLE CRITICITÀ PER PARTICOLATO FINE E INQUINANTI GASSOSI ULTIMI 3 ANNI

Parametro	Biossido di azoto NO2	Polveri PM10	Polveri PM2.5	Ozono
Stazione				
Alessandria D'annunzio	✓	X	n.d.	n.d.
Alessandria Volta	✓	X	X	X
Tortona	✓	X	n.d.	n.d.
Casale M.to	✓	X	n.d.	n.d.
Novi Ligure	✓	X	n.d.	n.d.
Arquata Scrivia	✓	X	n.d.	n.d.
Dernice	✓	✓	✓	X
Principali sorgenti emissive per inquinante	- Traffico (soprattutto veicoli diesel) - Combustioni da attività industriali - Riscaldamento	- Riscaldamento a legna - Traffico - Agricoltura intensiva e attività zootecniche - Sorgenti industriali di COV - Trattamento rifiuti		Non ha sorgenti dirette ma precursori di origine antropica e naturale quali ossidi di azoto e sostanze organiche volatili
LEGENDA	X = critico	✓ = non critico		n.d.= non determinato

TABELLA RIASSUNTIVA DELLE CRITICITÀ PER IPA E METALLI PESANTI NEL PM10 ULTIMI 3 ANNI

Parametro	Benzo(a)pirene	Arsenico	Cadmio	Nichel	Piombo
Stazione					
Alessandria D'annunzio (TU)	✓	✓	✓	✓	✓
Alessandria Volta (FU)	✓	✓	✓	✓	✓
Arquata Scrivia (SI)	✓	✓	✓	✓	✓
Dernice (FR)	✓	✓	✓	✓	✓
Principali sorgenti emissive per inquinante	- Combustione di legna - Emissioni veicoli diesel - Attività industriali	- Traffico - Attività industriali (siderurgia, metallurgia) - Origine naturale			
LEGENDA	X = critico	✓ = non critico			

L'analisi dei trend condotta sulle serie storiche di polveri PM10 e di biossido di azoto evidenzia una significativa diminuzione degli inquinanti negli ultimi 15 anni stimabile in circa 1-2microgrammi/m³ all'anno per entrambi gli inquinanti su tutte le stazioni della rete provinciale.

Si ricorda infine che nel 2013 lo IARC (Agenzia Internazionale per la Ricerca sul Cancro) ha ufficialmente classificato l'inquinamento dell'aria esterna come cancerogeno per l'uomo. La valutazione IARC ha mostrato un aumento del rischio di cancro ai polmoni con l'aumento dei livelli di esposizione al particolato e all'inquinamento atmosferico in generale. L'Organizzazione Mondiale della Sanità inoltre indica valori di tutela della salute per polveri PM₁₀ e PM_{2.5} più bassi rispetto alla legislazione europea: 20 e 10 microgrammi/m³ rispettivamente come media sull'anno.

7. APPROFONDIMENTI

7.1 PIANO DI RISANAMENTO REGIONALE DELLA QUALITÀ DELL'ARIA

SOURCE APPORTIONMENT MODELLISTICO A SUPPORTO DELLE MISURE DI RISANAMENTO

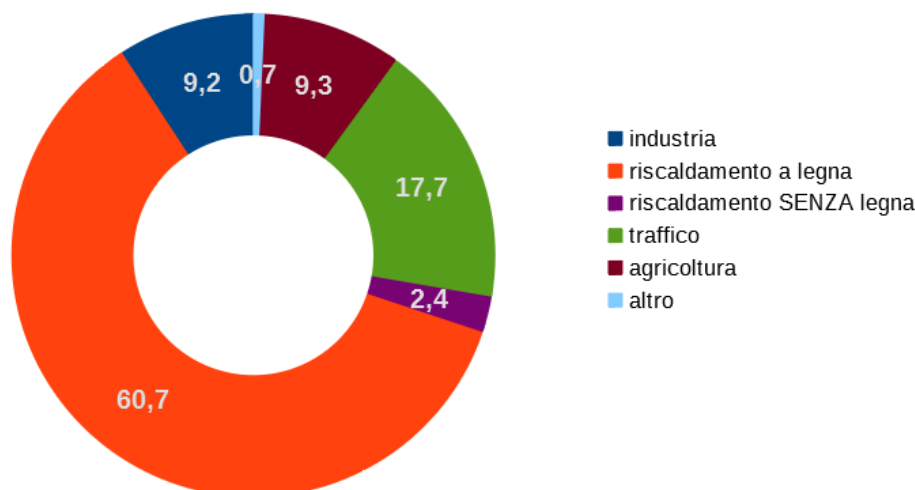
La qualità dell'aria, in quanto problema complesso, ha una pluralità di cause e non è possibile, né corretto, individuarne una sola. Quasi tutte le attività umane emettono inquinanti in atmosfera. Nel bacino del Po dove vive circa il 40% della popolazione italiana il problema della qualità dell'aria è un problema decisamente rilevante. Emissioni elevate di inquinanti e condizioni orografiche e meteo-climatiche sfavorevoli favoriscono l'aumento delle concentrazioni degli inquinanti.

Le informazioni sul contributo delle sorgenti alle emissioni e quelle sul contributo delle stesse sorgenti alle concentrazioni degli inquinanti costituiscono elementi di conoscenza che spesso tuttavia non risultano di facile comprensione. La pianificazione delle misure finalizzate al miglioramento della qualità dell'aria non può prescindere dalla valutazione congiunta dei due differenti contributi: da un lato l'individuazione dei provvedimenti focalizzati sui comparti emissivi maggiormente rappresentativi per il territorio in esame, dall'altra la definizione di misure a scala più ampia volte al contenimento delle sorgenti con impatto più rilevante sulla qualità dell'aria.

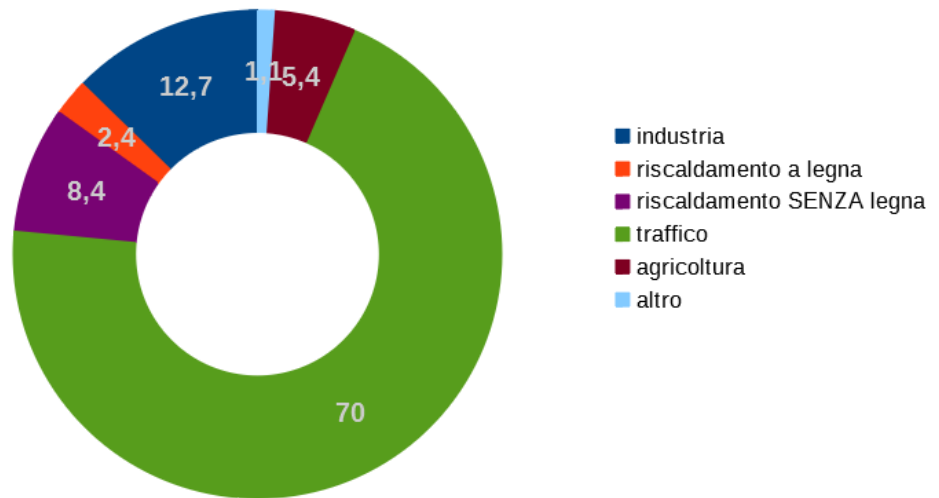
Arpa Piemonte ha sviluppato, a supporto delle azioni della Regione Piemonte sul risanamento atmosferico, il *Source Apportionment modellistico* finalizzato alla individuazione delle principali sorgenti responsabili dell'inquinamento per i principali comuni piemontesi, attraverso sistemi modellistici di chimica e trasporto degli inquinanti e partendo dall'inventario regionale delle emissioni (IREA). I risultati ottenuti sono riportati nel documento "Piano Regionale della Qualità dell'Aria" approvato a giugno 2017 e scaricabile dal sito della Regione Piemonte di cui si riportano alcuni risultati relativi ai comuni dell'area Alessandrina. Il modello tiene conto sia dei contributi da parte delle diverse sorgenti antropiche/naturali, sia degli apporti esogeni ad opera del trasporto dalle regioni confinanti. Nei grafici seguenti, vengono specificati i vari **contributi percentuali alla concentrazione di NOx e PM10 da parte dei diversi gruppi di sorgenti considerate** (combustioni a legna, industria, agricoltura, trasporto stradale, sorgenti diverse) **per la stazione di Alessandria D'Annunzio (TU)**. L'analisi prende in considerazione sia la componente primaria del particolato PM10 sia la componente secondaria, formatasi in atmosfera a seguito di reazioni chimiche a partire da precursori organici e inorganici, anche emessi da sorgenti lontane e trasportati nell'area in esame dalla circolazione atmosferica.

Dalla comparazione delle due figure emerge che **le sorgenti che impattano in maggior misura sulle concentrazioni di particolato PM10 risultano essere il riscaldamento a biomassa mentre per gli ossidi di azoto è il traffico**.

PM10 - composizione percentuale



NO2 composizione percentuale



Analizzando i contributi percentuali dei due grafici emerge che il **riscaldamento a legna** contribuisce per il 60% circa alle emissioni di PM10 mentre contribuisce solo per il 2,4% alle emissioni di NOx. Viceversa il **traffico urbano** contribuisce per il 17,7% alle emissioni di polveri sottili e fino al 70% come emissioni di NOx. Agricoltura e industria contribuiscono anch'esse con quantitativi minori ma affatto trascurabili. Da qui si evince che le misure di riduzione delle emissioni volte al miglioramento della qualità dell'aria, per risultare efficaci, devono essere ponderate valutando tutte le informazioni legate al peso delle varie sorgenti ed essere necessariamente concertate tra i soggetti coinvolti nelle diverse scale territoriali. **Non ci si può quindi limitare ad intervenire su un singolo aspetto (come il traffico, la combustione a biomassa o l'agricoltura) ma è necessario sviluppare un approccio integrato che tenga in considerazione tutti gli aspetti.**

Consulta il PIANO REGIONALE di RISANAMENTO DELLA QUALITÀ DELL'ARIA

<https://www.regione.piemonte.it/web/temi/ambiente-territorio/ambiente/aria/piano-regionale-qualita-dellaria-prqa>

MISURE EMERGENZIALI: PROTOCOLLO ANTISMOG

Per contrastare l'inquinamento atmosferico e migliorare la qualità dell'aria le Regioni Piemonte, Lombardia, Veneto e Emilia-Romagna hanno sottoscritto il 9 giugno 2019 un **Accordo di Programma** con il Ministero dell'Ambiente, per la realizzazione congiunta di una serie di misure aggiuntive di risanamento (azioni emergenziali). Questo prevede l'adozione in tutto il bacino padano del **protocollo antismog⁴**, operativo nella stagione invernale dal 1° ottobre al 31 marzo di ogni anno che prevede misure restrittive crescenti su traffico e riscaldamento domestico in caso di ripetuti superamenti di limite giornaliero per le polveri PM10. I dati alla base del protocollo antismog sono i dati giornalieri di particolato PM10 misurati fino al giorno precedente dalle stazioni di monitoraggio della qualità dell'aria con misuratori automatici e i dati giornalieri di particolato PM10 previsti per il giorno in corso e i due successivi da un sistema modellistico di previsione della qualità dell'aria. I dati osservati sono la fonte informativa predominante: i livelli di allerta (semaforo) vengono attivati o revocati sulla base di tali valori. Le previsioni vengono utilizzate per dare dinamicità al protocollo ed evitare di attivare un nuovo livello in concomitanza con il possibile arrivo di condizioni favorevoli alla riduzione dell'inquinamento.

⁴ <https://www.regione.piemonte.it/web/temi/ambiente-territorio/ambiente/aria/protocollo-operativo-per-lattuazione-delle-misure-urgenti-antismog>

Mentre nei comuni capoluogo di Provincia/Città metropolitana è disponibile almeno una stazione con un misuratore di PM10 automatico, negli altri Comuni che rientrano nel Protocollo non sempre sono disponibili questi dati. Per ognuno di questi comuni è stato quindi introdotto il concetto di stazione di riferimento- la stazione di riferimento è una stazione (o un'aggregazione di stazioni) i cui dati sono da considerarsi rappresentativi del comune ai fini del protocollo antismog, anche se la stessa non è necessariamente localizzata nel territorio comunale. Per la stagione 2019/2020 il numero dei Comuni chiamati ad attuare le limitazioni previste dal protocollo antismog è ricompreso nell'allegato 2 alla DGR 9 agosto 2019, n. 8-199 (Comuni con n° di abitanti superiore a 20000 che hanno superato uno o più valori limite del PM10 o del biossido di azoto per almeno 3 anni, anche non consecutivi, negli ultimi 5 anni).

Per la Provincia di Alessandria i comuni interessati dal protocollo e le relative stazioni di riferimento della qualità dell'aria sono le seguenti:

- Comune di Alessandria -----> Stazione di Alessandria Volta
- Comune di Casale Monferrato -----> Stazione di Casale Monferrato piazza Castello
- Comune di Tortona -----> Stazione di Tortona Via Don Minzoni
- Comune di Novi Ligure -----> Stazione di Alessandria Volta

I livelli del semaforo sono due:

- un primo livello colore "ARANCIO", dopo 4 giorni misurati di superamento consecutivi del limite giornaliero di 50 microgrammi/m³ delle concentrazioni di PM10;
- un secondo livello colore "ROSSO", dopo 10 giorni misurati di superamento consecutivi del limite giornaliero di 50 microgrammi/m³

Al superamento di tali livelli intervengono le restrizioni alla circolazione o alle temperature massima sul riscaldamento secondo le modalità previste del protocollo e riaggornate annualmente.

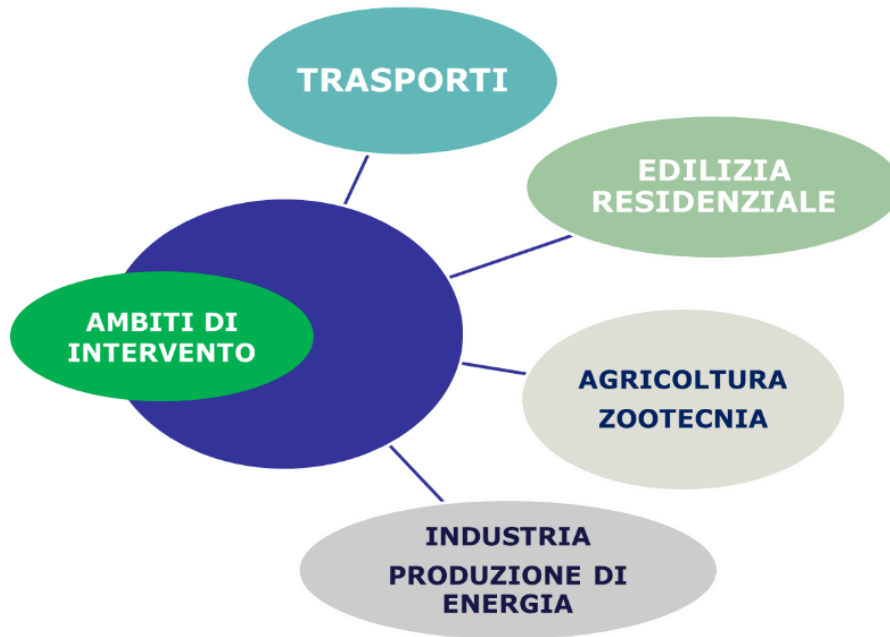
I prodotti erogati da Arpa Piemonte a supporto del protocollo e disponibili sul sito aziendale sono:

- **Report giornaliero sul PM10 a supporto del protocollo operativo antismog** che mostra le concentrazioni giornaliere di PM10 sia misurate automaticamente sia quelle previste per i tre giorni successivi nei comuni chiamati ad attuare le limitazioni previste dal protocollo.
- **Report con i dati giornalieri di particolato PM10 misurati dagli strumenti automatici del SRRQA** (Sistema Regionale di Rilevamento della Qualità dell'Aria), aggiornato ogni mattina in tempo reale
- **Bollettino delle stime previsionali di PM10** che fornisce le mappe regionali delle stime di concentrazione media giornaliera di PM10 su ciascun comune piemontese per la giornata di emissione ed i due giorni successivi.
- **Bollettino dei dati settimanali di PM10** . il prodotto viene aggiornato ogni martedì e fornisce le stime di concentrazione media giornaliera di PM10, relative alla settimana precedente, sui comuni dell'agglomerato urbano torinese e sui capoluoghi di provincia.

MISURE STRUTTURALI: AZIONI DI RISANAMENTO

Oltre alle misure di carattere emergenziale le regione del bacino padano sono chiamate ad adottare ed attuare una serie di misure strutturali di intervento al fine di rientrare entro i parametri di qualità dell'aria fissati dall'Europa. Si riporta un breve richiamo alle indicazioni circa le **strategie di intervento per il risanamento della qualità dell'aria regionale** contenuti del Piano Regionale di Qualità dell'aria emesso da Regione Piemonte a giugno 2017 a cui si rimanda per i dettagli.⁵

⁵ <https://www.regione.piemonte.it/web/temi/ambiente-territorio/ambiente/aria/piano-regionale-qualita-dellaria-prqa>



1 – TRASPORTI

- Incentivazione trasporto pubblico a basso inquinamento e su rotaia
- Incentivazione mobilità elettrica/condivisa
- Sviluppo Aree pedonali/ciclabili
- Drastica limitazione alla circolazione dei veicoli diesel
- Sviluppo PUMS integrati e logistica urbana
- Sviluppo turismo eco-sostenibile
- Disincentivi economici all'uso di veicoli inquinanti
- Low emission zone
- Smart mobility

2- EDILIZIA RESIDENZIALE

- Riqualficazione energetica degli edifici esistenti
- Incentivazione alla autoproduzione di energia elettrica/termica da fonti rinnovabili
- Sviluppo teleriscaldamento
- Drastica limitazione della combustione della legna per riscaldamento soprattutto nelle grandi città
- Incentivazione/ obbligo all'uso di stufe a legna/pellet ad alto rendimento e basso-emissive

3-AGRICOLTURA/ZOOTECNIA

- Divieto ABBRUCIAMENTI di STOPPIE e SFALCI durante il periodo critico per le polveri
- Riduzione emissioni ammoniacca da allevamenti
- Incentivazione agricoltura a basso impatto (limitazione concimi azotati di sintesi)
- Incentivazione al rinnovo dei mezzi agricoli
- Aumento forestazione urbana e periurbana

4-INDUSTRIA/PRODUZIONE ENERGIA

- Incentivazione alla riqualficazione energetica degli edifici industriali
- Incentivazione all'efficientamento energetico dei processi produttivi
- Incentivazione alla autoproduzione di energia elettrica/termica da fonti rinnovabili
- Sviluppo teleriscaldamento/cogenerazione
- Riduzione uso solventi organici
- Utilizzo dei Bilanci ambientali positivi e delle BAT

7.2 INFLUENZA DEL FATTORE ATMOSFERICO SULLE CONCENTRAZIONI DI INQUINANTI

Come è noto il bacino padano risente fortemente del ristagno di aria al suo interno e conseguente accumulo di inquinanti per via della sua conformazione orografica che determina una scarsa ventilazione e per le sue caratteristiche meteo-climatiche che producono, soprattutto in inverno, condizioni di forte stabilità atmosferica e conseguente scarsa diluizione degli inquinanti. La forzante atmosferica risulta essere la variabile che maggiormente influenza gli andamenti stagionali degli inquinanti che proprio per effetto di questa si concentrano al suolo molto più in inverno rispetto alle altre stagioni. Lo strato di atmosfera vicino al suolo dove si disperdono gli inquinanti (strato di rimescolamento atmosferico) non ha infatti una altezza fissa ma varia da poche decine di metri in inverno a qualche chilometro in estate permettendo così una maggior diluizione delle sostanze inquinanti nella stagione calda. Esso varia inoltre anche dal giorno alla notte dove, in assenza della radiazione solare, l'atmosfera ed il suolo si raffreddano dando luogo al fenomeno della inversione termica per cui si forma uno strato di rimescolamento notturno più basso di quello diurno.

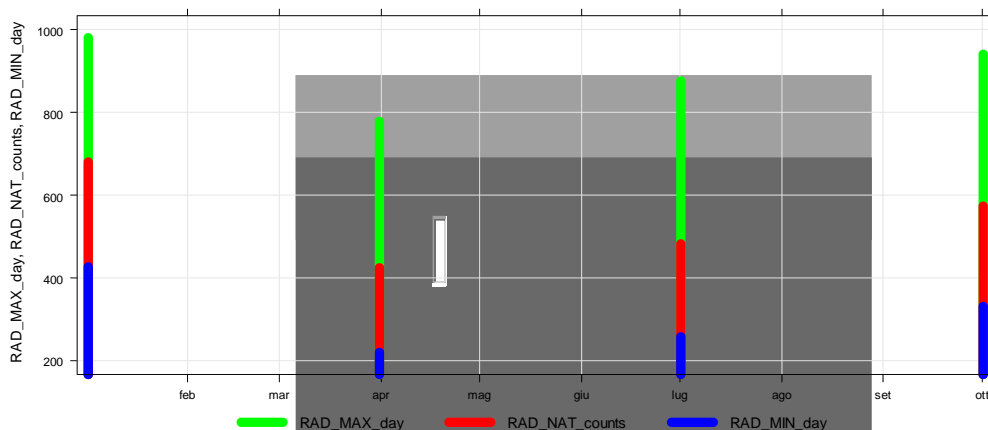
E' utile quindi effettuare una valutazione su quanto questo effetto atmosferico pesi sulla concentrazione di inquinanti stagionale. Tale stima può essere fatta indirettamente attraverso la misura della radioattività naturale che "misura" indirettamente la capacità di diluizione della atmosfera. La radioattività naturale è presente in aria a concentrazioni basse e non pericolose ed esalata con un rateo costante dal suolo tramite il gas radon. La sua concentrazione varia unicamente in funzione dell'altezza della porzione di atmosfera dove si accumulano gli inquinanti (strato di rimescolamento atmosferico).⁶ Più il livello di radioattività è alto, maggiore è la concentrazione al suolo degli inquinanti per effetto delle condizioni atmosferiche.

Le misure di radioattività naturale sono rilevate dal campionatore automatico di polveri SWAM Dual Channel Monitoring Hourly Mode prodotto dalla FAI instruments s.r.l. presente nella stazione di fondo urbano di Alessandria-Volta. Lo strumento campiona su base oraria il materiale particolato, sul quale fissa la progenie del Radon e, tramite un contatore Geiger-Muller, ne determina la radioattività, fornendo per ogni giorno 24 medie orarie di PM10, PM2.5 e radioattività naturale (misurata in conteggi/minuto).

Il grafico delle medie orarie di PM10-PM2,5 e radioattività naturale evidenzia la similarità di andamento guidata dalle condizioni atmosferiche.

Come si è detto i valori di radioattività minimi (linea blu), medi (linea rossa) e massimi (linea verde) nelle quattro stagioni variano solo per effetto della variazione dello strato di rimescolamento atmosferico: quando lo strato rimescolato è molto basso la radioattività sale e viceversa.

radioattività naturale 2019 MEDIA_MIN_MAX STAGIONALE (counts/min)

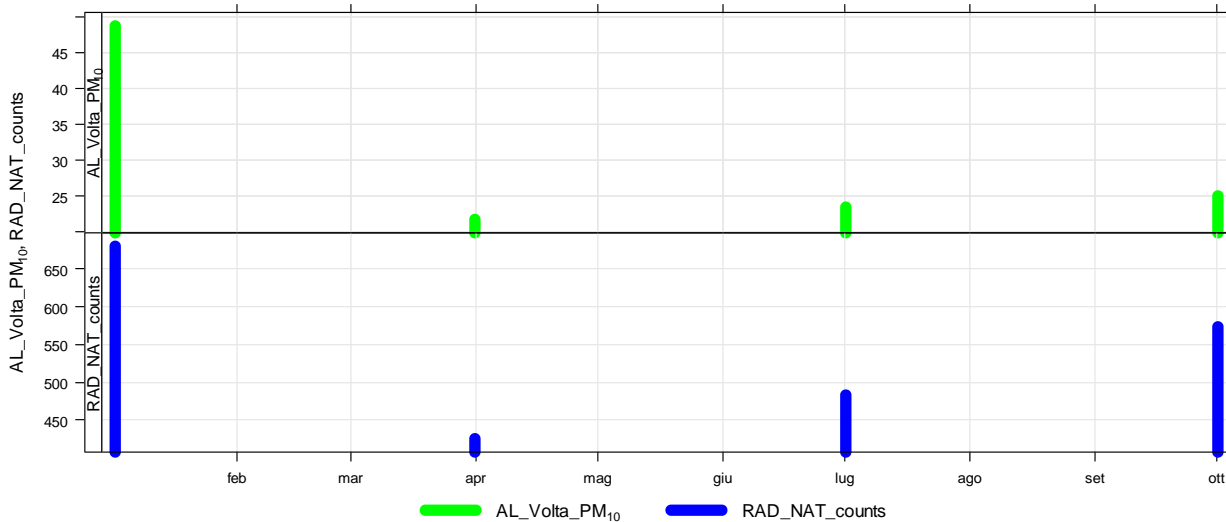


⁶ "OUTDOOR RADON CONCENTRATION MEASUREMENTS: SOME
 Dosimetry, Volume 137, Issue 3-4, December 2009, Pages 332-335

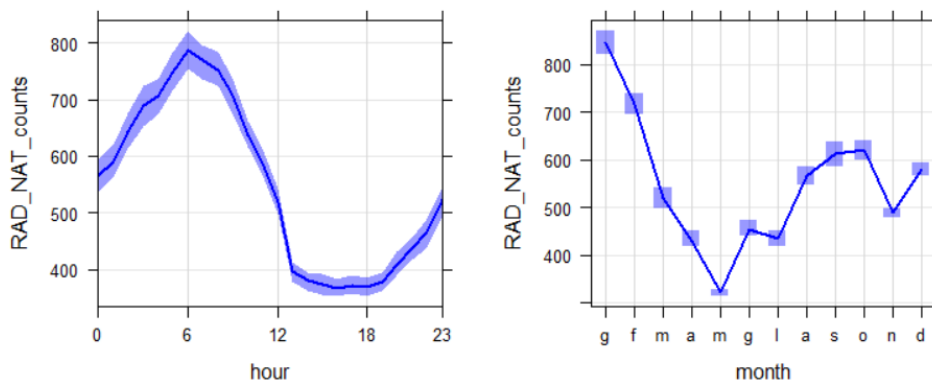
; M. Magnoni; L. Erbetta - Radiation Protection

Similmente si comportano gli inquinanti come le polveri sottili che si concentrano al suolo, a parità di sorgenti, per effetto dell'abbassamento dello strato di rimescolamento atmosferico, cosa che avviene soprattutto in inverno come evidenzia il grafico sotto: le polveri passano da circa 10-20microgrammi/m³ in estate a circa 59 microgrammi/m³ come media invernale e la radioattività passa da 400-500 counts/min in estate a 700 circa in inverno.

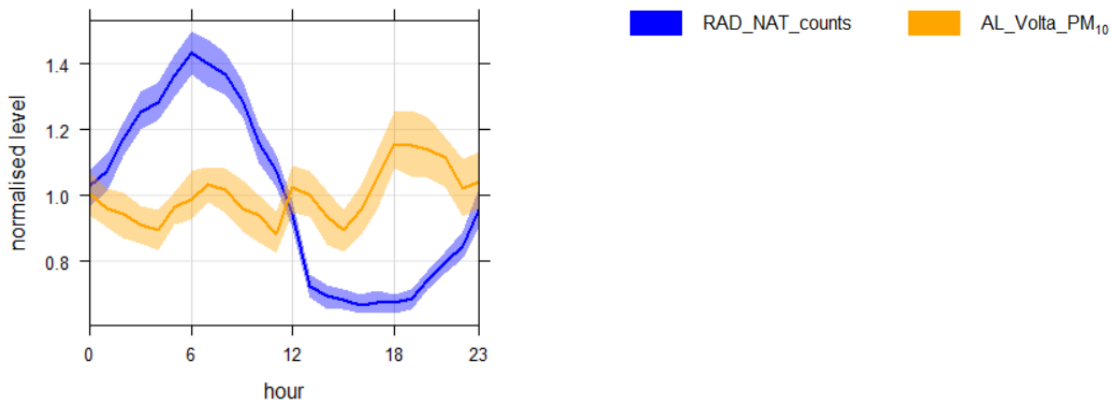
radioattività naturale 2019 MEDIA STAGIONALE RADIOATTIVITA' e PM10



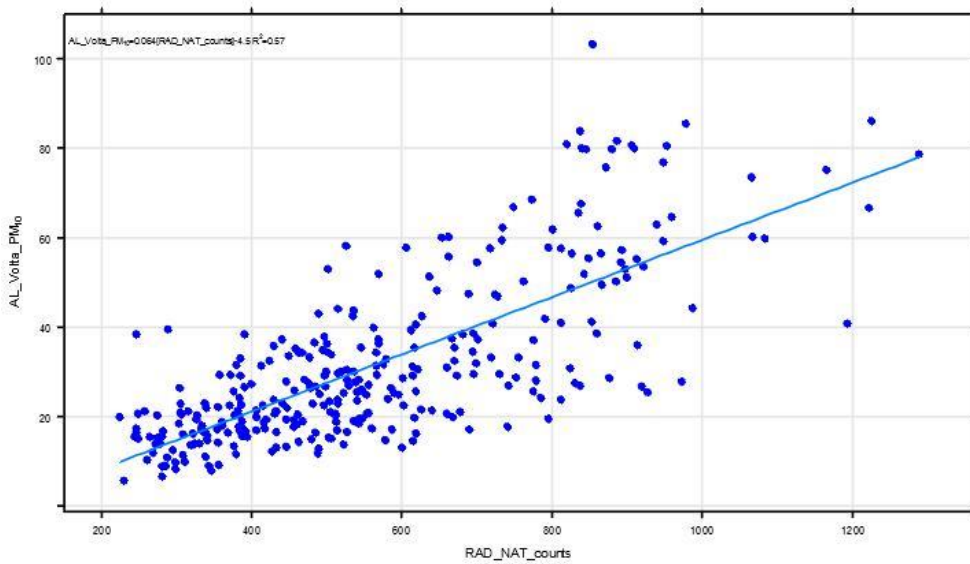
La variazione stagionale e giorno/notte della radioattività naturale come stima indiretta dell'andamento dello strato di rimescolamento è riportata nel grafico seguente riferito all'anno solare 2019. Come si nota la variabilità è notevole in entrambi i casi. La differenza giorno/notte spiega l'accumulo degli inquinanti nelle ore notturne fino al primo mattino, soprattutto in inverno, in ore in cui l'assenza di attività umane dovrebbe far presumere un abbassamento dei livelli. La differenza estate/inverno influisce sulla drastica riduzione degli inquinanti nella stagione calda.



Gli andamenti delle polveri comparati con quelli della radioattività sulle ore del giorno evidenziano gli effetti dell'atmosfera: i livelli di PM10 mostrano un primo picco delle 6 dovuto all'effetto atmosferico concomitante con il picco di radioattività, un secondo ed un terzo alle 12 e alle 18 legato essenzialmente alle attività umane. Verso la mezzanotte e per tutto il primo mattino i livelli di PM10 risalgono per effetto dello schiacciamento atmosferico.

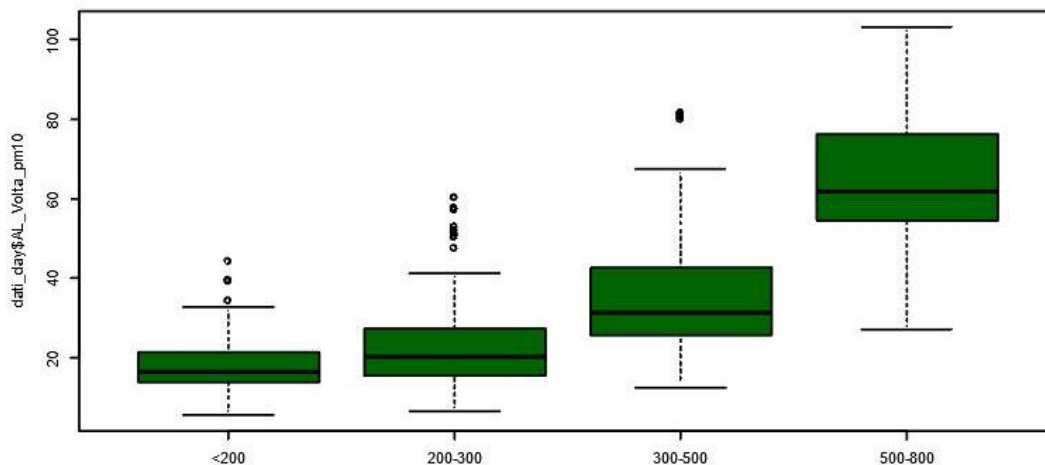


Tra valori giornalieri di Pm10 e radioattività naturale sussiste una buona correlazione ($R^2=0,57$). Ancora migliore la correlazione tra i dati medi mensili ($R^2=0,67$)

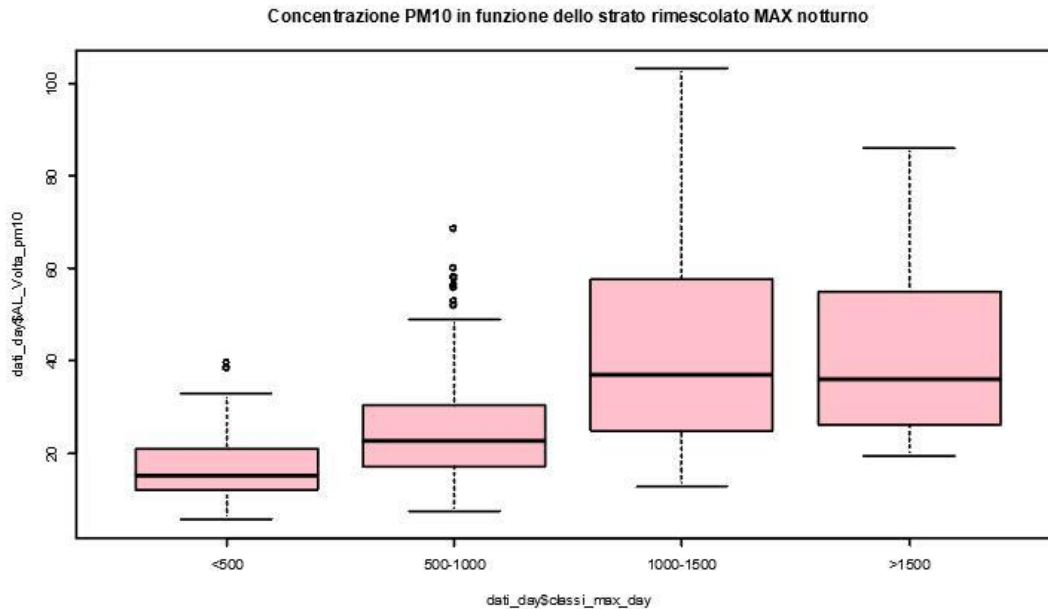


I box plot suddivisi in funzione della radioattività crescente evidenziano come insieme a questa crescano anche le polveri. Il primo box plot suddivide le polveri sulla base del minimo diurno di radioattività che corrisponde alla massima altezza dello strato di rimescolamento diurno. La radioattività varia approssimativamente di un fattore 4 (da 200 a 800 counts/min), mentre le polveri aumentano come valore mediano da 20 a 60.

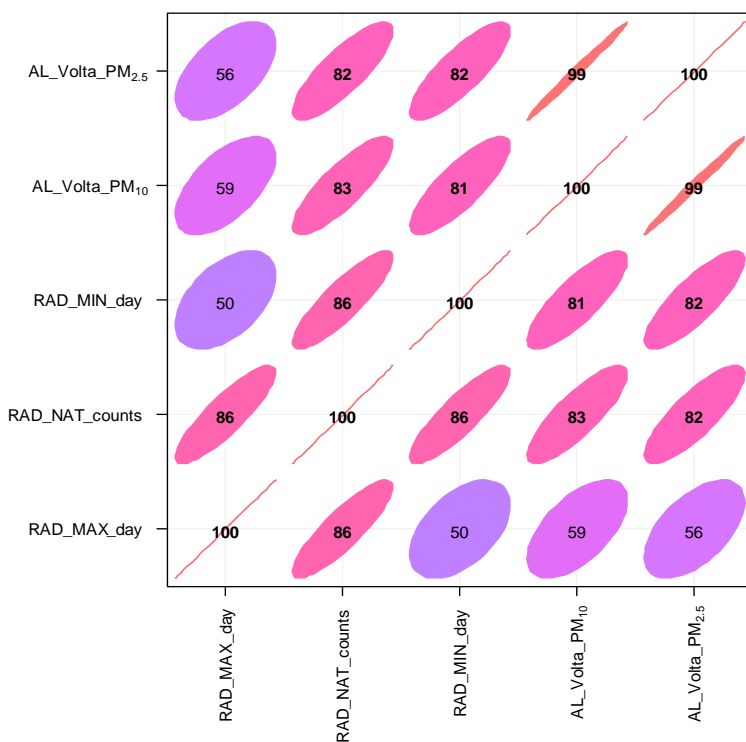
Concentrazione PM10 in funzione dello strato rimescolato MIN diurno



Analogamente considerando il box plot delle PM10 in funzione delle classi del massimo notturno della radioattività, che corrisponde alla minima altezza dello strato di rimescolamento notturno, questa varia approssimativamente di un fattore 3 (da 500 a 1500 counts/min), mentre le polveri aumentano come valore mediano da 15 a 35 circa.



Facendo una matrice di correlazione tra le concentrazione medie mensili di polveri e quelle di radioattività si ottiene la seguente matrice di correlazione in cui all'interno delle ellissi compare il fattore R di correlazione dove è evidente la correlazione ottima tra le medie mensili delle medie giornaliere di radioattività (RAD_NAT) e la media mensile dei minimi giornalieri di radioattività (RAD_MIN_day), meno buona la correlazione tra polveri e media mensile dei massimi giornalieri di radioattività (RAD_MAX_day).

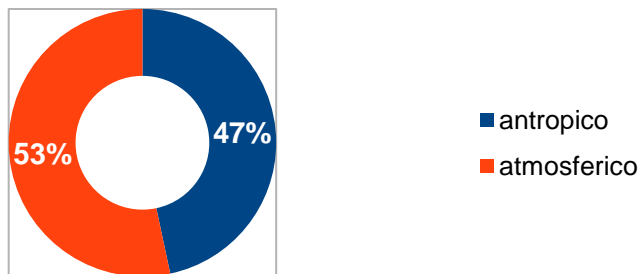


Considerando quindi le due variabili meglio correlate con le polveri, ovvero la media mensile delle medie giornaliere di radioattività (RAD_NAT) e la media mensile dei minimi giornalieri di radioattività (RAD_MIN_day), possiamo individuare un "fattore di arricchimento" degli inquinanti tra estate e inverno, desumendo la parte legata all'effetto atmosferico dal rapporto inverno/estate dei dati di radioattività naturale che meglio si correla con le polveri. Abbiamo i seguenti rapporti riportati in tabella: dunque esiste un fattore di arricchimento legato all'effetto atmosferico presumibilmente attorno a 1.6 -1.7. I fattori di arricchimento delle polveri sono comprensibilmente maggiori perché su di essi incide anche il fattore legato alle attività umane (traffico, riscaldamento) che in estate si riducono.

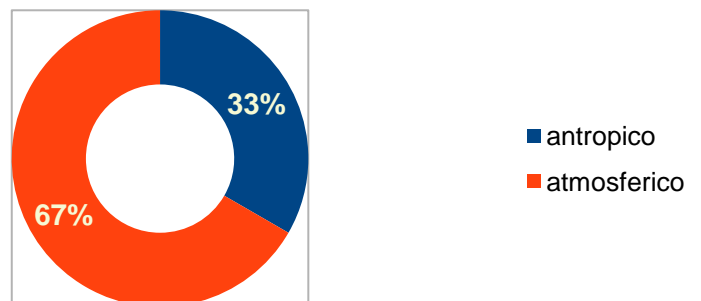
RAPPORTO INVERNO/ESTATE come concentrazioni stagionali	
Radioattività naturale media	1,62
Radioattività naturale media dei minimi giornalieri	1,72
PM10 media	2,4
PM2,5 media	3,0

Quindi volendo distinguere i fattori di arricchimento inverno/estate delle polveri PM10, pari a 2.4, e della polveri PM2.5 pari a 3.0, possiamo ipotizzare che una parte, di circa 1.6 sia legata all'effetto atmosferico e la restante parte, rispettivamente di 0.8 e 1.4 sia legata alle attività umane (trasporti e riscaldamento) che in inverno contribuiscono all'aumento delle concentrazioni di polveri sottili.

Fattori di aumento del PM25 tra estate e inverno

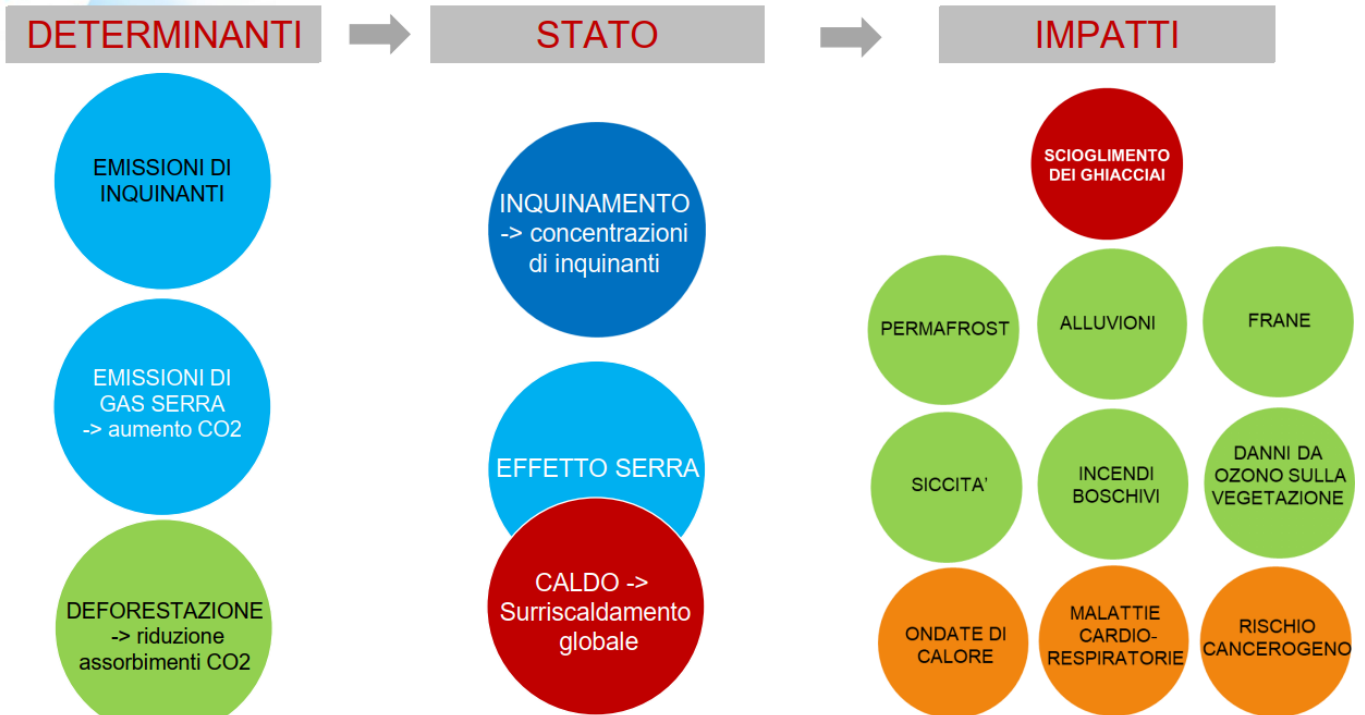


Fattori di aumento del PM10 tra estate e inverno



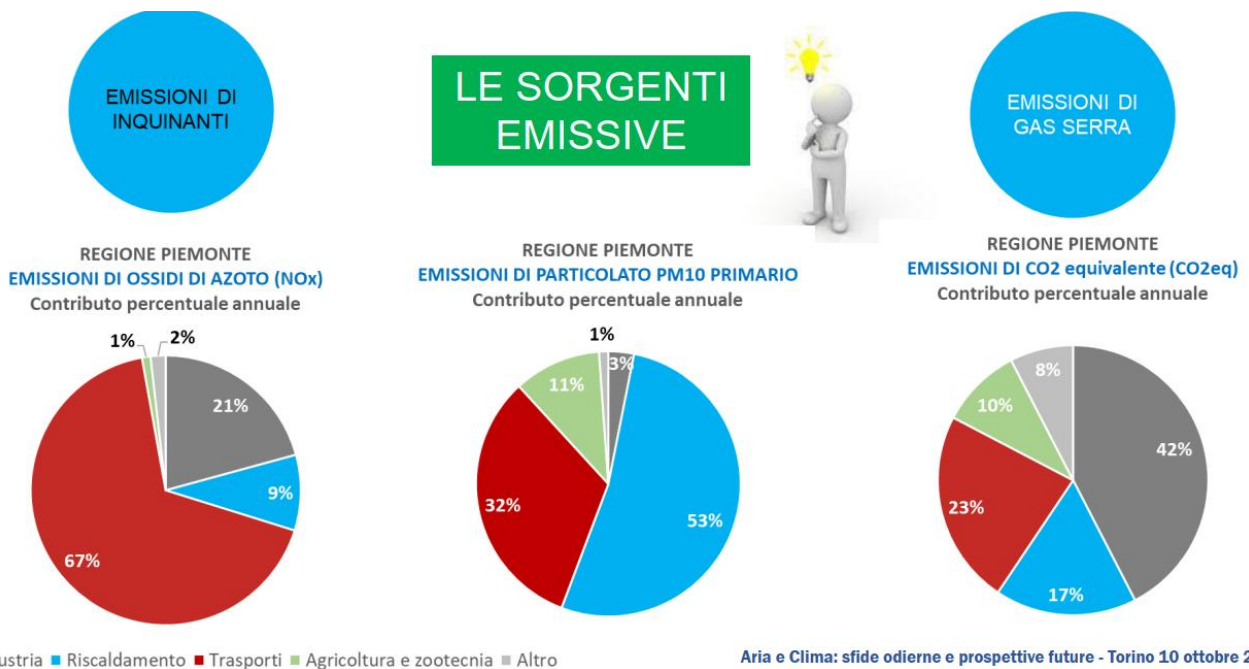
7.3 INQUINAMENTO E CAMBIAMENTI CLIMATICI

Inquinamento atmosferico e cambiamenti climatici sono due facce della stessa medaglia dal momento che hanno origine comune nelle emissioni antropiche di inquinanti in atmosfera. Per questo motivo le politiche di contrasto/mitigazione nei confronti dei due fenomeni devono necessariamente essere di tipo "WIN-WIN" ovvero si devono elaborare strategie comuni e sinergiche di azione.



Aria e Clima: sfide odierne e prospettive future - Torino 10 ottobre 2019

Occorre agire anzitutto riducendo le emissioni delle fonti comuni che sono: i settori produttivi compresa la produzione e smaltimento dei rifiuti urbani, il riscaldamento domestico, il traffico e l'agricoltura.



Aria e Clima: sfide odierne e prospettive future - Torino 10 ottobre 2019

Considerando gli inquinanti da tenere maggiormente sotto controllo per contrasto a inquinamento e surriscaldamento autorevoli studi nazionali e internazionali citano:⁷

- ✓ OZONO che oltre ad essere un inquinante atmosferico dannoso per l'uomo e la vegetazione, producendo danni ingenti all'agricoltura con perdite di raccolto stimate di più di 10 miliardi di dollari ogni anno. è anche annoverato tra i gas a effetto serra
- ✓ BLACK CARBON, presente nel particolato fine come frutto delle combustioni, è tra gli inquinanti atmosferici più dannosi per la salute umana ed ha un effetto di riscaldamento sul clima
- ✓ METANO, che non ha un effetto diretto sull'uomo ma è un precursore dell'ozono oltre che un potente gas a effetto serra

Le caratteristiche di questi inquinanti sono quelle di essere gas serra a vite medio-breve che quindi possono essere rimossi dalla atmosfera piuttosto rapidamente riducendo le sorgenti con il duplice beneficio di migliorare la salute umana e frenare il surriscaldamento.

Composto	Tempo di permanenza in atmosfera	Effetti sulla salute e gli ecosistemi	Effetti sul clima
Biossido di carbonio (CO ₂)	Secoli	Acidificazione dell'oceano, fotosintesi	Riscaldamento
Metano (CH ₄)	8 anni	Precursore di O ₃	Riscaldamento
Ozono (O ₃)	1 mese	Danni alla salute e alla vegetazione	Riscaldamento
Biossido di zolfo (SO ₂)	1 settimana	Danni alla salute, acidificazione degli ecosistemi	Precursore di PM raffreddamento
Ossidi di azoto (NO _x)	1 settimana	Danni alla salute, precursore di O ₃ effetti sugli ecosistemi	Precursore di PM raffreddamento
Ammoniaca (NH ₃)	1 settimana	Acidificazione degli ecosistemi, eutrofizzazione delle acque	Precursore di PM raffreddamento
Black carbon (BC)	1 settimana	Danni alla salute	Riscaldamento
Composti organici volatili (VOC)	Variabile	Danni alla salute, precursori di O ₃	Precursori di O ₃

Tabella riprodotta da "Qualità dell'aria e cambiamenti climatici: due facce della stessa medaglia", Facchini-Fuzzi, ISAC_CNR, Ingegneria dell'Ambiente, 4/2017

Le risposte devono quindi necessariamente agire su entrambi gli aspetti, riducendo ed essere efficaci e tempestive. Tra le azioni di mitigazione che soddisfano questi requisiti si citano:

- efficientamento energetico degli edifici
- azioni di riforestazione urbana ed implementazione del verde urbano
- produzione di energia da fonti rinnovabili
- drastica riduzione dei veicoli diesel e implementazione di mobilità sostenibile
- drastica riduzione della combustione della legna
- riduzione/recupero/riciclo dei rifiuti
- riduzione degli allevamenti intensivi e del consumo di carne
- agricoltura a basso impatto ambientale

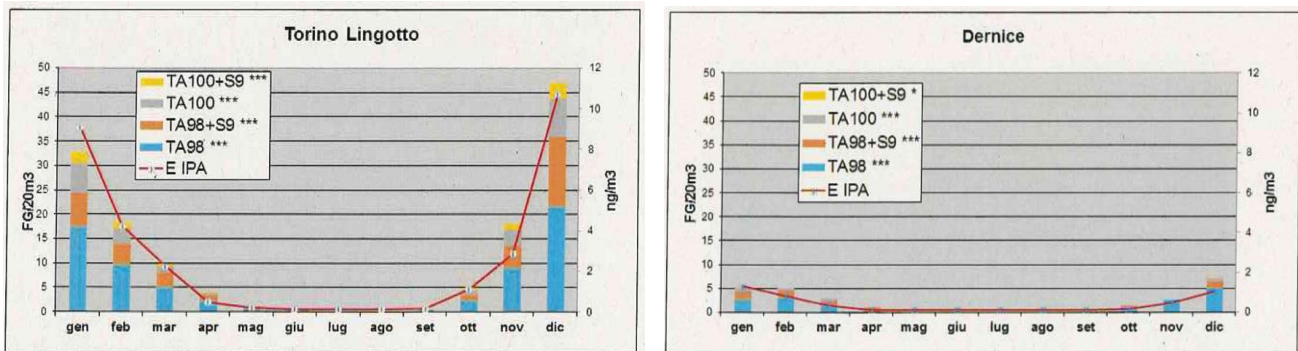
⁷ <https://www.iass-potsdam.de/en/output/dossiers/air-pollution-and-climate-change>

"Qualità dell'aria e cambiamenti climatici: due facce della stessa medaglia", Facchini-Fuzzi, ISAC_CNR, Ingegneria dell'Ambiente, 4/2017

7.4 STUDIO DI MUTAGENESI SUL PARTICOLATO ATMOSFERICO

Da alcuni anni Arpa Piemonte effettua dei test specifici (Tesi di Ames) per valutare il potenziale di mutagenicità del particolato atmosferico ultrafine PM_{2,5}, classificato dallo IARC cancerogeno per l'uomo ovvero per valutare se le sostanze chimiche da esso veicolate possano produrre alterazioni del DNA. I risultati evidenziano la presenza di attività mutagena del particolato atmosferico PM_{2,5} in corrispondenza dei periodi in cui il particolato è più elevato, mentre risulta assente in estate. La mutagenesi inoltre si riscontra particolarmente per il particolato proveniente dalle stazioni urbane, ricco di IPA e altre sostanze tossiche, mentre è molto ridotta se non assente per il particolato campionato in siti rurali.

Di seguito alcuni grafici che evidenziano la correlazione tra IPA presenti nel particolato atmosferico della città di Torino e presenza di effetti di mutagenesi. Lo stesso grafico relativo al particolato campionato nel sito rurale di Dernice (AL) mostra le nette differenze.



Il fattore FG di genotossicità, quale indice complessivo di mutagenesi, è stato valutato per i vari siti di provenienza del particolato in questa tabella

classe	negativo → fortemente Positivo											
	1	2	3	4	5							
range FG	0-0,99	1-3,99	4-11,99	12-39,99	>=40							
20m3/piastra	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC
AL - Dernice	5,2	5,1	3,0	0,9	0	0	0	0	0	1,5	2,7	7,4
TO - Lingotto	32,8	18,25	9,9	4	1,1	0,2	0	0	0,37	4,8	18,2	47,0
Settimo T.se	27,1	25,1	14,7	6,6	2,5	0	0	0	1,43	9,2	14,7	25
Beinasco - TRM	22,6	16,4	14,8	3,0	2,1	0,7	0,0	0,0	0,6	7,8	17,7	29,2
AT.- Vinchio	13,4	13,7	11,6	3,5	0,9	0,5	0,0	0,0	0,3	3,7	15,8	36,9

Per maggior informazione consultare il testo completo della relazione di Arpa Piemonte "Valutazione della mutagenicità del PM_{2,5} – Dati 2018" scaricabile al link:

https://www.arpa.piemonte.it/arpa-comunica/file-notizie/2019/relazione-mutagenesi-2018.pdf/at_download/file