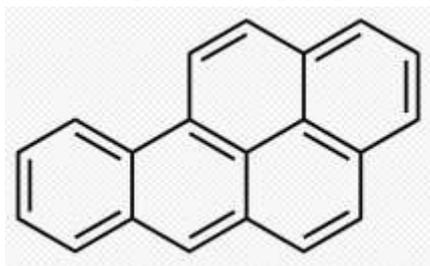


STRUTTURA COMPLESSA
DIPARTIMENTO PIEMONTE SUD EST

Struttura Semplice Produzione – Nucleo Operativo Qualità dell'Aria

COMUNE DI ASTI

**STUDIO SULLE CONCENTRAZIONI DI I.P.A. TOTALI
 MISURATI NELLA STAZIONE DELLA RETE
 REGIONALE DI QUALITA' DELL'ARIA
 DI ASTI-BAUSSANO**



RELAZIONE TECNICA

RISULTATO ATTESO B5.16
 PRATICA N°G07_2019_00646_18

PERIODO DI MONITORAGGIO: OTTOBRE 2019-GENNAIO 2020

Redazione	Funzione: Collaboratore tecnico Nome: Laura Erbetta	Firmato digitalmente
Redazione	Funzione: Tecnico Prevenzione Nome: Cristina Otta	Firmato digitalmente
Verifica e Approvazione	Funzione: Responsabile Attività di Produzione Sud Est Nome: Dott.ssa Donatella Bianchi	Firmato digitalmente

Arpa Piemonte

Codice Fiscale – Partita IVA 07176380017

Dipartimento Piemonte Sud Est

Struttura Semplice -Attività di Produzione Sud Est

Spalto Marengo, 33 – 15121 Alessandria – tel. 0131276200 – fax 0131276231

Email: dip.sudest@arpa.piemonte.it PEC: dip.sudest@pec.arpa.piemonte.it

Redazione dei testi e delle elaborazioni a cura di:

L. Erbetta e C. Otta del Dipartimento territoriale Sud Est di ARPA Piemonte

Per la gestione tecnica della campagna di monitoraggio hanno collaborato:

E. Scagliotti del Dipartimento territoriale Sud Est di ARPA Piemonte

P.Fornetti del Dipartimento territoriale Nord Ovest di ARPA Piemonte

SOMMARIO

SOMMARIO	3
1. INTRODUZIONE	4
2. ANALISI DELLE STERIE STORICHE	5
3. STRUMENTAZIONE UTILIZZATA	7
4. RISULTATI.....	7
4.1 ANDAMENTI DELLE CONCENTRAZIONI MISURATE CON L'ANALIZZATORE DI I.P.A.	8
4.2 ANALISI DELLE CONCENTRAZIONI IN RELAZIONE AL VENTO	12
4.3 SPECIAZIONE CHIMICA FILTRI PM10	14
4.4 CORRELAZIONI TRA PARAMETRI CHIMICI	17
5. CONCLUSIONI.....	18

1. INTRODUZIONE

La stazione di monitoraggio da traffico di Asti- Baussano¹ presenta una criticità legata a valori eccessivamente elevati di Idrocarburi Policiclici Aromatici (I.P.A.) e in particolare di Benzo(a)pirene che ha fatto registrare diversi superamenti del valore limite annuale di 1 ng/m³ imposto dalla normativa. Conseguentemente agli approfondimenti tecnici condotti nel bimestre marzo-aprile 2019 (relazione Arpa G07_2019_00646_007), finalizzati ad approfondire l'andamento degli IPA presso la stazione, nel mese di ottobre 2019 è stato reinstallato l'analizzatore dedicato alla misura in continuo di tali inquinanti. I superamenti di Benzo(a)pirene risultano anomali rispetto ai dati rilevati in analoghi contesti urbani piemontesi, quali Alessandria e Novara, come evidenziato nella tabella seguente.

Benzo(a)pirene- Media annuale (nanogrammi/m ³)	ASTI-BAUSSANO	ALESSANDRIA-D'ANNUNZIO	NOVARA-ROMA
2012	1.2	0.8	0.5
2013	0.9	0.6	0.4
2014	0.9	0.5	0.4
2015	1.2	0.6	0.6
2016	1.0	0.6	0.5
2017	1.0	0.6	0.4
2018	0.7	0.4	0.3
2019	0.8	0.4	0.3
Limite annuale	1.00		

Tabella 1-Concentrazioni medie annue Benzo(a)pirene in alcune stazioni RRQA



Figura 1: Sito di misura

¹http://www.regione.piemonte.it/ambiente/aria/rilev/ariaday/ariaweb-new/index.php/index.php?option=com_content&view=article&id=58%253Ascheda-stazione&catid=33%253Adatai&Itemid=75&scheda=1&select1=50&select2=50_005005_802_01%2F04%2F2008_&Vai=Visualizza+la+scheda

Gli approfondimenti sono stati eseguiti anche in considerazione del fatto che il Benzo(a)pirene è un cancerogeno accertato secondo la classificazione I.A.R.C.² L’O.M.S. inoltre indica per tale inquinante un livello soglia di 0.12ng/m³ e che la stazione è dislocata in diretta prossimità di una scuola primaria.

Il monitoraggio è iniziato a partire dal mese di ottobre 2019 ed è durato sino a metà gennaio 2020. Per poter stimare il contributo delle varie sorgenti al particolato e agli IPA in esso contenuti, sono state eseguite analisi aggiuntive di anidro-zuccheri e I.P.A. sui filtri campionati di PM10, come già eseguito nel 2017(Relazione Arpa G07_2017_02202_20).

La relazione in oggetto riassume le attività e i risultati ottenuti.

2. ANALISI DELLE STERIE STORICHE

La diminuzione delle concentrazioni di IPA riscontrate negli ultimi due anni, 2018 e 2019, si osservano anche nelle stazioni della rete regionale che storicamente hanno registrato il superamento del valore obiettivo quali Torino-Rebaudengo (Stazione urbana di traffico), Domodossala-Curotti (suburbana di fondo), Settimo Torinese-Vivaldi (urbana di traffico) e Saliceto-Moizo (rurale di fondo) e sono essenzialmente attribuibili alle condizioni meteo climatiche che hanno contribuito all’abbattimento degli inquinanti grazie ad una piovosità superiore alla media.

Per valutare l’andamento nel tempo delle concentrazioni di Benzo(a)pirene e degli altri IPA determinati sul 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. Le elaborazioni sono state eseguite, relativamente alle stazioni di Asti-Baussano, Alessandria-D’Annunzio e Novara-Roma sulle medie mensili relative al periodo gennaio 2012- dicembre 2019. Nella tabella seguente vengono riportati i risultati dell’analisi di trend. Il parametro fondamentale derivante dal test è il Sens’s slope (in tabella identificato con il termine coefficiente angolare-slope) che permette di esprimere in termini quantitativi la tendenza di fondo, decrescente o crescente, ed è espresso in concentrazione di inquinante su base annua. In tutte le stazioni considerate non è stato possibile individuare la presenza di un trend di diminuzione, nonostante le medie annuali calcolate negli ultimi due anni siano inferiori al valore imposto dalla normativa, dunque l’inquinamento da IPA permane inalterato in tutte le stazioni.

Stazione	Tipo stazione	N° osservazioni	TREND	Coeff. angolare o pendenza (slope)
AT-Baussano	TU	96	No trend (p-value<0.001)	-0.01 [-0.02,0] ng/m ³ y
AL-D’Annunzio	TU	96	No trend (p-value<0.001)	-0.01 [-0.02,0] ng/m ³ y
NO-Roma	TU	96	No trend (p-value<0.001)	0 [-0.01,0] ng/m ³ y

Tabella 2: Trend stimati delle concentrazioni di Benzo(a)pirene stazioni RRQA considerate

I risultati, riportati nei grafici sottostanti, suddivisi per stazione, rappresentano le medie mensili di Benzo(a)pirene di ciascun anno. Per ogni grafico la linea rossa continua indica il trend stimato e le due rosse tratteggiate l’intervallo di confidenza al 95%, mentre in alto ed in verde è riportata la variazione media per ogni anno e, tra parentesi, il suo intervallo di confidenza.

² <https://monographs.iarc.fr/wp-content/uploads/2018/06/mono100F-14.pdf>

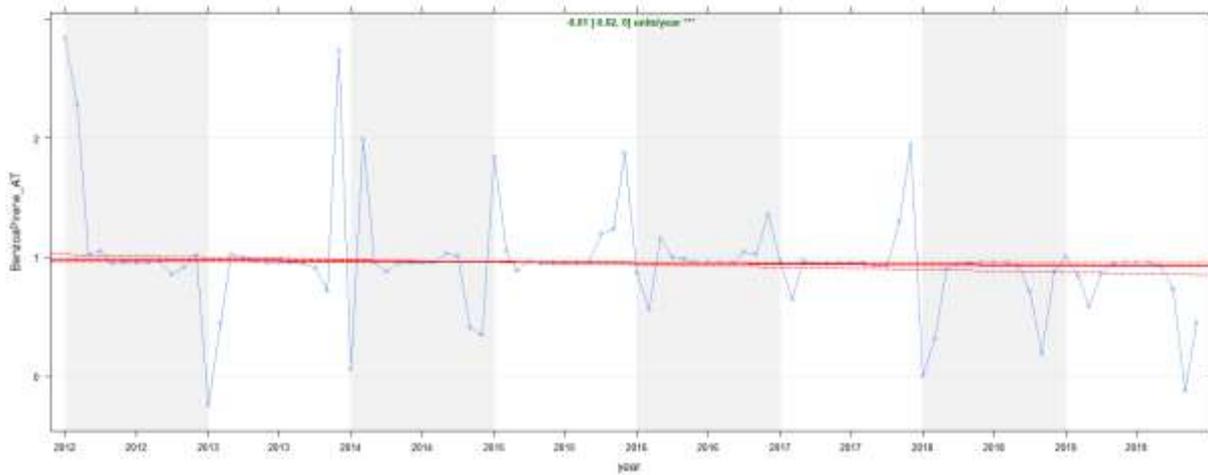


Figura 2:AT-Baussano-Stima dei trend delle concentrazioni di Benzo(a)pirene (significatività statistica: “****” = $p < 0.001$; “***” = $p < 0.01$; “**” = $p < 0.05$; “+” = $p < 0.1$)

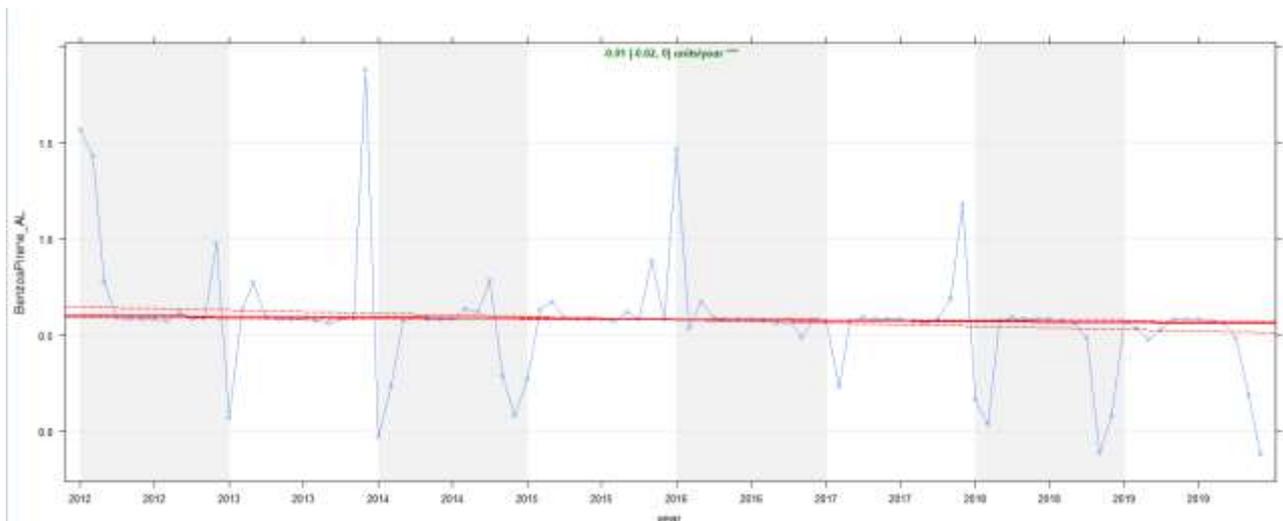


Figura 3:AL-D’Annunzio-Stima dei trend delle concentrazioni di Benzo(a)pirene (significatività statistica: “****” = $p < 0.001$; “***” = $p < 0.01$; “**” = $p < 0.05$; “+” = $p < 0.1$)

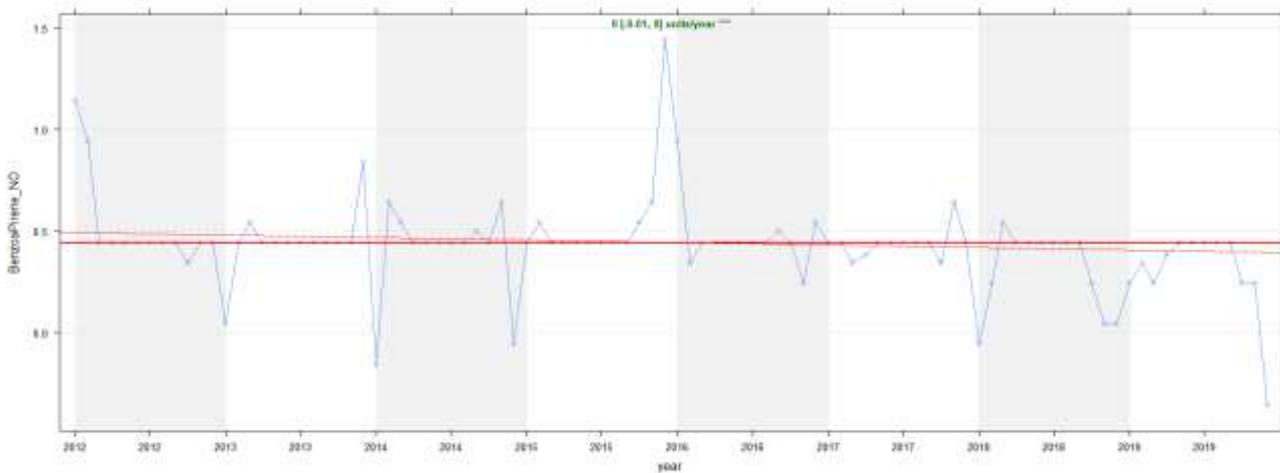


Figura 4: NO-Roma-Stima dei trend delle concentrazioni di Benzo(a)pirene (significatività statistica: “****” = $p < 0.001$; “***” = $p < 0.01$; “**” = $p < 0.05$; “+” = $p < 0.1$)

3. STRUMENTAZIONE UTILIZZATA

Il monitoraggio in continuo degli I.P.A. è stato effettuato utilizzando l'analizzatore Ecochem Pass 200 che consente di monitorare e studiare l'andamento nel tempo di tali inquinanti in modo continuo. Lo strumento ha le seguenti caratteristiche:

- esegue automaticamente la determinazione degli I.P.A. nelle polveri ultrafini, che rappresenta una frazione pari o superiore al 95 % degli I.P.A. aerodispersi
- rileva selettivamente tutti gli I.P.A. composti da almeno 4 anelli aromatici, con tempo di risposta di 10 secondi
- impiega una tecnologia collaudata e affidabile che consente l'analisi ultrasensibile degli I.P.A.
- non utilizza reagenti chimici e richiede poca manutenzione
- dispone di buffer per memoria dati e di uscita seriale RS232 con protocollo ASCII.

L'analizzatore opera sul principio della fotoionizzazione selettiva degli I.P.A. adsorbiti sulle superfici degli aerosol carboniosi con diametro aerodinamico compreso tra 0.01 e 1 µm. Gli aerosol sono sottoposti alle radiazioni di una lampada UV che produce un fascio di luce a lunghezza d'onda pari a 185 nm, il quale ionizza selettivamente gli I.P.A.. Gli elettroni prodotti durante l'irraggiamento vengono rimossi mediante un campo elettrico mentre gli aerosol caricati positivamente vengono raccolti su un filtro e le loro cariche misurate da un elettrometro. La corrente risultante rappresenta il segnale strumentale proporzionale al contenuto di I.P.A. nell'aria ambiente. La lampada UV è di tipo Excimer pulsante per eliminare il rumore di fondo.

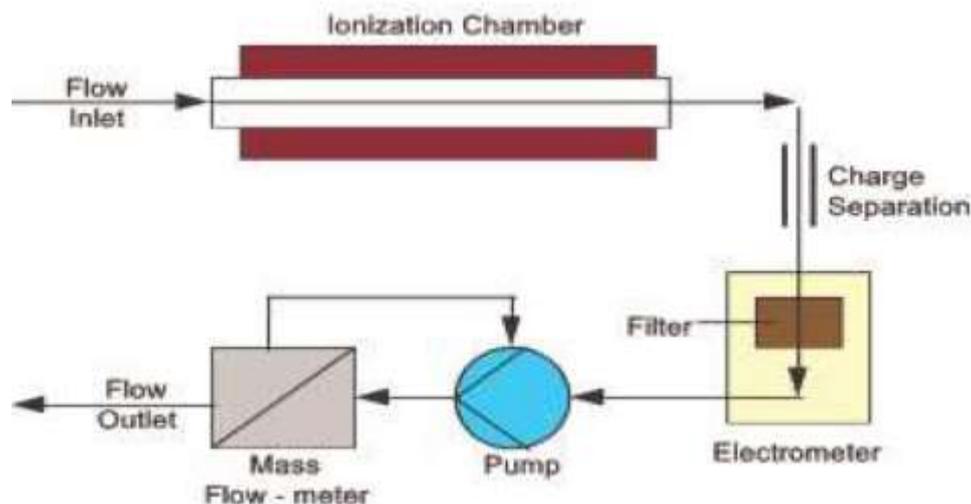


Figura 5: Schema a blocchi analizzatore in continuo di I.P.A.

4. RISULTATI

I livelli di I.P.A. totali rilevati con l'analizzatore in continuo vengono riassunti nel seguito e confrontati sia con le concentrazioni di inquinanti gassosi rilevati con la strumentazione presente presso la stazione fissa di qualità dell'aria di Asti-Baussano, sia con i parametri meteorologici acquisiti nello stesso periodo presso la stazione meteo regionale di Arpa Piemonte presso Asti – Istituto Penna.

4.1 ANDAMENTI DELLE CONCENTRAZIONI MISURATE CON L'ANALIZZATORE IN CONTINUO DI I.P.A.

La sequenza temporale delle concentrazioni medie orarie di I.P.A. totali misurate con lo strumento dedicato è rappresentata nella figura sottostante

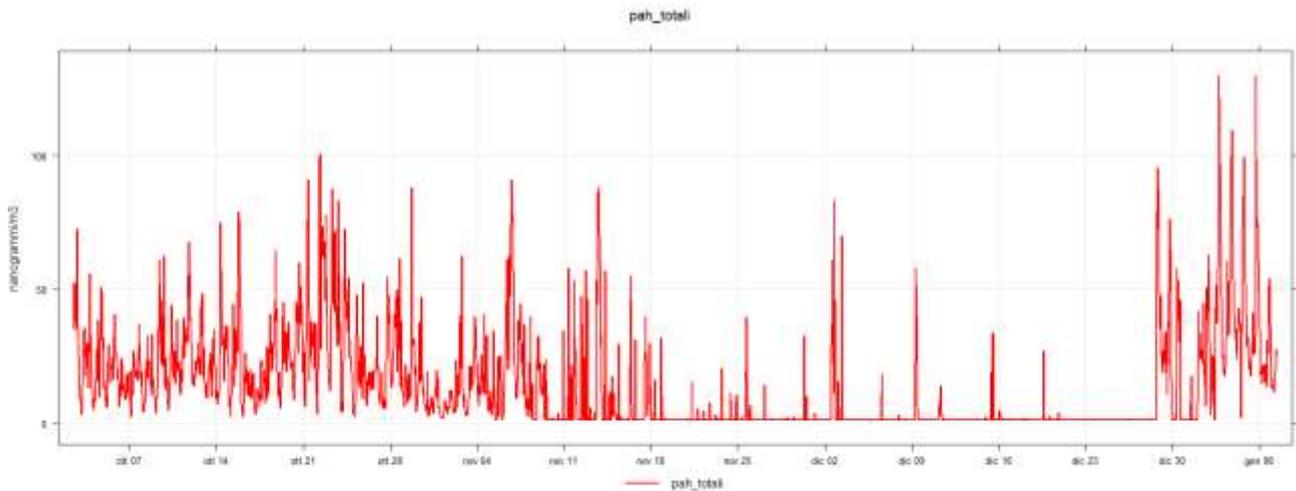


Figura 6: I.P.A. TOTALI-Concentrazioni medie orarie acquisite presso la stazione di AT-Baussano 2 ottobre 2019-7 gennaio 2020

Nella tabella seguente vengono inoltre riassunti i valori delle concentrazioni minime, medie e massime orarie relativi alla campagna di monitoraggio suddivisi per mese.

MESE	N° osservazioni	Minimo(ng/m ³)	Medio (ng/m ³)	Massimo (ng/m ³)
OTTOBRE 2019	709	2.2	24.2	100.5
NOVEMBRE 2019	720	1.0	8.8	90.9
DICEMBRE 2019	744	1.0	4.5	95.3
GENNAIO 2020	154	1.1	37.9	130

Tabella 3: Indicatori statistici mensili PAH totali 2 ottobre2019-7 gennaio 2020

Come visibile, le concentrazioni medie di I.P.A. totali misurati nei mesi di novembre e dicembre 2019 risultano fortemente sottostimati rispetto a quanto atteso probabilmente a causa delle piogge verificatesi nel periodo considerato, come raffigurato nella figura seguente.

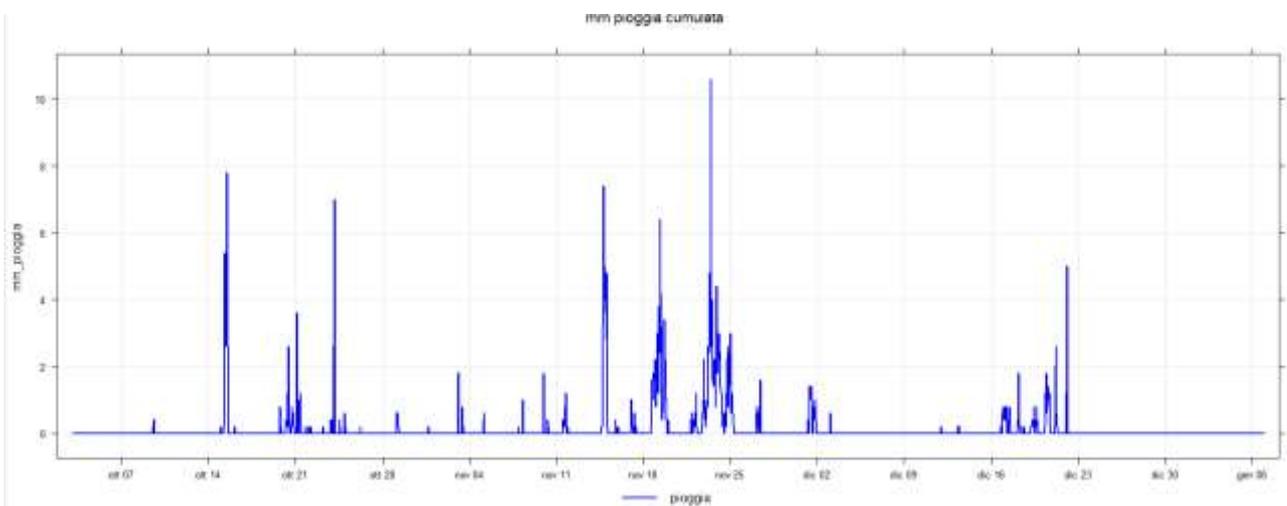


Figura 7: PIOGGIA CUMULATA-mm pioggia cumulata stazione meteo AT-Penna periodo 2 ottobre 2019-7 gennaio 2020

L'effetto delle precipitazioni sembra quindi influire sull'abbattimento degli I.P.A. misurati dallo strumento che, come già descritto in precedenza, hanno un diametro aerodinamico compreso tra 0.01 e 1 μm e quindi fanno parte della frazione più piccola delle particelle presenti in atmosfera. La diminuzione di concentrazione rilevata su questi inquinanti non viene invece registrata sugli altri inquinanti gassosi misurati presso la stazione come CO, benzene e NOx, mentre è visibile, anche se in misura minore, sul PM10 come riassunto nella tabella sottostante.

MESE	N° osservazioni	PM10 media ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	CO media (mg/m^3)	NO Media ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	NO ₂ media ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Benzene media ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
OTTOBRE 2019	710	34	0.7	23.5	27.8	0.7
NOVEMBRE 2019	720	27	0.8	22.3	26.5	1.8
DICEMBRE 2019	743	44	1.1	50.9	35.5	3.0
GENNAIO 2020	154	65	1.3	52.5	28.4	4.1

Tabella 4: Indicatori statistici mensili PM10 e gassosi 2 ottobre 2019-7 gennaio 2020

Le elaborazioni eseguite hanno riguardato quindi i dati relativi al mese di ottobre e ai primi sette giorni di gennaio.

OTTOBRE 2019

Relativamente all'analisi del giorno medio, ottenuto mediando tutti i dati relativi ai vari inquinanti misurati ad una stessa ora del giorno, si evidenzia un buon accordo tra I.P.A. e NO e in misura minore con NO₂, CO e benzene. Le ore del giorno in cui si misurano i picchi di concentrazioni di I.P.A. risultano essere al mattino, tra le 07 e le 10 e alla sera tra le 18 e le 20, in analogia agli altri inquinanti da traffico misurati.

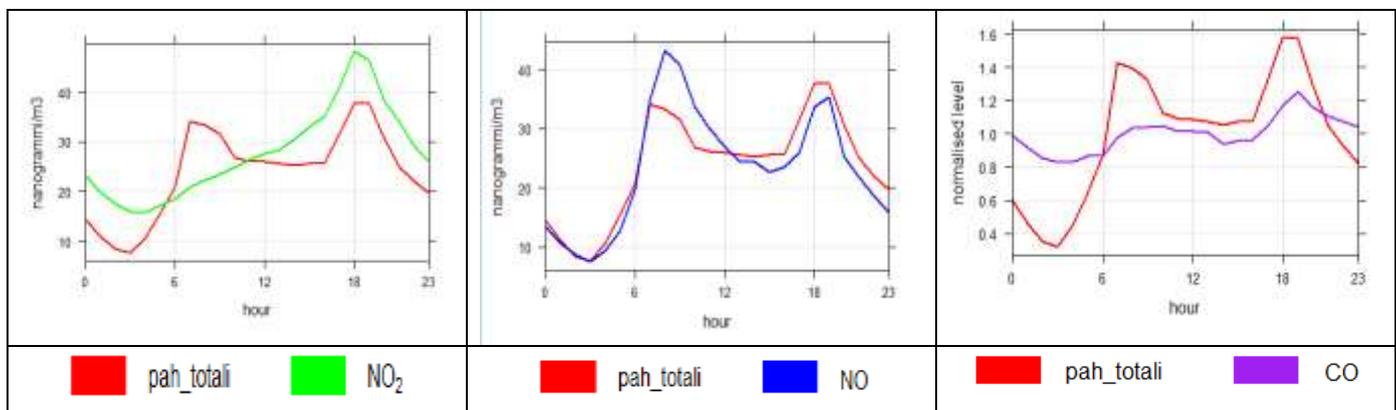


Figura 8: Andamenti del giorno tipo inquinanti misurati nella stazione, radioattività naturale e I.P.A. totali-ottobre 2019

Considerando inoltre l'andamento giornaliero della Radioattività naturale, che stima indirettamente la capacità di diluizione dell'atmosfera, è possibile affermare che i picchi mattutini dei vari inquinanti sono riconducibili sia all'effetto atmosferico di accumulo notturno degli inquinanti sia all'apporto del traffico mattutino, quelli serali invece non sembrano determinati dall'effetto dello schiacciamento atmosferico, che subentra dopo le ore 20.00, ma dalle sorgenti locali, come già dimostrato nella relazione precedente.

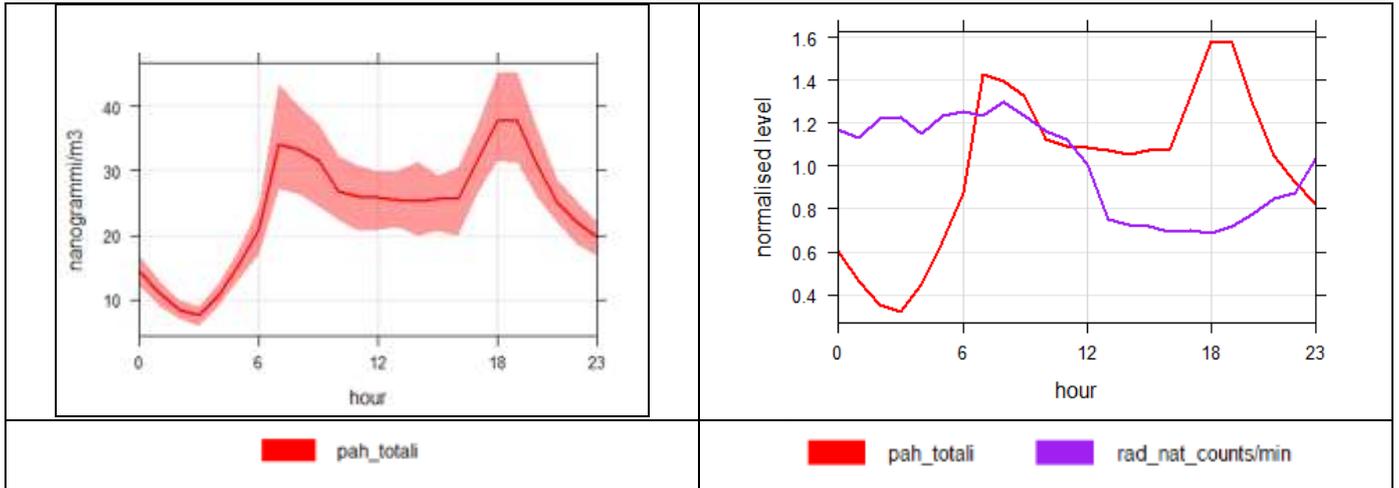


Figura 9: Giorno medio I.P.A. totali e radioattività - ottobre 2019

GENNAIO 2020

I dati misurati nei primi sei giorni di gennaio confermano il buon accordo tra I.P.A. e NO-NO₂, come visibile nelle immagini seguenti, cosa che fa presumere sorgenti comuni. Il profilo del giorno medio evidenzia un netto innalzamento dei picchi serali di IPA e NO tra le 17 e le 18 rispetto a quanto misurato nel mese di ottobre (IPA max da 40 a 85 ng/m³ circa) e l'appiattimento del picco mattutino, riconducibile probabilmente alla chiusura delle scuole per le vacanze natalizie. Il picco serale, invece, che non è collegato agli effetti atmosferici sembra, come per gli ossidi di azoto, essere legato a sorgenti locali (traffico e riscaldamento).

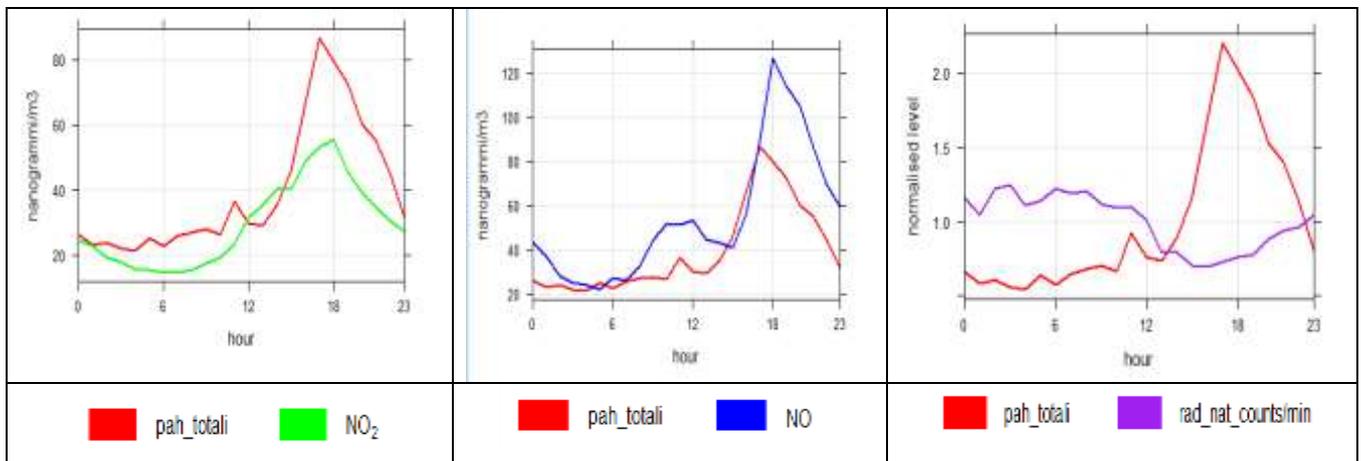


Figura 10: Andamenti del giorno tipo NO-NO₂, radioattività naturale e I.P.A. totali (1-6 gennaio 2020)

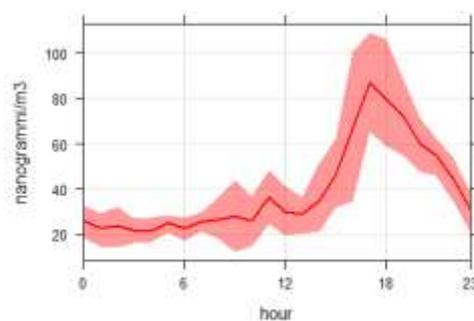


Figura 11: Giorno medio I.P.A. totali (1-6 gennaio 2020)

STIMA DEL CONTRIBUTO DELLE VARIE SORGENTI

Come ulteriore approfondimento si è deciso di confrontare le giornate festive di gennaio, caratterizzate dalla quasi totale assenza di traffico, con quelle feriali per valutare la variazione delle concentrazioni degli I.P.A. eventualmente legati al traffico. L'andamento della settimana tipo evidenzia come **nelle giornate festive di mercoledì 1° gennaio 2020 e lunedì 6 gennaio** il picco serale sia meno accentuato rispetto ai giorni feriali della stessa settimana: 01 e 06 gennaio fanno registrare un picco serale attorno a 55 ng/m³ mentre il 02 e 03 gennaio si hanno picchi attorno a 110ng/m³, più del doppio delle giornate festive (tabella 5). Considerato che si tratta della stessa settimana invernale, la differenza è attribuibile alla variazione del traffico lungo C.so Minzoni e vie limitrofe. **Percentualmente viene registrata una diminuzione di IPA pari al 37% sui valori medi e pari circa al 50% sulle concentrazioni massime tra i giorni festivi (01-06 gennaio) ed i giorni feriali (02-03 gennaio).** Questo è sicuramente ascrivibile all'assenza di traffico relativo ai due giorni festivi e conferma lo stretto legame esistente tra picco serale e traffico veicolare, sorgente che sembra quindi contribuire per il 40% circa alle concentrazioni degli I.P.A. totali.

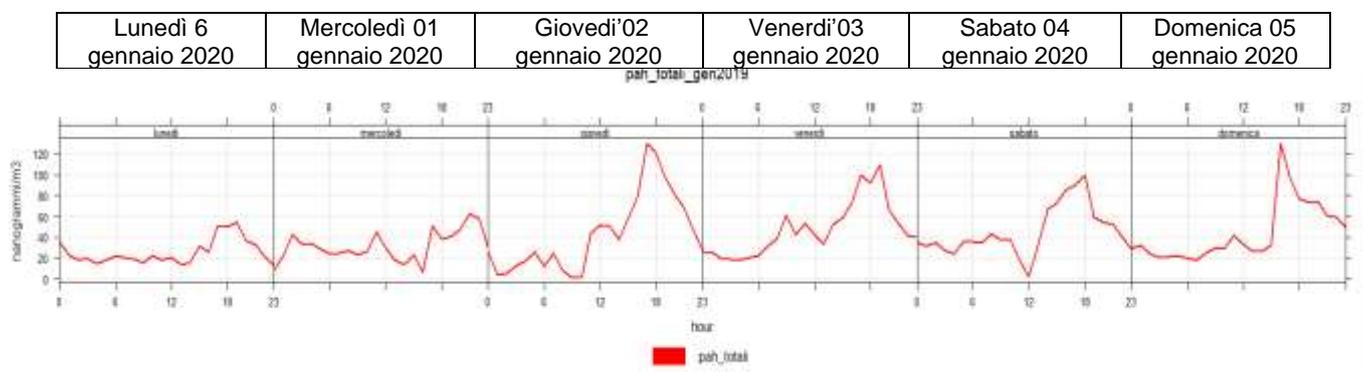


Figura 12: Settimana tipo I.P.A. totali 1-6 gennaio 2020

I.P.A. totali	Lunedì 6 gennaio 2020	Mercoledì 01 gennaio 2020	Giovedì 02 gennaio 2020	Venerdì 03 gennaio 2020	Sabato 04 gennaio 2020	Domenica 05 gennaio 2020
Valore medio (ng/m ³)	25.5	31.6	42.8	47.4	44.8	43.7
Valore massimo (ng/m ³)	54.1	62.9	130	109.6	99.5	130

Tabella 5: Valori medi e massimi giornalieri I.P.A. totali 1-6 gennaio 2020

Interessante anche l'andamento negli stessi giorni del NO che conferma come la presenza o meno del traffico veicolare sia determinante nel determinare i picchi di concentrazione degli inquinanti ad esso associati, picchi che raddoppiano in concentrazione nei gironi feriali rispetto ai festivi come per gli IPA.

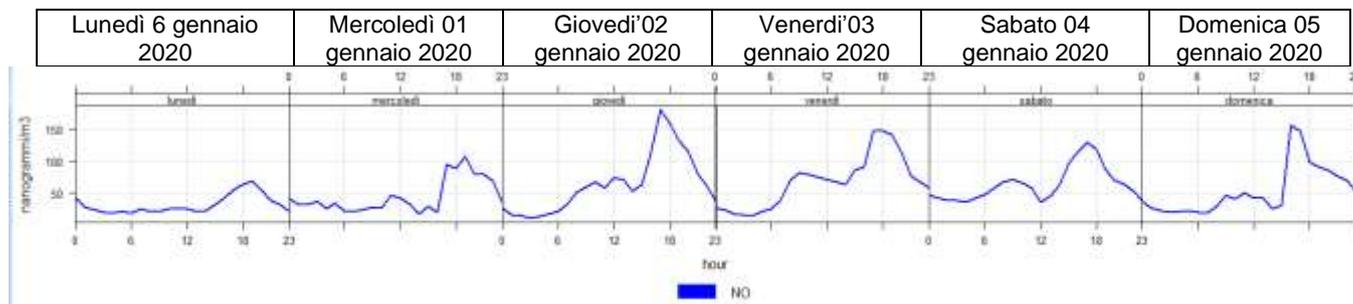


Figura 13: Settimana tipo NO 1-6 gennaio 2020

Riguardo invece al contributo del riscaldamento a legna, se confrontiamo il picco serale nei mesi invernali con riscaldamento e in quelli primaverili senza riscaldamento, osserviamo una differenza legata essenzialmente a questa sorgente: mentre a gennaio il picco serale di IPA totali raggiunge gli 85 ng/m³ ad aprile scende a 30ng/m³ con una riduzione sui valori massimi mensili di circa il 65%. In valore medio mensile varia da 38ng/m³ a gennaio a 18ng/m³ ad aprile con una riduzione del 53% circa legata al contributo del riscaldamento da biomasse oltre che dal maggior effetto di diluizione dell'atmosfera in primavera rispetto all'inverno.

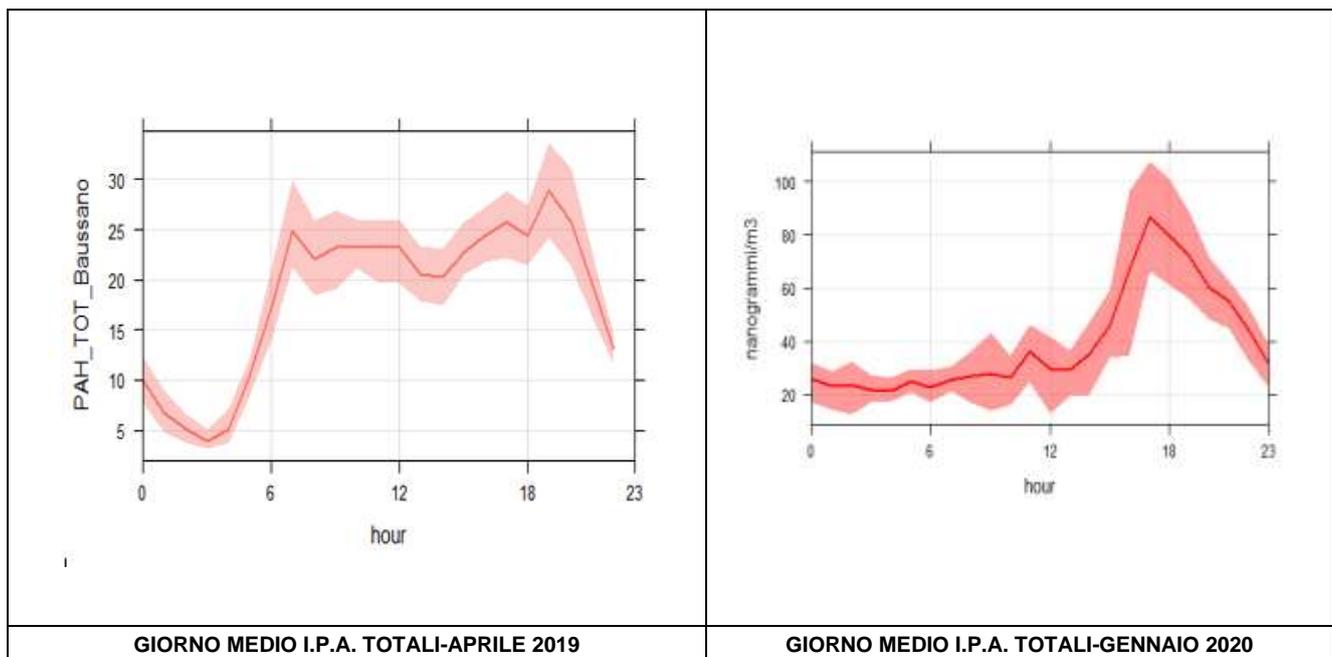


Figura 13: Confronti Giorno medio I.P.A. totali mesi di aprile 2019 e gennaio 2020

MESE	N° osservazioni	Minimo(ng/m ³)	Medio (ng/m ³)	Massimo (ng/m ³)
APRILE 2019	720	1.1	18.2	68.8
GENNAIO 2020	154	1.1	37.9	130

Tabella 6: Valori minimi, medi e massimi mensili I.P.A. totali aprile 2019 e 1-6 gennaio 2020

Confrontando le campagne in stagioni differenti si conferma che le ore del giorno in cui si misurano le concentrazioni di I.P.A. più elevate risultano essere tra le 17 e le 20. Si evidenzia la presenza nelle ore serali di sorgenti locali che determinano l'innalzamento dei livelli dell'inquinante, più marcato nei mesi con temperature più basse, in quanto soggetto al contributo sia del traffico veicolare sia delle combustioni locali essenzialmente legate al riscaldamento da biomasse.

4.2 ANALISI DELLE CONCENTRAZIONI IN RELAZIONE AL VENTO

Come già effettuato nel mese di marzo 2019, le concentrazioni orarie di I.P.A. misurate ad ottobre e nei primi sette giorni di gennaio 2020 sono state ulteriormente analizzate in relazione ai corrispondenti dati di velocità e direzione del vento misurati presso la stazione meteo Arpa di Asti-Penna attraverso

RELAZIONE TECNICA

l'elaborazione di grafici in coordinate polari (“polar plot”). Vengono escluse le giornate in cui si sono verificati episodi di pioggia.

Il grafico polare è un sistema di coordinate bidimensionali in cui ogni punto del piano è univocamente individuato dalla distanza rispetto ad un punto fisso e dall'angolo rispetto ad una direzione di riferimento prefissata. La coordinata radiale misura la velocità del vento in m/s, l'angolo polare individua la direzione del vento in gradi mentre nel piano sono riportate le concentrazioni (**pari al 90°percentile dei dati**) la cui intensità va riferita alla leggenda con un gradiente di colore dal blu al rosso.

Contrariamente a quanto osservato nei mesi di marzo e aprile 2019, le concentrazioni di I.P.A. non mostrano significative dipendenze dalla direzione di provenienza dei venti in quanto i valori più alti di concentrazione per lo più si registrano in condizioni di vento debole (≤ 2 m/s) indice di emissioni a livello del suolo con limitata spinta di galleggiamento quali traffico veicolare e riscaldamento domestico. Non è pertanto possibile discriminare una direzione prevalente delle sorgenti emissive.

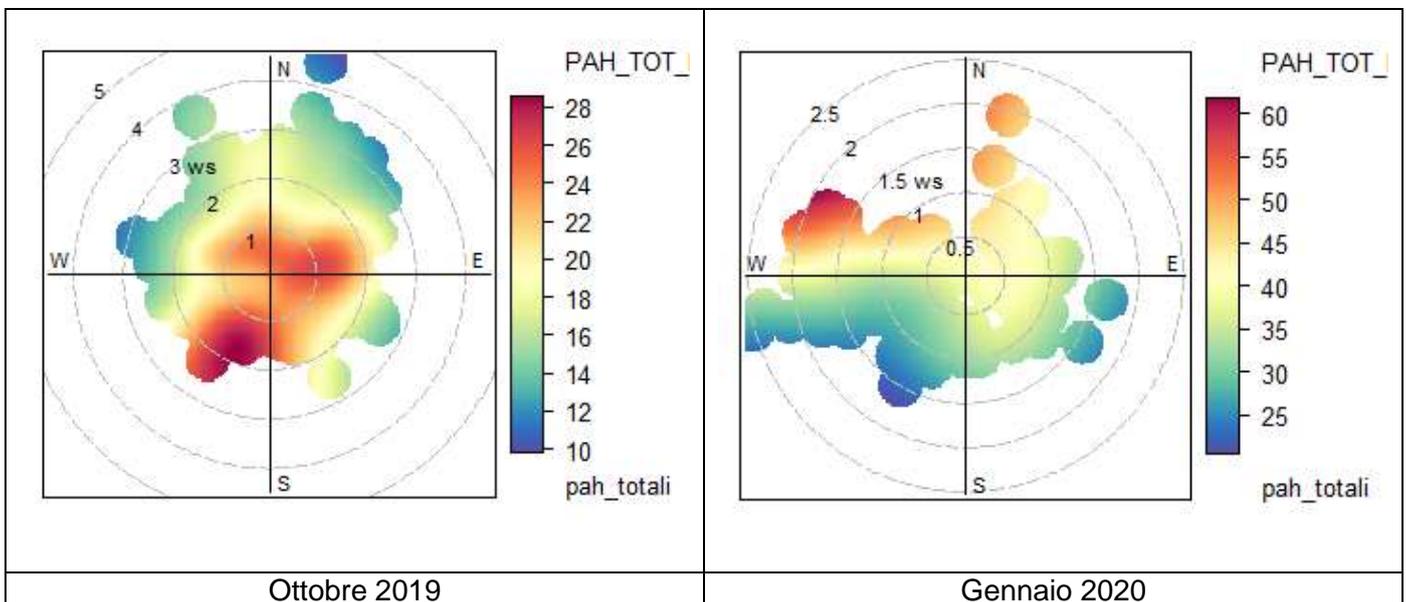


Figura 14: Polar Plot I.P.A. totali ottobre 2019 e 1-6 gennaio 2020

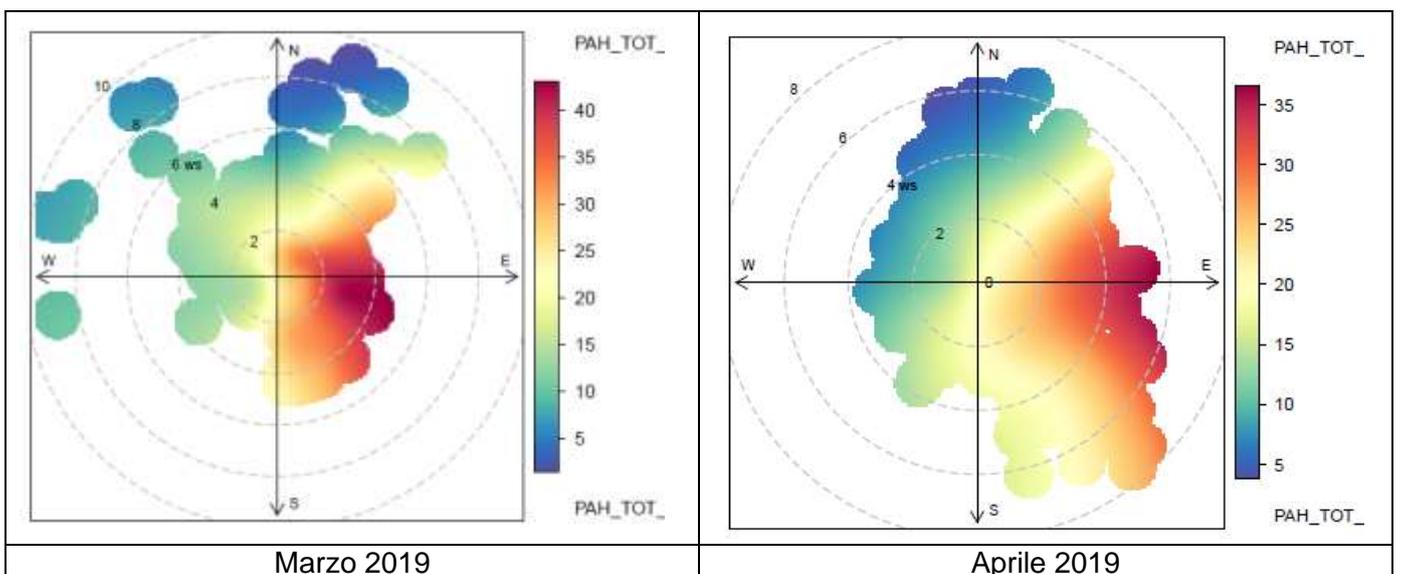


Figura 15: Polar Plot I.P.A. totali marzo e aprile 2019

4.3 SPECIAZIONE CHIMICA FILTRI PM10

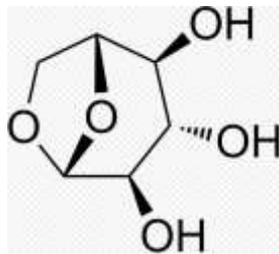
Per poter valutare più nel dettaglio le sorgenti del particolato sono state eseguite analisi aggiuntive di speciazione chimica su alcuni filtri di PM10 raccolti, analogamente a quanto eseguito nel 2017.

Sono stati determinati anidrozuccheri (levoglucosano, mannosano e galattosano) e IPA (benzo[a]antracene, crisene, benzo[b,j,k]fluorantene, benzo[e]pirene, benzo[a]pirene, indeno e benzo[g,h,i]perilene) sui filtri di PM10 relativi ad alcune giornate del periodo di monitoraggio.

In particolare, per le analisi sono stati scelti i seguenti giorni:

- 13,14,29 e 30 ottobre 2019 (giornate relative al mese di ottobre con concentrazioni di PM10 superiori a 50 microgrammi/mc ma con temperature miti);
- 30 e 31 dicembre 2019 (giornate relative al mese di dicembre con concentrazioni di PM10 superiori a 50 microgrammi/mc e relative al periodo natalizio);
- 01 (giornata relativa al mese di gennaio con concentrazioni di PM10 superiori a 50 microgrammi/mc e caratterizzata da traffico pressoché assente);
- 02 gennaio 2020 (giornata relativa al mese di gennaio con concentrazioni di PM10 superiori a 50 microgrammi/mc)
- 09-10-13-14-15-16-24 gennaio 2020 (giornate relative al mese di gennaio con concentrazioni di PM10 superiori a 80 microgrammi/mc)

Gli anidrozuccheri ricercati nei campioni analizzati sono il levoglucosano, il mannosano ed il galattosano. Il levoglucosano, prodotto della pirolisi della cellulosa, è considerato, tra i differenti prodotti della combustione della legna, il miglior marker identificativo delle emissioni dovute al “biomass burning” poiché la combustione di altri materiali, come ad esempio i combustibili fossili, non produce levoglucosano.



Formula stechiometrica Levoglucosano

Mannosano e galattosano sono, per abbondanza, rispettivamente il secondo ed il terzo degli anidro-zuccheri presenti nei fumi derivanti dalla combustione della legna.

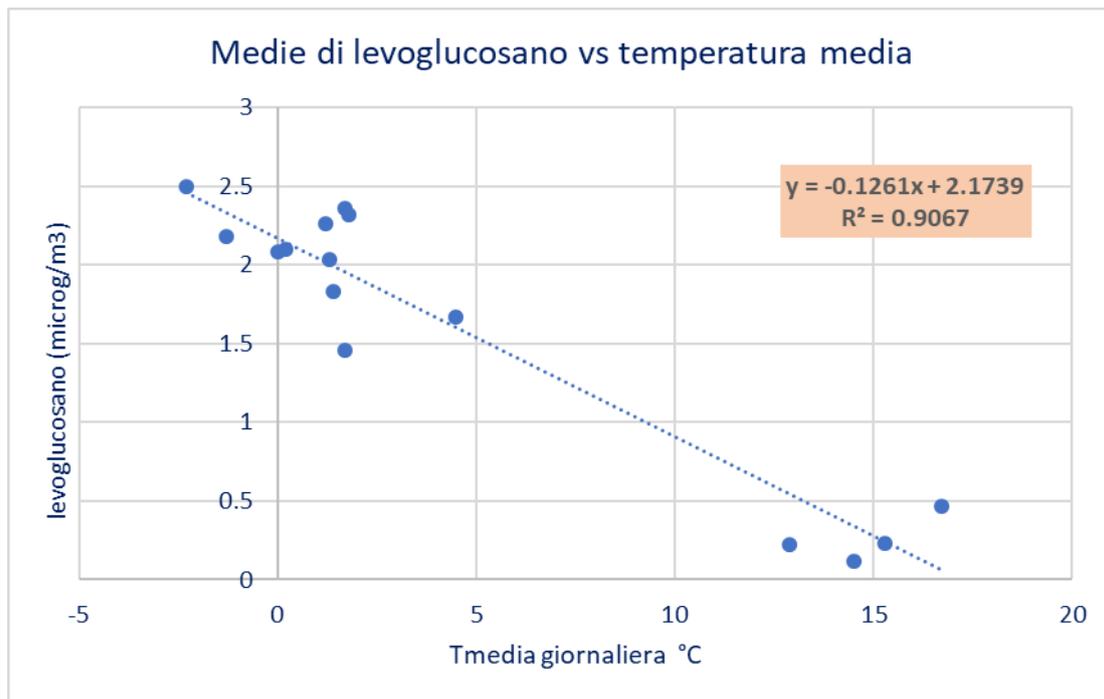
I valori delle concentrazioni di anidro-zuccheri ottenute sono indicati nella tabella seguente insieme alle corrispondenti concentrazioni di PM10 ed alle temperature minime e medie registrate nella stazione meteo di Asti Penna. I livelli relativi alle giornate di ottobre, caratterizzate da temperature medie elevate, evidenziano concentrazioni di anidro-zuccheri mediamente 10 volte più basse rispetto alle giornate di dicembre e gennaio, la cui presenza nel particolato PM10 è ben più abbondante.

Data	PM10	levoglucosano	mannosano	galattosano	T minima	T media
	[µg/m3]	[µg/m3]	[µg/m3]	[µg/m3]	[°C]	[°C]
13/10/2019	61	0.22	0.03	0.02	6.9	12.9
14/10/2019	64	0.47	0.05	0.03	14.2	16.7
29/10/2019	58	0.23	0.03	0.01	14.5	15.3
30/10/2019	57	0.12	0.02	<lcl	11.9	14.5
30/12/2019	83	1.83	0.15	0.08	-2.1	1.4

31/12/2019	62	2.10	0.17	0.09	-2.7	0.2
01/01/2020	68	2.36	0.20	0.10	-3.3	1.7
02/01/2020	71	2.26	0.19	0.10	-3.8	1.2
09/01/2020	87	2.50	0.23	0.11	-4	-2.3
10/01/2020	82	1.67	0.15	0.08	-1	4.5
13/01/2020	82	2.08	0.20	0.09	-3	0
14/01/2020	113	2.32	0.22	0.11	0	1.8
15/01/2020	105	1.46	0.13	0.07	-3	1.7
16/01/2020	100	2.18	0.20	0.10	-5	-1.3
24/01/2020	92	2.03	0.19	0.10	-2	1.3
Media OTT-19	60	0.26	0.03	0.02	11.8	14.8
Media DIC19-GEN20	86	2.10	0.19	0.10	-2.3	0.9

Tabella 7: Concentrazioni di levoglucosano, mannosano, galattosano e relative concentrazioni di PM10 riscontrate nei campioni selezionati in relazione a Temperature medie e minime.

Dall'esame dei dati ottenuti è possibile inoltre notare come le concentrazioni di levoglucosano abbiano un aumento significativo in corrispondenza dell'abbassamento delle temperature, a conferma della provenienza dal riscaldamento domestico a legna.



La percentuale di levoglucosano presente nei filtri di PM10 varia dal 0.43% di ottobre al 2.5 % in media di dicembre-gennaio come rappresentato nella tabella seguente.

data	PM10 [µg/m ³]	levoglucosano [µg/m ³]	levoglucosano/PM10 %
13/10/2019	61	0.22	0.35
14/10/2019	64	0.47	0.73
29/10/2019	58	0.23	0.40
30/10/2019	57	0.12	0.22
30/12/2019	83	1.83	2.20

31/12/2019	62	2.10	3.38
01/01/2020	68	2.36	3.47
02/01/2020	71	2.26	3.18
09/01/2020	87	2.50	2.88
10/01/2020	82	1.67	2.03
13/01/2020	82	2.08	2.54
14/01/2020	113	2.32	2.06
15/01/2020	105	1.46	1.39
16/01/2020	100	2.18	2.18
24/01/2020	92	2.03	2.21

Tabella 8: Concentrazioni di levoglucosano, PM10 e rapporti percentuali levoglucosano/PM10 riscontrate nei campioni selezionati

Nel confronto con i dati medi di levoglucosano presenti in letteratura³ **valori superiori a 2 µg/m³ sono comunque elevati e confrontabili con le medie ottenute in siti caratterizzati da un consumo elevato di legna per il riscaldamento domestico.** I confronti sono stati eseguiti anche con i risultati ottenuti nel sito di Bernezzo (CN) nel periodo dicembre-gennaio 2015-2016⁴ e con quelli determinati nella stazione di fondo urbano di Torino Lingotto nel periodo dicembre 2016-gennaio 2017.

Le concentrazioni determinate nella campagna in oggetto confermano inoltre quanto rilevato nella prima campagna invernale del dicembre 2017 con un rapporto percentuale medio levoglucosano/PM10 attorno al 2% nei periodi invernali.

Si può pertanto affermare che le concentrazioni significative di levoglucosano riscontrate nei campioni di Asti-Baussano rispetto sia ai dati presenti in letteratura che ad altri monitoraggi condotti da Arpa Piemonte nella stessa stagione, confermano da un lato la presenza di fonti di combustione di biomassa legnosa locali ed avvalorano l'ipotesi di un utilizzo diffuso dei sistemi di riscaldamento domestico alimentati a biomassa anche in ambito urbano, dall'altro confermano i risultati del Source Apportionment modellistico realizzato da Arpa Piemonte a supporto del Piano Regionale di Qualità dell'aria.

Relativamente agli I.P.A. determinati sui filtri di PM10 nella tabella seguente vengono riassunti i risultati ottenuti. Come atteso le concentrazioni di Benzo(a)pirene e più in generale di tutti gli I.P.A. considerati aumentano in relazione all'abbassamento delle temperature, come già evidenziato per gli anidro-zuccheri. La concentrazione di benzo(a)pirene sui filtri di PM10 campionati varia dallo 0.5 ng/m³ circa di ottobre a 4.0ng/m³ relativamente alle giornate di dicembre-gennaio 2020 considerate, ovvero in presenza di riscaldamento la sua concentrazione aumenta di 8 volte circa.

Non si riscontrano differenze significative nelle concentrazioni di I.P.A. tra le giornate festive dei primi giorni di gennaio come invece rilevato con l'analizzatore in continuo di I.P.A., probabilmente a causa delle diverse frazioni di I.P.A. rilevati (nel caso dell'analizzatore vengono infatti determinati quelli con diametro aerodinamico compreso tra 0.01 e 1 µm mentre gli I.P.A. determinati sui filtri PM10 sono quelli relativi alla frazione <=10 µm).

³ Piazzaluga A. et al "Estimates of wood burning contribution to PM by the macro-tracer method using tailored emission factors". Atmospheric Environment 45 (2011), 6642-6649

⁴ <http://www.arpa.piemonte.it/approfondimenti/territorio/cuneo/aria/RelazioneBernezzo20152016.pdf>

data	PM10 [µg/m3]	benzo(a)pirene [ng/m3]	benzo(a)pirene/PM10 %	Benzo[a]antracene [ng/m3]	Benzo[b,j,k] fluorantene [ng/m3]	Benzo[e]pirene [ng/m3]	Benzo[g,h,i] perilene [ng/m3]	Crisene [ng/m3]	Indeno[1,2,3-cd]pirene [ng/m3]
13/10/2019	61	0.6	1.0	0.7	1.5	0.6	0.8	0.3	0.7
14/10/2019	64	0.4	0.7	0.2	1.1	0.5	0.7	0.2	0.6
29/10/2019	58	0.4	0.7	0.2	0.9	0.4	0.6	0.2	0.5
30/10/2019	57	0.2	0.4	0.2	0.6	0.2	0.4	0.2	0.3
30/12/2019	83	3.4	4.1	2.1	7.4	2.8	2.9	3.1	2.8
31/12/2019	62	3.5	5.7	2.9	7.8	2.9	3.1	4.2	3.1
01/01/2020	68	3.8	5.5	2.6	8.1	3.0	3.0	3.7	3.5
02/01/2020	71	4.1	5.7	3.3	8.3	3.2	3.7	4.6	3.8
09/01/2020	87	4.3	5.0	3.8	9.4	3.6	4.1	5.3	4.2
10/01/2020	82	4.5	5.5	3.6	8.9	3.3	4.0	4.6	3.9
13/01/2020	82	3.8	4.6	2.9	7.8	3.1	3.8	4.0	3.5
14/01/2020	113	4.5	4.0	3.2	8.8	3.5	4.1	4.3	3.9
15/01/2020	105	3.8	3.6	3.0	8.3	3.3	3.3	4.0	4.1
16/01/2020	100	4.1	4.1	3.0	8.3	3.3	4.1	4.0	3.8
24/01/2020	92	3.8	4.2	2.7	7.9	3.0	3.6	3.7	3.6

Tabella 9: Concentrazioni di I.P.A. e relative concentrazioni di PM10 riscontrate nei campioni selezionati

4.4 CORRELAZIONI TRA PARAMETRI CHIMICI

L'analisi di correlazione tra il particolato, i suoi parametri componenti determinati e gli inquinanti gassosi misurati nella stazione di Asti-Baussano è stata effettuata utilizzando calcolando l'indice di correlazione lineare per ranghi di Spearman. Quest'ultimo è un indice non parametrico, che rientra tra le tecniche statistiche cosiddette "robuste", nel senso che non sono influenzate dalla presenza degli outlier o dati anomali e non richiedono dati distribuiti in modo gaussiano e per le nostre valutazioni è preferibile. Nel seguito è riportata la matrice di correlazione lineare per ranghi di Spearman tra i vari parametri.

Complessivamente i parametri risultano ben correlati tra loro e molti indici di correlazione hanno valore superiore a 0,7. Nella tabella seguente sono state evidenziate le correlazioni significative per i parametri "indicatori".

In particolare, gli anidro-zuccheri sono tutti ottimamente correlati tra loro, come presumibile, e ben correlati con gli I.P.A, mentre non sono molto correlati con il PM10 e parametri gassosi.

Il benzo(a)pirene oltre ad essere ottimamente correlato con gli altri I.P.A. considerati, è ben correlato sia con il PM10 e gli anidro-zuccheri che con gli inquinanti gassosi; questo conferma l'origine "mista" dell'inquinante nei siti urbani, in particolare traffico veicolare diesel e riscaldamento a biomassa

Il PM10 è ben correlato sia con gli I.P.A. che con gli altri inquinanti gassosi sia per la sua natura primaria e secondaria sia per l'influenza comune che le forzanti atmosferiche hanno su tutti gli inquinanti.

	PM10	levoglucosano	mannosano	galattosano	benzo(a)pirene	Benzo[a]antracene	Benzo[b,j,k] fluorantene	Benzo[e] pirene	Benzo[g,h,i] perilene	Crisene	Indeno[1,2,3- cd]pirene	NO2	NO	BENZENE
PM10		0.53	0.65	0.66	0.73	0.66	0.74	0.82	0.78	0.55	0.82	0.83	0.75	0.85
levoglucosano	0.53		0.95	0.94	0.73	0.68	0.72	0.71	0.73	0.72	0.65	0.62	0.67	0.65
mannosano	0.65	0.95		0.95	0.78	0.69	0.74	0.78	0.84	0.71	0.69	0.72	0.77	0.73
galattosano	0.66	0.94	0.95		0.79	0.72	0.76	0.76	0.81	0.73	0.71	0.76	0.81	0.74
benzo(a)pirene	0.73	0.73	0.78	0.79		0.94	0.97	0.95	0.94	0.90	0.91	0.74	0.87	0.86
Benzo[a]antracene	0.66	0.68	0.69	0.72	0.94		0.95	0.94	0.91	0.98	0.93	0.67	0.84	0.87
Benzo[b,j,k]fluorantene	0.74	0.72	0.74	0.76	0.97	0.95		0.97	0.90	0.90	0.97	0.70	0.84	0.90
Benzo[e]pirene	0.82	0.71	0.78	0.76	0.95	0.94	0.97		0.95	0.88	0.98	0.75	0.85	0.94
Benzo[g,h,i]perilene	0.78	0.73	0.84	0.81	0.94	0.91	0.90	0.95		0.87	0.88	0.82	0.89	0.90
Crisene	0.55	0.72	0.71	0.73	0.90	0.98	0.90	0.88	0.87		0.87	0.62	0.81	0.81
Indeno[1,2,3-cd]pirene	0.82	0.65	0.69	0.71	0.91	0.93	0.97	0.98	0.88	0.87		0.73	0.84	0.94
NO2	0.83	0.62	0.72	0.76	0.74	0.67	0.70	0.75	0.82	0.62	0.73		0.80	0.75
NO	0.75	0.67	0.77	0.81	0.87	0.84	0.84	0.85	0.89	0.81	0.84	0.80		0.85
BENZENE	0.85	0.65	0.73	0.74	0.86	0.87	0.90	0.94	0.90	0.81	0.94	0.75	0.85	

Tabella 10: Matrice di correlazione lineare di Spearman

5. CONCLUSIONI

Gli approfondimenti tecnici svolti nel periodo ottobre 2019-gennaio 2020 presso la stazione di Asti-Baussano completano il quadro di indagine effettuato presso il sito con l'obiettivo di definire meglio la presenza di Idrocarburi Policiclici Aromatici (I.P.A.) in concentrazioni più elevate rispetto ad altre aree di tipologia simile presenti in Regione Piemonte.

Su alcuni filtri selezionati di particolato PM10 si è determinato per via analitica il contenuto degli I.P.A. (generati da traffico e combustione della legna) e degli anidro-zuccheri (generati unicamente dalla combustione della legna) in modo da valutare l'entità del contributo sia del traffico che del *biomass burning* sui fenomeni di inquinamento. A tale scopo è stato installato nella stazione l'analizzatore dedicato alla misura in continuo di tali inquinanti in analogia a quanto eseguito nel bimestre marzo-aprile 2019. Dall'analisi dei risultati ottenuti è possibile trarre le seguenti conclusioni:

- 1) gli I.P.A. correlano molto bene con gli ossidi di azoto (NO_x, NO, NO₂) sia come andamenti nelle ore del giorno che come andamenti settimanali, anch'essi provenienti dalle sorgenti traffico e riscaldamento;
- 2) Dalle analisi condotte con differenti metodiche emerge che il contributo all'inquinamento da IPA ed in particolare da benzo(a)pirene è attribuibile sia al traffico che al riscaldamento a legna, con un contributo maggiore legato a quest'ultimo anche se il traffico, soprattutto diesel, contribuisce a sua volta in misura non trascurabile
- 3) le ore del giorno in cui si misurano le concentrazioni di I.P.A. più elevate risultano essere tra le 17 e le 20 ed evidenziano la presenza nelle ore serali di sorgenti locali che determinano l'innalzamento dei livelli dell'inquinante, decisamente più marcato nei mesi invernali rispetto a primavera e autunno. Questo è sicuramente legato sia alle differenti condizioni atmosferiche sia alla presenza del riscaldamento nei mesi freddi.
- 4) le concentrazioni di I.P.A. non mostrano significative dipendenze dalla direzione di provenienza dei venti in quanto i valori più alti di concentrazione per lo più si registrano in condizioni di vento debole (≤ 2 m/s). Ciò indica emissioni a livello del suolo con limitata spinta di galleggiamento quali traffico veicolare e riscaldamento domestico. Non è pertanto possibile discriminare una direzione prevalente delle sorgenti emmissive;
- 5) le concentrazioni medie di levoglucosano, marker specifico della combustione della legna, presso la stazione di Baussano risultano significative e confermano la presenza di fonti di combustione di biomassa legnosa locali avvalorando l'ipotesi di un utilizzo diffuso dei sistemi di riscaldamento domestico alimentati a biomassa sia in ambito urbano che nelle aree più periferiche extraurbane;
- 6) le concentrazioni giornaliere di benzo(a)pirene risultano ben correlate sia con il PM10 e gli anidro-zuccheri determinati, sia con gli inquinanti gassosi monitorati nella stazione; questo conferma l'origine "mista" dell'inquinante nei siti urbani, quale traffico veicolare, in particolare quello legato ai mezzi con alimentazione diesel, e riscaldamento a biomassa.

In conclusione, la criticità legata ad elevate concentrazioni di benzo(a)pirene nei mesi invernali presso la stazione di Asti Baussano si spiega con l'eccessivo impatto del riscaldamento a legna e, in misura minore ma non trascurabile, del traffico veicolare su Corso Don Minzoni e vie limitrofe. Allo scopo di ridurre i livelli di inquinamento al di sotto dei limiti normativi e in considerazione della presenza in loco di una scuola primaria che costituisce un bersaglio sensibile si consiglia di prevedere, nel breve periodo, azioni di mitigazione rivolti alla riduzione del traffico locale e/o interventi di urban greening (barriere verdi, verde verticale, etc..) appositamente progettati per il sito parallelamente alle azioni previste su più larga scala dal piano di risanamento regionale.