

STRUTTURA COMPLESSA

DIPARTIMENTO TERRITORIALE PIEMONTE SUD EST

Struttura Semplice Attività di Produzione Sud-Est– Nucleo Operativo Qualità dell’Aria

COMUNE DI ASTI

**PROGETTO FORESTAZIONE URBANA-
MONITORAGGIO DELLA QUALITA’ DELL’ARIA
CON LABORATORIO MOBILE – LUGLIO-AGOSTO
2018**

RELAZIONE TECNICA

**RISULTATO ATTESO B5.16
PRATICA N°G07_2018_01245_22**

PERIODO DI MONITORAGGIO dal 17/07/2018 al 17/08/2018

Redazione	Funzione: Tecnico Prevenzione Nome: Cristina Otta	Firmato digitalmente
Verifica e Approvazione	Funzione: Responsabile S.S. Produzione Nome: 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

	<i>Dipartimento Territoriale Piemonte Sud Est – SC07 Struttura Semplice Produzione SS07.02</i>	Pagina: 2/24
	RELAZIONE TECNICA	ASTI FORESTAZIONE URBANA ESTIVO 2018

ARPA Dipartimento Piemonte Sud Est

Redazione dei testi e delle elaborazioni a cura di:

C. Otta, L.Erbetta, E.Scagliotti del Dipartimento ARPA Piemonte Sud Est

Per la gestione tecnica della campagna di monitoraggio hanno collaborato:

G. Mensi, V. Ameglio, E. Scagliotti, L. Erbetta, S. Vazzola del Dipartimento ARPA Piemonte Sud Est

Sommario

1. INTRODUZIONE	4
2. IL QUADRO NORMATIVO	5
3. DESCRIZIONE DEGLI INQUINANTI MONITORATI	6
4. STRUMENTAZIONE UTILIZZATA	7
5. SCELTA DEI SITI DI MISURA	8
5.1 PRIMA CAMPAGNA	9
5.2 SECONDA CAMPAGNA	10
5.3 FLUSSI DI TRAFFICO.....	10
6. CARATTERIZZAZIONE METEOROLOGICA PERIODO DI MISURA	12
7. RISULTATI	13
7.1 EFFETTI SULLA TEMPERATURA-RIDUZIONE DELL'ISOLA DI CALORE	13
7.2 EFFETTI SUGLI INQUINANTI	15
7.2.1 OSSIDI DI AZOTO	15
7.2.2 POLVERI PM10	21
7.2.3 OZONO.....	23
8. CONCLUSIONI	24
9. BIBLIOGRAFIA	24

	Dipartimento Territoriale Piemonte Sud Est – SC07 Struttura Semplice Produzione SS07.02	Pagina: 4/24
	RELAZIONE TECNICA	

1.INTRODUZIONE

È oggi ampiamente documentato a livello scientifico¹ che il verde urbano, opportunamente progettato, può apportare benefici in termini di depurazione dell'aria dagli inquinanti atmosferici e di mitigazione del surriscaldamento terrestre e dei cambiamenti climatici in atto, aumentando l'assorbimento della CO₂ e di altri inquinanti gassosi, riducendo le polveri fini, aumentando la capacità di ritenzione delle acque meteoriche e contrastando l'effetto "isola di calore" tipico delle città. Oltre a ciò, la forestazione urbana contribuisce a ridurre l'inquinamento acustico e, più in generale, a riqualificare e migliorare la vivibilità dell'ambiente urbano con ricadute positive di carattere sociale e relazionale.

In linea con le numerose sperimentazioni in atto su tale fronte in ambito nazionale ed internazionale (www.iscapeproject.eu www.lifegaia.eu) e nell'ottica di approfondire e diffondere buone pratiche ambientali sui comuni del bacino padano, caratterizzati da criticità legate ad una cattiva qualità dell'aria ed agli impatti dei mutamenti climatici, il Dipartimento Arpa Piemonte Sud-Est in collaborazione con il gruppo di ricerca bio-meteorologia del Consiglio Nazionale delle Ricerche di Bologna (<http://www.bo.ibimet.cnr.it/koordinato> dalla dott.ssa Rita Baraldi, ha intrapreso un approfondimento circa gli aspetti tecnico scientifici e sperimentali legati agli effetti mitigativi del verde urbano sul territorio del Comune di Asti.

Le fasi del progetto sono così articolate:

- monitoraggio della qualità dell'aria estiva e invernale e dell'inquinamento acustico (Relazioni Arpa G07_2018_01971 e G07_2018_01972) svolto da Arpa mediante centraline mobili posizionate in contemporanea in due postazioni del centro urbano esposte al traffico cittadino, di cui una con presenza di vegetazione (giardini, parchi, viali alberati) ed una in assenza di vegetazione al fine di rilevare le differenze microclimatiche e di inquinamento.
- censimento delle specie arboree attualmente presenti sul territorio comunale e delle loro principali caratteristiche (numero piante, tipologia, dimensioni) attraverso la consultazione delle banche dati comunali abbinata ai dati di inquinamento forniti dalle stazioni della rete regionale gestita da Arpa, in particolare ai dati orari di PM₁₀ rilevati dalla stazione di monitoraggio della qualità dell'aria di Alessandria-Volta sull'anno 2017;
- simulazioni modellistiche realizzate da IBIMET-CNR mediante il software open-source **ITREE** (<https://www.itreetools.org/>) sulla base dei dati acquisiti volte a stimare il grado di efficacia di mitigazione del verde attualmente presente in termini di riduzione dell'inquinamento atmosferico (capacità assorbimento di inquinanti gassosi, cattura delle polveri sottili) e mitigazione dei cambiamenti climatici (sequestro di CO₂, riduzione delle temperature, assorbimento delle acque meteoriche) ed a prefigurare nuovi scenari di implementazione di verde urbano appositamente progettati ed inseriti nel contesto territoriale (alberature, barriere verdi, boschi urbani, green-walls, green-roof, etc..) per ottenere benefici aggiuntivi e misurabili.

Nello specifico la presente relazione illustra i risultati delle prime campagne di monitoraggio della qualità dell'aria in periodo estivo effettuate con laboratori mobili presso aree comunali caratterizzate da differente presenza di vegetazione, nel periodo compreso tra il 17 luglio e il 17 agosto 2018. Scopo del monitoraggio è quello di studiare se vi siano effetti mitigativi misurabili sull'inquinamento e sui parametri meteoclimatici (temperatura, umidità, vento, radiazione) legati alla presenza della vegetazione e confrontarli con i dati di letteratura.

Le misure effettuate con gli analizzatori di riferimento presenti sui laboratori mobili sono state inoltre integrate con l'utilizzo di 3 stazioni portatili low-cost modello "AIRQino" fornite e progettate da IBIMET_CNR e corredate di mini-sensori per temperatura e umidità, VOC totali, NO₂, Ozono, polveri Pm₁₀/PM_{2.5}, CO. Le risultanze analitiche di tali misure saranno oggetto di relazione dedicata a cura di IBIMET_CNR.

¹ Si veda nota bibliografica

2. 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 ^(b)
		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.

^(b) 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

3. 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*	C6H6	Attività industriali, traffico autoveicolare
Biossido di zolfo*	SO2	Attività industriali, centrali di potenza
Biossido di azoto*/**	NO2	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**	O3	Non ci sono significative sorgenti di emissione antropiche in atmosfera
Particolato atmosferico */**	PM10	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.

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 PM2.5 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

	Dipartimento Territoriale Piemonte Sud Est – SC07 Struttura Semplice Produzione SS07.02	Pagina: 7/24
	RELAZIONE TECNICA	

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 **PM2.5** 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

4. STRUMENTAZIONE UTILIZZATA

I dati di qualità dell'aria analizzati nella presente relazione sono stati acquisiti mediante un laboratorio mobile, provvisto di analizzatori automatici in grado di monitorare in continuo e di fornire dati in tempo reale per i principali inquinanti atmosferici. La strumentazione utilizzata dal laboratorio mobile è del tutto simile a quella presente nelle stazioni fisse della RRQA e risponde alle caratteristiche previste dalla legislazione vigente (D. Lgs.155/2010). In particolare, il laboratorio mobile è provvisto di strumenti per misurare: Monossido di Carbonio CO, Ossidi di Azoto NO_x (NO – NO₂), Biossido di Zolfo (SO₂), Ozono, BTEX (Benzene, Toluene, Xileni, etilbenzene) , polveri fini PM10.



Figura 1-Laboratorio mobile in servizio presso ARPA

I livelli di concentrazione degli inquinanti sono forniti con cadenza oraria, tranne per le polveri PM10 che sono fornite come medie giornaliera. L'aria da campionare è prelevata attraverso una "testa di prelievo" che pompa una quantità d'aria sufficiente da poter essere inviata ai vari analizzatori e direttamente analizzata. L'analisi del PM10 è l'unica che non viene effettuata direttamente sul posto in quanto si utilizza un sistema di campionamento gravimetrico a "impatto inerziale", ovvero la testa di prelievo pompa 2,3m³/h di aria che viene fatta passare attraverso dei filtri di quarzo del diametro di 47mm sul quale si deposita la polvere PM10 (ovvero solo la frazione del particolato appositamente filtrato con diametro inferiore a 10 micron). Dopo 24 ore il filtro "sporco" viene prelevato e successivamente pesato in laboratorio: la concentrazione di polvere si desume per differenza di peso tra il filtro pulito pesato prima del campionamento e lo stesso filtro pesato dopo le 24 ore di campionamento.

Le specifiche tecniche della strumentazione utilizzata sono di seguito riportate:

Laboratorio mobile di monitoraggio della qualità dell'aria				
Strumento	Modello	Parametro misurato	Metodo di misura	Incertezza estesa
Analizzatore API	200E	NO – NO ₂	Chemiluminescenza	15.1%
Analizzatore API	300E	CO	Spettrometria IR	8.2%
Analizzatore CROMATOTECH	GC855	Benzene, Toluene, Xileni, Etilbenzene	Gascromatografia	25% max
Analizzatore API	100A	SO ₂	Fluorescenza	10.8%
PM10 TECORA	Charlie-Sentinel	PM ₁₀	Gravimetria	13.0%
Analizzatore API	400E	O ₃	Assorbimento UV	5.1%

N.B. L'INCERTEZZA ESTESA è 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.

5. SCELTA DEI SITI DI MISURA

Operativamente sono state realizzate due campagne di misura: la prima di confronto tra un viale alberato e un canyon urbano con flussi di traffico simili, la seconda di confronto tra un parco urbano e una piazza in area a traffico limitato (figura 1).

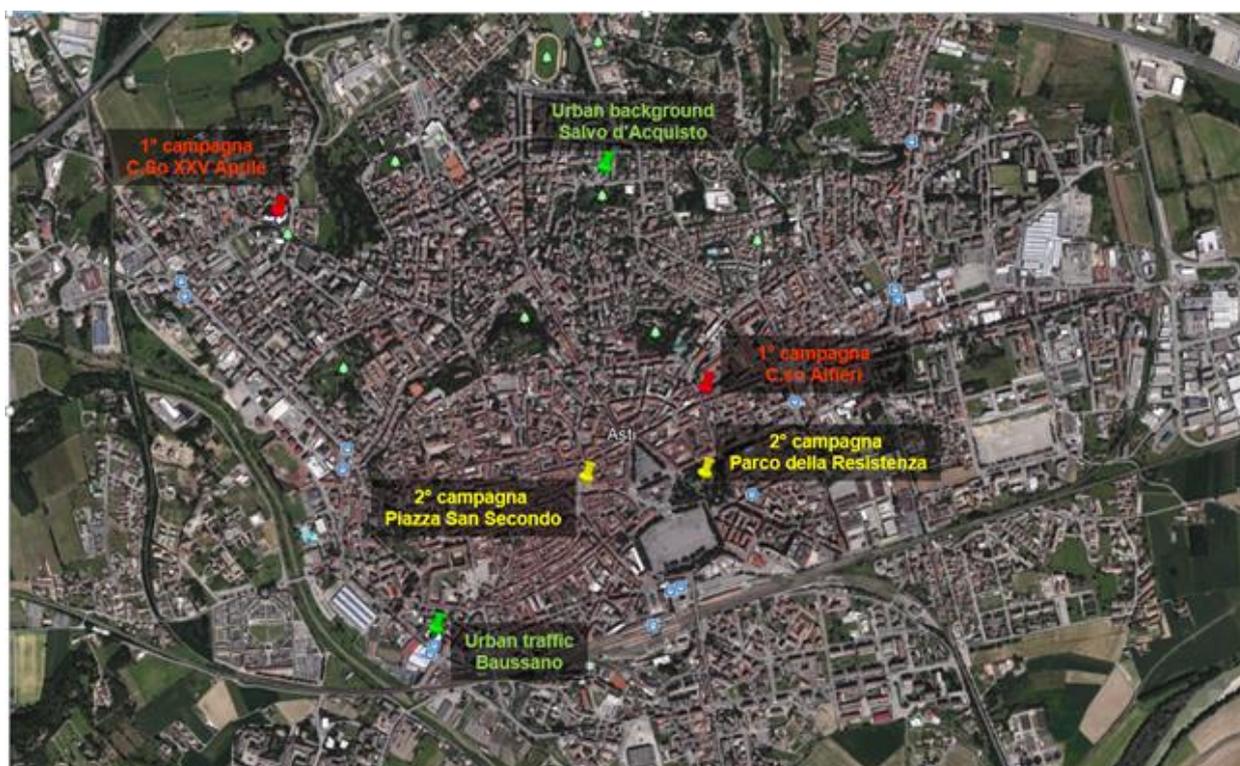


Figura 1-Siti monitoraggio

5.1 PRIMA CAMPAGNA

Nella tabella seguente sono riassunte le caratteristiche relative alle due postazioni di misura afferenti alla prima campagna.

Periodo di monitoraggio: 17 luglio-6 agosto 2018

POSTAZIONE 1	POSTAZIONE 2
Corso Alfieri	Corso XXV Aprile
Centro storico cittadino	Zona Residenziale
No alberi	Alberature lato strada
ZTL	NO ZTL
Traffico locale pari a 82500 veicoli/settimana di cui 9.5% pesante	Traffico locale pari a 102200 veicoli/settimana di cui 14.5% pesante
Densamente costruito	Densamente costruito
	
	

5.2 SECONDA CAMPAGNA

Periodo di monitoraggio: 17 luglio-6 agosto

POSTAZIONE 1	POSTAZIONE 2
Piazza San Secondo	Parco della Resistenza
Centro storico cittadino	Parco urbano
No alberi	Alberature
ZTL	NO ZTL
Pedonale	Pedonale
Densamente costruito	Parcheggio in prossimità
	
	

5.3 FLUSSI DI TRAFFICO

I flussi veicolari, suddivisi per categoria di veicolo, sono stati stimati attraverso un rilievo di traffico effettuato da lunedì 20 luglio a domenica 29 luglio 2018 in corrispondenza di Corso Alfieri numero civico 84 e in Corso XXV Aprile numero civico 151. I rilievi sono stati eseguiti dal Servizio Viabilità della Provincia di Asti.

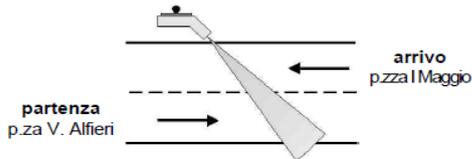
Il rilievo del traffico ha un dettaglio orario ed è distinto in due ruote, Auto, Furgoni, Camion e Autoarticolati. Nelle figure seguenti vengono illustrati i risultati ottenuti.

Il numero di veicoli settimanali transitanti in corso Alfieri risulta pari a 82500, in corso XXV Aprile invece è pari a 102200, ovvero circa il 25% in più rispetto a C.so Alfieri. Analizzando la tipologia di veicoli in transito in corso XXV Aprile si evidenzia inoltre un numero di camion e autoarticolati doppio rispetto a corso Alfieri mentre il numero di auto è pressoché identico.

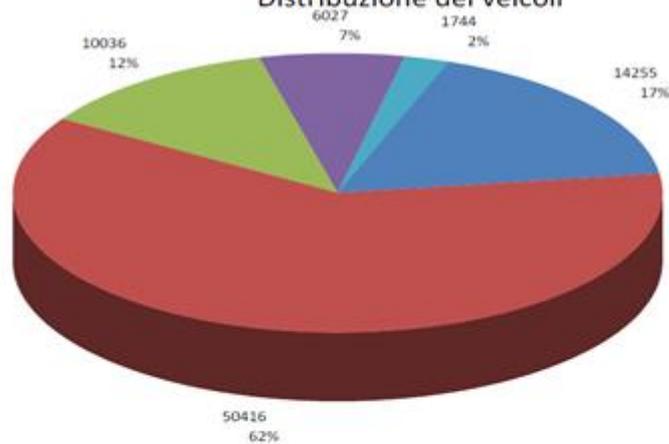
RELAZIONE TECNICA

RILIEVO DEL TRAFFICO

Comune di : Asti
 Strada : CORSO V. ALFIERI
 Rilievo : lunedì 20/07/2018 - domenica 29/07/2018
 traffico in entrambe le direzioni
 Postazione n. civico : 84
 lato : DX
 luogo : università "ASTISS"
 limite vel. : 30 km/h



Distribuzione dei veicoli



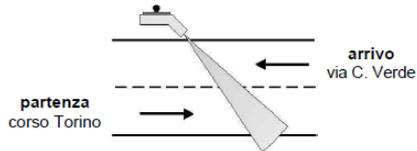
- Dueruote
- Auto
- Furgoni
- Camion
- Autoarticolati

Periodo di valutazione lunedì 23 luglio 2018,00:00 - lunedì 30 luglio 2018,00:00		Quantità	Vmed[km/h]	Vmax[km/h]	V85 [km/h]
Limite di velocità	30 km/h				
Violazioni del limite di velocità	44,53 %	Dueruote 14255	24	91	35
Gap temporale medio	13,38 s	Auto 50416	31	83	38
Traffico in coda	41,94 %	Furgoni 10036	31	103	39
TMG	11783	Camion 6027	29	109	36
TMA	4300795	Autoarticolati 1744	28	86	35
Percentuale veicoli persanti	9,42 %	Totale 82478	30	109	38
Direzione di valutazione	Entrambe le direzioni				
Operatore:	Magari P.				
Commento:	corso V. Alfieri n. 84				
Luogo:	università "ASTISS"				
Direzione veicoli in arrivo:	piazza I Maggio				
Direzione veicoli in partenza:	piazza V. Alfieri				

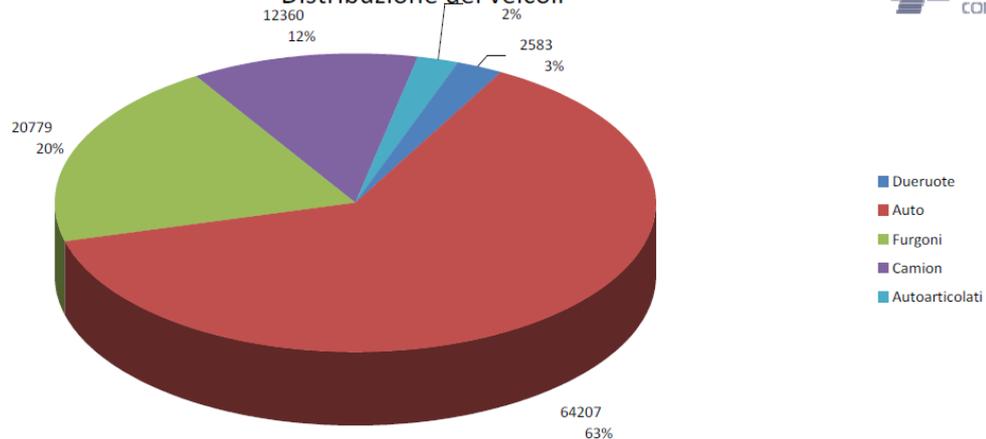
RELAZIONE TECNICA

RILIEVO DEL TRAFFICO

Comune di : Asti
 Strada : CORSO XXV APRILE
 Rilievo : lunedì 20/07/2018 - domenica 29/07/2018
 traffico in entrambe le direzioni
 n. civico : 151
 lato : DX
 Postazione : luogo : scuola elem. "Rio Crosio"
 limite vel. : 50 km/h



Distribuzione dei veicoli



Periodo di valutazione lunedì 23 luglio 2018,00:00 - lunedì 30 luglio 2018,00:00						
Limite di velocità	50 km/h	Quantità	Vmed[km/h]	Vmax[km/h]	V85 [km/h]	
Violazioni del limite di velocità	7,94 %	Dueruote	2583	38	78	47
Gap temporale medio	10,96 s	Auto	64206	41	94	47
Traffico in coda	38,06 %	Furgoni	20779	42	101	49
TMG	14603	Camion	12360	42	90	49
TMA	5330095	Autoarticolati	2290	37	79	42
Percentuale veicoli pesanti	14,33 %	Totale	102218	41	101	48
Direzione di valutazione	Entrambe le direzioni					
Operatore:	Magari P.					
Commento:	corso XXV Aprile n. 151					
Luogo:	scuola elementare "Rio Crosio"					
Direzione veicoli in arrivo:	via Conte Verde					
Direzione veicoli in partenza:	corso Torino					

6. CARATTERIZZAZIONE METEOROLOGICA PERIODO DI MISURA

In Piemonte il mese di luglio 2018 è stato caratterizzato da temperature risultate quasi sempre superiori alla norma e, al contempo, da frequenti condizioni di instabilità, con fenomeni temporaleschi di intensità forte o anche molto forte. Nei primi 6 giorni del mese di agosto la media delle temperature massime si è quasi sempre mantenuta al di sopra dei 33 °C.²

²Sistemi Previsionali Arpa Piemonte

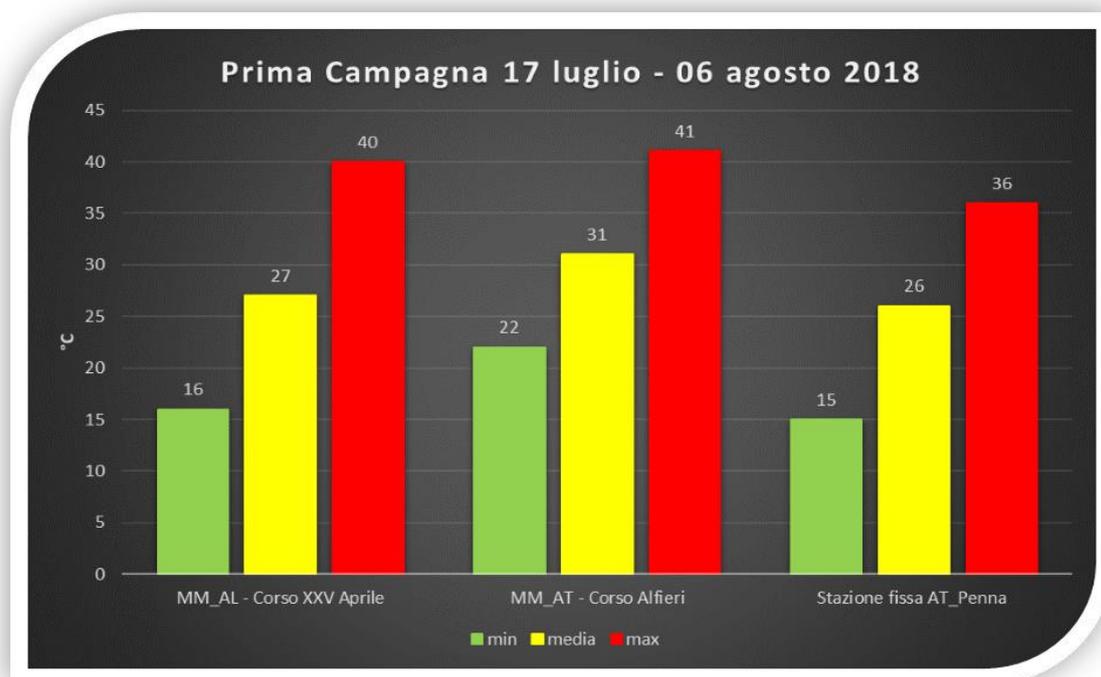
7. RISULTATI

Per quantificare l'effetto del verde sui livelli degli inquinanti presenti in ambito urbano sono stati confrontati tra loro i dati acquisiti dai due laboratori nelle due postazioni "green" e "non green". I parametri considerati sono stati PM10, acquisiti con frequenza giornaliera, NOx e Ozono acquisiti con frequenza ogni 10 e 1 minuto, temperatura, umidità relativa.

Le concentrazioni registrate con i laboratori mobili sono state altresì confrontate con quelle misurate nelle stazioni fisse della Rete Regionale della Qualità dell'Aria (RRQA) presenti ad Asti, in particolare con la stazione da traffico di Asti-Baussano e con quella di fondo urbano di Asti-D'Acquisto

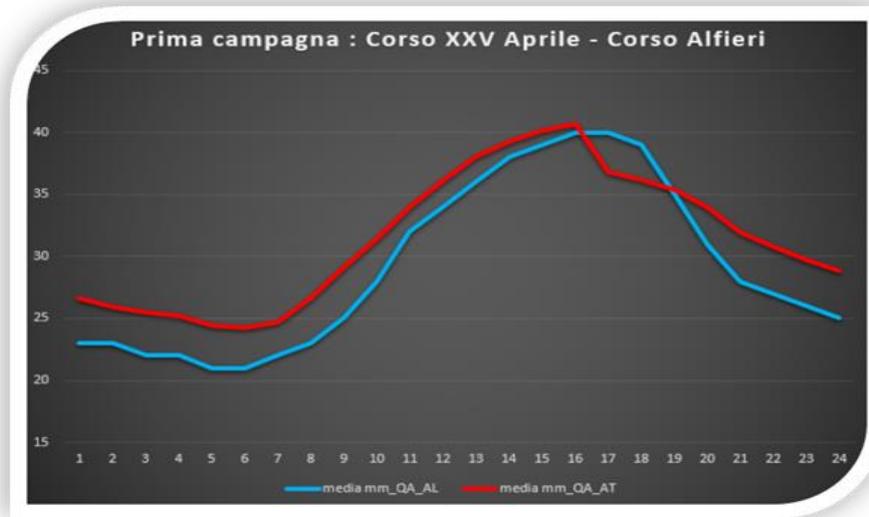
7.1 EFFETTI SULLA TEMPERATURA-RIDUZIONE DELL'ISOLA DI CALORE

Nei grafici seguenti vengono raffigurate le temperature minime, medie e massime rilevate nel corso delle due campagne di misura presso le postazioni scelte unitamente agli andamenti del giorno tipo. Relativamente alla prima campagna di misura si osservano per la postazione "GREEN" di Corso XXV Aprile una diminuzione di 6°C sulle temperature minime (pari al 27%) e di 4 °C sulle temperature medie (pari al 13%) rispetto a quanto misurato in Corso Alfieri; non si osservano differenze significative sulle temperature massime. I valori di temperatura rilevati in area verde sono assimilabili a quelli rilevati in zona periferica presso la stazione meteo Arpa regionale di Asti-Penna. L'andamento del giorno tipo evidenzia temperature più alte dalle 0 alle 16 presso la postazione di Corso Alfieri a cui segue un calo significativo delle temperature dalle 16 alle 19 per effetto dell'ombra schermante prodotta dalla cortina di palazzi. Dalle 19 alle 24 le temperature in C.so Alfieri risalgono ben al di sopra di quanto misurato in Corso XXV Aprile.



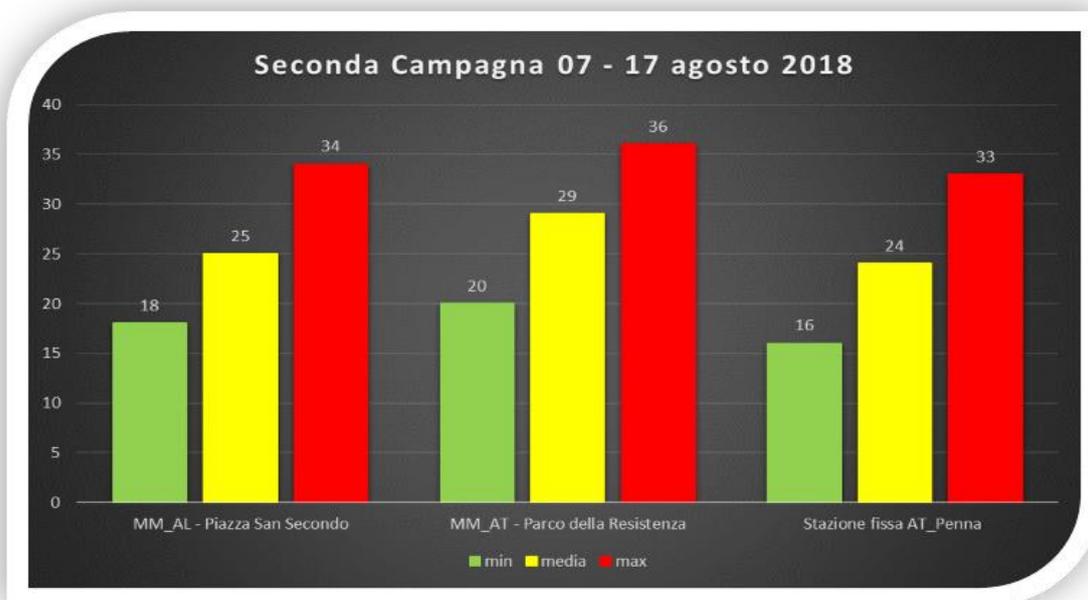
Prima campagna di monitoraggio-Confronto tra temperature minime medie massime postazione "green"- corso XXV Aprile, " non green"- Corso Alfieri e stazione fissa Asti-Penna

RELAZIONE TECNICA

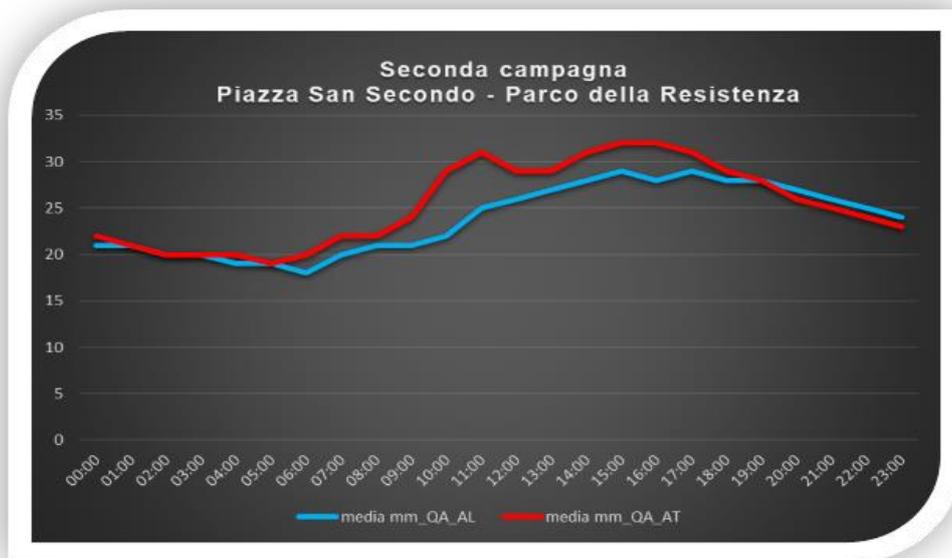


Prima campagna di monitoraggio-Giorno tipo temperatura. In azzurro postazione “green”-Corso XXV Aprile, in rosso postazione “non green” Corso Alfieri

Nella seconda campagna le variazioni di temperatura sono risultate più “contenute” con una diminuzione di 2°C sulle temperature minime (10%) e di 4 °C (14%) sulle temperature medie relativamente alla postazione “GREEN” del Parco della Resistenza rispetto a quanto misurato in Piazza San secondo “NON GREEN”. L’andamento del giorno tipo mostra un buon accordo tra le temperature rilevate nei due siti nelle prime ore del giorno e dalle 19 alle 24, mentre nelle ore centrali della giornata le temperature più alte vengono registrate presso il Parco della Resistenza. I risultati ottenuti confermano i dati di letteratura (“Riduzione della temperatura per ombreggiamento e traspirazione fino a 2°C durante l’estate in streetscape urbano”, Russo et al., Aims Environmental Science,3(2016) 58-76) ove è ampiamente dimostrato l’effetto delle piante sulla riduzione dell’isola di calore, con conseguente riduzione dal 5 al 28% dei decessi estivi (“Urban Vegetation for reducing heat related mortality”, Dong Chen et al., Environmental Pollution 192 (2014) 275-284).



Seconda campagna di monitoraggio-Confronto tra temperature minime medie massime postazione “green” - Parco della Resistenza, “ non green”- Piazza San secondo e stazione fissa Asti-Penna



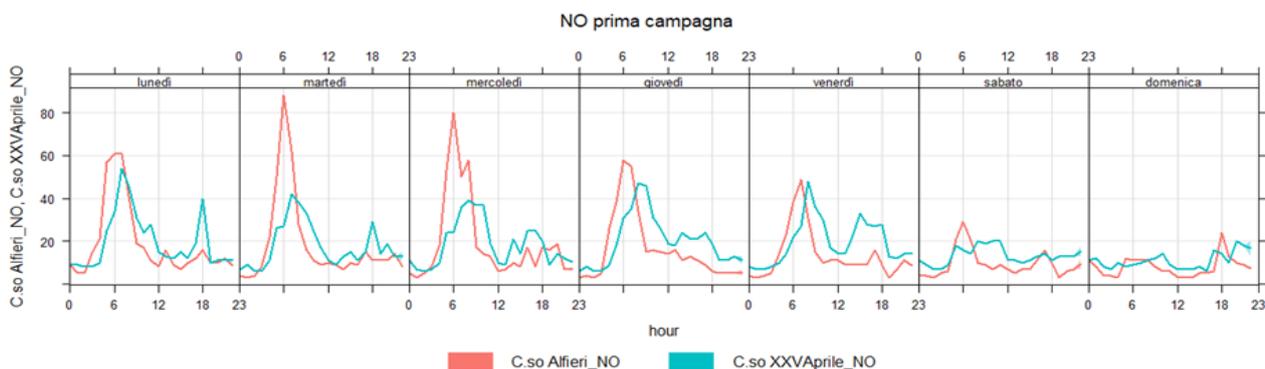
Seconda campagna di monitoraggio-Giorno tipo temperatura. In azzurro postazione “non green”-Piazza San Secondo, in rosso postazione “green” Parco della Resistenza

7.2 EFFETTI SUGLI INQUINANTI

7.2.1 OSSIDI DI AZOTO

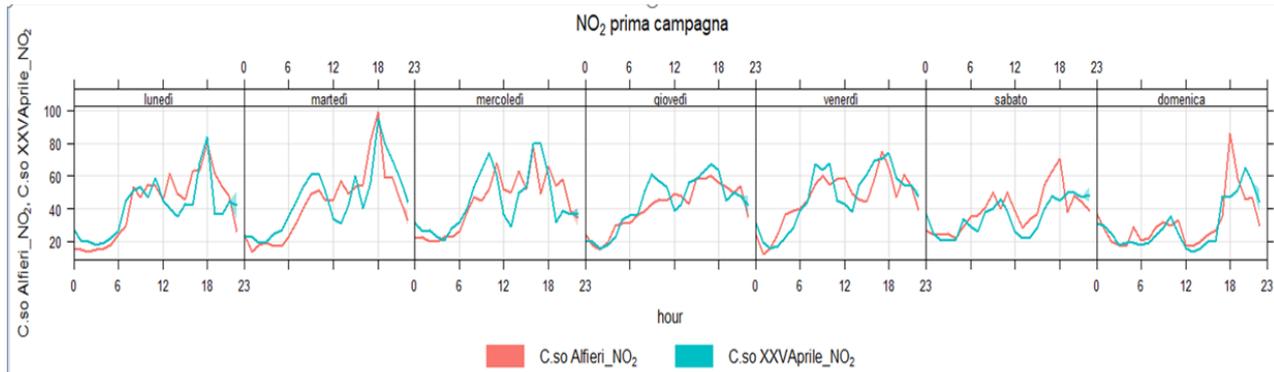
Le elaborazioni seguenti sono state effettuate considerando, per la prima campagna di misura, i valori acquisiti nella settimana dal 30 luglio al 5 agosto, per la seconda campagna le concentrazioni relative alle giornate del 14-15-16 agosto, a causa di una minore disponibilità di giorni con entrambe le coppie di dati. I grafici sottostanti rappresentano le concentrazioni orarie per monossido di azoto (NO) e biossido di azoto (NO₂) nei vari giorni della settimana.

Relativamente alla prima campagna e analizzando gli andamenti giornalieri degli inquinati, possiamo individuare in entrambi i siti sia la presenza del picco mattutino di NO, con concentrazioni più elevate nella postazione “non green” di Corso Alfieri in particolare nei primi giorni della settimana, sia di quello mattutino e serale di NO₂ che invece non evidenzia particolari differenze, nonostante in corso XXV Aprile i flussi di traffico siano superiori. Questi andamenti particolari trovano, come noto, corrispondenza nell’andamento del traffico veicolare, che presenta un incremento il mattino e la sera, ridotto o assente invece nelle giornate festive. Nella seconda campagna i valori di NO risultano sempre più elevati presso la postazione “non green” di p.za San Secondo mentre quelli di NO₂ risultano più alti in area verde, probabilmente a causa di un diverso bilanciamento delle reazioni tipiche del ciclo degli ossidi di azoto ad opera degli alberi.

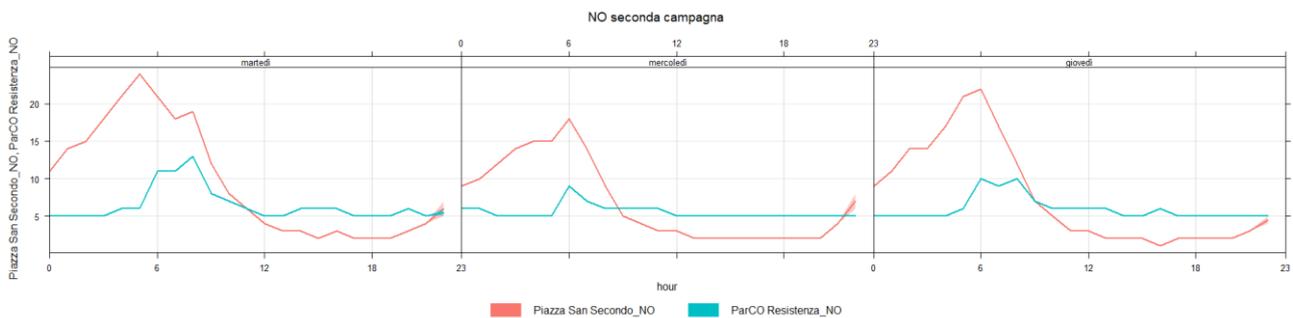


Prima campagna di monitoraggio-Giorno tipo NO. In azzurro postazione “green”-Coso XXV Aprile, in rosso postazione “ non green” Corso Alfieri

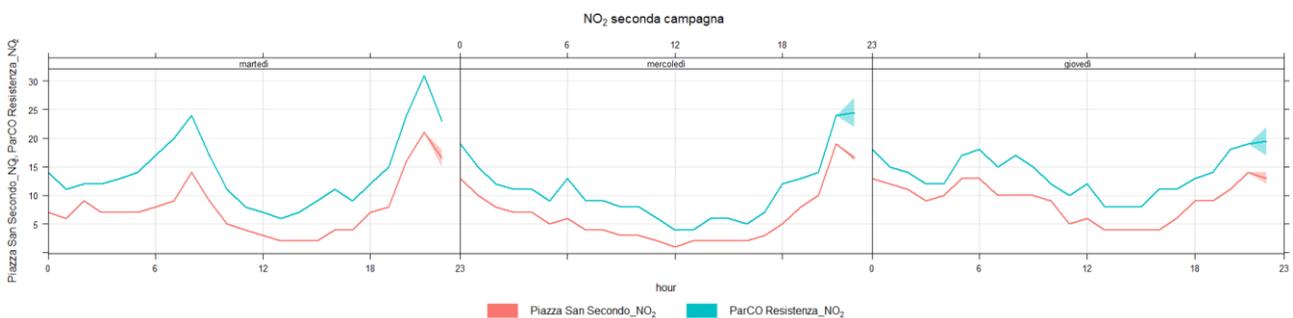
RELAZIONE TECNICA



Prima campagna di monitoraggio-Giorno tipo NO₂. In azzurro postazione “green”-Coso XXV Aprile, in rosso postazione “non green” Corso Alfieri



Seconda campagna di monitoraggio-Giorno tipo NO. In azzurro postazione “green” -Parco della Resistenza, in rosso postazione “non green” Piazza San Secondo



Seconda campagna di monitoraggio-Giorno tipo NO₂. In azzurro postazione “green” -Parco della Resistenza, in rosso postazione “non green” Piazza San Secondo

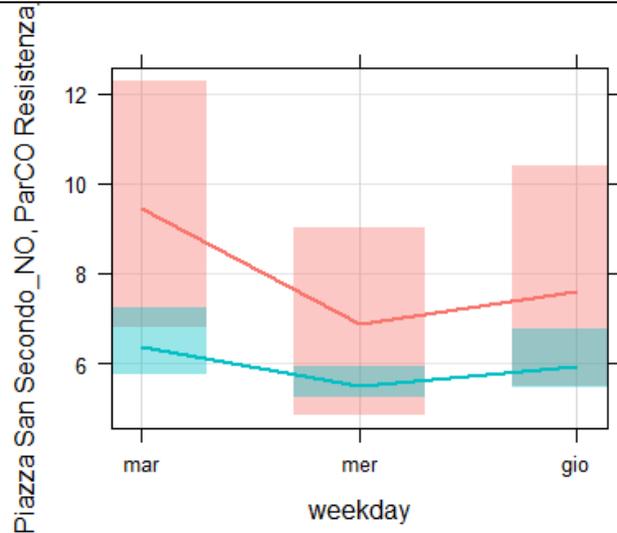
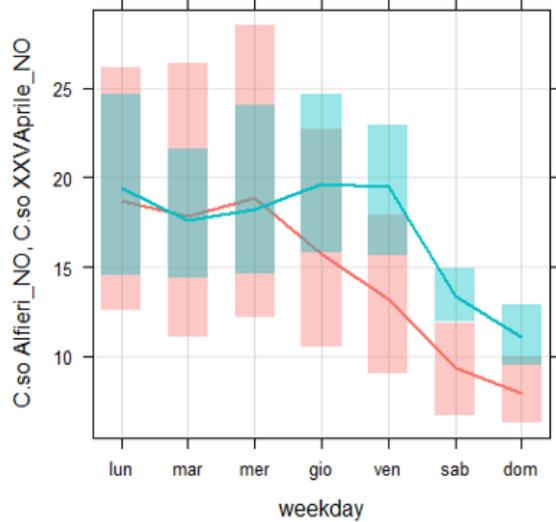
Nelle figure seguenti vengono rappresentate le concentrazioni medie giornaliere dei due inquinanti nei vari giorni della settimana (la linea continua rappresenta il valore medio, l'area colorata l'intervallo di confidenza al 95%).

Nel corso della prima campagna di misura mediamente le concentrazioni di NO risultano più elevate in Corso XXV Aprile dal giovedì alla domenica, mentre nei restanti giorni non si evidenziano differenze significative tra i due siti. Il biossido di azoto invece non evidenzia particolari differenze. Dunque le differenze non sono significative ma occorre tenere presente che nel sito “GREEN” abbiamo il 25% in più di traffico veicolare con più presenza di mezzi pesanti.

Nella seconda campagna si osservano valori mediamente superiori in Piazza San Secondo per NO, viceversa più elevati in Parco della Resistenza per NO₂, che è superiore del 40% circa rispetto al sito “NON GREEN”. Tale effetto è compensato dalla diminuzione di ozono come più avanti spiegato.

RELAZIONE TECNICA

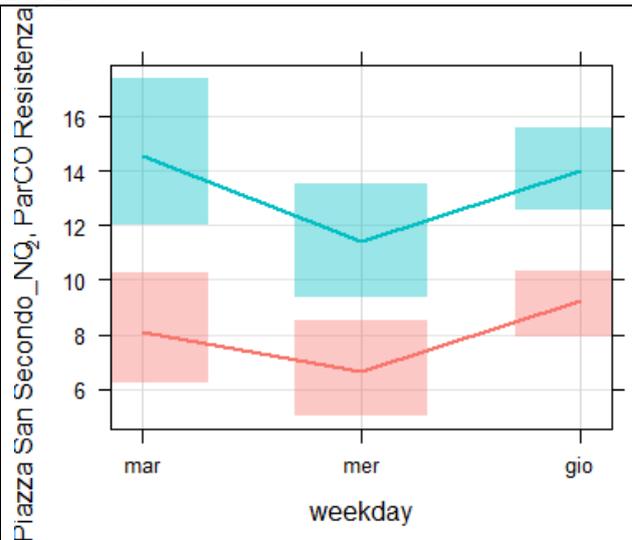
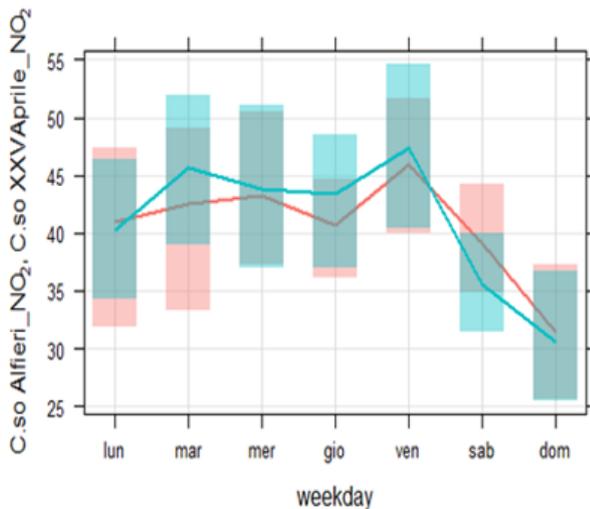
MONOSSIDO DI AZOTO



C.so Alfieri_NO C.so XXV Aprile_NO

Piazza San Secondo_NO ParCO Resistenza_NO

BIOSSIDO DI AZOTO



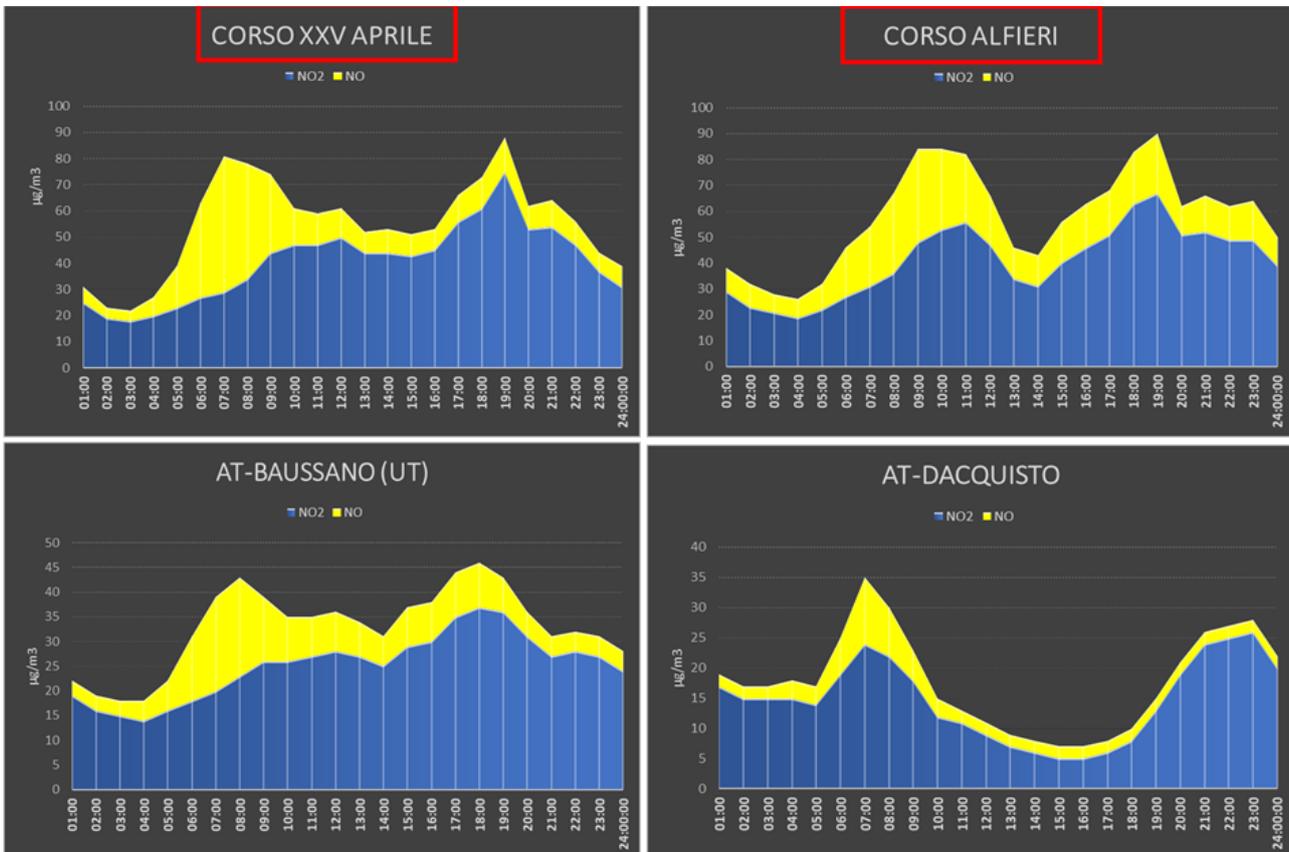
C.so Alfieri_NO2 C.so XXV Aprile_NO2

Piazza San Secondo_NO2 ParCO Resistenza_NO2

Prima e Seconda campagna di monitoraggio-Settimana tipo NO-NO₂. In azzurro postazioni "green" - in rosso postazioni "non green"

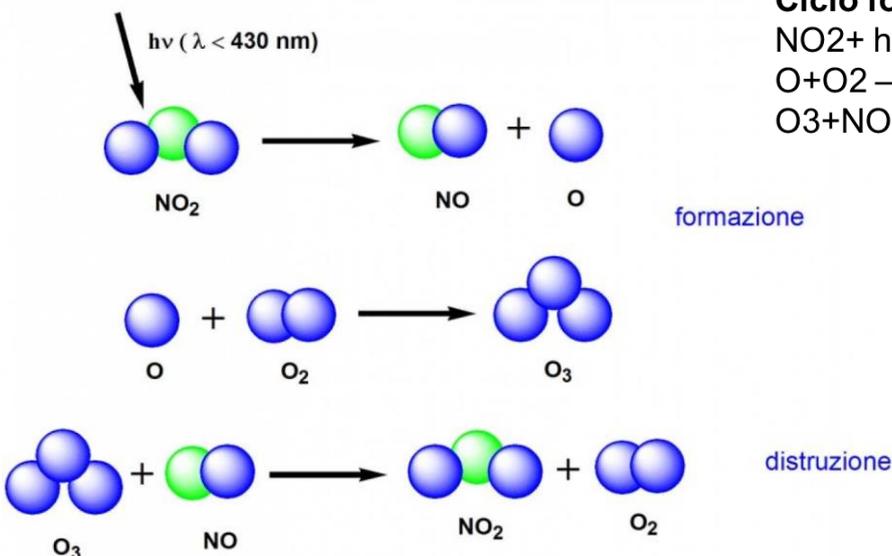
Se si considerano le concentrazioni totali di NO_x come somma di NO+NO₂ misurate nel corso della prima campagna dove i contributi di NO_x derivavano dalle emissioni primarie dei veicoli in transito sulle due arterie urbane, emergono con evidenza i valori molto elevati se confrontati con quanto misurato negli stessi giorni presso le stazioni fisse di Asti. I profili degli inquinanti di corso XXV Aprile e Corso Alfieri sono simili a quelli registrati della stazione di traffico di Asti-Baussano e presentano picchi tipici delle ore di punta del traffico del mattino e del tardo pomeriggio, ma mentre gli NO_x totali sulle due stazioni di qualità dell'aria di Baussano e D'Acquisto hanno valori massimi di concentrazione rispettivamente di 45 e 35 microgrammi/m³, le postazioni di corso XXV Aprile e Corso Alfieri raggiungono entrambe valori di 90microgrammi/m³, estremamente elevati per il periodo estivo. I due siti dunque presentano dunque concentrazioni di inquinanti da traffico simili anche se C.so XXV Aprile presenta regimi di traffico superiori del 25% circa rispetto a C.so Alfieri. Quest'ultimo si configura come vero e proprio "canyon urbano" con cortine ininterrotte di palazzi e ampiezza ridotta delle carreggiate che creano una condizione favorevole al ristagno degli

inquinanti e di ostacolo alla circolazione dell'aria con conseguente peggioramento della qualità dell'aria.



Prima campagna di monitoraggio-giorno tipo NO_x-NO-NO₂. In azzurro NO₂ - in giallo NO_x-NO₂- postazione "green"-Coso XXV Aprile, postazione "non green" Corso Alfieri e stazioni fisse RRQA

Le misure di NO e NO₂ giornaliere sono state analizzate congiuntamente ai livelli di Ozono in quanto questi inquinanti sono coinvolti in una serie di reazioni fotochimiche comuni (ciclo foto-stazionario dell'ozono), a cui si somma l'effetto delle piante nelle postazioni con alberi. Come è noto infatti, da un lato alcune specie possono rimuovere ozono e altri inquinanti per assorbimento all'interno delle foglie, dall'altro rilasciano nell'aria composti organici volatili che possono intervenire nelle reazioni di formazione dell'ozono.



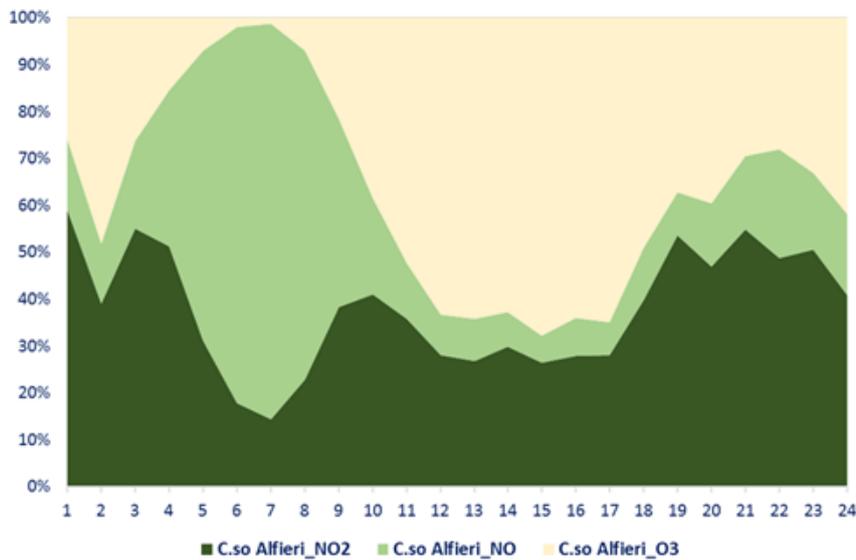
RELAZIONE TECNICA

Relativamente alla prima campagna di misura e considerando la giornata del 31 luglio, nei grafici seguenti sono rappresentati i rapporti percentuali delle concentrazioni (esprese in ppb volume) di ozono, NO e NO₂. Se da un lato è certo che la presenza di vegetazione modifichi gli equilibri delle reazioni tra le specie considerate, tuttavia, non è possibile dare una spiegazione completa del fenomeno in quanto mancano elementi essenziali di valutazione come l'andamento dei cicli fisiologici di ciascuna pianta e le sue emissioni caratteristiche in funzione delle condizioni di temperatura e irraggiamento. Ci limitiamo qui a constatare che sia in corso Alfieri (sito trafficato NON GREEN) che in corso XXV Aprile (sito trafficato GREEN) l'equilibrio della reazione ($O_3 + NO = NO_2 + O_2$) sembra sia spostato a favore di una maggiore disponibilità di NO e NO₂ come conseguenza delle emissioni dirette del traffico e dell'effetto canyon della strada. Occorrerà approfondire nella campagna invernale le relazioni tra i vari inquinanti e la presenza o meno di vegetazione attraverso lo studio di nuovi dati.

31 LUGLIO 2018

C.so Alfieri

Abbondanza percentuale NO-NO₂-O₃

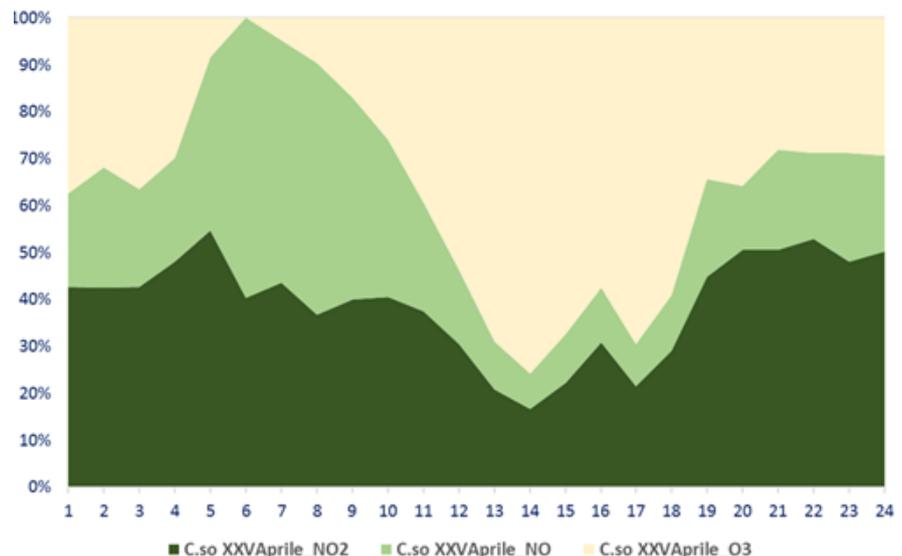


Prima campagna di monitoraggio-giorno tipo abbondanza percentuale O₃-NO-NO₂. In verde scuro NO₂ - in verde chiaro NO in giallino O₃ postazione "non-green"-Coso Alfieri,

31 LUGLIO 2018

C.so XXV Aprile

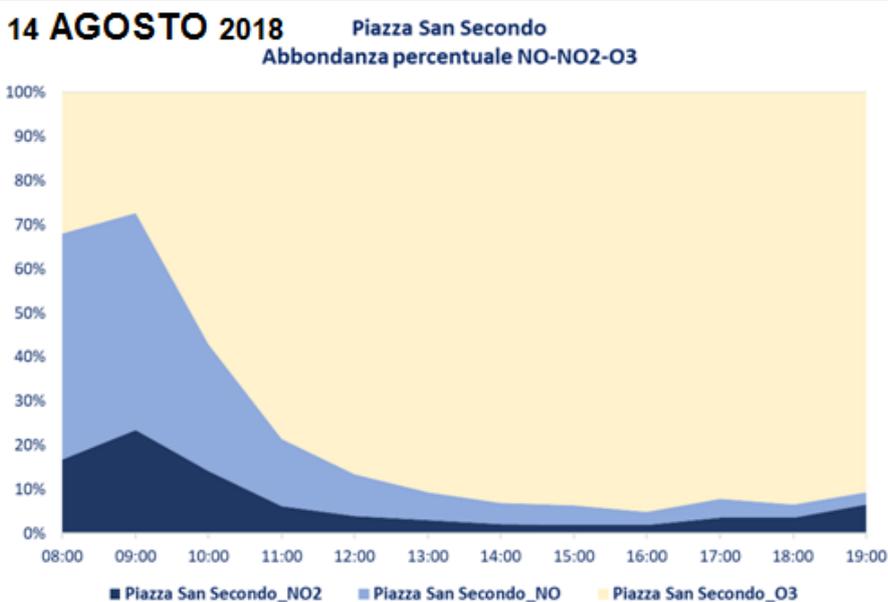
Abbondanza percentuale NO-NO₂-O₃



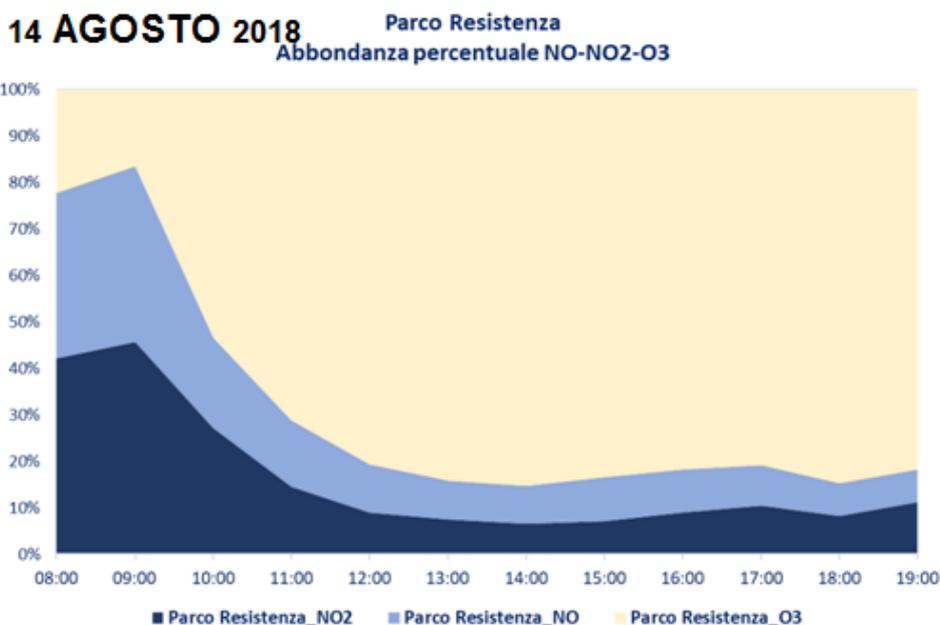
Prima campagna di monitoraggio-giorno tipo abbondanza percentuale O₃-NO-NO₂. In verde scuro NO₂ - in verde chiaro NO in giallino O₃ postazione "green"-Coso XXV Aprile,

RELAZIONE TECNICA

Nella seconda campagna i rapporti appaiono differenti. In piazza San Secondo (sito NON GREEN) si ha una maggior presenza di NO nelle prime ore del mattino che tende a scendere, insieme a NO₂ man mano che aumenta l'irraggiamento solare con contestuale formazione di elevate concentrazioni di ozono. Presso parco della Resistenza, si presenta una analoga dinamica ma con permanenza di percentuali doppie di NO e NO₂ compensata da una minor formazione di ozono (-10%). Risultati analoghi sono stati riscontrati durante campagne svolte da Arpa Emilia Romagna nell'ambito del progetto Iscape³. Ciò fa presumere un effetto benefico della vegetazione sugli equilibri di reazione esistenti tra i 3 inquinanti, con effetto netto di riduzione dell'ozono che, se fosse confermato da ulteriori studi, sarebbe senz'altro un dato positivo anche a fronte di un aumento degli ossidi di azoto che in estate sono comunque bassi e non critici a differenza dell'ozono.



Seconda campagna di monitoraggio-giorno tipo abbondanza percentuale O₃-NO-NO₂. In blu scuro NO₂ - in blu chiaro NO in giallino O₃.postazione "non green" -Piazza San Secondo

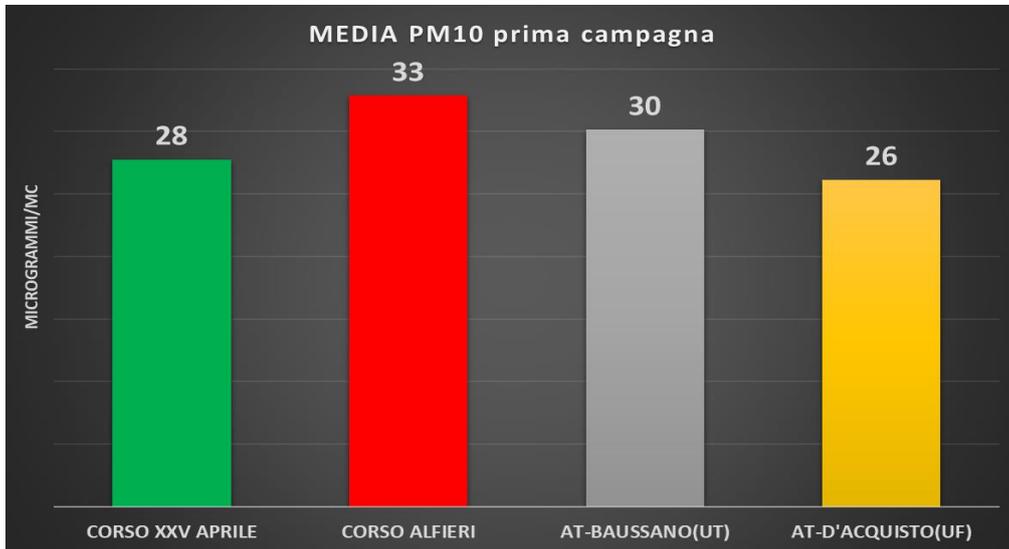


Seconda campagna di monitoraggio-giorno tipo abbondanza percentuale O₃-NO-NO₂. In blu scuro NO₂ - in blu chiaro NO in giallino O₃.postazione "green" -Parco della Resistenza

³ www.iscapeproject.eu

7.2.2 POLVERI PM10

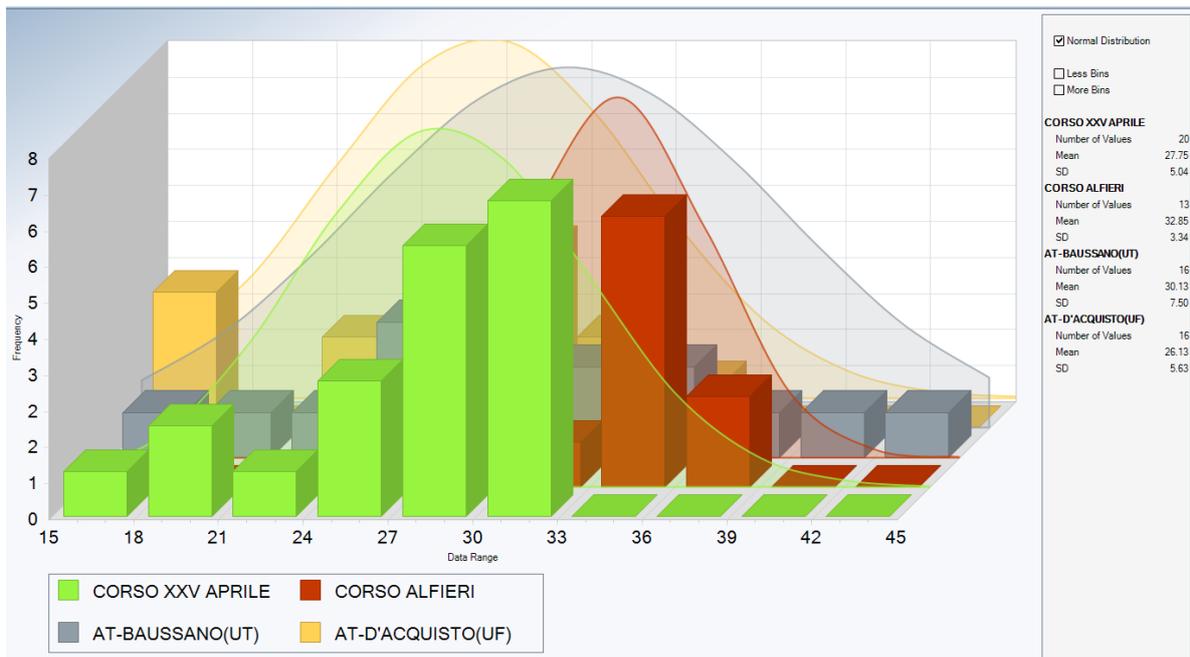
Le concentrazioni medie di PM10 relative alla prima campagna di misura sono raffigurate nel grafico sottostante e confrontate con quelle ottenute presso le due stazioni urbane di Asti. Come visibile le zone a verde (corso XXV Aprile) mostrano una riduzione in media pari al 11% rispetto all'area di confronto "senza verde", nonostante i flussi di traffico siano superiori. La diminuzione viene "osservata" anche sui valori minimi e su quelli massimi (si veda tabella sottostante).



Prima campagna di monitoraggio-Concentrazioni medie PM10. In verde postazione "green"-Coso XXV Aprile, in rosso postazione "non green" Corso Alfieri e stazioni fisse RRQA

PM10 (MICROGRAMMI/MC)	CORSO XXV APRILE	CORSO ALFIERI
MINIME	25	28
MEDIE	29	33
MASSIME	33	38

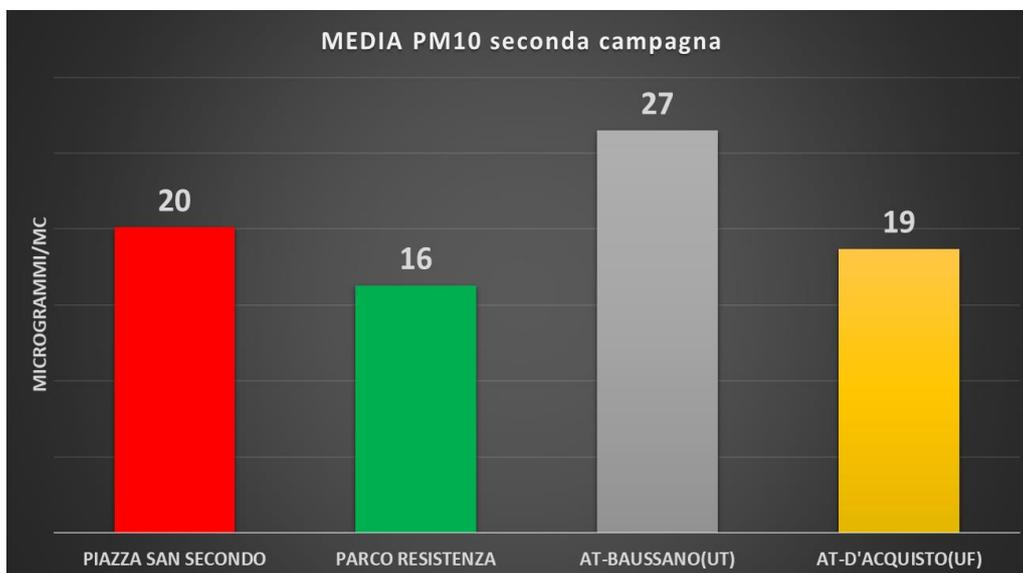
Prima campagna di monitoraggio-Concentrazioni minime-medie-massime PM10- postazione "green" Corso XXV Aprile e "non green" Corso Alfieri



Prima campagna di monitoraggio-Istogrammi di frequenza PM10- in verde postazione "green" Coso XXV Aprile in rosso postazione "non green" Corso Alfieri, in grigio stazione da traffico di Asti-Baussano, in giallo stazione di fondo Asti-D'Acquisto

Negli istogrammi di frequenza sopra riportati, i valori relativi alle due postazioni di misura sono confrontati con quelli delle stazioni fisse della rete di traffico urbano (AT-Baussano) e fondo-urbano (AT-D'Acquisto). Ciò che appare anomalo è la distribuzione dei dati relativa a Corso XXV Aprile che risulta simile a quella della stazione di fondo di D'Acquisto nonostante gli elevati flussi di traffico mentre quella di corso Alfieri è, come prevedibile, assimilabile alla stazione da traffico. Si riscontra dunque una condizione di inquinamento sensibilmente inferiore presso l'area "GREEN" di C.so XXV Aprile, caratterizzata da presenza vegetazione, urbanizzazione meno densa e sedime stradale più largo e aperto rispetto al canyon urbano rappresentato da C.so Alfieri.

Anche nella seconda campagna viene confermata l'abbattimento del particolato presso il sito GREEN, quantificabile in circa - 14% calcolato sulle concentrazioni medie. La diminuzione viene osservata anche sui valori minimi ma non su quelli massimi. Le risultanze analitiche anche qui confermano i risultati presenti in letteratura ottenuti attraverso l'uso di modelli matematici e quelli ottenuti da Arpa Emilia Romagna nell'ambito del già menzionato progetto Iscape⁴.



Seconda campagna di monitoraggio-Concentrazioni medie PM10. In verde postazione "green" -Parco della Resistenza, in rosso postazione "non green" Piazza San secondo e stazioni fisse RRQA Arpa AT-Baussano e AT-D'Acquisto

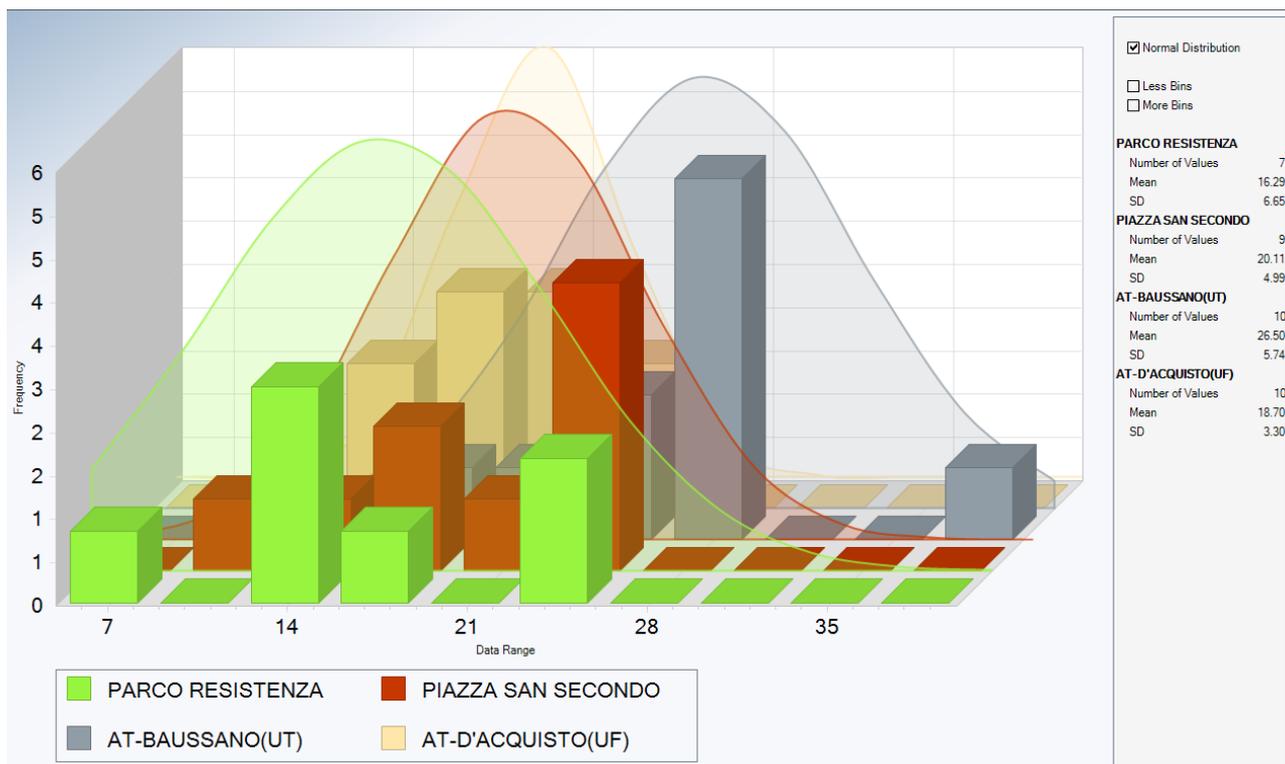
PM10 (MICROGRAMMI/MC)	PARCO DELLA RESISTENZA	PIAZZA SAN SECONDO
MINIME	5	12
MEDIE	16	20
MASSIME	25	26

Seconda campagna di monitoraggio-Concentrazioni minime, medie, massime PM10- postazione "green" - Parco della Resistenza e "non green" Piazza San Secondo

L'analisi degli istogrammi di distribuzione dei dati evidenzia valori inferiori agli altri siti per Parco della Resistenza, una certa concordanza tra i due punti di monitoraggio di p.za san Secondo e la stazione di fondo urbano di D'Acquisto, mentre la stazione di traffico di Baussano presenta, come atteso, valori nettamente più elevati.

⁴ <https://www.iscapeproject.eu/>

RELAZIONE TECNICA

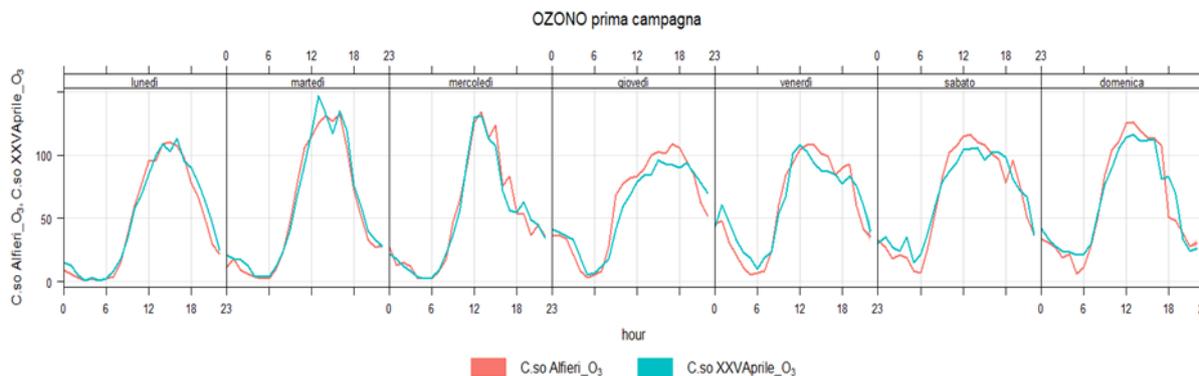


Seconda campagna di monitoraggio-Istogrammi di frequenza PM10- in verde postazione “green” Parco Resistenza, in rosso postazione “non green” Piazza San Secondo in grigio stazione da traffico di Asti-Baussano, in giallo stazione di fondo Asti-D’Acquisto

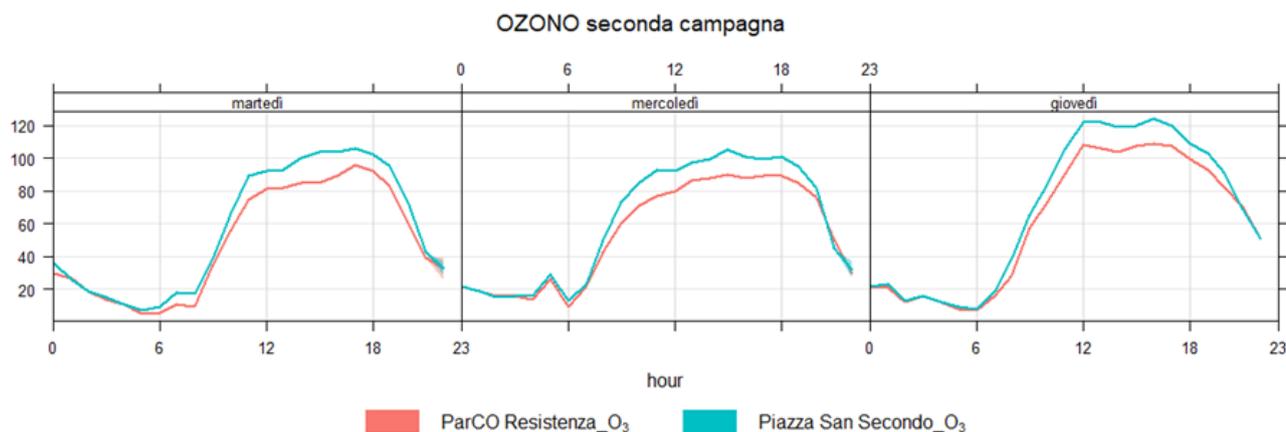
7.2.3 OZONO

Come per gli ossidi di azoto le elaborazioni seguenti sono state effettuate considerando, per la prima campagna di misura, i valori acquisiti nella settimana dal 30 luglio al 5 agosto, mentre per la seconda campagna le concentrazioni sono relative alle giornate del 14,15 e 16 agosto.

I grafici sottostanti rappresentano le concentrazioni orarie di ozono nei vari giorni della settimana. Le concentrazioni rilevate e gli andamenti giornalieri dell’inquinante nella prima campagna di misura risultano praticamente identiche nei due siti di monitoraggio, senza differenze significative. Ricordiamo tuttavia che il traffico presente presso corso XXV Aprile è superiore di un 25% in più rispetto a quello di corso Alfieri.



Nella seconda campagna di misura invece si evidenziano concentrazioni inferiori pari al -25% nel sito “green” di Parco della Resistenza rispetto alla postazione “non green” di piazza San Secondo.



8. CONCLUSIONI

Il confronto tra aree verde e non alberate in ambiente urbano effettuato a luglio-agosto 2018 tramite la misura degli inquinanti tipici della qualità dell'aria nei mesi (ozono, polveri PM10, ossidi di azoto), ha evidenziato quanto segue:

- effetto positivo delle alberature sulle isole di calore urbane con riduzione di qualche grado centigrado delle temperature minime e medie
- effetto mitigativo sulle concentrazioni di polveri PM10 con riduzione del 10-15%
- effetto positivo sulle concentrazioni di ozono estivo con una riduzione del 20-25%
- apparente spostamento del bilancio dinamico di reazione del ciclo ozono-NOx con maggior formazione di NO2 e diminuzione di ozono nei siti con vegetazione rispetto a quelli senza

Le risultanze analitiche confermano i risultati presenti in letteratura ottenuti attraverso l'uso di modelli matematici e quelli ottenuti da Arpa Emilia Romagna nell'ambito del progetto Iscape.

I dati sin qui presentati rappresentano le prime risultanze di un progetto di studio che prevede una ripetizione delle campagne di monitoraggio in periodo invernale in modo da poter esaminare un numero più consistente e rappresentativo di dati.

9. BIBLIOGRAFIA

- Antoine P.R. Jeanjean, Riccardo Buccolieri, James Eddy, Paul S. Monk, Roland J. Leigh "Air quality affected by trees in real street canyons: The case of Marylebone neighbourhood in central London" **URBAN FORESTRY & URBAN GREENING 22(2017)41-53**
- Sara Janhall "Review on urban vegetation and particle air pollution e Deposition and dispersion"-**ATMOSPHERIC ENVIRONMENT 105(2015) 130-137**
- A.P.R. Jeanjean, P.S. Monks, R.J. Leigh "Modelling the effectiveness of urban trees and grass on PM2.5 reduction via dispersion and deposition at a city scale", **ATMOSPHERIC ENVIRONMENT 147(2016) 1-10**
- K.V. Abhijith, Prashant Kumar, John Gallagher, Aonghus McNabola, Richard Baldauf , Francesco Pilla, Brian Broderick , Silvana Di Sabatino , Beatrice Pulvirenti "Air pollution abatement performances of green infrastructure in open road and built-up street canyon environments -A review" **ATMOSPHERIC ENVIRONMENT 162(2017) 71-86**
- Timm Kroeger, Robert I. McDonald, Timothy Boucher, Ping Zhang, Longzhu Wang "Where the people are: Current trends and future potential targeted investments in urban trees for PM10 and temperature mitigation in 27 U.S. Cities" **LANDSCAPE AND URBAN PLANNING 177(2018) 227-240**