

STRUTTURA COMPLESSA

DIPARTIMENTO TERRITORIALE PIEMONTE SUD EST

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

COMUNE DI ASTI

**VALUTAZIONE EFFETTI MITIGATIVI DEL VERDE URBANO
SU TEMPERATURA E INQUINANTI ATMOSFERICI
TERZA CAMPAGNA DI MISURA 2021
LUGLIO-AGOSTO**

RELAZIONE TECNICA

**RISULTATO ATTESO B5.16
PRATICA N°G07_2020_01013_77**

PERIODO DI MONITORAGGIO dal 24/07/2021 al 26/08/2021

Redazione	Funzione: Tecnico Prevenzione Cristina Otta	
Redazione	Funzione: Collaboratore tecnico Dott.ssa Laura Erbetta	
Verifica e Approvazione	Funzione: Responsabile Attività di Produzione Sud Est Dot. Enrico Bonansea	

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

ARPA Dipartimento Piemonte Sud Est

Redazione dei testi e delle elaborazioni a cura di:

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

Per la gestione tecnica della campagna di monitoraggio hanno collaborato:

G. Mensi, L. Erbetta, C. Littera, S. Vazzola del Dipartimento ARPA Piemonte Sud Est.

I colleghi del Dipartimento ARPA Radiazioni non ionizzanti e servizio tarature

Sommario

1.INTRODUZIONE	4
2. IL QUADRO NORMATIVO	4
3. DESCRIZIONE DEGLI INQUINANTI MONITORATI	5
4. STRUMENTAZIONE UTILIZZATA	7
5. SCELTA DEI PUNTI DI MISURA	8
6. CARATTERIZZAZIONE METEOROLOGICA DEL PERIODO DI MISURA	10
7. RISULTATI	11
7.1 ANALISI DATI METEOROLOGICI	11
7.1.1 TEMPERATURA	12
7.1.2 RADIAZIONE SOLARE GLOBALE	13
7.1.3 UMIDITA'	13
7.2 ANALISI DATI DI QUALITA' DELL'ARIA	15
7.2.1 OSSIDI DI AZOTO	15
7.2.2 POLVERI PM10	18
7.2.3 OZONO (O3)	20
8. CONCLUSIONI	22

1.INTRODUZIONE

La presente relazione illustra i risultati della terza campagna di misura della qualità dell'aria svolta presso il comune di Asti in collaborazione con IBE-CNR di Bologna finalizzata ad approfondire la capacità delle piante di trattenere gli inquinanti atmosferici ed i gas a effetto serra in funzione delle fasi vegetative. La campagna si è svolta in periodo estivo con utilizzo di due laboratori mobili per il monitoraggio della qualità dell'aria tra il 24 luglio 2021 e il 26 agosto 2021 e rientra nel programma di monitoraggio del progetto che prevede 4 campagne nell'anno, una per stagione.

Analogamente alle precedenti campagne di misura, i laboratori mobili di Arpa Piemonte sono stati posizionati presso il Parco della Resistenza, nel centro urbano della città di Asti, e presso la centrale Piazza Statuto, quale sito di confronto senza vegetazione. Contestualmente, i ricercatori del gruppo IBE-CNR hanno nuovamente prelevato campioni di foglie delle diverse specie arboree presenti nel Parco della resistenza in modo da correlare i dati di qualità dell'aria con le analisi micro-morfologiche e biochimiche sulle foglie e con la quantificazione del particolato fine trattenuto dalla superficie fogliare.

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. Le Tabelle sottostanti riassumono i limiti previsti dalla normativa cogente per i diversi inquinanti oggetto della presente relazione

Periodo di mediazione	Valore limite D.Lgs.155/2010
1 giorno	50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ da non superare più di 35 volte per anno civile
Anno civile	40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

PM10 - Valori limite ai sensi del D. Lgs.155/2010

Periodo di mediazione	Valore limite D.Lgs. 155/2010
1 ora	200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ da non superare più di 18 volte per anno civile
Anno civile	40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Biossido di azoto - Valori limite ai sensi del D. Lgs.155/2010

Finalità	Indicatori	Periodo di mediazione	Valore	Data entro la quale deve essere raggiunto il valore obiettivo
protezione della salute umana	Soglia di informazione	1 ora	180 µg/m³	-
	Soglia di allarme	1 ora	240 µg/m³ (1)	-
	Valore obiettivo	Media massima giornaliera calcolata su 8 ore (media su tre anni)	120 µg/m³ da non superare più di 25 volte per anno civile come media su tre anni	01/01/2010
	Obiettivo a lungo termine (OLT)	Media massima giornaliera calcolata su 8 ore	120 µg/m³	Non definito

(1) Per l'applicazione dell'articolo 10 (Piani per la riduzione del rischio di superamento dei valori limite, dei valori obiettivo e delle soglie di allarme), comma 1 (recante adozione di azioni in caso di superamenti della soglia di allarme) del D.Lgs. 155/2010, deve essere misurato o previsto un superamento per tre ore consecutive.

Ozono: Soglia di informazione, soglia di allarme, valore obiettivo e obiettivo a lungo termine per la protezione della salute umana ai sensi del D. Lgs.155/2010

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)

Nella campagna di misura sono stati misurati gli inquinanti atmosferici seguenti, di cui vengono riassunte le caratteristiche.

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 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 formare 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: **15 e 5 microgrammi/m³** rispettivamente come media sull'anno¹

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

¹ Linee Guida WHO 2021

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 massa del PM10 espressa in µg/m³, si ottiene dividendo la quantità di particolato depositata per il volume di aria campionata espresso alle condizioni ambientali al momento del campionamento.

Le specifiche tecniche della strumentazione utilizzata sono di seguito riportate:

Laboratorio mobile postazione GREEN – Parco della Resistenza				
STRUMENTO	MODELLO	PARAMETRO MISURATO	METODO DI MISURA	INCERTEZZA ESTESA
Analizzatore API	200E	NO-NO ₂	Chemiluminescenza	8.2% ²
Analizzatore API	400E	O ₃	Assorbimento UV	8% ³
PM10 TECORA	Charlie-sentinel	PM10	Gravimetria	14.0% ⁴

Laboratorio mobile postazione NON-GREEN Piazza Statuto				
STRUMENTO	MODELLO	PARAMETRO MISURATO	METODO DI MISURA	INCERTEZZA ESTESA
Analizzatore API	T200 ⁵	NO-NO ₂	Chemiluminescenza	
Analizzatore API	M400E	O ₃	Assorbimento UV	9% ⁶
PM10 TECORA	Charlie-sentinel	PM10	Gravimetria	14.0%

² Rapporto di Taratura 2020_063_RdT-Servizio Tarature Arpa Piemonte del 12/2020

³ Rapporto di Taratura 2020_058_RdT-Servizio Tarature Arpa Piemonte del 06/10/2020

⁴ Da Procedura Arpa U.RP.H505

⁵ Strumento sostitutivo ditta manutentrice

⁶ Rapporto di Taratura 2020_057_RdT-Servizio Tarature Arpa Piemonte del 06/10/2020

Analogamente alle precedenti campagne di misura i colleghi del Servizio Tarature di Arpa Piemonte hanno provveduto ad effettuare verifiche della taratura della strumentazione presente sui due laboratori mobili, controllo del flusso dei campionatori di polveri presenti ad inizio e fine monitoraggio.

Le modalità operative con cui sono stati effettuati i controlli sono quelle riportate dal D.M. del 30/03/2017 e dalle procedure tecniche ARPA di seguito elencate:

- U.GR.I011 - Controlli di zero e span sugli analizzatori di ozono della rete di monitoraggio della QA
- U.GR.T032 - Taratura e Controlli di QA/QC per analizzatori di ossidi di azoto della qualità dell'aria
- U.GR.T016 - Taratura e Controlli di QA/QC per analizzatori di frazione molare di ozono
- U.GR.I012 - Verifica misura flussi in campo per la rete di monitoraggio della Q.A.

5. SCELTA DEI PUNTI DI MISURA

L'ubicazione dei due siti di monitoraggio Piazza Statuto (SITO NON GREEN) e Parco della Resistenza (SITO GREEN), sono indicati nella figura seguente in colore giallo (figura 1) unitamente alle stazioni fisse della Rete Regionale della Qualità dell'aria presenti nel territorio comunale: la stazione di traffico urbano di Asti-Baussano e quella di fondo urbano di Asti-D'Acquisto (in colore verde). Come visibile i punti si trovano all'interno della circonvallazione interna, in area di centro urbano. La distanza tra le due postazioni di misura è di circa 500 metri.



Figura 1-Siti di monitoraggio

Punto 1-Parco della Resistenza: parco urbano in condizioni di vasta ombreggiatura (SITO GREEN)

Come punto di monitoraggio situato in area verde e caratterizzato da una elevata ombreggiatura è stato scelto il Parco della Resistenza, ubicato nel centro della città di Asti. Si tratta di un piccolo parco urbano che si estende per una superficie circa 2,8ha tra piazza Alfieri e piazza del Palio ed è circondato da vie trafficate. Le specie arboree presenti all'interno del parco, antiche e di pregio, sono sia sempreverdi che caducifoglie ed il suolo è per lo più inerbato e non permeabile solo nelle parti di camminamento. Nelle aree a prato sono presenti principalmente alberi ad alto fusto sempreverdi e latifoglie a foglie caduche, e in misura minore arbusti.

Le specie sempreverdi presenti appartengono alle seguenti specie: *Magnolia grandiflora*, *Cedrus atlantica*, *Picea abies*, *Abies alba*, *Chamaecyparis* sp., *Thuja* sp., *Taxus baccata*, *Libocedrus decurrens*, *Cedrus deodara*. Gli alberi sempreverdi più vecchi e con diametro maggiore appartengono a *Cedrus atlantica*, *Libocedrus decurrens* e *Magnolia grandiflora*, ma sono solo 12 esemplari in tutto il parco, questo fa sì che in periodo invernale, quando le latifoglie a foglie caduche sono spoglie, la copertura della canopea sia lassa. Le specie caducifoglie sono

numerose, quelle più frequenti sono *Carpinus betulus*, *Celtis australis*, *Paulownia tomentosa*, *Platanus occidentalis*, *Quercus robur*, *Robinia Pseudoacacia*, *Sophora Japonica*, *Ulmus sp.* e 4 diverse specie di *Acer*. Appartengono proprio alle caducifoglie i 5 esemplari con diametro del tronco superiore a 100 cm: *Paulownia tomentosa*, *Celtis australis*, *Sophora japonica*, *Quercus robur* e *Platanus occidentalis*, e se si considerano quelle superiori a 50 cm risultano in tutto 80 esemplari, ragione per cui nella stagione vegetativa, ad esclusione della piazza centrale dove non ci sono alberi, la canopea è densa ed ha una buona capacità ombreggiante.



Figura 2 – Foto sito “GREEN” di Parco della Resistenza

Punto 2-Piazza Statuto: area urbana edifica in condizioni di esposizione solare e ZTL (SITO NON GREEN)

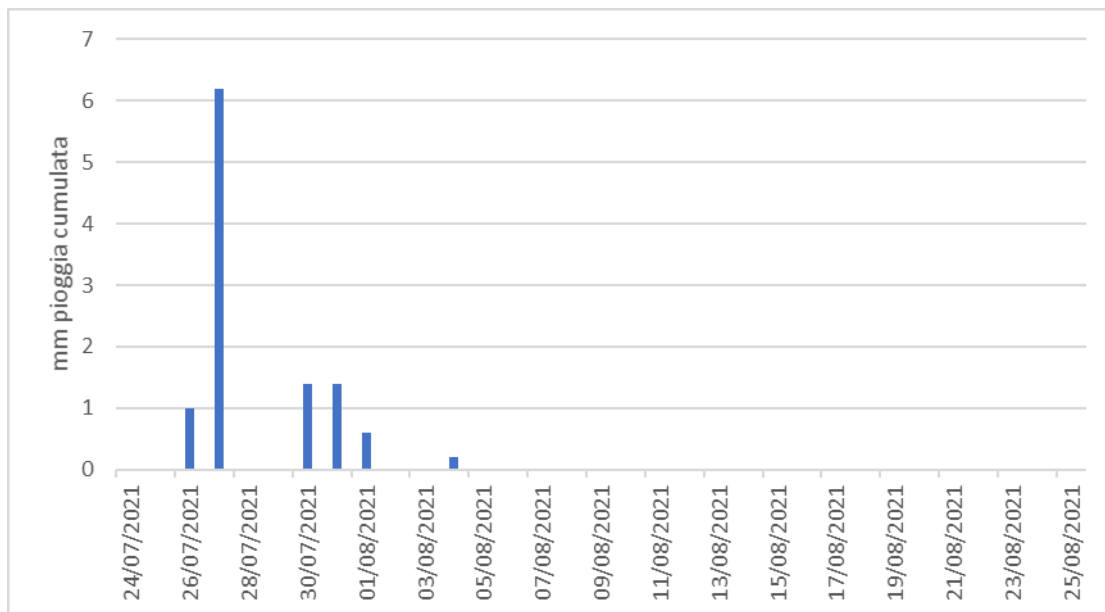
Questo punto di monitoraggio si trova in Piazza Statuto all’interno della ZTL comunale, in area pedonale ad elevato soleggiamento e con scarsa o assente presenza di verde. Il suolo non è permeabile, la pavimentazione è a porfido.



Figura 3 – Foto sito “NON GREEN” di Piazza Statuto

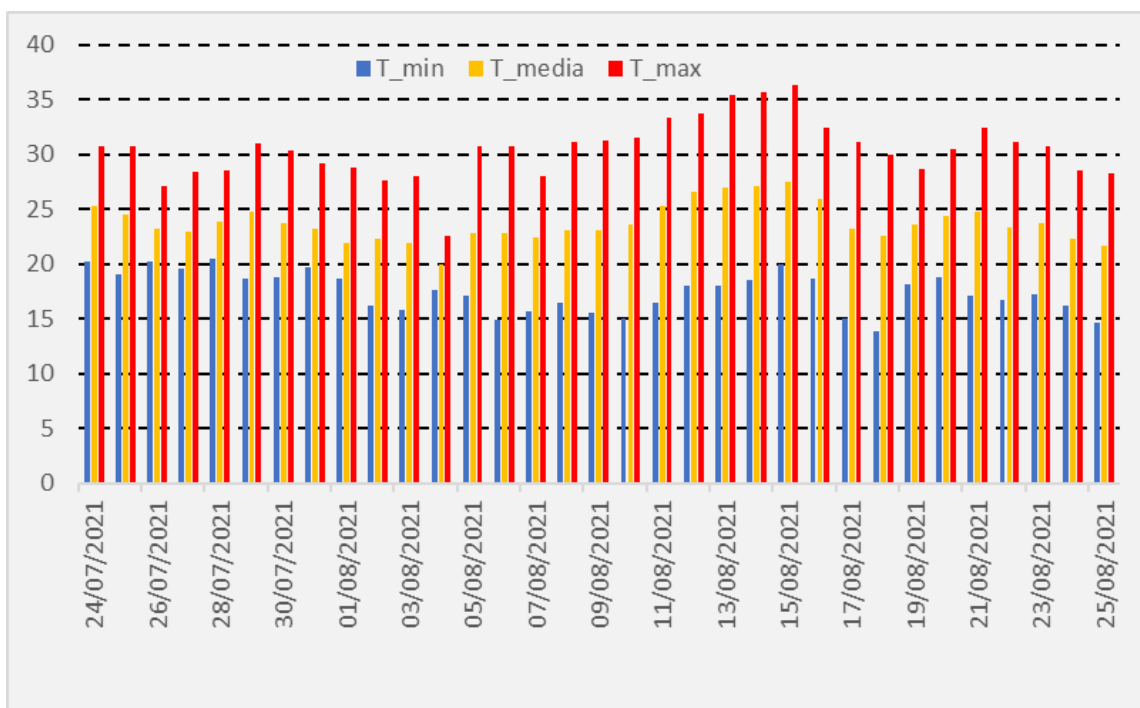
6. CARATTERIZZAZIONE METEOROLOGICA DEL PERIODO DI MISURA

I dati meteorologici del periodo di misura sono stati ricavati dai dati forniti dalla stazione della Rete meteo idrografica gestita da Arpa Piemonte di Asti-Penna⁷. Nel grafico seguente sono riportati i mm di pioggia cumulata giornaliera relativi al periodo di monitoraggio.



Asti-Penna-mm pioggia cumulata dal 24 luglio al 25 agosto 2021

Le temperature minime, medie e massime misurate nell'intero periodo di monitoraggio che risultano coerenti con la situazione rilevata a livello regionale, vengono raffigurate nel grafico seguente. Dai dati acquisiti si ricava che, su base oraria, la temperatura massima del periodo del monitoraggio è stata di 36.3°C registrata il 15 agosto, la media di 23.8 °C e la minima di 13.9°C il 18 agosto.



Asti-Penna-temperature minime-medie-massime dal 24 luglio al 25 agosto 2021

⁷ http://www.arpa.piemonte.it/rischinaturali/tematismi/meteo/osservazioni/rete-meteoidrografica/anagrafica-stazioni.html?delta=2&ID_VENUE=21548

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, NOx e Ozono, temperatura, umidità relativa e radiazione solare globale. 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, ovvero con la stazione da traffico (TU) di Asti-Baussano e con quella di fondo urbano (FU) di Asti-D'Acquisto.

7.1 ANALISI DATI METEOROLOGICI

La temperatura, insieme all'umidità relativa e alla radiazione solare globale, sono normalmente i parametri più interessanti da analizzare, soprattutto in periodo estivo in quanto, come risaputo, in contesti densamente urbanizzati si riscontrano variazioni del profilo giornaliero della temperatura a causa della presenza dell'isola di calore urbana, per cui nel centro urbano si riscontrano temperature di diversi gradi superiori a quelle della periferia meno urbanizzata. I parametri acquisiti presso il sito GREEN di Parco della Resistenza e quello NONGREEN di Piazza Statuto sono stati confrontati tra loro e con quelli acquisiti nelle stazioni della Rete meteo idrografica gestita da Arpa Piemonte di Asti-Penna e Asti-Tanaro, ubicate esternamente al centro urbano.

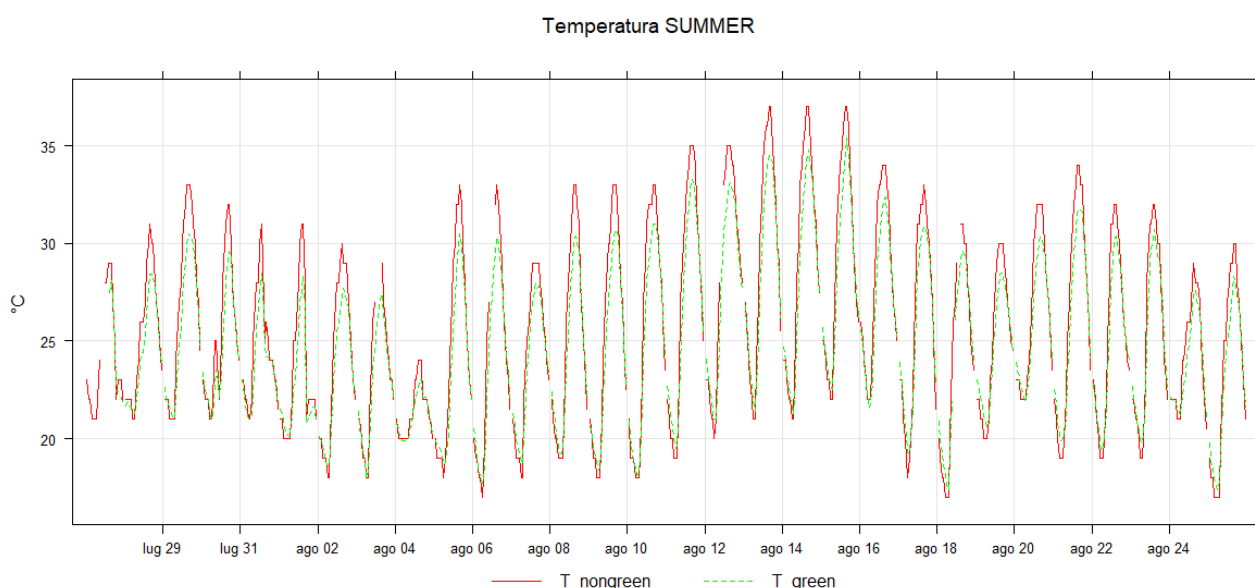


Figura 4-Stazioni meteo (in giallo ubicazione stazioni della rete Meteo Arpa Piemonte, in verde postazione sensori meteo laboratorio mobile)

7.1.1 TEMPERATURA

Relativamente al parametro temperatura sono stati analizzati i dati acquisiti nel periodo 27 luglio-25 agosto 2021. Come evidenziato nella tabella e nel time-plot seguenti si evidenziano differenze anche significative tra le diverse postazioni e tra il punto GREEN e quello NONGREEN.

	Temperatura minima (°C)	Temperatura media (°C)	Temperatura massima (°C)
Asti-Penna	13.9	23.7	36.2
Asti-Tanaro	15.4	24.0	34.7
Piazza Statuto (NONGREEN)	17.0	25.6	37.0
Parco della Resistenza (GREEN)	17.4	24.9	35.4

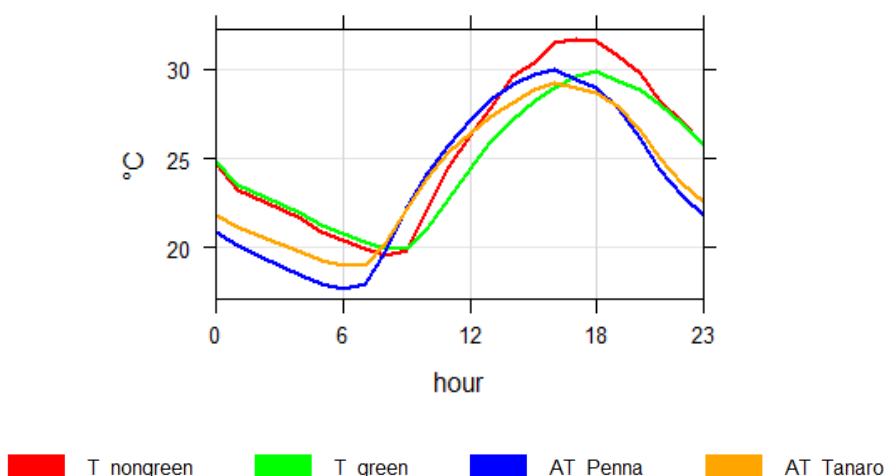


Temperatura dell'aria-time-plot temperature rilevate dal 27/07/21 al 25/08/21 ad Asti (in rosso postazione "non green" Piazza Statuto, in verde postazione "green" Parco della Resistenza)

Come riscontrato nelle precedenti campagne di misura, le due postazioni "GREEN" e "NON-GREEN", entrambe poste all'interno dell'isola di calore tipica del centro urbano, presentano valori differenti: la postazione "NON-GREEN" mostra valori più elevati di quella "GREEN" soprattutto nei valori massimi. Inoltre, il sito "GREEN" mostra temperature simili a quelle registrate nelle aree aperte periferiche dove si trovano le stazioni meteo Arpa di Asti -Penna e Asti-Tanaro.

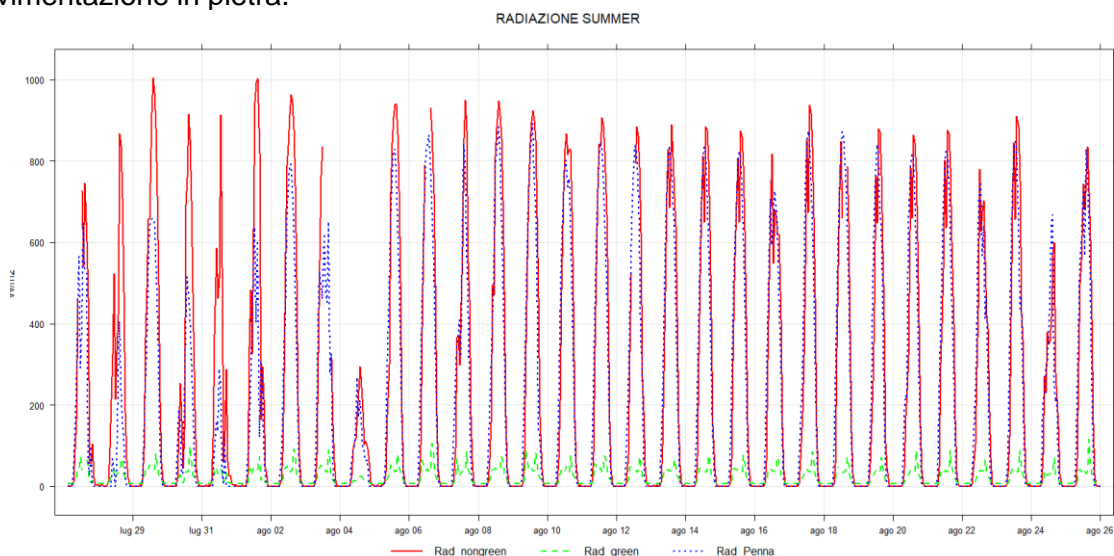
Il sito "NON-GREEN" registra +1.6°C sulle temperature massime e +0.7°C sulle temperature medie rispetto alle temperature del parco mentre mostra un innalzamento delle temperature medie pari a +1.9°C e di circa +0.8°C sulle temperature massime rispetto alle zone urbane periferiche.

L'analisi del giorno tipo, ovvero di come varia nel corso della giornata la temperatura, conferma come nelle ore notturne le temperature misurate in città siano più elevate rispetto alla periferia, sia nella postazione GREEN che in quella NONGREEN in quanto durante la notte la superficie urbanizzata rilascia il calore immagazzinato nelle ore diurne, riscaldando l'aria. Tuttavia, già a partire dalle ore 9 circa nel sito NONGREEN le temperature diventano più elevate rispetto a quelle del sito GREEN, con differenze significative nelle ore centrali della giornata, per poi ritornare sugli stessi valori solo dalle 23 circa.



7.1.2 RADIAZIONE SOLARE GLOBALE

Anche nel monitoraggio estivo viene confermato l'effetto dell'ombreggiamento della vegetazione che determina una forte riduzione della radiazione, pari a circa 1/10 di quanto rilevato nel sito NONGREEN nelle ore di massimo irraggiamento. Ciò è dovuto sia all'effetto schermante del verde sulla radiazione diretta sia ad un maggior assorbimento e, quindi, ad un ridotto effetto riflettente delle superfici a verde (prato e foglie) rispetto alle superfici a più elevata riflettività come gli edifici e la pavimentazione in pietra.

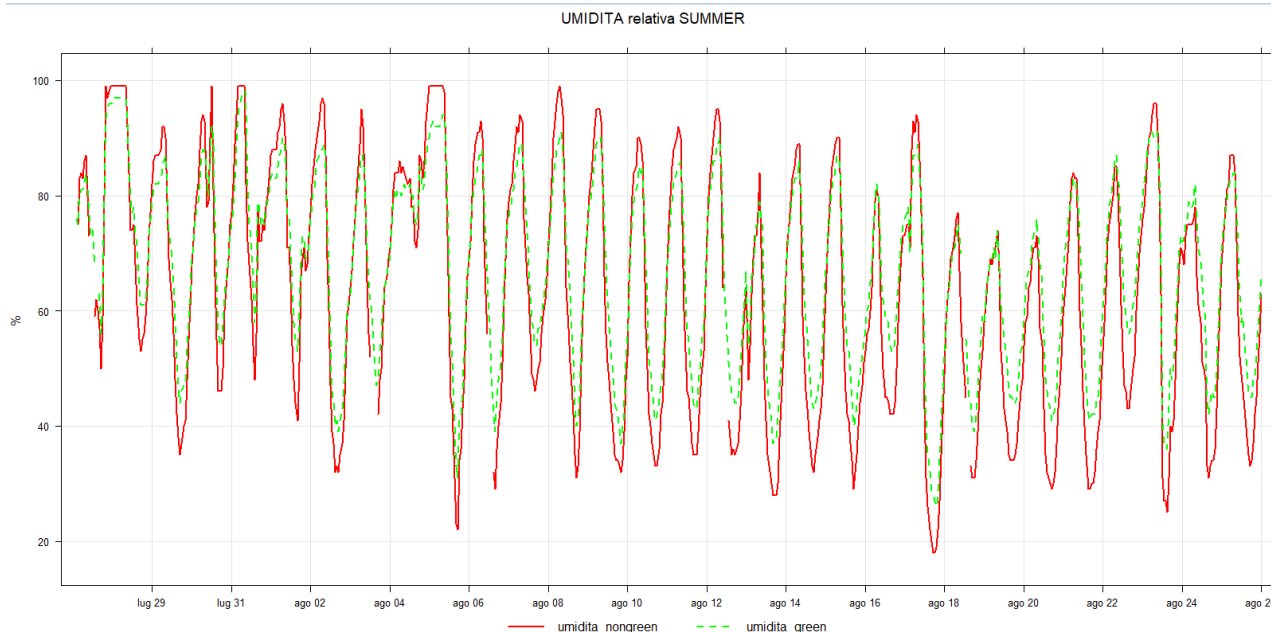


Radiazione solare globale-time-plot dell'irraggiamento orario rilevato dal 27/07/21 al 25/08/21 ad Asti (in rosso postazione "non green" Piazza Statuto, in verde postazione "green" Parco della Resistenza) e presso stazione Arpa Asti-Penna (in blu)

7.1.3 UMIDITA'

Nella tabella e nel grafico seguenti vengono riassunti i valori di umidità relativa orari misurati presso le due postazioni di monitoraggio nel periodo di misura e presso le stazioni meteo di Arpa. Si raggiungono valori prossimi al 100% negli episodi di pioggia e nelle notti seguenti a tali eventi.

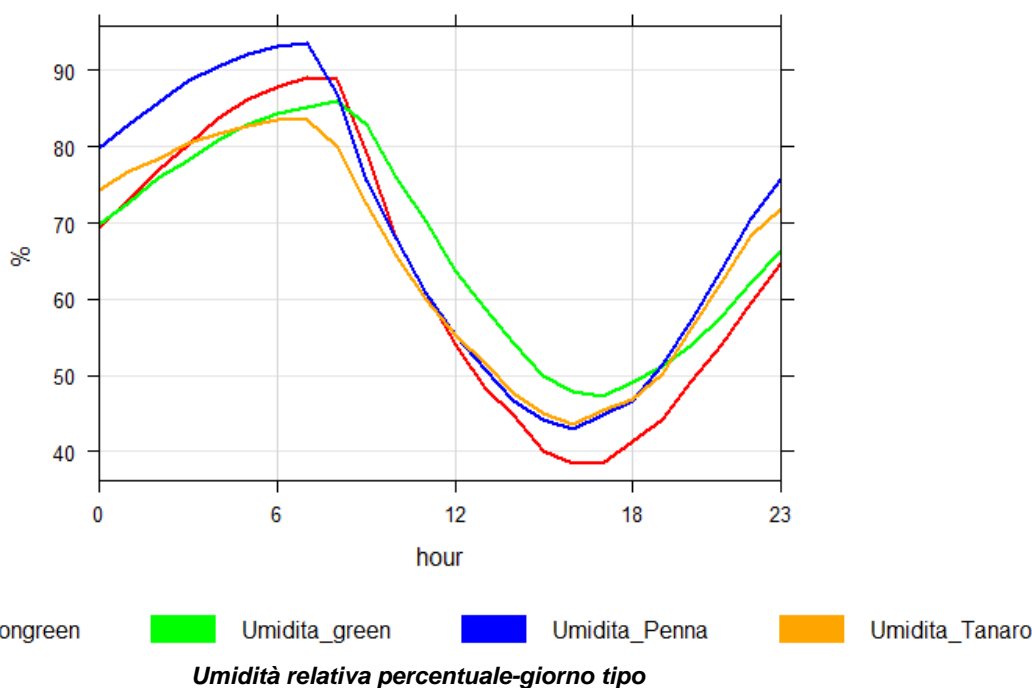
	Umidità minima (%)	Umidità media (%)	Umidità massima (%)
Asti-Penna	21	69	99
Asti-Tanaro	22	65	89
Piazza Statuto (NONGREEN)	18	63	99
Parco della Resistenza (GREEN)	26	67	98



Umidità relativa percentuale-time-plot concentrazioni orarie rilevate dal 27/07/21 al 25/08/21 ad Asti (in rosso postazione “non green” Piazza Statuto, in verde postazione “green” Parco della Resistenza)

Come già evidenziato nelle precedenti relazioni l'analisi del giorno tipo relativo al parametro evidenzia come i valori di umidità relativa sono minimi nelle ore centrali della giornata sia presso le postazioni di misura che presso le stazioni Arpa esterne al centro urbano a causa dell'irraggiamento solare.

Per quanto riguarda il sito GREEN l'umidità relativa si mantiene più bassa nelle ore notturne per poi diventare più alta nelle ore centrali della giornata rispetto al sito NONGREEN, ciò rappresenta una minor escursione del parametro umidità tra il massimo notturno e il minimo diurno imputabile al fenomeno dell'evapotraspirazione della vegetazione, che rappresenta una condizione microclimatica migliore. Risultati simili sono stati riscontrati nell'analogo studio condotto da ArpaE.⁸

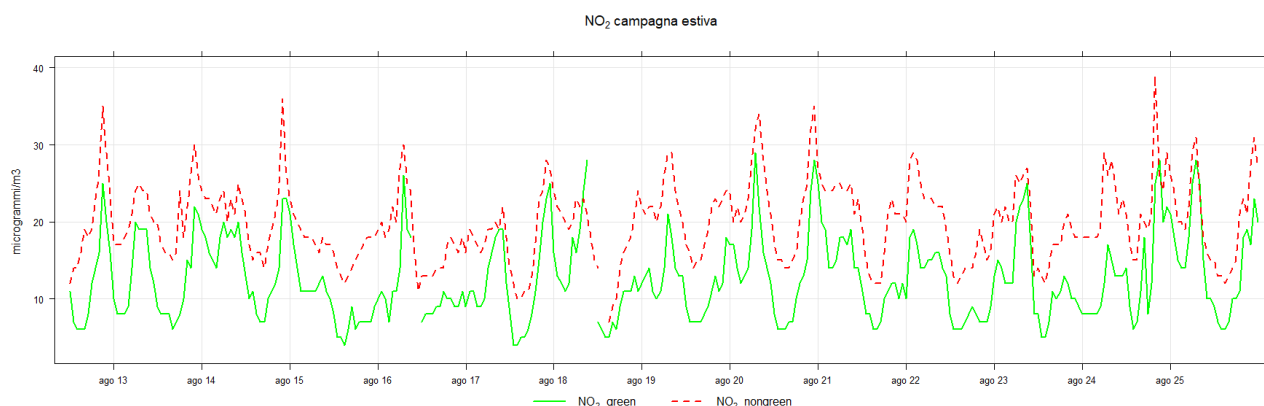


⁸ <https://www.arpae.it/it/il-territorio/reggio-emilia/report-a-reggio-emilia/aria/altri-report/relazione-urbanproof.pdf/view>

7.2 ANALISI DATI DI QUALITA' DELL'ARIA

7.2.1 OSSIDI DI AZOTO

Le elaborazioni relative agli ossidi di azoto sono state effettuate considerando solo le giornate con la presenza di entrambe le coppie di dati e l'intervallo temporale compreso tra il 12 e il 25 agosto 2021. Nel grafico seguente viene rappresentato l'andamento delle concentrazioni orarie di Biossido di azoto NO₂ rilevate nel periodo considerato presso le due postazioni. Come visibile sia i valori misurati sia le modulazioni sono quasi perfettamente corrispondenti.



NO₂-time-plot concentrazioni orarie rilevate dal 12/08/2021 al 25/08/2021 ad Asti (in rosso postazione "non green" Piazza Statuto, in verde postazione "green" Parco della Resistenza)

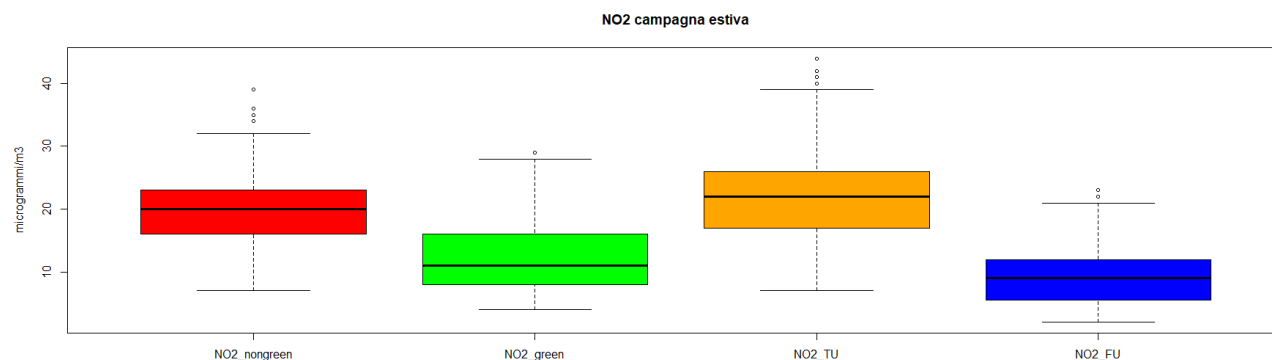
Nella tabella e nel box plot seguenti sono riassunte le concentrazioni medie dell'inquinante rilevate nei due siti di misura. Come visibile nel sito GREEN si evidenzia una riduzione pari a circa 35% rispetto a quanto misurato presso il sito NONGREEN.

I valori rilevati presso il sito NONGREEN sono in linea con quelli misurati nella stazione di traffico come già osservato nella campagna invernale 2021.

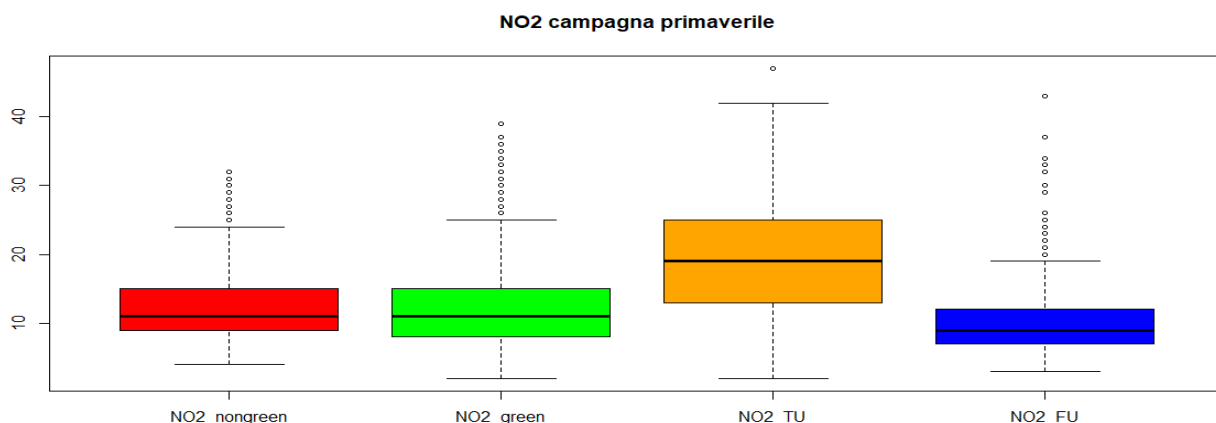
Presso il sito GREEN, pur trovandosi in area centrale con traffico intenso, si evidenziano valori simili a quanto registrato presso la stazione di fondo urbano posta in area più periferica e meno trafficata del Parco della Resistenza.

NO ₂	Sito NONGREEN	Sito GREEN	Asti TU	Asti FU
Concentrazioni minime	7 µg/m ³	4 µg/m ³	7 µg/m ³	7 µg/m ³
Concentrazioni medie	20 µg/m ³	13 µg/m ³	22 µg/m ³	9 µg/m ³
Concentrazioni massime	39 µg/m ³	29 µg/m ³	44 µg/m ³	23 µg/m ³

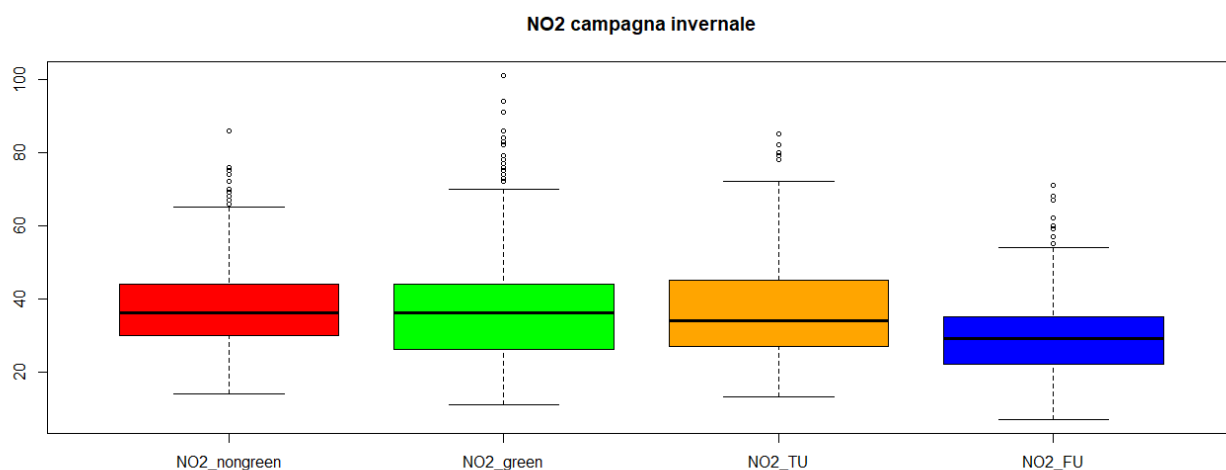
NO₂. Concentrazioni minime-medie-massime campagna estiva 2021



NO₂-Box-plot concentrazioni orarie rilevate dal 12/08/2021 al 25/08/2021 ad Asti (in rosso postazione "non green" Piazza Statuto, in verde postazione "green" Parco della Resistenza) e stazioni fisse RRQA Asti



NO₂-Box-plot concentrazioni orarie rilevate dal 03/05/2021 al 31/05/2021 ad Asti (in rosso postazione “non green” Piazza Statuto, in verde postazione “green” Parco della Resistenza) e stazioni fisse RRQA Asti



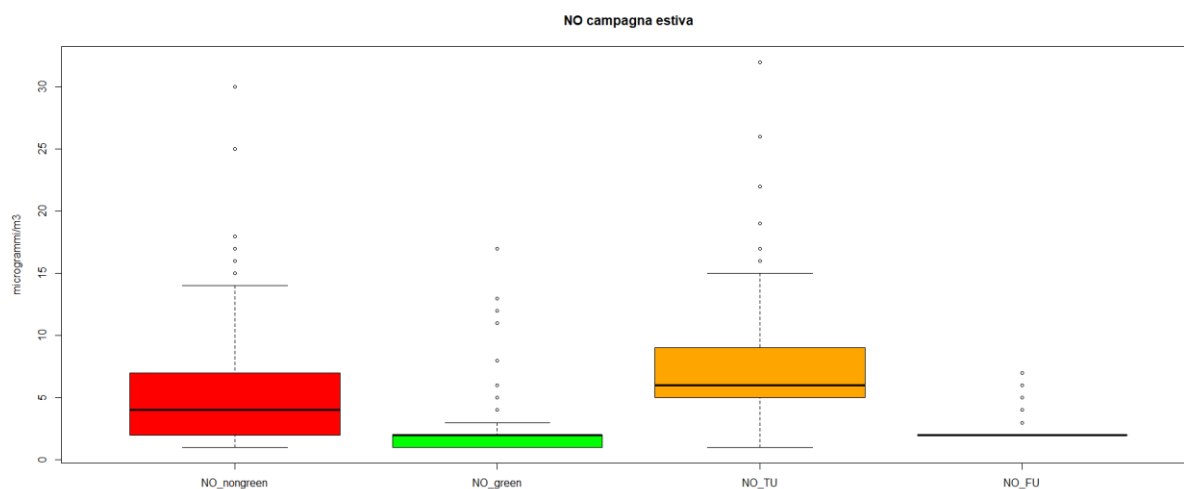
NO₂-Box-plot concentrazioni orarie rilevate dal 20/01/2021 al 09/02/2021 ad Asti (in rosso postazione “non green” Piazza Statuto, in verde postazione “green” Parco della Resistenza) e stazioni fisse RRQA Asti

Per quanto riguarda l’ossido di azoto NO le concentrazioni medie e massime misurate presso la postazione NONGREEN risultano superiori a quanto rilevato presso la postazione GREEN, come già evidenziato per il biossido di azoto, e allineate con quanto determinato presso la stazione di traffico urbano di Asti. La riduzione percentuale sulle concentrazioni massime tra punto NONGREEN e GREEN è pari al 45%

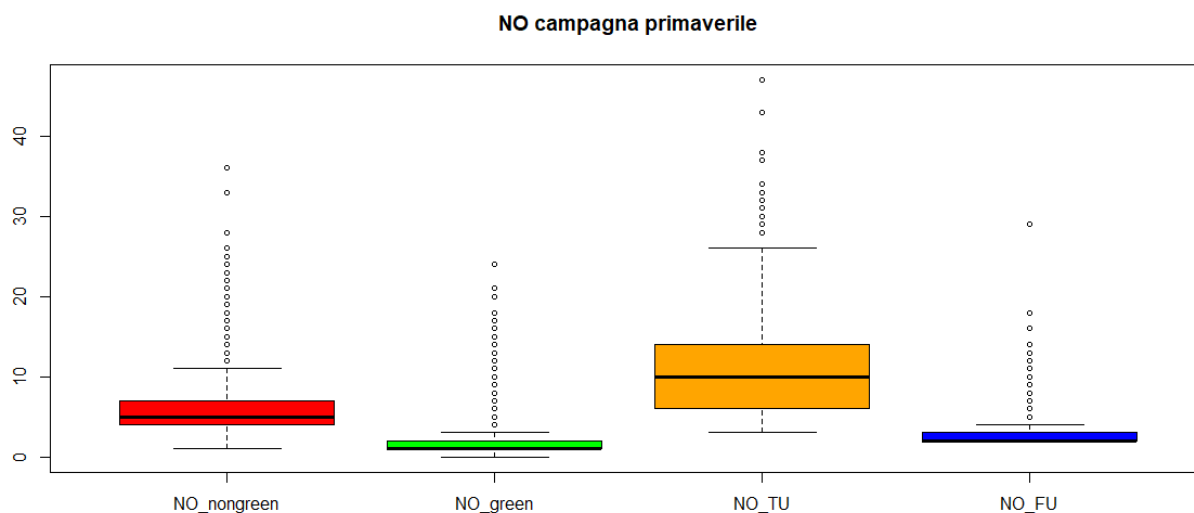
NO	Sito NONGREEN	Sito GREEN	Asti TU	Asti FU
Concentrazioni minime	1 µg/m ³	1 µg/m ³	1 µg/m ³	1 µg/m ³
Concentrazioni medie	5 µg/m ³	2 µg/m ³	7 µg/m ³	2 µg/m ³
Concentrazioni massime	30 µg/m ³	17 µg/m ³	32 µg/m ³	7 µg/m ³

NO. Concentrazioni minime-medie-massime periodo di misura 2021

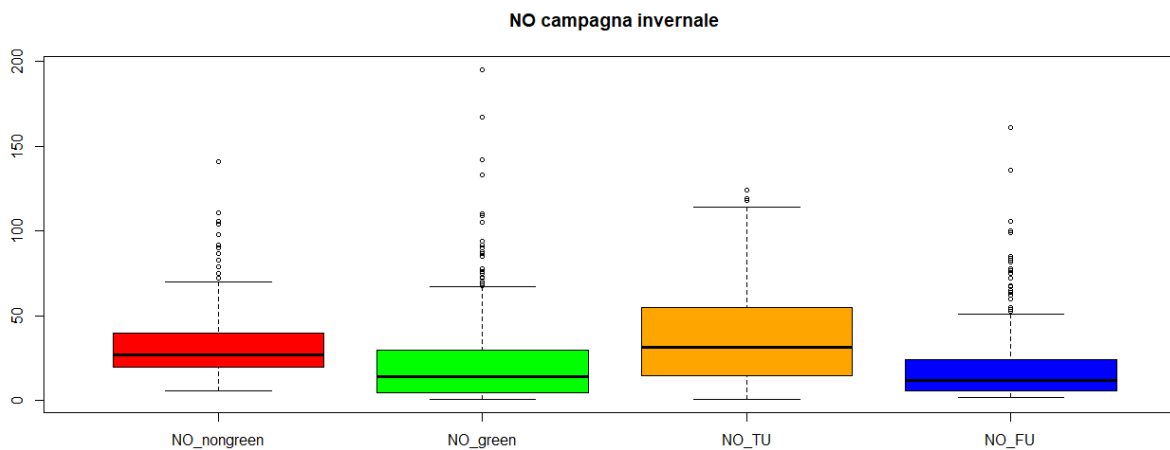
In tutte le campagne il sito GREEN si conferma decisamente più basso del sito NON GREEN per il monossido di azoto che è considerato inquinante primario emesso da traffico, riscaldamento e attività industriali..



NO-Box-plot, concentrazioni orarie rilevate dal 12/08/2021 al 25/08/2021 ad Asti (in rosso postazione “non green” Piazza Statuto, in verde postazione “green” Parco della Resistenza) e stazioni fisse RRQA Asti



NO-Box-plot, concentrazioni orarie rilevate dal 03/05/2021 al 31/05/2021 ad Asti (in rosso postazione “non green” Piazza Statuto, in verde postazione “green” Parco della Resistenza) e stazioni fisse RRQA Asti



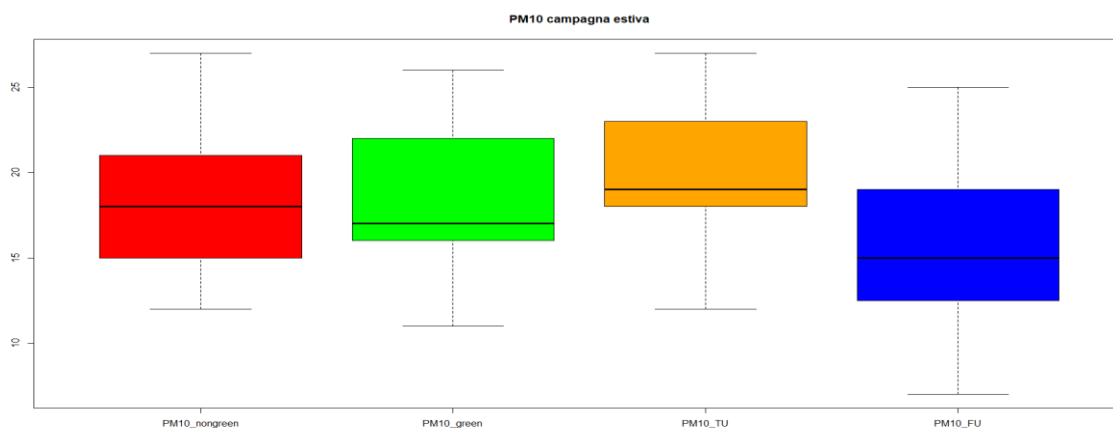
NO-Box-plot, concentrazioni orarie rilevate dal 20/01/2021 al 09/02/2021 ad Asti (in rosso postazione “non green” Piazza Statuto, in verde postazione “green” Parco della Resistenza) e stazioni fisse RRQA Asti

7.2.2 POLVERI PM10

Le concentrazioni minime-medie e massime di PM10 rilevate nel periodo di misura nelle due postazioni e nelle stazioni fisse di traffico e fondo urbano presenti ad Asti sono sintetizzate nella tabella seguente unitamente al grafico box-plot che rappresenta la distribuzione delle concentrazioni giornaliere misurate. Sono state considerate solo le giornate con tutte le coppie di dati presenti, escludendo le giornate del 14-15 e 16 agosto in cui il Piemonte è stato raggiunto da sabbie sahariane, in arrivo da est, che hanno determinato innalzamento delle concentrazioni delle PM10 su quasi tutta la regione.⁹ Le coppie di dati considerate sono quindi 30.

PM10	Sito NONGREEN	Sito GREEN	Asti TU	Asti FU
Concentrazioni minime	12 µg/m ³	11 µg/m ³	10 µg/m ³	7 µg/m ³
Concentrazioni medie	18 µg/m ³	18 µg/m ³	20 µg/m ³	16 µg/m ³
Concentrazioni massime	27 µg/m ³	26 µg/m ³	27 µg/m ³	25 µg/m ³

PM10. Concentrazioni minime-medie-massime periodo di misura



PM10.Box-plot concentrazioni giornaliere rilevate dal 24/07/21 al 25/08/21 ad Asti (in rosso postazione “non green” Piazza Statuto, in verde postazione “green” Parco della Resistenza) e stazioni fisse RRQA Asti

Come già osservato nelle precedenti campagne nella postazione GREEN e in quella NONGREEN si delinea una condizione di inquinamento intermedio tra quanto registrato dalla stazione da traffico di Asti-Baussano e quella di fondo urbano di Asti-D’Acquisto con un aumento percentuale pari al 13% circa delle concentrazioni medie di PM10 rispetto a quanto misurato nella stazione di fondo e una diminuzione del 10% circa rispetto a quanto rilevato presso la postazione di misura di traffico urbano. Come visibile nella tabella “PM10-Confronto concentrazioni medie campagne di monitoraggio effettuate” le differenze tra i due siti GREEN e NONGREEN risultano poco apprezzabili in quanto, sebbene il sito con alberi si attesti sempre su valori uguali o inferiori a quello senza alberi, gli scostamenti percentuali risultano dello stesso ordine di grandezza del metodo di misura adottato e pertanto di difficile valutazione.

Gli esiti sin qui conseguiti sono confrontabili con le stime ottenute nelle recenti simulazioni modellistiche effettuate presso il Parco del Valentino di Torino e il Parco Castel di Guido di Roma che evidenziano come i due parchi urbani rappresentano un moderato assorbitore di inquinanti con un miglioramento percentuale medio annuo per il PM10 stimati pari al 7% circa (in particolare per quanto riguarda il Parco del Valentino a causa della maggiore concentrazione di PM e della stretta vicinanza alle fonti di emissione rispetto al sito semi-rurale e più ventilato di Castel di Guido).¹⁰

⁹ <https://www.arpa.piemonte.it/news/sabbie-sahariane-trasportate-dal-vento-hanno-innalzato-i-valori-di-pm10-sul-piemonte>

¹⁰ Silvano Fares, Adriano Conte, Alessandro Alivernini, Francesco Chianucci, Mirko Grotti, Ilaria Zappitelli, Fabio Petrella, and Piermaria Corona “Testing Removal of Carbon Dioxide, Ozone, and Atmospheric Particles by Urban Parks in Italy” **ENVIRONMENTAL SCIENCES AND TECHNOLOGY** 54 (2020) 14910–14922

I risultati ottenuti nelle tre campagne di monitoraggio sono sintetizzati nelle tabelle seguenti e verranno integrati con quanto rilevato nell'ultima campagna di misura autunnale.

Nel proseguo dello studio si valuterà la misura delle frazioni più fini delle polveri o eventualmente l'utilizzo di differenti metodiche di campionamento.

CAMPAGNA ESTIVA	PM10	Sito NONGREEN	Sito GREEN	Asti TU	Asti FU
	Concentrazioni minime	12 µg/m ³	11 µg/m ³	10 µg/m ³	7 µg/m ³
	Concentrazioni medie	18 µg/m ³	18 µg/m ³	20 µg/m ³	16 µg/m ³
	Concentrazioni massime	27 µg/m ³	26 µg/m ³	27 µg/m ³	25 µg/m ³

CAMPAGNA PRIMAVERILE	PM10	Sito NONGREEN	Sito GREEN	Asti TU	Asti FU
	Concentrazioni minime	9 µg/m ³	8 µg/m ³	10 µg/m ³	7 µg/m ³
	Concentrazioni medie	16 µg/m ³	15 µg/m ³	18 µg/m ³	16 µg/m ³
	Concentrazioni massime	32 µg/m ³	28 µg/m ³	29 µg/m ³	27 µg/m ³

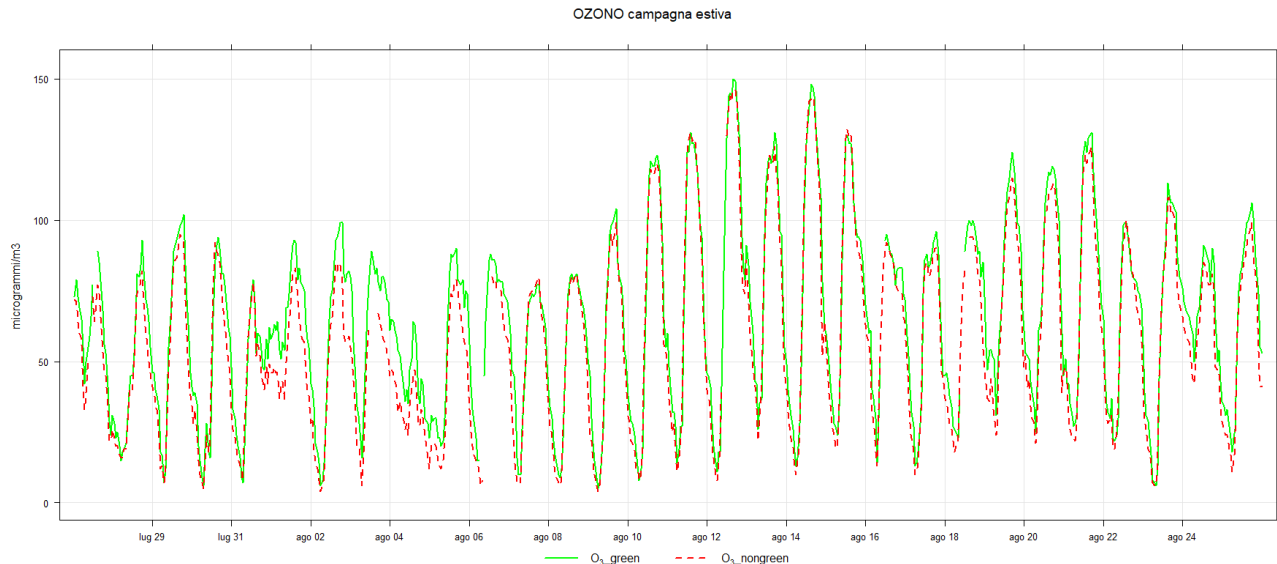
CAMPAGNA INVERNALE	PM10	Sito NONGREEN	Sito GREEN	Asti TU	Asti FU
	Concentrazioni minime	13 µg/m ³	12 µg/m ³	12 µg/m ³	11 µg/m ³
	Concentrazioni medie	45 µg/m ³	45 µg/m ³	47 µg/m ³	41 µg/m ³
	Concentrazioni massime	91 µg/m ³	93 µg/m ³	89 µg/m ³	88 µg/m ³

PERIODO	Copie di dati a disposizione	Media PM10 sito non GREEN	Media PM10 sito GREEN	Scostamento %
20/01-26/02/2021	32	45	45	INVERNO 0%
26/04-28/05/2021	32	16	15	PRIMAVERA -6%
24/07-25/08/2021	30	18	18	ESTATE 0%

PM10. Confronto concentrazioni medie campagne di monitoraggio effettuate

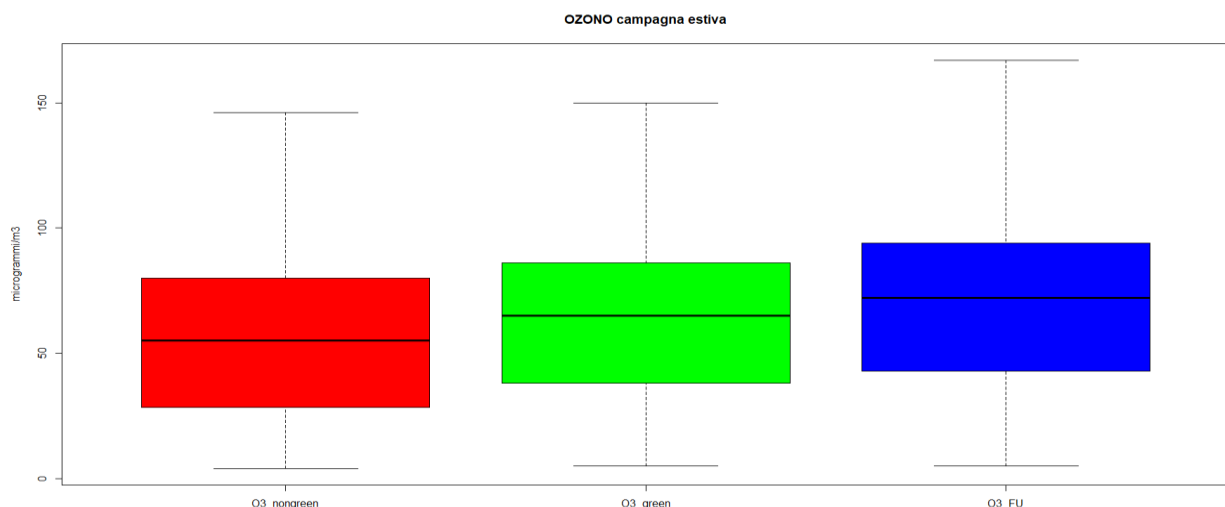
7.2.3 OZONO (O₃)

Come per gli altri inquinanti le elaborazioni seguenti sono state effettuate considerando le giornate ove erano presenti e validate entrambe le copie di dati. Nel grafico seguente vengono raffigurate le concentrazioni di Ozono misurate nei due siti a confronto nel periodo di misura.



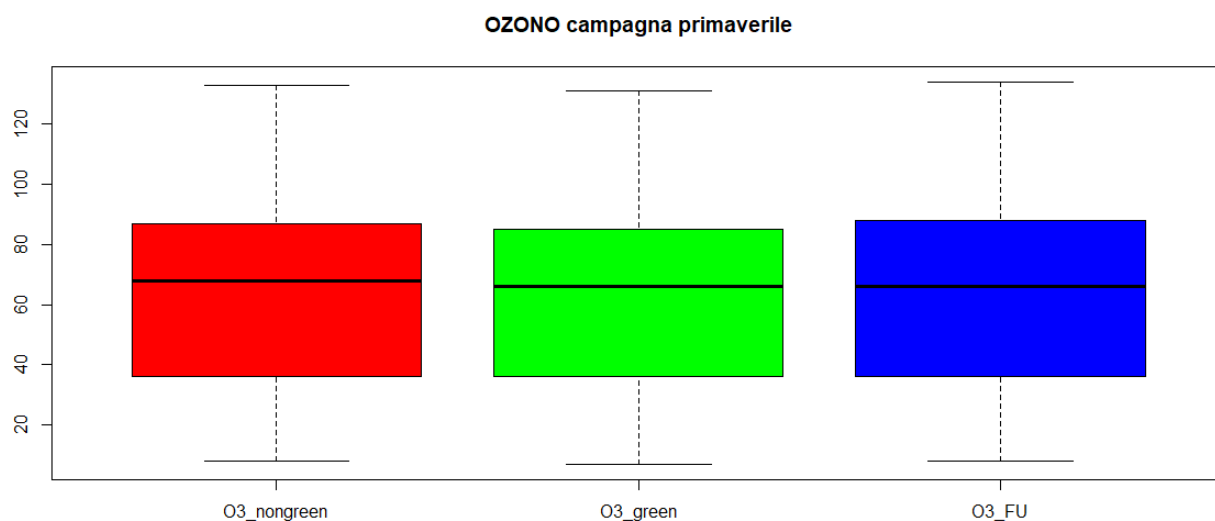
Time plot Ozono. In verde postazione “green” -Parco della Resistenza, in rosso postazione “non green” Piazza Statuto

Nel box-plot sottostante vengono confrontate tra loro le distribuzioni delle concentrazioni orarie rilevate presso i due siti di monitoraggio GREEN e NONGREEN. Come visibile i valori di Ozono rilevati presso il Parco della Resistenza risultano leggermente superiori rispetto a quelli rilevati presso la postazione NONGREEN, con un incremento percentuale pari al +12% sui valori medi, probabilmente imputabile da un lato alle complesse interazioni chimico-fisiche esistenti tra ossidi di azoto e ozono, dall'altro dalla presenza di BVOC (composti organici volatili biogenici) che contribuiscono alla formazione di Ozono. In tal senso potrebbe essere utile valutare i risultati ottenuti anche considerando il potenziale di ozono-formazione delle piante presenti nel parco (POF).¹¹



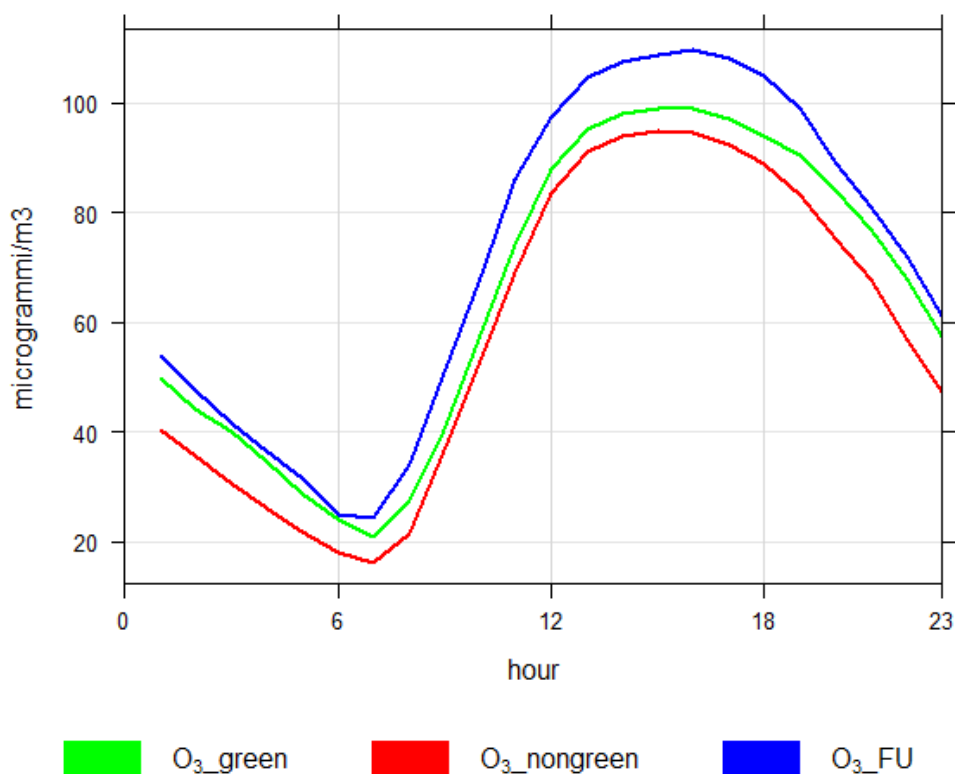
Ozono.Box-plot concentrazioni orarie rilevate dal 27/07/21 al 25/08/21 ad Asti (in rosso postazione “non green” Piazza Statuto, in verde postazione “green” Parco della Resistenza, in blu stazione fondo urbano Asti-D’Acquisto)

¹¹ “Estimating the ozone-forming potential of Urban trees and shrubs” Michael t. Benjamin* and rthur m. Winert , Atmospheric Environment Vol. 32. No. 1, pp. 53 68, 1998



Ozono-Box-plot concentrazioni orarie rilevate dal 03/05/2021 al 31/05/2021 ad Asti (in rosso postazione “non green” Piazza Statuto, in verde postazione “green” Parco della Resistenza, in blu stazione fondo urbano Asti-D’Acquisto)






L’andamento del giorno tipo evidenzia come lo scostamento presente tra postazione NONGREEN e GREEN sia apprezzabile in tutte le ore della giornata, seppur inferiore all’incertezza di misura.



Ozono-giorno tipo periodo 27/07/21 al 25/08/21

8. CONCLUSIONI

Il report riassume i risultati relativi alla terza campagna di monitoraggio 2021 inerente al progetto pilota di monitoraggio e raccolta di dati microclimatici e di qualità dell'aria nel Comune di Asti il cui obiettivo è quello di valutare la capacità delle piante presenti in un parco urbano della città di trattenere gli inquinanti in funzione delle varie fasi vegetative e di mitigare l'isola di calore urbana. L'indagine svolta con l'utilizzo di due laboratori mobili collocati presso due aree comunali caratterizzate da differente presenza di vegetazione, quali Piazza Statuto (sito NON GREEN) e i giardini pubblici di Parco della Resistenza (sito GREEN), ha avuto luogo dal 24 luglio al 26 agosto 2021 e rientra nel programma di monitoraggio del progetto che prevede 4 campagne nell'anno, una per stagione. Di seguito si riporta una sintesi dei risultati ottenuti nelle varie campagne stagionali sin qui eseguite nel 2021.

	ESTATE 2021	PRIMAVERA 2021	INVERNO 2021
TEMPERATURA-UMIDITA'-RADIAZIONE SOLARE			
 <i>In tutte le campagne si evidenzia un effetto positivo del verde sul microclima urbano</i>	T medie -0.7°C T max - 1.6°C Ridotta escursione termica e umidità giorno/notte presso il punto GREEN	T medie -2.6°C T max - 2.4°C Ridotta escursione termica e umidità giorno/notte presso il punto GREEN	T medie -1.3°C T max - 3.0°C Ridotta escursione termica e umidità giorno/notte presso il punto GREEN
POLVERI SOTTILI PM10			
 <i>Limitate evidenze.</i>	Il sito GREEN mostra valori sempre uguali o inferiori al sito NON GREEN ma con scostamenti di scarsa entità e difficile valutazione	Il sito GREEN mostra valori sempre uguali o inferiori al sito NON GREEN ma con scostamenti di scarsa entità e difficile valutazione	Il sito GREEN mostra valori sempre uguali o inferiori al sito NON GREEN ma con scostamenti di scarsa entità e difficile valutazione
BIOSSIDO DI AZOTO			
 <i>Risultati variabili a seconda della stagione</i>	-35% concentrazioni medie NO2 presso il punto GREEN	Non si osservano differenze di rilievo tra sito GREEN e NON_GREEN.	Non si osservano differenze di rilievo tra sito GREEN e NON_GREEN.
MONOSSIDO DI AZOTO			
 <i>Si evidenziano differenze significative</i>	il sito GREEN si conferma decisamente più basso del sito NON GREEN	il sito GREEN si conferma decisamente più basso del sito NON GREEN	il sito GREEN si conferma decisamente più basso del sito NON GREEN
OZONO			
 <i>Non si evidenziano differenze significative</i>	Non si osservano differenze di rilievo tra sito GREEN e NON_GREEN.	Non si osservano differenze di rilievo tra sito GREEN e NON_GREEN.	Non si osservano differenze di rilievo tra sito GREEN e NON_GREEN.

I risultati relativi al periodo estivo evidenziano differenze significative tra le due postazioni, con alberi e senza alberi, solo per gli ossidi di azoto. Per i restanti inquinanti, gli esiti sin qui conseguiti sembrano delineare la presenza di effetti mitigativi talvolta presenti ma contenuti o non sempre del tutto apprezzabili dalla strumentazione utilizzata. Ciò è comprensibile anche considerando che il Parco urbano prescelto come sito di monitoraggio ha una limitata estensione e contiene una grande varietà di essenze non specificamente selezionate per le loro capacità depurative. Gli effetti mitigativi rilevati dai monitoraggi effettuati ad Asti sono inoltre confrontabili con le stime ottenute nelle recenti simulazioni modellistiche effettuate da IBE-CNR presso il Parco del Valentino a Torino ed il Parco Castel di Guido a Roma e confermano dunque tali stime che attestano un effetto di riduzione delle polveri sottili dovuto alla presenza dei parchi urbani tra il 5 e il 10%.

Per quanto riguarda i parametri microclimatici (temperatura, radiazione solare e umidità) viene confermata anche nella stagione estiva la riduzione delle temperature per effetto della vegetazione nel punto di misura del Parco della Resistenza con una differenza di circa -1.6°C sui valori massimi rispetto a quanto rilevato in Piazza Statuto ed una ridotta escursione termica giorno/notte. Relativamente alla radiazione solare globale i valori presso il Parco della Resistenza sono ridotti di circa il 90% rispetto a quelli misurati presso Piazza Statuto per effetto dell'ombreggiamento delle piante. L'effetto benefico del parco urbano riscontrato sull'umidità è di una minor variazione del parametro tra il giorno e la notte con abbassamento dei valori massimi nel periodo notturno e conseguente mitigazione dell'afa estiva.

La sperimentazione, come programmato, terminerà in periodo autunnale e i risultati verranno integrati con i dati di IPA e metalli determinati sui filtri di PM10.