

Analisi Dati da Monitoraggio

Autore	Mariantonia Bencardino
Data di creazione	1-Ottobre-2023
Ultima revisione	30-Ottobre-2023
Titolo	D6.1 - Analisi dati di monitoraggio
Soggetto	WP5 - Data Science applicata alle misure di Qualità dell'Aria
Stato	Completato
Editore	CNR-IIA
Tipo	Deliverable
Identificazione	D6.1
Descrizione	
Contributi	Francesco D'Amore, Delia Evelina Bruno, Valentino Mannarino

INDICE

[INDICE](#)

[INTRODUZIONE E FINALITÀ](#)

[INSTALLAZIONE E MONITORAGGIO AD APRIGLIANO](#)

[DATI METEO MISURATI DAL PROTOTIPO](#)

[CONFRONTO DATI METEO CON DATI DA CENTRALINA ARPACAL](#)
[PARAMETRI DI QUALITA' DELL'ARIA MISURATI MEDIANTE PROTOTIPO](#)
[MONOSSIDO DI CARBONIO \(CO\)](#)
[BIOSSIDO DI AZOTO \(NO2\)](#)
[OZONO \(O3\)](#)
[DIOSSIDO DI ZOLFO \(SO2\)](#)
[CONCLUSIONI](#)

INTRODUZIONE E FINALITÀ

I dati rilevati dai sensori montati sul prototipo progettato nell'ambito del progetto ARMONIA, si riferiscono a due principali variabili meteorologiche, la Temperatura (T) e l'Umidità Relativa (RH), mentre per quanto riguarda la qualità dell'aria i sensori impiegati hanno consentito le misurazioni di Monossido di Carbonio (CO), Biossido di Azoto, Ozono (O3) e Biossido di Zolfo (SO2). Per tutti i parametri elencati l'acquisizione dei dati di monitoraggio è stata effettuata con una frequenza di 5 secondi.

Le concentrazioni dei parametri di qualità dell'aria oggetto di studio (CO, NO2, O3 ed SO2) sono state ottenute convertendo il segnale elettrico (in Volts) rilevato dai sensori nelle unità di misura pertinenti alle grandezze misurate. La conversione è stata eseguita mediante equazioni matematiche e parametri di *fitting*, così come indicate dall'azienda AlphaSense, produttrice dei sensori impiegati nel monitoraggio. Per ciascun inquinante monitorato AlphaSense suggerisce due diverse relazioni matematiche da poter applicare, senza specificare il loro migliore campo di applicazione. I due set di dati di concentrazione ottenuti per ciascun inquinante mediante tali equazioni sono stati pertanto considerati e rappresentati entrambi nei grafici successivi, in modo tale da apprezzarne le differenze.

I dati di concentrazione ottenuti per ciascun parametro di qualità dell'aria sopra indicato, sono stati analizzati in termini di medie orarie. Per ciascun inquinante atmosferico, sono state evidenziate le eventuali differenze nei valori riscontrati tra i due periodi investigati (ottobre e novembre) ed approfonditi gli andamenti medi diurni e settimanali, per comprenderne meglio le dinamiche ed individuare le eventuali sorgenti di emissione.

Infine sono stati presi in considerazione i valori limite che fanno capo alla direttiva sulla qualità dell'aria attualmente in vigore (D.Lgs. 155/2010) e verificato l'eventuale superamento in riferimento ai livelli riscontrati presso Aprigliano.

INSTALLAZIONE E MONITORAGGIO AD APRIGLIANO

In seguito alla messa a punto del box multisensore e alla campagna di interconfronto per i test di affidabilità, si è proceduto all'installazione del prototipo presso il comune di Aprigliano (<http://www.comuneaprigliano.it/aprigliano/>), per dare avvio al monitoraggio atmosferico così come previsto dal progetto ARMONIA.

Lo studio effettuato preliminarmente sulla caratterizzazione socio-ambientale dell'area di studio, con particolare attenzione agli aspetti meteo-climatici e delle pressioni esistenti, ha consentito di individuare come area di interesse ai fini del monitoraggio il nuovo parcheggio antistante il monumento ai caduti, all'incrocio tra la strada provinciale 244 Lago Arvo e la salita di via Roma che porta alla sede comunale.

Si tratta di un'area densamente abitata e caratterizzata da un importante flusso di mezzi di trasporto, che pertanto è stata individuata d'interesse, sia per la presenza di sorgenti antropiche, quali il riscaldamento domestico e il traffico veicolare, sia per l'importante percentuale di residenti e fruitori della zona potenzialmente esposti alle emissioni inquinanti in atmosfera legate alle sorgenti ivi presenti.

Il box multisensore è stato installato sul terrazzo del palazzo della Casa della Cultura di Aprigliano, dalla parte che affaccia sul parcheggio al fine di garantire il previsto monitoraggio atmosferico e acquisire dati riguardo le variabili meteorologiche e i livelli di concentrazione di alcuni tra gli inquinanti normati dalla direttiva sulla qualità dell'aria. Nello specifico, il monitoraggio tramite la piattaforma multisensore è stato avviato il 13 ottobre ed è terminato il 16 novembre 2023, con una interruzione dal 31 ottobre al 6 novembre, a causa di un problema che non ha garantito la disponibilità della corrente elettrica. Nonostante questo inconveniente è stato possibile testare il prototipo sviluppato nell'ambito del progetto ARMONIA e avere a disposizione diciassette e dieci giorni completi di misurazione, rispettivamente per il mese di ottobre e di novembre. I dati rilevati sono stati elaborati e di seguito riportati in modo da comprenderne la rappresentatività. Saranno dedicate due sezioni separate, una per le variabili meteo e l'altra per gli inquinanti atmosferici.





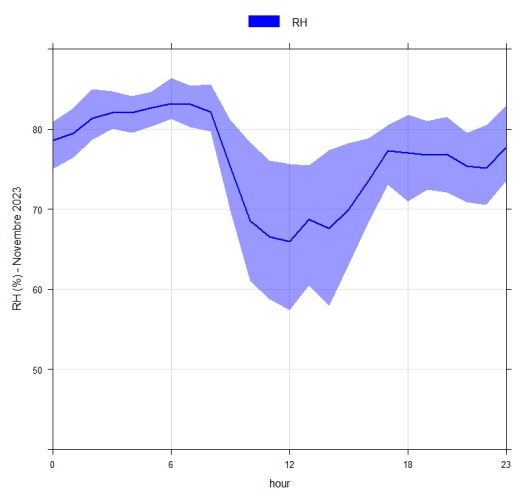
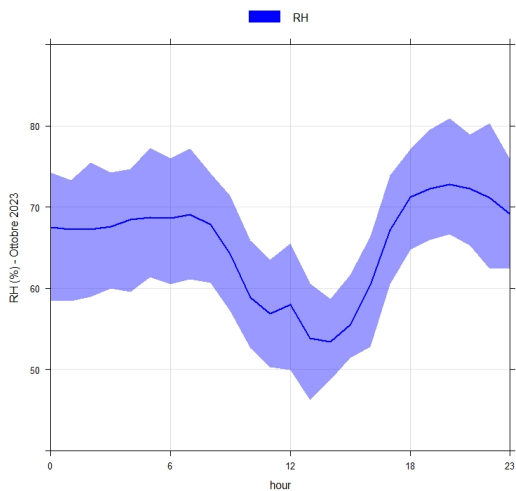
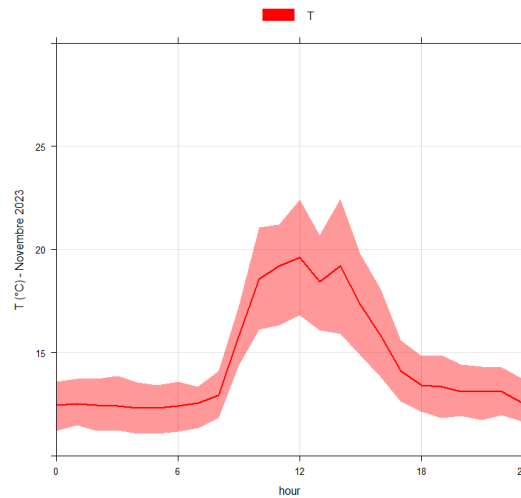
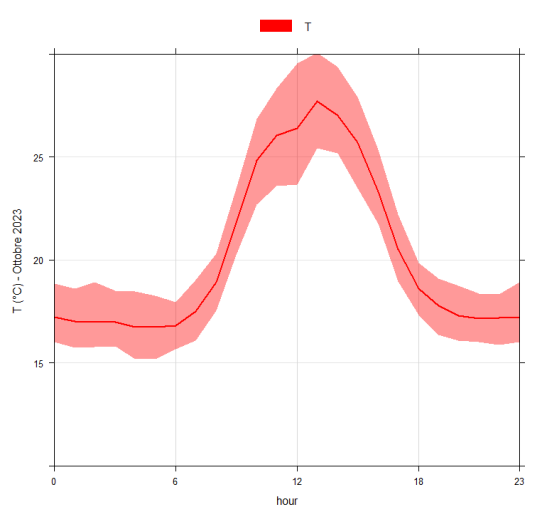
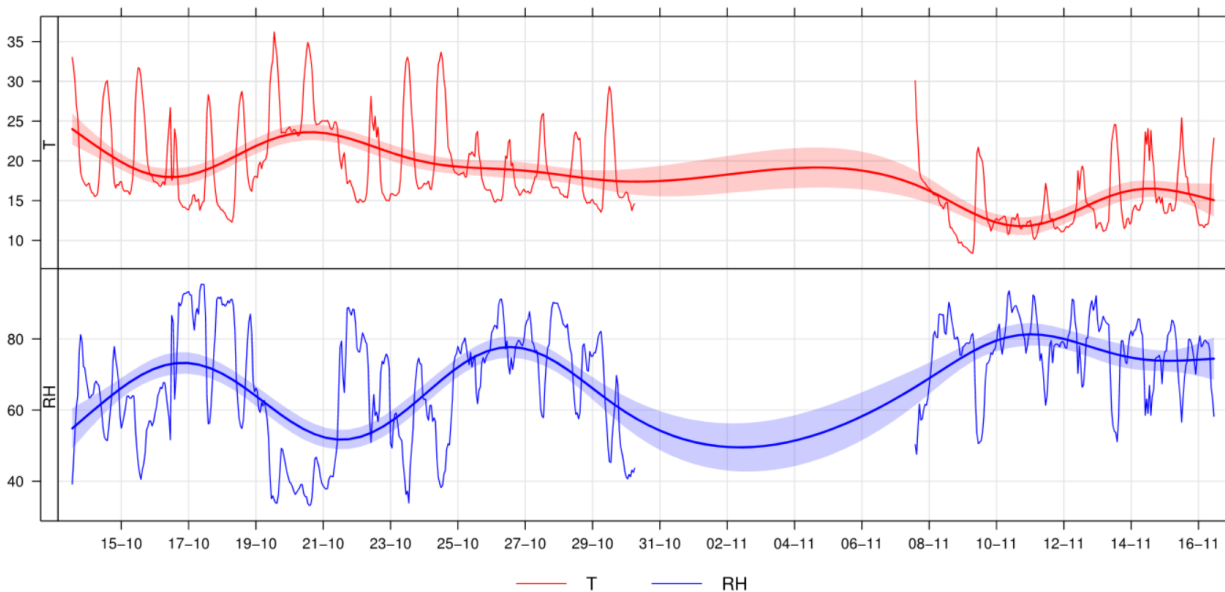
DATI METEO MISURATI DAL PROTOTIPO

Per quanto riguarda le due variabili meteo, T ed RH, è stato possibile calcolare dai dati grezzi le medie orarie sull'intero periodo di osservazione. Dalla Figura successiva, si evince subito una graduale diminuzione delle temperature, che da un valore medio giornaliero intorno a 20,1 °C, registrato per ottobre, è sceso fino a 14,5 °C per il periodo di osservazione disponibile su novembre. Ad ottobre i valori medi orari hanno mostrato un range tra il valore orario minimo, pari a 12,3 °C, che è stato registrato nella notte tra il 17 e il 18 ottobre, e il valore massimo di 36,2 °C, misurato il 19 ottobre. Per il periodo di novembre invece è stato riscontrato un valore minimo di 8,4 °C, in corrispondenza delle prime ore della mattina del 9 novembre, ed un massimo di circa 25,0 °C, rilevato nelle ore centrali dei giorni dal 14 al 16 novembre.

Le escursioni termiche giorno/notte sono risultate rilevanti in entrambi i periodi osservati. Come riportato nel grafico con gli andamenti su base oraria, le temperature relative al periodo di ottobre hanno avuto un'escursione media di circa 10 °C, partendo da valori intorno a 17,5 °C, nelle ore notturne, per raggiungere i 27,5°C di giorno. Nel periodo di novembre le temperature medie sono diminuite facendo registrare valori medi nelle ore notturne intorno a 12.5 °C fino a sfiorare i 20,0 °C nelle ore centrali del giorno.

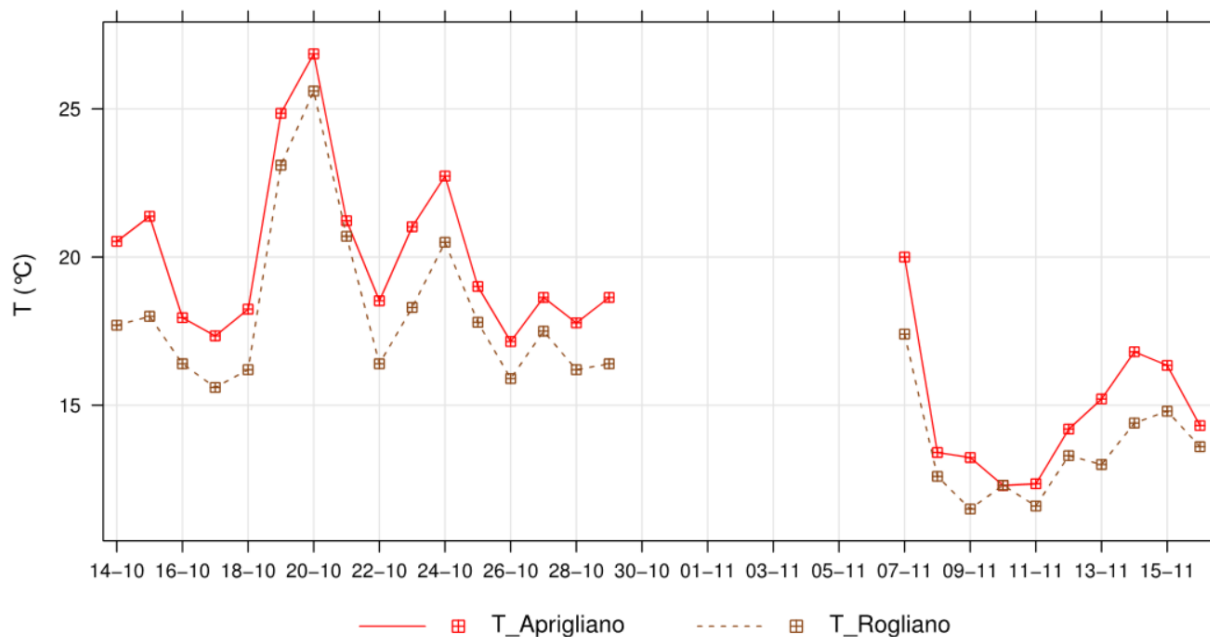
Andamento speculare rispetto alla temperatura è stato confermato nei dati di umidità relativa misurata mediante il prototipo. I valori di RH hanno infatti mostrato valori via via crescenti nel corso

del periodo osservativo, con valori medi intorno a 65,4%, registrati ad ottobre, e di 76,2% per il periodo di novembre. Anche l'andamento medio giornaliero dell'umidità relativa è risultato esattamente l'opposto di quello della temperatura. Un'escursione nei valori medi di umidità relativa, dal 70% al 50%, è stata riscontrata ad ottobre, mentre in novembre i valori medi registrati sono variati dall' 80% a circa il 65%.

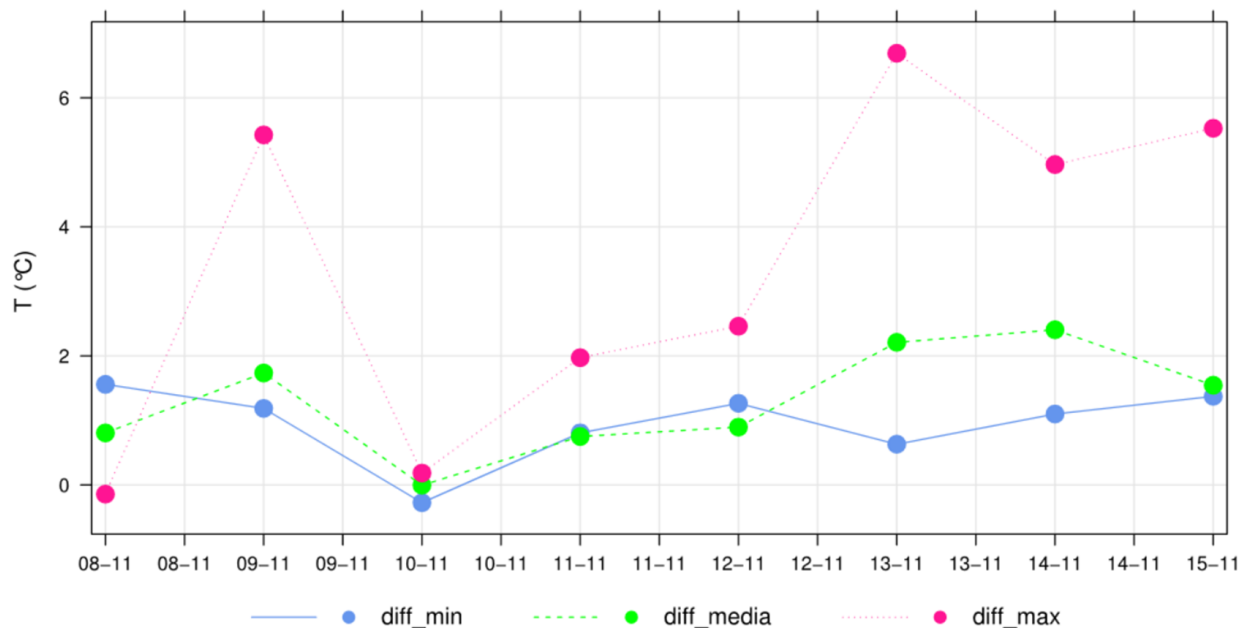


CONFRONTO DATI METEO CON DATI DA CENTRALINA ARPACAL

Per avere contezza sulla buona rappresentatività dei dati rilevati, è stata fatto un confronto con i dati meteo disponibili da stazioni presenti nelle vicinanze e con condizioni simili al comune di Aprigliano. Consultando il database del Centro Funzionale Multirischi dell'ARPACal (<https://www.cfd.calabria.it/index.php/dati-stazioni/stazioni-monitoraggio>) è stato possibile scaricare i dati di temperatura media giornalieri relativi alla stazione di Rogliano (codice= 3000), che è un comune confinante con Aprigliano e posto a 650 m slm, pertanto comparabile con la quota a cui è stato disposto il prototipo nel comune di Aprigliano. Come si evince dalla Figura riportata di seguito, le variazioni giornaliere registrate mediante il prototipo sono analoghe a quelle misurate tramite la stazione meteo di Rogliano, tramite sensori standard della rete del Centro Funzionale Multirischi dell'ARPACal. E' possibile notare che le misure tramite prototipo hanno fatto rilevare valori con una sovrastima che va da 0,5 a 3,4 °C.



Per il solo periodo di novembre è stato possibile scaricare per la stazione di Rogliano, oltre che i valori medi giornalieri, anche quelli minimi e massimi. Nel grafico successivo si è fatto un confronto con gli analoghi valori riscontrati ad Aprigliano. Le differenze sono risultate contenute entro i 2 °C gradi per i valori minimi e medi, mentre si arriva sino ad oltre 4 °C gradi di differenza per le massime.



PARAMETRI DI QUALITA' DELL'ARIA MISURATI MEDIANTE PROTOTIPO

MONOSSIDO DI CARBONIO (CO)

Il monossido di carbonio è un gas inodore, incolore, insapore e altamente tossico. È prodotto dalla combustione incompleta dei materiali contenenti carbonio (combustibili per cucine e per riscaldamento, sigarette, ecc.).

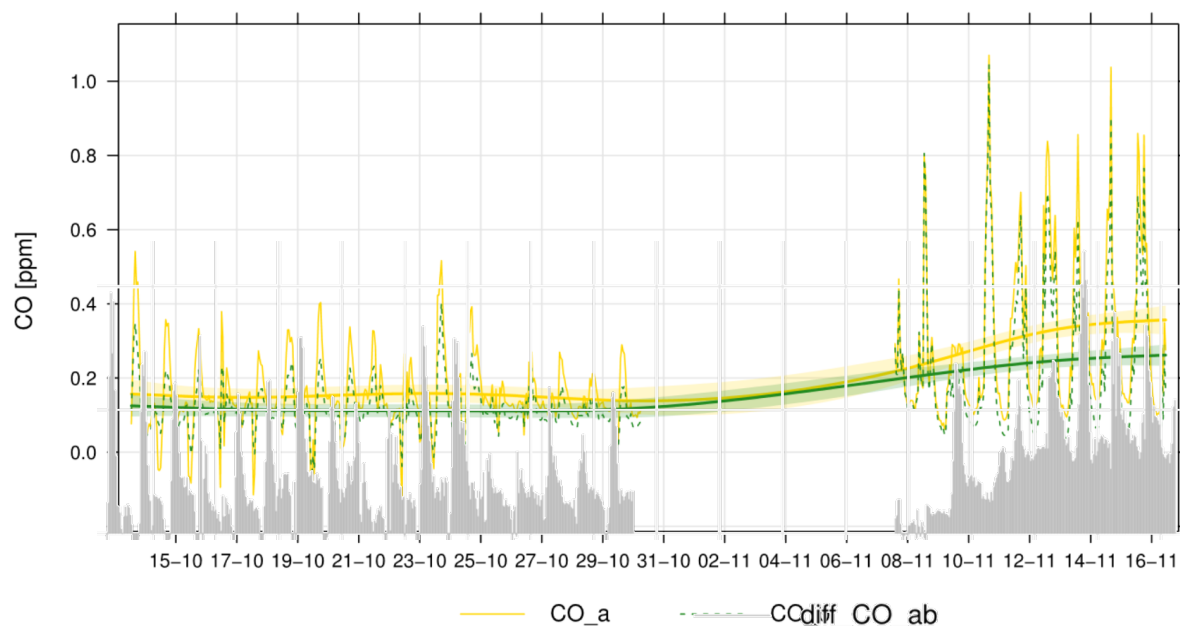
È uno degli inquinanti maggiormente diffusi, ampiamente generato negli ambienti chiusi, a causa di malfunzionamenti degli impianti di riscaldamento a gas, di fornelli, stufe e camini o di una inadeguata ventilazione, o a causa del fumo passivo.

Una fonte outdoor è costituita dai gas di scarico dei veicoli e quindi la vicinanza a strade ad elevato traffico veicolare, a garage e parcheggi, può provocare un impatto significativo sulle concentrazioni del gas negli ambienti confinati.

I principali effetti che si manifestano a basse concentrazioni sono senso di affaticamento e dolori al torace per i cardiopatici; a concentrazioni moderate si riscontrano problemi di coordinamento, mal di testa, nausea, vertigini, fino ad avere conseguenze fatali nel caso di concentrazioni molto elevate.

Riguardo le misurazioni di CO, effettuate presso Aprigliano mediante il prototipo, il grafico riportato di seguito, rappresenta le relative concentrazioni così come ottenute applicando le due equazioni indicate da AlphaSense per tale grandezza. I risultati, differenziati con -a- e -b- nel grafico, mostrano un andamento qualitativamente analogo, sia alle alte che alle basse concentrazioni. Come si evince dalla Figura successiva, l'equazione -a- restituisce un range di valori più ampio rispetto alla -b-, con conseguente sovrastima dei valori massimi e sottostima di quelli minimi.

A parte la differenza ottenuta dall'applicazione delle due diverse equazioni di calcolo, altra evidenza che risulta dall'analisi dei dati, è il valore più alto delle concentrazioni di CO rilevate a novembre rispetto a quelle registrate ad ottobre. Il valore medio del periodo di ottobre si attesta infatti su valori di 0,15 ppm e 0,11 ppm, ottenuti rispettivamente dalle equazioni (a) e (b). I corrispondenti valori medi relativi al periodo di novembre sono più del doppio e pari rispettivamente a 0,30 e 0.24 ppm.

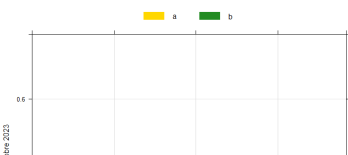


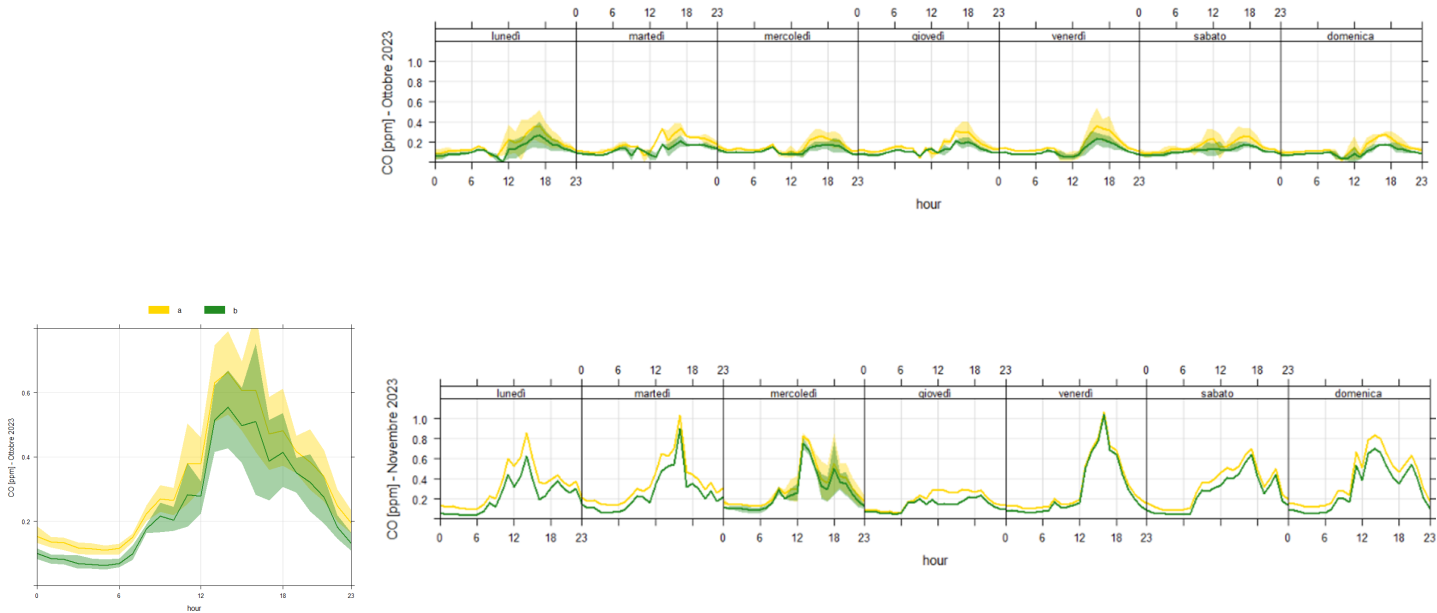
L'andamento su base orario, rappresentato nei grafici successivi, mostra inoltre che i valori nel periodo di ottobre rimangono pressoché stabili intorno al valore di 0,1 ppm fino a mezzogiorno per poi iniziare ad aumentare e raggiungere un valore di massimo di 0,2 ppm (a) e 0,4 ppm (b) intorno alle 17:00. Diverso è invece quanto rilevato per il periodo di novembre, durante il quale le concentrazioni iniziano ad aumentare sin dalle 8:00 del mattino, fino a raggiungere valori di picco tra 0,6 - 1.0 ppm nel primo pomeriggio, con un secondo massimo relativo, più basso del precedente, con valori tra 0,4 - 0,6 ppm, intorno alle 19,00.

I valori riscontrati ad Aprigliano fanno pensare che ad ottobre l'incremento nelle ore centrali sia da imputare al traffico veicolare, mentre a novembre si va ad aggiungere il contributo dovuto al riscaldamento domestico mediante stufe e camini.

Il Valore limite orario per la protezione della salute umana per il CO, per come previsto dall'attuale normativa di riferimento in vigore (D.Lgs. 155/2010), è di **8,7 ppm come media massima giornaliera calcolata su 8 ore**. Le nuove linee guida dell'OMS hanno confermato tale valore riguardo la media sulle 8 ore ma hanno anche introdotto un **limite orario pari a 30,6 ppm**.

Quanto riscontrato per Aprigliano soddisfa ottimamente i criteri di controllo della qualità dell'aria.





BIOSSIDO DI AZOTO (NO₂)

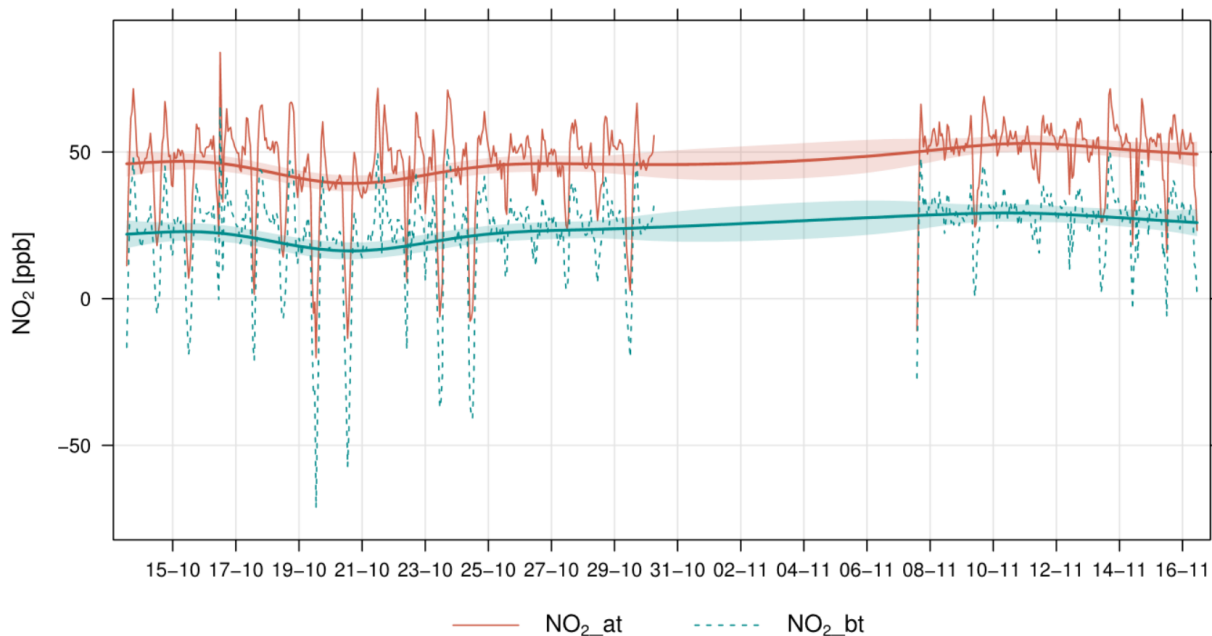
Il biossido di azoto è un gas tossico di colore giallo-rosso, dall'odore forte e pungente; è un ossidante altamente reattivo e corrosivo, con grande potere irritante. Viene generato nei processi di combustione ad alta temperatura a partire dall'azoto e dall'ossigeno presenti in atmosfera. In ambienti indoor le sorgenti sono costituite dai fornelli da cucina, dalle stufe, dagli impianti di riscaldamento con caldaie interne e dal fumo di tabacco ambientale.

Una fonte outdoor è rappresentata dal traffico veicolare e dalla presenza di garage o parcheggi coperti, essendo l'NO₂ contenuto anche nei gas di scarico degli autoveicoli.

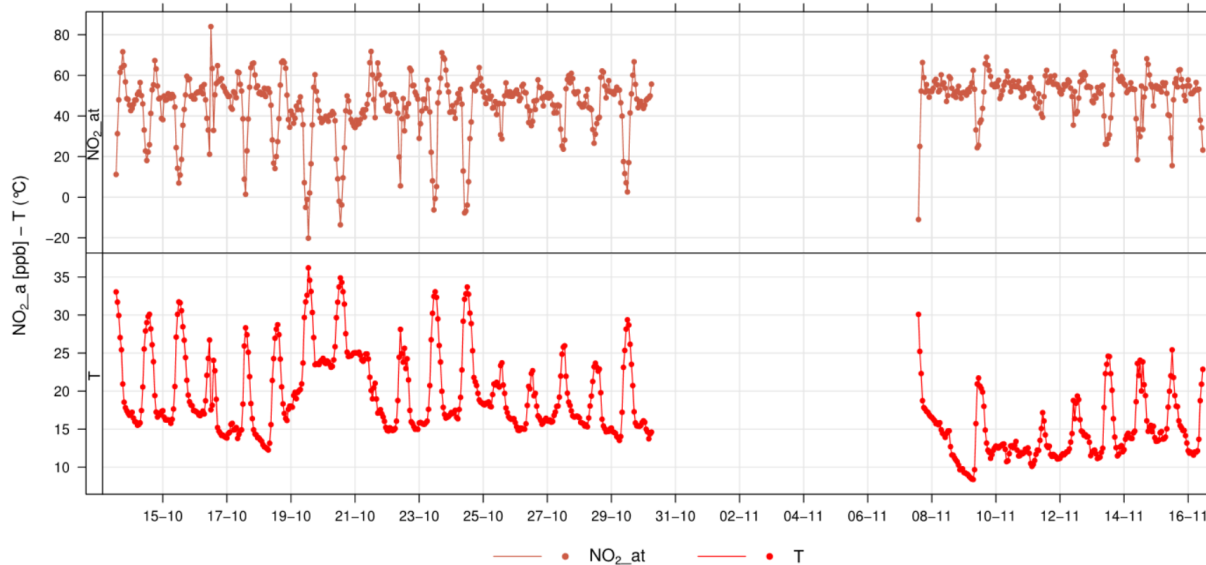
Provoca disturbi alle vie respiratorie profonde e causa maggiore predisposizione alle infezioni soprattutto nei soggetti affetti da patologie polmonari.

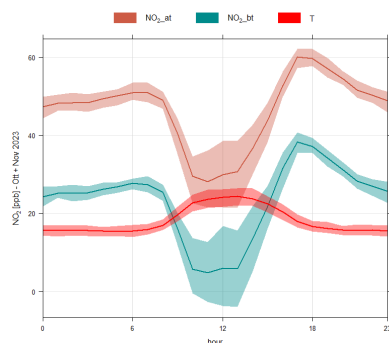
Riguardo le misurazioni di NO₂ presso Aprigliano mediante il prototipo, il grafico riportato di seguito, rappresenta le concentrazioni di NO₂ così come ottenute applicando le due equazioni indicate da AlphaSense per tale grandezza. I risultati, differenziati con -a- e -b- nel grafico, mostrano un andamento qualitativamente analogo sia alle alte che alle basse concentrazioni. Come si evince dalla Figura riportata di seguito, l'equazione -a- restituisce valori che sovrastimano quasi sempre quelli ottenuti tramite l'equazione -b- di una quantità che varia tra i 20 e i 25 ppb. L'equazione -b- porta ad ottenere valori negativi molto bassi, si ritiene pertanto di considerare più attendibile quanto ottenuto mediante la relazione matematica -a-. Si nota in ogni caso che, a differenza del CO, non si è osservata una variazione sostanziale tra i valori medi rilevati in ottobre rispetto a quelli

di novembre. Per la curva -a- le concentrazioni medie sono di 44,1 ppm in ottobre, rispetto ai 51,2 ppm di novembre. Questa circostanza potrebbe essere giustificata dal fatto che la sorgente di emissione di NO₂ rimane sempre più o meno costante e, nel caso in esame, potrebbe essere maggiormente ascrivibile al traffico veicolare.



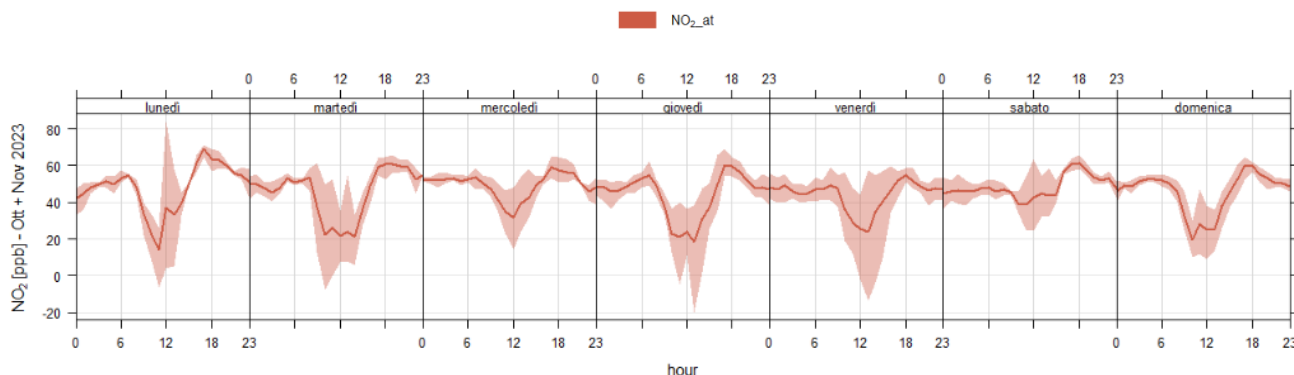
Il grafico successivo evidenzia, tra l'altro, che i principali picchi in negativo rilevati per NO₂ risultano in corrispondenza dei valori massimi di temperatura. Questo significa che nelle ore centrali in presenza di temperature e di irraggiamento elevato, gli NO₂ funzionano da precursori per l'ozono, un inquinante secondario la cui formazione è favorita da reazioni fotochimiche.





Per quanto riguarda l'andamento medio orario si può notare un graduale aumento nelle prime ore del mattino, fino ad arrivare ad un massimo relativo di circa 50 ppm, a cui segue un importante decremento dovuto alle reazioni fotochimiche di cui sopra, e inversamente proporzionale all'andamento medio di temperatura, per poi aumentare ancora raggiungendo il massimo assoluto di circa 60 ppm intorno alle 17,00.

Questo andamento medio giornaliero viene riprodotto in modo analogo in tutti i giorni della settimana, con una piccola eccezione per il sabato e la domenica, per i quali non si evince alcun incremento nelle prime ore della mattina. Quest'ultimo aspetto confermerebbe il prevalere del legame delle concentrazioni di NO2 rilevate ad Aprigliano con il traffico veicolare che nel fine settimana risulta essere minore, per via degli uffici e delle scuole chiuse.



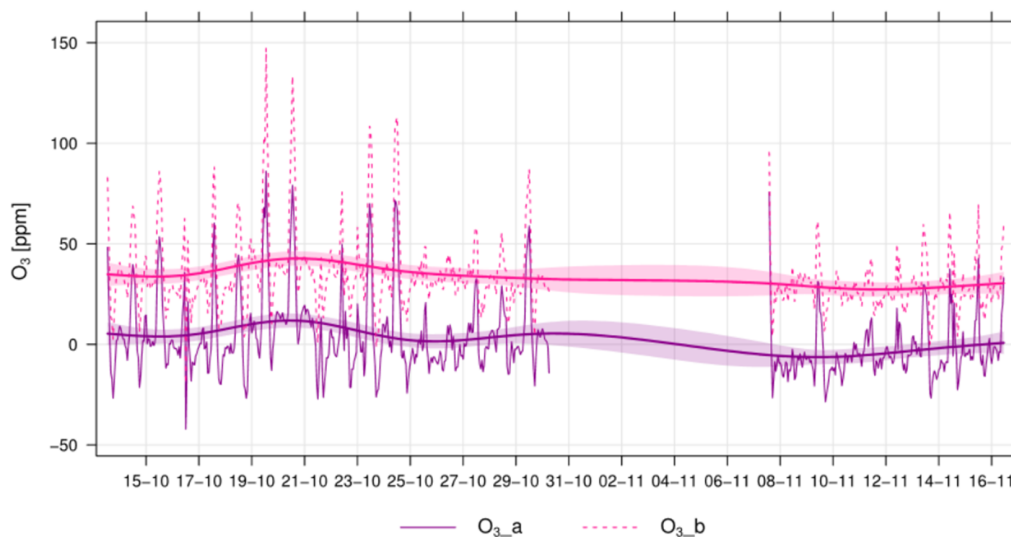
Il Valore limite orario per la protezione della salute umana per l'NO2 previsto dall'attuale normativa di riferimento in vigore (D.Lgs. 155/2010) è di 200 ug/m3 ovvero **106 ppb come media massima oraria**. Ad Aprigliano su tutto il periodo di osservazione il valore massimo di media oraria, registrato mediante la curva di *fitting* che sovrastima, è stato di 84 ppb, riscontrato il 17 ottobre. Quanto riscontrato per Aprigliano soddisfa pertanto ottimamente i criteri di controllo della qualità dell'aria.

OZONO (O3)

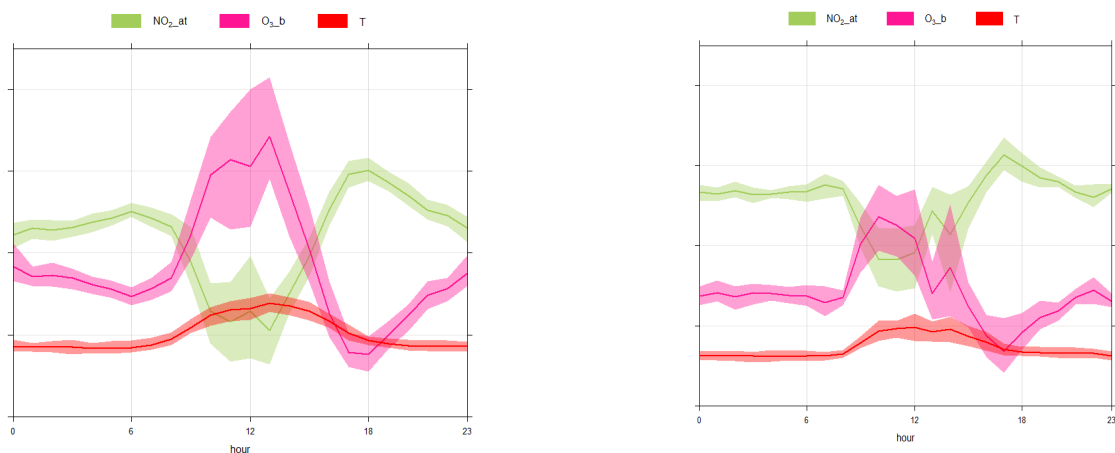
L'ozono è un gas bluastro dall'odore leggermente pungente che non viene direttamente emesso come tale dalle attività umane. Le concentrazioni ambientali di O₃ tendono ad aumentare durante i periodi caldi e soleggiati dell'anno. Nell'arco della giornata, i livelli sono bassi al mattino (fase di innesco del processo fotochimico) raggiungono il massimo nel primo pomeriggio e si riducono progressivamente nelle ore serali con il diminuire della radiazione solare. E' un tipico inquinante che si forma nell'atmosfera in seguito alle reazioni fotochimiche a carico di inquinanti precursori prodotti dai processi di combustione (NOX, idrocarburi, aldeidi). Il bersaglio principale dell'O₃ è l'apparato respiratorio dove i danni principali sono a carico dei macrofagi e delle pareti delle piccole arterie polmonari.

Gli effetti acuti comprendono secchezza della gola e del naso, aumento della produzione di muco, tosse, faringiti, bronchiti, diminuzione della funzionalità respiratoria, dolori toracici, diminuzione della capacità battericida polmonare, irritazione degli occhi, mal di testa.

Riguardo le misurazioni di O₃ presso Aprigliano mediante il prototipo, il grafico riportato di seguito, rappresenta le relative concentrazioni, così come ottenute applicando le due equazioni indicate da AlphaSense per tale grandezza. I risultati, differenziati con -a- e -b- nel grafico successivo, mostrano un andamento qualitativamente simile, sia alle alte che alle basse concentrazioni. Come si evince dal grafico seguente, nel caso dell'O₃, l'equazione -a- restituisce valori che sottostimano quasi sempre quelli ottenuti tramite l'equazione -b- di una quantità che varia tra i 20 e i 40 ppm. L'equazione -a- porta ad ottenere valori quasi sempre negativi, si ritiene pertanto di considerare più attendibile quanto ottenuto mediante la relazione matematica -b-.



Al contrario di quanto visto in precedenza per gli altri inquinanti, l'O₃, proprio per la sua natura secondaria favorita dalla fotochimica, mostra valori correlati rispetto alla Temperatura. Ha mostrato pertanto valori più elevati nel periodo di ottobre, con una media di 36,8 ppm, rispetto al corrispondente valore di 28,5 ppb, riscontrato a novembre. Nei grafici seguenti viene messa in evidenza la differenza tra ottobre e novembre e soprattutto la correlazione diretta tra O₃ e Temperatura, e quella invece inversa tra O₃ e NO₂, i cui andamenti risultano perfettamente speculari, per il motivo sopra accennato per cui l'O₃ si forma a partire da NO₂ coinvolto in reazioni fotochimiche. Per un'ottimale rappresentazione i valori nel grafico successivo sono normalizzati.



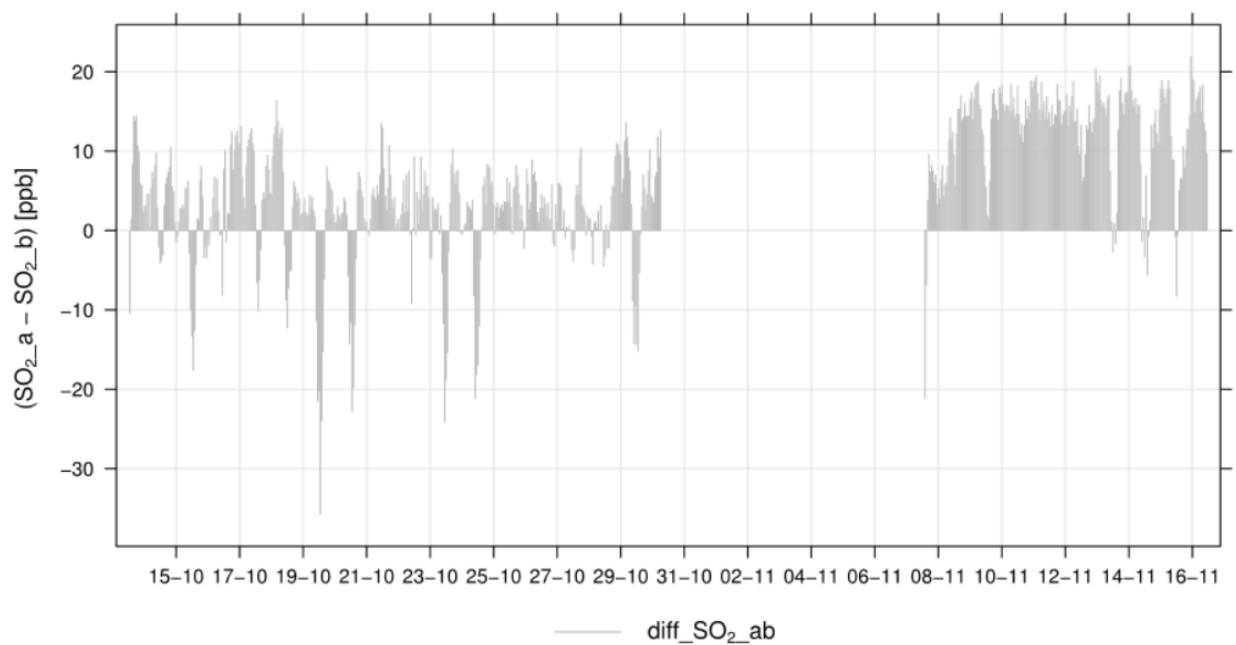
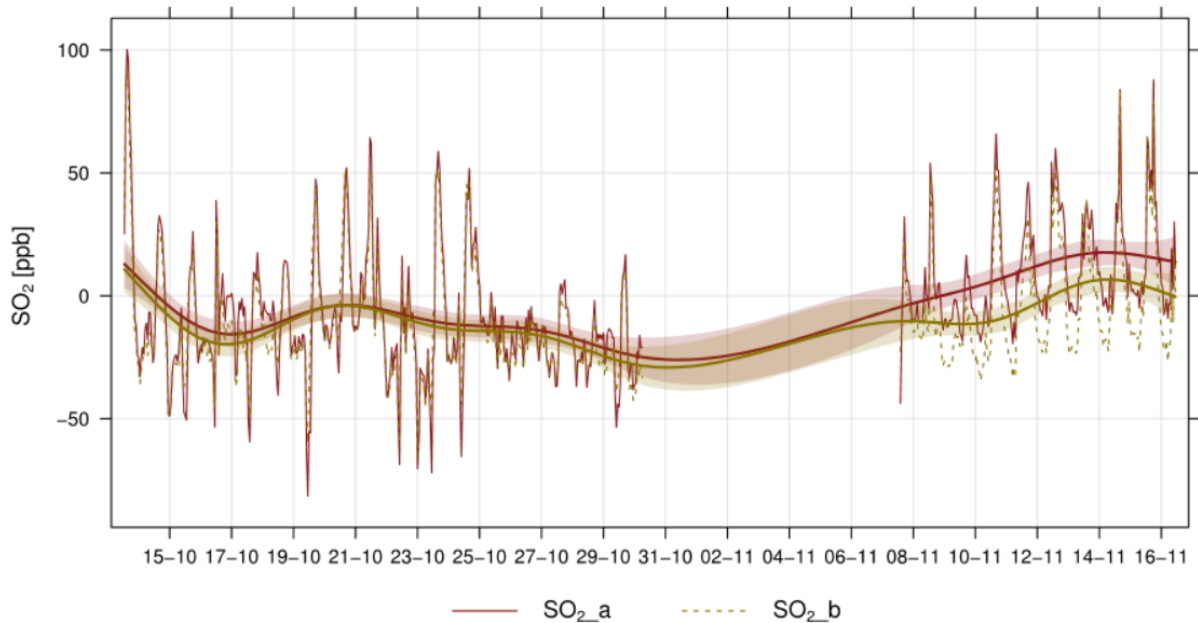
Per l'O₃ l'attuale normativa di riferimento (D.Lgs. 155/2010) prevede una Soglia d'Informazione che è di 180 ug/m³ ovvero **90 ppb come media massima oraria**. Ad Aprigliano su tutto il periodo di osservazione tale soglia è stata superata nelle ore centrali del 19, 20, 23 e 24 ottobre 2023, in corrispondenza di valori di temperatura registrati superiori ai 30 °C. L'attuale direttiva in vigore per la qualità dell'aria prevede inoltre per l'O₃ anche una Soglia di Allarme che è pari a 240 ug/m³ ovvero pari a **120 ppb come media massima oraria**. Ad Aprigliano su tutto il periodo di osservazione tale soglia è stata superata alle ore 13:00 del 19 e del 20 ottobre 2023, in corrispondenza delle quali la temperatura rilevata è risultata superiore ai 35°C .

DIOSSIDO DI ZOLFO (SO₂)

Il biossido di zolfo (SO₂) è un gas dal caratteristico odore pungente. A seguito della diffusa metanizzazione degli impianti di riscaldamento domestici il contributo inquinante degli ossidi di zolfo è notevolmente diminuito nel corso degli anni. Le emissioni di origine antropica sono dovute prevalentemente all'utilizzo di combustibili solidi e liquidi e correlate al contenuto di zolfo, sia come impurezze, sia come costituenti nella formulazione molecolare del combustibile (gli oli). La combustione di carburanti fossili e materiali simili contenenti zolfo, quali carbone, gasolio e olio combustibile fa sì che lo zolfo presente nel carburante si ossidi e vada a formare SO₂ che viene poi emessa in atmosfera. Le principali emissioni di SO₂ derivano pertanto dalle centrali termoelettriche, dagli impianti di riscaldamento domestico a combustibili fossili e da alcune produzioni industriali (raffinerie, fonderie, cementifici); una parte delle emissioni è anche attribuibile al traffico veicolare, in particolare ai veicoli con motore diesel. La concentrazione di biossido di zolfo presenta una variazione stagionale molto evidente con i valori massimi nella stagione invernale, a causa del funzionamento degli impianti di riscaldamento. A causa dell'elevata solubilità in acqua l'SO₂ viene assorbito facilmente dalle mucose del naso e del tratto superiore dell'apparato respiratorio (solo piccolissime quantità raggiungono la parte più profonda del polmone).

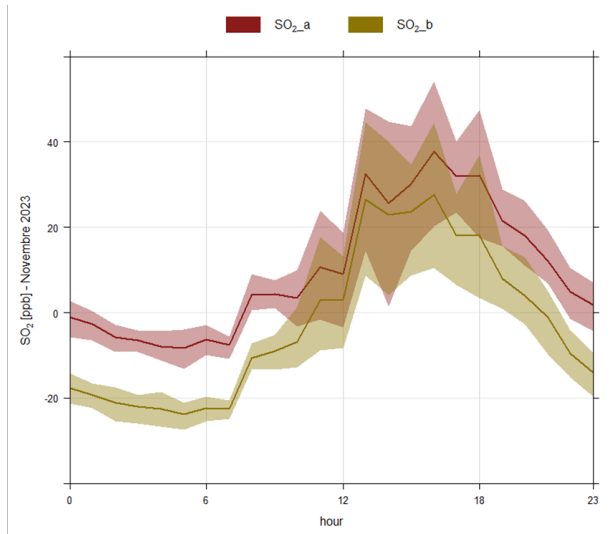
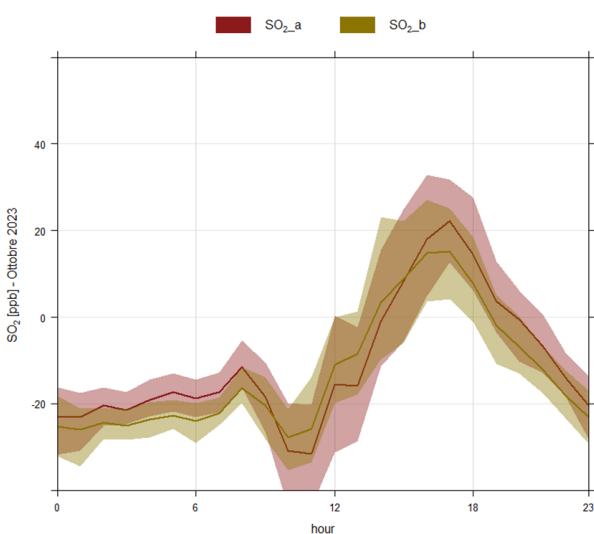
Fra gli effetti acuti imputabili all'esposizione ad alti livelli di SO₂ sono compresi: un aumento della resistenza al passaggio dell'aria a seguito dell'inturgidimento delle mucose delle vie aeree, l'aumento delle secrezioni mucose, bronchite, tracheite, spasmi bronchiali e/o difficoltà respiratoria negli asmatici.

I valori di concentrazione di SO₂ rilevati ad Aprigliano mediante il prototipo sono rappresentati nel grafico successivo, in base all'andamento temporale ed in termini di medie orarie. Si evince che in ottobre i livelli di SO₂ sono stati molto bassi, al di sotto evidentemente della sensibilità del sensore, che riporta quasi sempre valori negativi. Diverse sono le condizioni a novembre, che portano ad un incremento delle concentrazioni di SO₂, in particolare nei giorni tra il 14 ed il 16 novembre. Riguardo le equazioni di *fitting* per SO₂, si può notare che tra esse non si notano sostanziali differenze, quando i livelli sono molto bassi ad ottobre. Iniziano a dare risultati diversi tra loro a novembre laddove l'equazione -a- restituisce quasi sempre valori di concentrazione positivi. Tramite l'equazione -b- si ottengono invece livelli pressoché sempre negativi, che divergono maggiormente rispetto a quelli restituiti dalla relazione -a- in corrispondenza dei minimi, dove lo scarto arriva fino a 20 ppb.

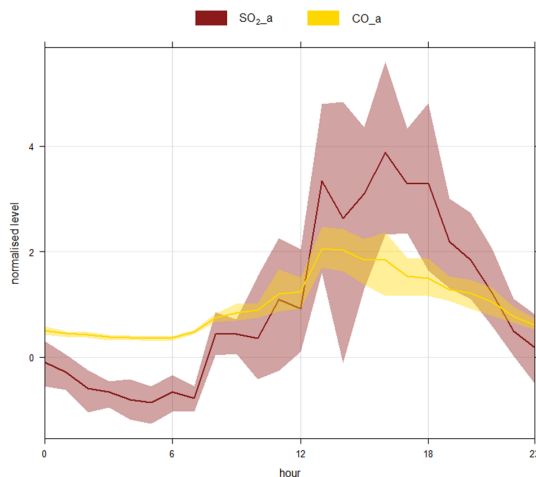


Avendo apprezzato un diverso livello di concentrazioni di fondo per l'SO₂ tra ottobre e novembre, anche per questo inquinante le analisi successive sono state differenziate rispetto ai due mesi disponibili per le misurazioni. Dai grafici riportati di seguito si può notare che il picco di valori viene raggiunto in entrambi i periodi di osservazione intorno alle 17,00, con la differenza che in ottobre si raggiunge un massimo medio giornaliero intorno al valore di 20 ppb, che poi raddoppia nel mese di novembre, fino ad arrivare a valori intorno ai 40 ppb. L'incremento delle concentrazioni di SO₂ nel mese di novembre, periodo che ha fatto registrare temperature più basse rispetto ad ottobre,

unitamente all'andamento medio diurno che evidenzia incrementi nelle concentrazioni nelle ore pomeridiane, farebbe pensare che i livelli di SO₂ osservati sono per lo più legati all'impiego di impianti di riscaldamento a gasolio.



Vista la plausibile comunanza della sorgente di origine - il riscaldamento domestico - sia per l'SO₂ che per il CO, sono stati riportati nello stesso grafico, riportato di fianco, l'andamento medio giornaliero delle concentrazioni di entrambi tali inquinanti rilevati per il mese di novembre. Vista la differenza dell'ordine di grandezza dei due parametri in questione, i relativi valori di concentrazione sono stati normalizzati per riportarli contestualmente. Gli andamenti risultano simili, con picco nel pomeriggio ma anche con un



massimo relativo dopo le 12,00. Questa evidenza potrebbe far pensare che le concentrazioni di entrambi CO ed SO₂, possano avere origine non solo dal riscaldamento residenziale ma anche dall'impiego di forni/cucine a legna, nel caso del CO, a gasolio, nel caso dell'SO₂.

Per l'SO₂ è prevista dall'attuale normativa di riferimento in vigore (D.Lgs. 155/2010) una Valore limite per la protezione della salute umana è di 350 ug/m³ ovvero **122,5 ppb come media massima oraria**. Ad Aprigliano su tutto il periodo di osservazione tale soglia non è stata mai superata. I valori massimi orari, pari a 88 e 84 ppb sono stati rispettivamente misurati il 15 novembre alle 18,00 e il 14 novembre alle 16,00.

CONCLUSIONI

Il monitoraggio della matrice atmosferica presso il comune di Aprigliano mediante l'impiego di un apposito prototipo sviluppato nell'ambito del progetto ARMONIA e basata sull'impiego di sensori low-cost della AlphaSense ha prodotto risultati importanti per la verifica della validità dello strumento sviluppato fornendo, tra l'altro, spunti utili ad una valutazione qualitativa dello stato di qualità dell'aria nel comune oggetto di studio. Dal punto di vista tecnico i sensori hanno mostrato un'ottima risposta per quanto riguarda le variabili meteorologiche investigate, quali la Temperatura e l'Umidità Relativa. Le risposte ottenute in riferimento ai parametri della qualità dell'aria, hanno fatto riscontrare una minore accuratezza soprattutto in corrispondenza di valori più bassi degli inquinanti monitorati. Ottima invece è stata la riproduzione degli andamenti tipici degli inquinanti investigati e pertanto la precisione dei sensori stessi. Probabilmente entrambe le equazioni fornite da AlphaSense non sono sufficientemente tarate per i valori più bassi, per i quali andrebbero svolti ulteriori test al fine di individuare curve di *fitting* più idonee.

Dal punto di vista dello stato di qualità dell'aria, il monitoraggio atmosferico svolto ha consentito di profilare le sorgenti tipiche da cui potenzialmente derivano gli inquinanti rilevati. Seppur il periodo investigato sia stato breve, si è avuta la possibilità di osservare periodi caratterizzati da temperature medie molto diverse, che a loro volta hanno comportato conseguenze dirette ed indirette sulla produzione degli inquinanti rilasciati in atmosfera. Le temperature più basse di novembre, con minime giornaliere che sono arrivate anche sotto i 12 °C, hanno evidentemente indotto un maggiore impiego di diversi sistemi di riscaldamento domestico, da cui i valori di maggiori concentrazioni, sia di CO, per lo più associato alla combustione delle biomasse, che di SO₂, dovuto principalmente alla combustione di gasolio. Le temperature più alte di ottobre, che in alcuni casi hanno superato i 26 °C, hanno favorito le reazioni fotochimiche, principali *drivers* per la produzione di O₃. Pressoché costante si è mostrato invece l'andamento delle concentrazioni di NO₂, inquinante maggiormente legato al traffico veicolare, il cui flusso si presuppone essere rimasto costante tra ottobre e novembre.

I valori riscontrati per i principali parametri di qualità dell'aria monitorati ad Aprigliano, seppur da considerare preliminari rispetto a considerazioni da approfondite in merito alle curve di *fitting*, non hanno mostrato alcun superamento rispetto ai valori limite imposti dalla direttiva di riferimento. Unica criticità da segnalare è la soglia di allarme per l'ozono, come media massima oraria, che è stata raggiunta nei giorni del 19 e del 20 ottobre. Si tratta tuttavia di una circostanza ascrivibile alle temperature eccezionalmente alte che si sono registrate in tali giornate, in concomitanza di un'intensa ondata di calore anomala per il periodo in esame. Tali condizioni, anche se circoscritte, vanno tuttavia attenzionate in quanto sono il risultato di condizioni che verranno sempre più esacerbate dalla crisi climatica in atto.