



Report finale campagna di misura della qualità dell'aria ambiente

Procida Largo Caduti

10 febbraio 2022 – 15 maggio 2023

1. Premessa

Ad integrazione del monitoraggio istituzionale previsto dal D. Lgs. n. 155/2010 e ss.mm.ii. e dalla D.G.R.C. n. 683/2014, a seguito di richiesta del Comune di Procida e sopralluoghi congiunti, anche in considerazione degli importanti flussi turistici e commerciali legati all'iniziativa Procida Capitale della Cultura 2022 promossa dal Ministero dei Beni Culturali e dalla Regione Campania, è stata attivata una campagna di misura con un laboratorio mobile dell'ARPAC. L'attività di monitoraggio è stata avviata il 10 febbraio 2022 e si è protratta a tutto il maggio 2023. Alla luce di disponibilità di dati sia relativi a oltre dodici mesi consecutivi sia a 11 mesi nel 2022, si è ritenuto opportuno, elaborare un report conclusivo descrittivo dei risultati delle misurazioni effettuate, con riferimento ai limiti normativi nazionali vigenti ed alle indicazioni dell'Organizzazione Mondiale della Sanità e della Commissione Europea.

2. Descrizione del sito di monitoraggio

Il monitoraggio della qualità dell'aria ambiente è stato effettuato attraverso una campagna di misure temporanee, in corso dal 10 febbraio 2022, tramite l'installazione di un laboratorio mobile, codificato con la sigla "MMA" a seguito della disponibilità di alimentazione elettrica predisposta a cura dell'Amministrazione Comunale con il supporto della SAP, sotto la supervisione dell'ing. Melillo.

Ai fini della valutazione della qualità dell'aria ambiente, con la Deliberazione di Giunta Regionale della Campania n. 683/2014, l'intero territorio regionale, così come previsto dall'articolo 3 del D. Lgs. n. 155/2010 e ss.mm.ii., è stato suddiviso in n. 03 zone: IT1507 "Agglomerato Napoli – Caserta", IT1508 "Zona Costiero-Collinare" ed IT1509 "Zona montuosa". Nell'ambito di detta suddivisione, il sito scelto per l'installazione del mezzo mobile "MMA" ricade nella zona "IT1507" "Agglomerato Napoli – Caserta".

Il territorio oggetto della campagna di monitoraggio è caratterizzato dall'urbanizzazione del centro abitato di Procida, che è contraddistinto da una maggiore densità del tessuto edificato. L'area, con la presenza di un plesso scolastico, esercizi commerciali ed uffici, è percorsa da una strada urbana, Via Vittorio Emanuele, soggetta ad una discreta circolazione veicolare durante tutto l'arco della giornata, soprattutto in orario lavorativo.

Per l'ubicazione del laboratorio mobile sono stati adottati i criteri tecnici previsti dalla normativa vigente in modo da acquisire dati significativi, comparabili anche con quelli della rete fissa di monitoraggio, e si è tenuto conto della possibilità di avere in prossimità del sito l'alimentazione di 6 kW. Per le caratteristiche proprie del territorio oggetto del monitoraggio, il sito di misura può essere assimilato ad una stazione fissa urbana, definita dalla normativa vigente, come sito fisso inserito in aree largamente edificate (cfr. Allegato III comma 1 del D.Lgs. n. 155/2010 e ss.mm.ii.) anche se la presenza di aree coltivate nelle aree interne, rispetto alla rete stradale completamente edificata, rende la distinzione rispetto ad una stazione suburbana non così netta, va comunque segnalato che la larghezza limitata della strada, inferiore a 10 m induce a ritenere che in alcuni tratti possa essere presente l'effetto canyon di ristagno degli inquinanti, certamente presente in altre strade con larghezze minori ed edifici più elevati, che tuttavia non possono essere monitorate con laboratori mobili. Pertanto il sito rappresenta una delle strade a maggiori emissioni di inquinanti, visto che è a doppio senso e non ha limitazioni permanenti del traffico veicolare, ma rispetto ad altre strade storiche presenta problematiche di ristagno locale degli inquinanti meno rilevanti.

Nella foto e nella mappa di seguito riportate, è illustrata l'ubicazione del sito di misura (Figure 1,2,3), (coordinate geografiche: lat. (°N) 40°45'41" - lon. (°E) 14°01'29") quota 27 m s.l.m., del laboratorio mobile "MMA", posizionato, presso Largo Caduti in corrispondenza dell'ingresso della scuola primaria.



Fig. 1 foto del laboratorio mobile in fase di installazione

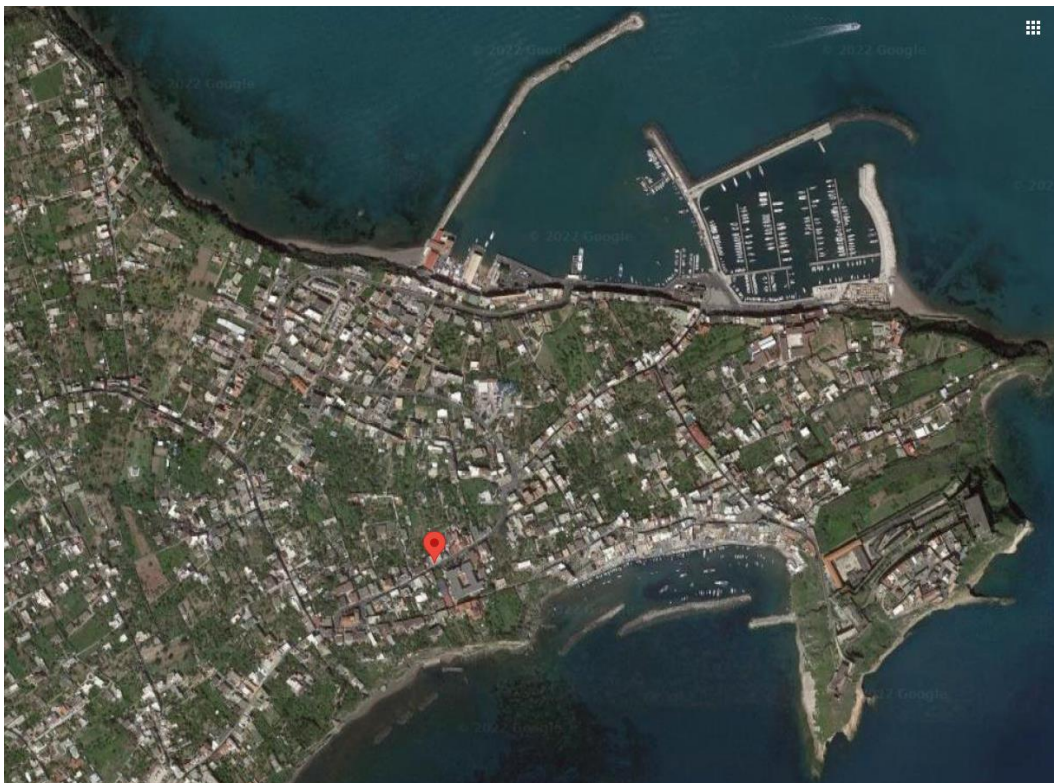


Fig. 2 posizione geografica del laboratorio mobile nella porzione orientale dell'isola di Procida



Fig. 3 ubicazione di dettaglio del laboratorio mobile presso la Scuola Primaria.

Dal punto di vista morfologico il sito di misura è ubicato sul pianoro che caratterizza la parte centrale dell'isola, ad una distanza dal mare di circa 300 m, con una elevata variabilità altimetrica degli edifici che rende la superficie del territorio "rugosa" con attriti significativi per il vento.

3. Strumentazione e parametri misurati

La strumentazione presente nel laboratorio mobile è relativa agli inquinanti riportata nella seguente tabella:

		Dotazione								
		THC	PM10/2.5	PM10/2.5	CO	O3	SO2	H2S	BTX	NOx
Laboratorio	Targa	orari	giornalieri	orari	orari	orari	orari	orari	orari	orari
MMA	DJ273JN	✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

Ciascuno dei sensori è costituito da un analizzatore, che di fatto costituisce un microlaboratorio chimico-fisico per la determinazione di gas e polveri sottili, secondo le indicazioni della normativa tecnica che definisce per ciascun parametro la metodica di misura. Gli strumenti sono alloggiati nel laboratorio mobile secondo il seguente schema di massima (cfr. anche fig. 4):

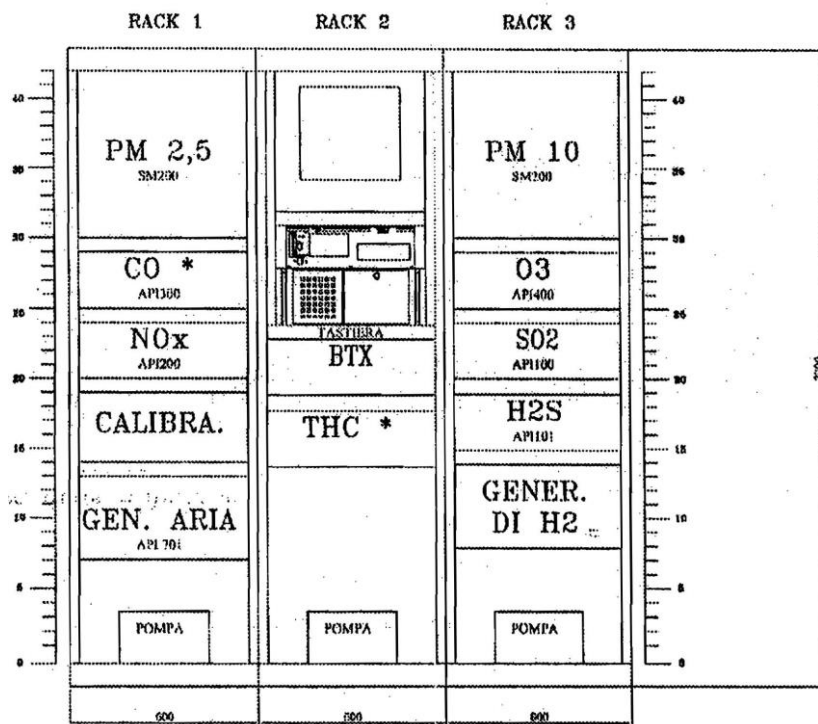


Fig. 4 chema illustrativo configurazione interna del laboratorio mobile

Fra gli strumenti è presente anche una dotazione di recente acquisizione per la misura di dettaglio oraria delle polveri sottili, da PM1 a Polveri totali sospese. Il monitoraggio della qualità dell'aria con il laboratorio mobile "MMA" ha riguardato la rilevazione delle concentrazioni medie orarie di biossido di azoto (NO₂), ozono (O₃), benzene (C₆H₆), biossido di zolfo (SO₂) e polveri sottili (PM10 e PM2,5), per i quali la normativa vigente (D.lgs. 155/2010 e s.m.i.) prevede il monitoraggio orario o giornaliero, nonché acido solfidrico (H₂S), metano (CH₄) Toluene, mpXilene, THC, NMHC, NO e NO_x, per i quali la normativa sulla qualità dell'aria ambiente non richiede un monitoraggio specifico, ma che possono fornire informazioni di supporto per la valutazione dei parametri normati. A seguito di problematiche tecniche per quanto riguarda la misura di metano (CH₄) Toluene, mpXilene, THC, NMHC, tali dati sono disponibili per il periodo febbraio-novembre 2022.

4. Risultati del monitoraggio della qualità dell'aria eseguito con laboratorio mobile

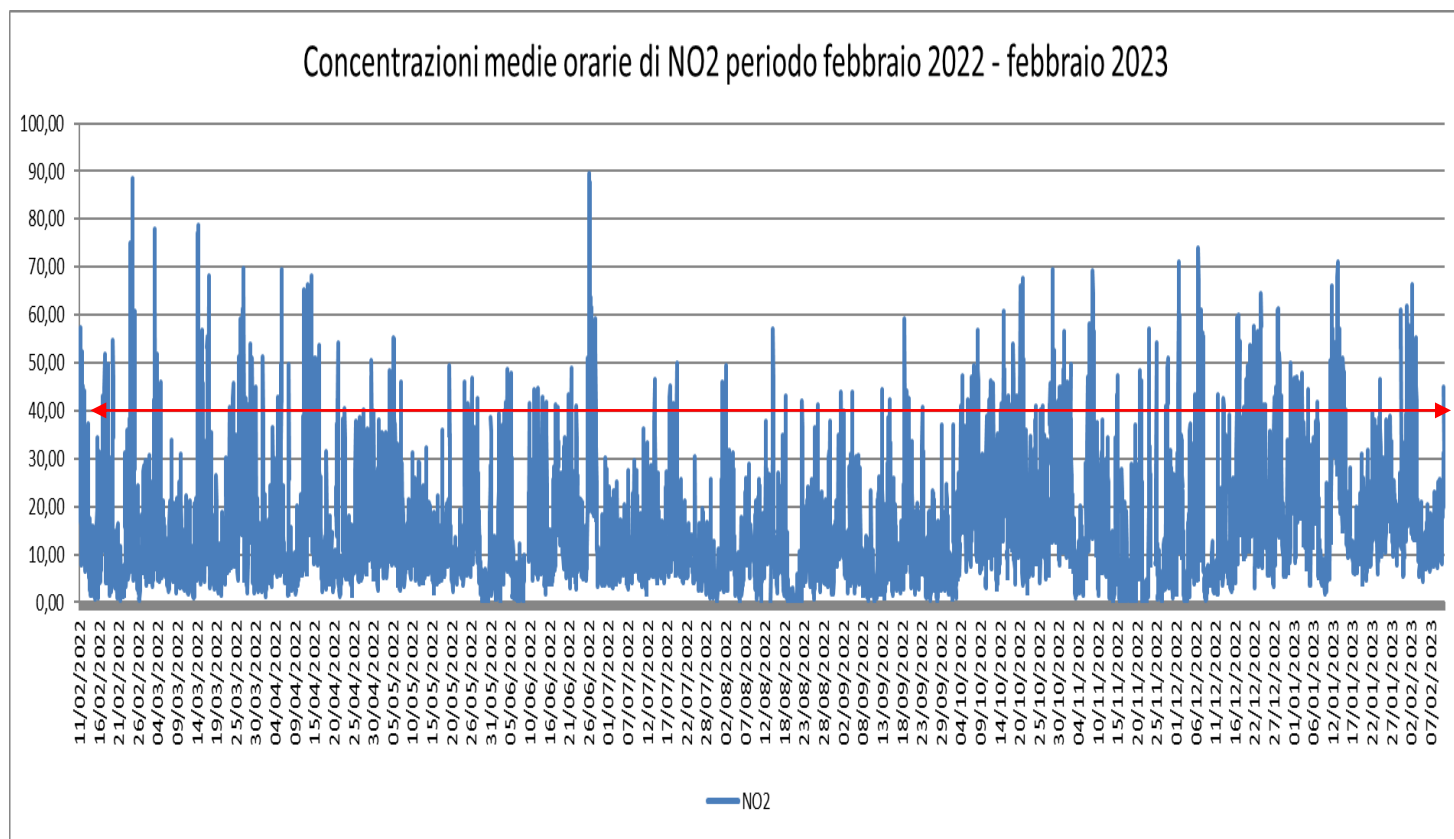
Nelle tabelle pubblicate sul sito internet dell'ARPAC e nei grafici seguenti sono rappresentati gli andamenti temporali delle concentrazioni medie orarie e giornaliera degli inquinanti misurati, con riferimento agli inquinanti primari, la cui presenza in aria ambiente è fortemente correlata a fenomeni di combustione, agli inquinanti secondari, la cui concentrazione nell'aria ambiente è favorita dalla disponibilità di inquinanti primari e dall'insistenza di particolari condizioni meteo-climatiche. Per tutti i dati di qualità dell'aria riportati nel testo e nelle figure, ove non specificato diversamente, l'unità di misura è il microgrammo/metro cubo, tranne per il CO, espresso in milligrammi/metro cubo.

Biossido di azoto

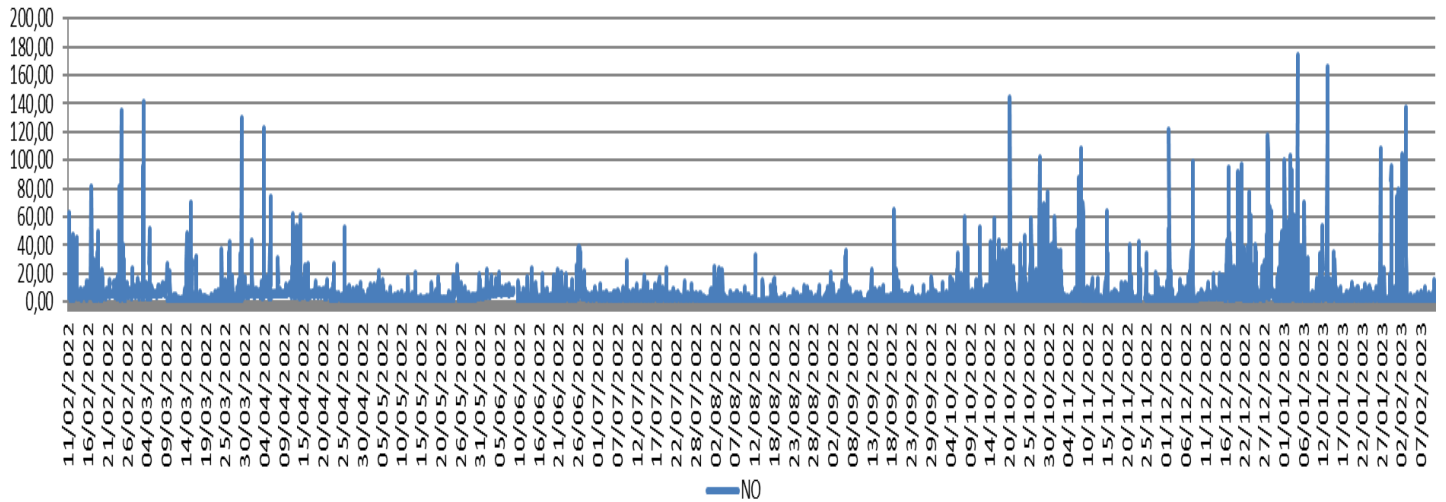
Per quanto riguarda il biossido di azoto (NO₂), per il periodo in esame, i valori di concentrazione media oraria (fig. 5) risultano nettamente al di sotto del valore limite medio orario (cfr. tabella 4.1 pari a 200 µg/m³) previsto dal D.Lgs. n. 155/2010 e ss.mm. ii, con un picco massimo di 89.3 alle ore 18 del 26 giugno 2022 e di 88,4 il 25 febbraio alle ore 8.00 seguito dal picco di 87.6 alle ore 21 del 26 febbraio.

Anche il valore medio sul periodo di misura febbraio 2022, dicembre 2022 pari a 15,7 µg/m³, è basso, così come quello valutato sull'intero periodo di misura pari a 16.1 µg/m³ e del periodo febbraio 2022 febbraio 2023 pari a 15.5 µg/m³, nettamente inferiore al valore medio annuale di 40 µg/m³, previsto dalla normativa, tuttavia i dati orari, seppur entro i limiti hanno fatto registrare in molte ore il superamento del limite di 40, segno della presenza di ore con inquinamento significativo. Si osserva una ciclicità giornaliera che sarà descritta nel capitolo sul giorno tipo. Gli altri ossidi di azoto NO e NO_x per i quali non è previsto limite di legge hanno andamenti simili a quelli dell'NO₂.

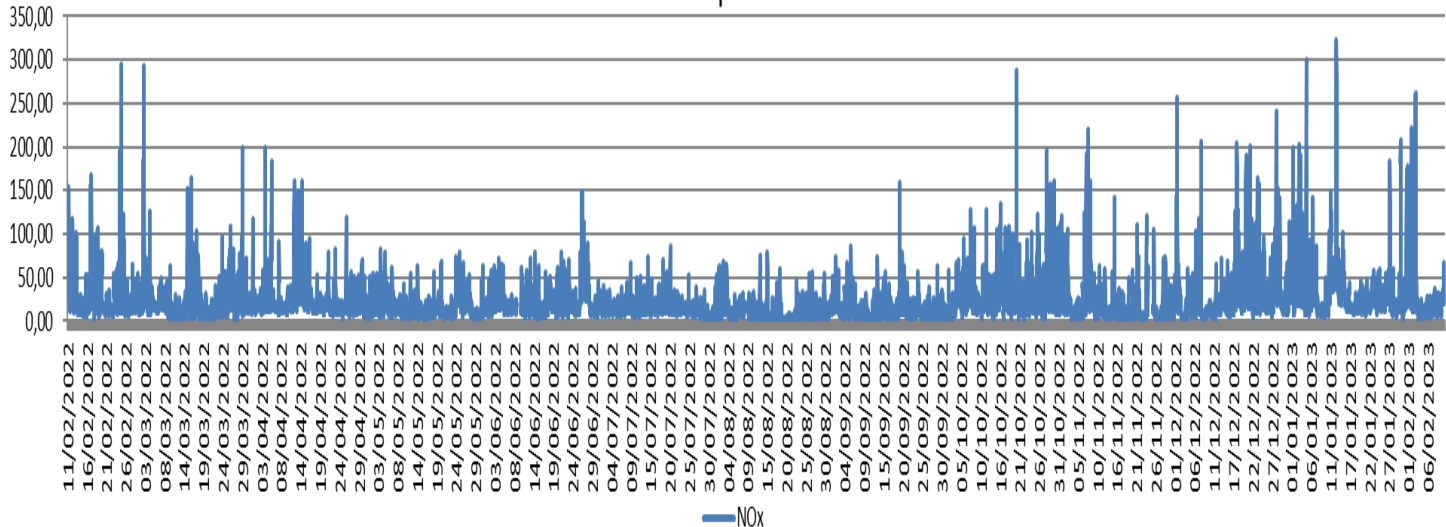
Fig. 5 Concentrazioni medie orarie di NO₂, NO e NO_x in rosso è rappresentata la soglia annua per NO₂.



Concentrazioni medie orarie di NO periodo febbraio 2022 - febbraio 2023



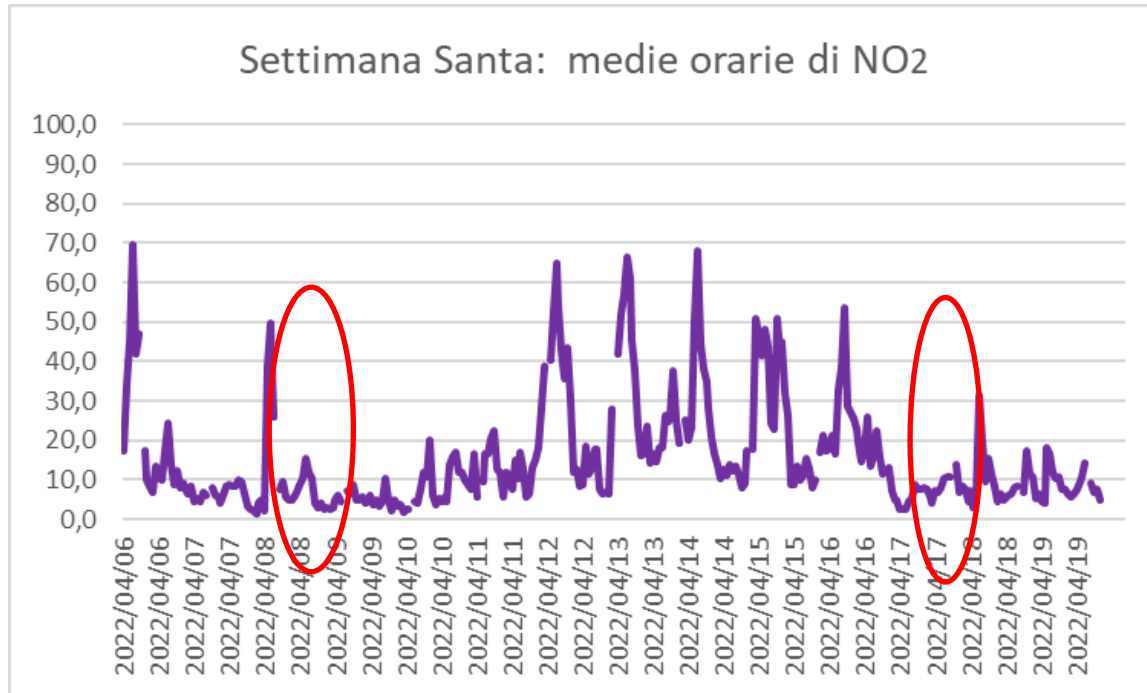
Concentrazioni medie orarie di NOx periodo febbraio 2022 - febbraio 2023



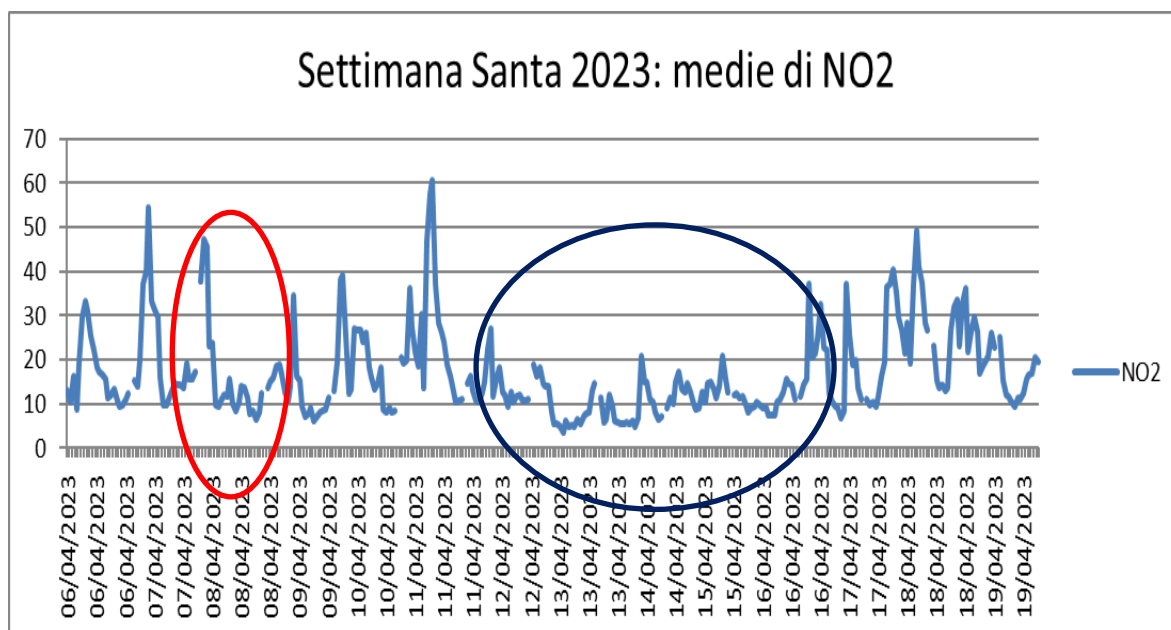
Considerato che tale inquinante è legato direttamente al traffico veicolare è stato effettuato un approfondimento relativamente al periodo con numerose limitazioni della circolazione stradale, dalla festa di inaugurazione di Procida Capitale della Cultura alla Settimana Santa. I risultati, riportati in figura 6 mostrano una notevolissima differenza fra i giorni prefestivi senza limitazioni, in cui si osservano picchi giornalieri significativi e superiori a 60 e i giorni con limitazioni, in cui le concentrazioni di NO₂ misurate sono state inferiori a 10 comparabili a quelle di stazioni di misura lontane da centri abitati. Questa differenza così marcata mostra che la causa prevalente dell'inquinamento da ossidi di azoto in prossimità del sito di misura nel periodo primaverile è il traffico veicolare.

Fig. 6 Concentrazioni medie orarie di NO₂ dal 6 al 19 aprile 2022 (a) dal 6 al 19 aprile 2023 (b), il venerdì santo 2023, (c) in rosso i periodi con concentrazioni inferiori a 10 in corrispondenza della cerimonia inaugurale di Procida Capitale e delle limitazioni nel periodo pasquale, in blu l'effetto delle condizioni meteo di vento e pioggia dopo la Pasqua 2023.

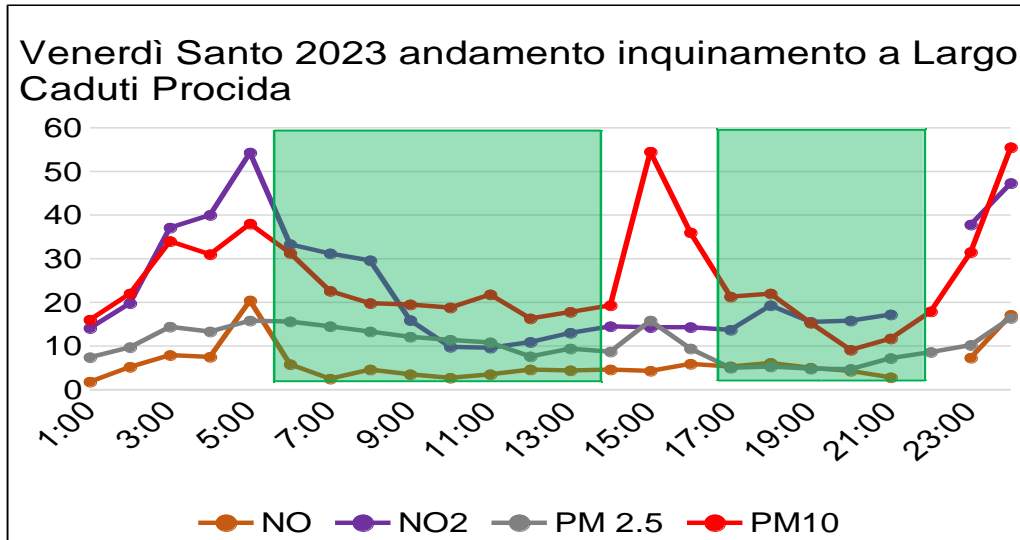
a)



b)



c)



Dal confronto con altre situazioni di inquinamento da ossidi di azoto, relative alle stazioni fisse di monitoraggio e ad altre campagne con laboratori mobili si evince che complessivamente l'inquinamento non è elevato e rientra nei limiti di legge, tuttavia le concentrazioni orarie misurate sono significative e simili a quelle misurate in altri siti di misura con laboratori mobili ubicati in comuni piccoli ma con importante traffico veicolare. Rispetto alle stazioni di misura fisse le concentrazioni sono nettamente inferiori rispetto alle stazioni di tipo traffico e simili a quelle di tipo fondo urbano. Nel paragrafo sui confronti con altri inquinanti sono riportate ulteriori considerazioni sul biossido di azoto. Un ultimo aspetto da segnalare è l'incremento a Capodanno, poco accentuato durante i fuochi d'artificio ma invece elevato di sera a seguito di condizioni di congestione di traffico (fig. 7).

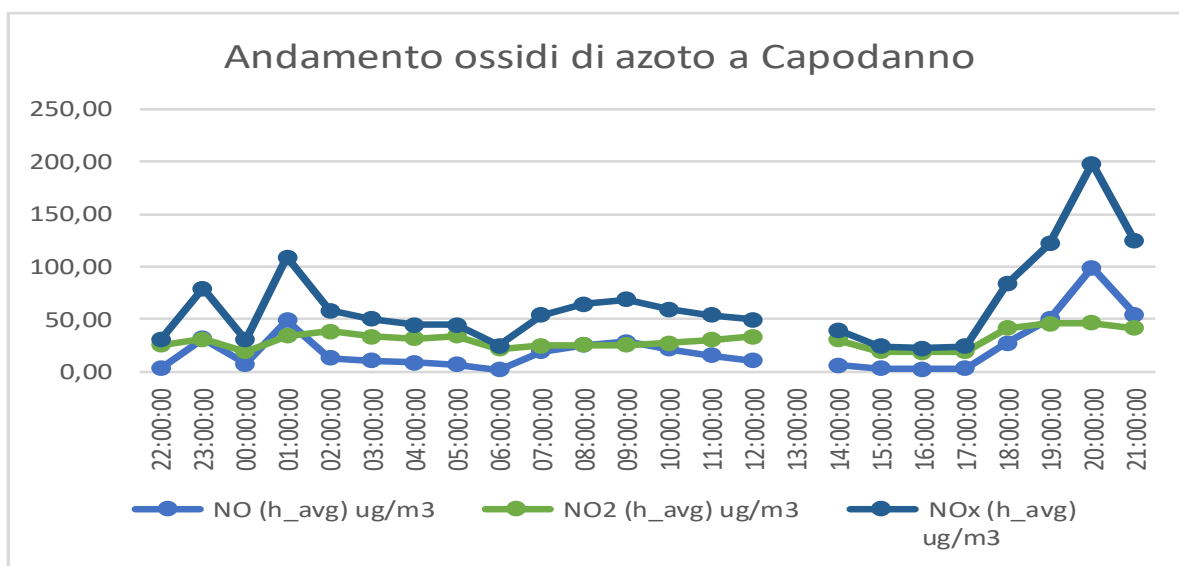
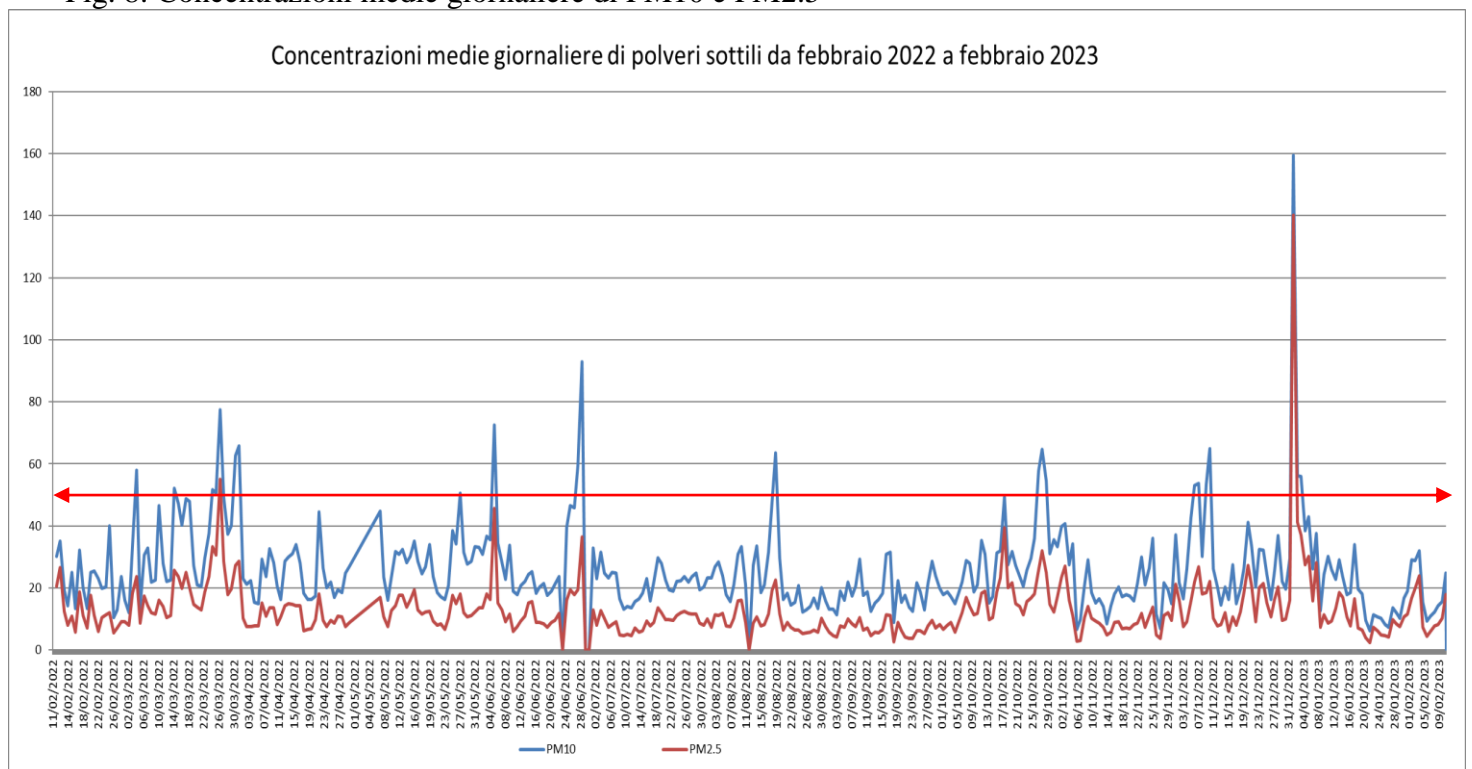


fig. 7 concentrazioni di ossidi di azoto fra le 22:00 del 31 dicembre 2022 e le 21 del 1 gennaio 2023

Polveri sottili

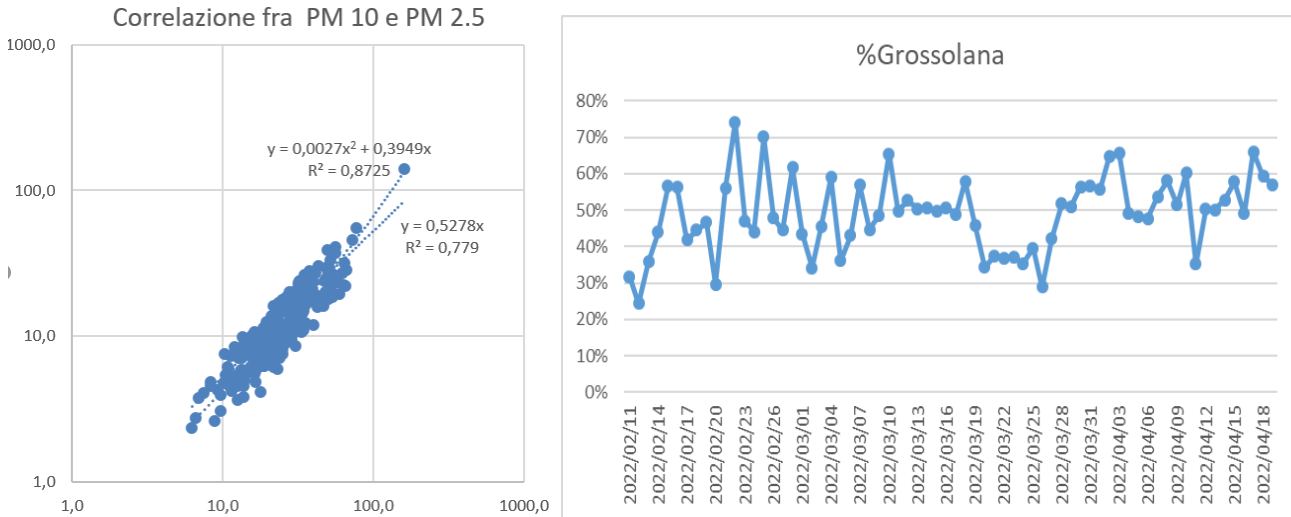
Per quanto riguarda le polveri sottili, per il periodo considerato, non si rilevano superamenti dei valori limite annuali, indicati dal D.Lgs. n. 155/2010 e ss.mm.ii. (rispettivamente pari a $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ per il PM10 ed a $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ per il PM2,5) (Tabelle 3.1 e 3.2). con concentrazioni di PM10 medie di 29.7 e PM2.5 di 15,2, mentre per il PM10 si rilevano 21 superamenti del valore medio giornaliero di $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$, rispettivamente nei giorni 4, 14, 24, 25, 26, 30, 31 marzo, 27 maggio, 5, 27, 28 giugno, 18 agosto, 26, 27, 28 ottobre, 6, 7, 9 e 10 dicembre, 1, 2, 3 gennaio 2023 con il picco più elevato il 1 gennaio con concentrazioni di 159.5, quest'ultimo registrato in quasi tutta la rete regionale conseguentemente ai festeggiamenti per l'anno nuovo (fig. 8).

Fig. 8: Concentrazioni medie giornaliere di PM10 e PM2.5



Come si evince dal grafico dei dati di PM10 e PM2.5 il loro andamento è sempre molto simile, tale similarità è confermata dal coefficiente di correlazione fra i due parametri, pari a 0,81, quindi elevato (fig. 9), che dimostra come in effetti entrambi i parametri abbiano probabilmente la stessa origine e quindi presentino concentrazioni in un rapporto percentuale che mediamente è di PM2.5 uguale alla metà del PM10. Unico caso anomalo è quello del picco più elevato di tutta la serie con PM10=77,5 il 26 marzo, in cui la concentrazione di PM2.5 pari a 55 è superiore rispetto a quanto ipotizzabile dalla retta di correlazione, il che lascia ipotizzare un inquinamento primario da combustione, con prevalenza di polveri più fini e dannose. Anche la percentuale di polveri di dimensioni fra 2.5 e 10 micron è minima il 26 marzo in quanto molte polveri sono di diametro inferiore a 2.5, una situazione simile si osserva il 12 febbraio. L'analisi meteo con i modelli di dispersione degli inquinanti conferma questo quadro di inquinamento da polveri sottili.

Fig. 9: Correlazione fra concentrazioni medie giornaliere di PM10 e PM2.5 e % di polveri con dimensioni comprese fra di PM2.5 e PM10.



Per capire le origini dell'inquinamento da polveri sottili è utile anche il diagramma in cui si riportano i microgrammi di polveri con dimensioni comprese fra 2.5 e 10, da cui si evince un picco nei giorni 4, 30 e 31 marzo, proprio in giorni con superamenti dei limiti del PM10 (fig. 10). Ciò potrebbe essere legato ad un afflusso di sabbie sahariane con minori aliquote di polveri di dimensioni inferiori a 2,5 micron.

Fig. 10: aliquota di polveri con dimensioni comprese fra dimensioni di 2.5 e 10 micron.

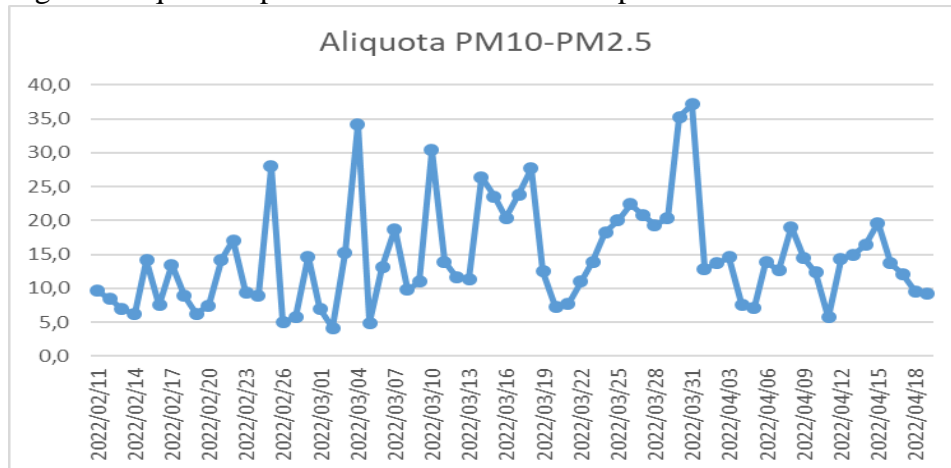
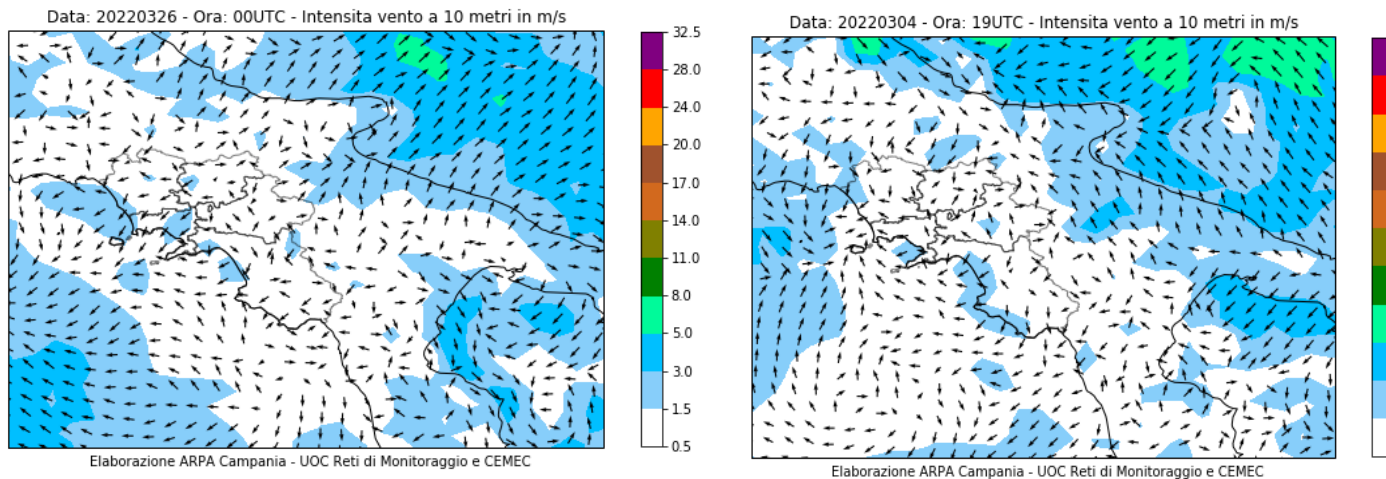
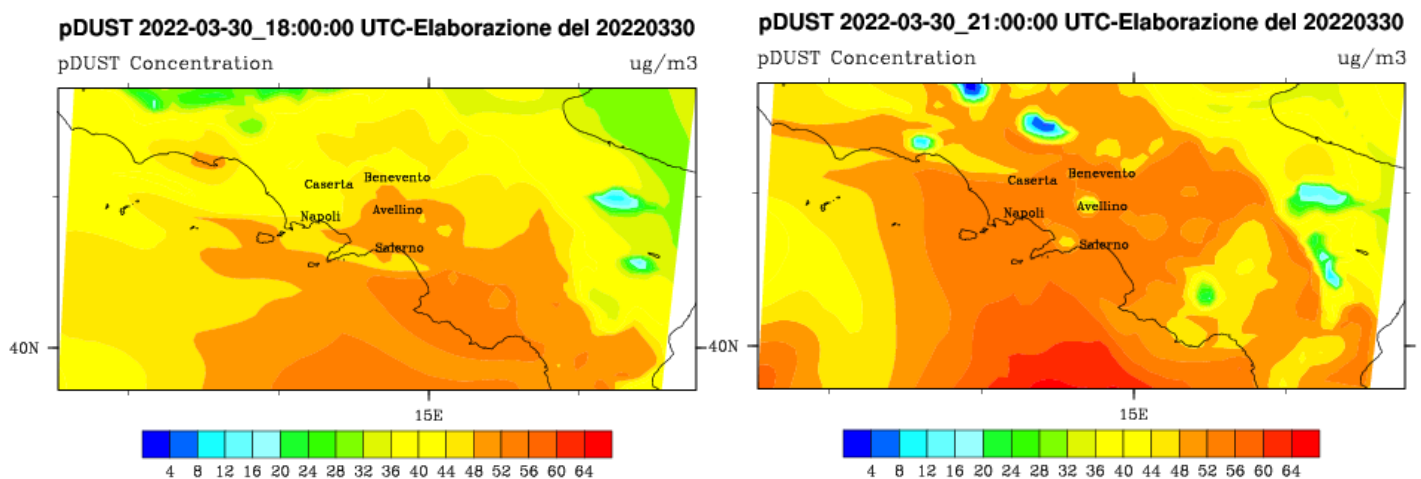


Fig. 11: esempi di vento debole in corrispondenza di superamenti del limite di PM10 il 26 marzo 2022

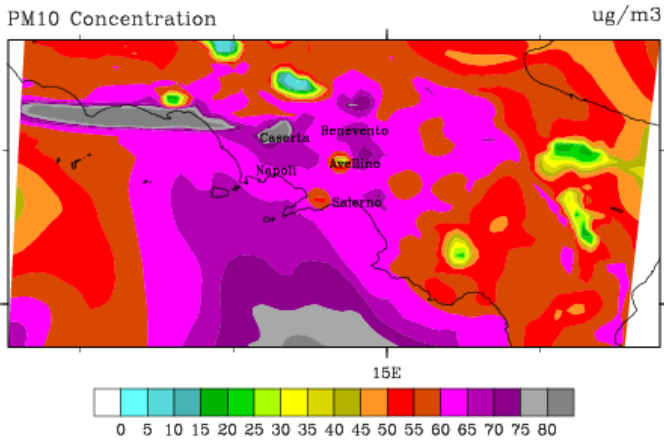


Tali valori anomali sono dovuti alla concomitanza di inquinamento nel golfo di Napoli e afflusso di sabbie di origine sahariana, come valutati dal modello di dispersione degli inquinanti Chimere gestito dal Centro Meteorologia dell'ARPAC. Infatti dalle immagini si rilevano concentrazioni orarie di dust superiori a 50 (fig. 12), confermate dalle osservazioni dal satellite MODIS (fig. 119). Tale evidenza è in fase di elaborazione in un report specifico sugli eventi sahariani di marzo aprile a cura dell'ARPAC che sarà a breve pubblicato sul sito www.cemec.arpacampania.it.

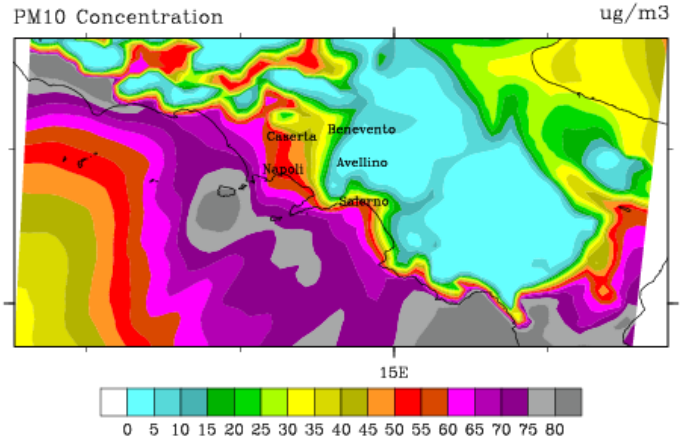
Fig. 12 Concentrazioni di polveri sahariane PM10 previste dal modello CHIMERE per il 30-31 marzo 2022.



PM10 2022-03-30_21:00:00 UTC-Elaborazione del 20220330



PM10 2022-03-31_04:00:00 UTC-Elaborazione del 20220331



Tramite la valutazione delle concentrazioni medie orarie di polveri sottili è possibile valutare sia le fasi di inquinamento con ristagno degli inquinanti sia gli afflussi di sabbie sahariane, si segnala che in taluni orari sono state raggiunte sporadicamente concentrazioni molto elevate con picchi superiori a 300.

La notevole variabilità delle concentrazioni di polveri è legata ai cambiamenti di condizioni meteorologiche a scala giornaliera e di più giorni, la prima legata al ciclo diurno di rimescolamento atmosferico, la seconda al passaggio di fronti perturbati. Nei grafici seguenti relativi all'intero periodo ed ai singoli mesi sono riportati velocità vento e concentrazioni di polveri sottili (fig. 13), si nota che generalmente a venti deboli sono associate concentrazioni elevate e viceversa, con venti intensi le concentrazioni diminuiscono. Tale andamento è comunque "perturbato" ovvero influenzato dalle emissioni di inquinanti che anch'esse variano a scale diurne e settimanali e saranno trattate nella parte riguardante l'andamento giornaliero degli inquinanti.

Dalla correlazione fra intensità del vento e concentrazioni orarie di polveri sottili (fig. 14) si osserva che tutti i valori superiori a 200 microgrammi metro cubo si verificano con calma di vento e con intensità superiori a 4 m/s le concentrazioni di PM10 sono quasi sempre inferiori a 50, oltre 6 m/s inferiori a 25. Quindi il vento è un fondamentale fattore che facilita il rimescolamento atmosferico e le calme di vento sono i periodi più critici per l'inquinamento.

Da segnalare infine che a Capodanno (fig. 15) la concomitanza fra il ristagno degli inquinanti con nebbie notturne e la presenza della combustione dovuta ai fuochi artificiali ha portato alle più elevate concentrazioni orarie dell'anno con valori di 250 microgrammi a metro cubo dopo la mezzanotte e circa 350 microgrammi al metro cubo la mattina alle 8:00 con umidità del 100% calma di vento e visibilità nulla.

Fig. 13: Concentrazioni medie orarie di PM10 e intensità del vento in m/s, tutto il periodo e singoli mesi di febbraio marzo e aprile 2022.

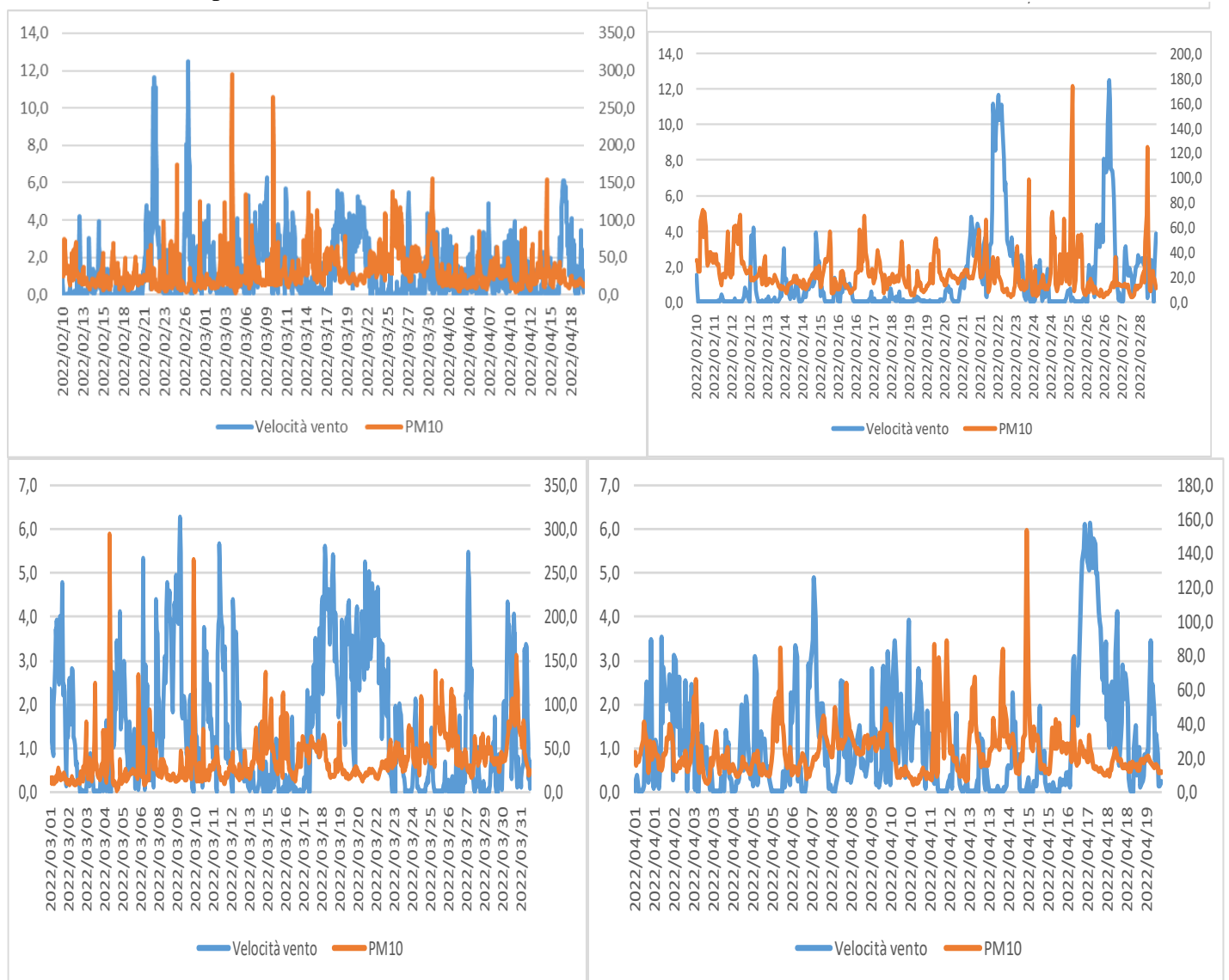


Fig. 14: Correlazione fra intensità del vento e concentrazioni medie orarie di PM10

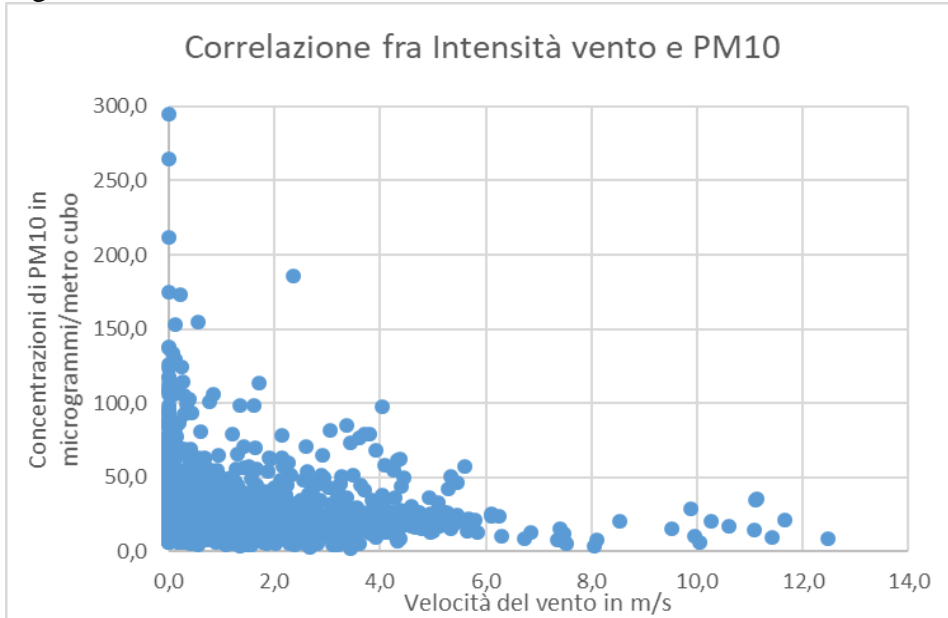
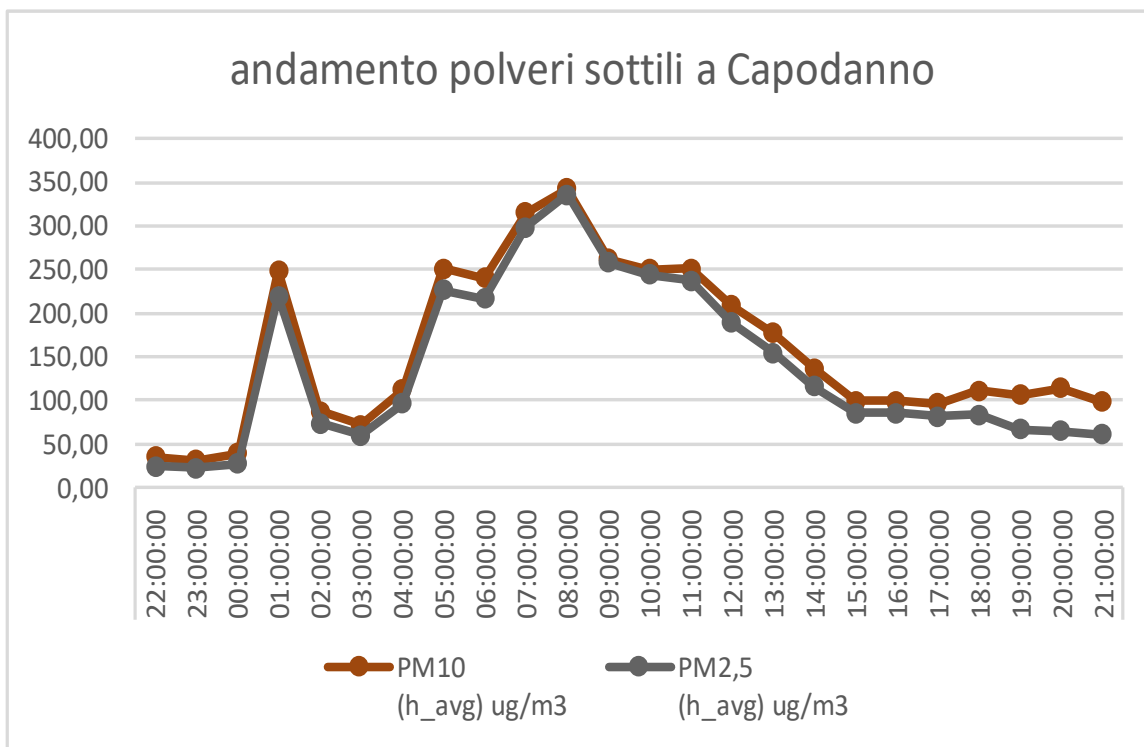


Fig. 15: Concentrazioni orarie di PM10 e PM2.5 dalle 22. del 31 dicembre 2022 alle ore 21. del 1 gennaio 2023

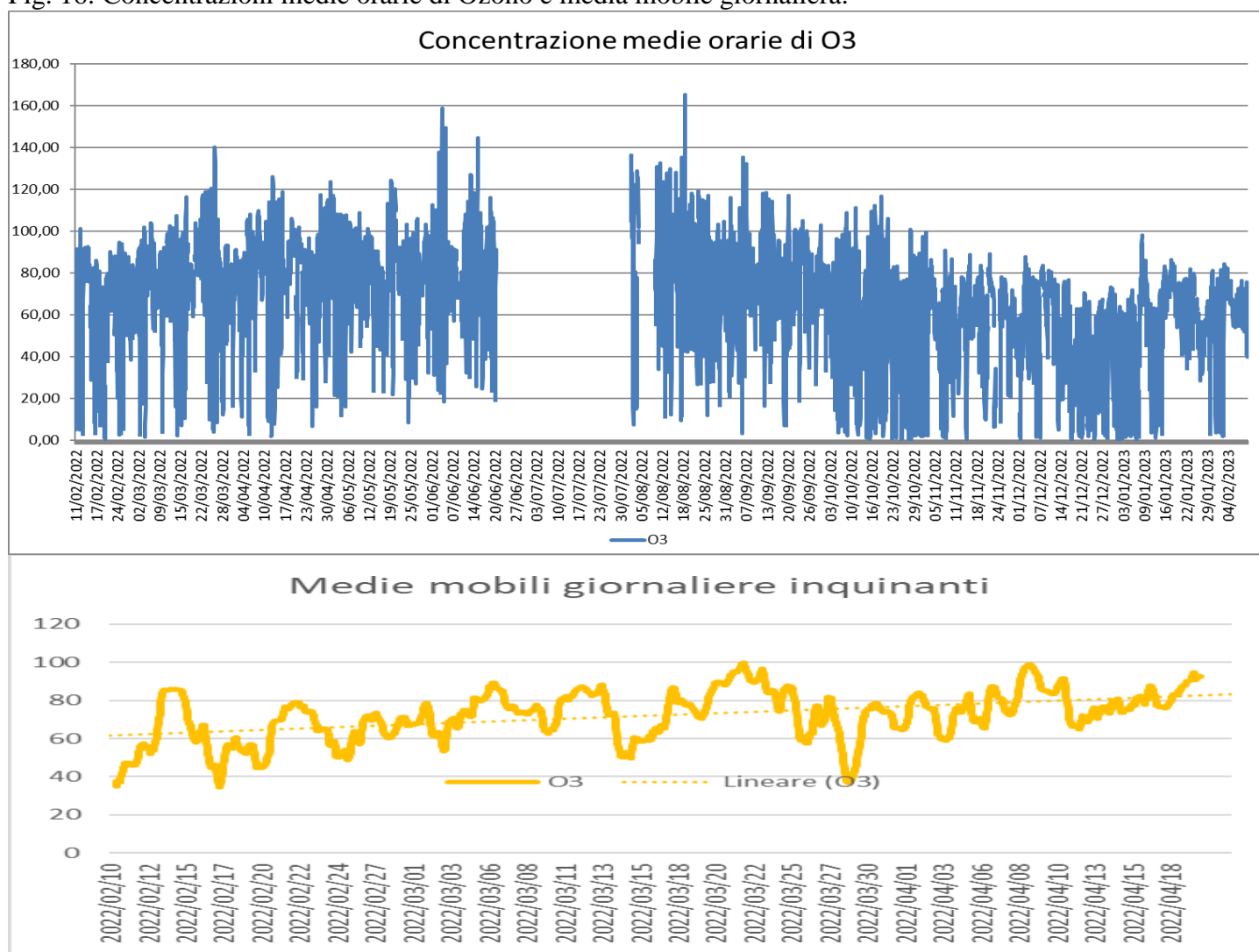


Ozono

In merito all'ozono, non si osservano, nel periodo in esame, superamenti né dei valori limite stabiliti per le concentrazioni medie orarie (soglia di informazione di $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$ e soglia di allarme di $240 \mu\text{g}/\text{m}^3$) né del valore obiettivo previsto per la media mobile calcolata sulle 8 ore, pari a $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (*Tabella delle conclusioni*).

Le concentrazioni di ozono presentano fluttuazioni giornaliere a seguito del ciclo diurno di formazione dello smog fotochimico e delle condizioni meteorologiche. I valori di concentrazione rilevati sono in linea con quanto osservato per le aree limitrofe, e congruenti con il consueto andamento stagionale per questo inquinante secondario. Infatti, la reazione fotochimica endotermica di produzione dell'ozono è favorita quando vi è maggiore disponibilità energetica, in concomitanza con una maggiore radiazione solare e con temperature più elevate. Per questo inquinante, dunque, le maggiori concentrazioni si verificano tipicamente durante la stagione estiva nelle ore più calde. Dai dati graficati in fig. 16 si rileva il progressivo aumento delle concentrazioni legato all'aumento della temperatura dell'aria, più riconoscibile dalla media mobile che filtra i valori orari.

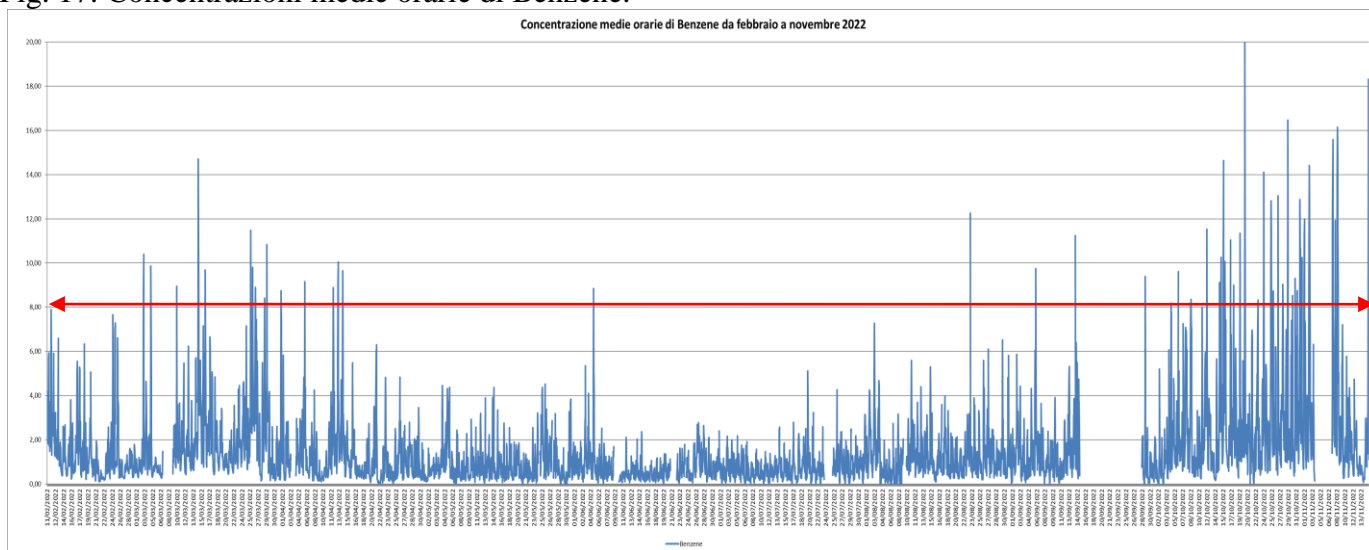
Fig. 16: Concentrazioni medie orarie di Ozono e media mobile giornaliera.



Benzene

Relativamente al benzene, il valore medio di concentrazione (pari a $1,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$) nel periodo del monitoraggio risulta essere al di sotto del valore limite annuale pari a $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$, definito dal D.lgs. n. 155/2010 e ss.mm.ii. mentre i massimi orari hanno in 89 ore concentrazioni superiori al limite, con un massimo di 14,7 il 14 marzo alle ore 21.00(Fig. 17).

Fig. 17: Concentrazioni medie orarie di Benzene.

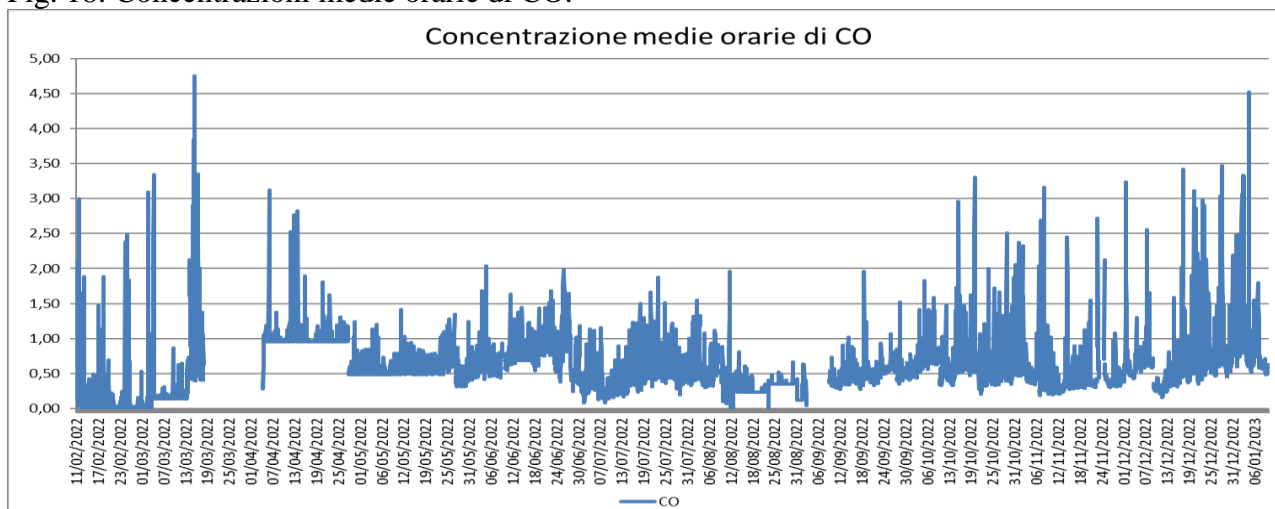


Tale parametro è rappresentativo di situazioni di traffico, in particolare con emissioni di ciclomotori a due tempi.

Monossido di Carbonio

Il monossido di carbonio non presenta situazioni di criticità ed ha oscillazioni direttamente dovute al traffico veicolare benchè ormai le emissioni siano ridotte. I valori sono sempre nettamente inferiori ai limiti normativi.

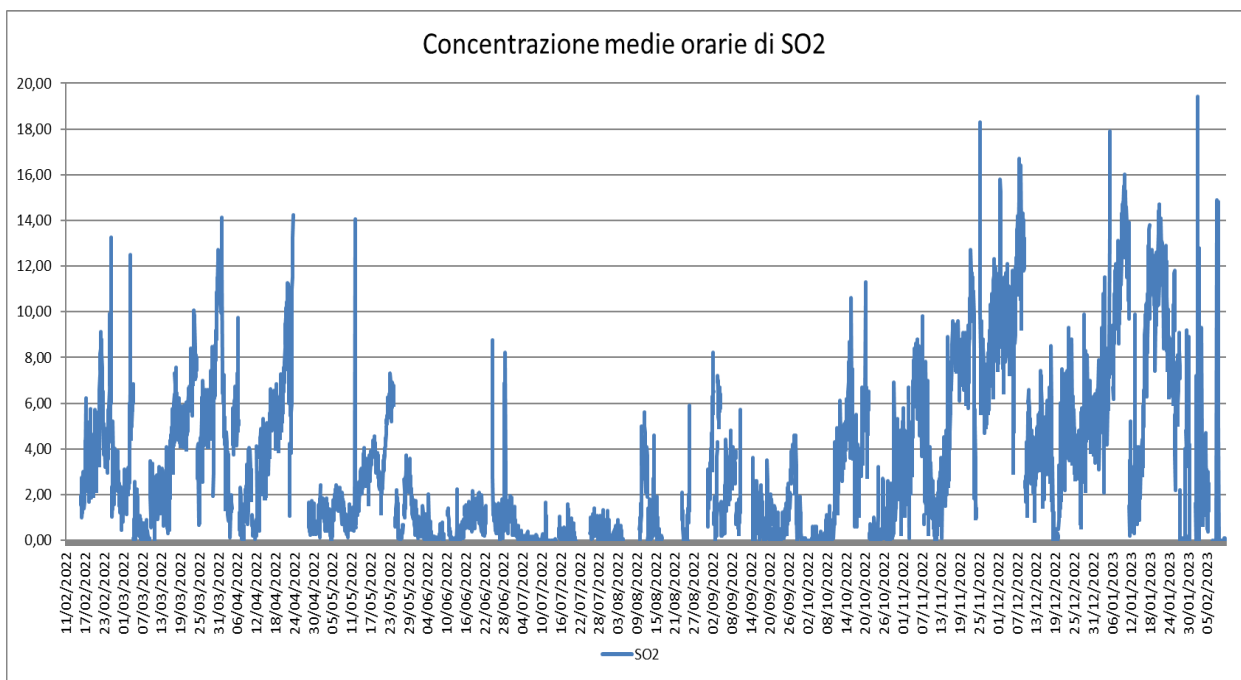
Fig. 18: Concentrazioni medie orarie di CO.



Biossido di zolfo

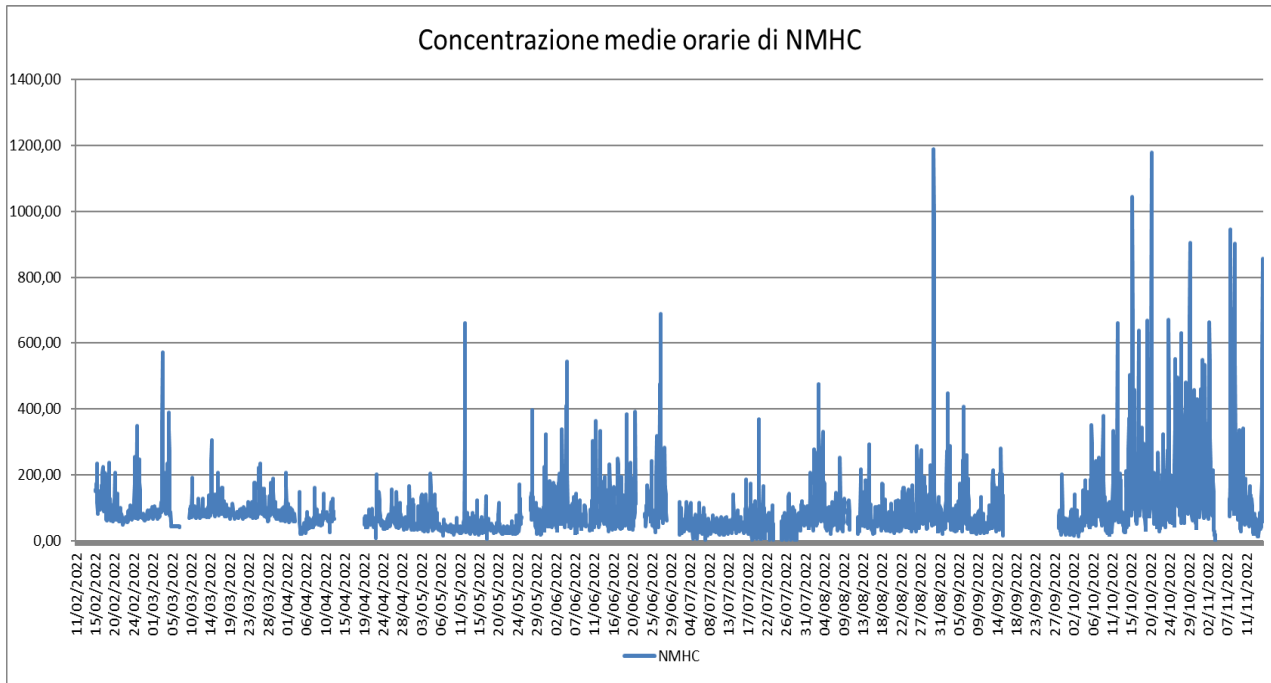
Anche per il biossido di zolfo, i valori rilevati sono ampiamente al di sotto del limite orario, pari a $350 \mu\text{g}/\text{m}^3$ stabilito dal D.Lgs. n. 155/2010 e ss.mm.ii. (Fig. 19). Tali valori bassi sono significativi in quanto il biossido di zolfo è un marker del traffico marittimo che utilizza combustibile con tracce di zolfo, quindi l'assenza di picchi significativi segnala che non si misura un inquinamento importante dal traffico marittimo, in effetti il porto anche se in prossimità è ubicato spesso sottovento rispetto al sito di monitoraggio. Comunque è presente un contributo come si evince dalla fluttuazione diurna descritta nel capitolo successivo.

Fig. 19: Concentrazioni medie orarie di SO_2 , il limite orario è di 350 microgr. /mc.



Di seguito si riportano i dati relativi ai parametri non richiesti dal d.lgs. 155/2010 per i quali non sono previsti limiti di legge per la qualità dell'aria ambiente finalizzata alla protezione della salute della popolazione. Considerata la disponibilità nel laboratorio mobile di analizzatori per la misura di tali parametri, sono stati inclusi nel monitoraggio, poiché si tratta di analizzatori complessi, in taluni casi si sono avute mancate acquisizioni delle misure. I parametri aggiuntivi misurati, oltre a Toluene e mpXilene, sono: metano (CH_4), idrocarburi metanici e non metanici (NMHC), idrocarburi totali (THC), acido solfidrico (H_2S). Per gli idrocarburi (Fig. 20) l'andamento è caratterizzato da ciclicità giornaliera. I dati sono disponibili fino al novembre 2022.

Fig. 20: Concentrazioni medie orarie di idrocarburi metanici e non metanici (NMHC),



Confronto fra inquinanti

Per valutare le fonti di inquinamento e l'influenza delle condizioni meteorologiche è utile effettuare un confronto fra i diversi inquinanti. Sono stati quindi considerati quelli principali: NO₂, NO, NO_x, PM₁₀, PM_{2.5}, con opportuni grafici. Dall'esame delle medie mobili giornaliere di ossidi di azoto e polveri sottili (fig. 21) si evince la presenza di numerosi cicli di più giorni, riconoscibili anche nei grafici precedenti in cui erano confrontati polveri sottili e vento. Dall'analisi di dettaglio si osserva che per il biossido di azoto i cicli sono più lunghi e con un numero inferiore di picchi più marcati comunque rispetto a quelli di NO, mentre il PM₁₀ è quello caratterizzato dalle oscillazioni più ampie in quanto i valori misurati sono legati a due fenomeni diversi: ristagno di inquinanti di origine antropica e afflussi di sabbie sahariane, in particolare il citato flusso di dust del 30 marzo non trova corrispettivo nell'NO₂, mentre il picco del 25 è associato a picchi sia di PM_{2.5} che di NO₂ con condizioni di ristagno che favoriscono la permanenza dell'inquinamento da traffico veicolare. In effetti l'NO₂ è discretamente correlato ad un altro inquinante tipico del traffico il Benzene, ed anticorrelato con l'ozono che tipicamente si forma a partire dall'NO₂ quindi all'aumentare dell'uno diminuisce l'altro (fig. 22).

Fig. 21: Medie mobili polveri sottili e biossido di azoto

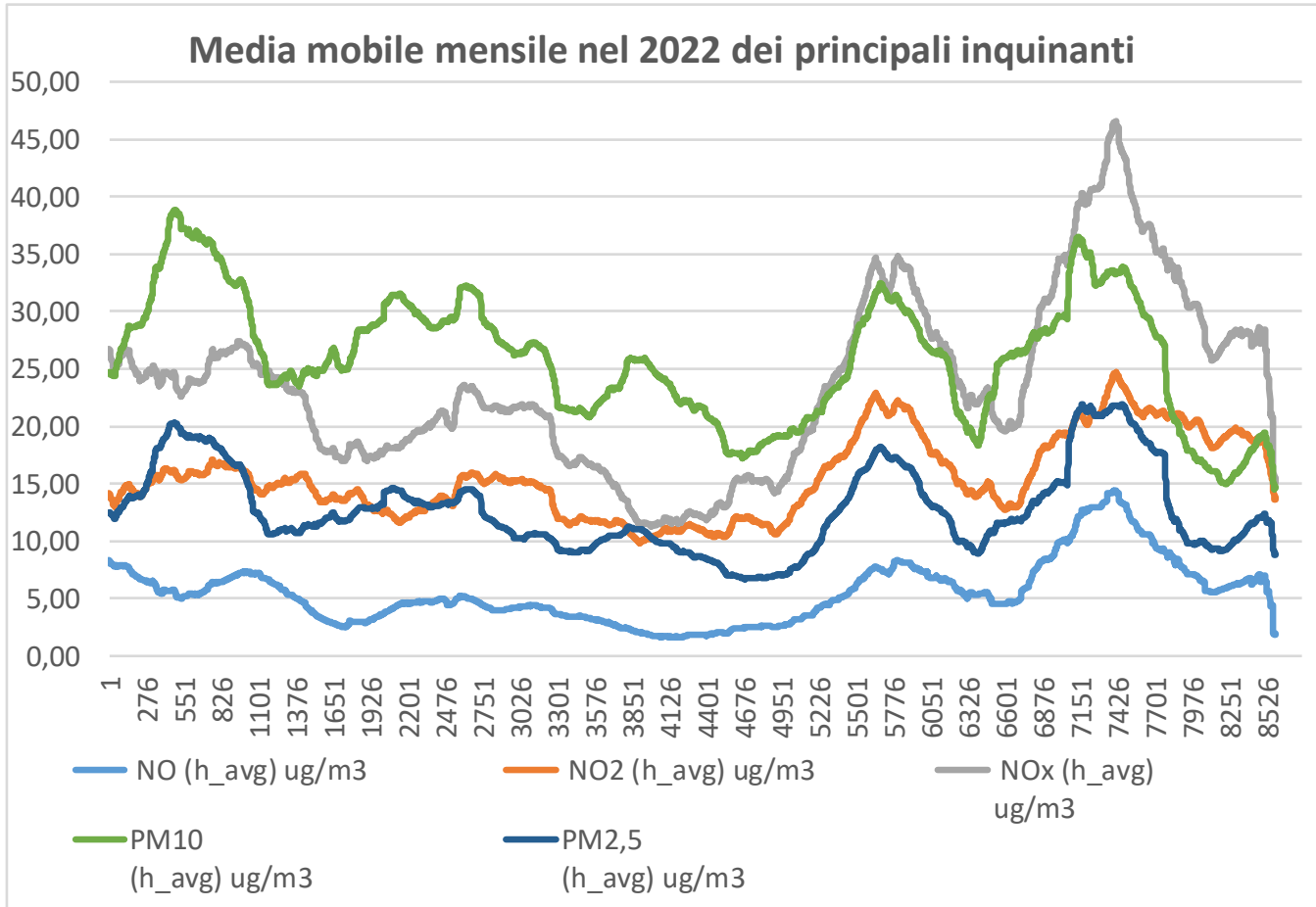
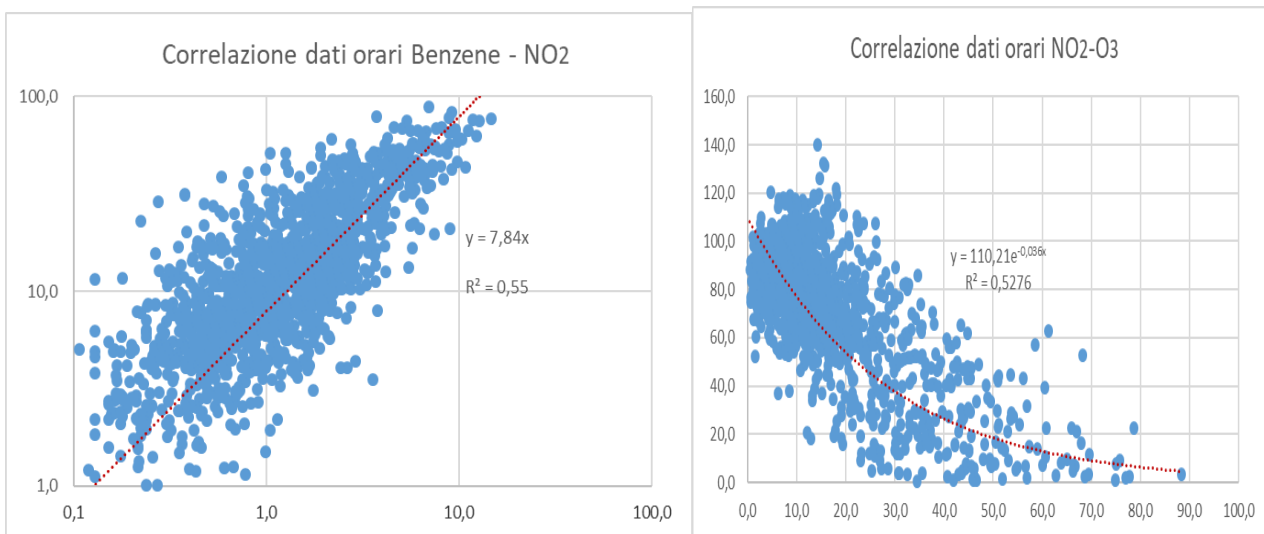


Fig. 22: Correlazioni tra concentrazioni medie orarie di Benzene NO2 e Ozono nella primavera 2022



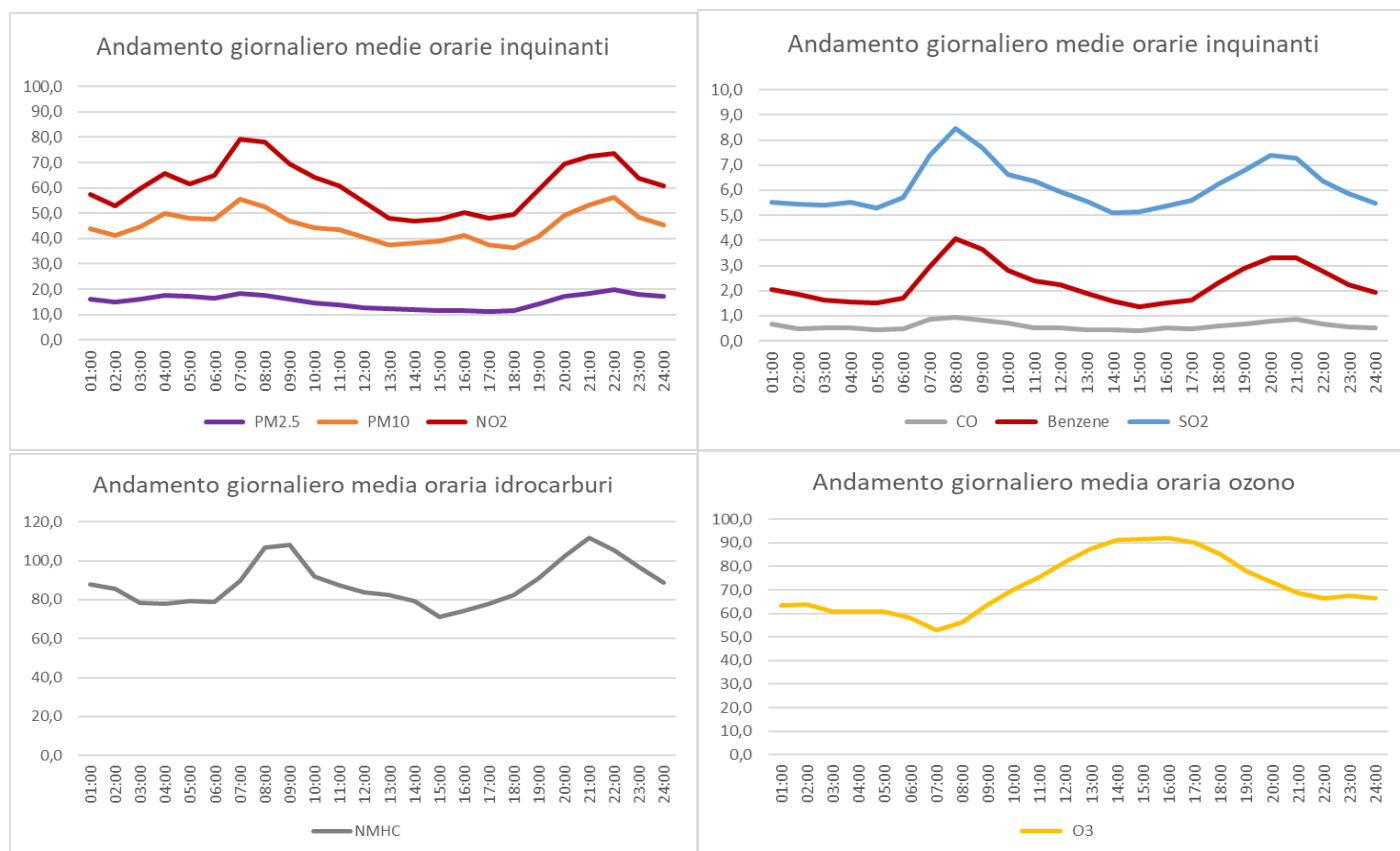
5. Elaborazione dei grafici del “giorno tipo”

La misura delle concentrazioni dei gas con scansione oraria ha consentito la valutazione della loro distribuzione statistica durante le 24 ore, Scopo di dette elaborazioni (cd. “giorno tipo”) è quello di evidenziare evoluzioni temporali peculiari finalizzate alla correlazione con comportamenti antropici locali impattanti sulla qualità dell’aria. I dati rilevati dal laboratorio mobile, per il periodo in esame, sono stati aggregati per ora e tipo di giorno e sono rappresentati nelle figure seguenti.

L’andamento delle concentrazioni di gas mostra un trend di crescita nella fascia oraria 7:00-09:00, compatibile con il tipico scenario emissivo urbano legato all’intensificazione del traffico veicolare sui tragitti casa-lavoro. Un’analogha tendenza si registra dalle 19.00 sostanzialmente per le medesime ragioni (fig. 23).

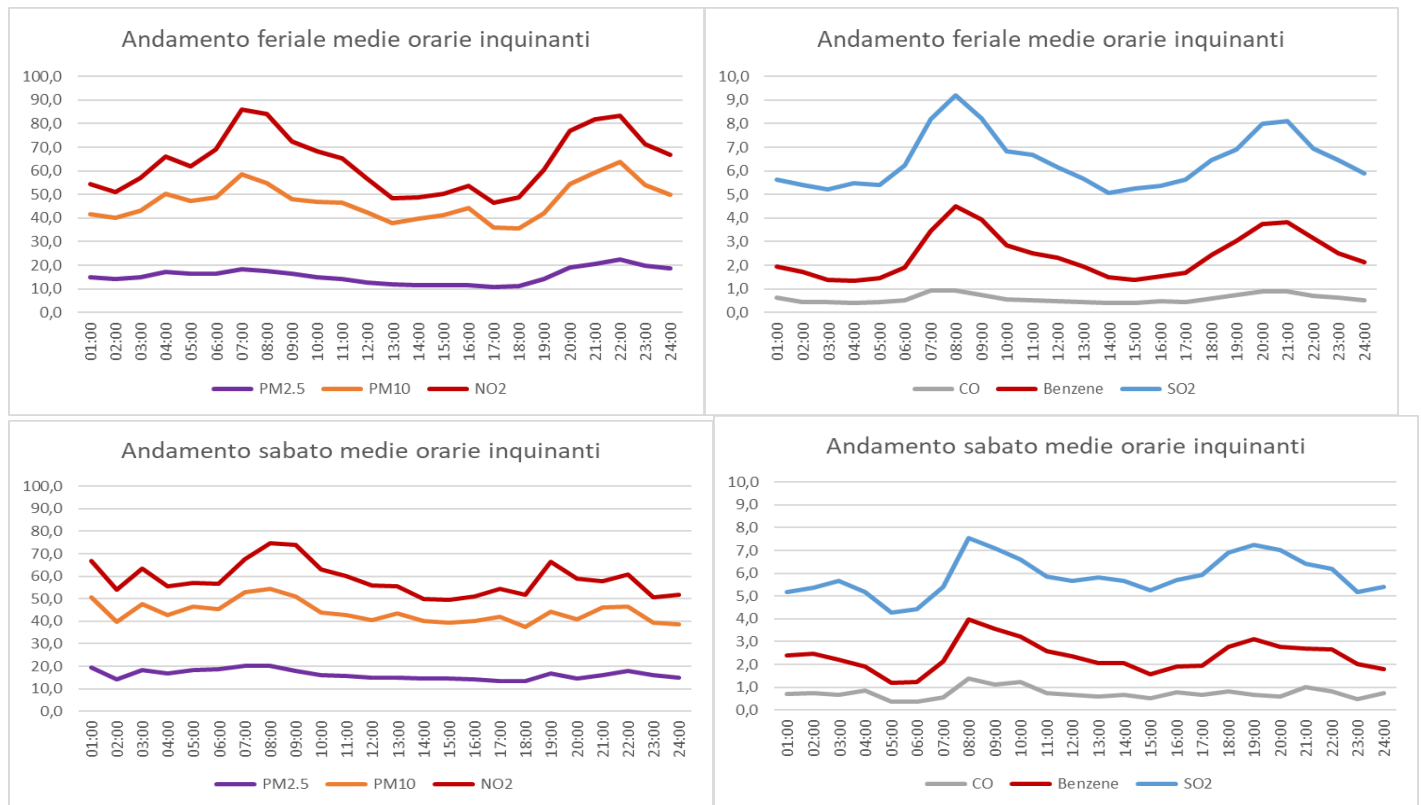
Data l’assenza di cospicue fonti di riscaldamento domestico in prossimità, si ritiene che l’andamento delle concentrazioni di biossido di azoto, benzene in aria ambiente sia fortemente influenzato dal variare, nell’arco della giornata, dei volumi di traffico veicolare, che rappresenta una delle principali fonti emmissive di ossidi di azoto, mentre idrocarburi metanici e biossido di zolfo potrebbero subire l’influsso del traffico marittimo. Per l’ozono invece prevale l’effetto fotochimico quindi il picco corrisponde al massimo riscaldamento diurno. Per l’analisi di dettaglio si rinvia all’appendice con i grafici mensili per polveri sottili e ossidi di azoto.

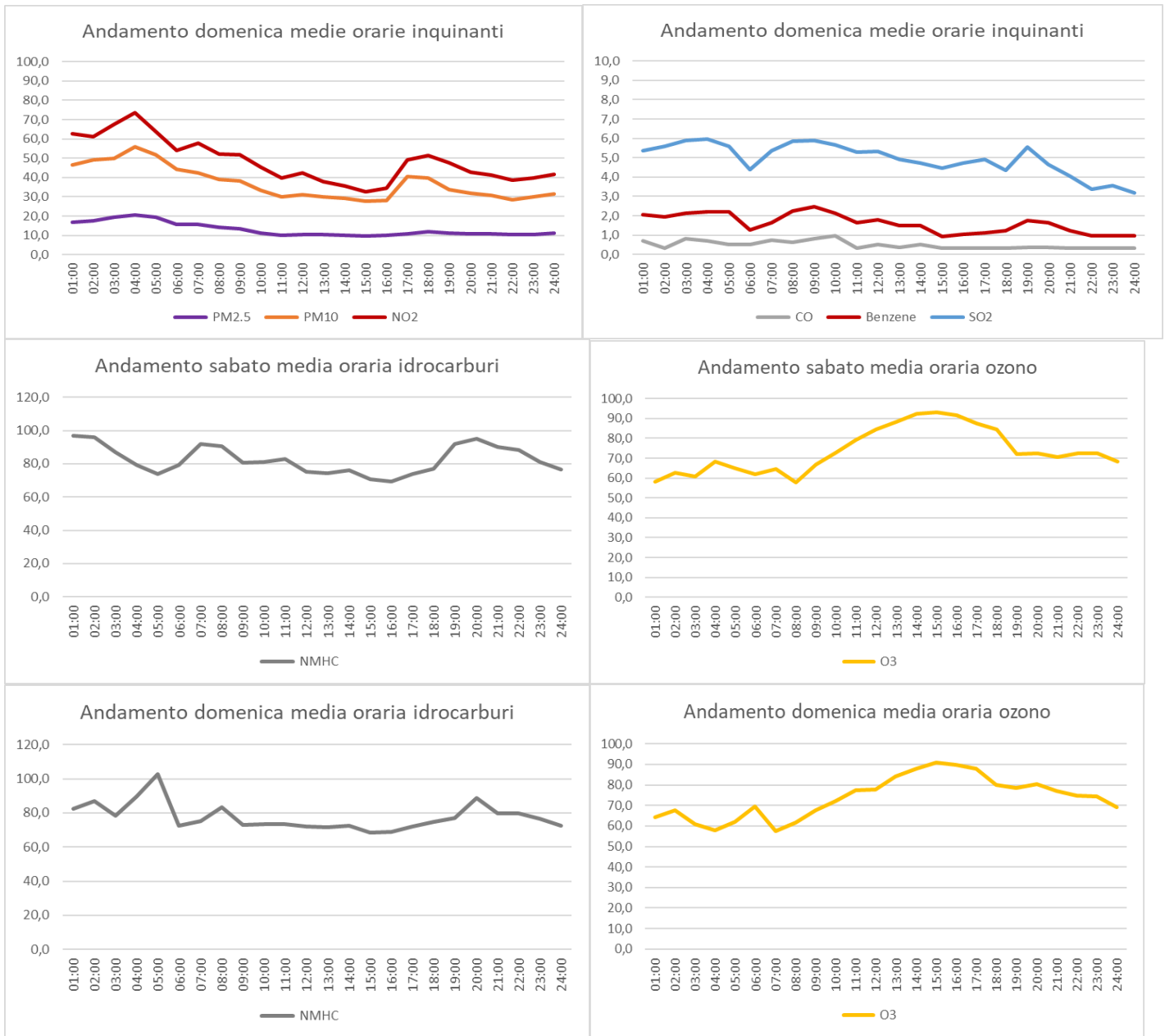
Fig. 23 Andamenti giornalieri degli inquinanti



Un ulteriore aspetto da indagare è la variabilità fra giorni feriali, sabato e domenica, sono stati quindi elaborati i grafici elaborati a partire dalle medie di concentrazioni orarie degli inquinanti per le tre categorie di giorni individuate (fig. 24). Si nota che nei giorni feriali i picchi sono marcati, soprattutto per ossidi di azoto e di zolfo e per benzene, mentre di sabato è presente il picco mattutino e quello serale è meno marcato ma si protrae fino alla tarda sera, ma con valori inferiori. La domenica è invece caratterizzata da valori più bassi di inquinamento, con i picchi di benzene addirittura dimezzati, probabilmente per la minore incidenza di motocicli e quadricicli che emettono più benzene. L'assenza di picchi domenicali di SO₂ lascia ipotizzare che il contributo del settore marittimo sia limitato in quanto fra giorni feriali e festivi non si ha una diminuzione di corse di traghetti e aliscafi. Anche per gli idrocarburi non si registrano picchi significativi di domenica. L'ozono non risente di giorni della settimana in quanto è legato a processi di formazione a larga scala non influenzati da effetti locali.

Fig. 24 Andamenti degli inquinanti nei giorni feriali e festivi





Per una valutazione mensile, oltre alla citata appendice si riportano di seguito i grafici per gli ossidi di azoto relativi a tutto il periodo di monitoraggio (fig. 25) e a singoli mesi significativi (fig. 26) Luglio con scuole chiuse, vigenza ordinanza anti traffico ore 10.30-12.30 17.30-20.00 21.00-0.30 e ZTL, brezza diurna e serale. E mese di ottobre con scuole aperte ordinanza anti traffico oraria ore 10.00-12.00 e ZTL 21.00-24.00 ven. sabato e domenica, brezza debole. Di conseguenza i valori misurati hanno un andamento orario medio durante il giorno molto diverso: in estate valori bassi sempre, in ottobre valori elevati alle 8 di mattina e di sera.

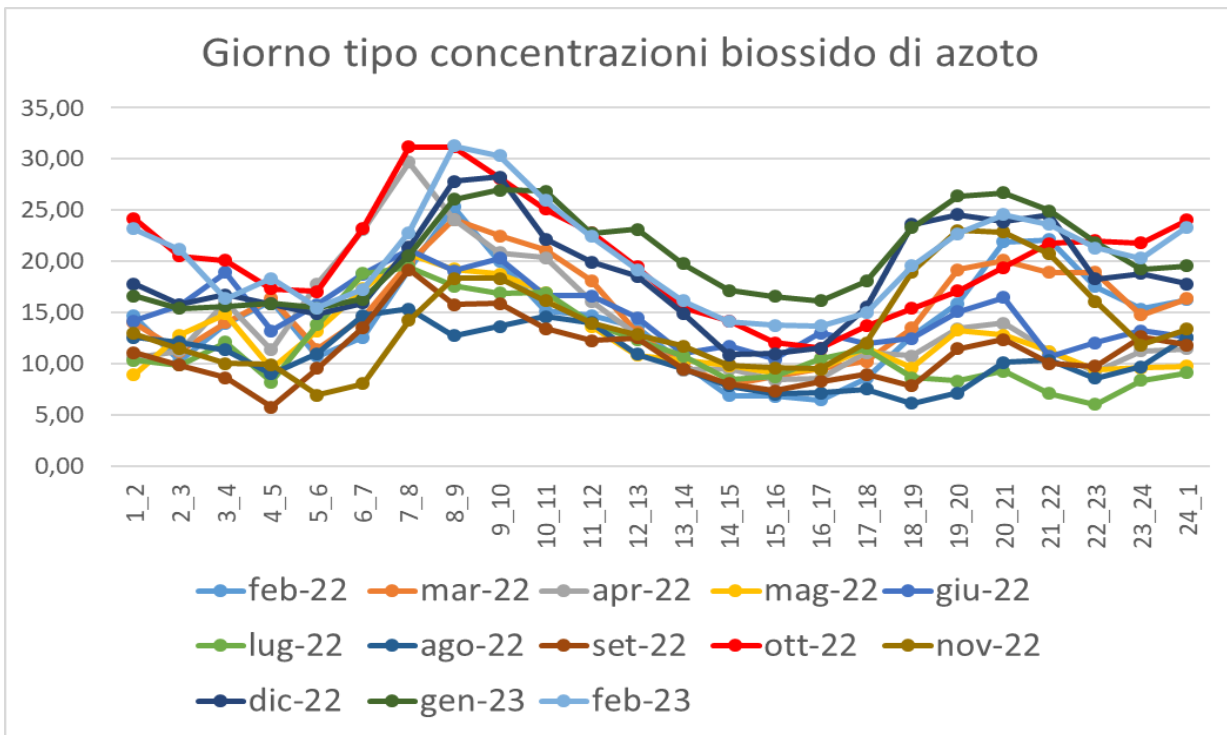


Fig. 25 andamento giorno tipo delle concentrazioni di biossido di azoto nei singoli mesi

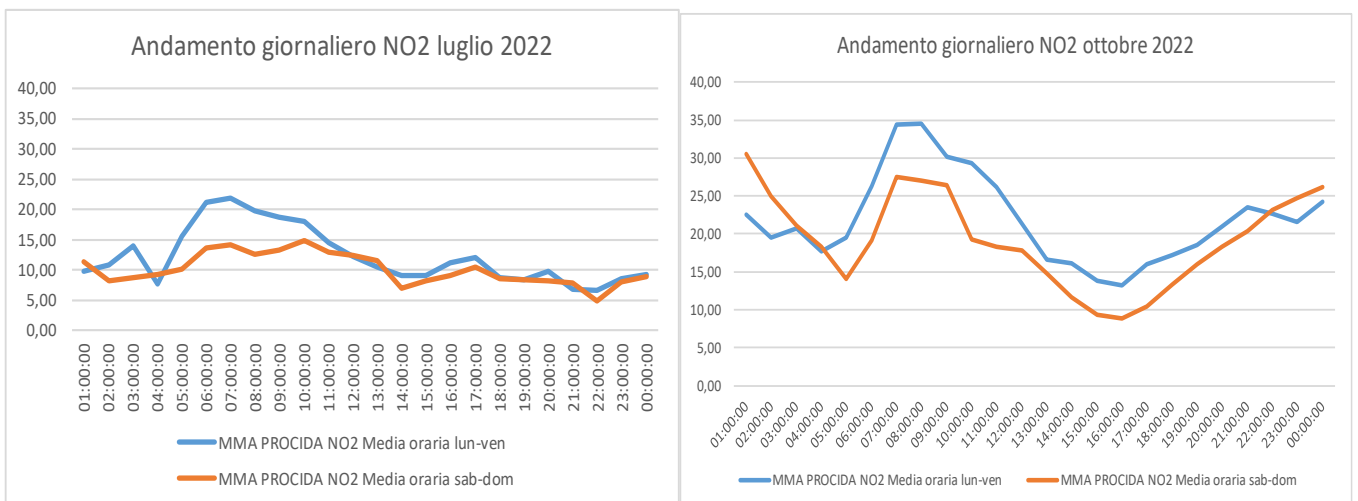


Fig. 26 andamento giorno tipo delle concentrazioni di biossido di azoto luglio e ottobre 2022

L'effetto dei provvedimenti relativi al traffico si riconosce ancora meglio con il dettaglio al periodo primaverile 2022 con l'inizio dei provvedimenti per Procida Capitale della Cultura (fig. 27), con concentrazioni di biossido di azoto pressochè dimezzate nelle ore mattutine.

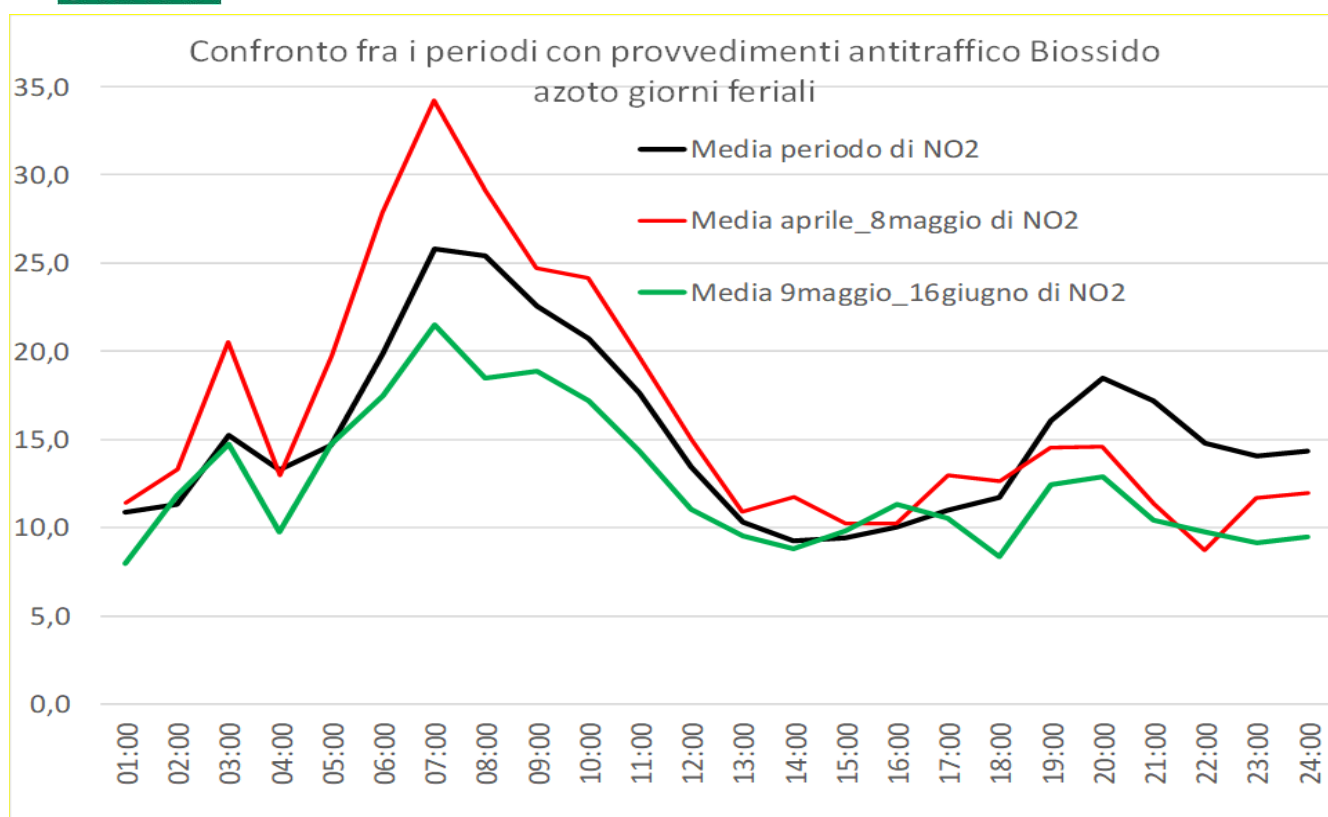


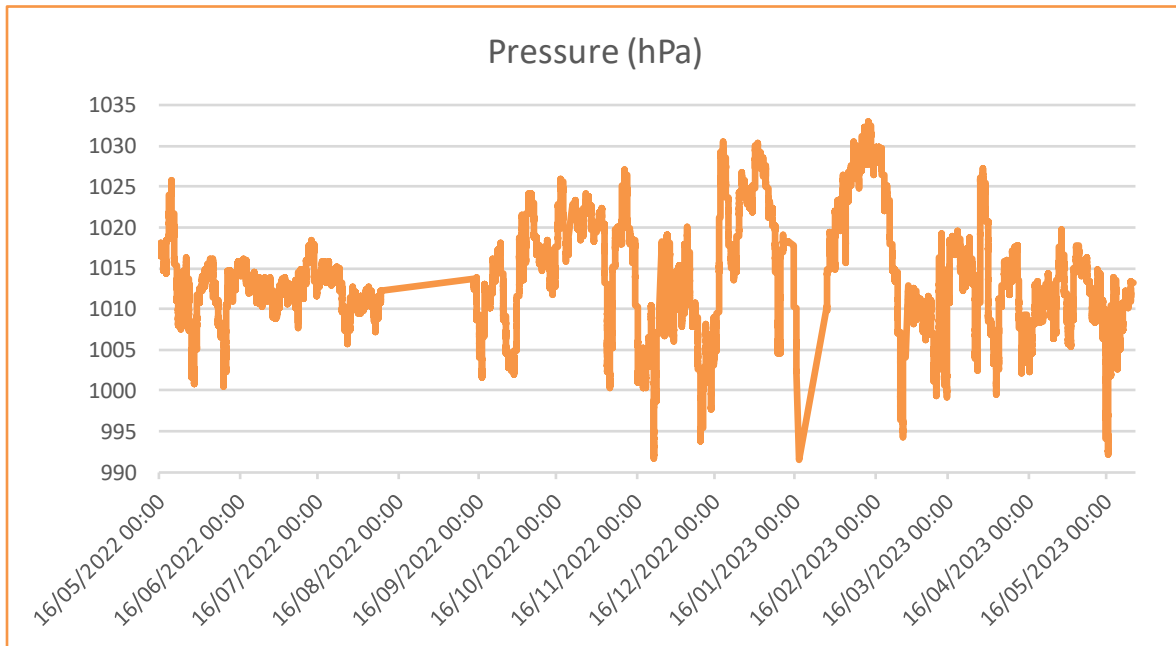
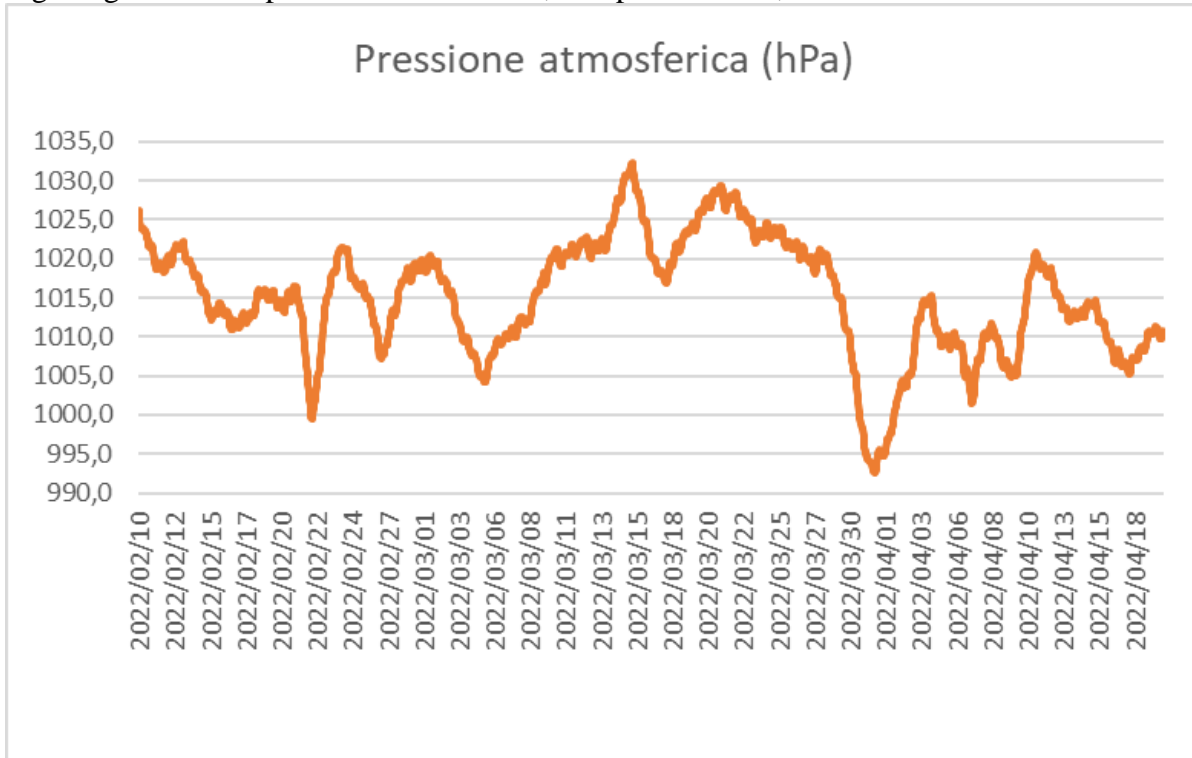
Fig. 27 andamento giorno tipo delle concentrazioni di biossido di azoto luglio e ottobre aprile giugno 2022

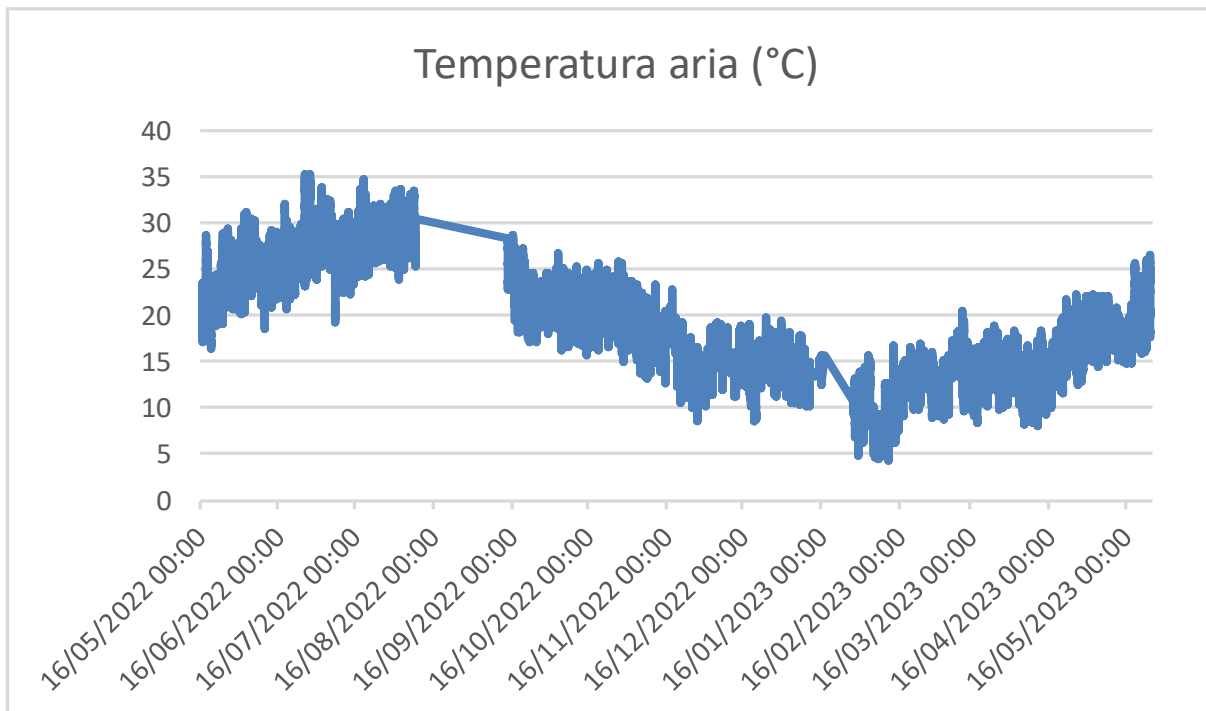
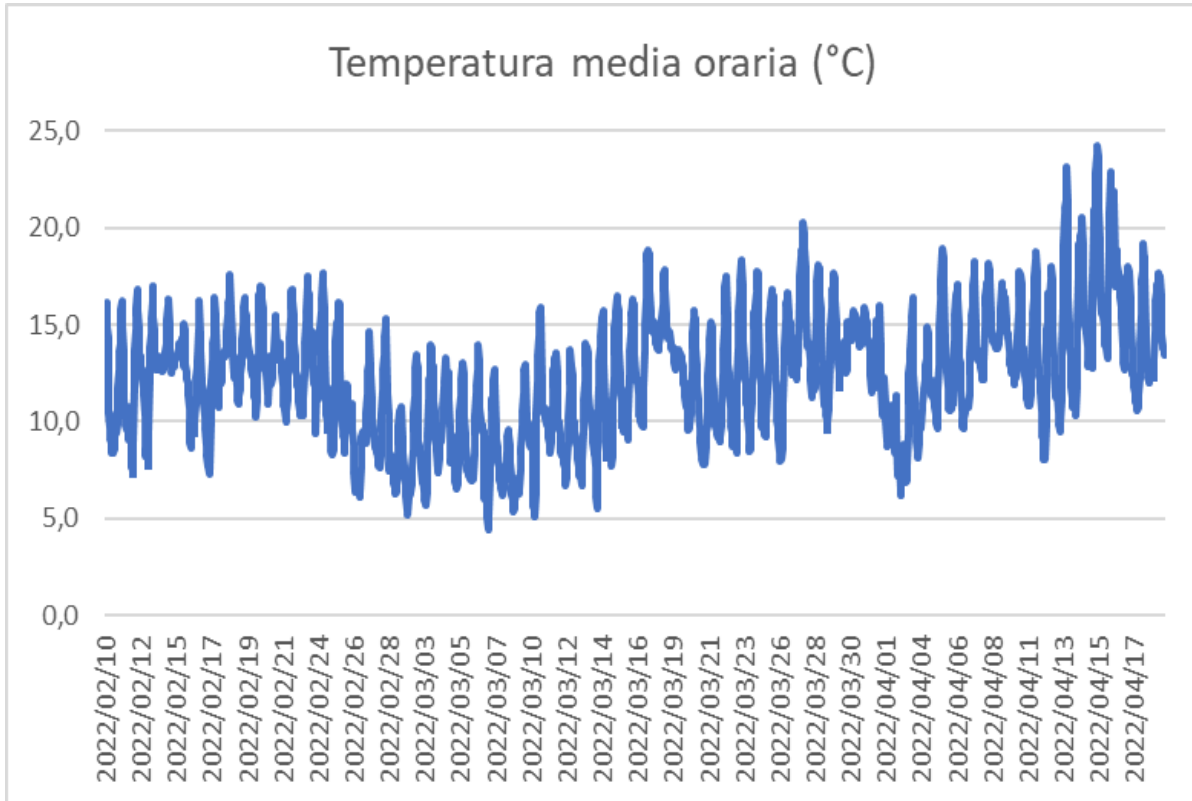
5. Condizioni meteorologiche

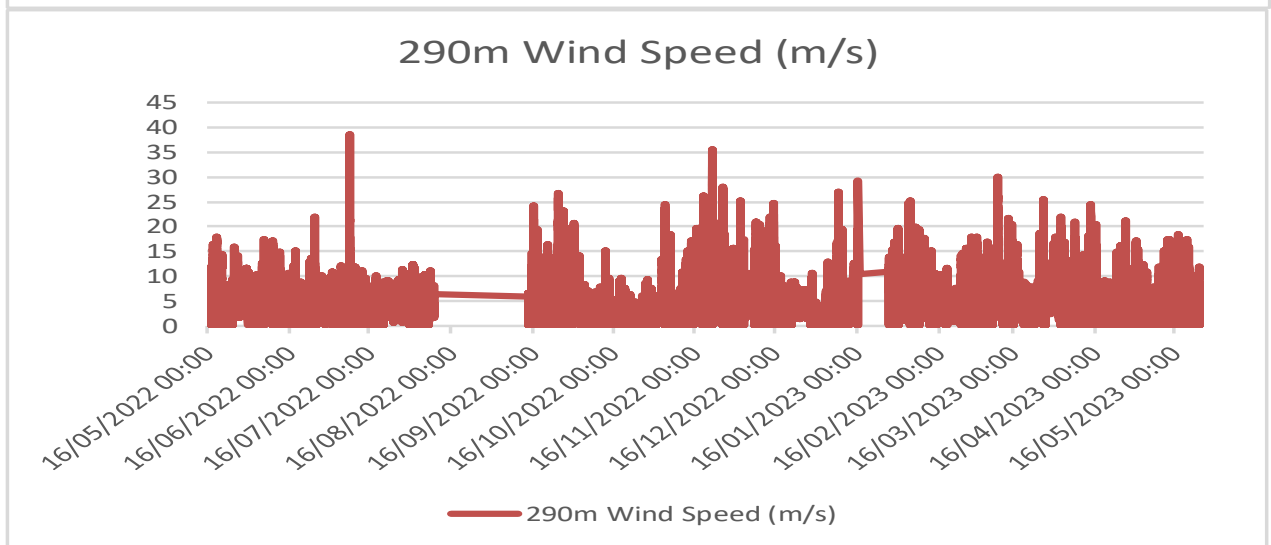
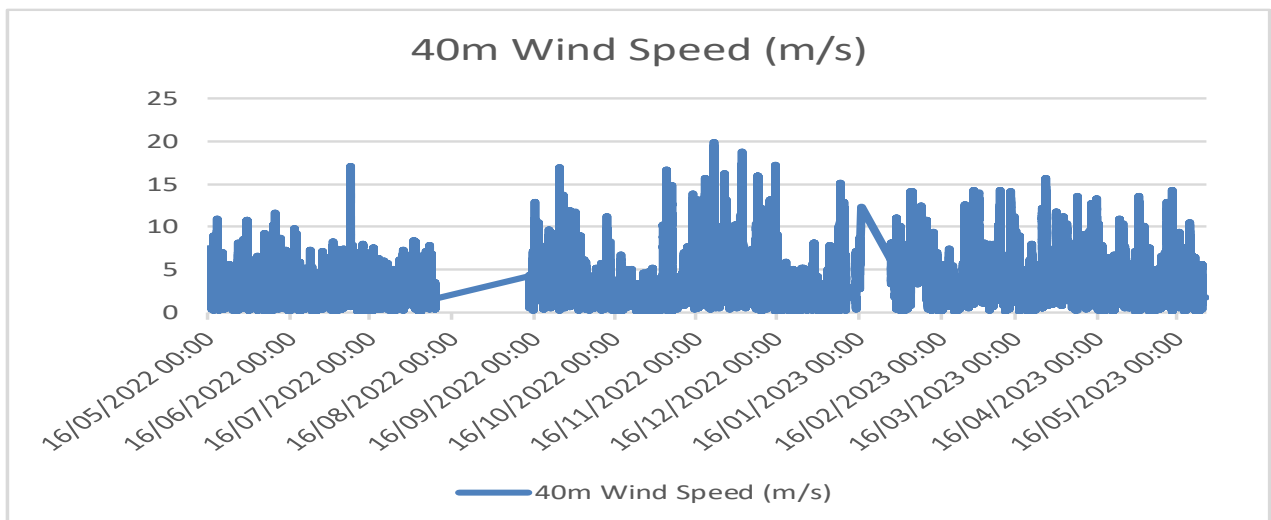
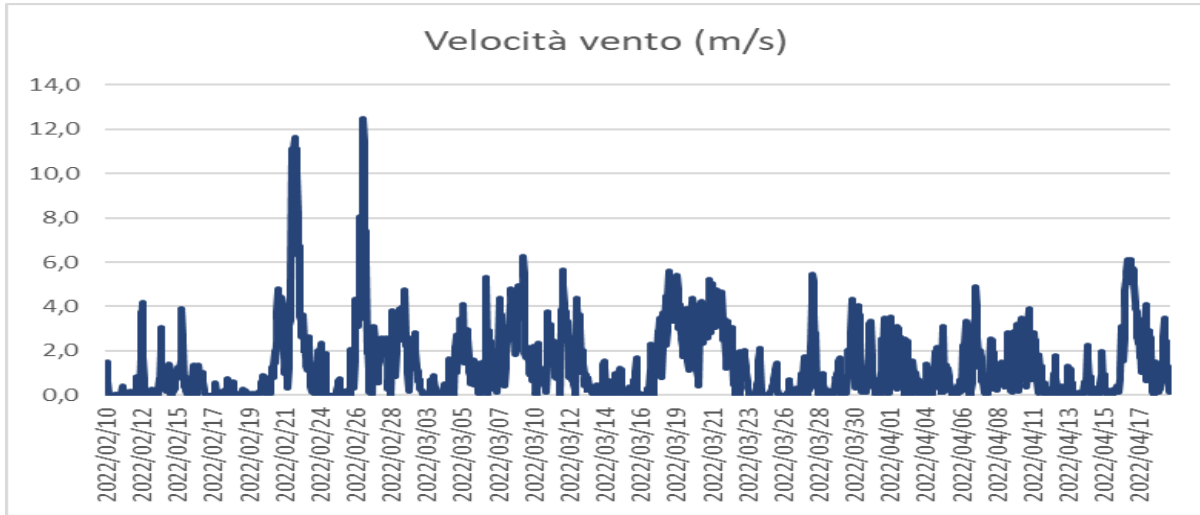
Le condizioni meteorologiche durante il periodo di misura sono state valutate utilizzando i dati acquisiti dal laboratorio mobile i risultati della modellistica del CEMEC (Centro Meteo Clima della Campania) e lo strumento windcube dell'ARPAC. Dai grafici di pressione atmosferica, temperatura, precipitazione intensità e direzione vento (fig. 28) si nota che alla variabilità giornaliera si è sovrapposta nel periodo in esame una variabilità su scala pressoché settimanale con conseguenti variazioni delle condizioni meteorologiche che hanno dato luogo ad un alternarsi di fenomeni di ristagno e rimescolamento degli inquinanti nonché afflussi di sabbie di origine sahariana. Dal punto di vista delle temperature si rileva l'anomalia di marzo con valori inferiori a quelli di febbraio e poi una progressiva risalita in aprile coerente con i valori stagionali. Gli episodi di vento forte si sono verificati in febbraio, con intensità superiori a 12 m/s corrispondenti ad oltre 20 nod a quota di 10 mi, in un sito comunque protetto dagli edifici circostanti, e in dicembre con raffiche in quota di oltre 35 m/s, quasi 70 nodi, a 290 m di quota.

La quantità di dati acquisiti dal windcube che registra i valori ogni dieci minuti a quote fra 40 e 290-320 m rende necessaria una analisi di dettaglio che sarà elaborata separatamente.

Fig. 28 grafici della pressione atmosferica, temperatura aria, intensità vento







6. Considerazioni conclusive

In conclusione, durante la campagna di monitoraggio della qualità dell'aria, per i parametri misurati sono stati osservati alcuni superamenti dei valori limite orari e giornalieri previsti dal D.Lgs. n. 155/2010 e quindi si è riscontrato un aumento della pericolosità per la popolazione, tuttavia senza eccedenze del valore limite annuale, come si evince dalla tabella riassuntiva seguente:

Monitoraggio della qualità dell'aria ambiente ai sensi del D.Lgs. 155/2010 e s.m.i.			
Sito:	<i>Procida Via Vittorio E. Largo Caduti</i>	Coordinate	<i>40°45'41"N</i>
Comune:	<i>Procida</i>		<i>14°01'29"E</i>
Provincia:	<i>Napoli</i>		

Parametro	Nome	Tempi di mediazione	Valori limite D.Lgs. 155/2010 e s.m.i.	N°superamenti/ Valori sito	Note
NO2	Biossido di azoto	media oraria	200 µg/m ³ , da non superare più di 18 volte per anno civile	0	(2)
		anno civile	40 µg/m ³	15,5	(1) [µg/m ³]
SO2	Biossido di zolfo	media oraria	350 µg/m ³ , da non superare più di 24 volte per anno civile	0	(2)
		media giornaliera	125 µg/m ³ , da non superare più di 3 volte per anno civile	0	(4)
CO	Monossido di carbonio	massima media mobile giornaliera calcolata su 8 ore	10 mg/m ³	2.2	(3) [mg/m ³]
O3	Ozono	media oraria	soglia di informazione 180 µg/m ³	0	(2)
			soglia di allarme 240 µg/m ³	0	(2)

		massima media mobile giornaliera calcolata su 8 ore	valore obiettivo: 120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ da non superare più di 25 volte per anno civile come media su tre anni	0	(2)
PM10	Particolato sospeso con diametro equivalente minore di 10 μm	media giornaliera	50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, da non superare più di 35 volte per anno civile	21	(4)
		anno civile	40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	25.9	(1) [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]
PM2,5	Particolato sospeso con diametro equivalente minore di 2,5 μm	anno civile	25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	12.9	(1) [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]
C6H6	Benzene	anno civile	5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	1,4	(1) [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]

Legenda

(1): concentrazione media dal	11/02/2022	al	10/02/2023
(2): n. ore di superamento valore limite dal	11/02/2022	al	10/02/2023
(3): max valore media mobile 8h dal	11/02/2022	al	10/02/2023
(4): n. giorni superamento valore limite dal	11/02/2022	al	10/02/2023

In generale le concentrazioni misurate sono indicative di una qualità dell'aria coerente con le rilevazioni della rete regionale in contesti simili, i superamenti di polveri sottili sono un chiaro indicatore che in condizioni di area vasta di ristagno di inquinanti o di afflussi di polveri sahariane anche l'isola di Procida è coinvolta. Le concentrazioni di gas inquinanti, in particolare ossidi di azoto e benzene, pur se entro i limiti di legge sono caratterizzate da picchi orari significativi, quasi esclusivamente nei giorni feriali, legate all'intenso traffico veicolare che interessa il sito di misura e in genere la rete stradale circostante.

Per comprendere meglio il significato dei valori misurati a Procida rispetto agli obiettivi per la tutela della salute e ad altre stazioni di riferimento, nella tabella e figura seguente (fig. 29) sono messe a confronto le stazioni fisse di Pozzuoli Villa Avellino, di tipo fondo urbano, quindi senza emissioni dirette immediatamente circostanti, Napoli Ferrovia che rappresenta la stazione urbana di tipo traffico con concentrazioni più elevate nell'area urbana.

Il confronto è stato basato sui 5 principali parametri PM 2.5, PM10, NO2, Benzene, CO considerando i valori annui e prendendo come riferimento sia i limiti di legge italiani vigenti (Dlgs. 155/2010), sia la proposta di nuova Direttiva UE, sia le linee guida dell'Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS) sulle concentrazioni massime consigliate di esposizione della popolazione.

Si osserva che le concentrazioni misurate a Procida sono intermedie fra quelle di Pozzuoli e quelle di Napoli Ferrovia, i valori medi su base annua non superano i limiti italiani attualmente vigenti ma si collocano sempre al di sopra delle indicazioni OMS e per le polveri sottili sono superiori anche ai limiti UE che entreranno in vigore nel 2030.

	media annua NO2	superamenti 50 micr. PM10	media annua PM10	media annua PM2.5	media annua Benzene	media mobile 8 ore annua CO
Pozzuoli Villa Avellino	14	15	23	13		
Procida Largo Caduti	16	21	26	13	1,4	2,2
Napoli Ferrovia	54	20	29	18	2,4	3,9
limite normativo dlgs. 155/2010	40	35	40	25	5	10
proposta limite nuova Direttiva UE	20	18	20	10		
linee guida Organizzazione Mondiale Sanità	10	3	15	5		

Legenda

- superamento limite normativo dlgs. 155/2010
- superamento limite normativo proposta UE
- superamento limite indicativo linee guida OMS

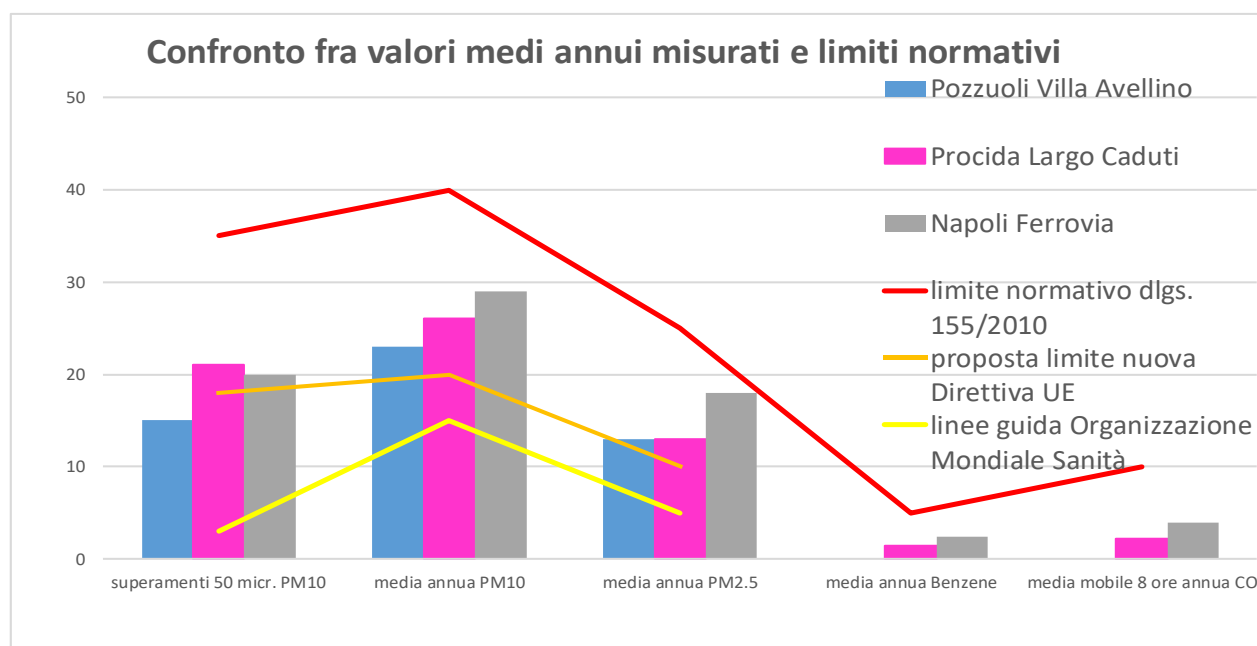


Fig. 29 Confronto fra dati acquisiti da Laboratorio Mobile a Procida e stazioni fisse di Pozzuoli e Napoli ferrovia con riferimento ai limiti normativi e alle indicazioni delle istituzioni di riferimento.

Le evidenze relative ai giorni con limitazione del traffico mostrano una drastica riduzione del livello di inquinamento, paragonabile a quanto osservato nel mese di marzo 2020 nei capoluoghi della Campania durante il lockdown con la diminuzione di oltre il 50 % delle concentrazioni di ossidi di azoto e benzene. Per le polveri sottili non si osserva una diminuzione così netta.



In conclusione le risultanze del monitoraggio sono da sintetizzare come segue:

- Presenza di inquinamento atmosferico anche a Procida
- Inquinanti significativi: Polveri sottili, Biossido di Azoto, Benzene
- Maggiore presenza di inquinanti nei mesi invernali
- Picchi orari di ossidi di azoto e benzene più importanti nelle ore mattutine 7-9, in subordine nelle ore serali anche dopo le 24 nei giorni prefestivi
- Significativo effetto dei provvedimenti di limitazione del traffico su inquinamento misurato
- Livello dell'inquinamento entro i limiti di legge attualmente vigenti calcolati su base annuale
- Livello dell'inquinamento oltre i limiti rispetto a indicazioni delle linee guida OMS e nuova Direttiva UE sulla qualità aria in vigore dal 2030

La presente relazione è basata sulle serie di dati misurati riportati nel sito internet dell'ARPAC.

Ringraziamenti

Per lo svolgimento della campagna di monitoraggio si ringraziano:

Amministrazione Comunale: Sindaco Raimondo Ambrosino, Vicesindaco Titta Lubrano, Assessore alla Mobilità Leonardo Costagliola, Assessore ai Trasporti Lucia Mameli, Comandante Polizia Municipale Luigi Martino.

ARPAC: Direttore Generale: Luigi Stefano Sorvino, Direttore Tecnico Claudio Marro. Unità operativa aria: Piero Cau, Adriano Ammendola, Cristina Calenda, Paolo D'Auria, Rocco De Pascale, Domenico Farina. Centro MeteoClima, Antonio D'Ambrosio, Anna Ballirano. Servizio Comunicazione: Ester Andreotti, Cristina Abbrunzo, Luigi Mosca

Istituto Comprensivo Capraro: Rossella Salzano

Società servizi e manutenzione: SAP, SITE, ORION

Dati e report consultabili ai seguenti link:

<https://www.arpacampania.it/web/guest/procida-capitale>

<https://www.arpacampania.it/web/guest/qualita-dell-aria>

Il Funzionario CTP
Dott. Adriano Amendola

Il Funzionario CTP
Ing. Anna Ballirano

Il Dirigente
U.O.C. Monitoraggi e CEMEC
Dott. Giuseppe Onorati



ARPAC – Agenzia Regionale Protezione Ambientale Campania – Ente di Diritto Pubblico istituito con L.R. 10/98

Sede Legale: via Vicinale S. Maria del Pianto – Centro Polifunzionale, Torre 1 – 80143 Napoli

tel. 0812326111 – fax 0812326225 – direzionegenerale.arpac@pec.arpacampania.it – www.arpacampania.it – P.I. 07407530638