

Comune di Como

Campagna di monitoraggio della qualità dell'aria

19 luglio 2023 – 03 ottobre 2023

ARPA



Gennaio 2024

Documento redatto da:

Laura Carroccio

Gestione e manutenzione tecnica della strumentazione:

Luca Vergani

Visto dal referente Area Nord della U.O. Qualità dell'Aria:

Umberto Dal Santo

Visto dal responsabile della U.O. Qualità dell'Aria:

Guido Lanzani

ARPA Lombardia | U.O. Qualità dell'aria.

Via I. Rosellini, 17

20124 – Milano

Tel. 02.69666.1

PEC: arpa@pec.regione.lombardia.it

WEB: www.arpalombardia.it

Gennaio 2024

Sommario

Introduzione	4
Misure e strumentazione	5
Gli inquinanti monitorati	5
Gli ossidi di azoto	6
L'ozono (O₃)	6
Il particolato atmosferico aerodisperso (PM10)	7
Normativa	8
Sito di misura	10
Emissioni sul territorio	12
Situazione meteorologica nel periodo di misura	17
Inquinanti nel periodo di misura e confronto con i dati rilevati dalle postazioni fisse	20
Conclusioni	31
Allegato 1: Concentrazioni giornaliere di inquinanti a Como ATS	32

Introduzione

L'Unità Organizzativa Qualità dell'Aria di ARPA Lombardia ha condotto nel comune di Como una campagna di monitoraggio finalizzata ad approfondire la conoscenza della qualità dell'aria nel centro urbano, in relazione alle diverse fonti emissive. Nel centro di Como, in via Cattaneo, è attiva da anni una stazione di monitoraggio dell'aria classificata secondo il D. Lgs. 155/2010 come stazione urbana di traffico, cioè, soggetta principalmente ad emissioni dovute al trasporto, essendo collocata lungo una via di intenso traffico automobilistico nei pressi di un incrocio semaforico. Nello specifico, lo scopo della campagna di misura condotta è stato quello di monitorare la qualità dell'aria "media" del centro urbano, in cui il livello di inquinamento non è influenzato in maniera prevalente da specifiche fonti ma dal contributo integrato di tutte le fonti presenti sul territorio.

A tale scopo è stata utilizzata una stazione mobile posizionata nel complesso dell'ATS di Como in via Castelnuovo, presso il prato antistante la Chiesa ortodossa dei Santi Primate Apostoli Pietro e Paolo, in un'area ben esposta e lontano da fonti emissive dirette. Per i fini della campagna sono stati monitorati l'ozono, gli ossidi di azoto ed il particolato atmosferico.

Per contestualizzare i dati rilevati, è stato fatto il confronto con le misure effettuate presso le postazioni fisse della Rete di Rilevamento della Qualità dell'Aria (RRQA) e facenti parte del Piano di Valutazione della Regione Lombardia (di seguito PdV), tra le quali la stazione di Como centro in via Cattaneo, ottenendo così le informazioni utili alla valutazione complessiva dello stato della qualità dell'aria nel sito in esame. Il PdV è il programma di monitoraggio, previsto dal D. Lgs. 155/2010 (art.5), per la misura della qualità dell'aria con stazioni fisse, individuate nel rispetto dei canoni di efficienza, efficacia ed economicità.

Il campionamento è stato condotto da luglio ad ottobre 2023, un periodo sufficientemente lungo per valutare il livello di concentrazione degli inquinanti rispetto alla stazione di Como centro e delle vicine stazioni della rete di rilevamento della Provincia e in relazione alla variabilità meteorologica.

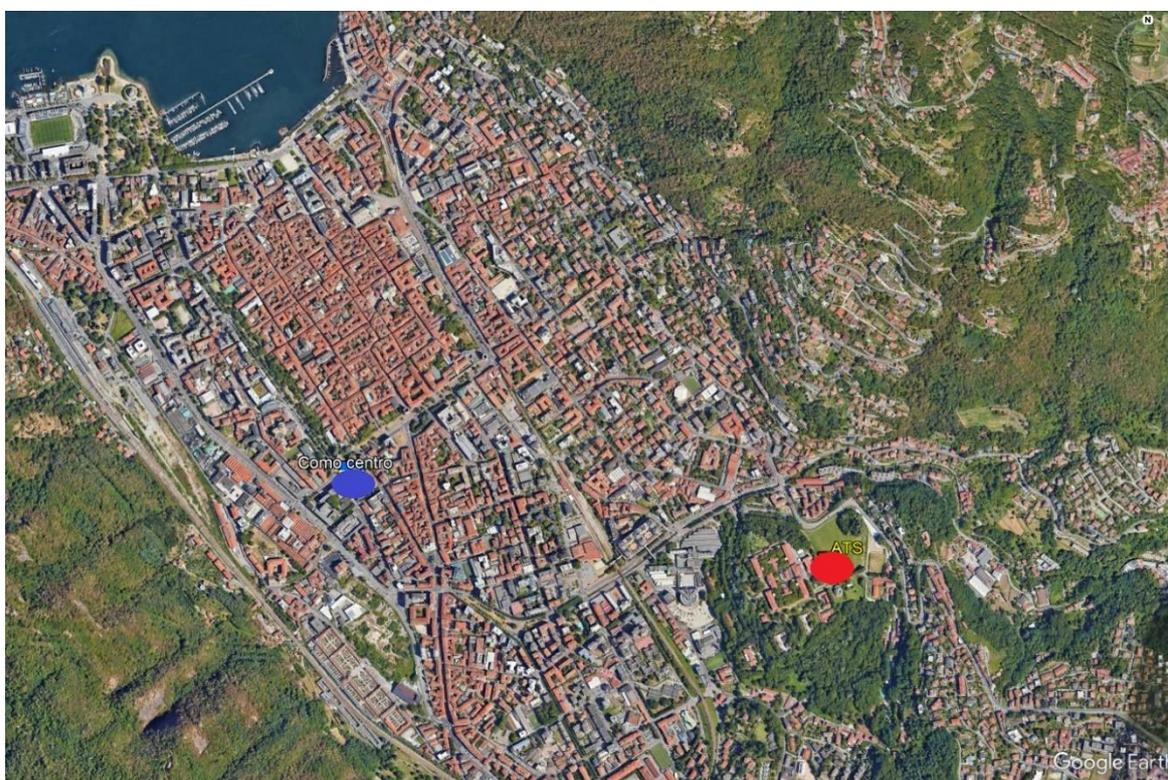


Figura 1 – Individuazione della stazione fissa a Como centro (in blu) e temporanea presso l'ATS (in rosso).

Misure e strumentazione

Le misure sono state effettuate mediante un laboratorio mobile, provvisto di strumentazione del tutto simile a quella presente nelle stazioni fisse della Rete di Rilevamento della Qualità dell'Aria e rispondente alle caratteristiche previste dalla legislazione vigente (D. Lgs. 155/2010). In particolare, sono stati utilizzati per la misura dei seguenti inquinanti:

- ozono (O₃)
- ossidi di azoto (NO_x)
- particolato (PM10, PM2.5)

Per gli inquinanti gassosi sono stati utilizzati analizzatori per la misura in continuo. Le misure della concentrazione di massa del particolato atmosferico sono state realizzate mediante due campionatori sequenziali dotati di apposite teste di prelievo per le frazioni PM10 e PM2.5. La concentrazione di polveri, raccolta su opportuni filtri, è stata determinata per ogni giorno mediante metodo gravimetrico, descritto nella norma UNI EN 12341:2014 e indicato come riferimento dalla legislazione vigente (D. Lgs. 155/2010).

Inoltre, sul laboratorio mobile sono presenti sensori meteorologici per la misura di:

- intensità della radiazione solare globale (W/m²);
- temperatura dell'aria (°C);
- umidità relativa (%).

In riferimento all'ubicazione su microscala del punto di monitoraggio, la normativa stabilisce che:

- l'ingresso della sonda di prelievo deve essere libero da qualsiasi ostruzione per un angolo di almeno 270° e il campionario deve essere posto a una distanza di alcuni metri rispetto edifici, balconi, alberi e altri ostacoli;
- il punto di ingresso della sonda di prelievo deve essere collocato ad un'altezza compresa tra 1.5 e 4 m sopra il livello del suolo;
- il punto di ingresso della sonda non deve essere posizionato nelle immediate vicinanze di fonti di emissione al fine di evitare l'aspirazione diretta di emissioni non disperse nell'aria ambiente;
- i sensori meteorologici, per la rilevazione di direzione e velocità del vento, sono posizionati ad un'altezza di circa 9 metri mentre i sensori di temperatura, radiazione solare globale, precipitazione, umidità relativa si trovano a 3.5 metri di quota.

Gli 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, dette precursori, 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.

Si descrivono di seguito le caratteristiche degli inquinanti atmosferici misurati in questa campagna.

Gli ossidi di azoto

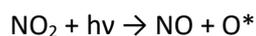
Gli ossidi di azoto (nel complesso indicati come NO_x) sono emessi direttamente in atmosfera dai processi di combustione ad alta temperatura (impianti di riscaldamento, motori dei veicoli, combustioni industriali, centrali di potenza, ecc.), per ossidazione dell'azoto atmosferico e, solo in piccola parte, 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. Si stima che il contenuto di biossido di azoto (NO₂) nelle emissioni sia tra il 5% e il 10% del totale degli ossidi di azoto. 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. Per il biossido di azoto sono invece previsti valori limite illustrati nel capitolo successivo.

L'ozono (O₃)

È un inquinante secondario, che non ha sorgenti emissive dirette di rilievo. La sua formazione avviene in seguito a reazioni chimiche in atmosfera tra i suoi precursori (soprattutto ossidi di azoto e composti organici volatili), reazioni che avvengono in presenza di alte temperature e forte irraggiamento solare. Queste reazioni portano alla formazione di un insieme di diversi composti, tra i quali, oltre all'ozono, nitrati e solfati (costituenti del particolato fine), perossiacetilnitrito (PAN), acido nitrico e altro ancora, che nell'insieme costituiscono il tipico inquinamento estivo detto smog fotochimico. A differenza degli inquinanti primari, le cui concentrazioni dipendono direttamente dalle quantità dello stesso inquinante emesse dalle sorgenti presenti nell'area, la formazione di ozono è quindi più complessa. La chimica dell'ozono ha come punto di partenza la presenza di ossidi di azoto, che vengono emessi in grandi quantità nelle aree urbane. Sotto l'effetto della radiazione solare la formazione di ozono avviene in conseguenza della fotolisi del biossido di azoto:

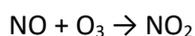


dove $h\nu$ rappresenta la radiazione solare e O^* l'ossigeno monoatomico nello stato eccitato.

L'ossigeno atomico O^* , reagisce rapidamente con l'ossigeno molecolare dell'aria, in presenza di una terza molecola che non entra nella reazione vera e propria, ma assorbe l'eccesso di energia vibrazionale stabilizzando la molecola di ozono che si è formata:



Una volta generato, l'ozono reagisce con l'NO, e rigenera NO₂:



Le tre reazioni descritte formano un ciclo chiuso che, da solo, non sarebbe sufficiente a causare gli alti livelli di ozono che possono essere misurati in condizioni favorevoli alla formazione di smog fotochimico. La presenza di altri inquinanti, quali ad esempio gli idrocarburi, fornisce una diversa via di ossidazione del monossido di azoto, che provoca una produzione di NO₂ senza consumare ozono, di fatto spostando l'equilibrio del ciclo visto sopra e consentendo l'accumulo dell'O₃.

Le concentrazioni di ozono raggiungono i valori più elevati nelle ore pomeridiane delle giornate estive soleggiate. Inoltre, dato che l'ozono si forma durante il trasporto delle masse d'aria contenenti i suoi precursori, emessi soprattutto nelle aree urbane, le concentrazioni più alte si osservano soprattutto nelle zone extraurbane sottovento rispetto ai centri urbani principali. Nelle città, inoltre, la presenza di NO tende a far calare le concentrazioni di ozono, soprattutto in vicinanza di strade con alti volumi di traffico.

Il particolato atmosferico aerodisperso (PM10 e PM2.5)

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. Tali particelle possono avere diverse caratteristiche chimico-fisiche e diverse dimensioni. 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.

La composizione delle particelle aerodisperse può essere molto varia; infatti, si ha la presenza di particelle organiche primarie di vario tipo, particelle minerali cristalline, particelle metalliche, particelle biologiche; in atmosfera, a partire da precursori e inquinanti gassosi si ha la formazione di particelle secondarie, sia organiche che inorganiche. Anche il destino delle particelle in atmosfera è molto vario, in relazione alla loro dimensione e composizione; tuttavia, il fenomeno di deposizione secca e umida è quello principale per la rimozione delle polveri aerodisperse.

Partendo dalla definizione di particella, ovvero un aggregato di molecole, anche eterogenee, in grado di mantenere le proprie caratteristiche fisiche e chimiche per un tempo sufficientemente lungo da poterle osservare e tale da consentire alle stesse di partecipare a processi fisici e/o chimici come entità a sé stanti, va sottolineato che esse 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. 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). Per poter procedere alla classificazione in relazione alla dimensione è stato quindi necessario definire un diametro aerodinamico equivalente, ovvero il diametro di una particella sferica di densità unitaria che ha le stesse caratteristiche aerodinamiche (velocità di sedimentazione) della particella in esame.

Fatte le dovute premesse, considerata la normativa tecnica europea (UNI EN12341/2014), si definisce PM10 la frazione di particelle raccolte con strumentazione avente efficienza di selezione e raccolta stabilita dalla norma e pari al 50% a 10 µm (diametro aerodinamico). Sebbene in modo improprio, il PM10 viene spesso definito come la frazione di particelle con diametro uguale o inferiore a 10 µm. Considerazioni analoghe valgono per il PM2.5.

Nella Tabella 1 sono riassunte, per i principali inquinanti atmosferici misurati, le principali sorgenti di emissione.

Inquinanti	Principali sorgenti di emissione
Biossido di Azoto*/** NO ₂	Impianti di riscaldamento, traffico autoveicolare (in particolare quello pesante), centrali di potenza, attività industriali (processi di combustione per la sintesi dell'ossigeno e dell'azoto atmosferici).
Ozono** O ₃	Non ci sono significative sorgenti di emissione antropiche in atmosfera.
Particolato Fine*/** PM10 e PM2.5	È prodotto principalmente da combustioni e per azioni meccaniche (erosione, attrito, ecc.) ma anche per processi chimico-fisici che avvengono in atmosfera a partire da precursori anche in fase gassosa.

Tabella 1 - Sorgenti emissive dei principali inquinanti:

* = Inquinante primario (immesso direttamente in atmosfera da sorgenti naturali e/o antropogeniche).

** = Inquinante secondario (prodotto in atmosfera attraverso reazioni chimiche).

Normativa

Il Decreto Legislativo n. 155 del 13/08/2010 recepisce la Direttiva Europea 2008/50/CE e 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.

Per valore limite si intende il livello di un inquinante, ovvero la concentrazione, fissato in base alle conoscenze scientifiche al fine di evitare, prevenire o ridurre gli effetti nocivi per la salute umana o per l'ambiente nel suo complesso e che non deve essere superato.

Il valore obiettivo è il livello fissato per evitare, prevenire o ridurre gli effetti nocivi per la salute umana o per l'ambiente nel suo complesso da conseguire, ove possibile, entro una data prestabilita.

Per livello critico si intende il livello ovvero la concentrazione di un inquinante oltre il quale possono sussistere effetti negativi diretti sui recettori quali gli alberi, le altre piante o gli ecosistemi ambientali esclusi gli esseri umani.

La soglia di allarme e la soglia di informazione sono le concentrazioni dell'inquinante oltre le quali sussiste un rischio per la salute umana in caso di esposizione di breve durata rispettivamente per la popolazione nel suo complesso e per alcuni gruppi particolarmente sensibili della popolazione.

La Tabella 2 riassume i limiti previsti dalla normativa per i diversi inquinanti considerati. Dalla tabella risulta che, per alcuni inquinanti, con campagne di breve durata non è possibile esprimersi formalmente sul superamento di valori limite. Tuttavia, il confronto tra quanto rilevato nella campagna e quanto misurato con continuità da anni nelle diverse stazioni fisse della RRQA consente di valutare le differenze tra i siti e quindi la probabilità di superamento anche dei valori limiti annuali.

Biossido di Azoto	Valore Limite ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)		Periodo di media
	Valore limite protezione salute umana (da non superare più di 18 volte per anno civile)	200	1 ora
	Valore limite protezione salute umana	40	Anno civile
	Soglia di allarme	400	1 ora (rilevati su 3 ore consecutive)
Ossidi di Azoto	Valore Limite ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)		Periodo di media
	Livello critico protezione vegetazione	30	Anno civile
Ozono	Valore Limite ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)		Periodo di media
	Valore obiettivo protezione salute umana (da non superare più di 25 volte per anno civile come media su tre anni)	120	8 ore
	Valore obiettivo protezione della vegetazione	18000	AOT40 ¹ (mag-lug) su 5 anni
	Soglia di informazione	180	1 ora
	Soglia di allarme	240	1 ora
Particolato Fine PM₁₀	Valore Limite ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)		Periodo di media
	Valore limite protezione salute umana (da non superare più di 35 volte per anno civile)	50	24 ore
	Valore limite protezione salute umana	40	Anno civile
Particolato Fine PM_{2.5}	Valore Limite ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)		Periodo di media
	Valore limite protezione salute umana	25	Anno civile

Tabella 2: Valori limite degli inquinanti monitorati secondo il D. Lgs. 155/10.

¹ Per AOT40 (1) si intende la somma della differenza tra le concentrazioni orarie superiori a $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$ e $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$ in un dato periodo di tempo, utilizzando solo i valori orari rilevati ogni giorno tra le 8:00 e le 20:00. Il dato presentato è stimato sulla base di un rendimento teorico del 100% a partire dall'AOT40 misurato, rinormalizzato al periodo di effettivo funzionamento secondo quanto previsto dall'Allegato VII punto 1 del D.Lgs. 155/2010. Si considerano solo le stazioni sub-urbane (fondo)/rurali/rurali di fondo.

Sito di misura

La città di Como sorge all'estremità Sud-Ovest del Lago omonimo, costituendo una meta turistica di grande rilievo anche a livello internazionale. La città ha un ruolo attivo nei rapporti con tutti i comuni della provincia e in particolare con quelli vicini, per via dello sviluppo delle sue attività produttive e commerciali. Il territorio disegna un profilo geometrico irregolare, con variazioni altimetriche molto accentuate, che vanno da un minimo di 199 metri sul livello del mare a un massimo di 1.136 metri. L'abitato, interessato da una forte espansione edilizia, ha un andamento plano-altimetrico vario con caratteristiche paesaggistiche sia lacustri che collinari (Figura 2a).



Figura 2a – Individuazione delle postazioni di monitoraggio entro i confini comunali.

La campagna di monitoraggio è stata condotta in un sito piuttosto centrale rispetto ai limiti comunali e comunque all'interno della zona più urbanizzata, in coerenza con la necessità di monitorare la qualità dell'aria "media" e rappresentativa della situazione a cui è sottoposta la maggioranza dei cittadini comaschi. Mentre, come già detto nell'introduzione, la centralina fissa di Como in via Cattaneo è una stazione da traffico e quindi non rappresentativa della qualità dell'aria media nel Comune.



Figura 2b – Individuazione delle postazioni di monitoraggio entro i confini comunali.

La postazione scelta ricade all'interno del perimetro dell'ATS di Como, in un campo di fronte la Chiesa ortodossa dei Santi Primiti Apostoli Pietro e Paolo delimitato ad Est dalla SS342, l'arteria che dal capoluogo risale verso Lipomo collegandolo con i comuni a Sud-Est della provincia fino a Lecco.

Comune COMO	
Popolazione	83691 abitanti (01/01/2023 - Istat)
Superficie	37.14kl km ²
Altitudine	201 m s.l.m. (min 199 – max 1141)
Sito campionamento	
latitudine	45°48'9.62"N
longitudine	9° 6'1.71"E

Tabella 3 - Alcuni dati del comune Como.

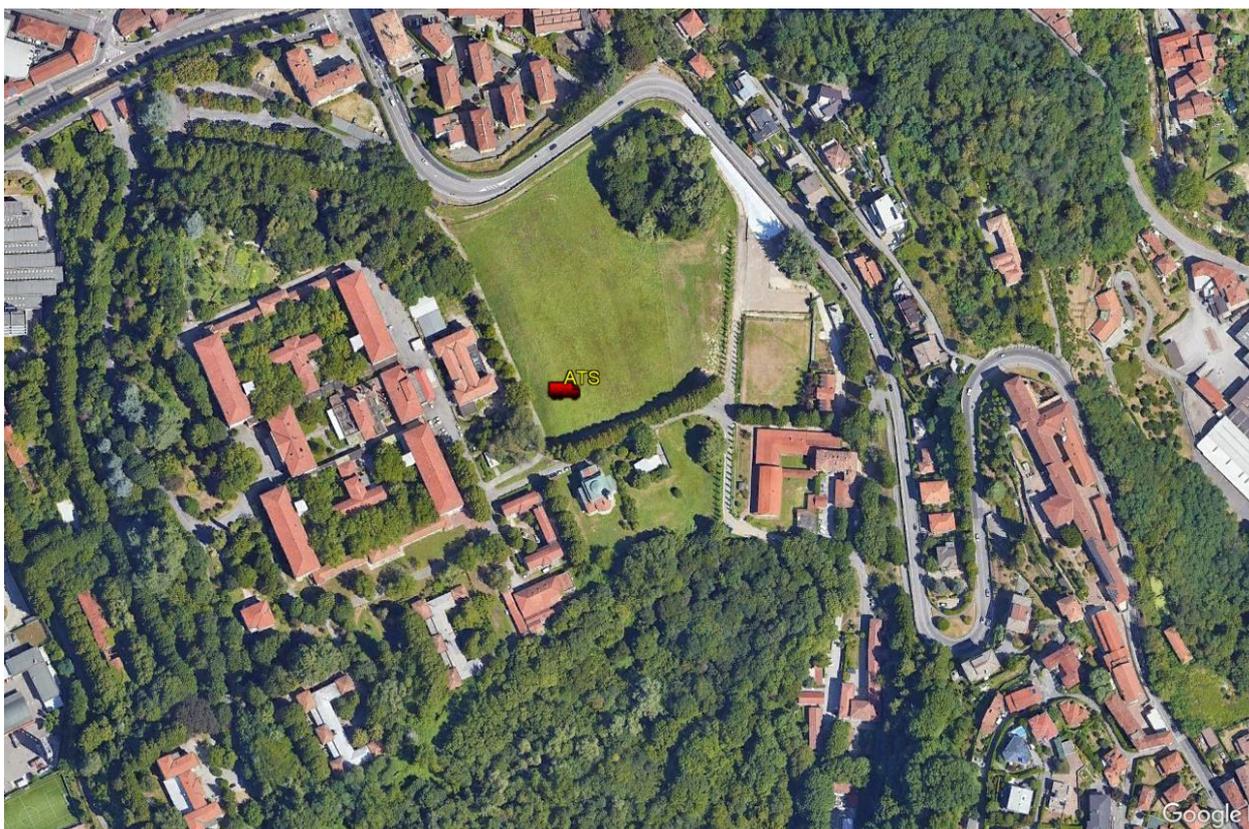


Figura 2c - Postazione di monitoraggio nel campo del complesso dell'ATS.

La scelta del sito di misura all'interno del territorio comunale è stata fatta cercando di rispettare determinati criteri. Prima di tutto bisogna considerare lo scopo della campagna che si deve effettuare, cioè quali inquinanti e sorgenti si intendono monitorare e quali sono i recettori da considerare. Individuata la zona, si deve verificare quali posizioni rispondono alle necessità dettate dalla normativa (Allegato III del D. Lgs. 155/10 riguardo all'ubicazione delle stazioni di misura) e dalla logistica (spazi e alimentazione per gli strumenti, accessibilità, etc.). Infine, è importante che il luogo individuato rispetti tutte le norme di sicurezza, sia per le persone che per gli strumenti.

Tenuto conto di quanto detto, è stata utilizzata una stazione mobile posizionata in un sito sufficientemente aperto e soggetto alle diverse fonti emmissive urbane.

Emissioni sul territorio

Prima di entrare nel merito dei dati rilevati, è opportuno valutare il carico delle emissioni dei vari inquinanti di interesse che insistono nel comune di Como.

Per la stima delle principali sorgenti emmissive è stato utilizzato l'inventario regionale delle emissioni INEMAR (INventario EMissioni ARia), nella sua versione più recente "Emissioni in Lombardia nel 2019".

L'inventario INEMAR, seguendo le impostazioni derivanti dalle esperienze nazionali e internazionali, è realizzato in base alle informazioni bibliografiche e tramite la partecipazione ai gruppi di coordinamento nazionali e internazionali. Le stime delle emissioni in atmosfera possono essere soggette ad incertezze, dovute a numerose cause distribuite lungo tutta la procedura di stima. In particolare, un inventario regionale può avere difficoltà nel considerare tutte le specificità locali e può soffrire di una incompleta

qualità delle informazioni statistiche disponibili; inoltre, il soggetto delle emissioni è in continuo “movimento”, cioè in trasformazione.

L'inventario INEMAR fornisce dunque una "fotografia" delle emissioni e va considerato come un “database anagrafico” delle sorgenti presenti sul territorio con relativa stima delle quantità emesse; non può quindi essere utilizzato come un puro e unico indicatore della qualità dell'aria di una specifica zona, in quanto non può tenere conto, per sua natura, dell'interazione che le sostanze emesse possono avere con l'atmosfera, la meteorologia o l'orografia del territorio. Occorre precisare, infatti, che l'inventario attribuisce le emissioni al comune corrispondente all'ingresso principale di un impianto produttivo anche nel caso che l'impianto insista per lo più nel comune adiacente. In aggiunta, bisogna anche considerare che le condizioni meteorologiche, in particolare il vento, la pioggia, etc. trasportano, disperdono o depositano gli inquinanti emessi alla fonte in tutto il territorio circostante, così che la qualità dell'aria dipende non solo dalle sorgenti locali, ma dall'insieme degli inquinanti emessi in tutto il bacino territoriale e dalle loro interazioni.

Nell'ambito di tale inventario la suddivisione delle sorgenti avviene per attività emissive. La classificazione utilizzata fa riferimento ai macrosettori definiti secondo la metodologia CORINAIR (CORE INventory of AIR emissions) dell'Agenzia Europea per l'Ambiente:

- Produzione energia e trasformazione combustibili
- Combustione non industriale
- Combustione nell'industria
- Processi produttivi
- Estrazione e distribuzione combustibili
- Uso di solventi
- Trasporto su strada
- Altre sorgenti mobili e macchinari
- Trattamento e smaltimento rifiuti
- Agricoltura
- Altre sorgenti e assorbimenti

Maggiori informazioni e una descrizione più dettagliata in merito all'inventario regionale sono disponibili sul sito web: <http://www.inemar.eu/xwiki/bin/view/Inemar/WebHome>.

Nel presente testo, con i dati di INEMAR è stato possibile definire i contributi dei singoli macrosettori e dei diversi combustibili alle emissioni in atmosfera degli inquinanti di interesse per questa campagna di monitoraggio. Per contestualizzare le emissioni nel comune, nelle figure successive sono riportate sia per Como che per la Regione le stime delle emissioni in termini percentuali, per macrosettore e per tipologia di combustibile, delle principali sorgenti emissive degli inquinanti monitorati in campagna.

Nella valutazione delle percentuali, si tenga presente la diversità delle emissioni in valore assoluto nei due differenti contesti territoriali.

Emissione annua per macrosettore (t/anno)	Agricoltura	Altre sorgenti e assorbimenti	Altre sorgenti mobili e macchinari	Combustione nell'industria	Combustione non industriale	Estrazione e distribuzione combustibili	Processi produttivi	Produzione energia e trasformazione combustibili	Trasporto su strada	Trattamento e smaltimento rifiuti	Uso di solventi	Totale complessivo
PM2.5	0	4	1	1	20	0	0	0	14	0	2	43
Nox	0	0	13	19	83	0	0	8	264	44	0	432
PM10	0	6	1	1	20	0	0	0	21	0	4	53
Prec-oz	6	198	17	28	154	85	22	11	456	55	714	1746

Tabella 4 – Como. Tabella delle emissioni assolute (t/anno) di inquinante per macrosettore.

Emissioni percentuali di inquinante per Macrosettore a Como

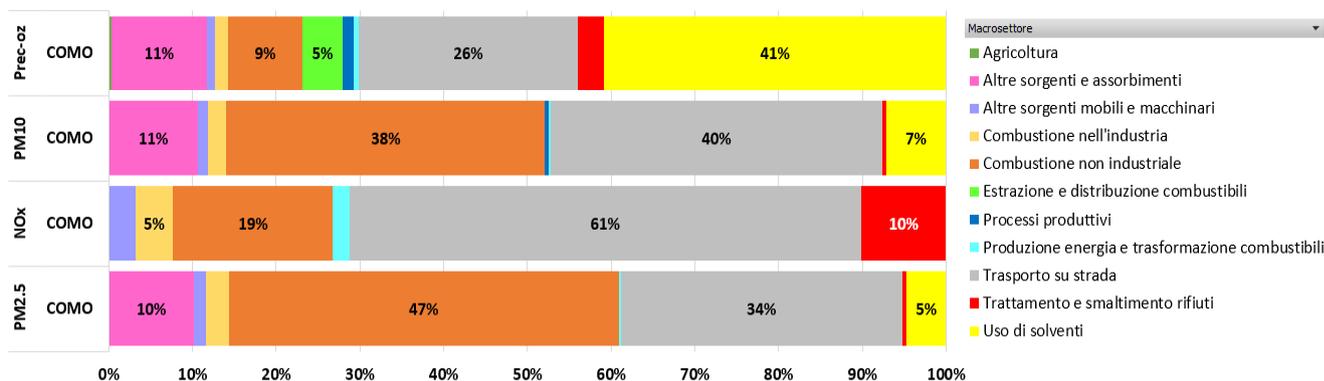


Figura 3 - Como. Distribuzione percentuale delle emissioni di inquinante per macrosettore.

Emissioni percentuali di inquinante per Combustibile a COMO

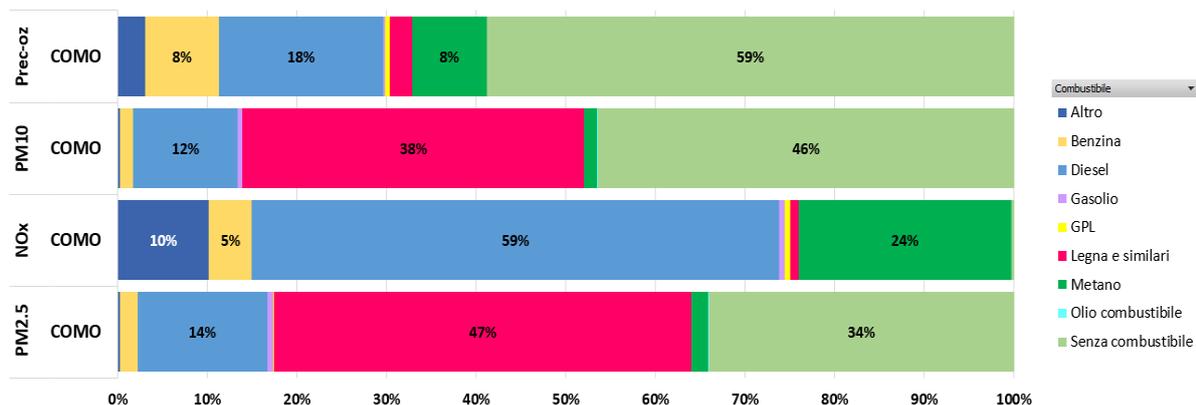


Figura 4 - Como. Distribuzione percentuale delle emissioni di inquinante per combustibile.

A Como, la maggior parte delle emissioni dei precursori di ozono (Prec_oz) è dovuta all'uso dei solventi che contribuisce per il 41% del carico totale (1746 t/anno), contro il 26% dovuto del trasporto su strada. Invece in Lombardia, come mostrato in Figura 5, INEMAR attribuisce all'uso dei solventi circa il 21% delle emissioni totali dei precursori dell'ozono (391310 t/anno), ovvero quasi lo stesso peso stimato per il trasporto su strada.

Le emissioni di PM10 e PM2.5 legate alla combustione della legna per il riscaldamento domestico di Como ricalcano le percentuali stimate per l'intera Regione, ma il peso in percentuale del trasporto su strada è maggiore nel comune di Como, dovuto principalmente ai mezzi diesel, al risolleamento della polvere e all'usura delle parti metalliche.

Dato il contesto territoriale, dominato essenzialmente dall'edilizia residenziale e con poche aziende produttive, le emissioni di NOx nel comune di Como sono dovute principalmente al trasporto su strada (quasi 60%) legato ai mezzi diesel, con una incidenza decisamente maggiore rispetto a quanto accade nel complesso in Lombardia dove le sorgenti degli ossidi di azoto sono più diversificate.

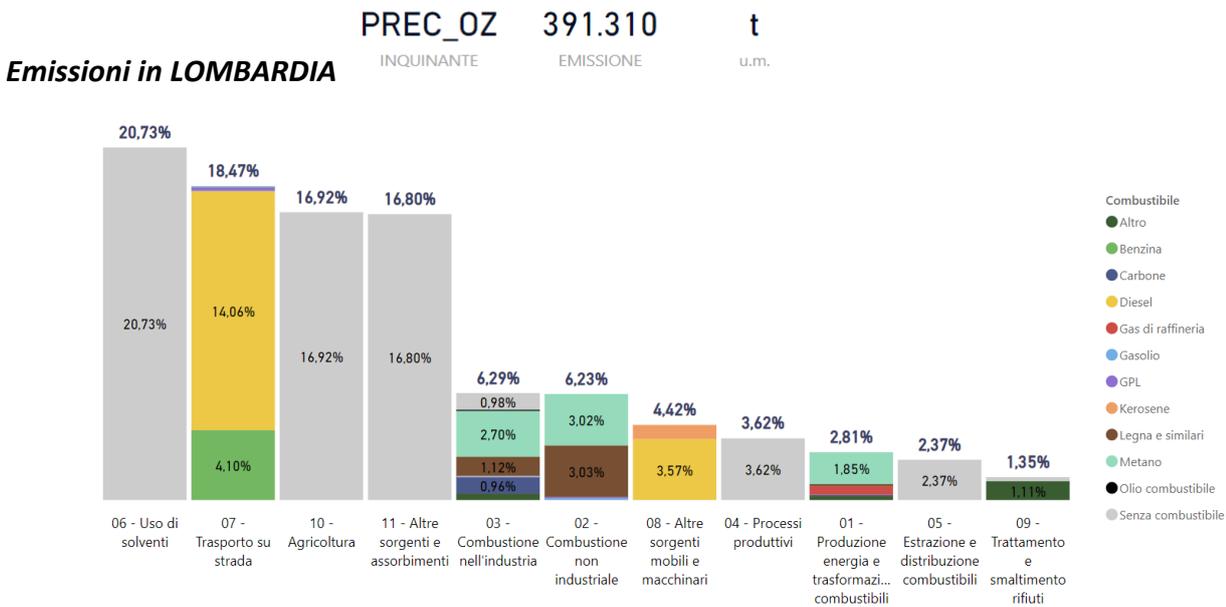


Figura 5 – LOMBARDIA. Distribuzione percentuale delle emissioni di Prec_OZ per macrosettore e per combustibile.

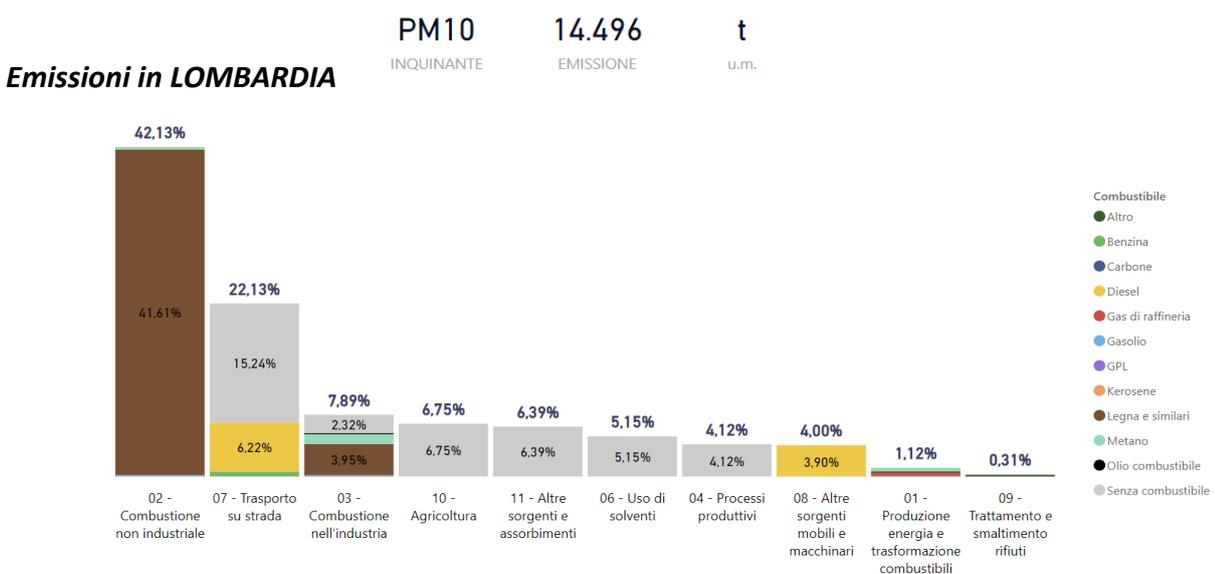


Figura 6 – LOMBARDIA. Distribuzione percentuale delle emissioni di PM10 per macrosettore e per combustibile.

PM2.5
 INQUINANTE

12.122
 EMISSIONE

t
 u.m.

Emissioni in LOMBARDIA

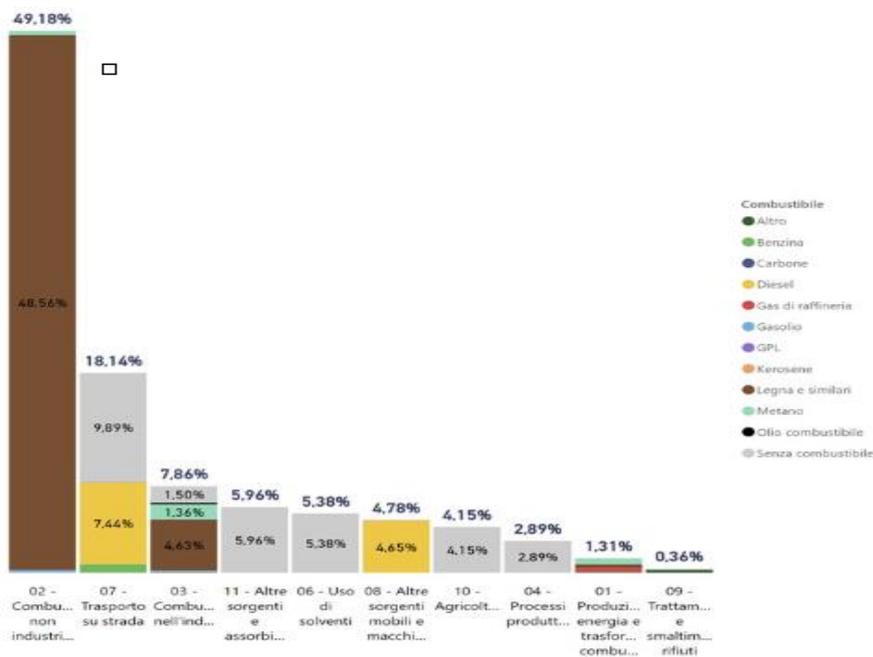


Figura 7 – LOMBARDIA. Distribuzione percentuale delle emissioni di PM2.5 per macrosettores e per combustibile.

NOx
 INQUINANTE

99.234
 EMISSIONE

t
 u.m.

Emissioni in LOMBARDIA

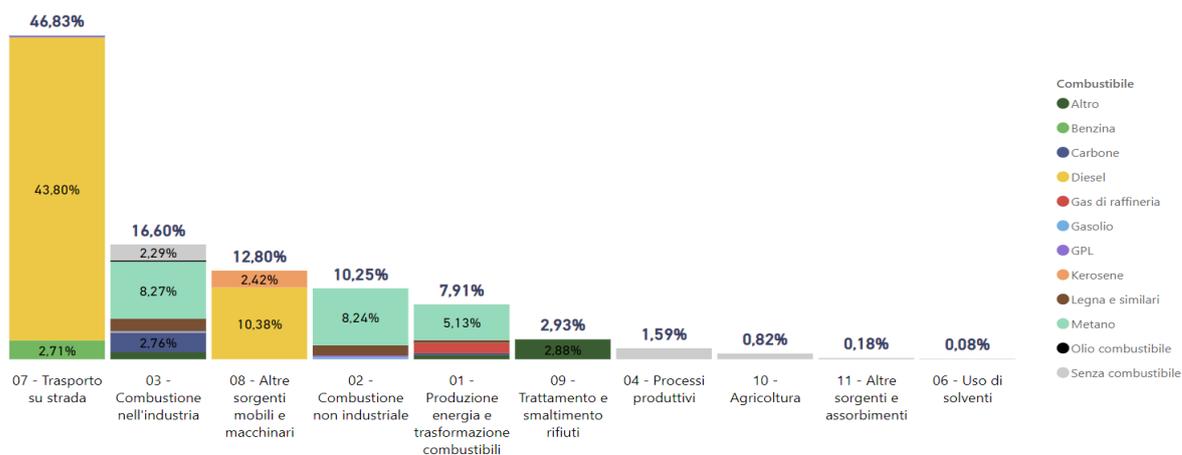


Figura 8 – LOMBARDIA. Distribuzione percentuale delle emissioni di NOx per macrosettores e per combustibile.

È fondamentale sottolineare che le stime attribuite dall'inventario INEMAR non sono sufficienti per fornire indicazioni complete sulla qualità dell'aria: le sostanze prodotte dalle varie sorgenti non rimangono trattenute all'interno dei confini comunali ma subiscono fenomeni di trasporto e dispersione a opera dei vari agenti atmosferici. Ovviamente vale il viceversa, inquinanti prodotti in altre zone possono manifestare la loro presenza a Lierna. Inoltre, la stima del carico emissivo totale è effettuata su scala annua e pertanto potrebbe essere non rappresentativo per brevi periodi di tempo. Pertanto, in che misura le emissioni sul territorio influiscono sulla qualità dell'aria, e il modo in cui lo fanno, è oggetto dell'analisi esposte nel paragrafo "Inquinanti nel periodo di misura e confronto con i dati rilevati da postazioni fisse".

Situazione meteorologica nel periodo di misura

I livelli di concentrazione degli inquinanti atmosferici in un sito dipendono dalla quantità e dalle modalità di emissione degli inquinanti stessi nell'area, ma anche dalle condizioni meteorologiche che influiscono sia sulle condizioni di dispersione e di accumulo degli inquinanti sia sulla formazione di alcune sostanze nell'atmosfera stessa. È pertanto importante che i livelli di concentrazione osservati, soprattutto durante una campagna di breve durata, siano valutati alla luce delle condizioni meteorologiche verificatesi nel periodo del monitoraggio.

Durante la campagna di misura sono stati rilevati i seguenti parametri meteo:

- Temperatura (°C);
- Intensità della radiazione solare globale (W/m^2);
- umidità relativa (%).

Per la precipitazione (mm) e la velocità (m/s) e direzione (settore) del vento, sono stati considerati i dati rilevati nella vicina postazione meteo di Como villa Gallia.

La campagna di monitoraggio, protrattasi per oltre due mesi, è stata caratterizzata da condizioni tipicamente estive fino al termine di agosto, con alcune fasi di instabilità associata a rinforzi di vento. Durante la campagna di monitoraggio le temperature sono state pressoché stabili, con massime spesso leggermente al di sopra della media fino al 27 agosto, giorno in cui un cambio di regime circolatorio, con correnti più fresche nordoccidentali, ha comportato l'abbassamento delle temperature e piogge abbondanti. Le temperature sono andate via via diminuendo fino all'ulteriore abbassamento del 24 settembre. Il tempo è stato generalmente soleggiato e solo a tratti nuvoloso a causa di fenomeni piovosi a carattere anche di rovescio o di temporale in concomitanza di venti più sostenuti. In particolare, dal 12 settembre l'ingresso di una saccatura significava ha comportato condizioni di instabilità diffusa e temporaneamente fasi di maltempo con precipitazioni temporalesche anche intense, soprattutto tra la serata di giovedì 14 e le prime ore di venerdì 15. Dal 18 settembre, il susseguirsi di diverse fasi perturbate che hanno investito in particolare i settori alpini, prealpini e alta pianura occidentale e centrale, hanno fatto registrare precipitazioni intermittenti localmente di forte intensità con alternanza di nubi e schiarire con raffiche di vento forte.

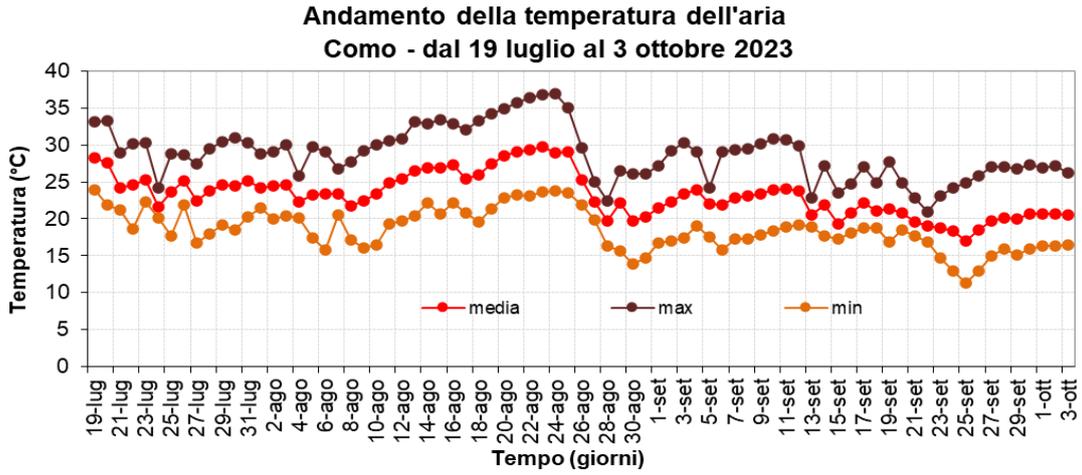


Figura 9 - Andamento della temperatura dell'aria.

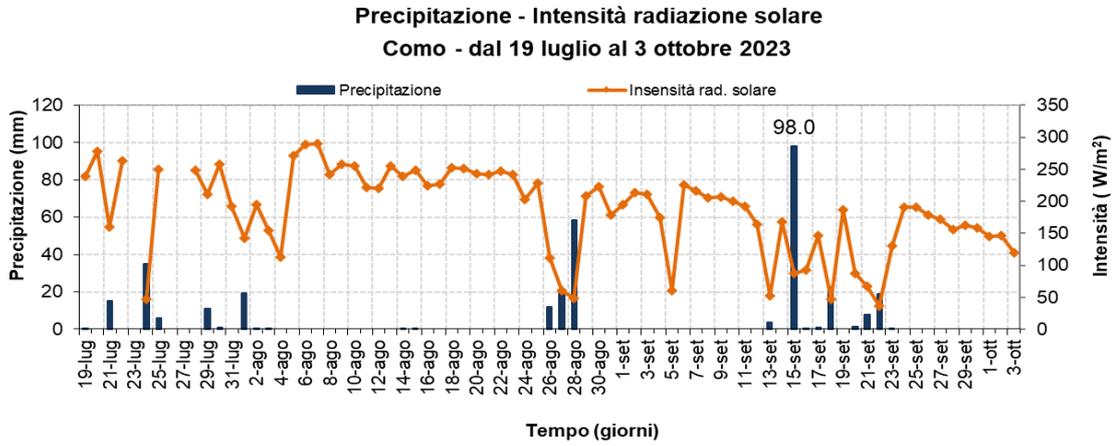


Figura 10 - Andamento delle precipitazioni e della radiazione solare.

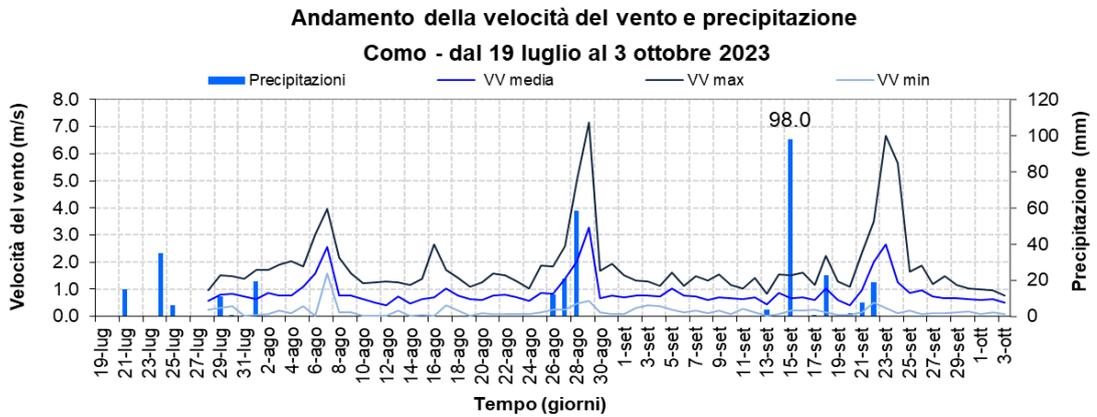


Figura 11 - Andamento delle precipitazioni e della velocità del vento.

Escluse le fasi perturbate e le raffiche durante i temporali, i venti sono stati deboli o in regime di brezza; hanno avuto direzione prevalente da Est nelle ore notturne e serali, dovute alle brezze di montagna, e dai quadranti meridionali nelle ore diurne.

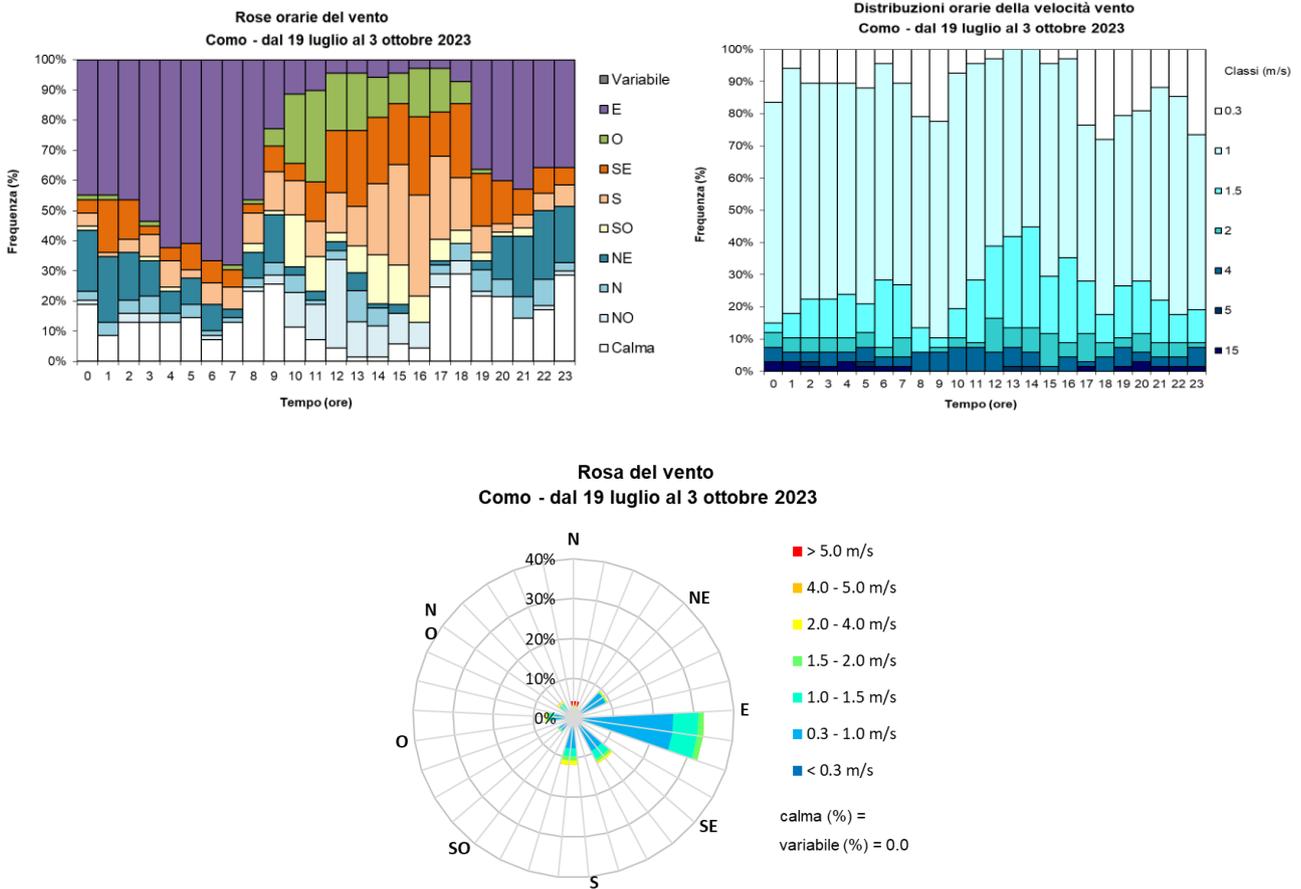


Figura 12 – Como. Direzione del vento.

Nel complesso, la meteorologica del periodo ha favorito il rimescolamento e la dispersione degli inquinanti aerodispersi.

Bisogna, infatti, considerare che in atmosfera avvengono fenomeni chimico-fisici che influenzano i livelli di concentrazioni degli inquinanti. Generalmente, un maggior irraggiamento solare, tipico dei periodi estivi, produce un maggior riscaldamento della superficie terrestre e il successivo rilascio di energia alla massa d'aria a diretto contatto con il suolo; conseguentemente l'aumento della temperatura dell'aria innesca moti convettivi che innalzano lo strato rimescolato e quindi il volume a disposizione per la diffusione delle sostanze immesse in atmosfera. Viceversa, condizioni fredde portano a una forte stabilità dell'aria e allo schiacciamento verso il suolo dello strato rimescolato, il quale funge da trappola per le sostanze in esso presenti, favorendo così l'accumulo degli inquinanti e l'aumento delle loro concentrazioni.

Il fenomeno appena illustrato è una delle cause per cui le concentrazioni degli inquinanti misurate nel periodo più freddo sono generalmente mediamente maggiori rispetto a quelle del periodo estivo. L'unica eccezione è rappresentata dall'ozono che, avendo origine da reazioni chimiche favorite dalle alte temperature e dalla radiazione solare, presenta valori estivi maggiori di quelli invernali.

Inquinanti nel periodo di misura e confronto con i dati rilevati dalle postazioni fisse.

La strumentazione presente sul laboratorio mobile ha permesso il monitoraggio a cadenza oraria degli inquinanti gassosi quali ossidi di azoto (NO e NO₂) e ozono (O₃), oltre alla misura giornaliera del particolato atmosferico (PM10 e PM2.5). Come descritto dal capitolo Normativa (si veda la Tabella 2), il D. Lgs. 155/2010 stabilisce per NO₂, O₃ e PM10 i valori limite per la protezione della salute umana e allo stesso tempo fissa le soglie di informazione e di allarme, nonché i valori obiettivo, per l'O₃.

Poiché, come già descritto in precedenza, i livelli di concentrazione degli inquinanti in atmosfera dipendono fortemente dalle condizioni meteorologiche verificatesi e dalle differenti sorgenti emissive durante il periodo di misura, è importante confrontare i dati misurati durante la campagna con quelli rilevati nello stesso periodo dalle stazioni fisse della Rete di Rilevamento della Qualità dell'Aria (RRQA), oltre che con i rispettivi limiti.

Per tale motivo le concentrazioni rilevate a Como sono state confrontate in un primo momento con quelle misurate in tutte le stazioni del Piano di Valutazione della Lombardia e, successivamente, con quelle più vicine (Figura 13), sia per osservarne differenze o analogie e poter individuare l'impatto sulla qualità dell'aria di eventuali sorgenti locali, sia per verificarne la rappresentatività per il territorio comunale e cogliere le differenze con la stazione da traffico di Como centro.

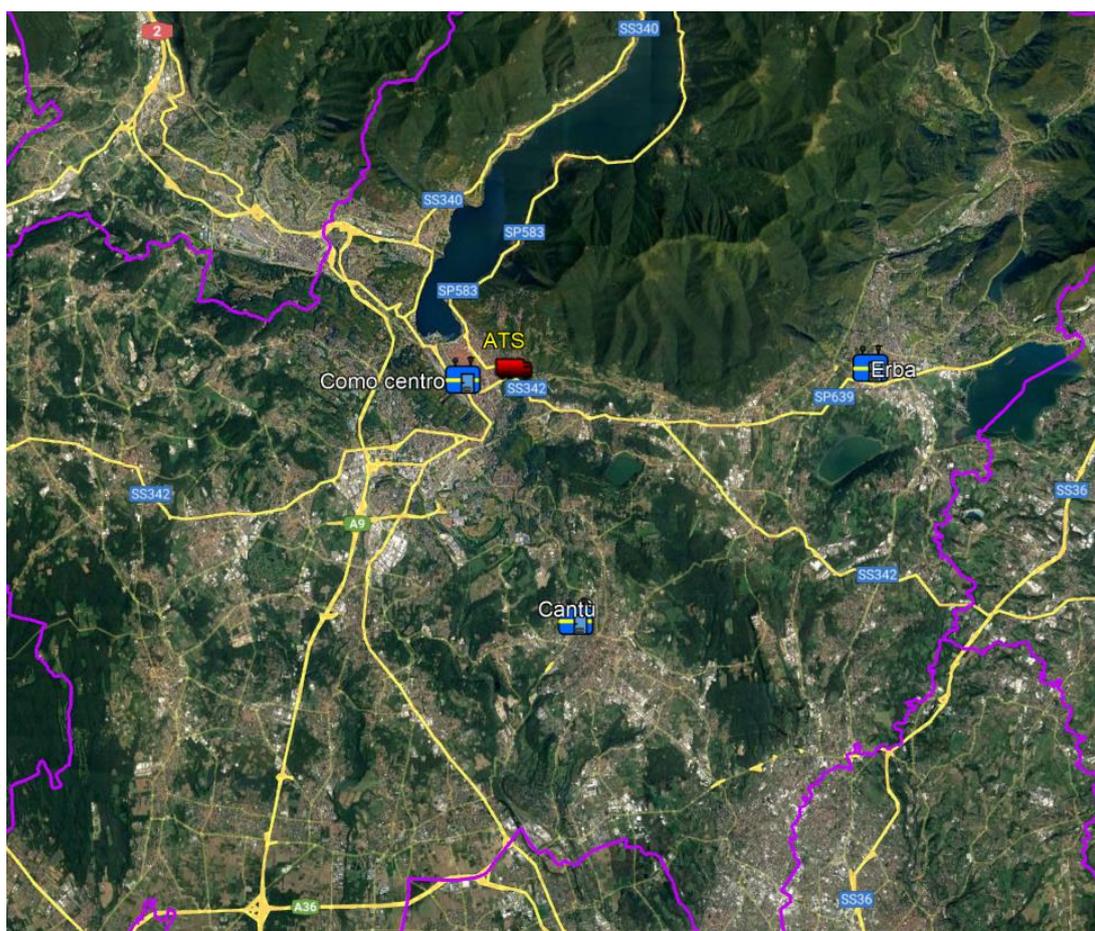


Figura 13 – Stazioni della Rete di monitoraggio aria più vicine alla postazione ATS a Como.

Nella Tabella seguente è fornita una descrizione delle stazioni più vicine a Como in termini di localizzazione e tipologia, considerando la proposta più recente di classificazione secondo la normativa italiana definita nel D. Lgs. 155/2010.

Stazioni fisse di misura poste nella provincia di Como – Anno 2023					
Nome stazione	Rete	Tipo zona	Tipo stazione	Altitudine (m s.l.m.)	Zona di appartenenza
<i>Stazioni del Programma di valutazione</i>					
Como	PUB	Urbana	Traffico	205	Agglomerato Milano
Cantù	PUB	Sub Urbana	Fondo	320	Agglomerato Milano
Erba	PUB	Urbana	Fondo	280	A - Pianura ad elevata urbanizzazione

Tabella 4 - Stazioni della rete della qualità dell'aria più vicine a Como.

TIPI DI ZONA (ai sensi del D. Lgs. 155/2010)

- ✓ **Urbana:** area edificata in continuo o almeno in modo predominante.
- ✓ **Suburbana:** area largamente edificata in cui sono presenti sia zone edificate, sia zone non urbanizzate.
- ✓ **Rurale:** tutte le aree diverse da quelle urbane e suburbane. Il sito fisso si definisce rurale remoto se è localizzato ad una distanza maggiore di 50 km dalle fonti di emissione.

TIPI DI STAZIONE (ai sensi del D. Lgs. 155/2010)

- ✓ **Traffico:** stazione ubicata in posizione tale che il livello di inquinamento sia influenzato prevalentemente da emissioni da traffico, provenienti da strade limitrofe con intensità di traffico media alta.
- ✓ **Industriale:** stazione ubicata in posizione tale che il livello di inquinamento sia influenzato prevalentemente da singole fonti industriali o da zone industriali limitrofe.
- ✓ **Fondo:** stazione ubicata in posizione tale che il livello di inquinamento non sia influenzato prevalentemente da emissioni da specifiche fonti (industrie, traffico, riscaldamento residenziale, etc.), ma dal contributo integrato di tutte le fonti poste sopravvento alla stazione rispetto alle direzioni predominanti dei venti nel sito.

L'evoluzione temporale dei diversi inquinanti monitorati è rappresentata mediante i seguenti grafici:

- concentrazioni medie orarie, ovvero l'evoluzione oraria dell'inquinante nel periodo di misura;
- concentrazioni medie mobile su otto ore, dove ogni valore è ottenuto come media tra l'ora "x" e le 7 ore precedenti l'ora "x";
- concentrazioni medie giornaliere, cioè l'evoluzione giornaliera dell'inquinante ottenuta mediando i valori delle concentrazioni dalle ore 00.00 alle ore 23.00;
- giorno tipo, ovvero l'evoluzione media delle concentrazioni medie orarie nell'arco delle 24 ore.

Si fa inoltre presente che l'ora a cui sono associati i dati si riferisce all'ora solare di fine misura.

Nei grafici seguenti è indicata con "25°-75° percentile RRQA" l'area del grafico compresa tra il 25° percentile e il 75° percentile delle concentrazioni degli inquinanti registrate dalle centraline fisse di rilevamento della qualità dell'aria lombarde. In altre parole, in quest'area ricade la metà delle stazioni presenti in Lombardia. La linea tratteggiata "Mediana RRQA", invece, è la mediana delle concentrazioni giornaliere di inquinante misurate su tutte le postazioni fisse della rete di monitoraggio regionale (ovvero il valore al di sotto del quale si trova il 50% dell'insieme di tutti i valori misurati, cioè il valore che corrisponde all'esatta metà della distribuzione dei dati).

Il biossido di azoto

Durante la campagna di monitoraggio, le massime concentrazioni orarie giornaliere di biossido di azoto misurate nel sito ATS Como sono state generalmente prossime al 25° percentile dei valori registrati in Regione, quindi tra i più bassi. Il grafico mostra la differenza con la stazione da traffico di Como Cattaneo, i cui valori sono stati decisamente più elevati. In ogni caso, il limite di legge sulla concentrazione media oraria, pari a $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$, non è mai stato superato.

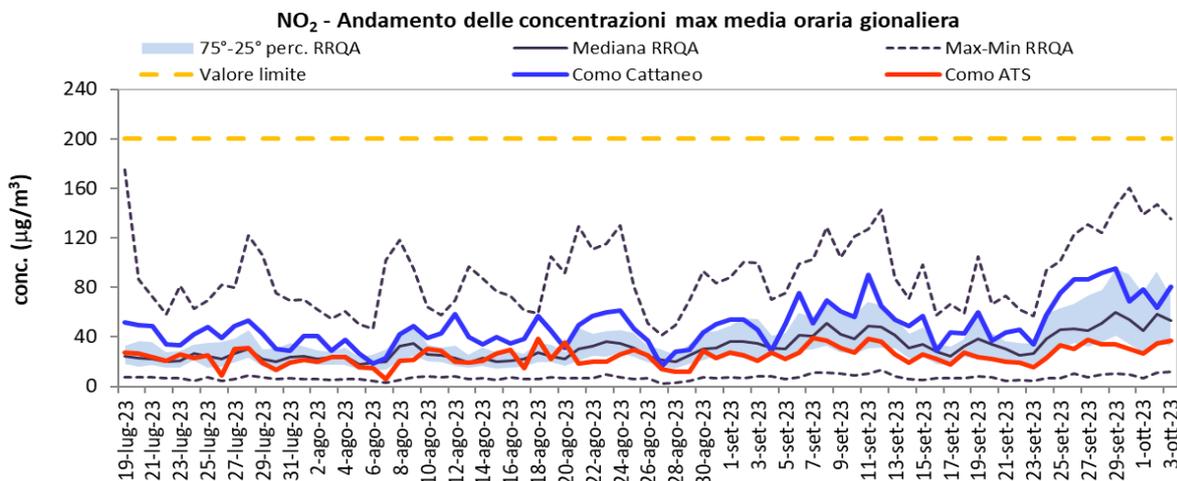


Figura 14 - Concentrazioni massime orarie giornaliere per l'NO₂ di tutte le stazioni del PdV della Lombardia.

Anche se non è previsto un limite normativo, si riporta di seguito il grafico relativo alle medie giornaliere di NO₂. La maggior parte delle stazioni della Regione hanno concentrazioni comprese in una stretta fascia di variabilità, individuata dalla zona tra il 25°-75° percentile; il sito in esame ha registrato concentrazioni medie giornaliere comprese tra il 25° e il 75° percentile, generalmente inferiori alla mediana regionale e prossime al 25° percentile. Le medie giornaliere registrate nella stazione in centro a Como risultano, invece, spesso maggiori di quelle misurate nel 50% delle stazioni della rete.

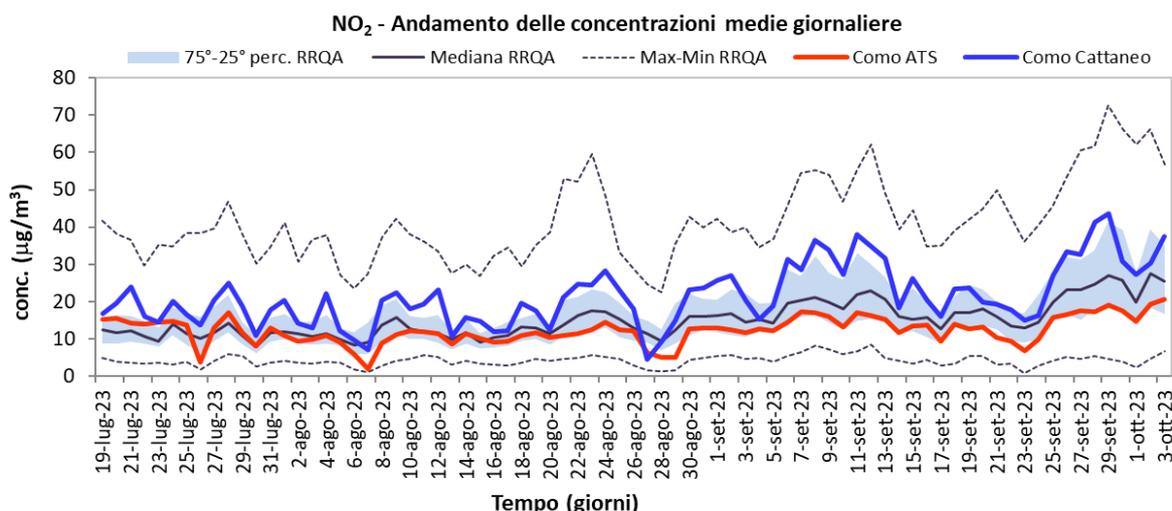


Figura 15 - Concentrazioni medie giornaliere per l'NO₂ di tutte le stazioni del PdV della Lombardia.

Nella Tabella 5 sono confrontate le statistiche essenziali relative al biossido di azoto misurato nei siti fissi della RRQA in provincia di Como, mentre nelle Figure 16 e 17 sono riportati gli andamenti rispettivamente delle medie giornaliere e delle massime medie orarie nelle 24 ore. Si può notare la significativa differenza tra i livelli di NO₂ delle due postazioni di Como, dovuta alla diversa collocazione: Como Cattaneo si trova in centro città, vicino a una strada con intenso traffico automobilistico, mentre Como ATS si trova in posizione più isolata, non direttamente sulla strada. Tuttavia, anche per quest'ultima si evidenzia l'impatto della vicina SS342 di collegamento per l'ingresso/uscita in direzione Sud-Est dalla città (vedi Figura 18 del giorno tipo).

NO2	Como ATS	Cantù	Como Cattaneo	Erba
media periodo (µg/m ³)	12	12	21	6
max media giornaliera (µg/m ³)	21	21	44	10
dev.st della media (µg/m ³)	0.4	0.5	0.9	0.2
max oraria giornaliera (µg/m ³)	40	74	95	25
rendimento	100%	100%	100%	100%
n°dati	77	77	77	77

Tabella 5 - Statistiche essenziali relative all'NO₂ misurato nella provincia di Como

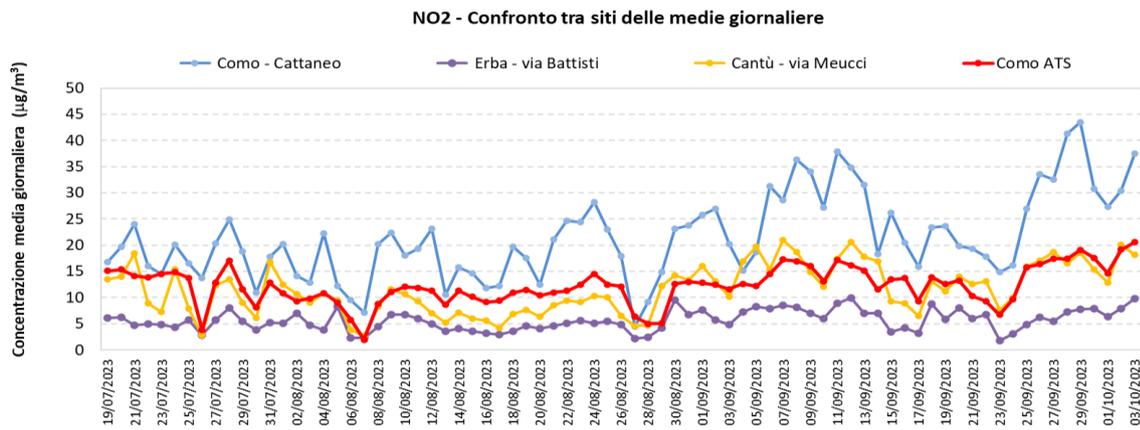


Figura 16 - Andamento delle concentrazioni medie giornaliere per l'NO₂ nei siti a confronto.

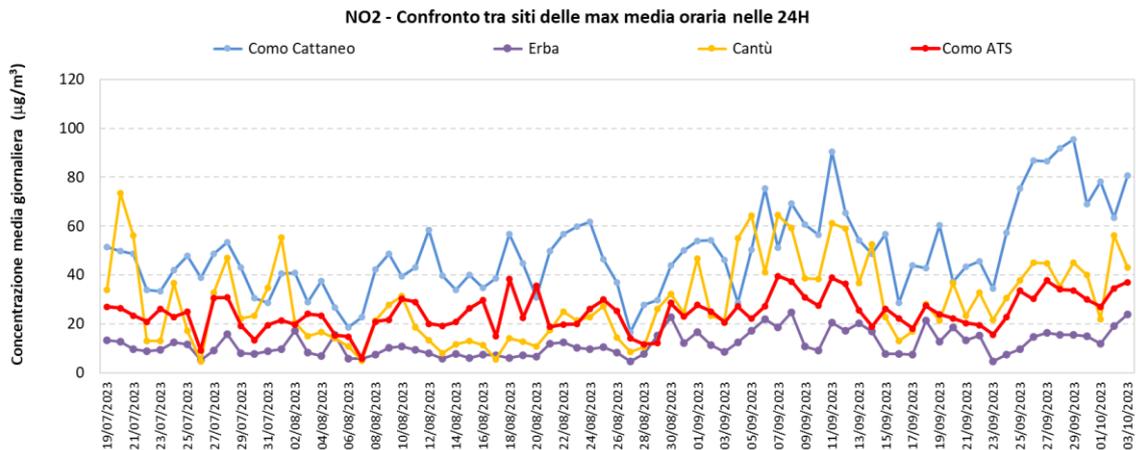


Figura 17 - Andamento delle concentrazioni massime medie orarie giornaliere per l'NO₂ nei siti a confronto.

Il grafico in Figura 19, infatti, che riporta il profilo giornaliero (o giorno tipo) delle due postazioni a Como, mostra chiaramente l'incremento delle concentrazioni di NO₂ a Como centro in corrispondenza dell'aumento del traffico negli orari di punta. A Como ATS, invece, il grafico mostra un diverso flusso del trasporto: più concentrato tra le 8-9 del mattino per l'ingresso in città, ed un flusso più continuo in "uscita" dalle 18. Anche dal confronto con le altre stazioni, risulta che Como ATS è più simile alla stazione di fondo di Cantù che non a quella più vicina da traffico in centro a Como. Inoltre, il profilo giornaliero mostra concentrazioni chiaramente più basse nei fine settimana, soprattutto la domenica, in relazione alla diminuzione del traffico veicolare.

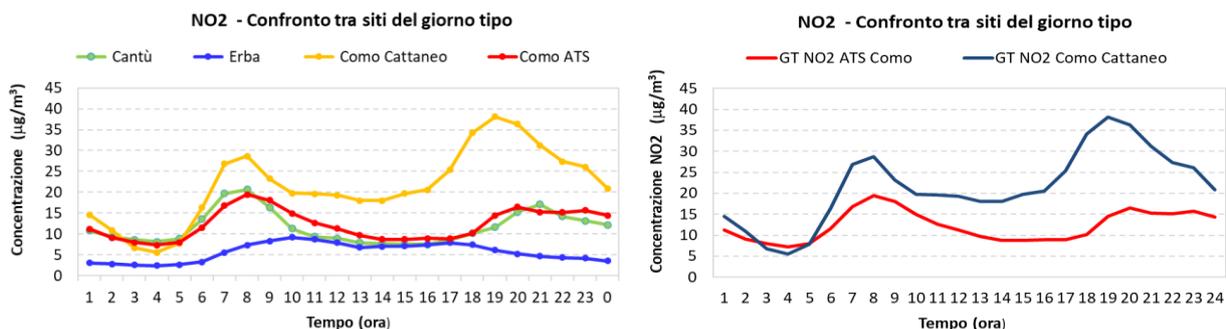


Figura 18 – Andamento del giorno tipo per l'NO₂ nei siti a confronto.

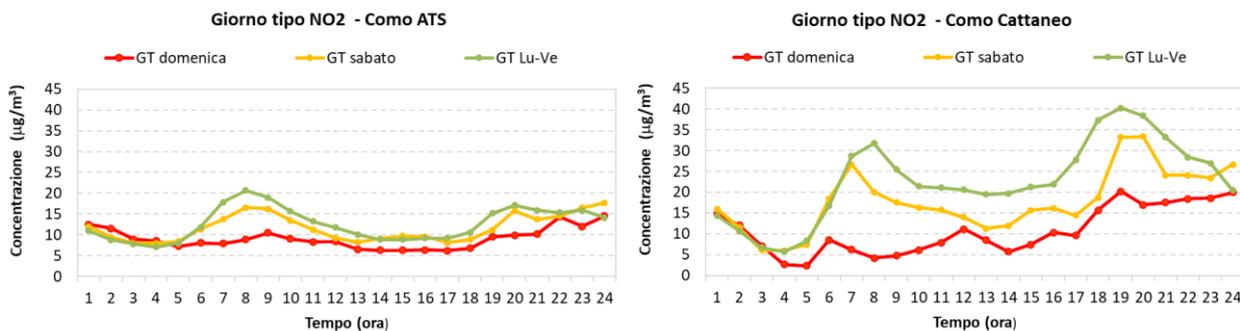


Figura 19 – Andamento del giorno tipo per l'NO₂ nei due siti di Como.

L'ozono

L'ozono è un inquinante secondario, pertanto, non ha delle sorgenti emissive dirette di rilievo, ma si forma a causa di reazioni fotochimiche in aria tra i suoi precursori, che possono essere prodotti anche a diversi chilometri di distanza dal punto di campionamento. Proprio la sua natura fa sì che diversi macrosettori partecipino in qualche misura alla sua formazione.

La campagna è stata condotta prevalentemente nel periodo estivo, proprio per monitorare l'ozono nel momento dell'anno generalmente caratterizzato dalle concentrazioni più elevate, in quanto la radiazione solare e l'alta temperatura dell'aria favoriscono la formazione di questo inquinante secondario, prodotto attraverso reazioni fotochimiche che coinvolgono i suoi precursori, gli ossidi di azoto (NO_x) e i composti organici volatili (COV).

La normativa prevede una soglia di informazione e una di allarme sulle concentrazioni orarie di ozono, pari rispettivamente a 180 e 240 $\mu\text{g}/\text{m}^3$; durante la campagna di monitoraggio le massime concentrazioni orarie giornaliere di ozono misurate a Como ATS hanno oscillato attorno alla mediana determinata su tutte le stazioni del PdV della Regione, raggiungendo talvolta la soglia di informazione prevista per questo inquinante, analogamente a quanto avvenuto a Como Cattaneo (Figura 20). Quest'ultima stazione, essendo classificata da traffico, non rientra tra quelle incluse del Piano per la Valutazione regionale per quanto riguarda la misura dell'ozono, poiché, sebbene gli NOx siano dei precursori dell'ozono, al contempo reagiscono localmente con esso causandone la distruzione.

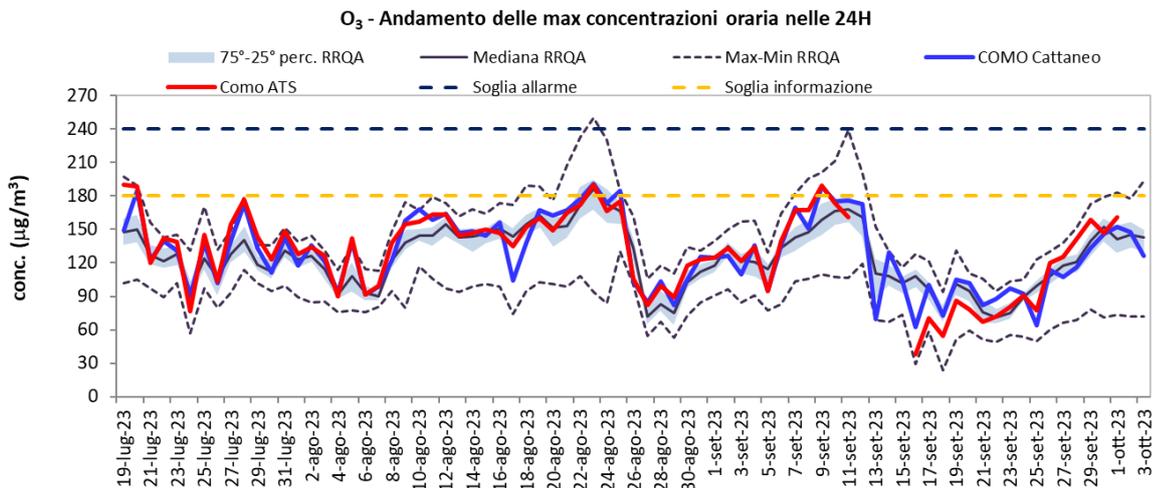


Figura 20 - Concentrazioni orarie massime giornaliere per l'O₃ delle stazioni del PdV della Lombardia.

Anche la massima media mobile su 8h ha continuato a variare attorno alla mediana regionale, indicando che, in condizioni estive favorevoli al rimescolamento e al trasporto dell'aria, le concentrazioni di ozono di Como si uniformano a quanto avviene nel 50% delle stazioni della Lombardia (Figura 21).

Le concentrazioni rilevate nelle due postazioni di Como sono risultate molto vicine tra loro e, fino alla metà di settembre, oscillanti attorno al valore obiettivo. Dal 13 settembre si osserva una generalizzata diminuzione, mentre dal 25 settembre di settembre, in concomitanza dell'incremento del traffico (vedi dell'NO₂ di Como centro in Figura 16-17), si è assistito ad una diversificazione dei valori di ozono nelle due postazioni di Como, con valori più elevati presso ATS.

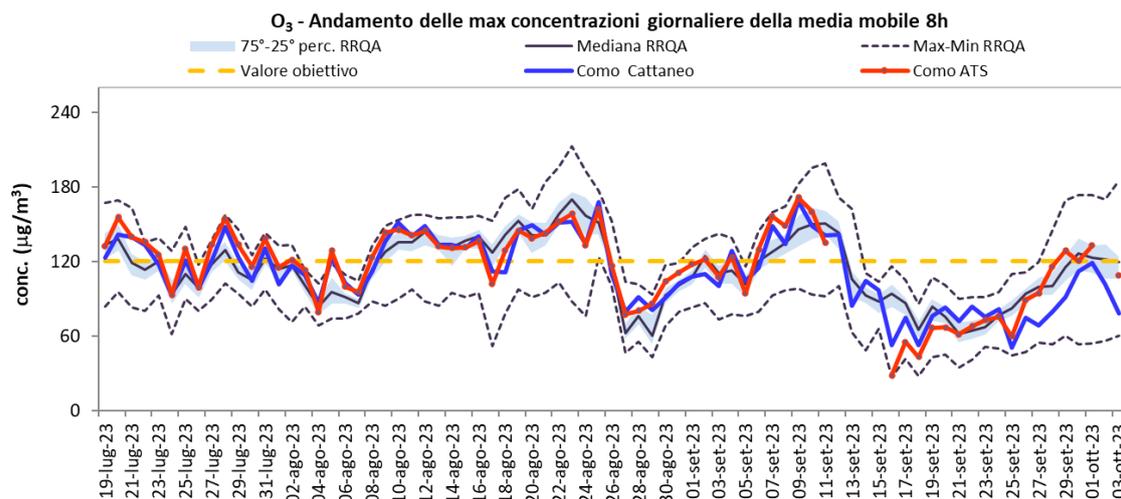


Figura 21 - Concentrazioni massime giornaliere della media mobile su 8h per l'O₃ delle stazioni del PdV della Lombardia.

In genere, ci si aspetta concentrazioni più elevate nel periodo estivo e proprio nella fascia prealpina, poiché sottovento ai centri di emissione dei precursori O₃. Gli ossidi di azoto ed i composti organici volatili hanno infatti anche una rilevanza transfrontaliera per fenomeni di trasporto a lunga distanza. Il confronto con altre stazioni mostra come l'inquinamento da ozono sia piuttosto diffuso su larghe fasce di territorio all'interno della fascia pedemontana.

La Tabella 6 e le Figure 23÷24 mostrano come, nel confronto con le altre stazioni della provincia, i valori delle concentrazioni massime orarie giornaliere dell'O₃ e le massime medie mobili trascinate sulle 8 ore misurate a Como ATS siano risultati in linea con gli andamenti dei siti considerati; inoltre, nella postazione ATS i valori siano lievemente più alti di Como Cattaneo, probabilmente per la minor presenza di NO_x con conseguente aumento della formazione di ozono.

O ₃	Como ATS	Cantù	Erba	Como Cattaneo (NO PDV)
max oraria sul periodo (µg/m ³)	191	201	205	191
max mm 8h sul periodo (µg/m ³)	172	175	174	168
nun. gg.sup. soglia inf (180 µg/m ³)	4	7	3	4
nun. gg.sup. soglia inf (240 µg/m ³)	0	0	0	0
nun. gg.sup. val. obiettivo (120 µg/m ³)	40	40	34	31
rendimento	94%	100%	100%	100%
n°dati	72	77	77	77

Tabella 6 - Statistiche essenziali relative all'O₃.

O3 - Confronto tra siti delle massime orarie nelle 24H

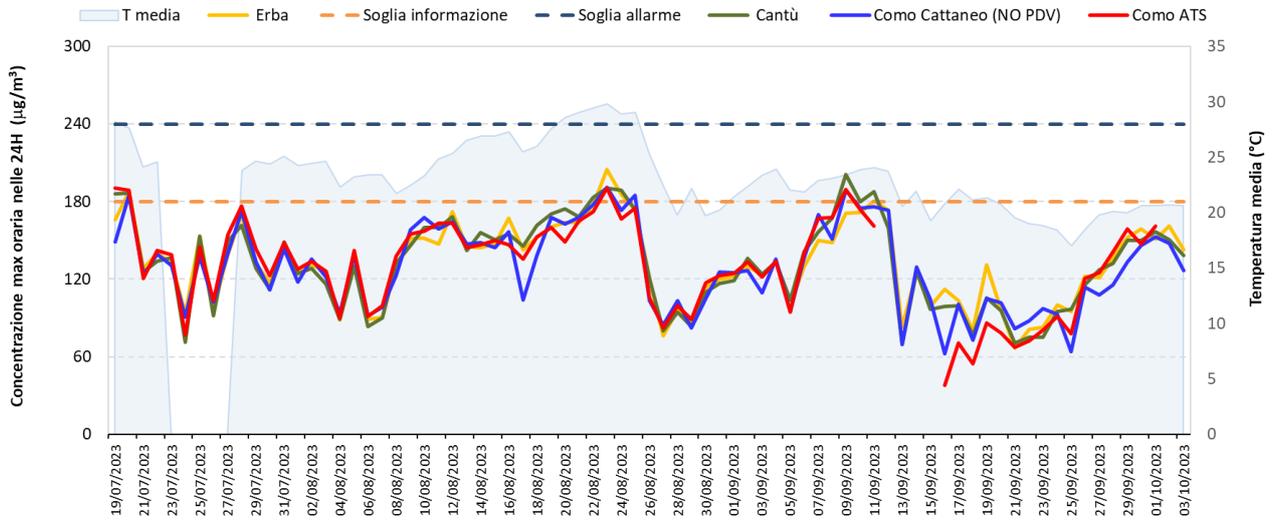


Figura 22 - Confronto tra siti delle concentrazioni massime giornaliere di O₃.

O3 - Confronto tra siti delle massime medie mobili 8H giornaliere

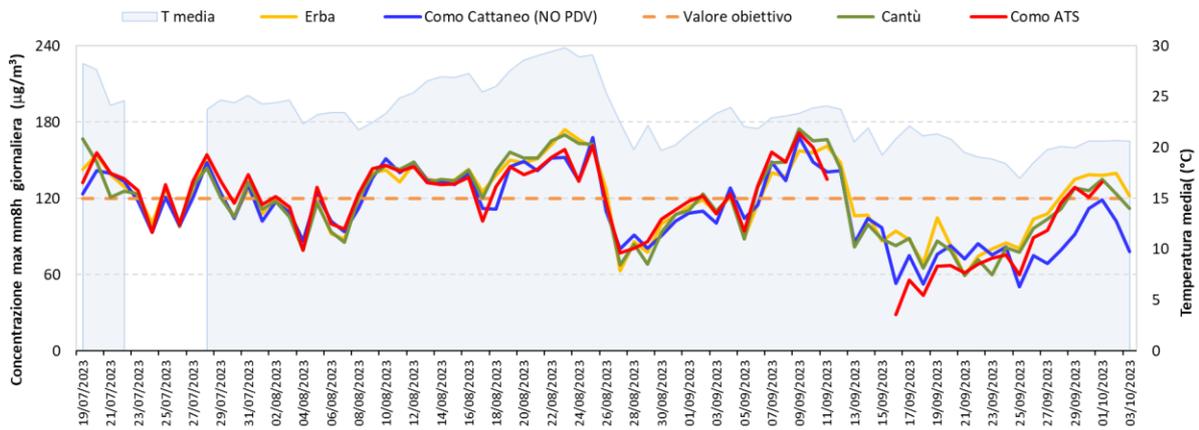


Figura 23 - Confronto tra siti delle concentrazioni massime medie mobili 8h giornaliere.

Nei grafici di Figura 24 e 25 sono riportati i profili giornalieri delle concentrazioni di ozono. Come atteso i valori maggiori si registrano nelle prime ore pomeridiane, in concomitanza del maggior irraggiamento solare e di vento proveniente dai settori meridionali in cui vengono emessi i precursori.

Osservando l'andamento del giorno tipo dell'ozono si nota come esso sia differente da quello degli inquinanti primari, a causa della sua formazione in troposfera correlata al ciclo diurno solare: il profilo giornaliero è tipicamente "a campana", con un massimo di accumulo poco dopo il periodo di maggior insolazione.

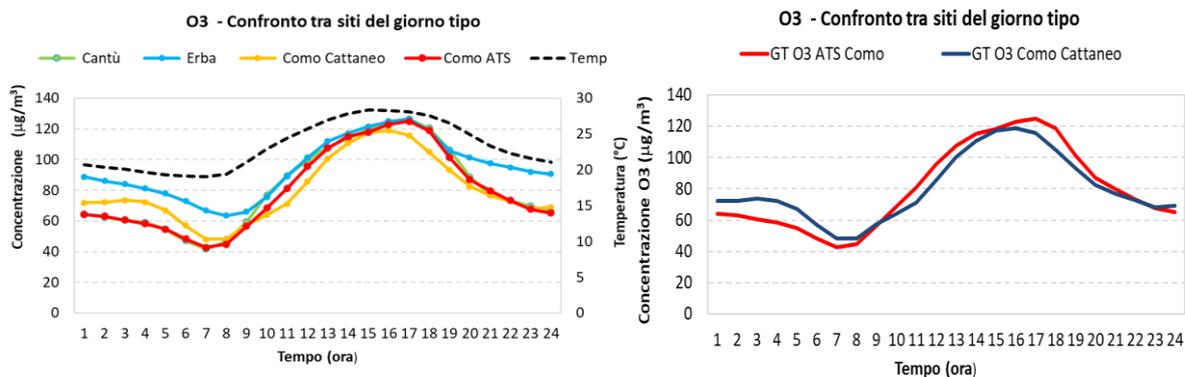


Figura 24- O₃ - Confronto tra il giorno tipo di diversi siti.

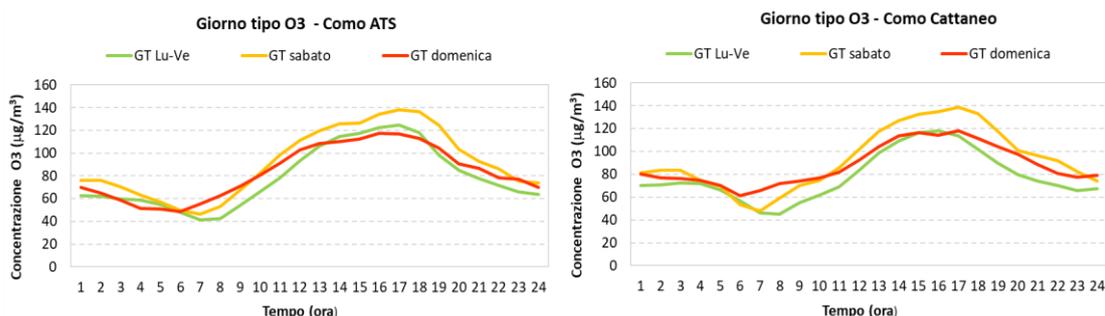


Figura 25- O₃ - Confronto tra il giorno tipo delle due postazioni a Como.

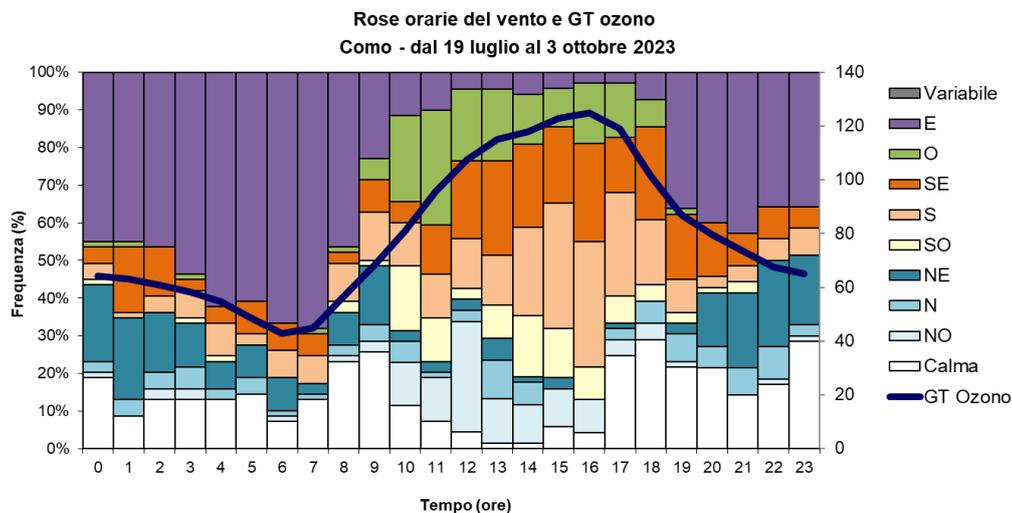


Figura 26 – Distribuzione del vento e giorno tipo di O₃

Il PM

Dato il periodo estivo, in cui si ha una maggiore capacità di rimescolamento dell'aria rispetto al periodo invernale, le concentrazioni di PM₁₀ rilevate in tutte la Regione sono state generalmente basse. La fascia compresa tra il 25° e il 75° percentile, che include anche i valori misurati a Como, è risultata piuttosto stretta, evidenza delle proprietà diffusive delle polveri fini in atmosfera e della loro distribuzione piuttosto omogenea su gran parte del territorio (Figura 27). Le concentrazioni di PM_{2.5} di Como sono state sempre al di sotto della mediana regionale (Figura 28).

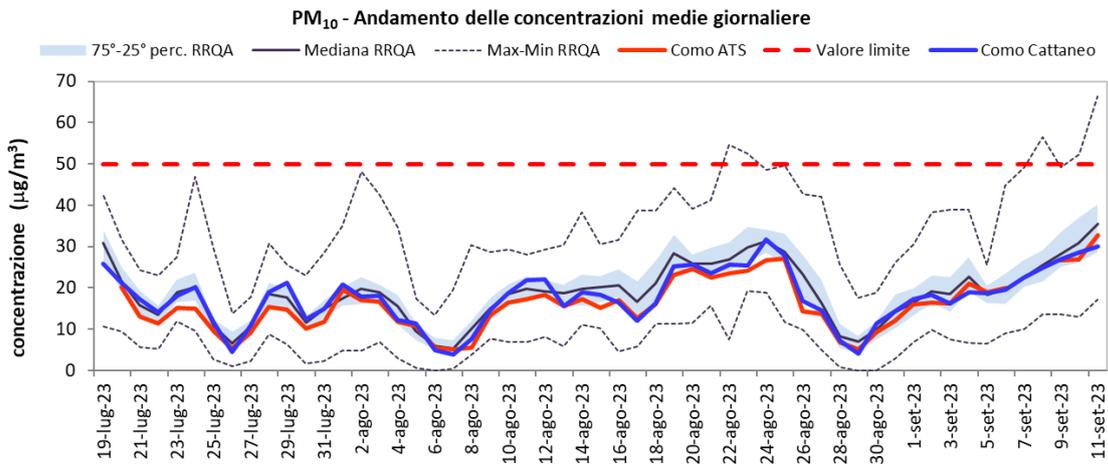


Figura 27- Concentrazioni medie giornaliere per il PM10 di tutte le stazioni del PdV della Lombardia.

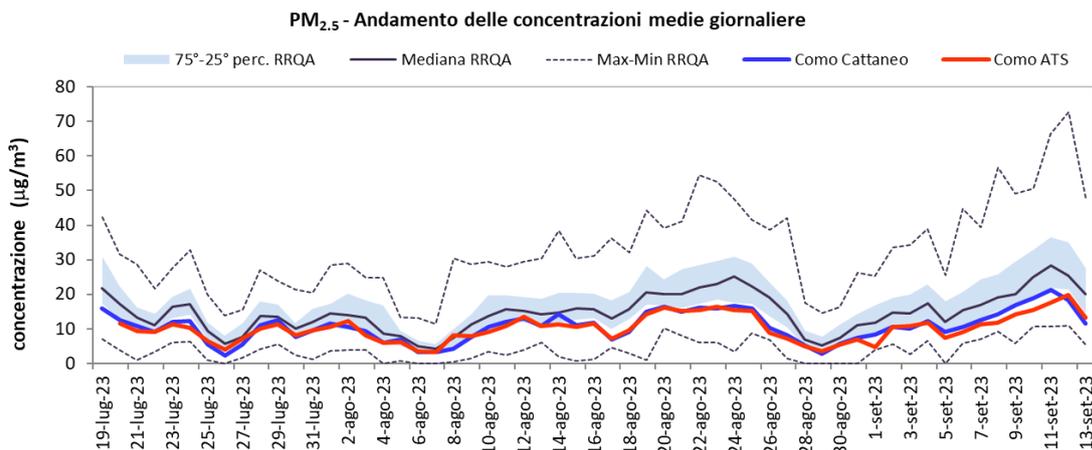


Figura 28- Concentrazioni medie giornaliere per il PM2.5 di tutte le stazioni del PdV della Lombardia.

In Figura 29 e 30, il confronto tra il PM di Como e quello delle stazioni della Provincia mostra l’ottimo accordo tra gli andamenti giornalieri delle diverse stazioni e come non vi siano significative differenze tra le medie sul periodo. Questo risultato è dovuto, oltre alla generale uniformità delle concentrazioni di PM su tutto il territorio, sia alla minore presenza di sorgenti emissive di particolato rispetto l’inverno (vedi riscaldamento, traffico, combustioni) sia alle maggiori capacità dispersive e diffusive dell’atmosfera nel periodo estivo.

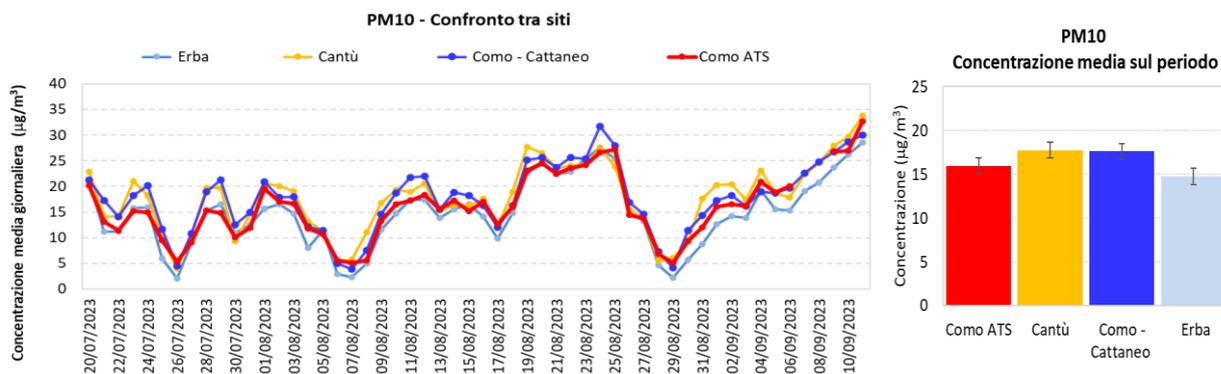


Figura 29 – Confronto le concentrazioni medie giornaliere per il PM10 delle stazioni in provincia di Como.

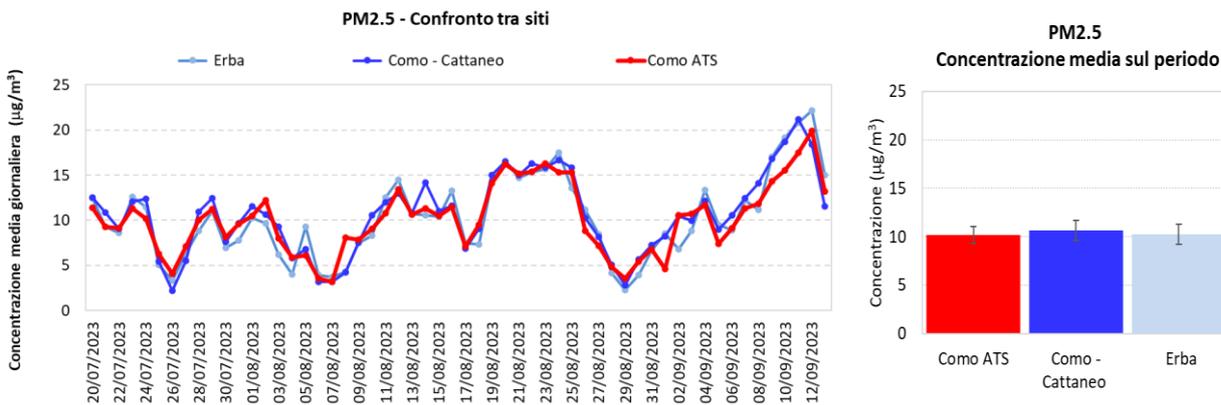


Figura 30 - Confronto le concentrazioni medie giornaliere per il PM2.5 delle stazioni in provincia di Como.

PM10	Como ATS	Cantù	Como - Cattaneo	Erba
conc. media periodo ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	16	18	18	15
max conc. periodo ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	33	34	32	29
dev.st della media ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0.9	0.9	0.9	0.9
nun. gg.sup. limite	0	0	0	0
rendimento	96%	100%	100%	100%
n°dati (20/7/23 a 11/9/23)	52	54	54	54

Tabella 7 - Statistiche essenziali relative al PM10.

PM2.5	Como ATS	Como - Cattaneo	Erba
conc. media periodo ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	10	11	10
max conc. periodo ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	20	21	22
dev.st della media ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0.5	0.6	0.6
rendimento	98%	98%	98%
n°dati (20/7/23 a 13/9/23)	56	56	56

Tabella 8 - Statistiche essenziali relative al PM2.5.

Conclusioni

L'obiettivo della campagna di monitoraggio è stato quello di approfondire la qualità dell'aria a Como, misurando le concentrazioni degli inquinanti in un sito di fondo urbano, ovvero tale che il livello di inquinamento non sia influenzato prevalentemente da emissioni da specifiche fonti ma dal contributo integrato di tutte le fonti. Pertanto, in grado di rappresentare la situazione "media" a cui è soggetta la maggioranza degli abitanti.

A Como è installata già da anni una stazione appartenente alla rete fissa di monitoraggio della qualità dell'aria di ARPA Lombardia (Como Centro); tuttavia, questa è una postazione da traffico, essendo soggetta principalmente alle emissioni legate al trasporto veicolare. La postazione di misura temporanea (Como ATS) è stata individuata a ridosso dell'area maggiormente urbanizzata, ma posizionata in campo aperto e non direttamente affacciata su una strada.

La campagna di monitoraggio, svolta prevalentemente in periodo estivo, e con ridotta incidenza del trasporto rispetto al periodo invernale, ha permesso di rilevare le peculiarità delle due postazioni di Como.

Le concentrazioni di NO₂ sono risultate nettamente più basse nella postazione Como ATS rispetto a Como Centro. Il profilo giornaliero delle concentrazioni ha confermato l'impatto significativo delle emissioni da traffico per la stazione di Como Centro, soprattutto nelle ore di punta, mentre la postazione Como ATS non risente direttamente del traffico cittadino, registrando valori mediamente più bassi e confrontabili con quelli della stazione di fondo di Cantù. Presso Como ATS è comunque identificabile il flusso del trasporto extraurbano causato dal collegamento tramite la SS342 tra il centro città ed i comuni a Sud-Est.

La concentrazione di ozono, inquinante secondario senza sorgenti emissive dirette ma originato da reazioni fotochimiche tra i suoi precursori agevolate da forte radiazione solare ed elevate temperature, non hanno evidenziato significative differenze tra le due postazioni di Como. In condizioni estive, favorevoli al rimescolamento/trasporto dell'aria, le concentrazioni di ozono in contesti vicini si uniformano. Superamenti della soglia di informazione sono state registrate a Como analogamente alle altre stazioni della Provincia.

Il monitoraggio delle concentrazioni giornaliere di PM nel periodo estivo non ha evidenziato differenze significative tra le due postazioni di Como, né tra le stazioni della Provincia. In questo periodo dell'anno le concentrazioni risultano piuttosto uniformi e tendenzialmente basse, grazie alle condizioni meteorologiche favorevoli alla dispersione degli inquinanti e al rimescolamento dell'aria.

In conclusione, la postazione di monitoraggio presso l'ATS di Como può essere considerata una postazione equiparabile a una stazione di fondo urbano, sebbene risulti riconoscibile l'impatto del traffico veicolare della vicina SS342.

Allegato 1: Concentrazioni giornaliere di inquinanti a Como ATS

Data	NO2	NO3	O3	O3	PM10	PM2.5
	media gg (µg/m³)	max gg (µg/m³)	max gg (µg/m³)	max MM8h gg (µg/m³)	media gg (µg/m³)	media gg (µg/m³)
19/07/2023	15	27	190	132	-	-
20/07/2023	15	26	189	156	20	11
21/07/2023	14	23	120	140	13	9
22/07/2023	14	21	142	136	11	9
23/07/2023	15	26	139	126	15	11
24/07/2023	15	23	76	93	15	10
25/07/2023	14	25	145	131	9	6
26/07/2023	4	9	103	100	5	4
27/07/2023	13	31	154	134	9	7
28/07/2023	17	31	176	154	15	10
29/07/2023	12	19	143	133	15	11
30/07/2023	8	13	123	116	10	8
31/07/2023	13	19	148	138	12	10
01/08/2023	11	21	128	115	20	10
02/08/2023	9	20	134	122	17	12
03/08/2023	10	24	126	113	17	8
04/08/2023	11	23	90	79	12	6
05/08/2023	9	15	142	129	11	6
06/08/2023	6	15	91	100	6	4
07/08/2023	2	6	99	96	5	3
08/08/2023	9	21	138	124	6	8
09/08/2023	11	22	155	143	13	8
10/08/2023	12	30	157	146	17	9
11/08/2023	12	29	163	141	17	11
12/08/2023	11	20	163	145	18	13
13/08/2023	9	19	144	132	16	11
14/08/2023	11	21	147	131	17	11
15/08/2023	10	26	150	131	15	10
16/08/2023	9	30	147	136	17	11
17/08/2023	9	15	135	102	13	7
18/08/2023	11	38	153	129	16	9
19/08/2023	12	22	160	145	23	14
20/08/2023	10	35	149	139	25	16
21/08/2023	11	19	165	143	22	15
22/08/2023	11	20	172	152	24	15
23/08/2023	12	20	191	158	24	16
24/08/2023	15	26	166	133	27	15
25/08/2023	13	30	175	162	27	15
26/08/2023	12	25	106	117	14	9
27/08/2023	6	14	82	77	14	7
28/08/2023	5	12	99	80	7	5
29/08/2023	5	12	89	86	5	4
30/08/2023	13	29	117	104	9	5
31/08/2023	13	23	123	111	12	7
01/09/2023	13	28	124	118	16	5
02/09/2023	12	25	133	122	17	11
03/09/2023	12	21	121	108	16	11
04/09/2023	13	27	134	123	21	12
05/09/2023	12	22	94	94	19	7
06/09/2023	14	27	140	130	20	9
07/09/2023	17	40	167	156		11
08/09/2023	17	37	167	149		12
09/09/2023	16	31	189	172	27	14
10/09/2023	13	27	174	160	27	16
11/09/2023	17	39	161	135	33	17
12/09/2023	16	36	-	-	-	20
13/09/2023	15	26	-	-	-	13
14/09/2023	12	19	-	-	-	-
15/09/2023	13	26	-	-	-	-
16/09/2023	14	22	38	28	-	-
17/09/2023	9	18	71	55	-	-
18/09/2023	14	27	54	43	-	-
19/09/2023	13	24	86	67	-	-
20/09/2023	13	22	78	67	-	-
21/09/2023	10	20	67	61	-	-
22/09/2023	9	19	72	68	-	-
23/09/2023	7	16	81	73	-	-
24/09/2023	10	23	91	76	-	-
25/09/2023	16	33	78	60	-	-
26/09/2023	16	30	120	89	-	-
27/09/2023	17	38	125	95	-	-
28/09/2023	17	34	141	116	-	-
29/09/2023	19	34	159	129	-	-
30/09/2023	18	30	147	121	-	-
01/10/2023	15	27	161	133	-	-
02/10/2023	19	34	-	-	-	-
03/10/2023	21	37	139	109	-	-

