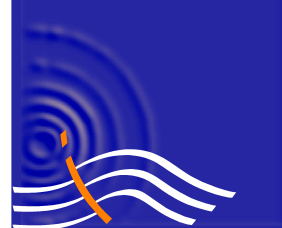


CASADIO & CO.
di Casadio Mario

Via V.Veneto 1/bis – 47100 FORLÌ
Tel: 0543 23923 – Email: studio@casadioeco.it

P.I. 04263320402

Casadio&Co



geologia
acustica
ambiente

VALUTAZIONE SULLA QUALITA' DELL'ARIA

Committente: SICAP S.p.a. – ASPIAG service srl

DATA: 27/11/2019

**SU RICHIESTA ARPAE
RIF.PROT. PG/2019/10110 del 21/01/2019
PER IL PROGETTO URBANISTICO ATTUATIVO DI UN'AREA
SITA IN VIA DE BROZZI N° 75/1, COMUNE DI LUGO
(RAVENNA)**

MARIO CASADIO

VALUTAZIONE SULLA QUALITA' DELL'ARIA
SU RICHIESTA ARPAE
RIF.PROT. PG/2019/10110 del 21/01/2019
PER IL PROGETTO URBANISTICO ATTUATIVO DI UN'AREA
SITA IN VIA DE BROZZI N° 75/1, COMUNE DI LUGO (RAVENNA)

PREMESSA

La presente valutazione è redatta dallo scrivente allo scopo di rispondere alle richieste di Arpae Lugo per quanto concerne le emissioni prodotte dal trasporto stradale nell'area di proprietà Sicap S.p.A. e Aspiag Service S.r.l., sita in via de' Brozzi a Lugo, sulla quale è prevista la realizzazione di un nuovo edificio commerciale che porterà ad un piccolo incremento del traffico.

DESCRIZIONE AREA D'INTERVENTO

Attualmente l'area risulta sgombra, in quanto l'attività commerciale di materiali edili che occupava l'area è stata demolita. Al suo posto si inserirà una media struttura di vendita di mq 1.500 commerciale e alimentare.



L'area di studio ricade all'interno del Foglio 106 del Comune di Lugo particelle n. 1141 di proprietà della società SICAP S.p.a. (Divisione Cementisti) e 753 della ditta Aspiag Service S.r.l. come è illustrato in figura.



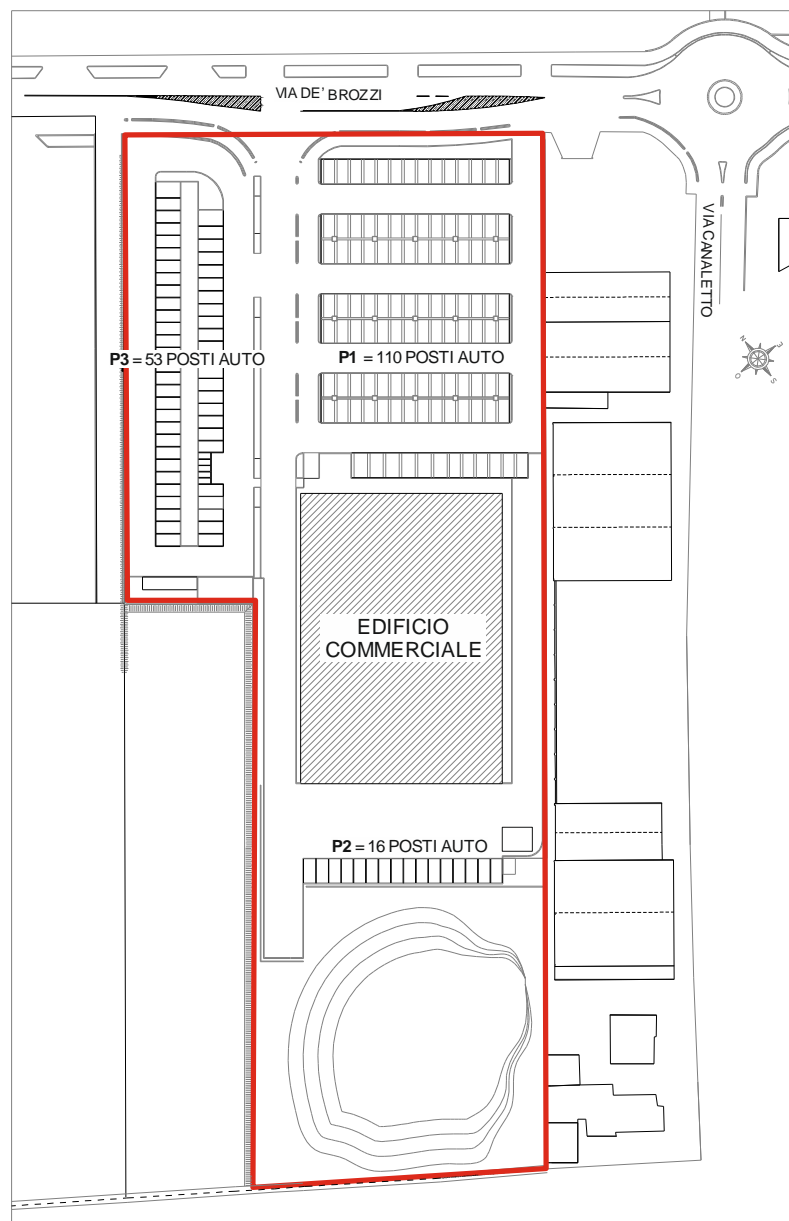
DESCRIZIONE DELL'ATTIVITÀ COMMERCIALE

Il nuovo progetto prevede, nella proprietà in oggetto, l'edificazione di un nuovo fabbricato che ospiterà l'attività commerciale di vendita alimentare con i rispettivi parcheggi, aree verdi, piazzale di carico scarico e viabilità interna.

Il nuovo edificio avrà dimensioni di 60 x 40 metri circa e un'altezza di 8 metri. Sarà servito da una viabilità collegata direttamente alla Via de Brozzi, nella quale sono è previsto l'inserimento di una corsia centrale di decelerazione ed immissione, ed un allargamento della sede stradale in corrispondenza del lotto in trasformazione.

Tra l'edificio e la Via de Brozzi è previsto un ampio parcheggio con 126 (parcheggio privato P1 + parcheggio privato P2) + 53 (parcheggio pubblici P3) = 179 posti/auto suddivisi al centro dalla viabilità di accesso al piazzale di carico/scarico retrostante l'edificio.

I posti auto posti a margine del piazzale di carico/scarico saranno ad uso dal personale.



STIMA DEI FATTORI DI EMISSIONE MEDI

Per poter costruire il modello previsionale delle emissioni prodotte in atmosfera dai veicoli circolanti sul tratto di via de' Brozzi adiacente l'area d'intervento e all'interno dell'area, è necessario conoscere i valori dei fattori di emissione medi relativi alle varie tipologie di mezzi. Tali valori sono ricavati dalla banca dati dei fattori di emissione medi per il parco circolante in Italia, pubblicata online dal Sinanet "Rete del Sistema Informativo Nazionale Ambientale"



La banca dati dei fattori di emissione medi per il parco circolante in Italia

Inquinante selezionato : CO

Seleziona Categoria :

Category	CO 2017 g/km U	CO 2017 t/TJ U	CO 2017 g/km R	CO 2017 t/TJ R	CO 2017 g/km H	CO 2017 t/TJ H	CO 2017 g/km TOTALE	CO 2017 t/TJ TOTALE
Passenger Cars	2,2852	0,6871	0,2467	0,1211	0,4050	0,1765	0,7092	0,3014
Light Commercial Vehicles	0,8774	0,1925	0,1960	0,0738	0,4781	0,1229	0,4228	0,1251
Heavy Duty Trucks	1,9595	0,1500	1,0605	0,1274	1,0606	0,1263	1,1570	0,1304

Inquinante selezionato : NO2

Seleziona Categoria :

Category	NO2 2017 g/km U	NO2 2017 t/TJ U	NO2 2017 g/km R	NO2 2017 t/TJ R	NO2 2017 g/km H	NO2 2017 t/TJ H	NO2 2017 g/km TOTALE	NO2 2017 t/TJ TOTALE
Passenger Cars	0,1348	0,0400	0,1280	0,0629	0,1825	0,0795	0,1454	0,0609
Light Commercial Vehicles	0,4379	0,0961	0,3153	0,1187	0,5258	0,1352	0,3881	0,1148
Heavy Duty Trucks	0,8589	0,0658	0,5036	0,0605	0,4699	0,0560	0,5236	0,0590

Inquinante selezionato : PM2.5

Seleziona Categoria :

Category	PM2.5 2017 g/km U	PM2.5 2017 t/TJ U	PM2.5 2017 g/km R	PM2.5 2017 t/TJ R	PM2.5 2017 g/km H	PM2.5 2017 t/TJ H	PM2.5 2017 g/km TOTALE	PM2.5 2017 t/TJ TOTALE
Passenger Cars	0,0285	0,0085	0,0239	0,0117	0,0212	0,0092	0,0241	0,0101
Light Commercial Vehicles	0,0778	0,0171	0,0437	0,0165	0,0773	0,0199	0,0590	0,0175
Heavy Duty Trucks	0,2247	0,0172	0,1416	0,0170	0,1289	0,0154	0,1437	0,0162

I motoveicoli non vengono considerati in quanto, come ricavato dai rilievi effettuati per la stima del traffico, in numero esiguo rispetto agli autoveicoli.

RIFERIMENTI NORMATIVI PER LA TUTELA DELLA QUALITÀ DELL'ARIA

La normativa di riferimento per la tutela della qualità dell'aria affronta la tematica secondo due aspetti fondamentali:

- 1) agisce mediante il controllo delle emissioni dalle fonti inquinanti, attraverso limiti di emissione;
- 2) individua gli obiettivi di qualità dell'aria e valuta questa, predisponendone il monitoraggio e fissando standard di qualità, con metodi e criteri comuni, con lo scopo di proteggere la salute umana e l'ambiente nel suo complesso.

Per quel che riguarda il punto 1) le emissioni in atmosfera sono regolamentate dalle seguenti norme:

- **D.Lgs. n° 171 del 21/05/2004**, provvedimento che attua quanto previsto dalla Direttiva 2001/81/Ce del Parlamento Europeo e del Consiglio del 23/10/2001 (Direttiva NEC), che prevede la limitazione delle emissioni di sostanze inquinanti ad effetto acidificante ed eutrofizzante e dei precursori dell'ozono, stabilendo un sistema di limiti massimi nazionali (tetti) in merito alle emissioni di biossido di zolfo (SO₂), ossidi di azoto (NO_x), composti organici volatili (COV) ed ammoniaca (NH₃) da raggiungere entro il 2010;
- **D.Lgs n° 152 del 3/4/2006 e ss. mm. ii. (D.Lgs. 128/2010)** che nella Parte Quinta - Norme in materia di tutela dell'aria e di riduzione delle emissioni in atmosfera - affronta la prevenzione e limitazione delle emissioni in atmosfera, attraverso prescrizioni e valori limite relativi ad emissioni generate da determinate attività, impianti e combustibili, riformulando il precedente regime autorizzatorio (dall'ambito di applicazione rimangono esclusi gli impianti di incenerimento e coincenerimento dei rifiuti e quelli sottoposti ad autorizzazione integrata ambientale - AIA, disciplinati da specifica normativa);
- **Direttiva 2010/75/Ce del Parlamento europeo e del Consiglio del 24/11/2010** relativa alle emissioni industriali (prevenzione e riduzione dell'inquinamento) che riunisce in un solo provvedimento varie direttive in materia, al fine di ridurre le emissioni delle suddette attività nelle diverse matrici ambientali, tra cui l'aria, allargando il sistema Ippc a nuove tipologie di impianti, dando disposizioni di controllo maggiormente stringenti e maggiore importanza alle BAT (Best Available Techniques);
- **D.Lgs. n° 30 del 13/3/2013** che attua quanto previsto dalla **Direttiva 2009/29/Ce del Parlamento europeo e del Consiglio 23/4/2009**, modificante la precedente

Direttiva 2003/87/Ce per il perfezionamento ed estensione del sistema comunitario per lo scambio di quote di emissione di gas a effetto serra (Emission Trading) nell'ambito dell'applicazione del Protocollo di Kyoto per la riduzione dei gas ad effetto serra.

Sono poi presenti numerosi provvedimenti e norme di settore riguardanti la regolamentazione di emissioni di taluni inquinanti per specifiche fonti emmissive. A livello locale la Regione Emilia Romagna ha emanato diversi provvedimenti legati alle autorizzazioni alle emissioni in atmosfera ai sensi del D.Lgs. 152/2006:

- D.G.R. n° 2236 del 28/12/2009 e successive modifiche ed integrazioni (D.G.R. n° 1769 del 22/11/2010, D.G.R. n° 335 del 14/3/2011, D.G.R. n° 1496 del 24/10/2011, D.G.R. n° 1681 del 21/11/2011);
- D.G.R. n° 1497 e n° 1498 del 24/10/2011.

Per quanto riguarda il punto 2) la definizione di obiettivi e standard di qualità dell'aria, ai fini della protezione della salute umana e dell'ambiente nel suo complesso, nonché la valutazione per il monitoraggio del rispetto degli standard ed il raggiungimento degli obiettivi preposti sono indicati nelle seguenti norme:

- **D.Lgs. n° 155 del 13/8/2010 e ss. mm. ii. (D.Lgs. n° 250/2012)** in cui trovano attuazione la Direttiva 2008/50/Ce del Parlamento europeo e del Consiglio del 21/5/2008, relativa alla qualità dell'aria ambiente e per un'aria più pulita in Europa, e le nuove disposizioni di attuazione nazionale della Direttiva 2004/107/Ce del Parlamento europeo e del Consiglio del 15/12/2004, concernente l'arsenico, il cadmio, il mercurio, il nickel e gli idrocarburi policiclici aromatici nell'aria ambiente. Nello specifico regola la gestione della qualità dell'aria, per il biossido di zolfo, biossido di azoto, ossidi di azoto, PM10, PM2.5, piombo, benzene, monossido di carbonio, ozono, oltre che i suddetti inquinanti della Direttiva 2004/107/Ce, andando per questi a definire i valori limite, valori obiettivo, obiettivi a lungo termine, soglie di informazione e di allarme, livelli critici, obbligo di concentrazione e obiettivo di riduzione delle esposizioni - vai alla tabella dei parametri normativi; indica, quali strumenti attraverso cui deve essere effettuata la valutazione della qualità dell'aria, la zonizzazione e la classificazione del territorio in zone e agglomerati, la rilevazione ed il monitoraggio dei livelli di inquinamento atmosferico, effettuati mediante reti di monitoraggio e l'impiego di tecniche modellistiche, l'inventario delle emissioni e gli scenari emissivi; indica, in caso di superamento dei valori limite, dei livelli critici, dei

valori obiettivo, delle soglie di informazione e allarme, le competenze (Regioni, Province autonome, Stato) e le modalità affinché siano intraprese misure, che non comportino costi sproporzionati, necessarie per agire sulle principali sorgenti di emissione per raggiungere gli standard e gli obiettivi (Piani) nonché provvedimenti per informare il pubblico in modo adeguato e tempestivo; disciplina l'attività di comunicazione di informazioni relative alla qualità dell'aria.

- **D.M. Ambiente 29 novembre 2012** individua sul territorio nazionale stazioni speciali di misurazione della qualità dell'aria (di fondo e non) per inquinanti quali PM2.5, PM10, idrocarburi policiclici aromatici, metalli pesanti, ozono e suoi precursori, previste dal D.Lgs. 155/2010.

La normativa di riferimento per il caso esaminato sarà prevalentemente il D.Lgs. n° 155 del 13/8/2010 e ss. mm. ii. (D.Lgs. n° 250/2012) ed il D.Lgs n° 152 del 3/4/2006 e ss. mm. ii. (D.Lgs. 128/2010) alla Parte Quinta Titolo I (art.267-281).

Gli inquinanti che andremo ad analizzare sono antropica e vegetale:

- Particolato PM2,5: l'inquinamento da particolato fine (PM2,5, ossia particolato con un diametro minore di 2,5 micron) è composto da particelle solide e liquide così piccole che non solo penetrano in profondità nei nostri polmoni, ma entrano anche nel nostro flusso sanguigno, proprio come l'ossigeno. Queste particelle possono essere costituite da diversi componenti chimici tra cui alcuni metalli pesanti come l'arsenico, il cadmio, il mercurio e il nickel. La frazione carboniosa (nerofumo) costituisce uno dei componenti principali del particolato fine. Un recente studio dell'Organizzazione mondiale della sanità dimostra che l'inquinamento da particolato fine potrebbe essere un problema per la salute maggiore di quanto si pensasse in precedenza. Secondo il rapporto dell'OMS «Rassegna delle prove sugli aspetti sanitari dell'inquinamento atmosferico», un'esposizione prolungata al particolato fine può scatenare l'aterosclerosi, creare problemi alla nascita e malattie respiratorie nei bambini. Lo studio inoltre suggerisce un possibile collegamento con lo sviluppo neurologico, le funzioni cognitive e il diabete, e rafforza il nesso di causalità tra PM2,5 e morti cardiovascolari e respiratorie. Alcuni componenti del particolato fine (con un diametro minore di 2,5 micron) vengono emessi direttamente nell'atmosfera, altri si formano come risultato di reazioni chimiche che coinvolgono i gas precursori, vale a dire l'anidride solforosa, gli ossidi di azoto, l'ammoniaca e i composti organici volatili. Il PM2,5 può avere anche origine naturale (ad esempio erosione dei suoli,

eruzioni vulcaniche, incendi boschivi e aerosol marino). L'origine dell'inquinamento da PM10 varia sensibilmente da zona a zona e nel corso del tempo. Il nerofumo, uno dei componenti comuni della fuliggine rilevato principalmente nel particolato fine, è il risultato della combustione incompleta di combustibili - sia di combustibili fossili che del legno. Nelle aree urbane le emissioni di nerofumo sono causate principalmente dal trasporto stradale, in particolare dai motori diesel. Sono dovuti alle attività umane anche gran parte dei gas precursori.

- Biossido di azoto: è un gas reattivo, di colore bruno e di odore acre e pungente. L' NO_2 è un importante inquinante dell'aria che, come l'ozono, risulta dannoso per il sistema respiratorio. L'esposizione a breve termine all' NO_2 può causare diminuzione della funzionalità polmonare, specie nei gruppi più sensibili della popolazione, mentre l'esposizione a lungo termine può causare effetti più gravi come un aumento della suscettibilità alle infezioni respiratorie. L' NO_2 è fortemente correlato con altri inquinanti, come il PM, perciò negli studi epidemiologici è difficile differenziarne gli effetti dagli altri inquinanti. L' NO_2 è uno dei composti dell'azoto che producono effetti negativi sugli ecosistemi, come l'acidificazione e l'eccesso di nutrienti (eutrofizzazione). Gli ossidi di azoto giocano un ruolo principale nella formazione di ozono e contribuiscono alla formazione di aerosol organico secondario, determinando un aumento della concentrazione di PM10 e PM2.5. Il biossido di azoto (NO_2) si forma prevalentemente dall'ossidazione di monossido di azoto (NO). Questi due gas sono noti con il nome di NO_x . Le maggiori sorgenti di NO ed NO_2 sono i processi di combustione ad alta temperatura (come quelli che avvengono nei motori delle automobili o nelle centrali termoelettriche). L' NO rappresenta la maggior parte degli NO_x emessi; per gran parte delle sorgenti, solo una piccola parte di NO_x è emessa direttamente sotto forma di NO_2 (tipicamente il 5-10 %). Fanno eccezione i veicoli diesel, che emettono una proporzione maggiore di NO_2 , fino al 70% degli NO_x complessivi, a causa del sistema di trattamento dei gas di scarico di questi veicoli.
- Monossido di Carbonio: Il monossido di carbonio (CO), incolore e inodore, è un tipico prodotto derivante dalla combustione. Il CO viene formato in modo consistente durante la combustione di combustibili con difetto di aria e cioè quando il quantitativo di ossigeno non è sufficiente per ossidare completamente le sostanze organiche. A bassissime dosi il CO non è pericoloso, ma già a livelli di concentrazione nel sangue pari al 10-20% il soggetto avverte i primi sintomi dovuti all'esposizione a monossido di carbonio, quali lieve emicrania e stanchezza.

La principale sorgente di CO è storicamente rappresentata dal traffico veicolare (circa l'80% delle emissioni a livello mondiale), in particolare dai gas di scarico dei veicoli a benzina. La concentrazione di CO emessa dagli scarichi dei veicoli è strettamente connessa alle condizioni di funzionamento del motore: si registrano concentrazioni più elevate con motore al minimo e in fase di decelerazione, condizioni tipiche di traffico urbano intenso e rallentato. La continua evoluzione delle tecnologie utilizzate ha comunque permesso di ridurre al minimo la presenza di questo inquinante in aria.

VALORI LIMITE DELLA QUALITA' DELL'ARIA

Come precedentemente ribadito la normativa di riferimento è costituita prevalentemente dal D.Lgs, n.155 del 13 Agosto 2010 "Attuazione della direttiva 2008/50/CE relativa alla qualità dell'aria ambiente e per un'aria più pulita in Europa". Nello specifico tale decreto definisce, all'Allegato XI, i valori limite per il Biossido di Azoto, il particolato PM 2.5, e il Monossido di Carbonio.

Nella tabella seguente sono indicati, per gli inquinanti considerati, il periodo di mediazione (periodo di tempo durante il quale i dati raccolti sono utilizzati per calcolare il valore riportato) ed il valore limite.

Inquinante	Livello di protezione	Periodo di mediazione	Valore limite
NO₂	Valore limite orario per la protezione della salute umana	1 ora	200 µg/m³ da non superare più di 18 volte per l'anno civile
	Valore limite annuale per la protezione della salute umana	Anno civile	40 µg/m³
PM2.5	Valore limite annuale per la protezione della salute umana	Anno civile	25 µg/m³
CO	Media massima giornaliera calcolata su 8 ore (*)		10 mg/m³

(*) la massima concentrazione media giornaliera su 8 ore si determina con riferimento alle medie consecutive su 8 ore, calcolate sulla base di dati orari ed aggiornate ogni ora. Ogni media su 8 ore in tal modo calcolata e' riferita al giorno nel quale la serie di 8 ore si conclude: la prima fascia di calcolo per un giorno e' quella compresa tra le ore 17:00 del giorno precedente e le ore 01:00 del giorno stesso; l'ultima fascia di calcolo per un giorno e' quella compresa tra le ore 16:00 e le ore 24:00 del giorno stesso.

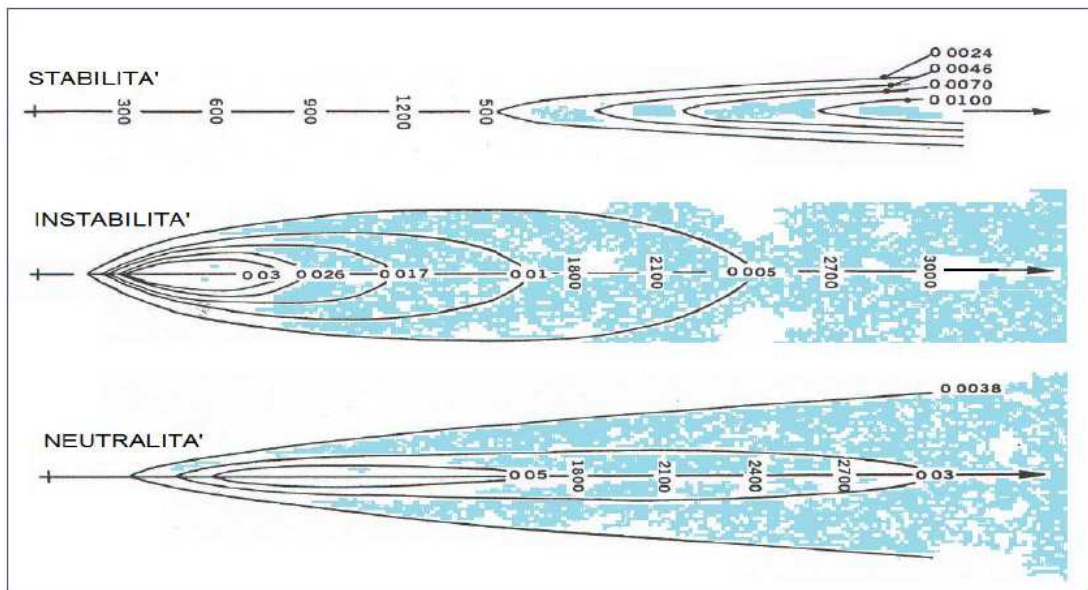
CENNI DI TEORIA DELLA DISPERSIONE DEGLI INQUINANTI

La concentrazione di una sostanza inquinante in atmosfera, rilasciata a livello del suolo diminuisce durante il tragitto (dispersione) mentre la nube di concentrazione (plume) che essa forma, si ingrandisce, allargandosi, durante lo stesso tratto. La dispersione degli inquinanti, avviene ad opera della turbolenza dell'atmosfera che provoca il rimescolamento tra le masse d'aria mediante l'azione dei vortici. La diluzione della concentrazione è elevata quando la dimensione dei vortici è dello stesso ordine di grandezza del volume dell'emissioni. Spesso perciò, si suole definire la dispersione dell'inquinante, della sorgente emissiva, come diffusione turbolenta che, a sua volta, può avere origine termica (turbolenza da correnti convettive ascendenti d'aria calda) o meccanica (se provocata dalla rugosità del suolo nei confronti delle correnti d'aria. Questi fenomeni vengono poi aumentati o diminuiti dallo stato di equilibrio meteorologico dell'atmosfera (stabilità atmosferica).

Il rimescolamento e la diluzione degli inquinanti si verificano, prevalentemente, al di sotto della quota di inversione, all'interno di uno strato denominato di miscelamento. L'altezza di rimescolamento è calcolata in base alla classe di stabilità atmosferica secondo la seguente tabella (M. C. Cirillo et Al., 1993)

Classe di Stabilità atmosferica	Quota di rimescolamento [m]
A	1.500
B	1.500
C	1.000
D	500
E	10.000
F	10.000

I concetti di stabilità, neutralità ed instabilità atmosferica, sono legati a delle condizioni fisiche di equilibrio dinamico della massa d'aria. L'instabilità atmosferica è una condizione meteorologica che favorisce i moti verticali delle particelle d'aria (turbolenza sviluppata ed atmosfera ben miscelata) e, quindi, il mescolamento, la dispersione e la diluizione delle sostanze inquinanti. Inversamente, una condizione di stabilità atmosferica, ostacola tali moti verticali (stratificazione della massa d'aria con moti verticali molto limitati), impedisce il mescolamento e la dispersione e favorisce l'accumulo degli inquinanti. Una condizione intermedia alle precedenti rappresenta, quindi, una condizione di neutralità (vedi Fig. 1).



Convenzionalmente, la stabilità può essere classificata facendo riferimento alle prime 6 (sei) lettere dell'alfabeto, con il seguente significato: A) fortemente instabile; B) instabile; C) leggermente instabile; D) neutra; E) leggermente stabile ed F) stabile. Le classi di stabilità, secondo Frak Pasquill (1961), sono calcolate sulla base della velocità del vento, della radiazione solare diurna e della nuvolosità notturna (notte, intesa come periodo che va da un'ora prima del tramonto ad un'ora dopo il sorgere del sole).

Velocità del vento a 10 m di quota u_{10} [m/s]	Giorno Radiazione solare globale [W/m ²]					Notte Frazione di copertura nuvolosa			
	Forte > 700	Moderata			Debole < 140	≤ 3/8	≥ 4/8	> 7/8	
		700÷540	540÷400	400÷270					270÷140
< 2	A	A	B	B	C	D	F	F	D
2 ÷ 3	A	B	B	B	C	D	F	E	D
3 ÷ 4	B	B	B	C	C	D	E	D	D
4 ÷ 5	B	B	C	C	D	D	D	D	D
5 ÷ 6	C	C	C	C	D	D	D	D	D
> 6	C	C	D	D	D	D	D	D	D

Per quanto riguarda invece le sorgenti emmissive, esse possono essere classificate in base alla loro geometria che può essere schematizzata, così come di seguito:

- Puntiforme continua (del tipo *a pennacchio* di ciminiera);
- Lineare continua (del tipo *autostradale*);
- Areale continua (del tipo *urbano*);
- Volumico confinata (del tipo *aa puff*).

DESCRIZIONE DEL MODELLO DI SIMULAZIONE MMS WinDIMULA 4

Il presente studio è stato condotto mediante l'utilizzo del software MMS WinDimula 4.x, nuova versione del noto modello gaussiano multisorgente WinDimula, inserito nell'elenco dei modelli consigliati da APAT (Agenzia Italiana per la protezione dell'ambiente e per i servizi tecnici) per la valutazione e gestione della qualità dell'aria.

MMS WinDimula implementa l'uso di tre moduli di calcolo:

- il modulo per calcoli della concentrazione e della deposizione al suolo degli inquinanti emessi da sorgenti puntiformi (camini) e areali (discariche);
- Il modulo per il calcolo delle altezze efficaci delle sorgenti puntiformi;
- il modulo per il calcolo della velocità di deposizione secca.

Il programma presenta una interfaccia utente semplice e funzionale che permette di gestire un progetto completo con l'inserimento guidato dai dati del dominio di calcolo, delle sorgenti inquinanti e dei dati meteorologici. I calcoli sono contenuti nel progetto e il programma dispone di funzioni per la visualizzazione sia grafica che tabellare dei calcoli effettuati.

Sistema di coordinate

Il sistema di coordinate utilizzate è un sistema cartesiano con l'asse x orientato da Ovest a Est e l'asse y orientato da Sud a Nord.

Le unità di misura sono espresse in metri e la posizione dei vari punti del reticolo cartesiano è espressa dall'equazione seguente:

$$x = x_0 + (i - 1) \cdot \Delta x \quad \text{Eq. 1-1}$$

dove x_0 rappresenta la posizione dell'origine del reticolo ed i indica la i -esima cella. (analogamente per y).

Calcolo delle distanze

Durante il calcolo il sistema di coordinate viene ruotato per portare l'asse x a coincidere con la direzione del vento.

Le equazioni utilizzate sono le seguenti:

- modifica della direzione del vento:

$$dd = \frac{(270 - dirprov) \cdot \pi}{180} \quad \text{Eq. 1-2}$$

dove *dirprov* è la direzione di provenienza del vento in gradi (secondo le convenzioni meteorologiche internazionali) inserita come dato di input;

- modifica della posizione della sorgente e del recettore:

$$\begin{aligned}x' &= x \cdot \cos(dd) + y \cdot \sin(dd) \\y' &= y \cdot \cos(dd) - x \cdot \sin(dd)\end{aligned}\quad \text{Eq. 1-3}$$

- calcolo della distanza sottovento e della distanza perpendicolare alla direzione del vento di un recettore rispetto alla sorgente:

$$\begin{aligned}DX &= x'_R - x'_S \\DY &= \text{abs}(y'_R - y'_S)\end{aligned}\quad \text{Eq. 1-4}$$

Calcolo del vento alla quota *H*

Teoricamente il vento che appare nella formulazione gaussiana dovrebbe essere inteso come valore medio sull'estensione del pennacchio.

Poiché i dati meteorologici di partenza sono generalmente disponibili al suolo si utilizza una legge esponenziale per trasportare l'intensità della velocità del vento alla quota desiderata, mantenendone comunque costante la direzione. Nel calcolo dell'altezza efficace si utilizza la velocità del vento riportata all'altezza fisica del camino; nel calcolo dell'equazione si utilizza il valore medio tra la velocità del vento riportata all'altezza fisica del camino e la velocità del vento riportata all'altezza efficace, cioè all'altezza effettiva del rilascio. L'equazione utilizzata è la seguente:

$$u_{He} = u_{ref} \cdot \left(\frac{H_e - z_0}{z_{ref}} \right)^p$$

Eq. 2-1

dove:

u_{He} : velocità del vento alla quota desiderata;

u_{ref} : velocità del vento misurata alla quota z_{ref} ;

H_e : quota di calcolo;

z_0 : rugosità superficiale;

p : esponente che dipende dalla classe di stabilità :

Classe stabilità	di	Coeff. P
A		0.1
B		0.1
C		0.16
D		0.16
E		0.3
F		0.3

Modello Short Term per sorgenti puntiformi in presenza di vento: formula generale dell'equazione gaussiana

L'equazione gaussiana che esprime la concentrazione per sorgenti puntiformi elevate con emissioni continue assume la seguente forma:

$$C(x, y, z) = \frac{Q}{2\pi u \sigma_y(x) \sigma_z(x)} \exp\left[-\frac{y^2}{2\sigma_y(x)^2}\right] \cdot V \cdot D$$

Eq. 3-1

dove :

Q : emissione di inquinante espresso come massa per unità di tempo;

V : termine verticale;

D : termine di decadimento;

$\sigma_y(x)$, $\sigma_z(x)$: coefficienti di dispersione laterale e verticale (m) ;

u : velocità del vento alla quota del rilascio (m/s) ;

x : distanza sottovento tra la sorgente e il recettore rispetto alla direzione del vento;

y : distanza perpendicolare alla direzione del vento tra l'asse del pennacchio e il recettore;

z : quota del recettore rispetto al suolo.

Tale equazione viene ricavata in base alle seguenti ipotesi:

- processo stazionario;
- condizioni meteorologiche costanti;
- trasporto turbolento lungo l'asse x trascurabile rispetto al trasporto per avvezione;
- coefficienti di dispersione costanti in y e z;
- emissione costante;
- suolo riflettente.

L'equazione Gaussiana non è applicabile in condizioni di calma di vento; per questo motivo si assume generalmente un valore minimo di 1 m/s per la velocità del vento.

Termine verticale

La forma generale del termine verticale V è la seguente:

$$V = \exp\left(-\frac{(z-h)^2}{2\sigma_z^2}\right) + \exp\left(-\frac{(z+h)^2}{2\sigma_z^2}\right) + V_{inv}$$

Eq. 3-2

dove il secondo termine rappresenta l'effetto della riflessione del terreno e il termine V_{inv} rappresenta l'effetto delle riflessioni del plume causate dalla presenza di un'inversione in quota.

Il termine h assume inizialmente la seguente forma:

$$h = H_{cam} + \Delta H$$

Eq. 3-3

dove H_{cam} rappresenta l'altezza fisica del camino (eventualmente corretta per la presenza dell'effetto scia o della formula utilizzata per descrivere il downwash degli edifici) e ΔH rappresenta il sovrizzo dei fumi.

Termine verticale in presenza di inversione in quota

Le classi A,B,C, e D sono caratterizzate da un'inversione in quota che limita la diffusione verticale. La quota di questa inversione in quota viene spesso indicata con il termine di altezza di rimescolamento.

La presenza di questa inversione in quota modifica l'equazione gaussiana con l'introduzione del termine V_{inv} :

$$V_{inv} = \sum_{i=1}^{\infty} \left\{ \exp\left(-\frac{(z-h_1)^2}{2\sigma_z^2}\right) + \exp\left(-\frac{(z+h_1)^2}{2\sigma_z^2}\right) + \exp\left(-\frac{(z-h_2)^2}{2\sigma_z^2}\right) \exp\left(-\frac{(z+h_2)^2}{2\sigma_z^2}\right) \right\}$$

$$h_1 = 2iH_{inv} - h$$

$$h_2 = 2iH_{inv} + h$$

Eq. 3-4

dove H_{inv} rappresenta la base dell'inversione in quota.

L'inversione in quota si comporta come un tappo riflettendo verso il suolo la diffusione del pennacchio. Il modello gaussiano non considera la possibilità che il pennacchio riesca a superare l'inversione: nel caso ciò si realizzi la diffusione verso il basso viene fortemente inibita e i valori di concentrazione risultano molto bassi. Per questo motivo l'inserimento di una inversione in quota più bassa dei valori standard dello strato rimescolato va effettuata con molta cautela perché può portare a valori molto elevati e non realistici di concentrazione al suolo.

La serie riportata nella formula converge abbastanza rapidamente e in generale sono sufficienti poche iterazioni: il parametro impostato di default esegue 4 riflessioni.

Il modello contiene dei valori di default per l'altezza dello strato rimescolato: è comunque possibile inserire un valore direttamente come dato di input.

Nel nostro caso sono stati inseriti i valori di quota di rimescolamento indicati dalla tabella di Cirillo (1993) sopra riportata.

Termine verticale per diffusione di particolato

In caso di diffusione di particolato o di gas pesanti il modello gaussiano viene modificato per tener conto degli effetti legati alla velocità di sedimentazione gravitazionale. Il primo effetto sull'equazione è quello di introdurre un abbassamento dell'asse del pennacchio modificando il termine h descritto nell'equazione Eq. 3-3:

$$h = H_{cam} + \Delta H - \frac{v_g \cdot x}{u}$$

Eq. 3-5

dove :

v_g : rappresenta la velocità di sedimentazione gravitazionale;

u : velocità del vento alla quota del pennacchio.

La modifica del termine h serve a tener conto dell'effetto della gravità sulla diffusione dell'inquinante e viene generalmente indicato come Tilted Plume Model.

Coefficienti di Dispersione

Il calcolo dei coefficienti di dispersione procede attraverso i seguenti passi:

- calcolo delle sigma di Briggs;
- correzione dei valori calcolati introducendo il calcolo della BID (Buoyancy Induced Dispersion).

Formule di Briggs

Le formule di dispersione più utilizzate nei modelli per il calcolo di σ_y e σ_z in mancanza di misurazioni o calcoli diretti della turbolenza sono quelle di Briggs (1973) ottenute combinando una larga serie di dati sperimentali:

$$\sigma_y = ax^e(b + cx^f)^d$$

Eq. 3-25

Classe di stabilità	Briggs in campo aperto		Briggs in arre urbane	
	a	c	a	c
A	0.22	0.0001	0.32	0.0004
B	0.16	0.0001	0.32	0.0004
C	0.11	0.0001	0.22	0.0004
D	0.08	0.0001	0.16	0.0004
E	0.06	0.0001	0.11	0.0004
F	0.04	0.0001	0.11	0.0004

dove:

b=1

d=-0.5

e=1

f=1

$$\sigma_z = ax^e(b + cx^f)^d$$

Eq. 3-26

Classe di stabilità	Briggs in campo aperto			Briggs in arre urbane		
	a	c	d	a	c	d
A	0.2	0	1	0.24	0.001	0.5
B	0.12	0	1	0.24	0.001	0.5
C	0.08	0.0002	-0.5	0.2	0	1
D	0.06	0.0015	-0.5	0.14	0.0003	-0.5
E	0.03	0.0003	-1	0.08	0.0015	-0.5
F	0.016	0.0003	-1	0.08	0.0015	-0.5

dove:

b=1

e=1

f=1

Anche se Cirillo e Poli (1992) suggeriscono che in condizioni di vento debole / calma di vento le stime di tali coefficienti basate sulle formule sopra riportate possono essere significativamente diverse dai valori misurati, l'utilizzo delle formule di Briggs è la soluzione più adottata nelle condizioni nelle quali mancano misure dirette della turbolenza.

B.I.D - Buoyancy induced dispersion

Una volta effettuato il calcolo dei coefficienti di dispersione questi vengono corretti per tener conto della dispersione iniziale dei fumi causata dalla turbolenza dei fumi e dalla turbolenza dell'aria. Il metodo adottato si basa sulla formula di Pasquill e fa parte delle opzioni regolatorie suggerite dalle linee guida EPA:

$$\sigma' = \left(\sigma^2 + \left(\frac{dH}{3,5} \right)^2 \right)^{1/2}$$

Eq. 3-28

dove :

dH : sovrizzo dei fumi

Nel calcolo di dH si tenga conto che se è stata applicata la correzione per tener conto dell'effetto scia del camino il sovrizzo va calcolato non in relazione all'altezza fisica del camino ma all'altezza ridotta modificata dall'effetto scia.

Termine di decadimento

Il termine di decadimento inserito nell'equazione di concentrazione è un modo semplice per considerare l'effetto sulla concentrazione della rimozione del materiale inquinante. Tale rimozione può essere dovuta a deposizione secca o umida, a effetti chimici o altro.

Il termine di decadimento è della forma:

$$D = \exp\left(-\psi \frac{x}{u_s}\right)$$

Eq. 3-34

dove ψ rappresenta il coefficiente di decadimento espresso in secondi alla meno 1.

Assegnare a ψ il valore 0 significa trascurare il decadimento (opzione di default).

Una relazione utile per calcolare ψ se è noto il tempo di dimezzamento della sostanza in esame è la seguente:

$$\psi = \frac{0.693}{T_{1/2}}$$

Eq. 3-35

Modello Climatologico: Equazione di base per sorgenti puntiformi

Il calcolo climatologico utilizza la formulazione gaussiana valutata sui settori di provenienza del vento. Oltre alle assunzioni di base già descritte in precedenza vengono fatte le seguenti assunzioni:

- la rosa dei venti viene divisa in 16 settori di ampiezza 22,5°;
- all'interno di ogni settore la concentrazione dipende solo dalla distanza radiale tra la sorgente e il recettore (quindi non si ha dipendenza dalla distanza perpendicolare alla direzione del vento y).

In queste ipotesi l'equazione usata per il calcolo climatologico è la seguente:

$$C(R, \Delta\theta, z) = \frac{Q}{\sqrt{2\pi} \cdot u \cdot R \cdot \sigma_z(R)_z \cdot \Delta\theta} \cdot V \cdot D \cdot S$$

Eq. 4-1

Q : emissione di inquinante espresso come massa per unità di tempo;

V : termine verticale;

D : termine di decadimento;

R : distanza radiale recettore sorgente nel settore di calcolo;

$\Delta\theta$: ampiezza del singolo settore;

$\sigma_z(x)$: coefficienti di dispersione laterale e verticale (m);

u : velocità del vento alla quota del rilascio (m/s);

z : quota del recettore rispetto al suolo;

S : funzione di smoothing.

Tale equazione rappresenta il contributo alla concentrazione in un punto R di una singola sorgente puntiforme. Il valore di concentrazione totale prodotto da una singola sorgente sarà

$$C_{tot} = \sum_{istab, idir, ivel} C(R, z) \cdot \frac{f(istab) \cdot f(istab, idir, ivel)}{10^6}$$

Eq. 4-2

dato da:

dove:

$istab$: somma sulle classi di stabilità (A,B,C,D,E,F+G,Nebbie);

$idir$: somma sui settori di provenienza del vento;

$ivel$: somma sulle classi di velocità;

$f(istab)$: frequenza normalizzata a 1000 di accadimento della $istab$ -esima classe di stabilità;

$f(istab, idir, ivel)$: frequenza normalizzata a 1000 di accadimento della $idir$ -esima direzione e della $ivel$ -esima classe di velocità della $istab$ -esima classe di stabilità.

Attribuzione dei recettori ai settori

L'attribuzione dei recettori ai settori di provenienza del vento rappresenta uno dei punti critici del modello DIMULA DOS: con il metodo originariamente utilizzato infatti poteva verificarsi che:

- punti di confine tra settori non siano assegnati (e quindi siano esclusi dal calcolo);
- punti di confine tra settori siano assegnati a più settori (e quindi siano calcolati più volte);
- simulazioni eseguite su reticoli innestati non producono gli stessi risultati negli stesso recettori.

Il nuovo modello contiene due metodi di attribuzione dei recettori ai settori.

Corretta assegnazione dei punti ai settori

Si assegna un punto recettore ad un determinato settore se si verifica la condizione:

$$DY \leq DX \cdot \tan(\vartheta_{sethalf} + \varepsilon)$$

Eq. 4-3

dove:

- DX è la distanza sorgente recettore lungo l'asse x dopo la rotazione degli assi effettuata in base alla direzione di provenienza del vento (DX è positivo in quanto se $DX < 0$ significa che il recettore si trova sopravento alla sorgente e quindi il calcolo non viene effettuato);
- Dy è il valore assoluto della distanza sorgente recettore lungo l'asse y dopo la rotazione degli assi effettuata in base alla direzione di provenienza del vento;
- $\theta_{sethalf}$ è la semiampiezza del settore angolare (11,25°)
- ε un valore piccolo (0,25 °) che ampliando i limiti dei settori evita l'esclusione di punti

Inoltre viene svolto un controllo in modo da accertarsi che ogni recettore sia attribuito a un solo settore in modo da evitare doppie assegnazioni.

Modello per le calme di vento

Ai fini delle misure strumentali le calme di vento sono tutte quelle situazioni meteorologiche nelle quali gli strumenti di misura non riescono a definire una direzione e una intensità del vento.

A questa situazione strumentale (assenza del dato) corrispondono in realtà moltissime e diverse situazioni meteorologiche.

La gestione modellistica delle calme di vento presenta sostanzialmente due problemi:

- mancanza di dati per inizializzare i modelli;

- varietà delle situazioni meteorologiche che ricadono nella definizione di calme di vento.

Queste difficoltà hanno portato l'EPA a definire una metodologia per trattare le calme di vento che consiste in un preprocessamento dei dati meteorologici finalizzato all'eliminazione delle condizioni di calma.

I modelli gaussiani, in particolare, non sono in grado di gestire le calme di vento:

- per ragioni fisiche in quanto contrastano con le ipotesi di derivazione della formulazione gaussiana;
- per ragioni matematiche in quanto la velocità del vento è presente a denominatore.

La soluzione presente nella versione precedente di DIMULA si basa sul modello Cagnetti Ferrara; questo modello, basato sull'integrazione temporale dell'equazione gaussiana a puff, presenta però il difetto di divergere nell'origine calcolando valori irrealistici e sovrastimati nei recettori vicini alla sorgente.

Per questo motivo la trattazione delle calme e delle condizioni di vento debole è stata modificata adottando il modello Cirillo Poli.

Il modello Cirillo Poli

Il modello Cirillo Poli è anch'esso basato sull'integrazione temporale dell'equazione gaussiana a puff ma con una formulazione differente rispetto al modello Cagnetti Ferrara. L'equazione per il calcolo della concentrazione è la seguente:

$$C(x, y, z) = \sum_{i=1,2} \frac{Q}{(2\pi)^{3/2} \alpha\beta\gamma \cdot T_i^2} \exp\left(\frac{-u^2}{2\alpha^2}\right) \left\{ 1 + \sqrt{\frac{\pi}{2}} \frac{ux}{\alpha^2 T_i} \exp\left(\frac{u^2 x^2}{2\alpha^4 T_i^2}\right) \operatorname{erfc}\left(\frac{-ux}{\sqrt{2}\alpha^2 T_i}\right) \right\}$$

$$T_1^2 = \frac{x^2}{\alpha^2} + \frac{y^2}{\beta^2} + \frac{(z+H)^2}{\gamma^2}$$

$$T_2^2 = \frac{x^2}{\alpha^2} + \frac{y^2}{\beta^2} + \frac{(z-H)^2}{\gamma^2}$$

Eq. 5-1

dove α , β e γ sono legati ai coefficienti di diffusione turbolenta dalla relazione:

$$\alpha = \sigma_u$$

$$\beta = \sigma_v$$

$$\gamma = \frac{1}{t} \sigma_z(t)$$

Eq. 5-2

Tale modello si applica solo alle sorgenti puntiformi e, come si può vedere esaminando le equazioni, pur presentando una soluzione che ricorda la gaussiana, presenta valori diversi da zero anche sopravento alla sorgente.

Valutazione dei coefficienti di dispersione

I coefficienti di diffusione turbolenta sono stimati nel modo seguente:

$$\gamma = I_z \cdot u$$

$$\sigma_u = u \sqrt{\text{Cosh}(\sigma_\theta^2) - 1}$$

$$\sigma_v = u \sqrt{\text{Sinh}(\sigma_\theta^2)}$$

Eq. 5-3

dove σ_θ rappresenta la deviazione standard della direzione del vento e I_z i coefficienti turbolenti verticali definiti da Briggs e riportati nella tabella seguente:

Stabilità	A	B	C	D	E	F+G
I_z	0,2	0,12	0,08	0,06	0,03	0,016

Il modello è particolarmente indicato nelle situazioni nelle quali il valore di σ_θ è maggiore di 40°, anche se i test e le verifiche riportate in letteratura utilizzano comunque valori inferiori con buoni risultati.

Non sono attualmente disponibili in Italia studi che legano i valori di σ_θ alle classi di stabilità. Indicativamente si possono considerare le correlazioni stabilite da Pasquill – Gifford e ritenute valide da EPA per la definizione strumentale delle classi di stabilità:

Classe di stabilità	σ_θ (gradi)	σ_θ assegnato di default dal modello
A	$22,5 \leq \sigma_\theta$	40
B	$17,5 \leq \sigma_\theta < 22,5$	20
C	$12,5 \leq \sigma_\theta < 17,5$	15
D	$7,5 \leq \sigma_\theta < 12,5$	15
E	$3,8 \leq \sigma_\theta < 7,5$	15
F+G	$\sigma_\theta < 3,8$	15

.Tabella 5-1

Seguendo anche le indicazioni riportate in altri modelli EPA si assume un valore limite inferiore per la dispersione orizzontale calcolata perpendicolare all'asse del pennacchio; tale valore, modificabile dall'utente, si riflette in un valore limite inferiore per σ_θ e per σ_u . I valori suggeriti sono:

$\sigma_v = 0.5$ per le classi A, B, C, D

$\sigma_v = 0.2$ per le classi E, F+G

Riflessioni in quota

In analogia con quanto applicato al modello gaussiano in caso di riflessioni in quota (fumigazione), quindi limitatamente alle classi A, B, C, D l'equazione Eq. 5-1 viene modificata aggiungendo alla serie ulteriori termini dove i parametri T assumono la seguente forma:

$$T_1^2 = \frac{x^2}{\alpha^2} + \frac{y^2}{\beta^2} + \frac{(z - (2iH_{inv} - H))^2}{\gamma^2}$$

$$T_2^2 = \frac{x^2}{\alpha^2} + \frac{y^2}{\beta^2} + \frac{(z + (2iH_{inv} - H))^2}{\gamma^2}$$

$$T_3^2 = \frac{x^2}{\alpha^2} + \frac{y^2}{\beta^2} + \frac{(z - (2iH_{inv} + H))^2}{\gamma^2}$$

$$T_4^2 = \frac{x^2}{\alpha^2} + \frac{y^2}{\beta^2} + \frac{(z + (2iH_{inv} + H))^2}{\gamma^2}$$

Eq. 5-4

con $i=1$, Nriff numero massimo di riflessioni impostato come parametro di default, e H_{inv} la base dell'inversione in quota.

L'inversione in quota si comporta come un tappo riflettendo verso il suolo la diffusione del pennacchio. Il modello gaussiano non considera la possibilità che il pennacchio riesca a superare l'inversione: nel caso ciò si realizzi la diffusione verso il basso viene fortemente inibita e i valori di concentrazione risultano molto bassi. Per questo motivo l'inserimento di una inversione in quota più bassa dei valori standard dello strato rimescolato va effettuata con molta cautela perché può portare a valori molto elevati e non realistici di concentrazione al suolo.

La serie riportata nella formula converge abbastanza rapidamente e in generale sono sufficienti poche iterazioni: il parametro impostato di default esegue 4 riflessioni.

Il modello contiene dei valori di default per l'altezza dello strato rimescolato: è comunque possibile inserire un valore direttamente come dato di input.

Equazione a settori nel modulo climatologico

Il modello gaussiano climatologico è ottenuto integrando l'equazione su singoli settori di provenienza del vento. In genere si utilizzano 16 settori di ampiezza di 22,5°. Il procedimento matematico consiste nel risolvere il seguente integrale:

$$C(z, R, settore) = \frac{\int C(x, y, z) d\theta}{R(sett)}$$

Eq. 5-5

dove R(sett) rappresenta la larghezza del settore.

Nel caso dell'equazione *Eq. 5-1* l'applicazione diretta di tale metodo risulta notevolmente complessa. Per evitare di dover integrare l'equazione del modello si è scelto di adottare una tecnica simile a quella utilizzata dal modello ISC per integrare sui settori la concentrazione prodotta dalle sorgenti areali.

Dato il recettore X(x,y) che appartiene al settore S, sia R la distanza radiale tra la sorgente e il recettore e R(S) l'arco del settore S posto a distanza R dalla sorgente; assumendo fissa la direzione di provenienza del vento (bisettrice del settore) il modello calcola il valore di concentrazione prodotto in n punti posti sull'arco del recettore S situato alla distanza R dalla sorgente ed effettua la media di tali valori.

$$C(z, R, Settore) = \frac{1}{N} \sum_{i=1, N} C(x, y, z) \Big|_{(x,y) \in R(S)}$$

Eq. 5-6

Il valore così calcolato viene assegnato al punto X(x,y) e a tutti i punti situati sull'arco R(S).

METODOLOGIA PER LA STIMA DEGLI IMPATTI SULL'ATMOSFERA

La valutazione quantitativa degli impatti sull'atmosfera in termini di qualità dell'aria, dovuti all'attività commerciale in progetto, avviene attraverso lo studio modellistico previsionale dei valori delle concentrazioni in atmosfera dei seguenti inquinanti: PM 2.5, NO₂, CO.

Si precisa che sono stati analizzati tutti gli inquinanti richiesti da Arpa, per i quali sono previsti limiti normativi vigenti in materia di qualità dell'aria o standard di riferimento internazionale per la salute umana.

Lo studio del modello previsionale è stato sviluppato secondo le seguenti fasi:

- definizione di un reticolo cartesiano di riferimento;

- caratterizzazione delle sorgenti emissive e analisi dello stato di fatto delle emissioni in atmosfera;
- caratterizzazione dei ricettori discreti;
- caratterizzazione delle condizioni meteo dell'area oggetto di studio;
- caratterizzazione e quantificazione delle emissioni degli inquinanti rilasciati dai mezzi circolanti sull'area, nelle condizioni di massima capacità;
- post processamento dei dati con RunAnalyzer: analisi dei risultati delle concentrazioni degli inquinanti attese nell'area di studio e confronti con i limiti normativi vigenti.

RETICOLO CARTESIANO DI RIFERIMENTO

Il reticolo cartesiano di riferimento al modello di MMSDimula corrisponde ad un rettangolo di circa 1,0 km x 0.5 km come indicato nella mappa.



Tale rettangolo comprende un'area caratterizzata da un'orografia completamente pianeggiante. Ai fini della simulazione si considera quindi un terreno piatto in cui i punti della griglia sono posizionati ad una quota di 0 m sul livello del suolo.

CARATTERISTICHE DEI RICETTORI DISCRETI

Come ricettori discreti, indicati con la sigla R e seguiti da un numero, si considerano dei ricettori immaginari posti sugli edifici abitativi più vicini all'area (vedi planimetria) a quota +1.50 m sul livello del suolo.

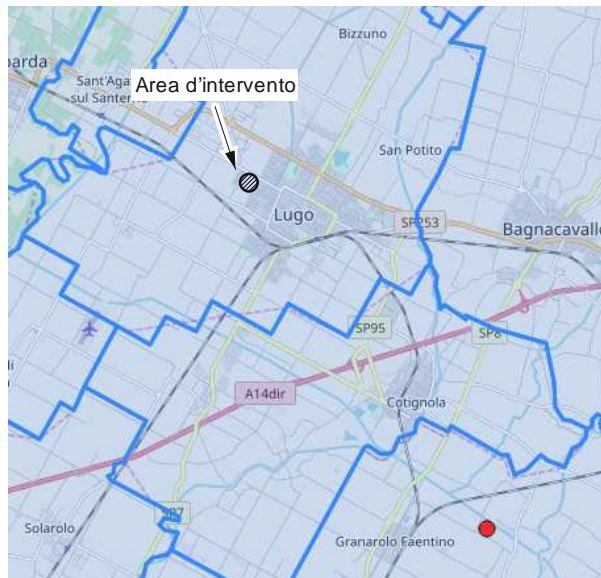
In planimetria si indicano inoltre le distanze minime dai confini del lotto.



CARATTERIZZAZIONE METEO CLIMATICA

I dati meteorologici sono stati ottenuti dal portale Dext3r della Regione Emilia Romagna, un'applicazione per l'estrazione in autonomia dei dati meteo registrati dalla rete di rilevamento regionale RIRER gestita da Arpa-Simc.

La stazione meteo Arpa di riferimento è quella situata a Granarolo Faentino a circa 8 km a Sud dell'area d'intervento.



I dati estrapolati comprendono un intervallo temporale di un anno, dal 1 Gennaio 2018 al 31 Dicembre 2018, per tutte le 24 ore.

Nello specifico i dati forniti in input al modello di MMS WindDimula sono:

- classe di stabilità (dalla A alla F);
- altezza di rimescolamento (m);
- temperatura dell'aria (°K);
- velocità del vento (m/s);
- direzione del vento (gradi);
- percentuale di precipitazione (mm/h).

Altri valori, quali forza dell'inversione, deviazione standard sulla direzione del vento, velocità d'attrito e lunghezza di Monin-Obukov, sono forniti di default in associazione alla classe di stabilità.

Di seguito sono riportate le statistiche delle principali variabili meteorologiche considerate nel modello.

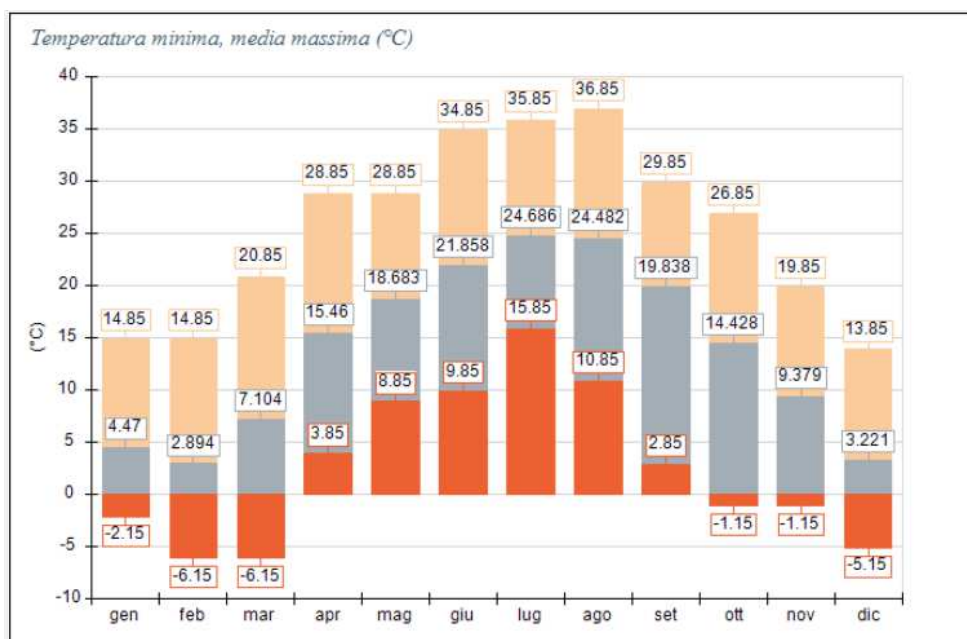
Temperatura

L'analisi dei dati ricavati da Dext3er ha permesso di arrivare ai seguenti risultati riferiti all'intervallo temporale 1 Gennaio 2018 – 31 Dicembre 2018:

- il valore minimo registrato è stato di -6.15 °C registrato a Febbraio/Marzo;
- il valore massimo registrato è stato di 36.85 °C registrato a Agosto;
- il valore medio annuale è pari a 13.94 °C.

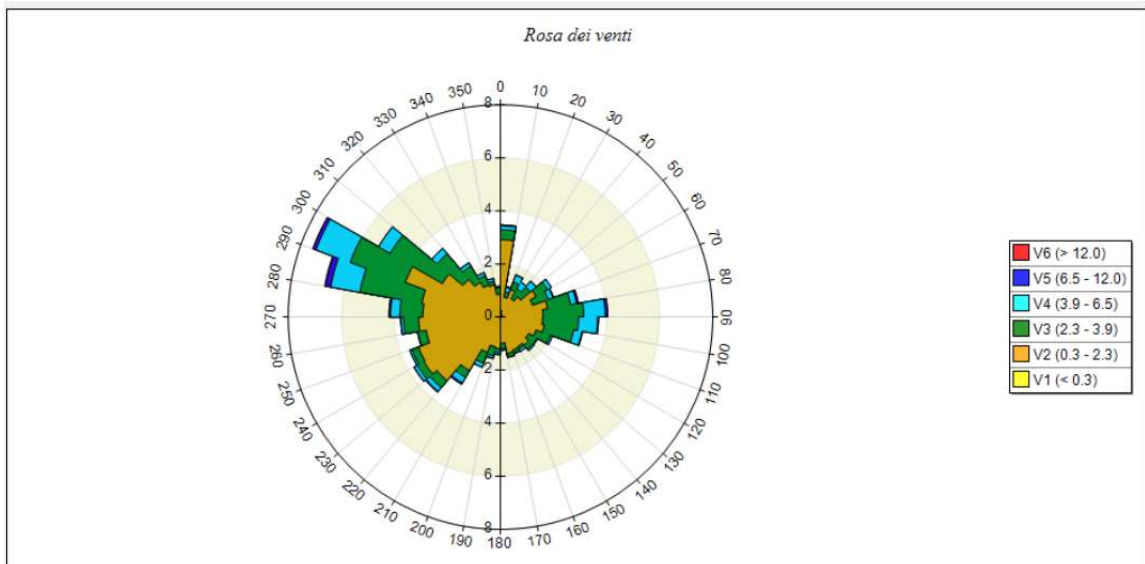
Periodo	Minima	Media	Massima
Anno	-6.15	13.94	36.85
Primavera	-6.15	13.73	28.85
Estate	9.85	23.70	36.85
Autunno	-1.15	14.55	29.85
Inverno	-6.15	3.55	14.85
gen	-2.15	4.47	14.85
feb	-6.15	2.89	14.85
mar	-6.15	7.10	20.85
apr	3.85	15.46	28.85
mag	8.85	18.68	28.85
giu	9.85	21.86	34.85
lug	15.85	24.69	35.85
ago	10.85	24.48	36.85
set	2.85	19.84	29.85
ott	-1.15	14.43	26.85
nov	-1.15	9.38	19.85
dic	-5.15	3.22	13.85

Tali risultati si traducono graficamente nell'istogramma sotto, nel quale vengono indicate in arancione le temperature minime, in grigio quelle medie ed in giallo le quelle massime.



Vento

Partendo da dati di velocità del vento (in *m/s*) e direzione del vento (in *gradi*) è stato possibile ricostruire la rosa dei venti, un diagramma che rappresenta schematicamente la provenienza dei venti che insistono su una determinata area ed in un determinato periodo. Tale rosa dei venti è costituita da 36 settori di ampiezza 10° ciascuno.



Nel dettaglio i valori corrispondenti sono indicati nella tabella seguente:

SECTORS	V1 (< 0.3)	V2 (0.3 - 2.3)	V3 (2.3 - 3.9)	V4 (3.9 - 6.5)	V5 (6.5 - 12.0)	V6 (> 12.0)	Totale	Vmed
0.0 - 10.0	0.25	2.66	0.38	0.15	0.03	0.00	3.47	1.33
10.0 - 20.0	0.00	0.75	0.21	0.17	0.03	0.00	1.16	2.34
20.0 - 30.0	0.01	1.10	0.31	0.26	0.01	0.00	1.69	2.25
30.0 - 40.0	0.00	0.79	0.45	0.29	0.00	0.00	1.52	2.53
40.0 - 50.0	0.10	0.89	0.48	0.29	0.01	0.00	1.77	2.43
50.0 - 60.0	0.00	1.55	0.50	0.16	0.00	0.00	2.21	2.04
60.0 - 70.0	0.00	1.29	0.63	0.19	0.02	0.00	2.13	2.25
70.0 - 80.0	0.01	1.79	0.88	0.23	0.07	0.00	2.98	2.33
80.0 - 90.0	0.00	1.61	1.53	0.81	0.09	0.00	4.04	2.97
90.0 - 100.0	0.01	1.58	1.36	0.72	0.03	0.00	3.70	2.79
100.0 - 110.0	0.01	1.67	1.12	0.32	0.02	0.00	3.14	2.42
110.0 - 120.0	0.01	1.42	0.57	0.08	0.00	0.00	2.08	1.88
120.0 - 130.0	0.00	1.23	0.37	0.02	0.00	0.00	1.62	1.70
130.0 - 140.0	0.00	1.38	0.19	0.07	0.00	0.00	1.64	1.61
140.0 - 150.0	0.02	1.27	0.10	0.10	0.00	0.00	1.50	1.63
150.0 - 160.0	0.01	1.31	0.13	0.02	0.00	0.00	1.47	1.42
160.0 - 170.0	0.01	1.38	0.14	0.01	0.00	0.00	1.54	1.44
170.0 - 180.0	0.00	0.98	0.22	0.05	0.00	0.00	1.24	1.64
180.0 - 190.0	0.00	1.19	0.15	0.08	0.00	0.00	1.42	1.54
190.0 - 200.0	0.00	1.13	0.35	0.09	0.01	0.00	1.59	1.87
200.0 - 210.0	0.00	1.42	0.43	0.16	0.00	0.00	2.01	1.93
210.0 - 220.0	0.00	2.33	0.30	0.24	0.06	0.00	2.92	1.92
220.0 - 230.0	0.00	3.13	0.34	0.18	0.03	0.00	3.69	1.63
230.0 - 240.0	0.00	3.33	0.29	0.14	0.01	0.00	3.77	1.60
240.0 - 250.0	0.03	3.25	0.26	0.08	0.00	0.00	3.63	1.49
250.0 - 260.0	0.00	2.84	0.32	0.01	0.00	0.00	3.17	1.53
260.0 - 270.0	0.00	3.08	0.56	0.10	0.01	0.00	3.76	1.68
270.0 - 280.0	0.00	2.92	0.87	0.35	0.06	0.00	4.20	2.13
280.0 - 290.0	0.01	2.99	2.37	1.12	0.21	0.02	6.72	2.82
290.0 - 300.0	0.00	3.81	2.21	1.37	0.13	0.00	7.52	2.72
300.0 - 310.0	0.00	2.52	2.27	0.50	0.00	0.00	5.30	2.45
310.0 - 320.0	0.00	1.85	1.27	0.26	0.00	0.00	3.38	2.35
320.0 - 330.0	0.00	1.51	0.71	0.14	0.01	0.00	2.36	2.25
330.0 - 340.0	0.00	1.28	0.38	0.13	0.00	0.00	1.78	2.01
340.0 - 350.0	0.00	1.22	0.14	0.11	0.00	0.00	1.47	1.80
350.0 - 360.0	0.00	0.86	0.25	0.05	0.00	0.00	1.15	1.84
Variabili	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Calme	1.24	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.24	0.00
Totale	1.75	65.31	23.01	9.05	0.86	0.02	100.00	0.00

dove si nota che una buona parte dei venti considerati proviene da Ovest-Nordovest (settori 280°-300°).

Infine si sottolinea che, nello specifico, sono stati individuati:

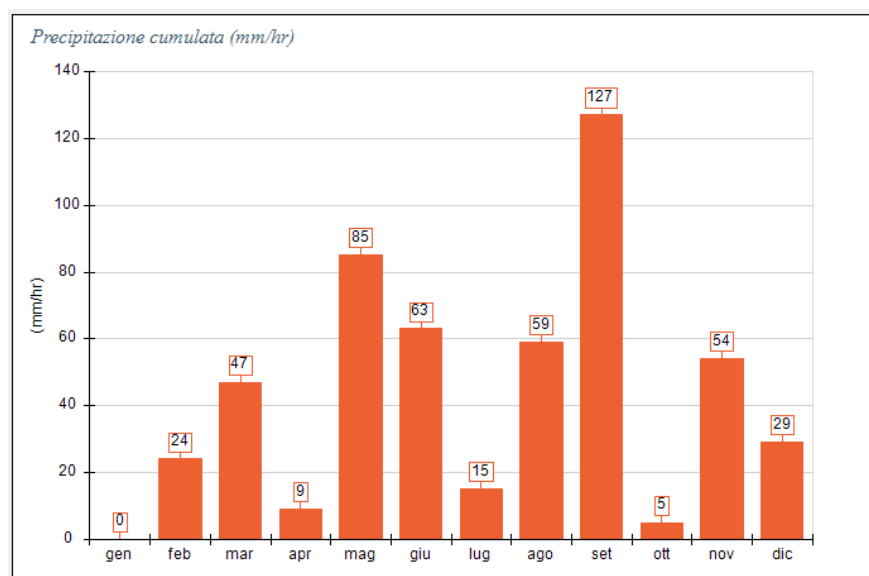
- 109 episodi di calma di vento (0 m/s);
- 168 episodi di vento debole (≤ 0.5 m/s);
- 8483 episodi di vento normale (0.5-10.5 m/s).

Precipitazioni

L'analisi dei dati sulle precipitazioni ha dato i seguenti risultati:

- il valore massimo raggiunto è 75 mm/h registrato a Settembre;
- il valore cumulato massimo viene raggiunto in autunno;
- i mesi a scarsa piovosità risultano essere Gennaio e Ottobre.

Periodo	Media	Massima	Cumulata
Anno	0.06	75.00	517.00
Primavera	0.06	14.00	141.00
Estate	0.06	16.00	137.00
Autunno	0.09	75.00	186.00
Inverno	0.02	3.00	53.00
gen	0.00	0.00	0.00
feb	0.04	3.00	24.00
mar	0.06	3.00	47.00
apr	0.01	1.00	9.00
mag	0.11	14.00	85.00
giu	0.09	11.00	63.00
lug	0.02	5.00	15.00
ago	0.08	16.00	59.00
set	0.18	75.00	127.00
ott	0.01	2.00	5.00
nov	0.08	11.00	54.00
dic	0.04	3.00	29.00



CARATTERIZZAZIONE E QUANTIFICAZIONE DEGLI INQUINANTI EMESSI

Il passo successivo è quello di esaminare i singoli inquinanti oggetto di studio ed i relativi valori di concentrazione calcolati dal modello.

Come sopra riportato, sono stati utilizzati i fattori medi di emissioni indicati dalla banca dati di Sinanet (ISPRA), la quale li fornisce con l'unità di misura g/km.

Il software MMSDimula richiede invece un dato di emissione in g/s.

Considerando che le auto (passengers cars) abbiano una velocità media di 50 km/h è stata svolta la seguente operazione di conversione:

$$3600 \text{ s} : 50 \text{ km} = 1 \text{ s} : x \text{ km}$$

$$x = 50/3600 = 0.0138 \text{ km (km percorsi in 1 secondo)}$$

A questo punto considerando che il fattore di emissione medio relativo l'inquinante CO è pari a 0.7092 g/km si imposta un'altra conversione:

$$0.7092 \text{ g} : 1 \text{ km} = x \text{ g} : 0.0138 \text{ km}$$

$$x = 0.009787$$

ossia in 0.0138 km (i km che percorro in 1 s) emetto 0.009787 g di CO.

Pertanto ottengo un'emissione totale pari a 0.009787 g/s.

Seguendo lo stesso ragionamento ottengo per gli altri inquinanti in esame:

<u>NO₂</u>	0.1454 g/km ----->0.002006 g/s
<u>PM 2.5</u>	0.0214 g/km -----> 0.000295 g/s

Per i veicoli commerciali si ipotizza la stessa velocità media di 50 km/h.

I valori risultati dalle conversioni sono:

<u>CO</u>	0.4228 g/km -----> 0.005834 g/s
<u>NO₂</u>	0.3881 g/km -----> 0.004665 g/s
<u>PM 2.5</u>	0.0590 g/km -----> 0.000814 g/s

Per i mezzi pesanti si è invece ipotizzata una velocità di 40 km/h.

$$3600 \text{ s} : 40 \text{ km} = 1 \text{ s} : x \text{ km}$$

$$x = 40/3600 = 0.0111 \text{ km (km percorsi in 1 secondo)}$$

ottenendo i seguenti risultati:

<u>CO</u>	1.1570 g/km ----->	0.012843 g/s
<u>NO₂</u>	0.5236 g/km ----->	0.005811 g/s
<u>PM 2.5</u>	0.1437 g/km ----->	0.001595 g/s

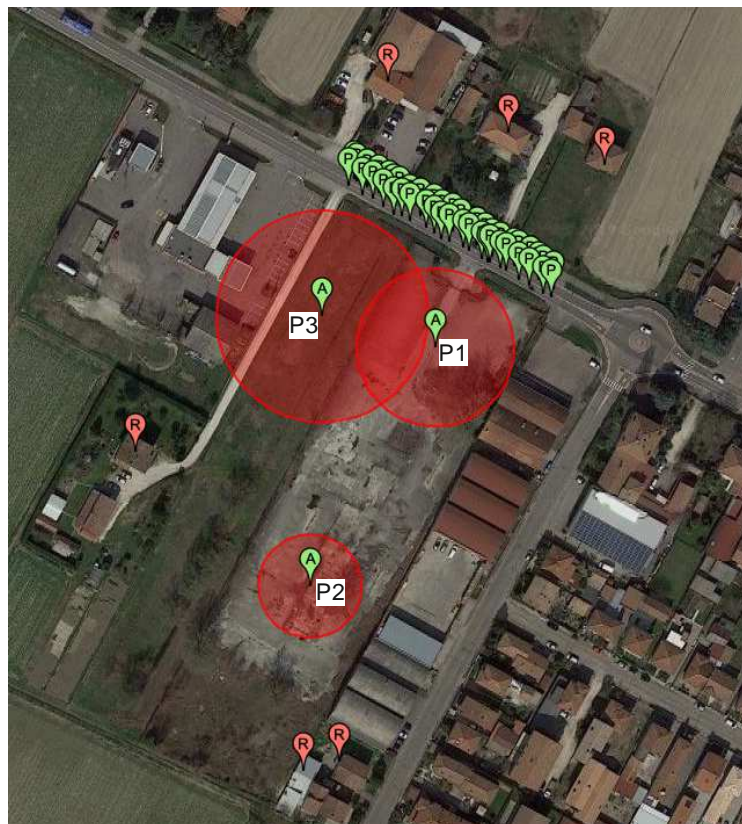
Si riassumono in tabella i valori ottenuti:

	Emissione CO (g/s)	Emissione NO₂ (g/s)	Emissione PM 2.5 (g/s)
Autoveicoli	0.009787	0.002006	0.000295
Veicoli commerciali leggeri	0.005834	0.004665	0.000814
Mezzi pesanti	0.012843	0.005811	0.001595

Tali valori di emissione vengono applicati ad ogni singolo veicolo.

Si considerano quattro sorgenti emmissive di cui 3 di tipo areale (parcheggi) ed una, un tratto di via de' Brozzi, formata da una serie di sorgenti puntiformi:

- 1) P1 area parcheggio a fronte del supermercato;
- 2) P2 area parcheggio dipendenti e area di carico/scarico;
- 3) P3 area parcheggio laterale;
- 4) Via de' Brozzi.



NB: Il software permette l'inserimento di sorgenti areali di forma circolare e non di forma rettangolare, come invece sarebbe più consono ad un'area parcheggio, pertanto si è venuta a creare un'area di intersezione tra il P1 e il P3 nella quale le emissioni saranno raddoppiate e di conseguenza anche le emissioni misurate ai ricettori saranno sicuramente sovrastimate. Inoltre viene analizzato solo il tratto della via de' Brozzi adiacente al lotto d'intervento in quanto considerare l'intera arteria stradale avrebbe comportato l'inserimento di un elevato numero di sorgenti puntiformi che avrebbero reso impossibile l'elaborazione.

- 1) L'area parcheggio P1 è composta da 110 posti auto e sul suo areale è compreso un tratto del percorso dei mezzi pesanti e dei mezzi commerciali. Nella situazione peggiore avremo parcheggio pieno (110 auto), qualche veicolo commerciale ed al massimo 2 mezzi pesanti transitanti da/verso l'area di carico/scarico.
- 2) L'area parcheggio P2 è composta da 16 posti auto e dall'area di carico/scarico. Considero che il parcheggio sia pieno e che nell'area transitino sia mezzi commerciali leggeri (furgoncini del fresco, del pane, etc,...) e un paio di mezzi pesanti abbiamo in totale 16 auto 4 veicoli commerciali e 2 mezzi pesanti.
- 3) L'area parcheggio P3 è composta da 53 posti auto e, come per il P1, da un tratto del percorso dei mezzi pesanti. Si considerano in questo caso 53 auto, qualche veicolo commerciale ed al massimo 2 mezzi pesanti transitanti da/verso l'area di carico/scarico.
- 4) Per quanto riguarda la via de' Brozzi si considera il tratto adiacente al lotto pari a circa 88 m. Anche in questo caso si considera la condizione peggiore, ossia il massimo numero di veicoli sulla carreggiata. Considerando per ogni veicolo un ingombro medio di 4 m si inseriscono 22 veicoli in entrambi i sensi di marcia per un totale di 44 sorgenti puntiformi.

Da rilievi del traffico effettuati, si è riscontrato che la maggioranza dei mezzi circolanti sulla via de' Brozzi è rappresentata dalle auto, seguite dai mezzi commerciali leggeri. I mezzi pesanti sono invece in numero esiguo. Fatte tali considerazioni i 44 veicoli che circolano sulla via de' Brozzi saranno così divisi per tipologia:

37 auto (85%), 6 veicoli commerciali (11%) e 1 mezzi pesanti (4%).

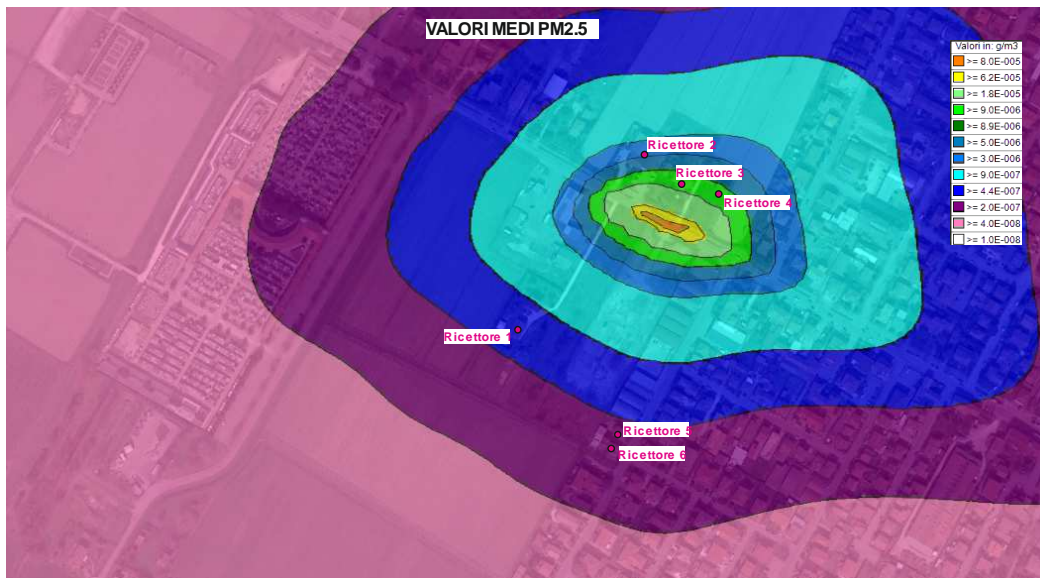
Ovviamente la situazione analizzata è estremamente cautelativa in quanto si considerano le massime emissioni che possono crearsi sull'area, ripetute per tutte le 24 ore, condizione che non avverrà mai nella realtà.

Di seguito si riportano i risultati ottenuti con MMSDimula suddivisi per inquinanti riferiti alle condizioni atmosferiche dell'anno 2018. Si studiano due casistiche:

- A) situazione attuale: una sola sorgente emissiva formata da più sorgenti puntiformi, rappresentata dalla via de' Brozzi;
- B) situazione futura: alla via de' Brozzi si aggiungono le nuove emissioni prodotte dall'insediamento dell'attività commerciale.

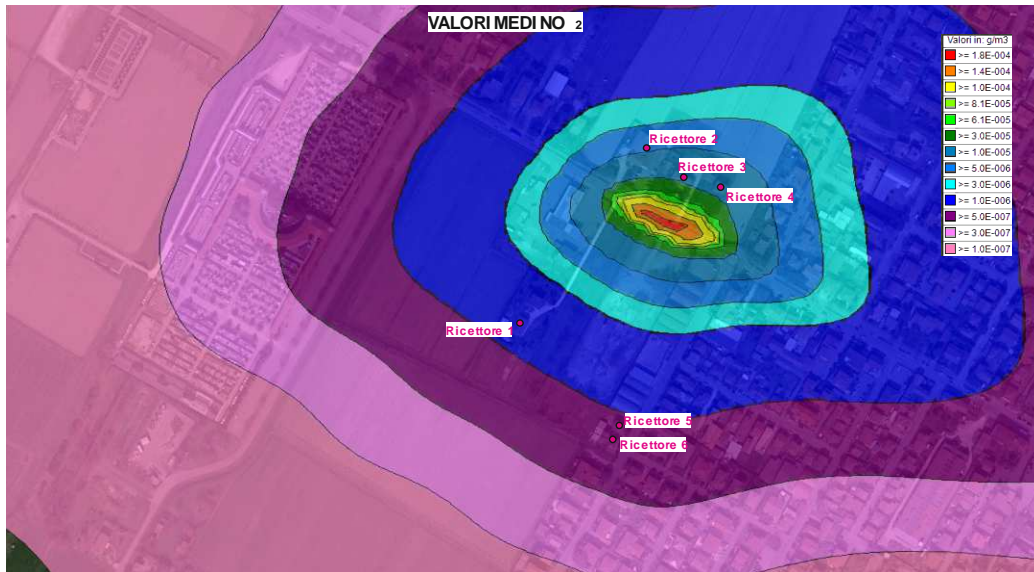
La concentrazione media su tutto il periodo viene riportata, oltre che in tabella, in forma grafica, tramite isolinee importate su Google Earth:

SITUAZIONE ATTUALE PM2.5



PM2.5 Concentrazione (g/m3)	
Valori orari medi e massimi nei recettori discreti	
Recettore	Valore Medio
R1	0.000000874
R2	0.0000054375
R3	0.0000112465
R4	0.0000100963
R5	0.0000004368
R6	0.0000004032

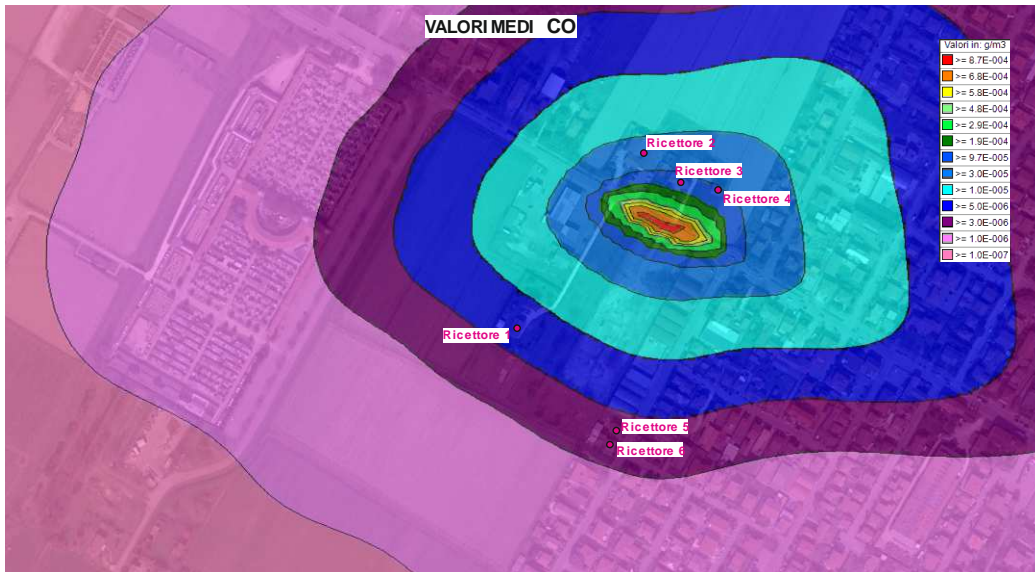
SITUAZIONE ATTUALE NO₂



Biossido di Azoto (NO₂) Concentrazione (g/m³)

Valori orari medi e massimi nei recettori discreti

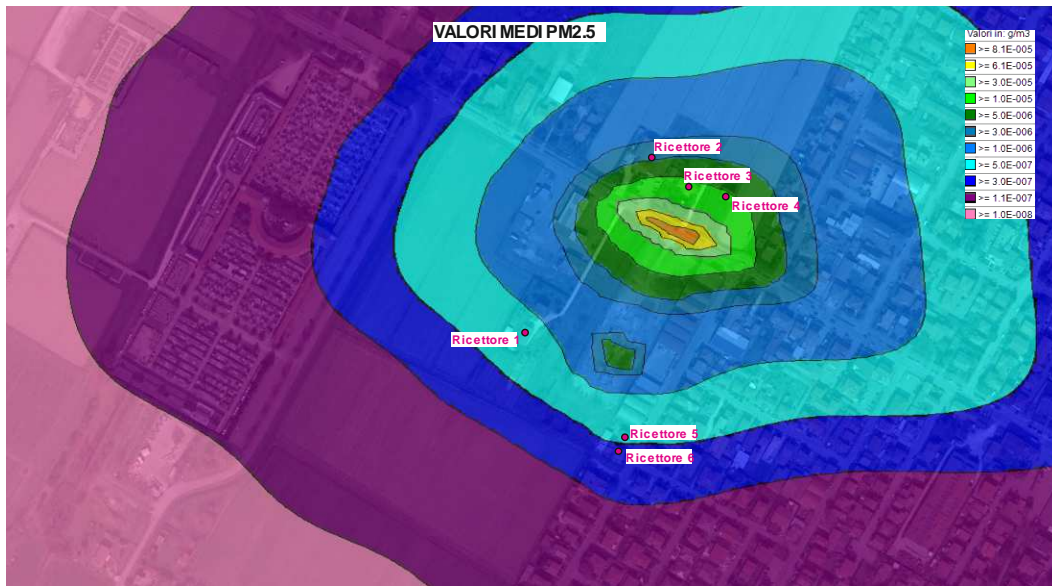
Recettore	Valore Medio
R1	0.0000019595
R2	0.0000121863
R3	0.000025208
R4	0.000022633
R5	0.0000009792
R6	0.0000009039

SITUAZIONE ATTUALE CO**Monossido di Carbonio (CO) Concentrazione (g/m3)**

Valori orari medi e massimi nei recettori discreti

Recettore	Valore Medio
R1	0.000009489
R2	0.0000590118
R3	0.0001220696
R4	0.0001096
R5	0.0000047416
R6	0.0000043772

SITUAZIONE FUTURA PM2.5

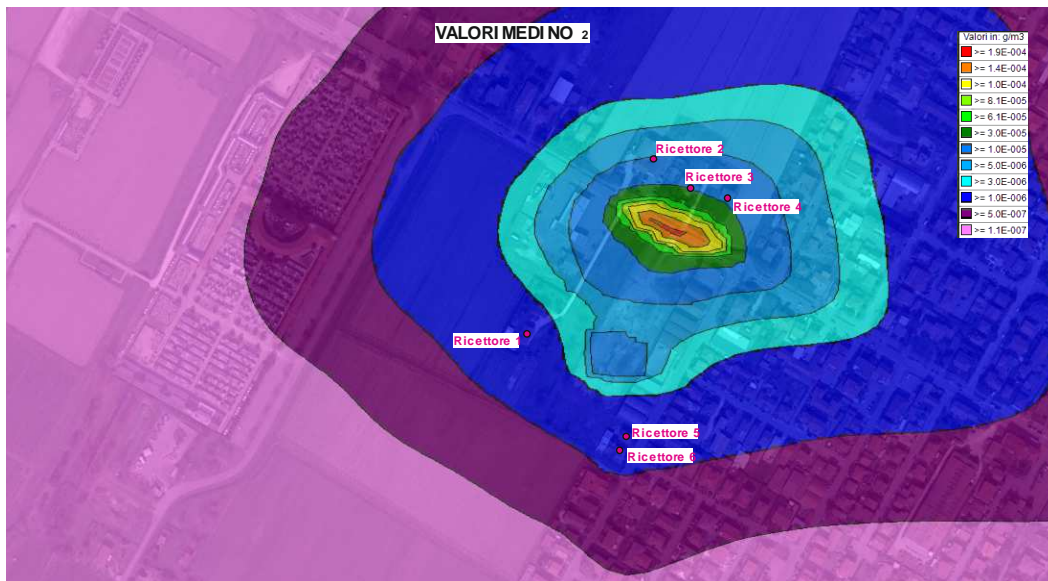


PM2.5 Concentrazione (g/m3)

Valori orari medi e massimi nei recettori discreti

Recettore	Valore Medio
R1	0.0000011012
R2	0.0000057215
R3	0.000011834
R4	0.0000110851
R5	0.0000006193
R6	0.000000596

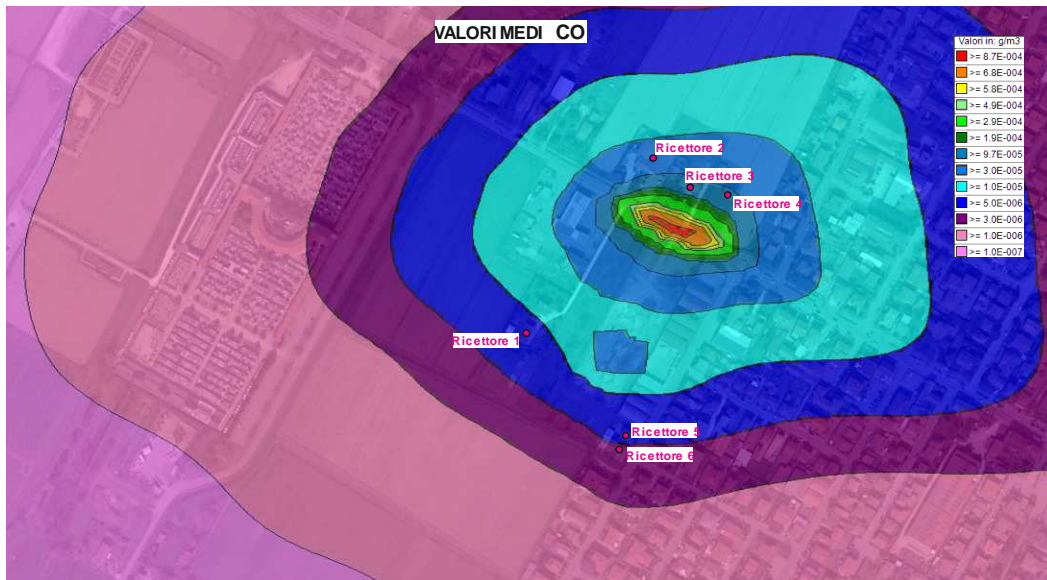
SITUAZIONE FUTURA NO₂



Biossido di Azoto (NO₂) Concentrazione (g/m³)

Valori orari medi e massimi nei recettori discreti

Recettore	Valore Medio
R1	0.0000028532
R2	0.0000128867
R3	0.0000262855
R4	0.0000237853
R5	0.0000017457
R6	0.0000017297

SITUAZIONE FUTURA CO**Monossido di Carbonio (CO) Concentrazione (g/m³)****Valori orari medi e massimi nei recettori discreti**

Recettore	Valore Medio
R1	0.0000114183
R2	0.000060524
R3	0.0001243956
R4	0.0001120876
R5	0.0000063964
R6	0.0000061598

Per valutare i cambiamenti dovuti all'introduzione della nuova attività si confrontano i valori medi di concentrazione ai ricettori trovati nelle due differenti situazioni.

Si ricorda che allo stato attuale sono stati considerati 44 veicoli mentre allo stato futuro, nella situazione ipotizzata di massima capienza (parcheggio pieno + qualche mezzo addetto al carico/scarico), si avranno 236 veicoli, ossia un numero 4 volte superiore a quello dello stato attuale.

	PM 2.5 attuale (g/m³)	PM 2.5 futuro (g/m³)	Differenza (%)
R1	0.000000874	0.0000011012	+26%
R2	0.0000054375	0.0000057215	+5%
R3	0.0000112465	0.000011834	+5%
R4	0.0000100963	0.0000110851	+10%
R5	0.0000004368	0.0000006193	+42%
R6	0.0000004032	0.000000596	+48%

	NO₂ attuale (g/m³)	NO₂ futuro (g/m³)	Differenza (%)
R1	0.0000019595	0.0000028532	+46%
R2	0.0000121863	0.0000128867	+6%
R3	0.000025208	0.0000262855	+4%
R4	0.000022633	0.0000237853	+5%
R5	0.0000009792	0.0000017457	+78%
R6	0.0000009039	0.0000017297	+91%

	CO attuale (g/m³)	CO futuro (g/m³)	Differenza (%)
R1	0.000009489	0.0000114183	+20%
R2	0.0000590118	0.000060524	+3%
R3	0.0001220696	0.0001243956	+%2
R4	0.0001096	0.0001120876	+%2
R5	0.0000047416	0.0000063964	+35%
R6	0.0000043772	0.0000061598	+41%

L'analisi della rosa dei venti aveva dimostrato che durante il 2018 la direzione del prevalente del vento è il Nord-Ovest quindi, come prevedibile, la percentuale di crescita maggiore si avrà nei ricettori R5 ed R6. Occorre specificare che la situazione "attuale" non ha tenuto conto delle emissioni prodotte dal traffico sulla via Canaletto e quindi i due ricettori si sono stati considerati in condizioni ideali.

Anche il ricettore R1 subisce una crescita che in questo caso è dovuta alla vicinanza con l'area di parcheggio dipendenti+carico/scarico (P2).

I risultati ottenuti hanno come unità di misura il g/m^3 ; per poter eseguire il confronto con i limiti di legge occorre trasformare i g/m^3 in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ per le sostanze $\text{PM}_{2.5}$ e NO_2 ed i g/m^3 in mg/m^3 per l'inquinante CO.

PM 2.5 futuro ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Limite di legge Anno civile ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
1,10	25
5,72	25
11,83	25
11,09	25
0,62	25
0,60	25

NO₂ futuro ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Limite di legge Anno civile ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
2,85	40
12,89	40
26,29	40
23,79	40
1,75	40
1,73	40

Non si verificano superamenti dei limiti di legge per gli inquinanti $\text{PM}_{2.5}$ ed NO_2 .

Il valore limite per la CO non viene invece riferito all'anno civile ma ha come periodo di mediazione la media massima giornaliera calcolata su 8 ore, che si determina con riferimento alle medie consecutive su 8 ore, calcolate sulla base dei dati orari ed aggiornate ad ogni ora. Ogni media su 8 ore in tal modo calcolata è riferita al giorno nel quale la serie di 8 ore si conclude: la prima fascia di calcolo per un giorno è quella compresa tra le ore 17.00 del giorno precedente e le ore 01.00 del giorno stesso; l'ultima fascia di calcolo per un giorno è quella compresa tra le ore 16.00 e le ore 24.00 del giorno stesso.

Per poter calcolare tale media è stato utilizzato il software RunAnalyzer che permette inoltre:

- un'analisi dei risultati delle concentrazioni degli inquinanti attese nell'area di studio riferiti a periodi temporali definiti;
- stabilire in quali giorni dell'anno le concentrazioni sono massime.

Nel caso in esame si rileva come giorno "peggiore" dell'anno 2018, per quanto riguarda le emissioni in atmosfera da CO, il 20 Giugno. In tale giorno si verificano le emissioni massime possibili.

Le massime medie giornaliere riferite alle 8 ore e calcolate ai ricettori sono riportate in tabella e confrontate con i limiti di legge:

Descrizione	CO futuro		Limite di legge (mg/m ³)
	Valore massimo medio (g/m ³)	Valore massimo medio (mg/m ³)	
R1	0.0000275	0,0275	10
R2	0.000244	0,244	10
R3	0.000336	0,336	10
R4	0.000184	0,184	10
R5	0.00000908	0,00908	10
R6	0.0000106	0,0106	10

Non si verificano superamenti dei limiti di legge per l'inquinante CO.

A titolo di confronto si riportano i dati dei valori di fondo riferiti alla provincia di Ravenna, estrapolati dall' "Elaborazione dati della qualità dell'aria-Provincia di Ravenna-Rapporto 2018".



NO₂

Indicatore	Copertura temporale	Stato attuale indicatore	Trend
Concentrazione in aria di biossido di azoto (NO ₂)	2008 – 2018		
Superamenti dei limiti di legge per il biossido di azoto (NO ₂)	2008 - 2018		

NO₂ [L.Q. = 12 µg/m ³]				Concentrazioni in µg/m ³		Limiti Normativi		Riferimenti OMS
Stazione	Comune	Tipologia	Efficienza %	Minimo	Massimo	40 µg/m ³	Max 18	200 µg/m ³
						Media anno	N° Sup. 200 µg/m ³ orari	Max orario
Ballirana	Alfonsine	Fondo Rurale	99	< 12	70	13	0	70
Delta Cervia	Cervia	Fondo Sub-urb	99	< 12	69	14	0	69
Parco Bertozzi	Faenza	Fondo Urbano	95	< 12	92	16	0	92
Caorle	Ravenna	Fondo Urbano Res	95	< 12	93	19	0	93
Zalamella	Ravenna	Traffico	95	< 12	119	30	0	119
Rocca Brancaleone	Ravenna	Locale Ind/Urban	95	< 12	122	21	0	122
Porto San Vitale	Ravenna	Locale Industriale	96	< 12	82	23	0	82

Tabella 4.3 – NO₂: Parametri statistici e confronto con i valori previsti dalle norme


CO

<i>Indicatore</i>	<i>Copertura temporale</i>	<i>Stato attuale indicatore</i>	<i>Trend</i>
Concentrazione in aria di monossido di carbonio (CO)	2008 - 2018		

CO [L.Q. = 0,6 mg/m ³]				<i>Concentrazioni in mg/m³</i>			<i>Limiti Normativi</i>	<i>Riferimenti OMS</i>	
<i>Stazione</i>	<i>Comune</i>	<i>Tipologia</i>	<i>Efficienza %</i>	<i>Minimo</i>	<i>Massimo</i>	<i>Media</i>	<i>Media Max 8 ore</i>	<i>Media Max 1 ora</i>	<i>Media Max 8 ore</i>
							10 mg/m ³	30 mg/m ³	10 mg/m ³
Zalamella	Ravenna	Traffico	100	< 0,6	3,0	0,5	1,2	3,0	1,2
Rocca Brancaleone	Ravenna	Locale Ind/Urbano	97	< 0,6	2,9	0,4	0,8	2,9	0,8
Porto San Vitale	Ravenna	Locale Industriale	99	< 0,6	2,6	0,3	0,6	2,6	0,6

Tabella 4.6 – CO: parametri statistici e confronto con i valori previsti dalle norme

PM2.5

<i>Indicatore</i>	<i>Copertura temporale</i>	<i>Stato attuale indicatore</i>	<i>Trend</i>
Concentrazione media annuale di Particolato ultrafine (PM2.5)	2013 – 2018		

PM2.5 [L.Q. = 5 µg/m ³]				<i>Concentrazioni in µg/m³</i>		<i>Limiti Normativi</i>
<i>Stazione</i>	<i>Comune</i>	<i>Tipologia</i>	<i>Efficienza %</i>	<i>Minimo</i>	<i>Massimo</i>	<i>25 µg/m³</i> <i>Rif. OMS: 10 µg/m³</i>
						<i>Media anno</i>
Ballirana	Alfonsine	Fondo Rurale	98	<5	58	16
Parco Bertozzi	Faenza	Fondo Urbano	95	<5	61	15
Caorle	Ravenna	Fondo Urbano Res	96	<5	72	19
Porto San Vitale	Ravenna	Locale Industriale	99	<5	62	18

CONCLUSIONI

L'elaborazione tramite software del modello costituito da quattro sorgenti emmissive, di cui tre rappresentate dalle aree di pertinenza dell'attività commerciale e l'altra rappresentata dal tratto della via de' Brozzi antistante il lotto, ha mostrato fra la situazione attuale e quella futura un incremento dei valori a tutti i ricettori, in particolare su quelli posti a Sud, come era prevedibile vista la vicinanza di tali ricettori all'area di carico/scarico e vista la direzione prevalente del vento (Nord-Ovest).

Questi aumenti non produrranno in nessun caso il superamento dei limiti di legge.

Casadio Mario