Anas
GRUPPO FS ITALIANE

Direzione Tecnica

S.S. n°1 AURELIA
VARIANTE ALL'ABITATO DI IMPERIA
LOTTO 1
DA SVINCOLO TORRENTE PRINO A SVINCOLO IMPERO

PROGETTO DEFINITIVO

COD. GE271

PROGETTAZIONE:
RAGGRUPPAMENTO
TEMPORANEO PROGETTISTI

MANDATARIA:
PRO ITER
Progetto Infrastrutture Territorio s.r.l.

MANDANTI:
delta ingegneria
ViA INGEGNERIA

IL RESPONSABILE DELL'INTEGRAZIONE DELLE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE:
Ing. Riccardo Formichi – Società Pro Iter Srl
Ordine Ingegneri Provincia di Milano n. 18045

IL GEOLOGO:
Geol. Massimo Mezzanzanica – Società Pro Iter Srl
Ordine Geologi Regione Lombardia n. A762

IL COORDINATORE PER LA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE:
Ing. Matteo Di Girolamo – Società VIA Ingegneria Srl
Ordine Ingegneri Provincia di Roma n. n° 15138

VISTO: IL RESP. DEL PROCEDIMENTO:
Ing. Fabrizio Cardone

PROTOCOLLO: DATA:

IL PROGETTISTA:
Ing. Francesco Nicchiarelli – Società VIA Ingegneria Srl
Ordine Ingegneri Provincia di Roma n. 14711

ORDINE DEGLI INGEGNERI DELLA PROVINCIA DI MILANO
DOTT.ING. FORMICHI RICCARDO
Sez.A Settori:
a) civile e ambientale
b) industriale
c) dell'informazione
n°A 18045

DOTT. ING. FRANCESCO NICCHIARELLI
ORDINE INGEGNERI ROMA
N° 14711

15 - STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE
15.03 - ANALISI AMBIENTALE
15.03.01 - ARIA E CLIMA
Relazione tecnica sulla componente atmosfera

CODICE PROGETTO	NOME FILE	REVISIONE	SCALA
PROGETTO: DPGE2710 — LIV. PROG.: D 23	T00IA31AMBRE01B.pdf		
	CODICE ELAB.: T00IA31AMBRE01	B	-

REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO
D					
C					
B	Revisione a seguito di istruttoria Anas per avvio procedura VIA	Maggio 2024	Rondinara	Nicchiarelli	Formichi
A	EMISSIONE	Gennaio 2024	Rondinara	Nicchiarelli	Formichi

INDICE

1 ATMOSFERA 3
1.1 PREMESSA 3
1.2 LA NORMATIVA DI RIFERIMENTO 4
1.2.1 Decreto Legislativo del 13 agosto 2010, n.155 6
1.3 L'ANALISI METEO CLIMATICA 9
1.3.1 Il dato meteorologico attuale 10
1.3.1.1 Regime Termico 10
1.3.1.2 Regime Pluviometrico 10
1.3.1.3 Regime Anemometrico 12
1.3.1.4 Pressione 14
1.4 ANALISI DELLA QUALITA' DELL'ARIA 14
1.4.1 Piano di Risanamento della qualità dell'aria e Zonizzazione 14
1.4.2 Monitoraggio della qualità dell'aria 19
1.4.3 Particolato 22
1.4.3.1 PM 10 22
1.4.3.2 PM 2.5 24
1.4.4 Ossidi di azoto: NOX 26
1.4.5 Monossido di carbonio e benzene 28
1.4.5.1 CO 29
1.4.5.2 BENZENE 30
1.5 I MODELLI DI SIMULAZIONE UTILIZZATI 32
1.5.1 Copert 5 32
1.5.2 Aermod view 34
1.6 LO SCENARIO DI ESERCIZIO ATTUALE: ANALISI DELLE CONCENTRAZIONI 37
1.6.1 Aermod View: Gli Input Territoriali 37
1.6.1.1 Gli Input Orografici 37
1.6.1.2 Gli Input Meteorologici 38
1.6.2 Aermod VIEW: GLI INPUT PROGETTUALI 40
1.6.2.1 Area di studio e infrastruttura di progetto 40

1

1.6.2.2 Metodologia Di Analisi Per Il Calcolo Dei Fattori Di Emissione 41
1.6.2.3 Composizione Del Parco Veicolare Circolante 42
1.6.2.4 Volumi Del Traffico Circolante 43
1.6.2.5 I Fattori Di Emissione 46
1.6.2.6 La maglia di calcolo 49
1.6.3 I dati di output delle simulazioni 50
1.7 LO SCENARIO DI ESERCIZIO DI PROGETTO: ANALISI DELLA CONCENTRAZIONI 51
1.7.1 Aermod view: Gli input territoriali 51
1.7.1.1 Gli Input Orografici 51
1.7.2 Aermod view: Gli input progettuali 52
1.7.2.2 Metodologia Di Analisi Per Il Calcolo Dei Fattori Di Emissione 52
1.7.2.3 Composizione Del Parco Veicolare Circolante 53
1.7.2.4 Le sorgenti simulate 53
1.7.2.5 Volumi Del Traffico Circolante 54
1.7.2.6 I Fattori Di Emissione 56
1.7.2.7 La maglia di calcolo 60
1.7.3 I dati di output delle simulazioni 60
1.8 VALUTAZIONE DEGLI IMPATTI 61
1.8.1 Valutazione Delle Simulazioni 61
1.8.2 Valutazione Dei Ricettori Puntuali 64
1.8.3 Caratterizzazione Dell'inquinamento Di Fondo 69
1.9 LE INTERFERENZE IN FASE DI CANTIERE 72
1.9.1 Stima dei fattori di emissione 74
1.9.2 Metodologia di modellazione della dispersione degli inquinanti in atmosfera 83
1.9.3 Valutazione delle simulazioni 85
1.9.4 Ricettori discreti 86

1 ATMOSFERA

1.1 PREMESSA

L'analisi conoscitiva della componente "Atmosfera" ha riguardato una serie di aspetti di fondamentale importanza per la valutazione degli impatti potenziali dell'opera in progetto sulla componente stessa, effettuati attraverso il modello di simulazione Aermod View.

Nello specifico le fasi che hanno caratterizzato tale studio sono le seguenti:

- analisi meteo-climatica;
- analisi della qualità dell'aria;
- scelta dei modelli di simulazione per la determinazione delle emissioni e delle concentrazioni di inquinanti in atmosfera;
- determinazione delle emissioni e delle concentrazioni allo scenario di esercizio ante operam;
- determinazione delle emissioni e delle concentrazioni allo scenario di esercizio post operam

Il processo logico operativo dell'analisi della componente atmosfera ha pertanto riguardato, in primis, i dati meteo-climatici utilizzati per le simulazioni previsionali, relativi all'anno 2023, prendendo come riferimento la stessa centralina di rilevamento, rappresentativa delle condizioni climatiche circostanti, che nel caso in esame corrisponde alla centralina di Imperia.

Dopo aver definito lo stato meteo-climatico dell'area, si è proceduto a simulare gli scenari caratterizzanti l'esercizio dell'opera in esame. Il calcolo è stato eseguito con due orizzonti progettuali e temporali:

- stato attuale
- stato di progetto

La simulazione è avvenuta mediante il software AERMOD View, in concomitanza con AERMET View per gli input meteorologici, mentre per la valutazione dei fattori di emissione medi ci si è avvalsi del software COPERT 5.

Il flusso veicolare che transita su una strada è causa dell'emissione in atmosfera di sostanze inquinanti. La quantità di inquinante emesso dipende direttamente dall'intensità del traffico e dalla tipologia di veicolo; il destino delle sostanze inquinanti dipende dalle caratteristiche meteo degli strati più bassi dell'atmosfera, dove si realizza la diluizione degli inquinanti emessi.

Lo studio relativo all'emissione e propagazione degli inquinanti è finalizzato a verificare i valori dei livelli di inquinamento indotti nelle zone abitate adiacenti all' infrastruttura stradale.

In particolare lo studio si propone di analizzare l'impatto del traffico stradale sulla componente atmosferica e di definire le variazioni di emissioni inquinanti tra lo stato attuale e lo scenario di progetto. Nello specifico, gli inquinanti oggetto di studio sono:

- NOX
- CO
- PM 10
- PM 2,5

Per quanto riguarda la simulazione della fase di cantiere, è stata effettuata l'analisi sulle concentrazioni di PM10 con mediazione giornaliera e annuale prodotte dallo scenario di cantiere ritenuto più critico in termini di dispersione di polveri in atmosfera. Per tale analisi è stato utilizzato sempre il modello di calcolo Aermod View, attraverso il quale è stato possibile stimare i livelli di concentrazione del particolato, generati dalle principali attività di cantiere legate alla movimentazione della terra, caratterizzate dalla demolizione e sbancamento dell'asse stradale, dal carico e scarico del materiale scavato, nonché dalla presenza stessa dei cumuli di materiale nell'area di stoccaggio.

Nel proseguo della trattazione verranno descritte nel dettaglio le simulazioni condotte, nonché i risultati delle stesse, opportunamente elaborati

1.2 LA NORMATIVA DI RIFERIMENTO

L'Unione Europea negli anni ha emanato una serie di direttive al fine di controllare il livello di alcuni inquinanti in aria. In particolare, si evidenziano le seguenti Direttive:

- Direttiva 96/62/CE relativa alla "valutazione e gestione della qualità dell'aria ambiente"; stabilisce il contesto entro il quale effettuare la valutazione e la gestione della qualità dell'aria secondo criteri armonizzati in tutti i paesi dell'unione europea (direttiva quadro), demandando poi a direttive "figlie" la definizione dei parametri tecnico-operativi specifici per gruppi di inquinanti;
- Direttiva 99/30/CE relativa ai "valori limite di qualità dell'aria ambiente per il biossido di zolfo, gli ossidi di azoto, le particelle e il piombo", stabilisce i valori limite di qualità dell'aria ambiente per il biossido di zolfo, il biossido di azoto, gli ossidi di azoto, le particelle e il piombo (prima direttiva figlia);
- Direttiva 00/69/CE relativa ai "valori limite di qualità dell'aria ambiente per benzene ed il monossido di carbonio", stabilisce i valori limite di qualità dell'aria ambiente per il benzene ed il monossido di carbonio (seconda direttiva figlia);
- Direttiva 02/03/CE relativa all'"ozono nell'aria" (terza direttiva figlia);

- Direttiva 2001/81/CE relativa ai limiti massimi per le emissioni annue degli Stati membri di biossido di zolfo (SO2), ossidi di azoto (NOx), composti organici volatili non metanici (COV) e ammoniaca (NH3);
- Direttiva 04/107/CE relativa all'"arsenico, cadmio, mercurio, nichel e idrocarburi policiclici aromatici in aria" che fissa il valore obiettivo per la concentrazione nell'aria ambiente di arsenico, cadmio, mercurio, nichel e idrocarburi policiclici aromatici;
- Direttiva 08/50/CE 107/CE relativa alla "qualità dell'aria ambiente e per un'aria più pulita in Europa". Ha abrogato tutte le direttive sopra citate tranne la 2004/107/CE ribadendone, di fatto, i contenuti ed aggiungendo il PM2.5 tra gli inquinanti da monitorare.
- Direttiva Europea UE 2016/2284 pubblicata sulla GU.U.E. del 17/12/2016 ed entrata in vigore il 31.12.2016. La cosiddetta "NEC" stabilisce i nuovi obiettivi strategici per il periodo fino al 2030, con l'intento di progredire verso l'obiettivo di miglioramento di lungo termine dell'Unione attraverso l'indicazione di percentuali di riduzione delle emissioni nazionali dal 2020 al 2029 e poi a partire dal 2030.

L'emanazione dei diversi decreti di recepimento delle direttive europee ha contribuito a razionalizzare il quadro di riferimento e a qualificare gli strumenti di controllo e pianificazione del territorio nazionale. I principali riferimenti sono:

- Il D. Lgs. 351 del 4 agosto 1999 recepisce la direttiva 96/62/CE e costituisce quindi il riferimento "quadro" per l'attuale legislazione italiana;
- Il D.M. 60 del 2 aprile 2002 è la norma che recepisce la prima e la seconda direttiva figlia; definisce, infatti, per gli inquinanti di cui al gruppo I del D.Lgs. 351/1999 con l'aggiunta di benzene e monossido di carbonio (CO); i valori limite e le soglie di allarme, il margine di tolleranza, il termine entro il quale il limite deve essere raggiunto, i criteri per la raccolta dei dati di qualità dell'aria compreso il numero di punti di campionamento, i metodi di riferimento per le modalità di prelievo e di analisi;
- Il D.M. 261 dell'1 ottobre 2002 individua le modalità di valutazione preliminare della qualità dell'aria lì dove mancano i dati e i criteri per l'elaborazione di piani e programmi per il raggiungimento dei limiti previsti nei tempi indicati dal D.M. 60/2002;
- Il D. Lgs. 183 del 21 maggio 2004, recepisce la direttiva europea 02/03/CE riguardante l'ozono in atmosfera (terza direttiva figlia), in particolare indica "valori bersaglio" da raggiungere entro il 2010, demanda a Regioni e Province autonome la definizione di zone e agglomerati in cui la concentrazione di ozono superi il valore bersaglio; per tali zone dovranno essere adottati piani e programmi per il raggiungimento dei valori bersaglio. Piani e programmi dovranno essere redatti sulla base delle indicazioni del Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio e del mare. La

normativa riporta anche valori a lungo termine (al disotto dei quali non ci si attende alcun effetto sulla salute), soglie di informazione (valori al di sopra dei quali possono esserci rischi per gruppi sensibili) e soglie di allarme (concentrazioni che possono determinare effetti anche per esposizioni a breve termine);

- Il D. Lgs. 171 del 21 maggio 2004, recepisce la direttiva europea 2001/81/CE, riguardante i limiti massimi per le emissioni annue degli Stati membri, individua gli strumenti per assicurare che le emissioni nazionali annue per il biossido di zolfo, per gli ossidi di azoto, per i composti volatili e per l'ammoniaca, rispettino entro il 2010 e negli anni successivi i limiti nazionali di emissione;
- Il D.Lgs. 152/2007 (che recepisce la direttiva 2004/107/CE) è l'ultima norma figlio emanata e si riferisce ad un gruppo di inquinanti (l'arsenico, il cadmio, il mercurio, il nichel e gli idrocarburi policiclici aromatici (IPA), per cui non è ancora possibile una misura in continuo e che si trovano prevalentemente all'interno del particolato sottile. Anche in questo caso vengono stabiliti i limiti di qualità dell'aria, le modalità di misura e le informazioni da fornire al pubblico.

L'insieme di tutte queste norme costituisce la base normativa su cui si fonda il controllo e la gestione attuale della qualità dell'aria.

1.2.1 Decreto Legislativo del 13 agosto 2010, n.155

Il DLgs 155/2010 costituisce l'attuazione della direttiva comunitaria 2008/50/CE circa la valutazione della qualità dell'aria ambiente, la sua gestione, nonché il suo miglioramento. Quest'unica norma sostituisce sia la legge quadro (DL 351/99) sia i decreti attuativi (che fornivano modalità di misura, indicazioni sul numero e sulla collocazione delle postazioni di monitoraggio, limiti e valori di riferimento per i diversi inquinanti) ribadendo i fondamenti del controllo dell'inquinamento atmosferico e i criteri di monitoraggio e introducendo, in base alle nuove evidenze epidemiologiche, tra gli inquinanti da monitorare anche il PM2.5, ormai ben noto per la sua pericolosità.

Il Decreto stabilisce per le sostanze inquinanti i seguenti criteri:

- i valori limite, vale a dire le concentrazioni atmosferiche fissate in base alle conoscenze scientifiche al fine di evitare, prevenire o ridurre gli effetti dannosi sulla salute umana e sull'ambiente;
- le soglie di allarme, ossia la concentrazione atmosferica oltre la quale vi è un rischio per la salute umana in caso di esposizione di breve durata e per cui si deve immediatamente intervenire;
- il margine di tolleranza, cioè la percentuale del valore limite nella cui misura tale valore può essere superato e le modalità secondo le quali tale margine deve essere ridotto nel tempo;
- il termine entro il quale il valore limite deve essere raggiunto;
- la soglia di valutazione superiore vale a dire la concentrazione atmosferica al di sotto della quale le misurazioni possono essere combinate con le tecniche di modellazione;

- la soglia di valutazione inferiore, ossia una concentrazione atmosferica al di sotto della quale è consentito ricorrere soltanto alle tecniche di modellazione o di stima oggettiva;
- i periodi di media, cioè il periodo di tempo durante il quale i dati raccolti sono utilizzati per calcolare il valore riportato.

Nell'allegato XI al decreto, vengono riportati i valori limite, i livelli critici, le soglie di allarme e di informazione e i valori obiettivo degli inquinanti normati.

Tale decreto ha subito delle leggere modifiche in base al nuovo Decreto Legislativo 24 dicembre 2012, n. 250 "Modifiche ed integrazioni al Decreto Legislativo 13 agosto 2010, n. 155, recante attuazione della Direttiva 2008/50/CE relativa alla qualità dell'aria ambiente e per un'aria più pulita in Europa" (G.U: n. 23 del 28.01.2013), entrato in vigore il 12 febbraio 2013.

Nella seguente tabella si riportano i limiti per le concentrazioni degli inquinanti presi a riferimento per stabilire la qualità dell'aria su territorio nazionale sopra accennati:

Inquinante	Indicatore Normativo	Periodo di mediazione	Valore stabilito	Margine tolleranza	n° sup. consentiti
Biossido di Zolfo SO2	Valore limite protezione salute umana	1 ora	350 µg/m3	-	24
	Valore limite protezione salute umana	24 ore	125 µg/m3	-	3
	Soglia di allarme	3 ore consecutive in una stazione con rappresentatività > 100 kmq	500 µg/m3	-	-
	Livelli critici per la vegetazione	anno civile e inverno	20 µg/m3	-	-
Biossido di azoto NO2	Valore limite protezione salute umana	1 ora	200 µg/m3	-	18
	Valore limite protezione salute umana	anno civile	40 µg/m3	-	-

Inquinante	Indicatore Normativo	Periodo di mediazione	Valore stabilito	Margine tolleranza	n° sup. consentiti
	Soglia di allarme	3 ore consecutive in una stazione con rappresentatività > 100 kmq	400 µg/m3	-	-
Ossidi di azoto NOx	Livelli critici per la vegetazione	anno civile	30 µg/m3	-	-
Particolato PM10	Valore limite protezione salute umana	24 ore	50 µg/m3	-	35
	Valore limite protezione salute umana	anno civile	40 µg/m3	-	-
Particolato fine PM2.5	Valore limite protezione salute umana	anno civile	25 µg/m3	-	-
Piombo	Valore limite protezione salute umana	anno civile	0,5 µg/m3		
Benzene	Valore limite protezione salute umana	anno civile	5 µg/m3	-	-
Monossido di carbonio	Valore limite protezione salute umana	massima media su 8h consecutive	10 mg/m3	-	-
Arsenico	Valore obiettivo	anno civile	6 ng/m3	-	-
Cadmio	Valore obiettivo	anno civile	5 ng/m3	-	-
Nichel	Valore obiettivo	anno civile	20 ng/m3	-	-
Benzo(a)pirene	Valore obiettivo	anno civile	1 ng/m3	-	-

Tabella 1 Valori limite, livelli critici, valori obiettivo, soglie di allarme per la protezione della salute umana per inquinanti diversi dall'ozono (Fonte: Allegati XI e XIII D. Lgs. 155/2010)

Il Decreto attribuisce alle Regioni e alle Province autonome la competenza da adottare, a seguito della valutazione della qualità dell'aria, specifici piani nel caso del superamento dei valori limite con interventi di

riduzione delle emissioni inquinanti per il raggiungimento di tali valori entro i termini previsti e misure per il perseguimento dei valori obiettivo e per il mantenimento della qualità dell'aria nonché piani per la riduzione del rischio di superamento del valori limite, dei valori obiettivo e delle soglie di allarme.

1.3 L'ANALISI METEO CLIMATICA

Uno degli aspetti fondamentali per l'analisi della componente in esame, riguarda l'aspetto meteoclimatico dell'area di studio

L'analisi dei "dati di simulazione" corrisponde allo stato attuale per il quale è stato preso a riferimento l'anno 2023.

Per il rilevamento dei dati meteorologici, necessari per condurre le simulazioni modellistiche, è stata scelta la stazione meteo più vicina all'area oggetto di studio per la quale si ha la disponibilità completa dei dati. Si tratta, pertanto, della stazione meteorologica di IMPERIA - OSS. METEOSISMICO (X=8.01652; Y=43.87957), come mostrato nella tabella seguente.



Figura 1 Localizzazione della stazione di Imperia

1.3.1 Il dato meteorologico attuale

Per la caratterizzazione meteorologica dell'area in esame sono stati acquisiti i dati meteorologici disponibili per l'anno 2023.

1.3.1.1 Regime Termico

Per quanto riguarda le temperature nell'anno di riferimento, si registrano temperature maggiori nei mesi estivi di giugno, luglio e agosto, con un massimo assoluto di 33.6°C nel mese di agosto.
I mesi più freddi sono dicembre, gennaio e febbraio, registrando un minimo assoluto pari a 2,5° C nel mese di febbraio. In generale, la media annua è pari a circa 17,64°C.
Di seguito, in Figura 2, è mostrato anche l'andamento medio mensile della temperatura.

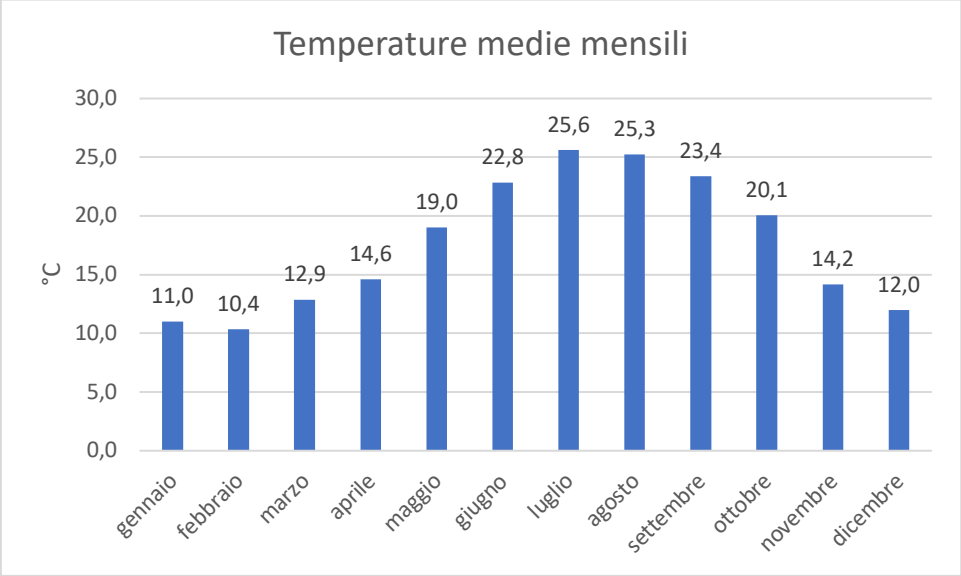


Figura 2 Temperatura media mensile

1.3.1.2 Regime Pluviometrico

A partire dai dati forniti dalla centralina di Imperia, è stato calcolato l'andamento delle precipitazioni cumulate mensili per il 2023 (Figura 3).

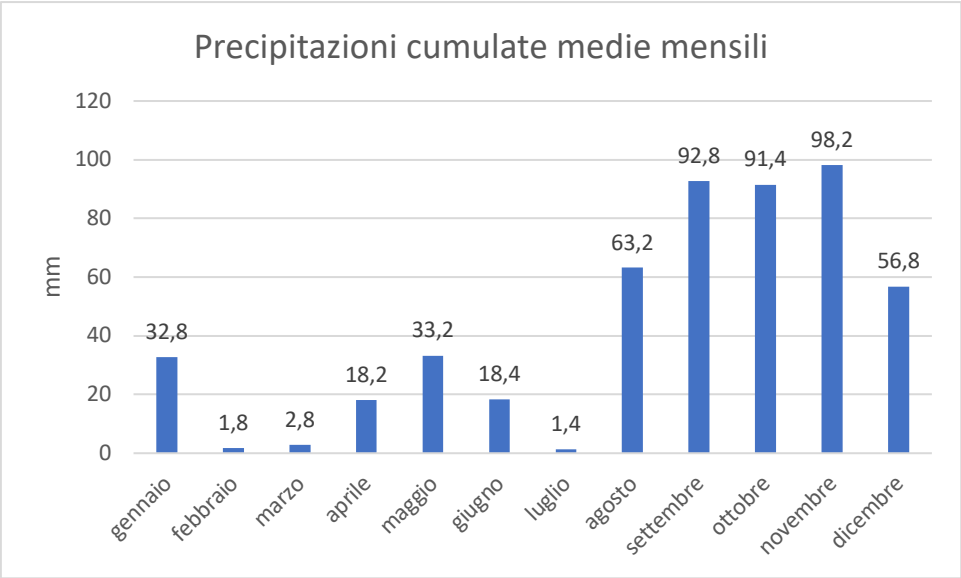


Figura 3 Precipitazioni mensili cumulate

È stata inoltre condotta un'analisi anche sull'andamento dell'umidità percentuale media, i cui dati sono mostrati in Figura 4.

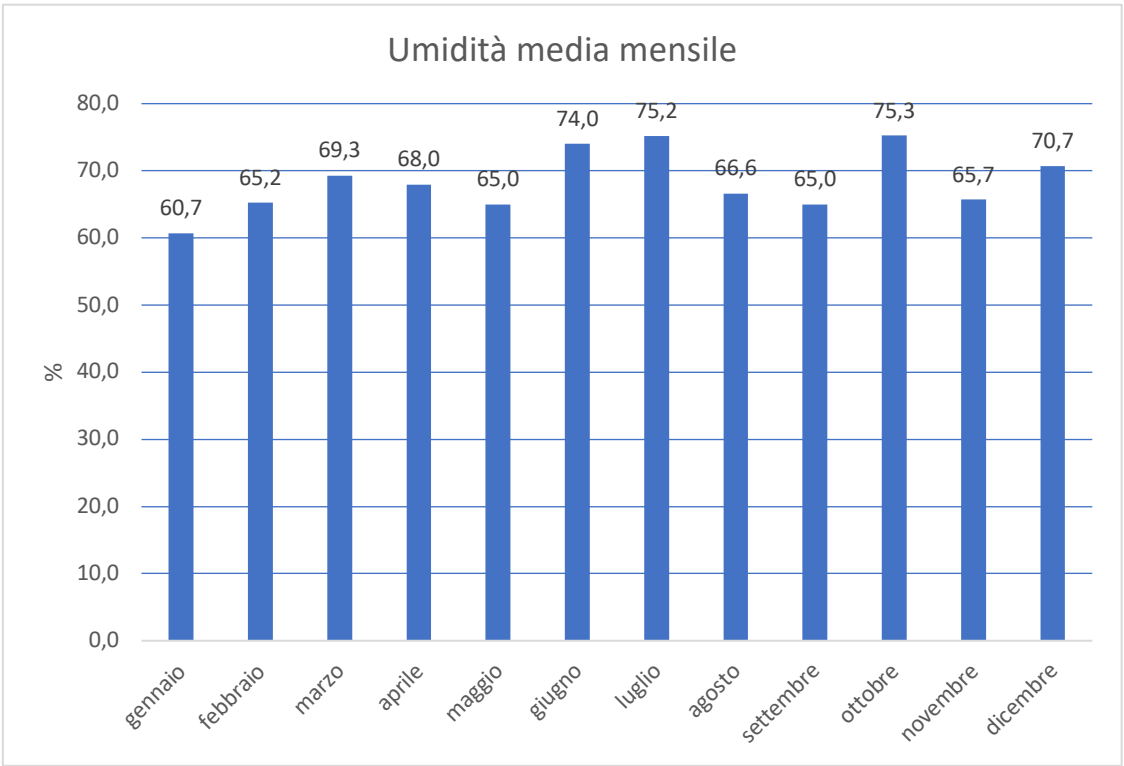


Figura 4 Umidità media mensile

1.3.1.3 Regime Anemometrico

Il vento influisce in modo rilevante sulle dinamiche di dispersione in atmosfera: venti intensi causano l'allontanamento delle sostanze emesse dalla sorgente disperdendole rapidamente, mentre venti deboli, spesso associati a perduranti condizioni anticicloniche, favoriscono l'accumulo delle sostanze inquinanti. Inoltre l'interazione del campo di vento con la superficie terrestre genera turbolenza di origine meccanica e le disomogeneità del terreno inducono lo sviluppo di dinamiche locali che si sovrappongono alla struttura generale della circolazione atmosferica influenzando in modo significativo la dispersione.
Per l'anno 2023 sono stati elaborati, con i dati forniti dalla centralina di Imperia, i grafici della velocità media e della rosa dei venti, come mostrato di seguito nella Figura 5 e nella Figura 6.

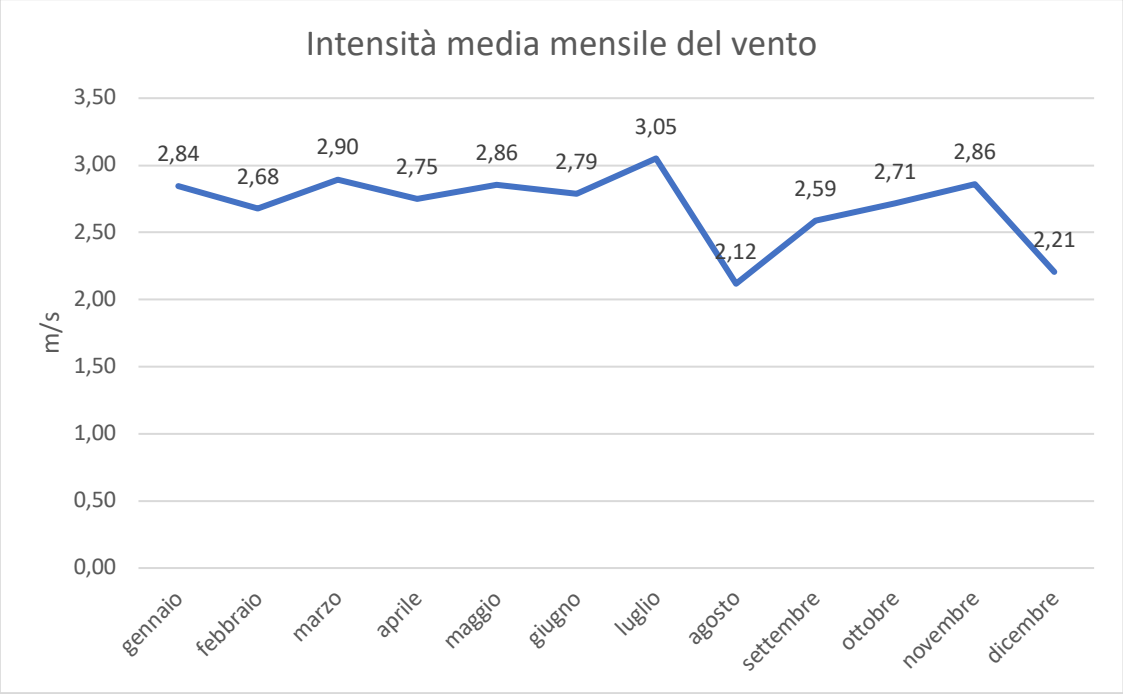
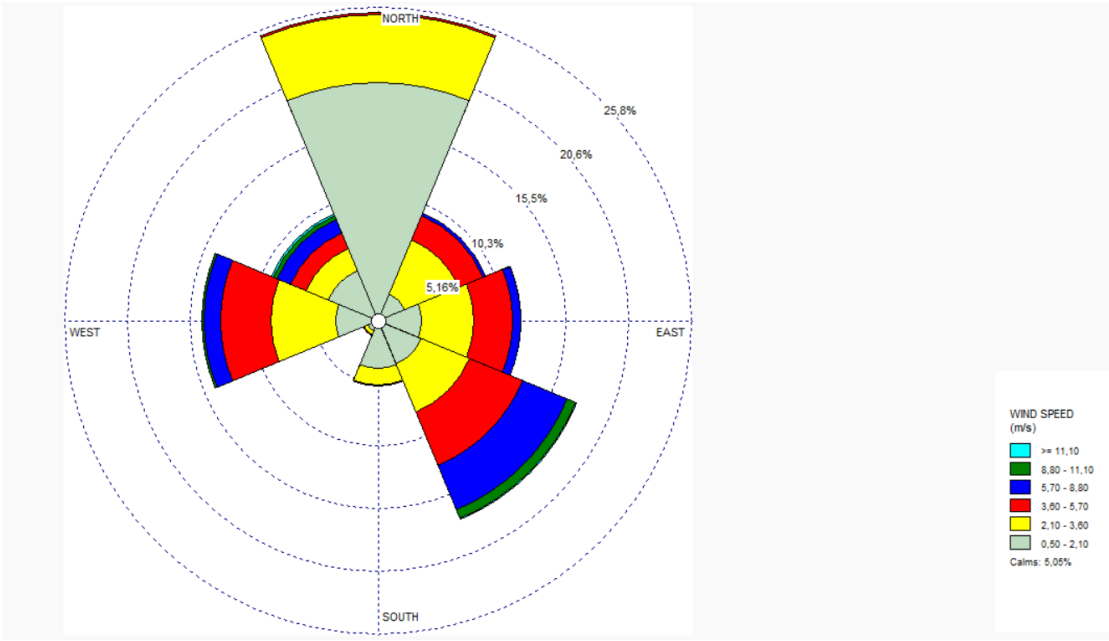


Figura 5 Velocità media del vento



Directions / Wind Classes (m/s)	0,50 - 2,10	2,10 - 3,60	3,60 - 5,70	5,70 - 8,80	8,80 - 11,10	>= 11,10	Total (%)
337,5 - 22,5	19,5091	5,5708	0,2055	0	0	0	25,2854
22,5 - 67,5	2,4201	4,7831	2,1461	0,2169	0	0	9,5662
67,5 - 112,5	3,5959	4,3037	3,1507	0,6507	0,0114	0	11,7123
112,5 - 157,5	3,8128	4,2922	4,7603	3,9269	0,7877	0,0799	17,6598
157,5 - 202,5	3,9726	1,347	0,0571	0	0	0	5,3767
202,5 - 247,5	0,9132	0,411	0,0228	0,0228	0	0	1,3699
247,5 - 292,5	3,5046	5,3539	4,121	1,347	0,1256	0,0228	14,4749
292,5 - 337,5	4,4178	1,9863	1,4041	1,21	0,3196	0,1712	9,5091
Sub-Total	42,1461	28,0479	15,8676	7,3744	1,2443	0,274	94,9543
Calms							5,0457
Missing/Incomplete							0
Total							100

Figura 6 Rosa dei venti

L'intensità del vento registrata, Figura 5, ha una media assoluta di 2.69 m/s. e presenta dei picchi distribuiti durante tutto l'anno.
In Figura 6, invece è mostrata la rosa dei venti elaborata a partire dai dati della centralina di Imperia.

1.3.1.4 Pressione

La pressione media mensile, registra nell'anno di riferimento, ha un massimo di 1019 hPa nel mese di marzo e un minimo di 1010 hPa nel mese di febbraio. I valori registrati, quindi, hanno una bassa variabilità all'interno dell'anno.

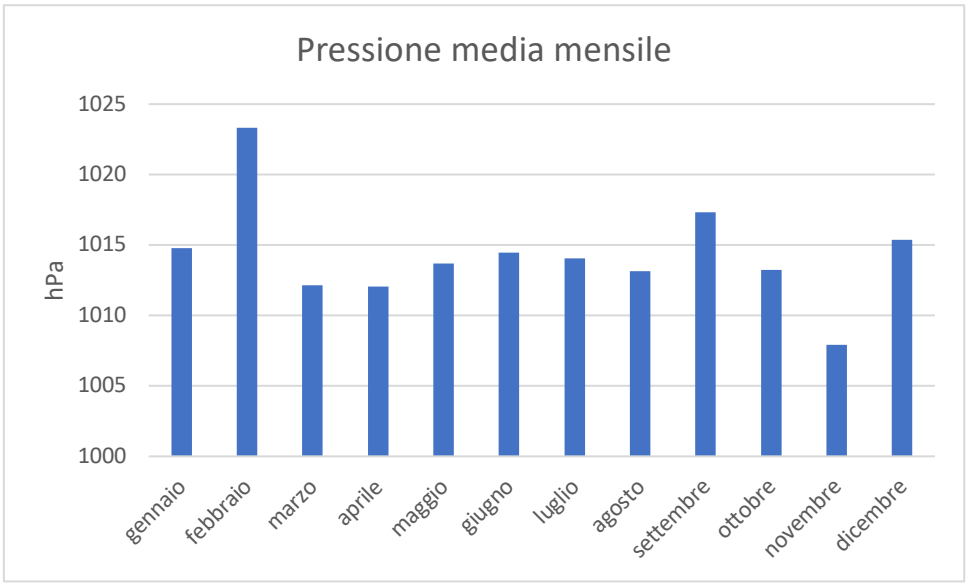


Figura 7 Pressione media mensile

1.4 ANALISI DELLA QUALITA' DELL'ARIA

1.4.1 Piano di Risanamento della qualità dell'aria e Zonizzazione

Il quadro normativo regionale in materia di gestione della qualità dell'aria è costituito dalle competenze attribuite dal D.lgs 351/99 che recepisce i disposti della Direttiva europea e che attribuisce alle Regioni una serie di attività tra cui, secondo i criteri e le metodologie disposte dal D.M. 261/02 e sulla base, in prima applicazione, della valutazione preliminare e successivamente della valutazione della qualità dell'aria ambiente, la definizione di una lista di zone e agglomerati nei quali:

- i livelli di uno o più inquinanti eccedono il valore limite aumentato del margine di tolleranza;
- i livelli di uno o più inquinanti sono compresi tra il valore limite ed il valore limite aumentato del margine di tolleranza.

Sulla base di tale zonizzazione/classificazione del proprio territorio, le Regioni adottano un piano o un programma per il raggiungimento dei valori limite entro i termini stabiliti.

In particolare, le norme prevedono che si debba adottare un piano o programma di risanamento per il raggiungimento di tale soglia nelle zone o agglomerati ove uno o più inquinanti eccedono il valore limite di riferimento, oppure, adottare un piano di mantenimento della qualità dell'aria al fine di conservare e migliorare i livelli degli inquinanti laddove essi risultino al di sotto dei valori limite.

L'articolo 1, comma 4, del d.lgs. 155/2010, definisce, infatti, la zonizzazione del territorio "il presupposto su cui si organizza l'attività di valutazione della qualità dell'aria ambiente", le cui modalità di svolgimento sono individuate sulla base della classificazione delle zone medesime. La valutazione della qualità dell'aria è, a sua volta, "il presupposto per l'individuazione delle aree di superamento dei valori, dei livelli, delle soglie e degli obiettivi previsti" dal decreto per i vari inquinanti; in caso di superamento devono essere adottati piani che agiscano sull'insieme delle principali sorgenti di emissione, ovunque localizzate, che influenzano tali aree di superamento. Il medesimo articolo 1, comma 4, indica sinteticamente i principi per la delimitazione delle zone e degli agglomerati, meglio specificati nell'Appendice I "Criteri per la zonizzazione del territorio".

In primo luogo, sulla base dell'assetto urbanistico, della popolazione residente e della densità abitativa, si individuano gli agglomerati e successivamente, in considerazione principalmente delle caratteristiche orografiche, di quelle meteo climatiche, del carico emissivo e del grado di urbanizzazione del territorio, si prosegue con la delimitazione delle altre zone. Le zone e gli agglomerati individuati sono infine classificati ai fini della tutela della salute umana, secondo quanto specificato dall'articolo 4 del d.lgs. 155/2010, confrontando le concentrazioni nell'aria ambiente degli inquinanti SO2, NO2, C6H6, CO, Pb, PM10, PM2.5, As, Cd, Ni, B(a)P con le rispettive soglie di valutazione superiori e inferiori riportate nell'Allegato II del citato decreto.

La Regione Liguria ha delimitato il territorio regionale secondo 3 differenti zonizzazioni, adottate con delibera della Giunta regionale n.44 del 24 gennaio 2014:

- la zonizzazione che riguarda biossido di zolfo (SO2), monossido di carbonio (CO), biossido di azoto (NO2), benzene e particolato solido fine (PM10 e PM2,5) comprende 6 zone denominate: Agglomerato di Genova; Savonese - Bormida; Spezzino; Costa alta pressione antropica; Entroterra alta pressione antropica; Entroterra e costa bassa pressione antropica
- la zonizzazione che riguarda Ozono e BaP che comprende 2 zone ovvero Agglomerato di Genova e il resto del territorio regionale
- la zonizzazione per i metalli (Pb, As,Cd, Ni) che comprende 3 zone ovvero Agglomerato di Genova; Savonese - Bormida - Spezzino; Costa ed Entroterra

La classificazione delle zone è stata riesaminata ed aggiornata, con delibera della Giunta regionale n.190 del 12 marzo 2021, sulla base delle valutazioni annuali della qualità dell'aria degli anni 2015-2019.

Zonizzazione per biossido di zolfo (SO2), biossido di azoto (NO2), materiale particolato (PM10 e PM2.5), benzene (C6H6), monossido di carbonio (CO)

- Zona IT0711 - Agglomerato di Genova: comprende il solo comune di Genova;

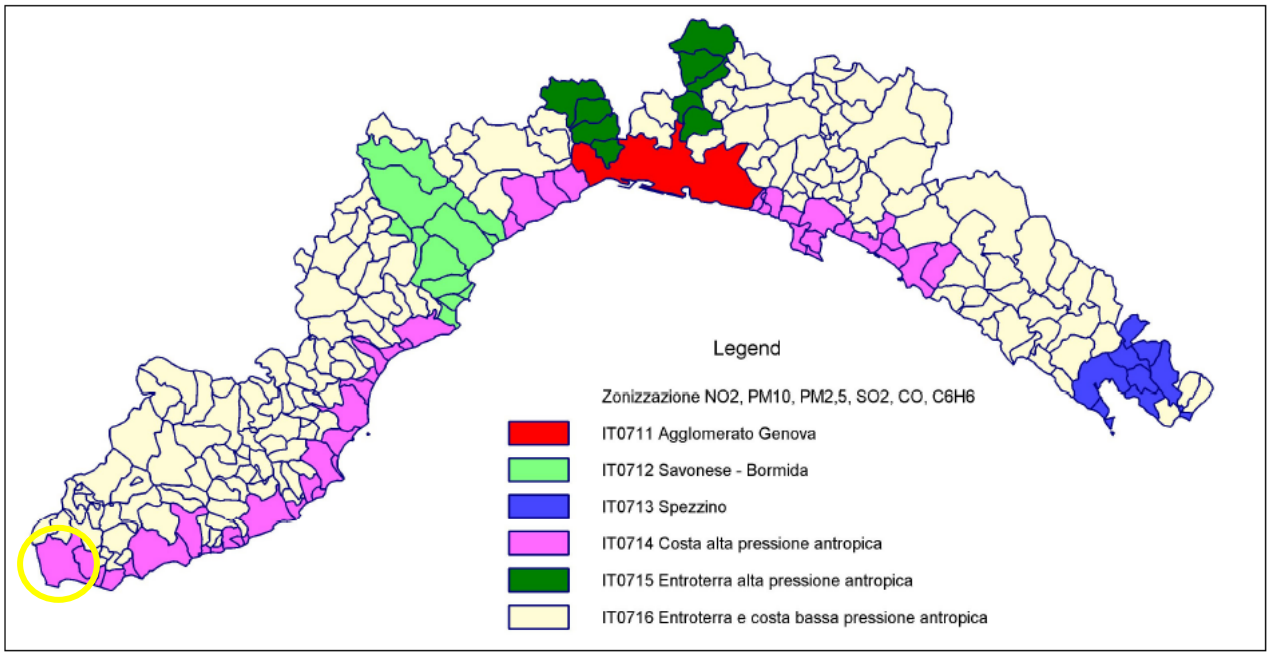
- Zona IT0712 - Savonese – Bormida: comprende i Comuni sulla costa Savonese (Albisola Superiore, Albissola Marina, Bergeggi, Noli, Quiliano, Savona, Spotorno, Vado Ligure) ed alcuni della Val Bormida (Cairo Montenotte, Carcare, Altare e Dego);
- Zona IT0713 - Spezzino: comprende il Comune di La Spezia ed alcuni Comuni della Piana del Magra (Arcola, Bolano, Lerici, Portovenere, Santo Stefano di Magra, Sarzana, Vezzano Ligure);
- Zona IT0714 - Costa con alta pressione antropica: comprende i seguenti comuni:
  Città Metropolitana di Genova: Arenzano, Bogliasco, Camogli, Carasco, Casarza Ligure, Chiavari, Cogoleto, Cogorno, Lavagna, Pieve Ligure, Portofino, Rapallo, Recco, Santa Margherita Ligure, Sestri Levante, Sori, Zoagli;
  Provincia di Imperia: Bordighera, Camporosso, Cervo, Cipressa, Costarainera, Diano Marina, Imperia, Ospedaletti, Riva Ligure, San Bartolomeo al Mare, San Lorenzo al Mare, Sanremo, Santo Stefano al Mare, Taggia,Vallecrosia, Ventimiglia;
  Provincia di Savona: Alassio, Albenga, Andora, Borghetto Santo Spirito, Borgio Verezzi,Celle Ligure, Ceriale, Finale Ligure, Laigueglia, Loano, Pietra Ligure, Varazze.
- Zona IT0715 - Entroterra genovese con alta pressione antropica: comprende i seguenti comuni dell'entroterra Genovese attraversati dalle autostrade A26 e A7:Val Leira - Stura (Campo Ligure, Masone, Mele, Rossiglione); ValPolcevera ed Alta Valle Scrivia (Busalla, Isola del Cantone, Mignanego, Ronco Scrivia, Serra Ricco).
- Zona IT0716 - Entroterra e Costa con bassa pressione antropica: comprende i restanti comuni del territorio regionale interessati da bassi carichi inquinanti, compresi i Comuni delle Cinque Terre.

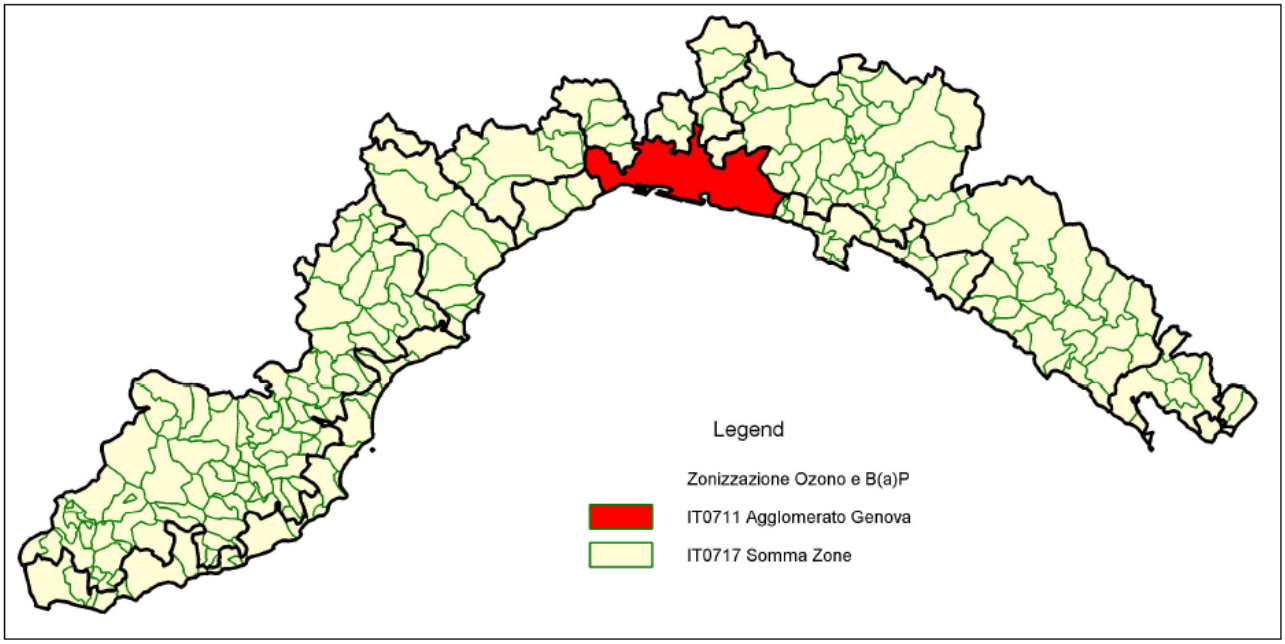
Zonizzazione per ozono (O3) e benzo(a)pirene (B(a)P):

- Zona IT0711 - Agglomerato Genova: comprende il Comune di Genova
- Zona IT0717 - Comprende il rimanente territorio regionale

Zonizzazione per i metalli arsenico (As), Cadmio (Cd), nichel (Ni) e piombo (Pb):

- Zona IT0711 - Agglomerato Genova: comprende il Comune di Genova
- Zona IT0718 - Comprende i territori delle zone IT0712 ed IT0713
- Zona IT0719 - Comprende il rimanente territorio regionale.


Legend
Zonizzazione NO2, PM10, PM2,5, SO2, CO, C6H6
IT0711 Agglomerato Genova
IT0712 Savonese - Bormida
IT0713 Spezzino
IT0714 Costa alta pressione antropica
IT0715 Entroterra alta pressione antropica
IT0716 Entroterra e costa bassa pressione antropica


Legend
Zonizzazione Ozono e B(a)P
IT0711 Agglomerato Genova
IT0717 Somma Zone

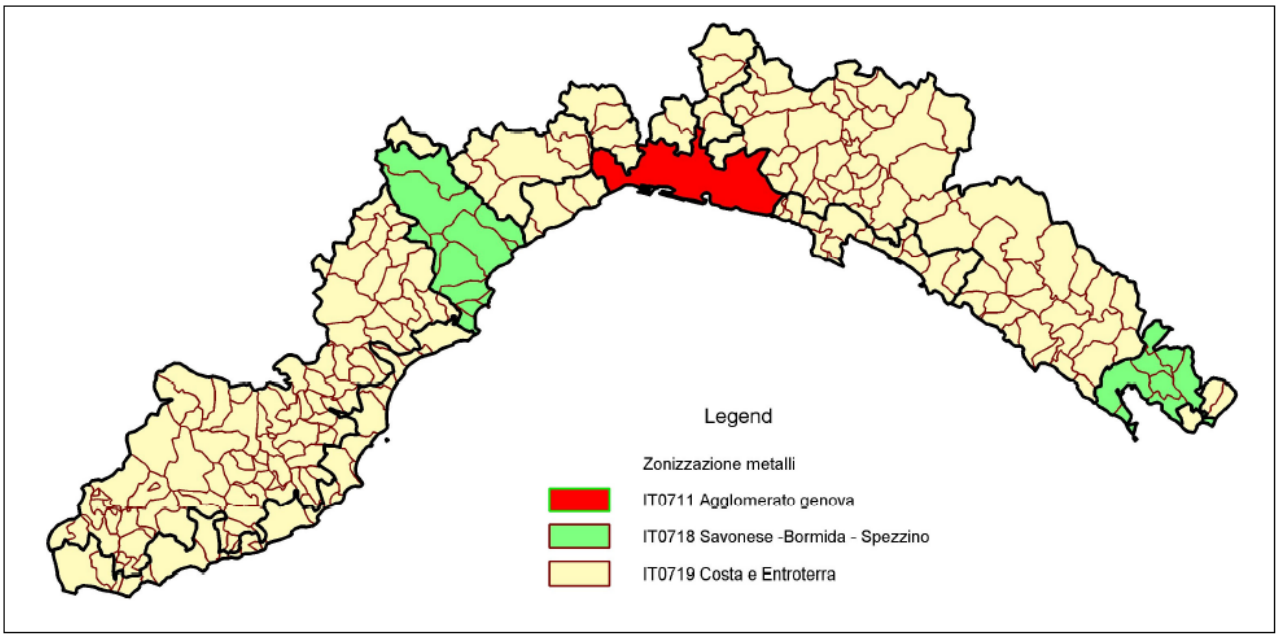


Figura 8 Zonizzazioni della regione Liguria

In Figura 8 e in Tabella 2 si riporta la suddivisione del territorio regionale nelle diverse zone individuate.

Codice Zona	Zona	N° Comuni	Area - Km²	Popolazione
IT0711	Agglomerato di Genova	1	240,29	574090
IT0712	Savonese – Bormida	12	381,26	119859
IT0713	Spezzino	8	172,91	164217
IT0714	Costa alta pressione antropica	45	732,26	447402
IT0715	Entroterra genovese con alta pressione antropica	9	255,31	34027
IT0716	Entroterra e Costa con bassa pressione antropica	163	3823,13	203532
IT0717	Tutto il territorio regionale escluso l'agglomerato di Genova	233	5175,95	969037
IT0718	Comprende i territori delle zone IT0712 ed IT0713	20	554,17	284076
IT0719	Tutto il territorio regionale escluse le zone IT0711, IT0712 ed IT0713	180	4621,78	681707

Tabella 2 Zonizzazione del territorio regionale

Il tratto di strada da noi preso in esame nel seguente studio ricade all'interno della Zona IT0714 - Costa con alta pressione antropica.

1.4.2 Monitoraggio della qualità dell'aria

A seguito della zonizzazione del territorio, ciascuna zona o agglomerato è stato classificato allo scopo di individuare le modalità di valutazione della qualità dell'aria in conformità alle disposizioni del d.lgs. 155/2010. In base alla *classificazione* effettuata ed al numero di abitanti delle zone individuate, il d.lgs. 155/2010 fissa il numero minimo di stazioni da prevedere nella rete di misura per ogni inquinante.

La valutazione della qualità dell'aria dell'anno 2021, si basa sulle misurazioni dei livelli di inquinanti effettuati dalle stazioni della rete di monitoraggio regionale. In questi anni ARPAL ha attuato un programma di interventi per la ristrutturazione e l'adeguamento della rete di misura al programma di valutazione regionale che ha consentito la sostituzione di strumenti esistenti non conformi alla norma, l'ammodernamento della rete nel suo complesso e la dismissione di stazioni valutate non conformi ai criteri di macro e micro-localizzazione stabiliti dalla norma. Nell'immagine che segue sono rappresentate le postazioni della rete di monitoraggio. L'elenco dei punti di misura che concorrono alla valutazione regionale della qualità dell'aria, sono riportati nelle successive tabelle con riferimento alle rispettive zone di appartenenza.

Si precisa che per questa valutazione, come negli altri precedenti, si è tenuto conto delle stazioni e dei parametri ritenuti idonei per tipologia ed ubicazione e con una percentuale di dati validi, validati e certificati dall'ARPAL rispondenti agli obiettivi di qualità indicati dalla normativa vigente.

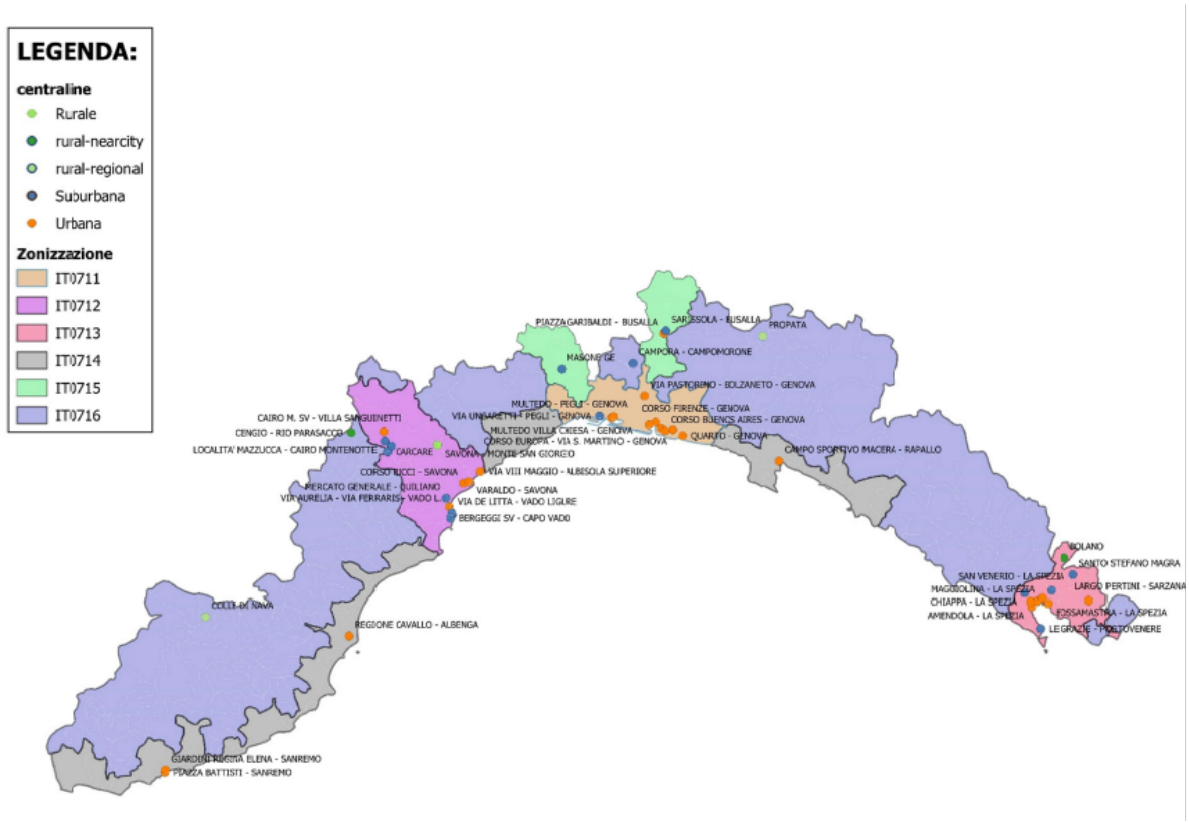


Figura 9 Rete di monitoraggio qualità dell'aria

In generale, le stazioni si distinguono in:

- stazioni di misurazione di TRAFFICO: stazioni ubicate in posizione tale che il livello di inquinamento sia influenzato prevalentemente da emissioni da traffico, provenienti da strade limitrofe con intensità di traffico medio alta
- stazioni di misurazione di FONDO: stazioni ubicate in posizione tale che il livello di inquinamento non sia influenzato prevalentemente da emissioni da specifiche fonti (industrie, traffico, riscaldamento residenziale, ecc.) ma dal contributo integrato di tutte le fonti poste sopravento alla stazione rispetto alle direzioni predominanti dei venti nel sito
- stazioni di misurazione INDUSTRIALE: stazioni ubicate in posizione tale che il livello di inquinamento sia influenzato prevalentemente da singole fonti industriali o da zone industriali limitrofe.

Di seguito sono riportate le stazioni di monitoraggio con la loro ubicazione ed i relativi analizzatori presenti.

Zona	Nome Stazione	Tipo Stazione	SO_2	NO_2	PM10	PM2.5	C_6H_6	CO
IT0711	Quarto - Genova (GE)	U. F.	X	X	X	X	X	--
	C.so Firenze - Genova (GE)	U. F.	X	X	X	X	--	X
	Parco Acquasola - Genova (GE) [1]	U. F.	--	--	--	--	--	--
	Multedo Ronchi - Genova (GE)	U. T.	--	X	X	--	--	--
	C.so Europa - via S. Martino - Genova (GE)	U. T.	--	X	X	X	X	X
	Via Pastorino Bolzaneto - Genova (GE)	U. T.	--	X	--	--	--	X
	C.so Buenos Aires - Genova (GE)	U. T.	--	X	X	--	X	--
	Via Buozzi - Genova (GE)	U. T.	--	X	X	--	X	X
	Multedo Villa Chiesa - Genova (GE)	U. I.	X	--	--	--	X	--
	Via Ungaretti – Pegli (Ge)	S.F.		X	--			
IT0712	Località Mazzucca - Cairo Montenotte (SV)	S. I.	X	X	X	X	X	--
	Località Bragno - Cairo Montenotte (SV)	S. I.	X	X	X	X	X	--
	Villa Sanguinetti - Cairo Montenotte (SV)	U.F.		X	X	X	X	
	Via Nazionale - Carcare (SV)	S. I.	X	X	--	--	--	X
	Via VIII Maggio - Albisola Superiore –(SV)	U.T.	--	X	--	--	X	x
	Mercato Generale - Quiliano (SV)	S. F./I.	X	X	X	X	X	--
	Corso Ricci - Savona (SV)	U. T.	--	X	X	X	X	X
	Varaldo - Savona (SV)	U. F.	X	X	X	X	X	--
	Monte S. Giorgio (SV)	R.I.		X	X	X		
	Capo Vado – Bergeggi (SV)	S.I.		X	X	X		
	Via Aurelia - Vado Ligure (SV)	U. T./ I.	X	X	X	X	X	--
	Via De Litta – Vado Ligure (SV)[2]	U.T. / I.	X	X	X	X	X	--
IT0713	Bolano (SP)	R. F.	X	X	--	--	--	--
	San Venerio - La Spezia (SP)	S. I.	X	X	--	--	--	--
	San Cipriano Libertà - La Spezia (SP)	U. T.	Ø	X	X	X	--	X
	Chiodo – Amendola – La Spezia (SP)	U.T.	--	X	X	X	--	--
	Piazza Saint Bon -La Spezia (SP)	U.T.	--	X	X	--	X	X
	Maggiolina - La Spezia (SP)	U. F.	X	X	X	X	X	--
	Fossamastra - La Spezia (SP)	U. I.	X	X	X	X	--	--
	Chiappa - La Spezia (SP)	S. F.	--	X	--	--	--	--
	Le Grazie - Portovenere (SP)	S. I.	X	X	--	--	--	--
	S. Stefano Magra (SP)	S.T.	X	X	X	--	--	--

Zona	Nome Stazione	Tipo Stazione	SO_2	NO_2	PM10	PM2.5	C_6H_6	CO
	Largo Pertini - Sarzana (SP)	U. T.	--	X	X	--	--	X
IT0714	Regione Cavallo - Albenga (SV)	U. T.	--	X	X	X	--	X
	Campo Macera - Rapallo (GE)	U. T.	--	X	X	X	X	X
	Giardini Regina Elena – Sanremo (IM)	U. F.	X	X	--	--	--	--
	Piazza Cesare Battisti – Sanremo (IM)	U. T.	--	X	X	--	X	X
IT0715	Piazza Garibaldi - Busalla (GE)	U. T.	--	X	X	X	X	X
	Sarissola - Busalla (GE)	S. I.	X	X	--	--	X	--
	Masone - Via Pian Pinerolo (GE)	S. F.	X	X	X	X		
IT0716	Campora - Campomorone (GE)	S. I.	X	X	X	X	X	X
	Rio Parasacco - Cengio (SV)	R. F.	--	X	X	X	--	--
	Propata (GE)	R.F.	--	X	--	---	--	--

Tabella 3 Localizzazione e dotazione strumentale delle stazioni di monitoraggio

Sono evidenziate in giallo le centraline più vicine e che meglio rappresentano l'area di nostro interesse, una di fondo e una di traffico.

Nei successivi paragrafi si riportano le analisi dei dati per i vari inquinanti contenuti all'interno del documento " Valutazione Annuale Della Qualità Dell'aria - Anno Di Monitoraggio 2021".

1.4.3 Particolato

Spesso il particolato rappresenta l'inquinante a maggiore impatto ambientale nelle aree urbane, tanto da indurre le autorità competenti a disporre dei blocchi del traffico nel tentativo di ridurne il fenomeno.

Le particelle sospese sono sostanze allo stato solido o liquido, che a causa delle loro piccole dimensioni, restano sospese in atmosfera per tempi più o meno lunghi.

Le polveri totali sospese o PTS vengono anche indicate come PM (particulate matter).

Le polveri PM10 rappresentano il particolato che ha un diametro inferiore a 10 micron, mentre le PM2,5, che costituiscono all'incirca il 60% delle PM10, rappresentano il particolato che ha un diametro inferiore a 2,5 micron.

Il particolato si origina sia da fonti naturali che antropogeniche. Tra le cause antropiche: l'utilizzo dei combustibili fossili, le emissioni degli autoveicoli, l'usura degli pneumatici, dei freni e del manto stradale.

1.4.3.1 PM 10

In Tabella 4Tabella 4 Particolato PM10. Concentrazioni Medie annuali vengono riportate le concentrazioni medie annue di PM10 registrate nella stazione di monitoraggio della zona IT0714.

Zona	Nome Stazione	Tipo Stazione	Tipologia di strumento (*)	Valore medio annuale (µg/m3)	Valutaz. media annuale 2021	Tendenza rispetto all'anno 2020
IT0714	Regione Cavallo - Albenga (SV)	U. T.	raggi beta giornaliero	17		⟷
	Campo Macera - Rapallo (GE)	U. T.	raggi beta giornaliero	21		⟷
	Piazza Battisti – Sanremo	U.T.	raggi beta orari	19		↑
	Valutazione intera Zona					↑

Tabella 4 Particolato PM10. Concentrazioni Medie annuali

Nella Tabella 5 vengono riportati il numero di superamenti del limite giornaliero di 50 µg/m3 registrati nel corso dell'anno 2021. Il limite dei superamenti consentiti possono essere al massimo 35 per anno civile.

Zona	Nome Stazione	N° Superi limite media giornaliera.	max. Media giornaliera (µg/m³)	Valore 90,4° percentile (µg/m³)	Valutaz. media giornaliera	Tendenza rispetto al 2020
IT0714	Regione Cavallo - Albenga (SV)	4	66	24		⟷
	Campo Macera - Rapallo (GE)	2	69	30		⟷
	Piazza Battisti – Sanremo (*)	7	63	27		↑
	Valutazione intera Zona					

Tabella 5 Particolato PM10. Numero superamenti giornalieri

Come si evince non sono stati riscontrati superamenti, né del numero né del valore limite annuale in nessuna stazione di monitoraggio.

Nel grafico seguente sono riportati gli andamenti delle concentrazioni medie annuali di PM10 dal 2010 al 2021. Nel corso degli anni i valori risultano complessivamente in diminuzione.

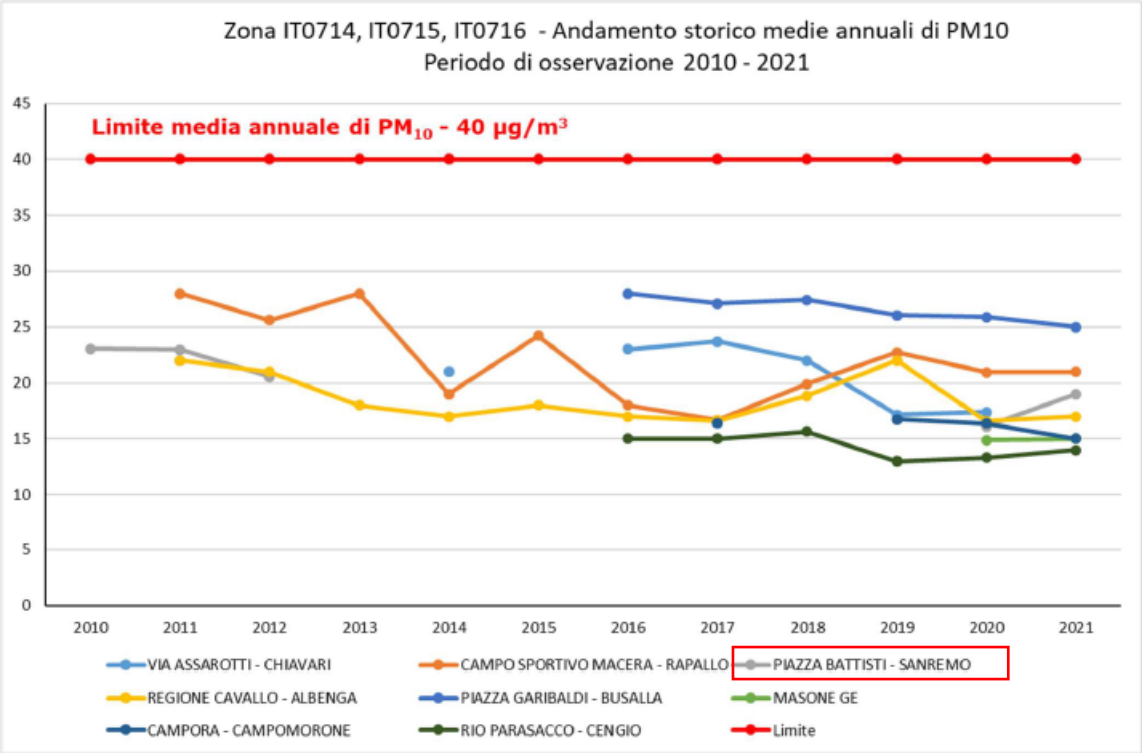


Figura 10 Andamento delle medie annuali di PM10 nelle Zone IT0714, IT0715 e IT0716.

1.4.3.2 PM 2.5

In Tabella 6 sono riportate le medie annuali registrate nel 2021. Come si può notare, nessuna delle centraline prese in riferimento presentano l'analizzatore per il PM2.5. In questo caso si farà riferimento alla centralina di Albenga, appartenente alla stessa zona di monitoraggio.

Zona	Nome Stazione	Tipo Stazione	Tipologia di strumento (*)	Valore medio annuale (µg/m³)	Valore massimo media su 24 h. (µg/m³)	Valutaz. Media annuale 2021	Tendenza rispetto all'anno 2020
	Valutazione intera zona						
IT0713	San Cipriano Libertà - La Spezia (SP) (*)	U. T.	raggi beta orari	11	30		
	Amendola – La Spezia		raggi beta orari	8	29		
	Maggiolina - La Spezia (SP)	U. F.	raggi beta orari	10	29		
	Fossamastra - La Spezia (SP)	U. I.	raggi beta orari	8	25		
	Valutazione intera zona						
IT0714	Campo Sportivo Macera Rapallo - RAPALLO	U.T.	raggi beta giornalieri	13	42		
	Regione Cavallo - Albenga (SV)	U. T.	raggi beta giornalieri	8	28		
	Valutazione intera zona						
IT0715	Masone (GE) (**)	S. F.	raggi beta giornalieri	9	46		
	Piazza Garibaldi - Busalla (GE)	U.T.	raggi beta giornalieri	18	63		
	Valutazione intera zona						
IT0716	Campora - Campomorone (GE)	U. F.	raggi beta giornalieri	8	32		

Tabella 6 Particolato PM2,5. Concentrazioni Medie annuali

Si può osservare che non è stato registrato alcun superamento del valore limite di 25 µg/m3.

Nel grafico seguente sono riportati gli andamenti delle concentrazioni medie annuali di PM2.5 dal 2010 al 2021.

Nel corso degli anni i valori risultano complessivamente in diminuzione, tranne che per un picco nel 2018.

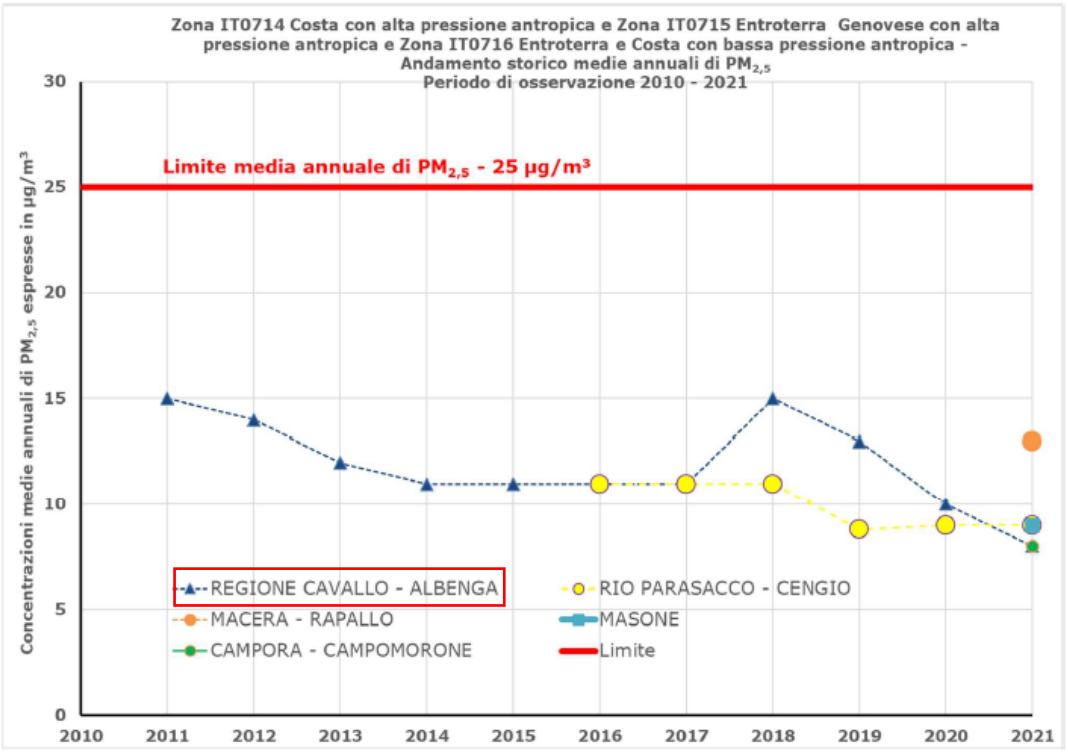


Figura 11 Andamento della media annuale di PM2.5 nelle Zone IT0714 Costa con alta pressione antropica e IT0716 Entroterra e costa con bassa pressione antropica.

1.4.4 Ossidi di azoto: NOX

Con il termine NOx vengono indicati genericamente l'insieme dei due più importanti ossidi di azoto a livello di inquinamento atmosferico ossia l'ossido di azoto, NO, e il biossido di azoto, NO2.

Gli ossidi di azoto (NOx) vengono emessi direttamente in atmosfera a seguito di tutti i 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.

Nel caso del traffico autoveicolare, le quantità più elevate di questi inquinanti si rilevano quando i veicoli sono a regime di marcia sostenuta e in fase di accelerazione, poiché la produzione di NOx aumenta all'aumentare del rapporto aria/combustibile, cioè quando è maggiore la disponibilità di ossigeno per la combustione.

A differenza delle polveri sottili, gli ossidi di azoto sono inquinanti più locali, in quanto a causa della loro breve vita media subiscono processi di trasporto a scala spaziale limitata. Le concentrazioni registrate nelle singole stazioni sono pertanto fortemente condizionate dalle eventuali sorgenti presenti in prossimità.

1.4.4.1 Biossidi Di Azoto: No2

Nella Tabella 7**Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.** vengono riportate per tutte le stazioni della zona IT0714 il valore della concentrazione media annuale riscontrato nel corso del 2021.

Zona	Nome Stazione	Tipo Stazione	Media annuale 2021		Tendenza rispetto all'anno 2020
IT0714 Costa alta pressione antropica	Regione Cavallo - Albenga (SV)	U. T.		17	⟷
	Campo Macera – Rapallo (GE)	U. T.		22	⟷
	Giardini Regina Elena – Sanremo (IM)	U. F.		10	⟷
	Piazza Cesare Battisti – Sanremo (IM)	U. T.		13	⟷
	Valutazione intera Zona				⟷

Tabella 7 Biossido di Azoto. Concentrazioni Medie annuali

Si può osservare che il valore limite annuale (40 µg/m3) non è stato superato.

Oltre al valore limite annuale, la norma fissa per il biossido di azoto un valore limite orario di 200 µg/m3, da non superare per più di 18 volte all'anno. Anche in questo caso non risulta alcun superamento.

Zona	Nome Stazione	Tipo Stazione	Superi orari a 200	Val. media oraria	Valore max orario 2021 µg/m³	Tendenza rispetto all'anno 2020
IT0714	Regione Cavallo - Albenga (SV)	U. T.	0		74	⟷
	Campo Macera – Rapallo (GE)	U. T.	0		88	⟷
	Giardini Regina Elena – Sanremo (IM)	U. F.	0		89	⟷
	Piazza Cesare Battisti – Sanremo (IM)	U. T.	0		164	⟷
	Valutazione intera Zona					⟷

Tabella 8 Biossido di Azoto. Concentrazioni Orarie

Nel grafico seguente è riportato l'andamento della media annuale di NO2 dal 2010 al 2021.

Nella Zona IT0714 Costa alta pressione antropica, si evidenzia ormai un ampio rispetto dei limiti in tutte le postazioni nonostante il leggero peggioramento tra il 2020 e il 2021.

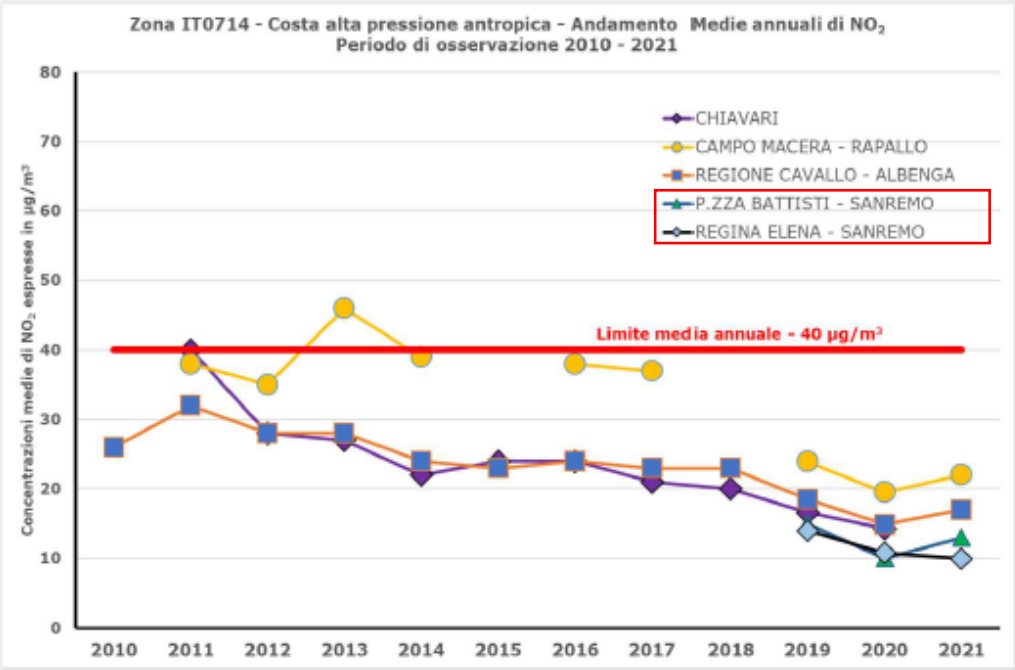


Figura 12 Andamento delle medie annuali di NO2 nella Zona IT0714 Costa alta pressione antropica

1.4.5 Monossido di carbonio e benzene

Il monossido di carbonio (CO) ha origine da processi di combustione incompleta di composti contenenti carbonio. È un gas la cui origine è da ricondursi prevalentemente al traffico autoveicolare, soprattutto ai veicoli a benzina. Le emissioni di CO dai veicoli sono maggiori in fase di decelerazione e di traffico congestionato. Le sue concentrazioni sono strettamente legate ai flussi di traffico locali e gli andamenti giornalieri rispecchiano quelli del traffico, come si nota dalla Figura 13.

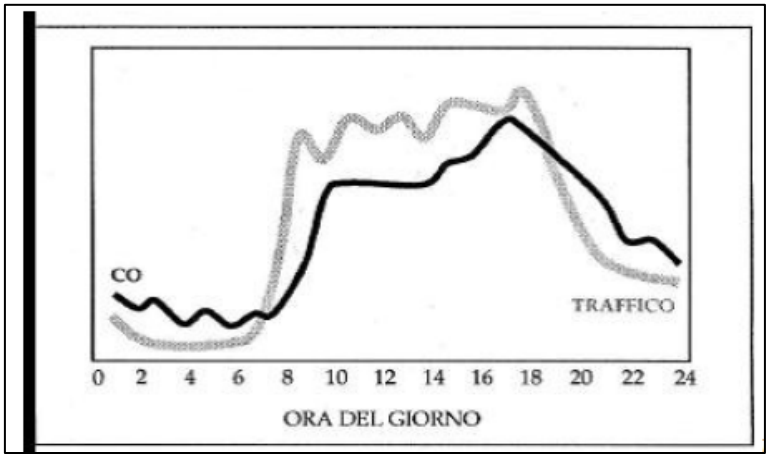


Figura 13 Andamento giornaliero del traffico vs CO

Il monossido di carbonio presenta anche una forte variabilità spaziale: la sua concentrazione mostra di solito valori massimi nell'intorno dell'asse stradale e decresce molto rapidamente allontanandosi da esso, fino a diventare trascurabile a una distanza di alcune decine di metri.

Anche per il benzene, la sorgente più rilevante nell'atmosfera è rappresentata dal traffico veicolare, principalmente dai gas di scarico dei veicoli alimentati a benzina, nei quali viene aggiunto al carburante (la cosiddetta benzina verde) come antidetonante, miscelato con altri idrocarburi (toluene, xilene, ecc.) in sostituzione del piombo tetraetile impiegato fino a qualche anno fa. In piccola parte il benzene proviene dalle emissioni che si verificano nei cicli di raffinazione, stoccaggio e distribuzione della benzina.

Le concentrazioni di questi due inquinanti, si sono significativamente ridotte negli anni, grazie alle modifiche introdotte sui combustibili ed allo sviluppo tecnologico nel settore automobilistico e si sono assestate su valori ampiamente inferiori ai limiti normativi.

1.4.5.1 CO

Dai dati riportati in Tabella 9 si osserva che il valore della "massima media mobile su 8 ore" calcolata con riferimento alle 24 ore di CO nel 2021 sono di molto inferiori al valore limite di 10,0 mg/m3.

Zona	Nome Stazione	Tipo Stazione	N° superamenti valore limite	Valore massimo giornaliero della media su 8 ore (mg/m^3)	Valutaz. del massimo giornaliero della media su 8 ore	Tendenza rispetto all'anno 2020
IT0714	Campo Macera - Rapallo (GE)	U. T.	0	1,4		⟷
	Piazza Cesare Battisti - Sanremo (IM)		0	1,3		⟷
	Regione Cavallo – Albenga (SV)	U. T.	0	0,9		⟷
	Valutazione intera zona					⟷
IT0715	Piazza Garibaldi - Busalla (GE)	U. T.	0	1,7		⟷
	Valutazione intera zona					⟷
IT0716	Campora - Campomorone (GE)	S. I.	0	1,1		⟷
	Valutazione intera zona					⟷

Tabella 9 CO- Concentrazioni massima media mobile su 8 ore

Nei grafici seguenti sono riportati i trend del massimo valore giornaliero della media mobile sulle 8 ore di CO nel periodo 2010 – 2021. ,Anche in questo caso si evidenzia un ampio rispetto dei limiti in tutte le postazioni.

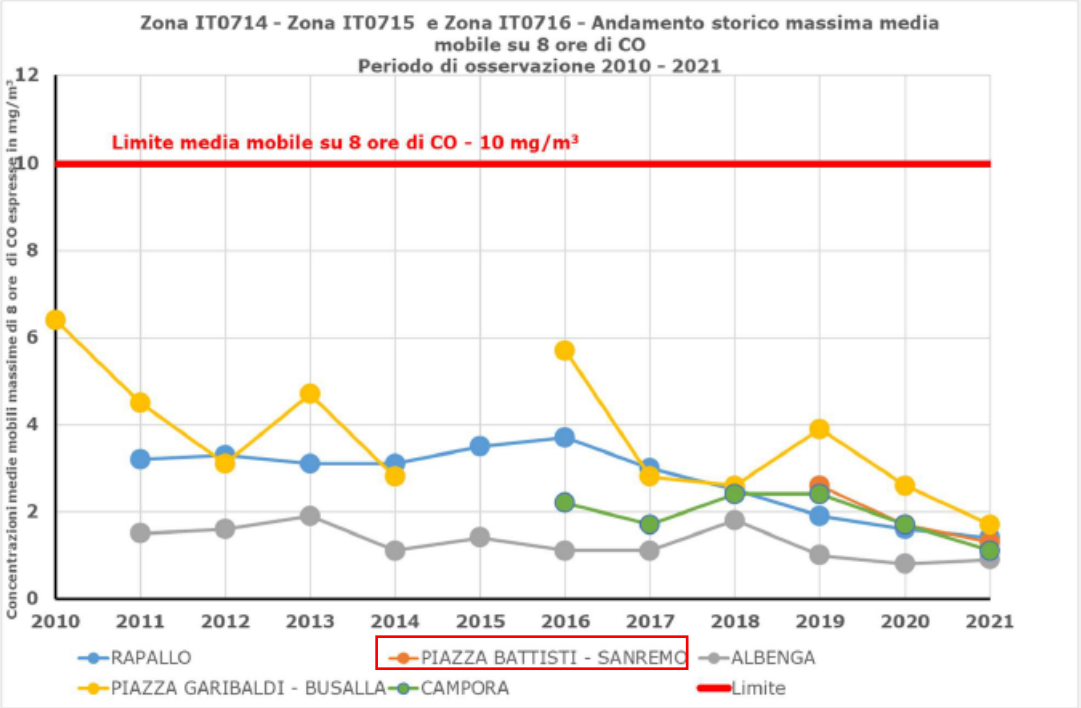


Figura 14 Andamento della media mobile su 8 ore di CO nelle Zone IT0714, IT0715 e IT0716.

1.4.5.2 BENZENE

Dai dati riportati in Tabella 10 si osserva che le concentrazioni medie annuali di Benzene nel 2021 sono di molto inferiori al valore limite di 5,0 µg/m3.

Zona	Nome Stazione	Tipo Stazione	Valore medio annuale (µg/m³)	Media annuale 2021	Tendenza rispetto all'anno 2020
IT0713	Piazza Saint Bon - La Spezia (SP)	U. T.	1,3		⟷
	Parco Maggiolina - La Spezia (SP)	U. F.	0,6		⟷
	Valutazione intera zona			●	
IT0714	Campo Macera - Rapallo (GE)	U. T.	1,6		⟷
	Piazza Cesare Battisti – Sanremo (IM)	U. T.	0,5		⟷
	Valutazione intera zona			●	
IT0715	Piazza Garibaldi - Busalla (GE)	U. T.	1		⟷
	Sarissola - Busalla (GE)	S. I.	0,6		⟷
	Valutazione intera zona			●	
IT0716	Campora - Campomorone (GE)	S.I.	0,5		⟷
	Valutazione intera zona			●	

Tabella 10 Benzene. Concentrazioni Medie annuali

Nel grafico seguente sono riportati i trend sulla media annuale di C6H6 (dal 2010 al 2021).

Negli anni le concentrazioni medie annue di benzene si sono ridotte. Ormai da diversi anni non si registrano criticità nelle postazioni della rete regionale rispetto ai limiti normativi.

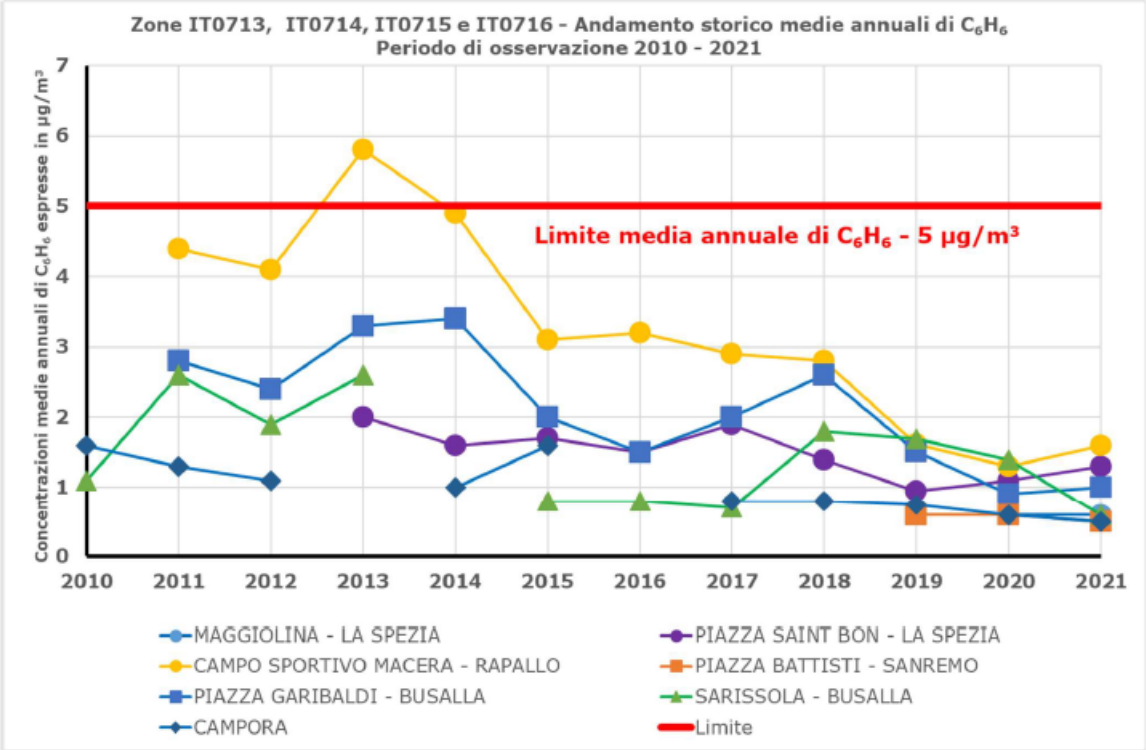


Figura 15 Andamento della media annuale di C6H6 nella Zone IT0713, IT0714, IT0715 e IT0716.

1.5 I MODELLI DI SIMULAZIONE UTILIZZATI

1.5.1 Copert 5

Ci si è avvalsi di alcuni modelli di simulazione al fine di condurre le valutazioni e le analisi emissive e diffusionali generate dall'opera in esame. Nello specifico, per la valutazione dei fattori di emissione derivanti da traffico stradale si è fatto riferimento al software di calcolo COPERT 5. Tale software è lo standard europeo per la valutazione delle emissioni da traffico veicolare stradale. Lo sviluppo del software COPERT è coordinato dall'Agenzia Europea dell'Ambiente, all'interno delle attività del "European Topic Centre for Air Pollution and Climate Change Mitigation". Responsabile dello sviluppo scientifico è il European Commision's Joint Research Centre. Il modello è stato realizzato ed è utilizzato per gli inventari delle emissioni stradali degli stati membri.
La metodologia utilizzata da COPERT 5 è parte integrante del EMEP/EEA Air Polluttant Emission Inventory Guidebook per il calcolo dell'inquinamento atmosferico ed è in linea con gli orientamenti IPCC per il calcolo delle emissioni di gas a effetto serra.
COPERT 5 trae le sue origini da una metodologia sviluppata da un gruppo di lavoro che è stato istituito in modo esplicito a tale scopo nel 1989 (COPERT 85). Questo è stato poi seguito da versioni successive

aggiornate, fino ad arrivare alla versione attuale che rappresenta una sintesi dei risultati delle varie attività su larga scala e progetti dedicati, quali:

- Progetti dedicati finanziati dal Centro comune di ricerca/Trasporti e l'Unità Qualità dell'aria;
- Programma annuale di lavoro del “European Topic Centre for Air Pollution and Climate Change Mitigation (ETC / ACM)”;
- Programma di lavoro del “European Research Group on Mobile Emission Sources (Ermes)”;
- Progetto MEET (Methodologies to Estimate Emissions from Transport), una Commissione Europea (DG VII) che ha promosso il progetto all'interno del 4 ° Framework Program (1996-1998);
- Il progetto particolato (Characterisation of Exhaust Particulate Emissions from Road Vehicles), una Commissione europea (DG Transport) PROGETTO nell'ambito del 5° Framework Program (2000-2003);
- Il progetto ARTEMIS (Assessment and Reliability of Transport Emission Models and Inventory Systems), una Commissione europea (DG Trasporti) PROGETTO nell'ambito del 5° Framework Program (2000-2007);
- Il progetto congiunto JRC/CONCAWE/ACEA sull’ evaporazione del carburante da veicoli a benzina (2005-2007)1.

Attraverso alcuni dati di input, quali la composizione del parco veicolare circolante e la velocità media è possibile calcolare i fattori di emissioni corrispondenti per ogni tipologia di veicolo e per ogni inquinante considerato.

La metodologia prevede che le emissioni siano calcolate usando una combinazione di dati tecnici e di “attività” quali il numero di veicoli circolanti, i chilometri percorsi, la velocità media, ecc. L’algoritmo utilizzato nella metodologia descrive le emissioni totali come la somma di due componenti:

- EHOT: sono le emissioni dovute al regime di funzionamento del motore così detto “a caldo”;
- ECOLD: sono le emissioni legate al transitorio termico legato al funzionamento del motore così detto “a freddo”.

Inoltre, le emissioni totali sono funzione anche delle diverse condizioni di moto. La metodologia distingue tre grandi famiglie: Urbana, Extraurbana e Autostradale.

L'algoritmo generale di calcolo è quindi definito come:

$$Ei = FEi,c \cdot pc \cdot Nc$$

dove:

- Ei = emissione dell'inquinante in [g];
- FEi,c = fattore di emissione dell'inquinante/i per i veicoli di categoria c [g/km];

1 Informazioni tratte dal sito http://www.emisia.com

- pc = percorrenza media dei veicoli di categoria c [km];
- Nc = numero di veicoli di categoria c [-].

L'emissione totale lungo l'arco di strada considerata viene valutata sommando i singoli contributi valutati per ciascuna tipologia di veicolo. Le tipologie di veicolo sono: veicoli commerciali leggeri, veicoli commerciali pesanti, autovetture, autobus e motocicli.

1.5.2 Aermod view

Il modello di simulazione matematico relativo alla dispersione degli inquinanti in atmosfera a cui si è fatto riferimento per le simulazioni, è il software AERMOD View, distribuito dalla Lakes Enviromental, il quale, partendo dalle informazioni sulle sorgenti e sulle condizioni meteorologiche, fornisce la dispersione degli inquinanti in atmosfera e i relativi livelli di concentrazione al suolo.

AERMOD View incorpora i principali modelli di calcolo utilizzati dall'U.S. EPA attraverso un'interfaccia integrata. Tali modelli sono:

- Aermod;
- ISCST3;
- ISC-PRIME.

In particolare, AERMOD è un modello di tipo Gaussiano (Steady-state Gaussian plume air dispersion model) basato su un modello di stabilità atmosferica di tipo "Planetary boundary layer theory"2, che consente di valutare, attraverso algoritmi di calcolo, i fattori di deflessione degli edifici, i parametri di deposizione al suolo degli inquinanti, l'effetto locale dell'orografia del territorio ed in ultimo i calcoli relativi alle turbolenze meteorologiche.

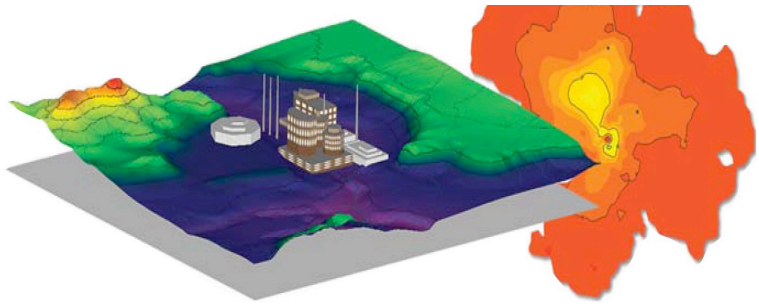


Figura 16 AermodView Esempio di modellazione grafica 3D delle curve di isoconcentrazione

Il codice AERMOD è stato sviluppato dall'American Meteorological Society – EPA, quale evoluzione del modello gaussiano ISC3. La dispersione in atmosfera della sostanza inquinante è funzione delle condizioni di stabilità atmosferica dell'area di riferimento stessa:

[2] AERMOD Tech Guide – Gaussian Plume Air Dispersion Model. Version 7.6

1) strato limite dell'atmosfera stabile: la distribuzione è di tipo gaussiano sia in direzione orizzontale che in direzione verticale;
2) strato limite dell'atmosfera instabile: la distribuzione è di tipo gaussiano in direzione orizzontale e bi-gaussiano in direzione verticale.

Tale impostazione supera le tipologie di modelli precedenti (ISC3) permettendo di superare i limiti dei modelli gaussiani, i quali non erano in grado di simulare, in maniera sufficientemente rappresentativa, le condizioni di turbolenza dello strato limite atmosferico. Il codice prende in considerazione diversi tipi di sorgente:

1) puntuali;
2) lineari;
3) areali;
4) volumiche.

Per ognuna di tali sorgenti il modello fa corrispondere un diverso algoritmo di calcolo delle concentrazioni. Il modello, pertanto, calcola il contributo di ciascuna sorgente nel dominio d'indagine, in corrispondenza dei punti ricettori i quali possono essere punti singolari, o una maglia di punti con passo definito dall'utente.

In ultimo il modello si avvale di due ulteriori modelli per la valutazione degli input meteorologici e territoriali. Il primo modello, AERMET, consente di elaborare i dati meteorologici rappresentativi dell'area d'intervento, al fine di calcolare i parametri di diffusione dello strato limite atmosferico. Esso permette, pertanto, ad AERMOD di ricavare i profili verticali delle variabili meteorologiche più influenti. Il secondo modello, AERMAP, invece, consente di elaborare le caratteristiche orografiche del territorio in esame.

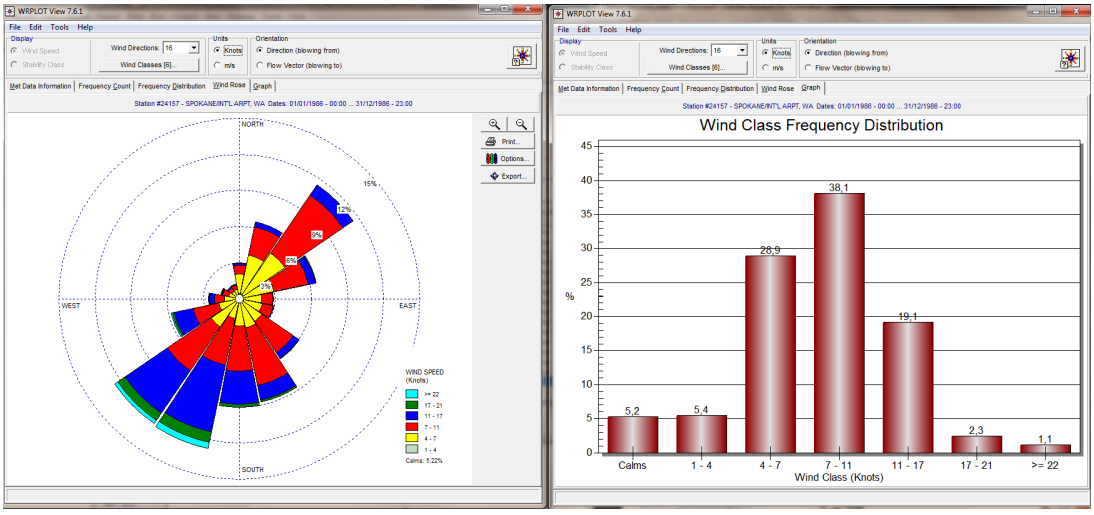


Figura 17 Esempio di applicazione del modulo AERMET

Come accennato, l'output del modello è rappresentato dalla valutazione delle concentrazioni di inquinanti in riferimento ai ricettori scelti. Qualora si scelga di rappresentare i risultati attraverso una maglia, il software,

grazie ad algoritmi di interpolazione è in grado di ricostruire le curve di isoconcentrazione, al fine di determinare una mappa di isoconcentrazione degli inquinanti.

Per maggiore chiarezza si può fare riferimento ad una struttura semplificata dell'intero processo di simulazione del software che può essere rimandata a due famiglie di parametri:

1) parametri territoriali;
2) parametri progettuali.

La prima famiglia di parametri è rappresentata da tutti i parametri propri del territorio ed in particolare i parametri meteorologici ed i parametri orografici. È evidente come tali parametri possano essere assunti costanti nel tempo, per quello che riguarda la parte orografica, e come invece debbano essere considerati variabili nel tempo, anche se affetti da un andamento periodico, i parametri meteorologici.

Questi due parametri, computati in maniera contemporanea, determinano le modalità di diffusione, definendo, ad esempio, i diversi campi di vento a cui è sottoposta l'area in esame nei diversi periodi dell'anno.

La seconda famiglia di parametri, definisce, invece, il quadro "Emissivo" del progetto, ovvero definisce tutti i fattori di emissione relativi alle differenti attività effettuate all'interno del processo realizzativo dell'opera.

Una volta stimate le due famiglie di parametri, il modello di simulazione ne analizza le diverse correlazioni possibili, andando a valutare gli effetti relativi alla presenza della sorgente atmosferica i-esima situata in un'area territoriale e attiva in uno specifico arco temporale, considerando le condizioni meteorologiche relative alla stessa area e nello stesso arco temporale, definendo le curve di isoconcentrazione necessarie alle valutazioni degli impatti dell'opera sui ricettori sensibili.

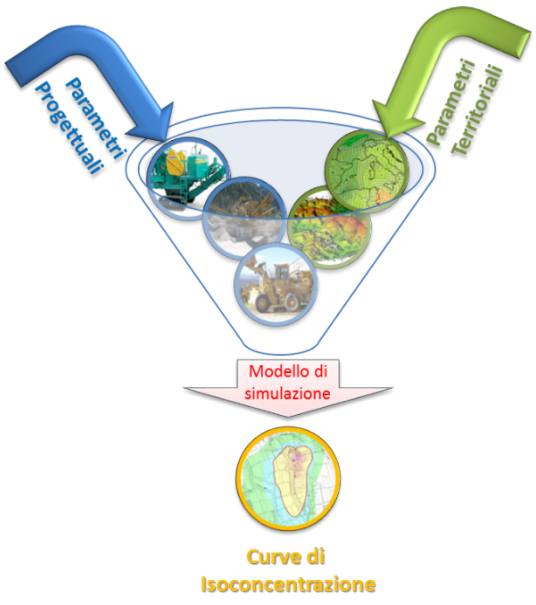


Figura 18 Definizione logica del modello adottato

1.6 LO SCENARIO DI ESERCIZIO ATTUALE: ANALISI DELLE CONCENTRAZIONI

Di seguito vengono descritte le analisi eseguite al fine di valutare lo stato attuale in termini di emissioni dovute al traffico stradale.

1.6.1 Aermod View: Gli Input Territoriali

1.6.1.1 Gli Input Orografici

Il software Aermod View, grazie al processore territoriale AERMAP, permette di configurare essenzialmente tre tipologie di territorio così come mostrato nella figura seguente.

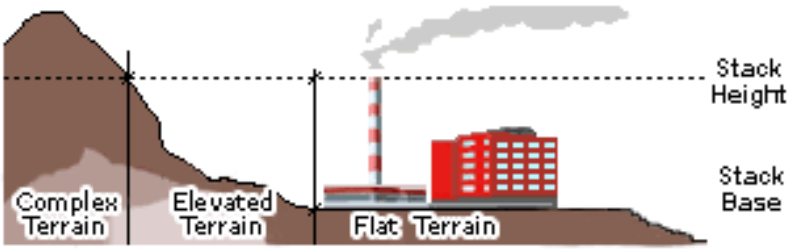


Figura 19 Tipologie di configurazioni territoriali

Con riferimento all'area in esame, attraversata dall'infrastruttura attuale, si è adottata una conformazione del territorio di tipo "elevated terrain". Infatti, nel caso in esame, il terreno è di fondamentale importanza: di seguito si riporta perciò l'andamento orografico restituito dal processore AERMAP.

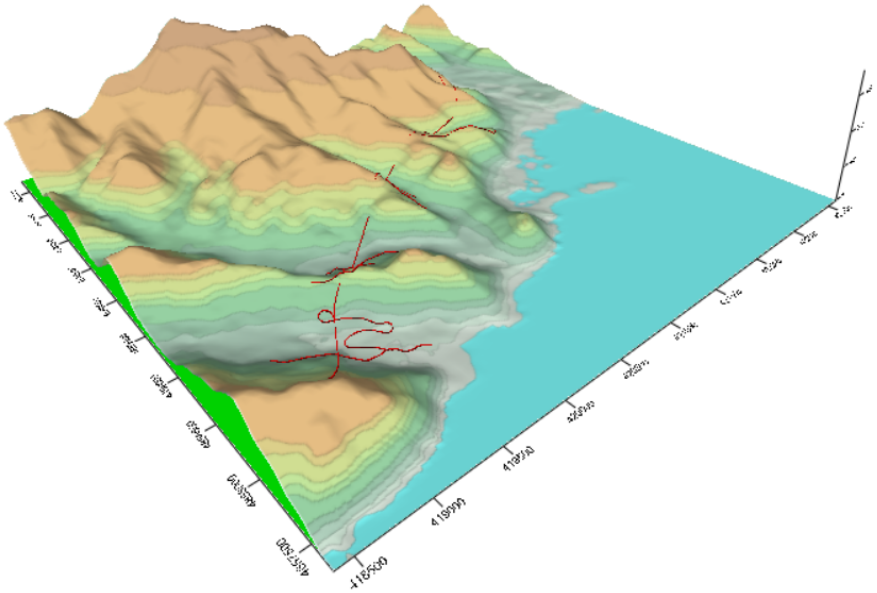


Figura 20 Terreno 3D

1.6.1.2 Gli Input Meteorologici

Uno degli input fondamentali per l'analisi delle concentrazioni degli inquinanti in atmosfera è il dato meteo. Per ricreare lo scenario diffusivo caratteristico del sito simulato è stato necessario costruire adeguati file meteorologici in formati compatibili con il preprocessore meteorologico utilizzato dal modello di simulazione Aermod, denominato Aermet View

I file meteorologici necessari sono due, uno descrittivo delle condizioni meteoclimatiche registrate al suolo nel sito di studio, l'altro descrittivo dell'andamento verticale dei principali parametri meteorologici.

Nel caso specifico sono stati utilizzati i dati meteo monitorati dalla stazione di rilevamento meteoclimatica descritta precedentemente, al Par. 1.3.1, per la costruzione del primo file suddetto, mentre i dati profilometrici sono stati calcolati attraverso l'applicazione del "Upper Air Estimator" 3 sviluppato dalla Lakes Environmental. Tale strumento consente di fornire, attraverso leggi di regressione, il profilo meteorologico in quota. Tale sistema è riconosciuto dalla FAA4 ed alcune analisi sperimentali hanno dimostrato una buona

3 Worldwide Data Quality Effects on PBL Short-Range Regulatory Air Dispersion Models – Jesse L. Thé, Russell Lee, Roger W. Brode

4 http://www.faa.gov/about/office_org/headquarters_offices/apl/research/models/edms_model/

approssimazione tra le concentrazioni stimate a partire dai dati in quota rispetto a quelle stimate attraverso l'uso dell'Upper Air Estimator.

Dai dati grezzi descritti al Par. 1.3.1, attraverso il tool "File maker" presente su AERMET, sono stati costruiti i file compatibili col preprocessore Aermet View: in particolare il file descrittivo dei parametri al suolo è stato realizzato in formato "SAMSON". Tale file contiene la descrizione delle condizioni meteorologiche al suolo caratterizzanti i giorni di cui si voglia studiare la dispersione.

```
 18   1   1   1 0     0     0     0 ?0     0 ?0     0 ?0 10 10   -7.2   -8.3   92
930 180    3.6    11.3    240 999999999     9 99999.    20    0      0
 18   1   1   2 0     0     0     0 ?0     0 ?0     0 ?0 10 10   -7.2   -8.3   92
930 130    1.5    16.1    120 999999999     9 99999.    20    0
 18   1   1   3 0     0     0     0 ?0     0 ?0     0 ?0 10 10   -7.2   -7.8   96
929   0    0.0    11.3    120 999999999     9 99999.    20    0
```

Figura 21 Esempio del tool File Maker

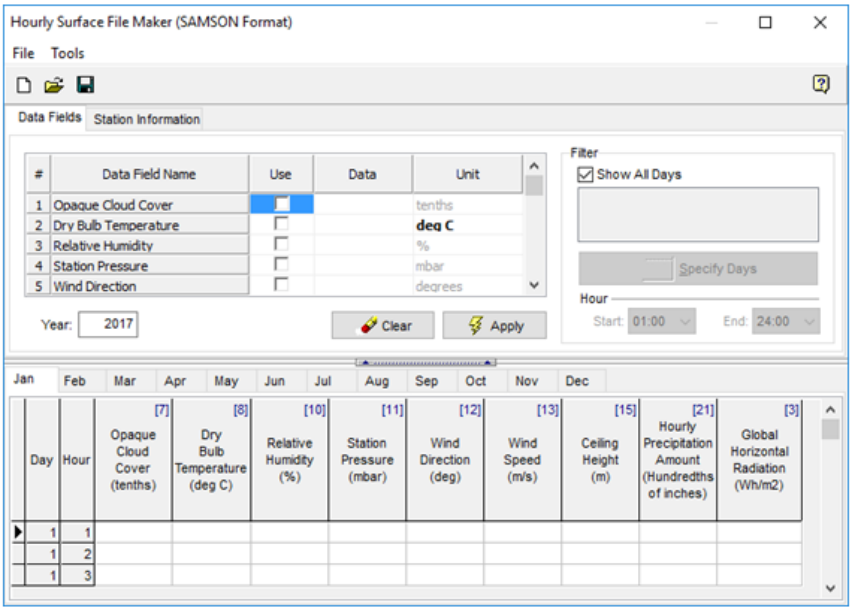


Figura 22 Esempio di alcune righe di un file scritto in formato "SAMSON"

I dati grezzi descritti e commentati precedentemente sono quindi stati riorganizzati nel formato "SAMSON", che caratterizza le condizioni superficiali con intervalli di 60 minuti.

Per leggere il file, il software associa ad ogni posizione di un carattere all'interno della stringa di testo un preciso significato; di seguito viene indicato il significato di ogni cifra a seconda della casella che occupa:

1. 001: indica l'anno che si sta considerando; l'esempio riguarda l'anno 2018 che viene indicato con le ultime due cifre "18";
2. 002-003: viene specificato il mese, nell'esempio siamo a gennaio: "1";

3. 005-006: anche il giorno viene indicato con due cifre, nell'esempio siamo al primo giorno di gennaio: "01";
4. 008-009: si specifica l'ora;
5. 024-027: rappresentano la radiazione globale orizzontale espressa in Wh/m2
6. 051-052: specificano la copertura nuvolosa opaca con valori che vanno da 0 a 10
7. 054-055: indicano la temperatura, espressa in gradi Celsius
8. 066-068: denotano l'umidità relativa in %
9. 070-073: indicano la pressione della stazione
10. 075-077: rappresentano la direzione del vento espressa in gradi, in cui N=0 o 360, E=90, S=180, W=270
11. 078-082: specificano la velocità del vento, espressa in m/s
12. 089-088: viene indicata l'altezza a cui si trovano le nuvole, espressa in metri;
13. 124-130: denotano i mm di precipitazione caduti in un'ora.

1.6.2 Aermod VIEW: GLI INPUT PROGETTUALI

1.6.2.1 Area di studio e infrastruttura di progetto

È stato analizzato lo scenario ante operam prendendo in considerazione gli assi stradali esistente nei pressi della zona di progetto, come rappresentato in rosso in Figura 23.



Figura 23 Tratto di SS12 ante operam

1.6.2.2 Metodologia Di Analisi Per Il Calcolo Dei Fattori Di Emissione

Parte centrale del metodo di stima delle concentrazioni è la definizione dei fattori di emissione. La metodologia all'interno del modello Copert lega i fattori di emissione alla velocità media tenuta dai veicoli, attraverso leggi di regressione determinate empiricamente. Tali equazioni dipendono dal veicolo considerato, in termini di legislazione emissiva e tipologia di veicolo (autoveicolo, veicolo commerciale, cilindrata o peso del mezzo ecc.).

Nel caso in esame pertanto, una volta stimata la composizione del parco veicolare circolante è stato poi valutato, attraverso Copert, un fattore di emissione per ciascuna categoria di veicoli, aggregando nei veicoli leggeri gli autoveicoli, motocicli e i veicoli commerciali leggeri, mentre nei veicoli pesanti i veicoli industriali pesanti, i trattori stradali e gli autobus.

A tali categorie sono quindi state associate velocità differenti e fattori di emissione differenti. Effettuando poi la media pesata di tali valori è stato possibile determinare il fattore di emissione medio per la descrizione del parco veicolare complessivo. Il fattore di emissione rappresenta uno degli input di base del software Aermod View, utilizzato per valutare le concentrazioni di inquinanti in atmosfera.

1.6.2.3 Composizione Del Parco Veicolare Circolante

Uno degli elementi fondamentali per il calcolo delle emissioni è la caratterizzazione del parco veicolare in termini di tipologia di veicoli e di numerosità. I dati utili a tale scopo sono dati ufficiali forniti direttamente dall'Automobile Club d'Italia (ACI). Nel caso specifico si è fatto riferimento alla rappresentazione del parco veicolare italiano relativa alla provincia di Imperia.

Il documento che si è consultato, contenente tutti i dati relativi alle differenti tipologie veicolari, è una sintesi articolata dei dati tratti dagli archivi dell'ente sulle informazioni tecnico – giuridiche dei veicoli circolanti. L'analisi sul traffico veicolare viene fatta suddividendo il parco veicolare secondo la classificazione individuata dall'Air Pollutant Emission Inventory guide book.

Il documento è, inoltre, suddiviso per ambito territoriale di riferimento:

- area territoriale (area vasta, generalmente più regioni);
- regionale;
- provinciale;
- comunale.

Al fine di assumere un dato sufficientemente significativo e cautelativo si è scelto di far riferimento alla suddivisione provinciale del parco veicolare "Provincia Imperia".

Le tipologie veicolari che sono state considerate riguardano:

- autovetture, distinte per tipologia di alimentazione;
- veicoli commerciali leggeri, distinti per tipologia di alimentazione;
- veicoli commerciali pesanti, distinti per tipologia di alimentazione;
- trattori stradali, distinti per tipologia di alimentazione;
- autobus, distinti per tipologia di alimentazione.

PARCO VEICOLARE PROVINCIA DI IMPERIA						
AUTOVETTURE	**Benzina**	**LPG Bifuel**	**CNG Bifuel**	**diesel**	**Ibrida benzina**	**Ibrida gasolio**
EURO 0	11095	196	18	1138	0	0
EURO 1	2815	45	4	417	0	0
EURO 2	9096	108	5	2284	0	0
EURO 3	9564	111	8	7611	0	0
EURO 4	19266	1220	55	14911	5	0
EURO 5	9095	536	44	12400	114	4
EURO 6	12433	515	25	10585	844	25
VEICOLI COMMERCIALI LEGGERI	**Benzina**	**LPG Bifuel**	**CNG Bifuel**	**diesel**	**Ibrida benzina**	**Ibrida gasolio**
EURO 0	1359	34	2	2502	0	0

PARCO VEICOLARE PROVINCIA DI IMPERIA						
AUTOVETTURE	**Benzina**	**LPG Bifuel**	**CNG Bifuel**	**diesel**	**Ibrida benzina**	**Ibrida gasolio**
EURO 1	293	2	0	912	0	0
EURO 2	866	6	0	2275	0	0
EURO 3	325	7	0	2804	0	0
EURO 4	363	122	5	2623	0	0
EURO 5	105	28	12	1630	0	0
EURO 6	171	26	3	1538	0	0
VEICOLI COMMERCIALI PESANTI	**Benzina**	**LPG Bifuel**	**CNG Bifuel**	**diesel**	**Ibrida benzina**	**Ibrida gasolio**
EURO 0	25	2	0	198	0	0
EURO 1	19	0	0	84	0	0
EURO 2	33	0	0	188	0	0
EURO 3	34	1	0	299	0	0
EURO 4	37	14	0	272	0	0
EURO 5	11	3	0	202	0	0
EURO 6	17	2	0	201	0	0
MOTOCICLI	**Benzina**	**LPG Bifuel**	**CNG Bifuel**	**diesel**	**Ibrida benzina**	**Ibrida gasolio**
EURO 0	4191	8204	0	0	0	0
EURO 1	524	7748	0	0	1	0
EURO 2	26	7551	0	0	3	0
EURO 3	148	26259	0	0	0	1
EURO 4	24	8941	0	0	0	0
EURO 5	0	0	0	0	0	0
EURO 6	0	0	0	0	0	0
AUTOBUS	**Benzina**	**LPG Bifuel**	**CNG Bifuel**	**diesel**	**Ibrida benzina**	**Ibrida gasolio**
EURO 0	0	0	0	16	0	0
EURO 1	0	0	0	14	0	0
EURO 2	0	0	0	61	0	0
EURO 3	0	0	0	78	0	0
EURO 4	0	0	0	38	0	0
EURO 5	0	0	0	30	0	0
EURO 6	0	0	0	25	0	0

Tabella 11 Parco veicolare provincia di Imperia

1.6.2.4 Volumi Del Traffico Circolante

Il dettaglio dei flussi, che riguarda la distinzione in veicoli leggeri, veicoli pesanti, negli scenari di studio relativamente ai singoli archi stradali e ai versi di percorrenza, è riportato nello Studio Trasportistico.
Si riporta in Tabella 12 la sintesi dei dati per quanto riguarda i flussi di traffico circolanti sull'infrastruttura attuale di riferimento presa in esame.

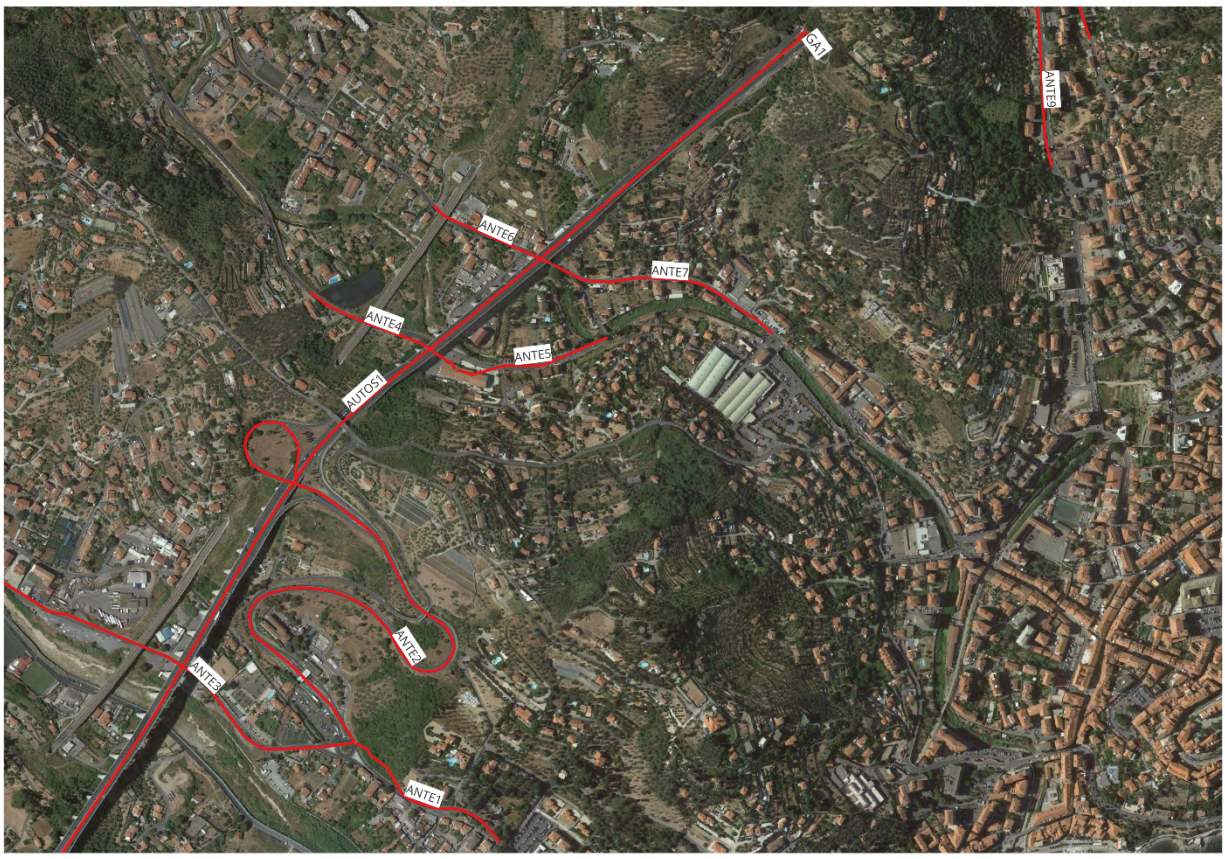

GA1
ANTE9
ANTE6
ANTE7
ANTE4
ANTE5
AUTOS1
ANTE2
ANTE3
ANTE1



Figura 24 Tratte considerate – configurazione attuale

Configurazione attuale	Traffico Giornaliero Medio Annuo		
Tratta	Veicoli Leggeri	Veicoli Pesanti	Veicoli Totali
ANTE 1	4208	374	4582
ANTE 2	1511	499	2010
ANTE 3	2697	187	2884
ANTE 4	0	0	0
ANTE 5	0	0	0
ANTE 6	8119	90	8209
ANTE 7	8119	90	8209
ANTE 8	3715	55	3770
ANTE 9	2277	28	2305
ANTE 10	1438	21	1459
ANTE 11	2608	124	2732
AUTOSTRADA1	11206	2775	13981
AUTOSTRADA2	11206	2775	13981

Configurazione attuale	Traffico Giornaliero Medio Annuo		
Tratta	Veicoli Leggeri	Veicoli Pesanti	Veicoli Totali
AUTOSTRADA3	11206	2775	13981
AUTOSTRADA4	11206	2775	13981
AUTOSTRADA5	11206	2775	13981
AUTOSTRADA6	11206	2775	13981
GA1-2	11206	2775	13981
GA3-4	11206	2775	13981
GA5-6	11206	2775	13981
GA7-8	11206	2775	13981
GA9-10	11206	2775	13981
GA11	11206	2775	13981

Tabella 12 Flussi di traffico – configurazione attuale

1.6.2.5 I Fattori Di Emissione

Come definito nei paragrafi precedenti, dalla conoscenza della tipologia di parco veicolare circolante e dalla velocità è stato possibile determinare un fattore di emissione per ogni inquinante.

In particolare, una volta analizzato il parco veicolare presente, si è ricavata la percentuale di ogni tipologia di veicolo, da cui sono stati ricavati i traffici orari medi (TOM) mostrati in Tabella 13.

A questo punto si è proceduto al calcolo del fattore di emissione per ciascun inquinante (Tabella 14): esso è il risultato della media pesata tra i fattori di emissione della singola tipologia di veicoli (dato calcolato tramite Copert) e i TOM, precedentemente calcolati.

Per la configurazione attuale nelle seguenti tabelle sono riportati:

- i traffici orari derivanti dallo studio del traffico e adattati sulle classi veicolari utilizzate per il calcolo delle emissioni;
- i fattori di emissione pesati sui traffici orari specifici per ogni inquinante, espressi in g/km*veic (Tabella 14)e in g/km*s (Tabella 15).

Strada	*Traffico leggero*			*Traffico pesante*	
	T.O.M. autovetture [veh/h]	*T.O.M. motocicli [veh/h]*	*T.O.M. veicoli comm. leggeri [veh/h]*	*T.O.M. veicoli comm. pesanti [veh/h]*	*T.O.M. autobus [veh/h]*
ANTE 1	107	54	15	13	2
ANTE 2	38	19	5	18	3
ANTE 3	68	34	10	7	1
ANTE 4	0	0	0	0	0

Strada	Traffico leggero			Traffico pesante	
	T.O.M. autovetture [veh/h]	T.O.M. motocicli [veh/h]	T.O.M. veicoli comm. leggeri [veh/h]	T.O.M. veicoli comm. pesanti [veh/h]	T.O.M. autobus [veh/h]
ANTE 5	0	0	0	0	0
ANTE 6	206	103	29	3	1
ANTE 7	206	103	29	3	1
ANTE 8	94	47	13	2	0
ANTE 9	58	29	8	1	0
ANTE 10	36	18	5	1	0
ANTE 11	66	33	9	4	1
AUTOSTRADA1	284	143	40	100	16
AUTOSTRADA2	284	143	40	100	16
AUTOSTRADA3	284	143	40	100	16
AUTOSTRADA4	284	143	40	100	16
AUTOSTRADA5	284	143	40	100	16
AUTOSTRADA6	284	143	40	100	16
GA1-2	284	143	40	100	16
GA3-4	284	143	40	100	16
GA5-6	284	143	40	100	16
GA7-8	284	143	40	100	16
GA9-10	284	143	40	100	16
GA11	284	143	40	100	16

Tabella 13 Transiti orari per classe veicolare– configurazione attuale

Strada	NOx g/(km*veic)	PM10 g/(km*veic)	PM2.5 g/(km*veic)	CO g/(km*veic)	BENZENE g/(km*veic)
ANTE 1	0,653	0,091	0,080	4,359	0,003
ANTE 2	1,321	0,108	0,091	3,747	0,003
ANTE 3	0,585	0,090	0,079	4,421	0,003
ANTE 4	-	-	-	-	-
ANTE 5	-	-	-	-	-
ANTE 6	0,369	0,085	0,075	4,621	0,004
ANTE 7	0,369	0,085	0,075	4,621	0,004
ANTE 8	0,384	0,085	0,075	4,607	0,004
ANTE 9	0,374	0,085	0,075	4,616	0,004
ANTE 10	0,383	0,085	0,075	4,608	0,004

Strada	NOx g/(km*veic)	PM10 g/(km*veic)	PM2.5 g/(km*veic)	CO g/(km*veic)	BENZENE g/(km*veic)
ANTE 11	0,507	0,088	0,077	4,493	0,003
AUTOSTRADA1	1,121	0,103	0,088	3,929	0,003
AUTOSTRADA2	1,121	0,103	0,088	3,929	0,003
AUTOSTRADA3	1,121	0,103	0,088	3,929	0,003
AUTOSTRADA4	1,121	0,103	0,088	3,929	0,003
AUTOSTRADA5	1,121	0,103	0,088	3,929	0,003
AUTOSTRADA6	1,121	0,103	0,088	3,929	0,003
GA1-2	1,121	0,103	0,088	3,929	0,003
GA3-4	1,121	0,103	0,088	3,929	0,003
GA5-6	1,121	0,103	0,088	3,929	0,003
GA7-8	1,121	0,103	0,088	3,929	0,003
GA9-10	1,121	0,103	0,088	3,929	0,003
GA11	1,121	0,103	0,088	3,929	0,003

Tabella 14 Fattori di emissione pesati - configurazione attuale

Strada	NOx g/(km*s)	PM10 g/(km*s)	PM2.5 g/(km*s)	CO g/(km*s)	BENZENE g/(km*s)
ANTE 1	0,03461	0,00485	0,00422	0,23116	0,00017
ANTE 2	0,03073	0,00251	0,00212	0,08717	0,00006
ANTE 3	0,01954	0,00300	0,00262	0,14757	0,00011
ANTE 4	-	-	-	-	-
ANTE 5	-	-	-	-	-
ANTE 6	0,03507	0,00804	0,00711	0,43903	0,00034
ANTE 7	0,03507	0,00804	0,00711	0,43903	0,00034
ANTE 8	0,01674	0,00371	0,00328	0,20104	0,00015
ANTE 9	0,00997	0,00226	0,00200	0,12316	0,00009
ANTE 10	0,00647	0,00143	0,00127	0,07781	0,00006
ANTE 11	0,01604	0,00278	0,00244	0,14207	0,00011
AUTOSTRADA1	0,18147	0,01665	0,01418	0,63578	0,00047
AUTOSTRADA2	0,18147	0,01665	0,01418	0,63578	0,00047
AUTOSTRADA3	0,18147	0,01665	0,01418	0,63578	0,00047
AUTOSTRADA4	0,18147	0,01665	0,01418	0,63578	0,00047
AUTOSTRADA5	0,18147	0,01665	0,01418	0,63578	0,00047
AUTOSTRADA6	0,18147	0,01665	0,01418	0,63578	0,00047

Strada	NOx g/(km*s)	PM10 g/(km*s)	PM2.5 g/(km*s)	CO g/(km*s)	BENZENE g/(km*s)
GA1-2	0,18147	0,01665	0,01418	0,63578	0,00047
GA3-4	0,18147	0,01665	0,01418	0,63578	0,00047
GA5-6	0,18147	0,01665	0,01418	0,63578	0,00047
GA7-8	0,18147	0,01665	0,01418	0,63578	0,00047
GA9-10	0,18147	0,01665	0,01418	0,63578	0,00047
GA11	0,18147	0,01665	0,01418	0,63578	0,00047

Tabella 15 Emissioni attuali per km di strada - configurazione attuale

Sulla base dei traffici forniti dallo studio trasportistico, conoscendo le percentuali di veicoli leggeri e pesanti circolanti sul tratto stradale, è stato possibile pesare i fattori di emissione sopra riportati, calcolando, un fattore di emissione medio. Per gli imbocchi della galleria è stato calcolato il coefficiente emissivo stradale, considerando la lunghezza del tunnel e tale valore è stato inserito negli imbocchi della galleria modellizzati come sorgenti areali su AERMOD (metà da una parte e metà dall'altra).

Il dato è stato, poi, ricondotto in g/s, per poter essere inserito nel software Aermod. Per quanto riguarda i fattori di emissione medi, si è riportato il dato in g/s attraverso il prodotto con la lunghezza del tratto di appartenenza e del dato di traffico giornaliero medio.

1.6.2.6 La maglia di calcolo

È stata individuata una maglia di calcolo comprendente l'area prossima alla viabilità di riferimento, finalizzata alla rappresentazione grafica delle curve di isoconcentrazione e alla valutazione complessiva della dispersione degli inquinanti nell'atmosfera.
La maglia di calcolo è rappresentata da una griglia di punti di dimensioni 100m x 100m.
Di seguito, in Figura 25, si riporta la rappresentazione grafica di tale maglia.

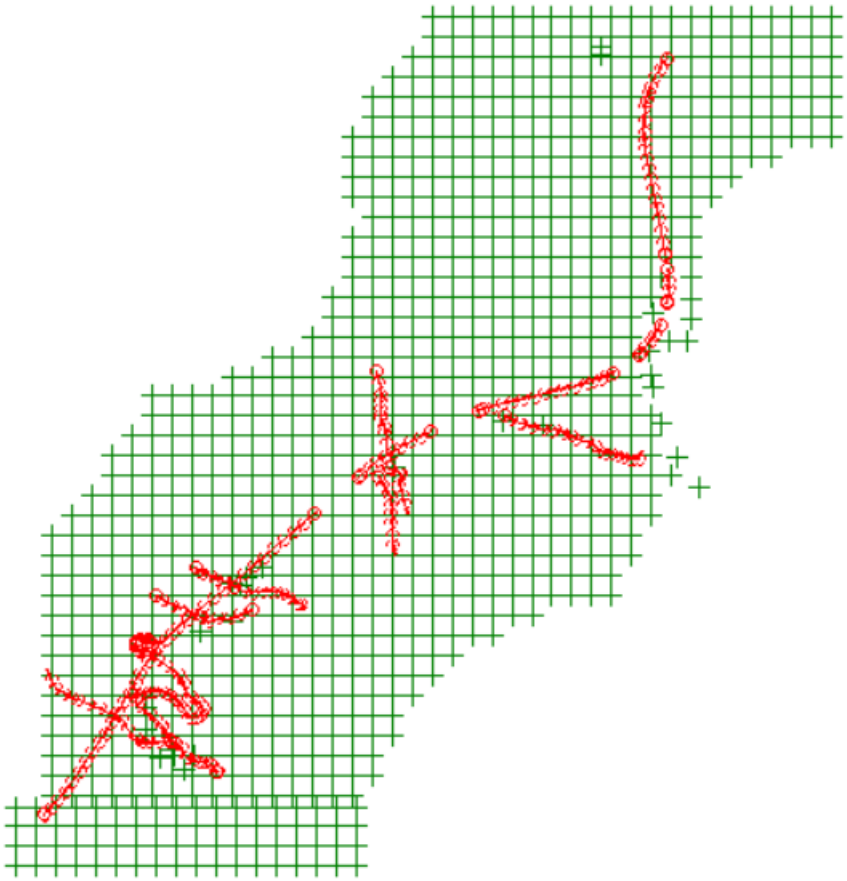


Figura 25 Rappresentazione grafica maglia di punti

1.6.3 I dati di output delle simulazioni

Dopo aver completato la fase di modellazione dell'input, è stato possibile ottenere l'output del modello, il quale ha permesso di determinare i livelli di concentrazione relativi ai principali inquinanti generati dalla sorgente stradale allo stato attuale.

In particolare, vengono riportati i valori relativi a:

- Ossidi di Azoto NOx;
- Monossido di Carbonio CO;
- Particolato PM10;
- Particolato PM2.5;

Per la rappresentazione grafica delle concentrazioni medie è possibile far riferimento ai seguenti elaborati, specifici per ogni inquinante analizzato:

- Mappa delle concentrazioni di inquinanti da traffico veicolare - NOx - Ante Operam Annuale - Tav. 1 di 2
- Mappa delle concentrazioni di inquinanti da traffico veicolare - NOx - Ante Operam Annuale - Tav. 2 di 2

- Mappa delle concentrazioni di inquinanti da traffico veicolare - NOx - Ante Operam Orario- Tav. 1 di 2
- Mappa delle concentrazioni di inquinanti da traffico veicolare - NOx - Ante Operam Orario - Tav. 2 di 2
- Mappa delle concentrazioni di inquinanti da traffico veicolare - CO - Ante Operam - Tav 1 di 2
- Mappa delle concentrazioni di inquinanti da traffico veicolare - CO - Ante Operam - Tav 2 di 2
- Mappa delle concentrazioni di inquinanti da traffico veicolare - PM10 - Ante Operam Annuale - Tav 1 di 2
- Mappa delle concentrazioni di inquinanti da traffico veicolare - PM10 - Ante Operam Annuale - Tav 2 di 2
- Mappa delle concentrazioni di inquinanti da traffico veicolare - PM10 - Ante Operam Giornaliero - Tav 1 di 2
- Mappa delle concentrazioni di inquinanti da traffico veicolare - PM10 - Ante Operam Giornaliero - Tav 2 di 2
- Mappa delle concentrazioni di inquinanti da traffico veicolare - PM2.5 - Ante Operam - Tav 1 di 2
- Mappa delle concentrazioni di inquinanti da traffico veicolare - PM2.5 - Ante Operam - Tav 2 di 2

1.7 LO SCENARIO DI ESERCIZIO DI PROGETTO: ANALISI DELLA CONCENTRAZIONI

Di seguito vengono descritte le analisi eseguite al fine di valutare lo stato di progetto in termini di emissioni dovute al traffico stradale.

1.7.1 Aermod view: Gli input territoriali

1.7.1.1 Gli Input Orografici

Come già evidenziato nell'analisi dello scenario attuale, uno degli input principali per l'applicazione del modello di simulazione in Aermod è il dato orografico. Il software Aermod View, grazie al processore territoriale AERMAP, permette di configurare essenzialmente tre tipologie di territorio così come mostrato in Figura 26.

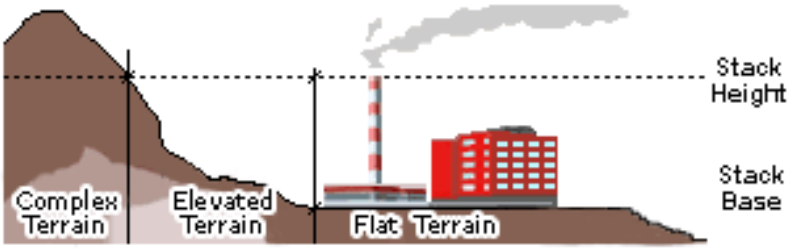


Figura 26 Tipologie di configurazioni territoriali

Con riferimento all'area in esame, anche per lo scenario di progetto si è adottata una conformazione del territorio di tipo "Elevated terrain".

1.7.1.2 Gli Input Meteorologici

Il secondo input principale per l'applicazione del modello di simulazione in Aermod è il dato meteorologico. Al fine di realizzare un dato compatibile con il preprocessore Aermet, il dato grezzo derivante dal bollettino per la centralina di Imperia è stato elaborato e trasformato in formato SAMSON. Pertanto, come dato meteorologico di riferimento per le simulazioni dello scenario di progetto sono stati considerati gli stessi dati utilizzati per lo stato attuale, in quanto non è possibile prevedere come saranno le condizioni meteoclimatiche future.

1.7.2 Aermod view: Gli input progettuali

1.7.2.1 L'infrastruttura Di Progetto

L'infrastruttura di progetto è rappresentata in Figura 27.



Figura 27 Infrastruttura di progetto

1.7.2.2 Metodologia Di Analisi Per Il Calcolo Dei Fattori Di Emissione

Come già esplicitato precedentemente, parte centrale del metodo di stima delle concentrazioni è la definizione dei fattori di emissione. La metodologia all'interno del modello Copert lega i fattori di emissione alla velocità media tenuta dai veicoli, attraverso leggi di regressione determinate empiricamente. Tali equazioni dipendono dal veicolo considerato, in termini di legislazione emissiva e tipologia di veicolo (autoveicolo, veicolo commerciale, cilindrata o peso del mezzo ecc.).

Nel caso in esame pertanto, una volta stimata la composizione del parco veicolare futuro è stato poi valutato, attraverso Copert, un fattore di emissione per ciascuna categoria di veicoli, aggregando nei veicoli leggeri gli autoveicoli, motocicli e i veicoli commerciali leggeri, mentre nei veicoli pesanti i veicoli industriali pesanti, i trattori stradali e gli autobus.
A tali categorie sono quindi state associate velocità differenti e fattori di emissione differenti. Effettuando poi la media pesata di tali valori è stato possibile determinare il fattore di emissione medio per la descrizione del parco veicolare complessivo.

1.7.2.3 Composizione Del Parco Veicolare Circolante

La stima relativa alla composizione del parco macchine futuro è problematica, perché oggi non si conoscono ancora le normative relative alle emissioni dei veicoli. Si è scelto di non variare il parco macchine utilizzato per lo scenario di progetto rispetto a quello utilizzato nello scenario attuale. Questa ipotesi è decisamente cautelativa poiché sovrastima le emissioni veicolari non tenendo conto dell'aggiornamento e del minor impatto ambientale dei futuri veicoli.
Le tipologie veicolari che sono state considerate riguardano:

- autovetture, distinte per tipologia di alimentazione;
- veicoli industriali leggeri, distinti per tipologia di alimentazione;
- veicoli industriali pesanti, distinti per tipologia di alimentazione;
- trattori stradali, distinti per tipologia di alimentazione;
- autobus, distinti per tipologia di alimentazione.

Le analisi ed i dati sono riportate in Tabella 11.

1.7.2.4 Le sorgenti simulate

La modellazione in AERMOD view dello stato di progetto è avvenuta attraverso la simulazione di sorgenti lineari in grado di riprodurre l'emissione stradale, avendo avuto cura di porre l'asse stradale alle quote così come indicate nel progetto e di sorgenti puntuali per ciascuna galleria, infatti, laddove il progetto si sviluppa in galleria, la strada emette solo in prossimità degli imbocchi della stessa.

Per gli imbocchi della galleria è stato calcolato il coefficiente emissivo stradale, considerando la lunghezza del tunnel e tale valore è stato inserito negli imbocchi della galleria modellizzati come sorgenti areali su AERMOD (metà da una parte e metà dall'altra).

1.7.2.5 Volumi Del Traffico Circolante

Nel presente paragrafo si forniscono i dati progettuali utilizzati per la stima dei fattori di emissione e per il calcolo delle concentrazioni. Il dato utilizzato per la valutazione dello stato di progetto è accompagnato da una proiezione al 2035 del traffico previsto.



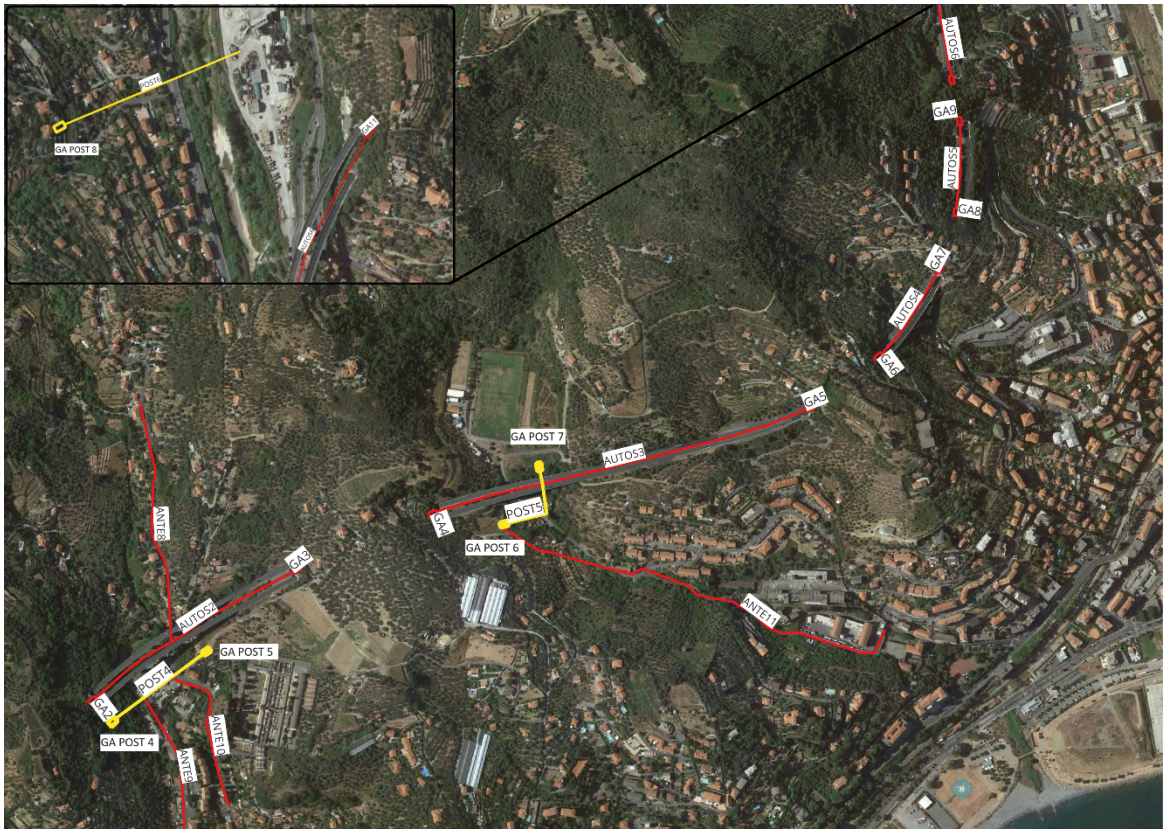


Figura 28 Tratte considerate – configurazione di progetto

SCENARIO DI PROGETTO	Traffico Giornaliero Medio Annuo		
Tratta	Veicoli Leggeri	Veicoli Pesanti	Veicoli Totali
POST 1	3359	513	3872
POST 2	3600	511	4111
GA POST 1-2	3600	511	4111
POST 3	5269	458	5727
GA POST 3-4	5269	458	5727
POST 4	7472	432	7904
GA POST 5-6	7472	432	7904
POST 5	5638	303	5941
GA POST 7-8	5638	303	5941
POST 6	5638	303	5941
ANTE 1	2046	87	2133
ANTE 2	2085	754	2839
ANTE 3	3139	223	3362
ANTE 4	3771	112	3883
ANTE 5	843	32	875

ANTE 6	5423	8	5431
ANTE 7	2026	0	2026
ANTE 8	4325	65	4390
ANTE 9	4325	65	4390
ANTE 10	0	0	0
ANTE 11	4157	238	4395
AUTOSTRADA1	13168	3222	16390
AUTOSTRADA2	13168	3222	16390
AUTOSTRADA3	13168	3222	16390
AUTOSTRADA4	13168	3222	16390
AUTOSTRADA5	13168	3222	16390
AUTOSTRADA6	13168	3222	16390
GA1-2	13168	3222	16390
GA3-4	13168	3222	16390
GA5-6	13168	3222	16390
GA7-8	13168	3222	16390
GA9-10	13168	3222	16390
GA11	13168	3222	16390

Tabella 16 Flussi di traffico – configurazione di progetto

1.7.2.6 I Fattori Di Emissione

Come definito nei paragrafi precedenti, dalla conoscenza della tipologia di parco veicolare circolante e dalla velocità è stato possibile determinare un fattore di emissione per ogni inquinante. In particolare, una volta analizzato il parco veicolare in previsione al 2035, si è ricavata la percentuale di veicoli per ogni tipologia, da cui si sono ottenuti i traffici orari. Infine si è effettuata una media pesata tra i TOM e il valore di emissione (dato calcolato tramite Copert), ottenendo un unico fattore di emissione per ciascun inquinante.

Come per lo scenario attuale, per la configurazione di progetto, nelle seguenti tabelle sono riportati:

- i traffici orari derivanti dallo studio del traffico e adattati sulle classi veicolari utilizzate per il calcolo delle emissioni (Tabella 17);
- i fattori di emissione pesati sui traffici orari specifici per ogni inquinante, espressi in g/km*veic (Tabella 18)e in g/km*s (Tabella 19)

Strada	Traffico leggero			Traffico pesante	
	T.O.M. autovetture [veh/h]	T.O.M. motocicli [veh/h]	T.O.M. veicoli comm. leggeri [veh/h]	T.O.M. veicoli comm. pesanti [veh/h]	T.O.M. autobus [veh/h]
POST 1	85	43	12	18	3
POST 2	91	46	13	18	3
GA POST 1-2	91	46	13	18	3
POST 3	133	67	19	16	3
GA POST 3-4	133	67	19	16	3
POST 4	189	95	27	16	2
GA POST 5-6	189	95	27	16	2
POST 5	143	72	20	11	2
GA POST 7-8	143	72	20	11	2
POST 6	143	72	20	11	2
ANTE 1	52	26	7	3	0
ANTE 2	53	27	8	27	4
ANTE 3	80	40	11	8	1
ANTE 4	96	48	14	4	1
ANTE 5	21	11	3	1	0
ANTE 6	137	69	20	0	0
ANTE 7	51	26	7	0	0
ANTE 8	110	55	16	2	0
ANTE 9	110	55	16	2	0
ANTE 10	0	0	0	0	0
ANTE 11	105	53	15	9	1
AUTOSTRADA1	334	168	47	116	18
AUTOSTRADA2	334	168	47	116	18
AUTOSTRADA3	334	168	47	116	18
AUTOSTRADA4	334	168	47	116	18
AUTOSTRADA5	334	168	47	116	18
AUTOSTRADA6	334	168	47	116	18
GA1-2	334	168	47	116	18
GA3-4	334	168	47	116	18
GA5-6	334	168	47	116	18
GA7-8	334	168	47	116	18
GA9-10	334	168	47	116	18
GA11	334	168	47	116	18

Tabella 17 Transiti orari per classe veicolare e velocità media – configurazione di progetto

Tratta	***NOx*** g/(km*veic)	***PM10*** g/(km*veic)	***PM2.5*** g/(km*veic)	***CO*** g/(km*veic)	***BENZENE*** g/(km*veic)
POST 1	0,857	0,096	0,083	4,171	0,003
POST 2	0,824	0,096	0,083	4,201	0,003
GA POST 1-2	0,824	0,096	0,083	4,201	0,003
POST 3	0,646	0,091	0,080	4,365	0,003
GA POST 3-4	0,646	0,091	0,080	4,365	0,003
POST 4	0,544	0,089	0,078	4,459	0,003
GA POST 5-6	0,544	0,089	0,078	4,459	0,003
POST 5	0,530	0,088	0,078	4,472	0,003
GA POST 7-8	0,530	0,088	0,078	4,472	0,003
POST 6	0,530	0,088	0,078	4,472	0,003
ANTE 1	0,489	0,087	0,077	4,510	0,003
ANTE 2	1,391	0,109	0,092	3,684	0,003
ANTE 3	0,591	0,090	0,079	4,415	0,003
ANTE 4	0,441	0,086	0,076	4,554	0,003
ANTE 5	0,472	0,087	0,077	4,526	0,003
ANTE 6	0,331	0,084	0,074	4,656	0,004
ANTE 7	0,325	0,084	0,074	4,662	0,004
ANTE 8	0,385	0,085	0,075	4,606	0,004
ANTE 9	0,385	0,085	0,075	4,606	0,004
ANTE 10	-	-	-	-	-
ANTE 11	0,542	0,089	0,078	4,461	0,003
AUTOSTRADA1	1,114	0,103	0,087	3,936	0,003
AUTOSTRADA2	1,114	0,103	0,087	3,936	0,003
AUTOSTRADA3	1,114	0,103	0,087	3,936	0,003
AUTOSTRADA4	1,114	0,103	0,087	3,936	0,003
AUTOSTRADA5	1,114	0,103	0,087	3,936	0,003
AUTOSTRADA6	1,114	0,103	0,087	3,936	0,003
GA1-2	1,114	0,103	0,087	3,936	0,003
GA3-4	1,114	0,103	0,087	3,936	0,003
GA5-6	1,114	0,103	0,087	3,936	0,003
GA7-8	1,114	0,103	0,087	3,936	0,003
GA9-10	1,114	0,103	0,087	3,936	0,003
GA11	1,114	0,103	0,087	3,936	0,003

Tabella 18 Transiti orari per classe veicolare e velocità media – configurazione di progetto

Tratta	***NOx*** g/(km*s)	***PM10*** g/(km*s)	***PM2.5*** g/(km*s)	***CO*** g/(km*s)	***BENZENE*** g/(km*s)
POST 1	0,038	0,004	0,004	0,187	0,0001
POST 2	0,039	0,005	0,004	0,200	0,0001
GA POST 1-2	0,039	0,005	0,004	0,200	0,0001
POST 3	0,04282	0,00605	0,00527	0,28934	0,0002
GA POST 3-4	0,043	0,006	0,005	0,289	0,0002
POST 4	0,050	0,008	0,007	0,408	0,0003
GA POST 5-6	0,04980	0,00813	0,00712	0,40789	0,0003
POST 5	0,036	0,006	0,005	0,308	0,0002
GA POST 7-8	0,036	0,006	0,005	0,308	0,0002
POST 6	0,03643	0,00608	0,00533	0,30752	0,0002
ANTE 1	0,01207	0,00216	0,00190	0,11134	0,0001
ANTE 2	0,04569	0,00359	0,00303	0,12105	0,0001
ANTE 3	0,02301	0,00350	0,00306	0,17182	0,0001
ANTE 4	0,01981	0,00388	0,00342	0,20468	0,0002
ANTE 5	0,00478	0,00088	0,00078	0,04583	0,0000
ANTE 6	0,02081	0,00526	0,00466	0,29267	0,0002
ANTE 7	0,00762	0,00196	0,00174	0,10931	0,0001
ANTE 8	0,01954	0,00432	0,00382	0,23406	0,0002
ANTE 9	0,01954	0,00432	0,00382	0,23406	0,0002
ANTE 10	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!
ANTE 11	0,02759	0,00452	0,00396	0,22690	0,0002
AUTOSTRADA1	0,21129	0,01948	0,01659	0,74665	0,0005
AUTOSTRADA2	0,21129	0,01948	0,01659	0,74665	0,0005
AUTOSTRADA3	0,21129	0,01948	0,01659	0,74665	0,0005
AUTOSTRADA4	0,21129	0,01948	0,01659	0,74665	0,0005
AUTOSTRADA5	0,21129	0,01948	0,01659	0,74665	0,0005
AUTOSTRADA6	0,21129	0,01948	0,01659	0,74665	0,0005
GA1-2	0,21129	0,01948	0,01659	0,74665	0,0005
GA3-4	0,21129	0,01948	0,01659	0,74665	0,0005
GA5-6	0,21129	0,01948	0,01659	0,74665	0,0005
GA7-8	0,21129	0,01948	0,01659	0,74665	0,0005
GA9-10	0,21129	0,01948	0,01659	0,74665	0,0005
GA11	0,21129	0,01948	0,01659	0,74665	0,0005

Tabella 19 Emissioni per km di strada - configurazione di progetto

1.7.2.7 La maglia di calcolo

È stata individuata una maglia di calcolo comprendente l'area prossima alla viabilità di riferimento, finalizzata alla rappresentazione grafica delle curve di isoconcentrazione e alla valutazione complessiva della dispersione degli inquinanti nell'atmosfera.
La maglia di calcolo è rappresentata da una griglia di punti di dimensioni 50m x 60m.
Di seguito, in Figura 29, si riporta la rappresentazione grafica di tale maglia.

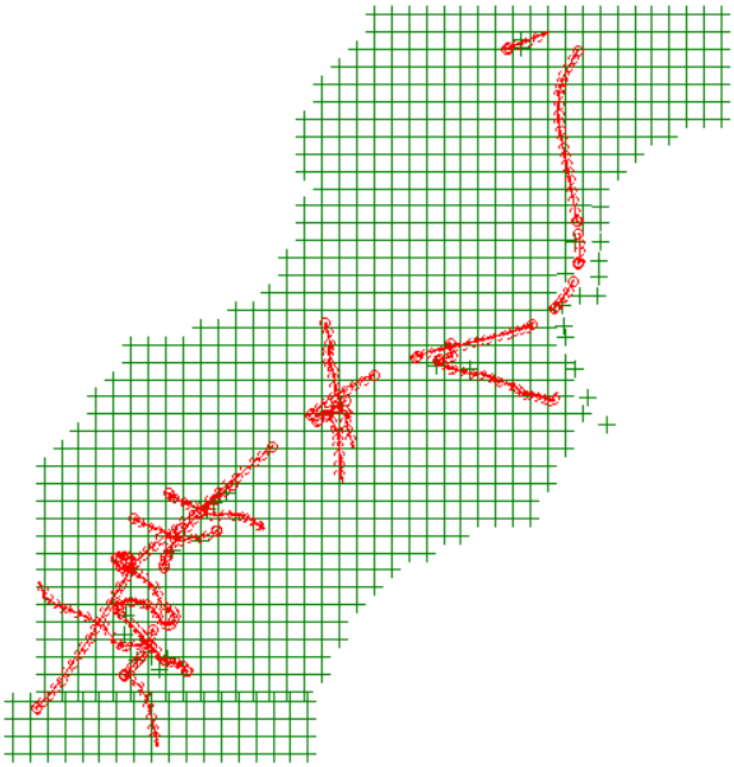


Figura 29 Rappresentazione grafica maglia di calcolo

1.7.3 I dati di output delle simulazioni

Così come per lo stato attuale, nello scenario di progetto, dopo aver completato la fase di modellazione dell'input, è stato possibile ottenere l'output del modello. Anche in questo caso l'output ha permesso di determinare i livelli di concentrazione relativi ai principali inquinanti generati dalla sorgente stradale:

- Ossidi di Azoto NOx;
- Monossido di Carbonio CO;
- Particolato PM10;
- Particolato PM2.5;

Per la rappresentazione grafica delle concentrazioni medie è possibile far riferimento ai seguenti elaborati, specifici per ogni inquinante analizzato:

- Mappa delle concentrazioni di inquinanti da traffico veicolare - NOx - Post Operam Annuale- Tav 1 di 2
- Mappa delle concentrazioni di inquinanti da traffico veicolare - NOx - Post Operam Annuale - Tav 2 di 2
- Mappa delle concentrazioni di inquinanti da traffico veicolare - NOx - Post Operam Orario - Tav 1 di 2
- Mappa delle concentrazioni di inquinanti da traffico veicolare - NOx - Post Operam Orario - Tav 2 di 2
- Mappa delle concentrazioni di inquinanti da traffico veicolare - CO - Post Operam - Tav 1 di 2
- Mappa delle concentrazioni di inquinanti da traffico veicolare - CO - Post Operam - Tav 2 di 2
- Mappa delle concentrazioni di inquinanti da traffico veicolare - PM10 - Post operam Annuale - Tav 1 di 2
- Mappa delle concentrazioni di inquinanti da traffico veicolare - PM10 - Post operam Annuale - Tav 2 di 2
- Mappa delle concentrazioni di inquinanti da traffico veicolare - PM10 - Post operam Giornaliero - Tav 1 di 2
- Mappa delle concentrazioni di inquinanti da traffico veicolare - PM10 - Post operam Giornaliero - Tav 2 di 2
- Mappa delle concentrazioni di inquinanti da traffico veicolare - PM2.5 - Post operam - Tav 1 di 2
- Mappa delle concentrazioni di inquinanti da traffico veicolare - PM2.5 - Post operam - Tav 2 di 2

1.8 VALUTAZIONE DEGLI IMPATTI

I risultati delle simulazioni della dispersione di inquinanti in atmosfera relativi allo stato attuale e allo stato di progetto sono rappresentati nelle mappe di concentrazione in aria al livello del suolo relative per i diversi inquinanti.

1.8.1 Valutazione Delle Simulazioni

Per i principali inquinanti atmosferici, al fine di salvaguardare la salute e l'ambiente, la normativa relativa alla qualità dell'aria stabilisce limiti di concentrazione a cui attenersi (vedi Tabella 1).

Nello scenario post operam, a seguito degli interventi previsti, non si evidenziano differenze sostanziali con la situazione ante operam: in entrambi gli scenari le concentrazioni medie annue degli inquinanti sono attese di gran lunga inferiori ai valori limite fissati per legge.

Di seguito analizziamo la situazione specifica per ciascun inquinante.

Monossido di carbonio

Per il monossido di carbonio, la normativa vigente fissa il valore limite di 10000 µg/m³ su una mediazione temporale di 8 h. Pertanto, il confronto viene effettuato tra i valori medi massimi registrati in tale intervallo temporale.

Nello stato ante operam il livello di inquinamento atmosferico raggiunge dei picchi 1257 µg/m³, in quello post operam di 1355 µg/m³, individuabili lungo l'asse stradale.

È bene notare, che le concentrazioni maggiori si riscontrano lungo l'asse autostradale e che la nuova infrastruttura in progetto non impatta sulla qualità dell'aria.

Le concentrazioni in ogni modo decrescono molto rapidamente man a mano che ci si allontana dall'asse stradale.

In tutti i casi quindi, i valori delle concentrazioni sono ben al di sotto dei limiti di legge.

Particolato PM10 e PM2.5

Per il particolato PM10, la normativa prevede due intervalli di mediazione temporale:

1. Il valore medio annuo fissato a 40 µg/m³
2. Il valore medio giornaliero con limite fissato a 50 µg/m³ e con un massimo di 35 superamenti l'anno.

Per il particolato PM2.5, invece la legge fissa solo il limite medio annuo pari a 25 µg/m³.

Le mappe di concentrazione del PM10 e PM2.5 mostrano una situazione del tutto analoga a quella del monossido di carbonio. Nello scenario attuale il maggiore inquinamento atmosferico è localizzato lungo l'asse autostradale con valori massimi che si attestano intorno a 5 µg/m³. Nello scenario post opera, invece, i valori massimi sono rispettivamente circa pari a 5.7 µg/m³ e 5.4 µg/m³ e sono localizzati in particolar modo nei pressi degli imbocchi della galleria dell'infrastruttura in progetto.

La medesima situazione è riscontrabile anche nelle mappe di PM10 relative al valore medio giornaliero, i cui risultati sono riferiti al 90.4° percentile annuo, parametro che consente il confronto effettivo con lo standard di 50 µg/m³ e con i superamenti massimi consentiti. Nello scenario AO notiamo valori massimi pari circa a 8.9 µg/m³e nello scenario PO a circa 9.1 µg/m³.

L'infrastruttura di progetto quindi non incide in maniera significativa sulla qualità dell'aria.

Pertanto, per gli inquinanti PM10 e PM2.5, è lecito attendersi piena conformità ai limiti di legge.

NOx ed NO2

La normativa vigente sulla qualità dell'aria prevede dei valori limite per la protezione della salute umana espressi come NO2, pari a 40 µg/m³ annui.

Il modello di simulazione utilizzato e gli inventari sulle emissioni sono invece espressi in termini di NOx per cui la normativa attribuisce un valore limite annuale per la protezione della vegetazione pari a 30 µg/m³.

Pertanto di seguito si ritiene necessario fare delle precisazioni sui meccanismi di formazione del NO2.

Gli ossidi di azoto sono presenti in atmosfera sotto diverse specie, di cui le due più importanti, dal punto di vista dell'inquinamento atmosferico sono l'ossido di azoto, NO, ed il biossido di azoto, NO2, la cui origine primaria nei bassi strati dell'atmosfera è costituita dai processi di combustione e, nelle aree urbane, dai gas di scarico degli autoveicoli e dal riscaldamento domestico. La loro somma pesata prende il nome di NOx e la loro origine deriva dalla reazione di due gas (N2 e O2) comunemente presenti in atmosfera.

L'inquinante primario prodotto dalle combustioni dei motori è l'ossido di azoto (NO); la quantità di NO prodotta durante una combustione dipende da vari fattori:

- temperatura di combustione: più elevata è la temperatura di combustione maggiore è la produzione di NO;
- tempo di permanenza a tale temperatura dei gas di combustione: maggiore è il tempo di permanenza, più elevata è la produzione di NO;

- quantità di ossigeno libero contenuto nella fiamma: più limitato è l'eccesso d'aria della combustione, minore è la produzione di NO a favore della produzione di CO.

Il meccanismo di formazione secondaria di NO2 dai processi di combustione prevede che, una volta emesso in atmosfera, l'NO prodotto si converte parzialmente in NO2 (produzione di origine secondaria) in presenza di ozono (O3). L'insieme delle reazioni chimiche che intervengono nella trasformazione di NO in NO2 è detto ciclo fotolitico e può essere così schematizzato:

l'O3 reagisce con l'emesso per formare NO2 e O2

$NO + O3 \rightarrow NO2 + O2$

le molecole di NO2 presenti nelle ore diurne e soleggiate assorbono energia dalla radiazione ultravioletta (fotoni hv di lunghezza d'onda inferiore a 430 nm). L'energia assorbita scinde la molecola di NO2 producendo una molecola di NO e atomi di ossigeno altamente reattivi.

$NO2 + hv \rightarrow NO + O$

gli atomi di ossigeno sono altamente reattivi e si combinano con le molecole di O2 presenti in aria per generare ozono (O3) che quindi è un inquinante secondario:

$O2 + O \rightarrow O3$

Le reazioni precedenti costituiscono un ciclo che, però, rappresenta solo una porzione ridotta della complessa chimica che ha luogo nella parte bassa dell'atmosfera. Infatti, se in aria avessero luogo solo queste reazioni, tutto l'ozono prodotto verrebbe distrutto, e l'NO2 si convertirebbe in NO per convertirsi nuovamente in NO2 senza modifiche nella concentrazione delle due specie, mantenendo costante il rapporto tra NO2 e NO in aria. In condizioni di aria inquinata da scarichi veicolari (fonte di NO primario e NO2 secondario) in presenza di COV incombusti e forte irraggiamento, il monossido d'azoto NO non interagisce più solo con ozono nel ciclo di distruzione, ma viene catturato e contemporaneamente trasformato in NO2, con conseguente accumulo di NO2 e O3 in atmosfera.

Poiché il modello di simulazione utilizzato per l'analisi della dispersione delle concentrazioni di inquinanti in atmosfera non tiene conto dei vari meccanismi chimici di trasformazione che portano alla formazione secondaria degli NO2 a partire dagli NO, l'analisi modellistica eseguita è stata effettuata per l'NOx. È difficile prevedere la percentuale di NO2 contenuta negli NOx, in quanto come riportato precedentemente questa dipende da molteplici fattori, come la presenza di Ozono (O3) e di luce. Inoltre i casi in cui si verificano tali condizioni, generalmente sono caratterizzate da condizioni meteo tali da favorire la dispersione degli inquinanti.

Al fine di utilizzare un approccio il più cautelativo possibile, nel seguito della trattazione si è assunto che l'NOx emesso sia da considerarsi totalmente come NO2, cioè NO2/NOx = 1 (situazione limite poco probabile).

Le mappe di concentrazione mostrano un livello massimo circa pari a:

- 44 µg/m³ nello stato ante operam,

- 46 µg/m³ nello stato post operam.

Come è possibile notare dalle mappe, tali valori massimi si riscontrano lungo il sedime stradale e nelle vicinanze degli imbocchi delle gallerie. Tali concentrazioni decrescono man a mano che ci si allontana dall'asse stradale, per cui sui ricettori è lecito attendersi concentrazioni entro i limiti di legge, come sarà possibile notare nei paragrafi successivi.

Queste stesse mappe possono essere esemplificative dell'inquinante NO2 stimato a partire dall'equazione cautelativa NO2=NOx ed anche in questo caso la situazione è del tutto conforme ai limiti di legge.

Perciò, anche assumendo che il rapporto NO2/NOx è pari a 1, i valori di concentrazione degli ossidi di azoto stimati sui ricettori con il modello di dispersione in atmosfera risultano al di sotto dei valori limite previsti dalla normativa.

1.8.2 Valutazione Dei Ricettori Puntuali

Al fine di poter valutare il rispetto dei limiti di legge di qualità dell'aria individuati dal D.lgs. 155/2010 e smi, si è fatto riferimento a ricettori puntuali, individuati attraverso il codice RX, per i quali saranno poi calcolati tutti i valori di concentrazione degli inquinanti emessi.

Tali ricettori sono identificativi di gruppi di edifici abitativi o case singole che si trovano a ridosso degli assi strdali e delle gallerie e che quindi sono potenzialmente più esposte. Di seguito si riporta una rappresentazione grafica di tali ricettori presi in considerazione.



Figura 30 Mappa dei ricettori

RICETTORI CORRETTI	X	Y	Z
R1	419417,69	4858215,95	6,17
R2	419476,85	4858259,35	5,33
R3	419492,64	4858228,01	5,76
R4	419590,32	4858225,98	4,42
R5	419541,19	4858154,47	4,92
R6	419345,16	4858362,87	5,7
R7	419351,81	4858470,07	5
R8	419614,42	4858849,52	52,63
R9	419778,21	4858903,51	60,58
R10	419815,41	4859080,26	21
R11	419853,15	4859119,21	17,61
R12	419927,38	4859177,06	14
R13	419778,91	4859095,11	19,32
R14	420579,09	4859630,6	65,31

RICETTORI CORRETTI	X	Y	Z
R15	420590,71	4859676,73	52,98
R16	421134,45	4859904,7	96,91
R17	421333,41	4859886,31	83,95
R18	421622,86	4861743,16	66,64
R19	421624,26	4861783,92	56,19

Tabella 20 Ricettori discreti

Di seguito si riportano i valori delle concentrazioni degli inquinanti stimanti dal codice di calcolo AERMOD dei ricettori discreti.

RICETTORI	Nox ante anno (µg/m³)	Nox post anno (µg/m³)	Limite normativo (µg/m³)
R1	6,39	15,81	40
R2	8,71	16,36	
R3	7,46	12,04	
R4	5,47	7,35	
R5	5,96	8,06	
R6	8,06	9,97	
R7	9,68	11,66	
R8	7,89	14,78	
R9	1,77	3,15	
R10	17,87	23,63	
R11	16,72	24,64	
R12	13,66	21,74	
R13	26,50	27,64	
R14	7,78	11,47	
R15	10,72	18,64	
R16	7,51	17,39	
R17	5,06	8,99	
R18	0,37	5,45	
R19	0,37	3,08	

RICETTORI	Nox ante orario (µg/m³)	Nox post orario (µg/m³)	Limite normativo (µg/m³)
R1	67,83	117,60	200
R2	84,07	129,01	
R3	74,42	116,51	
R4	51,72	79,13	
R5	64,29	93,83	

R6	82,53	99,02	
R7	81,15	93,12	
R8	76,21	118,01	
R9	32,51	58,17	
R10	121,63	134,88	
R11	119,47	136,27	
R12	110,58	137,07	
R13	144,44	165,20	
R14	79,47	106,72	
R15	96,74	132,72	
R16	75,22	140,12	
R17	43,49	108,55	
R18	18,51	75,82	
R19	18,53	57,26	

RICETTORI	PM10 ante anno (µg/m³)	PM10 post anno (µg/m³)	Limite normativo (µg/m³)
R1	0,58	1,83	
R2	0,82	2,04	
R3	0,70	1,51	
R4	0,51	0,93	
R5	0,56	1,04	
R6	0,70	1,10	
R7	0,82	1,24	
R8	0,68	1,88	
R9	0,17	0,43	
R10	1,80	3,11	40
R11	1,51	3,18	
R12	1,19	2,93	
R13	2,75	3,53	
R14	1,12	1,81	
R15	1,67	3,08	
R16	0,78	2,23	
R17	0,49	1,07	
R18	0,04	1,13	
R19	0,04	0,62	

RICETTORI	PM10 ante giornaliero (µg/m³)	PM10 post giornaliero (µg/m³)	Limite normativo (µg/m³)
R1	1,02	2,55	50

RICETTORI	PM10 ante giornaliero (µg/m³)	PM10 post giornaliero (µg/m³)	Limite normativo (µg/m³)
R2	1,34	3,51	
R3	1,18	2,66	
R4	0,86	1,62	
R5	1,00	1,85	
R6	1,16	1,77	
R7	1,32	1,99	
R8	1,15	3,14	
R9	0,27	0,68	
R10	2,68	4,78	
R11	2,23	4,78	
R12	1,81	4,30	
R13	3,82	5,24	
R14	1,89	3,00	
R15	2,80	4,77	
R16	1,22	3,56	
R17	0,77	1,75	
R18	0,09	1,76	
R19	0,09	1,05	

RICETTORI	PM25 ante anno (µg/m³)	PM25 post anno (µg/m³)	Limite normativo (µg/m³)
R1	0,58	1,16	
R2	0,81	1,42	
R3	0,70	1,12	
R4	0,51	0,78	
R5	0,56	0,82	
R6	0,69	0,84	
R7	0,82	0,96	
R8	0,67	1,46	
R9	0,16	0,35	25
R10	1,74	2,40	
R11	1,49	2,42	
R12	1,19	2,31	
R13	2,53	2,72	
R14	1,10	1,48	
R15	1,66	2,50	
R16	0,77	2,23	
R17	0,49	1,06	

RICETTORI	PM25 ante anno (µg/m³)	PM25 post anno (µg/m³)	Limite normativo (µg/m³)
R18	0,02	0,70	
R19	0,02	0,39	

RICETTORI	CO ante 8h (µg/m³)	CO post 8h (µg/m³)	Limite normativo (µg/m³)
R1	177,43	311,84	
R2	231,70	420,53	
R3	206,78	336,58	
R4	152,51	232,19	
R5	196,61	261,88	
R6	183,05	244,86	
R7	186,69	242,55	
R8	178,14	437,22	
R9	46,15	109,88	
R10	337,66	595,24	10000
R11	268,25	572,68	
R12	247,43	645,93	
R13	518,27	675,91	
R14	257,49	412,35	
R15	356,98	620,90	
R16	169,05	1080,33	
R17	139,03	512,53	
R18	41,68	598,09	
R19	41,83	316,41	

Tabella 21 Concentrazioni ricettori puntuali

1.8.3 Caratterizzazione Dell'inquinamento Di Fondo

Per una migliore caratterizzazione degli impatti atmosferici si è inoltre provveduto ad effettuare un confronto con il valore delle misure di una centralina di qualità dell'aria classificata come "background" e considerata rappresentativa della situazione ambientale pre-esistente nella zona.

La valutazione dell'inquinamento di fondo è stata sviluppata a partire dalle centraline della Rete di Rilevamento della qualità dell'aria.

La scelta delle centraline da analizzare è stata effettuata in maniera tale da avere dati in grado di fornire indicazioni relative all' inquinamento di fondo in cui non sia sensibile l'influenza del traffico stradale.

In assenza di centraline all'interno del territorio comunale interessato dal tratto oggetto di studio, l'analisi è stata ampliata a tutta la rete di Centraline della Zona IT 0714.

In base a tale criterio sono state individuate e analizzate queste stazioni:

- Piazza Battisti San Remo (urbana di traffico) per Pm10, CO, Benzene
- Giardini Regina Elena (urbana di fondo) per l'Nox
- Albenga (Urbana di traffico) per il PM2.5

Considerando quindi i valori di fondo di tali centraline e i valori post operam stimati dalle simulazioni sui ricettori puntuali, è lecito attendersi i seguenti risultati:

RICETTORI	NO2post ANNO (µg/m³)	Valore stazione di fondo (µg/m³)	Valore complessivo (µg/m³)	Limite normativo (µg/m³)
R1	15,81	10	25,81	40
R2	16,36	10	26,36	
R3	12,04	10	22,04	
R4	7,35	10	17,35	
R5	8,06	10	18,06	
R6	9,97	10	19,97	
R7	11,66	10	21,66	
R8	14,78	10	24,78	
R9	3,15	10	13,15	
R10	23,63	10	33,63	
R11	24,64	10	34,64	
R12	21,74	10	31,74	
R13	27,64	10	37,64	
R14	11,47	10	21,47	
R15	18,64	10	28,64	
R16	17,39	10	27,39	
R17	8,99	10	18,99	
R18	5,45	10	15,45	
R19	3,08	10	13,08	

RICETTORI	PM10 post ANNO (µg/m³)	Valore stazione di fondo (µg/m³)	Valore complessivo (µg/m³)	Limite normativo (µg/m³)
R1	1,83	19	20,83	40
R2	2,04	19	21,04	
R3	1,51	19	20,51	

RICETTORI	PM10 post ANNO (µg/m³)	Valore stazione di fondo (µg/m³)	Valore complessivo (µg/m³)	Limite normativo (µg/m³)
R4	0,93	19	19,93	
R5	1,04	19	20,04	
R6	1,10	19	20,10	
R7	1,24	19	20,24	
R8	1,88	19	20,88	
R9	0,43	19	19,43	
R10	3,11	19	22,11	
R11	3,18	19	22,18	
R12	2,93	19	21,93	
R13	3,53	19	22,53	
R14	1,81	19	20,81	
R15	3,08	19	22,08	
R16	2,23	19	21,23	
R17	1,07	19	20,07	
R18	1,13	19	20,13	
R19	0,62	19	19,62	

RICETTORI	PM 2.5 post ANNO (µg/m³)	Valore stazione di fondo (µg/m³)	Valore complessivo (µg/m³)	Limite normativo (µg/m³)
R1	1,16	8	9,16	
R2	1,42	8	9,42	
R3	1,12	8	9,12	
R4	0,78	8	8,78	
R5	0,82	8	8,82	
R6	0,84	8	8,84	
R7	0,96	8	8,96	
R8	1,46	8	9,46	
R9	0,35	8	8,35	25
R10	2,40	8	10,40	
R11	2,42	8	10,42	
R12	2,31	8	10,31	
R13	2,72	8	10,72	
R14	1,48	8	9,48	
R15	2,50	8	10,50	
R16	2,23	8	10,23	
R17	1,06	8	9,06	

RICETTORI	PM 2.5 post ANNO (µg/m³)	Valore stazione di fondo (µg/m³)	Valore complessivo (µg/m³)	Limite normativo (µg/m³)
R18	0,70	8	8,70	
R19	0,39	8	8,39	

RICETTORI	CO 8h post ANNO (µg/m³)	Valore stazione di fondo (µg/m³)	Valore complessivo (µg/m³)	Limite normativo (µg/m³)
R1	311,84	1300	1611,84	
R2	420,53	1300	1720,53	
R3	336,58	1300	1636,58	
R4	232,19	1300	1532,19	
R5	261,88	1300	1561,88	
R6	244,86	1300	1544,86	
R7	242,55	1300	1542,55	
R8	437,22	1300	1737,22	
R9	109,88	1300	1409,88	
R10	595,24	1300	1895,24	10000
R11	572,68	1300	1872,68	
R12	645,93	1300	1945,93	
R13	675,91	1300	1975,91	
R14	412,35	1300	1712,35	
R15	620,90	1300	1920,90	
R16	1080,33	1300	2380,33	
R17	512,53	1300	1812,53	
R18	598,09	1300	1898,09	
R19	316,41	1300	1616,41	

Tabella 22 Valutazione delle concentrazioni sommando valori di fondo e valori stimati- medie annuali

Come si evince dalla Tabella 22 anche sommando il valore ottenuto dalle simulazioni con il valore di fondo, è lecito attendersi piena conformità ai limiti legge.

1.9 LE INTERFERENZE IN FASE DI CANTIERE

Si riporta di seguito la descrizione delle principali sorgenti connesse alle attività di cantiere previste in progetto. Lo scopo primario dell'individuazione delle sorgenti e la conseguente quantificazione dell'impatto è quello di valutare l'effettiva incidenza delle emissioni delle attività di cantiere sullo stato di qualità dell'aria complessivo. In relazione alla natura delle sorgenti può essere individuata, quali indicatori del potenziale impatto delle stesse sulla qualità dell'aria, le polveri in particolare il PM10 (polveri inalabili, le cui particelle sono caratterizzate da

un diametro inferiore ai 10 µm). Le polveri sono generate sia dalla combustione incompleta all'interno dei motori, che da impurità dei combustibili, che dal sollevamento da parte delle ruote degli automezzi e da parte di attività di movimentazione di inerti;

Le attività più significative in termini di emissioni sono costituite:

- dalle attività di movimento terra (scavi e realizzazione rilevati);
- dalla movimentazione dei materiali all'interno dei cantieri;
- dal traffico indotto dal transito degli automezzi sulla viabilità esistente e sulle piste di cantiere.

In generale, la dimensione dell'impatto legato al transito indotto sulla viabilità esistente risulta essere direttamente correlato all'entità dei flussi orari degli autocarri e pertanto risulta stimabile in relazione ai fabbisogni dei cantieri stessi.

Nella presente analisi modellistica è stata analizzata la dispersione e la diffusione in atmosfera del PM10, con riferimento alle attività di cantiere previste dal progetto, al fine di verificarne i potenziali effetti ed il rispetto dei valori limite sulla qualità dell'aria previsti dalla normativa vigente.

Per la realizzazione delle opere previste in progetto, sono state definite tipologie di cantiere tali da soddisfare le esigenze costruttive delle opere da realizzare.

Per informazioni di dettaglio sul sistema di cantierizzazione previsto si rimanda ovviamente alle relazioni specialistiche del progetto, ed in particolare alla relazione di cantierizzazione.

Assumendo che l'impatto più significativo esercitato dai cantieri di costruzione sulla componente atmosfera è generato dal sollevamento di polveri (indotto direttamente dalle lavorazioni o indirettamente dal transito degli automezzi sulle aree di cantiere non pavimentate), si è ritenuto di considerare all'interno degli scenari di impatto le aree di cantiere interessate dalle operazioni di scavo, demolizione, movimentazione e stoccaggio terre, accumulo e stoccaggio degli inerti provenienti dall'esterno, interessate al contempo dal transito di mezzi su aree e/o piste non pavimentate.

Ai fini di valutare l'impatto generato dalla fase di cantiere sulla componente atmosfera, è stato considerato un unico scenario di simulazione, ovvero lo scenario peggiore dal punto di vista della movimentazione dei materiali, corrispondente alla contemporaneità di tutte le aree di cantiere. Tale scenario è quello che tiene conto delle ipotesi descritte nel paragrafo seguente.

Di seguito si riporta una schematizzazione delle aree e delle piste di cantiere prese in considerazione nelle simulazioni.



Figura 31 Attività di cantiere considerate

1.9.1 Stima dei fattori di emissione

Per la valutazione degli impatti in fase di esercizio dei cantieri si è fatto riferimento al Draft EPA dell'Agenzia per la Protezione dell'Ambiente Statunitense (rif. http://www.epa.gov/ttnchie1/ap42/), il quale, nella sezione AP 42, Quinta Edizione, Volume I Capitolo 13 – "Miscellaneous Sources" Paragrafo 13.2 – "Introduction to Fugitive Dust Sources" presenta le seguenti potenziali fonti di emissione:

1. Paved Roads: transito dei mezzi di cantieri sulla viabilità principale - rotolamento delle ruote sulle strade asfaltate (EPA, AP-42 13.2.1);
2. Unpaved Roads: transito dei mezzi nell'ambito dell'area di cantiere e sulla viabilità non asfaltata di accesso al cantiere (EPA, AP-42 13.2.2);
3. Heavy Construction Operations (EPA, AP-42 13.2.3);
4. Aggregate Handling and Storage Piles: accumulo e movimentazione delle terre nelle aree di deposito e nel cantiere operativo (EPA AP-42 13.2.4);

5. Wind Erosion: erosione del vento dai cumuli (EPA AP-42 13.2.5);
6. Grading (EPA AP- 11.9.2)
7. Escavazione (EPA AP-11.9.2).

Al fine di valutare gli impatti di cantiere nel modello di calcolo sono state considerate tutte le sorgenti di polvere sopra esposte.

Per la stima delle emissioni si è fatto ricorso ad un approccio basato su un indicatore che caratterizza l'attività della sorgente (A in eq.1) e di un fattore di emissione specifico per il tipo di sorgente (Ei in eq.1). Il fattore di emissione Ei dipende non solo dal tipo di sorgente considerata, ma anche dalle tecnologie adottate per il contenimento/controllo delle emissioni. La relazione tra l'emissione e l'attività della sorgente è di tipo lineare:

$$Q(E)i = A * Ei \quad \text{(Eq. 1)}$$

dove:

- Q(E)i: emissione dell'inquinante i (ton/anno);
- A: indicatore dell'attività (ad es. consumo di combustibile, volume terreno movimentato, veicolo-chilometri viaggiati);
- Ei: fattore di emissione dell'inquinante i (ad es. g/ton prodotta, kg/kg di solvente, g/abitante). La stima è tanto più accurata quanto maggiore è il dettaglio dei singoli processi/attività.

Come già accennato per la stima dei diversi fattori di emissione sono state utilizzate le relazioni in merito suggerite dall'Agenzia per la Protezione dell'Ambiente statunitense (E.P.A., AP-42, Fifth Edition, Compilation of air pollutant emission factors, Volume I, Stationary Points and Area Sources) e dall'Inventario Nazionale degli Inquinanti australiano (National Pollutant Inventory, N.P.I., Emission Estimation Technique Manual).

Per ogni tipologia di sorgente considerata si illustrano di seguito le stime dei fattori di emissione.

Per seguire tale approccio di valutazione è necessario conoscere diversi parametri relativi a:

- sito in esame (umidità del terreno, contenuto di limo nel terreno, regime dei venti);
- attività di cantiere (quantitativi di materiale da movimentare ed estensione delle aree di cantiere);
- mezzi di cantiere (tipologia e n. di mezzi in circolazione, chilometri percorsi, tempi di percorrenza, tempo di carico/scarico mezzi, ecc...).

Mentre alcune di queste informazioni sono desumibili dalle indicazioni progettuali, per altre è stato necessario fare delle assunzioni il più attinenti possibile alla realtà, pur ricordando che solo in fase operativa potranno essere individuate le effettive sorgenti di emissione che verranno utilizzate nel corso delle lavorazioni.

Le ipotesi cantieristiche assunte per la stima delle emissioni e l'analisi modellistica sono le seguenti:

- materiale movimentato pari a 1000 m3 / giorno (valore di picco)
- n. automezzi in circolazione nelle aree di cantiere: si consideri un numero di viaggi/giorno andata e ritorno pari a 100 (valore di picco), definiti considerando 20 mc la capacità di un autocarro.

A tali ipotesi, e considerando anche la contemporaneità di tutte le aree di cantiere, corrisponde lo scenario peggiore dal punto di vista della movimentazione dei materiali.

Unpaved Roads - Mezzi in transito su strade non pavimentate

Per quanto attiene il sollevamento delle polveri generato dai mezzi (escavatori, pale gommate, ecc…) in transito sulle piste interne al cantiere, si utilizzano le relazioni fornite dall'EPA. Il particolato è in questo caso originato dall'azione di polverizzazione del materiale superficiale delle piste, indotta dalle ruote dei mezzi. Le particelle sono quindi sollevate dal rotolamento delle ruote, mentre lo spostamento d'aria continua ad agire sulla superficie della pista dopo il transito.

Il particolato sollevato dal rotolamento delle ruote sulle piste non asfaltate è stimato dalla seguente equazione:

$$E = K\left(\frac{sL}{12}\right)^{a}\left(\frac{W}{3}\right)^{b}$$ (eq. 2: EPA, AP-42 13.2.2)

dove:

E: fattore di emissione di particolato su strade non pavimentate in siti industriali, per veicolo-miglio viaggiato (lb/VMT);

k, a, b: costanti empiriche per strade industriali, rispettivamente pari a 1,5, 0,9 e 0,45 per il PM10;

sL: contenuto in silt della superficie stradale, assunto pari all'8%;

W: peso medio dei veicoli in tonnellate, assunto pari a 18 tonnellate (calcolato come media tra il peso a pieno carico e una tara di 12 ton).

Il fattore di emissione così calcolato (eq. 2) viene convertito nell'unità di misura g/VKT (VKT, veicolo-chilometro viaggiato) mediante un fattore di conversione pari a 281,9 (1lb/VMT = 281,9 g/VKT).

L'effetto di mitigazione naturale operato dalle precipitazioni viene considerato mediante l'assunzione semplificata che l'emissione media annua sia inversamente proporzionale al numero di giorni con precipitazione superiore a 0,2 mm (precipitazione misurabile):

$$Eext = E[(365 - P)/365]$$ (eq. 3: EPA, AP-42 13.2.2)

dove:

Eext : fattore di emissione ridotto per mitigazione naturale (g/VKT);

P: numero di giorni all'anno con precipitazioni superiori a 0,2 mm, (assunto pari a 61 giorni piovosi in un anno, misurati alla stazione meteorologica di Imperia per l'anno di riferimento).

Il sollevamento di particolato dalle strade non asfaltate è pari al prodotto del fattore di emissione Eext per l'indicatore di attività A (cfr. eq.1). Tale parametro, espresso come veicolo-chilometri viaggiati, è ricavato dal prodotto del numero di mezzi/ora per i chilometri percorsi.

I trasporti complessivi giornalieri sono stimati in numero pari a 100 viaggi A/R sull'arco di 8h/gg di attività.

Considerando che l'attività di movimentazione del materiale si svolge prevalentemente tre le aree di stoccaggio il numero complessivo di viaggi è stato diviso per 4 e moltiplicato ciascuno per i rispettivi km di pista, ottenendo così i seguenti ratei emissivi:

AREA CANTIERE	NUMERO DI VIAGGI/GIORNO	LUNGHEZZA PERCORSO (KM)	KM/h PERCORSI	RATEO EMISSIVO (g/s) CON EFFETTO DI MITIGAZIONE NATURALE
pista non pavimentata 1	25	0,09	0.2	**0,008**
pista non pavimentata 2	25	0,05	0.1	**0,005**
pista non pavimentata 3	25	0,2	0.4	**0,001**

Tabella 23

Secondo quanto proposto dalle "Linee Guida di ARPA Toscana per la valutazione delle polveri provenienti da attività di produzione, manipolazione, trasporto, carico o stoccaggio di materiali polverulenti", l'efficienza di abbattimento delle polveri col sistema di bagnatura dipende dalla frequenza delle applicazioni e dalla quantità d'acqua per unità di superficie impiegata in ogni trattamento, in relazione al traffico medio orario ed al potenziale medio di evaporazione giornaliera del sito. Per il progetto in questione si assume di ottenere un'efficienza di abbattimento col sistema di bagnatura pari al 75%, effettuando il trattamento ogni 8 ore ed impiegando circa 1 l/m2 per ogni trattamento (vedi Tabella sottostante, corrispondente alla Tabella 11 delle Linee Guida sopra citate).

Efficienza di abbattimento / **Quantità media del trattamento applicato I (l/m²)**	**50%**	**60%**	**75%**	**80%**	**90%**
0.1	2	1	1	1	1
0.2	3	3	2	1	1
0.3	5	4	2	2	1
0.4	7	5	3	3	1
0.5	8	7	4	3	2
1	17	13	8	7	3
2	33	27	17	14	7

Tabella 24 Intervallo di tempo in ore tra due applicazioni successive per un valore di traffico medio orario > 10

Il fattore di emissione da utilizzare per le simulazioni modellistiche relative al PM10 è allora dato dai ratei emissivi precedentemente calcolati relativamente alle attività di produzione, manipolazione, trasporto, carico o stoccaggio di materiali polverulenti e alle strade non pavimentate, moltiplicati per il prodotto del fattore di riduzione. Nel caso specifico:

FE ridotto = FE * 75%

Si ottengono così i seguenti fattori di emissione per il PM10:

- pista non pavimentata 1: **0.002 g/s**
- pista non pavimentata 2: **0.001 g/s**
- pista non pavimentata 3: **0.004 g/s**

Paved Roads – Mezzi in transito su strade pavimentate

L'approccio metodologico dell'EPA considera i dati relativi al numero dei camion utilizzati, alle distanze percorse e al numero dei viaggi previsti (si tiene conto anche dei transiti di ritorno), in base alle indicazioni progettuali.

La formula empirica proposta dall'EPA per stimare le emissioni di polvere dai mezzi in transito su strade pavimentate è la seguente:

$$F = k(sL)^{0.91}(W)^{1.02}$$ (eq.4: AP-42 Fifth Edition, Volume I, Chapter 13, 13.2.1 Paved Roads)

dove:

F: fattore di emissione di particolato su strade pavimentate, per veicolo-chilometro viaggiato (g/VKT);

k: costante moltiplicativa variabile in funzione della dimensione delle particelle, assunto pari a 0,62 g/VKT per il PM10;

W: peso medio dei veicoli in tonnellate, assunto pari a 18 tonnellate (calcolato come media tra il peso a pieno carico ed una tara di 12 ton).

sL: contenuto di limo dello strato superficiale delle aree pavimentate percorse dai mezzi (g/m2), assunto pari all'8%;

L'effetto di mitigazione naturale operato dalle precipitazioni viene considerato mediante l'assunzione semplificata che l'emissione media annua sia inversamente proporzionale al numero di giorni con precipitazione superiore a 0,2 mm (precipitazione misurabile):

$$Eext = E[1 - P/(4 * N)]$$ (eq.5: EPA, AP-42 13.2.2)

dove:

Eext: fattore di emissione ridotto per mitigazione naturale (g/VKT);

P: numero di giorni all'anno con precipitazioni superiori a 0,2 mm (assunto pari a 61 giorni piovosi in un anno, misurati alla stazione meteorologica di Imperia per l'anno di riferimento);

N: numero di giorni nel periodo di mediazione (pari a 365 per una media annuale).

Il sollevamento di particolato dalle strade asfaltate è pari al prodotto del fattore di emissione Eext per l'indicatore di attività A (cfr. eq.1). Tale parametro, espresso come veicolo chilometri viaggiati, è ricavato dal prodotto del numero di mezzi/ora per i chilometri percorsi.

Considerando le assunzioni fatte in precendeza, otteniamo i seguenti ratei emissivi:

AREA CANTIERE	NUMERO DI VIAGGI/GIORNO	LUNGHEZZA PERCORSO (KM)	KM/h PERCORSI	RATEO EMISSIVO (g/s) CON EFFETTO DI MITIGAZIONE NATURALE
pista pavimentata 1	25	0,71	2,3	**0,005**
pista pavimentata 2	25	2,26	4,9	**0,010**
pista pavimentata 3	25	0,37	1,9	**0,004**
pista pavimentata 4	252	0,58	1,3	**0,002**
pista pavimentata 5	25	0,48	1,04	**0,002**

Aggregate Handling and Storage Piles – Cumuli di terra, carico e scarico

La produzione totale di polvere legata all'attività di movimentazione e stoccaggio è legata alle seguenti singole attività:

- carico e scarico dei mezzi;
- traffico dei mezzi nelle aree di stoccaggio, carico e scarico;
- erosione del vento nella fase di carico e scarico.

La quantità di polveri generate da tali attività viene stimata utilizzando la seguente formula empirica:

$$E = K(0.0016)\left(\frac{U}{2.2}\right)^{1.3}\left(\frac{M}{2}\right)^{-1.4} \qquad \text{(eq. 6: EPA, AP-42 13.2.4)}$$

dove:

- E = fattore di emissione di particolato (kg/Mg);
- k = parametro dimensionale (dipende dalla dimensione del particolato);
- U = velocità media del vento (m/s) assunta pari a 2.7 m/s (misurati alla stazione meteorologica di Imperia per l'anno di riferimento).;
- M = umidità del terreno (%) assunta pari al 2.5% sotto falda.

Il parametro k varia a seconda della dimensione del particolato come riportato in tabella:

Aerodynamic Particle Size Multiplier (k) For Equation 1				
< 30 µm	< 15 µm	< 10 µm	< 5 µm	< 2.5 µm
0.74	0.48	0.35	0.20	0.053[a]

Per il PM10 si assume quindi k pari a 0.35. La diffusione di particolato legata alle attività di movimentazione e stoccaggio di materiale è pari al prodotto del fattore di emissione E per le tonnellate di materiale movimentate giornalmente, assunte pari a 1000 m3/giorno.
Considerando che l'attività di movimentazione del materiale si svolge prevalentemente tre le aree di stoccaggio su ciascuna area si stima una movimentazione giornaliera di circa 250 m3/giorno (1000 m3/giorno /4= 250 m3/giorno).

In questo modo, il rateo emissivo stimato per ciascuna area è pari: **0,0025 g/s.**

Erosione delle aree di stoccaggio
Le emissioni causate dall'erosione del vento sono dovute all'occorrenza di venti intensi su cumuli soggetti a movimentazione. Nell'AP-42 (paragrafo 13.2.5 "Industrial Wind Erosion") queste emissioni sono trattate tramite la potenzialità di emissione del singolo cumulo in corrispondenza di certe condizioni di vento. In questa sede si è scelto di seguire l'approccio delle "Linee Guida di ARPA Toscana per la valutazione delle polveri provenienti da attività di produzione, manipolazione, trasporto, carico o stoccaggio di materiali polverulenti". Tali linee guida considerano, per l'erosione del vento dai cumuli, l'effettiva emissione dell'unità di area di ciascun cumulo soggetto a movimentazione dovuta alle condizioni anemologiche attese nell'area di interesse. Il rateo emissivo orario è calcolato con l'espressione:

$$E_i = EF_i * a * movh \qquad \text{(eq. 7: Linee Guida ARPA Toscana)}$$

- **i** = particolato (PTS, PM_{10}, $PM_{2.5}$), nel caso in esame PM_{10};
- **EF_i** = fattore di emissione areale dell'i-esimo tipo di particolato (kg/m^2);
- **a** = superficie dell'area movimentata in m^2;
- **movh** = numero di movimentazioni/ora, si assume che corrisponda al n. di mezzi/h.

Per il calcolo del fattore di emissione areale si distinguono i cumuli bassi da quelli alti a seconda del rapporto altezza/diametro. Per semplicità, inoltre, si assume che la forma di un cumulo sia conica, sempre a base circolare. Nel caso di cumuli non a base circolare, si ritiene sufficiente stimarne una dimensione lineare che ragionevolmente rappresenti il diametro della base circolare equivalente a quella reale.
Dai valori di:
- altezza del cumulo (intesa come altezza media della sommità nel caso di un cumulo a sommità piatta) H in m;
- diametro della base D in m;

si individua il fattore di emissione areale EFi dell'i-esimo tipo di particolato per ogni movimentazione dalla sottostante tabella:

cumuli alti $H/D > 0.2$	
	$EF_i (kg/m^2)$
PTS	1.6E-05
PM_{10}	7.9E-06
$PM_{2.5}$	1.26E-06
cumuli bassi $H/D \leq 0.2$	
	$EF_i (kg/m^2)$
PTS	5.1E-04
PM_{10}	2.5 E-04
$PM_{2.5}$	3.8 E-05

Fattori di emissione areali per ogni movimentazione, per ciascun tipo di particolato

Nel caso in oggetto si assume:

- H = 2 m;
- D = 5 m;
- H/D = 0.4 > 0.2 → cumuli alti

quindi si utilizza un EF per il PM10 pari a 0.0000079 kg/mq.
Ipotizzando il cumulo di forma conica ne risulta una superficie laterale di circa 25 m2.
Perciò, considerando 2 movimentazioni/ora sui cumuli di ciascuna area di cantiere, otteniamo un rateo emissivo pari a: **0.0001 g/s**.

Attività di escavazione

Un'altra fonte di emissione di polveri che è stata considerata è l'attività dei mezzi di cantiere quali escavatori o pale gommate nelle aree di cantiere. Tale sorgente è stata assimilata alle emissioni riportate nel paragrafo 11.9.2 del documento EPA, AP-42, relativo all'estrazione del carbone. Nella tabella 11.9.2 di tale documento sono riportate le equazioni per il calcolo dei fattori di emissione per sorgenti di polvere in condizioni aperte incontrollate.
Il particolato sollevato dai mezzi di cantiere quali bulldozer per attività quali "overburden" (terreno di copertura) è stimato dalla seguente equazione:

$$E = \frac{(sL)^{1.5}}{(M)^{1.4}} * 0.75 * 0.45 (Kg/h) \qquad \text{(eq. 6: EPA, AP-42 11.9.2 Bulldozing)}$$

dove:

- **sL**: contenuto in silt della superficie stradale, assunto pari all'8%;
- **M**: umidità del terreno (%) assunta pari al 10%.

Il sollevamento di particolato dalle attività dei mezzi di cantiere è pari al prodotto del fattore di emissione E così calcolato per il numero di ore lavorative giornaliere , assunto pari a 8 h/giorno.
Il rateo emissivo per ciascuna area è perciò pari a: **0.08 g/s.**

Attività del grader

Il fattore di emissione relativo al "Grading" è pari a:

$E = 0.0034 * 0.6 * (S)\text{^}2(Kg/VKT)$ eq.7: EPA, AP-42 11.9.2 Grading)

Dove S è la velocità media del veicolo e si assume pari a 3 km/h.

Considerando quindi di percorrere 3 km/h, il fattore di emissione è pari a **0.02 g/s.**

Heavy Construction Operations - Operazioni di carico, scarico e abbancamento

I fattori di emissione relativi alle attività di movimentazione del materiale sono calcolati secondo le formule espresse nella tabella 4 delle "Linee Guida di ARPA Toscana per la valutazione delle polveri provenienti da attività di produzione, manipolazione, trasporto, carico o stoccaggio di materiali polverulenti".
Di seguito si riporta uno stralcio della citata tabella 4, dove sono indicati i fattori di emissione considerati per i cantieri in oggetto, ovvero quelli relativi alle seguenti operazioni:

- Carico (Truck Loading: Overburden)
- Scarico (Truck Unloading: Bottom Dump – Overburden)
- Abbancamento scotico (Overburden Replacement)

I fattori di emissione riportati in tabella sono espressi in kg per tonnellata di materiale movimentato.

Tabella 4 fattori di emissione per il PM10 relativi alle operazioni di trattamento del materiale superficiale

SCC	operazione	Fattore di emissione in *kg*	note	Unità di misura
3-05-010-33	Drilling Overburden	0.072		*kg* per ciascun foro effettuato
3-05-010-36	Dragline: Overburden Removal	$\frac{9.3\times10^{-4}\times(H/0.30)^{0.7}}{M^{0.3}}$	H è l'altezza di caduta in m, M il contenuto percentuale di umidità del materiale	*kg* per ogni m³ di copertura rimossa
3-05-010-37	Truck Loading: Overburden	0.0075		*kg* per ogni *Mg* di materiale caricato
3-05-010-42	Truck Unloading: Bottom Dump - Overburden	0.0005		*kg* per ogni *Mg* di materiale scaricato
3-05-010-45	Bulldozing: Overburden	$\frac{0.3375\times s^{1.5}}{M^{1.4}}$	s è il contenuto di silt (vedi § 1.5), M il contenuto di umidità del materiale, espressi in percentuale	*kg* per ogni ora di attività
3-05-010-48	Overburden Replacement	0.003		*kg* per ogni *Mg* di materiale processato

Fattori di emissione relativi al carico,allo scarico e abbancamento

Considerando un tasso di attività pari 250 m3/giorno (1000 m3/giorno /4= 250 m3/giorno) di materiale trattato, otteniamo un rateo emissivo stimato per ciascuna area di:

- **0.07 g/s** dovuto al carico
- **0.005 g/s** dovuto allo scarico
- **0.03 g/s** dovuto allo scotico

Per un totale **di 0.1 g/s.**

1.9.2 Metodologia di modellazione della dispersione degli inquinanti in atmosfera

Al fine della implementazione della catena modellistica per la valutazione del potenziale impatto in atmosfera derivante dalle attività di cantiere è stato necessario definire i seguenti dati:

- dominio di calcolo e schema di modellazione;
- orografia;
- condizioni meteoclimatiche;
- parametri emissivi.

Dominio di calcolo e schema di modellazione

È stata individuata una maglia di calcolo comprendente un'area compatibile con quella dell'opera in progetto, finalizzata alla rappresentazione grafica delle curve di isoconcentrazione e alla valutazione complessiva della dispersione degli inquinanti nell'atmosfera.
La maglia di punti è costituita da 698 punti, 100m x 100m, così come riportato nella figura di seguito.

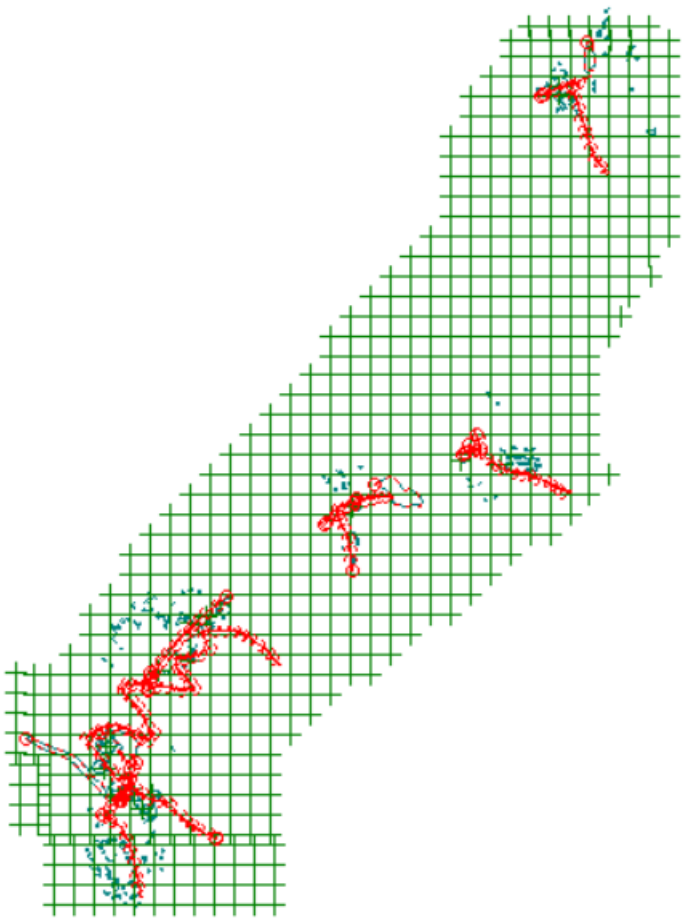


Figura 32

Orografia e dati meteo

Per la simulazione della dispersione degli inquinanti in atmosfera si è tenuto conto dell'orografia dell'intero dominio di calcolo implementando un modello di terreno complesso, grazie al preprocessore AERMAP, come mostrato nei paragrafi precedenti.

I dati meteorologici utilizzati in fase di simulazione sono i dati meteo orari sito specifici relativi all'anno 2023 della centralina di Imperia, come trattato in precedenza.

Definizione delle sorgenti e ipotesi di lavoro

Come anticipato, per la valutazione della dispersione degli inquinanti in atmosfera legata alle attività di cantiere del presente progetto, è stato effettuato uno studio previsionale tramite modello di simulazione, applicato alle fasi di lavoro maggiormente critiche per l'emissione degli inquinanti, al fine di verificare gli impatti prodotti da tali attività sulla qualità dell'aria nella zona ad essi circostante e, in particolare, sui recettori opportunamente individuati.

I fattori di emissione utilizzati nelle simulazioni sono stati calcolati applicando le formule del Draft EPA dell'Agenzia per la Protezione dell'Ambiente Statunitense, così come ampiamente illustrato precedentemente.

Di seguito si riportano delle tabelle riepilogativa che riassumono le ipotesi di lavoro assunte. Esse mostrano per ciascun inquinante, relativamente alle aree e alle strade coinvolte, i fattori di emissioni complessivi

espresse in g/s utilizzati nelle simulazioni. Per quanto riguarda le piste non pavimentate si è considerato il fattore di emissione mitigato, che ha insito già nel modello quindi l'applicazione della mitigazione (bagnatura della pista).

attività di cantiere simulata	area di cantiere	fattore di emissione (g/s)
trasporto su strada non pavimentata 1	piste di cantiere non pavimentate	0,002
trasporto su strada non pavimentata 2	piste di cantiere non pavimentate	0,001
trasporto su strada non pavimentata 3	piste di cantiere non pavimentate	0,004
trasporto su strada pavimentata 1	piste di cantiere pavimentate	0,005
trasporto su strada pavimentata 2	piste di cantiere pavimentate	0,010
trasporto su strada pavimentata 3	piste di cantiere pavimentate	0,004
trasporto su strada pavimentata 4	piste di cantiere pavimentate	0,002
trasporto su strada pavimentata 5	piste di cantiere pavimentate	0,002
escavazione	imbocchi delle gallerie	0,08
grading	tracciato di progetto	0,03
carico-scarico-abbancamento	are di stoccaggio	0,1
formazione stoccaggio cumuli		
erosione del vento		

Tabella 25 Tabelle riepilogative dei fattori di emissione per ogni sorgente e per ciascun inquinante

1.9.3 Valutazione delle simulazioni

I risultati delle simulazioni effettuate per la stima della dispersione degli inquinanti in atmosfera legata alle attività d cantiere sono riportati nelle tavole seguenti:

- Fase di cantiere - Scenario critico - Mappa delle concentrazioni di inquinanti - PM10 – Corso d'opera Annuale mitigato - Tav 1 di 2
- Fase di cantiere - Scenario critico - Mappa delle concentrazioni di inquinanti - PM10 – Corso d'opera Annuale mitigato - Tav 2 di 2
- Fase di cantiere - Scenario critico - Mappa delle concentrazioni di inquinanti - PM10 – Corso d'opera Giornaliero mitigato - Tav 1 di 2
- Fase di cantiere - Scenario critico - Mappa delle concentrazioni di inquinanti - PM10 – Corso d'opera Giornaliero mitigato - Tav 2 di 2

Le mappe di concentrazione prodotte rappresentano la previsione delle concentrazioni per i parametri PM10, in condizioni post-mitigazione. Nello specifico le mappe riportano le seguenti informazioni:

- Concentrazione delle medie giornaliere di PM_{10}
- Concentrazione delle medie annuali di PM_{10}

Dalle simulazioni effettuate nel presente studio, è possibile affermare che per tutti i parametri inquinanti e i livelli di concentrazione sono inferiori ai limiti di legge e le attività di cantiere hanno un impatto sulla qualità dell'aria non critico.

Per tutti i parametri, le concentrazioni massime stimate sono localizzate in corrispondenza delle aree di lavoro e le concentrazioni degli inquinanti non impattano significativamente presso i recettori considerati.

1.9.4 Ricettori discreti

I risultati proposti in questo paragrafo riguardano i valori di concentrazione degli inquinanti in aria ambiente stimati dal codice di calcolo AERMOD ai recettori per le emissioni dalle aree del cantiere.

	PM 10	PM10
Recettore	Media Giornaliera ($\mu g/m^3$)	Media annuale ($\mu g/m3$)
R1	14,29	9,30
R2	20,20	10,38
R3	17,26	8,72
R4	12,95	6,74
R5	12,91	6,37
R6	9,24	5,77
R7	21,31	12,50
R8	0,91	0,55
R9	0,46	2,00
R10	0,93	0,58
R11	1,12	0,70
R12	1,09	0,65
R13	0,94	0,55
R14	2,70	1,36
R15	5,93	2,96
R16	0,94	0,40
R17	0,48	0,26
R18	1,15	0,65
R19	3,06	0,22
LIMITE NORMATIVO	50	40

Tabella 26 Risultati per recettori discreti

Anche considerando il valore di fondo della centralina di riferimento del PM10, pari a 19 $\mu g/m^3$, è possibile riscontrare un livello di concentrazione sui ricettori conformi ai limiti di legge.