



**PROGETTO DI DELOCALIZZAZIONE
DEL DEPOSITO SUPERBA S.R.L. DI GENOVA
PRESSO PONTE SOMALIA**

**PROCEDURA DI
VALUTAZIONE DI IMPATTO AMBIENTALE - VIA**

Parte seconda D.Lgs. 152/2006 e s.m.i.

**RELAZIONE DI RISCONTRO ALLE
INTEGRAZIONI RICHIESTE DALLA CTVA**

**ALLEGATO 3
STUDIO MODELLISTICO
DELLA DISPERSIONE IN ATMOSFERA**

1	26/07/2024	Revisione per richiesta integrazioni degli Enti	Nicola Sampieri	Nicola Sampieri	Andrea Gollini
0	20/12/2023	Emissione	Nicola Sampieri	Nicola Sampieri	Andrea Gollini
Rev.	Data	Descrizione revisione	Redatto	Controllato	Approvato



Libra Ravenna S.r.l.
Viale V. Randi, 90 - 48121 Ravenna
Tel. 0544 1855100 Fax 0544 1855150
www.libraravenna.it - info@libraravenna.it



Zoppellari Gollini & Associati S.r.l.
Via Antonio Meucci 7 - 48124 Ravenna
Tel. 0544 404872 Fax 0544 281136
www.zga.srl - info@zga.srl

SOMMARIO

A	PREMESSA.....	3
B	INDIVIDUAZIONE DELL'AREA IN ESAME	6
C	INQUADRAMENTO NORMATIVO – LIMITI DI RIFERIMENTO.....	8
D	CARATTERIZZAZIONE METEOCLIMATICA.....	10
D.1	ANALISI DATI METEO	12
D.1.1	PREMESSA	12
D.1.2	DATI METEO PRIMA FORNITURA	12
D.1.2.1	TEMPERATURE	12
D.1.2.2	ALTEZZA DI RIMESCOLAMENTO.....	12
D.1.2.3	CLASSI DI STABILITÀ ATMOSFERICA	13
D.1.2.4	REGIME ANEMOLOGICO: VELOCITÀ E DIREZIONE DEL VENTO	14
D.1.3	DATI METEO SECONDA FORNITURA	17
D.1.3.1	TEMPERATURE	17
D.1.3.2	ALTEZZA DI RIMESCOLAMENTO.....	17
D.1.3.3	CLASSI DI STABILITÀ ATMOSFERICA	18
D.1.3.4	REGIME ANEMOLOGICO: VELOCITÀ E DIREZIONE DEL VENTO	19
D.1.4	ANALISI DI CONFRONTO	22
E	CARATTERIZZAZIONE DELLO STATO DI QUALITA' DELL'ARIA.....	23
F	METODOLOGIA DI CALCOLO	27
F.1	SISTEMA MODELLISTICO	27
F.2	DIMENSIONI, PASSO DELLA GRIGLIA E SISTEMA DI GEOREFENZIAZIONE.....	31
F.3	RICETTORI	32
F.4	TRATTAMENTO CALME DI VENTO	34
G	STUDIO DI DISPERSIONE	35
G.1	CARATTERIZZAZIONE DELLA SORGENTE EMISSIVA.....	35
G.2	RISULTATI DELLE STIME.....	36
H	CONCLUSIONI.....	39
	APPENDICE 1 – MAPPATURA CURVE ISOCONCENTRAZIONE.....	41

A PREMESSA

Il presente documento contiene l'illustrazione dello Studio modellistico della dispersione in atmosfera di composti inquinanti, che è stato condotto nell'ambito dello Studio di Impatto Ambientale (S.I.A.) elaborato per la presentazione volontaria di V.I.A. di competenza statale relativamente al progetto di realizzazione di un nuovo Deposito per prodotti chimici presso il Ponte Somalia, a Genova, proposto dalla società Superba.

Il presente Studio si concentra in particolare sulle principali emissioni che sono associate all'esercizio di un Deposito per prodotti chimici allo stato liquido, anche pericolosi, quale quello in progetto, ossia le emissioni di Composti Organici Volatili (COV) che derivano dalle operazioni di stoccaggio e movimentazione delle merci pericolose condotte presso il Deposito. La maggior parte delle sostanze che potranno essere movimentate, infatti, ha una tensione di vapore tale per cui sono presumibili emissioni di composti rientranti appunto nella grande classe dei Composti Organici Volatili (COV).

Rispetto alla prima versione dello Studio, la presente revisione è stata redatta al fine di fornire riscontro alle richieste pervenute dalla CTVA con nota Prot. 4168 del 29 marzo 2024, nonché dalla Regione Liguria e da ARPAL con nota Prot. 2024 - 0312382 del 21 marzo 2024, di seguito riportate.

4.2. lo studio modellistico presentato dal Proponente riguarda la dispersione in atmosfera di COV confrontando le ricadute sui ricettori residenziali con quelli di TLV-TWA legati all'esposizione professionale (8 ore lavorative per 40 anni). I risultati delle stime hanno permesso di evidenziare che le emissioni in atmosfera legate all'esercizio del nuovo Deposito non apporteranno impatti negativi e significativi alle condizioni di qualità dell'aria dell'area di interesse. Occorre, tuttavia che sia utilizzato uno studio modellistico più completo, esteso a tutti i fattori inquinanti. Inoltre, occorre rivedere lo studio modellistico anche tenendo conto delle seguenti considerazioni indicate specificamente dalla Regione Liguria:

- adottare come dati di input i dati targa dei singoli serbatoi e degli specifici sistemi di abbattimento previsti in progetto;
- il dominio considerato per le simulazioni modellistiche è caratterizzato da un territorio ad orografia particolarmente complessa e a forte urbanizzazione. In tale contesto è fondamentale alimentare il modello di dispersione con campi meteorologici il più possibile realistici, poiché piccole variazioni negli input forniti (ad esempio del campo 3D di vento) possono provocare differenze sostanziali nella conformazione dei campi di concentrazioni ottenuti; Le concentrazioni di COV devono essere calcolate considerando diverse direzioni del vento, e in particolare le condizioni meteorologiche più sfavorevoli;
- il metodo applicato (interpolazione 3D "mass consistent" di 4 stazioni di misura con correzione da dati profilometrici ERA5), non risulta essere il più adeguato alle simulazioni condotte. In letteratura, questo approccio, infatti, è principalmente utilizzato per applicazione su scala regionale, o comunque su domini meno complessi, dove un'interpolazione pesata sull'inverso del quadrato della distanza può essere ritenuta accettabile. Nel contesto dello studio realizzato, sarebbe dunque auspicabile l'uso di un modello NWP a più alta risoluzione (e.g. WRF interfacciato tramite preprocessore CALWRF a CALMET) per la produzione di campi meteorologici più attendibili su tutta l'estensione della griglia 3D utilizzata come dominio;
- i risultati delle stime sono espressi in mg/m^3 in tabella 2 a pag.27 ed in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ nel grafico in appendice.

Per la selezione dei composti inquinanti oggetto di simulazione, il presente studio di dispersione in atmosfera si concentra sulle uniche emissioni associate all'esercizio di un Deposito per prodotti chimici allo stato liquido, anche pericolosi, quale quello in progetto, ossia le emissioni di Composti Organici Volatili (COV) che derivano dalle operazioni di stoccaggio e movimentazione delle merci pericolose condotte presso il Deposito. Essendo l'impianto dedicato al solo stoccaggio non esistono effluenti gassosi legati a processi produttivi o a fonti di combustione. Più in dettaglio le emissioni sono quelle provenienti dalle valvole di respiro situate sul tetto dei serbatoi fissi, seppur mitigate dalla presenza della polmonazione con azoto. La maggior parte delle sostanze che potranno essere movimentate, ha una tensione di vapore tale per cui sono presumibili emissioni di composti rientranti nella grande classe dei Composti Organici Volatili (COV).

Dunque, ad esclusione della classe dei Composti Organici Volatili (COV), non si rileva la presenza di altri composti inquinanti generati dall'attività del Deposito.

Relativamente alla richiesta di adottare come dati di input al modello per lo studio della dispersione in atmosfera i “dati di targa” dei singoli serbatoi e degli specifici sistemi di abbattimento previsti in progetto, è possibile fornire le seguenti precisazioni:

- relativamente ai “dati di targa” associati ai serbatoi in progetto, si ricorda che un serbatoio di stoccaggio corrisponde a una struttura avente solo la funzione di contenere merci liquide, non vengono quindi effettuate altre tipologie di operazioni e non sono presenti sistemi di combustione, come caldaie o motori a combustione, ovvero apparecchiature caratterizzate da “dati di targa” legati alla potenzialità dei sistemi/macchine. I dati di targa dei serbatoi, se è possibile fare una similitudine, possono essere considerati i dati geometrici caratteristici dei serbatoi, in particolare le relative capacità geometriche e il tasso di movimentazione dei prodotti al loro interno, che sono stati debitamente tenuti in considerazione per la stima dell'input del modello emissivo prodotto;
- come dettagliato nelle precedenti sezioni del presente capitolo, il progetto del nuovo Deposito non prevede l'installazione di specifici impianti di trattamento delle emissioni (come ad esempio impianti di ossidazione, impianti di recupero dei solventi, ecc.) per i quali siano quindi disponibili efficienze di abbattimento o dati simili, difatti **non sono presenti punti di emissioni convogliata in atmosfera di inquinanti;**
- il sistema di riduzione delle emissioni di COV che si è deciso di implementare è quello cosiddetto del “vapour balancing”, che mira all'abbattimento delle emissioni nelle fasi in cui vi è la massima emissione di vapori delle sostanze stoccate nei serbatoi e movimentate, ossia quelle di carico di autobotti e ferrocisterne e di scarico delle navi cisterna; il sistema prevede di collettare i vapori prodotti in queste operazioni tramite tubazioni e collettori delle fasi vapore, con ritorno rispettivamente verso i serbatoi di stoccaggio e verso le navi cisterna. Come riportato anche nel documento “Reference Document on Best Available Techniques on Emissions from Storage”, più volte richiamato, questa tecnica può portare a un abbattimento complessivo delle emissioni nell'ordine dell'80%. Con approccio coerente con il principio di precauzione, sin dalla prima implementazione del modello di dispersione ed anche nel presente aggiornamento dello stesso, si è volutamente scelto di non considerare alcun abbattimento delle emissioni, come evidente dalla determinazione dei dati di input del modello nel seguito riportata. In tal modo, si è pervenuti a simulazioni modellistiche della massima conservatività.

Per la ricostruzione del campo meteo 3D effettuata attraverso il preprocessore meteorologico CALMET, è stata utilizzata una risoluzione orografica di 300 m che si ritiene adatta e rispettosa delle caratteristiche geomorfologiche dell'area in esame; inoltre, il campo meteo è stato ricostruito a partire dalle misure delle stazioni meteorologiche locali che costituiscono indubbiamente la migliore descrizione sito specifica che risulta disponibile. Si precisa altresì che la metodologia utilizzata per l'interpolazione (1/r2) dei dati delle stazioni (di superficie e di profilo verticale) rappresenta solo lo Step 1 di ricostruzione del campo meteo, il quale poi viene modificato in funzione alle caratteristiche orografiche, valutando le condizioni di incanalamento o scavallamento orografico in funzione delle caratteristiche energetiche del flusso. L'interpolazione 1/r2 viene fatta da CALMET per strati verticali e per ogni strato verticale viene determinato un peso di rilevanza per lo strato, sia delle stazioni di superficie che per quelle di profilo verticale; nella

fattispecie, i pesi utilizzati nella ricostruzione effettuata erano stati tali da eliminare la presenza del profilo ERA5 fino a 200 m sul livello del suolo, aumentandone poi con opportuna gradualità il peso alle quote superiori con una gradualità dello 0.25% per ogni strato superiore a tale quota sul livello del suolo. In sostanza il campo meteo ricostruito per gli strati superficiali è fortemente determinato dalle stazioni sito specifiche e pertanto sufficientemente realistica.

Per quanto riguarda il metodo applicato, allo stato attuale ci risulta che la risoluzione più fine alla quale è possibile ottenere i dati 3D CALMET ready prodotti da WRF, è di 1.000 m. Dunque, tale soluzione non è particolarmente significativa per la complessità orografica dell'area e per la tipologia "Top down" di downscaling dei dati, effettuata da WRF a partire dai meteo dati a grande scala e a scala geostrofica (tra i quali sull'Europa sono sicuramente inclusi i dati ECMWF da cui sono tratti i profili ERA5), e non tengono in considerazione le caratteristiche sito specifiche delle stazioni locali. Pertanto, lo Step 1 di CALMET, che verrebbe ricostruito utilizzando i dati WRF, potrebbe non risultare ottimale negli strati superficiali. È altresì vero che alcune caratteristiche locali possono essere reinserite in CALMET nello Step 2 della ricostruzione; tuttavia, da analisi in merito effettuate dalla società che ha effettuato la ricostruzione dei dati (Maind S.r.l. di Milano), si tratta di un reinserimento che crea discontinuità nel campo 3D finale, da fornire in input al software CALPUFF.

Si è infine provveduto a revisionare lo Studio di dispersione modellistico riportando la corretta Unità di misura (U.d.m.) dei risultati delle stime, ossia mg/m^3 , anche nel grafico in appendice allo Studio. L'incoerenza riscontrata tra i valori di concentrazione ai recettori riportati in Tabella 2 e la distribuzione dei valori sulla mappa in Appendice 1 era dovuta a un refuso.

Premesso quanto sopra, nonostante le osservazioni riportate, si è provveduto a revisionare lo studio modellistico in accordo alle richieste effettuate. A tal proposito al par. D viene riportata la descrizione della fornitura dei dati meteo, mentre ai paragrafi successivi viene effettuato un confronto tra le principali grandezze meteorologiche (temperature, altezza strato di mescolamento, stabilità atmosferica, velocità e direzione del vento) desunte dalle due differenti forniture.

B INDIVIDUAZIONE DELL'AREA IN ESAME

Il nuovo deposito di stoccaggio e movimentazione prodotti liquidi chimici della Società Superba verrà realizzato nel Porto di Genova presso il Ponte Somalia, tra la Calata Tripoli e la Calata Mogadiscio.

In Figura 1 e Figura 2 vengono riportate due foto aeree con l'individuazione dell'area prevista per il deposito in progetto.

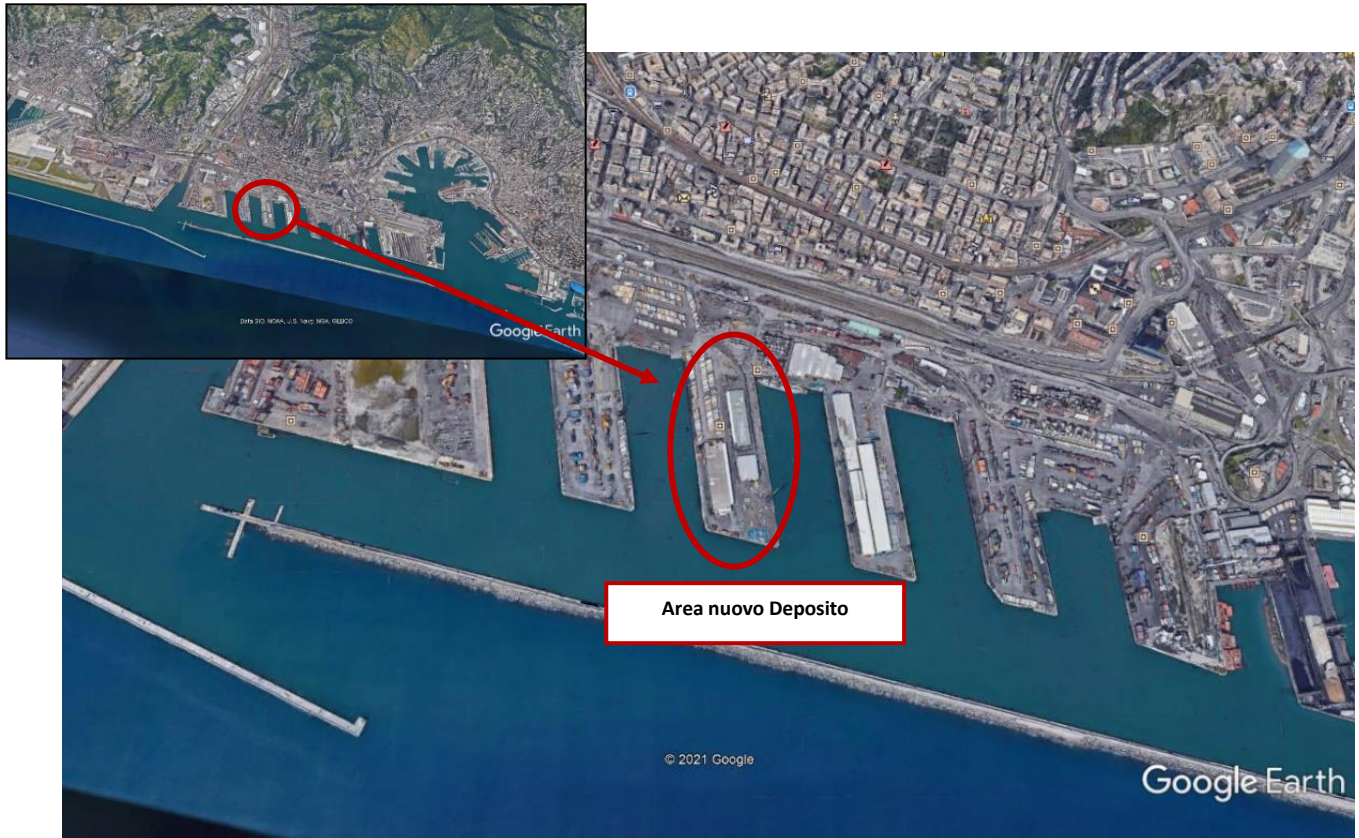


Figura 1 – Foto aerea con individuazione dell'area del deposito in progetto



Figura 2 – Foto aerea con individuazione dell'area del deposito in progetto

C INQUADRAMENTO NORMATIVO – LIMITI DI RIFERIMENTO

Come noto, il D.Lgs. 155/2010 non prevede limiti specifici di qualità dell'aria per i parametri inquinanti pertinenti per la valutazione delle emissioni associate al progetto in esame, ossia i Composti Organici Volatili (COV). Per tale ragione, è stato fatto riferimento a valori largamente riconosciuti di TLV-TWA (esposizione professionale sulle 8 ore lavorative per 40 anni lavorativi) di alcune delle sostanze che potranno essere movimentate presso il Deposito, riepilogate anche nel documento di riscontro di cui il presente Studio costituisce allegato. Ben consapevoli del fatto che tali valori sono riferiti ad un'esposizione di tipo professionale, in fase di valutazione degli esiti delle modellazioni si terrà naturalmente in conto il fatto che i valori di TLV sono definiti per un'esposizione di tipo professionale, mentre invece i recettori identificati per valutare impatti sulla qualità dell'aria del progetto in esame sono costituiti anche da aree non a carattere industriale/produttivo. I risultati delle modellazioni saranno confrontati con detti valori di riferimento assumendo approcci debitamente prudenziali, per valutare in generale l'impatto sulla qualità dell'aria dell'area di interesse e non trascurare in alcun modo la presenza del centro urbano a nord dell'area di intervento.

Di seguito si riporta un elenco dei valori di TLV-TWA (fonte: D.Lgs. 81/2008 e s.m.i. e ACGIH) delle sostanze che saranno movimentate presso il Deposito aventi le proprietà tossicologiche per l'uomo più rilevanti:

- Acetato di etile: 1.440 mg/m³
- Acetato di Vinile Monomero: 17,6 mg/m³
- Acetone: 594 mg/m³
- Acido acetico: 25 mg/m³
- Cicloesanone: 80 mg/m³
- Eptano: 1.640 mg/m³
- Esano: 176 mg/m³
- Etilenglicole: 52 mg/m³
- Metanolo: 260 mg/m³
- Metil-etil-chetone: 590 mg/m³
- o-Xilene: 87 mg/m³
- Stirene: 85 mg/m³
- Toluene: 75 mg/m³

Premesso quanto sopra, per fornire un ulteriore approfondimento, si riporta di seguito un confronto tra tre diverse tipologie di valori limite (oltre ai TLV-TWA), sviluppati da diverse agenzie internazionali (ECHA, ATSDR, U.S. EPA, OEHHA).

Sono stati analizzati i DNELs (*Derived No Effect Levels*), ovvero valori limite sviluppati dall'ECHA (*European Chemical Agency*), al di sotto dei quali non si osservano effetti avversi nei confronti degli esseri umani.

Sono stati presi in considerazione i valori DNELs con riferimento alla popolazione generale sottoposta a un'esposizione tramite inalazione cronica/a lungo termine: 24 ore al giorno, 365 giorni l'anno per 70 anni.

Sono stati inoltre considerati i RELs (*Reference Exposure Levels*), prodotti dall'OEHHA (*Office of Environmental Health Hazard Assessment*), Ente californiano, che esprimono le concentrazioni al di sotto delle quali è improbabile che si verifichino effetti avversi sulla salute - non cancerogeni - per la popolazione umana in generale, comprese le persone sensibili, per tipologie di esposizione e durate di esposizione specifiche. L'esposizione valutata in questo contesto corrisponde a un'esposizione per inalazione in termini di durata media annua, cioè la tipologia di REL C (cronica).

Infine, sono stati reperiti i MRLs (*Minimum Risk Levels*), i quali vengono ricavati quando esistono dati affidabili e sufficienti per identificare l'organo (o gli organi) bersaglio dell'effetto, oppure l'effetto (o gli effetti) sulla salute per una durata specifica e per una determinata via di esposizione; essi sono stati ideati dall'ATSDR (*Agency of Toxic Substances and Disease Registry*) insieme all'U.S. EPA (*Environmental Protection Agency*). Stimano l'esposizione umana giornaliera a una sostanza pericolosa che probabilmente non comporta rischi apprezzabili in termini di effetti avversi sulla salute - non cancerogeni - per una determinata via e durata di esposizione. La via di esposizione esaminata in questo ambito è quella per inalazione, mentre la durata è cronica, equivalente a un tempo maggiore di 365 giorni.

Sostanza	DNEL	REL	MRL
	[mg/m ³]	[mg/m ³]	[mg/m ³]
Acetato di etile	367	n.v.	n.v.
Acetato di Vinile Monomero (AVM)	n.v.	0,2	1
Acetone	200	n.v.	n.v.
Acido acetico	25	n.v.	n.v.
Cicloesanone	2,55	n.v.	n.v.
Eptano	447	n.v.	n.v.
Esano	16	7	n.v.
Etilglicole	7	0,4	n.v.
Metanolo	26	4	n.v.
Metil-etil-chetone	106	n.v.	n.v.
o-Xilene	65,3	7	n.v.
Stirene	10,2	0,9	n.v.
Toluene	56,5	0,42	3,7

n.v. corrisponde a "non valutato"

Tabella 1 – Tipologie di valori limite (DNEL,REL,MRL)

D CARATTERIZZAZIONE METEOCLIMATICA

I dati forniti sono stati ricostruiti per l'area descritta attraverso un'elaborazione "mass consistent" sul dominio tridimensionale la cui risoluzione volumetrica è descritta nella pagina precedente effettuata con il modello meteorologico CALMET utilizzando come input i dati 3d ricostruiti attraverso il modello WRF (WEATHER RESEARCH AND FORECASTING MODEL di UCAR/NCAR University Corporation for Atmospheric Research) applicato su un'area di 50 x 50 km con risoluzione 1000 x 1000 m centrata sul punto richiesto.

Il modello CALMET ricostruisce per interpolazione 3D "mass consistent", pesata sull'inverso del quadrato della distanza, un campo iniziale tridimensionale (FIRST GUESS) che viene modificato per incorporare gli effetti geomorfologici ed orografici del sito in esame alla risoluzione spaziale richiesta (campo meteo STEP 1); il processo di interpolazione avviene per strati orizzontali, l'interazione tra i vari strati orizzontali viene definita attraverso opportuni fattori di BIAS che permettono di pesare strato per strato l'influenza dei dati di superficie rispetto ai dati profilometrici (es: nel primo strato verticale adiacente al terreno che va da 0 a 20 metri sul suolo in genere viene azzerato il peso del profilo verticale rispetto a quello delle stazioni di superficie mentre negli strati verticali superiori al primo viene gradatamente aumentato il peso dei dati profilometrici rispetto a quelli di superficie fino ad azzerare il peso di questi ultimi dopo alcune centinaia di metri dal suolo).

Sul campo meteo (STEP 1) così definito vengono infine reinserite le osservabili misurate per ottenere il campo finale (STEP 2) all'interno del quale in questo modo vengono recuperate le informazioni sito-specifiche delle misure meteo.

Periodo: **anno 2022**

Caratteristiche del dominio sul quale è stato ricostruito il campo di meteo:

- Origine SW: X = 486005.00 m E - Y = 4911652.00 m N UTM fuso 32 – WGS84
- Dimensioni orizzontali totali: 10.5 km x 10.5 km
- Risoluzione orizzontale (dimensioni griglia): dx = dy = 300 m
- Risoluzione verticale (quota livelli verticali): 0-20-50-100-200-500-1000-2000-4000 m sul livello del suolo

Stazioni meteorologiche utilizzate

Stazioni sinottiche

- stazioni di superficie SYNOP ICAO non utilizzate
- stazione radiosondaggi SYNOP ICAO non utilizzate

Dati sito specifici ricavati da modello climatologico WRF (*)

- Profili WRF (nodi di griglia del modello WRF)
- Dati di superficie WRF (nodi di griglia del modello WRF)

(*) I dati meteorologici per l'area in esame sono stati ricavati dalla ricostruzione meteo-climatica con risoluzione spaziale di 1 km effettuata attraverso l'applicazione del modello WRF (WEATHER RESEARCH AND FORECASTING MODEL). Il modello WRF viene utilizzato per effettuare il "downscaling" spaziale a scala locale dei dati climatologici prodotti dai modelli climatologici a scala globale come ad esempio il modello climatologico europeo ECMWF. Questi dati vengono utilizzati come dati misurati posizionati nei nodi della sua griglia spaziale di calcolo.

Di seguito viene riportata la griglia di calcolo di 50 x 50 km con risoluzione 1 x 1 km del modello WRF utilizzata per la ricostruzione meteorologica.

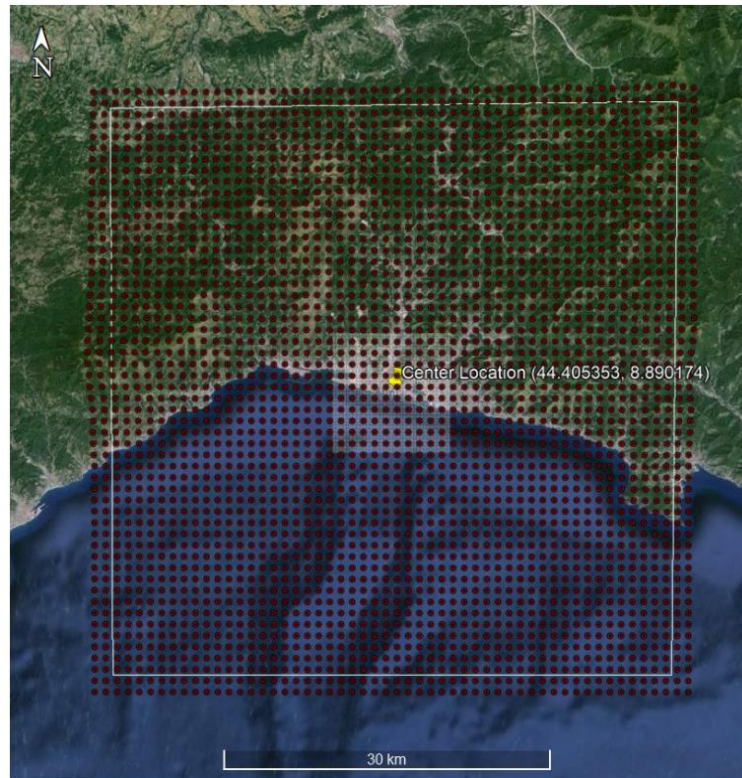


Figura 3. Griglia modello WRF (con evidenza del dominio CALMET)



Figura 4. Nodi di griglia modello WRF di specifico interesse per la ricostruzione sul dominio CALMET)

Nei paragrafi che seguono vengono riportate delle elaborazioni statistiche dei principali parametri meteo climatici estratti in corrispondenza della cella della griglia meteo interessata dall'intervallo, ovvero quella con baricentro di coordinate 44.405353°N, 8.890174° E.

D.1 ANALISI DATI METEO

D.1.1 PREMESSA

Di seguito vengono riportate le elaborazioni dei dati meteo della “prima fornitura”, ovvero quelli consegnati nello studio atmosferico datato dicembre 2023, e quelli relativi alla “seconda fornitura” di cui alla presente documentazione integrativa e rappresentativi di una ricostruzione attraverso il modello WRF.

D.1.2 DATI METEO PRIMA FORNITURA

D.1.2.1 TEMPERATURE

Di seguito viene riportato l'istogramma dell'andamento delle temperature medie, minime e massime mensili, che mostra il tipico andamento a campana di tale parametro meteo climatico, con picchi nella stagione estiva e minimi in quella invernale. La temperatura media è di ca. 15,8 °C e non si registrano periodi di gelo.

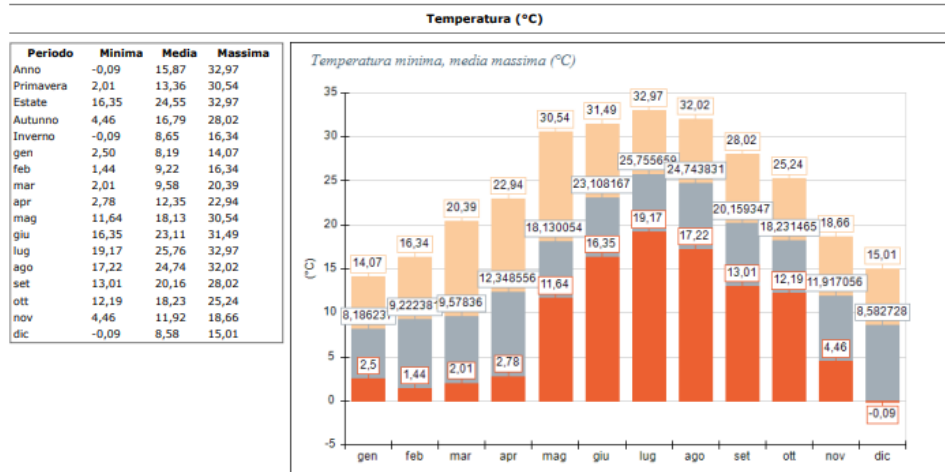


Figura 5. Andamento temperature minime, medie e massime mensili

D.1.2.2 ALTEZZA DI RIMESCOLAMENTO

Tale parametro influisce direttamente sulla diffusione dei gas inquinanti in atmosfera, in particolare in situazioni che presentano altezze basse, dell'ordine dei 100 m, che rappresenta una condizione tipicamente invernale, in corrispondenza della quale si crea un effetto di cappa che impedisce il rimescolamento e la diluizione degli inquinanti in atmosfera. A tali situazioni si associa spesso l'instaurarsi di fenomeni di inquinamento acuto, anche in concomitanza con condizioni di stabilità atmosferica.

Le altezze di rimescolamento raggiungono i valori massimi nelle ore centrali della giornata, con valori massimi modesti di poco superiori ai 300 metri e valori minimi nella stagione estiva intorno ai 150 m.

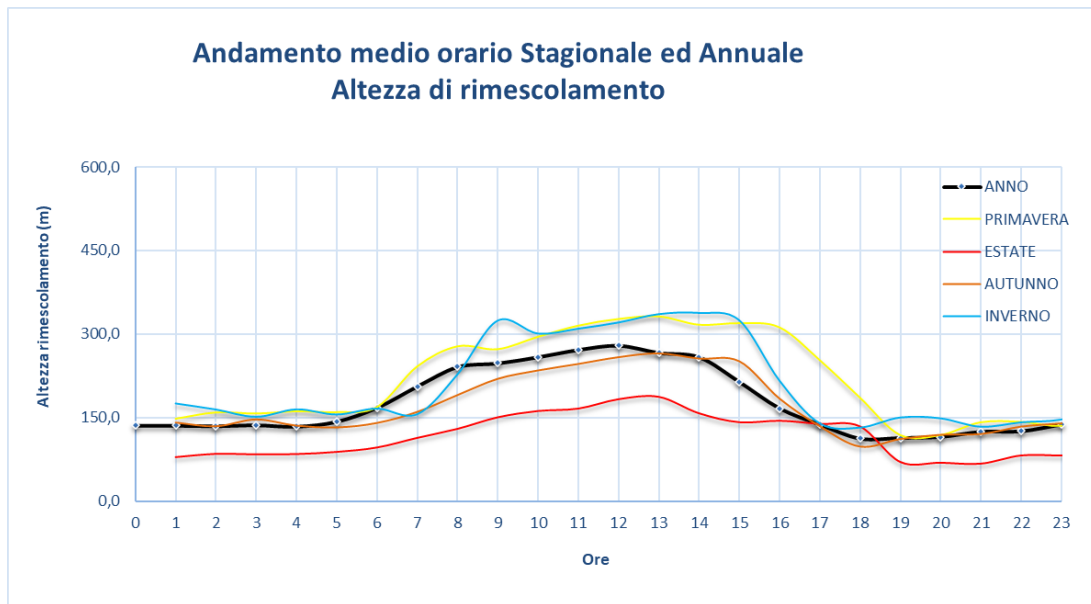


Figura 6. Andamento medio orario annuale e stagionale dell'altezza di rimescolamento

D.1.2.3 CLASSI DI STABILITÀ ATMOSFERICA

La quantità di turbolenza nell'ambiente aria ha effetti significativi sulla risalita e dispersione degli inquinanti atmosferici. Detta quantità può essere classificata in incrementi definiti noti come "classi di stabilità". Le categorie più comunemente utilizzate sono le classi di stabilità di Pasquill, suddivise in A, B, C, D, e F+G.

La classe A denota le condizioni di maggior turbolenza o maggiore instabilità mentre la classe F definisce le condizioni di maggior stabilità o minore turbolenza.

Dall'istogramma di seguito riportato si evidenzia quanto segue:

- le classi con frequenza di accadimento maggiore a livello annuale sono quella neutra, ovvero la "D" con frequenza media annuale del 28,2% che risulta pressochè analoga a quella più stabile "F+G" con il 28,0%; a livello stagionale permane all'incirca la medesima situazione, fatta eccezione per l'estate che mostra un'inversione con una predominanza della classe "F+G" con il 31,3% seguita dalla classe "B" con il 28,6%

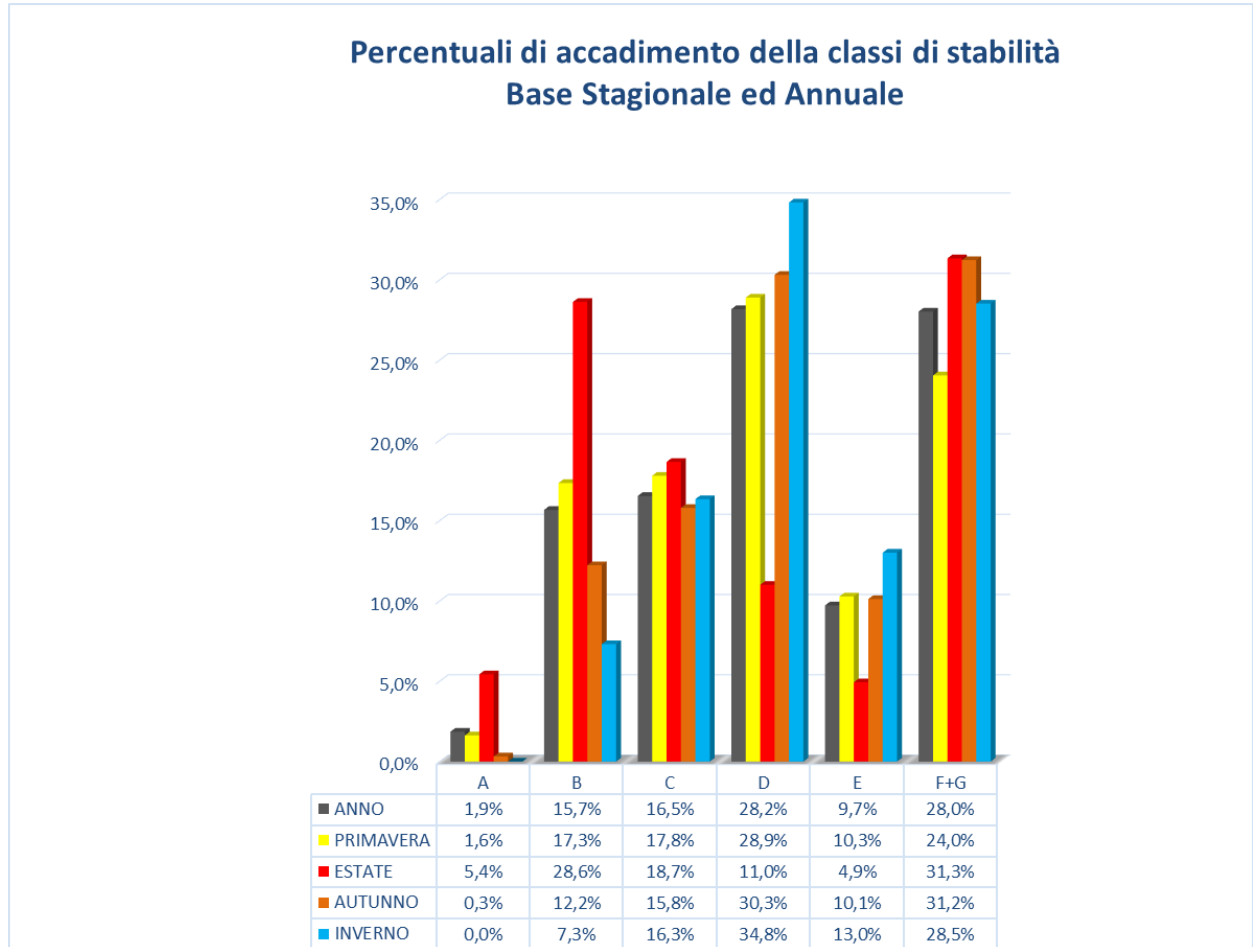


Figura 7. Percentuali di accadimento delle classi di stabilità su base annuale e stagionale

D.1.2.4 REGIME ANEMOLOGICO: VELOCITÀ E DIREZIONE DEL VENTO

Per quanto concerne le velocità medie del vento e le percentuali di calma (< 0.5 m/s):

Anno	Vel_media (m/s)	% calme vento
2022	2,4	2,9%

La suddivisione dei dati di velocità del vento secondo la scala Beaufort, come di seguito riportato, evidenzia come valori compresi tra 1,6 e 3,3 m/s rimangano i più frequenti; i valori compresi tra 0,3 e 5,4 m/s rappresentano a livello annuale il 95,1% del campione.

Termini descrittivi Grado Beaufort m/s	Calma 0 0,0 - 0,2	Bava di vento 1 0,3 - 1,5	Brezza leggera 2 1,6 - 3,3	Brezza tesa 3 3,4 - 5,4	Vento moderato 4 5,5 - 7,9	Vento teso 5 8,0 - 10,7	Vento fresco 6 10,8 - 13,8	Vento forte 7 13,9 - 17,1
GENNAIO	0,1%	29,4%	35,8%	26,8%	7,2%	0,7%	0,0%	0,0%
FEBBRAIO	0,1%	24,4%	49,3%	21,6%	4,6%	0,0%	0,0%	0,0%
MARZO	0,3%	21,1%	38,6%	32,5%	7,5%	0,0%	0,0%	0,0%
APRILE	0,7%	30,4%	46,8%	16,0%	6,1%	0,0%	0,0%	0,0%
MAGGIO	0,8%	30,6%	46,5%	19,6%	2,4%	0,0%	0,0%	0,0%
GIUGNO	1,7%	36,0%	49,9%	11,3%	1,3%	0,0%	0,0%	0,0%
LUGLIO	2,3%	39,8%	51,2%	6,7%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
AGOSTO	1,1%	34,8%	54,3%	7,4%	2,2%	0,3%	0,0%	0,0%
SETTEMBRE	0,3%	21,5%	62,9%	14,3%	0,7%	0,3%	0,0%	0,0%
OTTOBRE	0,9%	39,2%	45,0%	14,5%	0,3%	0,0%	0,0%	0,0%
NOVEMBRE	0,3%	15,4%	43,9%	28,8%	10,6%	1,0%	0,1%	0,0%
DICEMBRE	0,4%	27,1%	42,5%	15,8%	14,0%	0,3%	0,0%	0,0%
ANNO	0,8%	29,2%	47,2%	17,9%	4,7%	0,2%	0,0%	0,0%
Frequenza percentuale				0-5%		5-45%		>45%

In merito alla direzione di provenienza del vento, la rosa dei venti annuale evidenzia come la direzione nettamente predominante di provenienza del vento sia quella da NNE, che si ripresenta simile in tutte le stagioni.

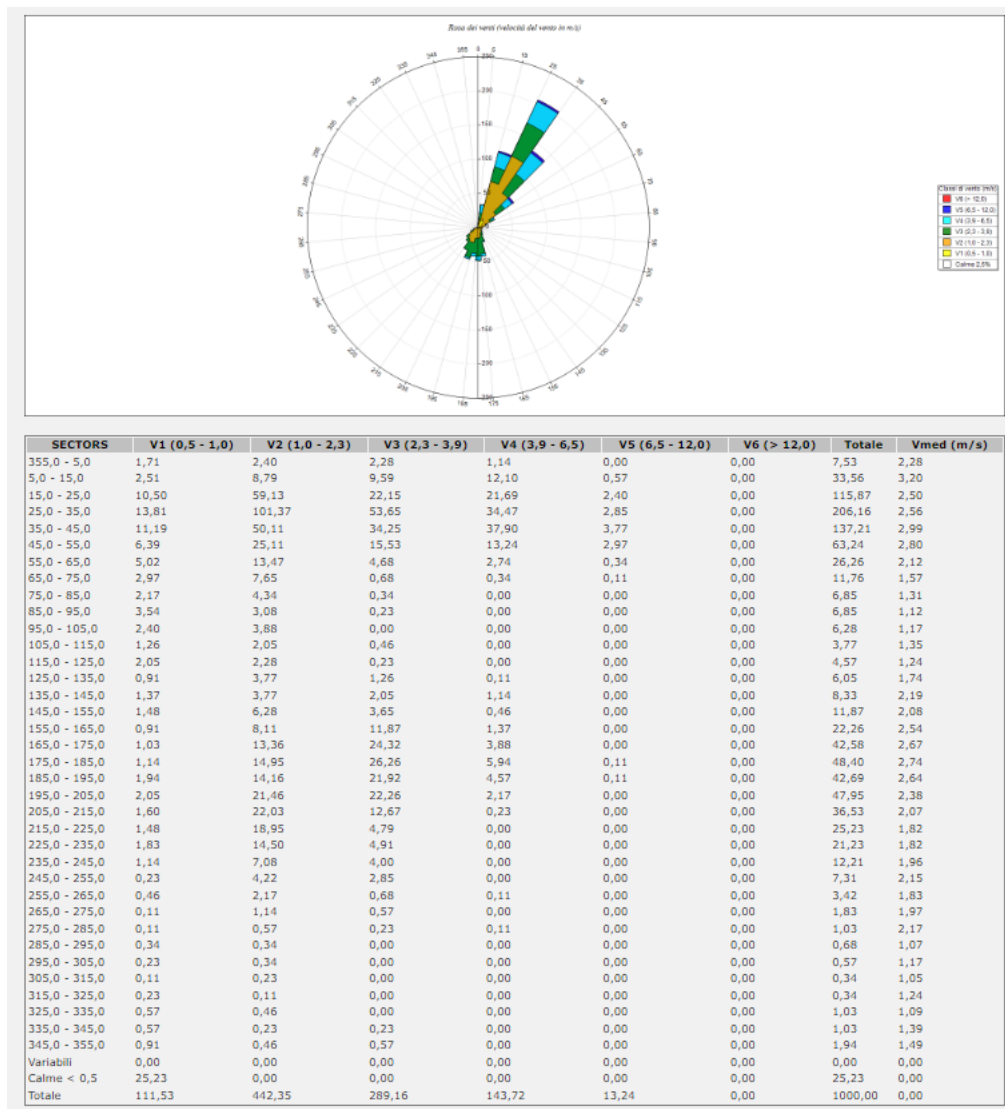


Figura 8. Rosa dei venti su base annuale e percentuale di accadimento delle classi di velocità

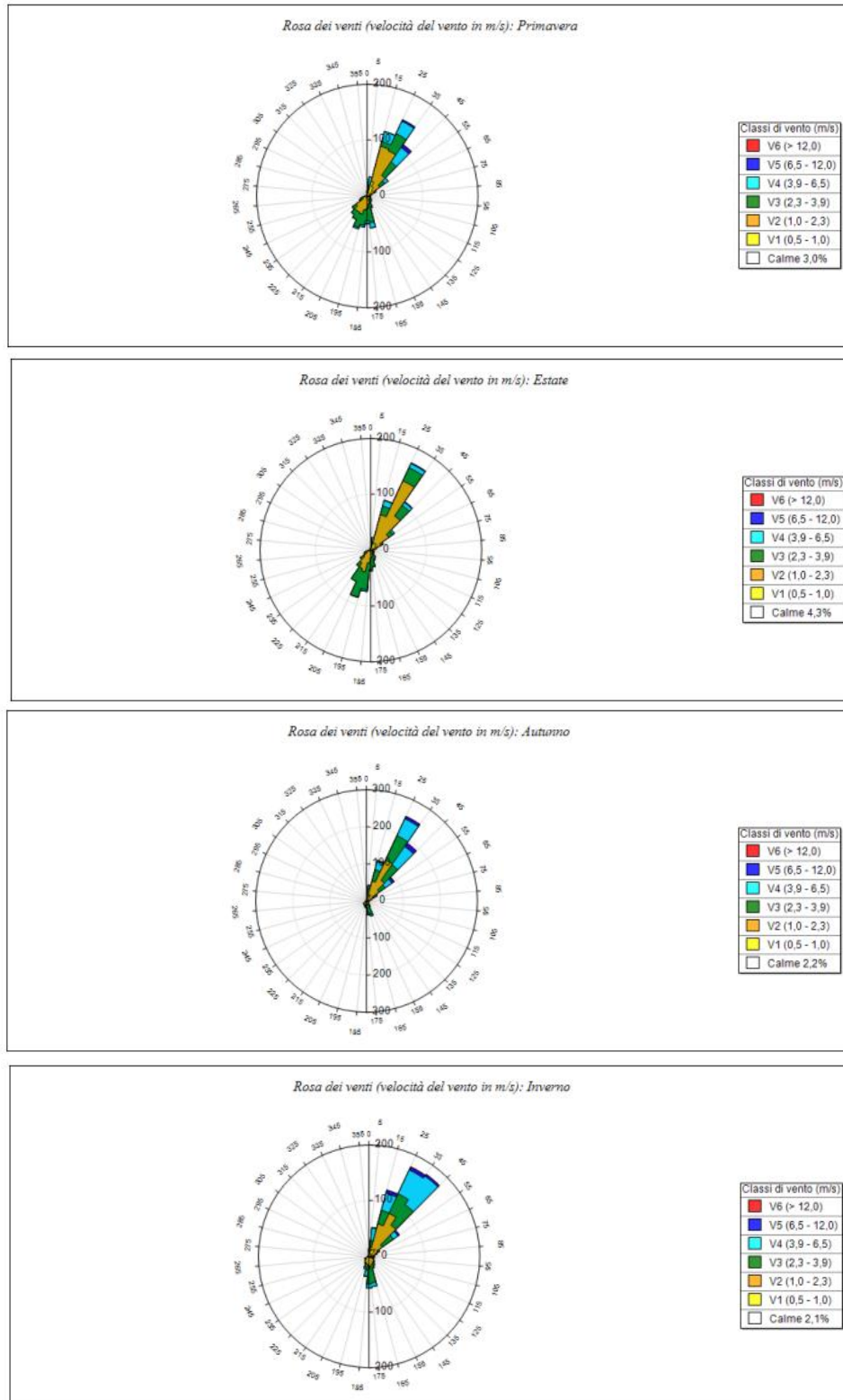


Figura 9. Rose dei venti su base stagionale

D.1.3 DATI METEO SECONDA FORNITURA

D.1.3.1 TEMPERATURE

Di seguito viene riportato l'istogramma dell'andamento delle temperature medie, minime e massime mensili, che mostra il tipico andamento a campana di tale parametro meteo climatico, con picchi nella stagione estiva e minimi in quella invernale. La temperatura media è di ca. 17,22 °C e non si registrano periodi di gelo.

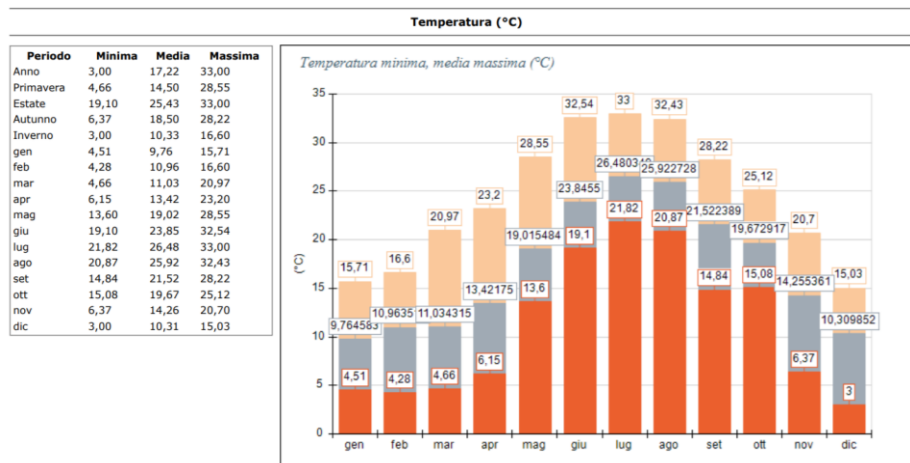


Figura 10. Andamento temperature minime, medie e massime mensili

D.1.3.2 ALTEZZA DI RIMESCOLAMENTO

Tale parametro influisce direttamente sulla diffusione dei gas inquinanti in atmosfera, in particolare in situazioni che presentano altezze basse, dell'ordine dei 100 m, che rappresenta una condizione tipicamente invernale, in corrispondenza della quale si crea un effetto di cappa che impedisce il rimescolamento e la diluizione degli inquinanti in atmosfera. A tali situazioni si associa spesso l'instaurarsi di fenomeni di inquinamento acuto, anche in concomitanza con condizioni di stabilità atmosferica.

Le altezze di rimescolamento raggiungono i valori massimi nelle ore centrali della giornata, con altezze dell'ordine di ca. 600 metri in inverno e di ca. 750 metri in primavera ed estate, mentre i valori minimi si registrano in estate con altezze di ca. 130 metri e massime in inverno con ca. 250 metri.

Nella stagione invernale il valore massimo si raggiunge circa a metà del pomeriggio, intorno alle ore 16:00, così come in autunno.

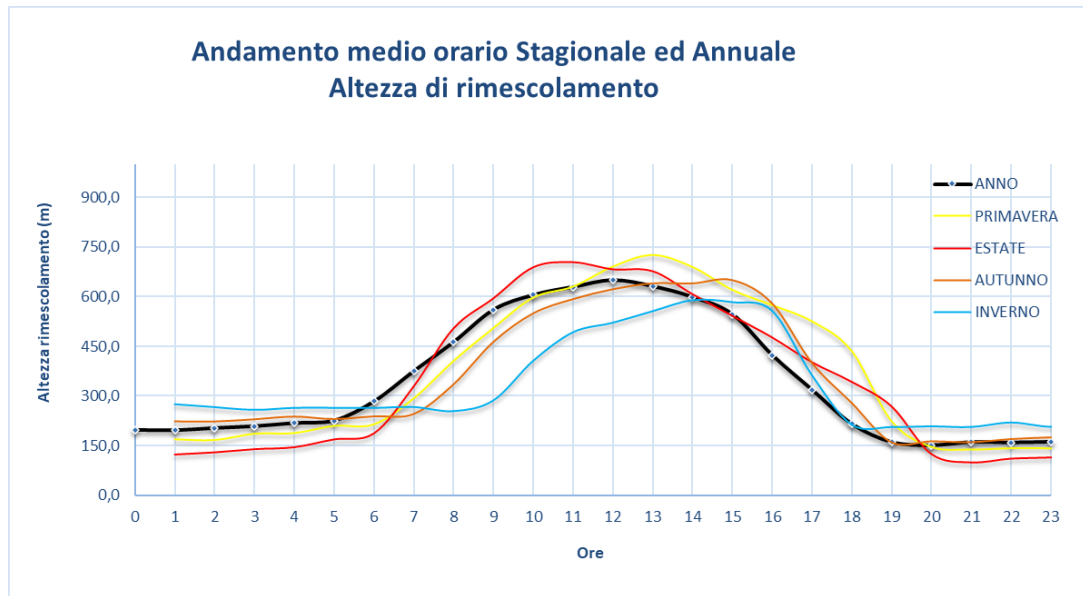


Figura 11. Andamento medio orario annuale e stagionale dell'altezza di rimescolamento

D.1.3.3 CLASSI DI STABILITÀ ATMOSFERICA

La quantità di turbolenza nell'ambiente aria ha effetti significativi sulla risalita e dispersione degli inquinanti atmosferici. Detta quantità può essere classificata in incrementi definiti noti come "classi di stabilità". Le categorie più comunemente utilizzate sono le classi di stabilità di Pasquill, suddivise in A, B, C, D, e F+G.

La classe A denota le condizioni di maggior turbolenza o maggiore instabilità mentre la classe F definisce le condizioni di maggior stabilità o minore turbolenza.

Dall'istogramma di seguito riportato si evidenzia quanto segue:

- la classe con frequenza di accadimento maggiore a livello annuale è quella neutra, ovvero la "D" con frequenza media annuale del 45,1%, seguita in modo pressochè uniforme su base annuale dalle restanti classi;
- nella stagione estiva si notano alcune inversioni di tendenza rispetto alle altre stagioni, ovvero una forte riduzione della classe D che arriva ad una percentuale di accadimento del 21,2%, ed un altrettanto importante incremento della classe B che arriva al 26.2%, diventando di fatto la predominante.

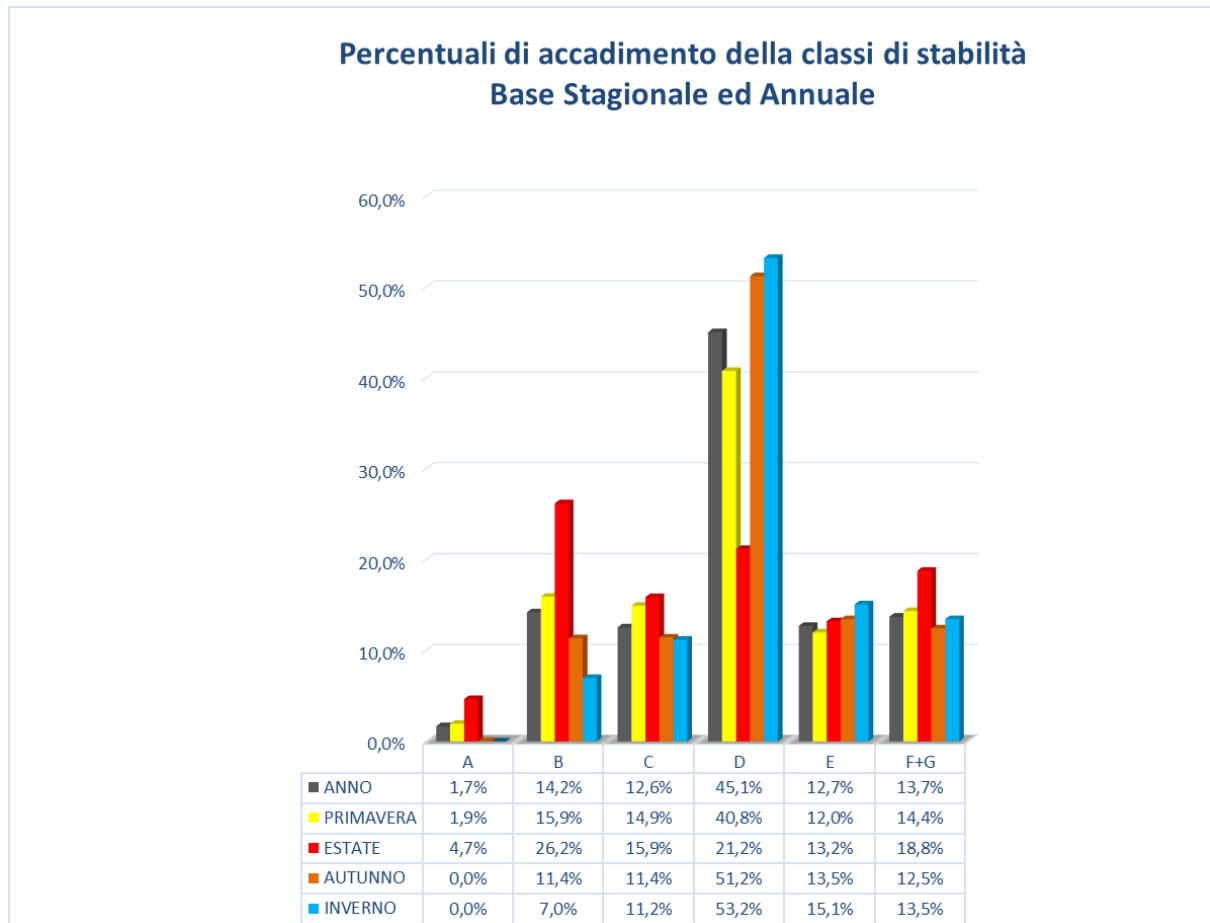


Figura 12. Percentuali di accadimento delle classi di stabilità su base annuale e stagionale

D.1.3.4 REGIME ANEMOLOGICO: VELOCITÀ E DIREZIONE DEL VENTO

Per quanto concerne le velocità medie del vento e le percentuali di calma (< 0.5 m/s):

Anno	Vel_media (m/s)	% calme vento
2022	3,95	1,0%

La suddivisione dei dati di velocità del vento secondo la scala Beaufort, come di seguito riportato, evidenzia come valori compresi tra 1,6 e 3,3 m/s rimangano i più frequenti; i valori compresi tra 0,3 e 5,4 m/s rappresentano a livello annuale il 75,5% del campione.

Termini descrittivi	Calma	Bava di vento	Brezza leggera	Brezza tesa	Vento moderato	Vento teso	Vento fresco	Vento forte
Grado Beaufort	0	1	2	3	4	5	6	7
m/s	0,0 - 0,2	0,3 - 1,5	1,6 - 3,3	3,4 - 5,4	5,5 - 7,9	8,0 - 10,7	10,8 - 13,8	13,9 - 17,1
GENNAIO	0,0%	10,7%	29,1%	28,6%	21,2%	9,0%	1,1%	0,3%
FEBBRAIO	0,1%	6,0%	32,0%	40,2%	16,8%	4,2%	0,7%	0,0%
MARZO	0,3%	10,8%	32,7%	32,8%	20,8%	2,7%	0,0%	0,0%
APRILE	0,1%	9,7%	38,8%	26,7%	16,9%	6,5%	1,3%	0,0%
MAGGIO	0,4%	18,0%	40,7%	27,7%	12,4%	0,8%	0,0%	0,0%
GIUGNO	0,1%	17,2%	44,6%	25,6%	10,3%	1,9%	0,3%	0,0%
LUGLIO	0,1%	16,5%	46,5%	32,3%	4,3%	0,3%	0,0%	0,0%
AGOSTO	0,3%	13,4%	43,0%	31,9%	8,2%	2,7%	0,5%	0,0%
SETTEMBRE	0,0%	6,7%	37,4%	35,1%	16,9%	3,8%	0,1%	0,0%
OTTOBRE	0,0%	19,0%	38,7%	22,3%	16,9%	3,1%	0,0%	0,0%
NOVEMBRE	0,0%	4,2%	14,0%	30,0%	38,3%	12,5%	1,0%	0,0%
DICEMBRE	0,0%	4,9%	16,4%	22,2%	33,6%	21,2%	1,8%	0,0%
ANNO	0,1%	11,5%	34,5%	29,5%	18,0%	5,7%	0,6%	0,0%
Frequenza percentuale			0-5%		5-45%		>45%	

In merito alla direzione di provenienza del vento, la rosa dei venti annuale evidenzia come la direzione nettamente predominante di provenienza del vento sia quella da NNE, che si ripresenta similare in tutte le stagioni.

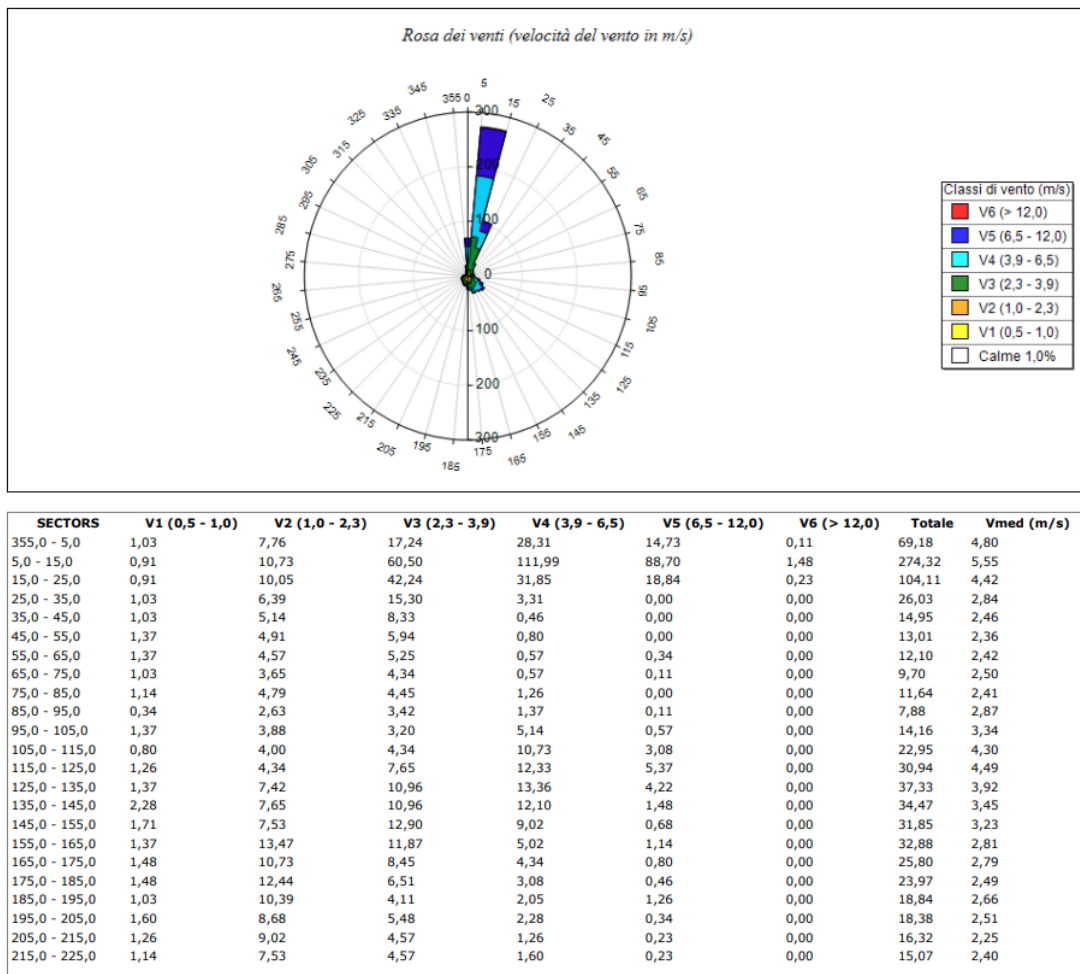


Figura 13. Rosa dei venti su base annuale e percentuale di accadimento delle classi di velocità

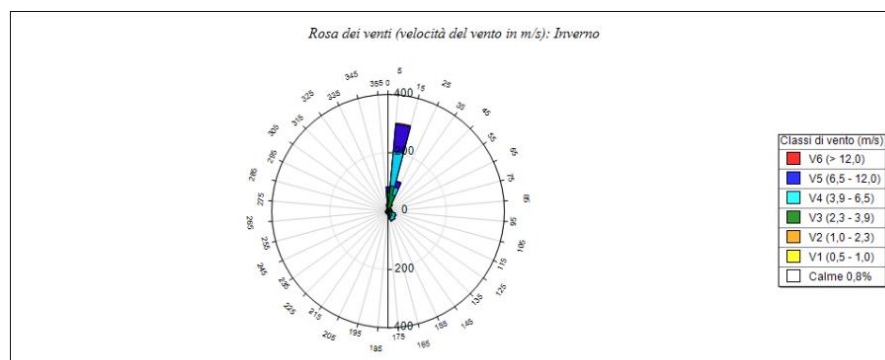
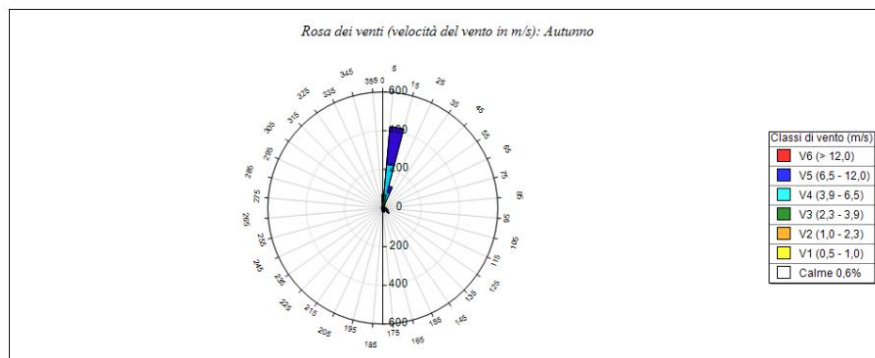
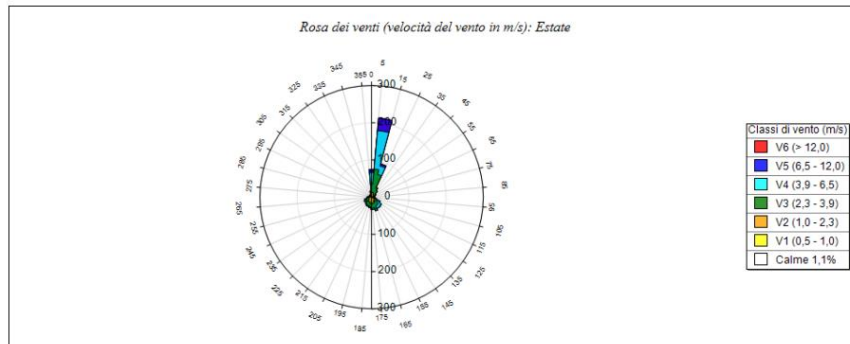
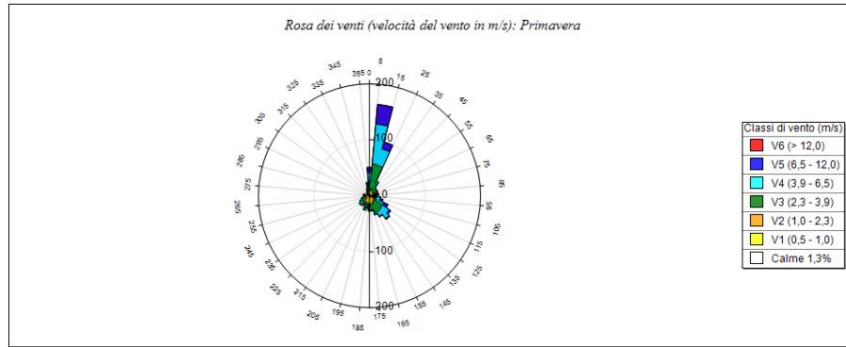


Figura 14. Rose dei venti su base stagionale

D.1.4 ANALISI DI CONFRONTO

In merito all'andamento delle **temperature** si registrano valori leggermente più alti nella seconda fornitura (dati WRF), con una media annuale che passa da ca. 15,8 °C a ca. 17,22 °C.

In merito all'andamento dell'**altezza dello strato di mescolamento** si riscontrano le seguenti variazioni principali:

- nella prima fornitura le altezze massime sono dell'ordine di ca. 300 metri e si verificano in primavera ed inverno, mentre in estate si raggiungono valori dell'ordine di ca. 150 metri, che risultano piuttosto stazionari nell'intera giornata;
- nella seconda fornitura (dati WRF) le altezze massime aumentano in modo apprezzabile fino a ca. 600 metri nella stagione invernale e primaverile e fino a ca. 750 metri nelle restanti giorni;
- i valori minimi sono risultati invece abbastanza simili;

In merito all'andamento delle **classi di stabilità atmosferica** si riscontrano le seguenti variazioni principali:

- nella prima fornitura le classi con frequenza di accadimento maggiore a livello annuale sono quella neutra, ovvero la "D" con frequenza media annuale del 28,2% che risulta pressochè analoga a quella più stabile "F+G" con il 28,0%; a livello stagionale permane all'incirca la medesima situazione, fatta eccezione per l'estate che mostra un'inversione con una predominanza della classe "F+G" con il 31,3% seguita dalla classe "B" con il 28,6%;
- nella seconda fornitura (dati WRF) la classe con frequenza nettamente predominante di accadimento maggiore a livello annuale è quella neutra, ovvero la "D" con frequenza media del 45,1%, seguita in modo pressochè uniforme su base annuale dalle restanti classi; nella stagione estiva si notano alcune inversioni di tendenza rispetto alle altre stagioni, ovvero una forte riduzione della classe D che arriva ad una percentuale di accadimento del 21,2%, ed un altrettanto importante incremento della classe B che arriva al 26,2%, diventando di fatto la predominante.

In merito alla **velocità del vento** si riscontrano le seguenti variazioni principali:

- nella prima fornitura si ha una velocità media annuale del vento pari a 2,4 m/s ed una percentuale di calme di vento pari al 2,9 % (velocità inferiore a 0,5 m/s), mentre nella seconda fornitura (dati WRF) la velocità è significativamente superiore, pari a 3,95 m/s e la percentuale di calme di vento si riduce al 1%;
- nella distribuzione in classi di velocità del vento si nota come nella seconda fornitura (dati WRF) prevalgono come percentuali di accadimento le classi a maggiore ventosità.

In merito alla **direzione di provenienza del vento** non si riscontrano particolari variazioni tra le due forniture, in quanto entrambe mantengono una netta predominanza in termini di direzione di provenienza del vento, sia a base annuale che stagionale, indicativamente da NNE; in particolare nella prima fornitura si ha una percentuale di accadimento nel settore 25-35° pari al 20,6% su base annuale, mentre nella seconda fornitura (dati WRF) la predominanza è nel settore 5-15° con un accadimento del 27,4%

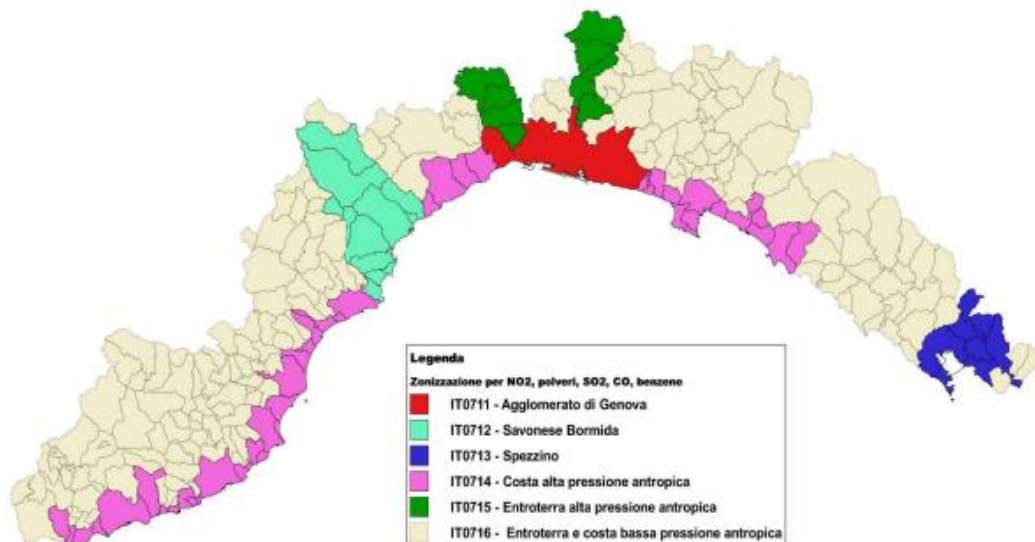
E CARATTERIZZAZIONE DELLO STATO DI QUALITA' DELL'ARIA

Pur non essendo monitorati dalla rete di rilevamento i parametri inquinanti oggetto della presente valutazione, si riporta di seguito una descrizione dello stato della qualità dell'aria nel territorio interessato.

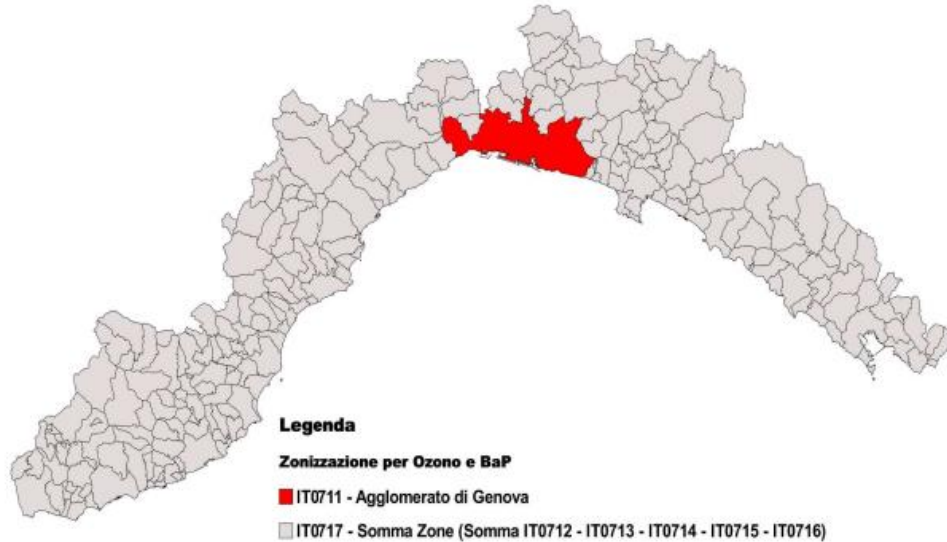
La Regione Liguria con D.G.R. n. 44 del 24 gennaio 2014, al fine di organizzare l'attività di monitoraggio, ha adottato, secondo quanto disposto dal D.Lgs. 155/2010, la zonizzazione del territorio regionale e ha classificato le zone facendo riferimento a ciascun inquinante in base alle soglie di valutazione previste all'Allegato 2 del citato decreto. Il territorio della Liguria è stato suddiviso secondo tre differenti zonizzazioni:

- Zonizzazione per biossido di zolfo (SO₂), monossido di carbonio (CO), biossido di azoto (NO₂), benzene C₆H₆ e particolato solido fine (PM₁₀ e PM_{2,5}), che suddivide il territorio regionale in 6 zone;
- Zonizzazione per Ozono O₃ e B(a)P, che suddivide il territorio regionale in 2 zone;
- Zonizzazione per i metalli (Pb, As, Cd, Ni), che suddivide il territorio regionale in 3 zone. La presente valutazione fa riferimento alle zone delimitate ai sensi della suddetta deliberazione di Giunta regionale di seguito illustrate.

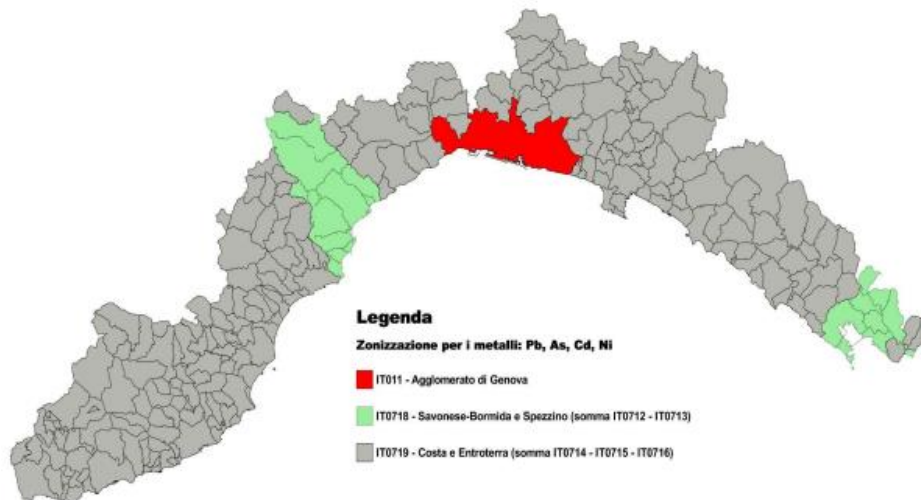
Zonizzazione per la valutazione della Qualità dell'Aria NO₂ - PM₁₀ - PM_{2,5} - SO₂ - CO - Benzene (C₆H₆)



Zonizzazione per la valutazione della Qualità dell'Aria
Ozono - O₃ e Benzo_(a)Pirene - B_(a)P



Zonizzazione per la valutazione della Qualità dell'Aria
Piombo Pb - Arsenico As - Cadmio Cd - Nichel Ni



La Regione Liguria, con la D.G.R. n. 190 del 12 marzo 2021, ha provveduto a riesaminare la classificazione di ciascuna zona del territorio regionale sulla base dei dati misurati e delle stime obiettive riferiti al quinquennio 2015 ÷ 2019, ai sensi dell'art. 4 del D. Lgs.155/2010.

Il processo di classificazione delle zone prevede che, per ciascun inquinante in ogni zona del territorio regionale, venga valutato, tramite i valori misurati (o stimati) negli anni in esame, il livello di qualità dell'aria da confrontare con le soglie di valutazione superiore o inferiore fissate dalle norme (nel caso dell'ozono, dei valori obiettivo a lungo termine).

Le soglie di valutazione per i vari inquinanti sono riportate, insieme ai valori limite/obiettivo, nel paragrafo successivo. Una soglia si considera superata se i livelli sono maggiori della stessa per almeno 3 anni su 5. Nelle tabelle che seguono è indicata la vigente classificazione delle zone.

Zona	Nome Zona	NO ₂ media oraria	NO ₂ media annuale	SO ₂ media giornaliera	PM ₁₀ media annuale	PM ₁₀ media giornaliera	PM _{2.5} media annuale	CO media mobile su 8 ore	C ₆ H ₆ media annuale
IT0711	Agglomerato di Genova	Sup. SVS	Sup. SVS	Inf. SVI	Sup. SVS	Sup. SVS	Sup. SVS	tra SVI e SVS	tra SVI e SVS
IT0712	Savonese- Bormida	tra SVI e SVS	Sup. SVS	Inf. SVI	tra SVI e SVS	Sup. SVS	tra SVI e SVS	Inf. SVI	tra SVI e SVS
IT0713	Spezzino	tra SVI e SVS	Sup. SVS	Inf. SVI	tra SVI e SVS	tra SVI e SVS	tra SVI e SVS	Inf. SVI	Inf. SVI
IT0714	Costa con Alta pressione antropica	tra SVI e SVS	Sup. SVS	Inf. SVI	tra SVI e SVS	tra SVI e SVS	tra SVI e SVS	Inf. SVI	tra SVI e SVS
IT0715	Entroterra genovese con alta pressione antropica	tra SVI e SVS	Sup. SVS	Inf. SVI	tra SVI e SVS	Sup. SVS	Sup. SVS	Inf. SVI	Inf. SVI
IT0716	Entroterra e Costa con bassa pressione antropica	Inf. SVI	Inf. SVI	Inf. SVI	Inf. SVI	Inf. SVI	Inf. SVI	Inf. SVI	Inf. SVI

Tabella I: Classificazione zone per NO₂, SO₂, PM₁₀, PM_{2.5}, CO, C₆H₆.

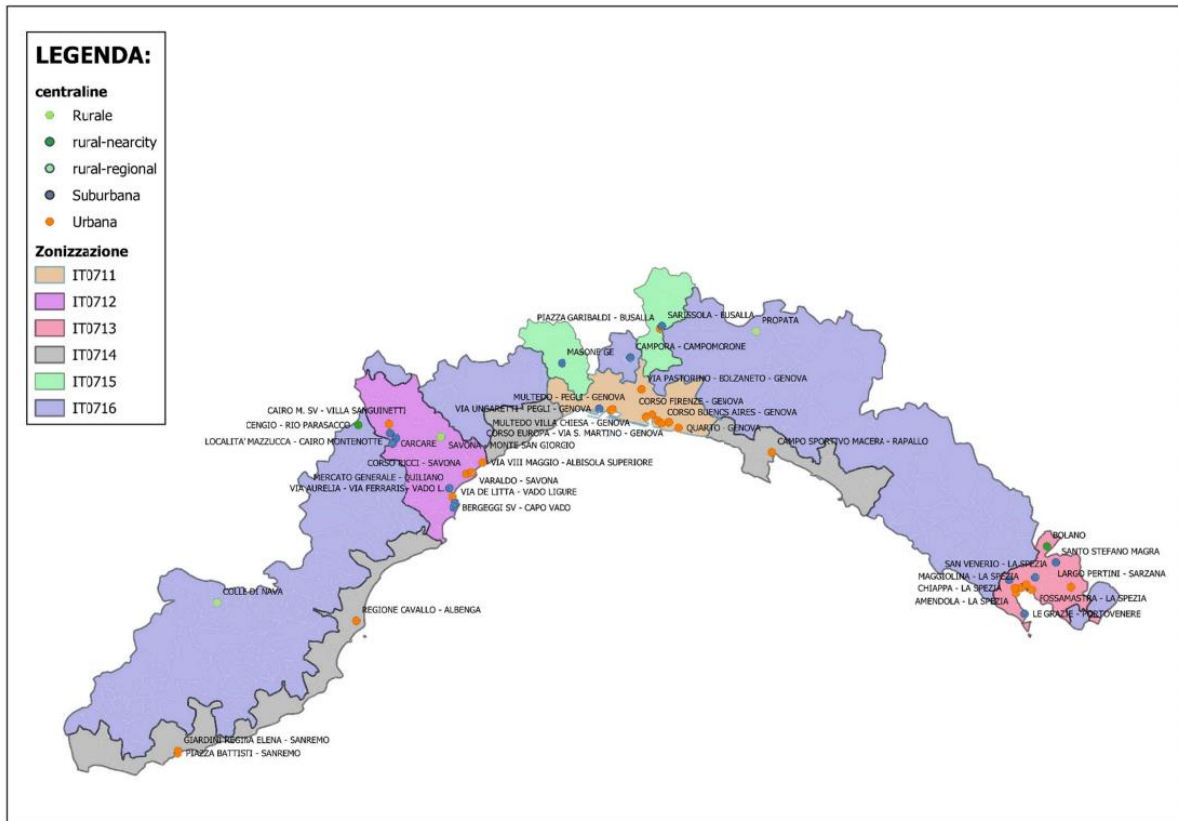
Zona	Nome Zona	Ozono Obiettivo a lungo termine per la protezione della salute	B(a)P
IT0711	Agglomerato di Genova	Superiore all'Obiettivo a lungo termine	Inferiore alla soglia di valutazione inferiore
IT0717	Restante territorio regionale	Superiore all'Obiettivo a lungo termine	Superiore alla soglia di valutazione superiore

Tabella II: Classificazione delle zone per Ozono e B(a)P.

Zona	Nome Zona	Arsenico	Cadmio	Nichel	Piombo
IT0711	Agglomerato di Genova	Inf. SVI	Inf. SVI	Inf. SVI	Inf. SVI
IT0718	Savonese - Bormida - Spezzino	Inf. SVI	Inf. SVI	Inf. SVI	Inf. SVI
IT0719	Restante territorio regionale	Inf. SVI	Inf. SVI	Inf. SVI	Inf. SVI

Tabella III: Classificazione delle zone per i metalli.

Di seguito è raffigurata la rete di rilevamento regionale della qualità dell'aria per i parametri normati dal D.Lgs 155/10, ed in particolare: SO₂, NO₂, PM₁₀, PM_{2.5}, C₆H₆ e CO.



In merito ai dati desunti dal rapporto ultimo disponibile relativo all'anno 2021 emergono le seguenti considerazioni di massima:

- **Biossido di Zolfo:** ampio rispetto del valore limite sulla media oraria e del valore limite sulla media giornaliera;
- **Biossido di Azoto:** rispetto del valore limite sulla media oraria, mentre si sono registrati alcuni superamenti della media annuale presso stazioni di traffico dell'agglomerato di Genova
- **Polveri PM10:** rispetto del valore limite su base annuale e su base giornaliera
- **Polveri PM2.5:** ampio rispetto del valore limite su base annuale
- **Monossido di carbonio:** ampio rispetto del valore limite su base 8 ore
- **Benzene:** ampio rispetto del valore limite su base annuale

F METODOLOGIA DI CALCOLO

F.1 SISTEMA MODELLISTICO

Il modello meteorologico CALMET

CALMET è un modello meteorologico diagnostico che, a partire da una serie di osservazioni meteorologiche e di informazioni sull'orografia e sulle caratteristiche del territorio, produce campi tridimensionali orari di vento e temperatura e campi bidimensionali orari di diverse variabili micro-meteorologiche necessarie per caratterizzare la capacità dispersiva dell'atmosfera (es. altezza dello strato rimescolato, classe di stabilità atmosferica, flusso di calore sensibile, ecc.).

Il modello diagnostico per la ricostruzione del campo di vento utilizza un approccio a due fasi: (i) il campo di vento iniziale (initial guess field) viene aggiustato per tenere conto dell'effetto cinematico del terreno, dei venti di pendio e dell'effetto di bloccaggio esercitato dagli elementi del terreno, generando un campo di vento intermedio (step 1 wind field); (ii) il campo di vento intermedio viene poi adattato ai dati meteorologici osservati per produrre il campo di vento finale (final wind field).

Il modello meteorologico CALMET può funzionare in diverse modalità:

- a) utilizzando solo dati osservazionali (obs): in questo caso CALMET richiede almeno una stazione meteorologica al suolo ed una stazione meteorologica con profili verticali in quota;
- b) utilizzando solo dati da modello prognostico (no-obs): in questo caso CALMET riceve in input i dati di un modello previsionale della circolazione atmosferica (es. MM5, RAMS, COSMO-LAMII). Tali dati possono essere usati come initial guess field, come campo di vento step1 o come pseudo-osservazioni al suolo ed in quota;
- c) utilizzando sia dati misurati che da modello prognostico (approccio ibrido).

La scelta della modalità di utilizzo del modello CALMET è legata alla disponibilità di postazioni meteorologiche nell'area di interesse in grado di misurare le variabili minime richieste dal modello e/o alla disponibilità di modelli prognostici di buona qualità. Qualsiasi sia la modalità scelta, è necessario valutare la rappresentatività temporale e spaziale dei dati disponibili e la loro qualità.

L'output del modello CALMET è direttamente interfacciabile con il modello di dispersione atmosferica CALPUFF.

Il modello diffusivo CALPUFF

Per la valutazione dell'impatto sulla qualità dell'aria è stato utilizzato un insieme di modelli matematici di dispersione atmosferica del tipo non stazionario, sviluppati dalla "Sigma Research Corporation" (Earth Tech, Inc.), nel 1990, e denominato "CALPUFF Model System".

CALPUFF appartiene alla tipologia di modelli descritti al paragrafo 3.1.2 della linea guida RTICTN_ ACE 4/2001 "Linee guida per la selezione e l'applicazione dei modelli di dispersione atmosferica per la valutazione della qualità dell'aria", Agenzia Nazionale per la Protezione dell'Ambiente, Centro Tematico Nazionale– Aria Clima Emissioni, 2001.

Il sistema CALPUFF è uno dei “preferred models” adottati ufficialmente da US EPA per la valutazione dell’aria come da “Appendix W part 51 – Guideline on Air Quality Models, Federal Register, Vol. 68, NO. 72, Tuesday, April 15, 2003/Rules and Regulation”.

Il modello CALPUFF è classificabile nella tipologia 2 della scheda 9 della norma UNI 10796:2000 “Valutazione della dispersione in atmosfera di effluenti aeriformi - Guida ai criteri di selezione dei modelli matematici”.

Inoltre, le Linee Guida in materia di odori della Regione Lombardia di cui alla D.G.R. n. 3018/2012 (espressamente citata per le valutazioni modellistiche dalla DET-2018-426 del 18/05/2018 della Regione Emilia-Romagna), fra i modelli raccomandati per le valutazioni di impatto olfattivo, indicano quelli di tipologia non stazionari a puff quale CALPUFF.

L’interfaccia grafica utilizzata è il software **MMS-CALPUFF** (ver. 1.15.0.0) della Maind s.r.l.

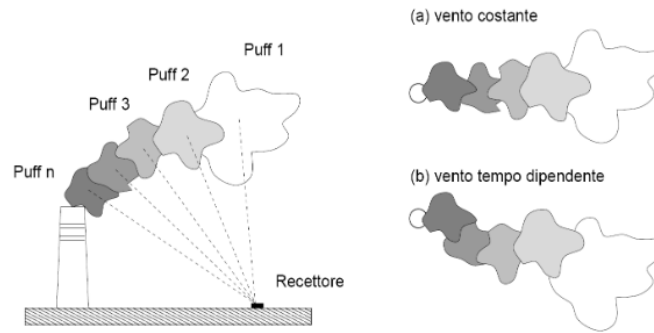
I dati meteorologici forniti dalla Maind s.r.l. (cfr. § D.1.3 **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**) sono stati elaborati con il pre-processore meteo CALMET e sono stati inseriti come input a CALPUFF.

CALPUFF è stato inserito, a seguito di fasi di validazione ed analisi di sensibilità, nella “Guideline on Air Quality Model” tra i modelli ufficiali di qualità dell’aria riconosciuti dall’U.S.EPA.

CALPUFF è un modello Lagrangiano Gaussiano a puff, non stazionario, multistrato e multispecie, le cui caratteristiche principali sono:

- capacità di trattare sorgenti puntuali, lineari, areali, di volume, con caratteristiche variabili nel tempo (flusso di massa dell’inquinante, velocità di uscita dei fumi, temperatura, ecc.);
- notevole flessibilità relativamente all’estensione del dominio di simulazione, da poche decine di metri (scala locale) a centinaia di chilometri dalla sorgente (mesoscala);
- capacità di trattare situazioni meteorologiche variabili e complesse, come calme di vento, parametri dispersivi non omogenei, effetti vicino alla sorgente, come transitional plume rise (innalzamento del plume dalla sorgente), building downwash (effetti locali di turbolenza dovuti alla presenza di ostacoli lungo la direzione del flusso), partial plume penetration (parziale penetrazione del plume nello strato d’inversione), fumigation;
- possibilità di trattare emissioni odorigene.

Per poter tener conto della non stazionarietà dei fenomeni, l’emissione di inquinante (plume) viene suddivisa in “pacchetti” discreti di materiale (puff) la cui forma e dinamica dipendono dalle condizioni di rilascio e dalle condizioni meteorologiche locali.



La ricaduta al suolo viene calcolata in CALPUFF sommando il contributo di ogni singolo “puff” su alcuni generici punti dello spazio denominati recettori. La concentrazione C della specie simulata in corrispondenza di un generico recettore a distanza d_c e d_a (rispettivamente (distanza trasversale e longitudinale rispetto alla direzione del vento) dal “puff” è descritta dalla seguente equazione:

$$C = \frac{Q_k}{2\pi\sigma_x\sigma_y} g \exp\left[-\frac{d_a^2}{2\sigma_x^2}\right] \exp\left[-\frac{d_c^2}{2\sigma_y^2}\right]$$

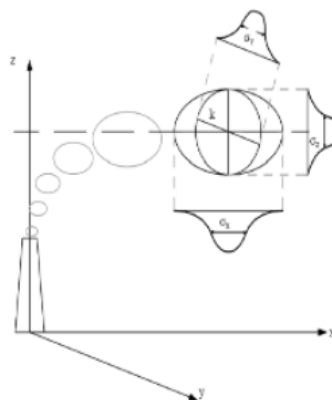
dove il termine g è definito dalla:

$$g = \frac{2}{\sqrt{2\pi}\sigma_z} \sum_{n=-\infty}^{\infty} \exp\left[-\frac{(H_e + 2nh)^2}{2\sigma_z^2}\right]$$

con:

- C è la concentrazione di odore al suolo;
- Q_k è la massa della sostanza simulata del generico puff k ;
- σ_x , σ_y e σ_z sono i coefficienti di dispersione rispettivamente lungo la direzione del vento, la sua perpendicolare orizzontale e la sua perpendicolare verticale;
- g è il contributo verticale della dispersione;
- H_e è la quota del baricentro del puff;
- h è l'altezza di rimescolamento.

Il centro del singolo “puff” è sottoposto al trasporto del campo di vento 3D mentre la diffusione causata dalla turbolenza atmosferica determina il suo allargamento e viene descritta dai coefficienti di dispersione istantanei; questi sono funzione della distanza (o tempo di percorrenza) e delle caratteristiche dispersive dell’atmosfera.



CALPUFF utilizza diverse possibili formulazioni per il calcolo dei coefficienti di dispersione; in particolare, nel caso in esame è stata utilizzata l’opzione “Calcolo dei coefficienti di dispersione calcolati utilizzando le

variabili micrometeorologiche” che permette il calcolo dei coefficienti di dispersione a partire dai meteorologici disponibili (Lunghezza di Monin-Ubukhov, velocità d’attrito, ecc.)

Il contributo di ogni puff in un recettore viene valutato mediante un metodo “a foto”: ad intervalli di tempo regolari (sampling step), ogni puff viene “congelato” e viene calcolato il suo contributo alla concentrazione. Il puff può quindi muoversi, evolversi in forma e dimensioni fino all’intervallo successivo.

La concentrazione complessiva in un recettore è quindi calcolata come sommatoria del contributo di tutti gli elementi vicini, considerando la media di tutti gli intervalli temporali (sampling step) contenuti nel periodo di base (basic time step), in genere equivalente ad un’ora.

Data la complessità della trattazione matematica del modello, per maggiori approfondimenti si rinvia al manuale tecnico di CALPUFF (Scire et al., 2011).

Analisi di sensitività

Di seguito si riportano alcune referenze di letteratura specialistica per l’analisi di sensitività di CALPUFF:

Berman, S., J.Y. Ku, J. Zhang and S.T. Rao, 1977. Uncertainties in estimating the mixing depth—Comparing three mixing depth models with profiler measurements, *Atmospheric Environment*, 31: 3023–3039.

Chang, J.C., P. Franzese, K. Chayantrakom and S.R. Hanna, 2001. Evaluations of CALPUFF, HPAC and VLSTRACK with Two Mesoscale Field Datasets. *Journal of Applied Meteorology*, 42(4): 453–466.

Environmental Protection Agency, 1998. Interagency Workgroup on Air Quality Modeling (IWAQM) Phase 2 Summary Report and Recommendations for Modeling Long-Range Transport Impacts. EPA Publication No. EPA-454/R-98-019. Office of Air Quality Planning & Standards, Research Triangle Park, NC.

Irwin, J.S., 1997. A Comparison of CALPUFF Modeling Results with 1997 INEL Field Data Results. In *Air Pollution Modeling and its Application*, XII. Edited by S.E. Gyrning and N. Chaumerliac. Plenum Press, New York, NY.

Irwin, J.S., J.S. Scire and D.G. Strimaitis, 1996. A Comparison of CALPUFF Modeling Results with CAPTEX Field Data Results. In *Air Pollution Modeling and its Application*, XI. Edited by S.E. Gyrning and F.A. Schiermeier. Plenum Press, New York, NY.

Morrison, K, Z-X Wu, J.S. Scire, J. Chenier and T. Jeffs-Schonewille, 2003. CALPUFFBased Predictive and Reactive Emission Control System. 96th A&WMA Annual Conference & Exhibition, 22–26 June 2003; San Diego, CA.

Schulman, L.L., D.G. Strimaitis and J.S. Scire, 2000. Development and evaluation of the PRIME Plume Rise and Building Downwash Model. *JAWMA*, 50: 378–390.

Scire, J.S., Z-X Wu, D.G. Strimaitis and G.E. Moore, 2001. The Southwest Wyoming Regional CALPUFF Air Quality Modeling Study—Volume I. Prepared for the Wyoming Dept. of Environmental Quality. Available from Earth Tech at <http://www.src.com>.

Strimaitis, D.G., J.S. Scire and J.C. Chang, 1998. Evaluation of the CALPUFF Dispersion Model with Two Power Plant Data Sets. Tenth Joint Conference on the Application of Air Pag. 40 di 59 Pollution Meteorology, Phoenix, Arizona. American Meteorological Society, Boston, MA. January 11–16, 1998.

Il post-processore RUNAnalyzer

La post-elaborazione dei dati è stata effettuata con il software **MMS RUNAnalyzer** (ver. 2.11.0) della Maind Srl.

Il programma consente di:

- leggere i file di output generati da CALPUFF;
- estrarre singoli run in base a una data selezionata;
- estrarre la serie temporale dei risultati calcolati per uno o più recettori;
- effettuare vari tipi di elaborazioni, come il calcolo della media, dei percentili, dei superamenti di soglia aggregando i dati su varie basi temporali;
- effettuare la verifica del rispetto dei principali limiti di legge;
- generare mappe di isconcentrazione su base google earth;
- effettuare la stima degli NO₂ a partire dai risultati per gli NO_x attraverso l'implementazione del metodo ARM 2 dell'EPA.

F.2 DIMENSIONI, PASSO DELLA GRIGLIA E SISTEMA DI GEOREFERENZIAZIONE

Di seguito le estensioni domini di calcolo del preprocessore meteorologico CALMET e del processore CALPUFF:

		Sistema di riferimento WGS-84 UTM 32	
CALMET	Angolo SW	486005.0 X(m)	4911652.0 Y(m)
	Passo griglia	300 (m)	
	Estensione dominio	10.5 x 10.5 (km)	
CALPUFF	Angolo SW	489130.0 X(m)	44914177.0 Y(m)
	Passo griglia	50 (m)	
	Estensione dominio	3,5 x 4,5 (km)	

Nell'immagine seguente sono riportate su base Google Earth la griglia di calcolo di simulazione CALPUFF e la griglia di calcolo del pre-processore meteo CALMET.



Figura 15 – Griglie di calcolo CALMET (blu) e CALPUFF (rosso)

F.3 RICETTORI

I ricettori sono quei punti all'interno del dominio spaziale di simulazione in corrispondenza dei quali il modello di dispersione calcola le concentrazioni di inquinanti.

Nella presente valutazione è stata considerata sia una disposizione regolare a griglia (cfr. par. F.2) sia in posizioni specifiche in termini di ricettori discreti.

Per la scelta dell'ubicazione di tali ricettori si è fatto riferimento in primis al contesto insediativo indagato; in particolare sono stati individuati come ricettori alcuni fabbricati nell'area del porto ed il primo fronte di edifici residenziali ubicati oltre il tracciato ferroviario e la SS1 a distanze comprese fra 270 m e 320 m dal futuro Deposito.

Di seguito viene riportata una foto aerea con l'individuazione dell'area prevista per il nuovo Deposito e dei ricettori considerati nel presente studio.

I punti bersaglio in corrispondenza dei ricettori sono stati posizionati ad un'altezza di 2.0 m (altezza conservativa media del recettore umano).

Le coordinate sono espresse in UTM fuso 32 – WGS84.



Figura 16 – Foto aerea con individuazione dei ricettori

Codice	UTM WGS84 – Fuso 32		Descrizione
	Coord. X	Coord. Y	
R01	491273	4917201	Stabilimento produttivo
R02a	491391	4917044	Stabilimento produttivo
R02b	491491	4916987	Stabilimento produttivo
R03	491106	4917425	Edifici residenziali
R04	491256	4917361	Edifici residenziali
R05	491285	4917353	Edifici residenziali
R06	491304	4917345	Edifici residenziali
R07	491329	4917340	Edifici residenziali
R08	491367	4917332	Edifici residenziali
R09	491428	4917313	Edifici residenziali
R10	491458	4917307	Edifici residenziali
R11	491514	4917287	Edifici residenziali

Tabella 2 – Ricettori discreti

F.4 TRATTAMENTO CALME DI VENTO

Il trattamento delle calme di vento in CALPUFF è descritto al paragrafo 2.14 della guida utente del modello di dispersione (J.S. Scire, D.G. Strimaitis, R.J. Yamartino, "A Users's Guide for the CALPUFF Dispersion Model", Earth Tech Inc., gennaio 2000).

Nello specifico CALPUFF adotta i seguenti accorgimenti sui puff rilasciati durante le ore di calma di vento:

- rimane immutata la posizione del centro del puff;
- l'intera massa dell'inquinante è posta in un unico puff;
- il puff viene posto istantaneamente alla quota finale di innalzamento;
- non sono calcolati gli effetti scia degli edifici;
- la crescita dei parametri di dispersione che tengono in considerazione la dimensione del puff è calcolata in funzione del solo tempo.

Per quanto riguarda i puff che sono stati rilasciati prima dell'ora di calma di vento, CALPUFF attua i seguenti accorgimenti durante le ore di calma:

- rimane immutata la posizione del centro del puff;
- il puff viene posto istantaneamente alla quota finale di innalzamento;
- la crescita dei parametri di dispersione che tengono in considerazione la dimensione del puff è calcolata in funzione del solo tempo.

G STUDIO DI DISPERSIONE

G.1 CARATTERIZZAZIONE DELLA SORGENTE EMISSIVA

Le sorgenti emissive sono rappresentate dagli sfiati dei serbatoi all'interno dei quali vengono stoccate le sostanze chimiche; tali sfiati sono ubicati a ca. 12 metri di altezza ed hanno una velocità emissiva molto modesta, dell'ordine di ca. 0,006 m/s.

Per determinare i flussi emissivi di Composti Organici Volatili (COV) in input al modello di simulazione è stato seguito il seguente approccio:

- è stato mantenuto il dato emissivo complessivo annuo relativo ai Composti Organici Volatili, già riportato nello Studio preliminare ambientale, pari a circa 120,5 tonnellate annue;
- da tale valore, è stato ricavato con semplici proporzioni il dato emissivo di un "serbatoio modello", pari a circa 1,67 tonnellate annue di COV;
- considerando che, rispetto all'esercizio di un serbatoio, le emissioni maggiormente rilevanti si verificano durante la fase di carico dello stesso, in particolare durante le fasi di carico con le maggiori portate, per avere un approccio adeguatamente conservativo è necessario porsi nelle fasi di carico del serbatoio da nave e/o da ferrocisterna. Si ricorda che la via preferenziale di ingresso di prodotto nei serbatoi sarà quella da nave, oltre ad essere anche la modalità caratterizzata dalle maggiori portate di carico del serbatoio e quindi dalle maggiori emissioni potenziali in atmosfera;
- è stato quindi considerato un fattore di possibile contemporaneità nel carico dei serbatoi e si è assunta l'ipotesi maggiormente conservativa rispetto all'assetto del Deposito in progetto, ossia quella per cui vengano caricati contemporaneamente da nave due serbatoi (una nave per ogni posizione di ormeggio) e, sempre in contemporanea, vi sia il carico di un altro serbatoio da ferrocisterna;
- in sostanza, la massima situazione di contemporaneità di carico serbatoi credibile per il Deposito in progetto vede il carico di 3 serbatoi.

In relazione a quanto sopra si è elaborato il flusso di massa in emissione considerando l'emissione contemporanea di 3 "serbatoi modello", e quindi un'emissione corrispondente a 5,01 tonnellate annue di COV, che a sua volta rappresenta un flusso emissivo pari a 0,159 g/s.

Pertanto, ai fini modellistici si è deciso di simulare tali emissioni come un'unica sorgente puntuale ubicata in posizione circa baricentrica rispetto al Deposito e con le caratteristiche di seguito descritte:

UTM WGS 84 – 32N		H (metri)	Velocità (m/s)	Flusso emissivo (g/s)	Funzionamento	
X	Y				ore	giorni
491255	4916890	12,0	0,006	0,159	24/24 h	365

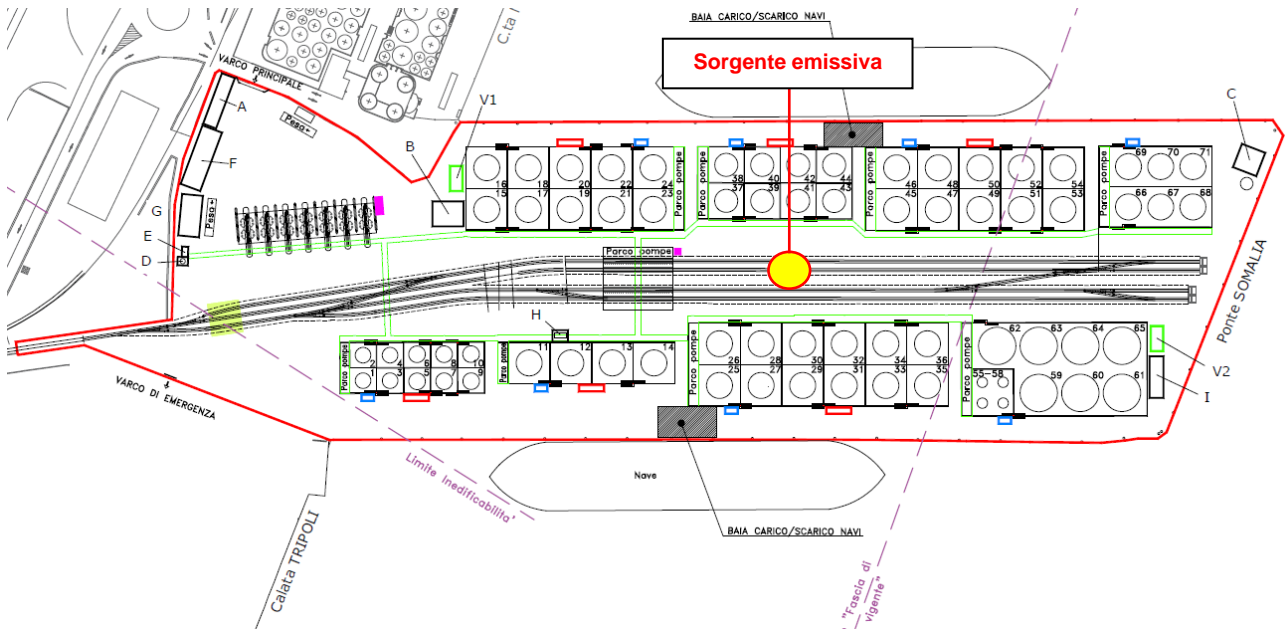


Figura 17 – Individuazione sorgente emissiva puntuale

G.2 RISULTATI DELLE STIME

Come già indicato in sezione C, i risultati delle modellazioni vengono quindi di seguito confrontati con i valori di riferimento desunti dalla letteratura internazionale, legata sia alla tutela della salute e sicurezza sul lavoro (assumendo poi approcci debitamente prudenziali considerando la presenza anche di recettori di tipo residenziale) sia alla tutela della popolazione in generale.

Le stime sono state effettuate in termini di massimo della media mobile su 8 h e massimo orario annuale.

I risultati stimati in corrispondenza dei ricettori discreti in termini di massimo su 8 ore di seguito riportati, hanno evidenziato concentrazioni ampiamente inferiori a tutti i valori limite individuabili, e, in particolare, inferiori di almeno un ordine di grandezza anche in relazione ai valori limite minimi riscontrati, ovvero quelli relativi all'Acetato di Vinile Monomero. Inoltre, tali limiti sono altresì ampiamente rispettati considerando cautelativamente anche il massimo assoluto orario su base annuale.

Si ritiene infine importante evidenziare che la particolare caratteristica meteo-diffusiva del sito di indagine presentando una netta predominanza della direzione del vento da NNE, determina le ricadute prevalenti verso il mare, non andando di fatto ad interessare il primo fronte abitato.

Nella tabella seguente vengono messi a confronto i risultati delle stime rappresentativi della prima fornitura di dati meteo, ovvero lo studio consegnato a dicembre 2023, e quelli invece rappresentativi della seconda fornitura (dati WRF) oggetto della presente valutazione integrativa.

Codice recettori	Prima modellazione (°)		Seconda modellazione (Λ)	
	Massimo orario [mg/m ³]	Massimo 8 ore [mg/m ³]	Massimo orario [mg/m ³]	Massimo 8 ore [mg/m ³]
R01	0,035	0,014	0,086	0,012
R02a	0,171	0,027	0,152	0,023

Valori limite di riferimento per le sostanze considerate (*)				
Toluene [mg/m ³]	AVM [mg/m ³]	Acido acetico [mg/m ³]	Metanolo [mg/m ³]	Etilenglicole [mg/m ³]
TLV-TWA				
75	17,6	25	260	52

R02b	0,066	0,015	0,097	0,013
R03	0,018	0,006	0,022	0,005
R04	0,021	0,007	0,045	0,006
R05	0,021	0,006	0,047	0,006
R06	0,02	0,007	0,05	0,007
R07	0,02	0,007	0,041	0,007
R08	0,023	0,006	0,026	0,006
R09	0,041	0,007	0,025	0,007
R10	0,037	0,006	0,039	0,006
R11	0,023	0,005	0,031	0,006

DNEL				
56,5	n.v.	25	26	7
REL				
0,42	0,2	n.v.	4	0,4
MRL				
3,76	1	n.v.	n.v.	n.v.

(*) Le sostanze che sono state considerate nello studio modellistico, in via cautelativa, sono quelle con i limiti di esposizione più bassi tra quelli indicati in sezione C del presente documento, oltre al Metanolo, che è l'unica delle sostanze potenzialmente stoccate a cui è attribuita l'indicazione di pericolo H331 "Tossico se inalato", sebbene caratterizzato da un limite di esposizione più elevato (dato che la sua tossicità è legata soprattutto alla via di esposizione per ingestione).

(*) Presentata nello Studio di Impatto Ambientale del dicembre 2023.

(*) Presentata in allegato al presente documento, sulla base di nuovi set di dati meteorologici, in accordo alle richieste della CTVA.
n.v. corrisponde a "non valutato".

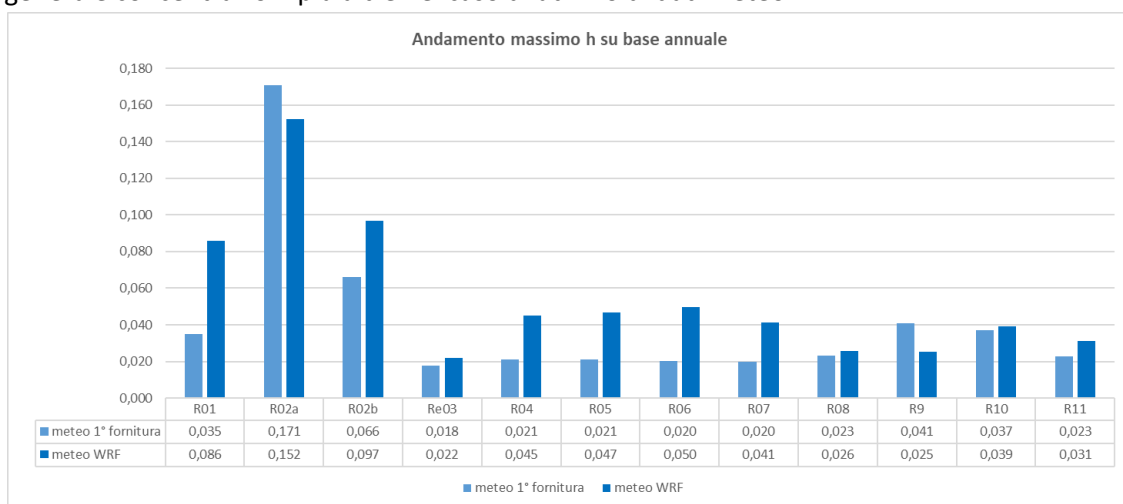
AVM: acetato di vinile monomero.

Tabella 3 – Risultati delle modellazioni (riportati a sinistra) confrontati con i valori di riferimento pertinenti (riportati a destra).

Si evidenzia altresì che in corrispondenza dei tre ricettori più esposti (R01, R02a ed R02b), le stime effettuate con la ricostruzione meteo WRF hanno evidenziato un seppure lieve decremento delle concentrazioni.

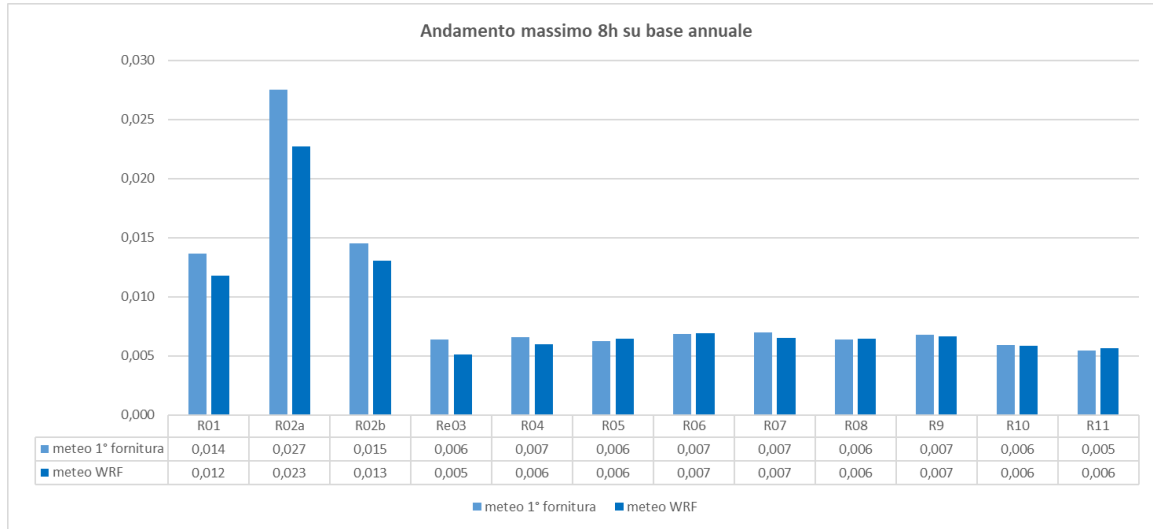
Di seguito vengono riportati in istogramma i confronti tra i risultati delle stime effettuati sulla base dei dati meteo relativi alla prima fornitura e di quelli ricostruiti su dati WRF considerati nella seguente valutazione come da specifiche richieste di integrazione.

Per quanto concerne i massimi su **base annuale** il dato è molto variabile, anche proprio in riferimento al periodo di riferimento su cui viene stimato, che di fatto lo rende molto variabile; si notano comunque a livello generale concentrazioni più alte nel caso di utilizzo di dati meteo WRF.



Per quanto concerne i massimi su **base 8 ore** il dato è decisamente meno variabile essendo più ampia la base di mediazione; in tale caso si nota come le stime effettuate con i dati meteo WRF siano meno

cautelative in corrispondenza dei ricettori più prossimi al sito (R01, R02a ed R02b), mentre in corrispondenza di quelli più lontani non si notano variazioni sensibili.



H CONCLUSIONI

La presente valutazione di impatto atmosferico è relativa al progetto di realizzazione di un nuovo Deposito di prodotti chimici allo stato liquido, presso il "Ponte Somalia" all'interno del Porto di Genova, proposta dalla società Superba.

Le sorgenti emissive considerate nello Studio sono rappresentate dagli sfiati dei serbatoi all'interno dei quali verranno stoccate le sostanze chimiche, ubicati ad altezze variabili, mediamente pari a ca. 12 metri.

Per determinare i flussi emissivi di Composti Organici Volatili (COV) in input al modello di simulazione sono state fatte apposite valutazioni che hanno portato a considerare la massima situazione di contemporaneità di carico stimata in tre serbatoi, ossia in sostanza, il massimo numero di serbatoi che è possibile attendersi contemporaneamente in fase di carico.

Per quanto concerne il dataset orario di input meteorologico al modello di dispersione MMS-CALPUFF, si è fatto riferimento ai dati meteo rappresentativi del sito di indagine relativi all'anno 2022 ed elaborati con il pre-processore MMS-CALMET al fine di ricostruire il file meteo 3D di input; nello specifico, come da richiesta di integrazione pervenuta (cfr. par. A), sono stati utilizzati come input i dati 3D ricostruiti attraverso il modello WRF (Weather Research & Forecasting Model).

Non essendo previsti specifici limiti di qualità dell'aria dal D.Lgs. 155/2010 per i parametri inquinanti oggetto di valutazione, si è fatto riferimento ai valori di TLV-TWA (esposizione professionale sulle 8 ore lavorative per 40 anni lavorativi) di alcune delle sostanze che potranno essere stoccate e movimentate nel Deposito. I risultati delle modellazioni sono stati infatti confrontati con detti valori di riferimento assumendo approcci debitamente prudenziali, per valutare in generale l'impatto sulla qualità dell'aria dell'area di interesse e non trascurare in alcun modo la presenza del centro urbano a nord dell'area di intervento.

Per fornire un ulteriore approfondimento, è stato eseguito un confronto tra tre diverse tipologie di valori limite (oltre ai TLV-TWA), sviluppati da diverse agenzie internazionali (ECHA, ATSDR, U.S. EPA, OEHHA), ossia i DNELs, RELs e MRLs (cfr. par. C).

I risultati stimati in corrispondenza dei ricettori discreti hanno evidenziato concentrazioni ampiamente inferiori a tutti i valori limite individuabili, e, in particolare, inferiori di almeno un ordine di grandezza anche in relazione ai valori limite minimi riscontrati, ovvero quelli relativi all'Acetato di Vinile Monomero.

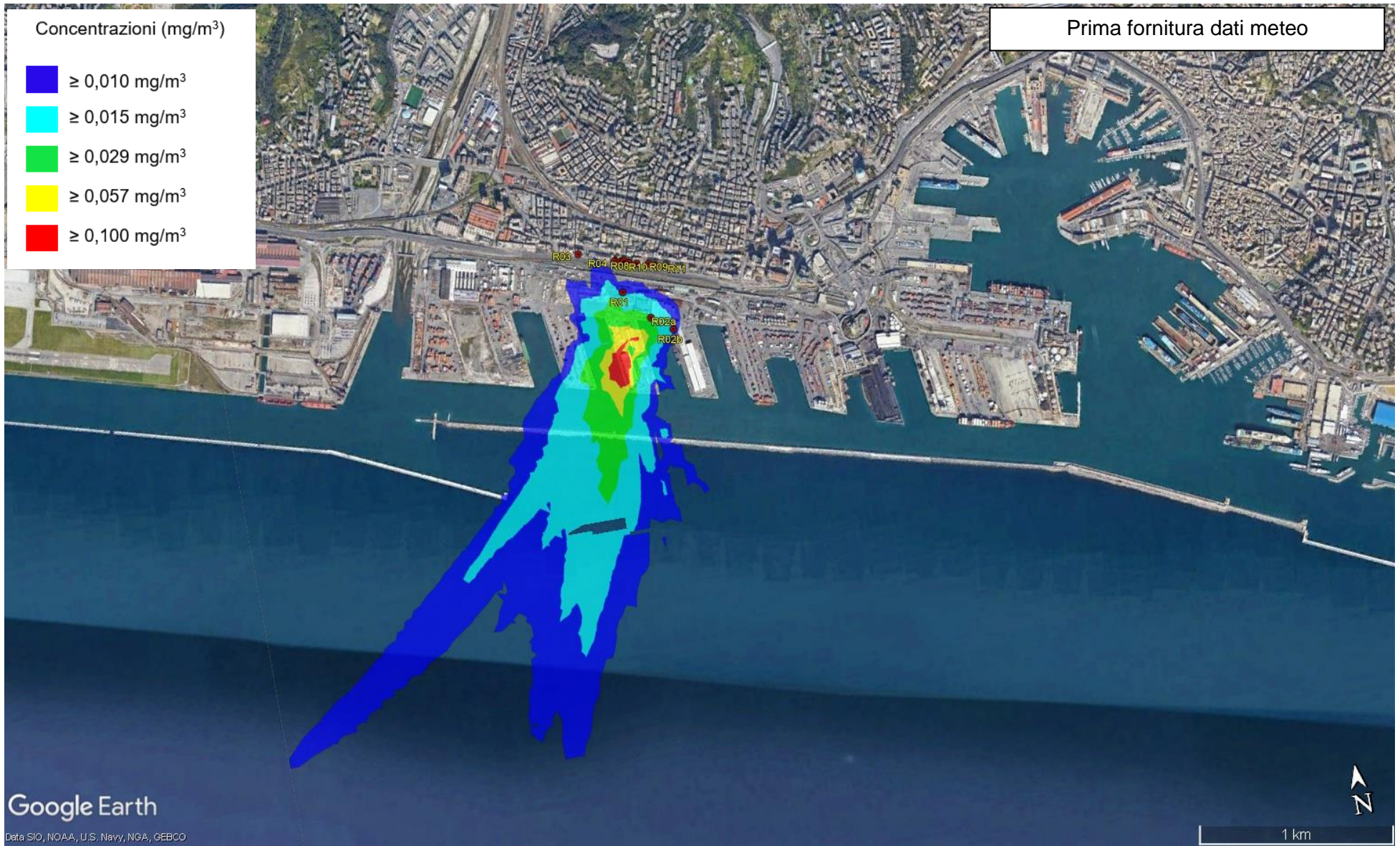
Pertanto, si conferma quanto era stato già indicato nello Studio preliminare ambientale, ossia che gli impatti associati all'esercizio del Deposito in progetto sulla componente atmosfera sono decisamente non significativi, anche per i recettori sensibili dell'area di Sampierdarena.

Si evidenzia nuovamente, ad ulteriore rafforzamento di tale importante risultato, che le modellazioni effettuate, con approccio di particolare precauzione e prudenza, non tengono in considerazione i sistemi di collettamento dei vapori emessi dai serbatoi nelle operazioni di scarico delle navi-cisterna (che costituiscono senz'altro la fase di maggiore emissione), che verranno invece installati. Ciò significa che i valori reali riscontrabili ai recettori saranno verosimilmente ancora più bassi di quelli stimati con la modellazione svolta.

In riferimento ai valori di concentrazione mediati sulle 8 ore, i risultati delle stime effettuati con la ricostruzione meteo tramite i dati del modello WRF hanno evidenziato decrementi in corrispondenza dei ricettori più prossimi (R01, R02a e R02b) ed una sostanziale invarianza sui ricettori rappresentativi del quartiere Sampierdarena.

Infine, si evidenzia come il contesto meteo-diffusivo del sito sia caratterizzato dalla presenza di una netta predominanza della direzione di provenienza del vento da NNE, e pertanto in direzione mare.

APPENDICE 1 – MAPPATURA CURVE ISOCONCENTRAZIONE



Mappatura curve isoconcentrazione – massimo della media su 8 ore su base annuale