



**ENI Spa**

***Direzione Generale Energy Evolution  
Green/Traditional Refinery and Marketing***

**Raffineria di Venezia**

**Progetto “Steam Reforming”**

per la produzione di idrogeno a supporto del ciclo produttivo di  
Bioraffineria

**STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE**

***Appendice C.1***

***Studio di Impatto Atmosferico – Approccio metodologico***

Data: maggio 2022

Progetto: n° 2206245

Identificatore: SIA\_BioRaVe\_SR\_C.1



Preparato	R. Urbani HPC Italia s.r.l.	Revisionato	M. Pellegatta HPC Italia s.r.l.	Approvato	A. Cappellini HPC Italia s.r.l.
-----------	--------------------------------	-------------	------------------------------------	-----------	------------------------------------



HPC Italia Srl – via Francesco Ferrucci 17/A – Milano



Tea Sistemi S.p.A. – via Ponte A. Paglieri 8 – Pisa



## SOMMARIO

<b>SOMMARIO .....</b>	<b>2</b>
<b>TABELLE .....</b>	<b>3</b>
<b>FIGURE.....</b>	<b>4</b>
<b>ACRONIMI.....</b>	<b>5</b>
<b>1   PREMESSA .....</b>	<b>6</b>
<b>2   LOCALIZZAZIONE DELL'AREA DI STUDIO.....</b>	<b>7</b>
<b>3   STATO DI QUALITÀ DELL'ARIA.....</b>	<b>8</b>
3.1   SQA (Standard Qualità Ambientale) .....	8
3.2   Stazioni di monitoraggio inquinanti in atmosfera e definizione dei valori di fondo.....	9
<b>4   CATENA MODELLISTICA ADOTTATA .....</b>	<b>11</b>
4.1   Il modello WRF.....	11
4.2   Il modello CALMET .....	13
4.3   Il modello CALPUFF .....	14
4.4   Principali impostazioni adottate .....	16
<b>5   RICOSTRUZIONE DELL'INPUT METEOROLOGICO .....</b>	<b>17</b>
5.1   Domini spaziale e temporale di calcolo.....	17
5.2   Input WRF .....	19
5.3   Input CALMET .....	20
5.3.1   Orografia.....	20
5.3.2   Uso del suolo .....	20
5.3.3   Dati metereologici.....	20
5.4   Output CALMET.....	22
<b>6   MAGLIE DI CALCOLO E DEFINIZIONE DEI RICETTORI .....</b>	<b>26</b>



## TABELLE

Tabella 3-1 Valori limite di qualità dell'aria (Decreto Legislativo n. 155/2010).....	8
Tabella 3-2 Descrizione delle centraline di qualità dell'aria ARPA Veneto .....	9
Tabella 3-3 Descrizione delle centraline di qualità dell'aria Ente Zona industriale di Porto Marghera.....	9
Tabella 3-4 Valori di qualità dell'aria rappresentativi per il sito in esame.....	10
Tabella 4-1 Sintesi delle impostazioni modellistiche utilizzate nelle simulazioni .....	16
Tabella 5-1 Modelli meteorologici globali utilizzati nella simulazione WRF .....	19
Tabella 5-2 Descrizione delle stazioni meteorologiche considerate.....	20
Tabella 5-3: Completezza dati meteorologici utilizzati nelle simulazioni (anno 2019) .....	21
Tabella 6-1 Recettori sensibili considerati nelle simulazioni .....	28
Tabella 6-2 Ulteriori recettori discreti definiti in corrispondenza delle centraline di Qualità dell'Aria .....	28

## FIGURE

Figura 2-1 Localizzazione aree di esecuzione degli interventi.....	7
Figura 3-1 Localizzazione delle centraline di qualità dell'aria .....	10
Figura 4-1 Schema di flusso della catena modellistica .....	11
Figura 5-1 – Dominio del dataset WRF (□) e griglia di calcolo utilizzati in CALMET .....	17
Figura 5-2 – Griglia di calcolo di CALMET.....	18
Figura 5-3: Stazioni meteorologiche considerate .....	21
Figura 5-5 – Esempio di campo di vento calcolato dal modello meteorologico CALMET.....	22
Figura 5-6 – Rosa dei venti 2019 simulati in superficie in corrispondenza dell'impianto); (a) intero anno (b) semestre caldo (aprile-settembre); (c) semestre freddo (gennaio-marzo e ottobre-dicembre)	23
Figura 5-7 – Distribuzione classi di velocità del vento 2019 simulato in superficie in corrispondenza dell'impianto - (a) intero anno (b) semestre caldo; (c) semestre freddo .....	24
Figura 5-8 – Distribuzione Classi di Pasquill stimate in corrispondenza dell'area di progetto - (a) intero anno (b) semestre caldo; (c) semestre freddo .....	25
Figura 6-1 Griglie di calcolo considerate nelle simulazioni modellistiche.....	26
Figura 6-2 Ricettori risultanti da Webgis.....	27
Figura 6-3 Recettori discreti individuati in prossimità dell'impianto .....	29



## ACRONIMI

AFWA	Air Force Weather Agency
ARPA	Agenzia Regionale per la Protezione dell'Ambiente
CA	Contributo Aggiuntivo
CALPUFF	California Puff Model
CTN-ACE	Centro Tematico Nazionale Atmosfera Clima ed Emissioni in aria
D.Lgs.	Decreto Legislativo
DEM	Digital Elevation Model
EPA	Environmental Protection Agency
Ex-APL	Area precedentemente dedicata alla produzione e confezionamento di oli lubrificanti e grassi
FAA	Federal Aviation Administration
FSL	Forecast System Laboratory
LF	Livello finale d'inquinamento
NCAR	National Center for Atmospheric Research
NGA	National Geospatial-Intelligence Agency
NIMA	National Imagery and Mapping Agency
NOAA	National Oceanic and Atmospheric Administration
ISPRA	Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale
SQA	Standard di Qualità Ambientale
SRTM3	Shuttle Radar Topography Mission 3
WRF	Weather Research and Forecasting
WPS	WRF Pre-Processing System

## 1 PREMESSA

Nell'ambito del progetto "Steam Reforming" è prevista una prima fase di demolizione delle strutture presenti nell'area denominata ex-APL per proseguire poi con la realizzazione e la messa in esercizio dell'impianto di Steam Reforming, la cui funzione di produzione di idrogeno è sopperita attualmente dal mantenimento in funzione dalle unità di Reforming Catalitico del ciclo benzine tradizionale.

L'esercizio della Bioraffineria nel suo assetto Post-Operam prevede un diverso assetto emissivo rispetto all'assetto attuale, dovuto alla disattivazione del suddetto ciclo benzine e dei camini ad esso afferenti e l'introduzione di un nuovo camino dedicato al nuovo impianto Steam Reformer.

Il presente studio è volto a verificare gli effetti delle emissioni in aria legate al progetto "Steam Reformer" sia in fase di cantiere che in fase di esercizio.

Lo studio è strutturato nelle seguenti sezioni:

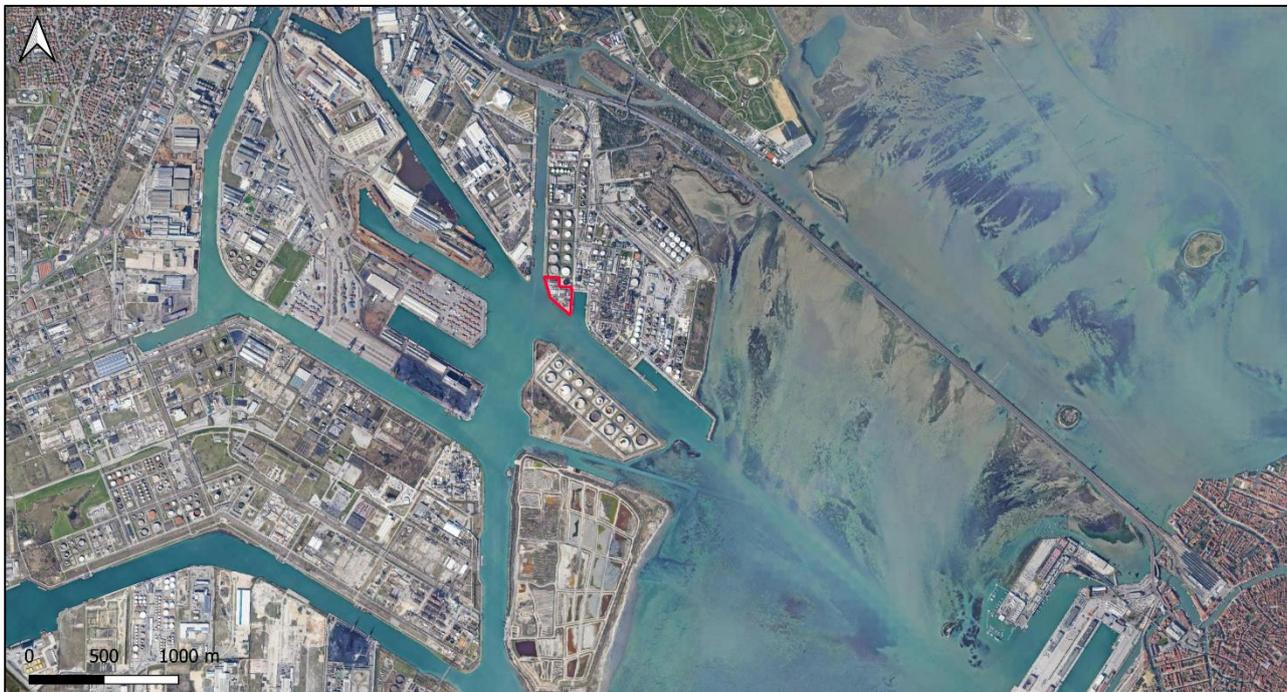
- **C.1 Approccio Metodologico (il presente documento)**
- C.2 Studio di Impatto Atmosferico – Fase di Cantiere – Demolizioni
- C.3 Studio di Impatto Atmosferico – Fase di Cantiere - Costruzione
- C.4 Studio di Impatto Atmosferico – Fase di Esercizio

Il presente documento riporta le impostazioni generali utilizzate negli studi modellistici:

- un inquadramento generale dell'area di studio
- gli Standard di Qualità Ambientale di riferimento
- la definizione dei valori di fondo rappresentativi della qualità dell'aria locale
- la descrizione della catena modellistica utilizzata nelle simulazioni
- la ricostruzione dell'input meteorologico utilizzato
- la definizione delle maglie di calcolo e l'individuazione dei recettori discreti

## 2 LOCALIZZAZIONE DELL'AREA DI STUDIO

L'area interessata dall'intervento in progetto (denominata "ex-APL", un tempo dedicata alla fase di "Blender Oli") è situata all'interno dell'area portuale di Marghera, del comune di Venezia. La Figura 2-1 mostra la sua ubicazione:



*Figura 2-1 Localizzazione aree di esecuzione degli interventi*

### 3 STATO DI QUALITÀ DELL'ARIA

#### 3.1 SQA (Standard Qualità Ambientale)

In Italia, gli Standard di Qualità Ambientale (SQA) per la qualità dell'aria sono definiti dal Decreto Legislativo n. 155/2010, in recepimento alla Direttiva Comunitaria Direttiva Comunitaria 2008/50/CE.

Tale riferimento normativo definisce i limiti di qualità dell'aria ambiente per il Biossido di Zolfo, il Biossido di Azoto, il Piombo, il Benzene e il Monossido di Carbonio, il PM10 e il PM2,5. In Tabella 3-1 sono indicati, per gli inquinanti analizzati, il periodo di mediazione e il valore limite associato.

Tabella 3-1 Valori limite di qualità dell'aria (Decreto Legislativo n. 155/2010)

Inquinante	Livello di protezione	Periodo di mediazione	Valore limite
SO <sub>2</sub>	Valore limite orario	1 ora	350 µg/m <sup>3</sup> da non superare più di 24 volte per anno civile
	Valore limite giornaliero	1 giorno	125 µg/m <sup>3</sup> da non superare più di 3 volte per anno civile
	Livello critico per la protezione della vegetazione	Anno civile, 1° ottobre ÷ 1° marzo	20 µg/m <sup>3</sup>
NO <sub>2</sub>	Valore limite orario	1 ora	200 µg/m <sup>3</sup> da non superare più di 18 volte per l'anno civile
	Valore limite annuale	Anno civile	40 µg/m <sup>3</sup>
NO <sub>x</sub>	Livello critico per la protezione della vegetazione	Anno civile	30 µg/m <sup>3</sup>
CO	Valore limite	Media massima giornaliera su 8 ore	10 mg/m <sup>3</sup>
PM <sub>10</sub>	Valore limite giornaliero	24 ore	50 µg/m <sup>3</sup> da non superare più di 35 volte per l'anno civile
	Valore limite annuale	Anno civile	40 µg/m <sup>3</sup>
PM <sub>2,5</sub>	Valore limite annuale	Anno civile	25 µg/m <sup>3</sup>

Per le concentrazioni in aria ambiente di NH<sub>3</sub> la normativa nazionale ed europea non stabiliscono valori limite o standard da rispettare. Le Linee Guida WHO (Air Quality Guidelines for Europe – second edition, 2000) stabiliscono il livello critico per l'ambiente per i composti azotati. I livelli critici sono basati su un'indagine di evidenze scientifiche pubblicate di effetti fisiologici ed ecologicamente importanti solo sulle piante, in particolare acidificazione ed eutrofizzazione. Il livello critico fissato per l'NH<sub>3</sub> è di 270 µg/m<sup>3</sup> come media giornaliera.

Non ci sono invece riferimenti a valori limite per la protezione della salute umana per l'NH<sub>3</sub>, mentre sono fissate le soglie di esposizione professionale (TLV-TWA: 25 ppm pari a 17 mg/m<sup>3</sup> e TLV-STEL: 35 ppm pari a 24 mg/m<sup>3</sup>) che risultano di almeno tre ordini di grandezza superiori rispetto alle concentrazioni usualmente registrate in campagne di monitoraggio di NH<sub>3</sub> in aria ambiente.

### 3.2 Definizione dei valori di fondo

Per il monitoraggio della qualità dell'aria nell'area in esame sono operative due reti, integrate l'una all'altra, di centraline per il monitoraggio in continuo dei parametri e dei contaminanti di rilievo ai fini ambientali e/o di sicurezza. Si tratta, per l'area vasta, della Rete di Qualità dell'Aria gestita da ARPAV, cui si integra, per l'area del polo industriale la rete dedicata gestita dell'Ente Zona Porto Marghera.

La descrizione delle stazioni considerate è riportata nelle seguenti tabelle, mentre la loro localizzazione è rappresentata in figura successiva con riferimento agli identificativi indicati nelle tabelle.

Tabella 3-2 Descrizione delle centraline di qualità dell'aria ARPA Veneto

Nome stazione	ID	Tipologia	Coordinate UTM	Inquinanti monitorati
Parco Bissuola - Mestre	2	background urbanon(BU)	12° 15' 40" E 45° 29' 58" N	SO <sub>2</sub> , m NO <sub>x</sub> , BTEX, O <sub>3</sub> , PM <sub>10</sub> , PM <sub>2.5m</sub> , IPA, Metalli
Via Tagliamento - Mestre	3	traffico urbano (TU)	12° 13' 03" E 45° 29' 22" N	NO <sub>x</sub> , PM <sub>10</sub> , CO
Sacca Fisola - Venezia	4	background urbano (BU)	12° 18' 47" E 45° 25' 42" N	SO <sub>2</sub> , NO <sub>x</sub> , O <sub>3</sub> , PM <sub>10</sub> , Metalli
Via Lago di Garda - Malcontenta	5	industriale suburbano (IS)	12° 12' 20" E 45° 26' 18" N	SO <sub>2</sub> , NO <sub>x</sub> , PM <sub>10m</sub> (*), PM <sub>10a</sub> (**), PM <sub>2.5m</sub> (*), PM <sub>2,5a</sub> (**)
Via Beccaria - Marghera	7	traffico urbano (TU)	12° 13' 11" E 45° 28' 28" N	NO <sub>x</sub> , O <sub>3</sub> , PM <sub>10a</sub> , CO
Rio Novo - Venezia (***)	8	traffico urbano (TU)	12° 19' 23" E 45° 26' 08" N	NO <sub>2</sub> , NO <sub>x</sub> , PM <sub>10</sub> , CO

a = metodo automatico; m = metodo manuale; (\*) misure dismesse durante l'anno 2019; (\*\*) misure attivate durante l'anno 2019; (\*\*\*) misure attivate durante l'anno 2017

Tabella 3-3 Descrizione delle centraline di qualità dell'aria Ente Zona industriale di Porto Marghera

Stazione	ID	Tipologia	Coordinate UTM	Inquinanti monitorati
Fincantieri - Breda	03	zona industriale	12° 14' 56".82 E 45° 28' 28".94 N	SO <sub>2</sub>
AGIP Raffineria	05	zona industriale	12° 15' 58".43 E 45° 27' 56".42 N	SO <sub>2</sub> , PM <sub>10</sub>
ENEL Fusina	08	zona industriale	12° 15' 00".22 E 45° 25' 54".80 N	SO <sub>2</sub>
C.E.D. Ente Zona	15	zona industriale	12° 14' 34".87 E 45° 26' 45".58 N	SO <sub>2</sub> , O <sub>3</sub> , NO <sub>x</sub> , NO <sub>2</sub>
Pagnan	28	zona industriale	12° 13' 15".96 E 45° 25' 58".76 N	SO <sub>2</sub> , PM <sub>10</sub> , NMHC
Marghera	17	quartiere urbano	12° 13' 18".78 E 45° 28' 51".07 N	SO <sub>2</sub> , NO <sub>2</sub> , NO <sub>x</sub> , PM <sub>2.5</sub>
Tronchetto	19	centro storico Venezia	12° 18' 22".53 E 45° 26' 31".67 N	SO <sub>2</sub>
Giudecca	21	centro storico Venezia	12° 19' 34".78 E 45° 25' 26".72 N	SO <sub>2</sub>
Moranzani	25	zona extraurbana	12° 12' 47".65 E 45° 25' 38".34 N	SO <sub>2</sub>
Campagnalupia	26	zona extraurbana	12° 07' 05".27 E 45° 20' 50".94 N	SO <sub>2</sub> , NO <sub>2</sub> , NO <sub>x</sub> , PM <sub>10</sub>

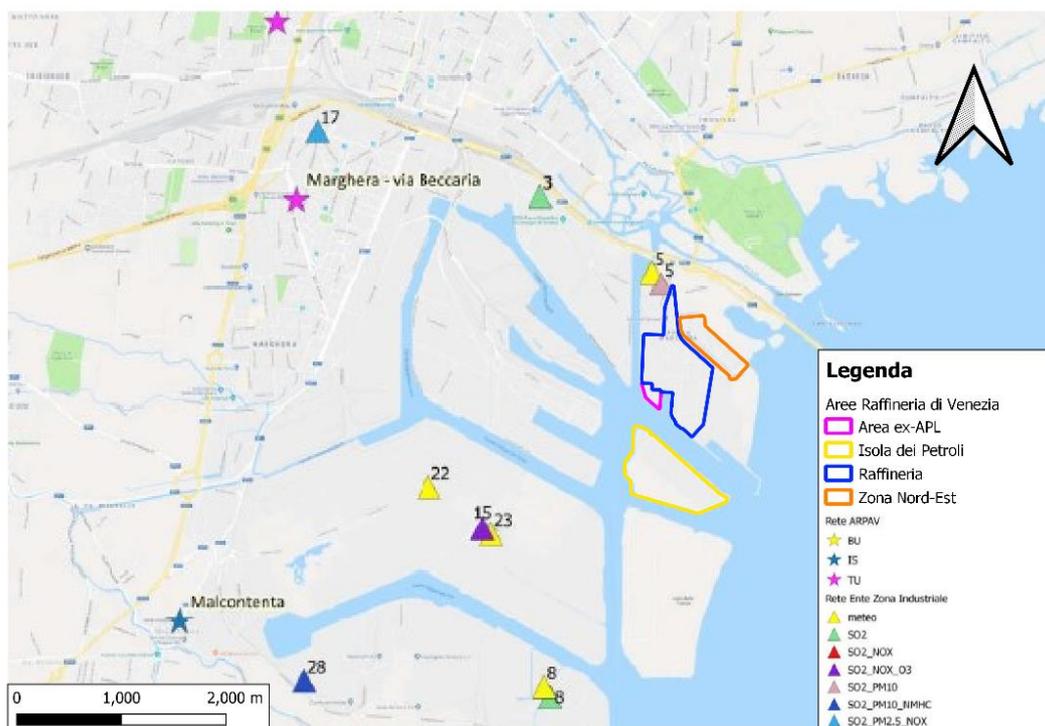


Figura 3-1 Localizzazione delle centraline di qualità dell'aria

Per una disamina completa dei risultati di monitoraggio delle centraline ARPAV ed EZI si rimanda alla Sezione 6 dello Studio di Impatto Ambientale.

La seguente tabella mostra i valori di fondo rappresentativi definiti per l'area di interesse ai fini del presente studio. Come meglio spiegato rimanda alla Sezione 6 dello Studio di Impatto Ambientale si è fatto riferimento ai valori registrati dalla stazione ARPAV di background urbano di Parco Bissuola - Mestre.

Si evidenzia come la centralina di Agip Raffineria, posta nelle immediate vicinanze alle sorgenti in esame, presenti valori di SO<sub>2</sub> e PM<sub>10</sub> in linea o addirittura inferiori ai valori di fondo selezionati.

Tabella 3-4 Valori di qualità dell'aria rappresentativi per il sito in esame

Parametro	statistica	SQA (D.lgs. 155/2010)	Media ultimi 5 anni disponibili	Stazione ARPAV di background urbano di Parco Bissuola - Mestre					
				2015	2016	2017	2018	2019	2020
PM <sub>10</sub>	media annuale (µg/m <sup>3</sup> )	40	31,8		32	35	30	30	32
PM <sub>2.5</sub>	media annuale (µg/m <sup>3</sup> )	25	24,6		25	27	24	22	25
NO <sub>2</sub>	media annuale (ug/m <sup>3</sup> )	40	28,2		30	32	27	28	24
NO <sub>x</sub>	media annuale (ug/m <sup>3</sup> )	30	54,6	64	58	59	45	47	
SO <sub>2</sub>	media annuale (µg/m <sup>3</sup> )	20	2	2	2	2	2	2	

## 4 CATENA MODELLISTICA ADOTTATA

La valutazione dell’impatto atmosferico è stata effettuata mediante l’applicazione della catena modellistica WRF-CALMET-CALPUFF, dove WRF e CALMET sono i modelli meteorologici e CALPUFF il modello per il calcolo delle concentrazioni di inquinanti in atmosfera.

In Figura 4-1 si riporta uno schema di flusso della catena modellistica utilizzata, comprensiva dei principali pre-processor e post-processor impiegati.

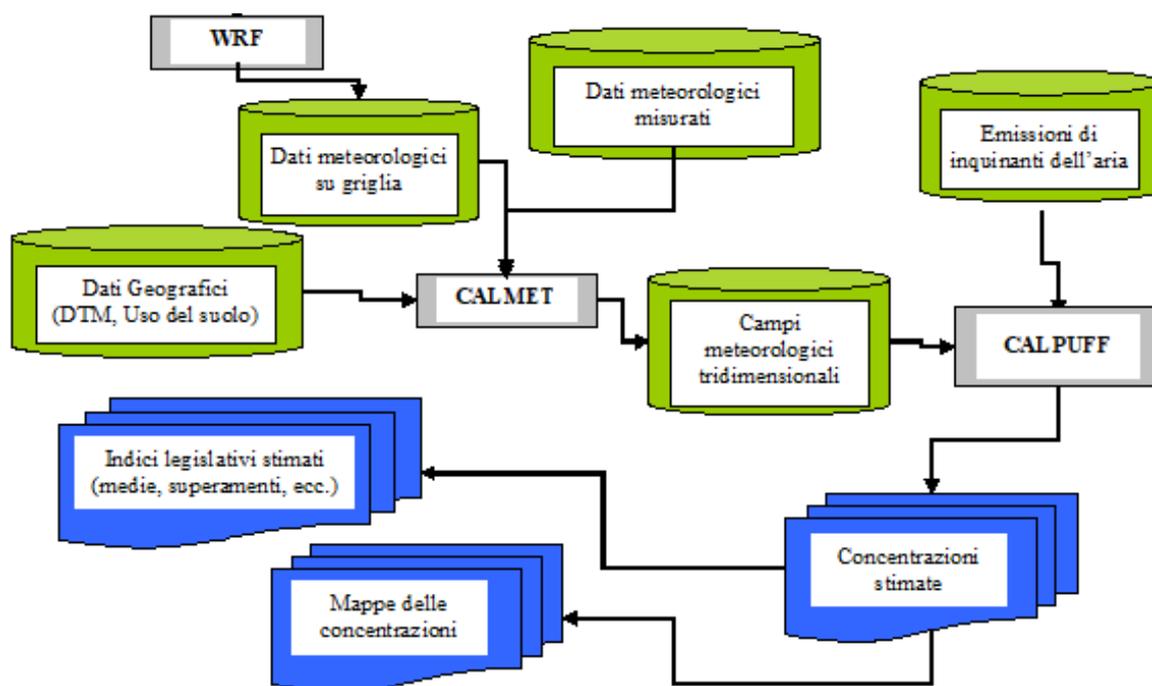


Figura 4-1 Schema di flusso della catena modellistica

WRF è un modello prognostico state-of-the-art tra i più avanzati a livello di ricerca scientifica, CALMET è un modello diagnostico state-of-the-art tra i più utilizzati ed infine CALPUFF è il modello suggerito da numerose agenzie nazionali per l’ambiente, come ISPRA italiana e EPA americana, per studi di valutazione di impatto ambientale in situazioni complesse. Tutti i modelli proposti sono aperti, pubblici e ampiamente referenziati a livello di pubblicazioni internazionali.

Si evidenzia inoltre che il rapporto “Linee guida per la scelta e l’uso dei modelli” redatto dal Centro Tematico Nazionale Atmosfera Clima ed Emissioni in aria (CTN-ACE) nel 2004 indica il modello CALPUFF tra i modelli adeguati per applicazioni in aree urbane ed a scala locale.

### 4.1 Il modello WRF

Weather Research and Forecasting (WRF) è un sistema di previsioni meteorologiche numeriche su mesoscala di nuova generazione, sviluppato per soddisfare ricerche operative sia meteorologiche che atmosferiche.

WRF è nato principalmente dalla collaborazione tra il National Center for Atmospheric Research (NCAR), il National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA), il Forecast System Laboratory (FSL), la Air Force



Weather Agency (AFWA), il Naval Research Laboratory, la University of Oklahoma e la Federal Aviation Administration (FAA)<sup>1</sup>.

I principali componenti di questa complessa suite modellistica sono:

- WPS (WRF Pre-Processing System), il preprocessore utile a predisporre gli input meteorologici costituito da:
  - Geogrid, definisce il dominio di simulazione e interpola i dati geografici e di uso del suolo sulla griglia di calcolo;
  - Ungrib, estrae i campi meteorologici dalle analisi meteorologiche di modelli a livello globale, quali GFS o ECMWF;
  - Metgrid, interpola orizzontalmente i campi di analisi estratti da ungrib, sulla griglia di calcolo definita da geogrid;
- OBSGRID e WRFDA integrano i dati osservati delle stazioni al suolo e dei radiosondaggi all'interno delle simulazioni;
- REAL legge i campi di input e li interpola lungo la struttura verticale di WRF, creando le condizioni iniziali e al contorno tridimensionali della griglia di calcolo;
- WRF-ARW: è la componente chiave del sistema modellistico, simula i campi meteorologici in accordo con le parametrizzazioni chimiche e fisiche definite dall'utente.

---

<sup>1</sup> Per maggiori informazioni sul modello WRF consultare il sito: [www.wrf-model.org](http://www.wrf-model.org)

## 4.2 Il modello CALMET

CALMET è un modello meteorologico diagnostico a griglia che comprende un generatore di un campo di temperatura e velocità del vento tridimensionali, e di campi bidimensionali dei parametri micrometeorologici valutati in ogni punto del grigliato scelto quali la lunghezza di Monin-Obukhov, l'altezza di rimescolamento e la velocità di attrito.

Il sistema a griglia usato consiste di NZ strati verticali di (NXxNY) celle quadrate orizzontali. In totale il sistema lavora quindi su NXxNYxNZ volumi d'aria. Il modello opera in un sistema di coordinate in cui la coordinata verticale è l'altezza cartesiana calcolata rispetto all'orografia (sistema di coordinate "terrain following").

Il modello CALMET, essendo fondamentalmente un interpolatore attraverso la cosiddetta "objective analysis", necessita in primo luogo delle informazioni meteorologiche al suolo ricostruite a partire dai parametri misurati dalle stazioni meteorologiche o dal modello prognostico, utilizzate dal modello per la ricostruzione dei campi tridimensionali di vento e temperatura. Secondariamente il modello CALMET necessita di una serie di informazioni sulla variabilità verticale dei dati meteorologici, in particolare pressione, direzione del vento, velocità del vento e temperatura in funzione della quota. Queste informazioni possono essere recuperate dai dati di output di un modello prognostico o dalle misure meteorologiche in quota della più vicina stazione che effettui almeno due radiosondaggi giornalieri.

Il modello CALMET prevede tre modalità per integrare le informazioni del modello prognostico:

- come guess field iniziale;
- come campo di vento di Step 1;
- come osservazione – come se fossero i dati di una stazione reale.

Nel caso in oggetto il dataset 3D WRF è stato inserito quale *initial guess field*, subendo pertanto gli aggiustamenti connessi alla orografia di dettaglio (Step 1) ed all'introduzione di misure osservate presso le centraline meteorologiche al suolo e la minimizzazione della divergenza (step 2) fino ad arrivare al campo di vento finale utilizzato nelle simulazioni di dispersione (*final wind field*).

Il modello CALMET necessita in input delle seguenti informazioni meteorologiche:

- Parametri meteorologici misurati in stazioni a terra;
- Parametri meteorologici tridimensionali sul dominio (WRF);

e le seguenti informazioni legate alla morfologia del suolo:

- Uso del suolo e parametri ad esso legati (albedo, roughness, Bowen ratio ...);
- Orografia.
- Le variabili meteorologiche misurate in stazioni a terra richiedono poi un'elaborazione e formattazione al fine di poter alimentare il modello CALMET.

### 4.3 Il modello CALPUFF

Il modello utilizzato per lo svolgimento dei calcoli di dispersione degli inquinanti emessi nell'ambiente circostante l'impianto è la suite modellistica CALMET/CALPUFF (Exponent®), nata per gestire il noto modello gaussiano non stazionario multisorgente CALPUFF, sviluppato da Earth Tech Inc. su richiesta del California Air Resources Board (CARB) e del U.S. Environmental Protection Agency (US EPA).

Il sistema Calpuff è costituito dai seguenti modelli:

- **CALMET**: Preprocessore meteorologico per la preparazione dei campi di vento dinamici, tridimensionale e a divergenza nulla per il modello CALPUFF. I campi meteorologici vengono ricostruiti a partire da dati di superficie e da dati profilometrici in presenza di orografia complessa;
- **CALPUFF**: Modello diffusivo lagrangiano a puff gaussiani. Il modello permette di studiare la diffusione tridimensionale dinamica di inquinanti emessi da diverse tipologie di sorgenti (puntuali, areali, volumetriche e lineari); può essere utilizzato anche in presenza di situazioni di calma di vento;
- **CALPOST**: Programma di postprocessamento dei risultati di concentrazione e deposizione ottenuti da CALPUFF

Il sistema CALPUFF è complessivamente un modello diffusivo tridimensionale non stazionario multisorgente di tipo gaussiano a puff, in cui la concentrazione viene calcolata come sommatoria dei contributi di singole nuvole di inquinante.

**CALMET** è il processore meteorologico del sistema che permette la ricostruzione del campo meteo tridimensionale dinamico all'interno del dominio di studio partendo da dati misurati da più stazioni meteorologiche sia di superficie che profilometriche considerando le caratteristiche geomorfologiche dell'area (orografia complessa, caratteristiche di uso del suolo, presenza di calme di vento ed effetti termici particolari) consentendo la valutazione delle traiettorie fluidodinamiche lungo le quali verranno trasportati i "puff" di inquinante emessi dalle varie sorgenti emissive. CALMET inoltre fornisce la valutazione di tutte le variabili micrometeorologiche spaziali orarie dello stato di stabilità atmosferica permettendo la valutazione della diffusione degli inquinanti all'interno dei puff emessi considerando gli effetti della turbolenza atmosferica.

**CALPUFF** è un modello di dispersione atmosferica non stazionario a puff. È adatto alla simulazione della dispersione di emissioni da sorgenti industriali, anche multiple. Permette di calcolare la deposizione secca e umida, gli effetti di scia dovuti agli edifici, la dispersione da sorgenti puntiformi, areali o volumetriche, l'innalzamento graduale del pennacchio in funzione della distanza dalla sorgente, l'influenza dell'orografia del suolo sulla dispersione, la dispersione in casi di venti deboli o assenti.

I modelli a puff rappresentano la naturale evoluzione dei modelli gaussiani in quanto introducono nella semplice formulazione di base la variabilità delle condizioni meteorologiche, delle emissioni e le disomogeneità del territorio.

Dal punto di vista matematico l'emissione di inquinante da parte di una sorgente viene schematizzato attraverso l'emissione di una successione di elementi, chiamati puff, che si spostano sul territorio seguendo un campo di vento tridimensionale variabile sia nello spazio che nel tempo.

L'equazione che rappresenta la concentrazione di inquinante C in un punto (x,y,z) dovuta ad un puff centrato nel punto (x',y',z') e di massa M è data da:

$$C(x, y, z) = \frac{M}{(2\pi)^{3/2} \sigma_x \sigma_y \sigma_z} \exp\left(-\frac{(x-x')^2}{2\sigma_x^2} - \frac{(y-y')^2}{2\sigma_y^2} - \frac{(z-z')^2}{2\sigma_z^2}\right)$$

La concentrazione totale in un punto è ottenuta sommando il contributo di tutti i puff.



I puff emessi da ogni sorgente si muovono nel tempo sul territorio: il centro del puff viene trasportato dal campo di vento tridimensionale mentre la diffusione causata dalla turbolenza atmosferica provoca l'allargamento del puff ed è descritta da funzioni di dispersione analoghe a quelle usate nei modelli gaussiani (funzioni  $\sigma$ ).

Rispetto ai semplici modelli gaussiani i modelli a puff sono particolarmente indicati nelle situazioni di orografia complessa dove il campo meteorologico non può essere supposto costante: per questo motivo questi modelli sono spesso accoppiati con modelli diagnostici mass-consistent che permettono di ricostruire un campo di vento tridimensionale per ogni intervallo temporale simulato a partire da dati locali misurati. È inoltre interessante osservare che tali modelli possono essere applicati anche in condizioni di calma di vento in quanto il termine di velocità del vento a denominatore presente nell'equazione gaussiana non è presente nell'equazione che descrive il moto dei puff.

In CALPUFF i coefficienti di dispersione sono calcolati utilizzando i parametri di turbolenza ( $u^*$ ,  $w^*$ , LMO) definiti da CALMET, anziché dalle classi di stabilità Pasquill-Gifford-Turner. La turbolenza è quindi descritta da funzioni continue anziché discrete ed in termini di convettività e/o stabilità del PBL (Planetary Boundary Layer). Durante i periodi in cui lo strato limite ha struttura convettiva, la distribuzione delle concentrazioni all'interno di ogni singolo puff è gaussiana sui piani orizzontali, ma asimmetrica sui piani verticali, cioè tiene conto della asimmetria della funzione di distribuzione di probabilità delle velocità verticali. In altre parole, il modello simula gli effetti sulla dispersione dovuti ai moti ascendenti e discendenti dell'aria tipici delle ore più calde della giornata e dovuti ai vortici di grande scala.

CALPOST è il programma utilizzato dal sistema per il postprocessamento delle serie orarie di concentrazioni calcolata dal CALPUFF al fine di calcolare gli indici di qualità dell'aria stabiliti dalla normativa di riferimento adottata nello studio.

Gli algoritmi di CALPUFF consentono inoltre di considerare l'effetto scia generato dagli edifici prossimi alla sorgente (effetto downwash), della fase transizionale del pennacchio, della orografia complessa del terreno, della deposizione secca ed umida.

La trattazione matematica del modello è piuttosto complessa e si rinvia al manuale tecnico di CALPUFF per ulteriori approfondimenti (Scire et al., 2000).

#### 4.4 Principali impostazioni adottate

Le simulazioni modellistiche effettuate con CALPUFF sono state condotte sulla base delle seguenti ipotesi:

- area di studio con orografia semplice (Opzione Complex Terrain disattivata);
- opzione partial plume penetration per il trattamento delle inversioni termiche in quota;
- utilizzo dei coefficienti di dispersione ( $\sigma_v$  e  $w$ ) calcolati internamente a partire da variabili continue micrometeorologiche (MDISP=2);
- disattivazione degli effetti di deposizione secca e umida;
- attivazione degli effetti di downwash (algoritmi BPIP-PRIME) per le sorgenti puntuali, qualora necessario.

Le principali impostazioni applicate nelle simulazioni modellistiche effettuate sono riassunte nella seguente tabella.

*Tabella 4-1 Sintesi delle impostazioni modellistiche utilizzate nelle simulazioni*

<b>nome e versione software utilizzato</b>	CALPUFF v7.2.1 CALMET v6.5.0 CALPOST v7.1.0
<b>building downwash</b>	qualora necessario
<b>plume rise</b>	Sì (MTRANS =1)
<b>stack tip down wash</b>	Sì (MTIP=1)
<b>partial plume penetration</b>	Sì (MPARTL=1)
<b>deposizione secca</b>	NO
<b>deposizione umida</b>	NO
<b>reazioni chimiche</b>	NO
<b>metodo utilizzato per calcolo coefficienti di dispersione (<math>\sigma_v</math> e <math>w</math>)</b>	Continue micrometeorologiche (MDISP=2)
<b>tipologia griglia</b>	Sovrapposizione di più griglie regolari
<b>n celle (nx,ny)</b>	CALMET 14x16  CALPUFF Computational Grid: 14x16 Nested Grid: 801 recettori generati
<b>dimensione celle</b>	CALMET 1000m  CALPUFF Computational Grid: 500m Nested Grid: 100/250m rispettivamente fino a 1000/2500m dal centro
<b>Coord XY (con u.m.) (UTM WGS84 Fuso 32)</b>	CALMET (vertice sw) 278000m E 5031000m N  CALPUFF Computational Grid (vertice sw) 278000m E 5031000m N Nested Grid (centro) 286500m E 5037500m N

## 5 RICOSTRUZIONE DELL'INPUT METEOROLOGICO

### 5.1 Domini spaziale e temporale di calcolo

I dati meteorologici rappresentativi del regime meteoroclimatico dell'area di studio sono stati elaborati con CALMET per l'utilizzo nelle simulazioni di dispersione con il modello CALPUFF per l'intero anno civile 2019, scelto sulla base dei criteri temporali (scelta tra i 5 anni più recenti) e dispersivi (escludendo gli anni caratterizzati da una meteorologia particolarmente dispersiva) definiti dai recenti indirizzi operativi di ARPAV (ARPAV, 2020).

CALMET è stato inizializzato in modalità "ibrida", ossia utilizzando dati meteorologici di tipo puntuale registrati da stazioni di misura al suolo e dati meteorologici tridimensionali provenienti da un modello prognostico di mesoscala.

I dati in quota sono stati ricostruiti a partire dai risultati del modello meteorologico prognostico WRF ((Weather Research and Forecasting model), su un dominio spaziale pari a 60x60 km centrato sull'area di studio ed una risoluzione spaziale pari a 12km per 35 livelli verticali. Il dataset "CALMET-ready" è stato fornito da Lakes Environmental – Data Services (Ontario, Canada).

Per il dataset di superficie è stato fatto riferimento alla stazione di AGIP Raffineria, ubicata all'interno del perimetro dell'installazione in esame.

Mediante CALMET si è quindi effettuato il downscaling del campo meteorologico fornito da WRF; il dominio di calcolo di CALMET ha infatti un'estensione di 14x16 km e risoluzione spaziale maggiore rispetto a WRF, pari a 1 km.

Le seguenti figure mostrano il dominio del dataset WRF sovrimposto alla griglia di calcolo di CALMET.

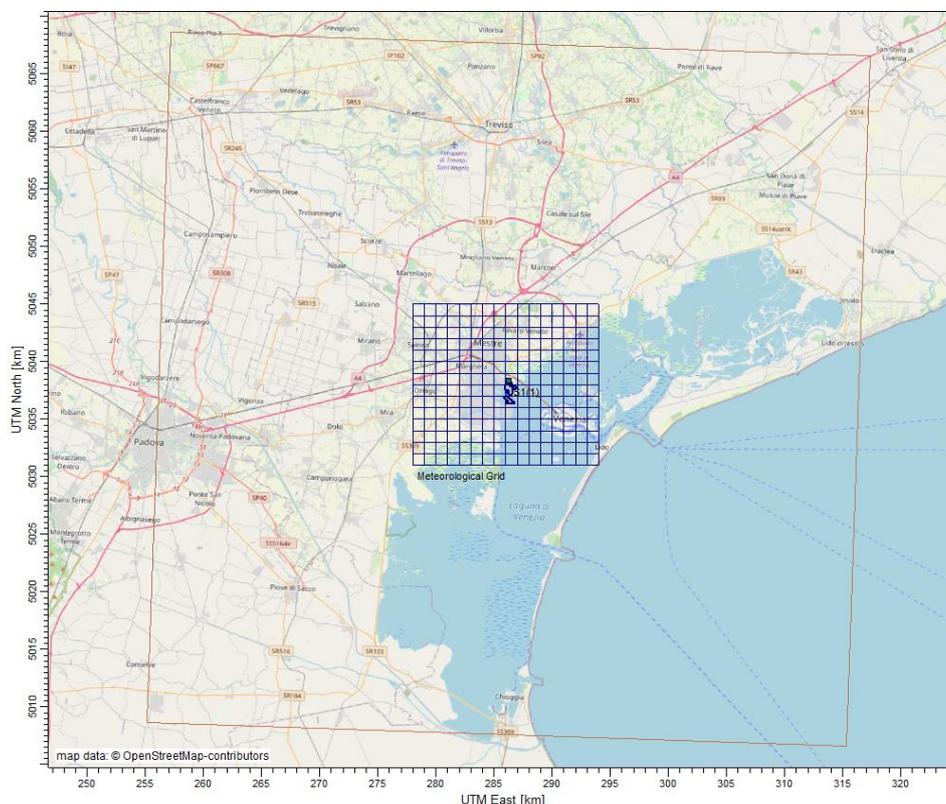


Figura 5-1 – Dominio del dataset WRF (□) e griglia di calcolo utilizzati in CALMET

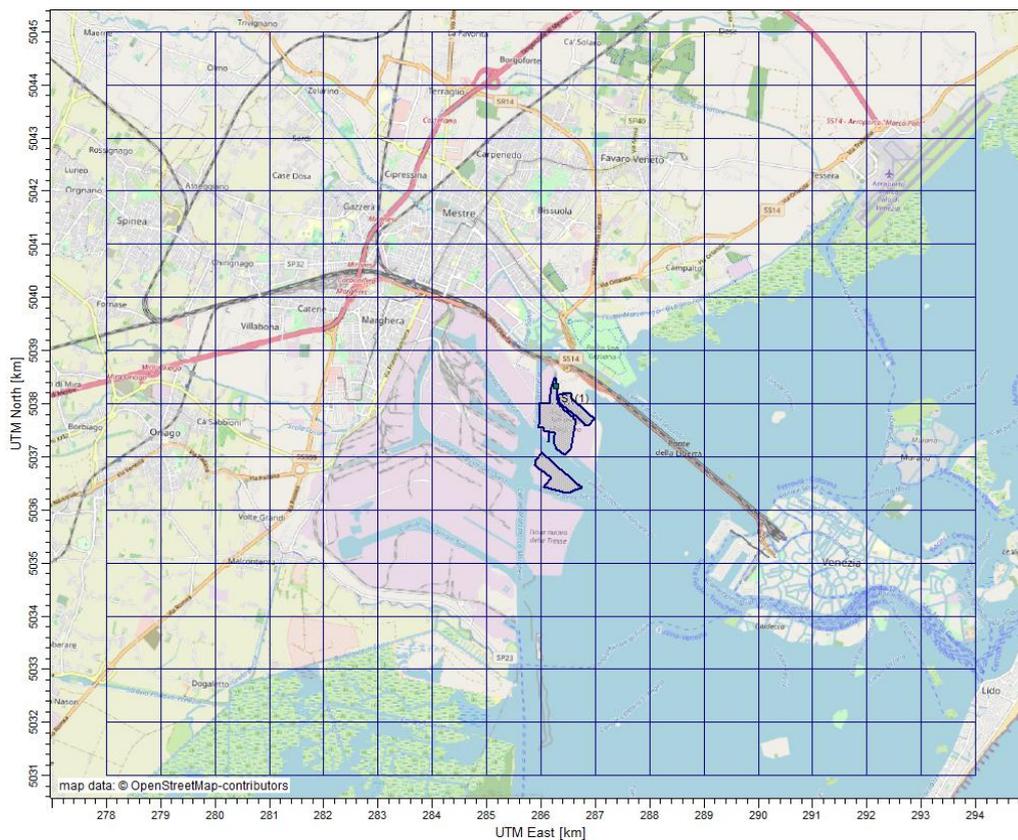


Figura 5-2 – Griglia di calcolo di CALMET

## 5.2 Input WRF

I valori iniziali e al contorno sono stati estrapolati da vari modelli meteorologici globali, la cui descrizione è riportata nella tabella seguente. Le simulazioni WRF sono volte alla creazione del 3D.DAT, file dei parametri meteorologici tridimensionali in ingresso a CALMET.

Nella seguente tabella è riportata una descrizione dettagliata di questi dati. Si evidenzia come tra i dati osservati utilizzati per la re-analysis del dataset GFS sia inserita la Stazione di Venezia Tessera, limitrofa all'installazione in esame. Si evidenzia come tra i dati osservati utilizzati per la re-analysis del dataset GFS sia inserita la Stazione di Venezia Tessera, limitrofa all'installazione in esame.

*Tabella 5-1 Modelli meteorologici globali utilizzati nella simulazione WRF*

<b>Dati</b>	GFS (Global Forecasting System) rianalizzato con i dati osservati della rete GDAS (Global Data Assimilation System)
<b>Tipo Variabili meteorologiche</b>	Variabili meteorologiche, parametri fisici e chimici atmosfera
<b>Fornitore</b>	NCEP (National Centers for Environmental Prediction)
<b>Sito dati</b>	<a href="http://rda.ucar.edu/datasets/ds083.2/">http://rda.ucar.edu/datasets/ds083.2/</a>
<b>Formato</b>	GRIB1
<b>Risoluzione spaziale</b>	1° Latitudine x 1° Longitudine
<b>Risoluzione temporale</b>	6 ore

<b>Dati</b>	SST (Sea Surface Temperature)
<b>Tipo Variabili meteorologiche</b>	Temperatura superficiale dei mari
<b>Fornitore</b>	NCEP (National Centers for Environmental Prediction)
<b>Sito dati</b>	<a href="ftp://polar.ncep.noaa.gov/pub/history/sst">ftp://polar.ncep.noaa.gov/pub/history/sst</a>
<b>Formato</b>	GRIB1
<b>Risoluzione spaziale</b>	1° Latitudine x 1° Longitudine
<b>Risoluzione temporale</b>	1 giorno

## 5.3 Input CALMET

### 5.3.1 Orografia

L'orografia della zona in esame è inputata nel modello di dispersione tramite i valori del DTM (Digital Terrain Model) dell'area, ricostruito sulla base dei dati SRTM3 (Shuttle Radar Topography Mission, USGS - EROS Data Center, Sioux Falls, SD, USA) con risoluzione spaziale di circa 90 m.

### 5.3.2 Uso del suolo

Le informazioni di uso del suolo, ricavate dal dataset CORINE Land Cover, V2018, con risoluzione 250 m, sovrimposte alla griglia di calcolo utilizzata in CALMET, sono state inserite permettendo inoltre di definire i parametri di superficie richiesti dal modello di dispersione (rugosità superficiale, albedo, rapporto di Bowen, flusso di calore dal suolo, indice di superficie fogliare). I valori dei parametri sono stati elaborati sulla base delle corrispondenze con le categorie della classificazione USGS Land Use, utilizzando i valori di default presenti nel data-set interno al pre-processore meteorologico CALMET.

### 5.3.3 Dati meteorologici

Le centraline meteorologiche più prossime allo stabilimento, utilizzate nel presente studio, sono quelle ubicate entro un raggio di 3 km: 05 - AGIP Raffineria, 22 - Torre Pompieri Enichem e 23 - C.E.D. Ente Zona Meteo; tutte e 3 gestite dall'Ente Zona industriale di Porto Marghera.

Nella seguente tabella sono riportate le coordinate e i parametri monitorati e in figura seguente è rappresentata la localizzazione di tali centraline.

*Tabella 5-2 Descrizione delle stazioni meteorologiche considerate*

Nome stazione	ID	Tipologia area	Coordinate WGS84	Quota	Parametri meteo misurati
AGIP Raffineria	05	Industriale	12°15'58".4 E 45°27'56".4 N	10 m	<b>Direzione vento – DV*</b> <b>Velocità vento – VV*</b> <b>Temperatura – Temo*</b>
Torre Pompieri Enichem	22	Industriale	12°14'11".8 E 45°26'58".6 N	40 m	Direzione vento - DV Velocità vento – VV
C.E.D. Ente Zona	23	Industriale	12°14'35".4 E 45°26'45".6 N	6 m	Temperatura – Temp Radiazione solare globale – Rad <b>Pressione – Pres*</b> <b>Umidità relativa – UR*</b> Precipitazione- Prec

\* utilizzato nelle simulazioni



*Figura 5-3: Stazioni meteorologiche considerate*

Quale centralina di riferimento per le variabili meteorologiche è stata utilizzata la centralina di AGIP Raffineria, integrata per i parametri mancanti di Temperatura e Pressione della centralina CED (23). Si è deciso di trascurare i dati anemometrici della Stazione 22 - Torre Pompieri, in quanto rilevati alla quota di 40 m rispetto a 10m convenzionali.

Quale centralina di riferimento per le variabili meteorologiche è stata utilizzata la centralina di AGIP Raffineria, integrata per i parametri mancanti di Temperatura e Pressione della centralina CED (23). Si è deciso di trascurare i dati anemometrici della Stazione 22 - Torre Pompieri, in quanto rilevati alla quota di 40 m rispetto a 10m convenzionali. I dati di precipitazioni misurate dalla stazione CED non sono stati utilizzati in quanto i fenomeni di deposizione secca e umida sono stati cautelativamente disattivati nel modello di.

La seguente tabella sono riportate le completezze dei dati meteorologici registrati dalle centraline nel 2019 ed utilizzati nelle simulazioni modellistiche. Le lacune sono state opportunamente coperte tramite interpolazione delle serie temporali (per lacune inferiori a 4 ore consecutive) o facendo riferimento ai dati della stazione di Tessera Aeroporto Marco Polo.

*Tabella 5-3: Completezza dati meteorologici utilizzati nelle simulazioni (anno 2019)*

<b>Parametro</b>	<b>Stazione</b>	<b>Completezza (anno 2019)</b>
Temp	AGIP Raffineria	99.99%
VV	AGIP Raffineria	100%
DV	AGIP Raffineria	99.99%
UR	C.E.D. Ente Zona	99.65%
Pres	C.E.D. Ente Zona	99.65%

Nel Quadro Ambientale del SIA è riportato un inquadramento climatologico e meteorologico dell'area di studio al quale si rimanda per dettagli.

## 5.4 Output CALMET

La seguente figura riporta un esempio del campo di vento simulato nell'area di studio nel primo livello di quota (10 m)

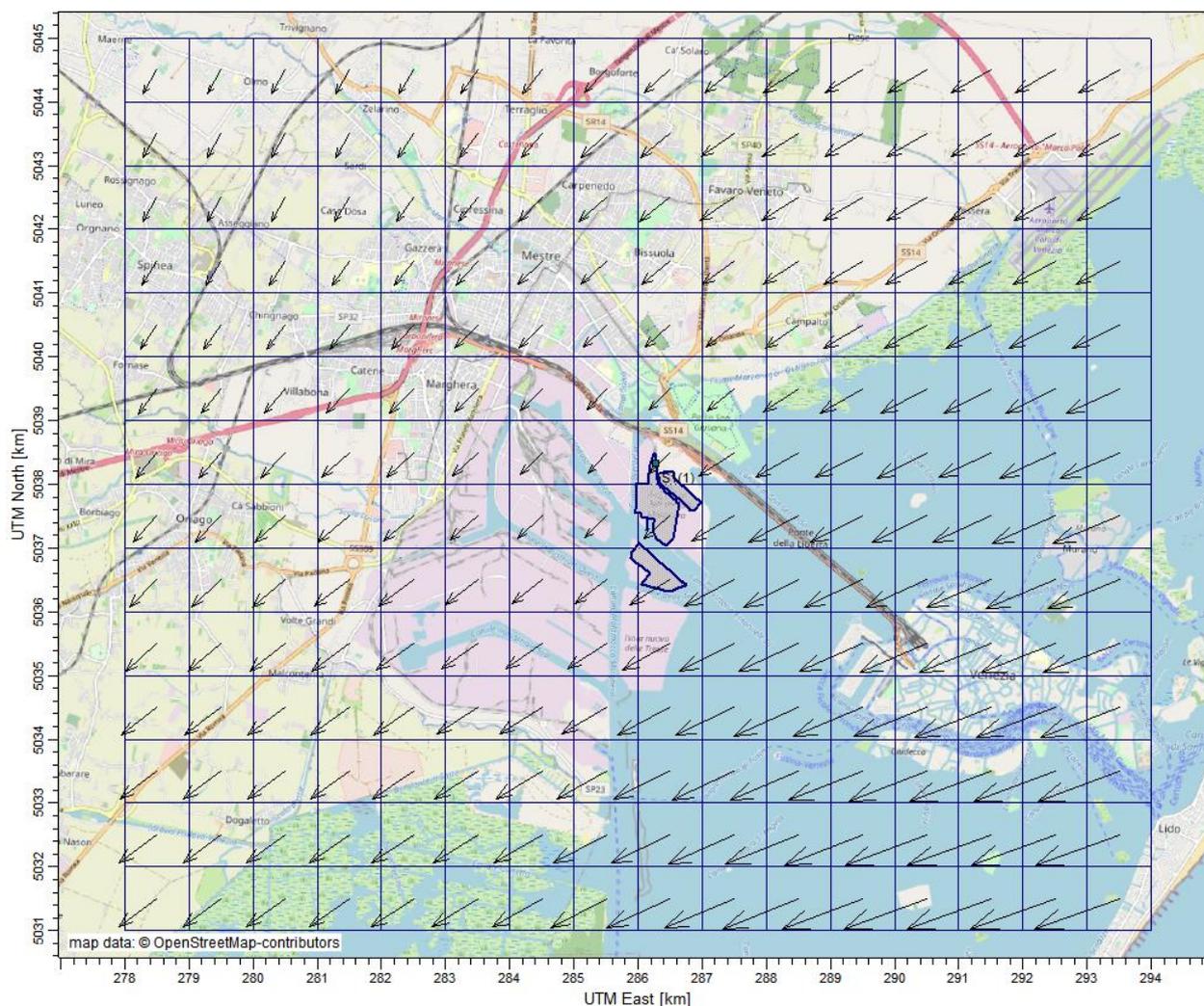
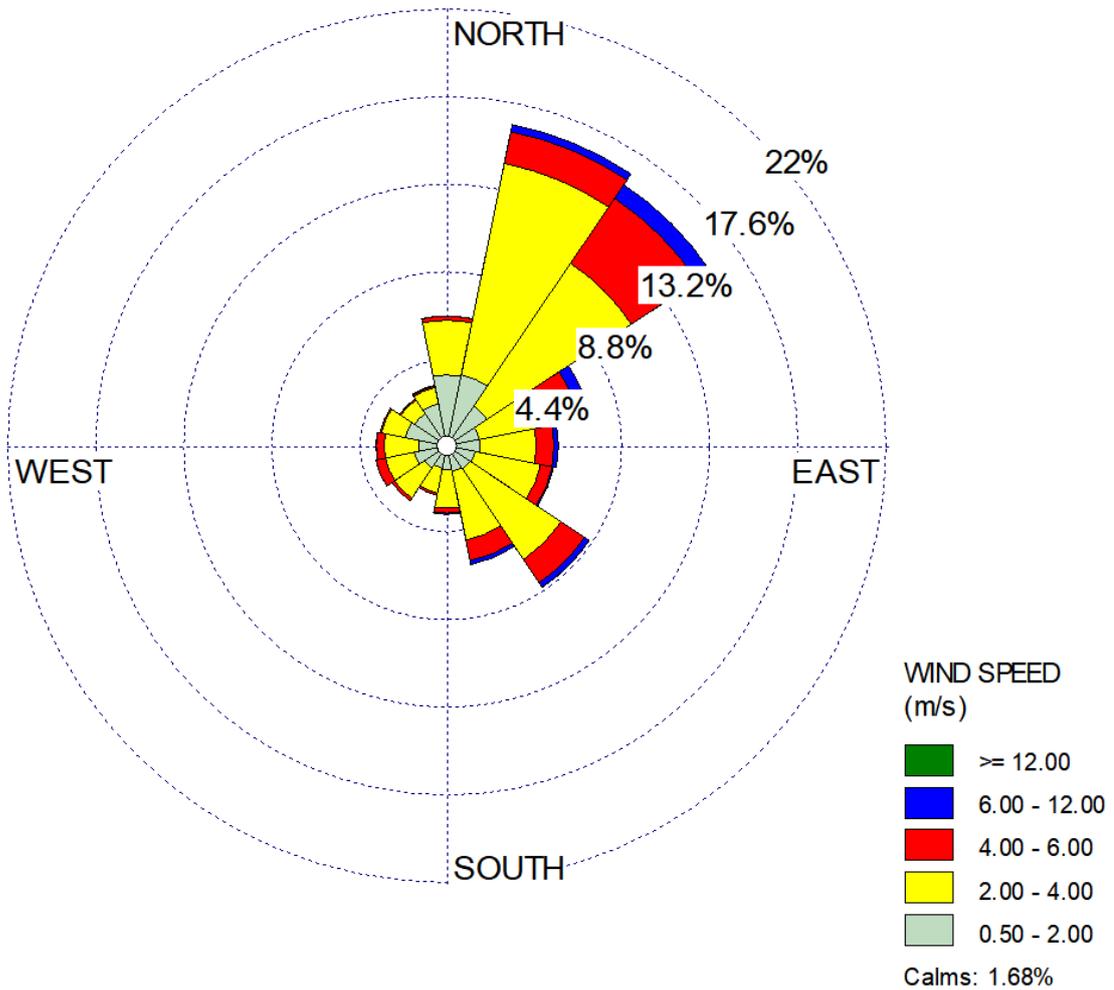


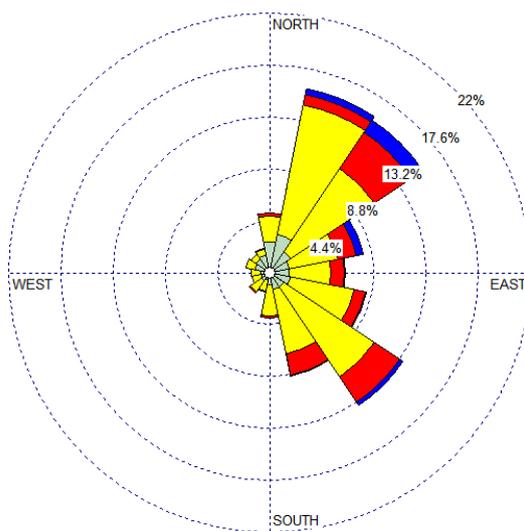
Figura 5-4 – Esempio di campo di vento calcolato dal modello meteorologico CALMET

Nelle figure che seguono si riportano le elaborazioni dei dati meteorologici dell'area di studio, con gli andamenti di alcune grandezze significative utilizzate per le simulazioni modellistiche della dispersione nel caso in esame. I dati meteo utilizzati si riferiscono al periodo di simulazione 1° gennaio 2019, ore 00.00 – 31 dicembre 2019, ore 23.00.

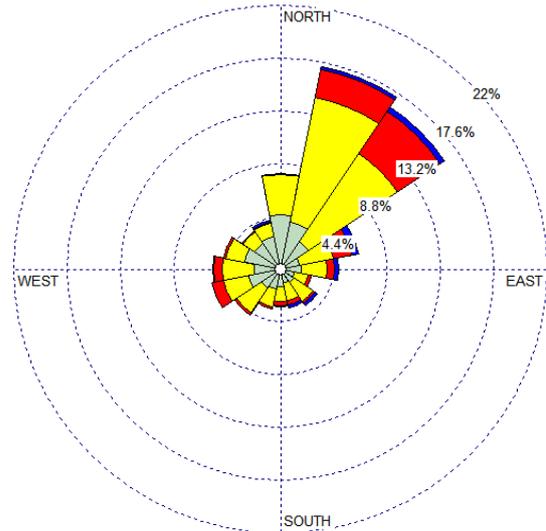
Nello specifico è stato valutato il regime anemometrico per frequenza di intensità (m/s) e direzione di provenienza delle masse d'aria oltre alla distribuzione delle classi di velocità dei venti in corrispondenza della Raffineria di Venezia



(a)

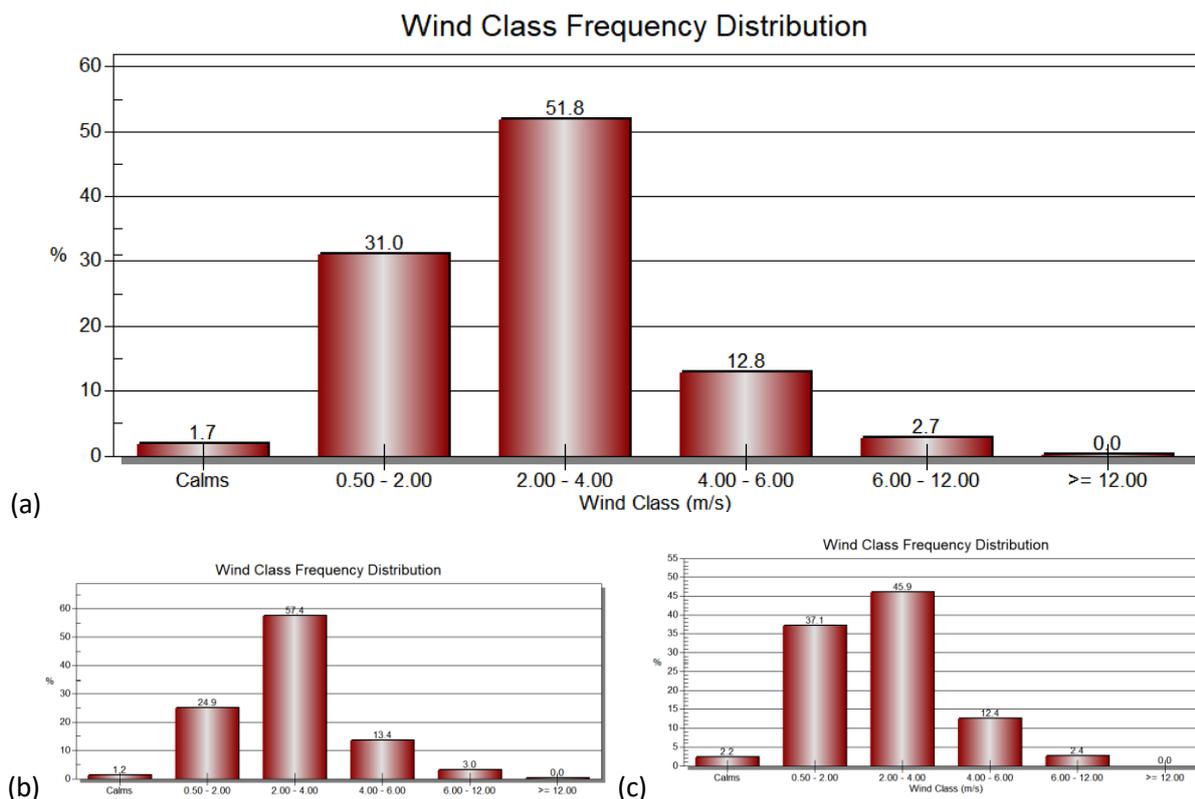


(b)



(c)

Figura 5-5 – Rosa dei venti 2019 simulati in superficie in corrispondenza dell’impianto); (a) intero anno (b) semestre caldo (aprile-settembre); (c) semestre freddo (gennaio-marzo e ottobre-dicembre)



*Figura 5-6 – Distribuzione classi di velocità del vento 2019 simulato in superficie in corrispondenza dell'impianto - (a) intero anno (b) semestre caldo; (c) semestre freddo*

La rosa dei venti simulata da CALMET si presenta concorde con le misurazioni effettuate in corrispondenza della stazione EZI di AGIP Raffineria.

L'area è caratterizzata dalla presenza di venti provenienti prevalentemente dai settori nordorientali, da cui provengono anche i venti di maggiore intensità, e, in secondo ordine, dai quadranti sudorientali, in particolare nel semestre caldo (aprile-settembre).

Il regime anemologico è caratterizzato dalla presenza di venti di media intensità con velocità predominanti comprese tra 2 e 4 m/s (51,8%) ed una velocità media annua pari a 2,72 m/s; le condizioni di calma di vento (<0,5 m/s) presentano una frequenza pari a 1,78%.

Sono state inoltre modellizzate le classi di stabilità atmosferica, secondo la classificazione di Pasquill.

Le classi di stabilità atmosferica di Pasquill sono importanti indicatori qualitativi dell'intensità della turbolenza atmosferica; esse sono caratterizzate da 6 possibili condizioni, da fortemente instabile (A) a fortemente stabile (F o F+G).

### Stability Class Frequency Distribution

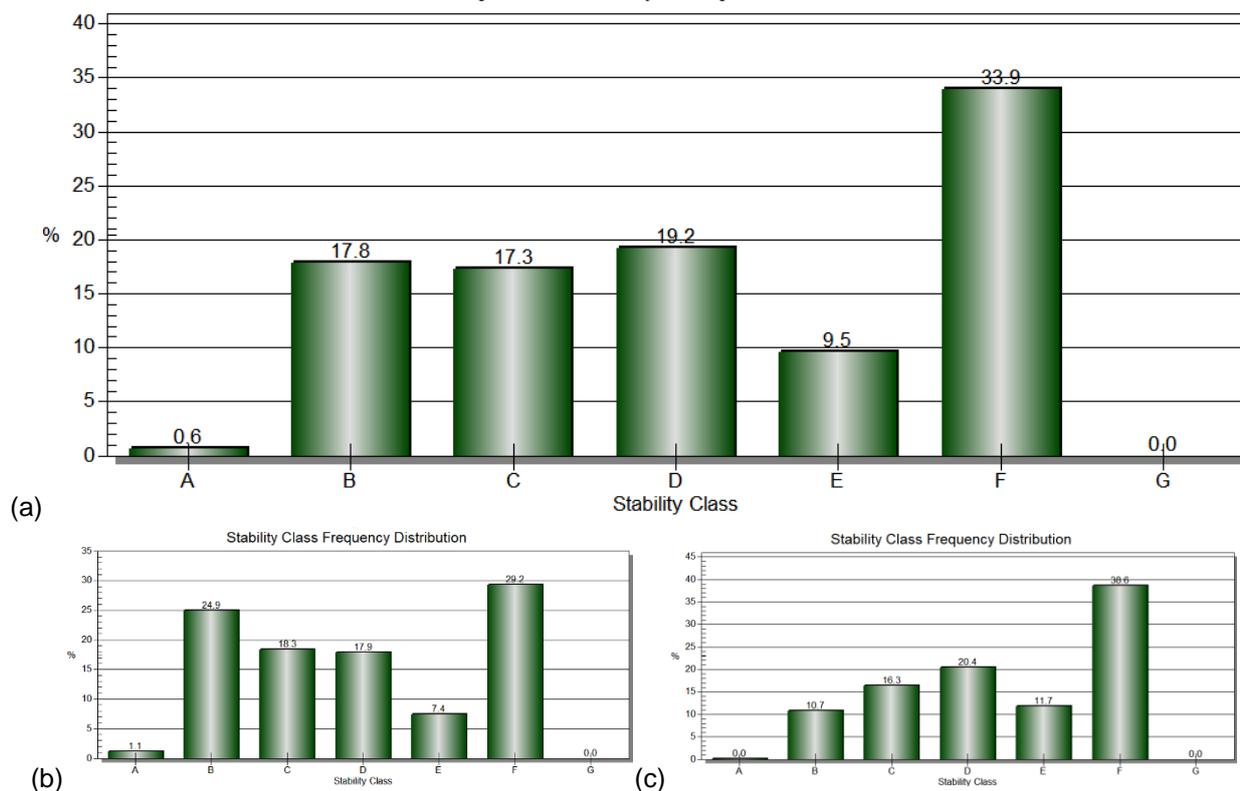


Figura 5-7 – Distribuzione Classi di Pasquill stimate in corrispondenza dell'area di progetto - (a) intero anno (b) semestre caldo; (c) semestre freddo

I dati meteo climatici e diffusivi risultanti dalle simulazioni evidenziano, in corrispondenza dell'area di progetto, una prevalenza di condizioni stabili (E+F+G: 43,4%) rispetto a condizioni instabili (A+B+C: 35,7%) e neutre (D: 19,2%). Le condizioni instabili sono più frequenti nel periodo caldo (marzo-settembre).

## 6 MAGLIE DI CALCOLO E DEFINIZIONE DEI RICETTORI

La selezione del dominio di calcolo e del passo di griglia è molto importante in quanto un dominio troppo limitato ed un passo di griglia troppo ampio rischiano di nascondere effetti importanti e di non identificare le aree di massimo impatto, mentre un dominio troppo vasto e un passo di griglia troppo ravvicinato determinano tempi di calcolo e dimensione dei file di output elevati, che possono rendere difficoltosa la successiva analisi dei risultati.

Nel caso in esame, il dominio utilizzato per il calcolo delle concentrazioni di inquinanti al suolo emessi dall'installazione ha dimensioni pari al dominio CALMET 14 x 16 km centrato sull'installazione in oggetto.

L'area di studio comprende i territori comunali di Venezia, Mira, Spinea e Martellago.

Per quanto riguarda il passo di griglia, su tutto il dominio è stato utilizzato un fattore di annidamento (nesting factor) pari a 2, per una risoluzione spaziale minima pari a 500 m su tutto il dominio di calcolo.

Inoltre, per incrementare la definizione dei risultati in prossimità delle sorgenti emmissive, sono state inserite 2 griglie innestate centrate nell'impianto (come riportato nella figura sottostante), aventi:

- un passo di 100 m fino a 1000 m dall'impianto;
- un passo di 250 m fino a 2500 m dall'impianto.

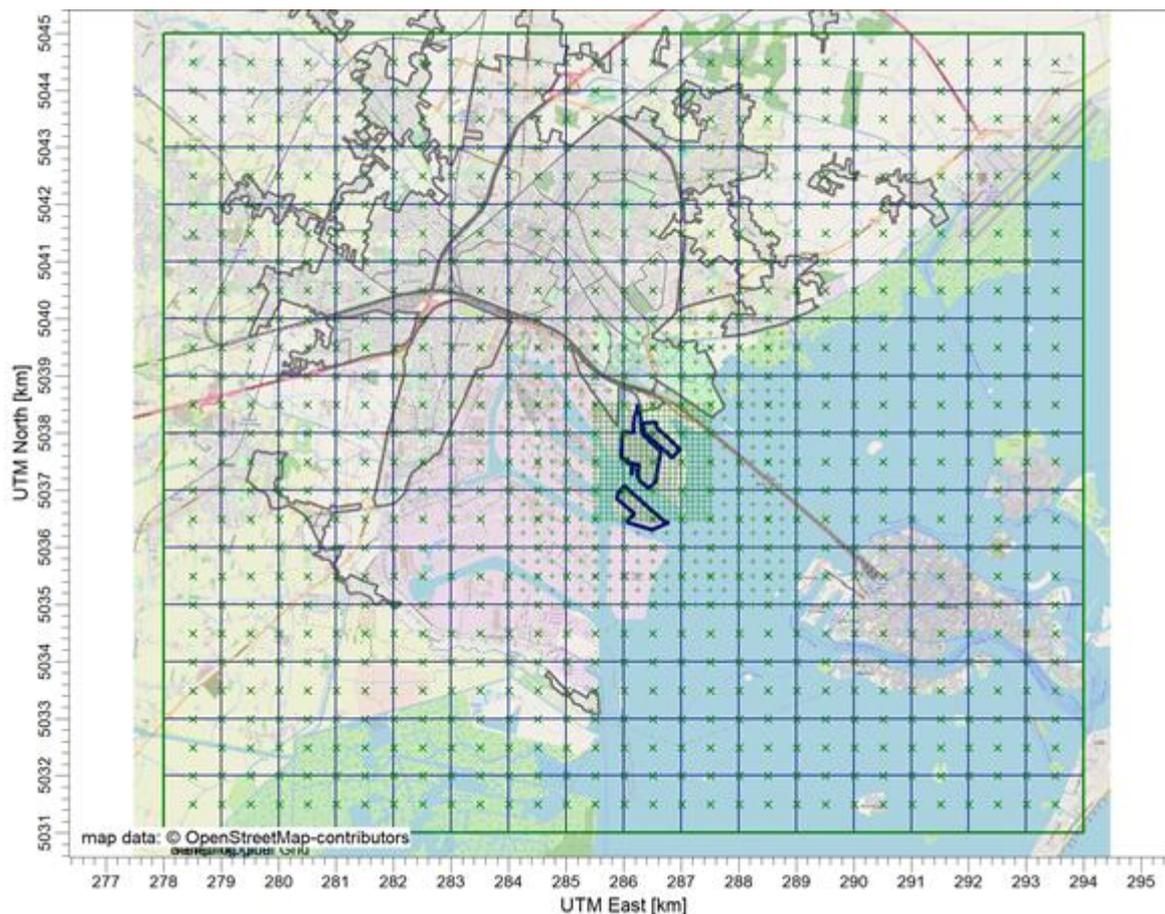


Figura 6-1 Griglie di calcolo considerate nelle simulazioni modellistiche

Al fine di identificare i recettori sensibili da inserire nel modello di calcolo quali recettori discreti, si è fatto riferimento al webgis della città metropolitana ([Webgis dei tematismi della WebMapp - Web MApp - Lizmap cittametropolitana.ve.it](http://Webgis.dei.tematismi.della.WebMapp-Web.MApp-Lizmap.cittametropolitana.ve.it)). La seguente figura mostra il risultato nell'interrogazione territoriale effettuata selezionando le seguenti tipologie di tematismi:

- Servizi e attività ricettive (Alberghi, B&B, Appartamenti per vacanze, Agriturismi, Campeggi, Altre strutture ricettive)
- Servizi ed attività commerciali (Centri commerciali, Ristoranti)
- Luoghi di aggregazione (Parchi gioco)
- Luoghi di culto
- Istruzione e Cultura (Scuole, Musei e pinacoteche, Biblioteche e sale studio)
- Sport (Strutture Sportive, Piscine)
- Sanità (Ospedali, Strutture Sanitarie, Case di Cura)
- Infrastrutture (Stazioni ferroviarie)



Figura 6-2 Ricettori risultanti da Webgis

Tra tutti i recettori sensibili presenti nell'area di indagine sono stati selezionati quelli presenti nelle vicinanze dell'impianto, così come descritti nella seguente tabella e figura. I recettori comprendono edifici o spazi aperti fruibili al pubblico più vicini all'impianto, ubicati nel territorio comunale di Venezia. Si evidenzia come gli edifici residenziali, le strutture scolastiche e sanitarie e gli ulteriori centri abitati presenti nel dominio di calcolo sono posti a distanze più elevate rispetto ai recettori selezionati.

A tutti i recettori individuati è stata assegnata una altezza individuale pari a 2 m.

Tabella 6-1 Recettori sensibili considerati nelle simulazioni

ID	UTM WGS84 Fuso 33		Nome	Tipo	Centro Abitato
	X (m)	Y (m)			
1	285102	5039622	HOTEL ALVERI'	Alberghi diffusi	MESTRE
2	285278	5039157	Ristorante	Ristorante	MESTRE
3	285969	5039481	La Dispensa del Forte	Ristorante	MESTRE
4	284394	5037957	Ristorante	Ristorante	-
5	284160	5034185	ALLOGGI LAGUNA	Alloggi turistici	-
6	285281	5039223	Ca' Foscari: Marghera VEGA	Scuole	MESTRE
7	285335	5033222	CAMPING FUSINA	Campeggi	FUSINA
8	285522	5039113	Stazione di Porto Marghera	Stazione ferroviaria	MESTRE
9	286596	5039237	Campo calcio Parco san Giuliano	Strutture sportive	MESTRE
10	287143	5038830	Pista di Pattinaggio San Giuliano	Strutture sportive	MESTRE
11	287508	5038296	Centro nautico	Strutture sportive	MESTRE

Ulteriori recettori discreti sono stati ubicati in corrispondenza delle centraline di monitoraggio delle reti ARPA ed EZI.

Tabella 6-2 Ulteriori recettori discreti definiti in corrispondenza delle centraline di Qualità dell'Aria

ID	UTM WGS84 Fuso 33		Nome	Tipo	Centro Abitato
	X (m)	Y (m)			
12	281442	5035444	VE - Malcontenta	Centralina ARPAV	MALCONTENTA
13	282689	5039418	VE - Via Beccaria	Centralina ARPAV	MESTRE
14	286019	5042084	VE - Parco Bissuola	Centralina ARPAV	MESTRE
15	289813	5034047	VE - Sacca Fisola	Centralina ARPAV	VENEZIA
16	282573	5041090	VE - Via Tagliamento	Centralina ARPAV	MESTRE
17	290628	5034824	VE - Rio Novo	Centralina ARPAV	VENEZIA
18	284987	5039368	Fincantieri - Breda	Centralina EZI	-
19	286291	5038318	AGIP Raffineria	Centralina EZI	-
20	284893	5034584	ENEL Fusina	Centralina EZI	-
21	284401	5036194	C.E.D. Ente Zona	Centralina EZI	-
22	282637	5034809	Pagnan	Centralina EZI	-
23	282882	5040124	Marghera	Centralina EZI	MESTRE
24	289332	5035597	Tronchetto	Centralina EZI	VENEZIA
25	290835	5033541	Giudecca	Centralina EZI	VENEZIA
26	282000	5034200	Moranzani	Centralina EZI	-
27	285102	5039622	Campagnalupia	Centralina EZI	

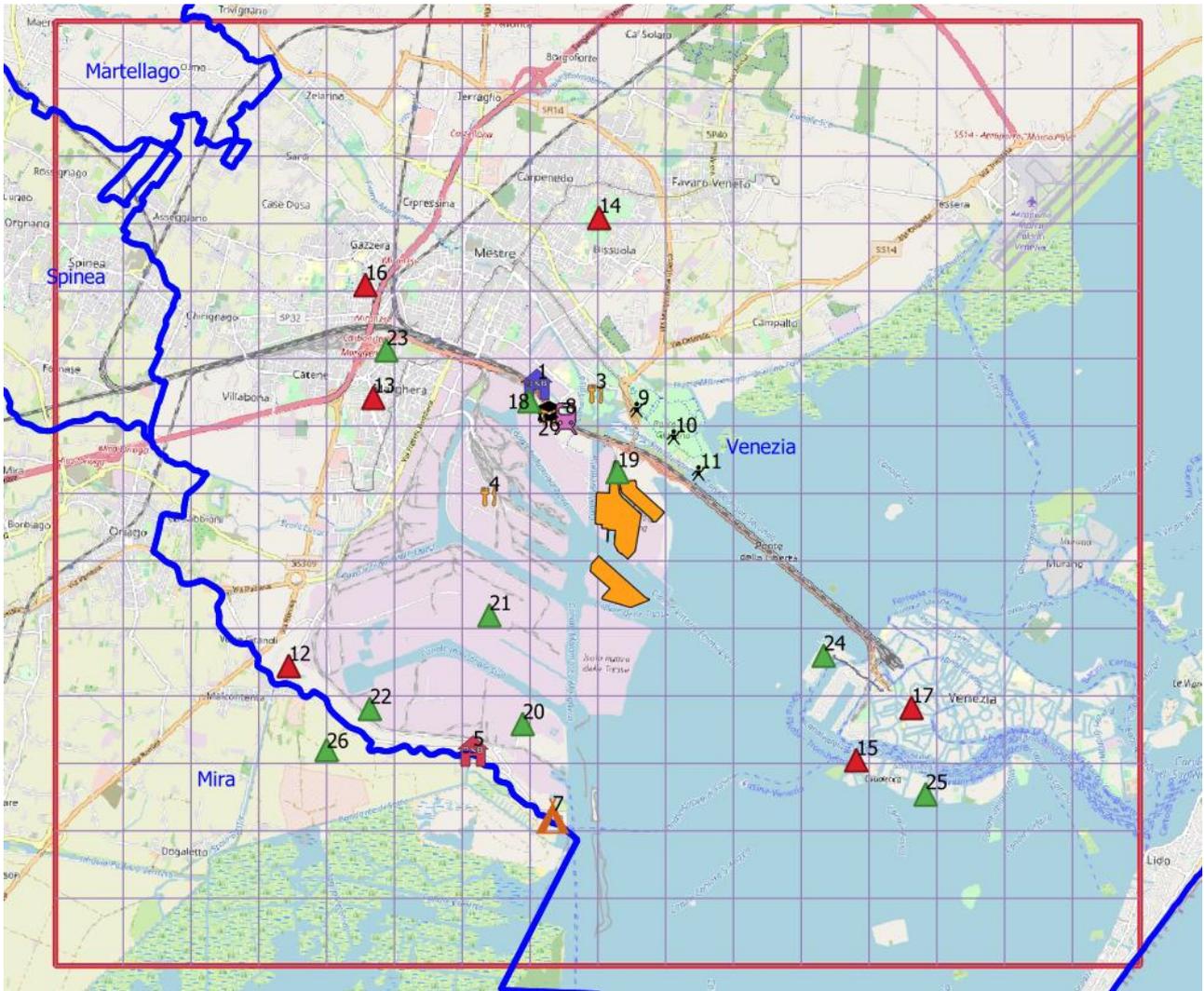


Figura 6-3 Recettori discreti individuati in prossimità dell'impianto