



POLITECNICO
MILANO 1863

DIPARTIMENTO DI CHIMICA,
MATERIALI E INGEGNERIA
CHIMICA "GIULIO NATTA"

*Laboratorio
olfattometrico*

Piazza Leonardo Da Vinci, 32
20133 Milano

tel. 02-2399.3292

Versalis S.p.A.

STABILIMENTO DI MANTOVA

Via Giuseppe Taliercio, 14, 46100 Mantova (MN)

VALUTAZIONE DI IMPATTO OLFATTIVO

Milano, 5 marzo 2024

Dott. Ing. Selena Sironi

Dott. Ing. Marzio Invernizzi

Ing. Francesca Tagliaferri

INDICE

1. Introduzione	4
2. Modello cartografico	6
2.1. <i>Dominio di spazio delle simulazioni</i>	<i>6</i>
2.2. <i>Effetti dei rilievi orografici e land use</i>	<i>6</i>
2.3. <i>Recettori discreti</i>	<i>8</i>
3. Modello meteorologico	13
3.1. <i>Dati di input</i>	<i>13</i>
3.2. <i>Analisi dei venti</i>	<i>16</i>
3.3. <i>Parametri micrometeorologici</i>	<i>21</i>
4. Modello emissivo	25
4.1. <i>Origine dei dati di emissione</i>	<i>25</i>
4.2. <i>Sotto-scenario camini</i>	<i>26</i>
4.3. <i>Sotto-scenario impianto di depurazione acque reflue</i>	<i>28</i>
4.3.1. <i>Emissioni areali</i>	<i>28</i>
4.3.2. <i>Emissioni puntuali</i>	<i>34</i>
4.4. <i>Sotto-scenario serbatoi a tetto fisso</i>	<i>35</i>
4.5. <i>Sotto-scenari serbatoi a tetto galleggiante</i>	<i>40</i>
4.6. <i>Sotto-scenario biofiltro</i>	<i>45</i>
4.7. <i>Sotto-scenario emissioni fuggitive</i>	<i>46</i>
4.8. <i>Scenario globale</i>	<i>49</i>

5. Modello di dispersione	50
5.1. <i>Descrizione del modello</i>	<i>50</i>
5.2. <i>Building downwash.....</i>	<i>51</i>
5.3. <i>Effetti delle fluttuazioni istantanee di concentrazione di odore</i>	<i>53</i>
5.4. <i>Elaborazione dei risultati</i>	<i>55</i>
5.4.1. <i>Limiti di accettabilità dell'impianto</i>	<i>55</i>
5.4.2. <i>Presentazione dei risultati.....</i>	<i>56</i>
5.4.3. <i>Calcolo dei percentili di concentrazione</i>	<i>57</i>
6. Presentazione e valutazione dei risultati.....	58
6.1. <i>Mappe di impatto: Sotto-scenario camini.....</i>	<i>59</i>
6.2. <i>Mappe di impatto: Sotto-scenario biofiltro</i>	<i>60</i>
6.3. <i>Mappe di impatto: Sotto-scenario vasche di trattamento acque</i>	<i>61</i>
6.4. <i>Mappe di impatto: Sotto-scenario serbatoi a tetto fisso</i>	<i>62</i>
6.5. <i>Mappe di impatto: Sotto-scenario serbatoi a tetto galleggiante</i>	<i>63</i>
6.6. <i>Mappe di impatto: Sotto-scenario emissioni fuggitive</i>	<i>64</i>
6.7. <i>Mappe di impatto: Scenario globale</i>	<i>65</i>
6.8. <i>Impatto presso i ricettori discreti</i>	<i>66</i>
7. Considerazioni conclusive.....	68

1. INTRODUZIONE

Il presente studio ha come obiettivo la valutazione dell'impatto olfattivo dello stabilimento petrolchimico Versalis, insediato presso il Polo Industriale di Mantova, sito in Via Giuseppe Taliercio, 14, 46100 (MN).

L'impatto delle emissioni in atmosfera è determinato applicando un modello di dispersione atmosferica che, a partire dai dati emissivi, calcola la concentrazione dell'odore nell'aria ambiente al suolo, elaborando i dati meteorologici ed i dati di profilo del terreno. Per il calcolo della dispersione delle emissioni è stato impiegato il modello CALPUFF, realizzato dalla Earth Tech Inc. per conto del California Air Resources Board (CARB) e del U.S. Environmental Protection Agency (US EPA). Nello specifico è stata utilizzata la versione 7.2.1, a mezzo della Graphical User Interface (GUI) CALPUFF View 9.0.1., testata e commercializzata da Lakes Environmental Software. Per il pre-processamento dei dati geografici e meteorologici sono stati utilizzati rispettivamente i processori GEO e CALMET che risultano già integrati nella GUI, mentre per il post-processamento, finalizzato ad ottenere le mappe di impatto, è stato fatto uso del processore CALPOST, anch'esso integrato nella GUI.

Il modello selezionato e le impostazioni dello stesso sono conformi a quanto previsto dalle linee guida *"Indirizzi per l'applicazione dell'articolo 272-Bis del Dlgs 152/2006 in materia di emissioni odorigene di impianti e attività"*, pubblicate dal Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica (D.D. n° 309 del 28/06/2023) e alle linee guida SNPA specifiche sull'applicazione dei modelli nella valutazione dell'impatto olfattivo (Delibera SNPA n. 38/2018, Capitolo 5, Paragrafo 5.4).

Inoltre, lo studio di ricaduta risulta in linea rispetto a quanto evidenziato dalle linee guida regionali in materia di odore in vigore sul territorio nazionale, a titolo di esempio:

- DGR 15 febbraio 2012 – n. IX/3018 di Regione Lombardia “Determinazioni generali in merito alla caratterizzazione delle emissioni gassose in atmosfera derivanti da attività a forte impatto odorigeno”;
- DGR 05/08/2020 – n. 810/2020 di Regione Liguria “Linee guida per la definizione del piano di gestione degli odori”;
- D.G.R. 9 gennaio 2017, n. 13-4554 di Regione Piemonte L.R. 43/2000 “Linee guida per la caratterizzazione e il contenimento delle emissioni in atmosfera provenienti dalle attività ad impatto odorigeno”;
- Comunicato 1324 della Provincia Autonoma di Trento Linee guida per la caratterizzazione, l’analisi e la definizione dei criteri tecnici e gestionali per la mitigazione delle emissioni delle attività ad impatto odorigeno.

Per quanto riguarda i dati emissivi, si sono appositamente svolte, presso l’azienda in questione, due campagne olfattometriche (Rapporto Di Prova O.0211/2023 - O.0227/2023; Rapporto Di Prova O.0715/2023 - O.0716/2023) volte all’ottenimento dei valori di concentrazione di odore rappresentativi dello scenario dell’impianto nelle attuali condizioni emissive. Si evidenzia che i monitoraggi sono stati condotti in conformità a quanto riportato nella norma tecnica EN 13725:2022.

I dati di portata, le caratteristiche fisiche e geometriche delle sorgenti, sono stati reperiti da materiale documentale, misurati direttamente in campo oppure forniti dai gestori dell’azienda.

Per l’implementazione del modello meteorologico, è stata adottata l’opzione “Hybrid Mode” prevista dal modello CALPUFF combinando dati prognostici tridimensionali di tipo WRF di durata annuale, riferiti all’anno solare 2022, con dati misurati nello stesso periodo dalla centralina ARPA di Mantova (Tridolino).

2. MODELLO CARTOGRAFICO

2.1. DOMINIO DI SPAZIO DELLE SIMULAZIONI

La griglia di recettori stesa sul dominio spaziale di simulazione è di 8000 m x 8000 m, con un punto ogni 100 m, per un totale di 6400 punti. Le dimensioni del dominio di simulazione sono state scelte in modo da includervi interamente gli abitati di Stradella, Mottella, Villanova de Bellis, Borgo Castelletto, Lunetta-Frassino e Pietole e parte degli abitati di Mantova e Ceresè.

2.2. EFFETTI DEI RILIEVI OROGRAFICI E LAND USE

L'effetto dei parametri di land use caratteristici della zona e degli effetti dei rilievi orografici sono stati considerati nella simulazione grazie al preprocessore GEO integrato nella GUI commercializzata dalla Lakes Environmental e impiegata per questo studio.

Le mappe del dominio di studio vengono caricate mediante WebGIS e processate in modo automatico dal software, che computa le quote altimetriche di ogni punto della griglia stesa sul dominio di simulazione (6400 punti).

Nella fattispecie i Terrain Files, ossia i file contenenti le informazioni riguardanti l'orografia della zona sono stati reperiti dalla libreria *SRTM1 (Global ~30m) – Version 3*. I Land Use Files, ossia quelli che riguardano l'uso antropico delle aree, provengono invece dalla libreria *CORINE CLC2018 – (Europe 100m)*.

La Figura 1 illustra le quote altimetriche considerate sul dominio di simulazione, mentre la Figura 2 mostra i relativi Land Use. La caratterizzazione orografica del dominio di simulazione è importante al fine di garantire che la dispersione venga valutata efficacemente da parte del modello, tenendo conto degli effetti dei rilievi

orografici, così come della diversa rugosità superficiale delle singole celle del dominio di simulazione.

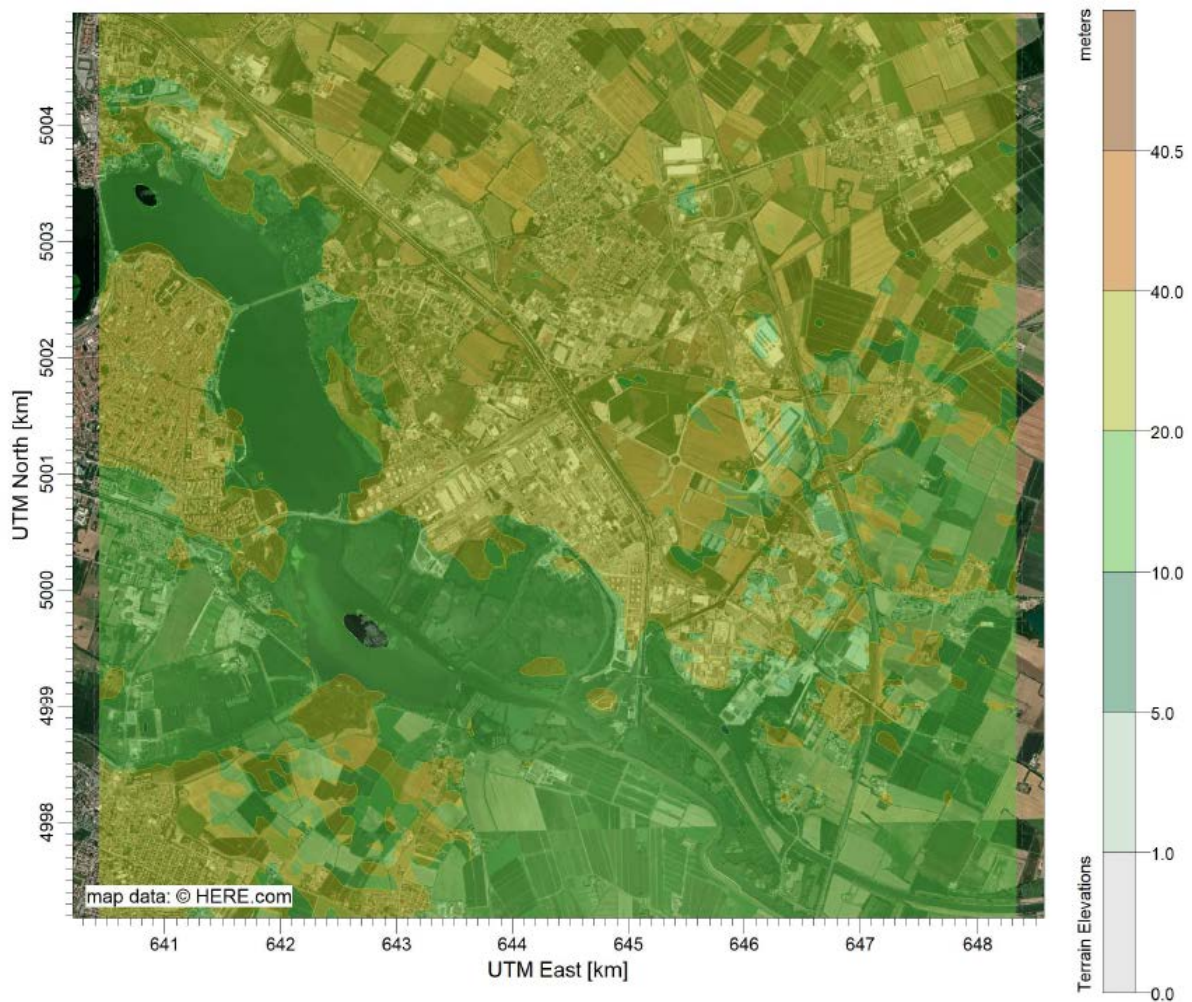


Figura 1. Quote altimetriche considerate sul dominio di simulazione.

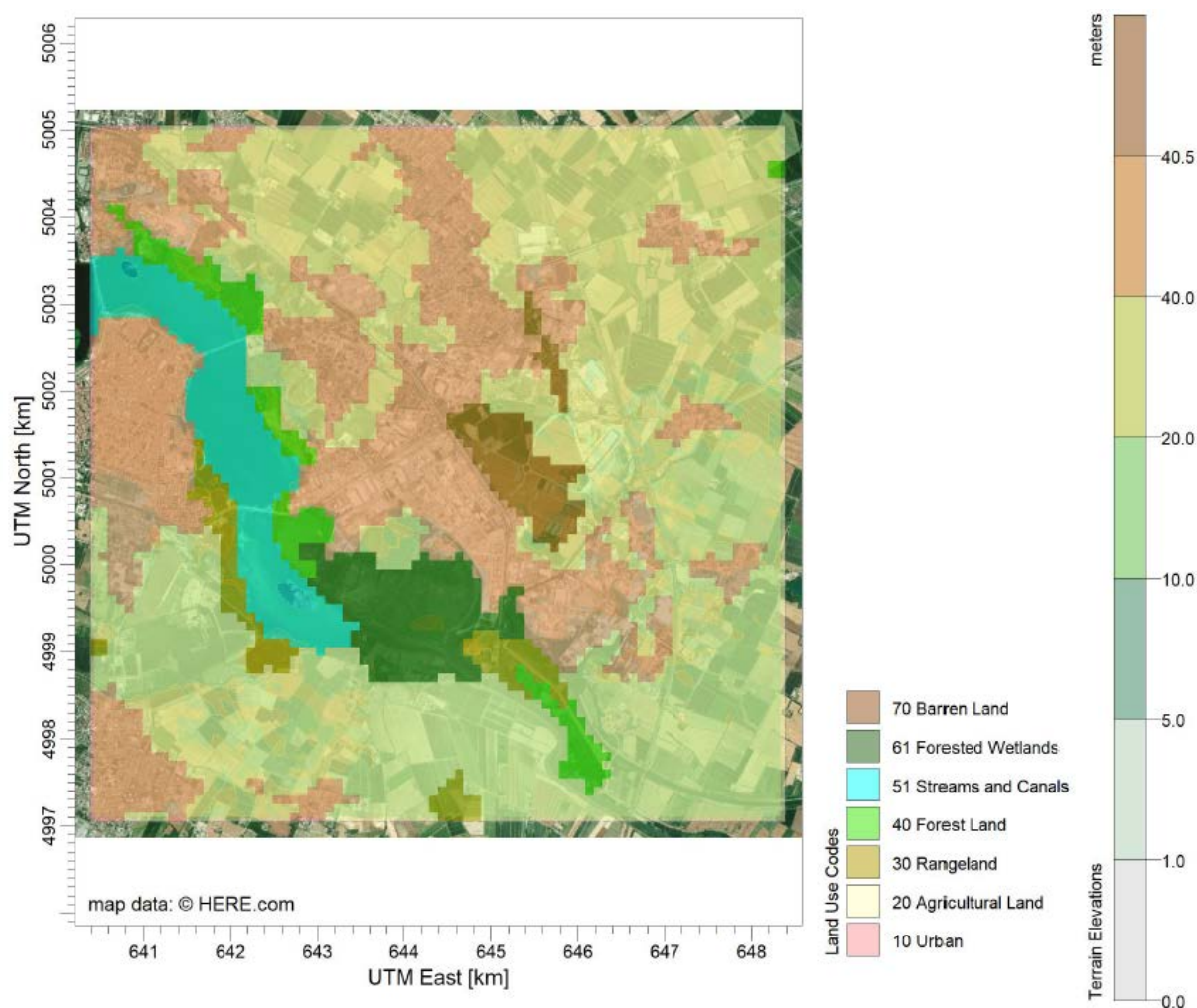


Figura 2. Land use considerati sul dominio di simulazione.

2.3. RECETTORI DISCRETI

Al fine di effettuare un'analisi di impatto olfattivo puntuale sull'area di interesse, si è proceduto all'individuazione di particolari punti del dominio tridimensionale, definiti come recettori discreti, ove si è caratterizzata la ricaduta in maniera puntuale.

Nella fattispecie si sono individuati 29 punti rappresentativi delle aree di insediamento urbano, in modo tale da valutare l'impatto in maniera distribuita sull'intero dominio

di simulazione. In particolare, sono stati individuati i centri e i nuclei abitati (R_1 – R_22) presenti nel dominio di simulazione. Per l'identificazione di centri e nuclei abitati si è fatto riferimento ai dati geografici del sistema delle basi territoriali pubblicato dall'ISTAT (ISTAT, 2016¹). In aggiunta, sono state inserite le abitazioni e i luoghi di interesse pubblico più prossimi agli impianti (R_23 – R_29).

In Tabella 1 sono riportati i dettagli della localizzazione dei recettori discreti considerati evidenziandone le coordinate UTM, ovvero un sistema di coordinate geografiche utilizzato in cartografia per identificare in maniera univoca un punto sulla superficie terrestre.

In Figura 3 si riporta la visualizzazione satellitare di tutti i ricettori discreti, mentre in Figura 4 quelli più prossimi allo stabilimento.

ID	UTM Est [m]	UTM Nord [m]	Altezza dal suolo [m]	Descrizione
R_1	644.502	5003.521	0.04	Mottella - Centro Abitato
R_2	643.07	4997.306	0.05	Pietole - Centro Abitato
R_3	643.305	5002.309	0.08	Lunetta Frassino - Centro Abitato
R_4	640.791	5001.68	0.05	Mantova - Centro Abitato
R_5	641.898	5004.813	0.02	Montata Carra - Centro Abitato
R_6	643.908	5004.109	0.03	Case Tripoli - Centro Abitato
R_7	644.251	5003.249	0.05	Castiona - Centro Abitato
R_8	644.18	5001.646	0.18	Borgovirgiliana - Centro Abitato
R_9	644.479	5001.831	0.16	Corte Tenca - Centro Abitato
R_10	640.918	4997.646	0.04	Cerese - Centro Abitato
R_11	646.88	4998.736	0.08	Formigosa- Centro Abitato
R_12	647.674	4999.929	0.09	Borgo Castelletto - Centro Abitato

¹ ISTAT (2016). Descrizione dei dati geografici e delle variabili censuarie delle Basi territoriali per i censimenti: anni 1991, 2001, 2011.

R_13	647.161	5001.605	0.08	Villanova de Bellis - Centro Abitato
R_14	641.763	5004.981	0.02	Sant'Antonio - Centro Abitato
R_15	646.965	5003.733	0.04	Stradella - Centro Abitato
R_16	643.703	5003.317	0.04	Case Ghisiolo - Nucleo Abitato
R_17	645.185	5001.938	0.15	Casette - Nucleo Abitato
R_18	647.355	5003.226	0.04	Via Cadè - Nucleo Abitato
R_19	644.156	4998.378	0.13	Virgiliana - Nucleo Abitato
R_20	643.521	4998.477	0.13	Andes - Nucleo Abitato
R_21	642.205	4997.909	0.06	Maragnane - Nucleo Abitato
R_22	646.183	4998.647	0.10	Case Muttona - Nucleo Abitato
R_23	646.077	4998.762	0.11	Abitazione - direzione sud
R_24	643.055	5001.331	0.14	Abitazione - direzione nord
R_25	641.738	5000.618	0.08	Abitazione - direzione ovest
R_26	646.865	5000.999	0.13	Abitazione - direzione est
R_27	645.302	5000.193	0.49	Ristorante
R_28	643.817	5000.800	0.38	Gruppo TEA
R_29	643.946	5000.735	0.42	Abitazione - direzione ovest

Tabella 1. Ricettori discreti considerati nello studio

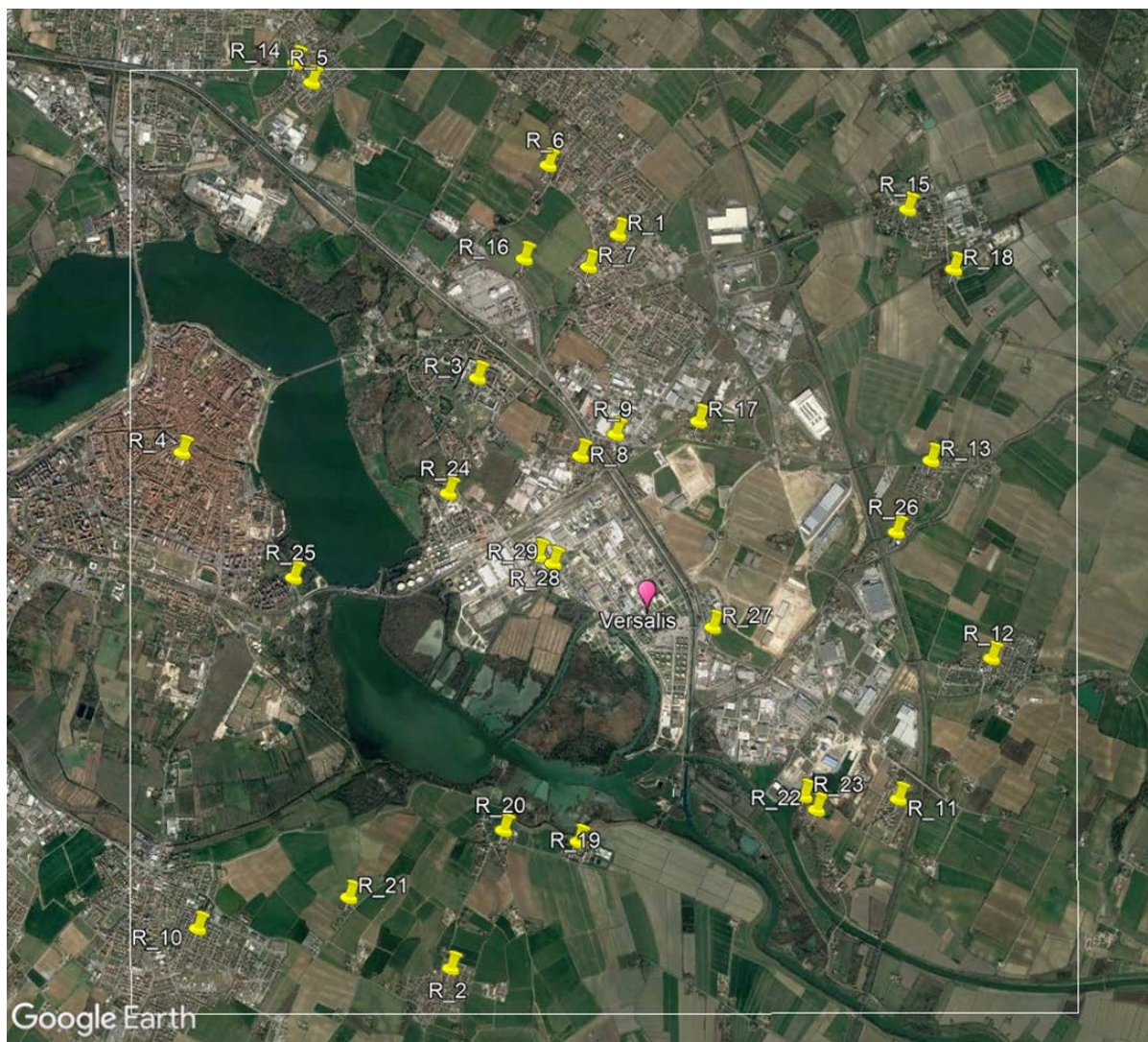


Figura 3. Localizzazione dei recettori discreti considerati (in giallo).



Figura 4. Ricettori discreti più prossimi allo stabilimento

3. MODELLO METEOROLOGICO

3.1. DATI DI INPUT

Per l'implementazione del modello meteorologico, è stata adottata l'opzione *Hybrid Mode* prevista dal modello meteorologico CALMET combinando dati prognostici tridimensionali di tipo WRF di durata annuale, acquistati dalla Lakes Environmental, fornitore della GUI utilizzata per l'applicazione del modello CALPUFF, con dati misurati nello stesso periodo dalla centralina ARPA di Mantova (Tridolino), come riportato nel manuale di CALMET (*"Running CALMET in Hybrid mode can be considered an 'advanced model simulation', or, 'refined model run' since it combines the numerical prognostic model data in a 3D.DAT file along with surface and overwater observational data"*). Entrambi i set di dati forniscono i parametri meteorologici necessari al modello su base oraria, tra l'1 gennaio 2022 e il 31 dicembre 2022.

La stazione meteo ARPA fornisce i parametri di velocità e direzione del vento, radiazione solare, precipitazione, temperatura e umidità dell'aria. Per la stima del parametro di copertura nuvolosa, non direttamente misurato dalla centralina, si è fatto riferimento a quanto descritto in alcuni studi di letteratura^{2,3}, ovvero si è ricorso ad un approccio teorico che consente di stimare il *cloud cover* a partire dalle misure di radiazione solare globale.

Il modello WRF (Weather Research and Forecasting Model) è un modello meteorologico non-idrostatico regionale di mesoscala di nuova generazione, utilizzato per previsioni meteorologiche e proiezioni climatiche, basato sulla risoluzione delle equazioni primitive della circolazione atmosferica.

² Holtslag A. A. M., Van Ulden A. P., 1983. A Simple Scheme for Daytime Estimates of the Surface Fluxes from Routine Weather Data. *Journal of Applied Meteorology and Climatology*.

³ Tagliaferri F., Facagni, L., Invernizzi M., Sironi S., 2023. Variability in odour impact assessment due to different cloud cover estimation approaches: A northern Italy case study. *Case Studies in Chemical and Environmental Engineering*, 8.

WRF è tra i modelli atmosferici più avanzati attualmente esistenti, risultato di una partnership di vari istituti meteorologici statunitensi, tra cui i principali sono il National Center for Atmospheric Research (NCAR) ed il National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA). Oggi il modello WRF è utilizzato in tutto il mondo nella maggior parte dei centri di studio e di previsioni atmosferiche da una vasta comunità, che ne ha favorito un rapido sviluppo e il continuo aggiornamento.

Il modello WRF rappresenta lo stato dell'atmosfera in una griglia tridimensionale in funzione di 10 variabili fondamentali (le tre componenti del vento $u-v-w$, la temperatura, la pressione, l'umidità e vari stati microfisici che rappresentano le diverse fasi dell'acqua liquida). Note le condizioni iniziali e al contorno, le equazioni del modello sono integrate numericamente dal modello. In questo modo, esso genera un database di informazioni su base spazio-temporale.

I dati WRF, con risoluzione 4 km, unitamente ai dati misurati dalla stazione meteo ARPA, vengono processati dal preprocessore diagnostico CALMET che crea il modello meteorologico a maglia fine *mass consistent* tridimensionale, determinando il campo di vento tridimensionale per ogni ora e per ogni cella del dominio della simulazione, risultando pertanto molto più preciso rispetto ai modelli mono-stazione non tridimensionali. CALMET elabora anche le variabili micrometeorologiche in ogni punto della griglia del dominio.

Nel caso specifico, la griglia meteorologica è stata posta uguale al dominio computazionale sul piano orizzontale: si è impostata una griglia 8 km x 8 km con una cella ogni 100 m, per un totale di 6400 celle, centrata sull'impianto (angolo SW del dominio con coordinate UTM 640.387 km Est e 4997.048 km Nord, UTM zone 32).

Sul piano verticale sono state considerate 10 celle, come indicato in Figura 5 per cui la griglia meteorologica considerata per lo studio risulta comprendere un totale di 64000 celle.

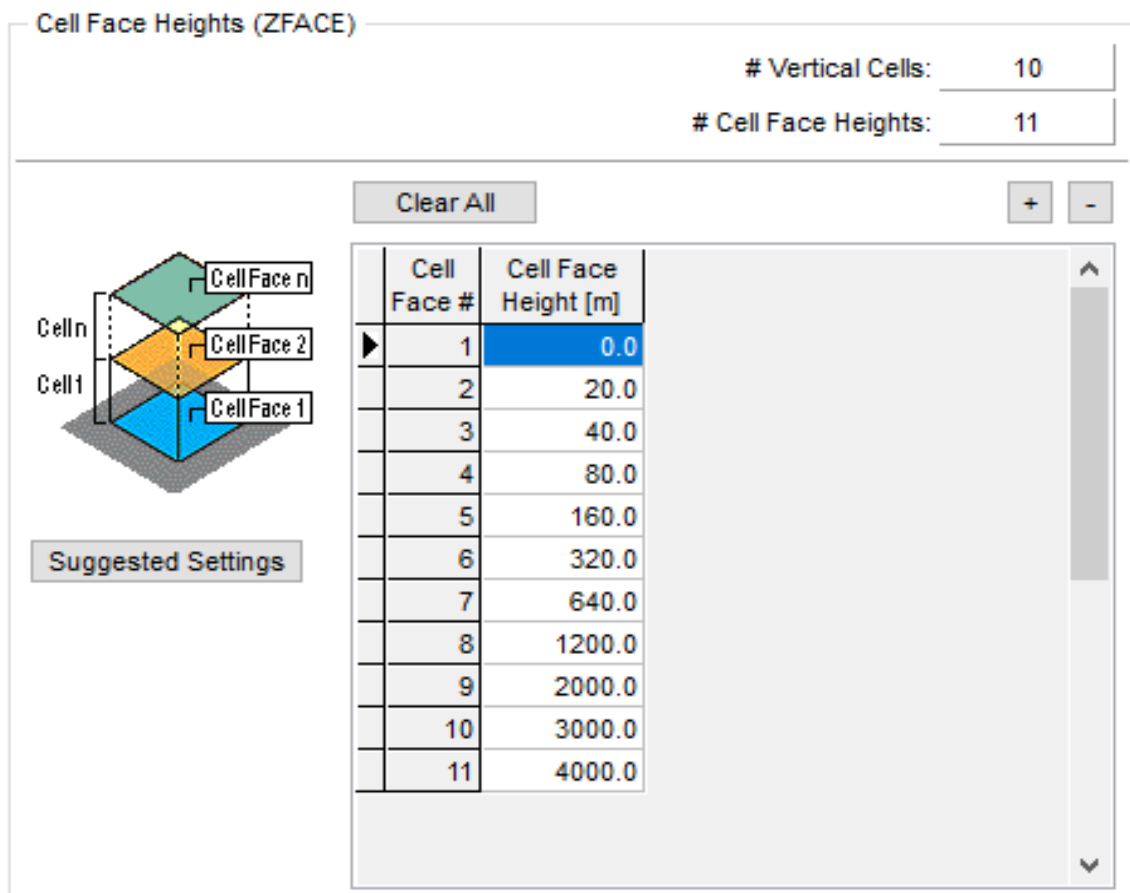


Figura 5. Quote delle celle verticali della griglia meteorologica considerata per lo studio

A titolo esemplificativo, la Figura 5 mostra l'estensione del campo di vento tridimensionale risultante dal modello CALMET, relativo ad una quota di 10 m, in un'ora del dominio di simulazione, dove è chiaramente visibile che per ogni cella della griglia i vettori del vento possono avere moduli e direzioni diverse.

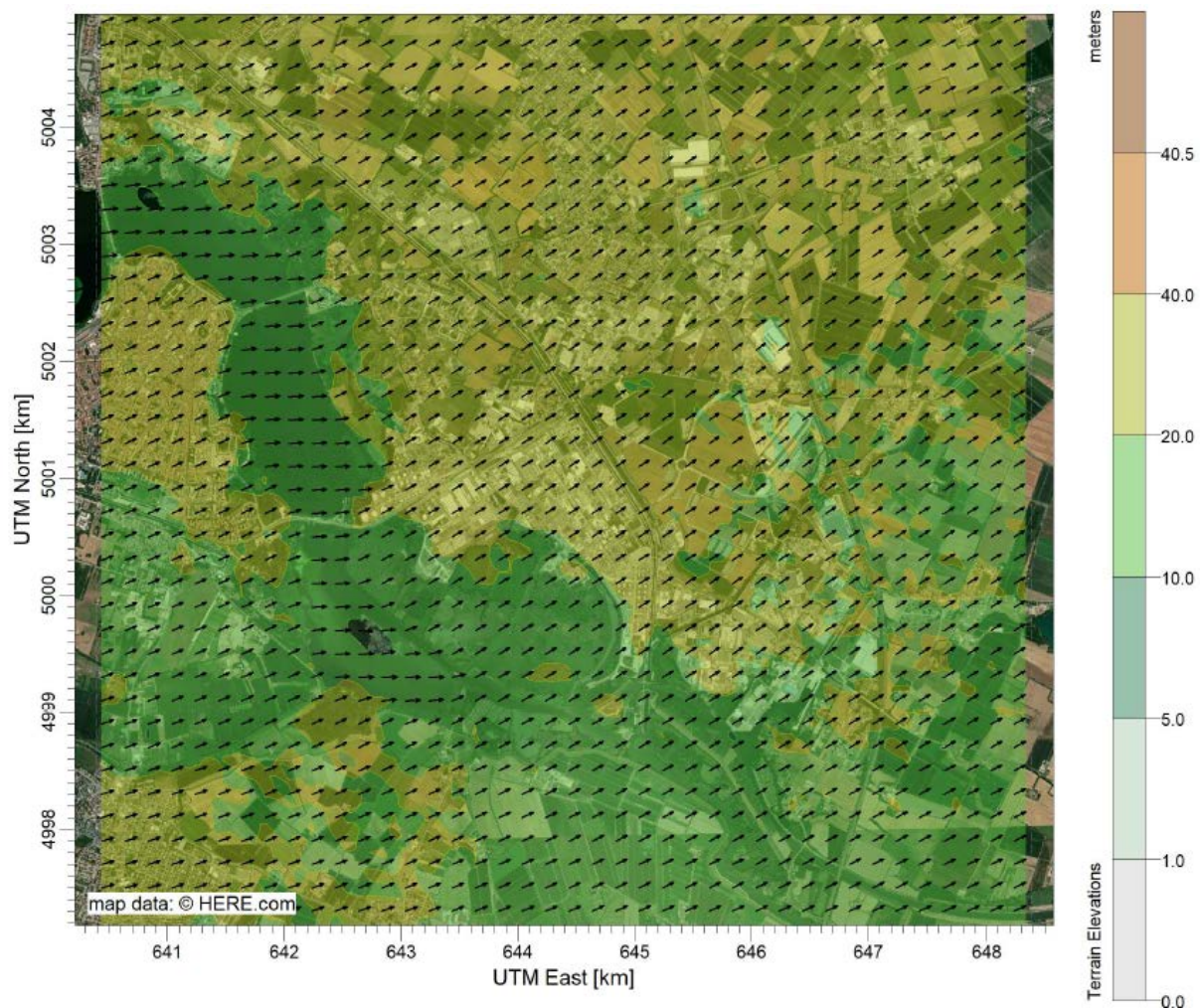


Figura 6. Esempio di campo di vento a 10 m in un'ora (00.00 del 1 gennaio 2022) del dominio di simulazione ottenuto come output da CALMET.

3.2. ANALISI DEI VENTI

La rosa delle direzioni dei venti è utile per dare conto di come i venti spirino nella zona di indagine. Nel caso in cui vengano utilizzati dati prognostici tridimensionali, poiché il file meteo contiene i dati di direzione e velocità del vento per ogni cella del dominio

di simulazione e per ogni strato verticale considerato, è necessario definire per quale cella e a che quota rappresentare la rosa dei venti.

Nel caso specifico, in Figura 7 è rappresentata la rosa generale dei vettori di direzione del vento, posta convenzionalmente a 10 m di quota dal suolo, in una delle celle del dominio di calcolo ove ricade l'impianto (UTM Est 644337 m; UTM Nord 5000998 m). Nella prassi meteorologica, nelle rose dei venti è consuetudine, per convenzione, indicare l'angolo di direzione di provenienza del vento. Ad esempio, quando si indica che il vento ha angolo 90° , si intende che esso soffia da est a ovest. Al contrario, nell'ambito della simulazione della dispersione degli inquinanti, è più efficace rappresentare non già la direzione del vento (ossia l'angolo di provenienza), ma piuttosto il vettore del vento (ossia la direzione verso cui il vento soffia). Quest'ultima è la convenzione assunta nel presente studio. Quindi, nel presente studio, quando si indica, ad esempio, che il vento ha angolo 90° , si intende che esso soffia da ovest a est. La rosa generale dei venti così ottenuta evidenzia una direzione predominante del vento, ascrivibile a venti che spirano in direzione ovest. Sono poi presenti delle componenti secondarie in direzione sud e sud-est-est.

L'analisi dei venti nel medesimo punto restituisce una velocità del vento media pari a 1.70 m/s e una percentuale di calme di vento pari al 9.06%. Si sono considerate calme di vento tutte quelle situazioni in cui la velocità del vento è inferiore a 0.5 m/s. Si evidenzia che il sistema di modellazione CALMET/CALPUFF ha la capacità di modellare le situazioni di calma di vento simulando *puff* stagnanti. Questi *puff* non vengono dispersi per avvezione da parte del vento, ma possono comunque subire effetti di dispersione legati alla turbolenza atmosferica.

Il dettaglio delle frequenze di distribuzione dei venti per direzione e per classe di velocità sono riportati in Tabella 2 mentre la Figura 8 mostra la frequenza di distribuzioni di velocità del vento.

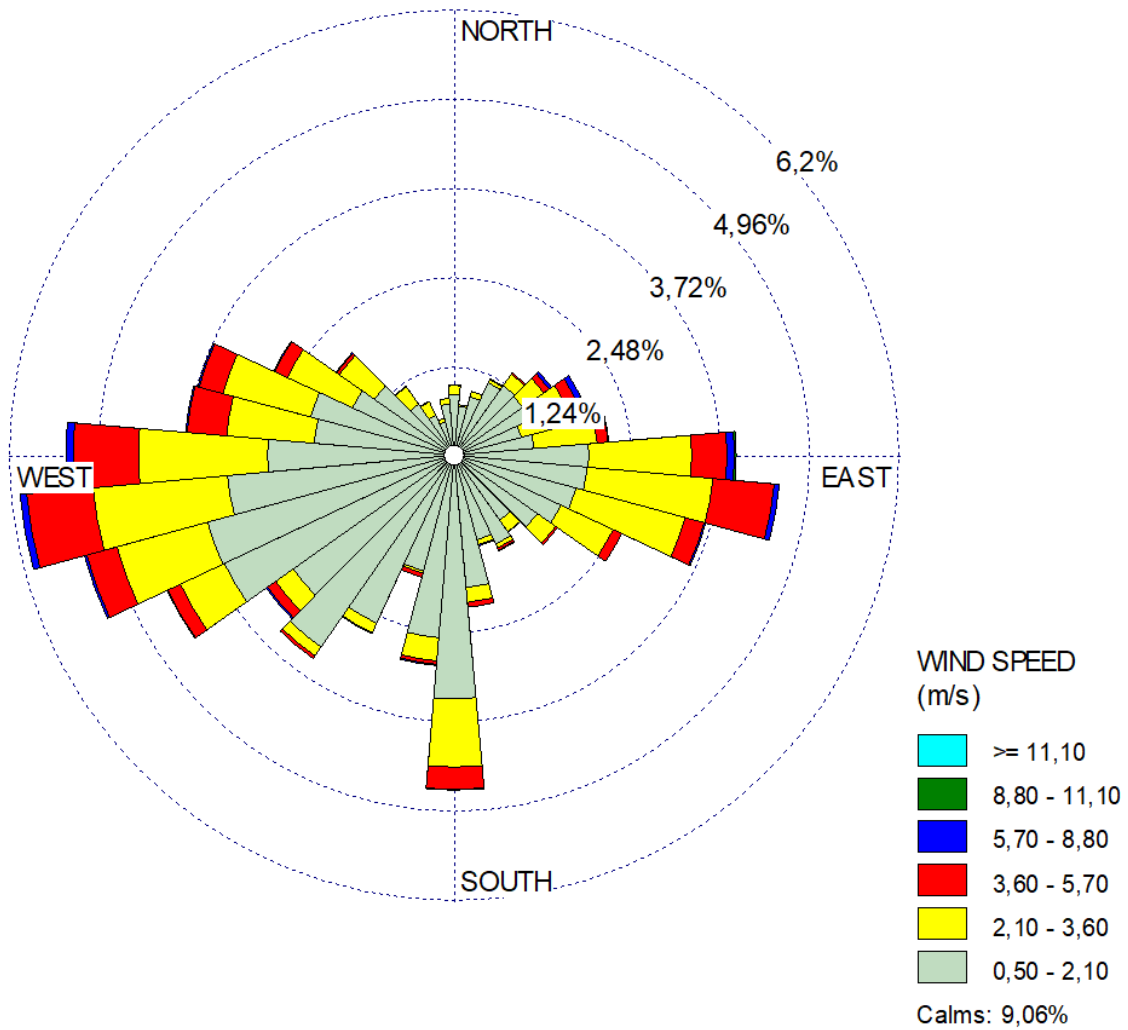


Figura 7. Rosa generale dei vettori del vento in una cella del dominio di simulazione (UTM Est 644737 m; UTM Nord 5000998 m), ad una quota di 10 m dal suolo, per tutto l'anno solare.

Directions / Wind Classes (m/s)	0.50 - 2.10	2.10 - 3.60	3.60 - 5.70	5.70 - 8.80	8.80 - 11.10	>= 11.10	Total
355 - 5	0.00856	0.00126	0.00011	0.00000	0.00000	0.00000	0.00993
5 - 15	0.00696	0.00023	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00719
15 - 25	0.00856	0.00080	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00936
25 - 35	0.01130	0.00046	0.00011	0.00000	0.00000	0.00000	0.01187
35 - 45	0.01199	0.00194	0.00023	0.00000	0.00000	0.00000	0.01416
45 - 55	0.01176	0.00354	0.00091	0.00046	0.00000	0.00000	0.01667
55 - 65	0.01165	0.00548	0.00160	0.00080	0.00000	0.00000	0.01952
65 - 75	0.00982	0.00400	0.00103	0.00069	0.00000	0.00000	0.01553
75 - 85	0.01130	0.00879	0.00148	0.00000	0.00011	0.00000	0.02169
85 - 95	0.01884	0.01427	0.00491	0.00103	0.00023	0.00000	0.03927
95 - 105	0.01872	0.01747	0.00856	0.00069	0.00000	0.00000	0.04544
105 - 115	0.01770	0.01564	0.00274	0.00023	0.00000	0.00000	0.03631
115 - 125	0.01655	0.00799	0.00126	0.00000	0.00000	0.00000	0.02580
125 - 135	0.01427	0.00308	0.00034	0.00000	0.00000	0.00000	0.01770
135 - 145	0.01119	0.00194	0.00011	0.00000	0.00000	0.00000	0.01324
145 - 155	0.01381	0.00057	0.00034	0.00011	0.00000	0.00000	0.01484
155 - 165	0.01233	0.00069	0.00000	0.00023	0.00000	0.00000	0.01324
165 - 175	0.01861	0.00206	0.00069	0.00000	0.00000	0.00000	0.02135
175 - 185	0.03391	0.00948	0.00308	0.00011	0.00000	0.00000	0.04658
185 - 195	0.02557	0.00320	0.00046	0.00023	0.00000	0.00000	0.02946
195 - 205	0.01678	0.00034	0.00057	0.00000	0.00000	0.00000	0.01770
205 - 215	0.02580	0.00148	0.00000	0.00011	0.00000	0.00000	0.02740
215 - 225	0.03254	0.00148	0.00046	0.00000	0.00000	0.00000	0.03448
225 - 235	0.02751	0.00297	0.00137	0.00023	0.00000	0.00000	0.03208
235 - 245	0.03539	0.00674	0.00194	0.00011	0.00000	0.00000	0.04418
245 - 255	0.03562	0.01302	0.00434	0.00034	0.00000	0.00000	0.05332

255 - 265	0.03174	0.01872	0.00925	0.00091	0.00000	0.00000	0.06062
265 - 275	0.02603	0.01792	0.00902	0.00103	0.00000	0.00000	0.05400
275 - 285	0.01964	0.01222	0.00548	0.00023	0.00000	0.00000	0.03756
285 - 295	0.02078	0.01256	0.00343	0.00023	0.00000	0.00000	0.03699
295 - 305	0.01576	0.00993	0.00194	0.00011	0.00000	0.00000	0.02774
305 - 315	0.01370	0.00594	0.00046	0.00011	0.00000	0.00000	0.02021
315 - 325	0.00879	0.00297	0.00011	0.00000	0.00000	0.00000	0.01187
325 - 335	0.00628	0.00206	0.00011	0.00000	0.00000	0.00000	0.00845
335 - 345	0.00491	0.00057	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00548
345 - 355	0.00731	0.00080	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00811
Sub-Total	0.62199	0.21258	0.06645	0.00799	0.00034	0.00000	0.90935
Calms							0.09065
Missing							0
Total							1

Tabella 2. Dettaglio delle frequenze di distribuzione dei venti per direzione e per classe di velocità sull'anno.

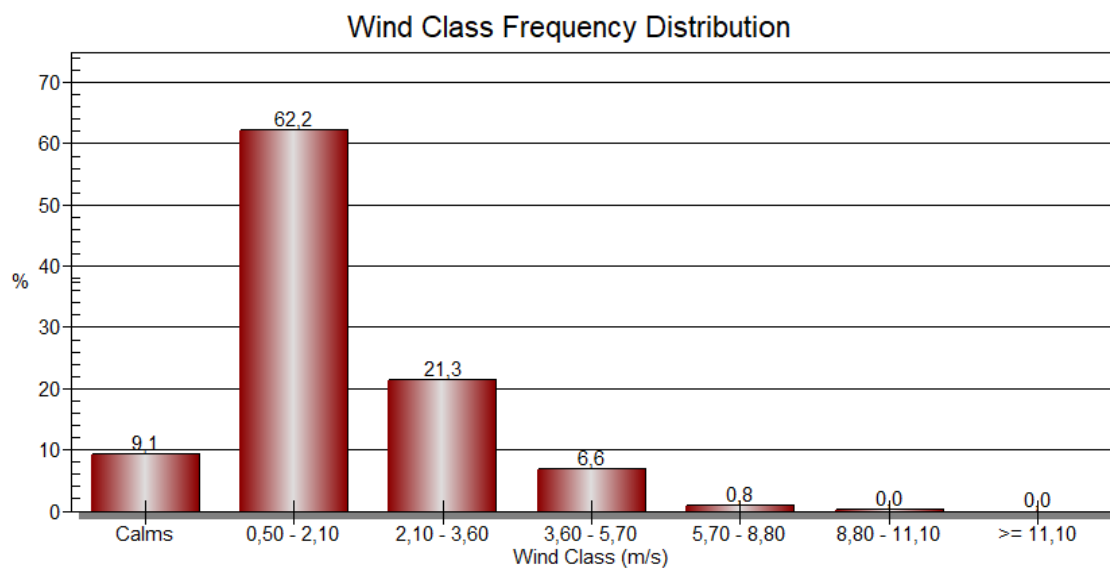


Figura 8. Frequenza di distribuzione di velocità del vento sull'anno.

3.3. PARAMETRI MICROMETEOROLOGICI

Si riportano infine (Figura 9), in ottemperanza a quanto richiesto dalle linee guida *“Indirizzi per l'applicazione dell'articolo 272-Bis del Dlgs 152/2006 in materia di emissioni odorigene di impianti e attività”*, l'andamento temporale, in una delle celle di simulazione dove ricade l'impianto, di alcuni parametri micrometeorologici.

La lunghezza di Monin Obukhov (L_{MO}) è un indice dell'intensità della turbolenza prodotta da fattori meccanici (*shear* del vento) e quella di origine convettiva (termica). Questo parametro viene utilizzato per valutare le condizioni di stabilità atmosferica.

La *friction velocity* (u^*) è una grandezza di scala che quantifica l'entità della turbolenza generata da fattori meccanici vicino alla superficie.

L'altezza dello strato di rimescolamento (H_{mix}) è definito come quella porzione di atmosfera più vicina al suolo in cui le sostanze emesse vengono disperse per effetto della turbolenza in un tempo di scala di circa un'ora. Questo parametro fornisce dunque informazioni in merito all'estensione verticale entro cui un inquinante può essere disperso a causa dei fenomeni di turbolenza e diffusione atmosferica.

In Figura 10 si riportano le rose di stabilità atmosferica elaborate per una delle celle del dominio ove ricade lo stabilimento (UTM Est 644337 m; UTM Nord 5000998 m). Tale elaborazione riporta, per ciascun settore di direzione del vento, la classe di stabilità, dalla A (elevata instabilità) alla G (elevata stabilità). Le classi di stabilità sono state determinate dallo schema Pasquill-Gifford-Turner (PGT) implementato in CALMET.

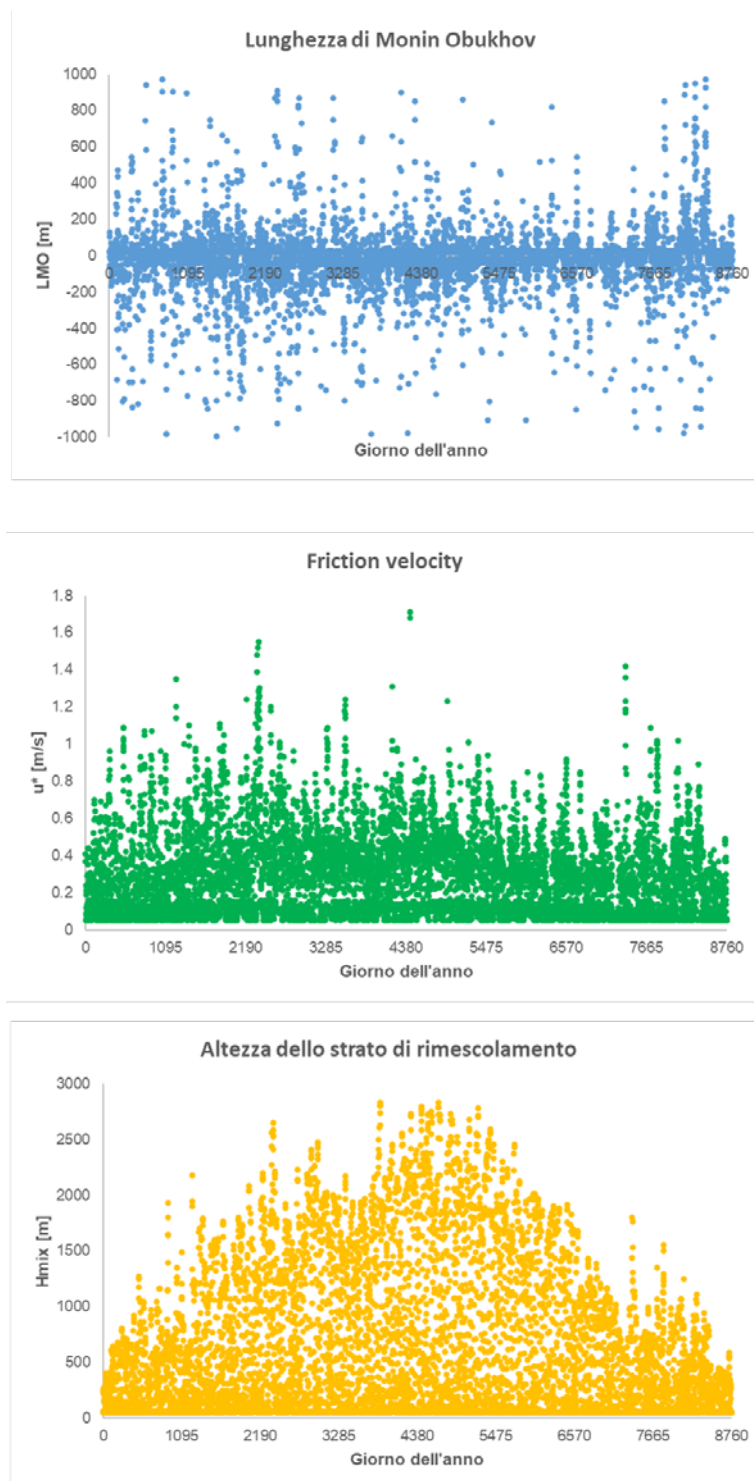


Figura 9. Andamento temporale delle principali variabili micrometeorologiche

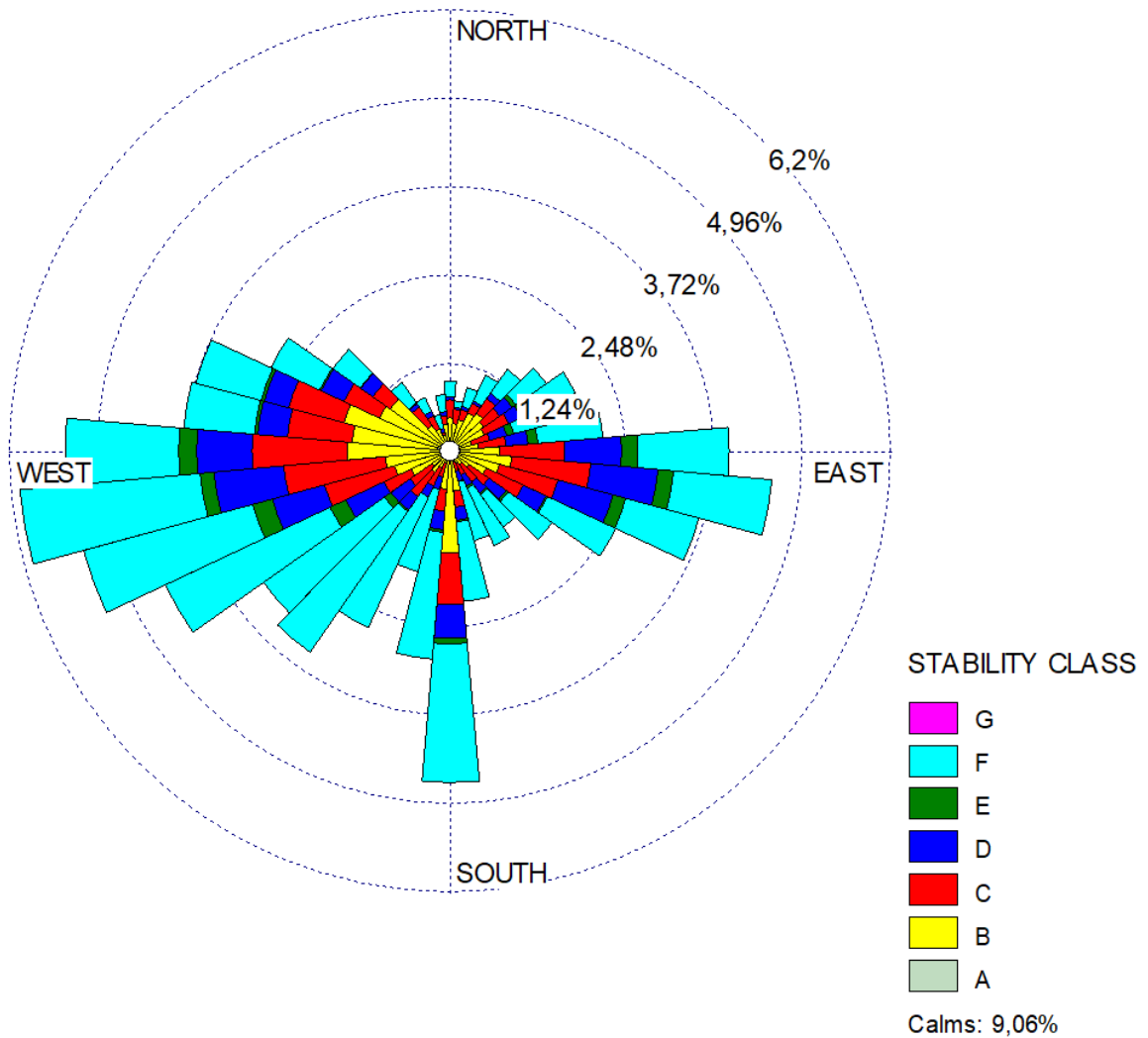


Figura 10. Rosa di stabilità (anno 2022) in una delle celle del dominio ove ricade lo stabilimento

Il trend temporale relativo alla lunghezza di Monin Obukhov evidenzia come, durante l'anno, ci sia una prevalenza di condizioni atmosferiche stabili ($L_{MO} > 0$).

Coerentemente, anche le rose di stabilità atmosferica che evidenziano come la classe F, di elevata stabilità, sia quella nettamente più frequente, seguita dalle classi B e C, rappresentative di condizioni moderatamente e debolmente instabili.

L'altezza dello strato di rimescolamento evidenzia un valore medio intorno a 500 m, con valori massimi che raggiungono 2800 m. Si evidenzia inoltre una dipendenza di questo parametro dalla stagionalità, con un incremento dell'altezza dello strato di miscelazione durante i mesi estivi ascrivibile al maggior contributo della radiazione solare. Questo aspetto ha delle implicazioni sui potenziali impatti odorigeni, poiché valori elevati dello strato di rimescolamento favoriscono la dispersione degli inquinanti atmosferici.

4. MODELLO EMISSIVO

4.1. ORIGINE DEI DATI DI EMISSIONE

Il presente studio ha come obiettivo la valutazione dell'impatto olfattivo relativo al sito petrolchimico Versalis, presso il Polo Industriale di Mantova, sito in Via Giuseppe Taliercio, 14, 46100 (MN).

Per quanto riguarda i dati emissivi implementati in questo modello, sono state condotte due campagne olfattometriche (Rapporto Di Prova O.0211/2023 - O.0227/2023; Rapporto Di Prova O.0715/2023 - O.0716/2023) presso l'azienda volte all'ottenimento di valori di concentrazione rappresentativi dello scenario emissivo dell'impianto.

I dati di portata, le caratteristiche fisiche e geometriche delle sorgenti, sono stati reperiti da materiale documentale, misurati direttamente in campo oppure forniti dai gestori dell'azienda.

Vista la presenza di diverse sorgenti di odore nell'impianto in oggetto, al fine di gestire meglio i tempi di calcolo e ottenere informazioni sui diversi contributi all'impatto sul territorio, si è deciso di elaborare differenti sotto-scenari emissivi, ognuno rappresentativo di una porzione delle sorgenti.

Al termine delle elaborazioni dei diversi sotto-scenari, si è proceduto alla valutazione dello scenario globale dell'impianto, che considera quindi la totalità delle sorgenti modellate.

Si precisa che all'interno dello studio sono state trascurate tutte le sorgenti emissive per le quali è stata misurata una concentrazione di odore inferiore a 80 oue/m³. Contestualmente, si è verificato che la somma dei flussi odorigeni delle sorgenti non incluse nello studio contribuivano al flusso globale emesso dallo stabilimento per meno del 10%. Questo approccio risulta in linea con quanto previsto dalle linee guida

“Indirizzi per l’applicazione dell’articolo 272-Bis del Dlgs 152/2006 in materia di emissioni odorogene di impianti e attività” (Ministero dell’ambiente e della sicurezza energetica, 28 giugno 2023).

4.2. SOTTO-SCENARIO CAMINI

All’interno di questo scenario sono stati considerati i camini oggetto di monitoraggio. Per quanto riguarda i camini, e più in generale per tutte le sorgenti emissive puntuali, ai fini di una valutazione delle emissioni odorogene non è sufficiente considerare unicamente il valore di concentrazione di odore, bensì è necessario fare riferimento alla portata di odore (OER – Odour Emission Rate), calcolata come prodotto fra la concentrazione di odore e la portata di aria emessa, ed espressa in unità odorimetriche al secondo (oue/s).

$$OER = C_{od} \cdot Q_{aria}$$

Per convenzione (EN 13725:2022), l’OER è stato espresso normalizzando la portata di aria a 20°C, ossigeno e umidità tal quali.

Per tutte le sorgenti emissive, il dato di concentrazione di odore è stato stimato a valle dei campionamenti condotti in corrispondenza dei rispettivi punti di emissione (Rapporto Di Prova O.0211/2023 - O.0227/2023; Rapporto Di Prova O.0715/2023 - O.0716/2023).

Per quanto riguarda le portate di aeriforme, si è fatto riferimento in via cautelativa, ai valori autorizzati.

Per i valori di temperatura, ossigeno e umidità si è fatto riferimento, ove disponibile, al dataset registrato da SME utilizzando i valori medi annuali (2022) oppure dati misurati in occasione di specifici monitoraggi, condotti nell’anno 2022, e forniti dall’impianto. Dal momento che l’impianto è stato oggetto di diversi monitoraggi nel 2022, si è considerato come valore rappresentativo per tutti i parametri (i.e. temperatura, ossigeno e umidità) il dato mediato.

In Tabella 3 sono riportati i dettagli delle sorgenti modellate nel presente sotto-scenario. In Figura 11 è riportata la proiezione satellitare.

Si precisa che il punto di emissione E2030 è contraddistinto da un comignolo parapioggia (rain-cap), che impedisce l'ingresso di acqua meteorica all'interno del sistema. Questa configurazione ha però lo svantaggio di annullare la componente verticale di quantità di moto del flusso emesso. Per tal motivo, in questo sotto-scenario emissivo, si è proceduto a contrassegnare l'emissione dalla sorgente E2030 come avente flusso di quantità di moto verticale pari a zero.

Sorgente	UTM E [m]	UTM N [m]	H [m]	D [m]	v [m/s]	T [K]	c _{od} [ou _E /m ³]	Q [Nm ³ /h]	OER [ou _E /s]
E666 - Forni ST 20	644246	5000966	56	2.26	16.3	330	250	99445	14439
E91 - RTO	644816	5000909	20	1.70	21.1	331	330	85000	13963
E2000 - Termossidatore impianti polimeri	644883	5000392	25	0.80	30.1	506	200	12000	1754
E2030 - Trasporto pneumatico gomma	644749	5000469	11	0.50	18.5	261	350	13400	1421
E364 - Inceneritore rifiuti	644268	5000219	30	1.30	7.0	330	160	15000	1316

Tabella 3. Dettaglio dei parametri riferiti alle sorgenti puntuali modellate.



Figura 11. Proiezione satellitare dei camini (in rosso).

4.3. SOTTO-SCENARIO IMPIANTO DI DEPURAZIONE ACQUE REFLUE

All'interno di questo sotto-scenario sono state considerate le sorgenti emissive presenti nella sezione di depurazione acque reflue dell'impianto. In particolare, le vasche scoperte sono state simulate come sorgenti areali. Gli sfati E1030 ed E1031 di ossidazione biologica sono stati invece modellati come emissioni puntuali.

4.3.1. Emissioni areali

In generale, per quanto riguarda le sorgenti di odore areali (e.g. vasche di trattamento acque) ai fini di una valutazione delle emissioni odorigene non è sufficiente considerare unicamente il valore di concentrazione di odore. In questo caso è necessario fare riferimento ad altri parametri, quali il flusso specifico e la portata di odore.

Il flusso specifico di odore (SOER – Specific Odour Emission Rate) è una grandezza che, nel caso di una sorgente areale senza flusso indotto, indica le unità odorimetriche emesse per unità di tempo e di superficie. Tale parametro, espresso in unità odorimetriche per metro quadrato e per secondo ($ou_E/s/m^2$) è calcolato moltiplicando il valore di concentrazione di odore per la portata di aria neutra introdotta nella cappa dinamica utilizzata per il campionamento, e successivamente dividendo per l'area di base della cappa stessa:

$$SOER = \frac{C_{od} \cdot Q_{aria,WT}}{A_{WT}}$$

Essendo noti i parametri di A_{WT} (0.125 m^2) e $Q_{aria,WT}$ (2500 l/h), è possibile calcolare il SOER delle sorgenti areali campionate.

Per tutte le sorgenti emissive, il dato di concentrazione di odore è stato stimato a valle dei campionamenti condotti in corrispondenza delle vasche (Rapporto Di Prova O.0211/2023 - O.0227/2023; Rapporto Di Prova O.0715/2023 - O.0716/2023).

La grandezza che consente di valutare le emissioni di odore è la portata di odore (OER – Odour Emission Rate), espressa in unità odorimetriche al secondo (ou_E/s), e calcolata in questo caso come prodotto fra il flusso specifico di odore e la superficie della sorgente.

$$OER = SOER \cdot A_{sorgente}$$

Nel caso in cui si valuti l'emissione di una vasca di trattamento delle acque, come superficie emissiva si considera la superficie della vasca stessa.

Il parametro σ_{z0} , relativo alle dimensioni iniziali del puff gaussiano, richiesto dal software per la modellazione di sorgenti areali, si è calcolato secondo il documento US EPA-454/B-95-003b (*"User's Guide for the Industrial Source Complex (ISC3) Dispersion Models"*). In particolare, il documento citato, ovvero manuale d'uso del modello di dispersione gaussiano stazionario ISC3, suggerisce di stimare il parametro σ_{z0} dividendo l'altezza della sorgente per un fattore 2.15, come di seguito riportato:

$$\sigma_{z0} = \frac{H}{2.15}$$

La vasca scoperta D314, ubicata nell'area SAU ed adibita alla raccolta di acqua piovana (caditoie stradali area biologico) e acqua proveniente dallo scarico della filtropressa, e la vasca D315, ubicata nell'area SAU ed adibita alla raccolta delle aree pavimentate e troppo pieno pozzetto D308 che raccoglie i drenaggi di processo dai bacini di contenimento, rappresentano sorgenti di odore complesse di non banale caratterizzazione. In questo caso, infatti, non è stato possibile condurre un campionamento mediante cappa dinamica *wind-tunnel* sulla superficie del liquido ma, tenuto conto che il pelo libero delle vasche al momento del campionamento risultava ampiamente al di sotto del bordo della vasca, sono stati eseguiti dei prelievi in aria ambiente in prossimità del colmo della struttura della vasca.

Come già discusso, il dato fondamentale da reperire per la caratterizzazione quantitativa di una sorgente di odore è l'Odor Emission Rate (OER) da inserire nel software CALPUFF, ed è solitamente calcolabile tramite l'equazione:

$$OER = C_{od} \cdot Q_{aria}$$

dove C_{od} è la concentrazione di odore misurata in corrispondenza del colmo della vasca in ouE/m^3 ; Q_{aria} è la portata di aria odorosa emessa, espressa in m^3/s .

La portata volumetrica, Q_{out} , può essere calcolata teoricamente tramite l'equazione di continuità:

$$Q_{out} = A \cdot v_{out}$$

dove A è la sezione di uscita dell'emissione in atmosfera, mentre v_{out} è la velocità fluidodinamica del flusso uscente. Non essendo possibile identificare una vera e propria velocità dell'emissione gassosa proveniente dal refluo posto nella vasca, si è proceduto, per analogia dimensionale, a utilizzare il coefficiente di trasferimento materiale lato gas (k_g) come v_{out} .

Tale coefficiente può essere stimato tenendo conto che la resistenza totale al fenomeno di scambio materiale lato gas è ascrivibile alla somma di due resistenze in serie:

$$\frac{1}{k_G} = R_{tot} = R_S + R_m$$

Nella fattispecie, R_S tiene conto unicamente dello scambio materiale entro lo strato di atmosfera (*interfacial sublayer*) immediatamente a contatto con il pelo libero della superficie liquida, R_m del trasferimento dall'*interfacial sublayer* alla quota di prelievo del campione.

Per la valutazione del primo contributo si è deciso di utilizzare la relazione empirica di Brutsaert:

$$\frac{1}{R_S} = k_{G,S} = c_s u_* Sc_G^{-\frac{2}{3}}$$

dove c_s è una costante adimensionale di valore noto determinata sulla base di alcuni studi sperimentali (Brutsaert et al., 1975), u_* nota come *friction velocity* è un parametro che tiene conto della turbolenza meccanica indotta dallo *shear* del vento, ovvero dallo sforzo di taglio generato dall'aria, in quanto fluido viscoso, su una superficie. Sc_G rappresenta il numero adimensionale di Schmidt, così definito:

$$Sc_G = \frac{\nu}{D_m}$$

dove ν rappresenta la viscosità cinematica dell'aria e D_m il coefficiente di diffusione materiale dei composti che vengono emessi in aria (il valore numerico del coefficiente D_m , indipendentemente dal tipo di composto considerato, è dell'ordine di $10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$).

La *friction velocity* fa parte delle variabili micrometeorologiche calcolate dal processore meteorologico CALMET per ogni ora in ogni punto della griglia del dominio. Pertanto, ai fini della stima dell'OER emesso dalle vasche D314 e D315, sono stati considerati i valori di u_* calcolati nella cella ove ricadono le sorgenti.

Per quantificare il secondo contributo alla resistenza totale del fenomeno di trasporto si è fatto riferimento ad un'altra correlazione proposta in letteratura:

$$\frac{1}{R_m} = k_{G,m} = Sc_t \frac{1}{k u_*} \ln\left(\frac{z_m}{z_s}\right)$$

dove k rappresenta la costante di von Kàrman (pari a 0.4), u_* la *friction velocity* discussa in precedenza, z_m la quota di prelievo del campione, z_s l'estensione dell'*interfacial*

sublayer (calcolato mediante una correlazione proposta da Brutsaert) e Sc_t il numero di Schmidt per regime di moto turbolento.

Sommando i contributi delle due resistenze in serie è stato ottenuto un coefficiente di scambio materiale variabile su base oraria, come mostrato in Figura 12.

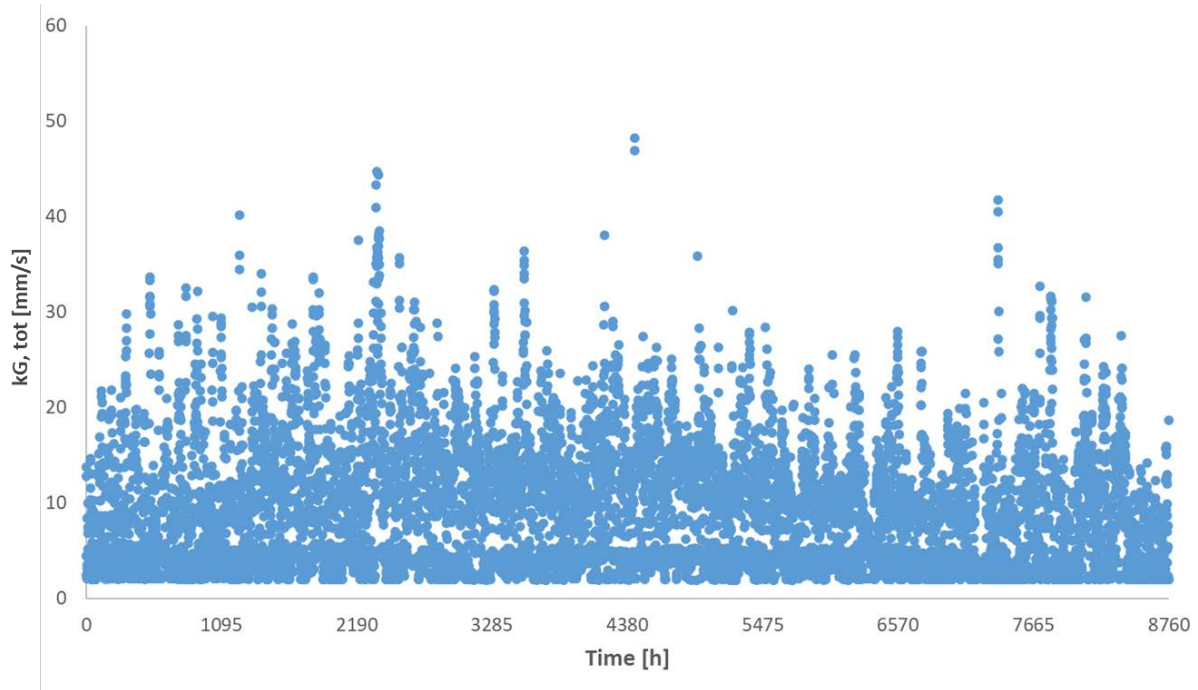


Figura 12. Andamento del coefficiente di scambio materiale lato gas calcolato per tutte le ore dell'anno nella cella ove ricadono le vasche D314 e D315.

Tale coefficiente, moltiplicato per la superficie della sorgente e la concentrazione di odore, fornisce un OER con l'andamento mostrato in Figura 13.

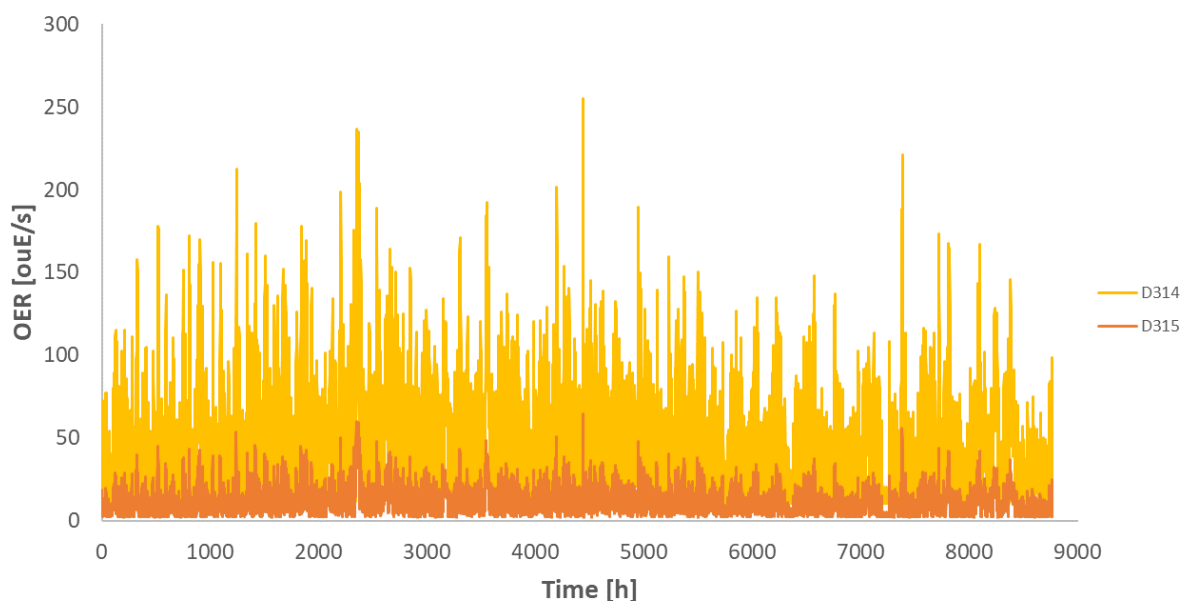


Figura 13. Andamento annuale dell'OER associato alle vasche D314 e D315.

All'interno del modello di simulazione CALPUFF si è proceduto a considerare le emissioni dalle vasche D314 e D315 come emissioni areali, annullando quindi il possibile plume rise della sorgente.

Il parametro σ_{z0} , relativo alle dimensioni iniziali del puff gaussiano, si è calcolato secondo il documento US EPA-454/B-95-003b, come discusso per le altre vasche della sezione di depurazione.

In Tabella 5 sono riportati i dettagli delle sorgenti areali simulate nel presente sotto-scenario.

Sorgente	UTM E [m]	UTM N [m]	H [m]	σ_{z0} [m]	A [m ²]	Cod [ouE/m ³]	OER [ouE/s]
Vasca C (acque in uscita dal lavatore fumi del forno inceneritore)	644421	5000323	0	1	165	95	87

Cassone fanghi filtropressati	644523	5000115	1.8	0.8	13	1300	90
Vasche flocculazione fanghi	644536	5000127	2.5	1.2	40	1000	222
D314	644522	5000213	0	1	44	120	Var.
D315	644527	500204	0	1	16	85	Var.

Tabella 4. Dettagli delle sorgenti areali simulate nel presente sotto-scenario

4.3.2. Emissioni puntuali

Le emissioni dai serbatoi di ossidazione biologica E1030 ed E1031 sono stati modellati come emissioni puntuali.

La portata di odore (OER – Odour Emission Rate), dato di input necessario per la simulazione della dispersione di odore, è stata calcolata come prodotto fra la concentrazione di odore e la portata di aria emessa, ed espressa in unità odorimetriche al secondo (oue/s).

$$OER = C_{od} \cdot Q_{aria}$$

Per convenzione (EN 13725:2022), l'OER è stato espresso normalizzando la portata di aria a 20°C.

Il dato di concentrazione di odore è stato stimato a valle dei campionamenti condotti in corrispondenza dei rispettivi punti di emissione (Rapporto Di Prova O.0211/2023 - O.0227/2023; Rapporto Di Prova O.0715/2023 - O.0716/2023), mentre la portata di aria emessa è stata comunicata dai tecnici dell'impianto, considerando la portata inviata ai reattori R300A (punto di emissione E1030) e R300B (punto di emissione E1031) al massimo carico.

La temperatura è stata invece misurata in occasione del monitoraggio olfattometrico. Per queste emissioni si è conservativamente annullata la componente verticale di quantità di moto.

In Tabella 5 sono riportati i dettagli delle sorgenti puntuali simulate nel presente sotto-scenario.

Sorgente	UTM E [m]	UTM N [m]	H [m]	D [m]	v [m/s]	T [K]	Cod [ou _E /m ³]	Q [Nm ³ /h]	OER [ou _E /s]
E1030	644488	5000122	21.5	1	2.6	308	120	7000	250
E1031	644464	5000198	21.5	1	2.6	308	120	7000	250

Tabella 5. Dettagli emissivi delle sorgenti puntuali simulate nel presente sotto-scenario.

4.4. SOTTO-SCENARIO SERBATOI A TETTO FISSO

I serbatoi di stoccaggio di prodotti idrocarburici possono essere principalmente ascrivibili a tre tipologie costruttive: serbatoi a pressione (sfere e sigari), serbatoi a tetto fisso, serbatoi a tetto galleggiante. Mentre i serbatoi a pressione lavorano a ciclo chiuso, i serbatoi a tetto fisso e galleggiante possono causare perdite di idrocarburi. I serbatoi a tetto fisso, in particolare, sono i più diffusi in virtù della loro maggiore semplicità costruttiva e di gestione. Essi sono essenzialmente dei contenitori a volume fisso che vengono riempiti o svuotati a seconda delle esigenze di processo. Normalmente, al di sopra del livello del liquido, è presente aria o azoto, fino al riempimento del volume disponibile nel serbatoio. Al fine di evitare di mandare in depressione il serbatoio durante lo svuotamento, o in sovrappressione durante il riempimento, sulla sommità dei serbatoi è posto un vent: attraverso questa apertura, durante le operazioni di riempimento, fuoriesce del gas che trattiene inevitabilmente una porzione di composti organici, dando luogo a quella che viene definita “Perdita di lavoro” di COV dai serbatoi a tetto fisso. Tale meccanismo rappresenta il principale contributo emissivo nel caso di serbatoi a tetto fisso⁴.

⁴ Invernizzi, M., Sironi, S., 2021. “Odour Emission Rate Estimation Methods for Hydrocarbon Storage Tanks”, Chemical Engineering Transactions, 85 DOI: 10.3303/CET2185012.

In Figura 14 è riportato uno schema semplificato del meccanismo di funzionamento delle perdite da lavoro.

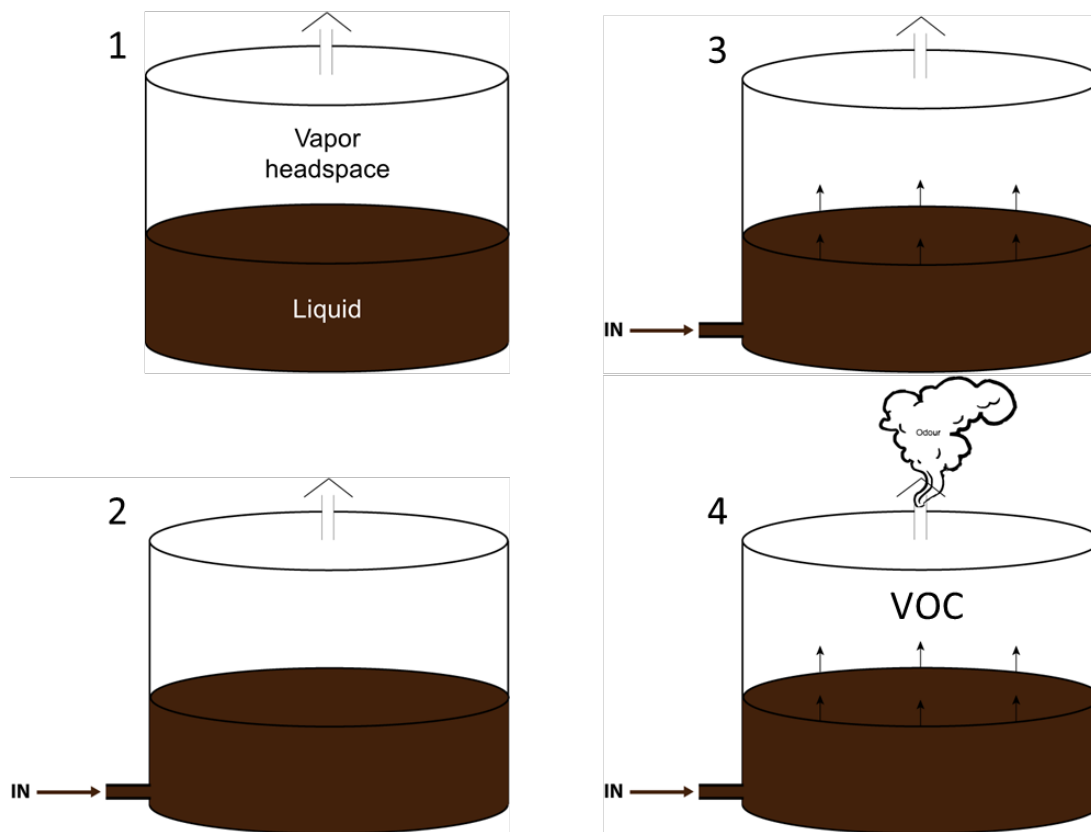


Figura 14. Schema dell'emissione di perdite da lavoro di serbatoi a tetto fisso.

In questa maniera, conoscendo il volume movimentato all'interno del serbatoio sull'unità di tempo, e conoscendo la concentrazione di odore che viene emessa al momento del riempimento, è possibile valutare il flusso di odore (Odour Emission Rate, OER) emesso per perdite di lavoro, calcolabile come:

$$OER = Q_{mov} \cdot C_{od}$$

Ove OER è il flusso di odore emesso dal serbatoio, Q_{mov} è il flusso di liquido movimentato nel serbatoio, espresso in volume su unità di tempo e C_{od} è la concentrazione di odore.

I serbatoi a tetto fisso dello stabilimento che sfiatano direttamente in atmosfera, e che quindi non sono avviati a termossidazione, sono adibiti allo stoccaggio di olone (i.e. miscela equimolare di cicloesanol e cicloesanone) e di cicloesanone.

Nel primo caso, è stato condotto un prelievo in corrispondenza dello sfiato di uno dei serbatoi contenenti olone, i.e. DA1003, durante l'operazione di colaggio. A valle del monitoraggio è stata misurata la concentrazione di odore, mediante analisi olfattometrica, i.e. 22000 ou_E/m³.

Nel caso del cicloesanone, trattandosi di un composto puro, si è invece utilizzato il dato di soglia olfattiva (OTV, Odour Threshold Value), riportato in letteratura (Murnane, S., et al (2013). *Odor threshold for chemicals with established occupational health standards, Second Edition, AIHA*). La concentrazione di odore allo sfiato di un serbatoio contenente un liquido puro è calcolabile come:

$$C_{od,pure,i} = \frac{P_i^\circ \cdot 1000000}{101325 \cdot OTV_i}$$

Ove P_i° è la tensione di vapore, espressa in Pa, calcolata alla temperatura media rappresentativa di 20°C, OTV_i è il valore di soglia olfattiva del composto in esame, misurato in ppm, 1000000 è il fattore di conversione da ppm a frazione molare e 101325 è il valore di pressione atmosferica espresso in Pa.

Contenuto	P_i° [Pa]	OTV _i [ppm] (Murnane)	$C_{od,pure,i}$ [ou _E /m ³]
Cicloesanone	500	0.27	18276

Tabella 6. Concentrazioni di odore stimata allo sfiato per il cicloesanone.

Oltre ai dati di concentrazione di odore, è necessario poi caratterizzare le singole sorgenti sotto il punto di vista del flusso emissivo. Al fine di definire le emissioni in maniera dettagliata, sono stati considerati i dati di movimentazione con andamento orario forniti dai tecnici dell'impianto per ciascun serbatoio, riferiti all'anno 2022.

Questo approccio, rispetto alla valutazione del movimentato medio annuale, rende maggiormente solido lo studio modellistico poiché garantisce una valutazione di dettaglio del fenomeno emissivo legato alla movimentazione del serbatoio, evitando la mediazione di lungo periodo che andrebbe ad “appiattire” il profilo emissivo, mediando i periodi emissivi con quelli di stasi del serbatoio. In questo modo è stato ottenuto un flusso odorigeno legato alla movimentazione variabile per ogni singola ora dell’anno.

In Tabella 7 sono riportati i flussi di odore globali annuali dei serbatoi a tetto fisso dell’impianto. Si ribadisce, come discusso in precedenza, che tale valore non è quello direttamente implementato nel modello dal momento che si è considerato un andamento orario del rateo emissivo.

In Tabella 7 si riporta, a titolo di esempio, l’andamento annuale del flusso odorigeno associato al serbatoio DA1002.

ID	Contenuto	Movimentato [m ³ /y]	OER [ou _E /y]
DA1001	Cicloesanone	52401	8.01E+08
DA1002	Cicloesanone	25212	4.4E+08
DA1003	Olone	24713	5.1E+08
DA1004	Olone	23334	4.79E+08
DA460	Cicloesanone	98529	1.07E+09

Tabella 7. Flussi di odore per i serbatoi a tetto fisso

Andamento annuale del flusso di odore del serbatoio DA1002

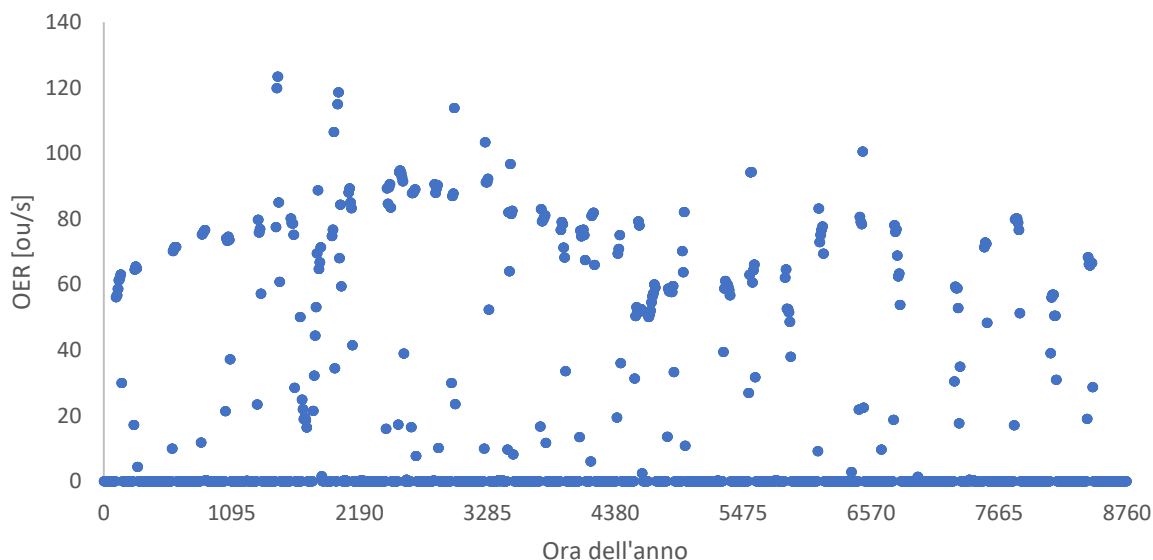


Figura 15. Andamento annuale del flusso di odore associato al serbatoio DA1002

I dettagli utilizzati per la simulazione sono riportati in Tabella 8. Si è considerato un diametro di sbocco medio rappresentativo di 15 cm (6'') e una temperatura di emissione pari a quella ambiente (291 K). Si è conservativamente annullata la componente verticale di quantità di moto delle emissioni.

ID	MACRO CATEGORIA	Altezza [m]	UTM Est [m]	UTM Nord [m]
DA1001	Cicloesanone	12.2	644771	5000174
DA1002	Cicloesanone	11.0	644792	5000186
DA1003	Olone	10.9	644810	5000196
DA1004	Olone	10.9	644818	5000233
DA460	Cicloesanone	11.0	645081	4999739

Tabella 8. Dettaglio dei parametri riferiti alle sorgenti puntuali modellate nel sotto-scenario serbatoi a tetto fisso.

4.5. SOTTO-SCENARI SERBATOI A TETTO GALLEGGIANTE

I serbatoi a tetto galleggiante sono solitamente utilizzati per stoccare composti con RVP maggiore di 4 kPa: la presenza di un tetto che, invece che essere fisso, si muove solidale al livello del liquido stoccato, impedisce la presenza di spazio di testa al di sopra del contenuto. Tale accorgimento riduce sia il rischio di formazione di miscele esplosive all'interno di serbatoi di stoccaggio, sia contiene in larga misura le perdite diffuse.

D'altra parte, sotto il punto di vista della stima delle emissioni, la caratterizzazione di questa tipologia di sorgenti risulta tutt'altro che banale. In questo caso, infatti, le condizioni emissive di un flusso convettivo di aeriforme, come erano presenti nelle condizioni di riempimento dei serbatoi a tetto fisso, non sono in alcuna maniera possibili. Questo fatto, oltre a rendere particolarmente complessa la valutazione quantitativa dei flussi di odore emessi, rende anche di fatto impossibile il campionamento in loco per la misura olfattometrica: l'emissione, infatti, avviene sempre e soltanto per perdita diffusa.

La stima degli OER per questa tipologia di sorgente è da effettuarsi quindi con un approccio innovativo.

Dalle simulazioni di perdita diffusa di COV, effettuate dai tecnici dell'impianto tramite software Tanks, è possibile stimare le emissioni da serbatoi a tetto galleggiante come flusso di massa, espresso in kg/y.

Per stimare il flusso di odore da attribuire a ciascun serbatoio a tetto galleggiante, è necessario abbinare al flusso di massa stimato tramite Tanks un parametro che rappresenti il potenziale odorigeno su base massiva [ouE/kg].

Nel caso dei composti puri tale valutazione può essere effettuata a partire dai valori di soglia olfattiva riportati in letteratura. La definizione di unità odorimetrica al metro cubo, ouE/m³, rappresenta infatti la concentrazione alla quale si raggiunge la soglia di percezione di una miscela odorigena. Nel caso in cui la miscela odorigena sia composta

soltanto da una singola sostanza odorigena, questa concentrazione sarebbe equivalente alla concentrazione di soglia olfattiva, esprimibile in concentrazione massiva OTVm [mg/m³].

Per quantificare il potenziale odorigeno su base massiva [ou_E/kg], si può utilizzare la seguente equazione, che semplicemente riordina algebricamente i termini in gioco:

$$Odour\ potential\ [ou_E/kg] = \frac{1000000\ [mg/kg]}{OTV_i\ [mg/m^3] / 1\ [ou_E/m^3]}$$

Ove OTV_i è il valore di soglia olfattiva del composto in esame.

In Tabella 9 è riportato l'elenco delle sostanze pure considerate, in maniera preliminare, nel presente sotto-scenario emissivo.

Composto puro	N° Serbatoi	OTVm [mg/m ³]	Odour potential [ou _E /kg]
BENZENE	5	10.160	9.84E+04
TOLUENE	6	1.242	8.05E+05
ETILBENZENE	3	0.640	1.56E+06
STIRENE	1	0.132	7.59E+06
CUMENE	7	0.032	3.16E+07
ACETONE	0	158.037	6.33E+03
FENOLO	1	0.021	4.75E+07

Tabella 9. Valori di soglia olfattiva presi in considerazione per il sotto-scenario serbatoi a tetto galleggiante

Per la stima del potenziale odorigeno dei serbatoi contenenti miscele (e.g. acque oleose, acque fenoliche) si è conservativamente considerata la soglia olfattiva minima tra quella dei singoli composti presenti nella miscela.

Per questo motivo, si precisa che in Tabella 9 è stato valutato preliminarmente anche il potenziale odorigeno dell'acetone, in quanto presente in alcune miscele (i.e. acque fenoliche), ma poi non è stato effettivamente attribuito ad alcun serbatoio.

Il flusso emissivo di odore, OER, è stato quindi calcolato con la formula:

$$OER [ou_E/y] = L_{tot} [kg/y] \cdot Odour\ potential [ou_E/kg]$$

Disponendo dei dati di perdite massive su base annuale (relative all'anno 2022), stimate dai tecnici di impianto tramite il software Tanks, è stato stimato il flusso odorigeno proveniente da questo tipo di serbatoi.

Vista la conformazione strutturale, ai fini della modellazione di queste sorgenti, si è proceduto a modellarle come sorgenti areali di odore. Essendo sorgenti areali, il dato di input legato al flusso di odore è il SOER, ossia il flusso specifico di odore. Questi dati sono calcolati con l'equazione:

$$SOER_{TG} = \frac{OER_{TG}}{\pi R^2}$$

Ove $SOER_{TG}$ è il flusso specifico di odore per ogni serbatoio a tetto galleggiante, OER_{TG} è il flusso di odore globale mentre R è il raggio del serbatoio.

In Tabella 10 sono riportati i dettagli utilizzati per simulare la dispersione di odore all'interno del software CALPUFF.

ID	UTM Est [m]	UTM Nord [m]	Altezza [m]	Diametro [m]	σ_{z0} [m]	Macro Categoria	Odour potential [ouE/kg]	L _{tot} [kg/y]	OER _{tot} [ouE/s]
DA 401	645039	4999979	12.2	22.4	5.7	BENZENE	9.84E+04	127.6	0.40
DA 402	645044	5000021	12.2	22.4	5.7	STIRENE	7.59E+06	16.0	3.85
DA 403	645045	5000077	12.2	22.4	5.7	ETILBENZENE	1.56E+06	16.2	0.80
DA 404	5000073	645096	12.2	22.4	5.7	BENZENE	9.84E+04	130.3	0.41
DA 405	645091	5000023	12.2	22.4	5.7	CUMENE	3.16E+07	70.8	71.01
DA 406	645090	4999979	12.2	22.4	5.7	ETILBENZENE	1.56E+06	18.5	0.92
DA 407	645034	4999916	14.7	30.5	6.8	ETILBENZENE	1.56E+06	23.0	1.14
DA 408	645086	4999911	14.7	30.5	6.8	CUMENE	3.16E+07	38.0	38.17
DA 409	644961	5000009	14.7	30.5	6.8	BENZENE	9.84E+04	180.2	0.56
DA 415	645045	5000214	12.2	14.6	5.7	BENZENE	9.84E+04	83.4	0.26
DA 416	645078	5000220	12.2	14.6	5.7	TOLUENE	8.05E+05	35.1	0.90
DA 417	645109	5000212	12.2	14.6	5.7	TOLUENE	8.05E+05	34.5	0.88
DA 428	645093	4999862	11.0	11.0	5.1	TOLUENE	8.05E+05	27.6	0.70
DA 429	645057	4999865	11.0	11.0	5.1	TOLUENE	8.05E+05	26.8	0.68

DA 430	645026	4999862	11.0	11.0	5.1	CUMENE	3.16E+07	19.9	19.94
DA 450	644818	5000104	12.2	14.6	5.7	TOLUENE	8.05E+05	35.8	0.91
DA 451	644830	5000068	12.2	14.6	5.7	TOLUENE	8.05E+05	34.8	0.89
DA 452	644868	5000080	12.2	22.4	5.7	CUMENE	3.16E+07	34.5	34.57
DA 453	644870	5000028	12.2	22.4	5.7	CUMENE	3.16E+07	34.1	34.22
DA 454	644913	5000078	12.2	22.4	5.7	FENOLO	4.75E+07	112.4	169.16
DA 455	644911	5000012	12.2	22.4	5.7	CUMENE	3.16E+07	36.9	36.98
DA 1017	645079	5000500	7.3	9.2	3.4	BENZENE	9.84E+04	54.1	0.17
DA 1018	645089	5000484	7.3	9.2	3.4	CUMENE	3.16E+07	19.0	19.09

Tabella 10. Dettagli emissivi del sotto-scenario serbatoi a tetto galleggiante

4.6. SOTTO-SCENARIO BIOFILTRO

Il biofiltro E1034 (denominato storicamente “filtro ad humus”), ubicato nell’area SAU, tratta i flussi aeriformi derivanti dalle vasche coperte dell’area SAU, i.e. equalizzatore D300, pozzetto D308, ispessitori D305/A e D305/B.

Tale emissione è stata modellata come sorgente puntuale.

Per quanto riguarda le sorgenti di odore areali attive, i.e. biofiltri, in maniera analoga alle emissioni convogliate, i.e. camini, si fa riferimento alla portata di odore (OER – Odour Emission Rate), calcolata come prodotto fra la concentrazione di odore e la portata di aria emessa, ed espressa in unità odorimetriche al secondo (oue/s).

$$OER = C_{od} \cdot Q_{aria}$$

Per convenzione (EN 13725:2022), l’OER è stato espresso normalizzando la portata di aria a 20°C.

Il dato di concentrazione di odore è stato stimato a valle dei campionamenti condotti sulla superficie del biofiltro (Rapporto Di Prova O.0211/2023 - Rapporto Di Prova O.0227/2023; Rapporto Di Prova O.0715/2023 - Rapporto Di Prova O.0716/2023): avendo condotto due prelievi sulla superficie del biofiltro si è considerato come valore rappresentativo la media geometrica dei dati. Si evidenzia comunque che i valori ottenuti sono risultati dello stesso ordine di grandezza.

La corrente d’aria inviata al biofiltro (filtro a hummus E1034) è composta da un flusso proveniente da D300 (equalizzatore) con portata di 2000 Nm³/h e da un flusso proveniente da Ispessitori (D305/A-B) e pozzetto D308 con portata di 2000 Nm³/h per un totale di 4000 Nm³/h. Tale portata complessiva è stata quindi utilizzata ai fini della stima dell’OER.

La temperatura del flusso emesso è stata misurata durante il campionamento olfattometrico.

In Tabella 11 sono riportati i dettagli della sorgente modellata nel presente sotto-scenario.

Sorgente	UTM E [m]	UTM N [m]	H [m]	Deq [m]	v [m/s]	T [K]	c _{od} [ou _E /m ³]	Q [Nm ³ /h]	OER [ou _E /s]
Biofiltro E1034	644484	5000178	2	4.5	0.08	303	1129	4000	1346

Tabella 11. Dettaglio dei parametri riferiti alle sorgenti puntuali modellate

4.7. SOTTO-SCENARIO EMISSIONI FUGGITIVE

Al fine di monitorare le emissioni fuggitive dagli impianti, la società Versalis, stabilimento di Mantova, ha commissionato alla società VED S.r.l. nell'anno 2022 l'implementazione di un programma di Leak Detection and Repair (LDAR) secondo i protocolli EPA 453/95, al fine di monitorare le emissioni fuggitive di VOC dai componenti d'impianto.

A valle di questo monitoraggio è stato redatto dalla stessa società un report (*"Rapporto ispettivo LDAR: campagna estensiva su componenti accessibili e non accessibili"*, aprile 2023) contenente, per ogni impianto, i flussi di massa stimati per ciascun composto [ton/y]. Tali flussi sono stati utilizzati per la stima del rateo emissivo di odore. In particolare, associando a ciascun composto la propria soglia olfattiva è possibile, noto il flusso massivo stimato per la specie i , quantificare il contributo odorigeno di ogni singola specie:

$$OER_i \left[\text{ou}_E / \text{s} \right] = \frac{ER_i \left[\text{mg} / \text{s} \right] \cdot 1 \left[\text{ou}_E / \text{m}^3 \right]}{OTV_i \left[\text{mg} / \text{m}^3 \right]}$$

ove OER_i [ou_E/s] è il flusso odorigeno associato alla singola specie i , ER_i è il flusso massivo della singola specie [mg/s] e OTV_i è il valore di soglia olfattiva del composto in esame.

Il flusso globale di ogni impianto è stato stimato dalla somma dei contributi delle singole specie:

$$OER [^{ou_E/s}] = \sum OER_i$$

Per la modellazione delle emissioni fugitive sono state implementate diverse sorgenti di tipo volumetrico, ciascuna rappresentativa di ciascuno dei singoli impianti monitorati. Queste sorgenti sono state localizzate approssimativamente nel centro del singolo impianto, con quota di emissione conservativamente assunta pari a 0 m, dimensione verticale σ_{z0} pari a 10 m (altezza rappresentativa degli impianti di processo) e dimensione laterale consistente con l'estensione dell'impianto.

Il parametro σ_{y0} , relativo alla dimensione iniziale laterale del puff gaussiano, richiesto dal software per la modellazione di sorgenti volumetriche, è stato calcolato secondo il documento US EPA-454/B-95-003b:

$$\sigma_{y0} = \frac{L}{4.3}$$

ove L rappresenta la dimensione laterale della sorgente.

In Tabella 12 sono riportati i dettagli utilizzati per la simulazione del presente sotto-scenario: all'interno del modello sono state valutate le emissioni fugitive da tutti gli impianti dello stabilimento, simulate mediante l'implementazione di sorgenti volumetriche le cui dimensioni laterali sono state identificate a partire dall'estensione dei singoli impianti.

	UTM Est [m]	UTM Nord [m]	H [m]	L [m]	σ_{z0} [m]	OER [ou/s]
PILOTA	644310	5000519	0	37	10	5
LCE	644979	4999964	0	319	10	102
PR12	644923	5000706	0	106	10	38
PR7	644698	5000766	0	82	10	635
PR11	644915	5000795	0	52	10	36
SG30	644260	5000236	0	70	10	0.1

SAU	644960	4999724	0	43	10	0.2
ST14	644676	5000396	0	74	10	2
ST15+ST12	644880	5000302	0	77	10	8
ST16+ST18	644828	5000380	0	93	10	8
ST20	644307	5000934	0	122	10	170
ST40	644489	5000692	0	147	10	268
ST8	644734	5000463	0	59	10	3

Tabella 12. Parametri utilizzati per la modellazione delle sorgenti inserite nel sotto-scenario emissioni fuggitive.

Infine, nella figura sottostante è riportata una proiezione su foto satellitare delle sorgenti volumetriche (in blu).



Figura 16. Proiezione satellitare delle sorgenti (in blu).

4.8. SCENARIO GLOBALE

A valle della simulazione delle diverse macroaree emissive considerate, si è proceduto al calcolo dell'impatto globale dell'impianto. Tale elaborazione è stata ottenuta tramite il tool CALSUM Wizard, facente parte della suite di CALPUFF. Questo algoritmo è in grado di sommare i contributi dei domini spazio-temporali di concentrazione di odore valutati nei diversi sotto-scenari.

5. MODELLO DI DISPERSIONE

5.1. DESCRIZIONE DEL MODELLO

Per il calcolo della dispersione delle emissioni è stato impiegato il modello CALPUFF, realizzato dalla Earth Tech Inc. per conto del California Air Resources Board (CARB) e del U.S. Environmental Protection Agency (US EPA).

CALPUFF appartiene alla tipologia di modelli descritti al paragrafo 3.1.2 della linea guida RTI CTN_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 modello di dispersione CALPUFF, nel modo in cui è impiegato nell’ambito del presente studio, 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”, ma ha alcune caratteristiche avanzate tali da classificarlo nella tipologia 3 della medesima scheda 9.

CALPUFF è uno dei modelli adottati ufficialmente da US EPA per la stima della qualità dell’aria, con le seguenti motivazioni (*Appendix W to Part 51 - Guideline on Air Quality Models*).

- «In some public comments there was a general consensus that the technical basis of the CALPUFF modeling system has merit and provides substantial capabilities to not only address long range transport, but to address transport and dispersion effects in some complex wind situations».
- «CALPUFF in its current configuration is suitable for regulatory use for long range transport, and on a case-by-case basis for complex wind situations».

Si rimanda al documento citato per quanto riguarda il rapporto sugli studi circa la validazione e la stima dell’accuratezza del modello.

Tra le ragioni che suggeriscono l'impiego di CALPUFF nel caso in esame, si possono elencare le seguenti:

- L'algoritmo principale di CALPUFF implementa un modello di dispersione lagrangiano non stazionario a puff gaussiano. Questo permette la trattazione rigorosa ed esplicita anche dei periodi nei quali il vento è debole o assente, a differenza dei più noti modelli a pennacchio gaussiano (Gaussian plume models).
- I coefficienti di dispersione sono calcolati dai parametri di turbolenza ($MDISP = 2$), ad esempio u^* e L_{MO} , anziché dalle classi di stabilità Pasquill-Gifford-Turner. Vale a dire che la turbolenza è descritta da funzioni continue anziché discrete.
- Alle sorgenti emissive possono essere assegnate emissioni variabili nel tempo, ora dopo ora.
- 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 dell'aria ascendenti (le comunemente dette "termiche") e discendenti tipici delle ore più calde della giornata e dovuti ai vortici di grande scala.

5.2. BUILDING DOWNWASH

Il building downwash è l'effetto di disturbo causato da edifici, o da altre costruzioni che agiscono da ostacolo, sulla dispersione delle sostanze in aria.

In generale un ostacolo crea delle turbolenze indotte dalla forza del vento che agisce su di esso, si ha quindi una modifica della naturale traiettoria del vento. La turbolenza locale richiama il pennacchio verso il basso e di conseguenza sottovento all'ostacolo si

ha un aumento di concentrazione di inquinanti. Continuando ad allontanarsi, sempre in direzione sottovento, si ha che le differenze di concentrazione si attenuano e l'effetto dell'edificio va via via attenuandosi.

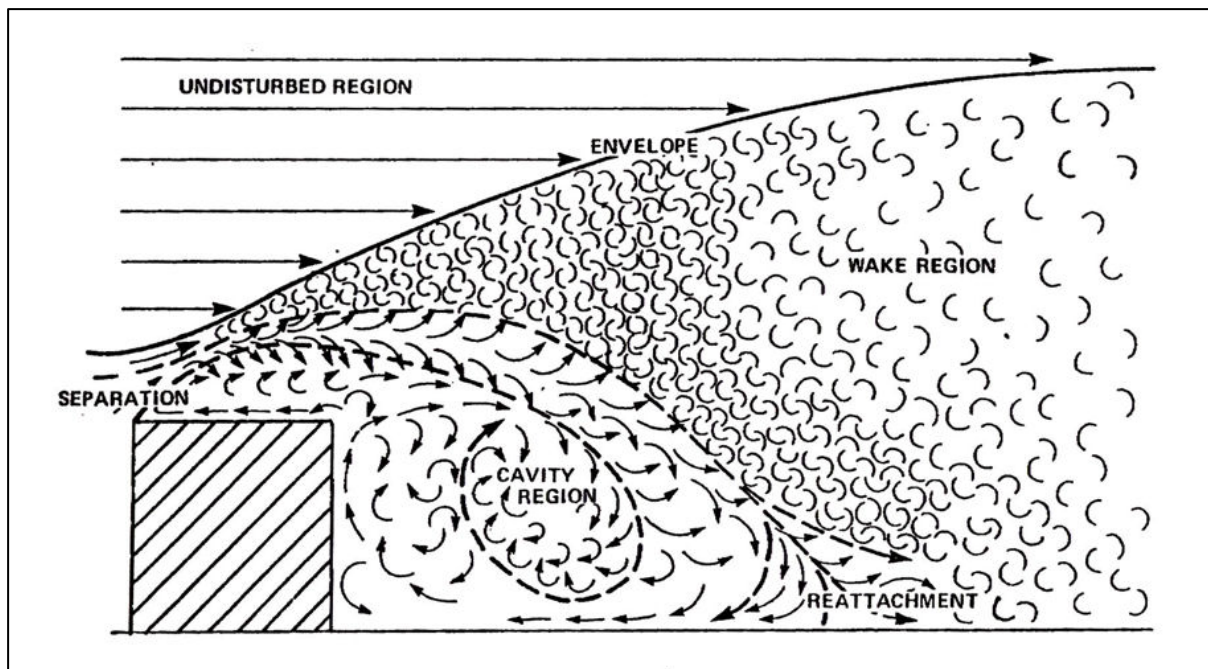


Figura 17. Schema del meccanismo di funzionamento del building downwash

Il software di simulazione CALPUFF ha al suo interno l'algoritmo BPIP-PRIME, in grado di valutare l'effetto degli edifici nelle vicinanze di un'emissione. All'interno di esso sono quindi stati inseriti i dati geometrici dei serbatoi e degli edifici più vicini ai camini implementati nello studio, come visibile in Figura 18.

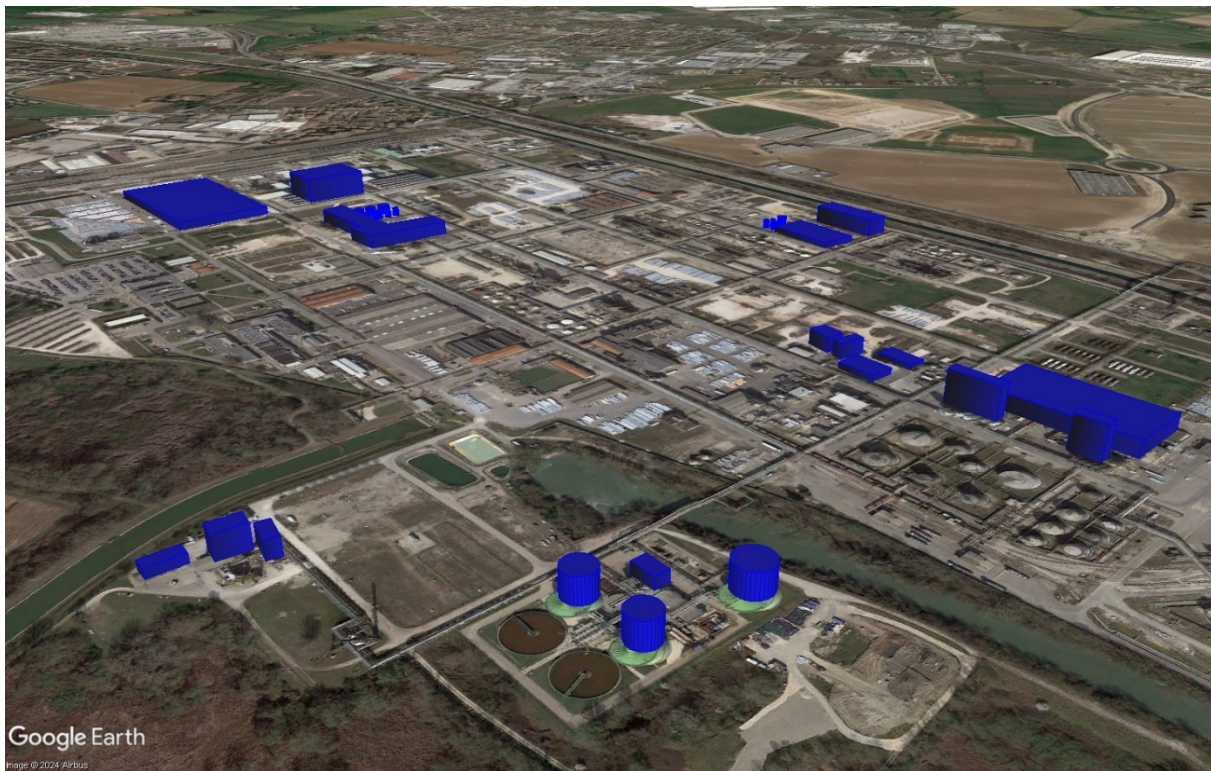


Figura 18. Simulazione visiva degli edifici, in blu, considerati per il calcolo del building downwash

5.3. EFFETTI DELLE FLUTTUAZIONI ISTANTANEE DI CONCENTRAZIONE DI ODORE

La concentrazione di odore in aria ambiente, così come qualunque variabile identificabile come uno scalare passivo dell'atmosfera, fluttua istantaneamente, ed in maniera continua, per effetto della onnipresente turbolenza atmosferica.

Va d'altra parte considerato che, affinché un odore sia percepibile, è sufficiente che la sua concentrazione in aria superi la soglia di percezione anche solo per il tempo di un respiro (della durata media di 3.6 secondi).

Poiché il modello di dispersione impiegato produce come output, per ciascuna ora e in ciascun punto del dominio di simulazione, la media oraria della concentrazione di

odore, è necessario dedurre, da questa, la concentrazione oraria di picco, ossia un valore di concentrazione più elevato rispetto alla media oraria, che rappresenti la concentrazione che viene superata per un lasso di tempo, anche contenuto, al di sotto dell'ora.

Esistono, allo stato dell'arte, diversi metodi per la stima del valore di concentrazione sub-oraria. D'altra parte, sussistono allo stato attuale una serie di limitazioni che ne restringono l'applicazione concreta e che rendono difficoltosa l'identificazione di un approccio univoco per la sua quantificazione. Nello specifico infatti:

- non è disponibile una definizione unica e universalmente riconosciuta di "picco". Essenzialmente non è definito quale sia il periodo temporale a breve termine, inferiore all'ora, da considerarsi rappresentativo per la stima della già citata concentrazione di picco;
- i metodi attualmente disponibili per il calcolo del "picco" sono molto vari, sia in termini di approccio metodologico che di complessità;
- le ipotesi operative sottese all'adozione di differenti algoritmi per il calcolo del picco possono condurre a risultanze non direttamente confrontabili.

Per questi motivi, l'approccio generalmente più diffuso per la stima della concentrazione di picco passa per un'equazione in forma semplificata che utilizza un unico fattore moltiplicativo della concentrazione media oraria restituita dal modello di dispersione. Tale valore è costante e unico, per tutte le celle del dominio e le ore di simulazione. Le linee guida presenti sul territorio italiano (cfr. *Delibera SNPA n. 38/2018, Capitolo 5*) prescrivono l'ottenimento dei valori di picco moltiplicando le concentrazioni medie orarie per un peak-to-mean ratio pari a 2.3. Benché nella letteratura scientifica non vi sia accordo unanime circa la definizione di un valore universale per questo parametro, tale fattore unico ed uniforme ha lo scopo di depurare i risultati delle simulazioni, per quanto possibile, dagli aspetti soggettivi connessi alla scelta dei parametri del modello, più che alle specificità dello scenario emissivo di cui si deve simulare l'impatto. Inoltre, alcuni recenti studi

(Invernizzi M., Brancher M., Sironi S., Capelli L., Piringer M., Schaubberger G., “Odour impact assessment by considering short-term ambient concentrations: A multi-model and two-site comparison” *Environment International* 144 (2020) 105990; Invernizzi M., Capra F., Sozzi R., Capelli L., Sironi S., “Development and evaluation of a fluctuating plume model for odor impact assessment” *Applied Sciences* 11 (2021) 3310) hanno evidenziato come, ipotizzando la concentrazione di picco come quella calcolata al 90° percentile del dataset sub-orario, il valore di peak-to-mean ratio pari a 2.3 appare generalmente in linea con quanto elaborato da differenti approcci modellistici più complessi.

5.4. ELABORAZIONE DEI RISULTATI

5.4.1. Limiti di accettabilità dell’impianto

Le linee guida “Indirizzi per l’applicazione dell’articolo 272-Bis del Dlgs 152/2006 in materia di emissioni odorigene di impianti e attività”, pubblicate dal Ministero dell’Ambiente e della Sicurezza Energetica (28/06/2023) costituiscono un riferimento nazionale, in materia di emissioni di odore, per l’individuazione di valori di accettabilità di impatto olfattivo presso i ricettori discreti. In particolare, la Tabella 3 (pag. 10) del documento citato, indica un valore di accettabilità, compreso in un range tra 1 ouE/m³ e 5 ouE/m³, in funzione della classe di sensibilità del ricettore. Di seguito, la tabella di riferimento (“Indirizzi per l’applicazione dell’articolo 272-Bis del Dlgs 152/2006 in materia di emissioni odorigene di impianti e attività”, Ministero dell’ambiente e della sicurezza energetica, D.D. 309 del 28 giugno 2023):

Classe di sensibilità del ricettore	Descrizione della classe di sensibilità del ricettore sensibile	Valore di accettabilità dell'impatto olfattivo presso il ricettore sensibile
PRIMA	Aree, in centri abitati o nuclei, a prevalente destinazione d'uso residenziale classificate in zone territoriali omogenee A o B. Edifici, in centri abitati o nuclei, a destinazione d'uso collettivo continuativo e ad alta concentrazione di persone (es. ospedali, case di cura, ospizi, asili, scuole, università, per tutti i casi, anche se di tipologia privata), esclusi gli usi commerciale e terziario	1 ou _E /m ³
SECONDA	Aree, in centri abitati o nuclei, a prevalente destinazione d'uso residenziale, classificate in zone territoriali omogenee C (completamento e/o nuova edificazione) Edifici o spazi aperti, in centri abitati o nuclei, a destinazione d'uso collettivo continuativo commerciale, terziario o turistico (es. mercati stabili, centri commerciali, terziari e direzionali, per servizi, strutture ricettive, monumenti).	2 ou _E /m ³
TERZA	Edifici o spazi aperti, in centri abitati o nuclei, a destinazione d'uso collettivo non continuativo (es.: luoghi di pubblico spettacolo, luoghi destinati ad attività ricreative, sportive, culturali, religiose, luoghi destinati a fiere, mercatini o altri eventi periodici, cimiteri); case sparse; edifici in zone a prevalente destinazione residenziale non ricomprese nelle Zone Territoriali Omogenee A, B e C.	3 ou _E /m ³
QUARTA	Aree a prevalente destinazione d'uso industriale, artigianale, agricola, zootecnica.	4 ou _E /m ³
QUINTA	Aree con manufatti o strutture in cui non è prevista l'ordinaria presenza di gruppi di persone (es.: terreni agricoli, zone non abitate).	5 ou _E /m ³

Figura 19. Classe di sensibilità e valori di accettabilità presso i ricettori discreti, così come previsto da *“Indirizzi per l'applicazione dell'articolo 272-Bis del Dlgs 152/2006 in materia di emissioni odorigene di impianti e attività”*, Ministero dell'ambiente e della sicurezza energetica, 28 giugno 2023.

5.4.2. Presentazione dei risultati

Le linee guida *“Indirizzi per l'applicazione dell'articolo 272-Bis del Dlgs 152/2006 in materia di emissioni odorigene di impianti e attività”*, pubblicate dal Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica (28/06/2023) prevedono che, sulla base della modellazione della dispersione dell'odore dovranno essere presentate “le isoplete (curve di concentrazione) calcolate al 98° percentile dei valori orari di picco sull'anno, corrispondenti ai valori di concentrazione 1 ou_E/m³, 2 ou_E/m³, 3 ou_E/m³, 4 ou_E/m³, 5 ou_E/m³”. Oltre a ciò lo stesso documento richiede, di riportare nelle mappe di impatto,

“la prima isopleta relativa a qualsiasi valore di concentrazione di odore che risulta non completamente racchiusa nel perimetro dello stabilimento”.

Per quanto riguarda i ricettori discreti individuati sul territorio, si richiede l’indicazione del 98° percentile e del massimo delle concentrazioni orarie di picco di odore simulate.

5.4.3. Calcolo dei percentili di concentrazione

Per ciascuno dei recettori idealmente disposti sul territorio circostante al sito in esame e per ogni ora del dominio di tempo della simulazione, CALPUFF calcola la concentrazione media oraria di ciascuno degli inquinanti presi in esame nel presente studio. Tutte le concentrazioni di odore restituite dal modello sono inoltre moltiplicate per il *peak-to-mean ratio*, così da ottenere le concentrazioni di picco di odore per ogni recettore e per ogni ora del dominio di tempo.

Dalla matrice delle concentrazioni al suolo, per ogni ora del dominio di tempo, per ogni recettore, sono estratti i percentili di ordine 98 per ciascun recettore.

Nel caso della concentrazione di odore, come definito dalla norma EN 13725:2022, l’odore di un campione aeriforme avente concentrazione di odore pari a 1 ouE/m³ è percepibile solo dal 50% degli individui. Quindi, ad esempio, se presso un dato recettore il 98° percentile delle concentrazioni orarie è di 1 ouE/m³, la concentrazione di picco di odore simulata nell’aria al suolo è inferiore a 1 ouE/m³ per il 98% delle ore nell’anno considerato; quindi il 50% della popolazione non percepisce l’odore emesso dalle sorgenti in esame per il 98% delle ore su base annua.

6. PRESENTAZIONE E VALUTAZIONE DEI RISULTATI

Per tutti i sotto-scenari simulati e per lo scenario globale dell'impianto vengono riportate, nei paragrafi seguenti, le mappe di impatto al 98° percentile.

Sono inoltre presentati per lo scenario globale i valori puntuali calcolati in ognuno dei ricettori elencati in Paragrafo 2.3, riportando le statistiche relative al 98° percentile e al massimo annuale.

Si sottolinea che le concentrazioni al 98° percentile rappresentano i valori di concentrazione di odore che vengono raggiunte per 175 ore nell'anno (il 2% delle 8760 dell'anno).

6.1. MAPPE DI IMPATTO: SOTTO-SCENARIO CAMINI



Figura 20. Mappa delle concentrazioni orarie di picco, valutate al 98esimo percentile sul dominio di simulazione per il sotto-scenario camini (visione zoomata sull'impianto).

6.2. MAPPE DI IMPATTO: SOTTO-SCENARIO BIOFILTRO



Figura 21: Mappa delle concentrazioni orarie di picco, valutate al 98esimo percentile sul dominio di simulazione per il sotto-scenario biofiltro (visione zoomata sull'impianto).

6.3. MAPPE DI IMPATTO: SOTTO-SCENARIO VASCHE DI TRATTAMENTO ACQUE

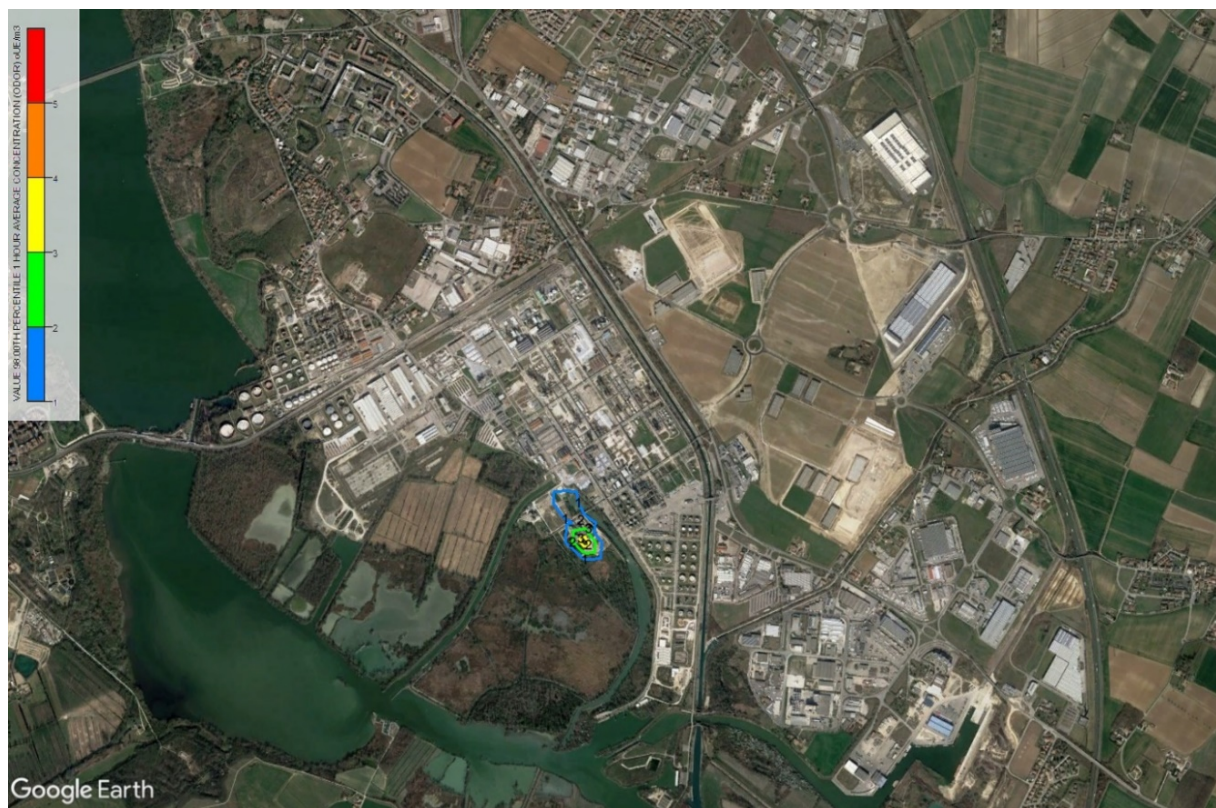


Figura 22. Mappa delle concentrazioni orarie di picco, valutate al 98esimo percentile sul dominio di simulazione per il sotto-scenario vasche di trattamento acque (visione zoomata sull'impianto).

6.4. MAPPE DI IMPATTO: SOTTO-SCENARIO SERBATOI A TETTO FISSO



Figura 23. Mappa delle concentrazioni orarie di picco, valutate al 98esimo percentile sul dominio di simulazione per il sotto-scenario serbatoi a tetto fisso (visione zoomata sull'impianto).

6.5. MAPPE DI IMPATTO: SOTTO-SCENARIO SERBATOI A TETTO GALLEGGIANTE



Figura 24. Mappa delle concentrazioni orarie di picco, valutate al 98esimo percentile sul dominio di simulazione per il sotto-scenario serbatoi a tetto galleggiante (visione zoomata sull'impianto).

6.6. MAPPE DI IMPATTO: SOTTO-SCENARIO EMISSIONI FUGGITIVE



Figura 25. Mappa delle concentrazioni orarie di picco, valutate al 98esimo percentile sul dominio di simulazione per il sotto-scenario emissioni fuggitive (visione zoomata sull'impianto).

6.7. MAPPE DI IMPATTO: SCENARIO GLOBALE

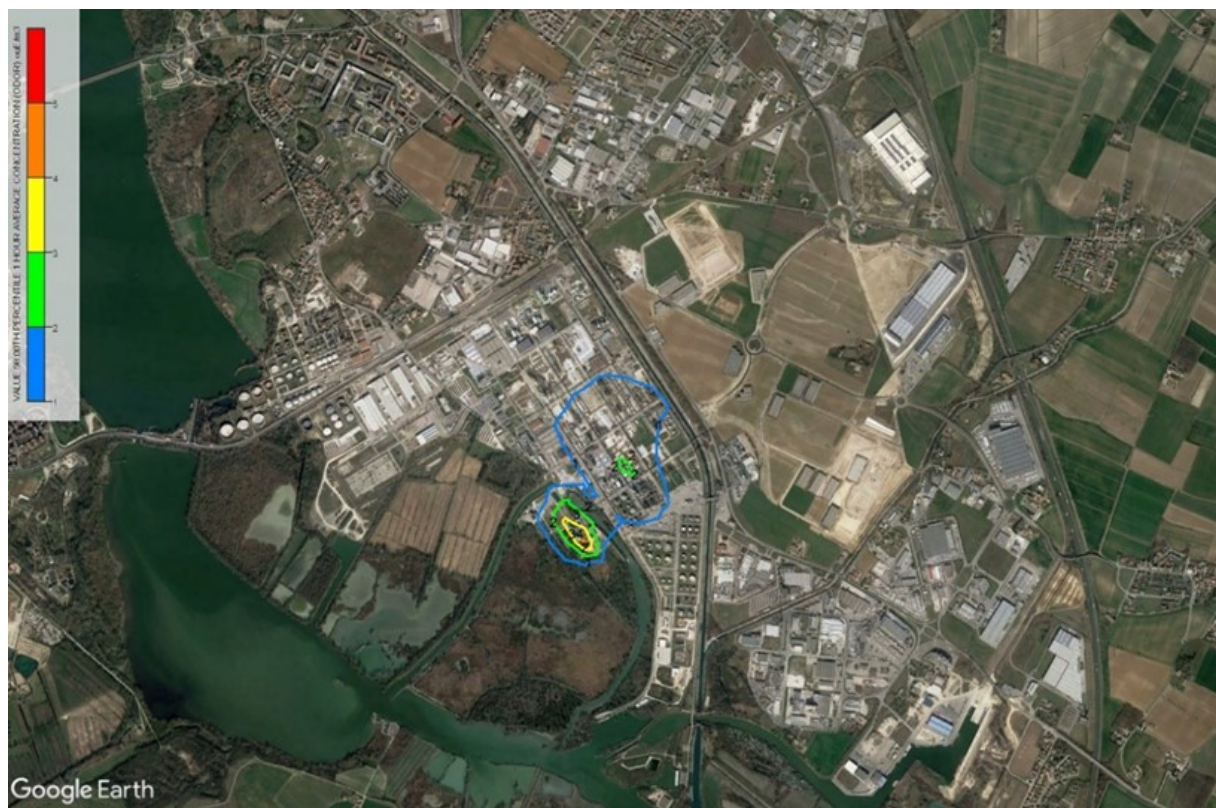


Figura 26. Mappa delle concentrazioni orarie di picco, valutate al 98esimo percentile sul dominio di simulazione per lo scenario globale (visione zoomata sull'impianto).

6.8. IMPATTO PRESSO I RICETTORI DISCRETI

ID	Descrizione	C98 [ouE/m ³]	Cmax [ouE/m ³]
R_1	Mottella - Centro Abitato	0.04	0.18
R_2	Pietole - Centro Abitato	0.05	0.14
R_3	Lunetta Frassino - Centro Abitato	0.08	0.30
R_4	Mantova - Centro Abitato	0.05	0.17
R_5	Montata Carra - Centro Abitato	0.02	0.07
R_6	Case Tripoli - Centro Abitato	0.03	0.14
R_7	Castiona - Centro Abitato	0.05	0.22
R_8	Borgovirgiliana - Centro Abitato	0.18	0.58
R_9	Corte Tenca - Centro Abitato	0.16	0.61
R_10	Cerese - Centro Abitato	0.04	0.10
R_11	Formigosa- Centro Abitato	0.08	0.23
R_12	Borgo Castelletto - Centro Abitato	0.09	0.28
R_13	Villanova de Bellis - Centro Abitato	0.08	0.22
R_14	Sant'Antonio - Centro Abitato	0.02	0.05

R_15	Stradella - Centro Abitato	0.04	0.16
R_16	Case Ghisiolo - Nucleo Abitato	0.04	0.26
R_17	Casette - Nucleo Abitato	0.15	0.50
R_18	Via Cadè - Nucleo Abitato	0.04	0.16
R_19	Virgiliana - Nucleo Abitato	0.13	0.31
R_20	Andes - Nucleo Abitato	0.13	0.34
R_21	Maragnane - Nucleo Abitato	0.06	0.13
R_22	Case Muttona - Nucleo Abitato	0.10	0.28
R_23	Abitazione - direzione sud	0.11	0.30
R_24	Abitazione - direzione nord	0.14	0.55
R_25	Abitazione - direzione ovest	0.08	0.22
R_26	Abitazione - direzione est	0.13	0.36
R_27	Ristorante	0.49	0.98
R_28	Gruppo TEA	0.38	0.95
R_29	Abitazione - direzione ovest	0.42	0.83

Tabella 13. Valori di concentrazione di odore di picco, valutati come 98° percentile e massimo annuale, per lo scenario globale dell'impianto.

7. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

All'interno del presente studio si è proceduto alla stima delle ricadute di odore al suolo derivanti dal sito petrolchimico Versalis, presso il Polo Industriale di Mantova, sito in Via Giuseppe Taliercio, 14, 46100 (MN).

La simulazione di dispersione, utilizzata per quantificare le ricadute al suolo, è stata effettuata adottando il modello di dispersione CALPUFF, che rappresenta lo standard più largamente utilizzato per questo tipo di simulazioni.

Si è suddiviso lo scenario globale dell'impianto in diversi sotto-scenari, al fine di distinguere i diversi contributi in termini di impatto e limitare i tempi di calcolo.

In merito allo scenario relativo ai serbatoi a tetto fisso (Figura 23) e ai serbatoi a tetto galleggiante (Figura 24), si evidenziano delle ricadute ampiamente trascurabili: le isolinee di concentrazione riportate nella mappa di impatto fanno riferimento a valori di concentrazione un ordine di grandezza inferiori rispetto ai valori guida, poiché in nessun punto del dominio di simulazione viene raggiunto neanche il valore di 1 ouE/m^3 .

Per quanto concerne il contributo dei camini (Figura 20), del biofiltro (Figura 21), delle vasche di trattamento acque (Figura 22) e delle emissioni fuggitive (Figura 25), si osserva un impatto strettamente localizzato all'interno dello stabilimento: le isoplete di concentrazione non fuoriescono dai confini dell'impianto. Le ricadute odorigene appaiono dunque trascurabili, non solo sui centri abitati, ma anche in corrispondenza delle case sparse più vicine allo stabilimento. Si evidenzia inoltre che le concentrazioni di odore risultano sempre inferiori rispetto ai valori di riferimento più elevati (i.e. 4 ouE/m^3 e 5 ouE/m^3), anche all'interno dell'impianto.

Infine, dall'analisi dello scenario globale dell'impianto, si evidenzia un impatto confinato entro il perimetro dello stabilimento, che non raggiunge alcuna abitazione, così come anche la zona industriale limitrofa.

A conferma di ciò, dalla Tabella 13, che riporta i valori di concentrazione di odore al ricettore, valutati come 98° percentile e massimo annuale, si evidenziano delle ricadute sempre inferiori a 1 ou_E/m³, anche considerando i ricettori situati in prossimità dello stabilimento, e.g. R_27, R_28 e R_29 che distano circa 200 m dai confini dello stabilimento.

In conclusione, dalle risultanze dello studio modellistico non emerge alcuna criticità in termini di impatto olfattivo associata allo stabilimento in esame.