



versalis

Monitoraggio e modellazione delle emissioni odorigene

versalis S.p.A. – Stabilimento di Brindisi

Marzo 2014

Preparato da URS Italia S.p.A. - Rif.: 46324131

URS Italia S.p.A.

Laura Bagnini

INDICE

1.	INTRODUZIONE	1
2.	NUOVA MAPPATURA DELLE SORGENTI ODORIGENE	2
2.1.	Sorgenti puntiformi	2
2.2.	Sorgenti diffuse	3
2.3.	Sorgenti di emissioni fuggitive.....	4
3.	MONITORAGGIO IN CAMPO DEGLI ODORI E SPECIAZIONE CHIMICA.....	6
3.1.	Attività di indagine	6
3.2.	Modalità di prelievo e analisi	9
3.3.	Risultati della campagna di indagine olfattometrica	10
4.	STUDIO MODELLISTICO DI DISPERSIONE DEGLI ODORI IN ATMOSFERA	12
4.1.	Riferimenti normativi sull'impatto odorigeno	12
4.2.	Inquadramento territoriale	13
4.2.1.	Analisi morfologica del territorio	14
4.2.2.	Analisi meteorologica al suolo	16
4.2.3.	Anno di riferimento (2012).....	17
4.3.	Catena modellistica utilizzata: CALMET-CALPUFF	21
4.4.	Il modello meteorologico CALMET	22
4.4.1.	Il modello MM5	23
4.4.2.	Dati meteorologici utilizzati in input al modello CALMET	24
4.5.	Modello di dispersione CALPUFF	25
4.6.	Input emissivi	26
4.6.1.	Emissioni da sorgenti puntuali (emissioni convogliate).....	27
4.6.2.	Emissioni da sorgenti volumetriche (emissioni fuggitive).....	28
4.6.3.	Emissioni da sorgenti areali (emissioni diffuse)	28
4.7.	Simulazioni modellistiche di dispersione degli inquinanti	30
4.7.1.	Griglia dei recettori	30
4.7.2.	Risultati delle simulazioni	32
4.7.3.	Ricadute stimate presso i recettori.....	33
4.8.	Conclusioni.....	34
	BIBLIOGRAFIA.....	36

TAVOLE

Tavola 1: Mappa di isoconcentrazione intero dominio

Tavola 2: Mappa di isoconcentrazione entro confini stabilimento

INDICE

ALLEGATI

Allegato 1: Planimetria stabilimento con ubicazione punti di campionamento

Allegato 2: Bollettini analitici

Allegato 3: Analisi dati meteorologici anni 2011 e 2013

1. INTRODUZIONE

In ottemperanza alla prescrizione di cui all'art.1, comma 6 del Decreto Autorizzativo DVA-DEC-2011-0000514 del 16/09/2011 (di seguito Decreto AIA), versalis S.p.A. (di seguito versalis) ha trasmesso a MATTM e ISPRA le relazioni LOD RT121/12 "Mappatura sorgenti odorigene" e LOD RT 37/13 "Valutazione numerica della dispersione di odori" mediante lettera Prot. DIRE/U/001124 del 28/03/2013.

In particolare, la prescrizione di cui al paragrafo 9.8 del PIC – AIA (pag. 150) stabilisce che: *"Entro 18 mesi dalla data di rilascio dell'AIA, il Gestore dovrà presentare la mappatura di tutte le potenziali fonti di emissione odorigena esplicitando la natura chimica delle sostanze emesse. A completamento di tale indagine, il Gestore dovrà presentare all'Autorità Competente una relazione tecnica che evidenzi gli eventuali elementi di criticità e che contenga una proposta di possibili interventi di mitigazione degli impatti olfattivi"*.

versalis, sulla base dei risultati emersi dagli studi effettuati ed illustrati nelle relazioni precedentemente citate, non ha evidenziato criticità di impatto olfattivo prodotte dal proprio stabilimento sul territorio circostante, dichiarando di non ritenere necessario procedere alla definizione degli interventi di mitigazione richiesti dall'ultima parte della prescrizione sopra riporta.

Il MATTM, come riportato nel Parere Istruttorio CIPPC-00-2013-0001677 del 12/09/2013, trasmesso mediante protocollo DVA-2013-0021932 del 26/09/2013, ha ritenuto che la documentazione prodotta da versalis nei tempi previsti fosse conforme nella forma e nei contenuti a quanto prescritto. Nel medesimo Parere il MATTM ha comunque richiesto di effettuare una nuova mappatura delle sorgenti odorigene comprensivo di un piano di monitoraggio in campo degli odori, esplicitando la natura chimica e la quantità delle sostanze emesse, e di un'indagine olfattometrica per tutte le tipologie di sorgenti emissive, anche di quelle ritenute di minore impatto (incluse emissioni diffuse e fuggitive) trascurate negli studi già effettuati. Il MATTM ha richiesto di implementare tali attività e di trasmetterne gli esiti entro 6 mesi dalla comunicazione del suddetto Parere.

La presente relazione intende illustrare le attività svolte ed i relativi risultati in accordo a quanto richiesto dal MATTM e, a tal scopo, è articolata nelle seguenti sezioni:

- nuova mappatura delle sorgenti odorigene;
- monitoraggio in campo degli odori e speciazione chimica;
- nuova valutazione della dispersione degli odori.

2. NUOVA MAPPATURA DELLE SORGENTI ODORIGENE

Sulla base di quanto già evidenziato nella relazione LOD RT121/12 “Mappatura sorgenti odorigene”, così come richiesto dal MATTM, si è proceduto a selezionare le sorgenti potenzialmente odorigene da sottoporre a successiva campagna di monitoraggio, indipendentemente dal fatto che nel precedente studio fossero state considerate significative.

Nei seguenti paragrafi si riporta nuovamente, per completezza, la descrizione delle sorgenti sottoposte a monitoraggio, suddivise in sorgenti puntuali, diffuse e fugitive.

2.1. Sorgenti puntiformi

Per quanto concerne le emissioni puntuali di stabilimento sono stati considerati i camini descritti nel Decreto AIA e riportati nella seguente Tabella.

Tabella 2-1: Sorgenti puntiformi (camini)

Camino	Impianto afferente
E101	Impianto di steam cracking P1CR – Forni cracking termico F1001 A/B
E102	Impianto di steam cracking P1CR – Forni cracking termico F1001 C/D
E103	Impianto di steam cracking P1CR – Forni cracking termico F1001 E/F
E104	Impianto di steam cracking P1CR – Forni cracking termico F1001 G/H
E105	Impianto di steam cracking P1CR – Forni cracking termico F1001 I/L
E106	Impianto di steam cracking P1CR -- Forno cracking termico F1011
E107	Impianto di steam cracking P1CR – Decoking forni
E108	Impianto di steam cracking P1CR – Forno 1012
E80	AT1 Carico/scarico prodotti via mare (pontile) - Impianto di condensazione criogenica sfiati navi BK
E81	AT1 Carico/scarico prodotti via mare (pontile) - Impianto di condensazione criogenica vapori C4

Camino	Impianto afferente
E51	Abbattimento effluenti gassosi provenienti dall'impianto di trattamento delle sode spente.
E77	Impianto di produzione di polietilene PE 1/2 – Ossidatore termico W9501

Le torce non sono state considerate nel presente studio, data l'impossibilità di procedere alle attività di campionamento per la caratterizzazione olfattometrica e chimica delle emissioni da esse generate. Va comunque sottolineato che le torce, sebbene parti integranti della funzionalità dello stabilimento, si attivano unicamente in particolari condizioni operative (anomalie, guasti, avvii, arresti e periodi transitori), che non rappresentano il normale funzionamento dello stabilimento.

2.2. Sorgenti diffuse

Per quanto concerne le sorgenti di emissioni diffuse, sono stati considerati i serbatoi e le vasche riportate nelle seguenti Tabelle.

I serbatoi contenenti soluzioni acquose sono stati esclusi dal seguente studio, poiché in essi gli inquinanti sono presenti in basse concentrazioni. I serbatoi in pressione e criogenici, in quanto dotati di linee di connessione al sistema di recupero gas di stabilimento, sono stati considerati come sorgenti di emissioni fuggitive così come descritto nel paragrafo successivo.

Tabella 2-2: Sorgenti diffuse (serbatoi)

Serbatoio	Sostanza stoccata
F200	Virgin nafta
F201	Virgin nafta
F202	Virgin nafta
F204	Virgin nafta
F206	Virgin nafta
F283	FOK
F284	FOK
F285	FOK
F286	FOK
F222	Benzina BK
F248	Benzina BK

Serbatoio	Sostanza stoccata
F268	Benzina BK
F126	Esene
F127	Esene

Tabella 2-3: Sorgenti diffuse (vasche)

Vasca	Impianto
Vasche API	Impianto di trattamento acque reflue di stabilimento
Impianto Biologico	Impianto di trattamento acque reflue di stabilimento
Vasca reflui PE1/2	Vasca di raccolta acque reflue impianto PE1/2
Cassoni di raccolta fanghi	Impianto di trattamento acque reflue di stabilimento

2.3. Sorgenti di emissioni fuggitive

Per quanto concerne le sorgenti di emissioni fuggitive, sono stati considerati gli impianti e le aree riportate nella seguente Tabella.

Tabella 2-4: Sorgenti fuggitive (impianti e aree)

Impianto	Apparecchiature afferenti
Parco Nord	Stoccaggio di miscele C4 e Butadiene
Parco Sud	Stoccaggio di miscele C4, Propilene e Butilene
Molo carico/scarico	Apparecchiature per carico/scarico prodotti via mare
P1CR	Apparecchiature impianto di steam cracking
Impianto PE 1/2	Apparecchiature impianto di

Impianto	Apparecchiature afferenti
	produzione di polietilene
P39	Area stoccaggio criogenico etilene (serbatoi DA301 e DA 501)
Gasometri S13	Gasometri per il recupero del Fuel Gas (serbatoi F104 e F105)
P30B	Apparecchiature impianto di produzione di butadiene

Data l'estensione dell'impianto di steam cracking e le differenti condizioni operative in esso presenti, presso l'impianto P1CR sono stati eseguiti tre diversi campionamenti: uno presso la sezione identificata come "fredda", uno presso la sezione "media" e uno presso la sezione "calda".

3. MONITORAGGIO IN CAMPO DEGLI ODORI E SPECIAZIONE CHIMICA

Al fine di caratterizzare le potenziali emissioni odorigene presenti presso lo stabilimento, si è proceduto alla campagna di monitoraggio delle sorgenti illustrate nel precedente capitolo. I campionamenti e le successive analisi sono state effettuate da tecnici del Laboratorio LabAnalysis S.r.l.. I campionamenti sono stati eseguiti nelle giornate comprese tra il 22 gennaio ed il 13 febbraio 2014. Al fine di caratterizzare le emissioni odorigene, sono stati eseguiti campionamenti volti non solo a determinare la concentrazione di odore ma anche ad individuare la composizione chimica di tali emissioni, quando queste non erano note. Nei seguenti paragrafi si riporta una breve descrizione delle attività svolte.

3.1. Attività di indagine

Nella seguente Tabella si riporta l'elenco dei punti monitorati, suddivisi per tipologia di sorgente, indicando il codice identificativo del campione e il tipo di analisi effettuata.

Tabella 3-1: Attività di indagine

Sorgente	Cod. Campione	Tipologia di sorgente	Tipologia di analisi
Camini dell'impianto di steam cracking P1CR	E101-E106, E107 e E108	Puntiformi	Olfattometria per campioni E101, E102, E103, E104, E105, E106 e E108 Olfattometria e caratterizzazione chimica per campione E107
Camino dell'impianto di produzione di polietilene PE 1/2	E77	Puntiforme	Olfattometria e caratterizzazione chimica
Camino dell'impianto di abbattimento effluenti gassosi provenienti dall'impianto di trattamento delle sode spente	E51	Puntiforme	Olfattometria e caratterizzazione chimica
Camini dei sistemi di abbattimento vapori dell'area carico/scarico	E80 e E81	Puntiformi	Olfattometria e caratterizzazione chimica per campione

Sorgente	Cod. Campione	Tipologia di sorgente	Tipologia di analisi
prodotti via mare			E80 Olfattometria per campione E81
Serbatoi di stoccaggio Virgin Nafta	13 e 20	Diffuse	Olfattometria e caratterizzazione per campione 13 Olfattometria per campione 20
Serbatoi di stoccaggio benzina BK	15/16	Diffuse	Olfattometria e caratterizzazione chimica
Serbatoi di stoccaggio FOK	14	Diffuse	Olfattometria e caratterizzazione chimica
Serbatoi di stoccaggio esene	19	Diffuse	Olfattometria
Vasche API	33	Diffuse	Olfattometria e caratterizzazione chimica
Impianto biologico	28	Diffuse	Olfattometria e caratterizzazione chimica
Vasca reflui impianto PE1/2	34	Diffuse	Olfattometria e caratterizzazione chimica
Cassoni raccolta fanghi	32	Diffuse	Olfattometria e caratterizzazione chimica
Area Parco Nord	17	Fuggitive	Olfattometria
Area Parco Sud	18	Fuggitive	Olfattometria
Area carico/scarico prodotti via mare	21	Fuggitive	Olfattometria e caratterizzazione chimica
Impianto P1CR	22, 23 e 24	Fuggitive	Olfattometria e caratterizzazione chimica per campione 22

Sorgente	Cod. Campione	Tipologia di sorgente	Tipologia di analisi
			Olfattometria per campioni 23 e 24
Impianto PE 1/2	25	Fuggitive	Olfattometria e caratterizzazione chimica
Area P39	26	Fuggitive	Olfattometria
Gasometri S13	27	Fuggitive	Olfattometria e caratterizzazione chimica
Impianto di produzione di butadiene P30	29	Fuggitive	Olfattometria

Relativamente alla descrizione delle attività di indagine precedentemente illustrate, si specifica quanto segue:

- parte dei camini dell'impianto P1CR (camini da E101 a E106) sono asserviti a forni di cracking alimentati dal medesimo combustibile. I forni afferenti ai camini da E101 ad E105 hanno inoltre la stessa potenzialità, pertanto le emissioni ad essi convogliate sono qualitativamente e quantitativamente le medesime. Il camino E106 è stato conservativamente assimilato a questi sebbene sia asservito ad un forno con potenzialità inferiore. Si è proceduto pertanto al campionamento delle emissioni di uno solo dei camini citati (camino E103). Per quanto concerne la caratterizzazione chimica, essendo le emissioni dei camini da E101 ad E106, al pari di quelle del camino E108, monitorate in continuo, si è ritenuto che i dati a disposizione fossero sufficienti;
- i serbatoi di stoccaggio sono stati raggruppati per tipo di fluido stoccato e nel corso della campagna di monitoraggio sono stati poi prelevati campioni per ciascun tipo di fluido e non per ciascun serbatoio. Non si è ritenuto di procedere con la caratterizzazione chimica delle emissioni relative ai serbatoi di stoccaggio F126 ed F127 in quanto di nota composizione (Esene);
- non si è ritenuto di procedere con la caratterizzazione chimica delle emissioni relative all'area Parco Nord in quanto di nota composizione (miscele C4 e Butadiene);
- non si è ritenuto di procedere con la caratterizzazione chimica delle emissioni relative all'area Parco Sud in quanto di nota composizione (miscele C4, Propilene e Butileni);

- non si è ritenuto di procedere con la caratterizzazione chimica delle emissioni relative all'area P39 in quanto di nota composizione (Etilene);
- non si è ritenuto di procedere con la caratterizzazione chimica delle emissioni relative all'impianto di produzione di butadiene P30B in quanto di nota composizione (diversi tagli di idrocarburi C4).

L'ubicazione dei punti di monitoraggio è indicata nella planimetria riportata come Allegato 1 alla presente relazione.

3.2. Modalità di prelievo e analisi

Per quanto riguarda le olfattometrie, i campionamenti sono stati eseguiti utilizzando un sistema di prelievo diretto (metodo UNI EN 13725:2004): l'aria è stata introdotta con l'ausilio di una pompa in sacche Nalophan ed estratta in laboratorio per l'analisi olfattometrica.

Il metodo di analisi dei campioni è detto di "olfattometria dinamica" e si basa essenzialmente sull'identificazione della soglia di rilevazione olfattiva del campione da parte di un gruppo di esaminatori addestrati e selezionati con criteri sensoriali e comportamentali. La prova si è svolta presentando il campione odorigeno al gruppo di esaminatori secondo una serie di diluizioni decrescenti effettuate per miscelazione del campione stesso con aria neutra (priva di odori) mediante un olfattometro e, ad ogni diluizione, l'esaminatore ha segnalato quando ha percepito un odore o quando non ne percepisce alcuno. Le risposte del gruppo di prova sono state registrate ed elaborate, al fine di fornire un risultato in concentrazione di odore (UO/m^3 = unità odorimetriche per m^3 di aria campionato). Questa concentrazione esprime quanto il campione debba essere diluito perchè il 50% degli esaminatori ne percepisca ancora l'odore, ovvero la soglia di rilevazione olfattiva.

Relativamente alla caratterizzazione chimica semi-quantitativa delle emissioni odorigene, si è proceduto con il metodo EPA TO 15:1999: i campioni sono stati prelevati in contenitori di acciaio denominati "canister" (prelievo istantaneo) e successivamente, dopo una fase di preconcentrazione e di desorbimento termico, analizzati mediante spettrometria di massa (GC/MS).

Per quanto concerne la determinazione del parametro Etilene, il campionamento è stato effettuato mediante sacche tedlar (prelievo istantaneo) e per le analisi è stata effettuata una gascromatografia con rilevatore a ionizzazione di fiamma (GC/FID) (metodo UNI EN IO 10715:01 + UNI EN 15984:11).

Per la determinazione dell'Idrogeno Solforato, il campionamento è stato effettuato mediante sacche tedlar (prelievo istantaneo) e la successiva analisi mediante gascromatografia con detector fotometrico a fiamma (GC/FID) (metodo EPA Method 15).

Per la determinazione dell'Ammoniaca, il campionamento è stato effettuato mediante fiale specifiche SKC 226-29 (prelievo della durata di circa 30 minuti) e la successiva analisi mediante spettrofotometria UV-vis (metodo NIOSH 6015:1194).

3.3. Risultati della campagna di indagine olfattometrica

Di seguito si riportano i risultati della campagna di indagine olfattometrica. Per quanto concerne la caratterizzazione chimica, si rimanda ai bollettini analitici riportati come Allegato 2 alla presente relazione.

Tabella 3-2: Risultati della campagna di indagine olfattometrica

Sorgente	Cod. Campione	Tipologia di sorgente	Concentrazione Odorigena (UO/m ³)
Camini dell'impianto di steam cracking P1CR	E101	Puntiforme	410
	E102	Puntiforme	
	E103	Puntiforme	
	E104	Puntiforme	
	E105	Puntiforme	
	E106	Puntiforme	
	E107	Puntiforme	100
	E108	Puntiforme	350
Camino dell'impianto di produzione di polietilene PE 1/2	E77	Puntiforme	88
Camino dell'impianto di abbattimento effluenti gassosi provenienti dall'impianto di trattamento delle sode spente	E51	Puntiforme	64
Camini dei sistemi di abbattimento vapori dell'area carico/scarico prodotti via mare	E80	Puntiforme	60
	E81	Puntiforme	40
Serbatoi di stoccaggio Virgin Nafta	13	Diffuse	70
	20	Diffuse	18

Sorgente	Cod. Campione	Tipologia di sorgente	Concentrazione Odorigena (UO/m³)
Serbatoi di stoccaggio benzina BK	15/16	Diffuse	30
Serbatoi di stoccaggio FOK	14	Diffuse	30
Serbatoi di stoccaggio esene	19	Diffuse	20
Vasche API	33	Diffuse	96
Impianto biologico	28	Diffuse	20
Vasca reflui PE1/2	34	Diffuse	45
Cassoni raccolta fanghi	32	Diffuse	48
Area Parco Nord	17	Fuggitive	28
Area Parco Sud	18	Fuggitive	20
Area carico/scarico prodotti via mare	21	Fuggitive	30
Impianto P1CR	22	Fuggitive	20
	23	Fuggitive	40
	24	Fuggitive	40
Impianto PE 1/2	25	Fuggitive	25
Area P39	26	Fuggitive	25
Gasometri S13	27	Fuggitive	70
Impianto di produzione di butadiene P30	29	Fuggitive	60

4. STUDIO MODELLISTICO DI DISPERSIONE DEGLI ODORI IN ATMOSFERA

Sulla base dei risultati della campagna di monitoraggio olfattometrica illustrati al precedente capitolo è stato sviluppato il modello di aerodispersione dell'odore al fine di valutare l'impatto sulla componente odorigena che lo stabilimento può generare sulla qualità dell'aria nell'ambiente circostante.

4.1. Riferimenti normativi sull'impatto odorigeno

Associare alle emissioni di sostanze inquinanti in atmosfera, oltre che dei limiti in concentrazione, anche dei limiti che ne caratterizzino l'impatto odorigeno, nasce dalla necessità di far sì che attività con rilevanti flussi osmogeni non ostacolino la fruibilità del territorio, coerentemente con quanto previsto dalle pianificazioni urbanistiche adottate.

L'impatto odorigeno viene generalmente misurato a partire dai dati di concentrazione di odore, espressa in unità odorimetriche o olfattometriche (UO) al m³, che rappresentano il numero di diluizioni, necessarie affinché il 50% degli esaminatori non avverta più l'odore del campione analizzato (UNI EN 13725:2004). Sia a livello nazionale che comunitario non esiste attualmente una normativa specifica nell'ambito del disturbo olfattivo; tuttavia alcuni paesi europei (Olanda, Germania, Inghilterra) così come alcune regioni italiane (Lombardia, Piemonte) hanno definito dei valori di riferimento che rappresentano delle linee guida per le valutazioni di impatto ambientale. I principali riferimenti normativi sono quindi le norme UNI ed in particolare:

- **UNI EN 13725:2004** "Qualità dell'aria. Determinazione della concentrazione di odore mediante olfattometria dinamica",
- **UNI 10796:2000** "Valutazione della dispersione in atmosfera di effluenti aeriformi. Guida ai criteri di selezione dei modelli matematici",
- **UNI 10964:2001** "Studi di impatto ambientale. Guida alla selezione dei modelli matematici per la previsione di impatto sulla qualità dell'aria".

Le normative regionali a cui si fa riferimento nel presente studio sono:

- **Metodi di misura delle emissioni olfattive (APAT)** in cui viene delineato un quadro normativo e le regole per eseguire correttamente delle campagne di misura.

- Linea Guida della Regione Lombardia relativa agli odori (**Deliberazione Giunta Regionale 15 febbraio 2012 – n.IX/3018, Determinazioni generali in merito alla caratterizzazione delle emissioni gassose in atmosfera derivanti da attività a forte impatto odorigeno**), che indica un approccio metodologico per l'applicazione dei modelli di dispersione dell'odore e che definisce i valori di concentrazione orarie di picco di odore al 98° percentile su base annuale alle quali la popolazione percepisce l'odore. Tali valori sono:
 - 1 ouE/m³: il 50% della popolazione percepisce l'odore,
 - 3 ouE/m³: l'85% della popolazione percepisce l'odore,
 - 5 ouE/m³: il 90-95% della popolazione percepisce l'odore.

Di seguito si riporta la classificazione delle diverse tipologie di sorgenti emissione odorigene da rendere in considerazione in uno studio di impatto odorigeno ai sensi della norma **UNI EN 13725:2004**:

- Emissioni puntuali. Una sorgente puntiforme è una *“sorgente fissa discreta di emissione dei gas di scarico nell'atmosfera attraverso condotti canalizzati di dimensioni definite e portata dell'aria (per esempio camini, sfiati).”*;
- Emissioni diffuse. Le sorgenti diffuse sono *“sorgenti con dimensioni definite (per la maggior parte sorgenti areali) che non hanno un flusso definito di affluente gassoso come discariche, bacini di lagunaggio, campi dopo la concimazione con letame, cumuli di composti non aerati.”*;
- Emissioni fuggitive. Le sorgenti di emissioni fuggitive sono *“sorgenti elusive o difficili da identificare che rilasciano quantità indefinite di odoranti, per esempio, perdite da valvole o flange, aperture di ventilazione passiva, ecc.”*

4.2. Inquadramento territoriale

Il presente studio riguarda l'area situata ad Est della città di Brindisi, in particolare nella frazione Pedagne. Il territorio in oggetto è caratterizzato da una zona fortemente industrializzata che si affaccia sul mare e sull'entroterra urbano, agricolo e rurale.

Figura 4-1: Inquadramento territoriale dell'area interessata dall'impianto.



4.2.1. Analisi morfologica del territorio

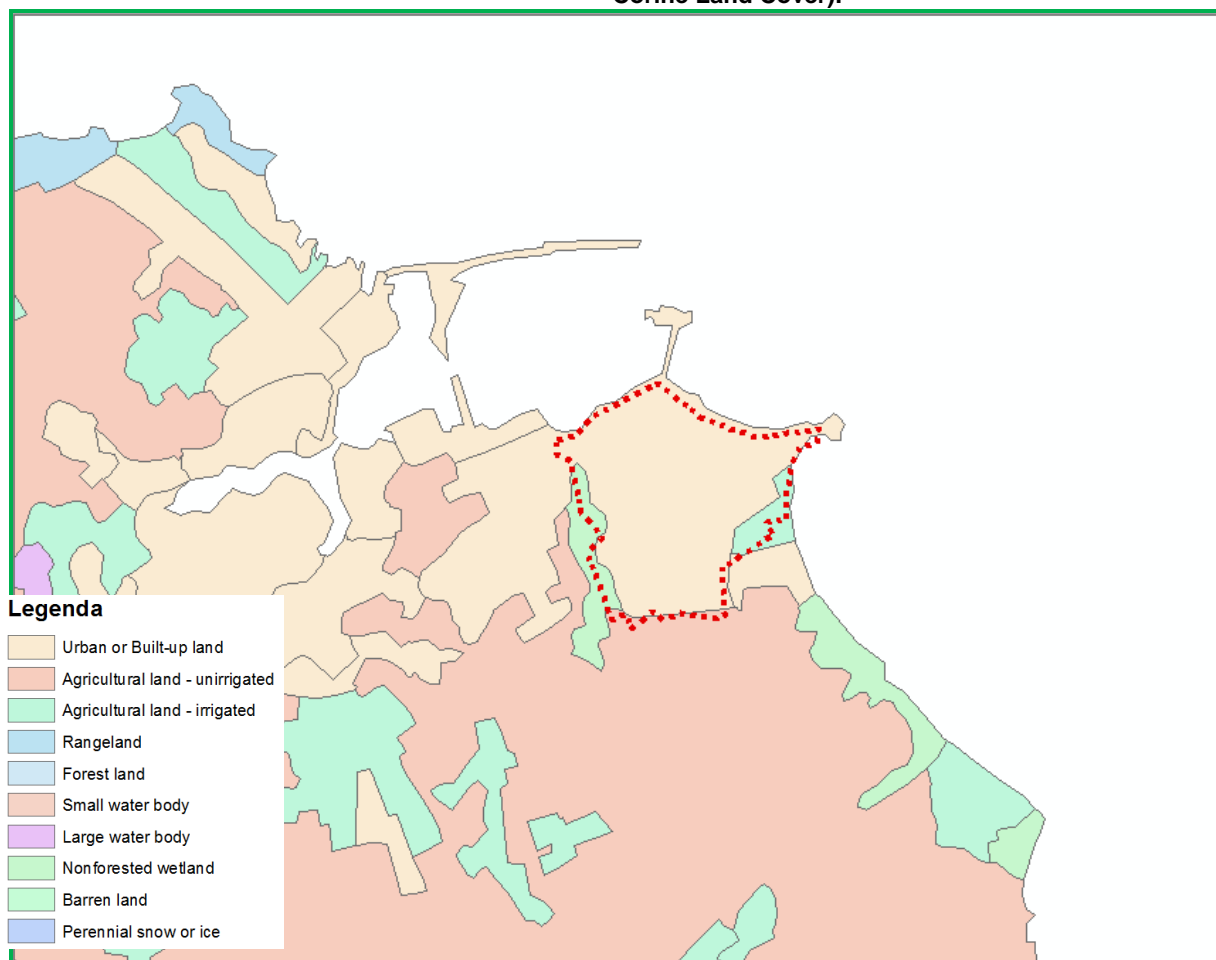
Lo stabilimento è situato su di un territorio pianeggiante (Figura 4-2), la cui quota sul livello del mare è di circa 10 m. A circa 5 km nell'entroterra la quota sale a circa 30 m s.l.m.. Date queste caratteristiche morfologiche, nelle simulazioni modellistiche è stata considerata un'orografia piana.

Figura 4-2: Localizzazione dell'impianto (in rosso) in relazione all'orografia del territorio.



Per quanto concerne l'uso del suolo (Figura 4-3), l'impianto è situato in una zona caratterizzata principalmente da aree agricole e conurbazioni urbane/industriali.

Figura 4-3: Localizzazione dell'impianto (in rosso) in relazione all'uso del suolo (fonte: Corine Land Cover).



4.2.2. Analisi meteorologica al suolo

L'analisi meteorologica dell'area in esame è stata condotta analizzando i dati della stazione di rilevamento di proprietà di ARPA Puglia più vicina all'impianto in esame, ovvero la stazione meteorologica ubicata in via Galanti 16 a Brindisi. In Figura 4-4, con il cerchio rosso, è indicata l'ubicazione dell'impianto mentre la centralina meteorologica è indicata dal marker viola.

Figura 4-4: Ubicazione dell'impianto e della centralina meteorologica presa in esame.



Al fine di identificare l'anno rappresentativo delle condizioni tipiche del sito in esame da utilizzare nelle simulazioni, sono stati analizzati i dati meteorologici dell'ultimo triennio. In Tabella 4-1 è indicata la completezza dei dati meteorologici di interesse per il triennio 2011-2013 per la stazione di Brindisi.

Tabella 4-1: Completezza dei dati rilevati nella stazione meteorologica di Brindisi, nel triennio 2011-2013

Anno	Temperatura	Direzione vento	Velocità vento
2011	96,8%	96,8%	96,8%
2012	98,4%	98,4%	98,4%
2013	87,9%	87,9%	87,9%

Poiché i 3 anni esaminati sono risultati allineati, è stato selezionato l'anno con la maggior completezza di dati, ovvero il 2012. Nel paragrafo seguente è illustrata l'analisi dei parametri meteorologici utilizzati nelle simulazioni (relativi al 2012), mentre le analisi effettuate sugli altri anni presi in considerazione (2011 e 2013) sono riportate nell'Allegato 2.

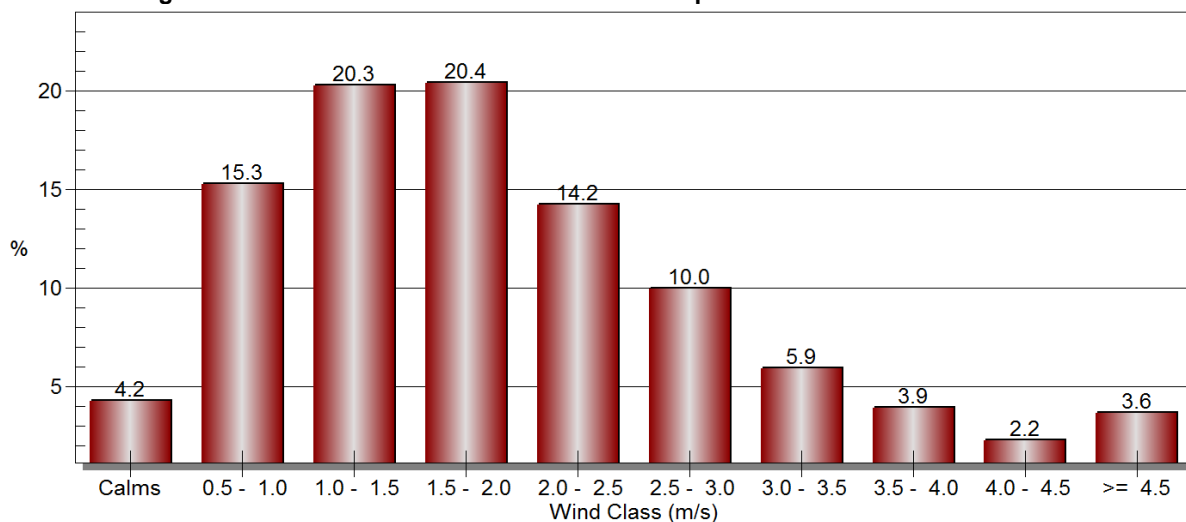
4.2.3. Anno di riferimento (2012)

Il 2012 è caratterizzato da una temperatura massima registrata in estate di 39,3°C e una minima in inverno di 1,7°C, con le temperature medie stagionali in linea con quelle degli anni analizzati (vedi Allegato 3).

Tabella 4-2: Temperatura media, massima e minima - anno 2012.

Stagione	Temperatura [°C]		
	Media	Massimo	Minimo
Inverno	9,7	20,0	1,7
Primavera	16,1	27,6	6,2
Estate	27,5	39,3	16,7
Autunno	20,3	34,7	8,6

Figura 4-5: Distribuzione della velocità del vento per classi di velocità - anno 2012.



Il vento proviene principalmente da Nord-Ovest e Sud (Figura 4-6) e ha una velocità che per circa il 70% delle ore dell'anno si attesta tra gli 0,5 e i 2,5 m/s (Figura 4-7).

Figura 4-6: Rosa dei venti a 10 metri - anno 2012.

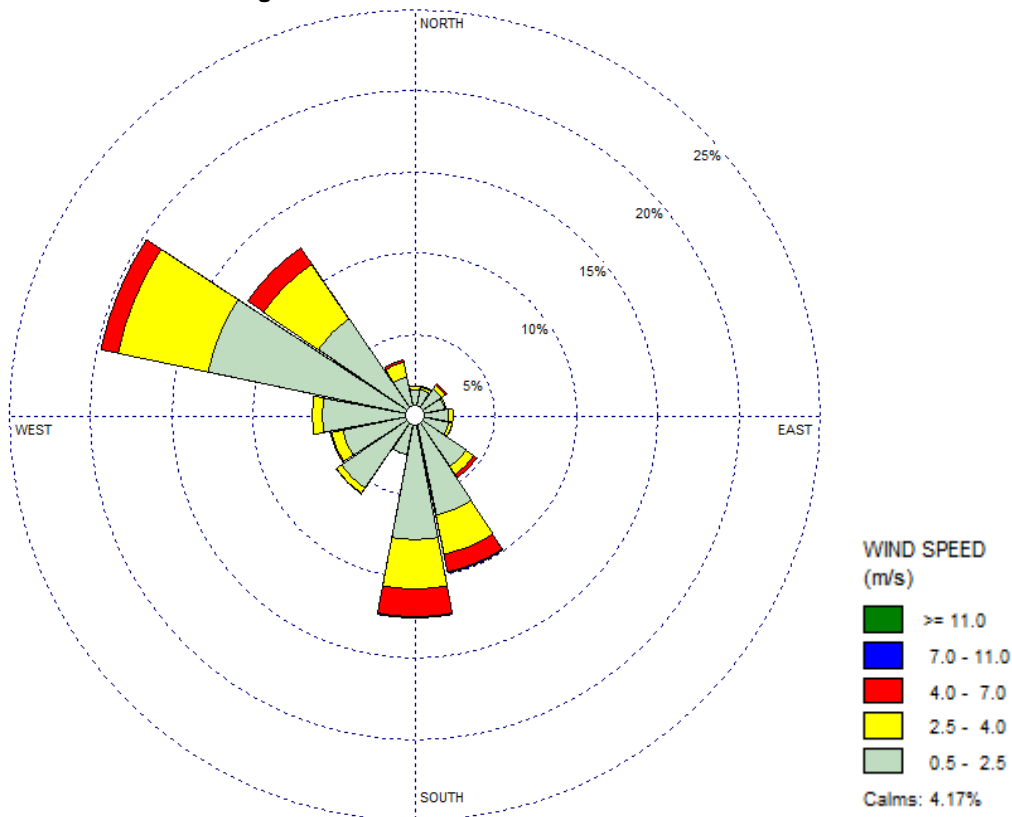
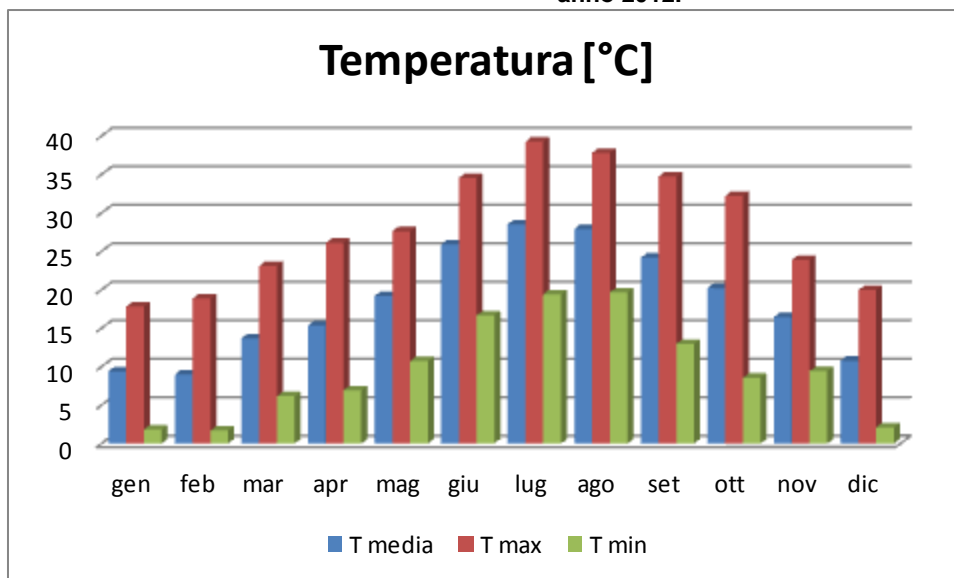
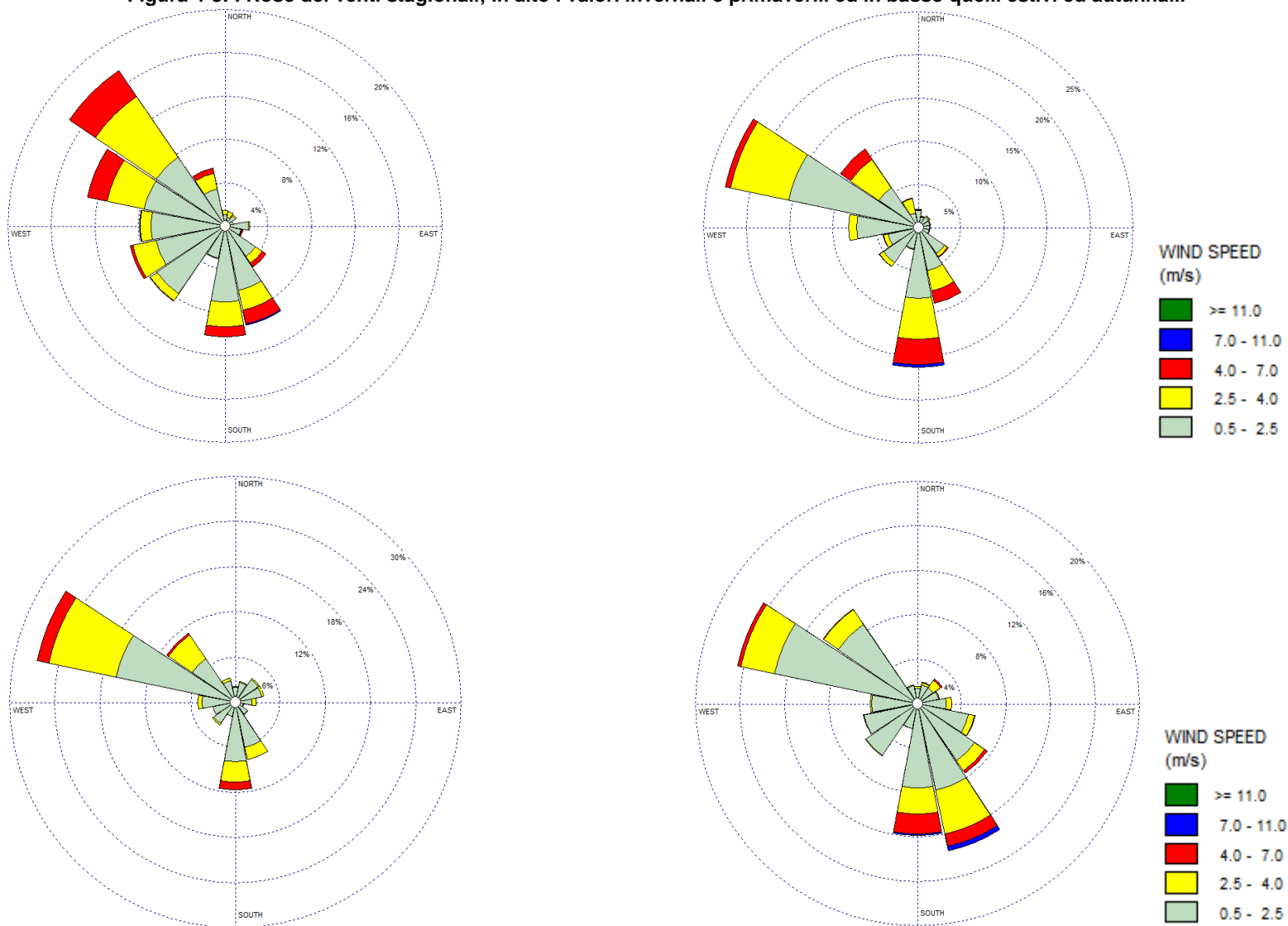


Figura 4-7: Andamento mensile della temperatura, valori medi, massimi e minimi registrati - anno 2012.



Nel seguito sono raffigurate le rose stagionali della stazione meteorologica di ARPA Puglia di Brindisi che dimostrano la loro congruenza con la rosa dei venti annuale.

Figura 4-8: : Rose dei venti stagionali; in alto i valori invernali e primaverili ed in basso quelli estivi ed autunnali.

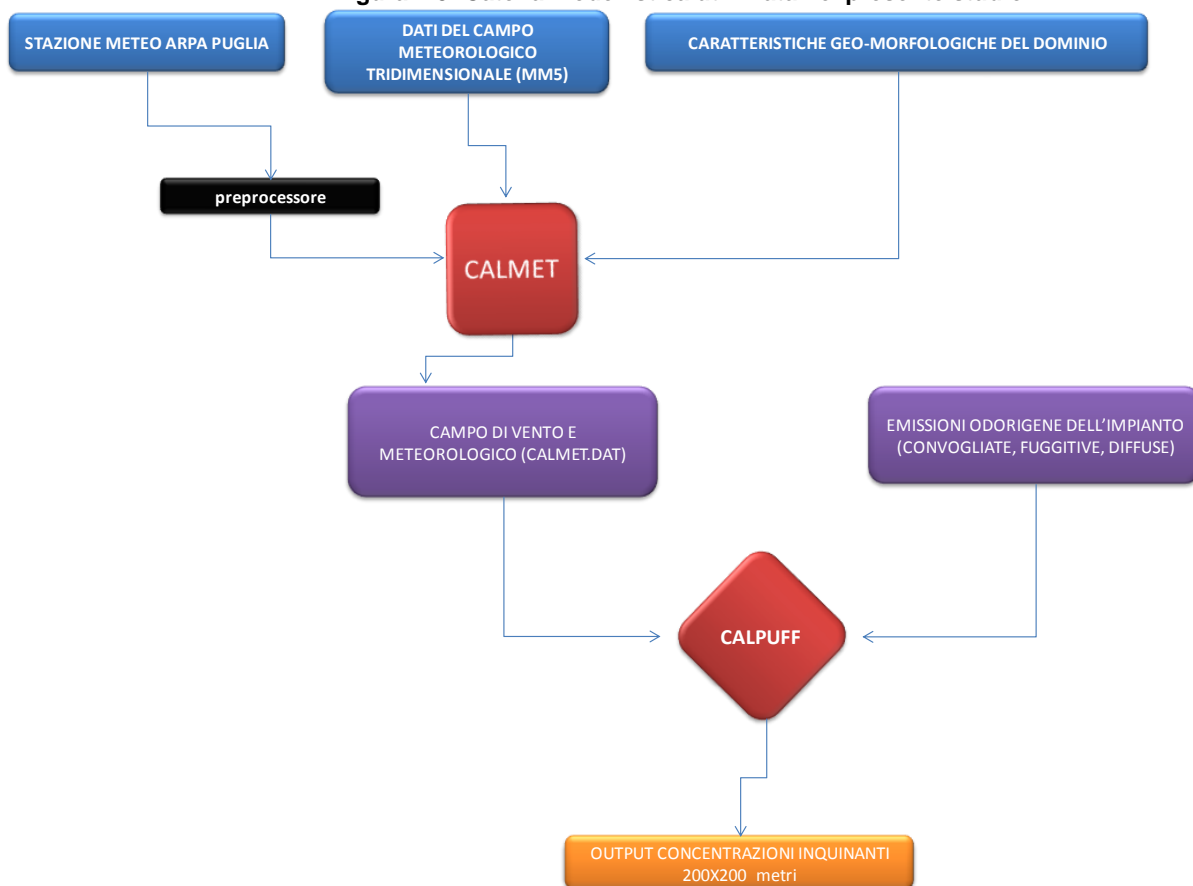


4.3. Catena modellistica utilizzata: CALMET-CALPUFF

Nel seguito viene indicata la catena modellistica utilizzata nel presente studio costituita dalla suite modellistica CALMET-CALPUFF.

Tali modelli e la catena modellistica sono dettagliati nei capitoli seguenti.

Figura 4-9: Catena modellistica utilizzata nel presente studio.



I dati meteorologici rilevati nella stazione ARPA di Brindisi, insieme ai dati del modello MM5 e alle caratteristiche geomorfologiche del dominio vengono utilizzati come dati di input per il modello CALMET che ricostruisce il campo meteorologico su tutto il dominio di interesse. Tali informazioni meteorologiche e geomorfologiche, combinate ai dati sulle emissioni dell'impianto, costituiscono l'input per il modello di dispersione CALPUFF che stima le concentrazioni al suolo di odore.

4.4. Il modello meteorologico 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 meteo, 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 ed in generale 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:

- (A) come guess field iniziale;
- (B) come campo di vento di step 1;
- (C) come osservazione – come se fossero i dati di una stazione reale.

Il modello CALMET necessita in input le seguenti informazioni meteorologiche:

- radiosondaggi,
- parametri meteorologici misurati in stazioni meteo a terra,
- parametri meteorologici tridimensionali sul dominio,

e le seguenti informazioni legate alla morfologia del suolo:

- uso del suolo e parametri ad esso legati (albedo, roughness, Bowen ratio ...),
- orografia.

L'orografia del dominio, come già spiegato in precedenza, è stata considerata pianeggiante (quota 0 m.s.l.m), viste le caratteristiche peculiari del dominio stesso che presenta un'altezza massima di circa 30 metri, quindi assimilabile a pianeggiante.

4.4.1. Il modello MM5

Come illustrato in Figura 4-9, per caratterizzare la situazione meteorologica in quota le informazioni al suolo sono state integrate con i dati estratti dal modello MM5, relativi all'area di interesse per l'anno 2012.

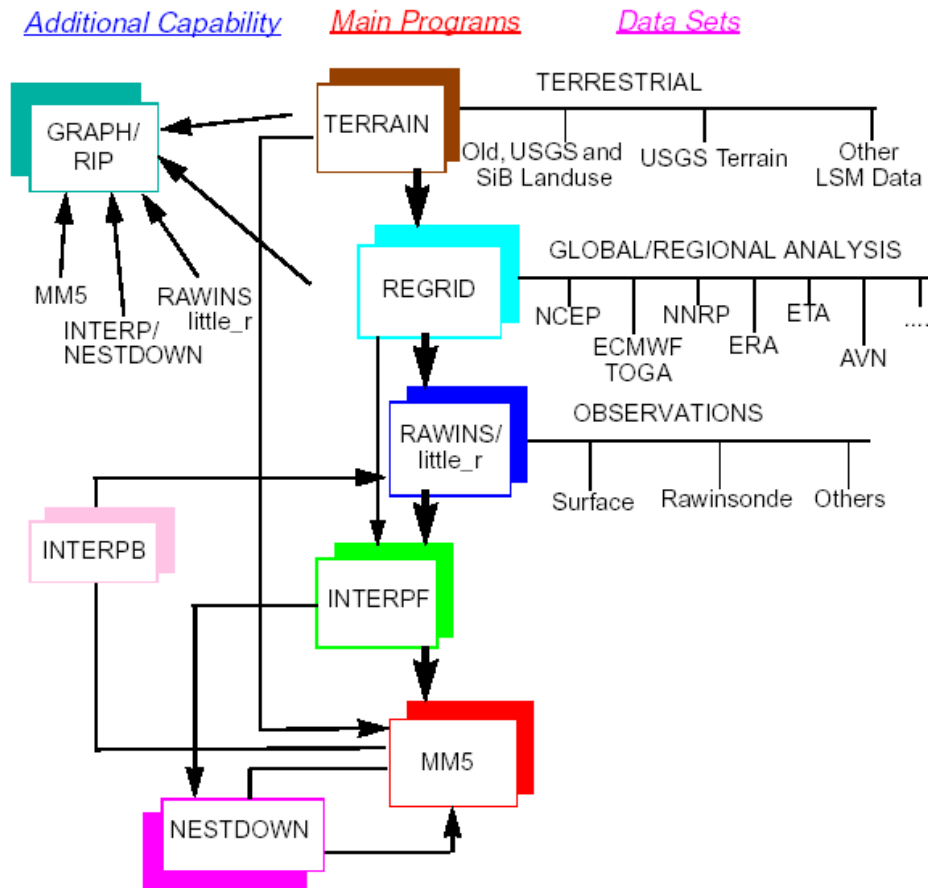
Il modello a mesoscala PSU/NCAR MM5 è un modello ad area limitata non idrostatico che tiene conto dell'orografia del terreno ed è progettato per simulare e prevedere la circolazione atmosferica a mesoscala e scala regionale. È stato sviluppato presso la Penn State e il NCAR (National Center for Atmospheric Research - USA).

La quinta generazione del modello a mesoscala NCAR è l'ultimo di una serie che si è sviluppato da un modello a mesoscala utilizzato da Anthes presso la Penn State nei primi anni '70 che è stata poi sviluppata da Anthes e Warner (1978). Da quel momento il modello ha subito numerose modifiche volte ad ampliare il suo utilizzo. Tali modifiche, presenti nell'attuale versione, includono:

- Capacità di nesting multipli
- Utilizzo delle dinamiche non-idrostatiche, che consentono al modello di essere utilizzato anche a scala di pochi chilometri.
- Capacità di multitasking su macchine a memoria distribuita.
- Funzionalità di memorizzazione dei dati quadri -dimensionale.

Nella figura seguente è rappresentato un diagramma schematico che mostra l'ordine dei programmi e il flusso dei dati utilizzati per il funzionamento del modello MM5.

Figura 4-10: Catena modellistica relativa al modello MM5.



I dati meteorologici e le isobariche sono interpolati orizzontalmente (grazie ai programmi TERRAIN e REGRID) a partire da un dominio ad alta risoluzione. Dal momento che l'interpolazione non fornisce dettagli a mesoscala, i dati interpolati possono essere integrati (programma RAWINS o little_r) con osservazioni delle stazioni al suolo e di radiosondaggi.

4.4.2. Dati meteorologici utilizzati in input al modello CALMET

I file in input al modello meteorologico CALMET sono:

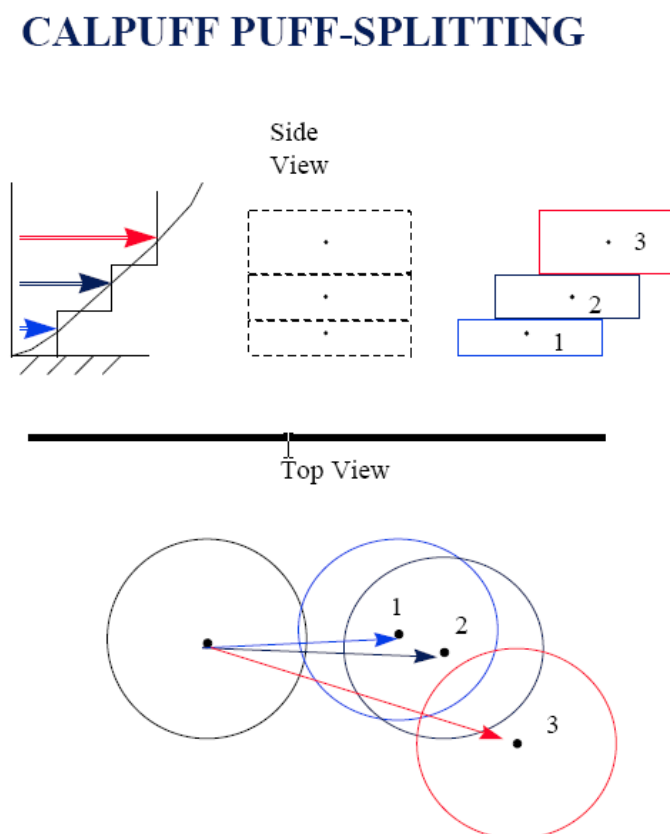
- **SURF.DAT:** contiene i dati meteorologici rilevati nella stazione meteorologica al suolo,
- **GEO.DAT:** contiene i dati geo-morfologici del dominio di interesse,
- **MM5.DAT:** contiene i parametri meteorologici in quota sul dominio di interesse.

A favore di sicurezza non è stata considerato l'effetto della deposizione umida associato alle precipitazioni.

4.5. Modello di dispersione CALPUFF

Il modello di dispersione degli inquinanti in atmosfera utilizzato è CALPUFF, un modello lagrangiano, non stazionario a puff gaussiano, multistrato e multi-inquinante. È consigliato dall'U.S. EPA (Environmental Protection Agency) per la stima dell'impatto di sorgenti emissive sia nel caso del trasporto a medio e a lungo raggio, sia per applicazioni di ricadute nelle immediate vicinanze delle sorgenti con condizioni meteorologiche complesse.

Figura 4-11: Schema di funzionamento del modello CALPUFF.



Le caratteristiche di maggior interesse del modello sono:

- la trattazione modellistica delle condizioni di calma di vento;

- la capacità di simulare condizioni di flussi non omogenei (orografia complessa, inversione termica, fumigazione, brezza,...);
- la possibilità di utilizzare un campo tridimensionale di vento e temperatura ed un campo bidimensionale di parametri di turbolenza (altezza dello strato di rimescolamento, caratteristiche di stabilità atmosferica ...);
- l'utilizzo di coefficienti di dispersione dalle curve di Pasquill e McElroy o calcolati applicando la teoria della similarità;
- il calcolo dell'effetto scia (down wash) generato dagli edifici prossimi alle sorgenti.

La trattazione matematica del modello è piuttosto complessa e si rinvia al manuale tecnico di CALPUFF per ulteriori approfondimenti.

Tutte le tipologie di emissioni previste dal modello CALPUFF sono state utilizzate nel presente studio:

- **Emissioni puntuali:** l'emissione avviene da un unico punto georeferenziato avente caratteristiche fisiche e geometriche definite.
- **Emissioni areali:** l'emissione avviene da una superficie.
- **Emissioni volumetriche:** l'emissione avviene in un volume avente caratteristiche e parametri di dispersione specifici.

CALPUFF consente in ciascun caso di assegnare anche un profilo temporale emissivo.

4.6. Input emissivi

Le sorgenti emissive considerate nel presente studio sono quelle illustrate al Capitolo 2 della presente relazione. I dati relativi al processo utilizzati per la modellazione fanno riferimento all'anno 2013, scelto per una maggiore completezza delle informazioni disponibili.

4.6.1. Emissioni da sorgenti puntuali (emissioni convogliate)

Le caratteristiche geometriche delle sorgenti puntuali considerate e i dati emissivi ad esse correlate sono di seguito riportate (Tabella 4-3).

Tabella 4-3: Caratteristiche geometriche ed emissive delle sorgenti puntuali considerate nella simulazione

Camino	Coordinata UTM 33N Est [m]	Coordinata UTM 33N Nord [m]	Altezza [m]	Diametro [m]	Concentrazione [UO/m ³]	Portata media annua fumi umidi ¹ [Nm ³ /h]	Rate emissivo medio annuo ¹ [UO/s]
E101	753'561	4'503'376	36	0,60	410	52'222	8'390,5
E102	753'550	4'503'395	36	0,60	410	52'349	8'618,2
E103	753'537	4'503'415	36	0,60	410	52'798	9'032,1
E104	753'525	4'503'434	36	0,60	410	52'667	8'839,1
E105	753'513	4'503'454	36	0,60	410	58'994	9'873,5
E106	753'570	4'503'364	36	0,45	410	17'490	3'099,8
E107	753'531	4'503'506	25	0,41	100	14'250	501,0
E108	753'501	4'503'472	44	0,62	350	62'034	8'650,5
E51	754'393	4'503'434	20	0,23	64	3'243	135,4
E77	753'869	4'502'037	42,8	2,32	88	100'902	10'740,3
E80	752'797	4'503'936	25	0,09	60	2'500	41,9
E81	752'775	4'503'900	10	0,09	40	514	5,7

Le simulazioni modellistiche sono state condotte con il massimo livello di dettaglio disponibile: nel caso delle emissioni convogliate, anziché utilizzare il valore medio annuo, sono stati considerati i valori orari di temperatura e portata dei fumi, tratti dal sistema di monitoraggio in essere, opportunamente validati. Il rate emissivo orario per ciascuna sorgente puntiforme è stato ottenuto moltiplicando i valori di concentrazione odorigena rilevati durante la campagna di monitoraggio per la relativa portata oraria dei fumi. Le emissioni convogliate sono state modellizzate in CALPUFF costruendo il file di input PTEMARB.DAT che per ciascuna sorgente puntuale e per ciascuna ora indica il rate emissivo.

¹ Dato medio relativo all'anno 2013

4.6.2. Emissioni da sorgenti volumetriche (emissioni fuggitive)

Le caratteristiche geometriche delle sorgenti volumetriche considerate ed i relativi dati emissivi sono riportati di seguito.

Tabella 4-4: Caratterizzazione emissioni fuggitive, le coordinate indicano il baricentro dell'impianto

Impianto	UTM 33N Est [m]	UTM 33N Nord [m]	Altezza massima apparecchiature [m]	Superficie [m ²]	COV [t/anno]	Rate emissivo [UO/s]
Parco Nord	754'074	4'503'100	24	18'776	2,3	11,7
Parco Sud	754'200	4'502'780	24	46'693	8,9	44,5
Molo carico/scarico	752'307	4'504'124	15	6'307	0,01	0,0
P1/CR zona calda	753'575	4'503'259	103,54	80'220	329,9	309,0
P1/CR zona tiepida						
P1/CR zona fredda						
Impianto PE 1/2	753'663	4'502'052	78	69'404	92,1	376,0
P39	753'558	4'503'881	30	11'822	24,7	124,0
Gasometri S13	753'988	4'503'177	22	11'761	13,6	68,2
P30	753'959	4'502'654	85	22'066	26,4	1'010,0

Le emissioni in termini di composti organici volatili (COV) sono state ricavate attraverso le campagne di monitoraggio LDAR, svolte nel 2013. Nei report LDAR è inoltre disponibile la speciazione chimica che ha consentito di stimare le emissioni di odore considerando per ciascun composto la relativa soglia odorimetrica. I monitoraggi effettuati per ciascun impianto forniscono un valore puntuale e istantaneo, di concentrazione ambientale di odore, da cui non è facile quantificare il *rate* emissivo effettivo di ciascuna singola sorgente.

Le emissioni fuggitive sono state modellizzate in CALPUFF come sorgenti volumetriche.

4.6.3. Emissioni da sorgenti areali (emissioni diffuse)

Le caratteristiche geometriche delle sorgenti areali considerate e i dati emissivi relativi all'anno 2013 ad esse correlate sono di seguito riportate.

Tabella 4-5: Serbatoi considerati e relative informazioni geometriche/emissive.

Serbatoio	Sostanza	Altezza [m]	Superficie [m ²]	Capacità [m ³]	Tipologia tetto	Portata [Nm ³ /h]	Superficie serbatoio [m ²]	Rate emissivo [UO/s]	Conc. [UO/m ³]
F200	Virgin Nafta	15,5	467,6	35'000	Galleggiante	18,24	2'367,2	3,79E-01	70 ²
F201	Virgin Nafta	15,5	467,6	35'000	Galleggiante	58,08	2'367,2	1,21E+00	70 ²
F202	Virgin Nafta	15,5	2'367,2	35'000	Galleggiante	37,71	2'367,2	7,83E-01	70 ²
F204	Virgin Nafta	12,2	2'367,2	5'000	Galleggiante	1,92	467,6	3,99E-02	70 ²
F206	Virgin Nafta	18,2	2'367,2	56'000	Galleggiante	85,61	3'163,9	1,78E+00	70 ²
F283	FOK	12,2	467,6	2'500	Fisso	1,92	198,6	1,71E-02	30
F284	FOK	12,2	3'163,9	2'500	Fisso	2,53	198,6	2,25E-02	30
F285	FOK	12,2	467,6	2'500	Fisso	4,02	198,6	3,58E-02	30
F286	FOK	12,2	1'307,4	2'500	Fisso	4,02 ³	198,6	3,58E-02	30
F222	Benzina BK	12,2	1'987,1	5'000	Galleggiante	5,05	467,6	4,49E-02	30
F248	Benzina BK	12,8	198,6	16'000	Galleggiante	11,59	1'307,4	1,03E-01	30
F268	Benzina BK	12,7	198,6	25'000	Galleggiante	18,62	1'987,1	1,66E-01	30
F126	Esene	12,2	198,6	5'000	Fisso con schermo galleggiante interno	2,10	467,6	1,24E-02	20
F127	Esene	12,2	198,6	5'000	Fisso con schermo galleggiante interno	1,22	467,6	7,26E-03	20

La portata emissiva di ciascuna sorgente è stata quantificata sulla base dei livelli di movimentazione orari dei diversi serbatoi, che sono stati considerati cautelativamente tutti a tetto fisso. Il rate emissivo è stato successivamente calcolato utilizzando i dati di concentrazione odorigena rilevati durante la campagna di monitoraggio.

² E' stato considerato il valore di concentrazione odorigena più conservativo risultato dalla campagna di monitoraggio.

³ Il serbatoio F286 non è stato movimentato nel corso del 2013. Cautelativamente per tale serbatoio è stato considerato il valore di portata più elevato ricavato per i serbatoi dedicati allo stoccaggio della medesima sostanza.

Tabella 4-6: Vasche considerate e relative informazioni emissive

Vasca	Altezza [m]	Attività	Superficie delle vasche [m ²]	Reflui trattati 2013 [m ³ /h]	Fattore emissivo [UO/m ³ trattato]	Conc. [UO/m ³]	Rate emissivo [UO/s]
Vasche API	a terra	Pre-trattamento	463,0	130	110'000	96	3,97E+03
Impianto Biologico	22,1	Ossidazione	804,2	238	12'000	20	7,94E+02
Vasca reflui PE1/2	a terra	Arrivo refluo	180,0	30	11'000	45	9,17E+01
Cassoni fanghi	a terra	Stoccaggio fanghi	86,0	0,04	8'300	48	9,21E-02

Le “Linee guida per la caratterizzazione, l'analisi e l'autorizzazione delle emissioni gassose in atmosfera delle attività ad impatto odorigeno – Emissioni odorigene in atmosfera da impianti di depurazione reflui” di Regione Lombardia, di recente pubblicazione, definiscono i fattori emissivi caratteristici per ciascuna fase degli impianti di depurazione reflui. Tali fattori di emissione dell'odore rappresentano un metodo diretto per stimare le emissioni di odore di un impianto sulla base di un indice di attività, che deve essere rappresentativo della tipologia di impianto considerato e associato alla quantità di odore emessa. Nel caso specifico degli impianti di depurazione reflui è richiesta la quantità di trattamento degli impianti, espressa in metri cubi di refluo trattato all'anno; evidenze sperimentali confermano infatti l'esistenza di una correlazione fra quantità di refluo trattato e quantità di odore emessa. Tale approccio, previsto dalle norme, è stato preferito rispetto alla stima odorigena che, pur partendo dalla concentrazione puntuale fornita dalle campagne di monitoraggio, richiede l'assunzione di un maggior numero di ipotesi per quantificare il *rate* emissivo di ciascuna sorgente.

4.7. Simulazioni modellistiche di dispersione degli inquinanti

La simulazione di dispersione degli odori in atmosfera è stata effettuata mediante il modello di simulazione CALPUFF, simulando le unità odorimetriche [UO] emesse da ciascuna sorgente.

4.7.1. Griglia dei recettori

Il dominio preso in esame ha forma quadrata avente lato di 10 km e l'angolo Sud-Ovest del reticolo di riferimento è stato posizionato nel punto di coordinate UTM (33N) E = 749 km, N = 4497 Km, in modo tale che lo stabilimento di Brindisi risulti localizzato al centro dell'area stessa.

I valori delle concentrazioni degli inquinanti al suolo sono stati stimati in corrispondenza di una serie di punti recettori (2500) appartenenti ad una griglia di calcolo regolare caratterizzata da una maglia con passo di 200 m (Figura 4-12). Tutti i recettori sono stati posizionati ad una quota di 2 metri rispetto alla quota del piano campagna.

Figura 4-12: Localizzazione del dominio di calcolo (in verde), dei recettori considerati nelle simulazioni (in giallo) e del perimetro dell'impianto (in rosso).



4.7.2. Risultati delle simulazioni

I risultati della simulazione effettuata con il modello CALPUFF sono riassunti mediante mappe di isoconcentrazione che rappresentano la distribuzione dei valori di ricadute degli odori al suolo.

La concentrazione simulata tiene conto del calcolo del livello di picco d'odore che ha una durata di 3 secondi (tempo di un respiro). Questo valore viene ricostruito a partire dal valore medio orario utilizzando un rapporto tra valore medio e valore di picco, denominato "peak to mean ratio". Questo rapporto è stato assunto pari a 2.3 (Manuale APAT: Metodi di misura delle emissioni olfattive).

Nella Tavola 1 è riportato l'intero dominio di simulazione mentre nella Tavola 2 vi è uno zoom sul perimetro dell'impianto con l'indicazione delle isoplete di concentrazione di odore corrispondenti ai valori di riferimento delle linee guida di Regione Lombardia:

- 1 ouE/m³: il 50% della popolazione percepisce l'odore,
- 3 ouE/m³: l'85% della popolazione percepisce l'odore,
- 5 ouE/m³: il 90-95% della popolazione percepisce l'odore.

Dalle tavole si nota che:

- le ricadute si configurano in linea con le condizioni anemologiche dell'area;
- la concentrazione massima (pari a 34 UO/m³) si riscontra all'interno del perimetro dell'impianto.

4.7.3. Ricadute stimate presso i recettori

Nella simulazione sono stati considerati anche cinque recettori nell'intorno del perimetro dell'impianto, la cui concentrazione è ben al di sotto del valore di 1 OU/m³.

Tabella 4-7: Concentrazione stimate (in UO/m³) presso 4 recettori esterni all'impianto

Punto di monitoraggio	Coordinate UTM 33N (km)		Concentrazione odorigena stimata mediante CALPUFF [UO/m ³]
	x	y	98° percentile orario
A	752,234	4503,23	0,36
B	751,674	4502,781	0,20
C	755,223	4501,307	0,31
D	749,326	4502,968	0,05
E	752,238	4501,419	0,20

Nella Figura 4-13 seguente è indicata l'ubicazione dei 5 recettori.

Figura 4-13: Localizzazione dei recettori (in giallo) esterni all'impianto (il cui confine è evidenziato con il tratteggio rosso).



4.8. Conclusioni

In questo studio, sulla base:

- delle informazioni sulle emissioni odorigene relative allo stabilimento;
- delle condizioni meteorologiche monitorate al suolo;
- dei dati in quota del modello MM5;

è stata stimata, mediante la catena modellistica CALMET-CALPUFF, la concentrazione odorigena nell'intorno di 5 km dal sito. Le concentrazioni stimate dal modello evidenziano che, anche considerando il riferimento di rilevabilità dell'odore più stringente (pari ad 1 UO/m³), non si hanno impatti presso alcun recettore sensibile valutando la destinazione d'uso dello strumento pianificatorio vigente.

Si possono pertanto confermare i risultati già ottenuti con lo studio inviato con Prot. DIRE/U/001124 del 28/03/2013 e cioè:

- lo Stabilimento non produce impatto olfattivo sul territorio circostante;
- non si evidenziano criticità e non si ritiene pertanto necessario procedere alla definizione di interventi dedicati alla mitigazione degli impatti olfattivi.

BIBLIOGRAFIA

- [1] *Atmospheric chemistry and physics of air pollution*, Seinfeld John H., Wiley (New York), 1986.
- [2] *Air pollution modeling*, Zanetti, Computational mechanics publications. Van Nostrand Reinhold, New York, USA, 1990.
- [3] *Linea Guida della Regione Lombardia relativa agli odori* - Deliberazione Giunta Regionale 15 febbraio 2012 – n.IX/3018, Determinazioni generali in merito alla caratterizzazione delle emissioni gassose in atmosfera derivanti da attività a forte impatto odorigeno, 2012.
- [4] Metodi di misura delle emissioni olfattive – APAT 2003
- [5] *Applied model for the growth of the daytime mixed layer*, Batchvarova and Gryning, Bound. Layer Meteor., 1991.
- [6] *Velocity profiles and resistance laws for the planetary boundary layer in neutral and stable stratification*, Zilitinkevich, Izvestija AN SSSR, FAO, 25, No. 11, 1131-1143, 1989.
- [7] *Analysis of various schemes for the estimation of atmospheric stability classification*, Mohan Siddiqui, Atmos. Environ. 32 3775-3781, 1998.
- [8] *D.Lgs. 155/2010* Attuazione della direttiva 2008/50/CE relativa alla qualità dell'aria ambiente e per un'aria più pulita in Europa.
- [9] US-EPA <http://www.epa.gov/ttn/scram/aqmindex.htm> - modelli per la qualità dell'aria.
- [10] *Calpuff UserGuide* - S. Shire, R.Robe, E. Fernau, J.Yamartino – 2000

ALLEGATI

TAVOLE