



## **STUDIO PRELIMINARE AMBIENTALE**

(ai sensi dell'art. 19 del D.Lgs. 152/06 e s.m.i.)

Attività di modifica al sito industriale Versalis di Brindisi

### **Nuovo sistema di torcia a terra asservito all'impianto di steam cracking denominato P1CR**

---

#### **Allegato IV.1 – Studio delle ricadute al suolo delle emissioni inquinanti**

---

Maggio 2018

<b>Data</b>	<b>Revisione</b>	<b>Descrizione</b>	<b>Preparato</b>	<b>Revisionato</b>	<b>Approvato</b>
29.5.2018	00	Studio Preliminare Ambientale Sezione IV - Studio delle ricadute al suolo delle emissioni inquinanti	GEA/BAP	BAP	GIG

## INDICE

<b>1</b>	<b>INTRODUZIONE .....</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>IL MODELLO CALPUFF .....</b>	<b>4</b>
2.1	Preprocessore meteorologico CALMET.....	5
2.2	Il modello CALPUFF .....	6
2.3	Il postprocessore CALPOST .....	8
<b>3</b>	<b>SCENARIO METEO-DIFFUSIVO .....</b>	<b>9</b>
3.1	Dati meteo .....	9
3.2	Dati geofisici.....	12
<b>4</b>	<b>APPLICAZIONE DEL MODELLO DI DISPERSIONE.....</b>	<b>14</b>
4.1	Il reticolo di calcolo .....	14
4.2	Lo scenario emissivo simulato .....	15
4.3	I dati meteo.....	19
4.4	Risultati delle simulazioni.....	19
<b>5</b>	<b>CONFRONTO CON GLI STANDARD DI QUALITÀ .....</b>	<b>20</b>
5.1	Metodologia adottata .....	20
5.2	Valori di riferimento per la qualità dell'aria.....	21
5.3	Confronto risultati simulazioni con i valori di riferimento .....	22
<b>6</b>	<b>CONCLUSIONI .....</b>	<b>23</b>

### Appendice I Mappe delle simulazioni

## 1 INTRODUZIONE

Il presente documento costituisce lo studio delle ricadute al suolo delle emissioni in atmosfera allegato al Quadro di Riferimento Ambientale dello Studio Preliminare Ambientale del progetto di realizzazione di “Nuovo sistema di torcia a terra asservito all’impianto di steam cracking denominato P1CR”. Scopo dello studio è quello di valutare i potenziali impatti, in termini di effetti sulla componente atmosfera, correlati alla modifica presentata.

Il Progetto prevede l’installazione di un nuovo sistema di torcia a terra (RV-101E) del tipo “enclosed” asservita principalmente all’unità di Steam Cracking (di seguito identificata con l’acronimo P1CR) della Società Versalis nel sito di Brindisi, volta alla gestione delle condizioni di emergenza dell’impianto che rientreranno nei parametri di progetto della stessa.

Attualmente l’impianto P1CR è connesso all’esistente sistema di torcia, comune all’intero complesso petrolchimico Versalis, che prevede una torcia elevata (RV101C) con terminale “smokless” (punto di emissione E53 con altezza pari a 95m e portata fino a 650 t/h)

Allo scopo di valutare gli impatti derivanti dal progetto, sono stati considerati due assetti di riferimento:

- Ante operam - Intera portata inviata a combustione alla torcia elevata RV101C;
- Post operam - Portata inviata a combustione alla nuova torcia RV101E, compatibilmente con la portata di dimensionamento, e parzialmente inviata alla torcia in elevazione RV101C.

Entrambi gli scenari sono associati ad un ipotetico evento di attivazione del sistema torcia. In particolare, per effettuare un raffronto, è stato preso a riferimento, per la definizione dei dati emissivi, l’evento di attivazione delle torce avvenuto il 15/10/2016.

Lo studio è stato effettuato con il modello matematico di simulazione CALMET/CALPUFF 5.8 (EPA approved version) attraverso il software CALPUFF View Version 3 (Lakes Environmental) ed i dati meteorologici sono riferiti all’anno 2016.

Gli inquinanti considerati nelle simulazioni sono: NO<sub>x</sub>, CO e PTS quali principali prodotti della combustione in torcia e indicatori dell’effetto della variazione prevista.

Nel seguito sono illustrati i dati di input al modello ed i risultati delle simulazioni svolte, preceduti da una breve descrizione del modello stesso. Lo studio si conclude con il confronto tra i risultati della simulazione e gli Standard di Qualità dell’Aria anche se non direttamente applicabili. Si precisa infatti che, per la natura delle apparecchiature in oggetto, le simulazioni sono riferite esclusivamente agli scenari di emergenza e non rappresentativi delle normali condizioni emissive e di ricaduta.

In **Appendice I** vengono riportate le mappe delle curve di isoconcentrazione al suolo degli inquinanti modellati ricavate per interpolazione grafica tra i valori calcolati ai nodi del reticolo di calcolo e contrassegnate dal proprio valore di concentrazione.

## 2 IL MODELLO CALPUFF

Il modello CALPUFF è un modello di dispersione Lagrangiano non stazionario “a puff”, elaborato da “Sigma Research Corporation” (Earth Tech, Inc.) nel 1990.

Un modello a puff schematizza il comportamento del pennacchio inquinante come la diffusione di nuvole di dimensione finita (PUFF) in cui il pennacchio viene suddiviso e che si muovono individualmente, soggette ad una legge di diffusione gaussiana in un determinato campo di vento.

Le linee generali che hanno guidato lo sviluppo di tale modello sono riassunte di seguito:

- capacità di trattare sorgenti puntuali ed areali variabili nel tempo;
- applicabilità a domini d’indagine sia a grande scala che su piccola scala;
- applicabilità a condizioni meteorologiche non stazionarie ed orografiche complesse;
- possibilità di trattare fenomeni atmosferici di deposizione umida e secca, decadimento, reazione chimica e trasformazione degli inquinanti.

Il sistema di modellizzazione sviluppato è costituito da 3 componenti:

- un processore meteorologico (CALMET) in grado di ricostruire, con cadenza oraria, campi tridimensionali di vento e temperatura, bidimensionali di altre variabili come turbolenza, altezza dello strato di mescolamento ecc;
- un modello di dispersione non stazionario (CALPUFF) che simula il rilascio di inquinanti dalla sorgente come una serie di pacchetti discreti di materiale (“puff”) emessi ad intervalli di tempo prestabiliti; CALPUFF può avvalersi dei campi tridimensionali generati da CALMET oppure utilizzare altri formati di dati meteorologici;
- un programma di postprocesso degli output di CALPUFF (CALPOST), che consente di ottenere i formati richiesti dall’utente ed è in grado di interfacciarsi con apposito software per l’elaborazione grafica dei risultati.

Le principali caratteristiche delle tre componenti sopra individuate vengono fornite di seguito.

## 2.1 Preprocessore meteorologico CALMET

CALMET è un preprocessore meteorologico in grado di riprodurre campi tridimensionali di vento e temperatura, e campi bidimensionali di parametri descrittivi della turbolenza.

CALMET può operare su qualsiasi tipo di dominio, in quanto è in grado di gestire le problematiche inerenti alla presenza di orografia complessa o di interfaccia terra-mare; inoltre questo modello opera anche in presenza di calma di vento.

CALMET consente di tener conto di diverse caratteristiche, quali la pendenza del terreno, la presenza di ostacoli, la presenza di zone marine o corpi d'acqua.

Esso è dotato inoltre di un processore micrometeorologico in grado di calcolare i parametri dispersivi all'interno dello strato limite (CBL) come altezza di miscelamento e coefficienti di dispersione; inoltre calcola internamente la classe di stabilità atmosferica tramite la localizzazione del dominio di calcolo (espressa in coordinate UTM), l'ora del giorno e la copertura nuvolosa.

Per inizializzare CALMET sono necessari i dati delle variabili atmosferiche acquisite da stazioni a terra e dei radiosondaggi, contenenti i profili verticali di temperatura, pressione, ecc.

I files in ingresso richiesti da CALMET sono:

- **GEO.DAT:** che contiene i dati geofisici relativi alla zona di simulazione, come l'altimetria e l'uso del suolo, nonché alcuni parametri facoltativi quali rugosità, albedo, flusso di calore, ecc. L'altimetria e l'uso del suolo vanno specificati per ogni punto della griglia di calcolo definita sull'area di simulazione;
- **SURF.DAT:** che contiene i dati meteorologici monitorati dalle stazioni di misura di superficie. Esso contiene informazioni su velocità e direzione del vento, grado di copertura nuvolosa, altezza delle nubi, temperatura dell'aria, umidità relativa, pressione atmosferica;
- **UP.DAT:** che contiene i dati rilevati dalle stazioni meteorologiche poste in quota. Esso contiene i dati di velocità e direzione del vento, temperatura dell'aria, pressione, umidità relativa e la quota a cui è posta la stazione;
- **SEA.DAT:** che contiene la stessa tipologia di dati contenuti nel file SURF.DAT ma relativi a stazioni meteorologiche poste in prossimità di zone coperte d'acqua. In particolare devono essere rilevate informazioni come la differenza di temperatura aria-acqua, la temperatura dell'aria, l'umidità relativa e lo strato di rimescolamento al di sopra dell'acqua;
- **PRECIPIT.DAT:** che contiene i valori di intensità di precipitazione rilevati ogni ora nelle diverse stazioni di misura.

I files così ottenuti vengono gestiti dal file di controllo di CALMET, "CALMET.INP", che viene utilizzato per la simulazione.

In alternativa ai dati meteo completi, superficiali e in quota, possono essere utilizzate serie di dati fornite dall'applicazione del modello climatologico globale quali il WRF o l'MM5. Questi sono infatti modelli non idrostatici, basati sulla risoluzione delle equazioni primitive di bilancio di quantità di moto, materia ed energia, ad area limitata, sviluppati per la simulazione dei fenomeni atmosferici sulla base delle osservazioni reali ottenute dalle stazioni meteorologiche.

I dati meteorologici del dominio di calcolo vengono poi forniti a CALPUFF mediante il file di output del preprocessore CALMET, il file "CALMET.DAT", composto da 14 gruppi di informazioni riassuntive dei dati di input seguiti dai valori orari che ricostruiscono i campi tridimensionali di vento e di temperatura e quelli bidimensionali di stabilità atmosferica, velocità di attrito al suolo, intensità di precipitazione, umidità relativa.

## 2.2 Il modello CALPUFF

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

- capacità di trattare sorgenti puntuali, areali, di volume, con caratteristiche variabili nel tempo (flusso di massa dell'inquinante, velocità di uscita dei fumi, temperatura, ecc);
- notevole flessibilità relativamente all'estensione del dominio della simulazione, da poche decine di metri (scala locale) a centinaia di chilometri dalla sorgente (mesoscala);
- possibilità di trattare emissioni odorogene;
- capacità di trattare situazioni meteorologiche variabili e complesse, come calme di vento, parametri dispersivi non omogenei, effetti vicino alla sorgente quali transitional plume rise (innalzamento del plume dalla sorgente), building downwash (effetti locali di turbolenza dovuti alla presenza di ostacoli lungo la direzione del flusso) ecc;
- capacità di trattare situazioni di orografia complessa e caratterizzate da una significativa rugosità, nelle quali gli effetti della fisionomia del terreno influenzano la dispersione degli inquinanti;
- capacità di trattare effetti a lungo raggio quali le trasformazioni chimiche, trasporto sopra l'acqua ed interazione tra zone marine e zone costiere;
- possibilità di applicazione ad inquinanti inerti e polveri, soggetti a rimozione a secco o ad umido e ad inquinanti reagenti: si possono considerare la formazione di inquinanti secondari, in fenomeno di smog fotochimica ecc..

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

In CALPUFF sono presenti due opzioni per la rappresentazione dei "pacchetti" (Figura 1):

- Puff: elementi gaussiani radiali-simmetrici;
- Slug: elementi non circolari allungati nella direzione del vento.

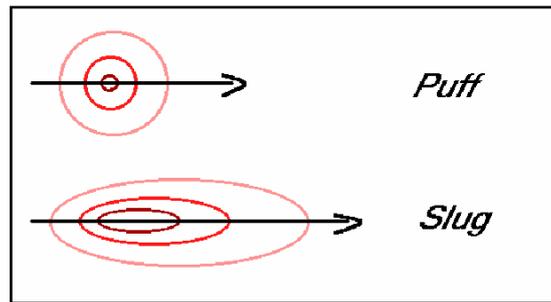


Figura 1

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

L'equazione di base per il calcolo del contributo del singolo puff al generico recettore è:

$$C(0, y, z) = \frac{Q}{(2\pi)^{1.5} \cdot \sigma_x \cdot \sigma_y \cdot \sigma_z} \cdot \exp\left(-\frac{d_a^2}{2 \cdot \sigma_x^2}\right) \cdot \exp\left(-\frac{d_c^2}{2 \cdot \sigma_y^2}\right) \cdot \sum_{-\infty}^{+\infty} \exp\left(-\frac{(H_e + 2 \cdot n \cdot h)^2}{2 \cdot \sigma_z^2}\right)$$

dove:

$C$  = concentrazione al suolo;

$Q$  = massa di inquinante del puff;

$d_a$  = distanza fra il centro del puff e il recettore lungo la direzione del vento;

$d_c$  = distanza fra il centro del puff e il recettore in direzione ortogonale al vento;

$\sigma_x$  = deviazione standard della distribuzione gaussiana lungo la direzione del vento;

$\sigma_y$  = deviazione standard della distribuzione gaussiana in senso perpendicolare alla direzione del vento;

$\sigma_z$  = deviazione standard della distribuzione gaussiana in senso verticale;

$H_e$  = altezza effettiva del centro del puff sopra il terreno;

$h$  = altezza dello strato di miscelamento.

Gli input di CALPUFF sono costituiti da:

- dati meteorologici e territoriali, che vengono ricavati dal file di output del preprocessore CALMET ("CALMET.DAT"), comprendente i dati orari dei parametri meteorologici, i campi tridimensionali di vento e temperatura, nonché dati geofisici quali altimetria, rugosità del terreno, uso del suolo;
- dati emissivi, comprendenti le fonti di emissione (schematizzate in sorgenti puntuali, lineari e areali) e i relativi quantitativi di inquinanti emessi.

Le informazioni principali richieste dal modello sono:

- numero e localizzazione delle sorgenti emissive;
- caratteristiche geometriche delle sorgenti (ad esempio altezza e diametro nel caso di camini, larghezza e lunghezza delle strade per sorgenti lineari ed estensione delle aree nel caso di sorgenti areali);
- temperatura e velocità di uscita dell'effluente;
- tipologia e quantità degli inquinanti emessi.

### **2.3 Il postprocessore CALPOST**

CALPOST elabora l'output del modello di simulazione CALPUFF costituito da una serie di matrici contenenti i valori orari delle concentrazioni degli inquinanti esaminati in corrispondenza della griglia di calcolo.

La funzione di questo post processore è quella di gestire l'output di CALPUFF in funzione delle proprie esigenze per ricavare i parametri di interesse: ad esempio, i valori di concentrazione massima oraria o di media annua, calcolo dei percentili, ecc.

Inoltre, CALPOST è in grado di produrre file direttamente interfacciabili con programmi di visualizzazione grafica dei risultati delle simulazioni.

### 3 SCENARIO METEO-DIFFUSIVO

Il preprocessore CALMET, come già specificato nei paragrafi precedenti, richiede due tipologie di informazioni:

- Dati meteorologici, sia al suolo che in quota.
- Dati geofisici (altimetria e uso del suolo) dell'area in esame.

Per lo svolgimento dell'analisi è stato individuato in un reticolo quadrato di lato 20 km, centrato nell'area occupata dallo stabilimento e avente maglia di 1 km.

#### 3.1 Dati meteo

I dati meteoroclimatici necessari per alimentare il modello di simulazione sono costituiti da dati rilevati al suolo e da dati rilevati a diverse quote, costituiti nello specifico da:

- dati meteorologici misurati in superficie (velocità e direzione del vento, temperatura, umidità relativa, pressione e precipitazioni);
- dati meteorologici in quota (pressione, altezza, temperatura, velocità e direzione del vento).

Data la complessità dei dati richiesti e non essendo disponibile il set completo dei dati meteoroclimatici necessari, in particolare in relazione ai dati meteorologici in quota, le informazioni in input al modello di simulazione sono state integrate mediante le serie di dati fornite dall'applicazione del modello climatologico WRF (Weather Research and Forecasting - Nonhydrostatic Mesoscale Model) messo a punto dal NOAA in riferimento all'anno 2017.

WRF è un modello a mesoscala di previsione numerica delle condizioni meteorologiche di nuova generazione progettato per le esigenze di ricerca e di previsione operativa atmosferica. È dotato di due nuclei dinamici, un sistema di assimilazione dei dati e un'architettura che facilita il calcolo parallelo e l'estensibilità del sistema. Il modello propone una vasta gamma di applicazioni meteorologiche con scale diverse da decine di metri a migliaia di chilometri. Lo sviluppo del modello WRF è iniziato negli Stati Uniti d'America nella seconda parte del 1990 a cura di una partnership tra il Centro nazionale di ricerca atmosferica (NCAR), l'Amministrazione nazionale per l'Oceano e l'Atmosfera (rappresentato dai Centri nazionali per la previsione ambientale (NCEP) e dai laboratori di previsione (FSL)), l'Agenzia meteo dell'Aeronautica Militare (AFWA), il Laboratorio di ricerca navale, l'Università di Oklahoma, e la l'Amministrazione di Aviazione Federale (FAA).

Il modello è in grado di generare simulazioni atmosferiche utilizzando dati reali (osservazioni, analisi) ed è attualmente in uso operativo da NCEP, AFWA, e altri centri di ricerca.

Il sistema WRF contiene due risolutori dinamici: il nucleo ARW (Advanced Research WRF) e il nucleo NMM (Modello mesoscala non idrostatico). Il ARW è stato ampiamente sviluppato e mantenuto dal Laboratorio MMM, mentre il nucleo NMM è stato sviluppato dai Centri nazionali per la previsione ambientale.

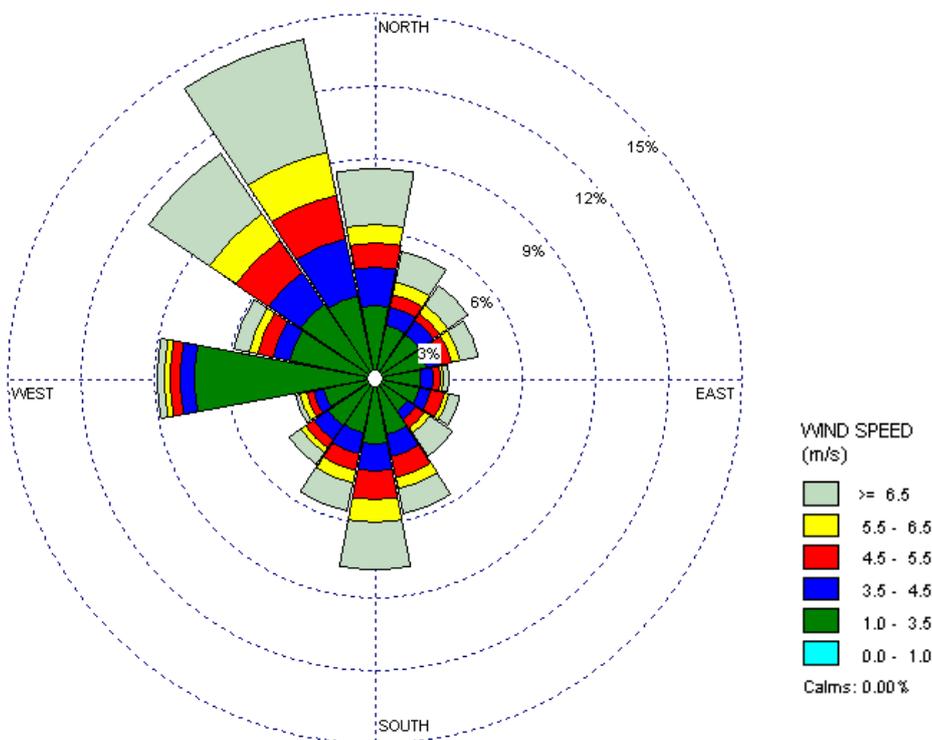
Partendo da un dominio di calcolo di 50x50 km con baricentro in corrispondenza dell'area di inserimento del progetto, il sistema di modellazione ha fornito per l'area in esame i dati riferiti a delle stazioni virtuali disposte lungo una maglia 12x12 km.

Tali dati, congiuntamente ai dati locali disponibili, sono stati quindi inseriti all'interno del preprocessore meteorologico CALMET, che ha consentito di estrapolare un campo di variabilità per le grandezze meteo su di una maglia più densa (1x1 km).

### Anemologia

Per quanto concerne in particolare le caratteristiche anemologiche dell'area in esame, in figura seguente si riporta la rosa dei venti annuale ricostruita in corrispondenza del sito.

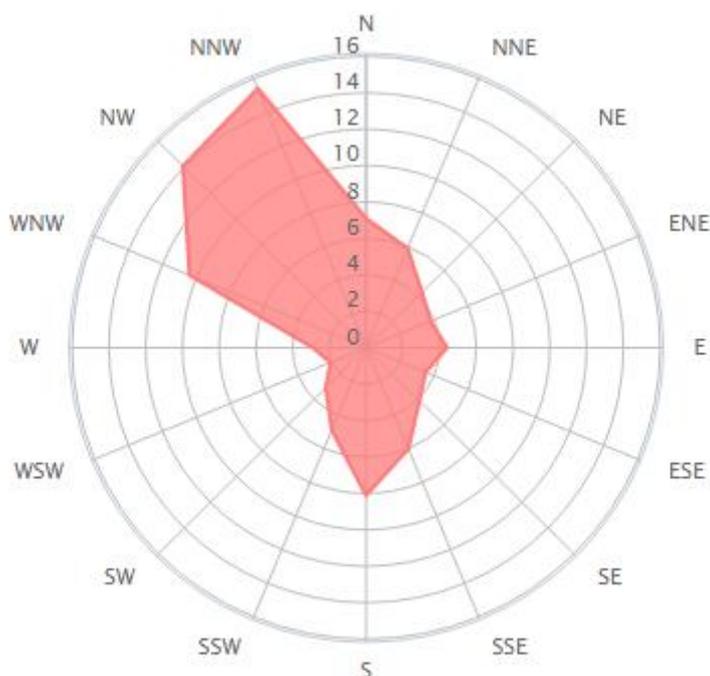
A partire dai dati elaborati dal CALMET per l'anno solare 2017, per caratterizzare l'anemologia della zona di interesse, sono stati elaborati la rosa dei venti annuale e la distribuzione di frequenza delle classi di intensità e direzione del vento.



**Figura 2: Rosa venti annuale (modello CALMET - anno 2017)  
distribuzione annuale direzione del vento [%]**

Come si può osservare dai dati sopra riportati, la rosa dei venti annuale mostra la netta prevalenza di venti provenienti dal settore NNO ed NO, che assommano circa il 26% del totale delle osservazioni. Si notano inoltre componenti secondarie dalle direzioni S e O.

Tale rosa risulta sostanzialmente in linea con la rosa dei venti media rilevabile in corrispondenza della stazione meteo “Casale” di Brindisi, di seguito riportata.



**Figura 3: Rosa venti annuale Brindisi Casale (10/2000 - 02/2018 – Fonte:windfinder.com)**

Per quanto concerne le velocità, dalla stessa rosa dei venti sito specifica si evince che lungo la direzione prevalente del vento si osserva la preponderanza di alte e medie velocità (venti compresi tra 3,5 e 6,5 m/s e superiori). Classi di velocità minori si presentano con frequenze nettamente inferiori e sono distribuite lungo tutte le direzioni di provenienza, con una preponderanza delle condizioni vicine alla calma dalla direzione O.

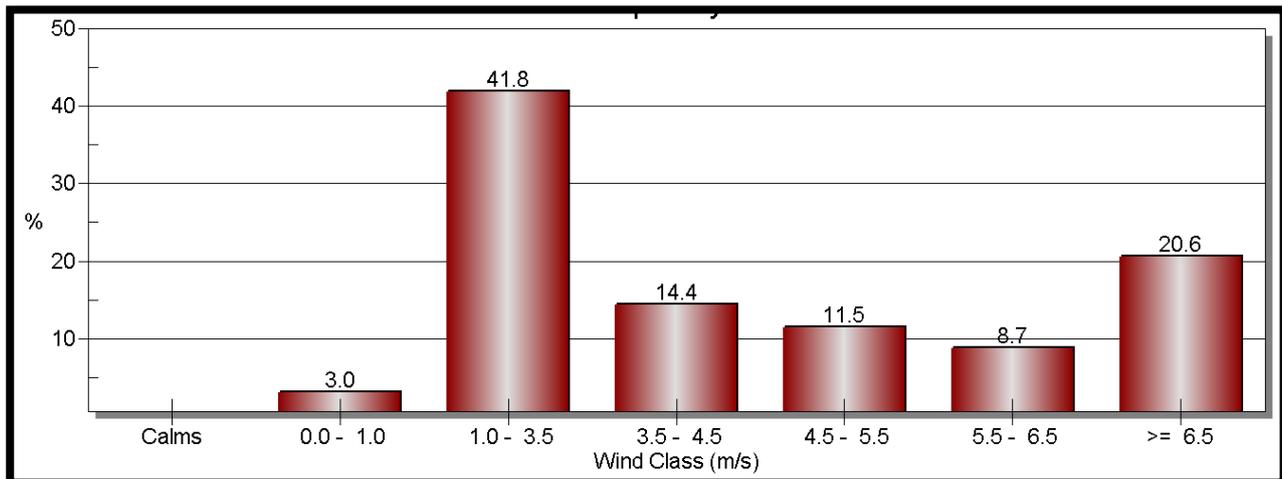
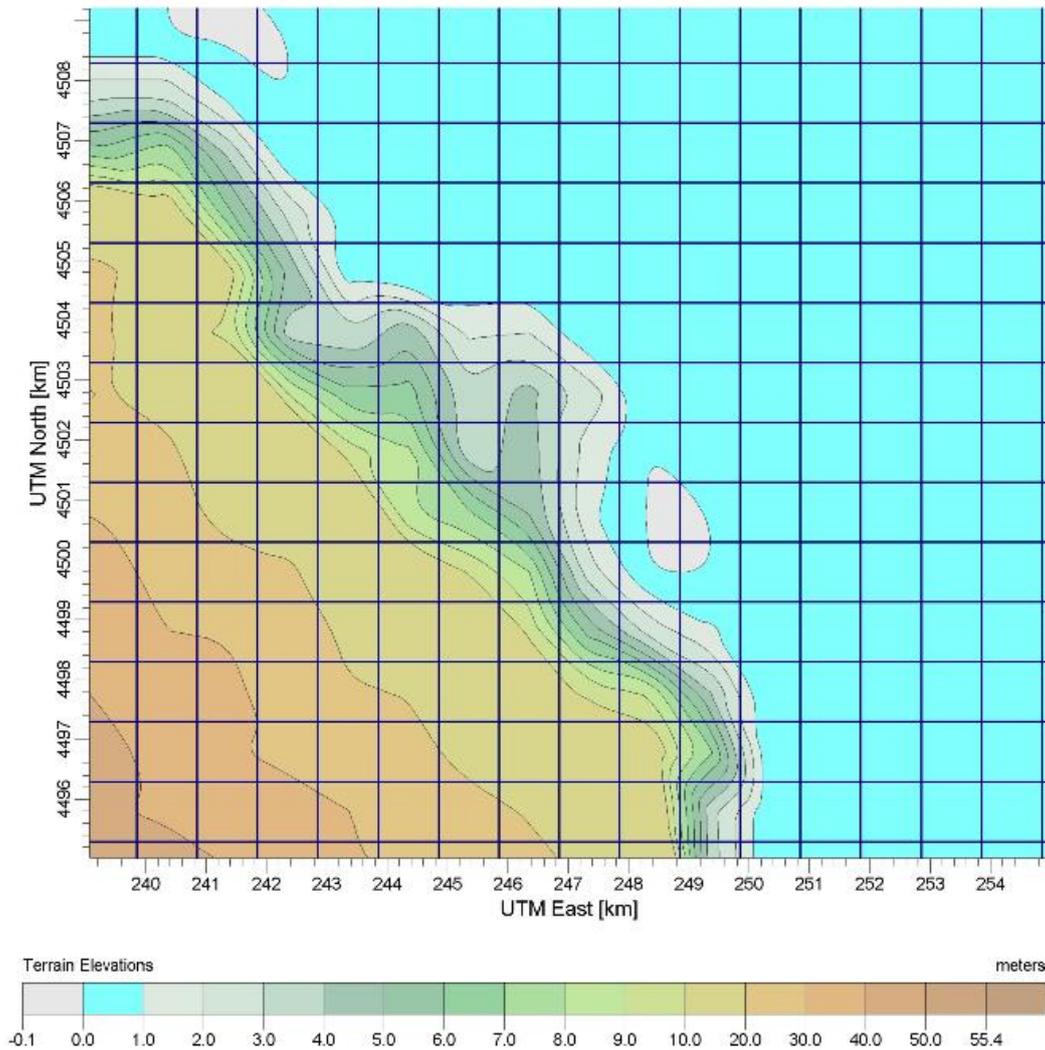


Figura 4: Distribuzione percentuale delle velocità (modello CALMET - anno 2017)

### 3.2 Dati geofisici

Per la definizione delle caratteristiche altimetriche dell'area oggetto di studio (ampiezza complessiva di 10 km x 10 km) è stato preso a riferimento il modello digitale del terreno SRTM3 (Shuttle Radar Topography Mission Global Coverage Version 2), che produce un DTM a risoluzione di circa 90 m.

Nella figura seguente si riportano le curve di livello estrapolate dal DTM per il dominio meteo diffusivo considerato (quadrato 20X20 km e maglia pari a 1km).



**Figura 5: DTM SRTM 3 dell'aria di studio**

Per quanto concerne l'uso del suolo, è stata utilizzata la classificazione GLCC (Global Land Cover Characterization Version 2) che suddivide il territorio in aree, con risoluzione di 1 km, a cui vengono assegnati specifici codici numerici in funzione del diverso utilizzo del suolo.

## 4 APPLICAZIONE DEL MODELLO DI DISPERSIONE

Gli inquinanti considerati nel modello di simulazione sono quelli caratteristici emessi dalla combustione in torcia, costituiti, nello specifico, da: NO<sub>2</sub> (assimilati cautelativamente ad NO<sub>x</sub>), CO, e PTS (Polveri totali).

I dati di input necessari all'applicazione del modello CALPUFF sono relativi a:

- caratteristiche del reticolo di calcolo;
- caratteristiche meteorologiche dell'area;
- caratteristiche delle sorgenti di emissione degli inquinanti suddetti.

### 4.1 Il reticolo di calcolo

Come già specificato in precedenza, per il calcolo del campo di variabilità delle grandezze meteorologiche è stata utilizzata una griglia di calcolo 1x1 km con baricentro nell'area di inserimento del progetto ed estensione di 20x20 km. Sulla base del reticolo di calcolo utilizzato dal modello CALMET è stata costruita una griglia di recettori con baricentro sullo stabilimento, di dimensioni 10x10 km e maglia 250 m x 250 m, adeguata a valutare le ricadute al suolo sull'intera area interessata dallo studio. Nella figura seguente viene mostrato un dettaglio delle due griglie definite nell'area di studio rispettivamente in blu (CALMET) ed in verde (recettori).

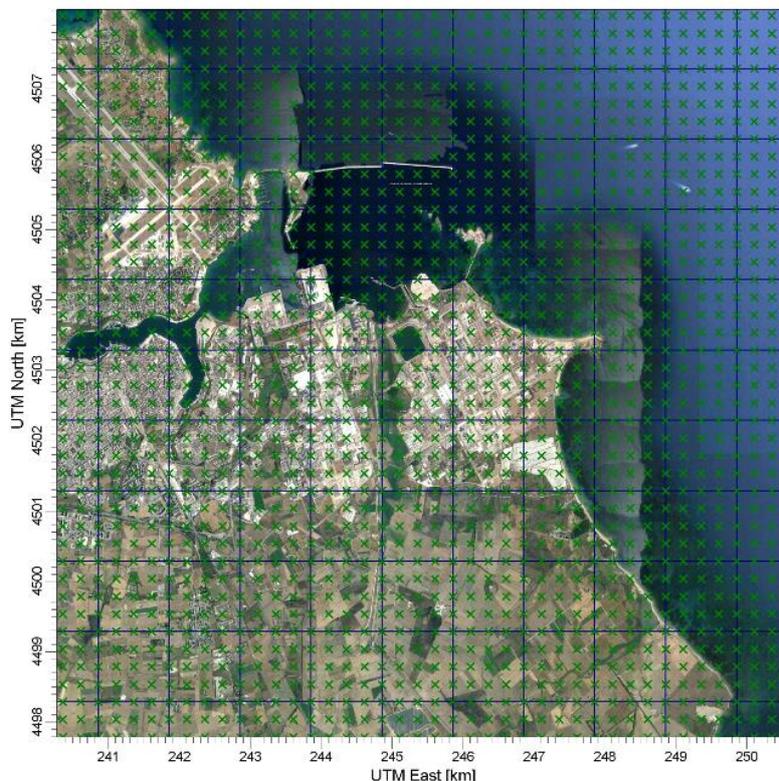


Figura 6: Reticolo di calcolo (Griglia in blu) e griglia dei recettori (croci in verde) sovrapposti ad un'immagine satellitare

## 4.2 Lo scenario emissivo simulato

Come anticipato lo scopo dello studio è quello di evidenziare le variazioni fra configurazione attuale del sistema torcia, e la sua configurazioni futura.

A tal fine gli scenari presi a riferimento sono quelli associati ad un evento di entrata in funzione del sistema nelle due condizioni ante operam e post operam di seguito descritte.

Al fine di individuare, un evento confrontabile fra le due condizioni ante operam e post è stato considerato un evento di torcia realmente registrato il 15 ottobre 2016.

L'evento ha avuto inizio alle ore 11.40 circa del 15 ottobre ed è terminato alle 8 circa del 16 ottobre 2016 (ora solare), l'evento ha avuto carattere discontinuo, per una durata pari a circa 9,1 ore con un andamento in portata rappresentato attraverso il seguente grafico:

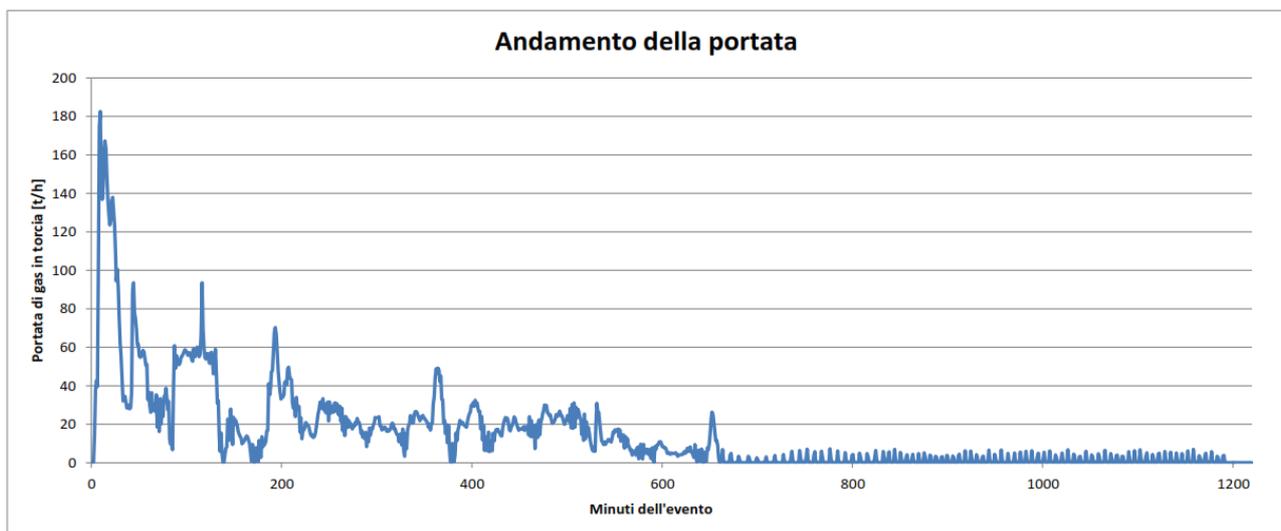


Figura 7: Grafico portata evento di attivazione torca del 15/10/2016

Nel caso specifico, come anticipato, volendo individuare le condizioni di dispersione peggiori, non è stato simulato il giorno dell'evento ma tutte le giornate dell'anno di riferimento, in modo da individuare gli effetti dell'evento nelle peggiori condizioni meteo presentatesi. I risultati successivamente presentati sono quindi riferiti alle maggiori concentrazioni riscontrabili al suolo a seguito dell'evento, anche al variare delle condizione meteorologiche.

### Ante Operam

Nella condizione ante operam, tutta la portata inviata a torcia, è stata combusta dalla torcia in elevazione, con valori di picco vicini alla massima portata smokeless della stessa (Stimata in un massimo di circa 180 t/h).

Le caratteristiche della torcia esistente sono le seguenti:

<b>CARATTERIZZAZIONE SORGENTI EMISSIVE– ASSETTO ANTE OPERAM</b>					
Id. torcia	Descrizione	Altezza [m]	Diametro [m]	Coordinate	
				X [m]	Y [m]
R101C	Torcia elevata	95	1,5	247690	4503343

**Tabella 1**

Per la simulazione sono stati utilizzati i seguenti dati individuati dall'analisi del gas combusto in torcia:

Parametro	Valore	U.d.M.
Densità	1,136	kg/m <sup>3</sup>
Potere calorifico	46,06	MJ/kg
Flusso di calore	100.987,04	kcal/s

**Tabella 2**

Le emissioni di torcia sono state simulate secondo le metodiche suggerite dall'EPA, che prevedono una velocità di uscita dei fumi pari a 20 m/s ed una temperatura di 1'273 K. Le emissioni sono poi state modulate per ciascun intervallo semiorario sulla base della portata di gas effettivamente inviata in torcia.

Sfruttando i fattori di emissione dell'EPA (vedi tabella di seguito), alla portata combusta sono stati associati valori di emissione specifici dipendente dal flusso di calore (CO, NOx) e dalla fumosità riscontrata (Polveri).

Parametro	Valore	U.d.M.	Fonte
CO	0,31	lb/10 <sup>6</sup> Btu	U.S.EPA: AP-42 Chapter 13: Miscellaneous Sources Section 13.5 Industrial Flares (April 2015)
NOx	0,068	lb/10 <sup>6</sup> Btu	
PTS	274	µg/l	

**Tabella 3**

In relazione in particolare alle emissioni di polveri, il citato riferimento riporta tre possibili valori di emissione associati alla fumosità visibile:

- non smoking 0 µg/l
- lightly smoking 40 µg/l
- average smoking 177 µg/l
- heavily smoking 274 µg/l

Nel caso specifico, considerando le portate considerevoli inviate a torcia per l'evento considerato, è stato considerato rappresentativo il valore più elevato.

Nella definizione dei flussi emissivi è stato considerata l'evento avente una durata complessiva di 24 ore, ripetuto per tutte le condizioni meteo variabili, di periodo in periodo, individuando quindi i risultati più gravosi.

L'evento avvenuto è stato discretizzato in periodi semiorari, sulla base dei quali si è provveduto ad individuare la portata media ed i rispettivi flussi di massa inquinanti emessi attraverso l'applicazione dei coefficienti sopra presentati.

### **Post Operam**

Nella condizione post operam, considerando il medesimo evento, la portata si sarebbe ripartita su entrambe le torce.

In particolare infatti, come si evince dal grafico sopra riportato, la portata ha superato, durante la prima ora, la capacità che verrà installata alla nuova torcia (130 t/h).

Nel caso specifico per effettuare la simulazione in modo cautelativo, è stata considerata la portata, individuata come media semioraria, come interamente combusta nuova torcia a terra, e quale contributo aggiuntivo è stata considerata una portata aggiuntiva, pari al 27%, combusta alla torcia elevata per i primi 30 minuti dell'evento.

CARATTERIZZAZIONE SORGENTI EMISSIVE– ASSETTO POST OPERAM					
Id. torcia	Descrizione	Altezza [m]	Diametro [m]	Coordinate	
				X [m]	Y [m]
R101E	Torcia a terra	35	18	246219	4503450

Tabella 4

L'approccio scelto risulta fortemente cautelativo, in quanto, dal dettaglio delle registrazioni dell'evento oggetto di analisi, la portata avrebbe superato le 130 t/h per un periodo inferiore ai 30 minuti considerati.

Analogamente alle condizioni ante operam le emissioni di torcia sono state simulate secondo le metodiche suggerite dall'EPA, che prevedono una velocità di uscita dei fumi pari a 20 m/s ed una temperatura di 1'273 K. In termini di fattori di emissione sono stati utilizzati i medesimi coefficienti utilizzati nel caso precedente ad eccezione del fattore di fumosità.

In particolare infatti, essendo la nuova installazione fornita con una portata smokeless garantita sino a 130 t/h le emissioni di polveri da questa possono essere considerate trascurabili. Per la torcia in elevazione, seppur attiva con portate molto limitate, è stato considerato un fattore analogo a quello preso a riferimento nella condizione ante operam.

Quale ulteriore ipotesi, per evidenziare la diversa tipologia di apparecchiatura introdotta, per la nuova torcia a terra è stato considerato un diametro emissivo pari alla complessiva superficie dell'apparecchiatura (Diametro pari a 18 m).

A differenza infatti della torcia in elevazione, in cui il flusso è concentrato ad un solo bruciatore, nell'apparecchiatura a terra la combustione è distribuita lungo una griglia di getti, distribuiti su tutta la superficie. L'emissione risulta quindi, a parità di flusso di inquinanti, molto più diluita alla sezione di uscita.

### 4.3 I dati meteo

I dati meteorologici di input al modello, sono costituiti, come già specificato in precedenza, da una combinazione dei parametri meteorologici al suolo e in quota nel dominio di calcolo, ottenuti dal modello WRF, in corrispondenza del baricentro dell'area di inserimento per l'anno 2017.

Tali dati sono stati elaborati tramite CALMET al fine di calcolare i dati meteo in corrispondenza dei nodi della griglia di calcolo in input al modello CALPUFF con densità adeguata, contenente i record relativi alle 8.760 ore dell'anno 2017 preso a riferimento.

### 4.4 Risultati delle simulazioni

Una volta definiti i dati di input al modello (dati meteo, reticolo di calcolo e sorgenti emmissive) si è provveduto ad effettuare le simulazioni con il modello CALPUFF. I risultati delle simulazioni sono riassunti mediante apposite mappe che riportano le curve di isoconcentrazione al suolo degli inquinanti esaminati sovrapposte ad una immagine satellitare dell'area di interesse. Le curve sono state ricavate per interpolazione grafica dei valori calcolati dal modello in corrispondenza dei nodi del reticolo di calcolo e sono state contrassegnate nelle mappe dal proprio valore di concentrazione.

Le mappe sono riportate in **Appendice I** alla presente relazione, mentre in tabella seguente si riporta una sintesi dei risultati ottenuti per ciascun inquinante considerato, con l'indicazione del valore rappresentato e il riferimento alla corrispondente tavola grafica di appendice.

Inquinante	Assetto	Valore rappresentato	Concentrazione massima calcolata ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Rif. mappa Appendice I
NOx	Ante operam	Massimo delle medie orarie	48,1	Mappa 1
	Post operam		34,1	Mappa 2
Polveri	Ante operam	Massimo delle medie orarie	11,1	Mappa 3
	Post operam		7,3	Mappa 4
	Ante operam	Massimo delle medie giornaliere	1,3	Mappa 5
	Post operam		0,7	Mappa 6
CO	Ante operam	Massimo delle medie orarie	253	Mappa 7
	Post operam		107	Mappa 8
	Ante operam	Media massima giornaliera sulle 8 ore	46	Mappa 9
	Post operam		19	Mappa 10

**Tabella 5: Sintesi delle simulazioni effettuate per i principali inquinanti e relativi elaborati grafici**

In tabella si riportano in particolare i valori di picco orari, rappresentativi delle condizioni di picco emissivo associato all'evento di attivazione della torcia. In relazione alle Polveri ed al CO si riportano inoltre i dati massimi mediati sulle 8 e le 24 ore, al fine del successivo confronto con i valori di riferimento.

Nel modello non sono stati calcolati i valori medi sul lungo periodo in quanto non rappresentativi del singolo evento di attivazione della torcia, che essendo un evento sporadico, non avviene in tutte le giornate di attività simulate (tutti i giorni dell'anno di riferimento 2017). Come si evince dai dati riportati i valori di ricaduta risultano sensibilmente inferiori a seguito del passaggio dalle condizioni Ante operam alle condizioni Post operam.

## **5 CONFRONTO CON GLI STANDARD DI QUALITÀ**

### **5.1 Metodologia adottata**

La presente analisi non è finalizzata all'identificazione e quantificazione degli effetti delle emissioni in aria dell'intero stabilimento nell'ambiente circostante, ma alla valutazione a confronto dei due assetti di riferimento ante operam e post operam. In particolare infatti i due assetti citati non sono riferiti alle normali condizioni operative ed emissive, ma a condizioni anomale che comportano l'attivazione dei presidi di sicurezza installati. Gli standard di qualità dell'aria non risultano quindi applicabili.

Nell'ottica di fornire comunque un supporto al confronto dei risultati della modellazione, nel successivo paragrafo viene presentato, a titolo puramente indicativo e di valutazione quantitativa, il confronto fra i risultati ottenuti e gli standard di qualità dell'aria.

Per le medesime ragioni non si prevede il confronto dei risultati modellati, con lo stato qualità attuale dell'area Brindisina, desumibile dalle centraline di monitoraggio presenti sul territorio. Condizioni comunque sintetizzate e riportate nel Quadro di riferimento Ambientale del presente studio preliminare ambientale.

## 5.2 Valori di riferimento per la qualità dell'aria

In tabella seguente sono riassunti per gli inquinanti atmosferici esaminati, i valori limite di qualità dell'aria (o Standard di Qualità dell'Aria – SQA), stabiliti dalla normativa vigente in materia (D.Lgs. 155/2010 e s.m.i.).

Inquinante	Descrizione	Periodo di mediazione	Parametro statistico	Valore limite ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Normativa di riferimento
NO <sub>2</sub>	Valore limite orario (All. XI D.Lgs. 155/10)	1 ora	99,8° percentile delle concentrazioni medie orarie di un anno	200	D.Lgs.155/10 e s.m.i.
	Valore limite annuale (All. XI D.Lgs. 155/10)	1 anno	concentrazione media annua	40	
NO <sub>x</sub>	Livello critico per la protezione della vegetazione (All. XI D.Lgs. 155/10)	1 anno	concentrazione media annua	30	
PM <sub>10</sub>	Valore limite giornaliero (All. XI D.Lgs. 155/10)	24 ore	90° percentile delle concentrazioni medie giornaliere di un anno	50	
	Valore limite annuale (All. XI D.Lgs. 155/10)	1 anno	Concentrazione media annua	40	
PM <sub>2,5</sub>	Valore limite annuale (All. XI D.Lgs. 155/10)	1 anno	Concentrazione media annua	25 (in vigore dal 1° gennaio 2015)	
CO	Valore limite (All. XI D.Lgs. 155/10)	8 ore	Media massima giornaliera sulle 8 ore	10 <sup>4</sup>	

**Tabella 6: Valori limite di qualità dell'aria applicabili**

Per completezza i valori riportati sono tutti quelli disponibili per gli inquinanti oggetto di modellazione. Si precisa che come anticipato il confronto è stato però svolto con i valori di riferimento per le condizioni di picco, in quanto uniche confrontabili con una condizioni tipicamente transitoria come l'attivazione del sistema torcia.

### 5.3 Confronto risultati simulazioni con i valori di riferimento

La tabella seguente mostra il confronto tra le concentrazioni calcolate dal modello di simulazione applicato e gli Standard di Qualità dell’Aria (SQA) corrispondenti.

Inquinante	Assetto	Valore rappresentato	Concentrazione massima calcolata ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Valore limite ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
NO <sub>x</sub>	Ante operam	Massimo delle medie orarie	48,1	200 (come 99,8° percentile delle concentrazioni medie orarie di un anno NO <sub>2</sub> )
	Post operam		34,1	
Polveri	Ante operam	Massimo delle concentrazioni medie giornaliere	1,3	50 (come 90° percentile delle concentrazioni medie giornaliere)
	Post operam		0,7	
CO	Ante operam	Media massima giornaliera sulle 8 ore	46	10000
	Post operam		19	

**Tabella 7: Confronto dei risultati con SQA**

Il confronto con i valori di concentrazione al suolo ottenuti con il modello di simulazione e gli Standard di Qualità dell’Aria evidenzia il pieno rispetto dei limiti per tutti gli inquinanti analizzati, sia nelle condizioni ante operam che post operam, per tutte le sostanze simulate.

Come anticipato non viene riportata la valutazione sul lungo periodo (medie annue) in quanto gli assetti presentati sono rappresentativi delle condizioni emissive di emergenza, non considerabili come costanti per tutto l’anno considerato ma legate a sporadiche condizioni di anomalia degli impianti.

Risulta necessario inoltre sottolineare che gli effetti calcolati, non risultano in generale, direttamente confrontabili con i valori limite di riferimento e che il confronto proposto risulta ampiamente cautelativo, avendo considerato, per il calcolo modellistico, tutte le condizioni meteorologiche di un anno.

I valori di ricaduta sono infatti calcolati considerando tutte le condizioni meteorologiche presentatesi nel 2017, sino ad individuare la condizione di dispersione peggiore. La concomitanza fra le condizioni di anomalia (attivazione delle torce) e le condizioni meteo più sfavorevoli risulta quindi fortemente improbabile.

## 6 CONCLUSIONI

Il presente studio è stato condotto allo scopo di valutare le ricadute al suolo derivanti dalle emissioni del sistema torcia, nelle due condizioni ante operam e post operam. Gli scenari presi a riferimento sono quelli associati ad un evento di entrata in funzione del sistema nelle due condizioni citate.

Al fine di individuare un evento confrontabile è stato considerato un evento di torcia realmente registrato il 15 ottobre 2016 della durata pari a circa 9,1 ore con un andamento in portata fortemente variabile.

Le simulazioni sono state effettuate utilizzando il modello matematico CALMET/CALPUFF 5.8 (EPA approved version) attraverso il software CALPUFF View Version 3 (Lakes Environmental). I dati meteorologici, sono riferiti all'anno 2017, sono stati ottenuti mediante il sistema WRF.

Sulla base dell'analisi effettuata si possono fare le seguenti considerazioni:

### 1. Confronto tra concentrazioni calcolate al suolo nei due assetti ante operam e post operam

Dal confronto dei valori di picco orari, rappresentativi delle condizioni di picco emissivo associato all'evento di attivazione della torcia, si evidenzia una sensibile riduzione a seguito del passaggio dalle condizioni Ante operam alle condizioni Post operam.

Tale riduzione risulta evidente per il parametro polveri, ridotto in proporzione oltre il 40%, a seguito dell'incrementata capacità smokeless del nuovo sistema. Per gli altri parametri si evidenzia comunque una riduzione significativa connessa alla diversa tecnologia attuata che, distribuendo la combustione su una superficie molto ampia, comporta un'emissione ad una quota inferiore, ma con più elevato grado di dispersione iniziale.

### 2. Confronto tra concentrazioni calcolate al suolo dovute alle emissioni dal sistema torcia e gli SQA

Il confronto tra il contributo emissivo del sistema torcia e gli Standard di Qualità dell'Aria evidenzia, il pieno rispetto dei limiti applicabili per tutti gli inquinanti considerati, sia nelle condizioni ante operam che post operam, per tutte le sostanze simulate.

La valutazione sul lungo periodo (medie annue) non risulta applicabile in quanto gli assetti presentati sono rappresentativi delle condizioni emissive di emergenza, non considerabili come costanti per tutto l'anno considerato ma legate a sporadiche condizioni di anomalia degli impianti.

Risulta necessario inoltre sottolineare che gli effetti calcolati, non risultano in generale direttamente confrontabili con i valori limite di riferimento e che il confronto proposto risulta ampiamente cautelativo, avendo considerato, per il calcolo modellistico, tutte le condizioni meteorologiche di un anno.

I valori di ricaduta sono infatti calcolati considerando tutte le condizioni meteorologiche presentatesi nel 2017, sino ad individuare la condizione di dispersione peggiore per ciascun recettore. La concomitanza fra le condizioni di anomalia (attivazione delle torce) e le condizioni meteo più sfavorevoli risulta quindi fortemente improbabile.

## Appendice I

### Mappe delle simulazioni

Nelle seguenti figure sono mostrate su mappa le curve di isoconcentrazione al suolo degli inquinanti esaminati ricavate per interpolazione grafica tra i valori calcolati ai nodi del reticolo di calcolo e contrassegnate dal proprio valore di concentrazione

PROJECT TITLE:

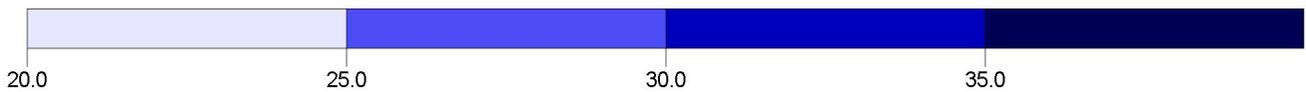
**Versalis Brindisi**

**Progetto di realizzazione di un sistema di torcia a terra**



1 RANK 1 HOUR AVERAGE CONCENTRATION (NOx)

ug/m\*\*3



COMMENTS:

Mappa 1  
Curve di isoconcentrazione al suolo di NOx - Assetto ante operam  
Periodo di mediazione: 1 ora  
Valore rappresentato: massimo delle concentrazioni medie orarie (µg/m3)  
Valore di riferimento per SQA: 200µg/m3 (per NO2) come 99,8°perc. delle concentrazioni orarie

SCALE: 1:60,000



PROJECT NO.:

PROJECT TITLE:

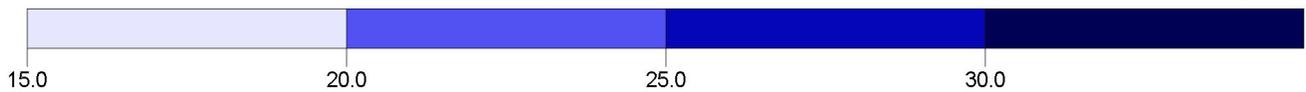
**Versalis Brindisi**

**Progetto di realizzazione di un sistema di torcia a terra**



1 RANK 1 HOUR AVERAGE CONCENTRATION (NOx)

ug/m\*\*3



COMMENTS:

Mappa 2

Curve di isoconcentrazione al suolo di NOx - Assetto post operam

Periodo di mediazione: 1 ora

Valore rappresentato: massimo delle concentrazioni medie orarie (µg/m3)

Valore di riferimento per SQA: 200µg/m3 (per NO2) come 99,8°perc. delle concentrazioni orarie

SCALE: 1:60,000

0 2 km

PROJECT NO.:

PROJECT TITLE:

**Versalis Brindisi**

**Progetto di realizzazione di un sistema di torcia a terra**



1 RANK 1 HOUR AVERAGE CONCENTRATION (PM10)

ug/m\*\*3



COMMENTS:

Mappa 3  
Curve di isoconcentrazione al suolo di Polveri - Assetto ante operam  
Periodo di mediazione: 1 ora  
Valore rappresentato: massimo delle concentrazioni medie orarie  
( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )

SCALE: 1:60,000



PROJECT NO.:

PROJECT TITLE:

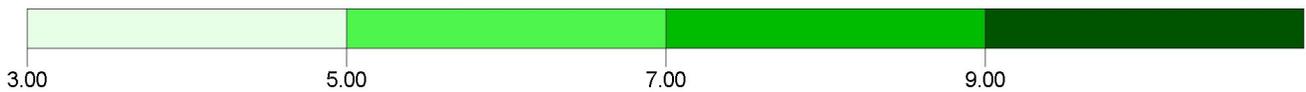
**Versalis Brindisi**

**Progetto di realizzazione di un sistema di torcia a terra**



1 RANK 1 HOUR AVERAGE CONCENTRATION (PM10)

ug/m\*\*3



COMMENTS:

Mappa 4  
Curve di isoconcentrazione al suolo di Polveri - Assetto post operam  
Periodo di mediazione: 1 ora  
Valore rappresentato: massimo delle concentrazioni medie orarie  
( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )

SCALE: 1:60,000

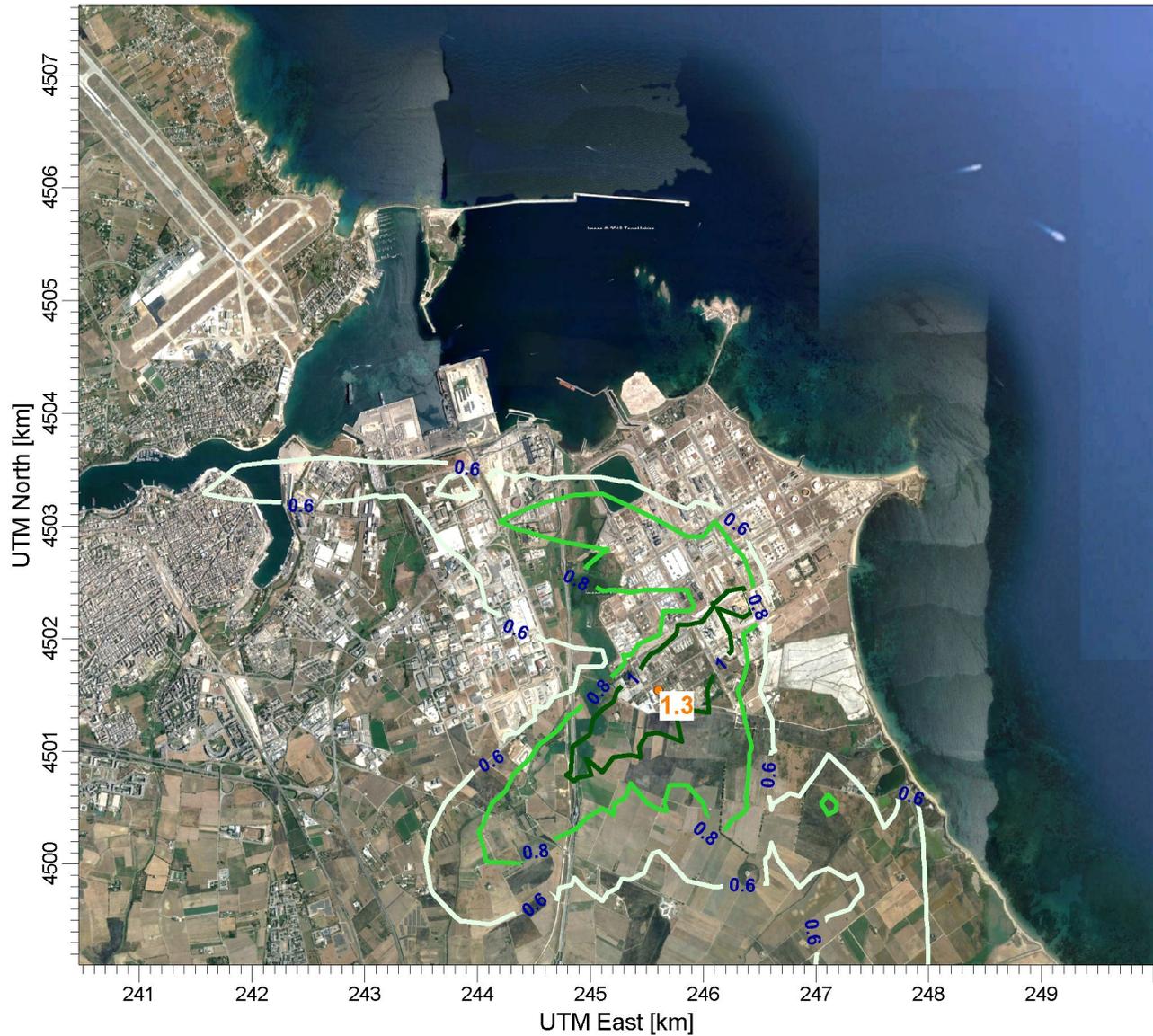


PROJECT NO.:

PROJECT TITLE:

**Versalis Brindisi**

**Progetto di realizzazione di un sistema di torcia a terra**



1 RANK 24 HOUR AVERAGE CONCENTRATION (PM10)

ug/m\*\*3



6.000E-01

8.000E-01

1.000E+00

COMMENTS:

Mapa 5

Curve di isoconcentrazione al suolo di Polveri - Assetto ante operam

Periodo di mediazione: 24 ore

Valore rappresentato: Massimo delle concentrazioni medie giornaliere ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )

Valore di riferimento per SQA:  $50\mu\text{g}/\text{m}^3$  (per PM10) come 90°perc. delle concentrazioni giornaliere

SCALE:

1:60,000

0

2 km

PROJECT NO.:

PROJECT TITLE:

**Versalis Brindisi**

**Progetto di realizzazione di un sistema di torcia a terra**



1 RANK 24 HOUR AVERAGE CONCENTRATION (PM10)

ug/m\*\*3



COMMENTS:

Mappa 6  
Curve di isoconcentrazione al suolo di Polveri - Assetto post operam  
Periodo di mediazione: 24 ore  
Valore rappresentato: Massimo delle concentrazioni medie giornaliere ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )  
Valore di riferimento per SQA:  $50\mu\text{g}/\text{m}^3$  (per PM10) come 90°perc. delle concentrazioni giornaliere

SCALE: 1:60,000

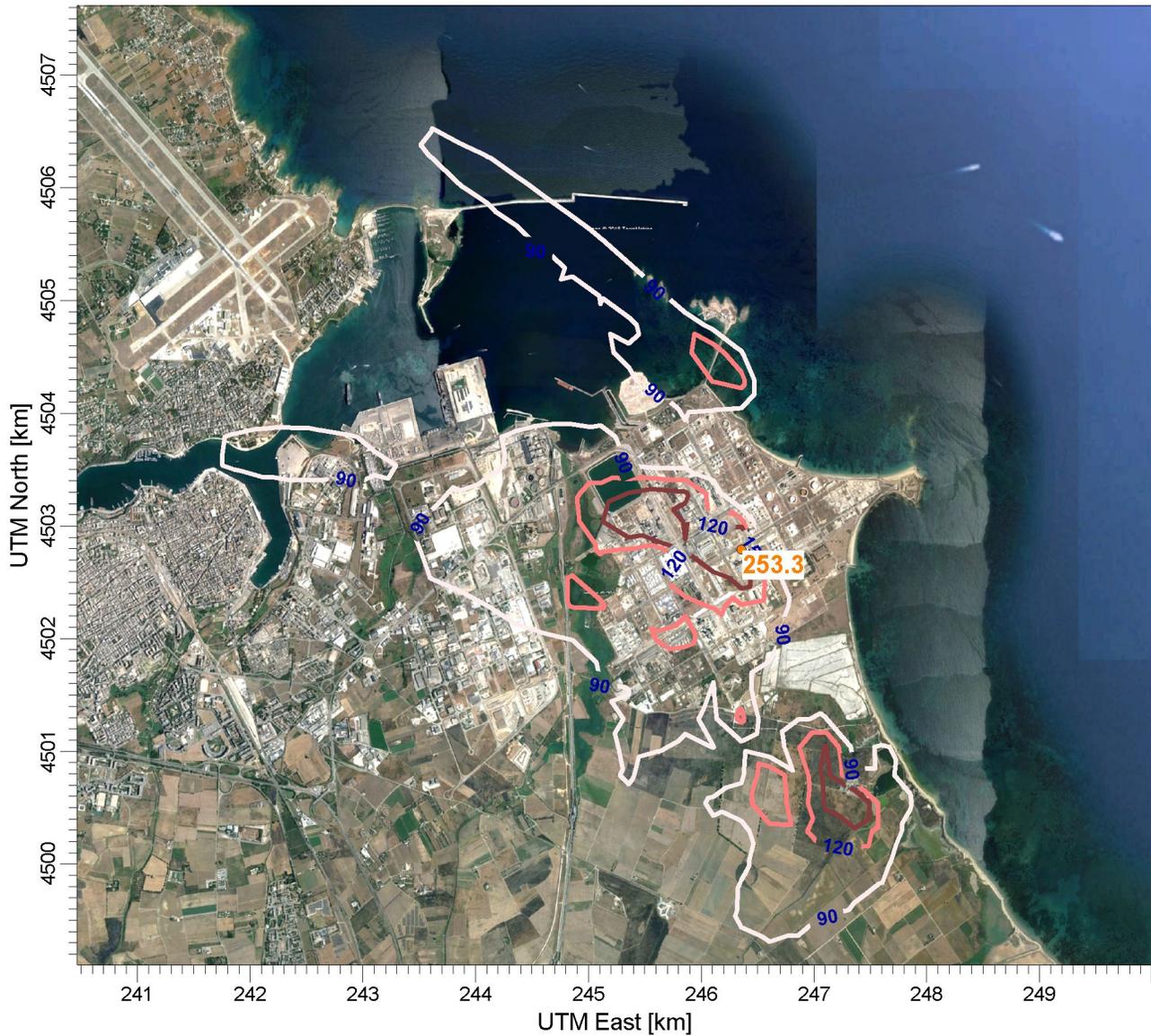


PROJECT NO.:

PROJECT TITLE:

### Versalis Brindisi

### Progetto di realizzazione di un sistema di torcia a terra



1 RANK 1 HOUR AVERAGE CONCENTRATION (CO)

ug/m\*\*3



COMMENTS:

Mappa 7  
Curve di isoconcentrazione al suolo di CO- Assetto ante operam  
Periodo di mediazione: 1 ora  
Valore rappresentato: massimo delle concentrazioni medie orarie (µg/m3)

SCALE: 1:60,000



PROJECT NO.:

PROJECT TITLE:

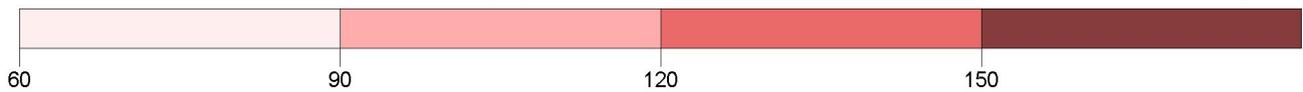
**Versalis Brindisi**

**Progetto di realizzazione di un sistema di torcia a terra**



1 RANK 1 HOUR AVERAGE CONCENTRATION (CO)

ug/m\*\*3



COMMENTS:

Mappa 8  
Curve di isoconcentrazione al suolo di CO - Assetto post operam  
Periodo di mediazione: 1 ora  
Valore rappresentato: massimo delle concentrazioni medie orarie (µg/m3)

SCALE: 1:60,000



PROJECT NO.:

PROJECT TITLE:

**Versalis Brindisi**

**Progetto di realizzazione di un sistema di torcia a terra**



1 RANK 8 HOUR AVERAGE CONCENTRATION (CO)

ug/m\*\*3



COMMENTS:

Mappa 9  
Curve di isoconcentrazione al suolo di CO - Assetto ante operam  
Periodo di mediazione: 8 ore  
Valore rappresentato: massimo delle concentrazioni medie su 8 ore (µg/m3)  
Valore di riferimento per SQA: 10mg/m3 come concentrazione media massima giornaliera sulle 8 ore

SCALE: 1:60,000



PROJECT NO.:

PROJECT TITLE:

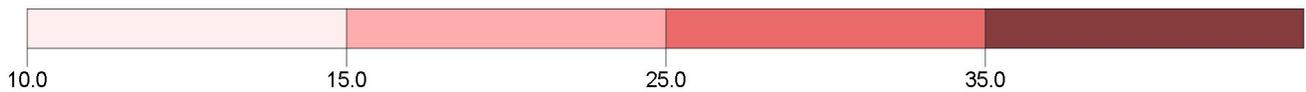
**Versalis Brindisi**

**Progetto di realizzazione di un sistema di torcia a terra**



1 RANK 8 HOUR AVERAGE CONCENTRATION (CO)

ug/m\*\*3



COMMENTS:

Mappa 10  
Curve di isoconcentrazione al suolo di CO - Assetto post operam  
Periodo di mediazione: 8 ore  
Valore rappresentato: massimo delle concentrazioni medie su 8 ore (µg/m3)  
Valore di riferimento per SQA: 10mg/m3 come concentrazione media massima giornaliera sulle 8 ore

SCALE: 1:60,000

0 2 km

PROJECT NO.: