



POLITECNICO
MILANO 1863

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

Fondalpress S.p.A

**STUDIO DI IMPATTO SULLA
COMPONENTE SALUTE PUBBLICA
RELATIVO ALL'IMPIANTO
FONDALPRESS IN FASE PROGETTUALE
IN PORTACOMARO, ASTI**

Milano, settembre 2021

Dott. Ing. Selena Sironi

Dott. Ing. Marzio Invernizzi

Dott. ssa Elisa Polvara

INDICE

1. Introduzione	3
2. Approccio metodologico	4
3. Identificazione dei potenziali agenti inquinanti	6
4. Valutazione dell'esposizione	11
4.1. <i>Modello cartografico.....</i>	<i>11</i>
4.1.1. Dominio di spazio delle simulazioni.....	11
4.1.2. Effetti dei rilievi orografici e land use	12
4.1.3. Recettori discreti.....	14
4.2. <i>Modello meteorologico</i>	<i>17</i>
4.2.1. Dati di input	17
4.3. <i>Analisi dei venti</i>	<i>20</i>
4.4. <i>Modello emissivo.....</i>	<i>24</i>
4.4.1. Origine dei dati di emissione	24
4.4.2. Caratterizzazione delle sorgenti emissive.....	24
4.5. <i>Modello di dispersione</i>	<i>27</i>
4.5.1. Descrizione del modello	27
4.5.2. Building downwash	29
4.5.3. Elaborazione dei risultati	30
4.6. <i>Presentazione e valutazione dei risultati.....</i>	<i>31</i>
5. Valutazione della tossicità	33
5.1. <i>Soglie di riferimento.....</i>	<i>33</i>
6. Caratterizzazione del rischio	38
6.1. <i>Calcolo degli Hazard Quotient (HQ).....</i>	<i>38</i>
6.2. <i>Calcolo dell'Hazard Index (HI).....</i>	<i>39</i>
7. Considerazioni conclusive.....	41

1. INTRODUZIONE

In risposta alla richiesta di integrazioni documentali da parte dell'ASL di Asti (Registro Ufficiale.I.0018541.08-10-2020) e al documento *Relazione Di Contributo Tecnico-Scientifico*, redatto da ARPA Piemonte, in merito alla procedura integrata di valutazione V.I.A. e A.I.A, relativa al progetto di costruzione di nuova fonderia di alluminio e lega in Fraz. Portacomaro 97/C ad Asti (AT), si è redatto il presente documento.

Nella fattispecie, questo lavoro ha come obiettivo l'elaborazione di uno studio del potenziale impatto sulla salute pubblica relativo allo stabilimento Fondalpress in fase di progetto nella frazione di Portacomaro, Asti.

In particolare, si è individuata la componente "Atmosfera" come quella di interesse da considerarsi nella presente valutazione di impatto.

Per la redazione dello studio si seguirà l'approccio metodologico descritto nella D.G.R. Lombardia n. X/4792 del 08/02/16.

L'impatto delle emissioni in atmosfera sarà determinato applicando un modello di dispersione atmosferica che, a partire dai dati emissivi, calcola la concentrazione degli inquinanti al suolo, elaborando i dati meteorologici ed i dati di profilo del terreno. Per il calcolo della dispersione delle emissioni è stato impiegato il modello CALPUFF, realizzato dalla Earth Tech Inc. per conto del California Air Resources Board (CARB) e del U.S. Environmental Protection Agency (US EPA). Nello specifico è stata utilizzata la versione 7.2.1, a mezzo della Graphical User Interface (GUI) CALPUFF View 8.6.1, testata e commercializzata da Lakes Environmental Software. Per il pre-processamento dei dati geografici e meteorologici sono stati utilizzati rispettivamente i processori GEO e CALMET che risultano già integrati nella GUI, mentre per il post-processamento, finalizzato ad ottenere le mappe di impatto, è stato fatto uso del processore CALPOST, anch'esso integrato nella GUI.

2. APPROCCIO METODOLOGICO

Per la redazione del presente studio si è seguito l'approccio metodologico, definito "*tossicologico*", riportato nell'Appendice C della D.G.R. Lombardia n. X/4792 del 08/02/16. L'approccio tossicologico segue una specifica procedura di valutazione del rischio sanitario.

Per valutazione del rischio sanitario si intende un processo tecnico-scientifico che, correlando i dati tossicologici con il livello di esposizione, permette di stimare quantitativamente il rischio derivante dall'esposizione a sostanze chimiche.

La metodologia utilizzata, si articola in quattro fasi:

- Identificazione del pericolo;
- Valutazione della relazione dose-risposta;
- Valutazione dell'esposizione;
- Stima del rischio.

Per lo svolgimento di ogni singola fase dello studio espressa nel D.G.R., si è proceduto a sviluppare l'analisi secondo un approccio specifico, come riassuntivamente riportato in Tabella 1.

Fase DGR	Metodo seguito
Identificazione potenziali agenti	Fonti emissive e specie chimiche significative funzionalmente connesse al processo di fonderia
Valutazione dell'esposizione	Modellazione di dispersione atmosferica
Valutazione della tossicità	Confronto dei dati ottenuti mediante modellazione con soglie di riferimento per la qualità dell'aria (D.Lgs. 155/2010 e US EPA RAIS)
Caratterizzazione del rischio	Calcolo Hazard Quotients (HQ) e Hazard Index (HI)

Tabella 1. Descrizione delle fasi di redazione dello studio.

In particolare, per l'identificazione dei potenziali agenti, si sono prese in considerazione le sorgenti emissive (in atmosfera) significative, funzionalmente connesse al processo di fonderia. In particolare le emissioni sono quelle derivanti dalle macchine pressocolatrici,

dai forni fusori, e dal filtro a maniche asservito ad alcune fasi particolari dei forni fusori (scorifica e degasaggio).

Per la valutazione della natura chimica delle emissioni gassose, si è condotta un'analisi delle emissioni caratteristiche del processo, studiando l'attuale assetto emissivo dell'impianto della ditta Fondalpress sito a Castell'Alfero (AT) e valutandone l'andamento storico degli autocontrolli. Inoltre, su tali emissioni, sono state condotte delle analisi chimiche, mediante gascromatografia accoppiata alla spettroscopia di massa combinata con termodesorbimento (TD-GC-MS) per la caratterizzazione delle specie presenti.

Per la valutazione dell'esposizione si è utilizzato un modello di dispersione atmosferica: questi sistemi matematici, basati su bilanci di energia, materia e quantità di moto, sono in grado di stimare, in funzione dei dati di input emissivi, corografici e meteorologici, la concentrazione in ricaduta a terra di una sostanza emessa da un insediamento industriale. Il modello utilizzato è CALPUFF; dettagli sul software saranno forniti in Paragrafo 4.5.

Per la fase di valutazione della tossicità, si è fatto riferimento alle soglie di concentrazione, riportate sia nel D.Lgs. 155/2010 *"Attuazione della direttiva 2008/50/CE relativa alla qualità dell'aria ambiente e per un'aria più pulita in Europa"*, sia nel database dell'agenzia per l'ambiente americana *"Risk Assessment Information System"* (US EPA RAIS).

Da ultimo, per la caratterizzazione del rischio, si sono calcolati due diversi parametri tossicologici. In particolare, per valutare l'impatto delle singole sostanze, si sono calcolati gli *Hazard Quotients* (HQ), mentre per considerare la sovrapposizione dei valori di ricaduta per le singole specie, e valutarne l'impatto nella loro totalità, è stato calcolato l'*Hazard Index* (HI). Nello specifico, l'HQ si ottiene dal rapporto tra la concentrazione di esposizione per una specifica specie e la concentrazione di soglia di effetto. L'HI è la somma degli HQ per tutte le sostanze considerate: un HI di 1 o inferiore significa che è improbabile che le sostanze presenti in ricaduta causino effetti avversi sulla salute nel corso di una vita di esposizione (US EPA, *National Air Toxics Assessment Glossary of Terms*).

3. IDENTIFICAZIONE DEI POTENZIALI AGENTI INQUINANTI

Come anticipato, per l'identificazione dei potenziali agenti inquinanti si sono considerate le fonti emissive significative funzionalmente connesse al processo di fonderia. In particolare, sulla base del quadro emissivo dello stabilimento in fase di progetto, si sono identificate tre tipologie di emissione, con diversi punti di emissione singoli:

- 19 x Pressocolatrici
- 5 x Forni fusori
- 1 x Filtro a maniche (attivo in operazioni di scorifica e degasaggio).

Si sottolinea che i forni fusori previsti sono 5, ma l'utilizzo contemporaneo può essere riferito ad un massimo di 4 unità (1 forno di back-up).

Nel progetto dell'impianto si sono identificate 3 categorie differenti di macchine pressocolatrici, di differente potenzialità produttiva:

- 3 x Pressocolatrici L
- 12 x Pressocolatrici M
- 4 x Pressocolatrici S.

Ogni tipologia di emissione, in funzione dell'operazione di processo a cui è asservita, emette una serie differente di specie chimiche. Il particolare, le principali specie, considerabili come da monitorare, nello stabilimento, sono:

- Polveri totali (comprese le nebbie oleose)
- Sostanze Organiche Totali e Composti Organici Volatili (SOT e COV)
- Ossidi di azoto (NO_x)
- Monossido di carbonio (CO).

Per quanto riguarda l'emissione del filtro a maniche, si possono considerare anche delle emissioni di acido cloridrico e fluoridrico (HCl e HF).

Le SOT e i COV sono considerati come assimilabili in quanto vengono misurati tramite il medesimo sistema analitico (rilevatore a ionizzatore di fiamma FID secondo UNI EN 12619:2013).

Per quanto riguarda i dati di concentrazione in emissione, vista la similarità delle operazioni che saranno condotte nel nuovo stabilimento di Portacomaro con quelle attualmente svolte nella sede di Castell'Alfero, è stata svolta un'analisi di dettaglio sui dati storici registrati alle emissioni, per il periodo 2014-2020.

I dati di polveri e SOT ottenuti per le pressocolatrici sono riportati in Figura 1, quelli dei forni fusori in Figura 2. I dati di monitoraggio sull'emissione del filtro a maniche, asservito alle operazioni di scorifica e degasaggio, sono riportati in Tabella 2.

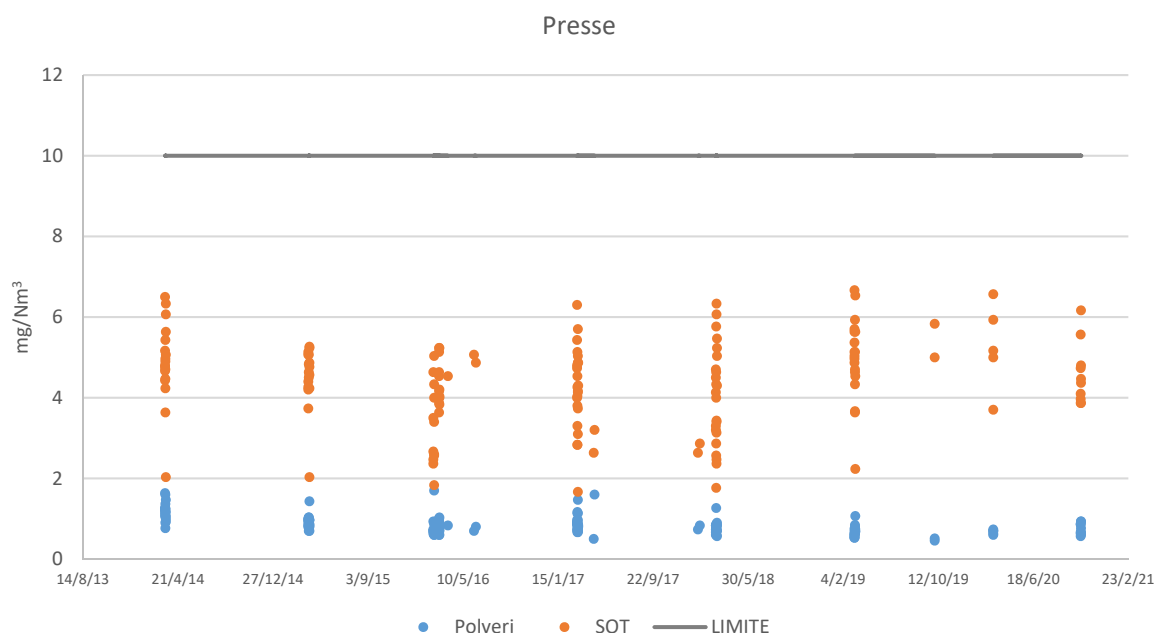


Figura 1. Dati storici misurati all'emissione delle pressocolatrici presso lo stabilimento di Castell'Alfero (periodo 2014-2020).

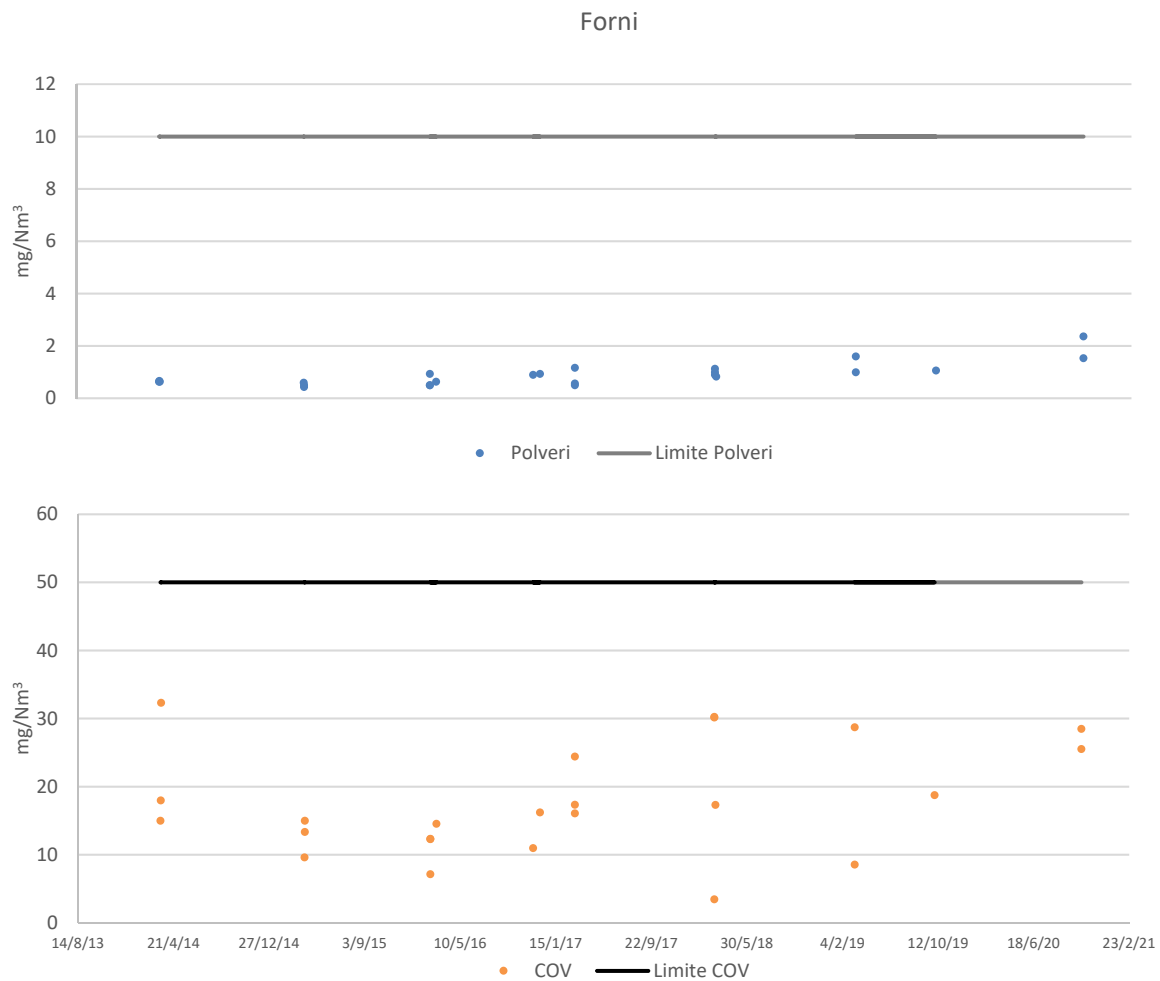


Figura 2. Dati storici misurati all'emissione dei forni fusori presso lo stabilimento di Castell'Alfero (periodo 2014-2020).

Data [mg/Nm ³]	22/10/ 2020	08/03/ 2019	09/03/ 2018	07/03/ 2017	17/11/ 2016	05/12/ 2016	24/02/ 2016	31/03/ 2015	20/03/ 2014
Polveri	0.4	1.7	1.0	0.4	0.7	0.5	<0.1	0.7	1.0
NOx	3.1	9.3	3.9	5.0	4.7	4.0	8.0	10.3	13.0
CO	41.7	29.9	9.6	3.0	3.3	5.3	4.0	7.0	6.0
HCl	<1	0.8	1.5	<1	<1	<1	<1	<1	<1
HF	<0.5	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1

Tabella 2. Dati storici, espressi in mg/Nm³, misurati all'emissione del filtro a maniche asservito a scorifica e degasaggio presso lo stabilimento di Castell'Alfero (periodo 2014-2020).

Per quanto riguarda le emissioni di NO_x e CO da forni fusori e pressocolatrici non sono disponibili dati storici: si è quindi svolta una campagna sperimentale dedicata, volta all'ottenimento di dati specifici per queste sorgenti e queste specie.

Sebbene le pressocolatrici non rappresentino dei veri e propri impianti di combustione, esse sono servite da dei piccoli forni di mantenimento, demandati a far rimanere liquido il metallo fuso per le operazioni di pressofusione. Al fine di mantenere un approccio di conservatività, sebbene si evidenzino concentrazioni molto basse, si sono considerate anche in questo caso le emissioni di prodotti secondari di combustione (NO_x e CO).

In Tabella 3 vengono riportati in maniera riassuntiva i dati di concentrazione all'emissione, per diverse sorgenti, utilizzati per lo studio delle ricadute.

Scenario Autorizzato	Polveri [mg/Nm³]	COV / SOT [mg/Nm³]	NO_x [mg/Nm³]	CO [mg/Nm³]	HCl [mg/Nm³]	HF [mg/Nm³]
Filtro a maniche (E1)	1.7	/	13	41.7	1.5	0
Presse	1.7	6.7	0.9	1.6	/	/
Forni	2.4	32.3	4.2	40.3	/	/

Tabella 3. Concentrazioni all'emissione utilizzate nel presente studio.

Si ribadisce che, mantenendo un approccio conservativo, i dati relativi a tutti i parametri dell'emissione dal filtro a maniche E1, e i dati di polveri e COV/SOT per pressocolatrici e forni, sono stati ottenuti considerando il valore massimo di concentrazione misurato nella serie di analisi storiche 2014-2020.

Tramite l'impiego di questi dati di concentrazione è quindi possibile redigere l'elenco delle sorgenti emissive da considerare, e delle specie emesse, con i rispettivi flussi di massa, per lo stabilimento Fondalpress in fase di progetto per la frazione di Portacomaro, Asti.

In base ai dati di progetto, anche in questo caso mantenendo un approccio conservativo, per ogni singola sorgente si è considerato il valore di portata aeriforme massima da progetto, attiva per 365 giorni l'anno, 24 ore su 24.

4. VALUTAZIONE DELL'ESPOSIZIONE

La valutazione dell'esposizione è determinata applicando un modello di dispersione atmosferica che, a partire dai dati emissivi, calcola la concentrazione degli inquinanti al suolo, elaborando i dati meteorologici ed i dati di profilo del terreno. Per il calcolo della dispersione delle emissioni è stato impiegato il modello CALPUFF.

Per il pre-processamento dei dati geografici e meteorologici sono stati utilizzati rispettivamente i processori GEO e CALMET, mentre per il post-processamento, finalizzato ad ottenere le mappe di impatto, è stato fatto uso del processore CALPOST. I dati meteorologici necessari alla simulazione sono dati prognostici tridimensionali di tipo WRF di durata annuale, riferiti all'anno solare 2020, acquistati dalla Lakes Environmental, stesso fornitore della GUI utilizzata per l'applicazione del modello CALPUFF.

4.1. MODELLO CARTOGRAFICO

4.1.1. Dominio di spazio delle simulazioni

La griglia di recettori stesa sul dominio spaziale di simulazione è di 20000 m x 20000 m centrato sull'impianto. Nelle figure riportate in seguito, il confine di impianto è evidenziato da un quadratino bianco posto nel centro della mappa.

L'ampia estensione del dominio garantisce la valutazione dell'impatto su un'area estesa, includendo i centri abitati circostanti più densamente popolati. Inoltre, per poter valutare con maggior accuratezza l'impatto nell'area più prossima all'impianto, si è optato per l'utilizzo di una "Nested Grid". Tale scelta modellistica garantisce una griglia di calcolo più fitta nelle vicinanze dell'impianto, in modo tale da poter valutare con un livello di risoluzione più elevato l'impatto nelle immediate prossimità del sito. Nella fattispecie, il grigliato di calcolo prevede l'utilizzo di due griglie di dimensioni diverse ma centrate nello stesso punto, in corrispondenza dell'impianto: una griglia più esterna avente lato 20000 m, con un punto ogni 250 m e una griglia fine avente lato 4000 m con un punto ogni 100 m. In totale, i ricettori grigliati, ottenuti per mezzo delle due griglie considerate, risultano 7953.

4.1.2. Effetti dei rilievi orografici e land use

Il vantaggio che si ha nell'utilizzo di un modello lagrangiano, è quello di avere uno strumento in grado di considerare delle orografie complesse, sia dal punto di vista meteorologico, sia da quello dispersivo. La suite CALMET + CALPUFF è in grado di gestire la presenza di specchi d'acqua e rilievi, collinari o montuosi, come in questo caso.

L'effetto dei parametri di *land use* caratteristici della zona e degli effetti dei rilievi orografici sono stati considerati nella simulazione grazie al preprocessore GEO integrato nella GUI commercializzata dalla Lakes Environmental e impiegata per questo studio. Le mappe del dominio di studio vengono caricate mediante WebGIS e processate in modo automatico dal software, che computa le quote altimetriche in ogni punto della griglia più esterna (20 km x 20 km) stesa sul dominio di simulazione.

Nella fattispecie i Terrain Files, ossia i file contenenti le informazioni riguardanti l'orografia della zona sono stati reperiti dalla libreria *SRTM1 (Global ~30m) – Version 3*. I Land Use Files, ossia quelli che riguardano l'uso antropico delle aree, provengono invece dalla libreria *CORINE CLC2006 – (Europe 100m)*.

La Figura 3 illustra le quote altimetriche considerate sul dominio di simulazione. La Figura 4 mostra i relativi Land Use: la legenda dei codici relativi alle aree del dominio considerato sono riportati nell'immagine stessa.

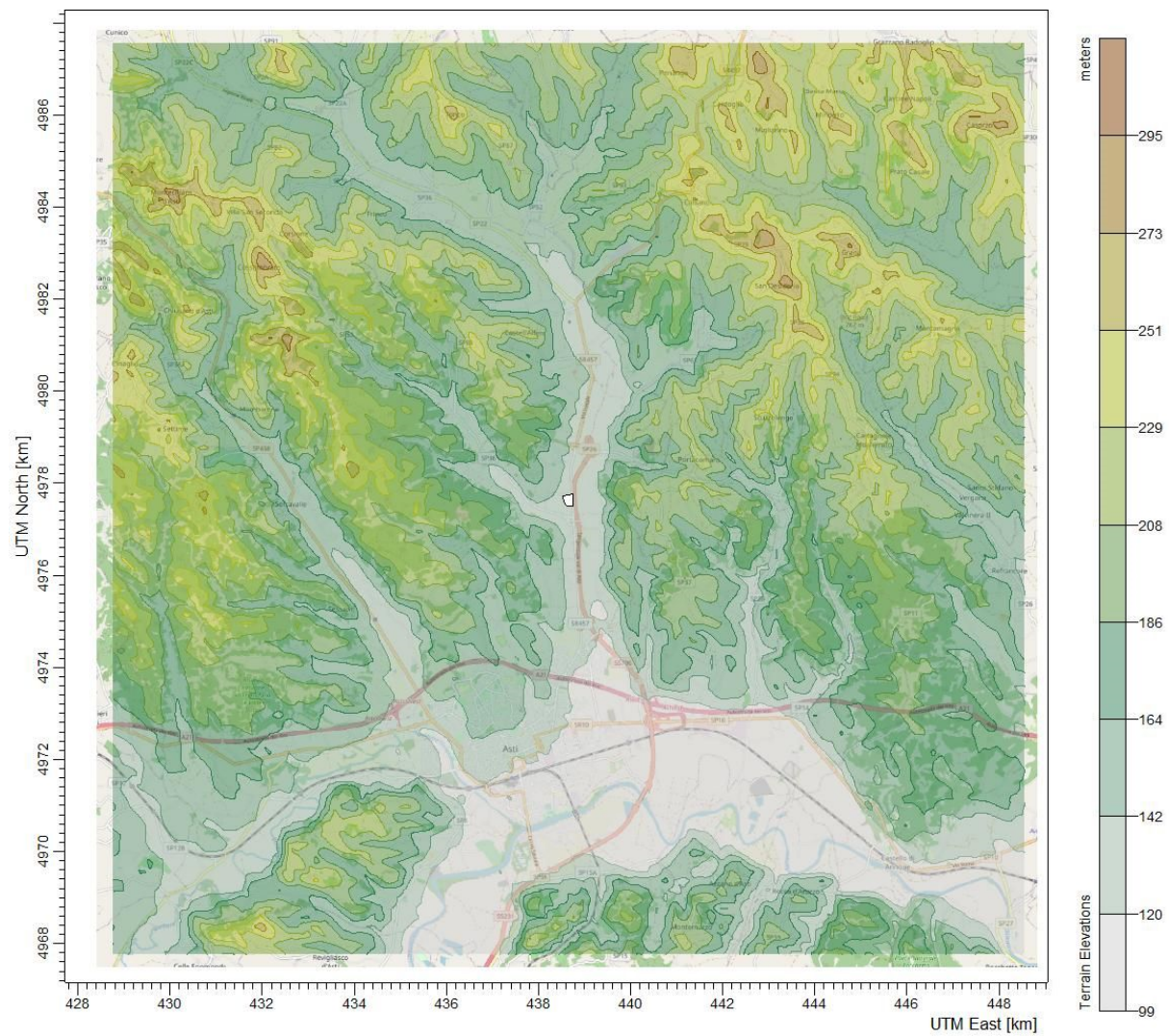


Figura 3. Quote altimetriche considerate sul dominio di simulazione. Il confine di impianto è evidenziato da un quadratino bianco posto nel centro della mappa.

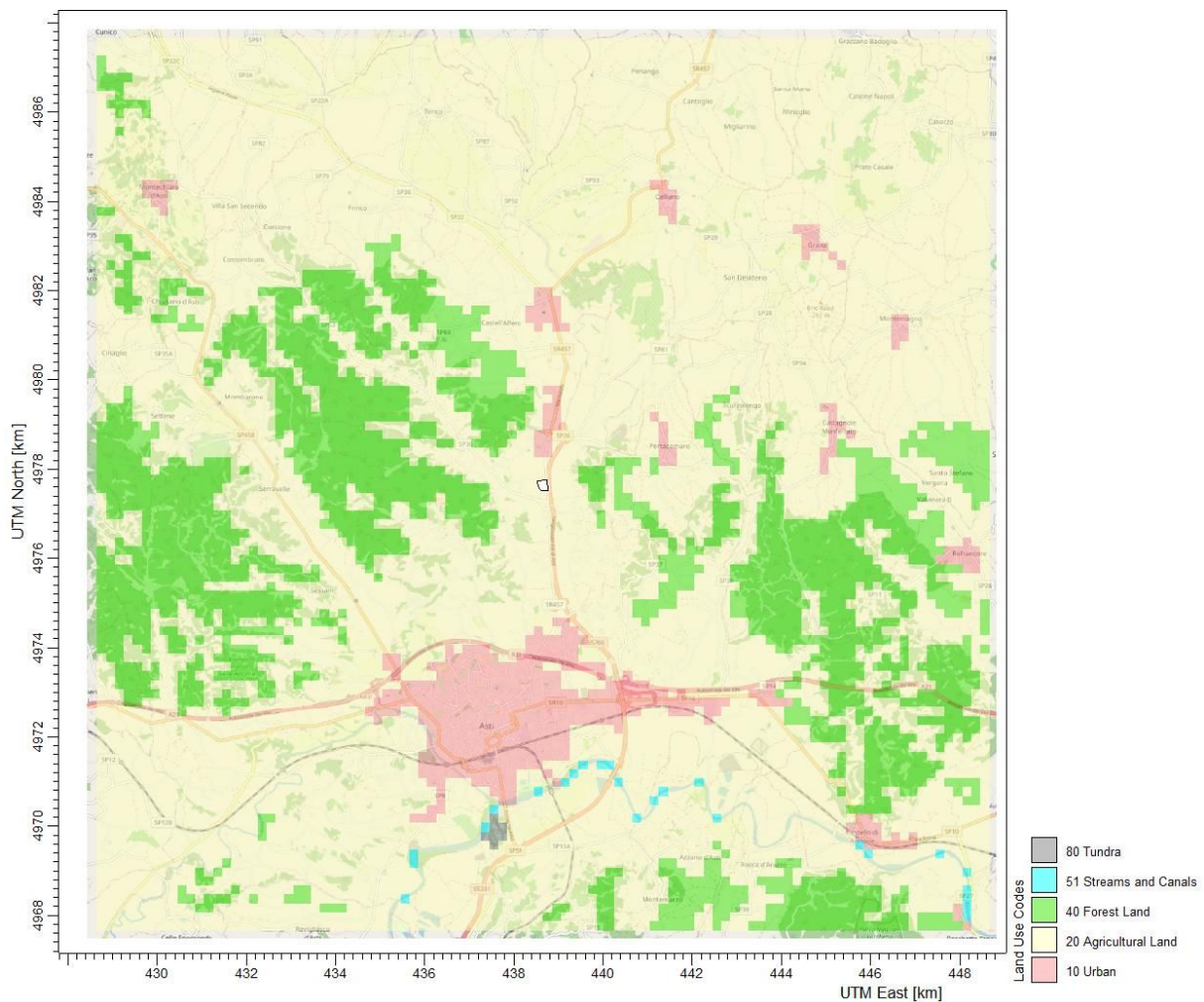


Figura 4. Land use considerati sul dominio di simulazione. Il confine di impianto è evidenziato da un quadratino bianco posto nel centro della mappa.

4.1.3. Recettori discreti

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

Nella fattispecie si sono individuati 3 punti rappresentativi dei primi edifici presenti nelle vicinanze dello stabilimento in fase di progetto (R_1, R_3), 14 punti rappresentativi delle aree di insediamento urbano (R_4, R_17) e 2 punti corrispondenti a centraline di qualità dell'aria presenti sul territorio (R_18, R_19). I 19 ricettori complessivamente ottenuti permettono di valutare l'impatto in maniera distribuita sull'intero dominio di simulazione.

In Tabella 4 sono riportati i dettagli della localizzazione dei recettori discreti considerati e in Figura 5 la loro rappresentazione grafica.

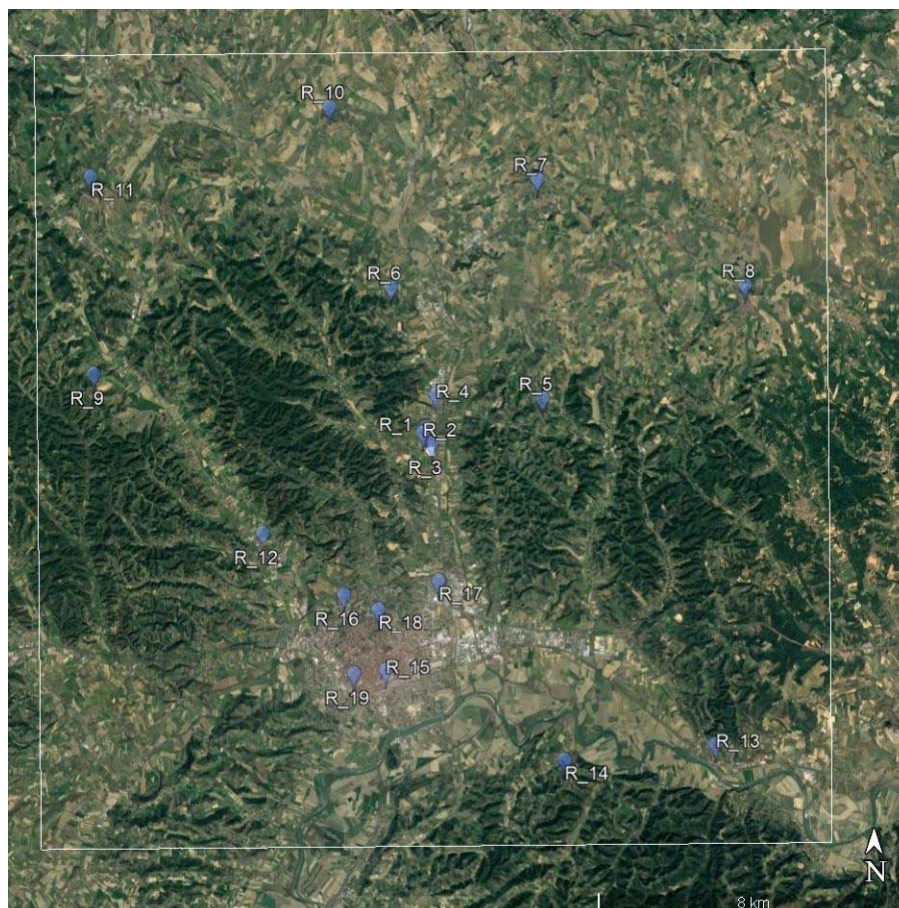


Figura 5. Localizzazione (in blu) dei recettori discreti considerati. Il confine di impianto è evidenziato da un quadratino bianco posto nel centro della mappa.

ID	UTM E [m]	UTM N [m]	MSL [m]	Descrizione
R_1	438543.9	4977763	132.88	1a casa nord
R_2	438455.4	4977627	132.89	1a casa ovest
R_3	438678.9	4977360	127.76	1a casa sud
R_4	438793.2	4978602	134.53	Portacomaro Stazione
R_5	441517.2	4978478	214.61	Portacomaro
R_6	437667.8	4981337	212.49	Castell'alfero
R_7	441439.5	4984065	241.86	Calliano
R_8	446731.7	4981315	244.03	Montemagno

R_9	430050.1	4979202	237.58	Settime
R_10	436140.5	4985950	258.8	Tonco
R_11	430016.6	4984219	273.34	Montechiaro d'Asti
R_12	434337.4	4975107	141.05	Sessant - Stazione
R_13	445876.6	4969642	106.46	Castello di Azzone
R_14	442007.3	4969265	185.39	Azzano d'Asti
R_15	437450.1	4971596	117.14	Asti - Stazione
R_16	436393.9	4973524	150.7	Asti - Ospedale
R_17	438825.1	4973856	119.04	Asti - Centro Commerciale
R_18	437279	4973141	155.54	Asti - D'Aquisto
R_19	436639	4971513	119.02	Asti - Baussano

Tabella 4. Recettori discreti considerati nello studio.

Si sottolinea che i primi tre recettori discreti, evidenziati in Figura 6, sono stati posti nelle strette vicinanze dei punti di emissione. Il modello di dispersione atmosferica CALPUFF è utilizzato per il calcolo in campo aperto delle concentrazioni in ricaduta delle specie emesse: la localizzazione di questi recettori, a distanza delle emissioni dell'ordine di una cella di calcolo (e.g. 100 m), potrebbe portare a dei risultati di concentrazione, in particolare come valori di picco, sovrastimati (*Jittra and Thepanondh. Performance Evaluation of AERMOD and CALPUFF Air Dispersion Models in Industrial Complex Area. Air, Soil and Water Research 2015:8 87–95 doi:10.4137/ASWR.S32781*).



Figura 6. Primi recettori (in blu) posti nelle vicinanze del confine di impianto (in bianco).

4.2. MODELLO METEOROLOGICO

4.2.1. Dati di input

I dati meteorologici necessari alla simulazione sono dati prognostici tridimensionali di tipo WRF di durata annuale, compresi tra l'1 gennaio 2020 e il 31 dicembre 2020, acquistati dalla Lakes Environmental, fornitore della GUI utilizzata per l'applicazione del modello CALPUFF.

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

WRF è tra i modelli atmosferici più avanzati attualmente esistenti, risultato di una partnership di vari istituti meteorologici statunitensi, tra cui i principali sono il National Center for Atmospheric Research (NCAR) ed il National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA). Oggi il modello WRF è utilizzato in tutto il

mondo nella maggior parte dei centri di studio e di previsioni atmosferiche da una vasta comunità, che ne ha favorito un rapido sviluppo e il continuo aggiornamento.

L'utilizzo di una centralina di misurazione dei dati meteo potrebbe rappresentare un'alternativa all'utilizzo del modello WRF. Il limite connesso alle rilevazioni da parte delle stazioni meteo è legato al fatto che vengono effettuate delle misurazioni di tipo puntuale, ad una quota fissa e in un punto preciso del dominio di simulazione. Inoltre, sfruttando una centralina, è ricorrente la presenza di "vacanze", ossia misurazioni mancanti nel dataset, tale per cui in alcune ore viene meno la disponibilità del dato meteo. Pertanto, queste misurazioni risultano spesso meno affidabili rispetto all'utilizzo di modelli prognostici.

Il modello WRF rappresenta lo stato dell'atmosfera in una griglia tridimensionale in funzione di 10 variabili fondamentali (le tre componenti del vento u-v-w, la temperatura, la pressione, l'umidità e vari stati microfisici che rappresentano le diverse fasi dell'acqua liquida).

Note le condizioni iniziali e al contorno, le equazioni del modello sono integrate numericamente dal modello. In questo modo, esso genera un database di informazioni su base spazio-temporale.

I dati WRF vengono processati dal preprocessore diagnostico CALMET che crea il modello meteorologico a maglia fine *mass consistent* tridimensionale, determinando il campo di vento tridimensionale per ogni ora e per ogni cella del dominio della simulazione, risultando pertanto molto più preciso rispetto ai modelli mono-stazione non tridimensionali. CALMET elabora anche le variabili micrometeorologiche in ogni punto della griglia del dominio. Nel caso specifico, la griglia meteorologica è stata impostata, con mesh pari a 200 m. Si è quindi posta una griglia 20 km x 20 km con una cella ogni 200 m, per un totale di 10000 celle, centrata sull'impianto.

Le coordinate del punto SW del dominio sono: UTM 428.661 km Est e 4967.473 km Nord, UTM zone 32. Sul piano verticale sono state considerate 10 celle, come indicato in Figura 7, per cui la griglia meteorologica considerata per lo studio risulta comprendere un totale di 100000 celle.

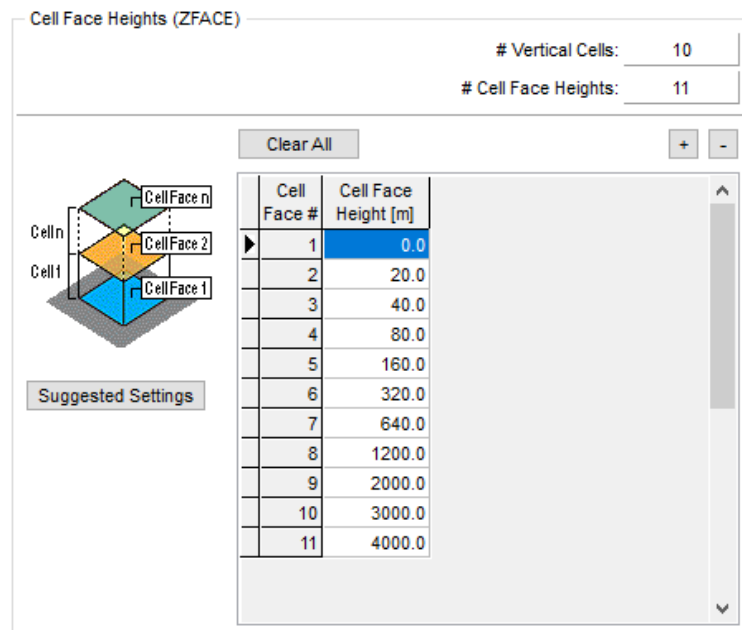


Figura 7. Quote delle celle verticali della griglia meteorologica considerata per lo studio.

A titolo esemplificativo, la Figura 8 mostra l'estensione del campo di vento tridimensionale risultante dal modello CALMET, relativo ad una quota di 10 m, in un'ora del dominio di simulazione, dove è chiaramente visibile che per ogni cella della griglia i vettori del vento possono avere moduli e direzioni diverse.

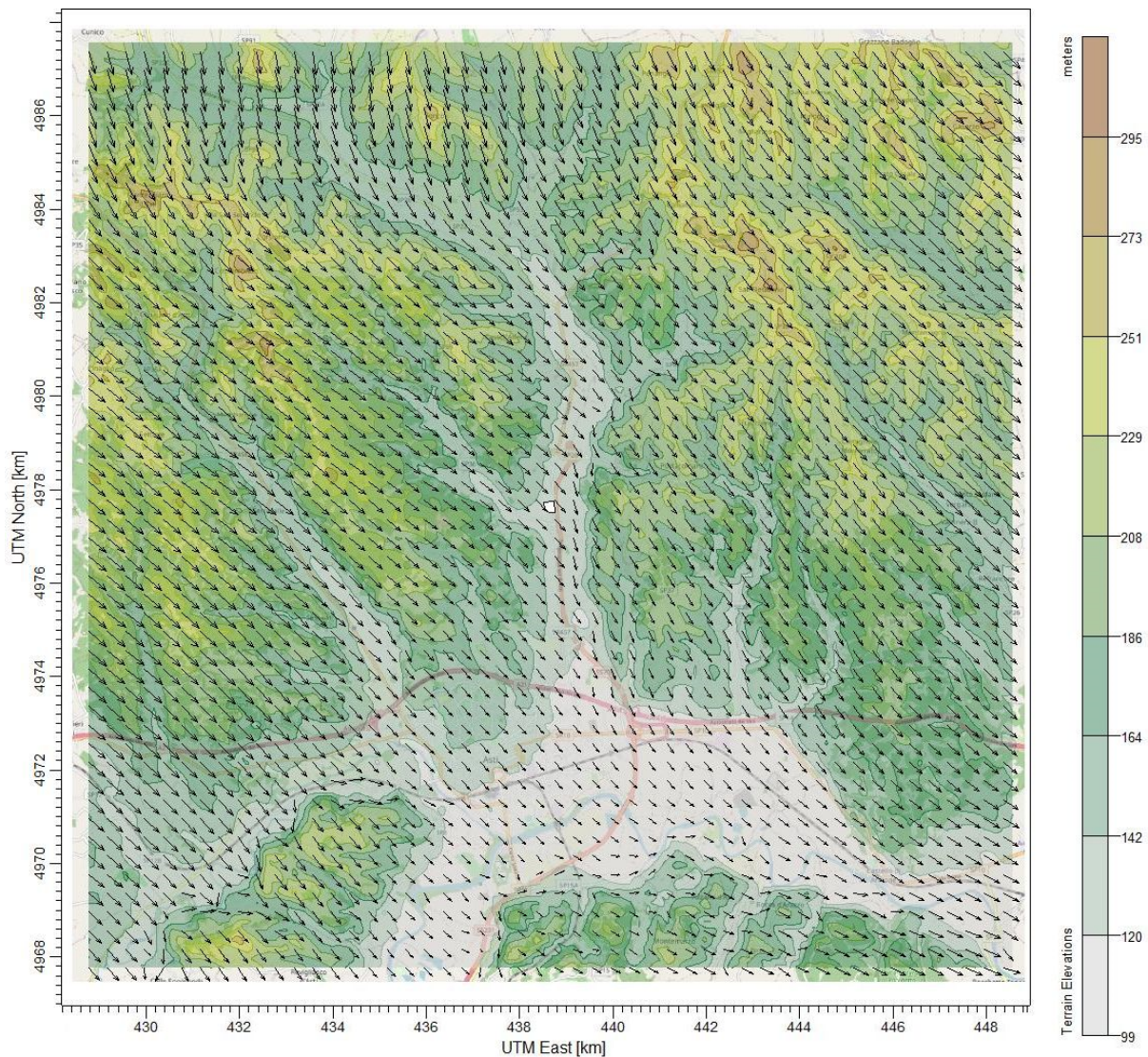


Figura 8. Esempio di campo di vento a 10 m in un'ora (02.00 del 1 gennaio 2020) del dominio di simulazione ottenuto come output da CALMET. Il confine di impianto è evidenziato da un quadratino bianco posto nel centro della mappa.

4.3. ANALISI DEI VENTI

La rosa delle direzioni dei venti è utile per dare conto di come i venti spirino nella zona di indagine. Nel caso in cui vengano utilizzati dati prognostici tridimensionali come in questo caso, poiché il file meteo contiene i dati di direzione e velocità del vento per ogni cella del dominio di simulazione e per ogni strato verticale considerato, è necessario definire per quale cella e a che quota rappresentare la rosa dei venti.

Nel caso specifico, in Figura 9 è rappresentata la rosa generale dei vettori di direzione del vento, posta convenzionalmente a 10 m di quota dal suolo, nel centro del dominio di simulazione (UTM Est 438.765 km, UTM Nord 4977.563 km, zone 32).

Nella prassi meteorologica, nelle rose dei venti è consuetudine, per convenzione, indicare l'angolo di direzione di provenienza del vento. Ad esempio, quando si indica che il vento ha angolo 90° , si intende che esso soffia da est a ovest. Al contrario, nell'ambito della simulazione della dispersione degli inquinanti, è più efficace rappresentare non già la direzione del vento (ossia l'angolo di provenienza), ma piuttosto il vettore del vento (ossia la direzione verso cui il vento soffia). Quest'ultima è la convenzione assunta nel presente studio. Quindi, nel presente studio, quando si indica, ad esempio, che il vento ha angolo 90° , si intende che esso soffia da ovest a est.

Dalla rosa generale dei venti si evidenziano due direzioni predominanti, nella cella analizzata, dovuta a venti che spirano in direzione sud-sud-ovest e, con intensità più contenute, nord-nord-ovest. La conformazione del regime anemologico ottenuto appare coerente con l'orografia del dominio.

L'analisi dei venti nel medesimo punto restituisce una velocità del vento media pari a 2.05 m/s e una percentuale di calme di vento pari al 8.20%. Si sono considerate calme di vento tutte quelle situazioni in cui la velocità del vento era inferiore a 0.5 m/s.

Il dettaglio delle frequenze di distribuzione dei venti per direzione e per classe di velocità sono riportati in Tabella 5 mentre la Figura 10 mostra la frequenza di distribuzioni di velocità del vento.

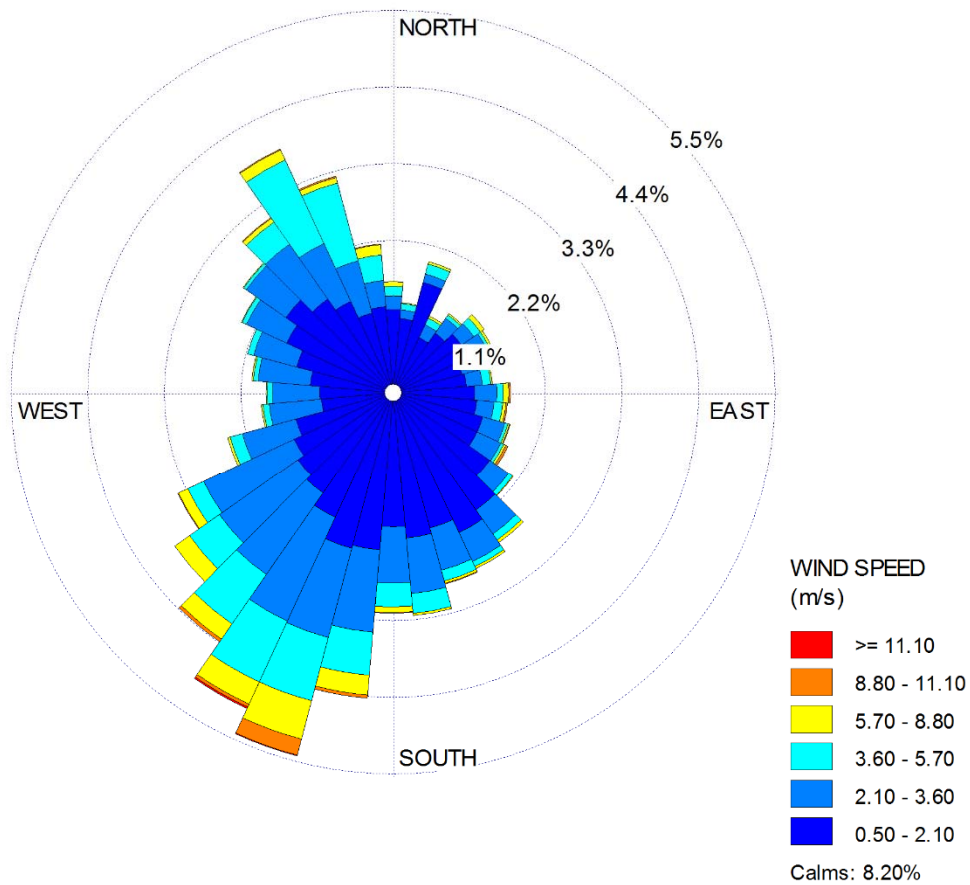


Figura 9. Rosa generale dei vettori del vento nel centro del dominio di simulazione (UTM Est 438.765 km, UTM Nord 4977.563 km, zone 32), ad una quota di 10 m dal suolo, per tutto l'anno solare.

Directions / Wind Classes (m/s)	0.50 - 2.10	2.10 - 3.60	3.60 - 5.70	5.70 - 8.80	8.80 - 11.10	>= 11.10	Total
355 - 5	0.01207	0.00194	0.00137	0.00068	0	0	0.01605
5 - 15	0.01082	0.00125	0.00091	0.00011	0	0	0.01309
15 - 25	0.01651	0.00125	0.00148	0.00034	0	0	0.01958
25 - 35	0.00888	0.00205	0.00102	0.00034	0	0	0.0123
35 - 45	0.01059	0.00262	0.00057	0.00023	0	0	0.014
45 - 55	0.01207	0.00216	0.00114	0.00068	0	0	0.01605
55 - 65	0.01195	0.00296	0.00046	0.00034	0	0	0.01571
65 - 75	0.01036	0.00319	0.00148	0.0008	0	0	0.01582

75 - 85	0.0107	0.00228	0.00125	0.00023	0	0	0.01446
85 - 95	0.01184	0.00319	0.00091	0.0008	0.00023	0	0.01696
95 - 105	0.01218	0.0025	0.00125	0.00046	0.00023	0	0.01662
105 - 115	0.01343	0.0033	0.00046	0.00023	0.00011	0	0.01753
115 - 125	0.01343	0.00376	0.00046	0.00034	0.00034	0	0.01833
125 - 135	0.01708	0.0033	0.00068	0.00011	0	0	0.02117
135 - 145	0.02083	0.00421	0.00102	0.00046	0	0	0.02653
145 - 155	0.02243	0.00455	0.0008	0.00034	0	0	0.02812
155 - 165	0.02038	0.00626	0.00159	0.00034	0.00011	0	0.02869
165 - 175	0.02117	0.00797	0.00285	0.00034	0	0	0.03233
175 - 185	0.01947	0.00808	0.00342	0.0008	0.00011	0	0.03188
185 - 195	0.02288	0.01184	0.00615	0.00285	0.00046	0	0.04417
195 - 205	0.02334	0.01321	0.00934	0.00569	0.00239	0.00011	0.05408
205 - 215	0.01992	0.01639	0.00956	0.00353	0.00046	0.00023	0.05009
215 - 225	0.01776	0.01423	0.00865	0.00262	0.00046	0	0.04372
225 - 235	0.01685	0.01378	0.00524	0.00262	0	0	0.03848
235 - 245	0.01582	0.01434	0.0025	0.00148	0.00011	0	0.03427
245 - 255	0.01457	0.00797	0.00182	0.00034	0	0	0.0247
255 - 265	0.01047	0.00751	0.00091	0.00023	0	0	0.01913
265 - 275	0.0107	0.00672	0.0008	0.00011	0	0	0.01833
275 - 285	0.01207	0.00751	0.00068	0.00023	0	0	0.02049
285 - 295	0.01446	0.00638	0.00091	0	0	0	0.02174
295 - 305	0.01696	0.00638	0.00068	0.00011	0	0	0.02413
305 - 315	0.0189	0.00694	0.00046	0.00011	0	0	0.02641
315 - 325	0.01651	0.00956	0.00387	0.00068	0.00011	0	0.03074
325 - 335	0.01457	0.00911	0.01321	0.00159	0.00011	0	0.03859
335 - 345	0.01195	0.00774	0.0115	0.0008	0.00023	0	0.03222
345 - 355	0.01252	0.00376	0.00364	0.00148	0.00011	0	0.02152
Sub-Total	0.54645	0.23019	0.10303	0.03245	0.00558	0.00034	0.91803
Calms							0.08197
Missing/Incomplete							0
Total							1

Tabella 5. Dettaglio delle frequenze di distribuzione dei venti per direzione e per classe di velocità sull'anno.

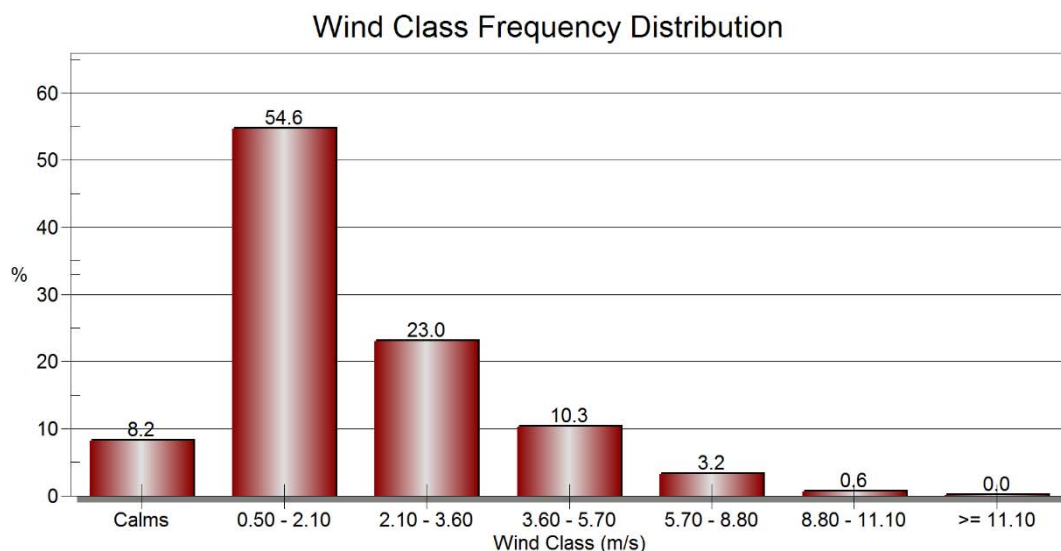


Figura 10. Frequenza di distribuzione di velocità del vento sull'anno.

4.4. MODELLO EMISSIVO

4.4.1. Origine dei dati di emissione

Il presente lavoro ha come obiettivo l'elaborazione di uno studio del potenziale impatto sulla salute pubblica riferito allo stabilimento Fondalpress in fase di progetto nella frazione di Portacomaro, Asti.

Lo studio in esame è stato condotto tramite la quantificazione delle ricadute sul territorio circostante per le specie indentificate nel Capitolo 3.

I dati necessari alla caratterizzazione geometrica delle sorgenti implementate nel modello sono stati ottenuti dalle planimetrie di progetto dell'impianto.

I flussi associati ai diversi inquinanti sono stati ottenuti a partire dalla massima concentrazione misurata nelle analisi chimiche storiche svolte presso l'impianto di Castell'Alfero, come evidenziato nel Capitolo 3.

4.4.2. Caratterizzazione delle sorgenti emissive

Le sorgenti implementate nel modello di dispersione sono state modellate come sorgenti di tipo puntuale. Per le emissioni puntuali (e.g. camini), ai fini di una valutazione delle concentrazioni in ricaduta non è sufficiente considerare unicamente il valore di

concentrazione all'emissione. È necessario fare riferimento al flusso di massa, o *Emission Rate* (ER).

Questa grandezza, esprimibile in kg di sostanza emessa all'ora [kg/h], è calcolata nel caso di emissioni puntuali, come prodotto fra la concentrazione di una specie chimica C_i [mg/Nm³], e la portata di aria emessa, Q_{aria} [Nm³/s]:

$$ER_i = C_i \cdot Q_{aria}$$

Come anticipato, le concentrazioni utilizzate per il seguente studio sono state quelle massime misurate nelle serie storiche di analisi condotte presso analogo stabilimento e riportate in Tabella 3. Come portate di aria emissive si sono considerate le massime portate di progetto dei sistemi, riportate nel Quadro emissivo (Allegato 1 della richiesta di autorizzazione per lo stabilimento in fase di progetto), conservativamente considerate attive per 365 giorni l'anno, 24 ore su 24.

Le portate e i flussi di massa utilizzati in questo studio sono quindi riportati in Tabella 6.

ID	Provenienza	Portata [Nm ³ /h]	ER polveri [kg/h]	ER COV/SOT [kg/h]	ER CO [kg/h]	ER NO _x [kg/h]
E1	Scorifica - Degasaggio	30000	0.051	/	1.251	0.39
E2	Pressocolatrice L1	56000	0.095	0.3752	0.0896	0.0504
E3	Pressocolatrice L2	56000	0.095	0.3752	0.0896	0.0504
E4	Pressocolatrice L3	56000	0.095	0.3752	0.0896	0.0504
E5	Pressocolatrice M1	41000	0.070	0.2747	0.0656	0.0369
E6	Pressocolatrice M2	41000	0.070	0.2747	0.0656	0.0369
E7	Pressocolatrice M3	41000	0.070	0.2747	0.0656	0.0369
E8	Pressocolatrice M4	41000	0.070	0.2747	0.0656	0.0369
E9	Pressocolatrice M5	41000	0.070	0.2747	0.0656	0.0369
E10	Pressocolatrice M6	41000	0.070	0.2747	0.0656	0.0369
E11	Pressocolatrice M7	41000	0.070	0.2747	0.0656	0.0369
E12	Pressocolatrice M8	41000	0.070	0.2747	0.0656	0.0369
E13	Pressocolatrice M9	41000	0.070	0.2747	0.0656	0.0369
E14	Pressocolatrice M10	41000	0.070	0.2747	0.0656	0.0369
E15	Pressocolatrice M11	41000	0.070	0.2747	0.0656	0.0369

E16	Pressocolatrice M12	41000	0.070	0.2747	0.0656	0.0369
E17	Pressocolatrice S1	30000	0.051	0.201	0.048	0.027
E18	Pressocolatrice S2	30000	0.051	0.201	0.048	0.027
E19	Pressocolatrice S3	30000	0.051	0.201	0.048	0.027
E20	Pressocolatrice S4	30000	0.051	0.201	0.048	0.027
E21	Forno 1	15000	0.036	0.4845	0.6045	0.063
E22	Forno 2	15000	0.036	0.4845	0.6045	0.063
E23	Forno 3	15000	0.036	0.4845	0.6045	0.063
E24	Forno 4	15000	0.036	0.4845	0.6045	0.063
E25	Forno 5	15000	0.036	0.4845	0.6045	0.063

Tabella 6. Flussi di massa calcolati per le sorgenti considerate.

Per quanto riguarda i dati di flusso di massa di HCl e HF derivanti dall'emissione E1, il valore per il flusso di massa di HCl è pari a 0.045 kg/h, mentre, in virtù del fatto che l'HF misurato all'emissione è sempre risultato sotto soglia, si è trascurato il suo contributo allo scenario emissivo.

Oltre ai dati di flusso di massa, per la simulazione della dispersione sono stati utilizzati una serie di dati fisici e geometrici (localizzazione in coordinate UTM, temperatura, quota di emissione, velocità di espulsione), ottenuti dal Quadro emissivo (Allegato 1 della richiesta di autorizzazione per lo stabilimento in fase di progetto), riportati in Tabella 7.

ID	Provenienza	UTM E [m]	UTM N [m]	T [°C]	H [m]	v [m/s]
E1	Scorifica - Degasaggio	438603.7	4977580	130	16	10.9
E2	Pressocolatrice L1	438623.6	4977554	45	16	16.0
E3	Pressocolatrice L2	438623.4	4977578	45	16	16.0
E4	Pressocolatrice L3	438623.6	4977602	45	16	16.0
E5	Pressocolatrice M1	438641.9	4977543	45	16	14.0
E6	Pressocolatrice M2	438642	4977566	45	16	14.0
E7	Pressocolatrice M3	438642.2	4977588	45	16	14.0
E8	Pressocolatrice M4	438642.2	4977611	45	16	14.0
E9	Pressocolatrice M5	438660.6	4977544	45	16	14.0
E10	Pressocolatrice M6	438660.7	4977567	45	16	14.0

E11	Pressocolatrice M7	438660.7	4977590	45	16	14.0
E12	Pressocolatrice M8	438660.6	4977612	45	16	14.0
E13	Pressocolatrice M9	438678.1	4977545	45	16	14.0
E14	Pressocolatrice M10	438678.1	4977568	45	16	14.0
E15	Pressocolatrice M11	438678.1	4977590	45	16	14.0
E16	Pressocolatrice M12	438678.1	4977613	45	16	14.0
E17	Pressocolatrice S1	438696.1	4977545	45	16	15.3
E18	Pressocolatrice S2	438696.2	4977568	45	16	15.3
E19	Pressocolatrice S3	438696.4	4977590	45	16	15.3
E20	Pressocolatrice S4	438696.2	4977613	45	16	15.3
E21	Forno 1	438615.4	4977573	550	16	19.7
E22	Forno 2	438615.5	4977585	550	16	19.7
E23	Forno 3	438615.3	4977590	550	16	19.7
E24	Forno 4	438615.4	4977602	550	16	19.7
E25	Forno 5	438615.5	4977607	550	16	19.7

Tabella 7. Dati fisici e geometrici per le sorgenti considerate nel presente studio.

4.5. MODELLO DI DISPERSIONE

4.5.1. Descrizione del modello

Per il calcolo della dispersione delle emissioni è stato impiegato il modello lagrangiano a puff gaussiani CALPUFF, realizzato dalla Earth Tech Inc. per conto del California Air Resources Board (CARB) e del U.S. Environmental Protection Agency (US EPA). Si è preferito un modello lagrangiano a un euleriano, teoricamente in grado di considerare anche delle reazioni chimiche, in quanto l'obiettivo è quello di valutare l'esposizione nella scala locale, in un terreno a orografia complessa, mentre i modelli euleriani sono utilizzati su domini con singoli passi di griglia dell'ordine dei km.

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

Il modello di dispersione CALPUFF, nel modo in cui è impiegato nell'ambito del presente studio, è classificabile nella tipologia 2 della scheda 9 della norma UNI 10796:2000 "Valutazione della dispersione in atmosfera di effluenti aeriformi - Guida ai criteri di selezione dei modelli matematici", ma ha alcune caratteristiche avanzate tali da classificarlo nella tipologia 3 della medesima scheda 9.

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

- «In alcuni pareri pubblicati c'è stato un consenso generale sul fatto che la base tecnica del sistema di modellazione CALPUFF ha merito e fornisce capacità sostanziali non solo per affrontare il trasporto a lungo raggio, ma per affrontare gli effetti di trasporto e dispersione in alcune situazioni di vento complesse»;
- «CALPUFF nella sua configurazione presente è adatto all'uso normativo per il trasporto a lungo raggio e, caso per caso, per situazioni di vento complesse».

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

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

- L'algoritmo principale di CALPUFF implementa un modello di dispersione lagrangiano non stazionario a puff gaussiano. Questo permette la trattazione rigorosa ed esplicita anche dei periodi nei quali il vento è debole o assente, a differenza dei più noti modelli a pennacchio gaussiano (Gaussian plume models).
- I coefficienti di dispersione sono calcolati dai parametri di turbolenza (u^* , w^* , L_{MO}), anziché dalle classi di stabilità Pasquill-Gifford-Turner. Vale a dire che la turbolenza è descritta da funzioni continue anziché discrete.
- Alle sorgenti emissive possono essere assegnate emissioni variabili nel tempo, ora dopo ora.
- Durante i periodi in cui lo strato limite ha struttura convettiva, la distribuzione delle concentrazioni all'interno di ogni singolo puff è gaussiana sui piani orizzontali, ma asimmetrica sui piani verticali, cioè tiene conto della asimmetria della funzione di distribuzione di probabilità delle velocità verticali. In altre parole, il modello simula gli effetti sulla dispersione dovuti ai moti dell'aria

ascendenti (le comunemente dette “termiche”) e discendenti tipici delle ore più calde della giornata e dovuti ai vortici di grande scala.

4.5.2. Building downwash

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

In generale un ostacolo crea delle turbolenze indotte dalla forza del vento che agisce su di esso, si ha quindi una modifica della naturale traiettoria del vento. La turbolenza locale richiama il pennacchio verso il basso e di conseguenza sottovento all'ostacolo si ha un aumento di concentrazione di inquinanti. Continuando ad allontanarsi, sempre in direzione sottovento, si ha che le differenze di concentrazione si attenuano e l'effetto dell'edificio va via via attenuandosi.

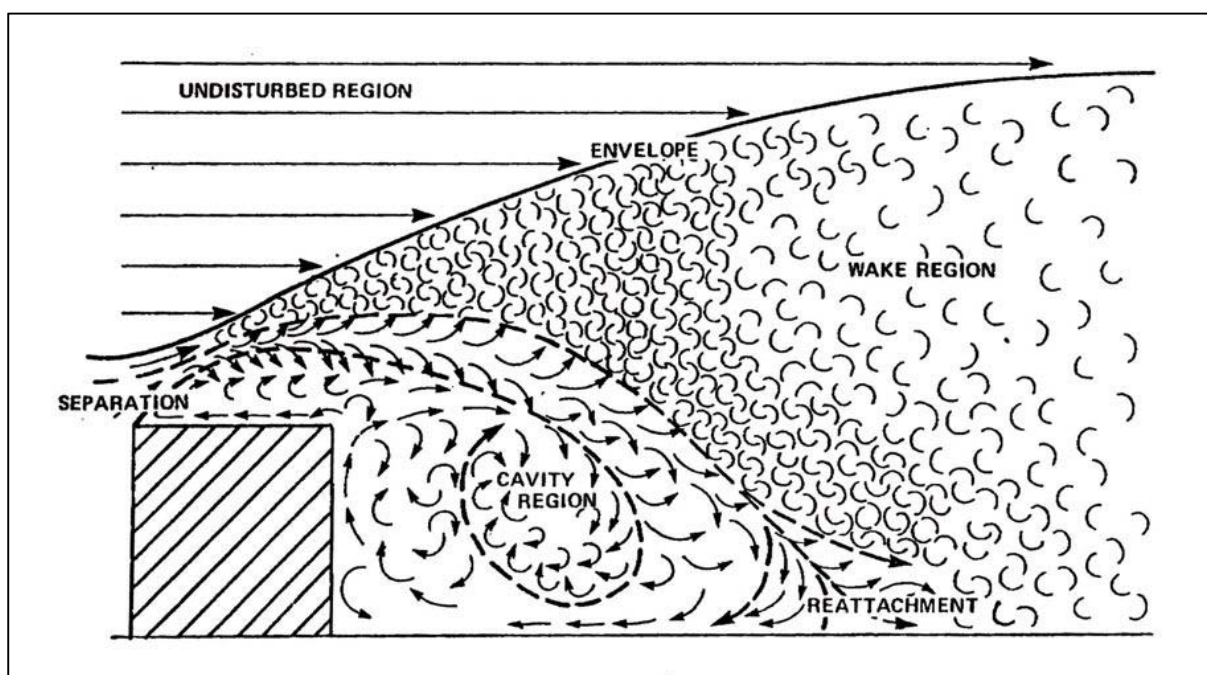


Figura 11. Schema del meccanismo di funzionamento del building downwash

Il software di simulazione CALPUFF ha al suo interno l'algoritmo BPIP-PRIME, in grado di valutare l'effetto degli edifici nelle vicinanze di un'emissione. Pertanto, tramite l'interfaccia grafica del modello di dispersione sono stati inseriti i dati geometrici di tutti gli edifici.



Figura 12. Simulazione visiva degli edifici, in blu, considerati per il calcolo del building downwash.

4.5.3. Elaborazione dei risultati

Per ciascuno dei recettori idealmente disposti sul territorio circostante al sito in esame e per ogni ora del dominio di tempo della simulazione, CALPUFF calcola la concentrazione media oraria di ciascuno degli inquinanti presi in esame nel presente studio.

Al termine delle simulazioni, tramite il post-processore CALPOST, sono stati elaborati i risultati al fine di ottenere valori di concentrazione da confrontare con valori limite in aria ambiente al recettore.

In particolare, per quanto riguarda i dati di polveri, CO e NO_x, si sono effettuate delle elaborazioni statistiche che hanno permesso di ottenere le concentrazioni sul territorio circostante lo stabilimento espresse rispettivamente come massimi giornalieri (calcolati su 24 ore), massimi calcolati su 8 ore e massimi orari sull'anno, in accordo ai valori soglia riportati nell'Allegato XI del D.L.gs. 155/2010.

Per tutte le specie considerate si è comunque calcolato il valore di media annuale (calcolato su tutto in dominio temporale di simulazione), al fine di ottenere informazioni utili alle valutazioni di possibili esposizioni croniche.

4.6. PRESENTAZIONE E VALUTAZIONE DEI RISULTATI

In questa sezione verranno presentati i risultati delle simulazioni riportando, per tutte le specie considerate, i valori di concentrazione ottenuti presso i recettori discreti, espressi come media annuale ed eventualmente con relative elaborazioni statistiche di concentrazione (come accennato in Paragrafo 4.5.3).

Le mappe di concentrazione elaborate in ricaduta sono invece riportate nell'Allegato alla relazione.

Per facilitare il confronto tra il valore soglia riportato nel D.Lgs. 155/2010 o nell' US EPA RAIS e la ricaduta ottenuta sul territorio, nell'elaborazione delle mappe di impatto è stato imposto come valore massimo sulla scala delle concentrazioni (impiegata per rappresentare le isolinee di impatto) il valore corrispondente al limite adottato come riferimento.

ID	Recettore	C polveri media annuale [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	C polveri max giornaliera [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	C COV/SOT media annuale [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	C NO _x media annuale [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	C NO _x max 1 h [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	C CO max 8 h [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	C HCl media annuale [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]
R_1	1a casa nord	1.70	7.6	7.22	1.24	19.1	28.7	3.22E-02
R_2	1a casa ovest	1.43	6.0	5.95	1.00	14.3	25.4	2.33E-02
R_3	1a casa sud	1.51	6.0	6.27	1.04	17.0	23.2	2.32E-02
R_4	Portacomaro Stazione	0.11	0.7	0.48	0.09	5.2	5.8	2.59E-03
R_5	Portacomaro	0.08	0.7	0.35	0.06	3.3	6.6	1.96E-03
R_6	Castell'alfero	0.05	0.5	0.24	0.04	1.9	2.6	1.48E-03
R_7	Calliano	0.02	0.1	0.07	0.01	1.0	1.1	3.94E-04
R_8	Montemagno	0.01	0.2	0.07	0.01	0.7	1.5	3.77E-04
R_9	Settime	0.02	0.2	0.07	0.01	1.0	1.5	4.72E-04
R_10	Tonco	0.02	0.2	0.09	0.02	0.8	1.3	5.74E-04
R_11	Montechiaro d'Asti	0.01	0.1	0.05	0.01	0.6	1.1	3.01E-04
R_12	Sessant - Stazione	0.04	0.4	0.17	0.03	1.3	1.8	9.14E-04
R_13	Castello di Azzone	0.01	0.1	0.04	0.01	0.5	0.4	2.06E-04
R_14	Azzano d'Asti	0.02	0.1	0.07	0.01	1.1	0.9	3.96E-04
R_15	Asti - Stazione	0.04	0.3	0.16	0.03	1.4	1.8	8.88E-04
R_16	Asti - Ospedale	0.07	0.4	0.32	0.06	1.9	3.2	1.78E-03
R_17	Asti - Centro Commerciale	0.06	0.4	0.27	0.05	1.9	2.4	1.43E-03
R_18	Asti - D'Aquisto	0.07	0.6	0.31	0.06	2.1	3.4	1.76E-03
R_19	Asti - Baussano	0.04	0.3	0.16	0.03	1.1	1.7	9.34E-04

Tabella 8. Valori di concentrazione rilevati ai ricettori discreti per i diversi inquinanti.

5. VALUTAZIONE DELLA TOSSICITÀ

La valutazione della tossicità è basata sul confronto dei livelli di esposizione ottenuti a seguito dell'applicazione del modello di dispersione di inquinanti con i valori di concentrazione di soglia di tossicità, ottenuti da relazioni dose risposta per le differenti specie considerate.

5.1. SOGLIE DI RIFERIMENTO

Il primo riferimento preso in considerazione è l'Allegato XI del D.Lgs. 155/2010 *"Attuazione della direttiva 2008/50/CE relativa alla qualità dell'aria ambiente e per un'aria più pulita in Europa"*.

In Tabella 9 si riportano i valori di soglia di riferimento di interesse per il presente studio per gli inquinanti riportati nel citato riferimento normativo.

Parametro	Valore riferimento [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]
NO ₂ (massimo orario)	200
NO ₂ (media annuale)	40
PM ₁₀ (massimo giornaliero)	50
PM ₁₀ (media annuale)	40
CO (media su 8 ore)	10000

Tabella 9. Soglie di riferimento riportate nel D.Lgs. 155/2010.

Rispetto alle specie considerate dal quadro emissivo per lo stabilimento si progetto, è quindi possibile considerare il limite annuale per il biossido di azoto come valore soglia per gli NO_x; parimenti, è possibile considerare conservativamente il limite annuale del PM₁₀ come concentrazione di riferimento per le polveri.

In Tabella 10 vengono quindi riportati i valori di soglia di riferimento i citati parametri.

Parametro	Valore soglia [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]
NO _x	40
Polveri	40

Tabella 10. Soglie di riferimento ottenute dal D.Lgs. 155/2010 per gli inquinanti qui considerati.

Vista l'assenza di indicazioni per le altre specie di interesse nel presente studio, all'interno del D.Lg. 155, si è reso necessario fare riferimento al database tossicologico dell'agenzia per l'ambiente americana "*Risk Assessment Information System*" (US EPA RAIS). Tale fonte bibliografica riporta infatti, per un'innumerabile quantità di composti chimici i valori di *Reference Concentration* (RfC), ossia il valore di concentrazione per cui si stima che un'esposizione continua per inalazione all'intera popolazione (compresi i sottogruppi sensibili) sia senza un rischio apprezzabile di effetti deleteri durante la vita.

Per quanto riguarda l'acido cloridrico, il valore di RfC è pari a $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

È necessario invece fare delle valutazioni più complesse per quanto riguarda l'approccio da utilizzare per i COV/SOT. In questo caso infatti, la misura all'emissione, secondo UNI EN 12619:2013, fornisce soltanto un valore "totale" di composti contenenti carbonio organico, senza fornire dettagli su quali siano questi composti.

Con la finalità di ottenere una speciazione della miscela gassosa è quindi stata svolta una campagna di campionamento presso l'impianto di Castell'Alfero, e una successiva analisi tramite TD-GC-MS. Con tale questa procedura analitica è possibile arricchire il campione di analisi tramite desorbimento termico (TD), separare i componenti della miscela tramite gascromatografia (GC) e identificarli con lo spettrometro di massa (MS). Nello specifico, le analisi sono state condotte mediante un lo strumento DANI Master TD-GC/TOF-MS (Figura 13), prelevando l'aria per mezzo di pompa a portata calibrata (DANI Master Air Sampler) direttamente dai bag di NalophanTM utilizzati per il campionamento alle emissioni, limitando al minimo eventuali perdite o contaminazioni dei campioni presi in esame.



Figura 13. TD-GC-MS/TOF Dani utilizzato per le analisi

I prelievi condotti alle emissioni non hanno fornito informazioni risolutive: in Figura 14 viene riportato il cromatogramma della misura effettuata sull'emissione di una pressocolatrice, mentre in Figura 15 viene riportata quella effettuata all'emissione di un forno fusorio.

Come si evidenzia i cromatogrammi non evidenziano picchi: ogni singola specie risulta essere in concentrazione inferiore al livello di detezione dello strumento, LOD, stimato pari a 0.008 mg/m^3 .



Figura 14. Cromatogramma ottenuto dal campione prelevato all'emissione della pressocolatrice (E61)

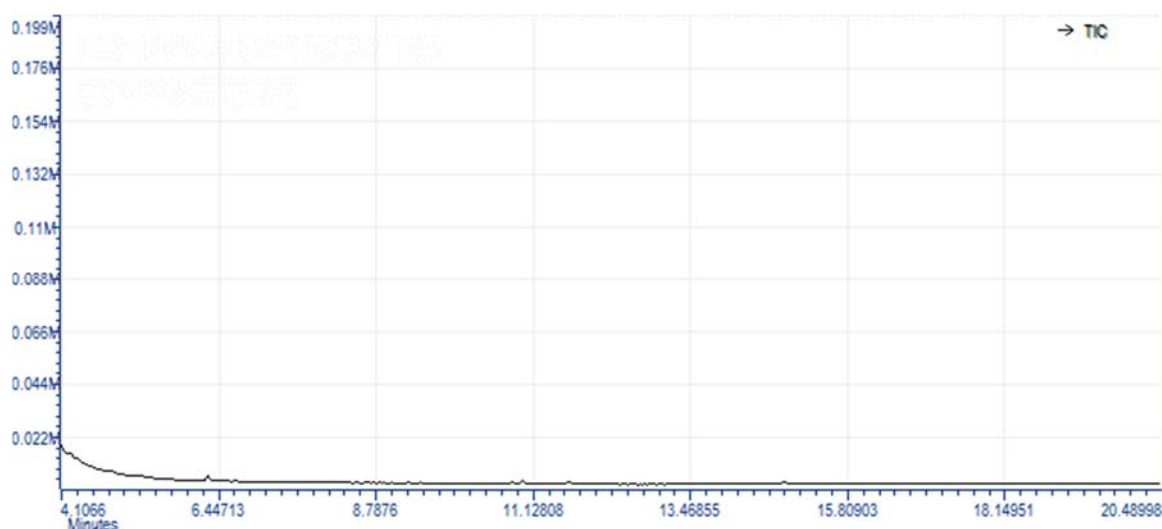


Figura 15. Cromatogramma ottenuto dal campione prelevato all'emissione del forno fusorio (E55)

Al fine di poter comunque associare al valore di COV/SOT un valore di soglia di riferimento si è effettuata una *congettura*: considerando l'emissione dalle pressocolatrici come la più importante in termini di flusso aeriforme, e considerando in prima approssimazione il distaccante come contributo principale all'emissione di composti organici, si è arricchito artificialmente in laboratorio un campione aeriforme con lo spazio di testa a 60 °C del distaccante stesso, e su questo campione si è effettuata un'analisi TD-GC-MS. Tale analisi ha permesso di avere un campione molto più concentrato di quello presente all'emissione, e poter quindi identificare delle specie

chimiche singole, considerabili rappresentative dell'emissione di COV/SOT dell'impianto.

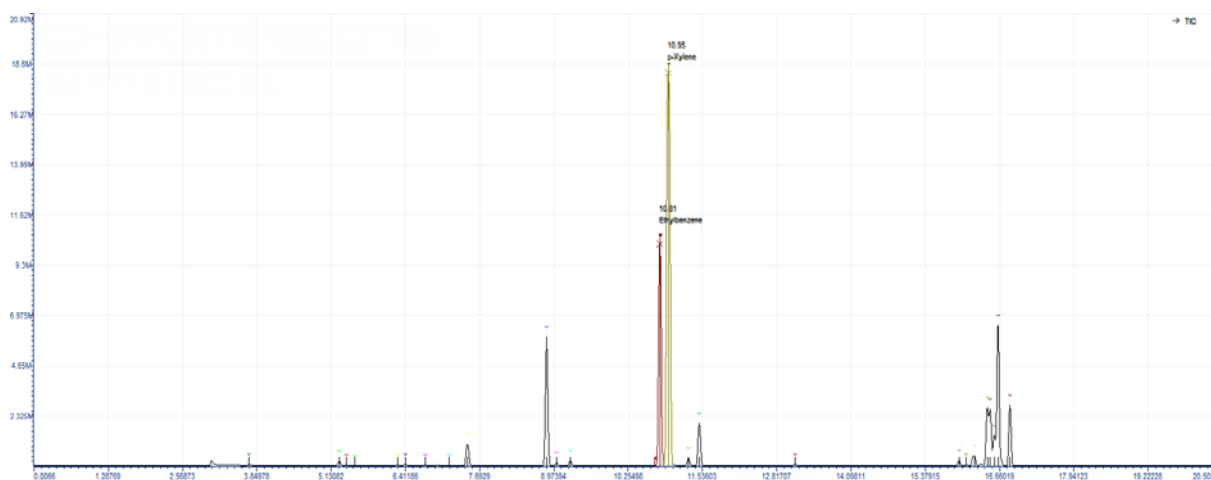


Figura 16. Cromatogramma ottenuto in laboratorio dallo spazio di testa aeriforme a 60 °C del distaccante utilizzato nelle pressocolatrici

Si sottolinea che tale analisi non è rappresentativa in termini quantitativi dell'emissione, ma è stata ottenuta tramite una preparazione e un campionamento in laboratorio al fine di identificare le specie chimiche di riferimento.

Come si evince dal cromatogramma di Figura 16, i due picchi principali sono identificati essere quelli di etilbenzene e p-xilene.

Entrambi questi composti sono riportati nel database US EPA RAIS, rispettivamente con delle RfC pari a 1 e 0.1 mg/m³.

Sempre al fine di mantenere un approccio conservativo si è quindi scelto di utilizzare per il parametro COV/SOT il valore di soglia di riferimento più basso, pari a 0.1 mg/m³ (=100 µg/m³).

In Tabella 11 vengono quindi riportati i valori di soglia di riferimento utilizzati nel presente studio per i restanti parametri.

Parametro	Valore soglia [µg/m ³]
COV/SOT (media annuale)	100
HCl (media annuale)	20

Tabella 11. Soglie di riferimento ottenute da US EPA RAIS per gli inquinanti qui considerati.

6. CARATTERIZZAZIONE DEL RISCHIO

6.1. CALCOLO DEGLI HAZARD QUOTIENT (HQ)

Una volta noti i valori di esposizione puntuali (ottenuti nei vari recettori discreti), è possibile calcolare l'*Hazard Quotient* (HQ), per ogni singola specie i :

$$HQ_i = \frac{C_i}{C_{ref,i}}$$

Un HQ di 1 o inferiore significa che gli effetti avversi sul territorio per una determinata specie sono improbabili, e quindi l'impatto generato da questa stessa specie può essere ritenuto di pericolo trascurabile.

Dato che i valori di concentrazione di riferimento ($C_{ref,i}$) fanno riferimento all'esposizione cronica per inalazione all'inquinante considerato, per il calcolo dell'HQ per le singole specie si sono considerati, come concentrazione di esposizione (C_i), i dati di esposizione (e di soglia) media annuale ottenuti dalla modellazione della dispersione atmosferica.

I dati di concentrazione di esposizione (C_i) sono quelli riportati in Tabella 8, mentre le concentrazioni di riferimento ($C_{ref,i}$), il cui reperimento è descritto in Capitolo 5, sono riassunte in Tabella 12.

Parametro	$C_{ref,i}$ [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]
Polveri	40
COV/SOT	100
NO _x	40
HCl	20

Tabella 12. Valori di concentrazione di riferimento per il calcolo degli HQ.

Il monossido di carbonio (CO) non è stato qui considerato nella valutazione dell'esposizione cronica, sia in quanto presente al recettore in concentrazioni molto inferiori al valore di soglia (seppure di picco), sia in quanto la sua analisi è solitamente legata a danni di intossicazione per esposizioni momentanee a concentrazioni elevate.

I risultati degli HQ nei vari recettori discreti e per i vari parametri sono riportati in Tabella 13.

6.2. CALCOLO DELL'HAZARD INDEX (HI)

Una volta noti gli HQ_i , per le singole specie, è possibile calcolare l'*Hazard Index* (HI) in ogni recettore discreto considerato per valutare l'esposizione combinata alle diverse sostanze chimiche indagate, applicando la formula:

$$HI = \sum HQ_i$$

Un HI di 1 o inferiore significa che è improbabile che le sostanze inquinanti nell'aria causino effetti avversi sulla salute nel corso di una vita di esposizione.

I valori degli HI calcolati nei recettori discreti sono riportati nell'ultima colonna di Tabella 13.

ID	Recettore	HQ Polveri	HQ COV/SOT	HQ NO _x	HQ HCl	HI
R_1	1a casa nord	0.042	0.072	0.031	1.61E-03	0.147
R_2	1a casa ovest	0.036	0.059	0.025	1.17E-03	0.121
R_3	1a casa sud	0.038	0.063	0.026	1.16E-03	0.128
R_4	Portacomaro Stazione	2.82E-03	4.81E-03	2.17E-03	1.30E-04	0.010
R_5	Portacomaro	1.95E-03	3.50E-03	1.59E-03	9.79E-05	0.007
R_6	Castell'alfero	1.35E-03	2.42E-03	1.12E-03	7.42E-05	0.005
R_7	Calliano	3.97E-04	7.01E-04	3.18E-04	1.97E-05	0.001
R_8	Montemagno	3.67E-04	6.55E-04	2.99E-04	1.88E-05	0.001
R_9	Settime	4.39E-04	7.49E-04	3.51E-04	2.36E-05	0.002
R_10	Tonco	4.92E-04	8.99E-04	4.22E-04	2.87E-05	0.002
R_11	Montechiaro d'Asti	2.80E-04	4.85E-04	2.26E-04	1.50E-05	0.001
R_12	Sessant - Stazione	1.03E-03	1.72E-03	7.70E-04	4.57E-05	0.004
R_13	Castello di Azzone	2.09E-04	3.55E-04	1.63E-04	1.03E-05	0.001
R_14	Azzano d'Asti	4.02E-04	7.05E-04	3.20E-04	1.98E-05	0.001
R_15	Asti - Stazione	9.24E-04	1.60E-03	7.24E-04	4.44E-05	0.003
R_16	Asti - Ospedale	1.82E-03	3.17E-03	1.44E-03	8.91E-05	0.007
R_17	Asti - Centro Commerciale	1.59E-03	2.70E-03	1.21E-03	7.15E-05	0.006
R_18	Asti - D'Aquisto	1.79E-03	3.11E-03	1.42E-03	8.78E-05	0.006
R_19	Asti - Baussano	9.48E-04	1.65E-03	7.50E-04	4.67E-05	0.003

Tabella 13. Valori di HQ e HI calcolati ai ricettori discreti per i diversi inquinanti.

7. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Il presente lavoro ha avuto come obiettivo l'elaborazione del potenziale impatto sulla salute pubblica riferito alle emissioni in atmosfera dello stabilimento Fondalpress in fase di progetto nella frazione di Portacomaro, Asti.

Per tale obiettivo si è seguito l'approccio tossicologico descritto nella D.G.R. Lombardia n. X/4792 del 08/02/16.

Per quanto riguarda l'identificazione dei potenziali agenti, si sono considerate le specie identificate come da monitorare presso le emissioni dello stabilimento di progetto. Come valori di concentrazione si sono utilizzati i massimi storici rilevati alle emissioni dello stabilimento di Castell'Alfero.

Al fine di massimizzare la conservatività dello studio, ove non fossero disponibili misure storiche, sono stati condotti dei campionamenti e misure *ad hoc*.

La valutazione dell'esposizione è stata effettuata tramite il modello di dispersione atmosferica CALPUFF, in grado di considerare delle condizioni non stazionarie e terreno con orografia complessa (come quello oggetto di esame).

L'emissione è stata conservativamente considerata attiva per la totalità delle ore di simulazione (365 giorni l'anno, 24 ore su 24).

Per l'ottenimento delle soglie di riferimento si è fatto riferimento al D.Lgs. 155/2010 *"Attuazione della direttiva 2008/50/CE relativa alla qualità dell'aria ambiente e per un'aria più pulita in Europa"* e al database dell'agenzia per l'ambiente americana *"Risk Assessment Information System"* (US EPA RAIS).

I valori di picco di esposizione ottenuti per polveri, NOx e CO, riportati in Tabella 8, risultano ben al di sotto dei valori di soglia riportati nell'Allegato XI del D.Lgs. Per quanto riguarda polveri e NOx, i valori nei primi recettori risultano essere tra le 5 e le 10 volte inferiori al valore limite di picco (giornaliero o orario). Allontanandosi dalla sorgente i valori scendono a valori dell'ordine del $\mu\text{g}/\text{m}^3$ per i picchi di NOx e inferiori al $\mu\text{g}/\text{m}^3$ per le polveri. I valori di picco di CO, come atteso, risultano essere diversi ordini di grandezza inferiori al valore soglia.

Valutando l'esposizione cronica agli inquinanti individuati, i dati per le singole specie risultano essere sempre inferiori almeno di un ordine di grandezza rispetto al valore di soglia, come testimoniato dai singoli valori di HQ sempre inferiori a 0.1 (valore inferiore

alla soglia di 1, indice di un rischio correlato all'esposizione alle concentrazioni di esposizione).

Considerando la sovrapposizione delle differenti specie, tramite il calcolo degli HI, si evidenzia come tutti i valori risultino ben inferiori alla soglia di allerta (pari a 1): per le prime case infatti i valori si aggirano nell'ordine dello 0.1, mentre per i recettori più distanti i valori si abbassano almeno di un ulteriore ordine di grandezza.

Basandosi sui dati qualitativi e quantitativi a disposizione, visti i valori ottenuti di HI, è possibile ragionevolmente escludere che le sostanze presenti in ricaduta possano causare effetti avversi sulla salute nel corso di una vita di esposizione.