Valutazione modellistica della dispersione atmosferica degli odori dall'impianto di depurazione delle acque di Rapallo (GE), località Ronco:

stima previsionale dell'impatto odorigeno sul territorio circostante, mediante il modello *CALPUFF*

OSMOTECH S.r.l. - Sede legale: via F. Sforza, 15 - 20122 Milano – P.IVA/C.F.: 13232230154
Sede operativa: Polo Tecnologico di Pavia - via Fratelli Cuzio, 42 - 27100 Pavia
Sede operativa: Dip. Ingegneria Industriale – via Marzolo, 9 – 35131 Padova
Tel/Fax: 0382-1726292 e-mail: info@osmotech.it – sito: www.osmotech.it

Valutazione della dispersione atmosferica di odori dall'impianto di depurazione di Rapallo (GE)

INDICE

Introduzione 4
Modello CALPUFF 5
Descrizione del sito produttivo 7
Descrizione degli input meteorologici e geofisici 9
Applicazione del modello CALMET 12
Simulazione modellistica 17
Caratteristiche della sorgente emissiva 18
Applicazione del modello CALPUFF 19
Analisi dei risultati 20
Conclusioni 26
Riferimenti Bibliografici 27

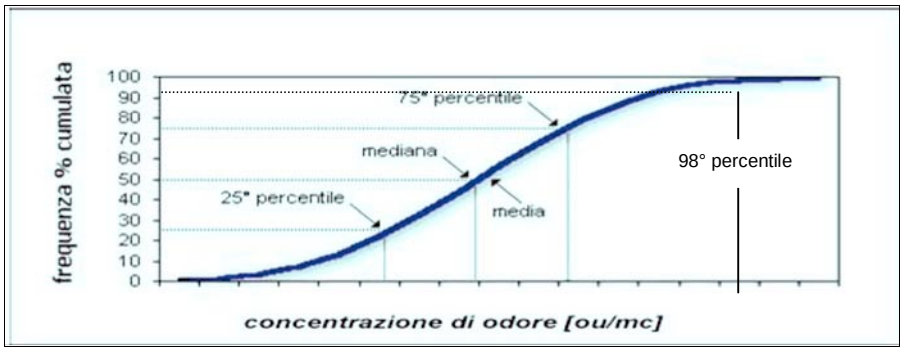
Glossario

UNITA' OLFATTOMETRICA

Definizione introdotta dalla normativa sulla qualità dell'aria EN 13725:2004 "Determinazione della concentrazione di odore mediante olfattometria dinamica".
L'unità di misura olfattometrica [ou_E] è la quantità di odorante che, quando evapora in 1 m^3 di gas neutro in condizioni normali, provoca una risposta fisiologica (soglia di rivelazione) da un gruppo di prova equivalente a quella provocata da una massa di odore di riferimento europeo (EROM), evaporata in 1 m^3 di gas neutro in condizioni normali.
L'unità odorimetrica (o olfattometrica) al metro cubo rappresenta il numero di diluizioni necessarie affinché il 50% degli esaminatori non percepisca più l'odore del campione analizzato (UNI EN 13725:2004). L'unità odorimetrica è per definizione la concentrazione di odore alla soglia di percezione

PERCENTILE

Nella statistica: denominazione di un elemento di una successione ordinata per valore degli elementi, che divida questa in due gruppi ognuno dei quali rappresenti una percentuale data degli elementi della successione. E' un percentile anche la mediana, che divide la successione in due gruppi con uguale numero di elementi.
Durante l'anno, la concentrazione di inquinanti in atmosfera è molto variabile, in dipendenza sia delle diverse emissioni, sia della variabilità delle condizioni meteorologiche.
In pratica i valori limite fissano i livelli massimi, che possono essere superati solo un certo numero di volte durante l'anno. Il dato corrispondente al 98° percentile può essere superato dal 2% dei valori di calcolo riferiti al tempo di un anno.



L' isopleta del 98° percentile è le curva, che per una data concentrazione di soglia, rappresenta i punti dove tale concentrazione viene superata per il 2% del tempo durante l'anno. All'interno della curva si rappresentano il numero di eventi che hanno superato la soglia di 1 ou_E per più del 2% del tempo.

Introduzione

Questo rapporto descrive la modellazione della dispersione di sostanze odorigene, per la valutazione dell'impatto olfattivo prodotto dall'impianto di depurazione delle acque in progetto nel comune di Rapallo.
L'impianto sarà dedicato al trattamento di reflui civili e verrà realizzato nel comune di Rapallo (GE) in località Ronco, sarà interamente realizzato al chiuso e le arie di reparto verranno trattate prima di essere emesse da un camino come previsto nel progetto preliminare già presentato in sede di Conferenza dei Servizi.

Il modello di dispersione CALPUFF è stato applicato per stimare l'impatto olfattivo, che è valutato in termini di 98° percentile delle concentrazioni orarie di picco e in termini di massime concentrazioni orarie di picco annuali.
La simulazione modellistica è stata svolta secondo i criteri definiti dalla Regione Lombardia nelle "Linee guida per la caratterizzazione e l'autorizzazione delle emissioni gassose in atmosfera delle attività ad impatto odorigeno" (emesse con Deliberazione Giunta regionale 15 febbraio 2012 - n. IX/3018, [1]).

La presente linea guida trova applicazione a tutte le attività che, durante il loro esercizio, danno luogo ad emissioni odorigene e che sono soggette ad autorizzazione integrata ambientale (d.lgs. 152/06 e s.m.i. - parte seconda) o ad autorizzazione alla gestione dei rifiuti (d.lgs. 152/06 e s.m.i. - parte quarta) o a Valutazione di Impatto Ambientale. Secondo le Linee Guida, per verificare l'entità dell'impatto olfattivo si devono redigere le mappe di impatto, con una simulazione modellistica della dispersione dell'odore, svolta secondo i criteri riportati in allegato 1 delle Linee Guida. Nelle mappe si devono riportare i valori di concentrazione orarie di picco di odore al 98° percentile su base annuale, a 1, 3, 5 ou_E/m^3. Onde meglio rappresentare i risultati del modello nell'intorno del punto di emissione per una maggior completezza di informazione vengono riportate anche le isoplete di 2 e 4 ou_E/m^3.

La valutazione modellistica è stata operata a partire dallo scenario emissivo "di progetto" (definito nel progetto preliminare) e su alcuni scenari alternativi variando l'altezza del camino come richiesto nel Decreto di Sceening Ambientale della Regione Liguria.

In fase di progettazione preliminare, tra i documenti presentati nello studio di screening ambientale, era stato presentato uno studio che prevedeva un unico composto (H2S) scelto tra quelli normalmente presenti in un impianto di depurazione al solo fine di poter rappresentare un impatto di tipo odorigeno tipico di un impianto di depurazione di questo genere; la concentrazione di H2S che è stata assunta in quello studio è quella che sarebbe responsabile di una concentrazione di odore pari a 70 Unità Olfattometriche, (ou_E/m^3) valore mutuato da esperienze sull'impianto di Genova Quinto, in tutto analogo per filiera di processo a questo di Rapallo.

Nello studio attuale è stato invece considerato l'uso della concentrazione di odore che tiene già conto di tutte le sostanze odorigene presenti, anche a bassissima soglia di percezione (OT, Odour Threshold) come il metilmercaptano e l'indolo, e dei possibili effetti sinergici di miscela; il riferimento di soglia di percezione sarà quindi 1 ou_E/m^3.

La richiesta del decreto di screening di analizzare anche gli effetti dei mercaptani viene quindi risolta nel presente modello considerando la concentrazione di odore di una miscela del tutto analoga ad impianti simili già oggetto di studio (Genova Quinto). In particolare a Genova Quinto i valori medi di Concentrazione di odore misurati in uscita dal camino sono dell'ordine di 70 ou_E/m^3, inferiori quindi a quelli utilizzati in questo modello.

A titolo prudenziale in questo studio è stato infatti un valore di concentrazione di odore al camino doppia di quella dello studio precedente e pari a 140 ou_E/m^3. Tale valore è quello che si può aspettare a valle di un trattamento dell'aria con la tecnologie all'avanguardia come quella dell'adsorbimento chimico-fisico a secco in logica distribuita sulle porzioni più odorigene di impianto, opportunamente affiancato da un sistema di assorbimento chimico ad umido nelle zone ad emissione più contenuta.

Modello CALPUFF

Per la simulazione si è utilizzato CALPUFF [2], modello di dispersione costruito da "*Earth Tech Inc.*" per conto del "*California Air Resource Board*" (CARB) e dell' *"U.S. - Environmental Protection Agency*" (US - EPA). CALPUFF rappresenta di fatto lo standard più largamente adottato per questo tipo di simulazioni: in particolare rientra nella classe dei modelli "recommended for regulatory use" nelle linee guida US EPA [3].
La scelta è ricaduta su tale modello, in quanto è molto versatile:

- possibilità di simulare vari inquinanti, tra cui emissioni odorigene;
- applicabilità a sorgenti di vario tipo (puntuali, lineari, areali, volumetriche) con emissioni costanti o variabili nel tempo (variabili per flusso di massa dell'inquinante, velocità di uscita dei fumi, temperatura, ecc.);
- notevole flessibilità nell'estensione del dominio di simulazione, da poche decine di metri (scala locale) a centinaia di chilometri dalla sorgente (mesoscala);
- applicabilità a condizioni meteorologiche non stazionarie (come calme di vento), a parametri dispersivi non omogenei, ad effetti vicini alla sorgente (ad esempio l'innalzamento del plume inquinante dal punto di emissione) e ad effetti locali di turbolenza (come la presenza di ostacoli lungo la direzione del flusso);
- capacità di trattare condizioni orografiche complesse, nelle quali gli effetti della morfologia del terreno influenzano la dispersione degli inquinanti;
- trattabilità di effetti a lungo raggio come le trasformazioni chimiche, il trasporto sopra l'acqua e le interazioni tra zone marine e zone costiere;
- possibilità di gestire fenomeni atmosferici di deposizione umida e secca (inquinanti inerti e polveri), decadimento, reazione chimica e trasformazione degli inquinanti in inquinanti secondari.

Inoltre il modello è particolarmente adatto alla verifica del rispetto dei limiti della normativa, grazie ai suoi post-processori in grado di fornire diverse elaborazioni statistiche dei risultati.
Per tutti questi motivi CALPUFF è fra i modelli di dispersione degli inquinanti in atmosfera consigliati dall'US-EPA, che lo ha adottato dopo averlo testato confrontandone le performance con quelle di modelli dalla più lunga storia, come ISC3 [4-7]. Il modello è stato implementato in vari casi fra cui: la stima di ricadute generate da centrali elettriche[8-9] e da impianti di tipo industriale[10], la stima della qualità dell'aria in contesti urbani [11-12]. Il modello ha avuto anche diverse applicazioni in Italia ad esempio nell'ambito di Studi di Impatto Ambientale (e.g. la cartiera di Borgo a Muzzano (LU), la discarica di Legoli (PI), l'impianto di compostaggio di Concorezzo (MI) [13], l'impianto di digestione anaerobica di Bassano del Grappa [15]).

La concentrazione degli inquinanti al suolo dipende dalle condizioni meteorologiche e delle caratteristiche geofisiche del territorio. Tali condizioni possono essere fornite direttamente nel caso di aree morfologicamente omogenee e di piccole dimensioni, oppure possono essere

elaborate da un modello meteorologico. I modelli di dispersione devono quindi essere affiancati a modelli di PBL tridimensionali, dato che richiedono come input informazioni dettagliate sul campo di vento e sulla turbolenza atmosferica.

La prima fase della modellazione consiste nella costruzione del campo tridimensionale del vento e dei principali parametri meteorologici (temperatura dell'aria, umidità relativa, pressione atmosferica) negli strati più bassi e più turbolenti della troposfera. A tal fine, devono essere raccolti ed elaborati in ambiente web-gis i dati relativi al territorio circostante l'impianto (orografia, uso del suolo) e le osservazioni delle variabili meteorologiche.
La seconda fase della modellazione consiste nella simulazione del comportamento assunto dal "pennacchio odoroso" emesso dall'impianto, sulla base del campo tridimensionale di vento precedentemente calcolato. CALPUFF è un modello di dispersione a puff: simula un'emissione attraverso il rilascio di un certo numero di "pacchetti" discreti di inquinante (puff), caratterizzati da una concentrazione proporzionale alla quantità di inquinante emesso nell'unità di tempo. I puff vengono trasportati e dispersi nel dominio di calcolo in funzione delle condizioni meteo e della morfologia del terreno. I modelli di dispersione degli inquinanti "a puff" sono modelli tridimensionali non stazionari, dunque adatti per simulare la dispersione su scala locale, e in domini ad orografia complessa. Il modello descrive come la nuvola di odore tenda a disperdersi o a ristagnare in precise aree a seconda del campo meteorologico presente ai vari livelli di quota, applicando per ciascun istante di campionamento un algoritmo numerico, che calcola l'andamento spaziale e temporale dei puff e gli effetti determinati dalle loro reciproche interazioni. Infine CALPUFF calcola la concentrazione per ogni recettore della griglia, in funzione della loro distanza dalla sorgente e dei coefficienti di dispersione, a loro volta funzione delle condizioni meteorologiche e delle caratteristiche geofisiche del territorio.
Il pacchetto CALMET-CALPUFF ricostruisce la meteorologia locale utilizzando un passo temporale di computazione minimo pari a un'ora, e permette di calcolare la concentrazione al suolo delle specie inquinanti mediata su periodi estesi dall'ora all'intero periodo simulato.
È bene precisare la risoluzione temporale necessaria per il presente studio: perché l'analisi sia corretta è opportuno considerare almeno un anno come periodo caratteristico, in modo da tenere conto della variabilità stagionale; come base temporale delle simulazioni si è scelto l'anno da settembre 2011 ad agosto 2012, essendo il periodo più recente con disponibilità di dati meteo.
Nel caso presente, i dati geomorfologici e di uso del suolo sono stati acquisiti ed elaborati in ambiente web-gis; la meteorologia è stata caratterizzata mediante il modello CALMET, in cui si sono inseriti dati meteorologici orari rilevati in loco a diverse quote, nel periodo in esame. Nella fattispecie si tratta dei dati orari relativi a direzione e velocità del vento, temperatura dell'aria, umidità relativa, pressione atmosferica, copertura nuvolosa e altezza delle nuvole.

Descrizione del sito produttivo

L'impianto oggetto di studio sarà realizzato a Rapallo in località "Ronco", sulla sponda destra del torrente Boate, a margine dei campi da golf ed in corrispondenza degli uffici ed agli impianti della Società Acque Potabili posti sulla sponda opposta; si trova dunque in un ambito scarsamente edificato, al di fuori del tessuto urbano.
L'impianto sarà completamente realizzato al chiuso entro una costruzione mantenuta in costante depressione rispetto all'ambiente atmosferico esterno. Le arie esauste saranno aspirate e trattate prima di essere scaricate in atmosfera tramite un camino.
Il camino sarà posizionato sulla sponda destra del Boate, a una distanza maggiore di 100 m dalle abitazioni esistenti.
Vista la specificità del tipo di fenomeno studiato, ovvero la dispersione di sostanze odorigene, si rende necessario studiare un'area ristretta con una griglia stretta e abbastanza raffinata. Sulla base dell'esperienza, si è valutato che tale condizione di disturbo olfattivo possa essere limitata ad un'area di raggio 1-2 km intorno all'impianto. Quindi, per caratterizzare in maniera precisa la dispersione, si è deciso di eseguire il modello CALPUFF su un dominio di calcolo 2.1 x 2.1 km, centrato sull'impianto.



Figura 1. Dominio di calcolo del modello di dispersione.

Descrizione degli input meteorologici e geofisici

Per simulare la dispersione dell'odore, si deve fornire in ingresso al modello la meteorologia locale, quindi c'è bisogno di dati meteo e geografici locali. La meteorologia è stata caratterizzata mediante il modello meteorologico CALMET, un interpolatore molto raffinato che manipola i dati meteorologici delle stazioni di misura, tenendo conto di effetti sito-specifici legati alla presenza di rilievi, corpi idrici, o comunque alla giustapposizione di zone di diverse caratteristiche geofisiche.
Il modello CALMET necessita di un certo numero di dati di ingresso:

- Dati meteorologici da stazioni di superficie: misure di vento, temperatura, umidità relativa, pressione, copertura nuvolosa, altezza delle nuvole
- Dati meteorologici da radiosondaggi: profili in quota di vento, pressione, temperatura.
- Dati geofisici: orografia del sito, uso del suolo

Per costruire la meteorologia si sono utilizzate misure meteorologiche il più possibile sito-specifiche.
Sono state contattate le fonti "ufficiali" (ARPAL, Regione liguria, provincia di genova, marina militare, porti, aeronautica militare, centri meteorologici per le previsioni EPSON meteo, aeroporti e eliporti, ENEA CNR e Università) e le fonti non ufficiali (reti amatoriali, il gruppo LIMET, associazioni nautiche).
E' stata accertata la carenza di dati locali ufficiali: nessuna centralina meteorologica di ARPAL nel comune di Rapallo. Le stazioni meteo dell'ARPAL nella provincia di Genova più vicine al sito dell'impianto sono Monte Portofino e Cavi di Lavagna; queste stazioni sono lontane dal sito dell'impianto e sono in quota, quindi non sono rappresentative della meteo del sito in esame. Per questo motivo, non si sono utilizzati i dati di queste stazioni.

Tabella 1: Stazioni meteo ufficiali della rete della Regione Liguria (OMIRL, Osservatorio Meteo Idrologico della Regione Liguria) più vicine a Rapallo

	sensori				Dettagli stazione		
	Vento	Temperatura	Umidità	Pressione	Località	Distanza dall'impianto	Quota
Monte portofino	x	x	x		Portofino – sul monte	4 km	610 msm
cavi di lavagna	x	x	x	x	sul mare	20 km	100 msm

Per calcolare la meteorologia locale si è quindi fatto riferimento alle stazioni del LIMET: l'Associazione Ligure di Meteorologia raccoglie e pubblica le osservazioni raccolte da stazioni meteo amatoriali in Liguria (PWS, Private Weather Station). A Rapallo sono presenti tre stazioni amatoriali, posizionate in località Boate, località Golf e località Lungomare.



Figura 2: Collocazione delle stazioni meteorologiche del LIMET vicino a Rapallo.

Per la simulazione modellistica è stata scelta la stazione di Rapallo in località “Boate”: la stazione si affaccia sul versante marino (ma non è a quota zero), ed è posizionata lungo la valle del torrente Boate, a 800 m a Est di dove sorgerà l’impianto.
La stazione di Boate ha fornito una serie completa di dati per un anno consecutivo: la stazione misura direzione e velocità del vento, temperatura dell’aria, pressione atmosferica e umidità relativa. I dati sono forniti con passo temporale pari a un minuto, quindi è stato necessario operare una media per avere i dati orari, così come richiesto dal modello per costruire la meteorologia locale. Il modello CALMET opera un’interpolazione tra i due dati ricavati dalla stazione meteorologica, assegnando un diverso peso ai parametri all’aumentare della distanza dalla stazione.

Tabella 2: Stazioni meteo della rete amatoriale della Regione Liguria (LIMET) più vicine a Rapallo

	sensori				Dettagli stazione	
località	Vento	Temperatura	Umidità	Pressione	Quota [msm]	dati disponibili
BOATE	x	x	x	x	30	dal 1/2/2011 al 4/9/2012
GOLF	x	x	x	x	20	dal 5/1/2012 al 4/9/2012
LUNGOMARE	x	x	x	x	20	dal 1/1/2011 al 23/10/11 al 1/1/2012 al 4/9/2012

I dati orari di copertura nuvolosa e altezza delle nuvole sono forniti dalle stazioni sinottiche (synop), situate negli aeroporti, in questo caso si sono utilizzati i dati METAR rilevati presso

l'aeroporto di Genova. I dati riguardanti le nubi sono reperibili gratuitamente nel sito di wunderground: (http://www.wunderground.com/history/)
Per costruire i profili in quota si sono utilizzate le misure semi-giornaliere effettuate dai palloni sonda in alcuni aeroporti italiani, raccolte dal National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA, USA): tra le stazioni italiane che effettuano i radiosondaggi, le più vicine all'impianto in questione è risultata essere quelle dell'aeroporto di Milano Linate.

Riassumendo, i dati meteo necessari:

- dati meteo misurati al suolo con cadenza oraria (vento, temperatura, umidità, pressione dell'aria) → si sono utilizzati i dati della stazione meteo di Rapallo "Boate"
- copertura nuvolosa misurata con cadenza oraria → forniti da stazione dell'aeroporto di Genova "cristoforo Colombo"
- radiosondaggi con cadenza semi-giornaliera (vento, temperatura, umidità, pressione dell'aria) → forniti dall'aeroporto di "Milano-Linate" (gli aeroporti più vicini sono "Genova" e "Cuneo Levaldigi" ma non forniscono dati per gli anni 2011-2012)

Per tutti i tipi di dati meteorologici considerati si è effettuato un controllo su eventuali dati mancanti, e si sono coperti eventuali valori assenti, che comunque consistevano in una parte trascurabile dei dati. Per la copertura dei valori assenti si è scelto di interpolare qualora il dato mancante consistesse di una sola ora, altrimenti nel caso mancassero i dati di più ore si è preferito prendere i dati del giorno precedente alla stessa ora.

Per i dati geografici necessari:

- mappa di uso del suolo → si è utilizzata la mappa più aggiornata (anno 2006) fornita da database "corine land cover"
- mappa dell'orografia locale → si è utilizzato il modello digitale di elevazione del terreno, fornito da database dell'USGS - U.S. Geological Survey (Shuttle Radar Topography Mission, SRTM3)

Applicazione del modello CALMET per il calcolo della meteorologia locale

Il modello CALMET è stato eseguito su un'area quadrata di lato 5 km, in modo da costruire la meteorologia locale tenendo conto della geomorfologia del territorio circostante. Per caratterizzare la meteo, si è scelta una risoluzione spaziale di 100 m: il modello CALMET è stato eseguito su una griglia regolare di 50x50 celle quadrate di lato 100 m (e quindi 2500 recettori discreti). Inoltre per la presente applicazione si sono utilizzati 4 livelli verticali, a 20, 40, 70 e 100m.

Tabella 3: caratteristiche del dominio computazionale utilizzato in CALMET

	X	***Y***
Origine griglia (UTM32 – km)	514.85042	4908.51562
Fine griglia (UTM32 – km)	519.85042	4913.51562
Posizione indicativa camino impianto (UTM32 - km)	517.238	4910.919
Numero celle	50	50
Passo di griglia (m)	100	100

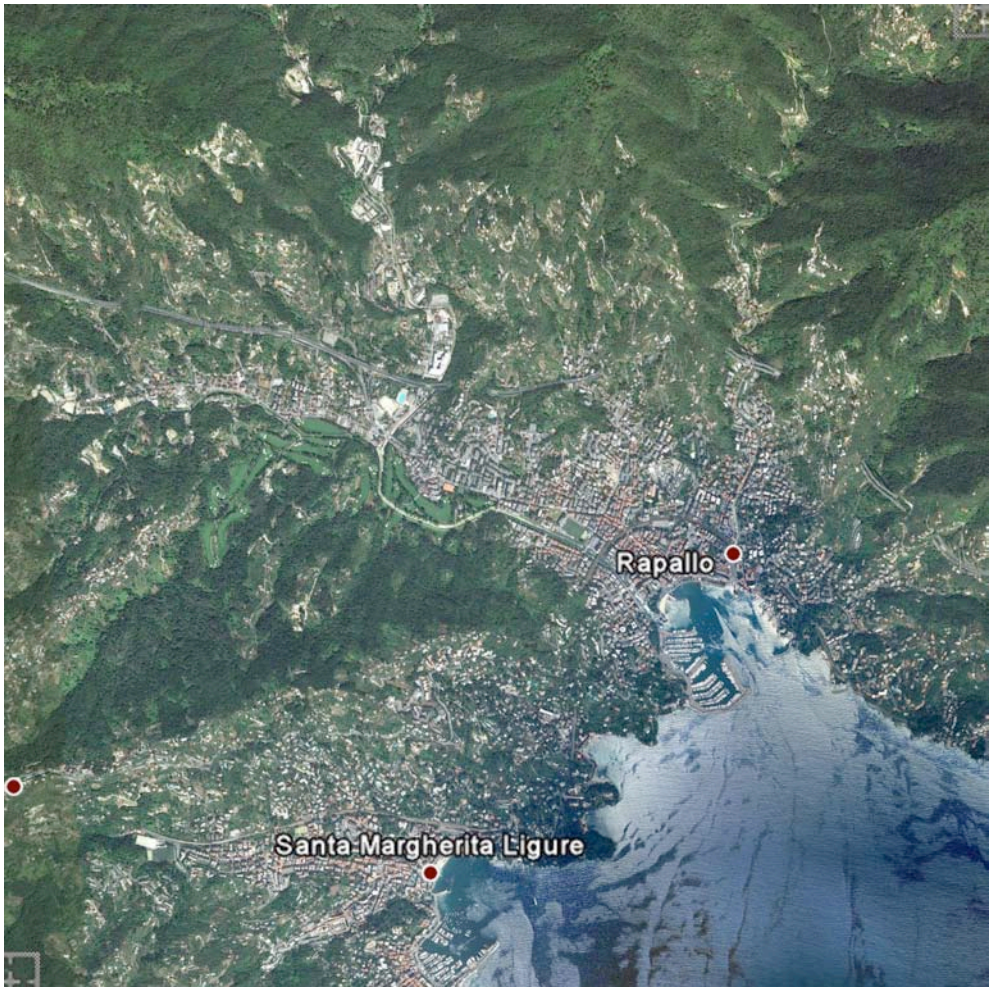


Figura 3: dominio di calcolo del modello CALMET

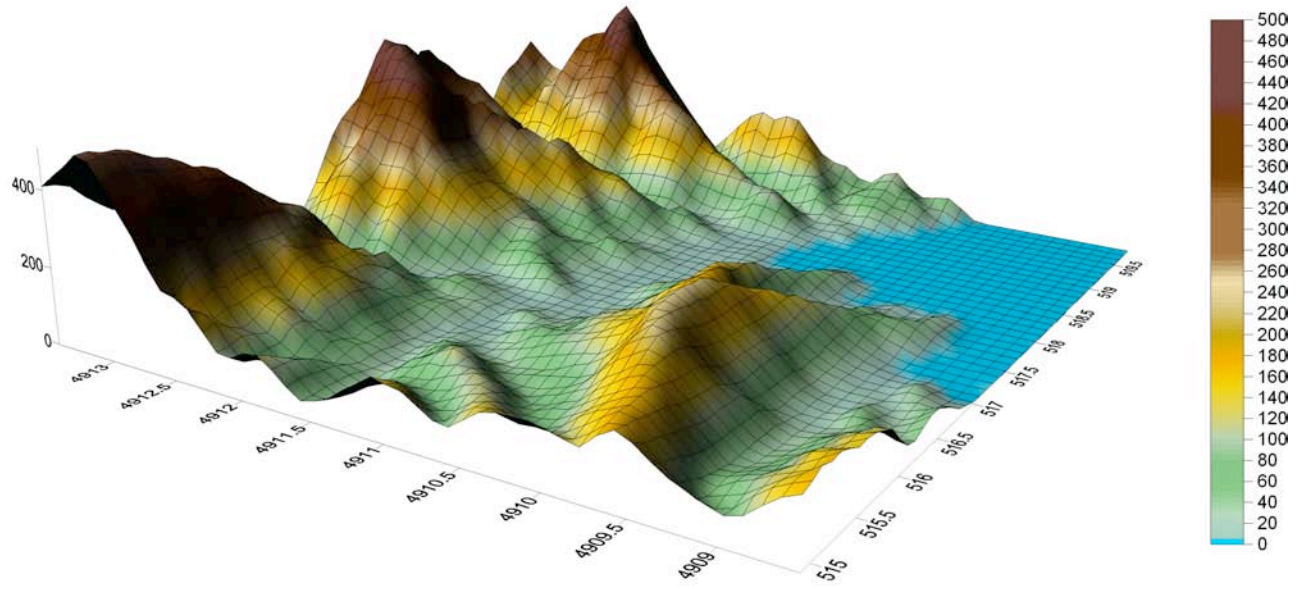


Figura 4: Orografia nel dominio di calcolo del modello CALMET

Per la simulazione modellistica della meteorologia si è fatto riferimento alle stazioni più vicine (la scelta delle stazioni rappresentative della meteorologia locale è riportato in precedenza). In particolare si è utilizzata la meteorologia registrata dalla stazione di Rapallo Boate nell'anno settembre 2011- agosto 2012.
I dati meteorologici registrati dalla stazione di Boate sono stati classificati in base a direzione e velocità del vento. Dalla tabella delle classi di vento, si nota che i venti più frequenti provengono da NNW (con velocità 1-3 m/s) e da SE-SSE (con velocità più frequenti tra 1 e 4 m/s).

Tabella 4: Distribuzione degli eventi medi orari, distinti per classi di intensità e di direzione del vento (direzione di provenienza) per l'anno settembre 2011-agosto 2012.

	0.5 ; 1	1 ; 2	2 ; 3	3 ; 4	4 ; 6	> 6	TOT
NNE	0.36%	0.29%	0.08%	0.01%	0.00%	0.00%	0.74%
NE	0.11%	0.03%	0.01%	0.00%	0.00%	0.00%	0.16%
ENE	0.08%	0.02%	0.01%	0.00%	0.00%	0.00%	0.11%
E	0.03%	0.03%	0.01%	0.00%	0.00%	0.00%	0.08%
ESE	0.33%	0.11%	0.06%	0.00%	0.01%	0.00%	0.51%
SE	1.15%	2.84%	5.69%	6.13%	1.88%	0.50%	**18.18%**
SSE	0.98%	2.73%	4.96%	3.58%	4.32%	1.22%	**17.78%**
S	0.18%	0.07%	0.01%	0.01%	0.00%	0.00%	0.27%
SSW	0.01%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.01%
SW	0.02%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.02%
WSW	0.06%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.06%
W	0.03%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.03%
WNW	0.14%	0.02%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.16%
NW	0.66%	0.97%	0.25%	0.24%	0.05%	0.00%	2.16%
NNW	2.40%	12.02%	27.53%	5.75%	1.49%	0.95%	**50.14%**
N	0.70%	1.22%	1.34%	0.48%	0.34%	0.08%	4.16%
TOT	**7.25%**	**20.36%**	**39.96%**	**16.19%**	**8.08%**	**2.74%**	**94.59%**
CALME							**5.41%**

Di seguito si riporta la rosa dei venti calcolata dal modello CALMET per il periodo di riferimento. La rosa dei venti rappresenta graficamente la tabella delle frequenze dei venti, indicando la frequenza dei venti con velocità ≥ 0.5 m/s: le condizioni con venti di velocità inferiore a 0.5 m/s sono considerate "calme di vento" e hanno una frequenza di circa 5% .
Il vento proveniente da nord-ovest si presenta con maggior frequenza nel periodo invernale e ha maggiore intensità durante le ore notturne: in condizioni di bassa insolazione le correnti che scendono lungo l'asse della vallata prevalgono sulle correnti marine. Al contrario, il vento proveniente da sud-est si presenta con maggior frequenza nel periodo estivo e ha maggiore

intensità durante le ore diurne: in condizioni di forte insolazione, si instaurano vortici convettivi che danno luogo a intense brezze marine.

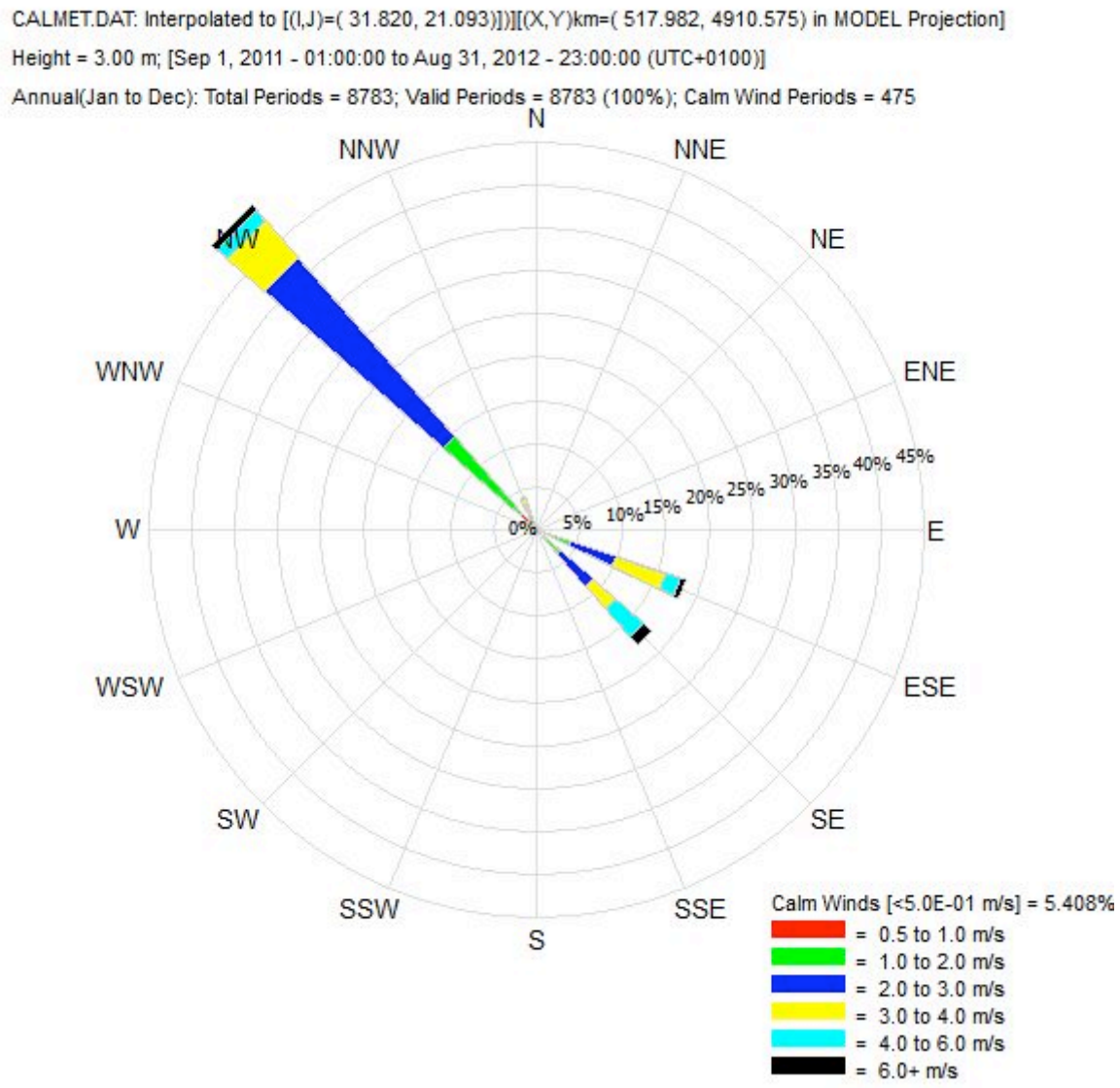


Figura 5: Rosa dei venti calcolata con il modello CALMET per l'anno settembre 2011- agosto 2012, nella posizione del camino dell'impianto, a 3 m dal suolo

In base al regime anemometrico locale, i recettori che potrebbero essere più frequentemente raggiunti dall'odore dell'impianto sono concentrati nel settore a SE rispetto allo stabilimento. Ne deriva che le condizioni potenzialmente più sfavorevoli si hanno con il vento che spira da NW che spinge le emissioni verso sud-est, dove si trovano i recettori: le abitazioni più vicine si trovano sulla sommità del promontorio, a oltre 100 m dal camino; altre abitazioni si trovano oltre il promontorio, a circa 260 m dall'impianto (quartiere tra via Milano e via Costaguta).

Al contrario, i venti provenienti da sud-est mettono i recettori sul promontorio in una posizione di sopravento all'impianto ma possono far ricadere il pennacchio dell'odore sopra alcuni recettori sensibili nei settori a Nord-Ovest oltre il fiume Boate.

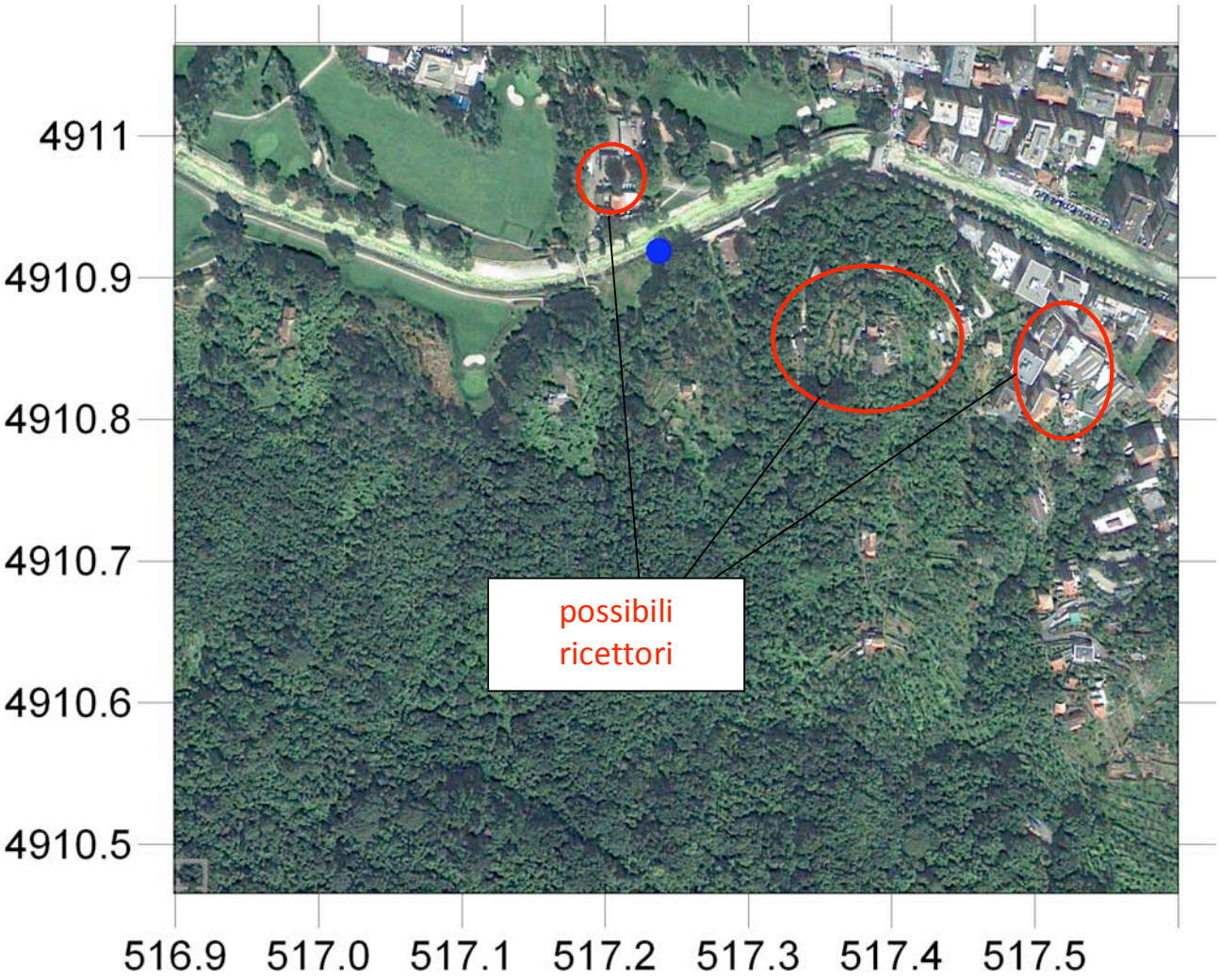


Figura 6. Sono segnalati i ricettori che potrebbero essere potenzialmente soggetti a impatto odorigeno prodotto dall'impianto

Simulazione modellistica della dispersione

Lo scopo del presente studio è studiare la simulazione della dispersione dell'odore generato dal futuro impianto di depurazione di Rapallo. Il modello di dispersione CALPUFF è stato utilizzato per verificare l'impatto olfattivo provocato dallo scenario emissivo di progetto. L'entità dell'impatto olfattivo è valutato su un'area di 2100 x 2100 m^2 (dominio di calcolo di CALPUFF), in modo da includere tutti i possibili "bersagli".

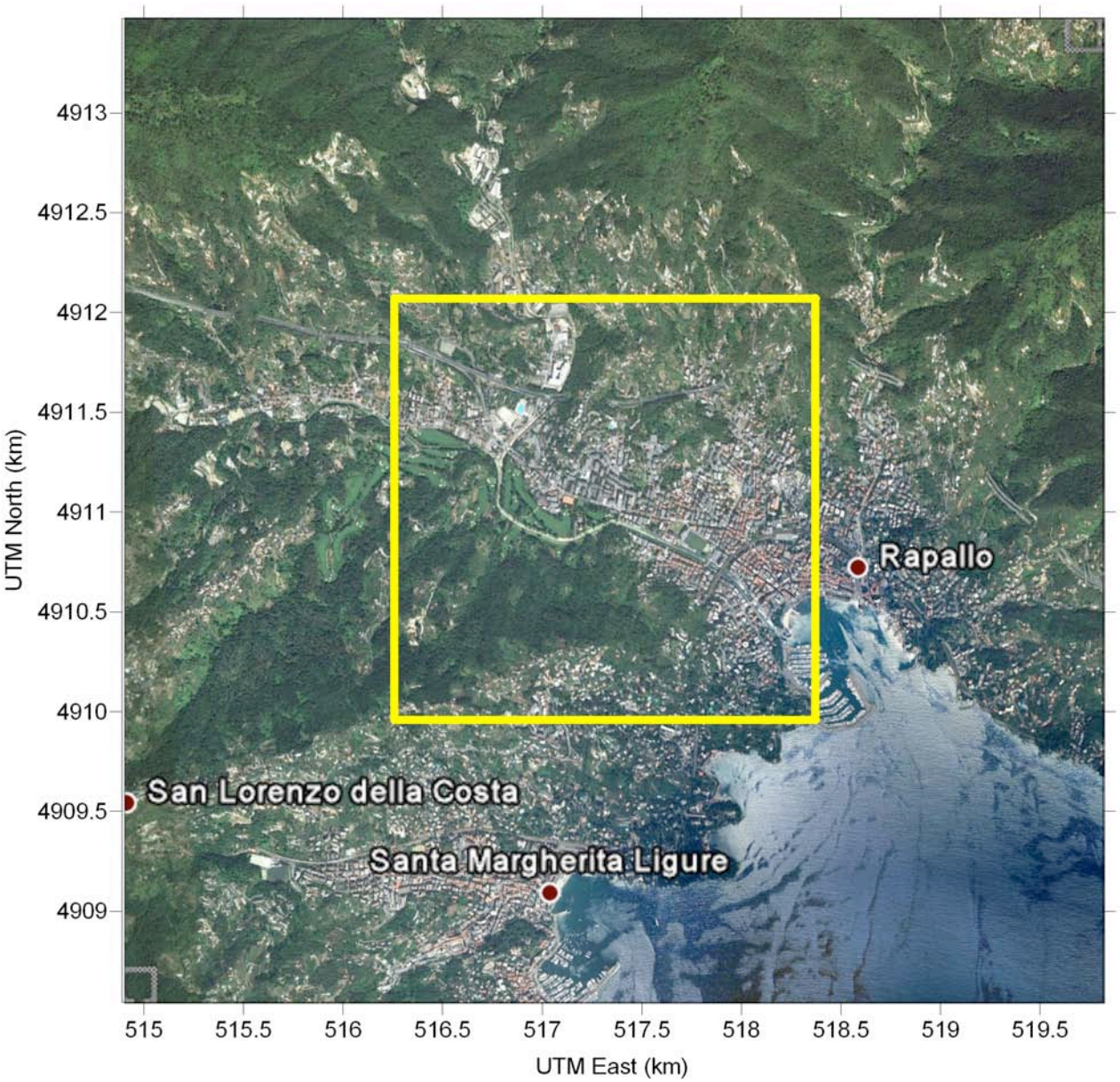


Figura 7: La griglia di calcolo del modello meteorologico con la localizzazione del dominio di calcolo del modello di dispersione (in giallo).

Caratteristiche della sorgente emissiva

Le arie captate all'interno dell'impianto vengono depurate all'interno dell'impianto ed espulse attraverso un camino posto sulla sponda destra del torrente Boate.

Il progetto preliminare prevedeva, la bocca del camino si troverà a quota 20 m dal suolo ed emetterà una portata di aria depurata di 72.000 m^3/h, mediante una tubazione di espulsione con diametro 1400 mm, con una velocità di uscita di circa 13 m/s.

L'impianto di depurazione dell'aria garantirà che l'intensità dell'odore all'emissione non superi le 140 ou_E/Nm^3. Nella simulazione modellistica si è assunto che la sorgente emetta reflui gassosi con portate e concentrazioni costanti per ogni ora dell'intero periodo simulato: secondo le specifiche del progetto preliminare, l'impianto emetterà un flusso odoroso (OER, Odor Emission Rate) pari a 3000 ou/s.

caratteristiche dell'EMISSIONE	
portata di calcolo	77000 mc/h
temperatura di riferimento per calcolare la portata volumetrica	15°C
velocità emissione	13 m/s
conc di odore di progetto	140 ou/mc
altezza camino [m dal suolo]	10-15-20 m



Figura 8: Localizzazione del camino secondo il progetto preliminare.

Applicazione del modello di dispersione CALPUFF

Normativa di riferimento

L'inquinamento olfattivo è un particolare tipo di inquinamento atmosferico e la dispersione degli odori è influenzata da fenomeni meteorologici tipici della breve scala temporale (calme di vento, raffiche di vento, inversione della direzione del vento) e della lunga scala temporale (stabilità verticale dell'atmosfera). Nel caso degli odori, l'analisi effettuata attraverso la valutazione delle medie al suolo ha poco senso in quanto l'impatto odorigeno si presenta tipicamente in picchi, ed è per questo motivo che le normative adottano i valori massimi orari anziché le medie.
A questo scopo, per stimare l'impatto odorigeno tenendo conto della sua variabilità nella breve scala temporale (dai minuti ai secondi), si ricorre all'analisi dei percentili short-term o delle frequenze di superamento di soglie critiche, su base annuale. Per lo stesso motivo, secondo le Linee Guida della Regione Lombardia *"le concentrazioni orarie di picco di odore per ciascun punto della griglia contenuta nel dominio spaziale di simulazione e per ciascuna delle ore del dominio temporale di simulazione devono essere ottenute moltiplicando le concentrazioni medie orarie per un peak-to-mean ratio pari a 2.3"*.
Nella presente simulazione il modello ha calcolato le concentrazioni medie orarie al suolo, che sono state poi scalate per ottenere le concentrazioni orarie di picco, moltiplicandole per 2.3.
Nel presente studio i risultati delle simulazioni modellistiche sono analizzati secondo i criteri di tollerabilità definiti dalla normativa della Regione Lombardia, che ha deliberato nella Giunta regionale del 15 febbraio 2012 - n. IX/3018 [1], le "Linee guida per la caratterizzazione e l'autorizzazione delle emissioni gassose in atmosfera delle attività ad impatto odorigeno". Secondo le Linee Guida, per verificare l'entità dell'impatto olfattivo *"si devono redarre le mappe di impatto, con una simulazione modellistica della dispersione dell'odore, svolta secondo i criteri riportati in allegato 1 delle Linee Guida. Nelle mappe si devono riportare i valori di concentrazione orari di picco di odore al 98° percentile su base annuale, a 1, 3, 5 ou_E/m^3.*
Si tenga presente che alla concentrazione di:

- *1 ou_E/m^3 il 50% delle popolazione percepisce l'odore;*
- *3 ou_E/m^3 l'85% delle popolazione percepisce l'odore;*
- *5 ou_E/m^3 il 90-95% delle popolazione percepisce l'odore."*

Analisi dei risultati

Il modello di dispersione è stato utilizzato per simulare l'impatto olfattivo prodotto dal futuro impianto, la sorgente è collocata sulla sponda destra del torrente Boate, ha un'altezza di 20 m dal suolo, ed emette una portata di 77.000 m^3/h e una concentrazione di odore di 140 ou_E/m^3.
Con una seconda simulazione si è confrontato l'impatto olfattivo prodotto dallo scenario base con l'impatto prodotto nel caso di un'emissione della stessa entità, con camino emittente a quote diverse rispetto alla quota di progetto di 15 m e 10 m.

L'impatto è stato valutato in termini di frequenza di episodi critici di odore, calcolando le concentrazioni di odore orarie di picco corrispondenti al 98° percentile su base annuale. Le isoplete di 1-2-3-4-5 ou_E/m^3 (corrispondenti al 98° percentile) sono le soglie di riferimento secondo la normativa della Regione Lombardia: le isoplete ritraggono le aree soggette a eventi di odore che si verificano con la stessa frequenza ma con varie intensità. Quindi la curva di 1 ou_E/m^3 delimita l'area in cui l'odore ha un'intensità superiore o uguale a 1 ou_E/m^3 per il 2% delle ore dell'anno.

Considerando la mappa delle ricadute calcolata per lo scenario emissivo base, presentata in Figura 9, si osserva che la frequenza del 98° percentile non raggiunge la concentrazione di 5 ou_E/m^3.
La curva delle 3 ou_E/m^3 occupa un'area molto ristretta, di raggio 50 m nell'intorno del camino, e rimane quasi completamente all'interno dei confini dello stabilimento.
La nuvola di odore si allunga seguendo la direzioni dei venti prevalenti, che seguono il corso della vallata del fiume Boate: gli effluenti emessi dal camino si propagano principalmente verso sud-est e verso nord-ovest.
Le concentrazioni corrispondenti al 98° percentile superano la soglia minima di 1 ou_E/Nm^3 nella zona a sud-est della sorgente a ridosso del promontorio di Rapallo-Portofino, invece il centro di Rapallo non è interessato dal ricaduta dell'odore. Nella zona a nord-ovest della sorgente, solamente all'interno dell'area del campo da golf, si raggiunge una concentrazione oraria di picco pari a 1 ou_E/Nm^3.
Assumendo come curva di riferimento quella della 2 ou_E/m^3, si nota che il pennacchio si propaga verso alcune case localizzata a sud-est sul promontorio.

Si osserva però che al diminuire dell'altezza della sorgente, diminuisce l'estensione della zona impattata:

- se il camino è alto 20 m (Figura 9)→ la curva di 2 ou_E/m^3 raggiunge la "massima" estensione verso sud-est, il pennacchio di odore è trasportato dal vento per distanze più lunghe, perché viaggia a quote più alte. Gli effetti del camino di a 20 metri sono superiori anche sui primi ricettori in quanto il pennacchio tende a raggiungere il primo ricettore sul promontorio senza subire gli effetti di diluizione generati della fascia boschiva.

- se il camino è alto 15 m (Figura 10)→ la curva di 2 ou_E/m^3 è meno estesa verso sud-est rispetto al caso con camino alto 20 m, e i ricettori più vicini non sono inclusi all'interno dell'isopleta.
- se il camino è alto 10 m (Figura 11)→ la curva di 2 ou_E/m^3 è il caso con di pennacchio meno esteso ma che si diffonde con continuità attorno alla sorgente: la concentrazione rimane più alta e più omogenea attorno al camino perché il pennacchio viaggiando a quote più basse si disperderde in un volume più piccolo attorno alla sorgente

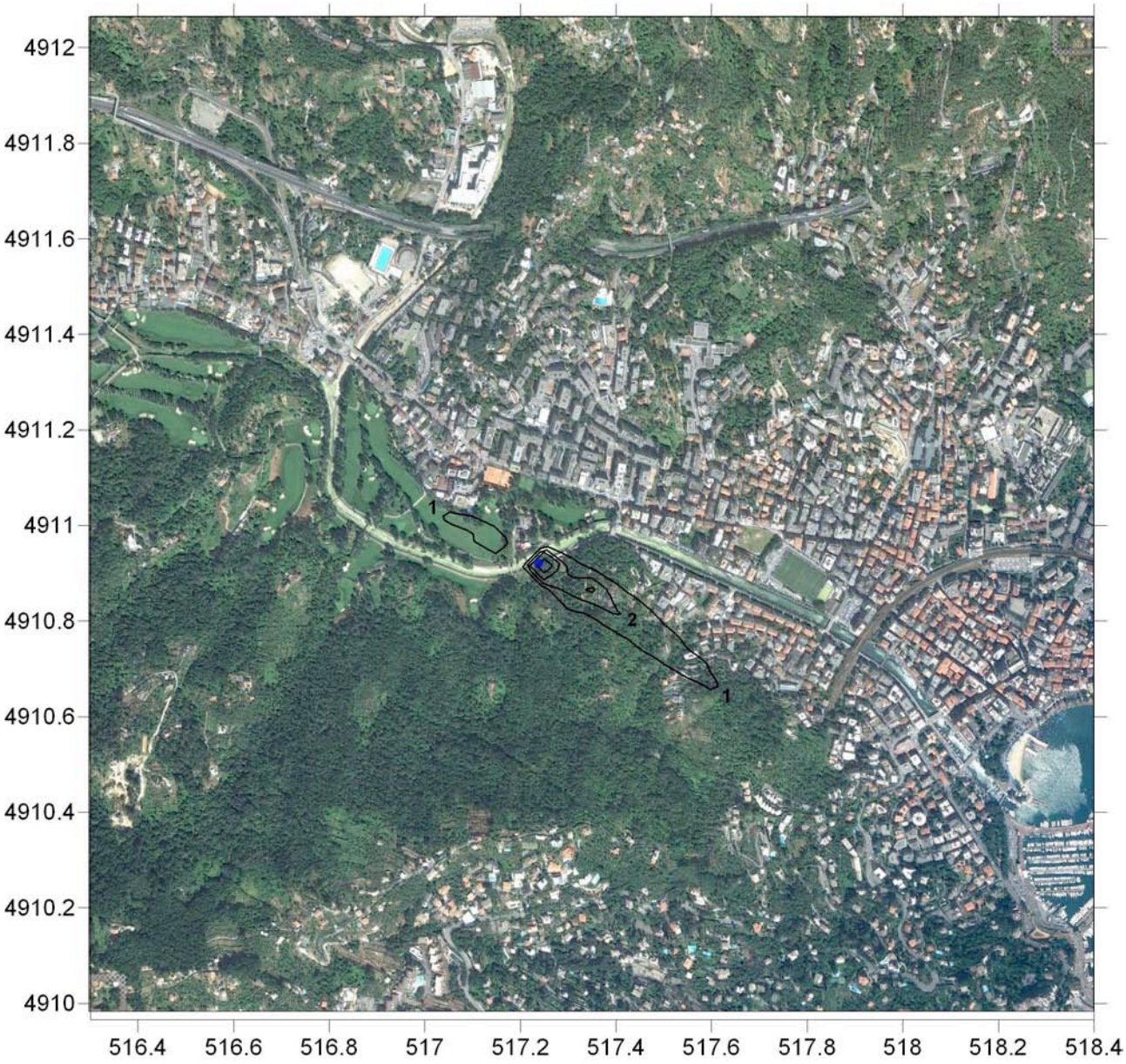


Figura 9: Mappe della concentrazione oraria di picco [ou_E/m^3] corrispondenti al 98° percentile, prodotte nello scenario emissivo con portata **77000 mc/h**, con camino alto **20 m** (emissione a **140 ou_E/m^3**)

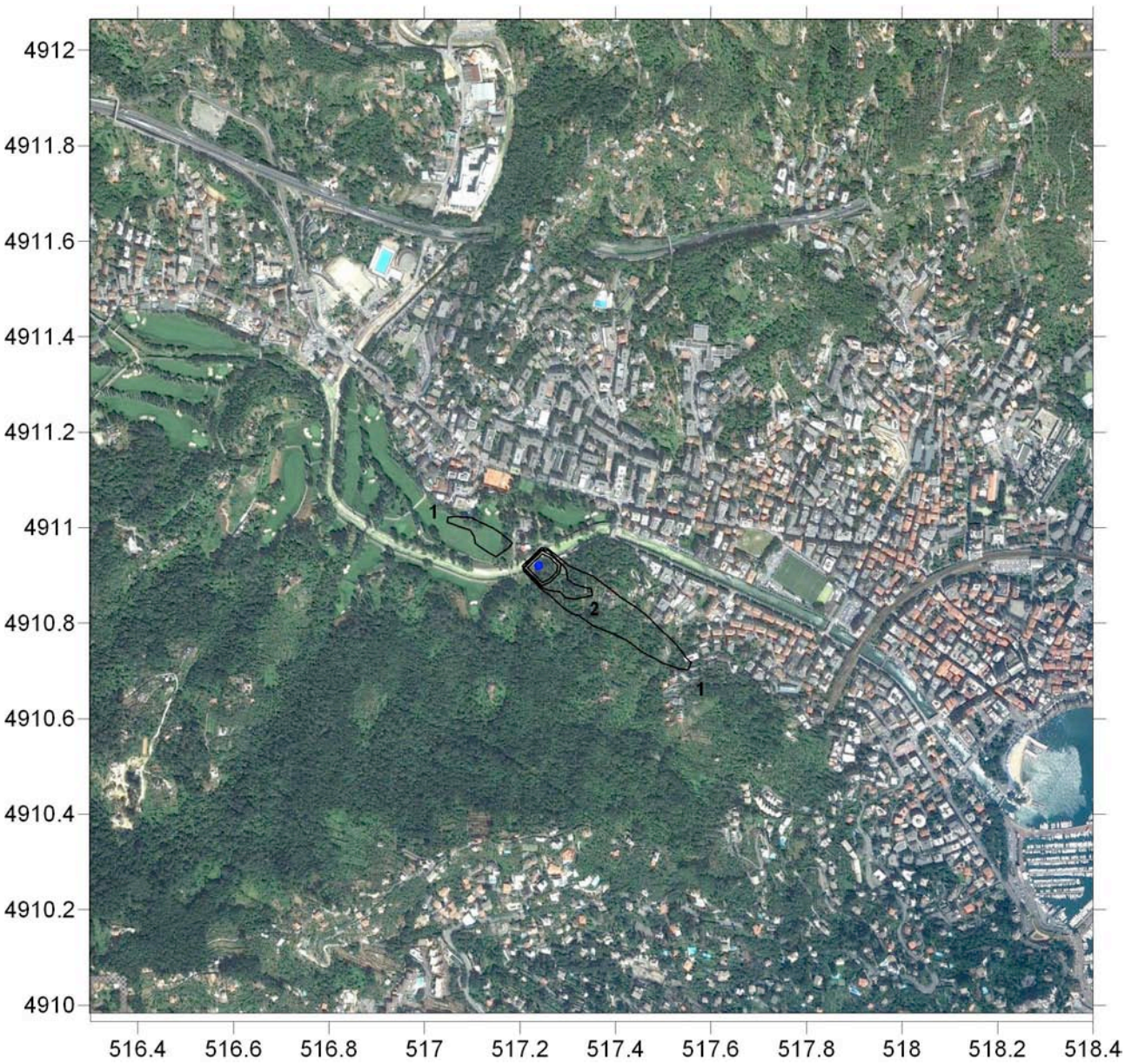


Figura 10: Mappe della concentrazione oraria di picco [ou_E/m^3] corrispondenti al 98° percentile, prodotte nello scenario emissivo con portata **77000 mc/h**, con camino alto **15 m** (emissione a **140 ou_E/m^3**)

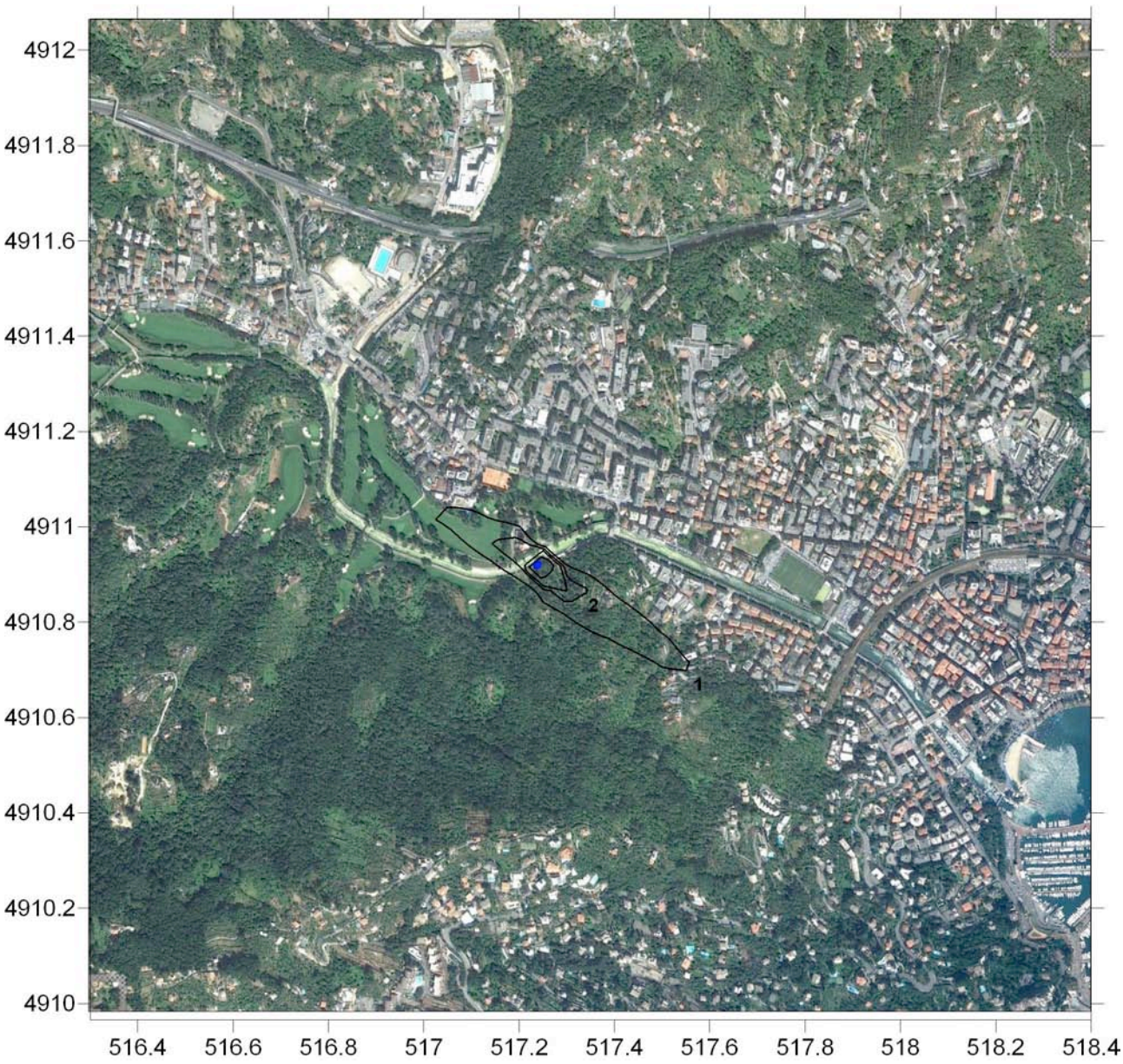


Figura 11: Mappe della concentrazione oraria di picco [ou_E/m^3] corrispondenti al 98° percentile, prodotte nello scenario emissivo con portata **77000 mc/h**, con camino alto **10 m** (emissione a **140 ou_E/m^3**)

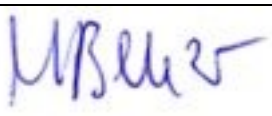
Conclusioni

Dalle simulazioni modellistiche risulta che dal punto di vista dell'impatto odoroso lo scenario con camino 15 m è più favorevole rispetto allo scenario progettuale con camino 20 m, perché l'area impattata da una concentrazione di odore pari o superiore a 2 ou_E/m^3 ha un'estensione minore. La modellazione della dispersione descrive una situazione peggiorativa nel caso in cui l'effluente sia emesso a una quota di 20 m: se l'effluente è emesso a questa quota, ha una spinta tale da superare più facilmente l'ostacolo costituito dal promontorio e quindi tende a ricadere più lontano. Infatti, alla quota di emissione (coincidente con la sommità del camino) va sommata la quota del *"plume rise"*, sovra-innalzamento del pennacchio dovuto alla spinta di uscita dei fumi (velocità 13 m/s nella configurazione emissiva di progetto).
Inoltre bisogna anche considerare che in direzione sud-est vi è presenza di una fitta coltre boschiva che alle quote basse contribuisce alla dispersione dell'odore, come peraltro prevista nella buona norma della realizzazione degli impianti di depurazione.

Una soluzione progettuale con camino di altezza 15 m è da prediligere comunque rispetto a una soluzione con camino di 10 m, perchè la concentrazione di odore nelle immediate vicinanze del camino è minore: generalmente, maggiore è l'altezza del camino, minori sono le ricadute di inquinanti attorno a esso. Le massime concentrazioni nell'intorno della sorgente si verificano nei casi di calma di vento: se il vento ha velocità bassa, il pennacchio di odore tende ad accumularsi intorno alla sorgente. Tuttavia, anche in caso di calma di vento, un camino più alto favorisce la diluizione dei fumi.

Nel caso in cui le sostanze odorigene vengono adeguatamente abbattute, tale per cui l'emissione è garantita al di sotto delle 140 ou_E/m^3, le simulazioni delle ricadute dell'odore **mostrano una situazione nel complessivo sostenibile**, caratterizzata da una percettibilità di odore molto bassa e non si rivelano zone particolarmente esposte a concentrazioni di odore elevate.

Pavia, dicembre 2012

Il Coordinatore dello studio:	Il Responsabile dello studio:
	
Ing. Alberto Pittarello	Dr. Maurizio Benzo Professore a contratto

Riferimenti Bibliografici

[1] Regione Lombardia, Deliberazione Giunta regionale 15 febbraio 2012 - n. IX/3018, *"Linee guida per la caratterizzazione e l'autorizzazione delle emissioni gassose in atmosfera delle attività ad impatto odorigeno"*

[2] Scire J.S., Strimaitis, D.G., Yamartino, R.J., 2000. *"A User's Guide for the CALPUFF Dispersion Model"*. Earth Tech, Inc. Concord (MA-USA) 521pp

[3] US EPA, "*Appendix W to 40 CFR Part 51* (*Guideline on Air Quality Models*)", *U.S. EPA* (November 2005).

[4] Allwine, K.J., W.F. Dabberdt, and L.L. Simmons. 1998. "*Peer Review of the CALMET/CALPUFF Modeling System*". EPA Contract No. 68-D-98-092, Work Assignment No. 1-03 report.

[5] US EPA, 1998a. *"A comparison of CALPUFF modeling results to two tracer field experiments"*, EPA-454/R-98-009

[6] US EPA, 1998b. *"A Comparison of CALPUFF with ISC3"*, EPA-454/R-98-020

[7] US EPA, 1998c. "*Response to peer review comments of CALMET/CALPUFF modeling system"*. Yu Song, Minsi Zhang, Xuhui Cai, 2006. PM10 modeling of Beijing in the winter. Atmospheric Environment Vol 40(22): 4126-4136.

[8] Levy, JI; Spengler, JD; Hlinka, D; Sullivan, D; Moon, D (2002): *"Using CALPUFF to evaluate the impacts of power plant emissions in Illinois: mode sensitivity and implications"*. Atmospheric Environment Vol 36(6): 1063-1075.

[9] Zhou, Y., Levy, J.I., Hammitt, J.K., Evans, J.S., 2003: *"Estimating population exposure to power plant emissions using CALPUFF: a case study in Beijing, China"*. Atmospheric Environment Vol. 37(6):815-826

[10] Sang-Keun Song, Zang-Ho Shon, Ki-Hyun Kim, Yoo-Keun Kim, Raktim Pal, in press. *"Dispersion and photochemical oxidation of reduced sulfur compounds in and around a large industrial complex in Korea"*. Atmospheric Environment.

[11] Oshan, R., Kumar, A., Masuraha, A., 2006. *"Application of the USEPA's CALPUFF model to an urban area"*. Environmental Progress 25 (1):12-17

[12] Protonotariou, A., Bossioli, E., Athanasopoulou, E., Dandou, A., Tombrou, M., Flocas, H.A., Helmis, C.G., AssimakopoulosV.D., 2005. *"Evaluation of CALPUFF modelling system performance: an application over the Greater Athens Area, Greece"*. International Journal of Environment and Pollution 24 (1-4): 22-35

[13] A. Scarabello *"La dispersione atmosferica degli odori: applicazione del modello tridimensionale non stazionario CALPUFF per la previsione della molestia olfattiva causata dal nuovo impianto di compostaggio di Concorezzo (Mi)"*. Tesi di laurea in Ingegneria per l'Ambiente e il Territorio, Università degli studi di Padova (2008);

[14] Mantovani A., Pittarello A., Benzo M., Palmeri L., Ranzato L., 2011, *"Valutazione dell'impatto odorigeno di un impianto di digestione anaerobica: confronto tra una tecnica sensoriale (Odour Field Inspection) e un modello di dispersione in atmosfera (CALPUFF)*", Sardinia Symposium 2011