



Comune di Livorno

Impianto trattamento rifiuti Livorno (LI)

STUDIO DIFFUSIONALE

Valutazione delle emissioni ed impatto sull'ambiente

Sito Industriale Picchianti - Livorno (LI)

REV.	DATA	DESCRIZIONE REVISIONE	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO
00	14/11/2018	Prima emissione	Ing. A. M. Mofeli	Ing. F. Seni	Ing. L. Bianchi

File rif.: Studio Diffusionale AAmps_2018_rev00.doc

INDICE

PREMESSA.....	2
1. INQUADRAMENTO TERRITORIALE	3
2. DESCRIZIONE DEL CICLO PRODUTTIVO	4
3. MODELLISTICA DIFFUSIONALE	10
3.1. approccio metodologico.....	10
3.2. CALPUFF MODEL SYSTEM.....	11
4. AREA DI STUDIO	13
5. METEOROLOGIA E CLIMATOLOGIA	14
5.1. caratterizzazione stazioni metereologiche.....	15
5.1.1. <i>Dati meteorologici - Stazione meteorologica LAMMA COMMA MED.....</i>	<i>15</i>
5.1.2. <i>Dati meteorologici - Stazione meteorologica SMN di Livorno</i>	<i>16</i>
5.1.3. <i>Dati meteorologici - Stazione meteorologica di Livorno.....</i>	<i>17</i>
5.2. Caratterizzazione meteoclimatica.....	19
5.2.1. <i>Caratterizzazione meteoclimatica.....</i>	<i>19</i>
6. SCENARIO EMISSIVO	21
6.1. Emissioni convolgate. CAMINO TVR.....	21
7. CONFIGURAZIONE DEL CODICE.....	22
7.1. CALMET.....	22
7.2. Applicazione del codice CALMET	23
7.3. CALPUFF	25
7.4. Dominio di Calcolo per la Dispersione.....	26
7.5. Recettori discreti	27
7.6. Effetto edificio	28
7.7. Calcolo delle deposizioni secche ed umide per le diossine	30
8. RISULTATI.....	31
8.1. Recettori Discreti.....	31
8.1.1. <i>Concentrazioni in aria ambiente per i gas e polveri</i>	<i>31</i>
8.1.2. <i>Deposizioni.....</i>	<i>32</i>
8.1.3. <i>Accumulo nel terreno.....</i>	<i>34</i>
8.2. Recettori A Griglia	36
8.2.1. <i>Valori di Concentrazione di gas e polveri.....</i>	<i>36</i>
8.2.2. <i>Valori di Deposizione PCDD/DF.....</i>	<i>36</i>
9. CONCLUSIONI	43

PREMESSA

Il presente studio diffusionale è stato redatto al fine di valutare l'impatto sulla qualità dell'aria correlato all'impianto di raccolta, selezione meccanica e termovalorizzazione rifiuti di A.A.M.P.S. Azienda Ambientale di Pubblico Servizio S.p.A. di Livorno (LI).

Tale studio diffusionale è stato fatto anche sulla base dei risultati alla campagna di caratterizzazione della deposizione di specifici inquinanti su area esterna all'impianto.

Il presente studio riporta quindi gli esiti della campagna di caratterizzazione, ottenuti mediante la modellazione dei dati di emissione con il codice di calcolo CALPUFF.

Per quanto concerne la meteorologia utilizzata, sono stati analizzati i dati di 3 differenti stazioni (stazione meteorologica con palo a 25 metri sul livello del suolo di LAMMA COMMA MED, stazione mareografica della rete nazionale di Livorno, stazione virtuale del modello COSMO di ARPA EMR per i profili in quota) con le quali, mediante il codice di calcolo CALMET, sono stati definiti gli input meteorologici di un intero anno solare.

Tutto ciò ha permesso di valutare l'impatto che le emissioni determinano sull'ambiente circostante.

Il documento seguente, quindi, riporta:

- la descrizione dell'area di studio;
- la descrizione del codice di calcolo utilizzato;
- l'analisi meteorologica e climatologica;
- la definizione dello scenario emissivo;
- la configurazione del codice di calcolo;
- l'analisi dei risultati.

1. INQUADRAMENTO TERRITORIALE

L'impianto di trattamento rifiuti di A.A.M.P.S. Azienda Ambientale di Pubblico Servizio S.p.A è sito in zona Picchianti in via dell'Artigianato, nel comune di Livorno.

Nella seguente figura si rappresenta la localizzazione dell'impianto la cui posizione è individuata al fine dello studio per la dispersione dei parametri di qualità dell'aria sul territorio.



Figura 1-1 Aerofotogramma con la localizzazione dell'impianto AAMPS di Livorno.

2. DESCRIZIONE DEL CICLO PRODUTTIVO

2.1 RACCOLTA E SELEZIONE MECCANICA

Tutti i rifiuti solidi urbani prodotti nell'ambito del Comune di Livorno vengono raccolti con i mezzi della società A.A.M.P.S. e di terzi. Dopo essere controllati da un portale per verificarne l'eventuale presenza di materiali radioattivi presso la portineria di via dei Cordai, vengono convogliati all'impianto di selezione meccanica ubicato nell'Insediamento Industriale Picchianti.

Il processo di selezione meccanica consiste nell'eliminazione del materiale ferroso, tramite l'utilizzo di un magnete posto all'ingresso dell'impianto, nella triturazione del rifiuto e, successivamente, in due stadi di vagliatura in serie attraverso il passaggio in due cilindri rotanti aventi una magliatura di volta in volta sempre più sottile.

Il prodotto che ne consegue (sopra-vaglio), privo della frazione umida, viene denominato Frazione Secca, che presenta la caratteristica di possedere un potere calorifico inferiore (P.C.I.) di oltre 10.000 kJ/kg, superiore rispetto a quello dei RUI (circa 8.000 kJ/kg), e di conseguenza risultare più idoneo al successivo processo di termoutilizzazione.

Il rifiuto residuo generato dal processo di selezione meccanica viene chiamato sottovaglio ed è trasportato ad impianti di trattamento biologico/stabilizzazione gestiti da terzi.

I materiali ferrosi estratti dalla selezione vengono invece avviati a recupero di materia presso piattaforme di terzi opportunamente autorizzate.

La frazione secca è caricata su dei compattatori e trasferito al termovalorizzatore pronto per essere incenerito.

2.2 LA GESTIONE DELLA FOSSA STOCCAGGIO RIFIUTI DEL TVR

L'operatore "bennista" in servizio al TVR, verifica lo spazio all'interno della fossa stoccaggio rifiuti, per consentire lo scarico del mezzo.

Terminato lo scarico e chiuso il portone di accesso alla fossa stoccaggio rifiuti, il "bennista" movimentata il materiale per renderlo il più possibile omogeneo.

Lo stesso operatore effettua il controllo, mediante telecamera, del carico dei rifiuti nelle tramogge dei forni di incenerimento e dello scarico nella fossa di stoccaggio.

2.3 LA TERMOUTILIZZAZIONE DEL RIFIUTO

Prima di poter effettuare la combustione della frazione secca, viene eseguito un pre-riscaldamento del TVR con l'ausilio dei bruciatori alimentati a gas metano.

L'operazione si effettua sia per rispettare la legislazione vigente in merito alla produzione di sostanze inquinanti (D.Lgs 152/06) sia per permettere un aumento graduale delle temperature del termovalorizzatore, preservando così le pareti refrattarie dello stesso.

Al raggiungimento della temperatura minima di esercizio di 850°C prevista dalla normativa ambientale in camera di post combustione, è possibile con immettere il rifiuto, opportunamente pesato, nella tramoggia di carico del TVR.

L'alimentatore oleodinamico trasferisce sulla prima griglia di combustione il rifiuto dove, dato l'elevato calore presente, subisce l'autoinnesco. Con l'ausilio di aria, inviata dal ventilatore in 5 condotti sottogriglia separati, ha inizio la combustione del rifiuto.

Nel caso in cui la temperatura di combustione si dovesse abbassare sotto gli 850°C, parte automaticamente il bruciatore di post combustione.

Il rifiuto viene sottoposto quindi al processo di combustione sulla prima griglia e sull'inizio della seconda, entrambe raffreddate ad acqua.

Alla fine della seconda griglia di combustione rimangono le scorie, che rappresentano il 19 % circa del totale, da termodistruzione che vengono raffreddate in una vasca e tramite un estrattore trasferite dai nastri di trasporto scorie ai mezzi adibiti al trasferimento presso impianti di recupero di materia opportunamente autorizzati.

Tutti i parametri di combustione si impostano e si regolano in automatico tramite il sistema di supervisione (DCS) presente in sala controllo che si basa principalmente sui seguenti parametri:

- Velocità alimentatore e griglie;
- Tenore di ossigeno in camera di post combustione;
- Portata aria primaria in funzione della portata vapore nei vari condotti sottogriglia mediante delle costanti di regolazione;
- Portata aria secondaria in funzione dell'ossigeno in camera di post combustione e delle temperature di esercizio

Il TVR è mantenuto in costante depressione mediante il ventilatore di aspirazione fumi assicurando che tutto l'aeriforme prodotto della combustione venga effettivamente inviato al camino.

I prodotti della combustione, prima di attraversare alla sezione di depurazione fumi composta da batterie di filtri a manica, percorrono un percorso obbligato (giri dei fumi) cedendo calore ai vari schermi e al corpo cilindrico della caldaia e producendo vapore. Successivamente cedono calore al surriscaldatore del vapore e all'economizzatore utilizzato per pre-riscaldare l'acqua di alimento.

La temperatura dei fumi all'ingresso della sezione depurazione è di circa 220 - 240°C.

2.4 LA DEPURAZIONE DEI GAS PRODOTTI DALLA COMBUSTIONE DEL RIFIUTO

Durante la combustione del rifiuto vengono prodotte e contenute le seguenti sostanze inquinanti principali:

- Acido cloridrico (HCl);
- Acido Fluoridrico (HF);
- Anidride solforosa (SO₂);
- Ossidi di azoto (Nox);

- Ossido di carbonio (CO);
- Mercurio, Metalli pesanti;
- Microninquinanti Organici;
- Ceneri da termodistruzione.

L'impianto è costituito da una sezione di abbattimento degli inquinanti che prevede l'iniezione di reagenti in fase solida e l'iniezione di una soluzione e più precisamente:

- Utilizzo di bicarbonato di sodio per la neutralizzazione a secco dei gas acidi (HCl, SO₂, HF). Il bicarbonato messo a contatto con i fumi della combustione ad alta temperatura, si trasforma rapidamente in carbonato di sodio ad alta superficie specifica e porosità;
- Utilizzo mediante assorbimento del carbone attivo per la cattura di: mercurio, metalli pesanti (Hg, Cd, Pb, As, Br, Co, Cs, Cr, Sb, Se, Th), composti organici altobollenti (diossine, furani) e idrocarburi policiclici aromatici (IPA). Il carbone attivo, ricavato per sintesi di sostanze organiche ridotte, finemente macinato, sviluppa superfici specifiche elevatissime (> 700 m²/g) e pertanto esercita un elevatissimo potere di assorbimento, ovvero di trasferimento di materia da gas a solido.
- Utilizzo di urea per il contenimento degli ossidi di azoto (Nox). Occorre ricordare che nella camera di post combustione, tramite una lancia raffreddata ad acqua e avente un ugello nebulizzatore, viene iniettata una soluzione di urea al 33%, con la funzione di abbattere gli ossidi di azoto. La fascia di temperatura ottimale della reazione chimica dell'urea è compresa tra 850°C e 1050° C.
- Ottimizzazione dei parametri di combustione (aria primaria velocità alimentatore e griglie e di combustione) per il contenimento dell'ossido di carbonio (CO). L'indice di un'ottima combustione è l'anidride carbonica (CO₂): maggiore è questo valore, minore è il valore dell'ossido di carbonio che si produce e migliore è la combustione del rifiuto.
- Utilizzo di un sistema di filtraggio per l'abbattimento delle polveri.

I gas prodotti dalla combustione, contenenti le sostanze inquinanti sopraelencate, provenienti dalla caldaia, attraversano in senso discendente, un condotto denominato torre di condizionamento.

Scopo di questa apparecchiatura è contenere la temperatura degli stessi, quando necessario, iniettando acqua tramite una elettropompa e degli ugelli nebulizzatori (la temperatura dei fumi in uscita dalla torre di condizionamento è compresa tra 210 e 230 °C).

I gas della combustione contenenti i prodotti solidi della reazione chimica avvenuta all'interno del reattore di assorbimento attraversano una sezione costituita da 6 celle di filtri a maniche.

Ogni cella di filtraggio contiene circa 100 calze in he hanno la capacità di trattenere le impurità solide.

La temperatura dei gas della combustione in ingresso ai filtri a manica non deve superare i 210°C, a protezione delle calze infatti viene addotta, in caso di superamento della soglia di allarme, aria fredda da una valvola denominata "aria falsa".

Inoltre, la temperatura all'interno delle celle filtri a manica non deve scendere sotto i 120°C, per evitare impaccamenti delle ceneri nelle calze. A tale scopo entrano in funzione delle resistenze automatiche, qualora la temperatura scendesse sotto la soglia di allarme.

I gas della combustione, privi di sostanze inquinanti vengono così inviati dal ventilatore aspirazione fumi, tramite il camino, all'atmosfera ad una temperatura di 160 – 170°C, comunque sempre superiore al punto di rugiada acido.

Le ceneri leggere originate dal processo, che corrispondono al 4% circa del rifiuto trattato, vengono trasportate presso impianti terzi che svolgono il trattamento chimico fisico di inertizzazione propedeutico al successivo conferimento in discarica per rifiuti pericolosi.

I prodotti della combustione attraversano un reattore di assorbimento in senso discendente. In questa apparecchiatura viene ottimizzata la probabilità di reazione chimica del reagente solido con le sostanze acide contenute nei fumi, favorendone, con opportune turbolenze e velocità, il contatto alle condizioni ottimali di temperatura e umidità.

Allo scopo di abbattere gli ossidi di azoto viene iniettata in camera di post combustione urea, che nella fascia di temperatura compresa tra 850 – 1050°C, ha un forte potere riduttivo. Il sistema è costituito da: delle elettropompe per l'iniezione del prodotto e da delle lance raffreddate ad acqua per la nebulizzazione dello stesso.

Per abbattere i metalli pesanti, le diossine, il mercurio e gli IPA, viene immesso nella tubazione "venturi", il carbone attivo, che andrà a reagire anch'esso nel reattore di assorbimento. Il sistema consiste in un mulino costituito da: un dosatore che dosa la giusta quantità di reagente, una coclea che regola la quantità di reagente da inviare e da un ventilatore che ne permette l'invio alla tubazione "Venturi".

2.5 IL CONTROLLO IN CONTINUO DELLE EMISSIONI CONVOGLIATE

Il camino, unico per le due linee di incenerimento, è provvisto di diversi sistemi di analisi:

- Sistema estrattivo FTIR (spettrometro con cella riscaldata) per il controllo in continuo dei seguenti componenti: CO, NO, NO₂, HCl, NH₃, H₂O, HF, SO₂
- Sistema MULTIFID per le analisi del carbonio organico totale COT (rilevatore a ionizzazione di fiamma)
- Analizzatori DURAG per la misura della portata fumi
- Analizzatori polveri DURAG che opera con il metodo della rifrazione di luce;
- Analizzatore in continuo del Mercurio;
- Campionatore in continuo DECS per i microinquinanti organici;
- Sensore di temperatura per la misura della temperatura dei fumi in uscita dal camino;
- Sonda con cella all'ossido di zirconio per l'ossigeno.

L'analizzatore è collegato con un sistema di acquisizione dati centrale con memorizzazione dei dati, elaborazione dati e allarmi con segnalazione a video e/o stampante delle variabili, calcolo e visualizzazione dei valori istantanei, medi, semi-orari, giornalieri, mensili, annuali di una o più

variabili. I dati delle emissioni vengono trasmessi ogni 15 giorni all'organo preposto al controllo, l'ARPAT.

2.6 IL CICLO TERMICO E LA PRODUZIONE DI ENERGIA ELETTRICA

Il termovalorizzatore ha una caldaia per ogni linea, con una producibilità nominale di 17 t/h di vapore, alimentate con acqua sottoposta ai processi di ultrafiltrazione e osmosi inversa proveniente dall'acquedotto di rete dell'acqua industriale.

L'acqua prodotta dagli impianti di dissalazione, tramite un'elettropompa è inviata al degasatore. Dal degasatore termico, tramite l'elettropompa di alimento, attraversa l'economizzatore ricevendo calore dai gas della combustione e aumentando così la sua temperatura (130 °C). Successivamente è inviata al corpo cilindrico della caldaia.

I gas della combustione, scambiando calore con l'acqua demineralizzata contenuta negli schermi e nel corpo cilindrico (dove avviene la separazione acqua/vapore) della caldaia, determinano la produzione di vapore saturo ad una pressione di 38 bar.

Dal corpo cilindrico, tramite la tubazione di uscita, il vapore saturo raggiunge il surriscaldatore, dove subisce un aumento di temperatura (360 °C) a pressione costante, allo scopo di eliminare il suo contenuto di umidità, operazione indispensabile per il funzionamento del turboalternatore.

Il vapore mediante la tubazione ammissione T/A, viene inviato ad una turbina ad azione collegata, mediante un giunto di riduzione, ad un alternatore.

Si ha la trasformazione dell'energia termica contenuta nel vapore, in energia elettrica prodotta dal turboalternatore.

Un'aliquota dell'energia elettrica prodotta dal turboalternatore viene autoconsumata internamente, mediante opportuna rete elettrica interna, dalle utenze del sito industriale; la quota eccedente viene ceduta alla rete esterna e valorizzata in termini economici mediante accordi commerciali con gli operatori del settore.

In condizioni ottimali di marcia (17 t/h di vapore per linea) alla pressione del vapore di ingresso di 38 bar e allo scarico di 0,1 bar, la potenza nominale erogabile ai morsetti dell'alternatore è di 6,673 MW/h.

L'acqua necessaria al raffreddamento del vapore all'interno del condensatore (circuito di cooling) proviene dalla rete industriale viene stoccata in una vasca di raccolta che viene filtrata e dissalata mediante decarbonatazione.

2.7 LA SOSTENIBILITÀ AMBIENTALE, L'EFFICIENZA ENERGETICA- LE PRESTAZIONI

Il termovalorizzatore di Livorno è in possesso dei più elevati standard di certificazione del Sistema di Gestione Integrato Ambientale come il regolamento comunitario EMAS, l'ISO9001 e 14001 e l'OHSAS 19001, strumenti di politica ambientale e industriale a carattere volontario, volti a promuovere costanti miglioramenti dell'efficienza ambientali delle attività industriali.

A tale scopo sono stati redatti dei manuali di gestione integrata della qualità e dell'ambiente termovalorizzatore.

La società A.A.M.P.S., gestore del TVR, opera con la massima trasparenza e nel rispetto delle normative vigenti a tutela dell'ambiente, fornendo tutti i dati relativi alle emissioni al camino, i dati di conduzione e produzione dell'impianto agli enti preposti al controllo (ARPAT).

I valori medi registrati dal Sistema di Monitoraggio in Continuo delle Emissioni in atmosfera evidenziano costantemente valori inferiori ai limiti imposti dal D.Lgs 152/06 di oltre un ordine di grandezza.

Di seguito si riporta un riepilogo dei valori registrati, archiviati e trasmessi agli Enti di controllo relativi all'anno 2017.

Dal punto di vista dell'efficienza energetica l'impianto di Termovalorizzazione è in possesso della Qualifica R1 in relazione all'operazione di Recupero Energetico; tale qualifica è stata ufficialmente riconosciuta e confermata dalla Regione Toscana, sentito il parere di Arpat.

L'impianto in questione rappresenta l'unico a livello regionale in possesso del requisito relativo all'efficienza energetica dell'intero processo ovvero di essere contraddistinto da un valore del parametro superiore a 0,6.

EMISSIONI CONVOGLIATE ATMOSFERA/DATI 2017 VS. LIMITI NORMATIVI				
COMPOSIZIONE	UM	LIMITE GIORNALIERO D.LGS 152/06	2017	% Media/Limite Giornaliero
Acido Cloridrico	mg/Nm ³	10	0,25	2,5%
Ossidi di Azoto	mg/Nm ³	200	141,30	70,7%
Anidride Solforosa	mg/Nm ³	50	0,03	0,1%
Monossido di Carbonio	mg/Nm ³	50	2,28	4,6%
Acido Fluoridrico	mg/Nm ³	1	0,00	0,0%
Ammoniaca	mg/Nm ³	30	5,55	18,5%
Carbonio Org. Totale	mg/Nm ³	10	0,85	8,5%
Polveri	mg/Nm ³	10	0,29	2,9%

Prestazioni Ambientali – Esiti dello SME / Confronto con i limiti del D.Lgs 152/06

Rifiuti Trattati	Energia elettrica prodotta
220 T/giorno di Frazione Secca	120 MWh/giorno
77.000 T/anno di Frazione Secca	40.000 MWh/anno

Prestazioni energetiche - TVR – Anno 2017

Con la produzione di 40.000 MWh all'anno, possiamo fornire l'energia giornaliera necessaria a circa 10.000 utenze domestiche (consumo medio per utenza abitativa pari a 4.000 kWh/anno) che equivale ad un comune di circa 40.000 abitanti.

3. MODELLISTICA DIFFUSIONALE

3.1. APPROCCIO METODOLOGICO

L'obiettivo dello studio è la valutazione, per mezzo dell'applicazione di un opportuno modello diffusionale (UNI 10964:2001 "Studi di impatto ambientale - Guida alla selezione dei modelli matematici per la previsione di impatto sulla qualità dell'aria"; UNI 10796:2000 "Valutazione della dispersione in atmosfera di effluenti aeriformi - Guida ai criteri di selezione dei modelli matematici") della concentrazioni e deposizioni degli inquinanti caratteristici dell'emissione sia sul territorio circostante che in alcuni punti specifici, opportunamente individuati e ritenuti di particolare importanza per il territorio.

Le fasi, secondo cui si è proceduto nell'elaborazione del presente studio, sono:

- 1) Acquisizione ed elaborazione dei dati territoriali (DTM, utilizzo del suolo etc.)
 - a. Il dominio di calcolo è stato individuato facendo riferimento alla localizzazione dello stabilimento di AAMPS di Livorno e dei potenziali recettori individuabili sul territorio (abitato urbano, recettori sensibili etc.).
 - b. L'area, sufficientemente estesa per comprendere sia l'area costiera che entroterra, è stata individuata in un dominio di calcolo stimabile in circa 20 km, direzione W-E, per 20 km direzione N-S.
- 2) Acquisizione ed elaborazione delle informazioni relative all'emissioni convogliate.
 - a. I dati per le emissioni convogliate sono stati desunti dal quadro riassuntivo delle emissioni e da autocontrolli.
- 3) Acquisizione ed Elaborazione dei dati meteorologici relativi all'anno 2015-2016.
 - a. le stazioni meteorologiche presenti nel dominio di calcolo considerato, o in prossimità di questo, sono state selezionate sulla base della rappresentatività spaziale rispetto all'area allo studio ed in base ai parametri meteorologici misurati.
 - b. I dati meteorologici sono stati elaborati per predisporre una caratterizzazione meteo-climatica dell'area in esame relativamente al periodo preso a riferimento.
 - c. I dati meteorologici acquistati sono stati elaborati tramite l'applicazione del codice di calcolo CALMET per la predisposizione dei file di ingresso al modello di dispersione ed al calcolo dei parametri necessari come: classi di stabilità atmosferica, altezza dello strato di mescolamento etc.
- 4) Applicazione del codice numerico di dispersione per la valutazione delle ricadute delle sostanze emesse dai camini di emissione per l'anno 2015-2016.
 - a. Per l'attività, oggetto del presente studio, è stato applicato il codice di dispersione Calpuff per la valutazione delle ricadute delle sostanze emesse così come individuate al punto 2.

b. Sono stati predisposti i necessari file di input al modello di dispersione per svolgere simulazioni che comprendano come arco temporale un anno di dati meteo come descritto nel punto 3.

c. Le simulazioni sono state svolte, per tutte le sorgenti individuate al punto 2, con dati di emissione costanti derivanti dai limiti autorizzati.

d. Le simulazioni forniscono come risultati le concentrazioni su tutto il dominio di calcolo selezionato ed in punti recettori opportunamente individuati.

5) Risultati

a. I risultati delle simulazioni sono rappresentati in forma tabellare per i recettori individuati e confrontati con gli i valori limite di qualità dell'aria mentre sono state realizzate mappe di isoconcentrazione per i recettori su griglia cartesiana.

b. I risultati ottenuti sono elaborati e rappresentati per l'area oggetto dello studio.

3.2. CALPUFF MODEL SYSTEM

Il sistema di modelli CALPUFF MODEL SYSTEM1, inserito dall'U.S. EPA in Appendix A di "Guideline on Air Quality Models", è stato sviluppato da Sigma Research Corporation, ora parte di Earth Tech, Inc, con il contributo di California Air Resources Board (CARB).

Il sistema di modelli è composto da tre componenti:

- Il preprocessore meteorologico CALMET: utile per la ricostruzione del campo tridimensionale di vento e temperatura all'interno del dominio di calcolo;
- Il processore CALPUFF: modello di dispersione, che 'inserisce' le emissioni all'interno del campo di vento generato da Calmet e ne studia il trasporto e la dispersione;
- Il postprocessore CALPOST: ha lo scopo di processare i dati di output di CALPUFF, in modo da renderli nel formato più adatto alle esigenze dell'utente.

CALMET è un preprocessore meteorologico di tipo diagnostico, in grado di riprodurre campi tridimensionali di vento e temperatura e campi bidimensionali di parametri descrittivi della turbolenza. È adatto a simulare il campo di vento su domini caratterizzati da orografia complessa. Il campo di vento viene ricostruito attraverso stadi successivi, in particolare un campo di vento iniziale viene rielaborato per tenere conto degli effetti orografici, tramite interpolazione dei dati misurati alle centraline di monitoraggio e tramite l'applicazione di specifici algoritmi in grado di

¹ CALPUFF Regulatory Updates and Consequence Analysis

The current regulatory version of the CALPUFF Modeling System includes:

CALPUFF version 5.8, level 070623

CALMET version 5.8, level 070623

CALPOST version 5.6394, level 070622

For every update of the "EPA-approved" version of the CALPUFF Modeling System, a consequence analysis is performed by EPA using an update protocol that identifies what model changes have been made and their implications based on the analysis results. This analysis compares the base CALPUFF Modeling System (i.e., current regulatory version) with the beta (i.e., proposed updated version).

simulare l'interazione tra il suolo e le linee di flusso. Calmet è dotato, infine, di un modello micrometeorologico per la determinazione della struttura termica e meccanica (turbolenza) degli strati inferiori dell'atmosfera.

CALPUFF è un modello di dispersione 'a puff' multi-strato non stazionario. È in grado di simulare il trasporto, la dispersione, la trasformazione e la deposizione degli inquinanti, in condizioni meteorologiche variabili spazialmente e temporalmente. CALPUFF è in grado di utilizzare campi meteorologici prodotti da CALMET, oppure, in caso di simulazioni semplificate, di assumere un campo di vento assegnato dall'esterno, omogeneo all'interno del dominio di calcolo. CALPUFF contiene diversi algoritmi che gli consentono, opzionalmente, di tenere conto di diversi fattori, quali: l'effetto scia dovuto agli edifici circostanti (building downwash) o allo stesso camino di emissione (stack-tip downwash), shear verticale del vento, deposizione secca ed umida, trasporto su superfici d'acqua e presenza di zone costiere, presenza di orografia complessa, ecc. CALPUFF è infine in grado di trattare diverse tipologie di sorgente emissiva, in base essenzialmente alle caratteristiche geometriche: sorgente puntiforme, lineare, areale, volumetrica.

CALPOST consente di elaborare i dati di output forniti da CALPUFF, in modo da ottenere i risultati in un formato adatto alle esigenze dell'utente. Tramite Calpost si possono ottenere dei file di output direttamente interfacciabili con software grafici per l'ottenimento di mappe di concentrazione.

4. AREA DI STUDIO

Per il calcolo delle concentrazioni in aria ambiente derivanti dalle emissioni dell'impianto di AAMPS di Livorno è scelto di selezionare un dominio di calcolo comprendente un'area di estensione pari a circa 800 km² nel comune di Livorno e centrata sullo stabilimento, come mostrato dal quadrato rosso in figura 4-1. Il dominio è da ritenersi idoneo alla descrizione della dispersione degli inquinanti emessi dall'impianto in relazione all'altezza dai camini considerate ed alla meteorologia dell'area.

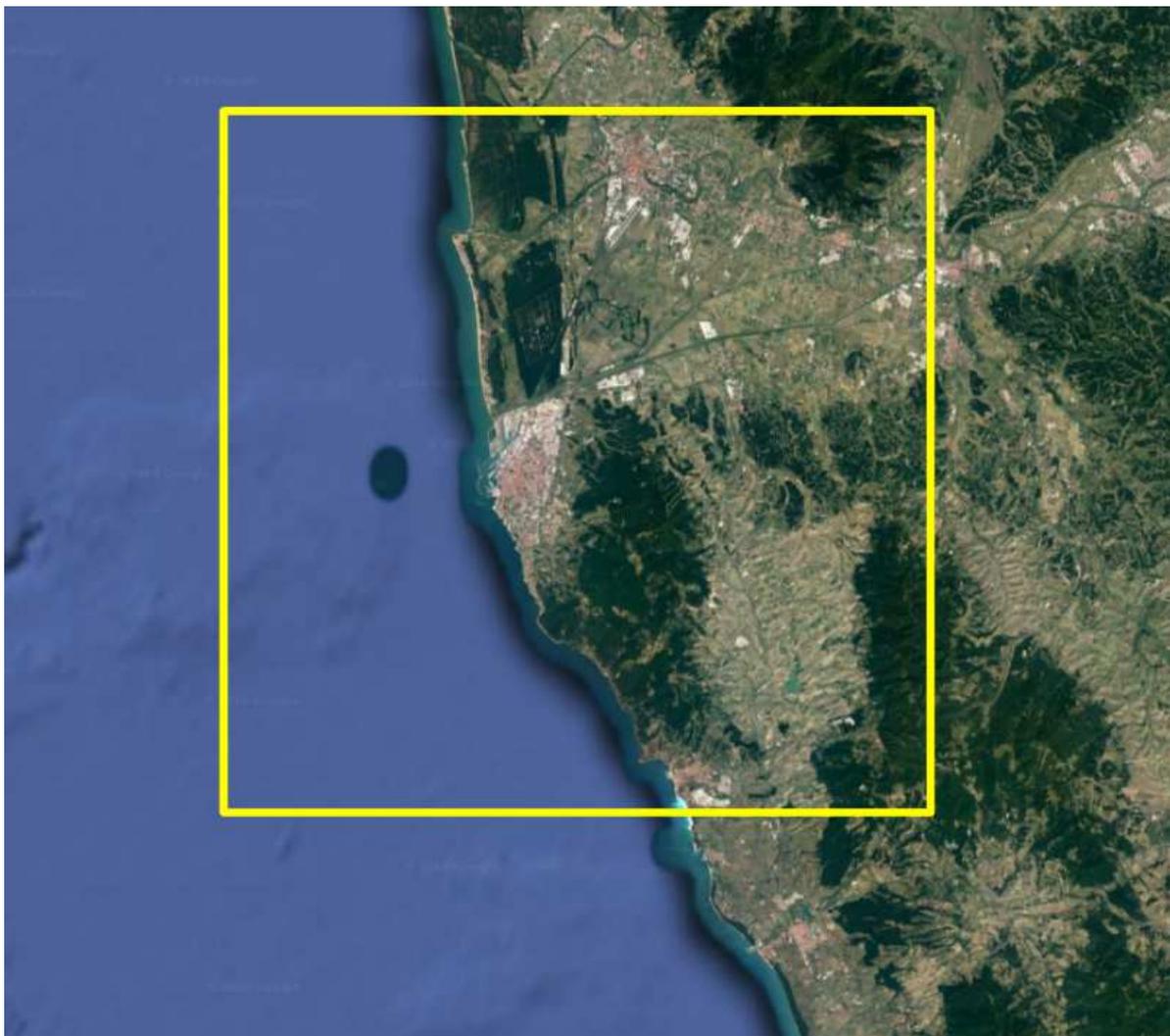


Figura 4-1 Ara di studio definita in un dominio di estensione pari a circa 40 km x 40 km.

L'area di studio, così individuata, comprende un territorio pari a circa 40 km in direzione N-S e 40 km in direzione O-E che ben rappresenta la conformazione del territorio ed include i potenziali recettori sensibili.

5. METEOROLOGIA E CLIMATOLOGIA

In questo paragrafo, relativo alla caratterizzazione meteorologica dell'area allo studio, si rappresentano le statistiche descrittive dei principali parametri misurati dalle stazioni meteorologiche o da dati di archivi informatici di modelli previsionali meteorologici utili per la caratterizzazione del sito.



Figura 5-1 Localizzazione dello stabilimento dell'impianto AAMPS di Livorno e delle stazioni meteorologiche utilizzate per la caratterizzazione meteorologica dell'area.

In particolare, si è selezionato:

- Stazione meteorologica con palo a 25 metri sul livello del suolo di LAMMA COMMA MED
- Stazione mareografica della rete nazionale di Livorno
- Stazione virtuale del modello COSMO di ARPA EMR per i profili in quota

5.1. CARATTERIZZAZIONE STAZIONI METEOROLOGICHE

Di seguito si riportano le specifiche relative alle tre diverse stazioni meteorologiche utilizzate per la caratterizzazione dell'area.

5.1.1. Dati meteorologici - Stazione meteorologica LAMMA COMMA MED

Sono stati acquisiti i dati rilevati dalla stazione meteorologica di Livorno gestita dal Consorzio LAMMA per l'anno solare da marzo 2015 a marzo 2016. I dati sono da ritenersi rappresentativi dell'area di indagine e permettono di utilizzare dati di monitoraggio meteorologico al suolo che forniscono indicazioni su microscala necessaria allo studio in questione. Le caratteristiche della stazione sono riportate nella tabella sottostante.

Stazione meteorologica di Livorno

Indirizzo Stazione: Istituto Tecnico "Alfredo Cappellini", Piazza Giovine Italia, 1 - 57126 Livorno

Info Stazione Meteorologica

Lon. E (Greenwich)	10.3046
Lat. N	43.5471
Terrazzo palazzo (m)	25
Quota suolo s.l.m.(m)	5
Quota stazione s.l.m.(m)	30
Data installazione	01/10/2003
Data riconfigurazione	08/03/2013
Modalità trasmissione dati	Acquisizione diretta dei segnali tramite moduli ADAM e software LaMMA

Posizione Sensori

Sensore	Altezza Sensore		
	Terrazzo (m) 25	Suolo (m) 5	Quota (s.l.m.) 30
Termometro	2.0	27.0	32.0
Pluviometro	0.2	25.2	30.2
Anemometro (DV)	3.5	28.5	33.5
Banderuola (VV)	3.5	28.5	33.5
Igrometro	2.0	27.0	32.0
Barometro	1.5	26.5	31.5
Radiometro	2.0	27.0	32.0
Radiometro UV-B	0.6	25.5	30.5

Caratteristiche Sensori

Sensore	Marca Sensore	Tipologia Strumento
Termometro	CPE (IST)	PT100
Pluviometro	DeltaT devices	Pluviometro a doppia vaschetta oscillante
Anemometro (DV)	WindSonic - Gill Instruments	Anemometro sonico bidirezionale
Banderuola (VV)	WindSonic - Gill Instruments	Anemometro sonico bidirezionale
Igrometro	CPE (Humirel)	Sensore capacitivo
Barometro	CPE	
Radiometro	CPE	Solarimetro a fotocella
Radiometro UV-B	Solarlight	Fotocella

Tabella 1 Specifiche stazione [fornite dal Consorzio LaMMA]



Figura 5-2 Localizzazione delle stazione meteorologica LAMMA COMMA MED di Livorno

5.1.2. Dati meteorologici - Stazione meteorologica SMN di Livorno

Sono stati acquisiti i dati rilevati dalla stazione meteorologica di Livorno gestita dal Servizio Mareografico Nazionale (SMN) per l'anno solare da marzo 2015 a marzo 2016. I dati, sono da ritenersi rappresentativi dell'area di indagine e permettono di utilizzare dati di monitoraggio meteorologico al suolo che forniscono indicazioni su microscala necessaria allo studio in questione. Le caratteristiche della stazione sono riportate nella tabella sottostante.

Stazione meteorologica di Livorno

Indirizzo Stazione: Via del Molo Mediceo - 57126 Livorno

Info Stazione Meteorologica

Lon. E (Greenwich)	10° 17' 57.62"
Lat. N	43° 32' 46.63"
Quota stazione s.l.m.(m)	1.6926
Modalità trasmissione dati	Sistema locale di gestione e memorizzazione dei dati. Apparato di trasmissione (UMTS) in tempo reale alla sede centrale del SMN a Roma

Posizione Sensori

Sensore	Altezza Sensore
	Suolo (m)
Trasduttore di velocità vento	1.6926

Caratteristiche Sensori

Sensore	Tipologia Strumento
Trasduttore di temperatura aria e RH%	T026 TTEPRH
Trasduttore di livello radar	TLR
Trasduttore di temperatura acqua	T020 TTA
Sensore barometrico	SIAP + MICROS PA9880
Trasduttore di direzione vento	T007 TDV
Trasduttore di velocità vento	T006 TVV

Tabella 2 Specifiche stazione [fornite dal Servizio Mareografico Nazionale]



Figura 5-3 Localizzazione delle stazione meteorologica SMN di Livorno.

5.1.3. Dati meteorologici - Stazione meteorologica di Livorno

Si sono acquisiti i dati calcolati dal modello CALMET-LAMA, a cura del Servizio Idrometeorologico di Arpa Emilia Romagna in corrispondenza dell'area di studio.

I dati sono stati ottenuti dall'archivio CALMET - LAMA di ARPA SMR per il periodo 15 marzo 2015- 15 marzo 2016 estratti in un punti compreso nel dominio di indagine, localizzabili come mostrato nelle figure seguente.

Di seguito si riporta la localizzazione, l'anagrafica e l'elenco di tutti i dei paramenti forniti dall'Arpa Emilia Romagna, estratti dal dataset LAMA ed il grafico dei livelli verticali disponibili.

Stazione meteorologica di Livorno

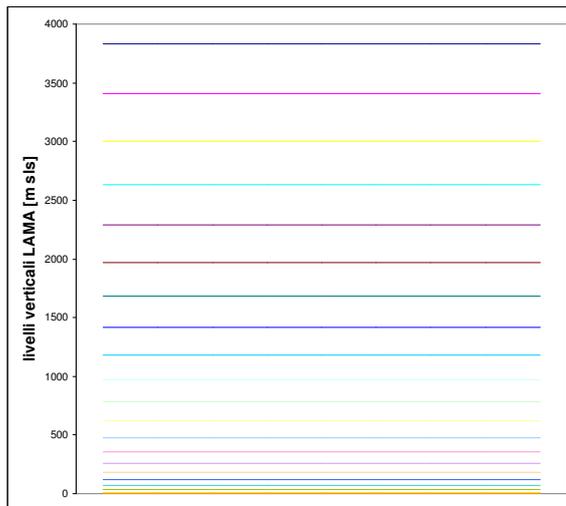
Info Stazione Meteorologica

Lon. E (Greenwich)	10.3355
Lat. N	43.5619
Quota stazione s.l.m.(m)	34

Posizione Sensori

Sensore	Altezza Sensore (m.s.l.m)
Anemometro (DV)	10, ... , 3500

Tabella 3 Specifiche delle stazioni meteorologiche virtuali LAMA



Parametri (alcuni) registrati dal modello LAMA in 3D e 2D

- Pressione : pr [Pa]
- Temperatura: Temp [°K]
- Direzione vento: Dir-wind [Gradi]
- Modulo vento: Mod-wind [m/s]
- Classe di stabilità: Stab.cl 1-6
- Friction velocity: Ustar [m/s]
- Altezza di rimescolamento: Mixing-H [m]
- Lungh. di Monin-Obukov: Monin-Ob [m]
- Convective velocity scale: Wstar [m/s]
- Radiazione visibile netta: SW_Budg [W/m²]
- Radiazione infrarossa netta: LW_Budg [W/m²]
- Flusso di calore latente: LHF [W/m²]
- Flusso di calore sensibile: SHF [W/m²]
- Copertura nuvolosa: Cl.fract [0-1]

Figura 5-4 Livelli verticali e parametri del dataset LAMA



Figura 5-5 Localizzazione della stazione virtuale meteorologica ARPA Emilia-Romagna per Livorno.

5.2. CARATTERIZZAZIONE METEOCLIMATICA

5.2.1. Caratterizzazione meteo climatica

5.2.1.1. Regime anemologico

Il regime dei venti dell'area di studio è stato caratterizzato utilizzando i dati meteorologici dell'anno solare da marzo 2015 a marzo 2016 registrati nei dataset a disposizione, come citato in precedenza. Di seguito si riportano tabelle e figure che descrivono, su base annuale, il regime dei venti dell'area in esame.

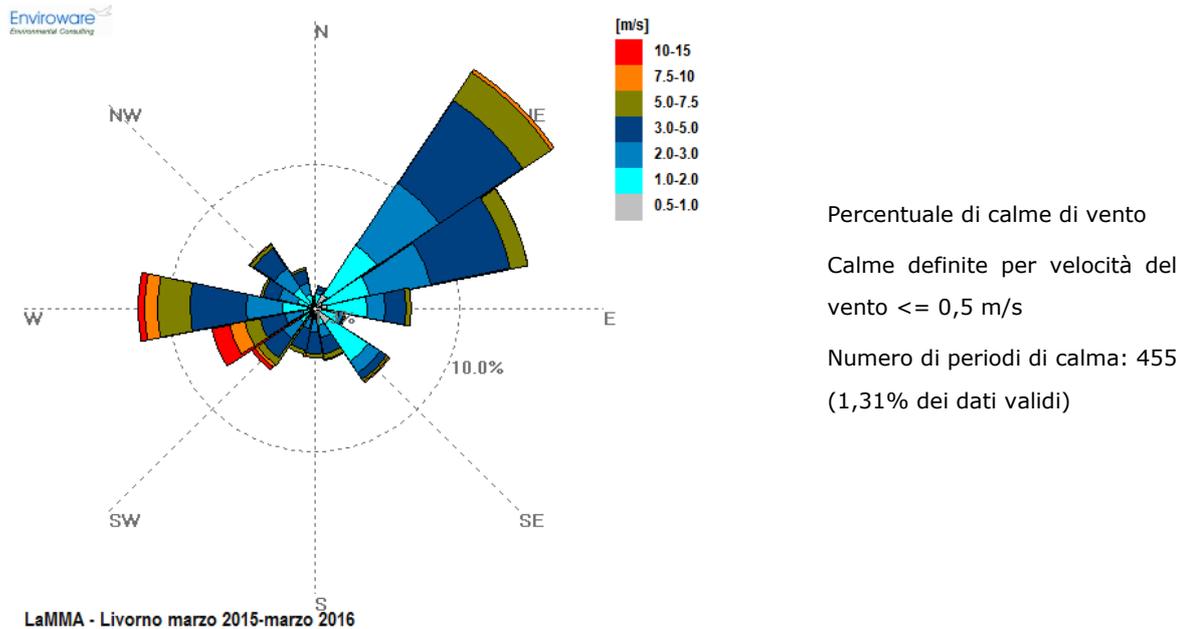


Figura 5-6 Rosa dei venti per l'anno marzo 2015 - marzo 2016 e dati statistici rilevati dalla stazione meteorologica LAMMA COMMA MED di Livorno (quota 30 m slm)

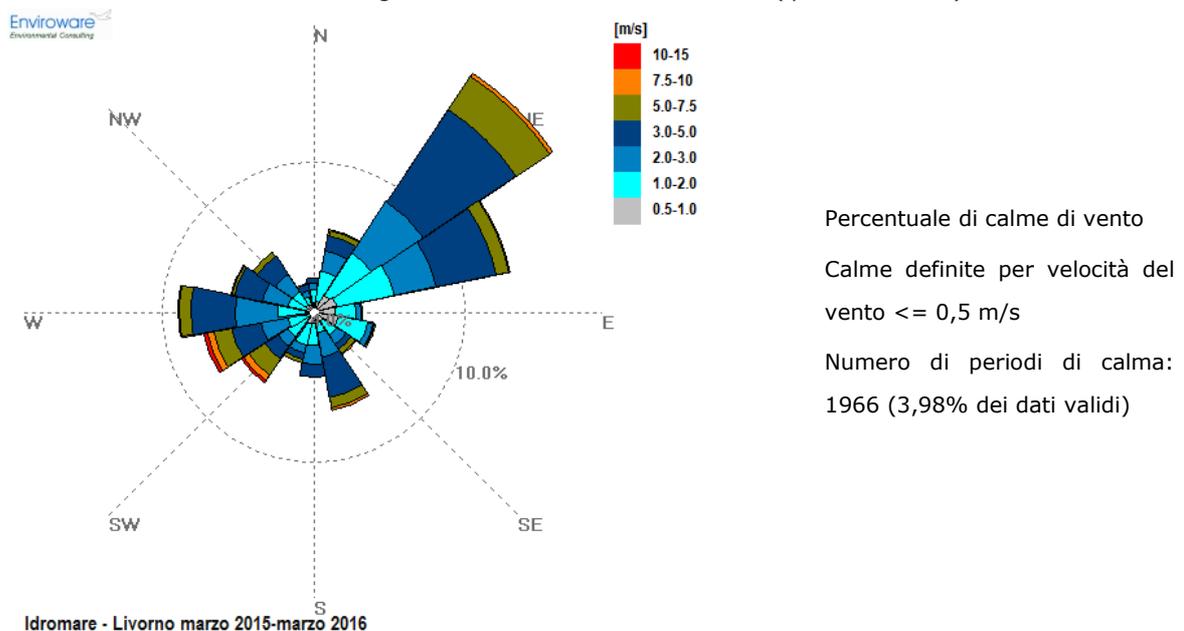
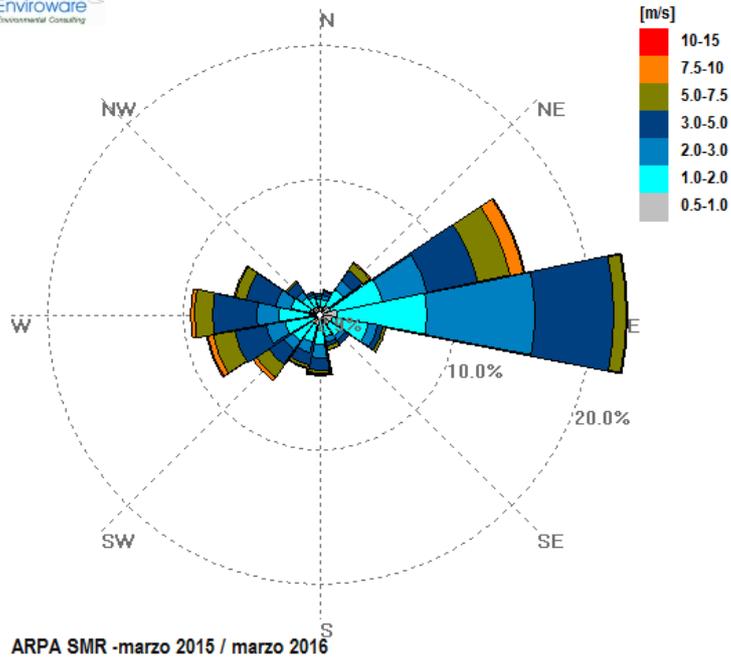


Figura 5-7 Rosa dei venti per l'anno marzo 2015 - marzo 2016 e dati statistici rilevati dalla stazione meteorologica SMN di Livorno (quota 1.7 m slm)

Enviroware
Environmental Consulting



Percentuale di calme di vento

Calme definite per velocità del
vento $\leq 0,5$ m/s

Numero di ore di calma: 259
(2,94% dei dati validi)

ARPA SMR -marzo 2015 / marzo 2016

Figura 5-8 Rosa dei venti del primo livello verticale per l'anno marzo 2015 - marzo 2016 dei dati ARPA SMR per Livorno.

6. SCENARIO EMISSIVO

In questo paragrafo si riporta la sintesi delle sorgenti di emissione derivanti dall'esercizio dell'impianto

6.1. EMISSIONI CONVOLGATE. CAMINO TVR

	X [km]	Y [km]	Portata [Nm ³ /h]	Temperatura Fumi [°C]	Altezza Camino [m]	Diametro [m]	Velocità Fumi [m/s]	Ore Funzionamento [ore/anno]
LINEA 1 + LINEA 2	608.387	4824.758	70.000	150	40	1,7	13	8760

Concentrazioni alle EMISSIONI per CALPUFF [mg/Nm ³]							
	NO ₂	SO ₂	Polveri	CO	HCl	HF	PCDD/F
Camino	136,6	0,06	0,36	2,5	0,24	0,001	4,45*10 ⁻⁹

7. CONFIGURAZIONE DEL CODICE

7.1. CALMET

Per l'applicazione del codice di calcolo CALPUFF MODEL SYSTEM sono stati predisposti i necessari files di ingresso, per le simulazioni del periodo solare dell'anno dal 15 marzo 2015 al 15 marzo 2016, configurazione del codice, realizzati come di seguito riportato, tabella 7.a.

Input	Simulazioni –Dominio Meteorologico
Periodo	anno solare 15 marzo 2015 al 10 marzo 2016
Dominio di calcolo Meteorologico	griglia di calcolo di di 80 celle per 80 celle di passo 0.5 km per una estensione del dominio di 40 km in direzione N-S x 40 km in direzione E-W.
Meteorologia	File SURFACE.DAT: come dati di superficie sono stati inseriti i dati meteo alla quota di 25 m s.l.s. registrati dal modello LAMMA-COMMA MED, nel file SEA.DAT sono stati inseriti i dati misurati dalla stazione MAREOGRAFICA di LIVORNO alla quota di 2 m s.l.m. comprendenti la temperatura dell'aria e la differenza tra temperatura dell'aria e dell'acqua come richiesto da CALMET. File UPAIR.DAT: come dati in quota sono stati inseriti i dati meteorologici da 40 m s.l.s. per il primo livello e per i livelli successivi pari a 18 totali (fino a 2800 m.s.l.s.) disponibili in un punto punti interno al dominio di calcolo acquisito da dati meteo LAMA-SMR ARPA - EMR.
Simulazioni	
Meteorologia	Sono state effettuate simulazioni "short term" per la valutazione del campo di vento e determinazione dei parametri micrometeorologici su scala temporale oraria per il periodo di riferimento.
Output	
	Sono stati elaborati i dati meteorologici il dominio di calcolo per evidenziare le peculiarità in termini di regime dei venti, classi di stabilità atmosferica e altezza dello strato di mescolamento per le successive applicazioni modellistiche di dispersione.

Tabella 7.a Configurazione CALMET

7.2. APPLICAZIONE DEL CODICE CALMET

Il codice meteorologico così come configurato è stato applicato al dominio di calcolo meteorologico sul dominio di seguito rappresentato.

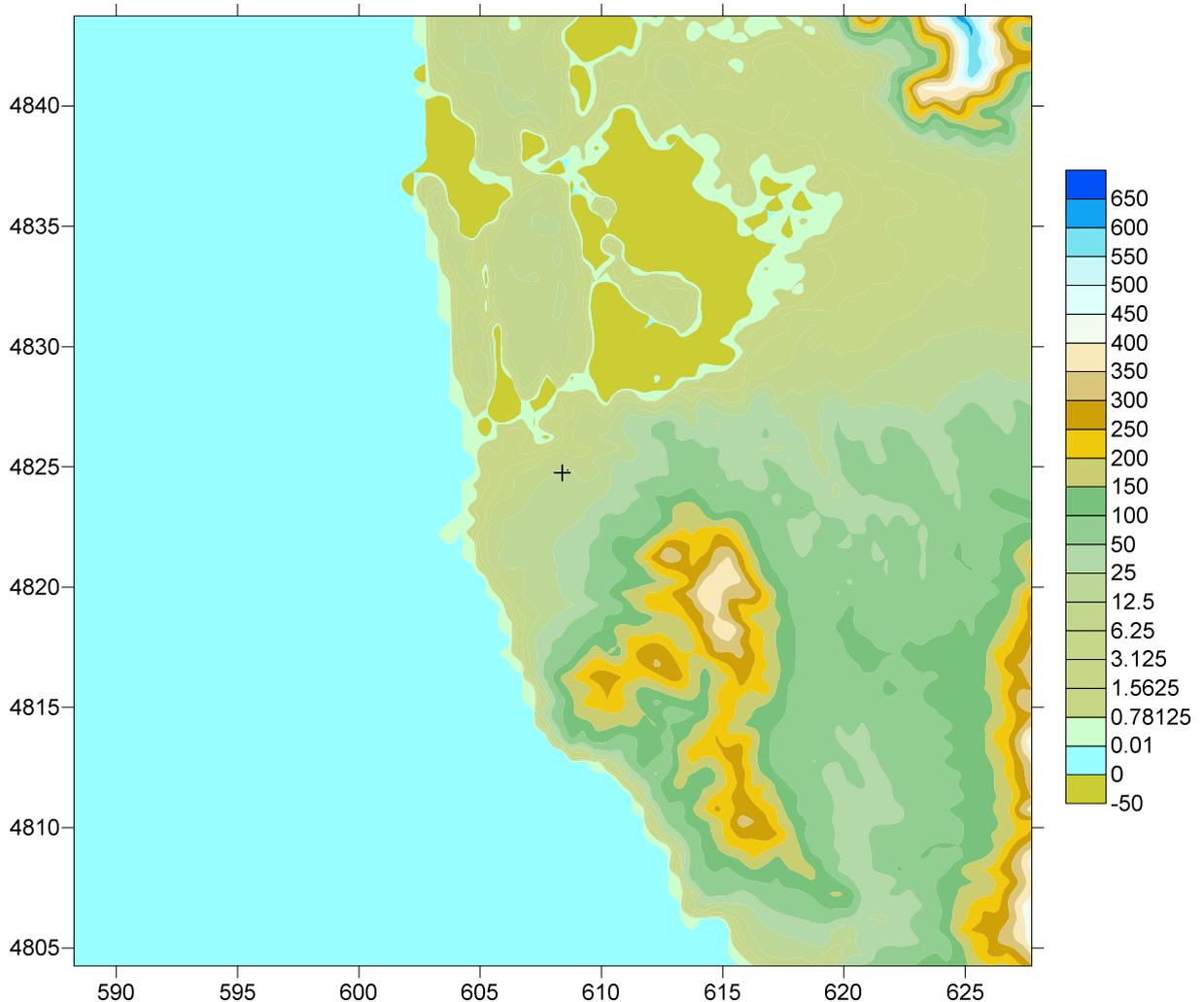


Figura 7.2a Orografia dell'area di studio.

Si è proceduto all'estrazione dei dati meteorologici tramite il post-processore PRTMET di CALPUFF in corrispondenza dell'impianto AAMPS di Livorno estraendo i seguenti parametri che sono di seguito elaborati e rappresentati.

PRTMET nel punto griglia corrispondente all'impianto AAMPS di Livorno

WS	Velocità del vento [m/s]
WD	Direzione del Vento [°N]
T	Temperatura dell'aria [°K]
PG	Classi di stabilità
Mix.Hgt	Altezza dello strato di mescolamento

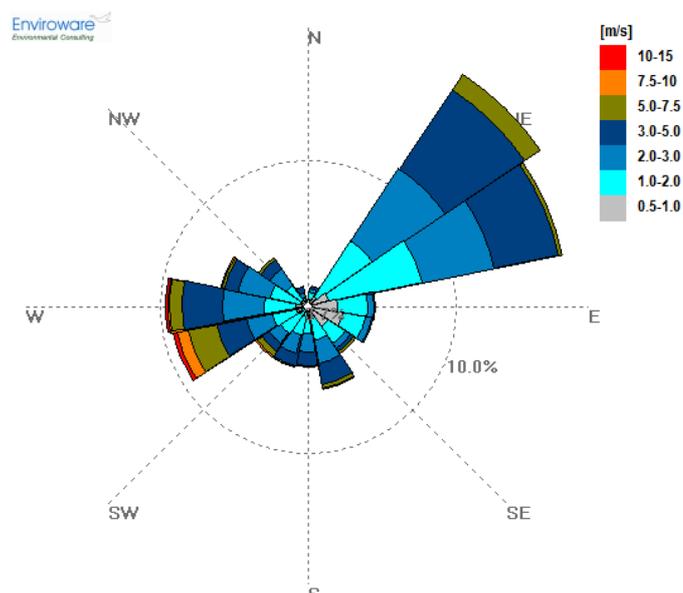


Figura 7.2a Rosa dei venti del primo livello verticale dei dati calcolati con CALMET in corrispondenza dell'impianto AAMPS di Livorno.

Classe	CALMET punto 12,12 del dominio in corrispondenza della AAMPS	
	Occorrenza oraria	percentuale
A	160	2%
B	825	9%
C	1508	17%
D	2756	31%
E	1277	15%
F+G	2280	26%

Tabella 7.2a Frequenza di accadimento delle classi di stabilità (CALMET-AAMPS), parametro 2D.

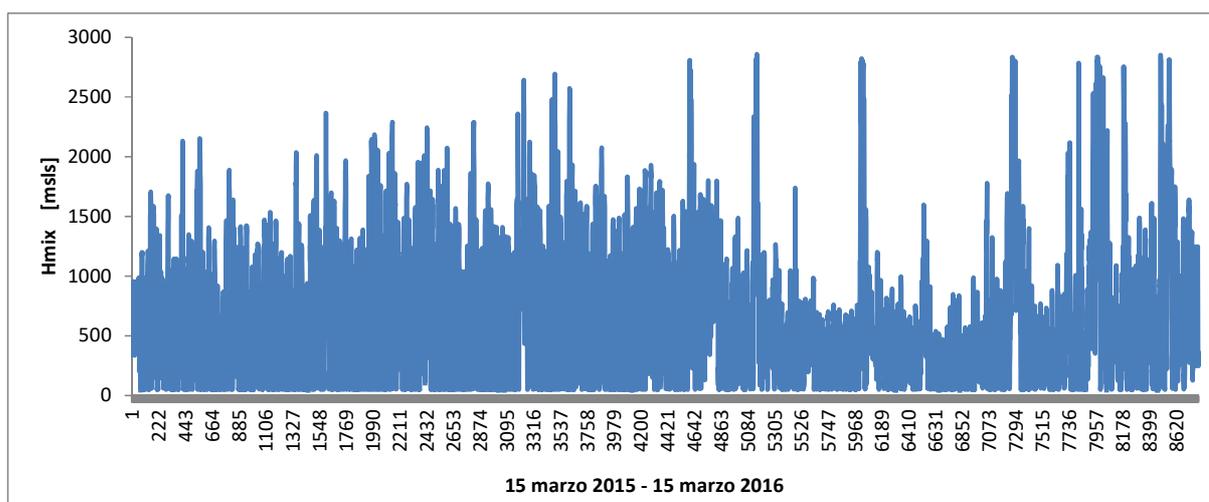


Figura 7.2b serie temporale del parametro Mix.Hgt calcolata in corrispondenza di AAMPS dal modello CALMET applicato in questo studio.

7.3. CALPUFF

Il codice di dispersione CALPUFF è stato configurato per la dispersione delle sorgenti di AAMPS secondo quanto di seguito descritto in tabella.

Parametro	Descrizione
Periodo	anno solare 15 marzo 2015 – 15 marzo 2016
Griglia di calcolo	L'analisi è stata condotta utilizzando una griglia di calcolo di 30 celle per 30 celle di passo 250 metri ed un numero di recettori puntuali pari a 10 selezionati sul dominio di calcolo.
Meteorologia	I dati del campo di vento 3D calcolato da CALMET secondo quanto riportato nello specifico paragrafo sono stati utilizzati per le simulazioni su base oraria.

Simulazioni

Dispersione	<p>Sono state effettuate simulazioni "short term" per la valutazione della dispersione dei gas e polveri emessi su scala oraria per il periodo di riferimento (15 marzo 2015 – 15 marzo 2016).</p> <p>Le simulazioni hanno considerato lo scenario emissivo costituito dalle emissioni descritte in precedenza considerate:</p> <ul style="list-style-type: none"> • CAMINO TVM 40 metri con emissione costante.
Calibrazione	I risultati delle campagne di monitoraggio svolte nel settembre 2015 e febbraio 2016 sono state utilizzate per la calibrazione del modello considerando i valori stimati nei punti di misura interni alla AAMPS.

Output

Sono stati elaborati i dati di concentrazioni di gas e polveri così come previsti nell'atto autorizzativo ed in particolare: NO_x, CO, PM₁₀, SO₂, HCl, HF, PCCD/DF.

Tabella 7.3.a Configurazione CALPUFF per la AAMPS di Livorno

7.4. DOMINIO DI CALCOLO PER LA DISPERSIONE

La griglia di calcolo è stata definita con una risoluzione per il calcolo delle concentrazioni delle sostanze ed impostata su una maglia regolare di dimensioni pari a 80 celle (NX) per 80 celle (NY) di passo 500 m. In ognuno dei punti individuati il codice di calcolo determina la concentrazione oraria delle ricadute al suolo degli inquinanti che poi posso essere rappresentate in forma di mappe di isoconcentrazione.

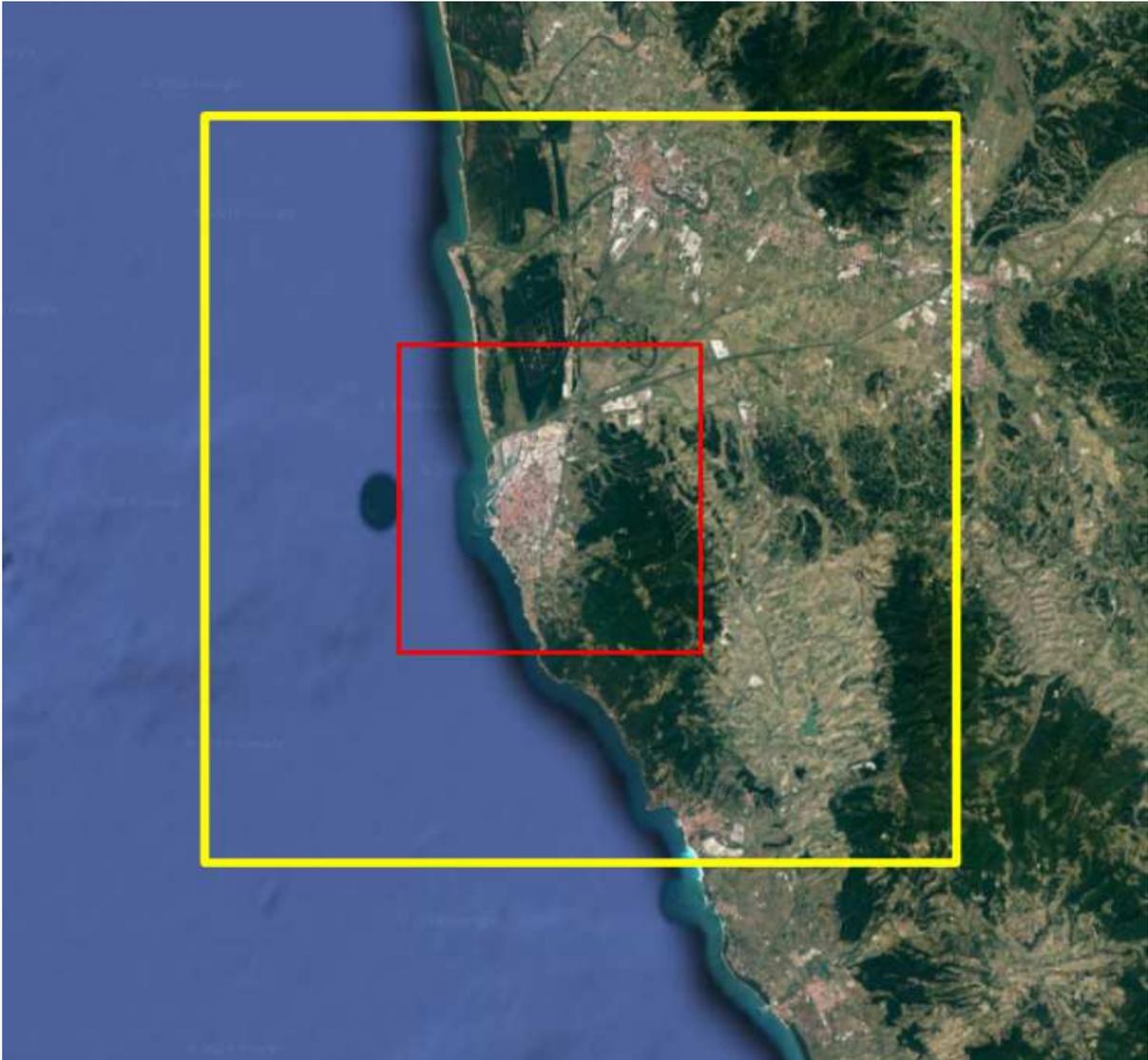


Figura 7.3 a Individuazione del dominio di calcolo per la dispersione pari a 15 km x 15 km (rosso) interno al dominio meteorologico (giallo) di estensione pari a 40 km x 40 km.

7.5. RECETTORI DISCRETI

Al fine di poter valutare il rispetto dei limiti di legge di qualità dell'aria individuati dal Dlgs 155/2010 sono stati selezionati sul territorio un significativo numero di recettori per i quali saranno poi calcolati i valori di concentrazione come descritte nel precedente paragrafo.

Numero	Tipologia	X UTM 32 [km]	Y UTM 32 [km]
R1	Attività commerciale	608.266	4824.738
R2	Abitazione	608.208	4824.948
R3	Abitazione	608.989	4824.617
R4	Abitazione	607.714	4824.950
R5	Abitazione	608.554	4825.428
R6	Abitazione	608.080	4824.569
R7	Abitazione	608.525	4824.310
R8	Abitazione	608.260	4824.170
R9	Abitazione	609.480	4824.569
R10	Abitazione	607.552	4824.318
Numero	Tipologia	X UTM 32 [km]	Y UTM 32 [km]

Tabella 7.3a Elenco dei recettori discreti individuati per le simulazioni



Figura 7.3b localizzazione recettori puntuali nell'intorno dell'impianto.

7.6. EFFETTO EDIFICIO

Per le simulazioni svolte è stata presa in considerazione la possibile interazione tra le emissioni degli effluenti inquinanti dal camino dell'impianto di termovalorizzazione e la presenza di edifici, sia interni che esterni allo stabilimento che potessero influenzare la dispersione in aria degli stessi. Infatti, il fenomeno indicato come building downwash è da ritenersi rilevante se la distanza tra il camino e l'edificio risulta inferiore a cinque volte il minore tra i valori o della larghezza dell'edificio o della sua altezza. Pertanto, si è valutato di dover tenere di conto anche di questo nelle simulazioni svolte con CALPUFF. Nella figura seguente l'evidenza degli edifici considerati nel calcolo dei parametri necessari all'implementazione del Building Downwash in Calpuff e le caratteristiche di ognuno nella tabella successiva.



Figura 9 Identificazione degli impianti e/o edifici per il calcolo dell'effetto edificio.

Nella seguente tabella le dimensioni ed ingombri degli edifici presi in considerazione.

'Extr1'	Altezza	8 msls	'Bldg3'	Altezza	9 msls
608380.3	4824820		608446.4	4824683	
608417.8	4824842		608515.5	4824715	
608382.4	4824926		608499.8	4824748	
608340.8	4824909		608485.2	4824741	
			608478.3	4824752	
			608452.9	4824740	
			608460.6	4824723	
			608434.5	4824710	
'Extr2'	Altezza	8 msls	'Bldg4'	Altezza	7 msls
608443.6	4824866		608389.2	4824692	
608503.3	4824892		608418	4824704	
608490.5	4824920		608413.4	4824715	
608432.4	4824893		608384.6	4824701	
'Bldg1'	Altezza	28 msls			
608379.2	4824725				
608394.6	4824732				
608379.6	4824768				
608361.9	4824761				
'Bldg2'	Altezza	15 msls			
608433.7	4824755				
608448.7	4824761				
608442.6	4824775				
608427.6	4824768				
'Cist1'	Altezza	18 msls			
608364.6	4824671				
608380.3	4824678				
608370.7	4824693				
608359.2	4824681				
'Cist2'	Altezza	18 msls			
608389.9	4824652				
608407.6	4824659				
608398.8	4824678				
608381.5	4824670				

Tabella 4 dati di coordinate geometriche dei vertici degli edifici e quota massima sul livello del suolo.

I dati dimensionali degli edifici sono stati inseriti nel codice US.EPA BPIP per il calcolo dei parametri da inserire nel Subgroup (13c) del file di controllo di CALPUFF ovvero le caratteristiche di Building HEIGHT e building WIDTH.

7.7. CALCOLO DELLE DEPOSIZIONI SECHE ED UMIDE PER LE DIOSSINE

Per il calcolo delle deposizioni dei microinquinanti sono state fatte le seguenti assunzioni in particolare per le famiglie PCDD/F che sono state simulate come se l'impianto emettesse il solo congenere più tossico (rispettivamente 2,3,7,8-TeCDD). Questa assunzione è motivata dall'elevata incertezza nella definizione dei parametri chimico-fisici specifici per ciascun congenere. La ripartizione di queste sostanze tra frazione gas e particolato è stata definita sulla base delle indicazioni contenute nel documento "Human Health Risk Assessment Protocol for Hazardous Waste Combustion Facilities" (HHRAP) (US-EPA 2005). Per il calcolo della deposizione dei microinquinanti nella frazione particolato si sono assunti i parametri di default del modello per il PM10. Per la frazione gas, alcuni parametri sono stati ricavati dal database HHRAP (US-EPA 2005).

Inquinante	% gas	Deposizione Secca					Deposizione Umida	
		Diffusività [cm ² s ⁻¹]	á*	reattività	resistenza mesofillo (s cm ⁻¹)	Costante di Henry (adim.)	Scavenging liquido (s ⁻¹)	Scavenging ghiaccio (s ⁻¹)
PCDD/F gas	66.4%	0.104a	1b	8.0b	0.0b	1.35E-3a	1,00E-04c	0
Inquinante	% particolato	Deposizione Secca			Deposizione Umida			
		Diametro geometrico medio (µm)	Deviazione standard geometrica (µm)		Scavenging liquido (s ⁻¹)	Scavenging ghiaccio (s ⁻¹)		
PCDD/F particolato	33.6%	0.48	2		1.00E-04	3.00E-05		

a Da database HHRAP (US-EPA, 2005)

b Assunto uguale a SO₂

c Assunto uguale a quello di particelle fini

Tabella 5 Parametri chimico-fisici per il calcolo delle deposizioni di microinquinanti.

8. RISULTATI

I risultati di seguito descritti, come precedentemente commentato, si riferiscono alle valutazioni delle ricadute calcolate sul periodo dell'anno solare per le emissioni del camino del TVR.

8.1. RECETTORI DISCRETI

8.1.1. Concentrazioni in aria ambiente per i gas e polveri

Le emissioni di gas e polveri derivanti dall'impianto di via dell'Artigianato a Livorno sono state simulate ed i risultati sono riportati nelle seguenti tabelle.

Recettori	CO		NO ₂ *			SO ₂	
	Media annuale [µg/m ³]	Max orario [µg/m ³]	Media annuale [µg/m ³]	Max orario [µg/m ³]	Percentile Medie ora 99.8° [µg/m ³]	Media annuale [µg/m ³]	Max orario [µg/m ³]
R1	8.21E-03	4.83E-01	4.48E-01	2.64E+01	1.55E+01	1.87E-04	1.10E-02
R2	1.53E-03	4.82E-01	8.28E-02	2.64E+01	1.19E+01	3.46E-05	1.10E-02
R3	8.11E-03	5.14E-01	4.42E-01	2.80E+01	1.75E+01	1.85E-04	1.17E-02
R4	4.75E-03	8.29E-01	2.58E-01	4.50E+01	1.28E+01	1.08E-04	1.88E-02
R5	2.79E-03	3.54E-01	1.52E-01	1.93E+01	1.31E+01	6.34E-05	8.08E-03
R6	1.33E-02	5.74E-01	7.27E-01	3.13E+01	2.35E+01	3.04E-04	1.31E-02
R7	6.43E-04	3.56E-01	3.43E-02	1.94E+01	3.56E+00	1.43E-05	8.12E-03
R8	1.05E-03	2.92E-01	5.63E-02	1.59E+01	7.24E+00	2.35E-05	6.66E-03
R9	7.01E-03	3.18E-01	3.81E-01	1.73E+01	1.35E+01	1.59E-04	7.24E-03
R10	1.39E-02	5.55E-01	7.55E-01	3.03E+01	1.96E+01	3.16E-04	1.27E-02

* NO₂ valutato come dato di concentrazione stimata da CALPUFF per NO_x.

Tabella 6 valori di concentrazione stimati da CALPUFF nei recettori puntuali.

Recettori	HCI		HF	
	Media annuale [µg/m ³]	Max orario [µg/m ³]	Media annuale [µg/m ³]	Max orario [µg/m ³]
R1	3.28E-06	1.93E-04	7.98E-04	4.69E-02
R2	6.12E-07	1.93E-04	1.49E-04	4.69E-02
R3	3.24E-06	2.06E-04	7.88E-04	4.99E-02
R4	1.90E-06	3.32E-04	4.61E-04	8.05E-02
R5	1.12E-06	1.41E-04	2.71E-04	3.44E-02
R6	5.33E-06	2.29E-04	1.29E-03	5.57E-02
R7	2.57E-07	1.42E-04	6.25E-05	3.45E-02
R8	4.18E-07	1.17E-04	1.02E-04	2.83E-02
R9	2.80E-06	1.27E-04	6.81E-04	3.08E-02
R10	5.54E-06	2.22E-04	1.35E-03	5.39E-02

Tabella 7 valori di concentrazione stimati da CALPUFF nei recettori puntuali.

Recettori	PM10			PCDD/F Gas	PCDD/F Particolato	PCDD/F Totale
	Media annuale ug/m3	Max Media giorno ug/m3	Percentile medie giorno 90.4° ug/m3	Media annuale ng/m3	Media annuale ng/m3	Media annuale ng/m3
R1	1.17E-03	2.04E-02	3.74E-03	9.64E-09	4.97E-09	1.46E-08
R2	2.18E-04	5.20E-03	5.05E-04	1.78E-09	9.25E-10	2.71E-09
R3	1.16E-03	1.34E-02	4.78E-03	9.52E-09	4.91E-09	1.44E-08
R4	6.71E-04	1.26E-02	2.03E-03	5.51E-09	2.85E-09	8.36E-09
R5	3.98E-04	5.77E-03	1.30E-03	3.26E-09	1.69E-09	4.94E-09
R6	1.90E-03	5.13E-02	5.31E-03	1.56E-08	8.05E-09	2.37E-08
R7	9.16E-05	2.48E-03	2.85E-04	7.39E-10	3.88E-10	1.13E-09
R8	1.49E-04	4.79E-03	5.08E-04	1.21E-09	6.33E-10	1.84E-09
R9	1.00E-03	1.28E-02	3.79E-03	8.21E-09	4.24E-09	1.24E-08
R10	1.97E-03	3.86E-02	5.59E-03	1.62E-08	8.36E-09	2.46E-08

Tabella 8 valori di concentrazione stimati da CALPUFF nei recettori puntuali

8.1.2. Deposizioni

Come descritto nel capitolo precedente si è provveduto in particolare per le diossine PCDD/PCDF a valutare il termine di deposizione su base annuale e giornaliero nel dominio di studio.

Nella seguente tabella si mostrano per i 10 recettori selezionati il valore di deposizione totale annuale che il massimo valore giornaliero calcolato sulla base delle simulazioni svolte da CALPUFF.

Il valore totale di deposizione al suolo per le emissioni di diossine è stato calcolato come descritto in precedenza facendo simulazioni parallele della dispersione della frazione gas e particolato e calcolando poi il contributo totale, come esplicitato nella seguente tabella.

Recettori	DRY	WET	DRY	WET	PCDD
	PCDD Gas	PCDD Gas	PCDD Particolato	PCDD Particolato	Totale
	pg/m2/anno	pg/m2/ anno	pg/m2/ anno	pg/m2/ anno	pg/m2/ anno
R1	2.34E+01	7.02E-01	1.20E+01	2.19E-02	3.61E+01
R2	1.20E+00	1.23E-01	6.18E-01	3.46E-03	1.95E+00
R3	9.39E-01	4.95E-01	4.83E-01	1.80E-02	1.94E+00
R4	1.48E+00	2.58E-01	7.61E-01	1.35E-02	2.51E+00
R5	5.65E-01	3.26E-01	2.91E-01	7.53E-03	1.19E+00
R6	5.90E+00	1.49E+00	3.03E+00	4.59E-02	1.05E+01
R7	5.38E-01	7.06E-02	2.77E-01	1.46E-03	8.88E-01
R8	1.52E-01	1.28E-01	7.83E-02	2.49E-03	3.61E-01
R9	4.43E-01	9.24E-01	2.28E-01	1.98E-02	1.62E+00
R10	2.18E+00	1.15E+00	1.12E+00	6.24E-02	4.51E+00

Tabella 9 Valore della media giornaliera di deposizione secca, umida e totale su base annuale

Recettori	DRY	WET	DRY	WET	PCDD
	PCDD Gas	PCDD Gas	PCDD Particolato	PCDD Particolato	Totale
	pg/m2/die	pg/m2/die	pg/m2/die	pg/m2/die	pg/m2/die
R1	6.40E-02	1.92E-03	3.29E-02	5.99E-05	9.89E-02
R2	3.29E-03	3.38E-04	5.28E-03	4.98E-03	5.33E-03
R3	2.57E-03	1.36E-03	1.35E-02	3.89E-03	5.30E-03
R4	4.05E-03	7.06E-04	8.13E-03	6.13E-03	6.88E-03
R5	1.55E-03	8.94E-04	4.87E-03	2.35E-03	3.26E-03
R6	1.62E-02	4.09E-03	8.86E-03	2.45E-02	2.87E-02
R7	1.48E-03	1.94E-04	2.86E-03	2.23E-03	2.43E-03
R8	4.17E-04	3.51E-04	2.77E-03	6.31E-04	9.89E-04
R9	1.21E-03	2.53E-03	1.42E-02	1.84E-03	4.43E-03
R10	5.97E-03	3.15E-03	1.36E-02	9.05E-03	1.24E-02

Tabella 10 Valore della media giornaliera di deposizione secca, umida e totale su base annuale

Attualmente in Italia non ci sono limiti di legge o valori guida nazionali per le deposizioni inquinanti. In assenza di indicazioni per valutare i dati è possibile fare riferimento a valori misurati in aree analoghe, a dati di letteratura scientifica e valori guida utilizzati in altri Paesi. In Belgio, per quanto riguarda PCDD/F, è stato proposto un valore massimo di 8 pg WHO-TE/m² die, sulla base della dose settimanale tollerabile (TWI). In Germania è presente un valore guida per PCDD/F (German Expert Group -LAI) di 4 pg WHO-TE/m² die. Come si può evincere dalla tabella, i valori stimati per PCDD/F sono, anche nel punto di massima ricaduta (circa 0,1 pg/m² die), che risulta essere un ordine di grandezza inferiore ai valori sopracitati. A titolo descrittivo si riporta anche il valore del massimo giornaliero su base annuale della deposizione secca, umida e totale dell'inquinante allo studio.

Recettori	DRY	WET	DRY	WET	PCDD
	PCDD Gas	PCDD Gas	PCDD Particolato	PCDD Particolato	Totale
	pg/m2/die	pg/m2/die	pg/m2/die	pg/m2/die	pg/m2/die
R1	3.16E-02	7.44E+00	9.80E-04	3.83E+00	1.13E+01
R2	8.88E-03	6.70E-01	3.46E-04	3.45E-01	1.02E+00
R3	1.47E-02	2.42E-01	1.17E-03	1.25E-01	3.83E-01
R4	1.09E-02	3.20E-01	9.10E-04	1.65E-01	4.97E-01
R5	1.60E-02	1.64E-01	3.64E-04	8.45E-02	2.65E-01
R6	1.09E-01	1.94E+00	4.65E-03	9.97E-01	3.05E+00
R7	6.00E-03	2.07E-01	1.30E-04	1.07E-01	3.20E-01
R8	1.45E-02	4.59E-02	3.08E-04	2.36E-02	8.43E-02
R9	3.82E-02	1.18E-01	1.56E-03	6.08E-02	2.19E-01
R10	9.19E-02	6.90E-01	4.69E-03	3.55E-01	1.14E+00

Tabella 11 massimo valore della media giornaliera di deposizione secca, umida e totale su base annuale

Anche in questo caso, il valore di deposizione totale è paragonabile ai valori riportati dalle linee guida sopra citate.

8.1.3. Accumulo nel terreno.

Il destino di un inquinante emesso in atmosfera non consiste solamente nel suo trasporto per via aerea ma anche nella sua deposizione a terra.

La deposizione di un inquinante generico presente in atmosfera può avvenire per effetto di molteplici processi che possono essere di natura, fisica, chimica, biochimica, micrometeorologica ecc... In particolare, si distinguono due tipologie di deposizioni:

- deposizione secca, il fenomeno che determina un flusso verso il basso di inquinante all'interfaccia aria-suolo senza coinvolgere l'acqua presente in atmosfera;
- deposizione umida, il fenomeno processo mediante il quale i composti chimici sono rimossi dall'atmosfera e depositati sulla superficie della terra per effetto dell'acqua presente in atmosfera, sotto forma di pioggia, neve, nuvole, nebbia, ecc...

Al fine di valutare l'impatto derivato dall'impianto in esame sulla concentrazione di diossine nel terreno delle aree limitrofe allo stabilimento, le simulazioni realizzate hanno modellato non solo la dispersione in aria degli inquinanti emessi ma anche la loro deposizione a terra, sia secca che umida. Successivamente è stata effettuata una valutazione per la stima delle concentrazioni massime accumulate nel suolo per diversi valori di spessore e densità dello strato superficiale di terreno interessato dall'accumulo.

I risultati ottenuti sono stati confrontati con le concentrazioni a terra previste dalla Colonna A della tabella 1 dell'Allegato 5 al Titolo V, Parte Quarta del D.Lgs. 152/2006, ovvero i valori di concentrazione limite accettabili nel suolo e nel sottosuolo riferiti ai siti a destinazione a verde pubblico, privato e residenziale.

Per la stima delle concentrazioni accumulate è stato considerato:

- un periodo di accumulo pari a 20 anni.
- l'altezza dello strato superficiale di terreno pari a 0.15 m;
- la densità dello strato superficiale di terreno pari a 1.5 Mg/m³.

Inoltre, al fine della valutazione della deposizione umida, è stato fatto riferimento ai dati di piovosità registrati dalla stazione meteorologica del LaMMA discussi nei capitoli precedenti.

Durante il periodo del marzo 2018 sono stati svolti campionamenti in campo e determinazioni analitiche per la valutazione della concentrazione delle diossine nel terreno nell'intorno dell'impianto di AAMPS. I risultati analitici desunti dai referti sono riportati nella seguente tabella.

Localizzazione del punto di campionamento	Risultati Analitici [mg/kg]	Riferimento al certificato di analisi
Zona biofiltri	1.70E-06	18LA0009740
Zona biofiltri	1.70E-06	18LA0009741
Via Arrotini fronte Via dei risicatori	1.70E-06	18LA0009742
Angolo Via dei Risicatori	1.70E-06	18LA0009743

Tabella 12 Risultati analitici del campionamento dei terreni

Di seguito si riportano i risultati della stima delle concentrazioni totali attese nel terreno, valutate in corrispondenza dei recettori discreti indicati al paragrafo precedente e valutate sulla base dei risultati delle deposizioni secche, umide e totali presentate nel paragrafo precedente.

Recettore	Deposizione annuale massima	Periodo di accumulo	Q.tà accumulata massima	Altezza dello strato superficiale di terreno	Densità dello strato superficiale di terreno	Accumulo nel terreno	Limite D.Lgs 152/06
	[g/m ² *anno]	[anni]	[mg/m ²]	[m]	[kg/m ³]	[mg/kg terreno]	[mg/kg]
R1	3.58E-11	20	7.17E-07	0.15	1500	3.19E-09	1.00E-05
R2	1.93E-12	20	3.87E-08	0.15	1500	1.72E-10	
R3	1.92E-12	20	3.84E-08	0.15	1500	1.71E-10	
R4	2.49E-12	20	4.99E-08	0.15	1500	2.22E-10	
R5	1.18E-12	20	2.36E-08	0.15	1500	1.05E-10	
R6	1.04E-11	20	2.08E-07	0.15	1500	9.24E-10	
R7	8.82E-13	20	1.76E-08	0.15	1500	7.84E-11	
R8	3.58E-13	20	7.17E-09	0.15	1500	3.19E-11	
R9	1.60E-12	20	3.21E-08	0.15	1500	1.43E-10	
R10	4.48E-12	21	9.42E-08	0.15	1500	4.18E-10	

Tabella 13 calcolo dell'accumulo di PCDD/F nel terreno su un orizzonte temporale di 20 anni.

8.2. RECETTORI A GRIGLIA

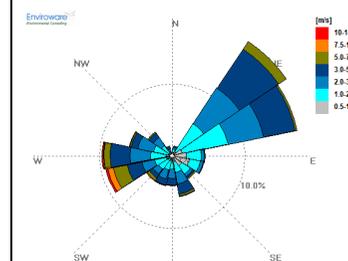
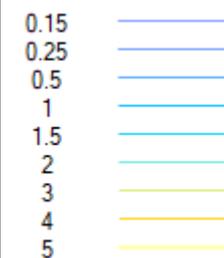
8.2.1. *Valori di Concentrazione di gas e polveri*

8.2.2. *Valori di Deposizione PCDD/DF*



CAMINO TVR
NO₂
Media Annuale
Ricadute [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]

massimo valore sulla mappa 1.31 $\mu\text{g}/\text{m}^3$



CALMET-marzo 2015 / marzo 2016 - Raffineria Livorno

Valori Limite 155/2010 e smi.

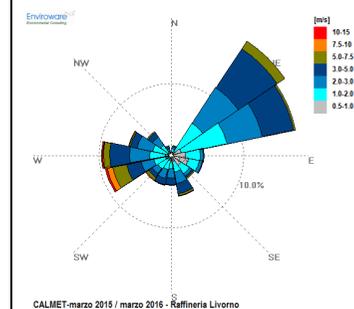
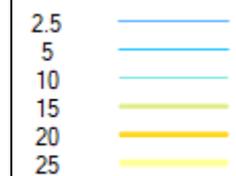
NO₂		
Valore limite	Media annuale	40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
	Massimo orario	200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

NO₂ è valutato come i valori calcolati da CALPUFF per NO_x



CAMINO TVR
NO₂
Percentile 99.8° delle
medie orarie
Ricadute [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]

massimo valore sulla mappa 24.64
 $\mu\text{g}/\text{m}^3$



Valori Limite 155/2010 e smi.

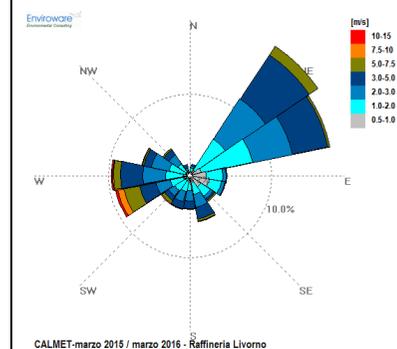
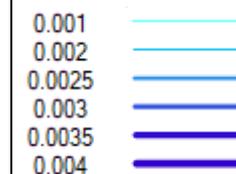
NO₂		
Valore limite	Media annuale	40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
	Massimo orario	200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

NO₂ è valutato come i valori calcolati da CALPUFF per NO_x



CAMINO TVR
PM10
MEDIA ANNUALE
Ricadute [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]

massimo valore sulla mappa
0.0034 $\mu\text{g}/\text{m}^3$



Valori Limite 155/2010 e smi.

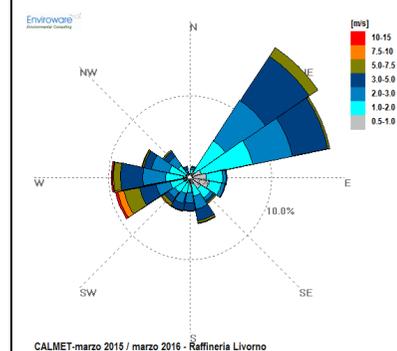
PM10		
Valore limite	Media annuale	40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
	Massimo giorno	50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

NO2 è valutato come i valori calcolati da CALPUFF per NOx



CAMINO TVR
PM10
Percentile 90.4° medie
giorno
Ricadute [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]

massimo valore sulla mappa
0.0114 $\mu\text{g}/\text{m}^3$



Valori Limite 155/2010 e smi.

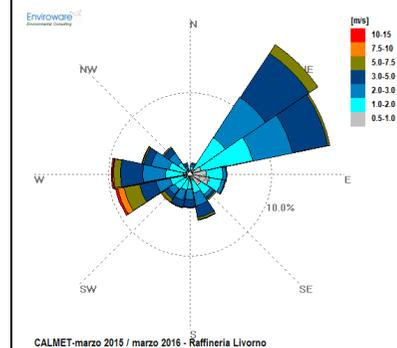
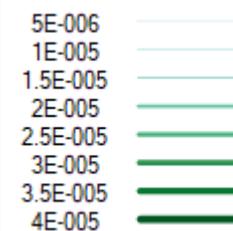
PM10		
Valore limite	Media annuale	40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
	Massimo giorno	50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

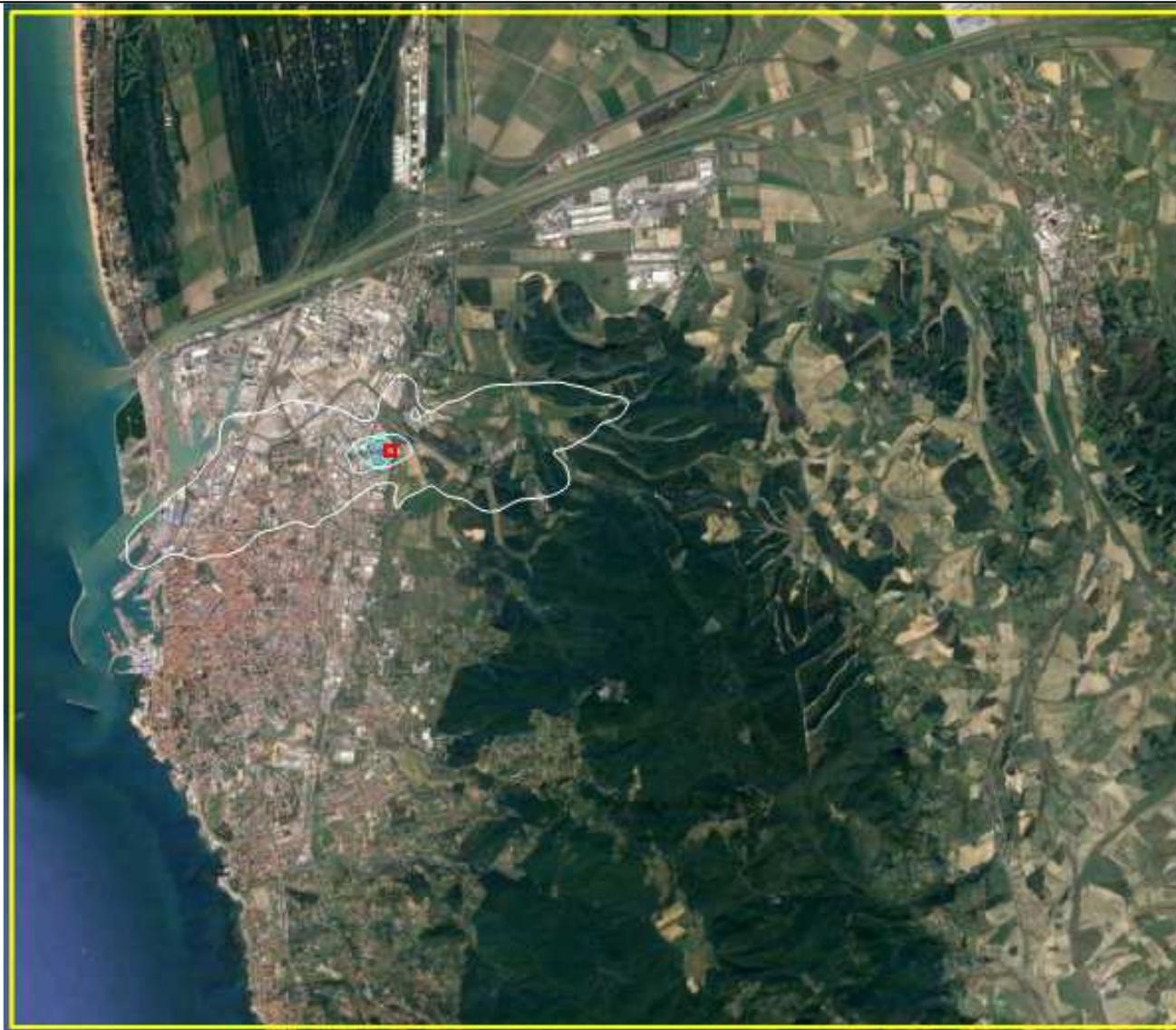
NO2 è valutato come i valori calcolati da CALPUFF per NOx



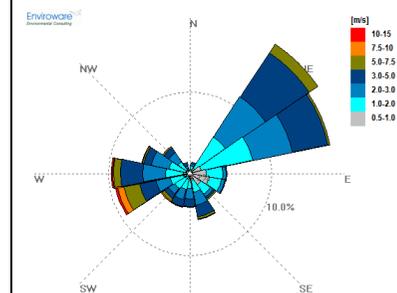
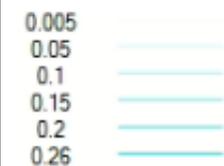
**CAMINO TVR
PCDD/F**
**Media annuale
concentrazione
Ricadute [pg/m³]**

massimo valore sulla mappa
4.40E-5 pg/m³





CAMINO TVR
PCDD/F
Deposizione Totale
annuale
Ricadute [pg/m² giorno]
massimo valore sulla mappa 0.25
pg/m² giorno



CALMET-marzo 2015 / marzo 2016 - Raffineria Livorno

9. CONCLUSIONI

Il presente rapporto tecnico descrive la valutazione dell'impatto sulla qualità dell'aria delle ricadute degli inquinanti emessi dall'impianto di AAMPS di Livorno in particolare le emissioni convogliate dal camino del TVR.

Per redigere il presente rapporto tecnico si è dapprima analizzato il processo produttivo in progetto ed individuate, in base agli atti autorizzativi ed ai risultati degli autocontrolli, le emissioni di gas e polveri da descrivere nella modellistica numerica.

Lo studio dell'area di indagine, della meteorologia e climatologia ha permesso di ricostruire, tramite il pre-processore CALMET (CALPUFF MODEL SYSTEM), il campo di vento 3D e dei necessari parametri meteorologici necessari per le simulazioni di dispersione dei odori in aria ambiente.

I risultati sono stati confrontati con gli standard di qualità dell'aria vigenti a livello nazionale, descritti dal decreto 155/2010 e smi, e da linee guida internazionali per quei parametri per i quali non sono attualmente in vigore Valori Limite.

I risultati numerici hanno permesso di valutare come le emissioni totali di AAMPS non determinino, nei punti recettori selezionati, significative modificazioni ai valori di qualità dell'aria registrati dalla Rete Regionale di monitoraggio di Regione Toscana per i parametri disponibili quali PM10, NO2 etc. In particolare, nella seguente tabella si riporta la sintesi dei risultati calcolati dal codice CALPUFF per l'anno solare studiato. Si ricorda che si è considerata l'emissione costante dei fumi del TVR con valori autorizzati e valutando il camino funzionante per 8760 ore all'anno in continuo esercizio a pieno regime.

Indicatore QA	Statistica di riferimento VL	Recettori puntuali	Mappe	Valore Limite Legge
		[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]
PM10	Media annuale	0.0020	0.0034	40
	Percentile medie giorno	0.00513	0.0114	50
NO2	Media annuale	0.7550	1.3033	40
	Percentile medie orarie	23.5150	24.645	200
SO2	Media annuale	0.0003	0.00054	//
	Massimo delle medie orarie	0.0188	0.04079	350
CO	Massimo medie orarie	0.8292	1.8081	10000
PCDD/F	Media annuale	2.46E-11	4.25E-11	//

Tabella 14 Riepilogo risultati dei parametri di emissione studiati con Calpuff

Indicatore QA	Statistica di riferimento VL	Unità di Misura	Recettori puntuali	Mappe
PCDD/F	Deposizione annuale	[$\mu\text{g}/\text{m}^2$ anno]	3.609E-05	9.344E-05
	Deposizione giornaliera	[pg/m^2 giorno]	9.89E-02	0.256

Tabella 15 Riepilogo risultati dei parametri di emissione studiati con Calpuff- Deposizioni

In relazione ai risultati mostrati in tabella è possibile affermare con certezza che le emissioni del TVR così come descritte nella presente relazione non hanno effetti negativi sulla qualità dell'aria locale.