Committente:

greenUp

Località:

Comune di Vado Ligure (SV)
Discarica per rifiuti non pericolosi in località Bossarino

Progetto:

AMPLIAMENTO LATO EST
STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE

Titolo elaborato:

# RISK ASSESSMENT SANITARIO

Numero elaborato:

# R01

Codice Desmos del documento:
030-055R01

| Rev. | Data | Descrizione | Redatto | Controllato | Approvato |
|---|---|---|---|---|---|
| E01 | 31.07.2017 | Emissione | Marco Vuono<br>Matteo Marazzi | Giovanna Sallitto | Massimo Di Felice<br>Manlio Pacitti |
| E02 | 13.12.2017 | Revisione per integrazioni | Marco Vuono<br>Matteo Marazzi | Giovanna Sallitto | Massimo Di Felice<br>Manlio Pacitti |
| E03 | | | | | |
| E04 | | | | | |

Progettisti:

Desmos
Ingegneria Ambiente Energia

tecno habitat
società di ingegneria


Desmos Ingegneria Ambiente Energia s.r.l.
Uffici: Via Pietrasanta, 12 20141 Milano Tel. +39 02 36588750
Sede legale: Viale Bianca Maria, 13 20122 Milano
E-mail: desmos-ing@desmos-ing.it
P.I. e C.F.: 09016150964 – REA: MI 2063052

Tecno Habitat s.p.a.
sede legale: via Battaglia 22 - 20127 Milano
tel 02.26148322 fax 02.26145697
MILANO - thmi@tecnohabitat.com | LECCO - thlc@tecnohabitat.com |
ROMA - thrm@tecnohabitat.com
P.IVA, C.F e ISCR. REG. IMP. nº 11718220152
REA MI nº 1492797 - REA LC nº 282718 - REA RM nº 1198899

# S O M M A R I O

1 PREMESSA ..... 1
1.1 Iter del progetto di ampliamento ..... 1
1.2 Documenti di riferimento ..... 2
1.2.1 Documenti di progetto ..... 2
1.2.2 Documenti ufficiali ..... 2
2 INTEGRAZIONI ..... 4
2.1 Richieste ..... 4
2.2 Integrazioni ..... 6
3 CONSIDERAZIONI PRELIMINARI ..... 7
3.1 Confronto tra ante-operam e post-operam ..... 7
3.2 Opzione 0 ..... 7
3.3 Emissioni sulle altre componenti ambientali ..... 9
4 MODELLIZZAZIONE DELL'AREA DI RICADUTA DEGLI INQUINANTI EMESSI ..... 12
4.1 Modello di dispersione atmosferica calpuff ..... 12
4.2 Calmet – pre processore meteorologico ..... 13
4.3 Input del modello di dispersione ..... 13
4.3.1 Ampiezza del dominio di calcolo ..... 13
4.3.2 Inquinanti e caratterizzazione delle sorgenti ..... 15
4.3.3 Scenari individuati ..... 28
4.3.4 Dati meteo ..... 32
4.4 Output del modello di dispersione ..... 35
5 METODO RISK ASSESSMENT (RA) ..... 42
5.1 Valutazione delle esposizioni ..... 42
5.2 Caratterizzazione del rischio ..... 44
5.3 Calcolo del rischio ..... 45
5.4 Valutazione del rischio ..... 45
6 APPLICAZIONE DELLA METODOLOGIA AL CASO IN ESAME ..... 46
6.1 Individuazione dei recettori umani ..... 46
6.2 Calcolo del rischio cancerogeno ..... 49
6.3 Calcolo del rischio non cancerogeno ..... 50
6.3.1 Calcolo della dose media giornaliera (ADD) ..... 52

6.3.2 Definizione dei valori di Inhalation Reference Dose (RfDinal) ..... 52
6.3.3 Calcolo del rischio ..... 54
6.4 Valutazione del Rischio ..... 57
6.4.1 Rischio cancerogeno ..... 57
6.4.2 Rischio non cancerogeno ..... 57

Allegati:

Allegato A: Mappe di dispersione degli inquinanti atmosferici - Fase 1

Allegato B: Mappe di dispersione degli inquinanti atmosferici - Fase 2

Allegato C: Valutazione del rischio sanitario dovuto all'esposizione della popolazione all'inquinamento atmosferico in area urbana" - Politecnico di Torino, Golder Associates, Ecole Centrale, Lyon.

Allegato D: Parametri tossicologici del H2S - Integrated Risk Information System (IRIS) U.S. Environmental Protection Agency (EPA) Chemical Assessment Summary - National Center for Environmental Assessment.

Allegato E: CPG Lab – "Rapporto di prova n° 17LA02555 del 03/03/2017"

Allegato F: CPG Lab - "Monitoraggio Emissioni diffuse Biogas" - Relazione tecnica del 05/01/2017

Allegato G: Parametri tossicologici del HF desunti da fonti CalEPA

Allegato H: Parametri tossicologici del HCl desunti da Banca dati della European Chemicals Agency (ECHA)

# 1 PREMESSA

Il presente documento costituisce una revisione della relazione presentata nel luglio 2017 (doc. [4]), il cui scopo è quello di fornire una descrizione della modellizzazione effettuata al fine di individuare la distribuzione degli inquinanti in atmosfera e della procedura di valutazione del rischio sanitario che è stata applicata.

La revisione si è resa necessaria a seguito di specifiche richieste di integrazione formulate dalla Regione (doc. [8] e [9]). Le integrazioni non strettamente connesse ai risultati della modellazione sono state già state fornite all'inizio di dicembre 2017 (doc. [6]), mentre nel presente documento, oltre a riportare quanto già contenuto nella relazione suddetta, vengono riportati i risultati aggiornati della modellazione.

La corrispondenza tra le richieste di integrazione (doc. [9]) e il presente documento sono dettagliate al paragrafo 2.2.

## 1.1 Iter del progetto di ampliamento

Gli elaborati in oggetto si inseriscono nell'ambito del Progetto di Ampliamento Lato Est della discarica per rifiuti non pericolosi in località Bossarino nel Comune di Vado Ligure (SV).

Il Progetto di ampliamento (doc. [1],[2],[3]) è stato presentato agli Enti in data 31.05.2017.

In data 10.07.2017 si è tenuta una Conferenza dei Servizi interlocutoria in cui la Proponente ha illustrato i principali contenuti del progetto e del relativo Studio di Impatto Ambientale.

Nella stessa occasione gli Enti presenti hanno anticipato le richieste di integrazione che sono state in seguito completate e formalizzate tramite lettera del 30.08.2017 (doc. [7]). Le relative integrazioni sono state presentate a settembre 2017 (doc. [5]).

A fine luglio 2017, la Proponente ha completato la trasmissione del SIA con la Valutazione di impatto sanitario (doc. [4]).

A fine settembre 2017 la Regione ha formulato le richieste di integrazione alla Valutazione di impatto sanitario con lettera del 24.09.2017 (doc. [8]) non pervenuta alla Proponente. La risposta a tali richieste è stata quindi sollecitata con lettera del 20.11.2017 (doc. [9]).

Le richieste di integrazione in oggetto rendono necessaria la revisione dei parametri di input della modellazione precedentemente predisposta (doc. [4]). Ciò implica la necessità di effettuare ex- novo l'implementazione del modello con i conseguenti tempi di calcolo.

In data 4 settembre 2017 viene presentato un primo documento integrativo (doc. [6]) di risposta a quanto non direttamente collegato agli esiti della nuova modellazione.

## 1.2 Documenti di riferimento

### 1.2.1 Documenti di progetto

[1] Desmos Ingegneria Ambiente ed Energia s.r.l.; "Ampliamento Lato Est – Studio di Impatto Ambientale"; Prot. 030-2015 033P01E01; 05/2017;

[2] Desmos Ingegneria Ambiente ed Energia s.r.l.; "Ampliamento Lato Est – Progetto Definitivo"; Prot. 030-2015 034P01E01; 05/2017.

[3] Desmos Ingegneria Ambiente ed Energia s.r.l.; "Ampliamento Lato Est – Domanda di AIA"; Prot. 030-2015 035P01E01; 05/2017.

[4] Desmos Ingegneria Ambiente ed Energia s.r.l.; "Ampliamento Lato Est – Studio di Impatto Ambientale – Risk assessment sanitario"; Prot. 030-2015 055R01E01; 07/2017

[5] Desmos Ingegneria Ambiente ed Energia s.r.l.; "Ampliamento Lato Est – Studio di Impatto Ambientale – Integrazioni" predisposte a seguito delle richieste di cui al doc. [7]; Prot. 030-2015 033P01E01; 09/2017;

[6] Desmos Ingegneria Ambiente ed Energia s.r.l.; "Ampliamento Lato Est – Studio di Impatto Ambientale – Risk assessment sanitario – Integrazioni (Regione Liguria Lettera PG/2017/307884 del 24.09.2017)"; Prot. 030-2015 055R02E01; 04/12/2017

### 1.2.2 Documenti ufficiali

[7] Regione Liguria, Dipartimento Territorio, Ambiente, Infrastrutture e Trasporti, Vice Direzione Generale Ambiente, Settore: Valutazione Impatto Ambientale e Sviluppo Sostenibile; "Oggetto: procedura VIA regionale sul progetto relativo ad ampliamento della discarica per rifiuti non pericolosi in loc. Bossarino, Comune di Vado Ligure SV. Richieste Integrazioni progettuali come da conclusioni 2° conferenza dei Servizi; Proponente Green-Up s.r.l."; Prot. n. PG/2017/0287244 del 30.08.2017

[8] Regione Liguria, Dipartimento Territorio, Ambiente, Infrastrutture e Trasporti, Vice Direzione Generale Ambiente, Settore: Valutazione Impatto Ambientale e Sviluppo Sostenibile; "Oggetto: procedura VIA regionale sul progetto relativo ad ampliamento della discarica per rifiuti non pericolosi in loc. Bossarino, Comune di Vado Ligure SV. Richieste Integrazioni progettuali inerenti la valutazione dell'impatto sanitario (VIS); Proponente Green-Up s.r.l."; Prot. n. PG/2017/307884 del 24.09.2017

[9] Regione Liguria, Dipartimento Territorio, Ambiente, Infrastrutture e Trasporti, Vice Direzione Generale Ambiente, Settore: Valutazione Impatto Ambientale e Sviluppo Sostenibile;

"Oggetto: procedura VIA regionale sul progetto relativo ad ampliamento della discarica per rifiuti non pericolosi in loc. Bossarino, Comune di Vado Ligure SV. Sollecito richieste Integrazioni progettuali inerenti la valutazione dell'impatto sanitario (VIS); Proponente Green-Up s.r.l."; Prot. n. PG/2017/365123 del 20.11.2017

# 2 INTEGRAZIONI

## 2.1 Richieste

Nel seguito sono riportate testualmente le richieste di integrazione formulate dagli Enti (doc.[9]) in merito alla valutazione di impatto sanitario del Progetto di ampliamento lato Est (doc.[5]).
Le richieste sono state numerate in modo tale da poterle identificare in maniera univoca e quindi indicare dove trovare risposta nel presente documento.

1 *[…] posto che […] l'obiettivo della V.I.S. è quello di quantificare gli effetti potenziali sulla salute della popolazione esposta (i recettori) in funzione all'ampliamento dell'impianto, nella documentazione presentata non pare essere evidenziato il confronto (in termini di qualità ambientale e rischio associato) tra lo stato ante operam e lo scenario post operam.*

2 *Nello studio l'analisi di rischio parrebbe stimare l'esposizione dei recettori al solo rischio associato all'inalazione e per il solo periodo della durata dei lavori di ampliamento della discarica, peraltro senza prendere in considerazione anche, il traffico auto veicolare e le polveri sia in fase di cantiere che successivamente. Nel quadro emissivo vengono riportati i risultati ottenuti dai modelli diffusionali delle concentrazioni di PM10, $H_2S$, e $NO_2$ per gli scenari futuri della fase di ampliamento, (lotto 1 e 2), ma non per quanto riguarda la situazione corrente e la/e fase/i di cantiere. Appare, pertanto, necessario avere un quadro emissivo dell'opzione zero (senza ampliamento) ed approfondire le emissioni stimate in tutte le diverse fasi di vita della discarica e su tutte le matrici ambientali.*

3 *Premesso che agli effetti dell'analisi di rischio, sul comparto aereo, il contributo di gran lunga più significativo all'indice di pericolosità viene dall'emissione di NOx dallo scarico del cogeneratore, non appare argomentato il motivo dell'esclusione delle emissioni di HCl e HF dal calcolo del Risk Assesment (pag.6).*

4 *Anche per il quadro emissivo aereo non sono riportati i seguenti dati di input relativi alle simulazioni di dispersione proposte, necessari ai fini della verifica degli elaborati modellistici:*

4.1 • *La portata di effluente della sorgente puntuale (post-combustore).*

4.2 • *Le condizioni meteo di riferimento utilizzate, quali scenari di vento considerati oppure la statistica anemometrica dei dati utilizzati (grafico tipo rosa dei venti di frequenza-direzione di provenienza) nel caso di simulazione long term.*

4.3 • *Sarebbe utile una spiegazione del procedimento mediante il quale il processore meteorologico diagnostico CALMET possa tenere in conto dei dati meteo di una stazione posta al di fuori del dominio di calcolo (stazione ARPAL istituto Nautico - fig. 2.1 pag. 4).*

4.4 • *Sarebbe inoltre opportuno sviluppare un modello diffusivo stagionale inverno ed estate con le due situazioni di venti prevalenti da Nord o da Sud e non 1 solo modello annuale.*

5 *Per quanto riguarda i valori di riferimento tossicologico per il rischio di inalazione delle sostanze oggetto dell'analisi, si rileva che:*

5.1 • *Per quanto riguarda NOx e PM10 lo studio prodotto in allegato C non specifica le modalità con cui si e arrivati al calcolo dei valori di Reference Dose proposti.*

5.2 • *Per quanto riguarda $H_2S$, si evidenzia che nella relativa scheda del database IRIS (http://cfpub.ega.gov/ncea/iris/iris documents/documents/subst/0061 summary.pdf), viene riportato un valore consigliato di Reference Concentration (RfC) pari a 0.002 mg/m$^3$, 300 volte inferiore al valore NOAEL (No Observed Adverse Effect Level). Vale la pena evidenziare che la soglia olfattiva dell'acido solfidrico, benché non direttamente correlabile con rischio sanitario ha un range inferiore dello stesso ordine di grandezza della RfC (circa 0,005 mg/m$^3$).*

5.3 • *Anche per quanto riguarda gli algoritmi di calcolo degli HQ-ed in particolare per il $H_2S$, non è chiaro come venga calcolato RfD. Tale parametro sembrerebbe derivare dal prodotto del NOAEL per il EM non-cancerogeno, ma è necessario un chiarimento in proposito.*

6 *Per quanto riguarda la classificazione della pericolosità degli inquinanti si evidenzia, inoltre, che la IARC classifica PM10/PM2.5 come cancerogene per il polmone. Nel documento R01 dello studio presentato, le polveri sottili sono invece considerate sostanze tossiche ma non cancerogene. Dal punto di vista del Risk Assesment questo implica una differente quantificazione del possibile effetto sanitario, non più calcolabile utilizzando il RfD/RfC ma il CSF specifico per il PM10 e/o PM2.5.*

7 *Al fine di caratterizzare meglio i recettori è necessario, inoltre, avere maggiori informazioni sulla localizzazione dei più vicini recettori sensibili (scuole, ospedali, residenze protette ecc,)*

8 *Infine, non sono state trattate eventuali emissioni odorigene ed eventuali misure di controllo relative previste dal proponente l'Ampliamento, così come non sono state specificate le stime emissive che coinvolgano altre matrici ambientali (suolo, acqua) o comunque le motivazioni di tali esclusioni."*

## 2.2 Integrazioni

Nella tabella seguente viene fornita la corrispondenza tra le richieste di integrazione e i paragrafi del presente documento.

| RIFERIMENTO DELLA RICHIESTA DI INTEGRAZIONE | RIFERIMENTO DELLA RISPOSTA |
|---|---|
| Punto 1 | Paragrafo 3.1 |
| Punto 2 | Paragrafo 3.2, 3.3, 4.3.2, 4.3.3 |
| Punto 3 | Paragrafo 6.3 |
| Punto 4.1 | Paragrafo 4.3.2.1 |
| Punto 4.2 | Paragrafo 4.3.4 |
| Punto 4.3 | Paragrafo 4.3.1 |
| Punto 4.4 | Paragrafo 4.3.4 |
| Punto 5.1 | Paragrafo 6.3.2 |
| Punto 5.2 | Paragrafo 6.3.2 |
| Punto 5.3 | Paragrafo 6.3.2 |
| Punto 6 | Paragrafo 6.2 |
| Punto 7 | Paragrafo 6.1 |
| Punto 8 | Allegato J (doc. [5]) |

*Tabella 2.1 Corrispondenza tra richieste di integrazione (doc.[9]) e paragrafi del presente documento*

# 3 CONSIDERAZIONI PRELIMINARI

## 3.1 Confronto tra ante-operam e post-operam

All'interno dello studio di impatto ambientale presentato (doc. [1]) è stato effettuato il confronto – in termini di qualità ambientale - tra lo scenario attuale "ante operam" e lo scenario di progetto per tutte le matrici ambientali.

In termini di rischio associato per la salute non è stato valutato il rischio per lo scenario attuale (il cosiddetto ante operam) in quanto si è considerato che, se il rischio per la salute nello scenario di progetto si può ritenere accettabile, lo stesso vale a maggior ragione per lo scenario attuale, che risulta caratterizzato da un impatto minore a quello di progetto, avendo in corso simili attività di tipo operativo ma nessuna attività di costruzione rilevante.

## 3.2 Opzione 0

L'opzione 0 era già stata valutata nell'ambito del S.I.A. presentato (doc. [1], Relazione introduttiva, 030-033R01E01, capitolo 3). Per completezza si citano qui di seguito i suddetti contenuti.

> *Per "opzione zero" si intende la possibile evoluzione dei sistemi ambientali in assenza di intervento.*
>
> *La realizzazione della "opzione zero" implica la conclusione della realizzazione del secondo ampliamento secondo la configurazione attualmente autorizzata ed il relativo recupero vegetazionale.*
>
> *Al fine di valutare gli impatti della configurazione di progetto rispetto all'opzione zero, vale la pena di individuare i principali elementi che differenziano le due opzioni.*
>
> *Dal punto di vista morfologico la realizzazione dell'ampliamento di progetto determina le seguenti variazioni:*
>
> - *Sviluppo della nuova morfologia: la fase 1 si svilupperà da 75 m s.l.m. (quota di partenza dell'ampliamento) a 182 m s.l.m. (quota della copertura finale, al di sopra dell'attuale discarica);*
> - *Estensione dell'area della discarica di circa 49 970 $m^2$ e riprofilatura del versante naturale lato Genova fino al confine di proprietà.*
>
> *Sempre dal punto di vista morfologico, inoltre, si segnala la realizzazione degli argini di valle per la Fase 1, ubicati indicativamente in corrispondenza dell'attuale piazzale di servizio a quota 80 m s.l.m., e in corrispondenza del tornante a quota 107 m s.l.m. in sinistra orografica ove attualmente si trova il lavaggio mezzi. Gli argini saranno realizzati con materiale selezionato*

*proveniente dagli scavi e con terre rinforzate. Il secondo argine sarà coperto dalla coltivazione del successivo Lotto 2 e pertanto non più raggiungibile.*

*Anche per la fase 2 è prevista la realizzazione di un argine di valle con materiale selezionato proveniente dagli scavi e con terre rinforzate (sommità a quota 88 m s.l.m.), che si raccorderà all'argine del Lotto 1, in corrispondenza del primo tornante della strada principale.*

*Per quel che attiene la viabilità, verrà realizzata una pista interna che si svilupperà sul corpo stesso della discarica e che verrà realizzata a partire dal piazzale, addossandosi all'argine in progetto.*

*L'ampliamento di progetto determina un allungamento della vita utile dell'ampliamento, in ragione dell'incremento di volumi, di circa 9 anni e 2 mesi per la coltivazione.*

*Nell'ipotesi che i conferimenti non varino, gli impatti legati a questo aspetto sono da considerarsi sostanzialmente invariati, semplicemente protratti nel tempo.*

*Inoltre l'incremento di volume sarà comunque a servizio della comunità e posticiperà la necessità di individuare un nuovo sito per lo smaltimento dei medesimi rifiuti.*

*Per quanto riguarda la realizzazione della fase 2 il progetto prevede la reinalveazione del rio affluente di sinistra del Torrente Segno (identificato da ID 38374) mediante tombinatura per il tratto in cui tale corpo idrico attraversa la discarica e la costruzione di un canale di gronda. L'impatto di tale intervento, ampiamente illustrato nella Relazione Idraulica, sarà mitigato dal fatto che, durante la fase di coltivazione, verrà realizzato un canale perimetrale rivestito in massi che di fatto costituirà anche la nuova rilocazione del tratto del rio, mentre nell'attuale posizione del corso d'acqua sarà realizzato un manufatto (scatolare in c.a. e tubazione in acciaio nel tratto finale) allo scopo di captare le acque che si potranno infiltrare nell'attuale sede del rio.*

*A livello di reticolo idrografico a scala di bacino, l'impatto sarà trascurabile in quanto verranno intercettate e condotte ai medesimi recapiti le portate fluenti nel corso d'acqua.*

*Inoltre, la progettazione del sistema di regimazione delle acque meteoriche ha ottemperato al principio dell'invarianza idraulica.*

*Per invarianza idraulica si intende la conservazione della medesima portata di picco, in una fissata sezione e per un determinato tempo di ritorno, a seguito di interventi al bacino afferente la sezione considerata.*

*Per quel che riguarda il bacino in destra orografica, le sue caratteristiche restano pressoché invariate in quanto il progetto di ampliamento non determina variazioni sostanziali all'area del bacino (circa 10 ha) né alle caratteristiche dello stesso.*

*Per quel che riguarda invece il bacino in sinistra orografica, pur mantenendo la medesima area, con lo spostamento del canale di gronda si modificano le proporzioni tra superfici di discarica*

*(che aumentano) e superfici naturali (che diminuiscono) variando così anche le caratteristiche di permeabilità e la pendenza media.*

*Per ovviare alle conseguenti modifiche della portata di picco nella sezione di chiusura del bacino in oggetto, nel progetto viene progettata e dimensionata una apposita vasca di laminazione. In particolare, il volume di invaso sarà ottenuto realizzando una serie di briglie di altezza massima pari a 4 m lungo il tratto terminale del canale di gronda in progetto e rivestendo le pareti con materassi tipo Reno, per un migliore inserimento ambientale.*

*Per quel che riguarda gli impianti relativi all'ampliamento in oggetto essi dovranno essere riadattati alla nuova configurazione di progetto.*

*In particolare per quanto riguarda il biogas essi dovranno essere ricollegati a quelli esistenti per quanto riguarda l'area di ampiamento ricadente sulla discarica esistente mentre per quanto riguarda la parte di ampliamento non addossata all'attuale discarica si provvederà alla realizzazione di nuovi pozzi da ricollegare agli impianti esistenti.*

*Per quanto riguarda le opere di raccolta del percolato verranno realizzati nuovi pozzi di estrazione del percolato, nuove linee drenanti, nuovi collettori di collegamento ed inoltre nuove vasche di raccolta del percolato in c.a. che andranno ad integrare o a sostituire le vasche esistenti.*

*L'attuale impianto di chiari-flocculazione verrà dismesso e, in sostituzione sarà installato un impianto di ultrafiltrazione.*

*Verrà inoltre realizzato un nuovo piazzale a servizio della discarica lato Genova a quota 117 m s.l.m. dove verranno ubicate 2 delle 6 nuove vasche di raccolte del percolato previste. Tale piazzale, avente un'estensione ridotta e pari a circa 1/5 del piazzale a servizio della discarica, avrà un impatto visivo contenuto in relazione alla posizione incassata tra due versanti che costituiscono delle barriere morfologiche limitanti la visibilità da tre lati.*

## 3.3 Emissioni sulle altre componenti ambientali

La valutazione di impatto sanitario dell'ampliamento è stata effettuata in riferimento alla sola componente aria in quanto, sulla base delle valutazioni effettuate nell'ambito dello studio di impatto ambientale, le ricadute sulle altre componenti ambientali sono risultate minime, se non trascurabili come deducibile anche da quanto riportato al paragrafo precedente. Per quanto sopra si è ritenuto che gli impatti determinati dalle modifiche di progetto su tutte le altre componenti ambientali non saranno tali da determinare effetti significativi sulla salute della popolazione, di conseguenza la valutazione degli effetti sulla salute si è focalizzata sul rischio sanitario associato all'inalazione.

Si riportano qui di seguito le matrici di sintesi della valutazione di impatto ambientale (doc. [1], Stima finale degli impatti non eliminabili e loro mitigazione, 030-033R06E01; capitolo 5).

| COMPONENTE | INESISTENTE | TRASCU-RABILE | MINORE | SIGNIFI-CATIVO | IMPOR-TANTE |
|---|---|---|---|---|---|
| Suolo | | ♦ | | | |
| Aria | | ♦ | | | |
| Acque | | ♦ | | | |
| Rumore | | ♦ | | | |
| Aspetti Naturalistici - fauna | | | ♦ | | |
| Aspetti Naturalistici - flora | | ♦ | | | |
| Paesaggio | | ♦ | | | |
| Produzione di rifiuti e consumo di risorse | ♦ | | | | |

*Tabella 3.1: Sintesi degli impatti in condizioni di normalità – Fase 1*

| COMPONENTE | INESISTENTE | TRASCU-RABILE | MINORE | SIGNIFI-CATIVO | IMPOR-TANTE |
|---|---|---|---|---|---|
| Suolo | | | ♦ | | |
| Aria | | ♦ | | | |
| Acque | | | ♦ | | |
| Rumore | | ♦ | | | |
| Aspetti Naturalistici - fauna | | | ♦ | | |
| Aspetti Naturalistici - flora | | ♦ | | | |
| Paesaggio | | ♦ | | | |
| Produzione di rifiuti e consumo di risorse | ♦ | | | | |

*Tabella 3.2 Sintesi degli impatti in condizioni di normalità: Fase 2*

| COMPONENTE | INESISTENTE | TRASCU-RABILE | MINORE | SIGNIFI-CATIVO | IMPOR-TANTE |
|---|---|---|---|---|---|
| Suolo | ♦ | | | | |
| Aria | | ♦ | | | |
| Acque | | ♦ | | | |
| Rumore | | ♦ | | | |
| Aspetti Naturalistici - fauna | | ♦ | | | |
| Aspetti Naturalistici - flora | | ♦ | | | |
| Paesaggio | | ♦ | | | |
| Produzione di rifiuti e consumo di risorse | ♦ | | | | |

*Tabella 3.3 Sintesi degli impatti in condizioni di eccezionalità: Fase 1 e Fase 2*

Dall'analisi effettuata risulta che il progetto di ampliamento in corso di valutazione non determina variazioni sostanziali degli impatti già previsti per la discarica attualmente autorizzata.

L'incremento dei volumi di abbancamento determina l'aumento della vita utile della discarica e quindi il prolungamento degli impatti di breve periodo legati prevalentemente alla coltivazione.

Va comunque sottolineato che l'incremento degli impatti è limitato nel tempo e costituisce una percentuale piuttosto limitata dell'impatto complessivo della discarica. I medesimi impatti sarebbero

in ogni caso presenti in un altro impianto in cui dovrebbe essere smaltito il medesimo quantitativo di rifiuti.

| ASPETTO AMBIENTALE | GIUDIZIO SINTETICO | NOTA |
|---|---|---|
| Suolo | = | Il progetto non ha effetti significativi su questi aspetti. |
| Aspetti Geotecnici | = | Il progetto non ha effetti significativi su questi aspetti. |
| Aria | = | Gli effetti del progetto sono analoghi alla situazione attuale. Gli impatti previsti sono limitati e contenuti entro i limiti di legge. |
| Acqua | = | Gli effetti del progetto sono analoghi rispetto alla situazione attuale.<br>Si prevedono impatti minimi per quanto riguarda la deviazione del corso d'acqua affluente del Torrente Segno |
| Rumore | = | Gli effetti del progetto sono analoghi alla situazione attuale. |
| Aspetti Naturalistici | = | Il giudizio tiene conto del progetto di sistemazione finale dell'area. |
| Paesaggio | = | Il giudizio tiene conto del progetto di sistemazione finale dell'area. |
| Produzione di rifiuti e consumo di risorse | = | Il giudizio tiene conto del fatto che alcuni impatti sono legati al quantitativo di rifiuti conferiti che non dipende dall'impianto |

Legenda:
= Nessun cambiamento sostanziale
+ + Effetto molto positivo
+ Effetto positivo
- Effetto negativo
-- Effetto molto negativo

*Tabella 3.4 Sintesi degli impatti*

Per maggiori dettagli si rimanda allo studio di impatto ambientale presentato (doc. [1]).

# 4 MODELLIZZAZIONE DELL'AREA DI RICADUTA DEGLI INQUINANTI EMESSI

La modellizzazione della dispersione in atmosfera ed individuazione dell'area di ricaduta degli inquinanti emessi negli scenari di progetto per l'ampliamento di una discarica per rifiuti non pericolosi in località Bossarino comune di Vado Ligure (SV) è stata effettuata attraverso il software Calpuff ed il pre processore meteorologico Calmet. L'output restituito dal modello è rappresentato dai valori di concentrazione in aria degli inquinanti emessi dalle sorgenti della discarica.
Di seguito si riporta una sintetica descrizione delle principali caratteristiche dei software utilizzati, degli input e dei risultati ottenuti.

## 4.1 Modello di dispersione atmosferica calpuff

CALPUFF è un modello non stazionario, multi strato e multi specie che simula la diffusione degli inquinanti attraverso una serie continua di puff in cui la distribuzione degli inquinanti è di tipo gaussiano. Di seguito si riportano le principali caratteristiche del modello.

- Scala Spaziale: da pochi metri a centinaia di chilometri
- Scala Temporale: Short Term e Long Term
- Dominio: qualsiasi tipo (da terreni semplici a complessi)
- Inquinanti: gas (reattivo: $SO_2$, $SO_4$, NO, $NO_2$, $HNO_3$, $NO_3$; non reattivo: $NH_3$), aerosol e particolato. Processi di deposizione umida e secca
- Sorgenti emissive: qualsiasi tipo (puntuale, areale, volumetrica e lineare)
- Regime: non stazionario (variazioni spazio-temporali)

Particolarità del modello:

- necessita di dati meteorologici, input di CALMET, di buona qualità per fornire risultati attendibili;
- i dati meteorologici generati da CALMET sono di tipo tridimensionale, funzione del tempo;
- CALPUFF accetta in ingresso anche dati meteorologici provenienti da modelli prognostici o diagnostici;
- i campi di vento possono essere tridimensionali (CALMET) oppure più semplicemente provenienti da una singola stazione meteo, nello stesso formato usato dai modelli ISCST3, AUSPLUME o CTDMPLUS (modelli gaussiani), ma la semplificazione peggiora la simulazione del modello;
- il modello include una dettagliata parametrizzazione degli effetti legati ai terreni complessi. Inoltre per rappresentare le aree costiere viene discretizzata ulteriormente la griglia di calcolo (CTSG, Subgrid-scale Complex Terrain module);

- il modello può elaborare gli output attraverso postprocessori in grado di elaborare dati meteorologici, di concentrazione e flussi di deposizione.

## 4.2 Calmet – pre processore meteorologico

CALMET, il processore meteorologico, restituisce una serie completa di dati, su un campo tridimensionale, rappresentativi delle variazioni spazio-temporali. CALMET richiede in ingresso i dati legati al tipo di dominio. Questi possono essere generati da un processore geofisico i cui file contengono i valori della griglia di calcolo secondo gli standard di USGS [U.S. Geological Survey], oppure, nel caso si usi CSGT, si possono usare i file di terreno e recettore, provenienti dall'algoritmo di CTDMPLUS [Complex Terrain Dispersion Model].

Il modello sopra descritto risulta particolarmente indicato per simulazioni su terreni complessi, aree costiere, trasporto di inquinanti al di sopra di superfici acquatiche, per inquinanti inerti ed inquinanti reattivi per cui si considerano processi di rimozione lineare e trasformazioni chimiche e per medie temporali da un'ora ad un anno.

Tra i vantaggi dell'utilizzo di tale modello, si è riscontrato che il software tiene conto dei fenomeni di down wash, può trattare trasformazioni chimiche semplici, risulta adeguato a simulare condizioni di calma di vento ed è indicato nei casi in cui i fenomeni di trasporto, dispersione e deposizione avvengono in condizioni spazio-temporali non stazionarie.

## 4.3 Input del modello di dispersione

La modellizzazione della dispersione degli inquinanti emessi dalle sorgenti della discarica è stata effettuata attraverso l'utilizzo dei software sopra descritti.

L'implementazione del modello è stata effettuata attraverso le seguenti fasi:

- scelta del **dominio di calcolo** oggetto della modellizzazione
- scelta degli **inquinanti** e **caratterizzazione delle sorgenti**
- scelta degli **scenari individuati**
- raccolta e analisi dei **dati meteoclimatici** relativi all'area di localizzazione dell'impianto.

### 4.3.1 Ampiezza del dominio di calcolo

#### Ampiezza del dominio di calcolo del meteo

L'ampiezza del dominio di calcolo del file meteo attraverso il processore meteorologico CALMET è stata scelta in modo da includere tutte le stazioni meteo utilizzate come input. Pertanto è stato

considerato un dominio quadrato di lato pari a 12 km che include al suo interno la stazione meteo ARPAL "Istituto nautico Savona" (cfr.: paragrafo 4.3.4).

Le principali caratteristiche del suddetto dominio di calcolo sono le seguenti:

- Coordinate UTM dell'origine: X = 448 500 m E
  Y = 4 897 000 m N
- Dimensioni 12 000 m x 12 000 m
- Passo della griglia 100 m

Nella **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.** seguente si riporta il dominio di calcolo utilizzato per il calcolo del file meteo attraverso il processore CALMET con l'individuazione della stazione meteo di ARPAL utilizzata.




*Figura 4.1 Dominio di calcolo del file meteo con individuazione della stazione meteo di ARPAL (riquadro rosso) (nel cerchio rosso la discarica di Bossarino)*

### Ampiezza del dominio di calcolo della ricaduta degli inquinanti

Per il calcolo della ricaduta degli inquinanti attraverso il software CALPUFF è stato utilizzato un dominio di calcolo, inscritto nel dominio di calcolo meteorologico sopra riportato, avente medesima origine del dominio (ovvero il punto in basso a sinistra del dominio) e lato del quadrato pari a 7,4 km.

Nella figura seguente si riporta il dominio di calcolo utilizzato per il calcolo della ricaduta degli inquinanti.



*Figura 4.2 Ampiezza del dominio di calcolo*

### 4.3.2 Inquinanti e caratterizzazione delle sorgenti

Nella valutazione del rischio sanitario effettuata nel luglio 2017 si era scelto di considerare solo gli inquinanti più significativi dal punto di vista degli effetti sulla salute, facendo riferimento al rapporto tra le emissioni di ciascun inquinante e la relativa tossicità e di caratterizzare - in via cautelativa - le emissioni delle sorgenti fisse utilizzando i valori limite di emissione fissati dall'A.I.A..

Il presente aggiornamento del risk assessment costituisce un approfondimento del dettaglio della valutazione del rischio precedente in quanto:

- è stata estesa la valutazione del rischio non cancerogeno a due ulteriori inquinanti (HCl ed HF) che presentano caratteristiche di tossicità
- è stata effettuata la valutazione del rischio cancerogeno correlato all'inalazione della frazione di particolato con caratteristiche di cancerogenicità (ovvero il PM 2,5 emesso dalle combustioni dei motori)

Nell'ottica dell'approfondimento del risk assessment rispetto alla valutazione precedente, è stato scelto di approfondire anche il dettaglio di caratterizzazione delle emissioni e di utilizzare i dati emissivi reali delle sorgenti puntuali in luogo dei valori limite di emissione fissati dall'A.I.A.

Al fine della valutazione del rischio sono stati considerati gli effetti dovuti alle emissioni del seguenti parametri: Polveri, Ossidi di azoto (NOx), Acido solfidrico ($H_2S$), Acido cloridrico (HCl), Acido fluoridrico (HF), benzene.

In merito al parametro "Polveri" si specifica quanto segue:

- la valutazione del rischio non cancerogeno è stata effettuata considerando la frazione inalabile delle polveri totali, ossia il PM10.
- Per la valutazione del rischio cancerogeno si è fatto riferimento alle considerazioni riportate di seguito che sono state desunte dalle "Linee Guida per la valutazione integrata di impatto ambientale e sanitario (VIIAS) nelle procedure di autorizzazione ambientale (VIA, VAS, AIA)" n. 133/2016 in cui (Appendice 1, paragrafo 4): *"Nell'ottobre 2013 l'Agenzia Internazionale per la Ricerca sul Cancro (IARC) ha classificato l'inquinamento atmosferico e le polveri sottili come cancerogeni per l'essere umano (Gruppo 1) rilevando sufficienti evidenze per un'associazione causale con il tumore polmonare. Premesso quanto sopra, è stato implementato un algoritmo che, a partire dai dati epidemiologici disponibili, ha condotto alla determinazione dell'unità di rischio inalatorio (IUR) di contrarre un tumore al polmone per esposizione al particolato fine (PM2,5) nella popolazione italiana"*. Per quanto sopra, la valutazione del rischio cancerogeno è stata condotta rispetto alle esposizioni della popolazione alla sola frazione cancerogena delle polveri emesse, ovvero il particolato fine PM2,5.

Dato che il parametro monitorato nell'ambito dell'A.I.A. sono le polveri totali, e non essendo disponibili dei dati di speciazione delle polveri emesse, per determinare la concentrazione di $PM_{10}$ emesso è stato considerato in via cautelativa un rapporto $PM_{10}$/PTS pari a 0,8.

Per determinare la concentrazione di PM2,5 sono stati effettuati degli approfondimenti bibliografici al fine di determinare un contenuto medio di particolato fine (PM2,5) sulle polveri sottili (PM10). A

seguito degli approfondimenti effettuati è emerso che le polveri PM10 sono costituite per circa il 60% dalla frazione più sottile PM2,5. Pertanto, nel presente studio è stato considerato un rapporto PM2,5/PM10 pari a 0,6.

Nella tabella seguente sono riportati gli inquinanti rispetto ai quali è stato valutato il rischio sulla salute.

| PARAMETRI CONSIDERATI PER IL RISK ASSESSMENT | RISCHIO CANCEROGENO | RISCHIO NON CANCEROGENO |
|---|---|---|
| PM10 | | X |
| PM2,5(da sorgenti di emissione di polveri con caratteristiche di cancerogenicità) | X | |
| Acido solfidrico (H2S) | | X |
| acido cloridrico (HCl) | | X |
| acido fluoridrico (HF) | | X |
| ossidi di azoto (NOx) | | X |
| Benzene (C6H6) | X | |

Le emissioni dalla discarica di Bossarino possono essere dalle sorgenti seguenti:

1. Emissioni puntuali, attraverso camini
2. Emissioni diffuse, dalle superfici di cantiere e del corpo rifiuti
3. Emissioni diffuse dovute ai mezzi interni ed al traffico dei mezzi in ingresso ed in uscita (mezzi esterni);

#### *4.3.2.1 Emissioni puntuali*

I camini presenti nell'impianto sono:

- La torcia di combustione del biogas
- Le marmitte di scarico dei fumi di combustione dei gruppi elettrogeni di cogenerazione alimentati con il biogas di discarica.

La torcia di combustione è una apparecchiatura di sicurezza collegata con l'impianto di aspirazione e collettamento del gas di discarica ai motori.

Infatti anche gli impianti destinati al recupero energetico devono essere dotati di un sistema di combustione di emergenza in grado di trattare il gas di discarica nel caso di una situazione di fuori servizio, per guasto o per manutenzione, delle attrezzature di trasformazione energetica, oppure per bruciare le eccedenze di biogas rispetto alla potenzialità di recupero dei cogeneratori.

Il D.Lgs. 36/2003, che di fatto rappresenta le BAT nell'ambito della costruzione e gestione delle discariche, impone che tali impianti , se in grado di sviluppare biogas a seguito dell'abbancamento di rifiuti biodegradabili, siano di norma dotati di impianti per il recupero energetico, ma nel caso dell'impraticabilità del recupero, siano attrezzati per la termodistruzione del gas che deve avvenire in camere di combustione a temperature > di 850°C, concentrazione di $O_2$ maggiore o uguale al 3% e tempi di ritenzione non inferiori a 3 secondi.

Nel caso della discarica di Bossarino, dotata di 2 gruppi di recupero energetico indipendenti da 320 kW di potenza elettrica cadauno alimentati a biogas, le probabilità di entrata in funzione della torcia di sicurezza sono estremamente remote e, pertanto, le emissioni di quest'ultima non vengono prese in considerazione per lo studio di Risk Assessment sanitario.

Diverso è il caso invece dei due cogeneratori di energia elettrica e termica, alimentati a gas di discarica, con potenza elettrica di 320 kW cadauno.

Ogni unità di cogenerazione è costituita da un motore a combustione interna, ciclo Otto, alimentato a biogas ed accoppiato con un gruppo alternatore che trasforma l'energia meccanica in energia elettrica.

I gas di scarico, prima dell'emissione in atmosfera, sono avviati ad un postcombustore che, alla temperatura di circa 800°C, completa il processo di abbattimento del CO e del $CH_4$ residui nei fumi.

Per la valutazione della portata degli effluenti dai motori di combustione sono stati considerati i seguenti dati relativi al 2016:

- Biogas estratto (valore riportato nella Relazione annuale del 2017): 2 575 635 $m^3$;
- Ore di funzionamento dei motori: GR1 8 433 h = 351 giorni 24h/24h
  8 349 h = 348 giorni 24h/24h

Dividendo la volumetria estratta per il numero di ore di funzionamento si ottiene la portata media di 153.5 $m^3$/h per ciascun motore.

Tale portata è stata valutata in relazione alla curva di produzione del biogas della discarica ampliata (doc. [2], Relazione tecnica biogas, 030-034R06E01), da cui risulta che la portata media estraibile per la gestione operativa dell'impianto è indicativamente di 400 $Nm^3$/h, corrispondente a 200 $Nm^3$/h per ciascun motore.

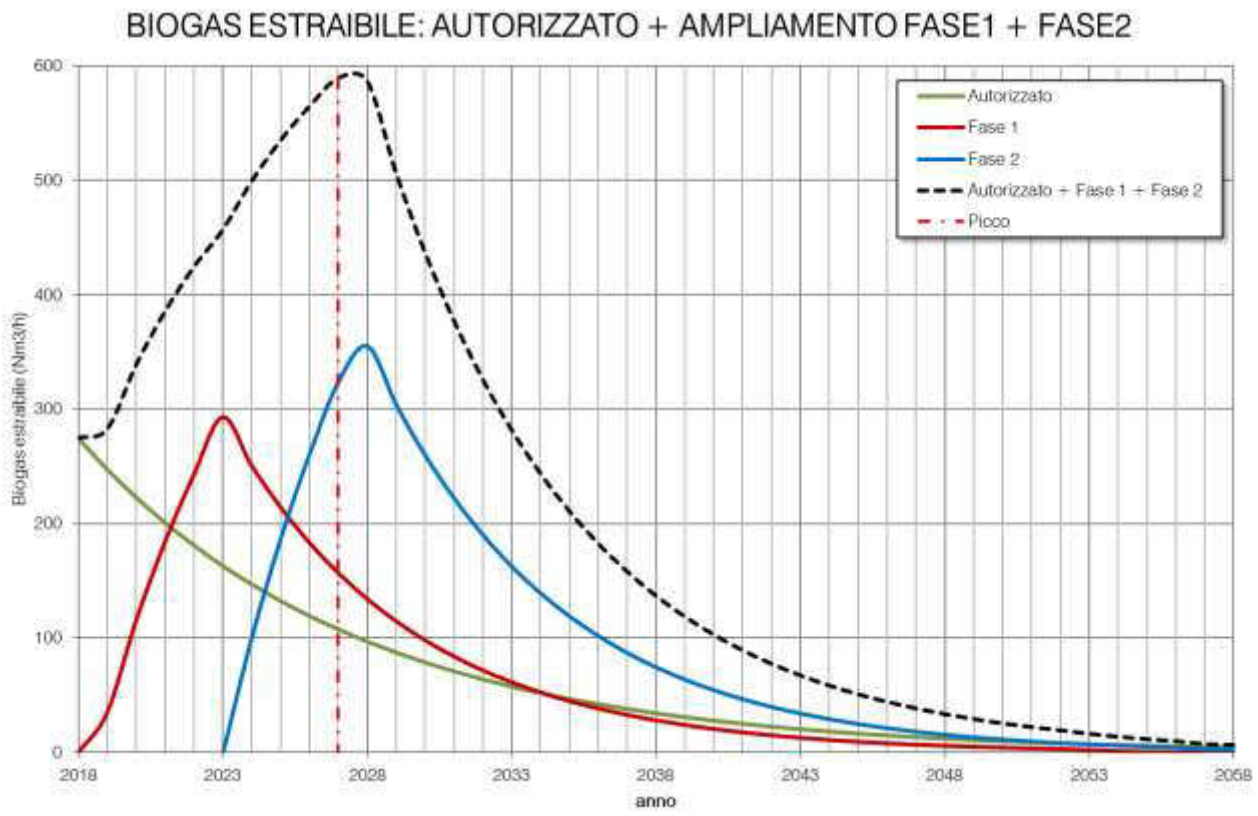



*Figura 4.3 Stima del biogas estraibile dalla discarica ampliata (fonte: doc. [2], Relazione tecnica biogas, 030-034R06E01)*

Nei calcoli per la modellazione è stata quindi cautelativamente considerata la portata di 200 $Nm^3/h$ per ciascun motore.

Per quel che riguarda la durata dell'emissione, per tenere conto degli stop ai motori per la manutenzione ed eventuali malfunzionamenti, è stato considerato il massimo numero di giorni di funzionamento tra i due motori per il 2016, ovverosia 351 giorni.

Per la determinazione delle concentrazioni si è invece fatto riferimento ai valori medi delle misurazioni effettuate sugli scarichi dei motori in occasione dei monitoraggi periodici nel periodo tra il 2012 (anno di entrata in funzione dei motori) e la fine del 2016.

| PARAMETRO | U.M. | VALORE LIMITE | MEDIA |
|---|---|---|---|
| acido cloridrico | $mg/Nm^3$ | 10 | 3.96 |
| acido fluoridrico | $mg/Nm^3$ | 2 | 1.63 |
| monossido di carbonio (CO) | $mg/Nm^3$ | 500 | 89.43 |
| ossidi di azoto (NOx) | $mg/Nm^3$ | 450 | 324.30 |
| polveri | $mg/Nm^3$ | 10 | 2.00 |
| s.o.v. come C.O.T. | $mg/Nm^3$ | 150 | 65.87 |

*Tabella 4.1 Valori medi dei parametri monitorati dagli scarichi dei motori di combustione interna nel periodo settembre 2012 – novembre 2016 (fonte: Certificati delle prove eseguite)*

A partire dalla tabella sopra riportata sono stati desunti i valori di concentrazione degli inquinanti considerati nella modellizzazione, come riportato nella tabella seguente. Al fine della valutazione del rischio (non cancerogeno e cancerogeno) sono stati considerati gli effetti dovuti alle emissioni del seguenti parametri:

| PARAMETRI CONSIDERATI PER IL RISK ASSESSMENT | U.M. | CONCENTRAZIONI EMESSE |
|---|---|---|
| $PM_{10}$ | $mg/Nm^3$ | 1.60 |
| ossidi di azoto (NOx) | $mg/Nm^3$ | 324.30 |
| acido cloridrico (HCl) | $mg/Nm^3$ | 3.96 |
| acido fluoridrico (HF) | $mg/Nm^3$ | 1.63 |
| $PM_{2,5}$ | $mg/Nm^3$ | 0.96 |

*Tabella 4.2 valori di concentrazione emessi dalle sorgenti fisse utilizzati nel modello di dispersione CALPUFF*

Si può ritenere che negli scenari di progetto considerati nel modello le emissioni delle sorgenti fisse non subiranno variazioni rispetto allo stato attuale. La scelta di considerare un valore medio di emissione desunto da dati analitici risulta maggiormente rappresentativo della situazione emissiva reale rispetto al fatto di considerare valori di emissione pari al limite, che potrebbero essere rappresentativi eventualmente solo di situazioni emissive di picco.

*4.3.2.2*
*4.3.2.2*

### *4.3.2.2 Emissioni diffuse dalle superfici di discarica e di cantiere*

Le emissioni diffuse sulla superficie della discarica hanno origini varie:

- Polveri, dovute al sollevamento dalle superfici dei rifiuti e del terreno nelle fasi di scarico e di transito dei mezzi, e alle frazioni trasportate con il biogas emesso dalle superfici della discarica.
- Emissioni casuali dovute alla tensione di vapore di sostanze volatili contenute nei rifiuti, percepibili nella fase di scarico e di abbancamento, prima della ricopertura dei rifiuti.
- Emissioni diffuse di biogas dalle superfici della discarica. In effetti non tutto il gas di discarica prodotto dalle reazioni biochimiche nel corpo dei rifiuti viene captato dal sistema di raccolta predisposto nell'impianto perché un aumento eccessivo della depressione imposta nelle reti di captazione può comportare ingresso di aria esterna nel corpo dei rifiuti, con conseguente diluizione del biogas e abbassamento della concentrazione di $CH_4$ e del potere calorifico del gas, e contemporaneo innalzamento della concentrazione di $O_2$ con il raggiungimento delle soglie di allarme dei limiti di esplosività, eventualità che porterebbe al blocco automatico di tutto il sistema di captazione.

Pertanto dalle superfici della discarica si ha una emissione di biogas la cui portata è funzione del tipo di superficie:

- zone di abbancamento rifiuti, con portate elevate di emissione;

- aree con copertura provvisoria, con portate medio-basse di emissione;
- aree con capping definitivo in opera, con portate di emissione minime, 50 volte inferiori alla portate misurata nelle aree dotate di copertura provvisoria.

Poiché non esistono, ad oggi, normative tecniche nazionali per la valutazione delle emissioni diffuse, viene correntemente utilizzata la normativa emessa dall'Agenzia per l'Ambiente Inglese EA (Environment Agency), denominata "Guidance for Monitoring Landfill Gas Surface Emissions". Tale metodologia, molto precisa nei dettagli sull'effettuazione dei rilievi e sull'elaborazione dei dati, prevede di acquisire misure di flusso dalla superficie, mediante l'utilizzo di specifiche camere di flusso accoppiate ad analizzatori FID (Flame Ionization Detector).

Il numero dei punti di misura è funzione dell'estensione delle superfici e i valori di concentrazione di $CH_4$ misurati vengono utilizzati per il calcolo della portata di metano:

$$Q\ [mg_{CH4} / (m^2 \times s)]$$

Oltre alla misura del flusso emissivo, periodicamente il biogas viene prelevato dai collettori principali della discarica e analizzato. Per la caratterizzazione del biogas ai fini del presente lavoro sono state utilizzate le analisi effettuate il 15/02/2017 dal laboratorio CPG Lab di Cairo Montenotte, "Rapporto di prova n° 17LA02555 del 03/03/2017" (Allegato E), e sono stati individuati, come parametri più significativi dal punto di vista degli effetti sulla salute e dei valori di concentrazione rilevati dall'analisi, i seguenti:

- Acido solfidrico
- Benzene
- Polveri

Dai dati analitici sono stati ricavati i rapporti di concentrazione tra il metano e gli altri contaminanti scelti per la modellazione delle ricadute.

Il Gestore della discarica di Bossarino effettua periodicamente il monitoraggio delle emissioni diffuse di biogas con la metodologia precedentemente descritta, emessa dall'Agenzia per l'Ambiente Inglese EA (Environment Agency), denominata "Guidance for Monitoring Landfill Gas Surface Emissions".

Utilizzando i dati ricavati dall'ultima campagna di rilevamenti del 5/01/2017 (Allegato F), sono stati attribuiti alle portate medie del biogas monitorate dell'indagine gli stessi rapporti di concentrazione tra metano e gli altri contaminanti precedentemente ricavati dall'analisi del biogas nei collettori di captazione.

| PARAMETRO | % NEL BIOGAS (%) | CONCENTRAZIONE (mg/Nm$^3$) | RAPPORTO NEL GAS (%) |
|---|---|---|---|
| Metano | 39,53 | 268,184 | 100,0000 |
| Benzene | / | 1,22 | 0,0005 |
| Acido Solfidrico | / | 90,95 | 0.0339 |
| Polveri | / | 0,96 | 0.0004 |

Portata effluente 380 Nm$^3$/h

*Tabella 4.3 Rapporti di concentrazione tra biogas ed altri contaminanti ricavati dalla campagna di indagine del 05.01.2017*

Dalla Relazione tecnica redatta da CPG Lab, "Monitoraggio Emissioni diffuse Biogas" del 05/01/2017 (Allegato F), si evidenziano alcune importanti informazioni sulle caratteristiche delle emissioni.

Sono state effettuate n. 79 misure con la camera di flusso, su superfici assimilabili essenzialmente ad aree con copertura provvisoria.

I valori ottenuti sono risultati generalmente comparabili, tranne in due punti di misura, i n. 70 e 71, maggiori rispetto agli altri anche di due ordini di grandezza. Trattandosi di punti di misura in prossimità delle pareti, l'anomalia è da attribuirsi ad una stesa e compattazione della copertura provvisoria poco efficaci. In questi casi si creano vie preferenziali di emissione dalle quali il biogas fuoriesce con portate paragonabili a quelle che si hanno nelle zone di abbancamento.

Il valore medio del flusso di emissione di biogas, escludendo i due punti anomali, risulta pari a 0,0826 mg/(m$^2$ s).

Questo valore di portata è stato attribuito alle emissioni delle superfici con copertura provvisoria.

Alle superfici delle aree in abbancamento è stato invece attribuito un valore di portata pari a 4,68 mg/(m$^2$ s), ricavato dalla media delle portate dei punti anomali n. 70 e n. 71.

Per la modellazione delle superfici dotate di capping definitivo, in base all'esperienza ricavata da numerose misure effettuate con cappe di flusso, è stata invece adottata una portata pari ad 1/50 di quella utilizzata per le aree con copertura provvisoria.

Ai fini della caratterizzazione delle emissioni superficiali sono stati pertanto riportati i seguenti flussi.

| EMISSIONI SUPERFICIALI | BENZENE (mg/h) | $H_2S$ (mg/h) | POLVERI (mg/h) |
|---|---|---|---|
| in coltivazione | 0.07664 | 5.71371 | 0.06031 |
| copertura provvisoria | 0.00135 | 0.10084 | 0.00106 |
| capping | 0.00003 | 0.00202 | 0.00002 |

*Tabella 4.4 Caratterizzazione delle emissioni superficiali*

### Emissioni dovute alla movimentazione di terre e rifiuti

Per la determinazione delle polveri derivanti dalla movimentazione di terre e rifiuti, valgono le considerazioni effettuate nel Quadro di riferimento ambientale presentato (doc. [1], 030-033R04E01, paragrafo 3.2.1) che, per chiarezza espositiva, sono riportate qui di seguito.

La produzione di polverosità dei cantieri è abitualmente drasticamente ridotta dai regimi di regolamentazione, che prevedono specifici accorgimenti da adottare nelle fasi di attività che producono polveri.

Nel caso specifico, gli accorgimenti operativi per prevenire la formazione di polveri sono i seguenti:

- obbligo ai trasportatori di conferire i rifiuti con automezzi dotati di idonea copertura;
- costante pulizia del piazzale di ingresso dell'impianto e della strada asfaltata per l'accesso alla zona di scarico a mezzo autospazzatrice;
- costante bagnatura delle piste in terra battuta per l'accesso alla zona di scarico e della superficie della discarica in corso di realizzazione;
- sistematico lavaggio delle ruote degli autocarri in uscita dalla discarica;
- impiego di sistemi di nebulizzazione dislocati lungo il perimetro della discarica,
- cannone nebulizzatore su mezzo mobile opportunamente posizionato in prossimità della attività in corso.

Questa serie di trattamenti garantisce un abbattimento delle polveri di almeno il 90%. Pertanto la polverosità residua risulta essere, al massimo, di circa 1 grammo per metro cubo di materiale movimentato.

Il quantitativo medio annuo rappresentativo di materiale movimentato può essere stimato in circa 215 000 $m^3$/anno considerando i contributi dettagliati nella tabella seguente:

| TIPOLOGIA DI MATERIALE | QUANTITATIVO MOVIMENTATO ($m^3$/anno) | PRODUZIONE DI POLVERE (kg/anno) | UBICAZIONE DELL'EMISSIONE |
|---|---|---|---|
| Massimo quantitativo di terreno scavato e successivamente utilizzato per la formazione dei nuovi lotti | 45 000 | 45 | Aree di cantiere |
| Terreno movimentato per la formazione delle coperture provvisorie | 20 000 | 20 | Aree di coltivazione |
| Terreno movimentato per la formazione delle coperture definitive | 20 000 | 20 | |
| Rifiuti abbancati | 130 000* | 130 | |
| TOTALE | 215 000 | 215 | |

* = è il conferimento previsto per la fase 2. Nella fase 1 è pari a 115 000 $m^3$/anno

*Tabella 4.5 Determinazione delle polveri da movimentazione di terre e rifiuti*

La produzione di polveri è stimabile in circa 215 kg/anno, di cui 45 kg/anno dalle aree di cantiere e 170 kg/anno dalle aree di coltivazione.

Considerando 260 giorni lavorativi per anno, l'emissione complessiva media è di 0,83 kg/giorno.

#### *4.3.2.3 Emissioni diffuse da traffico*

Mezzi interni

In analogia al calcolo effettuato nel Quadro di riferimento ambientale presentato (doc. [1], 030-033R04E01, paragrafo 3.2.2), la valutazione delle emissioni prodotte dai mezzi interni viene effettuata a partire dai dati di consumo di gasolio per autotrazione registrati presso la discarica nel periodo 2012-16 e riportati nelle relative relazioni annuali.

I dati fanno riferimento al consumo di gasolio per le attività di movimentazione dei terreni, di scarico e abbancamento rifiuti, ecc.

Nella tabella seguente sono riportati i conferimenti di rifiuti e i dati di consumo di gasolio in litri/anno e la conversione in kg/anno considerando che la densità media del gasolio commerciale a temperatura ambiente è di circa 0,840 g/cm$^3$.

| ANNO | CONFERIMENTI (t/anno) | CONSUMO DI GASOLIO PER I MEZZI ESTERNI (l/anno) | (kg/anno) |
|---|---|---|---|
| 2012 | 119 556 | 254 960 | 214 166 |
| 2013 | 102 009 | 189 968 | 159 573 |
| 2014 | 142 308 | 184 978 | 155 382 |
| 2015 | 186 900 | 230 000 | 193 200 |
| 2016 | 131 375 | 160 180 | 134 551 |

*Tabella 4.6 Conferimenti e consumi di gasolio per i mezzi interni nel periodo 2012-2016 (fonte: Relazioni annuali 2013-2017)*

La stima delle emissioni può essere ottenuta utilizzando i dati precedenti e la seguente tabella.

| | CO [g/kg] | $NO_x$ [g/kg] | NM VOC [g/kg] | PTS [g/kg] | $CO_2$ [kg/kg] |
|---|---|---|---|---|---|
| Valori di riferimento utilizzati | 5.73 | 28.34 | 1.33 | 0.61 | 3.14 |

*Tabella 4.7 Valori di riferimento per le emissioni inquinanti degli automezzi interni; fonte: EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2016 - Emission factors; Road transport, heavy duty vehicles (1.A.3.b.iii); diesel*

Si ottiene quindi che allo stato attuale:

| ANNO | CO [kg/anno] | $NO_x$ [kg/anno] | NM VOC [kg/anno] | PTS [kg/anno] | $CO_2$ [kg/anno] |
|---|---|---|---|---|---|
| 2012 | 1 227 | 6 069 | 285 | 131 | 672 |
| 2013 | 914 | 4 522 | 212 | 97 | 501 |
| 2014 | 890 | 4 404 | 207 | 95 | 488 |
| 2015 | 1 107 | 5 475 | 257 | 118 | 607 |
| 2016 | 771 | 3 813 | 179 | 82 | 422 |

*Tabella 4.8 Stima delle emissioni di inquinanti prodotti dai motori dei mezzi interni per il periodo 2012-2016*

Per la determinazione delle emissioni relative all'ampliamento è necessario sottolineare che il consumo di gasolio non è correlato soltanto al quantitativo di rifiuti conferiti, ma anche ai seguenti fattori principali:

- l'esecuzione degli interventi (soprattutto scavi e riporti);

- le caratteristiche di compressibilità del rifiuto (che a loro volta dipendono dalla merceologia): più il rifiuto è compressibile minori sono le operazioni di compattazione e quindi i consumi;
- la lunghezza del percorso che i mezzi devono compiere per spostarsi all'interno della discarica;
- i quantitativi di materiale (diverso dai rifiuti) da movimentare per la gestione della discarica (materiali per coperture giornaliere e provvisorie, argini di coltivazione, drenaggi, piste di coltivazione, ecc);
- i quantitativi da trattare a recupero;
- l'utilizzo delle auto di servizio (comprese tra i mezzi interni);
- la modernità e lo stato di usura dei macchinari.

Per valutare gli impatti negli anni futuri e soprattutto le modifiche agli impatti in relazione al presente ampliamento, è necessario valutare come muteranno gli elementi che influenzano il consumo di carburante e le conseguenti emissioni.

Le valutazioni che seguono sono riferite ad un anno tipo di gestione della discarica.

- gli scavi aggiuntivi, così come i riporti, determinati dal presente progetto avverranno in maniera dilatata nel tempo (produzioni dell'ordine di 1 000 $m^3$/giorno possono essere sostenute da un escavatore e un mezzo di trasporto) in modo da non incrementare sensibilmente il numero di mezzi circolanti nell'ambito dell'impianto;
- il conferimento della maggior parte di materiale proveniente dall'esterno, ovvero le terre per la formazione della copertura definitiva è prevista al temine della coltivazione dei lotti; un leggero aggravio dei transiti è previsto solo per la fase di chiusura definitiva del Lotto 1 che avverrà in concomitanza alla coltivazione del Lotto 2;
- non si prevedono significative variazioni, se non lievi decrementi, dei conferimenti rispetto alla situazione attuale;
- si ritiene che i quantitativi dei materiali necessari alla gestione non subiranno variazioni di rilievo in quanto correlati ai quantitativi dei conferimenti;
- la merceologia dei rifiuti in ingresso (e quindi la loro compressibilità) non è prevedibile perché la composizione del rifiuto dipende dal mercato;
- le variazioni previste dal presente progetto non implicano l'incremento dell'attuale parco mezzi di gestione. Si prevede la sostituzione dei macchinari entro il raggiungimento della loro massima vita utile.

Complessivamente si ritiene che le variazioni appena descritte, prese nel loro insieme e tenuto conto degli elementi attualmente non ponderabili, non determineranno significative differenze rispetto alla condizione attuale.

Per la valutazione dei consumi di gasolio relativi all'ampliamento è stata quindi considerata quella registrata nel 2016, anno in cui i conferimenti sono stati più prossimi a quelli previsti per l'ampliamento.

Per la ripartizione tra aree di cantiere e aree di coltivazione è stato invece impiegato il rapporto tra i rispettivi volumi movimentati desumibile dai dati in Tabella 4.5.

| UBICAZIONE DELL'EMISSIONE | CO [kg/anno] | $NO_x$ [kg/anno] | NM VOC [kg/anno] | PTS [kg/anno] | $CO_2$ [kg/anno] |
|---|---|---|---|---|---|
| Totale | 771 | 3 813 | 179 | 82 | 422 |
| Aree di cantiere | 161 | 798 | 37 | 17 | 88 |
| Aree di coltivazione | 610 | 3 015 | 141 | 65 | 334 |

*Tabella 4.9 Stima delle emissioni medie di inquinanti prodotti dai motori dei mezzi interni per l'ampliamento*

### Mezzi esterni

Le emissioni dai mezzi esterni alla discarica è stata effettuata tenendo conto dei seguenti fattori:

- Numero di mezzi che, in media, annualmente accedono alla discarica,
- Tempo medio di permanenza presso la discarica, considerando il tempo necessario ad entrare e uscire e quello per le attività di scarico,
- Consumo di carburante al minimo del singolo mezzo

Mezzi per il conferimento dei materiali da costruzione

Per la valutazione del numero di mezzi per il conferimento dei materiali da costruzione sono stati considerati i materiali che danno un contributo significativo al numero di mezzi. Si tratta in particolare delle argille di impermeabilizzazione e del materiale di drenaggio del percolato.

Sulla base della geometria dell'ampliamento e delle caratteristiche progettuali degli interventi è stato stimato che la volumetria dei materiali da costruzione da conferire è di circa 29 000 $m^3$. Ipotizzando di distribuire il conferimento sull'intera vita utile dell'ampliamento (9.2 anni) e che la capacità media dei mezzi è di 30 $m^3$, si è ottenuto che il numero medio di mezzi anno è pari a 106.

Il consumo medio di carburante al minimo è stato ipotizzato pari a 2.5 litri/ora ed il tempo di permanenza del mezzo con motore in moto di circa 1 ora ottenendo un consumo di 2.5 litri/mezzo. Per la conversione dei litri di gasolio in kg è stato considerato la già citata densità di 0.840 g/$cm^3$.

Nella tabella seguente la sintesi dei calcoli effettuati.

| DURATA DELLE ATTIVITÀ (annia9 | QUANTITATIVI CONFERITI ($m^3$) | NUMERO DI MEZZI (mezzi/anno) | CONSUMO DI GASOLIO PER I MEZZI ESTERNI (l/anno) | (kg/anno) |
|---|---|---|---|---|
| 9.2 | 122 500* | 106 | 265 | 223 |

* = conferimento medio tra fase 1 (115 000 $m^3$/anno) e fase 2 (130 000 $m^3$/anno)

*Tabella 4.10 Numero medio dei mezzi in transito e stima consumi di gasolio per i mezzi di conferimento materiali da costruzione per l'ampliamento*

Applicando i fattori di conversione della Tabella 4.7 al consumo di gasolio previsto, è possibile la determinazione delle emissioni dovute ai gas di scarico dei mezzi conferitori per l'ampliamento.
Nella modellazione, tali emissioni saranno applicate alle aree di cantiere.

Mezzi per il conferimento dei rifiuti

Il numero di mezzi che accedono alla discarica è correlato al quantitativo di rifiuti conferiti ed alla tipologia dei mezzi impiegati per il trasporto. Per effettuare la stima del numero dei mezzi corrispondenti ai conferimenti medi ipotizzati per l'ampiamento è stata considerata la capacità media dei mezzi desumibile dai dati riportati nelle Relazioni annuali per il periodo 2012-2016.

| ANNO | CONFERIMENTI (t/anno) | NUMERO DI MEZZI (mezzi/anno) | CAPACITÀ MEDIA DEI MEZZI (t/mezzo) |
|---|---|---|---|
| 2012 | 119 556 | 7 868 | 15.20 |
| 2013 | 102 009 | 7 369 | 13.84 |
| 2014 | 142 308 | 6 855 | 20.76 |
| 2015 | 186 900 | 8 494 | 22.00 |
| 2016 | 131 375 | 9 092 | 14.45 |
| media | 136 429 | 7 936 | 17.25 |

*Tabella 4.11 Conferimenti, numero dei mezzi in transito e stima della capacità dei mezzi di conferimento nel periodo 2012-2016 (fonte: Relazioni annuali 2013-2017)*

Il numero di mezzi adibiti al trasporto dei rifiuti per l'ampliamento, tenendo conto di un conferimento medio di 122 500 $m^3$/anno, è pari a 7 101 mezzi/anno.
Il consumo medio di carburante al minimo è stato ipotizzato pari a 2.5 litri/ora ed il tempo di permanenza del mezzo con motore in moto di circa 1 ora ottenendo un consumo di 2.5 litri/mezzo.
Per la conversione dei litri di gasolio in kg è stato considerato la già citata densità di 0.840 $g/cm^3$.
Nella tabella seguente la sintesi dei calcoli effettuati.
Applicando i fattori di conversione della Tabella 4.7 al consumo di gasolio previsto, è possibile la determinazione delle emissioni dovute ai gas di scarico dei mezzi conferitori per l'ampliamento.
Nella modellazione, tali emissioni saranno applicate alle aree di coltivazione.

Calcolo delle emissioni

Nella tabella seguente sono sintetizzati i dati di emissione stimati per i mezzi di conferimento dei materiali da costruzione e dei rifiuti secondo quanto descritto ai paragrafi precedenti.

| UBICAZIONE DELL'EMISSIONE | CO [kg/anno] | $NO_x$ [kg/anno] | NM VOC [kg/anno] | PTS [kg/anno] | $CO_2$ [kg/anno] |
|---|---|---|---|---|---|
| Aree di cantiere | 1.28 | 6.31 | 0.30 | 0.14 | 0.70 |
| Aree di coltivazione | 85 | 423 | 20 | 9 | 47 |

*Tabella 4.12 Stima delle emissioni medie di inquinanti prodotti dai motori dei mezzi interni per l'ampliamento*

### *4.3.2.4 Sintesi delle emissioni diffuse*

Nella tabella seguente si riporta la sintesi delle emissioni diffuse.

| Inquinante | Fonte di emissione | | Emissione annua | |
|---|---|---|---|---|
| Polveri totali (per rischio Non Cancerogeno) | Mezzi di conferimento interni | 17.18 | kg/anno | superfici di cantiere |
| | | 64.90 | kg/anno | superfici di coltivazione |
| | Mezzi di conferimento esterni | 0.14 | kg/anno | superfici di cantiere |
| | | 9.10 | kg/anno | superfici di coltivazione |
| | Emissioni polveri da superfici di cantiere legate a movimentazioni | 45.00 | kg/anno | superfici di cantiere |
| | | 170.00 | kg/anno | superfici di coltivazione |
| | Emissioni da superfici in coltivazione | 0.06031 | mg/h | mg/h |
| | Emissioni da capping provvisorio | 0.001064 | mg/h | mg/h |
| Polveri totali (per rischio Cancerogeno) | Mezzi di conferimento interni | 17.18 | kg/anno | superfici di cantiere |
| | | 64.90 | kg/anno | superfici di coltivazione |
| | Mezzi di conferimento esterni | 0.14 | kg/anno | superfici di cantiere |
| | | 9.10 | kg/anno | superfici di coltivazione |
| NOx | Mezzi di conferimento interni | 798.11 | kg/anno | superfici di cantiere |
| | | 3015.07 | kg/anno | superfici di coltivazione |
| | Mezzi di conferimento esterni | 6.31 | kg/anno | superfici di cantiere |
| | | 422.63 | kg/anno | superfici di coltivazione |
| H2S | Emissioni da superfici in coltivazione | 5.7137 | mg/h | |
| | Emissioni da capping provvisorio | 0.1008 | mg/h | |
| | | | | |
| C6H6 | Emissioni da superfici in coltivazione | 0.07664 | mg/h | |
| | Emissioni da capping provvisorio | 0.00135 | mg/h | |

NOTA: per calcolare le concentrazioni di PM2,5 abbiamo moltiplicato il PM cancerogeno (colonna F) per 0,8 e per 0,6
NOTA: per calcolare le concentrazioni di PM10 per il calcolo non cancerogeno abbiamo moltiplicato le Polveri totali (colonna E) per 0,8

## 4.3.3 Scenari individuati

La proposta di ampliamento della discarica di Bossarino prevede la prosecuzione dell'attività in continuità morfologica con la discarica esistente.

Nel progetto è stata sviluppata una soluzione di ampliamento dell'impianto articolata tramite due fasi distinte

- la **prima fase (Lotto 1)** prevede l'ampliamento tramite l'allestimento di una nuova vasca alla base dell'attuale discarica, nel Settore Sud/Ovest e la successiva sopraelevazione rispetto all'area della discarica esistente a partire dal piazzale al piede sino a quota +175 m s.l.m.;
- la **seconda fase (Lotto 2)** prevede l'allestimento e la coltivazione di una nuova vasca a Est dell'attuale sito di discarica, verso il lato del Rio Tana.

I due lotti saranno realizzati in due diverse fasi temporali a causa della presenza del vincolo sulle aree percorse dal fuoco (Legge 21 novembre 2000 n. 353 "Legge-quadro in materia di incendi boschivi", art. 10, comma 1).
In particolare il vincolo esistente sulle aree in oggetto impone che per 15 anni, e cioè fino al 02.01.2022, esse non possano essere oggetto di variazione di destinazione d'uso. Poiché le aree esterne all'attuale perimetro hanno destinazione d'uso diversa da quella di discarica, l'ampliamento non potrà essere ivi realizzato fino alla decadenza del vincolo.
Le fasi di intervento sono pertanto state definite in maniera tale da garantire la continuità del servizio di conferimento dei rifiuti rispettando il vincolo sulle aree percorse dal fuoco.

Sulla base delle informazioni ad oggi disponibili fornite dalla Proponente, si è considerato che la coltivazione dell'attuale ampliamento termini nel luglio 2018.
Si è ipotizzato inoltre che il completamento dei lavori di ampliamento del Lotto 1 possa proseguire parallelamente alla fase terminale di coltivazione della discarica attuale, in modo tale da poter iniziare la coltivazione del nuovo ampliamento prima dell'esaurimento delle volumetrie disponibili.
Si è considerato che i lavori di allestimento del Lotto 2 avranno inizio circa quattro mesi dopo il decadimento del vincolo sulle aree percorse dal fuoco (02/01/2022).
Sulla base di tali ipotesi è stato determinato il massimo conferimento annuo di rifiuti per il Lotto 1 che consenta di garantire la continuità della coltivazione per tutta la vita utile della discarica.
Si è ipotizzato inoltre che parte del capping e del ripristino ambientale si possano realizzare sia in fase di coltivazione sia nel transitorio (1 anno) ed ovviamente completati nei due anni successivi, su settori di discarica esauriti.

Per tutta la vita utile dell'ampliamento della discarica (gestione operativa) si avrà la concomitanza di attività di allestimento dei lotti (attività di cantiere) e di attività di gestione (coltivazione).
Le diverse attività si svolgeranno in zone diverse dell'impianto che possono essere così suddivise:

- aree di cantiere, in cui vengono allestiti i lotti (scavi, riporti, impermeabilizzazioni, drenaggi, ecc),

- aree di coltivazione, in cui è attiva la deposizione dei rifiuti e che sono dotate di coperture giornaliere,
- aree chiuse provvisoriamente, cioè aree in cui non avviene più la coltivazione e dotate di copertura provvisoria in attesa che le condizioni siano idonee alla posa del capping finale o, solo nel caso del primo lotto, che vengano addossati i rifiuti del secondo lotto;
- aree chiuse definitivamente, ovverosia le aree su cui è stato realizzato il capping finale della discarica.

Ai fini del Risk Assessment per ciascuna delle fasi precedentemente descritte è stata individuata la sottofase più rappresentativa. La scelta è ricaduta sulle sottofasi in cui sono presenti tutte le tipologie di aree/attività precedentemente descritte che si sviluppano su superfici significative.
Sia per la fase 1 che per la fase 2 non è stato cautelativamente considerato il capping finale in quanto caratterizzato dalle emissioni minime.
Per la fase 1 è stata quindi selezionata la sottofase 1e, riportata nella tavola di progetto "Fasi" (rif: 030-034D33E01) e nella seguente Figura 4.4, in cui:

- l'area di cantiere si sviluppa intorno a quota 110 m s.l.m. per la realizzazione dell'argine di contenimento e tra le quote di 135 m s.l.m. e 180 m s.l.m. per l'allestimento del fondo impermeabilizzato;
- la coltivazione si sviluppa al piede tra le quote di 90 m s.l.m. e 110 m s.l.m.
- non sono presenti zone dotate di copertura provvisoria in quanto la coltivazione si sviluppa al piede.

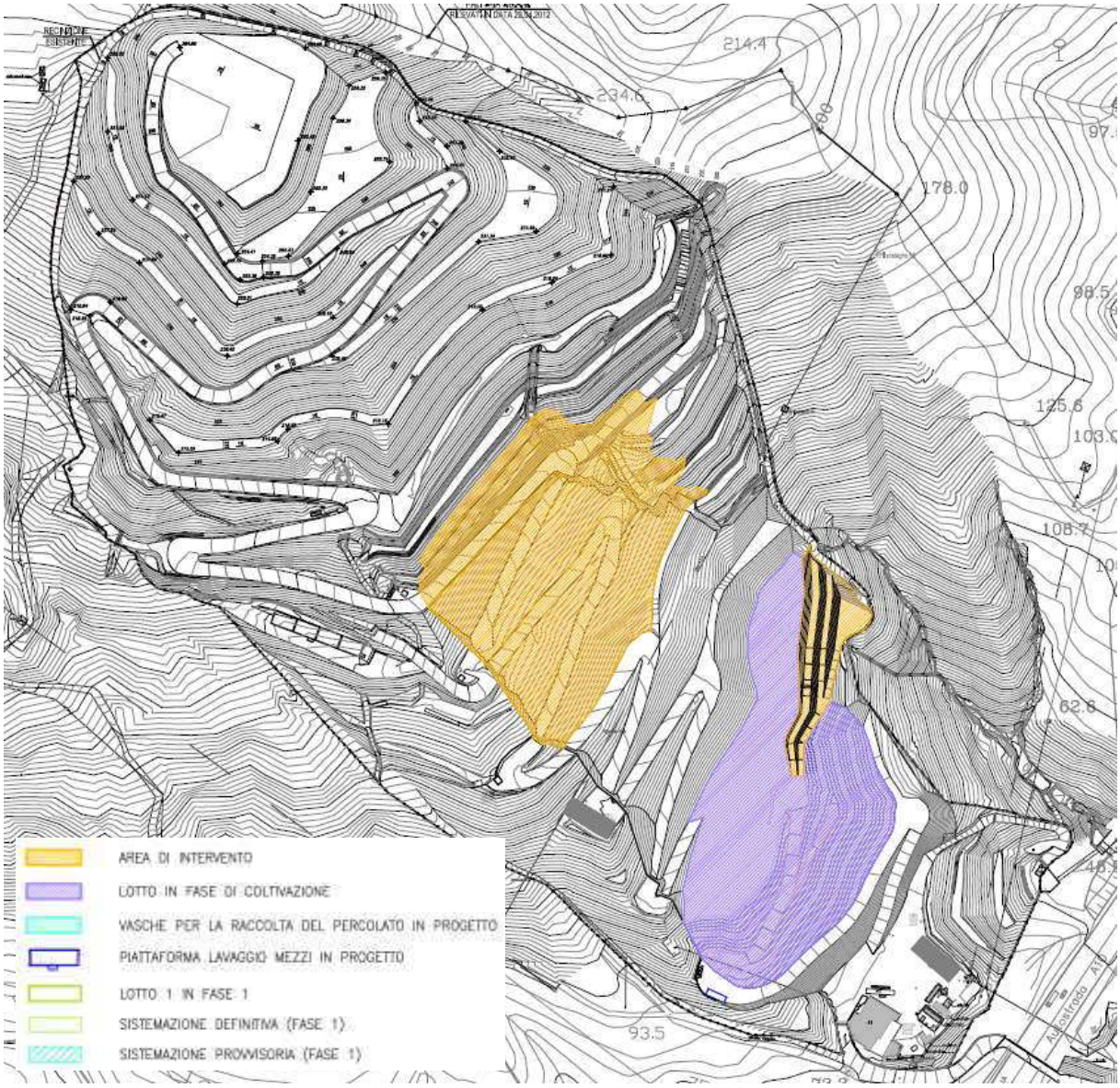



*Figura 4.4 Fase 1e – scenario 1 del Risk Assessment*

Per la **fase 2** è stata invece considerata una sottofase intermedia tra la fase 2° e la fase 2b non esplicitamente rappresentata nella tavola di progetto "Fasi" (rif: 030-034D33E01) ma riportata in Figura 4.5. Tale fase è così caratterizzata:

- l'area di cantiere si sviluppa tra le quote di 105 m s.l.m. e 135 m s.l.m. per l'allestimento del fondo impermeabilizzato;
- la coltivazione si sviluppa alla quota di 105 m s.l.m.
- le zone dotate di copertura provvisoria sono costituite dall'intero Lotto 1 e dalle zone già coltivate della fase 2 tra 90 m s.l.m. e 105 m s.l.m..

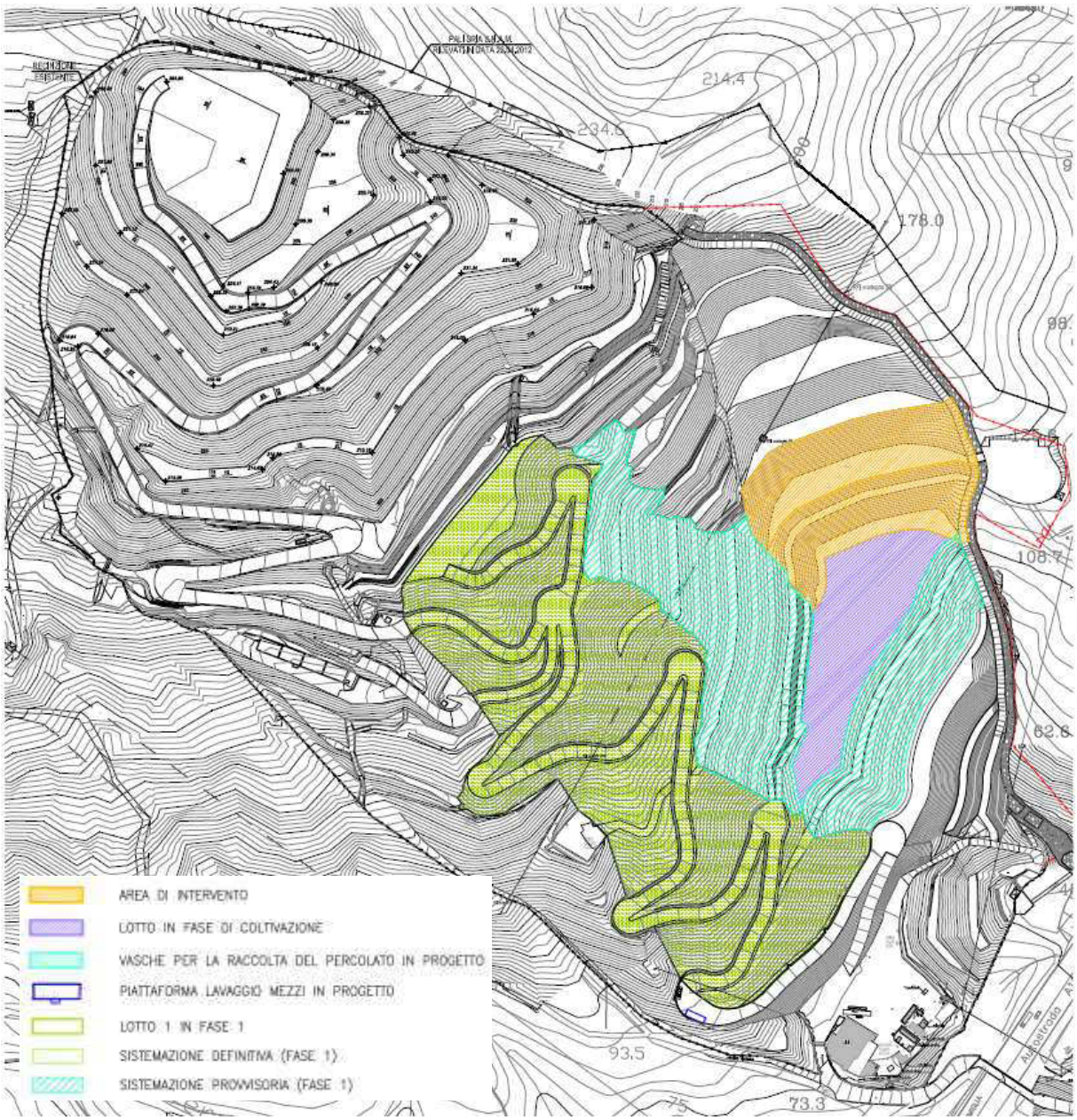



*Figura 4.5 Fase intermedia tra le fasi 2° e 2b – scenario 2 del Risk Assessment*

### 4.3.4 Dati meteo

Per effettuare il calcolo del file meteo sono stati utilizzati i dati meteorologici provenienti da:

1. Stazione meteorologica presente all'interno della discarica esistente
2. Stazione ARPA posizionata presso l'Istituto Nautico di Savona.

Per la scelta della stazione di ARPA Liguria da utilizzare è stata fatta una analisi di tutte le stazioni meteo disponibili nelle vicinanze. A seguito delle analisi effettuate, la stazione sopramenzionata è risultata essere il migliore compromesso tra completezza di dati meteorologici e di rappresentatività dell'area oggetto di valutazione

Di seguito si riporta l'inquadramento geografico delle stazioni meteo.

STAZIONE METEO a terra– n.1 "Discarica Bossarino"



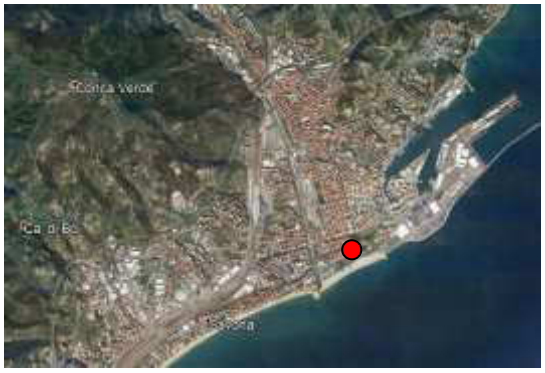



Coordinate:

X = 453.420 m E

Y = 4.901.915 m N

STAZIONE METEO a terra – n.2 "Istituto Nautico Savona"





Coordinate:

X = 458.768 m E

Y = 4.906.012 m N

L'input meteo utilizzato per lo svolgimento delle modellazioni è stato il 2016. Di seguito si riporta il grafico delle rose dei venti di frequenza – direzione di provenienza per le due stazioni meteo utilizzate.

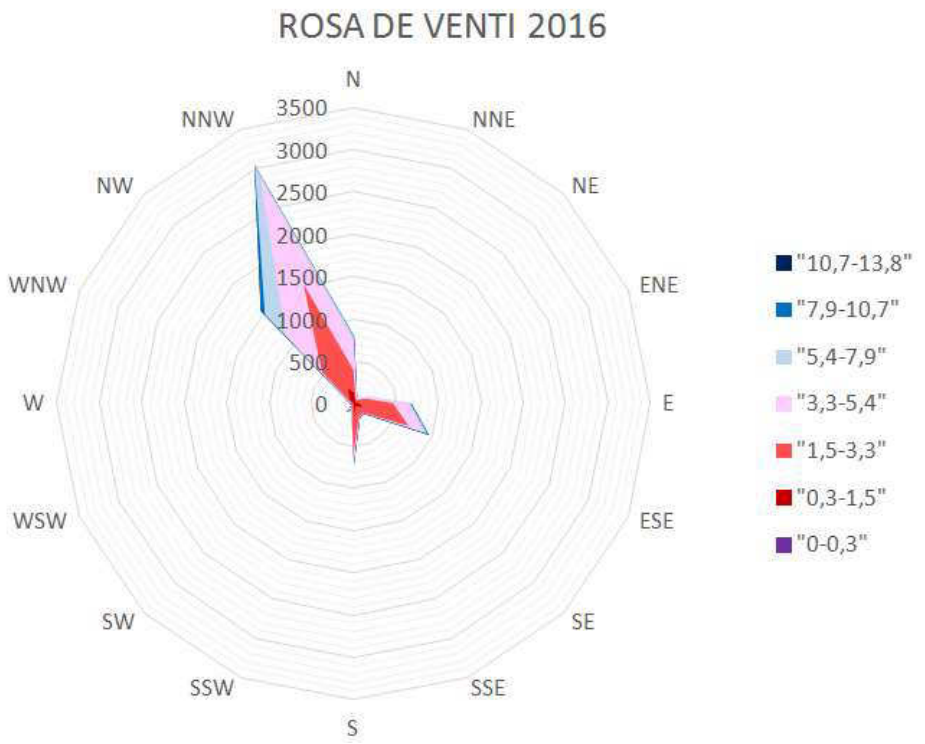



*Figura 4.6 Stazione ARPAL - Istituto Nautico di Savona - rosa dei venti - anno 2016 (classi di velocità in m/s)*

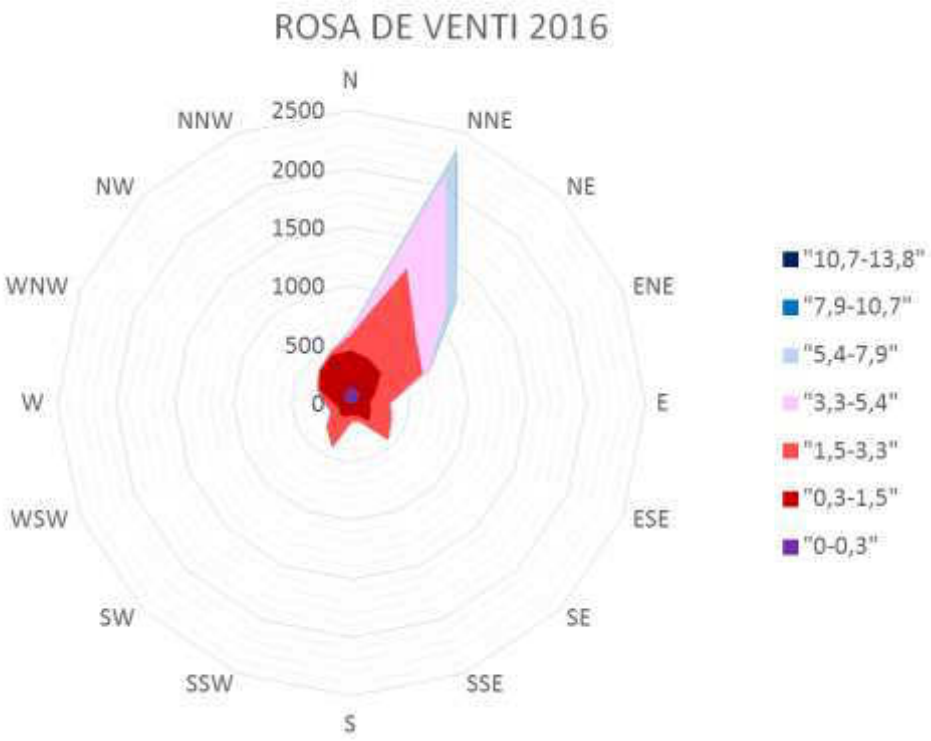



*Figura 4.7 Stazione meteo "Discarica Bossarino" - rosa dei venti - anno 2016 (classi di velocità in m/s)*

Scala temporale di riferimento utilizzata per l'implementazione modellistica

In merito alla scala temporale meteorologica da utilizzare per il calcolo della dispersione degli inquinanti, è stato scelto di implementare una modellizzazione utilizzando un intero anno solare, la fine di ottenere una situazione emissiva rappresentativa della variabilità meteorologica nell'arco dell'intero anno solare.

Se si considerassero le ricadute ai recettori derivanti da un modello diffusivo stagionale si otterrebbero delle ricadute ai recettori non rappresentative della effettiva esposizione alle emissioni della popolazione, bensì delle ricadute rappresentative di un solo periodo temporale, che determinerebbero una valutazione non corretta del rischio (che risulta legato all'intero periodo di esposizione alle emissioni).

## 4.4 Output del modello di dispersione

A seguito delle modellizzazioni effettuate sono state ottenute le mappe della dispersione degli inquinanti in atmosfera.

Si precisa che il modello ha restituito delle concentrazioni nulle per il parametro Benzene presso tutti i punti del dominio di calcolo. Tale risultato è dovuto al fatto che le emissioni di benzene alla sorgente sono molto basse. Pertanto, nel presente studio non sono riportate mappe delle dispersioni del benzene.

Le mappe di dispersione degli inquinanti sono state importate in un Sistema Informativo Territoriale (GIS), dopo opportuna georeferenziazione e messa in scala. Tali mappe sono state successivamente sovrapposte alle basi cartografiche regionali. Nelle figure seguenti sono riportati le mappe di dispersione, per i parametri considerati, nelle due fasi di coltivazione della discarica.

Negli allegati A e B sono riportate le mappe di dispersione in formato A4.

FASE 1

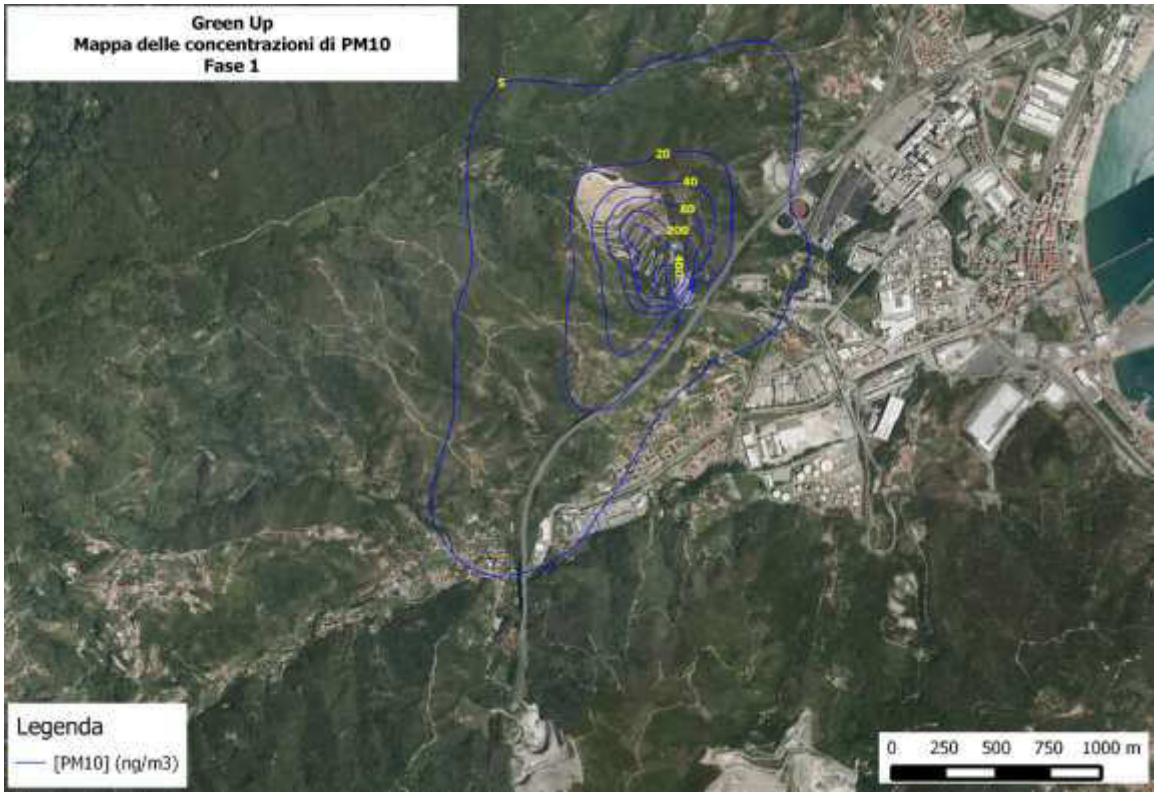



*Figura 4.8 Mappa di dispersione del PM10 (concentrazioni espresse in ng/m³)*

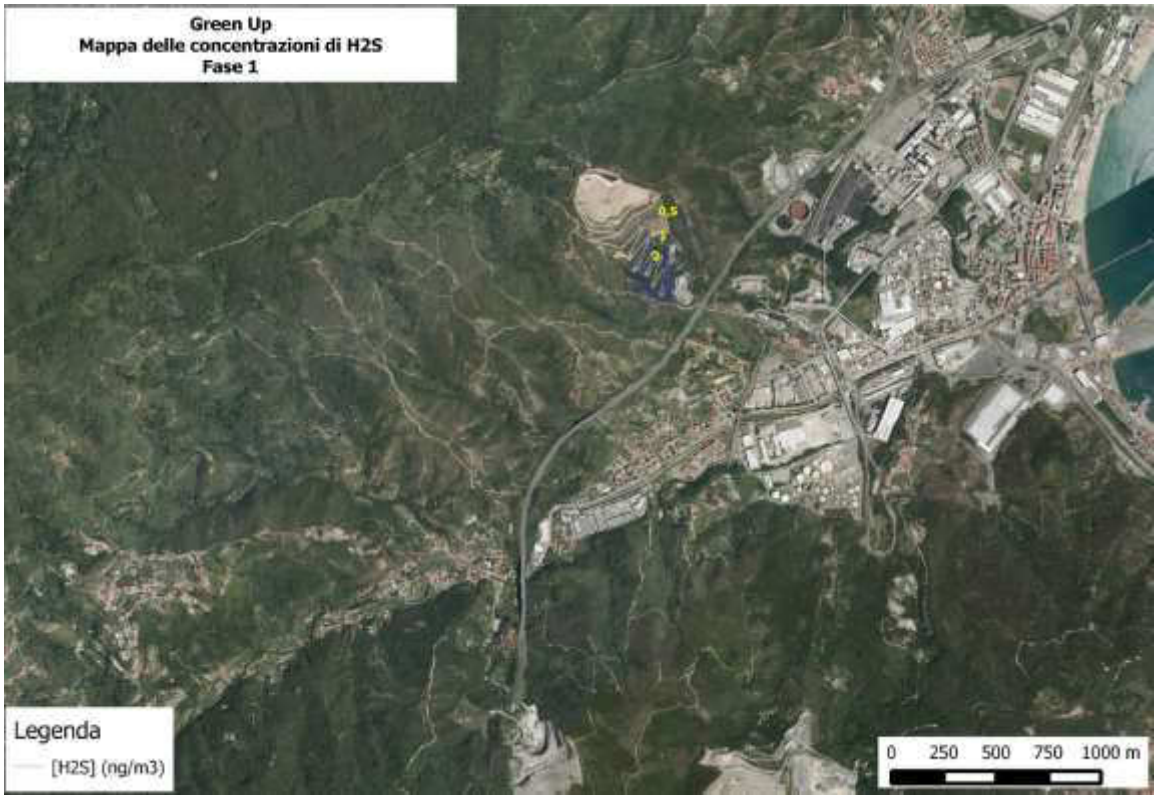



*Figura 4.9 Mappa di dispersione del $H_2S$ (concentrazioni espresse in ng/m³)*

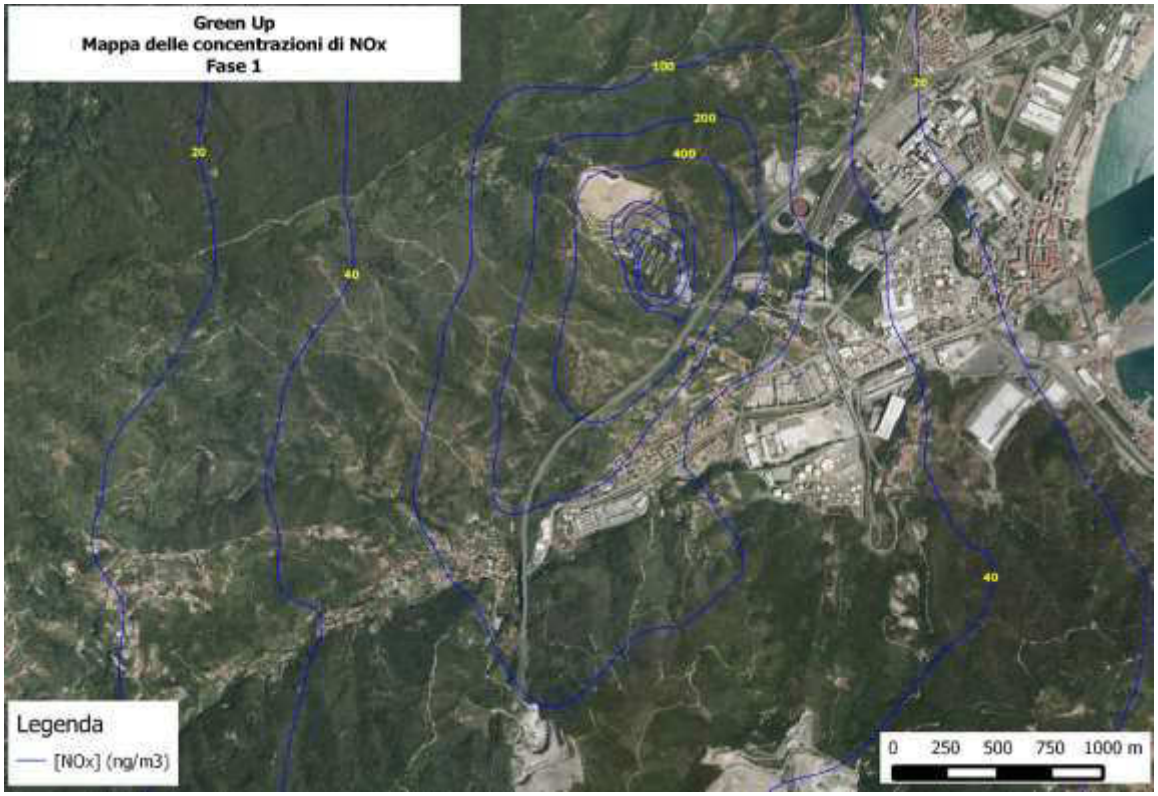



*Figura 4.10 Mappa di dispersione delle $NO_x$ (concentrazioni espresse in ng/m³)*

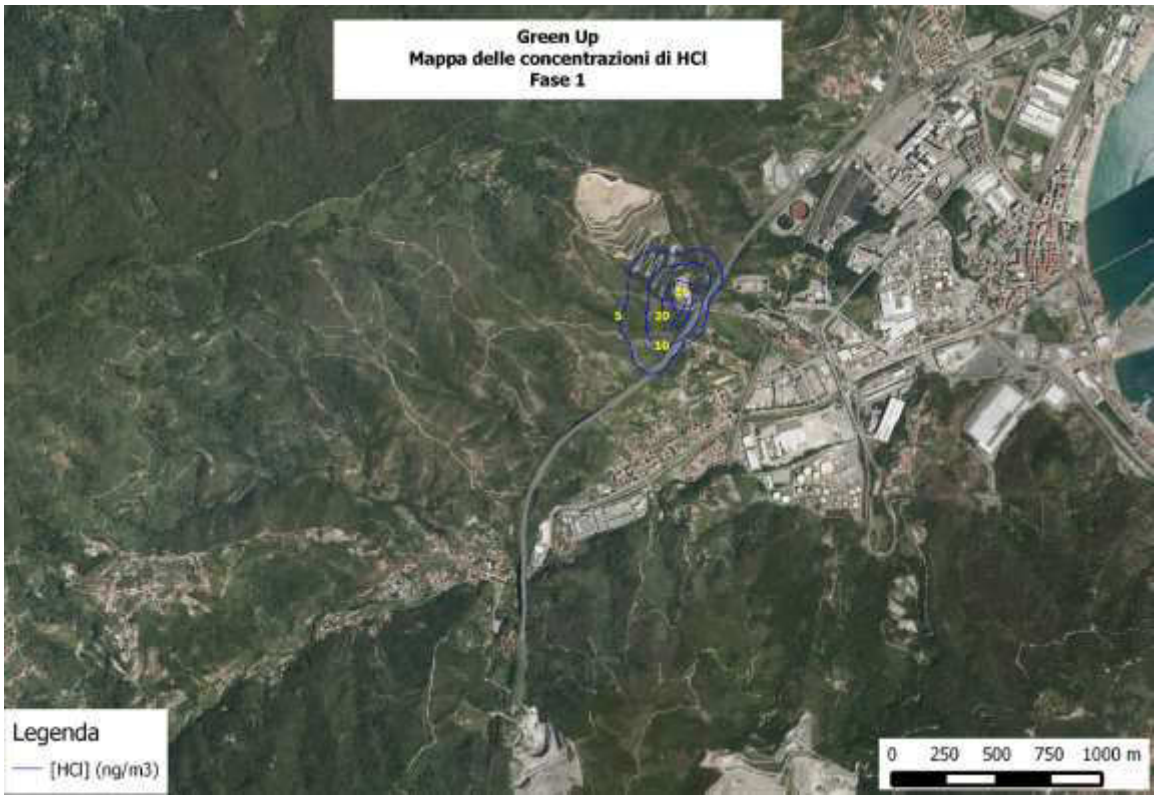



*Figura 4.11 Mappa di dispersione delle HCl (concentrazioni espresse in ng/m³)*

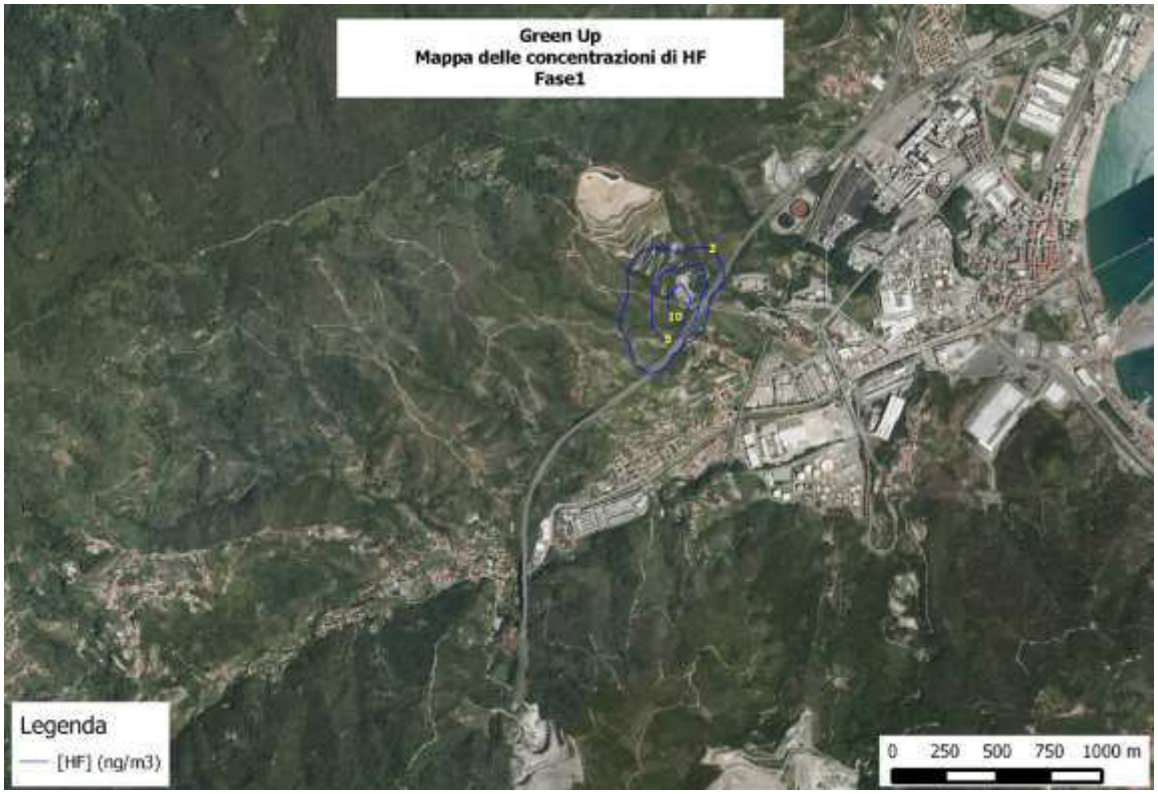



*Figura 4.12 Mappa di dispersione delle HF (concentrazioni espresse in ng/m³)*

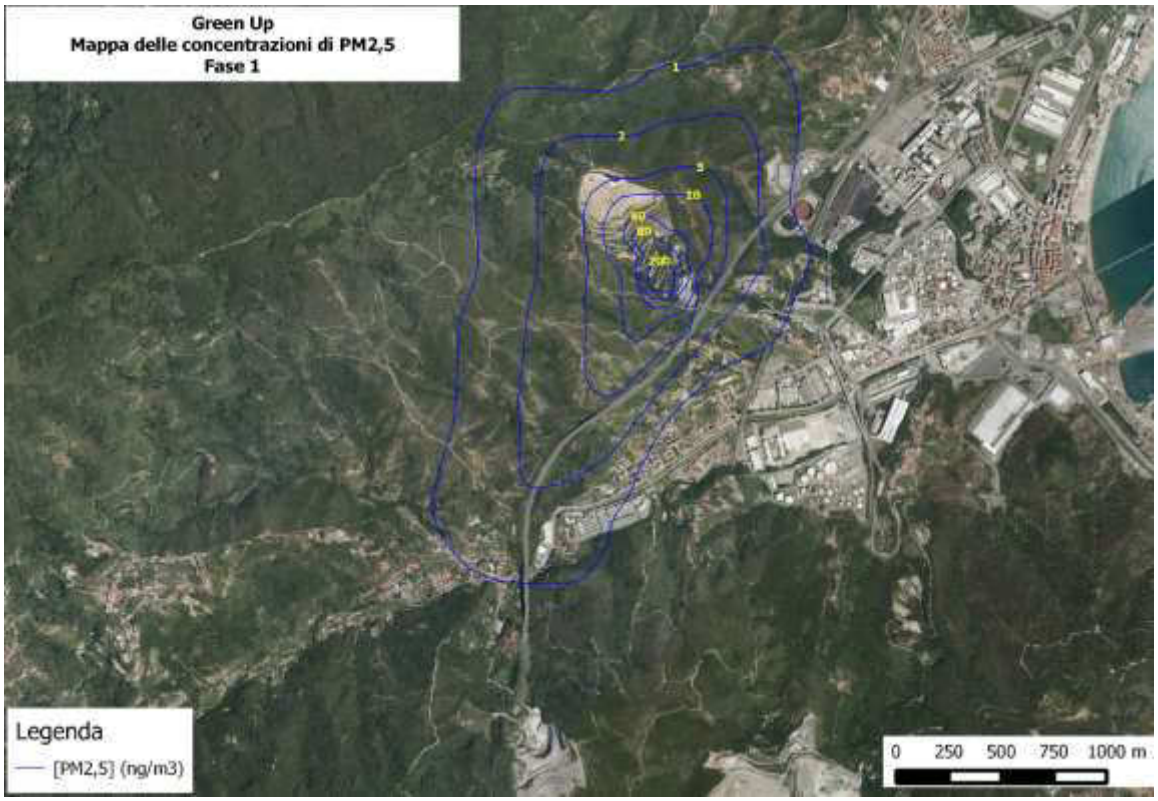



*Figura 4.13 Mappa di dispersione delle PM2,5 (concentrazioni espresse in ng/m3)*

FASE 2

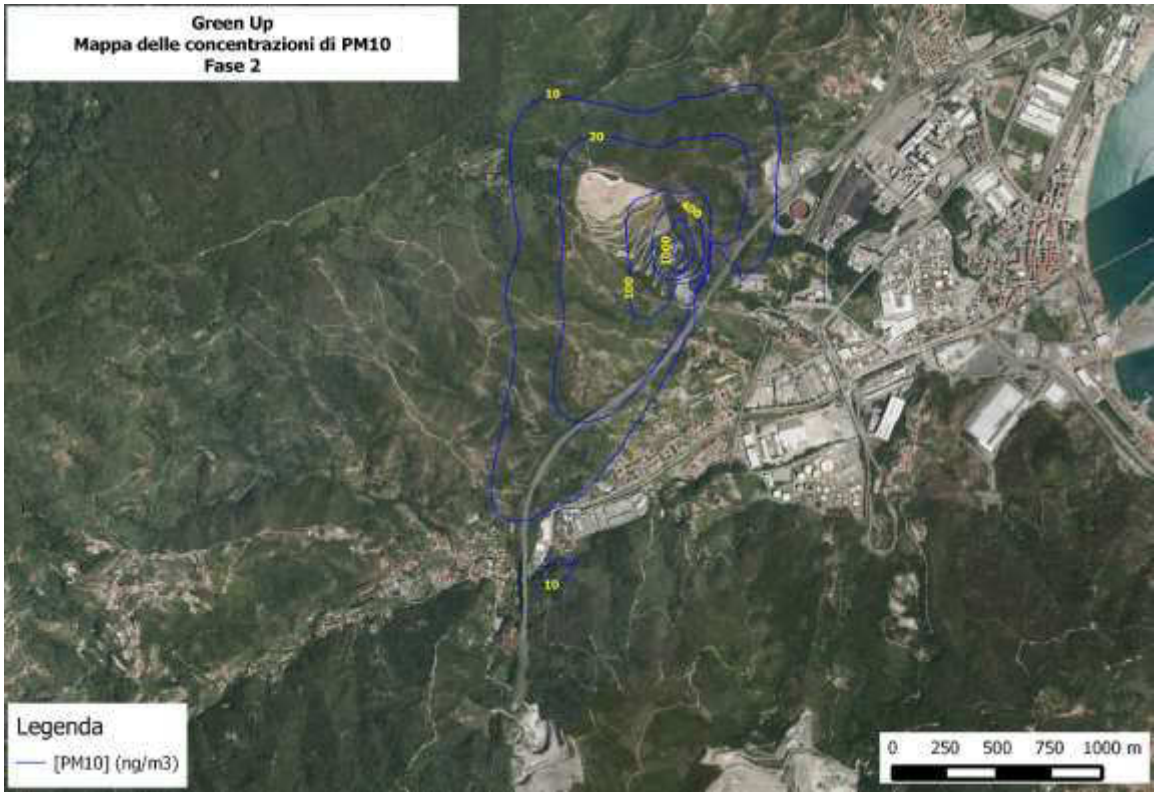



*Figura 4.14 Mappa di dispersione delle PM10 (concentrazioni espresse in ng/m³)*




*Figura 4.15 Mappa di dispersione del $H_2S$ (concentrazioni espresse in ng/m³)*

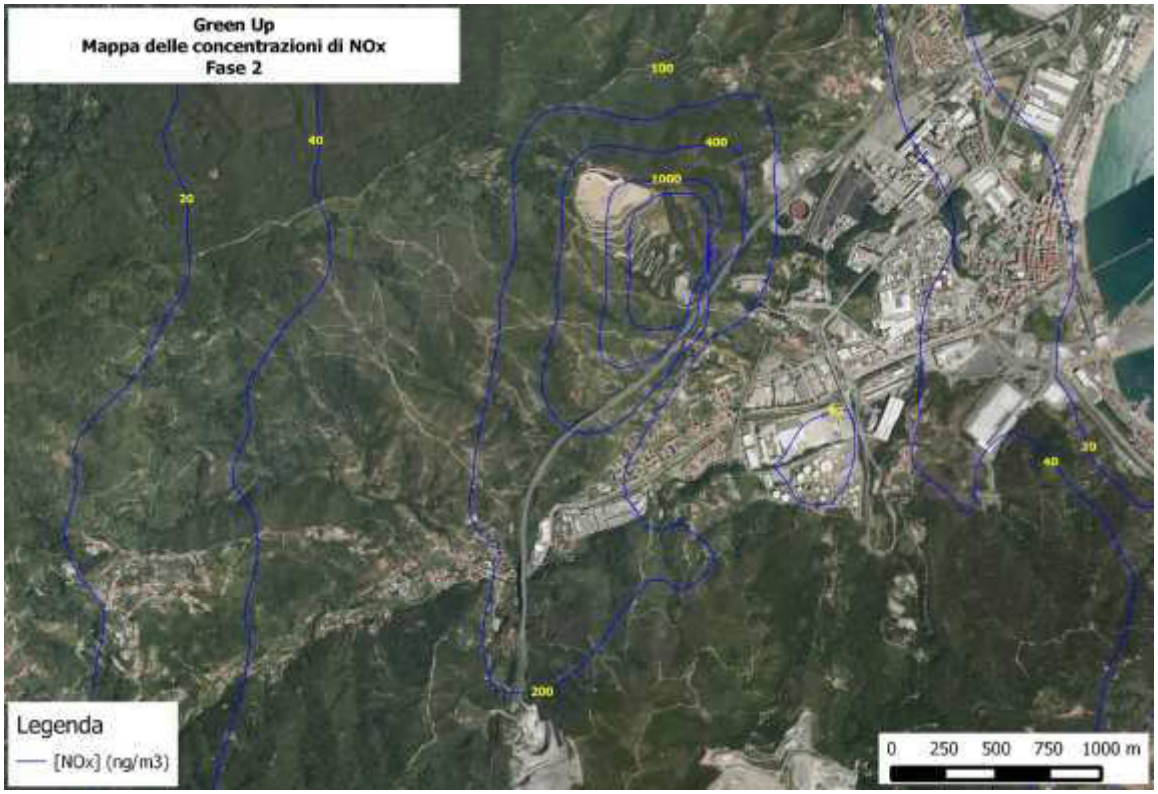



*Figura 4.16 Mappa di dispersione delle $NO_x$ (concentrazioni espresse in ng/m³)*

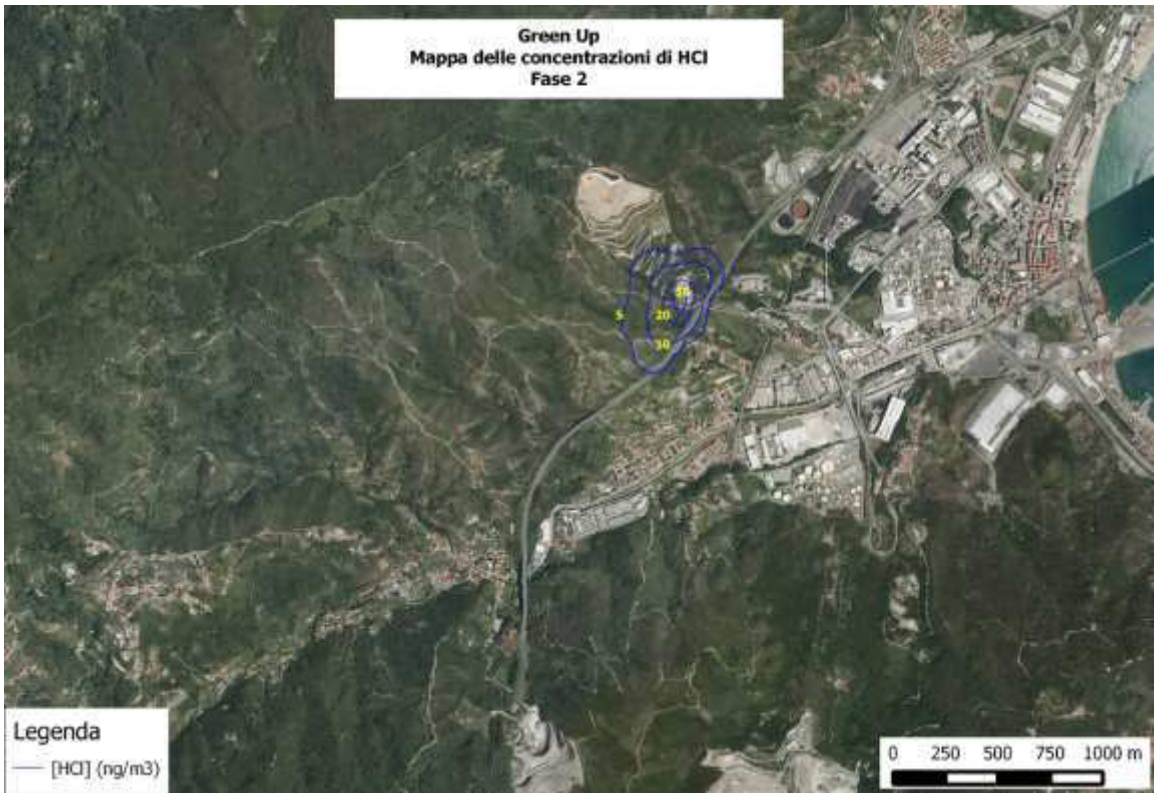



*Figura 4.17 Mappa di dispersione delle HCl(concentrazioni espresse in ng/m³)*

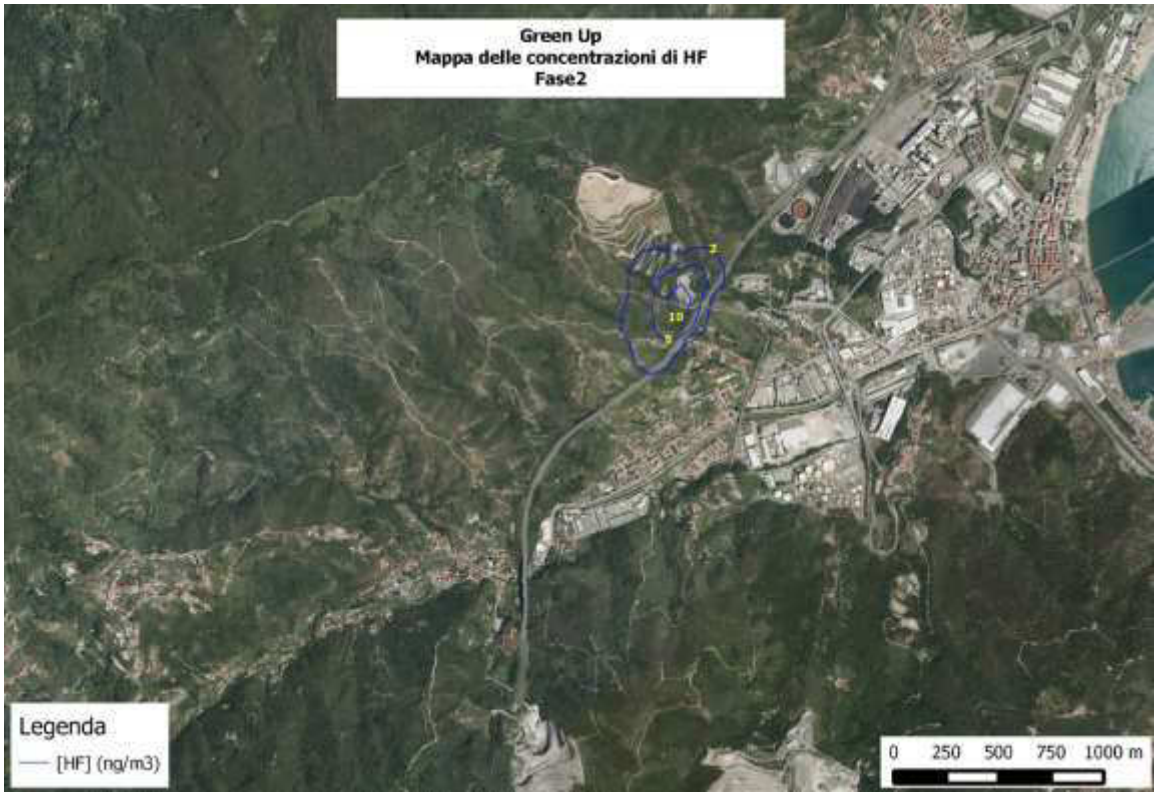



*Figura 4.18 Mappa di dispersione del HF (concentrazioni espresse in ng/m³)*

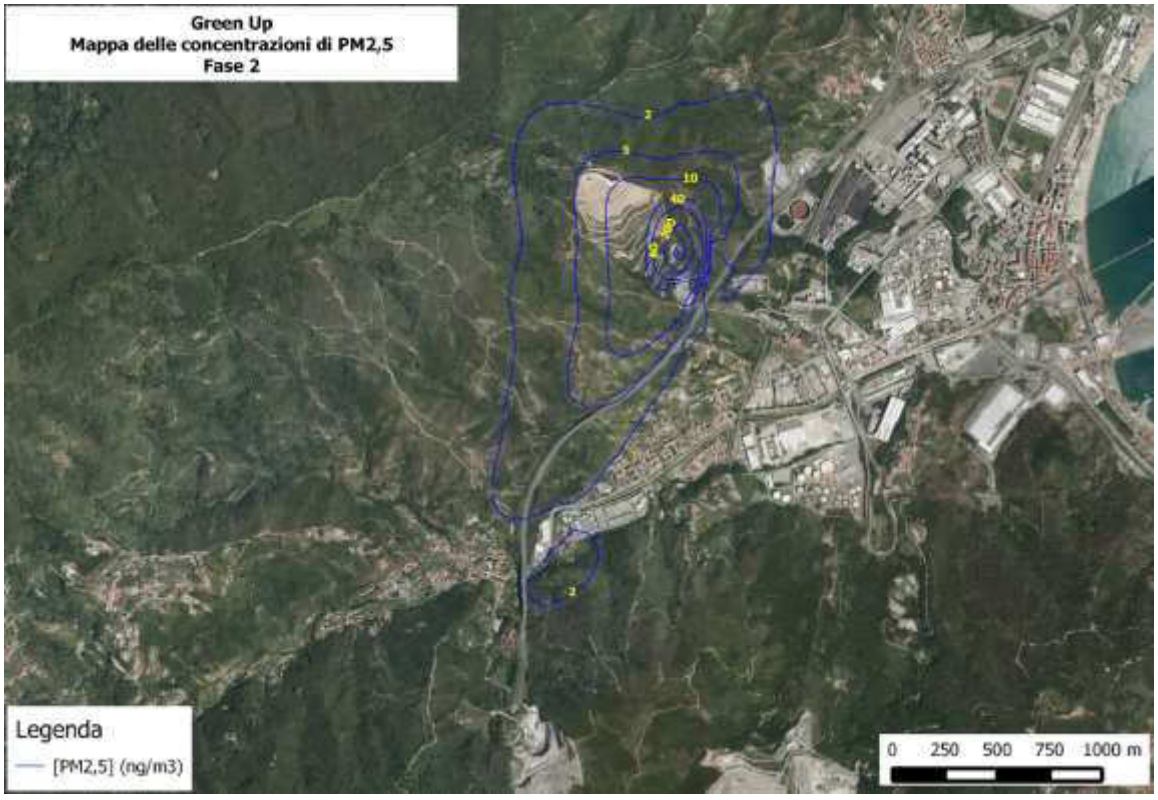



*Figura 4.19 Mappa di dispersione delle PM2,5 (concentrazioni espresse in ng/m³)*

# 5 METODO RISK ASSESSMENT (RA)

Il presente documento di Risk Assessment è stato elaborato seguendo le indicazioni contenute nel documento "Linee Guida per la valutazione integrata di impatto ambientale e sanitario (VIIAS) nelle procedure di autorizzazione ambientale (VAS, VIA, AIA)" n. 133/2016 approvato con Delibera del Consiglio Federale – seduta del 22/04/2015 Doc. 49/15 Cf.

Il Risk Assessment è un processo tecnico scientifico che, correlando i dati tossicologici/epidemiologici con il livello di esposizione, permette di stimare quantitativamente il rischio derivante dall'esposizione a sostanze tossiche e/o cancerogene.
Con il termine Valutazione del Rischio si intende la stima delle conseguenze sulla salute umana di un evento potenzialmente dannoso, in termini di probabilità che le stesse conseguenze si verifichino. La nozione di rischio implica quindi l'esistenza di una sorgente di pericolo e delle possibilità che essa si trasformi in un danno.
Il rischio (R) può essere espresso quantitativamente come prodotto dell'esposizione (E) ad un dato contaminante e del valore di tossicità dello stesso (T):

$$R = E \times T$$

## 5.1 Valutazione delle esposizioni

La valutazione del fattore di esposizione (E) consiste nella stima della dose giornaliera (definita anche Introito o *Intake* o ADD *Average Daily Dose*, per le sostanze non cancerogene, o LADD *Lifetime Average Daily Dose*, per le sostanze cancerogene) che può essere assunta dai recettori umani. Nel caso di esposizione per inalazione ad esempio:

$$E = C_{aria} \times EM$$

$C_{aria}$ = concentrazione in aria del contaminante (mg/m$^3$)

EM = portata effettiva di esposizione (m$^3$/kg-giorno), ossia la quantità giornaliera di aria inalata per unità di peso corporeo, che può essere stimata mediante l'espressione di seguito riportata:

$$EM\left[\frac{m^3}{Kg \times giorno}\right] = \frac{B_i \times EF_g \times EF \times ED}{BW \times AT \times 365\ \frac{giorni}{anno}}$$

dove:

Bi = rateo di inalazione (m3/ora)

EFg = frequenza giornaliera di esposizione (ore/giorno)

EF = frequenza annuale di esposizione (giorni/anno)

ED = durata dell'esposizione (anni)

BW= peso corporeo (kg)

AT= tempo medio di esposizione (anni)

Per il calcolo di EM si è fatto riferimento ai fattori di esposizione inseriti nella tabella 4.1 delle Linee Guida ISPRA di seguito riportata, come verrà descritto nel paragrafo seguente.

| FATTORI DI ESPOSIZIONE (EF) | | Simbolo | Unità di Misura | Residenziale | | Industria |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Adulto | Bambino | Adulto |
| Peso corporeo | | BW | kg | 70 | 15 | 70 |
| Tempo medio di esposizione per le sostanze cancerogene | | ATc | anni | 70 | 70 | 70 |
| Tempo medio di esposizione per le sostanze non cancerogene | | ATn | anni | ED | ED | ED |
| Durata di esposizione | | ED | anni | 24 | 6 | 25 |
| Frequenza di esposizione | | EF | giorni/anno | 350 | 350 | 250 |
| Frequenza giornaliera di esposizione | | EFgi | ore/giorno | 24 | 24 | 8 |
| Tasso inalazione outdoor/indoor (*) | Attività fisica sedentaria | Bo/Bi | $m^3$/ora | 0,90 | 0,70 | 0,90 |
| | Attività fisica moderata | | | 1,50 | 1,00 | 1,50 |
| | Attività fisica intensa | | | 2,50 | 1,90 | 2,50 |

(*) I tassi di inalazione sono applicabili indistintamente per ambienti aperti e confinati

*Tabella 5.1 Fattori di esposizione utili per il calcolo della dose media giornaliera di aria inalata dal singolo recettore (Linee guida ISPRA, tabella 4.1)*

Nel caso in oggetto è stato scelto di effettuare la valutazione del rischio considerando la esposizione per via inalatoria e per i diversi recettori umani, bersagli della contaminazione (adulti, bambini, lavoratori).

Sostanze non cancerogene

Per le sostanze non cancerogene la stima di EM viene effettuata assumendo il valore più conservativo tra l'esposizione dell'adulto e l'esposizione del bambino.

Sostanze cancerogene

Per le sostanze cancerogene il calcolo di EM viene condotto attraverso la sommatoria dell'esposizione dei due recettori mediante la formula seguente:

$$EM\left[\frac{m^3}{Kg \times giorno}\right] = \frac{Bi_{Ad} \times EF_g \times EF \times ED_{Ad}}{BW_{Ad} \times AT \times 365\ \frac{giorni}{anno}} + \frac{Bi_{Bam} \times EF_g \times EF \times ED_{Bam}}{BW_{Bam} \times AT \times 365\ \frac{giorni}{anno}}$$

## 5.2 Caratterizzazione del rischio

Alla fase di valutazione delle esposizioni segue la fase di caratterizzazione del rischio che si estrinseca attraverso l'integrazione del valore calcolato per la dose media giornaliera con l'informazione tossicologica quantitativa propria del contaminante.

Sostanze cancerogene

Il rischio **per le sostanze cancerogene** è calcolato attraverso la seguente formula:

$$R = LADD \times CSF$$

Dove:

R = rischio o ELCR (Estimated Lifetime Cancer Risk), definito come la probabilità incrementale dell'insorgenza di casi di tumore nel corso della vita causati dall'esposizione alla sostanza cancerogena in studio;

LADD= Lifetime Average Daily Dose (espressa in mg/kg giorno), esprime l'esposizione stimata mediante il calcolo delle dosi medie giornaliere assunte per sostanze cancerogene con meccanismo genotossico.

CSF = Cancer Slope Factor, esprime il potere cancerogeno di una sostanza e indica la probabilità incrementale di sviluppare un tumore se un individuo è esposto alla sostanza per tutta la vita. Il CSF indica la pendenza della curva dose-risposta, ossia il potenziale cancerogeno di una certa sostanza espressa in $[mg/kg\text{-}giorno]^{-1}$.

Per quanto riguarda il rischio dovuto all'esposizione inalatoria, sono disponibili in letteratura anche dei coefficienti di rischio definiti *inhalation unit risk* (UR o IUR), che possono essere applicati direttamente alle concentrazioni atmosferiche, per ricavare la stima di rischio:

$$R = C_{aria} \times UR$$

dove:

C = Concentrazione atmosferica del contaminante cui è esposta la popolazione, espressa in $\mu g/m^3$;

UR = *unit risk* inalatorio, definito come il rischio incrementale risultante dall'esposizione continuativa per tutta la vita ad una concentrazione di 1 $\mu g/m^3$, espresso in $[\mu g/m^3]^{-1}$.

Di seguito si riporta la formula che pone in relazione lo Slope Factor al corrispondente Unit Risk

$$SF_{inal} = IUR \left(\frac{70\ kg}{20\ m^3/giorno}\right) 1000 \frac{\mu g}{mg}$$

Sostanze non cancerogene

Il rischio per le sostanze non cancerogene è calcolato attraverso la seguente formula:

$$HQ = ADD / RfD_{inal}$$

Dove:

HQ = Hazard Quotient è il Quoziente di Pericolo ed esprime di quanto l'esposizione alla sostanza supera la dose di riferimento inalatoria ($RfD_{inal}$);

ADD= Average Daily Dose, espressa in mg/kg giorno;

$RfD_{ina}$l= Inhalation Reference Dose è la stima della quantità massima di sostanza che può essere inalata giornalmente e per tutta la vita senza comportare apprezzabili rischi per la salute umana; è espressa in mg/kg-giorno.

## 5.3 Calcolo del rischio

Sia per R sia per HQ valgono le proprietà additive, ossia il rischio determinato da più sostanze e/o da più vie di esposizione, deve essere sommato.

Per calcolare il rischio associato all'esposizione a diverse sostanze e/o per differenti vie di esposizione, gli HQ calcolati per una singola sostanza e per una singola via di esposizione devono essere sommati per ottenere l'HI. Il termine HI "*Hazard Index*" o "*Indice di Pericolosità*", è dato dalla somma di due o più HQ e può essere relativo ad una singola sostanza per molteplici vie di esposizione, relativo a molteplici sostanze per una via di esposizione, o relativo a molteplici sostanze per molteplici vie di esposizione (EPA 1991).

## 5.4 Valutazione del rischio

Il processo di valutazione termina confrontando il valore di rischio calcolato con i criteri di accettabilità del rischio, che per le sostanze non cancerogene con soglia di effetto coincide con il non superamento del valore $RfD_{inal}$ ($HI \leq 1$) mentre, per le sostanze cancerogene l'US-EPA, nella valutazione del rischio cumulativo, ipotizza un valore "de minimis" pari a $10^{-6}$, con interventi discrezionali nel range $10^{-4}$ e $10^{-6}$ e un intervento pianificato in caso di rischio superiore a $10^{-4}$.

# 6 APPLICAZIONE DELLA METODOLOGIA AL CASO IN ESAME

## 6.1 Individuazione dei recettori umani

Ai fini dell'applicazione del RA per il caso in esame, è stata effettuata una analisi delle concentrazioni determinate dalle emissioni della discarica nel suo intorno al fine di individuare i recettori (residenziali e non) maggiormente esposti.

Di seguito sono elencati i recettori più significativi dal punto di vista delle esposizioni alle emissioni del futuro ampliamento della discarica ed il loro inquadramento territoriale.




**Res 1** recettore residenziale posizionato a monte della discarica che risulta essere il più prossimo all'impianto (circa 420 m)

**Res 2** recettore residenziale più esposto della località Bossarino (in posizione nord ovest)

**Res 3** recettore residenziale posizionato nella valle di Vado Ligure che risulta essere il recettore residenziale maggiormente esposto alle emissioni dell'impianto

**Ind 1** recettore industriale posizionato nella valle di Vado Ligure che risulta essere il recettore industriale maggiormente esposto alle emissioni dell'impianto

*Figura 6.1 Recettori residenziali e industriali maggiormente esposti alle emissioni della discarica*

La valutazione del rischio è stata pertanto focalizzata su tali recettori.

Oltre ai recettori maggiormente esposti, sono stati individuati anche i recettori sensibili (scuole, ospedali, residenze protette ecc,) presenti nelle vicinanze della discarica:

| | DENOMINAZIONE | COMUNE | INDIRIZZO |
|---|---|---|---|
| | CASE DI RIPOSO: | | |
| A01 | Segesta 2000 | Vado Ligure | via Italia 19 |
| | SCUOLE: | | |
| B01 | Asilo infantile Queirolo | Vado Ligure | via Palestro 10 |
| B02 | Scuola dell'infanzia Magia e Fantasia | Vado Ligure | via Sabazia 76 |
| B03 | Scuola dell'infanzia Don Lorenzo Roberto | Bergeggi | via Bruxea 1 |
| B04 | Scuola Elementare paritaria N.S. della Neve | Vado Ligure | via Manzoni 7 |
| B05 | Scuola Primaria Don N. Peluffo | Vado Ligure | piazza San Giovanni Battista 9 |
| B06 | Scuola Primaria Sandro Pertini | Bergeggi | via Bruxea 1 |
| B07 | Scuola Primaria Giulio Bertola | Valle di Vado Vado Ligure | via P. Sacco 12 |
| B08 | Scuola Primaria Don Milani | Sant'Ermete Vado Ligure | via Bellandi 7 |
| B09 | Scuola Secondaria Peterlin | Vado Ligure | via XXV Aprile |

*Tabella 6.1 Recettori sensibili in prossimità del sito*




*Figura 6.2 Ubicazione dei recettori sensibili*

Una volta individuati, è stato valutato se estendere la valutazione del risk assessment anche per i recettori sensibili oltre ai quattro recettori già precedentemente individuati. Come si può osservare dalla tabella sotto riportata, il recettore sensibile che presenta valori di concentrazione maggiormente significativi ai fini della valutazione del rischio (che risultano essere PM10; PM2,5 ed NOx) risulta essere la scuola identificata con codice "B08" ubicata nella valle di Vado. Pertanto, per completezza delle valutazioni, è stato scelto di effettuare il calcolo del rischio cancerogeno e non cancerogeno anche per tale recettore.

Di seguito si riportano i valori di concentrazione degli inquinanti rilevati presso i recettori individuati.

| Recettori | | Coordinate UTM (m) | | PM2,5 | | PM10 | | NOx | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | x | y | Fase 1 | Fase 2 | Fase 1 | Fase 2 | Fase 1 | Fase 2 |
| | | | | ng/m3 | ng/m3 | ng/m3 | ng/m3 | ng/m3 | ng/m3 |
| **Res1** | | 452488 | 4902482 | 1.18 | 1.52 | 6.37 | 7.99 | 119.26 | 156.31 |
| **Res2** | | 453897 | 4901716 | 0.86 | 0.73 | 4.17 | 3.48 | 105.80 | 99.81 |
| **Res3** | | 453210 | 4901391 | 2.29 | 2.93 | 10.31 | 13.75 | 355.28 | 425.13 |
| **Ind1** | | 452984 | 4900800 | 1.07 | 1.95 | 4.72 | 8.81 | 167.19 | 303.93 |
| **A01** | Casa di riposo Segesta | 454965 | 4902269 | 0.17 | 0.29 | 0.87 | 1.54 | 17.20 | 30.28 |
| **B01** | Asilo infantile Queirolo | 454983 | 4901970 | 0.20 | 0.27 | 1.04 | 1.43 | 19.82 | 28.76 |
| **B02** | Scuola dell'infanzia Magia e Fantasia | 454946 | 4902141 | 0.19 | 0.29 | 1.00 | 1.54 | 19.19 | 30.17 |
| **B03** | Scuola dell'infanzia Don Lorenzo Roberto | 455333 | 4899459 | 0.11 | 0.18 | 0.44 | 0.65 | 20.07 | 34.03 |
| **B04** | Scuola Elementare paritaria N.S. della Neve | 454738 | 4901784 | 0.28 | 0.31 | 1.44 | 1.59 | 26.94 | 33.71 |
| **B05** | Scuola Primaria Don N. Peluffo | 455039 | 4901938 | 0.19 | 0.24 | 0.95 | 1.25 | 18.15 | 24.95 |
| **B06** | Scuola Primaria Sandro Pertini | 455328 | 4899439 | 0.10 | 0.15 | 0.39 | 0.57 | 17.39 | 28.90 |
| **B07** | Scuola Primaria Giulio Bertola | 453288 | 4901315 | 1.01 | 0.99 | 4.33 | 4.63 | 166.64 | 143.09 |
| **B08** | Scuola Primaria Don Milani | 452512 | 4900744 | 1.49 | 1.82 | 7.53 | 9.26 | 178.41 | 215.07 |
| **B09** | Scuola secondaria Peterlin | 455169 | 4902427 | 0.12 | 0.22 | 0.64 | 1.14 | 12.86 | 22.80 |

| Recettori | | Coordinate UTM (m) | | H2S | | HCl | | HF | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | x | y | Fase 1 | Fase 2 | Fase 1 | Fase 2 | Fase 1 | Fase 2 |
| | | | | ng/m3 | ng/m3 | ng/m3 | ng/m3 | ng/m3 | ng/m3 |
| **Res1** | | 452488 | 4902482 | 0.04 | 0.03 | 0.49 | 0.49 | 0.20 | 0.20 |
| **Res2** | | 453897 | 4901716 | 0.01 | 0.01 | 0.60 | 0.60 | 0.25 | 0.25 |
| **Res3** | | 453210 | 4901391 | 0.02 | 0.02 | 2.66 | 2.66 | 1.10 | 1.10 |
| **Ind1** | | 452984 | 4900800 | 0.05 | 0.02 | 2.13 | 2.13 | 0.88 | 0.88 |
| **A01** | Casa di riposo Segesta | 454965 | 4902269 | 0.00 | 0.00 | 0.09 | 0.09 | 0.04 | 0.04 |
| **B01** | Asilo infantile Queirolo | 454983 | 4901970 | 0.00 | 0.00 | 0.10 | 0.10 | 0.04 | 0.04 |
| **B02** | Scuola dell'infanzia Magia e Fantasia | 454946 | 4902141 | 0.00 | 0.00 | 0.09 | 0.09 | 0.04 | 0.04 |
| **B03** | Scuola dell'infanzia Don Lorenzo Roberto | 455333 | 4899459 | 0.01 | 0.01 | 0.34 | 0.34 | 0.14 | 0.14 |
| **B04** | Scuola Elementare paritaria N.S. della Neve | 454738 | 4901784 | 0.00 | 0.00 | 0.12 | 0.12 | 0.05 | 0.05 |
| **B05** | Scuola Primaria Don N. Peluffo | 455039 | 4901938 | 0.00 | 0.00 | 0.09 | 0.09 | 0.04 | 0.04 |
| **B06** | Scuola Primaria Sandro Pertini | 455328 | 4899439 | 0.01 | 0.01 | 0.29 | 0.29 | 0.12 | 0.12 |
| **B07** | Scuola Primaria Giulio Bertola | 453288 | 4901315 | 0.01 | 0.01 | 0.92 | 0.92 | 0.38 | 0.38 |
| **B08** | Scuola Primaria Don Milani | 452512 | 4900744 | 0.04 | 0.02 | 0.91 | 0.91 | 0.37 | 0.37 |
| **B09** | Scuola secondaria Peterlin | 455169 | 4902427 | 0.00 | 0.00 | 0.07 | 0.07 | 0.03 | 0.03 |

*Tabella 6.2 Concentrazione dei contaminanti presso i recettori*

## 6.2 Calcolo del rischio cancerogeno

### Esposizione a sostanze cancerogene

Le sostanze con caratteristiche di cancerogenicità emesse dalla discarica sono costituite dalle polveri e dal benzene.

Dato che il modello di dispersione degli inquinanti in atmosfera ha restituito delle concentrazioni di benzene nulle presso tutti i punti del dominio di calcolo, la valutazione del rischio cancerogeno ha riguardato solamente le polveri.

Per la valutazione del rischio cancerogeno delle polveri si è in particolare fatto riferimento alle considerazioni riportate di seguito che sono state desunte dalle "Linee Guida per la valutazione integrata di impatto ambientale e sanitario (VIIAS) nelle procedure di autorizzazione ambientale (VIA, VAS, AIA)" n. 133/2016 in cui (Appendice 1, paragrafo 4): *"Nell'ottobre 2013 l'Agenzia Internazionale per la Ricerca sul Cancro (IARC) ha classificato l'inquinamento atmosferico e le polveri sottili come cancerogeni per l'essere umano (Gruppo 1) rilevando sufficienti evidenze per un'associazione causale con il tumore polmonare. Premesso quanto sopra, è stato implementato un algoritmo che, a partire dai dati epidemiologici disponibili, ha condotto alla determinazione dell'unità di rischio inalatorio (IUR) di contrarre un tumore al polmone per esposizione al particolato fine (PM2,5) nella popolazione italiana"*.

Per quanto sopra, la valutazione del rischio cancerogeno è stata condotta rispetto alle esposizioni della popolazione alla sola frazione cancerogena delle polveri emesse, ovvero il particolato fine PM2,5 emesso dalle combustioni dei motori collegati alle sorgenti fisse E1 ed E2 ed alle emissioni dovute ai mezzi di conferimento interni ed esterni.

### Calcolo del rischio

Il rischio **per le sostanze cancerogene** è calcolato attraverso la seguente formula:

$$R = LADD \times CSF$$

Come riportato nelle "Linee Guida Ispra" per quanto riguarda il rischio dovuto all'esposizione inalatoria, sono disponibili in letteratura anche dei coefficienti di rischio definiti inhalation unit risk (UR o IUR), che possono essere applicati direttamente alle concentrazioni atmosferiche, per ricavare la stima di rischio:

$$R = C_{aria} \times UR$$

dove:

C = Concentrazione atmosferica del contaminante cui è esposta la popolazione, espressa in $\mu$g/m3;

UR = unit risk inalatorio, definito come il rischio incrementale risultante dall'esposizione continuativa per tutta la vita ad una concentrazione di 1 $\mu$g/m3, espresso in [$\mu$g/m3]-1.

All'appendice 1 (paragrafo 4) delle suddette Linee guida è riportato il valore di IUR per il parametro PM2,5 che risulta essere pari a 2,12 X $10^{-4}$ [$\mu g/m^3$]$^{-1}$

Per quanto sopra, moltiplicando i valori di concentrazione ai recettori scelti per il valore di IUR per il PM2,5 è stato stimato il rischio cancerogeno dovuto alle emissioni della discarica.

Nelle tabelle seguenti si riportano i risultati ottenuti.

**CALCOLO RISCHIO CANCEROGENO**

R= C X IUR

| IUR | (m3/µg)^-1 | 0.000212 |
|---|---|---|

| Concentrazioni | FASE 1 PM2,5 | FASE 2 PM2,5 |
|---|---|---|
| recettore | [ng/m$^3$] | [ng/m$^3$] |
| Res1 | 1.18243 | 1.51635 |
| Res2 | 0.86262 | 0.72878 |
| Res3 | 2.29125 | 2.93237 |
| Ind1 | 1.06599 | 1.94982 |
| B 08 | 1.49068 | 1.82286 |

| Concentrazioni | FASE 1 PM2,5 | FASE 2 PM2,5 |
|---|---|---|
| recettore | [µg/m$^3$] | [µg/m$^3$] |
| Res1 | 0.00118243 | 0.00151635 |
| Res2 | 0.00086262 | 0.00072878 |
| Res3 | 0.00229125 | 0.00293237 |
| Ind1 | 0.00106599 | 0.00194982 |
| B 08 | 0.00149068 | 0.00182286 |

| Rischio cancerogeno | FASE 1 PM2,5 | FASE 2 PM2,5 |
|---|---|---|
| recettore | | |
| Res1 | 2.5068E-07 | 3.215E-07 |
| Res2 | 1.8288E-07 | 1.545E-07 |
| Res3 | 4.8575E-07 | 6.217E-07 |
| Ind1 | 2.2599E-07 | 4.134E-07 |
| B 08 | 3.1602E-07 | 3.864E-07 |

*Tabella 6.3 calcolo del rischio cancerogeno*

## 6.3 Calcolo del rischio non cancerogeno

### Esposizione a sostanze non cancerogene

Rispetto al risk assessment presentato nel luglio 2017, la valutazione del rischio non cancerogeno è stata estesa anche ai parametri HCl ed HF.

Nella tabella seguente sono riportati gli inquinanti rispetto ai quali è stato valutato il rischio non cancerogeno sulla salute.

| PARAMETRI CONSIDERATI PER IL RISK ASSESSMENT | RISCHIO NON CANCEROGENO |
|---|---|
| PM10 | X |
| Acido solfidrico (H2S) | X |
| acido cloridrico (HCl) | X |
| acido fluoridrico (HF) | X |
| ossidi di azoto (NOx) | X |

*Tabella 6.4 parametri considerati per il calcolo del rischio non cancerogeno*

La stima di EM è stata effettuata a partire dalla tabella 4.1 riportata nelle linee guida ISPRA e scegliendo come tasso di inalazione outdoor/indoor la "Attività fisica moderata" a cui corrispondono i parametri Bi di seguito elencati.

- Bi Adulti (attività fisica moderata) = 1,50 m$^3$/ora
- Bi Bambini (attività fisica moderata) = 1,00 m$^3$/ora

Si specifica che come durata di esposizione (parametro ED) per i recettori residenziali e industriale è stato preso un periodo pari alla durata della fase (5 anni sia per la fase 1 che per la fase 2).

Recettori "Popolazione residente" (Res 1; Res 2; Res 3)

La stima di EM presso i recettori residenziali è stata effettuata assumendo il valore più conservativo (ossia il valore più alto) tra l'esposizione dell'adulto e l'esposizione del bambino. Si riportano di seguito i calcoli degli EM.

| EM PER RESIDENZIALI | | |
|---|---|---|
| HQ=ADD/RfDinal | [QUOZIENTE DI PERICOLO] | |
| ADD=[inquinante]*EM | | |
| EM(adulto) | (Bi(ad)*EFg*EF*ED(ad))/BW(ad)*AT*365 | |
| EM(bambino) | (Bi(bam)*EFg*EF*ED(bam))/BW(bam)*AT*365 | |
| Per il valore di Bi si è preso come riferimento le attività fisica moderate | | |
| **CALCOLO** | | |
| **ED (anni)** | 5 | è stata considerata una durata di esposizione uguale alla durata della Fase (5 anni) |
| EM(adulto) | 0.4932 | |
| EM(bambino) | 1.5342 | valore scelto in via cautelativa |

Per quanto sopra è stato scelto di effettuare la valutazione utilizzando EM del bambino (pari a 1,5342 [$m^3$/(kg*giorno)]).

Recettore "Lavoratori" (Ind 1)

La stima di EM presso Ind 1 è stata effettuata considerando l'esposizione dell'adulto.

| EM PER INDUSTRIALI | | |
|---|---|---|
| HQ=ADD/RfDinal | [QUOZIENTE DI PERICOLO] | |
| ADD=[inquinante]*EM | | |
| EM(adulto) | (Bi(ad)*EFg*EF*ED(ad))/BW(ad)*AT*365 | |
| EM(bambino) | (Bi(bam)*EFg*EF*ED(bam))/BW(bam)*AT*365 | |
| Per il valore di Bi si è preso come riferimento le attività fisica moderate | | |
| **CALCOLO EM** | | |
| **ED (anni)** | 5 | è stata considerata una durata di esposizione uguale alla durata della Fase (5 anni) |
| EM(adulto) | 0.1174 | |

NOTA: i valori di EM sono espressi in [$m^3$/(Kg*giorno)]

Recettori "Scuola" (B08)

Nel caso del recettore scuola, non contemplato nella tabella 4.1 delle "Linee Guida ISPRA", sono stati utilizzati come parametri di durata esposizione, frequenza di esposizione e frequenza giornaliera di esposizione i valori riportati nella tabella seguente.

La stima di EM presso il recettore scuola è stata effettuata assumendo il valore più conservativo (ossia il valore più alto) tra l'esposizione dell'adulto e l'esposizione del bambino.

Nella figura seguente è riportato il calcolo di EM per l'esposizione de adulti e bambini

| EM PER RECETTORE SCUOLA | | |
|---|---|---|
| HQ=ADD/RfDinal | [QUOZIENTE DI PERICOLO] | |
| ADD=[inquinante]*EM | | |
| EM(adulto) | (Bi(ad)*EFg*EF*ED(ad))/BW(ad)*AT*365 | |
| EM(bambino) | (Bi(bam)*EFg*EF*ED(bam))/BW(bam)*AT*365 | |
| Per il valore di Bi si è preso come riferimento le attività fisica moderate | | |
| **CALCOLO EM** | | |
| **ED (anni)** | 5 | |
| **EF (giorni/anno di esposizione)** | 220 | |
| **Efgi (frequenza giornaliera di esposizione) (ore/giorno)** | 8 | |
| EM(adulto) | 0.1033 | |
| EM(bambino) | 0.3215 | valore scelto in via cautelativa |

NOTA: i valori di EM sono espressi in [$m^3$/(kg*giorno)]

### Caratterizzazione del rischio non cancerogeno

Il rischio è stato calcolato attraverso la seguente formula:

$$HQ = ADD / RfD_{inal}$$

Per i recettori Res 1, Res 2, Res 3 e Ind 1 e "B08" è stato calcolato il quoziente HQ relativo a ciascuno degli inquinanti considerati nelle due fasi di sviluppo della discarica.

## 6.3.1 Calcolo della dose media giornaliera (ADD)

A partire dai valori di EM, calcolati nel paragrafo precedente, sono stati calcolati i relativi ADD (Average Daily Dose) secondo la formula

$$E = ADD = C_{aria} \times EM^{1} \ (*)$$

## 6.3.2 Definizione dei valori di Inhalation Reference Dose (RfDinal)

### PM10

Si specifica nelle banche dati usualmente utilizzate per la definizione dei parametri di Reference Dose Inhalation (es. banca dati ISS INAIL) non sono disponibili valori di riferimento per il parametro PM10. Il riferimento normalmente utilizzato per tale parametro, ed usualmente accettato dalle aziende sanitarie locali in Lombardia, risulta essere quello desunto dal documento "Valutazione del rischio sanitario

[1] $C_{aria}$ viene espressa in $mg/m^3$

dovuto all'esposizione della popolazione all'inquinamento atmosferico in area urbana" redatto da Politecnico di Torino e Golder Associates e Ecole Centrale, Lyon. In Allegato C al presente documento si riporta il suddetto studio. All'interno di tale documento si specifica che i parametri tossicologici di RfD per tale inquinante sono stati ricavati dai valori limite per la qualità dell'aria imposti dalla normativa (DM 60/02) per PM10.

### $NO_x$

Con il termine $NO_x$ vengono indicati genericamente l'insieme dei due più importanti ossidi di azoto a livello di inquinamento atmosferico ossia l'ossido di azoto (NO) e il biossido di azoto ($NO_2$). L'$NO_2$ è, tra i vari ossidi di azoto, il più importante per la salute umana; questo gas è 4 volte più pericoloso dell'NO. Pertanto, ai fini della presente valutazione, il parametro $NO_x$ cautelativamente assimilato a $NO_2$.

Si specifica nelle banche dati usualmente utilizzate per la definizione dei parametri di Reference Dose Inhalation (es. banca dati ISS INAIL) non sono disponibili valori di riferimento per il parametro NOx. Il riferimento normalmente utilizzato per tale parametro, ed usualmente accettato dalle aziende sanitarie locali in Lombardia, risulta essere quello desunto dal documento "Valutazione del rischio sanitario dovuto all'esposizione della popolazione all'inquinamento atmosferico in area urbana" redatto da Politecnico di Torino e Golder Associates e Ecole Centrale, Lyon. In Allegato C al presente documento si riporta il suddetto studio. All'interno di tale documento si specifica che i parametri tossicologici di RfD per tale inquinante sono stati ricavati dai valori limite per la qualità dell'aria imposti dalla normativa (DM 60/02) per $NO_2$.

### $H_2S$

Non essendo disponibile un dato di RfDinal di letteratura, per tale parametro, è stato calcolato un valore di RfDinal facendo riferimento al valore consigliato di Reference Concentration (RfC) pari a 0,002 mg/m$^3$ riportato nella relativa scheda del database IRIS (http://cfpub.ega.gov/ncea/iris/iris documents/documents/subst/0061 summary.pdf)

Il calcolo del RfD al partire dal valore di RfC viene effettuato utilizzando la formula riportata di seguito:

$$RfD_{inal} = RfC * (B_i*EF_g*EF*ED/B_w*AT*365 \text{ giorni/anno})$$

Si conferma pertanto che il valore di RfD è stato calcolato effettuando il prodotto del RfC e del valore di EM.

HCl

Il valore di Inhalation Reference Dose ($RfD_{inal}$) utilizzato è stato calcolato a partire dal parametro DNEL, Derived No-Effect Level, relativo all'acido cloridrico desunto dalla Banca dati della European Chemicals Agency (ECHA) relativa alle proprietà chimico – fisiche e tossicologiche delle sostanze chimiche. In Allegato H si riporta la scheda tecnica estratta dal database ECHA[1] per l'acido cloridrico.
Per l'acido Cloridrico viene individuato il seguente livello di non effetto, DNEL per via di inalazione, sia per la popolazione residente, sia per i lavoratori" pari a 8 $mg/m^3$.
Il calcolo del RfD al partire dal valore di DNEL viene effettuato utilizzando la formula riportata di seguito:

$$RfD_{inal} = DNEL * (B_i*EF_g*EF*ED/B_w*AT*365 \text{ giorni/anno})$$

Pertanto il valore di RfD è stato calcolato effettuando il prodotto del DNEL e del valore di EM.

HF

Il valore di Inhalation Reference Dose (RfDinal) utilizzato è stato calcolato a partire dal parametro di chronic inhalation reference exposure level (REL), relativo all'acido fluoridrico desunto da fonti Cal EPA. In Allegato G si riporta la scheda tecnica per l'acido fluoridrico.
Per l'acido fluoridrico viene individuato un valore di REL pari a 0,014 $mg/m^3$.
Il calcolo del RfD al partire dal valore di REL viene effettuato utilizzando la formula riportata di seguito:

$$RfD_{inal} = REL * (B_i*EF_g*EF*ED/B_w*AT*365 \text{ giorni/anno})$$

Pertanto il valore di RfD è stato calcolato effettuando il prodotto del REL e del valore di EM.
Sulla base di quanto specificato sopra sono stati effettuati i calcoli del rischio non cancerogeno per la fase 1 e per la fase 2.

### 6.3.3 Calcolo del rischio

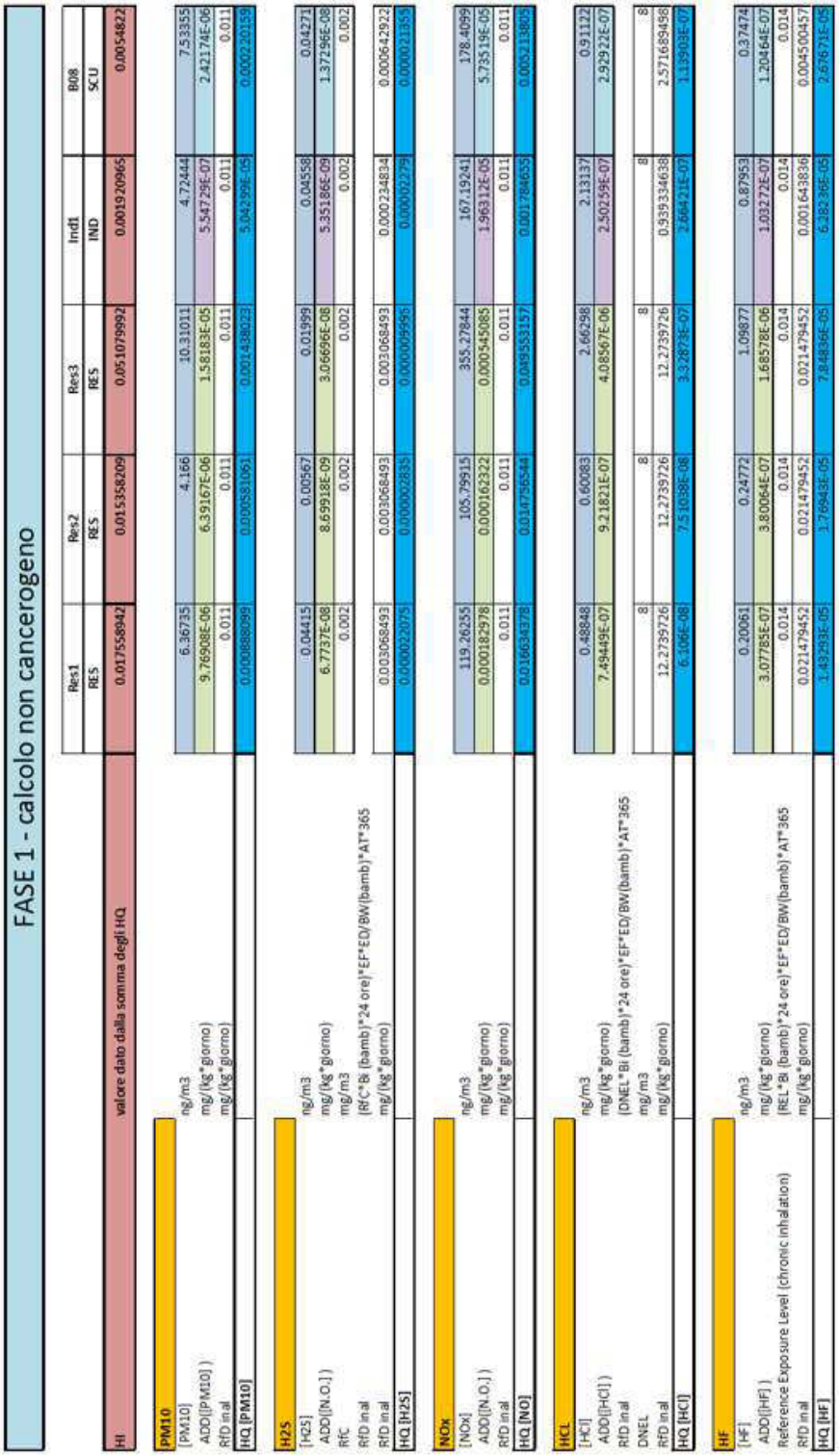
Nelle tabelle seguenti vengono riportati i dettagli dei calcoli effettuati, ed in particolare, per ciascun recettore:

- valori di ADD (average Daily Dose)
- RfD utilizzati
- Quozienti di rischio (HQ)

Indice di rischio (HI)

[1]European Chemical Agency, database consultato a Novembre 2017al link https://www.echa.europa.eu/

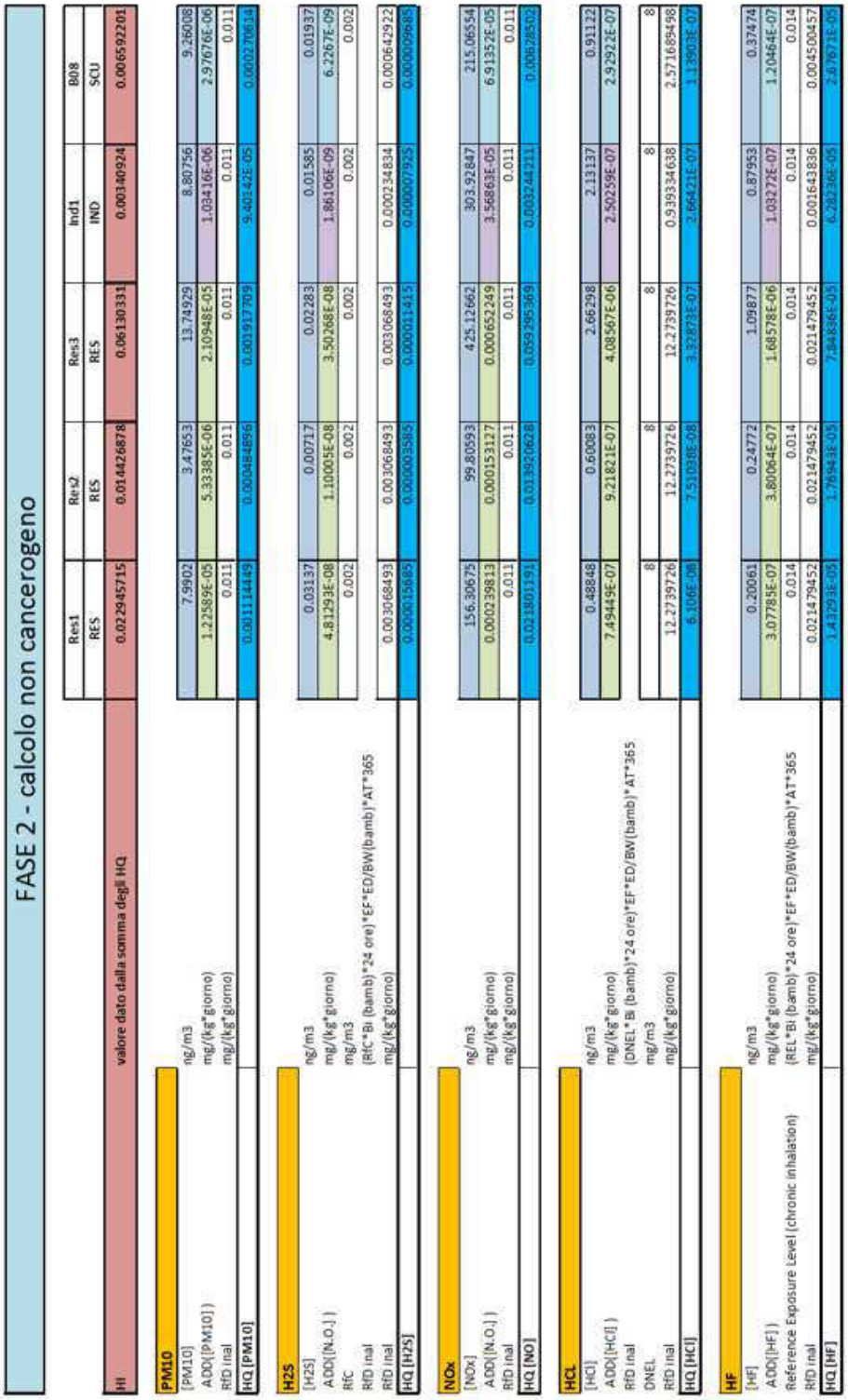
FASE 1



| FASE 1 - calcolo non cancerogeno | | | Res1 | Res2 | Res3 | Indt | B08 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | RES | RES | RES | IND | SCU |
| HI | valore dato dalla somma degli HQ | | 0.017558942 | 0.015358209 | 0.051079992 | 0.001920965 | 0.0054822 |
| PM10 | | ng/m3 | 6.36735 | 4.166 | 10.31011 | 4.72444 | 7.53355 |
| | [PM10] | mg/kg*giorno) | 9.76908E-06 | 6.39167E-06 | 1.58183E-05 | 5.54729E-07 | 2.42174E-06 |
| | ADD([PM10] ) | mg/kg*giorno) | 0.011 | 0.011 | 0.011 | 0.011 | 0.011 |
| | Rfd inal | mg/kg*giorno) | 0.00088099 | 0.000581061 | 0.001438023 | 5.04299E-05 | 0.000220159 |
| | HQ [PM10] | | 0.00088099 | 0.000581061 | 0.001438023 | 5.04299E-05 | 0.000220159 |
| H2S | | ng/m3 | 0.04415 | 0.00567 | 0.01999 | 0.04558 | 0.04271 |
| | [H2S] | mg/kg*giorno) | 6.7737E-08 | 8.69918E-09 | 3.06696E-08 | 5.35186E-09 | 1.37296E-08 |
| | ADD([N.O.] ) | mg/m3 | 0.002 | 0.002 | 0.002 | 0.002 | 0.002 |
| | Rfc | (RfC*Bi (bamb)*24 ore)*EF*ED/BW(bamb)*AT*365 | 0.003068493 | 0.003068493 | 0.003068493 | 0.000234834 | 0.000642923 |
| | Rfd inal | mg/kg*giorno) | 0.000022075 | 0.000002835 | 0.000009995 | 0.00000279 | 0.000021355 |
| | HQ [H2S] | | 0.000022075 | 0.000002835 | 0.000009995 | 0.00000279 | 0.000021355 |
| NOx | | ng/m3 | 119.26255 | 105.79915 | 355.27844 | 167.19241 | 178.4099 |
| | [NOx] | mg/kg*giorno) | 0.000182978 | 0.000162322 | 0.000545085 | 1.96312E-05 | 5.73519E-05 |
| | ADD([N.O.] ) | mg/kg*giorno) | 0.011 | 0.011 | 0.011 | 0.011 | 0.011 |
| | Rfd inal | mg/kg*giorno) | 0.016634378 | 0.014756544 | 0.049553157 | 0.001784653 | 0.005213805 |
| | HQ [NO] | | 0.016634378 | 0.014756544 | 0.049553157 | 0.001784653 | 0.005213805 |
| HCL | | ng/m3 | 0.48848 | 0.60083 | 2.66298 | 2.13137 | 0.91122 |
| | [HCl] | mg/kg*giorno) | 7.49449E-07 | 9.21821E-07 | 4.08567E-06 | 2.50259E-07 | 2.92922E-07 |
| | ADD([HCl] ) | (DNEL*Bi (bamb)*24 ore)*EF*ED/BW(bamb)*AT*365 | | | | | |
| | Rfd inal | mg/m3 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 |
| | DNEL | mg/kg*giorno) | 12.2739726 | 12.2739726 | 12.2739726 | 0.939334638 | 2.571689486 |
| | Rfd inal | | 6.106E-08 | 7.51038E-08 | 3.32873E-07 | 2.66421E-07 | 1.13903E-07 |
| | HQ [HCl] | | | | | | |
| HF | | ng/m3 | 0.20061 | 0.24772 | 1.09877 | 0.87953 | 0.37474 |
| | [HF] | mg/kg*giorno) | 3.07785E-07 | 3.80064E-07 | 1.68578E-06 | 1.03272E-07 | 1.20464E-07 |
| | ADD([HF] ) | (REL*Bi (bamb)*24 ore)*EF*ED/BW(bamb)*AT*365 | 0.014 | 0.014 | 0.014 | 0.014 | 0.014 |
| | Reference Exposure Level (chronic inhalation) | mg/kg*giorno) | 0.021479452 | 0.021479452 | 0.021479452 | 0.001643836 | 0.004500457 |
| | Rfd inal | | 1.43293E-05 | 1.76943E-05 | 7.84886E-05 | 6.28236E-05 | 2.67671E-05 |
| | HQ [HF] | | | | | | |

*Tabella 6.5 calcolo del rischio non cancerogeno – FASE 1*

FASE 2



FASE 2 - calcolo non cancerogeno

| | | Res1 | Res2 | Res3 | Ind1 | B08 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | RES | RES | RES | IND | SCU |
| HI | valore dato dalla somma degli HQ | 0.022945715 | 0.014426878 | 0.06130331 | 0.00340924 | 0.006592201 |
| **PM10** | | 7.9902 | 3.47653 | 13.74929 | 8.80756 | 9.26008 |
| [PM10] | ng/m3 | 1.22589E-05 | 5.33385E-06 | 2.10948E-05 | 1.03416E-06 | 2.97676E-06 |
| ADD([PM10] ) | mg/(kg*giorno) | 0.011 | 0.011 | 0.011 | 0.011 | 0.011 |
| RfD inal | mg/(kg*giorno) | 0.001114449 | 0.000484896 | 0.001917709 | 9.40142E-05 | 0.000270614 |
| HQ [PM10] | | | | | | |
| **H2S** | | 0.03137 | 0.00717 | 0.02283 | 0.01585 | 0.01937 |
| [H2S] | ng/m3 | 4.81293E-08 | 1.10005E-08 | 3.50268E-08 | 1.86106E-09 | 6.22677E-09 |
| ADD([N.O.] ) | mg/(kg*giorno) | 0.002 | 0.002 | 0.002 | 0.002 | 0.002 |
| RfC | mg/m3 | | | | | |
| RfD inal | (RfC*Bi (bamb)*24 ore)*EF*ED/BW(bamb)*AT*365 | 0.003068493 | 0.003068493 | 0.003068493 | 0.000234834 | 0.000642922 |
| RfD inal | mg/(kg*giorno) | 0.000015685 | 0.000003585 | 0.000011415 | 0.000007925 | 0.000009685 |
| HQ [H2S] | | | | | | |
| **NOx** | | 156.30675 | 99.80593 | 425.12662 | 303.92847 | 215.06554 |
| [NOx] | ng/m3 | 0.000239813 | 0.000153127 | 0.000652249 | 3.56863E-05 | 6.91352E-05 |
| ADD([N.O.] ) | mg/(kg*giorno) | 0.011 | 0.011 | 0.011 | 0.011 | 0.011 |
| RfD inal | mg/(kg*giorno) | 0.021801191 | 0.013920628 | 0.059295369 | 0.003244211 | 0.009378503 |
| HQ [NO] | | | | | | |
| **HCL** | | 0.48848 | 0.60083 | 2.66298 | 2.13137 | 0.91122 |
| [HCl] | ng/m3 | 7.49449E-07 | 9.21821E-07 | 4.08567E-06 | 2.50259E-07 | 2.92923E-07 |
| ADD([HCl] ) | mg/(kg*giorno) | | | | | |
| RfD inal | (DNEL* Bi (bamb)*24 ore)*EF*ED/BW(bamb)*AT*365 | | | | | |
| DNEL | mg/m3 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 |
| RfD inal | mg/(kg*giorno) | 12.2739726 | 12.2739726 | 12.2739726 | 0.939334638 | 2.571689498 |
| HQ [HCl] | | 6.10E-08 | 7.51038E-08 | 3.32873E-07 | 2.66421E-07 | 1.13903E-07 |
| **HF** | | 0.20061 | 0.24772 | 1.09877 | 0.87953 | 0.37474 |
| [HF] | ng/m3 | 3.07785E-07 | 3.80064E-07 | 1.68578E-06 | 1.03272E-07 | 1.20464E-07 |
| ADD([HF] ) | mg/(kg*giorno) | 0.014 | 0.014 | 0.014 | 0.014 | 0.014 |
| Reference Exposure Level (chronic inhalation) | (REL*Bi (bamb)*24 ore)*EF*ED/BW(bamb)*AT*365 | 0.021479452 | 0.021479452 | 0.021479452 | 0.001643836 | 0.004500457 |
| RfD inal | mg/(kg*giorno) | 1.43293E-05 | 1.76944E-05 | 7.84886E-05 | 6.28236E-05 | 2.67671E-05 |
| HQ [HF] | | | | | | |

*Tabella 6.6 calcolo del rischio non cancerogeno – FASE 2*

## 6.4 Valutazione del Rischio

### 6.4.1 Rischio cancerogeno

I rischi cancerogeni sopra calcolati sono stati confrontati con il criterio di accettabilità del rischio riportato nelle Linee Guida ISPRA per la Valutazione Integrata di Impatto ambientale e sanitario. In particolare, per le sostanze cancerogene l'US-EPA ipotizza un valore "de minimis" pari a $10^{-6}$.
Nella tabella seguente si riporta la sintesi del rischio cancerogeno calcolato.

| Rischio cancerogeno | FASE 1 | FASE 2 |
|---|---|---|
| | PM2,5 | PM2,5 |
| *recettore* | | |
| Res1 | 2.507E-07 | 3.215E-07 |
| Res2 | 1.829E-07 | 1.545E-07 |
| Res3 | 4.857E-07 | 6.217E-07 |
| Ind1 | 2.26E-07 | 4.134E-07 |
| B 08 | 3.16E-07 | 3.864E-07 |

*Tabella 6.7 sintesi del rischio cancerogeno calcolato*

In considerazione del fatto che il valore di R calcolato per tutti i recettori in entrambi gli scenari valutati è risultato inferiore a $10^{-6}$, in accordo con quanto riportato nelle Linee Guida ISPRA per la Valutazione Integrata di Impatto ambientale e sanitario, si può ritenere che il rischio per le sostanze cancerogene emesse della discarica negli scenari di progetto sia contenuto in valori di rischio accettabili.

### 6.4.2 Rischio non cancerogeno

Gli indici di pericolosità sopra calcolati sono stati confrontati con il criterio di accettabilità del rischio, che per le sostanze non cancerogene con soglia di effetto coincide con il valore di HI≤1.
Nella tabella seguente si riporta la sintesi degli indici di pericolosità calcolati.

| | | Res1 | Res2 | Res3 | Ind1 | B08 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | RES | RES | RES | IND | SCU |
| HI | Fase 1 | 0.017558942 | 0.015358209 | 0.051079992 | 0.001920965 | 0.0054822 |
| HI | Fase 2 | 0.022945715 | 0.014426878 | 0.06130331 | 0.00340924 | 0.006592201 |

*Tabella 6.8 Sintesi degli indici di pericolosità calcolati*

In considerazione del fatto che il valore di HI calcolato per tutti i recettori in entrambi gli scenari valutati è risultato inferiore a 1, in accordo con quanto riportato nelle Linee Guida ISPRA per la

Valutazione Integrata di Impatto ambientale e sanitario, si può ritenere che il rischio sanitario derivante dall'esposizione alle emissioni della discarica negli scenari di progetto sia contenuto in valori di rischio accettabili.









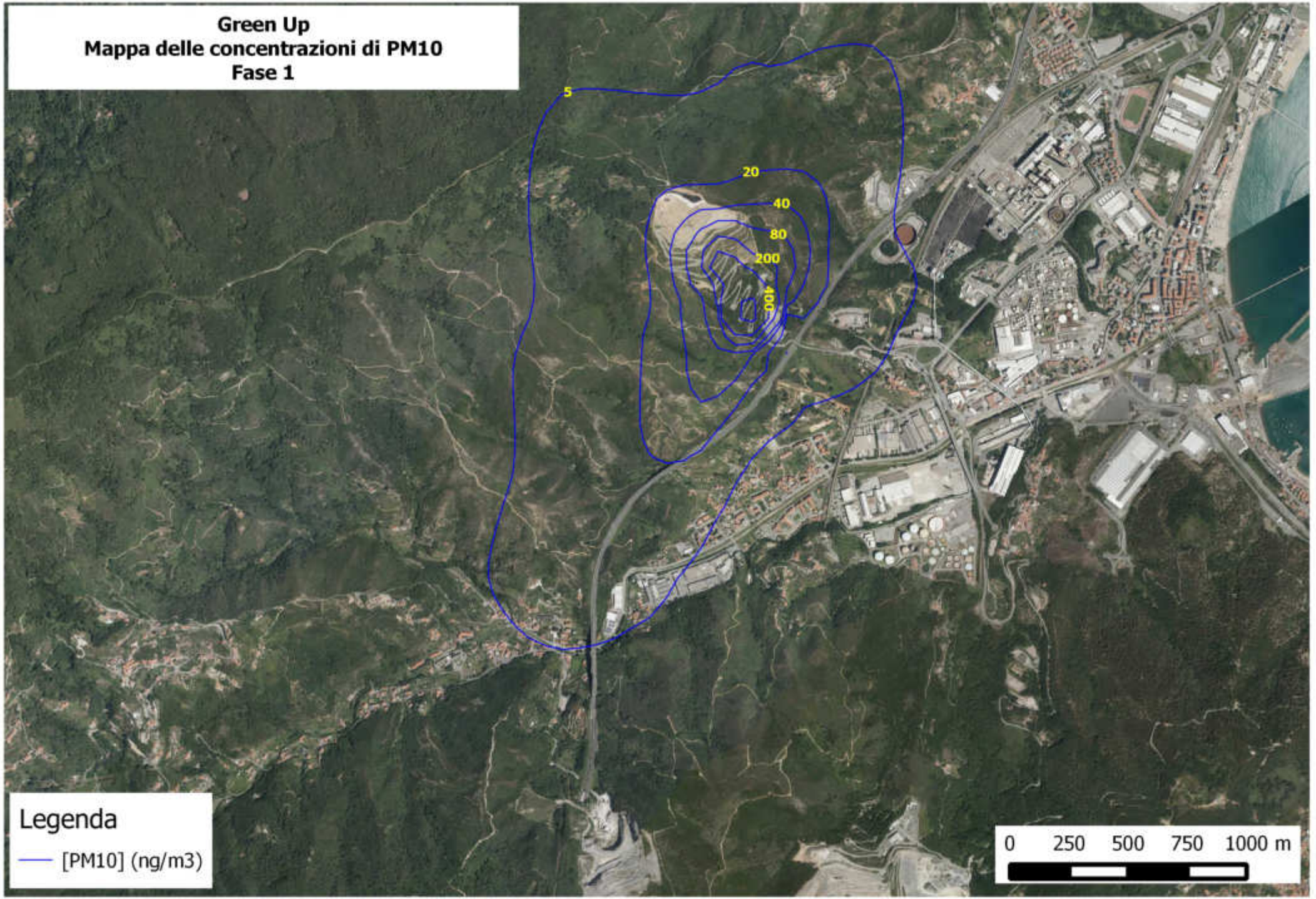
# Allegato A:

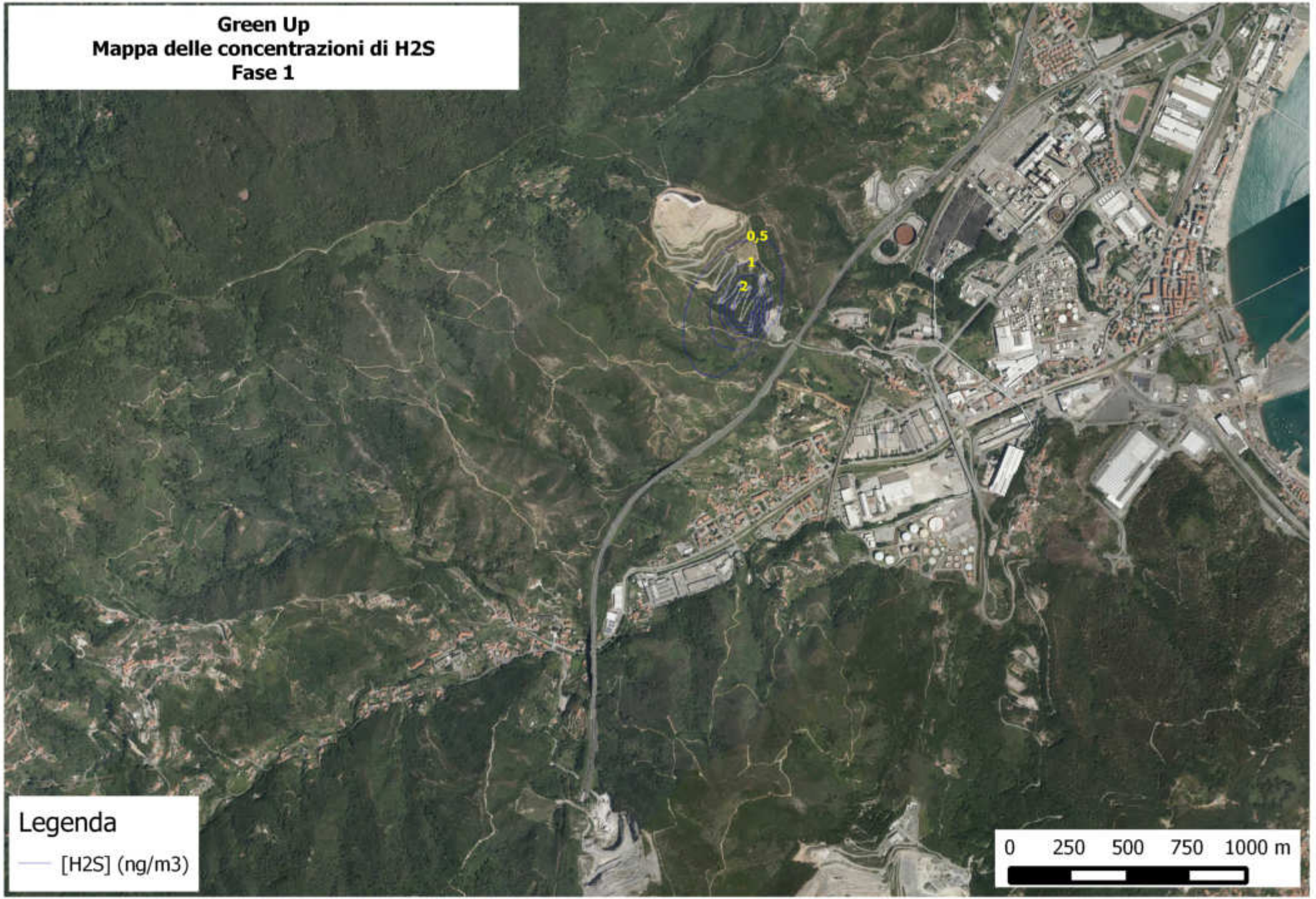
# Mappe di dispersione degli inquinanti atmosferici - Fase 1

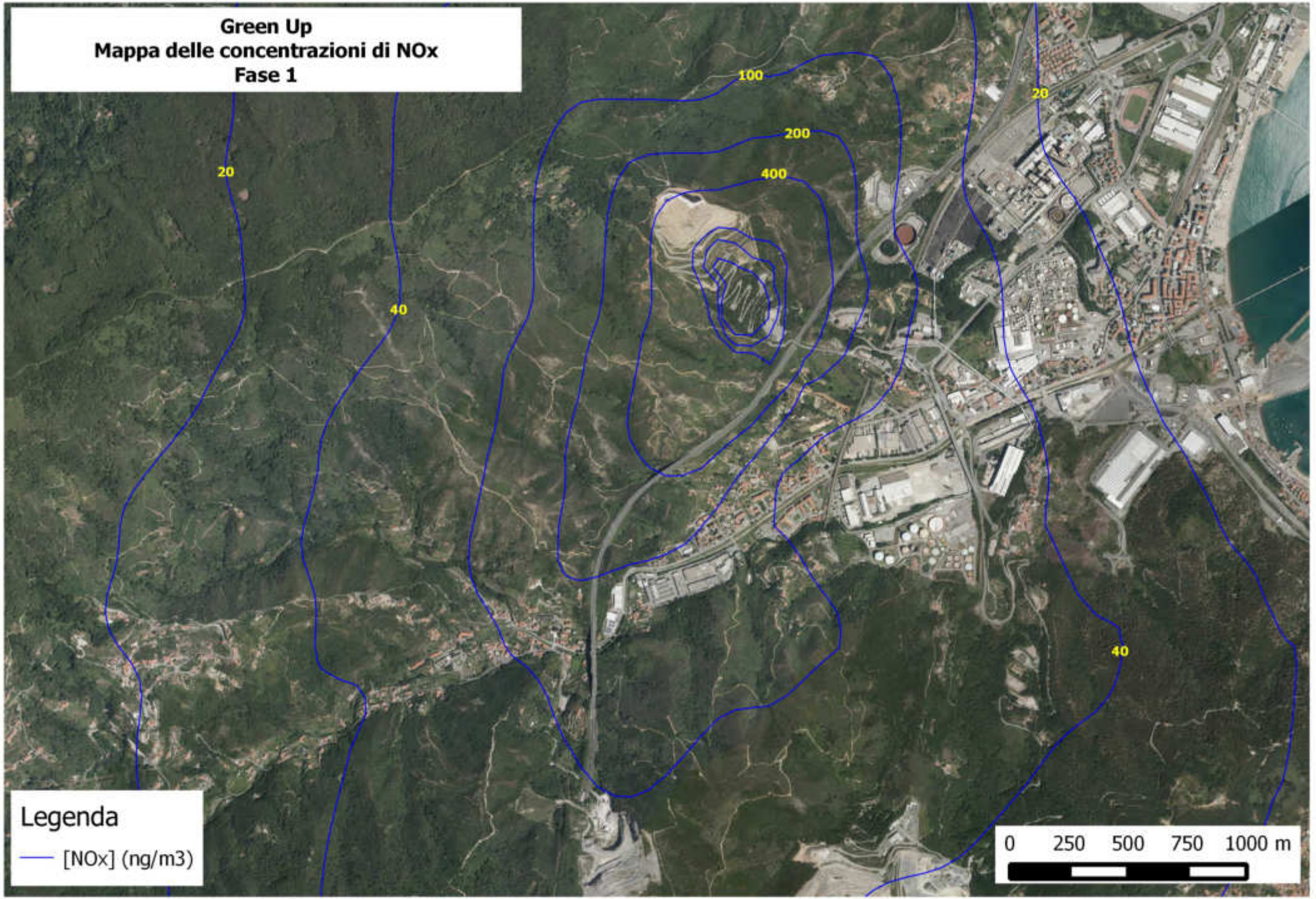
Concentrazione di Polveri

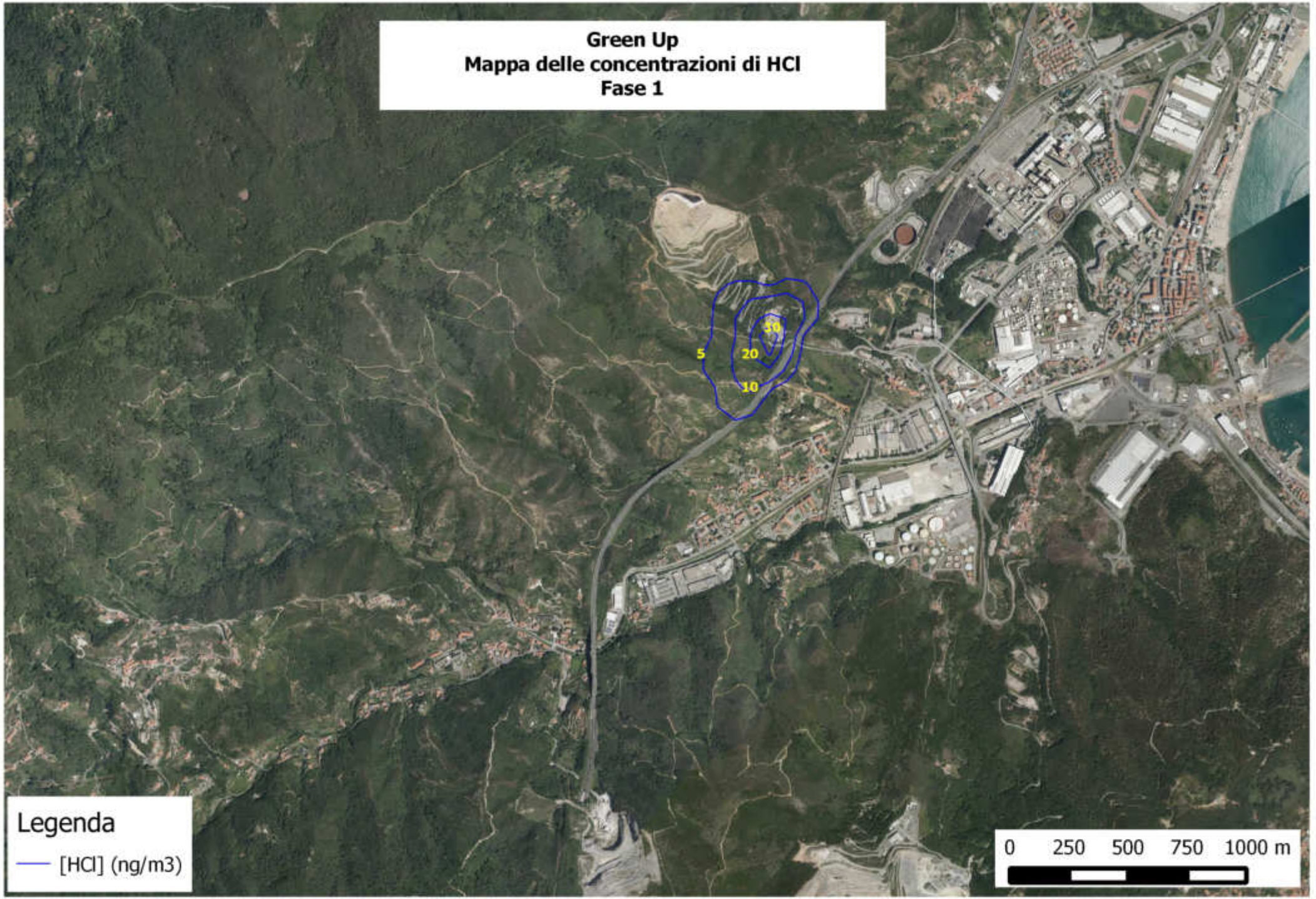
Concentrazione di $H_2S$

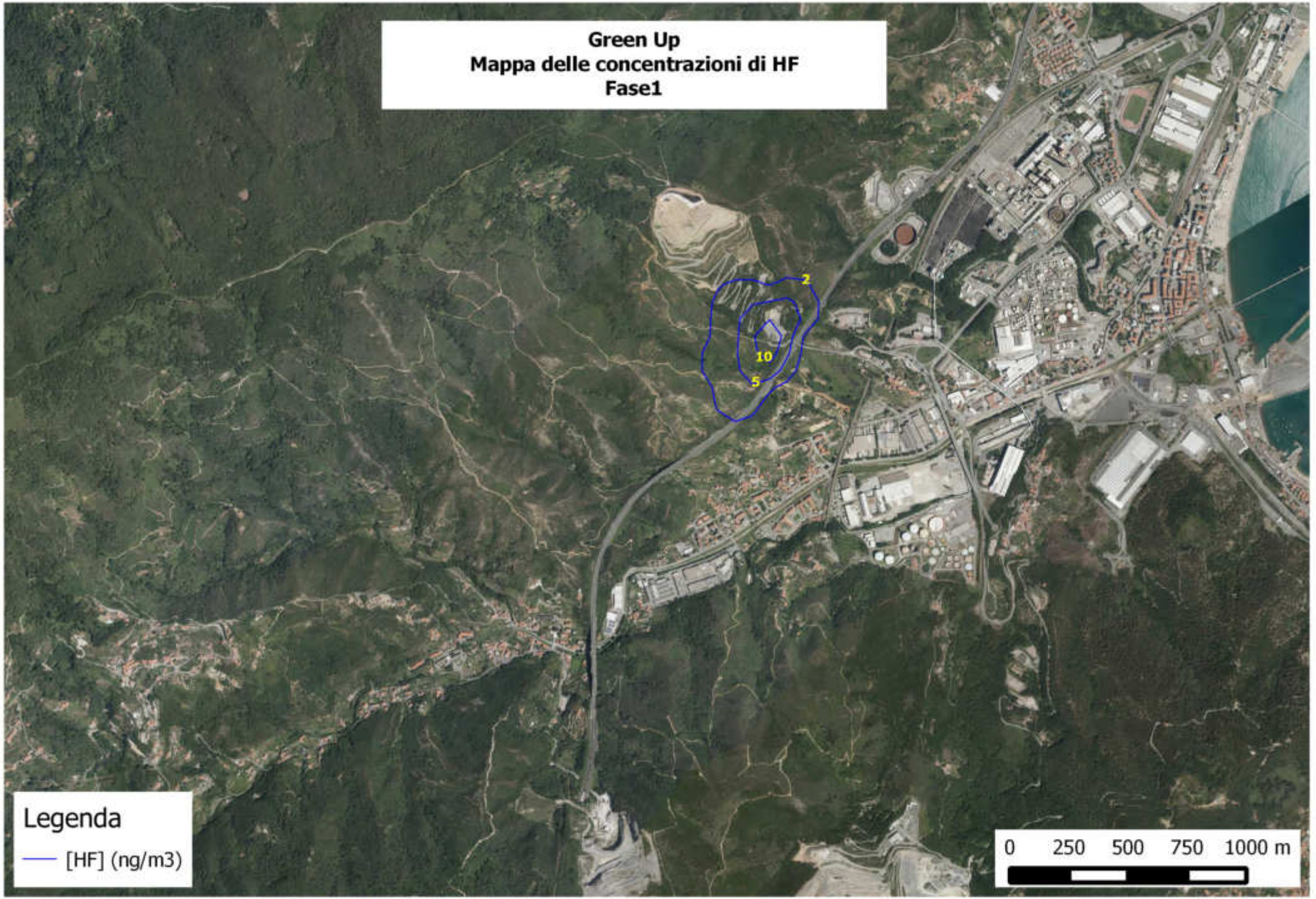
Concentrazione di $NO_x$

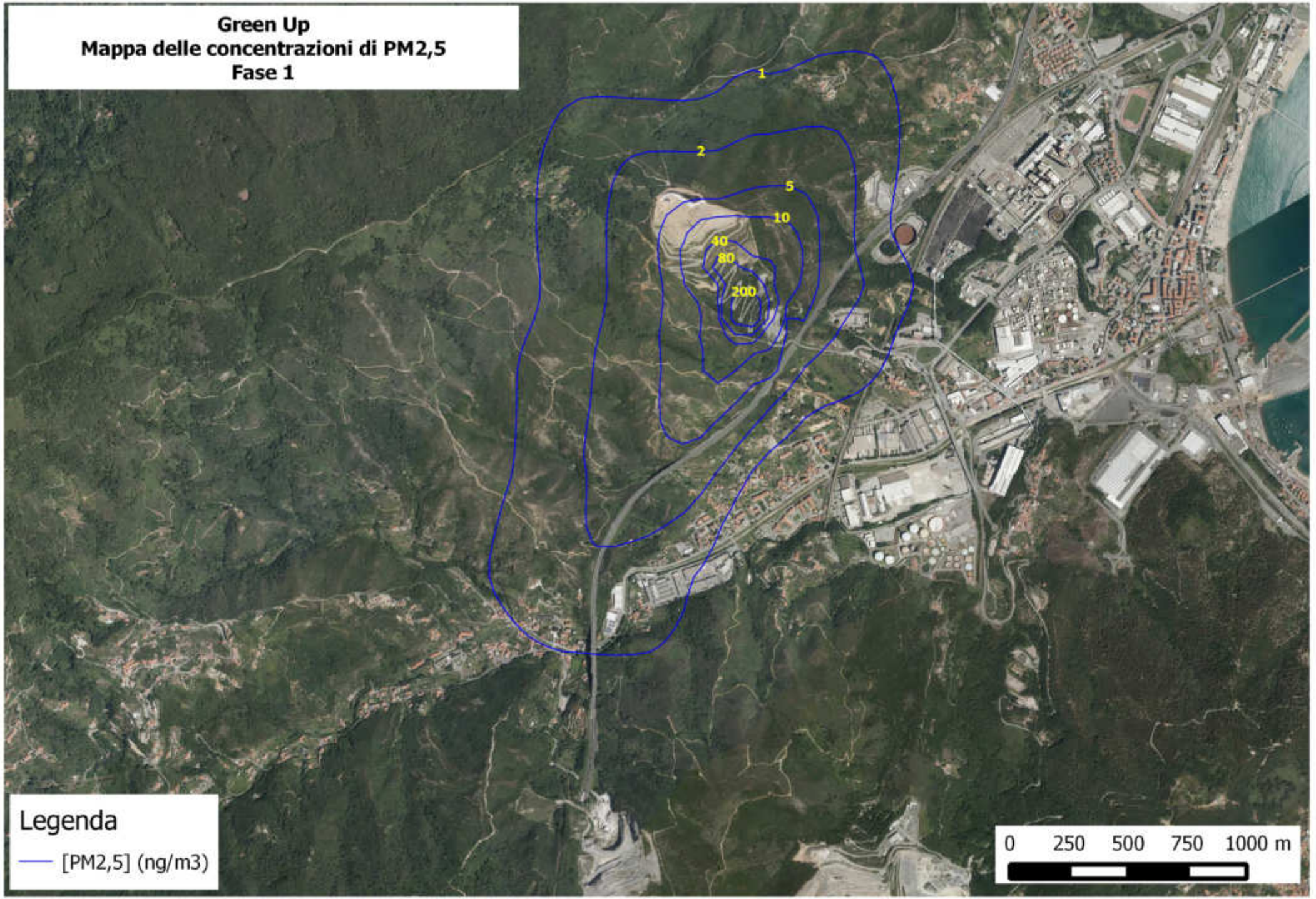

Green Up
Mappa delle concentrazioni di PM10
Fase 1
5
20
40
80
200
400
Legenda
[PM10] (ng/m3)
0
250
500
750
1000 m


Green Up
Mappa delle concentrazioni di H2S
Fase 1
0,5
1
2
Legenda
[H2S] (ng/m3)
0
250
500
750
1000 m


Green Up
Mappa delle concentrazioni di NOx
Fase 1
100
200
400
20
20
40
40
Legenda
[NOx] (ng/m3)
0
250
500
750
1000 m


Green Up
Mappa delle concentrazioni di HCl
Fase 1
30
20
10
5
Legenda
[HCl] (ng/m3)
0
250
500
750
1000 m


Green Up
Mappa delle concentrazioni di HF
Fase1
2
10
5
Legenda
[HF] (ng/m3)
0
250
500
750
1000 m


Green Up
Mappa delle concentrazioni di PM2,5
Fase 1
1
2
5
10
40
80
200
Legenda
[PM2,5] (ng/m3)
0
250
500
750
1000 m

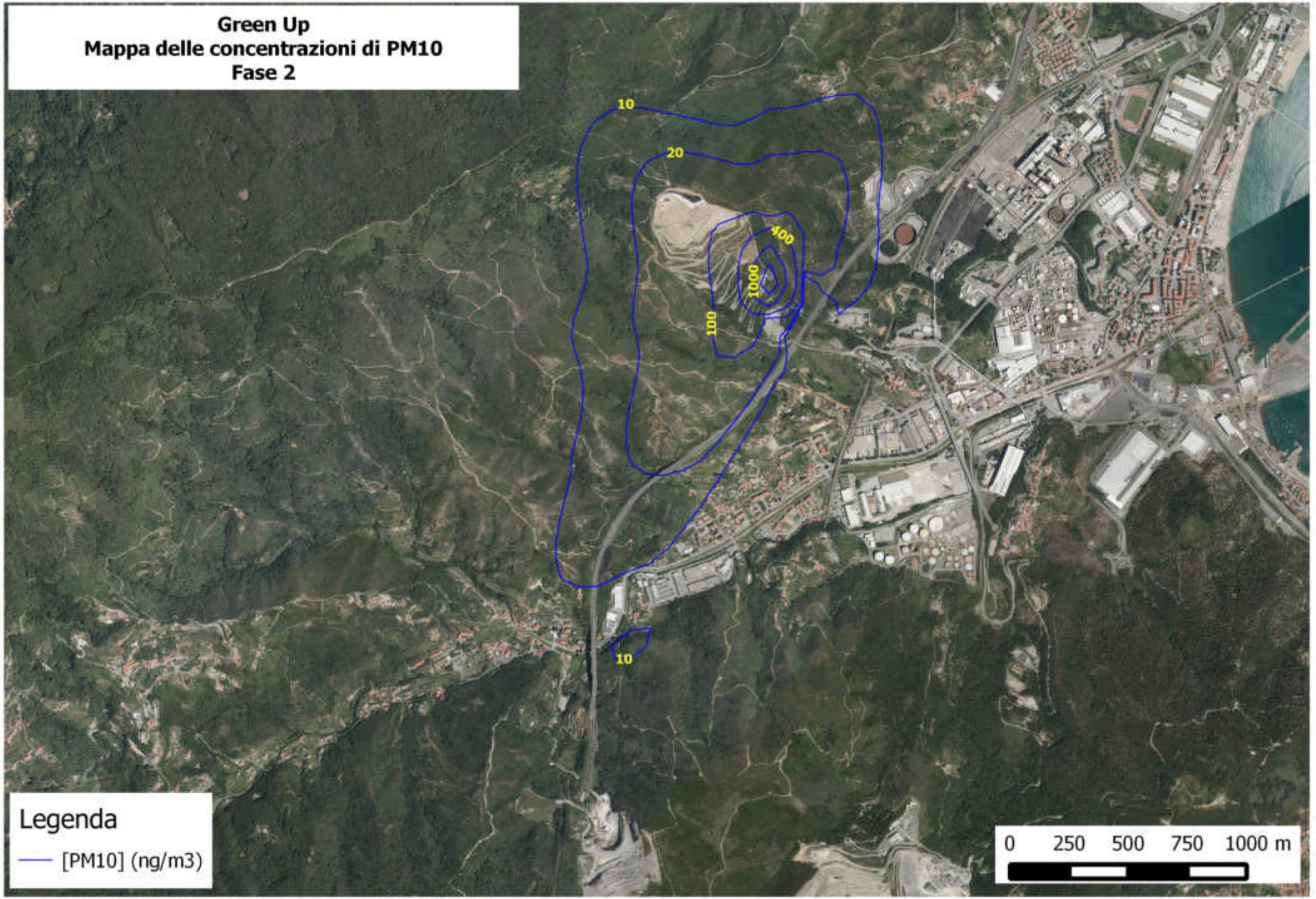
# Allegato B:

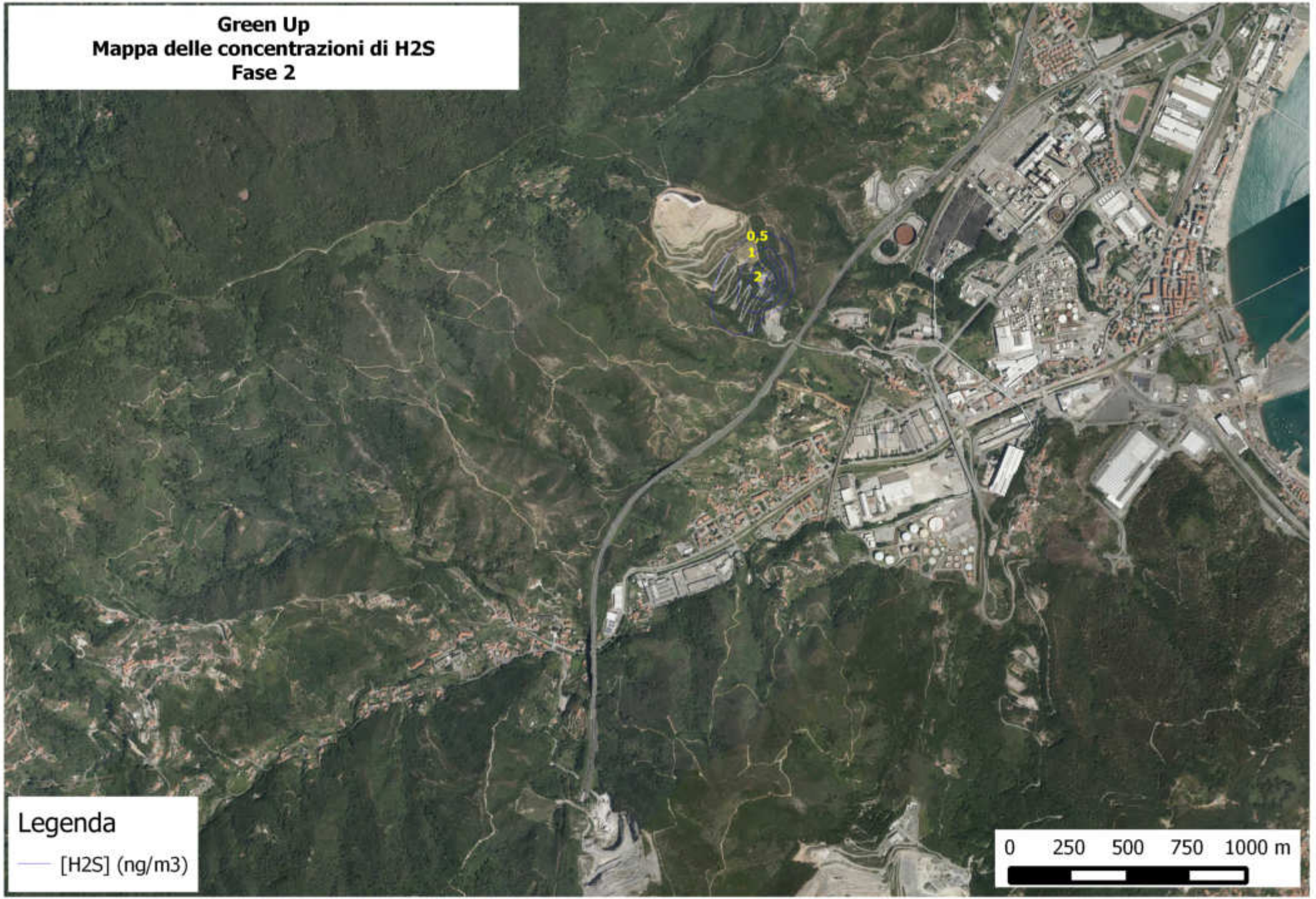
# Mappe di dispersione degli inquinanti atmosferici - Fase 2

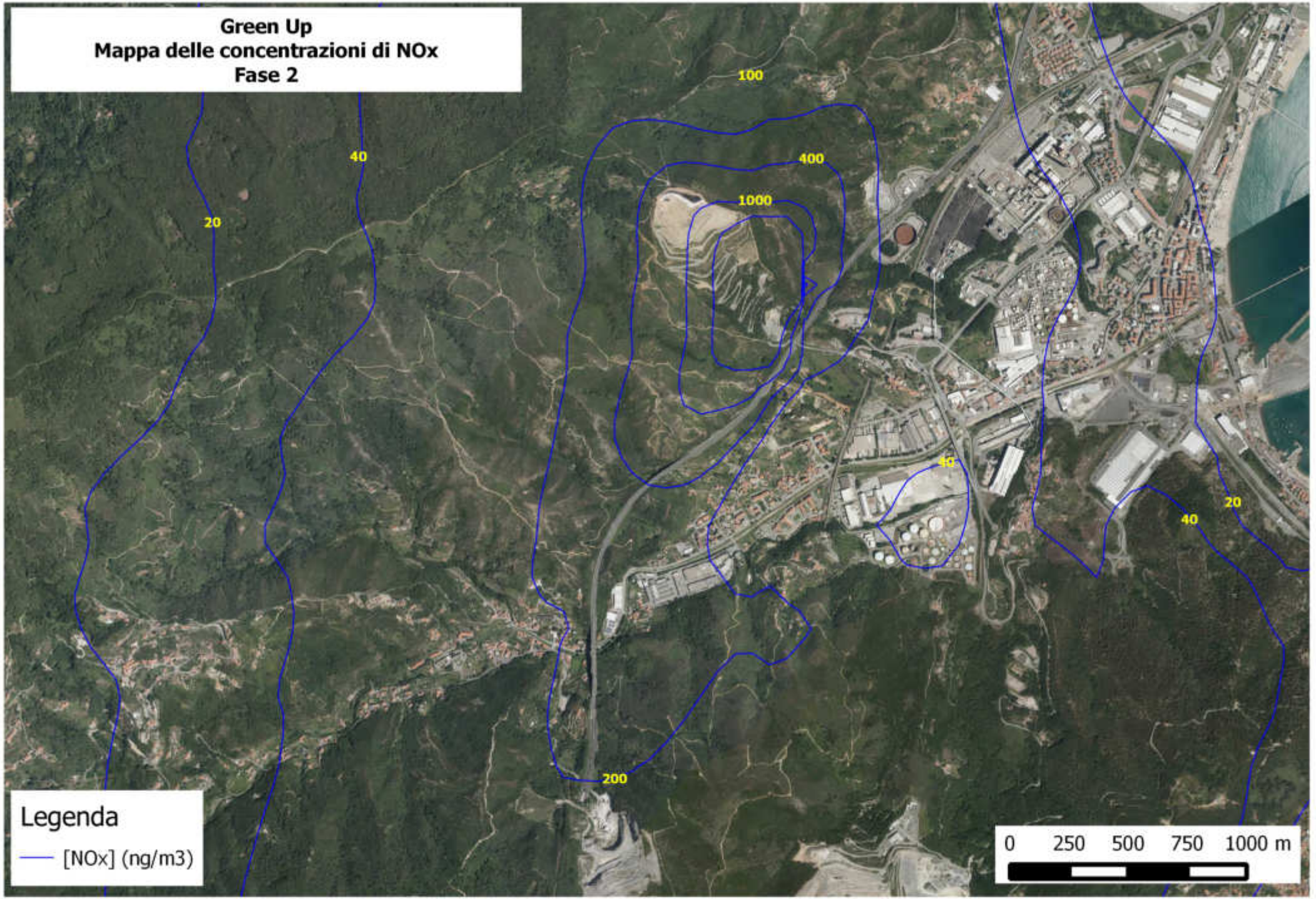
Concentrazione di Polveri

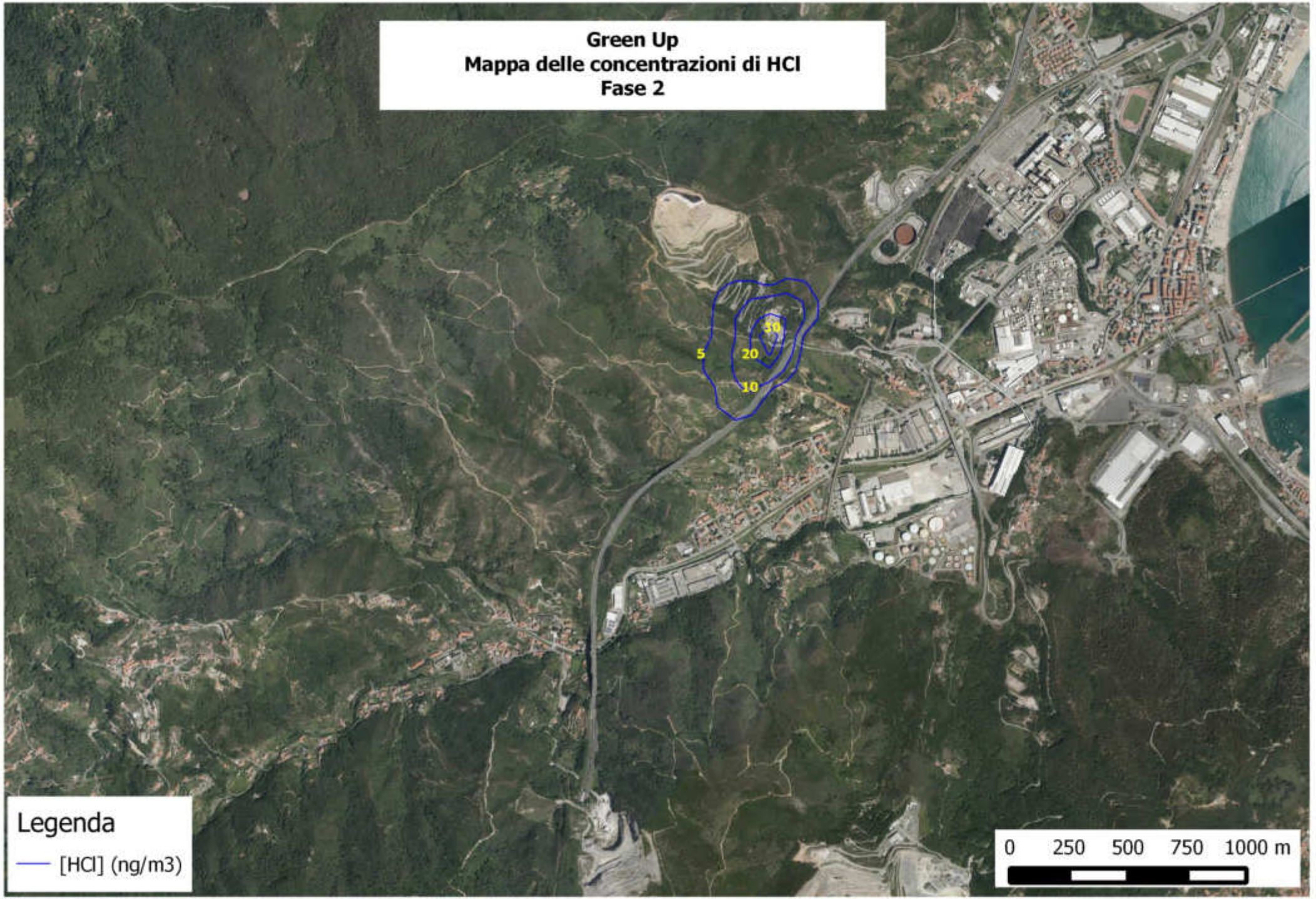
Concentrazione di $H_2S$

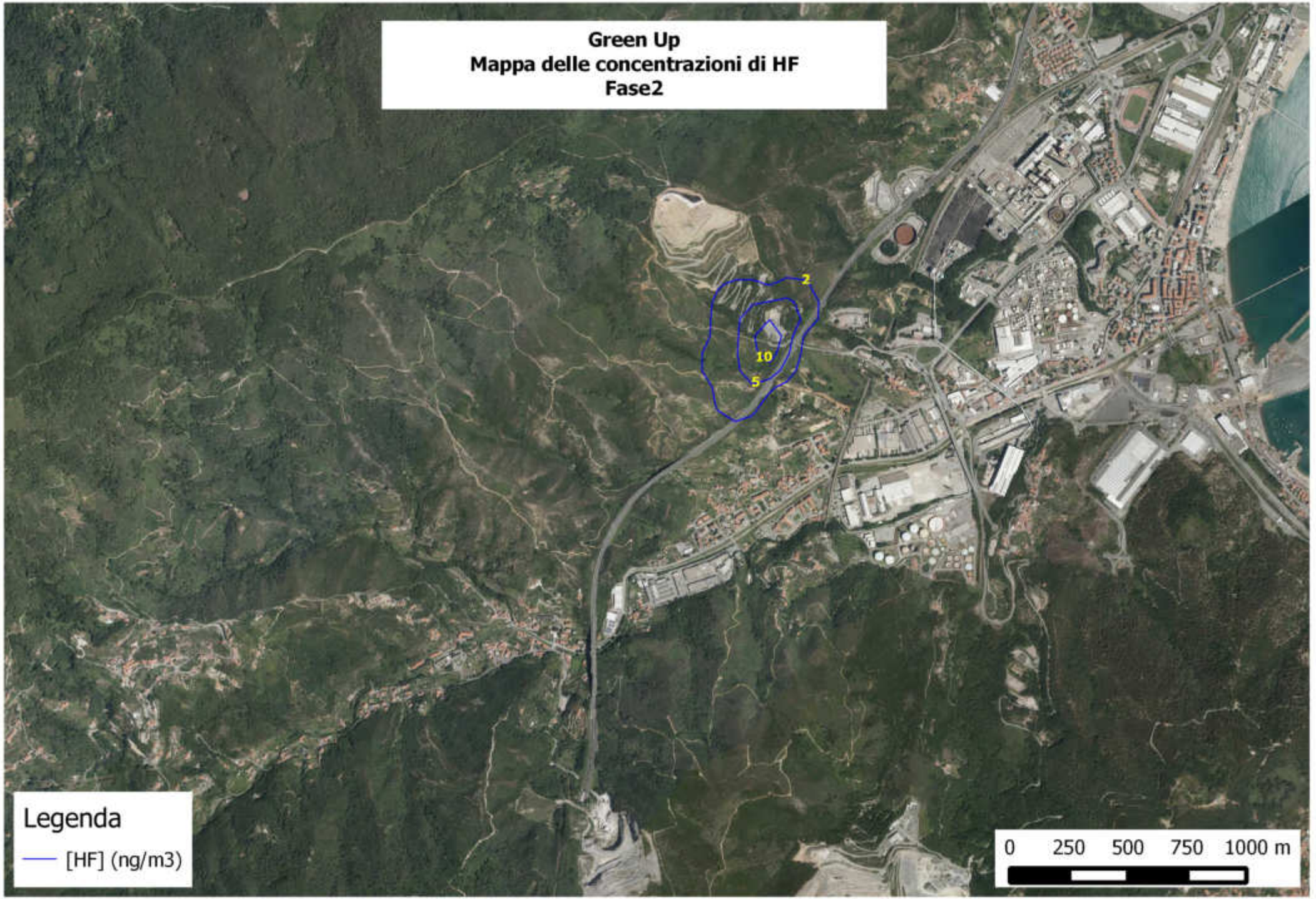
Concentrazione di $NO_x$

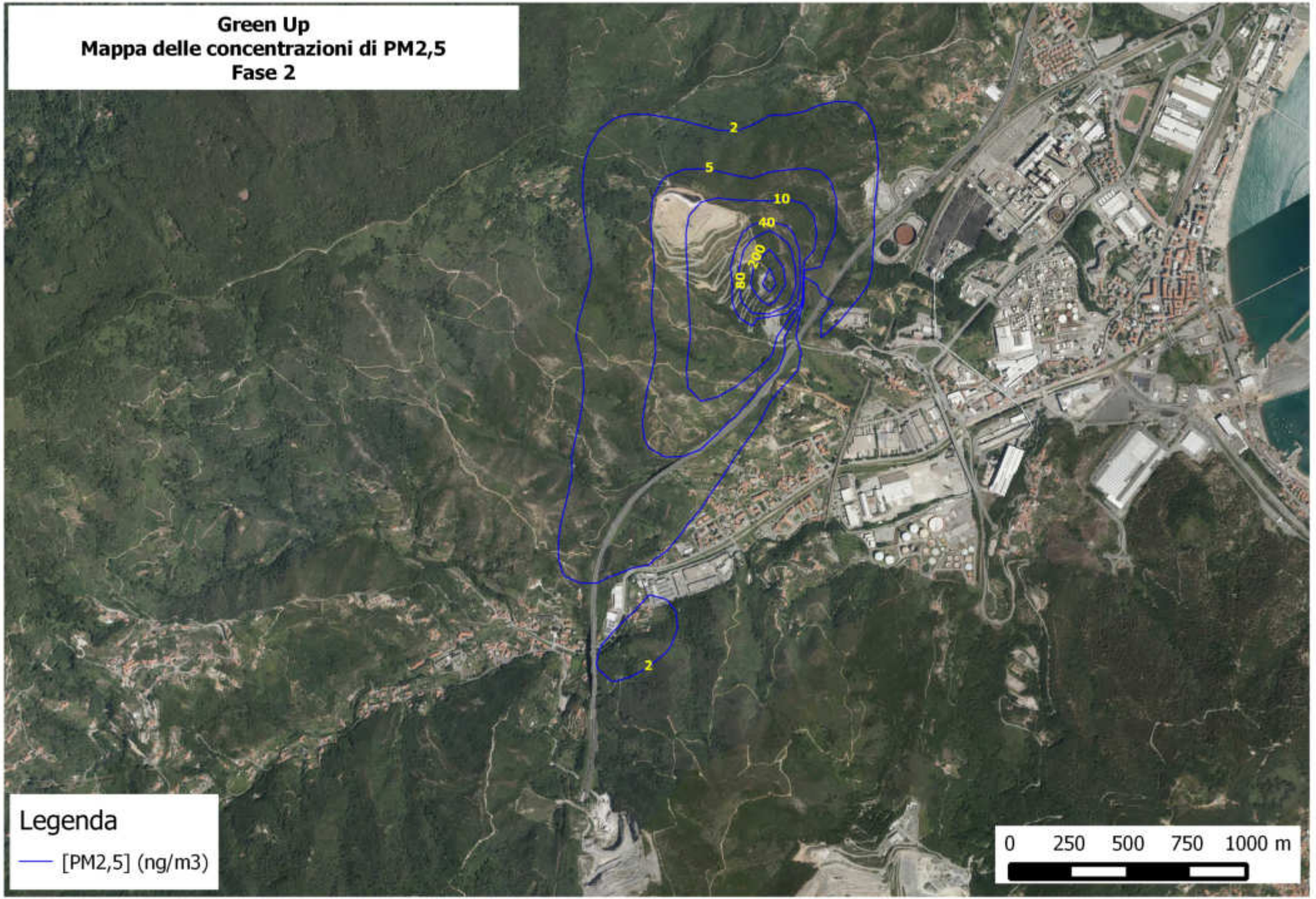

Green Up
Mappa delle concentrazioni di PM10
Fase 2
10
20
400
1000
100
10
Legenda
[PM10] (ng/m3)
0 250 500 750 1000 m


Green Up
Mappa delle concentrazioni di H2S
Fase 2
0,5
1
2
Legenda
[H2S] (ng/m3)
0
250
500
750
1000 m


Green Up
Mappa delle concentrazioni di NOx
Fase 2
100
400
1000
40
20
40
20
40
200
Legenda
[NOx] (ng/m3)
0 250 500 750 1000 m


Green Up
Mappa delle concentrazioni di HCl
Fase 2
30
20
10
5
Legenda
[HCl] (ng/m3)
0
250
500
750
1000 m


Green Up
Mappa delle concentrazioni di HF
Fase2
2
10
5
Legenda
[HF] (ng/m3)
0
250
500
750
1000 m


Green Up
Mappa delle concentrazioni di PM2,5
Fase 2
2
5
10
40
80
200
2
Legenda
[PM2,5] (ng/m3)
0
250
500
750
1000 m

# Allegato C:

# Valutazione del rischio sanitario dovuto all'esposizione della popolazione all'inquinamento atmosferico in area urbana" - Politecnico di Torino, Golder Associates, Ecole Centrale, Lyon.

## 2. Metodologia

Al fine di quantifcare l'esposizione della popolazione all'inquinamento urbano e il rischio sanitario che ne deriva, i principali fattori da considerare sono:

- la concentrazione degli inquinanti;
- la durata e la frequenza dell'esposizione;
- le caratteristiche chimiche, fisiche e tossicologiche delle sostanze inquinanti.

Il calcolo della distribuzione della concentrazione di inquinanti è effettuato mediante un modello di dispersione su scala urbana, SIRANE, sviluppato presso l'Ecole Centrale de Lyon [1]. SIRANE si basa sulla decomposizione del dominio di calcolo in due regioni distinte, l'atmosfera esterna e la regione prossima al suolo occupata dagli edifici, detta "tessuto urbano"; la descrizione dei fenomeni di trasporto di massa nelle due regioni è fatta adottando modelli matematici diversi. Il campo di moto dell'atmosfera esterna è descritto mediante la teoria di similitudine dello strato limite e la dispersione di inquinanti sopra il livello dei tetti è simulata adottando un modello gaussiano di seconda generazione. Il tessuto urbano è descritto come un insieme di strade interconnesse; ogni strada è rappresentata come una cavità di sezione rettangolare, caratterizzata da una larghezza W, una lunghezza L e un'altezza H. Il campo di vento nelle singole strade è calcolato in funzione dell'intensità e della direzione del vento nell'atmosfera esterna, adottando un modello analitico sviluppato su basi teoriche e validato mediante simulazioni numeriche [2]. La concentrazione media $C_{street}$ in ciascuna strada è determinata per mezzo di un modello a scatola o 'box', effettuando un bilancio dei flussi di inquinanti entranti ed uscenti dal volume dell'intera strada, assunto come volume di controllo. In condizioni stazionarie, il bilancio di massa può essere espresso come:

$$Q_s + Q_{in} - HWU_{street}C_{street} - Q_{turb} = 0$$

dove $Q_s$ rappresenta la portata di inquinanti emessi all'interno del volume della strada; $Q_{in}$ rappresenta il flusso di inquinanti dovuto agli scambi di massa che hanno luogo nell'intersezione a monte della strada. La modellizzazione di tali fenomeni è descritta da un tensore di scambio di massa turbolento, funzione della variabilità della direzione del vento al di sopra dei tetti [3]. $HWU_{street}C_{street}$ rappresenta il flusso di inquinanti uscente dal volume della strada, trasportato dalla componente media del campo di moto nella strada, mentre $Q_{turb}$ rappresenta il flusso di inquinanti scambiato per diffusione turbolenta all'interfaccia strada-atmosfera ed è modellato mediante un approccio diffusivo.

I dati di input richiesti dal modello per calcolare l'evoluzione oraria della concentrazione nelle strade del quartiere riguardano la geometria urbana, le emissioni, le condizioni meteorologiche dell'atmosfera esterna e la concentrazione rappresentativa del fondo urbano.

In Figura 1 è mostrata l'area dello studio, che consiste nei quartieri centrali della città di Torino, e la geometria del dominio, che è rappresentata mediante segmenti (strade) connessi da nodi (intersezioni). Le emissioni considerate nello studio sono quelle relative al traffico veicolare; l'effeto delle altre emissioni sono prese in considerazione dalla concentrazione di fondo. Il calcolo delle emissioni di $PM_{10}$, $NO_2$ e benzene è stato effettuato mediante il programma COPERT 4 a partire dai dati di flusso di traffico forniti da 5T, e riferiti al 2004, e dalla composizione del parco macchine di Torino

fornito dall'ACI. Sono stati ipotizzati 3 scenari relativi alla composizione del parco macchine (scenario passato-2004, scenario presente - 2007, scenario futuro), al fine di valutare qual è l'impatto del rinnovamento del parco macchine sulla qualità dell'aria e sulla salute umana. I dati meteorologici orari utilizzati dal modello si riferiscono al 2004 e sono stati misurati presso la stazione meteorologica di via della Consolata, all'interno dell'area di studio. La concentrazione di fondo utilizzata si riferisce ad una stazione di fondo urbana esterna al dominio.



**Fig. 1** – *Area di studio: quartieri centrali della città di Torino*

Per una stima ottimale dell'esposizione sarebbe necessario conoscere come la popolazione trascorre il proprio tempo, distinguendo tra vari microambienti (casa, lavoro, esterno, etc.) e valutando le ore trascorse in ciascuno di essi dagli individui (time-activity patterns); essendo tuttavia tali informazioni non disponibili per la città di Torino, e comunque in generale difficilmente reperibili, si è adottato un approccio"statico" [4], ove l'esposizione all'inquinamento urbano è calcolata combinando, con un dettaglio geometrico delle strade, la distribuzione della concentrazione degli inquinanti, calcolata da SIRANE, con la distribuzione della densità della popolazione, fornita dal Comune di Torino.
La valutazione del rischio consiste quindi nel calcolare l'introito dovuto all'inalazione degli inquinanti presenti in aria, noti i parametri di esposizione dei recettori e la concentrazione degli inquinanti. La concentrazione C a cui i recettori sono esposti è la media delle concentrazioni medie annuali calcolate da SIRANE nel dominio considerato pesata sulla popolazione esposta, mentre i fattori di esposizione considerati si riferiscono allo scenario residenziale (Tabella 1). L'introito medio giornaliero (cronhicle daily intake, CDI) è calcolato come:

$$CDI = \frac{C \times IR \times ED \times EF}{BW} \times \frac{1}{AT}$$

| | Simbolo | UM | Adulto | Bambino |
|---|---|---|---|---|
| Peso corporeo | BW | kg | 70 | 15 |
| Tempo medio di esposizione per le sostanze non | ATc | anni | 70 | 70 |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| cancerogene | | | | |
| Tempo medio di esposizione per le sostanze cancerogene | ATn | anni | ED | ED |
| Durata di esposizione | ED | anni | 24 | 6 |
| Frequenza di esposizione | EF | giorni/anno | 350 | 350 |
| Frequenza giornaliera di esposizione | EFg | ore/giorno | 24 | 24 |
| Tasso di inalazione | IR | $m^3$/ore | 0.9 | 0.7 |

**Tab. 1** – *Fattori di esposizione per adulto e bambino nello scenario residenziale [5]*

La determinazione del rischio di tossicità cronica avviene confrontando l'introito medio giornaliero con una dose di riferimento (Reference Dose, RfD), funzione delle caratteristiche tossicologiche della sostanza inquinante; se l'indice di rischio HI=CDI /RfD è inferiore ad 1, nessun effetto dannoso per la salute compare. Il rischio di cancerogenicità è invece stimato come incremento di probabilità per un individuo di sviluppare il cancro durante la vita per effetto dell'esposizione ad una sostanza cancerogena ed è definito R=CDIxSF, dove SF (slope factor) rappresenta la pendenza della retta che esprime la funzione lineare dose/risposta per la sostanza considerata. Si assume quale valore accettabile di rischio R $10^{-6}$, criterio di tollerabilità del rischio stabilito nell'ambito della procedura di analisi di rischio ai siti contaminati. I parametri tossicologici sono descritti in Tabella 2 e sono stati ricavati dai valori limite per la qualità dell'aria imposti dalla normativa (DM 60/02), per $PM_{10}$ e $NO_2$, e dalla banca dati ISS-ISPEL, per il benzene ($C_6H_6$).

| | Symbol | UM | $PM_{10}$ | $NO_2$ | $C_6H_6$ |
|---|---|---|---|---|---|
| Dose di riferimento | RfD | mg/kg-day | 1.1 $10^{-2}$ | 1.1 $10^{-2}$ | 8.6 $10^{-3}$ |
| Slope Factor | SF | $[mg/kg\text{-}day]^{-1}$ | - | - | 2.7 $10^{-2}$ |

**Tab. 2** – *Parametri tossicologici delle sostanze considerate nello studio*

## 3. Risultati

I risultati del modello SIRANE sono stati validati confrontando l'evoluzione oraria delle concentrazioni simulate e di quelle misurate presso le 3 stazioni di monitoraggio presenti nel dominio (Consolata, Rivoli e Madama Cristina), relativamente al 2004; l'accordo, valutato mediante i parametri statistici BOOT, è piuttosto buono.
Le mappe della concentrazione media annuale di ciascun inquinante sono state associate alla distribuzione spaziale della densità abitativa per ottenere mappe di esposizione, che permettono di visualizzare le aree più critiche della città in termini di popolazione esposta. In Figura 2 l'esposizione della popolazione è rappresentata come numero di abitanti esposti alla concentrazione degli inquinanti $PM_{10}$, $NO_2$ e benzene, mentre in Figura 3 è mostrata la mappa di esposizione della popolazione al $PM_{10}$, espressa in $(abitanti/km^2)*(\mu g/m^3)$.

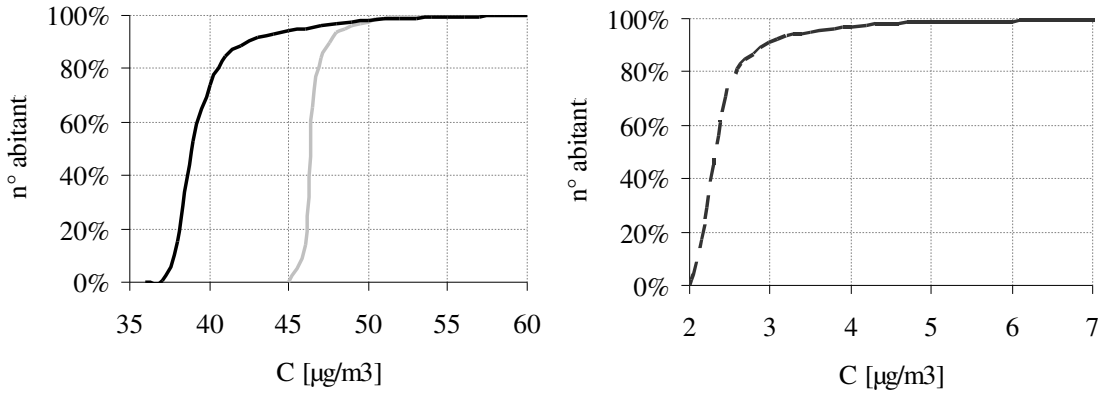



**Fig. 2** – *Popolazione esposta al $PM_{10}$ (linea grigia), NO2 (linea nera) e benzene (linea tratteggiata).*

Si osserva che l'intera popolazione è esposta a valori di concentrazione superiori al valore limite annuale per il $PM_{10}$ di 40 µg/m$^3$ (DM 60/02), mentre il 20% della popolazione è esposta a valori superiori al valore limite annuale per l'$NO_2$ di 40 µg/m$^3$ (DM 60/02) e il 2% a valori superiori al valore limite annuale per il benzene di 5 µg/m$^3$ (DM 60/02).




**Fig. 3** – *Esposizione della popolazione al $PM_{10}$ [(abitanti/km$^2$)*(µg/m$^3$)]*

L'indice del rischio e il rischio di cancerogenicità sono calcolati per i recettori adulto e bambino nello scenario residenziale e sono presentati in Tabella 3 per i diversi scenari ipotizzati.

| | 2004 | | 2007 | | Futuro | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | HI | R | HI | R | HI | R |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| $PM_{10}$ | 1.22 | - | 1.10 | - | 0.98 | - |
| $NO_2$ | 1.06 | - | 0.96 | - | 0.70 | - |
| $C_6H_6$ | 0.09 | $2.1\ 10^{-5}$ | 0.06 | $1.4\ 10^{-5}$ | 0.02 | $5.4\ 10^{-6}$ |
| **Σ** | **2.37** | $\mathbf{2.1\ 10^{-5}}$ | **2.12** | $\mathbf{1.4\ 10^{-5}}$ | **1.70** | $\mathbf{5.4\ 10^{-6}}$ |
| $PM_{10}$ | 4.43 | - | 4.00 | - | 3.55 | - |
| $NO_2$ | 3.83 | - | 3.49 | - | 2.53 | - |
| $C_6H_6$ | 0.34 | $7.8\ 10^{-5}$ | 0.21 | $4.9\ 10^{-5}$ | 0.08 | $2.0\ 10^{-5}$ |
| **Σ** | **8.60** | $\mathbf{7.8\ 10^{-5}}$ | **7.71** | $\mathbf{4.9\ 10^{-5}}$ | **6.16** | $\mathbf{2.0\ 10^{-5}}$ |

**Tab. 3** – *Parametri tossicologici delle sostanze considerate nello studio*

I valori in tabella mostrano un rischio cumulativo per le sostanze cancerogene e non cancerogene che è superiore ai valori ritenuti "accettabili", sebbene il rinnovamento del parco macchine abbia prodotto una riduzione del 10% dal 2004 al 2007 e un'ulteriore riduzione del 20% sia prevista per lo scenario futuro.

## 3. Conclusioni

The study presents an integrated methodology to evaluate the impact of air pollution on human health and shows the capabilities of the urban dispersion model SIRANE to investigate the effects, associated to management strategies, traffic plans and emission reduction policies, on air quality. SIRANE can be an important tool for Public Authority decision maker.
Scopo dello studio è stato quello di presentare una metodologia che integra un modello di dispersione di inquinante su scala urbana, per il calcolo della variabilità spaziale e temporale della concentrazione di inquinanti emessi dal traffico veicolare, e la valutazione del rischio sanitario dovuto all'esposizione della popolazione all'inquinamento atmosferico urbano.
La metodologia proposta è stata quindi applicata alla città di Torino e il calcolo del rischio sanitario è stato effettuato per gli inquinanti $PM_{10}$, $NO_2$ e benzene in tre scenari differenti, distinti dalla composizione del parco macchine (scenario passato, presente e futuro). Lo studio ha permesso di valutare l'effetto delle politiche di rinnovamento del parco macchine sulla qualità dell'aria e quindi sulla salute dei cittadini, ma soprattutto ha mostrato la potenzialità della metodologia proposta quale strumento di indagine per valutare l'efficacia di politiche ambientali volte a ridurre l'impatto dell'inquinamento atmosferico sulla salute della popolazione.

## Bibliografia

[1] **Soulhac, L.** (2002), *Manuale di utilizzo del modello SIRANE,* École centrale de Lyon, Université Claude Bernard-Lyon, Centre National de la Recherche Scientifique
[2] **Soulhac L., Perkins R.J., Salizzoni P.**, *Flow in a street canyon for any external wind direction*, Boundary-Layer Meteorology, 127, 1 (2008), 97-110

[3] **Soulhac L., Garbero V., Salizzoni P., Mejean P., Perkins R.J.**, *Pollutant dispersion in street intersections*, Atmospheric Environment, 43 (2009), 2981-2996
[4] **Zou B., Wilson J.G., Zhan F. B., Zeng Y.**, *Spatially differentiated and source-specific population exposure to ambient air pollution*, Atmospheric Environment, 43 (2009), 3981-3988
[5] **APAT**, Criteri metodologici per l'applicazione dell'analisi di rischio ai siti contaminati, 2008

# Allegato D:

# Parametri tossicologici del H2S - Integrated Risk Information System (IRIS) U.S. Environmental Protection Agency (EPA) Chemical Assessment Summary - National Center for Environmental Assessment.

## I.B.4. Additional Studies/Comments (Inhalation RfC)

Although the effects of $H_2S$ on humans can be from acute and/or chronic exposures, the focus of this health assessment is on long-term chronic exposures.

The exposure-response relationship for acute effects, particularly CNS and respiratory, can be very steep. Numerous case-reports that identify $H_2S$ as a component or the chemical of exposure demonstrate that levels of 500 to 1,000 ppm (695 to 1,390 mg/m$^3$) for even very brief periods are life-threatening and can cause immediate unconsciousness followed by serious and debilitating neurologic and respiratory sequelae and death (Allyn, 1931; Milby 1962). Levels dangerous to human health may not be detected by odor since high levels of $H_2S$ can paralyze the olfactory nerves making detection impossible. Exposures resulting temporary unconsciousness (e.g., 15-30 minutes) can cause profound neurophysiological, neurobehavioral, neurocognitive, neurophysical, respiratory, and ophthalmologic deficits that are persistent, with some of these deficits apparently occurring even in situations in which the exposed individual remains conscious (Wasch et al., 1989; Tvedt et al., 1991a,b; Snyder et al., 1995).

Although not clearly established due to complexities of the exposure environment, a few reports exist claiming persistent symptoms (neurobehavioral function, mood state) from intermittent or continuous exposure to "low levels" of $H_2S$ (Kilburn and Warshaw, 1995; Kilburn, 1997, 1999). Relevancy to humans of the olfactory lesions seen in rodents to human is suggested by Hirsch and Zavala (1999) who report decreased persistent olfactory function in workers exposed chronically to hydrogen sulfide.

A study by Brenneman et al. (2000) replaces another study by CIIT (1983a) as the principal study for RfC determination. At this time, Brenneman's et al. (2000) study is considered the most applicable for deriving an inhalation RfC for the following reasons. First, the critical effect (nasal lesions of the olfactory mucosa as summarized in Table 2, Section 4.2.2 of the accompanying Toxicological Review of Hydrogen Sulfide [U.S. EPA, 2003]) has been reported by other investigators (Dorman et al., 2000; CIIT, 1983a; Lopez et al., 1988b). Second, the effect is consistent with the irritant properties of $H_2S$. Third, the neurological and respiratory systems have been reported as target organs of $H_2S$ toxicity by numerous researchers. Fourth, the LOAEL (42 mg/m$^3$) and NOAEL (14 mg/m$^3$) are at lower concentrations than those in the other subchronic studies.

Both nasal tract lesions and neurologic effects occur in animals exposed to the same concentration range of $H_2S$. Skrajny et al. (1992) reported altered ($p<0.01$) levels of several neurotransmitters on postpartum days 7-21 in the brains of rat pups exposed to 105 mg/m$^3$ (75 ppm) $H_2S$. Norepinephrine levels of the frontal cortex were decreased compared to controls on

days 14 and 21 at 28 mg/m$^3$ (20 ppm). Serotonin levels in the frontal cortex were significantly increased on day 21 postpartum in rat pups exposed to 28 mg/m$^3$ (20 ppm) $H_2S$. Hannah and Roth (1991) reported changes that could be an indicator of a neurotoxic effect in the brains of rat pups that had been exposed *in utero* during development until PND 21 at 20 or 50 ppm (28 or 42 mg/m$^3$). The observed effect - alteration in dendritic arborization of developing cerebellar Purkinje cells - was judged by the authors to be present at both concentrations such that the 20 ppm (28 mg/m$^3$) level may be considered a low-effect rather than a no-effect level. The LOAEL noted for olfactory epithelium lesions in rats was 42 mg/m$^3$ and the NOAEL 14 mg/m$^3$.

The significance of these neurologic findings for humans is unclear. Since these alterations may constitute a chemically-induced change in the growth or organization of structural (or neurochemical) elements, they are to be regarded as possible rather than clear indicators of a neurotoxic effect in accordance with EPA's neurotoxicity risk assessment guidelines (U.S. EPA, 1998). Whether the alterations are adverse to humans remains unclear for several reasons. Effects reported by Hannah and Roth (1991), for example, are highly-selective and could be caused by environmental factors not directly related to exposure. The relationship of these alterations to a functional impairment is unclear, while cerebellar neurological sequelae are not the most obvious symptoms associated with $H_2S$ exposure. These studies and issues are treated in more detail in the accompanying Toxicological Review of Hydrogen Sulfide (U.S. EPA, 2003).

Nasal tract lesions have been designated as the critical effect for this assessment, based on: the relative clarity of the mechanistic basis (most likely irritation), information available on dose-response, and the adverse nature of the endpoint for nasal tract lesions as compared to the neurologic endpoints. The levels of $H_2S$ associated with these effects appear to be similar for either endpoint (e.g., the possible indicator of neurotoxic effects reported by Hannah and Roth [1991] to occur at 28 mg/m$^3$ $H_2S$ and the no-effect level of nasal tract lesions reported by Brenneman et al. (2000) at 14 mg $H_2S$ /m$^3$) is some indication that consideration for the one will also address the other. On the other hand, the same judgments made here concerning clarity of mechanism or dose-response or adversity could serve as the basis for reevaluating the critical endpoint if these matters were further resolved for neurologic effects.

Dorman et al. (2000) examined fertility and developmental effects on Sprague-Dawley rats exposed to 0, 10, 30, or 80 ppm (0, 14, 42, or 111 mg/m$^3$) $H_2S$ 6 hr/day, 7 days/week for 2 weeks prior to breeding. Exposures continued during a 2-week mating period and throughout gestational days 0-19 (GD 0-19). Non-pregnant adult females were exposed for an additional 23-24 days following the 2-week breeding period. Exposure to dams and their pups (8/litter after culling) resumed between PND 5 and 18. Adult males were exposed to $H_2S$ for 70 consecutive days. There were no statistically significant reproductive performance effects

(mating index, fertility index, postimplantation loss per litter, and number of late resorptions or stillbirths) in $F_0$ animals. Also, the number of live pups, litter size, average length of gestation, and average number of implants per female were not affected. There were no statistically significant effects on sperm production or morphology in $F_0$ males. There were no histological findings in the females which were considered treatment-related. In pups, there were no statistically significant increases in structural malformations, and there was also no significant differences in pup weight gain or development (pinnae detachment, surface righting, incisor eruption and negative geotaxis, vaginal patency, preputial separation, and eyelid separation). Pups also did not exhibit any treatment-related effects on motor activity, acoustic startle response, passive avoidance observed, FOB, or surface righting ability. Pup terminal body and organ weights in all exposure groups were comparable to controls, and no gross observations were considered treatment-related by the study authors. Microscopic examination of nervous tissues failed to demonstrate any treatment-related effects in pups.

***For more detail on Susceptible Populations, exit to the toxicological review, Section 4.7 (PDF).***

## I.B.5. Confidence in the Inhalation RfC

Study — Medium
Database — Medium - High
RfC — Medium - High

Overall confidence in this RfC assessment is medium to high. Although the principal study was well-designed and properly conducted, examining sensitive endpoints, it was subchronic in duration and only male rats were examined. For these reasons it was assigned medium confidence. On the other hand, the medium to high confidence assigned to the database for $H_2S$ is based in large part because it addresses developmental and reproductive endpoints as well as numerous specialized studies examining, in detail, the target tissues of $H_2S$ exposure (portal-of-entry and neurological) and mechanism.

Certain information within the database suggests that children and neonatal animals could be selectively susceptible to neurologic effects at high - much higher than the RfC - $H_2S$ concentrations (e.g., > 0.6 $mg/m^3$). Effects of $H_2S$ exposure on developing brain cells in newborn rats as well as possible effects on spermatogenesis in male rats have also been described in the database. While the data suggests that the developing human fetus could be at risk, the exposure levels producing these effects are in the same range or slightly higher than those producing the critical sentinel effect (nasal tract lesions) in adult animals. This finding ameliorates the concern that young animals (and possibly children) may be especially susceptible to the effects from relatively low-level chronic exposures to $H_2S$. Ascribing

relevance of this apparent susceptibility to environmental levels of $H_2S$ such as the RfC would be conjectural.

The database for $H_2S$ clearly demonstrates that nasal tract and neurologic effects may be elicited by this compound. Neurologic alterations in animals noted at the lowest level of $H_2S$ exposure are regarded as possible indicators of a neurotoxic effect rather than a clearly adverse effect. These alterations, including altered morphology of cerebellar Purkinje cells (Hannah and Roth, 1991) at 28 $mg/m^3$ and altered neurotransmitter levels in the brains of postpartum rats pups exposed *in utero* and postpartum to 28 $mg/m^3$ $H_2S$ (Skrajny et al., 1992), are in the same range as noted for the clearly adverse nasal tract lesions reported by Brenneman et al. (2000) at a NOAEL of 14 $mg/m^3$ $H_2S$. The closeness in exposure levels eliciting these effects indicate that the exposure range is in the critical transitional area in the exposure-dose-severity continuum for a variety of endpoints, with data available in some instances to discriminate the mechanistic transition from being a nonadverse to an adverse response. Therefore, the nearness in effect levels for nasal tract and neurological endpoints not only increases the confidence that a health protective RfC has been chosen, but also provides some assurance that the uncertainty factors applied for one effect will also address the other.

Confidence in the database is medium to high while the confidence in the RfC is medium to high. A chronic inhalation study in rats and mice, with additional dose groups, and further research into the effect of $H_2S$ on the developing brain would increase the confidence in the database.

***For more detail on Characterization of Hazard and Dose Response, exit to the toxicological review, Section 6 (PDF)***

### I.B.6. EPA Documentation and Review of the Inhalation RfC

Source Document — Toxicological Review of Hydrogen Sulfide (U.S. EPA, 2003)

This assessment was peer reviewed by scientists external to the U.S. EPA. Their comments have been evaluated carefully and incorporated in finalization of this IRIS Summary. A record of these comments is included as an appendix to the Toxicological Review of Hydrogen Sulfide (U.S. EPA, 2003). ***To review this appendix, exit to the toxicological review, Appendix A, External Peer Review -- Summary of Comments and Disposition (PDF)***

Date of Agency Consensus — 06/20/2003

### I.B.7. EPA Contacts (Inhalation RfC)

Please contact the IRIS Hotline for all questions concerning this assessment or IRIS, in general, at (202)566-1676 (phone), (202)566-1749 (fax), or hotline.iris@epa.gov (Internet address).

---

## II. Carcinogenicity Assessment for Lifetime Exposure

Substance Name — Hydrogen sulfide ($H_2S$)
CASRN — 7783-06-4
Last Revised — 07/28/2003

Under the Draft Revised Guidelines for Carcinogen Risk Assessment (U.S. EPA, 1999), data are *inadequate* for an assessment of the carcinogenic potential of hydrogen sulfide. No relevant data could be located from which to develop an assessment.

### II.A. Evidence for Human Carcinogenicity

Not applicable.

### II.A.1. Weight-of-Evidence Characterization

Not applicable.

***For more detail on Characterization of Hazard and Dose Response, exit to the toxicological review, Section 6 (PDF).***

***For more detail on Susceptible Populations, exit to the toxicological review, Section 4.7 (PDF).***

### II.A.2. Human Carcinogenicity Data

Not applicable.

### II.A.3. Animal Carcinogenicity Data

Not applicable.

### II.A.4. Supporting Data for Carcinogenicity

Not applicable.

---

## II.B. Quantitative Estimate of Carcinogenic Risk from Oral Exposure

### II.B.1. Summary of Risk Estimates

Not applicable.

### II.B.2. Dose-Response Data (Carcinogenicity, Oral Exposure)

Not applicable.

### II.B.3. Additional Comments (Carcinogenicity, Oral Exposure)

Not applicable.

### II.B.4. Discussion of Confidence (Carcinogenicity, Oral Exposure)

Not applicable.

---

## II.C. Quantitative Estimate of Carcinogenic Risk from Inhalation Exposure

### II.C.1. Summary of Risk Estimates

Not applicable.

### II.C.2. Dose-Response Data for Carcinogenicity, Inhalation Exposure

Not applicable.

### II.C.3. Additional Comments (Carcinogenicity, Inhalation Exposure)

Not applicable.

### II.C.4. Discussion of Confidence (Carcinogenicity, Inhalation Exposure

Not applicable.

---

### II.D. EPA Documentation, Review, and Contacts (Carcinogenicity Assessment)

### II.D.1. EPA Documentation

Not applicable.

Source Documents -- Toxicological Review of Hydrogen Sulfide (U.S. EPA, 2003). To review the External Peer Review, ***exit to the toxicological review, Appendix A, External Peer Review -- Summary of Comments and Disposition (PDF)***

### II.D.2. EPA Review (Carcinogenicity Assessment)

Not applicable.

Agency Consensus Date — 06/20/2003

### II.D.3. EPA Contacts (Carcinogenicity Assessment

Please contact the IRIS Hotline for all questions concerning this assessment or IRIS, in general, at (202)566-1676 (phone), (202)566-1749 (fax), or hotline.iris@epa.gov (Internet address).

---

## III. [reserved]
## IV. [reserved]
## V. [reserved]

---

## VI. Bibliography

Substance Name — Hydrogen sulfide ($H_2S$)
CASRN — 7783-06-4

## VI.A. Oral RfD References

None

## VI.B. Inhalation RfC References

Allyn, LB. (1931) Notes on hydrogen sulfide poisoning. Ind. and Eng. Chem. 23:234.

Brenneman, KA, James, RA, Gross, EA, Dorman, DC. (2000) Olfactory loss in adult male CD rats following inhalation exposure to hydrogen sulfide. Toxicologic Pathology 28(2): 326-333.

CIIT (Chemical Industry Institute of Toxicology). (1983a) 90-Day vapor inhalation toxicity study of hydrogen sulfide in B6C3F1 mice. EPA/OTS 0883-0255.

CIIT (1983b) 90-Day vapor inhalation toxicity study of hydrogen sulfide in Fischer-344 rats. EPA/OTS 0883-0255.

CIIT (1983c). 90-Day vapor inhalation toxicity study of hydrogen sulfide in Sprague-Dawley rats. EPA/OTS 0883-0255.

Dorman, DC; Brenneman, K A; Struve, MF; Miller, KL; James, RA; Marshall, MW; Foster, P M. (2000) Fertility and developmental neurotoxicity effects of inhaled hydrogen sulfide in Sprague-Dawley rats. Neurotoxicol Teratol 22:71-84.

Hannah, RS; Roth, SH. (1991) Chronic exposure to low concentrations of hydrogen sulfide produces abnormal growth in developing Purkinje cells. Neurosci. Lett. 122: 225-228.

Hirsch, AR; and Zavala, G. (1999) Long-term effect on the olfactory system of exposure to hydrogen sulfide. Occup Environ Med 56: 284-287.

Kilburn, KH; Warshaw, RH. (1995) Hydrogen sulfide and reduced-sulfur gases adversely affect neurophysiological functions. Toxicol. Environ. Health 11(2):185-197.

Kilburn, KH. (1997) Exposure to reduced sulfur gases impairs neurobehavioral function. Southern Med. J. 90(10): 997-1006.

Kilburn, KH. (1999) Evaluating health effects from exposure to hydrogen sulfide: central nervous system dysfunction. Environ. Epidemiol. Toxicol. 1: 207-216.

Milby, TH. (1962) Hydrogen sulfide intoxication; review of the literature and report of an unusual accident resulting in two cases of nonfatal poisoning. J. Occup. Med. 4: 431-437.

Skrajny, B; Hannah, RS; Roth, SH. (1992) Low concentrations of hydrogen sulphide alter monoamine levels in the developing rat central nervous system. Can. J. Physiol. Pharmacol. 70(11):1515-1518.

Snyder, JW; Safir, EF; Summerville, GP; et al. (1995) Occupational fatality and persistent neurological sequelae after mass exposure to hydrogen sulfide. Am. J. Emerg. Med. 13: 199-203.

Tvedt, B; Edland, A; Skyberg, K; et al. (1991a) Delayed neuropsychiatric sequelae after acute hydrogen sulfide poisoning: affection of motor function, memory, vision and hearing. Acta. Neurol. Scand. 84:348-351.

Tvedt, B; Skyberg, K; Aaserud, O; et al. (1991b) Brain damage caused by hydrogen sulfide: a follow-up study of six patients. Am. J. Ind. Med. 20:91-101.

U.S. EPA (U.S. Environmental Protection Agency). (2003) Toxicological review of hydrogen sulfide in support of summary information on Integrated Risk Information System (IRIS). National Center for Environmental Assessment, Washington, D.C. EPA/635/R-03/005. Available online at http://www.epa.gov/iris.

U.S. EPA. (1998) Guidelines for neurotoxicity risk assessment. Federal Register 63(93):26926-26954. Available online at http://www.epa.gov/raf/publications/guidelines-neurotoxicity-risk-assessment.htm.

Wasch, HH; Estrin WJ; Yip, P; et al. (1989) Prolongation of the P-300 latency associated with hydrogen sulfide exposure. Arch. Neurol. 46:902-904.

## VI.C. Carcinogenicity Assessment References

U.S. EPA (U.S. Environmental Protection Agency). (1999) Guidelines for carcinogen risk assessment. Review Draft, NCEA-F-0644, July 1999. Risk Assessment Forum.

## VII. Revision History

Substance Name — Hydrogen sulfide ($H_2S$)
CASRN — 7783-06-4

| Date | Section | Description |
|---|---|---|
| **10/01/1990** | I.B. | Inhalation RfC summary on-line |
| **07/01/1995** | I.B. | Inhalation RfC replaced; new RfC |
| **07/28/2003** | I., II. | Revised RfC, cancer assessment discussion added. (Previous RfD withdrawn) |

## VIII. Synonyms

Substance Name — Hydrogen sulfide ($H_2S$)
CASRN — 7783-06-4
Last Revised — 07/28/2003

- Acide sulfhydrique [French]
- Acide sulphhydrique
- Dihydrogen monosulfide
- Dihydrogen sulfide
- EINECS 231-977-3
- FEMA No. 3779
- HSDB 576
- Hydrogen sulfide
- Hydrogen sulfide (ACGIH:OSHA)
- Hydrogen sulfide ($H_2S$)
- Hydrogen sulfure [French]
- Hydrogen sulfuric acid
- Hydrogen sulphide
- Hydrogene sulfure [French]
- Hydrogene sulphure
- Hydrosulfuric acid

- Idrogeno solforato [Italian]
- RCRA waste number U135
- Schwefelwasserstoff [German]
- Sewer gas
- Siarkowodor [Polish]
- Stink DAMP
- Sulfur hydride
- Sulfureted hydrogen
- Zwavelwaterstof [Dutch]

# Allegato E:

# CPG Lab – “Rapporto di prova n° 17LA02555 del 03/03/2017”

Rapporto di prova n°: **17LA02555 rev.00** del **03/03/2017**

Spett.
**WASTE ITALIA SpA**
Via N. Tommaseo, 44
17047 Vado Ligure (SV)

17LA02555

# Misure alle emissioni in atmosfera relative all'impianto Biogas

Misure eseguite presso: **Discarica di Bossarino - Vado Ligure (SV)**
Data accettazione: **15/02/2017**
Data inizio campionamenti: **15/02/2017** Data fine campionamenti: **15/02/2017**

Campionamento a cura di: **Ottonello Carlo - C.P.G.Lab Srl**
Modalità di campionamento: *** secondo Manuale UNICHIM n° 158 edizione 1988**

Condizioni ambientali: **sereno**
Identificativo numero campione: **17S005726**

**Dati relativi al condotto**

Tipo di condotto: **Circolare**
Direzione di uscita: **verticale**
Decreto di autorizzazione: **------**

segue Rapporto di prova n°: **17LA02555 rev.00**

## VALORE MEDIO PONDERATO DELLE MISURE ESEGUITE

| COMPOSIZIONE DEL GAS | U.M. | Valore |
|---|---|---|
| Temperatura | °C | 15 |
| Umidità | % | 0.45 |
| Ossigeno | % | 3.86 |
| Anidride carbonica | % | 18.65 |
| Massa volumica | Kg/m³ | 1.167 |
| Pressione statica | mm (H2O) | 0.001 |
| Pressione atmosferica | mbar | 1010 |
| Portata effluente secca | Nm³/h | 380 |

## RISULTATI ANALITICI

| Parametro | | Concentrazione | | | Flusso di massa | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| *Metodo (campionamento - analisi)* | U.M. | Valore | Incertezza | U.M. | Valore | Incertezza |
| * acido cloridrico<br>DM 25/08/2000 GU SO n° 223 23/09/2000 All.2 | mg/Nm³ | **0.22** | ±0.06 | g/h | **0.082** | ±0.023 |
| * acido fluoridrico<br>DM 25/08/2000 GU SO n° 223 23/09/2000 All.2 | mg/Nm³ | **< 0.18** | | g/h | **< 0.068** | |
| * acido solfidrico<br>M.U. 634:1984 | mg/Nm³ | **90.95** | ±18.19 | g/h | **34.65** | ±6.93 |
| * ammoniaca<br>M.U. 632:1984 | mg/Nm³ | **1.80** | ±0.36 | g/h | **0.684** | ±0.137 |
| * anidride carbonica<br>UNI 9968:1992 | % | **18.65** | ±0.93 | | | |
| * azoto<br>UNI 9968:1992 | % | **37.96** | ±1.90 | | | |
| benzene<br>UNI CEN/TS 13649:2015 | mg/Nm³ | **1.22** | ±0.24 | g/h | **0.47** | ±0.09 |
| * idrocarburi policiclici aromatici<br>MPI 59 rev 0 2006 | mg/Nm³ | **< 0.0001** | | g/h | **< 0.001** | |
| * idrogeno<br>UNI 9968:1992 | % | **< 0.1** | | | | |
| * mercaptani<br>MPI 48 rev 0 2005 | mg/Nm³ | **< 0.08** | | g/h | **< 0.032** | |
| * metano<br>UNI 9968:1992 | % | **39.53** | ±1.98 | | | |
| ossidi di zolfo (SOx) | mg/Nm³ | **25.92** | ±5.18 | g/h | **9.876** | ±1.975 |

segue Rapporto di prova n°: **17LA02555 rev.00**

## VALORE MEDIO PONDERATO DELLE MISURE ESEGUITE

| COMPOSIZIONE DEL GAS | U.M. | Valore |
|---|---|---|
| Temperatura | °C | 15 |
| Umidità | % | 0.45 |
| Ossigeno | % | 3.86 |
| Anidride carbonica | % | 18.65 |
| Massa volumica | Kg/m³ | 1.167 |
| Pressione statica | mm (H2O) | 0.001 |
| Pressione atmosferica | mbar | 1010 |
| Portata effluente secca | Nm³/h | 380 |

**RISULTATI ANALITICI**

| Parametro | | Concentrazione | | | Flusso di massa | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| *Metodo (campionamento - analisi)* | U.M. | Valore | Incertezza | U.M. | Valore | Incertezza |
| * MPI 92 rev 0 2006 | | | | | | | |
| * ossigeno<br>UNI 9968:1992 | % | **3.86** | ±0.15 | | | |
| polveri<br>UNI EN 13284-1: 2003 | mg/Nm³ | **0.96** | ±0.19 | g/h | **0.367** | ±0.074 |
| * potere calorifico inferiore<br>UNI EN ISO 6976:2008 | KJ/Nm³ | **14069** | ±704 | | | |
| * s.o.v. come C.O.T.<br>UNI CEN/TS 13649:2015 | mg/Nm³ | **117.42** | ±23.49 | g/h | **44.738** | ±8.948 |
| * umidità<br>UNI 10169: 2001 | % | **0.6** | ±0.0 | | | |

segue Rapporto di prova n°: **17LA02555 rev.00**

## Ciclo 1 di 3

### CAMPIONAMENTO

| | | |
|---|---|---|
| Data e ora inizio prelievo: | 15/02/2017 | 09.40 |
| Data e ora fine prelievo: | 15/02/2017 | 10.40 |
| Durata (minuti): | 60 | |

| PARAMETRI FISICI | U.M. | Valore |
|---|---|---|
| Temperatura | °C | 15 |
| Umidità | % | 0.63 |
| Ossigeno | % | 3.99 |
| Anidride carbonica | % | 22.33 |
| Massa volumica | Kg/m³ | 1.125 |
| Pressione statica | mm (H2O) | 0.001 |
| Pressione atmosferica | mbar | 1010 |
| Portata effluente secca | Nm³/h | 381 |

### RISULTATI ANALITICI

| Parametro | Concentrazione | | | Flusso di massa | | | Data Inizio |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| *Metodo (campionamento - analisi)* | U.M. | Valore | Incertezza | U.M. | Valore | Incertezza | Data Fine |
| * acido cloridrico | mg/Nm³ | **0.35** | ±0.10 | g/h | **0.132** | ±0.037 | 16/02/2017 |
| DM 25/08/2000 GU SO n° 223 23/09/2000 All.2 | | | | | | | 20/02/2017 |
| * acido fluoridrico | mg/Nm³ | **< 0.18** | | g/h | **< 0.068** | | 16/02/2017 |
| DM 25/08/2000 GU SO n° 223 23/09/2000 All.2 | | | | | | | 20/02/2017 |
| * acido solfidrico | mg/Nm³ | **92.86** | ±18.57 | g/h | **35.38** | ±7.08 | 24/02/2017 |
| M.U. 634:1984 | | | | | | | 24/02/2017 |
| * ammoniaca | mg/Nm³ | **2.25** | ±0.45 | g/h | **0.857** | ±0.171 | 17/02/2017 |
| M.U. 632:1984 | | | | | | | 17/02/2017 |
| * anidride carbonica | % | **22.33** | ±1.12 | | | | 16/02/2017 |
| UNI 9968:1992 | | | | | | | 17/02/2017 |
| * azoto | % | **31.03** | ±1.55 | | | | 16/02/2017 |
| UNI 9968:1992 | | | | | | | 17/02/2017 |
| benzene | mg/Nm³ | **0.85** | ±0.17 | g/h | **0.32** | ±0.06 | 17/02/2017 |
| UNI CEN/TS 13649:2015 | | | | | | | 24/02/2017 |
| * idrocarburi policiclici aromatici | mg/Nm³ | **< 0.0001** | | g/h | **< 0.001** | | 17/02/2017 |
| MPI 59 rev 0 2006 | | | | | | | 17/02/2017 |
| * idrogeno | % | **< 0.1** | | | | | 16/02/2017 |
| UNI 9968:1992 | | | | | | | 17/02/2017 |
| * mercaptani | mg/Nm³ | **< 0.08** | | g/h | **< 0.032** | | 23/02/2017 |
| MPI 48 rev 0 2005 | | | | | | | 24/02/2017 |
| * metano | % | **42.65** | ±2.13 | | | | 16/02/2017 |
| UNI 9968:1992 | | | | | | | 17/02/2017 |
| * ossidi di zolfo (SOx) | mg/Nm³ | **20.47** | ±4.09 | g/h | **7.799** | ±1.560 | 15/02/2017 |
| MPI 92 rev 0 2006 | | | | | | | 01/03/2017 |
| * ossigeno | % | **3.99** | ±0.16 | | | | 16/02/2017 |
| UNI 9968:1992 | | | | | | | 17/02/2017 |
| polveri | mg/Nm³ | **1.62** | ±0.32 | g/h | **0.617** | ±0.123 | 15/02/2017 |
| UNI EN 13284-1: 2003 | | | | | | | 22/02/2017 |

segue Rapporto di prova n°: **17LA02555 rev.00**

## Ciclo 1 di 3

### CAMPIONAMENTO

| | | |
|---|---|---|
| Data e ora inizio prelievo: | 15/02/2017 | 09.40 |
| Data e ora fine prelievo: | 15/02/2017 | 10.40 |
| Durata (minuti): | 60 | |

| PARAMETRI FISICI | U.M. | Valore |
|---|---|---|
| Temperatura | °C | 15 |
| Umidità | % | 0.63 |
| Ossigeno | % | 3.99 |
| Anidride carbonica | % | 22.33 |
| Massa volumica | Kg/m³ | 1.125 |
| Pressione statica | mm (H2O) | 0.001 |
| Pressione atmosferica | mbar | 1010 |
| Portata effluente secca | Nm³/h | 381 |

### RISULTATI ANALITICI

| Parametro | Concentrazione | | | Flusso di massa | | | Data Inizio |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| *Metodo (campionamento - analisi)* | U.M. | Valore | Incertezza | U.M. | Valore | Incertezza | Data Fine |
| * potere calorifico inferiore | KJ/Nm³ | **15179** | ±759 | | | | 17/02/2017 |
| UNI EN ISO 6976:2008 | | | | | | | 17/02/2017 |
| * s.o.v. come C.O.T. | mg/Nm³ | **88.89** | ±17.78 | g/h | **33.868** | ±6.774 | 17/02/2017 |
| UNI CEN/TS 13649:2015 | | | | | | | 24/02/2017 |
| * umidità | % | **0.6** | ±0.0 | | | | 15/02/2017 |
| UNI 10169: 2001 | | | | | | | 15/02/2017 |

segue Rapporto di prova n°: **17LA02555 rev.00**

## Ciclo 2 di 3

### CAMPIONAMENTO

| | | |
|---|---|---|
| Data e ora inizio prelievo: | 15/02/2017 | 10.52 |
| Data e ora fine prelievo: | 15/02/2017 | 11.52 |
| Durata (minuti): | 60 | |

| PARAMETRI FISICI | U.M. | Valore |
|---|---|---|
| Temperatura | °C | 15 |
| Umidità | % | 0.36 |
| Ossigeno | % | 3.88 |
| Anidride carbonica | % | 19.22 |
| Massa volumica | Kg/m³ | 1.119 |
| Pressione statica | mm (H2O) | 0.001 |
| Pressione atmosferica | mbar | 1010 |
| Portata effluente secca | Nm³/h | 381 |

### RISULTATI ANALITICI

| Parametro | Concentrazione | | | Flusso di massa | | | Data Inizio |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| *Metodo (campionamento - analisi)* | U.M. | Valore | Incertezza | U.M. | Valore | Incertezza | Data Fine |
| * acido cloridrico | mg/Nm³ | **< 0.18** | | g/h | **< 0.068** | | 16/02/2017 |
| DM 25/08/2000 GU SO n° 223 23/09/2000 All.2 | | | | | | | 17/02/2017 |
| * acido fluoridrico | mg/Nm³ | **< 0.18** | | g/h | **< 0.068** | | 16/02/2017 |
| DM 25/08/2000 GU SO n° 223 23/09/2000 All.2 | | | | | | | 17/02/2017 |
| * acido solfidrico | mg/Nm³ | **98.93** | ±19.79 | g/h | **37.69** | ±7.54 | 24/02/2017 |
| M.U. 634:1984 | | | | | | | 24/02/2017 |
| * ammoniaca | mg/Nm³ | **0.77** | ±0.15 | g/h | **0.293** | ±0.059 | 17/02/2017 |
| M.U. 632:1984 | | | | | | | 17/02/2017 |
| * anidride carbonica | % | **19.22** | ±0.96 | | | | 16/02/2017 |
| UNI 9968:1992 | | | | | | | 17/02/2017 |
| * azoto | % | **37.03** | ±1.85 | | | | 16/02/2017 |
| UNI 9968:1992 | | | | | | | 17/02/2017 |
| benzene | mg/Nm³ | **1.42** | ±0.28 | g/h | **0.54** | ±0.11 | 17/02/2017 |
| UNI CEN/TS 13649:2015 | | | | | | | 24/02/2017 |
| * idrocarburi policiclici aromatici | mg/Nm³ | **< 0.0001** | | g/h | **< 0.001** | | 17/02/2017 |
| MPI 59 rev 0 2006 | | | | | | | 17/02/2017 |
| * idrogeno | % | **< 0.1** | | | | | 16/02/2017 |
| UNI 9968:1992 | | | | | | | 17/02/2017 |
| * mercaptani | mg/Nm³ | **< 0.08** | | g/h | **< 0.032** | | 23/02/2017 |
| MPI 48 rev 0 2005 | | | | | | | 24/02/2017 |
| * metano | % | **39.87** | ±1.99 | | | | 16/02/2017 |
| UNI 9968:1992 | | | | | | | 17/02/2017 |
| * ossidi di zolfo (SOx) | mg/Nm³ | **26.59** | ±5.32 | g/h | **10.130** | ±2.026 | 15/02/2017 |
| MPI 92 rev 0 2006 | | | | | | | 01/03/2017 |
| * ossigeno | % | **3.88** | ±0.16 | | | | 16/02/2017 |
| UNI 9968:1992 | | | | | | | 17/02/2017 |
| polveri | mg/Nm³ | **0.63** | ±0.13 | g/h | **0.242** | ±0.048 | 15/02/2017 |
| UNI EN 13284-1: 2003 | | | | | | | 22/02/2017 |

segue Rapporto di prova n°: **17LA02555 rev.00**

## Ciclo 2 di 3

### CAMPIONAMENTO

| | | |
|---|---|---|
| Data e ora inizio prelievo: | 15/02/2017 | 10.52 |
| Data e ora fine prelievo: | 15/02/2017 | 11.52 |
| Durata (minuti): | 60 | |

| PARAMETRI FISICI | U.M. | Valore |
|---|---|---|
| Temperatura | °C | 15 |
| Umidità | % | 0.36 |
| Ossigeno | % | 3.88 |
| Anidride carbonica | % | 19.22 |
| Massa volumica | Kg/m³ | 1.119 |
| Pressione statica | mm (H2O) | 0.001 |
| Pressione atmosferica | mbar | 1010 |
| Portata effluente secca | Nm³/h | 381 |

### RISULTATI ANALITICI

| Parametro | Concentrazione | | | Flusso di massa | | | Data Inizio |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| *Metodo (campionamento - analisi)* | U.M. | Valore | Incertezza | U.M. | Valore | Incertezza | Data Fine |
| * potere calorifico inferiore | KJ/Nm³ | **14190** | ±710 | | | | 17/02/2017 |
| UNI EN ISO 6976:2008 | | | | | | | 17/02/2017 |
| * s.o.v. come C.O.T. | mg/Nm³ | **128.53** | ±25.71 | g/h | **48.968** | ±9.794 | 17/02/2017 |
| UNI CEN/TS 13649:2015 | | | | | | | 24/02/2017 |
| * umidità | % | **0.6** | ±0.0 | | | | 15/02/2017 |
| UNI 10169: 2001 | | | | | | | 15/02/2017 |

segue Rapporto di prova n°: **17LA02555 rev.00**

| **CAMPIONAMENTO** | | |
|---|---|---|
| Data e ora inizio prelievo: | 15/02/2017 | 12.00 |
| Data e ora fine prelievo: | 15/02/2017 | 13.00 |
| Durata (minuti): | 60 | |

| **PARAMETRI FISICI** | **U.M.** | **Valore** |
|---|---|---|
| Temperatura | °C | 15 |
| Umidità | % | 0.36 |
| Ossigeno | % | 3.70 |
| Anidride carbonica | % | 14.41 |
| Massa volumica | Kg/m³ | 1.105 |
| Pressione statica | mm (H2O) | 0.001 |
| Pressione atmosferica | mbar | 1010 |
| Portata effluente secca | Nm³/h | 381 |

**RISULTATI ANALITICI**

| Parametro | Concentrazione | | | Flusso di massa | | | Data Inizio |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| *Metodo (campionamento - analisi)* | U.M. | Valore | Incertezza | U.M. | Valore | Incertezza | Data Fine |
| * acido cloridrico | mg/Nm³ | **0.26** | ±0.07 | g/h | **0.099** | ±0.028 | 16/02/2017 |
| DM 25/08/2000 GU SO n° 223 23/09/2000 All.2 | | | | | | | 17/02/2017 |
| * acido fluoridrico | mg/Nm³ | **< 0.18** | | g/h | **< 0.068** | | 16/02/2017 |
| DM 25/08/2000 GU SO n° 223 23/09/2000 All.2 | | | | | | | 17/02/2017 |
| * acido solfidrico | mg/Nm³ | **81.07** | ±16.21 | g/h | **30.89** | ±6.18 | 24/02/2017 |
| M.U. 634:1984 | | | | | | | 24/02/2017 |
| * ammoniaca | mg/Nm³ | **2.37** | ±0.47 | g/h | **0.902** | ±0.180 | 17/02/2017 |
| M.U. 632:1984 | | | | | | | 17/02/2017 |
| * anidride carbonica | % | **14.41** | ±0.72 | | | | 16/02/2017 |
| UNI 9968:1992 | | | | | | | 17/02/2017 |
| * azoto | % | **45.82** | ±2.29 | | | | 16/02/2017 |
| UNI 9968:1992 | | | | | | | 17/02/2017 |
| benzene | mg/Nm³ | **1.40** | ±0.28 | g/h | **0.53** | ±0.11 | 17/02/2017 |
| UNI CEN/TS 13649:2015 | | | | | | | 24/02/2017 |
| * idrocarburi policiclici aromatici | mg/Nm³ | **< 0.0001** | | g/h | **< 0.001** | | 17/02/2017 |
| MPI 59 rev 0 2006 | | | | | | | 17/02/2017 |
| * idrogeno | % | **< 0.1** | | | | | 16/02/2017 |
| UNI 9968:1992 | | | | | | | 17/02/2017 |
| * mercaptani | mg/Nm³ | **< 0.08** | | g/h | **< 0.032** | | 23/02/2017 |
| MPI 48 rev 0 2005 | | | | | | | 24/02/2017 |
| * metano | % | **36.07** | ±1.80 | | | | 16/02/2017 |
| UNI 9968:1992 | | | | | | | 17/02/2017 |
| * ossidi di zolfo (SOx) | mg/Nm³ | **30.71** | ±6.14 | g/h | **11.699** | ±2.340 | 15/02/2017 |
| MPI 92 rev 0 2006 | | | | | | | 01/03/2017 |
| * ossigeno | % | **3.70** | ±0.15 | | | | 16/02/2017 |
| UNI 9968:1992 | | | | | | | 17/02/2017 |
| polveri | mg/Nm³ | **0.64** | ±0.13 | g/h | **0.243** | ±0.049 | 15/02/2017 |
| UNI EN 13284-1: 2003 | | | | | | | 22/02/2017 |

segue Rapporto di prova n°: **17LA02555 rev.00**

| | | |
|---|---|---|
| **CAMPIONAMENTO** | | |
| Data e ora inizio prelievo: | 15/02/2017 | 12.00 |
| Data e ora fine prelievo: | 15/02/2017 | 13.00 |
| Durata (minuti): | 60 | |

| **PARAMETRI FISICI** | **U.M.** | **Valore** |
|---|---|---|
| Temperatura | °C | 15 |
| Umidità | % | 0.36 |
| Ossigeno | % | 3.70 |
| Anidride carbonica | % | 14.41 |
| Massa volumica | Kg/m³ | 1.105 |
| Pressione statica | mm (H2O) | 0.001 |
| Pressione atmosferica | mbar | 1010 |
| Portata effluente secca | Nm³/h | 381 |

**RISULTATI ANALITICI**

| Parametro | Concentrazione | | | Flusso di massa | | | Data Inizio |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| *Metodo (campionamento - analisi)* | U.M. | Valore | Incertezza | U.M. | Valore | Incertezza | Data Fine |
| * potere calorifico inferiore | KJ/Nm³ | **12837** | ±642 | | | | 17/02/2017 |
| UNI EN ISO 6976:2008 | | | | | | | 17/02/2017 |
| * s.o.v. come C.O.T. | mg/Nm³ | **134.85** | ±26.97 | g/h | **51.378** | ±10.276 | 17/02/2017 |
| UNI CEN/TS 13649:2015 | | | | | | | 24/02/2017 |
| * umidità | % | **0.6** | ±0.0 | | | | 15/02/2017 |
| UNI 10169: 2001 | | | | | | | 01/03/2017 |

(*): i parametri contrassegnati con l'asterisco non rientrano tra quelli accreditati dal laboratorio

L'incertezza è espressa nelle unità di misura delparametro a cui si riferiscono. Il fattore di copertura è pari a k=2 con un intervallo di probabilità del 95%.

I risultati analitici si riferiscono esclusivamente al campione sottoposto a prova.
La riproduzione parziale del presente rapporto di prova non è consentita senza autorizzazione scritta del laboratorio.

Direttore Responsabile - Laboratorio Porto Torres
Dott. Stefano Pinna
Ordine Provinciale dei Chimici di Sassari n° 199

Direttore Responsabile - Laboratorio Cairo M.tte
Dott. ssa Tiziana Giusto
Ordine dei Chimici della Liguria n° 1011

segue Rapporto di prova n°: **17LA02555 rev.00**

**Il presente rapporto di prova è firmato digitalmente da:**

**Dott.ssa Tiziana Giusto**
**Ordine dei Chimici della Liguria n°1011**

Fine del rapporto di prova n°**17LA02555**

# Allegato F:

# CPG Lab - “Monitoraggio Emissioni diffuse Biogas” - Relazione tecnica del 05/01/2017

16CP20974

**COMUNE di VADO LIGURE**

Provincia SV

Azienda

# Waste Italia S.p.A.

**Località Bossarino**
**17047 – Vado Ligure (SV)**

Elaborato

Relazione tecnica

# *MONITORAGGIO EMISSIONI DIFFUSE BIOGAS*

Misure presso:

**Discarica Località Bossarino**

Vado Ligure (SV)

Misure effettuate il 28/12/2016 e 29/12/2016

*CPG Lab s.r.l. Via Stalingrado 50 - 17014 Cairo M.tte (SV) tel: 019-517764 fax: 019-5143544 e-mail: servizioclienti@cpglab.it*

## Indice

1. Premesse

2. Biogas

3. Luogo di indagine

4. Descrizione procedura di misura

5. Strumentazione impiegata

6. Risultati ottenuti dalla campagna di monitoraggio

7. Conclusioni

8. Allegati

## *1. Premesse*

La presente relazione è stata commissionata dall'Azienda Waste Italia S.p.A. al fine di monitorare e quantificare le emissioni diffuse della discarica localizzata in Località Bossarino nel Comune di Vado Ligure (SV).

Per la pianificazione e l'effettuazione della campagna di misura sono state seguite le linee guida "Guidance on monitoring landfill gas surface emissions" che indicano la metodologia di scelta dei punti di misura, la strumentazione da utilizzare, l'analisi ed il calcolo dei dati ottenuti dalle misure.

I punti di misura, scelti in base alla creazione di una maglia, sono rappresentativi della zona di più recente coltivazione della discarica; è necessario indicare che non sono state effettuate misurazioni nei punti in cui vi è lo scarico e la sistemazione dei rifiuti principalmente per motivi di sicurezza.

Riassumendo ciò che sarà indicato nella planimetria delle postazioni di misura, sono state effettuate misure sia sul confine della discarica sia all'interno delle aree di lavorazione.

I risultati ottenuti indicheranno il flusso di emissione di metano in aria attraverso la valutazione delle letture strumentali della variazione di concentrazione nel tempo (fino alla stabilizzazione del dato) nelle varie postazioni di misura.

## 2. *Biogas*

Il biogas è il prodotto gassoso della fermentazione anaerobica metanogenica della sostanza organica. Si tratta di una miscela composta da metano, anidride carbonica, ossigeno, azoto e impurità (fluoruri, solfuri, silicati, ammoniaca). Ossigeno e azoto non sono tuttavia generati dalla degradazione bensì dall'infiltrazione di aria all'interno dei rifiuti.

Il metano si crea durante la decomposizione anaerobica delle sostanze organiche e delle proteine presenti nei rifiuti smaltiti in discarica che vengono inizialmente trasformati in zuccheri, poi principalmente in acido acetico ed, infine, in $CH_4$ e $CO_2$.

La decomposizione anaerobica ha luogo in assenza di ossigeno ed è un processo complesso nel quale le condizioni ambientali giocano un ruolo fondamentale. Tra i fattori ambientali più importanti sono da considerare:

il contenuto d'acqua del rifiuto;

la presenza e distribuzione dei microrganismi;

la concentrazione di nutrienti;

la composizione merceologica e la pezzatura media dei rifiuti;

il pH e la temperatura all'interno del cumulo di rifiuti;

l'eventuale infiltrazione di acqua.

Il processo di generazione del biogas può essere schematizzato in quattro fasi caratteristiche di tutto il ciclo di vita della discarica. Durante tali fasi varia sia la velocità di formazione del biogas che la sua composizione.

La prima fase è "aerobica" ed il principale gas prodotto è l'anidride carbonica ($CO_2$). La seconda fase è caratterizzata da una forte diminuzione della concentrazione di ossigeno che porta l'ambiente ad operare in condizioni anaerobiche. Si assiste ad una notevole produzione di $CO_2$ ed, in misura minore, di idrogeno ($H_2$). Nella terza fase (sempre anaerobica) inizia la

generazione di $CH_4$ associata ad una riduzione della $CO_2$ precedentemente prodotta.

Il contenuto di azoto ($N_2$) nel biogas è inizialmente elevato nella prima fase aerobica e decresce molto velocemente durante la seconda e la terza fase (anaerobiche).

Nella quarta ed ultima fase la produzione di biogas raggiunge condizioni di quasi stazionarietà e la composizione del biogas rimane pressochè costante.

La durata delle varie fasi e dell'intera sequenza dipende dalle condizioni presenti in discarica (composizione del rifiuto, caratteristiche del materiale di copertura, schema progettuale) e può variare anche in funzione delle condizioni climatiche, come la quantità delle precipitazioni atmosferiche e la temperatura ambientale.

La produzione di biogas ha un periodo di latenza di circa un anno a causa della presenza di condizioni aerobiche nel periodo iniziale e dell'attività biologica rivolta alla formazione di acidi volatili nella prima fase del processo anaerobico.

Nelle discariche tuttavia la produzione di metano potrebbe avere un periodo di latenza iniziale che può durare anche più di un anno.

Essa è determinata da due fattori:

all'esistenza di condizioni iniziali aerobiche;

la prevalenza delle attività biologiche anaerobiche rivolte alla produzione di acidi volatili (batteri acido produttori)

Il periodo di latenza è normalmente caratterizzato da apprezzabili produzioni di idrogeno, oltre che di $CO_2$.

I rifiuti smaltiti in una discarica controllata possono produrre biogas per 20 - 30 anni.

Composizione tipica del biogas da discarica.

Oltre alla già nota importanza del metano come gas ad effetto serra, la presenza del $CH_4$ nelle discariche di rifiuti deve essere monitorata

attentamente a causa delle sue caratteristiche esplosive in ambienti confinati non appena la sua concentrazione risulta essere compresa tra il 5% ed il 15%. Inoltre, esso risulta dannoso sia per l'uomo (può provocare asfissia in ambienti chiusi) che per la vegetazione (può avere effetti letali per la vegetazione a causa dell'asfissia delle radici quando esse vengono investite dal gas nel sottosuolo).

## *3. Luogo di indagine*

La discarica dell'Azienda Waste Italia S.p.A. è localizzata in Località Bossarino nel Comune di Vado Ligure (SV); l'impianto di smaltimento, autorizzato con Atto Dirigenziale delle Provincia di Savona n. 2009/859, è destinato al conferimento di rifiuti speciali non pericolosi ed appartiene alla sottocategoria di discarica per rifiuti misti non pericolosi con recupero di biogas e con elevato contenuto sia di rifiuti organici o biodegradabili che di rifiuti inorganici.

La discarica si sviluppa su terrazzamenti creati dal riempimento di una valle naturale, il monitoraggio è stato eseguito partendo da circa 165 metri di quota a salire fino al confine superiore.

I punti di monitoraggio sono stati identificati e posizionati seguendo le precedenti campagne di misura.

## *4. Descrizione procedura di misura*

Seguendo le linee guida si è proceduto inizialmente valutando il numero minimo di punti di misura utili a creare una maglia da "posizionare" sull'area comunicata dalla Committenza.

Il punto 5.1.1 del "Guidance on monitoring landfill gas surface emissions" prevede che per aree maggiori di 5000 metri quadrati si debba effettuare il seguente calcolo:

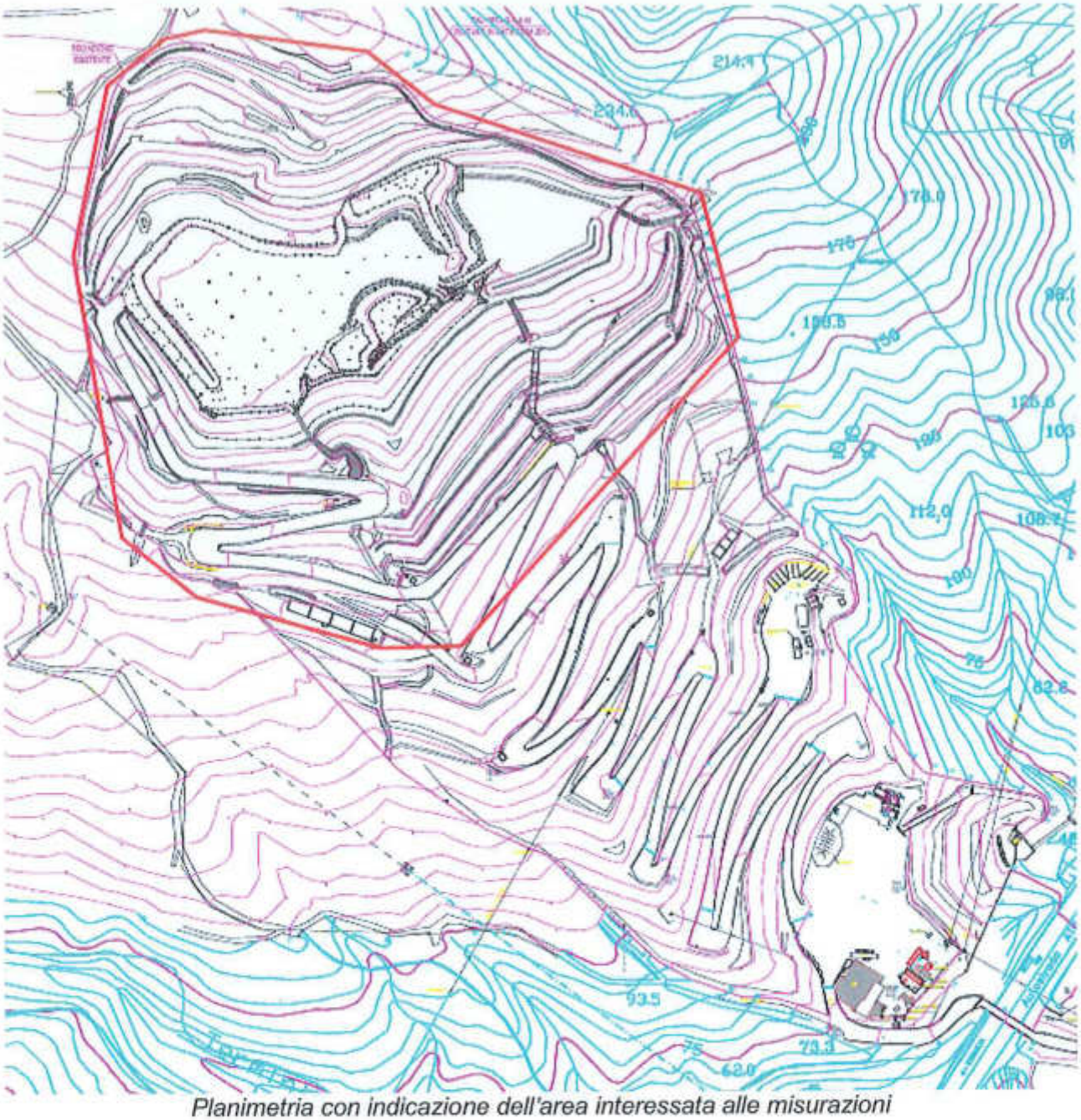
$n = 6 + 0{,}15\sqrt{Z}$

n = numero minimo punti di misura

Z = area di monitoraggio

Imponendo l'area pari a 70000 m2 il valore che si ottiene è:

n = 46 punti




*Planimetria con indicazione dell'area interessata alle misurazioni*

Come si vedrà successivamente nell'analisi dei risultati sono state effettuate misurazioni su 79 punti garantendo una migliore distribuzione sull'area interessata.

Durante le misurazioni si è cercato di mantenere costanti e fisse le distanze tra i punti di misura ma, operando in aree caratterizzate da terrazzamenti e quindi complicate sotto il profilo delle misurazioni, è stato necessario adattare la maglia "originale" alle condizioni reali del terreno.

Le misure sono state effettuate in 2 giorni differenti (27/12/2016 e 29/12/2016); successivamente vengono riportate le condizioni meteorologiche precedenti alle giornate di misura dalle quali si osserva una stabilità dei valori di pressione atmosferica tali da garantire una sostanziale correttezza delle misurazioni.

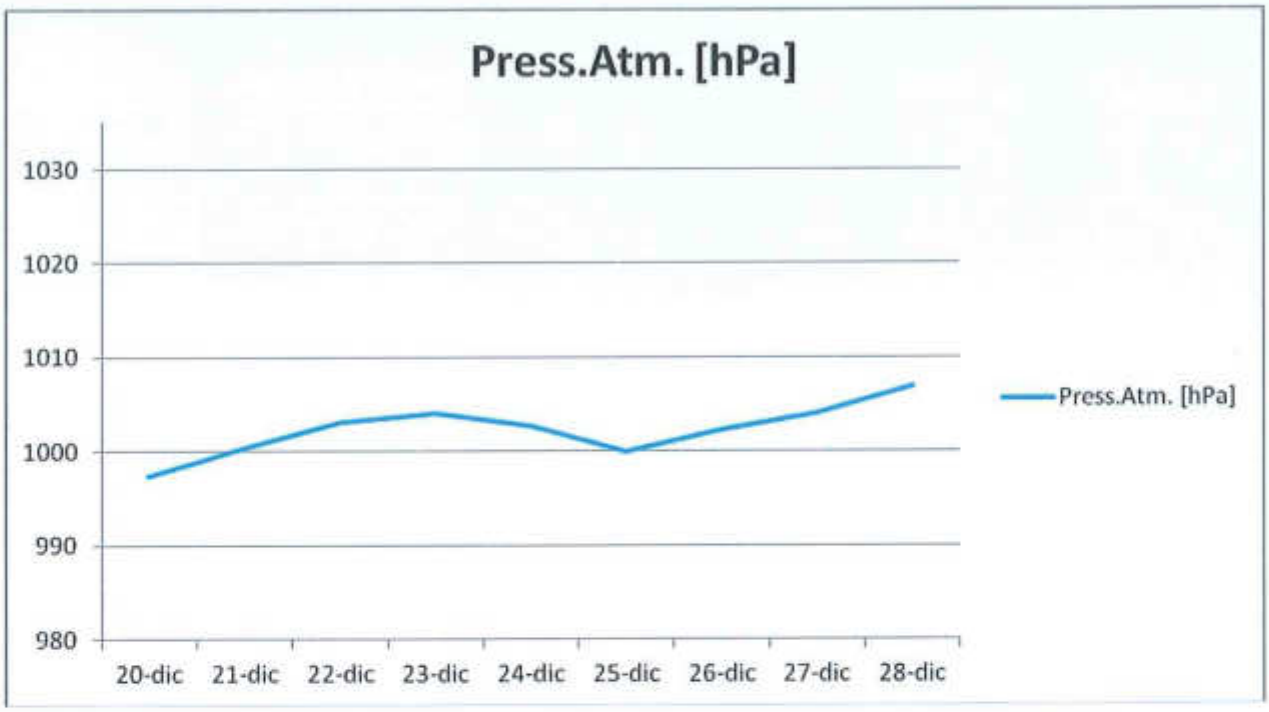



*Grafico pressione atmosferica giorni precedenti alla campagna di misura rilevati presso la stazione meteo della vicina Discarica Ecosavona*

## *5. Strumentazione impiegata*

La strumentazione impiegata è riassumibile in 3 strumenti principali:

- Flux box
- Analizzatore gas
- GPS

*Flux box*

Questo strumento è costituito da una camera di accumulo (di volume e superficie noti) ed un sistema di captazione basato su punti posizionati omogeneamente sulla superficie di testa dello strumento.
Questi punti di captazione sono convogliati tramite un partitore ad un tubo siliconato in uscita che verrà collegato all'analizzatore esterno.

*Analizzatore gas (FID portatile – analizzatore a ionizzazione di fiamma)*

Per valutare le concentrazioni di metano presenti all'interno della flux box, è stato utilizzato un analizzatore FID Crowcon Gas-Tec distribuito in Italia dalla ditta LabService Analitica.
Questo strumento è conforme alle linee guida precedentemente illustrate ed è composto sostanzialmente da un bruciatore nel quale il gas viene miscelato con idrogeno ed aria e poi inviato alla fiamma di combustione.
Il principio che garantisce l'espressione del risultato in ppm di metano è basato sul fatto che il gas bruciando all'interno del bruciatore produce ioni ed elettroni; lo strumento valuta, quindi, la differenza di potenziale che si genera tra l'ugello del bruciatore e l'elettrodo collettore. I dati vengono visualizzati in tempo reale tramite display digitale nella parte superiore dello strumento.

Lo strumento utilizzato è composto da una pompa di aspirazione, dal bruciatore, dall'analizzatore e da una bombola di idrogeno ricaricabile

Le specifiche tecniche sono:

*Sensore:* rivelazione a ionizzazione di fiamma (FID)

*Campo di misura:* 0-100ppm, 0-1000ppm, 0-10000ppm

*Precisione:* +/- 10%

*Tempo di risposta:* < 2 sec

*Flusso di aspirazione:* 850ml/min

*Peso:* circa 4,2Kg

*GPS*

Per la georeferenziazione dei punti di misura è stato utilizzato il ricevitore GPS presente all'interno dello strumento di misura FID.

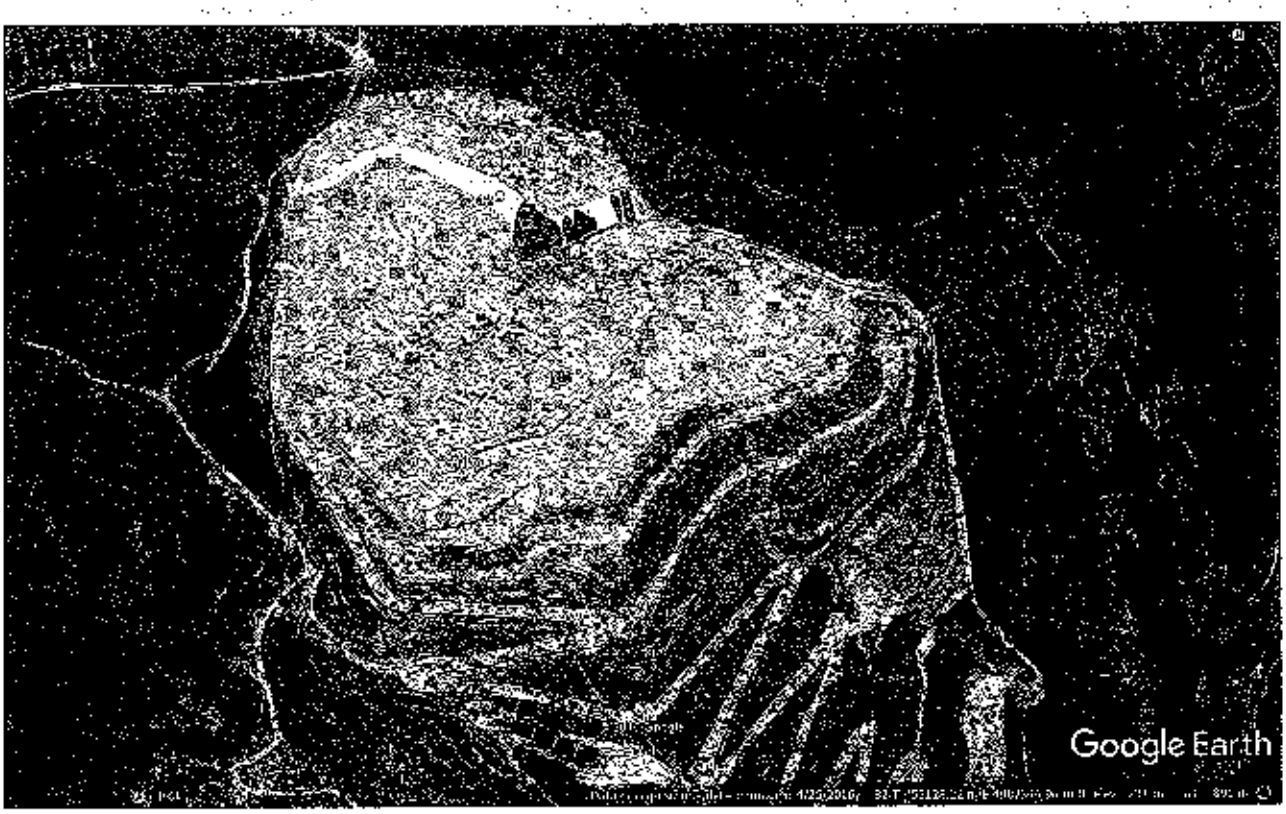


*Immagine rappresentativa della strumentazione utilizzata (Flux Box+analizzatore)*

La procedura di misura è stata quella di posizionare la flux box sul terreno, farla aderire al meglio sempre sul terreno, aprire successivamente la valvola di uscita gas, accendere lo strumento e registrare i dati ogni secondo (compreso il tempo zero) fino alla stabilizzazione o eventuale calo.

## *6. Risultati ottenuti dalla campagna di monitoraggio*

In data 28/12/2016 e in data 29/12/2016 sono state eseguite le misure in campo presso l'area occupata dalla discarica oggetto di valutazione.




*Planimetria rappresentante i punti di misura (immagine di sfondo 25/04/2016)*

Le misure sono state effettuate tramite l'utilizzo di una flux box e di un analizzatore FID portatile nei punti descritti precedentemente; la procedura di misura prevede il posizionamento dello strumento e il collegamento tramite tubo flessibile con l'analizzatore, successivamente si sono rilevate le concentrazioni fino alla stabilizzazione o alla diminuzione della concentrazione stessa.

Seguendo le linee guida proposte dalla "Guidance on monitoring landfill gas surface emissions" è stato calcolato il flusso di emissione riferito ad ogni punto di misura tramite la seguente formula:

$$Q = \frac{Vfc}{Sfc} * \left(\frac{dc}{dt}\right)$$

Q = flusso di emissione (mg $m^{-2}s^{-1}$)

Vfc = volume confinato della flux-chamber ($m^3$)

Sfc = superficie di contatto della flux-chamber ($m^3$)

(dc/dt) = coefficiente di variazione della concentrazione di metano (mg $m^{-3}$ $s^{-1}$)

Il coefficiente di variazione della concentrazione di metano (dc/dt) è ottenuto tramite la seguente formula:

$$\frac{dc}{dt} = \frac{n * \sum t * c - (\sum t) * (\sum c)}{n \sum t^2 - (\sum t)^2}$$

n = numero di misurazioni

t = tempo di lettura

c = concentrazioni rilevate

Nella successiva tabella vengono riportati i valori massimi di concentrazione in mg/m3 di CH4 rilevati nei vari punti e i relativi valori di flusso di emissione Q.

| Punto | CH4 mg/mc | Q mg $m^{-2}s^{-1}$ | Punto | CH4 mg/mc | Q mg $m^{-2}s^{-1}$ | Punto | CH4 mg/mc | Q mg $m^{-2}s^{-1}$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 38,57 | 0,15 | 31 | 5,00 | 0,00 | 61 | 205,00 | 0,00 |
| 2 | 14,29 | 0,05 | 32 | 5,00 | 0,00 | 62 | 63,57 | 0,00 |
| 3 | 16,43 | 0,00 | 33 | 7,86 | 0,00 | 63 | 27,86 | 0,00 |
| 4 | 17,86 | 0,00 | 34 | 13,57 | 0,00 | 64 | 17,14 | 0,06 |
| 5 | 13,57 | 0,02 | 35 | 19,29 | 0,00 | 65 | 25,71 | 0,15 |
| 6 | 7,14 | 0,00 | 36 | 29,29 | 0,00 | 66 | 38,57 | 0,05 |
| 7 | 8,57 | 0,00 | 37 | 20,71 | 0,00 | 67 | 45,00 | 0,09 |
| 8 | 16,43 | 0,00 | 38 | 82,86 | 0,15 | 68 | 36,43 | 0,14 |
| 9 | 7,86 | 0,00 | 39 | 25,71 | 0,02 | 69 | 69,29 | 0,30 |
| 10 | 8,57 | 0,00 | 40 | 10,71 | 0,03 | 70 | 623,58 | 4,67 |
| 11 | 9,29 | 0,00 | 41 | 5,71 | 0,00 | 71 | 744,30 | 4,69 |
| 12 | 76,43 | 0,15 | 42 | 22,14 | 0,05 | 72 | 21,43 | 0,04 |
| 13 | 6,43 | 0,00 | 43 | 27,14 | 0,19 | 73 | 7,14 | 0,00 |
| 14 | 7,86 | 0,00 | 44 | 7,86 | 0,00 | 74 | 7,14 | 0,01 |
| 15 | 12,14 | 0,02 | 45 | 7,14 | 0,00 | 75 | 9,29 | 0,00 |
| 16 | 30,71 | 0,72 | 46 | 21,43 | 0,05 | 76 | 37,14 | 0,00 |
| 17 | 14,29 | 0,00 | 47 | 15,00 | 0,03 | 77 | 48,57 | 0,00 |
| 18 | 12,86 | 0,00 | 48 | 23,57 | 0,00 | 78 | 37,14 | 0,00 |
| 19 | 27,86 | 0,00 | 49 | 12,86 | 0,04 | 79 | 126,43 | 0,28 |
| 20 | 15,00 | 0,00 | 50 | 13,57 | 0,00 | | | |
| 21 | 12,14 | 0,00 | 51 | 4,29 | 0,00 | | | |
| 22 | 12,86 | 0,00 | 52 | 4,29 | 0,00 | | | |
| 23 | 389,29 | 0,38 | 53 | 4,29 | 0,00 | | | |
| 24 | 100,72 | 0,36 | 54 | 4,29 | 0,00 | | | |
| 25 | 62,14 | 0,27 | 55 | 4,29 | 0,00 | | | |
| 26 | 124,29 | 0,87 | 56 | 7,14 | 0,00 | | | |
| 27 | 6,43 | 0,00 | 57 | 35,00 | 0,00 | | | |
| 28 | 5,71 | 0,00 | 58 | 168,57 | 1,10 | | | |
| 29 | 24,29 | 0,14 | 59 | 57,86 | 0,25 | | | |
| 30 | 5,71 | 0,00 | 60 | 107,15 | 0,22 | | | |

Successivamente viene riportato il grafico relativo ai flussi di emissione Q dei vari punti monitorati.

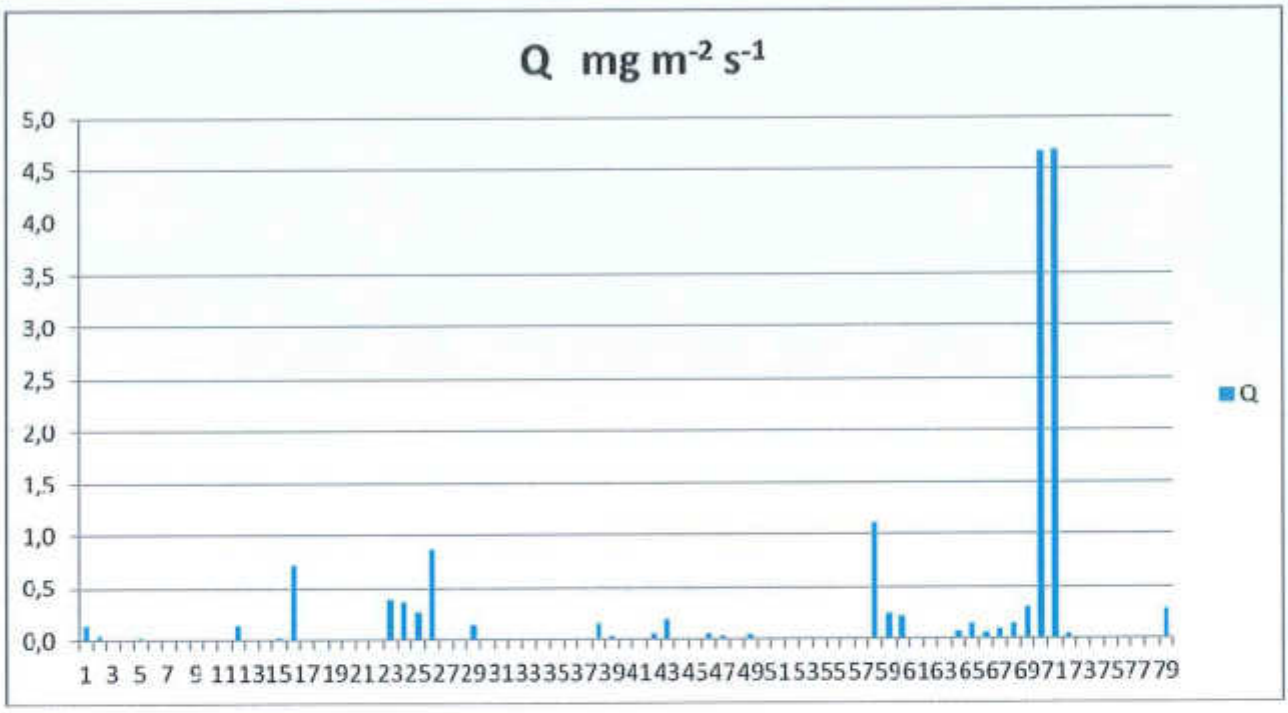



*Grafico relativo ai flussi di emissione Q dei vari punti di misura*

Da questi valori di flusso di emissione Q si ottiene una media generale di: **0,1991 mg $m^{-2}$ $s^{-1}$**.

## *7. Conclusioni*

Il risultato medio ottenuto permette di verificare che la superficie indagata ha un flusso di emissione maggiore di quello indicato nella norma "Guidance on monitoring landfill gas surface emissions" per quanto concerne le aree coperte provvisoriamente.

Questo valore è influenzato principalmente da alcuni punti in cui si sono rilevati flussi elevati; escludendo tali punti, N.70,71, si ottiene una media pari a **0,0826 mg $m^{-2}$ $s^{-1}$**.

I punti 70 e 71 si trovano in una stessa area, la zona risulta essere la sponda dell'impermeabilizzazione; queste aree sono maggiormente soggette a fuoriuscita di gas.

Come si può vedere nei risultati il fenomeno risulta essere piuttosto puntuale.

| **Tipo di copertura** | **Media** | **Valori indicati dalla norma mg $m^{-2}$ $s^{-1}$** | **Valori ottenuti mg $m^{-2}$ $s^{-1}$** |
|---|---|---|---|
| *Zone provvisoriamente coperte* | *Tutti i punti* | ***0,100*** | *0,1991* |
| | ***Esclusi punti 70,71*** | | ***0,0826*** |

Cairo Montenotte, 5 Gennaio 2017

P.I. Gabriela Ceccarelli

TECNICO COMPETENTE IN ACUSTICA AMBIENTALE
P.I. GABRIELA CECCARELLI
REGIONE LIGURIA N° 192

## 8. *Allegati*


© 2016 Google
Google E
1984
Data di acquisizione delle immagini: 4/25/2016
32 T 453128.22 m E 4902344.96 m N elev 231 m
alt

# Allegato G:

# Parametri tossicologici del HF desunti da fonti CalEPA

# Hydrogen Fluoride (Hydrofluoric Acid)

**7664-39-3**

## Hazard Summary

Hydrogen fluoride is used in the production of aluminum and chlorofluorocarbons, and in the glass etching and chemical industries. Acute (short-term) inhalation exposure to gaseous hydrogen fluoride can cause severe respiratory damage in humans, including severe irritation and lung edema. Severe eye irritation and skin burns may occur following eye or skin exposure in humans. Chronic (long-term) exposure in workers has resulted in skeletal fluorosis, a bone disease. Animal studies have reported effects on the lungs, liver, and kidneys from acute and chronic inhalation exposure to hydrogen fluoride. Studies investigating the carcinogenic potential of hydrogen fluoride are inconclusive. EPA has not classified hydrogen fluoride for carcinogenicity.

Please Note: The main sources of information for this fact sheet are EPA's Integrated Risk Information System (IRIS) on Fluorine (2) and the Agency for Toxic Substances and Disease Registry's (ATSDR's) Toxicological Profile for Fluorides, Hydrogen Fluoride, and Fluorine. (1) An additional secondary source is the Hazardous Substances Data Bank (HSDB) (3), a database of summaries of peer-reviewed literature.

## Uses

- Hydrogen fluoride is used in the production of most fluorine-containing chemicals. It is used in the production of refrigerants, herbicides, pharmaceuticals, high-octane gasoline, aluminum, plastics, electrical components, and fluorescent light bulbs. Anhydrous hydrogen fluoride is used as a catalyst in the petroleum alkylation, a process that increases the octane rating of petroleum. In uranium chemicals production, hydrogen fluoride is used to convert uranium oxide (yellow cake, $U_3O_8$) to $UF_4$ before further fluorination to $UF_6$. (1)
- The most important use of hydrogen fluoride is in the production of fluorocarbon chemicals, including hydrofluorocarbons, hydrofluorochlorocarbons, and fluoropolymers; 60% of production is used for this purpose. Demand for hydrogen fluoride for fluorocarbons, broadly used as refrigerants, is increasing as a nonchlorinated alternative to ozone-depleting chlorofluorocarbons. (Production of fluorocarbons uses more hydrogen fluoride than production of chlorofluorocarbons). (1)
- Aqueous hydrofluoric acid is used in stainless steel pickling, glass etching, metal coatings, exotic metal extraction, and quartz purification. (1)

- Fluoride is sometimes added to public drinking water supplies, and is used in a number of dental products, because of the beneficial effect of dental cavity prevention from such low level exposures. (1,2)

## Sources and Potential Exposure

- The general population is exposed to fluoride through consumption of fluoridated drinking water, foods, and dentifrices. (1)
- Fluorides are naturally-occurring components of rocks and soil and are also found in air, water, plants, and animals. They enter the atmosphere through volcanic emissions and the resuspension of soil by wind. Volcanoes also emit hydrogen fluoride and some fluorine gas. (1)
- Coal contains small amounts of fluorine, and coal-fired power plants constitute the largest source of anthropogenic hydrogen fluoride emissions. Major sources of industrial fluoride emissions are aluminum production plants and phosphate fertilizer plants; both emit hydrogen fluoride and particulate fluorides. Other industries releasing hydrogen fluoride are: chemical production; steel; magnesium; and brick and structural clay products. Hydrogen fluoride is also released by municipal incinerators as a consequence of the presence of fluoride-containing material in the waste stream. (1)
- Individuals are most likely to be exposed to hydrogen fluoride by inhalation or skin contact in the workplace. (1)
- Individuals may also be exposed to hydrogen fluoride and other fluorides in the environment from emissions from industrial processes and coal combustion, and from natural sources, including volcanic activity and dust from weathering of fluoride-containing rocks and soils. (1,2)
- Fluoride is also a component of cigarette smoke. (1)

## Assessing Personal Exposure

- Urine samples can be analyzed to determine whether or not exposure to fluorides has occurred. However, this test cannot distinguish among exposures to different fluorine compounds. (1)

## Health Hazard Information

Acute Effects:

- Acute inhalation exposure to gaseous hydrogen fluoride can cause severe respiratory damage in humans, including severe irritation and lung edema. Irritation of the eyes, nose, and upper and lower respiratory tract, tearing of the eyes, sore throat, cough, chest tightness, and wheezing have been reported. (1,3,4)
- Severe eye irritation and skin burns may occur following eye or skin exposure in humans. (1,3,4)
- Convulsions and irregular heartbeat may occur in humans from ingestion of high doses of fluorides. (1)
- Damage to the lungs, liver, and kidneys has been observed in animals acutely exposed to hydrogen fluoride by inhalation. (1)

- Acute animal tests in rats, mice, guinea pigs, and monkeys have demonstrated hydrogen fluoride to have moderate to high acute toxicity from inhalation exposure. (4)

Chronic Effects (Noncancer):

- Chronic inhalation exposure of humans to low levels of hydrogen fluoride has resulted in irritation and congestion of the nose, throat, and lungs. (1,5)
- Skeletal fluorosis, a bone disease, was reported among workers chronically exposed to fluorides (including hydrogen fluoride) via inhalation. (1)
- Damage to the liver, kidneys, and lungs has been observed in animals chronically exposed to hydrogen fluoride by inhalation. (1)
- EPA has not established a Reference Concentration (RfC) or a Reference Dose (RfD) for hydrogen fluoride.
- CalEPA has calculated a chronic inhalation reference exposure level (REL) of 0.014 mg/m$^3$ for hydrogen fluoride based on effects on the bone (skeletal fluorosis) in humans. The CalEPA chronic REL is a concentration of a chemical at or below which adverse health effects are not likely to occur for long-term exposures for 24 hours a day. It is not a direct estimator of risk but rather a reference point to gauge the potential effects. At lifetime exposures increasingly greater than the REL, the potential for adverse health effects increases. (6)
- Chronic oral exposure to fluoride at low levels has a beneficial effect of dental cavity prevention. Fluoride has also been used for the treatment of osteoporosis. (2)
- Chronic exposure to fluoride through drinking water has been observed to cause dental fluorosis or mottling (staining or pitting of teeth) in humans. At higher intakes through oral or inhalation exposure, skeletal fluorosis (i.e., an accumulation of fluoride in the skeletal tissues associated with pathological bone formation) has been noted in humans. (1,2)
- At high concentrations, chronic oral fluoride exposure has been reported to result in adverse effects on the lung, kidney, thyroid, blood, and skin in humans. (1)

Reproductive/Developmental Effects:

- No information is available on the reproductive or developmental effects from inhalation exposure to hydrogen fluoride in humans. (1)
- Inhalation of hydrogen fluoride resulted in testicular changes in male dogs. (1,5)
- In some animal studies, oral exposure to fluoride has caused impaired reproduction and malformation of fetal bones and teeth. (1)

Cancer Risk:

- Studies investigating the carcinogenic potential of hydrogen fluoride are unreliable due to confounding factors and because of lack of breakdown by type of fluoride exposure. (1)
- EPA has not classified hydrogen fluoride with respect to potential carcinogenicity.

Physical Properties

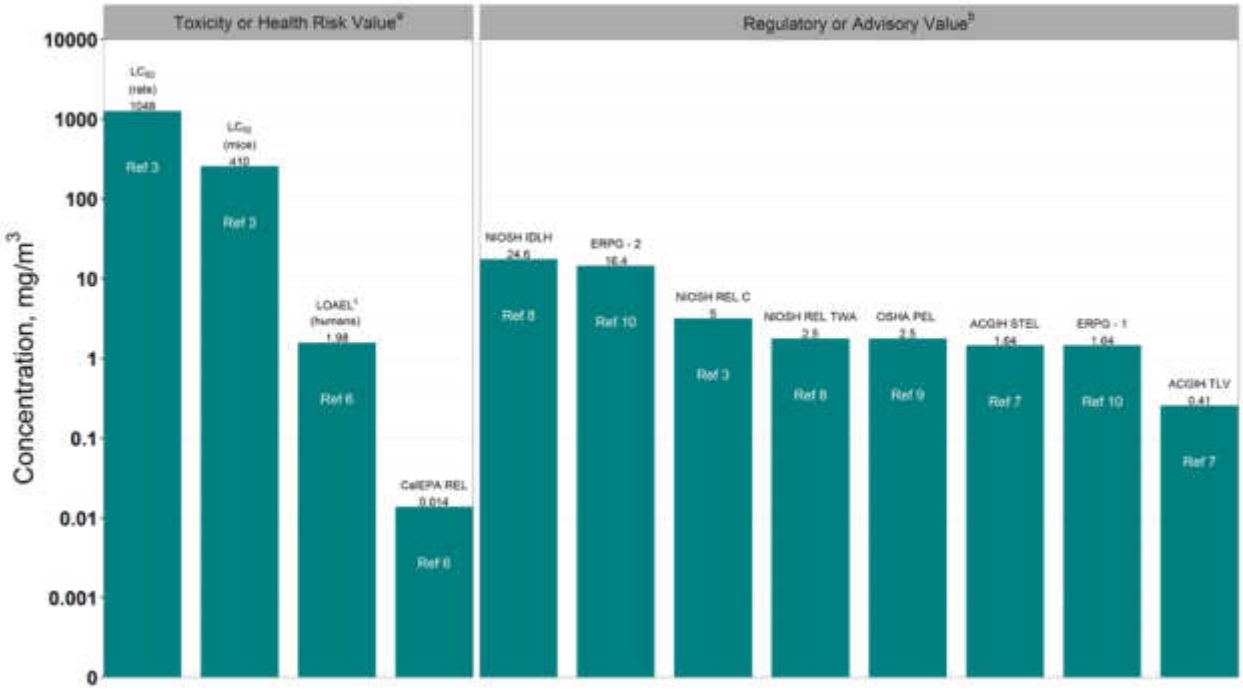
- The chemical formula for hydrogen fluoride is HF, and its molecular weight is 20.01 g/mol. (4)
- Hydrogen fluoride is a colorless gas that is highly soluble in water. (4)
- Hydrogen fluoride has a strong irritating odor; the odor threshold is 0.03 mg/m$^3$. (4)
- Anhydrous hydrogen fluoride is one of the strongest acids known. (2)

- The chemicals most commonly used by American water works in fluoridation of drinking water are fluorosilicic acid, sodium silicofluoride, and sodium fluoride. Fluorides used in dentifrices are sodium fluoride, sodium monofluorophosphate, and stannous fluoride. (1)

---

Conversion Factors:
*To convert concentrations in air (at 25 °C) from ppm to mg/m³: mg/m³ = (ppm) × (molecular weight of the compound)/(24.45). For hydrogen fluoride: 1 ppm = 0.82 mg/m³.*

## Health Data from Inhalation Exposure




**ACGIH STEL**--American Conference of Governmental and Industrial Hygienists' short-term exposure limit; a 15-minute time-weighted average exposure that should not be exceeded at any time during a workday.
**ACGIH TLV**--American Conference of Governmental and Industrial Hygienists' threshold limit value; the concentration for a conventional 8-hour workday and a 40-hour workweek to which it is believed that nearly all workers may be repeatedly exposed, day after day, for a working lifetime, without adverse effect. For hydrogen fluoride, the TLV is a time-weighted average concentration.
**CalEPA REL**--California Environmental Protection Agency, Office of Environmental Health Hazard Assessment's Chronic Reference Exposure Level. Chronic RELs are designed to address continuous exposures for up to a lifetime: the exposure metric used is the annual average exposure.
**ERPG**--American Industrial Hygiene Association's Emergency Response Planning Guidelines. ERPG-1 is the maximum airborne concentration below which nearly all individuals could be exposed for up to one hour without experiencing more than mild, transient adverse health effects or without perceiving a clearly defined objectionable odor; ERPG-2 is the maximum airborne concentration

below which nearly all individuals could be exposed for up to one hour without experiencing or developing irreversible or other serious health effects or symptoms that could impair an individual's ability to take protective action.

**$LC_{50}$ (Lethal Concentration$_{50}$)**--A calculated concentration of a chemical in air to which exposure for a specific length of time is expected to cause death in 50% of a defined experimental animal population.

**LOAEL**--Lowest-observed-adverse-effect level.

**NIOSH IDLH**--National Institute of Occupational Safety and Health's immediately dangerous to life or health concentration; NIOSH recommended exposure limit to ensure that a worker can escape from an exposure condition that is likely to cause death or immediate or delayed permanent adverse health effects or prevent escape from the environment.

**NIOSH REL C**--National Institute of Occupational Safety and Health's recommended exposure limit ceiling; the concentration that should not be exceeded at any time.

**NIOSH REL TWA**--National Institute of Occupational Safety and Health's recommended exposure limit time-weighted average; time-weighted average concentration for up to a 10-hour workday during a 40-hour workweek.

**OSHA PEL**--Occupational Safety and Health Administration's permissible exposure limit, which is a time-weighted average for hydrogen fluoride; the concentration of a substance that should not be exceeded during any 8-hour workshift of a 40-hour workweek.

[a] Health numbers are toxicological numbers from animal testing or risk assessment values developed by EPA.

[b] Regulatory numbers are values that have been incorporated in Government regulations, while advisory numbers are nonregulatory values provided by the Government or other groups as advice. OSHA numbers are regulatory, whereas NIOSH, ACGIH, and AIHA numbers are advisory.

[c] This LOAEL is from the critical study used as the basis for the CalEPA chronic reference exposure level.

Summary created in April 1992, updated in September 2016

# References


1. Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR). Toxicological Profile for Fluorides, Hydrogen Fluoride and Fluorine. U.S. Public Health Service, U.S. Department of Health and Human Services, Atlanta, GA. 2003. http://www.atsdr.cdc.gov/ToxProfiles/tp.asp?id=212&tid=38
2. U.S. Environmental Protection Agency. Integrated Risk Information System (IRIS) on Fluorine (soluble fluoride). National Center for Environmental Assessment, Office of Research and Development, Washington, DC. Last revised 1/31/1987. https://cfpub.epa.gov/ncea/iris2/chemicalLanding.cfm?substance_nmbr=53
3. U.S. Department of Health and Human Services. Hazardous Substances Data Bank (HSDB, online database). National Toxicology Information Program, National Library of Medicine, Bethesda, MD. 2015. http://toxnet.nlm.nih.gov/newtoxnet/hsdb.htm

4. Pohanish, R.P. Sittig's Handbook of Toxic and Hazardous Chemicals and Carcinogens. 6th ed. Elsevier Inc. Oxford, UK and Waltham, MA USA. 2012
5. The Merck Index. An Encyclopedia of Chemicals, Drugs, and Biologicals. 11th ed. Ed. S. Budavari. Merck and Co. Inc., Rahway, NJ. 1989.
6. California Environmental Protection Agency (CalEPA). Technical Support Document for the Determination of Noncancer Chronic Reference Exposure Levels. Office of Environmental Health Hazard Assessment, Berkeley, CA. 2000.
7. American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH). 2015 TLVs and BEIs. Threshold Limit Values for Chemical Substances and Physical Agents. Biological Exposure Indices. Cincinnati, OH. 2015.
8. National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH). Pocket Guide to Chemical Hazards. U.S. Department of Health and Human Services, Public Health Service, Centers for Disease Control and Prevention. Cincinnati, OH. 2015. http://www.cdc.gov/niosh/npg/
9. Occupational Safety and Health Administration (OSHA). Occupational Safety and Health Standards, Toxic and Hazardous Substances. Code of Federal Regulations. 29 CFR 1910.1000. 1998. https://www.osha.gov/pls/oshaweb/owadisp.show_document?p_table=STANDARDS&p_id=9992&p_text_version=FALSE
10. American Industrial Hygiene Association (AIHA). The AIHA 2013 Emergency Response Planning Guidelines and Workplace Environmental Exposure Level Guides Handbook. 2013. https://www.aiha.org/get-involved/AIHAGuidelineFoundation/EmergencyResponsePlanningGuidelines/Documents/2013ERPGValues.pdf

# Allegato H:

# Parametri tossicologici del HCl desunti da Banca dati della European Chemicals Agency (ECHA)

Questo sito web si avvale di cookie affinché possiate usufruire della migliore esperienza sui nostri siti web.

Chiuso

Per saperne di più su **come utilizziamo i cookie.**

Use of this information is subject to copyright laws and may require the permission of the owner of the information, as described in the ECHA Legal Notice.

REACH

# Hydrogen chloride

EC number: 231-595-7 | CAS number: 7647-01-0

Toxicological information

## Toxicological Summary

### Administrative data

## Workers - Hazard via inhalation route

### Systemic effects

#### Long term exposure

Hazard assessment conclusion: no hazard identified

#### Acute/short term exposure

Hazard assessment conclusion: no hazard identified

**DNEL related information**

### Local effects

#### Long term exposure

| | |
|---|---|
| Hazard assessment conclusion: | DNEL (Derived No Effect Level) |
| | 8 mg/m³ |
| Most sensitive endpoint: | irritation (respiratory tract) |

**DNEL related information**

DNEL derivation method: other: Existing EU IOEL

#### Acute/short term exposure

| | |
|---|---|
| Hazard assessment conclusion: | DNEL (Derived No Effect Level) |
| | 15 mg/m³ |
| Most sensitive endpoint: | irritation (respiratory tract) |

**DNEL related information**

DNEL derivation method: other:

## Workers - Hazard via dermal route

## Systemic effects

### Long term exposure

| | |
|---|---|
| Hazard assessment conclusion: | no hazard identified |

### Acute/short term exposure

| | |
|---|---|
| Hazard assessment conclusion: | no hazard identified |

**DNEL related information**

## Local effects

### Long term exposure

| | |
|---|---|
| Hazard assessment conclusion: | high hazard (no threshold derived) |
| Most sensitive endpoint: | skin irritation/corrosion |

### Acute/short term exposure

| | |
|---|---|
| Hazard assessment conclusion: | high hazard (no threshold derived) |
| Most sensitive endpoint: | skin irritation/corrosion |

# Workers - Hazard for the eyes

## Local effects

| | |
|---|---|
| Hazard assessment conclusion: | medium hazard (no threshold derived) |

# Additional information - workers

Toxicologicol information (hydrogen chloride gas and hydrochloric acid):

Endpoint data are partly based on studies with hydrochloric acid, partly based on studies with hydrogen chloride gas. Hydrogen chloride gas, in contact with water in air, on skin or mucous membranes and in biological media will immediately dissociate to form hydrochloric acid, with a pH dependent on the concentration. Therefore, studies with hydrogen chloride gas and studies with hydrochloric acid are believed to be mutually exchangeable for toxicological hazard identification. Quantitative assessments are based on the actual dose of HCl or, where appropriate, on the worst-case assumption that HCl gas will be absorbed in water or biological media to the highest possible concentration of hydrochloric acid.

Health

The substance only causes local dermal and/or pulmonary effects and no systemic effects.

Inhalation exposure:

Pulmonary uptake is very unlikely to happen, as the substance will immediately start to irritate when it enters the respiratory tract.

Dermal exposure:

Dermal absorption is unlikely. It is most likely that anyone exposed via the skin will react to the burning/itching skin sensation and will automatically start to wear PPE. Concentrated hydrogen chloride is corrosive to skin. At concentrations lower than those that cause corrosion, hydrogen chloride will have no effect on systemic toxicity. Dermal exposures should be regulated on the basis of risk to local effects (irritation, corrosion) on the skin.

Further tests on this compound are therefore not necessary; this data requirement is not triggered.

Use of the IOEL in place of developing a DNEL

In Appendix R.8-13 of the Guidance on information requirements and chemical safety assessment Chapter R.8: Characterisation of dose [concentration]-response for human health (v.2.1, Nov.2012, ECHA) it is noted that:

'When an EU IOEL exists the registrant may, under conditions as described below, use the IOEL in place of developing a DNEL. A registrant is allowed to use an IOEL as a DNEL for the same exposure route and duration, unless new scientific information that he has obtained in fulfilling his obligations under REACH does not support the use of the IOEL for this purpose. This could be because the information obtained is more recent than the information that was used to support setting the IOEL at EU level and because it leads to another value being derived which requires different risk management measures (RMMs) and operational conditions (OCs)'.

The SCOEL has derived a STEL and an 8 hour TWA for Hydrogen chloride (SCOEL/SEG/SUM/49, 1994).

Health Significance:

Hydrogen chloride gas and solution aerosols when absorbed from the respiratory tract, forms chloride ions and becoming indistinguishable from chloride derived from dietary sources.

The acute toxicity of hydrogen chloride gas and aerosol is high: 30 minute LC50 values of 4701 ppm (7051 mg/m3) and 5666 ppm (8500 mg/m3) have been determined for the gas and aerosol respectively, in rats and mice (Darmer et al, 1974). The principal effects seen in acute toxicity studies were irritation of the eyes, upper respiratory tract and exposed areas of skin. When inhaled at high concentrations, the gas caused necrosis of the epithelial lining of the naso-tracheal passages as well as alveolar emphysema, atelectasis and lung oedema. Repeated exposure of rabbits and guinea pigs to hydrogen chloride gas at 100 ppm (152 mg/m3) for 6h/d for 5 days resulted in only slight respiratory difficulties and eye and nasal irritation (Jones, 1972). Blood haemoglobin levels were slightly reduced.

Exposure of a monkey, rabbits and guinea pigs to 30 ppm (46 mg/m3), 6h/d for 4 weeks caused no adverse effects or morphological changes (Machle et al, 1942).

No data are available on genotoxicity of hydrogen chloride. In a well-conducted inhalation carcinogenicity study, rats were exposed to 10 ppm (15 mg/m3) hydrogen chloride gas, 6h/d 5d/w for their lifetime (Albert et al, 1982; Sellakumar et al, 1985).No serious irritating effects in the nasal epithelium were observed. None of the treated animals developed any pre-neoplastic or neoplastic lesions indicating a lack of carcinogenic activity.

No data on reproductive toxicity or teratogenicity are available.

Data on the human health effects are generally limited to poorly reported secondary sources. Exposure of male volunteers to 50 - 100 ppm (76 - 152 mg/m3) hydrogen chloride gas for 1 hour was claimed to be barely tolerable (Henderson and Haggard, 1943). Irritation of the throat resulted from brief exposure to 35 ppm (53 mg/m3) and 10 ppm (15 mg/m3) was considered to be the maximal acceptable concentration for prolonged exposure.

Recommendation:

The well-conducted carcinogenicity study reported by Albert et al (1982) and Sellakumar et al (1985), establishing that no serious irritating effects were observed in rats exposed to 10 ppm (15 mg/m3 ) hydrogen chloride, was considered to be the best available basis for proposing occupational exposure limits. An uncertainty factor of 2 was applied to allow for the absence of controlled human data. The recommended 8-hour TWA is 5 ppm (8 mg/m3). A STEL (15 mins) of 10 ppm (15 mg/m3) was proposed to limit peaks of exposure which could result in irritation.

No "skin" notation was considered necessary.

At the levels recommended, no measurement difficulties are foreseen.

No evidence of adverse effects on health has been found at the workplace following occupational exposure concentrations of about 5 ppm ( 8 mg/m3) over several years. Experimental studies appear consistent with this figure.

DNEL for acute exposure

Inhalation exposure

The STEL derived by the SCOEL will be used as DNEL for acute inhalation exposure: 10 ppm (15 mg/m3) for an exposure duration of 15 min.

DNEL for long-term exposure

Inhalation exposure

The 8 hours TWA derived by the SCOEL will be used as DNEL for long-term inhalation exposure: 5 ppm (8 mg/m3).

Skin and eye corrosive (due to classification)

Hydrogen chloride is proposed to be classified as a skin corrosive substance. However, it is not possible to derive a DNEL based on the available data. According to the REACH guidance on information requirements and chemical safety assessment, Part E: Risk Characterisation, a qualitative risk characterisation should be performed for this endpoint. In order to guarantee 'adequately control of risks', it is necessary to stipulate risk management measures that prevent dermal exposure that will cause skin irritation.

Eye corrosive (due to classification)

The substance is classified as an eye irritant. The available human and animal data do not allow a quantitative approach. According to the REACH guidance on information requirements and chemical safety assessment, Part E: Risk Characterisation, a qualitative risk characterisation should be performed for this endpoint. In order to guarantee 'adequately control of risks', it is necessary to stipulate risk management measures that prevent eye irritation, i.e. goggles are considered to be adequate risk management measures for worker protection.

# General Population - Hazard via inhalation route

## Systemic effects

### Long term exposure

| | |
|---|---|
| Hazard assessment conclusion: | no hazard identified |

### Acute/short term exposure

| | |
|---|---|
| Hazard assessment conclusion: | no hazard identified |

**DNEL related information**

## Local effects

### Long term exposure

| | |
|---|---|
| Hazard assessment conclusion: | DNEL (Derived No Effect Level) |
| | 8 mg/m³ |
| Most sensitive endpoint: | irritation (respiratory tract) |

### Acute/short term exposure

| | |
|---|---|
| Hazard assessment conclusion: | DNEL (Derived No Effect Level) |
| | 15 mg/m³ |
| Most sensitive endpoint: | irritation (respiratory tract) |

**DNEL related information**

| | |
|---|---|
| DNEL derivation method: | other: Based on existing EU IOEL |

# General Population - Hazard via dermal route

## Systemic effects

### Long term exposure

| | |
|---|---|
| Hazard assessment conclusion: | no hazard identified |

### Acute/short term exposure

| | |
|---|---|
| Hazard assessment conclusion: | no hazard identified |

**DNEL related information**

## Local effects

### Long term exposure

| | |
|---|---|
| Hazard assessment conclusion: | high hazard (no threshold derived) |
| Most sensitive endpoint: | skin irritation/corrosion |

### Acute/short term exposure

| | |
|---|---|
| Hazard assessment conclusion: | high hazard (no threshold derived) |
| Most sensitive endpoint: | skin irritation/corrosion |

# General Population - Hazard via oral route

## Systemic effects

### Long term exposure

| | |
|---|---|
| Hazard assessment conclusion: | no hazard identified |

### Acute/short term exposure

| | |
|---|---|
| Hazard assessment conclusion: | no hazard identified |

**DNEL related information**

# General Population - Hazard for the eyes

## Local effects

| | |
|---|---|
| Hazard assessment conclusion: | medium hazard (no threshold derived) |

# Additional information - General Population

In the OECD SIDS 2002 Hydrogen Chloride SIAR it was concluded for human health:

Hydrogen chloride will rapidly dissociate and its effects are thought to be a result of pH change (local deposition of $H^+$) rather than effects of hydrogen chloride/hydrochloric acid. The acute oral LD50 values were determined to be 238-277 mg/kg bw for female rats, and the inhalation LC50 values were determined to be 23.7-60.9 mg/L/5min, 5.7-7.0 mg/L/30min and 4.2-4.7 mg/L/60min for rats, 20.9 mg/L/5min, 3.9 mg/L/30min and 1.7 mg/L/30min for mice.

Hydrogen chloride is corrosive to the skin and severe effects can be expected from exposure to the eyes. No skin sensitisation has been reported. There are few detailed studies reported for human exposure. The irritation of hydrogen chloride to mucous is so severe that workers evacuate from the work place shortly after detecting its odor. A relation between concentrations from accidental exposure and health effects have not been reported in detail.

For repeated dose toxicity, local irritation effects were observed in the groups of 10 ppm and above in a 90-day inhalation study in compliance with FDA-GLP. The NOAEL for systemic toxicity has been determined to be 20 ppm for rats and mice. For genetic toxicity, a negative result has been shown in the Ames test. A positive result, which is considered to be an artefact due to the low pH, has been obtained in a chromosome aberration test using Hamster ovary cells. The effects of low pH in in vitro studies are not a problem in vivo as the proton level is regulated systemically. For carcinogenicity, no pre-neoplastic or neoplastic nasal lesions were observed in a 128-week inhalation study with SD male rats at 10 ppm hydrogen chloride gas. No evidence of treatment related carcinogenicity was observed either in other animal studies performed by inhalation, oral or dermal administration. In humans, no association between hydrogen chloride exposure and tumour incidence was observed. No reliable studies have been reported regarding toxicity to reproduction and development in animals after oral, dermal or inhalation exposure to hydrogen chloride/hydrochloric acid. Because protons and chloride ions are normal constituents in the body fluid of

animal species, low concentrations of hydrogen chloride gas/mist or solution do not seem to cause adverse effects to animals. In fact, the cells of gastric glands secrete hydrochloric acid into the cavity of the stomach and orally administered sulphuric acid, which results in pH change as well, did not cause developmental toxicity to laboratory animals. These facts indicate that hydrogen chloride/hydrochloric acid is not expected to have developmental toxicity. In addition, no effects on the gonads were observed in a good quality 90 -day inhalation study up to 50 ppm.

Information on Registered Substances comes from registration dossiers which have been assigned a registration number. The assignment of a registration number does however not guarantee that the information in the dossier is correct or that the dossier is compliant with Regulation (EC) No 1907/2006 (the REACH Regulation). This information has not been reviewed or verified by the Agency or any other authority. The content is subject to change without prior notice.
Reproduction or further distribution of this information may be subject to copyright protection. Use of the information without obtaining the permission from the owner(s) of the respective information might violate the rights of the owner.