

Dr. Ing. Luca Soru

Terralba (OR), via Dante n. 89
SROLCU74R03L122A
P.IVA 01074750959

STUDIO dell'Emissione e Dispersione di Polveri

Relativo al Progetto di Discarica controllata per rifiuti non pericolosi dotata di
impianto di biogas in Loc. "Coldianu" - Comune di Ozieri (SS)

Giugno 2024

1 Introduzione e metodologia adottata

L'analisi della componente atmosfera viene svolta al fine di pervenire ad una caratterizzazione delle correlazioni esistenti tra le attività praticate nel sito di interesse e la qualità dell'aria, al fine di prevedere l'impatto che le attività individuate hanno esercitato sulla componente.

La metodologia adottata per lo studio della componente e per la stima degli impatti prevede due fasi:

1. la prima fase consiste nella caratterizzazione delle variabili meteo-climatiche e meteo-dispersive caratterizzanti l'area vasta. L'importanza della caratterizzazione degli aspetti meteorologici dell'area vasta risiede nel fatto che detti agenti meteorologici, quali vento, turbolenza atmosferica, regime pluviometrico e temperatura, insieme alle caratteristiche delle sorgenti di emissione, condizionano il trasporto e la diffusione degli inquinanti in atmosfera. Quindi, la caratterizzazione delle variabili meteo-climatiche e meteo-dispersive non è soltanto importante per poter effettuare una valutazione dell'impatto che le attività svolte hanno esercitato sulla componente atmosfera, intesa come qualità dell'aria, ma è altresì fondamentale per comprendere l'impatto che indirettamente può essere generato sulla vegetazione, sugli ecosistemi e sulla salute pubblica.
2. la seconda fase consiste nella stima degli effetti delle azioni di progetto sulla componente.

2 Quadro climatico

Per quanto riguarda il clima, la Sardegna è caratterizzata da un clima di tipo marittimo mediterraneo accentuato lungo la fascia costiera in conseguenza alla breve distanza dal mare di ogni punto del suo territorio. È temperato durante tutto l'anno. L'isola si trova nella traiettoria delle masse d'aria tropicali provenienti dalle coste africane da un lato e dalle masse d'aria recate dai venti occidentali di origine atlantica dall'altro, mentre sporadicamente è investita da correnti d'aria fredda provenienti dall'Artico.

Per caratterizzare dal punto di vista meteo-climatico l'area interessata dall'ampliamento proposto (Modulo n.1bis) di discarica, sono stati utilizzati i dati meteorologici rilevati nell'ultimo triennio, ritenuti rappresentativo del territorio.



Figura 2/I: Ubicazione centralina meteorologica

Temperatura

A livello regionale, la media delle temperature minime mostra l'effetto combinato della quota e della distanza dal mare.

La temperatura media annua oscilla in quasi tutta la regione tra i 10°C delle cime del Gennargentu ed i 22°C di buona parte delle fasce costiere e di alcune zone dell'entroterra come La Nurra, la valle del Tirso e la valle del Coghinas. Tra i mesi invernali, le temperature medie più basse si sono registrate a dicembre, con temperature che variano tra 0,1-2°C. Mentre nel periodo estivo, si può notare che in tutti mesi da maggio ad agosto, si hanno avuto massime molto elevate con una temperatura media di 30°C, raggiungendo picchi di 36°C nel mese di luglio 2018 nell'area del Goceano (**Figg. 2/II e 2/III**).

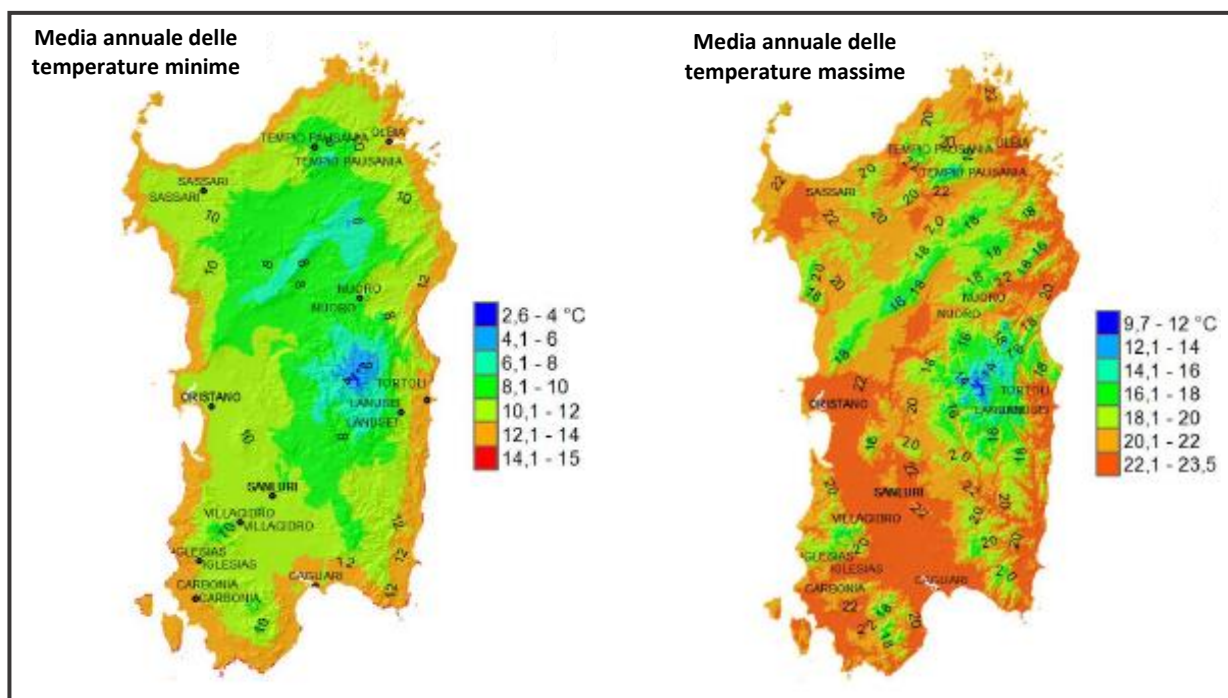


Figura 2/II: Media delle temperature in Sardegna

L'analisi del regime termico ha posto in evidenza l'anomala frequenza di giornate estive, intese in questo caso come le giornate nelle quali la temperatura massima è stata di superiori a 30°C, che nel comune di Ottana ha superato i 90 giorni e l'elevato accumulo termico del periodo estivo.

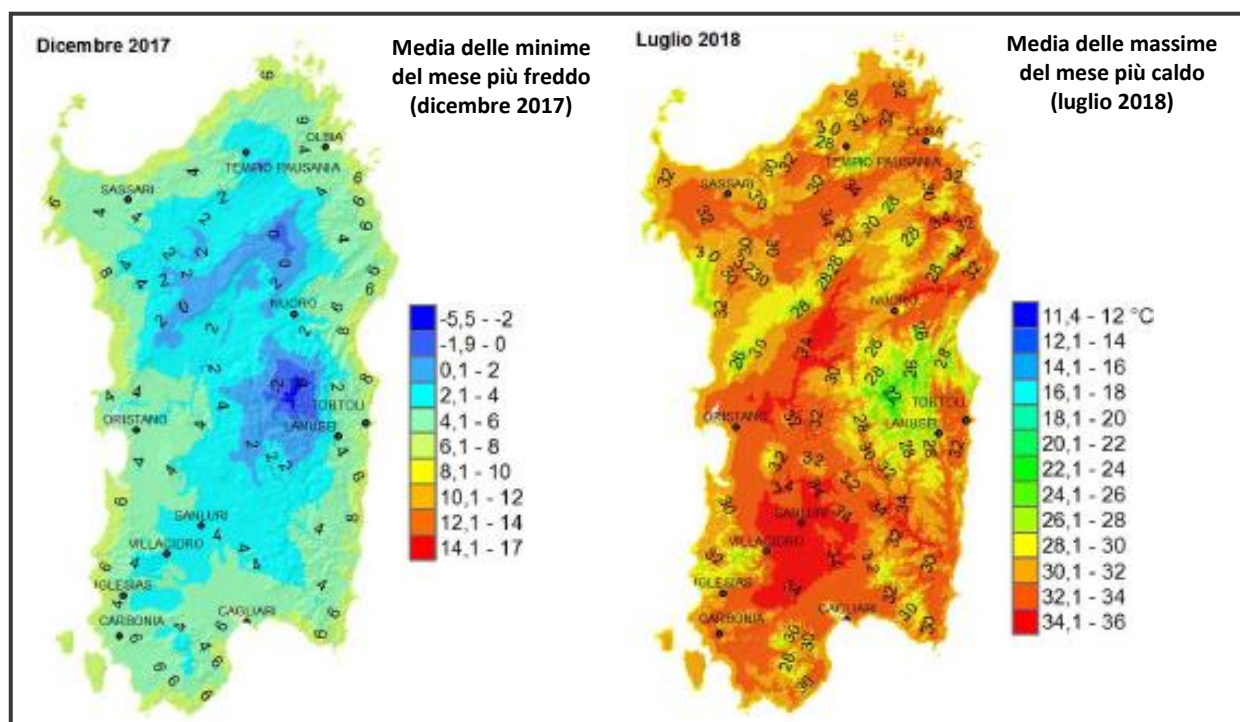


Figura 2/III: Media delle temperature minime e massime

Nello specifico, le temperature rilevate dalla stazione meteorologica presente in discarica, sono riportate nel grafico seguente (**Fig. 2/IV**).

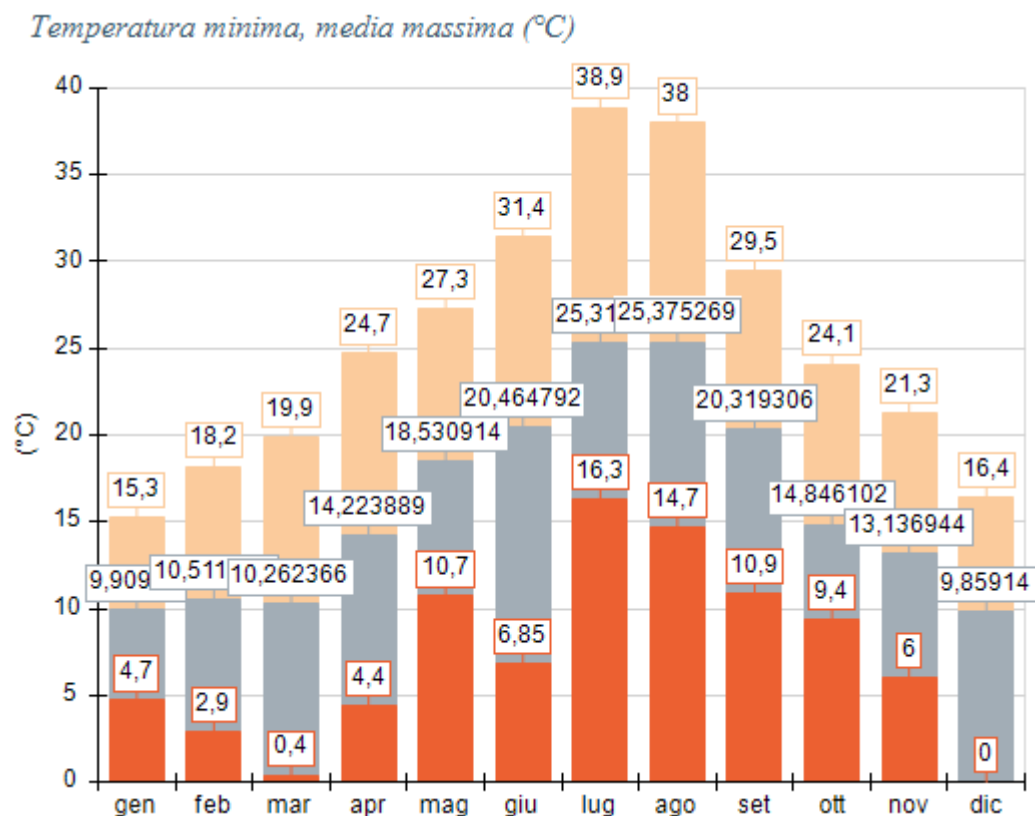


Figura 2/IV: Grafico delle temperature minime e massime rilevate dalla stazione meteo presente in discarica

Precipitazioni

A livello regionale, per ciò che concerne l'apporto idrometeorico, l'annata che va da ottobre 2017 a settembre 2018 è risultata piovosa sull'intero territorio dell'Isola. Come si può vedere dalla **figura 2/V**, sulla Sardegna centro-occidentale, le piogge delle zone collinare e pedemontane sono comprese fra gli 800 mm e i 1.000 mm.

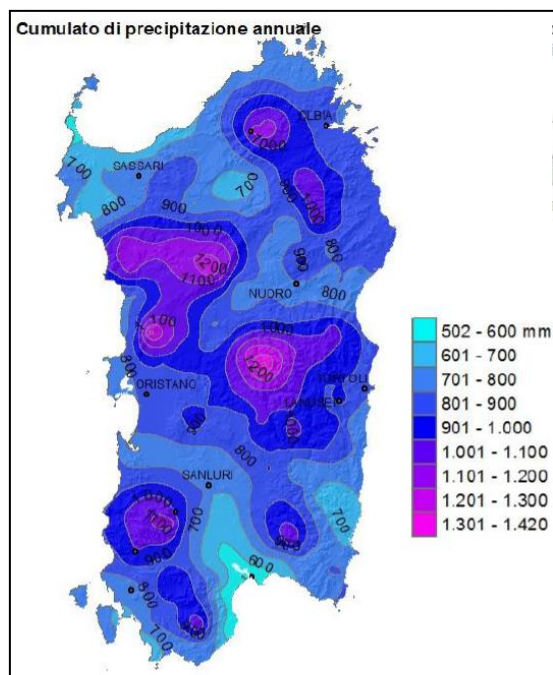


Figura 2/V: Cumulo di precipitazioni annuali in Sardegna da ottobre 2017 a settembre 2018

Come si evince dalla successiva **figura 2/VI**, nell'area di Ozieri, il numero di giorni di pioggia per il periodo ottobre 2017 e settembre 2018 risulta elevato e compreso tra 90 e 100. A differenza del normale andamento secolare del cumulo di precipitazione in Sardegna, dove si nota una maggior piovosità nel trimestre ottobre – dicembre, il trend nell'ultimo anno di rilevazione è cambiato, rilevando il quinquemestre maggio – settembre come il periodo più piovoso di sempre (**Fig. 2/VII**), con dei cumulati molto più alti di qualsiasi anno sin dal 1920.

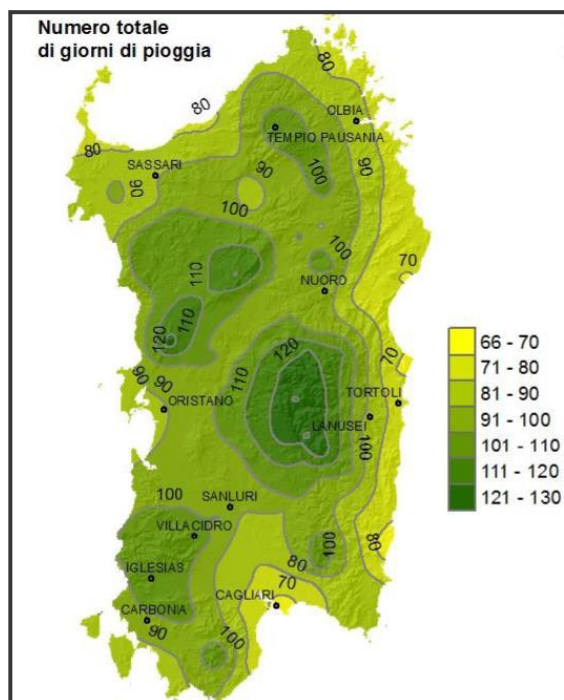


Figura 2/VI: Numero di giorni piovosi da ottobre 2017 a settembre 2018

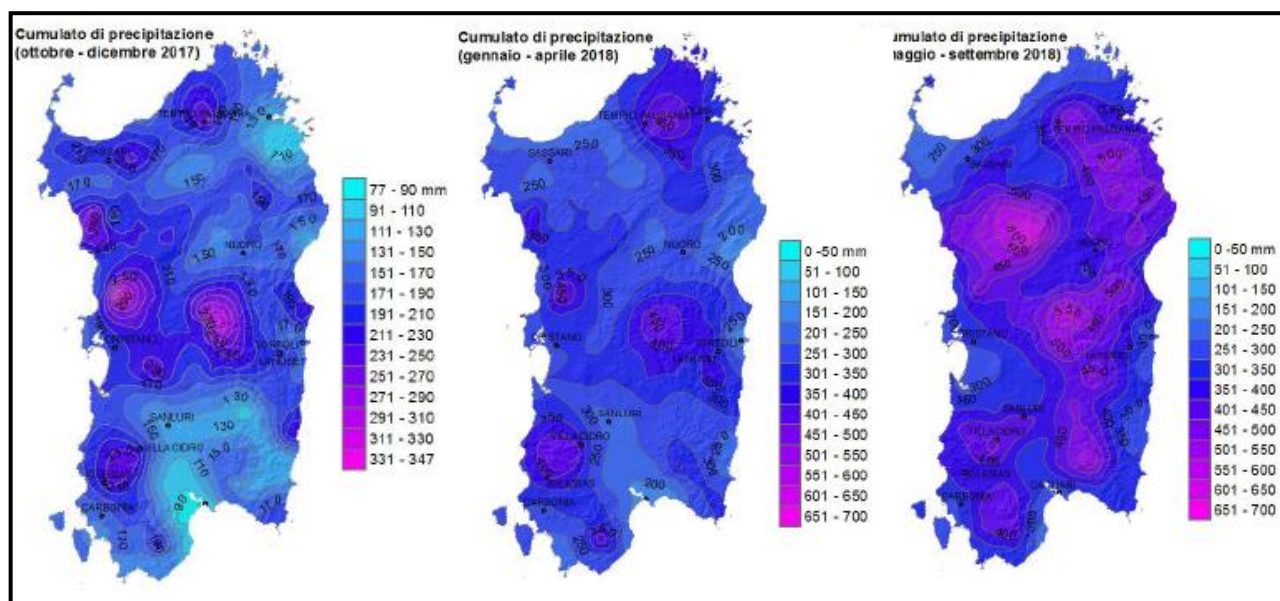


Figura 2/VII: Andamento annuale del cumulo di precipitazione in Sardegna

Nello specifico, la media annua delle precipitazioni rilevate dalla stazione meteorologica presente in discarica, sono riportate nel grafico seguente (**Fig. 2/VIII**).

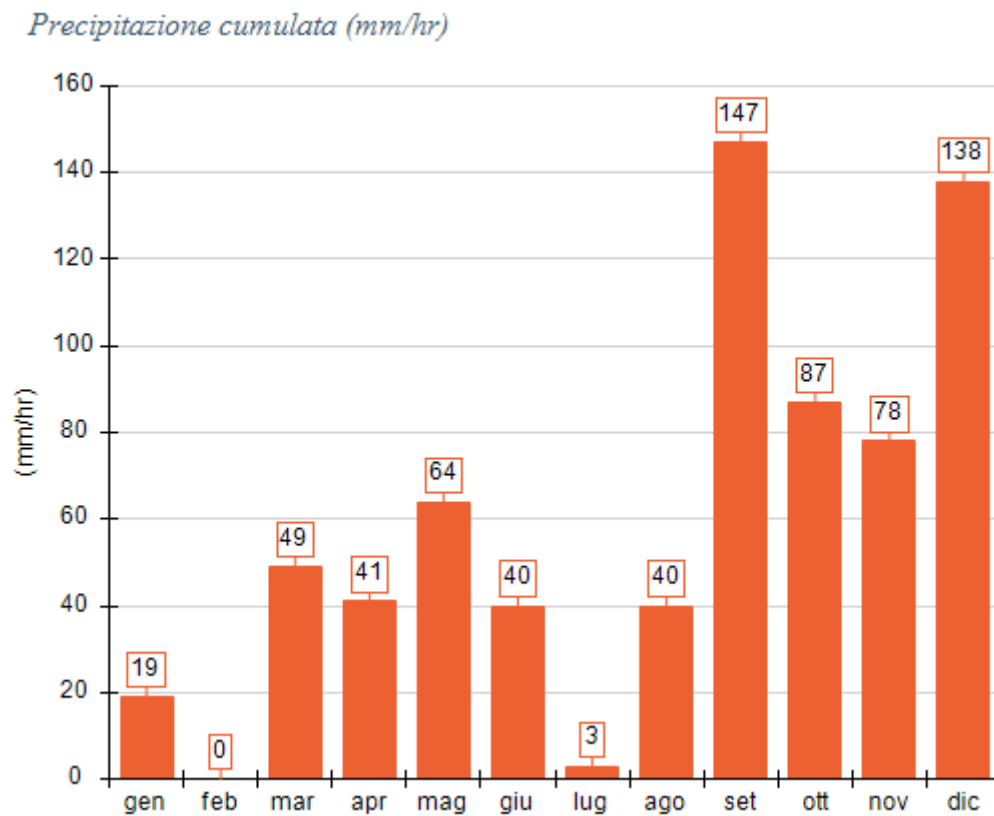


Fig. 2/VIII: Precipitazioni medie annue rilevate dalla stazione meteo presente in discarica

Vento

Il regime anemometrico locale è caratterizzato essenzialmente da venti d'intensità moderata. L'incidenza di venti medio-forti è di solito trascurabile.

Com'è possibile vedere dal grafico anemometrico riportato di seguito (**Fig. 2/IX**), i dati rilevati dalla stazione metereologica della discarica, denotano una prevalenza di vento da Nord (Tramontana) e una componente meno importante anche in direzione Sud Ovest.

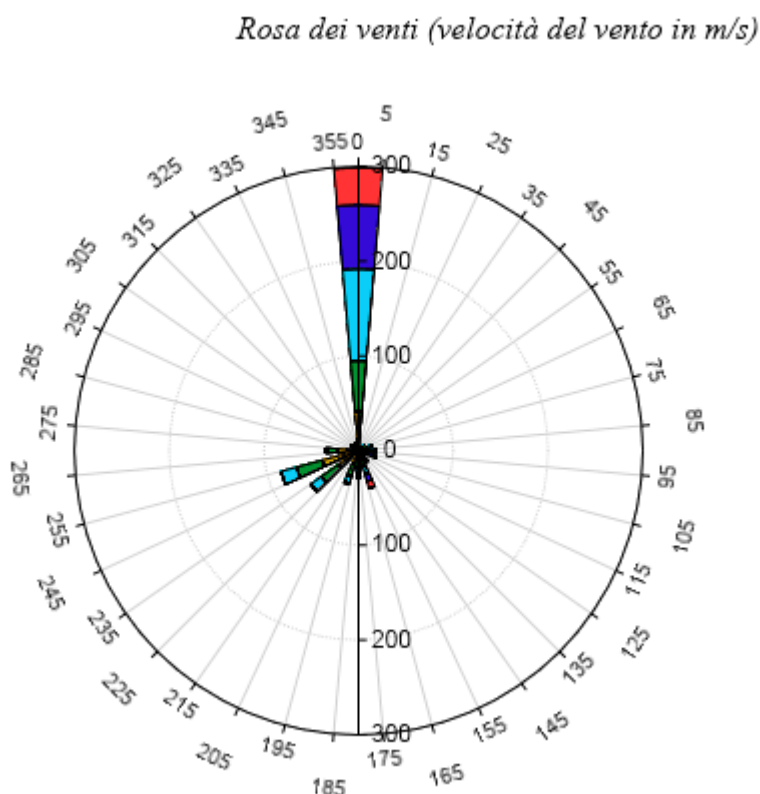


Figura 2/IX: Grafico di intensità e direzione del vento

3 Qualità dell'aria

Normalmente per valutare la qualità dell'aria, quando disponibile, si assume a riferimento la *"relazione annuale sulla qualità dell'aria in Sardegna"*, la quale analizza la qualità dell'aria nel territorio della Sardegna, grazie ad una rete di monitoraggio gestita dall'ARPAS, nel rispetto del D.Lgs 155/2010, che copre parte del territorio regionale, suddividendolo in aree omogenee.

Nel caso specifico, l'ambito territoriale in cui ricade la discarica, non essendo interessato da grandi agglomerati residenziali e/o insediamenti produttivi ad elevato rischio di contaminazione ambientale, non è dotato di stazioni di rilevamento della predetta rete regionale di monitoraggio e le stazioni più

prossime (Macomer e Sassari) sono poste a distanze tali ed in contesti ambientali ed antropici talmente differenti, per cui i valori rilevati non possono assolutamente essere riferiti al contesto in esame.

Pertanto, in assenza di dati oggettivi, la presente valutazione della qualità dell'aria *ante operam* si basa su considerazioni di carattere deduttivo e qualitativo, supportate dagli esiti dei monitoraggi degli impianti attualmente presenti nell'area vasta.

La qualità dell'aria è localmente condizionata prevalentemente:

- a. dalle emissioni in atmosfera emesse dalle attività antropiche presenti ed in particolare dalla discarica in esercizio di Chilivani Ambiente, dall'impianto di compostaggio del Consorzio ZIR e dalla cava adiacente, ed in misura minore dalle altre attività produttive e di servizio, dagli insediamenti residenziali e dal traffico.
- b. dalle condizioni meteo-climatiche locali, con particolare riferimento alle condizioni anemometriche e di stabilità atmosferica.

Nell'ambito territoriale considerato, sono presenti le seguenti sorgenti emissive maggiormente rilevanti **(Fig. 3/I)**:

- A. i moduli n.1 in post-esercizio e n.2 della discarica di Chilivani Ambiente, in esercizio, le cui emissioni prevalenti sono:
 - polveri, mercaptani, ammoniaca ed idrogeno solforato emessi dal modulo in esercizio e traffico locale
 - NO_x, HCl, HF e particolato emessi dalla torcia di combustione
 - NO_x, HCl, HF, particolato, TOC, H₂S e ossidi di carbonio emessi dal camino del motore di cogenerazione
 - biogas (metano e CO₂) emessi come emissioni fuggitive dai moduli in coltivazione e post-esercizio
 - odori emessi dal modulo in esercizio

Dall'esame dei monitoraggi pregressi risulta che tutti i valori delle predette emissioni sono entro i rispettivi limiti normativi, sostanzialmente di intensità mediamente contenuta e per lo più circoscritti all'area dell'impinto ed aree immediatamente adiacenti.

- B. l'impianto di compostaggio del Consorzio ZIR, le cui emissioni prevalenti sono:
 - odori emessi dai biofiltri
 - NH₃, H₂S, polveri totali, COV, emessi dalle biofiltri come emissioni convogliate.

Dall'esame dei monitoraggi dell'ultimo triennio risulta che le emissioni odorigene sono mediamente inferiori ai limiti di legge già in prossimità dell'impianto (circa 180-200 U.O./m³, contro un limite normativo di 300 U.O. /m³) e tutti gli altri inquinanti sono ampiamente nella norma.

- C. la cava di materiali da costruzione ubicata in prossimità del modulo di discarica (circa m 400). Le emissioni più significative sono costituite dalle polveri sedimentabili, dovute alle attività di scavo e movimentazione dei materiali. La dispersione di tale particolato esternamente al sito estrattivo può

essere ragionevolmente fatta coincidere limitatamente alla combinazione di condizioni di bassa umidità ed elevata ventosità. Le emissioni gassose e di particolato (PM_{10} e $PM_{2,5}$) generate dai mezzi d'opera possono considerarsi trascurabili.

- D. il traffico veicolare sulla S.S. 128 bis, ubicata a valle del sito, ad una distanza di circa m 600 . Considerata la posizione dell'arteria, i flussi di traffico (anche nelle ore di punta), la presenza di vegetazione di bordo, si possono ragionevolmente escludere interferenze di questa sorgente potenziale, sulla qualità dell'aria, esternamente alle fasce strettamente laterali.
- E. ad una distanza di circa 2,0 km, in posizione più rilevata, l'abitato di Ozieri. Le emissioni più significative dell'insediamento residenziale possono essere imputate all'utilizzo diffuso di camini a legna per il riscaldamento domestico. Tuttavia, al di là della stagionalità delle possibili emissioni, la posizione altimetrica dell'insediamento e le conseguenti condizioni anemometriche e la distanza dal sito in esame, fanno ragionevolmente escludere interferenze apprezzabili, imputabili alle emissioni di PM_{10} e $PM_{2,5}$.

Tenuto conto di quanto sopra **si ritiene che la qualità dell'aria, nell'area vasta, possa considerarsi sostanzialmente buona.**



Figura 3/I: Sorgenti emissive principali

4 Analisi della dispersione degli inquinanti

4.1 Premessa

Oggetto del presente capitolo è lo studio della potenziale variazione dello stato di qualità dell'aria determinato dalla realizzazione e gestione dell'ampliamento proposto (Modulo n. 1bis).

L'analisi seguente si è sviluppata a partire dall'esame delle attività che si svolgeranno all'interno del sito e le emissioni in atmosfera generate dalle stesse.

In considerazione che:

- nella discarica verranno smaltiti prevalentemente rifiuti, seppure biodegradabili, a basso contenuto di s.o. e quindi moderatamente odorigeni
- nella discarica non vengono smaltiti rifiuti solidi sfusi a differente granulometria
- le emissioni gassose prodotte dai mezzi d'opera (gas di scarico) possono essere considerate trascurabili a priori, in funzione del limitato numero di mezzi presenti, dotati di adeguati dispositivi di controllo degli scarichi e comunque non superiori a quelli attualmente in uso nel modulo in esercizio

Lo studio prende in considerazione le emissioni di polveri (PM_{10} e $PM_{2.5}$), di biogas e di odori, in quanto considerati gli unici inquinanti potenzialmente in grado di determinare impatti negativi significativi sulla matrice aria. È quindi con riferimento a tali inquinanti che sono illustrati i riferimenti normativi e analizzate le attività previste e le caratteristiche dei rifiuti trattati, determinandone i fattori di emissione, studiandone la dispersione e stimandone le concentrazioni in opportune aree nell'intorno dell'area di interesse.

In particolare gli studi sono stati articolati nelle seguenti fasi:

- richiami normativi;
- criteri di scelta dei modelli di calcolo
- sorgenti emissive: analisi delle attività lavorative svolte nell'area in esame (azioni di progetto e relativi fattori causali) e determinazione delle relative emissioni;
- definizione degli scenari di calcolo e stima dei livelli di concentrazione indotti dalle lavorazioni, dal materiale stoccato e dal trasporto dei rifiuti;
- analisi dei risultati delle simulazioni modellistiche.

4.2 Criteri di scelta del codice di calcolo

Per le simulazioni sono stati utilizzati i software MAIND regolarmente licenziati; in particolare: il calcolo del modello è stato realizzato tramite Windimula 4.9.1.0, i dati orografici sono stati ricavati tramite il software Landuse e la post elaborazione è stata realizzata con l'utilizzo del software RunaAnalyzer.

Il modello WinDimula è inserito nell'elenco dei modelli consigliati da APAT (Agenzia Italiana per la

protezione dell'ambiente e per i servizi tecnici) per la valutazione e gestione della qualità dell'aria (<http://www.smr.arpa.emr.it/ctn/>). WinDimula è un modello gaussiano multisorgente che consente di effettuare simulazioni in versione short_term.

I modelli gaussiani si basano su una soluzione analitica esatta dell'equazione di trasporto e diffusione in atmosfera ricavata sotto particolari ipotesi semplificative. La forma della soluzione è di tipo gaussiano, ed è controllata da una serie di parametri che riguardano sia l'altezza effettiva del rilascio per sorgenti calde, calcolata come somma dell'altezza del camino più il sovrizzo termico dei fumi, che la dispersione laterale e verticale del pennacchio calcolata utilizzando formulazioni che variano al variare della stabilità atmosferica, descritta utilizzando le sei classi di stabilità introdotte da Pasquill-Turner.

Contrariamente agli altri principali modelli gaussiani (ad esempio il modello EPA ISC) WinDimula permette di valutare la diffusione in atmosfera dell'inquinante anche in presenza di situazioni di "calma di vento" integrando un opportuno modello (Modello di Cirillo Poli) per le calme di vento.

Il modello presenta notevoli miglioramenti rispetto alla classica versione DIMULA; i modelli di calcolo sono stati completamente rivisti nell'ambito del contratto AMB-AMM-COM-7760 stipulato tra MAIND ed ENEA Dipartimento Ambiente. Inoltre con il contratto ENEA/2006/3891 nel novembre 2006 è stato inserito nel modello il calcolo della deposizione secca e umida.

In particolare è stato utilizzato il codice ISCST3 - Industrial Source Complex Short Term, sviluppato dall'Environmental Protection Agency (EPA) degli Stati Uniti, del quale nel seguito sono illustrate le caratteristiche principali e le motivazioni che hanno portato all'adozione del suddetto modello.

Al fine della rappresentatività delle condizioni meteorologiche considerate, sono state considerate le seguenti situazioni:

- anno più critico tra quelli disponibili
- condizioni di maggiore stabilità atmosferica (calma di vento), a cui è associabile la maggior ricaduta locale degli inquinanti
- condizioni di maggior intensità di vento in direzione di uno o più ricettori sensibili, condizione a cui è associabile la maggior dispersione di inquinanti in quella direzione

Al fine della rappresentatività delle condizioni meteorologiche locali sono stati presi in esame i dati dell'ultimo triennio, forniti della centralina presente in impianto (**Fig. 2/I**).

Stanti le caratteristiche orografiche dell'area di studio, per poterne considerare gli effetti nei fenomeni dispersivi, le valutazioni modellistiche hanno richiesto la predisposizione, a partire dalle isoipse della Carta Tecnica Regionale, di un modello digitale del terreno. L'ampiezza di tale modello è stata impostata in modo da considerare un'area significativa con riferimento ai fenomeni dispersivi in esame, alle caratteristiche meteoroclimatiche specifiche, ed alla presenza di centri abitati potenzialmente interessati dalle ricadute. In particolare, il modello ha coperto un'area di 6,25 km² intorno all'impianto con una maglia di 50x50 punti a distanza di 50 metri.

L'altimetria dell'area varia tra 316 e 530 m s.l.m. e l'andamento altimetrico del contesto territoriale è rappresentato nella **figura 4/I**.

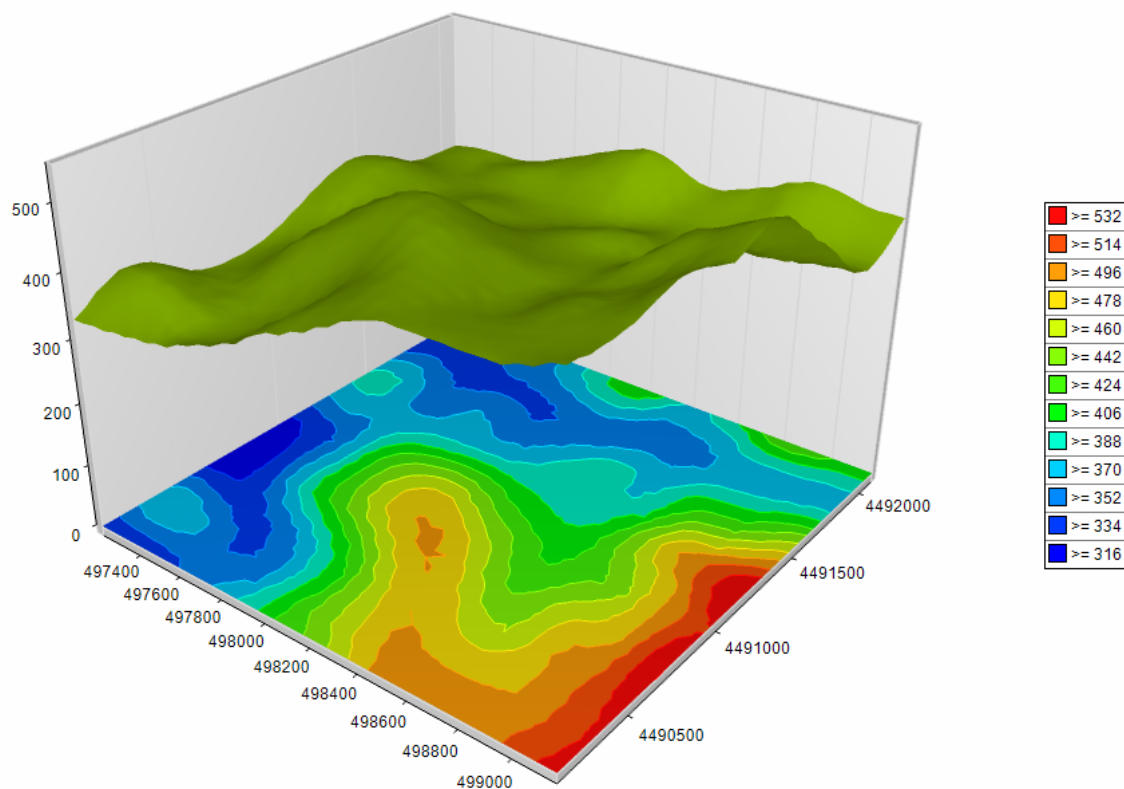


Figura 4/I: Altimetria dell'area

4.3 Caratterizzazione del contesto territoriale, ambientale, del sito, degli impianti e delle attività

Per quanto concerne la descrizione:

- del contesto territoriale in cui è ubicato l'impianto
- del sito di intervento
- delle caratteristiche meteo-climatiche
- delle caratteristiche dell'impianto delle attività che sono state svolte
- delle modalità operative

si rimanda agli specifici capitoli e paragrafi precedenti del presente SIA.

4.4 *Altre sorgenti emissive significative*

Nell'ambito territoriale in cui è compresa la discarica in esame ed in cui è stimata la dispersione di eventuali emissioni in atmosfera, sono presenti solamente le sorgenti emissive descritte nel precedente capitolo 3, le cui emissioni possono interagire significativamente con le emissioni dell'impianto in esame, determinando impatti cumulativi sulla qualità dell'aria, i cui effetti cumulativi verranno nel seguito discussi..

4.5 *Area di studio ed altri parametri di calcolo*

L'area di studio in cui calcolare le ricadute degli inquinanti è stata definita in modo da quantificare le ricadute delle concentrazioni indotte dal modulo in esame in tutta l'area prevedibilmente interessata. È stata, a tal fine considerata un'area di ampiezza pari a 2,5 x 2,5 km comprendente in posizione baricentrica l'impianto in esame.

Nell'area è stata definita una maglia di recettori posti ai vertici di quadrati di 50 m di lato rispetto ai quali sono stati condotti i calcoli di dispersione (**Fig. 4/II**).

I ricettori umani potenziali stabili più prossimi, seppure non annoverabili tra i ricettori tipicamente sensibili, sono quelli che occupano gli insediamenti agricolo-abitativi presenti sul territorio circostante la discarica (**Fig. 4/II**). Inoltre, non possono essere esclusi, in linea di principio, altri ricettori, intesi come entità in grado di essere negativamente influenzate dalle emissioni di biogas (in particolare metano, ammoniaca e idrogeno solforato in esso contenuti) costituiti dai frequentatori occasionali delle aree circostanti l'impianto, la fauna selvatica e la flora presente sulle stesse aree. Questi soggetti/entità possono essere annoverati quali bersagli delle emissioni, solamente se queste raggiungono intensità e frequenza tale da interferire effettivamente con i cicli biologici e la salute degli stessi.



Figura 4/II: Individuazione dell'area di studio e dei ricettori più prossimi

Date le caratteristiche delle aree analizzate, è stata utilizzata la parametrizzazione dei coefficienti di dispersione proposta da Briggs nel caso di sorgenti in aree extraurbane (Briggs Rural).

Inoltre ad ogni punto del reticolo di calcolo è stata assegnata la corrispondente quota altimetrica.

4.6 Emissioni di particolato

4.6.1 Riferimenti normativi

In relazione all'inquinante di interesse, il riferimento normativo di preminente rilevanza è costituito dal D.Lgs. n.155 del 13.08.2010; nella tabella seguente (**Tab. 4/I**) sono indicati i limiti fissati dalla normativa per il particolato aerodisperso.

PM10	limite
1 giorno	50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ da non superare più di 35 volte per anno civile
Anno civile	40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

PM 2.5	limite
Anno civile	25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Tabella 4/I: Particolato (PM₁₀) - Valori limite previsti dal D.Lgs. 155 del 13.08.2010

4.6.2 Fonti emissive e determinazione dei relativi fattori di emissione

NOTA: Poiché il PMC dell'impianto in oggetto, per quanto concerne il particolato, prevede esclusivamente il monitoraggio delle polveri sedimentabili e non delle polveri sottili, sicuramente di più facile dispersione a parità di condizioni anemometriche e sicuramente più problematiche per la salute, nel seguito lo studio prenderà in considerazione, in via cautelativa sia il PM₁₀ che il PM_{2,5}.

Fase di esercizio del modulo

Per quanto concerne le emissioni di polveri, relative a traffico e movimentazione dei rifiuti, nelle aree di lavoro e per le attività connesse alla movimentazione e abbancamento dei rifiuti, si è considerata una distribuzione omogenea delle attività nell'area della discarica e quindi delle emissioni prodotte. Le sorgenti pertanto sono state considerate come "areali". A queste si aggiungono le sorgenti costituite dalle attività di trasporto dall'allacciamento alla viabilità ordinaria all'area di discarica.

Per ciascuna sorgente (fase di lavoro, macchinario, ecc.) è stato definito il livello di emissione di particolato e la durata/articolazione nel tempo, al fine di stimare le opportune sovrapposizioni degli effetti generati da più sorgenti attive contemporaneamente.

In via estremamente cautelativa, si è ipotizzato che tutte le attività interessino l'intero modulo e non un solo sub-modulo per volta (coltivazione e chiusura separata dei due sub-moduli).

Le sorgenti potenziali di particolato sono teoricamente di tre tipologie:

- polvere sollevata dal trasporto dei rifiuti: relativa all'autocarro utilizzato, alle distanze percorse e al numero dei viaggi previsti;
- polvere sollevata nella movimentazione e compattazione del materiale.
- risollevarimento di polveri dai cumuli di materiale stoccato.

Per la stima dei diversi fattori di emissione sono state utilizzate le relazioni in merito suggerite dall'Agenzia per la Protezione dell'Ambiente statunitense (E.P.A., AP-42, Fifth Edition, Compilation of air pollutant emission factors, Volumel, Stationary Points and Area Sources).

Per ogni tipologia di sorgente considerata si illustrano di seguito le stime dei fattori di emissione considerati.

Emissione particolato da movimentazione dei rifiuti

All'interno della discarica è previsto un utilizzo di mezzi d'opera dediti alla sistemazione del materiale per un periodo di attività stimato in 4 ore/giorno.

Il fattore di emissione del particolato derivante dall'attività di carico/scarico, movimentazione e compattazione dei rifiuti è funzione dei seguenti parametri ¹:

- contenuto in silt del materiale movimentato: pari all' 8,7%, in base a quanto riportato da certificati di prova relativi ad analisi granulometriche sui rifiuti;
- contenuto in umidità del materiale (assunto pari al 10%);
- numero di mezzi nel periodo di lavoro e relative ore di attività effettiva (4 mezzi).

Il fattore di emissione relativo alla movimentazione dei rifiuti è di 0,051 g/s per le PM_{2.5} e 0,096 g/s per le PM₁₀.

Emissione particolato da movimentazione mezzi su piste e strade pavimentate

Tutta la viabilità di accesso ed interna alla discarica è pavimentata.

I mezzi in movimento all'interno della discarica (autocarri in entrata/uscita), effettuano le proprie manovre su aree pavimentate.

Il particolato è in questo caso originato dall'azione di polverizzazione del materiale superficiale delle piste, indotta dalle ruote dei mezzi. Le particelle sono quindi sollevate dal rotolamento delle ruote, mentre lo spostamento d'aria continua ad agire sulla superficie della pista dopo il transito. Anche in questo caso si sono utilizzate le relazioni fornite dall'EPA²

Il fattore di emissione di particolato dalle strade pavimentate è funzione dei seguenti parametri:

- contenuto in silt della superficie su cui transita il mezzo (assunto pari all'8,7% per i mezzi in movimentazione all'interno della discarica, e valore analogo per la strada di collegamento con la viabilità ordinaria percorsa dagli autocarri in entrata/uscita dalla discarica);
- peso medio dei veicoli (assunto pari a circa 16 tonnellate, mediando tra le condizioni a pieno carico e a vuoto);
- numero di percorrenze medie giornaliere (A/R) nel periodo lavorativo (stimate sulla base dei conferimenti medi in 6-8 percorrenze (A/R) nelle circa 6 ore/giorno di apertura dell'impianto);
- lunghezza percorsi effettuati (assunta pari a circa 1.500 metri, per quanto attiene il percorso seguito dai mezzi sia all'interno della discarica, sia per quanto attiene il tratto di collegamento con la viabilità ordinaria).

Il fattore di emissione così ottenuto è stato corretto per tener conto della riduzione dell'emissione di polveri per effetto della pioggia. A tal fine si è assunto un numero di giorni piovosi in un anno pari a 60.

¹ E.P.A., AP-42, Fifth Edition. Si veda il capitolo 11.9 EMISSION FACTOR EQUATIONS FOR UNCONTROLLED OPEN DUST SOURCES, Tabella 11.9.2

² E.P.A., AP-42, Fifth Edition. Si veda il capitolo 13.2.2 Unpaved roads, equazioni (1) e (2)

Il fattore di emissione complessivo relativo alla movimentazione dei mezzi è di 0,075 g/s per le PM_{2,5} e 0,747 g/s per le PM₁₀ nell'ambito di un lasso temporale di 6 ore giornaliere.

Emissione particolato da cumuli di materiale stoccato

Il fattore di emissione del particolato derivante dal risollevarsi di polveri a seguito dell'accumulo di materiale sciolto è funzione dei seguenti parametri³ :

- velocità media del vento (pari a 4,8 m/s);
- contenuto di umidità del terreno (assunto pari al 3%)
- tonnellate di materiale stoccato (considerando lo strato superficiale dell'intera area della discarica).

Il fattore di emissione relativo ai cumuli di materiale stoccato, calcolato con l'equazione di cui alla nota è di 0,004 g/s per le PM_{2,5} e 0,025 g/s per le PM₁₀.

NOTA: le emissioni da traffico attratto, seppure cautelativamente considerate, rimangono invariate rispetto alla situazione attuale (coltivazione del Modulo n.2).

Fase di costruzione e di chiusura del modulo

In queste fasi, di durata sempre molto limitata e di operatività non continuativa, le emissioni di particolato riguarderanno soprattutto la movimentazione in sito di materiali terrosi, argilla e di granulati. Pertanto, le modeste emissioni di particolato hanno riguardato prevalentemente le polveri sedimentabili, la cui dispersione è tendenzialmente localizzata (area di cantiere) e quindi non considerata nella presente analisi di dispersione.

4.6.3 Analisi della dispersione delle polveri PM₁₀ e PM_{2,5}

Il modello è stato impostato con i fattori di emissione descritti, che qui di seguito si riassumono:

	Fattore di emissione		Durata giornaliera
	PM ₁₀	PM _{2,5}	
<i>Attività di movimentazione e compattazione</i>	0,096 g/s	0,051 g/s	6h
<i>Transiti autocarri su piste non asfaltate</i>	0,747 g/s	0,075 g/s	6h
<i>Risollevarsi da cumuli di rifiuti stoccati</i>	0,025 g/s	0,004 g/s	24h

I risultati della simulazione modellistica effettuata, volta a determinare i valori di concentrazione di PM₁₀ e di PM_{2,5} in atmosfera generate durante la fase di esercizio dell'impianto, sono rappresentati nelle figure 4/III e 4/IV.

³E.P.A., AP-42, Fifth Edition. Si veda il capitolo 13.2.4 Aggregate handling and storage piles, equazione (1)

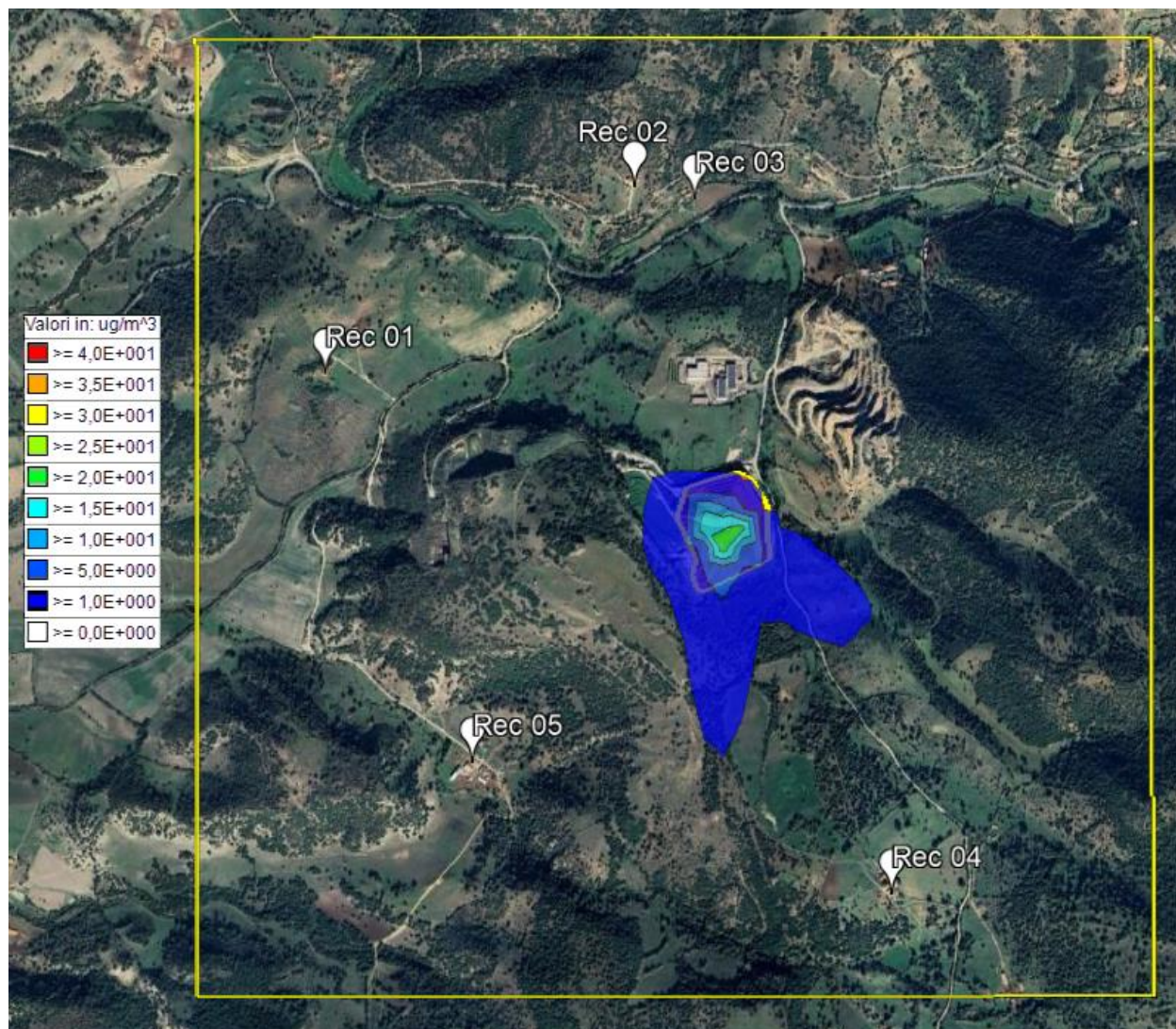


Figura 4/III: Carta delle concentrazioni di PM_{10} in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ - Valori medi annuali 2023

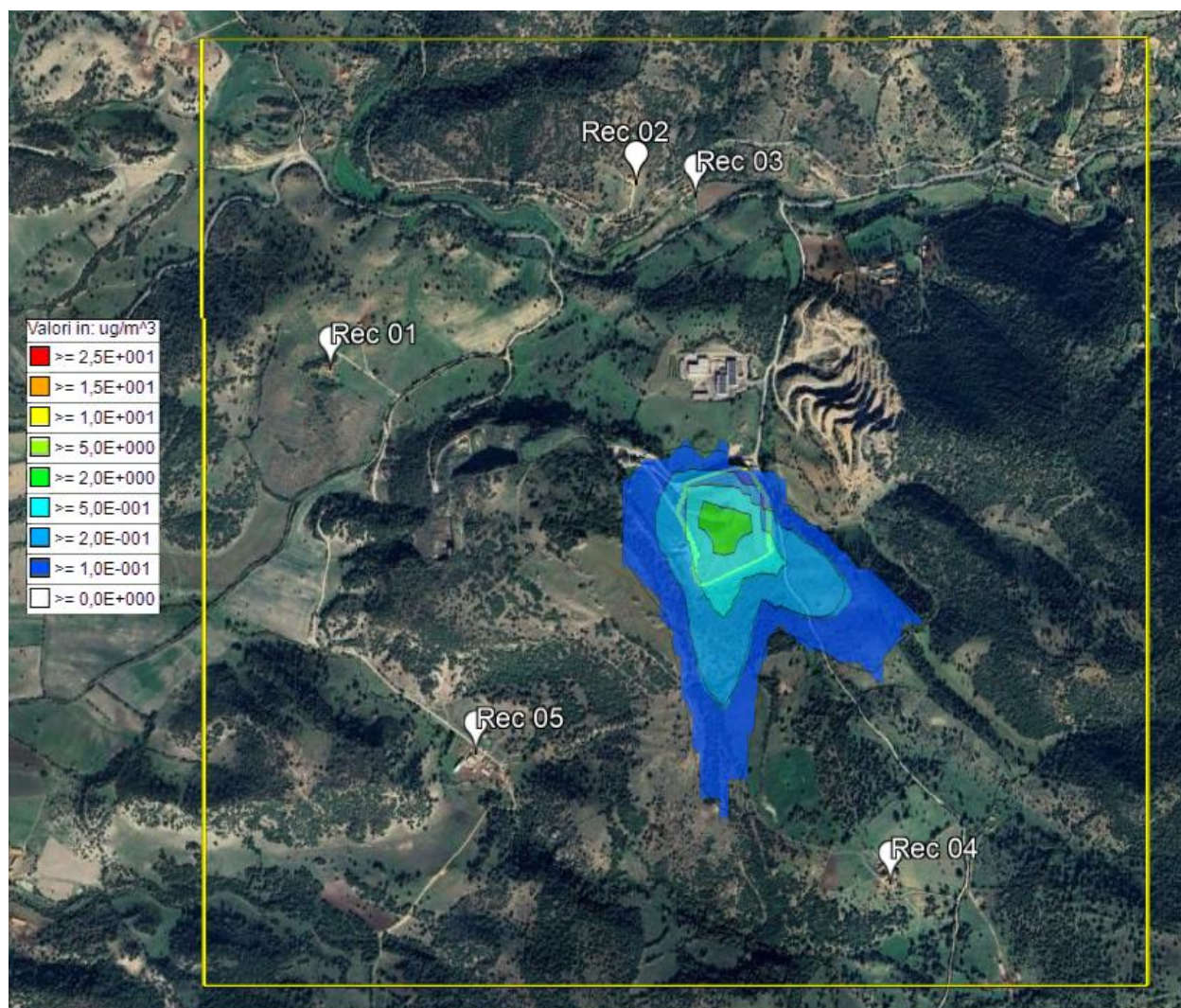


Figura 4/IV: Carta delle concentrazioni di $\text{PM}_{2,5}$ in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ - Valori medi annuali 2023

Come evidenziato nelle figure precedenti, la coltivazione del modulo 1bis di discarica determinerà una concentrazione media di polveri, su base annua, pari a circa $5\text{-}10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ unicamente nelle aree di lavorazione. Immediatamente all'esterno delle aree dell'impianto, i valori di concentrazione del PM_{10} e del $\text{PM}_{2,5}$ scenderanno rapidamente raggiungendo livelli inferiori a $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ già a distanze dell'ordine di $100\text{-}150 \text{ m}$ dal sito e dalla viabilità di accesso. Le concentrazioni si riducono a meno di $0,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ a poche centinaia di metri dall'impianto e dalla viabilità di accesso. **Nelle simulazioni effettuate non si rilevano, inoltre, superamenti del valore di soglia di $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ a eccezione di quanto prevedibile per il Recettore R4 con le condizioni meteo del 2020 con le quali sarebbe avvenuto un superamento annuale.**

Gli edifici più prossimi all'impianto ed alla viabilità di accesso, localizzati a una distanza pari o superiore a 800 m , sono interessati da livelli di concentrazione inferiori a $0,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$, nettamente inferiore ai limiti fissati dalla normativa.

Come si può osservare, il centro abitato più prossimo all'area di intervento (Ozieri) è posto in direzione nord-est a circa 2 km , ampiamente esterno alle aree potenzialmente interessate anche da minime variazioni dei livelli di concentrazione dell'inquinante.

4.6.4 Conclusioni

La modellizzazione effettuata per simulare la dispersione delle polveri sottili generate dall'attività di smaltimento dei rifiuti nel nuovo modulo n. 1bis di discarica, comprese le movimentazioni ed i trasporti, evidenzia una variazione non significativa dello stato di qualità dell'aria in merito alla dispersione delle polveri, rispetto allo scenario di non intervento, già a breve distanza dalla discarica e, a maggior ragione, presso l'abitato ad essa più prossimo (Ozieri).

Pertanto, si esclude qualsiasi impatto significativo sulla componente aria esternamente al sito, tale che possa modificarne le caratteristiche qualitative.

4.7 Emissioni odorigene

4.7.1 Introduzione

Oggetto del presente capitolo è lo studio della potenziale variazione dello stato di qualità dell'aria, limitatamente alla componente odori, determinato dall'esercizio del modulo n.1bis della discarica. A questo fine saranno di seguito analizzate in particolare le attività che si svolgeranno nell'impianto durante la sua fase di esercizio, escludendo verosimilmente ogni possibilità di emissione odorigena a decorrere dal completamento della fase di chiusura. Pertanto, l'interferenza deve considerarsi di durata massima sessennale.

4.7.2 L'odore

L'odore è un'emanazione trasmessa dall'aria, percepita dall'apparato olfattivo dell'uomo e degli animali in generale. L'odore è quindi la proprietà di una sostanza, o meglio, di una miscela di sostanze, dipendente dalla loro concentrazione, capace di attivare il senso dell'olfatto e tale da innescare la sensazione di odore (Brennan, 1993; Belgiojorno et al., 2009).

L'odore è stato riconosciuto un inquinante a tutti gli effetti in tempi molto recenti: in tutto il mondo sono state emanate ben poche leggi che fissino i limiti di emissione dell'odore dalle sorgenti industriali e che definiscano dei criteri di qualità dell'aria attinenti all'odore. Esso è un inquinante che può deteriorare la qualità della vita e influire negativamente sulle attività economiche (ad esempio intaccando il valore degli immobili o i profitti del turismo) ma in generale non danneggia la salute umana secondo il significato comune che si assegna a questa parola. Solo negli ultimi anni l'olfattometria, ovvero la tecnica sensoriale di misura della concentrazione di odore, è stata sottoposta a standardizzazioni nazionali e internazionali; senza tali standard l'odore era una sensazione soggettiva, sulla quale nessuna normativa poteva essere fondata. Con il termine "inquinamento olfattivo" si indica l'impatto negativo degli odori molesti sull'ambiente circostante e la popolazione esposta. Infatti, sebbene solo raramente a tali emissioni risulti associato un reale pericolo per la salute umana,

l'esposizione prolungata a cattivi odori può essere causa di malessere e di varie forme di attività riflesse e disagio psicologico. Per questo si tenta un approccio agli odori come ai comuni contaminanti atmosferici, anche se con tutte le difficoltà dovute alla loro particolare natura. La maggior parte delle emissioni maleodoranti hanno composizione chimica complessa, essendo costituite da molti composti diversi a concentrazioni dell'ordine del $\mu\text{g}/\text{m}^3$ o inferiori, dalla cui combinazione ed interazione nasce la sensazione complessiva di odore ("odorante" = sostanza o miscela di sostanze responsabile della emanazione di un odore, "odore" = sensazione che l'odorante genera quando viene rilevata ed interpretata dal sistema olfattivo).

La concentrazione di una miscela gassosa analizzata con tecniche analitiche è espressa in massa/volume ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) o moli/volume o ppm e, non potendo essere determinata con riferimento all'intera miscela, è relativa alla quantificazione numerica delle singole sostanze che la compongono. Con l'applicazione della tecnica sensoriale dell'olfattometria dinamica, la concentrazione di odore viene espressa in Unità Odorimetriche su metro cubo (OU/m^3).

In particolare, secondo la norma tecnica UNI EN 13725, si definisce unità odorimetrica europea (OU_E) la quantità di odorante/i che, quando evaporata in 1 m^3 di gas neutro in condizioni normali, provoca una risposta fisiologica (soglia di rivelazione) da un gruppo di prova equivalente a quella provocata da una massa di odore di riferimento europeo (EROM), evaporata in 1 m^3 di gas neutro in condizioni normali. Un EROM, evaporato in 1 m^3 di gas neutro in condizioni normali, è la massa di sostanza che provoca la risposta fisiologica D50 (soglia di rivelazione), valutata da un gruppo di prova di esperti di odore in conformità alla stessa norma e che ha, per definizione, una concentrazione di $1 \text{ OU}_E/\text{m}^3$. Per l'*n-butanolo* (N° CAS 71-36-3) un EROM è $123 \mu\text{g}$ evaporato in 1 m^3 di gas neutro, in condizioni normali, che produce una concentrazione di $0,040 \mu\text{mol}/\text{mol}$ (che equivale ad una frazione in volume di 40 parti per miliardo).

Esiste una relazione tra l' OU_E per l'odorante di riferimento e quello per ogni miscela di odoranti. Tale relazione è definita solo a livello della risposta fisiologica D50 (soglia di rivelazione), dove:

$$1 \text{ EROM} \equiv 123 \mu\text{g } n\text{-butanolo} \equiv 1 \text{ OU}_E \text{ per la miscela di odoranti.}$$

Tale collegamento costituisce la base della rintracciabilità delle unità di odore di ogni odorante a quella dell'odorante di riferimento. Esso esprime a tutti gli effetti le concentrazioni di odore in termini di "equivalenti in massa dell'*n-butanolo*".

La concentrazione di odore può essere valutata solo a una concentrazione presentata di $1 \text{ OU}_E/\text{m}^3$. Come di conseguenza, la concentrazione di odore è espressa come multiplo di un OU_E in 1 m^3 di gas neutro. La concentrazione di odore, in OU_E/m^3 , si può utilizzare nello stesso modo delle concentrazioni in massa (kg/m^3) (UNI EN 13725, 2003).

Purtroppo, fino ad oggi, non è stato possibile trovare una precisa correlazione fra le sensazioni odorose e la struttura chimica delle molecole che la causano. Si può invece cercare di descrivere un odorante in maniera più accurata attraverso 5 parametri:

- Concentrazione e soglia olfattiva di percezione;

- Intensità;
- Diffusibilità (volatilità);
- Qualità;
- Tono edonico.

La percettibilità, o soglia olfattiva, rappresenta quella concentrazione minima raggiunta in atmosfera da una sostanza odorigena che le consente di provocare uno stimolo nel sistema recettivo di un essere umano. Si possono distinguere tre tipologie (Brattoli e De Gennaro, 2008):

- Soglia di percettibilità (Odour Threshold - OT): rappresenta la concentrazione per la quale il 50% delle persone rileva un odore
- Soglia di riconoscimento: rappresenta la concentrazione alla quale non solo si riesce a rilevare la presenza di un odore, ma anche a distinguerlo qualitativamente;
- Soglia di contestazione: rappresenta la concentrazione alla quale un odore inizia a provocare una sensazione di fastidio.

In letteratura sono state determinate sperimentalmente le concentrazioni corrispondenti alle soglie olfattive di molti composti. Questi valori sono utilizzabili solo quando si riferiscono a sostanze pure. In presenza di miscele invece, si possono verificare effetti di indipendenza, additività, sinergia e antagonismo (Centola et al., 2004; Belgiorno et al., 2009).

La reazione degli individui agli odori dipende essenzialmente dai fattori FIDOL (Nicell, 2009) (**Tab. 4/II**).

Frequenza	indica quanto spesso un individuo è esposto all'odore
Intensità	indica la forza della percezione dell'odore
Durata	indica la durata dell'evento odoroso
Offensività	indica la natura dell'odore in riferimento al suo tono edonico
Localizzazione	indica l'uso del suolo e la natura delle attività umana in prossimità della sorgente

Tabella 4/I: Fattori FIDOL

Differenti combinazioni di questi fattori avranno come risultato effetti diversi; per esempio, odori molto intensi percepiti per un periodo breve possono avere effetti immediati sulla salute, mentre odori poco intensi percepiti per un periodo lungo possono influire sulla qualità della vita nell'area interessata. Il grado di sensibilità in una determinata zona è basato sulle caratteristiche di uso del suolo, inclusa la ragione che porta gli individui ad occupare una porzione del territorio. Ogni luogo è caratterizzato da un differente grado di sensibilità che può essere alta, moderata o bassa. Gli odori sgradevoli non hanno quasi mai effetti tossici o nocivi per i livelli di concentrazione molto bassi. Essi costituiscono quindi più un fattore di stress (disturbo, molestia) che un vero e proprio fattore di rischio per la salute umana.

Tuttavia, la presenza di una sgradevole sensazione odorosa può scatenare una serie di attività riflesse di intensità variabile e soggettive, che si ripercuotono a vari livelli dell'organismo, con conseguenze su equilibrio psico- fisico e comportamento dell'individuo. Tali manifestazioni includono disturbi come ipersalivazione, nausea, vomito, cefalea, collasso e risposte a vari livelli del sistema nervoso, soprattutto di tipo emozionale (Fuoco, 2005).

È stato compilato (Sironi et al., 2003) un elenco, non esaustivo, delle tipologie industriali e delle relative fasi osmogenicamente critiche presenti negli impianti suscettibili di dar luogo a molestie olfattive. Da questo elenco si desumono le concentrazioni massime di odore di alcuni impianti di interesse, tra cui:

- Impianto di trattamento di reflui industriali: 105 OU/m³
- Discarica rifiuti: 102 - 105 OU/m³.

In assenza di specifiche disposizioni normative di livello statale o regionale circa la caratterizzazione, stima e limiti delle emissioni odorigene, ai fini delle analisi ambientali, il presente studio ha fatto riferimento ai criteri ed alle indicazioni contenute nelle Linee guida sulla materia emanate dalla Regione Lombardia.

In assenza di dati oggettivi di monitoraggio, la simulazione sulla dispersione dei composti odorigeni è stata condotta con riferimento a fattori di emissione determinati a partire da dati di letteratura, avuto riguardo delle condizioni operative specifiche (rifiuti in ambiente confinato), nonché dell'efficacia dei sistemi adottati di contenimento delle emissioni odorigene.

In assenza di dati e misurazioni olfattometriche specifici per impianti analoghi e, tenuto conto altresì, di alcune indispensabili semplificazioni del problema, il presente studio deve essere inteso come una stima previsionale delle emissioni odorigene, funzionale a valutarne, in ogni caso, l'ordine di grandezza e la distribuzione spaziale.

Il problema della valutazione dell'impatto olfattivo originato da impianti industriali di varia natura è un tema particolarmente sentito dalla collettività ed è causa spesso di contenziosi mossi da popolazioni residenti contro la presenza nel territorio di installazioni produttive, esistenti o future. Benché le emissioni odorigene sgradevoli non siano necessariamente associabili a rischi di tipo tossicologico, permane il problema della bassa accettabilità sociale della molestia olfattiva, che può inficiare la qualità della vita delle popolazioni interessate.

L'emissione di composti volatili maleodoranti è intrinseca a una molteplicità di processi industriali; solo a titolo di esempio, possono essere fonte di molestia olfattiva impianti di trattamento, smaltimento e/o recupero rifiuti, allevamenti zootecnici, impianti di trattamento acque reflue, di lavorazione di scarti di origine animale e vegetale, di verniciatura, di produzione mangimi, ecc.

L'accresciuta sensibilità delle popolazioni e la ricorrenza delle accennate problematiche di accettabilità sociale di alcune categorie di impianti industriali non può che indurre il legislatore a una più razionale politica di controllo degli odori e alla fissazione di rigorosi indici di qualità dell'aria; in tale direzione è imprescindibile la disponibilità di sistemi di misura orientati all'individuazione degli analiti di tipo odorigeno, che forniscano una misura il più possibile oggettiva della tipologia e della concentrazione di odore emesso da una data sorgente. Si tratta, in ogni caso, di un obiettivo complesso, in quanto è nota la non linearità della relazione esistente tra concentrazione di miscele odorose e risposta sensoriale alle

stesse e l'eterogeneità, in termini di proprietà chimico-fisiche degli analiti coinvolti.

Un odore è l'attributo organolettico percepibile dall'organo sensoriale olfattivo sotto l'azione di determinate sostanze volatili. Il termine "odore" si riferisce, pertanto, alla proprietà delle sostanze odorigene che le rendono percepibili al senso dell'olfatto. L'odore è una percezione di quella sensazione e ogni soggetto interpreta l'impulso secondo un proprio significato.

Le sostanze odorigene possono riferirsi ad un singolo composto o, più frequentemente, ad una eterogenea miscela di composti. Tali caratteristiche ne rendono estremamente complessa l'analisi o la misura.

Generalmente gli odori sono captati a concentrazioni dei composti odorigeni in aria estremamente basse. L'apparato olfattivo umano è alquanto sensibile ed è in grado di avvertire la presenza delle sostanze a concentrazioni in aria di alcune parti per miliardo, o anche inferiori. Minimi cambiamenti nella composizione chimica delle miscele odorigene possono alterare sensibilmente le caratteristiche dell'emissione odorigena. Per questa ragione raramente sono impiegate tecniche di tipo chimico-analitico per descrivere la natura di un odore.

Nel momento in cui un odore molesto è percepito diventa essenziale descriverne le caratteristiche; a tal fine sono normalmente in uso criteri qualitativi e descrittivi riportati in **tabella 4/III**.

Rilevazione (soglia di percezione)	Concentrazione di un odore alla soglia di percezione
Riconoscimento	Capacità umana di distinguere l'origine (p.e. vino o aceto)
Intensità	Intensità percepita a differenti concentrazioni (p.e. debole, distinta, forte)
Tono edonico	Piacevole o offensivo
Qualità o carattere	Associazione e complessità, ossia quante sfumature di odore sono percepibili (fiori, caffè, rifiuti, reflui, ecc.)

Tabella 4/III: Proprietà sensoriali degli odori

La concentrazione alla quale un odore è appena percettibile ad un "tipico" organo sensoriale olfattivo umano è indicata come "concentrazione soglia". Questo concetto è alla base dell'olfattometria in cui una misura sensoriale quantitativa è impiegata per definire la concentrazione di un odore. A livello europeo sono stati definiti metodi standardizzati per la misurazione e attribuzione della rilevabilità di un campione di "odore" (BSEN 13725:2003).

La concentrazione alla quale un odore "standard" (n-butanolo) è appena rilevabile da un gruppo di soggetti selezionati (panel) è definita come "soglia di percettibilità" ed assunta pari a 1 Unità odorimetrica europea per metro cubo d'aria (1 OU_E/m³). Un'unità odorimetrica è dunque definita come la quantità di odorante che, dispersa in 1 metro cubo di aria, origina una concentrazione di odorante pari alla soglia olfattiva.

Alla soglia di percettibilità la concentrazione di un odore è così bassa che lo stesso non è assolutamente riconoscibile in modo specifico ma, in ogni caso, può essere percepito quando il campione sottoposto al valutatore è messo a confronto con un campione di aria "pulita".

La soglia di odore (o di percezione) è definita come la concentrazione minima percepibile dal 50% delle persone selezionate per l'analisi olfattiva che si suppone essere rappresentative della popolazione.

La concentrazione di odore di un campione, misurata in unità odorimetriche al metro cubo (OU_E / m^3), in pratica viene valutata diluendo inizialmente il campione con aria esente da odore (aria "neutra"), quindi sottoponendolo a progressive concentrazioni secondo rapporti noti campione/aria neutra: il rapporto di diluizione per cui si raggiunge la soglia di odore rappresenta la concentrazione di odore del campione.

Ad esempio, se il rapporto di diluizione per cui un campione raggiunge la soglia di odore è pari a 1:1.000, cioè il 50% dei panelist percepisce l'odore del campione quando questo è diluito in aria neutra 1.000 volte, allora la concentrazione di odore associata a quel campione sarà di $1.000 OU_E/m^3$.

Lo strumento utilizzato per la determinazione della concentrazione di odore è l'olfattometro, che consente la diluizione del campione secondo rapporti noti, la presentazione del campione ai panelist e la registrazione delle risposte.

La Norma EN 13725:2003, recepita in Italia come UNI EN 13725:2004, *Qualità dell'aria - Determinazione della concentrazione di odore mediante olfattometria dinamica*, definisce e standardizza le procedure ed il metodo di analisi, rendendo la misura olfattometrica un metodo affidabile e consolidato.

Un odore alla concentrazione di $1 OU_E/m^3$ è in realtà così debole che, normalmente, non può essere rilevato al di fuori dell'ambiente controllato di un laboratorio dalla maggior parte della popolazione.

Allorquando l'odore diventi più concentrato, lo stesso diventa progressivamente più percettibile. Le linee guida dell'Agenzia per l'Ambiente del Regno Unito propongono le seguenti soglie di riferimento, determinate in laboratorio, per la classificazione e valutazione dell'esposizione ad odori:

- $1 OU_E/m^3$ soglia di rilevazione
- $5 OU_E/m^3$ odore debole
- $10 OU_E/m^3$ odore chiaramente distinguibile.

Tuttavia appare importante evidenziare come negli ambienti di vita e di lavoro, indoor e outdoor, si riscontrino numerosi altri fattori che influenzano il senso di percezione di un odore:

- fenomeni di assuefazione o tolleranza in persone costantemente esposte ad un ampio range di emissioni odorigene e a differenti concentrazioni. I normali odori di background (traffico, vegetazione, agricoltura, ecc.) possono far registrare concentrazioni da 5 a $60 OU_E/m^3$ o superiori;
- la soglia di riconoscimento, ossia la concentrazione alla quale una persona è in grado di riconoscere e descrivere uno specifico odore, può essere indicativamente pari a circa 3 volte la soglia di percettibilità;
- un odore con caratteristiche di rapida fluttuazione della sua concentrazione può essere maggiormente avvertibile di un odore stazionario a concentrazione superiore.

Per la valutazione dell'entità di un'emissione odorigena, oltre al valore di concentrazione di odore, si fa riferimento anche a parametri che tengono conto del flusso emesso dalla sorgente.

Nel caso di sorgenti puntuali, si considera la portata di odore OER (*Odour Emission Rate*), calcolata come prodotto fra la concentrazione di odore e la portata di effluente gassoso emessa dal camino, ed espressa in OU_E/s .

Nel caso di sorgenti areali non dotate di flusso proprio per valutare l'entità dell'emissione odorigena si considera il flusso specifico di odore SOER (*Specific Odour Emission Rate*), espresso in $\text{OU}_E/\text{m}^3\cdot\text{s}$, che rappresenta la concentrazione di odore emessa per unità di tempo e per unità di superficie da una sorgente areale lambita da una corrente d'aria. Il SOER, moltiplicato per la superficie totale della sorgente, permette di ottenere, in analogia con le sorgenti puntuali, la portata di odore OER, espressa in OU_E/s .

4.7.3 Riferimenti normativi e valori

Come noto, quantunque la vigente normativa ambientale nazionale sulla qualità dell'aria prescriva, per numerosi inquinanti atmosferici, specifici valori limite di concentrazione in atmosfera e valori obiettivo, la stessa non contempla disposizioni in riferimento all'emissione in atmosfera ed alle immissioni di sostanze odorigene. Ne consegue che, attualmente, le emissioni ed immissioni odorigene, intese come miscele atte a provocare molestia olfattiva, non sono soggette ad alcun valore limite.

Pertanto, nella prassi ordinaria, è ormai un dato consolidato che l'inquinamento olfattivo si configuri come un fenomeno di alterazione della qualità ambientale che merita un appropriato controllo e valutazione sia in fase preventiva che in sede di monitoraggio e gestione operativa degli impianti. Prova ne è che alcuni Stati europei e nel resto del mondo hanno emanato specifiche disposizioni per la prevenzione ed il controllo dell'impatto odorigeno di alcune attività industriali.

A livello internazionale sono di particolare interesse le Linee Guida dell'Agenzia Ambientale del Regno Unito (UK-EA) (IPPC-H4 Integrated Pollution Prevention and Control – Draft. Horizontal guidance for Odour. Part 1 – Regulation and Permitting, 2002) che prevedono, per impianti soggetti alla normativa IPPC, l'utilizzo di modelli predittivi di dispersione, limiti di impatto (in termini di OU_E/m^3), registrazione e gestione delle lamentele, criteri per la scelta dei sistemi di abbattimento, ecc. In particolare, per impianti soggetti alla normativa IPPC lo standard di riferimento è pari a $3 \text{OU}_E/\text{m}^3$, come 98° percentile delle concentrazioni orarie al suolo (valore da non superare per più del 2% del tempo).

In materia di diffusione di odori molesti, la legislazione italiana non dispone specifiche norme in materia.

L'approccio seguito per la sua regolamentazione rimane quello individuato con il Testo unico delle Leggi Sanitarie approvato con il Regio Decreto del 1934 il quale, agli artt. 216 e 217, stabilisce che, se una nuova attività di produzione beni e servizi rientra in un elenco emanato dal Ministero della Sanità, aggiornato con periodicità decennale, allora è inquadrabile come insalubre e in virtù di questa classificazione può essere ammessa solo se isolata nelle campagne e tenuta lontana dalle abitazioni (I classe) o comunque solo se adotta speciali cautele per il vicinato (II classe). Nonostante gli evidenti limiti di queste indicazioni invocare l'insalubrità di una determinata produzione continua ad essere una scelta efficace perché l'autorità sanitaria, il Sindaco, si decida a porre un limite alla emissione di effluvi maleodoranti. In effetti la forza dell'articolato sta tutta nella sua indeterminatezza (delega in bianco) e quindi nella notevole discrezionalità che conferisce al Sindaco il potere di imporre misure più restrittive,

c.d. *extra legem*, rispetto alle disposizioni vigenti, in modo da far cessare l'insopportabile olezzo. Ciò nonostante l'impianto normativo del '34 presenta anche una debolezza strutturale dal momento che per poterne applicare i presupposti è necessario motivare adeguatamente l'atto amministrativo, di fatto un'ordinanza, cioè indicare concretamente le prove dell'asserita insalubrità, pena l'annullamento avanti al tribunale amministrativo. Dal momento che si tratta di odori, molto percettibili all'olfatto, ma assai meno rilevabili agli strumenti di misura, la concretezza della prova, unitamente alla dimostrazione di un qualsiasi effetto sanitario, spesso e frequentemente non sono presenti.

Nel merito, la normativa italiana contenuta nel Decreto Legislativo 3 aprile 2006, n. 152 e s.m.i. riporta alcune definizioni utili ai fini dell'impatto odorigeno, in particolare in materia di Valutazione d'impatto ambientale, nella parte seconda del citato Decreto prevede che:

- Art. 22. – (Studio di impatto ambientale) comma 3: “Lo studio di impatto ambientale contiene...” lett. b) “una descrizione delle misure previste per evitare, ridurre e possibilmente compensare gli impatti negativi rilevanti” lett. c) “i dati necessari per individuare e valutare i principali impatti sull’ambiente e sul patrimonio culturale che il progetto può produrre...”

La normativa inerente l’Autorizzazione Integrata Ambientale, Decreto Legislativo 3 aprile 2006, n. 152 e s.m.i., parte seconda, prevede che:

- Art. 4. “Finalità”, comma 4., lettera c) “L’autorizzazione integrata ambientale ha per oggetto la prevenzione e la riduzione integrate dell’inquinamento proveniente dalle attività di cui all’allegato VIII e prevede misure intese ad evitare, ove possibile, o a ridurre le emissioni nell’aria, nell’acqua e nel suolo, comprese le misure relative ai rifiuti, per conseguire un livello elevato di protezione dell’ambiente...”
- Art. 5. “Definizioni” comma 1. Ai fini del presente decreto si intende per:
 - i-bis) sostanze: gli elementi chimici e loro composti, escluse le sostanze radioattive di cui al decreto legislativo 17 marzo 1995, n. 230, e gli organismi geneticamente modificati di cui ai decreti legislativi del 3 marzo 1993, n. 91 e n. 92;
 - i-ter) inquinamento: l’introduzione diretta o indiretta, a seguito di attività umana, di sostanze, vibrazioni, calore o rumore o più in generale di agenti fisici, nell’aria, nell’acqua o nel suolo, che potrebbero nuocere alla salute umana o alla qualità dell’ambiente, causare il deterioramento di beni materiali, oppure danni o perturbazioni a valori ricreativi dell’ambiente o ad altri suoi legittimi usi.

Inoltre, quantunque il D.Lgs. 152/06 pur non prevedendo alcuna compiuta disposizione in merito all'impatto olfattivo, in alcune parti fa cenno al problema, per esempio:

- art. 178: il trattamento dei rifiuti deve avvenire “senza causare inconvenienti da odori”);
- la definizione di inquinamento nell’art. 268 implicitamente investe anche l’impatto olfattivo (“compromettere gli usi legittimi dell’ambiente”);
- il D.M. 29/01/2007, recante Linee guida in materia di BAT per gli impianti di trattamento meccanico-biologico dei rifiuti, fissa per i sistemi di trattamento degli aeriformi un’efficienza di abbattimento minima del 99%, tale da assicurare un valore teorico in uscita dal biofiltro inferiore alla soglia di 300 OU_E /m³;

- ai sensi della parte V del D. Lgs. 152/06 e del D. Lgs. 46/2014 e ss.mm.ii. a tutti gli impianti l'Autorità competente può fissare valori limite di emissione in atmosfera che costituiranno soglie di riferimento per l'esercizio dell'impianto industriale, con sanzioni amministrative e penali in caso di mancato rispetto.

Quantunque in Italia manchino, a tutt'oggi, specifici riferimenti normativi cogenti a livello statale, alcune regioni italiane si sono attivate per disciplinare la materia attraverso proprie linee guida o indirizzi, generalmente definite sulla scorta delle migliori pratiche adottate all'estero.

I principali riferimenti normativi di carattere regionale sono per prassi riconosciuti nella seguente disciplina emanata dalla Regione Lombardia:

- Delibera di Giunta Regionale 15 febbraio 2012 - n. IX/3018 – *"Determinazioni generali in merito alla caratterizzazione delle emissioni gassose in atmosfera derivanti da attività a forte impatto odorigeno"*;
- Delibera di Giunta Regionale 16 aprile 2003 n. 7/12764 – *"Linee guida relative alla costruzione e all'esercizio degli impianti di produzione di compost"*, recante disciplina degli impianti di compostaggio dei rifiuti, con la quale la regione Lombardia ha fissato criteri relativi alle emissioni odorigene.

In assenza di specifiche indicazioni a livello di normativa statale e della Regione Sardegna, per le finalità del presente studio si farà riferimento agli indirizzi operativi contenuti nelle richiamate linee guida della Regione Lombardia. Ciò con particolare riguardo:

- ai criteri di elaborazione delle mappe di impatto, laddove sono riportati i valori di concentrazione orarie di picco di odore al 98° percentile su base annuale, così come risultanti dalla simulazione, a 1, 3 e 5 OU_E/m^3 ⁴
- all'applicazione di un coefficiente moltiplicativo pari a 2.3 sulle concentrazioni orarie restituite dal modello (*peak-to-mean ratio*) atto a rappresentare, a partire dalle medie orarie, le concentrazioni medie di odore su brevi periodi (p.e. 5-10 minuti), significative ai fini della apprezzabilità dell'impatto odorigeno.

Ai fini della valutazione della significatività delle concentrazioni odorigene in corrispondenza dei ricettori si farà riferimento ai seguenti valori di soglia:

- 1 OU_E/m^3 il 50% della popolazione percepisce l'odore;
- 3 OU_E/m^3 l'85% della popolazione percepisce l'odore;
- 5 OU_E/m^3 il 90-95% della popolazione percepisce l'odore.

4.7.4 Ricettori

Visto l'esito delle simulazioni (successivo Cap. 4.7.8), da cui risulta che:

⁴ Si tenga presente che all'1 OU_E/m^3 il 50% della popolazione percepisce l'odore; 3 OU_E/m^3 l'85% della popolazione percepisce l'odore; 5 OU_E/m^3 il 90-95% della popolazione percepisce l'odore.

- la dispersione delle emissioni odorigene, quantunque di entità estremamente contenuta, interesserà prevalentemente l'area in cui è ubicato l'impianto e solo marginalmente quelle adiacenti.
 - nell'area interessata dalla dispersione delle sostanze odorigene, esse sono presenti in concentrazioni nettamente inferiori ai valori minimi di percezione convenzionalmente considerati
 - i primi ricettori sensibili sono ubicati a diversi chilometri dal limite rilevabile di dispersione degli odori
- si ritiene di escludere la presenza di ricettori potenzialmente influenzabili dalle emissioni dell'impianto proposto, ad eccezione degli operatori presenti nell'ambito dell'impianto stesso, la cui presenza deve considerarsi comunque temporanea e discontinua.

4.7.5 Sorgenti e fattori di emissione.

La scelta del valore specifico di emissione di odori funzionale alla previsione dell'impatto odorigeno di un nuovo impianto di trattamento di rifiuti, ancorché giustificabile sulla base di dati di letteratura, si ritiene che non possa però prescindere da ulteriori considerazioni e valutazioni tecniche riferibili allo specifico caso oggetto di analisi.

Nel caso specifico, sulla base degli elementi impiantistici, delle loro dimensioni e delle modalità operative adottate nel modulo di discarica in esame, l'unica sorgente emissiva potenziale da considerare è costituita dalla superficie di discarica in coltivazione.

Nel caso specifico, la sorgente emissiva areale è stata definita in funzione delle seguenti modalità di coltivazione (superfici emissive areali):

- sulla base dei conferimenti medi giornalieri (25.000 t/a/250 gg) la superficie della cella giornaliera di coltivazione è stimata di superficie non superiore a m^2 80-100, soggetta ad un tempo massimo di esposizione di h.8 (dallo scarico alla copertura giornaliera);
- pur in assenza di una chiusura provvisoria, progressiva, della parte di modulo esaurita, i rifiuti esterni alla cella in coltivazione sono stati, per ogni orizzonte depositato, coperti con uno strato di materiale terroso.

Per alcuni impianti industriali, tra cui le discariche di rifiuti urbani, sono noti in letteratura (§ Sironi et al. -2003) i rispettivi fattori di emissione, desunti da monitoraggi pregressi. Pertanto, ai fini delle simulazioni, si sono assunti i fattori di emissione massimi per impianti di discarica di rifiuti urbani indifferenziati, rilevati in letteratura, adeguatamente rimodulati in funzione delle quantità e modalità operative di smaltimento.

Per quanto sopra, sono state assunte quali sorgenti areali di emissione simultanea:

- a) la superficie media occupata dall'abbancamento giornaliero dei rifiuti (cella) esposti sulla superficie di coltivazione, prima della copertura giornaliera (m^2 100), per un lasso temporale di esposizione di 8 ore.
- b) La superficie massima interessata dai rifiuti provvisoriamente coperti (m^2 15.400 circa), per un lasso temporale di esposizione di 24 ore.

In via cautelativa, queste superfici sono stata fatta coincidere con la quota media di abbancamento dei rifiuti (m 480 s.l.m) e con la situazione più critica (fine coltivazione).

Sempre in via estremamente cautelativa, alle predette superfici, sono stati assegnati i seguenti fattori di emissione:

- superficie a): $5,5 \text{ OU}_E/\text{m}^2\text{s}$, pari a quello monitorato nelle discariche per rifiuti urbani, prima della copertura giornaliera dei rifiuti, come quantificato da studi sperimentali condotti da Sironi et al. (2005), i quali hanno campionato le sorgenti di odore di discariche per RSU italiane, a mezzo della tecnica dinamica *wind tunnel (camera di flusso)*⁽¹⁾;
- superficie b): $1,1 \text{ OU}_E/\text{m}^2\text{s}$, pari al 20% del valore di cui al punto precedente, in funzione dell'effetto stimato di mitigazione degli orizzonti plurimi di copertura giornaliera.

(1) trascurando cautelativamente il fatto che, nel caso in esame, la % di rifiuti putrescibili è minima se non assente.

4.7.6 Simulazioni

Con l'utilizzo del software *MAIND LandUse* è stato estratto il dataset di orografia e rugosità del territorio, tali informazioni sono successivamente state inserite nel modello creato mediante il software *MAIND Windimula* già descritto, nel quale è stato impostato il reticolo di calcolo di 50x50 punti distanti 50 ml.

La simulazione è stata effettuata su una sorgente areale come sopra individuata, la cui emissione ipotizzata è di $100 \text{ m}^2 \times 5,5 \text{ OU}_E/\text{m}^2\text{s} + 15.400 \text{ m}^2 \times 1,1 \text{ OU}_E/\text{m}^2\text{s}$ corrispondenti a circa $17.490 \text{ OU}_E/\text{s}$.

4.7.7 Analisi dei risultati

L'analisi dei risultati è stata eseguita con l'utilizzo del post-processore *MAIND RunAnalyzer* mediante il quale sono stati ricavati i valori di concentrazione orarie di picco di odore al 98° percentile su base annuale, con l'applicazione di un coefficiente moltiplicativo pari a 2.3 sulle concentrazioni orarie restituite dal modello (*peak-to-mean ratio*). L'analisi delle simulazioni ha permesso di individuare un valore massimo atteso è di circa $5 \text{ OU}_E/\text{m}^3$ (localizzato all'interno del lotto) e una distribuzione di emissioni olfattive limitata e circoscritta all'area di proprietà.

Nelle figure seguenti (**Fig. 4/V e 4/VI**) sono riportate le isolinee relative alla concentrazione di odori con riferimento all'aerofotogrammetrico. Da questa si evince che non si attendono impatti significativi in seguito all'attività in oggetto. In particolare, non si prevedono concentrazioni superiori alla soglia di percettibilità $1 \text{ OU}_E/\text{m}^3$.

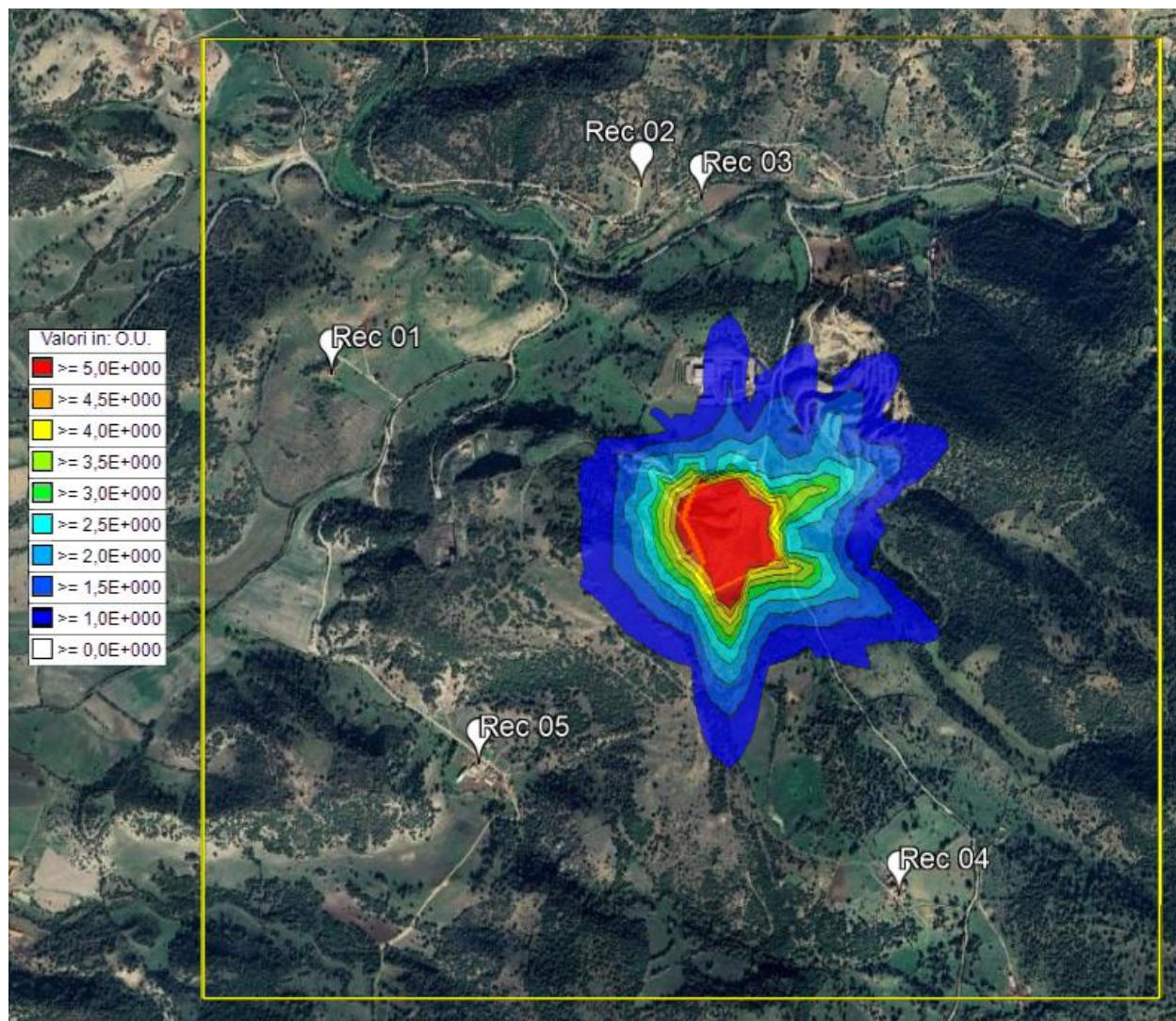


Figura 4/V: Modellazione relativa alla concentrazione di odori – Media annuale 2023

4.7.8 Conclusioni

Il presente studio ha indagato, secondo i dati disponibili, l'impatto delle emissioni odorigene e della loro dispersione in atmosfera generate dal modulo n. 1bis di discarica per rifiuti urbani, ubicata in località "Coldianu" nel comune di Ozieri (SS).

L'analisi è stata condotta con l'utilizzo di un modello riconosciuto a livello internazionale sui dati meteo ricavabili dalla stazione meteorologica presente in impianto

Con l'utilizzo di un post-processore sono stati ricavati i valori di concentrazione orarie di picco di odore al 98° percentile su base annuale, con l'applicazione di un coefficiente moltiplicativo pari a 2.3 sulle concentrazioni orarie restituite dal modello (*peak-to-mean ratio*). L'analisi delle simulazioni ha permesso di individuare valori superiori a 5 OU_E/m³ solo all'interno del lotto e una distribuzione di emissioni olfattive limitata e circoscritta all'area di proprietà da cui si evince che non si attendono impatti significativi in seguito all'attività in oggetto.

4.8 Emissioni di biogas

4.8.1 Introduzione

Oggetto del presente capitolo è lo studio della potenziale variazione dello stato di qualità dell'aria, imputabile alle emissioni del biogas prodotto dai processi di degradazione anaerobica della frazione organica dei rifiuti smaltiti nel modulo n.1bis della discarica, anche se, come già detto in precedenza, la composizione merceologica dei rifiuti attualmente smaltibili (prevalentemente sovvalli e residui di rifiuti ingombranti triturati), fa escludere una presenza significativa di materiale facilmente putrescibile.

Va inoltre ricordato che la gestione del biogas prodotto dal nuovo modulo sarà del tutto indipendente ed autonoma rispetto a quella del modulo sottostante (Modulo n.1).

4.8.2 Produzione di biogas

I fenomeni alla base del processo di produzione del biogas sono oramai ben conosciuti ed ampiamente descritti dalla ampia bibliografia disponibile. Per tale motivo si tralascia in questa sede la descrizione dei fattori bio-chimici e dei concetti alla base del fenomeno.

In effetti il fenomeno "base" è abbastanza semplice mentre è ben più complessa la valutazione della "sovrapposizione degli effetti" di produzione del biogas che avviene in una discarica.

Il fenomeno fermentativo che può essere simulato all'interno di un laboratorio è facilmente controllabile ed analizzabile; anche all'interno di un digestore anaerobico di rifiuti o di sostanze organiche assimilabili, di alcune decine di metri cubi il fenomeno è ben definibile e tutti i parametri influenti sono analiticamente osservabili ed eventualmente correggibili.

In una discarica di grandi dimensioni la fenomenologia è invece estremamente più complessa e quindi è possibile asserire che in discarica non è presente un fenomeno fermentativo, ma bensì innumerevoli fenomeni che contemporaneamente contribuiscono alla produzione del biogas.

La tipologia dei rifiuti, per natura stessa estremamente eterogenea, le mutevoli condizioni ambientali, costruttive e gestionali di un impianto di smaltimento influiscono sulla produzione complessiva del biogas. Con tali premesse si valuta come indispensabilmente necessario un approccio molto prudentiale e flessibile all'argomento di valutazione della produzione di biogas.

L'uso di modelli molto semplificati e fortemente arbitrari (ad esempio LandGEM-EPA) è assolutamente sconsigliabile anche se molti di questi modelli sono facilmente reperibili sul web.

La produzione unitaria di biogas è influenzata da una molteplicità di fattori ed in particolare da:

- la composizione merceologica dei rifiuti e la relativa percentuale di sostanza organica putrescibile
- la conformazione morfologica della discarica
- il battente medio del percolato
- l'umidità dei rifiuti al momento del conferimento
- l'umidità dovuta all'infiltrazione di acque meteoriche.

Dalle esperienze note si stima che un rifiuto urbano indifferenziato, con una percentuale del 40-60% di frazione putrescibile, ripartita indicativamente tra un 30% di frazione velocemente putrescibile ed un 15% di frazione lentamente putrescibile, produca (produzione specifica) circa 160-200 Nm³/h di biogas LFG50 (LandFill Gas @50%CH₄). Stante la composizione merceologica attesa dei rifiuti smaltibili, la produzione di biogas può stimarsi prudenzialmente nel 50% di quello sopra riportata.

4.8.3 Aspetti normativi e procedure di riferimento

Le recenti Normative Comunitarie e Nazionali confermano la necessità e l'importanza nel procedere alla valutazione delle emissioni diffuse.

Disciplinare discariche (Decreto Legislativo 36/2003)

Nell'allegato 2 del D.Lgs 36/03 relativo ai Piani di Sorveglianza e Controllo, al punto 5.4 viene chiaramente definito che "deve essere previsto un monitoraggio delle emissioni gassose, convogliate e diffuse, della discarica stessa, in grado di individuare anche eventuali fughe di gas esterno al corpo della stessa discarica". È necessario che il monitoraggio del biogas, oltre che sulle emissioni convogliate presso impianti di captazione debba essere esteso alle emissioni diffuse dalla copertura della discarica verso l'atmosfera e dalle superfici di interfaccia con il sottosuolo.

Il Decreto stabilisce inoltre che è necessario provvedere alla caratterizzazione quantitativa del gas di discarica.

Viene quindi richiesto il monitoraggio del flusso del biogas inteso come la quantità di gas caratterizzato da concentrazioni definite.

IPPC (Decreto Legislativo 372/1999)

Tra le categorie identificate dall'allegato 1 del D.Lgs 372/99 compaiono chiaramente al punto 5.4 le "Discariche che ricevono più di 10 tonnellate al giorno o con una capacità totale di oltre 25.000 tonnellate, ad esclusione delle discariche per rifiuti inerti".

È quindi evidente che quasi tutte le discariche per rifiuti rientrano nella categoria di interesse della IPPC.

La direttiva comunitaria 96/61/CE, ed il decreto attuativo 372/99, impongono alle discariche rientranti nelle categorie riportate in allegato 1, di rispettare i valori limiti d'emissione fissati, in accordo all'autorità competente, in base alle migliori tecnologie adottate.

Per quanto concerne le emissioni in aria, causate dalla produzione di biogas, **gli inquinanti che le discariche devono dichiarare sono metano e biossido di carbonio.**

I valori soglia relativi a questi componenti tipici del biogas sono rispettivamente a 100 t/anno per il metano e 100.000 t/anno per l'anidride carbonica.

Il dato suddetto è normalmente utilizzato ai fini dell'aggiornamento del registro integrato delle emissioni e dei trasferimenti di sostanze inquinanti "PRTR" (Pollution Release and Transfer Register) che

fa parte del Registro Europeo "Registro E-PRTR" che tiene conto di tutte le dichiarazioni provenienti dai complessi impiantistici ubicati sul territorio dell'Unione Europea ai sensi del Regolamento CE 166/2006 modificato dal Regolamento CE 596/2009 (ex dichiarazione INES).

In pratica il superamento delle soglie PRTR precedentemente riportate obbliga il gestore dell'impianto ad effettuare la dichiarazione delle emissioni.

Norme tecniche sul monitoraggio delle emissioni di biogas

Purtroppo non esistono sul territorio Nazionale normative tecniche o linee guida idonee alla valutazione di un metodo analitico preciso e ripetitivo.

Esistono invece alcune esperienze condotte da ricercatori ed Istituti Universitari che, pur essendo presumibilmente corrette, percorrono iter diversi e pertanto non sempre è facile ricostruire una procedura standardizzata come invece è richiesto dalla Normativa IPPC.

L'unica e più aggiornata Normativa tecnica sull'argomento è quella emessa dall'Agenzia per l'Ambiente Inglese EA (Environment Agency) **"Guidance for Monitoring Landfill Gas Surface Emissions"**.

Tale procedura, emanata nel marzo 2003, aggiornata nel settembre 2004 e nuovamente aggiornata nella edizione 2010 con la sigla LFTGN07-V2-2010, ha il vantaggio di essere molto precisa nei propri dettagli sull'acquisizione dei rilievi (metodologia e strumentazione) e sull'elaborazione dei dati.

In carenza di metodologia ufficiale Nazionale l'indagine sul campo è stata quindi svolta seguendo le specifiche della Norma tecnica dell'Agenzia Inglese precedentemente descritta.

Ulteriore vantaggio riferito all'utilizzo della "Guidance for Monitoring Landfill Gas Surface Emissions" è l'identificazione dei limiti di accettabilità per le emissioni in atmosfera di metano attraverso la superficie (tab 2.1), i quali sono di seguito esposti:

- discariche dotate di capping definitivo = $0,001 \text{ mg m}^{-2} \text{ s}^{-1}$
- discariche dotate di capping provvisorio = $0,1 \text{ mg m}^{-2} \text{ s}^{-1}$

A livello Nazionale sono comunque da tempo applicate in diverse Regioni alcune procedure di monitoraggio in linea con la Norma Inglese ad indicazione della sua validità.

Si cita ad esempio il protocollo dell'Agenzia Regionale Abruzzese ARTA.

La citata procedura dell'EA è già stata applicata dallo scrivente studio tecnico ambientale su numerose discariche in Italia ed all'Estero.

Linee guida Regione Lombardia

In data 7/10/2014, con DGR n° X/2461, sono state pubblicate sul BUR della Regione Lombardia le **Linee Guida per la progettazione e gestione sostenibile delle discariche**.

Tali Linee Guida sono poi state annullate dal TAR Lombardia con sentenza n° 522 del 17/03/2016 per motivazioni di tipo formale e non tecnico.

Tali linee contengono due elementi innovativi circa il controllo delle emissioni del biogas in atmosfera.

Il primo elemento è relativo alla possibilità di utilizzare un sistema differente rispetto alla combustione del biogas (in recupero energetico oppure in torcia) consistente nella "bio-ossidazione".

Tale sistema è ammesso dalle Linee Guida fino ad un limite pari a **0,001 Nm³ CH₄/m²/h**.

La seconda novità è il limite ammesso come emissione "finale" (a copertura definitiva realizzata) di biogas in atmosfera pari a **0,5 NI CH₄/m²/h**.

Questo limite viene indicato nell'Allegato B relativo alla "Qualità Finale della Discarica QFD" al termine del periodo di post-chiusura.

4.8.5 Sorgenti e fattori di emissione

A differenza del Modulo n.1 in post-esercizio, in cui l'impianto di estrazione del biogas è stato installato contestualmente alla chiusura del modulo e pertanto con un'efficienza limitata, nel presente caso (Modulo 1bis), l'impianto di estrazione del biogas verrà installato contestualmente alla costruzione del modulo e progressivamente integrato con l'avanzare degli abbancamenti. La soluzione progettuale proposta, prevede l'interconnessione del sistema di aspirazione del biogas con quello di drenaggio del percolato, mantenuti entrambe in depressione. Questa soluzione progettuale, meglio descritta nel Quadro progettuale (Capitolo 4) consente un duplice vantaggio:

- una migliore e sicura estrazione del biogas (maggiore efficienza del sistema)
- l'estrazione del biogas a partire dall'inizio degli abbancamenti.

Per quanto sopra, in teoria, il sistema proposto, non dovrebbe dar origine ad emissioni fuggitive e tutto il biogas prodotto dovrebbe essere convogliato all'impianto centralizzato di cogenerazione o di combustione in torcia.

Tuttavia, è risaputo che, quantunque l'impianto di estrazione sia efficiente, una quota di biogas tende a disperdersi dal corpo di discarica, dando origine ad emissioni areali fuggitive sul modulo, che normalmente vengono stimate nel 30% del biogas prodotto.

Pertanto, al netto delle emissioni convogliate agli impianti di combustione del biogas (torcia e/o motore di cogenerazione), autonomamente monitorate, la sorgente emissiva considerata ai fini della simulazione è rappresentata dall'intera superficie del modulo n.1bis, pari a m² 15.500 circa .

Il monitoraggio "RELAZIONE TECNICA 2023 - MONITORAGGIO DELLE EMISSIONI SUPERFICIALI DI BIOGAS DISCARICA CONTROLLATA DI CHILIVANI AMBIENTE, OZIERI (SS)" ha determinato un flusso di metano nella discarica esistente (Modulo 2 in esercizio) di 2,4 mg/m²s. Sulla base di tale dato e in considerazione della caratterizzazione merceologica dei rifiuti effettivamente smaltibili nel nuovo modulo, della percentuale di umidità e di altri parametri specifici, si stima una produzione unitaria di biogas (con un apertuale di metano attorno al 50%) non captato e, pertanto, fuggitiva, pari a circa 0,8 mg/m²s. Considerata la superficie di discarica citata, il flusso totale sarebbe pari a 6 g/s di Metano. Tale quantitativo è da considerarsi massimo, destinato a ridursi di circa 20 volte in un lasso temporale di anni 36 (6 di esercizio + 30 di post-esercizio).

4.8.6 Simulazioni

Con l'utilizzo del software *MAIND LandUse* è stato estratto il dataset di orografia e rugosità del territorio, tali informazioni sono successivamente state inserite nel modello creato mediante il software *MAIND Windimula* già descritto, nel quale è stato impostato il reticolo di calcolo di 50x50 punti distanti 50 ml. La simulazione viene eseguita in condizioni di massima emissione (6 g/s).

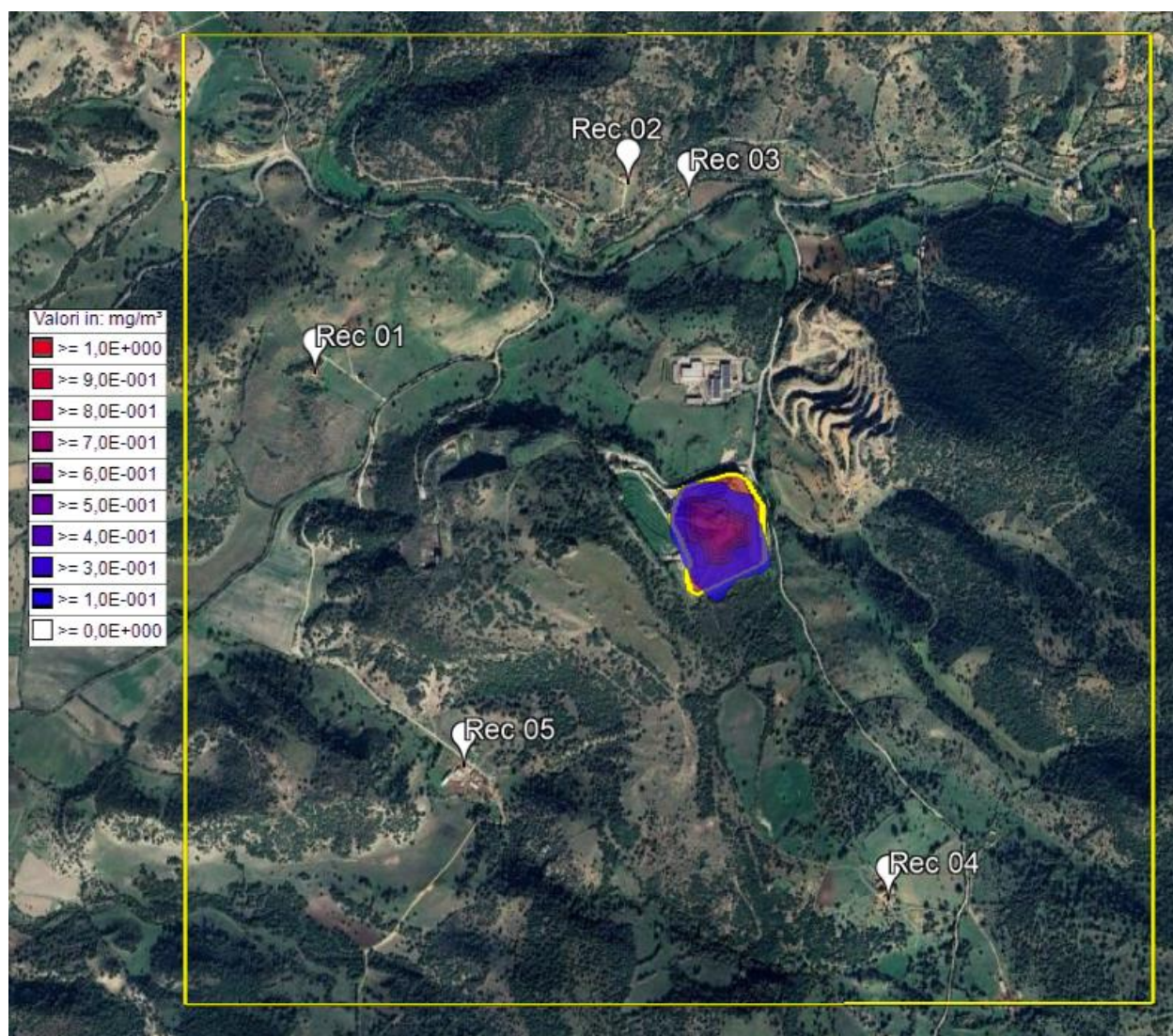


Figura 4/VII: Isolinee relative alla concentrazione di metano (2023)

4.8.7 Analisi dei risultati

Le simulazioni condotte in base ai dati meteo disponibili hanno evidenziato un livello di metano concentrato sull'area di discarica di modesta entità, nell'ordine delle frazioni di $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Tali livelli, inoltre, scemano rapidamente all'allontanarsi dal limite dell'area interessata.

4.9 Sintesi dei risultati

Nel seguito si riportano i dati attesi degli inquinanti individuati presso i ricettori più prossimi nel quinquennio più recente.

PM₁₀ - Valori medi annuali (limite: 40 µg/m³)

Descrizione	X (m)	Y (m)	2019	2020*	2021	2022	2023
Rec01	497375	4491369	1,69E-001	1,70E-001	3,50E-002	5,38E-002	4,12E-002
Rec02	498157	4491861	1,95E-001	1,81E-001	4,47E-002	6,12E-002	5,49E-002
Rec03	498306	4491824	1,79E-001	1,63E-001	3,82E-002	5,61E-002	6,77E-002
Rec04	498807	4490064	2,21E-001	4,31E-001	5,75E-002	9,07E-002	6,25E-002
Rec05	497755	4490356	1,50E-001	1,29E-001	1,85E-002	3,79E-002	4,25E-002

* si rileva un solo superamento del valore di soglia di 50 µg/m³ nel Ricettore 4 nel 2020

PM_{2,5} - Valori medi annuali (limite: 25 µg/m³)

Descrizione	X (m)	Y (m)	2019	2020	2021	2022	2023
Rec01	497375	4491369	2,53E-002	2,54E-002	5,23E-003	8,06E-003	6,16E-003
Rec02	498157	4491861	2,92E-002	2,71E-002	6,69E-003	9,17E-003	8,23E-003
Rec03	498306	4491824	2,68E-002	2,45E-002	5,72E-003	8,40E-003	1,01E-002
Rec04	498807	4490064	3,30E-002	6,46E-002	8,61E-003	1,36E-002	9,35E-003
Rec05	497755	4490356	2,25E-002	1,93E-002	2,77E-003	5,68E-003	6,36E-003

Metano - Valori medi annuali (in mg/m³)

Descrizione	X (m)	Y (m)	2019	2020	2021	2022	2023
Rec01	497375	4491369	5,50E-003	4,71E-003	1,02E-003	1,27E-003	1,91E-003
Rec02	498157	4491861	7,05E-003	5,34E-003	1,47E-003	1,79E-003	3,01E-003
Rec03	498306	4491824	6,82E-003	4,98E-003	1,54E-003	1,83E-003	3,84E-003
Rec04	498807	4490064	7,46E-003	1,55E-002	2,40E-003	2,77E-003	1,96E-003
Rec05	497755	4490356	5,32E-003	3,55E-003	7,30E-004	9,93E-004	1,65E-003

ODORE - Concentrazione orarie di picco di odore al 98° percentile con peak-to-mean ratio di 2,3 (limite: 5 OUE/m³)

Descrizione	X (m)	Y (m)	2019	2020	2021	2022	2023
Rec01	497375	4491369	1,13E-001	1,13E-001	1,06E-001	1,10E-001	1,10E-001
Rec02	498157	4491861	1,32E-001	1,32E-001	1,23E-001	1,29E-001	1,53E-001
Rec03	498306	4491824	1,17E-001	1,17E-001	1,80E-001	1,23E-001	3,59E-001
Rec04	498807	4490064	2,92E-001	1,09E+000	1,02E-001	1,60E-001	1,60E-001
Rec05	497755	4490356	9,52E-002	9,52E-002	9,23E-002	9,24E-002	9,52E-002

4.10 Conclusioni

Dalle modellazioni effettuate sulla base dei dati meteo rilevati dalla centralina aziendale, dell'orografia del sito e dell'intorno, delle ipotesi fatte sulle emissioni di PM_{2.5}, PM₁₀, Odori e Metano, è possibile affermare che non vi sono evidenze di situazioni tali da modificare la qualità dell'aria circostante in maniera significativa, bensì, l'impatto dell'attività appare di modesta entità e circoscritto all'area di discarica.

4.11 Valutazione degli impatti cumulativi

Le sorgenti esistenti nell'intorno dell'impianto e tali da comportare un potenziale effetto cumulativo delle emissioni in atmosfera sono:

Modulo Discarica in esercizio: similmente alla Discarica in progetto, la coltivazione esistente, localizzata in adiacenza, comporta emissioni di polveri, odori e biogas.

- **Polveri:** sul modulo, una volta ricoperto, vi potrà essere un effetto di dispersione delle polveri dovuto all'azione del vento. Tale effetto è destinato a scemare negli anni, per via della diminuzione con il tempo della componente più leggera, dell'effetto di calcificazione per l'azione dell'acqua piovana e dell'umidità e dell'inerbimento della superficie. Le analisi effettuate sulle Polveri Totali hanno evidenziato una differenza fra valle e monte di circa $500 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Non essendo nota la quota parte delle frazioni PM_{10} e $\text{PM}_{2.5}$, ai fini della modellizzazione, tali frazioni sono state stimate sulla base dei coefficienti ricavabili dalle *EPA AP-42 Cap. 13.2.4 Aggregate Handling And Storage Piles*, da cui risulterebbero concentrazioni di $175 \mu\text{g}/\text{m}^3$ per il PM_{10} e $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ per il $\text{PM}_{2.5}$. È stato quindi costruito un modello che simulasse, nelle condizioni meteo peggiori (anno 2020) le concentrazioni di cui sopra, permettendo di ricavare a ritroso dei flussi pari a: $2,65 \text{ g/s}$ per il PM_{10} e $1,50 \text{ g/s}$ per il $\text{PM}_{2.5}$.

Inoltre, in prossimità del cogeneratore sarà posizionato un tritatore che contribuirà alla concentrazione delle polveri. Tuttavia, non essendo nota l'entità delle emissioni e la distribuzione in granulometria, ai soli fini della presente modellizzazione, si considerano le emissioni di impianti simili, di potenzialità pari a 9.000 t/a . Secondo le considerazioni qui descritte, i flussi sarebbero pari a $1,2 \text{ mg/s}$ per il PM_{10} e a $0,72 \text{ mg/s}$ per il $\text{PM}_{2.5}$.

Per quanto riguarda la torcia e il cogeneratore, non sono disponibili dati sul contenuto di PM_{10} e $\text{PM}_{2.5}$ nelle polveri emesse, sono, tuttavia, noti i valori delle polveri totali. Fra i due sistemi il cogeneratore risulta essere il più impattante sul totale delle polveri con un flusso pari a $0,700 \text{ mg}/\text{m}^3$ che, in considerazione della portata normalizzata di $527 \text{ Nm}^3/\text{h}$ al punto di emissione, corrispondono a $0,1 \text{ mg/s}$. Ai soli fini della modellizzazione si ritiene ragionevole considerare i coefficienti già ricavati dalla *EPA AP-42 Cap. 13.2.4 Aggregate Handling And Storage Piles*, da cui risulterebbero fattori di emissione di $0,035 \text{ mg/s}$ per il PM_{10} e $0,02 \text{ mg/s}$ per il $\text{PM}_{2.5}$.

- **Biogas/Metano:** dai monitoraggi effettuati sull'intera superficie si ricava un flusso medio di metano per metro quadrato pari a $2,4 \text{ mg/s}$. Ne deriva un flusso complessivo, considerando l'intera superficie (42.000 m^2), di circa 100 g/s . Si noti che tale valore, determinato in sede di monitoraggio, è via via destinato a scemare nel tempo e, pertanto, è da ritenersi estremamente cautelativo.
- **Odori:** in assenza di dati più specifici si adatterà il fattore di emissione già citato nei capitoli precedenti di $1,1 \text{ OUE}/\text{m}^2\text{s}$, in funzione dell'effetto stimato di mitigazione della copertura. Anche tale valore può essere considerato massimo e destinato a ridursi con il tempo.

Impianto di compostaggio: A circa 200 metri in direzione Nord dai limiti della coltivazione attuale è presente un impianto di trattamento FORSU comprendente, oltre che aree di movimentazione e stoccaggio, una sezione di biossidazione della frazione umida all'interno di reattori di biostabilizzazione

accelerata attrezzati con sistema di aerazione forzata dal fondo e sistema di rivoltamento/trasferimento mediante coclee ad asse subverticale e una sezione di maturazione non areata del biostabilizzato. Il funzionamento di detto impianto comporta pertanto emissione odorigene e di polveri inalabili.

- **Polveri:** Non sono disponibili dati sul contenuto di PM₁₀ e PM_{2.5} nelle polveri emesse, sono, tuttavia, noti i valori delle polveri totali misurate periodicamente (dati del 2022) in uscita ai biofiltri. Ai soli fini della modellizzazione si ritiene ragionevole considerare i coefficienti già ricavati dalla *EPA AP-42 Cap. 13.2.4 Aggregate Handling And Storage Piles*, da cui risulterebbero fattori di emissione sulle polveri totali del 35% per il PM₁₀ e del 20% per il PM_{2.5}. Secondo i risultati dei campionamenti e l'applicazione di tali parametri, i flussi sarebbero pari a 0,132 mg/s per il PM₁₀ e a 0,076 mg/s per il PM_{2.5}.
- **Odori:** le emissioni dai biofiltri (concentrate) presentano un valore medio di 200 U.O./mc.

Per quanto riguarda la valutazione degli effetti cumulativi, verranno presi in considerazione i dati meteo dell'anno con maggiore concentrazione ai ricettori, ovvero il 2020.

Il confronto fra i valori associabili al solo modulo in progetto e quelli cumulativi è riportato nella seguente tabella:

Descrizione	PM10 (µg/m³)	PM10 (cumul) (µg/m³)	PM2.5 (µg/m³)	PM2.5 (cumul) (µg/m³)	CH4 (mg/m³)	CH4 (cumul) (mg/m³)	ODORE (OU _E /m³)	ODORE (cumul) (OU _E /m³)
Rec01	0,170	2,280	0,025	1,230	0,005	0,069	0,113	0,381
Rec02	0,181	2,600	0,027	1,410	0,005	0,078	0,132	0,453
Rec03	0,163	2,420	0,025	1,32	0,005	0,072	0,117	0,361
Rec04	0,431	7,140	0,065	3,890	0,016	0,243	1,090	3,710
Rec05	0,129	1,71	0,019	0,925	0,004	0,054	0,095	0,325

Dalle modellazioni effettuate sulla base dei dati meteo rilevati dalla centralina aziendale nell'anno più gravoso (2020), dell'orografia del sito e dell'intorno, delle ipotesi fatte sulle emissioni di PM_{2.5}, PM₁₀, Odori e Metano dell'impianto in oggetto e del contributo delle fonti inquinanti più prossime è possibile affermare quanto segue:

PM₁₀: Il modulo in progetto influirà in minima parte sulla concentrazione totale di inquinante e senza che questa raggiunga soglie di allerta, rispetto al limite di 40 µg/m³.

PM_{2.5}: il modulo in oggetto non influirà sulle concentrazioni complessive di inquinante, essendo il suo contributo inferiore a 1/40 del totale. In ogni caso le concentrazioni cumulative non supereranno il valore limite di 25 µg/m³, attestandosi al di sotto dei 4 µg/m³.

Metano: le emissioni associabili al modulo in oggetto sono minime, inferiori di almeno un ordine di grandezza rispetto a quelle cumulative.

Odore: Il contributo del modulo in progetto sul livello di odori nell'area sarà variabile fra 1/3 e 1/4 delle concentrazioni cumulative. In ogni caso il livello di odore dovrebbe attestarsi al di sotto del valore di sensibilità di 5 OU_E/m³

Nel seguito (in coda al documento) sono riportate le modellizzazioni su base geografica descritte nel presente paragrafo.

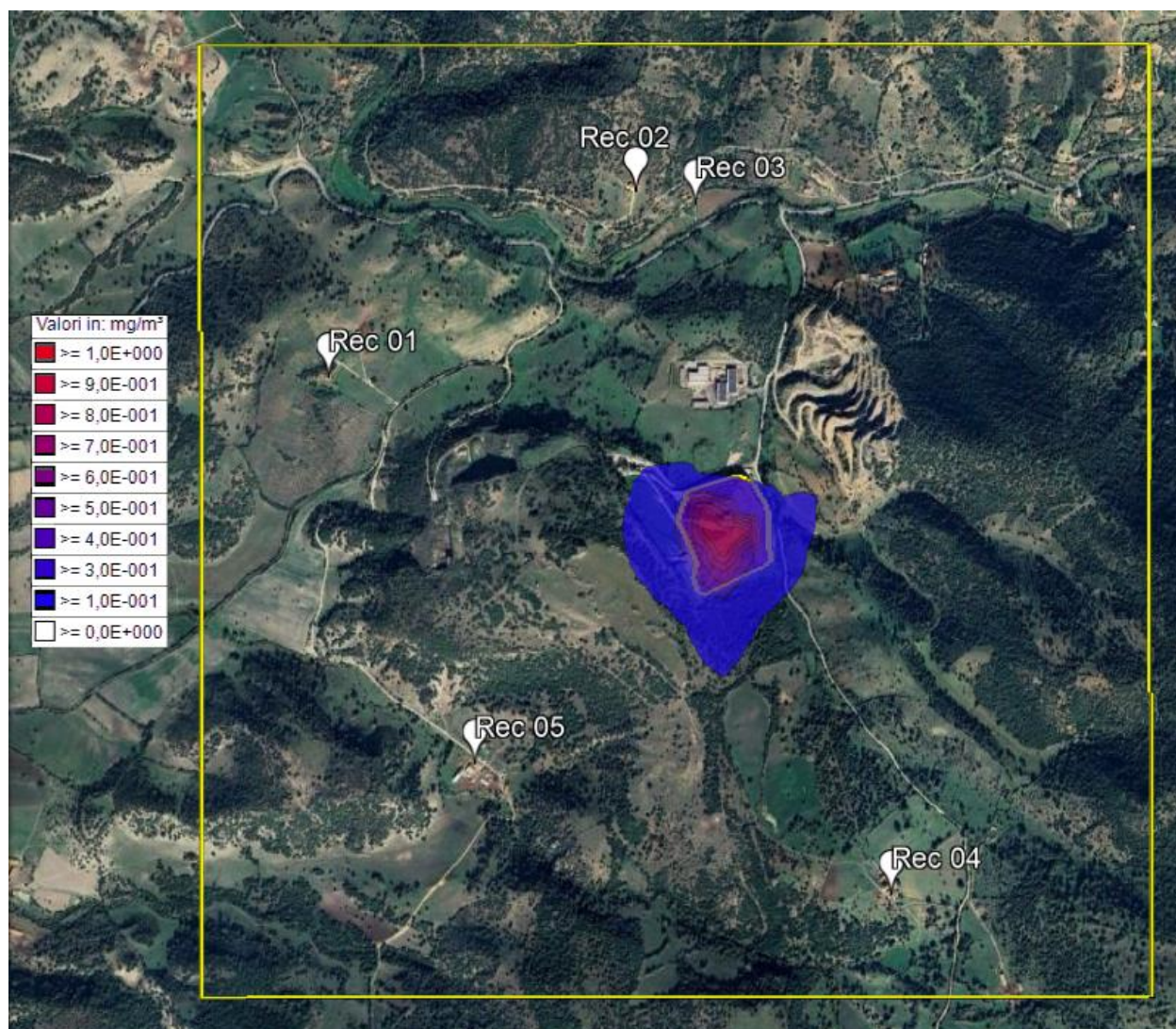


Figura 1: Metano (2019) - Valori medi annuali (in mg/m³)

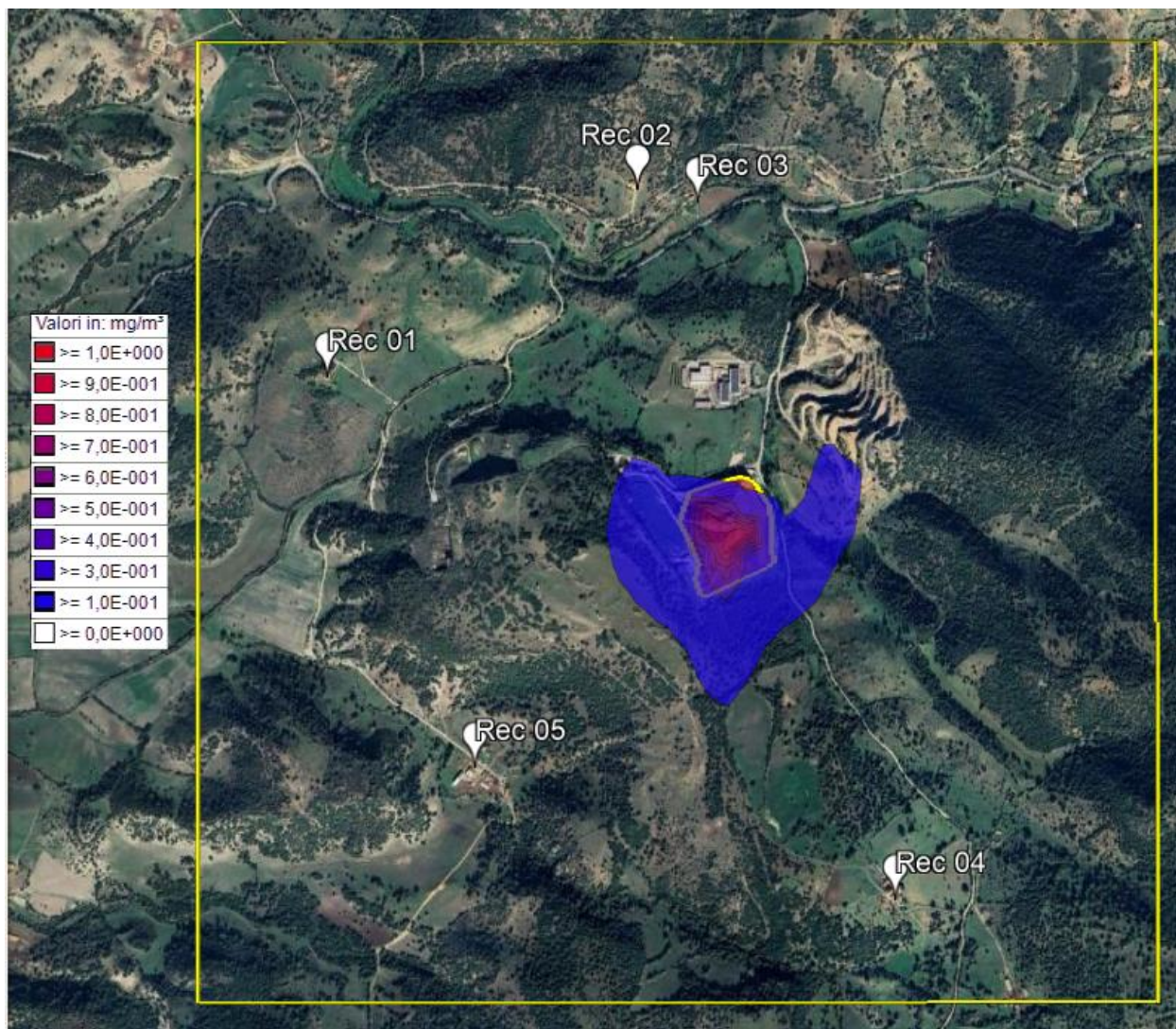


Figura 2: Metano (2020) - Valori medi annuali (in mg/m³)

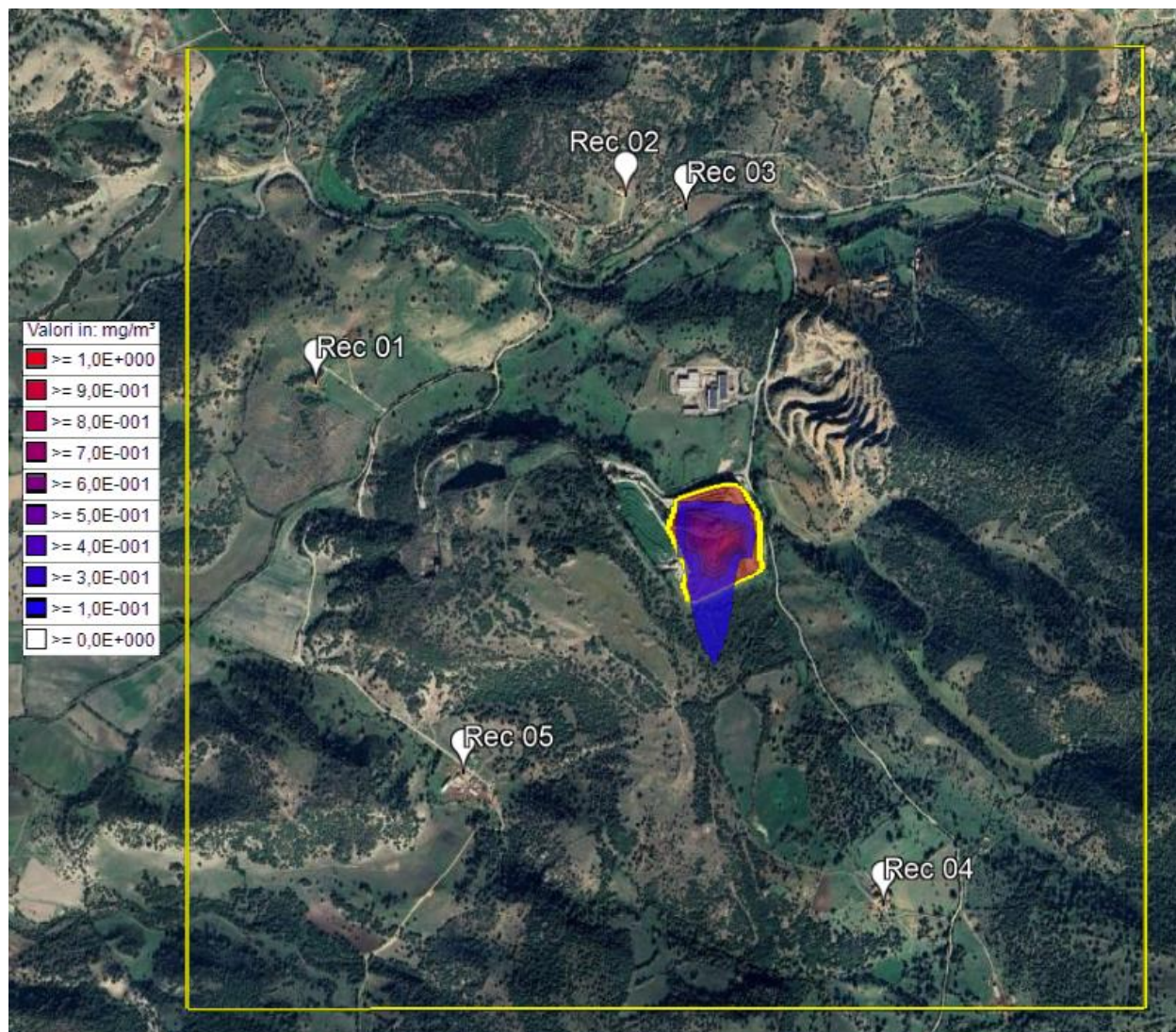


Figura 3:: Metano (2021) - Valori medi annuali (in mg/m³)

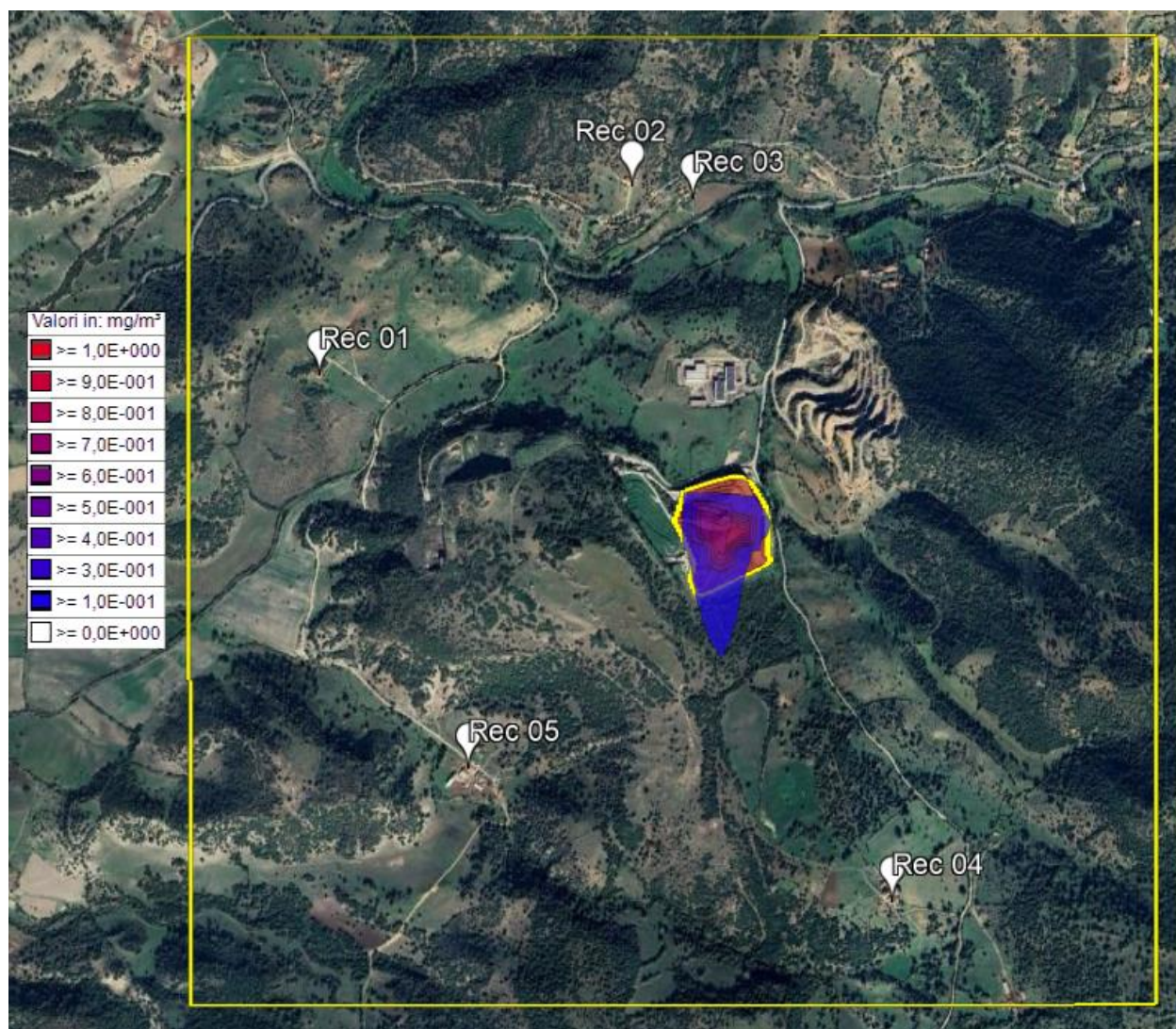


Figura 4: Metano (2022) - Valori medi annuali (in mg/m³)

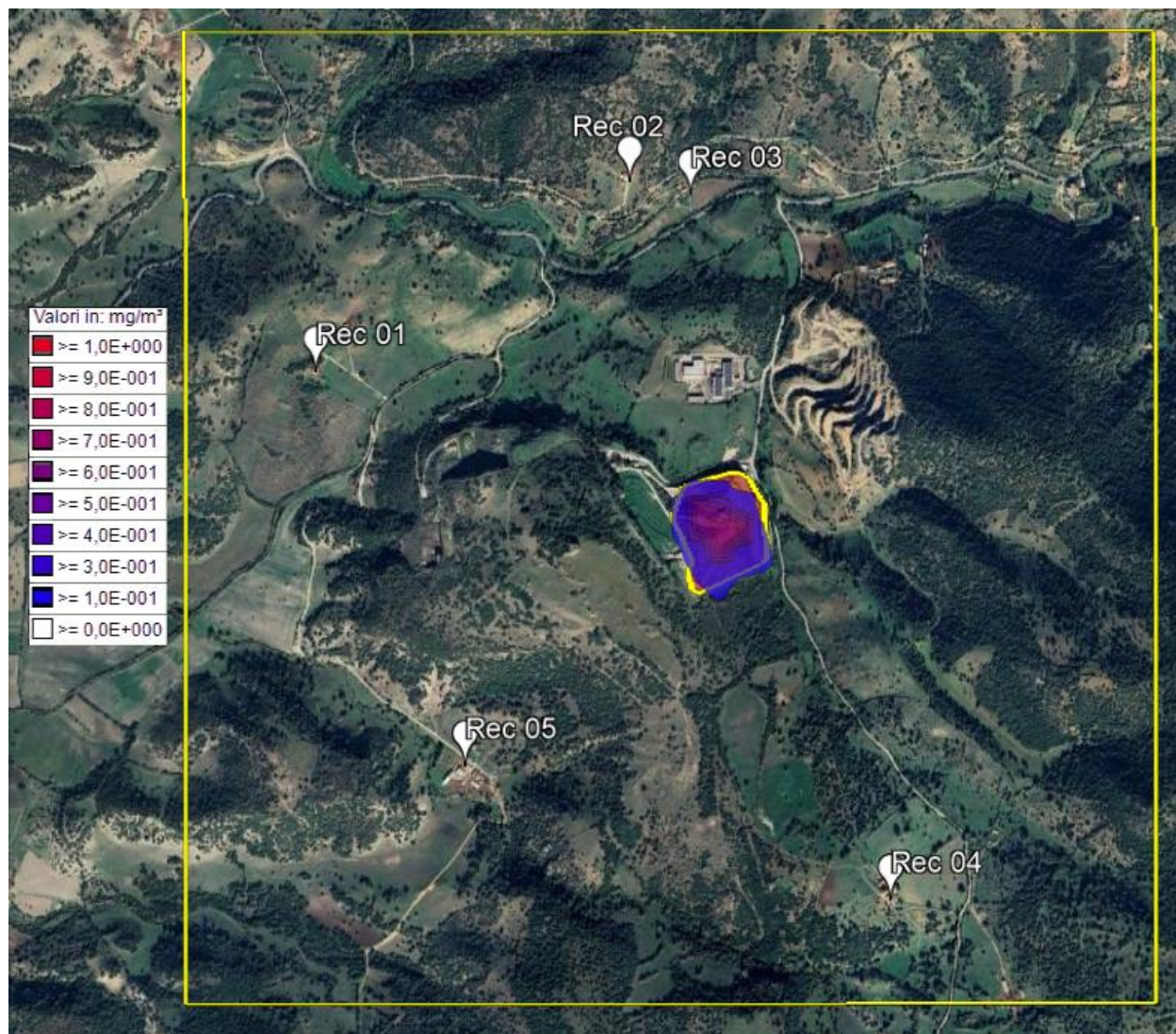


Figura 5: Metano (2023) - Valori medi annuali (in mg/m³)

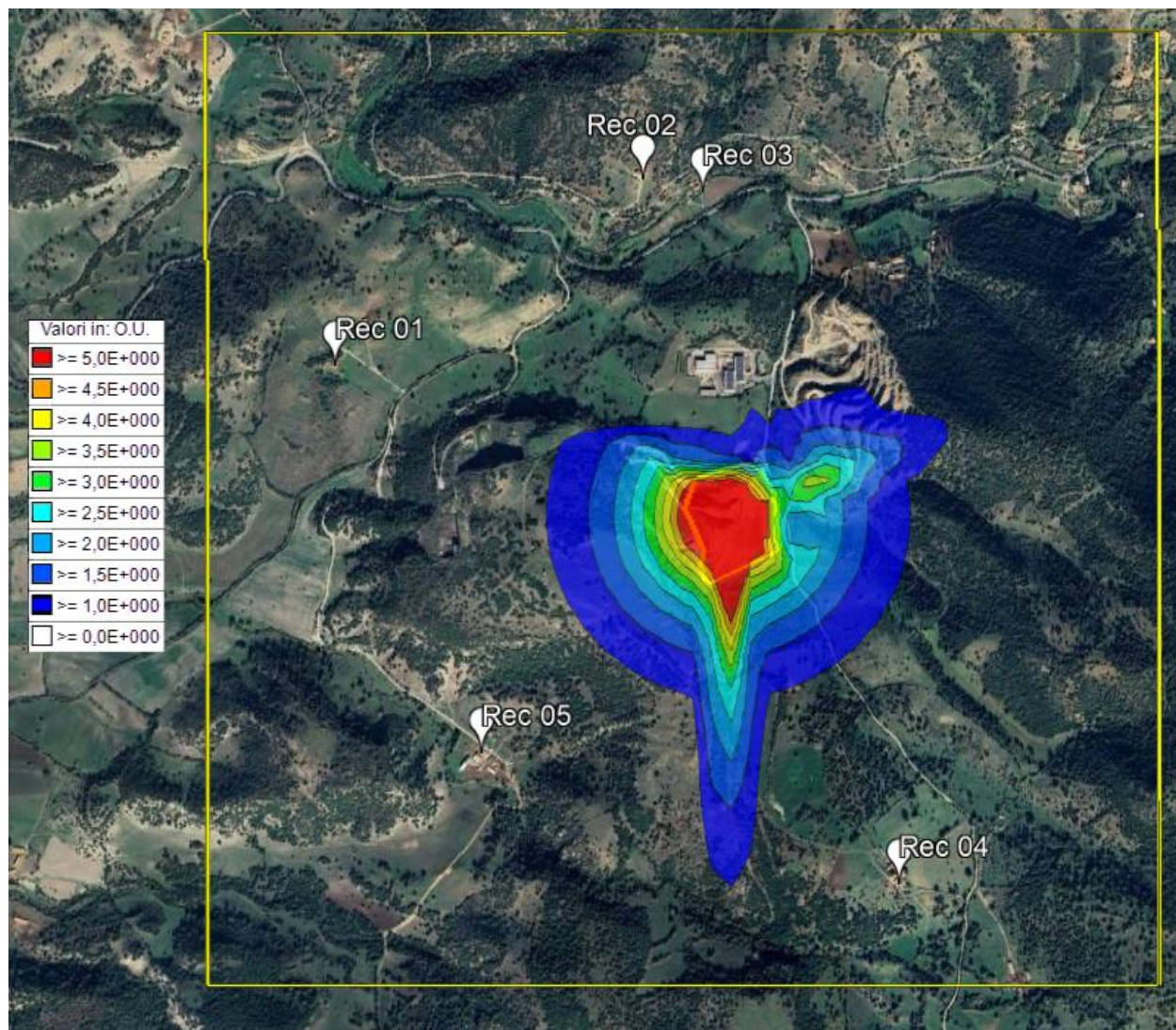


Figura 6: Odori (2019) - Concentrazione orarie di picco di odore al 98° percentile con peak-to-mean ratio di 2,3 (limite: 5 OUE/m³)

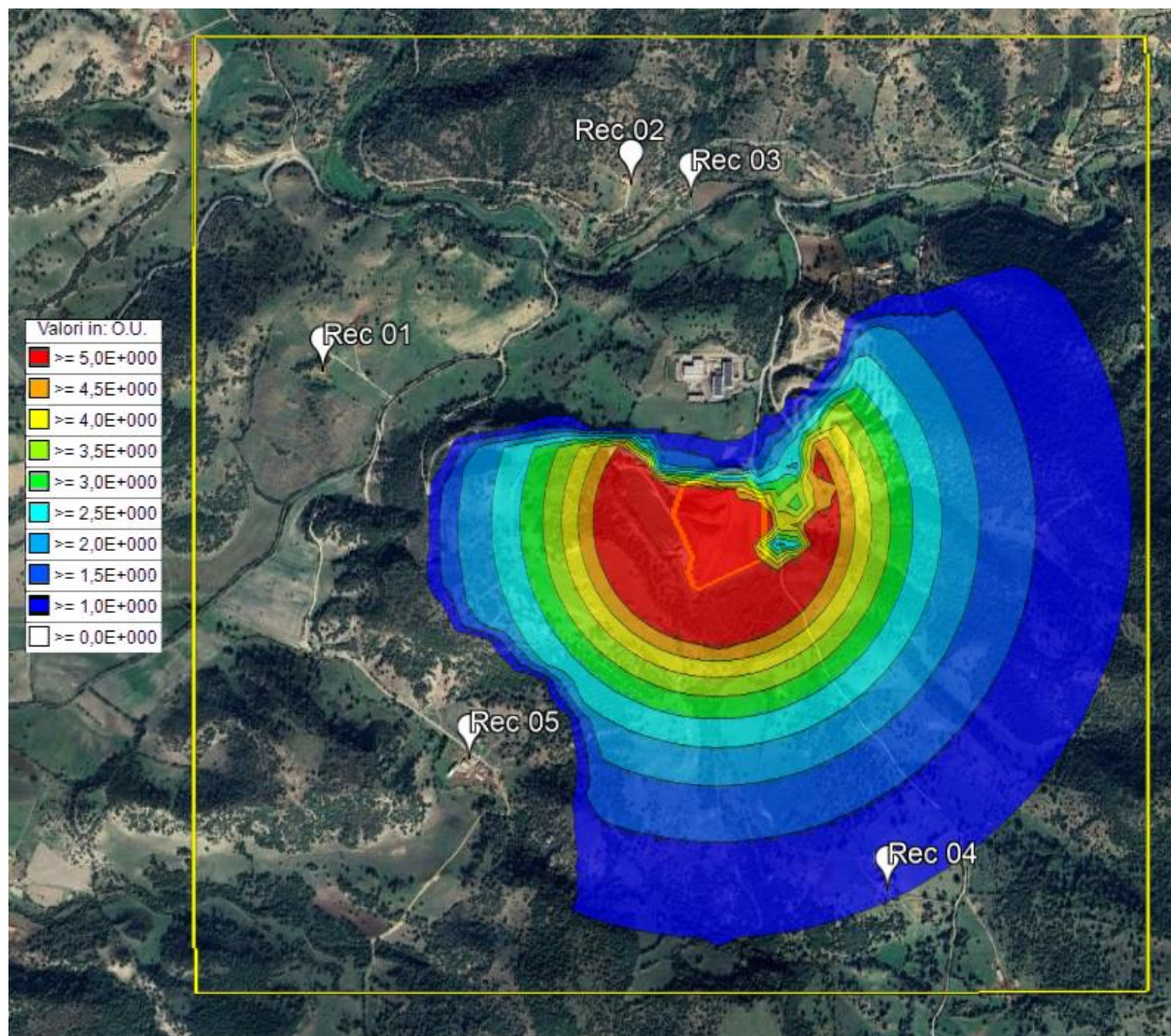


Figura 7: Odori (2020) - Concentrazione orarie di picco di odore al 98° percentile con peak-to-mean ratio di 2,3 (limite: 5 OUE/m³)

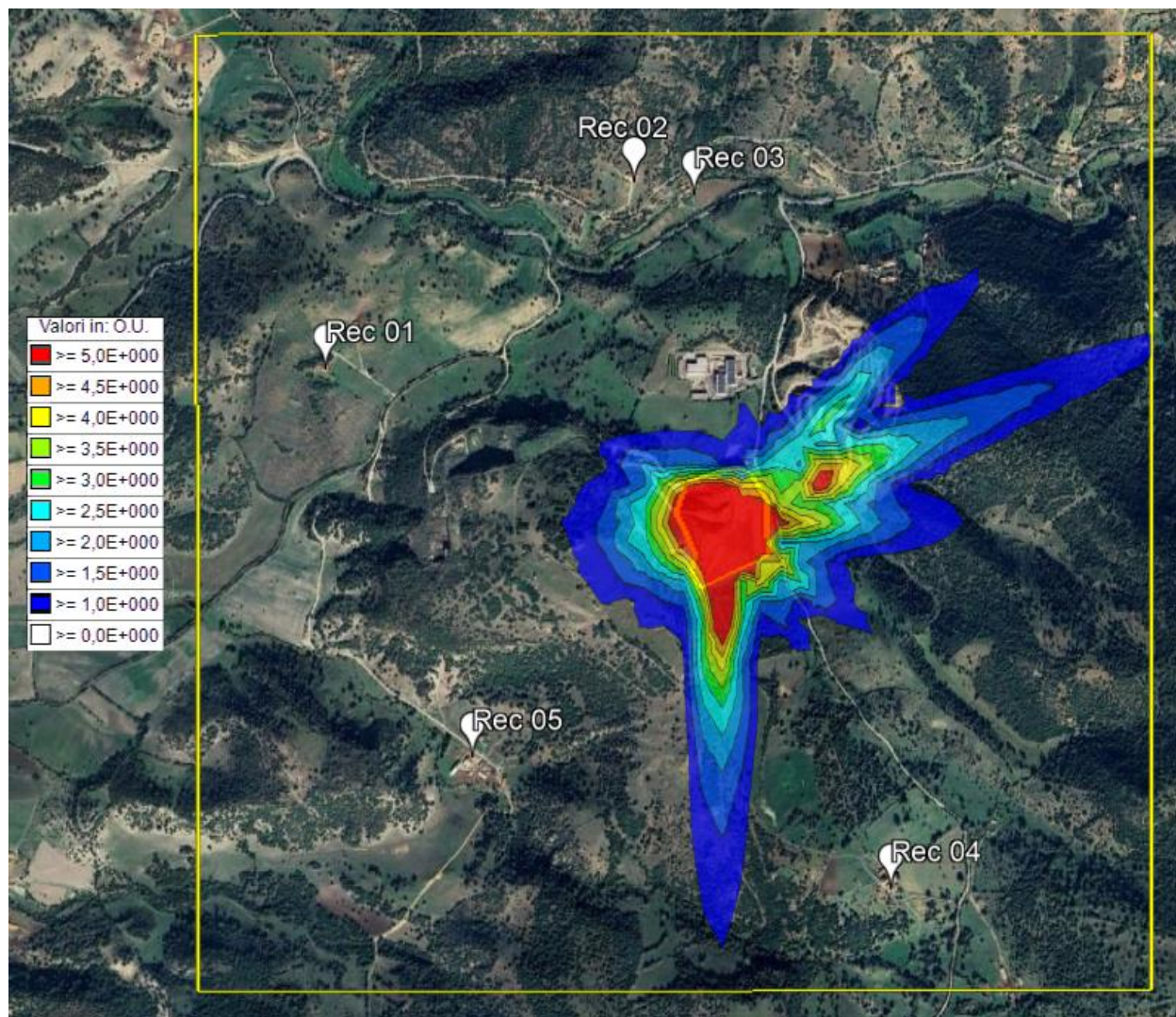


Figura 8: Odori (2021) - Concentrazione orarie di picco di odore al 98° percentile con peak-to-mean ratio di 2,3 (limite: 5 OUE/m³)

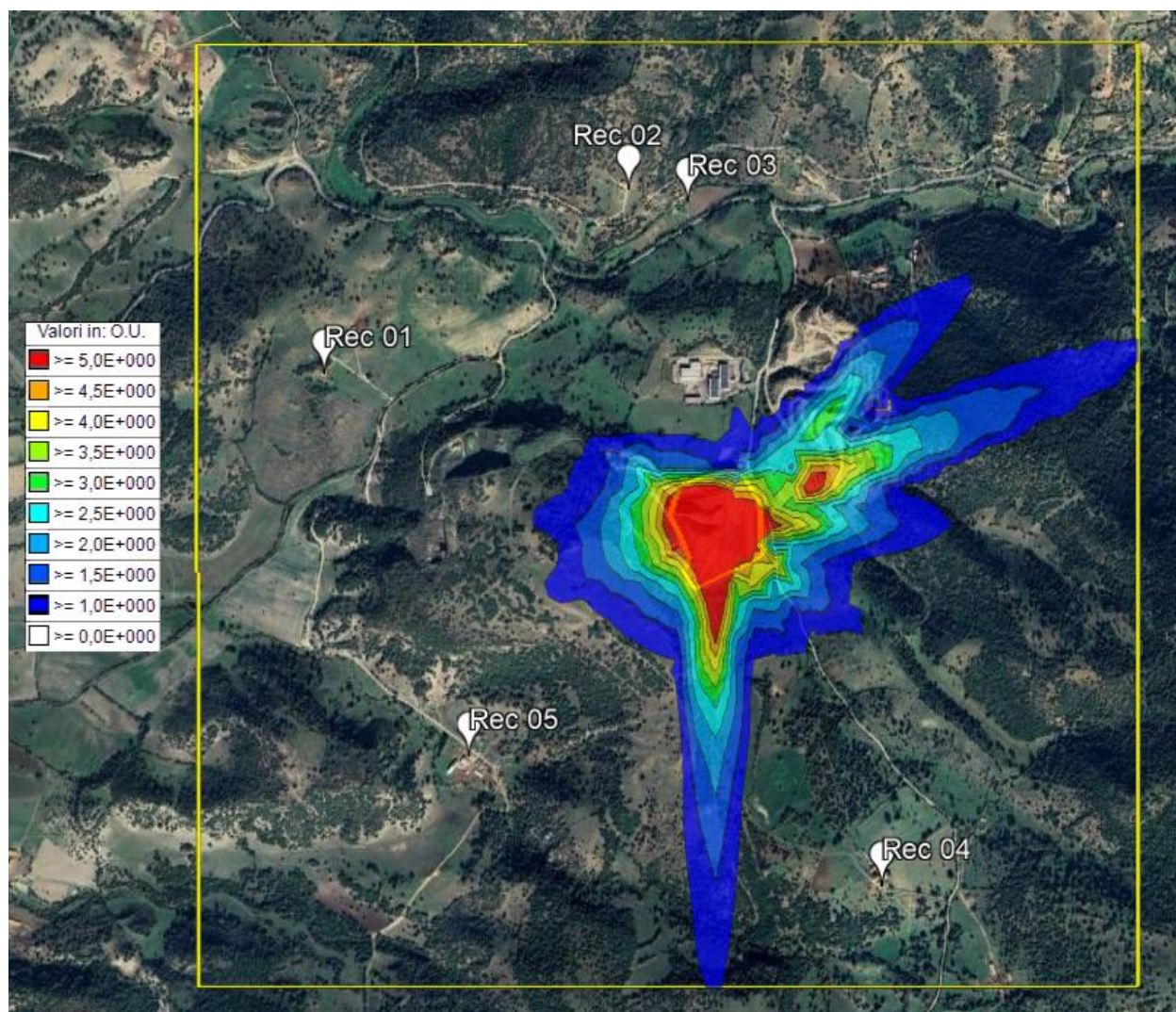


Figura 9: Odori (2022) - Concentrazione orarie di picco di odore al 98° percentile con peak-to-mean ratio di 2,3 (limite: 5 OUE/m³)

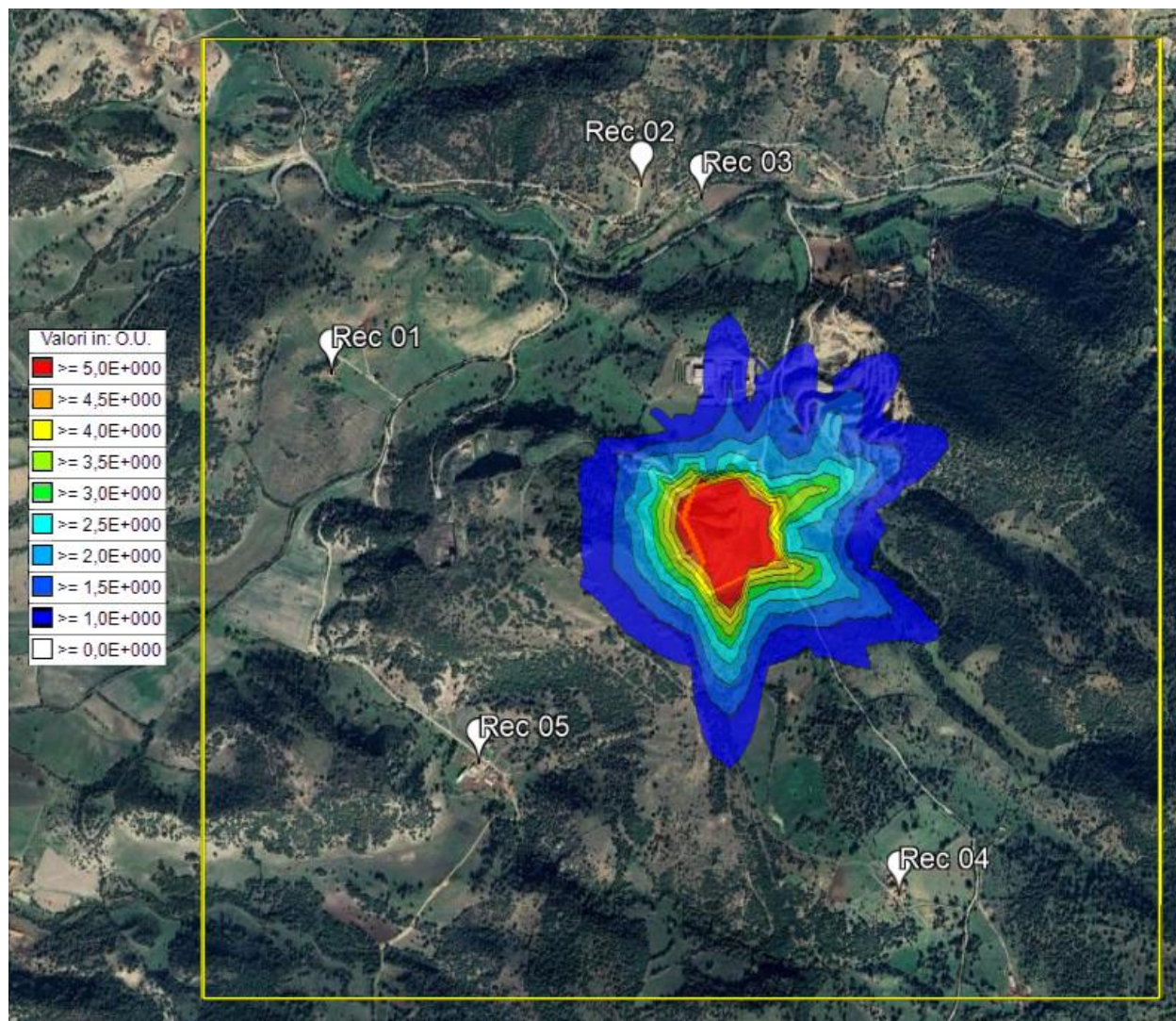


Figura 10: Odori (2023) - Concentrazione orarie di picco di odore al 98° percentile con peak-to-mean ratio di 2,3 (limite: 5 OUE/m³)

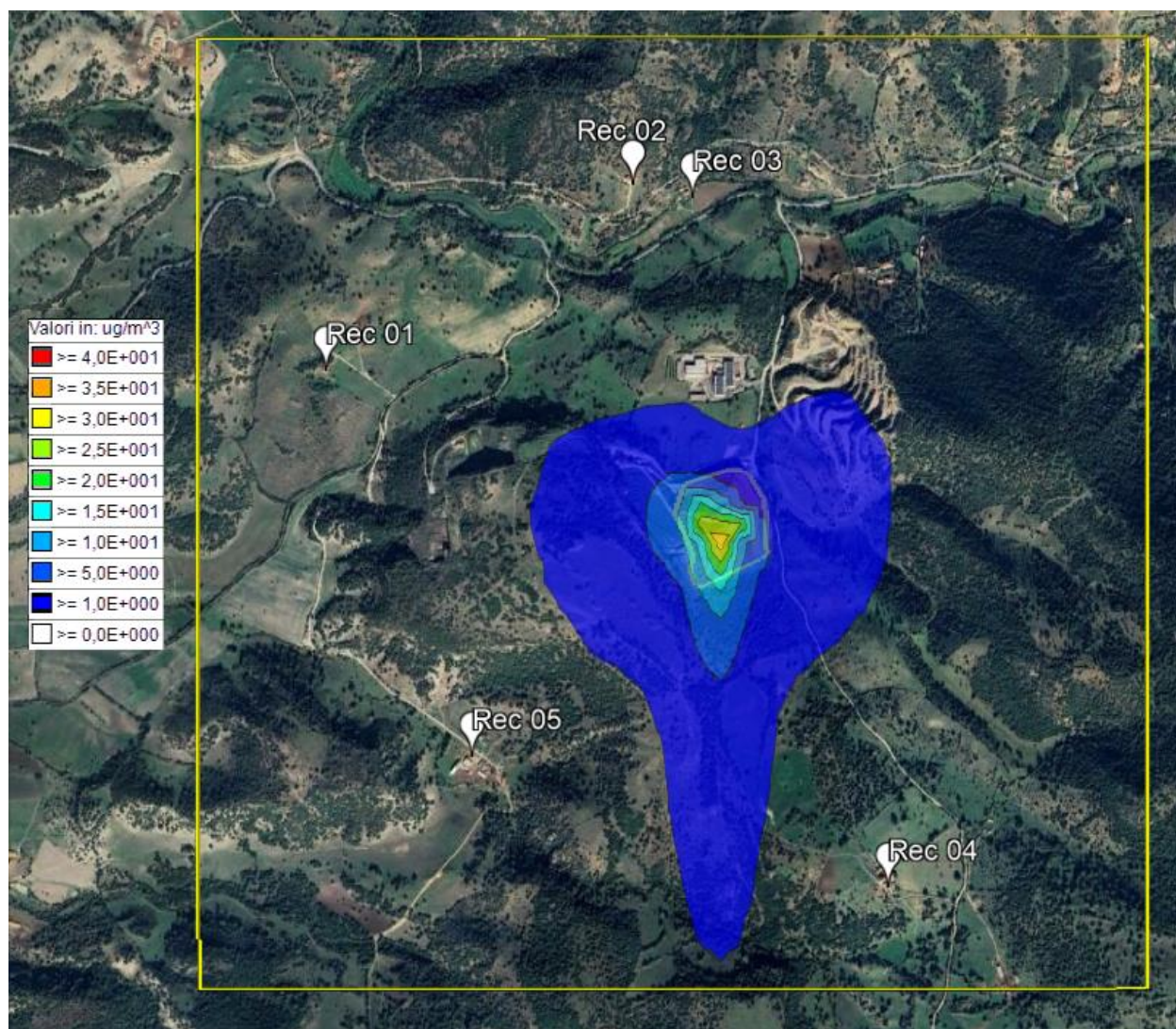


Figura 11: PM_{10} (2019) - Valori medi annuali (limite: $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$) nessun superamento del limite di $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$

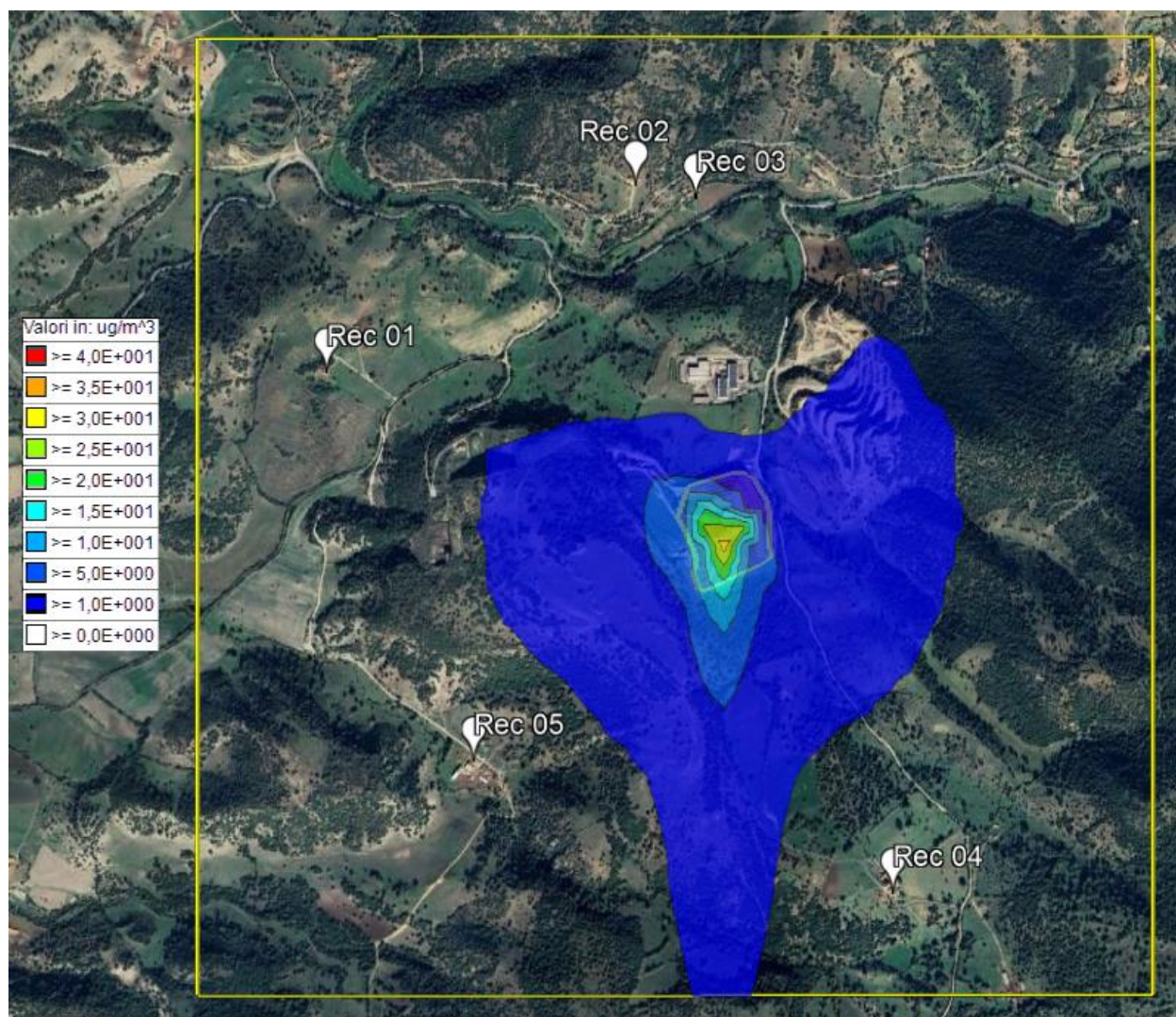


Figura 12: PM₁₀ (2020) - Valori medi annuali (limite: 40 µg/m³) un superamento del limite di 50 µg/m³ nel Ricettore 04

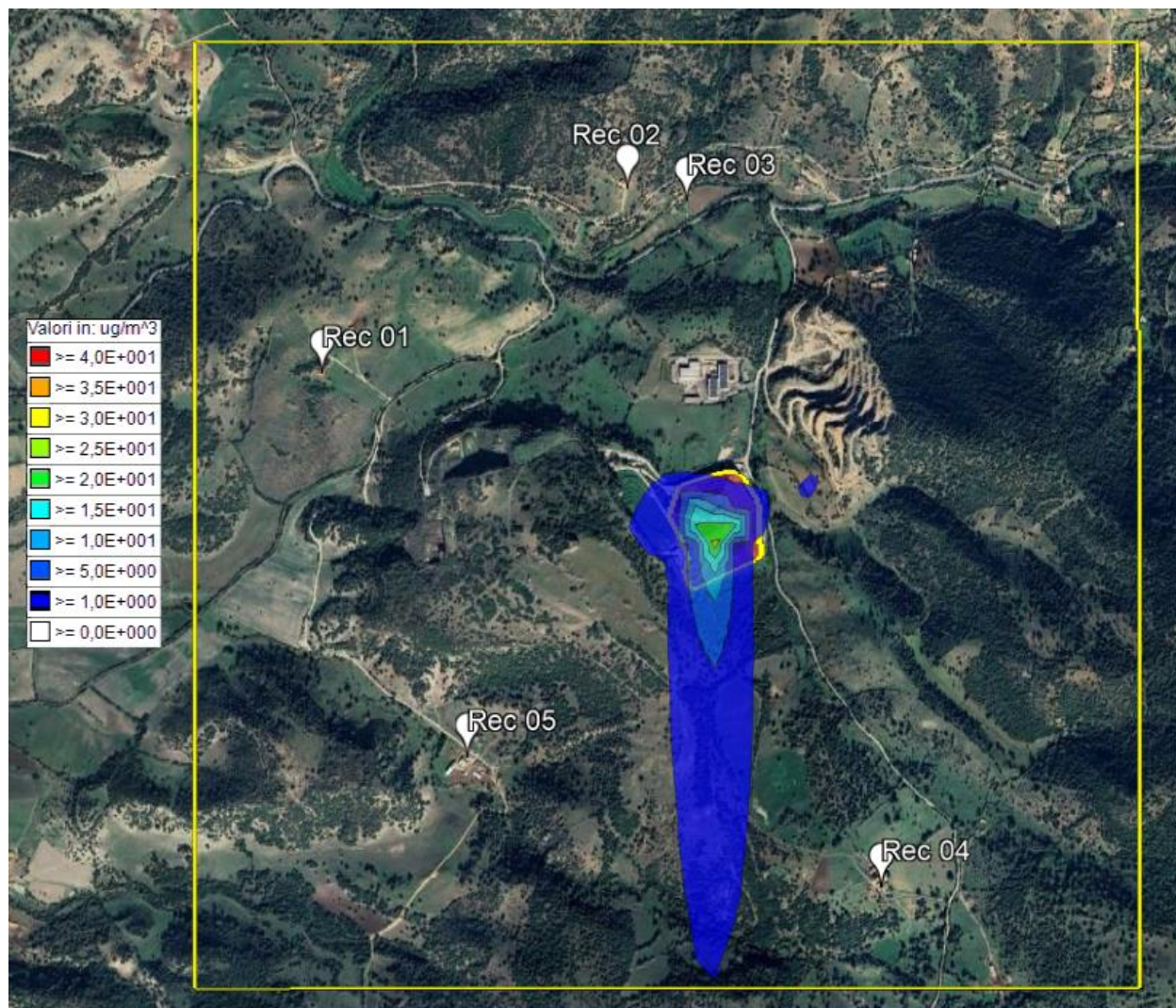


Figura 13: PM_{10} (2021) - Valori medi annuali (limite: $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$) nessun superamento del limite di $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$

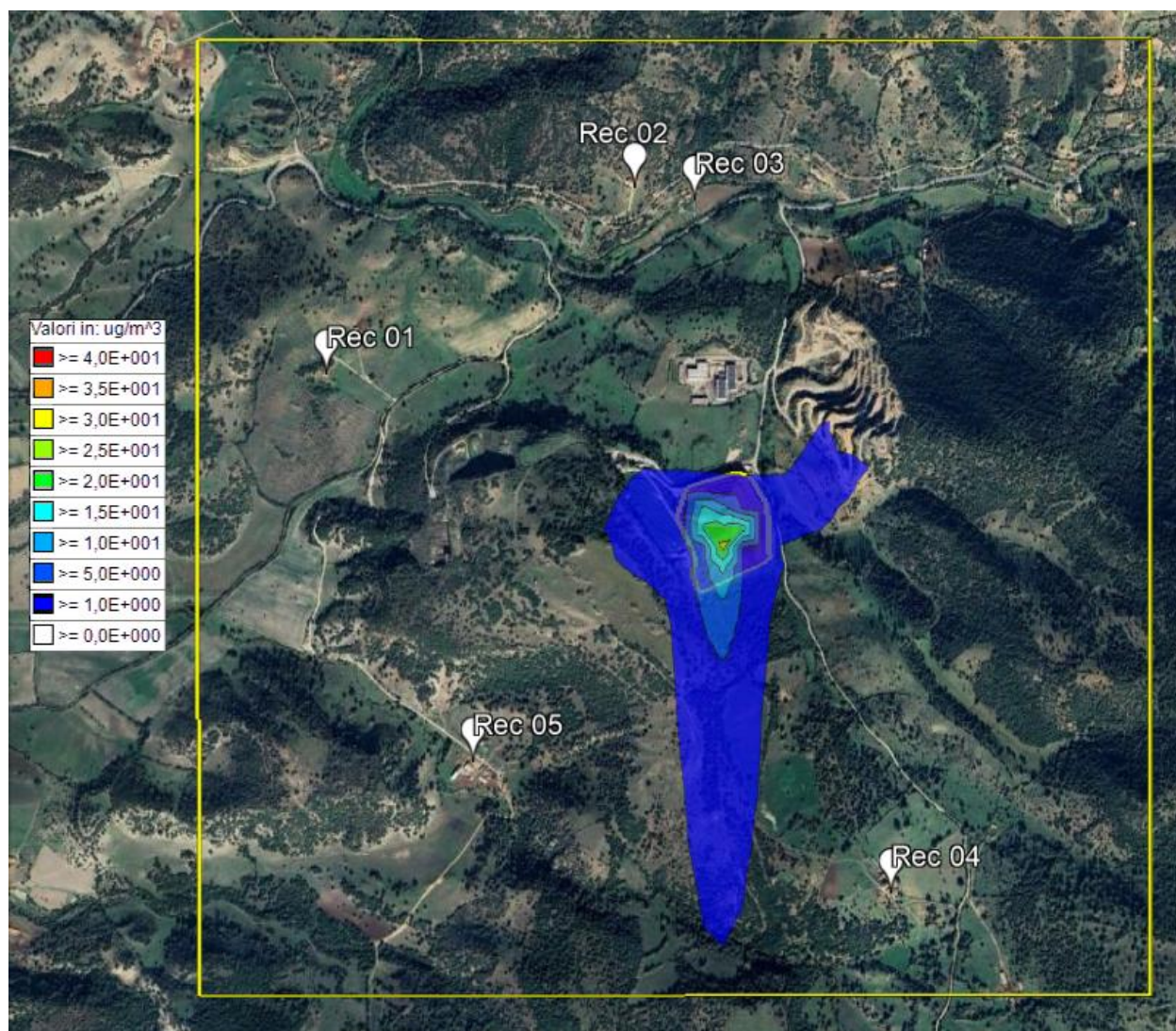


Figura 14: PM₁₀ (2022) - Valori medi annuali (limite: 40 µg/m³) nessun superamento del limite di 50 µg/m³

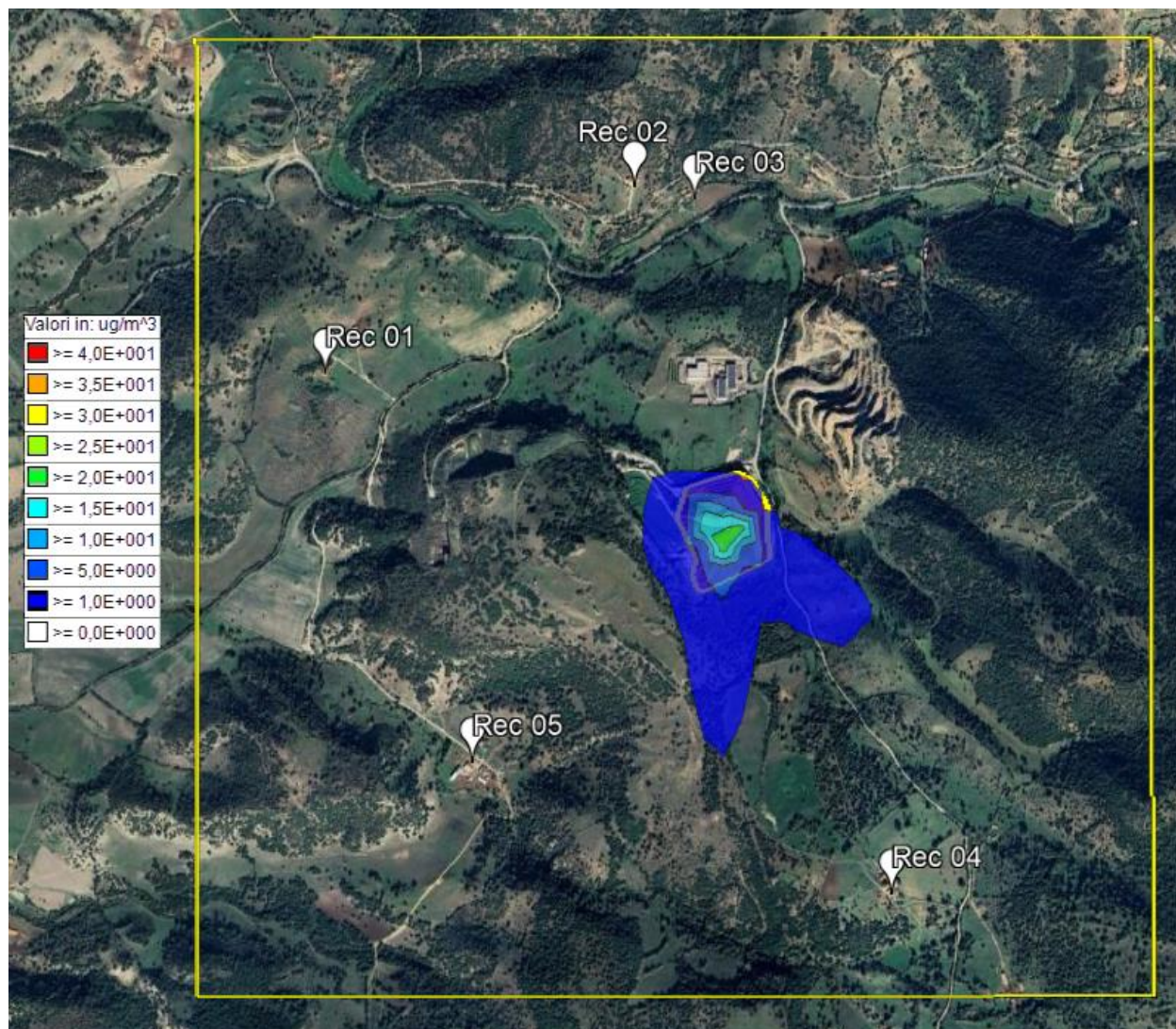


Figura 15: PM₁₀ (2023) - Valori medi annuali (limite: 40 µg/m³) nessun superamento del limite di 50 µg/m³

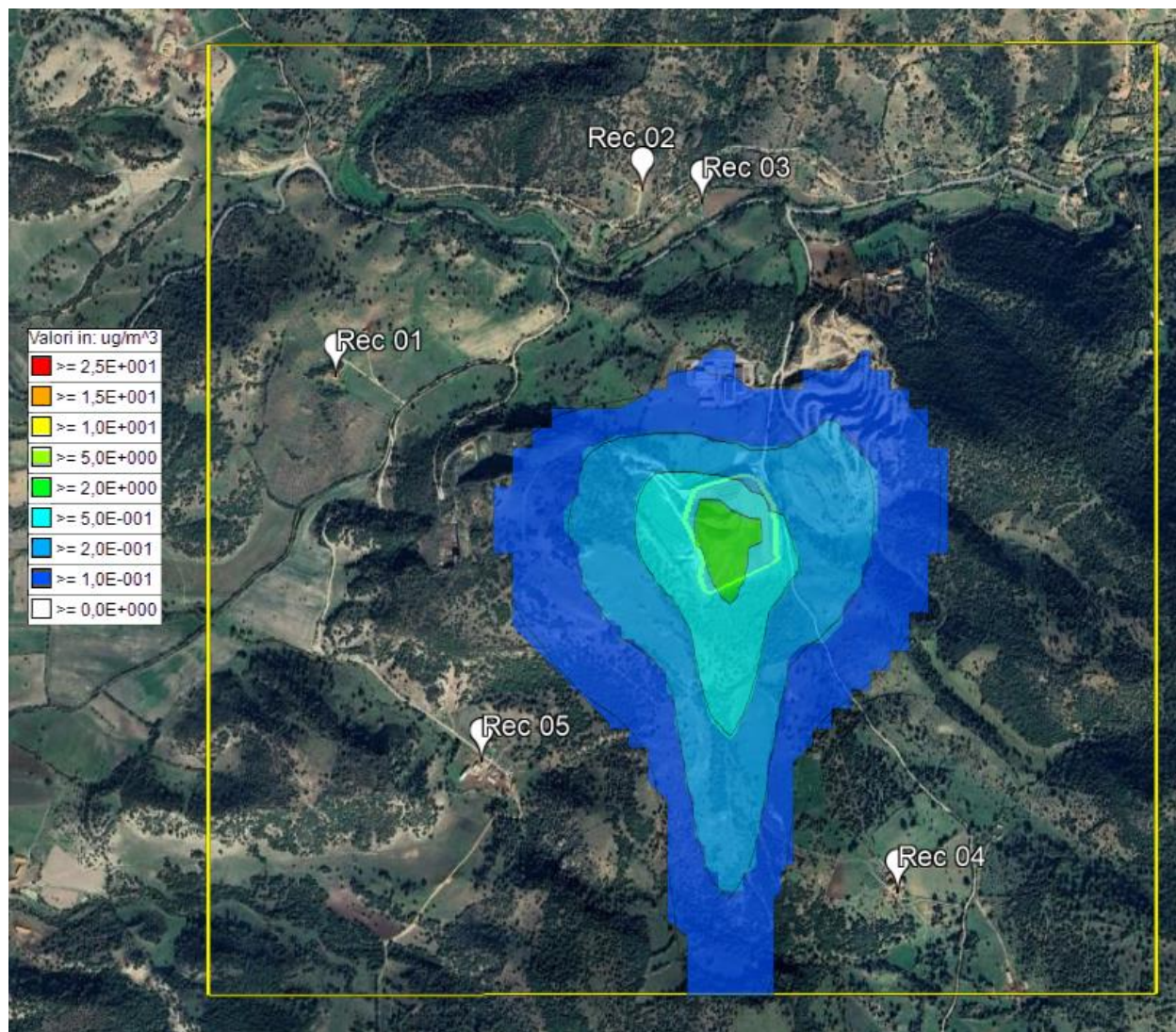


Figura 16: PM_{2.5} (2019) - Valori medi annuali (limite: 25 µg/m³)

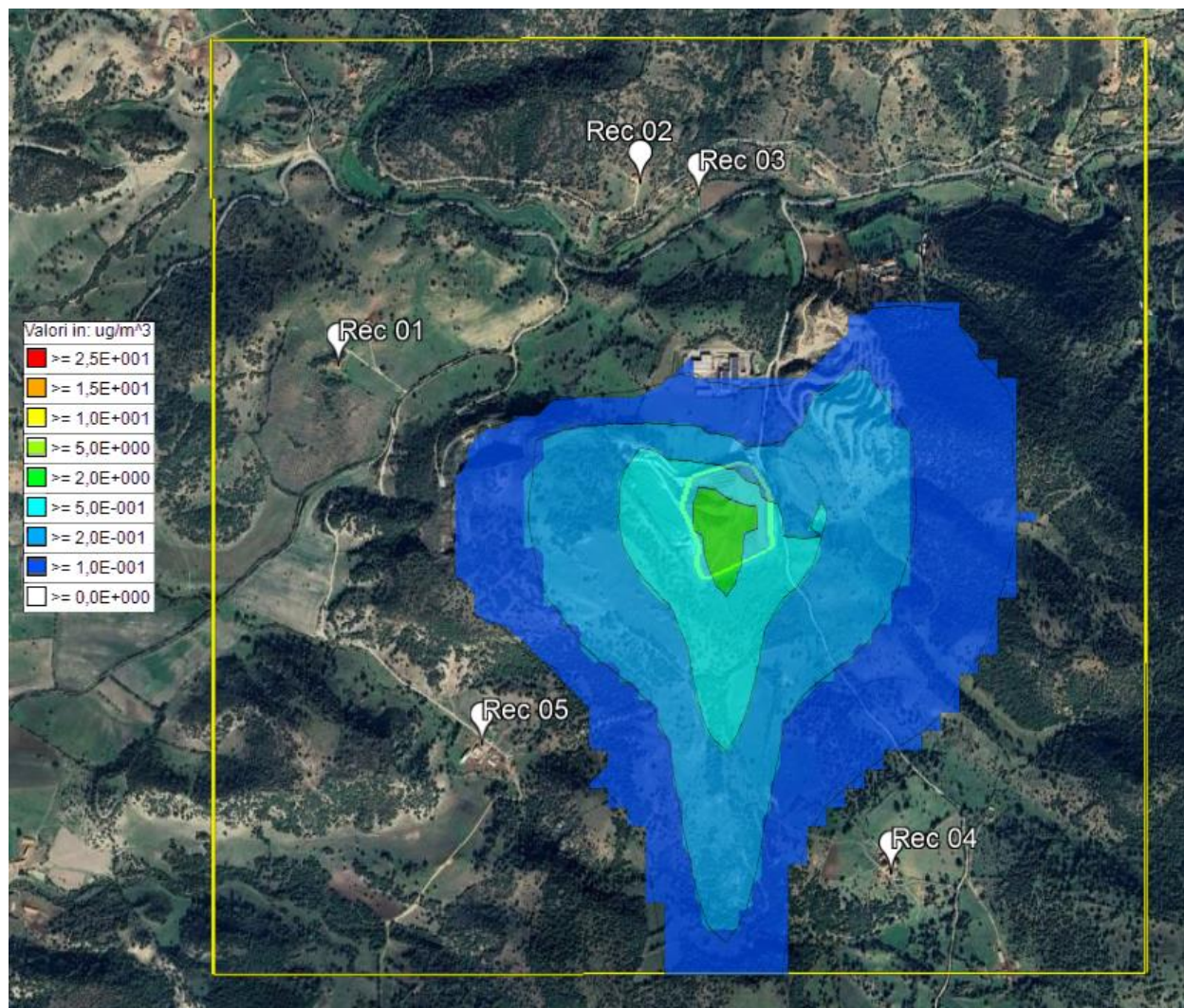


Figura 17: $\text{PM}_{2,5}$ (2020) - Valori medi annuali (limite: $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$)

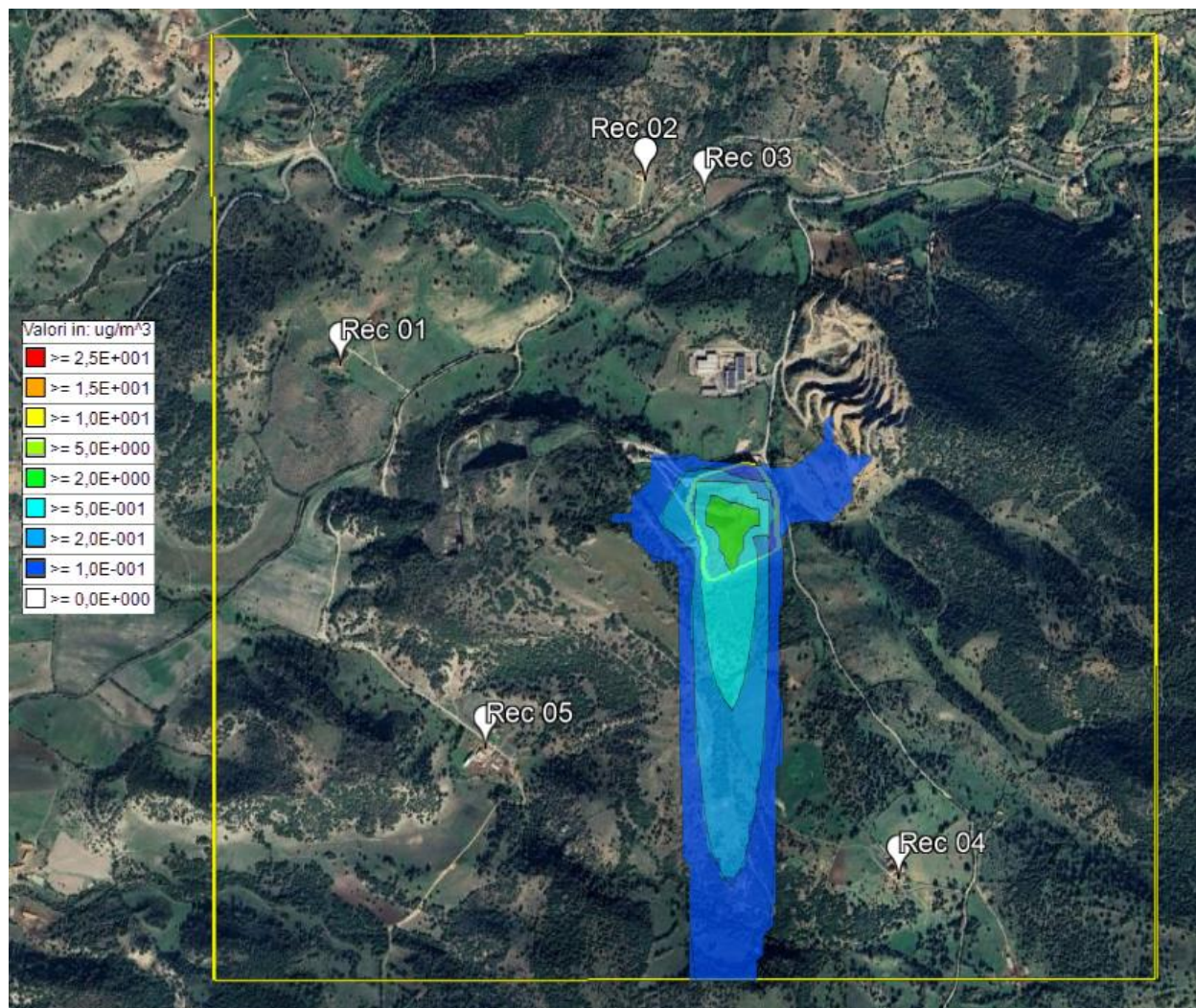


Figura 18: PM_{2.5} (2021) - Valori medi annuali (limite: 25 µg/m³)

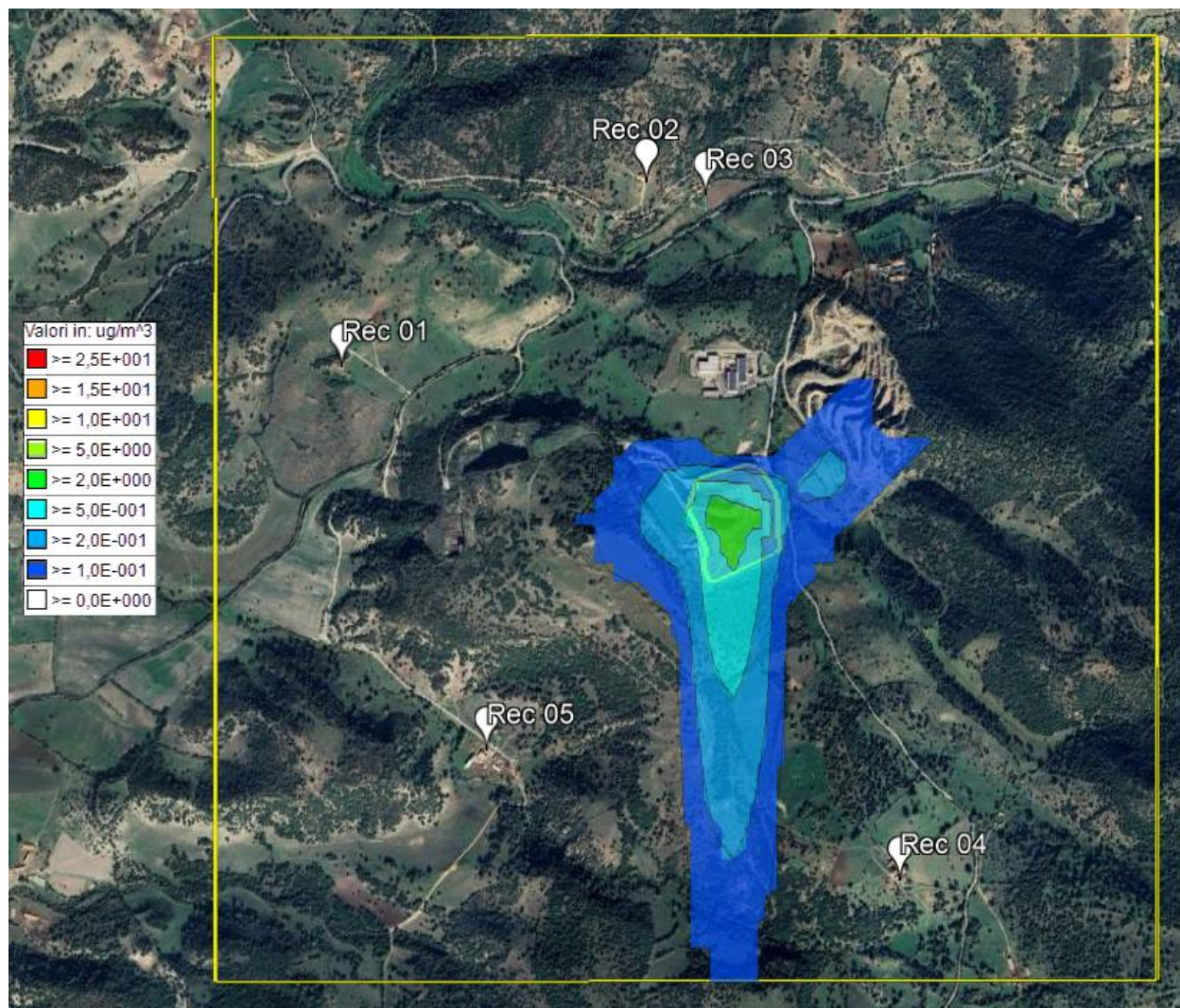


Figura 19: $\text{PM}_{2.5}$ (2022) - Valori medi annuali (limite: $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$)

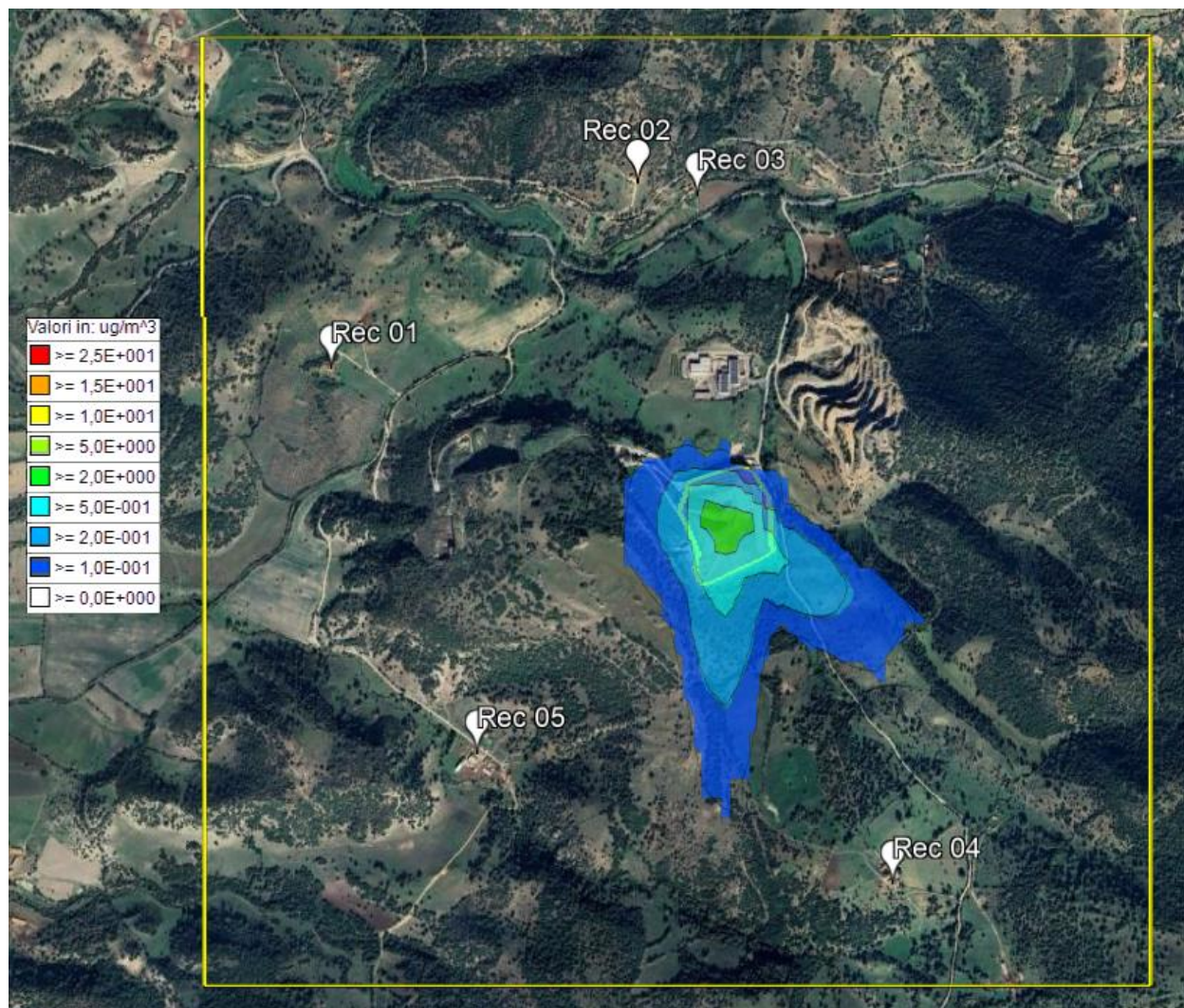


Figura 20: $\text{PM}_{2.5}$ (2023) - Valori medi annuali (limite: $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$)

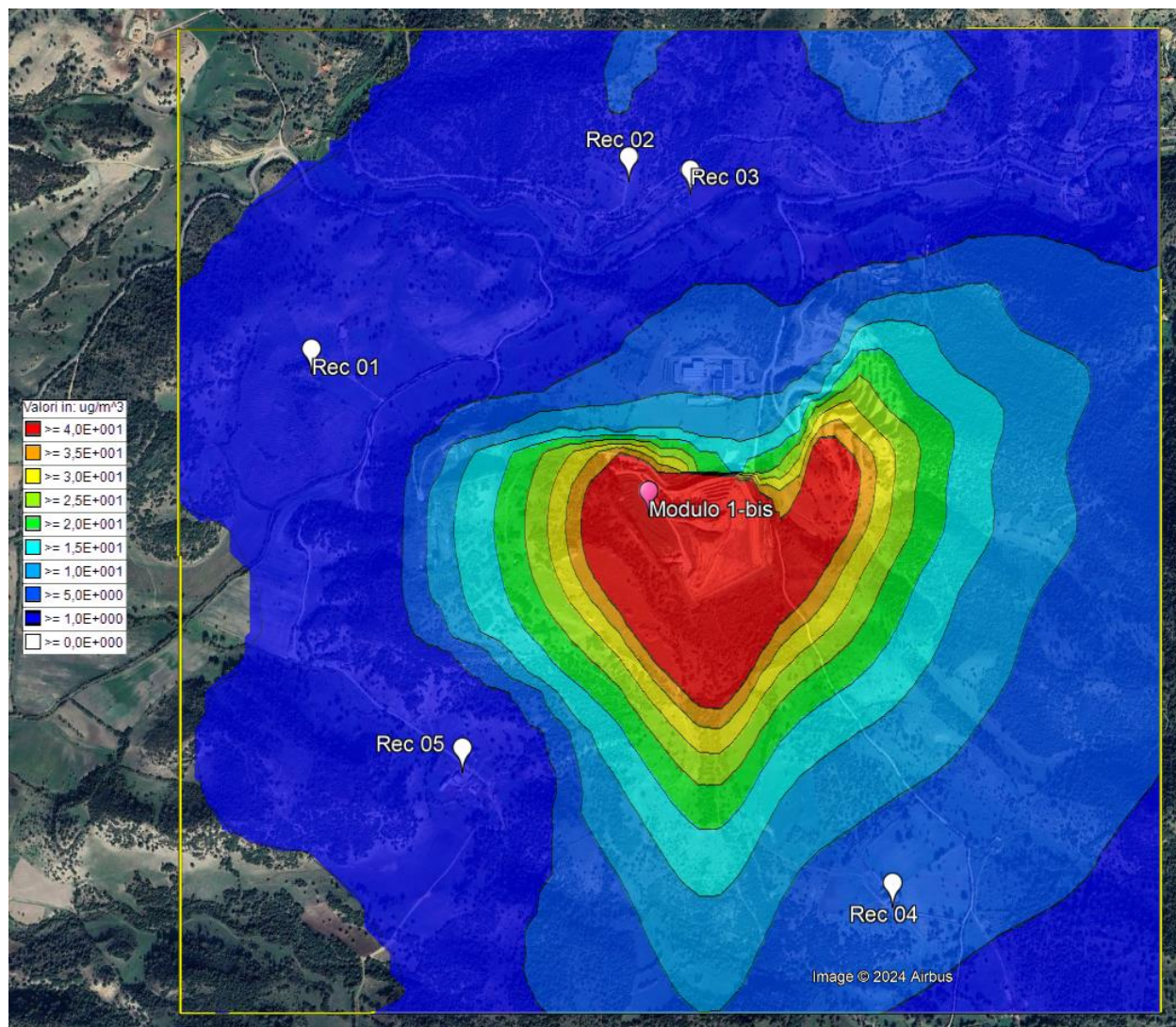


Figura 21: PM₁₀ (2020) valutazione degli effetti cumulativi - Valori medi annuali (limite: 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

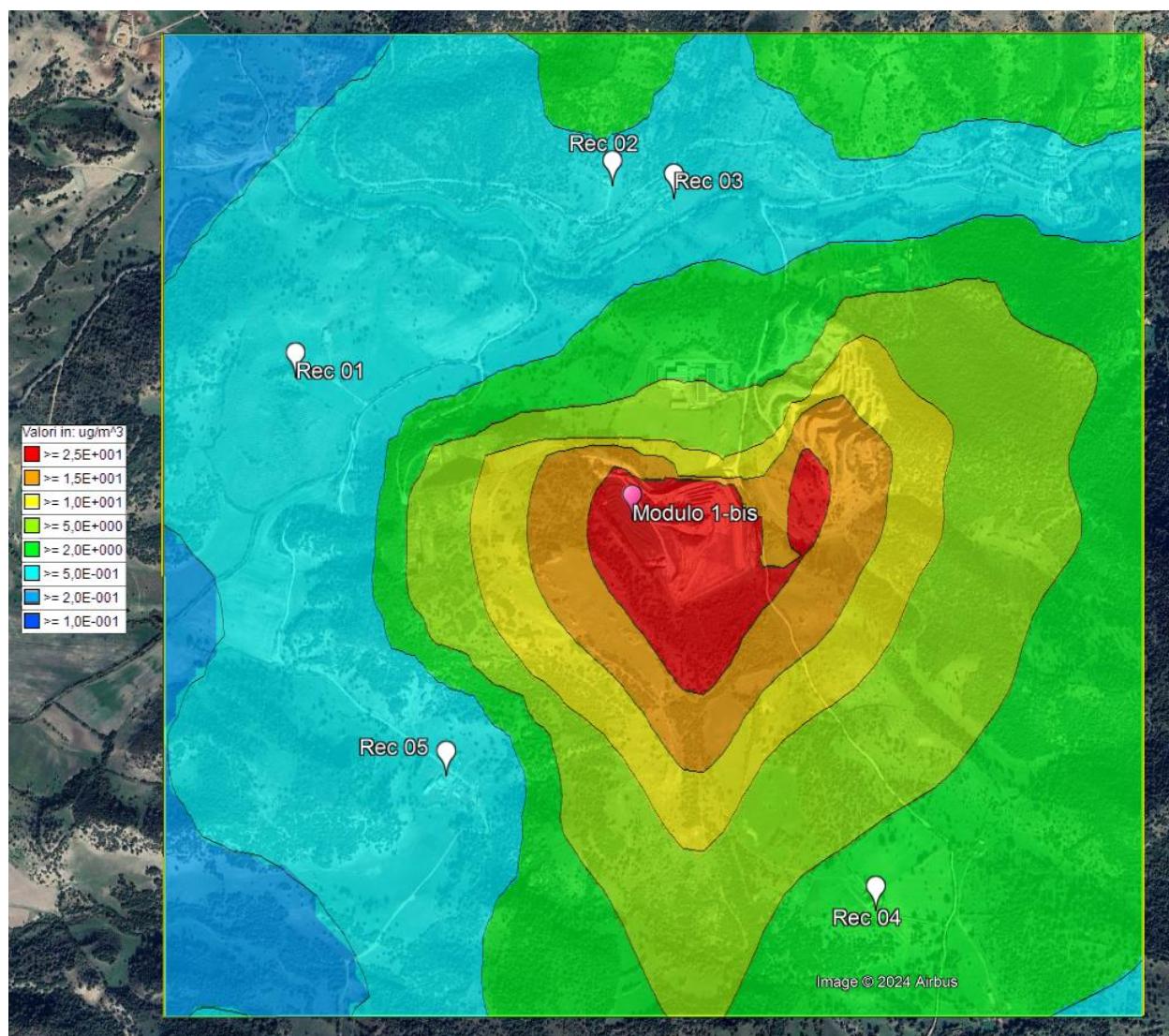


Figura 22: $\text{PM}_{2.5}$ (2020) valutazione degli effetti cumulativi - Valori medi annuali (limite: $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$)

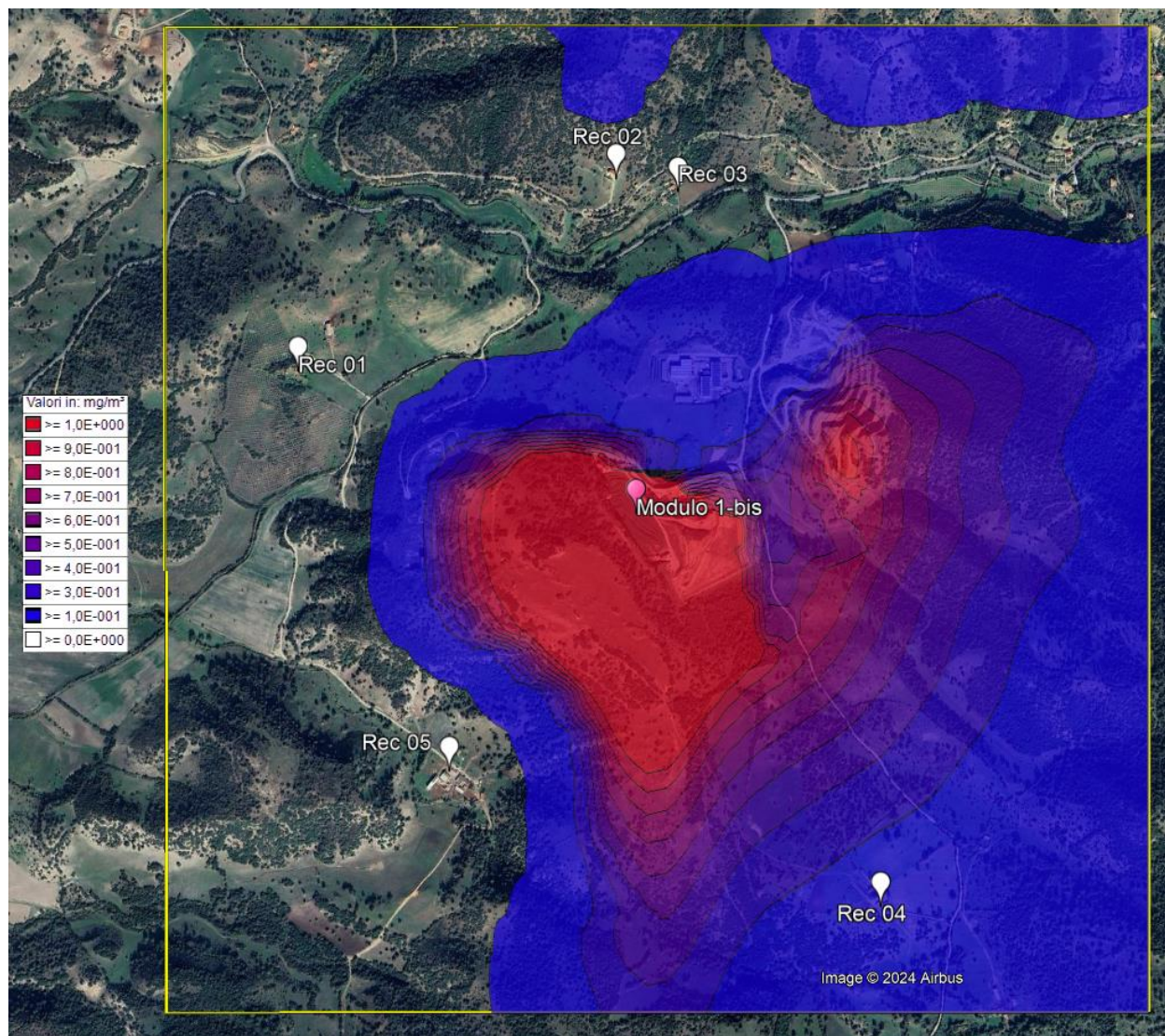


Figura 23: Metano (2020) valutazione degli effetti cumulativi - Valori medi annuali (in mg/m³)

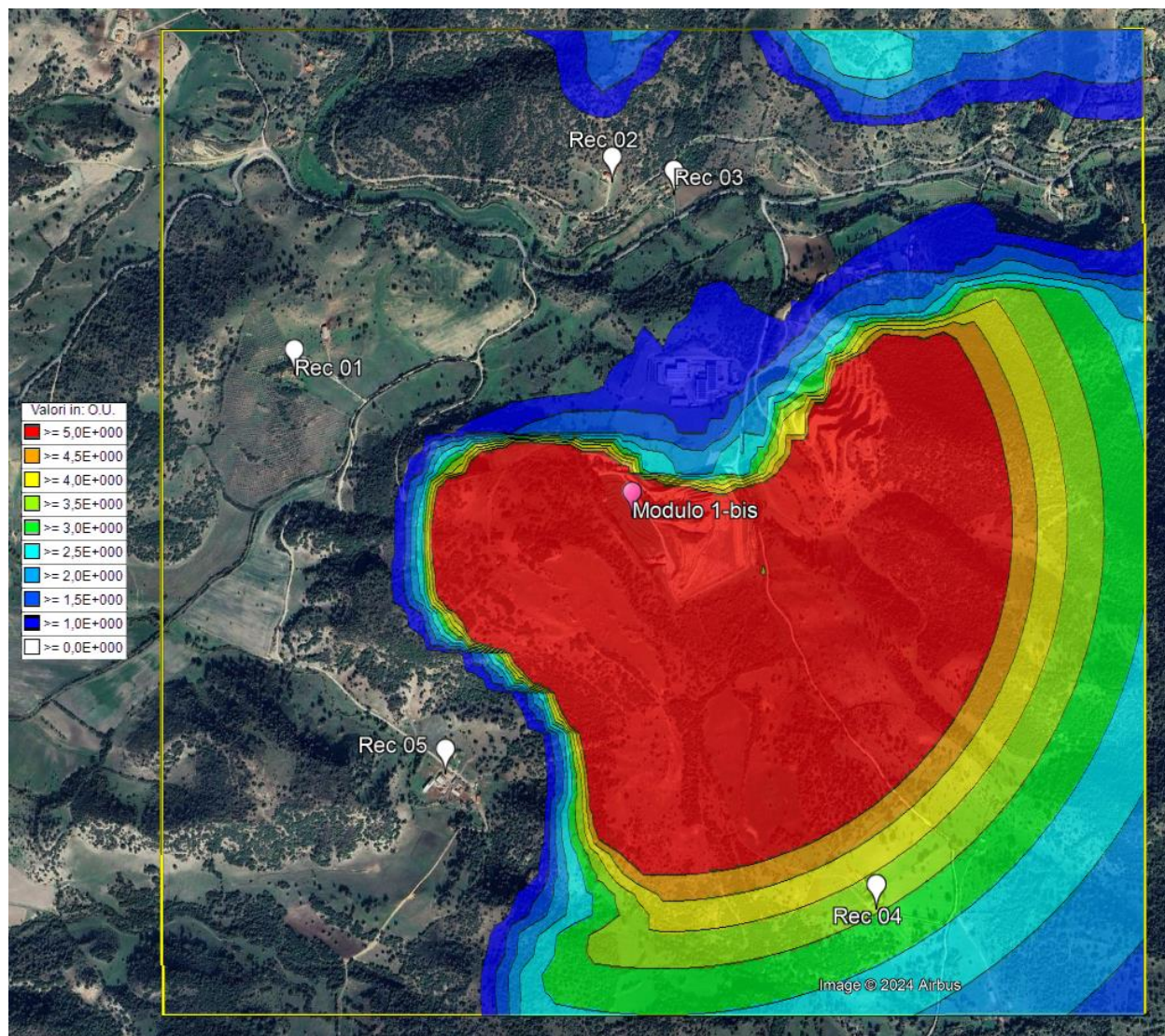


Figura 24: Odori (2020) valutazione degli effetti cumulativi - Concentrazione orarie di picco di odore al 98° percentile con peak-to-mean ratio di 2,3 (limite: 5 OUE/m³)