

PROGETTO ESECUTIVO

CUP C31H20000060001

CIG 8934474130

RIF. PERIZIA

2879 FASE 2

TITOLO PROGETTO

Adeguamento alle norme in materia di sicurezza dei luoghi di lavoro, nonché la razionalizzazione dell'accessibilità dell'area portuale industriale di Genova Sestri Ponente

ELAB. N°

TITOLO ELABORATO

SCALA

0006

Verifiche di ottemperanza
Studio Modello Matematico Qualità Aria

-

COD. PROG	AMBITO	OPERA	DISCIPLINA	FASE	ELAB.N°	REV.	NOME FILE
2879-F2	GE	N	B	PE	0006	C0	2879-F2-GE-N-B-PE-0006-C0.docx

REVISIONE	DATA	DESCRIZIONE	REDATTO	CONTROLLATO	APPROVATO
C0	16/12/2022	Emissione per approvazione	Vari	M. Migliorino	G. Migliorino

UFFICIO DIREZIONE LAVORI

RINA CONSULTING S.p.A.



Direttore Lavori: Ing. Alessandro Aliotta
C. S. E.: Ing. Emilio Puppo

COORD. PROGETTUALE E SUPP. TECNICO-GESTIONALE

RINA CONSULTING S.p.A.



Impresa Appaltatrice: A.T.I.



**Consorzio Stabile
Grandi Lavori S.c.r.l.**

Consorzio Stabile Grandi Lavori Srl
Piazza del Popolo 18
00187 Roma

Imprese consorziate esecutrici:


FINCOSIT


G.S. Edil
Società Cooperativa

Progettista Indicato: R.T.P.



Responsabile dell'integrazione delle prestazioni specialistiche:

Ing. Alberto Scotti

Progettazione specialistica:

Ing. Alessandro Marani

D.E.C.	VERIFICATORE	VALIDATO R.U.P.	IL RESP. DELL'ATTUAZIONE
Geom. Simone Bruzzese	R.T. Conteco Check S.r.l. RINA Check S.r.l.	Ing. Marco Vaccari	Dott. Umberto Benezzi

INDICE

1.	ATMOSFERA	2
1.1	IMPOSTAZIONE METODOLOGICA.....	2
1.2	DESCRIZIONE DEL MODELLO DI SIMULAZIONE ATMOSFERICA	5
1.3	OUTPUT DELLE SIMULAZIONI MODELLISTICHE	6

INDICE TABELLE

Tabella 1-1 – Fattori di emissione fonte: “South Coast Air Quality Management District - “Off road mobile Source emission Factor (Scenario Years 2007 – 2025)”	3
--	---

ATI:



**Consorzio Stabile
Grandi Lavori S.c.r.l.**

Imprese Consorziate Esecutrici



FINCOSIT



**CONSORZIO
INTEGRA**



RTP:



1. ATMOSFERA

1.1 IMPOSTAZIONE METODOLOGICA

Al fine di valutare i possibili effetti cumulativi del progetto in esame con altri interventi di prossima attuazione ubicati in adiacenza all'area di interesse, sono stati ipotizzati degli scenari emissivi più gravosi.

In particolare, analizzando i cronoprogrammi e le lavorazioni presenti nell'area di interesse, sono stati identificate le attività critiche in termini di emissioni di sostanze inquinanti in atmosfera che avvengono nel medesimo arco di tempo.

È stato identificato uno scenario critico per ogni anno di lavorazione, partendo da marzo 2023. Si specifica che gli impatti acustici dovuti alle attività previste nelle lavorazioni dell'ultimo anno di cantiere (2026), non sono stati ritenuti significativi. Pertanto, sono stati individuati 3 scenari critici:

- Scenario 2023;
- Scenario 2024;
- Scenario 2025.

Le attività generatrici di emissioni in atmosfera durante la fase di cantiere sono sostanzialmente riconducibili ai mezzi di trasporto e alle macchine operatrici, attraverso i processi di combustione dei motori e la movimentazione ed il trasporto dei materiali polverulenti. I processi di combustione dei motori comportano, come per tutti i processi analoghi (ad esempio quelli del settore dei trasporti), emissioni di sostanze gassose e particolato che, per entità e durata, possono ritenersi associate ad effetti sulla qualità dell'aria di natura limitata e temporanea.

Il controllo dell'effettivo impatto delle attività di cantiere verrà eseguito attraverso il monitoraggio ambientale della qualità dell'aria in corso d'opera, in corrispondenza delle aree di lavorazioni, secondo quanto previsto nel Piano di Monitoraggio Ambientale previsto dal Piano operativo.

In relazione alla natura delle sorgenti possono essere individuati, quali indicatori del potenziale impatto delle stesse sulla qualità dell'aria, il parametro PM₁₀ (polveri inalabili, le cui particelle sono caratterizzate da un diametro inferiore ai 10 µm). Le polveri sono generate sia dalla combustione incompleta all'interno dei motori, che da impurità dei combustibili, che dal sollevamento da parte delle ruote degli automezzi e da parte di attività di movimentazione di inerti.

Dall'analisi dei cronoprogrammi dei progetti che verranno realizzati in contemporanea all'opera in esame e considerando la contemporaneità delle attività di scavo e demolizioni (le principali fonti di emissione di polveri durante i cantieri), è stato individuato, per il 2023, lo scenario critico in termini di emissioni polverulente nel mese di maggio, per il 2024, nel mese di dicembre e per il 2025 nel mese di marzo.

Per la stima dei fattori di emissione delle macchine e dei mezzi d'opera impiegati si è fatto riferimento alle elaborazioni della *South Coast Air Quality Management District*, "Off road mobile Source emission Factor" che forniscono i fattori di emissione dei mezzi fuori strada.

Questi fattori di emissione sono funzione della categoria dell'equipaggiamento (trattore, dozer, raschiatore, ecc.), del numero di veicoli in ciascuna categoria, della potenza e del fattore di carico.

ATI:

**Consorzio Stabile
Grandi Lavori S.r.l.**

Imprese Consorziate Esecutrici

**FINCOSIT****CONSORZIO
INTEGRA**

RTP:



Il calcolo delle emissioni si basa sulla seguente formula:

$$E = n \times H \times EF$$

Dove:

- E = massa di emissioni prodotta per unità di tempo [lb/g];
- n = numero di veicoli in ciascuna categoria;
- H = ore al giorno di funzionamento dell'apparecchiatura [h];
- EF= il fattore di emissione della fonte mobile “Off road mobile Source Emission Factor (Scenario Years 2007 – 2025)” [lb/h].

Di seguito vengono riassunti i fattori di emissione per i diversi mezzi di cantiere previsti, in funzione del PM10 emesso.

Tabella 1-1 – Fattori di emissione fonte: “South Coast Air Quality Management District - “Off road mobile Source emission Factor (Scenario Years 2007 – 2025)”

SCENARIO 2023		
Macchine di cantiere	EF PM10 [lb/h]	EF PM10 [g/h]
Escavatore	0,0091	4,14
Frantoio mobile	0,0134	6,09
Pala cingolata	0,0130	5,88
Scapitozzatrice radiale	0,0030	1,35
Gru cingolata	0,0143	6,49
Autocarro	0,0085	3,84
BullDozer	0,0448	20,34
Elevatore telescopico	0,0023	1,03
Carrello elevatore	0,0023	1,03
Fork lift	0,0029	1,30
Impianto lavar ruote	0,0120	5,45
Trattore stradale	0,007	3,3085

SCENARIO 2024		
Macchine di cantiere	EF PM10 [lb/h]	EF PM10 [g/h]
Escavatore	0,0091	4,14
Pala cingolata	0,0130	5,88
Autocarro	0,0085	3,84
Bulldozer	0,0448	20,34

ATI:



**Consorzio Stabile
Grandi Lavori S.r.l.**

Imprese Consorziate Esecutrici



FINCOSIT



**CONSORZIO
INTEGRA**



RTP:



SCENARIO 2024		
Macchine di cantiere	EF PM10 [lb/h]	EF PM10 [g/h]
Dumper	0,0022	0,98
Frantoio mobile	0,0134	6,09
Motopontone di Servizio	0,0262	11,89
Gru	0,0143	6,49
Impianto miscelazione bentonite e iniezione	0,0052	2,36
Gruppo elettrogeno	0,0167	7,55
Trattore stradale	0,007	3,3085

SCENARIO 2025		
Macchine di cantiere	EF PM10 [lb/h]	EF PM10 [g/h]
Motonave	0,0262	11,89
Gru	0,0143	6,49
Elevatore telescopico	0,0023	1,03
Trattore stradale	0,007	3,3085
Escavatore	0,0091	4,14
Pompa cingolata	0,0142	6,42
Minipala bobcat	0,0069	3,11
Autocarro	0,0085	3,84
Motopontone	0,0262	11,89

Le emissioni di PM10 sono state stimate moltiplicando i fattori di emissione riportati per il numero di macchinari utilizzati nelle fasi considerati.

L'impatto sulla qualità dell'aria del territorio analizzato è stato stimato effettuando una simulazione con il software Aermod. Per effettuare la simulazione ed ottenere le concentrazioni di PM10 sul territorio in esame durante la fase di cantiere, è stata considerata l'emissione di PM10 dei macchinari utilizzati nella fase di lavoro ipotizzata essere la più critica, considerando anche la contemporaneità di impiego.

Gli scenari di calcolo sono rappresentati in modalità grafica dagli output del modello di simulazione, in cui si identifica la propagazione del PM10 sul territorio.

ATI:



**Consorzio Stabile
Grandi Lavori S.c.r.l.**

Imprese Consorziate Esecutrici



FINCOSIT



**CONSORZIO
INTEGRA**



RTP:



1.2 DESCRIZIONE DEL MODELLO DI SIMULAZIONE ATMOSFERICA

Il modello AERMOD è stato sviluppato nell'anno 2002 dall'EPA (*Environmental Protection Agency*: Agenzia del governo federale degli Stati Uniti preposta alla protezione della salute umana e dell'ambiente). Il modello è in grado di stimare gli impatti sul territorio di inquinanti emessi da diversi tipi di sorgenti emissive utilizzando allo scopo gli aggiornati algoritmi di calcolo.

AERMOD è un modello di dispersione “*steady-state*” in cui la diffusione in atmosfera dell'inquinante emesso da una sorgente viene simulata adottando una distribuzione gaussiana della concentrazione, sia nella direzione orizzontale che in quella verticale, se l'inquinante diffonde nello strato limite stabile SBL. Se invece l'inquinante diffonde nello strato limite convettivo CBL, il codice descrive la concentrazione in aria adottando una distribuzione gaussiana nella direzione orizzontale e una funzione densità di probabilità p.d.f. bi-gaussiana per la direzione verticale (*Willis and Deardorff, 1981; Briggs, 1993*).

Il codice incorpora inoltre un nuovo e semplice approccio per simulare la dispersione di un flusso in situazione di terreno complesso adottando il concetto di linea di flusso (*Snyder, et al., 1985*). Tale approccio è basato su considerazioni energetiche che permettono di definire, per ogni punto del territorio sul quale diffonde l'inquinante, la quota alla quale è soddisfatto il bilancio energetico tra l'energia cinetica di una particella d'aria che si muove nel flusso e l'energia potenziale necessaria affinché la particella superi un ostacolo. L'utilizzo di questo approccio evita la necessità di distinguere il terreno in semplice, intermedio o complesso.

L'attuale versione di AERMOD contiene particolari algoritmi in grado di tenere conto di determinate caratteristiche del PBL, è in grado di simulare il comportamento del pennacchio in diverse situazioni:

- calcola il “*plume rise*” e la “*buoyancy*”;
- è in grado di simulare i “*plume lofting*” cioè le porzioni di massa degli inquinanti che in situazioni convettive prima di diffondersi nello strato limite, tendono ad innalzarsi e a rimanere in prossimità del top dello strato limite;
- tiene conto della penetrazione del plume in presenza di inversioni in quota;
- può trattare lo strato limite in situazioni urbane.

AERMOD predispone inoltre un'analisi dei parametri meteorologici con lo scopo di definire la struttura verticale dello strato limite e la sua evoluzione temporale. Può inoltre considerare recettori in tutti i tipi di terreno, ubicati sulla superficie o a quote superiori all'altezza del *plume*; può venire applicato ad aree urbane e rurali, su terreni piani e complessi; può prendere in esame i rilasci di sorgenti singole o multiple, sia puntuali che areali o volumetriche, e le sorgenti possono essere ubicate sia in superficie che in quota.

L'utilizzo del codice AERMOD è articolato in tre distinte fasi operative ad ognuna delle quali è demandata una particolare funzione svolta da codici specifici. Le caratterizzazioni orografica e meteorologica degli scenari oggetto dello studio dispersivo vengono approntate rispettivamente dai codici AERMAP e AERMET che operano in modo disgiunto e autonomo e calcolano i parametri di tipo orografico e meteorologico che concorrono alla descrizione del *planetary boundary layer* nel quale diffondono gli inquinanti, che

ATI:



**Consorzio Stabile
Grandi Lavori S.c.r.l.**

Imprese Consorziate Esecutrici



FINCOSIT



**CONSORZIO
INTEGRA**



RTP:



successivamente sono simulati con il codice di dispersione AERMOD. Nella seguente figura è riportato il flusso delle fasi operative nelle quali è articolato l'utilizzo del codice AERMOD.

Il codice AERMAP, che rappresenta il preprocessore orografico, dopo la lettura dei dati orografici e delle caratteristiche della griglia orizzontale dei recettori (x_r , y_r), assegnata dall'utente per il successivo calcolo delle concentrazioni, per ogni singolo recettore determina la quota z_r e calcola un parametro h_c , detto "altezza scala" del terreno, che rappresenta l'altezza entro la quale si esplica l'influenza dei vicini rilievi orografici nel punto (x_r , y_r , z_r).

Il codice AERMET, che rappresenta il preprocessore meteorologico, prevede la lettura a livello orario di una serie di parametri meteorologici, quali velocità e direzione del vento, temperatura e copertura nuvolosa, misurati in una stazione al suolo rappresentativa del sito oggetto dello studio e la lettura giornaliera di un profilo della velocità e direzione del vento e della temperatura. I dati letti vengono poi utilizzati per calcolare il valore dei parametri, quali il flusso di calore sensibile, la velocità u^* , la lunghezza di Monin Obukhov L , la velocità convettiva di scala w^* , le altezze di mescolamento, sia meccanica sia convettiva, che definiscono lo strato limite (PBL) nel quale diffondono gli inquinanti.

Il codice di dispersione AERMOD, infine, dopo aver integrato le caratteristiche dello strato di rimescolamento nella fase detta di "interfaccia meteorologica", calcola le concentrazioni al suolo degli inquinanti emessi in atmosfera assumendo particolari ipotesi. Nel caso di atmosfera stabile il codice suppone che l'inquinante diffonda nello spazio mantenendo una forma sia nella direzione orizzontale che verticale assimilabile ad una distribuzione gaussiana, mentre nel caso di atmosfera convettiva la forma adottata dal codice per diffondere il pennacchio il pennacchio riflette la natura non gaussiana della componente verticale della velocità del vento.

1.3 OUTPUT DELLE SIMULAZIONI MODELLISTICHE

Gli scenari di calcolo sono rappresentati in modalità grafica dagli output del modello di simulazione, in cui si identifica la propagazione del PM10 sul territorio attraverso curve di isoconcentrazione.

Si specifica che le valutazioni effettuate fino ad ora sono cautelative in quanto considerano l'utilizzo continuo e contemporaneo dei macchinari utilizzati per le lavorazioni.

Le simulazioni modellistiche hanno riguardato il principale inquinante correlato alle attività di cantiere, vale a dire le polveri sottili, nella frazione PM10. In particolare, è stata valutata la media giornaliera di tale inquinante e confrontata con la soglia di compatibilità ambientale pari a $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Dalle simulazioni emerge che nello scenario 2023, le attività di scavo e demolizione considerate emettono un massimo di $32 \mu\text{g}/\text{m}^3$, valore inferiore alla soglia valutata. Inoltre, si osserva che le concentrazioni diminuiscono velocemente con la distanza fino a raggiungere circa $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ a circa 1,1 km dall'area in cui si è ottenuto il massimo valore.

Per quanto riguarda lo scenario relativo all'anno 2024, la contemporaneità delle lavorazioni relative al progetto del Rio Molinassi e delle attività di demolizione relative all'opera D, producono una concentrazione massima di PM10 pari a circa $135 \mu\text{g}/\text{m}^3$, valore superiore alla soglia di compatibilità ambientale. Anche in

ATI:



**Consorzio Stabile
Grandi Lavori S.c.r.l.**

Imprese Consorziate Esecutrici



FINCOSIT



**CONSORZIO
INTEGRA**



RTP:



questo caso però si nota come la concentrazione diminuisce con la distanza, ottenendo un valore di circa 2 µg/m³ ad 1 km di distanza dal valore massimo, nei pressi dei ricettori residenziali.

Relativamente allo scenario 2025, la concentrazione massima di PM₁₀ ottenuta è pari a circa 55 µg/m³, valore dovuto principalmente alle lavorazioni relative al progetto del Rio Molinassi. Anche in questo caso, presso i ricettori residenziali più vicini, si ottiene una concentrazione di PM₁₀ pari a circa 3 µg/m³.

Si specifica che le valutazioni svolte sono state cautelative, in quanto hanno considerato la contemporaneità delle attività e non considerano la breve durata delle attività che comportano la produzione di polveri. È opportuno comunque definire delle misure da adottare per la mitigazione degli impatti generati dalle polveri su eventuali ricettori potenzialmente esposti basandosi sul limitarne il più possibile la fuoriuscita dalle aree di scavo ovvero, ove ciò non riesca, sul trattenerle al suolo, impedendone il sollevamento tramite impiego di processi di lavorazione ad umido (sistematica bagnatura dei cumuli di materiale sciolto e delle aree di cantiere non impermeabilizzate) e pulizia delle strade esterne impiegate dai mezzi di cantiere. Per il contenimento delle emissioni delle polveri nelle aree di lavoro e nelle aree di viabilità dei mezzi utilizzati, i possibili interventi volti a limitare le emissioni di polveri possono essere distinti nelle seguenti due tipologie:

- Interventi per la riduzione delle emissioni di polveri nelle aree di attività e dai motori dei mezzi di cantiere;
- Interventi per la riduzione delle emissioni di polveri nel trasporto degli inerti e per limitare il risolle-
vamento delle polveri.

Con riferimento al primo punto, gli autocarri e i macchinari impiegati nel cantiere dovranno avere caratteristiche rispondenti ai limiti di emissione previsti dalla normativa vigente. A tal fine, allo scopo di ridurre il valore delle emissioni inquinanti, potrà ipotizzarsi l'uso dei motori a ridotto volume di emissioni inquinanti ed una puntuale ed accorta manutenzione.

Per quanto riguarda la produzione di polveri indotta dalle lavorazioni e dalla movimentazione dei mezzi di cantiere dovranno essere adottate alcune cautele atte a contenere tale fenomeno. In particolare, al fine di contenere la produzione di polveri generata dal passaggio dei mezzi di cantiere, come detta tra le attività a maggiore emissione di polveri, occorrerà mettere in atto i seguenti accorgimenti:

- Impianti di lavaggio delle ruote degli automezzi: si tratta di impianti costituiti da una griglia sormontata da ugelli disposti a diverse altezze che spruzzano acqua in pressione con la funzione di dilavare le ruote degli automezzi in uscita dai cantieri e dalle aree di lavorazione, per prevenire la diffusione delle polveri, come pure l'imbrattamento della sede stradale all'esterno del cantiere.
- L'esecuzione di una bagnatura periodica delle piste di cantiere e delle aree di cantiere e delle aree di stoccaggio terreni che consentiranno di contenere la produzione di polveri. Tali interventi saranno effettuati tenendo conto del periodo stagionale con incremento della frequenza delle bagnature durante la stagione estiva. Si osserva che l'efficacia del controllo delle polveri con acqua dipende essenzialmente dalla frequenza delle applicazioni e dalla quantità d'acqua per unità di superficie impiegata in ogni trattamento, in relazione al traffico medio orario e al potenziale medio di

ATI:



**Consorzio Stabile
Grandi Lavori S.c.r.l.**

Imprese Consorziate Esecutrici



FINCOSIT



**CONSORZIO
INTEGRA**



RTP:



evaporazione giornaliera del sito. Si prevede di impiegare circa 1 l/m2 per ogni trattamento di bagnatura.

- I mezzi di cantiere dovranno essere provvisti di sistemi di abbattimento del particolato a valle del motore, di cui occorrerà prevedere idonea e frequente manutenzione e verifica dell'efficienza anche attraverso misure dell'opacità dei fumi;
- Per contenere le interferenze dei mezzi di cantieri sulla viabilità sarà necessario prevedere la copertura dei cassoni dei mezzi destinati alla movimentazione dei materiali con teli in modo da ridurre eventuali dispersioni di polveri durante il trasporto dei materiali. Al fine di evitare il sollevamento delle polveri i mezzi di cantiere dovranno viaggiare a velocità ridotta.
- Le aree destinate allo stoccaggio dei materiali dovranno essere bagnate o in alternativa coperte al fine di evitare il sollevamento delle polveri.

Mentre l'intervento sopra descritto di bagnatura verrà operato sulle piste sterrate ed all'interno delle aree di cantiere, sulla viabilità esterna interessata dal traffico dei mezzi di cantiere, nei tratti prossimi alle aree di cantiere, si potranno adottare misure di abbattimento della polverosità tramite spazzolatura ad umido. Si dovrà prevedere idonea attività di formazione ed informazione del personale addetto alle attività di costruzione e soprattutto di movimentazione e trasporto materiali polverulenti.

ATI:



**Consorzio Stabile
Grandi Lavori S.c.r.l.**

Imprese Consorziate Esecutrici



FINCOSIT



**CONSORZIO
INTEGRA**



RTP:

