Comune di Deiva Marina
Provincia della Spezia
Regione Liguria

CAVA DI MARMO ROSSO LEVANTO E SERPENTINO DENOMINATA "LA SFINGE"

PROGETTO DI RIQUALIFICAZIONE AMBIENTALE

All. R12

Relazione sulla componente atmosfera

Committente	**Edilscavi di Volpi Franco & C sas**
Tecnico	**Dott. Geologo Luca Piaggi**



Data	**01/10/26**
Versione	**1,0**

Studio Geologico Piaggi	
Indirizzo	Via Genova 442, La Spezia (19123)
Cellulare	(+39) 3299710732
E-mail	lucapiaggi@gmail.com
PEC	lucapiaggi@pec.epap.it

INDICE

1. Premessa e riferimenti procedurali
2. Riferimenti normativi
3. Inquadramento dell'area e qualità dell'aria allo stato attuale
4. Dati di progetto assunti a base della stima
5. Individuazione dei recettori sensibili
6. Sorgenti di emissione e metodologia di stima
7. Stima delle emissioni di materiale particolato
8. Amianto naturale e litotipi ofiolitici
9. Misure di mitigazione
10. Quadro emissivo residuo e valutazione di significatività
11. Piano di monitoraggio della qualità dell'aria
12. Gestione degli esposti
13. Conclusioni
14. Bibliografia e riferimenti

1 — PREMESSA E RIFERIMENTI PROCEDURALI

La presente relazione costituisce approfondimento della componente atmosfera del progetto di riqualificazione ambientale della cava di marmo Rosso Levanto e serpentino denominata "La Sfinge", in Comune di Deiva Marina (SP), ed è redatta in riscontro alle richieste formulate nell'ambito della consultazione preventiva ai sensi dell'art. 20 del D.Lgs. 152/2006 — procedimento S912.
In particolare essa dà riscontro al contributo di **ARPAL — Direzione Scientifica**, prot. 0017223 dell'08/06/2026, sezione "Qualità dell'aria", punti **A**, **B**, **C**, **D** ed **E**, e al contributo di **ARPAL — U.O. Controlli Ambientali**, prot. int. 2026.0000472 del 03/06/2026, nella parte relativa alle emissioni.
I punti A e D — riferimento della tabella delle volumetrie alle fasi di progetto e stima del numero medio giornaliero di transiti per fase — sono recepiti negli elaborati R1 e R9 e richiamati al capitolo 4. Il punto C — individuazione su mappa dei recettori e delle relative distanze — è sviluppato al capitolo 5. Il punto B — integrazione delle misure di mitigazione con l'impianto lavaruote, l'impiego di mezzi con cassone chiuso e misure estese alla viabilità di accesso — è sviluppato al capitolo 9. Il punto E — Piano di gestione degli esposti — è sviluppato nell'All. R13.

Il rilievo relativo alle misure di contenimento delle emissioni del frantoio mobile è superato dalla configurazione di progetto: come precisato negli elaborati R1, R4 e R9, **non è previsto alcun impianto mobile di frantumazione e vagliatura**. I materiali conferiti sono messi in opera tal quale, previa verifica di conformità, senza alcuna lavorazione meccanica in sito. Vengono pertanto meno sia le emissioni associate a tale lavorazione, sia i relativi adempimenti in materia di emissioni in atmosfera ai sensi della Parte V del D.Lgs. 152/2006.

Il progetto non prevede alcuna attività di coltivazione, alcun impiego di esplosivo e alcuna riprofilatura del fronte roccioso: consiste esclusivamente nel ripristino morfologico e ambientale del vuoto estrattivo residuo mediante conferimento e messa in opera di materiale, secondo le fasi descritte nell'All. R1. Le emissioni considerate nel seguito sono pertanto **emissioni diffuse di materiale particolato** connesse alla movimentazione dei materiali e al traffico dei mezzi; non sono presenti emissioni convogliate soggette ad autorizzazione.

2 — RIFERIMENTI NORMATIVI

Qualità dell'aria ambiente

- Direttiva 2008/50/CE relativa alla qualità dell'aria ambiente e per un'aria più pulita in Europa;
- D.Lgs. 13 agosto 2010, n. 155, attuativo della direttiva 2008/50/CE; All. XI (valori limite): PM_{10} media giornaliera 50 µg/m³ da non superare più di 35 volte per anno civile e media annuale 40 µg/m³; $PM_{2,5}$ media annuale 25 µg/m³;
- Direttiva (UE) 2024/2881, da recepire entro l'11 dicembre 2026, che a decorrere dal 1° gennaio 2030 fissa valori limite più restrittivi: PM_{10} media annuale 20 µg/m³ e media giornaliera 45 µg/m³, $PM_{2,5}$ media annuale 10 µg/m³ con introduzione di un valore limite giornaliero. Poiché il programma dei lavori si sviluppa su un orizzonte di circa sette anni, le fasi terminali ricadranno nel regime della nuova direttiva: il piano di monitoraggio di cui al capitolo 11 è impostato per consentire la verifica anche rispetto ai nuovi valori;
- Piano Regionale di Risanamento e Tutela della Qualità dell'Aria della Regione Liguria (proposta di aggiornamento adottata con D.G.R. n. 67 del 30/01/2025).

Amianto naturale e litotipi ofiolitici

- Legge 27 marzo 1992, n. 257;
- D.M. 6 settembre 1994, All. 2 (metodiche analitiche, microscopia elettronica a scansione con microanalisi);

- D.M. 14 maggio 1996, All. 4 (pietre verdi: determinazione dell'Indice di Rilascio, valore limite 0,1);
- D.Lgs. 152/2006, Parte IV, All. 5 al Titolo V (concentrazione soglia di contaminazione per l'amianto pari a 1.000 mg/kg);
- L.R. Liguria n. 20/2006, che attribuisce ad ARPAL le funzioni di monitoraggio e controllo sui siti estrattivi e sugli affioramenti in rocce verdi;
- Linea Guida SNPA n. 44/2023, "Scavo, movimentazione e trasporto delle terre e rocce contenenti amianto naturale".

Attività estrattiva e ripristino

- L.R. Liguria 5 aprile 2012, n. 12 e s.m.i.;
- D.G.R. Liguria n. 431 del 27/03/2015, "Linee guida per la progettazione, gestione e risanamento ambientale delle attività estrattive a cielo aperto e in sotterraneo e opere connesse";
- D.G.R. Liguria n. 671 e n. 672 del 26/07/2019.

3 — INQUADRAMENTO DELL'AREA E QUALITÀ DELL'ARIA ALLO STATO ATTUALE

L'area di cava è ubicata in località Case Ghiara, sul versante sud-orientale del Monte Castelletto, sul fianco destro della valle del rio Piazza, affluente di destra del torrente Castagnola. Il baricentro del vuoto estrattivo ha coordinate WGS84 **44,230063 N — 9,550711 E**; il vuoto occupa una superficie di circa **1,26 ha** con perimetro di 482 m, in configurazione ad anfiteatro aperto verso sud-est.
Il contesto è rurale e boscato, privo di sorgenti emissive industriali. Le sorgenti presenti sono il traffico veicolare sulla viabilità di fondovalle e la combustione di biomassa per riscaldamento domestico nei nuclei sparsi. La rete regionale di monitoraggio della qualità dell'aria gestita da ARPAL non dispone di stazioni nel bacino del Castagnola; i dati di riferimento più prossimi sono quelli delle stazioni della provincia della Spezia, rappresentativi di contesti urbani e quindi cautelativi per eccesso rispetto al fondo dell'area in esame. Il quadro conoscitivo dello stato ante operam è completato dalla campagna di misura prevista al capitolo 11, da avviare prima dell'inizio dei lavori.
La conformazione morfologica è rilevante ai fini della dispersione: l'area si colloca in una valle stretta e incassata, con regime di brezza di monte e di valle prevalente e velocità del vento mediamente contenute. Tali condizioni, favorevoli in termini di ridotto risollevamento eolico dai cumuli, sono per converso sfavorevoli in termini di capacità dispersiva dell'atmosfera nei periodi di stabilità, in particolare nelle ore notturne e nelle prime ore del mattino, durante le quali peraltro il cantiere non è operativo.

4 — DATI DI PROGETTO ASSUNTI A BASE DELLA STIMA

Tabella 4.1 — Fasi, volumetrie e traffico indotto

Fase	Contenuto	Volume abbancato (m³)	Durata (anni)	m³/anno	m³/giorno	Viaggi/giorno	Transiti/giorno
0	Realizzazione dei due specchi d'acqua sostitutivi	—	0,5	—	—	—	—
1	Colmamento della fossa fino a q. 125 m	59.787	1,7	34.900	158,5	12,7	25,4
2	Primo gradone fuori terra q. 144 m	116.012	3,3	34.900	158,5	12,7	25,4
3	Secondo gradone q. 152 m	21.122	0,6	34.900	158,5	12,7	25,4
4	Terzo gradone e pista fino a q. 172 m	12.355	0,4	34.900	158,5	12,7	25,4
5	Completamento del rinverdimento	—	0,5	—	—	—	—
	Totale	209.276	7,0				

Tabella 4.2 — Ipotesi di calcolo

Parametro	Valore	Giustificazione
Giorni lavorativi	220 gg/anno	calendario ordinario di cantiere al netto di festività e fermi
Coefficiente di rigonfiamento f	1,20	rapporto fra volume sciolto trasportato e volume compattato in opera
Portata utile del mezzo	15 m³ sciolti/viaggio	autocarro a 4 assi
Densità apparente del materiale	1,8 t/m³	materiale inerte compattato in opera
Massa annua movimentata	62.780 t/anno	34.900 m³/anno × 1,8 t/m³
Peso medio del veicolo W	28 t	media fra mezzo carico (40 t) e mezzo scarico (16 t)
Contenuto di silt del fondo non pavimentato s	8,3 %	valore medio AP-42 Tab. 13.2.2-1 per piste di servizio in cave di pietra ornamentale (campo 2,4÷16 %)
Percorrenza su piste interne non pavimentate	0,300 km per senso	rilievo su ortofoto
Pista di accesso — tratto già pavimentato	0,294 km per senso	cemento o conglomerato bituminoso, stato di fatto
Pista di accesso — tratto in fondo naturale	0,130 km per senso	tratto mediano
Giorni di pioggia ≥ 0,254 mm	95 gg/anno	coerente con gli 82 giorni piovosi medi annui (precipitazione ≥ 1 mm) registrati a Framura negli anni completi 2017, 2019, 2020 e 2021 (All. R18, § 4), cui si aggiungono i giorni con precipitazione compresa fra 0,254 e 1 mm
Velocità media del vento U	2,5 m/s	valle incassata con regime di brezza; ipotesi
Umidità del materiale M	4 %	materiale inerte all'aperto, valore medio annuo - ipotesi

Dotazione di cantiere: n. 1 escavatore cingolato, n. 1 pala gommata, n. 1 rullo vibrante semovente da 10 t, condotto alternativamente alla pala, n. 1 autobotte con barra irroratrice, n. 1 pesa a ponte, n. 1 impianto lavaruote a ciclo chiuso. **Non sono previsti impianti di frantumazione o vagliatura, né distributori di carburante.**

5 — INDIVIDUAZIONE DEI RECETTORI SENSIBILI

L'individuazione dei recettori risponde al punto C del contributo ARPAL. Le distanze sono state misurate dal perimetro dell'area di cava e, separatamente, dall'asse della pista di accesso, su base cartografica verificata su ortofoto.

Tabella 5.1 — Recettori sensibili

Sigla	Recettore	Tipologia	Distanza dal perimetro di cava	Direzione	Distanza dalla pista di accesso
RC1	Camping "La Sfinge"	struttura turistica ricettiva all'aperto (piazzole, bungalow, piscina)	200 m	S (177°)	90 m
RC2	Camping "Costabella"	struttura turistica ricettiva all'aperto	311 m	SSE (169°)	210 m
RC3	Camping "Valdeiva"	struttura turistica ricettiva all'aperto	427 m	S (176°)	190 m
RC4	Abitazioni loc. Case Ghiara	residenziale	165 m	SSE (173°)	90 m
RC5	Nucleo abitato a est dell'area di cava	residenziale	211 m	E (95°)	> 400 m
RC6	Nucleo abitato ovest	residenziale	284 m	SSO (201°)	21 m
RC7	Chiesa (loc. Piazza)	luogo di culto	608 m	ENE (62°)	> 600 m
RC8	Struttura socio-assistenziale	servizi alla persona	1.365 m	ESE (110°)	—

Tabella 5.2 — Densità edificatoria nell'intorno

Fascia di distanza dal perimetro dell'area di cava	Edifici censiti
entro 200 m	5, di cui uno è il fabbricato di servizio della cava, a 14 m
entro 300 m	13
entro 350 m	20
entro 1.100 m dal baricentro del vuoto estrattivo	306

Fascia di distanza dall'asse della pista di accesso	Edifici censiti
entro 50 m	6
entro 100 m	12
entro 150 m	27

I toponimi e la destinazione d'uso dei singoli fabbricati sono desunti dalla base cartografica di riferimento e vanno validati sulla cartografia catastale e sulla Carta Tecnica Regionale; le distanze, misurate geometricamente, non sono influenzate da tale verifica.

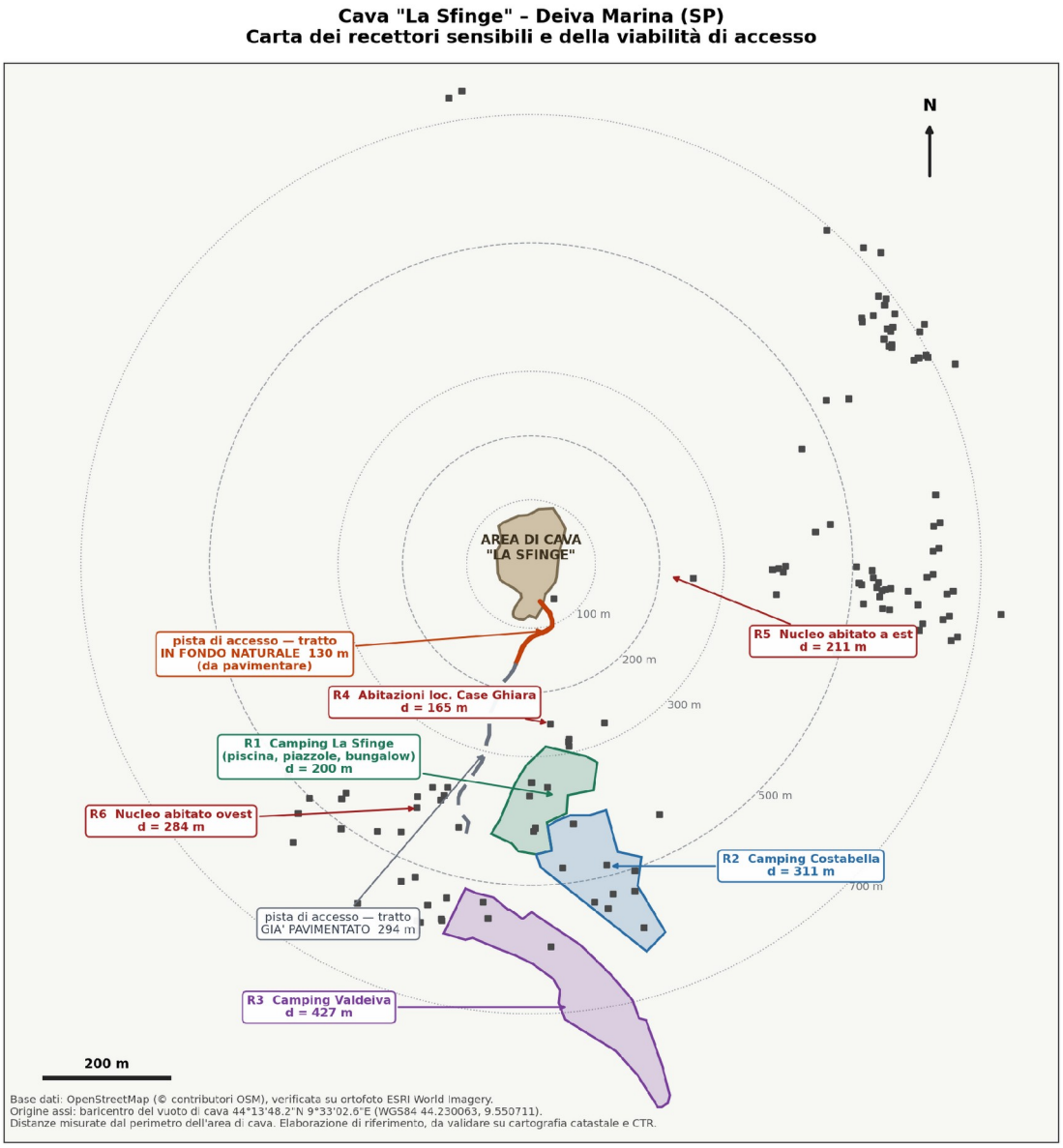


Figura 1 — Carta dei recettori sensibili e della viabilità di accesso

Osservazioni.
La distribuzione dei recettori presenta tre caratteri che condizionano l'impostazione delle misure di mitigazione.
Il primo è la **prevalenza di recettori in direzione meridionale**, sottovento rispetto alla componente di brezza di monte e allineati alla direzione di deflusso del fondovalle: cinque degli otto recettori individuati si collocano in un settore di 40° centrato sulla direzione sud.
Il secondo è la **presenza di tre strutture turistiche ricettive all'aperto** a distanze comprese fra 200 e 430 m. La permanenza all'aperto degli ospiti è pressoché continua, la fruizione avviene in larga parte nelle ore diurne e il periodo di massima occupazione — da giugno a settembre — coincide con la stagione secca, cioè con il periodo di massima emissività delle sorgenti diffuse. Il camping "La Sfinge" è dotato di piscina all'aperto, posta a circa 230 m dal perimetro di cava. Il contributo ARPAL richiama espressamente le "strutture turistiche" fra i potenziali recettori da individuare.

Il terzo è la **posizione della pista di accesso rispetto all'edificato**: il tracciato, lungo complessivamente 424 m, attraversa la fascia altimetrica in cui si concentrano le abitazioni di Case Ghiara e transita a 21 m dall'edificio più prossimo del nucleo occidentale, con 12 edifici entro 100 m. Il tratto ancora in fondo naturale, di 130 m, è quello mediano.

6 — SORGENTI DI EMISSIONE E METODOLOGIA DI STIMA

6.1 Individuazione delle sorgenti

Sigla	Sorgente	Natura	Riferimento metodologico
S1	Transito dei mezzi sulle piste interne non pavimentate	diffusa lineare	AP-42 § 13.2.2
S2a	Transito sul tratto di pista di accesso in fondo naturale (130 m)	diffusa lineare	AP-42 § 13.2.2
S2b	Transito sul tratto di pista di accesso pavimentato (294 m)	diffusa lineare	AP-42 § 13.2.1
S3	Scarico, ripresa e stesa del materiale	diffusa areale	AP-42 § 13.2.4
S4	Erosione eolica dai cumuli e dalle superfici esposte	diffusa areale	AP-42 § 13.2.5

La sorgente S4 non è quantificata separatamente: la conformazione ad anfiteatro, le velocità del vento contenute, la limitata permanenza dei cumuli e l'inumidimento superficiale la rendono di ordine di grandezza inferiore rispetto alle altre. Se ne tiene conto in via qualitativa fra le misure gestionali.
Non sono presenti sorgenti riconducibili ad attività di frantumazione, vagliatura o trasferimento su nastro, non previste dal progetto.

6.2 Metodologia
Si adotta la metodologia dei fattori di emissione dell'US-EPA *Compilation of Air Pollutant Emission Factors — AP-42*, riferimento internazionale consolidato per la stima delle emissioni diffuse da attività estrattive e di movimentazione terra, in assenza di una metodologia nazionale specifica. La stima è condotta per il **PM_{10}**, parametro normato e dimensionante, con indicazione del corrispondente valore di $PM_{2,5}$.
Strade non pavimentate (AP-42 § 13.2.2, Eq. 1a, veicoli industriali)
$E = k \cdot (s/12)^a \cdot (W/3)^b$ [kg/VKT]
con k = 0,42 kg/VKT, a = 0,9, b = 0,45 per il PM_{10}; k = 0,042 kg/VKT per il $PM_{2,5}$; s contenuto di silt del fondo stradale in percento; W peso medio del veicolo in Mg. La mitigazione naturale operata dalle precipitazioni è introdotta secondo la relazione di estrapolazione annuale $E_{ext} = E \cdot (365 - P)/365$, con P numero di giorni con precipitazione di almeno 0,254 mm.
Strade pavimentate (AP-42 § 13.2.1, Eq. 1)
$E = k \cdot (sL)^{0,91} \cdot (W)^{1,02}$ [g/VKT]
con k = 0,62 g/VKT per il PM_{10} e 0,15 g/VKT per il $PM_{2,5}$; sL carico di silt sul piano viabile in

g/m²; W peso medio del veicolo in Mg. La mitigazione naturale è introdotta secondo E_ext = E · [1 − P/(4N)].
Movimentazione di materiale sfuso (AP-42 § 13.2.4, Eq. 1)
E = k · 0,0016 · (U/2,2)^1,3 / (M/2)^1,4 [kg/Mg]
con k = 0,35 per il PM_{10} e 0,053 per il $PM_{2,5}$; U velocità media del vento in m/s; M umidità del materiale in percento.

7 — STIMA DELLE EMISSIONI DI MATERIALE PARTICOLATO E DELLE CONCENTRAZIONI AI RECETTORI

Il capitolo quantifica in tre passaggi successivi l'effetto dell'intervento sulla componente atmosfera: i fattori di emissione unitari delle sorgenti presenti, le emissioni annue in massa per scenario di mitigazione, e le concentrazioni incrementali ai recettori sensibili. Il terzo passaggio è necessario perché il giudizio di significatività e le soglie di attenzione del capitolo 11 riguardano l'esposizione, cioè una concentrazione, mentre la metodologia dei fattori di emissione restituisce una massa: senza il passaggio da massa a concentrazione il confronto con i valori limite di qualità dell'aria non è eseguibile.

7.1 — Fattori di emissione unitari

I fattori sono calcolati con le relazioni del capitolo 6 e con i dati di ingresso della Tab. 4.2.

7.1.1 — Transito su fondo non pavimentato

Si applica la relazione AP-42 § 13.2.2, Eq. 1a, per veicoli industriali, con contenuto di silt del fondo s = 8,3 % e peso medio del veicolo W = 28 Mg:

> E(PM_{10}) = 0,42 · (8,3/12)^0,9 · (28/3)^0,45 = 0,42 · 0,7177 · 2,7322 = 0,8235 kg/VKT = 823,5 g/VKT

Alla stima si applica il fattore di mitigazione naturale operata dalle precipitazioni, secondo la relazione di estrapolazione annuale E_ext = E · (365 − P)/365, con P = 95 giorni con precipitazione non inferiore a 0,254 mm:

> E_ext(PM_{10}) = 823,5 · (365 − 95)/365 = 823,5 · 0,7397 = 609,2 g/VKT

Il fattore per il $PM_{2,5}$ discende dal medesimo calcolo con k = 0,042 kg/VKT in luogo di 0,42, e vale pertanto un decimo di quello del PM_{10}: E_ext($PM_{2,5}$) = 60,9 g/VKT.

7.1.2 — Transito su fondo pavimentato

Si applica la relazione AP-42 § 13.2.1, Eq. 1, con k = 0,62 g/VKT per il PM_{10} e 0,15 g/VKT per il $PM_{2,5}$, W = 28 Mg e carico di silt sul piano viabile sL variabile secondo il regime di manutenzione. La mitigazione naturale è introdotta secondo E_ext = E · [1 − P/(4N)], con P = 95 e N = 365, da cui un coefficiente di 0,9349. A titolo di esempio, per sL = 0,4 g/m²:

> E(PM_{10}) = 0,62 · (0,4)^0,91 · (28)^1,02 = 0,62 · 0,4344 · 29,93 = 8,06 g/VKT
> E_ext(PM_{10}) = 8,06 · 0,9349 = 7,54 g/VKT

Carico di silt sL	E(PM_{10}) netto	E($PM_{2,5}$) netto	Condizione corrispondente
0,4 g/m²	7,5 g/VKT	1,8 g/VKT	lavaruote in uscita e spazzatura periodica — condizione di progetto
0,6 g/m²	10,9 g/VKT	2,6 g/VKT	soglia di attenzione adottata al capitolo 11
1,0 g/m²	17,3 g/VKT	4,2 g/VKT	manutenzione ordinaria
2,0 g/m²	32,6 g/VKT	7,9 g/VKT	manutenzione saltuaria
3,0 g/m²	47,1 g/VKT	11,4 g/VKT	assenza di pulizia, con trascinamento di fango dalle piste interne

Il confronto fra fondo naturale e fondo pavimentato mantenuto pulito è il dato dirimente

dell'intera valutazione: 609,2 contro 7,5 g/VKT, con una riduzione del 98,8 % del fattore unitario.

7.1.3 — Movimentazione di materiale sfuso

Si applica la relazione AP-42 § 13.2.4, Eq. 1, con k = 0,35 per il PM_{10} e 0,053 per il $PM_{2,5}$, velocità media del vento U = 2,5 m/s e umidità del materiale M = 4 %:

> $E(PM_{10}) = 0{,}35 \cdot 0{,}0016 \cdot (2{,}5/2{,}2)^{1{,}3} / (4/2)^{1{,}4} = 0{,}35 \cdot 0{,}0016 \cdot 1{,}1808 / 2{,}6390 = 2{,}506 \cdot 10^{-4}$ kg/Mg = 0,251 g/Mg
> $E(PM_{2,5}) = 0{,}038$ g/Mg

Il fattore si riferisce a una singola operazione di caduta libera del materiale. Nel ciclo di progetto ciascuna unità di massa è movimentata due volte: lo scarico dall'autocarro nell'area di accumulo e la successiva ripresa con pala gommata per la stesa in opera. Il fattore è pertanto applicato due volte alla massa annua movimentata, secondo la prassi indicata dalla medesima sezione dell'AP-42 per i cicli a più manipolazioni. L'assunzione è dichiarata perché incide direttamente sul risultato: la sua omissione dimezzerebbe il contributo della sorgente S3.

7.1.4 — Campo di validità dei fattori adottati

La metodologia dichiara, per ciascuna relazione, l'intervallo delle variabili entro il quale i fattori sono stati derivati dai dati sperimentali. Si dà atto che i valori assunti vi ricadono, condizione senza la quale i fattori sarebbero impiegati per estrapolazione.

Relazione	Variabile	Campo di validità	Valore assunto	Esito
AP-42 § 13.2.2 Eq. 1a	contenuto di silt s	1,8 ÷ 25,2 %	8,3 %	entro il campo
AP-42 § 13.2.2 Eq. 1a	peso medio del veicolo W	1,8 ÷ 260 Mg	28 Mg	entro il campo
AP-42 § 13.2.1 Eq. 1	carico di silt sL	0,03 ÷ 400 g/m²	0,4 ÷ 3,0 g/m²	entro il campo
AP-42 § 13.2.1 Eq. 1	peso medio del veicolo W	1,8 ÷ 38 Mg	28 Mg	entro il campo
AP-42 § 13.2.4 Eq. 1	velocità del vento U	0,6 ÷ 6,7 m/s	2,5 m/s	entro il campo
AP-42 § 13.2.4 Eq. 1	umidità del materiale M	0,25 ÷ 4,8 %	4,0 %	entro il campo

Due parametri meritano una precisazione sulla loro provenienza. Il contenuto di silt del fondo non pavimentato, pari all'8,3 %, è il valore medio che la Tab. 13.2.2-1 dell'AP-42 assegna alle piste di servizio di cave di pietra ornamentale, categoria che corrisponde alla condizione in esame; il campo dei valori osservati per quella categoria è 2,4 ÷ 16 %, e l'adozione del valore medio anziché del massimo è dichiarata come assunzione. L'umidità del materiale, pari al 4 %, si colloca in prossimità dell'estremo superiore del campo di validità: il fattore di emissione della movimentazione varia con M elevato a $-1{,}4$, ed è pertanto la variabile alla quale il contributo della sorgente S3 è più sensibile. Entrambi i valori sono verificati dal monitoraggio del capitolo 11.

7.2 — Percorrenze annue

Il traffico indotto è quello della Tab. 4.1, costante lungo l'intero settennio: 12,7 viaggi di andata e ritorno al giorno, pari a 25,4 transiti, su 220 giorni lavorativi, cioè 2.794 viaggi all'anno. Le percorrenze sono computate sul doppio della lunghezza di ciascun tratto, essendo ciascun viaggio composto da un percorso di andata e uno di ritorno.

Tratto	Lunghezza per senso	VKT/anno
Piste interne non pavimentate	0,300 km	1.676
Pista di accesso — 130 m in fondo naturale	0,130 km	726
Pista di accesso — 294 m pavimentati	0,294 km	1.643
Pista di accesso — intero tracciato, 424 m	0,424 km	2.369

Il mezzo di riferimento ha portata utile di 15 m³ di materiale sciolto per viaggio, massa a pieno carico di 40 Mg e massa a vuoto di 16 Mg, da cui il peso medio W = 28 Mg impiegato nei fattori di emissione. La configurazione corrisponde a un complesso veicolare di tipo autotreno o autoarticolato: la massa di 40 Mg a pieno carico non è compatibile con un autocarro isolato a quattro assi, la cui massa complessiva a pieno carico è limitata a 32 Mg dall'art. 62 del Codice della Strada. La coerenza fra portata utile, massa e numero di viaggi è verificata: 34.900 m³ in opera all'anno per un coefficiente di rigonfiamento di 1,20 danno 41.880 m³ sciolti, che a 15 m³ per viaggio corrispondono ai 2.794 viaggi annui assunti, e a una massa per viaggio di 22,5 Mg coerente con la portata utile di 24 Mg del complesso veicolare.

Accanto allo scenario ordinario si considera la giornata di punta, con 16 viaggi di andata e ritorno, corrispondenti a 32 transiti. La punta non modifica le emissioni annue, che sono governate dal volume complessivo da abbancare, ma incrementa del 26 % il rateo emissivo istantaneo: è pertanto la condizione dimensionante per le soglie giornaliere del capitolo 11 e per la stima delle concentrazioni del § 7.5.

7.3 — Emissioni annue per sorgente e per scenario

Si confrontano tre scenari.

- Scenario 0 — assenza di misure di mitigazione: piste interne e 130 m di accesso in fondo naturale non trattati, tratto pavimentato non sottoposto a pulizia (sL = 3,0 g/m²). È riportato a solo scopo di riferimento, per misurare l'efficacia delle misure, e non corrisponde ad alcuna configurazione del progetto.
- Scenario A — mitigazione parziale: bagnatura intensiva delle piste interne e del tratto in fondo naturale, con efficienza assunta del 75 %; tratto pavimentato con manutenzione saltuaria (sL = 2,0 g/m²).
- Scenario B — scenario di progetto: completamento della pavimentazione dei 130 m, impianto di lavaggio ruote in uscita e spazzatura periodica dell'intero tracciato (sL = 0,4 g/m²), bagnatura intensiva delle piste interne.

Sorgente	Scenario 0	Scenario A	Scenario B — progetto
S1 — piste interne non pavimentate	1.021	255	255
S2a — 130 m di accesso in fondo naturale	442	111	— (pavimentati, confluiscono in S2b)
S2b — tratto di accesso pavimentato	77 (294 m)	54 (294 m)	17,9 (intero tracciato di 424 m, di cui 5,5 sui 130 m pavimentati)
S3 — movimentazione dei cumuli	31,5	31,5	31,5
Totale PM_{10}	1.573	451	305

Riduzione dello scenario di progetto rispetto all'assenza di mitigazione: 80,6 %. Riduzione rispetto al solo intervento di bagnatura: 32,4 %.

Sorgente	Scenario 0	Scenario A	Scenario B —

			progetto
S1 — piste interne non pavimentate	102,1	25,5	25,5
S2a — 130 m di accesso in fondo naturale	44,3	11,1	—
S2b — tratto di accesso pavimentato	18,7	13,0	4,3
S3 — movimentazione dei cumuli	4,8	4,8	4,8
Totale $PM_{2,5}$	169,9	54,3	34,6

Le emissioni di $PM_{2,5}$ non sono una frazione costante di quelle di PM_{10}: il rapporto discende dal rapporto fra le costanti k delle rispettive relazioni ed è pari al 10,0 % per le strade non pavimentate (0,042/0,42), al 24,2 % per le strade pavimentate (0,15/0,62) e al 15,1 % per la movimentazione (0,053/0,35). Nello scenario di progetto il totale risulta pertanto di 34,6 kg/anno, pari all'11,4 % delle emissioni di PM_{10}.

L'emissione media di PM_{10}, ripartita sulle 8 ore lavorative di 220 giorni all'anno, cioè su 1.760 ore pari al 20,1 % delle ore dell'anno, risulta di 48,1 mg/s. Nella giornata di punta a 16 viaggi il rateo sale a 60,6 mg/s.

Sorgente	kg PM_{10}/anno	Quota	Rateo sulle ore operative
Piste interne non pavimentate	255	83,8 %	40,3 mg/s
Movimentazione dei cumuli	31,5	10,3 %	5,0 mg/s
Pista di accesso interamente pavimentata	17,9	5,9 %	2,8 mg/s
Totale	305	100 %	48,1 mg/s

7.4 — Lettura dei risultati emissivi

La prima osservazione riguarda la gerarchia delle sorgenti: il traffico su fondo non pavimentato costituisce, in ogni scenario, la sorgente largamente dominante — il 93 % delle emissioni nello scenario senza mitigazione, l'84 % nello scenario di progetto. Ogni intervento che non agisca su questa sorgente ha effetto marginale sul quadro emissivo complessivo.

La seconda riguarda i 130 m ancora in fondo naturale. Pur rappresentando il 31 % dello sviluppo della pista di accesso, essi generano, anche se sottoposti a bagnatura, 111 kg di PM_{10} all'anno, pari al 25 % delle emissioni dello scenario A. Il loro completamento in cemento o conglomerato bituminoso porta l'emissione di quel tratto a 5,5 kg/anno, con una riduzione del 95 % e un abbattimento del 32 % del quadro emissivo complessivo. È l'intervento con il migliore rapporto fra costo e beneficio disponibile: 130 m di pavimentazione su un tracciato già pavimentato per il resto.

La terza riguarda il rimanente. Nello scenario di progetto la sorgente residua dominante sono le piste interne, con 255 kg/anno. Esse si sviluppano però all'interno del vuoto di cava, in posizione morfologicamente schermata e a distanza maggiore dai recettori, e il loro tracciato si modifica con l'avanzare delle fasi. Su di esse la misura praticabile è la bagnatura sistematica, la cui efficienza reale dipende interamente dalla regolarità dell'esecuzione: è per questo che il piano di monitoraggio del capitolo 11 verifica non solo le concentrazioni ma anche l'effettiva attuazione della misura.

La quarta osservazione anticipa il paragrafo successivo. La gerarchia delle sorgenti in termini di massa non coincide con quella in termini di esposizione, perché la seconda dipende anche dalla distanza dai recettori: la pista di accesso, che pesa per il 6 % delle emissioni, transita a 21 m dall'edificio più prossimo, mentre le piste interne, che pesano per l'84 %, si sviluppano ad almeno 165 m da qualunque recettore. La valutazione di significatività non può quindi fondarsi sulle sole emissioni in massa.

7.5 — Stima di screening delle concentrazioni ai recettori

7.5.1 — Impostazione del calcolo

I paragrafi precedenti quantificano l'emissione in massa, che è la grandezza propria dei fattori di emissione AP-42. Il giudizio di significatività dell'impatto e le soglie di attenzione del capitolo 11 riguardano però l'esposizione, cioè una concentrazione: il confronto con i valori limite di qualità dell'aria richiede quindi di passare dal rateo emissivo alla concentrazione ai recettori. Il presente paragrafo svolge tale passaggio in forma di screening, con un modello semplificato e con assunzioni cautelative dichiarate.

Si adotta il modello gaussiano stazionario per sorgente al suolo e recettore al suolo, nella forma:

> $C = Q / (\pi \cdot u \cdot \sigma_y \cdot \sigma_z)$

dove C è la concentrazione sull'asse del pennacchio in µg/m³, Q il rateo emissivo in µg/s, u la velocità del vento alla quota di rilascio in m/s, σ_y e σ_z i coefficienti di dispersione laterale e verticale in m. I coefficienti sono quelli di Briggs per ambiente aperto, funzione della distanza sottovento e della classe di stabilità di Pasquill-Gifford. La dispersione iniziale delle sorgenti, che non sono puntiformi, è introdotta con il metodo della sorgente virtuale, assumendo $\sigma_{y0} = L/4{,}3$ e $\sigma_{z0} = H/2{,}15$, dove L è la dimensione caratteristica dell'area sorgente e H l'altezza del pennacchio di risollevamento generato dal transito dei mezzi, assunta in 4,0 m.

7.5.2 — Dati di ingresso

Le sorgenti sono raggruppate in due insiemi, perché agiscono a distanze diverse dai recettori.

Insieme	Sorgenti comprese	kg PM_{10}/anno	Rateo (mg/s)	σ_{y0}	σ_{z0}
S_cava	piste interne non pavimentate (255) e movimentazione dei cumuli (31,5)	286,5	45,2	26,0 m	1,9 m
S_pista	pista di accesso interamente pavimentata, sL = 0,4 g/m²	17,9	2,8	0,9 m	1,9 m
Totale		305	48,1		

Per S_cava la dimensione caratteristica è il lato equivalente dell'area del vuoto estrattivo, pari a 1,26 ha e quindi a 112 m; per S_pista è la larghezza del tracciato, pari a 4,0 m. Le distanze sono quelle della Tab. 5.1. Per S_cava si assume la distanza dal perimetro del vuoto e non dal baricentro delle sorgenti, che è maggiore: l'assunzione è cautelativa.

Recettore	Distanza da S_cava	Distanza da S_pista
RC4 — Abitazioni loc. Case Ghiara	165 m	90 m
RC6 — Nucleo abitato ovest	284 m	21 m

Il calcolo è svolto per RC4 e RC6 perché sono, rispettivamente, il recettore più prossimo all'area di cava e il recettore più prossimo alla pista di accesso. Gli altri sei recettori si collocano a distanze maggiori da entrambe le sorgenti e restituiscono concentrazioni inferiori.

7.5.3 — Condizioni meteorologiche assunte

Il capitolo 3 descrive una valle stretta e incassata, con regime di brezza di monte e di valle e velocità del vento mediamente contenute, e osserva che le condizioni di stabilità atmosferica si manifestano nelle ore notturne e nelle prime ore del mattino, durante le quali il cantiere non è operativo. Se ne assumono tre condizioni.

Classe di stabilità	Descrizione	Velocità del vento	Applicabilità
C	debolmente instabile	3,0 m/s	condizione diurna estiva ordinaria
D	neutra	2,0 m/s	condizione operativa di riferimento, cautelativa rispetto alla classe C
F	stabile	1,0 m/s	prima ora operativa nel periodo invernale, con inversione termica residua

La classe F non è applicata all'intero turno di lavoro, perché è incompatibile con l'insolazione diurna che caratterizza le ore di attività del cantiere: è impiegata per la sola prima ora operativa nello scenario sfavorevole.

7.5.4 — Risultati

Concentrazione oraria sull'asse del pennacchio, in µg/m³ di PM_{10} incrementali.

Condizione	RC4 — S_cava	RC4 — S_pista	RC4 totale	RC6 — S_cava	RC6 — S_pista	RC6 totale
C, u = 3,0 m/s	7,4	3,1	10,5	3,6	26,2	29,8
D, u = 2,0 m/s	17,9	8,3	26,2	9,7	56,6	66,3
F, u = 1,0 m/s	106,3	63,0	169,3	68,2	234,3	302,5

Media sulle 24 ore, in µg/m³ di PM_{10} incrementali. Si assume la condizione più sfavorevole quanto alla direzione del vento, cioè che questo resti diretto verso il recettore per l'intera durata del turno; le restanti sedici ore non danno contributo, essendo il cantiere fermo.

Scenario	RC4	RC6
8 ore in classe D — ritmo ordinario, 12,7 viaggi	8,7	22,1
1 ora in classe F e 7 in classe D — ritmo ordinario	14,7	31,9
1 ora in classe F e 7 in classe D — giornata di punta, 16 viaggi	18,5	40,2

Media annua. Si adotta la formulazione a settori, con rosa a sedici settori:

$$C = (2/\pi)^{(1/2)} \cdot Q \cdot f / (\theta \cdot x \cdot \sigma_z \cdot u) \qquad \text{con } \theta = 2\pi/16 = 0{,}3927 \text{ rad}$$

dove f è il prodotto fra la frequenza del settore contenente il recettore e la frazione oraria di attività del cantiere, pari al 20,1 %. Per la stazione di riferimento non è pubblicata una serie anemometrica (All. R18, § 4): la frequenza di settore è pertanto assunta in due valori, 25 % e 35 %, che coprono l'intervallo proprio di un regime di brezza canalizzata in valle stretta, e sarà verificata con i dati meteorologici acquisiti nella campagna ante operam del capitolo 11.

Frequenza del settore	RC4 — PM_{10}	RC6 — PM_{10}	RC4 — $PM_{2,5}$	RC6 — $PM_{2,5}$
25 %	1,6	2,8	0,2	0,3
35 %	2,2	3,9	0,2	0,4

7.5.5 — Confronto con i valori limite di qualità dell'aria

Parametro	D.Lgs. 155/2010, All. XI	Direttiva (UE) 2024/2881, dal 1° gennaio 2030	Incremento a RC4	Incremento a RC6
PM_{10}, media annua	40 µg/m³	20 µg/m³	1,6 ÷ 2,2	2,8 ÷ 3,9

PM_{10}, media su 24 ore	50 µg/m³, 35 superamenti/anno	45 µg/m³, 18 superamenti/anno	8,7 ÷ 18,5	22,1 ÷ 40,2
$PM_{2,5}$, media annua	25 µg/m³	10 µg/m³	0,2	0,3 ÷ 0,4

I valori riportati sono incrementali. Il confronto con il valore limite richiede la somma con il fondo, che non è disponibile per il bacino del Castagnola, non disponendovi la rete regionale di stazioni di misura. Il fondo è determinato dalla campagna di caratterizzazione ante operam del capitolo 11, da eseguirsi prima dell'avvio dei lavori: è quella misura, e non un valore di letteratura, la grandezza da sommare agli incrementi qui stimati. La necessità che la campagna preceda l'inizio delle lavorazioni discende direttamente dal presente calcolo.

7.5.6 — Lettura dei risultati

Il primo elemento è la gerarchia spaziale, che differisce da quella emissiva. In termini di massa la sorgente dominante sono le piste interne, con l'84 % delle emissioni; in termini di esposizione la sorgente dominante è la pista di accesso, che pesa per l'85 % dell'incremento a RC6 pur generando il 6 % delle emissioni. La ragione è la distanza: 21 m contro 284 m. Ne discende che le misure sulla pista di accesso — pavimentazione integrale, lavaggio ruote in uscita, spazzatura periodica — non sono, sotto il profilo dell'esposizione, misure accessorie rispetto alla bagnatura delle piste interne: sono la misura principale.

Il secondo elemento è che il recettore critico è RC6. L'incremento stimato sulle 24 ore, compreso fra 22 e 40 µg/m³ secondo lo scenario, è una frazione rilevante del valore limite giornaliero, e nello scenario di punta con prima ora in condizioni stabili si avvicina al valore limite di 45 µg/m³ applicabile dal 2030 ancor prima di sommare il fondo. Il monitoraggio della qualità dell'aria è pertanto collocato presso RC6, che è il punto di massima esposizione alla sorgente più prossima, con postazione di raffronto presso RC4.

Il terzo elemento quantifica la soglia sul carico di silt. L'emissione della pista pavimentata varia con sL elevato a 0,91: il passaggio da 0,4 a 0,6 g/m², che è la soglia di attenzione adottata al capitolo 11, comporta un incremento del 44,6 % dell'emissione stradale e porta la media giornaliera a RC6 da 22,1 a 30,5 µg/m³ nello scenario ordinario. La soglia di 0,6 g/m² non è quindi un valore convenzionale: è il livello oltre il quale il margine rispetto al valore limite giornaliero si riduce in misura non più governabile con le sole misure ordinarie, e questo ne giustifica l'assunzione come soglia di intervento.

Il quarto elemento riguarda RC4, per il quale l'incremento resta contenuto in tutti gli scenari — da 8,7 a 18,5 µg/m³ sulle 24 ore e da 1,6 a 2,2 µg/m³ come media annua — con margini ampi rispetto a entrambi i quadri normativi.

7.5.7 — Condizioni di validità e cautele adottate

La stima è di screening e sovrastima sistematicamente la concentrazione reale, per cinque assunzioni che si dichiarano: il recettore è posto sull'asse del pennacchio, che è la posizione di massimo; il vento è assunto costantemente diretto verso il recettore per l'intera durata del turno; le distanze di S_cava sono riferite al perimetro del vuoto e non al baricentro delle sorgenti; non è considerata la schermatura morfologica esercitata dal vuoto estrattivo in configurazione ad anfiteatro, che confina entro il volume della fossa buona parte del risollevamento prodotto dalle piste interne; non è considerata la deposizione secca lungo il percorso, che per il PM_{10} non è trascurabile su distanze di alcune centinaia di metri. Agisce invece in senso opposto, e non è quantificata, la riduzione della capacità dispersiva connessa alla canalizzazione del flusso in valle stretta.

Il modello non sostituisce una simulazione con modello lagrangiano o gaussiano avanzato su serie meteorologica oraria, che è lo strumento proprio della valutazione di impatto ambientale. Ha la funzione, propria dello studio preliminare, di stabilire l'ordine di grandezza dell'esposizione, di individuare il recettore critico e di riconoscere il parametro sul quale il controllo deve agire.

7.6 — Sintesi del capitolo

Nello scenario di progetto l'emissione complessiva è di 305 kg/anno di PM_{10} e di 34,6 kg/anno di $PM_{2,5}$, con una riduzione dell'80,6 % rispetto allo scenario privo di mitigazione e del 32,4 % rispetto al solo intervento di bagnatura. Il rateo medio sulle ore operative è di 48,1 mg/s, che sale a 60,6 mg/s nella giornata di punta.

L'incremento di concentrazione di PM_{10} imputabile all'intervento è dell'ordine di 2 ÷ 4 µg/m³ come media annua e di 9 ÷ 40 µg/m³ come media giornaliera nelle condizioni più sfavorevoli, secondo il recettore e lo scenario. L'incremento medio annuo è compatibile con i valori limite del D.Lgs. 155/2010 e con quelli più restrittivi introdotti dalla Direttiva (UE) 2024/2881. L'incremento giornaliero massimo, stimato a RC6 nella condizione di vento costantemente diretto verso il recettore, prima ora in classe di stabilità F e giornata di punta, è una frazione rilevante del valore limite giornaliero: il rispetto di quest'ultimo, che ammette un numero definito di superamenti annui, richiede che tale condizione resti rara e che il carico di silt sul tratto pavimentato sia mantenuto al di sotto della soglia di 0,6 g/m². Entrambe le condizioni sono verificate dal monitoraggio di PM_{10} presso RC6 e dalla misura del carico di silt previsti al capitolo 11; in caso di superamento della soglia giornaliera con contributo prevalente del cantiere, l'azione correttiva comprende la limitazione dei transiti nella prima ora di lavoro dei mesi invernali.

L'impatto sulla componente atmosfera è pertanto valutato non significativo a condizione che le misure di mitigazione del capitolo 9 siano attuate e mantenute in efficienza per l'intera durata dei lavori. Tale condizionalità non è una riserva formale: è il contenuto stesso della valutazione, ed è la ragione per cui il programma di controllo del capitolo 11 verifica non soltanto le concentrazioni ai recettori ma anche l'effettiva esecuzione delle misure da cui quelle concentrazioni dipendono.

8 — AMIANTO NATURALE E LITOTIPI OFIOLITICI

Il giacimento coltivato è costituito da **serpentiniti e oficalciti** (marmo Rosso Levanto), litotipi che rientrano nella definizione di "pietre verdi" di cui all'Allegato 4 del D.M. 14 maggio 1996. Sebbene il progetto non preveda attività di coltivazione, né riprofilatura del fronte roccioso, né alcuna lavorazione meccanica dei materiali in sito, due circostanze rendono opportuno un presidio specifico del tema:

- la viabilità interna e parte del piazzale si sviluppano su substrato e detrito serpentinitico, sottoposti a transito veicolare con generazione di particolato per risollevamento;
- la L.R. Liguria n. 20/2006 attribuisce espressamente ad ARPAL le funzioni di monitoraggio e controllo sui siti estrattivi e sugli affioramenti in rocce verdi con potenziale rischio amianto.

Caratterizzazione preliminare. Prima dell'avvio dei lavori sarà eseguita una caratterizzazione mineralogica su un numero rappresentativo di campioni prelevati dal detrito di cava e dal fondo delle piste, con determinazione qualitativa e quantitativa del contenuto di amianto mediante microscopia elettronica a scansione con microanalisi (SEM-EDS) secondo il D.M. 6 settembre 1994, e determinazione dell'**Indice di Rilascio** secondo l'All. 4 del D.M. 14 maggio 1996, il cui valore limite è fissato in **0,1**. Si assume come riferimento anche la concentrazione soglia di 1.000 mg/kg di cui all'All. 5 al Titolo V della Parte IV del D.Lgs. 152/2006.

Esito e conseguenze. Qualora la caratterizzazione confermi l'assenza di amianto in concentrazioni significative e un Indice di Rilascio inferiore a 0,1, il tema si chiude con la documentazione degli esiti. In caso contrario si applicheranno le misure operative di cui alla Linea Guida SNPA n. 44/2023: bagnatura costante delle piste, limitazione delle lavorazioni a secco, confinamento e copertura dei materiali, telonatura obbligatoria dei carichi, procedure

specifiche di gestione del personale e monitoraggio delle fibre aerodisperse.
Ricaduta sulla pavimentazione. Il completamento della pavimentazione dei 130 m di pista di accesso e il lavaggio ruote in uscita costituiscono, indipendentemente dall'esito della caratterizzazione, le misure più efficaci anche rispetto a questo specifico rischio, poiché eliminano il risollevamento dal fondo serpentinitico e il trascinamento di materiale fine sulla viabilità pubblica.
La tutela dei lavoratori rispetto all'esposizione a polveri e silice cristallina è trattata nel manuale operativo "Polveri e qualità dell'aria in cava" contenuto nell'All. R19.

9 — MISURE DI MITIGAZIONE

Le misure sono elencate in ordine di incidenza sul quadro emissivo.
9.1 Completamento della pavimentazione della pista di accesso
Il tratto mediano della pista di accesso, di **130 m** compresi fra la zona della curva del cancello di cava e l'inizio del tratto già pavimentato, sarà completato in cemento o in conglomerato bituminoso, con sagomatura del piano viabile e canalette laterali di raccolta collegate alla rete di regimazione di cui all'All. R14. L'intero tracciato di 424 m sarà mantenuto pulito mediante spazzatura periodica con macchina aspirante, con frequenza settimanale nei periodi asciutti e comunque tale da mantenere il carico di silt entro 0,4 g/m². Efficacia stimata: riduzione del 95 % delle emissioni del tratto interessato e del 32 % delle emissioni complessive di cantiere.

9.2 Impianto lavaruote in uscita
Sarà installato un **impianto lavaruote automatico a ciclo chiuso** sul piazzale, immediatamente a monte del cancello di uscita e a monte dell'imbocco del tratto pavimentato, con obbligo di passaggio per tutti i mezzi in uscita. L'impianto è del tipo a passaggio con ugelli fissi, rampe di salita e discesa e trattamento delle acque per decantazione, flocculazione, chiarificazione ed estrazione fanghi, con **ricircolo integrale**: non dà luogo ad alcuno scarico idrico. La scheda tecnica dell'impianto di riferimento è allegata all'All. R15; la gestione dei reflui e dei fanghi è sviluppata nell'All. R15.
La misura ha duplice effetto: impedisce il trascinamento di fango e materiale fine sulla viabilità pubblica, dove verrebbe successivamente risollevato dal traffico ordinario con emissioni non più governabili dal proponente, e mantiene basso il carico di silt del tratto pavimentato, condizione necessaria perché la misura 9.1 conservi l'efficacia stimata.
La **pesa a ponte** installata all'ingresso, oltre alla funzione di registrazione dei quantitativi, costituisce punto di controllo obbligato in corrispondenza del quale verificare la telonatura dei carichi e il passaggio al lavaruote.

9.3 Bagnatura delle piste interne e nebulizzazione del materiale
Bagnatura sistematica delle piste interne mediante autobotte dotata di barra irroratrice, con **frequenza non inferiore a due passaggi giornalieri nei periodi asciutti** e comunque commisurata alle condizioni meteorologiche e al traffico effettivo; nebulizzazione del materiale prima della movimentazione, allo scarico dai mezzi e in fase di stesa. L'efficienza di abbattimento assunta nella stima (75 %) è coerente con i valori riportati in AP-42 § 13.2.2 per interventi di bagnatura intensiva e frequente; è condizionata alla effettiva regolarità dell'intervento, che sarà registrata nel quaderno di cantiere e verificata nell'ambito del monitoraggio.
Nelle fasi di massimo utilizzo delle piste interne e nei periodi di prolungata siccità si valuterà l'impiego di **prodotti stabilizzanti** per fondi non pavimentati (leganti igroscopici o polimerici a bassa tossicità), che consentono di elevare l'efficienza di abbattimento oltre il 75 % riducendo i consumi idrici.

9.4 Gestione dei cumuli e delle superfici esposte
Sistemazione dei cumuli temporanei in posizione protetta rispetto ai venti dominanti, con orientamento del fronte di deposito; inumidimento superficiale o copertura con teli dei depositi di terreno vegetale destinati a permanere oltre i 30 giorni; contenimento dell'altezza

di caduta nelle operazioni di scarico; limitazione dell'estensione e della durata delle superfici nude, con inerbimento antierosivo delle superfici che raggiungano le quote di progetto entro la prima stagione utile, come previsto nell'All. R6 e nelle prescrizioni dell'All. R2.

9.5 Gestione dei mezzi

Obbligo di telonatura o di impiego di cassone chiuso per tutti i mezzi in ingresso e in uscita carichi, richiamato nel disciplinare di conferimento sottoscritto dai trasportatori e verificato all'accesso dal personale di cava in corrispondenza della pesa; **limite di velocità di 20 km/h** su tutte le piste interne e sul tratto di accesso, segnalato in loco con idonea cartellonistica; divieto di sosta prolungata con motore acceso; manutenzione periodica dei mezzi d'opera, con verifica delle condizioni di combustione.

9.6 Misure gestionali di contesto

Considerata la presenza delle tre strutture ricettive di cui alla Tabella 5.1 e la coincidenza fra stagione di massima occupazione e stagione di massima emissività, si adottano due accorgimenti gestionali:

- **intensificazione della bagnatura nel periodo giugno-settembre**, con incremento della frequenza dei passaggi e monitoraggio quotidiano delle condizioni del fondo;
- **programmazione delle lavorazioni a maggiore emissività** — movimentazioni di grandi volumi, ripresa di cumuli, formazione di nuove piste — **preferibilmente al di fuori del periodo di alta stagione**, compatibilmente con le esigenze di cantiere e con i vincoli stagionali già previsti per la tutela della fauna, che concentrano gli interventi strutturali nel periodo novembre-marzo.

I due vincoli stagionali — tutela della chirotterofauna, che sposta le lavorazioni strutturali all'inverno, e tutela dei recettori turistici, che suggerisce di evitare l'estate — risultano fra loro convergenti e non conflittuali.

10 — QUADRO EMISSIVO RESIDUO E VALUTAZIONE DI SIGNIFICATIVITÀ

Nello scenario di progetto l'emissione complessiva stimata è di **305 kg/anno di PM_{10}** e **di 34,6 kg/anno di $PM_{2,5}$**, corrispondenti a una portata media di 48 mg/s riferita all'orario di lavoro. Il valore va letto tenendo conto che si tratta di emissioni diffuse a bassa quota, in valle stretta, e che il loro impatto sulle concentrazioni ai recettori dipende in misura determinante dalle condizioni di dispersione locali.

La valutazione di significatività è fondata sui seguenti elementi:

1. **Entità.** L'emissione residua è di due ordini di grandezza inferiore a quella di un cantiere estrattivo in produzione, coerentemente con la natura dell'intervento, che non comporta abbattimento di roccia né lavorazione meccanica dei materiali.
2. **Gerarchia delle sorgenti.** L'84 % dell'emissione residua è attribuibile al transito su piste interne, che si sviluppano all'interno del vuoto di cava, in posizione morfologicamente schermata rispetto a tutti i recettori individuati.
3. **Prossimità.** La sorgente più vicina ai recettori — la pista di accesso — è ridotta, con le misure adottate, al 6 % del totale.
4. **Reversibilità e temporaneità.** Le emissioni cessano con la conclusione dei lavori; il ripristino vegetazionale progressivo riduce nel tempo le superfici emissive.
5. **Incertezza.** I fattori AP-42 sono stime di livello screening, con incertezza dichiarata di rating C-D per le sorgenti considerate. Sono stati adottati parametri di ingresso cautelativi: contenuto di silt pari al valore medio di categoria, peso medio del veicolo calcolato su mezzo carico in un senso di marcia, numero di giorni di pioggia conservativo.

Si ritiene pertanto che, con le misure descritte al capitolo 9 e con il monitoraggio di cui al capitolo 11, l'impatto sulla componente atmosfera sia **non significativo**, con la precisazione che tale giudizio è **condizionato all'effettiva attuazione e manutenzione delle misure**, e in particolare del completamento della pavimentazione, del lavaruote e della regolarità della bagnatura. Il piano di monitoraggio è impostato per verificare questa condizione.

11 — PIANO DI MONITORAGGIO DELLA QUALITÀ DELL'ARIA

Il monitoraggio della componente atmosfera è parte del Piano di Monitoraggio Ambientale e geotecnico unitario di cui all'All. R17, che ne coordina frequenze, soglie, responsabilità e modalità di restituzione con quelle delle altre componenti. Il presente capitolo ne contiene lo sviluppo metodologico; l'All. R17 ne riporta la sintesi operativa e il quadro riepilogativo. In caso di difformità prevale l'All. R17.
Il monitoraggio è articolato su tre livelli: la caratterizzazione dello stato di riferimento prima dell'avvio dei lavori, il controllo periodico in corso d'opera, e la registrazione operativa giornaliera delle attività di mitigazione, che è lo strumento con cui si verifica non il risultato ma la sua causa.
Le sigle dei recettori sono quelle della Tab. 5.1 e della carta dei recettori di Fig. 1, che costituiscono il riferimento comune a tutti gli elaborati specialistici e a tutte le componenti del Piano.

11.1 — Monitoraggio ante operam
Prima dell'avvio dei lavori è eseguita una campagna di caratterizzazione dello stato di riferimento. La campagna non ha funzione ricognitiva: determina il fondo che, sommato agli incrementi stimati al § 7.5, consente il confronto con i valori limite di qualità dell'aria, e fissa il termine di paragone rispetto al quale sono valutate tutte le misure successive. La sua esecuzione prima dell'inizio delle lavorazioni è pertanto condizione di funzionamento dell'intero programma.

Attività	Metodo	Ubicazione	Durata
PM_{10}	campionatore gravimetrico sequenziale conforme alla UNI EN 12341, metodo di riferimento ai sensi dell'All. VI del D.Lgs. 155/2010	recettore RC6, punto di massima esposizione alla pista di accesso	7 giorni consecutivi
PM_{10} — postazione di raffronto	idem	recettore RC4	7 giorni consecutivi, contestuali
Polveri sedimentabili	deposimetri di tipo Bergerhoff, metodica VDI 2119	3 postazioni, più un bianco di controllo sopravvento	7 giorni di esposizione
Parametri meteorologici	acquisizione dei dati orari di direzione e velocità del vento, precipitazione, temperatura e umidità relativa	stazione ARPAL di Framura, assunta quale stazione rappresentativa secondo l'All. R18	periodo della campagna
Caratterizzazione dell'amianto naturale	SEM-EDS secondo il D.M. 6 settembre 1994 e determinazione dell'Indice di Rilascio secondo l'allegato 4 del D.M. 14 maggio 1996	detrito di cava e fondo delle piste, quattro campioni	una volta, prima dell'avvio

La scelta di RC6 quale postazione principale discende dal § 7.5: è il recettore più esposto alla pista di accesso, che è la sorgente più prossima e quella che determina l'85 % dell'incremento di concentrazione in quel punto. La postazione di raffronto presso RC4 consente di distinguere il contributo della pista da quello delle sorgenti interne al vuoto di cava, che a RC4 è prevalente.

La durata di sette giorni consecutivi per il PM_{10} corrisponde al periodo minimo che consente una stima del valore medio e della sua variabilità utilizzabile come riferimento, ed è la medesima adottata per le campagne in corso d'opera, così che i due dati siano confrontabili a parità di sforzo di campionamento.

Gli esiti della campagna sono raccolti nel rapporto di caratterizzazione ante operam di cui al § 12.3 dell'All. R17, redatto dal Coordinatore del monitoraggio con i tecnici specialistici e trasmesso agli Enti prima dell'avvio dei lavori.

11.2 — Monitoraggio in corso d'opera
Il programma si sviluppa per l'intera durata dei lavori.

Attività	Metodo	Ubicazione	Frequenza
PM_{10}	campionatore gravimetrico sequenziale, UNI EN 12341	recettore risultato più critico nella campagna ante operam	due campagne all'anno da 7 giorni consecutivi, una nel periodo di alta stagione turistica (luglio-agosto) e una nel periodo invernale
Polveri sedimentabili	deposimetri Bergerhoff, VDI 2119	medesime postazioni dell'ante operam, più il bianco sopravvento	cadenza semestrale
Fibre aerodisperse	SEM-EDS secondo il D.M. 6 settembre 1994	confine di cava lato recettori	annuale, nel periodo di massima attività; campionamento esteso qualora la caratterizzazione dell'amianto naturale di cui al capitolo 8 dia esito non favorevole
Carico di silt sul tratto pavimentato	prelievo e vagliatura secondo AP-42 § 13.2.1	pista di accesso, tratto pavimentato	su segnalazione, e comunque in occasione di ogni verifica attivata da un esposto o dal superamento di una soglia sulle polveri sedimentabili
Parametri meteorologici	acquisizione dei dati orari	stazione ARPAL di Framura	continua

La scelta di condurre le due campagne annuali di PM_{10} in luglio-agosto e nel periodo invernale risponde a due condizioni diverse e ugualmente sfavorevoli: la prima è quella di massima presenza di recettori, essendo tre degli otto strutture turistiche ricettive all'aperto, e di massima secchezza del fondo stradale; la seconda è quella di minore capacità dispersiva dell'atmosfera, per la maggiore frequenza di condizioni stabili nelle prime ore operative, che il § 7.5.3 assume come scenario sfavorevole.
Il carico di silt è il parametro di controllo della sorgente che governa l'esposizione a RC6. Il § 7.5.6 mostra che il passaggio da 0,4 a 0,6 g/m² incrementa del 44,6 % l'emissione stradale e porta la media giornaliera incrementale a RC6 da 22,1 a 30,5 µg/m³: la misura non ha quindi cadenza fissa ma è attivata ogni volta che un indizio — una segnalazione, un superamento sulle polveri sedimentabili, un fermo prolungato dell'impianto di lavaggio ruote — renda plausibile uno scostamento dal valore di progetto.

La registrazione operativa è disciplinata dal capitolo 10 dell'All. R17. Per la componente atmosfera il registro riporta giornalmente il numero e la distribuzione oraria dei transiti rilevati alla pesa, il numero e l'orario dei passaggi di bagnatura, l'esecuzione o la mancata esecuzione della spazzatura del tratto pavimentato, lo stato di funzionamento dell'impianto di lavaggio ruote con causa e durata di ogni fermo, e le condizioni meteorologiche. È compilato dal Preposto di cantiere, conservato in cantiere in formato digitale con copia di sicurezza e reso disponibile agli Enti di controllo su richiesta. Il registro è lo strumento con cui si verifica l'attuazione delle misure di mitigazione: senza di esso le concentrazioni misurate sarebbero interpretabili solo per congettura, perché l'efficienza reale della bagnatura dipende interamente dalla regolarità dell'esecuzione.

11.3 — Soglie di attenzione, azioni correttive e responsabilità
I valori limite del D.Lgs. 155/2010 non sono direttamente applicabili a un singolo cantiere, essendo riferiti alla qualità dell'aria ambiente valutata su base annuale in punti rappresentativi dell'esposizione della popolazione. Si adottano pertanto soglie di attenzione di

natura gestionale, il cui superamento attiva le azioni indicate. Le soglie coincidono con quelle del capitolo 11 dell'All. R17; il responsabile e il termine sono quelli delle figure definite al capitolo 4 del medesimo allegato.

Parametro	Soglia di attenzione	Azione	Responsabile	Termine
Polveri sedimentabili ai recettori	incremento superiore a 100 mg/m²·giorno rispetto al bianco sopravvento	verifica della regolarità della bagnatura e dello stato del piano viabile pavimentato; intensificazione della frequenza; prelievo per la determinazione del carico di silt	Direttore dei Lavori, con il Tecnico incaricato dei monitoraggi ambientali	5 giorni lavorativi dalla comunicazione dell'esito
Polveri sedimentabili ai recettori	incremento superiore a 200 mg/m²·giorno rispetto al bianco, per due rilievi consecutivi	sospensione delle lavorazioni a maggiore emissività fino al ripristino delle condizioni; valutazione di misure integrative quali stabilizzanti chimici o estensione della pavimentazione alle piste interne principali	Direttore Responsabile ex D.Lgs. 624/1996 per la sospensione; Direttore dei Lavori per le misure integrative	immediato
Polveri sedimentabili ai recettori	medesima soglia — comunicazione	comunicazione ad ARPAL e al Comune di Deiva Marina, senza attendere la scadenza del rapporto periodico	Coordinatore del monitoraggio	5 giorni dall'adozione del provvedimento di sospensione
PM_{10}, media sulle 24 ore al recettore critico	50 µg/m³	analisi di contributo mediante confronto con la postazione di raffronto e con i dati meteorologici del periodo; se il contributo del cantiere risulta dominante, intensificazione delle misure di mitigazione e ripetizione della campagna	Tecnico incaricato dei monitoraggi ambientali per l'analisi; Coordinatore del monitoraggio per la validazione	15 giorni dalla disponibilità del dato
Carico di silt sul tratto pavimentato	0,6 g/m²	spazzatura straordinaria dell'intero tracciato e verifica dell'efficienza dell'impianto di lavaggio ruote, con ripetizione del prelievo a valle dell'intervento	Direttore dei Lavori	2 giorni lavorativi
Fibre aerodisperse	superamento dei valori di riferimento per gli ambienti di vita	sospensione delle lavorazioni interessate e attivazione delle procedure della Linea Guida SNPA 44/2023; comunicazione immediata agli Enti	Direttore Responsabile ex D.Lgs. 624/1996 per la sospensione; Coordinatore del monitoraggio per la comunicazione	immediato
Impianto di lavaggio ruote	fermo superiore a quattro ore lavorative	sospensione dell'uscita dei mezzi, ovvero lavaggio manuale documentato e spazzatura straordinaria del tratto pavimentato; annotazione a registro	Preposto di cantiere	immediato

Le soglie relative alle polveri sedimentabili sono assunte in via cautelativa in assenza di limiti normativi nazionali, con riferimento ai valori comunemente adottati nelle prescrizioni di cantiere e nei protocolli di monitoraggio delle attività estrattive. La soglia sul carico di silt non è invece un valore convenzionale: è derivata al § 7.5.6 dalla relazione fra carico di silt, emissione stradale e concentrazione al recettore critico, ed è il livello oltre il quale il margine rispetto al valore limite giornaliero si riduce in misura non più governabile con le sole misure ordinarie.

Il superamento di una soglia che comporti la sospensione di lavorazioni è comunicato agli Enti senza attendere la scadenza del rapporto annuale, secondo il § 11.4.

11.4 — Restituzione dei dati e rendicontazione agli Enti
La restituzione avviene nelle forme e con le cadenze stabilite al capitolo 12 dell'All. R17, alle quali i dati della componente atmosfera confluiscono.

Rapporti periodici. Il Coordinatore del monitoraggio redige un rapporto unitario, con cadenza annuale, trasmesso alla Regione Liguria e ad ARPAL entro sessanta giorni dalla chiusura del periodo di riferimento.
Per la componente atmosfera il rapporto contiene i dati grezzi delle campagne di PM_{10} e dei deposimetri, la loro elaborazione statistica, il confronto con lo stato ante operam e con le soglie di attenzione, gli esiti delle determinazioni sulle fibre aerodisperse e sul carico di silt, il consuntivo delle attività di mitigazione tratto dal registro operativo — passaggi di bagnatura, interventi di spazzatura, fermi dell'impianto di lavaggio ruote — e il registro delle azioni correttive attivate con il relativo esito.

Comunicazioni immediate. Sono comunicati agli Enti competenti senza attendere la scadenza del rapporto periodico il superamento di una soglia di attenzione che comporti la sospensione di lavorazioni e ogni superamento dei valori di riferimento per le fibre aerodisperse.
Relazione annuale. Entro il 31 marzo di ogni anno è trasmessa alla Regione Liguria e alla Provincia della Spezia la relazione consuntiva prevista dalla D.G.R. Liguria 672/2019, che riporta tipologia, provenienza e quantitativi dei materiali abbancati nell'anno precedente. I dati sui transiti in essa contenuti costituiscono la verifica a consuntivo dell'ipotesi di traffico assunta al § 7.2, e l'eventuale scostamento rispetto ai 2.794 viaggi annui di progetto è dichiarato e commentato.

12 — GESTIONE DEGLI ESPOSTI

In attuazione del punto E del contributo ARPAL prot. 0017223 dell'08/06/2026 è predisposto uno specifico **Piano di gestione degli esposti** (All. R13), che disciplina le modalità di presa in carico e gestione dell'esposto, le modalità di verifica preliminare sull'origine del disturbo con comunicazione agli Enti e all'esponente, e le azioni da attuare qualora la causa non sia individuabile e il disagio perduri per più giorni, ivi compresa la messa a disposizione di ARPAL di strumentazione conforme alla norma per la misura degli inquinanti, con la relativa organizzazione logistica e le modalità di consultazione dei dati.
La presenza in cantiere del registro operativo di cui al § 11.2 costituisce lo strumento che consente di dare riscontro documentato e tempestivo a un esposto, correlando il disturbo lamentato alle lavorazioni effettivamente in corso nella data indicata.

13 — CONCLUSIONI

Nell'intorno dell'area di cava sono presenti recettori sensibili a distanze comprese fra 165 e 430 m, fra i quali **tre strutture turistiche ricettive all'aperto** il cui periodo di massima occupazione coincide con la stagione di massima emissività. Lungo la pista di accesso si contano sei edifici entro 50 m.

Il progetto **non prevede alcun impianto di frantumazione o vagliatura**: il rilievo formulato in proposito da ARPAL è superato dalla configurazione di progetto.

La stima emissiva condotta con metodologia US-EPA AP-42 attribuisce al **transito dei mezzi su fondo non pavimentato** la quasi totalità delle emissioni diffuse. Le misure sono state conseguentemente gerarchizzate: il **completamento della pavimentazione dei 130 m residui della pista di accesso** e l'**installazione di un impianto lavaruote a ciclo chiuso**

in uscita costituiscono, insieme, la misura di maggiore efficacia, riducendo del 32 % le emissioni complessive rispetto al solo intervento di bagnatura e agendo sul tratto in cui la sorgente è più prossima ai recettori.

Nello scenario di progetto l'emissione residua è stimata in **305 kg/anno di PM_{10}** e **34,6 kg/anno di $PM_{2,5}$**, con una riduzione dell'81 % rispetto allo scenario privo di mitigazione, e risulta per l'84 % attribuibile a sorgenti collocate all'interno del vuoto di cava, in posizione morfologicamente schermata.

Il tema dell'**amianto naturale**, connesso alla natura serpentinitica del giacimento, è presidiato mediante caratterizzazione preliminare con determinazione dell'Indice di Rilascio e monitoraggio delle fibre aerodisperse.
L'impatto sulla componente atmosfera è valutato **non significativo**, a condizione dell'effettiva attuazione e manutenzione delle misure descritte. Il piano di monitoraggio proposto, articolato su una caratterizzazione ante operam, un monitoraggio in corso d'opera con soglie di attenzione e azioni correttive predefinite e una restituzione annuale agli Enti, è impostato per verificare tale condizione e per fornire la base documentale del Piano di gestione degli esposti.

Il progettista
Dott. Geologo Luca Piaggi



14 — BIBLIOGRAFIA E RIFERIMENTI

Metodologia di stima delle emissioni

1. US Environmental Protection Agency, *AP-42: Compilation of Air Pollutant Emission Factors*, Volume I, Fifth Edition: § 13.2.1 *Paved Roads* (gennaio 2011); § 13.2.2 *Unpaved Roads* (novembre 2006); § 13.2.4 *Aggregate Handling and Storage Piles* (novembre 2006); § 13.2.5 *Industrial Wind Erosion* (novembre 2006).
2. ISPRA, *Manuale dei fattori di emissione nazionali*.
3. ARPA Toscana e ARPA Lombardia, linee guida per la stima delle emissioni diffuse da attività estrattive e di cantiere.

Amianto naturale

- SNPA, *Linea Guida n. 44/2023 — Scavo, movimentazione e trasporto delle terre e rocce contenenti amianto naturale*.
- ARPAL, *Amianto naturale e pietre verdi in Liguria*.
- D.M. 6 settembre 1994; D.M. 14 maggio 1996, All. 4.

Monitoraggio

- UNI EN 12341, *Aria ambiente. Metodo gravimetrico di riferimento per la determinazione della concentrazione in massa di particolato sospeso PM_{10} o $PM_{2,5}$*.
- VDI 2119, metodo deposimetrico Bergerhoff per il particolato sedimentabile.
- D.Lgs. 13 agosto 2010, n. 155, All. VI e All. XI.

Atti del procedimento S912

- Regione Liguria — Settore VIA e Sviluppo Sostenibile, Prot-2026-0235269 del 15/05/2026.
- Regione Liguria — Servizio Cave ed Attività Estrattive, Prot-2026-0251716 del 26/05/2026.
- ARPAL — U.O. Controlli Ambientali, PROT INTERNO 2026.0000472 del 03/06/2026.
- ARPAL — U.O. Biodiversità e Progettazione UE, Allegato 2 del 01/06/2026.
- ARPAL — Direzione Scientifica, prot. 0017223 dell'08/06/2026.
- Regione Liguria — Settore VIA, Prot-2026-0341049 del 25/06/2026.

Elaborati di progetto richiamati

All. R1, All. R2, All. R6, All. R9, All. R13, All. R14, All. R15, All. R16, All. R17, All. R18, All. R19.

Basi cartografiche

- OpenStreetMap, © contributori OpenStreetMap, licenza ODbL, estrazione del 16/09/2026.
- ESRI World Imagery, ortofoto di riferimento per la verifica dei perimetri e delle strutture.
- Carta Tecnica Regionale della Regione Liguria, scala 1:5.000 e 1:10.000.