



Via Baccio Bandinelli n° 66 54033 CARRARA (MS)

Tel. 0585.53700 Fax 0585.859019

www.eco-gest.net e-mail info@eco-gest.net

Committente:

Marmo Canaloni S.r.l.

Cava 131 Campanella Pirinea (accorpamento) Bacino marmifero di Colonnata

54033 Carrara – Carrara (MS)

P.IVA 00061120457

Oggetto:

VALUTAZIONE DELLE EMISSIONI DIFFUSE DI
POLVERI PROVENIENTI DA ATTIVITÀ DI ESTRAZIONE,
TAGLIO E TRASPORTO DI MATERIALI LAPIDEI

Attività di escavazione in sotterraneo di pietre ornamentali

Cava N. 131 Campanella Pirinea

Ai sensi del: PIANO REGIONALE PER LA QUALITÀ DELL'ARIA AMBIENTE

Sommario

Premessa e quadro normativo	3
Inquadramento topografico del sito.....	3
Descrizione dell'attività e modalità di lavoro	6
Parte sperimentale	10
Monitoraggio del materiale particolato atmosferico, frazione PM10.....	15
Applicazione dei modelli di calcolo.....	17
Transito mezzi su strade non asfaltate – operazioni cantieri a cielo aperto	17
Attività aree deposito materiale detritico	19
Erosione vento.....	20
Valutazione della significatività delle emissioni	21
Sistemi di mitigazione delle emissioni	22
Conclusioni.....	24
Figura 1: Analisi geografica del contesto	5
Figura 2: ribaltamento bancata con escavatore	7
Figura 3: trasporto blocchi su pala gommata	8
Figura 4: postazione di misura PM10 con Sky-post presso area servizi Cava Ortensia	16

Premessa e quadro normativo

La presente relazione tecnica descrive i metodi di stima delle emissioni di particolato di origine diffusa prodotte dalle attività di trattamento degli inerti e dei materiali polverulenti in genere (prodotti dall'estrazione di marmo in una cava a cielo aperto) e le azioni ed opere di mitigazione che si possono attuare, anche ai fini dell'applicazione del D.Lgs. n° 152/06 (Allegato V alla Parte 5a, Polveri e sostanze organiche liquide, Parte I: Emissioni di polveri provenienti da attività di produzione, manipolazione, trasporto, carico o stoccaggio di materiali polverulenti) in attuazione a quanto richiesto da *"Piano regionale per la qualità dell'aria ambiente"* – DGP 223-09.

I metodi di valutazione proposti nel lavoro provengono principalmente da dati e modelli dell'US-EPA (AP-42 Compilation of Air Pollutant Emission Factors¹ ai quali si rimanda per la consultazione della trattazione originaria.

Inquadramento topografico del sito

L'area indagata ricade in destra orografica della parte sommitale del Canale dei Canaloni, rimanendo compresa tra il Fosso Cobiato e la Fossa della Campanella.

L'esatta ubicazione dell'unità estrattiva è riportata negli inquadramenti cartografici delle Tavv. 1 e 2 del Piano di Coltivazione.

Alla cava si accede tramite la strada comunale asfaltata che si distacca dal bivio per Colonnata, per proseguire con una strada d'arroccamento sterrata; è l'accesso per la Cava N° 136 Ortensia, che rappresenta il naturale imbocco della Cava N° 131 che di essa rappresenta una prosecuzione fisica.

La presente relazione tecnica rappresenta un mero aggiornamento a quanto già analizzato e descritto nella relazione ai sensi del PRQA datata 29/10/2024 Versione 2.0, relativamente alla Cava Ortensia N. 136, facente parte dello stesso contesto e coltivata dalla medesima società (Marmo Canaloni Srl).

Chi scrive, non può esimersi dall'analizzare i fenomeni descritti di seguito come se la Cava 131 fosse un'entità a sé stante, ma deve, per forza di cose, studiare il fenomeno nell'insieme per poterne valutare in maniera adeguate le interazioni con l'ambiente circostante. Di conseguenza, tutto ciò che sarà descritto e valutato nelle pagine a seguire e le conseguenti conclusioni, sono da ritenersi valide sia per quanto concerne la Cava 131 (Pirinea e Campanella) che la Cava Ortensia 136 nel loro insieme.

La cava n. 131 Campanella Pirinea (cava unica a seguito dell'accorpamento delle due cave N 131 Campanella e N. 132 Pirinea, è ubicata in sinistra orografica della vallata dei Canaloni, nei pressi della zona di circolo vallivo, è contenuta nell'Agro Marmifero Comunale. Il lato interessato dalla presenza di eventuali recettori si trova sul versante Sud-Ovest del giacimento a quota notevolmente inferiore (Abitato di Colonnata), l'imponente cresta del Monte Cima d'Uomo, funge da barriera naturale, poiché sovrasta di alcune centinaia di metri l'intera area estrattiva. Anche la distanza sorgenti-recettore, essendo stimata in oltre un chilometro in linea d'aria (all'incirca 1,3 Km), fa sì che la produzione di materiale particolato nel corso delle operazioni di coltivazione non coinvolga, se non in maniera del tutto marginale, i centri abitati di cui sopra. All'interno della presente relazione tecnica sarà analizzata con particolare attenzione la movimentazione ed il trasporto dei marmi estratti nonché quella del detrito prodotto dalla coltivazione. Le aree coltivate della Cava Ortensia, Pirinea e Campanella confinano con le aree estrattive dette di Seccagna e Buca del Fagiano con le quali condividono aree comuni.

La Cava n. 131, derivante dall'accorpamento delle cave Pirinea e Campanella, svolge le lavorazioni completamente in sotterraneo, risulta pertanto le emissioni di polveri che si originano dalla coltivazione del giacimento sono scarsamente significative.

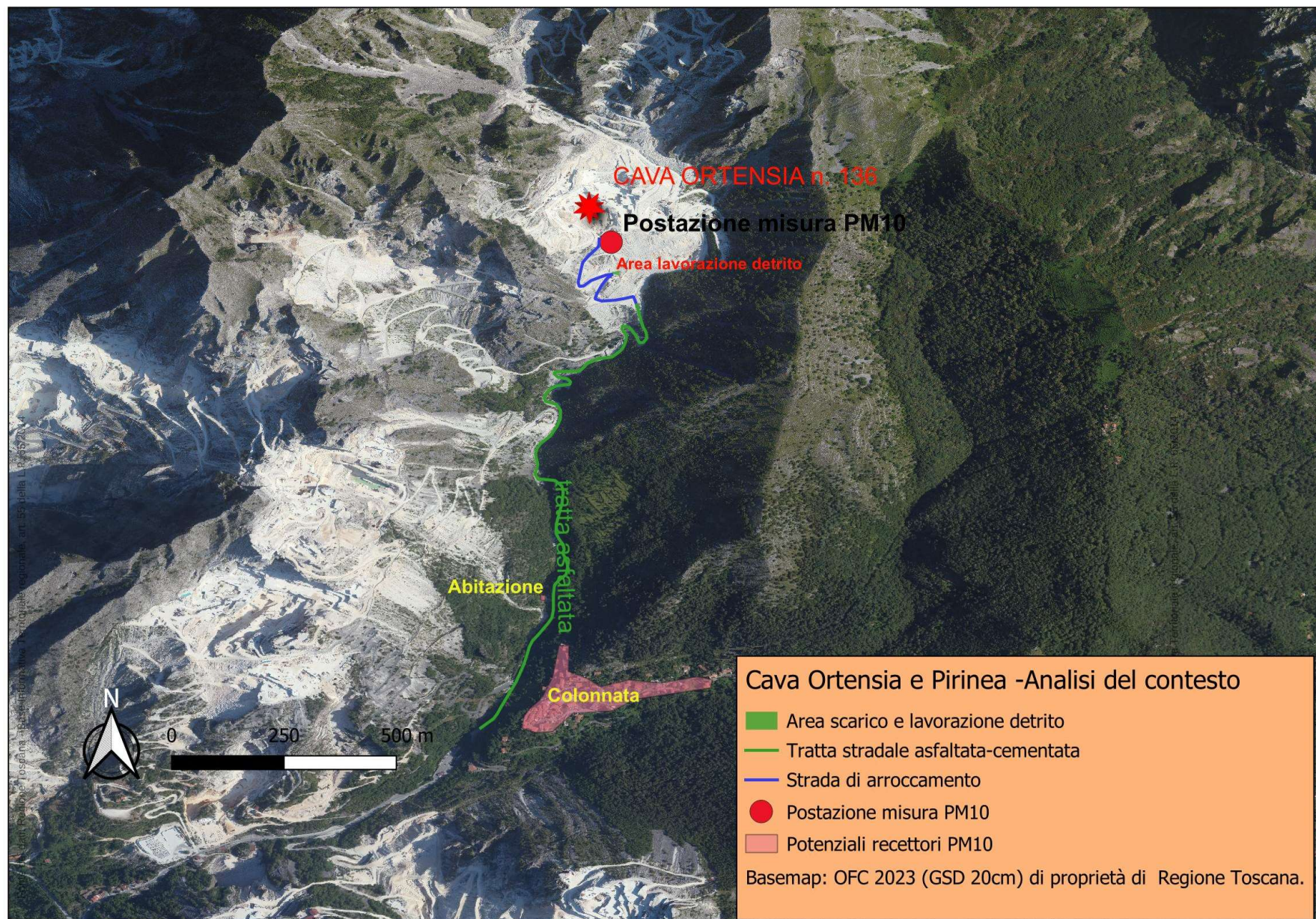


Figura 1: Analisi geografica del contesto

Descrizione dell'attività e modalità di lavoro

L'attività consiste nell'escavazione a cielo aperto ed in sotterraneo di pietre ornamentali (Marmo di Carrara) all'interno del Bacino marmifero di Colonnata in Località Canaloni. Il ciclo produttivo, è articolato come segue:

L'orario di lavoro si svolge, di norma, nei giorni feriali con inizio alle ore 07.00 e termine alle ore 16.00, nella giornata di sabato vengono normalmente svolte operazioni di manutenzione e piccole riparazioni ove si renda necessario.

Nel corso di precipitazioni piovose o quando le condizioni meteorologiche siano particolarmente avverse, l'attività estrattiva è sospesa. Detto fattore è di rilevante importanza al fine della successiva valutazione delle emissioni diffuse.

Gli impianti asserviti alle lavorazioni, che saranno composti essenzialmente da macchine per movimento terra, pale cariatrici e apparecchiature per la coltivazione del giacimento, sono tutte del tipo "mobile", poiché debbono seguire gli operatori nel corso delle operazioni d'avanzamento. Il regime di funzionamento delle singole macchine varierà in maniera rilevante in rapporto alle varie fasi di coltivazione del giacimento (costruzione delle strade d'arroccamento, taglio della bancata, spostamento della bancata ecc..). Le lavorazioni saranno svolte sia a cielo aperto che in sotterraneo e saranno riconducibili alla movimentazione meccanica (spostamento materiali, carico dei camion), attività di riquadratura mediante macchine per il taglio a filo diamantato e coltivazione diretta delle bancate. È fondamentale, ai fini della valutazione delle emissioni diffuse prodotte, analizzare in maniera puntiforme le varie fasi delle lavorazioni:

- 1) **Operazioni di sbancamento e costruzione strade di arroccamento:** viene normalmente utilizzato un escavatore cingolato che procede a velocità estremamente ridotta, solo in caso eccezionale vengono effettuati dei tagli tramite sistemi ad utensile diamantato. In questa fase la produzione di polveri diffuse è ridotta e la granulometria del materiale particolato grossolana.
- 2) **Operazioni di taglio al monte con l'utilizzo di macchine a filo:** per prima cosa vengono effettuati pozzetti e fori utilizzando macchine con utensile diamantato oppure in Vedia per permettere il passaggio del filo ed ottenete in questo caso i tagli verticali ed "a schiena", le apparecchiature sono raffreddate con acqua. Il filo diamantato che provvede al taglio della bancata è alimentato da apposito macchinario e raffreddato con acqua per impedire la sinterizzazione del diamante. In

questa fase la produzione di polveri diffuse è praticamente nulla in quanto l'aerosol prodotto ricade al suolo entro un raggio di pochi metri dalla sorgente.

- 3) **Tagli orizzontali della bancata con segatrici a catena diamantata:** utilizzando un apposito macchinario munito di una sega a catena diamanta, funzionante normalmente a secco, vengono effettuati i tagli orizzontali al fine di produrre il distacco della bancata. In questa fase la produzione di polveri diffuse è estremamente ridotta poiché la velocità di taglio è molto bassa ed il residuo di taglio prodotto di granulometria grossolana, ricade nelle immediate vicinanze dell'organo di taglio ove viene rimosso manualmente. Nella cava ortensia n. 136 i tagli con tagliatrice a catena dentata vengono dati in orizzontale ma sovente anche in verticale per quanto attiene i tagli di schiena alla bancata in quanto si lavora con bancate di altezza di 4.80 m.
- 4) **Lavorazioni in sotterraneo:** per quanto attiene le lavorazioni in galleria vengono eseguite mediante tagli verticali ed orizzontali con apposita tagliatrice a catena dentata cingolata a funzionamento elettrico mentre i tagli di schiena vengono eseguiti con tagliatrice a filo diamantato.
- 5) **Ribaltamento della bancata:** una volta terminati i tagli orizzontali e verticali, dopo aver provveduto all'inserzione delle zeppe, vengono posizionati cuscini metallici entro il taglio "a schiena" (i cuscini saranno poi riempiti d'acqua tramite un compressore e sposteranno in avanti la bancata), la bancata viene afferrata sulla parte superiore dalla benna dell'escavatore cingolato e quindi ribaltata in avanti di novanta gradi. L'operazione è di breve durata e gli spostamenti orizzontali dell'escavatore nonché la caduta della bancata producono scarse quantità di particolato di natura piuttosto grossolana che può ritenersi scarsamente significativo al fine della presente valutazione.



Figura 2: ribaltamento bancata con escavatore

- 6) **Sezionamento della bancata e movimentazione delle varie porzioni:** la bancata di marmo ora a terra viene porzionata mediante macchine a filo diamantato raffreddate con acqua pertanto valgono le considerazioni di cui al punto 2. I pezzi così ottenuti sono spostati presso le aree specifiche dove avviene la riquadratura (viene conferita al pezzo forma geometrica e dimensioni tali da poter essere trasportato a valle). La movimentazione avviene tramite pale meccaniche gommate per tragitti significativi (da poche decine a qualche centinaio di metri). La fase di movimentazione dei materiali mediante pala gommata è da considerarsi significativa al fine della valutazione delle emissioni diffuse soprattutto nei mesi che vanno da maggio a settembre dove il materiale depositato a terra, impossibile da asportare del tutto, si trasforma in polvere sottile.



Figura 3: trasporto blocchi su pala gommata

- 7) **Fase di trasporto e ridimensionamento volumetrico del detrito:** la coltivazione di un giacimento di marmo comporta, come inevitabile conseguenza, la produzione di ingenti quantità di detrito formato per lo più da scaglie e piccoli blocchi di dimensioni anche considerevoli (alcune tonnellate), nonché da quelle che sono definite in gergo “terre”. Le terre in realtà sono costituite da particelle di carbonato di calcio e fasi argillose prodotte dalla disintegrazione dei blocchi di marmo le cui componenti principali possono essere classificate, dal punto di vista granulometrico, in frazioni che vanno dalle sabbie ai limi. Sono proprio questi materiali che, in assenza di precipitazioni, contribuiscono in maniera significativa alla formazione di emissioni diffuse. I detriti prodotti nei vari cantieri di coltivazione vengono trasportati nei punti adibiti al loro ridimensionamento volumetrico e grigliatura per poi essere trasportati a valle. La grigliatura si rende necessaria per separare i materiali grossolani da quelli più fini per poi indirizzarli sul mercato. La Marmi Canaloni, esercente la Cava n. 136

ha predisposto un'apposita area per eseguire queste operazioni indispensabili ai fini di una corretta gestione del giacimento. In definitiva il trasporto dal luogo di produzione, la grigliatura ed il ridimensionamento volumetrico nonché il trasporto a valle del detrito, costituiscono probabilmente, la fonte principale di produzione di emissioni diffuse nell'ambiente.

- 8) **Utilizzo delle discariche (ravaneti):** allo stato attuale tutte le discariche in essere sono inattive, il detrito prodotto nella sua totalità viene trattato in loco come al punto precedente e portato a valle.
- 9) **Viabilità di cava, trasporto blocchi e detrito:** questa fase delle lavorazioni prevede il trasporto a valle dei blocchi di marmo e del detrito originatosi nel corso dell'estrazione. La viabilità interna di cava è costituita da tratti sterrati (circa un chilometro) che convergono sulla strada comunale di fondovalle in parte cementata (area in quota) ed in parte asfaltata. Come per il punto sei nel corso dei mesi estivi (maggio-settembre) quando le precipitazioni piovose sono scarse o nulle, vi è la possibilità di formazione di emissioni diffuse dovute al rotolamento delle ruote degli autocarri adibiti al trasporto. Allo stato attuale delle lavorazioni, una portata dei camion pari a 30-32 tonnellate, possiamo stimare in cinque il numero dei viaggi giornalieri di blocchi e venti quelli di scaglie di marmo e terra (totale n. 25 viaggi giornalieri da moltiplicarsi per due per considerare le tratte di andata e quelle di ritorno con automezzo scarico). L'indicazione della tratta massima pari a due chilometri su pista sterrata può considerarsi cautelativa.
- 10) **Stoccaggio materiale in cumuli:** presso ciascun cantiere di coltivazione è stata ricavata un'area da adibirsi al trattamento dei detriti di lavorazione (scaglie e frammenti marmorei frammisti a materiale fine come indicato nel precedente punto sei). Come già descritto in precedenza, i detriti di lavorazione vengono sottoposti ad un'operazione di grigliatura che prevede l'utilizzo di griglie in acciaio inclinate di circa trenta gradi dove avviene una prima separazione tra i materiali marmorei grossolani e le cosiddette "terre". Si formano pertanto cumuli distinti di materiale grossolano e "terre" che possono contenere al loro interno frazioni limo-argillose e, nel corso dei mesi estivi, dare origine ad emissioni diffuse nell'ambiente.

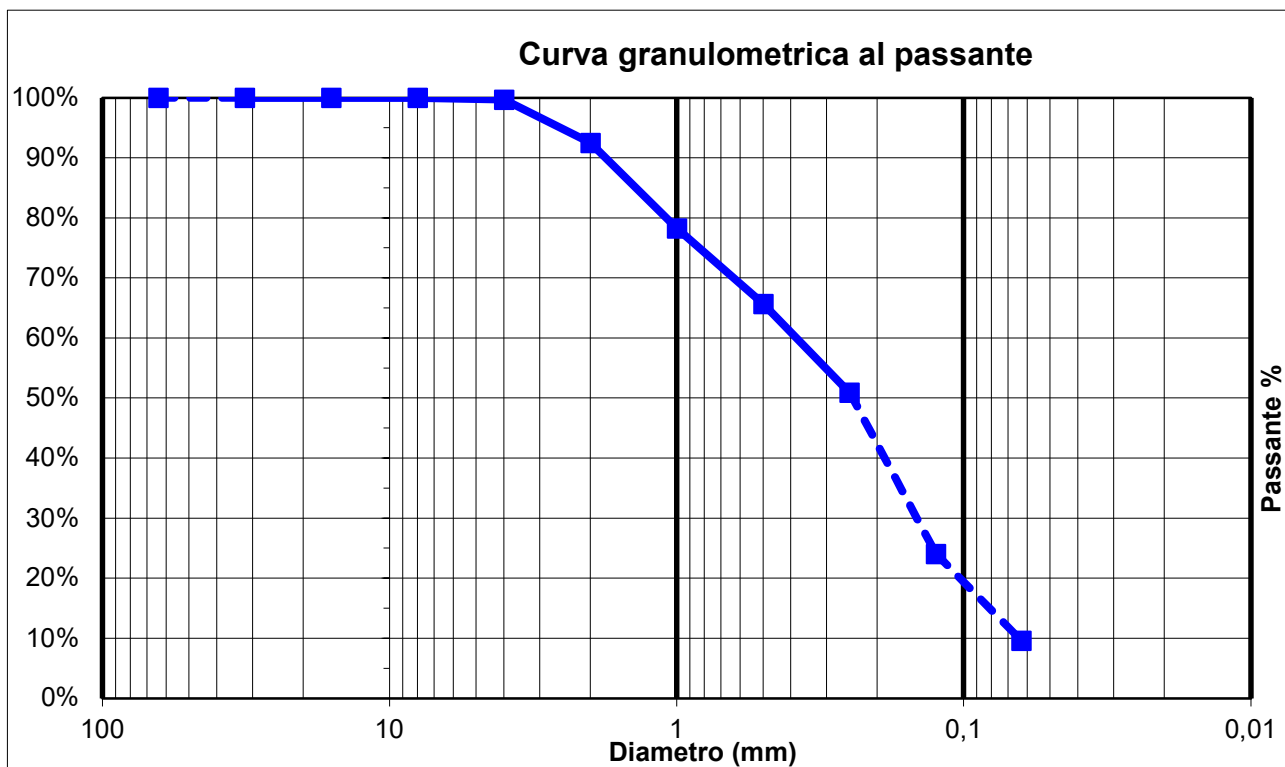
Parte sperimentale

Al fine di verificare i dati forniti dai modelli matematici, calibrati per realtà diverse da quella in oggetto, ho provveduto ad effettuare una serie di prove sul campo, tra cui il prelievo di campioni di materiale solido, in grado, potenzialmente, di generare emissioni diffuse nell'ambiente se sottoposto ad adeguate sollecitazioni (attrito con le ruote degli automezzi adibiti al trasporto, azione eolica, movimentazione tramite pale meccaniche ed escavatori). Nel caso in oggetto diventa importante la conoscenza e la conoscenza e la caratterizzazione dei vari materiali prodotti durante le varie fasi della coltivazione.

La natura merceologica dei materiali resta costante nel tempo, eventuali variazioni possono considerarsi scarsamente significative, ragion per cui ho utilizzato i dati raccolti nel corso dell'anno 2021.

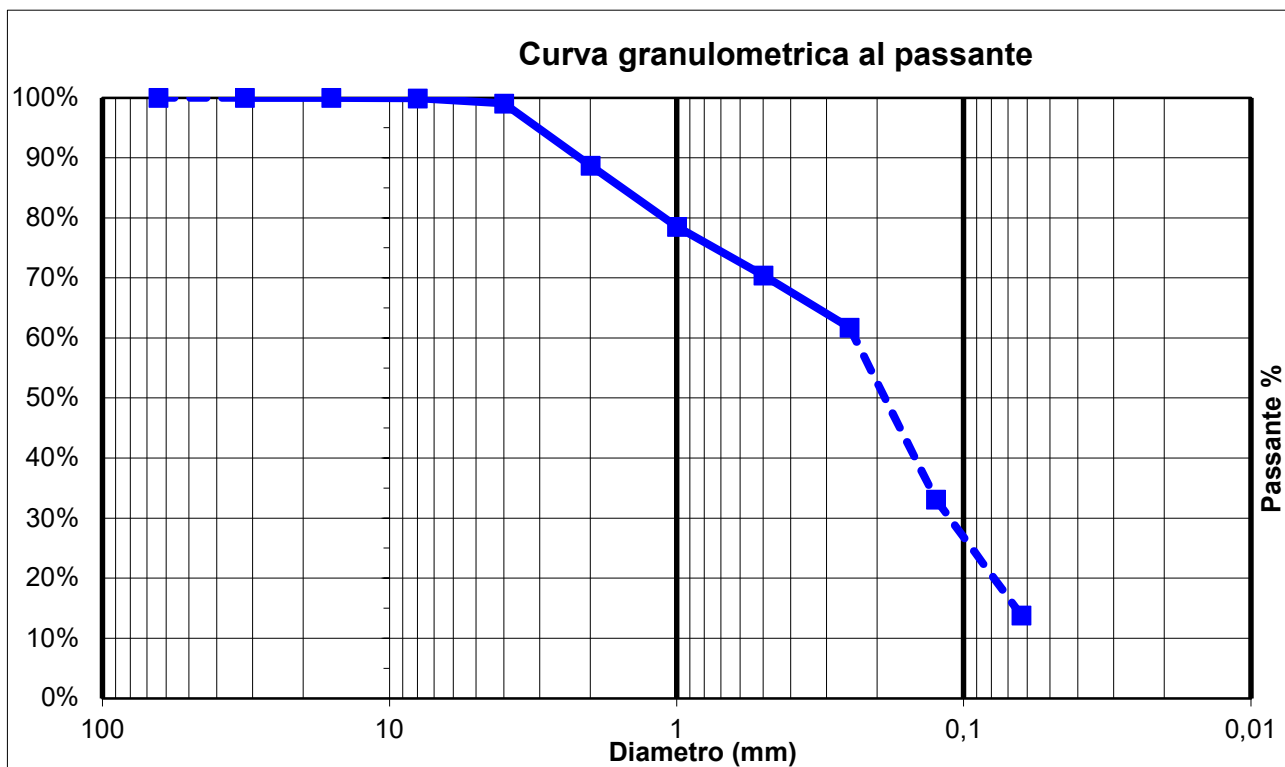
Ho provveduto, di conseguenza, a prelevare quattro campioni dei suddetti materiali così suddivisi:

SITO DI CAMPIONAMENTO:		Cava Ortensia Carrara (MS)				
Punto di prelievo		Residui taglio con terna				
N° prot. campione:		1				
Data di campionamento:		25/03/2021				
phi	Diametro setaccio (mm)	Trattenuto (g)	Trattenuto (%)	Trattenuto cumulato (%)	Passante cumulato (%)	range
-6	64	0,0	0,0%	0,0%	100,0%	<-6
-5	32	0,0	0,0%	0,0%	100,0%	[-6;-5]
-4	16	0,0	0,0%	0,0%	100,0%	[-5;-4]
-3	8	0,0	0,0%	0,0%	100,0%	[-4;-3]
-2	4	3,2	0,3%	0,3%	99,7%	[-3;-2]
-1	2	71,4	7,1%	7,5%	92,5%	[-2;-1]
0	1	142,1	14,2%	21,7%	78,3%	[-1;0]
1	0,5	126,0	12,6%	34,3%	65,7%	[0;1]
2	0,25	147,0	14,7%	49,1%	50,9%	[1;2]
3	0,125	268,2	26,9%	75,9%	24,1%	[2;3]
4	0,063	144,2	14,4%	90,4%	9,6%	[3;4]
Passante al 0.063 mm		96,2				
Totale analizzato (g)		998,2				



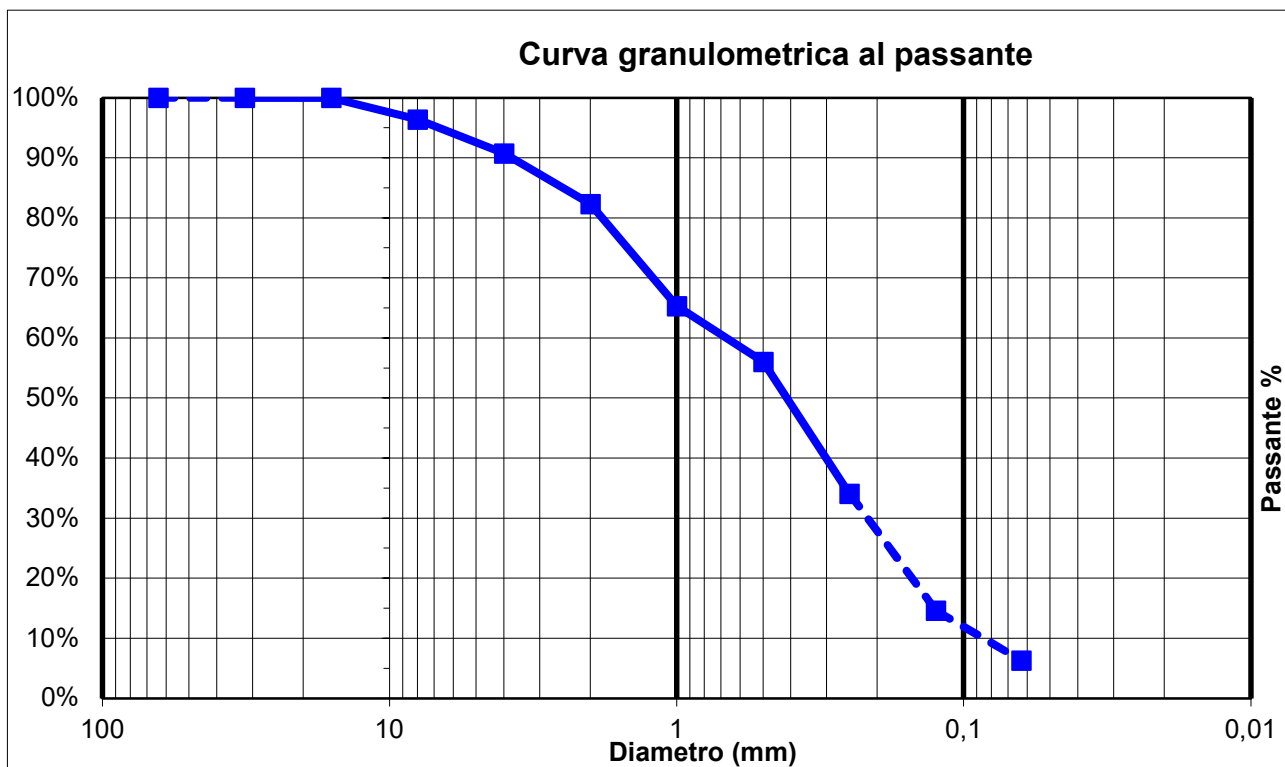
DIAM. MEDIO (di Folk & Ward) in mm:	$M = (\phi 84 + \phi 50 + \phi 16) / 3 =$	0,58
DISPERSIONE (di Folk & Ward):	$\sigma = (\phi 84 - \phi 16) / 2 =$	1,98

SITO DI CAMPIONAMENTO:		Cava Ortensia Carrara (MS)				
Punto di prelievo		Residuo taglio Fantini				
N° prot. campione:		2				
Data di campionamento:		25/03/2021				
phi	Diametro setaccio (mm)	Trattenuto (g)	Trattenuto (%)	Trattenuto cumulato (%)	Passante cumulato (%)	range
-6	64	0,0	0,0%	0,0%	100,0%	<-6
-5	32	0,0	0,0%	0,0%	100,0%	[-6;-5]
-4	16	0,0	0,0%	0,0%	100,0%	[-5;-4]
-3	8	1,0	0,1%	0,1%	99,9%	[-4;-3]
-2	4	8,1	0,8%	0,9%	99,1%	[-3;-2]
-1	2	103,3	10,4%	11,3%	88,7%	[-2;-1]
0	1	101,1	10,2%	21,4%	78,6%	[-1;0]
1	0,5	80,6	8,1%	29,5%	70,5%	[0;1]
2	0,25	86,7	8,7%	38,2%	61,8%	[1;2]
3	0,125	285,2	28,6%	66,9%	33,1%	[2;3]
4	0,063	192,1	19,3%	86,2%	13,8%	[3;4]
Passante al 0.063 mm		137,7				
Totale analizzato (g)		995,9				



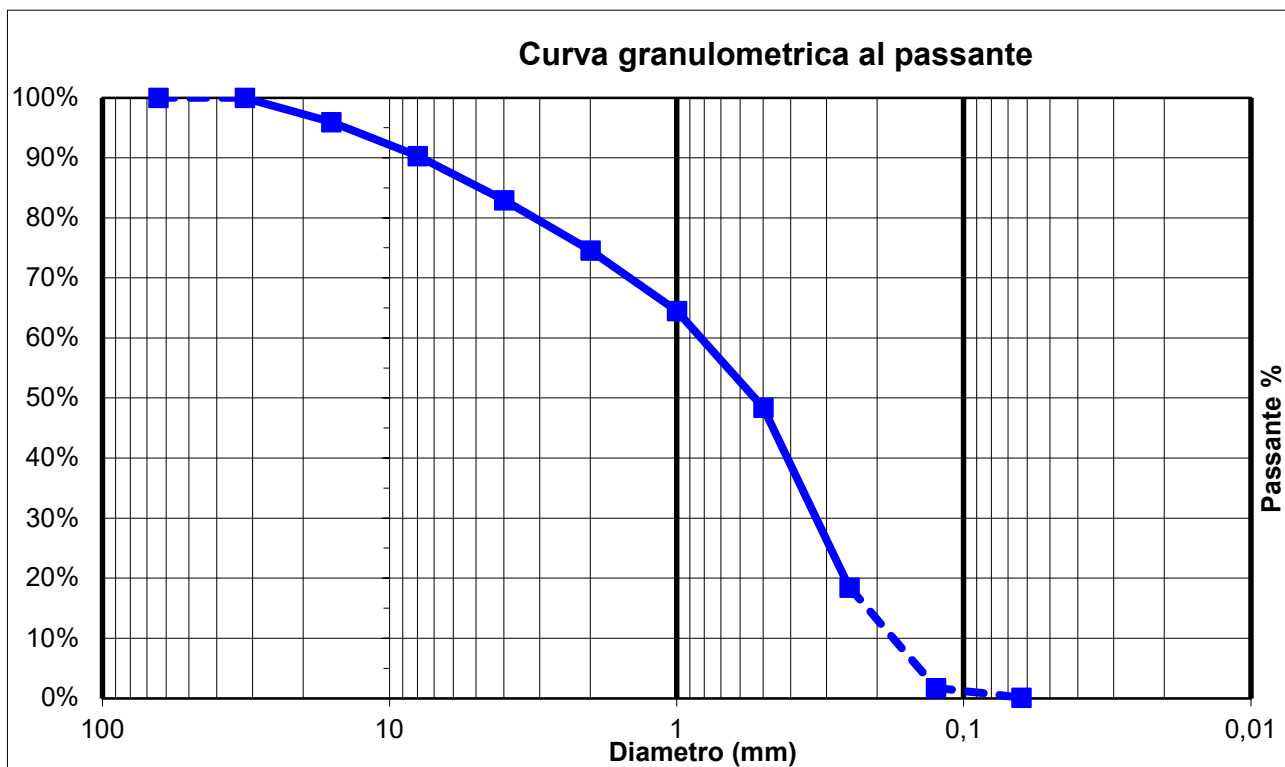
DIAM. MEDIO (di Folk & Ward) in mm:	$M = (\phi_{84} + \phi_{50} + \phi_{16})/3 =$	0,60
DISPERSIONE (di Folk & Ward):	$\sigma = (\phi_{84} - \phi_{16})/2 =$	2,23

SITO DI CAMPIONAMENTO:			Cava Ortensia Carrara (MS)			
Punto di prelievo			Piano di calpestio			
N° prot. campione:			3			
Data di campionamento:			25/03/2021			
phi	Diametro setaccio (mm)	Trattenuto (g)	Trattenuto (%)	Trattenuto cumulato (%)	Passante cumulato (%)	range
-6	64	0,0	0,0%	0,0%	100,0%	<-6
-5	32	0,0	0,0%	0,0%	100,0%	[-6;-5]
-4	16	0,0	0,0%	0,0%	100,0%	[-5;-4]
-3	8	31,6	3,6%	3,6%	96,4%	[-4;-3]
-2	4	49,2	5,7%	9,3%	90,7%	[-3;-2]
-1	2	73,1	8,4%	17,7%	82,3%	[-2;-1]
0	1	148,2	17,0%	34,7%	65,3%	[-1;0]
1	0,5	80,6	9,3%	43,9%	56,1%	[0;1]
2	0,25	191,2	22,0%	65,9%	34,1%	[1;2]
3	0,125	169,6	19,5%	85,4%	14,6%	[2;3]
4	0,063	72,1	8,3%	93,7%	6,3%	[3;4]
Passante al 0.063 mm		55,2				
Totale analizzato (g)		870,8				



DIAM. MEDIO (di Folk & Ward) in mm:	$M = (\phi_{84} + \phi_{50} + \phi_{16})/3 =$	0,99
DISPERSIONE (di Folk & Ward):	$\sigma = (\phi_{84} - \phi_{16})/2 =$	2,08

SITO DI CAMPIONAMENTO:		Cava Ortensia Carrara (MS)				
Punto di prelievo		Sottogriglia				
N° prot. campione:		4				
Data di campionamento:		25/03/2021				
phi	Diametro setaccio (mm)	Trattenuto (g)	Trattenuto (%)	Trattenuto cumulato (%)	Passante cumulato (%)	range
-6	64	0,0	0,0%	0,0%	100,0%	<-6
-5	32	0,0	0,0%	0,0%	100,0%	[-6;-5]
-4	16	39,8	4,0%	4,0%	96,0%	[-5;-4]
-3	8	55,8	5,6%	9,7%	90,3%	[-4;-3]
-2	4	73,2	7,4%	17,1%	82,9%	[-3;-2]
-1	2	82,4	8,3%	25,4%	74,6%	[-2;-1]
0	1	99,7	10,1%	35,5%	64,5%	[-1;0]
1	0,5	159,3	16,1%	51,6%	48,4%	[0;1]
2	0,25	296,3	29,9%	81,5%	18,5%	[1;2]
3	0,125	165,6	16,7%	98,2%	1,8%	[2;3]
4	0,063	15,9	1,6%	99,9%	0,1%	[3;4]
Passante al 0.063 mm		1,4				
Totale analizzato (g)		989,3				



DIAM. MEDIO (di Folk & Ward) in mm:	$M = (\phi_{84} + \phi_{50} + \phi_{16}) / 3 =$	1,78
DISPERSIONE (di Folk & Ward):	$\sigma = (\phi_{84} - \phi_{16}) / 2 =$	2,15

Monitoraggio del materiale particolato atmosferico, frazione PM₁₀

Poiché il modello matematico utilizzato è basato su parametri (area di vasta pianura semi-desertica con condizioni atmosferiche differenti da quelle del sito in esame, materiali coltivati con caratteristiche aerodinamiche e granulometriche non comparabili con la polvere di Carbonato di Calcio) diversi da quelli oggetto della presente valutazione, pur risultando utile al fine di valutare il differenziale tra la situazione al “tempo zero” rispetto a quella risultante dalla messa in esercizio di un impianto di irrigazione, ho ritenuto opportuno procedere ad un monitoraggio del PM₁₀ di durata settimanale allo scopo di valutare la situazione attuale per poi procedere, una volta installato l'impianto di irrigazione, alla verifica dell'effettivo rendimento delle misure di mitigazione adottate. La strumentazione utilizzata è la seguente: La stazione per esterni **Skypost PM FX**, fa il **monitoraggio continuo** del particolato atmosferico mediante il metodo di campionamento su membrana filtrante di diametro 47 mm.

Il *sistema di sostituzione sequenziale* della membrana filtrante con *autonomia di 16 filtri*, unitamente al controllo elettronico del flusso, **consentono il monitoraggio continuo senza presidio dell'operatore**. Il sistema permette inoltre di sostituire i filtri esposti senza interrompere il campionamento in corso e quindi senza l'obbligo di eseguire l'intervento in tempi predeterminati.

La stazione di campionamento **Skypost PM FX** ha una portata d'esercizio fino a 50 l/min ed è particolarmente *adatta per il campionamento delle polveri con la testa di prelievo LVS PM₁₀ 2,3 m³/h, LVS PM_{2,5} 2,3 m³/h, in accordo alla norma EN 12341:2014*.

La **modularità della testa** di prelievo **consente di utilizzare anche la testa US EPA 40**, CFR Part 50.

La postazione di misura del PM₁₀ è stata posizionata all'interno di un'area particolarmente sensibile, esposta al traffico veicolare pesante (Dumper) nel piazzale adibito ad area servizi proprio al di sopra dei cantieri dove avviene la grigliatura, ridimensionamento volumetrico, carico e scarico dei derivati.

Le varie aree sono individuate nell'allegato cartografico di pagina 4 ed in dettaglio all'interno delle tavole grafiche allegata al Piano di Coltivazione.

¹ N. campione	Data	Volume campionato	Valore assoluto	Concentrazione PM ₁₀
1095	02/11/24 sabato	54,43 m ³	0,92	16,90 µg/m ³
1096	03/11/24 domenica	54,41 m ³	0,86	15,80 µg/m ³
1093	04/11/24 lunedì	54,40 m ³	1,70	31,25 µg/m ³
1094	05/11/24 martedì	54,41 m ³	1,75	32,16 µg/m ³
1097	06/11/24 mercoledì	54,40 m ³	1,67	30,70 µg/m ³
1098	07/11/24 giovedì	54,40 m ³	1,73	31,80 µg/m ³
1099	08/11/24 venerdì	54,42 m ³	1,33	24,43 µg/m ³



Figura 4: postazione di misura PM10 con Sky-post presso area servizi Cava Ortensia

¹ Allego certificati analitici rilasciati dal Laboratorio CBA di Forte dei Marmi (LU)

Applicazione dei modelli di calcolo

Transito mezzi su strade non asfaltate – operazioni cantieri a cielo aperto

Il transito di automezzi su strada non asfaltata può determinare un'emissione diffusa di polveri che è in funzione del tipo di strada (asfaltata o non asfaltata). Per la stima delle emissioni diffuse dalle strade non asfaltate, le linee guida prevedono di applicare il modello emissivo proposto al paragrafo 13.2.2 "Unpaved roads" dell'AP-42, di seguito riportato:

$$EF_i = k_i * \left(\frac{s}{12}\right)^{a_i} * \left(\frac{W}{3}\right)^{b_i}$$

dove:

- i = particolato (PTS, PM10, PM2.5);
- s = contenuto in limo del suolo in percentuale in massa (%);
- W = peso medio del veicolo;
- EF = Fattore di emissione della strada non asfaltata (g/km);
- K_i , a_i , b_i = coefficienti che variano a seconda del tipo di particolato (vedi tabella seguente).

	k_i	a_i	b_i
PTS	1.38	0.7	0.45
PM ₁₀	0.423	0.9	0.45
PM ₂₅	0.0423	0.9	0.45

Valori dei coefficienti K_i , a_i , b_i al variare del tipo di particolato

Il peso medio dell'automezzo W deve essere calcolato sulla base del peso del veicolo vuoto e a pieno carico. Per il calcolo dell'emissione finale, E_i , si deve determinare la lunghezza del percorso di ciascun mezzo riferito all'unità di tempo (numero di km/ora), sulla base della lunghezza della pista (km); è richiesto quindi il numero medio di viaggi al giorno all'interno del sito ed il numero di ore lavorative al giorno. L'espressione finale sarà quindi:

$$E_i = EF_i \times kmh$$

dove:

- i = particolato (PTS, PM10, PM2.5);
- kmh = percorso di ciascun mezzo nell'unità di tempo (km/h).

Nelle linee guida ARPA si specifica che l'espressione indicata è valida per un intervallo di valori di limo (Silt) compreso tra l'1,8% ed il 25,2%. Tuttavia, poiché la stima di questo parametro non è semplice e richiede procedure tecniche e analitiche precise, in mancanza di informazioni specifiche suggeriscono di considerare un valore medio all'interno dell'intervallo 12-22%. La stima delle emissioni polverulente generate da tale attività nei cantieri a cielo aperto è stata effettuata utilizzando i seguenti valori/assunzioni, considerando quindi che i mezzi transitino, a partire dai punti indicati nelle planimetrie dove il materiale viene stoccato temporaneamente:

I trasporti necessari per la gestione dei materiali che escono dalla cava (sia commerciali che destinati allo smaltimento) nei 120 mesi di durata del piano risultano i seguenti:

- Blocchi: **114.281** mc da portare al piano = 308.560 ton = 10.285 camion totali (30 ton/camion) = 85 camion/mese = **4-5 camion/giorno**
- Detrito: **576.756** mc da allontanare = 980.485 ton = 39.219 camion totali (25 ton/camion) = 326 camion/mese = **14-15 camion/giorno**
- "Marmettola": **2.100** mc da smaltire = 4.200 ton = 233 camion totali (18-20 ton/cassone) = **2 camion/mese**
- Numero medio di transiti giornalieri = 20 (arrotondato per eccesso);
- Numero di transiti all'ora: 3;
- K_i , a_i , b_i = 0,423, 0,9 e 0,45; tali coefficienti sono quelli proposti dalle Linee Guida per il particolato PM₁₀;
- s = 6,3%; la percentuale scelta per il contenuto di silt della superficie stradale (Valore sperimentale, si veda paragrafo precedente);
- W = 30 t; tale parametro è stato stimato considerando il peso medio tra la condizione a pieno carico (46 t) e quella a vuoto (16 t) nella considerazione che in tale fase nella movimentazione vi sia un percorso di arrivo a vuoto e un percorso di partenza con carico o viceversa;

- L = 1000 (sola tratta di andata o ritorno) m circa; tale distanza corrisponde alla lunghezza media delle tratte percorse da ciascun camion su strada non asfaltata sino a raggiungere il punto di carico.

Applicando le due formule indicate si è ottenuto il valore di emissione di polveri totale indotto dal transito dei mezzi su strade non asfaltate per il trasporto del materiale scavato impiegato all'interno dell'area che risulta pari a **E_{TM} = 2086,09 g/h**.

Attività aree deposito materiale detritico

La produzione di polveri legata all'attività di movimentazione, carico e scarico del materiale, viene stimata utilizzando la seguente formula empirica (eq.6: EPA, AP-42 13.2.4):

$$E = k * (0,0016) * \left(\frac{U}{2,2}\right)^{1,3} * \left(\frac{M}{2}\right)^{-1,4}$$

dove:

- E = fattore di emissione di particolato (kg/t);
- k = parametro dimensionale (dipendente dalla dimensione del particolato stimato);
- U = velocità media del vento (m/s);
- M = umidità del terreno (%).

Il parametro k varia a seconda della dimensione del particolato come riportato nella tabella seguente e da cui è possibile desumere che per la definizione della produzione di PM10 il valore di k è pari a 0.35.

Aerodynamic Particle Size Multiplier (k) For Equation 1				
< 30 µm 0,74	< 15 µm 0,48	< 10 µm 0,35	< 5 µm 0,20	< 2,5 µm 0,053

Le linee guida propongono la relazione che esprime il fattore di emissione valido nel periodo diurno:

$$E = k * (0,0058) * (M)^{-1,4}$$

Prendendo per l'umidità del materiale un valore di 4%, pari a ca. il valore massimo di quello indicato nel range di contenuto di umidità proposto dal documento EPA in considerazione che da progetto è prevista la bagnatura del materiale, e applicando l'equazione sopra riportata si stima un fattore emissivo pari a 0,291 g/t . Da progetto si prevede la movimentazione di ca. 109.620 t di materiale inerte da movimentare ogni anno da cui consegue una stima di emissione oraria di PM10 pari a **E_{AAD} = 2,10 g/h**.

Erosione vento

Le emissioni causate dall'erosione del vento sono dovute all'occorrenza di venti intensi su cumuli soggetti a movimentazione. Tale fenomeno è descritto all'interno della AP-42, paragrafo 13.2.5 "Industrial Wind Erosion" e le emissioni da esso determinate, sono trattate tramite la potenzialità di emissione del singolo cumulo in corrispondenza di certe condizioni di vento. Nel presente documento è stato applicato l'approccio delle Linee Guida che considerano, per l'erosione del vento dai cumuli, l'effettiva emissione dell'unità di area di ciascun cumulo soggetto a movimentazione dovuta alle condizioni anemologiche attese nell'area di interesse e calcolano il rateo emissivo orario con la seguente espressione:

$$E_i(Kg/h) = EF_i * a * movh$$

dove:

- i = particolato (PTS, PM10, PM2.5);
- $movh$ = numero di movimentazioni/ora;
- a = superficie dell'area movimentata (m^2);
- $EF_{i, l, m}$ = fattore di emissione areali dell' i -esimo tipo di particolato (kg/m^2).

Per il calcolo del fattore di emissione areale si distinguono i cumuli bassi da quelli alti a seconda del rapporto altezza/diametro. Per semplicità, inoltre, si assume che la forma di un cumulo sia conica, sempre a base circolare. Dai valori di: *altezza del cumulo* (intesa come altezza media della sommità nel caso di un cumulo a sommità piatta) H in m , e *diametro della base* D in m , si individua il fattore di emissione areale dell' i -esimo tipo di particolato per ogni movimentazione dalla sottostante tabella:

Cumuli alti $H/D > 0,2$	
	EF_i (Kg/m ²)
PTS	1.6E-05
PM ₁₀	7.9E-06
PM _{2.5}	1.26E-06
Cumuli bassi $H/D \leq 0,2$	
	EF_i (Kg/m ²)
PTS	5.1E-04
PM ₁₀	2.5E-04
PM _{2.5}	3.8E-05

Nel progetto il quantitativo massimo di materiale detritico da stoccare nelle apposite aree è stato stimato in circa. 500 m³. In queste aree il detrito sarà disposto in cumuli con un'altezza massima pari a 6 metri. Si precisa che la superficie dei cumuli sarà caratterizzata da una disponibilità finita di materia erodibile che una volta terminata farà sì che il cumulo stesso non generi più emissioni polverulente a meno che non sia nuovamente movimentato. Il numero di movimentazioni orarie che verranno eseguite sul cumulo stesso è stimato in 5 valutato sulla base delle ore lavorative previste e del materiale da mettere a parco.

Per il calcolo del fattore di emissione areale, EF_i (kg/m²), viene effettuata una distinzione dei cumuli bassi da quelli alti a seconda del rapporto altezza/diametro. Date le caratteristiche del cumulo ipotizzato ($H/D \leq 0,2$) il fattore di emissione areale di PM₁₀ utilizzato riferito a ciascuna movimentazione, è pari a $2,5 \times 10^{-4}$ (kg/m²).

Applicando la formula si è ottenuto il valore di emissione totale di polveri indotta dall'erosione del vento dai cumuli pari a **$E_{Ev} = 0,63$ g/h.**

Valutazione della significatività delle emissioni

Nel seguito si riporta la valutazione della significatività delle emissioni diffuse precedentemente quantificate. In particolare, la procedura di valutazione della compatibilità ambientale delle emissioni di polveri diffuse è stata effettuata sulla base dell'Appendice C all'Allegato 2 della DGP 213 del 03/11/2009 che fornisce valori di soglia di emissione di PM₁₀ in relazione alla distanza del recettore più prossimo alla sorgente.

Le emissioni di polveri, precedentemente calcolate, sono riportate di seguito espresse in g/h per ciascuna operazione considerata nell'analisi.

Dunque, si ha:

- **E_{TM}** (Transito Mezzi - operazioni cantiere a cielo aperto) = **2086,09 g/h**
- **E_{AAD}** (Attività Deposito Detritico) = **10,43 g/h**
- **E_{EV}** (Erosione Vento) = **0,63 g/h**

Da cui si ricava il peso orario totale stimato di **$E_{tot} = 2097,1 \text{ g/h}$**

Sistemi di mitigazione delle emissioni

Al fine di ridurre le emissioni di polveri della singola attività descritta, si ritiene opportuno inumidire i cumuli temporanei tramite bagnamento, soprattutto nei periodi più secchi dell'anno, così da limitare la dispersione di polveri dovute all'attività di deposito detritico e all'erosione dal vento. Si precisa che queste soluzioni vengono già adottate da tempo nel comprensorio carrarese come buona prassi. Per quanto riguarda il transito su strade sterrate, che risulta essere il contributo principale alla produzione di polveri, oltre alla ridotta velocità dei mezzi (sempre inferiore ai 30 km/h, anche per via delle pendenze delle strade di arroccamento) verrà praticato il bagnamento delle superfici mediante un sistema di innaffiatori. Grazie a queste prassi si stima di ridurre di circa l'85-90% il quantitativo di polveri lungo le piste di arroccamento.

Tale valore nasce dall'applicazione proposta dalle linee guida della formula di Cowherd:

$$C(\%) = 100 - \frac{(0,8 * P * trh * \tau)}{I}$$

dove :

- **C** efficienza di abbattimento del bagnamento (%)
- **P** potenziale medio dell'evaporazione giornaliera (mm/h)
- **trh** traffico medio orario (h^{-1})
- **I** quantità media del trattamento applicato (l/m^2)
- **τ** intervallo di tempo che intercorre tra le applicazioni (h)

Per quanto riguarda il valore di P , le linee guida consigliano in assenza di dati reali (difficili da reperire come in questo caso) di utilizzare il valore $P = 0,34$ mm/h, ricavato dal caso-studio riportato nel rapporto EPA (1998^a). Le linee guida propongono altresì tre tabelle esemplificative al variare del traffico medio orario trh individuando tre intervalli di valori $trh < 5$, trh tra 5-10 e $trh > 10$. Per la cava in esame il trh totale, inteso come somma dei cantieri, risulta essere 0,2 viaggi/h (2 viaggi giornalieri / 8h lavorative), quindi si può utilizzare la tabella relativa al valore di $trh < 5$.

Si riporta la Tabella 11 delle linee guida relativa a $trh < 5$.

Quantità media del trattamento I (l/m ²)	Efficienza di abbattimento C				
	50%	60%	75%	80%	90%
0,1	5	4	2	2	1
0,2	9	8	5	4	2
0,3	14	11	7	5	3
0,4	18	15	9	7	4
0,5	23	18	11	9	5
1	46	37	23	18	9
2	92	74	46	37	18

Tabella: intervallo di tempo in ore tra due applicazioni successive $\tau(h)$ per $trh < 5$

La quantità media di acqua spruzzata lungo le strade sterrate di accesso ai cantieri sarà di circa $I = 0,5$ l/m² e supponendo un'efficienza di abbattimento di ca. l'90% si ottiene dalla tabella che l'intervallo di tempo tra due applicazioni successive $\tau(h)$ dovrà essere di **5 h**, **vale a dire una/due bagnature al giorno**.

Con i medesimi valori riportati sopra si ha con l'applicazione della formula di Cowherd un valore di $C = 93,20\%$, leggermente più cautelativo, per cui si ha un valore delle emissioni di polvere **$E_{TM\ rid} = 148,3$ g/h**.

Per quando riguarda la fase di stoccaggio, visto il minore contributo dato al valore finale delle emissioni prodotte, si ritiene opportuno sottostimare l'efficienza della bagnatura considerandola al 50% ed ottenendo così il valore:

$$E_{AAD\ rid} = 5,2 \text{ g/h}$$

Come descritto in precedenza, in ragione dell'estensione dell'area estrattiva, del tipo di attività svolta e del numero dei veicoli che transiteranno in tale zona, il progetto prevede l'impiego di opportuni sistemi di abbattimento delle polveri applicati a ciascuna delle fonti di

emissione analizzate. Dall'insieme degli accorgimenti descritti e messi in pratica durante tutto il ciclo lavorativo della cava si stima di conseguire un abbattimento delle emissioni polverulenti in accordo con quanto suggerito dalle Linee Guida, le cui percentuali di abbattimento sono ragionevolmente comprese tra il 70 - 75%. Il valore complessivo delle emissioni diffuse totali per effetto dei sistemi di abbattimento riportati sopra sarà di:

$$E_{tot\ rid} = 153,5 \text{ g/h}$$

La bagnatura delle strade e dei cumuli sarà effettuata, di prassi, dal mese di maggio sino al mese di settembre. Al di fuori del suddetto periodo sarà effettuata ogni qualvolta si renda necessario (siccità prolungata).

Conclusioni

La presente relazione tecnica pur presentando lacune nella fase di simulazione, mancanze dovute all'assenza di dati inerenti alla tipologia delle lavorazioni e della natura del particolato, ha cercato di evidenziare quelle che sono le fasi di lavoro con maggiore criticità in merito alla produzione di emissioni diffuse nell'ambiente.

Nelle tabelle riassuntive, pur non essendo in grado di determinare l'effettivo rispetto dei valori di PM₁₀ presso i recettori - dato che l'area è altamente industrializzata ed interessata da un elevato numero di siti estrattivi – ho proposto al committente di adottare, essendo entro un intervallo di incertezza così ampio, il criterio di massima prudenza così da poter garantire la salvaguardia dell'ambiente.

La presente relazione tecnica consiste in un aggiornamento della relazione redatta ai sensi del PRQA, datata ottobre 2024 e riferita alla Cava Ortensia N° 136. Il cantiere sotterraneo della Cava N° 131 Campanella Pirinea, che va ad aggiungersi fisicamente alle precedenti escavazioni, non comporta variazioni significative nell'analisi del contesto e delle sue interazioni con l'ambiente circostante.

Il Tecnico Dott. Giovanni Gatti
(Documento firmato elettronicamente)