

COMUNE DI CARRARA

PROVINCIA DI MASSA CARRARA

PIANO DI COLTIVAZIONE CAVA DENOMINATA "VETTICICAIO ALTO" N. 152 COORDINATO CON VARIANTE CAVA DENOMINATA "FOSSAFICOLA B" N. 153



REDATTA AI SENSI DELLA L.R. 10/10 E L.R. 35/15

ESERCENTE:

Escavazione Marmi Campanili S.r.l.

TITOLO:

**PIANO DI GESTIONE E MITIGAZIONE
DELLE EMISSIONI IN ATMOSFERA**

II TECNICO:

Dott. Ing. Massimo Gardenato
ingegnere minerario



DATA:

OTTOBRE 2025

TAV.:

FILE:

RelTec_25_152



via G.Pascoli, 44 55032 Castelnuovo Garf.na (LU) - via di Turigliano, 24a 54033 Carrara (MS)
Tel. 0585 093077 e e-mail: studio@rocnet.net



PIANO DI GESTIONE E MITIGAZIONE DELLE EMISSIONI IN ATMOSFERA

Premessa

Nel presente documento si descriverà nel dettaglio questo ciclo produttivo e i necessari interventi di mitigazione che verranno usati per il loro contenimento.

Si precisa come nelle normali operazioni di cava, come per altri siti estrattivi di questo genere, non sono presenti emissioni convogliate.

Le uniche emissioni che possono originarsi durante le attività di lavorazione del previsto piano sono costituite da emissioni diffuse di polveri, che possono essere prodotte durante le operazioni di vagliatura del materiale detritico, di carico e scarico del materiale, abbattimento bancate, movimentazione sui piazzali e rampe.

Si evidenzia come l'introduzione del vibrovaglio sia avvenuta nel marzo del 2019 a seguito di deposito di SCIA.

Identificazione delle sorgenti di emissioni

Le lavorazioni di escavazione del presente piano si svolgeranno nella sia in sotterraneo che nel cantiere a cielo aperto attualmente autorizzato, per cui le emissioni diffuse generate dalle lavorazioni da queste ultime sono legate all'utilizzo dei mezzi per la movimentazione dei materiali quali pale gommate ed escavatori, alla riduzione, selezione anche con vibrovaglio, movimentazione e carico materiale detritico in area accumulo temporaneo, al suo riposizionamento ed infine al transito dei mezzi lungo le strade di arroccamento o sui piazzali. Non esistono emissioni convogliate.

Le altre macchine che sono impiegate nella coltivazione della cava, quali: perforatrici elettroidrauliche, tagliatrici a filo e a catena, impianto cuscini idrici ed ecc. sono equipaggiate con motori elettrici, per cui non genereranno emissioni. Inoltre, la formazione di polveri durante il loro utilizzo è esclusa per l'uso dell'acqua necessaria al raffreddamento dell'utensile in lavoro (filo diamantato, denti segatrici, corona di perforazione ed ecc.).

Nel ciclo di lavorazione applicato nelle cave di marmo la produzione di polveri è saltuaria e rimane limitata all'uso del martello pneumatico manuale, il quale è impiegato per eseguire



piccoli fori necessari alla installazione delle macchine elettriche. Come detto il momento predominante di emissioni di polveri nell'ambiente può coincidere con le operazioni di prelievo, frantumazione anche con vibrovaglio, carico e movimentazione del detrito prodotto dalle lavorazioni di scavo e movimentazione del detrito per la realizzazione della strada di arroccamento.

Nel seguito si riporta una analisi dettagliata delle operazioni svolte durante le lavorazioni descritte nel progetto:

- Perforazione: immissione fumi nell'ambiente per utilizzo di pala gommata od escavatore all'aperto. L'operazione consiste nella movimentazione e posizionamento della perforatrice, la quale non produce polveri perché equipaggiata con motore elettrico e con utensile che lavora in condizioni bagnate. Tempi d'installazione: 10-15 min.;
- Tagli orizzontali, inclinati o verticali: immissione fumi nell'ambiente per utilizzo di pala gommata od escavatore all'aperto. L'operazione consiste nella movimentazione e posizionamento della tagliatrice a filo diamantato od a catena, la quale non produce polveri perché equipaggiata con motore elettrico e con utensile che lavora in condizioni bagnate oppure, per il caso delle lavorazioni a secco, con l'ausilio di idonei aspiratori. Tempi d'installazione: 15-20 min.;
- Ribaltamento bancata: immissione fumi nell'ambiente per utilizzo dell'escavatore od in subordine di pala gommata all'aperto impiegati nel ribaltamento bancata. La specifica operazione di ribaltamento non produce polveri perché in precedenza il "letto detritico" è stato inaffiato. Tempi di ribaltamento: 0.5-2 ore;
- Sezionatura bancata: immissione fumi nell'ambiente per utilizzo di pala gommata od escavatore all'aperto nella movimentazione e posizionamento tagliatrice a filo diamantato. La tagliatrice non produce polveri in quanto equipaggiata con motore elettrico e con utensile che lavora in condizioni bagnate. Tempi di installazione: 10-20 min.;
- Movimentazione porzioni bancata: immissione fumi nell'ambiente per utilizzo di pala gommata od escavatore all'aperto nella movimentazione delle porzioni di bancata. L'operazione non produce polveri. Tempi di movimentazione: 10-30 min.;
- Riquadratura blocchi: immissione fumi nell'ambiente per uso della Terna. La riquadratura blocchi a secco non comporta l'emissione in atmosfera di polveri in quanto, considerando la bassa velocità di rotazione dell'utensile e la grossolana granulometria del prodotto da taglio, quest'ultimo si deposita per gravità nelle immediate vicinanze della lama. Tempi di installazione: 10-15 min.;
- Movimentazione di blocchi riquadrati: immissione fumi nell'ambiente esterno per utilizzo di pala gommata od escavatore all'aperto nella movimentazione e trasporto blocchi. L'operazione non produce polveri. Tempi di movimentazione: 10-15 min.;
- Carico blocchi su camion: immissione fumi nell'ambiente esterno per utilizzo di pala gommata. L'operazione non produce polveri. Tempi di movimentazione: 10-15 min.;



- Frantumazione detrito: immissione di fumi nell'ambiente esterno per utilizzo d'escavatore all'aperto nella frantumazione e della pala gommata impiegata nella movimentazione del detrito. Preventivamente il cumulo detritico è innaffiato così da non produrre polveri. Tempi di utilizzo: 4-5 ore;
- Vagliatura detrito: emissioni diffuse di polveri all'ingresso della camera e nel deposito dai nastri trasportatori in uscita. Il macchinario è dotato di nebulizzazione per abbattimento emissioni. Tempi di utilizzo: 30 min – 1 ora;
- Carico detrito su camion: immissione fumi nell'ambiente esterno per utilizzo pala gommata od escavatore all'aperto per carico e movimentazione. Preventivamente si innaffia il cumulo detritico così da non produrre polveri. Tempi: 15-20 min.;

Stima fattori di emissione diffusa

Per la valutazione degli impatti in fase di esercizio dei cantieri si è fatto riferimento all'allegato 2 delle Linee Guida del PRQA (Piano Regionale per la Qualità dell'Aria Ambiente), più precisamente al capitolo 6 "Linee guida per la valutazione delle emissioni di polveri provenienti da attività di produzione, manipolazione, trasporto, carico o stoccaggio di materiali polverulenti".

Al fine di valutare gli impatti di cantiere nel modello di calcolo sono state considerate tutte le sorgenti di polvere sopra esposte. Per ogni tipologia di sorgente considerata si illustrano di seguito le stime dei fattori di emissione. Per seguire tale approccio di valutazione è necessario conoscere diversi parametri relativi a:

- sito in esame (umidità del terreno, contenuto di limo nel terreno, regime dei venti);
- attività di cantiere (quantitativi di materiale da movimentare ed estensione delle aree di cantiere);
- mezzi di cantiere (tipologia e n. di mezzi in circolazione, chilometri percorsi, tempi di percorrenza, tempo di carico/scarico mezzi, ecc.).

Mentre alcune di queste informazioni sono desumibili dalle indicazioni progettuali, per altre è stato necessario fare delle assunzioni il più attinenti possibili alla realtà. Le ipotesi cantieristiche assunte per la stima delle emissioni e l'analisi modellistica sono le seguenti:

- Simulazione delle aree di lavorazione previste;
- Aree di movimentazione e stoccaggio dei materiali;
- Attività di scavo e caricamento dei materiali sui camion;
- Attività di vagliatura dei materiali;
- Transito mezzi su piste non asfaltate;
- Numero mezzi meccanici/giorno presenti;
- Ore lavorative - 8 ore lavorative/giorno.



1 – Utilizzo vibrovaglio

L'utilizzo di un vibrovaglio può determinare un'emissione diffusa di polveri che è in funzione di una serie di attività relative al tipo di processo che si esegue. Per la stima delle emissioni diffuse, le linee guida prevedono di applicare il modello emissivo proposto al paragrafo 11.19.2 "Unpaved roads" dell'AP-42, di seguito riportato:

$$E_i = \sum_l AD_l(t) * EF_{i,l,m}(t)$$

dove:

i = particolato (PTS, PM10, PM2.5)

l = processo

m = controllo

t = periodo di tempo (ora, mese, anno, ecc.)

E_i = rateo emissivo (kg/h) dell' i -esimo tipo di particolato

AD_l = attività relativa all' l -esimo processo (ad es. *materiale lavorato / h*)

$EF_{i,l,m}$ = fattore di emissione

Le emissioni da processi di frantumazione sono caratterizzate in base alla pezzatura del materiale prodotto, che nel caso in esame si posiziona in quella secondaria, ovvero:

- frantumazione primaria: 75 – 300mm
- frantumazione secondaria: 25 -100mm
- frantumazione terziaria: 5 - 25mm

I valori del fattore di emissione, sia senza abbattimento che con abbattimento o mitigazione, sono stati estrapolati dalla Tabella 2 dove si evidenziano i vari processi relativi alle attività di frantumazione, macinazione e agglomerazione, per il caso del PM₁₀. Si evidenzia, come sopra riportato, che il vaglio è dotato di nebulizzatore, per cui il materiale in ingresso subisce una bagnatura con acqua.

Attività di frantumazione e macinazione (tab. 11.19.2-1)	Fattore di emissione senza abbattimento (kg/Mg)	Abbattimento o mitigazione	Fattore di emissione con abbattimento (kg/Mg)
Frantumazione secondaria 25 -100 mm	0,0043	Bagnatura con acqua	0,00037
Vagliatura (screening)	0,0043		0,00037
Nastro trasportatore - nel punto di trasferimento	0,00055		0,000023
Scarico camion/escavatore – tramoggia, rocce	0,000008	Bagnatura con acqua	-



La stima delle emissioni polverulente generate da tale attività è stata effettuata utilizzando i seguenti valori/assunzioni:

- Durata = 250 giorni lavorativi;
- Quantitativo medio annuo materiale detritico prodotto da volumetrie sostenibili = 30.796 t;
- Quantitativo medio annuo materiale detritico prodotto da messa in sicurezza delle aree = 21.262 t;
- Quantitativi totali annui = 52.058 t;
- Percentuale di materiale trattato con il vibrovaglio = ca. 15%;
- Quantitativi totali trattati giornalmente (utilizzo 1 h al giorno) = 68,3 t;
- Fattore emissione $E_{\text{Frantumazione}} = 0,00037 \text{ Kg/Mg}$
- Fattore emissione $E_{\text{Vagliatura}} = 0,00037 \text{ Kg/Mg}$
- Fattore emissione $E_{\text{Nastro}} = 0,000023 \text{ Kg/Mg}$

Applicando la formula indicata sopra si è ottenuto il valore di emissione di polveri totale indotto dall'utilizzo del vaglio per l'attività di vagliatura e frantumazione del materiale dedicato prodotto all'interno dell'area che risulta pari a $E_{VA} = 29,79 \text{ g/h}$.

2 - Transito mezzi su strade non asfaltate

Il transito di automezzi su strada 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 nel cantiere a cielo aperto è stata effettuata utilizzando i seguenti valori/assunzioni, considerando quindi che i mezzi transitino, a partire dal punto in cui la strada posta a S del complesso (che permette di raggiungere i cantieri delle cave 148, 153 e 190) diventa sterrata, sino alle aree di deposito temporaneo:

- Durata = 250 giorni lavorativi;
- Quantitativo medio annuo materiale detritico prodotto da volumetrie sostenibili = 39.548 t;
- Quantitativo medio annuo materiale detritico prodotto da messa in sicurezza delle aree = 25.515 t;
- Quantitativi totali annui = 65.063 t;
- Portata camion = 30 t;
- Numero medio di transiti giornalieri = 8,7;
- Numero di transiti all'ora: 1,08;
- 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 = 12%; la percentuale scelta per il contenuto di silt della superficie stradale (valori suggeriti dalle Linee Guida compresi nell'intervallo tra 12% e 22%) in mancanza di informazioni specifiche;



- $W = 30$ 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;
- $L = 100$ 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 $E_{TM} = 131,20$ g/h.

3 – 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.



52.058 t di materiale inerte da movimentare ogni anno da cui consegue una stima di emissione oraria di PM10 pari a $E_{AAD} = 9,48 \text{ g/h}$.

4 – 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:

$$E_i (\text{Kg/h}) = EF_i * a * movh$$

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 $H/D > 0,2$	
	$EF_i (\text{Kg/m}^2)$
PTS	1.6E-05
PM ₁₀	7.9E-06
PM _{2,5}	1.26E-06
Cumuli bassi $H/D \leq 0,2$	
	$EF_i (\text{Kg/m}^2)$
PTS	5.1E-04



PM ₁₀	2.5E-04
PM _{2.5}	3.8E-05

Nel progetto la dimensione massima dei cumuli temporanei di stoccaggio del detrito è stato stimato in ca. 4.000 mc per ogni area, che si disporrà a forma conica, con un'occupazione nelle varie fasi lavorative variabile in funzione delle lavorazioni stesse. Inoltre si precisa che la superficie del cumulo è caratterizzata da una disponibilità finita di materia erodibile che una volta terminata fa sì che il cumulo stesso non generi più emissioni polverulente a meno che non sia nuovamente movimentato. Nelle planimetrie allegate al progetto l'occupazione areale del cumulo avrà dimensioni pari a ca. 250 mq. 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 dal singolo cumulo pari a $E_{EV} = 1,25$ g/h.

4 – Scotico e sbancamento

L'attività di scotico (rimozione degli strati superficiali del terreno) e sbancamento del materiale superficiale è prevista nel piano ma viene eseguita come lavorazione usuale con tagli al masso con filo e catena, pertanto non si prevede alcun tipo di emissione polverulenta associata a tale attività.

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. Si evidenzia come il contributo del Transito mezzi su strade non asfaltate proveniente dalle operazioni svolte nel cantiere sotterraneo sia presente solo dopo la realizzazione della prima porzione della nuova strada che dai cantieri attualmente lavorati condurrà al punto stabilito per la realizzazione della galleria.

Dunque si ha:

E_{VA} (Utilizzo Vaglio) = **29,79 g/h** (già abbattuto)

E_{TM} (Transito Mezzi) = **131,20 g/h**

E_{AAD} (Attività Deposito Detritico) = **9,48 g/h**

E_{EV} (Erosione Vento) = **1,25 g/h**

Da cui si ricava il peso orario totale stimato di $E_{tot} = 171,72 \text{ g/h}$

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 vibrovaglio si osserva come lo stesso sia già dotato di sistemi di abbattimento che sono stati presi in considerazione nel calcolo precedente.

Per quanto riguarda il transito sulla strada sterrata, 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 inaffiatoi.

Grazie a queste prassi si stima di ridurre di circa il 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 :

COMMITTENTE: Escavazione Marmi Campanili S.r.l.

OGGETTO: Piano di gestione e mitigazione delle emissioni in atmosfera - Piano di coltivazione cava "Vetticicaio Alto" n° 152

DATA: Ottobre 2025



- 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 risulta essere 1,9 viaggi/h (15 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 due cantieri sarà di circa $I = 0,2$ l/m^2 e supponendo un'efficienza di abbattimento di ca. l'60% si ottiene dalla tabella che l'intervallo di tempo tra due applicazioni successive $\tau(h)$ dovrà essere di 8 h, vale a dire una bagnatura al giorno.

Con i medesimi valori riportati sopra si ha con l'applicazione della formula di Cowherd un valore di $C = 89,68\%$, più cautelativo, per cui si ha un valore delle emissioni di polvere **E_{TM} rid = 15,48 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 = 4,74 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 75 e il 85%.

Il valore complessivo delle emissioni diffuse totali per effetto dei sistemi di abbattimento riportati sopra sarà di:

$$E_{tot\ rid} = 21,47 \text{ g/h}$$

Conclusioni

Mediante l'impiego dei modelli di dispersione è possibile valutare gli effetti delle emissioni di polveri diffuse in termini di concentrazioni al suolo. Questi valori possono quindi essere confrontati con i limiti di qualità dell'aria per il PM10. La proporzionalità tra concentrazioni ed emissioni, che si verifica in un certo intervallo di condizioni meteorologiche ed emissive molto ampio, permette allora di valutare quali emissioni specifiche (e globali) corrispondono a concentrazioni paragonabili ai valori limite per la qualità dell'aria. Attraverso queste si possono determinare delle emissioni di riferimento al di sotto delle quali non sussistono presumibilmente rischi di superamento o raggiungimento dei valori limite di qualità dell'aria. Si ricorda che i limiti di legge per il PM10 (riferiti al 2005) sono relativi alle concentrazioni medie annue ($40 \mu\text{g}/\text{m}^3$) ed alle medie giornaliere ($50 \mu\text{g}/\text{m}^3$) il cui valore può però essere superato per 35 volte in un anno; quindi occorre riferirsi alla distribuzione dei valori medi giornalieri ed al 36° valore più elevato (all'incirca il suo 90° percentile) per valutare il superamento di questo limite. Sia i dati rilevati direttamente dalle reti di rilevamento della qualità dell'aria, sia le simulazioni modellistiche, indicano che il rispetto del limite per le medie giornaliere comporta anche quello della media annua.

Nella tabella seguente si riportano i livelli limite in funzione della distanza del ricettore più prossimo dall'attività di cava, calcolati per un numero di giorni di attività compreso tra 200 e



250 giorni/anno ed un periodo di emissione giornaliero pari a 10 ore (valore cautelativo rispetto alle 8 ore di produzione giornaliera dell'attività estrattiva oggetto di valutazione):

Intervallo di distanza (m) del recettore dalla sorgente	Soglia di emissione di PM10 (g/h)	risultato
0 ÷ 50	<79	Nessuna azione
	79 ÷ 158	Monitoraggio presso il recettore o valutazione modellistica con dati sito specifici
	> 158	Non compatibile (*)
50 ÷ 100	<174	Nessuna azione
	174 ÷ 347	Monitoraggio presso il recettore o valutazione modellistica con dati sito specifici
	> 347	Non compatibile (*)
100 ÷ 150	<360	Nessuna azione
	360 ÷ 720	Monitoraggio presso il recettore o valutazione modellistica con dati sito specifici
	> 720	Non compatibile (*)
>150	<493	Nessuna azione
	493 ÷ 986	Monitoraggio presso il recettore o valutazione modellistica con dati sito specifici
	> 986	Non compatibile (*)

(*) fermo restando che in ogni caso è possibile effettuare una valutazione modellistica che produca una quantificazione dell'impatto da confrontare con i valori limite di legge per la qualità dell'aria, e che quindi eventualmente dimostri la compatibilità ambientale dell'emissione.

Valutazione delle emissioni al variare della distanza tra recettore e sorgente per un numero di giorni di attività compreso tra 250 e 200 giorni/anno

Considerando che il recettore più vicino (Colonnata) si trova ad una distanza superiore a 150 m dal sito (600m), emerge una compatibilità completa delle emissioni derivanti dalle attività svolte nella cava con gli abbattimenti sopra descritti.

Nel caso specifico, come evidenziato in precedenza, le azioni mitigative indicate nella relazione garantiscono un abbattimento di almeno 80% delle emissioni polverulenti e quindi si può concludere che le emissioni orarie ottenute risultano del tutto compatibili con un quadro di impatto non significativo sull'atmosfera circostante.

Carrara, Ottobre 2025

Il Tecnico
Dott. Ing. Massimo Gardenato