

COMUNE DI CARRARA

PROVINCIA DI MASSA CARRARA

PIANO DI COLTIVAZIONE CAVA DENOMINATA "VETTICICAO 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:

**GESTIONE DELLE ACQUE
DI LAVORAZIONE**
(aggiornamento in sostituzione)

IL TECNICO:

Dott. Ing. Massimo Gardenato
ingegnere minerario



DATA:

GENNAIO 2026

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



GESTIONE DELLE ACQUE DI LAVORAZIONE

(aggiornamento in sostituzione)

Premessa

La presente relazione tecnica è stata redatta dallo scrivente su incarico della società Escavazioni Marmi Campanili s.r.l. a corredo al nuovo piano di coltivazione della cava “Vetticcaio Alto” n°152 ad aggiornare e sostituire quella in atti.

La cava risulta al momento autorizzata Det. Dir. n. 6465 del 29.12.2022, successivamente modifica per incremento del termine temporale di scadenza con Det. Dir. n. 5040 del 17.10.2023 sino al 31.10.2025.

Le acque di cava – gestione delle acque di lavorazione

Nel comprensorio estrattivo in esame la coltivazione si svolge a cielo aperto su piazzali costituiti dal piano segato, a differenti quote morfologiche mediante successivi avanzamenti e progressivi sbassi eseguiti con la tagliatrice a catena e con il filo diamantato.

Come ovvio, tutte le necessarie operazioni volte alla coltivazione della cava sono eseguite con l’ausilio di diverse attrezzature, secondo quanto previsto dalle specifiche tecniche e dai dettami dell’arte. In particolare le lavorazioni condotte presso la cava in oggetto si avvalgono della tecnologia del taglio mediante filo diamantato e tagliatrice a catena.

Il filo diamantato viene solitamente utilizzato per l’esecuzione di tagli al monte e per sezionare e distaccare le bancate sui piazzali esterni nonché per la riquadratura dei blocchi (quest’ultima operazione è tutt’ora sempre più ridotta in ragione dell’estensione dell’uso della terna riquadratrice a catena), mentre la catena si può utilizzare essenzialmente per lo stacco delle bancate e la riquadratura blocchi.

La ditta, come anticipato, ha infatti attuato già dal recente passato di passare progressivamente dalla lavorazione a umido a quella a secco per la lavorazione con catena e in particolare per la riquadratura blocchi con intensificazione dell’uso della riquadratura a secco mediante terna. In particolare la cava in oggetto effettua riquadratura totalmente a secco con il macchinario sopra menzionato. Nel caso non fosse possibile eseguire la riquadratura a secco e fosse necessario l’utilizzo della tecnologia del taglio mediante filo diamantato, le acque di lavorazione verranno



raccolte in prossimità del taglio ed inviate agli impianti di filtrazione rimovibili posizionati in adiacenza alle stesse aree.

Le lavorazioni procederanno con estrazione per bancate: verranno cioè tagliate dal monte delle porzioni di marmo inferiormente con la tagliatrice a catena e lateralmente e a tergo con la tagliatrice a filo diamantato oppure con tagli, verticali e orizzontali, mediante tagliatrice a catena (spesso a secco) e a tergo con il filo diamantato (utilizzando acqua), successivamente distaccate mediante l'impiego di martinetti idraulici, ormai raramente, e/o cuscini idraulici/pneumatici o con divaricatore idraulico, quindi ribaltate e sezionate in blocchi. Alla luce di quanto sopra esposto, al fine di recuperare le acque di lavorazione, tutte le bancate in lavorazione su cui opereranno le tagliatrici a catena con uso di acqua e le macchinette a filo diamantato, verranno di norma delimitate mediante dossi di contenimento (aree indicate in planimetria con P.L.). I dossi vengono realizzati con materiale detritico di cava di varia granulometria (non dilavabile) e consentiranno di delimitare un'area entro la quale verranno mantenute le acque di lavorazione. All'interno di tale area viene normalmente posizionata una pompa che rinvia al taglio l'acqua di lavorazione. Una volta che il taglio è stato completato, l'acqua di lavorazione verrà inviata quindi ai sistemi di raccolta delle acque e successivi sistemi di filtraggio a sacchi e da qua ai serbatoi, mentre i materiali con granulometria fine, eventualmente rimasti all'interno della delimitazione, sono recuperati con pala/minipala e posizionati nei cassoni scarrabili di raccolta.

Quindi, in nessun caso le acque di lavorazione potranno miscelarsi con le acque di percolamento del sotterraneo (a meno di una quantità esigua proveniente dal tetto soprastante l'area di taglio attiva) in quanto le zone di taglio, dove verranno posizionate le macchine, saranno delimitate da dossi detritici non dilavabili e quindi le acque di lavorazione non potranno defluire lungo i piazzali e superare il dosso di altezza decimetrica. Ultimate le operazioni di taglio, le acque di lavorazione trattenute a ridosso del fronte di coltivazione, verranno inviate alle vasche di alimentazione dei sistemi di filtraggio mediante tubazione chiusa e da qui verranno inviate ai sistemi di filtraggio a sacchi prima del riutilizzo o l'invio ai serbatoi di stoccaggio. Si riporta di seguito una foto descrittiva di delimitazione in corso di preparazione dell'area di taglio mediante cordoli detritici (la foto ritrae un'altra cava a cielo aperto, ma il concetto non si modifica in sotterraneo).



Esempio di contenimento acque di lavorazione nel cantiere a cielo aperto

Le macchine tagliatrici a filo diamantato lavorano generalmente in presenza di acqua (filo diamantato protetto) e di conseguenza, nelle acque provenienti dalle lavorazioni non sono presenti oli e grassi, ma esclusivamente carbonato di calcio. Le tagliatrici a catena per sviluppare l'azione di taglio, utilizzano grasso di tipo biodegradabile per lubrificare la catena portautensili, in assenza di acqua (a secco) o con l'ausilio dell'acqua.

Poiché nelle zone di lavorazione vi è scarsità di acqua, veniva e viene già di norma effettuato, per quanto possibile, un recupero delle acque mediante riciclo.

Il ciclo delle acque di cava è quindi sempre a bilancio matematicamente negativo in quanto durante il processo sono inevitabili perdite di acqua quale quella contenuta nei fanghi di taglio recuperati, evaporazioni, ecc. e quindi, al fine di reintegrare il ciclo chiuso che altrimenti sarebbe destinato ad esaurirsi, si rimpingua lo stesso dal recupero delle acque piovane.

Per le situazioni sopra descritte, ovvero di bilancio idrico negativo necessitandosi sempre



reintegro, non è presente un punto di scarico di acque produttive.

Come più volte detto, la ditta ha modificato il tipo di lavorazione da umido a secco attraverso l'utilizzo di macchine tagliatrici a catena quali terne da riquadratura e da bancata operanti a secco, che ha prodotto una riduzione del quantitativo di acqua necessaria alle lavorazioni.

Acque di lavorazione

Come anticipato sopra le operazioni di taglio al monte vengono eseguite con macchinari ed utensili che esplicano la loro azione abrasiva con uso o in assenza di acqua.

I macchinari da taglio comunemente usati nell'attività estrattiva sono principalmente rappresentati da:

- Macchine tagliatrici a filo diamantato;
- Macchine tagliatrici a catena per piazzale/galleria;
- Macchine perforanti.

Le macchine tagliatrici a filo diamantato possono lavorare in assenza ed in presenza di acqua e di conseguenza, nelle acque provenienti dalle lavorazioni, non sono presenti olii e grassi ma esclusivamente carbonato di calcio.

La maggior parte delle lavorazioni avviene sul piano di cava, dove non sono presenti fratture connesse con acque sotterranee. Nelle lavorazioni con esclusivo uso di tagliatrici a filo diamantato tracce di olii e grassi possono eventualmente rilevarsi solo in caso di impreviste piccole, occasionali perdite provenienti dai mezzi meccanici mobili, fenomeno che non è sempre totalmente eliminabile e comunque, come descritto nell'apposito paragrafo nella relazione tecnica, si mettono in opera una serie di precauzioni atte a prevenire gli sversamenti. Inoltre, i macchinari sono periodicamente sottoposti a manutenzione e gli olii esausti sono raccolti dalle ditte manutentrici. Le tagliatrici a catena per sviluppare l'azione di taglio, utilizzano, assieme all'acqua, grasso di tipo biodegradabile per lubrificare la catena portautensili, in assenza di acqua (a secco) o con l'ausilio dell'acqua.



Acque da taglio con filo diamantato

L'azione di taglio delle macchine a filo diamantato può avvenire in presenza di acqua, pertanto le acque di lavorazione, contenute da cordoli-dossi detritici, risultano miste a materiali con granulometria fine di carbonato di calcio. Il materiale con granulometria fine recuperato, a seguito di opportuna chiarificazione/decantazione, verrà raccolto temporaneamente in appositi contenitori e avviato a smaltimento con il relativo codice CER.

Acque da taglio con catena

L'azione di taglio effettuata con macchina a catena, ovviamente per quelle che non operano a secco ormai attività preponderante, avviene in presenza di acqua, oltre a grasso biodegradabile lubrificante. Pertanto le acque di lavorazione sono esclusivamente costituite da acqua mista a materiali con granulometria da grossolana a fine di marmo con tracce di grasso biodegradabile. Nel seguito verranno descritte nel dettaglio le modalità di convogliamento, chiarificazione/decantazione delle acque provenienti dalle lavorazioni delle tagliatrici.

Nello sviluppo del presente progetto, come già avviene allo stato attuale, la ditta utilizza la tagliatrice a catena da piazzale, quella da galleria e quella montata su terna per la riquadratura in cava, prevalentemente a secco.

Ciclo delle acque di lavorazione

Nel comprensorio estrattivo in esame la coltivazione si svolge a cielo aperto su piazzali costituiti dal piano segato, a differenti quote morfologiche mediante successivi avanzamenti e progressivi sbassi eseguiti con la tagliatrice a catena e con il filo diamantato, mentre le lavorazioni in sotterraneo procederanno in prima fase alla realizzazione del tracciamento con tagliatrice a catena da galleria e tagli a tergo con filo diamantato, successivamente ad eventuali allargamenti e/o abbassamenti di quota con tagliatrice a catena (sia da piazzale che da galleria) e filo diamantato. Le lavorazioni procederanno con estrazione per bancate; verranno cioè tagliate dal monte delle porzioni di marmo, successivamente distaccate mediante l'impiego di martinetti idraulici, ormai raramente, e/o cuscinii idraulici/pneumatici o con divaricatore idraulico, quindi ribaltate e sezionate in blocchi. Alla luce di quanto sopra esposto, al fine di recuperare le acque di lavorazione, tutte le bancate in lavorazione su cui opereranno le tagliatrici a catena con uso di acqua e le macchinette a filo diamantato, verranno di norma delimitate mediante dossi di contenimento. I dossi vengono realizzati con materiale



detritico di cava non facilmente dilavabile di varia granulometria, ma tale almeno da non consentire la fuoriuscita di acqua e contenerla al proprio interno, consentendo di delimitare un'area entro la quale verranno mantenute le acque di lavorazione.

All'interno di tale area viene normalmente posizionata una pompa che rinvia al taglio l'acqua di lavorazione. Una volta che il taglio è stato completato, l'acqua di lavorazione verrà inviata, mediante pompa ad immersione, ai sistemi di filtraggio e da qua ai serbatoi, mentre i materiali con granulometria fine, eventualmente rimasti all'interno della delimitazione, sono recuperati e posizionati nei cassoni scarabili di raccolta.

Stima dei quantitativi di frazione fine recuperabile

Cantiere a cielo aperto e abbassamenti di quota in galleria

Nel seguito si stimeranno i quantitativi di fini derivanti dai tagli che si stima possa essere prodotti annualmente nel corso dell'esecuzione del presente piano a cielo aperto e nei futuri abbassamenti di quota in galleria.

Per i cantieri di lavorati a cielo aperto con il sistema delle bancate si procederà con una simulazione di calcolo con bancate tipo medie di caratteristiche geometriche così definite:

$$\begin{aligned} \text{altezza media} &= 7,5 \text{ m} \\ \text{larghezza media} &= 9 \text{ m} \\ \text{profondità media} &= 3 \text{ m} \end{aligned}$$

Si può facilmente ricavare sia il volume della singola bancata ($7,5 \times 9 \times 3 = 202,5 \text{ mc}$), sia il numero delle stesse che possono essere isolate a partire da un volume di riferimento, arbitrario ma utile per rapportare i valori determinati all'unità, pari a 10.000 mc:

$$n^{\circ} \text{bancate} = \frac{10.000}{202,5} = 49,38$$

Per realizzare le suddette bancate (50 in cifra tonda) è necessario eseguire una serie di tagli di base (in gergo *tagli pari*) eseguibili con la macchina tagliatrice a catena e tagli verticali per isolare lateralmente e posteriormente (questi ultimi in gergo *tagli a schiena*) mediante l'utilizzo di macchinette a filo diamantato. L'area di ognuno dei tagli descritti per la singola bancata, tenendo conto che sono in genere adiacenti (il piazzale di cava è costituito per ogni sbasso da più bancate adiacenti e quindi un solo taglio verticale le stacca entrambe), è pari a:

$$\begin{aligned} \text{Area taglio laterale con filo diamantato} &= 7,5 \times 3 = 22,5 \text{ mq} \\ \text{Area taglio posteriore con filo diamantato} &= 7,5 \times 9 = 67,5 \text{ mq} \end{aligned}$$



Area taglio inferiore con tagliatrice a catena = $9 \times 3 = 27$ mq

Nell'ipotesi di un'escavazione di 10.000 mc il numero di bancate da isolare risultano essere 50 e quindi le aree totali dei tagli risultano pari a:

Area tagli laterali con filo diamantato = $22,5 \times 50 = 1.125$ mq

Area tagli posteriori con filo diamantato = $67,5 \times 50 = 3.375$ mq

Area tagli inferiori con tagliatrice a catena = $27 \times 50 = 1.350$ mq

Nella realtà non tutti i tagli eseguiti con il filo diamantato vengono realizzati poichè in taluni casi si sfrutta la presenza di discontinuità che separano naturalmente i volumi di roccia da isolare che, come noto, influiscono anche sulla resa complessiva. Sulla base dell'esperienza acquisita negli anni nelle varie cave si può affermare come ca. il 35% dei tagli laterali e ca. il 20% di quelli posteriori non vengano eseguiti, per cui si può stimare come le aree di taglio effettive realizzate, sempre nell'ipotesi di un volume di riferimento di 10.000 mc, per isolare le bancate rappresentative siano:

Area tagli laterali con filo diamantato = 731 mq

Area tagli posteriori con filo diamantato = 2.700 mq

Area tagli inferiori con tagliatrice a catena = 1.350 mq

Una volta isolata, la bancata viene ribaltata mediante mezzi meccanici e poi sezionata in parti più piccole, principalmente con l'utilizzo di macchine a filo diamantato, per essere infine trasportata a valle. In genere la bancata si frammenta a seconda del grado di fratturazione in un modo sulla carta non definibile a priori.

Supponendo inizialmente di avere una resa del 100% sul volume della bancata isolata, per la realizzazione di blocchi di dimensioni 3x2.2x1.5 si dovrebbero ancora effettuare 3 tagli laterali e 4 lungo l'altezza della bancata le cui aree sono:

Area taglio laterale con filo diamantato = $3 \times 3 \times 7,5 = 67,5$ mq

Area tagli lungo l'altezza della bancata con filo diamantato = $4 \times 3 \times 9 = 108$ mq
che in totale, considerando tutte le bancate da isolare, risultano essere:

Area totale tagli per isolare esclusivamente blocchi di dimensioni 3x2.2x1,5 m
 $(67,5+108) \times 50 = 8.775$ mq

Da esperienza sulle cave e sulla base della resa di coltivazione del giacimento utile è lecito attendersi per questa un valore pari al 25%, per cui si può ragionevolmente presumere che vengano eseguiti solo questa percentuale di area dei tagli sopra calcolati. Dall'area totale dei tagli necessari ad isolare il 100% di blocchi dalla singola bancata precedentemente scritto,



l'area ragionevolmente ridotta in funzione della resa risulta essere pari a:

$$\text{Area totale tagli a filo stimata su resa del } 30\% = 8.775 \times 0.3 = 2.194 \text{ mq}$$

Su questa area totale bisogna poi considerare come nella realtà la produzione reale della cava sia suddivisa in blocchi, semiblocchi o informi in percentuali varie in funzione delle discontinuità presenti che separano naturalmente la bancata. Dall'esperienza sulle cave apuane del Comprensorio di Campanili la percentuale di blocchi è usualmente del 15% rispetto al totale, quello dei semiblocchi del 25% e infine quello degli informi del 60%. La differenza tra gli stessi è dovuta alla geometria e/o volume e dalla presenza di discontinuità lungo le quali non vengono eseguiti ulteriori tagli. Realmente quindi non viene eseguita tutta l'area di taglio sopra riportata, ma si può stimare che per un'informe si eseguano solo ed esclusivamente il 20% degli ulteriori tagli di sezionamento, per il semiblocco il 40%, mentre il 100% per la realizzazione del vero blocco. Da quanto riportato si ha che l'effettiva area di tagli eseguibili in piazza per la riquadratura risulta:

$$\text{Area tagli per realizzare blocchi} = 2.633 \times 15\% \times 100\% = 329,1 \text{ mq}$$

$$\text{Area tagli per realizzare semiblocchi} = 2.633 \times 25\% \times 40\% = 219,4 \text{ mq}$$

$$\text{Area tagli per realizzare informi} = 2.633 \times 60\% \times 20\% = 263,3 \text{ mq}$$

Ad oggi la ditta ha 2 terne per la prima riquadratura a secco e 2 macchine a filo pertanto delle superfici di taglio sopra indicate ragionevolmente un 60% sarà eseguito con tagliatrice a catena montata su terna ed il restante 40% con classico taglio a filo diamantato ad acqua.

In definitiva dalle valutazioni sopra riportate si può stimare che per la realizzazione dei tagli suddivisi per tipologia di macchinari utilizzato, risultano essere:

$$\text{Area tagli filo diamantato} = 3.755,9 \text{ mq}$$

$$\text{Area tagli tagliatrice a catena} = 1.837,0 \text{ mq}$$

Il taglio prodotto dalla macchina ha una larghezza di circa 10 mm ed il marmo tagliato si trova granulometricamente distribuito secondo classi dimensionali che vanno da piccole scaglie fino ai fini veri e propri. Per quanto riguarda la tagliatrice a catena la larghezza di taglio è pari a 38 mm e la maggior parte del solido asportato dalla stessa è composto da piccole scaglie. Pertanto lo sfrido di taglio (art. 2 L.R. 35/15) complessivo può essere quantificato in:

$$\text{Sfrido dai tagli filo diamantato} = 37,56 \text{ mc ovvero } 90,14 \text{ t}$$

$$\text{sfrido dai tagli tagliatrice a catena} = 69,81 \text{ mc ovvero } 167,54 \text{ t}$$

che in totale risulta:

$$\text{Peso totale sfridi per 10.000 mc di scavo} = 257,68 \text{ t}$$



Lo sfrido di taglio come detto comprende una ampia varietà di frazioni che vanno dai fini alle piccole scaglie di dimensione millimetrica.

Analisi eseguite sugli sfridi dei diversi tagli indicano come i fini effettivamente costituenti lo sfrido di taglio (dimensione dei limi o inferiori, impropriamente la “marmettola”) siano circa il 60% nei tagli a mezzo filo diamantato e circa il 40% nei tagli con tagliatrice a catena da bancata e per la riquadratura blocchi che avverrà prevalentemente a secco. In quest’ottica i calcoli successivi devono ritenersi come un limite superiore.

Questa è la frazione che le acque possono trascinare e che in linea di principio può essere intercettata dalle operazioni di filtrazione e decantazione/chiarificazione. Le scaglie in genere sono recuperate direttamente nei piazzali di taglio a mezzo aspiratore (tagliatrice a catena) o con pulizia del piano di taglio a mezzo bobcat o altro. La frazione fine derivante dagli sfridi di taglio pertanto può essere valutata secondo la seguente:

$$\begin{aligned} \text{Fini costituenti lo sfrido dai tagli filo diamantato} &= 54,09 \text{ t} \\ \text{Fini costituenti lo sfrido dai tagli tagliatrice a catena} &= 67,01 \text{ t} \end{aligned}$$

che in totale risulta:

$$\text{Peso totale fini costituenti gli sfridi di taglio per } 10.000 \text{ mc di scavo} = \mathbf{121,1 \text{ t}}$$

Cantiere Sotterraneo

Per i tracciamenti del cantiere sotterraneo si prende per riferimento un avanzamento di altezza 6 m e larghezza di 9 m della profondità di ca 3 m che viene realizzato attraverso l'esecuzione di tre tagli orizzontali e tre tagli verticali eseguiti con la tagliatrice a catena che suddividono l'area in avanzamento e un unico taglio, denominato "a schiena", con la tagliatrice a filo diamantato che separa i vari blocchi posteriormente.

La quantità di marmo asportata durante i tagli eseguiti con l'utensile a catena, che come scritto in precedenza ha uno spessore di 38 mm, può essere calcolato come:

- Volume asportato nei tre tagli verticali: $6 \times 3 \times 0.038 \times 3 = 2.052 \text{ mc}$
- Volume asportato nei tre tagli orizzontali: $9 \times 3 \times 0.038 \times 3 = 3.078 \text{ mc}$

Per quanto riguarda la quantità di marmo asportata durante i tagli eseguiti con il filo diamantato dello spessore di 10 mm, può essere calcolato come:

- Volume asportato nel taglio posteriore: $9 \times 6 \times 0.01 = 0.54 \text{ mc}$



In totale per ogni avanzamento viene asportato un quantitativo di marmo pari alla somma dei tre valori precedentemente riportati, ovvero :

- Volume asportato ad ogni avanzamento: $1.88 + 3.08 + 0.49 = 5.67 \text{ mc}$

Come affermato anche in precedenza la maggior parte del solido asportato, sopra stimato, sia in gran parte composto di piccole scaglie e quindi non costituisce fango di marmo in senso stretto (frazione più fine).

La quantità di limi o fini presenti nell'acqua di lavorazione quando si utilizza il filo diamantato può essere stimata nel 70% del solido asportato, mentre per quanto riguarda la tagliatrice a catena la maggior parte del solido asportato, perlomeno un 80%, è composto da piccole scaglie e circa un 20% di fini in senso stretto.

Quindi il recupero atteso rimane affatto dalle caratteristiche di cui sopra, ovvero presenza di scaglie in percentuali variabili, oltre ovviamente all'effettiva efficienza di trascinamento e recupero acque. Dalle percentuali sopra riportate, riguardanti la percentuale di materiale fine ipoteticamente recuperabile dall'acqua dei tagli di ogni singola macchina, nell'intera durata del progetto possano essere prodotte per ognuna di esse:

- Volume recuperabile per avanzamento: $0.41 + 0.62 + 0.38 = 1.41 \text{ mc}$ pari a **3.38 t**

Sulla base di una esecuzione di 10.000 mc che corrispondono a ca. 62 avanzamenti si ha un quantitativo complessivo stimabile in ca. **208,9 t**.

Quantitativi derivanti dalle volumetrie di messa in sicurezza.

Per i cantieri di lavorati a cielo aperto con il sistema delle bancate per la tipologia di lavorazione si procederà con una simulazione di calcolo con bancate tipo medie di caratteristiche geometriche così definite:

$$\begin{aligned} \text{altezza media} &= 7,5 \text{ m} \\ \text{larghezza media} &= 15 \text{ m} \\ \text{profondità media} &= 3 \text{ m} \end{aligned}$$

Si può facilmente ricavare sia il volume della singola bancata ($7,5 \times 15 \times 3 = 337,5 \text{ mc}$), sia il numero delle stesse che possono essere isolate a partire da un volume di riferimento, arbitrario ma utile per rapportare i valori determinati all'unità, pari a 10.000 mc:

$$n^{\circ} \text{bancate} = \frac{10.000}{337,5} = 29,6$$

Per realizzare le suddette bancate (30 in cifra tonda) è necessario eseguire solo in taluni casi



una serie di tagli di base (in gergo *tagli pari*) eseguibili sia con la macchina tagliatrice a catena (ca. il 20%) che con macchinette a filo diamantato (ca. il 80%) e tagli verticali per isolare lateralmente e posteriormente (questi ultimi in gergo *tagli a schiena*) mediante l'utilizzo di macchinette a filo diamantato. L'area di ognuno dei tagli descritti per la singola bancata, tenendo conto che sono in genere adiacenti (il piazzale di cava è costituito per ogni sbasso da più bancate adiacenti e quindi un solo taglio verticale le stacca entrambe), è pari a:

$$\text{Area taglio laterale con filo diamantato} = 7,5 \times 3 = 22,5 \text{ mq}$$

$$\text{Area taglio posteriore con filo diamantato} = 7,5 \times 15 = 112,5 \text{ mq}$$

$$\text{Area taglio inferiore} = 15 \times 3 = 45 \text{ mq}$$

Nell'ipotesi di un'escavazione di 10.000 mc il numero di bancate da isolare risultano essere 30 e quindi le aree totali dei tagli risultano pari a:

$$\text{Area tagli laterali con filo diamantato} = 22,5 \times 30 = 675 \text{ mq}$$

$$\text{Area tagli posteriori con filo diamantato} = 112,5 \times 30 = 3.375 \text{ mq}$$

$$\text{Area tagli inferiori con filo diamantato} = 45 \times 30 \times 0,8 = 1.080 \text{ mq}$$

$$\text{Area tagli inferiori con tagliatrice a catena} = 45 \times 30 \times 0,2 = 270 \text{ mq}$$

Data la particolare condizione delle aree dove si eseguono i lavori di scopertura dell'ammasso roccioso e messa in sicurezza del sito non tutti i tagli vengono realizzati. Sulla base dell'esperienza acquisita negli anni nelle varie cave si può affermare come ca. il 80% dei tagli laterali, ca. il 70% di quelli posteriori e il 20% dei tagli al piede non vengano eseguiti, per cui si può stimare come le aree di taglio effettive realizzate, sempre nell'ipotesi di un volume di riferimento di 10.000 mc, per isolare le bancate rappresentative siano:

$$\text{Area tagli laterali con filo diamantato} = 135 \text{ mq}$$

$$\text{Area tagli posteriori con filo diamantato} = 1.012,5 \text{ mq}$$

$$\text{Area tagli inferiori con filo diamantato} = 864 \text{ mq}$$

$$\text{Area tagli inferiori con tagliatrice a catena} = 216 \text{ mq}$$

In definitiva dalle valutazioni sopra riportate si può stimare che per la realizzazione dei tagli suddivisi per tipologia di macchinari utilizzato, risultano essere:

$$\text{Area tagli filo diamantato} = 2.011,5 \text{ mq}$$

$$\text{Area tagli tagliatrice a catena} = 216 \text{ mq}$$

Il taglio prodotto dalla macchina ha una larghezza di circa 10 mm ed il marmo tagliato si trova granulometricamente distribuito secondo classi dimensionali che vanno da piccole scaglie fino ai fini veri e propri. Per quanto riguarda la tagliatrice a catena la larghezza di taglio è pari a 38 mm e la maggior parte del solido asportato dalla stessa è composto da piccole scaglie. Pertanto lo sfrido di taglio (art. 2 L.R. 35/15) complessivo può essere quantificato in:



Sfrido dai tagli filo diamantato = 20,12 mc ovvero 48,28 t
sfrido dai tagli tagliatrice a catena = 8,21 mc ovvero 19,70 t

che in totale risulta:

Peso totale sfridi per 10.000 mc di scavo = 67,98 t

Lo sfrido di taglio come detto comprende una ampia varietà di frazioni che vanno dai fini alle piccole scaglie di dimensione millimetrica.

Analisi eseguite sugli sfridi dei diversi tagli indicano come i fini effettivamente costituenti lo sfrido di taglio (dimensione dei limi o inferiori, impropriamente la “marmettola”) siano circa il 60% nei tagli a mezzo filo diamantato e circa il 50% nei tagli con tagliatrice a catena. In quest’ottica i calcoli successivi devono ritenersi come un limite superiore.

Questa è la frazione che le acque possono trascinare e che in linea di principio può essere intercettata dalle operazioni di filtrazione e decantazione/chiarificazione. Le scaglie in genere sono recuperate direttamente nei piazzali di taglio. La frazione fine derivante dagli sfridi di taglio pertanto può essere valutata secondo la seguente:

Fini costituenti lo sfrido dai tagli filo diamantato = 28,97 t
Fini costituenti lo sfrido dai tagli tagliatrice a catena = 9,85 t

che in totale risulta:

Peso totale fini costituenti gli sfridi di taglio per 10.000 mc di scavo = **38,82 t**

Quantitativi totali annui

Per quanto scritto sopra si può ritenere possibile che nella conduzione effettiva della cava, per i 10 anni richiesti e considerando le volumetrie sostenibili a cielo aperto più quelli derivanti dagli abbassamenti di quota in sotterranei (158.100 mc), si effettui un recupero di fini di taglio che possono portare il recupero atteso a **190 - 200 t/anno**.

Per i dati riportati sopra si può ritenere possibile che nella conduzione effettiva della cava, per i 10 anni richiesti e considerando le volumetrie derivanti dalle lavorazioni di tracciamento nel cantiere sotterraneo (24.400 mc), si effettui un recupero di fini di taglio che possono portare il recupero atteso a **50 - 60 t/anno**.

Per quanto scritto sopra si può ritenere possibile che nella conduzione effettiva della cava, per i 10 anni richiesti e considerando le volumetrie derivanti dalle lavorazioni individuate come messa in sicurezza del sito (94.500 mc), si effettui un recupero di fini di taglio che possono



portare il recupero atteso a **35 - 45 t/anno**.

Basandosi sul calcolo degli sfridi dei tagli sopra riportati che possono essere recuperati dal solo trattamento delle acque pari a **275 - 305 t all'anno**.

A questi quantitativi si aggiungono, ovviamente, quelli provenienti dalla pulizia dei piazzali.

Carrara, Gennaio 2026

Il Tecnico
Dott. Ing. Massimo Gardenato

