

Regione Friuli Venezia Giulia

Provincia di Pordenone

Comuni di Maniago e Frisanco

PROGETTO DI COLTIVAZIONE
E DI RICOMPOSIZIONE AMBIENTALE
DELLA CAVA DI CALCARE PER CEMENTO "CLAUPA"
(CAVE SAN LORENZO E MONTE SAN LORENZO)

STUDIO IMPATTO AMBIENTALE

Integrazione Ordinanza
n° 2093 - VIA 296 - Servizio VIA

STUDIO DI FATTIBILITA' DELLA COLTIVAZIONE IN SOTTERRANEO (punti 12 e 13)

Data: dicembre 2007

Committente:

CEMENTIZILLO S.p.A.
Via Caldevigo, 14
Este (PD)



VIA ROSSANA, 3 - MADONNA DELL'OLMO - 12100 CUNEO
TELEFONO E FAX (0171) 412947 e-mail: geomin@mtrade.com

dott. Vincenzo PIOVANO, geologo

prof. Renato MANCINI, ingegnere minerario

INDICE

0.	PREMESSA	1
1.	INQUADRAMENTO DEL PROBLEMA.....	2
1.1	Esame critico delle motivazioni poste alla base delle richieste dello studio di un'alternativa progettuale di coltivazione in sotterraneo della cava.....	2
1.2	Storia del caso della cava Costiolo	3
2.	DATI GENERALI DI PROGETTO.....	5
3.	ASSETTO GEOLOGICO STRUTTURALE DEL GIACIMENTO	6
3.1	Litologie.....	6
3.2	Assetto strutturale	6
3.3	Idoneità chimica del giacimento per la produzione di cemento.....	7
3.4	Definizione del giacimento sfruttabile in sotterraneo.....	7
4.	SCELTE PROGETTUALI.....	9
4.1	Metodo di coltivazione.....	9
4.1.1	Descrizione di metodi applicabili	9
4.1.2	Metodi di abbattimento.....	11
4.2	Orientazione e disposizione delle camere.....	12
4.3	Dimensione delle camere.....	13
4.4	Organizzazione dell'abbattimento.....	14
4.4.1	Distribuzione delle gallerie di abbattimento.....	14
4.4.2	Perforazione dei fori di mina.....	14
4.4.3	Abbattimento.....	15
4.5	Servizi accessori e trasporti.....	15
4.5.1	Camera di frantumazione	16
4.5.2	Organizzazione dello smarino.....	16
4.5.3	Stoccaggio polmone e trasporti.....	16
5.	LIMITAZIONI GEOMETRICHE DI CUI E' IMPOSTO IL RISPETTO	18
6.	IPOTESI DI COLTIVAZIONE.....	19
7.	IPOTESI 1b. SVILUPPO DELLA COLTIVAZIONE.....	21
7.1	Descrizione generale della cava	21
7.2	Criteri progettuali.....	22
7.3	Tracciamento e messa in produzione di una camera	22
7.4	Ventilazione	23
8.	IPOTESI 2b. SVILUPPO DELLA COLTIVAZIONE.....	25
8.1	Descrizione generale della cava	25
8.2	Criteri progettuali.....	26
8.3	Tracciamento e messa in produzione di una camera	27
8.4	Smarino e trasporto del materiale.....	27
8.5	Ventilazione	27
9.	MACCHINARI E IMPIANTI	28
10.	COMPUTI METRICI GENERALI	29
11.	SCelta DELL'IPOTESI PROGETTUALE	43
12.	STIMA DEI TEMPI DI MESSA IN PRODUZIONE DELLA PRIMA CAMERA	

12.1	Premessa.....	44
12.2	Stima dei tempi di messa in produzione della prima camera.....	44
13.	STIMA DEI COSTI DI PRODUZIONE.....	47
13.1	Costi generali di preparazione e tracciamento	47
13.2	Costo degli impianti	47
13.3	Costo di abbattimento, frantumazione e trasporto in cava.....	48
13.4	Calcolo del costo unitario complessivo di produzione	48
14.	RIUSO DEI VUOTI DI COLTIVAZIONE	49
15.	IPOTESI DI COLTIVAZIONE CONGIUNTA A CIELO APERTO E IN SOTTERRANEO	50
15.1	Alternativa A.....	50
15.2	Alternativa B	51
16.	SINTESI DELLO STUDIO E CONCLUSIONI.....	52

ALLEGATO VERIFICHE STATICHE PRELIMINARI

FIGURE NEL TESTO

- Fig. 1 Schema assonometrico di cava Costiolo
Fig. 2 Definizione del giacimento sfruttabile in sotterraneo scala 1 : 3.000
Fig. 3 Dimensioni delle camere e schemi di tiro
Fig. 4 Schema assonometrico del sistema di preparazione e coltivazione di una camera
Fig. 5 Schema della ventilazione
Fig. 6 Ipotesi di coltivazione congiunta a cielo aperto e in sotterraneo

DISEGNI

- D01 Carta geologica scala 1 : 2.000
D02 Sezioni geologiche
D03 Frantumazione primaria, stoccaggio polmone e trasporti interni scala 1 : 1.000
D04 Ipotesi di coltivazione scala 1 : 3.000
D05 Ipotesi 1b - livello di base di quota 450 scala 1 : 1.000
D06 Ipotesi 1b - sottolivello di quota 490 scala 1 : 1.000
D07 Ipotesi 1b - sottolivello di quota 520 scala 1 : 1.000
D08 Ipotesi 1b - sottolivello di quota 550 scala 1 : 1.000
D09 Ipotesi 1b - sviluppo generale della coltivazione scala 1 : 1.000
D10 Ipotesi 1b - sezioni scala 1 : 1.000
D11 Ipotesi 2b - livello di base di quota 450 scala 1 : 1.000
D12 Ipotesi 2b - sottolivello di quota 490 scala 1 : 1.000
D13 Ipotesi 2b - sottolivello di quota 520 scala 1 : 1.000
D14 Ipotesi 2b - livello di base di quota 550 scala 1 : 1.000
D15 Ipotesi 2b - sottolivello di quota 590 scala 1 : 1.000
D16 Ipotesi 2b - sottolivello di quota 620 scala 1 : 1.000
D17 Ipotesi 2b - sviluppo generale della coltivazione scala 1 : 1.000
D18 Ipotesi 2b - sezioni scala 1 : 1.000

0. PREMESSA

Su incarico della Cementizillo S.p.A., è stato elaborato lo studio di fattibilità concernente l'ipotesi di coltivazione in sotterraneo della Cava Claupa, ubicata nei comuni di Maniago e Frisanco (PN).

Lo studio descritto nella relazione che segue e illustrato negli allegati grafici, risponde alle richieste di integrazioni formulate nell'ambito della Conferenza dei servizi che sta espletando la procedura di Valutazione di Impatto Ambientale del progetto di coltivazione a cielo aperto della cava (**Ordinanza n. 2093 - VIA 296 - Servizio VIA**).

Le integrazioni richieste devono comprendere in particolare:

- punto 12 studio di un'alternativa progettuale relativa alla coltivazione in sotterraneo della cava*
- punto 13 ipotesi di una combinazione tra l'estrazione in superficie e l'alternativa della coltivazione in sotterraneo*

Per quanto riguarda l'ipotesi di coltivazione in sotterraneo, il documento, sviluppato in modo approfondito, fornisce un inquadramento generale del problema e definisce:

- scelta del metodo
- organizzazione e ubicazione dei vuoti
- organizzazione e ubicazione dei servizi.

Il progetto contiene inoltre un computo metrico dettagliato indispensabile per fornire parametri per la valutazione della fattibilità tecnico-economica dell'intervento e fare una stima dei tempi necessari per la messa in produzione dell'attività.

A tal riguardo si precisa che nei computi metrici, come nei calcoli di verifica di stabilità preliminare, i valori numerici sono stati mantenuti con l'approssimazione all'unità, senza introdurre arrotondamenti, con il solo scopo di poter controllare in qualsiasi momento i calcoli eseguiti.

Successivamente, partendo dai dati ricavati per la coltivazione esclusiva sotterraneo, attraverso la comparazione di pochi parametri fondamentali viene esaminata e valutata l'ipotesi della coltivazione congiunta parte a cielo aperto e parte in sotterraneo.

Il progetto è stato elaborato dai Tecnici della Geomin sulla base dell'esperienza acquisita in diversi progetti simili, con la collaborazione e supervisione del Prof. Renato Mancini, già ordinario di Tecnica degli scavi presso il dipartimento di Georisorse e Ambiente (ex Arte Mineraria) del Politecnico di Torino.

1. INQUADRAMENTO DEL PROBLEMA

1.1 Esame critico delle motivazioni poste alla base delle richieste dello studio di un'alternativa progettuale di coltivazione in sotterraneo della cava

Prima di affrontare l'impostazione e l'elaborazione dello studio di fattibilità della coltivazione in sotterraneo della cava Claupa, è stato fatto un approfondito esame delle osservazioni tecniche, a firma del Prof. Ing. S. Miliziano e dell'ing. M. D'Elia, allegata alla richiesta di documentazione integrativa, con particolare riguardo alle valutazioni di carattere tecnico ed economico su esempi di coltivazione in sotterraneo.

Nel passato le coltivazioni in sotterraneo erano quasi esclusivamente indirizzate a minerali pregiati, ad esempio minerali metallici; più raramente ad altri minerali, tipo sali, e a pietre ornamentali.

L'ubicazione dell'attività in sotterraneo era imposta dall'assetto geologico dei giacimenti, ubicati sotto elevate coperture di materiali sterili che non permettevano l'estrazione a cielo aperto, se non con elevati oneri di asportazione e messa a discarica della copertura stessa.

In anni recenti sono state avviate, sia in Italia che all'estero, alcune coltivazioni in sotterraneo applicate al caso di minerali industriali quali calcari, gessi e feldspati, dotati di valore unitario basso rispetto ai minerali normalmente sfruttati in sotterraneo.

Si tratta per il momento di iniziative in numero estremamente ridotto, aventi carattere eccezionale rispetto alla stragrande maggioranza della casistica delle cave e costituenti iniziative di tipo pioniero, per le quali si è verificata la concomitanza di diversi fattori che hanno imposto, a determinate condizioni, l'adozione di una tecnica decisamente alternativa.

In tutti questi casi si è verificato da un lato una condizione di non fattibilità tecnico-economica della coltivazione a cielo aperto (dovuta essenzialmente all'assetto geostrutturale del giacimento) e dall'altro una condizione di fattibilità tecnico-economica (dovuta essenzialmente al favorevole assetto geologico-strutturale).

Nelle osservazioni tecniche dei consulenti del Comune di Maniago vengono riportati 4 esempi di attività in sotterraneo, riferite a minerali industriali e precisamente:

- *Cava di Sedrina in Val Brembilla (BG): coltivazione in sotterraneo finalizzata alla produzione di calcare da calce*
- *Cava "Cà Bianca" (BG): coltivazione finalizzata alla produzione di marna da cemento*
- *Cava Costiolo in Val Brembana nel comune di Ubiale Calnezzo (BG): coltivazione in sotterraneo finalizzata alla produzione di calcare da calce*
- *Cave di Gesso di Moncalvo e Murisengo in zona Monferrato - Piemonte.*

Per quanto riguarda la cava Sedrina e la cava Costiolo è opportuno precisare che si tratta della stessa attività, forse citata in letteratura con due diverse denominazioni.

Per quanto riguarda la cava Cà Bianca che produce "marne da cemento", minerale di 1° categoria, che quindi più correttamente deve essere definita "miniera", si tratta di un'attività a cielo aperto, ubicata sulla sponda del lago d'Iseo, in cui solo le infrastrutture di trasporto, costituite da fornelli e gallerie in cascata, sono ubicate in sotterraneo.

Per quanto riguarda i casi di Moncalvo e Murisengo e altri casi della zona del Monferrato, si tratta di produzione che non superano le 300.000 t/anno (pari a circa 130.000 m³), che sfruttano un minerale tenero, estraibile quasi esclusivamente con mezzi meccanici e quindi con problemi tecnico-economici ridotti, non confrontabili con quelli di roccia ad elevata resistenza.

Per quanto riguarda le cave di pietre ornamentali (calcari, marmi, graniti) si tratta di attività caratterizzate da livelli produttivi molto inferiori ai minerali industriali, per contro indirizzate a materiali dotati di valori unitari molto superiori (di alcuni ordini di grandezza).

In definitiva tra gli esempi citati, la sola cava di Sedrina (o cava Costiolo) risulta confrontabile con le dimensioni e le caratteristiche produttive prevedibili per il caso della Cementizillo, costituendo l'unico caso italiano e uno dei pochi a livello mondiale.

1.2 Storia del caso della cava Costiolo

Prendendo in esame il caso di Cava Costiolo in Val Brembana, progetto impostato, sviluppato e successivamente seguito nelle fasi operative dai Tecnici della Geomin, si forniscono di seguito alcuni elementi essenziali utili per chiarire le motivazioni delle scelte progettuali e evidenziare modalità e tempi di elaborazione e attuazione dell'iniziativa.

La cava Costiolo è in attività dagli anni '20 del secolo scorso per produzione di calcare pregiato utilizzato per produrre calce di elevata qualità.

La coltivazione è stata condotta a cielo aperto, sviluppando un fronte con dislivello complessivo pari a circa 400 m, trattandosi di un banco verticale disposto trasversalmente alla superficie esterna del rilievo.

Verso il 1985 ad una verifica delle riserve ancora disponibili risultava un volume di minerale sufficiente a garantire la vita dell'attività per una durata massima intorno ai 15 anni.

Si rese quindi necessario eseguire studi e valutazioni per verificare la fattibilità di un ulteriore sviluppo della cava in esterno, atto a prolungare la vita per almeno un ulteriore ventennio.

Dall'analisi risultò che l'ulteriore arretramento del fronte sarebbe stato fattibile solo a patto di accettare un rapporto sterile/minerale pari a circa 1 e trovare entro un raggio di distanza ragionevole un sito per mettere a discarica alcuni milioni di m³ di sterile.

Verificata l'impossibilità di rispondere alle condizioni poste, sulla base delle conoscenze acquisite sull'assetto geostrutturale del giacimento, sulle caratteristiche geomeccaniche delle rocce e sulle condizioni di accessibilità alle diverse quote del giacimento, fu avanzata l'ipotesi di attuare una coltivazione in sotterraneo che potesse garantire elevati volumi di produzione e bassi costi unitari.

Lo sviluppo dell'iniziativa fu articolato in:

- studio di fattibilità
- tracciamento di gallerie ed esecuzione di sondaggi finalizzati a confermare le ipotesi di base
- progetto di massima della coltivazione e stima dei costi di produzione
- progetto definitivo e tracciamento dei servizi generali
- realizzazione di due camere pilota e strumentazione del diaframma di separazione per valutare il comportamento dell'ammasso, verifica delle tecniche e delle modalità operative, verifica a consuntivo dei costi di produzione.

Confermata la sostenibilità tecnico-economica dell'attività in sotterraneo, si passò alla coltivazione a regime, realizzando la totalità della produzione richiesta in sotterraneo (1.000.000 t/anno).

Nel corso delle fasi sperimentali di coltivazione, sono stati progressivamente analizzati i problemi tecnici emersi in corso d'opera e sono state individuate soluzioni idonee per il caso specifico di cui si avevano riscontri in letteratura.

A tale proposito si segnalano:

- il caricamento dell'esplosivo allo stato sfuso, utilizzato in attività analoghe all'estero, ma non praticato in Italia, per il quale è stato necessario espletare una laboriosa pratica di autorizzazione e acquisire l'idonea attrezzatura
- adozione della riservetta settimanale di esplosivo, pratica normalmente non in uso nelle attività in Italia a causa delle complicazioni a carattere organizzativo e operativo.

Si tratta di scelte non usuali nelle attività estrattive in Italia che, nel caso specifico, consentono di superare alcuni problemi tecnici altrimenti non risolvibili (caricamento delle mine nelle volate a raggiera) e di evitare interferenze negative sul ciclo produttivo (prevenzione di fermate o blocchi temporanei per indisponibilità tempestiva dell'esplosivo).

Grazie alla scelta attuata quasi venti anni fa, l'azienda dispone oggi di riserve sfruttabili di ameno 8Mm³, pari a più di 20 anni di produzione.

Con lo schema proposto (vedi fig. 1), che prevede al momento attuale 15 camere disposte su due livelli, l'incidenza dei tracciamenti sul volume estratto risulta pari a 0,00312 m di galleria/m³ estratto.

2. DATI GENERALI DI PROGETTO

La fattibilità è stata redatta assumendo i seguenti parametri di base:

- | | |
|--------------------------------|---------------------------------------|
| - capacità produttiva annua | 1.000.000 t (400.000 m ³) |
| - giornate lavorative annue | 220 gg. |
| - turni giornalieri di lavoro | 2 |
| - produzione media giornaliera | 4.500 t |

3. ASSETTO GEOLOGICO STRUTTURALE DEL GIACIMENTO

3.1 Litologie

Per una valutazione di fattibilità di una coltivazione in sotterraneo è necessario conoscere nel modo più dettagliato possibile il quadro geologico-strutturale del giacimento.

I dati geologico-strutturali riportati nello Studio di Impatto Ambientale, recentemente eseguito con il coordinamento del Prof. Dott. R. Sedea dell'Università di Padova, sono ampiamente sufficienti a descrivere l'assetto geologico del giacimento.

Nei disegni D01, D02 sono riportate la carta geologica e le sezioni trasversali, estratte dalla documentazione allegata allo Studio di Impatto Ambientale.

La successione stratigrafica riconosciuta può essere così riassunta, dal basso verso l'alto:

- "Calcari di M. Cavallo", attribuibili al Cretaceo superiore, costituiti da una successione di biocalcareni e biocalciruditi, in strati di spessore generalmente superiori al metro
- "Scaglia Rossa" attribuibile all'Eocene-Paleocene, costituita da una sequenza di marne calcaree e marne argillose
- "Flysch di Clauzetto" attribuibile all'Eocene, costituito da alternanze di biocalcareni, arenarie e marne.

I contatti sono stratigrafici nella porzione Sud e Est, mentre nella parte Nord sono definiti da una faglia disposta circa E-W e immergente verso Sud; verso Ovest i contatti sono molto lontani dall'area di interesse del progetto.

3.2 Assetto strutturale

Nell'area di cava, che interessa i Calcari di M. Cavallo e la Scaglia Rossa, la sequenza stratigrafica è disposta a franapoggio con immersione verso Est nella parte Nord, progressivamente ruotante verso Sud-Est nella parte Sud della cava, definendo una struttura ad anticlinale, con un asse B immergente localmente verso ESE.

Come già accennato, il contatto tra i Calcari e le Marne nella parte Nord è definito da una faglia che mostra una immersione di 50 - 60° verso Sud; la faglia prosegue verso Ovest anche all'interno dei calcari stessi, che mostrano a Nord della lineazione una brusca variazione di giacitura.

L'intero ammasso inoltre è interessato da alcuni sistemi di frattura, uno dei quali attribuibile a quello della faglia.

3.3 Idoneità chimica del giacimento per la produzione di cemento

I calcari del M. Cavallo sono calcari puri con tenori in $\text{Ca CO}_3 \geq 97 - 98\%$ e con minimi tenori in Mg ed alcali, quindi ottima materia prima per produzione di cemento.

E' necessario sottolineare però che l'attuale coltivazione e le indagini eseguite hanno riguardato solamente la porzione superiore della formazione, mentre non è conosciuta dal punto di vista geochimico la porzione media e inferiore.

Ai fini della conferma della qualità del materiale presente in profondità andranno previste specifiche indagini prima dell'eventuale elaborazione del progetto definitivo.

La Scaglia Rossa, costituita prevalentemente da marne, mostra discreti tenori in silice, Al_2O_3 e Fe_2O_3 e assenza inquinanti, fattori che la rendono un buon apportatore di fondenti per la farina da cemento.

3.4 Definizione del giacimento sfruttabile in sotterraneo

L'estrazione delle grandi quantità richieste dalla cementeria impone l'apertura di grandi vuoti in sotterraneo, come si dirà più avanti.

Grandi vuoti possono essere ipotizzati all'interno della formazione calcarea, dato l'elevato spessore e le buone caratteristiche geomeccaniche; non sono invece proponibili all'interno delle marne, a causa della superficialità della formazione e del limitato spessore; inoltre le mediocri caratteristiche geomeccaniche condizionano fortemente la dimensione dei possibili vuoti.

Per le stesse ragioni non è inoltre proponibile una coltivazione con vuoti che interessino congiuntamente ambedue i materiali.

Trattandosi di coltivazione di materiale di 2^a categoria, i limiti areali di coltivazione sono definiti dai limiti di disponibilità dei terreni e dai vincoli imposti dalla pianificazione territoriale vigente.

I limiti areali del giacimento sfruttabile in sotterraneo, definiti sulla base della morfologia del versante, dell'assetto strutturale e dei limiti amministrativi, rappresentati schematicamente nella fig. 2, sono i seguenti:

Limite Nord

la presenza della faglia diretta circa E-W ed immergente verso Sud costituisce il limite del giacimento e impone di mantenere, rispetto alla faglia stessa, un franco di roccia intatta tale da garantire la stabilità nel lungo periodo delle strutture residue della coltivazione.

Limite Ovest

Nel settore Ovest dell'area è presente una scoscesa e alta scarpata naturale; è necessario mantenere da questa una distanza di rispetto non inferiore ai cento metri, per prevenire il rischio di distacchi di blocchi dalla scarpata causati dal tiro delle

mine (tenuto conto che la quantità di esplosivo per ritardo può raggiungere valori di 80 - 100 kg).

Limite Est

Data la morfologia del versante di cava a Est, una eventuale coltivazione in sotterraneo, come si spiegherà più avanti, non potrà spingersi oltre la linea della strada che borda attualmente la base della cava.

Limite Sud

Il limite è definito dalla presenza della zona di mitigazione e protezione del bosco di S. Lorenzo, recepita dal PRG del comune di Maniago (Zona D.4.1.5).

Un altro limite da definire è la quota minima degli scavi; tale quota è condizionata dalla possibilità del drenaggio naturale delle eventuali acque che potrebbero essere richiamate dai vuoti e dalla possibilità di mantenere la galleria di base all'interno della formazione calcarea.

Data la morfologia della valletta a Est sulla quale si sviluppa la strada che raggiunge la cava, il limite di base minimo può essere definito intorno alla quota 440 ~ 450; per impostare la coltivazione su tale quota di base è tuttavia necessario che sia accettata l'ubicazione dell'imbocco all'interno della zona di bosco sottoposto a tutela.

4. SCELTE PROGETTUALI

4.1 Metodo di coltivazione

Per la produzione di almeno 800.000 ~ 1.000.000 t/anno di calcare bisogna fare riferimento a metodi di coltivazione caratterizzati da elevata produttività e bassi costi di produzione.

Tale premessa porta ad escludere, un gran numero di metodi di coltivazione ed in particolare quelli che facciano abbondante uso di opere di sostegno artificiali.

Data l'omogeneità del giacimento, nella scelta del metodo non è necessario considerare metodi che consentano selettività, né si dovrà temere in alcun modo il fenomeno della diluizione o inquinamento del minerale da parte delle rocce limitrofe.

Da una valutazione delle caratteristiche geomeccaniche della roccia, si può presupporre che non vi siano controindicazioni per i metodi che richiedano l'apertura di grandi vuoti non armati.

L'unica condizione da considerare è la necessità di assicurare stabilità illimitata nel tempo ai vuoti aperti e quindi alla superficie sovrastante.

Ciò esclude tutti i metodi che prevedano il collasso del tetto dei vuoti, in quanto non si è certi di poterne controllare l'assetamento finale (anche se alcuni di questi metodi sarebbero molto appetibili dal punto di vista economico).

Le precedenti considerazioni portano a limitare il campo di scelta ai metodi per "grandi vuoti"; nel caso specifico sono proponibili in linea teorica i seguenti metodi:

- camere e pilastri o camere e diaframmi
- magazzino pieno
- magazzino con abbattimento per fornelli
- magazzino con abbattimento a grandi volate
- sottolivelli nelle varianti:
 - con smarino con pala telecomandata all'interno dei vuoti
 - con spillamento del minerale da tramogge o fornelloni.

Senza dilungarci sulla descrizione dei metodi elencati e sulle loro caratteristiche, sulla base dell'esperienza acquisita in nostri recenti progetti analoghi (in calcari con produzioni tra 300.000 e 1.000.000 t/anno), attualmente in soddisfacente produzione a regime, si ritiene che il metodo più idoneo sia una coltivazione per grandi camere e diaframmi a sottolivelli, con spillamento del minerale alla base delle camere.

4.1.1 Descrizione di metodi applicabili

Il metodo a grandi camere e pilastri consiste nel tracciamento di gallerie principali di carreggio e di sottolivello dalle quali si dipartono dei tracciamenti che attraversano il minerale da coltivare. Da questi tracciamenti si esegue la perforazione e

l'abbattimento con mine relativamente piccole, procedendo in ritirata verso i tracciamenti principali (gallerie di sottolivello), creando dei vuoti le cui dimensioni sono definite dai cantieri di abbattimento.

Tali coltivazioni sono di uso corrente per produzioni da medio grandi a grandi, cioè dell'ordine di grandezza di quella in progetto.

La distanza in quota dei sottolivelli (da cui dipende l'incidenza dei tracciamenti per tonnellata di produzione) è condizionata principalmente dalla pezzatura massima accettata nell'abbattuto; non risulta invece condizionata dalle lunghezze di perforazione, in quanto le attuali perforatrici possono garantire deviazioni minime anche su lunghezze notevoli.

La coltivazione per sottolivelli, come già detto, deve garantire la stabilità globale dei vuoti evitando qualunque rischio di interferenza con la superficie topografica esterna; analoga garanzia non viene data invece per le pareti e la calotta delle camere per le quali si accetta che producano limitati distacchi di porzioni rocciose o instabilità puntuali.

Tale assunzione comporta che venga escluso l'accesso diretto degli operatori al vuoto e che il materiale abbattuto venga estratto in condizioni di sicurezza.

La coltivazione per sottolivelli tradizionale presenta pertanto due varianti che riguardano le modalità di ripresa del minerale abbattuto; esse sono:

- ripresa tramite pala telecomandata che accede direttamente nel vuoto
- spillamento da grossi fornelli o da tramoggia continua scavati alla base della camera di coltivazione.

La prima ipotesi (pala telecomandata) riduce notevolmente la lunghezza dei tracciamenti al livello di estrazione.

Per contro il sistema presenta alcuni fondamentali svantaggi:

- perdita di una percentuale sensibile di minerale all'interno della camera a causa del limitato raggio d'azione della pala (una decina di metri)
- notevole aggravio del costo diretto di estrazione, in quanto l'efficienza del mezzo meccanico telecomandato è inferiore del 30% circa a quello del mezzo direttamente guidato dall'uomo
- elevato costo di manutenzione nel caso di pezzatura grossolana.

L'ipotesi alternativa all'utilizzo di pale telecomandate prevede la realizzazione alla base della camera di una tramoggia di carico che permetta di operare con il mezzo meccanico in condizioni di assoluta sicurezza per l'operatore.

Realizzando una via di carreggio al di sotto del piano di base della camera ed aprendo su questo dei fornelloni ad imbuto, è possibile creare dei punti di carico sicuri al di sotto del vuoto. In alternativa è possibile, ed oggi preferito quando

l'operazione venga fatta in minerale e non in sterile, scavare sul fondo della camera una tramoggia a V di lunghezza pari a quella del vuoto. Parallelamente al fondo della tramoggia ed a distanza di sicurezza viene scavata una seconda galleria da cui si possa accedere al vuoto tramite traverse di collegamento poste a distanza regolare. In tal modo è possibile recuperare pressoché interamente il minerale abbattuto.

4.1.2 Metodi di abbattimento

Nella coltivazione a grandi camere con sottolivelli sono possibili diversi metodi di abbattimento.

Nel caso nostro possono essere presi in considerazione due metodi che si differenziano tra di loro sostanzialmente per le modalità di perforazione (e di conseguenza per le attrezzature di perforazione da adottare) e per la geometria delle opere di preparazione dei cantieri.

Abbattimento a lunghe mine parallele

Si tratta del trasferimento in sotterraneo del normale metodo di coltivazione adottato nelle coltivazioni a cielo aperto.

Il metodo consiste sostanzialmente in:

- realizzazione di gallerie a grande sezione sovrapposte
- esecuzione di un taglio di testa per ogni sottolivello, ampliando progressivamente, mediante sparetamento, le gallerie di sottolivello e la galleria di base
- realizzazione del taglio di scollamento (slot)
- perforazione, dalle gallerie di sottolivello ampliate, di lunghe mine parallele secondo uno schema di abbattimento analogo a quello di una cava a cielo aperto.

Il fattore principale che condiziona l'applicabilità del metodo è dato dalla stabilità del tetto di ogni livello, in quanto questo deve presentare condizioni di assoluta stabilità anche in presenza di superfici libere piuttosto ampie, senza richiedere particolari opere di sostegno. Il taglio infatti è luogo di normale presenza di operatori sia in fase di preparazione che in fase di abbattimento in quanto da questa posizione viene eseguita la perforazione del pannello da abbattere.

Inoltre non si può fare ricorso a sistemi di sostentamento del tetto (quali bullonature, reti ecc..) in quanto, nei livelli inferiori, si deve procedere all'abbattimento delle solette poste a tetto delle gallerie e la presenza di armature sarebbe oltremodo nociva.

In prima approssimazione, non avendo alcun dato sul comportamento della roccia, si può stimare che la larghezza massima adottabile nel caso specifico sia inferiore a 20 m.

Abbattimento con mine a ventaglio

Il sistema si basa su una galleria di livello da cui si procede ad eseguire la perforazione del minerale del pannello da abbattere.

Tale metodo si differenzia dal precedente per il fatto che la perforazione viene eseguita a raggiera dalla galleria di sottolivello, che, essendo di limitata sezione, non dovrebbe richiedere alcun tipo di sistemi di sostentamento, permettendo di operare in tutta sicurezza.

Essendo le operazioni di perforazione e di sparo realizzate all'interno di gallerie di piccola sezione e quindi in assoluta sicurezza, la larghezza dei vuoti è determinata da:

- caratteristiche meccaniche della roccia costituente l'ammasso
- lunghezza massima dei fori eseguibili con la richiesta precisione.

Le macchine per perforazione a raggiera, disponibili oggi sul mercato, possono eseguire fori di lunghezza elevata con deviazione minima, quindi non costituiscono un limite.

L'unico limite restano perciò le caratteristiche meccaniche della roccia, in quanto, come già detto, deve essere garantita la stabilità in grande dei vuoti.

In prima approssimazione si assume che, nel caso in oggetto, possano essere scavate camere aventi una larghezza di circa 30 m.

L'adozione di uno piuttosto che l'altro dei metodi sopra indicati può comportare differenti costi di produzione e differenti volumi estraibili dal "giacimento" in oggetto; si è proceduto pertanto ad effettuare un'analisi comparata dei due metodi, calati nella realtà in oggetto, al fine di effettuare la miglior scelta oggi possibile nel rispetto delle condizioni generali precedentemente fissate.

E' evidente che qualora, dal tracciamento dei servizi generali, emerga che le caratteristiche della roccia siano tali da permettere la realizzazione di vuoti di dimensioni differenti da quelle sopra ipotizzate, le conclusioni oggi tratte possano essere anche sostanzialmente modificate.

Scelta del metodo

In base ai dati emersi da una valutazione di prima approssimazione e considerando la quantità di materiale richiesta dalla cementeria e la conseguente dimensione dei vuoti, è risultato preferibile il metodo di abbattimento con mine a ventaglio eseguite da gallerie di sottolivello.

4.2 Orientazione e disposizione delle camere

Si è preceduto a valutare quale fosse l'orientamento migliore delle camere tenuto conto della geometria del "giacimento sfruttabile" come definito nel cap. 3, della morfologia della superficie topografica esterna e dell'assetto strutturale della formazione.

Dall'osservazione della carta geologica ed dalle sezioni geologiche riportate rispettivamente nei dis. D01 e D02, come già descritto nel cap. 3, si rileva che i calcari sono disposti a franapoggio e formano una debole anticlinale con asse B immergente verso Est.

In tali condizioni è consigliabile disporre le camere, e quindi i diaframmi, a ventaglio in modo che l'asse di queste si sovrapponga alla direzione di immersione degli strati.

La disposizione delle camere con allungamento perpendicolare alla direzione degli strati (fig. 2), e in questo caso perpendicolari anche alla direzione del versante, presenta sostanziali vantaggi dal punto di vista della stabilità dei diaframmi interposti tra le camere, e di conseguenza dell'intera struttura, in quanto le sollecitazioni derivanti dal peso della copertura rocciosa sono disposte in asse e perpendicolari alla stratificazione: in tal modo la componente gravitativa orizzontale risulta contrastata dall'ammasso residuo.

Alla stabilità della struttura contribuisce la giacitura degli strati che fanno sì che i diaframmi siano costituiti da un pacco di strati con direzione perpendicolare all'allungamento dei diaframmi, quindi non soggetti a sforzi di taglio lungo i giunti di strato.

4.3 Dimensione delle camere

In prima approssimazione, sulla base delle caratteristiche geologiche e strutturali del giacimento e per garantire l'approvvigionamento dei volumi di materiale richiesti dallo stabilimento, si ritiene di poter realizzare vuoti di grandi dimensioni, purché orientati opportunamente in rapporto all'assetto strutturale del giacimento e alla morfologia del versante.

L'ipotesi di coltivazione formulate sono le seguenti (vedi fig. 3):

Ipotesi 1: prevede di realizzare camere di dimensioni 30 m x 110 m, organizzate su tre sottolivelli.

Ipotesi 2: sostanzialmente simile all'Ipotesi 1, prevede di realizzare camere di dimensioni 30 m x 80 m, organizzate su due sottolivelli.

4.4 Organizzazione dell'abbattimento

4.4.1 Distribuzione delle gallerie di abbattimento

L'abbattimento dei singoli pannelli di coltivazione (sottolivelli) può essere eseguito operando da una galleria in asse camera, con mine disposte a raggiera su 360° oppure da due gallerie disposte al bordo dei diaframmi, con mine disposte a semi raggiera asimmetrica di 180°.

La perforazione dei fori da mina da una galleria centrale permette di ridurre la larghezza della camera, qualora risultasse necessario per ragioni geostrukturali.

Per contro:

- risulta molto difficile ritornare alla larghezza di progetto nel caso di involontarie riduzioni a causa di imprevisti nel tiro di volata
- la superficie residua dei diaframmi, sagomata con i culacci delle mine, può risultare irregolare e la lesione dei primi metri superficiali degli stessi può essere elevata
- per esperienza passata, il taglio di apertura dei pannelli inferiori risulta molto difficoltoso per l'impossibilità di accesso a metà della galleria trasversale di fondo, dopo che si sia abbattuta l'altra metà.

Con la perforazione dei fori da mina da due gallerie laterali risulta invece che:

- le superfici dei diaframmi sono realizzate con mine parallele alla superficie, quindi si può presupporre di poter eseguire una profilatura controllata, con minori lesioni dei primi metri superficiali dei diaframmi
- il taglio di apertura è agevolmente realizzabile potendo accedere da ambedue le parti
- è possibile strumentare i diaframmi per rilevarne il comportamento meccanico.

Per le ragioni esposte, in ambedue le ipotesi sviluppate nello studio di fattibilità è stato scelto di adottare lo schema che prevede la realizzazione di due gallerie laterali per ogni sottolivello.

4.4.2 Perforazione dei fori di mina

Per la perforazione a raggiera o a semi-raggiera è necessaria la disponibilità di una perforatrice idonea a orientare i fori su 360° (fan drill), di lunghezza idonea a coprire tutta la sezione del pannello.

Si tratta di macchine reperibili sul mercato e già utilizzate in attività similari.

Il diametro di perforazione comunemente utilizzato è di 76 mm.

Nella fig. 3 è rappresentato un possibile schema di perforazione, che prevede fori di lunghezza massima non superiori a 23 m, lunghezza per la quale può essere garantita la buona direzionalità dei fori.

La lunghezza totale dei fori può essere prevista in 250 - 280 m per semi-raggiera; la perforazione dell'intero pannello richiede quindi 500-550 in totale di foro.
La spalla può variare tra 2,5 e 3 m.

La definizione dello schema dovrà essere ottimizzata dopo alcuni tiri di prova.

4.4.3 Abbattimento

Data la distribuzione disomogenea dei fori sul piano di distacco, questi devono essere caricati solo parzialmente, in modo da distribuire omogeneamente l'esplosivo su tutta la superficie di distacco.

Nelle volate a raggiera si può prevedere il rapporto lunghezza totale fori caricati/lunghezza totale di fori perforati pari a 0,5, contro il normale 0,8 - 0,85 risultante nelle volate a fori paralleli eseguibili a cielo aperto.

La quantità di esplosivo per ritardo potrà variare da 15 a 80 kg.

Sulla base di esperienza acquisita in attività similari, il consumo specifico di esplosivo può essere stimato intorno 350 - 400 g/m³, pari a circa 130 - 150 g/t, superiore del 30 - 50% a quello necessario in una normale coltivazione a giorno.

Si sottolinea inoltre che il carico di esplosivo nei fori da mine a raggiera non può essere eseguito con le stesse modalità adottate per le mine verticali, ma è necessario adottare il carico pneumatico dell'esplosivo sfuso mediante opportune macchine disponibili sul mercato.

Tale tipo di caricamento necessita di una specifica autorizzazione.

4.5 **Servizi accessori e trasporti**

Una coltivazione a cielo aperto ha ampi spazi di manovra e permette di caricare il materiale abbattuto su tutta la lunghezza del fronte della volata, quindi il carico può essere eseguito in condizioni di ampi spazi di manovra senza vincoli e senza necessità di interruzioni del ciclo.

Per contro, una coltivazione in sotterraneo dispone di spazi ridotti, limitati alle gallerie, e permette il carico del materiale solamente in una o due posizioni obbligate; ne consegue che l'agilità di manovra è minima, i tempi di spillaggio del materiale sono lunghi e il carico può essere rallentato o temporaneamente interrotto dalla presenza di possibili intasamenti dei punti di spillaggio, causati da appilamento di grossi blocchi.

Ne consegue che per garantire costanza della fornitura di materiale alla cementeria risulta indispensabile la predisposizione di un silo polmone, in modo da poter slegare totalmente l'attività di cava da quella successiva di trattamento.

Per essere immagazzinato in condizioni non penalizzanti per la ripresa il materiale deve essere preventivamente frantumato; in tal modo è possibile prevedere il carico automatico su camion.

Il progetto prevede quindi la realizzazione in sotterraneo di un impianto di frantumazione e di un silo polmone.

L'organizzazione generale della frantumazione, del silo polmone e dei trasporti è stata sviluppata con riferimento all'Ipotesi 1, ma è identica a quella che potrebbe essere adottata per l'Ipotesi 2 (dis. D03).

4.5.1 Camera di frantumazione

La camera di frantumazione sarà realizzata al livello inferiore della cava, ubicandola possibilmente in modo da poter alimentare il T.V. da un punto baricentrico tra le camere.

Nelle ipotesi di coltivazione formulate, l'impianto è stato concepito per essere alimentato sia con il T.V. proveniente dai livelli superiori mediante un fornello di gettito, sia con il materiale estratto al livello di base.

L'organizzazione di una possibile camera di frantumazione è rappresentata nel dis. D03.

Lo schema di un impianto proposto è dotato di:

- una tramoggia con capacità minima 20 m³ dotata di un estrattore a piastre
- un estrattore-dosatore alla base del fornello
- un frantoio ad urto in grado di trattare 500 - 600 t/h di roccia con pezzatura massima 500 - 700 mm.

Si tratta di uno schema generale, che dovrà essere organizzato con miglior definizione in fase di progettazione esecutiva dell'impianto.

4.5.2 Organizzazione dello smarino

L'adozione di una postazione fissa di frantumazione richiede una organizzazione dei trasporti del T.V. dal punto di spillaggio alla base delle camere o, in fase di tracciamento, dal fronte di avanzamento delle gallerie di perforazione alla frantumazione stessa.

Se la distanza di trasporto dal punto di abbattimento alla camera di frantumazione, o dal punto di abbattimento al fornello di gettito, non supera i 250 - 300 m la sola pala LHD è produttiva.

Per distanze maggiori è necessario organizzare un trasporto misto pala LHD + dumper; in tal caso il sistema di spillaggio per ogni coppia di camere può essere attrezzato con una traversa in rampa nella parte più prossima ai carreggi principali, in modo che le pale LHD possano raggiungere l'altezza di carico dei dumper normali; il sistema è stato già adottato in attività simili.

4.5.3 Stoccaggio polmone e trasporti

Come già detto, si ritiene indispensabile realizzare a valle della frantumazione primaria un silo polmone che possa slegare l'attività di cava dalla fornitura di materiale alla cementeria.

In tale ottica è stata prevista una camera di stoccaggio polmone che abbia una capienza viva di circa 8.000 m³, pari a 14.000 t, sufficienti a garantire l'approvvigionamento degli impianti a valle per almeno 3 - 4 giorni, anche quando l'attività di cava fosse ferma; un silo polmone di tale capienza permette di far fronte a periodi di inattività della cava causati da imprevisti, da periodi di festività, da interventi di manutenzione periodici (consigliabili) di tutti i mezzi e le attrezzature operanti in sotterraneo (dis. D03).

Il silo polmone è stato ubicato presso l'ingresso del sotterraneo in modo da essere facilmente accessibile agli autocarri stradali.

Il silo consiste in un vuoto a forma prismatica con base 15 m x 20 m e altezza totale di circa 35 m.

La parte sommatiale del silo sarà collegata mediante una rimonta alla base della camera di frantumazione; lungo la rimonta sarà installato un nastro trasportatore che trasporterà il materiale di prima frantumazione dal frantoio alla testa del silo e sarà attrezzato nella parte terminale con un nastro spanditore (tripper) per ottimizzare la capienza del polmone.

Intorno alla base del silo, sarà tracciata una galleria ad anello per permettere il transito degli autocarri.

Sempre alla base del silo saranno installati in galleria degli estrattori per il carico automatico degli autocarri.

5. LIMITAZIONI GEOMETRICHE DI CUI E' IMPOSTO IL RISPETTO

Copertura in roccia

Sulla mezzeria delle camere, allo scopo di garantirsi contro l'eventualità di scoronamenti che raggiungano la superficie, si impone uno spessore di roccia pari a 1,5 volte l'altezza, rispetto al cielo della camera, della fibra esterna superiore dell'arco portante (vedi verifiche di stabilità in allegato)

Snellezza dei pilastri

Per escludere condizioni di eccessiva snellezza (che comporterebbero l'adozione di pesanti ulteriori coefficienti di sicurezza nella verifica) si è imposto al rapporto il limite inferiore di 1/3 (per altezza intendendosi quella tra corona superiore e sezione critica, e per larghezza, quella relativa alla sezione critica).

Il valore di tale rapporto relativo all'Ipotesi 1 è già considerato in letteratura critico (Y. Potvin et alii, Rib pilar design in open stope mining, CIM BULLETIN 1989).

Data la distribuzione a raggiera prevista del progetto per gli assi delle camere, il rapporto 1/3 si verifica solamente nella parte più interna del monte, mentre si riduce a quasi 1/2 nella parte più esterna (verso Est).

Per quanto riguarda l'Ipotesi 2 il rapporto di snellezza si riduce sotto 1/2.

Limitazioni relative all'ordine di esaurimento delle camere

Nel caso di adozione di due livelli di camere dovrà essere rispettato il principio di non intraprendere la coltivazione di una camera del livello inferiore prima che sia esaurita la corrispondente camera del livello superiore.

6. IPOTESI DI COLTIVAZIONE

Le ipotesi esaminate differiscono tra di loro essenzialmente per l'altezza delle camere di coltivazione:

- Ipotesi 1 camere larghe 30 m e alte 110 m
- Ipotesi 2 camere larghe 30 m e alte 80 m

Nell'ambito delle ipotesi di base sono stati analizzati ulteriormente due differenti livelli di base che definiscono le possibili quote degli imbocchi e del drenaggio delle acque:

- un livello posto a quota 490, corrispondente al livello minimo di ribasso della coltivazione autorizzata e ricadente all'interno dell'area di cava
- un secondo livello posto a quota 450, ricadente un centinaio di metri fuori dall'area di cava, in corrispondenza di un'ampia area di manovra lungo la strada idonea per un agevole accesso.

E' stato scelto di non abbassare il livello minimo delle camere al di sotto della quota degli imbocchi al fine di evitare la necessità dell'installazione di una stazione di pompaggio per il drenaggio delle eventuali acque che potrebbero essere richiamate dai vuoti.

Di seguito vengono descritte le 4 ipotesi e viene data una prima stima dei volumi di materiale estraibile.

Per quanto riguarda il volume di materiale estraibile, si sottolinea che nella stima è stata detratta una quota del 15% del volume teorico, considerando:

- una perdita fisiologica del 3 - 4% dovuta al materiale abbattuto, ma non recuperabile all'interno del solco di raccolta tra due postazioni adiacenti di spillaggio
- una perdita del 10% a causa di possibili imprevisti di carattere geologico strutturale (ad esempio la necessità di aumentare il franco di roccia rispetto alla faglia che limita il calcare sul lato Nord, solamente definibile con sondaggi e gallerie di prospezione) o di carattere operativo (ad esempio, cattiva efficienza di qualche volata).

Le ipotesi sono state formulate considerando i limiti di giacimento sfruttabile descritti nei capitoli precedenti; lo schema delle 4 ipotesi è riportato nel dis. D04.

Ipotesi 1a

Quota di base delle camere 490m, corrispondente alla quota minima che sarà raggiunta dagli scavi autorizzati a cielo aperto.

Volume di materiale estraibile ~ 1,3 Mm³.

Ipotesi 1b

Quota di base delle camere 450m, con imbocco a quota 440 m, fuori del perimetro dell'area di cava.

Volume di materiale estraibile ~ 2,5 Mm³.

Ipotesi 2a

Quota di base delle camere 490 m.

Volume di materiale estraibile ~ 1,5 Mm³.

Ipotesi 2b

Quota di base delle camere 450 m.

Volume di materiale estraibile ~ 2,6 Mm³.

Le ipotesi 1a e 2a danno volumi molto inferiori rispetto alle ipotesi 1b e 2b, a fronte di una quantità circa paritetica di tracciamenti generali.

Per tale ragione le ipotesi 1a e 2a sono state scartate a priori e lo studio è stato concentrato sulla fattibilità delle ipotesi 1b e 2b, in modo da valutare la più conveniente fra queste.

7. IPOTESI 1b. SVILUPPO DELLA COLTIVAZIONE

Lo sviluppo della coltivazione è stato impostato sulla base delle scelte progettuali indicate nel cap. 4 e sintetizzate di seguito:

- adozione di camere di dimensioni 30 m x 110 m, distribuite su un solo livello
- abbattimento nelle singole camere su tre sottolivelli di perforazione, serviti da sei gallerie laterali, due per ogni pannello
- frantumazione primaria in sotterraneo
- stoccaggio in silo polmone
- spillaggio e trasporto del T.V. con pala LHD e pala LHD più dumper da esterno.

7.1 Descrizione generale della cava

Le camere saranno ubicate tra le quote 450 e 560.

La cava avrà l'ingresso principale a quota 440, in prossimità dell'anello della strada che raggiunge la cava a cielo aperto.

Altre vie di uscita saranno costituite dalle finestre di aerazione e dalla finestra della galleria di riflusso della ventilazione.

Le camere saranno servite da una galleria di carreggio di base situata a quota 450.

Le gallerie di carreggio per i sottolivelli saranno ubicate alle quote 490, 520 e 550.

Tutte le gallerie di carreggio saranno disposte perpendicolari all'allungamento delle camere, ad una distanza di una ventina di metri da queste.

Dalla galleria di carreggio di base saranno tracciate in asse camera la galleria di perforazione per realizzare la tramoggia continua alla base e, all'interno del diaframma, le gallerie di estrazione; partendo da queste ultime saranno tracciate delle gallerie a pettine per raggiungere l'asse camera ed effettuare lo spillaggio.

Le gallerie di estrazione realizzate nello stesso diaframma saranno servite da un anello di carico e da una rampa per permettere il carico dei dumper mediante le pale LHD.

Dalle gallerie di carreggio dei sottolivelli saranno tracciate le gallerie di perforazione, due per ogni sottolivello, disposte ai lati delle camere e le gallerie di carreggio di base e di carreggio per i sottolivelli saranno collegate da una rampa a spirale ubicata nel massiccio compreso tra il fronte esaurito della cava a cielo aperto e le camere.

Sul lato opposto dei servizi generali, all'estremità Ovest delle camere e a una ventina di metri di distanza da queste, sarà tracciata la galleria di riflusso della ventilazione a quota 555; brevi tratti di galleria collegheranno la galleria di riflusso alle camere.

Il minerale estratto dal tracciamento dei sottolivelli sarà convogliato mediante un fornello alla camera di frantumazione realizzata a quota 450.

Nei dis. D05 ÷ D08 sono rappresentati i singoli livelli, mentre nel dis. D09 è rappresentato lo sviluppo generale.

Nel dis. D10 sono rappresentate le sezioni verticali che illustrano le parti salienti dell'opera.

7.2 Criteri progettuali

Gallerie

Sono state adottate le seguenti sezioni:

- galleria di ingresso al sotterraneo, gallerie di carreggio al livello di base e ai sottolivelli: 30 m² (6x5)
- rimonta di accesso alla tramoggia del frantoio, anelli per il carico nei diaframmi: 25 m² (5x5)
- gallerie di perforazione, di spillaggio e di ventilazione, gallerie delle finestre: 20 m² (4,5x4,5)
- anello per il carico alla base del silo: 30 m² (6x5); il primo tratto, tra l'anello e l'ingresso avrà una sezione di 40 m² (8x5) per permettere il transito degli autocarri nei due sensi

Rimonta 450 - 550

E' stata progettata con una pendenza intorno al 14-15% e con tornanti piani, al fine di permettere un agevole transito; avrà una sezione di 25 m² (5x5).

Fornello di gettito

Il fornello di gettito del materiale proveniente dai tracciamenti di sottolivello avrà un diametro di 3,6 m

Tutte le gallerie di carreggio e la galleria di ingresso avranno una pendenza dello 0,5% verso l'esterno per permettere lo scolo di eventuali venute d'acqua in sotterraneo.

Il tracciamento dell'intero sviluppo delle gallerie sarà eseguito accedendo dall'ingresso principale di quota 440, in quanto le piste esistenti sul fronte recuperato della cava a cielo aperto hanno tratti che raggiungono una pendenza del 25-30% e sezioni della carreggiata e raggi di curvatura dei tornanti minimi, quindi non idonei per il transito di mezzi d'opera e per trasporto del materiale abbattuto. L'utilizzo di tale pista richiederebbe una revisione generale del tracciato che comporterebbe un notevole allungamento del tracciato con il conseguente coinvolgimento di grandi superfici di fronte già recuperato.

7.3 Tracciamento e messa in produzione di una camera

Sono previsti in sequenza (vedi fig. 4):

- scavo della galleria di perforazione inferiore in asse camera

- scavo della galleria di spillaggio
- scavo, dal fondo della galleria di spillaggio, di una traversa per raggiungere la galleria di perforazione inferiore in asse camera
- scavo delle gallerie di perforazione del sottolivello superiore e della traversa a T per tutta la larghezza della camera
- scavo della galleria di ventilazione e di una bretella per raggiungere la traversa a T del sottolivello superiore
- scavo di un fornello da una estremità della traversa a T fino a raggiungere la traversa di base
- scavo delle gallerie dei sottolivelli inferiori e della traversa terminale che le collega
- realizzazione progressiva del taglio di apertura mediante perforazione di mine verticali parallele al fornello e successivo brillamento; il taglio viene effettuato iniziando dal ventaglio di base e successivamente dal pannello inferiore, e quindi dal pannello intermedio e superiore
- scavo delle spine del livello di base per l'estrazione del minerale.

Realizzati i lavori elencati, la camera è pronta per essere coltivata a regime.

Si procederà quindi ad eseguire le volate per la realizzazione della tramoggia di base dove si accumulerà il materiale che sarà successivamente abbattuto nei pannelli soprastanti.

Le volate per la realizzazione della tramoggia di base sono realizzate a ventaglio verso l'alto, con fori di lunghezza massima di circa 20 m (vedi fig. 3).

Potrà quindi iniziare la coltivazione dei pannelli soprastanti.

Le volate di abbattimento dei pannelli superiori saranno realizzate con due semiraggiere asimmetriche speculari; la lunghezza massima dei fori sarà di circa 22 m.

Smarino e trasporto del minerale

Il minerale abbattuto con le volate di apertura della tramoggia di base e con le volate dei pannelli si accumulerà nella tramoggia di base della camera.

Il minerale sarà estratto mediante una pala gommata di tipo LHD utilizzando le gallerie a pettine che collegano la base della tramoggia con la galleria centrale di spillaggio.

La pala LHD caricherà i dumper negli appositi punti di carico.

7.4 Ventilazione

La ventilazione dei cantieri di abbattimento e di trasporto del T.V. è assicurata dal sistema principale di ventilazione che fa capo alla galleria di riflusso realizzata oltre la parte terminale delle camere di coltivazione (lato Ovest), dotata di un ventilatore esaustore (fig. 5).

La camera di frantumazione primaria sarà dotata di sistemi di aspirazione e di filtrazione delle polveri.

Le gallerie di avanzamento e i cantieri di apertura delle camere saranno ventilati mediante circuiti di ventilazione secondari.

Durante la realizzazione dei servizi generali alla coltivazione, la galleria della rimonta a diverse quote sarà collegata mediante brevi tratti di galleria con il fronte esaurito della cava a cielo aperto, al fine di ridurre la lunghezza dei circuiti di ventilazione ausiliari.

La galleria di base con imbocco a quota 440 non potrà costituire l'ingresso dell'aria fresca, per il fatto che nella zona del silo circoleranno gli autocarri per il trasporto del materiale dalla cava alla cementeria.

L'ingresso dell'aria fresca sarà quindi garantito dalla finestra prevista in testa al silo, con sbocco a quota 495; lungo la rimonta che collega il silo alla camera di frantumazione, l'aria fresca raggiungerà la rampa e le gallerie di carreggio e perforazione, onde garantire idonee condizioni di lavoro agli operatori della pala LHD, delle perforatrici e di ogni lavoro ausiliario.

Per l'organizzazione della ventilazione sono state avanzate le seguenti ipotesi:

- per assicurare in ogni momento buone condizioni operative al personale addetto alla perforazione anche ai livelli superiori, l'attività estrattiva verrà eseguita sempre in almeno due camere. In tal modo sarà possibile eseguire lo smarino in una e la perforazione nell'altra garantendo pertanto al personale addetto alla perforazione un ambiente privo di gas di combustione dei motori diesel (le macchine di perforazione sono dotate di motori elettrici per la perforazione e di motori diesel solo per gli spostamenti)
- le volate verranno normalmente fatte brillare a fine turno, in ogni caso essendo le camere attraversate in senso longitudinale dal flusso dell'aria ed operando il personale sempre nelle gallerie d'ingresso dell'aria fresca, i gas d'esplosione non possono nuocere in alcun caso
- lo sfumo delle volate in avanzamento, che verranno rigorosamente sparate a fine turno o nell'intervallo pasto, sarà realizzato a mezzo di circuiti di ventilazione secondari dimensionati inoltre per garantire l'aerazione del cantiere durante la fase di smarino con pala LHD.

8. IPOTESI 2b. SVILUPPO DELLA COLTIVAZIONE

Lo sviluppo della coltivazione secondo l'ipotesi 2b è sostanzialmente simile a quello previsto per l'ipotesi 1b, ma con alcune specifiche varianti, in particolare:

- adozione di camere di dimensioni 30 m x 80 m, distribuite su due livelli
- abbattimento nelle singole camere su due sottolivelli di perforazione serviti da due gallerie per sottolivello.

Per quanto riguarda il livello inferiore risulta teoricamente possibile realizzare camere di lunghezza fino a 300 m.

Si tratta di lunghezza, che oltre a comportare tempi molto lunghi di preparazione, origina diaframmi di pari lunghezza.

Data la possibile (o probabile) presenza di fratture o faglie appartenenti alle famiglie di lineazioni rilevate, che potrebbero intersecare i diaframmi e quindi comprometterne la resistenza, si è ritenuto prudenziale suddividere le camere in due tratte, conservando tra di esse un setto di una quarantina di metri, in modo da interrompere con un setto trasversale la continuità del vuoto.

All'interno di tale setto sono previste le gallerie dei servizi generali.

8.1 Descrizione generale della cava

Le camere del livello inferiore saranno ubicate tra le quote 450 e 530; le camere del livello superiore saranno ubicate tra le quote 550 e 630.

La cava avrà l'ingresso principale a quota 440, in prossimità dell'anello della strada che raggiunge la cava a cielo aperto.

Altre vie di uscita saranno costituite dalle finestre di aerazione e dalle finestre delle gallerie di riflusso della ventilazione.

Ogni livello di camere sarà servito da una galleria di carreggio di base, rispettivamente a quota 450 per le camere inferiori e a quota 550 per le camere superiori.

Le gallerie di carreggio per i sottolivelli di perforazione saranno realizzate a quota 490 e 520 per le camere inferiori e a quota 590 e 620 per le camere superiori.

Tutte le gallerie di carreggio saranno disposte perpendicolari all'allungamento delle camere, ad una distanza di una ventina di metri.

Dalla galleria di carreggio alla base saranno tracciate in asse camera la galleria di perforazione per realizzare la tramoggia continua alla base e, all'interno del diaframma, le gallerie di estrazione; partendo da queste ultime saranno tracciate delle gallerie a pettine per raggiungere l'asse camera ed effettuare lo spillaggio.

Dalle gallerie di carreggio dei sottolivelli saranno tracciate le gallerie di perforazione ai lati delle camere.

Le gallerie dei carreggi di base dei due livelli e le gallerie di carreggio dei rispettivi sottolivelli saranno collegate da una rampa a spirale ubicata a N-E, nel settore compreso tra il fronte esaurito della cava a cielo aperto e le prime camere dei due livelli.

Sul lato opposto dei servizi generali, all'estremità Ovest delle camere e a una ventina di metri di distanza da queste, saranno tracciate le gallerie di riflusso della ventilazione, rispettivamente a quota 525 e 625; brevi tratti di galleria collegheranno la galleria di riflusso alle camere.

Il minerale estratto dal tracciamento dei sottolivelli e nella coltivazione delle camere del livello superiore (CA1, CA2, CA3) sarà convogliato mediante un fornello alla camera di frantumazione realizzata a quota 450.

Per quanto riguarda le camere del livello inferiore, il minerale risultante dai tracciamenti dei sottolivelli sarà inviato mediante il fornello alla camera di frantumazione, mentre il minerale estratto nella coltivazione vera e propria sarà trasportato lungo la galleria di carreggio di base di quota 450.

Nei dis. D11 ÷ D16 sono rappresentati singoli livelli, mentre nel di. D17 è rappresentato lo sviluppo generale.

Nel dis. D18 sono rappresentate le sezioni verticali trasversali e longitudinali che illustrano le parti salienti dell'opera.

8.2 Criteri progettuali

I criteri progettuali sono identici a quelli adottati nell'ipotesi 1b.

Gallerie

Sono state adottate le seguenti sezioni:

- galleria di ingresso al sotterraneo, gallerie di carreggio al livello di base e ai sottolivelli: 30 m² (6x5)
- rimonta di accesso alla tramoggia del frantoio, anelli per il carico nei diaframmi: 25 m² (5x5)
- gallerie di perforazione, di spillaggio e di ventilazione, gallerie delle finestre: 20 m² (4,5 x 4,5)
- anello per il carico alla base del silos: 30 m² (6x5), il primo tratto, tra l'anello e l'ingresso avrà una sezione 40 m² (8x5) per permettere il transito degli autocarri nei due sensi

Rimonta 450 - 550

E' stata progettata con una pendenza intorno al 14-15% e con tornanti piani, al fine di permettere un agevole transito; avrà una sezione di 25 m² (5x5).

Fornello di gettito

Il fornello di gettito del materiale proveniente dai tracciamenti di sottolivello e dai tracciamenti e coltivazione delle camere superiori avrà un diametro di 3,6 m

Tutte le gallerie di carreggio e la galleria di ingresso avranno una pendenza dello 0,5% verso l'esterno per permettere lo scolo di eventuali venute d'acqua in sotterraneo.

Anche nel caso dell'ipotesi 2b, il tracciamento dell'intero sviluppo delle gallerie sarà eseguito accedendo dall'ingresso principale di quota 440.

8.3 Tracciamento e messa in produzione di una camera

Sono gli stessi già descritti nel paragrafo 7.3, relativi all'ipotesi 1b, con la sola differenza che i sottolivelli di abbattimento per ogni camera sono 2 anziché 3. L'organizzazione delle operazioni è quindi simile a quella rappresentata schematicamente in fig. 4.

8.4 Smarino e trasporto del materiale

Il minerale abbattuto con le volate di apertura della tramoggia di base e con le volate dei pannelli si accumulerà nella tramoggia di base della camera.

Il minerale sarà estratto mediante una pala gommata di tipo LHD utilizzando le gallerie a pettine che collegano la base della tramoggia con la galleria centrale di spillaggio.

Per le camere del livello superiore più prossime al fornello di gettito e quelle del livello inferiore più prossime all'imbocco della rampa che accede alla tramoggia della camera di frantumazione, la pala LHD potrà trasportare direttamente fino al fornello o alla tramoggia.

Per le camere più lontane sarà necessario effettuare l'estrazione con la pala LHD e il trasporto mediante camion o dumper, realizzando degli opportuni punti di carico.

8.5 Ventilazione

Lo schema della ventilazione è lo stesso già descritto per l'ipotesi 1b, con la sola variante che avendo due livelli di camere sono necessarie due sistemi di riflusso della ventilazione, ubicati rispettivamente sul lato Ovest a quota 525 per le camere superiori e sui lati Est e Ovest per le camere inferiori a quota 625.

9. MACCHINARI E IMPIANTI

Sulla base dei livelli produttivi e dello schema operativo di coltivazione, per ambedue le ipotesi esaminate, è necessario disporre delle attrezzature ed impianti di seguito descritti.

Macchine operatrici

Il macchinario minimo è il seguente:

- n° 1 perforatrice jumbo a due bracci, computerizzata
- n° 1 perforatrice a raggiera (fan drill) computerizzata, in grado di realizzare fori di diametro 76 mm
- n° 1 carro-pompa per l'esplosivo
- n° 2 dumper snodati
- n° 1 pala LHD con benna minima da 6m³
- n° 1 carro con cestello elevatore
- n° 1 pala gommata con benna di capienza minima 4 m³
- n° 1 escavatore attrezzabile con benna o con dente
- n° 3 vetture di servizio

Impianti fissi

Gli impianti fissi previsti in prima approssimazione potranno comprendere:

- estrattore alla base del fornello
- tramoggia di capienza minima 20 m³, attrezzata con alimentatore a piastre
- frantoio primario, ad urto, con 1 o 2 rotori
- nastri trasportatori in diverse tratte per una lunghezza totale di circa 350 m
- n° 2 estrattori alla base del silo polmone
- ventilatori prementi ed aspiranti
- cabina elettrica di trasformazione, impianto elettrico fisso per gli impianti e mobile per le perforatrici e i ventilatori.

10. COMPUTI METRICI GENERALI

Nelle tabelle che seguono sono riportati nel dettaglio i computi metrici eseguiti per la valutazione del progetto secondo l'ipotesi 1b e secondo l'ipotesi 2b.

<i>Ipotesi 1b</i>	tab. 1, tab. 2, tab. 3, tab. 4
<i>Ipotesi 2b</i>	tab. 5, tab. 6, tab. 7, tab. 8

COMPUTI METRICI

IPOTESI 1b

Tab. 1 Ipotesi 1b Computo metrico grandi tracciamenti

Opere	dimensione m	sezione m ²	lunghezza m			Volume m ³
			(20 m ²)	(25 m ²)	(30 m ²)	
accesso da imbocco 440 a carreggio 450	6 x 5	30			390	11.700
carreggio di base 450	6 x 5	30			360	10.800
rimonta 450 - 490	5 x 5	25		300		7.500
carreggio di sottolivello 490	6 x 5	30			440	13.200
collegamento fornello 490	5 x 5	25		60		1.500
rimonta 490 - 520	5 x 5	25		230		5.750
carreggio di sottolivello 520	6 x 5	30			410	12.300
collegamento fornello 520	5 x 5	25		70		1.750
finestra 520	4,5 x 4,5	20	90			1.800
rimonta 520 550	5 x 5	25		230		5.750
carreggio di sottolivello 550	6 x 5	30			410	13.300
collegamento fornello 550	5 x 5	25		70		1.750
finestra 550	4,5 x 4,5	20	30			600
collegamento riflusso ventilazione 550 - 555	4,5 - 4,5	20	70			1.400
riflusso ventilazione da C1 a finestra 555	4,5 x 4,5	20	180			1.600
Totale generale			370	960	2.010	90.700

Tab. 2 Ipotesi 1b **Computo metrico strutture accessorie**

Opere	dimensione m	sezione m ²	lunghezza galleria m			lunghezza m	volume m ³
			(20 m ²)	(25 m ²)	(30 m ²)		
<i>Camera di frantumazione</i>							
rimonta 450 - 490	5 x 5	25		120			3.000
raccordo gall.di accesso/camera	6 x 5	30			10		300
camera frantumazione	13x 18	234				20*	4.680
<i>Silos polmone</i>							
silos plomone	15 x 30					20*	9.000
galleria spillaggio 445 (x2)	4,5 x 4,5	20	40				800
anello per il carico 445	6 x 5	30			120		3.600
finestra 495	4,5 x 4,5	20	60				
rimonta camera frant./testa silos	5 x 5	25		225			5.625
fornello di gettito 550/450	Ø 3,6	10				90*	900
Totale generale			100	345	130		27.905

*le voci indicate con asterisco nella colonna lunghezza sono computate separatamente trattandosi di opere da considerarsi a volume

Tab. 3 Ipotesi 1b Tracciamenti per messa in produzione delle camere

Opere	dimensione m	sez m ²	lunghezza m			opere a corpo m ³	volume m ³
			(20 m ²)	(25 m ²)	(30 m ²)		
<i>Camera C1</i>							
galleria di perforazione 450	4,5 x 4,5	20	140				2.800
galleria di spillaggio 450 (parte)	4,5 x 4,5	20	130				2.600
spine n° 6 x 13 m	4,5 x 4,5	20	78				1.560
forcella di carico	4,5 x 4,5	20	40				800
anello di carico (1/2)	5 x 5	25		68			1.700
sottolivello di perforaz. 490 dx	4,5 x 4,5	20	160				3.200
sottolivello di perforaz. 490 sx	4,5 x 4,5	20	170				3.400
sottolivello di perforaz. 520 dx	4,5 x 4,5	20	160				3.200
sottolivello di perforaz. 520 sx	4,5 x 4,5	20	170				3.400
sottolivello di perforaz. 550 dx	4,5 x 4,5	20	160				3.200
sottolivello di perforaz. 550 sx	4,5 x 4,5	20	170				3.400
galleria riflusso ventil. 555	4,5 x 4,5	20	40				800
slot*						12.600	
Totale C1			1.418	68		12.600	30.060
<i>Camera C2</i>							
galleria di perforazione 450	4,5 x 4,5	20	205				4.100
galleria di spillaggio 450 (parte)	4,5 x 4,5	20	140				2.800
spine n° 10 x 13 m	4,5 x 4,5	20	130				2.600
forcella di carico	4,5 x 4,5	20	40				800
anello di carico (1/2)	5 x 5	25		68			1.700
sottolivello di perforaz. 490 dx	4,5 x 4,5	20	195				3.900
sottolivello di perforaz. 490 sx	4,5 x 4,5	20	210				4.200
sottolivello di perforaz. 520 dx	4,5 x 4,5	20	195				3.900
sottolivello di perforaz. 520 sx	4,5 x 4,5	20	210				4.200
sottolivello di perforaz. 550 dx	4,5 x 4,5	20	195				3.900
sottolivello di perforaz. 550 sx	4,5 x 4,5	20	210				4.200
galleria riflusso ventil. 555	4,5 x 4,5	20	100				2.000
slot*						12.600	
Totale C2			1.830	68		12.600	38.300
A riportare			3.248	136		25.200	68.360

*le voci indicate con asterisco sono computate separatamente trattandosi di opere da considerarsi a volume

Tab. 3 Ipotesi 1b Tracciamenti per messa in produzione delle camere

Opere	dimensione m	sez. m ²	lunghezza m			opere a corpo m ³	volume m ³
			(20 m ²)	(25 m ²)	(30 m ²)		
A riportare			3.248	136		25.200	68.360
<i>Camera C3</i>							
galleria di perforazione 450	4,5 x 4,5	20	240				4.800
galleria di spillaggio 450 (parte)	4,5 x 4,5	20	165				3.300
spine n° 12 x 13 m	4,5 x 4,5	20	156				3.120
forcella di carico	4,5 x 4,5	20	40				800
anello di carico (1/2)	5 x 5	25		100			2.500
sottolivello di perforaz. 490 (x2)	4,5 x 4,5	20	470				9.400
sottolivello di perforaz. 520 (x2)	4,5 x 4,5	20	470				9.400
sottolivello di perforaz. 550 (x2)	4,5 x 4,5	20	470				9.400
sottolivello di perforaz.555	4,5 x 4,5	20	50				1.000
slot*						12.600	
Totale C3			2.061	100		12.600	43.720
<i>Camera C4</i>							
galleria di perforazione 450	4,5 x 4,5	20	255				5.100
galleria di spillaggio 450 (parte)	4,5 x 4,5	20	165				3.300
spine n° 13 x 13 m	4,5 x 4,5	20	169				3.380
forcella di carico	4,5 x 4,5	20	40				800
anello di carico (1/2)	5 x 5	25		110			2.750
sottolivello di perforaz. 490 (x2)	4,5 x 4,5	20	500				10.000
sottolivello di perforaz. 520 (x2)	4,5 x 4,5	20	500				10.000
sottolivello di perforaz. 550 (x2)	4,5 x 4,5	20	500				10.000
galleria di riflusso ventil. 555	4,5 x 4,5	20	100				2.000
slot*						12.600	
Totale C4			2.229	110		12.600	47.330
<i>Camera C5</i>							
galleria di perforazione 450	4,5 x 4,5	20	235				4.700
galleria di spillaggio 450 (parte)	4,5 x 4,5	20	190				3.800
spine n° 11 x 13 m	4,5 x 4,5	20	143				2.860
forcella di carico	4,5 x 4,5	20	40				800
anello di carico 450	5 x 5	25		150			3.750
sottolivello di perforaz. 490 (x2)	4,5 x 4,5	20	460				9.200
sottolivello di perforaz. 520 (x2)	4,5 x 4,5	20	460				9.200
sottolivello di perforaz. 550 (x2)	4,5 x 4,5	20	460				9.200
galleria di riflusso ventil. 555	4,5 x 4,5	20	100				2.000
slot*						12.600	
Totale C5			2.088	150		12.600	45.510
Totale generale			9.626	496		63.000	204.920

*le voci indicate con asterisco sono computate separatamente trattandosi di opere da considerarsi a volume

Tab. 4 Ipotesi 1b

VOLUME DI MATERIALE ESTRAIBILE

materiale estratto dai tracciamenti

tracciamenti generali	m ³	90.700
tracciamenti strutture accessorie	m ³	27.905
tracciamenti delle singole camere	m ³	204.920
scavo degli slot	m ³	63.000
Totale	m3	386.525

*materiale estratto con la produzione a regime**

Camera C1	m ³	293.000
Camera C2	m ³	498.000
Camera C3	m ³	615.300
Camera C4	m ³	659.250
Camera C5	m ³	600.650
Totale	m³	2.666.200

$$m^3 \ 2.666.200 \times 0,85 = \mathbf{m3 \ 2.266.270}$$

Totale generale m3 2.652.795

*al netto dello slot e delle gallerie di preparazione e perforazione

COMPUTI METRICI

IPOTESI 2b

Tab. 5 Ipotesi 2b Computo metrico grandi tracciamenti

Opere	dimensione m	sez m ²	lunghezza m			Volume m ³
			(20 m ²)	(25 m ²)	(30 m ²)	
galleria di accesso da imbocco 440 a galleria carreggio 450	6 x 5	30			440	13.200
carreggio di base 450	6 x 5	30			320	9.600
rimonta 450 - 490	5 x 5	25		300		7.500
finestra 470	4,5 x 4,5	20	75			1.500
carreggio di sottolivello 490	6 x 5	30			340	10.200
collegamento fornello 490	5 x 5	25		80		2.000
rimonta 490 - 520	5 x 5	25		230		5.750
finestra 515	4,5 x 4,5	20	80			1.600
carreggio di sottolivello 520	6 x 5	30			340	10.200
riflusso ventilazione da CB1 a finestra 525	4,5 x 4,5	20	250			5.000
collegamento fornello 520 e riflusso ventilazione 525	4,5 x 4,5	20	30			600
riflusso ventilazione da CB6 a finestra	4,5 x 4,5	20	75			1.500
collegamento rampa e riflusso ventilazione	4,5 x 4,5	20	75			1.500
rimonta 520 - 550	5 x 5	25		230		5.750
finestra 545	4,5 x 4,5	20	55			1.100
carreggio di base 550	6 x 5	30			300	9.000
collegamento fornello	5 x 5	25		30		750
rimonta 550 - 590	5 x 5	25		300		7.500
carreggio sottolivello 590	6 x 5	30			300	9.000
collegamento fornello	5 x 5	25		30		750
rimonta 590 - 620	5 x 5	25		230		5.750
carreggio sottolivello 590	6 x 5	30			200	6.000
collegamento fornello/finestra	5 x 5	25		60		1.500
riflusso ventilazione da CA1 a finestra 625	4,5 x 4,5	20	90			1.800
collegamento carreggio sottolivello a ventilazione 625	4,5 x 4,5	20	180			3.600
Totale generale			910	1.490	2.240	122.650

Tab. 6 Ipotesi 2b **Computo metrico strutture accessorie**

Opere	dimensione m	sezione m ²	lunghezza galleria m			lunghezza m	volume m ³
			(20 m ²)	(25 m ²)	(30 m ²)		
<i>Camera di frantumazione</i>							
rimonta 450 - 490	5 x 5	25		120			3.000
raccordo gall.di accesso/camera	6 x 5	30			10		300
camera frantumazione	13x 18	234				20*	4.680
fornello di gettito 620/450	Ø 3,6	10				160*	1.600
<i>Silos polmone</i>							
silos	15 x 30	450				20*	9.000
galleria spillaggio 445 (x2)	4,5 x 4,5	20	40				800
anello per il carico 445	6 x 5	30			160		4.800
finestra quota 495	4,5 x 4,5	20	60				1.200
rimonta camera frant./testa silos	5 x 5	25		260			6.500
fornello di gettito 620/450	Ø 3,6	10				160*	1.600
Totale generale			100	380	170		33.480

*le voci indicate con asterisco nella colonna lunghezza sono computate separatamente trattandosi di opere da considerarsi a volume

Tab. 7 Ipotesi 2b Tracciamenti per messa in produzione delle camere

Opere	dimensione m	sez m ²	lunghezza m			opere a corpo m ³	volume m ³
			(20 m ²)	(25 m ²)	(30 m ²)		
<i>Camere CB1-CB5*(1)</i>							
galleria di perforazione 450	4,5 x 4,5	20	145				2.900
galleria di spillaggio 450	4,5 x 4,5	20	155				3.100
spine n° 7 x 13 m	4,5 x 4,5	20	91				1.820
sottolivello di perforaz. 490 (x2)	4,5 x 4,5	20	280				5.600
sottolivello di perforaz. 520 (x2)	4,5 x 4,5	20	280				5.600
galleria riflusso ventil. 525	4,5 x 4,5	20	70				1.400
Totale CB:CB51			1.021	80			
Totale camere CB1-CB5			5.105				102.100
anello di carico CB4-CB5 slot*(2) x n° 5	5 x 5	25		80		42.000*	2.000
<i>Camera CB6</i>							
galleria di perforazione 450	4,5 x 4,5	20	110				2.200
galleria di spillaggio 450	4,5 x 4,5	20	110				2.200
spine n° 5 x 13 m	4,5 x 4,5	20	65				1.300
sottolivello di perforaz. 490 (x2)	4,5 x 4,5	20	220				4.400
sottolivello di perforaz. 520 (x2)	4,5 x 4,5	20	220				4.400
galleria riflusso ventil. 525	4,5 x 4,5	20	15				300
slot*						8.400*	
Totale CB6			740			8.400	14.800
<i>Camera CB7</i>							
galleria di perforazione 450	4,5 x 4,5	20	120				2.400
galleria di spillaggio 450	4,5 x 4,5	20	120				2.400
spine n° 5 x 13 m	4,5 x 4,5	20	65				1.300
collegamento gallerie spillaggio 450	4,5 x 4,5	20	40				800
sottolivello di perforaz. 490 (x2)	4,5 x 4,5	20	240				4.800
sottolivello di perforaz. 520 (x2)	4,5 x 4,5	20	240				4.800
galleria riflusso ventil. 525	4,5 x 4,5	20	90				1.800
slot*						8.400*	
Totale CB6			915			8.400	18.300
A riportare			6.760	80		58.800	137.200

*(1) camere di uguali dimensioni

*(2) le voci indicate con asterisco sono computate separatamente, trattandosi di opere da considerarsi a volume

Tab. 7 Ipotesi 2b Tracciamenti per messa in produzione delle camere

Opere	dimensione m	sez m ²	lunghezza m			opere a corpo m ³	volume m ³
			(20 m ²)	(25 m ²)	(30 m ²)		
A riportare			6.760	80		58.800	137.200
<i>Camera CB8</i>							
galleria di perforazione 450	4,5 x 4,5	20	130				2.600
galleria di spillaggio 450	4,5 x 4,5	20	110				2.200
spine n° 6 x 13 m	4,5 x 4,5	20	78				1.560
forcella di carico 450	4,5 x 4,5	20	40				800
anello di carico 450 (1/2)	5 x 5	25		40			1.000
450	4,5 x 4,5	20	40				800
sottolivello di perforaz. 490 (x2)	4,5 x 4,5	20	260				5.200
sottolivello di perforaz. 520 (x2)	4,5 x 4,5	20	260				5.200
galleria riflusso ventil. 525	4,5 x 4,5	20	65				1.300
slot*						8.400*	
Totale CB8			983	40		8.400	20.660
<i>Camere CB9</i>							
galleria di perforazione 450	4,5 x 4,5	20	120				2.400
galleria di spillaggio (parte) 450	4,5 x 4,5	20	60				1.200
spine n° 5 x 13 m	4,5 x 4,5	20	65				1.300
collegamento tra galleria di spillaggio 450	4,5 x 4,5	20	40				800
forcella di carico	4,5 x 4,5	20	40				800
anello di carico 450 (1/2)	5 x 5	25		40			1.000
sottolivello di perforaz. 490 (x2)	4,5 x 4,5	20	230				4.600
sottolivello di perforaz. 520 (x2)	4,5 x 4,5	20	230				4.600
galleria riflusso ventil. 525	4,5 x 4,5	20	120				2.400
slot*(2)						8.400	
Totale CB8			905	40		8.400	19.100
<i>Camera CA1</i>							
galleria di perforazione 550	4,5 x 4,5	20	145				2.900
galleria di spillaggio 550	4,5 x 4,5	20	160				3.200
spine n° 6 x 13 m	4,5 x 4,5	20	78				1.560
sottolivello di perforaz. 590 (x2)	4,5 x 4,5	20	290				5.800
sottolivello di perforaz. 620 (x2)	4,5 x 4,5	20	290				5.800
galleria riflusso ventil. 625	4,5 x 4,5	20	50				1.000
slot*						8.400	
Totale CA1			1.013			8.400	20.260
A riportare			9.661	160		84.000	197.220

Tab. 7 Ipotesi 2b Tracciamenti per messa in produzione delle camere

Opere	dimensione m	sezione m ²	lunghezza m			opere a corpo m ³	volume m ³
			(20 m ²)	(25 m ²)	(30 m ²)		
A riportare			9.661	160		84.000	197.220
<i>Camera CA2</i>							
galleria di perforazione 620	4,5 x 4,5	20	150				3.000
galleria di spillaggio (parte) 450	4,5 x 4,5	20	115				2.300
spine n° 8 x 13 m	4,5 x 4,5	20	104				2.080
forcella di carico	4,5 x 4,5	20	40				800
anello di carico 450 (1/2)	5 x 5	25		45			1.125
sottolivello di perforaz. 590 (x2)	4,5 x 4,5	20	300				6.000
sottolivello di perforaz. 620 (x2)	4,5 x 4,5	20	300				6.000
galleria riflusso ventil. 625	4,5 x 4,5	20	50				1.000
slot*(2)						8.400	
Totale CA2			1.059	45		8.400	22.305
<i>Camera CA3</i>							
galleria di perforazione 620	4,5 x 4,5	20	135				2.700
galleria di spillaggio 620 (parte)	4,5 x 4,5	20	115				2.300
spine n° 7 x 13 m	4,5 x 4,5	20	91				1.820
forcella di carico	4,5 x 4,5	20	40				800
anello di carico (1/2)	5 x 5	25		45			1.125
sottolivello di perforaz. 590 (x2)	4,5 x 4,5	20	260				5.200
sottolivello di perforaz. 620 (x2)	4,5 x 4,5	20	260				5.200
galleria riflusso ventil. 625	4,5 x 4,5	20	100				2.000
slot*(2)						8.400	
Totale CA3			1.001	45		8.400	21.145
Totale generale			11.721	250		100.800	240.670

Tab. 8 Ipotesi 2b VOLUME DI MATERIALE ESTRAIBILE

materiale estratto dai tracciamenti

tracciamenti generali	m ³	122.650
tracciamenti strutture accessorie	m ³	33.480
tracciamenti delle singole camere	m ³	240.670
scavo degli slot	m ³	100.800
Totale	m³	497.600

*materiale estratto con la produzione a regime**

Camere CB1-CB5 m ³ 234.830 x5	m ³	1.174.150
Camera CB6	m ³	163.360
Camera CB7	m ³	183.780
Camera CB8	m ³	204.200
Camera CB9	m ³	183.780
Camera CA1	m ³	214.410
Camera CA2	m ³	255.250
Camera CA3	m ³	214.410
Totale	m³	2.593.340

m ³ 2.593.340 x 0,85=	m³	2.204.339
----------------------------------	----------------------	------------------

Totale generale	m³	2.701.939
------------------------	----------------------	------------------

*al netto dello slot e delle gallerie di preparazione e perforazione

11. SCELTA DELL'IPOTESI PROGETTUALE

Riassumendo i dati riportati nelle tab. 4 e tab. 8 dei computi metrici, relative alla quantità di materiale estraibile, rispettivamente nell'ipotesi 1b e nell'ipotesi 2b, risultano i seguenti volumi estraibili:

Ipotesi 1b

materiale estratto dai tracciamenti	m ³	386.525
materiale estraibile dalle camere	m ³	2.266.270

Totale materiale estraibile	m ³	2.652.795

Ipotesi 2b

materiale estratto dai tracciamenti	m ³	497.600
materiale estraibile dalle camere	m ³	2.204.339

Totale materiale estraibile	m ³	2.701.939

Risulta quindi che la quantità totale di materiale estraibile nelle due ipotesi è quasi paritetica.

Va notato che si ha la minima differenza di volume a favore dell'ipotesi 2b è attribuibile ad una maggior quantità derivante dal tracciamento dei servizi generali e che la quantità estraibile dalle camere è praticamente identica.

Dato che il costo/m³ di materiale estraibile in tracciamento è superiore di almeno 3 volte al costo di coltivazione delle camere, risulta che l'ipotesi preferibile sia la 1b, che comporta un volume di estrazione da tracciamento nettamente inferiore.

12. STIMA DEI TEMPI DI MESSA IN PRODUZIONE DELLA PRIMA CAMERA

La stima dei tempi di messa in produzione è stata eseguita con riferimento alla camera C1 della ipotesi 1b.

12.1 Premessa

La messa in produzione di una eventuale coltivazione in sotterraneo in cava Claupa prima dell'avvio dell'attività dovrà prevedere:

- l'esecuzione di ulteriori indagini sul giacimento; le indagini comporteranno l'esecuzione di sondaggi carotati opportunamente orientati, con lo scopo di:
 - verificare l'omogeneità del giacimento, valutando la composizione geochimica della roccia e in particolare l'eventuale presenza di elementi nocivi per la produzione di cemento, quali Mg e alcali
 - verificare le condizioni geomeccaniche della roccia in profondità, individuare l'eventuale presenza di fasce di debolezza, definire la prosecuzione all'interno del monte della faglia che limita il giacimento sul lato Nord
 - verificare l'assetto idrogeologico dell'ammasso roccioso
- elaborazione del progetto di coltivazione definitivo e rielaborazione dello Studio di Impatto Ambientale facendo riferimento specifico al progetto in sotterraneo
- espletamento delle procedura di Valutazione di Impatto Ambientale e ottenimento delle autorizzazioni di legge
- acquisizione dell'attrezzatura necessaria per lo sviluppo del progetto in sotterraneo(perforatrice jumbo, perforatrice fan drill, pala LHD, caricatrice pneumatica...); si tratta di macchinari che normalmente vengono prodotti su ordinazione e richiedono quindi tempi lunghi di fornitura.

Solo alla conclusione delle fasi di istruttoria e di acquisizione delle attrezzature potrà essere avviato il tracciamento dei servizi al sotterraneo e successivamente lo sfruttamento delle camere.

12.2 Stima dei tempi di messa in produzione della prima camera

La stima dei tempi di messa in produzione della camera C1 è stata fatta assumendo le seguenti condizioni:

- disponibilità di due squadre di personale addetto, operanti su due turni
- organizzazione del lavoro in modo che la perforatrice possa operare contemporaneamente su due fronti vicini, onde realizzare quasi quotidianamente due volate/giorno; questa condizione potrà essere realizzata solo dopo aver scavato la galleria di accesso da quota 440 alla zona della camera di frantumazione
- distanza massima tra i due fronti serviti dalla stessa perforatrice non superiore, se non occasionalmente, a 300 m

- realizzazione di punti di carico, in posizione tale che il trasporto del materiale abbattuto mediante pala LHD non superi, se non occasionalmente, i 300 m.

Le gallerie dei servizi generali previste hanno sezioni variabili tra 20 e 30 m². Con tali sezioni si può realizzare uno sfondo fino a circa 4 m a volata; ne consegue che, se la perforatrice può eseguire due volate/giorno, l'avanzamento teorico risulta pari a 8 m/giorno.

Tuttavia tale valore sul lungo periodo deve essere realisticamente ridotto alla metà, a causa della variazione delle distanze tra i due fronti serviti dalla stessa perforatrice, delle interruzioni per gli interventi di ordinaria gestione e attrezzatura delle gallerie.

Nella stima dei tempi si assume quindi un avanzamento medio di 4 m/giorno che, considerando 22 gg/mese lavorativi, equivalgono a circa 90 m/mese.

Nella tab. 9 è riportato il computo dei tempi di svolgimento delle operazioni necessarie per mettere in produzione la prima camera (C1), che comprendono:

- il tracciamento di parte dei servizi generali
- la realizzazione della camera di frantumazione
- la realizzazione della camera di stoccaggio polmone
- la messa in opera e l'avviamento degli impianti previsti
- tracciamento delle gallerie di perforazione
- realizzazione del taglio di apertura (slot).

Nella tab. 10 è riportato il relativo cronoprogramma.

Tab. 9-Computo metrico della messa in produzione della prima camera (C1)

Opere	dimensioni e m	sez m ²	lunghezza m			strutture accessorie	lungh. totale galleria m
			(20 m ²)	(25 m ²)	(30 m ²)		
accesso da imbocco 440 a gall. carreggio 450	6 x 5	30			390		
carreggio di base 450	6 x 5	30			220		
rimonta 450 - 490	5 x 5	25		300			
carreggio di sottolivello 490	5 x 5	30			200		
collegamento fornello 490	5 x 5	25		60			
rimonta 490 - 520	5 x 5	25		230			
carreggio di sottolivello 520	6 x 5	30			200		
collegamento fornello 520	5 x 5	25		70			
finestra 520	4,5 x 4,5	20	90				
rimonta 520 - 550	5 x 5	25		230			
carreggio di sottolivello 550	6 x 5	30			200		
collegamento fornello 550	5 x 5	25		70			
finestra 550	4,5 x 4,5	20	30				
collegamento riflusso ventilazione 550 - 555	4,5 - 4,5	20	70				
riflusso ventilazione da C1 a finestra 555	4,5 x 4,5	20	180				
Totale			370	960	1.210		2.540
strutture accessorie*			100	345	130	13.680 m ³ *	575
fornello di gettito*	Ø 36	10				90 m*	
tracciamenti per messa in produzione							1.554
slot*						12.600 m ³ *	
Totale generale			470	1.305	1.740		4.669

*tempi di realizzazione da computare separatamente

13. STIMA DEI COSTI DI PRODUZIONE

13.1 Costi generali di preparazione e tracciamento

Scavo gallerie

20m ²	10.126 m x 1.200 €/m =	12.151.200 €
25m ²	1.793 m x 1.400 €/m =	2.510.200 €
30m ²	2.140m x 1.600 €/m =	3.424.000 €

Totale		18.085.400 €
Scavo slot	440.000 €/slot x n° 5	2.200.000 €
Scavo camera frantumazione	5.000.m ³ x 35 €/m ³	175.000 €
Scavo silo polmone	9.000 m ³ x 35 €/m ³	315.000 €
Scavo fornello di gettito Ø 3.6 m	90 m x 3.000 €/m	270.000 €

Totale costi preparazioni e tracciamenti		21.027.900 €

Il costo unitario è pari a:

$$\frac{21.027.900\text{€}}{2.684.775\text{m}^3} = 7,83\text{€} / \text{m}^3$$

13.2 Costo degli impianti

frantoio primario ad urto	1.400.000 €
estrattore a base fornello	100.000€
tramoggia	120.000 €
nastro trasportatore (lung. tot. 350 m)	360.000 €
tripper su silo	100.000€
estrattori base silo (x2)	120.000 €

Totale	2.200.000 €
Impianto elettrico macchine fisse (30%)	660.000 €
Impianto elettrico per perforatrici	600.000 €
Strutture in c.a. e carpenterie metalliche	500.000 €

Totale	3.960.000 €
Arrotondamento	4.000.000€

Risulta un costo unitario pari a:

$$\frac{4.000.000\text{€}}{2.684.775\text{m}^3} = 1,48\text{€}/\text{m}^3$$

13.3 Costo di abbattimento, frantumazione e trasporto in cava

Il costo è stato calcolato a partire dal valore ricavato da attività simile, incrementato di una quota del 30% per tenere conto degli oneri dovuti a:

- aumento della lunghezza di perforazione specifica e del consumo specifico di esplosivo dovuto all'orientazione degli strati in rapporto al piano di taglio delle volate a raggiera
- aumento dei costi di trasporto a causa della ripresa intermedia pala LHD/dumper in fase di spillaggio
- aumento dei costi di movimentazione, dovuta al trasporto con nastro dal frantoio primario al silo di stoccaggio.

Partendo da un costo unitario di base di 6 €/m³ e stimando un incremento di circa 1/3 per gli extra costi sopra citati si ottiene un costo unitario complessivo pari a 8 €/m³.

13.4 Calcolo del costo unitario complessivo di produzione

preparazione e tracciamenti	7,83 €/m ³
impianti	1,48 €/m ³
abbattimento, frantumazione e trasporto	8 €/m ³

Totale parziale	17,31 €/m ³
imprevisti 10%	1,73 €/m ³

Totale generale	19,04 €/m ³ (7,61€/t)

Si sottolinea che nelle voci di costo parziali e nel costo complessivo non sono considerati gli oneri di ammortamento.

14. RIUSO DEI VUOTI DI COLTIVAZIONE

Per l'argomento relativo all'eventuale riuso dei vuoti di coltivazione si riprendono alcune considerazioni già anticipate nei capitoli precedenti.

Per l'estrazione di quantità di materiale superiori a 400 - 500.000 t/anno, categoria in cui rientra la produzione della cava Claupa (1.000.000 t/anno), è necessario ricorrere a metodi che prevedono la realizzazione di grandi vuoti.

Una coltivazione per grandi vuoti deve garantire la stabilità della struttura residua evitando qualunque rischio di interferenza (assestamenti) con la superficie topografica esterna; analoga garanzia non viene richiesta invece per le pareti e la calotta delle camere, per le quali si accetta che producano limitati distacchi di porzioni rocciose o instabilità a carattere locale.

Tale assunzione comporta la permanenza di un rischio di collassi parziali di roccia nel vuoto di scavo in ogni fase dell'attività; ne consegue il divieto assoluto per il personale addetto di accedere ai vuoti di scavo.

Nel caso di vuoti realizzati espressamente per installazioni di servizi o impianti (ad es. caverne per centrali elettriche), dove lo scopo della realizzazione del vuoto è il vuoto stesso, tutte le operazioni sono eseguite secondo altri procedimenti, con l'armatura e la stabilizzazione delle pareti e della calotta e con l'impermeabilizzazione delle superfici, man mano che il vuoto viene creato.

Si tratta di un lavoro completamente diverso che ha dei costi unitari di estrazione (e dei tempi di esecuzione) superiori di alcuni ordini di grandezza rispetto alle normali operazioni di estrazione previste per le camere di coltivazione.

E' evidente come la proposta di operare con la coltivazione in modo da rendere utilizzabili i vuoti al termine dell'attività risulti economicamente insostenibile, anche tenendo conto che il bonus sarà fruito 15 - 20 anni dopo la spesa.

15. IPOTESI DI COLTIVAZIONE CONGIUNTA A CIELO APERTO E IN SOTTERRANEO

I progetti di coltivazione attuati fino ad oggi ed il progetto di ampliamento in istruttoria sono stati impostati tenendo conto delle condizioni geostrukturali del giacimento e dell'assetto del versante del rilievo; in particolare si è tenuto conto della giacitura degli strati, disposti a franappoggio, che determinano un vincolo per l'inclinazione del profilo finale di scavo. In effetti i progetti prevedono un semplice arretramento del profilo del monte senza variazioni significative dell'inclinazione finale rispetto a quella originaria.

Nell'elaborazione delle ipotesi di coltivazione mista in superficie ed in sotterraneo, partendo dal confronto tra profilo attuale e profilo finale del progetto proposto, sono state individuate due soluzioni alternative che riducono l'arretramento del profilo di scavo, salvaguardando una parte del profilo attuale del rilievo. In particolare sono state esaminate:

- *alternativa A*: riduzione dell'abbassamento del profilo da circa 30 m a 15 m, conservando la stessa inclinazione finale
- *alternativa B*: riduzione drastica dell'arretramento del profilo attuale, limitando l'intervento ad una quota intermedia e aumentando l'inclinazione del fronte finale.

La rappresentazione schematica delle due soluzioni è riportata in fig. 6.

15.1 Alternativa A

In questa alternativa l'abbassamento del profilo del rilievo e il mantenimento del franco di sicurezza stabilito comportano l'eliminazione della camera C1 e la riduzione della lunghezza delle restanti 4 camere.

I parametri di base dell'alternativa A risultano così sintetizzabili:

- abbassamento medio del profilo del monte di circa 15-20 m
- volume estraibile in esterno: ~2,8 Mm³ (circa 1/2 del volume in progetto)
- volume estraibile in sotterraneo: ~1,45 Mm³
- lunghezza dei grandi tracciamenti: 3.340 m (idem come ipotesi 1b)
- dimensioni strutture accessorie: idem come ipotesi 1b
- tracciamenti delle singole camere: 9.200 m
- rapporto lunghezza gallerie / volume estraibile in sotterraneo: 0,0086 m/m³
- incidenza dei soli costi di tracciamento sull'estratto: 11,6 €/m³ (4,6 €/t).

Per quanto riguarda i tempi di attuazione va tenuto presente che, per motivi di sicurezza dei lavori in sotterraneo, prima di iniziare le operazioni di preparazione del sotterraneo è necessario aver completato lo scavo della parte superiore della cava

a cielo aperto per un volume pari a circa 1/3 del totale e per una durata di circa 2-2,5 anni.

15.2 Alternativa B

Questa alternativa prevede la salvaguardia della sommità del monte e un maggior arretramento alla base del pendio, adottando un'inclinazione finale del fronte di 45-50°. Anche in questa alternativa la modifica del profilo del rilievo e il mantenimento del franco di sicurezza stabilito comportano l'eliminazione della camera C1 e la riduzione drastica della lunghezza delle restanti 4 camere.

I parametri di base dell'alternativa B risultano così sintetizzabili:

- volume estraibile in esterno: ~2,8 Mm³ (circa 1/2 del volume in progetto)
- volume estraibile in sotterraneo: ~1,0 Mm³
- lunghezza dei grandi tracciamenti: 3.340 m (idem come ipotesi 1b)
- dimensioni strutture accessorie: idem come ipotesi 1b
- tracciamenti delle singole camere: 6.000 m
- rapporto lunghezza gallerie / volume estraibile in sotterraneo: 0,0095 m/m³
- incidenza dei soli costi di tracciamento sull'estratto: 12,8 €/m³ (5,12 €/t).

E' evidente come questa alternativa sia peggiorativa in termini di costi e di possibilità di recupero ambientale (a causa delle pendenze finali dei fronti) rispetto all'alternativa A.

Rimane il dubbio della fattibilità tecnica di questa soluzione in relazione ai problemi generali di stabilità del fronte finale sagomato con pendenze decisamente superiori a quelle previste attualmente.

16. SINTESI DELLO STUDIO E CONCLUSIONI

Lo studio di fattibilità esposto nella presente relazione è stato elaborato per fare un confronto tecnico-economico tra l'ipotesi di coltivazione a cielo aperto prevista nel progetto attualmente in istruttoria e l'ipotesi di coltivazione totalmente o parzialmente in sotterraneo.

Il progetto di coltivazione a cielo aperto presentato prevede l'estrazione di un totale di 6,9 Mm³ di materiale suddivisi in:

- 5,9 Mm³ di calcari
- 0,8 Mm³ di marne.

La durata della coltivazione è prevista in più di 15 anni.

Per valutare la fattibilità della coltivazione in sotterraneo sono state sviluppate nel dettaglio le due ipotesi ritenute più valide sotto il profilo tecnico-economico (ipotesi 1b e 2b).

Sulla base dei computi metrici ed in particolare del rapporto tra lunghezza dei tracciamenti e volume totale estraibile è stata giudicata preferibile l'ipotesi 1b; per questa ipotesi sono stati successivamente stimati i tempi di messa in produzione e i costi unitari di produzione.

Il quadro dei parametri fondamentali relativi all'ipotesi 1b è sintetizzato di seguito:

- | | |
|----------------------------------------------------|--------------------------------|
| - volume estraibile | 2,65 Mm ³ |
| - lunghezza totale dei tracciamenti (gallerie) | 14.000 m |
| - rapporto lunghezza gallerie / volume estraibile | 0,0058 m/m ³ |
| - tempi tecnico-burocratici per l'avvio dei lavori | almeno 2 anni |
| - tempi di preparazione | circa 5 anni |
| - tempo totale per la messa in produzione | circa 7 anni |
| - costi di produzione (al netto di ammortamenti) | 19 €/ m ³ (7,6 €/t) |

Sulla base del quadro esposto si deduce che l'ipotesi di coltivazione in sotterraneo non è tecnicamente fattibile, a causa dei tempi di messa in produzione: infatti, essendo le riserve oggi disponibili sufficienti per un periodo di poco più di 2 anni, si determinerebbe una mancanza di approvvigionamento dalla cava attuale per un periodo di 5 anni con conseguente necessità di reperimento di materia prima dall'esterno, soluzione ragionevolmente non percorribile.

Essa diventa inoltre irrealizzabile se si tiene presente che il mercato degli inerti a livello provinciale e anche interprovinciale non è in grado di garantire sia nel breve che a lungo termine la quantità di materiale calcareo indispensabile per la produzione della cementeria di Fanna.

Per quanto riguarda i costi di produzione si osserva che l'ipotesi di coltivazione in sotterraneo, partendo da un costo unitario di produzione a cielo aperto stimabile in ~1,5 €/t, comporta un incremento da 4 a 5 volte del costo attuale, senza contare gli

oneri di ammortamento. Ciò è dovuto alla forte incidenza dei grandi tracciamenti sul volume estraibile.

Per rendere competitiva la soluzione del sotterraneo sarebbe necessario, a parità di oneri di preparazione, disporre di un volume estraibile pari ad almeno 2-3 volte il volume calcolato nel caso specifico. In effetti tale parametro risulta positivamente verificato nel caso della Cava Costiolo, citato dalla relazione tecnica allegata alle richieste di integrazioni, dove il rapporto tra lunghezza dei tracciamenti e volume totale estraibile è pari a $0,0031 \text{ m/m}^3$, cioè circa la metà del valore calcolato nel caso della Cava Claupa.

Anche sotto l'aspetto economico l'ipotesi del sotterraneo per la Cava Claupa appare insostenibile.

Per quanto riguarda infine le due alternative che prendono in considerazione la coltivazione mista a cielo aperto e in sotterraneo, è stata scartata a priori l'alternativa B per evidenti motivi tecnico-economici.

Per quanto riguarda l'alternativa A dalla breve analisi esposta nello specifico capitolo della relazione risulta che:

- il volume estraibile in sotterraneo, a parità di lunghezza dei tracciamenti rispetto all'ipotesi 1b, si ridurrebbe in modo significativo, peggiorando ulteriormente il rapporto tra lunghezza dei tracciamenti e volume totale estraibile e quindi aggravando i costi unitari di produzione
- la durata delle operazioni di preparazione si manterrebbe invariata, ma l'inizio delle attività in sotterraneo sarebbe possibile solo dopo l'esaurimento della parte di giacimento soprastante le future camere: quindi si verificherebbe comunque una crisi di approvvigionamento della durata di almeno 2-3 anni con necessità di acquisizione del materiale dall'esterno.

E' evidente come l'alternativa della coltivazione mista a cielo aperto e in sotterraneo sia ancor meno sostenibile rispetto a quella esclusivamente in sotterraneo.

Anche il possibile riutilizzo dei vuoti di coltivazione ipotizzati dal comune di Maniago, per stoccaggi di inerti di classe 0 (ad es., detriti dell'edilizia), risulta economicamente insostenibile, in quanto per garantire la sicurezza degli eventuali addetti ai lavori, sarebbero necessarie operazioni di scavo secondo altri procedimenti (armatura e stabilizzazioni delle pareti e della calotta, ecc.) con costi unitari di estrazione e tempi di esecuzione superiori di alcuni ordini di grandezza rispetto a quelli di normale estrazione.

ALLEGATO

**VERIFICHE STATICHE
PRELIMINARI**

INDICE

1.	INTRODUZIONE.....	1
2.	CONDIZIONI ESISTENTI PRIMA DELLA COLTIVAZIONE.....	3
3.	STABILITA' DELLA CORONA DELLE CAMERE.....	4
4.	SPESSORE E SNELLEZZA DEI DIAFRAMMI.....	5
5.	SOLLECITAZIONI NEI DIAFRAMMI	6
5.1	Diaframma C4/C3 e C5/C4	6
5.2	Diaframma C3/C2.....	6

FIGURE NEL TESTO

Fig. 7 Verifiche statiche preliminari

1. INTRODUZIONE

Le verifiche qui riportate hanno carattere di primo orientamento, in quanto basate su dati geomeccanici di prima approssimazione, ricavati da bibliografia e da prove dirette (prove sclerometriche) che difficilmente possono definire il comportamento dell'intero ammasso roccioso.

A tale riguardo si sottolinea che anche nel caso si disponesse di prove raffinate eseguite in laboratorio su singoli campioni di roccia si otterrebbe un supporto poco significativo per la definizione del comportamento dell'ammasso roccioso interessato dai grandi vuoti previsti in progetto.

Sul comportamento effettivo della roccia, infatti rispetto alle caratteristiche geomeccaniche del singolo campione (costituito da roccia di buona qualità), ha importanza molto maggiore l'effetto delle discontinuità che tendono a peggiorarne le caratteristiche dell'ammasso in funzione dell'orientazione, della spaziatura etc...

La conoscenza delle caratteristiche globali dell'ammasso sarà pertanto possibile solo con un accurato rilevamento geostrutturale sulle sezioni che potranno essere messe in vista dai tracciamenti e con le misure dirette che potranno essere eseguite strumentando opportunamente le strutture rocciose originate con gli scavi.

La verifica è stata eseguita per l'ipotesi 1b, ritenendola la più gravosa dal punto di vista geomeccanico (criterio prudenziale).

Ai fini della verifica statica, la struttura da realizzare è assimilata ad una successione di muri portanti e di volte che scaricano su di essi il peso della roccia sovrastante; le spinte orizzontali considerate sono per ogni muro le differenze, ove presenti, fra la spinta della volta che insiste su un lato e quella che insiste sull'altro.

In tal caso il muro è verificato a presso flessione, ammettendo resistenza a trazione nulla e pertanto considerando parzialmente la sezione resistente nel caso il calcolo individui l'insorgenza di sforzi di trazione.

Si ipotizza inoltre, cautelativamente, che il problema sia piano, assunzione plausibile dato che lo sviluppo longitudinale delle camere è molto maggiore di quello trasversale e dato il rapporto geometrico tra questo e la morfologia del versante e l'assetto strutturale del giacimento. Pertanto la verifica può essere eseguita considerando fette verticali di spessore unitario.

Vengono assunti per la roccia un valore della massa volumica in posto di 2.700 kg/m³, ed i seguenti valori di carico ammissibile:

- a compressione semplice: 20 MPa corrispondenti a circa 1/6 dei risultati ottenuti con le prove sclerometriche
- a taglio semplice: 2 MPa
- a trazione (solo per la verifica di quelle parti del sotterraneo dove è escluso accedano persone e sono pertanto tollerati locali distacchi, ossia per la corona delle camere, dovendo negli altri casi essere esclusa l'insorgenza di sollecitazione a trazione): 1 MPa

Si assume inoltre per il materiale abbattuto un aumento di volume di 1,4 volte rispetto al materiale in posto.

Si esclude dalla sezione resistente (ma non dal carico gravante) uno spessore di roccia di 2 m lungo tutto il perimetro della sezione della camera, per tenere conto, molto conservativamente, dell'effetto di indebolimento prodotto dalle mine e da eventuali imprecisioni di perforazione.

Dati i rapporti tra la disposizione delle camere e il versante, la condizione più gravosa che risulta è quella delle strutture residue comprese tra le camere C3 - C4 e C2 - C3.

Nelle verifiche elaborate in via preliminare non sono stati introdotti i fattori correttivi riferiti alle caratteristiche di sismicità della zona.

Nella fig. 7 sono rappresentati gli schemi geometrici per le verifiche di stabilità.

2. CONDIZIONI ESISTENTI PRIMA DELLA COLTIVAZIONE

Nel punto più profondo (solco di raccolta delle camere C3 - C4 il carico litostatico teorico prima della coltivazione vale

$$280 \text{ m} \times 2,7 \text{ t/m} = 756 \text{ t/m}^2 = 7,5 \text{ Mpa}$$

Si è certamente in campo elastico, e ciò autorizza ad impiegare la teoria dell'arco naturale di A. Bello (A. Bello. Simplified method for stability analysis of underground openings, 1977) per valutare la redistribuzione dei carichi in corona agli scavi che ha luogo ad opera della coltivazione.

3. STABILITA' DELLA CORONA DELLE CAMERE

Per una camera con luce di 30 m, considerando 2 metri da ambedue i lati di roccia gravante ma non resistente, la luce B è di 34 m; quindi la massima monta dell'arco naturale ipotizzato vale $0,912 B + \frac{1}{2} 0,462B = 38,85$ m, valore di gran lunga inferiore alla minima copertura di roccia per tutte le camere.

Ciò garantisce contro la possibilità di sfornellamenti dovuti a distacchi della zona distesa in corona.

Secondo la teoria dell'arco naturale, il materiale compreso fra la corona e la fibra media dell'arco naturale si considera "sospeso" all'arco stesso.

Per la luce B considerata della camera (34 m), la massima monta della fibra media dell'arco vale $0,912 \times B = 0,912 \times 34 \text{ m} = 31 \text{ m}$ e la massima sollecitazione di trazione vale

$$\frac{31 \cdot 27.000}{10^6} = 0,83 \text{ MPa}$$

Valore che, trattandosi di vuoti in cui non è previsto l'accesso di persone, è da considerare ammissibile.

4. SPESSORE E SNELLEZZA DEI DIAFRAMMI

I diaframmi hanno sezione orizzontale trapezia con uno spessore minimo di 30 m e massimo di circa 50 m, per una altezza di 90 m (al di sotto di tale quota lo spessore cresce progressivamente); il rapporto spessore/altezza risulta pertanto variabile da $90/30=3$ a $90/50=1,8$

5. SOLLECITAZIONI NEI DIAFRAMMI

Vengono di seguito verificati i diaframmi che sono sollecitati ai carichi maggiori o eccentrici, in corrispondenza della linea spartiacque del rilievo soprastante. Trattandosi di diaframmi a sezione orizzontale trapezia, la sezione portante corrisponde alla larghezza corrispondente alla proiezione della linea spartiacque.

5.1 Diaframma C4/C3 e C5/C4

Sono i diaframmi maggiormente sollecitati. In corrispondenza di tali diaframmi la sezione verticale é speculare e equivalente; si verifica pertanto il diaframma C4/C3

Peso di roccia sovraincombente

$$170 \cdot 67 \cdot 27.000 = 307,53 \text{ MN/m}$$

peso diaframma C4/C3

$$90 \cdot 36 \cdot 27.000 = 87,48 \text{ MN/m}$$

peso totale gravante

$$307,53 + 87,48 = 395,01 \text{ MN/m}$$

Carico unitario

$$\frac{395,01}{36 - 4} = 12,34 \text{ MPa}$$

5.2 Diaframma C3/C2

Dato il profilo della superficie sovrastante, il diaframma deve essere verificato a carico eccentrico.

Peso roccia sovraincombente (da mezzeria a camera C3 a mezzeria camera C2)

$$67 \left(\frac{165 + 115}{2} \right) \cdot 27.000 = 253,26 \text{ MN/m}$$

Peso proprio

$$37 \cdot 90 \cdot 27.000 = 89,91 \text{ MN/m}$$

Peso totale

$$253,26 + 89,91 = 343,17 \text{ MN/m}$$

Spinta dell'arco naturale della camera C3 (assumendo l'angolo uguale a 67,65° secondo la teoria di A. Bello)

$$\frac{165 \cdot 67}{2} \cdot 27.000 \cdot \frac{1}{\text{tg}67,65^\circ} = 61,36 \text{ MN/m}$$

Spinta dell'arco naturale della camera C2

$$\frac{115 \cdot 67}{2} \cdot 27.000 \cdot \frac{1}{\text{tg}67,65^\circ} = 42,76 \text{ MN/m}$$

Differenza spinta orizzontale

$$61,36 - 42,76 = 18,6 \text{ MN/m}$$

Momento, rispetto alla sezione di verifica

$$18,6 \times 90 = 1.674 \text{ MN} \cdot \text{m}$$

Eccentricità

$$\frac{1.674 \text{ MN} \cdot \text{m}}{343,17 \text{ MN}} = 4,87 \text{ m}$$

La sezione resistente effettiva è di:

$$37 - 4 = 33 \text{ m}^2$$

Il carico cade nel terzo medio, per cui non si hanno sforzi di trazione (la sezione non è parzializzata)

Il carico unitario massimo (lato C2) risulta

$$\frac{343,17}{33} + \frac{M}{W}$$

con W pari a:

$$\frac{1 \cdot 33^2}{6} = 181,5 m^3$$

e pertanto $10,40 + 9,22 = 19,62$ MPa

Il carico unitario minimo (lato verso C3) risulta

$$10,40 - 9,22 = 1,18 \text{ MPa}$$