

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

**EXPLOTACION DEL YESO EN UNA CANTERA SUBTERRANEA, UBICADA EN
MONCUCCO (AT): TECNICAS DE EXCAVACION EMPLEADAS Y FUTUROS
DESARROLLOS**

Presentado ante la Ilustre
Universidad Central de Venezuela

Por el Br.:

Barreto, Numila

Para optar al Título de
Ingeniero Civil

Caracas, 2010

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

EXPLOTACION DEL YESO EN UNA CANTERA SUBTERRANEA, UBICADA EN MONCUCCO (AT): TECNICAS DE EXCAVACION EMPLEADAS Y FUTUROS DESARROLLOS

TUTOR ACADÉMICO: Prof. Marilena Cardu

TUTOR INDUSTRIAL: Ing. Giuseppe Accatino

Presentado ante la Ilustre
Universidad Central de Venezuela

Por el Br.:

Barreto, Numila

Para optar al Título de

Ingeniera Civil

Caracas, 2010

RINGRAZIAMENTI

Ringrazio l'Ing. Igor Muller della ditta Fassa-Bartolo e all'Ing. Giuseppe Accatino della ditta Geostudio, per la pazienza e disponibilità mostrate e nel fornirmi la grande quantità di dati e informazioni necessarie alla stesura di questa tesi. Un grazie particolare all'Ing Cardu per il sostegno professionale, pazienza e tempo prezioso che ha impiegato in aiutarmi nell'elaborazione di questa tesi. Grazie a Mamma e Papa, i quali mi hanno accompagnato con il loro affetto e la loro fiducia nel lungo ed aspro cammino verso questo traguardo.

Barreto S. Numila J.

EXPLOTACION DEL YESO EN UNA CANTERA SUBTERRANEA, UBICADA EN MONCUCCO (AT): TECNICAS DE EXCAVACION EMPLEADAS Y FUTUROS DESARROLLOS

Tutor Académico: Prof. Mailena Cardu

Tutor Industrial: Prof. Giuseppe Accatino

Trabajo Especial de Grado. Caracas, U.C.V. Facultad de Ingeniería.

Escuela de Ingeniería Civil. 2010, 121 páginas.

Palabras clave: minería, yeso, excavación.

La presente investigación se realizó en la comunidad de Moncucco ubicada en la localidad de Fontanamara, provincia de Asti, Italia. El estudio se realizó en una minería de producción de yeso, durante los años 2009 y 2010.

El propósito de la investigación tuvo como objeto estimar el incremento de la producción de yeso, luego de aplicar un proyecto de explotación (en fase de culminación). Para ello fue necesario calcular: el tiempo de operación de la fresa (máquina de excavación) para concluir un ciclo, el volumen del material excavado, los tiempos muertos de la fresa, aproximación del coeficiente de utilización de la maquina (tiempo efectivo de excavación durante una jornada de trabajo en la cantera) y el ciclo del dumper (medio de transporte del material excavado hasta la planta que transforma el yeso).

La metodología utilizada en la investigación, consistió en recabar en sitio, los tiempos de excavación de la fresa en un periodo de un mes; para ello se requirió efectuar varias visitas de campo, donde se cronometró el

tiempo de cada fase de producción en la cantera. El procesamiento de los datos recabados, permitió determinar el tiempo efectivo de excavación, que conlleva al cálculo del coeficiente de utilización de la máquina, resultando igual al 45%; este valor es subestimado, ya que la cantera estudiada, se encontraba en una fase de reorganización y su rendimiento estaba por debajo de lo esperado.

Posteriormente, se calculó la producción de yeso, que resultó igual a 227m^3 /día, lo que permitió llegar a las siguientes conclusiones:

- Las visitas de campo, fueron fundamentales para determinar el estado actual de la cantera y comprender el ciclo de producción de la minería, permitiendo realizar una evaluación objetiva y completa sobre los índices de producción de las operaciones realizadas.
- Para aumentar la producción de yeso, se requiere aplicar el proyecto de explotación en subterráneo, evaluado en la tesis, ya que la explotación de yeso a cielo abierto se ha agotado.
- El método de explotación adoptado, es a vacío (consiste en excavar sin rellenar los túneles creados); aplicando técnica de excavación a túneles y diafragma, que asegura el aprovechamiento de una buena cantidad de mineral y dejando en el sitio diafragmas de yesos, que garanticen la estabilidad de la cantera.
- La cantera consta de una planta de tratamiento pequeña, que no trabaja a su máxima capacidad y cubre una reducida parte de la demanda en el mercado. Dado el previsto incremento en la producción, será necesario realizar una expansión.
- Para dimensionar correctamente la planta es necesario considerar todas las variables que intervienen durante el proceso de excavación.

INDICE

INTRODUZIONE	1
CAPITOLO 1: DESCRIZIONE GENERALE DELLA CAVA DI MONCUCCO	
1- INCUADRAMENTO DEL GIACIMENTO	4
1.1 UBICAZIONE E MORFOLOGIA DEL SITO	4
1.2 INCUADRAMENTO GEOLOGICO	5
1.3 RILIEVO GEOSTRUTTURALE E CARATTERIZZAZIONE GEOMECCANICA	6
1.4 CRITERIO DI RESISTENZA PER L'AMMASSO ROCCIOSO E PER LA ROCCIA INTATTA	14
2- INCUADRAMENTO GEOGRAFICO	15
2.1 TERRENI OGGETTI DELL'ISTANZA	16
2.2 VINCOLI AMBIENTALI E TERRITORIALI	17
3- METODO DI COLTIVAZIONE	18
4- STATTO ATTUALE DELLA COLTIVAZIONE	21
5- CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DEI LITOTIPI	22
CAPITOLO 2: SCAVO MECCANIZZATO	
1- PREMESSA	27
2- SCAVO DI GALLERIE CON FRESA A ATTACCO LOCALIZZATO	28
2.1 GENERALITA	28
2.2 CONFORMAZIONE DELLA TESTA DI TAGLIO DEGLI UTENSILI	35
2.3 PRESTAZIONI DELLA MACCHINA	40

2.4 L'ABRASIVITA' DELLA ROCCIA E L'USURA DEGLI UTENSILI	45
3- DESCRIZIONE DELLA MACCHINA DI SCAVO PRESENTE NELLA CAVA	48
CAPITOLO 3: DESCRIZIONE DEL PROGETTO ESECUTIVO PER LA COLTIVAZIONE DELLA CAVA DI GESSO A MONCUCCO	
1- SVILUPPO DELLA COLTIVAZIONE	53
1.1 DESCRIZIONE	53
1.2 MATERIALE STRAIBILE	55
2- METODI E MEZZI DI COLTIVAZIONE	59
2.1 INTRODUZIONE	59
2.2 SCAVO IN SOTTERRANEO	59
3- IMPIANTO DI VENTILAZIONE	61
4- EDUZIONE DELLE ACQUE SOTTERRANEE	61
5- RECUPERO AMBIENTALE	62
5.1 PREMESSA	62
5.2 PROPOSTA DI RIUSO DEL SOTTOSUOLO	63
CAPITOLO 4: DESCRIZIONE DELL'IMPIANTO E PROCESSO DI TRASFORMAZIONE DEL GESSO	
1- GENERALITA': IL GESSO	66
1.1 PROPRIETA'	66
1.2 PRINCIPALI IMPIEGHI DAL GESSO	66
1.2.1 <i>Nel campo della costruzione</i>	66
1.2.2 <i>Applicazioni nell'industria chimica</i>	68

2- PROCESSO DI PRODUZIONE	70
3- SPECIFICAZIONI DEL PRODOTTO	73
3.1 GENERALITA'	73
3.2 DATI TECNICI	73
3.3 MODALITA' D'USO E APPLICAZIONI	74
CAPITOLO 5: ATTUALE E FUTURA PRODUZIONE GIORNALIERA DI GESSO	
1- QUANTITA DI GESSO ESTRATTO NELLA SITUAZIONE ATTUALE	76
1.1 PREMESSA	76
1.2 ORARIO DI LAVORO	77
1.3 CALCOLO DELLA MASSIMA PRODUZIONE DI GESSO IPOTIZZANDO UNA GIORNATA COMPLETA DI LAVORO	78
1.3.1 <i>Calcolo del volume abbattuto in un ciclo da scavo della fresa ad attacco puntuale</i>	82
1.3.2 <i>Smarino</i>	83
1.4 ANALISI DI RISULTATI	88
CAPITOLO 6: CONCLUSIONI	89
BIBLIOGRAFIA	91
ALLEGATO A: SPECIFICAZIONI FRESA E MATERIALE FOTOGRAFICO	95
ALLEGATO B: TAVOLE	99

INTRODUZIONE

La produzione del gesso rappresenta, nell'ambito delle attività estrattive, una delle realtà più importanti nel bacino del Monferrato, date le diverse applicazioni conseguenti alle caratteristiche dei due minerali oggetto di coltivazione: il gesso propriamente detto (solfato di calcio idrato) e l'anidrite (solfato di calcio). Le cave attive sono tutte concentrate in una ristretta zona compresa tra Moncucco Torinese, Montiglio Monferrato, Murisengo e Moncalvo.

Il lavoro svolto in questo elaborato ha per oggetto di studio una cava di gesso sita nel paese di Moncucco, in provincia di Asti.

La coltivazione sfrutta un giacimento di buona potenza, che si pensa di sviluppare in cinque livelli sotterranei. La superficie utile allo sfruttamento è molto ampia, per cui non vi sono dubbi circa le riserve estraibili in futuro. Questo, unitamente all'ottima qualità e alla purezza del gesso hanno fatto sì che la cava negli anni assumesse un'importanza strategica nel comparto estrattivo piemontese, estendendo i confini del proprio commercio oltre i limiti regionali.

La coltivazione del gesso avviene con l'uso di una fresa a attacco puntuale, e la produzione attuale annuale stimata è 50000m³ di materiale.

In seguito all'intenzione, manifestata dalla ditta proprietaria della cava, di mettere in applicazione un nuovo progetto di coltivazione, si è considerato di interesse il sito estrattivo e si sono sviluppate alcune considerazioni in merito al suo futuro ampliamento, anche in vista della

riorganizzazione dell'impianto per il trattamento del grezzo proveniente dalla cava.

Con questi obiettivi si è, in primo luogo, studiata la coltivazione allo stato attuale, potendo fruire della massima partecipazione e collaborazione del responsabile tecnico che sta sviluppando il nuovo progetto.

Attualmente la cava è in attesa dell'autorizzazione per riprendere i lavori di scavo. Non essendo stato possibile, a causa di ciò, analizzare i cicli di produzione in cava, si è effettuato lo studio utilizzando i dati relativi a quella conseguita negli anni precedenti, essendo questa la soglia per determinare l'incremento della produzione di gesso.

Nelle conclusioni si può apprezzare come gli obiettivi prefissati siano stati raggiunti.

**CAPITOLO 1: DESCRIZIONE GENERALE DELLA CAVA DI
MONCUCCO**

1. INCUADRAMENTO DEL GIACIMENTO

1.1. UBICAZIONE E MORFOLOGIA DEL SITO

Il sito in esame si trova in Comune di Moncucco (AT), località Fontanamara, posto a circa 750 m a Sud-Sud Est del concentrico di Moncucco Torinese. La maggior parte dei terreni di proprietà si trova nel Comune di Moncucco, la restante parte in Comune di Castelnuovo Don Bosco.



Figura (1.1) Cava di gesso a Moncucco

Sulla cartografia ufficiale in scala 1: 25.000 a cura dell'Istituto Geografico Militare il sito è individuabile sulla tavoletta II SE "Buttigliera d'Asti" del F° 56 "Torino" in base alle coordinate U.T.M. 32 TMQ 1656

9046. Altimetricamente la cava è compresa tra le quote di 345 s.l.m. e 270 m.

Per un inquadramento più dettagliato, si può fare riferimento alla Sezione n. 156.120 "Moncucco Torinese" della Carta Tecnica Regionale, in scala 1:10.000 a cura del Servizio Cartografico della Regione Piemonte.

1.2 INQUADRAMENTO GEOLOGICO

Il comportamento degli ammassi rocciosi dal punto di vista meccanico ed idraulico è direttamente legato alla presenza di discontinuità che devono, pertanto, essere descritte in modo quantitativo al fine di poter eseguire opportune valutazioni del comportamento dell'ammasso stesso, sia esso in condizioni naturali sia in presenza di modificazioni indotte dall'attività estrattiva.

E' stato pertanto eseguito un rilievo sistematico delle discontinuità visibile sugli affioramenti rocciosi presenti nella zona in esame, al fine di individuare le caratteristiche geostrutturali dell'ammasso roccioso interessato dall'attività estrattiva in progetto.

Di seguito si riportano i dati del rilievo effettuato sull'affioramento localizzabile all'estremità Sud dell'area in disponibilità, tra le quote 305-315 m s.l.m.

I dati di giacitura (direzione di immersione ed inclinazione) dei piani sono stati elaborati con il metodo delle proiezioni stereografiche di Schmidt al fine di determinare le distribuzioni percentuali delle principali famiglie di discontinuità.

L'esame dei diagrammi polari di Schmidt permette di raccogliere i dati del rilievo evidenziando la presenza di una sola famiglia di discontinuità denominata K1. Il sistema di discontinuità K1 è costituito dai giunti di stratificazione con riempimento marnoso formatosi durante le fasi deposizionali del gesso.

Tale famiglia di discontinuità presenta un nucleo di isodensità con valori di direzione di immersione poco dispersi:

- direzione di immersione 240°
- inclinazione 60°
- La spaziatura dei giunti misurata nel corso del rilievo geostrutturale risulta superiore a 30 m.

Nella tabella di seguito si riportano i dati del rilievo geostrutturale:

1.3 RILIEVO GEOSTRUTTURALE E CARATTERIZZAZIONE GEOMECCANICA

In via del tutto generale, poiché l'ammasso roccioso è globalmente discontinuo, formato, cioè, da tanti volumi elementari di roccia, determinati dalla presenza di giunti o discontinuità di varia origine, il suo comportamento meccanico non può essere assimilato a quello della roccia intatta, rappresentata, invece, da un campione della matrice appartenente ad un volume elementare dell'ammasso.

Tabella (1.1):

<i>N°</i>	<i>Immersione</i>	<i>Inclinazione</i>	<i>Sistema</i>	<i>Spaziat.</i>	<i>Persist</i>	<i>Scabr.</i>	<i>Apert.</i>	<i>Riempimento</i>
1	Cavità carsica	-	-	-	-	Elev.	10-50 cm	-
2	235°	50°	K1	>30 m	Cont.	Liscia	20 cm	Marnoso
3	240°	60°	K1	>30 m	Cont.	Liscia	50-20 cm	Marnoso
4	238°	62°	K1	>30 m	Cont.	Liscia	20-30 cm	Marnoso
5	241°	60°	K1	>30 m	Cont.	Liscia	20-30 cm	Marnoso
6	35°	45°	T	-	Cont.	-	-	Contatto tettonico

Questo è vero quando l'ammasso roccioso risulta caratterizzato dalla presenza di sistemi di discontinuità più o meno frequenti, come per la maggior parte delle rocce, il gesso è una roccia sedimentaria che –l'interno della formazione gessoso solfifera dell'astigiano– ha subito limitate deformazioni e quindi non è interessato ad una vera e propria fratturazione e suddivisione in solidi elementari.

Questo fatto è certamente dovuto al comportamento meccanico del gesso; soprattutto alla sua duttilità ed alla facilità di ricristallizzazione dei giunti; in origine il deposito sedimentario risultava a giacitura orizzontale (giacimento evaporitico) con presenza di modeste intercalazioni marnose, la presenza attuale di intercalazioni

marnose che presentano inclinazioni anche elevate (50°) è chiaro sintomo di deformazioni tettoniche che hanno prodotto movimenti e rotazioni generali del giacimento.

I banchi durante queste deformazioni hanno avuto un comportamento generalmente duttile con deformazioni senza grosse rotture e senza la creazione di un sistema di discontinuità regolare e sistematico tipico di rocce a comportamento elasto-fragile. Le discontinuità che permangono sono certamente legate all'originaria presenza degli interstrati marnosi che si rilevano attualmente in cava.

E' stato comunque effettuato – come da richiesta della Provincia di Asti – un rilievo sistematico delle discontinuità, riportato nelle tabelle seguenti, su tutto il fronte attuale di cava a cielo aperto e sulle parti di sotterraneo accessibili, in base ai dati rilevati si è potuta effettuare una caratterizzazione sulla qualità globale dell'ammasso roccioso.

Le caratteristiche di resistenza variano, pertanto, a seconda che si faccia riferimento alla roccia intatta o all'ammasso roccioso nel suo complesso; in generale, l'ammasso roccioso presenta caratteristiche di resistenza inferiori rispetto alla roccia intatta, valutabili, in modo indiretto, sulla base delle classificazioni geomeccaniche di Barton e Bieniawsky.

Tali classificazioni forniscono degli indici di qualità dell'ammasso roccioso nel suo insieme unendo i risultati delle prove di laboratorio ai dati misurati nel corso del rilievo geostrutturale.

La classificazione di Barton comporta la valutazione dell'indice Q, il cui campo di variabilità è compreso tra 0,001 e 1000 e suddiviso in 9 classi di qualità dell'ammasso roccioso.

L'indice Q di Barton è calcolato mediante la seguente formula:

$$Q = \frac{RQD}{J_n} \cdot \frac{J_r}{J_a} \cdot \frac{J_w}{SRF} \quad (1.1)$$

Dove:

- RQD = Rock quality design.
- J_n = Joint Set Number: coefficiente numerico definito in funzione del numero di sistemi di discontinuità naturali presenti nell'ammasso roccioso ($J_n = 0,5$ per un ammasso roccioso massivo ; $J_n = 20$ per un ammasso roccioso intensamente fratturato).
- J_r = Joint Roughness Number: indice della scabrezza ed ondulosità delle superfici di discontinuità ($J_r = 0,5$ per una superficie piana e liscia; $J_r = 3$ per una superficie scabra ed irregolare).
- J_a = Joint Alteration Number: indice di alterazione delle superfici di discontinuità ($J_a = 0,75$ per superficie dura e con discontinuità serrate; $J_a = 13 - 20$ per un giunto con riempimento in presenza di argilla).
- J_w = Joint Water Reduction Factor : coefficiente di riduzione introdotto per tenere conto della presenza d'acqua ($J_w = 0,05 - 1$ in presenza di notevoli venute d'acqua e di acqua in pressione ; $J_w = 1$ in assenza di acqua).
- SRF = Stress Reduction Factor: coefficiente di riduzione atto a tenere conto dello stato tensionale (SRF = 0,5 - 2,5 in rocce

massive; $SRF = 10 - 20$ in presenza di zone di debolezza e per rocce caratterizzate dal fenomeno del rigonfiamento).

Nel caso in esame, alla luce dei risultati dei sondaggi geognostici e di quanto riscontrato nel corso del rilievo geostrutturale effettuato, si possono assegnare, ai suddetti parametri, i seguenti valori tabella (1.2):

Tabella (1.2)

RQD	J_n	J_r	J_a	J_w	SRF
90	0,5	1,5	6	1	2,5

Sostituendo tali valori nell'equazione (1.1), si ottiene un valore dell'indice di Barton di qualità della roccia pari a $Q = 18$ che identifica il materiale in esame di qualità buona (tabella (1.3)).

Nella classificazione di Bieniawsky, l'autore prende in considerazione 6 fattori che considera influenti maggiormente sulla stabilità della struttura (la classificazione, elaborata inizialmente per i problemi relativi allo scavo delle gallerie, ha trovato successivamente un'estensione di impiego anche agli scavi per fondazioni e su fronti inclinati) e sul sistema adottabile per realizzare lo scavo. A ciascun fattore è attribuito un coefficiente numerico in relazione alla maggiore o minore importanza come indicato nel seguito.

Tabella (1.3) Classificazione delle rocce “di Barton”

Indice di qualità della roccia “Q”	Classificazione di Barton
0,001 - 0,01	ECCEZIONALMENTE SCADENTE
0,01 - 0,1	ESTREMAMENTE SCADENTE
0,1 – 1	MOLTO SCADENTE
1 – 4	SCADENTE
4 – 10	DISCRETA
10 – 40	BUONA
40 – 100	MOLTO BUONA
100 – 400	ESTREMAMENTE BUONA
400 – 1000	ECCEZIONALMENTE BUONA

Con la classificazione di Bieniawsky (figura 1.2) si perviene ad un indice RMR (tabella 1.4), risultato della somma di coefficienti basati sulla valutazione di:

- 1) C_0 = resistenza a compressione monoassiale della roccia intatta
- 2) RQD = rock quality design
- 3) I_f = spaziatura delle discontinuità
- 4) Condizioni delle discontinuità

5) Venute d'acqua

6) Giacitura delle discontinuità in rapporto alla direzione dello scavo

Tabella (1.4) valori utilizzati nel calcolo del RMR:

C_0	RQD	I_f	Condizioni delle discontinuità	Venute d'acqua	Giacitura delle discontinuità rispetto al pendio/fronte
1	20	20	30	15	-5

L'indice RMR di Bieniawsky risulta pertanto pari a **RMR = 81**, roccia di qualità ottima.

Per quanto riguarda i parametri di deformabilità dell'ammasso roccioso, lo stesso Bieniawsky propone la seguente formula empirica di correlazione tra il modulo di elasticità E_m e l'indice di qualità RMR:

$$E_m = 2 \text{ RMR} - 100 \quad [\text{GPa}] \quad (1.2)$$

Nel caso in esame, ponendo $\text{RMR} = 81$, si ottiene $E_m = 62.000$ MPa. E' poi possibile correlare l'indice Q di Barton all'RMR di Bieniawsky mediante a seguente formula:

$$\text{RMR} = 9 \ln Q + 44 \quad (1.3)$$

Sostituendo in tale formula il valore dell'indice di qualità della roccia di Barton, precedentemente valutato, $Q = 30$, si ottiene $\text{RMR} = 74$, in buon accordo con quanto trovato con il calcolo.

A. PARAMETRI SIGNIFICATIVI							
PARAMETRI		VALORI NUMERICI					
1	Resistenza a compressione semplice della roccia	Indice di resistenza I_s (MPa)	> 10	4 - 10	2 - 4	1 - 2	Per questo intervallo si ricorre alla determinazione di C_u
		Resistenza a compressione uniaassiale Q_u (Mpa)	> 250	100-250	100-50	50-25	
	Coefficiente		15	12	7	4	2 1 1
2	Recupero percentuale modificato = R.O.D.		90-100	75-90	50-75	25-50	< 25
	Coefficiente		20	15	10	8	5
3	Spaziatura delle discontinuità (giunti)		>2 m	0,6-2 m	0,6-0,2 m	0,2-0,06 m	< 0,06 m
	Coefficiente		30	25	20	10	5
4	Condizioni delle discontinuità (giunti)		Molto scabre non continue non separate superfici dei lembi, dure	Poco scabre separazione <1 mm superfici dei lembi, dure	Poco scabre separazione <1 mm superfici dei lembi, soffici	Superfici lisce o riempimento <5mm di spessore o giunti aperti 1-5 mm e continui	Materiale di riempimento molto soffice < 5 mm di spessore o giunti aperti > 5 mm continui
	Coefficiente		25	20	12	6	0
5	Su 10 m di lunghezza venute d'acqua		Nessuna	< 10 l/min.	10-25 l/min.	25-125 l/min.	> 125 l/min
	Venute d'acqua (v/α_j)		0	0,0-0,1	0,1-0,2	0,2-0,5	> 0,5
	Condizioni generali		Completamente secco	Bagnato	Umido	Sgocciolante	Scorrente
	Coefficiente		15	10	7	4	0
B. ORIENTAMENTO DELLE DISCONTINUITÀ							
6	Direzione di immersione ed inclinazione		Molto favorevole	Favorevole	Poco favorevole	Sfavorevole	Molto sfavorevole
	Coefficiente (1)		0/0/0	-1/-2/-3	-5/-7/-25	-17-15/-50	-127-25/-60
C. SUDDIVISIONE DELL'AMMASSO ROCCIOSO IN CLASSI DI QUALITÀ ED R.M.R.							
Classi	I	II	III	IV	V		
Descrizione	Ottima	Buona	Discreta	Scadente	Molto scadente		
Somma dei coefficienti = Rock Mass Rating = 1 + 2 + 3 + 4 + 5 + 6	100 - 81	80 - 61	60 - 41	40 - 21	< 20		
D. STIMA DEI PARAMETRI DI RESISTENZA							
Coazione dell'ammasso roccioso (kPa)	> 400	300-400	300-200	200-100	< 100		
Angolo di attrito interno dell'ammasso roccioso	> 45	35-45	25-35	15-25	< 15°		

(1) I tre numeri si riferiscono rispettivamente a gallerie/fondazioni/pendii; i valori sono negativi.

Fig. 165.6. Criterio di determinazione dell'Indice R.M.R. (Rock Mass Rating, trad. da Bieniawsky,).

Figura (1.2) classificazione di Bieniawsky

1.4 CRITERIO DI RESISTENZA PER L'AMMASSO ROCCIOSO E PER LA ROCCIA INTATTA

Sulla base degli indici di qualità dell'ammasso roccioso Q ed RMR, è possibile determinare il criterio di rottura generale secondo quanto proposto da Hoek e Brown (1980):

$$\sigma_1 = \sigma_3 + \sqrt{mC_0\sigma_3 + sC_0^2} \quad (1.4)$$

Dove:

σ_1 è la sollecitazione massima a rottura di picco

σ_3 è la sollecitazione minima

m ed **s** sono delle costanti adimensionali che dipendono dalla forma e dal grado di incastramento dei singoli blocchi di roccia nella massa

C₀ è la resistenza a compressione monoassiale dei blocchi di roccia intatta.

I coefficienti **m** ed **s** sono correlabili all'indice di qualità della roccia di Bieniawsky RMR, per mezzo delle formule empiriche di Pries e Brown:

$$m = m_i e^{(RMR-95)/13.4} \quad (1.5); \quad s = e^{(RMR-100)/6.3} \quad (1.6)$$

Nel caso in esame, in base al valore dell'indice di qualità di Bieniawsky ottenuto, RMR = 81, ed al valore $m_i = 7$ caratteristico della roccia intatta, risultano: $m = 2,46$ ed $s = 0,049$.

I valori di **m** e **s** così trovati risultano caratteristici di masse rocciose di buona e ottima qualità.

2. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

Come si è già accennato la cava si trova tra le colline del Monferrato che sono sicuramente la zona più interessante per quanto riguarda i giacimenti gessosi in Piemonte. Qui troviamo la “Formazione gessoso-solfifera” formatasi durante il Periodo Messiniano (ultimo sottoperiodo del Miocene tra 6,7 e 5,2 milioni d’anni fa).

La formazione è costituita da due fasce (nella figura (1.3) (linea azzurra) che attraversano da Est ad Ovest il territorio d’ampiezza variabile da qualche centinaio di metri a 2Km; vi sono poi degli ammassi isolati a nord della prima fascia.

Nella figura (1.3) sono evidenziate le due formazioni, e in rosso è marcata la posizione di Moncucco, nel cui territorio si trova la cava.



Figura (1.2) - Cartografia scala 1:1.000.000, fonte: www.expedia.com –

2.1. TERRENI OGGETTI DELL'ISTANZA

L'autorizzazione per la prosecuzione dell'attività estrattiva è richiesta su terreni censiti al F° 12 del Nuovo Catasto Terreni del Comune di Moncucco Torinese; nel dettaglio, gli interventi sono previsti sulle particelle catastali di seguito elencate (allegato 2). In passato l'attività estrattiva si svolgeva sui mappali del Comune di Moncucco e Castelnuovo Don Bosco, il rinnovo autorizzativo è richiesto invece esclusivamente sui mappali del Comune di Moncucco:

Aree richieste in autorizzazione:

F° 12 Moncucco

157, 158, 159 parte, 160 parte, 161 parte, 180 parte, 181 parte, 182 parte, 183 parte, 184, 185 parte, 186 parte, 197, 198 parte, 199 parte, 200, 201 parte, 202 parte, 203 parte, 204 parte, 209, 210, 211, 212, 213, 214, 215, 217 parte, 222, 223, 224, 225, 227, 412 parte, 413, 414, 430 parte, 442 parte, 443 parte, 444 parte, 445 parte, 446 parte, 449, 457 parte, 480, 515, 516.

I terreni oggetto dell'Istanza costituiscono una minima parte delle aree in disponibilità all'Italgessi s.a.s., di seguito elencate, per lo più oggetto di precedenti autorizzazioni all'attività estrattiva:

Aree in disponibilità:

F° 11 Moncucco

936, 937, 939, 940, 941, 942, 943, 1065.

F° 12 Moncucco

142, 143, 144, 152, 153, 154, 155, 156, 157, 158, 159, 160, 161, 162, 163, 164, 165, 166, 167, 169, 170, 171, 172, 173, 174, 175, 176, 177, 178, 179, 180, 181, 182, 183, 184, 185, 186, 187, 197, 198, 199, 200, 201, 202, 203, 204, 205, 206, 209, 210, 211, 212, 213, 214, 215, 217, 222, 223, 224, 225, 227, 408, 409, 410, 412, 413, 414, 429, 430, 441, 442, 443, 444, 445, 446, 447, 448, 449, 457, 480, 490, 499, 500, 501, 502, 515, 516.

F°3 Castelnuovo Don Bosco

78, 79, 80, 81, 82, 83, 87, 88, 89, 95, 97, 98, 103, 105, 106, 107, 108, 109, 110, 111, 112, 113, 124, 125, 126, 127, 128, 130, 131, 132, 146, 147, 148, 149, 150, 151, 152, 153, 154, 176, 178, 193, 194, 521, 522, 523, 524, 526, 536.

2.2. VINCOLI AMBIENTALI E TERRITORIALI

Per quanto riguarda i principali vincoli esistenti, si può affermare che l'area oggetto dell'intervento estrattivo non è sottoposta a vincolo per fini idrogeologici, ai sensi della L.R. 45/89 "Nuove norme per gli interventi da eseguire in terreni sottoposti a vincolo per scopi idrogeologici".

L'area oggetto dell'istanza non è altresì interessata dal vincolo previsto dalla L. 431 dell'08.08.85, "Conversione in legge, con modificazioni, del decreto legge 27 giugno 1985, n. 312, recante disposizioni urgenti per la tutela delle zone di particolare interesse ambientale" altrimenti nota come "Legge Galasso" (G.U. n. 197 del 22.08.1985).

Le principali infrastrutture della zona in esame sono riferibili alla viabilità; l'arteria principale è costituita dalla strada di collegamento tra i concentrici di Moncucco e Moriondo. Per quanto riguarda la viabilità secondaria, si possono notare numerose strade d'importanza minore, talune delle semplici campestri non asfaltate, che costituiscono la rete di collegamento tra le numerose cascine e borgate ed i centri abitati circostanti.

Nell'intorno dell'area indagata non sono presenti elettrodotti di particolare importanza, ad esclusione delle normali linee a bassa tensione, generalmente su semplici pali in cemento o addirittura in legno, che collegano alla rete elettrica e telefonica le diverse frazioni e cascine della zona.

L'idrografia superficiale è costituita essenzialmente dal Rio Fontanelle, che scorre in direzione Nord – Sud circa 1 km ad Ovest del sito estrattivo, e dal Rio di Bardella che scorre invece circa 700 m ad Est dell'area in esame.

3. METODO DI COLTIVAZIONE

Il metodo di coltivazione adottato è quello per vuoti che consiste nell'estrarre il minerale utile dal giacimento, lasciando il vuoto aperto creato dall'estrazione; la tecnica di scavo è per camere e diaframmi, che si realizza creando dei vuoti all'interno dell'ammasso e lasciando in posto diaframmi di sostegno.

I diaframmi sono disposti in maniera regolare, a scacchiera per esempio nel caso in esame, in cui lo sviluppo della coltivazione e' su più livelli, è indispensabile sovrapporli così da garantire maggior resistenza della struttura (metodo a diaframmi sovrapposti).

Questo metodo è ideale per la coltivazione di giacimenti stratiformi con giacitura suborizzontale di buona potenza a spessore limitato. La cava in esame presenta queste caratteristiche, che garantiscono un discreto sfruttamento del giacimento.

Inoltre, grazie alla buona resistenza del materiale in posto e alla scarsa presenza di vene di discontinuità nell'ammasso, le caratteristiche strutturali della cava paiono garantire buone condizioni di stabilità.

Nei pochi casi in cui sono state trovate delle vene d'argilla, si è interrotta l'escavazione per riprenderla da un'altra direzione. Per operare a regola d'arte, in questo tipo di cava, al fine di evitare situazioni che renderebbero instabile la coltivazione. Nei livelli più bassi, è fondamentale che il rapporto tra altezza del diaframma e larghezza, sia minore di tre.

Nel caso in esame tale rapporto è circa due (i diaframmi hanno le dimensioni pari a 6mt e 4mt rispettivamente) come si guarda nella figura (1.4), ciò conferisce maggior stabilità alla struttura.

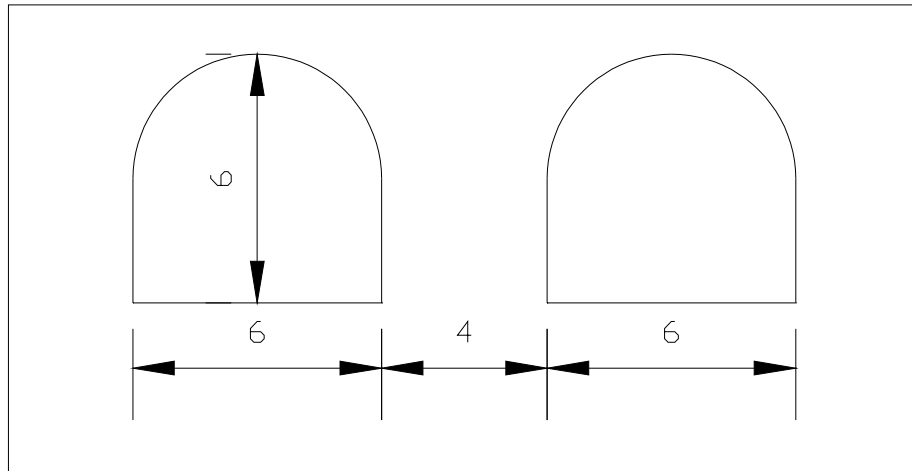


Figura (1.4) - profilo trasversale

L'abbattimento è ottenuto per mezzo di una fresa ad attacco puntuale; lo sgombero e il trasporto dal materiale abbattuto sono organizzati da un dumper il cui cassone è in grado di ospitare il volume abbattuto corrispondente a un ciclo di scavo completo.

La scelta del metodo è basata sulle indagini geologiche e geomeccaniche, tal scelta comprende lo scavo meccanizzato eseguito con una fresa ad attacco puntuale. Questa possibilità offre alcuni sostanziali vantaggi rispetto allo scavo con esplosivo:

- Maggiori velocità d'avanzamento, quando le condizioni al contorno lo consentono.
- Minor sovraprofilo
- Minor disturbo alle formazioni rocciose.
- Minor manodopera
- Minor disturbo all'ambiente esterno (mancanza di sviluppo di gas tossici, rumori e vibrazioni violente).

Per contro gli svantaggi possono essere:

- Maggior costo d'investimento rispetto ai mezzi tradizionali dello scavo con esplosivo (nel nostro caso la Ditta già ha disposizione una fresa, nel parco macchine).
- Il Costo degli utensili e dei ricambi rappresenta un maggior consumo d'energia rispetto allo scavo con esplosivo ed impianti elettrici costosi.

È importante affermare che nelle rocce di media resistenza; conviene eseguire lo scavo mediante macchine ad attacco puntuale com'è il caso.

4. STATO ATTUALE DELLA COLTIVAZIONE

In questo periodo la coltivazione si presenta nella situazione descritta sulla base della planimetria di coltivazione livello "0" (allegato B).

La coltivazione del settore a Nord – Ovest del piazzale di cava a cielo aperto, è stata completata e si è pertanto potuto procedere al recupero, come è previsto nel progetto autorizzato, consiste nel riempimento dei vuoti di coltivazione con sterili dell'attività estrattiva stessa.

La coltivazione a cielo aperto ha determinato l'esistenza di uno scavo a fossa, che si approfondisce fino alla quota minima di 290 m s.l.m. circa, raggiungibile da mezzi di scavo e di trasporto mediante rampa d'accesso da nord.

La morfologia a gradoni è interrotta dalla presenza di piazzali, che si sviluppano tendenzialmente lungo fronte per un'ampiezza variabile tra i 15 e i 20 m rispettivamente alle quote 312 m s.l.m. circa e 341 m s.l.m. A partire dalla quota di 315 m s.l.m. sul gradone indicato in planimetria, si osserva la presenza d'antichi imbocchi sotterranei scavati con fresa ad attacco puntuale dalla stessa Italgessi in passato.

Pur non avendo a disposizione rilievi aggiornati del sottterraneo, le gallerie presentano una lunghezza massima di 20-25 m; di conseguenza la prima fase di coltivazione, che prevede l'arretramento a cielo aperto del fronte Sud di scavo, consentirebbe la completa eliminazione dei vuoti esistenti.

Attualmente il territorio sul quale si sviluppa la cava, presenta in parte versanti già coltivati, subverticali o fortemente acclivi, modellati a gradoni e decisamente intaccati da smottamenti differenziali e caratterizzati dalla mancanza quasi totale di vegetazione, ed in parte porzioni nelle quali la riprofilatura dei fronti ha spesso ridotto le pendenze, ed eliminato le situazioni di stabilità precaria.

5. CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DEI LITOTIPI

La caratterizzazione geotecnica del gesso presente nella Cava di Moncucco è stata fatta utilizzando i risultati d'alcune prove di laboratorio eseguite su provini della stessa roccia.

Il gesso presente in cava mostra due diverse strutture cristalline: l'una a cristalli di dimensioni centimetriche, costituente il materiale

oggetto dell'attività estrattiva in progetto, l'altra con cristalli più minuti, di dimensioni millimetriche, presente più in profondità nel giacimento.

La stratigrafia, molto semplificata, ai fini della differente caratterizzazione geotecnica dei litotipi presenti è costituita da:

- 1) copertura
- 2) marna
- 3) gesso

Per la caratterizzazione geomeccanica dei tre litotipi si fa riferimento a dati reperibili in letteratura relativamente ai materiali in esame, ed in particolare alla formazione gessosa del Monferrato, oltre che ai risultati delle verifiche geotecniche eseguite specificatamente sui gessi della Cava Fontanamara (1).

- Peso specifico (γ):

GESSO MACROCRISTALLINO - $\gamma = 2,20 \text{ g/cm}^3$

GESSO MICROCRISTALLINO - $\gamma = 2,10 \text{ g/cm}^3$

MARNA - $\gamma = 1.97 \text{ gr/cm}^3$

- Resistenza a compressione monoassiale (C_0):

Valori medi relativi a diverse cave dell'area estrattiva dei gessi e in particolare della cava di Moncucco.

¹ “Programma esecutivo di sistemazione e bonifica dei fronti” (G.P. Giani e A.M. Ferrero, 1994) e “Scavi sotterranei di antiche coltivazioni per l'estrazione del gesso nel Comune di Moncucco Torinese insistenti sui terreni di proprietà della Italgessi S.r.l. e su quelli adiacenti” (I. Aires, 1986).

GESSO MACROCRISTALLINO - $C_0 = 10 \text{ MPa}$

GESSO MICROCRISTALLINO - $C_0 = 15 \text{ MPa}$

MARNA - $C_0 = 0.36 \text{ MPa}$

- Resistenza a taglio:

GESSO MACROCRISTALLINO

- $C_p = 1,13 \text{ MPa}$, $\varphi_p = 57,4^\circ$, $C_r = 0,09 \text{ MPa}$ $\varphi_r = 31,5^\circ$

CRITERIO DI RESISTENZA GESSO MACROCRISTALLINO:

$$\tau_p = 1,13 + \sigma_n \operatorname{tg} 57,4$$

$$\tau_u = 0,096 + \sigma_n \operatorname{tg} 31,5$$

GESSO MICROCRISTALLINO

- $C_p = 5 \text{ MPa}$, $\varphi_p = 39^\circ$, $C_r = 2 \text{ MPa}$ $\varphi_r = 32^\circ$

CRITERIO DI RESISTENZA GESSO MICROCRISTALLINO:

$$\tau_p = 5 + \sigma_n \operatorname{tg} 39$$

$$\tau_u = 2 + \sigma_n \operatorname{tg} 32$$

MARNA

$C_p = 0.096 \text{ MPa}$ $\varphi_p = 13^\circ$,

CRITERIO DI RESISTENZA MARNA:

$$\tau_p = 0.096 + \sigma_n \operatorname{tg} 13$$

Dove:

τ_p = resistenza al taglio di picco,

τ_u = resistenza al taglio ultima,

C_p = coesione di picco,

ϕ_p = angolo di attrito di picco,

C_r = coesione residua,

ϕ_r = angolo di attrito residuo

- Determinazione parametri di deformabilità:

GEDSO MACROCRISTALLINO

Modulo di elasticità tangente:

$E_t = 2.92 - 3.40 - 4.86$ GPa

Modulo di elasticità secante:

$E_s = 2.59 - 3.54 - 3.33$ GPa

GEDSO MICROCRISTALLINO

Modulo d'elasticità tangente:

$E_t = 14.35$ GPa

Modulo d'elasticità secante:

$E_s = 10.44$ GPa

MARNA

Modulo d'elasticità tangente:

$E_t = 0.01$ GPa

Modulo d'elasticità secante:

$E_s = 0.01$ GPa

CAPITOLO 2: SCAVO MECCANIZZATO

1. PREMESSA

Lo scavo meccanizzato viene eseguito con macchine ed attrezzature di vario genere: - frese ad attacco localizzato (frese a.l., dette anche frese puntuali); -frese a piena sezione (frese p.s. o TBM). Mezzi che soddisfano in senso parziale il concetto di scavo meccanizzato sono inoltre il demolitore ad alta energia d'urto, per l'avanzamento sul fronte o per il completamento di particolari zone della sezione della galleria, nei metodi per fasi, od il ripper per l'esecuzione dei ribassi.

Lo scavo meccanizzato, con riferimento alle frese puntuali od alle frese a piena sezione, offre alcuni sostanziali vantaggi rispetto allo scavo con esplosivo, contro una certa mancanza d'adattamento a molte condizioni geologiche e geotecniche per quel che concerne le TBM. Le frese puntuali, al contrario, potendo essere facilmente arretrate dal fronte, quando necessario, sono sostituite con i consueti mezzi per lo scavo con esplosivo, rivelano una sufficiente flessibilità. C'e' da osservare che i due detti mezzi di scavo hanno in larga misura campi d'applicazione del tutto differenti.

I vantaggi dello scavo meccanizzato sono in sintesi:

- Maggiori velocità d'avanzamento, quando le condizioni al contorno lo consentono;
- Minore sovraprofilo;
- Minor disturbo alle formazioni rocciose;
- Minor manodopera;

- Maggior sicurezza per il personale;
- Minor disturbo all'ambiente esterno (mancanza di sviluppo di gas tossici, rumori e vibrazioni violente).

Per contro gli svantaggi possono essere:

- Maggior costo d'investimento rispetto ai mezzi tradizionali dello scavo con esplosivo.
- Difficoltà delle macchine a lavorare in condizione di variabilità dell'ammasso roccioso.
- Costo degli utensili e dei ricambi;
- Elevati tempi di montaggio e smontaggio, nel caso delle TBM;
- Difficoltà di trarre la macchina (ciò vale per la TBM) dalla galleria in caso di guasti gravi od insuccesso;
- Maggior consumo d'energia rispetto allo scavo con esplosivo ed impianti elettrici e costi.

2. SCAVO DI GALLERIE CON FRESE AD ATTACCO LOCALIZZATO

2.1 GENERALITA'

Nelle rocce di media resistenza ($\sigma < 70-100$ MPa) conviene talvolta eseguire lo scavo mediante macchine ad attacco puntuale (dette anche frese ad attacco localizzato, -frese a.l.– oppure frese a braccio brandeggiabile –Roadheaders in inglese). La maggior parte delle macchine per lo scavo di gallerie ad attacco puntuale appartiene

peraltro ad una diversa famiglia, quella dei Roadheader o frese ad attacco puntuale.

Il termine *roadheader* (letteralmente "che fa andare avanti la strada") proviene dalla terminologia delle miniere di carbone, dove "roads" (strade) designa le gallerie principali. In effetti i roadheader, attualmente utilizzati per scavare sia gallerie minerarie sia gallerie civili, sono derivati da una famiglia di macchine "da produzione" sviluppata a partire dagli anni '40-'50 per la coltivazione "a camere" di miniere di carbone.

Nelle sue realizzazioni più tipiche la fresa ad attacco puntuale è costituita da un pesante carrier cingolato che porta anteriormente un braccio idraulico, con possibilità di movimenti verticali ed orizzontali, al cui estremo sono applicati l'organo di scavo ("fresa") ed un sistema di raccolta del marino che cade al piede della fronte di scavo; un trasportatore continuo, che attraversa la macchina, scarica posteriormente il marino raccolto su un veicolo di trasporto, su un nastro trasportatore o su altro sistema di trasporto.

L'azione di queste macchine è ciclica. In una prima fase, *sumping* o "affondata", la fresa viene fatta penetrare in una piccola area della fronte per una profondità (funzionalmente equivalente allo sfondo della volata nello scavo con esplosivo), che può variare, in funzione della macchina e della roccia, da qualche decimetro a 1-2 m. Nella successiva fase di taglio (*cutting*) la fresa percorre, con spostamenti orizzontali e verticali, l'intera sezione di scavo, asportando la roccia per uno spessore pari all'iniziale penetrazione (in questa fase la fresa agisce come agiscono le mine di allargo, produzione, profilatura nello scavo con esplosivi).

Completato lo scavo su tutta la sezione (che è *libera*, cioè che può essere più o meno larga più o meno alta, rettangolare o ad arco, a seconda di come il manovratore fa muovere la fresa), possono avere luogo un'altra affondata, un'altra fase di taglio e così via.

A differenza dello scavo con esplosivo un nuovo ciclo di scavo può partire appena ultimato il precedente, senza l'interposizione di una fase di smarino, in quanto quest'ultima operazione viene eseguita durante lo scavo, e per questo motivo lo scavo con queste macchine è detto "continuo", pur essendo ciclico.

Non ha luogo disaggio, in quanto gli effetti distruttivi sono limitati alla roccia direttamente interessata dall'azione degli utensili; può aver luogo, già durante lo scavo, la posa di eventuali opere di sostegno.

Esse consentono di scavare gallerie di forma varia e diversa da quella circolare con superficie della sezione trasversale sino ed oltre i 40m² per i modelli più grandi, con abbattimento su sezione completa. La tabella (2.1) indica le condizioni d'operatività di queste macchine in rapporto sia alle opere, sia alle attrezzature.

Altrimenti si può far ricorso all'abbattimento su più fasi: ogni fase consiste nello scavo di una galleria, pertanto possono lavorare contemporaneamente varie macchine, ognuna abbatte una quota parte della sezione (figura 2.1).

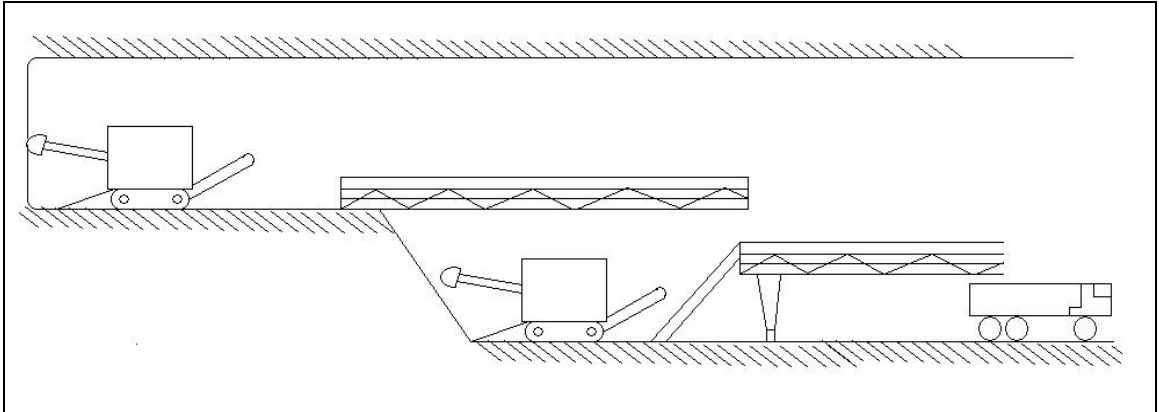


Figura (2.1): due fresse lavorando contemporaneamente.

In terreni particolarmente instabili la fresa a.l. può essere protetta da uno scudo. Nelle grandi sezioni ogni fresa a.l. può essere situata su idonee piattaforme poste all'interno dello scudo. Altri impieghi di questa attrezzatura di scavo sono relativi:

- Allo scavo di nicchie; alla profilatura del contorno.
- Allo scavo di pozzi di media sezione. I vari modelli presenti sul mercato differiscono a seconda del tipo di testa di taglio (testa a vite, oppure testa con asse parallelo al fronte).
 - Del sistema di raccolta dei detriti.
 - Della classe di peso e potenza.
 - Del tipo d'utensili (a coltelli con placchette; a punte coniche con placchetta di widia).
 - Del diametro ed angolo d'attacco degli utensili; - della disposizione degli utensili sulla testa (numero di spirali e loro distanza); dal tipo di traslazione della macchina.

- Del tipo di servizi ed attrezzature ausiliarie; - centralina elettronica di controllo della profilatura e della direzione.
- Dispositivo d'aspirazione delle polveri.
- Dispositivo di raffreddamento degli utensili e di miglioramento dell'azione di taglio mediante spruzzo di acqua a media o grande velocità di eiezione.
- Perforatrice o sonda per esecuzione di fori sul fronte.
- Attrezzature per la posa veloce dei sostegni di prima fase (centine, calcestruzzo proiettato).

I vantaggi delle macchine ad attacco puntuale possono riassumersi in:

- Scavo di sezioni di forma qualsiasi.
- Selettività d'abbattimento, ingombro ridotto.
- Montaggio veloce
- Rumori ridotti

In particolare viene apprezzato il fatto che la fresa a.l. possa essere prontamente ritirata dalla fronte in caso d'avvicinamento di rocce dure e sostituita con mezzi che consentono l'abbattimento tradizionale mediante esplosivo.

Tab. (2.1): condizioni d'operatività delle frese ad attacco localizzato

OPERA			ATTREZZATURA	
GEOLOGIA	GEOMETRIA	IMPIEGHI	CARATTERISTICHE COSTRUTTIVE	ATTREZZATURE AUSILIARIE
Ammasso roccioso	Forma sezione	Piena sezione	Classe di peso	Perforatrice
$\sigma_t, \sigma_c, \square$	Area	Singole fasi	Tipi utensili	Posa cls
Abrasività	Lunghezza galleria	Allarghi	Tipo testa	Controllo profilatura e direzione
Contenuto qz	-	Nicchie	Comando testa	Aspiratore polveri
-	-	Riprofilatura	Prestazioni taglio	Spruzzo, acqua abbatt. polveri
-	-	Scavo pozzi	Tipo attrezz. smarino	Getto acqua pressurizzata
-	-	Entro scudo	Tipo traslazione	-
-	-	-	controllo	-

Gli svantaggi delle macchine a.l. sono:

- Delicatezza della meccanica relativa al braccio brandeggiabile, che lavora prevalentemente a flessione;

- Inconvenienti relativi alla possibile rottura degli utensili per il tipico modo di lavorare degli stessi (penetrazione nella roccia e successivo sforzo laterale).
- Aderenza al suolo talvolta limitata: ciò significa che non si possono esercitare sul fronte elevate spinte;
- Fuori-sagoma sensibile, superiore a quello prodotto dalle frese p.s. ma minore rispetto all'abbattimento con esplosivo;
- Diffusione di polveri.

Le macchine si classificano secondo il peso e la potenza (che sono in certa misura collegata), come indicato in tabella (2.2), cui è correlata anche la natura della roccia abbattibile (indicata in tabella con la resistenza a compressione semplice- C_0).

Tab. 2.2: Classificazione delle macchine

CLASSE	PESO (kN)	POTENZA (kW)	C_0 (MPa)
Leggere	200	50	<30
Medie	200-400	50	30-80
Pesanti	400-600	110-220	80-100
Molto pesanti	600-800	200-300	<120

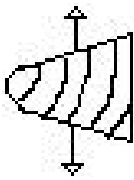

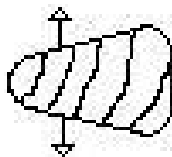
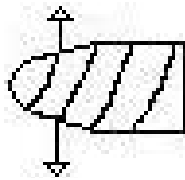
2.2 CONFORMAZIONE DELLA TESTA DI TAGLIO E DEGLI UTENSILI

E' stata sviluppata una grande varietà di organi di scavo, possono essere suddivisi in due categorie: frese con asse di rotazione allineato con il braccio che porta la fresa (teste in linea, o coniche o a vite) e frese con asse di rotazione trasversale rispetto al braccio (teste trasverse, o doppie).

In figura (2.2) sono illustrate i due tipi di teste tipiche e nella tabella (2.3) sono forniti i dati tecnici essenziali di alcune teste (dimensioni, sfondo, potenza). Negli schizzi di Figura (2.3) è schematizzata l'azione dei due tipi di testa nello scavo di una galleria.

Le teste in linea sono utilizzate con sfondi maggiori delle teste trasverse, ma la produttività oraria, a pari potenza e pari roccia, non è diversa, in quanto la velocità di spostamento laterale e l'altezza di taglio sono maggiori per le teste trasverse: la scelta tra un tipo o l'altro di organo di scavo è piuttosto dettata dalla compatibilità dello sfondo con la necessità di mettere in opera sostegni per limitare la lunghezza non sorretta dello scavo, e da problemi di stabilità della macchina da valutare caso per caso, essendo diverse, per i diversi tipi di testa, le reazioni assiali e trasversali cui la macchina è sottoposta.

Tabella (2.3) tipi di teste e relativi dati geometrici e di potenza

Tipo di Roadheader	PSV	AM50	EVR120	VS2 ES
Fabbricante	Paurat	Voest-Alpine	Eickhoff	Demag
Lunghezza della macchina (m)	7,1	7,5	15	7,9
Testa fresante				
Peso della macchina (t)	20	22	56	40
Profondità	0,8	0,3	1,5	7,9
Potenza installata (kW)	50	100	120	75

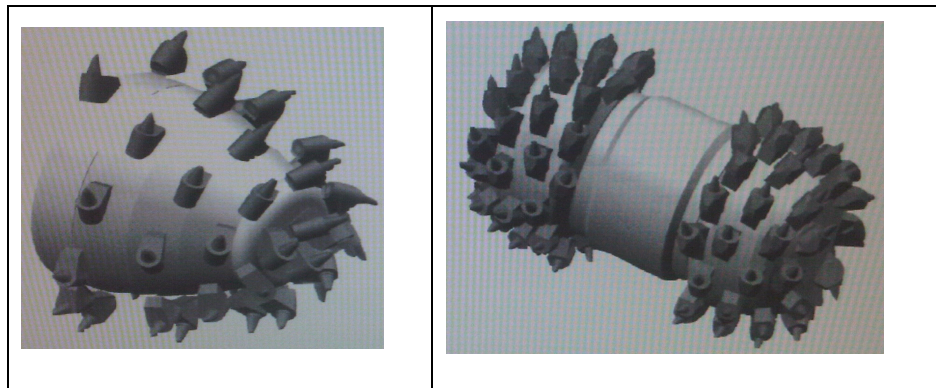


Fig (2.2):(destra) fresa a.l., testa con asse parallelo al fronte; (sinistra) fresa a vite

Esistono macchine in cui si può passare da un sistema all'altro tramite la sostituzione del tamburo. La figura (2.3) e (2.4) mostra indicativamente lo schema di funzionamento e la produzione oraria comparata di frese ad attacco frontale (a vite) e di frese ad attacco laterale (trasversa) in funzione della resistenza a compressione della roccia; si nota che per resistenze elevate è più adatto il sistema ad attacco frontale; per rocce a bassa resistenza risulta più favorevole il sistema ad attacco laterale a causa della maggior produzione.

Gli utensili si distinguono in: 1- utensili a lama; 2- utensili a matita. Questi ultimi sono stati sviluppati per affrontare rocce d'elevata resistenza e sono adottati generalmente sulle frese ad attacco puntuale poiché più adatti degli altri a sostenere le forti spinte da esercitare per abbattere la roccia e perché l'usura si ripartisce uniformemente su tutta la superficie conica costituita da metallo duro, essendo essi in grado di ruotare attorno al loro asse nell'azione di taglio.

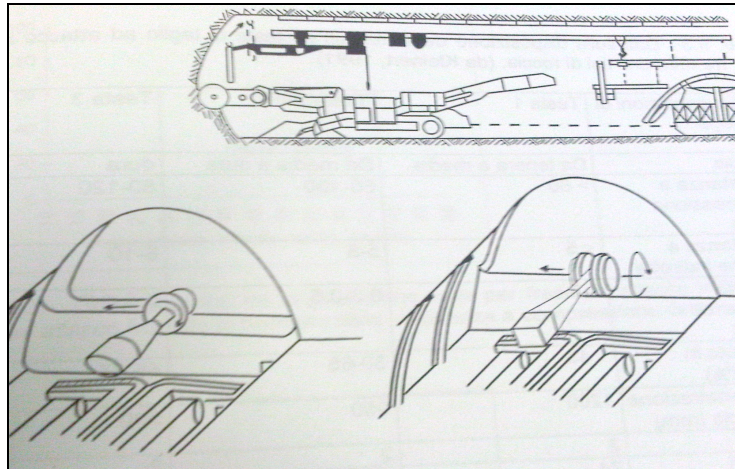


Fig. (2.3) In alto; schema di funzionamento di una fresa puntuale; in basso a sinistra schema di lavoro della testa a vite; a destra schema di lavoro della testa traversa.

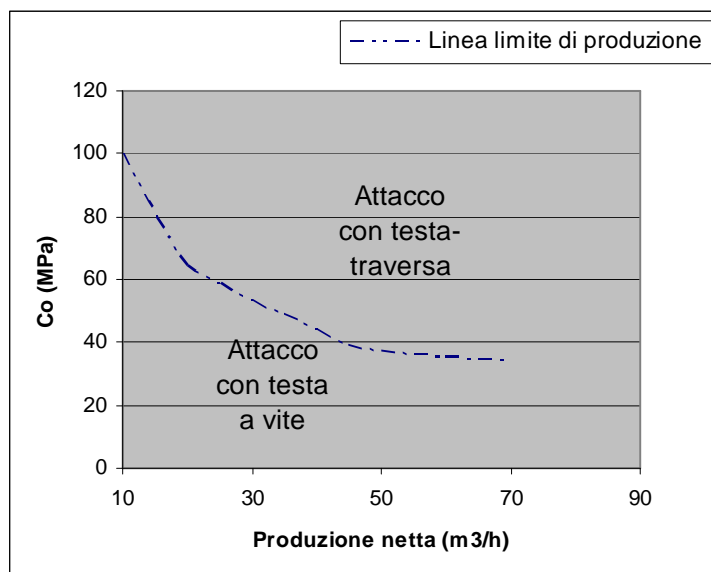


Fig (2.4) comparazione tra la produzione netta per frese ad attacco laterale e frese ad attacco frontale in funzione della resistenza a compressione della roccia.

Qualunque sia il tipo, gli utensili sono collocati sulla testa di taglio in posizione sfalsata, in modo da creare un solco quando il solco contiguo è già presente: in tal modo si può propagare la rottura.

Sulla testa o fresa gli utensili sono generalmente distribuiti, lungo 1 - 5 linee elicoidali (teste a 1 - 5 principi). Su ogni elica è realizzata la copertura della sezione di taglio e ogni elica può quindi essere assimilata ad un utensile lineare con spigolo tagliente elicoidale anziché rettilineo; le diverse eliche possono essere assimilate ad utensili omologhi.

Alle teste viene trasmesso il moto di taglio, ossia la rotazione, con un sistema di trasmissione meccanico (in qualche caso la testa è motorizzata, con trasmissione idraulica), ed il moto di alimentazione. Quest'ultimo è diretto nel senso dell'asse della galleria nella fase di affondata o *sumping*, e trasversalmente nella fase di taglio o *cutting*. Nel primo il moto è trasmesso dall'avanzamento dell'intera macchina (o, in rari casi, della sola testa), nella seconda dai cilindri idraulici che comandano gli spostamenti laterali e verticali del braccio.

La potenza assorbita dal moto di taglio è molto maggiore di quella assorbita dal moto di avanzamento, per contro le forze (assiale e laterale) applicate alla testa dal braccio, e quindi le reazioni scaricate sulla macchina, per ottenere il moto di alimentazione, sono di entità molto notevole, oltre ad essere applicate con un notevole sbraccio rispetto all'asse della macchina, e possono creare problemi di stabilità alla stessa durante il lavoro (per problemi di stabilità non si intende tanto un remoto pericolo di ribaltamento, quanto piuttosto quello, più concreto, di indesiderati spostamenti e conseguenti sovraccarichi sull'organo di taglio, sul braccio e sui motori).

2.3 LE PRESTAZIONI DELLE MACCHINE

Le prestazioni di queste macchine si definiscono mediante la produzione oraria di roccia in posto abbattuta.

I fattori influenti sono:

1. La natura della roccia (la resistenza a compressione od altro adatto parametro).
2. La sua abrasività.
3. La presenza di discontinuità nell'ammasso roccioso.
4. La stabilità della galleria.

Per quanto riguarda la resistenza della roccia, la tendenza a porre sul mercato macchine sempre più potenti e più pesanti deriva dal fatto che il potere disgregante degli utensili dipende, tra l'altro, dalle forze che essi possono sopportare senza rompersi e d'altra parte le forze agenti sugli utensili stessi dipendono dal peso della macchina e dalla potenza di taglio esercitabile.

Nelle figure (2.5) e (2.6) mostrano rispettivamente l'andamento medio della pressione esercitata sui cingoli e della potenza dell'organo di scavo in rapporto alla massa delle macchine.

La figura (2.7) presenta i grafici per la previsione della produzione oraria di frese puntuali in funzione della potenza alla testa e della resistenza a compressione della roccia.

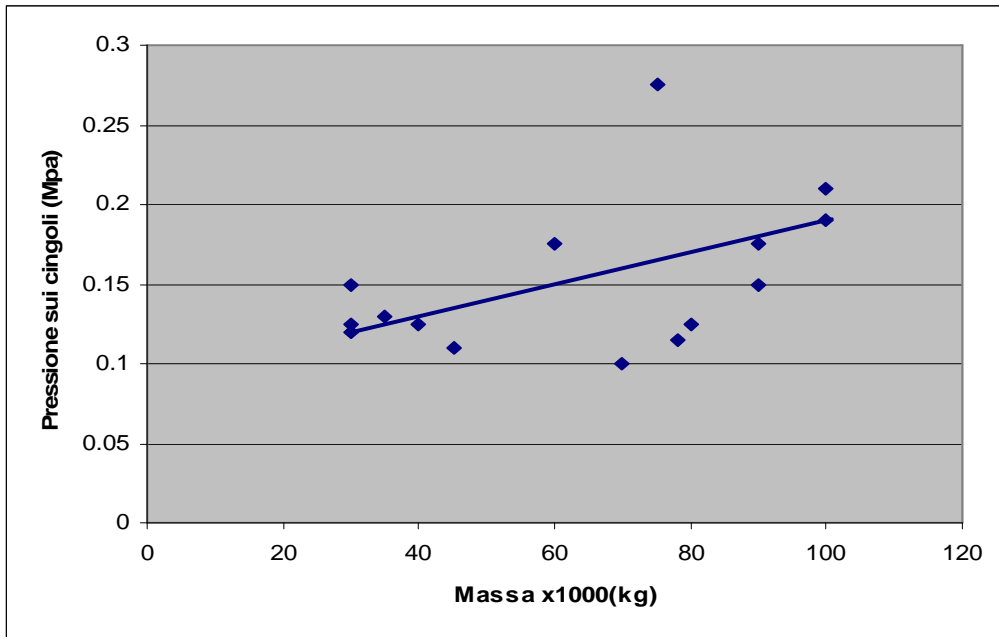


Fig (2.5) Pressione esercitata dai cingoli sul terreno in funzione della massa.

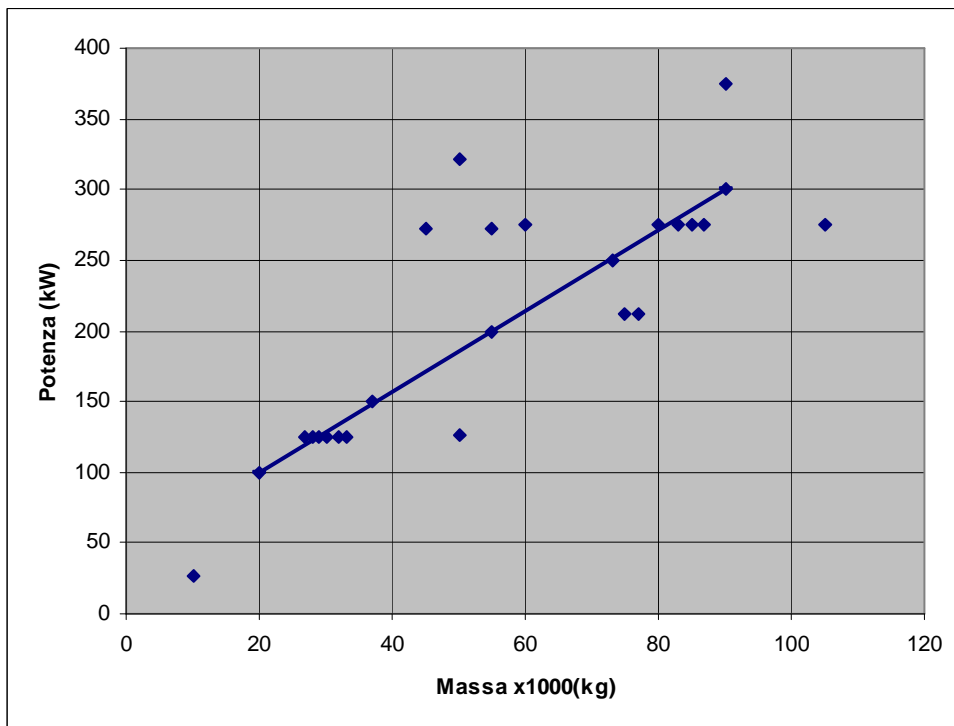


Fig. (2.6) andamento della potenza di frese a.l. in funzione della massa

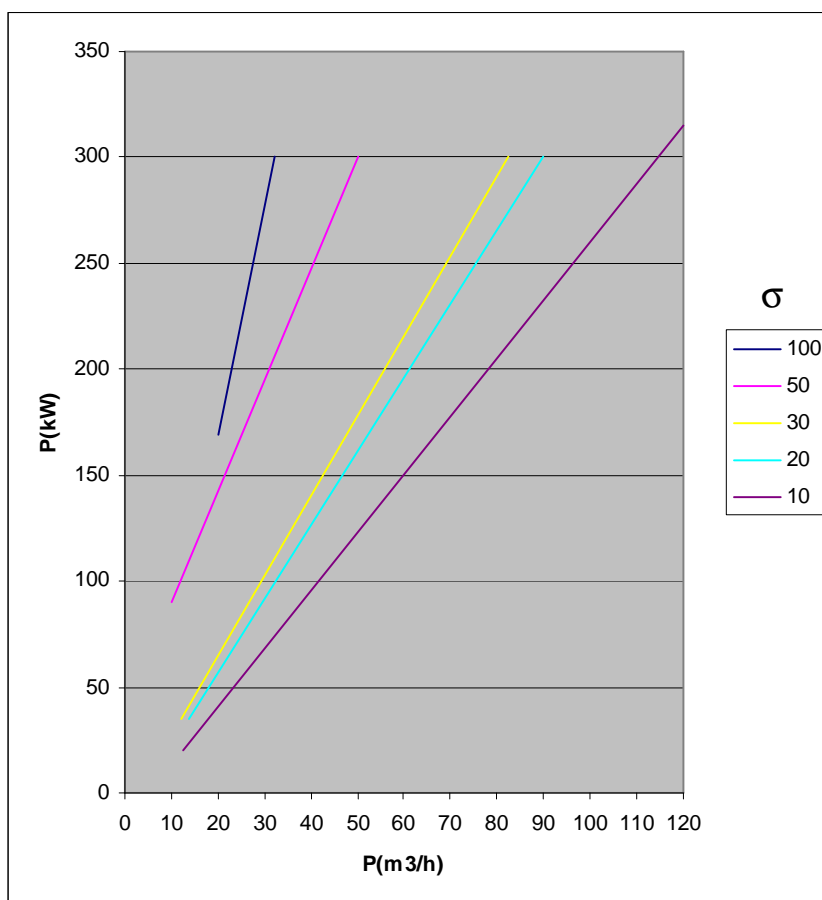


Fig. (2.7): produzione di frese puntuali in funzione della potenza alla testa e della resistenza a compressione.

Anche il grado di fatturazione dell'ammasso roccioso incide sulla produzione, come e' visibile in figura (2.8), ove si nota come al di sotto di valori di spaziatura delle discontinuità (20-40cm) inizia marcatamente un aumento del indice di produttività della macchina.

La posizione del punto di affondata sulla fronte incide nella può essere localizzata nella parte inferiore, in quella centrale o in quella superiore della stessa; avvenuta la penetrazione della fresa, viene asportata, su tutta la larghezza della sezione di scavo, una striscia di

roccia di profondità pari allo sfondo e di altezza pari al diametro esterno della fresa, comandando con il braccio lo spostamento laterale di quest'ultima.

Dunque lo scavo può procedere per successive asportazioni di fette soprastanti alla prima rimossa (*undercutting* o sottoscavo), o di fette sottostanti (*overcutting* o sovrascavo) o, naturalmente, impiegando successivamente le due procedure, fino al completamento della sezione.

Secondo il procedimento per *undercutting* la fresa attacca un gradino rovescio di roccia; la gravità agevola il distacco, e, nel caso di rocce fratturate, si consegue una produttività più elevata (c'è però il rischio che cadano spontaneamente frammenti di dimensioni eccessive, bloccando il sistema di raccolta del marino, che in genere è del tipo a bracci oscillanti, o il trasportatore). In Figura (2.10), sono schematizzati i due modi di procedere nello scavo, e nella figura (2.9) è esemplificata l'influenza del numero di giunti al metro nella roccia sulla produttività nei due casi.

La stabilità della galleria incide sul coefficiente d'utilizzazione della macchina, a causa dei tempi morti necessari per la messa in posto delle armature, le quali sono in pratica sempre indispensabili a causa della qualità geotecnica generalmente mediocre della roccia.

Si definisce coefficiente d'utilizzazione della macchina il rapporto tra il tempo di produzione ed il tempo disponibile per la macchina sul fronte: i valori medi pratici sono dell'ordine di 35-55%.

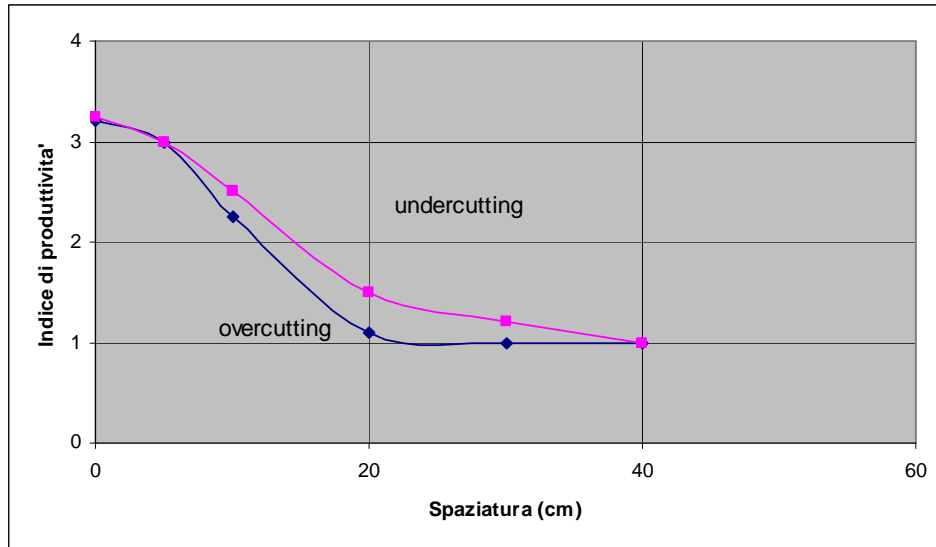


Fig. (2.8): incremento della produzione delle frese a.l. in funzione della spaziatura delle discontinuità.

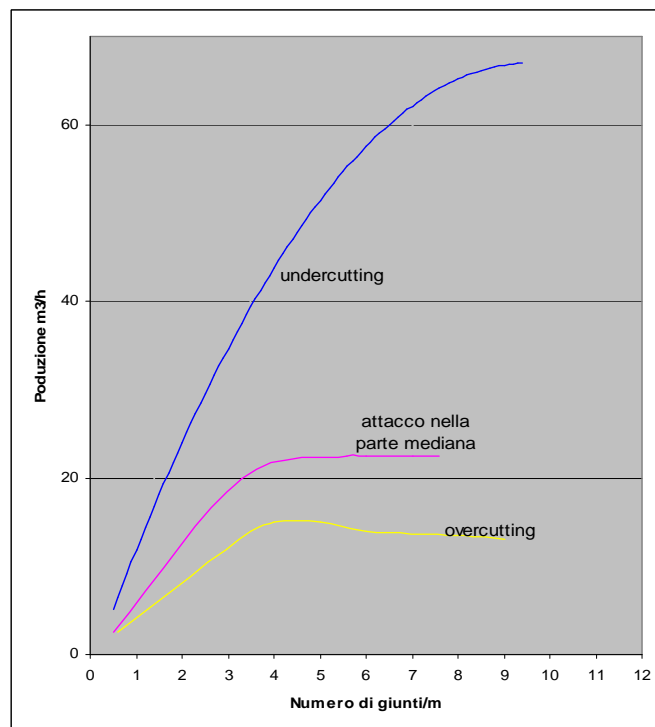


Fig. (2.9) Produzione m^3/h in funzione del numero di giunti al metro: si può osservare un conseguente miglioramento della produzione in funzione della frequenza delle discontinuità (curva azzurra).

Al contrario di altre frese, le macchine a.l. sono di più facile montaggio e smontaggio, come già detto, e pertanto, se l'ammasso roccioso lo permette, sono di preferibile impiego nelle gallerie corte; adeguate per scavi minerari.

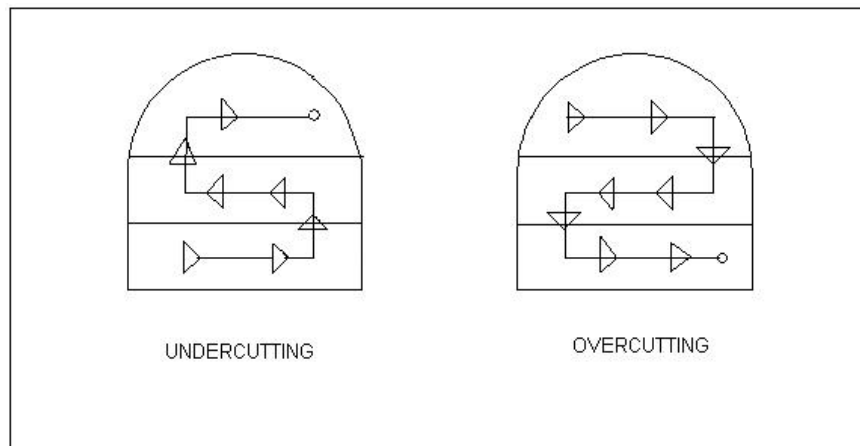


Figura (2.10): schema della testa di scavo.

2.4 L'ABRASIVITA' DELLA ROCCIA E L'USURA DEGLI UTENSILI

Un fattore importante sull'operatività delle frese a.l. è l'abrasività della roccia. Per le frese ad attacco localizzato molto spesso è usato un indice d'abrasività (indice di schimanek), così definito:

$$F = \%qzd\sigma_t / 100 \quad (2.1)$$

Dove:

d è la dimensione media dei grani (mm)

σ_t è la resistenza a trazione (N/mm²)

%qz è la percentuale di quarzo equivalente e vale 100 per il quarzo, 3 per i calcari, 25 per i fillosilicati.

Le figure (2.11) e (2.12) mostrano, rispettivamente, il consumo d'utensili di tipo conico (utensili al m³ di roccia in posto) in funzione del tenore di quarzo ed in funzione del coefficiente F.

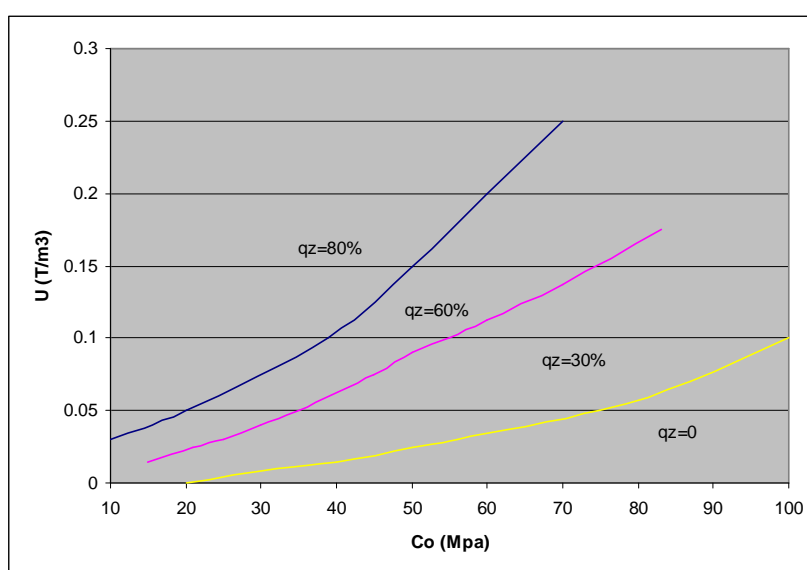


Fig. (2.11): consumo d'utensili in funzione della resistenza a compressione della roccia e del contenuto di quarzo (da: Documento Eickoff-1990).

Possono anche essere usati altri parametri per esprimere l'abrasività della roccia: uno di questi, utilizzato anche a proposito di frese a piena sezione, è per esempio il coefficiente CAI (indice d'abrasività del CECHAR). Nella figura (2.13) si osserva appunto il legame empirico tra detto coefficiente e l'usura delle punte di frese a.l.

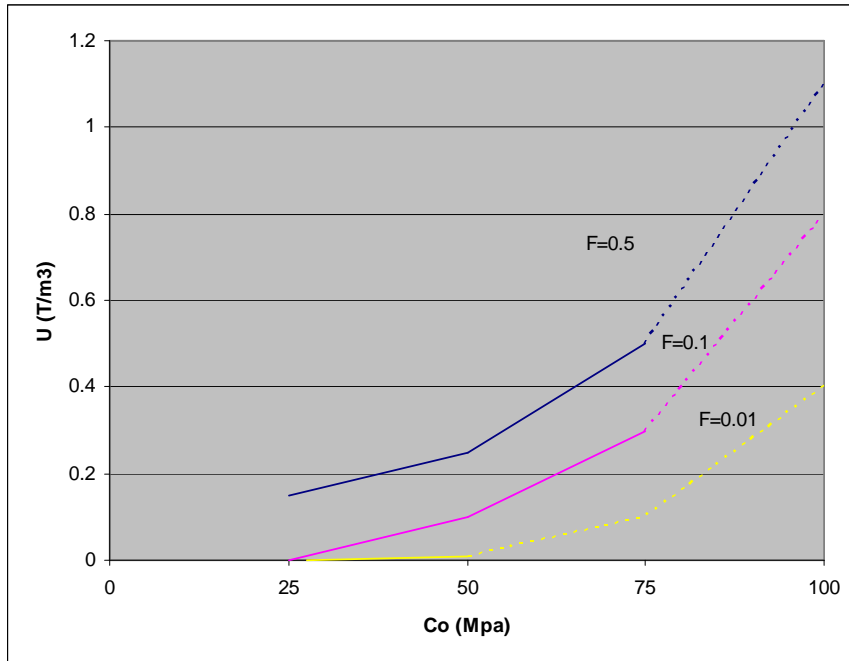


Fig. (2.12): Consumo d'utensili in funzione del coefficiente F di schimaneck e della resistenza a compressione.

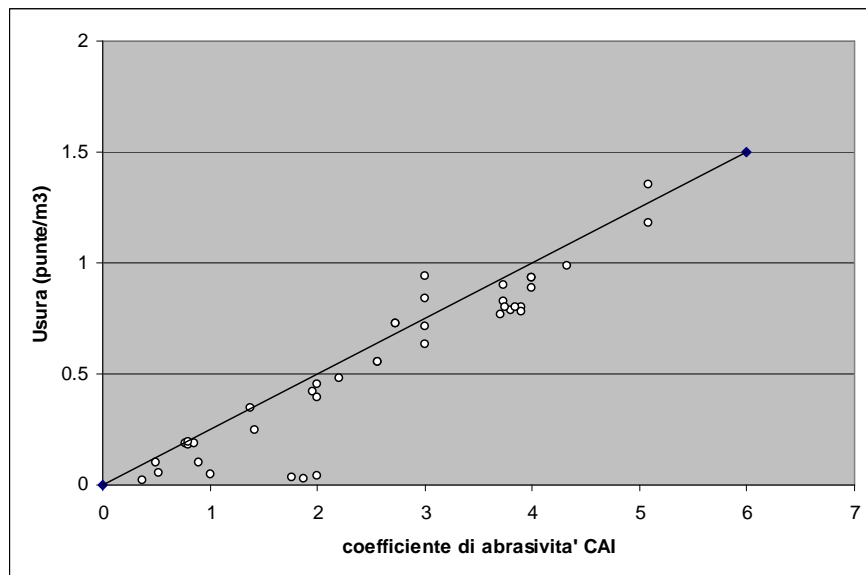


Fig. (2.13): Relazione tra usura degli utensili di frese a.l. e coefficiente d'abrasivita' CAI (fowell, 1979)

E' possibile ridurre il consumo degli utensili mediante la diminuzione della temperatura di lavoro dei medesimi, il che si consegue con la limitazione della loro velocità periferica, come appare in figura (2.14).

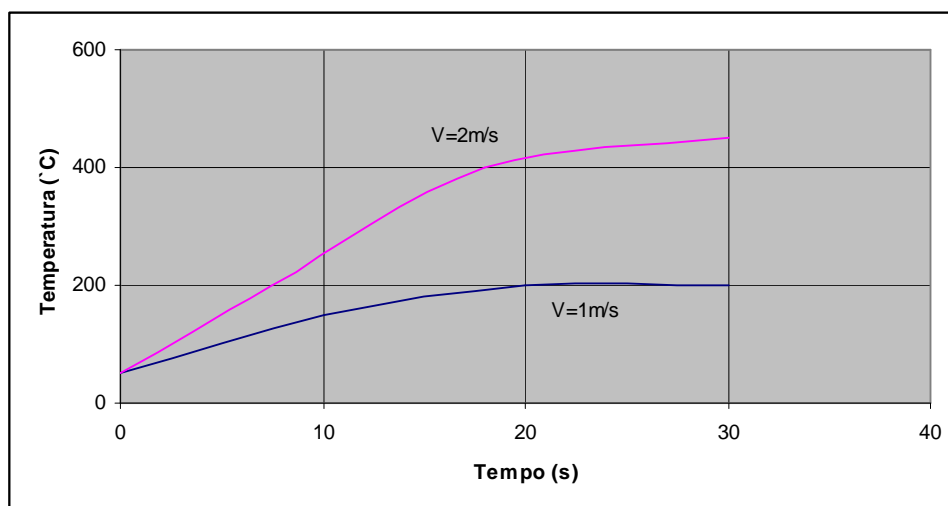


Fig. (2.14): andamento dell'usura (numero d'utensili sostituiti) in funzione della velocità periferica degli utensili.

3 DESCRIZIONE DELLA MACCHINA DI SCAVO PRESENTE NELLA CAVA

La macchina di scavo presente nella cava e' una fresa (Alpine Miner AM 75 (allegato 4) elettroidraulica alimentata a 1000v con testa a tamburo con asse parallelo al fronte. Possiede un sistema di auto caricamento mediante nastro trasportatore dei Dumper. Secondo la tabella (2.2) riportata in precedenza, la fresa, e' classificata come pesanti, con peso pari a 50t=>490,33kN e testa fresante da 200kW di

potenza. Gli utensili sono di forma a matita, essendo questi più adatti generalmente per frese a.l. ad attacco frontale dovuto a che l'usura si ripartisce uniformemente su tutta la superficie conica degli utensili.

A questa macchina si le ha fatto aggiunto una perforatrice idraulica radiocomandata collegata alle prese di forza della fresa.

Tabella (2.4): Specificazioni tecnica dell'Alpine Miner AM

Main dimensions	AM 75-sviluppo	AM 75-produzione
Total weight	50t	54t
Total length	10300mm	12400mm
Height over canopy	1650/1850mm	1930/2600mm
Width over loading table	2.8-5.62m	5.70m
Width over crawler	2600mm	2600mm
Width of crawler tracks	600mm	600mm
Ground pressure	0.13MPa	0.14MPa

Tabella (2.5) Electric implant

potential	1000v/50Hz	1000vHz
Total installed electric motor power	287/342 kW	342kW
Cutter motor	200kW	200kW

Tabella (2.6) Profile

Area	30.5m ²	35.4m ²
Height	4.54m	5m
Width	7.40m	7.6m
Undercut	0.35m	0.28m

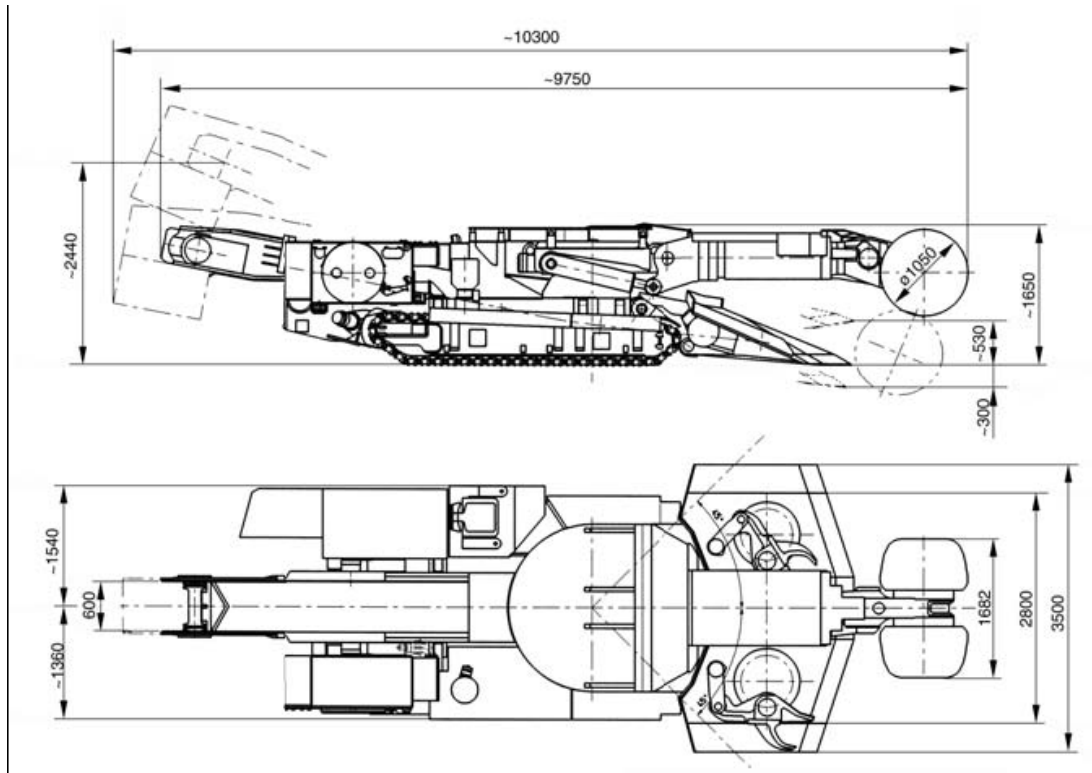


Fig. (2.15): schema con dimensioni della fresa



Fig. (2.16): immagini della fresa Alpine Miner AM 75

**CAPITOLO 3: DESCRIZIONE DEL PROGETTO ESECUTIVO
PER LA COLTIVAZIONE DELLA CAVA DI GESSO A
MONCUCCO**

Nel presente capitolo e' descritto il progetto di coltivazione per la cava di Moncucco, stato sviluppato nel 2002. Per l'anno in corso (2010) si sta sviluppando un nuovo progetto di coltivazione simile al precedente; ma non ancora adottato. La differenza principale del nuovo progetto di coltivazione è che prevede una coltivazione a 5 livelli e propone una nuova configurazione utilizzando sempre il metodo a camere e diaframmi.

Questo nuovo progetto prevede essenzialmente l'utilizzo della fresa a attacco puntuale come macchina di scavo, con questo evitando l'uso di esplosivi.

1. SVILUPPO DELLA COLTIVAZIONE

1.1 DESCRIZIONE

In particolare le caratteristiche giacimentologiche e stratigrafiche del giacimento impongono un'evoluzione della coltivazione con il ritorno al sotterraneo; infatti, non è pensabile – vista l'entità e le caratteristiche della copertura – lo sbancamento di 30 e più m di terreno sterile per la coltivazione a cielo aperto del gesso.

Sempre più nella fascia gessifera del Monferrato, le nuove cave devono confrontarsi con entità di terreni di copertura che ne impediscono per motivi di carattere ambientale o per motivi tecnico-economici la coltivazione a cielo aperto. Tutte le possibilità di facile estrazione a cielo aperto sono state negli anni ampiamente esaurite, i giacimenti di gesso non sono assolutamente esauriti e la cava Fontanamara ne è un chiaro esempio.

In particolare la campagna di sondaggi eseguiti nel 1998 ha messo in evidenza insospettabili riserve di materia prima coltivabile, però per la maggior parte in sotterraneo. Infatti, per il nuovo progetto di coltivazione in sviluppo sono disponibili nuove campagne di sondaggi che danno nuove informazioni sulla forma e spessore del giacimento a Moncucco.

La coltivazione di cava procederà quindi in fasi successive e a tratti sovrapposte, con particolare riguardo alle caratteristiche giacimentologiche del contatto a tetto. Per semplificare si sono suddivise le diverse operazioni in fasi estrattive che potranno presentare anche sovrapposizioni temporali.

La suddivisione sarà effettuata in cinque distinte fasi; la prima fase riguarda lo scavo a cielo aperto con arretramento dei gradoni superiori già esistenti e abbattimento delle vecchie gallerie scavate con la fresa, nonché l'abbassamento del piazzale attuale sino al letto del giacimento.

Il materiale di copertura verrà in questa fase accantonato e dopo utilizzato per il riempimento e il recupero del piazzale inferiore.

La fase 2 prevede l'impostazione e lo scavo delle gallerie del livello 0 più superficiale. Le operazioni di coltivazione avverranno come le nuove planimetrie (allegato (B)), come risaputo, però le caratteristiche del gesso nelle parti più superficiali del giacimento sono di carsismo diffuso con picchi (duomi) e avvallamenti carsici. Risulta quindi molto difficoltosa la previsione dello sviluppo reale del livello zero di coltivazione che potrebbe essere molto più limitata rispetto a quanto indicato nelle planimetrie di progetto.

Per evitare che la coltivazione non possa proseguire per la presenza diffusa di carsismo già dai primi pannelli di coltivazione, si è provveduta la possibilità di apertura di un secondo livello contemporaneamente al primo avente lo sviluppo indicato in planimetria (allegato B).

Le ultime quattro fasi di progetto devono quindi essere considerate complementari e non possono essere distinte temporalmente.

1.2 MATERIALE ESTRAIBILI

Come dettagliatamente descritto ai precedenti paragrafi, la coltivazione in progetto si sviluppa, in prima fase, a cielo aperto, e successivamente in sotterraneo, su cinque livelli sovrapposti, costituenti rispettivamente le successive fasi di coltivazione.

Di seguito si riportano i volumi estraibili nel corso delle varie fasi di coltivazione. Si rimarca che le fasi individuate potranno coesistere; la suddivisione, infatti, non segue un criterio temporale ma topografico.

La coltivazione a cielo aperto (esaurita) ha determinato l'asportazione di complessivi 85.500 m^3 di materiale, di cui 65.908 m^3 di pietra da gesso e 19.600 m^3 di sterili di scopertura che saranno impiegati nel riempimento del piazzale di cava in fase di recupero ambientale.

Fase 1 (livello 0)

La coltivazione del livello più superficiale del sotterraneo comporterà l'estrazione di circa 72.197 m³ di pietra da gesso:

$$A_{\text{tot}} = 15.660 \text{ m}^2 \quad \text{Superficie totale livello 0 sotterraneo}$$

$$A_1 = 3.627 \text{ m}^2 \quad \text{Superficie totale diaframmi}$$

$$A = 15.660 - 3.627 = 12033 \text{ m}^2$$

$$V_1 = 12.033 \times 6 = \mathbf{72.197 \text{ m}^3} \quad (\text{essendo 6m, la altezza delle gallerie previste})$$

Volume totale estraibile livello 0 sotterraneo

Fase 2 (livello 1)

La coltivazione del primo livello del sotterraneo, in comparazione al precedente ha una maggior area: com'è visibile sulle tavole di progetto, esso comporterà l'estrazione di circa 77820 m³ di pietra da gesso.

$$A_{\text{tot}} = 17.182 \text{ m}^2 \quad \text{Superficie totale livello 1 sotterraneo}$$

$$A_1 = 4.212 \text{ m}^2 \quad \text{Superficie totale diaframmi}$$

$$A = 17.182 - 4.212 = 12970 \text{ m}^2$$

$$V_2 = 12970 \times 6 = \mathbf{77820 \text{ m}^3}$$

Volume totale estraibile livello 1 sotterraneo

Fase 3 (livello 2)

La coltivazione del secondo livello del sotterraneo comporterà l'estrazione di circa 76012 m³ di pietra da gesso:

$$A_{\text{tot}} = 17082 \text{ m}^2 \quad \text{Superficie totale livello 2 sotterraneo}$$

$$A_1 = 4414 \text{ m}^2 \quad \text{Superficie totale diaframmi}$$

$$A = 17082 - 4414 = 12669 \text{ m}^2$$

$$V_2 = 12669 \times 6 = \mathbf{76012 \text{ m}^3}$$

Volume totale estraibile livello 2 sotterraneo

Fase 4 (livello 3)

La coltivazione del terzo livello del sotterraneo comporterà l'estrazione di circa 70236 m³ di pietra da gesso:

$$A_{\text{tot}} = 15276 \text{ m}^2 \quad \text{Superficie totale livello 3 sotterraneo}$$

$$A_1 = 3569 \text{ m}^2 \quad \text{Superficie totale diaframmi}$$

$$A = 15276 - 3569 = 11706 \text{ m}^2$$

$$V_2 = 11706 \times 6 = \mathbf{70236 \text{ m}^3}$$

Volume totale estraibile livello 3 sotterraneo

Fase 5 (livello 4)

La coltivazione del quarto livello del sotterraneo, arealmente meno esteso dagli altri livelli, come visibile sulla tavola di progetto, comporterà l'estrazione di circa 55033 m³ di pietra da gesso:

$$A_{\text{tot}} = 12424 \text{ m}^2 \quad \text{Superficie totale livello 4 sotterraneo}$$

$$A_1 = 3251 \text{ m}^2 \quad \text{Superficie totale diaframmi}$$

$$A = 12424 - 3251 = 9172 \text{ m}^2$$

$$V_2 = 9172 \times 6 = \quad \mathbf{55033 \text{ m}^3}$$

Volume totale estraibile livello 4 sotterraneo

La tabella (3.1) riassume le volumetrie estraibili in merito al progetto di coltivazione proposto:

Tabella (3.1)

Livelli di coltivazione in sotterraneo	Materiale estraibile
0	72197 m ³
1	77820 m ³
2	76012 m ³
3	70237 m ³
4	55033 m ³
Totale	351298 m³

2. MEZZI DI COLTIVAZIONE

2.1 INTRODUZIONE

Lo scavo e' avvenuto precedentemente a cielo aperto e, una volta esaurito il materiale spettante mediante alla precedente autorizzazione, si e' intrapresa l'operazione del passaggio al sotterraneo.

La coltivazione si sviluppa mediante impiego di mezzi meccanici, senza ricorrere all'uso di esplosivo che, in passato, ha determinato l'insorgere di problematiche legate alle vibrazioni ed ai rumori.

Lo scavo a cielo aperto, pertanto, e' stato effettuato soltanto mediante impiego di martellone montato su escavatore.

Il martellone utilizzato era commercializzato dalla Montabert e denominato BRV 43; nel seguito se ne riportano alcuni dati tecnici:

Peso = 2000 Kg

Altezza = mm 1930

Energia per colpo = min. in roccia tenera 1425 J

Energia per colpo = max. in roccia dura 5700 J

2.2 SCAVO IN SOTTERRANEO

Lo scavo in sotterraneo si svilupperà su 5 livelli sovrapposti, mediante utilizzo di fresa od esplosivo, in funzione delle caratteristiche locali del materiale in situ.

In ogni caso si ribadisce che la tecnologia di scavo scelta sarà comunque l'abbinamento tra la fresa ad attacco puntuale ed il martellone, l'esplosivo verrà utilizzato **esclusivamente** nei casi dove si debba incrementare la produzione ovvero garantire la sicurezza delle operazioni.

Per il dimensionamento della volata opzionale si utilizzano le formule reperibili in letteratura (cfr. Berta – Italesplosivi) che forniscono i valori del consumo specifico di esplosivo e di carico di roccia per ogni singola mina in funzione di parametri riguardanti il tipo di roccia e l'esplosivo utilizzato.

Per ottimizzare il rendimento della volata opzionale, conviene utilizzare un esplosivo a bassa potenza che arrechi il minimo disturbo alla roccia circostante lo scavo. Lo schema di tiro che si prevede di adottare è del tipo "a ventaglio", caratterizzato, cioè, da una linea di minor resistenza variabile da punto a punto.

L'apertura del "cuore" della sezione viene effettuata con mine di rinora posizionate a ventaglio rispetto all'asse della galleria.

Allo scopo di facilitare il compito del primo ventaglio (ritardi "0") si prevede di far brillare contemporaneamente a questo 3 mine orizzontali di "aiuto".

La superficie libera creata dalle mine di rinora viene sfruttata dalle mine di produzione e di contorno che devono quindi esplodere con un preciso ritardo. L'esatto decalaggio delle cariche è assicurato per mezzo di detonatori elettrici con ritardi ordinati.

3. IMPIANTO DI VENTILAZIONE

La ventilazione del cantiere di avanzamento si ottiene per aspirazione dell'aria viziata in corrispondenza del fronte.

Analogamente anche l'impianto di ventilazione (ventilatore + condotti fissi) viene portato avanti in modo da non superare una distanza massima di 30-40 m tra ventilatore e fronte di avanzamento. L'aria aspirata dal fronte viene mandata al filtro a maniche che, secondo considerazioni teoriche, non deve essere posizionato ad una distanza superiore ai 250 m dal ventilatore; in realtà pur mantenendo le condizioni ambientali del cantiere accettabili, si è arrivati ad una distanza massima di 300 m.

4. EDUZIONE DELLE ACQUE SOTTERRANEE

Per quanto riguarda gli apporti idrici provenienti dal sottterraneo, si evidenzia come le gallerie di coltivazione verranno scavate tutte, sia quelle trasverso-banco che quelle lungo-banco, con una pendenza minima del 2‰ atta a far defluire naturalmente le acque verso l'imbocco.

Si rileva, peraltro, che l'assenza pressoché totale di fratturazione del materiale gessoso, nonché l'impermeabilità dello stesso, escludono la possibilità di venute d'acqua caratterizzabili da una portata di deflusso; esiste, tuttavia, la possibilità di intercettare, durante gli scavi, vuoti carsici contenenti accumuli d'acqua in essi imprigionati proprio a causa dell'anzidetta impermeabilità del materiale.

5. RECUPERO AMBIENTALE

5.1 PREMESSA

Il recupero ambientale di un'area interessata dall'attività estrattiva non può prescindere dal conseguimento dei seguenti risultati:

- Concorso all'ottenimento della stabilità del sito dal punto di vista idrogeologico, geotecnico ed erosivo;
- Limitazione dell'impatto paesaggistico;
- Riaffermazione degli ecosistemi presenti nell'area nell'ambito di un più specifico riequilibrio ecologico - naturalistico.

E' evidente come soltanto il primo punto costituisca un requisito irrinunciabile per quanto riguarda l'ambiente modificato dall'estrazione in sottterraneo, poiché nullo è in tal caso l'impatto paesaggistico, né si può pensare ad una riaffermazione di equilibri ecologico – naturalistici all'interno delle cavità residue della coltivazione mineraria.

Si propone pertanto, un'attività di riuso del sottosuolo, compatibile con le caratteristiche "ambientali" del sistema di gallerie determinato dall'estrazione del gesso.

Riguardo alle aree oggetto di coltivazione a cielo aperto, per le quali si prospetta un recupero ambientale nell'usuale accezione del termine, si sottolinea come l'assetto idrogeologico e geotecnico del sito debba essere obbligatoriamente la base su cui poggia il progetto di recupero ambientale stesso, in quanto la riuscita di quest'ultimo è anche funzione di una corretta impostazione di metodologie di modellamento appropriate.

5.2 PROPOSTA DI RIUSO DEL SOTTOSUOLO

Un aspetto da considerare nel progetto di una coltivazione di cava in sotterraneo riguarda il riuso dei vuoti al termine della coltivazione; proporre una forma di riuso dei vuoti che risulti economicamente vantaggiosa per chi la intraprende è una cosa evidentemente molto difficile, poiché si deve proporre un'attività che possa essere attuata in tempi lunghi, al termine effettivo della coltivazione del giacimento.

I costi di gestione, relativi al mantenimento delle condizioni di sicurezza statica dei vuoti minerari, di adeguata ventilazione ed illuminazione del sotterraneo, e all'eduazione delle acque, stabilità dei vuoti, in una coltivazione di questo tipo ed a queste profondità di esercizio non risultano proponibili se non attuando forme di riuso in grado di produrre reddito.

In tutto il mondo le coltivazioni minerarie in sotterraneo esaurite sono oggetto di diverse forme di riuso, che possono essere suddivise in (1):

- 1) usi civili come deposito merci o magazzini;
- 2) aree di stoccaggio liquidi e solidi;
- 4) aree di coltura per funghi o cantine di invecchiamento del vino;
- 5) musei minerari;

Più in particolare in Italia si rilevano due riusi a museo minerario (Traversella e Cogne) di cui la miniera di Traversella è ancora in corso di studio; per il resto i riusi sono tutti collegati alla coltivazione di funghi

¹ GEAM - geoingegneria ambientale e mineraria - "Riuso dei vuoti minerari: una rassegna di esempi internazionali"

in sotterraneo e all'utilizzo come cantine di vini, destinazioni d'uso che si potrebbero proporre anche per il caso in esame.

Per il caso in esame si propone un riuso finalizzato alla coltivazione di funghi ed a cantina per vini.

Vista la notevole estensione delle gallerie si potranno delimitare opportunamente le zone da destinarsi ai riusi previsti chiudendo con cumuli di materiali sterili di cava gli accessi alle gallerie che si sviluppano a maggior distanza dalle vie d'accesso.

Si evidenzia che le attività di coltivazione funghi e cantina per vini, eventualmente gestite da Ditte distinte, potranno usufruire di accessi separati ed indipendenti.

**CAPITOLO 4: DESCRIZIONE DELL'IMPIANTO E PROCESSO
DI TRASFORMAZIONE DEL GESSO**

1. GENERALITA': IL GESSO

Il gesso è un materiale versatile, che si trova in natura sotto forma di pietra da gesso o di anidrite naturale. Viene estratto direttamente dalle cave coltivate a cielo aperto o in galleria.

1.1 PROPRIETA'

L'incombustibilità o la capacità di assorbire umidità e restituirla quando l'ambiente diventa secco rendono il gesso un prodotto incomparabile. Il gesso viene distribuito in polvere sfusa o in sacchi o premiscelato con inerti e trasformato in manufatti. Le applicazioni più comuni riguardano l'edilizia dove viene usato per intonaci interni per pareti e soffitti o nei massetti di sottofondo per pavimenti.

1.2 PRINCIPALI IMPIEGHI DEL GESSO

Il gesso risulta avere molteplici impieghi sia come gesso cotto (o gesso emiidrato per la perdita di 1.5 molecole di acqua in seguito a riscaldamento a temperature comprese tra 107 e 163°C circa), sia come gesso crudo. Alcuni prodotti derivano invece dal gesso cotto "a morte" (forma ottenuta mediante l'eliminazione di entrambe le molecole di acqua, in seguito a cottura a temperature superiori a 300°C).

1.2.1 *Nel campo della costruzione:*

La principale applicazione del gesso cotto si ha tuttora nel campo dei materiali da costruzione, dove è la base di un gran numero di prodotti ottenuti miscelando in varie proporzioni il gesso emiidrato,

l'anidrite insolubile e l'anidrite solubile con l'aggiunta di eventuali additivi, dopo successivi processi di cottura e macinazione, secondo diverse modalità.

Si ottengono in questo modo diversi tipi di intonaci (tradizionali, speciali alleggeriti per finiture spianature, etc), manufatti leggeri, prefabbricati, malte, sottofondi per pavimenti, pareti non potanti e controsoffitti (cartongesso). Tra le qualità dei materiali a base di gesso impiegati in edilizia si devono ricordare quelle relative all'isolamento termico e acustico, la resistenza al fuoco, la funzione di regolazione dell'umidità' negli ambienti chiusi, la lavorabilità e la facilità di messa in opera (Regione Piemonte, 2000)

I solfati di calcio crudi (gesso o anidrite) vengono invece comunemente usati come additivo nell'industria del cemento. Mescolati crudi al clinker, essi conferiscono un'azione ritardante alla presa del cemento, aumentando al contempo la sua resistenza, se presenti in percentuali ridotte. Piccole quantità (<5% circa) di gesso a basso tenore (inferiore di solito all'80-85%) vengono ad esempio aggiunte al clinker di Portland all'atto della macinazione, allo scopo di regolarizzare le fasi iniziali del processo di idratazione dei costituenti il clinker stesso (Lucco Borlera&Brisi, 1992).

Gli attuali cementi portland sono costituiti da clinker finemente macinato addizionato con gesso in percentuale compresa tra il 3 e il 6%. Certi cementi usati per lavori speciali (sottomarini, oppure gallerie in terreni gessosi o con acque solfatiche) possono invece contenere fino al 15-18% di gesso. Le specifiche in proposito non sono troppo stringenti: per il gesso la purezza chimica può essere anche solo del 75% e per l'anidrite del 60%, la presenza di argille o marne no altera a

funzionalità del gesso. La granulometria del prodotto macinato deve invece essere compresa fra 8 e 50 mm con massimo 20% < 8 mm.

La quantità di gesso destinata all'industria del cemento, rispetto agli altri impieghi, varia molto da paese a paese ma, complessivamente, si può stimare che tale settore assorba circa la metà della produzione mondiale.

Tale percentuale cresce nei paesi in via di sviluppo: ad esempio in India raggiunge il 75%, mentre negli Stati Uniti scende al 25%, essendo la frazione complementare destinata all'industria dei premiscelati, prefabbricati o degli ammendanti agricoli. Ciò significa che ampio spazio rimane tuttora al gesso per contribuire allo sviluppo, almeno nel settore dell'edilizia, di molti Paesi Emergenti (Regione Piemonte, 2000).

1.2.2 Applicazioni nell'industria chimica

I solfati di calcio cotto a morte sono invece, in linea di principio, utilizzabili anche come pigmento nell'industria chimica. Il gesso ed in particolare l'anidrite per tali scopi sono stati utilizzati inizialmente in Gran Bretagna intorno al 1930 ove, riscaldando una miscela di anidrite, carbone, sabbia e alluminio in polvere si ottenne per la prima volta acido solforico (Parrish, 1929). Uno dei metodi principali si basa sulla decomposizione del solfato di calcio in ambiente riducente, ottenuta mediante cottura, da cui si ottengono ossido di calcio e anidrite solforosa, che viene successivamente inviata ad un impianto di produzione di acido solforico.

Occasionalmente il solfato di calcio veniva miscelato con opportuni additivi (assieme ad un agente riducente, quale ad esempio il carbone) in modo che, dopo la cottura, l'ossido di calcio derivante dal solfato di calcio si mescolasse con tali additivi per dare origine ai costituenti del clinker di cemento.

Ovviamente l'utilizzo dell'anidrite piuttosto che del gesso riduce i costi di produzione legati al processo di disidratazione del biidrato (Colussi&Longo, 1973; Heide, 1967; Bedwell, 1979). Le caratteristiche richieste riguardano essenzialmente la purezza chimica: il tenore richiesto e', infatti, superiore al 90%).

Sono inoltre necessarie, per poter ridurre i costi di produzione, la disponibilità di materia prima a basso costo in prossimità all'impianto di trattamento, limitando così i costi di trasporto, e la facile reperibilità degli altri elementi che intervengono nel processo di produzione. Per tale motivo queste applicazioni sono piuttosto limitate e l'uso del gesso interessa principalmente altri settori industriali (Regione Piemonte, 2000).

Il gesso e' molto versatile e può essere impiegato in altre aree secondarie, per esempio nei campi dell'agricoltura, per l'industria tessile, alimentare, della ceramica, per la produzione della galvanoplastica, in campo artistico e sanitario ecc.

2. PROCESSO DI PRODUZIONE

La materia prima (**pietra da gesso**) viene estratta, nel giacimento in esame, con frese ad attacco puntuale; una volta estratto, il gesso è depositato in aree di stoccaggio in prossimità degli impianti di trattamento, dove viene frantumato a pezzatura idonea alla cottura con mulini a martelli.

La frantumazione e la macinazione sono entrambe effettuate allo scopo di ridurre la dimensione massima dei materiali provenienti dalla cava.

L'impianto e' costituito da 8 forni (figura 4.1 e 4.2), di cui attualmente ne sono in funzione 4. Ogni forno è costituito da una struttura in muratura, sulla quale e' posta una caldaia in lamiera munita di un agitatore meccanico chiuso nella parte superiore da un coperchio munito di camino di scarico.



Figura (4.1), impianto di Moncuoco: vista laterale dei forni



Figura (4.2), impianto di Moncucco: vista dall'alto.

La **pietra da gesso**, precedentemente macinata, è introdotta nella caldaia la quale è lambita dalle fiamme di combustione; la massa viene continuamente rimescolata, in modo che il suo riscaldamento risulti perfettamente uniforme e che il vapore acqueo possa facilmente svilupparsi dalla massa stessa; il materiale viene portato a temperature che si aggirano sui 180° C (figura 4.3). Dopo due ore termina il processo di cottura e, in base al materiale da produrre, si sceglie la raffinazione finale adatta. Nell'impianto la raffinazione avviene con mulini a pastiglie.

I procedimenti di cottura possono essere condotti in due modi: per via secca o per via umida: nel caso in esame si procede per via secca. Terminata la fase di cottura, segue quella di raffreddamento alla quale spettano due finalità: stabilizzare il prodotto e convogliarlo all'uscita dal forno, dove avviene lo stoccaggio in silos.



Figura (4.3), impianto di Moncucco: vista del forno.

L'importanza del raffreddamento è tanto maggiore quanto più la temperatura del prodotto in uscita dal forno è elevata. Successivamente al raffreddamento, il gesso viene sottoposto ad un'ultima macinazione che riduce la sua granulometria ai valori previsti dalle specifiche tecniche della categoria di impiego cui è destinato (in questo caso non è necessaria). Il confezionamento in sacchi è effettuato per via pneumatica, dopodiché il materiale è pronto per la vendita.

Il prodotto (gesso emiidrato, denominato scagliola) viene confezionato in sacchi di carta da 25 kg. o 40 kg ed è impilato su bancali da 1,2 t a 2,0 t. Si conserva in luogo fresco e asciutto per un periodo massimo di 6 mesi in estate e mesi 4 in inverno.

L'impianto ha una capacità massima di produzione di circa 50.000 t, quando tutti i forni lavorano contemporaneamente. Questa produzione massima è andata calando negli anni. La principale causa è l'esaurimento della coltivazione a cielo aperto. La produzione attuale

mensile arriva circa a 5000 q. A causa dell'evidente riduzione della produzione, è sorta la necessità di sviluppare la coltivazione in sotterraneo e di realizzare un nuovo progetto che permetta di coltivare agevolmente il giacimento di gesso per tutta l'estensione della sua concessione.

3. SPECIFICAZIONI DEL PRODOTTO (SCAGLIOLA)

3.1 GENERALITA'

La scagliola è un prodotto che appartiene alla linea intonaci e rasature, con qualità costanti. E' caratterizzata da una granulometria molto fine, che permette di ottenere una rasatura tradizionale (con pareti pronte per essere decorate). Non contiene fibre d'amianto o altri materiali tossici.

E' idoneo all'intonaco di pareti in mattone, soffitti in tavelle e/o pignatte e rasatura su sottofondi di intonaco grezzo. E' consigliata, data la sua composizione, per impieghi su pareti interne. Presenta una buona traspirazione e quindi non risulta impermeabile.

3.2 DATI TECNICI

- o Rapporto d'impasto: 55 l d'acqua per 100 kg di polvere
- o Aspetto: Pasta semifluida omogenea
- o Tempo di lavorazione: dai 12 ai 50 minuti a seconda del supporto e della temperatura ambiente.

- o Resa teorica: 1 kg. ogni m² con spessore 1 mm.
- o Densità del prodotto secco: versato 750 kg/m³ – assestato 1100 kg/m³
- o Densità del prodotto pronto all'uso: 1600 kg/m³
- o Granulometria: max 0,005 mm.

3.3 MODALITA' D'USO E APPLICAZIONI

Viene utilizzata in gamatta spolverandola sull'acqua pulita, dosata nel giusto rapporto (di circa kg 1,5 per litro d'acqua). Si lascia in riposo per qualche minuto fino a totale assorbimento e quindi si impasta con miscelazione manuale. L'impasto ottenuto sarà pronto all'uso dopo circa 10-12 minuti. Il tempo di utilizzo dell'impasto nella gamatta è di circa 40 minuti. Dopo tale periodo il prodotto non può essere applicato né utilizzato per altri impasti. L'applicazione si effettua con cazzuola americana a due mani caricando due volte sul sottofondo. Ad asciugamento avvenuto si ottiene l'aspetto liscio ripassandolo con cazzuola americana piccola caricata.

Il materiale fresco in opera teme il gelo, per cui si raccomanda di non eseguire applicazioni con temperature inferiori a 0°C. Prima dell'applicazione su pareti di cemento precompresso, il supporto deve essere pulito da eventuali presenze di polvere, salnitro, olii, disarmanti ovvero da qualsiasi presenza di materiali che impedirebbero una buona adesione. Su pareti particolarmente secche si consiglia una preventiva umidificazione con acqua.

CAPITOLO 5: ATTUALE E FUTURA PRODUZIONE DI GESSO GIORNALIERA

1. QUANTITÀ DI GESSO ESTRATTO NELLA SITUAZIONE ATTUALE

1.1. PREMESSA

Per calcolare la produzione giornaliera, è necessario studiare e analizzare i tempi del ciclo di scavo della fresa.

Attualmente la cava di Moncucco si trova in attesa d'autorizzazione per riavviare lo scavo. Per questo motivo sorge la necessità di calcolare le quantità di gesso che approssimativamente la fresa riesce a scavare, ipotizzando una giornata completa di lavoro. In tal modo si ottiene la produzione massima raggiungibile per la macchina, con l'applicazione del nuovo progetto di coltivazione messo a punto.

Come detto nel capitolo precedente, la produzione di gesso nell'impianto è andata sempre calando col passare degli anni, a causa dell'esaurimento della coltivazione a cielo aperto e delle mancanza di un nuovo progetto di coltivazione che consente di sfruttare completamente il giacimento di gesso. La produzione massima negli anni'80 era da 50.000 m³/anno e la produzione attuale è di circa 5.000 m³.

Col calcolo della produzione massima ipotizzata della fresa, ed essendo nota la produzione di gesso attuale dell'impianto, si può fare un confronto fra questi valori. La differenza ottenuta è il possibile incremento nella produzione di gesso con l'applicazione del nuovo progetto in una giornata completa di lavoro.

1.2. ORARIO DI LAVORO

Una giornata lavorativa media è di otto ore, anche se frequenti sono gli straordinari richiesti al personale e dovuti, essenzialmente, alla manutenzione dei mezzi. L'attività comincia alle 7:00 e termina alle 17:00, con una pausa dalle 12:00 alle 14:00, per permettere al personale di pranzare. Questo orario è in vigore dal lunedì al venerdì, mentre il sabato la giornata lavorativa si conclude a mezzogiorno. Si può riassumere il quadro completo così:

- Settimane lavorative al mese: **Wm = 4,2**.
- Mesi lavorativi in un anno: **My = 11**.
- Ore lavorative settimanali: **Hw = 45**.
- Ore lavorative al giorno: **Hd = 8**.
- Settimane lavorative in un anno: **Wy = 46,2**.

$$W_y = W_m \cdot M_y$$

- Giorni lavorativi a settimana: **Dw = 5,63**.

$$D_w = 5 + \left(\frac{5}{8}\right)$$

- Giorni lavorativi in un anno: **Dy=260**.

$$D_y = D_w \cdot W_y$$

Si deve tener conto che la produzione non avviene durante l'anno con gli stessi ritmi: infatti, vi sono periodi in cui la domanda scende molto, nei mesi di dicembre e gennaio, per esempio, e quindi non sarebbe veritiero considerare 46,2 settimane di produzione a pieno regime.

Giorni di produzione all'anno: $D_{py} = 248$, che sarebbero i giorni di lavoro necessari per raggiungere il tetto di produzione.

- Settimane di produzione all'anno: $W_{py} = 44,2$.

Un ulteriore appunto sull'orario lavorativo riguarda le ore di lavoro straordinario. Questo è principalmente connesso con compiti di manutenzione delle macchine e altre operazioni non direttamente legate alla produzione, quali per esempio il riposizionamento delle pompe per l'eduzione delle acque dai bacini secondari, o dei ventilatori secondari.

1.3 CALCOLO DELLA MASSIMA PRODUZIONE DI GESSO, IPOTIZZANDO UNA GIORNATA COMPLETA DI LAVORO

Dati di targa (allegato 4): specifiche tecniche della fresa (Alpine Miner AM75). Dati che in particolare interessano:

- Profondità di affondatura pari a 0,35 m.
- Potenza della fresa pari a 200 kW.
- Velocità di rotazione: 3-3,5 m/s, in funzione della resistenza della roccia.
- Resistenza a compressione monoassiale => gesso Macrocrystalino pari a 10 MPa.

Anzitutto si localizza il punto di funzionamento della fresa sulla (figura (5.1)), relativo alla produzione in funzione della potenza alla testa e della resistenza a compressione monoassiale della roccia.

Con una potenza di 200 kW e una resistenza a compressione monoassiale pari a 10MPa, il punto di funzionamento risulta pari a $81,25 \approx 81m^3 / h$.

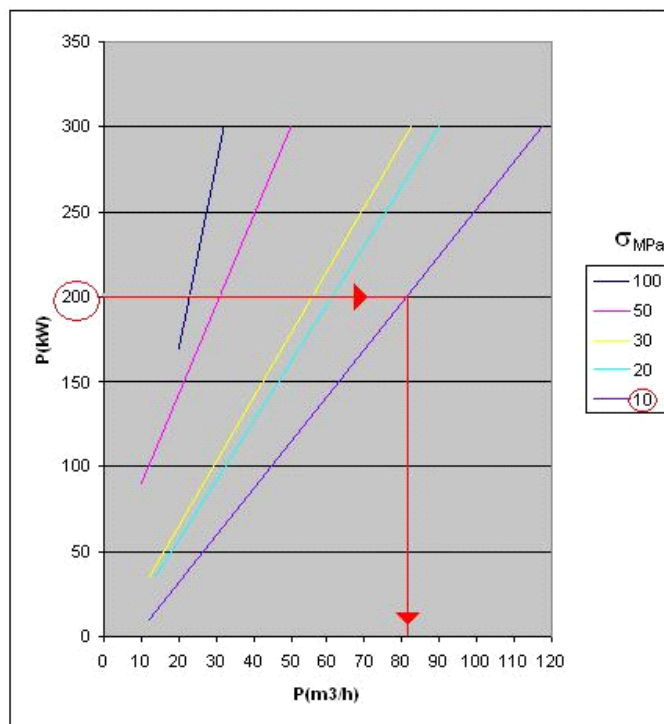


Figura 5.1: come trovare il punto di funzionamento.

Si deve notare che questo valore corrisponde alla produzione netta di roccia in posto. Tale produzione corrisponde a:

$$81m^3 / h = 81 \frac{m^3 * 1h * 1 \text{ min}}{1h * 60 \text{ min} * 60s} = 0,0225m^3 / s$$

La sezione di scavo ipotizzata è assimilabile a un quadrato, molto simile alla sezione reale di scavo (figura (5.2)), di larghezza e altezza pari a 6 m (figura (5.3)), compatibile con la larghezza della macchina, che è 3,5m e con la sua altezza di 1,65m (figura 2.15).



Figura (5.2): sezione di scavo della galleria a Moncucco; si notano le tracce lasciate dalla fresa sulla roccia.

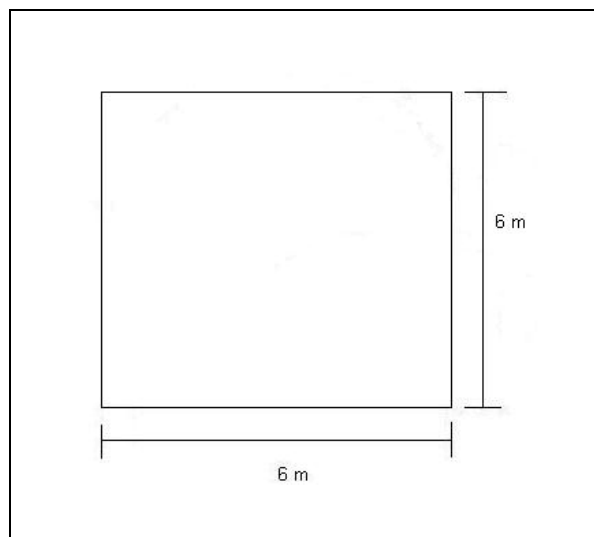


Figura (5.3): sezione ipotizzata nel calcolo.

L'area della sezione risulta dunque pari a $36m^2$ e il volume in posto, per ogni ciclo di scavo, è pari a:

$$14,13m^2 * 0,35m = 12,6m^3$$

Per il calcolo del volume totale abbattuto in una giornata completa di lavoro, che corrisponde a 8 ore, si ipotizza la seguente procedura (figura (5.4) e (5.5)):

- Prima affondata ad una delle estremità della base della sezione (sumping).
- Estensione del sottoscavo, verso destra (cutting)
- Spostamento verso l'alto con volume pari alla prima affondata.
- Spostamento verso sinistra (scavo della seconda fetta)
- Sollevamento per lo scavo della terza fetta
- Così via fino arrivare all'abbattimento di tutta la sezione di scavo.
- Riposizionamento della macchina, avanzamento 0,35 m
- Inizio di un nuovo ciclo.

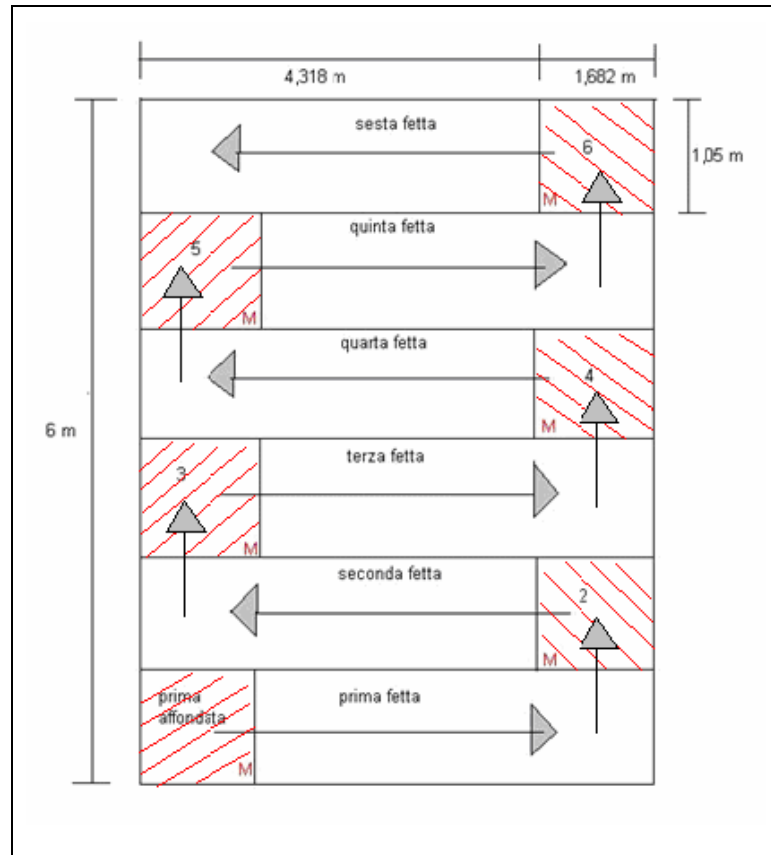


Figura (5.4): Numero di fette, dove "M" è il tempo di manovra, e schema di scavo.

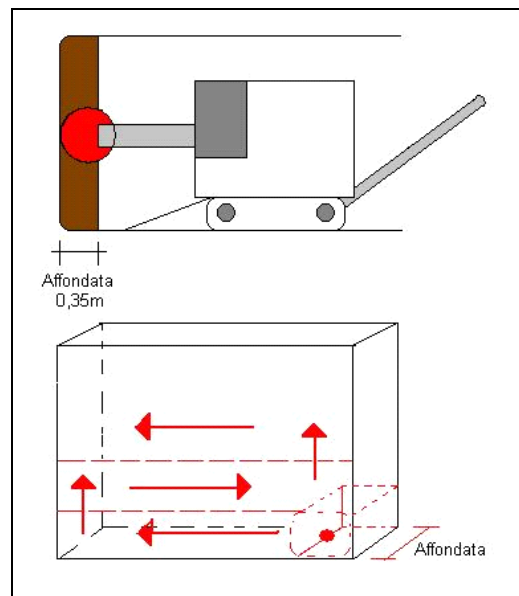


Figura (5.5): Schema 3D dello scavo

1.3.1 CALCOLO DEL VOLUME ABBATTUTO IN UN CICLO DI SCAVO:

- Per calcolare il volume della prima affondata (V_a) si ipotizza l'area di un quadrato con dimensioni pari alle dimensioni della testa:

$$V_a = (1,05 * 1,682) * 0,35 = 0,62m^3$$

- Tempo macchina: $\frac{m^3}{m^3/h} * \frac{0,62}{0,0225} = 27,55 \approx 28s$
- Manovra di passaggio dal movimento di affondata a quello di spostamento laterale (stimato 5s).
- Scavo della prima fetta: $V_1 = (6 - 1,682) * 0,35 = 1,51m^3$
- Tempo macchina: $\frac{m^3}{m^3/s} \frac{1,51}{0,0225} \approx 67s$
- Tempo riposizionamento della macchina per l'avanzamento, dopo l'esecuzione di uno sfondo completo: 30s.
- Tempo totale per un ciclo della macchina:

$$T_c = 28 * 6 + 67 * 6 + 5 * 6 + 30 = 630s \Rightarrow 10,5 \text{ min} \approx 10 \text{ min}$$

Tale valore è puramente indicativo del tempo, in condizioni teoriche, impiegato dalla fresa a compiere uno sfondo completo.

1.3.2 SMARINO

In questa attività sono coinvolti contemporaneamente due autocarri con capacità di 200 q equivalente a $8,7 m^3$. Evidentemente un

autocarro non è sufficiente per eseguire lo smarino di un ciclo di scavo completo della fresa.

Un dumper ha la capacità di caricare $8,7 \text{ m}^3$ di materiale sciolto, mentre in un ciclo completo di scavo la fresa abbatte $12,6 \text{ m}^3$ di materiale in posto. Considerando un BF pari a 0,35, il volume totale che devono trasportare i due dumper è:

$$V_{ts} = 0,35 * 12,6 + 12,6 = 17,4 \text{ m}^3$$

Dove:

V_{ts} corrisponde al volume totale sciolto

Un dumper riesce a caricare il volume corrispondente a mezzo ciclo di scavo, quindi la fresa deve fermarsi e aspettare il posizionamento del secondo dumper. Per calcolare il tempo di attesa si ipotizzano due casi:

- a) Il dumper carico deve percorrere una distanza di circa 50 metri per permettere al secondo dumper di posizionarsi per il caricamento del volume necessario e completare uno sfondo.
- b) Il dumper caricato deve percorrere una distanza di circa 200 metri; con questa distanza si considera il punto più lontano della coltivazione dal punto di stoccaggio.

Nei due casi per calcolare il tempo totale necessario ad ogni dumper dobbiamo considerare i seguenti parametri:

- t_r : tempo riempimento, pari al tempo di mezzo ciclo di scavo
- t_a : tempo di andata (dumper carico)
- V_c : velocità del dumper carico pari a 30 km/h \Rightarrow 8,33 m/s
- t_r : tempo di ritorno (a vuoto)
- V_v : velocità del dumper vuoto pari a 40 km/h \Rightarrow 11,1 m/s
- t_m : tempo di manovra (posizionamento e svuotamento).
- $t_{ciclo-D}$: tempo del dumper.

Considerando il primo caso:

$$t_{ciclo-D} = t_r + t_a + t_r + t_m = 309s + \frac{50}{8,33} + \frac{50}{11,1} + 60s = 379,5s = 6,33 \approx 6,3 \text{ min}$$

Il ciclo del dumper è pari a 379,5s, quindi la fresa deve fermarsi un tempo di 70,5s, risultando il ciclo della fresa pari a:

$$t_{ciclo-F} = 309 + 70,5 = 379,5s = 6,33 \text{ min}$$

Considerando il secondo caso:

$$t_{ciclo-D} = t_r + t_a + t_r + t_m = 309s + \frac{200}{8,33} + \frac{200}{11,1} + 60s = 411,03s = 6,85 \text{ min}$$

Il ciclo del dumper è pari a 411,03s, quindi la fresa deve fermarsi un tempo di 102,03s, risultando il suo ciclo pari a:

$$t_{ciclo-F} = 309 + 102,03 = 411,03s = 6,85 \text{ min}$$

In conclusione il tempo di attesa della macchina per lunghe o piccole distanze da coprire varia in percentuale non apprezzabile.

Una giornata media di lavoro è pari a 8ore, ma non corrisponde al tempo effettivo di scavo della fresa: occorre, infatti, considerare un “C.U.”, denominato coefficiente d'utilizzazione della macchina e definito come:

$$CU = \frac{\text{tempo.effettivo.di.scavo}}{\text{durata.turno}} \rightarrow \text{tempo.effettivo.di.scavo} = CU * \text{durata.turno}$$

Questo coefficiente dipende di molte variabili, tra cui:

- Rallentamenti nelle Manovre di A/R dei mezzi di sgombero e trasporto
- La giornata lavorativa non avviene uguale durante l'anno, infatti, vi possono esseri periodi di sospensione (per esempio nei mesi da gennaio e dicembre), e quindi non sarebbe veritiero considerare un lavoro a pieno regime.
- Tempi di manutenzione della macchina
 - Rotture della macchina
 - Necessità di sostituzione degli utensili

Tutte le variabili sono valutabili su una scala di un anno o un mese al minimo. Per la stima del C.U. si e' rilevato in sito i tempi di sacco della fresa ottenendo un valore medio di C.U. pari a 45%.

Per calcolare la produzione giornaliera prima si deve determinare il tempo di scavo effettivo con la seguente equazione:

$$0,45 * 8h = \text{tempo.effettivo.scavo} = 3,6h$$

Se il tempo per completare un ciclo di scavo della fresa è pari a 720,03s nel caso più sfavorevole, i numeri di cicli completati in 3,6h sono:

$$\frac{12960}{720,03} = 17,9 \approx 18 \text{cicli}$$

In tal modo la fresa riesce ad abbattere $12,6 \times 18 = 226\text{m}^3$ al giorno di roccia in posto. Tale produzione è ampiamente cautelativa, in quanto una fresa con le caratteristiche succitate è in grado di realizzare valori più elevati di produttività; tuttavia soddisfa ampiamente le attuali esigenze dell'impianto (che peraltro dovrà essere adeguato al futuro sviluppo della cava).

Inoltre la cava è, come detto, in attesa di autorizzazione e, peraltro i dati forniti non trovano riscontro nella produttività effettiva giornaliera attuale, che è decisamente molto bassa e che non giustificerebbe, qualora si mantenesse, l'impiego di una fresa Alpiner Miner AM75.

Attualmente la produzione mensile nella cava è di 5000q che equivale a 217m^3 effettivi.

I giorni lavorativi alla settimana sono 5,63 e le settimane lavorative al mese sono 4,2, quindi i giorni lavorativi al mese sono 23,6. Con una produzione di 217m^3 al mese si ottiene $9,17\text{m}^3$ al giorno. Tale produzione è bassa e dimostra che i precedenti calcoli, pur cautelativi, ne comportano un'evidente sovrastima.

1.4 ANALISI DI RISULTATI

- La produzione attuale della cava è molto limitata, la ragione principale è dovuta ad un C.U. molto più basso di quello ragionevolmente considerato in precedenza. Si può considerare il fatto che l'impostazione del cantiere non ha ancora raggiunto il suo standard. Questo diminuisce il tempo di lavoro effettivo riducendo la produzione netta della giornata.

- La produzione teorica/turno (giornata lavorativa di 8ore) è circa 217m³, considerando un C.U. 45%.

- Facendo una comparazione tra le due produzioni ottenute, evidentemente è maggiore quella calcolata ipotizzando una giornata completa. Con l'applicazione del nuovo progetto di coltivazione si stima di incrementare la produzione più del 100% rispetto a quella attuale.

- L'impianto di trasformazione del gesso di Monccucco, ha una capacità massima produttiva di circa 50000 t l'anno, che sono circa 83,6m³ al giorno considerando 260 giorni lavorativi l'anno. Non essendo in grado di trattare 217m³, si deve considerare, prima dell'applicazione del nuovo progetto, di sistemare l'impianto di modo da aumentare la sua produzione giornaliera.

CONCLUSIONI

La coltivazione di gesso nel bacino del Monferrato rappresenta una delle attività più importanti, date le diverse applicazioni del minerale in vari campi dell'industria. In questo elaborato si è fatta una descrizione generale della cava di Moncucco che comprende: processo produttivo (tecniche di scavo), processo di trasformazione (all'impianto), sviluppo del nuovo progetto di coltivazione e un calcolo della potenziale produttività giornaliera di gesso.

Dallo studio svolto sul progetto di coltivazione previsto per la cava in esame si può concludere che:

- La permanenza in situ e' stata fondamentale per riconoscere lo stato attuale e per comprendere il ciclo produttivo della cava, permettendo di operare una valutazione oggettiva e completa sugli indici di produttività delle operazioni svolte.
- Per aumentare la produzione di gesso nella cava bisogna applicare un progetto di coltivazione in sotterraneo, giacché la coltivazione a cielo aperto e' stata esaurita.
- Il metodo di coltivazione adottato è per vuoti, con tecnica di esaurimento del giacimento per camere e diaframmi; ciò assicura una buona quantità di materiale scavato lasciando in posto diaframmi gessosi che garantiscono la stabilità della cava; la macchina di scavo prescelta risulta compatibile con la tecnica che si è deciso di adottare.

- Al realizzare una comparazione tra la massima produzione in anni precedenti e la produzione di gesso attuale, si evidenzia un'importante riduzione nel trascorso degli anni, da 50.000m³ all'anno fino a 5000m³.
- La cava consta di un impianto piccolo che non lavora nella sua massima capacità e copre una piccola parte della domanda. Dato il previsto incremento nella produzione, sarà necessario realizzarne un'espansione, assicurando una produzione ottimale e continuativa con un processo controllato.
 - Per dimensionare correttamente l'impianto è necessario prendere in considerazione tutte le variabili che intervengono durante il processo di scavo (tempo effettivo di scavo), quali:
 - La durata di un ciclo completo della fresa.
 - I tempi di manutenzione del parco macchine.
 - Le interruzioni dovute a rottura di parti della macchina e/o a sostituzione degli utensili.
 - Le giornate lavorative non hanno significativamente la stessa durata nell'arco dell'anno; possono inoltre intervenire periodi di fermo (dicembre, gennaio).
- Occorre prelevare ulteriori dati in situ e determinare il C.U. effettivo, consuntivo, da valutare nell'arco di un periodo di tempo significativo (>1mese), ottenendo un valore più attendibile in merito alla produzione futura.

- Le operazioni di recupero ambientale progettate sono adeguate al sito in esame, in quanto permettono di contenere e/o attenuare l'impatto visivo generato, trovando un riutilizzo ai vuoti creati dalla coltivazione.
- Una volta terminate le operazioni di estrazione del minerale, verrà effettuata una prima sistemazione dei fronti di scavo, al fine di garantirne la stabilità, seguita da una riprofilatura del versante utilizzando materiale sterile estratto dalla cava in sottoterraneo. Sul substrato fertile creato sarà progettata una copertura vegetale con la piantumazione anche di alcune specie arboree.
- Esaminando la distribuzione del giacimento (Tavola 6, allegato B), si osserva come la coltivazione abbia la possibilità concreta di proseguire verso la zona (C), in cui la presenza di gesso di buona qualità è confermata da dati relativi ai sondaggi effettuati. Dopo l'esaurimento delle risorse nella zona B, si potrebbe dunque pensare di continuare la coltivazione verso quella zona.

BIBLIOGRAFIA

- Prof. M. Fornaro, con la collaborazione di ing. E. Lovera e ing. I. Sacerdote, *La coltivazione delle cave ed il recupero ambientale vol.1 e vol.2*, Politeko Edizioni.
- Ing. S. Gennaro, Studi per l'ottimizzazione di una coltivazione di gesso in sotterraneo, Tesi di laurea, dic. 2003.
- R. Lancellotta, *Geotecnica*, II ed., Zanichelli, 1992.
- *Méthodes d'exploitation des mines souterraines*, industrie minérale, 1983.
- G.P. GIANI - 3-D FEM analysis of a room and pillar mine housing industrial waste, 1988
- E. OCCELLA - Caratteristiche di stabilità dei cantieri sotterranei nelle coltivazioni di pietra da gesso nell'astigiano, 1958.
- E. HOEK, E.T. BROWN - Underground excavation in rock - IMM: LONDRA
- G. SAVASTA, G. BIOLATTI, M. FORNARO, O. DEL GRECO: Le coltivazioni sotterranee di gesso: la progettualità e la sicurezza in corso d'opera - Atti 1^a conferenza Europea sulle cave - ANIM Saint Vincent (AO), 1992.
- Barenbrug, A.W.T., Natural Ventilation, J. Mine Vent. Soc. S. Afr. (Johannesburg), Vol. 23 n°7, July 1970.
- Prof. M. Patrucco, Dispense di Ventilazione in ambiente lavorativo sotterraneo, Politecnico di Torino, A.A. 2001/2002

- R. Mancini, M. Cardu, *Scavi in roccia: gli esplosivi*, Hevelius, 2001.
- *Méthodes d'exploitation des mines souterraines*, industrie minérale, 1983.
- G. SAVASTA - Studio delle condizioni di stabilità di una cava di gesso in sotterraneo - Tesi di laurea Politecnico di Torino, 1990

SITOGRAFIA

- <http://www.minutemachine.com/index.php?sec=1>
- <http://www.perlinisud.com/index.htm>
- <http://www.fassabortolo.com/Produzione/Materie-prime.htm>
- <http://www.epa.gov/ttn/chief/ap42/ch11/final/c11s16.pdf>
- <http://www.gessiemiliani.it/progetti%20realizzati/progetti%20realizzati.htm>
- <http://www.usatomacchine.it/main-principale.htm>
- www.tamrock-italiana.com
- <http://geologia.dstm.polimi.it/geologia1/progetti.htm>
- http://www.cosediscienza.it/geo/02_italia.htm
- http://www.ilmonferrato.it/archivi/tartufo/Mappa_Luoghi.pdf
- <http://www.reolab.unimo.it/Lezioni/CATA/Pmeccaniche.pdf>
- <http://www.cnel.it/index.asp>
- http://www.albeisa.org/it/territorio_geologia_3.asp

- <http://ishtar.df.unibo.it/stat/base/anastat/devstmedia.html>
- <http://www.wikipedia.org/>
- http://www.geologi.it/geogratias/geotec_excel.shtml
- <http://www.regione.piemonte.it/>

ALLEGATO A



Foto 1: Materiale scavato



Foto 2: sgombero



Foto 3: vista frontale della cava



Foto 4: galleria scavata a Moncucco



Foto 5: impianto di trattamento



Foto 6: sondaggi fatti nella cava in esame



Foto 7: Forno (vista superiore)



Foto 8: fresa lavorando

Alpine Miner AM 75

Over 100 units of ALPINE MINER AM 75 were delivered.

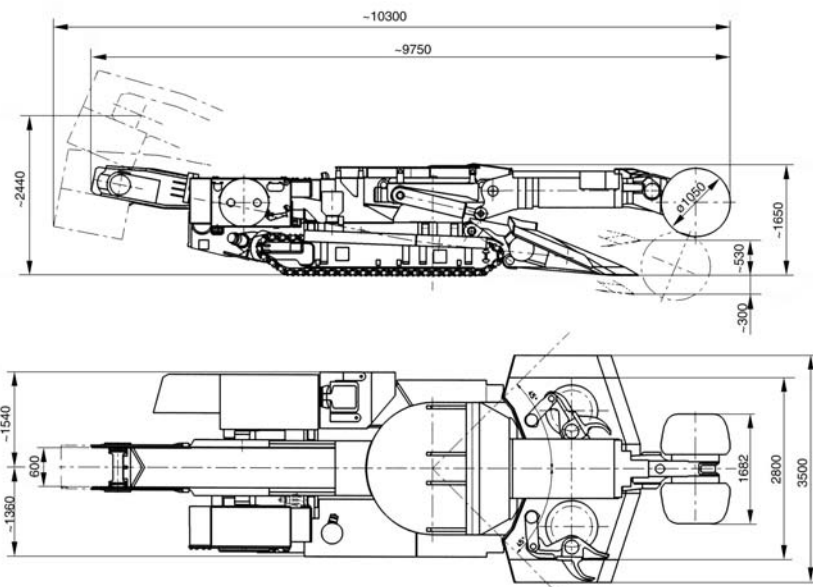
Thus the AM 75 is the most popular roadheader in its class. Due to extremely high technical available and cutting performance a maximum efficiency and profitability is guaranteed. Production records are achieved worldwide in various materials (coal, rock, gypsum, potash and salt) and also in roadway development with the ALPINE MINER AM 75. Due to this know-how we also can submit these advantages to your project for your benefit.



Technical data AM 75*

	AM 75-Development	AM 75-Production
Main dimensions		
Total weight	50 t	54 t
Total length	10300 mm	12400 mm
Height over canopy	1650/1850 mm	1930/2600 mm
Width over loading table	2.8-5.62 m	5.70 m
Width over crawler tracks	2600 mm	2600 mm
Width of crawler tracks	600 mm	600 mm
Ground pressure	0.13 MPa	0.14 MPa
Electrical system		
Potential	1000 V / 50 Hz	1000 V / 50 Hz
Total installed electric motor power	287/342 kW	342 kW
Cutter motor	200 kW	200 kW
Hydraulic power pack motor	63 kW	63 kW
Loader motors	2 x 36 kW	2 x 36 kW
Power demand		
via transformer	630 kVA	630 kVA
via generator set	800 kVA	800 kVA
Conveying system		
Loader star drive via conveyor motors		
Chain speed	1.1 m / s	1.8 m / s
Width of conveyor	600 mm	600 mm
Capacity of conveyor	max 400 m ³ / h	max 400 m ³ / h
Cutting profile		
Area	30.5 m ²	35.4 m ²
Height	4.54 m	5.0 m
Width	7.40 m	7.6 m
Undercut	0.35 m	0.28 m
Negotiable gradients		
Without machine support	+/- 20 gon	+/- 20 gon
With machine support	+/- 35 gon	+/- 35 gon
Speed of cutter head	3.0/3.5 m / s	3.4/4.0 m / s
Tramming speed	0-8.8 m / min	0-8.8 m / min

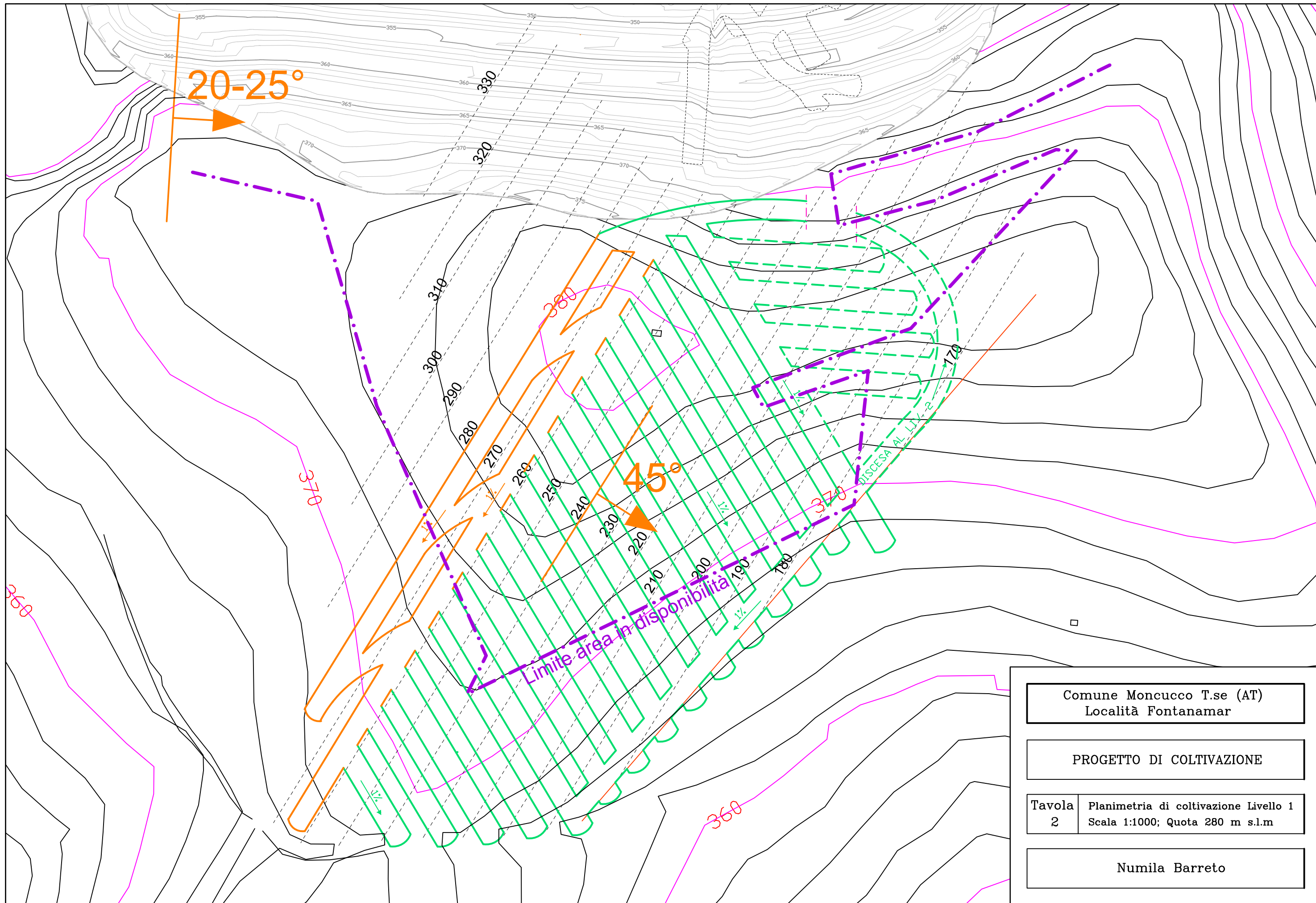
* All rights for technical modification are reserved



The main advantages at a glance

- Fully proved in various materials with an unconfined compressive strength of up to 100 MPa.
- Maximum dust suppression and ignition prevention due to High Pressure Pick Flushing System
- Easy and rapid assembly and disassembly through modular design
- Proportional-Load sensing-Hydraulic system for optimal energy utilisation
- VOEST-ALPINE Bergtechnik has service and application engineers for after sales service and consultation available worldwide.

ALLEGATO B

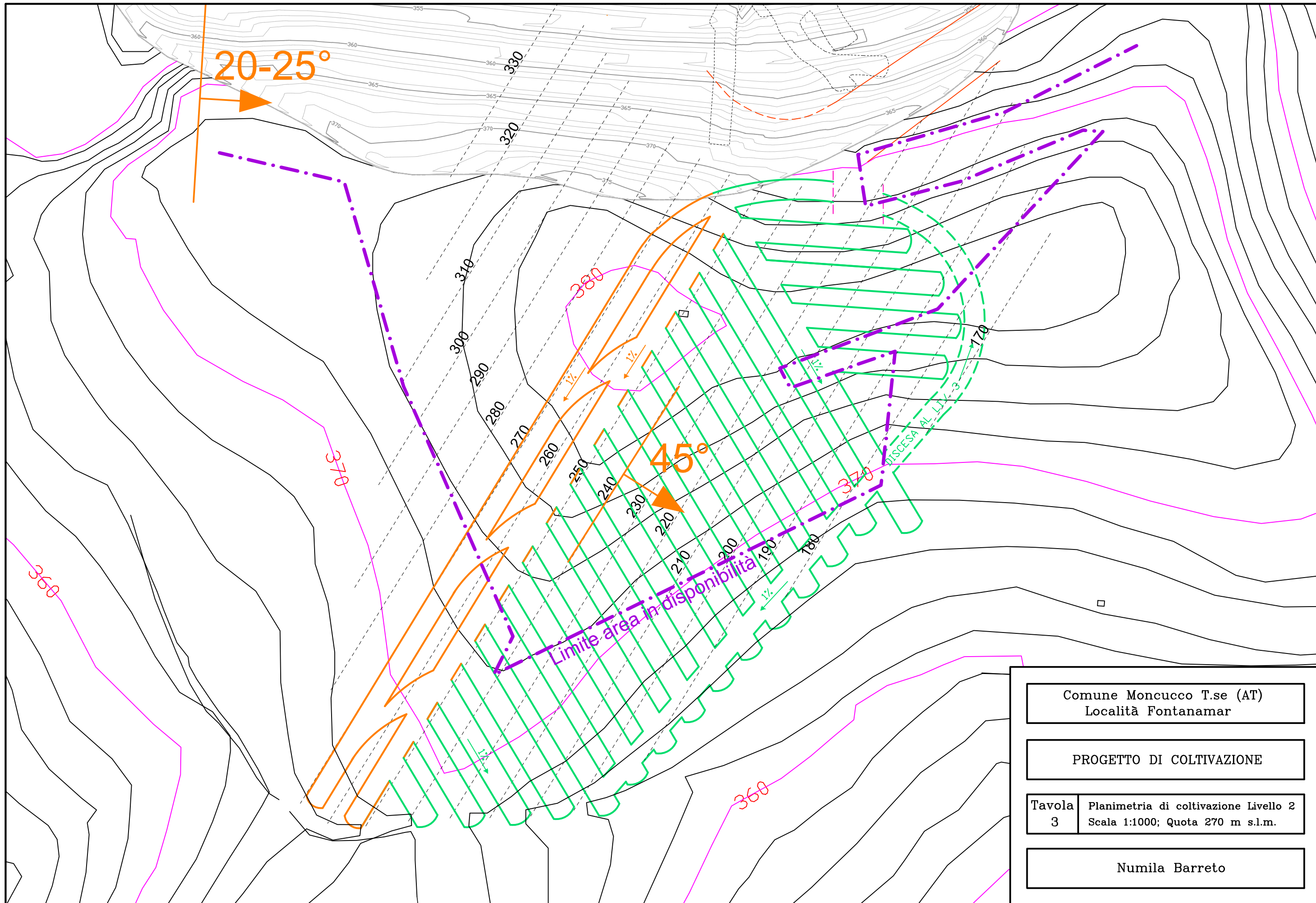


Comune Moncucco T.se (AT)
Localit  Fontanamar

PROGETTO DI COLTIVAZIONE

Tavola 2 Planimetria di coltivazione Livello 1
Scala 1:1000; Quota 280 m s.l.m

Numila Barreto

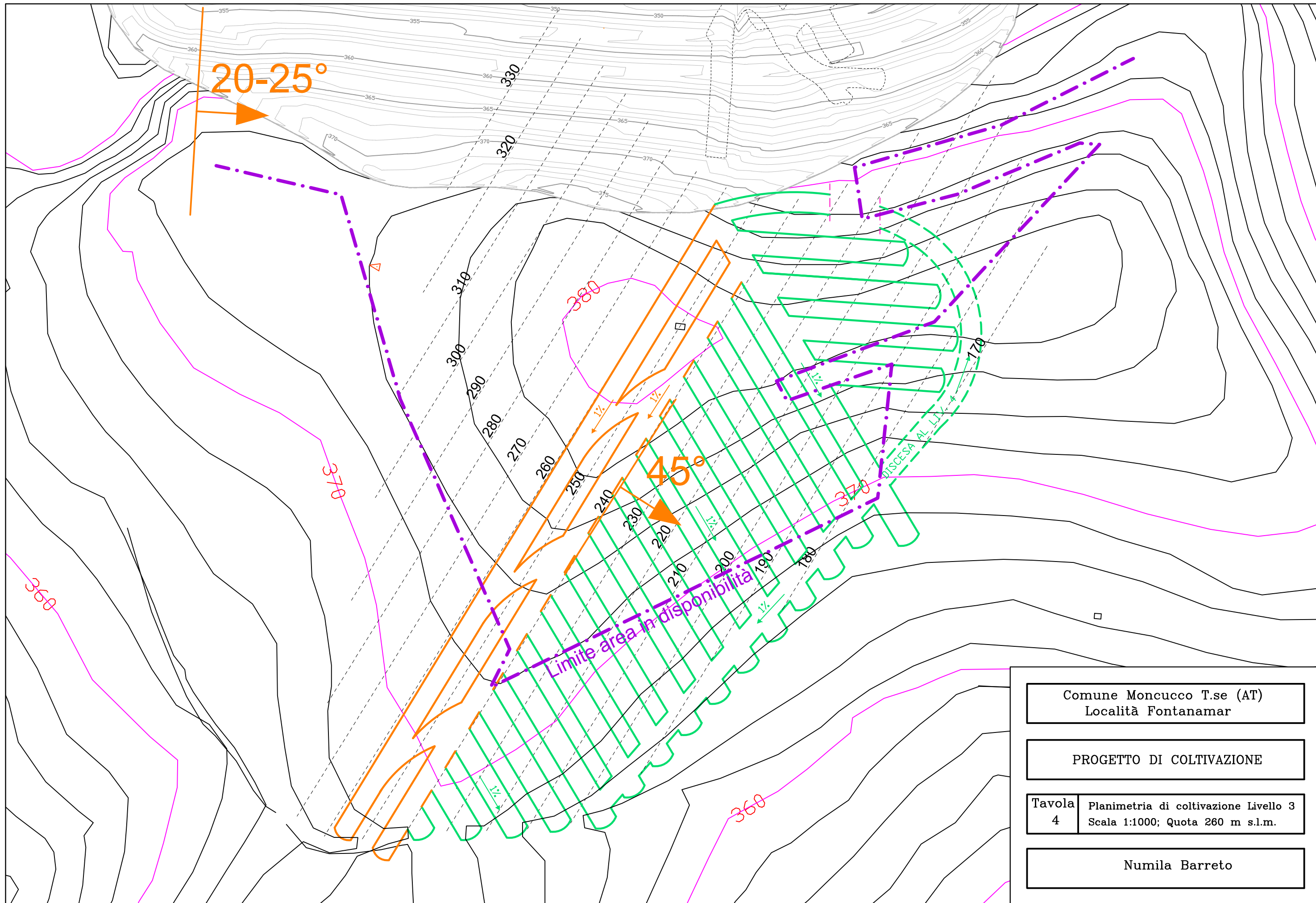


Comune Moncucco T.se (AT)
Località Fontanamar

PROGETTO DI COLTIVAZIONE

Tavola 3	Planimetria di coltivazione Livello 2 Scala 1:1000; Quota 270 m s.l.m.
-------------	---

Numila Barreto

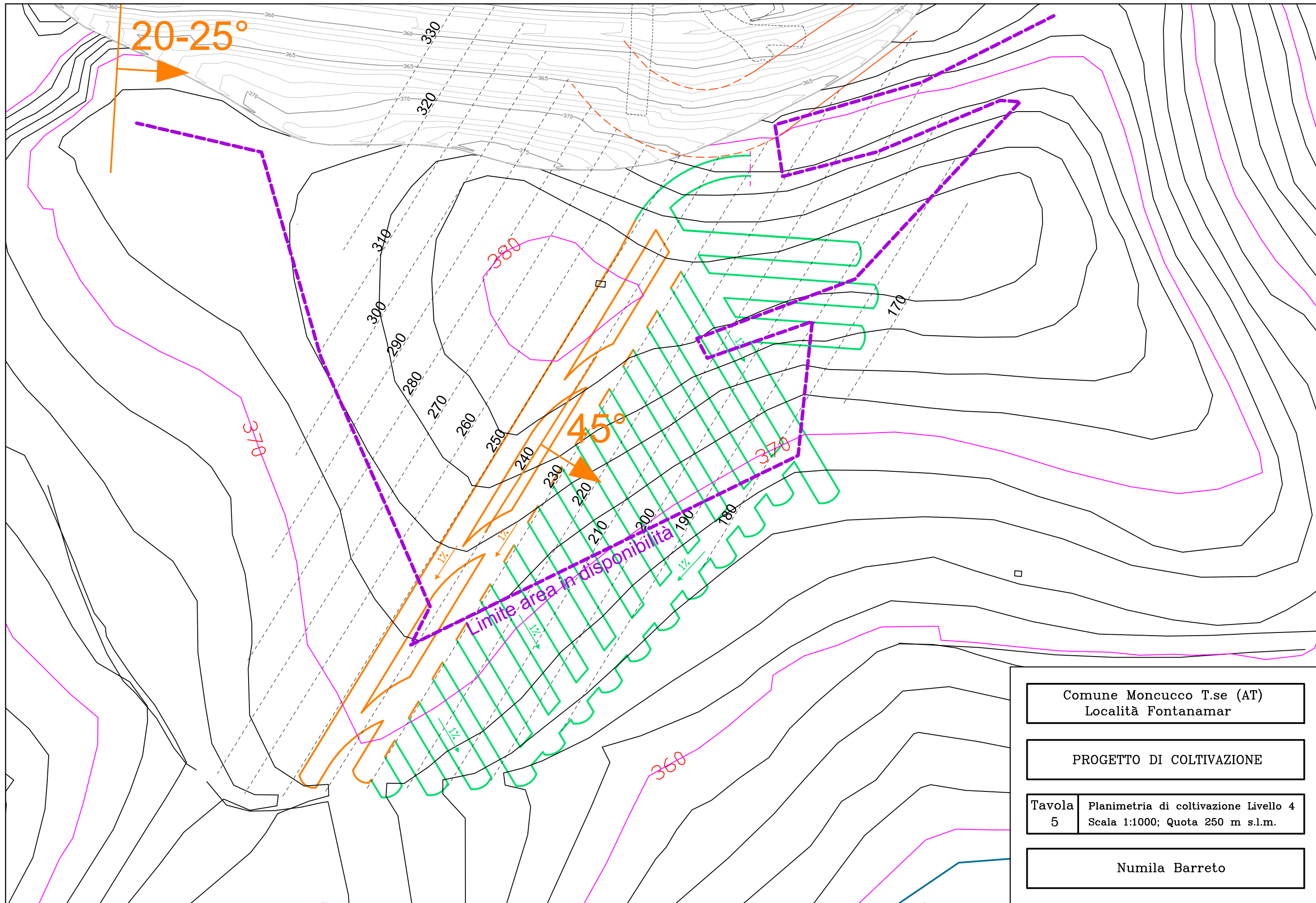


Comune Moncuco T.se (AT)
Localit  Fontanamar

PROGETTO DI COLTIVAZIONE

Tavola 4 Planimetria di coltivazione Livello 3
Scala 1:1000; Quota 260 m s.l.m.

Numila Barreto

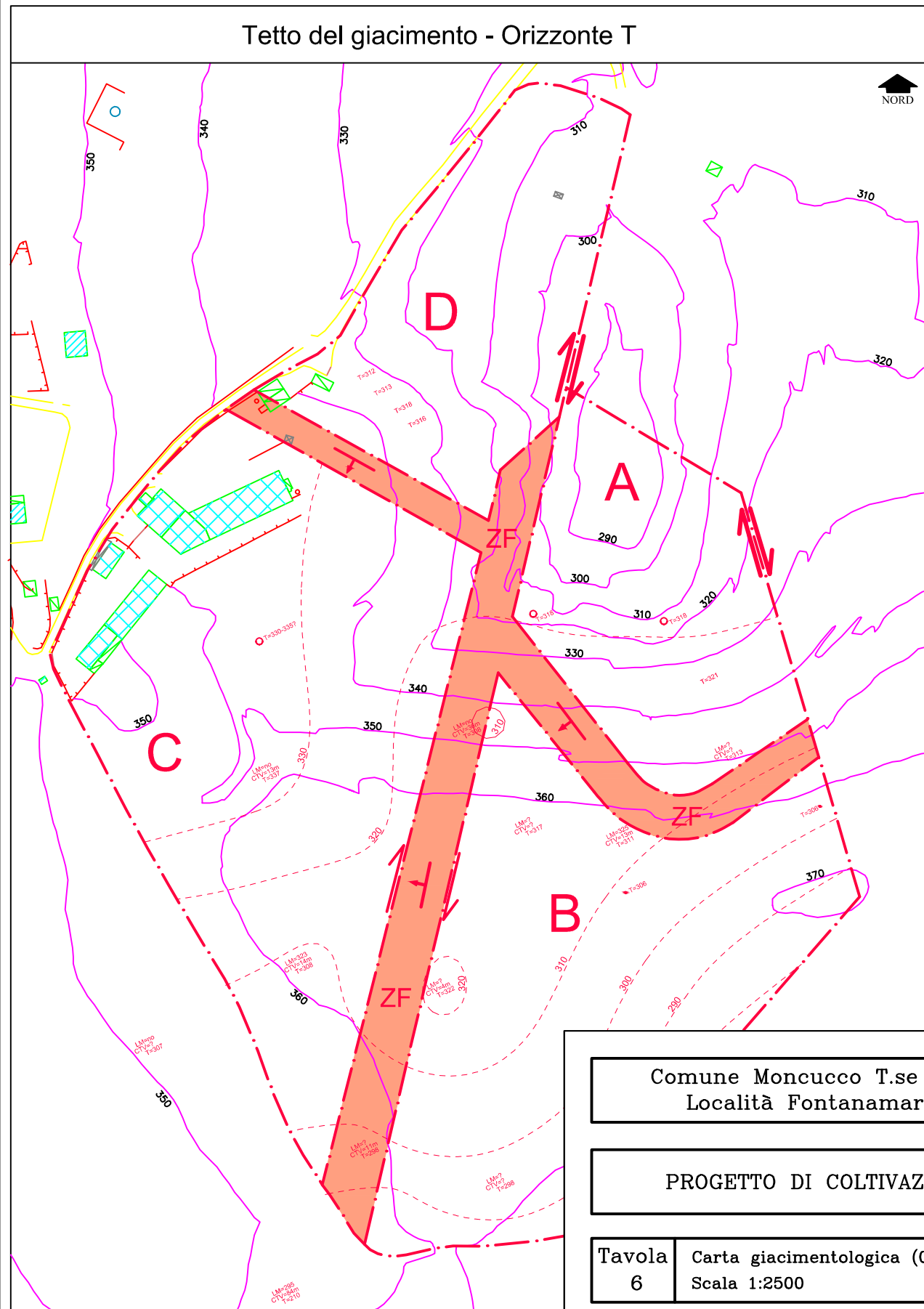
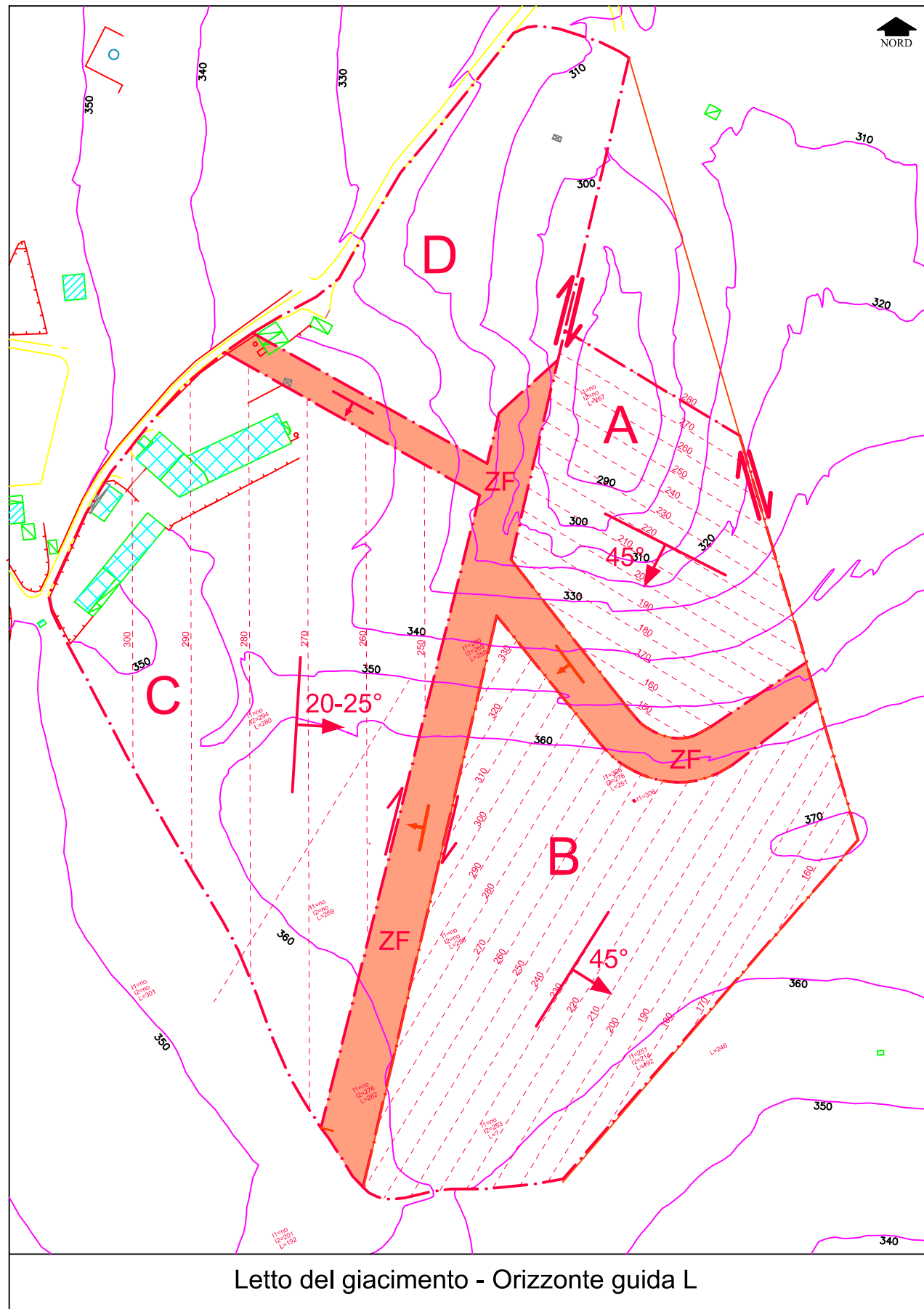


Comune Moncuco T.se (AT)
Località Fontanamar

PROGETTO DI COLTIVAZIONE

Tavola 5 Planimetria di coltivazione Livello 4
Scala 1:1000; Quota 250 m s.l.m.

Numila Barreto



Comune Moncucco T.se (AT)
Località Fontanamar

PROGETTO DI COLTIVAZIONE

Tavola 6 Carta giacimentologica (06/08/08)
Scala 1:2500

Numila Barreto



Comune Moncuoco T.se (AT)
Località Fontanamar













PROGETTO DI COLTIVAZIONE

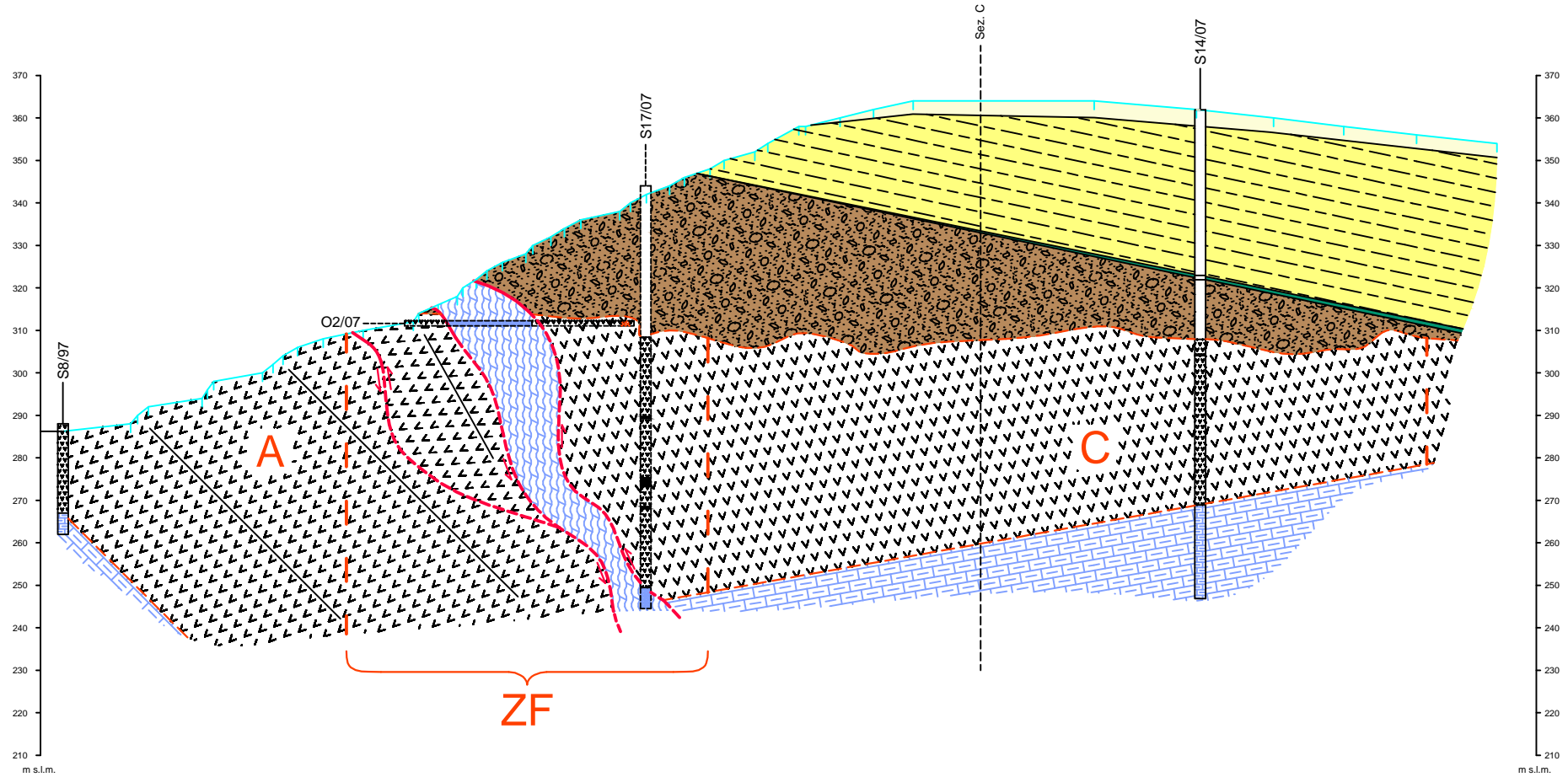
Tavola
11

Catastaleintero

Numila Barreto

Legenda

-  Limo argilloso e/o argilla limosa, di colore bruno.
Coltre eluvio-colluviale indifferenziata (q)
-  Limo argilloso e/o argilla limosa, localmente marnosi, di colore da nocciola-ocra a grigio cenere, con screziature varicolori.
Unità delle Argille Azzurre (FAA)
-  Livello arenitico nero bioturbato.
"Facies Lago-Mare" (LM)
-  Marna a struttura caotica con sparsi blocchi di dimensioni da decimetriche a plurimetriche di materiale gessoso e/o carbonatico.
Complesso Caotico della Valle Versa (CTV)
-  Gesso cristallino da fratturato a intensamente fratturato, localmente sotto forma di scaglie e frammenti.
Unità Gessoso-Solfifera (GES)
-  Intercalazioni di peliti marnose grigie, localmente con clasti gessosi.
Unità Gessoso-Solfifera (GES)
-  Marna grigio cenere tettonizzata.
Unità delle Marne S. Agata Fossili (SAF)
-  Marna grigio cenere compatta.
Unità delle Marne S. Agata Fossili (SAF)
-  Faglie e relativo senso di movimento.
Il tratteggio indica una prosecuzione incerta della faglia.
-  Orizzonti stratigrafici guida - Tetto e letto del giacimento.
-  Delimitazione giacimentologica delle zone di faglia
-  Gallerie della coltivazione in sotterraneo.
(aggiornamento al 11 novembre 2008)



QUOTE TERRENO	288.26	288.00	288.00	288.00	294.00	300.00	302.00	304.00	306.00	308.00	310.00	312.00	316.00	318.00	322.00	324.00	326.00	328.00	330.00	332.00	334.00	336.00	338.00	340.00	342.00	344.00	346.00	348.00	350.00	352.00	354.00	356.00	358.00	360.00	362.00	364.00	366.00	368.00	370.00		
PROGRESSIVE	0.00	15.94	17.08	20.00	32.75	35.44	46.99	48.41	51.81	55.22	61.23	70.65	82.43	88.29	92.81	97.23	98.82	103.41	108.00	114.82	118.04	121.88	131.02	133.55	137.32	142.81	146.28	152.33	155.62	162.82	165.98	172.81	182.91	190.75	200.14	242.65	266.78	284.93	301.43	318.60	337.52

SEZIONE A



Comune Moncuoco T.se (AT)
Località Fontanamar

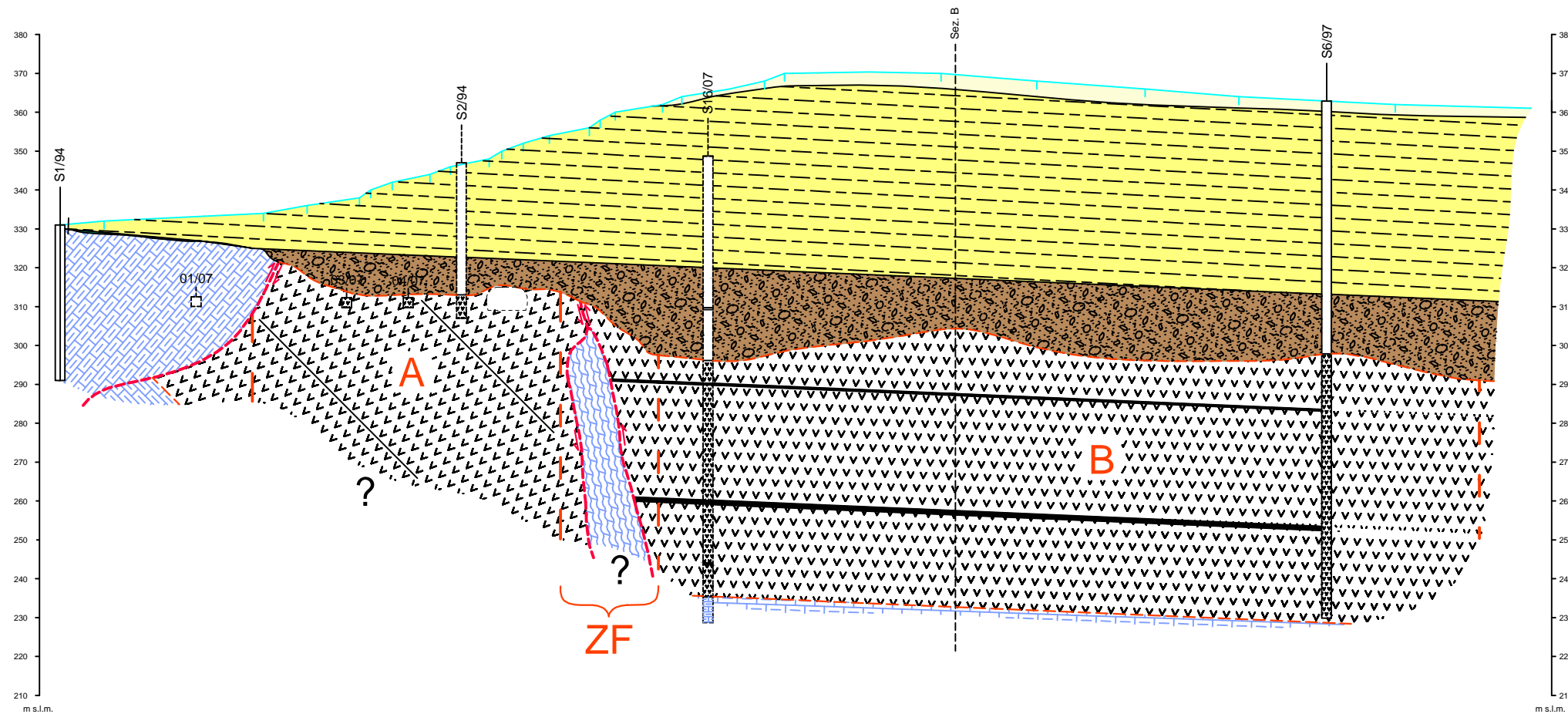
PROGETTO DI COLTIVAZIONE

Tavola 7
Sezione A

Numila Barreto

Legenda

-  Limo argilloso e/o argilla limosa, di colore bruno.
Coltre eluvio-colluviale indifferenziata (q)
-  Limo argilloso e/o argilla limosa, localmente marnosi, di colore da nocciola-ocra a grigio cenere, con screziature varicolori.
Unità delle Argille Azzurre (FAA)
-  Livello arenatico nero bioturbato.
"Facies Lago-Mare" (LM)
-  Marna a struttura caotica con sparsi blocchi di dimensioni da decimetriche a plurimetriche di materiale gessoso e/o carbonatico.
Complesso Caotico della Valle Versa (CTV)
-  Gesso cristallino da fratturato a intensamente fratturato, localmente sotto forma di scaglie e frammenti.
Unità Gessoso-Solfifera (GES)
-  Intercalazioni di peliti marnose grigie, localmente con clasti gessosi.
Unità Gessoso-Solfifera (GES)
-  Marna grigio cenere tettonizzata.
Unità delle Marne S. Agata Fossili (SAF)
-  Marna grigio cenere compatta.
Unità delle Marne S. Agata Fossili (SAF)
-  Faglie e relativo senso di movimento.
Il tratteggio indica una prosecuzione incerta della faglia.
-  Orizzonti stratigrafici guida - Tetto e letto del giacimento.
-  Delimitazione giacimentologica delle zone di faglia (ZF).
-  Gallerie della coltivazione in sotterraneo.
(aggiornamento al 11 novembre 2008)



QUOTE TERRENO	331.00	332.00	334.00	336.00	338.00	340.00	342.00	344.00	346.00	348.00	350.00	352.00	354.00	356.00	358.00	360.00	362.00	364.00	366.00	368.00	370.00	372.00	374.00	376.00	378.00	380.00
PROGRESSIVE	0.00	11.33	62.33	63.57	77.07	79.98	85.51	85.22	100.48	110.42	113.08	119.21	125.98	136.20	138.01	142.88	155.08	160.03	172.37	181.30	186.43	226.80	279.31	300.38	343.65	379.03

SEZIONE C

Comune Moncuoco T.se (AT)
Località Fontanamar









PROGETTO DI COLTIVAZIONE

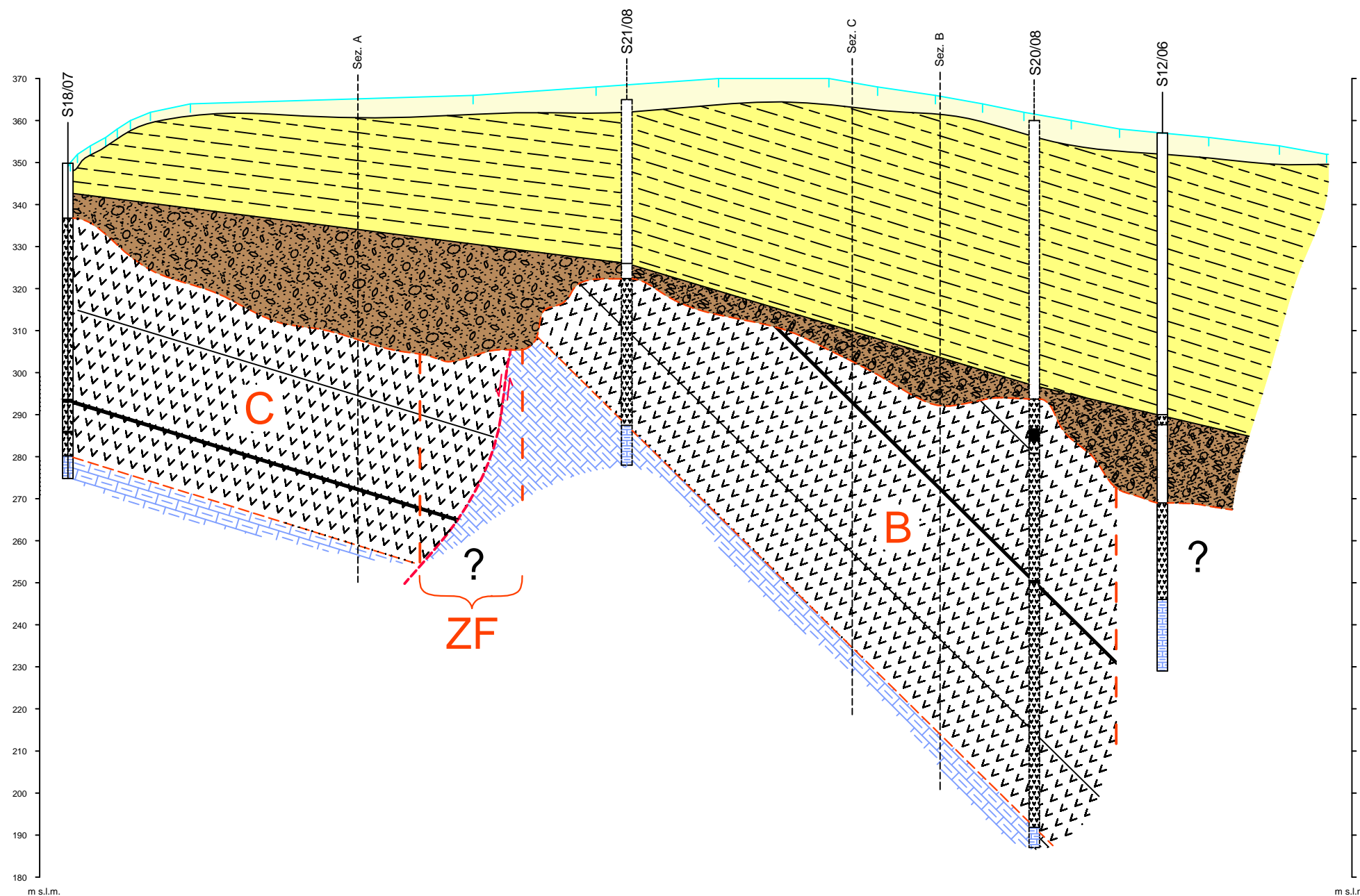
Tavola
9

Sezione C

Numila Barreto

Legenda

-  Limo argilloso e/o argilla limosa, di colore bruno.
Coltre eluvio-colluviale indifferenziata (q)
-  Limo argilloso e/o argilla limosa, localmente mamosi, di colore da nocciola-ocra a grigio cenere, con screziature varicolori.
Unità delle Argille Azzurre (FAA)
-  Livello arenitico nero bioturbato.
"Facies Lago-Mare" (LM)
-  Marna a struttura caotica con sparsi blocchi di dimensioni da decimetriche a plurimetriche di materiale gessoso e/o carbonatico.
Complesso Caotico della Valle Versa (CTV)
-  Gesso cristallino da fratturato a intensamente fratturato, localmente sotto forma di scaglie e frammenti.
Unità Gessoso-Solfifera (GES)
-  Intercalazioni di peliti marnose grigie, localmente con clasti gessosi.
Unità Gessoso-Solfifera (GES)
-  Marna grigio cenere tettonizzata.
Unità delle Marni S. Agata Fossili (SAF)
-  Marna grigio cenere compatta.
Unità delle Marni S. Agata Fossili (SAF)
-  Faglie e relativo senso di movimento.
Il tratteggio indica una prosecuzione incerta della faglia.
-  Orizzonti stratigrafici guida - Tetto e letto del giacimento.
-  Delimitazione giacimentologica delle zone di faglia (ZF).
-  Gallerie della coltivazione in sotterraneo.
(aggiornamento al 11 novembre 2008)



QUOTE TERRENO	349.00	354.00	356.00	360.00	362.00	364.00	366.00	368.00	370.00	370.00	368.00	366.00	364.00	362.00	360.00	358.00	356.00	354.00	352.00	
PROGRESSIVE	0.00	5.38	9.03	11.74	14.90	19.65	29.18	96.44	125.68	154.85	181.06	192.68	206.41	217.62	227.51	238.74	250.22	271.43	288.28	299.48

SEZIONE D

Comune Moncuoco T.se (AT)
Località Fontanamar

PROGETTO DI COLTIVAZIONE

Tavola
10

Sezione D

Numila Barreto