



**STUDIO TECNICO ASSOCIATO**

Corso Trapani, 39 - 10139 TORINO

Tel. 011 / 447 07 00 (r.a.) - Fax 011 / 447 16 38

E-mail: [info@geostudiotorino.it](mailto:info@geostudiotorino.it) C. F. e P.I. 04664840016

**Cava di gesso in sotterraneo “Monferrato”  
in località “Gessi”  
del Comune di Moncalvo (AT).**

**Rinnovo autorizzativo ex L.R. n. 23/2016.  
RELAZIONE TECNICA.**

Esercente:

**FASSA S.r.l.**

via Lazzaris, 3

31027 SPRESIANO (TV)

# INDICE

<b>1. PREMESSA.....</b>	<b>3</b>
1.1. OGGETTO DELL'ISTANZA EX L.R. 23/2016.....	3
1.2. ELENCO DELLA DOCUMENTAZIONE GIÀ PRESENTATA PER IL RILASCIO DELL'AUTORIZZAZIONE, DA RITENERSI ANCORA VALIDA .....	5
1.3. RELAZIONE DI ADEMPIMENTO ALLE PRESCRIZIONI AUTORIZZATIVE.....	7
<b>2. INQUADRAMENTO GENERALE: AMBIENTALE, PAESISTICO E TERRITORIALE .....</b>	<b>8</b>
2.1. UBICAZIONE E LOCALIZZAZIONE TOPOGRAFICA.....	8
2.2. TERRENI OGGETTO DELL'ISTANZA .....	11
2.3. VINCOLI AMBIENTALI E TERRITORIALI .....	12
<b>3. RELAZIONE TECNICA SULLO STATO DI AVANZAMENTO DEI LAVORI DI COLTIVAZIONE MINERARIA .....</b>	<b>14</b>
3.1. CRONISTORIA AMMINISTRATIVA DELL'INTERVENTO ESTRATTIVO .....	14
3.2. ARTICOLAZIONE DEGLI SCAVI ESTRATTIVI PREVISTA DAL PROGETTO APPROVATO EX L.R. 40/98.....	16
3.2.1. <i>Impostazione generale della coltivazione mineraria</i> .....	16
3.2.2. <i>Impostazione operativa del progetto estrattivo</i> .....	18
3.2.3. <i>Metodi e mezzi di coltivazione</i> .....	19
3.3. STATO DI AVANZAMENTO DEI LAVORI ESTRATTIVI .....	20
3.3.1. <i>Cubature estraibili e fasi di coltivazione previste dal progetto approvato ex L.R. 40/98</i> .....	20
3.3.2. <i>Sviluppo pregresso dei lavori estrattivi (quinquennio 2011 – 2016)</i> .....	24
3.3.3. <i>Evoluzione della coltivazione mineraria nel trascorso quinquennio autorizzativo (2017 – 2021)</i> .....	26
3.3.4. <i>Sviluppo dei lavori estrattivi richiesti in autorizzazione</i> .....	28
<b>4. RELAZIONE GEOTECNICA.....</b>	<b>31</b>
4.1. VERIFICHE GEOTECNICHE DI STABILITÀ .....	31
4.2. MONITORAGGIO GEOTECNICO E GEOMECCANICO.....	32
4.2.1. <i>Operazioni di monitoraggio periodico</i> .....	32
4.2.2. <i>Analisi dei risultati</i> .....	40
4.3. CARATTERIZZAZIONE GEOMECCANICA DEL GIACIMENTO .....	41
4.3.1. <i>Campionamenti e prove di laboratorio</i> .....	41
4.3.2. <i>Risultati delle prove di laboratorio</i> .....	42
4.4. DETERMINAZIONE DEI CRITERI DI RESISTENZA DELLA ROCCIA INTATTA.....	46
4.4.1. <i>Criterio di resistenza per il gesso macrocristallino</i> .....	46
4.4.2. <i>Criterio di resistenza per il gesso microcristallino</i> .....	47
4.4.3. <i>Criterio di resistenza per la marna</i> .....	48

4.4.4. Riepilogo dei dati assunti nelle verifiche.....	49
4.5. VERIFICHE DI STABILITÀ DEI VUOTI IN SOTTERRANEO.....	51
4.5.1. Tipologie dei metodi di calcolo.....	51
4.5.2. Metodi numerici di analisi.....	52
4.5.3. Scelta del metodo di calcolo: modello matematico agli elementi finiti (FEM).....	54
4.5.4. Descrizione del modello.....	56
4.5.5. Parametri generali del modello.....	59
4.5.6. Condizioni al contorno e stato tensionale iniziale.....	60
4.5.7. Parametri geotecnici del modello.....	62
4.5.8. Analisi numerica e verifiche di stabilità per la sezione 1.....	63
4.5.8.1. Impostazione della verifica.....	63
4.5.8.2. Tensione principale massima $\sigma_1$ .....	63
4.5.8.3. Tensioni principali minime $\sigma_3$ .....	65
4.5.8.4. Spostamenti verticali.....	66
4.5.8.5. Fattore di sicurezza.....	66
4.5.9. Analisi numerica e verifiche di stabilità per la sezione 2.....	68
4.5.9.1. Impostazione della verifica.....	68
4.5.9.2. Tensione principale massima $\sigma_1$ .....	68
4.5.9.3. Tensione principale minima $\sigma_3$ .....	69
4.5.9.4. Spostamenti verticali.....	70
4.5.9.5. Fattore di sicurezza.....	70
4.5.10. Calcolo mediante il metodo dell'area di influenza.....	72
4.6. CONDIZIONI DI STABILITÀ NEL TEMPO DELLA COLTIVAZIONE.....	75
<b>5. RELAZIONE TECNICA SULLO STATO DI AVANZAMENTO DEI LAVORI DI RECUPERO AMBIENTALE.....</b>	<b>77</b>
5.1. FINALITÀ ED IMPOSTAZIONE DEL RECUPERO AMBIENTALE.....	77
5.2. RIUTILIZZO FUTURO DEI VUOTI MINERARI.....	78
5.3. INTERVENTI DI RECUPERO AMBIENTALE PREVISTI IN PROGETTO.....	79
5.4. EFFICACIA DEGLI INTERVENTI DI RECUPERO AMBIENTALE.....	82
5.4.1. Interventi in compensazione (Rio Valle Prato).....	82
5.4.2. Assetto paesaggistico determinato dalle azioni di recupero ambientale.....	84

## 1. PREMESSA

### 1.1. Oggetto dell'Istanza ex L.R. 23/2016

In ottemperanza alle disposizioni della L.R. n. 23 del 17 novembre 2016 “*Disciplina delle attività estrattive: disposizioni in materia di cave*” (B.U. 21 novembre 2016, 1° suppl. al n. 46), che ha sostituito la precedente L.R. 22.11.1978 n. 69 “*Coltivazione di cave e torbiere*”, è stata redatta la presente relazione tecnica, a corredo dell'Istanza per il rinnovo, ai sensi della L.R. suddetta, dell'autorizzazione per l'esercizio dell'attività estrattiva nella cava di gesso in sotterraneo denominata “Monferrato”, sita in località “Gessi” del Comune di Moncalvo (AT), che viene presentata dalla FASSA S.r.l., con sede in via Lazzaris 3, 31027 - Spresiano (TV), P.I. n. 02015890268, e per essa il Legale Rappresentante rag. Fassa Paolo, nato a Spresiano (TV) il 19.11.1941 ed ivi residente in piazzetta Giustiniani 14/A.

Gli allegati annessi a questa relazione, ai sensi e per gli effetti delle disposizioni previste dalla Legge Regionale sopra menzionata, costituiscono parte integrante a corredo dell'Istanza di rinnovo autorizzativo, ai sensi della suddetta L.R. 23/2016, per il proseguimento dei lavori di coltivazione mineraria e di recupero ambientale nella cava suddetta.

Il presente progetto tiene preventivamente conto delle indicazioni tecniche generali fornite dagli Uffici Competenti nell'ambito delle precedenti autorizzazioni per l'attività estrattiva: la coltivazione mineraria nella cava in esame, infatti, già avviata negli ultimi decenni del secolo scorso, è stata condotta sulla base dell'autorizzazione rilasciata dall'Amministrazione Comunale di Moncalvo, ai sensi della allora L.R. 69/78, con la Determinazione del Responsabile del Servizio (Area Tecnico/urbanistica – Servizio Ambiente) n. 1 del 08.01.2007, visto il giudizio positivo di compatibilità ambientale espresso dalla Provincia di Asti, ai sensi della L.R. 40/98, con la Determinazione Dirigenziale n. 9 del 04.01.2007, a firma del Dirigente del Servizio Ambiente.

L'autorizzazione per l'intervento estrattivo è stata successivamente rinnovata ed ampliata con la Determinazione n. 112 del 21.12.2011, a firma del Responsabile del Servizio Area Tecnico/Urbanistica – Servizio Ambiente del Comune di Moncalvo, sulla base della Determinazione n. 5735 del 18.11.2011, a firma del Dirigente del Servizio Ambiente della Provincia di Asti, aggiornata ed integrata con la successiva Determinazione n. 6159 del 07.12.2011, con la quale è stato espresso il giudizio positivo di compatibilità ambientale, ai sensi della L.R. 40/98, in merito al progetto di rinnovo ed ampliamento della coltivazione mineraria nella cava in oggetto presentato nel dicembre 2010, e che era stata allegata alla suddetta Determinazione n. 112 del 21.12.2011 a costituirne parte integrante e sostanziale.

L'autorizzazione rilasciata ai sensi della allora L.R. 69/78 (ora sostituita dalla L.R. 23/2016), è stata infine rinnovata, con scadenza al 31.12.2021, dallo Sportello Unico per le Attività produttive (S.U.A.P.) dell'Unione Terre del Tartufo con il Provvedimento conclusivo n. 45 del 23.01.2017, vista la Determinazione n. 3367 del 19.12.2016, a firma del Dirigente del Servizio Ambiente della

Provincia di Asti, emessa al termine del procedimento svolto in regime di avvalimento, e con la quale l'Ente in parola ha autorizzato il rinnovo della coltivazione mineraria nella cava suddetta.

Al momento attuale, nel periodo intercorso, a causa del prolungarsi della fase di stagnazione economica e della conseguente riduzione dei ritmi produttivi, l'intervento estrattivo ha avuto uno sviluppo inferiore a quanto inizialmente previsto.

Si deve altresì ricordare, a tale proposito, che nel 2016 era stata presentata una istanza di rinnovo autorizzativo, ai sensi della allora L.R. 69/78, finalizzata a consentire il completamento delle aree ancora da scavare, relative alla prima fase quinquennale ("Fase 1") autorizzata nel dicembre 2011, così da dare poi avvio alla seconda fase ("Fase 2") prevista dal progetto estrattivo complessivo, approvato ex L.R. 40/98 nel dicembre 2011.

E' stata pertanto redatta la presente relazione tecnico-illustrativa, per conto della FASSA S.r.l., a corredo dell'istanza di rinnovo autorizzativo che viene presentata, ai sensi della L.R. 23/2016 (che ha sostituito la precedente L.R. 69/78), per il proseguimento del progetto di coltivazione mineraria e recupero ambientale, così da completare la "Fase 2" e dare avvio alla successiva "Fase 3".

Il progetto qui proposto costituisce il naturale e logico proseguimento, senza alcuna modifica rispetto a quanto già autorizzato e da implementare per un arco temporale della durata di cinque anni, del programma estrattivo contemplato e descritto nel progetto di coltivazione mineraria e recupero ambientale a suo tempo approvato ed autorizzato dagli Uffici Competenti ed al quale si rimanda per ogni ulteriore dettaglio.

Per gli scavi viene infatti richiesta un'autorizzazione di durata quinquennale (5 anni), al fine di consentire il proseguimento della coltivazione mineraria e del recupero ambientale.

L'attività mineraria verrà esclusivamente condotta in virtù dell'autorizzazione stessa, da concedersi ai sensi della L.R. 23/2016 e nel rispetto delle norme di legge vigenti (D.P.R. 9 aprile 1959, n. 128, sulle Norme di Polizia delle Miniere e delle Cave; D.P.R. 27 aprile 1955, n. 547, e 19 marzo 1956, n. 302, sulle Norme di Prevenzione degli Infortuni sul Lavoro e di Igiene e Sicurezza del Lavoro; D.Lgs. 25.11.1996, n. 624 "*Attuazione della direttiva 92/91/CEE relativa alla sicurezza e salute dei lavoratori nelle industrie estrattive per trivellazione e della direttiva 92/104/CEE relativa alla sicurezza e salute dei lavoratori nelle industrie estrattive a cielo aperto o sotterranee*", come pure il D.Lgs. 09.04.2008 n. 81 "*Attuazione dell'articolo 1 della legge 3 agosto 2007, n. 123, in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro*").

Per tutto quanto non descritto nella presente relazione, con annessi elaborati grafici, si fa esplicito riferimento a quanto illustrato nella documentazione e negli elaborati allegati al progetto di coltivazione mineraria (con relativo Studio di Impatto Ambientale) a suo tempo presentato ed approvato ex L.R. 40/98.

## **1.2. Elenco della documentazione già presentata per il rilascio dell'autorizzazione, da ritenersi ancora valida**

Ai sensi di quanto previsto al punto D1.b dell'Allegato D al D.P.G.R. 2 ottobre 2017, n. 11/R - Regolamento regionale recante: *“Attuazione dell'articolo 39 della legge regionale 17 novembre 2016, n. 23 in materia di attività estrattive”*, si riporta nel seguito l'elenco della documentazione già presentata per il rilascio delle precedenti autorizzazioni, da ritenersi ancora valida e non oggetto di nuova presentazione:

- Progetto definitivo (dicembre 2010):
  - Relazione tecnica illustrativa (con annessi “Allegati”);
  - Tav. 1/2010: Estratto di mappa catastale;
  - Tav. 2/2010: Planimetria con ubicazione sondaggi e sezioni geologiche;
  - Tav. 3/2010: Sezione geologica 1-1;
  - Tav. 4/2010: Sezione geologica 2-2;
  - Tav. 5/2010: Sezione geologica 3-3;
  - Tav. 6/2010: Sezione geologica 4-4;
  - Tav. 7/2010: Sezione geologica 5-5;
  - Tav. 8/2010: Sezione geologica 6-6;
  - Tav. 9/2010: Sezione geologica 7-7;
  - Tav. 10/2010: Planimetria stato attuale livello 0 (aggiornamento al 17 settembre 2010);
  - Tav. 11/2010: Planimetria stato attuale livello 1 (aggiornamento al 17 settembre 2010);
  - Tav. 12/2010: Planimetria stato attuale livello 2 (aggiornamento al 17 settembre 2010);
  - Tav. 13/2010: Planimetria di progetto livello 0;
  - Tav. 14/2010: Planimetria di progetto livello 1;
  - Tav. 15/2010: Planimetria di progetto livello 2;
  - Tav. 16/20106: Sezione di coltivazione A-A;
  - Tav. 17/20106: Sezione di coltivazione B-B;
  - Tav. 18/20106: Sezione di coltivazione C-C;
  - Tav. 19/2010: Carta dell'uso del suolo e della vegetazione;
  - Tav. 20/2010: Carta degli ecosistemi.
  
- Studio di impatto ambientale (dicembre 2010):
  - Progetto preliminare;
  - Quadro Programmatico;
  - Quadro Progettuale;
  - Quadro Ambientale con relativi allegati (studio idrogeologico a firma del prof. Vigna del Politecnico di Torino e indagini specialistiche sulle emissioni acustiche a firma dell'ing. Rostagnotto);

- Sintesi in linguaggio non tecnico.
- Integrazioni (luglio 2011):
  - Relazione tecnica integrativa.
- Istanza di rinnovo dell'autorizzazione per l'attività estrattiva (luglio 2016):
  - Relazione tecnica illustrativa;
  - Tav. 1/2016: Estratto di mappa catastale;
  - Tav. 2a/2016: Planimetria stato attuale livello 0 (aggiornamento al 31 dicembre 2015);
  - Tav. 2b/2016: Planimetria stato attuale livello 1 (aggiornamento al 31 dicembre 2015);
  - Tav. 2c/2016: Planimetria stato attuale livello 2 (aggiornamento al 31 dicembre 2015);
  - Tav. 3a/2016: Planimetria stato finale approvato ex L.R. 40/98 - Livello 0;
  - Tav. 3b/2016: Planimetria stato finale approvato ex L.R. 40/98 - Livello 1;
  - Tav. 3c/2016: Planimetria stato finale approvato ex L.R. 40/98 - Livello 2;
  - Tav. 4a/2016: Planimetria stato finale adeguamento ventilazione - Livello 0;
  - Tav. 4b/2016: Planimetria stato finale adeguamento ventilazione - Livello 1;
  - Tav. 4c/2016: Planimetria stato finale adeguamento ventilazione - Livello 2;
- Integrazioni (ottobre 2016):
  - Relazione tecnica integrativa;
  - Piano di Gestione dei Rifiuti di Estrazione;
  - Tav. 2a/2016/INT: Planimetria stato attuale livello 0 (aggiornamento al 31 dicembre 2015);
  - Tav. 2b/2016/INT: Planimetria stato attuale livello 1 (aggiornamento al 31 dicembre 2015);
  - Tav. 2c/2016/INT: Planimetria stato attuale livello 2 (aggiornamento al 31 dicembre 2015);
  - Tav. 3a/2016/INT: Planimetria stato finale approvato ex L.R. 40/98 - Livello 0;
  - Tav. 3b/2016/INT: Planimetria stato finale approvato ex L.R. 40/98 - Livello 1;
  - Tav. 3c/2016/INT: Planimetria stato finale approvato ex L.R. 40/98 - Livello 2;
  - Tav. 4a/2016/INT: Planimetria stato finale adeguamento ventilazione - Livello 0;
  - Tav. 4b/2016/INT: Planimetria stato finale adeguamento ventilazione - Livello 1;
  - Tav. 4c/2016/INT: Planimetria stato finale adeguamento ventilazione - Livello 2;
  - Tav. 5a/2016/INT: Sezione stato attuale e finale A-A;
  - Tav. 5b/2016/INT: Sezione stato attuale e finale B-B;
  - Tav. 5c/2016/INT: Sezione stato attuale e finale C-C.

### **1.3. Relazione di adempimento alle prescrizioni autorizzative**

Relativamente all'aggiornamento in merito all'adempimento delle prescrizioni formulate in sede di rilascio dell'autorizzazione per i lavori di coltivazione mineraria e di recupero ambientale nella cava in oggetto, si rimanda a quanto illustrato, con riferimento alla situazione alla data del 31.12 di ciascun anno solare, nell'apposita documentazione di aggiornamento annuale (comprensiva della quantificazione dei volumi estratti nell'anno precedente) che viene periodicamente trasmessa agli Enti ed Uffici competenti.

La scadenza per la trasmissione delle relazioni di aggiornamento annuale, inizialmente stabilita, in sede autorizzativa, al 31 marzo di ogni anno solare, è stata poi posticipata al 30 aprile a seguito dell'entrata in vigore della L.R. n. 23 del 17 novembre 2016 "*Disciplina delle attività estrattive: disposizioni in materia di cave*" (che ha sostituito la precedente L.R. 22.11.1978 n. 69 "*Coltivazione di cave e torbiere*"), con il relativo regolamento di attuazione (Cfr.: Regolamento regionale n. 11/R del 02.10.2017).



## **2. INQUADRAMENTO GENERALE: AMBIENTALE, PAESISTICO E TERRITORIALE**

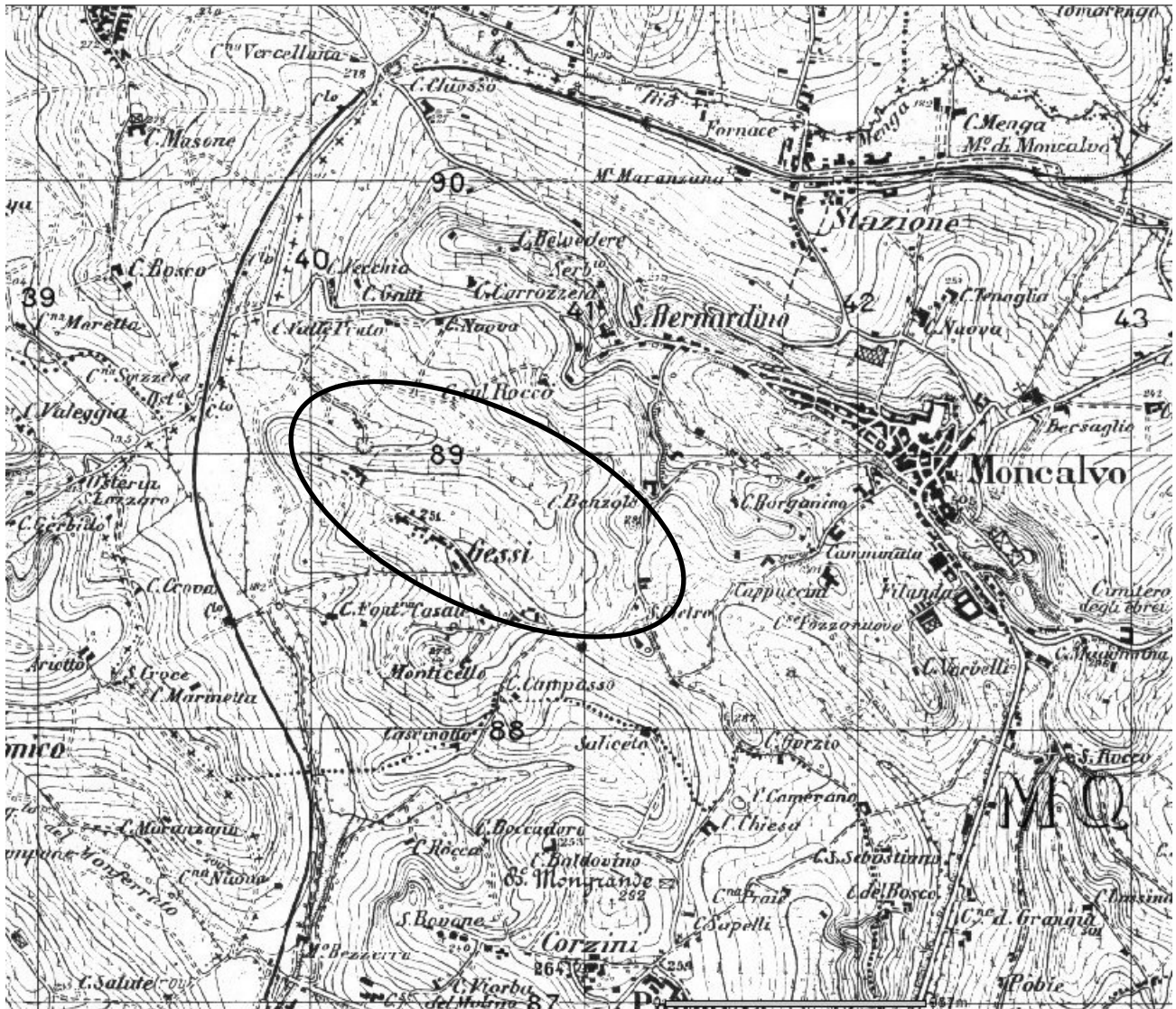
### **2.1. Ubicazione e localizzazione topografica**

L'area in oggetto è posta in territorio del Comune di Moncalvo (AT), nei pressi della frazione “Gessi”, circa 2 Km a ovest del capoluogo comunale.

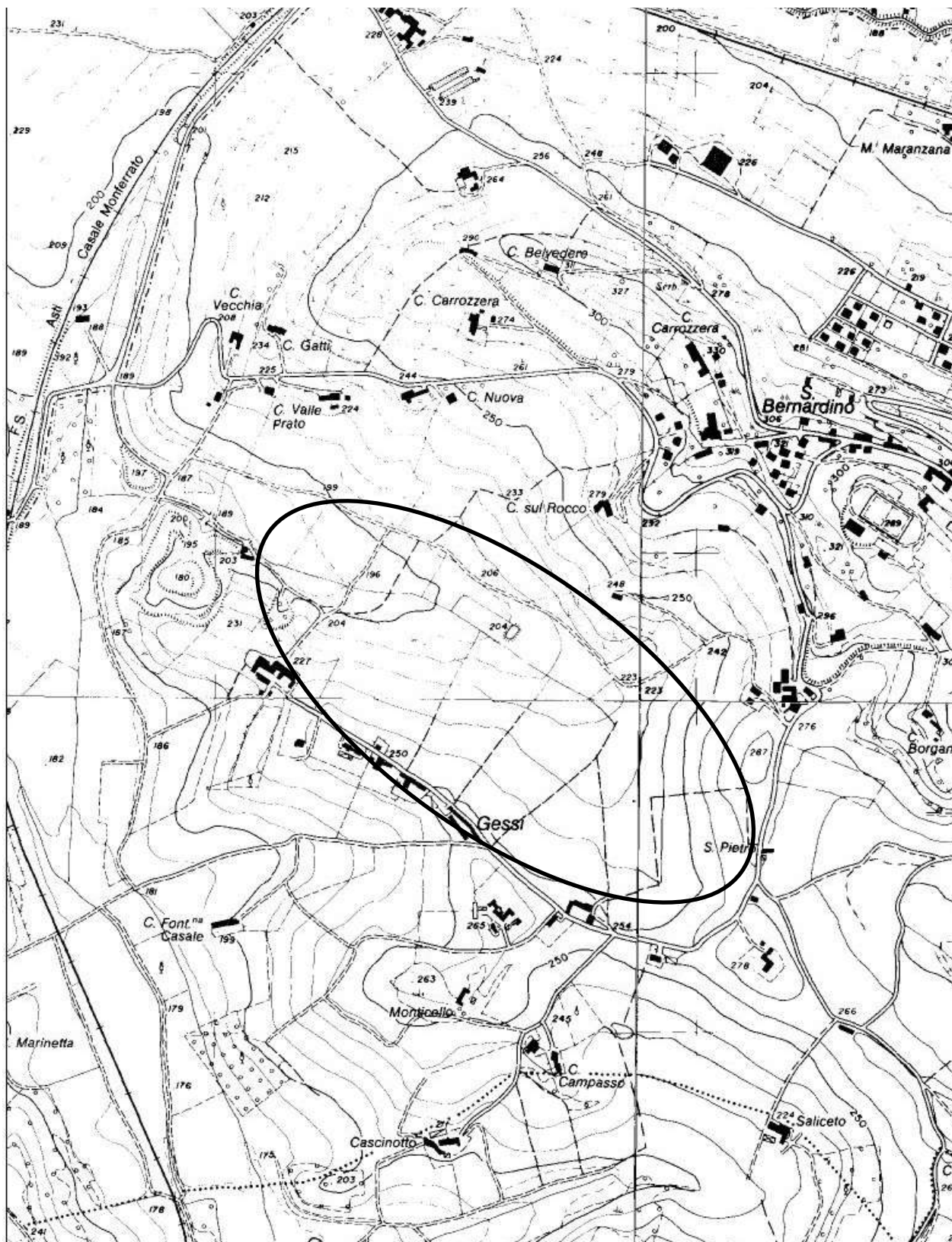
L'ubicazione del sito in oggetto é individuabile, cartograficamente, sulla Tav. II S.O. “*Moncalvo*” del F° 57 “*Vercelli*”, edita in scala 1:25.000 dall'I.G.M. - Istituto Geografico Militare, in corrispondenza delle seguenti coordinate UTM (riferite alla rampa di accesso al sotterraneo): 32T MQ 4032 8905.

Per un riferimento più dettagliato, si possono considerare invece le Sezioni n. 157.110, 157.120, 157.150 e 157.160 della Carta Tecnica Regionale, edita in scala 1:10.000 dal Servizio Cartografico della Regione Piemonte.

La zona è caratterizzata da rilievi collinari aventi quote comprese da circa 190 a 230 m s.l.m. e pendenze relativamente dolci, dell'ordine del 18% - 20%; la cava sorge sul versante settentrionale della dorsale a sommità subpianeggiante, diretta da est-sud-est verso ovest-nord-ovest, sulla cui cresta sorge l'abitato della frazione “Gessi”.



Estratto I.G.M. Tav. II S.O. "Moncalvo" del Foglio 57 "Vercelli".  
Scala 1: 25.000



Estratto Carta Tecnica Regionale, Sezioni n. 157.110, 157.120, 157.150 e 157.160.  
Riduzione alla scala 1:12.500.

## 2.2. Terreni oggetto dell'Istanza

L'autorizzazione per il proseguimento dell'attività estrattiva è richiesta, senza alcuna modifica rispetto a quanto già autorizzato nel gennaio 2017, su di un'area posta nel territorio del Comune di Moncalvo, in loc. Gessi.

Nel dettaglio, e come illustrato sull'allegata planimetria catastale (Cfr.: Tav. 1/2021 – Estratto di mappa catastale), gli interventi sono previsti sulle seguenti particelle (“p” = parte): mappali n. 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 105, 107p, 108, 113, 116, 119, 120, 121, 122, 123, 124, 125, 126, 127, 128, 133, 134, 135, 136, 137, 138, 139, 140, 141, 142, 143, 188, 204, 205, 206, 208, 210, 230, 233, 234, 236, 243, 244, 245, 248, 250, 256, 283, 300, 302, 305 (ex 114p), 307 (ex 115p), 308 (ex 115p), 331p, 332, 349, 361, 362, 383 (ex 63p), 384 (ex 63p, 111p, 112, 306), 385 (ex 111p) del F° XII “*Moncalvo*”.

I terreni oggetto dell'Istanza sono in disponibilità alla FASSA S.r.l.; si rimanda, al riguardo, all'apposita “autocertificazione” predisposta dalla medesima.

## 2.3. Vincoli ambientali e territoriali

Per quanto riguarda i principali vincoli esistenti, si può dire che l'area oggetto dell'intervento estrattivo non risulta 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"*.

Così pure, l'area oggetto dell'istanza non risulta soggetta a tutela paesaggistica e ambientale dalla norma di cui al D.Lgs. 22 gennaio 2004 n. 42 *"Codice dei beni culturali e del paesaggio, ai sensi dell'articolo 10 della legge 6 luglio 2002, n. 137"*, che ha sostituito il precedente D.Lgs. n. 490/99, che a sua volta aveva sostituito la L. n. 431/85, *"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"*, meglio nota come *"Legge Galasso"*.

Le principali infrastrutture presenti in questa zona sono riferibili ad impianti di carattere estrattivo: circa 300 metri a sud-ovest della cava in oggetto è infatti presente lo stabilimento produttivo della medesima FASSA S.r.l., appositamente realizzato negli anni trascorsi per provvedere alla lavorazione del materiale estratto in cava ed alla sua trasformazione nelle diverse tipologie di prodotti commerciali.

Per quanto riguarda gli insediamenti abitativi, a sud dell'area in oggetto è presente la frazione denominata "Gessi", posta sulla sommità della dorsale collinare, mentre a nord-est della cava in esame è presente l'abitato della frazione S. Bernardino, che costituisce l'estrema propaggine occidentale del centro urbano di Moncalvo; sui rilievi collinari circostanti il sito oggetto di attività estrattiva sono poi presenti degli insediamenti rurali sparsi, sotto forma di cascine e di abitazioni isolate.

La rete viaria della zona è costituita dalla "strada comunale Vivaro – Varsesio – Fontana Casale", che corre sul fondovalle del rio Varsesio, passando in adiacenza dello stabilimento di lavorazione gessi e della cava in esame, per ricollegarsi, verso nord, alla "strada comunale Alfiano Natta – Moncalvo".

Sulla sommità della dorsale che conduce alla frazione Gessi corre invece la "strada comunale dei Gessi", che dalla frazione medesima si dirige verso il capoluogo comunale; la strada in parola costituisce il limite meridionale e sud-orientale dei terreni di cava, che verso nord sono delimitati invece dalla "strada vicinale Maioglio – Prella - Vivaro delle Caldane", che verso est si ricollega alla "strada comunale dei Gessi".

Nell'ampio fondovalle del rio Varsesio corre anche la linea ferroviaria Asti – Casale - Mortara, dal cui tracciato il sito di cava in esame dista circa 500 metri.

Per quanto riguarda la viabilità locale, si possono notare alcune strade campestri non asfaltate: si tratta in genere di semplici piste sterrate, utilizzate dai mezzi agricoli per raggiungere i campi ed i poderi della zona. La maggior parte di queste strade sterrate, legate al semplice passaggio dei mezzi agricoli sul bordo dei campi, non è nemmeno riportata sulle mappe catastali: la loro esistenza, infatti, è piuttosto effimera, in quanto spesso, da una stagione all'altra vengono cancellate durante le lavorazioni del terreno.

Per quanto riguarda infine la rete idrografica, il sito in esame ricade nel bacino idrografico del rio Viazza: nel settore di testata, tra Odalengo Piccolo e Moncalvo, quest'ultimo, con il toponimo (riportato sulle mappe catastali) di "rio Varsesio", scorre con andamento da nord-ovest verso sud-est, per piegare poi verso sud circa 500 m a SW della località Gessi, in corrispondenza all'immissione di un suo affluente, privo di toponimo e proveniente da nord.

Questo affluente privo di toponimo può essere seguito verso monte, in direzione nord, sino alla sella topografica, a quota 216 m s.l.m., nei pressi di C.na Vercellana – C. Cluosso, circa 2 Km a nord-ovest dell'abitato di Moncalvo, che rappresenta il punto altimetricamente più depresso della dorsale spartiacque tra il versante meridionale e quello settentrionale del Monferrato.

Nel suddetto affluente del rio Varsesio, privo di toponimo, confluisce un modesto rio, privo anch'esso di toponimo ufficiale e che può essere individuato con il termine informale di "rio Valle Prato", che scorre al fondo della vallecchia, diretta da ESE verso WNW, sul cui versante destro sorge l'area in esame; si tratta di un piccolo corso d'acqua con caratteristiche (per effetto anche del plurisecolare intervento antropico connesso alle lavorazioni agricole dei terreni) che lo rendono assimilabile ad un semplice fosso interpoderale, con un alveo (peraltro privo di sedime catastale) di ampiezza da decimetrica a metrica, interessato unicamente da deflussi sporadici e stagionali, e che può essere seguito per una lunghezza di poco più di 1,5 Km.

Il rio Varsesio, per quanto privo di un sedime catastale, risulta compreso nell'elenco delle acque pubbliche di cui al "*Testo unico delle disposizioni di legge sulle acque ed impianti elettrici*", approvato con Regio Decreto 11 dicembre 1933, n. 1775; esso è pertanto soggetto alle disposizioni del citato D.Lgs. 22 gennaio 2004 n. 42 "*Codice dei beni culturali e del paesaggio, ai sensi dell'articolo 10 della legge 6 luglio 2002, n. 137*", così che, ai lati del medesimo, è prevista una fascia di rispetto, ampia 150 metri, soggetta a vincolo ambientale, rispetto alla quale il sito di cava in oggetto ricade comunque esternamente.

### **3. RELAZIONE TECNICA SULLO STATO DI AVANZAMENTO DEI LAVORI DI COLTIVAZIONE MINERARIA**

#### **3.1. Cronistoria amministrativa dell'intervento estrattivo**

La presente relazione è relativa all'istanza di rinnovo autorizzativo per il proseguimento della coltivazione mineraria e del recupero ambientale nella cava di gesso in sotterraneo denominata "Monferrato", sita in località "Gessi" del Comune di Moncalvo (AT).

Come già segnalato, l'attività estrattiva, nella cava in esame, aveva preso avvio sin dagli ultimi decenni del secolo scorso; al fine di un miglior inquadramento della presente istanza di rinnovo, può essere opportuno riassumere brevemente l'iter amministrativo della cava in oggetto:

- a seguito di specifica Istanza, l'Amministrazione Comunale di Moncalvo, con Del. C.C. n. 69 in data 23.12.1991, autorizzava, sino al 30.06.1996, la coltivazione mineraria nella cava in oggetto, sita in località "Gessi" del Comune di Moncalvo;
- in data 20.03.1996, la allora Gessi Fassa S.p.A. presentava al Comune di Moncalvo apposita Istanza di rinnovo ed ampliamento, ai sensi della L.R. 69/78, dell'autorizzazione per la coltivazione mineraria ed il recupero ambientale della cava in esame;
- la Commissione Tecnico-Consultiva per le Cave della Regione Piemonte, nella VII<sup>a</sup> riunione, in data 14.06.1996, esprimeva parere favorevole all'intervento estrattivo;
- l'iter istruttorio ai sensi della L.R. 69/78 si concludeva con la Del. C.C. n. 46 del 26.09.1996 con la quale l'Amministrazione Comunale di Moncalvo aveva autorizzato la coltivazione mineraria nella cava in località "Gessi" sino al 31.12.2006;
- in data 10.05.2006, la Ditta, con la nuova denominazione sociale di FASSA S.p.A., presentava istanza al Comune di Moncalvo, ex L.R. 69/78, al fine di ottenere il rinnovo e l'ampliamento dell'autorizzazione per la coltivazione mineraria;
- in pari data, la FASSA S.p.A. aveva altresì presentato, all'Organo Tecnico Provinciale di Asti, domanda di pronuncia di compatibilità ambientale ai sensi della L.R. 40/98, richiedendo l'avvio della fase di valutazione ex art. 12 della L.R. medesima;
- l'iter istruttorio ai sensi della L.R. 40/98 si era concluso con la Determinazione Dirigenziale n. 9 del 04.01.2007, a firma del Dirigente del Servizio Ambiente della Provincia di Asti, con la quale era stato espresso il giudizio positivo di compatibilità ambientale;
- l'iter istruttorio ai sensi della L.R. 69/78 si era invece concluso, visto il suddetto giudizio positivo di compatibilità ambientale, con la Determinazione del Responsabile del Servizio (Area Tecnico/urbanistica – Servizio Ambiente) n. 1 del 08.01.2007, con la quale l'Amministrazione Comunale di Moncalvo aveva autorizzato la coltivazione mineraria nella cava in sotterraneo in località "Gessi" sino al 31.12.2011;
- nel dicembre 2010, grazie all'intercorsa acquisizione della disponibilità di un nuovo lotto di terreni, posto ad est ed in continuità con quelli già autorizzati, era stato possibile predisporre e

presentare un nuovo progetto estrattivo complessivo, finalizzato all'ampliamento della coltivazione mineraria;

- il nuovo progetto estrattivo, corredato di Studio di Impatto Ambientale, era stato sottoposto alla fase di valutazione di compatibilità ambientale ex L.R. 40/98;
- l'istruttoria integrata della fase di valutazione ex art. 12 della L.R. 40/98 si era conclusa con la Determinazione n. 5735 del 18.11.2011, a firma del Dirigente del Servizio Ambiente della Provincia di Asti, aggiornata ed integrata con la successiva Determinazione n. 6159 del 07.12.2011, con le quali era stato espresso il giudizio positivo di compatibilità ambientale, ai sensi della L.R. 40/98, in merito al progetto di rinnovo ed ampliamento della coltivazione mineraria nella cava in oggetto;
- sulla base del suddetto giudizio positivo di compatibilità ambientale, il progetto di rinnovo ed ampliamento della coltivazione mineraria era stato autorizzato, ex L.R. 69/78, con la Determinazione n. 112 del 21.12.2011, a firma del Responsabile del Servizio Area Tecnico/Urbanistica – Servizio Ambiente del Comune di Moncalvo, relativamente alla prima fase quinquennale ("Fase 1") del progetto estrattivo complessivo;
- nel 2016 era stata presentata una istanza di rinnovo autorizzativo, ai sensi della allora L.R. 69/78, finalizzata a consentire il completamento delle aree ancora da scavare, relative alla prima fase quinquennale ("Fase 1") autorizzata nel dicembre 2011, così da dare poi avvio alla seconda fase ("Fase 2") prevista dal progetto estrattivo complessivo;
- l'autorizzazione è stata pertanto rinnovata, con scadenza al 31.12.2021, dallo Sportello Unico per le Attività produttive (S.U.A.P.) dell'Unione Terre del Tartufo con il Provvedimento conclusivo n. 45 del 23.01.2017, vista la Determinazione n. 3367 del 19.12.2016, a firma del Dirigente del Servizio Ambiente della Provincia di Asti, emessa al termine del procedimento svolto in regime di avvalimento, e con la quale l'Ente in parola ha autorizzato il rinnovo della coltivazione mineraria nella cava suddetta.

Al momento attuale, a causa del prolungarsi della fase di stagnazione economica e di conseguenze riduzione dei ritmi produttivi, l'intervento estrattivo ha avuto uno sviluppo inferiore a quanto inizialmente previsto: viene pertanto presentata istanza di rinnovo autorizzativo, ai sensi dell'art. 19 della L.R. 23/2016 (che ha sostituito la L.R. 69/78) così da consentire il completamento della "Fase 2", per le volumetrie residue ancora da coltivare (stimabili come pari, alla data del 31.12.2021, a circa 270.000 m<sup>3</sup>), dando poi avvio alla successiva "Fase 3", per un quantitativo pari a circa 220 - 230.000 m<sup>3</sup> di minerale gessoso, il tutto per una volumetria totale da estrarre dell'ordine di circa 500.000 m<sup>3</sup>.



## **3.2. Articolazione degli scavi estrattivi prevista dal progetto approvato ex L.R. 40/98**

### **3.2.1. Impostazione generale della coltivazione mineraria**

Nella cava in oggetto, il progetto estrattivo autorizzato dal Comune di Moncalvo, ex L.R. 69/78, con la Determinazione n. 112 del 21.12.2011 (relativa alla prima fase quinquennale del progetto ventennale oggetto del giudizio positivo di compatibilità ambientale ai sensi della L.R. 40/98), costituisce il naturale proseguimento di quelli già presentati ed autorizzati in precedenza, perfezionato ed arricchito dall'esperienza e dalle conoscenze maturate nel tempo.

Esso ricalca infatti il precedente piano di lavoro autorizzato nel 2007 e ne concretizza l'ampliamento proseguendo le gallerie di coltivazione dei livelli già esistenti, ampliandole e prolungandole in direzione Est.

Le indagini stratigrafiche e giacimentologiche preliminari appositamente eseguite, sin dagli anni '90 del secolo scorso, avevano condotto ad impostare il progetto estrattivo sulla base del principio che la coltivazione della pietra da gesso avvenisse interamente in sotterraneo, operando su una serie di livelli da coltivare sovrapposti stratigraficamente.

Le nuove indagini geognostiche, condotte a supporto del progetto di ampliamento dell'attività estrattiva presentato nel 2010, hanno confermato la sostanziale continuità giacimentologica, così che, in sede di predisposizione del progetto medesimo, era stata mantenuta la numerazione adottata in precedenza, in base alla quale i livelli di gesso macrocristallino di interesse estrattivo possono essere individuati, dall'alto verso il basso, con i termini informali di "*livello 1*", "*livello 2*" e "*livello 3*" (che, peraltro, non verrà interessato dalla coltivazione mineraria), mentre il soprastante banco di gesso microcristallino viene individuato con il termine di "*livello 0*".

Nell'ambito dell'area indagata, interessata dall'ampliamento della coltivazione mineraria autorizzato con la citata Determinazione n. 112 del 21.12.2011, i 4 livelli gessosi principali, così individuati, mantengono una soddisfacente continuità laterale e costituiscono pertanto il vero e proprio giacimento di interesse estrattivo, che è stato e verrà interessato dagli scavi minerari.

Questi ultimi possono perciò essere condotti quale semplice prosecuzione laterale di quelli condotti in precedenza, grazie alla continuità stratigrafica delle bancate oggetto di coltivazione.

Nella precedente gestione della cava, infatti, nell'ambito delle passate autorizzazioni, erano state realizzate una serie di gallerie di tracciamento e di coltivazione: le prime hanno orientazione lungo banco e si presentano "gemelle", ossia affiancate a coppie, mentre le seconde vengono impostate in rimonta a partire dalle gallerie di tracciamento, con un pattern complessivo a "lisca di pesce".

Il progetto di rinnovo ed ampliamento degli scavi estrattivi autorizzato nel dicembre 2011 prevede l'esaurimento del primo livello di gesso microcristallino già autorizzato e l'ampliamento, su quasi tutta l'area acquisita in disponibilità, della coltivazione del Livello "0": le gallerie sono

destinate a svilupparsi principalmente in direzione Est, ma anche, in modo più limitato, nelle direzioni Nord e Sud rispetto ai pannelli già coltivati nell'ambito delle precedenti autorizzazioni.

Per il sottostante livello "1" di gesso macrocristallino il progetto di ampliamento approvato ed autorizzato nel 2011 prevede un'espansione nella zona Est rispetto all'area già coltivata, ma con gallerie che non si sviluppano arealmente quanto quelle del soprastante livello "0" di gesso microcristallino; questo sostanzialmente per motivi dovuti all'aumento dei carichi litostatici che si riscontra man mano che si avanza verso est.

Infatti l'area acquisita in disponibilità, nel settore orientale, presenta coperture via via maggiori, dovute all'acclività delle colline e alla giacitura dei banchi di gesso; il gesso microcristallino ha però caratteristiche geotecniche (resistenza, deformabilità) decisamente migliori rispetto al gesso macrocristallino e quindi consente un maggiore sviluppo areale delle gallerie di coltivazione.

Relativamente al livello "2", il progetto approvato nel 2011 prevede la coltivazione e l'esaurimento dei pannelli ancora presenti all'interno dell'area già in precedenza autorizzata, mentre la zona di futura espansione ricalca sostanzialmente quella prevista per il livello "1".

### 3.2.2. Impostazione operativa del progetto estrattivo

In termini di impostazione operativa del progetto estrattivo, come già in passato, anche per il proseguimento dell'attività estrattiva nella cava "Monferrato" si è adottato un metodo di coltivazione per camere e diaframmi sistematici, che verrà mantenuto nell'ambito della presente istanza, conformemente al progetto complessivo a suo tempo presentato ed approvato.

L'organizzazione della coltivazione utilizza in parte le opere infrastrutturali già realizzate in passato, individuate cartograficamente nelle allegate planimetrie e costituite dalla discenderia, dal pozzo di ventilazione ubicato presso l'imbocco principale, dalla galleria e dall'imbocco secondario identificate come "seconda via d'uscita", dalle gallerie di tracciamento del livello "0", da alcune gallerie principali del livello "1" che garantiscono il collegamento con la seconda via d'uscita.

All'interno dei singoli livelli, la coltivazione procede scavando delle gallerie di tracciamento lungobanco, con pendenze medie dell'ordine del 10-12%; queste gallerie sono sempre "gemelle", ossia affiancate a coppie, in modo da poter organizzare separatamente i servizi di miniera e gli impianti e i trasporti interni.

Da queste gallerie di tracciamento vengono poi impostate in rimonta le gallerie di coltivazione, orientate grosso modo trasversalmente agli strati di gesso, in modo da avere una inclinazione media verso l'alto del 2 - 4%.

Le verifiche di stabilità effettuate a corredo del progetto estrattivo autorizzato (e che sono state aggiornate ed implementate nell'ambito della successiva istanza di rinnovo autorizzativo presentata nel 2016), hanno portato ad individuare le dimensioni delle gallerie come pari, mediamente, a circa 7 x 6 m.

In senso orizzontale, tra due gallerie parallele vengono lasciati in posto, in modo da garantire la stabilità dei vuoti, dei diaframmi di circa 4 metri di larghezza (che aumenterà a 6 metri nelle aree caratterizzate da una maggiore copertura).

Queste caratteristiche geometriche per le gallerie e per i diaframmi rimangono valide sino al raggiungimento di determinati valori limite di copertura ("*overburden*"), al di sopra dei quali si prevede di mantenere, per la stabilità generale delle strutture, su tutti i tre livelli sovrapposti, dei diaframmi più spessi, pari a 6 m, aumentando in proporzione il "passo" tra le gallerie di coltivazione.

### 3.2.3. Metodi e mezzi di coltivazione

Come si è già detto nel paragrafo precedente, anche per il proseguimento dell'attività estrattiva nella cava "Monferrato", oggetto della presente istanza di rinnovo dell'autorizzazione ex L.R. 23/2016, si manterrà un metodo di coltivazione per camere e diaframmi sistematici, in conformità al progetto estrattivo complessivo a suo tempo presentato ed approvato ex L.R. 40/98.

L'organizzazione della coltivazione utilizzerà in parte le opere infrastrutturali già esistenti, costituite dalla discenderia, dalla galleria e dall'imbocco secondario identificate come "seconda via d'uscita". I livelli di coltivazione verranno coltivati, come già avviene attualmente, mediante l'utilizzo di due frese ad attacco puntuale, così da poter operare su due diversi livelli del giacimento, al fine di garantire l'approvvigionamento delle diverse tipologie di materiale gessoso ("microcristallino" e "macrocristallino"); il materiale scavato viene trasportato all'esterno mediante l'utilizzo di dumper di servizio.

La produzione verrà organizzata su più livelli contemporaneamente con tre squadre di produzione su due/tre turni. La squadra tipo che opera nel cantiere sotterraneo è composta normalmente da 1 fresatore e da due operatori macchine movimento terra.

I principali mezzi di coltivazione che verranno utilizzati in sotterraneo sono i seguenti:

- n. 1 fresa <sup>(1)</sup> SANDVIK MR 380-188 elettroidraulica (2007);
- n. 1 fresa <sup>(2)</sup> SANDVIK MR 380-194 elettroidraulica (2008);
- n. 1 dumper Volvo A25E 6x6 (2010);
- n. 1 dumper Volvo A30D 6x6 (2007);
- n. 1 mezzi d'opera Scania G450 6x8 (2016);
- n. 1 mezzi d'opera Scania G450 6x8 (2018);
- n. 1 pala gommata Volvo L120F (2009);
- n. 2 automezzi di servizio Mitsubishi L200 4x4 (diesel);
- n. 1 automezzo di servizio Nissan NAVARA 4x4 (diesel);
- n. 1 muletto LINDHE H25;
- n. 1 cingolato idraulico di perforazione <sup>(3)</sup> BOHLER TC 111 CB 5 (2010);
- n. 1 sollevatore telescopico MERLO P40.16 (2008), attrezzato con forca, piattaforma trilaterale, benna, falcone, pompa SWELLEX;
- n. 1 perforatrice Epiroc T20 (2018).

---

<sup>(1)</sup> La fresa MR380-188 è provvista di perforatrice per eseguire sistematicamente fori di spia.

<sup>(2)</sup> La fresa MR380-194 è provvista di perforatrice per eseguire sistematicamente fori di spia.

<sup>(3)</sup> La perforatrice TC111 è stata attrezzata con gorgogliatore e illuminazione adeguata per l'utilizzo in sotterraneo.

### 3.3. Stato di avanzamento dei lavori estrattivi

#### 3.3.1. Cubature estraibili e fasi di coltivazione previste dal progetto approvato ex L.R. 40/98

Nella tabella che segue si riportano le cubature di gesso estraibile dai diversi livelli di coltivazione previste dal progetto estrattivo complessivo, presentato nel dicembre 2010 ed approvato ex L.R. 40/98 nel successivo novembre 2011, autorizzato nel dicembre 2011 e rinnovato nel gennaio 2017.

Nell'ambito del progetto, i volumi di gesso estraibile (quantificati anche in tonnellate sulla base di un peso di volume medio pari a circa  $2,2 \text{ t/m}^3$ ) erano stati suddivisi tra i diversi livelli (Liv. 0, Liv. 1 e Liv. 2), secondo quanto illustrato nella seguente tabella:

	Sviluppo gallerie (m)	Sezione gallerie (m <sup>2</sup> )	Volume coltivabile (m <sup>3</sup> )	Cubatura estraibile (t)
Livello 0	20.350	40,5	824.280	1.812.000
Livello 1	12.850	38	488.410	1.074.000
Livello 2	16.200	35	566.800	1.246.000
TOTALE	49.400	---	1.879.490	4.132.000

Relativamente all'evoluzione temporale degli scavi, il progetto complessivo di coltivazione del giacimento prevedeva poi 4 fasi operative successive, così da suddividere i 20 anni di richiesta di autorizzazione complessiva.

Nel seguito, si riassumono brevemente le fasi di scavo e di coltivazione del giacimento previste dal progetto a suo tempo approvato, facendo riferimento a quanto riportato negli elaborati allegati al progetto medesimo.

Si rileva che, in generale, il progetto in parola (la cui impostazione viene confermata e ribadita) prevede che lo sviluppo della coltivazione avvenga interessando contemporaneamente i diversi livelli del giacimento, così da poter coltivare entrambe le tipologie di minerale gessoso (micro e macrocristallino): ciò al fine di soddisfare le esigenze produttive della Ditta.

Sulla base di tale premessa, l'intero arco temporale della coltivazione era stato suddiviso in 4 fasi temporali successive.

La Fase "0" comprendeva la preparazione delle opere accessorie ed il completamento delle aree ancora da scavare alla data di presentazione del progetto complessivo (dicembre 2010), ma già autorizzate nel 2007.

Tale fase era stata riferita al 1° anno di autorizzazione, che era stato fatto corrispondere, a livello di previsioni progettuali, all'anno solare 2011, anche se quest'ultimo era in realtà ancora compreso nel periodo di validità della precedente autorizzazione ex L.R. 69/78, rilasciata nel 2007 e

Le Fasi “1” e “2” (riferite, in sede progettuale, ai primi due quinquenni) prevedevano invece l'avvio dell'effettivo ampliamento dell'intervento estrattivo, con la coltivazione dei tre livelli del giacimento.

La Fase “3” a suo tempo individuata e definita in sede progettuale rappresenta infine l’ultimo decennio di coltivazione, con scavo sempre sui tre livelli e massimo ampliamento previsto per il Livello “0”, secondo quanto illustrato nelle apposite planimetrie di progetto, che vengono riproposte, in forma aggiornata, in allegato alla presente relazione (Cfr.: Tavv. 3a/2021, 3b/2021 e 3c/2021).

Sempre nell’ambito del progetto estrattivo complessivo, presentato nel dicembre 2010, erano state quantificati i quantitativi di minerale gessoso estraibili nelle singole fasi di coltivazione, che vengono di seguito riassunti, espressi anche in tonnellate:

La Fase 0 prevedeva la realizzazione delle opere preparatorie ai fini dell'ampliamento oggetto all'epoca di richiesta autorizzativa, e soprattutto il completamento delle aree e delle volumetrie già all'epoca autorizzate; in particolare, si prevedeva di completare la coltivazione dei pannelli, già autorizzati, posti sui Livelli "0" e "2", con l'estrazione dei seguenti quantitativi di gesso:

- CUBATURA TOTALE FASE 0: Q = 329.000 t (pari a circa 150.000 m<sup>3</sup>)

La Fase 1 prevedeva la coltivazione dei Livelli “0”, “1” e “2”, con l'estrazione dei seguenti quantitativi di minerale gessoso:

- CUBATURA TOTALE FASE 1: Q = 1.048.150 t (pari a circa 476.400 m<sup>3</sup>)

**FASE 2 – Previsione: anni 2017-2018-2019-2020-2021**

La Fase 2 prevedeva la coltivazione dei Livelli “0”, “1” e “2”, con l'estrazione dei seguenti quantitativi di minerale gessoso:

- LIVELLO “0”                      Cubatura estraibile = 488.715 t

- LIVELLO “1”                      Cubatura estraibile = 221.800 t

- LIVELLO “2”                      Cubatura estraibile = 292.250 t

CUBATURA TOTALE FASE 2:                      Q = 1.002.750 t (pari a circa 455.800 m<sup>3</sup>)

**FASE 3 – Anni 2022-2023-2024-2025-2026-2027-2028-2029-2030-2031**

La Fase 3 prevedeva la coltivazione dei Livelli “0”, “1” e “2”, con l'estrazione dei seguenti quantitativi di minerale gessoso:

- LIVELLO “0”                      Cubatura estraibile = 732.000 t

- LIVELLO “1”                      Cubatura estraibile = 657.000 t

- LIVELLO “2”                      Cubatura estraibile = 363.100 t

CUBATURA TOTALE FASE 3                      Q = 1.752.100 t (pari a circa 796.400 m<sup>3</sup>)

Al netto della “Fase 0”, relativa a volumi di materiale già autorizzati in precedenza, il progetto approvato nel 2011 era relativo pertanto all'estrazione di una volumetria complessiva di minerale gessoso pari a circa 1.729.000 m<sup>3</sup>.

A fronte delle previsioni contenute nel progetto di coltivazione del giacimento, che prevedeva 4 fasi operative successive nelle quali suddividere l'arco temporale dei 20 anni di progetto estrattivo complessivo, si deve considerare che si trattava di indicazioni di massima, in quanto la data di effettivo inizio degli scavi estrattivi è stata funzione, necessariamente, del completarsi dell'iter istruttorio ed amministrativo ai sensi della L.R. 69/78 e della L.R. 40/98 (per il rilascio del preventivo giudizio di compatibilità ambientale), e della conseguente formalizzazione del relativo provvedimento autorizzativo da parte dell'Amministrazione Comunale di Moncalvo e degli altri Uffici Competenti.

Così pure, la durata prevedibile delle singole fasi e le cubature estraibili in ciascuna fase erano state quantificate in termini medi, specificando esplicitamente che i valori così quantificati avrebbero poi dovuto essere verificati, in corso d'opera, alla luce di eventuali particolari esigenze tecniche, logistiche e/o operative, che avrebbero potuto rallentare, o all'opposto accelerare, i ritmi produttivi nella cava in oggetto.

Come già specificato, il provvedimento autorizzativo ex L.R. 69/78 era stato rilasciato solamente nel dicembre 2011, pochi giorni prima della scadenza della precedente autorizzazione (rilasciata nel 2007 e con scadenza stabilita al 31.12.2011).

Nell'arco di tempo intercorso dalla presentazione del progetto estrattivo complessivo, la coltivazione mineraria aveva quindi potuto procedere, senza soluzioni di continuità, sulla base della

precedente autorizzazione, finalizzata all'esaurimento delle volumetrie residue già in precedenza autorizzate, la cui coltivazione era stata individuata in sede progettuale come "Fase 0".

Di fatto, il nuovo provvedimento autorizzativo, sotto forma della Determinazione n. 112 del 21.12.2011, efficace a partire dall'inizio del 2012 ed espressamente riferito ad un arco di tempo quinquennale (*"l'autorizzazione ha durata di cinque anni con inizio al 1° gennaio 2012 sino al 31 dicembre 2016"*), veniva a coincidere con la "Fase 1" del progetto presentato, riferita appunto al periodo temporale compreso tra il 2012 ed il 2016, e che prevede l'estrazione di un quantitativo di minerale gessoso pari a circa 1.048.150 tonnellate, che corrispondono a circa 476.400 m<sup>3</sup>.



### 3.3.2. Sviluppo pregresso dei lavori estrattivi (quinquennio 2011 – 2016)

Vista l'impostazione generale del progetto estrattivo riassunta in precedenza, nella cava in esame le operazioni di scavo condotte negli anni trascorsi, nell'ambito delle precedenti autorizzazioni, hanno interessato i principali livelli gessosi costituenti il giacimento di interesse estrattivo.

Come discusso in precedenza, tali operazioni costituivano il naturale proseguimento e completamento dei lavori eseguiti nell'ambito della pregressa autorizzazione, rilasciata dall'Amministrazione Comunale di Moncalvo, ai sensi della L.R. 69/78, con la Determinazione n. 1 del 08.01.2007, visto il giudizio positivo di compatibilità ambientale espresso dalla Provincia di Asti, ai sensi della L.R. 40/98, con la Determinazione Dirigenziale n. 9 del 04.01.2007, e la cui scadenza era stata stabilita al 31.12.2011, così che, durante l'iter istruttorio ed amministrativo del nuovo progetto complessivo, presentato nel dicembre 2010, la coltivazione mineraria aveva potuto procedere, senza soluzione di continuità, operando proprio sulla base della precedente autorizzazione, rilasciata nel 2007.

Le operazioni di scavo erano poi proseguite operando sulla base dell'autorizzazione per il rinnovo e l'ampliamento della coltivazione mineraria, rilasciata dal Comune di Moncalvo con la Determinazione n. 112 del 21.12.2011, efficace a partire dall'inizio del 2012.

Allo scadere di tale autorizzazione, nel dicembre 2016, risultavano completate una serie di gallerie parallele di coltivazione, che si concentravano nel settore occidentale dell'area autorizzata.

Le gallerie di coltivazione scavate nel livello 0, nel corso della suddetta autorizzazione (efficace dal gennaio 2012), avevano consentito (alla data del 31.12.2016) l'estrazione di una volumetria di minerale gessoso pari a circa 82.731 m<sup>3</sup>.

A tale data, il sottostante Livello "1" non mostrava invece variazioni significative rispetto alla situazione preesistente al rilascio del vigente provvedimento autorizzativo, in quanto esso risultava già pressoché completamente esaurito all'interno dell'area a suo tempo autorizzata.

Nel quinquennio 2012 - 2016, infatti, nel Livello 1 erano stati realizzati solamente alcuni tratti di galleria, posti nelle vicinanze della "seconda uscita" e finalizzati alla progressiva implementazione del sistema di ventilazione e delle vie di uscita di emergenza (in particolare, era stata realizzata la galleria di ventilazione adibita a "sala ventilatori", così come una rampa di accesso al sottostante "livello 2" propedeutica alla ventilazione); pur non trattandosi a rigore di gallerie di coltivazione, la realizzazione di tali interventi aveva comunque consentito l'estrazione di una volumetria di minerale gessoso pari a circa 2.312 m<sup>3</sup>.

Alla data suddetta (31.12.2016), il Livello "2" era quello che presentava invece il più significativo sviluppo degli scavi: nell'ambito dell'autorizzazione rilasciata a dicembre 2011, nel livello "2" gli scavi estrattivi, dopo essersi ampliati verso nord – est, avevano infatti interessato il settore nord – orientale, sviluppandosi poi verso sud con lo scavo di ulteriori tratti di gallerie di tracciamento e di coltivazione, così da procedere all'esplorazione ed allo sfruttamento anche del settore sud – orientale dell'area estrattiva.

Nel Livello 2, le gallerie di coltivazione scavate durante il quinquennio 2012 – 2016 avevano consentito l'estrazione di una volumetria complessiva di minerale gessoso pari a circa 227.000 m<sup>3</sup>.

Nel quinquennio suddetto, pertanto, nella cava in oggetto era stata estratta una cubatura complessiva pari, alla data del 31.12.2016, a circa 312.000 m<sup>3</sup>, secondo i quantitativi riassunti nella tabella di seguito allegata:

Anno	Livello 0 (m <sup>3</sup> )	Livello 1 (m <sup>3</sup> )	Livello 2 (m <sup>3</sup> )	Totale (m <sup>3</sup> )
2012	17.767		67.789	85.556
2013	21.560		43.642	65.202
2014	13.376		45.456	58.832
2015	9.811	2.312	41.898	54.021
2016	20.217		28.217	48.434
<b>Totale</b>	<b>82.731</b>	<b>2.312</b>	<b>227.002</b>	<b>312.045</b>

Ne deriva che, alla data di scadenza dell'autorizzazione rilasciata nel 2011 (ossia al 31.12.2016), risultava ancora da estrarre, a fronte di una cubatura autorizzata per la "Fase 1" pari a 476.400 m<sup>3</sup>, un residuo di cubatura quantificabile come pari a circa 164.335 m<sup>3</sup>, ossia ad 1/3 circa della volumetria autorizzata con la citata Determinazione n. 112 del 21.12.2011.

### **3.3.3. Evoluzione della coltivazione mineraria nel trascorso quinquennio autorizzativo (2017 – 2021)**

Come si evince dagli allegati elaborati grafici (Cfr.: Tavv. 2a/2021, 2b/2021, 2c/2021), che illustrano lo stato di avanzamento della coltivazione mineraria alla data del 31.12.2020, nella cava in esame le operazioni di scavo condotte negli anni trascorsi, nell'ambito dell'autorizzazione rilasciata nel gennaio 2017, hanno interessato, operando secondo l'impostazione generale del progetto estrattivo riassunta in precedenza, i principali livelli gessosi costituenti il giacimento di interesse estrattivo.

Come si evince anche dai suddetti elaborati, che riprendono quelli predisposti dalla FASSA S.r.l. nell'ambito della più recente edizione (aprile 2021) delle relazioni di aggiornamento annuale e relativi alla situazione al 31.12.2020, nel trascorso quinquennio le operazioni di scavo sono state condotte operando sulla base dell'autorizzazione per il rinnovo e l'ampliamento della coltivazione mineraria, rilasciata dal Comune di Moncalvo con la Determinazione n. 112 del 21.12.2011, e rinnovata, con scadenza al 31.12.2021, dallo Sportello Unico per le Attività produttive (S.U.A.P.) dell'Unione Terre del Tartufo con il Provvedimento conclusivo n. 45 del 23.01.2017, vista la Determinazione n. 3367 del 19.12.2016, a firma del Dirigente del Servizio Ambiente della Provincia di Asti.

Come discusso in precedenza, tali operazioni costituiscono comunque il naturale proseguimento dei lavori eseguiti nell'ambito delle precedenti autorizzazioni, rilasciate dall'Amministrazione Comunale di Moncalvo ai sensi della allora L.R. 69/78, sin dall'ultimo decennio del secolo scorso.

Come visibile sulla planimetria illustrante lo stato di avanzamento dei lavori al Livello "0" (Cfr.: Tav. 1a/2021), negli anni trascorsi, dopo aver provveduto a collegare tra loro, nel settore centro – meridionale dell'area di cava, le gallerie "gemelle" principali di tracciamento che corrono con direzione NW – SE, si è provveduto allo scavo di nuove gallerie di coltivazione, soprattutto in direzione sud, come pure di ulteriori tratti di gallerie di tracciamento in direzione SE: ciò al fine di interessare, con funzione anche di verifica della continuità stratigrafica delle bancate del giacimento, il settore sud – orientale dell'area estrattiva.

Le gallerie di coltivazione scavate nel livello 0 nel corso del trascorso quinquennio hanno consentito, data la sezione utile delle gallerie stesse, dell'ordine di una quarantina circa di m<sup>2</sup>, l'estrazione di una volumetria complessiva di minerale gessoso pari, alla data del 31.12.2020, a circa 105.468 m<sup>3</sup> di materiale in posto.

Analogamente, anche nel sottostante Livello "1" (Cfr. Tav. 01b/2021), dopo aver provveduto a collegare tra loro, nel settore centro – meridionale dell'area di cava, le gallerie "gemelle" di tracciamento che corrono con direzione NW – SE, sulla verticale delle analoghe gallerie del soprastante Livello 0, nel trascorso quinquennio autorizzativo si è provveduto a prolungare le gallerie di coltivazione, ampliandone lo sviluppo anche per mezzo di alcuni tratti di gallerie trasversali di collegamento.

Anche al Livello 1, l'ampliamento della rete di gallerie di coltivazione è avvenuto interessando soprattutto il settore sud – orientale dell'area estrattiva, in modo da verificarne, anche su questo livello, la continuità ed omogeneità stratigrafica.

Nel Livello “1”, le gallerie di coltivazione scavate nel corso del periodo 2017 - 2020 hanno consentito, data la sezione utile delle gallerie stesse, dell'ordine di circa 36 m<sup>2</sup>, l'estrazione di una volumetria di minerale gessoso pari, alla data del 31.12.2020, a circa 157.963 m<sup>3</sup>.

Per contro, nell'ambito del Livello “2” (Cfr. Tav. 1c/2021) si sono avute variazioni decisamente meno significative in termini di sviluppo degli scavi; nel livello in parola, si è infatti provveduto unicamente allo scavo di un breve tratto di galleria, presso l'estremità sud – orientale dell'area di cava, quale prolungamento di una rampa di collegamento interlivello che prende inizio dal soprastante Livello 1.

In termini di impostazione dello scavo, si è infatti ritenuto preferibile privilegiare la realizzazione di gallerie di tracciamento, e più marginalmente lo scavo di gallerie di coltivazione: ciò nell'ottica anche di un graduale passaggio delle operazioni di scavo dal livello “1” al sottostante livello “2”, per l'approvvigionamento del minerale di gesso riferibile alla tipologia “macrocristallino”; la rampa suddetta è inoltre funzionale alla progressiva implementazione del sistema di ventilazione principale.

In termini di volumetrie, le gallerie scavate al “Livello 2” nel corso del vigente periodo autorizzativo hanno consentito, data la sezione utile delle gallerie stesse, dell'ordine di circa 38 m<sup>2</sup>, l'estrazione di una volumetria di minerale gessoso pari, alla data del 31.12.2020, a circa 3.270 m<sup>3</sup>, di materiale in posto.

Complessivamente, nel trascorso periodo gennaio 2017 - dicembre 2020, operando nell'ambito dell'autorizzazione rilasciata dallo Sportello Unico per le Attività produttive (S.U.A.P.) dell'Unione Terre del Tartufo con il Provvedimento conclusivo n. 45 del 23.01.2017, con scadenza al 31.12.2021, nella cava in oggetto è stata estratta pertanto una cubatura di materiale utile pari a circa 266.701 m<sup>3</sup> di minerale gessoso.

### 3.3.4. Sviluppo dei lavori estrattivi richiesti in autorizzazione

Nella cava in esame, la coltivazione mineraria è stata impostata sulla base di un progetto complessivo, presentato nel dicembre 2010 ed approvato ex L.R. 40/98 (con il rilascio del giudizio positivo di compatibilità ambientale) nel successivo 2011, che prevedeva un avanzamento per fasi successive, definite ed individuate secondo tempistiche e ritmi produttivi tali da provvedere all'approvvigionamento del limitrofo stabilimento industriale esercito dalla medesima FASSA S.r.l..

Il progetto estrattivo approvato ed autorizzato ex L.R. 69/78 (relativamente al primo quinquennio) alla fine del 2011, e poi rinnovato nel gennaio 2017, prevedeva, sostanzialmente, la realizzazione di 4 fasi operative successive, articolate su un arco temporale individuato, in sede progettuale, come pari ad un totale di 20 anni.

Si trattava, come già ricordato, di indicazioni di massima, in quanto la data di effettivo inizio degli scavi estrattivi è stata funzione invece del completarsi dell'iter istruttorio ed amministrativo ai sensi della L.R. 69/78 e della L.R. 40/98, e della conseguente formalizzazione del relativo provvedimento autorizzativo da parte dell'Amministrazione Comunale di Moncalvo.

Come già specificato, il provvedimento autorizzativo ex L.R. 69/78 è stato rilasciato nel dicembre 2011; esso è venuto a coincidere con la "Fase 1" del progetto presentato, riferita al periodo temporale compreso tra il 2012 ed il 2016, e che prevedeva l'estrazione di un quantitativo di minerale gessoso pari a circa 476.400 m<sup>3</sup>.

A livello operativo, nella cava in parola si è potuto disporre, a partire dal 2009, di 2 frese in grado di operare contemporaneamente, e quindi le operazioni sono state ripartite e distribuite su più fronti, operando sui diversi livelli (livello 0, costituito da gesso microcristallino, e livello 2, costituito invece da gesso macrocristallino), così da meglio soddisfare le richieste degli stabilimenti da approvvigionare.

Si deve però considerare che nell'ambito del trascorso decennio il prolungarsi della sfavorevole congiuntura economica ha determinato una riduzione delle richieste di mercato, così che l'avanzamento complessivo degli scavi estrattivi, come illustrato nei paragrafi precedenti, è stato inferiore a quanto inizialmente previsto.

Al fine di valutare le volumetrie richieste in autorizzazione nell'ambito della presente istanza, si deve pertanto considerare che l'autorizzazione rilasciata nel gennaio 2017 era relativa all'esaurimento della porzione residua, alla data del 31.12.2016, della volumetria di pertinenza della "Fase 1", pari come si è visto in precedenza a circa 164.355 m<sup>3</sup>, cui si andava ad aggiungere quella di pertinenza invece della successiva "Fase 2", pari a circa 455.800 m<sup>3</sup>, per un totale, da estrarre nell'ambito del quinquennio autorizzativo 2017 – 2021, di circa 620.155 m<sup>3</sup> di minerale gessoso in posto.

Alla luce della corrente stasi dei ritmi produttivi, conseguente al prolungarsi della congiuntura economica negativa, cui nel trascorso anno 2020 si sono aggiunti gli effetti dell'emergenza sanitaria connessa al "Covid-19", si può ipotizzare, nel corso del corrente anno

2021, l'estrazione di una volumetria di gesso pari a circa 80.000 m<sup>3</sup>: si ritiene pertanto possibile il raggiungimento, entro la scadenza della vigente autorizzazione (fissata al 31.12.2021), di una cubatura totale estratta dell'ordine di poco meno di 350.000 m<sup>3</sup>, pari a poco più del 50% circa della cubatura autorizzata per il corrente quinquennio.

Nell'ambito della presente istanza di rinnovo autorizzativo, si provvederà pertanto ad esaurire le restanti volumetrie residue di pertinenza della "Fase 2" a suo tempo autorizzata, pari a circa 270.000 m<sup>3</sup> di minerale gessoso, per dare poi avvio alla coltivazione della successiva "Fase 3", per un quantitativo pari a circa 220 - 230.000 m<sup>3</sup> di minerale gessoso, il tutto per una volumetria totale da estrarre dell'ordine di circa 500.000 m<sup>3</sup>.

Tale volumetria potrà essere estratta operando con un ritmo produttivo medio annuo dell'ordine dei 100.000 m<sup>3</sup> circa: si può infatti prevedere, al momento attuale ed in conseguenza degli incentivi previsti per il settore edilizio ("ecobonus", "110%", ecc...), una ripresa delle esigenze di mercato, tale da consentire il ritorno, nei prossimi anni, a ritmi produttivi maggiori di quelli riscontrati nel trascorso quinquennio.

A prescindere dagli aspetti quantitativi, nell'ambito del prossimo quinquennio, oggetto della presente istanza di rinnovo autorizzativo ex L.R. 23/2016, l'avanzamento dei lavori estrattivi proseguirà mantenendo l'impostazione adottata nel progetto complessivo a suo tempo presentato ed approvato ex L.R. 40/98.

In particolare, la disponibilità di 2 frese consentirà di continuare ad operare contemporaneamente su due livelli distinti, così da assicurare l'approvvigionamento all'impianto di lavorazione sia di gesso microcristallino, sia di macrocristallino, in modo da poter soddisfare le diverse esigenze produttive.

Si procederà inoltre, operando su tutti e 3 i livelli di coltivazione, a completare le previste opere accessorie (rampe interlivello, ecc...) finalizzate a consentire la ventilazione delle gallerie di coltivazione e l'evacuazione dalle medesime in caso di emergenza.

Già negli anni trascorsi, nella cava in oggetto si è infatti ritenuto opportuno e preferibile, per una corretta conduzione dei lavori, provvedere ad interventi prioritari per la sicurezza e per la corretta gestione del cantiere estrattivo, quali, in particolare, la realizzazione del nuovo impianto di eduazione principale delle acque, con il relativo bacino "B8", così come la messa in servizio del nuovo sistema di ventilazione, più efficiente e funzionale a creare migliori e univoche vie di fuga.

Si è inoltre provveduto, soprattutto con lo scavo di gallerie di tracciamento e di prospezione, a migliorare ed approfondire il quadro conoscitivo sul giacimento, così da meglio organizzarne la gestione per il futuro proseguimento della coltivazione mineraria.

Nell'ambito del quinquennio oggetto di istanza autorizzativa, l'avanzamento dei lavori estrattivi proseguirà pertanto, sostanzialmente, mantenendo l'impostazione adottata negli anni trascorsi e, più in generale, si svilupperà (operando su due livelli contemporaneamente) seguendo gli stessi criteri che hanno guidato lo sviluppo della coltivazione mineraria negli anni trascorsi.

In particolare, la disponibilità di 2 frese consentirà di continuare ad operare su due livelli distinti, con uno scavo continuo sul livello “0”, alternando invece gli scavi tra i livelli “1” e “2”: ciò al fine di assicurare l’approvvigionamento all’impianto di lavorazione sia di gesso microcristallino (estratto dal livello “0”), sia di macrocristallino (estratto operando alternativamente sui livelli “1” e “2”), in modo da poter soddisfare le diverse esigenze produttive.

## **4. RELAZIONE GEOTECNICA**

### **4.1. Verifiche geotecniche di stabilità**

Nell'ambito della "Relazione tecnica" redatta, ai sensi della L.R. 69/78, a corredo del progetto di coltivazione mineraria e recupero ambientale della cava in oggetto, presentato nel dicembre 2010 ed approvato ex L.R. 40/98 nel successivo novembre 2011, si era provveduto ad una analisi numerica della stabilità dei vuoti sotterranei, effettuata mediante la predisposizione di un apposito modello di calcolo numerico, sviluppato sulla base della caratterizzazione geomeccanica del giacimento.

Le verifiche di stabilità così effettuate avevano messo in evidenza che, nella cava in progetto, le modalità previste per la coltivazione mineraria in sotterraneo, in particolare per quanto riguarda le dimensioni adottate per le gallerie di coltivazione e per i diaframmi tra esse interposti, risultano tali da garantirne la stabilità nel tempo.

In particolare, i risultati dei calcoli effettuati avevano messo in evidenza che i possibili cedimenti e le potenziali deformazioni del gesso, al tetto ed alla base delle gallerie, hanno un ordine di grandezza da millimetrico a centimetrico, a fronte di un'altezza delle gallerie dell'ordine dei 6 - 7 metri circa, e di uno spessore di materiale soprastante, interposto tra le medesime e la superficie topografica del piano campagna, dell'ordine di parecchie decine di metri, sino a raggiungere il centinaio di metri nel settore orientale dell'area di cava.

Al fine di verificare in sede esecutiva, mediante idonee rilevazioni in corso d'opera, i risultati delle modellizzazioni geotecniche svolte in sede progettuale, il più efficace e significativo tipo di monitoraggio è incentrato pertanto sul rilevamento, ripetuto periodicamente nel tempo, della geometria dei vuoti sotterranei, al fine di verificarne ed identificarne possibili processi di "cedimento".

A tale proposito, si possono richiamare le positive risultanze delle operazioni di monitoraggio mediante misurazioni periodiche presso opportune stazioni di convergenza già da tempo in svolgimento nella cava in parola, ed i cui risultati vengono periodicamente trasmessi agli Enti ed Uffici competenti nell'ambito delle relazioni annuali di monitoraggio.



## 4.2. Monitoraggio geotecnico e geomeccanico

### 4.2.1. Operazioni di monitoraggio periodico

Nel trascorso quinquennio autorizzativo (2017 – 2021), nella cava “Monferrato” si è provveduto, in adempimento delle specifiche prescrizioni formulate in sede autorizzativa, a proseguire le operazioni di monitoraggio periodico di tipo geotecnico e geomeccanico.

Il monitoraggio, avviato negli anni trascorsi, è essenzialmente di tipo topografico: a questo proposito, si deve ricordare che la cava “Monferrato” è inserita localmente in un ambiente topograficamente di tipo “catastale”, ossia che i limiti dell’area autorizzata della cava corrispondono ai confini catastali dell’area in disponibilità alla Ditta, e richiesta in autorizzazione ex L.R. 69/78.

La finalità delle sezioni di convergenza è quella di misurare eventuali significative deformazioni del contorno di scavo, che potrebbero verificarsi subordinatamente alle nuove tensioni indotte dall’apertura delle nuove gallerie di coltivazione.

Nell’ambito del progetto estrattivo autorizzato nel gennaio 2017, i risultati delle operazioni di monitoraggio geotecnico sono stati utilizzati al fine di calibrare e validare le modellizzazioni geotecniche sulla stabilità dell’ammasso roccioso in cui vengono scavate le gallerie minerarie: i risultati ottenuti, raccolti nell’ambito del precedente quinquennio 2011 - 2016, avevano consentito una significativa implementazione delle verifiche geotecniche, grazie anche alla disponibilità di nuovi e più aggiornati software di calcolo.

Relativamente alla modalità di effettuazione dei monitoraggi, nei primi anni di attività della coltivazione mineraria in sotterraneo queste misurazioni venivano effettuate con uno strumento meccanico dotato di comparatore, che ben presto si è però rivelato poco pratico da un punto di vista operativo; successivamente, si è optato per l’effettuazione di un controllo topografico, sfruttando la precisione consentita, nelle misurazioni successive, dalla stazione totale appositamente acquisita.

Come illustrato nello schema grafico allegato a fine paragrafo, ogni sezione di misura, sulla quale si procede al monitoraggio della convergenza, è costituita da 3 segnali riflettenti (“*target tape*”) fissati rispettivamente in calotta (T.T.A), sul paramento sinistro (T.T.B) e sul paramento destro della galleria (T.T.C.), così da realizzare un triangolo.

Come illustrato negli allegati estratti planimetrici, le sezioni in essere, allo stato attuale, sono 5: una sul contorno di una galleria di coltivazione del livello “0” (sezione “SM1”, galleria 0.2.5); una seconda sul sottostante livello “1” (sezione “SM2”, galleria 1.3.7), cui si aggiunge la sezione “SM3” lungo la galleria di accesso dal liv. “0” al liv. “2”, e la quarta alla stessa stregua al livello “2” (sezione “SM4”, galleria 2.1.2).

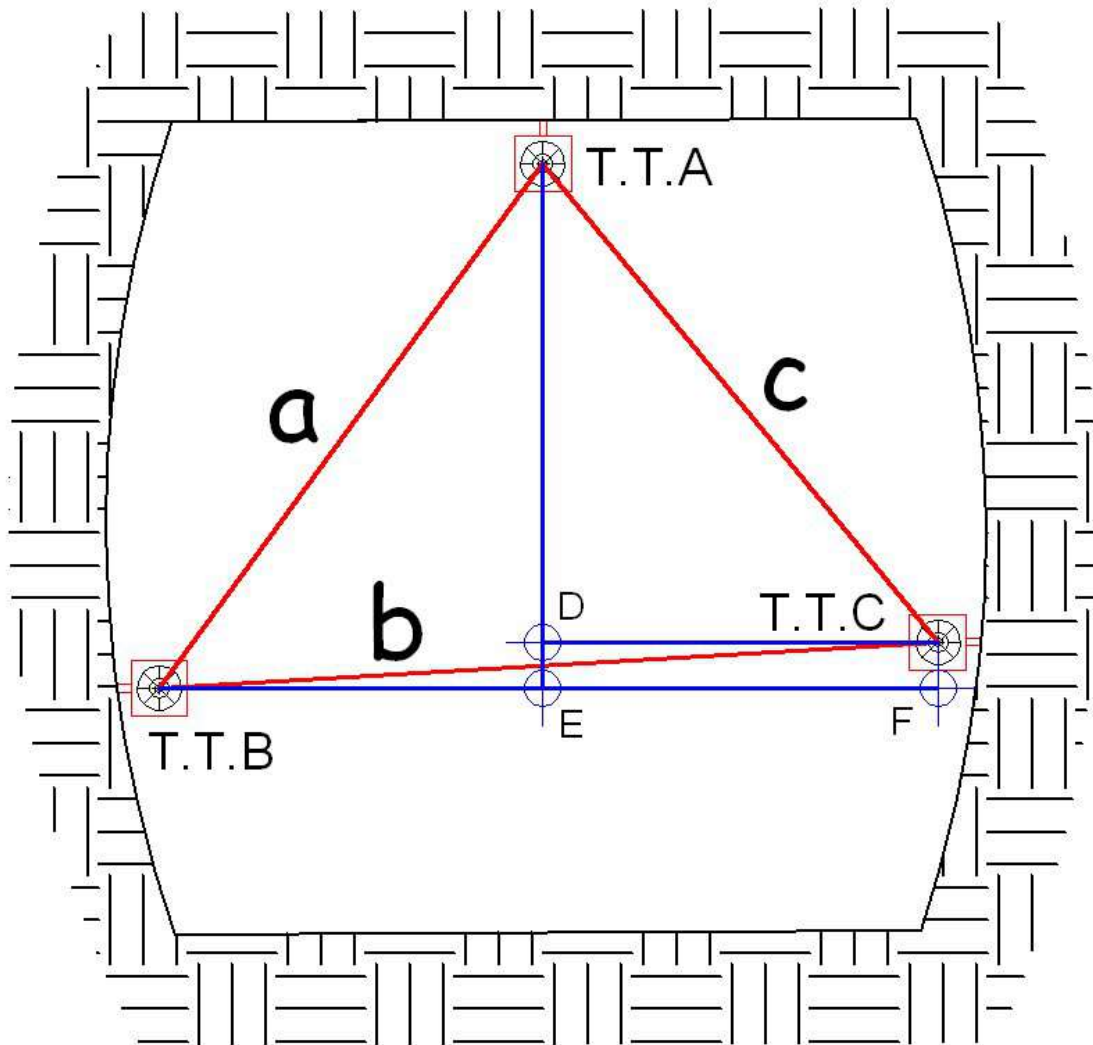
Nel corso degli anni, è stata aggiunta (nel 2015) una quinta sezione (sezione “SM5”, galleria 5/7 – 1), nel settore settentrionale dell’area oggetto di scavo nel livello 2, a poche decine di metri dalla sala pompe realizzata a servizio del bacino di raccolta delle acque “B8”.

Il primo rilievo di ciascuna sezione era stato effettuato non appena ultimate le gallerie; allo stato attuale, alla luce di quanto riscontrato nelle successive misurazioni, che non hanno fatto riscontrare problematiche particolari, la cadenza di rilievo è annuale.

Per procedere ai rilievi, con il teodolite si esegue una stazione libera, posta centralmente alla sezione e ad una distanza da essa di circa 25 - 35 m; da questa stazione si “battono” i 3 *target tape* effettuando una prima lettura più una lettura coniugata; in seguito i dati rilevati vengono scaricati dallo strumento al computer ed elaborati: la fase finale consiste nel calcolo, mediante apposito software, delle effettive misure dei 3 lati *a*, *b* e *c* del triangolo della sezione, ed il loro raffronto con i dati dei rilievi precedenti.

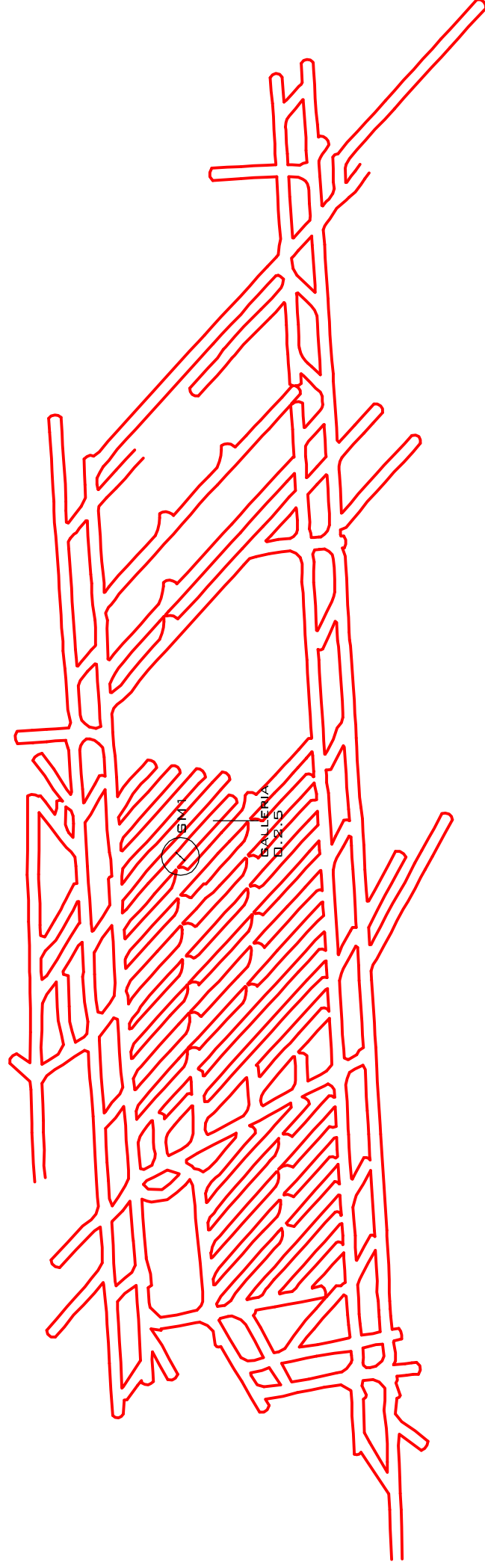
Nel futuro proseguimento dell'intervento estrattivo, oggetto della presente istanza di rinnovo autorizzativo ex L.R. 23/2016, si provvederà ad individuare, in funzione dell'avanzamento degli scavi minerari, le sezioni con ubicazione più ottimale al fine di procedere alle operazioni di monitoraggio periodico, con rilevamento della convergenza, delle gallerie di coltivazione, tenendo conto della necessità di tenere sotto osservazione soprattutto i punti caratterizzati dalle maggiori condizioni di sollecitazione.

In allegato nel seguito, si riportano i risultati, aggiornati al gennaio 2021, delle campagne periodiche di monitoraggio topografico presso le sezioni di convergenza messe in opera nella cava in oggetto, che hanno preso avvio, rispettivamente, dal settembre 1999 (sezione SM1), dal luglio 2002 (sezione SM2), dal novembre 2006 (sezione SM3), dal marzo 2008 (sezione SM4) e dal gennaio 2015 (sezione SM5).

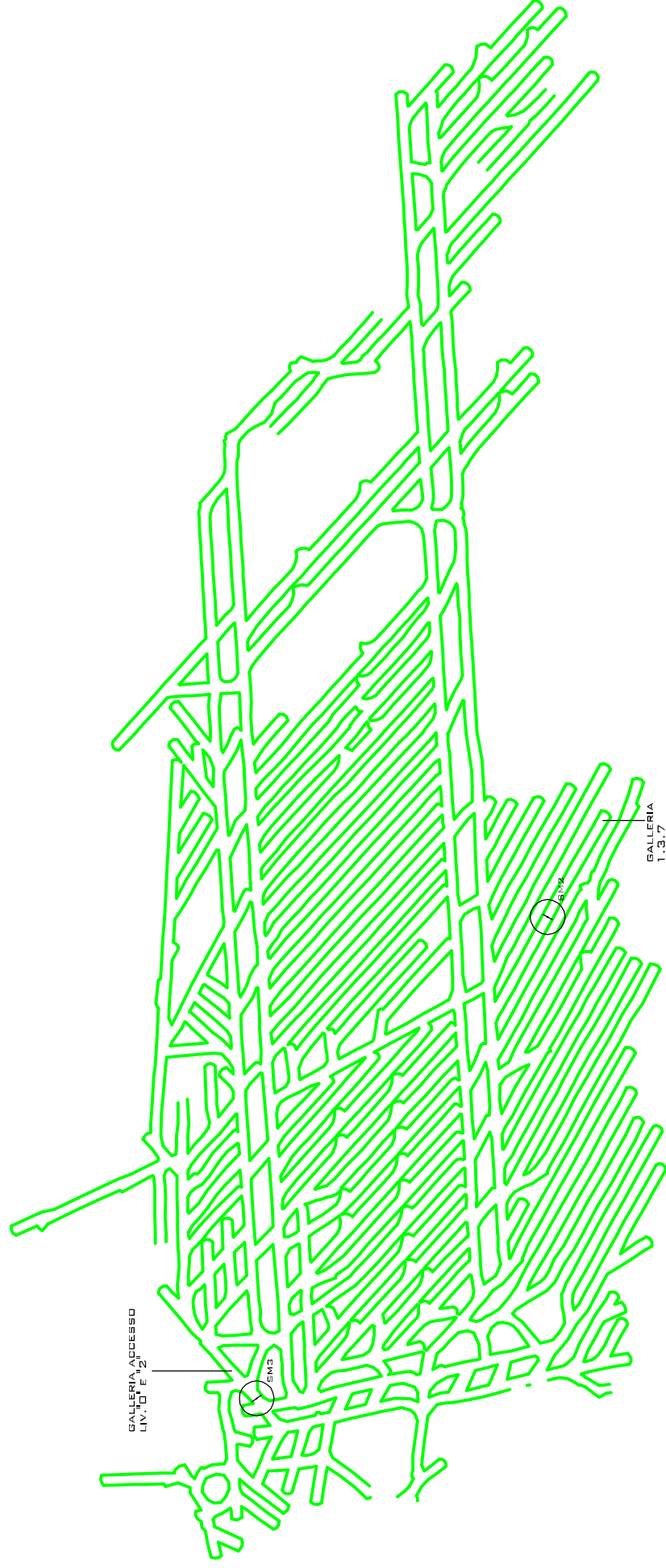


Schema illustrativo della sezione – tipo di monitoraggio per la rilevazione periodica, mediante misure topografiche, della convergenza delle gallerie minerarie.

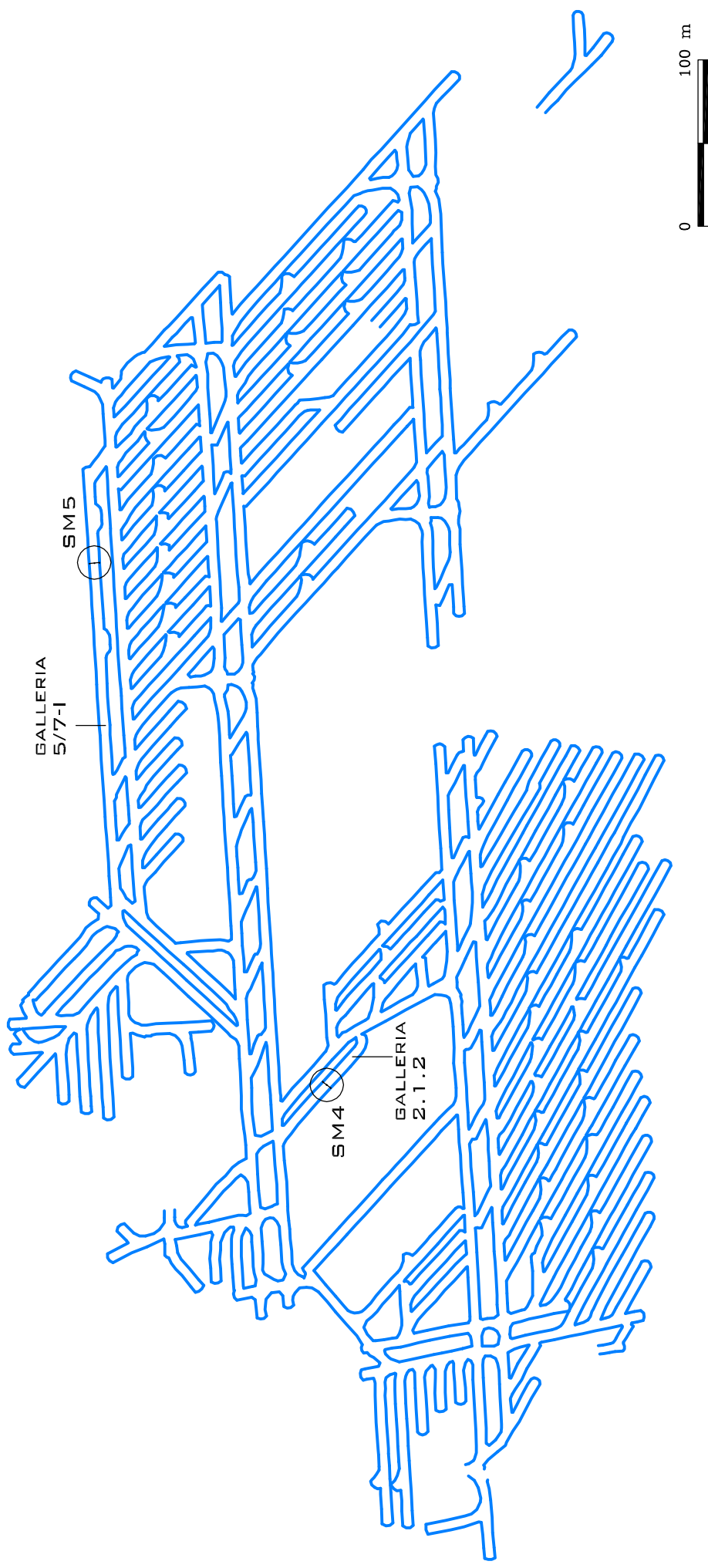
Individuazione delle sezioni oggetto di verifica  
di convergenza al Livello 0 (Sez. SM1).

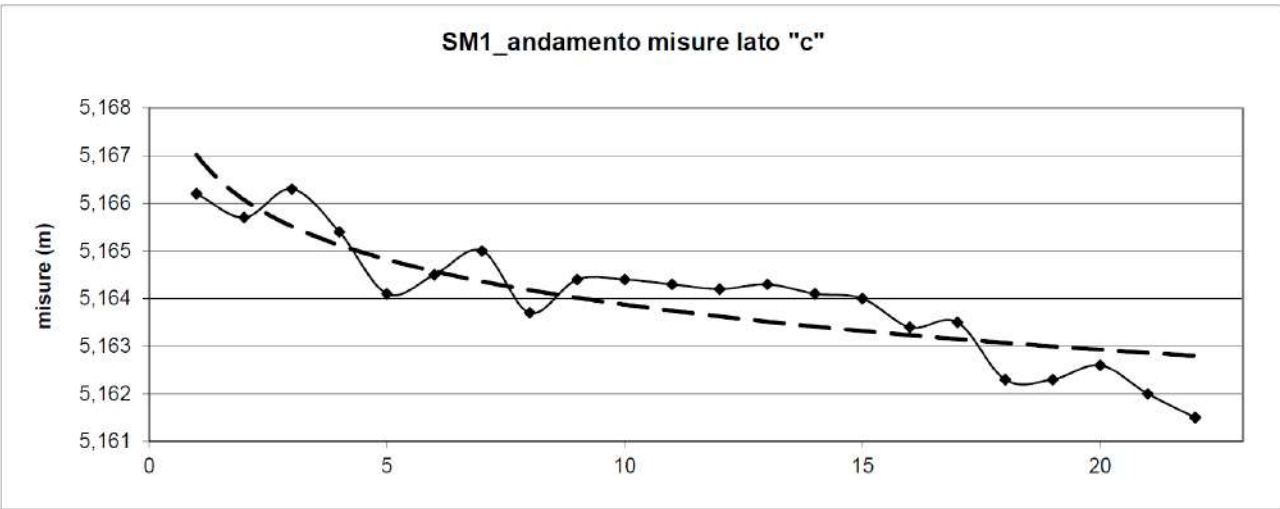
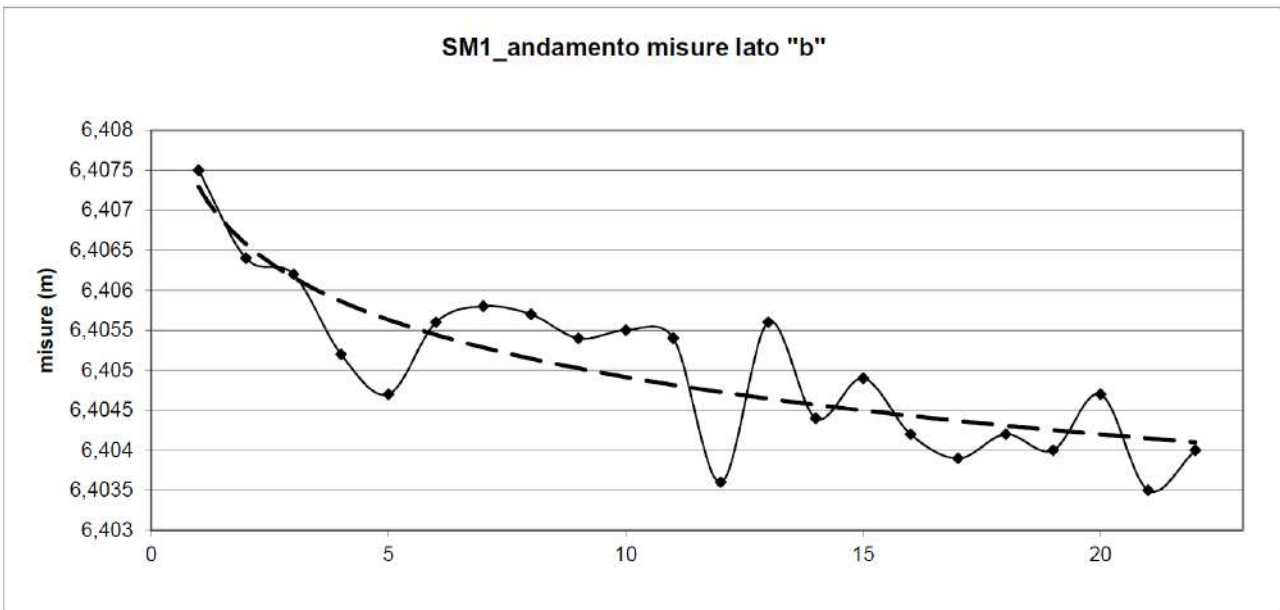
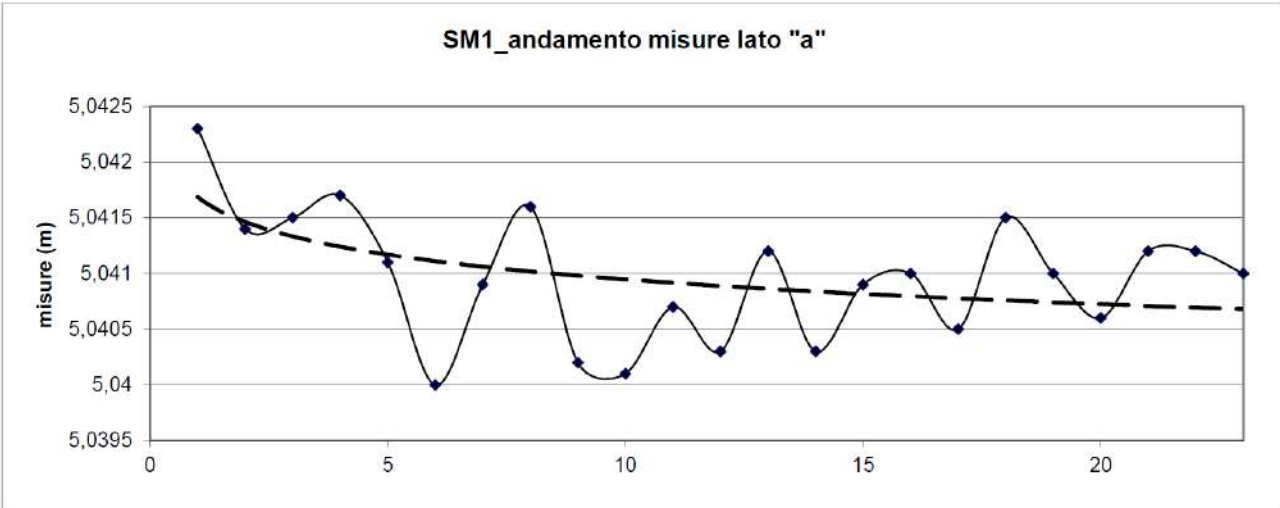


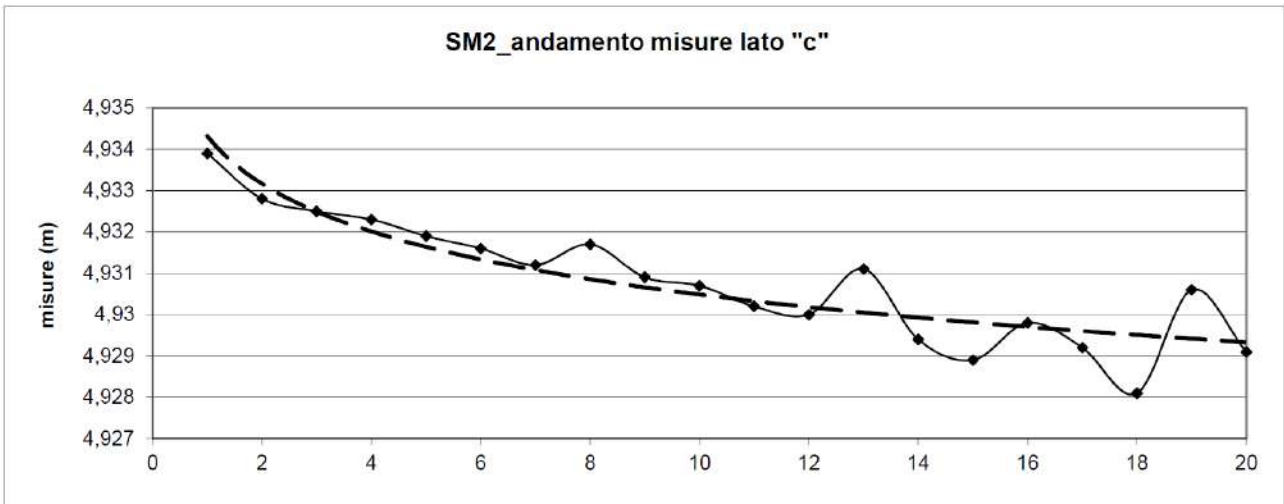
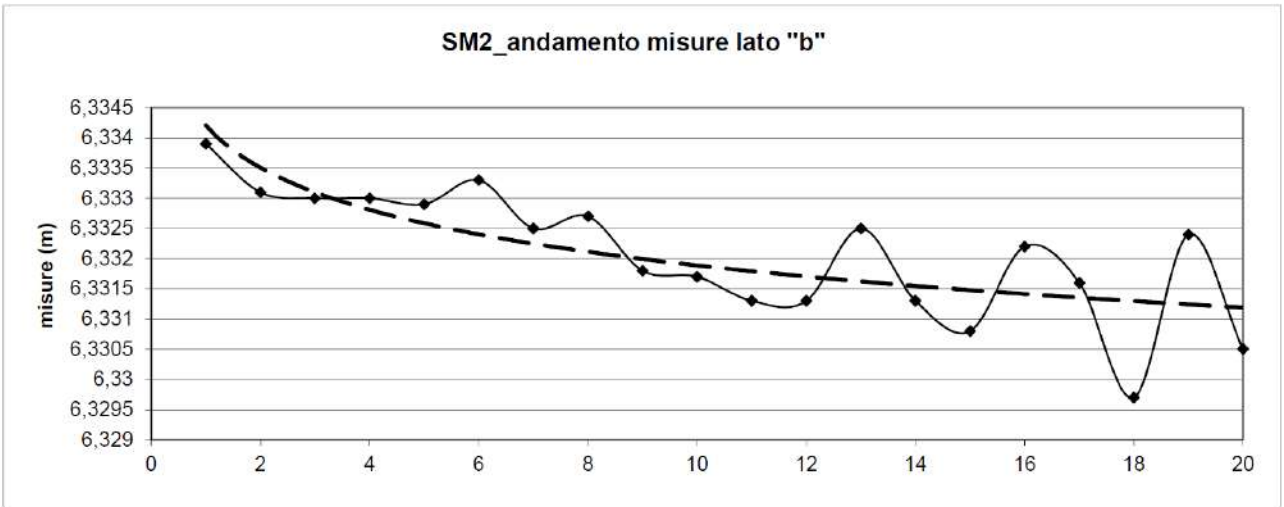
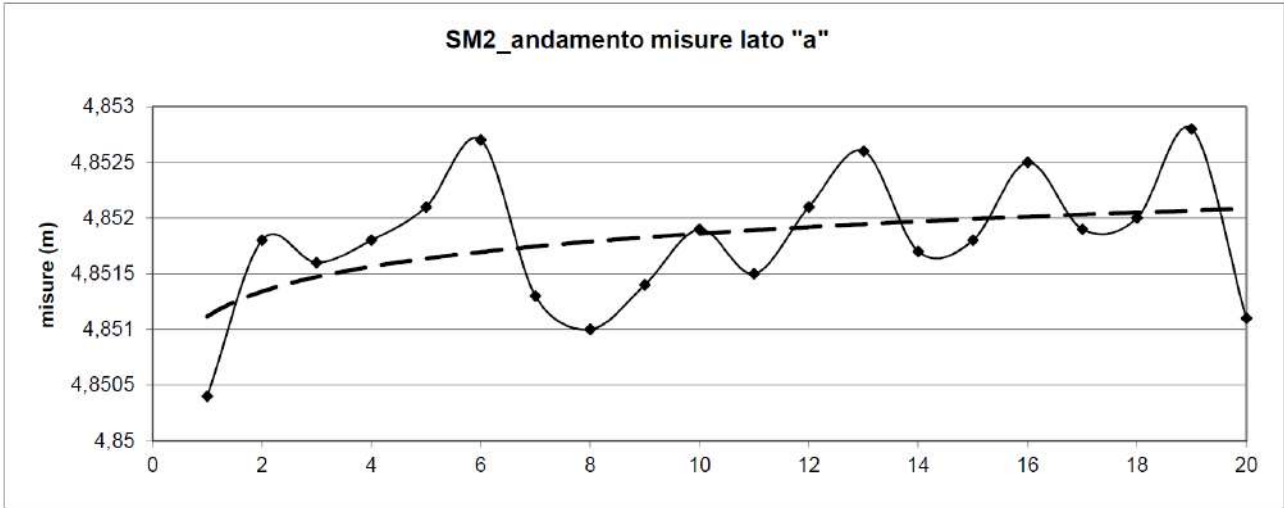
Individuazione delle sezioni oggetto di verifica di convergenza al Livello 1 (Sez. SM2 e SM3).



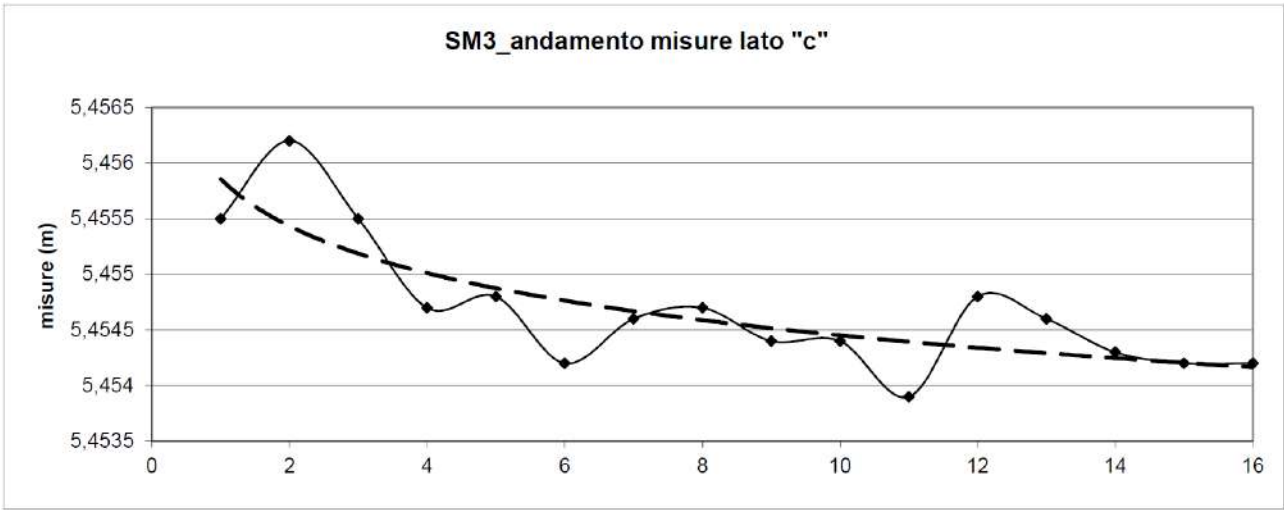
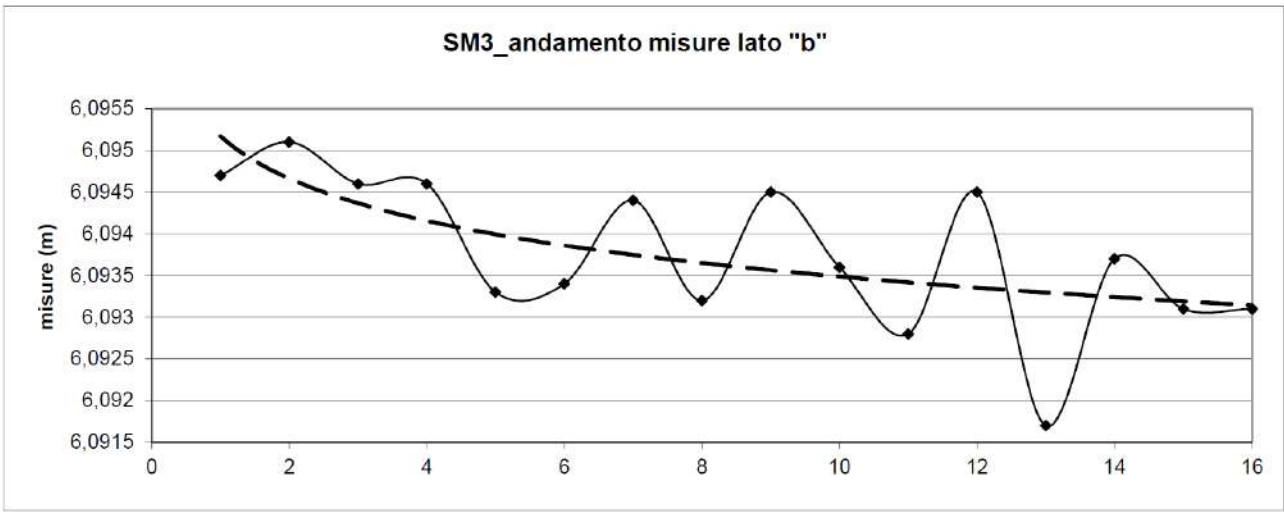
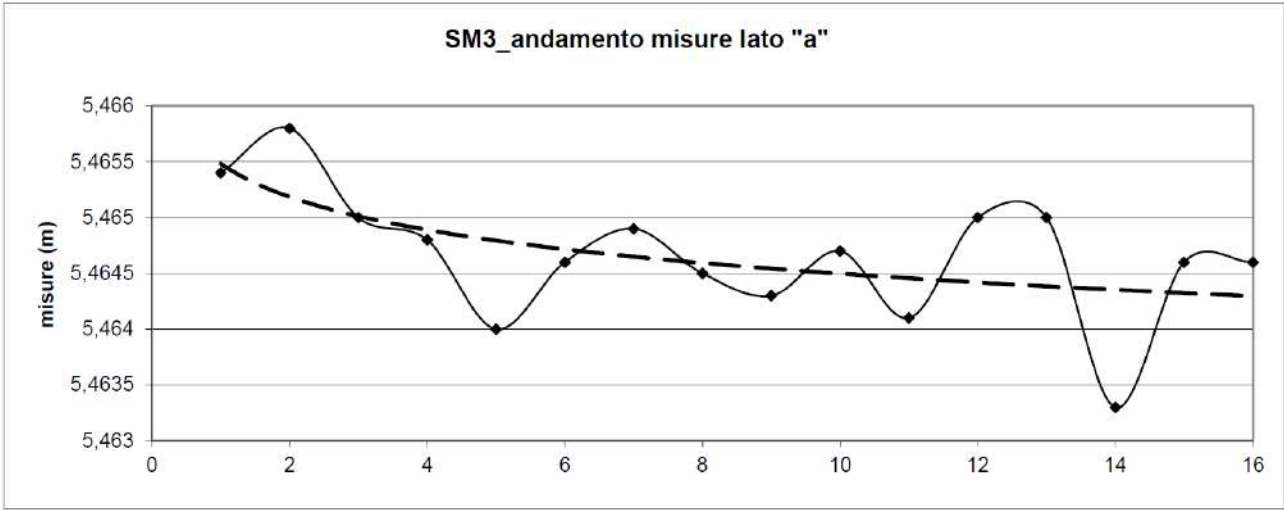
Individuazione delle sezioni oggetto di verifica di convergenza al Livello 2 (Sez. SM4 e 5).

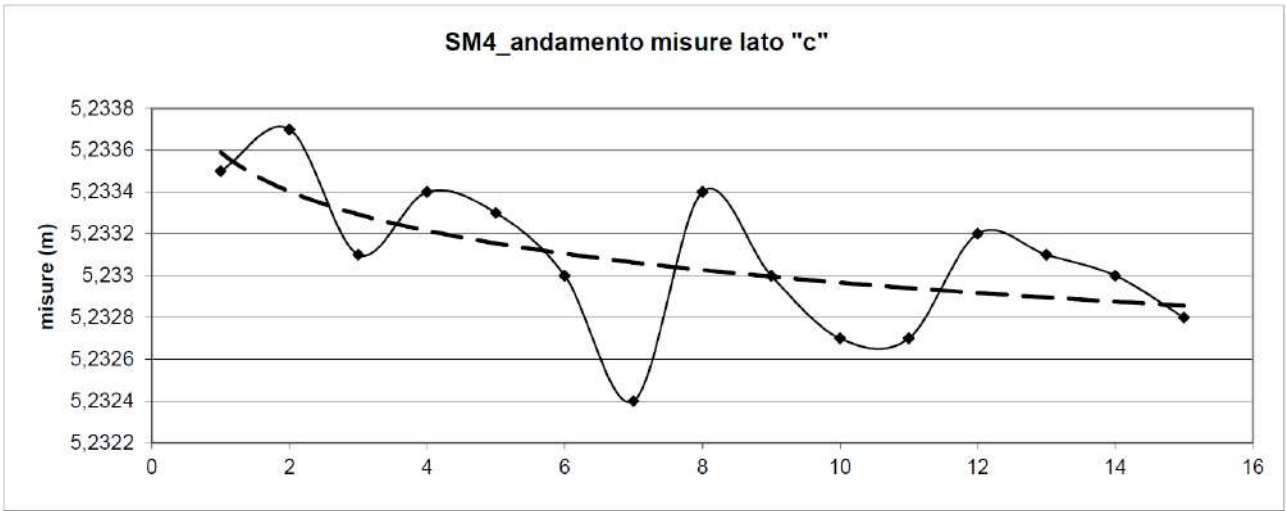
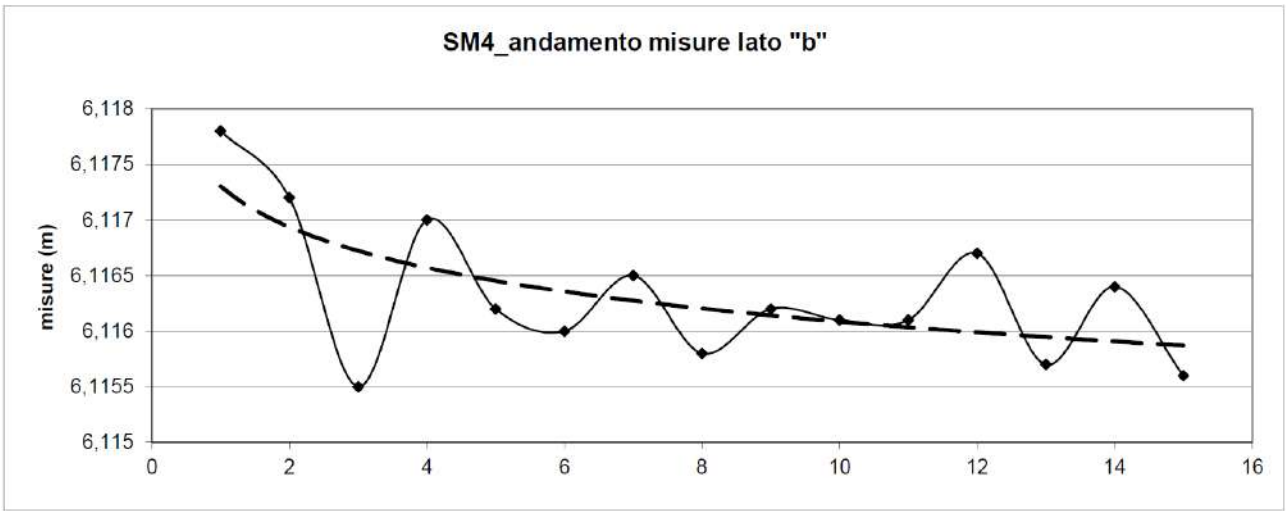
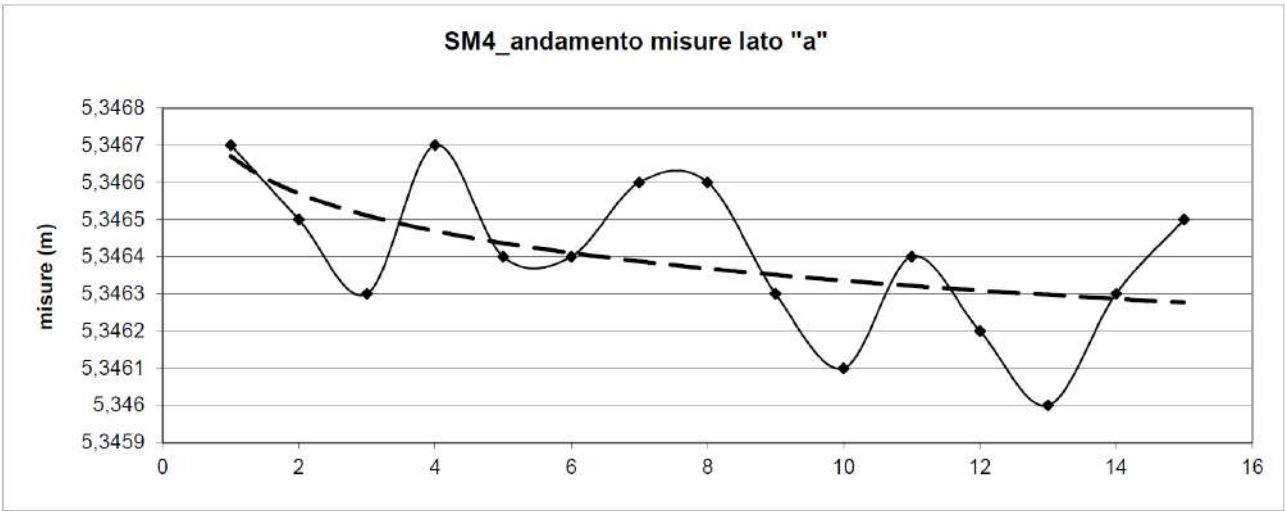


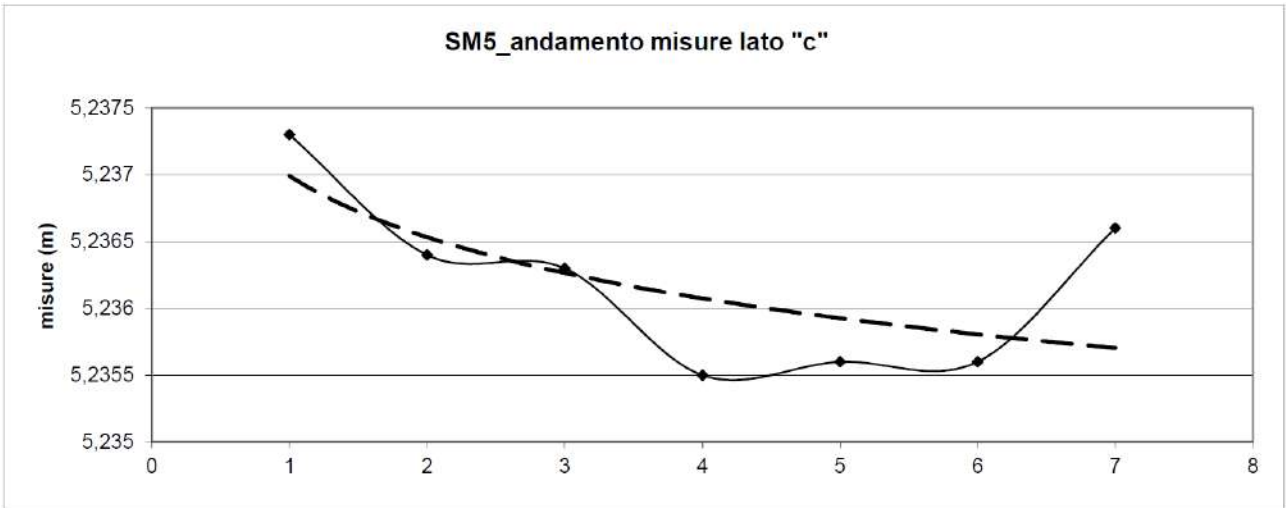
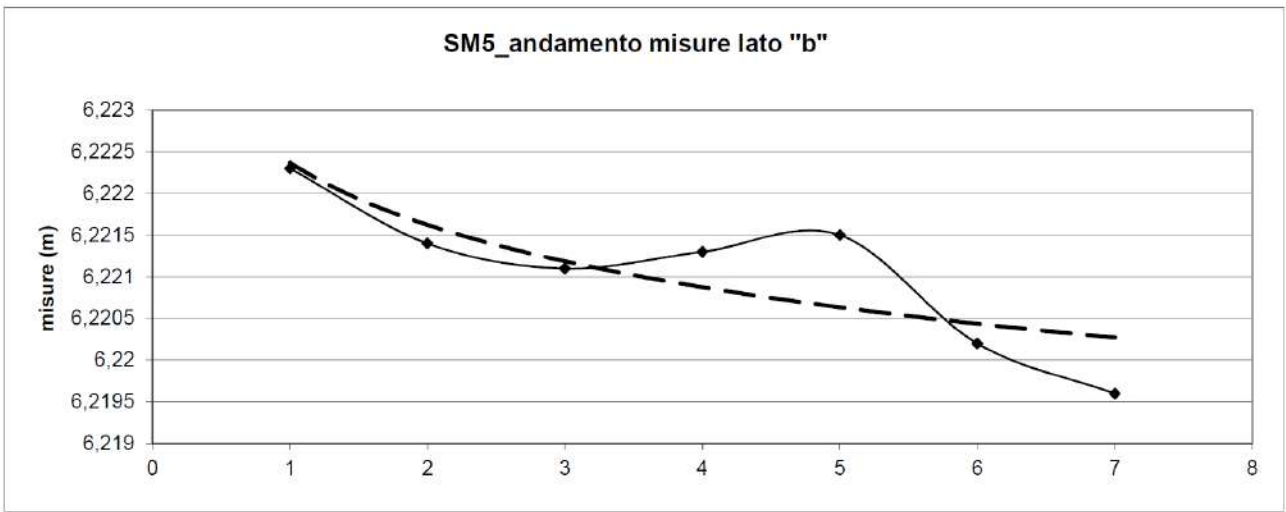
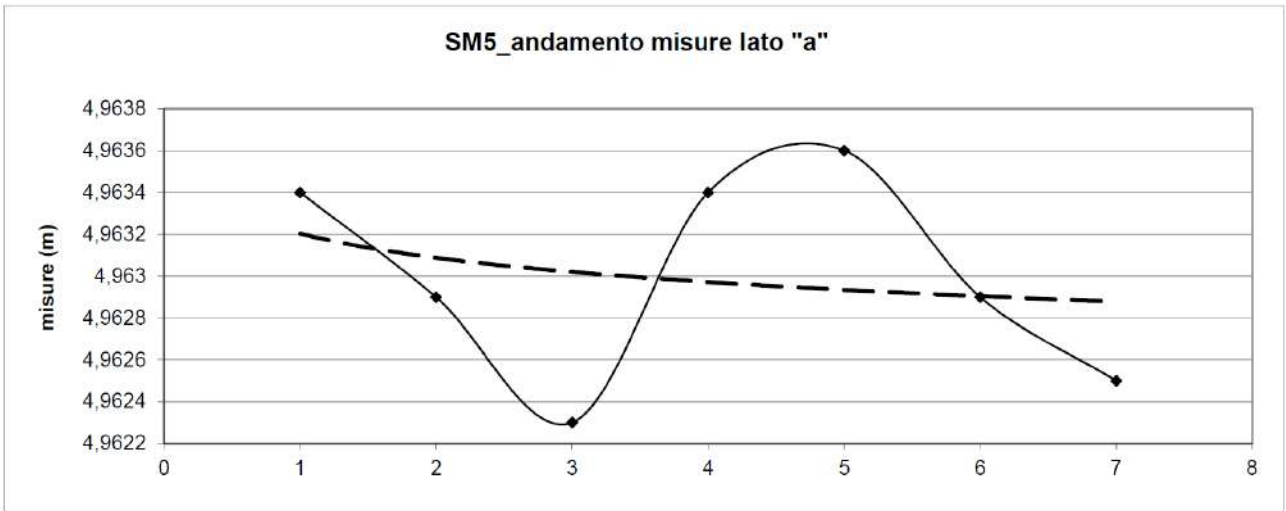












#### 4.2.2. Analisi dei risultati

I grafici di andamento delle misure svolte nel trascorso periodo (che, per alcune delle sezioni considerate, ha ormai un'estensione decennale o anche maggiore) mostrano delle variazioni oscillanti nel tempo: a seconda del periodo di osservazione, infatti, si possono avere valori di deformazione del vuoto minerario “positivi” o “negativi”.

Se si valuta però l'andamento progressivo delle misurazioni nel corso del tempo, come evidenziato dalla “linea di tendenza”, calcolata mediante l'apposita funzione del *software* Excel<sup>TM</sup> e sovrapposta graficamente ai diagrammi, che interpola matematicamente i risultati delle diverse successive misurazioni, si osserva che la tendenza generale alla diminuzione delle dimensioni trasversali della sezione ha un andamento asintotico, che tende cioè ad “assestarsi” progressivamente nel tempo, come confermato soprattutto nelle sezioni di misura più “longeve”; si tratta peraltro di un fenomeno abbastanza noto nello scavo di gallerie stradali e ferroviarie, e che a suo tempo fu addirittura tra le principali basi teoriche assunte alla base del cosiddetto “Nuovo Metodo Austriaco” (NATM).

A fronte di questo trend complessivo, ben evidente in tutte le stazioni di misura oggetto di monitoraggio, si può quindi ritenere che sul medesimo venga a sovrapporsi un *bias* statistico variabile irregolarmente, riferibile all'errore strumentale ancora inevitabilmente associato, per quanto di entità sub-millimetrica, a rilevazioni topografiche di questo tipo, considerando le problematiche operative ed ambientali connesse a misurazioni effettuate in ambiente sotterraneo.

Oltre a quanto evidenziato da tale constatazione, i valori di deformazione effettivamente misurati risultano tutti di ordine millimetrico, se non addirittura sub-millimetrico: si tratta di ordini di grandezza comparabili a quelli calcolati in fase di progetto, e che confermano l'idoneità delle ipotesi geomeccaniche fatte in sede progettuale.

### 4.3. Caratterizzazione geomeccanica del giacimento

#### 4.3.1. Campionamenti e prove di laboratorio

Il giacimento in esame presenta una certa disomogeneità mineralogica, causata da diverse fasi deposizionali e diverse cristallizzazioni. Sono facilmente distinguibili volumi gessosi con cristalli a grana grossa, da volumi gessosi con una ricristallizzazione a grana fine: i contatti sono netti e spesso sottolineati da intercalazioni marnoso - argillose, ad andamento regolare, che separano le diverse bancate di gesso cristallino.

In occasione della predisposizione del progetto estrattivo complessivo presentato nel 2010, era stata realizzata, all'interno della cava "Monferrato", una campagna di indagini geognostiche per la caratterizzazione geotecnica dei materiali costituenti l'ammasso roccioso oggetto di coltivazione.

Nell'ambito della presente istanza di rinnovo, si farà riferimento, pertanto, ai parametri geotecnici dei materiali ottenuti da tale caratterizzazione, già allegati al progetto estrattivo del 2010.

Preventivamente alla realizzazione del progetto presentato nel 2010, al fine di eseguire le prove di laboratorio, erano stati prelevati infatti campioni di gesso macrocristallino, gesso microcristallino e marna. In particolare, i campioni prelevati erano rappresentativi delle seguenti litologie che costituiscono l'ammasso roccioso:

- 1) gesso microcristallino (Livello "0");
- 2) gesso macrocristallino (Livelli "1"- "2");
- 3) "marna" (termine con il quale vengono indicati gli interstrati pelitico – marnosi che separano le bancate di gesso cristallino).

Più in particolare, erano stati prelevati in totale:

- n. 8 campioni di marna d'interstrato, prelevati tutti nell'interstrato tra i banchi del livello "1" e del livello "2";
- n. 5 campioni di gesso microcristallino, prelevati dal Livello "0";
- n.  $4 + 4 = 8$  campioni di gesso macrocristallino, prelevati rispettivamente dai livelli "1" e "2".

Su questi campioni erano state effettuate le seguenti prove:

- determinazione del peso apparente;
- prove di compressione monoassiale;
- determinazione dei moduli elastici tangente e secante ( $E_t$ ,  $E_s$ );
- prove di taglio diretto ed individuazione del criterio di rottura della roccia;
- prove triassiali.

Nel seguito si riassumono i risultati delle prove di laboratorio; i certificati delle stesse, elaborati dalla *GDTes*, erano stati riportati in allegato agli elaborati del progetto estrattivo complessivo presentato nel dicembre 2010, già agli atti ed al quale si rimanda.

### 4.3.2. Risultati delle prove di laboratorio

#### Massa volumica

Sui campioni prelevati in sito erano state effettuate le misurazioni riguardanti le dimensioni geometriche e pesate a secco dei provini ottenendo valori iniziali dei pesi; successivamente era stata effettuata un'analisi anche con la bilancia di Archimede, tramite la quale era stato possibile risalire ad una più precisa quantificazione del volume.

I valori medi ottenuti sono riportati di seguito.

#### Determinazione del peso specifico:

GESSO MACROCRISTALLINO -  $\gamma = 2.13 - 2.18 \text{ gr/cm}^3$ ;

GESSO MICROCRISTALLINO -  $\gamma = 2.167 - 2.201 - 2.092 - 2.091 - 2.095 \text{ gr/cm}^3$ ;

MARNA -  $\gamma = 1.885 - 1.950 - 1.987 - 1.948 - 1.981 \text{ gr/cm}^3$ .

#### Resistenza a compressione monoassiale

Al fine di rendere rappresentative le prove e poter estendere all'intero giacimento i risultati, per quanto riguarda il gesso, i campioni prelevati erano costituiti dalle due forme di cristallizzazione più frequenti, ossia quella "microcristallina" e quella "macrocristallina".

La resistenza a compressione monoassiale della roccia era stata calcolata dividendo il massimo carico sostenuto dal campione durante la prova, per l'area iniziale della sezione trasversale, ottenendo i risultati di seguito riassunti.

#### Prove di compressione monoassiale:

GESSO MACROCRISTALLINO -  $C_o = 6.36 - 8.20 \text{ MPa}$ ;

GESSO MICROCRISTALLINO -  $C_o = 14.51 \text{ MPa}$ ;

MARNA -  $C_o = 0.48 \text{ MPa}$ .

#### Parametri di deformabilità

In ambito geotecnico, il modulo di Young "E" di una roccia è definito come rapporto tra la variazione di tensione assiale e la deformazione assiale prodotta dalla variazione di tensione stessa.

Per la determinazione di tale parametro, sono stati impiegati i modi più comuni per il calcolo, ottenendo i risultati riportati nel seguito.

#### Modulo di Young tangente ( $E_t$ ):

Si misura ad un livello di tensione pari al 50% della resistenza ultima a compressione monoassiale.

GESSO MACROCRISTALLINO

Modulo di elasticità tangente:

$E_t = 13.41-16.14 \text{ GPa}$

**GESSO MICROCRISTALLINO**

Modulo di elasticità tangente:

$$E_t = 20.38 \text{ GPa}$$

**MARNA**

Modulo di elasticità tangente:

$$E_t = 0.12 \text{ GPa}$$

**Modulo di Young secante ( $E_s$ ):**

Si misura dalla tensione nulla al valore corrispondente al 50% della resistenza ultima a compressione monoassiale.

**GESSO MACROCRISTALLINO**

Modulo di elasticità secante:

$$E_s = 17.91\text{-}19.94 \text{ GPa}$$

**GESSO MICROCRISTALLINO**

Modulo di elasticità secante:

$$E_s = 23.61 \text{ GPa}$$

**MARNA**

Modulo di elasticità secante:

$$E_s = 0.16 \text{ GPa}$$

**Resistenza al taglio**

Le prove di taglio diretto sono state effettuate sia sul gesso macrocristallino che sulla marna. Scopo della prova è stato quello di determinare le caratteristiche di resistenza al taglio dei due materiali. A tale proposito, le prove sono state condotte su provini di roccia intatta, opportunamente preparati in laboratorio.

Per mezzo di un pistone idraulico verticale, si sono sottoposti i provini a diversi carichi normali, i quali rimangono costanti durante il corso della prova, mentre lo sforzo di taglio viene impresso per mezzo di un pistone orizzontale.

Durante la prova, inizialmente il provino tende a deformarsi fino al raggiungimento della resistenza di picco del materiale, raggiunta la quale si ha la rottura con scorrimento relativo delle due parti.

La prima curva che si ottiene fornisce la resistenza di picco e quella residua relative ad un certo valore dello sforzo normale.

I risultati della prova sono coppie di valori ( $\sigma-\tau$ ) che rappresentano la condizione di tangenza del cerchio di Mohr, relativo a quello stato tensionale, all'involuppo di resistenza del materiale.

Ipotizzando un criterio di resistenza si può risalire alla curva di involuppo del materiale; nel caso in esame si è utilizzato il criterio di Mohr-Coulomb, espresso dalla relazione seguente:

$$\tau = c + \sigma_n \operatorname{tg} \varphi$$

ed interpolando i diversi valori in termini di carico normale e di sforzo di taglio si sono ottenuti i valori di coesione  $c$  ed angolo di attrito  $\varphi$  del materiale.

#### **Prove di taglio diretto:**

GESSO MACROCRISTALLINO

$$C_p = 1.42 \text{ MPa} - 1.83 \text{ MPa},$$

$$\varphi_p = 60^\circ - 51.6^\circ$$

CRITERIO DI RESISTENZA GESSO MACROCRISTALLINO:

$$\tau_p = 1.83 + \sigma_n \operatorname{tg} 51.6$$

#### **Prove triassiali:**

GESSO MICROCRISTALLINO

$$C_p = 3.85 \text{ MPa},$$

$$\varphi_p = 37.1^\circ$$

CRITERIO DI RESISTENZA GESSO MICROCRISTALLINO:

$$\tau_p = 3.85 + \sigma_n \operatorname{tg} 37.1$$

#### **Prove di taglio diretto:**

MARNA

$$C_p = 0.2 \text{ MPa}, \varphi_p = 31.7^\circ,$$

CRITERIO DI RESISTENZA MARNA:

$$\tau_p = 0.2 + \sigma_n \operatorname{tg} 31.7$$

dove:

$C_p$  = coesione di picco,  $\varphi_p$  = angolo di attrito di picco.

#### **Resistenza a trazione**

La resistenza a trazione dei materiali è stata ricavata da prove di trazione indiretta, denominate “Brasiliane”, svolte sia sulla marna che sul gesso microcristallino.

In tale prova si misura la resistenza a trazione indirettamente: il provino di roccia è sottoposto ad uno stato tensionale di compressione che genera la rottura per trazione.



La sollecitazione è applicata mediante una piastra di carico che agisce lungo la superficie laterale del provino stesso.

Il carico è quindi diametrico, viene applicato a velocità controllata (circa 200 N/s) e simula una trazione che verrà applicata fino al momento della rottura. Il valore di resistenza a trazione indiretta si ricava dalla seguente formula:

$$T_0 = 2P / (\pi L D)$$

in cui:

- P: carico di rottura;
- L: lunghezza del provino;
- D: diametro del provino.

Il valore della resistenza a trazione per il gesso macrocristallino è stato ricavato utilizzando il criterio di Hoek – Brown, il quale permette di calcolare tale parametro in funzione del valore di resistenza a compressione della roccia e di una costante, variabile a seconda del litotipo in esame. In conclusione, i valori trovati sono i seguenti:

#### GESO MACROCRISTALLINO

$$T_0 = 0,56 \text{ MPa,}$$

#### GESO MICROCRISTALLINO

$$T_0 = 2,27 \text{ MPa,}$$

#### MARNA

$$T_0 = 0,10 \text{ MPa.}$$

## 4.4. Determinazione dei criteri di resistenza della roccia intatta

### 4.4.1. Criterio di resistenza per il gesso macrocristallino

Per ottenere il criterio di resistenza della roccia intatta a partire dai risultati delle prove di laboratorio, si deve determinare una retta-inviluppo dei cerchi di Mohr caratteristici delle condizioni del provino a rottura.

Come già illustrato in precedenza, i risultati della prova di taglio sono costituiti da coppie di valori  $(\sigma - \tau)$  che rappresentano la condizione di tangenza del cerchio di Mohr, relativo a quello stato tensionale, con l'inviluppo di resistenza del materiale.

Ipotezzando un criterio di resistenza si può risalire alla curva di inviluppo del materiale; nel caso in esame si è utilizzato il criterio lineare di Mohr-Coulomb: interpolando i valori si è trovato l'inviluppo lineare di equazione  $\tau = c + \sigma_n \operatorname{tg} \varphi$ , dal quale si ricavano dunque i valori di coesione  $c$  ed angolo di attrito  $\varphi$  del materiale.

Per il gesso macrocristallino si riportano i diversi valori trovati nelle prove sia per la resistenza di picco che per la resistenza residua; dunque il criterio di resistenza del materiale è dato da:

$$\tau_p = 1.83 + \sigma_n \operatorname{tg} 51.6$$

$$\tau_u = 0.37 + \sigma_n \operatorname{tg} 38.9$$

e per l'altro campione analizzato:

$$\tau_p = 1.42 + \sigma_n \operatorname{tg} 60$$

$$\tau_u = 0.34 + \sigma_n \operatorname{tg} 42.6$$

Tale inviluppo rettilineo, definito su un piano  $\sigma$ - $\tau$ , è valido per la roccia intatta; per la presenza di discontinuità, fratture ecc..., la massa rocciosa risulta, invece, generalmente caratterizzata da parametri limite di resistenza inferiori rispetto a quelli relativi alla roccia intatta.

Nel nostro caso però, vista la sostanziale assenza di fratture riscontrata nel giacimento oggetto di coltivazione, tali valori possono essere considerati validi anche per la roccia in posto.

I valori residui risultano sovrastimati, a causa dell'elevata componente di dilatanza dovuta alla irregolarità delle superfici di taglio, per la presenza di "gradini" sub-centimetrici, costituiti da cristalli di gesso, che rendono irregolare la superficie formatasi al momento della rottura.

#### 4.4.2. Criterio di resistenza per il gesso microcristallino

Durante la campagna di indagini effettuata, non sono state realizzate prove di taglio su campioni di gesso microcristallino; sono state invece realizzate delle prove triassiali, in quanto il materiale permetteva la preparazione ottimale dei campioni, grazie alla natura stessa del materiale, il quale presenta cristalli di dimensione inferiore a quelli del gesso macrocristallino.

Dalle prove effettuate si è trovato, per quanto riguarda i valori di picco, un valore di coesione pari a  $c = 3.85$  MPa ed un valore di angolo di attrito pari a  $\varphi = 37.1^\circ$ , così da ottenere, in termini di criterio di resistenza:

$$\tau_p = 3.85 + \sigma_n \operatorname{tg} 37.1$$

Anche in questo caso l'involuppo rettilineo, definito su un piano  $\sigma$ - $\tau$ , è valido per la roccia intatta; la massa rocciosa risulta, invece, generalmente caratterizzata da parametri limite di resistenza inferiori rispetto a quelli relativi alla roccia intatta.

Nel nostro caso però, vista la sostanziale assenza di fratture, tali valori possono essere considerati validi anche per la roccia in posto.

#### **4.4.3. Criterio di resistenza per la marna**

Per la marna, la caratterizzazione è avvenuta tramite prova triassiale, la quale ha permesso di trovare un valore di coesione  $c = 0.20$  MPa ed un valore dell'angolo di attrito  $\varphi = 31.7^\circ$ , per quanto riguarda i valori di picco, così che il criterio di resistenza può essere espresso come:

$$\tau_p = 0.20 + \sigma_n \operatorname{tg} 31.7$$

#### 4.4.4. Riepilogo dei dati assunti nelle verifiche

Le caratteristiche fisico-meccaniche dei litotipi interessati dai lavori di coltivazione possono essere dedotti dai risultati delle campagne di indagini geognostiche realizzate, in diversi successivi periodi, nella cava “Monferrato”, e comparati anche con dati reperibili in letteratura tecnica.

Rispetto ai valori ottenuti nella precedente campagna di indagini (svolta a corredo del precedente progetto estrattivo, presentato nel 2006), nei dati ottenuti dalla campagna di prove effettuate nel 2010, a fronte di una sostanziale omogeneità dei valori di resistenza, si erano invece riscontrate delle differenze nei parametri di deformabilità del gesso, sia microcristallino che macrocristallino, e delle significative differenze rispetto ai parametri di resistenza della formazione marnosa.

I risultati ottenuti dalle analisi numeriche svolte, utilizzando tali parametri, nell’ambito del progetto presentato nel 2010, risultano però eccessivamente cautelativi se raffrontati con quanto successivamente misurato in sito tramite le misure di convergenza svolte nell’ambito delle periodiche operazioni di monitoraggio geotecnico, di cui si sono riassunti i risultati nel precedente paragrafo 4.2.

Gli spostamenti effettivamente misurati in sito risultano infatti significativamente inferiori rispetto a quanto calcolato nelle modellazioni a suo tempo effettuate nell’ambito del progetto complessivo, oggetto di giudizio positivo di compatibilità ambientale.

Per tale motivo, nell’ambito della precedente istanza di rinnovo autorizzativo, presentata nel luglio 2016, si era proceduto ad effettuare nuove analisi di calcolo numerico, affinando la precisione del modello geotecnico, il quale, opportunamente tarato mediante i procedimenti di *back analysis* discussi nei paragrafi successivi, aveva consentito di ottenere risultati di calcolo analoghi a quelli realmente misurati.

Dal momento che i risultati dei monitoraggi geotecnici, che sono stati proseguiti nel trascorso quinquennio (2017 – 2021) e che sono stati periodicamente trasmessi (a corredo delle relazioni di aggiornamento annuale) agli Enti ed Uffici competenti, sono in piena concordanza con quelli raccolti nel quinquennio precedente, così da confermare e convalidare i risultati delle analisi di calcolo numerico effettuate nell’ambito della suddetta istanza di rinnovo autorizzativo, presentata nel luglio 2016, i risultati stessi vengono riproposti nel seguito della presente relazione.

Nel seguito, si riportano innanzitutto i valori finali, assunti nelle elaborazioni numeriche e nei calcoli di stabilità, dei parametri geotecnici quantificati per il *gesso a grana grossolana* (*gesso macrocristallino*), il *gesso a grana fine* (*gesso microcristallino*) e la *marna argillosa* costituente gli interstrati che separano le principali bancate gessose oggetto di coltivazione.

##### ➤ GESSO MACROCRISTALLINO

- Peso specifico:  $\gamma = 2.18 \text{ gr/cm}^3$ ;
- Compressione monoassiale:  $C_0 = 8,20 \text{ MPa}$ ;
- Modulo di elasticità tangente:  $E_t = 14,77 \text{ GPa}$ ;

- Modulo di elasticità secante:  $E_s = 18,92 \text{ MPa}$ ;
- Resistenza a trazione:  $T_o = 0,56 \text{ MPa}$ ;
- Coesione di picco:  $C_p = 1,60 \text{ MPa}$ ;
- Angolo di attrito di picco:  $\varphi_p = 55^\circ$ .

➤ GESSO MICROCRISTALLINO

- Peso specifico:  $\gamma = 2.12 \text{ gr/cm}^3$ ;
- Compressione monoassiale:  $C_o = 14,51 \text{ MPa}$ ;
- Modulo di elasticità tangente:  $E_t = 20,38 \text{ GPa}$ ;
- Modulo di elasticità secante:  $E_s = 23,61 \text{ GPa}$ ;
- Resistenza a trazione:  $T_o = 2,27 \text{ MPa}$ ;
- Coesione di picco:  $C_p = 3,85 \text{ MPa}$ ;
- Angolo di attrito di picco:  $\varphi_p = 37,1^\circ$ .

➤ MARNA

- Peso specifico:  $\gamma = 1.95 \text{ gr/cm}^3$ ;
- Compressione monoassiale:  $C_o = 0,48 \text{ MPa}$ ;
- Modulo di elasticità tangente:  $E_t = 0,12 \text{ GPa}$ ;
- Modulo di elasticità secante:  $E_s = 0,16 \text{ GPa}$ ;
- Resistenza a trazione:  $T_o = 0,10 \text{ MPa}$ ;
- Coesione di picco:  $C_p = 0,2 \text{ MPa}$ ;
- Angolo di attrito di picco:  $\varphi_p = 31,7^\circ$ .

## **4.5. Verifiche di stabilità dei vuoti in sotterraneo**

### **4.5.1. Tipologie dei metodi di calcolo**

Per la valutazione della stabilità dei vuoti di coltivazione in sotterraneo nella cava in oggetto, è possibile ricorrere a tre distinti metodi di calcolo, che si distinguono tra loro per l'attendibilità e la precisione raggiungibile.

I metodi possono essere suddivisi in generale tra:

- metodi analitici (area di influenza, criterio equilibrio limite, soluzioni di Kirsch);
- metodi numerici;
- metodi grafici.

I parametri da considerare per la scelta del metodo di analisi sono:

- scala del problema;
- complessità geometrica dei vuoti;
- comportamento della roccia;
- grado di conoscenza delle caratteristiche della roccia;
- stato di fratturazione dell'ammasso roccioso;
- finalità del progetto.

Nel seguito, le analisi di stabilità sono state condotte sia con metodi analitici che con metodi numerici; in particolare, si è valutato il comportamento di una “sezione tipo” sia con il metodo numerico agli elementi finiti che con il metodo dell'area di influenza.

#### 4.5.2. Metodi numerici di analisi

La necessità di valutare con precisione ed attendibilità gli sforzi, le deformazioni e gli spostamenti causati nell'ammasso roccioso dall'apertura di una cavità sotterranea, rende a sua volta necessario tenere in considerazione parametri che altri metodi non avrebbero considerato.

Alcuni di questi parametri sono:

- presenza di diversi materiali con diverse caratteristiche geomeccaniche;
- presenza di fratture nell'ammasso roccioso;
- piani di debolezza e vuoti molteplici;
- anisotropia dei materiali;
- analisi in campo elastico.

La possibilità di non dover eseguire eccessive semplificazioni geometriche consente di creare un modello molto rappresentativo della situazione reale.

I metodi numerici possono essere raggruppati nelle seguenti famiglie:

- Metodi di dominio;
- Metodi di limite;
- Metodi ibridi.

Nei metodi di dominio, l'intero ammasso roccioso viene suddiviso geometricamente in singoli "domini", ossia in elementi semplici con proprie caratteristiche; l'interazione tra tali elementi ed il loro comportamento "di massa" simula, nel complesso, il comportamento dell'ammasso.

Fanno parte di questa famiglia il metodo di calcolo degli elementi finiti (FEM) e quello delle differenze finite (FDM), che considerano l'ammasso roccioso come mezzo continuo. Il metodo agli elementi distinti (DEM) modella ogni blocco come un oggetto singolo, pur essendo un metodo di dominio.

Nei metodi limite, si suddivide in elementi solamente il contorno di scavo; la restante parte dell'ammasso roccioso viene considerata matematicamente come un continuo infinito. Il metodo agli elementi di contorno appartiene a questa famiglia.

I metodi ibridi utilizzano una combinazione dei due metodi precedenti con lo scopo di massimizzarne i vantaggi e minimizzarne gli svantaggi.

Per scegliere correttamente il metodo numerico da utilizzare, è fondamentale prevedere il comportamento del mezzo che si analizza; diviene pertanto molto importante distinguere se l'ammasso roccioso possa considerarsi un sistema di tipo continuo o discontinuo.

Ciò che distingue un sistema discontinuo da uno continuo è la presenza al suo interno di discontinuità; la presenza di queste ultime comporta infatti una zona di debolezza all'interfaccia tra gli elementi solidi.

Può però accadere che, negli ammassi altamente fratturati, l'ammasso roccioso possa essere assimilato ad un sistema di tipo continuo equivalente, elaborato con delle caratteristiche meccaniche medie, rendendo indistinguibile il comportamento dei corpi solidi e quello delle discontinuità.



I mezzi discontinui sono invece rappresentati dagli ammassi rocciosi mediamente fratturati, in tali mezzi le discontinuità presenti separano dei blocchi aventi dimensioni dello stesso ordine di grandezza dello scavo analizzato.

#### 4.5.3. Scelta del metodo di calcolo: modello matematico agli elementi finiti (FEM)

Il concetto di base su cui si fondano i metodi agli elementi finiti è quello di riprodurre, con la migliore approssimazione in relazione alla scala del problema, la geometria (o più spesso una porzione di essa) del problema fisico reale e su questa svolgere l'analisi numerica.

In seguito, il “continuo”, cioè il sistema fisico reale, viene discretizzato tramite un numero finito di domini (elementi) connessi tra loro in punti di intersezione (nodi), soggetti a condizioni al contorno note.

Inoltre, all'interno dell'elemento, le caratteristiche fisiche e geomeccaniche sono omogenee; le variazioni, dove presenti, avvengono con il passaggio da un elemento a quello adiacente.

Nel procedimento di calcolo viene ipotizzato che gli spostamenti di un punto interno all'elemento siano funzioni degli spostamenti nodali tramite opportune funzioni del punto dette funzioni di spostamento.

Il problema del continuo considerato, la cui esatta formulazione conduce a sistemi di equazioni differenziali alle derivate parziali definiti da opportune condizioni al contorno, viene così discretizzato e ricondotto in via approssimata alla soluzione di un sistema di equazioni lineari.

Di fondamentale importanza sono le condizioni al contorno, le quali devono essere note e definite a priori, per permettere di arrivare alla soluzione finale imponendo il rispetto delle stesse.

Il metodo agli elementi finiti, simile a quello alle differenze finite, consente di risolvere iterativamente equazioni alle derivate parziali definite in un dominio continuo sostituendolo con un reticolo di punti (nodi), in corrispondenza dei quali le derivate stesse vengono sostituite con espressioni algebriche scritte in funzione delle variabili di campo (sforzi e spostamenti).

Nel seguito si descrive la procedura seguita per svolgere l'analisi di calcolo numerico utilizzando il codice di calcolo agli elementi finiti “*Phase2*”, utilizzato per la modellazione del problema in oggetto nell'ambito del presente studio.

Nel progetto estrattivo presentato nel dicembre 2010, tutta la modellazione era stata effettuata con il codice di calcolo numerico “*Flac*”, basato sul metodo alle differenze finite; nell'ambito dell'istanza di rinnovo autorizzativo presentata nel luglio 2016 (ed autorizzata nel gennaio 2017), si era voluto pertanto verificare il modello con un programma di calcolo più aggiornato ed avanzato.

Inoltre, usufruendo dei risultati delle misurazioni effettuate, nel quinquennio precedente (2011 – 2016), presso le stazioni di misura installate all'interno di gallerie già realizzate, si era potuta migliorare in modo significativo, mediante un processo di *back analysis*, la precisione e l'attendibilità del modello geotecnico.

Dal momento che i risultati dei monitoraggi geotecnici, che sono stati proseguiti nel trascorso quinquennio (2017 – 2021) e che sono stati periodicamente trasmessi (a corredo delle relazioni di aggiornamento annuale) agli Enti ed Uffici competenti, sono risultati in piena concordanza con quelli raccolti nel quinquennio precedente, così da confermare e convalidare i risultati delle analisi di calcolo numerico effettuate nell'ambito della suddetta istanza di rinnovo

autorizzativo, presentata nel luglio 2016, i risultati ottenuti nell'analisi svolta mediante il codice di calcolo agli elementi finiti "*Phase2*", utilizzato per la modellazione del problema in oggetto nell'ambito di tale istanza, vengono riproposti nel seguito della presente relazione.

#### 4.5.4. Descrizione del modello

Sulla base della geometria dei vuoti sotterranei definita nel progetto estrattivo a suo tempo presentato ed approvato ex L.R. 40/98, e tenendo conto altresì dello stato attuale di avanzamento raggiunto dalla coltivazione, nell'ambito dell'istanza di rinnovo autorizzativo presentata nel luglio 2016 erano state condotte due differenti analisi di calcolo numerico, svolte mediante un apposito software agli elementi finiti, in modo da poter valutare le condizioni di stabilità dei vuoti sotterranei, ed in particolare la distribuzione delle tensioni e degli spostamenti durante lo scavo delle gallerie di coltivazione.

I modelli di calcolo numerico predisposti hanno geometria bidimensionale e le sezioni considerate sono due; entrambe le sezioni riproducono una “sezione-tipo” delle gallerie di coltivazione, orientata trasversalmente rispetto alla direzione di avanzamento degli scavi e quindi perpendicolarmente all'asse delle gallerie medesime.

Per la localizzazione di tali sezioni, si riporta di seguito un estratto di planimetria, relativa allo sviluppo delle gallerie di coltivazione al livello 2, con indicata l'ubicazione delle sezioni oggetto di verifica tramite calcolo numerico.

La prima sezione utilizzata per costruire il primo modello geotecnico (“sezione 1”) riproduce la situazione effettivamente realizzata alla data del luglio 2016, ed in particolare è tracciata nel punto in cui le gallerie erano già presenti su tre livelli sovrapposti ed il loro sviluppo aveva già raggiunto la massima profondità rispetto al piano campagna; in particolare, tale sezione si trova nel settore centro - occidentale dell'area autorizzata (ai sensi della allora L.R. 69/78) per la coltivazione mineraria.

La seconda sezione (“sezione 2”), posta nel settore nord-orientale dell'area oggetto di coltivazione, fa riferimento alla situazione di massima possibile copertura, che si raggiungerà nel settore orientale dell'area interessata dal progetto di coltivazione.

Le coperture, per le gallerie del terzo livello (ossia quelle del “livello 2”, posto a maggiore profondità) sono pari, rispettivamente, a 89 e 143 metri per la *sezione 1* e per la *sezione 2*.

Riguardo alla sezione di scavo delle gallerie, la geometria considerata nei modelli è quella individuata nell'ambito del progetto estrattivo complessivo, a suo tempo approvato ex L.R. 40/98.

Le analisi numeriche svolte sulla *sezione 1*, presso la quale le gallerie di coltivazione sono già state realizzate, raggiungendo il previsto sviluppo nelle tre dimensioni (in particolare relativamente alla presenza di tre livelli sovrapposti), sono state utilizzate anche al fine di calibrare il modello geotecnico in funzione delle successive modellazioni svolte poi sulla geometria della seconda sezione, caratterizzata da valori di copertura sostanzialmente maggiori.

Tale calibrazione è nota in letteratura tecnica come *back analysis*. Questa procedura consiste nel tarare, a ritroso, i parametri geotecnici dei materiali e/o quelli relativi alle condizioni di carico, partendo dalle misurazioni effettivamente eseguite in sito.

Nel presente studio, in base ai valori di convergenza effettivamente registrati dalle stazioni di misura installate all'interno dei vuoti minerari, si sono tarati i parametri relativi ai materiali ed allo

stato tensionale presente in sito, in modo tale che il modello fornisca risultati congruenti con la situazione rilevata e misurata.

Si è inoltre valutata la condizione del materiale in sito, il quale non presenta zone soggette a plasticizzazione, a meno di piccole porzioni localizzate negli spigoli alla base della sezione di scavo; anche il riscontro di questa condizione ha permesso una corretta taratura dei parametri citati.

Per entrambe le sezioni, si è simulato l'effetto, in termini di sollecitazioni indotte nell'ammasso roccioso, derivante dall'avanzamento della coltivazione, suddividendolo nelle fasi seguenti:

- *Fase 0* (condizioni iniziali): ricerca dell'equilibrio in seguito all'applicazione dei carichi litostatici e delle condizioni al contorno, inizializzazione a zero degli spostamenti;
- *Fase 1*: simulazione di realizzazione del livello "0", con lo scavo di 3 gallerie parallele separate da due diaframmi;
- *Fase 2*: situazione di scavo al sottostante livello "1", costituita da 3 gallerie parallele separate da diaframmi e poste in asse con le gallerie superiori;
- *Fase 3*: situazione di scavo al livello "2" (il più profondo stratigraficamente), costituita da 3 gallerie parallele separate da diaframmi e poste in asse con le gallerie del livello superiore.

I diaframmi a sostegno dei vuoti, nelle geometrie utilizzate per le due modellazioni, hanno spessore di 5 e 6 metri, rispettivamente per la *sezione 1* e per la *sezione 2*.

L'analisi bidimensionale porta ad adottare una semplificazione rispetto al caso reale, il quale è caratterizzato ovviamente da una geometria e da uno stato tenso-deformativo di tipo tridimensionale: l'assunzione dello stato di deformazione piano implica che lo scavo sia di lunghezza pressoché infinita nella direzione normale alla sezione piana analizzata.

In pratica, tale condizione è soddisfatta se la dimensione dello scavo fuori-piano è superiore di cinque volte rispetto a quella maggiore della sezione di avanzamento: oltre tale distanza, infatti, i valori che caratterizzano il campo tensionale non risentono delle perturbazioni dovute alla vicinanza del fronte di scavo, le quali portano a sovrastimare i valori delle tensioni calcolate.

La semplificazione di cui si è detto ben si adatta comunque al caso in esame, in cui le gallerie di coltivazione si estendono longitudinalmente per sviluppi molto maggiori (sino a raggiungere lunghezze di centinaia di metri) rispetto alla dimensione della sezione di scavo.

Il programma di calcolo utilizzato permette di considerare mezzi non isotropi e differenti criteri di rottura per i vari tipi di materiale. Il criterio di rottura scelto, sia per la modellazione numerica che per le successive verifiche tramite la valutazione del fattore di sicurezza, è quello di Mohr-Coulomb.

Sinteticamente, i passi fondamentali da seguire per creare un corretto modello tramite il software *Phase2* sono:

- 1) definizione della geometria del problema:
  - forma geometrica degli scavi e dei versanti;
  - confini della zona di analisi;

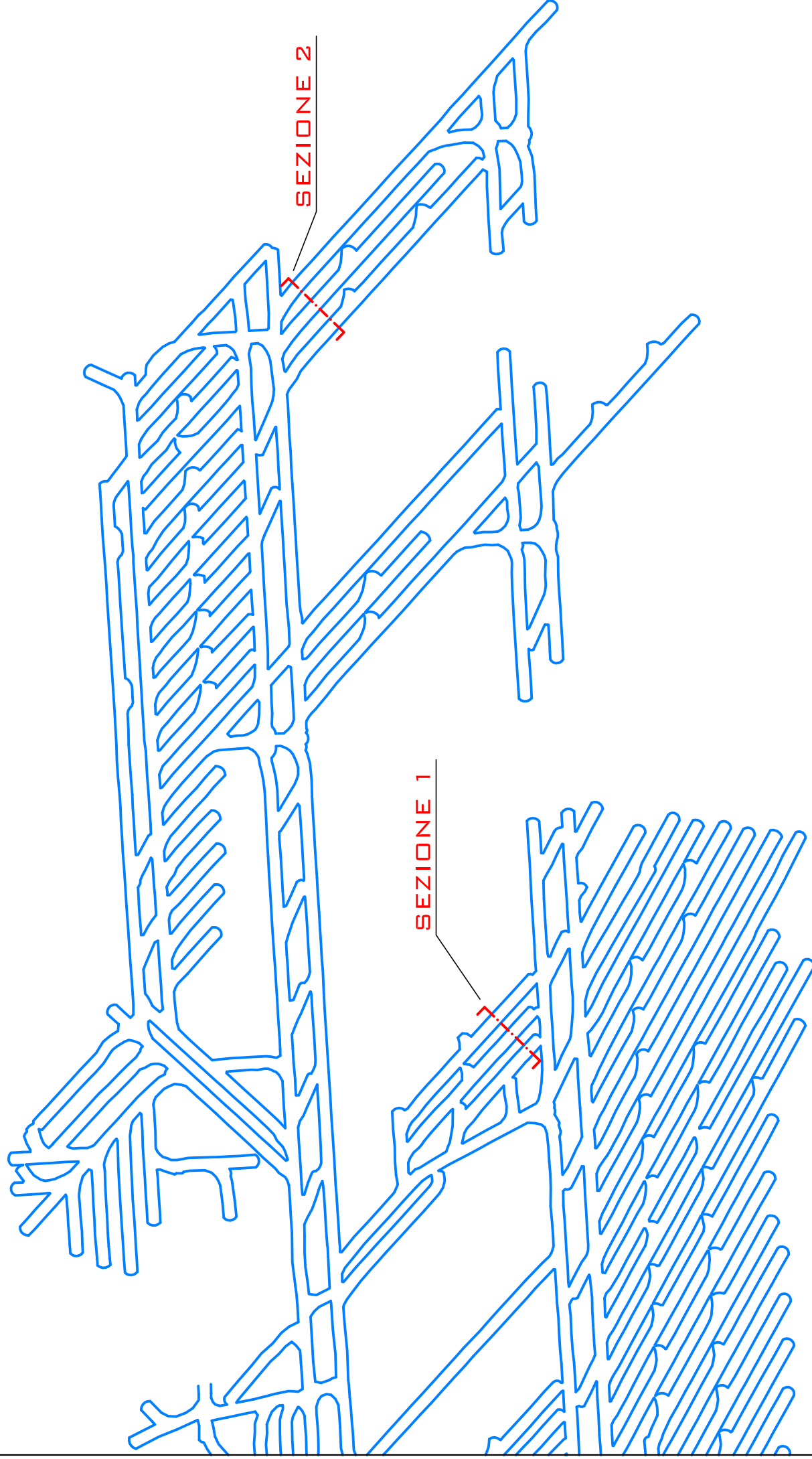
- definizione del numero di stage di scavo;
  - assegnazione delle tipologie di materiali;
  - definizione geometrica delle discontinuità;
- 2) attribuzione dei parametri caratteristici di:
    - materiali;
    - discontinuità;
  - 3) applicazione di eventuali forze e carichi esterni;
  - 4) assegnazione dello stato tensionale:
    - gravitativo, calcolato dal programma (previa definizione del peso specifico e del rapporto  $K_0$  tra sforzi orizzontali e sforzi verticali nel piano e fuori dal piano);
    - confini della zona di analisi;
    - definizione del numero di stage di scavo;
  - 5) scelta dei parametri di analisi:
    - elastica o plastica;
    - precisione di calcolo (tolleranza);
    - numero di cicli di calcolo (iterazioni-step).

L'output grafico del programma permette di visualizzare i risultati di differenti parametri nei vari stage di scavo imposti.

I risultati fondamentali sono espressi in termini di:

- 1) tensioni:
  - orizzontali;
  - verticali;
  - taglio;
  - principali nel piano;
- 2) spostamenti:
  - orizzontali;
  - verticali;
  - totali;
- 3) fattori di sicurezza.

Individuazione, su estratto di planimetria relativa al Livello 2, delle sezioni oggetto di verifica di stabilità mediante modello numerico agli elementi finiti (Sezioni 1 e 2). Scala 1:2.500.



#### 4.5.5. Parametri generali del modello

Per eseguire la modellazione numerica con *Phase2*, è necessario semplificare il comportamento dell'ammasso roccioso adottando un modello comportamentale che lo rappresenti il più fedelmente possibile.

I risultati delle indagini in sito, delle prove di laboratorio, nonché la caratterizzazione dell'ammasso roccioso, inducono ad adottare un modello comportamentale continuo, isotropo, lineare ed elastico.

Di seguito sono indicati i motivi delle suddette scelte:

- modello continuo: lo scarsissimo numero di fratture presenti e l'ottima qualità dell'ammasso roccioso rendono particolarmente realistica la scelta di un modello continuo; il comportamento geomeccanico della massa rocciosa può essere ritenuto funzione delle caratteristiche della matrice rocciosa (RI);
- modello isotropo: la semplificazione del comportamento dell'ammasso come isotropo è derivata dall'evidente omogeneità della matrice rocciosa.



#### 4.5.6. Condizioni al contorno e stato tensionale iniziale

Le condizioni al contorno assunte nel modello numerico sono le seguenti:

- vincolo agli spostamenti verticali ed orizzontali al bordo inferiore mediante l'installazione di cerniere;
- vincolo agli spostamenti orizzontali ai bordi laterali mediante l'installazione di carrelli a scorrimento verticale.

Lo stato di sforzo iniziale è quello litostatico, determinato dall'azione della gravità sullo spessore di materiale litoide sovrastante lo scavo. In base alla calibrazione del modello tramite *back analysis*, di cui si è detto in precedenza, il coefficiente  $K_0$  relativo agli ammassi gessosi macrocristallino e microcristallino, è stato assunto pari a 0,8.

A sostegno di tale scelta, alcuni studi reperibili in letteratura mostrano che il rapporto  $K_0$  misurato in sito, tra gli sforzi orizzontali e quelli verticali, risulta spesso ampiamente maggiore di quello calcolato con la relazione  $K_0 = \nu / (1 - \nu)$ , valido in generale per le rocce, in cui  $\nu$  è il coefficiente di Poisson.

Nella figura seguente si riporta il grafico proposto da Hoek – Brown <sup>(4)</sup> che mostra la variazione del coefficiente di spinta orizzontale al variare della profondità, basato su misurazioni in sito effettuate in diverse regioni del mondo.

Per gli altri materiali costituenti il modello, tale parametro è stato calcolato con la relazione  $K_0 = (1 - \tan \phi) / \tan \phi$ , in cui  $\phi$  è l'angolo di attrito del materiale stesso, valida per i terreni.

---

<sup>(4)</sup> Cfr.: Hoek E. and Brown E.T., 1980; “*Underground Excavations in Rock*”. London, Institution of Mining and Metallurgy, 527 pages.

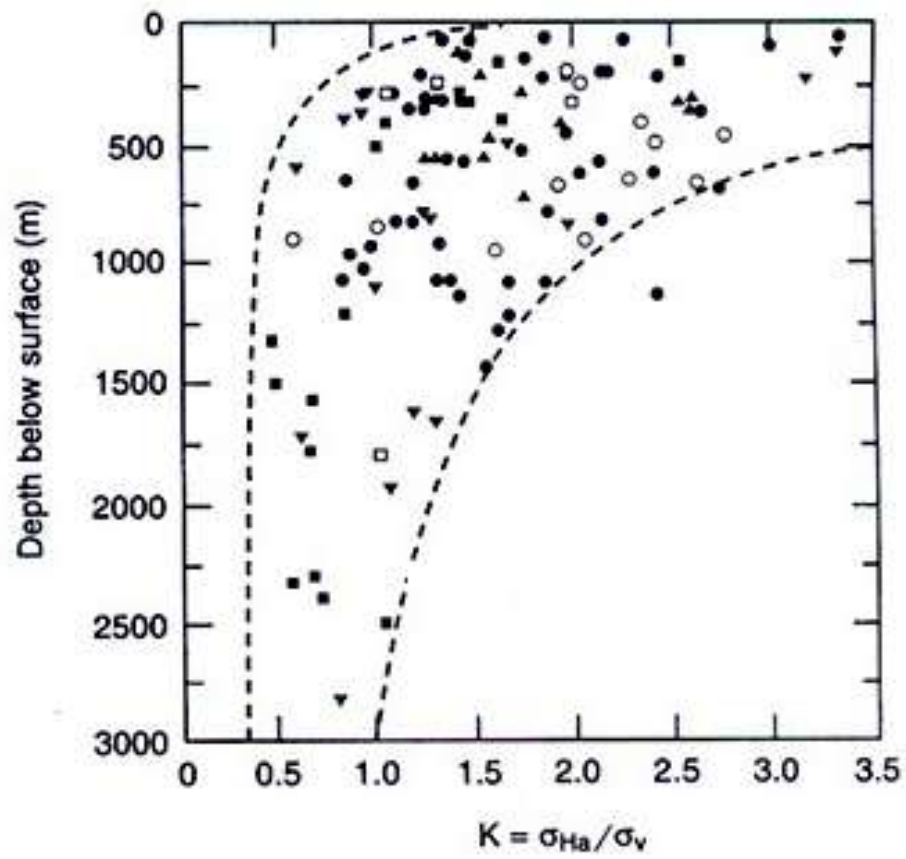


Figura 1 – Variazione del Coefficiente  $K_0$  in funzione della profondità dal piano campagna

#### 4.5.7. Parametri geotecnici del modello

I parametri geotecnici utilizzati nei modelli di calcolo sono i seguenti:

➤ **Gesso macrocristallino:**

- modulo di Young:  $E = 14,77 \text{ GPa}$ ;
- coefficiente di Poisson:  $\nu = 0.35$ ;
- resistenza a trazione:  $T_0 = 0,56 \text{ MPa}$ ;
- coesione:  $c = 1.62 \text{ MPa}$ ;
- angolo di attrito:  $\varphi = 55^\circ$ ;

➤ **Gesso microcristallino:**

- modulo di Young:  $E = 20,38 \text{ GPa}$ ;
- coefficiente di Poisson:  $\nu = 0.35$ ;
- resistenza a trazione:  $T_0 = 2,27 \text{ MPa}$ ;
- coesione:  $c = 3,85 \text{ MPa}$ ;
- angolo di attrito:  $\varphi = 37,1^\circ$ ;

➤ **Marna:**

- modulo di Young:  $E = 0,12 \text{ GPa}$ ;
- coefficiente di Poisson:  $\nu = 0.33$ ;
- resistenza a trazione:  $T_0 = 0,10 \text{ MPa}$ ;
- coesione:  $c = 0,2 \text{ MPa}$ ;
- angolo di attrito:  $\varphi = 31,7^\circ$ .

## 4.5.8. Analisi numerica e verifiche di stabilità per la sezione 1

### 4.5.8.1. Impostazione della verifica

Nei paragrafi seguenti si analizzano i risultati relativi allo stato tensionale e deformativo che si generano nel modello in seguito alla simulazione del progressivo avanzamento degli scavi, ossia con la progressiva comparsa di nuove gallerie di coltivazione. In particolare, nel seguito si riportano gli output grafici del modello di calcolo, visualizzati dal software *Phase 2*, che rappresentano le tensioni principali, gli spostamenti verticali ed i fattori di sicurezza relativi alla configurazione finale, cioè quella in cui risultano realizzate le gallerie di tutti i tre livelli sovrapposti.

Si è scelto di riportare i risultati dei soli spostamenti verticali in quanto questi sono quasi coincidenti con quelli totali; ciò è dovuto al fatto che gli spostamenti orizzontali risultano pressoché nulli, con valori inferiori a 0,5 mm.

Per la convenzione dei segni adottata dal software *Phase2*, vengono indicate con segno positivo le tensioni di compressione, con segno negativo quelle di trazione. Per quanto riguarda gli spostamenti, quelli verticali vengono indicati negativi se diretti verso il basso, positivi viceversa.

### 4.5.8.2. Tensione principale massima $\sigma_1$

La zona interessata dagli scavi, sia in direzione orizzontale che verticale, risulta tensionalmente perturbata fino ad una distanza oltre la quale le tensioni tornano ad assumere un andamento sub-orizzontale, uguale a quello in condizioni litostatiche.

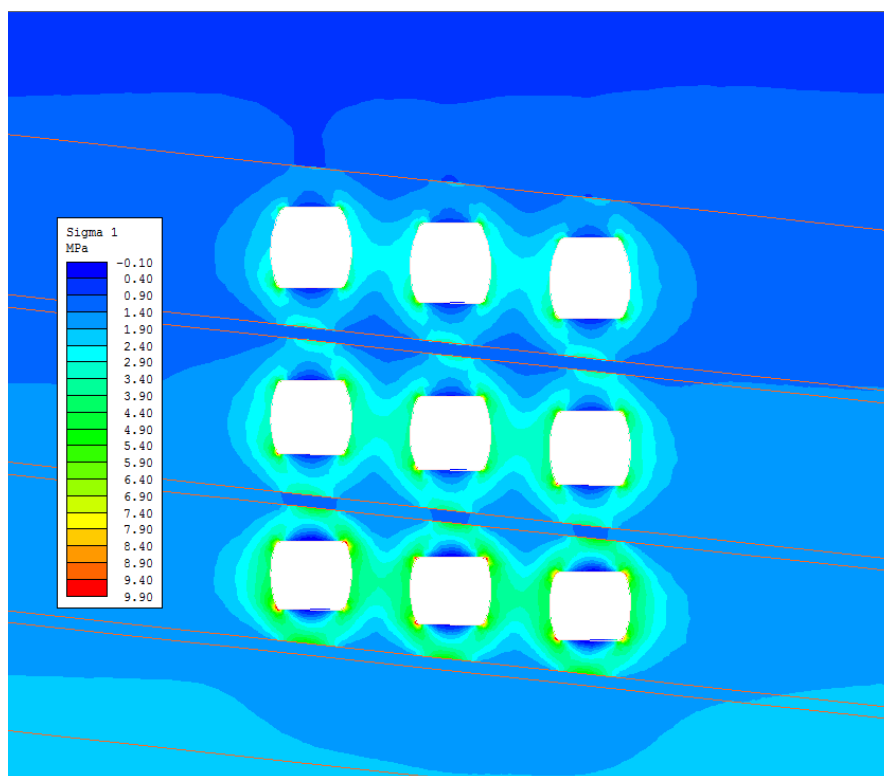


Figura 2 – Andamento delle tensioni principali massime

Come evidenziato graficamente, intorno ai profili di scavo si genera uno stato tensionale definibile ad arco portante, con massimi che si localizzano su diaframmi e piedritti del livello “2”. Per ogni livello, i picchi tensionali si manifestano sugli spigoli delle sezioni di scavo; nella sagomatura delle gallerie, in fase di scavo mediante fresa ad attacco puntuale, si dovrà pertanto evitare di modellare la sezione della galleria con un eccessivo geometrismo (“spigoli vivi”), che potrebbe generare concentrazioni indesiderate di sforzi tensionali.

Le pareti orizzontali delle cavità e le solette interposte tra livelli sovrapposti risultano soggette a concentrazioni di sforzo inferiori rispetto al resto del modello, come si può notare dalla differente colorazione in figura. Inoltre, nel setto di separazione tra due gallerie affiancate, si osservano ampie variazioni dello stato tensionale al variare della posizione considerata.

Analizzando una ipotetica sezione del diaframma posizionata circa alla sua base, lo stato di sollecitazione ha un andamento “parabolico”, con tensioni massime localizzate intorno agli spigoli inferiori delle gallerie, le quali diminuiscono notevolmente muovendosi verso il centro del diaframma stesso. Infatti, se negli spigoli si raggiungono valori massimi pari a 9,5 MPa, considerando gli altri punti di tale sezione, il range di variazione rimane compreso tra 3,5 e 5,5 MPa.

Gli strati di intercalazione marnosa, i quali separano tra loro le bancate gessose, risultano invece tensionalmente scarichi rispetto alle altre zone.

Infine, analizzando le solette, si riscontra l’insorgere di uno sforzo di trazione al tetto ed al piede dei vuoti, ma osservando i dati numerici (forniti, per ogni nodo di calcolo, dal programma) si nota come tale trazione sia molto limitata, assumendo valori nell’ordine di 0,1 MPa.

Il comportamento ad arco portante, di cui si è detto, è evidente osservando le tensioni principali: la loro direzione, in seguito allo scavo, risulta ruotata rispetto alle condizioni litostatiche.

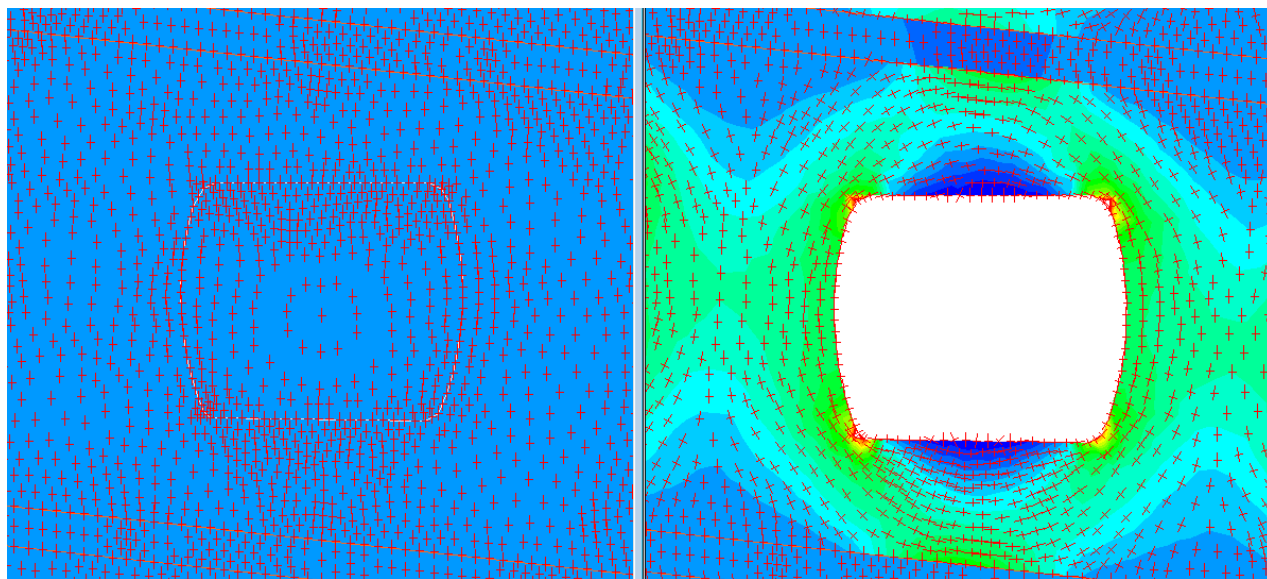


Figura 3 - Direzione delle tensioni principali, prima e dopo lo scavo, sulla sezione standard di scavo della fresa ad attacco puntuale.

#### 4.5.8.3. Tensioni principali minime $\sigma_3$

Anche in questo caso, i valori più elevati si trovano nell'intorno dei bordi delle cavità: in particolare, i massimi valori di compressione si localizzano in prossimità degli spigoli delle cavità stesse, dove si raggiungono valori pari a 2 MPa.

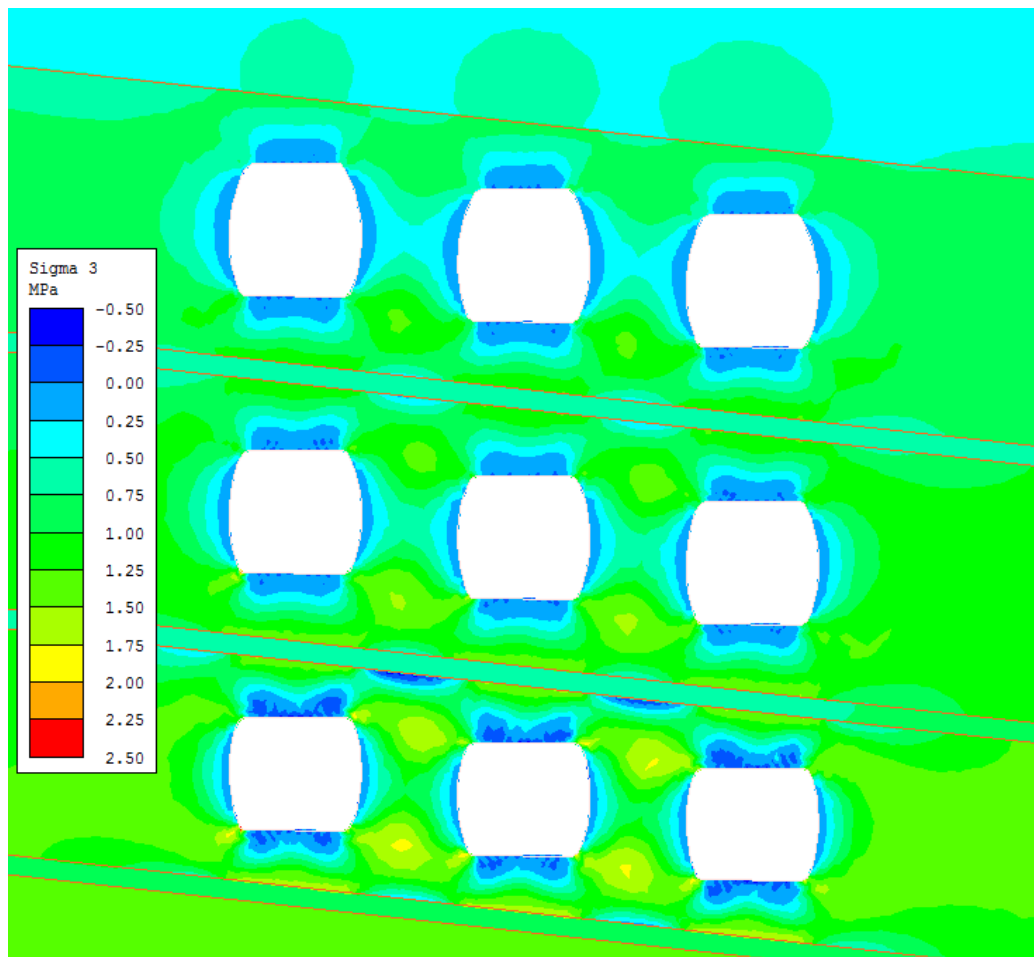


Figura 4 – Andamento delle tensioni principali minime

In generale, si sviluppano sollecitazioni di compressione sia nei diaframmi che nelle solette, i primi caratterizzati da valori crescenti con l'aumentare della profondità rispetto al piano campagna. Tali valori si mantengono comunque ampiamente al di sotto dei parametri di resistenza dell'ammasso gessoso, sia microcristallino che macrocristallino.

Uno stato di sollecitazione per trazione si genera a tetto ed al piede delle gallerie dei tre livelli, con massimi che per il livello "2" raggiungono, localmente, valori pari a -0,5 MPa. Inoltre, si evidenzia uno stato tensionale di trazione sull'orizzonte in cui avviene il contatto tra il secondo strato di marna ed il gesso del terzo livello di coltivazione.

#### 4.5.8.4. Spostamenti verticali

In linea generale, ciò che emerge dall'analisi di questo parametro, è il verificarsi di uno spostamento verso il basso nella zona di calotta ed uno spostamento verso l'alto al piede delle gallerie.

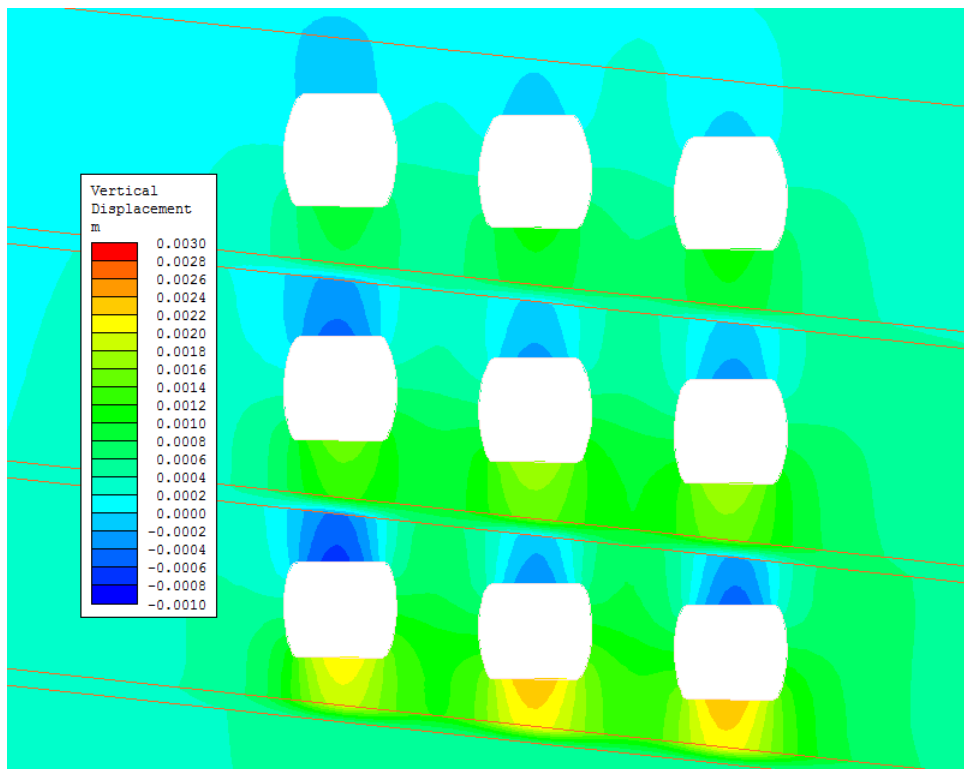


Figura 5 – Andamento degli spostamenti verticali

Tale comportamento si accentua man mano che la coltivazione procede verso coperture maggiori, seppure i valori rimangano molto limitati e coincidenti con quelli registrati dalle stazioni di monitoraggio installate nelle gallerie in essere.

I valori massimi trovati nell'analisi di calcolo sono pari ad 1 mm per gli abbassamenti e a 2,5 mm per gli innalzamenti.

#### 4.5.8.5. Fattore di sicurezza

Questo parametro viene calcolato, nell'analisi numerica, per ogni punto della *mesh* che costituisce il modello geotecnico. Il fattore di sicurezza è ricavato dividendo la resistenza del materiale, stimata in base al criterio di rottura scelto, per lo sforzo agente in ogni punto del modello.

La variazione di questa grandezza all'interno dello schema di calcolo è mostrata dalla figura seguente.

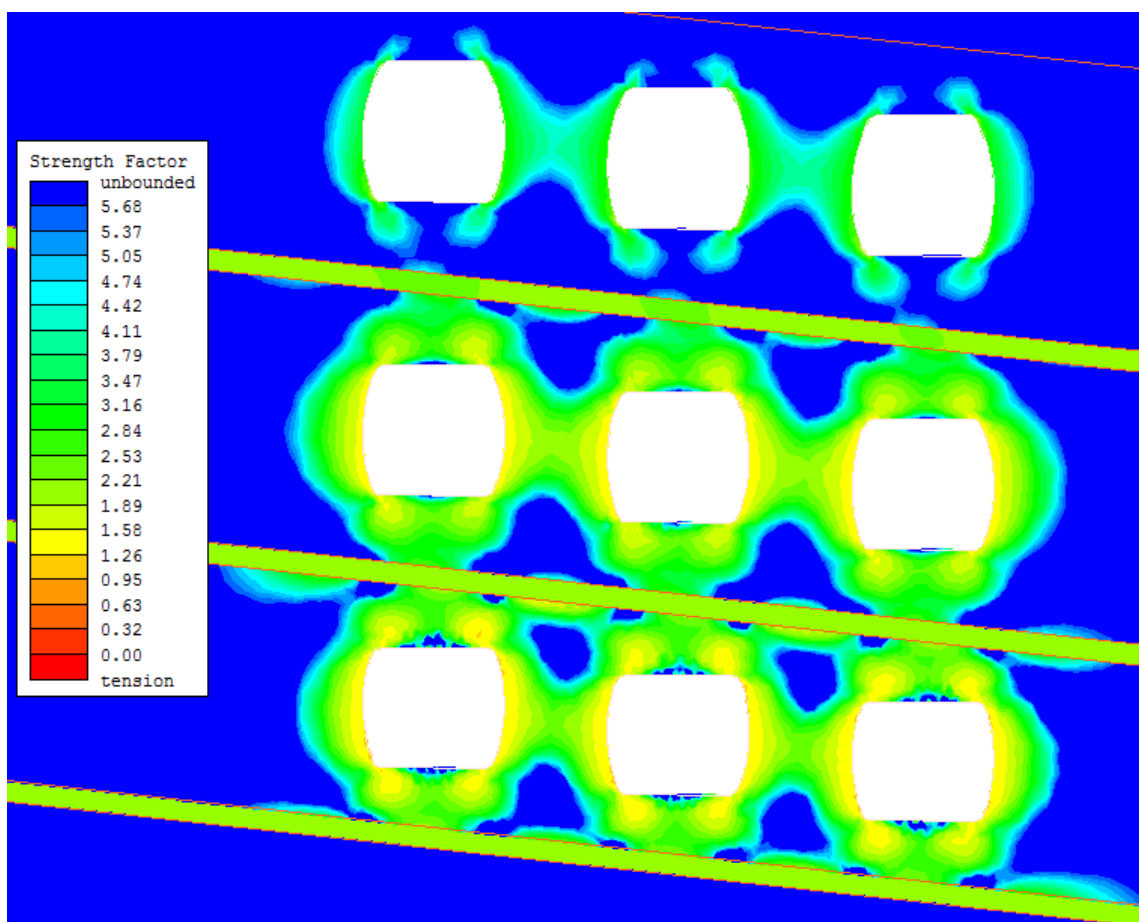


Figura 6 – Andamento del fattore di sicurezza

La considerazione principale riguarda la verifica di stabilità globale all'interno del modello, la quale risulta soddisfatta.

I fattori di sicurezza relativi alle zone colorate in blu sono infatti superiori a 6, valore che, in legenda, compare indicato come *unbounded*.

I margini di sicurezza sono più ampi al primo livello di coltivazione, essendo questo meno profondo, ma soprattutto essendo realizzato all'interno del banco di gesso microcristallino, il quale possiede parametri geotecnici significativamente maggiori rispetto a quelli del sottostante gesso macrocristallino.

Le condizioni più critiche si trovano sulle pareti verticali dei vuoti minerari al livello "2", e sono localizzate intorno agli spigoli dei vuoti stessi: queste zone sono infatti quelle sottoposte alle maggiori concentrazioni di sforzo, sia per quanto riguarda la tensione principale massima che quella minima.

Anche nei punti soggetti alle condizioni più sfavorevoli, i fattori di sicurezza rimangono comunque superiori all'unità, con valori compresi tra 1,20 ed 1,40.



## 4.5.9. Analisi numerica e verifiche di stabilità per la sezione 2

### 4.5.9.1. Impostazione della verifica

Analogamente a quanto eseguito per la *sezione 1*, nei paragrafi seguenti si riportano i risultati relativi allo stato tensionale e deformativo che si genera in seguito allo scavo delle gallerie di coltivazione in corrispondenza alla sezione 2.

Tale sezione, la cui ubicazione è indicata sull'estratto planimetrico allegato in precedenza, analizza le condizioni di stabilità relative alla situazione in cui i vuoti minerari sono soggetti alla massima copertura rispetto al piano campagna.

### 4.5.9.2. Tensione principale massima $\sigma_1$

Intorno ai profili di scavo si genera uno stato tensionale definibile ad arco portante, con massimi che si localizzano su diaframmi e piedritti del livello “2”.

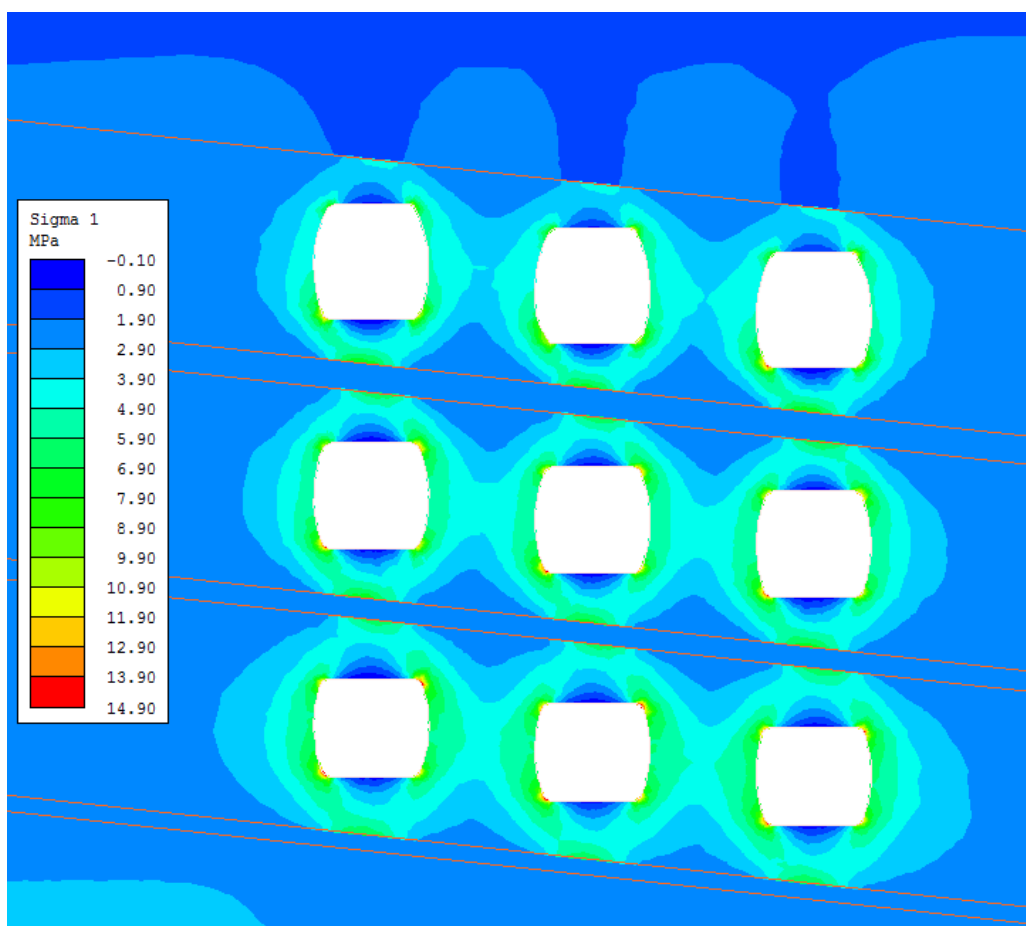


Figura 7 - Andamento delle tensioni principali massime

In linea generale, la distribuzione delle tensioni è analoga a quella della *sezione 1*; ciò che cambia in modo significativo sono i valori massimi assunti dalla tensione principale maggiore; questo in quanto, nella sezione in esame, le gallerie sono soggette ad una copertura superiore di oltre 50 m rispetto a quella che caratterizza la sezione 1.

Le pareti orizzontali dei vuoti e le solette sono soggette a concentrazioni di sforzo inferiori rispetto al resto del modello. Inoltre, anche in tale modello, nel setto di separazione tra due gallerie affiancate, si osservano ampie variazioni dello stato tensionale al variare della posizione considerata. Negli spigoli si raggiungono valori massimi pari a 14,5 MPa, mentre se si considerano le altre zone del diaframma, muovendosi verso il centro dello stesso, il range di variazione è compreso tra 5 ed 8,5 MPa. Analizzando le solette tra un livello e quello sottostante, si riscontra la presenza di uno sforzo di trazione a tetto ed al piede dei vuoti, ma dai dati numerici forniti dal software si osserva come questo sia molto limitato, più ancora di quanto accadeva nella sezione 1; infatti i valori di trazione sono ora limitati a 0,05 MPa.

#### 4.5.9.3. Tensione principale minima $\sigma_3$

In seguito alla realizzazione dei tre livelli, si sviluppano sollecitazioni di compressione sia nei diaframmi che nelle solette, i primi caratterizzati da valori crescenti passando dal primo all'ultimo livello di coltivazione, in cui si trovano valori prossimi a 3 MPa. Le zone più critiche, quelle sottoposte a trazione, sono ancora il tetto ed il letto delle cavità; in questa sezione si raggiungono sforzi di trazione significativi se rapportati alle resistenze a trazione del gesso macrocristallino. Tali sforzi raggiungono, in prossimità dei vuoti, valori pari a 0,60 MPa.

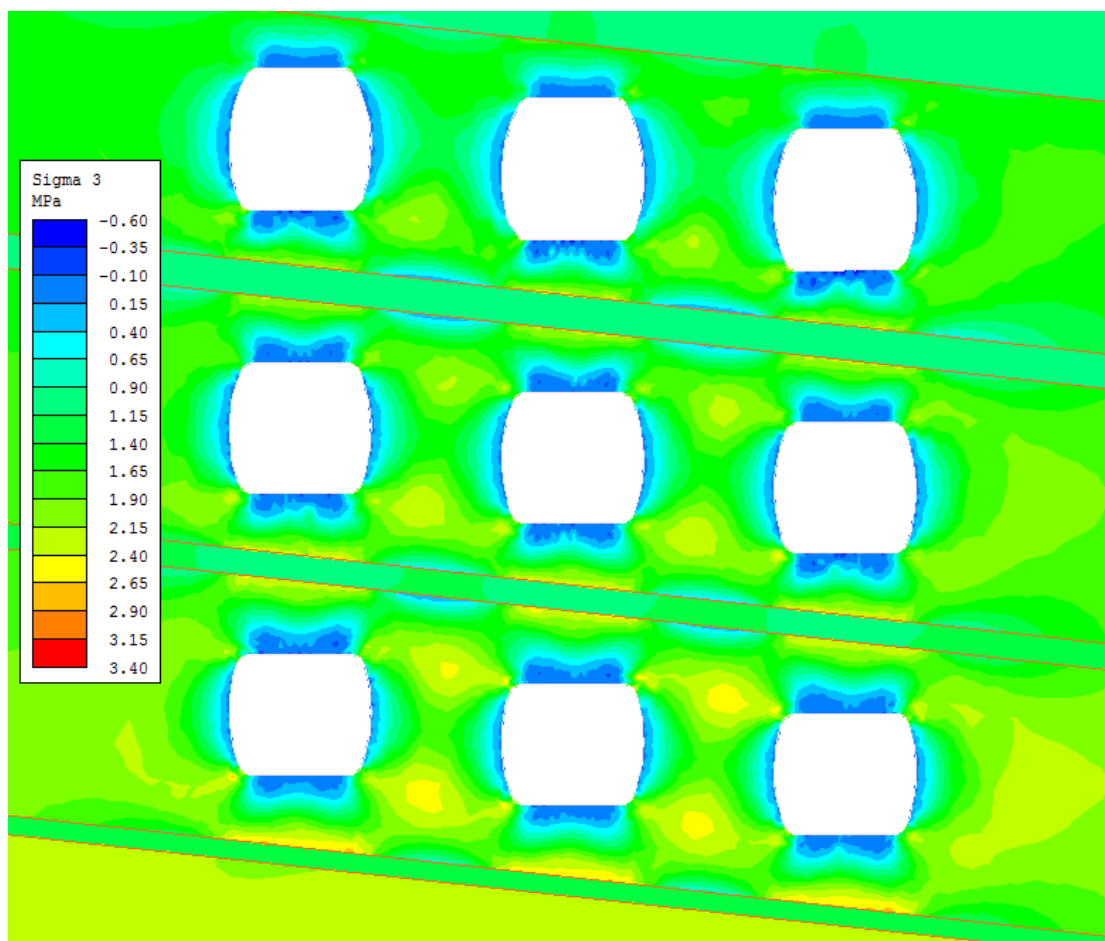


Figura 8 – Andamento delle tensioni principali minime

#### 4.5.9.4. Spostamenti verticali

Si verifica, anche per la *sezione 2*, un campo degli spostamenti caratterizzato da vettori diretti verso l'alto al piede delle gallerie e diretti verso il basso nelle zone di calotta.

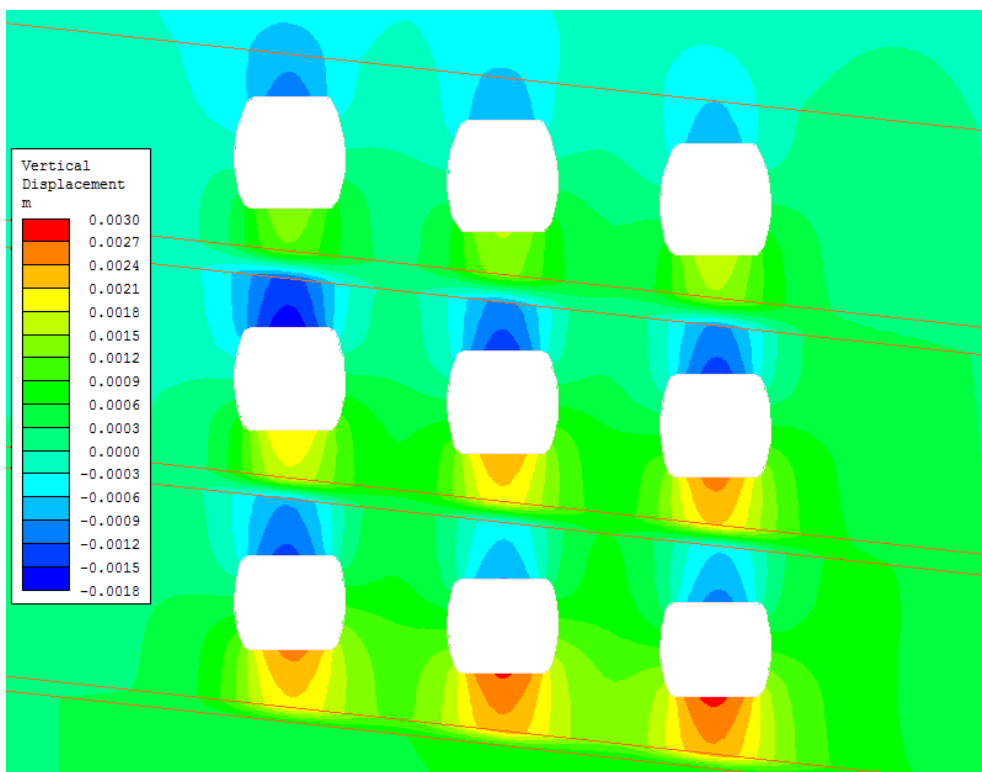


Figura 11 – Andamento degli spostamenti verticali

I valori aumentano rispetto al modello precedente, ma rimangono comunque molto contenuti, risultando gli abbassamenti massimi pari ad 1,8 mm e gli innalzamenti massimi pari a 3 mm.

#### 4.5.9.5. Fattore di sicurezza

La verifica della stabilità globale, in seguito alla realizzazione dei tre livelli sovrapposti di gallerie minerarie, nelle condizioni di massima copertura che si riscontrano in questo settore dell'area estrattiva, è soddisfatta.

Questo è mostrato dalla variazione dei valori nelle varie zone del modello, i quali non sono mai inferiori all'unità.

Come evidenziato dall'allegato output grafico, le zone soggette alle condizioni più critiche sono quelle poste nelle immediate vicinanze dei profili di scavo e le zone relative agli strati di intercalazione marnosa che separano i livelli di gesso.

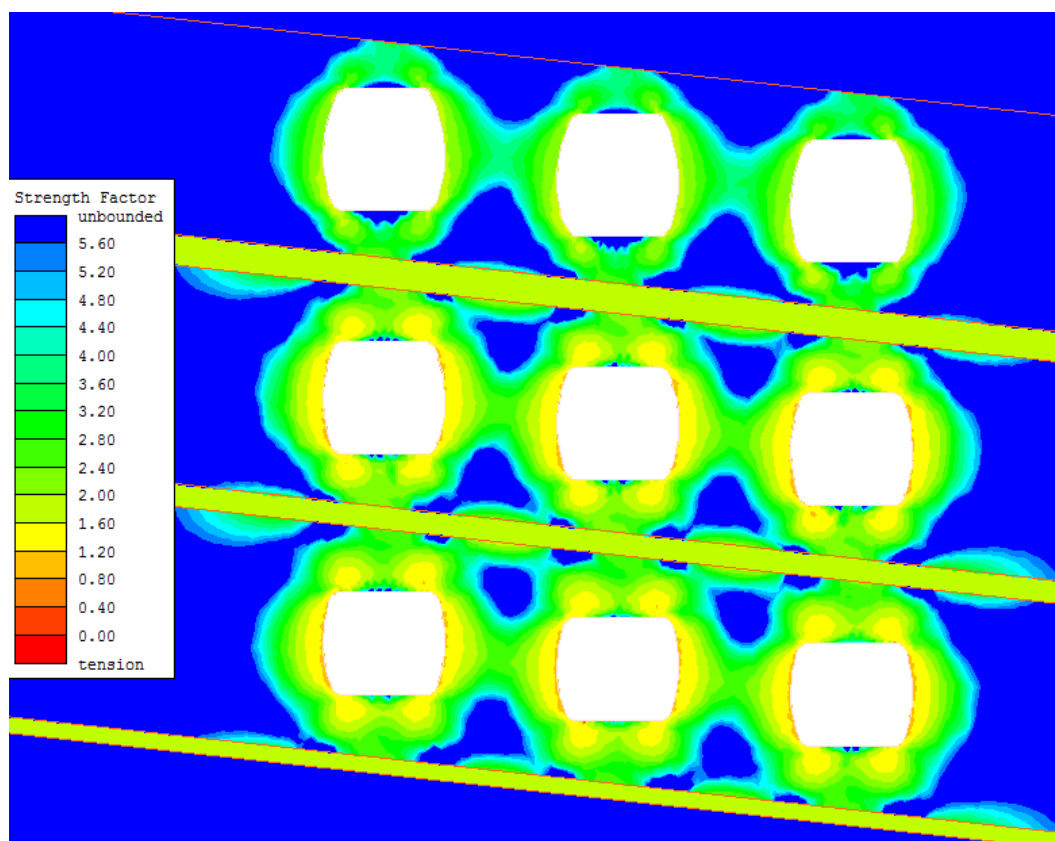


Figura 10 – Andamento del fattore di sicurezza

Anche a queste profondità, i vuoti realizzati nel banco di gesso microcristallino (c.d. “livello 0”) risultano avere ampi margini di sicurezza nei confronti del criterio di rottura adottato, maggiori di quelli trovati per i due banchi sottostanti di gesso macrocristallino.

Le zone soggette alle condizioni più sfavorevoli sono quelle situate sui profili di scavo al secondo ed al terzo livello di coltivazione. Sul profilo di scavo i fattori di sicurezza decrescono rispetto a quanto trovato per la *sezione 1* e si attestano su valori minimi che, per il livello “2”, risultano pari ad 1,15.

#### 4.5.10. Calcolo mediante il metodo dell'area di influenza

Per un raffronto con i risultati ottenuti mediante il calcolo agli elementi finiti, si può fare riferimento al metodo di calcolo dell'area di influenza: esso si basa sul principio che, su ogni pilastro o diaframma di una coltivazione sotterranea, venga a gravare il peso dei terreni sovrastanti, compresi planimetricamente entro un'area composta dall'area del pilastro (o del diaframma) e da parte dell'area dei vuoti circostanti, la quale viene attribuita, in parti uguali, ai pilastri che delimitano il vuoto stesso.

Nel caso di pilastri o diaframmi con dimensioni nel piano  $W_p$ , separati da camere di dimensione  $W_o$ , la verifica di equilibrio statico in senso verticale e su due dimensioni, vista la presenza di diaframmi impone che:

$$\sigma_p = P_{zz} \cdot \left( \frac{W_o + W_p}{W_p} \right)$$

dove:

- $\sigma_p$  = tensione media nel diaframma;
- $P_{zz}$  = tensione geostatica =  $\gamma Z$ ;
- $W_o$  = larghezza dei vuoti;
- $W_p$  = larghezza dei diaframmi.

Ipotizzando  $W_o = 7$  m e  $W_p = 6$  m ed i seguenti valori medi di resistenza:

- GESSO MACROCRISTALLINO
  - Peso specifico:  $\gamma = 2.18 \text{ gr/cm}^3$ ;
  - Compressione monoassiale:  $C_o = 8,20 \text{ MPa}$ ;
- GESSO MICROCRISTALLINO
  - Peso specifico:  $\gamma = 2.12 \text{ gr/cm}^3$ ;
  - Compressione monoassiale:  $C_o = 14,51 \text{ MPa}$ ;
- MARNA
  - Peso specifico:  $\gamma = 1.95 \text{ gr/cm}^3$ ;
  - Compressione monoassiale:  $C_o = 0,48 \text{ MPa}$ ;

per valori di coperture nette pari a  $Z = 109$  m,  $122$  m e  $136$  m (calcolate al di sopra dei singoli livelli di scavo), considerando - a favore di sicurezza - un valore medio di peso specifico pari a  $\gamma = 2.0 \text{ gr/cm}^3$ , per i diaframmi del Livello "0", con  $Z = 109$  m, si trova che:

$$\sigma_p = P_{zz} \cdot \left( \frac{W_o + W_p}{W_p} \right) = 470 \frac{\text{t}}{\text{m}^2} = 4,61 \text{ MPa}$$

Per i diaframmi del Livello “1” ( $Z = 122$  m) si trova invece che:

$$\sigma_p = P_{zz} \cdot \left( \frac{W_o + W_p}{W_p} \right) = 530 \frac{t}{m^2} = 5,20 \text{ MPa}$$

Per i diaframmi del Livello “2” ( $Z = 130$  m) si trova infine che:

$$\sigma_p = P_{zz} \cdot \left( \frac{W_o + W_p}{W_p} \right) = 590 \frac{t}{m^2} = 5,79 \text{ MPa}$$

Il calcolo è stato effettuato nella situazione relativa allo schema di modello utilizzato per la *sezione 2*, e serve per verificare, in generale, l'ordine di grandezza prevedibile per le tensioni nei diaframmi.

Il calcolo dei fattori di sicurezza delle strutture sotterranee può essere effettuato in modo “semplificato” paragonando i livelli di sollecitazione verticale massima trovati dal calcolo con i valori di resistenza minimi alla compressione monoassiale della roccia.

Il fattore di sicurezza  $F_s$  risulta allora pari a:

$$F_s = Co / \sigma_p$$

con :

- $Co = 8,2$  MPa gesso macrocristallino;
- $Co = 14,5$  MPa gesso microcristallino.

Riassumendo, i fattori di sicurezza, calcolati con il metodo dell'area di influenza, che possono essere associati ad un modello geometrico dello scavo caratterizzato da diaframmi larghi 6 metri, posti a separazione di vuoti (camere e/o gallerie) larghi 7 m, sono i seguenti:

	Fattore di sicurezza
LIVELLO 0	$F_s = 14,5/4,61 = 3,14$
LIVELLO 1	$F_s = 8,2/5,20 = 1,58$
LIVELLO 2	$F_s = 8,2/5,79 = 1,42$

I fattori di sicurezza sono poi in realtà certamente maggiori, dal momento che la situazione tensionale nei diaframmi e nelle solette risulta essere triassiale e non monoassiale, in quanto è sempre presente una tensione orizzontale  $\sigma_x$ .

Nell'ipotesi di avere lo strato di marna alla base dei diaframmi e delle gallerie, si trova che la massima sollecitazione di compressione si trasferisce direttamente sullo strato marnoso.

In tal caso, i fattori di sicurezza scendono al valore di  $F_s = 0,48/5,79 = 0,08$  e non si verificano più le condizioni di stabilità della coltivazione.

Ciò ribadisce e sottolinea l'importanza, già evidenziata nel progetto estrattivo presentato nel dicembre 2010, di procedere, in corso d'opera, a monitoraggi per la verifica della centralità delle gallerie rispetto alle bancate gessose.

Nei casi in cui si debbano riscontrare irregolarità nello spessore delle bancate di gesso, le gallerie dovranno essere opportunamente modificate, ad esempio riducendone l'altezza massima.

Nel conferire la sagomatura di progetto alle gallerie di coltivazione, durante lo scavo con la fresa ad attacco puntuale, è importante evitare spigoli vivi, che tendono a concentrare gli sforzi, e mantenere altresì una buona centralità delle gallerie rispetto ai banchi di coltivazione attraversati, così da preservare un sufficiente spessore di gesso sia al piede che al tetto delle gallerie.

A tale scopo, la FASSA ha appositamente progettato, costruito ed installato due sonde perforatrici sulle frese elettroidrauliche ad attacco puntuale che vengono utilizzate per la produzione mineraria di gesso in galleria; le sonde perforatrici, installate sul braccio brandeggiabile di ciascuna fresa, sono state concepite e realizzate per effettuare la perforazione cadenzata del minerale, proprio con lo scopo di verificare gli spessori di gesso sui sovrastanti e sottostanti banchi marnosi sterili.

Grazie alla disponibilità di queste sonde, nell'avanzamento della coltivazione si procede a perforazioni cadenzate periodiche di controllo, che vengono effettuate sulla base di un protocollo operativo messo a punto negli anni trascorsi, e che è stato ormai standardizzato in modo sistematico nelle procedure di gestione ordinaria del cantiere minerario.

#### 4.6. Condizioni di stabilità nel tempo della coltivazione

Nell'ambito della “Relazione tecnica” redatta, ai sensi della L.R. 69/78, a corredo del progetto di coltivazione mineraria e recupero ambientale della cava in oggetto, presentato nel dicembre 2010 ed approvato ex L.R. 40/98 nel successivo novembre 2011, si era provveduto ad una analisi numerica della stabilità dei vuoti sotterranei, effettuata mediante la predisposizione di un apposito modello di calcolo numerico, sviluppato sulla base della caratterizzazione geomeccanica del giacimento.

Le verifiche di stabilità così effettuate avevano messo in evidenza che, nella cava in progetto, le modalità previste per la coltivazione mineraria in sotterraneo, in particolare per quanto riguarda le dimensioni adottate per le gallerie di coltivazione e per i diaframmi tra esse interposti, risultano tali da garantirne la stabilità nel tempo.

Nel successivo quinquennio autorizzativo (2011 – 2016), nella cava “Monferrato” si era poi provveduto, in adempimento delle specifiche prescrizioni formulate in sede autorizzativa, ad apposite operazioni di monitoraggio periodico di tipo geotecnico e geomeccanico; in particolare, erano state attrezzate delle apposite sezioni di convergenza, presso le quali si procede a rilevazioni periodiche così da misurare l'insorgere di eventuali significative deformazioni del contorno di scavo, che potrebbero verificarsi subordinatamente alle nuove tensioni indotte dall'apertura delle nuove gallerie di coltivazione.

Come descritto ed illustrato nei paragrafi precedenti, nell'ambito dell'istanza di rinnovo autorizzativo presentata nel luglio 2016, autorizzata nel gennaio 2017, i risultati delle operazioni di monitoraggio geotecnico erano stati utilizzati al fine di calibrare e validare le modellizzazioni geotecniche sulla stabilità dell'ammasso roccioso in cui vengono scavate le gallerie minerarie: i risultati ottenuti, raccolti nell'ambito del precedente quinquennio (2011 – 2016), avevano infatti consentito una significativa implementazione delle verifiche geotecniche, grazie anche alla disponibilità di nuovi e più aggiornati software di calcolo.

I risultati ottenuti dalle analisi numeriche svolte nell'ambito del progetto presentato nel 2010 erano risultati, infatti, decisamente cautelativi se raffrontati con quanto successivamente misurato in sito tramite le misure di convergenza svolte, nel quinquennio autorizzativo immediatamente successivo (2011 – 2016), nell'ambito delle periodiche operazioni di monitoraggio geotecnico: gli spostamenti effettivamente misurati in sito erano risultati infatti significativamente inferiori rispetto a quanto calcolato nelle modellazioni a suo tempo effettuate.

Per tale motivo, nell'ambito dell'istanza di rinnovo presentata nel luglio 2016 si era proceduto ad effettuare nuove analisi di calcolo numerico, affinando la precisione del modello geotecnico, il quale, opportunamente tarato mediante i procedimenti di *back analysis* riproposti in precedenza, aveva consentito di ottenere risultati di calcolo analoghi a quelli realmente misurati.

Una volta preventivamente tarato sulla base dei risultati rilevati in sito negli anni trascorsi, il modello di calcolo era poi stato applicato alla situazione di progetto, al fine di implementare le verifiche geotecniche di stabilità dei vuoti minerari.



Sulla base dei nuovi calcoli così effettuati, si era riscontrato che le modalità previste per la coltivazione mineraria in sotterraneo, in particolare per quanto riguarda le dimensioni adottate per le gallerie di coltivazione e per i diaframmi tra esse interposti, risultano tali da garantirne la stabilità nel tempo, confermando e convalidando, alla luce del più approfondito quadro conoscitivo maturato nel periodo intercorso, i risultati delle verifiche già a suo tempo effettuate.

In particolare, risulta confermato che i cedimenti e le deformazioni del gesso, al tetto ed alla base delle gallerie, risultano limitati a valori massimi dell'ordine di pochi millimetri, come confermato dalle rilevazioni periodiche di monitoraggio geotecnico condotte, negli anni trascorsi: i risultati dei monitoraggi geotecnici, che sono stati proseguiti nel trascorso quinquennio (2017 – 2021) e che sono stati periodicamente trasmessi (a corredo delle relazioni di aggiornamento annuale) agli Enti ed Uffici competenti, si sono infatti dimostrati in piena concordanza con quelli raccolti nel quinquennio precedente, così da confermare e convalidare i risultati delle analisi di calcolo numerico effettuate nell'ambito della suddetta istanza di rinnovo autorizzativo, presentata nel luglio 2016.

## **5. RELAZIONE TECNICA SULLO STATO DI AVANZAMENTO DEI LAVORI DI RECUPERO AMBIENTALE**

### **5.1. Finalità ed impostazione del recupero ambientale**

L'attività in progetto si configura, come evidenziato nei capitoli inerenti la coltivazione mineraria, quale semplice prosecuzione di un'attività estrattiva già in essere e, soprattutto, condotta esclusivamente in sotterraneo.

Come già nella precedente istanza autorizzativa, presentata nel luglio 2016 ed autorizzata nel gennaio 2017, non sono previste, pertanto, nuove operazioni di scavo a giorno e, di conseguenza, non risultano necessarie nuove opere di recupero ambientale oltre a quelle già a suo tempo autorizzate e realizzate negli anni trascorsi.

Ne consegue che lo stato finale degli ambienti esterni futuribile coincide necessariamente con quanto previsto nel precedente progetto già autorizzato nel 2011; gli interventi di recupero ambientale previsti dai progetti autorizzati in precedenza risultano ad oggi completati, così come quelli previsti dal progetto medesimo, già effettuati nel trascorso quinquennio, così come descritto nelle relazioni annuali di monitoraggio ambientale man mano presentate negli anni trascorsi.

Si ricorda, a tale proposito, che per la loro rilevanza in termini anche di mitigazione ambientale, gli interventi di recupero nelle aree esterne sono stati oggetto di specifiche prescrizioni da parte dell'ARPA, anche per quanto riguarda la componente ambientale "Paesaggio ed ecosistemi" di cui alla voce f) del punto 16 dell'Allegato "*Elaborato tecnico – Prescrizioni di coltivazione e di recupero ambientale ai sensi della L.R. n. 69/78*" alla Determinazione n. 5735 del 18.11.2011.

## 5.2. Riutilizzo futuro dei vuoti minerari

Per quanto concerne le ipotesi di riuso del sito al termine dell'attività estrattiva, occorre considerare che proporre una forma di riuso dei vuoti economicamente vantaggiosa per chi la intraprende è una cosa evidentemente molto difficile, poiché si deve proporre una 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'educazione delle acque, in una coltivazione di questo tipo ed a queste profondità di esercizio non risultano infatti proponibili, se non attuando forme di riuso in grado di produrre un qualche reddito.

Nell'ambito dei precedenti progetti autorizzati, erano state proposte, per il sito in oggetto, le seguenti forme di riuso:

- la porzione “asciutta” del sistema di gallerie, ovvero sostanzialmente il cosiddetto “livello 0”, sarebbe stata adibita a locali per la coltivazione industriale di funghi in sotterraneo;
- la porzione altimetrica inferiore della rete di gallerie, interessata dalle acque sotterranee una volta interrotte le operazioni di emungimento, sarebbe stata adibita a bacino di stoccaggio di acque riutilizzabili a fini irrigui.

Allo stato attuale, alla luce delle esperienze maturate nella gestione estrattiva del sito ed in base ai dati acquisiti nelle campagne di monitoraggio condotte nel periodo intercorso, nonché delle variate condizioni di mercato, si ritiene che, ad oggi, la soluzione migliore, già illustrata e descritta nel progetto presentato nel dicembre 2010 ed approvato ex L.R. 40/98 nel successivo 2011, sia costituita dalla chiusura dei vuoti minerari residui.

A tale proposito, si procederà a chiudere definitivamente l'accesso secondario alle gallerie, mentre l'accesso principale verrà chiuso mediante un apposito portone, così da consentire comunque, in futuro, la possibilità di ispezione e controllo da parte del personale della Ditta.

### 5.3. Interventi di recupero ambientale previsti in progetto

Le operazioni di inserimento paesaggistico previste nei progetti estrattivi progressivamente autorizzati negli anni trascorsi possono essere sintetizzate con le seguenti voci:

- mascheramento della zona di piazzale e della zona uffici mediante messa a dimora di macchie di fascia boscata di specie ripariali mesoigrofile, a ridosso dell'esistente rio interpoderale;
- messa a dimora, ad occultamento della zona centrale antistante l'ingresso della cava, lungo il confine di proprietà, di un filare di pioppo cipressino (*Populus nigra cv. italica*);
- impianto di alberi ed arbusti ornamentali, con funzione paesaggistica e sesto irregolare disegnato a giardino, nell'area verde antistante gli uffici;
- messa a dimora, nella zona di versante sormontante l'ingresso della galleria di accesso al sotterraneo, di specie arboree ed arbustive a costituire un rimboschimento naturaliforme, atto sia a contrastare il potenziale ingresso di infestanti, sia a mascherare il retrostante camino del condotto di aerazione;
- sistemazione delle scarpate della trincea di accesso alla galleria di coltivazione, consistente in interventi di riprofilatura finale ed inerbimenti tecnici.

Allo stato attuale, sono stati completati tutti gli interventi previsti nei progetti autorizzati.

Ciò premesso, si provvede di seguito a descrivere le operazioni effettuate.

#### a) Inerbimenti.

Sono stati effettuati, con due differenti criteri, i previsti inerbimenti nella zona degli uffici e sulle superfici di pendice sormontanti l'ingresso della galleria.

Nel primo caso, si è provveduto alla semina a spaglio di un miscuglio oligospecifico di tipo paesaggistico costituito da *Lolium perenne* (30%), *Festuca rubra* (40%) e *Poa trivialis* (30%), mentre nel secondo caso si è provveduto a seminare un miscuglio tecnico a costituire un prato polifita seminaturale: le specie utilizzate sono *Festuca arundinacea* (20%), *Agropyron repens* (20%), *Lolium perenne* (25%), *Lolium italicum* (10%), *Lotus corniculatus* (5%), *Trifolium hybridum* (10%), *Trifolium repens* (5%), *Medicago lupulina* (5%).

La semina è stata preceduta da uno sfalcio delle infestanti presenti, da una lavorazione superficiale del terreno e da una debole concimazione di fondo con concime ternario NPK 15-15-15.

#### b) Messa a dimora di specie arboree ed arbustive

Coerentemente con quanto previsto dal progetto a suo tempo autorizzato, sono state messe a dimora, sulla pendice collinare sormontante l'ingresso della galleria e presso il fosso di fondovalle, specie arboree ed arbustive autoctone rispettivamente, in relazione agli ambiti sopra citati, mesotermofile e mesoigrofile.

Per quanto concerne la fitocenosi di progetto a temperamento mesotermofilo (pendice collinare), sono stati messi a dimora esemplari di *Quercus robur*, *Quercus cerris*, *Acer campestre*, *Carpinus betulus*, *Fraxinus ornus*, *Ostrya carpinifolia*, *Tilia cordata*, *Corylus avellana*, *Sorbus aria*, *Sorbus domestica*, *Euonymus europaeus*, *Crataegus monogyna*; la fitocenosi mesoigrofila è

stata invece costituita utilizzando esemplari di *Fraxinus excelsior*, *Prunus avium*, *Sorbus aria*, *Ulmus minor*, *Salix alba*, *Salix triandra*, *Populus nigra*.

In ambedue i casi è stato seguito un disegno d'impianto irregolare, di modo da ottimizzare l'effetto paesaggistico dell'impianto.

Oltre agli interventi succitati, è stata realizzata una quinta schermante il cantiere e la zona degli uffici: essa è costituita da 24 esemplari di pioppo cipressino (*Populus nigra cv. italica*). Sempre nella zona degli uffici sono stati messi a dimora alcuni esemplari “pronto effetto”, con disegno a giardino, di specie arboree autoctone ed arbustive ornamentali esotiche, privilegiando l'effetto paesaggistico di forma, colore, struttura e scalarità delle fioriture.

### **c) Impianti di irrigazione**

Sono stati messi in opera, nel settore di pendice e nella zona del giardino limitrofo agli edifici di servizio, due distinti sistemi di irrigazione a supporto della vegetazione impiantata.

Nel primo caso, l'impianto è del tipo sovrachioma con irrigatori da media gittata, mentre nel secondo caso è a diffusione con irrigatori a scomparsa di corto raggio; l'impianto, in ambedue i casi, è stato interrato ad una profondità media di 30 cm (80 cm nella zona di passaggio di mezzi pesanti).

### **d) Sistemazione delle scarpate della trincea d'accesso al cantiere sotterraneo**

Le scarpate di cui all'oggetto sono definite da acclività di 60-70°, e si presentano per lo più scavate direttamente in terreni coesivi (marne e gessi): esse risultano quindi stabili anche sulle pendenze più estreme; i pochi settori in terreno sciolto presentano invece angoli di scarpa definiti lungo l'angolo di naturale declivio.

L'intervento di recupero, in tale ambito, è consistito nella rivegetazione diretta sulla scarpata mediante la tecnica dell'idrosemina a spessore abbinata, quale supporto di semina, alla messa in opera di georeti in fibra di juta, previa limitati interventi di scoronamento.

Nella letteratura tecnica dedicata, l'abbinamento di idrosemina con reti e/o materassi di differente materiale, sia sintetico che organico, è definita “rivestimento vegetativo”: si tratta di tipi di opere correlabili tipicamente a versanti in roccia compatta e/o friabile, anche su notevoli pendenze.

L'intervento, dal punto di vista realizzativo, è consistito della messa in opera dei seguenti materiali:

- picchetti o barre filettate in acciaio;
- georete in fibra di juta (biostuoia);
- composti e sementi per idrosemina a spessore.

La realizzazione dell'opera si è estrinsecata innanzitutto nella stesura per file parallele dei teli di biostuoia, avendo cura di sovrapporre lateralmente i teli per almeno 10 cm; le stuoie sono state fissate a monte e lungo la scarpata mediante dei picchetti in acciaio, con una densità di 2 picchetti/m<sup>2</sup>, di modo che esse siano ben aderenti alla scarpata.

Nel caso all'oggetto, la funzione antierosiva delle georeti risulta secondaria: esse sono state messe in opera prioritariamente al fine di aumentare la scabrezza delle scarpate in roccia, ottimizzando il trattenimento della miscela di idrosemina (terriccio, sostanza organica e sementi) sulle stesse.

Sopra le reti, a sfruttare i vuoti tra le maglie, si è provveduto ad effettuare una semina a strato con terriccio, applicando, mediante idrosemminatrice a pressione, un prodotto aggrappante costituito da torba, terriccio artificiale, concimi e fertilizzanti, collanti e sementi erbacee, ripetendo l'operazione fino a formare uno strato di almeno 2 cm.

Il miscuglio di idrosemina, caratterizzato da una dose una dose minima di utilizzo di 40 g/m<sup>2</sup>, è stato impostato sulla seguente composizione:

<i>Festuca arundinacea</i>	30%
<i>Festuca rubra gr. eurubra</i>	15%
<i>Festuca rubra commutata</i>	15%
<i>Lolium perenne</i>	15%
<i>Cynosurus crystatus</i>	10%
<i>Trifolium subterraneum</i>	5%
<i>Trifolium hybridum</i>	5%
<i>Lotus corniculatus</i>	5%

## 5.4. Efficacia degli interventi di recupero ambientale

### 5.4.1. Interventi in compensazione (Rio Valle Prato)

Il Rio Valle Prato consiste in un fosso colatore interpodereale, che, provenendo dai terreni agricoli posti a est della cava oggetto di studio e privo di un suo sedime catastale, corre a lato della strada di accesso alla cava stessa, per proseguire poi verso ovest, piegando marcatamente verso sud per confluire, dopo un percorso complessivo di circa 1,5 Km, nel “rio Varsesio”.

Tale fosso funge da recapito sia delle acque meteoriche (relative alla limitatissima estensione del cantiere estrattivo, nella sua porzione a cielo aperto), sia soprattutto di quelle di drenaggio delle gallerie sotterranee della cava “Monferrato”; tale rio è stato individuato, nell’ambito della procedura di V.I.A. per il progetto di rinnovo ed ampliamento dell’autorizzazione per l’intervento estrattivo, quale recettore di compensazioni ambientali.

Si tratta di un corso d’acqua naturale, o quantomeno non fatto oggetto di interventi antropici in tempi recenti; lo stesso utilizzo quale recettore delle acque di cava, già messo in atto in passato, non ha comportato modifiche all’alveo, garantendo la capacità di smaltimento del fosso in parola nei confronti non solo delle portate liquide “naturali” di sua competenza, ma anche del surplus derivante dall’immissione delle acque meteoriche raccolte dalla rete di canalette.

Si deve rilevare, a tale proposito, che il fosso interpodereale indicato come “Rio di Valle Prato” si presenta generalmente asciutto, con portate liquide decisamente ridotte, sia dal punto di vista dell’entità delle portate che della durata delle medesime, risultando percorso da un deflusso significativo solamente a seguito di rilevanti eventi pluviometrici.

Più in dettaglio, la caratterizzazione idrologica svolta nell’ambito dello Studio di Impatto Ambientale redatto a corredo dell’istanza di rinnovo ed ampliamento della coltivazione mineraria, indica che per il rio “Valle Prato” (per il quale si può quantificare un bacino imbrifero sotteso con una superficie dell’ordine di circa 1,27 Km<sup>2</sup>) si avrebbe teoricamente, in condizioni meteorologiche ordinarie, una portata “media” annua dell’ordine di circa 12 litri/s.

Per la ridotta estensione del bacino e, soprattutto, per l’assenza nell’ambito del medesimo di una significativa estensione di coperture permeabili di sufficiente spessore, in grado di garantire una “riserva” sotterranea con la quale alimentare i deflussi in assenza di apporti meteorici, in condizioni di magra (ossia per circa 2/3 dell’anno) la portata media si riduce tuttavia a circa 0,3 litri/s, a conferma dell’assenza di deflussi significativi, come si può agevolmente riscontrare in sito.

Il rio presenta vegetazione spondale su buona parte del tratto di interesse, sia spontanea (costituita per lo più da robinia, sambuco, pioppo nero, salicone e nocciolo), sia integrata, nel tratto adiacente agli edifici di servizio sul piazzale di cava, da impianti di specie arboree ed arbustive quali *Prunus avium*, *Sorbus aria*, *Ulmus minor*, *Salix alba*, *Salix triandra*, *Alnus glutinosa*, *Populus nigra*.

Oltre alle specie sopra citate, si evidenzia la presenza di più esemplari di *Salix viminalis*, *Salix purpurea* e di coperture fitte a *Cornus sanguinea*, sia nella zona prossimale al piazzale

d'ingresso alla cava che nel tratto terminale del Rio, dove è presente una siepe alberata pluriplana di pioppo bianco, nocciolo e sanguinello.

Si tratta di complessi vegetali già rilevati in passato, i quali proseguono la loro evoluzione dinamica strutturandosi in modo sempre più stabile.

Nel trascorso quinquennio autorizzativo, la Fassa S.r.l. ha provveduto alla costante pulizia e manutenzione del fosso recettore, nel tratto di competenza della cava, verificando l'assenza di ostruzioni o di impedimenti al deflusso.



#### 5.4.2. Assetto paesaggistico determinato dalle azioni di recupero ambientale

Premesso che le attività di progetto interessano esclusivamente l'ambito estrattivo in sotterraneo, in quanto non si prevede l'impegno di nuove superfici esterne per attività collaterali alla coltivazione mineraria, si evidenzia che, per quanto concerne gli ambienti esterni, la Fassa S.r.l. ha già effettuato *in toto* le operazioni di inserimento paesaggistico previste nel progetto precedentemente autorizzato.

Tali opere, espressamente finalizzate, secondo quanto previsto nelle precedenti autorizzazioni rilasciate per l'attività estrattiva, a mascherare la zona di piazzale, possono essere sintetizzate con le seguenti voci:

Zona di intervento	Interventi effettuati
Zona di piazzale:	<ul style="list-style-type: none"> <li>• mascheramento della zona di piazzale e della zona uffici mediante messa a dimora di macchie di fascia boscata di specie ripariali a ridosso dell'esistente rio interpoderale;</li> <li>• messa a dimora, ad occultamento della zona centrale antistante l'ingresso della cava, luogo il confine di proprietà, di un filare di pioppo cipressino (<i>Populus nigra cv. italica</i>);</li> <li>• impianto di alberi ed arbusti ornamentali, con funzione paesaggistica e sesto irregolare disegnato a giardino, nell'area verde antistante gli uffici.</li> </ul>
Ingresso galleria:	<ul style="list-style-type: none"> <li>• messa a dimora, nella zona di versante sormontante l'ingresso della galleria di accesso al cantiere sotterraneo, di specie arboree ed arbustive a costituire un rimboschimento naturaliforme, atto sia a contrastare il potenziale ingresso di infestanti, sia a mascherare il retrostante camino del condotto di aerazione;</li> <li>• inerbimento tecnico delle scarpate della trincea d'accesso alla galleria mineraria.</li> </ul>

Nell'ambito della zona di piazzale, sono presenti esemplari ormai ben sviluppati di *Fraxinus excelsior*, *Prunus avium*, *Sorbus aria*, *Ulmus minor*, *Salix alba*, *Salix triandra*, *Populus nigra*, localizzati nella fascia tra gli edifici di servizio ed il corso del Rio Valle Prato; tali impianti insistono su un sottofondo prativo a netta dominanza di graminoidi.

Oltre a tali elementi, è inoltre presente anche una quinta ad alto fusto, costituita da 24 esemplari di pioppo cipressino (*Populus nigra cv. italica*) aventi altezza pari attualmente a circa 20 metri, a quintare il cantiere e la stessa zona degli uffici.

Al momento, non risultano evidenti criticità tali da consigliare interessi di manutenzione straordinaria; per il futuro, ci si atterrà alle consuetudinarie cure colturali, consistenti per lo più in irrigazioni ordinarie

Nell'ambito della zona di imbocco della galleria che conduce al cantiere estrattivo sotterraneo, la zona di sormonto dell'ingresso è caratterizzata da un popolamento irregolare, su distanze varie e sesto informale, costituito da esemplari di *Quercus robur*, *Quercus cerris*, *Acer campestre*, *Carpinus betulus*, *Fraxinus ornus*, *Ostrya carpinifolia*, *Tilia cordata*, *Corylus avellana*, *Sorbus aria*, *Sorbus domestica*, *Euonymus europaeus*, *Crataegus monogyna* (Cfr. foto n. 1).

Come negli anni precedenti, in sede di sopralluogo non sono state verificate criticità particolari: non sono stati infatti rilevati esemplari morti; tutte le piante messe a dimora, ormai da circa un ventennio, presentano uno stadio di sviluppo ormai adulto, con altezze definitive di maturità.

In merito alla situazione delle scarpate della trincea di accesso alla galleria di coltivazione, si osserva come la scarpata posta a sinistra dell'ingresso risulti caratterizzata, ormai da alcuni anni, da una copertura erbacea a macchie ben strutturata, completata dalla presenza di alcuni arbusti, di cui uno ben sviluppato, di salicone (*Salix caprea*).

Per quanto concerne la scarpata posta a destra dell'accesso alla galleria, negli anni passati sono stati effettuati interventi di rivestimento vegetativo, consistenti nella messa in opera di una georete in juta (ormai completamente degradata) a corredo di passati interventi di idrosemina a spessore. Allo stato attuale, la scarpata si presenta completamente rinaturalizzata.

Torino, 03 giugno 2021

FASSA S.r.l.

GEOSTUDIO – Studio Tecnico Associato

dott. ing. Alberto Dutto

dott. ing. Giuseppe ACCATTINO  
(n. 4140 Ordine Ingegneri Provincia di Torino)

dott. ing. Nicola BERRETTA

dott. geol. Dario FAULE  
(n. 248 Ordine Reg. Geologi del Piemonte – Sez- A)

per. min. Claudio DE CASSAI

dott. for. Giorgio ULIANA  
(n. 471 Ordine Dott. Agr. e For. Prov. di Torino)

## **ELABORATI GRAFICI**

Tav. 1/2021: Estratto di mappa catastale

Tav. 2a/2021: Planimetria stato attuale livello 0 (aggiornamento al 31 dicembre 2020)

Tav. 2b/2021: Planimetria stato attuale livello 1 (aggiornamento al 31 dicembre 2020)

Tav. 2c/2021: Planimetria stato attuale livello 2 (aggiornamento al 31 dicembre 2020)

Tav. 3a/2021: Planimetria stato finale approvato ex L.R. 40/98 - Livello 0

Tav. 3b/2021: Planimetria stato finale approvato ex L.R. 40/98 - Livello 1

Tav. 3c/2021: Planimetria stato finale approvato ex L.R. 40/98 - Livello 2