

Studio di geologia tecnica e ambientale
Dott. Geol. Pietro Pittau – Dott. Pian. Fabio Grasso
 **Via A. Zardin, 14 – Via Marghine, 22 c**
 **3388418324 - 3487812836**

Concessione mineraria Santa Brà

(Per Bentonite ed Argille Smettiche)

Località Santa Brà

Comune di Piscinas

Provincia del Sulcis Iglesiente

RINNOVO DELLA CONCESSIONE MINERARIA SANTA BRA'

RELAZIONE PROGETTUALE

Maggio 2021

Committente

Polar S.r.l. Piazza della Vittoria 15/6 - Genova -

SOMMARIO

1.	Premessa	4
1.1.	Collegamenti con le reti infrastrutturali	4
1.2.	Fasi progettuali	4
2.	Descrizione introduttiva del progetto	5
2.1.	Premessa	5
2.2.	Descrizione storica dell'attività	7
2.3.	Specifica della natura giuridica dei soggetti proponenti e gestori dell'iniziativa	7
2.3.1.	Dipendenti	7
2.3.2.	Macchinari	8
2.3.3.	Attività indotte legate all'iniziativa	8
3.	Indicazioni geogiacimentologiche	9
3.1.	Indicazioni geolitologiche e tettoniche del sito	9
3.2.	Definizione di tipo e qualità del materiale estrattivo	9
3.3.	Caratteri merceologici	9
3.4.	Distribuzione areale del materiale utile nella concessione e al contorno dell'area	10
3.4.1.	Bentonite A e bentonite B	11
3.5.	Carta geolitologica e sezioni	11
3.6.	Previsione sulle quantità di bentonite da estrarre complessivamente e mediamente nell'arco di ogni anno	11
3.7.	Indicazione delle eventuali fasce di rispetto attuate	13
4.	Descrizione del metodo di coltivazione	14
4.1.	Area Monte Senzu	14
4.2.	Area campi A-B-C	15
4.3.	Indicazione della localizzazione	16
4.4.	Superfici	16
4.4.1.	Superficie interessata dalla concessione	16
4.4.2.	Superficie area di escavazione e stoccaggio minerale	16
4.4.3.	Superficie a servizi	17
4.4.4.	Superficie destinata alla riabilitazione ambientale	17
4.5.	Volumi	17
4.6.	Capacità di estrazione e produzione	18
4.7.	Pianificazione dell'attività estrattiva nei vari anni	18
4.7.1.	Durata di esercizio della miniera	18
4.8.	Dati topografici	19
4.8.1.	Identificazione del sito	19
4.8.2.	Punti di riferimento, caposaldi	19
4.8.3.	Quota alla base e quota al culmine	19
4.8.4.	Inclinazione media del pendio prima e dopo l'escavazione	20
4.8.5.	Modalità di scarico acque	20
4.9.	Fase di preparazione cantiere	20
4.9.1.	Strade di accesso	20
4.9.2.	Viabilità interna	20
4.9.3.	Predisposizione piazzali per le lavorazioni	20
4.9.4.	Predisposizione logistica di cantiere	20
4.9.5.	Scotico ed accantonamento terreno vegetale	21
4.9.6.	Asporto sterile di copertura (cappellaccio)	21
4.9.7.	Allaccio alle reti tecnologiche	22
4.10.	Fase di escavazione	22
4.10.1.	Geometria dei gradoni	22
4.10.2.	Drenaggi ipodermici e superficiali	22
4.10.3.	Sistemi di raccolta e trattamento acque meteoriche	22
4.10.4.	Modalità di stoccaggio dei materiali estratti	22
4.11.	Fase di riabilitazione e fase di chiusura	22
4.11.1.	Indicazione della destinazione d'uso finale	22
4.11.2.	Tipo di rinverdimento	22
4.11.3.	Regimazione idraulica finale	23
4.12.	Descrizione delle attività gestionali della miniera	23
4.12.1.	Sistemi di trattamento e destinazione degli eventuali scarti di lavorazione	23
4.12.2.	Attrezzature utilizzate nelle varie fasi	23
4.13.	Analisi costi/benefici	23
4.14.	Descrizione del progetto dell'attività che sarà insediata a recupero ultimato della miniera	23
5.	Stabilità dello scavo	24
5.1.	Fattore di sicurezza e deficit di resistenza	31

		<i>Relazione progettuale</i>	
5.2.	Coefficiente di intensità sismica positivo		31
5.3.	Coefficiente di intensità sismica negativo		32
5.4.	Fattore di metastabilità		33
5.5.	Conclusioni		34

ALLEGATI

1	Corografia IGM 25000
2	Corografia CTR 10000
3	Viabilità
4	Carta geologica
5	Carta idrogeologica
6	Carta dell'idrografia
7	Carta dell'uso del suolo
8	Inquadramento vincolistico
9	Carta del PPR
10	Descrizione dei sondaggi
11	Valutazione del giacimento e viabilità
12	Progetto di coltivazione Monte Senzu (Planimetrie e sezioni)
13	Progetto di coltivazione campo C (Planimetrie e sezioni)
14	Progetto di coltivazione campo B (Planimetrie e sezioni)
15	Progetto di coltivazione campo A (Planimetrie e sezioni)
16	Stato dei luoghi e intervisibilità
17	Fotosimulazione dell'intervento
18	Relazioni su dispersione polveri e valutazione rumore ambientale
19	Conto economico e costi del ripristino
20	Piano gestione rifiuti minerari D.Lgs. 117-08

1. Premessa

La seguente relazione progettuale, riguarda la procedura di VIA per il rinnovo della concessione mineraria Santa Brà ricadente nel territorio del comune di Piscinas per la coltivazione di bentonite, argille smettiche e refrattarie, rilasciata dalla Regione Autonoma della Sardegna con decreto n° 413 del 10.07.2009, Assessorato Industria Divisione Miniere su una estensione di ettari 267, poiché ricadente nell'allegato a1 punto 17 della Deliberazione della Regione Autonoma della Sardegna numero 11/75 del 24.03.2021.

L'area originariamente rilasciata in concessione mineraria Santa Brà per la coltivazione di argille bentonitiche, si sviluppa su una superficie pari a circa 267 ettari, si localizza a nord del centro abitato di Piscinas escludendo il centro abitato e si estende in direzione circa est ovest, nella regione del Sulcis. Si estende interamente nel comune di Piscinas.

La società titolare della concessione mineraria, alla luce delle ricerche effettuate nel recente passato intende sviluppare sulla stessa l'apertura di tre nuovi cantieri e la coltivazione del cantiere esistente denominato Monte Senzu è inoltre prevista entro il mese di giugno 2021 la chiusura con la restituzione ai legittimi proprietari dell'area del cantiere Sa Perda Morta.

L'attività estrattiva si è inserita in un contesto socio-economico di tipo agro-pastorale, caratterizzato da una estesa monoproprietà dedita prevalentemente alla coltivazione di ortive e ad un utilizzo dei terreni ad esso strettamente collegato. Risulta decisamente ridotta la superficie che l'attività mineraria ha sottratto, e tutt'ora preclude, all'utilizzo originario tenendo conto del fatto che le opere di riabilitazione nel corso del tempo, hanno restituito e stanno restituendo al territorio la loro funzione originaria. Sono, infatti, presenti aree già riqualificate in cui la superficie ha assunto la sua conformazione originaria (cantiere Merareddu e Medau Scanu) e aree in cui si sta procedendo alla restituzione morfologica del territorio (cantiere Sa Perda Morta). Le caratteristiche morfologiche e paesaggistiche dell'area ante intervento sono quelle degli attuali luoghi circostanti; l'instaurarsi di un'attività estrattiva su un'area abbastanza ridotta e quindi di semplice gestione non ha influenzato in maniera determinante queste caratteristiche.

1.1. Collegamenti con le reti infrastrutturali

La miniera di Santa Brà gode di buoni collegamenti verso le destinazioni finali, rappresentate dallo stabilimento di Piscinas (SU), dove avviene la essiccazione solare. Per il materiale con destinazione all'impianto di Piscinas, il traffico proveniente dal cantiere di Monte Senzu, non interessa strade interpoderali o di altro tipo, mentre, per i cantieri nei campi A, B e C il traffico interesserà le strade asfaltate che dagli stessi portano sulla strada statale n° 293 e da qui fino allo stabilimento di Piscinas.

1.2. Fasi progettuali

Nel presente paragrafo, si indicano i limiti temporali e spaziali relativi alle tre differenti fasi del processo:

- ❖ preparazione del giacimento alla coltivazione;
- ❖ coltivazione del giacimento e ritombamento dello scavo;
- ❖ riabilitazione del sito.

Occorre precisare che l'ambito spaziale delle tre fasi, è quello riportato negli allegati grafici progettuali, mentre, l'ambito temporale è indicato nel diagramma di Gantt inserito nella presente.

2. Descrizione introduttiva del progetto

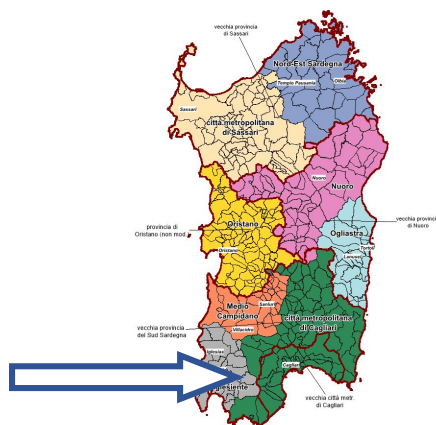
2.1. Premessa

La seguente relazione progettuale, è a corredo della richiesta di valutazione di impatto ambientale per il rinnovo della concessione mineraria denominata Santa Brà, in concessione alla Società Polar S.r.l. con sede in Genova in Piazza della Vittoria 15/6.

Nella concessione mineraria Santa Brà, si avranno i seguenti cantieri:

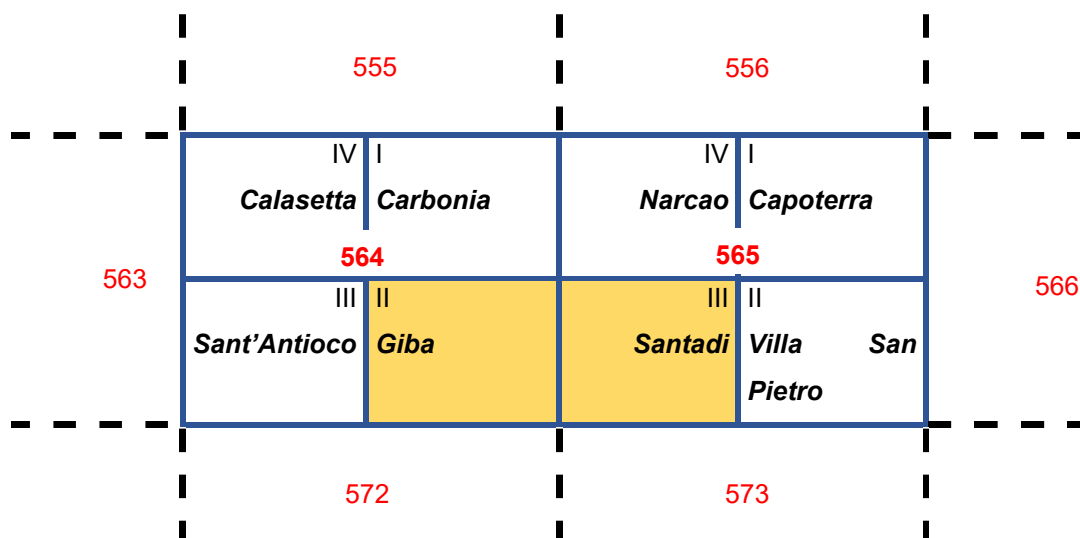
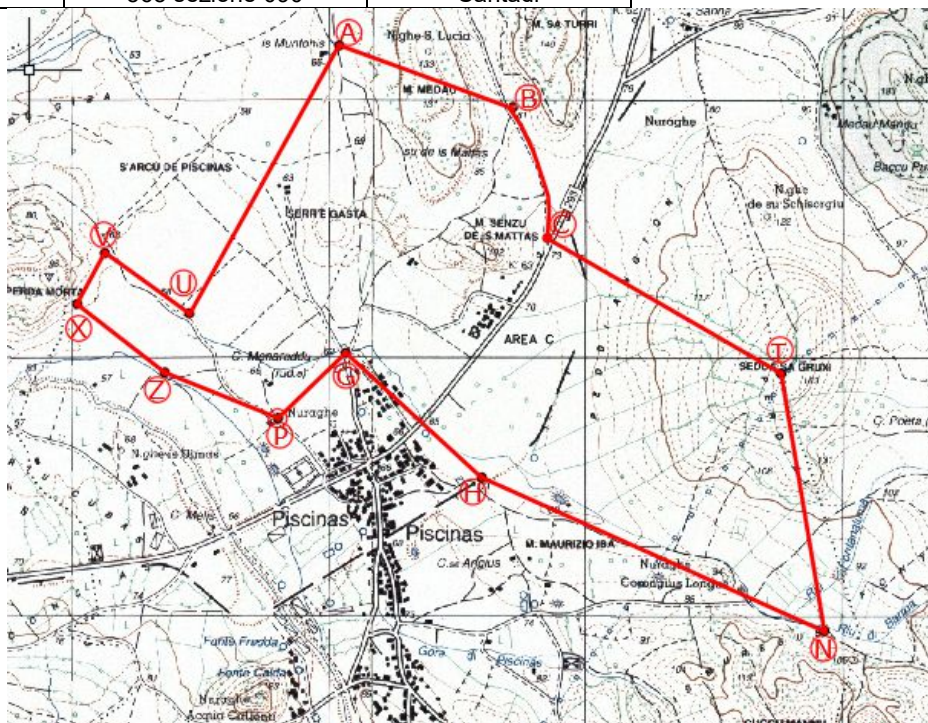
- ❖ progressivo riempimento del cantiere Sa Perda Morta e definitiva riabilitazione con un termine previsto a giugno 2021,
- ❖ coltivazione e rimodellamento morfologico del cantiere Monte Senzu,
- ❖ apertura dei nuovi cantieri nell'area a sud est, che prevede la coltivazione e il ritombamento degli scavi per la riabilitazione del territorio.

L'iniziativa proposta si inserisce in un'area della Sardegna sud occidentale nel territorio comunale di Piscinas nella provincia del Sulcis Iglesiente, in località Santa Brà.



L'area è ubicata sulla carta IGM 1:25000 e sulla Carta Tecnica Regionale 1:10000, come indicato nella tabella seguente.

Cartografia	Identificativo	Denominazione
1:25000 (IGM)	564 sezione II 565 sezione III	Giba Santadi
1:10000 (CTR)	564 sezione 120 565 sezione 090	Giba Santadi



I cantieri attualmente in attività nella Concessione mineraria sono due. Il primo denominato Monte Senzu, di interesse anche per le coltivazioni future, si raggiunge percorrendo la strada statale 293 da Giba in direzione Piscinas, attraversato il centro abitato, la destinazione si trova sulla sinistra dopo circa 750 metri, mentre il secondo, denominato Sa Perda Morta, che ad oggi ha in fase di ultimazione il ripristino, si raggiunge percorrendo una strada di penetrazione agraria che si diparte dalla parte a nord ovest del centro abitato di Piscinas. Inoltre, il nuovo progetto di coltivazione prevede nuove aree di cantiere che si trovano sulla destra della strada statale 293 in direzione sud in riferimento ai due cantieri sopra citati.

2.2. Descrizione storica dell'attività

La concessione fu in prima istanza accordata nel febbraio 1974, per una durata di 15 anni, alla Süd-Chemie Italia S.p.A, appartenente alla Süd-Chemie A.G. di Monaco di Baviera. La titolare, aveva provveduto anche alla costruzione dell'impianto di trattamento della bentonite, ubicato lungo la S.S. 293, appena fuori dall'abitato di Piscinas, in posizione approssimativamente baricentrica rispetto all'area di concessione. Successivamente la concessione mineraria denominata "Santa Brà", per bentonite, argille smectiche e refrattarie, è stata accordata alla Società Sarda di Bentonite Srl subentrata nella titolarità, con decreto dell'Assessorato dell'Industria 213 del 1 luglio 1992. L'area della superficie inizialmente accordata era di 490,89 ettari; nello stesso anno, con decreto dell'Assessorato all'Industria n° 334 del 2 novembre 1992, veniva concesso l'ampliamento dell'area a 500,29 ettari. Successivamente attraverso la procedura di Valutazione di Impatto Ambientale, fu sottoposto a tale procedura il rinnovo della concessione finalizzato alla prosecuzione e completamento delle attività estrattive nell'area di Monte Senzu e alla coltivazione della nuova miniera di Sa Perda Morta, l'esito positivo fu sancito dalla deliberazione n. 7/22 del 30.1.2009. All'interno di questa procedura, la SSB propone la ridelimitazione dell'area di concessione mineraria, che avrà un'estensione ridotta a circa 278 ettari. La nuova delimitazione esclude il centro urbano di Piscinas mentre ingloba, oltre alla struttura impiantistica, le zone minerariamente conosciute e ancora potenzialmente utili, unitamente ad alcune aree confinanti con queste dove si ritiene ancora possibile la presenza di risorse di bentonite. Successivamente con Determinazione dell'Assessorato dell'Industria Servizio attività estrattive e recupero ambientale n°16957 Rep. N° 308 del 25 giugno 2015, si ha il trasferimento della concessione mineraria Santa Brà dalla Società Sarda di Bentonite srl alla Polar srl.

2.3. Specifica della natura giuridica dei soggetti proponenti e gestori dell'iniziativa

La Società Polar S.r.l. è una società a responsabilità limitata con sede a Genova in Piazza della Vittoria 15/6, nasce nel 2014, con amministratore unico il Dott. Pergolese Leandro.

Il settore di attività è quello della estrazione, lavorazione, trasformazione, distribuzione e compravendita di bentonite, di prodotti derivati dalla bentonite e di altri minerali a uso industriale e per il mercato dei grandi consumi, in conto proprio e in conto terzi. Inoltre la società può svolgere tutte le attività relative al commercio in Italia ed all'estero di prodotti per animali domestici, l'acquisizione e la concessione di contratti concessione, commissione o agenzia in relazione alle merci e ai servizi, analisi e consulenza, studi e ricerche relative al mercato di riferimento, tutte le attività commerciali e di consulenza nel settore specifico. Il codice ATECORI 2007 relativo all'attività prevalente è 08.12, comprendente estrazione di ghiaia e sabbia, estrazione di argille e caolino. I dati degli occupati relativi al 2020, sono: 16 dipendenti, sul totale 3 hanno impiego a tempo parziale e 13 a tempo pieno e sono così suddivisi: nella sede di Genova 1 responsabile amministrativo, 1 addetto vendite, 1 addetto acquisti, 1 addetto contabilità nella sede di Piscinas, 1 addetto logistica, 1 responsabile servizio prevenzione e protezione, 1 perito minerario, 1 responsabile stabilimento, 8 operai produzione.

2.3.1. Dipendenti

Nello sviluppo dei lavori, la concessione vedrà l'utilizzo delle seguenti figure professionali, dipendenti della società POLAR.

<i>Unità previste</i>	<i>Quantità previste</i>
<i>Direttore dei Lavori</i>	<i>1 (esterno)</i>
<i>Sorvegliante</i>	<i>1</i>

<i>RSPP</i>	<i>1 part time</i>
-------------	--------------------

La parte amministrativa viene effettuata direttamente nella sede di Genova, in cui sono impiegate n°4 persone.

I dipendenti della Polar in totale sono 16 di cui impiegati a Piscinas 12.

2.3.2. Macchinari

I macchinari e le attrezzature utilizzate per l'attività della miniera, sono indicate nella tabella seguente.

ELENCO MEZZI DI CARICO E TRASPORTO	
Escavatore tipo Cat 323E	
Pala meccanica tipo Cat 920	
Camion 4 Assi	
UTILIZZO MEZZI	
Pala meccanica	
Tipo d'utilizzo	Unità di carico e coltivazione
Escavatore	
Tipo d'utilizzo	Opere di preparazione e coltivazione e unità di carico
Camion 4 Assi	
Tipo d'utilizzo	Trasporto tout-venant e sterile

2.3.3. Attività indotte legate all'iniziativa

All'interno dell'area della miniera, le operazioni di estrazione, movimentazione e trasporto dei minerali, vengono svolte da imprese esterne che svolgono la loro prestazione lavorativa per conto della società madre.

Le imprese esterne si occupano di:

- ❖ estrazione del minerale;
- ❖ movimentazione del minerale;
- ❖ trasporto del minerale,
- ❖ movimentazione dello sterile,
- ❖ rimodellamento delle aree coltivate.

Le imprese esterne operanti nella miniera sono:

<i>Ditta</i>	<i>Unità lavorative previste</i>
Esterna	5

3. Indicazioni geogiacimentologiche

3.1. Indicazioni geolitologiche e tettoniche del sito

Le manifestazioni tufaceo-bentonitiche di interesse industriale di quest'areale del Sulcis, sono da ricollegare al più generale sistema vulcanico del Sulcis; si tratta, infatti, dell'alterazione argillosa dei livelli e/o accumuli di natura tufacea, solitamente collegati alle effusioni laviche compatte del ciclo vulcanico oligo-miocenico. Questi tufi hanno generalmente colmato, depressioni e concavità di varia origine, presenti nel substrato.

3.2. Definizione di tipo e qualità del materiale estrattivo

Dal punto di vista mineralogico le bentoniti in generale risultano costituite da argilla montmorillonitica (smectite) in percentuale compresa tra il 60 e il 90%. La maggiore o minore qualità del materiale risulta direttamente proporzionale alla montmorillonite presente. Dal punto di vista chimico, oltre al calcio, possono essere presenti, in quantità variabili, anche il sodio, il magnesio, il manganese e il titanio. Le impurità sono generalmente rappresentate da ossidi di ferro e dal carbonato di calcio, oltre che dalla presenza di piccoli residui micacei e quantità variabili di sabbia. Tali impurità, se presenti oltre certi valori che sono strettamente legati alla tipologia di utilizzo, possono chiaramente comprometterne l'impiego. Di seguito, si riportano i dati medi relativi alle analisi chimiche effettuate sulle bentoniti presenti nel sito.

	<i>Bentonite</i>	<i>Bentonite</i>
<i>Parametro</i>	<i>U.M.</i>	<i>U.M.</i>
	%	mg/kg
Al ₂ O ₃	19,4	
CaO	2,3	
Fe ₂ O ₃	3,1	
K ₂ O	1,3	
MgO	4,2	
Na ₂ O	1,8	
SiO ₂	60,2	
TiO ₂	0,25	
Perdita alla calcinazione	7,2	
Arsenico		0,6
Zolfo		220
Manganese		52,3
Piombo		1,6

Le bentoniti sarde sono generalmente di tipo calcico per cui, ai fini di un utilizzo industriale, si ha la necessità di correggerle con l'aggiunta di sali sodici. Hanno un potere rigonfiante in acqua pari a 2-3 volte il volume iniziale; l'additivazione con il carbonato di sodio aumenta tale caratteristica fino al valore di 10-11 migliorandone anche le loro capacità assorbenti, emulsionanti, glutinanti, coesive e impermeabilizzanti. Un'altra caratteristica che può essere migliorata con l'additivazione è l'azione decolorante, ottenuta però con l'utilizzo di acidi minerali.

Le caratteristiche geotecniche delle argille bentonitiche del sito sono:

- ❖ coesione 54 kN/m²,
- ❖ angolo di attrito 23°,
- ❖ il valore relativo al peso specifico utilizzato nei calcoli è pari a 1,7 t/m³.

3.3. Caratteri merceologici

Le bentoniti in oggetto, con le loro capacità di assorbimento, coesione, viscosità, ecc., trovano ottima applicazione in diversi settori, con particolare riguardo a:

- ❖ preparazione di lettiere per animali,
- ❖ polveri di bentonite per bonifiche di serbatoi e cisterne,
- ❖ grezzi per le bonifiche ambientali.

Ai fini della presente valutazione ed in relazione ai dati provenienti dai logs dei sondaggi, dal punto di vista merceologico le bentoniti per la preparazione di lettiere per gatti sono state indicate come bentoniti A, mentre le argille bentonitiche da utilizzare nell'ingegneria civile (bonifiche ed altri utilizzi), sono state indicate come bentoniti B.

3.4. Distribuzione areale del materiale utile nella concessione e al contorno dell'area

L'area della concessione mineraria Santa Brà, ha finora mostrato una continuità delle diverse zone coltivate, infatti, queste non hanno mai mostrato una chiusura laterale o un esaurimento della bentonite, lasciando aperta la possibilità di sfruttare le zone comprese entro le aree coltivate e quelle in progetto e le aree limitrofe a queste. Le attuali conoscenze dell'area di indagine, si basano sui risultati dei rilievi geologici di superficie e su alcuni sondaggi realizzati negli anni 70. Le interpretazioni effettuate su questi studi e le descrizioni litologiche effettuate a suo tempo sui sondaggi, confermano la presenza delle litologie bentonitiche in questo areale. Ulteriori indicazioni, si sono ovviamente dedotte dalla esatta conoscenza giacimentologica e stratigrafica dell'attuale zona mineraria coltivata e dalle ricerche effettuate negli anni successivi.

Data la natura geologica del territorio compreso nella concessione mineraria, sono presenti aree che potrebbero essere potenzialmente sfruttate a fini industriali.

In particolare il giacimento bentonitico di Santa Brà, presenta continuità nella zona a sud est rispetto all'area in cui si trova l'impianto ed anche nell'area a nord nella zona del Monte Senzu.

In particolare l'azienda ottenne a suo tempo le autorizzazioni per effettuare le ricerche esplorative tramite sondaggi in aree comprese entro la concessione Santa Brà, che furono autorizzate con deliberazione della RAS n° 13/15 del 15.3.2011 relativamente all'intervento di "Ricerca mineraria in territorio del Comune di Piscinas, attraverso sondaggi, all'interno della Concessione Mineraria denominata 'Santa Brà per bentonite, argille smettiche e refrattarie'".

Il progetto consisteva nell'attività di ricerca mediante l'esecuzione di n°142 sondaggi a carotaggio, aventi profondità media di 20 metri e diametro di 101 millimetri ai fini di una futura coltivazione su un'area di circa 160 ettari suddivisa in 5 campi di ricerca.

La posizione dei sondaggi utilizzati per le valutazioni, è indicata nell'allegato 11, 11a, 11b e 11c, la loro descrizione stratigrafica come fornita dalla committenza è riportata nell'allegato 10, la tabella seguente riassume per ogni campo di coltivazione la loro denominazione.

Area coltivazione	Sondaggi
Campo A	SBM19-SBM20-SBM21-SBM22-SBM23-SBM24-SBM25-SBM26-SBM27-SBM28-SBM29-SBM30
Campo B	SBM31-SBM32-SBM33-SBM34-SBM35-SBM37
Campo C1	SBM38-SBM40-SBM49-SBM56
Campo C2	SBM42-SBM43-SBM51-SBM53-SBM54
Campo C3	SBM41-SBM45-SBM46-SBM47
Monte Senzu	P1-P2-P3-P4-P5-P6-P7

Nelle planimetrie sono presenti ulteriori sondaggi, esterni alle aree di coltivazione la cui stratigrafia non evidenzia la presenza di bentonite pertanto hanno attraversato litologie sterili e non sono stati considerati per il cubaggio del materiale ma esclusivamente per delimitare le aree produttive.

3.4.1. Bentonite A e bentonite B

Per il calcolo delle volumetrie del giacimento e per la successiva fase di calcolo dei ricavi dovuti alla vendita del minerale, sono state definite in relazione alle caratteristiche chimiche, fisiche e merceologiche, due tipologie di bentonite, che per semplicità, sono state raggruppate in due tipologie omogenee, denominate bentonite A e bentonite B.

All'interno della tipologia denominata A, sono state ricomprese le tipologie per l'industria delle lettieri.

All'interno della tipologia B, sono state ricomprese le bentoniti da utilizzare per l'ingegneria civile.

3.5. Carta geolitologica e sezioni

La carta geolitologica della zona di interesse della miniera, è allegata alla presente come allegato n° 4, tale carta è in scala 1:10000. Nell'allegato n° 10, sono riportate in dettaglio le colonne stratigrafiche dei fori di sonda con recupero di carota effettuati nell'area di progetto, la cui ubicazione planimetrica è riportata nell'allegato n°11.

3.6. Previsione sulle quantità di bentonite da estrarre complessivamente e mediamente nell'arco di ogni anno

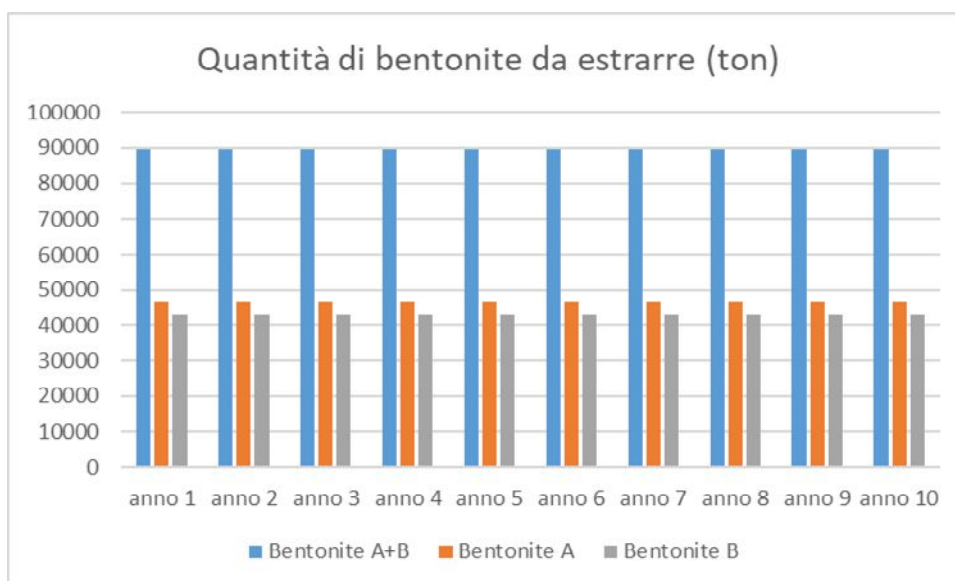
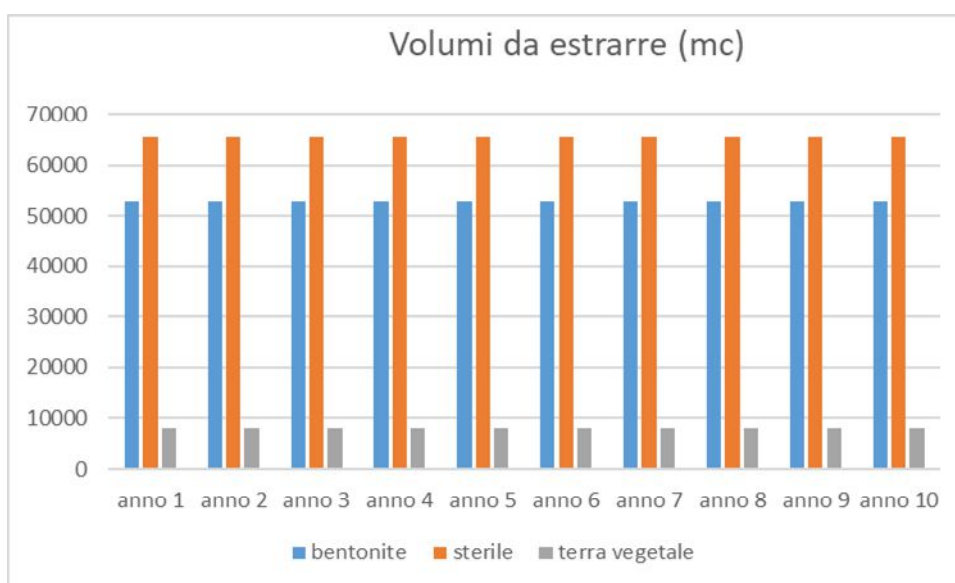
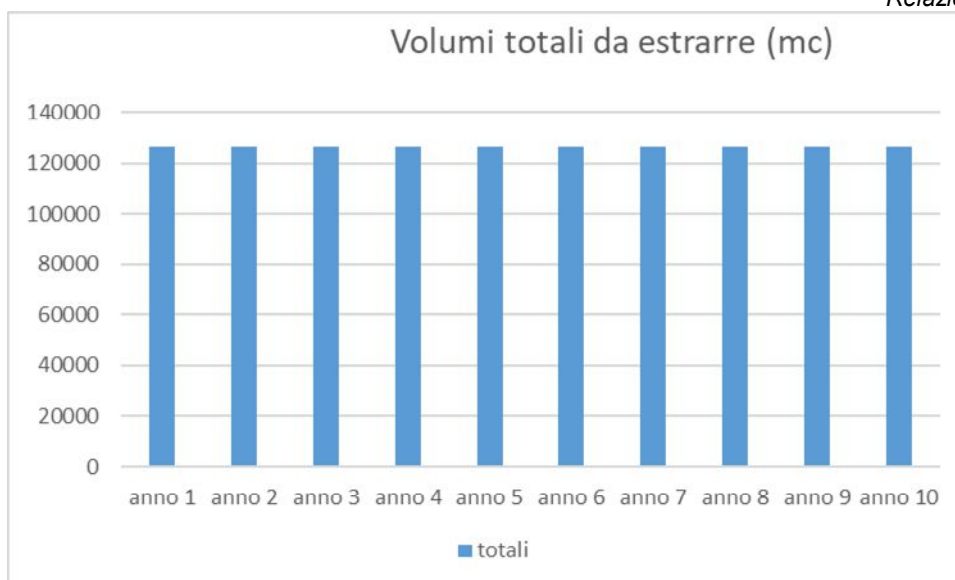
Il tonnellaggio disponibile consente di programmare una produzione pari a 10 anni.

Di seguito si riportano i dati relativi alle volumetrie (metri cubi in situ) suddivise nelle categorie principali e alle quantità di bentonite da vendere (tonnellate) suddivise nelle due categorie A e B..

Anni di produzione	Volume totale da asportare (mc)	Terra vegetale (mc)	Volume sterile (mc)	Volume bentonite (mc)
Da 1 a 10	126.466	80.286	656.392	527.983

Anni di produzione	Quantità totale bentonite da vendere (ton)	Quantità totale bentonite A da vendere (ton)	Quantità totale bentonite B da vendere (ton)
Da 1 a 10	897.571	466.961	430.610

Le produzioni annuali previste sono riportate nei grafici seguenti e sono indicate sia come volumi espressi in metri cubi che come tonnellate da asportare.



3.7. Indicazione delle eventuali fasce di rispetto attuate

Non si creeranno fasce di rispetto in quanto i limiti dell'area di concessione sono a notevole distanza, i lavori rientreranno all'interno dell'area indicata negli allegati progettuali.

I lavori minerari, così come stabilito dal DPR 9 aprile 1959 n° 128 (Norme di polizia delle miniere e delle cave) integrato e modificato dal D. Lgs. 25 novembre 1996, n. 624 e dall'articolo 114 comma 5 della Legge 23 dicembre 2000 n. 388, sono ubicati a distanze superiori a:

- | | |
|-----------------|--|
| <i>10 metri</i> | da strade di uso pubblico non carrozzabili;
da luoghi cinti da muro destinati ad uso pubblico; |
| <i>20 metri</i> | da strade ad uso pubblico carrozzabili, autostrade e tramvie;
da corsi d'acqua senza opere di difesa;
da sostegni o da cavi interrati di elettrodotti, di linee telefoniche o telegrafiche o da sostegni di teleferiche che non siano ad uso esclusivo delle escavazioni predette;
da edifici pubblici e da edifici privati non disabitati; |
| <i>50 metri</i> | da ferrovie; da opere di difesa dei corsi d'acqua, da sorgenti, acquedotti e relativi serbatoi;
da oleodotti e gasdotti; da costruzioni dichiarate monumenti nazionali. |

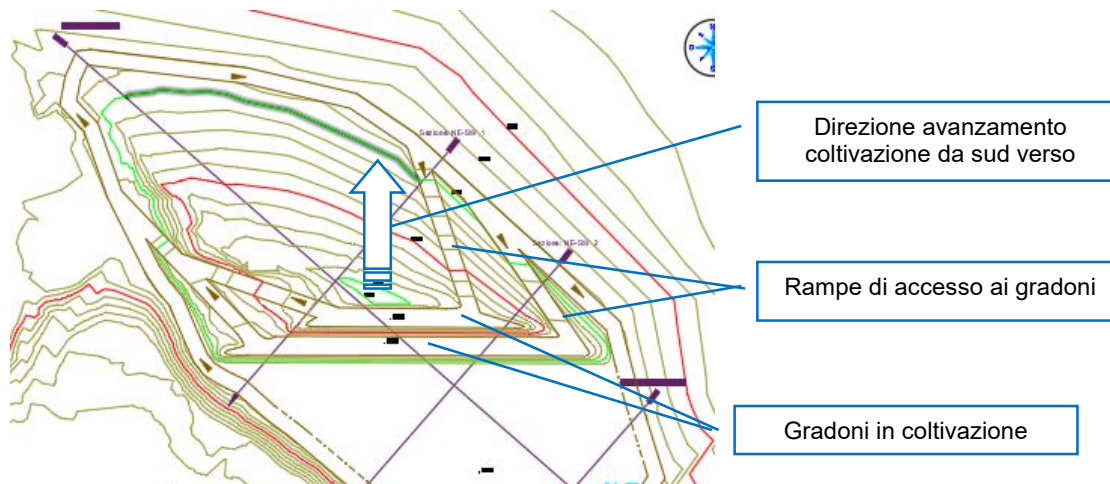
4. Descrizione del metodo di coltivazione

Di seguito si riportano le modalità di coltivazione per le due zone, la zona di Monte Senzu e la zona dei campi A, B e C, la sequenza prevede la coltivazione con la seguente tempistica:

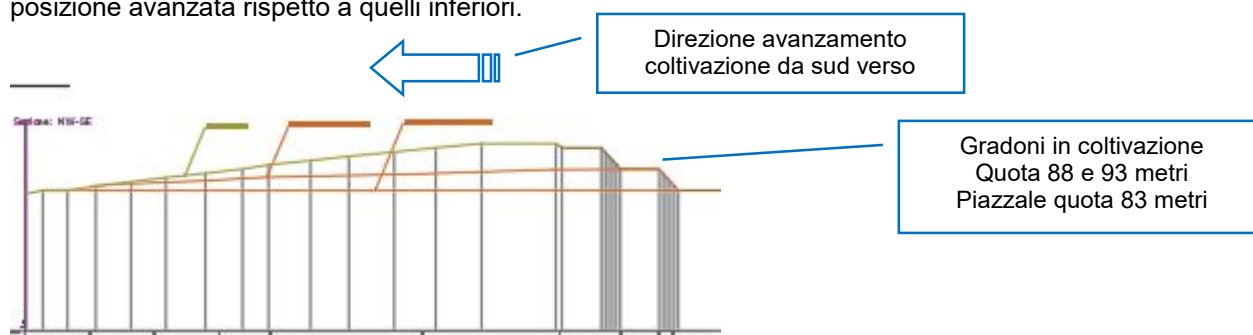
Sequenza di coltivazione
C1
C2
Monte Senzu
C3
B
A

4.1. Area Monte Senzu

In questa area la coltivazione procederà da sud verso nord, con i gradoni in direzione est-ovest.



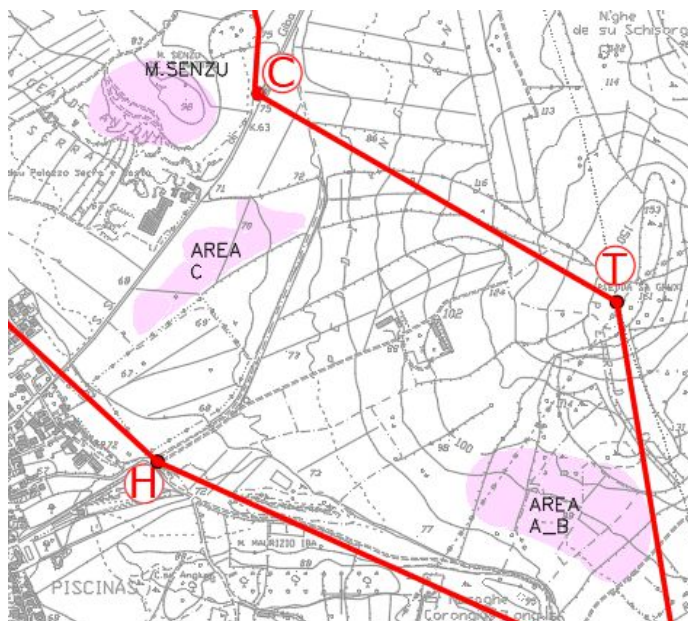
Attività propedeutica alla coltivazione, è l'apertura delle rampe laterali al fine del raggiungimento delle quote più elevate per iniziare la coltivazione dall'alto verso il basso, quindi con il gradone a quota maggiore in posizione avanzata rispetto a quelli inferiori.



Nella sua massima estensione verticale, sono previsti tre gradoni di cui il più basso nelle litologie argillose da coltivare di altezza 5 metri ed i due superiori nelle litologie sterili, il primo in posizione più bassa sempre di altezza 5 metri ed il secondo di chiusura di altezza massima pari a 2,0 metri. La quota di splateamento a cui si svilupperà il piazzale è pari a 83 metri, mentre i gradoni avranno quota 88 e 93 metri.

4.2. Area campi A-B-C

La morfologia attuale dei cantieri è quella illustrata nella figura successiva, con gli scavi localizzati esclusivamente nella zona a sud est rispetto alla zona dell'impianto. Le modalità di coltivazione sono identiche per tutte le diverse aree e sono della tipologia a fossa.



Le future modalità di intervento saranno le seguenti:

1. creazione degli accessi all'area di coltivazione attraverso la fitta rete di strade interpoderali presenti nella zona, questo vale per ciascuna area di coltivazione (C1, C2, C3, ecc..) che si intende iniziare,
2. asportazione della terra vegetale che insiste nell'area del cantiere di coltivazione per esempio area C1 e successiva creazione delle rampe di accesso al giacimento,
3. coltivazione del giacimento fino alla quota stabilita, variabile in ciascuna area di coltivazione secondo la tabella seguente:

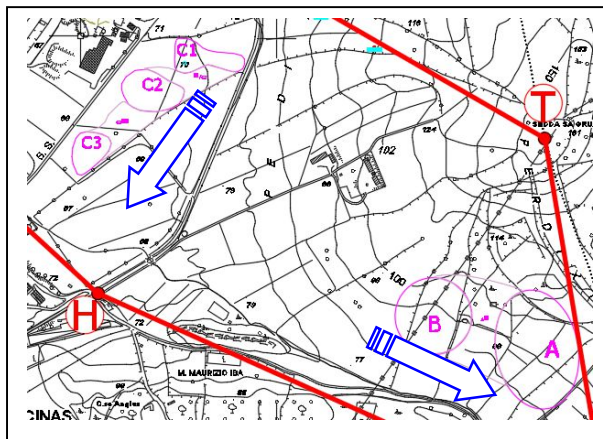
Area coltivazione	Quota base coltivazione (m)
A	73
B	79
C1	58
C2	60
C3	60

4. le modalità di coltivazione, prevedono la contemporaneità della fase di estrazione e della fase di riempimento, a questo proposito il materiale sterile prodotto dalle coltivazioni, offre una buona riserva per le fasi di riempimento successive. La quantità totale di materiale sterile è dato dalle litologie sterili del cappellaccio, dalle litologie comprese entro gli strati bentonitici e dal materiale proveniente dall'impianto di riciclaggio. La società non preclude la possibilità di utilizzare materiali di provenienza esterna e rispondenti ai requisiti di legge da utilizzare per il ritombamento.

Per quanto riguarda l'area C, si inizierà la coltivazione dell'area C1, prima che sia completata la fase di riempimento, si inizierà la coltivazione dell'area C2 al fine di verificare attraverso i fronti di coltivazione la continuità della zona compresa tra C1 e C2. Se si conferma la produttività della zona tra C1 e C2, si

prosegue la coltivazione di C2 per dare continuità con il cantiere C1, la stessa cosa avverrà per le zone C2/C3. Se non si conferma la continuità, le aree saranno sviluppate non in continuità.

Per quanto riguarda le aree A e B, la modalità sarà la seguente: si inizia la coltivazione dell'area B e prima che sia terminato il riempimento e con i fronti di coltivazione in prossimità del confine verso l'area A, inizia la coltivazione dell'area A nella sua zona più vicina all'area B, questo al fine di verificare la continuità delle due aree. Se esiste continuità, si svilupperà la coltivazione delle due aree nella zona compresa tra A e B, in caso contrario, si svilupperanno le singole aree in maniera indipendente.



5. Il progredire del riempimento porterà alla colmata dello scavo che sarà comprensivo dello stendimento della terra vegetale per uno spessore minimo di 30 centimetri, per ricreare la situazione pre-scavo. La morfologia ricreata sarà la stessa della situazione precedente alla coltivazione mineraria, rendendole idonee per la restituzione ai legittimi proprietari.

4.3. Indicazione della localizzazione

Il giacimento di bentonite interessato dall'apertura del nuovo cantiere, è situato a sud est rispetto all'area dell'impianto e a nord ovest dal centro abitato di Piscinas, ad una distanza di circa 0,3 chilometri dalla periferia di questo centro abitato. Il cantiere di Monte Senzu è ubicato in prossimità dell'impianto in direzione nord e nord ovest.

4.4. Superfici

4.4.1. Superficie interessata dalla concessione

La superficie interessata alla concessione mineraria è compresa entro i vertici A-B-C-T-N-H-G-P-Z-X-V-U e viene indicata nelle planimetrie degli allegati 1 e 2 ed ha un'area di circa 267 ettari, con il sviluppo a nord-ovest, nord e nord-est rispetto al centro abitato di Piscinas.

4.4.2. Superficie area di escavazione e stoccaggio minerale

Le aree interessate dalla coltivazione, suddivise per le diverse zone, sono indicate nella tabella sottostante.

Denominazione area	Area interessata dalla coltivazione (Ha)
Monte Senzu	2,2822
Campo A	3,2868
Campo B	1,6010
Campo C	3,1921
Totale	10,3621

Le aree di stoccaggio previste riguardano esclusivamente la terra vegetale le cui superfici sono le seguenti: Monte Senzu area 2300 mq, campo C area massima 3600 mq, campo B area 4500 mq, campo A area 7000 mq.

4.4.3. Superficie a servizi

L'area destinata ai servizi, è quella presente presso l'impianto (uffici, mensa, spogliatoi, servizi igienici e magazzino), pertanto non verrà utilizzata altra superficie.

4.4.4. Superficie destinata alla riabilitazione ambientale

La superficie che sarà destinata alla riabilitazione ambientale è pari alla superficie destinata ad escavazione e cioè 10,3621 ettari; questa sarà restituita alla legittima proprietà dopo aver effettuato le opere di ricostituzione della superficie del terreno e del terreno vegetale di coltivo per un'area pari a 10,3621 ettari.

4.5. Volumi

La stima dei volumi è stata effettuata prendendo in considerazione la conformazione attuale del sito e i dati provenienti dai sondaggi effettuati nell'area del futuro cantiere. Il calcolo dei volumi, è stato effettuato con il metodo delle triangolazioni, calcolando le superfici e mediando le potenze della bentonite e dello sterile al fine di ottenere i volumi delle due distinte formazioni. Lo stesso lavoro è stato effettuato anche per il calcolo del volume della terra vegetale. Il materiale sterile in questo caso viene identificato con quella parte di materiale ricompreso entro i livelli bentonitici produttivi e rappresentato da livelli di bentonite di scarsa qualità e da livelli sterili, che saranno utilizzati per la ricolmata dello scavo sino alla quota di campagna originaria. La Polar srl, ha già valutato l'utilizzo di sterili di provenienza esterna ai propri scavi (sbancamenti, opere civili), per poter accelerare i lavori di recupero ambientale ed in questa ottica si è progettato l'impianto di riciclaggio. La tabella seguente, mostra per ciascuna zona di coltivazione, i volumi del materiale bentonitico suddiviso nelle due tipologie A e B, dello sterile presente entro i diversi banchi bentonitici o al di sopra di questi e della terra vegetale. I volumi riportati sono quelli al netto della gradonatura che ovviamente lasciata in posto non è estraibile e non va a creare volume asportabile.

Volume in posto (mc) al netto della gradonatura				
Area	Bentonite A	Bentonite B	Sterile	Terra vegetale
Monte Senzu	83.871	0	28.527	2.282
C1	19.146	26.478	53.614	11.861
C2	26.455	28.323	97.686	14.338
C3	13.075	13.190	8.747	5.715
A	102.282	143.835	376.907	28.212
B	29.854	41.475	90.910	17.878
Totale	274.683	253.301	656.391	80.286

Il volume totale da movimentare, suddiviso per tipologie e che tiene conto del fattore di aumento volumetrico, è riportato nella tabella seguente ed è tale volumetria che sarà utilizzata per calcolare le movimentazioni e la variazione del traffico veicolare.

Volume da movimentare (mc)				
Area	Bentonite A	Bentonite B	Sterile	Terra vegetale
Monte Senzu	109.032	0	37.086	2.967
C1	24.890	34.421	69.968	15.419

C2	34.391	36.820	126.992	18.640
C3	16.998	17.147	11.371	7.430
A	132.967	186.985	489.979	36.675
B	38.810	53.917	118.183	23.241
Totale	357.088	329.290	853.309	104.372

4.6. Capacità di estrazione e produzione

La capacità estrattiva della miniera è programmata in circa 89.750 tonnellate di bentonite per ciascun anno di produzione, suddivisi equamente tra il nuovo cantiere e la prosecuzione del cantiere Monte Senzu, utili a soddisfare la prevista domanda di mercato. L'impostazione del cantiere sarà comunque in grado di soddisfare eventuali aumenti nella richiesta di questo materiale.

4.7. Pianificazione dell'attività estrattiva nei vari anni

Di seguito si riporta a partire dal 1° anno il programma dei lavori previsti fino alla definitiva riabilitazione dell'area. La successione dei lavori prevede in sequenza:

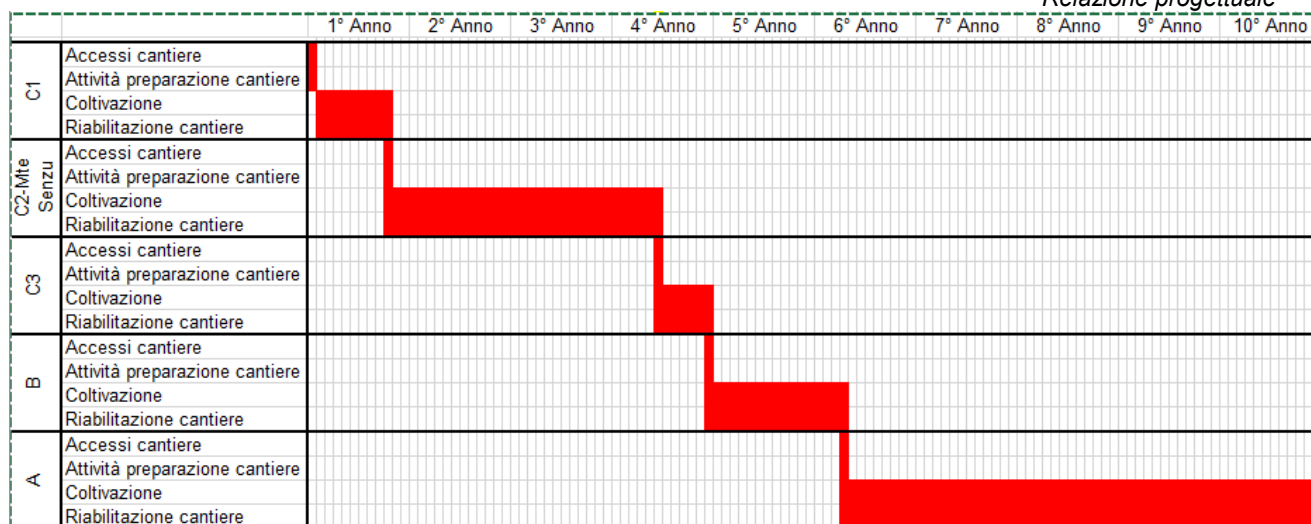
- ❖ la ricostituzione della morfologia nell'area già oggetto di coltivazione mineraria (Sa Perda Morta) e messa a dimora finale della terra vegetale; il riempimento e la riabilitazione del cantiere Sa Perda Morta si concluderà nel 2021;
- ❖ l'asportazione del terreno vegetale che insiste sulle nuove aree da coltivare, che avverrà prima che in ciascun cantiere sia avviata la coltivazione ;
- ❖ la coltivazione del giacimento nelle diverse aree individuate e indicate nelle cartografie allegate;
- ❖ la ricostruzione delle aree coltivate attraverso il ritombamento contestuale alla fase di coltivazione e il riposizionamento dello strato di terreno di coltivo.

Nel primo anno di lavoro la miniera prevede l'organizzazione degli accessi e le attività di preparazione al campo C, si inizierà l'attività di coltivazione del campo C1 e l'inizio delle attività di coltivazione del campo C2 e di Monte Senzu. Tali attività si concluderanno dopo 3.5 anni ed inizierà il campo C3, la cui durata prevista è di 0.5 anni, pertanto le attività del campo C e di Monte Senzu durano 4 anni.

Prima del termine del campo C, si inizieranno le attività del campo B, con preparazione delle vie di accesso, delle attività di asportazione della terra vegetale e del materiale di copertura, la sovrapposizione è necessaria per premettere di dare continuità alle produzioni. Il campo B ha una durata di 1.35 anni. Prima della fine del campo B, si inizierà il campo A, con le stesse modalità seguite in precedenza e cioè preparazione delle vie di accesso, delle attività di asportazione della terra vegetale e del materiale di copertura. Il campo A ha una durata di 4.65 anni.

4.7.1. Durata di esercizio della miniera

La vita della miniera è prevista per una durata di 10 anni, pertanto con inizio dei lavori nel 2022 la fine degli stessi è prevista per il 2031.



4.8. Dati topografici

4.8.1. Identificazione del sito

Di seguito, si riportano le coordinate chilometriche e la longitudine e latitudine di un punto baricentrico dell'area del nuovo cantiere.

Coordinate chilometriche	<i>EST</i> 1471621	<i>NORD</i> 4326020
Coordinate geografiche	<i>Longitudine</i> 8°40'19"	<i>Latitudine</i> 39°04'19"

4.8.2. Punti di riferimento, caposaldi

La delimitazione dell'area della concessione mineraria, si sviluppa all'interno dei punti A-B-C-T-N-H-G-P-Z-X-V-U-A, ed è indicata nelle planimetrie in scala 1:25000 e 1:10.000 allegate al presente studio. Le coordinate dei caposaldi, sono riportati nella tabella seguente:

Punti	Coordinate	
	Est	Nord
A	1470978,84	4327016,47
B	1471656,25	4326777,12
C	1471787,09	4326266,39
T	1472699,86	4325739,64
N	1472868,16	4324736,63
H	1471531,72	4325336,33
G	1471005,22	4325820,27
P	1470741,97	4325566,48
Z	1470300,25	4325743,71
X	1469958,22	4326009,73
V	1470066,80	4326210,60
U	1470397,97	4325971,73

4.8.3. Quota alla base e quota al culmine

Per quota alla base, si intende la quota minore a cui verrà spinta la coltivazione, mentre, per quota al culmine, si intende la quota del gradone in posizione più elevata, la tabella sottostante le riassume per i singoli cantieri.

Quota alla base e quota al culmine (m)		
Area	Quota alla base	Quota al culmine
Monte Senzu	83	93
C	58-60	65
A-B	73-79	85-85

4.8.4. Inclinazione media del pendio prima e dopo l'escavazione

In considerazione del fatto che l'area interessata si presenta pianeggiante la parte restituita a terreno agricolo avrà la stessa morfologia pre-scavo, ad eccezione del cantiere Monte Senzu in cui si asporterà nella totalità l'alto morfologico restituendolo con morfologia pianeggiante.

4.8.5. Modalità di scarico acque

Durante la coltivazione, è prevista la regimazione delle acque attraverso la creazione di canalette di scolo che permetteranno, sfruttando le pendenze dei piazzali, il defluire delle acque in zone di raccolta, per poter essere edotte dall'interno dello scavo e convogliate nei compluvi previa acquisizione della relativa autorizzazione presso la Provincia. Una parte di queste acque saranno utilizzate per l'approvvigionamento dei servizi e per l'innaffiamento delle piste di cantiere.

4.9. Fase di preparazione cantiere

4.9.1. Strade di accesso

La viabilità principale è rappresentata dalla presenza della strada statale 293 nella parte a sud della concessione mineraria. La viabilità secondaria è, invece, assicurata da strade di penetrazione agraria e non, tra le quali vanno annoverate le strade che conducono dalla strada statale all'area del nuovo cantiere del tipo con fondo asfaltato.

4.9.2. Viabilità interna

La viabilità interna è rappresentata da strade sterrate adibite a piste di cantiere, che si dipartono dalla strada di accesso al cantiere. La loro durata e funzionalità è chiaramente limitata alle fasi operative di coltivazione e di riabilitazione.

4.9.3. Predisposizione piazzali per le lavorazioni

Nei piazzali non si svolgono operazioni di pre-trattamento del materiale, come ad esempio additivazioni o miscele con altre sostanze in grado di modificare le caratteristiche chimico-fisiche del prodotto.

Pertanto, i piazzali vengono creati nelle posizioni previste dal progetto con lo scopo di non ostacolare:

- ❖ il progredire delle coltivazioni,
- ❖ un agevole movimento dei mezzi di cantiere,
- ❖ le operazioni di carico del materiale sui mezzi.

I piazzali non occupano una posizione fissa ma si spostano con il progredire della coltivazione, infatti rimangono come superficie di separazione tra i gradoni necessari per la coltivazione del giacimento e la zona di riabilitazione retrostante, con il riempimento dell'area coltivata.

4.9.4. Predisposizione logistica di cantiere

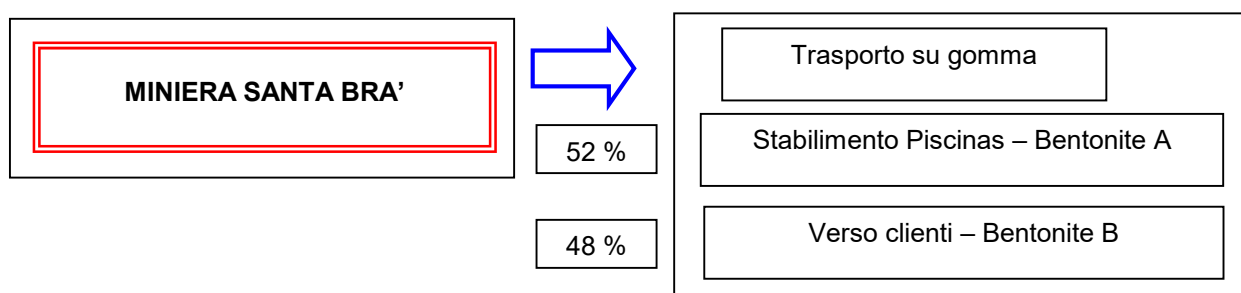
La parte logistica relativa al locale spogliatoio, mensa e uffici, servizi igienici, magazzino, sono presenti nell'area dell'impianto.

Il materiale abbattuto, subisce la seguente movimentazione:

- ❖ la terra vegetale viene asportata e deposta a stock,

- ❖ lo sterile presente entro gli strati produttivi, viene scavato con soli mezzi meccanici, caricato direttamente su camion per il trasporto verso l'area di riabilitazione, e non viene stoccato in nessun punto della miniera,
- ❖ la bentonite segue un'unica destinazione, rappresentata dallo stabilimento di Piscinas.

Occorre precisare che la separazione tra la bentonite avviene direttamente in cantiere durante la fase di selezione del materiale abbattuto. Il progetto non prevede la creazione di stock permanenti del materiale utile abbattuto; stock di natura decisamente temporanea potrebbero rendersi necessari in fasi particolari della coltivazione, per esempio durante periodi piovosi. Il diagramma di flusso, relativo alla produzione, alla movimentazione e al trasporto del materiale sono di seguito riportati. Tali percentuali dovrebbero mantenersi circa costanti eccezion fatta per piccole fluttuazioni dovute alla tempistica e alla variabilità composizionale del giacimento.



4.9.5. Scotico ed accantonamento terreno vegetale

La quantità di terreno di scotico disponibile nelle aree di futura coltivazione, è stata calcolata tenendo conto degli spessori così come riportati nelle stratigrafie dei sondaggi. In tal modo, effettuando i calcoli per la cubatura, si è ottenuto un volume di terra vegetale in posto pari a 80.286 metri cubi che saranno riutilizzati, in modo contestuale alle fasi di coltivazione, nella riabilitazione della zona già coltivata. Il materiale costituito dalla terra vegetale, dovrà seguire un processo destinato alla conservazione delle sue caratteristiche. La rimozione dello strato vegetale, o terra di coltura, deve essere realizzato separatamente da tutti gli altri movimenti di terra al fine della sua conservazione e riutilizzo per i lavori di ricostruzione del paesaggio. Nelle operazioni di asportazione, per evitare la compattazione del suolo, i veicoli cingolati utilizzati non devono esercitare una pressione superiore a 0,40 kg/cm² e la larghezza dei cingoli non può essere inferiore a 500 millimetri. Durante la rimozione, la terra di coltura non può essere mescolata con materiali estranei, in particolare se dannosi per le piante. La terra di coltura, verrà ordinatamente stoccata nelle aree individuate nelle planimetrie allegate alla presente dove sarà esplicitamente vietato il transito dei veicoli. I cumuli di terra di coltura non devono essere troppo grandi, per evitare di danneggiare la struttura e la fertilità. In generale, la larghezza di base dei cumuli non dovrà superare 3 metri e l'altezza 1,3 metri. Con quantità molto grandi di terra di coltura, la larghezza di base potrà anche superare i 3 metri, ma in tal caso l'altezza non potrà superare 1 metro.

4.9.6. Asporto sterile di copertura (cappellaccio)

I sondaggi effettuati, hanno evidenziato la presenza di sterile di copertura, la cui asportazione precede leggermente la fase di coltivazione vera e propria, costituendo la cosiddetta "preparazione" del minerale utile. Si asporta lo spessore di materiale di copertura che insiste sull'area da coltivare, così come avviene per la terra vegetale, al fine di permettere l'accesso al minerale bentonitico.

4.9.7. Allaccio alle reti tecnologiche

Per quanto concerne l'energia elettrica, questa viene prodotta con l'utilizzo di un gruppo elettrogeno e serve per il funzionamento di tutti i servizi di cantiere. Per l'acqua, sarà utilizzata quella proveniente dalla regimazione delle acque dell'area di coltivazione con, in caso di necessità, integrazione tramite la fornitura con autobotti. L'acqua potabile viene fornita agli addetti in bottiglie o brick.

4.10. Fase di escavazione

4.10.1. Geometria dei gradoni

La coltivazione procederà tenendo il gradone sempre conforme alla geometria che è stata determinata con l'analisi di stabilità. Occorre precisare che nel corso della coltivazione, questa procederà incontrando diverse litologie come si può vedere dall'allegato 10 in cui sono riportate le descrizioni stratigrafiche dei fori sonda. I gradoni avranno le seguenti caratteristiche:

Altezza (metri)	Larghezza (metri)	Angolo di scarpa (°)
5,0	6,0	60

4.10.2. Drenaggi ipodermici e superficiali

Si creerà una contropendenza all'intersezione tra il piede del gradone e l'alzata, il cui compito è quello di far defluire le acque verso le zone laterali dell'area di coltivazione ed evitarne lo scorrimento sul piano del gradone in modo da renderlo fruibile per i mezzi.

4.10.3. Sistemi di raccolta e trattamento acque meteoriche

Le acque che per necessità devono essere edotte per permettere di effettuare le lavorazioni, verranno convogliate entro le vasche di decantazione e da queste verso i compluvi naturali presenti nell'area. La natura del materiale decantato nel fondo dello scavo, sarà esclusivamente di tipo bentonitico. In relazione all'articolo 186 del D. Lgs. 3 apr 2006 n° 152 "Norme in materia ambientale", i materiali non subiscono nessuna modificazione nel ciclo produttivo, ma rimangono tali quali, il comma 1 dell'articolo indicato esclude le terre e le rocce da scavo dall'essere considerati dei rifiuti, ma possono essere utilizzati per riempimenti, rinterri, ecc. (art. 186 comma 5).

4.10.4. Modalità di stoccaggio dei materiali estratti

I materiali estratti potranno essere stoccati solo temporaneamente nei punti di movimentazione prima di essere inviati all'impianto di trattamento.

4.11. Fase di riabilitazione e fase di chiusura

Gli obiettivi della riabilitazione vegetazionale del sito rimangono:

- ❖ mascherare gli effetti dell'escavazione annullando l'impatto visivo della miniera dai punti sensibili;
- ❖ reintrodurre elementi vegetali con riattivazione dei flussi biologici ed energetici in un ecosistema altrimenti degradato;
- ❖ limitare al minimo l'erosione superficiale indotta dal moto laminare delle acque meteoriche.

4.11.1. Indicazione della destinazione d'uso finale

Le superfici costituenti i futuri cantieri, ritorneranno alla loro originaria destinazione per la totalità della superficie interessata dai lavori minerari.

4.11.2. Tipo di rinverdimento

La riabilitazione dell'area prevede la ricreazione dello strato colturale e la ripiantumazione delle siepi nella stessa posizione e con lo stesso andamento di quelle originariamente presenti nell'area interessata ed eventualmente interessate dai lavori del cantiere. La ricostruzione delle siepi, avverrà con la messa a

dimora delle specie identiche a quelle presenti attualmente nel sito fondamentalmente rappresentate da lentischio, mirto e cisto.

4.11.3. Regimazione idraulica finale

La regimazione idraulica finale è identica a quella ante opera, infatti, la modellazione morfologica finale prevede una conformazione del territorio identica a quella presente prima delle opere minerarie.

4.12. Descrizione delle attività gestionali della miniera

4.12.1. Sistemi di trattamento e destinazione degli eventuali scarti di lavorazione

Come detto in precedenza, dalla estrazione della bentonite è possibile la produzione di scarti di lavorazione, rappresentati dalla bentonite con qualità scadenti e non idonee all'utilizzo. Non sono previsti sistemi di trattamento degli scarti di lavorazione e questi saranno sistemati per il riempimento del vuoto di coltivazione in modo da ripristinare l'andamento topografico del piano di campagna, così come indicato nelle tavole relative alle sezioni. Le litologie sterili, estratte dai vari cantieri, saranno utilizzate per il riempimento degli scavi. La società al fine di incrementare le quantità da destinare al riempimento degli scavi, ha provveduto alla progettazione di un impianto di riciclaggio.

4.12.2. Attrezzature utilizzate nelle varie fasi

Per la coltivazione, come detto in precedenza, verranno utilizzati escavatori a benna rovescia. Per il carico del materiale abbattuto sui mezzi di trasporto, verrà utilizzato l'escavatore tipo Cat 323E mentre la pala meccanica tipo Cat 920 provvederà alla manutenzione delle piste e dei piazzali. Per la movimentazione dei materiali nell'area interna alla miniera, verranno utilizzati dumper e camion a tre assi, mentre, per la movimentazione dei materiali fino a destinazione si utilizzeranno camion a quattro assi.

4.13. Analisi costi/benefici

L'analisi costi benefici, è stata effettuata considerando le seguenti voci, suddivise in due gruppi principali:

- ❖ le entrate date dalla vendita dei materiali prodotti dalla miniera,
- ❖ le uscite in cui rientrano gli ammortamenti, il godimento di beni di terzi, i servizi, le materie prime, sussidiarie e le merci, i salari e gli stipendi, gli oneri sociali, il trattamento di fine rapporto, gli altri costi del personale (vestiario, mensa, materiali di sicurezza, ecc.), gli oneri diversi di gestione, il costo per la riabilitazione del sito e gli imprevisti, questi ultimi calcolati come percentuale della somma delle voci precedenti.

Il conto economico è riportato nell'allegato 19.

4.14. Descrizione del progetto dell'attività che sarà insediata a recupero ultimato della miniera

Al termine delle attività di riqualificazione morfologica del sito, l'area sarà restituita ai proprietari dei terreni.

5. Stabilità dello scavo

Le modificazioni del sito sono legate ovviamente al rimodellamento durante la coltivazione che, prevede la costituzione dei gradoni a differenti quote in relazione ai diversi cantieri come indicato nelle varie tavole progettuali.

La stabilità dei fronti di scavo, è stata verificata attraverso un software applicativo previa acquisizione dei dati caratteristici delle litologie per parametrizzazione con quelle presenti nei cantieri limitrofi, per tale motivo all'avvio del cantiere, occorrerà acquisire e caratterizzare le litologie presenti nei fronti di scavo ed effettuare la verifica di stabilità.

Occorre tenere presente che come indicato dal decreto legislativo 624/96, con il progredire della coltivazione, occorrerà effettuare la verifica di stabilità dei fronti di scavo con cadenza annuale o nel caso in cui si verifichino delle modificazioni nelle caratteristiche geotecniche dei terreni.

Tale fatto, permette di riverificare costantemente se i calcoli effettuati in questa sede, mantengono la loro validità nel corso della coltivazione.

Per tali verifiche ci si è serviti del software SSAP facendo riferimento alle norme tecniche per le costruzioni (NTC) che fanno capo al Decreto Ministeriale del 17 gennaio 2018 e s.m.i..

Le opere e le componenti strutturali devono essere progettate, eseguite, collaudate e soggette a manutenzione in modo tale da consentirne la prevista utilizzazione in forma economicamente sostenibile e con il livello di sicurezza previsto da queste norme.

La sicurezza e le prestazioni di un'opera o di una parte di essa devono essere valutate in relazione agli stati limite che si possono verificare durante la vita nominale.

Stato limite è la condizione superata la quale l'opera non soddisfa più le esigenze per le quali è stata progettata e rappresenta la frontiera tra il dominio di stabilità e quello di instabilità.

Le opere e le varie tipologie strutturali devono possedere i seguenti requisiti:

- ❖ sicurezza nei confronti di stati limite ultimi (SLU): capacità di evitare crolli, perdite di equilibrio e dissesti gravi, totali o parziali, che possano compromettere l'incolumità delle persone, o comportare la perdita di beni, o provocare gravi danni ambientali e sociali, oppure mettere fuori servizio l'opera;
- ❖ sicurezza nei confronti di stati limite di esercizio (SLE): capacità di garantire le prestazioni previste per le condizioni di esercizio;
- ❖ robustezza nei confronti di azioni eccezionali: capacità di evitare danni sproporzionati rispetto all'entità delle cause innescanti quali incendio, esplosioni, urti.

Il superamento di uno stato limite ultimo (SLU) ha carattere irreversibile e si definisce collasso.

Il superamento di uno stato limite di esercizio (SLE) può avere carattere reversibile o irreversibile

Le NTC prevedono, per la definizione del grado di sicurezza delle costruzioni un approccio di tipo semiprobabilistico, o di primo livello, adottando i coefficienti parziali di sicurezza (CP) ed il concetto di stato limite che è la condizione superata la quale l'opera non soddisfa più le esigenze per le quali è stata progettata.

La misura del grado di sicurezza si ottiene con il "metodo semiprobabilistico dei coefficienti parziali" di sicurezza tramite l'equazione:

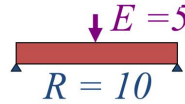
$$\boxed{Ed \leq Rd \quad \text{oppure} \quad Rd - Ed \geq 0}$$

con

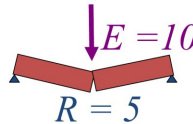
- ❖ R_d = valore di progetto della resistenza del terreno (di pertinenza del geotecnico)
- ❖ E_d = valore di progetto dell'azione o degli effetti delle azioni nelle varie combinazioni di carico (di pertinenza dello strutturista)

Le immagini che seguono, descrivono graficamente il concetto espresso nelle norme:

- ❖ SICUREZZA della STRUTTURA $R > E$



- ❖ COLLASSO della STRUTTURA $R < E$



Nelle verifiche **(SLU)** nei confronti degli stati limite ultimi geotecnici **(GEO)** si possono adottare, in alternativa, due diversi approcci progettuali:

APPROCCIO 1 (DA1)



Combinazione 1 Combinazione 2

(A1+M1+R1)

(A2+M2+R2)

(STR)

(GEO)

APPROCCIO 2 (DA2)



Combinazione 1 o Unica

(A1+M1+R3)

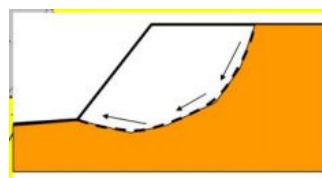
(STR + GEO)

Il grado di stabilità di un pendio, in condizioni statiche o dinamiche (per azioni sismiche), nei confronti di movimenti gravitativi, viene valutato attraverso la determinazione del cosiddetto "fattore o coefficiente di sicurezza" indicato con il simbolo F_s .

I metodi di calcolo di F_s impiegati, si basano sulle tecniche di verifica dette *Limit Equilibrium Method* (LEM) (Duncan 1996; Krahn 2003).

Nei metodi LEM il calcolo di F_s viene effettuato su una specifica superficie di scivolamento definita entro un pendio.

Dato che le porzioni potenzialmente instabili sono definibili in un spazio 3D, il calcolo viene sviluppato sopra una striscia rappresentativa di larghezza unitaria, quindi bidimensionale (2D) della superficie di potenziale scivolamento.



Nell'applicazione del metodo dell'equilibrio limite, tale superficie, separa la parte di pendio stabile da quella potenzialmente instabile.

Per ogni superficie di potenziale scivolamento, si può quindi derivare lo sforzo di taglio totale mobilitato τ_m (domanda) e la resistenza al taglio disponibile τ_f (capacità) e quindi è possibile definire F_s come:

$$F_s = \frac{\tau_f}{\tau_m}$$

Se $F_s > 1.0$ siamo in condizioni di stabilità, mentre, per $F_s < 1.0$ siamo in condizioni instabili dovute a un generalizzato deficit di resistenza.

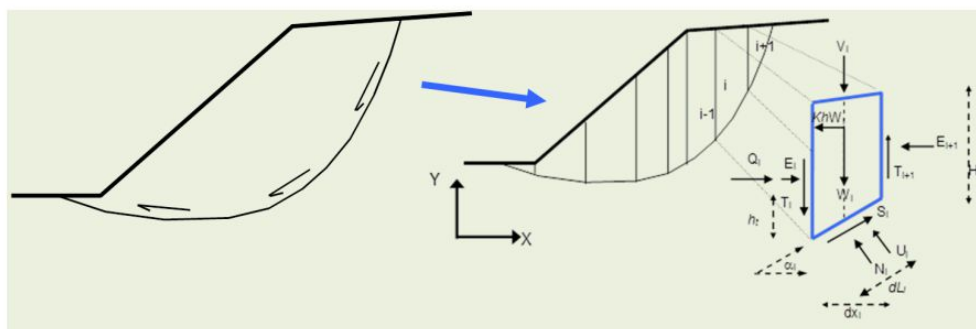
F_s deve essere valutato entro un preciso riferimento spaziale.

E' perciò, necessario considerare una potenziale superficie di scorrimento nella massa del pendio e valutare tutte le forze (e momenti) agenti (ovvero che inducono lo scivolamento) e resistenti (che si oppongono allo scivolamento) su detta superficie.

In pratica, essendo infinite le superfici di scivolamento possibili, F_s viene valutato per ognuna delle superfici di un campione rappresentativo, generate con un certo criterio entro il volume del pendio assunto.

In tal modo il "*fattore di sicurezza*" del pendio sarà quello che compete alla superficie di scorrimento con F_s più basso e tale superficie è detta anche "*superficie critica*".

Una superficie di scivolamento assunta divide in due parti distinte il pendio.



Superiormente abbiamo una massa potenzialmente instabile, supposta rigida e inferiormente una massa rigida stabile, l'equazione

$$F_s = \frac{\tau_f}{\tau_m}$$

permette di determinare la stabilità del pendio nei confronti della superficie considerata precedentemente.

Le forze agenti sono le componenti tangenziali del peso proprio della massa e degli eventuali sovraccarichi superficiali agenti sulla superficie di scivolamento, mentre, le forze resistenti sono le resistenze al taglio mobilitate nei vari punti di detta superficie che dipendono dagli sforzi normali applicati e dalla resistenza al taglio locale del suolo. Sistemi di forze interne e esterne (es. opere di rinforzo) influiscono nella stabilità globale del pendio e devono essere considerate opportunamente.

Per procedere con il calcolo di F_s , la massa potenzialmente instabile viene suddivisa in "fette" detti conci delimitate da superfici verticali, su ogni concio, vengono valutate singolarmente le forze agenti e resistenti.

L'insieme delle forze agenti sul concio singolo è presentato nella figura precedente, queste forze sono

- ❖ W = Peso del concio,
- ❖ S = Forza di taglio mobilitata sulla base del concio,
- ❖ N = Forza peso normale alla base del concio,
- ❖ U = Forza esercitata dal carico idraulico agente sulla base,
- ❖ T = Forza verticale interconco,
- ❖ E = Forza orizzontale interconco.

Nell'ipotesi che la base di ciascun concio sia piana e che lungo la superficie di scorrimento valga il criterio della rottura, secondo quanto esposto in precedenza, che correla tra loro le reazioni normali e tangenziali

alla base, le incognite per la determinazione dell'equilibrio di ogni concio, risultano essere le reazioni laterali, i loro punti di applicazione e la reazione normale alla base.

Per la determinazione di tutte le incognite, le equazioni di equilibrio risultano insufficienti per cui la risoluzione del problema va perseguita introducendo ulteriori condizioni sugli sforzi agenti sui conci.

Tali ulteriori ipotesi differenziano sostanzialmente i diversi metodi di calcolo e nel caso specifico, la soluzione numerica della stabilità viene risolta secondo diversi criteri.

In particolare, sono stati utilizzati il metodo di Morgenstern & Price e di Janbu rigoroso.

Le diverse procedure di calcolo nell'ambito dei metodi LEM, si diversificano per il tipo di assunzioni fatte per eliminare alcune incognite nel sistema di equazioni che servono per il calcolo di F_s .

Il sistema di equazioni non lineari, è piuttosto complesso e deve essere risolto in modo iterativo, assumendo un valore di tentativo iniziale e ripetendo i calcoli fino alla convergenza (differenza dei due valori inferiore a 0.001).

È importante sottolineare che assumere superfici di forma esclusivamente circolare in presenza di discontinuità stratigrafiche e/o strutturali, implica un forte rischio di sovrastima del valore del fattore di sicurezza F_s e di non localizzare affatto la zona di maggiore debolezza in assoluto.

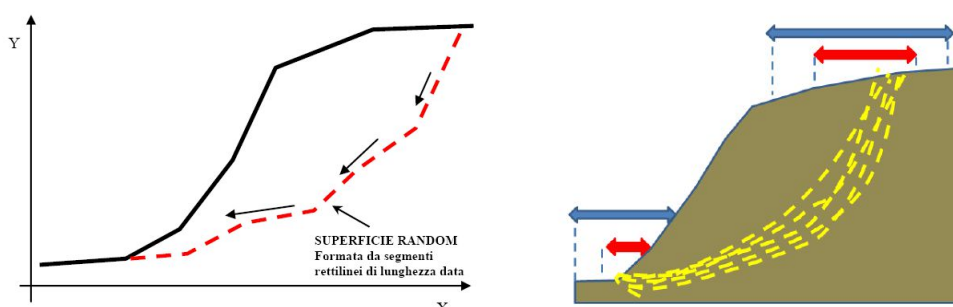
Questo può portare a vanificare completamente l'obiettivo prefissato di valutare correttamente il grado di stabilità del pendio.

Pertanto nel caso in esame, si sono effettuate le verifiche con l'utilizzo di superfici di forma composita, una ricerca accurata permette anche di trovare superfici con minor fattore di sicurezza anche di forma circolare o subcircolare, se ovviamente presenti.

Il programma utilizzato, permette queste possibilità cioè elimina le assunzioni preliminari sulla forma delle superfici di scivolamento.

I modelli di generazione delle superfici, si rifanno parzialmente al modello classico di Siegel et al. (1981) che è praticamente un modello di tipo Montecarlo, cioè basato sulla generazione di una distribuzione di numeri casuali da utilizzarsi per produrre una serie di superfici random condizionate a passare entro certi livelli e/o ad intersecare la superficie topografica entro intervalli scelti dall'operatore.

Ogni superficie random è costituita da segmenti rettilinei.



Con riguardo alle verifiche nei confronti degli Stati Limite Ultimi (SLU) per ognuno di essi deve essere rispettata la condizione:

$$Ed \leq Rd$$

Per le verifiche di stabilità a noi interessa l'Approccio 1 - Combinazione 2 ($A2+M2+R2$) con $R2 = 1.1$.

I coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni sono mostrati nella figura seguente:

Tab. 6.2.I – Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni

	Effetto	Coefficiente Parziale γ_F (o γ_E)	EQU	(A1)	(A2)
Carichi permanenti G_1	Favorevole	γ_{G1}	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevole		1,1	1,3	1,0
Carichi permanenti $G_2^{(4)}$	Favorevole	γ_{G2}	0,8	0,8	0,8
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3
Azioni variabili Q	Favorevole	γ_{Qk}	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3

⁽⁴⁾ Per i carichi permanenti G_2 si applica quanto indicato alla Tabella 2.6.I. Per la spinta delle terre si fa riferimento ai coefficienti γ_{Gk}

I coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno sono invece mostrati nella figura seguente:

Tab. 6.2.II – Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

Parametro	Grandezza alla quale applicare il coefficiente parziale	Coefficiente parziale γ_M	(M1)	(M2)
Tangente dell'angolo di resistenza al taglio	$\tan \varphi'_k$	$\gamma_{\varphi'}$	1,0	1,25
Coesione efficace	c'_k	$\gamma_{c'}$	1,0	1,25
Resistenza non drenata	c_{uk}	γ_{cu}	1,0	1,4
Peso dell'unità di volume	γ_γ	γ_γ	1,0	1,0

Tab. 6.8.I - Coefficienti parziali per le verifiche di sicurezza di opere di materiali sciolti e di fronti di scavo

COEFFICIENTE	R2
γ_R	1,1

Nelle verifiche di sicurezza si deve controllare che la resistenza del sistema sia maggiore delle azioni, per le opere di materiali sciolti e fronti di scavo, ponendo pari all'unità i coefficienti parziali sulle azioni e sui parametri geotecnici e impiegando le resistenze di progetto calcolate con un coefficiente parziale pari a $\gamma_R = 1.1$.

Alla luce di quanto esposto, con l'introduzione dei coefficienti parziali, il quadro riassuntivo dei parametri geotecnici, rappresentativi della litologia presente nel fronte di scavo, si modifica come di seguito:

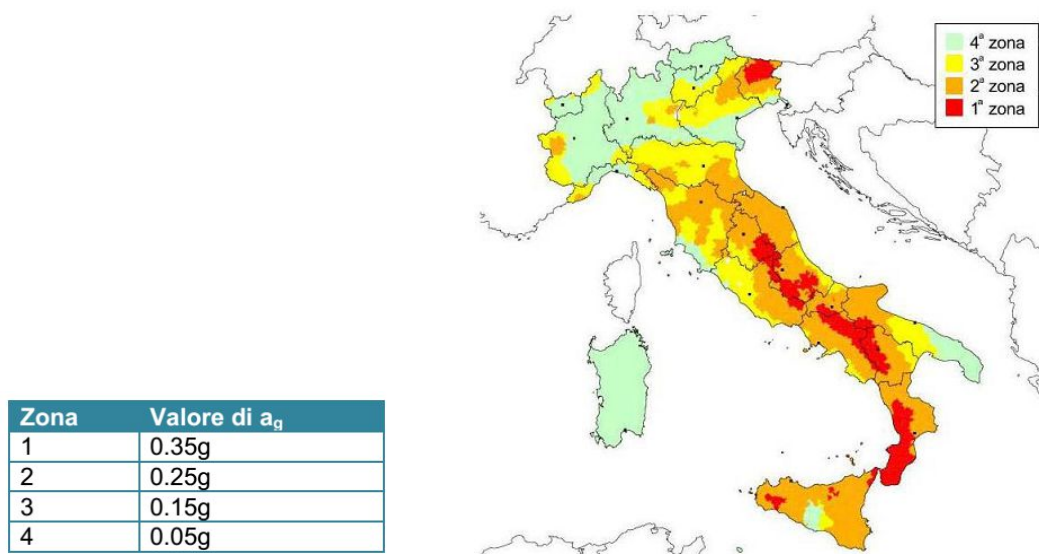
Unità geotecnica	Parametri principali		
	γ	φ	c
	kN/m ³	°	kPa
Fronte di scavo	17.0	23	54
Coefficienti	1.0	1.25	1.25
Valori per analisi	17.0	18,4	43.2

Le verifiche, sono state effettuate utilizzando il modello di calcolo SSAP in condizioni statiche, tale modello, è caratterizzato dalla presenza di 7 metodi di calcolo rigorosi che operano nell'ambito della metodologia della verifica della stabilità dei pendii mediante il metodo dell'equilibrio limite: *Janbu rigoroso* (1973), *Spencer* (1973), *Sarma I* (1973), *Morgenstern & Price* (1965), *Chen & Morgenstern* (1983), *Sarma II* (1979) e *Borselli* (2016).

Perché le condizioni di sicurezza vengano verificate, una volta applicato il coefficiente $\gamma^*R = 1.2$, deve essere verificata la disuguaglianza $Ed \leq Rd$, ovvero che il rapporto tra il valore della resistenza Rd e quello della risultante delle azioni Ed sia ≥ 1 .

Nel caso in esame, l'analisi è stata condotta in condizioni sismiche. La classificazione sismica del territorio nazionale, è articolata in 4 zone a diverso grado di sismicità, espresso dal parametro a_g cioè

dall'accelerazione orizzontale massima convenzionale su suolo di categoria A. I valori convenzionali di a_g , espressi come frazione dell'accelerazione di gravità g , da adottare in ciascuna delle zone sismiche del territorio nazionale, sono riferiti ad una probabilità di superamento del 10% in 50 anni ed assumono i valori riportati nella tabella sottostante.



Tutti i comuni della Sardegna rientrano nella Zona Sismica 4. Da precedenti esperienze ed ai sensi del NTC 2008 e smi, i terreni sono riconducibili in categoria D ossia a terreni coesivi scarsamente consistenti.

Tab. 3.2.II – Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato.

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
A	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.
B	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.
C	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.
D	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.
E	Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.

Nelle verifiche allo stato limite ultimo (SLU dinamico ossia SLV) le componenti orizzontale F_h e verticale F_v dell'azione sismica, si ricavano dalle relazioni:

$$F_h = k_h W \quad k_h = \beta_s \frac{a_{\max}}{g}$$

$$F_v = k_v W \quad k_v = \pm 0.5 k_h$$

dove:

L'accelerazione massima attesa in sito (in condizioni di campo libero), può essere valutata con la relazione:

$$a_{\max} = S a_g = S_s S_T a_g$$

$$\text{per cui} \quad K_h = a_g/g * B_s * S_s * S_T$$

dove:

S_s = Coefficiente di amplificazione per tipo di sottosuolo

Categoria sottosuolo	S_s
A	1,00
B	$1,00 \leq 1,40 - 0,40 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,20$
C	$1,00 \leq 1,70 - 0,60 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,50$
D	$0,90 \leq 2,40 - 1,50 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,80$
E	$1,00 \leq 2,00 - 1,10 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,60$

S_T = Coefficiente di amplificazione topografica (la tabella seguente esprime i valori massimi), nel nostro caso cautelativamente si è presa la categoria T2 anche se l'altezza del pendio è inferiore ai 30 metri.

Tab. 3.2.III – Categorie topografiche

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$



Mentre β_s dipende dalla categoria di sottosuolo e dall'accelerazione al suolo.

Tab. 7.11.I – Coefficienti di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito

	Categoria di sottosuolo	
	A	B, C, D, E
	β_s	β_s
$0,2 < a_g (g) \leq 0,4$	0,30	0,28
$0,1 < a_g (g) \leq 0,2$	0,27	0,24
$a_g (g) \leq 0,1$	0,20	0,20

Pertanto, fatte queste premesse, al fronte in esame, abbiamo associato le seguenti caratteristiche:

- ❖ Categoria sottosuolo D
- ❖ Accelerazione al suolo $a_g = 0.05 [m/s^2]$
- ❖ Coefficiente di amplificazione per tipo di sottosuolo $SS = 1.90$
- ❖ Coefficiente di amplificazione topografica $ST = 1.20$
- ❖ Coefficiente riduzione $\beta_s = 0.20$
- ❖ Coefficiente di intensità sismica orizzontale $KH = (a_g / g) \cdot \beta_s \cdot ST \cdot SS = 0.002324$
- ❖ Coefficiente di intensità sismica verticale $KV = \pm 0.05 \cdot KH = \pm 0.001162$
- ❖ Coefficiente di sicurezza richiesto 1.10

La verifica, ha visto il posizionamento del carico che simula quello dell'escavatore sul gradone. Le verifiche in condizioni dinamiche sono state effettuate con coefficiente di intensità sismica orizzontale e verticale, utilizzando il metodo di Janbu rigoroso analizzando 10000 superfici e con altri metodi che confermano i dati del primo. Il calcolo ha messo in evidenza un surplus di resistenza, tale procedura ha lo scopo di identificare se nel pendio in esame vi sia un deficit di resistenza rispetto a una condizione di sicura stabilità per il pendio stesso. Tale calcolo considera il bilancio tra la forza totale resistente e la forza totale agente e viene espresso in kN per metro di larghezza rispetto al fronte della scarpata. La verifica a liquefazione può essere

omessa in quanto si manifesta che l'accelerazione massima attesa al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) è minore di 0,1g.

5.1. Fattore di sicurezza e deficit di resistenza

A conclusione dell'analisi di stabilità, occorre valutare se il coefficiente di sicurezza calcolato sia adeguato o accettabile rispetto agli scopi del progetto allo studio. Nel caso in esame, il software utilizzato, **fornisce per tutte le superfici analizzate, le 10 superfici che hanno fornito i 10 minori coefficienti di sicurezza che identificano la fascia critica del pendio**, a cui competono i minori coefficienti di sicurezza ed in cui sono presenti i maggiori rischi di fenomeni di rottura. Questa fascia critica è definita anche da un intervallo di valori del fattore di sicurezza. Nel caso in esame si è stabilito di analizzare **10000 superfici random** generate dal programma. Il software permette inoltre di monitorare **l'efficienza nella generazione delle superfici e la stabilità numerica delle superfici generate**. L'efficienza nella generazione delle superfici, indica la percentuale di superfici generate con successo in quanto cinematicamente ammissibili.

La stabilità numerica delle superfici generate, è un indice della bontà delle verifiche effettuate ed è conveniente effettuare verifiche con un indice superiore al 50%. La scelta del fattore di sicurezza, si basa essenzialmente sul grado di affidabilità delle informazioni raccolte attraverso le indagini e i rilievi effettuati e sulla valutazione delle possibili conseguenze a persone e/o a cose che sarebbero interessate dai fenomeni di rottura. Secondo le asserzioni fatte da Duncan (1996), quando si hanno sia le incertezze sia i danni temuti piccoli, è possibile adottare valori di F dell'ordine di 1,3 o minori, mentre, quando le incertezze e i pericoli aumentano, occorre considerare valori maggiori. Si ritiene comunque che la mancanza di una adeguata conoscenza geotecnica dei terreni e gravi danni attesi per persone e cose, non possono essere bypassati con l'adozione di un elevato coefficiente di sicurezza. Di seguito si riportano le raccomandazioni elaborate dal Geotechnical Control Office di Hong Kong con riferimento ad un evento di pioggia con tempo di ritorno di 10 anni. In ogni caso nell'ipotesi di gravi danni attesi per le persone, è previsto che il coefficiente di sicurezza del pendio non sia inferiore a 1,1.

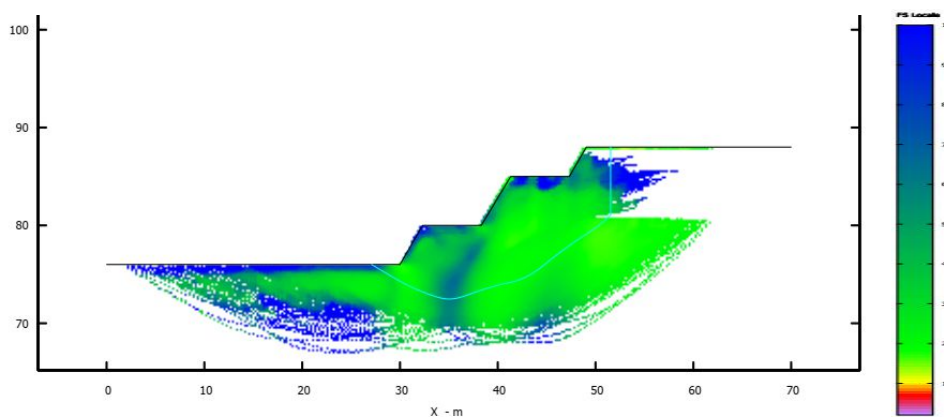
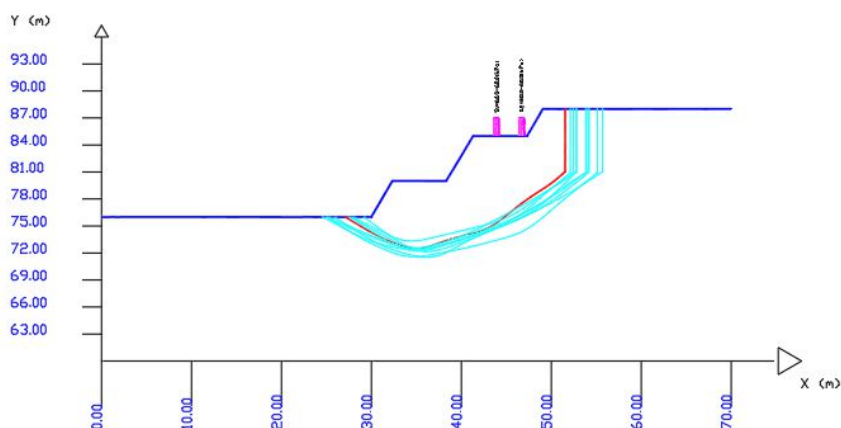
Rischio per le cose	Rischio per le persone		
	<u>Trascurabile</u>	<u>Basso</u>	<u>Alto</u>
<u>Trascurabile</u>	> 1	1.2	1.4
<u>Basso</u>	1.2	1.2	1.4
<u>Alto</u>	1.4	1.4	1.4

La rassegna delle indicazioni riportate nella letteratura e riguardanti i pendii naturali, gli scavi e i rilevati, indicano che i valori di F che vengono consigliati di volta in volta, variano tra 1.2 e 1.5. Nel caso in esame, combinando i valori consigliati dalle norme (NTC 2018) e dalla letteratura, analizzata la conoscenza del sito dal punto di vista geometrico, geotecnico e dei danni conseguenti per persone e cose si è ritenuto opportuno considerare un fattore di sicurezza pari a 1,1 e le verifiche effettuate, i cui risultati sono esposti nei due paragrafi successivi, hanno verificato tale condizione.

5.2. Coefficiente di intensità sismica positivo

<i>Fattore di sicurezza</i>	2.6186-2.6734
<i>Efficienza nella generazione delle superfici</i>	46.815
<i>Stabilità numerica delle superfici generate</i>	97.55
<i>Surplus di resistenza valore minimo kN/m</i>	1259.3
<i>Carico su gradone</i>	Si

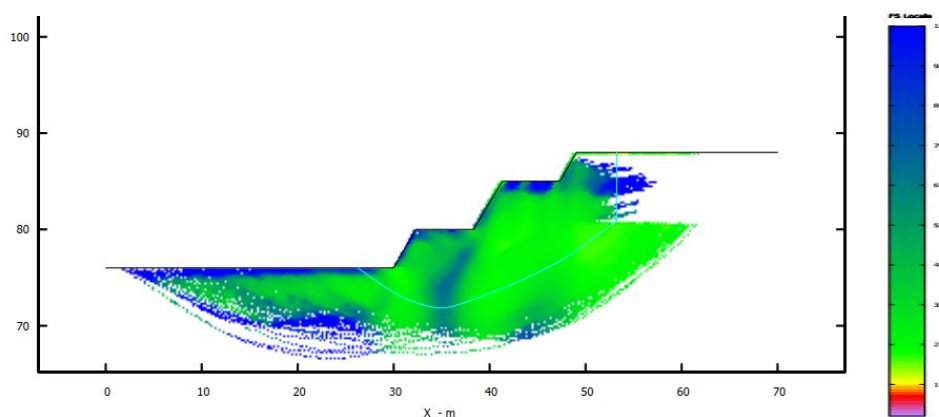
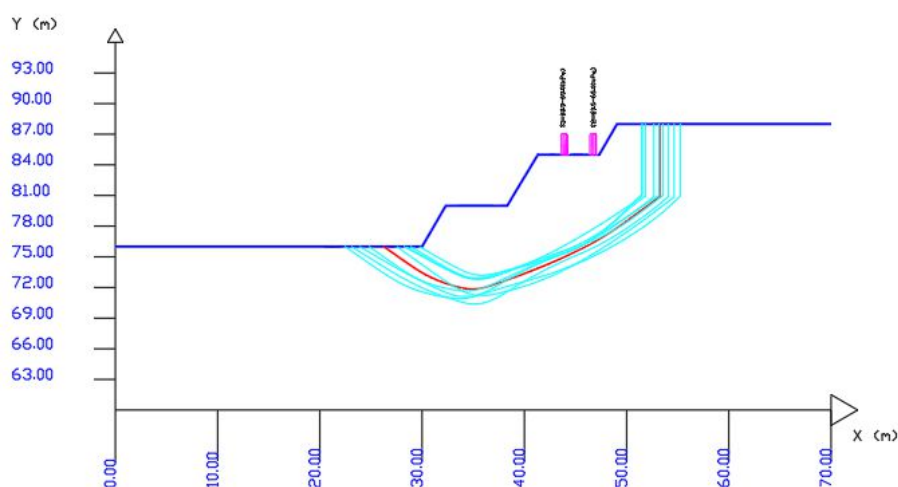
MONITOR VERIFICA	
MODELLO PENDIO :	kvpos.mod
MODELLO DI CALCOLO	
MODELLO DI CALCOLO :	Janbu Rigoroso (1973)
COEFFICIENTI SISMICI: ORIZZONTALE (Kh) :	0,0020
VERTICALE (Kv) :	0,0010 (Kv assunto con segno positivo)
PARAMETRI ATTIVI PER GENERAZIONE SUPERFICI	
MOTORE DI RICERCA SUPERFICI	Random Search (RS)
ZONA DI INIZIO - Progressive - (m) :	da 1,40 a 64,40
ZONA DI TERMINAZIONE - Progressive - (m) :	da 8,40 a 68,60
QUOTA LIMITE INFERIORE (m):	65,20
LUNGHEZZA MEDIA SEGMENTI - (m) :	2,80
SMUSSA SUPERFICI: Attivato	EFFETTO TENSION CRACKS: Attivato
RICERCA CON ATTRATTORE DINAMICO: Attivato M1	METODO (lambda0,Fs0): A
RISULTATI IN TEMPO REALE	
Fs ITERATIVO :	4,3470
Fs Min.	
INTERVALLO Fs delle 10 SUPERFICI CON MINOR Fs :	2,6186 - 2,6734
n. SUPERFICI GENERATE e VERIFICATE:	10000 di 10000
% EFFICIENZA GENERAZIONE SUPERFICI e % STABILITA' NUMERICA :	46,815 -- 97,55
PERCENTUALE SUPERFICI COMPLETATE(%):	100,00



5.3. Coefficiente di intensità sismica negativo

Fattore di sicurezza	2.5893-2.6753
Efficienza nella generazione delle superfici	45.389
Stabilità numerica delle superfici generate	97.30
Surplus di resistenza valore minimo kN/m	1223.5
Carico su gradone	Si

MONITOR VERIFICA	
MODELLO PENDIO :	kvneg.mod
MODELLO DI CALCOLO	
MODELLO DI CALCOLO :	Janbu Rigoroso (1973)
COEFFICIENTI SISMICI: ORIZZONTALE (Kh) :	0,0020
VERTICALE (Kv) :	-0,0010 (Kv assunto con segno negativo)
PARAMETRI ATTIVI PER GENERAZIONE SUPERFICI	
MOTORE DI RICERCA SUPERFICI	Random Search (RS)
ZONA DI INIZIO - Progressive - (m) :	da 1,40 a 64,40
ZONA DI TERMINAZIONE - Progressive - (m) :	da 8,40 a 68,60
QUOTA LIMITE INFERIORE (m):	65,20
LUNGHEZZA MEDIA SEGMENTI - (m) :	2,80
SMUSSA SUPERFICI:	Attivato
EFFETTO TENSION CRACKS:	Attivato
RICERCA CON ATTRATTORE DINAMICO:	Attivato M1 METODO (lambda0,Fs0): A
RISULTATI IN TEMPO REALE	
Fs ITERATIVO :	3,5634
Fs Min.	
INTERVALLO Fs delle 10 SUPERFICI CON MINOR Fs :	2,5893 - 2,6753
n. SUPERFICI GENERATE e VERIFICATE:	10000 di 10000
% EFFICIENZA GENERAZIONE SUPERFICI e % STABILITA' NUMERICA :	45,389 -- 97,30
PERCENTUALE SUPERFICI COMPLETE(%): 100,00	



5.4. Fattore di metastabilità

Il rapporto $K = (FM-F_t) / (FM-F_m)$, indica se il pendio presenta o no condizioni di metastabilità, il cui valore di soglia è pari ad 1, cioè:

- ❖ per valori >1 , il pendio non oltrepassa mai il valore di soglia,
- ❖ per valori <1 esiste almeno un caso in cui la soglia viene oltrepassata, mentre
- ❖ per valori <0 , la soglia viene superata in tutte le condizioni testate.

Nella formula per il calcolo di K, i termini hanno il seguente significato:

- ❖ FM valore massimo del fattore di sicurezza ottenuto con le diverse verifiche effettuate;

- ❖ Fm valore minimo del fattore di sicurezza ottenuto con le diverse verifiche effettuate;
- ❖ Ft valore di soglia al di sotto del quale si ha condizione di instabilità.

Nei casi analizzati il fattore di metastabilità è > 1 .

5.5. Conclusioni

Secondo i disposti del D.Lgs. 624/96 articolo 10 comma 1 punto m (Sicurezza nelle attività estrattive), la verifica di stabilità dei fronti di scavo andrà ripetuta con cadenza annuale.

In ogni caso, dovranno essere sottoposte a verifica di stabilità, tutte quelle situazioni che si discostano da quelle oggetto della presente verifica.

Le prove di laboratorio sui materiali presenti nei fronti di scavo al fine di verificare la congruenza dei dati utilizzati nella presente verifica di stabilità e ripetere la stessa, andranno effettuate contestualmente all'avvio della coltivazione.

Iglesias, giugno 2021

I Tecnici	
<p><i>Per. Ind. Minerario</i></p> <p><i>Dott. Geol. Pietro Pittau</i></p>	<p><i>Per. Ind. Minerario</i></p> <p><i>Dott. Pian. Fabio Grasso</i></p>