Regione EMILIA ROMAGNA
Provincia di Forlì-Cesena

COMUNE DI
SARSINA

Proponente:

LA PIETRA SERENA S.n.c.

di Giovannetti Moreno e Ivan
Loc. Mazzi, 13 - Alfero, 47028 Verghereto (FC)

Gruppo di lavoro:

Geologica
Tecnologie per il territorio

Piazza Marini 25 - 47822 Santarcangelo di R. (RN)
Tel. 0541/624073 - geologica.2022@gmail.com

Dr. Daniele Bronzetti
tecnico in sistemi informativi territoriali
consulente ambientale

Dr. Geol. Arianna Lazzerini
tecnico in Valutazione di Impatto Ambientale

GEOTECO

Dott. Geol. Fabio Fabbri
Via Volturno 141 - 48015 CERVIA (RA)
cell. 3355246445 - geolfabiofabbri@gmail.com
P.Iva - 01087410419 - FBBFBA53H22F137G

STUDIO VERDE

Studio Verde S.r.l.
Via Luigi Galvani 4,
47122 Forlì (FC)
tel. 0543-705445

Dott. For. Giovanni Grapeggia
Iscritto Ordine Dottori Agronomi e Forestali di Forlì, Cesena e Rimini

Oggetto:

PIANO DI COLTIVAZIONE E PROGETTO DI SISTEMAZIONE FINALE DELLE UMI 2 E 3 DELL'AMBITO ESTRATTIVO 18S "COSTA DEL MAGNANO" IN COMUNE DI SARSINA (FC)

Titolo:

RELAZIONE TECNICA E GEOLOGICA

Elaborato:	Scala:	Data:
R.1	----	Settembre 2026



Elaborato:	Disegnatore:	Data disegno:	Versione:	Firma:

INDICE

1 – PREMESSA **2**
2 - INQUADRAMENTO GEOGRAFICO-CARTOGRAFICO **8**
3 – PIANIFICAZIONE DI SETTORE **9**
4 – INQUADRAMENTO GEOLOGICO **11**
4.1- CONDIZIONI GEOLITOLOGICHE E STRUTTURALI 12
4.2 – LINEAMENTI GIACIMENTOLOGICI 13
4.3 - GEOMORFOLOGIA 14
5 – CARATTERIZZAZIONE DEGLI AMMASSI ROCCIOSI **15**
5.1 - CONSIDERAZIONI GENERALI 15
5.2 – CLASSIFICAZIONE STRATIMETRICA 16
5.3 – CONSIDERAZIONI SUGLI AMMASSI STUDIATI 17
6 – VIABILITA' ED ACCESSO ALL'AREA DI CAVA **24**
7 - PIANO DI COLTIVAZIONE, TEMPI DI ATTUAZIONE E MEZZI IMPIEGATI **25**
7.1 – DINAMICA ESTRATTIVA E MEZZI IMPIEGATI 25
7.2 – TRASPORTI E MEZZI IMPIEGATI 29
8 - ASPETTI GEODINAMICI E SISMICITÀ DEL TERRITORIO **31**
8.1 . PERICOLOSITÀ SISMICA 31
8.2 . CATEGORIA DI SOTTOSUOLO 32
8.4 AZIONE SISMICA 34
8.4.1 AMPLIFICAZIONE TOPOGRAFICA 35
8.4.2 AMPLIFICAZIONE STRATIGRAFICA 35
8.4.3 PARAMETRI SISMICI SU SITO DI RIFERIMENTO RIGIDO 36
8.4.4 COEFFICIENTI SISMICI (fronti di scavo) 37
9 – VERIFICHE DI STABILITA' **38**
9.1 - PARAMETRI GEOTECNICI E SISMICI 38
9.2 - VERIFICA DI STABILITÀ PROFILI FRONTI DI SCAVO 39
9.2.1 SEZIONI E CALCOLI 41
9.3 - VERIFICA DI STABILITÀ DEI PROFILI DI RIPRISTINO 50
9.3.1 SEZIONI E CALCOLI 52
9.4 – ESITI VERIFICA DI STABILITÀ 60
10 – IL PROGETTO DI SISTEMAZIONE FINALE MORFOLOGICO E VEGETAZIONALE **61**
10.1 LINEE GENERALI DI INTERVENTO 61
10.2 CRITERI DI RIPRISTINO NATURALISTICO 63
10.3 LA SCELTA DELLE SPECIE E LINEE DI GENERALI DI RECUPERO 64
11 – LABORATORIO PER LA LAVORAZIONE **65**

1 – PREMESSA

La presente relazione viene redatta quale documento tecnico generale per il piano di coltivazione e il progetto di sistemazione finale di una cava di pietra serena in Comune di Sarsina gestito dalla ditta La Pietra Serena Snc ambito 18S Costa del Magnano del PAE comunale, con riferimento alla procedura di autorizzazione all'attività estrattiva per il periodo 2026/2031.

Il progetto presentato riguarda un'area estrattiva per la lavorazione di strati di arenaria o "pietra serena" in località Castel d'Alfero **nel Comune di Sarsina (FC)** nei terreni in disponibilità della ditta proponente.
Gli orizzonti sfruttabili commercialmente sono le "lastre da tetto" e le "bozze" , oltre ad arenaria da frantoio.

Gli elaborati tecnici e progettuali sono stati prodotti ai fini:

1. della "procedura di screening" ai sensi della L.R. N° 4 del 20/04/2018 in quanto l'attività rientra negli ambiti di applicazione definiti dall'art. 5 della stessa, all'allegato 2 – punto B.3.2 "cave e torbiere";
2. Svincolo idrogeologico (RDL 3267/1927 e s.m.i.);
3. Autorizzazione paesaggistica (D.Lgs. 42/2004);
4. Autorizzazione estrattiva comunale L.R. 17/91;

L'indagine geologico – tecnica è stata eseguita tenendo conto delle argomentazioni contenute nelle norme tecniche di attuazione del PAE vigente ed ha permesso di definire le modalità estrattive più idonee compatibilmente all'impatto ambientale derivante dall'esercizio di tale attività.
In particolare, lo studio ha previsto la caratterizzazione geologico – stratigrafica e geomorfologica dell'area di cava attraverso il sopralluogo di campagna,
Per l'elaborazione del materiale tecnico si sono seguiti inoltre le regolamentazioni definite nel Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale, D.P.R 128/59, L.R.2/77, D.L.G.S 152/06, altre norme tecniche specifiche.
L'intervento ricomprende due UMI contermini nell'ambito 18S: la UMI 2 con attività da completare e la UMI 3 ad est con estrazione da avviare.
Il progetto prevede il completamento dell'estrazione di volumi utili residuali nella UMI 2 dalla quale poi procedere all'estrazione nella confinante UMI 3. Tale scelta è dettata da esigenze logistiche e di dinamica estrattiva che impongono la prosecuzione delle attività nella UMI 3 procedendo dalla UMI 2.
L'apertura del fronte sulla UMI 3 sarà contestualmente attivata con il ripristino dei settori da completare come sistemazione morfologica nella UMI2, in base al programma descritto nel seguito della presente relazione.



Fig. 1 – suddivisione in due settori dell'ambito estrattivo su base ortofoto con drone.

Elenco degli elaborati progettuali:

Tavola 1 – corografia ed inquadramento territoriale
Tavola 2 – planimetria catastale
Tavola 3a – rilievo topografico dello stato di fatto
Tavola 3b – rilievo topografico dello stato di fatto su base aerofotogrammetrica
Tavola 4 – sezioni topografiche dello stato di fatto
Tavola 5 – sezioni geologiche
Tavola 6 – dinamica estrattiva e gestione dell'area di cantiere
Tavola 7 – planimetria sistemazione finale morfologica
Tavola 8 – sezioni di progetto sistemazione finale morfologica
Tavola 1.0 – STATO DI FATTO DEL VERDE
Tavola 2.0 – PROGETTO DI RIPRISTINO AMBIENTALE

R1 – Relazione tecnica e geologica
R2 – Piano di gestione rifiuti estrattivi D.Lgs. 117/08
R3 – Documentazione fotografica
R4 - Studio Preliminare Ambientale (SPA) – Verifica di assoggettabilità a VIA
ELAB. 1.0 - RELAZIONE PAESAGGISTICA
ELAB. 2.0 – RELAZIONE DI RIPRISTINO

Generalità della ditta ed autorizzazioni vigenti:

Ditta LA PIETRA SERENA SNC
Di Giovannetti Moreno e Ivan
Loc. Mazzi 13 - Alfero
47028 Verghereto (FC)
P.IVA 02062360405

Autorizzazioni vigenti:
autorizzazione estrattiva n. 36 del 09/04/2019 prorogata fino al 31/12/2026

Attività della Ditta:

Presso il cantiere in loc. Costa del Magnano la ditta effettua l'estrazione di materiale arenaceo per edilizia e la successiva lavorazione (segagione e taglio) in apposito impianto di proprietà della stessa ditta sito in Comune di Verghereto in località Mazzi. Le lavorazioni in cava vengono effettuate in area aperta.

I cicli di lavorazione svolti possono essere distinti in quattro fasi, elencate in successione operativa:
1. rimozione del cappellaccio e del materiale di scarto presenti superiormente al banco utile estraibile con utilizzo di ruspa ed escavatore cingolati; il materiale ove più compatto viene preventivamente frantumato con preminaggio (esplosivo);
2. estrazione ed abbattimento del materiale di cava: si svolge interamente sul fronte cava ed è costituita dalle operazioni di perforazione, minaggio (con utilizzo di esplosivo), disgaggio del materiale utile con mezzo meccanico, con costanti interventi di pulizia dei gradoni dei fronti di cava in genere; in tale fase vengono impiegati mezzi meccanici quali ruspa ed escavatore cingolati; utilizzo del martello pneumatico;
3. carico del materiale sezionato: tale operazione è principalmente effettuata mediante escavatore su autocarro;
4. trasporto del materiale utile lavorabile all'impianto di lavorazione della ditta.

L'attuale autorizzazione vigente prevedeva la sola estrazione nella UMI 2.
La nuova autorizzazione prevederà invece l'estrazione sulla UMI 2 del residuo estraibile e sulla UMI 3 di parte del materiale utile assegnato dal PAE comunale. Di seguito si riportano i dati dimensionali del progetto.

L'estrazione di materiale avverrà sia nella UMI 2 con quota residuale dalla passata autorizzazione estrattiva e nella UMI 3; la sistemazione finale, come indicato in premessa, avverrà sia nella UMI 2 che nella UMI3:

Superficie area di coltivazione UMI 2 ricompresa nel presente progetto:**1.668 mq**
Superficie area di coltivazione UMI 3: **5.470 mq**
Superficie totale area di coltivazione nuova autorizzazione: **7.138 mq**

I materiali utili estraibili sono ascrivibili all'orizzonte "lastre da tetto" avente una potenza di 0.6 mt e "Bozze" avente una potenza di 1.5 ml.

Lo spessore utile (al netto dello sfrido) corrisponde a (potenza utile banco oggetto di coltivazione da PAE Sarsina) :

- 0.4 ml per Lastre da tetto
- 0.8 ml per Bozze

L'autorizzazione vigente, che ricomprendeva la sola UMI 2, prevedeva i seguenti volumi estraibili:

Volume complessivo: **6.876 mc dei quali**

a) Pietra serena (pietra da taglio): **4.935 mc**
b) Arenaria da frantoio: **1.941 mc**

Materiali utili estraibili residuali nella UMI 2 (pietra da taglio da estrarre nella nuova autorizzazione): **1.059 mc**

La scheda monografica del Pae Sarsina relativa all'ambito in oggetto prevede una estrazione massima per la **UMI 3 di 2500 mc di materiale utile "pietra da taglio" e 2500 mc di arenaria da "frantoio".**

<u>Superfici estrazione materiale utile di progetto</u>

Pietra da taglio:
Lastre da tetto - 3.200 mq dei quali 688 mq nella UMI 2 e 2.512 mq nella UMI 3
Bozze – 3.100 mq dei quali 980 mq nella UMI 2 e 2.120 mq nella UMI 3

Arenaria da frantoio: 2.000 mq (a stima)

Materiali utili estraibili da progetto (utile netto):

Pietra da taglio:
Lastre da tetto (0.4 mt) – **825 mc** dei quali 275 mc nella UMI 2 e 550 nella UMI 3
Bozze (0.8 mt) – **1.884 mc** dei quali 784 mc nella UMI 2 e 1.100 mc nella UMI 3

Arenaria da frantoio: **1.000 mc** (a stima)

Totale materiale utile estraibile nella nuova autorizzazione: **2.709 mc** (***3.709 mc*** compresa arenaria da frantoio)

Nella UMI 3 restano da estrarre:
pietra da taglio – 850 mc
arenaria da frantoio – 1500 mc

Superfici sistemazione finale:

- UMI 2 (residuale da precedente autorizzazione): **5.316 mq**
- UMI 3 : **5.470 mq**

Totale: 10.786 mq

La movimentazione terra complessiva sarà pari a **21.510 mc**, dei quali 3.709 mc estratti ed allontanati dal sito e 17.801 mc da ricollocare in sito in parte per il completamento della UMI 2, il resto per la sistemazione morfologica della UMI 3.

Considerando un aumento di volume del materiale da ricollocare pari al 15% (medio) **il volume di materiale da ricollocare nella disciplina del DLgs 117/08 sarà pari a 20.470 mc.**

Il materiale della scopertura del banco utile nella UMI 3 sarà quindi temporaneamente depositato nelle zone a maggiori e migliori condizioni di stabilità nella attigua UMI 3 per poi essere appunto ricollocato nella UMI 3 o direttamente impiegato nella sistemazione di porzioni della UMI 2 ancora da completare. Si rimanda quindi al paragrafo relativo alla dinamica estrattiva ed alla tavola di progetto allegata.

L'intervento è soggetto ad autorizzazione al vincolo idrogeologico RD 3267/1923 e s.m.i.; è soggetto ad autorizzazione paesaggistica in quanto rientrante in parte nei 150 metri dal torrente Alferello, ex articolo 142 comma 1 lett. C del DLgs 42/2004 e parte della superficie oggetto di escavazione rientra nel territorio boscato di cui alla lett. g) del medesimo articolo.



Foto 1 – panoramica dell'area di cava dalla pista di collegamento alla loc. Trecavoli. La freccia bianca indica la UMI 2 con attività in corso, la freccia gialla la UMI 3 oggetto di nuova autorizzazione.

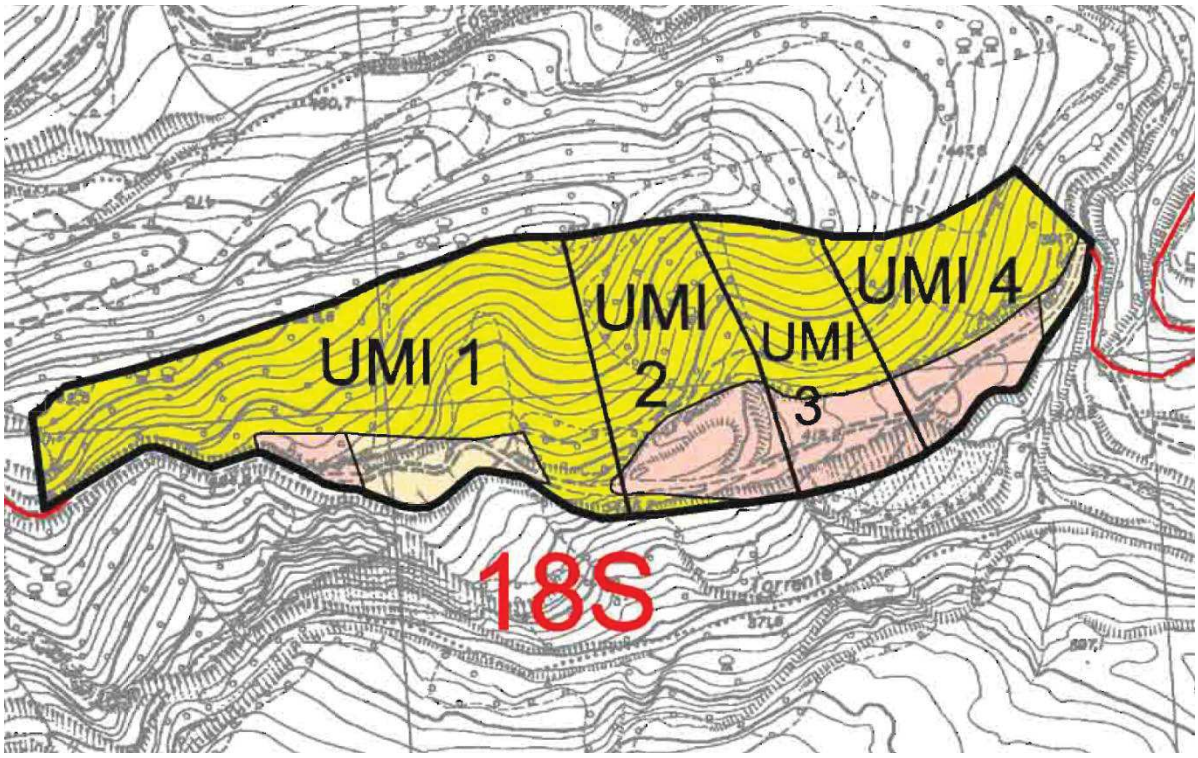


Fig. 2 – stralcio della scheda PAE relativa all'ambito 18S su CTR Em. Rom.

Dal punto di vista catastale essa è distinta nel foglio n. 72 sez. A, mappali n.90 e 91 del Comune di Sarsina (FC).

Il mappale 90 è di proprietà del proponente, mentre per il mappale 91 (di altra proprietà) il proponente dispone di accordo per lo scavo in avvicinamento che ricomprende anche l'assenso alla presentazione di un progetto di sistemazione integrato sulle due UMI come previsto dal PAE Sarsina e la possibilità di transito sulla pista dalla particella 91 in direzione della 90.
L'accesso all'area di scavo nella UMI 3 avviene procedendo dalla pista di arroccamento esistente dal cantiere della UMI 2.

Il progetto di sistemazione vegetazionale nella UMI 3 prevede due stralci esecutivi, il primo riguardante la presente istanza (settore nord di proprietà del proponente), il secondo rappresentato a livello preliminare nella porzione sud di altra proprietà e che sarà conseguente ad una eventuale ulteriore e successiva fase estrattive nella UMI 3.

2 - INQUADRAMENTO GEOGRAFICO-CARTOGRAFICO

L'area in oggetto, da un punto di vista cartografico, è individuabile nel Foglio 108 *"Mercato Saraceno"* scala 1:100.000 e più in particolare nella Sezione n. 266100 "Quarto", della C.T.R. in scala 1:10.000 e nell'Elemento n. 266103 "Monteriolo" della C.T.R. in scala 1:5.000.
Geograficamente l'attività di cava si imposta lungo un versante che degrada localmente in direzione Sud verso il torrente Alferello ad una quota topografica compresa tra i 410m e i 480 m s.l.m.m.
Dal punto di vista catastale essa è distinta nel foglio n. 72 sez. A, mappali n.90 e 91 del Comune di Sarsina (FC).

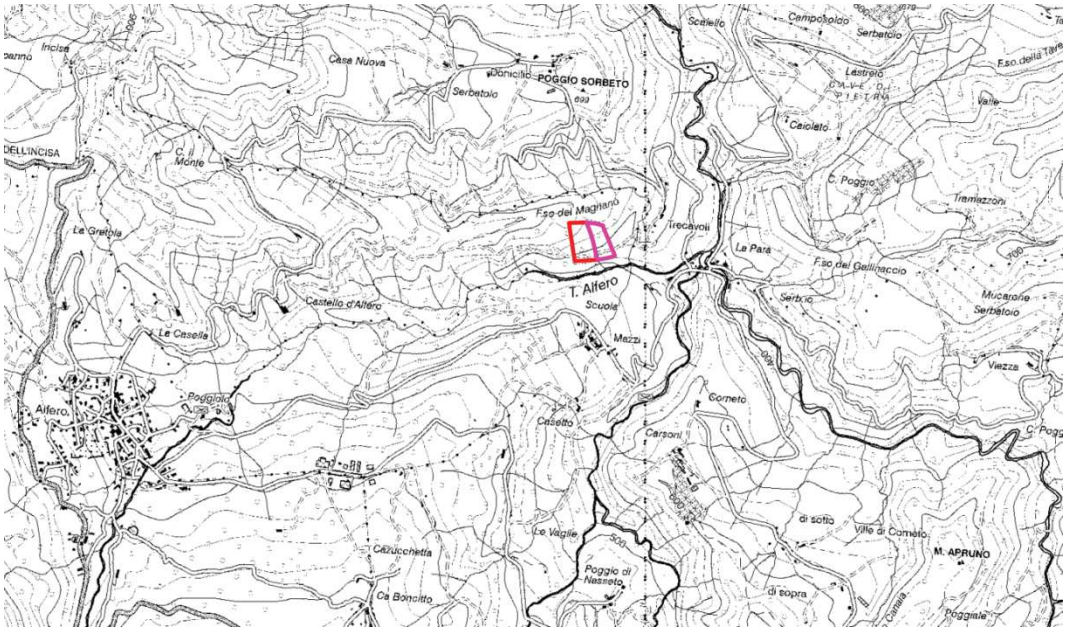


Fig. 3 – inquadramento cartografico su base CTR scala 1:25000 regionale. In rosso la UMI 2, in magenta la UMI 3.

3 – PIANIFICAZIONE DI SETTORE

Il sito di cava è inserito nel PAE del Comune di Sarsina con la sigla 18S Costa del Magnano. Di seguito si riportano parti della scheda monografica con le dimensioni e le modalità di gestione delle attività nell'ambito.

Tipo materiale di cui è prevista l'estrazione: Arenaria tipo Pietra Serena "Orizzonte Cava grossa, Bozze, Cava bassa nella parte est dell'ambito individuato – Orizzonte Bozze, Cava Bassa e Lastre da tetto nella parte centrale dell'ambito individuato – Orizzonte Bozze, Cava bassa nella parte ovest dell'ambito individuato", arenaria da frantoio
Potenza complessiva banco oggetto di coltivazione: 0,6 m Lastre da tetto - 1,5 m Bozze - 0,8 m Cava bassa – 1,8 m Cava grossa
Potenza utile banco oggetto di coltivazione: 0,4 m Lastre da tetto - 0,8 m Bozze - 0,4 m Cava bassa - 1,0 m Cava grossa

Quantitativi utili:

UMI	Materiali lavorabili		Sfrido
	Pietra da taglio (mc)	Arenaria da frantoio (mc)	
1	5.500	5.500	16.500
2	6.000	6.000	18.000
3	2.500	2.500	7.500
4	2.266	2.266	6.800
Totale	16.266	16.266	48.800

Incidenza della morfologia sull'impatto acustico indotto dalla cava: Si verifica la seguente situazione: Estensione dell'area attorno a ogni cava soggetta ad attenuazione sonora minore di 30 dB, superiore a 10 ha e senza significativa presenza di abitati
Presenza di impluvi nell'area di cava: Si
Insediamenti e centri abitati (> 29 abitanti) nella zona di influenza (r= 0.5 km): Poche case isolate o a gruppi disperse nel territorio, abitato di Mazzi e Trecavoli
Posizione rispetto all'idrografia superficiale: Versante sinistro Torrente Alfero
Acque sotterranee permanenti e significative nel terreno interessato: Assenti
Eventuale falda non protetta presente: Insignificante
Modalità della sistemazione: Gradonatura della pendice in scavo, ritombamento con materiale detritico al piede mediante piano inclinato e creazione di riporto per il raccordo con le scarpate subverticali esistenti al piede. La sistemazione finale di questa area estrattiva deve essere progettata ed eseguita rispettando scrupolosamente gli indirizzi delle Norme del P.T.C.P. concernenti i sistemi di tutela ove ricade, nonché le caratteristiche fisiche, geomorfologiche, paesaggistiche del sito. Il ripristino finale deve pertanto prevedere una sistemazione tale da conseguire l'inserimento armonico dell'ambito estrattivo esaurito nel contesto paesaggistico ambientale di pertinenza, anche attraverso la ricostruzione di forme boschive.

Utilizzazione del suolo ad area sistemata: Prato pascolo nelle zone a ridotta acclività, impianto arboreo arbustivo nei gradoni, impianto arbustivo nelle scarpate di raccordo. Il progetto di sistemazione finale dell'area, dovrà prevedere in modo puntuale la ricostituzione delle componente vegetale tutelata, secondo quanto previsto della Deliberazione di Giunta Regionale n. 549 del 02/05/2012 avente ad oggetto "Approvazione dei criteri e direttive per la realizzazione di interventi compensativi in caso di trasformazione del bosco ai sensi dell'art. 4 del D.Lgs 227/2001 e dall'art. 34 della L.R. n. 21 del 22/12/2011".
Modifica permanente del paesaggio: Limitata dopo la sistemazione
Vincolo idrogeologico: Si
Aree non disponibili per effetto di vincoli e norme specifiche di cui alla Tav. 2 del PAE: L'ambito estrattivo individuato non è interessato da vincoli
Analisi dell'area in funzione del P.T.C.P.: Art. 19 del P.T.C.P. "Zone di particolare interesse paesaggistico ambientale"; parzialmente interessata da art.10 del P.T.C.P. "Sistema forestale e boschivo" (Formazioni boschive del piano basale submontano); parzialmente interessata da "Formazioni non soggette alle disposizioni dell'art. 10 del P.T.C.P. (Cespuglieti: ambienti a vegetazione arbustiva o spazi aperti senza o con poca vegetazione); parzialmente interessata da art. 26 del P.T.C.P. "Zone ed elementi caratterizzati da fenomeni di dissesto ed instabilità" (Aree interessate da frane quiescenti); art. 20B del P.T.C.P. "Particolari disposizioni di tutela di specifici elementi: Crinali"
Altri elementi:

- Non esistono condizioni di esclusione dell'attività estrattiva nel sito individuato in quanto non ricadente nelle categorie di bosco di cui alla lettera g. dell'art. 31 della L.R. 17/91
- L'attività estrattiva è compatibile dal punto di vista forestale e paesaggistico
- L'ambito estrattivo non è in sovrapposizione alla viabilità di uso pubblico
- L'ambito estrattivo non è in prossimità di nuclei abitati

I quantitativi previsti nel presente progetto come utili estraibili rientrano nel volumi massimi indicati nel prospetto della scheda monografica.
In particolare:

Per la UMI 2 i residui di estrazione rientrano nei volumi già autorizzati nel provvedimento vigente
Per la UMI 3 il quantitativo totale di utile estraibile richiesto (lastre da tetto + bozze) è pari a 2.500 mc, come da prospetto nella scheda.

4 – INQUADRAMENTO GEOLOGICO

L'area di cava, così come in un vasto contorno territoriale, sono occupati dalla Formazione Marnoso – Arenacea (FMA) costituita da torbiditi pelitico – arenacee e subordinate emipelagiti marnose. Le areniti, prevalentemente di provenienza alpina e subordinatamente appenninica, hanno generalmente composizione arcosica, talvolta calcarea ed hanno età compresa tra il Langhiano ed il Tortoniano.

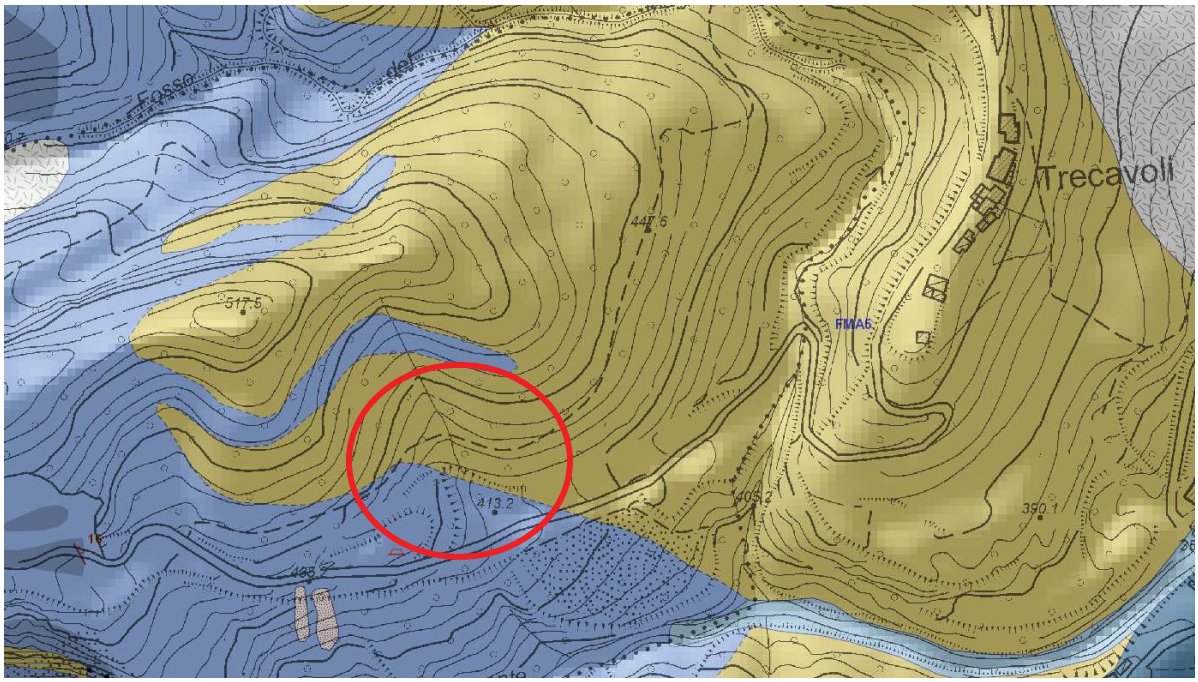


Fig. 4 – stralcio della carta geologica regionale. In azzurro FMA 4, in marrone FMA5. La cava è ubicata al confine stratigrafico tra i due membri della Formazione Marnoso Arenacea.

Nell'ambito di più immediato interesse, si insediano i seguenti membri formazionali:

FMA 5 (Membro di Collina) : torbiditi pelitico – arenacee, raramente calcaree ed emipelagiti con rapporto A/P<1/3, generalmente = 1/5. Le areniti sono organizzate in strati da sottili e medi, eccezionalmente spessi. Potenza parziale m 90. Contatto inferiore con FMA4. Età: Serravalliano inferiore.

FMA 4 (Membro di Galeata) : torbiditi pelitico – arenacee arcosiche, subordinatamente calcaree ed emipelagiti:1/2< A/P >1/3. Le areniti sono organizzate in strati da sottili a spessi. Potenza variabile tra 450 e 500 m.

Nelle immediate vicinanze dell'area di progetto e abbastanza diffusamente nell'intera zona rilevata, si registrano i seguenti depositi quaternari: discariche e accumuli di origine antropica, coperture eluvio – colluviali costituite da blocchi e frammenti di strati arenacei in matrice sabbioso – argillosa e depositi sabbioso – siltosi – argillosi.

Inoltre, si discriminano coltri di paleofrana quiescenti e depositi alluvionali terrazzati costituiti da ghiaie eterometriche, sabbie e subordinati limi.
Nell'area di progetto non si individuano apprezzabili coperture detritiche, la roccia in posto risulta in gran misura affiorante manifestando stratificazione immergente verso E-Ne con angoli di 16° gradi che assumono assetti variabili rispetto ai profili del versante: franapoggio e traversipoggio lungo i profili longitudinali, franapoggio e reggipoggio lungo quelli trasversali (in rapporto al piano di coltivazione). La concomitanza dei due membri attesta però una stratificazione più articolata con direzioni che per FMA 5 si innestano sul pendio con caratteri prevalenti a traversipoggio, mentre per il sottostante membro FMA 4 con andamento sostanzialmente a franapoggio meno inclinato del pendio. Per quanto attiene la struttura geologica territoriale, si riconosce localmente un generale andamento sinclinalico, con asse diretto in senso appenninico (NW-SE) che si instaura circa lungo l'allineamento, da NW a SE, fra le località di Donicilio, Trecavoli, La Para. Non si sono registrate importanti dislocazioni tettoniche, anche se deve essere sottolineata la tendenziale deformazione compressiva territoriale prodotta dalle tensioni orogenetiche, le quali a più grande scala inducono il sovrascorrimento verso NE, della unità più interne della Successione Umbro – Marchigiano – Romagnola su quelle più esterne immediatamente prospicienti.

4.1- CONDIZIONI GEOLITOLOGICHE E STRUTTURALI

I depositi flyschoidi si presentano in affioramento come un'alternanza ritmica verticale di arenarie a vario grado di cementazione intercalate a materiali argilloso – marnoso – siltosi di spessore metrico (marne torbiditiche) e marne emipelagiche (di colore chiaro per il maggior contenuto carbonatico) e con grande estensione areale e continuità stratimetrica.
La messa in posto di tali depositi è legata a paleoambienti derivanti dall'orogenesi alpina, caratterizzati da un bacino marino a fondo piatto in forte subsidenza sul quale venivano a depositarsi materiali detritici precedentemente accumulati per processi esogeni sulla piattaforma e rimobilitati sotto forma di correnti torbiditiche.
Queste ultime, innescate sia per gravità che per eventi eccezionali quali scosse telluriche e caratterizzate dalla sospensione densa di materiale nelle acque marine, esaurita l'energia di movimento, tendevano a decantare particelle con sequenza granulometrica decrescente dal basso verso l'alto.
Le ultime fasi dell'orogenesi alpina hanno poi portato tali depositi torbiditici al corrugamento e conseguente sollevamento portandoli all'esposizione di processi erosivi ad opera degli agenti esogeni facendone assumere l'attuale assetto morfologico.
Più in particolare, nella zona individuata nelle tavole di progetto quale "settore estrattivo" viene cartografato della Formazione Marnoso – Arenacea, il "***Membro di Galeata***" **(FMA$_4$)** del Langhiano sup. - Serravalliano inf. costituito da:
Torbiditi marnoso-arenacee con marne prevalenti alternate a intervalli con arenarie più abbondanti: A/P variabile da 1/1 a 1/3; talora calcareniti ed emipelagiti. Arenarie medie e medio-fini, talora grossolane, in letti sottili e molto sottili, talora grossolane e in pacchi a letti da medi a molto spessi, con geometria tabulare. Marne in strati per lo più medi. Diffuse emipelagiti (rapporto emipelagiti/marne 1/3-1/1).. Foraminiferi planctonici della zona a Globorotalia miozea. Localmente il limite inferiore è in corrispondenza dello strato Contessa. Limite inferiore graduale

rapido su FMA3, 30-40 m sopra lo "strato Contessa" (cs), ma a volte coincidente con questo. Potenza massima ~ 770 metri.
Nella parte occidentale dell'ambito estrattivo viene invece cartografato il ***"Membro di Collina"*** **(FMA_5)** del Langhiano sup. - Serravalliano medio costituito da:
Torbiditi marnoso-arenacee: A/P da 1/3 a 1/5. Arenarie gradate, da grossolane a fini nei letti spessi e molto spessi, da medie a fini negli altri. Frequenti straterelli siltosi e arenacei fini. Marne grigie o verdastre, prive di laminazione, in strati sottili e medi. Possono essere presenti strati a composizione prevalentemente carbonatica. Abbondanti emipelagiti. Foraminiferi planctonici della zona a Globorotalia miozea. Localmente il limite inferiore graduale ed eteropico con FMA4,.
Potenza variabile tra 50 e 800m.
L'assetto tettonico specifico della zona è caratterizzato da un'ampia struttura deformativa anticlinalica a decorso appenninico.
La giacitura locale riscontrata è la seguente:

- Direzione media = 148/163°;
- Immersione verso est
- Inclinazione media = 9/14°.

Gli strati, rispetto alla morfologia, risultano disposti a reggipoggio.
Gli spessori delle coperture risultano di spessore esiguo, ciò è dovuto sia alla particolare morfologia della zona che presenta pendenze abbastanza elevate che alla precedente attività di cava.
Per quanto attiene la struttura geologica territoriale, si riconosce localmente un generale andamento anticlinalico, con asse diretto in senso appenninico (NW – SE) .
Non si sono registrate importanti dislocazioni tettoniche anche se deve essere sottolineata la tendenziale deformazione compressiva territoriale prodotta dalle tensioni orogenetiche le quali a più grande scala inducono il sovrascorrimento delle Unità più interne della Successione Umbro – Marchigiana – Romagnola su quelle più esterne immediatamente prospicienti.

4.2 – LINEAMENTI GIACIMENTOLOGICI

Nell'ambito del Para la Formazione Marnoso Arenacea affiorante è stata rilevata con uno sviluppo stratigrafico di circa 350 m con alternanze di stati arenacei, marne e calcari a diversi spessori e composizioni.
Di tutti gli strati arenacei cartografati, solo 15 interessano le attività estrattive e in particolare, nell'area oggetto del presente studio, vengono coltivati principalmente lo strato di arenaria tipo Pietra Serena denominato "**Bozze**" e lo strato denominato "**lastre da tetto**".
Le Bozze sono un'arenaria a grana da fine a molto fine (1/4-1/16 mm). In essa i silicoclasti sono angolosi o sub-angolosi con basso indice di sfericità, i calciclasti hanno forme tondeggianti o allungate con bordi arrotondati e gli interstizi sono occlusi dalla matrice siltosa e dal cemento carbonatico. La componente silicoclastica (> 50%) è costituita da quarzo, feldspati, muscovite, biotite e frammenti litici prevalentemente filladici. Tra i feldspati il plagioclasio prevale sul K-feldspato. La componente carbonatica è rappresentata da clasti terrigeni e da cemento in veste di plaghette di calcite spatica a morfologia interstiziale. Nel lavoro citato questa roccia è stata classificata come un'arcosa litica o arenaria feldspatico-litica con prevalenti filladi (fillarenite).

La parte non utilizzata presenta caratteristiche di cementazione e laminazione non idonee agli usi ai quali deve essere destinata la pietra quali strutture portanti come pilastri, elementi angolari e architravi, o elementi di arredo (mensole, soglie, ecc.) e ornamentali (colonne, caminetti, cornici ecc.).

4.3 - GEOMORFOLOGIA

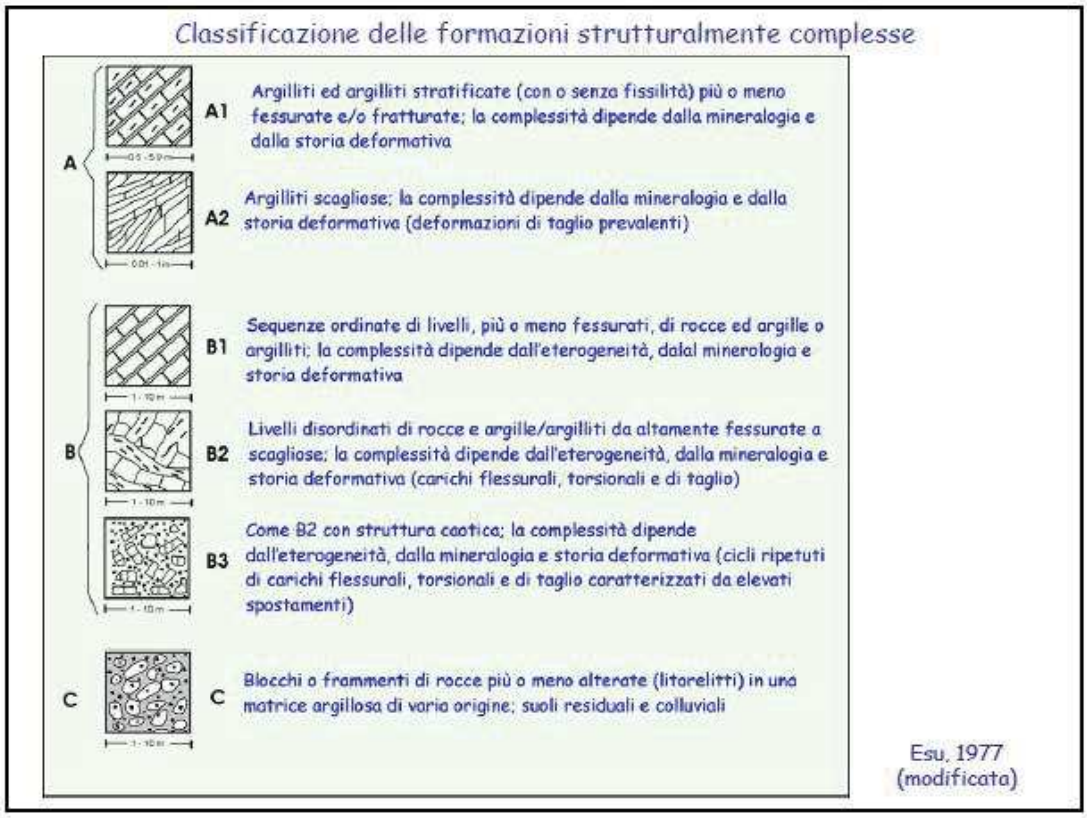
L'area indagata si inserisce lungo un pendio più ampio che degrada localmente verso sud con pendenza che varia da un massimo di 30° fino a 16° circa.
Tale morfologia rispecchia essenzialmente le caratteristiche giaciturali degli strati formazionali ed è conseguenza diretta dei processi esogeni.
Il trend di evoluzione morfologica locale non è connotato su dinamiche accelerate essendo circoscritto a fenomeni erosivi di modesta intensità: ruscellamento idrico durante gli eventi meteorici e alterazione degli orizzonti superficiali connessi con escursioni di temperatura ed umidità.
Nell'area di progetto non si evidenziano dissesti in atto e non manifesta segni incipienti di potenziale mobilitazione in massa del terreno anche per l'assenza d significative coperture detritiche (definite in base agli affioramenti della roccia madre nelle aree oggetto del presente studio) pertanto esistono presupposti a favore della stabilità.
Inoltre, l'erosione concentrata promossa dai maggiori corsi d'acqua è apprezzabilmente contrastata dalla resistenza della serie Marnoso Arenacea pertanto, in ragione a quanto emerso dal rilevamento, si sono valutate nell'area di progetto ed in quelle direttamente raccordate, generali condizioni i buona affidabilità statica.
Il drenaggio superficiale delle acque meteoriche si esplica tramite laminazione diffusa e rigagnoli che si concentrano collettore principale posto a sud come diretta conseguenza della morfologia del versante.
Nel contesto territoriale sotteso attorno all'area di progetto, l'idrografia organizza un pattern del drenaggio di media densità, a tipologia quasi angolare e strettamente correlato all'assetto della roccia in posto ed alle principali dislocazioni tettoniche.
Complessivamente l'azione erosiva delle acque diffuse è piuttosto limitata e circoscritta alle zone particolarmente acclivi e i maggiori effetti sono riscontrabili alle più basse quote e più in generale nelle aree denudate.
In ogni caso l'azione morfodinamica delle acque superficiali è inibita da due fattori principali, il loro scorrere prevalente su roccia affiorante di tipo lapideo e l'attraversare ambienti dotati di buona copertura vegetale arbustiva e arborea (boschi e prati stabili).
Per quanto concerne l'assetto idrogeologico esso è direttamente condizionato sia dai caratteri morfologici e quindi idrologici anzi descritti che dal grado di permeabilità pressoché nullo dei litotipi marnoso arenacei, il quale non consente l'infiltrazione e la percolazione delle acque di superficie in profondità, tranne che nel reticolo fessurativo.
Nonostante l'idrologia prevalga sull'aspetto idrogeologico, la circolazione idrica sotterranea può assumere particolare importanza solo se sono presenti fratture beanti, diaclasi e altre strutture di origine essenzialmente tettonica, comunque non presente nella zona considerata.
Dai rilievi effettuati non si riscontra la presenza, nell'ambito di progetto, di manifestazioni sorgentizie o comunque segni indiziali di circolazione e/o contingentamento di acque nel

sottosuolo a conferma che nel contesto in esame, l'attività idrogeologica (e quindi la presenza di una falda vera e propria) non acquista apprezzabile consistenza.

5 – CARATTERIZZAZIONE DEGLI AMMASSI ROCCIOSI

5.1 - CONSIDERAZIONI GENERALI

L'intero territorio sul quale si impostano le attività estrattive è caratterizzato da materiali flyshoidi costituiti da alternanze di terreni litologicamente differenti, formati da strati lapidei con comportamento fragile, a cui si intercalano terreni a comportamento prevalentemente duttile.
Sono stati denominati come terreni strutturalmente complessi quelli che alla scala dell'elemento di dimensioni adatte per le prove meccaniche, cioè del macroelemento, presentano eterogeneità e discontinuità diverse per forma e caratteristiche. Queste macrostrutture, che influenzano in modo determinante il comportamento meccanico dei materiali naturali, rendono difficile, e talvolta impossibile, definire le loro caratteristiche attraverso parametri di valore oggettivo. Pertanto i terreni strutturalmente complessi costituiscono una classe particolare di materiali naturali ed hanno una loro specifica collocazione nella geotecnica (Esu, 1977). Secondo Croce (1977), sono "formazioni strutturalmente complesse" tutti quei depositi che, per effetto delle loro complicate caratteristiche litologiche e strutturali, non possono essere studiati utilizzando i classici approcci della Meccanica delle Terre o della Meccanica delle Rocce. Le cause principali di complessità possono essere individuate
nella natura eterogenea e discontinua dei depositi alla scala dei campioni di laboratorio (mesostruttura) ed alla scala dei comuni problemi di ingegneria (macrostruttura). Per quanto concerne tali formazioni, da un punto di vista geologico si può parlare di formazioni torbiditiche.
Un quadro sinottico delle caratteristiche geotecniche delle più importanti formazioni torbiditiche italiane è stato presentato dall'A.G.I. al IV Congresso Internazionale di Meccanica delle Rocce a Montreux nel 1979 (A.G.I., 1979).



L'accoppiamento della metodologia di classificazione geomeccanica (GC) Bieniawski's Rock Mass Rating (RMR System, Bieniawski 1976, 1989) aggiornata al nuovo indice GSI (Hoek 1995), con il criterio di rottura di Hoek & Brown (1980, 1983, 1988, modificato 1992), costituisce ancora oggi uno strumento di eccezionale validità per la valutazione delle caratteristiche di resistenza degli ammassi rocciosi fratturati.
Tale metodo tuttavia non si adatta alla valutazione della resistenza nel caso di ammassi rocciosi appartenenti ad una sequenza multistrato di tipo flyshoide.
Per ovviare a tale problema, si presenta l'inserimento dei concetti della Classificazione Stratimetrica (Froldi 1996, 1997) nella metodologia accoppiata "GSI – Hoek & Brown empirical strength criterion".

5.2 – CLASSIFICAZIONE STRATIMETRICA

La classificazione stratimetrica è costituita da due semplici fondamentali parametri organizzati in uno schema logico atto a descrivere numericamente una sequenza sedimentaria.
La caratteristica fondamentale della successione sedimentaria è data dalla presenza di due principali tipologie litologiche costituenti strati che si alternano.
Gli strati sono idealmente differenziati in due tipologie denominate A e B; si identifica con "A" la litologia e quindi lo strato più resistente e con "B" lo strato meno resistente.

La classificazione stratimetrica si basa sulla misura, all'interno di un "intervallo campione", denominato Unità Stratimetrica (**U.S**.), dei seguenti parametri relativi alla cosiddetta "Litologia di Riferimento" (**L.R**.):

C** = Composizione (%) = ∑spessore strati **L.R**. (m) / Unità Stratimetrica **U.S**. **x 100
Composizione = valore percentuale della Litologia di riferimento rispetto all'Unità Stratimetrica

D** = Distribuzione (%) = Spessore medio strati **L.R.**(m) / Unità Stratimetrica **U.S. x 100
Distribuzione = valore percentuale dello spessore medio dello strato rispetto all'Unità Stratimetrica

Tali parametri quindi racchiudono, come evidenziato dallo stato dell'arte degli studi stratimetrici, le caratteristiche geometriche essenziali proprie della sequenza.
Il valore caratteristico della C.S. è espresso mediante il parametro Indice Stratimetrico definito come:
***I.S.** = Indice Stratimetrico = **C,D** (%,%)*
Lo schema classificativo della C.S. è riportato in Fig. A.
Se identifichiamo con "A" la litologia "forte" e con "B" la litologia "debole", la diagonale del diagramma divide il dominio quadrilatero della C.S. in due domini triangolari; quello inferiore valido per la Litologia di Riferimento A, a tessitura grossolana (e.g. arenaria) con vertici i punti X,Y,Z, e quello superiore valido per la Litologia di Riferimento B, a tessitura fine (e.g. argillite) con vertici i punti X,J,Z.
I singoli domini triangolari che definiscono il campo di esistenza della C.S. sono discreti; ad essi appartengono i punti che soddisfano la:
***C/D = N** (numero intero) = Numero di strati della L.R. nell'ambito della U.S.*

5.3 – CONSIDERAZIONI SUGLI AMMASSI STUDIATI

Gli ammassi studiati presentano valori del coefficiente **JRC** (scabrezza), riferiti al modello di Barton compresi tra **2 e 4.**
Per quanto riguarda il parametro **JCS** (resistenza delle pareti dei giunti è stato impossibile effettuare misure dirette sugli affioramenti rocciosi.
Tuttavia, per quelli testati i valori dell'**indice di Schmidt** è stato valutato:

- per le marne: 7 ÷ 9;
- per le arenarie 12 ÷ 18.

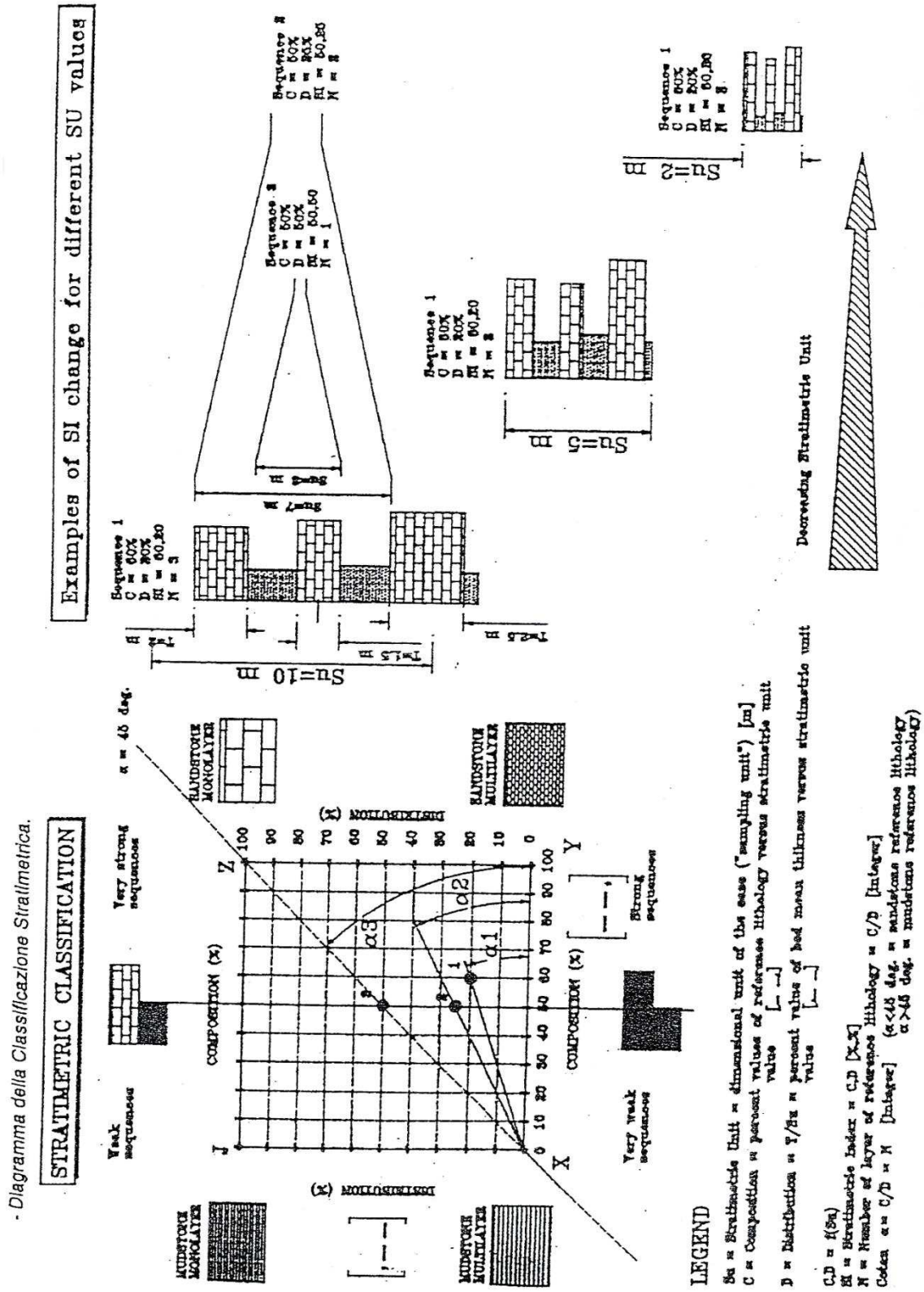

Examples of SI change for different SU values
Su=10 m
Su=5 m
Su=2 m
Decreasing Stratimetric Unit
STRATIMETRIC CLASSIFICATION
- Diagramma della Classificazione Stratimetrica.
α = 45 deg.
COMPOSITION (%)
DISTRIBUTION (%)
Very strong sequences
Strong sequences
Very weak sequences
Weak sequences
α1
α2
α3
LEGEND

Figura A

A. CLASSIFICATION PARAMETERS AND THEIR RATINGS

Parameter			Range of values						
1	Strength of intact rock material	Point-load strength index	>10 MPa	4 - 10 MPa	2 - 4 MPa	1 - 2 MPa	For this low range - uniaxial compressive test is preferred		
		Uniaxial comp. strength	>250 MPa	100 - 250 MPa	50 - 100 MPa	25 - 50 MPa	5 - 25 MPa	1 - 5 MPa	< 1 MPa
	Rating		15	12	7	4	2	1	0
2	Drill core Quality *RQD*		90% - 100%	75% - 90%	50% - 75%	25% - 50%	< 25%		
	Rating		20	17	13	8	3		
3	Spacing of discontinuities		> 2 m	0.6 - 2 . m	200 - 600 mm	60 - 200 mm	< 60 mm		
	Rating		20	15	10	8	5		
4	Condition of discontinuities (See E)		Very rough surfaces Not continuous No separation Unweathered wall rock	Slightly rough surfaces Separation < 1 mm Slightly weathered walls	Slightly rough surfaces Separation < 1 mm Highly weathered walls	Slickensided surfaces or Gouge < 5 mm thick or Separation 1-5 mm Continuous	Soft gouge >5 mm thick or Separation > 5 mm Continuous		
	Rating		30	25	20	10	0		
5	Ground water	Inflow per 10 m tunnel length (l/m)	None	< 10	10 - 25	25 - 125	> 125		
		(Joint water press)/ (Major principal σ)	0	< 0.1	0.1, - 0.2	0.2 - 0.5	> 0.5		
		General conditions	Completely dry	Damp	Wet	Dripping	Flowing		
	Rating		15	10	7	4	0		

B. RATING ADJUSTMENT FOR DISCONTINUITY ORIENTATIONS (See F)

Strike and dip orientations		Very favourable	Favourable	Fair	Unfavourable	Very Unfavourable
Ratings	Tunnels & mines	0	-2	-5	-10	-12
	Foundations	0	-2	-7	-15	-25
	Slopes	0	-5	-25	-50	

C. ROCK MASS CLASSES DETERMINED FROM TOTAL RATINGS

Rating	100 ⇐ 81	80 ⇐ 61	60 ⇐ 41	40 ⇐ 21	< 21
Class number	I	II	III	IV	V
Description	Very good rock	Good rock	Fair rock	Poor rock	Very poor rock

D. MEANING OF ROCK CLASSES

Class number	I	II	III	IV	V
Average stand-up time	20 yrs for 15 m span	1 year for 10 m span	1 week for 5 m span	10 hrs for 2.5 m span	30 min for 1 m span
Cohesion of rock mass (kPa)	> 400	300 - 400	200 - 300	100 - 200	< 100
Friction angle of rock mass (deg)	> 45	35 - 45	25 - 35	15 - 25	< 15

E. GUIDELINES FOR CLASSIFICATION OF DISCONTINUITY conditions

Discontinuity length (persistence) Rating	< 1 m 6	1 - 3 m 4	3 - 10 m 2	10 - 20 m 1	> 20 m 0
Separation (aperture) Rating	None 6	< 0.1 mm 5	0.1 - 1.0 mm 4	1 - 5 mm 1	> 5 mm 0
Roughness Rating	Very rough 6	Rough 5	Slightly rough 3	Smooth 1	Slickensided 0
Infilling (gouge) Rating	None 6	Hard filling < 5 mm 4	Hard filling > 5 mm 2	Soft filling < 5 mm 2	Soft filling > 5 mm 0
Weathering Ratings	Unweathered 6	Slightly weathered 5	Moderately weathered 3	Highly weathered 1	Decomposed 0

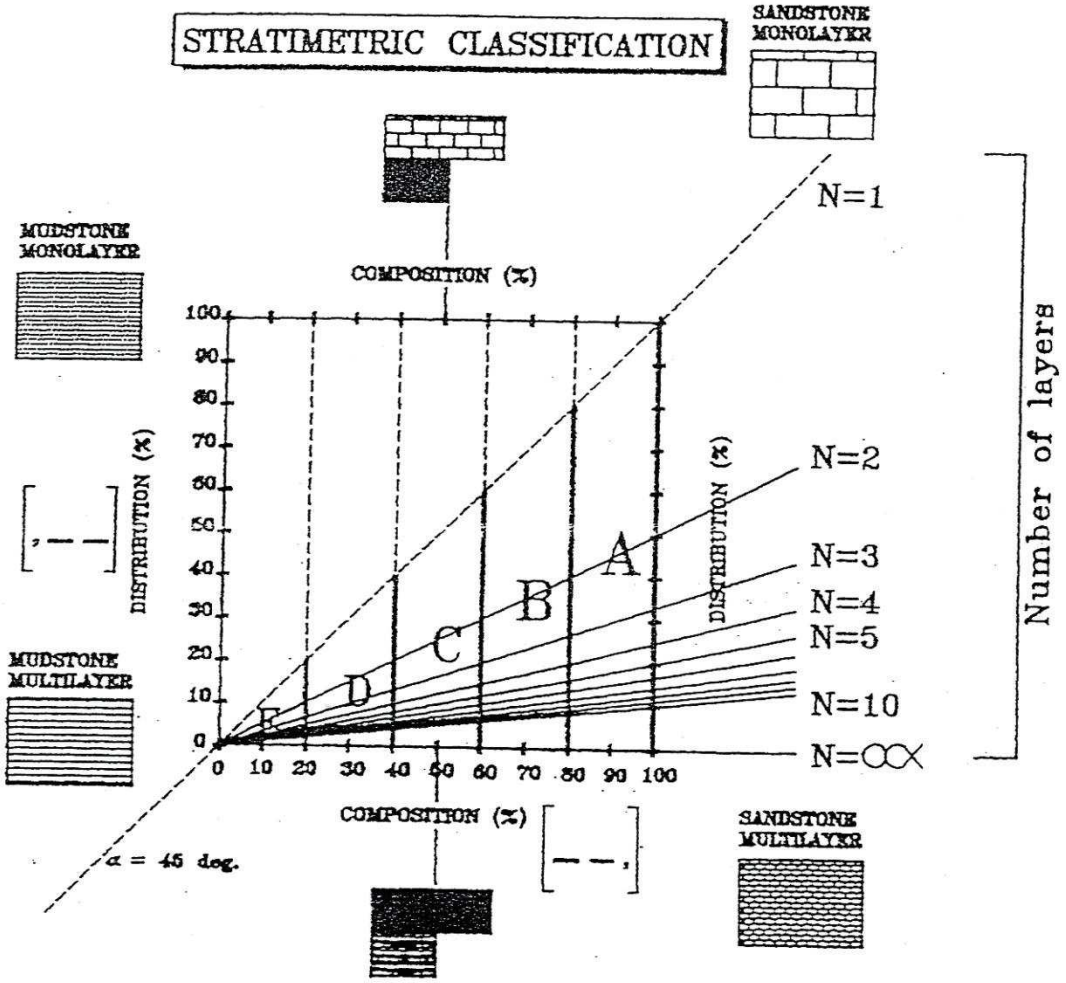
F. EFFECT OF DISCONTINUITY STRIKE AND DIP ORIENTATION IN TUNNELLING**

Strike perpendicular to tunnel axis		Strike parallel to tunnel axis	
Drive with dip - Dip 45 - 90°	Drive with dip - Dip 20 - 45°	Dip 45 - 90°	Dip 20 - 45°
Very favourable	Favourable	Very unfavourable	Fair
Drive against dip - Dip 45-90°	Drive against dip - Dip 20-45°	Dip 0-20 - Irrespective of strike*	
Fair	Unfavourable	Fair	

* Some conditions are mutually exclusive . For example, if infilling is present, the roughness of the surface will be overshadowed by the influence of the gouge. In such cases use A.4 directly.
** Modified after Wickham et al (1972).

Tabella 1

- Proposta di suddivisione in "classi stratimetriche" sulla base del solo parametro "Composizione".



STRATIMETRIC CLASSES

A= Very Strong Sequence
B= Strong Sequence
C= Medium Sequence
D= Weak Sequence
E= Very Weak Sequence

Tabella 2

Ai fini della caratterizzazione dell'ammasso roccioso in oggetto sono stati definiti due "Domini" principali definiti come segue:

Dominio 1: stato prevalentemente arenaceo.
Dominio 2: strato prevalentemente marnoso.

Tali domini litologici, nella zona in cui verrà impostata l'attività di cava, risultano quasi completamente scevri di copertura detritica superficiale, per alcune parti, dove la roccia in posto non è totalmente affiorante, si registra la presenza di un suolo pedologico di spessore decimetrico data dall'alterazione superficiale della roccia in posto.

Dal punto di vista strutturale si individua il presente sistema:

Sistema	**Direzione**	**Pendenza**
stratificazione	148/163°N	9/14°

I due sistemi sono differenziati da un chiaro controllo strutturale che differenzia le giaciture tra il settore Ovest ed il settore Est della cava, i quali presentano appunto due sistemi diversificati.
In base alla sezione stratigrafica è stato possibile creare il modello specifico che ha permesso la classificazione stratimetrica e il calcolo dei parametri per il Dominio, mediante le seguenti relazioni:

Composizione C = $\sum$ A./$\sum$ U.S. x 100

Distribuzione D = $\sum$ A/n/$\sum$U.S. x 100

N = C/D

Indice stratimetrico S.I. = C,D
Rapporto delle resistenze SR = σ_{CA}/σ_{CB}
Resistenza compressione uniassiale materiale strato A (arenarie) = σ_{CA}
Resistenza compressione uniassiale materiale strato B (marne) = σ_{CB}
Parametro resistenza e compressione uniassiale della sequenza

$$R_1 = \sigma_{ceq} = \left(\sigma_{CA} \cdot \frac{C}{100}\right) + \left(\sigma_{CB} \cdot \frac{100 - C}{100}\right) \quad \textbf{(MPA)}$$

Per il recupero percentuale **RQD (Rock Quality Designation)** si è valutato il numero di discontinuità "λ" per metro lineare di Flysch arenaceo (Froldi 1993).

$$\textbf{RQD = -7,24 λ + 114,6}$$

Nel caso specifico:

- Dominio 1 (arenarie prevalenti): λ = 7 e RQD = 64%
- Dominio 2 (marne prevalenti): λ = 10 e RQD = 40%

Il rilievo stratigrafico e strutturale è stato condotto facendo ricorso alla classificazione più recente proposta da Bieniawski (1989), in quanto considerata la più attinente al caso in esame.
In particolare, tale classificazione si basa sulla determinazione dell'**indice R.M.R. (Rock Mass Rating)** e tiene conto dei seguenti parametri caratteristici (Tab. 1):

- R_1: = σ_{ceq} Resistenza a compressione uniassiale della roccia intatta
- R_2: Indice RQD = -7,24 λ + 114,6
- R_3: Spaziatura dei giunti
- R_4: Condizioni dei giunti (scabrezza, alterazione pareti, aperture, materiale riempimento)
- R_5: Condizioni idrauliche (pressione interstiziale)
- R_6: Orientamento discontinuità

Indice $BRMR_{89} = \Sigma R_1 \div R_5$

Indice $RMR_{89} = \Sigma R_1 \div R_6$

G.S.I. (geological Strenght index) = $BRMR_{89}$ – 5 (per G.S.I.> 25)

Parametri caratteristici di HOEK (1995) per G.S.I. .> 25

$$S = e^{(\frac{G.S.I.-100}{9}}$$

$$\sigma'_{bm} = \sqrt{\sigma^2_{ceq}} \cdot s$$

$$mi_{eq} = mi_A \cdot \frac{C}{100} + mi_B \cdot \frac{100 - C}{100}$$

mi_A = 19 (arenarie)

mi_B = 9 (siltiti)

$$m_b = mi_{eq} \cdot e^{\left(\frac{G.S.I.-100}{100}\right)}$$

a = 0,5
cp = 0,005 $BRMR_{89}$ = Coesione di picco (MPA)

Φp = $5 + \frac{BRMR}{2}$ ***= angolo di attrito di picco***

Di seguito si riporta la tabella riassuntiva dei parametri suddetti:

Rif.	PARAMETRI	DOMINIO 1	DOMINIO 2
	C = Composizione %	65,8	13,24
	D = Distribuzione %	16,46	0,82
	N = C/D	4	16,14
	Indice Stratimetrico I.S.	65,16	13,08
Tab. 2	σ_{CA} (MPA)	110	110
Tab. 2	σ_{CB} (MPA)	25	25
Tab. 3	$S_R = \sigma_{CA}/\sigma_{CB}$	4,4	4,4
Tab.1	$R_1 = \sigma_{ceq}$	81 7	36 4
Tab.1	R_2	64% 13	40% 8
Tab.1	R_3	15	8
Tab.1	R_4	20	10
Tab.1	R_5	15	8
Tab.1	R_6	0	0
	$RMR_{89} = \Sigma R_1 \div R_6$	70	38
	$BRMR_{89} = \Sigma R_1 \div R_5$	70	38
	$G.S.I = BRMR_{89} - 5$	65	33
	$cp = 0{,}005\ BRMR_{89}$	0,35	0,19
	$\Phi p = 5 + BRMR_{89}/2$	40°	24°

Data la complessità strutturale e l'ampiezza del fronte, nonché le caratteristiche geologiche e stratigrafiche locali, per la parametrizzazione dei litotipi si è fatto riferimento al raffronto tra dati noti in letteratura per i medesimi materiali, quelli forniti in sede di redazione del PAE e riferiti a zone caratterizzate dalle stesse unità formazionali, nonché quelli definiti nei paragrafi precedenti e considerati nelle precedenti autorizzazioni determinati empiricamente. In back -analisi la validità di tali dati è confrontabile con le condizioni di stabilità dei fronti di scavo attuati secondo geometrie di progetto calcolate.
Le considerazioni riportate accreditano la possibilità di considerare i seguenti parametri geomeccanici medi dei terreni, riferiti alla Formazione Marnoso arenacea e dei terreni di riporti e/o coltre detritica superficiale.

Terreni di riporto/coltre

γ = 1,85 ÷1,95 *peso di volume del terreno* (Kg/cmc)

cu > 0,8 *coesione non drenata* (Kg/cmq)

c '= 0,2 ÷ 0,3 *coesione efficace* (Kg/cmq)

ϕ' = 24° ÷ 28° *angolo di attrito* (gradi)

Formazione Marnoso Arenacea

γ = 2,4 ÷2,6 *peso di volume del terreno*	(Kg/cmc)
cu > 2,5 *coesione non drenata*	(Kg/cmq)
c '= 0,5 ÷ 0,6 *coesione efficace*	(Kg/cmc)
ϕ' = 30° ÷ 32° *angolo di attrito*	(gradi)

6 – VIABILITA' ED ACCESSO ALL'AREA DI CAVA

L'area di cava è accessibile dalla strada comunale Para-Trecavoli, attraversando la località Trecavoli e quindi percorrendo la pista di accesso sterrata a mezza costa sulla sponda sinistra del torrente Alferello.
Il materiale estratto nell'ambito 18S viene quindi trasportato al laboratorio di lavorazione della stessa ditta situato in via Para - Mazzi, in Comune di Verghereto, utilizzando un mezzo di proprietà. Il tragitto del mezzo, dopo aver percorso il tracciato sopra descritto, si immette sulla comunale Para Mazzi (Verghereto) per 160 ml fino all'intersezione con l'accesso al sito di lavorazione della ditta in loc. Mazzi.

Il tragitto completo è riportato nella figura seguente:

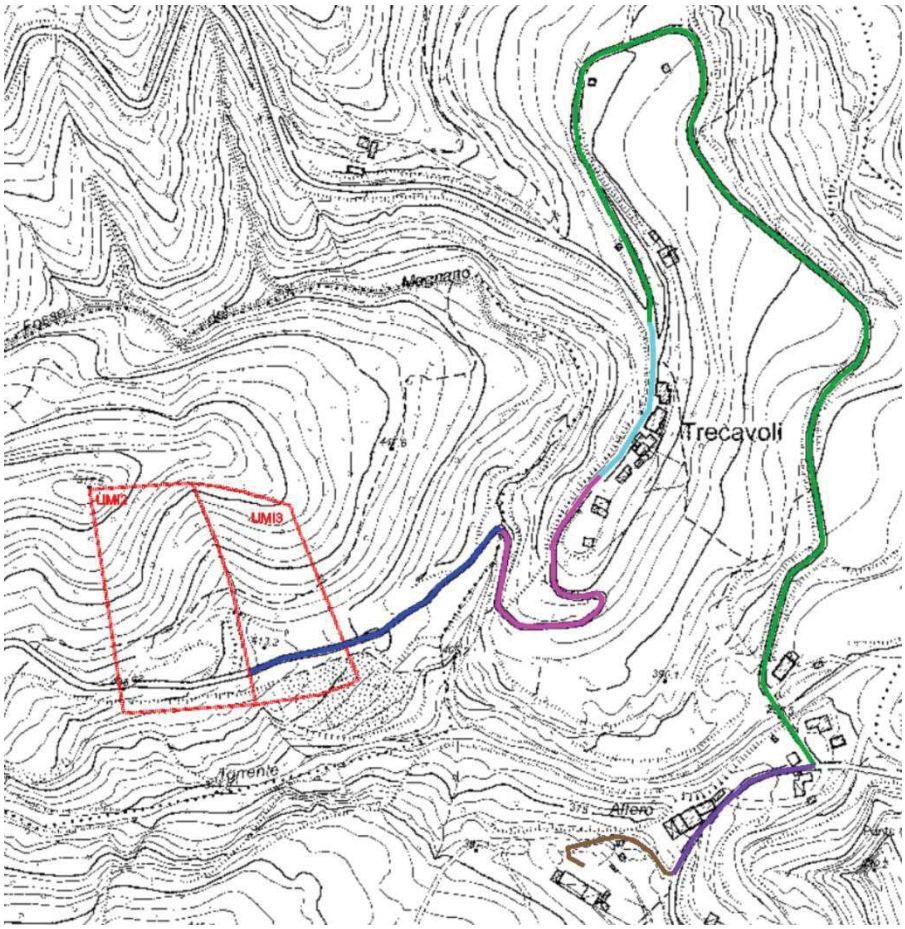


Fig. 5 – stralcio della CTR 1:5000 con individuazione dei tracciati stradali percorsi in collegamento tra l'ambito 18S e il laboratorio della ditta. Tratto blu: pista sterrata esistente e già utilizzata in Comune di Sarsina – 250 ml. Tratto magenta: pista sterrata esistente e già utilizzata in Comune di Verghereto – 322 ml. Tratto azzurro: tratto interno alla località Trecavoli parzialmente asfaltato – 143 ml. Tratto Verde: tratto sulla comunale Verghereto Para-Trecavoli, asfaltato – 1.051 ml, Tratto viola: comunale Verghereto Para Mazzi, asfaltato – 160 ml. Tratto marrone: pista di accesso al laboratorio La Pietra Serena Snc.

7 - PIANO DI COLTIVAZIONE, TEMPI DI ATTUAZIONE E MEZZI IMPIEGATI

Il presente piano di coltivazione non può prescindere dalle condizioni geologiche (con particolare riferimento alle caratteristiche morfologiche e idrologiche) e giaciturali della serie stratigrafica, condizioni riportate nelle sezioni geologiche seguenti e sulle quali sono state impostate le tavole di progetto. Il piano di coltivazione nel proseguo delle attività già avviate nel sito prevede il completamento dell'estrazione del materiale utile residuo sulla UMI 2, dalla quale poi procedere, per esigenze logistiche e di assetto strutturale del giacimento, in direzione est verso la UMI 3.
Con la scopertura della UMI 3 si produrranno i materiali utili al completamento della sistemazione morfologica della UMI 2 con interventi attuati in contemporanea alle prime fasi di attività sulla nuova UMI.

7.1 – DINAMICA ESTRATTIVA E MEZZI IMPIEGATI

Per il sito è stimata una durata dell'attività estrattiva pari a 5 anni compreso il recupero ambientale, ai quali saranno da aggiungersi eventuali altre annualità in funzione delle proroghe all'attiva eventualmente richieste e concesse.
La cava di "pietra serena" utile dal punto di vista economico è costituita da diversi orizzonti precedentemente descritti, tra i quali uno solo viene sfruttato (ed estratto) con la presente autorizzazione :

Pietra da taglio:
Lastre da tetto (0.4 mt) – **825 mc** dei quali 275 mc nella UMI 2 e 550 nella UMI 3
Bozze (0.8 mt) – **1.884 mc** dei quali 784 mc nella UMI 2 e 1.100 mc nella UMI 3
Arenaria da frantoio: **1.000 mc** (a stima)
Totale materiale utile estraibile nella nuova autorizzazione: **2.709 mc** (***3.709 mc*** compresa arenaria da frantoio)

Area escavazione totale	**7.140,0 mq**
Area stoccaggio temporaneo	**1.200,0 mq**
Area escavazione utile	**6.300,0 mq**
Volume di scavo	**21.510,0 mc**
Volume utile pietra da taglio	**2.709,0 mc**
Volume utile arenaria da frantoio	**1.000,0 mc**
Volume cappellaccio	**17.801,0 mc**
Aumento di volume (15%)	**2.669,0 mc**
Volume da ricollocare	**20.470,0 mc**

Per il calcolo delle aree e delle cubature ci si è avvalsi del metodo di intersezione di modelli tridimensionali (DTM) elaborati tramite software Land di Sierra Soft.

La dinamica estrattiva che si risolverà in un'unica fase, verrà sviluppata effettuando la coltivazione dello strato utile procedendo con gli scavi in maniera tale che il fronte di attacco proceda dalle quote maggiori alle quote inferiori compatibilmente alla linea di immersione degli strati, per garantire maggior sicurezza agli operatori durante la fase di escavazione.

L'estrazione dei banchi arenacei, sarà espletata come di norma provvedendo, all'asportazione dei materiali di copertura fino ad ottenere l'affioramento degli orizzonti lapidei oggetto di cavatura. Tale operazione cosiddetta di "scopertura" del materiale non utilizzabile ai fini della lavorazione, avverrà mediante l'utilizzo di *un perforatore* (che può essere manuale o automatico) per realizzare un reticolo di fori che successivamente riempito di esplosivo e miccia detonante; tale operazione dovrà essere eseguita da un operatore qualificato (fochino). Il "cappellaccio" verrà temporaneamente riposto mediante *una pala escavatrice,* nell'area prevista a stoccaggio temporaneo individuata nelle tavole di progetto e conformemente al piano di gestione dei rifiuti estrattivi art. 5 del D.Lgs. 117/08, per essere successivamente ricollocato ai fini del ripristino morfologico finale al termine delle operazioni di estrazione del materiale utile, avendo cura di separare la parte vegetale più superficiale (estremamente esigua), oppure direttamente collocato nei settori da completare nella UMI 2. La figura seguente individua i settori di intervento (tavola 6 di progetto).



Fig. 6 – dinamica estrattiva. Il piano di coltivazione nella nuova autorizzazione prevede il completamento dell'estrazione del materiale utile nei due settori della UMI 2 con perimetro blu in gran parte già "scoperti", Successivamente di procederà in direzione est con scopertura del banco utile e sistemazione del materiale di risulta a completare le due zone con retino a bande rosse oblique nella UMi 2. I settori con perimetro azzurro nella UMI 2 verranno utilizzati per lo stoccaggio dei materiali di risulta (cappellacci – rifiuti di estrazione) in attesa di riutilizzo finale. Il settore verde nella UMI 2 sarà sistemato morfologicamente al termine delle attività nella UMI 3 con operazioni integrate sui due settori di cava. I settori con retino giallo nella UMi 2 sono stati già sistemati morfologicamente e sono in fase di avvio le attività di piantumazione.

Al termine delle attività sarà ripristinato il fosso centrale, a confine tra le due UMI, che durante le fasi di scavo sarà gestito con percorsi provvisori. I materiali di risulta saranno depositati temporaneamente anche in settori della UMI 3 in prossimità del fronte cava all'esaurimento degli spazi utili in condizioni di sicurezza nei settori indicati nella UMI 2.

L'accesso al fronte cava ed alla UMI 3 avverrà utilizzando la pista esistente che già ora accede alla UMI 2, pista che verrà mantenuta anche al termine delle attività quale percorso per accedere alle aree sistemate per manutenzioni ed interventi ulteriori.

Il materiale verrà riposto nelle aree di stoccaggio in maniera tale da non dare luogo a possibili instabilità, sagomando eventuali accumuli di cappellaccio secondo geometrie compatibili agli angoli naturali del terreno (massimo 35°). In base a quanto stabilito dal D.Lgs 117/2008 si precisa che il materiale arenaceo e marnoso accantonato (cappellaccio ora rifiuto di estrazione) sarà esclusivamente stoccato in attesa di essere reimpiegato per la colmatura di vuoti e il ritombamento dell'ambito estrattivo in tempi stimati inferiori all'anno solare per ogni trance esecutiva dell'escavazione. Per quanto attiene la disciplina del suddetto D.Lgs 117/2008 si precisa che per l'ambito estrattivo di progetto il piano di gestione coincide in toto con il programma di estrazione e con la dinamica prospettata in quanto il materiale accantonato, anche se rientrante nella definizione di rifiuto di estrazione, viene esclusivamente riposto nell'area di stoccaggio indicata nelle tavole di progetto o ricollocato direttamente nei vuoti e nelle geometrie create in fase di coltivazione o pre-esistenti e oggetto di sistemazione morfologica nel presente progetto, per un periodo che, come già descritto in precedenza, non supera nei lotti funzionali di recupero l'anno solare e nel complesso inferiore ai tre anni consecutivi (art.3 comma 1 lettera r) punto 4 del D.Lgs. 117/08.

Mediante escavatore si provvederà al disgaggio dei blocchi arenacei già fratturati e naturalmente squadrati per effetto della microtettonica locale; quando i piani di taglio naturali non siano evidenti tale operazione verrà eseguita con l'ausilio del martello pneumatico. All'interno dell'area di cava verrà anche eseguita l'operazione di rimozione dai blocchi estratti, della parte di materiale più superficiale non idonea alla lavorazione, la quale verrà riposta nell'area di stoccaggio temporaneo e riutilizzata anche per la sistemazione morfologica finale. Tale dinamica estrattiva permetterà il recupero morfologico quasi contestuale dell'area la quale, a ripristino ultimato, conserverà essenzialmente i lineamenti originari.
Le sezioni di scavo riportate nelle tavole di progetto presentano il piano di coltivazione con morfologia a scarpata gradonata realizzata secondo geometrie compatibili sia con le condizioni morfologiche del versante che le condizioni geolitologiche e strutturali dei depositi interessati dall'attività.
I tempi di attuazione riferiti al termine della sistemazione morfologica completa dell'area, vengono stimati in circa 5 anni. Si prevede infatti la risoluzione della fase estrattiva comprese le operazioni di rimozione del cappellaccio, in 4 anni. I lavori di ripristino morfologico, compresi i lavori di sistemazione idraulica e forestale verranno ultimati nell'ultimo anno alla fine dei lavori di scavo precedentemente descritti, avendo cura di eseguire i lavori di ripristino del verde nella stagione più idonea e con le condizioni migliori (salvo proroghe).

Al fine di razionalizzare l'attività di coltivazione l'articolazione delle principali fasi operative sarà organizzata come di seguito specificato.

- Predisposizione della viabilità di servizio della cava
- Asportazione del cappellaccio sino all'orizzonte coltivabile e suo temporaneo stoccaggio
- Coltivazione del banco utile arenaceo
- Ritombamento e ricomposizione a verde

Durante le fasi di lavorazione sarà impostato, lungo il margine superiore del fronte cava un fosso di guardia che convoglierà verso i naturali impluvi; l'area di cava e il fronte cava verranno dotati di sistema di collettamento provvisionale mantenuto efficiente e modificato nella geometria e nella posizione al variare della geometria del fronte stesso.
A sistemazione avvenuta si procederà a dotare la superficie di un'adeguata densità o rete di scoline che veicoleranno l'acqua in direzione del collettore principale, secondo lo schema rappresentato nelle tavole di progetto.

Superfici sistemazione finale:

- UMI 2 (residuale da precedente autorizzazione): **5.316 mq**
- UMI 3 : **5.470 mq**

Totale: 10.786 mq

Le attività in cava vengono eseguite mediamente in un periodo temporale di circa 200 giorni lavorativi annui, al netto dei periodi invernali, piovosi e con condizioni che rendano non praticabile il percorso di accesso e il lavoro su fronte cava in condizioni di sicurezza.

7.2 – TRASPORTI E MEZZI IMPIEGATI

Il materiale che naturalmente viene estratto semilavorato viene poi trasferito all'impianto di lavorazione mediante un autocarro con capacità volumetriche di circa 12 mc. Il trasporto del materiale utile si svilupperà dall'interno dell'area di cava in base alle metodologie descritte nel precedente paragrafo, seguendo il percorso riportato sinteticamente nelle figure precedenti.

Pietra da taglio
Considerando il volume di materiale utile estraibile pari a 3.559 mc totali la capacità media del mezzo di trasporto e di 12 mc (in condizioni di sicurezza), si calcolano mediamente:

223 *viaggi circa dall'area di cava all'impianto/i di lavorazione, in 5 anni;*
45 *viaggi circa dall'area di cava all'impianto/i di lavorazione, in 1 anno;*
1 *viaggi dall'area di cava all'impianto/i di lavorazione, ogni settimana circa.*

Arenaria da frantoio
Considerando il volume di materiale utile estraibile pari a 1.000 mc totali per questa tipologia introdotta con la variante al PAE 2018, la capacità media del mezzo utilizzato, si calcolano mediamente:

83 *viaggi circa dall'area di cava all'impianto/i di lavorazione, in 5 anni;*
16 *viaggi circa dall'area di cava all'impianto/i di lavorazione, in 1 anno;*
1 *viaggio dall'area di cava all'impianto/i di lavorazione, ogni 4 settimane circa.*

Si precisa tuttavia che la cava in progetto non si configura come un cantiere in continua lavorazione giornaliera ma saltuaria poiché strettamente legata anche alla richiesta del mercato in relazione alle tipologie estratte, oltre alle motivazioni indicate in precedenza circa l'accessibilità del sito e le condizioni di sicurezza in periodi meteo avversi. I dati medi riportati si intendono quindi riferiti ad una condizione di continuità lavorativa. Le attività di cava risentono fortemente dalle condizioni climatiche ed atmosferiche; i mesi autunnali inoltrati e invernali solitamente non sono ottimali per le attività in cava nonché per i trasporti dei materiali. Quindi, anche se vengono stimati nei computi 200 giorni lavorativi complessivi annui, le giornate lavorative potrebbero essere anche minori e di conseguenza essere superiori i viaggi giornalieri, così come potrebbero essere superiori. Il numero degli operatori, come nel caso in esame, non è mai superiore a 2.
L'esercizio estrattivo potrà eventualmente prevedere l'utilizzo delle attrezzature e del personale di seguito specificati:

- N. 1 operatore mezzi meccanici
- Orario lavorativo: 8,00 - 13,00 e 14,00 - 17,00
- Escavatore 120-140 Hp
- Apripista cingolato 120-140 Hp
- N.1 operatore autocarro per trasporto materiale utile

L'attività con mezzi d'opera e di trasporto avvengono propedeuticamente; raramente sono sovrapposte con impiego simultaneo di due operatori.
E' previsto l'uso di esplosivi per le fasi di scopertura (asportazione del cappellaccio) e aumento della fratturazione naturale del banco utile. Per l'estrazione del banco utile, visto lo spessore non troppo elevato, si tenderà, nei limiti del possibile, ad un disgaggio meccanico sulle linee di fratturazione principali.

8 - ASPETTI GEODINAMICI E SISMICITÀ DEL TERRITORIO

Nella presente sezione è descritta la sismicità del territorio entro cui ricade il lotto in esame, la pericolosità e l'azione sismica.
La stima della pericolosità sismica è definita mediante un approccio sito dipendente e non più tramite un criterio zona dipendente, mentre l'azione sismica di progetto, in base alla quale valutare il rispetto dei diversi stati limite presi in considerazione, è definita partendo dalla pericolosità di base del sito di costruzione, che è l'elemento essenziale di conoscenza per la determinazione dell'azione sismica.
L'azione sismica sulle costruzioni è generata dal moto non uniforme del terreno di sedime per effetto della propagazione delle onde sismiche.
Nella determinazione dell'azione sismica è necessario valutare l'influenza delle locali condizioni litologiche e morfologiche sulle caratteristiche del moto del suolo in superficie, mediante studi specifici di risposta sismica locale. In mancanza di questi si può utilizzare la classificazione in categorie di suolo, già introdotta nell'EC8 e OPCM 3274 recentemente confermata dal Decreto Ministeriale 17 gennaio 2018.

8.1 . PERICOLOSITÀ SISMICA

L'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri 3274 del 20 marzo 2003 ha introdotto la nuova normativa tecnica in materia di progettazione antisismica, suddividendo il territorio nazionale in 4 zone sismiche, ciascuna contrassegnata da un diverso valore dell'accelerazione orizzontale (ag) massima convenzionale su suolo di categoria A.

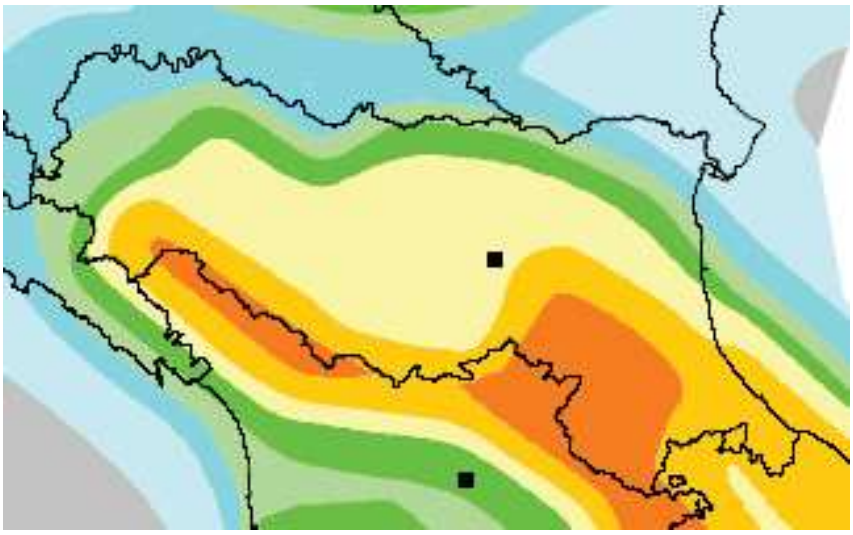


Fig. 7 - Pericolosità sismica di riferimento per il territorio nazionale (OPCM 3519 del 28 aprile 2006, All. 1b. Valori standard, 50° percentile)

I valori convenzionali di ag, 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 1.
Il Comune di Sarsina ricade nella zona sismica 2 a cui corrisponde un'accelerazione orizzontale con probabilità di superamento del 10% in 50 anni minore o uguale di 0,25 g e maggiore a 0.15 g

(Tabella 3) che si traduce in un'accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta pari a 0,25 (ag/g).

Zona	Valore di ag
1	*0.35g*
2	*0.25g*
3	*0.15g*
4	*0.05g*

Tabella 3. *Valori di accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico.*

Zona sismica 2	Zona con pericolosità sismica media dove possono verificarsi forti terremoti.

8.2 . CATEGORIA DI SOTTOSUOLO

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto le tipologie del suolo di fondazione sono suddivise Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto le tipologie del suolo sono suddivise in base ai valori di VS (Tabella 3.2.II delle NTC 2018).

Così come previsto anche dalle nuove Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC D.M. del 17/01/2018), le quali impongono nuovi criteri di verifica dell'azione sismica nella progettazione di nuove opere e di quelle già esistenti, l'azione sismica viene valutata mediante l'analisi di *risposta sismica locale*. In assenza di queste analisi, la stima preliminare dell'azione sismica può essere effettuata in base alle categorie di sottosuolo e alla definizione di una pericolosità di base fondata su di un reticolo di punti di riferimento, costruito per l'intero territorio nazionale.
I terreni classificati nelle categorie elencate sono caratterizzati da parametri sismici (Vs30, velocità media di propagazione delle onde di taglio entro m 30 di profondità) e da parametri geotecnici (NSPT, Standard Penetration Test e cu, coesione non drenata). Nelle definizioni precedenti Vs30 è la velocità media di propagazione entro m 30 di profondità delle onde di taglio ed è calcolata con la seguente espressione:

$$V_{S_{30}} = \frac{30}{\sum_{i,1}^{n} \frac{h_i}{V_i}}$$

dove hi e Vi indicano lo spessore (in m) e la velocità delle onde di taglio (per deformazioni di taglio < 10-6) dello strato i-esimo, per un totale di n strati presenti nei m 30 superiori.

Secondo i risultati delle indagini sperimentali eseguite in condizioni strettamente analoghe a quella in oggetto e sui medesimi materiali (marnoso – arenacea) indipendentemente dall'inequivocabile attribuzione dei suoli interessati dalla futura cava alla categoria A in base alla normativa sismica vigente.
Tale assunto trova diversi riscontri bibliografici come ad esempio i valori di Borcherdt riportati nella successiva tabella:

Tabella 1. Velocità caratteristiche delle onde S nei vari tipi di suolo [cfr. Borcherdt, 1994]

TIPO DI SUOLO	V_S min [m/s]	V_S media [m/s]	V_S max [m/s]
ROCCE MOLTO DURE (es. rocce metamorfiche molto poco fratturate)	1400	1620	-
ROCCE DURE (es. graniti, rocce ignee, conglomerati, arenarie e argilliti, da mediamente a poco fratturati)	700	1050	1400
SUOLI GHIAIOSI e ROCCE DA TENERE A DURE (es. rocce sedimentarie ignee, tenere, arenarie, argilliti, ghiaie e suoli con > 20% di ghiaia)	375	540	700
ARGILLE COMPATTE e SUOLI SABBIOSI (es. sabbie da sciolte a molto compatte, limi e argille sabbiose, argille da medie a compatte e argille limose)	200	290	375
TERRENI TENERI (es. terreni di riempimento sotto falda, argille da tenere a molto tenere).	100	150	200

oppure attraverso misure sperimentali da indagini geofisiche.
In particolare si riporta lo studio "Effetti di sito e Vs30: una risposta alla normativa antisismica" di Mulargia, Castellaro e Rossi pubblicato dalla rivista dei Geologi dell'Emilia Romagna con particolare riferimento a quanto riportato all'ESEMPIO 1 di pag 32 e alle figure ad esso correlate. I risultati nonché le metodologie del citato studio sono state utilizzate dalla Provincia di Forlì e Cesena ai fini dello studio di microzonazione sismica di II livello in sede di variante integrativa del PTCP 2009 e PSC comuni di Verghereto, Mercato Saraceno Roncofreddo ed altri.

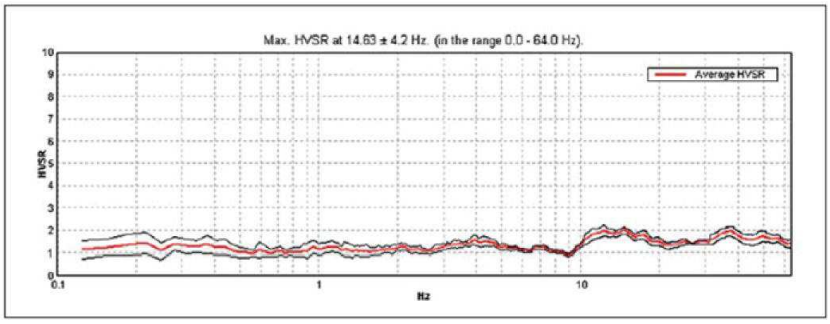


Fig. 8 – Curva H/V registrata su roccia nelle Formazione Marnoso arenacea

La curva H/V relativa ad un sito su roccia sana è piatta e con ampiezza pari ad 1. Deviazioni rispetto a questa condizione sono dovute alle fratturazioni/alterazioni dell'ammasso roccioso o a stratificazioni con basso contrasto di impedenza all'interno dello stesso. Siti con curve di questo tipo sono classificabili in categoria A. Una piccola copertura (< 3 m) sovrastante l'ammasso roccioso non cambia tale categoria di sottosuolo (cfr. Tabella 3.2.II delle NTC 2018)

Pertanto :

Vs30 ~800 m/sec (a cui corrisponde la **categoria di suolo di fondazione di tipo A**

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.

8.4 AZIONE SISMICA

Ai fini dell'applicazione delle norme tecniche per la costruzione in zone sismiche, oltre ad adottare il parametro ag si deve tener conto di un fattore S che scaturisce dal profilo stratigrafico del suolo.
Le azioni sismiche di progetto si definiscono a partire dalla "pericolosità sismica di base" del sito di costruzione, definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa ag in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale, nonché di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente Se(T), con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza PVR , nel periodo di riferimento VR.
In mancanza di rigorose analisi di risposta sismica locale, per le componenti orizzontali del moto e per le categorie del sottosuolo di fondazione, la forma spettrale su sottosuolo di categoria A si valuta in funzione di coefficienti che tengono conto dell'amplificazione stratigrafica e topografica.
Le forme spettrali sono definite, per ciascuna delle probabilità di superamento nel periodo di riferimento, a partire dai valori dei seguenti parametri su sito di riferimento rigido orizzontale: ag (accelerazione orizzontale massima al sito), Fo (valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale) e T*C (periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale).

8.4.1 AMPLIFICAZIONE TOPOGRAFICA

Le condizioni topografiche locali si esprimono con acclività media con caratteri originari apprezzabilmente riorganizzati a seguito a seguito dell'attuale attività estrattiva. Nello specifico pertanto, la topografia si sviluppa con inclinazioni medie del versante comprese entro i 30 ° (categoria T2 in base delle NTC) come riscontrabile anche nelle sezioni topografiche riportate in allegato, per cui il coefficiente di amplificazione topografica ST è pari a 1,2.

Tab. 3.2.V – *Valori massimi del coefficiente di amplificazione topografica* S_T

Categoria topografica	Ubicazione dell'opera o dell'intervento	S_T
T1	-	1,0
T2	In corrispondenza della sommità del pendio	1,2
T3	In corrispondenza della cresta di un rilievo con pendenza media minore o uguale di 30°	1,2
T4	In corrispondenza della cresta di un rilievo con pendenza media maggiore di 30°	1,4

8.4.2 AMPLIFICAZIONE STRATIGRAFICA

Per il caso in esame, il coefficiente stratigrafico assume la seguente espressione:

$$S_S = 2{,}40 - 1{,}50 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g}$$

Considerando i dati del sito in esame, avente: Latitudine 43.860604 e Longitudine 12.068318 (ED50) e una costruzione con classe d'uso II (affollamenti normali), vita nominale di 50 anni, coefficiente d'uso pari a 1,0 e vita di riferimento di 50 anni, la probabilità di superamento nella vita di riferimento è di 0,10 (SLV) e il periodo di ritorno di 475 anni.

In funzione dei dati suddetti, si ottengono i seguenti risultati:

ag:	0,202 g
Fo:	2,449
Tc*:	0,311 [s]

che sono relativi all'interpolazione sulla maglia elementare del reticolo di riferimento (Figura successiva) per lo stato limite della vita (SLV), avendo considerato i punti indicati nella Tabella 4.



Fig. 9- Interpolazioni sulla maglia elementare del reticolo di riferimento

Sito di riferimento	(ID)	Latitudine	Longitudine	Distanza
1	19626	43,875850	12,033760	3247,9
2	19627	43,876690	12,103100	3312,7
3	19849	43,826700	12,104240	4744,7
4	19848	43,825860	12,034940	4700.1

Tab.4 *- Individuazione dei nodi del reticolo di riferimento*

Per dette condizioni SS = 1,00 e CC = 1.00 (valori corrispondenti allo SLV).

8.4.3 PARAMETRI SISMICI SU SITO DI RIFERIMENTO RIGIDO

I parametri sismici relativi agli stati limite di Operatività (SLO), Danno (SLD), salvaguardia della Vita (SLV) e di prevenzione dal Collasso (SLC) per una categoria sottosuolo (tipo A), topografica

(T2) con periodo di riferimento di **50 anni** e classe d'uso **II**, cu 1 calcolati in funzione della presenza di fondazioni, sono sintetizzati nella Tabella 5.

Stati limite	SLO	SLD	SLV	SLC
Probabilità di superamento	81%	63%	10%	5%
Tr	30 anni	50 anni	475 anni	975 anni
a_g	0.068g	0.086g	0.202g	0.254g
Fo	2.415	2.408	2.449	0,254
Tc^*	0.265 s	0.274 s	0.311 s	0.320s

Tab. 5 - *Parametri sismici per lo stato limite corrispondente*

8.4.4 COEFFICIENTI SISMICI (fronti di scavo)

Dal valore nominale di ag (g), accelerazione orizzontale massima attesa al sito, si passa ai corrispondenti valori massimi, dipendenti anche dal coefficiente topografico ST (= 1,2) sintetizzati nella seguente tabella 6.

Stati limite	SLO	SLD	SLV	SLC
AMax	0.798	1.010	2.381	2.990

Tabella 6 - *Accelerazione massima.*

Il valore dei coefficienti sismici orizzontali e verticali si determinano, rispettivamente, con le seguenti equazioni:

$$k_h = \beta_s \cdot \frac{a_{MAX}}{g}$$

$$k_v = 0{,}5 \cdot k_h$$

dove βs è il coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito, il cui valore è funzione della categoria di sottosuolo e del valore di ag(g). Facendo riferimento alle nuove NTC 2018 per fronti di scavo e rilevati il valori per categoria di suolo A risulta βs= 0.380 per SLV e βs= 0.470 per SLD

Stati limite	SLO	SLD	SLV	SLC
Kh	0.016	0.021	**0.073**	0.091
Kv	0.008	0.010	0.036	0.046

Tabella 7 - *Coefficienti simici orizzontali e verticali*

Coefficienti sismici	SLO	SLD	SLV	SLC
Ss	1.000	1.000	1.000	1.000
St	1.200	1.200	1.200	1.200
β	0,200	0,200	0,300	0,300

Tabella 8 - *Coefficienti simici*

9 – VERIFICHE DI STABILITA'

L'analisi proposta è stata eseguita secondo i criteri dell'equilibrio limite in condizioni pseudostatiche, statiche e post sisma. In base alle nuove norme tecniche per le costruzioni del 17 gennaio 2018, nei metodi pseudostatici l'azione sismica è rappresentata da un'azione statica equivalente, costante nello spazio e nel tempo, proporzionale al peso W del volume potenzialmente instabile. Tale forza dipende dalle caratteristiche del moto sismico atteso nel volume di terreno potenzialmente instabile e dalla capacità di tale volume di subire spostamenti senza significative riduzioni di resistenza. Per terreni compresi in zone classificate sismiche viene calcolata la forza sismica orizzontale e verticale le quali componenti verranno inserite sia in termini di forze resistenti che in termini di forze attive poiché influiscono sia positivamente che negativamente sul peso delle masse potenzialmente mobilitabili.
Le sezioni di verifica, sono tracciate lungo i vettori di massima pendenza che, coincidono, con le condizioni considerate più gravose ai fini dell'equilibrio statico.
Per l'analisi pseudostatica si considerano le forze sismiche orizzontali Fh (Fh = Kh * W) poiché la forze sismica verticale Fv (Fv = ± 0,5 Fh) è in genere ininfluente sull'equilibrio globale delle masse.
La forze sismica orizzontale in particolare è data dal rapporto tra coefficiente sismico orizzontale e il peso è dato dalla formula :

$$\mathbf{Kh = a/g * St * Ss * \beta s}$$

Secondo la nuova normativa sulle costruzioni il coefficiente di resistenza o fattore di sicurezza Fs viene ricavato dal rapporto tra il momento delle forze stabilizzanti (resistenti) Rd e quello delle forze ribaltanti (attive) Ed . Pertanto Fs= Rd/Ed e tale rapporto deve essere almeno superiore a 1,1.
Relazione applicata per ogni singolo concio.

$$F = \Sigma c \,.L + \Sigma(W \cos\alpha - Kh\, W \operatorname{sen}\alpha)\, tg\, \phi / \Sigma(W \operatorname{sen}\alpha) + (KhW \cos\alpha)$$

c = coesione (t/mq)
ϕ = angolo di attrito
L = arco su cui si esplica la coesione (L = b/cosα);
b = larghezza concio (m);
W = peso di un concio applicato al proprio baricentro (t/m)
α = angolo formato dalla verticale con la tangente alla linea di slittamento

9.1 - PARAMETRI GEOTECNICI E SISMICI

In rapporto al DM 17 gennaio 2018 i caratteri di resistenza sono regolarizzati considerando l'approccio di verifica:
Approccio 1 Combinazione 2:

$$\gamma_d = \gamma_k / 1$$
$$\phi'_d = \tan \phi'_k / 1{,}25$$
$$c'_d = c'_k / 1{,}25$$
$$cu_d = cu_k / 1{,}40$$

FRONTI di SCAVO INCISI NELLA ROCCIA IN POSTO PARAMETRI GEOTECNICI REGOLARIZZATI SECONDO Approccio 1 Combinazione 2

γ = 23,54 kN/m^3 [2,4 g/cm^3]

ϕ = tan30,0 gradi/1,25 = 24,8 gradi (condizioni statiche)

c' = 24,52 kPa [0,5 Kg/cm^2] / 1,25 = 39,23 KPa [0,40 Kg/cm^2] (condizioni statiche)

ϕ = 24,0 gradi (condizioni post sisma)

c' = 37,27 KPa [0,38 Kg/cm^2] (condizioni post sisma)

cu = 254,20 kPa [2,5 Kg/cm^2] /1,4 = 175,54 kPa [1,79 Kg/cm^2] (condizioni pseudostatiche)

PARAMETRI SISMICI

Salvaguardia della vita (SLV):

a = 0,202 g

βs = 0,380

St =1,2

Ss = 1,0

Kh = a/g ∗ St ∗Ss∗βs = 0,179x1,200x1,200x0,240 = **0,073**

PARAMETRI GEOTECNICI REGOLARIZZATI SECONDO Approccio 1 Combinazione 2 CONDIZIONI di PROGETTO SISTEMAZIONE FINALE AREA DI CAVA

γ = 18,63 kN/m^3 [1,9 g/cm^3]

ϕ = tan25,0 gradi/1,25 = 20,46 gradi (condizioni statiche)

c' = 14,71 kPa [0,15 Kg/cm^2] / 1,25 = 11,77 KPa [0,12 Kg/cm^2] (condizioni statiche)

ϕ = 20,0 gradi (condizioni post sisma)

c' = 9,81 KPa [0,10 Kg/cm^2] (condizioni post sisma)

cu = 49,0 kPa [0,5 Kg/cm^2] /1,4 = 35,01 kPa [0,357 Kg/cm^2] (condizioni pseudostatiche)

PARAMETRI SISMICI

Salvaguardia della vita (SLV):

a = 0,202 g βs = 0,380 St =1,2 Ss = 1,0 Kh = 0,073

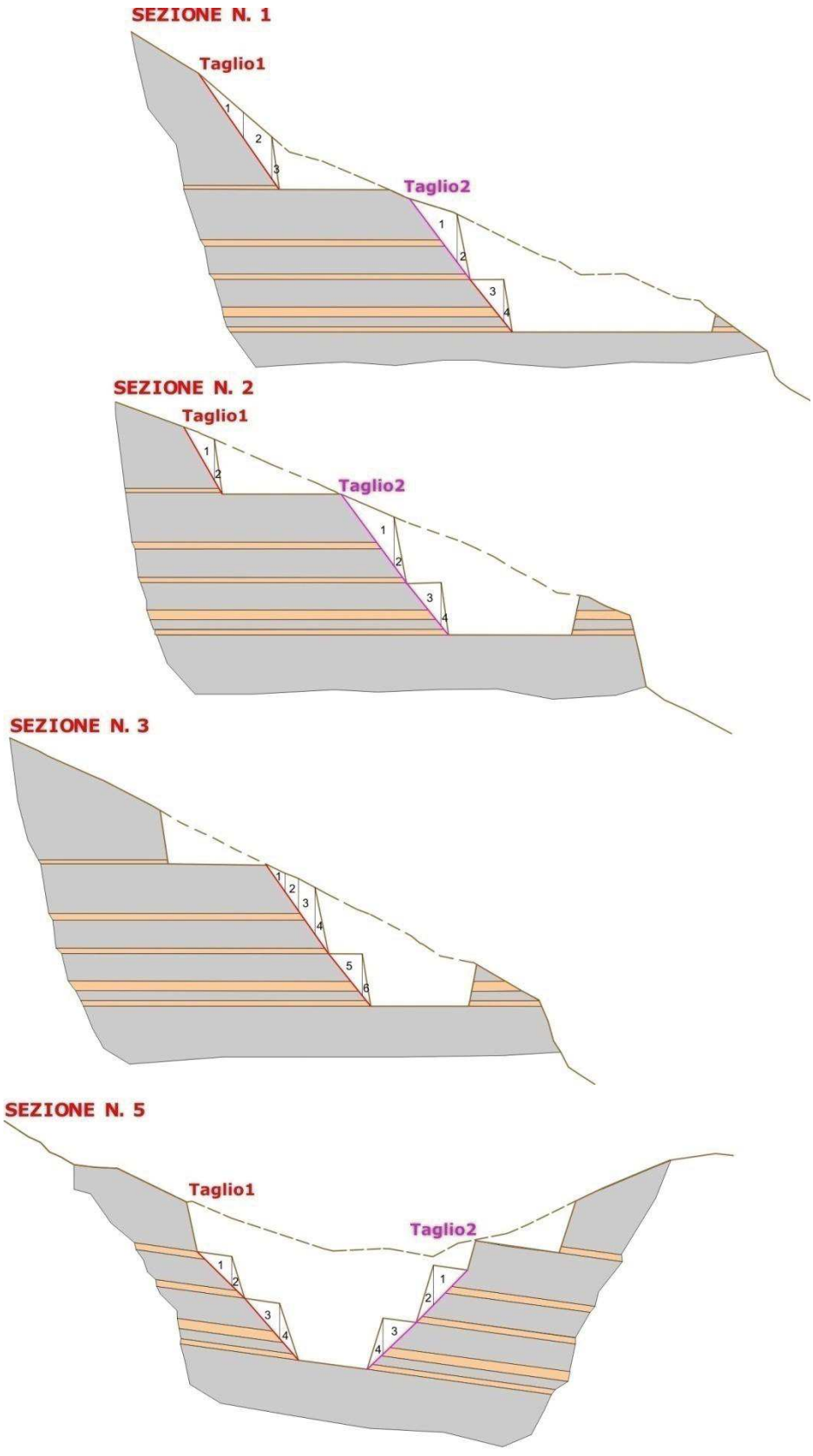
9.2 - VERIFICA DI STABILITÀ PROFILI FRONTI DI SCAVO

In merito alle condizioni di stabilità dello stato attuale occorre distinguere due situazioni:

- Area di cava nella attualmente attiva nella quale sono stati impostati i profili di scavo
- Area di cava ancora nella quale i profili sono ancora naturali.

Nella prima situazione le condizioni di stabilità sono state sottoposte a verifiche analitiche in fase di progettazione che hanno permesso di definire le geometrie di scavo compatibili alle condizioni di stabilità. Per quanto riguarda la seconda situazione, durante il rilevamento geologico non si è evidenziata la presenza di dissesti in atto o incipienti, anche per la mancanza di coperture detritiche potenzialmente mobilitabili e di situazioni di fragilità della roccia in posto. L'ambito allo stato attuale risulta intrinsecamente stabile ed affidabile, condizione peraltro accertata anche in fase di sopralluogo e di rilievo di dettaglio.

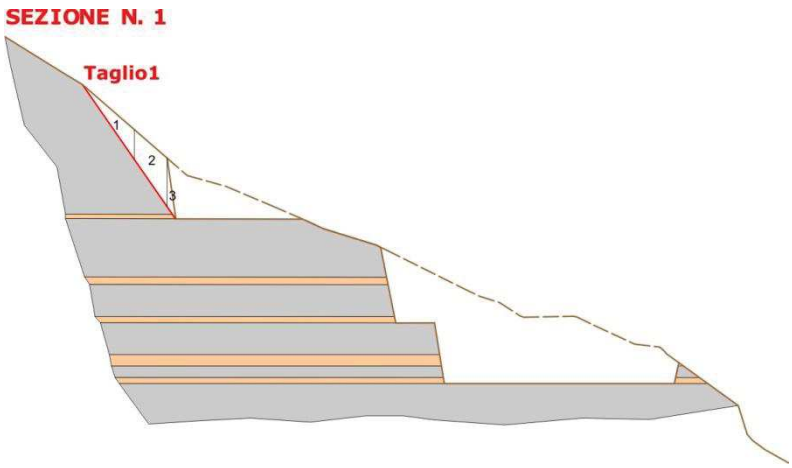
Le condizioni accertate hanno permesso di escludere qualsiasi presupposto per una ulteriore verifica analitica in merito alla stabilità delle condizioni attuali, pertanto, le verifiche analitiche della stabilità, si sono incentrate sui fronti di scavo della porzione di cava non interessata da attività estrattiva.



Gruppo sezioni verifica stabilità fronti di scavo

9.2.1 SEZIONI E CALCOLI

Le sezioni considerate ai fini della verifica sono risultate le più sfavorevoli in rapporto alle geometrie di scavo e le condizioni geologico – strutturali locali.



SEZIONE IN ESAME: 1 - Taglio1 - condizioni pseudostatiche

COEFFICIENTE SISMICO ORIZZONTALE : Kh = 0,073

CARATTERISTICHE DEI TERRENI:

STRATO 1 => γ_1= 2,40 peso di volume

c_1= 17,90 coesione [tonn/m^2]

ϕ_1= 0,00 angolo di attrito

Numero concio	Peso concio W [tonn/ml]	Pendenza concio α [°]	Altezza falda h_w [ml]	Massa resistente [tonn/ml]	Massa destab. [tonn/ml]	Coeff. di sicurezza	Deficit di spinta
1	32,48	55,00	0,00	214,40	27,97	7,67	186,43
2	50,41	55,00	0,00	349,84	71,37	4,90	278,46
3	8,89	55,00	0,00	385,73	79,03	4,88	306,70

Fs = 4,88

SEZIONE IN ESAME: 1 - Taglio1 - condizioni statiche

SISMICITA' : 0

CARATTERISTICHE DEI TERRENI:

STRATO 1 => γ_1= 2,40 peso di volume

c_1= 4,00 coesione [tonn/m^2]

ϕ_1= 24,80 angolo di attrito

Numero concio	Peso concio W [tonn/ml]	Pendenza concio α [°]	Altezza falda h_w [ml]	Massa resistente [tonn/ml]	Massa destab. [tonn/ml]	Coeff. di sicurezza	Deficit di spinta
1	32,48	55,00	0,00	56,52	26,61	2,12	29,91
2	50,41	55,00	0,00	100,15	67,90	1,47	32,24
3	8,89	55,00	0,00	110,52	75,18	1,47	35,34

Fs = 1,47

SEZIONE IN ESAME: 1 - Taglio1 - condizioni post sisma

SISMICITA': 0

CARATTERISTICHE DEI TERRENI:

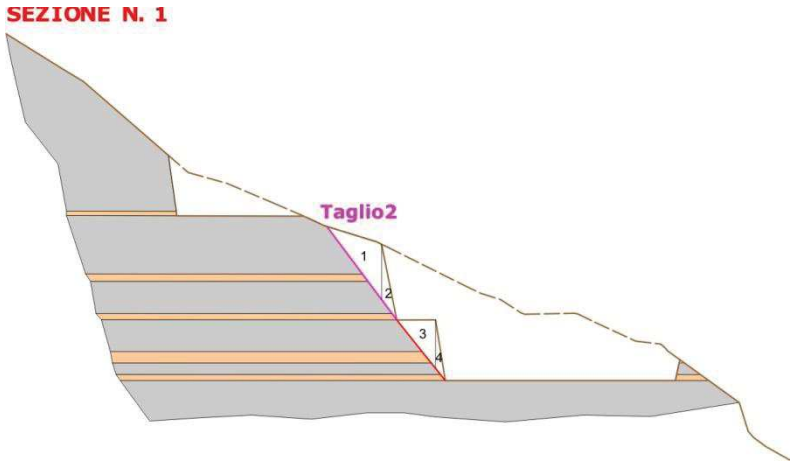
STRATO 1 => γ_1= 2,40 peso di volume

c_1= 3,80 coesione [tonn/m^2]

ϕ_1= 24,00 angolo di attrito

Numero concio	Peso concio W [tonn/ml]	Pendenza concio α [°]	Altezza falda h_w [ml]	Massa resistente [tonn/ml]	Massa destab. [tonn/ml]	Coeff. di sicurezza	Deficit di spinta
1	32,48	55,00	0,00	53,81	26,61	2,02	27,20
2	50,41	55,00	0,00	95,44	67,90	1,41	27,53
3	8,89	55,00	0,00	105,32	75,18	1,40	30,14

Fs = 1,40



SEZIONE IN ESAME: 1 - Taglio2 - condizioni pseudostatiche

COEFFICIENTE SISMICO ORIZZONTALE: Kh = 0,073

CARATTERISTICHE DEI TERRENI:

STRATO 1 => γ_1= 2,40 peso di volume

c_1= 17,90 coesione [tonn/m^2]

ϕ_1= 0,00 angolo di attrito

Numero concio	Peso concio W [tonn/ml]	Pendenza concio α [°]	Altezza falda h_w [ml]	Massa resistente [tonn/ml]	Massa destab. [tonn/ml]	Coeff. di sicurezza	Deficit di spinta
1	63,95	53,00	0,00	215,94	53,88	4,01	162,06
2	17,62	53,00	0,00	275,42	68,72	4,01	206,70
3	38,75	52,00	0,00	423,99	101,00	4,20	322,99
4	9,78	52,00	0,00	461,50	109,15	4,23	352,35

Fs = 4,23

SEZIONE IN ESAME: 1 - Taglio2 - condizioni statiche

SISMICITA' : 0

CARATTERISTICHE DEI TERRENI:

STRATO 1 => γ_1= 2,40 peso di volume

c_1= 4,00 coesione [tonn/m^2]

ϕ_1= 24,80 angolo di attrito

Numero concio	Peso concio W [tonn/ml]	Pendenza concio α [°]	Altezza falda h_w [ml]	Massa resistente [tonn/ml]	Massa destab. [tonn/ml]	Coeff. di sicurezza	Deficit di spinta
1	63,95	53,00	0,00	66,04	51,07	1,29	14,97
2	17,62	53,00	0,00	84,23	65,14	1,29	19,09
3	38,75	52,00	0,00	128,45	95,68	1,34	32,78
4	9,78	52,00	0,00	139,62	103,39	1,35	36,23

Fs = 1,35

SEZIONE IN ESAME: 1 - Taglio2 - condizioni post sisma

SISMICITA' : 0

CARATTERISTICHE DEI TERRENI:

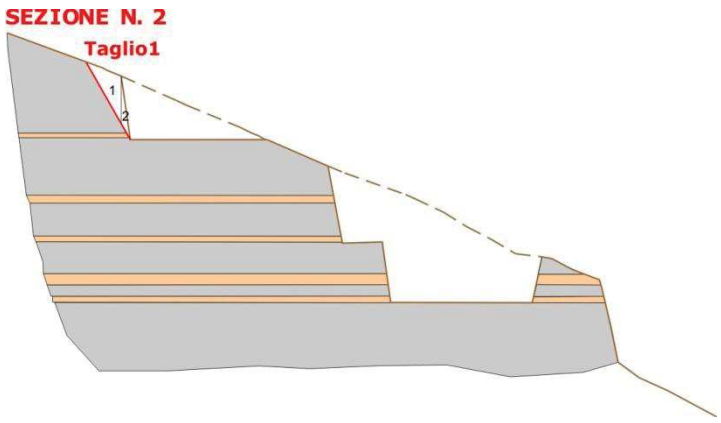
STRATO 1 => γ_1= 2,40 peso di volume

c_1= 3,80 coesione [tonn/m^2]

ϕ_1= 24,00 angolo di attrito

Numero concio	Peso concio W [tonn/ml]	Pendenza concio α [°]	Altezza falda h_w [ml]	Massa resistente [tonn/ml]	Massa destab. [tonn/ml]	Coeff. di sicurezza	Deficit di spinta
1	63,95	53,00	0,00	62,98	51,07	1,23	11,91
2	17,62	53,00	0,00	80,32	65,14	1,23	15,19
3	38,75	52,00	0,00	122,49	95,68	1,28	26,81
4	9,78	52,00	0,00	133,13	103,39	1,29	29,74

Fs = 1,29



SEZIONE IN ESAME: 2 - Taglio1- condizioni pseudostatiche

COEFFICIENTE SISMICO ORIZZONTALE Kh = 0,073

CARATTERISTICHE DEI TERRENI:

STRATO 1 => γ_1= 2,40 peso di volume

c_1= 17,90 coesione [tonn/m^2]

ϕ_1= 0,00 angolo di attrito

Numero concio	Peso concio W [tonn/ml]	Pendenza concio α [°]	Altezza falda h_w [ml]	Massa resistente [tonn/ml]	Massa destab. [tonn/ml]	Coeff. di sicurezza	Deficit di spinta
1	35,19	60,00	0,00	167,19	31,76	5,26	135,42
2	8,89	60,00	0,00	209,43	39,79	5,26	169,64

Fs = 5,26

SEZIONE IN ESAME: 2 - Taglio2 - condizioni statiche

SISMICITA' : 0

CARATTERISTICHE DEI TERRENI:

STRATO 1 => γ_1= 2,40 peso di volume

c_1= 4,00 coesione [tonn/m^2]

ϕ_1= 24,80 angolo di attrito

Numero concio	Peso concio W [tonn/ml]	Pendenza concio α [°]	Altezza falda h_w [ml]	Massa resistente [tonn/ml]	Massa destab. [tonn/ml]	Coeff. di sicurezza	Deficit di spinta
1	35,19	60,00	0,00	45,49	30,48	1,49	15,01
2	8,89	60,00	0,00	56,99	38,18	1,49	18,81

Fs = 1,49

SEZIONE IN ESAME: 2 - Taglio1- condizioni post sisma

SISMICITA': 0

CARATTERISTICHE DEI TERRENI:

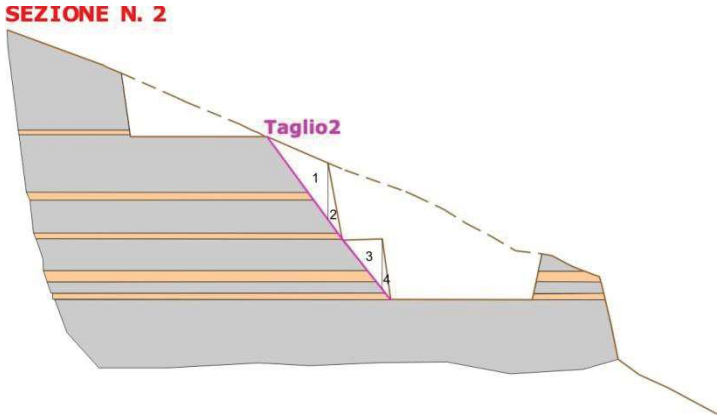
STRATO 1 => γ_1= 2,40 peso di volume

c_1= 3,80 coesione [tonn/m^2]

ϕ_1= 24,00 angolo di attrito

Numero concio	Peso concio W [tonn/ml]	Pendenza concio α [°]	Altezza falda h_w [ml]	Massa resistente [tonn/ml]	Massa destab. [tonn/ml]	Coeff. di sicurezza	Deficit di spinta
1	35,19	60,00	0,00	43,33	30,48	1,42	12,85
2	8,89	60,00	0,00	54,27	38,18	1,42	16,09

Fs = 1,42



SEZIONE IN ESAME: 2 - Taglio2 - condizioni pseudostatiche

COEFFICIENTE SISMICO ORIZZONTALE : Kh = 0,073

CARATTERISTICHE DEI TERRENI:

STRATO 1 => γ_1= 2,40 peso di volume

c_1= 17,90 coesione [tonn/m^2]

ϕ_1= 0,00 angolo di attrito

Numero concio	Peso concio W [tonn/ml]	Pendenza concio α [°]	Altezza falda h_w [ml]	Massa resistente [tonn/ml]	Massa destab. [tonn/ml]	Coeff. di sicurezza	Deficit di spinta
1	72,15	54,00	0,00	245,45	61,47	3,99	183,98
2	17,90	54,00	0,00	306,36	76,72	3,99	229,64
3	40,82	52,00	0,00	456,67	110,73	4,12	345,95
4	8,84	52,00	0,00	489,24	118,09	4,14	371,15

Fs = 4,14

SEZIONE IN ESAME: 2 - Taglio2 - condizioni statiche

SISMICITA' : 0

CARATTERISTICHE DEI TERRENI:

STRATO 1 => γ_1= 2,40 peso di volume

c_1= 4,00 coesione [tonn/m^2]

ϕ_1= 24,80 angolo di attrito

Numero concio	Peso concio W [tonn/ml]	Pendenza concio α [°]	Altezza falda h_w [ml]	Massa resistente [tonn/ml]	Massa destab. [tonn/ml]	Coeff. di sicurezza	Deficit di spinta
1	72,15	54,00	0,00	74,45	58,37	1,28	16,07
2	17,90	54,00	0,00	92,92	72,86	1,28	20,06
3	40,82	52,00	0,00	138,12	105,03	1,32	33,10
4	8,84	52,00	0,00	147,91	111,99	1,32	35,92

Fs = 1,32

SEZIONE IN ESAME: 2 - Taglio2 - condizioni post sisma

SISMICITA' : 0

CARATTERISTICHE DEI TERRENI:

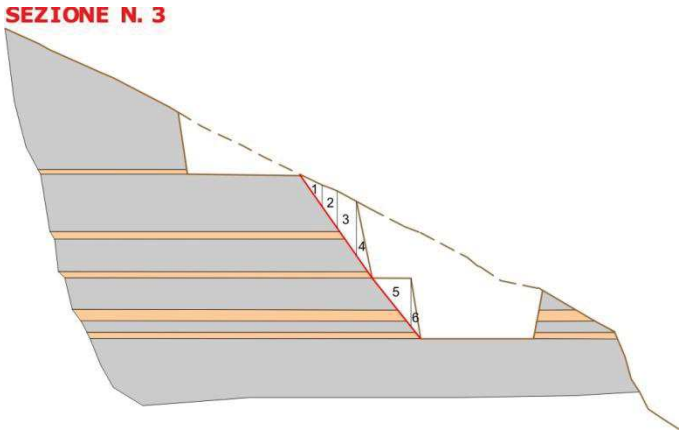
STRATO 1 => γ_1= 2,40 peso di volume

c_1= 3,80 coesione [tonn/m^2]

ϕ_1= 24,00 angolo di attrito

Numero concio	Peso concio W [tonn/ml]	Pendenza concio α [°]	Altezza falda h_w [ml]	Massa resistente [tonn/ml]	Massa destab. [tonn/ml]	Coeff. di sicurezza	Deficit di spinta
1	72,15	54,00	0,00	70,99	58,37	1,22	12,62
2	17,90	54,00	0,00	88,61	72,86	1,22	15,75
3	40,82	52,00	0,00	131,71	105,03	1,25	26,68
4	8,84	52,00	0,00	141,04	111,99	1,26	29,05

Fs = 1,26



SEZIONE IN ESAME: 3 - Taglio1- condizioni pseudostatiche

COEFFICIENTE SISMICO ORIZZONTALE Kh = 0,073

CARATTERISTICHE DEI TERRENI:

STRATO 1 => γ_1= 2,40 peso di volume

c_1= 17,90 coesione [tonn/m^2]

ϕ_1= 0,00 angolo di attrito

Numero concio	Peso concio W [tonn/ml]	Pendenza concio α [°]	Altezza falda h_w [ml]	Massa resistente [tonn/ml]	Massa destab. [tonn/ml]	Coeff. di sicurezza	Deficit di spinta
1	10,22	55,00	0,00	93,62	8,80	10,64	84,82
2	17,99	55,00	0,00	156,35	24,30	6,44	132,05
3	35,76	55,00	0,00	235,31	55,09	4,27	180,22
4	17,87	55,00	0,00	300,22	70,48	4,26	229,74
5	39,20	51,00	0,00	445,85	102,74	4,34	343,11
6	9,88	51,00	0,00	482,54	110,87	4,35	371,67

Fs = 4,35

SEZIONE IN ESAME: 3 - Taglio1- condizioni statiche

SISMICITA' : 0

CARATTERISTICHE DEI TERRENI:

STRATO 1 => γ_1= 2,40 peso di volume

c_1= 4,00 coesione [tonn/m^2]

ϕ_1= 24,80 angolo di attrito

Numero concio	Peso concio W [tonn/ml]	Pendenza concio α [°]	Altezza falda h_w [ml]	Massa resistente [tonn/ml]	Massa destab. [tonn/ml]	Coeff. di sicurezza	Deficit di spinta
1	10,22	55,00	0,00	23,63	8,38	2,82	15,26
2	17,99	55,00	0,00	42,42	23,11	1,84	19,30
3	35,76	55,00	0,00	69,54	52,41	1,33	17,13
4	17,87	55,00	0,00	88,78	67,05	1,32	21,73
5	39,20	51,00	0,00	132,72	97,51	1,36	35,21
6	9,88	51,00	0,00	143,79	105,19	1,37	38,61

Fs = 1,37

SEZIONE IN ESAME: 3 - Taglio1- condizioni post sisma

SISMICITA': 0

CARATTERISTICHE DEI TERRENI:

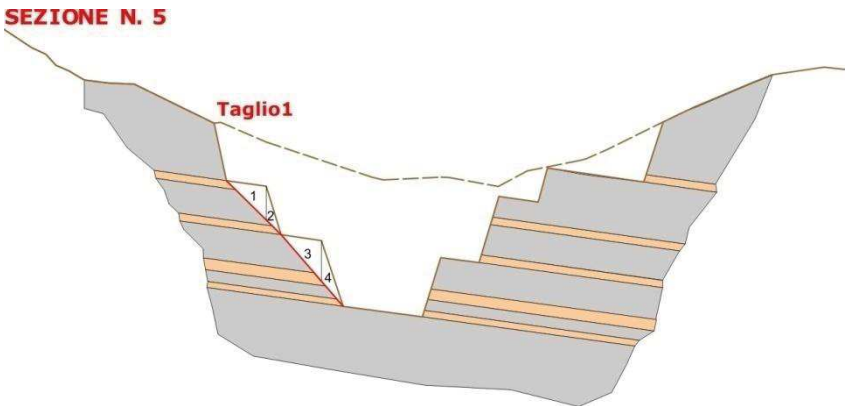
STRATO 1 => γ_1= 2,40 peso di volume

c_1= 3,80 coesione [tonn/m^2]

ϕ_1= 24,00 angolo di attrito

Numero concio	Peso concio W [tonn/ml]	Pendenza concio α [°]	Altezza falda h_w [ml]	Massa resistente [tonn/ml]	Massa destab. [tonn/ml]	Coeff. di sicurezza	Deficit di spinta
1	10,22	55,00	0,00	22,49	8,38	2,68	14,11
2	17,99	55,00	0,00	40,40	23,11	1,75	17,28
3	35,76	55,00	0,00	66,29	52,41	1,26	13,88
4	17,87	55,00	0,00	84,64	67,05	1,26	17,59
5	39,20	51,00	0,00	126,54	97,51	1,30	29,02
6	9,88	51,00	0,00	137,09	105,19	1,30	31,90

Fs = 1,30



SEZIONE IN ESAME: 5 - Taglio1- condizioni pseudostatiche

COEFFICIENTE SISMICO ORIZZONTALE: Kh = 0,073

CARATTERISTICHE DEI TERRENI:

STRATO 1 => γ_1= 2,40 peso di volume

c_1= 17,90 coesione [tonn/m^2]

ϕ_1= 0,00 angolo di attrito

Numero concio	Peso concio W [tonn/ml]	Pendenza concio α [°]	Altezza falda h_w [ml]	Massa resistente [tonn/ml]	Massa destab. [tonn/ml]	Coeff. di sicurezza	Deficit di spinta
1	28,10	45,00	0,00	132,90	21,32	6,23	111,58
2	10,54	45,00	0,00	182,77	29,32	6,23	153,45
3	34,22	49,00	0,00	327,92	56,78	5,78	271,14
4	18,52	49,00	0,00	406,50	71,65	5,67	334,85

Fs = 5,67

SEZIONE IN ESAME: 5 - Taglio1- condizioni statiche

SISMICITA' : 0

CARATTERISTICHE DEI TERRENI:

STRATO 1 => γ_1= 2,40 peso di volume

c_1= 4,00 coesione [tonn/m^2]

ϕ_1= 24,80 angolo di attrito

Numero concio	Peso concio W [tonn/ml]	Pendenza concio α [°]	Altezza falda h_w [ml]	Massa resistente [tonn/ml]	Massa destab. [tonn/ml]	Coeff. di sicurezza	Deficit di spinta
1	28,10	45,00	0,00	38,88	19,87	1,96	19,01
2	10,54	45,00	0,00	53,47	27,32	1,96	26,14
3	34,22	49,00	0,00	96,28	53,15	1,81	43,13
4	18,52	49,00	0,00	119,45	67,13	1,78	52,32

Fs = 1,78

SEZIONE IN ESAME: 5 - Taglio1- condizioni post sisma

SISMICITA': 0

CARATTERISTICHE DEI TERRENI:

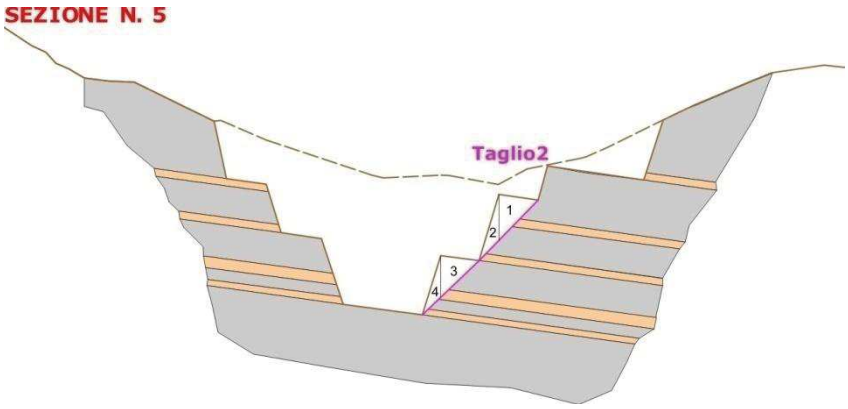
STRATO 1 => γ_1= 2,40 peso di volume

c_1= 3,80 coesione [tonn/m^2]

ϕ_1= 24,00 angolo di attrito

Numero concio	Peso concio W [tonn/ml]	Pendenza concio α [°]	Altezza falda h_w [ml]	Massa resistente [tonn/ml]	Massa destab. [tonn/ml]	Coeff. di sicurezza	Deficit di spinta
1	28,10	45,00	0,00	37,06	19,87	1,87	17,19
2	10,54	45,00	0,00	50,97	27,32	1,87	23,64
3	34,22	49,00	0,00	91,77	53,15	1,73	38,63
4	18,52	49,00	0,00	113,87	67,13	1,70	46,74

Fs = 1,70



SEZIONE IN ESAME: 5 - Taglio2- condizioni pseudostatiche

COEFFICIENTE SISMICO ORIZZONTALE: Kh = 0,073

CARATTERISTICHE DEI TERRENI:

STRATO 1 => γ_1= 2,40 peso di volume

c_1= 17,90 coesione [tonn/m^2]

ϕ_1= 0,00 angolo di attrito

Numero concio	Peso concio W [tonn/ml]	Pendenza concio α [°]	Altezza falda h_w [ml]	Massa resistente [tonn/ml]	Massa destab. [tonn/ml]	Coeff. di sicurezza	Deficit di spinta
1	37,74	46,00	0,00	133,74	29,06	4,60	104,67
2	17,89	46,00	0,00	197,13	42,84	4,60	154,29
3	34,45	44,00	0,00	327,02	68,58	4,77	258,44
4	16,04	44,00	0,00	387,49	80,56	4,81	306,92

Fs = 4,81

SEZIONE IN ESAME: 5 - Taglio2- condizioni statiche

SISMICITA' : 0

CARATTERISTICHE DEI TERRENI:

STRATO 1 => γ_1= 2,40 peso di volume

c_1= 4,00 coesione [tonn/m^2]

ϕ_1= 24,80 angolo di attrito

Numero concio	Peso concio W [tonn/ml]	Pendenza concio α [°]	Altezza falda h_w [ml]	Massa resist. [tonn/ml]	Massa dest. [tonn/ml]	Coeff. di sicurezza	Deficit di spinta
1	37,74	46,00	0,00	42,00	27,15	1,55	14,85
2	17,89	46,00	0,00	61,91	40,02	1,55	21,89
3	34,45	44,00	0,00	102,38	63,95	1,60	38,43
4	16,04	44,00	0,00	121,23	75,09	1,61	46,14

Fs = 1,61

SEZIONE IN ESAME: 5 - Taglio2- condizioni post sisma

SISMICITA': 0

CARATTERISTICHE DEI TERRENI:

STRATO 1 => γ_1= 2,40 peso di volume

c_1= 3,80 coesione [tonn/m^2]

ϕ_1= 24,00 angolo di attrito

Numero concio	Peso concio W [tonn/ml]	Pendenza concio α [°]	Altezza falda h_w [ml]	Massa resist. [tonn/ml]	Massa dest. [tonn/ml]	Coeff. di sicurezza	Deficit di spinta
1	37,74	46,00	0,00	40,06	27,15	1,48	12,91
2	17,89	46,00	0,00	59,05	40,02	1,48	19,04
3	34,45	44,00	0,00	97,66	63,95	1,53	33,71
4	16,04	44,00	0,00	115,64	75,09	1,54	40,55

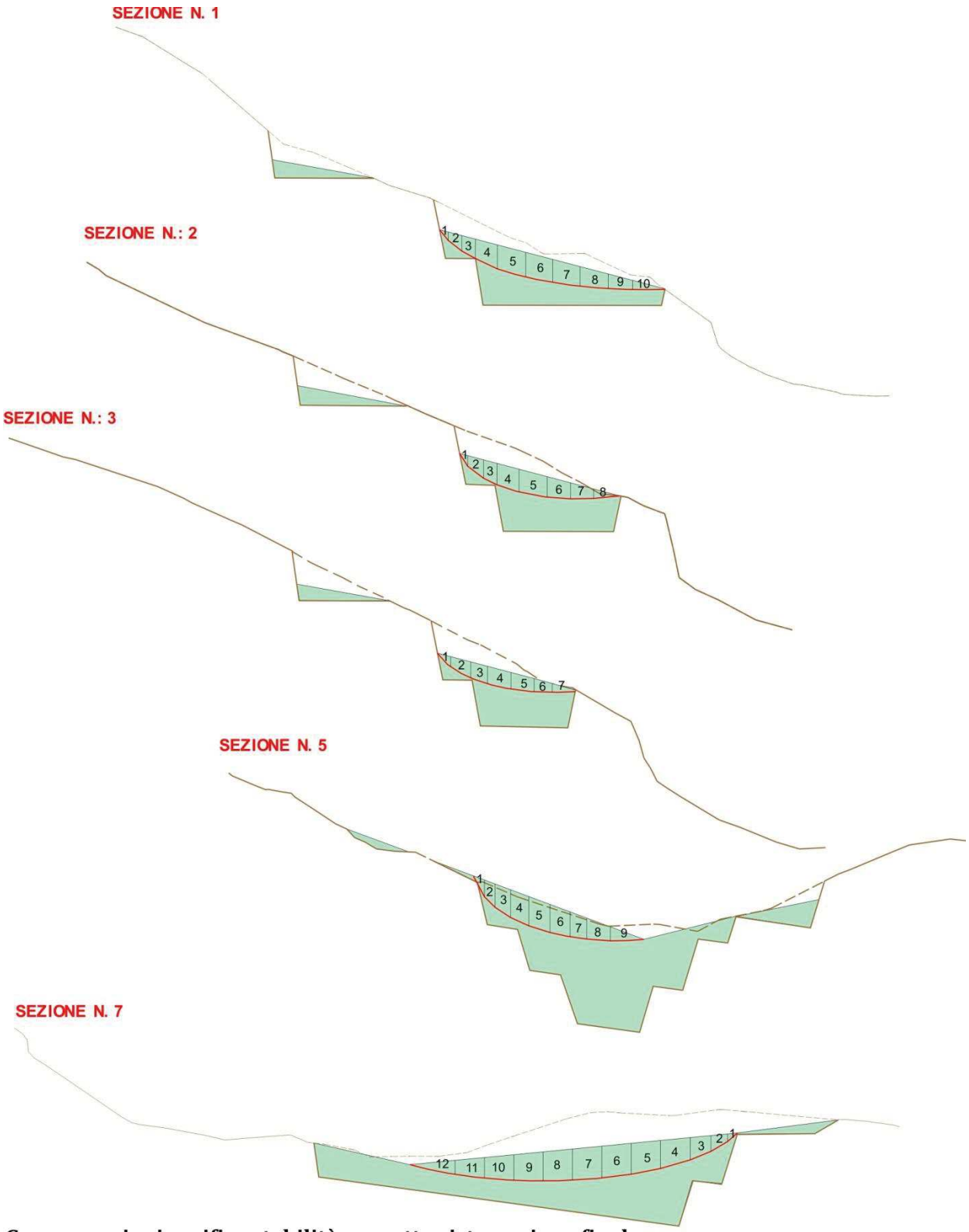
Fs = 1,54

9.3 - VERIFICA DI STABILITÀ DEI PROFILI DI RIPRISTINO

Il progetto di sistemazione, propone condizioni morfologiche dei profili topografici finali favorevoli alla stabilità. Si evince dalle sezioni di progetto, infatti, una maggiore concentrazione al piede dei volumi di materiali di tombamento con positivo effetto stabilizzante. Ulteriore importante contributo all'efficienza statica, è connesso ai profili di scavo sui quali è conferito il terreno di riporto che, per la loro conformazione gradonata, non predispongono piani inclinati sui quali può scivolare il terreno di riporto. Le potenziali superfici di scivolamento considerate nelle verifiche di stabilità, pertanto, si sviluppano all'interno dei materiali di riporto e non all'interfaccia col substrato per l'insussistenza di condizioni destabilizzanti. Si sottolinea, infine, l'aggiuntivo contributo a favore della stabilità, esercitato dalla regimazione delle acque superficiali e piantumazione previste in progetto, efficaci a contrastare l'erosione del suolo e infiltrazioni idriche ipodermiche scongiurando fenomeni di "saponificazione" sull'interfaccia detrito – bedrock.

Nonostante le positive notazioni prima argomentate, si è comunque provveduto a eseguire verifiche analitiche della stabilità nelle condizioni di sistemazione finale, incentrandole tuttavia nelle sezioni longitudinali. Le sezioni trasversali, infatti, propongono il pressoché completo

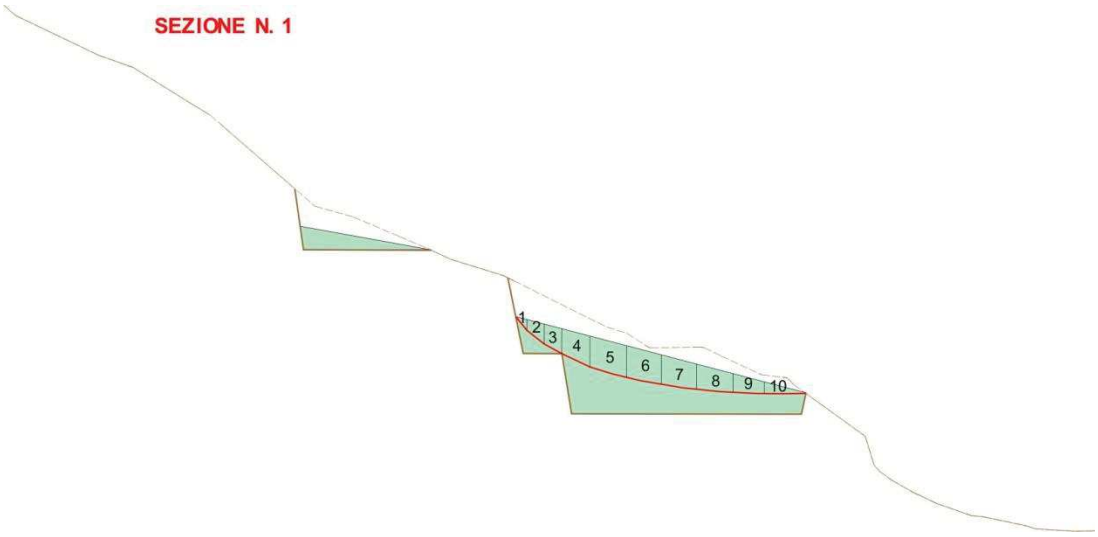
tombamento delle aree di scavo da cui consegue una palese inconsistenza di gradienti morfologici potenzialmente destabilizzanti lungo i profili di sistemazione finale.



Gruppo sezioni verifica stabilità progetto sistemazione finale

9.3.1 SEZIONI E CALCOLI

Le sezioni considerate ai fini della verifica sono risultate le più sfavorevoli in rapporto alle geometrie di scavo e le condizioni geologico – strutturali locali.



SEZIONE IN ESAME: 1 - condizioni pseudostatiche

COEFFICIENTE SISMICO ORIZZONTALE : Kh = 0,073

CARATTERISTICHE DEI TERRENI:

STRATO 1 => γ_1= 1,90 peso di volume

c_1= 3,57 coesione [tonn/m^2]

ϕ_1= 0,00 angolo di attrito

Numero concio	Peso concio W [tonn/ml]	Pendenza concio α [°]	Altezza falda h_w [ml]	Massa resistente [tonn/ml]	Massa destab. [tonn/ml]	Coeff. di sicurezza	Deficit di spinta
1	2,05	51,00	0,00	8,51	1,69	5,04	6,82
2	8,87	38,00	0,00	18,93	7,66	2,47	11,27
3	13,15	29,00	0,00	28,44	14,87	1,91	13,56
4	26,08	25,00	0,00	43,09	27,62	1,56	15,47
5	37,98	16,00	0,00	61,07	40,76	1,50	20,31
6	35,05	11,00	0,00	77,80	49,95	1,56	27,84
7	31,77	8,00	0,00	94,63	56,67	1,67	37,96
8	27,63	5,00	0,00	111,83	61,09	1,83	50,74
9	15,81	2,00	0,00	126,62	62,80	2,02	63,83
10	7,90	0,00	0,00	145,65	63,37	2,30	82,28

Fs = 2,30

SEZIONE IN ESAME: 1 - condizioni statiche

SISMICITA' : 0

CARATTERISTICHE DEI TERRENI:

STRATO 1 => γ_1= 1,90 peso di volume

c_1= 1,20 coesione [tonn/m^2]

ϕ_1= 20,46 angolo di attrito

Numero concio	Peso concio W [tonn/ml]	Pendenza concio α [°]	Altezza falda h_w [ml]	Massa resistente [tonn/ml]	Massa destab. [tonn/ml]	Coeff. di sicurezza	Deficit di spinta
1	2,05	51,00	0,00	3,34	1,59	2,10	1,75
2	8,87	38,00	0,00	9,45	7,06	1,34	2,40
3	13,15	29,00	0,00	16,94	13,43	1,26	3,51
4	26,08	25,00	0,00	30,68	24,45	1,25	6,23
5	37,98	16,00	0,00	50,35	34,92	1,44	15,43
6	35,05	11,00	0,00	68,81	41,61	1,65	27,20
7	31,77	8,00	0,00	86,20	46,03	1,87	40,17
8	27,63	5,00	0,00	102,25	48,44	2,11	53,82
9	15,81	2,00	0,00	113,12	48,99	2,31	64,13
10	7,90	0,00	0,00	122,46	48,99	2,50	73,47

Fs = 2,50

SEZIONE IN ESAME: 1 - condizioni post sisma

SMICITA' : 0

CARATTERISTICHE DEI TERRENI:

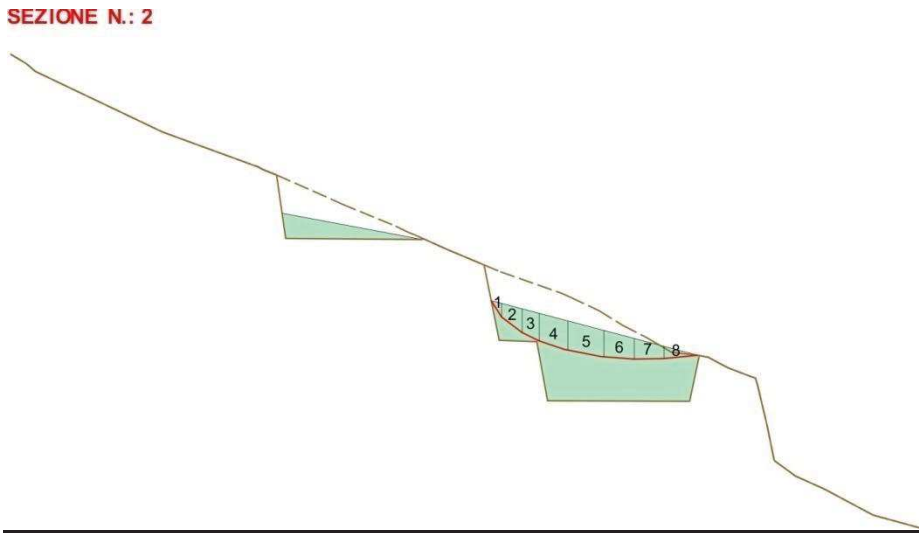
STRATO 1 => γ_1= 1,90 peso di volume

c_1= 1,00 coesione [tonn/m^2]

ϕ_1= 20,00 angolo di attrito

Numero concio	Peso concio W [tonn/ml]	Pendenza concio α [°]	Altezza falda h_w [ml]	Massa resistente [tonn/ml]	Massa destab. [tonn/ml]	Coeff. di sicurezza	Deficit di spinta
1	2,05	51,00	0,00	2,85	1,59	1,79	1,26
2	8,87	38,00	0,00	8,32	7,06	1,18	1,26
3	13,15	29,00	0,00	15,17	13,43	1,13	1,74
4	26,08	25,00	0,00	27,87	24,45	1,14	3,42
5	37,98	16,00	0,00	46,20	34,92	1,32	11,28
6	35,05	11,00	0,00	63,40	41,61	1,52	21,80
7	31,77	8,00	0,00	79,57	46,03	1,73	33,54
8	27,63	5,00	0,00	94,41	48,44	1,95	45,97
9	15,81	2,00	0,00	104,30	48,99	2,13	55,31
10	7,90	0,00	0,00	112,51	48,99	2,30	63,52

Fs = 2,30



SEZIONE IN ESAME: 2 - condizioni pseudostatiche

COEFFICIENTE SISMICO ORIZZONTALE: Kh = 0,073

CARATTERISTICHE DEI TERRENI:

STRATO 1 => γ_1= 1,90 peso di volume

c_1= 3,57 coesione [tonn/m^2]

ϕ_1= 0,00 angolo di attrito

Numero concio	Peso concio W [tonn/ml]	Pendenza concio α [°]	Altezza falda h_w [ml]	Massa resistente [tonn/ml]	Massa destab. [tonn/ml]	Coeff. di sicurezza	Deficit di spinta
1	2,39	58,00	0,00	9,30	2,12	4,39	7,18
2	12,77	37,00	0,00	21,41	10,55	2,03	10,87
3	14,66	26,00	0,00	30,43	17,94	1,70	12,49
4	26,93	18,00	0,00	44,58	28,13	1,58	16,45
5	33,33	11,00	0,00	61,96	36,88	1,68	25,09
6	23,70	4,00	0,00	76,31	40,25	1,90	36,06
7	16,16	0,00	0,00	90,31	41,43	2,18	48,87
8	6,85	-5,00	0,00	106,26	41,34	2,57	64,92

Fs = 2,57

SEZIONE IN ESAME: 2 - condizioni statiche

SISMICITA' : 0

CARATTERISTICHE DEI TERRENI:

STRATO 1 => γ_1= 1,90 peso di volume

c_1= 1,20 coesione [tonn/m^2]

ϕ_1= 20,46 angolo di attrito

Numero concio	Peso concio W [tonn/ml]	Pendenza concio α [°]	Altezza falda h_w [ml]	Massa resistente [tonn/ml]	Massa destab. [tonn/ml]	Coeff. di sicurezza	Deficit di spinta
1	2,39	58,00	0,00	3,60	2,02	1,78	1,57
2	12,77	37,00	0,00	11,47	9,71	1,18	1,77
3	14,66	26,00	0,00	19,42	16,14	1,20	3,28
4	26,93	18,00	0,00	33,73	24,46	1,38	9,28
5	33,33	11,00	0,00	51,79	30,82	1,68	20,97
6	23,70	4,00	0,00	65,43	32,47	2,01	32,96
7	16,16	0,00	0,00	76,16	32,47	2,35	43,69
8	6,85	-5,00	0,00	84,07	31,88	2,64	52,19

Fs = 2,64

SEZIONE IN ESAME: 2 - condizioni post sisma

SISMICITA' : 0

CARATTERISTICHE DEI TERRENI:

STRATO 1 => γ_1= 1,90 peso di volume

c_1= 1,00 coesione [tonn/m^2]

ϕ_1= 20,00 angolo di attrito

Numero concio	Peso concio W [tonn/ml]	Pendenza concio α [°]	Altezza falda h_w [ml]	Massa resistente [tonn/ml]	Massa destab. [tonn/ml]	Coeff. di sicurezza	Deficit di spinta
1	2,39	58,00	0,00	3,06	2,02	1,51	1,04
2	12,77	37,00	0,00	10,17	9,71	1,05	0,46
3	14,66	26,00	0,00	17,49	16,14	1,08	1,36
4	26,93	18,00	0,00	30,78	24,46	1,26	6,32
5	33,33	11,00	0,00	47,56	30,82	1,54	16,74
6	23,70	4,00	0,00	60,18	32,47	1,85	27,71
7	16,16	0,00	0,00	69,98	32,47	2,16	37,51
8	6,85	-5,00	0,00	76,93	31,88	2,41	45,06

Fs = 2,41



SEZIONE IN ESAME: 3 - condizioni pseudostatiche

COEFFICIENTE SISMICO ORIZZONTALE : Kh = 0,073

CARATTERISTICHE DEI TERRENI:

STRATO 1 => γ_1= 1,90 peso di volume

c_1= 3,57 coesione [tonn/m^2]

ϕ_1= 0,00 angolo di attrito

Numero concio	Peso concio W [tonn/ml]	Pendenza concio α [°]	Altezza falda h_w [ml]	Massa resistente [tonn/ml]	Massa destab. [tonn/ml]	Coeff. di sicurezza	Deficit di spinta
1	3,60	45,00	0,00	11,26	2,73	4,12	8,53
2	14,34	29,00	0,00	25,26	10,60	2,38	14,66
3	15,22	19,00	0,00	35,94	16,60	2,16	19,34
4	22,05	13,00	0,00	50,71	23,13	2,19	27,58
5	18,72	7,00	0,00	64,77	26,77	2,42	38,00
6	10,93	0,00	0,00	75,88	27,57	2,75	48,31
7	5,41	-1,00	0,00	89,80	27,87	3,22	61,93

Fs = 3,22

SEZIONE IN ESAME: 3 - condizioni statiche

SISMICITA' : 0

CARATTERISTICHE DEI TERRENI:

STRATO 1 => γ_1= 1,90 peso di volume

c_1= 1,20 coesione [tonn/m^2]

ϕ_1= 20,46 angolo di attrito

Numero concio	Peso concio W [tonn/ml]	Pendenza concio α [°]	Altezza falda h_w [ml]	Massa resistente [tonn/ml]	Massa destab. [tonn/ml]	Coeff. di sicurezza	Deficit di spinta
1	3,60	45,00	0,00	4,73	2,55	1,86	2,19
2	14,34	29,00	0,00	14,12	9,50	1,49	4,62

3	15,22	19,00	0,00	23,08	14,45	1,60	8,63
4	22,05	13,00	0,00	36,06	19,41	1,86	16,65
5	18,72	7,00	0,00	47,72	21,69	2,20	26,02
6	10,93	0,00	0,00	55,53	21,69	2,56	33,83
7	5,41	-1,00	0,00	62,23	21,60	2,88	40,63

Fs = 2,88

SEZIONE IN ESAME: 3 - condizioni post sisma

SISMICITA' : 0

CARATTERISTICHE DEI TERRENI:

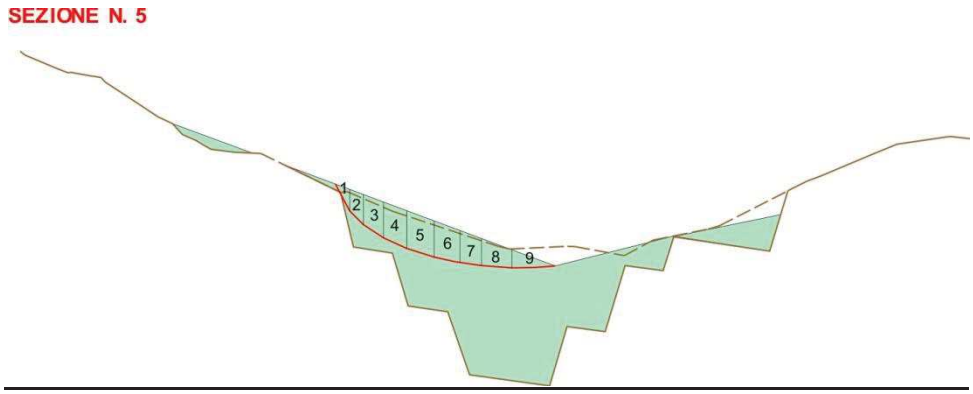
STRATO 1 => γ_1= 1,90 peso di volume

c_1= 1,00 coesione [tonn/m^2]

ϕ_1= 20,00 angolo di attrito

Numero concio	Peso concio W [tonn/ml]	Pendenza concio α [°]	Altezza falda h_w [ml]	Massa resistente [tonn/ml]	Massa destab. [tonn/ml]	Coeff. di sicurezza	Deficit di spinta
1	3,60	45,00	0,00	4,08	2,55	1,60	1,53
2	14,34	29,00	0,00	12,57	9,50	1,32	3,07
3	15,22	19,00	0,00	20,80	14,45	1,44	6,34
4	22,05	13,00	0,00	32,75	19,41	1,69	13,34
5	18,72	7,00	0,00	43,46	21,69	2,00	21,76
6	10,93	0,00	0,00	50,54	21,69	2,33	28,85
7	5,41	-1,00	0,00	56,41	21,60	2,61	34,81

Fs = 2,61



SEZIONE IN ESAME: 5 - condizioni pseudostatiche

COEFFICIENTE SISMICO ORIZZONTALE: Kh = 0,073

CARATTERISTICHE DEI TERRENI:

STRATO 1 => γ_1= 1,90 peso di volume

c_1= 3,57 coesione [tonn/m^2]

ϕ_1= 0,00 angolo di attrito

Numero concio	Peso concio W [tonn/ml]	Pendenza concio α [°]	Altezza falda h_w [ml]	Massa resistente [tonn/ml]	Massa destab. [tonn/ml]	Coeff. di sicurezza	Deficit di spinta
1	5,19	62,00	0,00	14,52	4,76	3,05	9,76
2	11,70	45,00	0,00	23,61	13,63	1,73	9,98
3	21,95	33,00	0,00	34,89	26,93	1,30	7,96
4	28,35	24,00	0,00	46,89	40,36	1,16	6,53
5	33,66	18,00	0,00	60,52	53,09	1,14	7,42
6	29,33	12,00	0,00	73,03	61,28	1,19	11,75
7	20,97	8,00	0,00	83,24	65,72	1,27	17,52
8	22,82	4,00	0,00	97,66	68,97	1,42	28,69
9	12,93	0,00	0,00	118,08	69,92	1,69	48,16

Fs = 1,69

SEZIONE IN ESAME: 5 - condizioni statiche

SISMICITA': 0

CARATTERISTICHE DEI TERRENI:

STRATO 1 => γ_1= 1,90 peso di volume

c_1= 1,20 coesione [tonn/m^2]

ϕ_1= 20,46 angolo di attrito

Numero concio	Peso concio W [tonn/ml]	Pendenza concio α [°]	Altezza falda h_w [ml]	Massa resistente [tonn/ml]	Massa destab. [tonn/ml]	Coeff. di sicurezza	Deficit di spinta
1	5,19	62,00	0,00	5,79	4,58	1,26	1,21
2	11,70	45,00	0,00	11,93	12,85	0,93	-0,92
3	21,95	33,00	0,00	22,59	24,81	0,91	-2,22
4	28,35	24,00	0,00	36,29	36,34	1,00	-0,05
5	33,66	18,00	0,00	52,81	46,74	1,13	6,07
6	29,33	12,00	0,00	67,72	52,84	1,28	14,88
7	20,97	8,00	0,00	78,90	55,76	1,42	23,14
8	22,82	4,00	0,00	92,24	57,35	1,61	34,89
9	12,93	0,00	0,00	103,93	57,35	1,81	46,58

Fs = 1,81

SEZIONE IN ESAME: 5 - condizioni post sisma

SISMICITA': 0

CARATTERISTICHE DEI TERRENI:

STRATO 1 => γ_1= 1,90 peso di volume

c_1= 1,00 coesione [tonn/m^2]

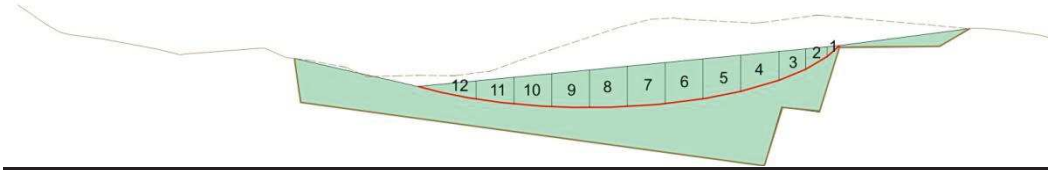
ϕ_1= 20,00 angolo di attrito

Numero concio	Peso concio W [tonn/ml]	Pendenza concio α [°]	Altezza falda h_w [ml]	Massa resistente [tonn/ml]	Massa destab. [tonn/ml]	Coeff. di sicurezza	Deficit di spinta
1	5,19	62,00	0,00	4,96	4,58	1,08	0,37
2	11,70	45,00	0,00	10,51	12,85	0,82	-2,34
3	21,95	33,00	0,00	20,37	24,81	0,82	-4,44
4	28,35	24,00	0,00	33,16	36,34	0,91	-3,18
5	33,66	18,00	0,00	48,63	46,74	1,04	1,89

6	29,33	12,00	0,00	62,57	52,84	1,18	9,74
7	20,97	8,00	0,00	72,99	55,76	1,31	17,23
8	22,82	4,00	0,00	85,31	57,35	1,49	27,97
9	12,93	0,00	0,00	95,74	57,35	1,67	38,39

Fs = 1,67

SEZIONE N. 7



SEZIONE IN ESAME: 7 - condizioni pseudostatiche

COEFFICIENTE SISMICO ORIZZONTALE: Kh = 0,073

CARATTERISTICHE DEI TERRENI:

STRATO 1 => γ_1= 1,90 peso di volume

c_1= 3,57 coesione [tonn/m^2]

ϕ_1= 0,00 angolo di attrito

Numero concio	Peso concio W [tonn/ml]	Pendenza concio α [°]	Altezza falda h_w [ml]	Massa resistente [tonn/ml]	Massa destab. [tonn/ml]	Coeff. di sicurezza	Deficit di spinta
1	2,01	38,00	0,00	7,38	1,36	5,45	6,03
2	10,78	30,00	0,00	19,13	7,42	2,58	11,71
3	21,74	22,00	0,00	32,69	17,04	1,92	15,65
4	41,33	16,00	0,00	51,52	31,33	1,64	20,19
5	47,60	11,00	0,00	69,70	43,82	1,59	25,88
6	50,64	7,00	0,00	87,68	53,66	1,63	34,02
7	50,73	4,00	0,00	105,58	60,89	1,73	44,68
8	48,45	2,00	0,00	123,44	66,12	1,87	57,32
9	43,99	0,00	0,00	141,29	69,33	2,04	71,96
10	37,15	-4,00	0,00	159,18	69,44	2,29	89,74
11	27,84	-7,00	0,00	177,17	68,07	2,60	109,10
12	17,61	-10,00	0,00	205,41	66,28	3,10	139,13

Fs = 3,10

SEZIONE IN ESAME: 7 - condizioni statiche

SISMICITA' : 0

CARATTERISTICHE DEI TERRENI:

STRATO 1 => γ_1= 1,90 peso di volume

Numero concio	Peso concio W [tonn/ml]	Pendenza concio α [°]	Altezza falda h_w [ml]	Massa resistente [tonn/ml]	Massa destab. [tonn/ml]	Coeff. di sicurezza	Deficit di spinta
1	2,01	38,00	0,00	3,07	1,24	2,48	1,83
2	10,78	30,00	0,00	10,50	6,63	1,59	3,88

3	21,74	22,00	0,00	22,58	14,77	1,53	7,81
4	41,33	16,00	0,00	43,73	26,16	1,67	17,57
5	47,60	11,00	0,00	67,27	35,24	1,91	32,03
6	50,64	7,00	0,00	92,07	41,41	2,22	50,66
7	50,73	4,00	0,00	116,96	44,95	2,60	72,01
8	48,45	2,00	0,00	141,03	46,64	3,02	94,39
9	43,99	0,00	0,00	163,44	46,64	3,50	116,80
10	37,15	-4,00	0,00	183,28	44,05	4,16	139,23
11	27,84	-7,00	0,00	199,63	40,66	4,91	158,98
12	17,61	-10,00	0,00	215,60	37,60	5,73	178,00

Fs = 5,73

SEZIONE IN ESAME: 7 - condizioni post sisma

SISMICITA' : 0

CARATTERISTICHE DEI TERRENI:

STRATO 1 => γ_1= 1,90 peso di volume

c_1= 1,00 coesione [tonn/m^2]

ϕ_1= 20,00 angolo di attrito

Numero concio	Peso concio W [tonn/ml]	Pendenza concio α [°]	Altezza falda h_w [ml]	Massa resistente [tonn/ml]	Massa destab. [tonn/ml]	Coeff. di sicurezza	Deficit di spinta
1	2,01	38,00	0,00	2,65	1,24	2,13	1,41
2	10,78	30,00	0,00	9,33	6,63	1,41	2,71
3	21,74	22,00	0,00	20,47	14,77	1,39	5,70
4	41,33	16,00	0,00	40,20	26,16	1,54	14,04
5	47,60	11,00	0,00	62,30	35,24	1,77	27,05
6	50,64	7,00	0,00	85,63	41,41	2,07	44,21
7	50,73	4,00	0,00	109,06	44,95	2,43	64,11
8	48,45	2,00	0,00	131,68	46,64	2,82	85,04
9	43,99	0,00	0,00	152,69	46,64	3,27	106,05
10	37,15	-4,00	0,00	171,19	44,05	3,89	127,14
11	27,84	-7,00	0,00	186,29	40,66	4,58	145,63
12	17,61	-10,00	0,00	200,51	37,60	5,33	162,91

Fs = 5,33

9.4 – ESITI VERIFICA DI STABILITÀ

Le valutazioni analitiche della stabilità dei fronti di scavo e dei profili finali di sistemazione, nonostante l'adozione di parametri di resistenza cautelativi, hanno espresso risultati soddisfacenti, accreditando le soluzioni progettuali adottate.

Si sottolineano in particolare gli elevati fattori di sicurezza relativi alle verifiche dei profili di ripristino finale, connessi alla sostanziale attenuazione di acclività dei gradienti morfologici e quindi a una configurazione con ridotta influenza dell'azione destabilizzante gravitativa.

Anche nelle fasi di esercizio estrattivo, sono soddisfatte le condizioni di stabilità dei fronti di scavo attribuendo sicurezza operativa di fondamentale importanza per uomini e mezzi impiegati nelle attività lavorative nella cava.

10 – IL PROGETTO DI SISTEMAZIONE FINALE MORFOLOGICO E VEGETAZIONALE

La formulazione degli orientamenti progettuali di coltivazione e di sistemazione morfologica e vegetazionale, di tipo esecutivo per il quinquennio, è conseguita all'analisi di alcuni sostanziali parametri di riferimento, che riguardano in particolare:

- Esame dello stato di fatto prodotto dalle fasi estrattive precedentemente espletate nell'area di cava e con le quali integrare le scelte e le modalità operative per la nuova autorizzazione.
- Caratteristiche composizionali e strutturali del giacimento.
- Definizione di profili di scavo in grado di assicurare affidabili condizioni di stabilità nelle fasi operative di cavatura e dei fronti finali di scavo.
- Predisposizione di assetti funzionali a prospettare una soddisfacente sistemazione dell'area di cava e un suo armonico raccordo con le zone contermini.
- Possibilità di intervenire con operazioni di recupero morfologico e vegetazionale contestualmente alle fasi di scavo.
- Mitigazione paesaggistica e compensazione vegetazionale, anche con ripristino alla naturalità di porzioni di cava occupate dalle attività di cantiere.
- Predisposizione di un preciso programma di compensazione vegetazionale a risarcimento del soprassuolo vegetazionale (arboreo ed arbustivo) abbattuto per la coltivazione del banco utile.

10.1 LINEE GENERALI DI INTERVENTO

La finalità del piano di recupero risponde alle esigenze di salvaguardia territoriale ed ambientale, espresse nelle normative a vario titolo e grado e che riguardano essenzialmente la tutela del suolo, delle acque superficiali e sotterranee, della vegetazione e del paesaggio.
Il corretto reinserimento nel contesto paesaggistico del sito estrattivo, al termine delle fasi di scavo, non può prescindere da valutazioni attente sul paesaggio e sul contesto in un intorno vasto, essendo il fronte cava visibile da una ampia porzione di territorio.
La ricomposizione morfologica ha come riferimento la dismissione dell'attività estrattiva e il recupero delle superfici gradonate e pianeggianti con interventi di rimodellamento e di impianto vegetazionale. L'ammontare delle opere di sistemazione morfologica e vegetazionale verrà quindi assunto quale riferimento per la determinazione della garanzia economica per la corretta esecuzione delle opere come previsto dall'articolo 12 comma 1 lett e) della LR 17/91 e s.m.i.
Le indicazioni qui riportate rappresentano quindi fasi propedeutiche di un progetto più organico e complessivo di sistemazione definitiva del sito estrattivo che coniuga più fattori:

1. *raggiungimento degli obiettivi di quantità*
2. *sostenibilità economica*
3. *possibilità di eseguire interventi e sistemazioni effettive e concrete*
4. *interventi efficaci pianificati all'interno di uno schema di intervento condiviso con Enti*
5. *sostenibilità ambientale e contributo alla valorizzazione territoriale, paesaggistica e naturalistica*
6. *individuazione delle migliori tecniche disponibili.*

Le tecniche prescelte per la sistemazione finale vegetazionale tenderanno ad un naturale e graduale reinserimento nell'ambiente circostante con il mantenimento delle specie vegetali autoctone e con la conservazione di profili di abbandono il più possibile naturali, in pieno accordo con le indicazioni riportate nella pianificazione di settore, nelle norme specifiche e negli approfondimenti prodotti dagli specialisti coinvolti nel presente progetto, dalle indicazioni e prescrizioni contenute nei precedenti provvedimenti autorizzativi.
Le gradonature saranno ricompensate tramite riporto di cappellaccio accantonato, ricostituzione dello strato pedologico, predisponendo l'impianto di essenze autoctone adeguate di carattere arboreo dove gli spazi lo consentono e arbustivo sul restante. Dove non è possibile riportare materiale verranno mantenute a vista alcune porzioni delle gradonature residuali, come elementi che nel contesto territoriale locale sono proprie anche degli affioramenti naturali.

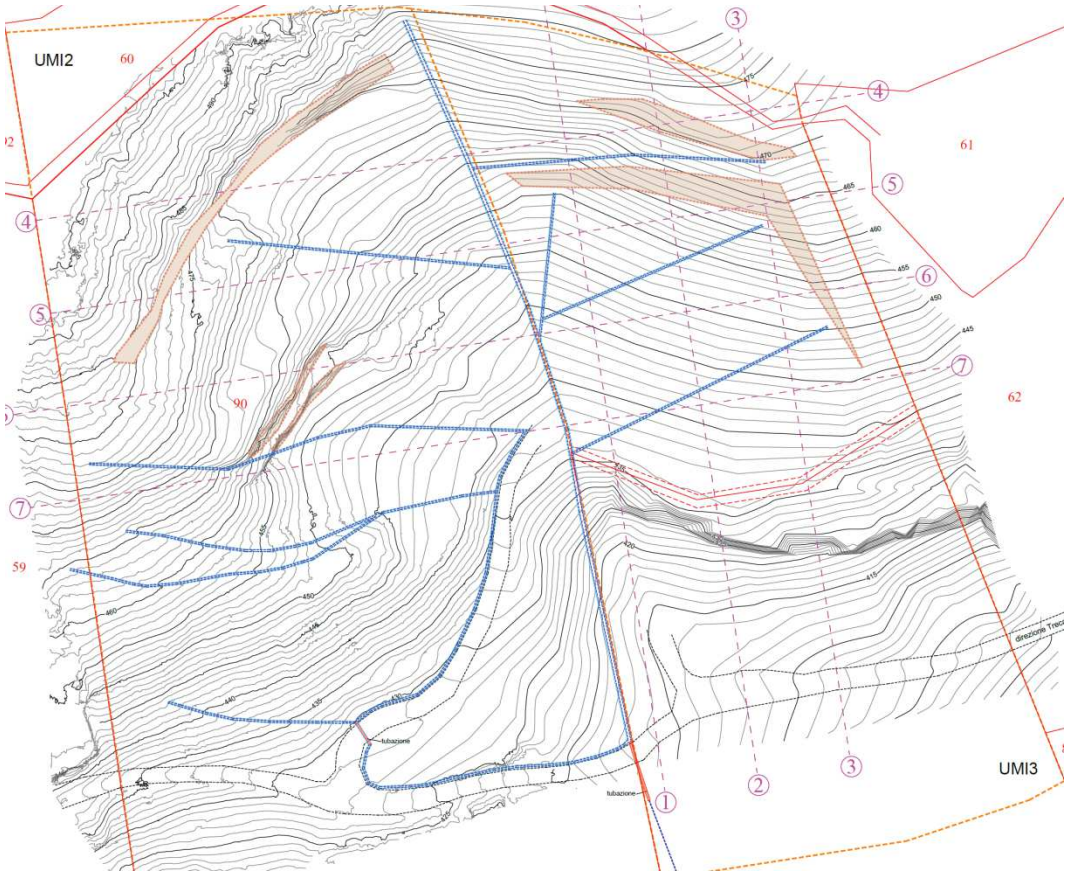


Fig. 10 – tavola 7 di progetto – sistemazione morfologica finale. Con retino beige sono evidenziate le zone nelle quali sarà mantenuto un affioramento della formazione Marnoso arenacea non consentendo l'acclività un riposto di materiale a colmare il fronte cava residuale.

Il programma di ricomposizione del verde propone un periodo iniziale di assestamento dell'intervento di ricomposizione morfologica durante il quale sarà necessario valutare il grado di rinaturalizzazione spontanea e il tipo di specie pionere ad attecchimento naturale, in particolare sulle pendici marnose affioranti. Successivamente dopo un periodo non inferiore ai due/tre anni saranno messe a dimora essenze arbustive e arboree a compensazione. Le porzioni di copertura

vegetale arborea (bosco) abbattute per la creazione delle geometrie di scavo e delle piste di arroccamento saranno adeguatamente compensate nel progetto di ripristino finale.
I materiali utilizzati per i rinterri proverranno principalmente da movimentazione di cappellacci e materiali di scarto già presenti nel sito estrattivo. Per le superfici interessate da rinaturalizzazione spontanea e controllata la copertura pedologica non si rende necessaria, puntando ad una ricostituzione naturale con impianto di specie pionere, ad alta resistenza, anche di natura infestante (erbe ed arbusti in particolare).

La rinaturalizzazione sarà comunque controllata, cioè si dovrà intervenire con manutenzioni e risarcimenti delle fallanze su quelle porzioni dove nell'eventualità la rinaturalizzazione si dimostrasse più difficoltosa a causa, ad esempio, degli agenti atmosferici o della esposizione del pendio o dalla difficoltà di attecchire sull'esiguo strato pedologico.
La ricomposizione morfologica avverrà secondo le tecniche consolidate e attuate in ambiti assimilabili al sito in oggetto;

- Riporto di materiale marnoso e detritico-terroso a ricostituire il profilo interno delle gradonature ("chiusura dell'angolo"), procedendo dalle quote superiori a quelle inferiori;
- Ricostituzione dello strato pedologico superficiale;
- Realizzazione dei fossi di scolo e della rete di deflusso delle acque meteoriche.
- Interventi di piantumazione;
- Realizzazione di piste sul fronte ripristinato per accesso a interventi di manutenzione sul verde;

La rete di deflusso superficiale, verificata in grado di sostenere il contributo scolante delle aree ripristinate, sarà collettata in direzione del ricettore principale.
I fossi di scolo avranno con dimensione alla base non inferiore a ml 0,60; le piste di servizio ad uso interno per le operazioni di manutenzione e per l'accessibilità al sito avranno larghezza media di metri 2.50 e saranno realizzate in leggera contropendenza e provviste di fossetta di scolo; le piste di servizio inoltre permetteranno il collegamento, con tracciato percorribile, tra le quote superiori e quelle inferiori e verranno utilizzate, anche successivamente al ripristino della cava, per l'accesso ai fondi quali piste poderali e di esbosco.

10.2 CRITERI DI RIPRISTINO NATURALISTICO

Dal punto di vista della destinazione d'uso dei terreni interessati dall'intervento, il ripristino sarà costituito da impianti vegetali di tipo naturalistico volti alla progressiva ricostituzione ed al miglioramento del soprassuolo, modificato dall'attività antropica di estrazione.
Il ripristino dovrà prevedere un substrato idoneo alla vegetazione e la realizzazione di una copertura vegetale stabile attraverso l'utilizzo di specie autoctone rustiche ed adattabili che nel giro di breve si fonderanno con la vegetazione già presente aumentando la qualità paesaggistica ed ecologica del sito.

10.3 LA SCELTA DELLE SPECIE E LINEE DI GENERALI DI RECUPERO

Le specie sono state scelte in base all'autoctonia ed alla rusticità delle essenze, in modo da mantenere l'aspetto dell'area d'intervento coerente con il paesaggio circostante e di poter contare su ottime probabilità di successo riguardo l'attecchimento dell'impianto.

Le linee guida per la realizzazione di interventi di recupero vegetazionale possono essere riassunte in:

- ricostituzione di uno strato di terreno dello spessore di almeno 60 cm idoneo alla messa a dimora della vegetazione.;
- dovrà essere effettuata una fertilizzazione con sostanza organica di origine naturale (letame) e una lavorazione atta ad affinare il terreno e a distribuire il fertilizzante; quantità di sostanza organica da distribuire: 6 - 8 kg/mq a seconda della povertà del terreno;
- per gli individui arborei il sesto di impianto dovrà essere di m 3X3; le buche nelle quali verranno piantati gli alberi saranno di 40 cm di lato ed ogni individuo arboreo dovrà essere dotato di canna di segnalazione e shelter protettivo per evitare danni da ungulati selvatici ;
- il materiale vegetale, proveniente da vivai che producono piante autoctone dovrà essere allevato in contenitore;
- l'impianto dovrà essere realizzato in autunno per evitare lo stress idrico che facilmente si verificherebbe con interventi primaverili;
- la manutenzione dell'impianto dovrà essere effettuata ogni anno per i primi due anni attraverso ripuliture delle erbe infestanti, risarcimenti delle fallanze ed irrigazione di soccorso.

11 – LABORATORIO PER LA LAVORAZIONE

La ditta proponente dispone di laboratorio di lavorazione della pietra ubicato in Comune di Verghereto in loc. Mazzi.
Il capannone è stato costruito con il permesso di costruire n.5 del 24.07.2013 mentre il piazzale con il permesso di costruire in sanatoria del 22.08.2011.



Fig. 11 – immagine Google Earth del laboratorio della ditta proponente in loc. Mazzi. Comune di Verghereto.