SOMMARIO

PREMESSE pag. 3

1.RIFERIMENTI NORMATIVI pag. 4

2. PROFILO GEOLOGICO pag. 6

2.1 INQUADRAMENTO GEOLOGICO-STRUTTURALE pag. 6

2.2 CARATTERISTICHE DEL MATERIALE LAPIDEO pag. 7

3.LINEAMENTI GEOMORFOLOGICI pag. 8

4. IDROGRAFIA E IDROGEOLOGIA pag. 9

4.1 SCHEMA IDROGRAFICO pag. 9

4.2 PERMEABILITÀ DEI TERRENI pag. 10

5. INDAGINI IN SITO pag. 11

5.1 INDAGINI CONDOTTE NEL 2004 pag. 11

5.2 RILEVAMENTO STRUTTURALE pag. 12

5.3 RILEVAMENTO GEOMECCANICO pag. 13

5.4 INDAGINI GEOFISICHE pag. 14

6. STRATIGRAFIA E DEFINIZIONE DEI PARAMETRI MEDI pag. 15

6.1 MATERIALE DI RIEMPIMENTO pag. 16

6.2 COPERTURA DETRITICA pag. 16

6.3 SUBSTRATO ROCCIOSO pag. 17

7. DEFINIZIONE DEI PARAMETRI CARATTERISTICI pag. 19

8. ZONIZZAZIONE IDROGEOMORFOLOGICA E MODELLO IDROGEOLOGICO pag. 20

9. DETERMINAZIONE DEI PARAMETRI DI PERICOLOSITÀ SISMICA pag. 21

10. ANALISI DI STABILITÀ DEL PENDIO E DEI SINGOLI GRADONI pag. 22

11. ANALISI CINEMATICA DEL FRONTE NON OGGETTO DI RIEMPIMENTO pag. 25

12. CONSIDERAZIONI RIASSUNTIVE pag. 26

12.1 COLTIVAZIONE DEL GIACIMENTO CALCAREO pag. 26

12.2 OPERE DI SISTEMAZIONE AMBIENTALE pag. 27

12.3 SCHEMA DI DISCIPLINAMENTO DELLE ACQUE pag. 28

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI pag. 32

ELENCO ALLEGATI

ALLEGATO 1 - FIGURE E TABELLE

Figura n.	Oggetto
1	Corografia dell'area
2	Estratti cartografici P.d.B.S. (Ambito 16)
3	Carta geomorfologica
4	Carta delle prospezioni
5	Planimetria stato finale di coltivazione
6	Planimetria stato finale di abbancamento
7a-e	Sezioni stratigrafiche (stato finale di coltivazione)
8a-e	Sezioni stratigrafiche (stato finale di abbancamento)
9	Carta delle zone con differenti caratteristiche idrogeomorfologiche
10	Sezione idrogeologica
Tabella n.	**Oggetto**
1	Classificazione geomeccanica di Z.T. Bieniawski
2	Valori G.S.I.indicati per i Calcari
3	Determinazione parametri caratteristici materiali di abbancamento
4	Determinazione parametri caratteristici copertura sciolta
5	Determinazione parametri caratteristici ammasso roccioso
6	Determinazione parametri caratteristici a. r. singoli gradoni
7	Determinazione parametri sismici

ALLEGATO 2 - SONDAGGI 2004

ALLEGATO 3 – PROSPEZIONI SISMICHE

ALLEGATO 4 – VERIFICHE DI STABILITÀ GLOBALE E SUI SINGOLI GRADONI

ALLEGATO 5 – ANALISI CINEMATICHE DEL FRONTE NON OGGETTO DI RIEMPIMENTO

ALLEGATO 6 – DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

PREMESSE

Su incarico della ditta Cave di Frisolino S.r.l. con sede a Ne (GE), sono state condotte le indagini geologiche, idrogeologiche, geotecniche e geomeccaniche sui terreni interessati dal progetto di variante al piano di coltivazione del polo estrattivo di calcare in località Costa dei Sergi nel comune di Ne.

L'intervento è individuabile nella C.T.R. Elementi nn. 232022 Arzeno e 232023 M. Bossea, il cui stralcio è allegato alla presente (ALL.1-FIGURA 1), mentre i terreni coinvolti dal progetto sono distinti con diversi mappali contenuti nel foglio 30 del N.C.T. del comune di Ne.

Il polo estrattivo è inserito nel P.T.R.A.C. preparato ai sensi della L.R. 30 dicembre 1993 n. 63, con la scheda n.81 (Sigla: GE 27 nuovo polo estrattivo in località Costa dei Sergi).

Facendo riferimento alla cartografia di progetto sono state calcolate le superfici interessate dai lavori di coltivazione del giacimento calcareo:

- la zona totale da destinare alle attività estrattive prevista nella zona Ca del P.T.R.A.C. presenta una superficie di circa 112.000 m^2;
- le aree in disponibilità alla ditta esercente all'interno della zona Ca ammontano a 92.800 m^2;
- la aree attualmente interessate dalle operazioni di scavo a seguito del piano di coltivazione approvato presentano una estensione di 30.000 m^2;
- con il nuovo programma di coltivazione oggetto della presente variante è impegnata una superficie complessiva pari a circa 66.000 m^2 compresa la porzione già destinata ad attività estrattive computata al punto precedente.

Il giacimento di calcari, debolmente silicei, noti in letteratura geologica come Calcari a Calpionelle, si estende lungo un versante acclive denominato "Costa dei Sergi", da quota 475 m fino alla sommità posta a quota 675 m s.l.m.

La precedente autorizzazione regionale è riferita a un fronte di scavo che si sviluppa fra quota 675 m s.l.m. e quota 550 m s.l.m. Attualmente la porzione residua del complesso estrattivo fra quota 550 m s.l.m. e la strada provinciale a quota 385 m s.l.m. è destinata alla sola viabilità interna di accesso alla zona estrattiva.

Attraverso il progetto di variante la ditta esercente intende ampliare la zona di coltivazione verso valle, in direzione W, fino alla quota 490 m s.l.m.

Rispetto a questo piano di riferimento è previsto un primo abbassamento in trincea fino a q. 475 m s.l.m. ove il piano di lavoro va a raccordarsi con il piazzale previsto a tale quota nella prima ipotesi progettuale. Segue un secondo ribassamento in fossa, fino a q. 460 m s.l.m., che costituisce il piano terminale di lavoro.

In ragione dell'acquisizione di nuovi mappali in proprietà, un avanzamento è previsto anche in direzione N e NE, rimanendo all'interno della zona di coltivazione "Ca" prevista nel Piano Territoriale Regionale delle Attività di Cava di seguito indicato come P.T.R.A.C.

L'attività estrattiva procederà secondo uno sviluppo a gradoni di dimensioni variabili, di altezza massima pari a 15 m e ampiezza massima 10 m di raccordo fra l'attuale piano di coltivazione e il piazzale principale di cava a quota 490 m s.l.m. (ALL.1-FIGURA 5).

La fase di sistemazione finale di una parte dei piani di lavoro avverrà contestualmente alle attività estrattive mentre a partire dal piazzale principale è prevista, a fine lavori di coltivazione, una fase di abbancamento di materiali inerti, del tipo terre e rocce da scavo, finalizzata al recupero ambientale e alla sistemazione finale dei fronti di cava basali (ALL.1-FIGURA 6).

In considerazione dell'incidenza dell'intervento sui terreni e delle condizioni generali della zona, le metodologie d'indagine adottate hanno previsto:

- esame di dettaglio del terreno al fine di accertarne le caratteristiche geologiche, geomorfologiche ed idrogeologiche;
- aggiornamento del rilevamento geologico-strutturale condotto nel 2011 attraverso l'approntamento di altre stazioni di misura al fine di caratterizzare l'ammasso roccioso in corrispondenza dei gradoni non interessati dalla sistemazione finale, valutando i parametri indicati nelle classificazioni tecniche di Z.T.Bieniawski (1989) e di Hoek (2002);
- disamina di tutti i dati di carattere geognostico raccolti durante la fase di apertura del polo estrattivo;
- esecuzione di n. 2 stese sismiche a rifrazione con strumentazione multicanale a incremento di segnale a elevata risoluzione e interpretazione delle risultanze in chiave sismostratigrafica;
- analisi di stabilità dei fronti di coltivazione, dei profili di abbancamento e dei singoli gradoni non interessati dal riempimento lungo i profili definitivi, sulla base dei parametri di resistenza ricavati da osservazioni, rilievi e misure raccolte in sito;
- analisi cinematica dei gradoni non interessati dalla sistemazione finale dell'area al fine di verificare i potenziali cinematismi per scivolamento planare, a cuneo e per ribaltamento mediante software dedicato;
- rielaborazione di quanto emerso dalle indagini e redazione della presente relazione geologica con indicazioni operative.

Ai contenuti della relazione geologica fa anche riferimento lo Studio d'Impatto Ambientale preparato ai sensi delle normative vigenti, per quanto riguarda in particolare i comparti ambientali riferiti al suolo e alle acque.

Sono di seguito riassunti i risultati e illustrate le indicazioni conseguenti.

1. RIFERIMENTI NORMATIVI

Le presenti indagini sono state condotte in conformità a quanto previsto dalle normative vigenti a livello nazionale e regionale e in particolare:

A. attività di cava

Regio Decreto 29 luglio 1927, n.1443: Norme di carattere legislativo per disciplinare la ricerca e la coltivazione delle miniere [nel Regno]. Il presente decreto è aggiornato e coordinato al d.lgs. 4 agosto1999, n.213;

Legge 30 luglio 1990, n. 221: Gazz. Uff., 7 agosto 1990, n. 183 Nuove norme per l'attuazione della politica mineraria;

Legge Regionale del 10/04/1979 n. 12: Norme sulla disciplina della coltivazione di cave e torbiere (s.m.i.);

Legge Regionale del 30/12/1993 n. 63: Disposizioni relative al rilascio di permesso di ricerca e all'esercizio di attività di cava e torbiera. Modificazioni ed integrazioni alla legge regionale 10 aprile 1979 n. 12;

Legge Regionale del 01/09/1995 n. 46: Modifiche alla Legge regionale 30 dicembre 1993 n. 63 in materia di cave e torbiere. B.U.R.L. n.15 del 20 settembre 1995;

Legge Regionale 24 luglio 2001 n. 21: "Disciplina delle varianti al Piano Territoriale Regionale delle attività di cava. Integrazioni e modifiche alle leggi regionali 10 aprile 1979 n. 12 (norme sulla disciplina della coltivazione di cave e torbiere), 22 gennaio 1999 n. 4 (norme in materia di foreste e assetto idrogeologico) e 21 giugno 1999 n. 18 (adeguamento delle discipline e conferimento delle funzioni agli Enti locali in materia di ambiente, difesa del suolo ed energia)." Bollettino Ufficiale Regionale 01/08/2001 n. 07.

B. norme tecniche

D.M. Infrastrutture 14.01.2008 "*Approvazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni*" e relativa circolare applicativa n. 617 del 02.02.2009;

Circolare Applicativa 02.02.2009 n.617 *("Istruzioni per l'applicazione delle Nuove Norme Tecniche per le costruzioni di cui al D.M. 14.01.2008").*

C. norme di pianificazione del territorio

E' fatto riferimento al Piano di Bacino Stralcio sul Rischio Idrogeologico (Ambito 16 – *T. Graveglia*) approvato con Delibera del Consiglio Provinciale n. 67 del 12.12.2002 e con Delibera del Consiglio Provinciale n. 48 del 15.10.2003; per l'area di stretto intervento si può descrivere quanto segue (ALL.1-FIGURA 2):

- il rio Ricasola che scorre a N del complesso estrattivo è inserito nella carta della rete idrografica;
- nella carta della franosità reale è segnalata la presenza di scarpate superiori a 10 m di altezza e di ruscellamento diffuso lungo la zona di crinale della Costa dei Sergi, fenomeno che conferma la validità della scelta progettuale di convogliare tutte le acque di cava sul lato opposto verso il rio Ricasola;
- la carta della pericolosità geomorfologica classifica l'area interessata nelle zone di cava attiva;
- nella carta del rischio geomorfologico la zona in oggetto è classificata come zona di cava attiva.

Come indicato nelle norme del Piano, art. 16 comma 6, nelle aree definite come classi speciali (cave attive, miniere attive e discariche in esercizio) vigono gli specifici Piani di settore.

A livello comunale è fatto riferimento alle indagini geologiche connesse allo Piano Urbanistico Comunale di Ne: si osserva che nella Carta di zonizzazione il comparto è classificato, in termini di suscettività d'uso, come A1 (aree con criticità di livello medio e diffuso, versanti al limite di stabilità per somma di fenomeni, frane, erosioni potenziali o in atto).
Per quanto concerne il P.T.C.P. il sito è inquadrabile come segue:

- Assetto Insediativo: ANI-MA (Aree non insediate – regime di Mantenimento); la zona è ricompresa con apposito soprassegno nelle Aree Carsiche (rif. GE 36 Alta Val Graveglia);
- Assetto Geomorfologico: zone Ca "cave a cielo aperto"; le zone immediatamente circostanti sono classificate MA (Mantenimento);
- Assetto vegetazionale: BAM-CO bosco di angiosperme mesofile in regime di consolidamento.

Relativamente, infine, ai vincoli si possono identificare i seguenti regimi normativi:

- vincolo idrogeologico: LL.RR. n. 22/84 e n. 4/99, circolare R.L. n. 57382/91;
- vincolo ambientale: ex L. n.1490/39 e Dlgs. n.142/2004;
- aree carsiche: L.R. 14/90.

2. PROFILO GEOLOGICO

L'area indagata si estende in sinistra orografica del T. Reppia, ad una quota compresa tra 675 m s.l.m. (Crocetta d'Arzeno) e 375 m s.l.m., ed è limitata da crinali naturali, tra cui, quello verso Sud, è definito Costa dei Sergi.

Il pendio presenta un profilo particolarmente acclive fino a 475 m, dove assume una pendenza più blanda fino al tracciato della Strada Provinciale n°26 Carasco – Reppia, articolata lungo il fondovalle.

Questo secondo tratto, che degrada verso l'alveo del T. Reppia, presenta un'acclività compresa tra 60% e 70%, ed è caratterizzato da una successione di vallecole e crinali secondari, disposti con assetto medio Est-Ovest, la cui origine è talora legata a lineazioni tettoniche.

2.1 INQUADRAMENTO GEOLOGICO – STRUTTURALE

La descrizione dell'assetto geologico-strutturale è definita sulla base del rilevamento diretto di campagna, adottando le terminologie delle più recenti note scientifiche sull'area (Abbate E. et al., 1980; Regione Liguria, 2005).

Nell'area in esame affiorano esclusivamente formazioni appartenenti all'Unità di Monte Porcile: schematicamente la successione stratigrafica, dall'alto verso il basso in senso geologico, è la seguente (ALL.1-FIGURA 3):

- Argille a Palombini (APA)
- Calcari a Calpionelle (CCL)
- Diaspri di M. Alpe (DSA)

Le Argille a Palombini affiorano nella porzione settentrionale di tutta l'area rilevata, nei pressi del T. Ricasola: si tratta di argilliti grigio scure in banchi e sottili alternanze ritmiche argillite-siltite, intercalate a strati calcarei (palombino) raramente a base calcarenitica.

Il contatto con i Calcari a Calpionelle si rileva in prossimità dell'alveo del T. Ricasola e ne segue approssimativamente il tracciato con andamento circa Sud-Ovest/Nord-Est.

Si ritiene che il contatto sia di natura stratigrafica e, a causa di una transizione graduale tra le due formazioni, con un apporto sempre maggiore di materiale pelitico, questo risulta di difficile definizione.

I Calcari a Calpionelle occupano integralmente la parte centrale dell'area indagata: sono rappresentati da strati medi e potenti di calcare chiaro con subordinate sottili intercalazioni di materiale argillitico, al passaggio con la Formazione dei Diaspri di M. Alpe. Il contatto con quest'ultima è ritenuto in parte tettonico.

I Diaspri di M. Alpe affiorano nei pressi della Cima Croce d'Arzeno a 675 m s.l.m. e lungo il crinale che degrada verso Nord fino a circa 600 m s.l.m. La Formazione, dal caratteristico colore rossastro e frattura tipicamente concoide, è costituita da livelli sottilmente stratificati e intensamente ripiegati di radiolariti e peliti argilloso-silicee.

L'assetto strutturale a grande scala è rappresentato da una piega coricata a geometria isoclinale, con asse circa WNW/ESE, vergenza NNE, che interessa il settore centrale del fronte di coltivazione.

La macropiega principale è interessata da una serie di pieghe minori molto strette, con asse disposto meno definito. Tali strutture plicative si concentrano nei Calcari a Calpionelle soprattutto in prossimità del contatto con i Diaspri di M. Alpe. Alcuni esempi di pieghe parassite sono visibili, oltre che sul versante orientale di M. Comarella, su un fronte di cava nei pressi dell'abitato di Arzeno (Cava Maenche).

I lavori più recenti di abbattimento del fronte hanno permesso di individuare un motivo tettonico significativo che si evidenzia attraverso un istema di pieghe coricate con vergenza contrapposta. La piega ubicata più a nord presenta asse con direzione N 100 e vergenza N 190, mentre la piega ubicata più a sud presenta asse con direzione N 140 e vergenza N 50.

2.2. CARATTERISTICHE DEL MATERIALE LAPIDEO

La Val Graveglia è un'area eccezionale per numero di cave e varietà dei lapidei estratti in rapporto alla limitata estensione geografica: molte tipologie di rocce presenti nella valle sono, o sono state, interessate da attività estrattiva (Faccini F. et al., 2000).

La cave nei Calcari a Calpionelle, per numero e quantità di materiale estratto, sono i siti più rappresentati in Val Graveglia, grazie al pregio e alla frequenza di affioramenti di questo litotipo.

I materiali soggetti a sfruttamento sono calcari a elevato contenuto in silice, che risultano idonei a essere utilizzati come massi per pannelli frangiflutti, nella protezione di spiagge, moli e porti. Occasionalmente, questi lapidei sono usati anche a difesa di linee ferroviarie, come nel tratto tra Lavagna e Sestri Levante; elementi a pezzatura più fine sono impiegati come inerti per calcestruzzi.

In Val Graveglia è, inoltre, molto diffuso, soprattutto nell'edilizia rurale, l'utilizzo di questi lapidei per la copertura dei tetti. Sono impiegate lastre irregolari e scaglie di calcari bianchi, caratteristici per la colorazione chiarissima.

Tra le cave più importanti si segnalano quelle comprese tra Frisolino e Pian di Fieno, tra il bivio per Statale e Botasi e presso il nucleo di Arzeno, sempre lungo la Strada Provinciale n. 26.

Le caratteristiche fisico-meccaniche e petrografico-applicative sono presentate attraverso la rielaborazione d'analisi e prove di laboratorio su campioni di calcari di uguale natura petrografica utilizzati per i lavori di potenziamento della diga foranea del porto turistico di Chiavari.

I provini sono riferiti sia a calcare palombino sia a calcare a calpionelle, litotipi caratteristici della Liguria di levante. Le prove di laboratorio sono consistite nella determinazione del peso di volume e dell'indice di point load (G.E.T. S.r.l., 2000).

Il primo è stato calcolato con pesata idrostatica di un provino di forma grossolanamente cubica: i calcari assumono valori tra 25 kN/m^3 e 26 kN/m^3.

L'indice di point load (Is) è stato eseguito su spezzoni di roccia di varia forma mediante due piastre sagomate a cono e terminanti con una punta sferica.

Questo indice può essere correlato con la resistenza a compressione monoassiale della roccia, nel caso specifico di rocce a grana fine ed omogenea, come quelle investigate (Pozzi R., Clerici A., 1986).

Una prima correlazione è tra il valore Is_{50} (dimensione caratteristica del provino, corrispondente alla distanza tra le punte coniche dello strumento, pari a 50 mm) e il valore Is calcolato, tramite una carta di correzione delle dimensioni del provino. Successivamente il valore Is_{50} ricavato è moltiplicato per un numero fisso pari a 24, ottenendo il valore di resistenza a compressione monoassiale.

Sulla base di tali correlazioni ai materiali di natura calcarea possono essere assegnati valori di resistenza a compressione monoassiale compresi tra 30 MPa e 90 MPa.

Si può, pertanto, concludere che il materiale lapideo oggetto di coltivazione possiede buone doti di durevolezza, è generalmente privo di discontinuità significative, è compatto e sufficientemente pesante.

3. LINEAMENTI GEOMORFOLOGICI

Il pendio oggetto di coltivazione è situato nell'alta Val Graveglia, in orografica sinistra del T.Reppia, sul fronte opposto al complesso minerario di Gambatesa.

Più in particolare, il versante in esame rappresenta il contrafforte morfologico che declina dalla Crocetta d'Arzeno verso il T.Reppia: il crinale secondario che limita verso sud l'area costituisce la località denominata Costa dei Sergi.

L'assetto geomorfologico dei terreni in esame può essere schematicamente suddiviso in una fascia superiore, da 475 m a 675 m (Crocetta d'Arzeno) e nella porzione inferiore, tra 475 m e 375 m s.l.m. (strada provinciale Carasco-Reppia). Nella porzione superiore si può distinguere:

- un settore leggermente concavo, interessato dalla realizzazione della strada di accesso all'area di coltivazione, dove si rileva il basamento roccioso fratturato, affiorante o

subaffiorante, con localizzate sacche di coltre prevalentemente eluviale, talora rimaneggiata a fasce sorrette da muri a secco;

- la porzione di versante interessata attualmente dall'attività estrattiva, profondamente modificata dalla coltivazione e composta da un piazzale di cava posto a quota media 550 m s.l.m. e da fronti lapidei gradonati che si raccordano con la fascia assiale della Costa dei Sergi e con la culminazione della Crocetta di Arzeno. Nelle porzioni non interessate direttamente dall'attività di cava si osservano estesi affioramenti di calcare, mentre in direzione del T. Ricasola si rileva una copertura, di natura eluvio-colluviale, spesso rimaneggiata a fasce.

Procedendo al di sotto del limite altimetrico della zona estrattiva il versante assume una lieve conformazione a impluvio fino a 410 m mentre procedendo ulteriormente verso il T.Reppia il pendio assume una morfologia convessa: l'assetto morfologico complessivo di questo settore è da porre in relazione con una copertura di potenza superiore a 5.0 m.

La posizione della coltre nella fascia basale del versante, unitamente alla marcata acclività del pendio nel settore sommitale, suggeriscono un meccanismo di accumulo in parte legato alla detrizione dell'ossatura litologica del versante e in parte dovuto all'azione del dilavamento delle acque superficiali.

Adottando la legenda per carte geomorfologiche a indirizzo applicativo proposta dal Gruppo Nazionale Geografia Fisica e Geomorfologia (1994) si può classificare il deposito in esame con una tipologia mista, tra la falda detritica s.s., legata a processi gravitativi di versante, e la coltre colluviale, connessa a fenomeni per acque correnti.

Lo stato di attività, sulla base degli elementi raccolti dal rilevamento sul terreno, è ritenuto inattivo stabilizzato. Procedendo verso i dossi morfologici, sia in direzione nord sia in direzione sud, si osserva nuovamente il basamento roccioso, in condizioni di fratturazione e disarticolazione particolarmente marcata, soprattutto nella porzione a contatto con il T. Ricasola.

4. IDROGRAFIA E IDROGEOLOGIA

4.1 SCHEMA IDROGRAFICO

Gli assi di drenaggio principali dell'area in esame sono rappresentati dal T. Reppia e dal suo affluente sinistro, il T. Ricasola, che, come già accennato in precedenza, limita la superficie del complesso estrattivo.

Il T. Reppia descrive un assetto meandriforme con direzione media Nord-Sud, mentre il T. Ricasola, caratterizzato nella parte terminale da un profilo longitudinale a gradini alti anche qualche metro, scorre con direzione Est-Ovest.

Durante il rilevamento effettuato sul terreno prima dell'inizio dei lavori di coltivazione non sono stati osservati corsi d'acqua lungo il versante che declina dalla Croce d'Arzeno e nella porzione superiore del pendio, nonostante risulti conformata ad impluvio, non si sono manifestate tracce di acque incanalate.

Nella porzione di versante in esame, pertanto, in condizioni di normale piovosità, avviene solo un ruscellamento limitato alle porzioni caratterizzate dal substrato roccioso affiorante per vaste aree, mentre nelle altre zone, distinte da “coltri detritiche s.l.” di spessore da minimo ad elevato, le acque scorrono regolarmente distribuite in funzione dei terrazzamenti e della copertura vegetale.

L’area di cava attualmente drena una superficie complessiva di 92.700 mq, che nel corso degli studi idraulici è stata suddivisa in 9 singoli sottobacini, di competenza dei singoli sistemi di drenaggio (cunetta, attraversamenti, canali).

Il sistema di drenaggio attuale è costituito da cunette laterali a monte della strada di accesso, attraversamenti di collegamento tra le cunette e, infine, canali a cielo aperto per incanalare i deflussi lungo la linea di massima pendenza nel tratto di pista di risalita lievemente conformata ad impluvio.

4.2 PERMEABILITÀ DEI TERRENI

L’assetto idrogeologico dell’area studiata è caratterizzato da un massiccio carbonatico rappresentato dalla Formazione dei Calcari a Calpionelle, impermeabile in condizioni d’assoluta integrità; stante l'evoluzione tettonica e geologica subita, la Formazione è localmente permeabile per fratturazione con le discontinuità caratteristiche che rappresentano le vie di circolazione preferenziale.

Da osservazioni maturate durante la fase di rilevamento sul terreno, si ritiene tuttavia che l’infiltrazione nel massiccio carbonatico sia molto ridotta e avvenga in tempi regolati dalle condizioni locali di fratturazione che determinano condizioni che variano dalla totale impermeabilità a una modesta permeabilità per fratturazione lungo le discontinuità principali.

Appare ragionevole assegnare un valore medio del coefficiente di permeabilità K della roccia dell'ordine di 10^{-8} m/s.

Nei livelli calcarei particolarmente puri è possibile notare modesti fenomeni carsici. A tal proposito il pendio interessato dal progetto di variante al Piano di coltivazione è compreso nelle aree carsiche d'interesse regionale, ai sensi della L.R. n° 14/90. Nell’ambito in esame sono presenti n.2 cavità denominate *Inghiottitoio superiore* e *inferiore del Ciasu;* relativamente ai rapporti tra l’area di coltivazione e tali elementi si rimanda a quanto contenuto nell'allegato 4

La Formazione dei Diaspri di M.Alpe, rilevata nei pressi della Croce d'Arzeno, presenta permeabilità da bassa a media e talora elevata a causa della marcata fratturazione dell’ammasso roccioso.

Le Argille a Palombini, affioranti lungo l’alveo del T. Ricasola, sono una Formazione semipermeabile per intensa fratturazione e permeabile per localizzati fenomeni pseudocarsici, in analogia con quanto descritto per i Calcari a Calpionelle.

Le coperture sciolte di spessore minimo e medio presentano scarso significato idrogeologico, mentre quelle di spessore elevato, di cui si è già esposto in precedenza, devono essere ritenute terreni permeabili per porosità, con coefficienti da medi ad elevati, in ragione della frazione grossolana, che, nonostante il contenuto percentuale sempre significativo di argilla e limo, risulta decisamente influente.

5. INDAGINI IN SITO

L'assetto stratigrafico del settore oggetto di variante è stato ricostruito sulla base di una serie di indagini riassunte nel seguito (ALL.1-FIGURA 4):

- rielaborazione delle prospezioni geognostiche eseguite nel 2004 a seguito della realizzazione della pista di accesso all'area di coltivazione (Studio Associato di Geologia Tecnica & Ambientale, 2005);
- rilevamento geologico di superficie e analisi geomeccanica sistematica su fronti lapidei ritenuti rappresentativi al fine di definire i parametri di resistenza dell'ammasso roccioso da inserire nelle verifiche di stabilità globale dell'area di coltivazione (v. documentazione fotografica-ALLEGATO 6);
- esecuzione nelle aree di previsto ampliamento di una specifica campagna geofisica consistente in n. 2 stese sismiche a rifrazione con strumentazione multicanale a incremento di segnale.
- rilevamento geomeccanico-strutturale in corrispondenza dei fronti lapidei non interessati dalla successiva fase di abbancamento, al fine di verificarne la stabilità globale e i potenziali cinematismi sub-superficiali (scivolamento planare, a cuneo e per ribaltamento);

5.1 INDAGINI GEOGNOSTICHE CONDOTTE NEL 2004

Le indagini dirette, eseguite lungo il tracciato di accesso al settore di coltivazione sono consistite in:

- n. 10 pozzetti di saggio diretto (Pz1-Pz10);
- n. 7 sondaggi a distruzione di nucleo (S1-S7).

Per l'esecuzione dei pozzetti di saggio diretto è stato utilizzato un escavatore che ha permesso di raggiungere la profondità di 4 m, mentre i sondaggi meccanici, eseguiti con una sonda a rotopercussione presente in cantiere, sono stati spinti a profondità massima di 10 m da p.c.

I risultati stratigrafici delle indagini eseguite sono trasmessi in allegato e costituiscono parte integrante del presente studio (ALLEGATO 2).

Complessivamente le indagini condotte nel settore inferiore del versante hanno permesso di definire in dettaglio la stratigrafia dell'accumulo detritico che occupa la porzione di territorio prossima al T. Ricasola.

Il sondaggio S1 e i saggi diretti Pz1-Pz3, nel tratto iniziale della pista di cantiere e Pz6, in corrispondenza del tornante a quota 475 m s.l.m., hanno permesso di constatare uno spessore della coltre di origine mista, detritico-colluviale, superiore a 5 m; i terreni investigati sono rappresentati da sabbia con frazione fine ininfluente e percentuale crescente, con la profondità, di materiali a granulometria grossolana rappresentati da breccia e trovanti di natura calcarea.

Il tratto di pista compreso tra quota 429 e quota 465 s.l.m. è caratterizzato dal basamento roccioso affiorante (Pz4), in particolare verso la dorsale a sud, o localmente mascherato da coltri sciolte di natura eluvio-colluviale di spessore compreso tra 2.0 m (S4) e 4.0 m (S3).

Il tratto superiore, da quota 487 a quota 550 s.l.m, è distinto da uno spessore modesto della coltre sciolta, compresa tra 0.3 m (S6 e Pz8) e 1.1 m (Pz9), con zone di affioramento del substrato roccioso su larga parte del comparto sommitale.

La roccia calcarea si presenta in genere mediamente fratturata e alterata nei livelli più superficiali ove, talora, le discontinuità principali sono riempite da terreno sabbioso-argilloso.

5.2 RILEVAMENTO STRUTTURALE

Al fine di stabilire il modello di riferimento più idoneo per la caratterizzazione dell'ammasso roccioso si è provveduto all'esecuzione, in più fasi temporali, di un rilevamento strutturale e geomeccanico in corrispondenza di fronti lapidei naturali e artificiali localizzati all'interno del settore oggetto d'intervento.

In particolare, nell'ambito del progetto di variante presentato nel 2012, le indagini sono state eseguite in corrispondenza del tratto terminale della pista di accesso e nel settore destinato alla coltivazione, con l'obiettivo di ricostruire le caratteristiche geomeccaniche e strutturali dell'ammasso roccioso da utilizzare per le verifiche di stabilità globale (ALLEGATO 4), mentre nella presente fase d'indagine sono state integrate attraverso l'allestimento di nuove stazioni geomeccaniche (stazioni M-R) concentrate in corrispondenza dei gradoni che non verranno interessati dall'abbancamento finale, al fine di verificare il modello di riferimento per le verifiche di stabilità e per le analisi cinematiche da condurre sui singoli gradoni (ALLEGATO 5).

Complessivamente sono state approntate n.16 stazioni geomeccaniche: su ciascun sito si è proceduto al riconoscimento delle più importanti famiglie sistematiche e dei principali parametri geomeccanici.

Tutti i risultati ottenuti sono riportati nel seguito:

A) RILEVAMENTO ESEGUITO NEL 2011 PER LE VERIFICHE DI STABILITÀ GLOBALE

Staz.	**Ubicazione**	**Famiglie sistematiche**			
		St	K1	K2	K3
A	Fine strada (q.570)	N165NE18	N155SW70	N50SE70	N100NE60
B	Fianco destro valletta secondaria verso Arzeno (q.596)	N120SW30	N110NE60	N70NE60	-
C	50 m prima fine rampa (q. 552)	N30SE15	N150SW65	N30SE65	N120SW65
D	Settore centrale parete principale (q. 545)	N90S25	N30NW65	N70NW75	N160NE70

E	Fine piazzale lato Costa dei Sergi (q. 545)	N160SW25	N90SW25	N60NW70	N170E70
F	80 m a monte ultimo tornante (q. 525)	N160SW35	N50SW35	N100N80	N150E60
G	Ultimo tornante (q. 516)	N170W20	N60W20	N100W20	-
H	Tra i due tornanti superiori (q. 498)	N140NE20	N10W70	N110SW65	N140SW60
I	A fianco del rudere (q. 526)	N10E10	N100E10	N10E10	N80E70
L	15 m sotto il container a fine pista (q. 548)	N150NE20	N60NE20	N120SW45	N60NE70

B) RILEVAMENTO ESEGUITO NEL 2013 PER LE VERIFICHE SUI SINGOLI GRADONI

Staz.	**Ubicazione**	**Famiglie sistematiche**				
		Pendio	St	K1	K2	K3
M	Sopra piazzale (q.560)	N160SW70	N120NE25	N140SW75	N60NW89	N0W80
N	Sopra piazzale (q.594)	N160SW70	N90N35	N0W70	N140SW75	N15SE88
O	Gradone sup. (q. 615)	N160SW70	N150SW15	N15SE80	N100NE65	N50NW80
P	Sopra piazzale (q.574)	N160SW70	N80NW10	N160SW85	N90N60	N150SW80
Q	Piazzale sup.(q. 545)	N15NW70	N130SW30	N170SW75	N60NW89	N135NE55
R	Piazzale sup.(q. 545)	N15NW70	N140SW30	N80NW89	N10NW75	N50NW89

Il giunto di strato (St) presenta un assetto generale indifferente rispetto al pendio con un'immersione piuttosto variabile e rivolta prevalentemente a SW e NE a testimonianza della presenza di un sistema plicativo parassita che condiziona l'orientazione del giunto alla scala dell'affioramento.

Le famiglie di fratture K1 e K2 sono risultate piuttosto persistenti, tendono ad isolare blocchi di forma da irregolare a romboedrica e volumetria per lo più metrica, mentre la famiglia K3, non è sempre individuabile e mostra generalmente una minore persistenza.

5.3 RILEVAMENTO GEOMECCANICO

Per quanto attiene alle caratteristiche geomeccaniche delle discontinuità e dell’ammasso roccioso si è proceduto a un rilevamento dei principali parametri quali spaziatura, persistenza, morfologia a microscala (Joint Roughness Coefficient – J.R.C.), riempimento e condizioni di

conservazione delle pareti delle singole discontinuità, unitamente alla definizione dello stato di fratturazione (R.Q.D.) e delle condizioni idrauliche dell'ammasso (BRUSCHI, 2005).

I risultati ottenuti dal rilevamento condotto in questa fase hanno confermato quanto presentato nell'ambito della variante al piano di coltivazione del 2012 in merito ai valori dei singoli parametri che sono, pertanto, riproposti nel seguito per pronto riferimento, tenendo presente che, per alcuni di questi, si rilevano condizioni disperse. In questi casi, è stato attribuito un doppio valore in modo tale da pervenire a un intervallo rappresentativo per la definizione della qualità dell'ammasso.

R.Q.D.: definisce il recupero percentuale di carotaggio riferito alla somma degli spezzoni di carota con lunghezza maggiore o uguale a 10 cm. In affioramento può essere derivato sulla base di considerazioni qualitative in merito allo stato di fratturazione dell'ammasso; in ragione di quanto osservato si può ritenere valido un range compreso tra 25% e 50% e 50%-75%.

Spaziatura discontinuità: comunemente intesa come la distanza fra due discontinuità contigue appartenenti alla stessa famiglia. L'intervallo proposto comprende un range tra 20 e 60 cm, localmente si ritiene valido incrementare il limite superiore a 1 m.

Condizioni dei giunti: l'indicazione delle condizioni medie delle discontinuità include valutazioni articolate che comprendono la definizione dei seguenti parametri:

Persistenza: costituisce la lunghezza del giunto che interseca l'affioramento. In ragione della difficoltà di definire compiutamente tale parametro a causa della geometria dei fronti rocciosi, unitamente all'impossibilità di eseguire osservazioni su affioramenti tridimensionali, è stata cautelativamente attribuita ai giunti una persistenza tra 3 e 10 m;

Apertura delle discontinuità: definita come la distanza esistente tra le pareti aperte di un giunto. Dal rilevamento condotto si è proceduto all'attribuzione un intervallo tra 0.1 e 1 mm.

Rugosità: esprime la scabrezza delle superfici del giunto; dal rilevamento sul terreno si evidenzia una condizione prevalente di giunti lisci. Tale caratteristica viene quantificata dal parametro J.R.C. che è stato derivato dal confronto con i profili standard di Barton. Nel caso in esame si è ritenuto ragionevole attribuire un valore compreso tra 4 e 5.

Alterazione: i giunti si presentano generalmente moderatamente alterati;

Riempimento: nella maggior parte dei casi è stato ravvisato un riempimento argilloso di spessore inferiore a 5 mm;

Condizioni idrauliche: da quanto constatato in sito sono state osservate condizioni di fronti rocciosi asciutti.

5.4 INDAGINI GEOFISICHE

Lo strumento utilizzato per l'acquisizione dei dati sismici è un sismografo ABEM TERRALOC MARK 6 a 24 canali, adottando i seguenti stendimenti:

1. *Stesa SS1* – in corrispondenza del tratto di versante a valle dell'attuale piazzale di cava principale;
2. *Stesa SS2* – lungo il tratto di versante interessato dall'ampliamento del sito di coltivazione.

Gli stendimenti sismici sono stati svolti con n.24 geofoni distribuiti lungo un allineamento di lunghezza complessiva di 97 m (SS2) e 102 m (SS1). Il terreno è stato energizzato mediante l'utilizzo di una mazza battente di 8 Kg su piastra metallica, posizionata in punti precisi rispetto alla geometria dei ricevitori.

I due profili effettuati hanno dato risultati reciprocamente compatibili descritti sinteticamente nel seguito:

- il primo strato presenta una velocità di propagazione delle onde P compresa fra 300 m/s e 365 m/s e uno spessore oscillante tra 0.7 e 3.6 m, con i valori più elevati nella parte finale del profilo 1;
- il secondo strato è caratterizzato da velocità piuttosto variabili nell'area indagata: nella prima metà del profilo 1 i valori vanno da 370 m/s a 500 m/s; nella zona centrale del profilo 2 le velocità raggiungono i 1000-1145 m/s, mentre nelle restanti zone (seconda metà dal profilo 1, parti iniziale e finale del profilo 2) i valori sono compresi fra 500 m/s e 1000 m/s;
- nel terzo strato le onde P si propagano ad una velocità pari a 3755-4255 m/s sul profilo 1 ed a 3175-3615 sul profilo 2.

Il passaggio fra secondo e terzo strato (secondo rifrattore) ha una morfologia piuttosto irregolare, con valori di profondità che variano da 4.8 m a 13.7 m; sul profilo 1 il rifrattore risulta mediamente in pendenza secondo le progressive metriche crescenti, mentre sul profilo 2 forma un avvallamento nella parte centrale della stesa.

Il primo strato è rappresentato dal suolo presente in superficie nell'area in esame. Il secondo strato sulla base dei soli dati sismici non può essere attribuito in maniera univoca a un particolare tipo di terreno. Le velocità sono ancora compatibili con un terreno sciolto; gli aumenti di velocità rispetto al primo strato e le variazioni di valori interne al secondo strato possono essere dovuti a vari fattori: una maggiore compattezza, una composizione granulometrica differente, un diverso tenore di umidità, la presenza di blocchi rocciosi disarticolati.

I valori di velocità del secondo strato, quando superiori ai 500 m/s, sono riferibili anche a un cappellaccio d'alterazione e/o a un ammasso roccioso estremamente fratturato e allentato. Si tratta in ogni modo di un materiale non saturo d'acqua.

Il terzo strato, dati i valori di velocità elevati, può essere attribuito ad un substrato roccioso, da mediamente a poco fratturato.

I dettagli di ogni singola stesa sismica a rifrazione, unitamente ai grafici relativi ai tempi di arrivo letti, quote topografia e rifrattori, velocità primo strato e rifrattori e sezione interpretata sono riportati in ALLEGATO 3.

6. STRATIGRAFIA E DEFINIZIONE DEI PARAMETRI MEDI DEI MATERIALI

Sulla base dei rilevamenti di superficie, unitamente ai risultati ottenuti con tutte le indagini e prove in sito condotte nelle differenti fasi progettuali, è stato definito un profilo stratigrafico medio del settore oggetto di variante.

Nell' ALLEGATO 1 sono riportate n. 5 sezioni stratigrafiche rappresentative rispettivamente della fase di coltivazione (FIGURE 7 A-E) e di abbancamento (FIGURE 8 A-E), ricostruite sulla base degli elaborati grafici di progetto, al fine di consentire l'immediata comprensione dei rapporti geometrici tra gli orizzonti di seguito descritti.

Sono di seguito attribuiti ai livelli individuati i parametri geotecnici e geomeccanici medi, desunti dai risultati ottenuti con le indagini condotte nel comparto di studio, unitamente all'esperienza personale maturata su terreni e ammassi rocciosi analoghi.

6.1. MATERIALE DI RIEMPIMENTO

Si tratta dei materiali classificabili come terre e rocce da scavo che verranno utilizzati per il riempimento dell'area a fine coltivazione, il cui fuso granulometrico prevalente rientra nel campo delle sabbie e delle ghiaie, con sporadica presenza di trovanti grossolani.

Il comportamento geotecnico complessivo è granulare, anche se localmente possono essere presenti contenuti in materiale più fine che complessivamente, quale condizione imposta, non devono superare il 40% del volume totale, al fine di garantire un comportamento geotecnico di tipo attritivo ma, contestualmente, favorire le condizioni di compattazione ottimali.

Nel caso di apporti in cantiere di materiali che non rispettano tale prerogativa si dovrà provvedere a preventiva miscelazione con materiali opportunamente selezionati in precedenza.

Per quanto attiene alla caratterizzazione geotecnica si possono fornire i seguenti parametri medi, proposti sulla base dell'esperienza personale, maturata tramite prove geotecniche in sito su questo tipo di terreni:

- densità secca: 17-18 kN/m^3;
- peso di volume saturo: 19-21 kN/m^3;
- peso di volume naturale: 18-20 kN/m^3;
- angolo d'attrito efficace (picco): 33°-35°;
- coesione efficace: nulla;
- modulo elastico: 10-50 MPa

6.2 COPERTURA DETRITICA

Tale orizzonte è stato ricondotto cautelativamente ai primi due livelli delle indagini geofisiche eseguite presso il sito d'intervento ed è stato interpretato come un mezzo di natura detritico-colluviale contraddistinto da una percentuale prevalente di frazione sabbioso-ghiaiosa in subordinata matrice fine, presente in massima parte nel settore medio-terminale del pendio.

L'ipotesi che il secondo livello sia riconducibile, almeno in parte, a un substrato roccioso molto alterato potrà essere verificata in fase di cantiere.

In considerazione delle caratteristiche granulometriche il comportamento della copertura sciolta è assimilato a quello di un materiale granulare: per quanto attiene ai parametri geotecnici si può indicare una densità secca di 16-17 kN/m^3 ed un peso di volume naturale di 19-20 kN/m^3; i terreni sono in genere umidi ma non saturi.

Relativamente ai parametri di resistenza si ritiene sufficientemente cautelativo attribuire al materiale descritto valori dell'angolo di attrito efficace compresi tra 32° e 34° e coesione drenata nulla.

Indagini di laboratorio eseguite ad altro titolo su terreni similari hanno consentito di ricavare l'andamento del modulo elastico: al 50% della deformazione il valore E_{50} è circa 5 MPa mentre in fase di scarico-ricarico il modulo E_{ur} raggiunge circa 15 MPa.

6.3 SUBSTRATO ROCCIOSO

Sulla base dell'analisi strutturale eseguita nel 2012 e integrata dalle stazioni geomeccaniche approntate nel 2013, supportata dai dati derivati dalla bibliografia esistente (Falcioni C. et al., 1995) e dalle prove di laboratorio eseguite sulle stesse Formazioni, è fornita una classificazione dell'ammasso roccioso adottando la classificazione tecnica R.M.R. (Rock Mass Rating) (Bieniawski Z.T., 1989).

Tale metodologia si basa sul rilievo di sei parametri caratteristici, la cui somma permette di suddividere gli ammassi rocciosi in cinque classi di qualità (ALL.1-TABELLA 1).

Poiché a seguito delle osservazioni condotte con le metodologie sopra esposte si evidenziano, per alcuni parametri della classificazione R.M.R., condizioni piuttosto disperse, si attribuisce a questi un doppio valore di punteggio, valevole rispettivamente per le condizioni medie rappresentative e per quelle peggiori dell'ammasso.

	Parametro	***Condizioni peggiori***	***Rating***	***Condizioni medie***	***Rating***
1.	*Resistenza roccia intatta*	25 – 50 MPa	4	25 – 50 MPa	4
2.	*R.Q.D.*	25% - 50%	8	50% - 75%	13
3.	*Spaziatura dei giunti*	20cm - 60 cm	10	60 cm - 1 m	15
4.	*Condizioni dei giunti*	Persistenza elevata, apertura tra 0.1 e 1 mm, legg.rugosi, con mat. di riempimento, leggerm. alterati	15	Persistenza elevata, chiusi, legg.rugosi, con mat.di riempimento, leggerm alterati	18
5.	*Condizioni idrauliche*	asciutto	15	asciutto	15
6.	*Orientazione dei giunti*	discreto	-15	favorevole	-5

Assegnati i valori a ciascun parametro, si ottiene l'indice di classificazione RMR con la seguente relazione:

$$RMR_{corretto} = RMR_{base} + R6 = R1 + R2 + R3 + R4 + R5 + R6 = 37\text{-}60$$

che pone la formazione tra la classe III (discreta) e la classe IV (scadente).

La definizione del comportamento geomeccanico dell'ammasso è stata ottenuta applicando la metodologia proposta da MARINOS E HOEK (2000) che prevede l'utilizzo del Geological Strenght Index (G.S.I.), ottenibile dalla stima dell'indice R.M.R. (Rock Mass Rating) di Bieniawski (1989) secondo la seguente formulazione:

G.S.I. = R.M.R.(1989) – 5 = (R1 + R2 + R3 + R4 + 15) - 5

Da cui si ottiene un campo valore del G.S.I. compreso tra 47 e 60 (ALL.1-TABELLA 2).

La resistenza alla compressione monoassiale è stata assunta cautelativamente tra 40 MPa e 60 MPa.

Al fine di derivare i parametri di resistenza dell'ammasso roccioso da utilizzare per le analisi di stabilità globale e per le verifiche sui singoli gradoni si è ritenuto opportuno adottare il modello *continuo-equivalente*, in ragione dello stato di fratturazione accertato e della scala dell'intervento.

I parametri di resistenza al taglio sono stati desunti con l'inviluppo a rottura stabilito con il criterio empirico di Hoek-Brown (Hoek et al., 2002), adottando un valore del peso di volume di 25-26 kN/m^3; una costante m_i di 7± 2 ("chalk") ed un fattore di disturbo (D) pari a 0.7.

In ragione del differente stato di conservazione dell'ammasso si è scelto di effettuare l'analisi secondo un approccio statistico combinando tre differenti indici del G.S.I. (47, 53, 60) e di resistenza alla compressione monoassiale (40, 50, 60 MPa). I valori di coesione, angolo di attrito e modulo elastico sono stati calcolati entro un range tensionale di 700 kPa sui singoli gradoni in funzione della loro geometria (15 m). La sintesi di quanto ottenuto è riportata nelle tabelle sottostanti.

A) DATASET VERIFICHE DI STABILITÀ GLOBALI

G.S.I.	**Res. Compr. Monoass. (MPa)**	**Coesione (kPa)**	**Angolo di attrito (°)**	**Modulo Elastico (MPa)**
47	40	230	40.29	1064
47	50	261	41.87	1064
47	60	291	43.13	1064
53	40	298	42.75	1560
53	50	346	44.24	1560
53	60	392	45.42	1560
60	40	429	45.20	2408
60	50	509	46.53	2408
60	60	589	47.57	2408
Valori medi		**371,67**	**44,11**	**1677,33**
COV (%)		**40**	**10**	**-**

B) DATASET VERIFICHE DI STABILITÀ SUI SINGOLI GRADONI

G.S.I.	Res. Compr. Monoass. (MPa)	Coesione (kPa)	Angolo di attrito (°)	Modulo Elastico (MPa)
47	40	175	45.07	3546
47	50	189	45.83	3546
47	60	211	46.87	3546
53	40	241	47.20	5201
53	50	264	47.90	5201
53	60	286	48.50	5201
60	40	374	49.09	8027
60	50	414	49.68	8027
60	60	454	50.18	8027
Valori medi		**289.78**	**47.81**	**5591.33**
COV (%)		**40**	**10**	**-**

7. DETERMINAZIONE DEI PARAMETRI CARATTERISTICI

Il valore caratteristico di un parametro si ottiene tramite una caratterizzazione dell'intera distribuzione statistica dei dati d'interesse mediante una stima puntuale a carattere cautelativo (modello semi-probabilistico). Tale stima è generalmente individuata da un basso percentile, calcolato sulla distribuzione del parametro che influenza l'insorgere dello stato limite.

Definire il valore caratteristico significa, pertanto, scegliere il parametro geotecnico che influenza il comportamento del terreno in quel determinato stato limite e adottarne un valore, o stima, a favore della sicurezza.

In particolare, è stato scelto di adottare un metodo in cui la derivazione del valore caratteristico è definita sulla probabilità calcolata del 5% che ci sia un valore inferiore (più sfavorevole) che governa l'insorgere dello stato limite.

Nel caso in esame la definizione dei parametri caratteristici è stata ottenuta ricorrendo alla seguente formulazione, valida nel caso di stime statistiche in presenza di dati d'ingresso numericamente ridotti:

$$Nk = (Nm \pm 1{,}645*COV/\sqrt{n})$$

dove:

- Nm = valore medio del parametro;
- COV= coefficiente di variazione corrispondente al rapporto tra la deviazione standard della popolazione e la media della popolazione;
- n= numerosità del campione

La definizione dei parametri caratteristici dell'ammasso roccioso è stata derivata inserendo in un apposito foglio di calcolo i valori riportati al PARAGRAFO 6.3 mentre per quanto riguarda il materiale di riempimento e la copertura sciolta e è fatto riferimento alla tabella seguente riassuntiva dei parametri medi indicati in precedenza:

Unità	Peso di Vol nat. (kN/m^3)	Ang. di attrito eff. (°)	Coesione dren. (kPa)	Modulo Elastico (MPa)
Materiale di riempimento	18-20	33-35	0	10-50
Copertura sciolta	19-20	32-34	0	5-15

Le elaborazioni statistiche dei differenti materiali sono riportate nell'ALL:1-TABELLE 3-6

8- ZONIZZAZIONE IDROGEOMORFOLOGICA E MODELLO IDROGEOLOGICO

In considerazione dei dati raccolti nella fase di rilevamento di superficie, degli esiti delle indagini geognostiche condotte in precedenza e soprattutto grazie alle osservazioni effettuate nelle diverse fasi di coltivazione, è stato possibile procedere a una suddivisione dell'area di studio in ambiti distinti in base alle differenti caratteristiche idrogeomorfologiche e ricavare il modello idrogeologico specifico della porzione di versante interessata dal sito estrattivo.

Sulla base delle osservazioni di superficie è stato possibile distinguere (ALL:1-FIGURA 9):

- l'area di coltivazione (attuale e a progetto) soggetta a regimazione artificiale delle acque, mediante sistemi di drenaggio differenziati quali cunette, attraversamenti e canali;
- la porzione di versante naturale contraddistinta da copertura sciolta di spessore significativo, localizzata a valle dell'area di coltivazione e interessata sia da ruscellamento superficiale sia da infiltrazione efficace all'interno dell'orizzonte sciolto superficiale e nel substrato roccioso sottostante, in rapporto al differente stato di conservazione dello stesso;
- la porzione di versante naturale caratterizzata da substrato lapideo subaffiorante in associazione a coltri sottili, interessata sia da ruscellamento sia da infiltrazione efficace, con un meccanismo di circolazione vincolato dal quadro strutturale dell'ammasso roccioso;

In considerazione delle caratteristiche idrogeomorfologiche descritte, occorre tenere presente che le precipitazioni intercettate dalla porzione di versante in questione sono per la maggior parte soggette a deflusso superficiale e, valutando anche l'evapotraspirazione, solo un'aliquota subordinata tende ad infiltrarsi, anche in ragione della vicinanza del crinale, della notevole acclività della zona e del grado di permeabilità dell'ammasso roccioso.

Relativamente alla circolazione idrica nel sottosuolo, le caratteristiche idrogeologiche appaiono fortemente condizionate dalle caratteristiche strutturali dell'ammasso roccioso che sono state esaustivamente ricostruite attraverso l'elaborazione dei dati ottenuti dal rilevamento sistematico nelle 16 stazioni geomeccaniche riportate nell'ALL.1-FIGURA 4.

Le suddette indagini hanno permesso d'individuare, oltre al piano di stratificazione disposto grossomodo a traverpoggio rispetto allo sviluppo del pendio, tre principali famiglie di discontinuità, due a franapoggio ma con inclinazione maggiore del versante e una a reggipoggio a formare angoli retti o ottusi con le altre famiglie di giunti.

La disposizione strutturale del substrato sopra descritta comporta che l'aliquota di acqua che s'infiltra in corrispondenza della superficie del pendio artificiale posta a monte rispetto alla zona di ampliamento dell'attività estrattiva, tende a seguire il reticolo di fratture determinato dall'intersezione delle suddette discontinuità, come indicato nella sezione idrogeologica allegata (ALL.1-FIGURA 10); in particolare, la famiglia di giunti disposta a reggipoggio consente all'acqua di circolare verso l'ìnterno del versante dove, però, in corrispondenza delle due famiglie disposte a franapoggio, raggiunge profondità decisamente consistenti e comunque poste ben al di sotto del piano inferiore di prossima coltivazione.

Tali considerazioni trovano conferma nel fatto che nell'ambito dell'area soggetta a coltivazione non è stata riscontrata la presenza di venute idriche di una certa rilevanza, nemmeno a seguito di eventi pluviometrici di particolare entità e durata.

Questo dispositivo idrogeologico si verifica anche a valle del sito estrattivo, dove, tuttavia, la coltre detritica consente certamente una circolazione per porosità più rapida e trasmissiva, come testimoniato dalla presenza di una sorgente per limite di permeabilità lungo la S.P. n.26.

Nell'ambito della porzione di versante d'interesse la fascia di transizione tra mezzo insaturo attraversato dalle acque percolanti e mezzo saturo ospitante l'acquifero vero e proprio è necessariamente correlata al livello medio delle acque che scorrono incanalate nel T. Reppia: ipotizzando ragionevolmente un andamento in profondità che tenga conto dell'assetto plano-altimetrico del pendio sovrastante e del corso d'acqua, si ritiene, come illustrato nella suddetta sezione idrogeologica, che tale fase possa oscillare nello spazio e nel tempo ma senza comportare alcuna interferenza con il piano inferiore di coltivazione a progetto.

9. DEFINIZIONE DEI PARAMETRI DI PERICOLOSITÀ SISMICA

Le azioni sismiche di progetto si definiscono a partire dalla pericolosità sismica di base espressa a sua volta in termini di accelerazione orizzontale massima attesa a_g (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 S_e (T) con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza P_{VR} nel periodo di riferimento V_R.

Ai fini della normativa, le forme spettrali sono definite a partire dai parametri:

- a_g = accelerazione orizzontale massima del terreno;
- F_0 = valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- T^*_c = periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Alla luce delle suddette Norme Tecniche, gli spettri sismici dipendono non più dalla zona sismica come nelle precedenti normative (O.P.C.M. 3274/2003 e s.m.i), ma dalle coordinate geografiche del sito. Al fine di ricavare i valori dei suddetti parametri a partire dai nodi del reticolo

di riferimento per un assegnato periodo di ritorno (Tabella 1 - Norme Tecniche), sono di seguito riportate le coordinate Gauss-Boaga dell'area d'intervento (Microsoft Virtual Earth, 2009):

- latitudine: 44.359704 N (ED 50);
- longitudine: 9.462579 E (ED 50);

Occorre, tuttavia, considerare che il moto generato da un sisma in un sito dipende anche dalle particolari condizioni locali, cioè dalle caratteristiche stratigrafiche e topografiche dei depositi di terreno e degli ammassi rocciosi, nonchè dalle proprietà fisiche e meccaniche dei materiali che li costituiscono. Tali fattori tendono a modificare le caratteristiche del segnale sismico rispetto a quello di un sito di riferimento rigido come definito precedentemente.

L'influenza del profilo stratigrafico sulla risposta sismica locale può essere valutata, in prima approssimazione, ricavando la velocità equivalente delle onde S nei primi 30 m dal piano di posa fondazionale (Vs_{30}) e riconducendo l'assetto stratigrafico del sito ad una specifica categoria di sottosuolo.

In ragione della tipologia progettuale e dell'assetto stratigrafico ricostruito nel presente documento è stata adottata una categoria di suolo di fondazione di tipo A *che comprende ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di* Vs_{30} *superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.*

Per quanto riguarda gli effetti topografici, ovvero la modifica all'azione sismica indotta dalla geometria superficiale del terreno, la morfologia finale del sito è stata associata alla categoria T4 (Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media i > 30°) della Tabella 3.2.IV delle Nuove Norme Tecniche.

I parametri di pericolosità sismica necessari per le verifiche agli stati limite in condizioni dinamiche sono stati derivati con apposito programma di calcolo (GEOSTRU-PS, 2009) e riassunti nell'ALL.1-TABELLA 7 (Stabilità dei pendii), imponendo, salvo ulteriori specificazioni del Progettista, una vita nominale dell'opera di 50 anni e una classe I (costruzioni con presenza solo occasionale di persone).

10. ANALISI DI STABILITÀ DEL PENDIO E DEI SINGOLI GRADONI

Nel presente documento sono state eseguite delle specifiche verifiche di stabilità nella configurazione di fine coltivazione (ALL.4-FIGURE 1-5), sul rilevato previsto nell'ambito della sistemazione finale dell'area (ALL.4-FIGURE 6-10) e sui singoli gradoni che rimarranno esposti al termine della fase di abbancamento (ALL.1-FIGURE 11-14). In tutte le situazioni è stata utilizzata la caratterizzazione e la modellazione geologica del sito ricostruita in precedenza.

Tali analisi sono state condotte in conformità a quanto contenuto al paragrafo 6.8.6 delle NTC 2008, applicando l'Approccio 1 - Combinazione 2 (A2 + M2 + R2) dove:

- A2 = 1.0 (carico permanente sfavorevole di tipo strutturale), assumendo che il terreno contribuisca al comportamento dell'opera con le sue caratteristiche di peso, resistenza e rigidità (Tabella 6.2.I);
- M2 = 1.25 (tangente angolo di resistenza al taglio); 1.25 (coesione efficace); 1.0 (peso di volume); 1.6 (resistenza alla compressione monoassiale) -Tabella 6.2.II;
- R2 = 1.1 (Tabella 6.8.1).

I parametri di progetto dei materiali utilizzati nelle verifiche sono stati derivati riducendo i valori caratteristici con il rispettivo coefficiente M2. I risultati ottenuti sono riportati, per pronto riferimento, nei prospetti sottostanti:

A) DATASET VERIFICHE A FINE COLTIVAZIONE E A FINE ABBANCAMENTO

Materiali	Valori	Ang.attrito (°)	Coesione (kPa)	Peso di vol. (kN/m^3)
Riempimento	caratteristici	30,77	0	20,11
	progetto	25,47	0	20,11
Terreni sciolti	caratteristici	29,16	0	20,63
	progetto	24,06	0	20,63
Substrato	caratteristici	41,69	290,15	26,98
	progetto	35,47	232,12	26,98

B) DATASET VERIFICHE SUI SINGOLI GRADONI

Materiali	Valori	Ang.attrito (°)	Coesione (kPa)	Peso di vol. (kN/m^3)
Substrato	caratteristici	45,19	226,22	26,98
	progetto	38,85	180,98	26,98

Le analisi di stabilità sono state condotte con una maglia sufficientemente estesa per verificare tutti i possibili cerchi di scorrimento posti all'interno del versante, nel corpo del rilevato e in corrispondenza del singolo gradone, simulando esclusivamente una superficie di rottura di tipo circolare.

Le verifiche sono state eseguite applicando sia il metodo di Bishop semplificato (Bishop, 1955) sia il metodo di Janbu semplificato (Janbu, 1968) e sono state condotte sia in condizioni statiche sia in condizioni dinamiche (S.L.V.) ricavando le componenti orizzontale e verticale dell'azione sismica dalle seguenti relazioni:

$$F_H = kh \times W; \qquad F_V = kv \times W$$

dove:

Kh = 0,042; kv = 0,021

Le opere di contrasto e le strutture di contenimento del rilevato previsto nell'ambito della sistemazione finale dell'area sono state simulate applicando una forza di ancoraggio di 30 kN/m^2.

I risultati ottenuti sono riassunti nel prospetto sottostante, mentre le analisi di stabilità in forma grafica sono riportate nell'ALLEGATO 4:

Figura	Tipo di analisi	Condizioni di verifica	Bishop sempl	Jambu sempl
1A	Fine coltivazione	Sezione 2-2 statica	1.477	1.449
1B	Fine coltivazione	Sezione 2-2 dinamica	1.390	1.345
2A	Fine coltivazione	Sezione 5-5 statica	1.250	1.886
2B	Fine coltivazione	Sezione 5-5 dinamica	1.179	1.110
3A	Fine coltivazione	Sezione 6-6 statica	1.240	1.191
3B	Fine coltivazione	Sezione 6-6 dinamica	1.166	1.111
4A	Fine coltivazione	Sezione 7-7 statica	1.267	1.219
4B	Fine coltivazione	Sezione 7-7 dinamica	1.191	1.135
5A	Fine coltivazione	Sezione 9-9 statica	2.182	2.178
5B	Fine coltivazione	Sezione 9-9 dinamica	2.041	2.032
6A	Verifica rilevato	Sezione 2-2 statica	1.868	1.834
6B	Verifica rilevato	Sezione 2-2 dinamica	1.728	1.684
7A	Verifica rilevato	Sezione 5-5 statica	1.269	1.246
7B	Verifica rilevato	Sezione 5-5 dinamica	1.197	1.161
8A	Verifica rilevato	Sezione 6-6 statica	1.269	1.202
8B	Verifica rilevato	Sezione 6-6 dinamica	1.194	1.118
9A	Verifica rilevato	Sezione 7-7 statica	1.377	1.344
9B	Verifica rilevato	Sezione 7-7 dinamica	1.294	1.250
10A	Verifica rilevato	Sezione 9-9 statica	1.307	1.246
10B	Verifica rilevato	Sezione 9-9 dinamica	1.163	1.111
11A	Verifica gradone q.546	Sezione 5-5 statica	4.839	5.151
11B	Verifica gradone q.546	Sezione 5-5 dinamica	4.561	4.797
12A	Verifica gradone q.560	Sezione 5-5 statica	2.850	5.615
12B	Verifica gradone q.560	Sezione 5-5 dinamica	2.760	5.261
13A	Verifica gradone q.574	Sezione 5-5 statica	2.905	5.594
13B	Verifica gradone q.574	Sezione 5-5 dinamica	2.798	5.238
14A	Verifica gradone q.586	Sezione 5-5 statica	4.217	9.270
14B	Verifica gradone q.586	Sezione 5-5 dinamica	4.010	7.538

Tutte le verifiche condotte dimostrano che le condizioni di stabilità globali del pendio a coltivazione ultimata, nella configurazione finale di abbancamento e sui singoli gradoni non interessati dal riempimento, mostrano coefficienti di sicurezza, intesi come rapporto tra forze resistenti e forze agenti, sempre superiori a 1.1.

11. ANALISI CINEMATICHE DEL SETTORE DI FRONTE NON OGGETTO DI RIEMPIMENTO

Nel presente paragrafo su è provveduto a verificare i potenziali cinematismi di rottura per scivolamento planare, a cuneo e per ribaltamento in corrispondenza del tratto di pendio oggetto di coltivazione e non interessato dal riempimento successivo, utilizzando i dati ricavati dalle stazioni geomeccaniche M, N, O, P ,Q ed R, ubicate nello stesso comparto geomorfologico d'interesse.

Tutte le analisi sono state condotte attraverso l'utilizzo del programma DIPS (Rockscience Inc.) inserendo come dati d'input le giaciture medie del pendio e delle singole famiglie sistematiche per ciascuna stazione geomeccanica, riportate nella Tabella B del PARAGRAFO 5.2 del presente documento.

Lo scivolamento planare è stato verificato definendo sia un'area specifica "Daylight Envelope" caratteristica della traccia ciclografica del pendio sia un cono rappresentante l'angolo di attrito con direzione 0, immersione 90 e angolo pari a φ: i poli compresi nella lunetta formata tra la Daylight Envelope e il cono rappresentano i piani che possono determinare uno scivolamento planare.

La verifica allo scivolamento a cuneo è stata ottenuta attraverso la costruzione di un cono rappresentante l'angolo di attrito con direzione 0, immersione 90 e angolo pari a "90 – φ": i piani le cui tracce ciclografiche s'incrociano nella lunetta delimitata dall'angolo di attrito e dalla traccia del pendio possono determinare scivolamenti a cuneo lungo la linea di intersezione dei piani medesimi.

La verifica al ribaltamento è stata effettuata basandosi sul metodo di Goodman (1980) che utilizza i poli dei piani, una traccia ciclografica definita "slip limit" che ha la direzione d'immersione uguale al pendio e l'inclinazione data da: $\alpha_{slipelimit} = \alpha_{pendio} - \varphi$, con φ angolo di attrito e un cono con direzione data da "direzione del pendio + 90", immersione 0 e angolo di 60°. I poli giacenti nell'area compresa tra il slip limit, la circonferenza esterna e le due tracce del cono rappresentano piani con possibile cinematismo per ribaltamento.

Nelle verifiche è stato considerato un angolo di attrito di φ=35°. Tale valore è ritenuto sufficientemente cautelativo in rapporto alla natura e alle caratteristiche dell'ammasso roccioso e risulta essere circa il 10% inferiore rispetto all'analogo introdotto nelle verifiche di stabilità globale sui singoli gradoni (φ=38.85°).

Tutte le analisi condotte introducendo il modello strutturale dell'ammasso roccioso dedotto dalle stazioni geomeccaniche ubicate lungo la porzione del fronte roccioso d'interesse, hanno consentito di accertare che non sussistono le condizioni strutturali predisponenti l'innesco di cinematismi sub-superficiali con meccanismo per scivolamento planare, a cuneo e/o ribaltamento.

I risultati ottenuti sono riportati graficamente nell'ALLEGATO 5

12. CONSIDERAZIONI RIASSUNTIVE

I metodi di coltivazione del giacimento e le tecniche di sistemazione finale dei fronti di scavo per la ricomposizione ambientale del complesso estrattivo sono descritti dettagliatamente nello studio di impatto ambientale e nel programma di coltivazione.

In questo capitolo conclusivo sono stati ripresi e riassunti i metodi previsti per definire lo stato finale del sito e gli interventi di ripristino ambientale finalizzati a minimizzare gli impatti derivanti dalle attività estrattive per un migliore inserimento nel contesto territoriale esistente.

12.1 COLTIVAZIONE DEL GIACIMENTO CALCAREO

In riferimento ai contenuti progettuali si possono definire le seguenti fasi di coltivazione:

- 1° fase: riprofilatura dello stato attuale del fronte di cava fino al piano del piazzale principale a quota 546 m s.l.m. con previsione di 5 gradoni di lavoro;
- 2° fase: inizio dello sfruttamento della zona basale verso W e della zona laterale verso N da quota 546 m s.l.m. a quota 518 m s.l.m. ove è prevista la realizzazione di un piazzale provvisorio, con previsione di 2 gradoni e inizio di approfondimento in trincea;
- 3° fase: raggiungimento dei profili finali di scavo da quota 518 m s.l.m al livello del piazzale definitivo a quota 490 m s.l.m. con previsione di 2 gradoni ed ulteriore ribassamento di due piani in fossa fino alla quota di riferimento di 460 m s.l.m..

Le operazioni di sbancamento, dettagliatamente descritte nel programma di coltivazione, saranno attuate progressivamente, partendo dalle quote sommitali ed approfondendo il fronte secondo la tecnica delle trance orizzontali, in modo tale da mantenere il controllo delle superfici di sbancamento e della stabilità dei gradoni.

Per quanto riguarda il metodo di coltivazione, sarà utilizzato quello più comune, mediante l'uso combinato di esplosivo e mezzi meccanici; questi ultimi saranno impiegati con l'ausilio di benna per il disgaggio e la movimentazione dei detriti con previsione di un limitatissimo ed occasionale uso di martellone demolitore per le porzioni più resistenti di roccia sul fronte di scavo, per le quali non è necessario l'uso di microcariche.

Il materiale estratto sarà selezionato in base alla granulometria e movimentato con mezzi meccanici fino alle piazzole intermedie, ove sarà accumulato temporaneamente in attesa del trasporto ai piazzali di manovra raggiungibili con gli automezzi pesanti attraverso la strada di cantiere esistente.

Il materiale estratto in forma di massi sarà successivamente destinato direttamente ai cantieri di opere civili ed idrauliche, mentre il tout-venant sarà trasportato al frantoio ubicato presso il complesso estrattivo inattivo della cava ex Fornace, oggi al servizio della cava di Costa dei Sergi, posto a circa 2.5 km di distanza, dove, a seguito di selezione e depurazione, sarà utilizzato per la produzione di sabbie e pietrisco. I rifiuti di estrazione derivati dal ciclo produttivo saranno trasportati in cava e riutilizzati per il recupero temporaneo o definitivo dei piani di lavoro e il riempimento dei vuoti di estrazione nella trincea e nella fossa previste.

12.2 OPERE DI SISTEMAZIONE AMBIENTALE

Riprendendo anche in questo caso i contenuti progettuali si possono scandire le fasi di sistemazione dei gradoni in roccia e di sistemazione finale a partire dal piazzale di servizio:

- 2° fase bis: inerbimento dei gradoni realizzati nella parte superiore mediante l'utilizzo di adeguate tecniche forestali fino a quota 560 m s.l.m. La sistemazione a verde sarà eseguita al termine di ogni singola gradonatura, procedendo contestualmente all'escavazione del fronte inferiore;
- 3° fase bis: completamento delle opere di inerbimento dei gradoni realizzati nella parte mediana del fronte mediante utilizzo di adeguate tecniche forestali da quota 560 m s.l.m. a quota 490 m s.l.m.;
- 4° fase: abbancamento progressivo di terre e rocce da scavo e contestuale riprofilatura complessiva del versante a salire da quota 490 m s.l.m a quota 537 m s.l.m. sul fronte principale, mediante realizzazione di 12 gradoni in terre rinforzate, e da quota 537 m s.l.m a quota 579 m s.l.m. per riempimento della zona in trincea mediante 6 gradoni eseguiti con tecniche analoghe. I piani di abbancamento saranno allineati quanto più possibile con le curve di livello originarie.

É previsto, pertanto, a fine lavori di coltivazione un progressivo abbancamento di materiali sciolti classificabili come terre e rocce da scavo in modo da ottenere un nuovo profilo nella zona del fronte principale a partire dalla quota basale (490 m s.l.m.) e procedendo a bancate successive fino a quota 537 m s.l.m.

Oltre questo livello il riempimento interesserà esclusivamente la zona di scavo in trincea fino all'ultimo piano a quota 579 m s.l.m.

Da quota 475 a quota 537 sono previste 12 alzate di 5 m cadauna da realizzarsi con elementi in terre rinforzate con ampiezza dei singoli piani non inferiore a 7.5 m.

A partire da quota 537 l'altezza delle scarpate rimane invariata mentre le ampiezze sono lievemente superiori fino a colmare completamente la zona in trincea fino a quota media 577 m s.l.m.

Nel settore in trincea le pedate dei gradoni sono lievemente pendenti verso valle per consentire un progressivo innalzamento di quota ed un raccordo con le pedate dei gradoni in roccia.

La sequenza di lavori di ricomposizione ambientale prevista è la seguente:

- predisposizione sul limite valle del piazzale di una struttura in terre rinforzate di altezza pari a 5 m;
- riempimento progressivo del piazzale fino ad una altezza massima di 5 m, con terre e rocce da scavo provenienti da sbancamenti in terreno naturale con l'accortezza di concentrare alla base i materiali a granulometria grossolana e nella porzione superiore esposta la coltre di copertura ricca in sostanza organica;

- rullatura e compattazione del materiale abbancato verificando anche attraverso periodiche campionature e specifiche prove di laboratorio (prove di compattazione tipo Proctor) il grado di umidificazione ottimale per la costipazione dei vuoti;
- inerbimento e piantumazione sui piani esposti di essenze forestali consigliate, secondo le tecniche e le indicazioni descritte nei paragrafi successivi.

Per quanto riguarda i piani di abbancamento è stata scelta, come soluzione progettuale per il consolidamento delle scarpate, il ricorso a terre rinforzate: la tecnica prevede la sovrapposizione di strati di terreno compattato successivi, fino al raggiungimento della quota di progetto, legati tra loro da reti o *"geogriglie"* di rinforzo che hanno lo scopo di assorbire gli sforzi di taglio.

Ogni singolo elemento delle terre rinforzate è costituito da un pannello rigido in rete elettrosaldata a maglia 15 x 15 cm accoppiato ad una geogriglia, geosintetico a struttura planare polimerica di elementi ad elevata resistenza a trazione, integralmente connessi.

L'angolo di scarpa frontale determinato dalla forma del pannello rigido in rete elettrosaldata è stato posto pari a 65°.

Nella finitura frontale della terra rinforzata le geogriglie si possono accoppiare a biofeltri preseminati che accelerano il reimpianto vegetazionale.

Gli interventi in progetto comporteranno la possibilità di procedere alla ricomposizione ambientale dell'intera area, modellata a partire dalla base della superficie di escavazione.

E' previsto il controllo dei nuovi profili in fase realizzativa attraverso opportune verifiche di stabilità, condotte sia in una fase intermedia con volumetria di abbancamento pari a circa il 50% del totale sia nella configurazione finale.

12.3 SCHEMA DI DISCIPLINAMENTO DELLE ACQUE

In riferimento al profilo idrogeologico e geomorfologico indicato si può osservare che la cava risulta esposta lungo un tratto di versante che collega il crinale con la strada di cantiere: nonostante l'estensione del complesso, non è previsto alcun contributo idrico al di fuori dell'area estrattiva, poiché il fronte superiore non sottende alcun bacino idrografico.

In condizioni di normale piovosità l'area presenta regolare drenaggio delle acque di ruscellamento, mentre, durante gli eventi di maggiore intensità, si possono verificare fenomeni di corrivazione superficiale, a causa dell'elevata acclività del fronte, di una presenza limitata di copertura vegetale e della mancanza di un reticolo di drenaggio ben definito.

La quantità di acque che, in caso d'intensa piovosità, si riversa sulle porzioni di versante a quote inferiori, provenienti dall'anfiteatro artificiale in cui risulta sagomato il fronte di cava, sarà raccolta sfruttando in parte le vie di deflusso esistenti e in parte realizzando solchi in roccia indirizzati verso il sistema di smaltimento principale: in entrambi i casi per lo smaltimento delle acque si farà riferimento al T. Reppia, sia in maniera diretta, sia attraverso un sistema di corrivazione indirizzato verso il suo tributario T. Ricasola.

I dispositivi da mettere in atto possono essere articolati in settori con diverse problematiche idrogeologiche, che sono di seguito descritti sinteticamente. I dettagli progettuali e le quote di riferimento sono rimandati allo Studio idraulico.

Sistema di raccolta lungo i singoli gradoni

E' prevista la realizzazione di cunette a monte di ogni singola balza di coltivazione che dovranno svolgere la funzione di raccolta delle acque ruscellanti lungo le scarpate e sarà quindi predisposto al piede delle stesse con le seguenti caratteristiche:

- le acque saranno convogliate, tramite canaletta di raccolta scavata direttamente in roccia, verso le vie di deflusso preventivamente predisposte che limiteranno il complesso estrattivo;
- in caso di zone giudicate particolarmente permeabili il sistema di collettamento potrà essere rinforzato con semitubi in cemento di diametro pari a 30 cm;
- i gradoni dovranno essere predisposti in maniera tale da garantire il deflusso delle acque raccolte dalle canalette verso i collettori di raccolta; tale fattispecie è resa possibile attraverso un abbassamento dei margini estremi dei gradoni di almeno 0.5 m rispetto alla quota massima di scavo prevista;
- la fase di recupero vegetazionale delle singole balze dovrà essere preceduta dalla trasformazione delle canalette superficiali in roccia in sistemi di drenaggio e smaltimento delle acque di infiltrazione, mediante riempimento con ghiaia delle canalette stesse e apposizione di un tubo drenante microfessurato.

Sistema di raccolta acque nell'area in "fossa"

La principale differenza della presente configurazione del fronte rispetto alle precedenti è lo sviluppo di un importante area di coltivazione "in fossa", con quote che progressivamente verranno abbassate rispetto al piano di campagna e rispetto alle quote di scorrimento delle acque meteoriche: ciò implica l'esigenza di un differente sistema di allontanamento delle acque meteoriche dalle aree a quota ridotta.

Il limite delle aree depresse rispetto alla quota di deflusso delle canalette superficiali è stato fissato nella quota +490 m, e l'area con quote inferiori alla stessa è stata individuata quale area depressa in "fossa".

Sono state valutate le differenti possibilità di allontanamento delle acque dall'area depressa, in funzione delle geometrie di progetto e delle caratteristiche geologiche dei terreni interessati: è stata prescelta la soluzione di un allontanamento delle acque mediante pompaggio delle stesse fino alla quota di +490 m, come da dettagli indicati nella relazione idraulica.

Il sistema sarà dimensionato in modo da poter sopportare carichi dovuti ad eventi meteorici di estrema intensità, con tempi di ritorno tra 10 e 50 anni, mentre nell'ordinario entrerà in funzione esclusivamente quando nei pozzetti di raccolta si accumuleranno livelli idrici al di sopra della soglia di attivazione dei sistemi di pompaggio.

Tale sistema non crea problematiche nell'andamento delle lavorazioni, né nell'assetto geomorfologico: la bassa permeabilità degli strati inferiori di roccia impedisce infiltrazioni delle acque, che possono essere allontanate, gradualmente in caso di eventi estremi, senza generare problemi di stabilità, per la specifica configurazione delle aree.

Il sistema verrà progressivamente adeguato con il procedere degli scavi al di sotto della quota +490 m e, al termine della coltivazione, con il graduale riempimento dell'area in fossa.

Nella fase di ricomposizione ambientale mediante abbancamento, non saranno più presenti aree depresse e tutte le acque meteoriche verranno convogliate a gravità.

Canalette di collegamento con il sistema di smaltimento stradale

Avranno la funzione di raccogliere tutte le acque provenienti dai gradoni e di convogliarle nel sistema di smaltimento previsto lungo la sede stradale secondo le seguenti caratteristiche:

- sono state individuate alla estremità del fronte alcune linee ottimali per la raccolta delle acque provenienti dai gradoni in roccia e il loro convogliamento, attraverso canalizzazioni ortogonali alle banche di scavo, verso i piazzali che progressivamente si andranno formando nel corso delle fasi di coltivazione;
- sul lato monte dei piazzali temporanei e definitivi saranno predisposti canali superficiali di raccolta delle acque provenienti dall'insieme dei fronti di scavo per il successivo smaltimento nel sistema di deflusso stradale;
- dai canali di raccolta sui piazzali le acque saranno convogliate attraverso canali a cielo aperto o tubi interrati, di diametro adeguato, verso il sistema di smaltimento presente lungo la sede stradale, progressivamente adeguato e modificato nel corso delle fasi estrattive.

Smaltimento delle acque provenienti dal corpo in rilevato

E' previsto un sistema di regimazione in grado di raccogliere tutte le acque provenienti dai piani di abbancamento e di convogliarle nel sistema di smaltimento previsto lungo la sede stradale con le seguenti caratteristiche:

- lungo ogni balza ottenuta mediante materiali di riempimento è prevista una canaletta di raccolta lato monte, protetta da telo in PE;
- sui due lati del corpo in rilevato sono previsti canali di gronda costituiti da canalizzazioni a cielo aperto con salti e briglie in pietrame e legname aventi funzione di raccogliere le acque provenienti dal sistema realizzato lungo le balze;
- nella parte centrale del corpo in rilevato è previsto un canale di raccolta a cielo aperto con salti e briglie in pietrame e legname aventi funzione di raccogliere le acque provenienti dal sistema di canalizzazione realizzato lungo le balze e convogliarlo verso il sistema di regimazione stradale.

Sistema di smaltimento in funzione lungo la pista d'accesso

Tale sistema già presente nel complesso estrattivo raccoglie le acque provenienti dalle canalette di gronda laterali e dai solchi di drenaggio previsti lungo i piazzali e le convoglia, attraverso opere previste lungo la sede stradale, verso le linee di deflusso principale.

Lo schema di smaltimento dei deflussi lungo la sede stradale di accesso al complesso estrattivo dovrà funzionare sia nel corso della fase estrattiva sia durante la fase di abbancamento e a lavori di sistemazione conclusi.

Il sistema di canalizzazioni e attraversamenti lungo i tornanti è stato oggetto di attenta verifica nel corso degli studi di carattere idraulico, per cui sono già previste all'atto della progettazione alcune opere di potenziamento del sistema esistente, che dovrà essere progressivamente adeguato e modificato nel corso delle successive fasi di coltivazione che prevedono la parziale eliminazione della strada di accesso al settore sommitale.

I particolari delle opere di potenziamento del sistema di smaltimento esistente sono specificati nel dettaglio nella relazione idraulica.

Sistemi idraulici ed ambientali per il controllo delle acque

Lungo la rete del sistema di raccolta e smaltimento delle acque verranno potenziati i sistemi di controllo, al fine di ridurre la torbidità delle acque grazie al progressivo deposito dei solidi sospesi.

I sistemi verranno potenziati mediante l'aggiunta di una nuova vasca di sedimentazione (5.00 x 0.50 m) alla quota +475, e il potenziamento della vasca esistente alla quota +421, mediante una nuova vasca di dimensioni 4.00 x 4.00 m. A valle della suddetta vasca verrà realizzato un pozzetto a sfioro per il controllo delle acque, ove verranno eseguiti i prelievi per la valutazione dei solidi sospesi.

Tali vasche verranno regolarmente manutenute e pulite al fine di mantenerne inalterata l'efficacia e l'operatività.

Chiavari, 15 giugno 2013

Dott. Geol. Giacomo Canepa

Dott. Geol. Andrea Robbiano

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

ABBATE E., BORTOLOTTI V., GALBIATI B., PRINCIPI G. (1980) - *Carta Geologica delle Ofioliti del Bargonasco e dell'alta val Graveglia,* scala 1:25000, ed. L.A.C. Firenze

ASSOCIAZIONE GEOTECNICA ITALIANA (1977) - *Raccomandazioni sulle indagini geotecniche*.

BIENIAWSKI Z.T. (1989) – Engineering rock mass classification. J. Wiley & Sons

GEOSTRU (2009) – Geostru PS Parametri Sismici "Software di calcolo per la definizione della pericolosità sismica"

FACCINI F. (1999) - *Fenomeni carsici e ambiente umano in Val Graveglia (Liguria),* Tesi di laurea inedita, Istituto di Geografia dell'Università di Genova

FACCINI F., MARESCOTTI P., ROBBIANO A. (2000) - *La val Graveglia: un tesoro geologico nell'appennino ligure*, editore Fassicomo Genova

FALCIONI C., NOSENGO S., PAOLETTI L., PEDEMONTE S. (1995) - *Caratteristiche di resistenza al taglio di discontinuità in roccia per alcuni litotipi liguri,* Professione Geologo, n. 1/2-1995

FALCIONI C., NOSENGO S., PEDEMONTE S. (1995) - *Valutazione della resistenza a compressione monoassiale di calcestruzi e rocce mediante l'utilizzo degli sclerometri L e N*, PG n. 3/95

HOEK E., CARRANZA-TORRES C., CORKUM B. (2002) – "Hoek-Brown failure criterion - 2002 edition", Proc. North American Rock Mechanics Society meeting in Toronto in July 2002

HOEK E., DIEDERICHS M.S. (2005) – Empirical estimation of rock mass modulus. International Journal of Rock Mechanics & Mining Sciences 43 (2006) 203-215

JANBU N. (1968) – Slope Stability Computations. Soil mechanics and foundation engineering report. The Technical University of Norway

MARINOS P., HOEK E. (2000) – GSI: a geologically friendly tool for rock mass strenght estimation. GeoEng 2000, Melbourne

MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI (2008) – Decreto Ministeriale 14.01.2008, "Nuove Norme tecniche per le costruzioni. Gazzetta Ufficiale n. 29 del 04.02.2008. Suppl. Ordinario n.30"

MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI (2009) – Circolare 02.02.2009 n. 617 "Istruzioni per l'applicazione delle Nuove Norme Tecniche per le costruzioni di cui al D.M. 14.01.2008"

POZZI R., CLERICI A., 1986, *Il point load test: rassegna critica delle metodologie e dell'impiego nei progetti di geologia applicata*, Le strade, anno LXXXVIII, n. 1224, gennaio 1986

PROVINCIA DI GENOVA – AREA 06 DIFESA DEL SUOLO, PIANI DI BACINO ED OPERE AMBIENTALI (2002) - *Piano Stralcio di Bacino per il Rischio Idrogeologico (T. Lavagna).* Redatto ai sensi del comma 1 dell'art. 1 del D.L. 180/98 ("Decreto Sarno").

REGIONE LIGURIA (2005) - Carta geologica in scala 1:25000 " *Foglio Chiavari Recco*"

ROCLAB V.1.031 (2007) - Rock mass strength analysis. Software freeware distribuito da rocscience inc., Toronto (Can)

STUDIO ASSOCIATO DI GEOLOGIA TECNICA & AMBIENTALE (2003) – Relazione geomineraria a corredo del progetto di apertura del sito estrattivo denominato Costa dei Sergi, nel Comune di Ne (Provincia di Genova)

STUDIO ASSOCIATO DI GEOLOGIA TECNICA & AMBIENTALE (2012) – Relazione geomineraria a corredo della variante al programma di coltivazione per ampliamento e sistemazione finale della cava di calcare "Costa dei Sergi" e contestuale studio d'impatto ambientale, nel Comune di Ne (Provincia di Genova)