

PREMESSA

La presente Relazione geologica e geotecnica è relativa al **PROGETTO DI COLTIVAZIONE E RICOMPOSIZIONE AMBIENTALE DEL COMPARTO ESTRATTIVO C07AV_01** perimetrato con **Deliberazione di Giunta Regionale della Campania n. 491 del 20.03.2009.**

Il **Comparto Estrattivo** di cui al capoverso precedente è relativo alla cava di gesso ubicata nel Comune di Ariano Irpino alla località Cervaro, in ditta CEMENTI ARIANO S.R.L. corrente in Ariano Irpino alla C.da Camporeale n. 90.

Alla presente relazione, costituente **l'Elaborato n. 13 – Relazione geologico – tecnica**, è allegata la seguente documentazione:

- Elaborato n. 14 – Relazione geologico – tecnica – Carta geolitologica in scala 1:2.000;
- Elaborato n. 15 – Relazione geologico – tecnica – Carta geomorfologica in scala 1:2.000;
- Elaborato n. 16 – Relazione geologico – tecnica – Carta idrogeologica in scala 1:2.000;
- Elaborato n.17 – Relazione geologico – tecnica – Carta delle indagini geologiche eseguite in scala 1:2.000;
- Elaborato n. 18 – Relazione geologico – tecnica – Sezioni geologiche in scala 1:1.000;
- Elaborato n. 19 – Relazione geologico – tecnica – Sezioni idrogeologiche in scala 1:1.000.
- Elaborato n. 19/A – Relazione geologico – tecnica – Calcoli di stabilità delle scarpate.

GEOLOGIA – CARTA GEOLITOLOGICA

Da un punto di vista prettamente geolitologico, è possibile classificare i depositi delle varie unità stratigrafico strutturali, presenti nella superficie di cava in esame, secondo il seguente schema:

□ Unità degli argilloscisti varicolori

La formazione geologica presente nell'area del comparto appartiene al cosiddetto “**Complesso indifferenziato**” di età compresa tra il Cretaceo e il Paleogene, ed è costituita da argille e marne prevalentemente siltose, grigie e varicolori, con differente grado di costipazione e scistosità; interstrati o complessi di strati calcarei, calcareo marnosi, calcarenitici, strati di breccie calcaree, di arenarie , puddinghe, diaspri e scisti diasprigni.

Si tratta di un complesso sedimentario marino, costituito da sedimenti di natura prevalentemente detritica, con scarse microfaune autoctone e con microfaune rimaneggiate (alloctone) assai più diffuse.

Si tratta di un complesso della serie del “flysch”.

Il **Complesso indifferenziato** è formato da sedimenti prevalentemente argillosi, alternati ad argille marnose e marne siltose con differente grado di costipazione e scistosità.

Entro questi sedimenti si ritrovano, in quantità variabile da luogo a luogo, strati od insieme di strati litoidi formati da calcari, calcari marnosi, calcareniti, calcilutiti, brecciole e brecciole calcaree, arenarie, sabbie e molasse, puddinghe e diaspri.

In generale, nel Complesso delle Argille Varicolori, stabilire un limite tra le stesse Argille e qualsiasi delle altre litofacies costituente il flysch, è assai spesso un problema di difficile soluzione, sia perchè in genere sono poco evidenti i singoli affioramenti, sia perchè il passaggio dall'uno all'altro complesso del flysch avviene con gradualità, e per variazione dei rapporti quantitativi dei medesimi costituenti.

□ **Depositi evaporitici (Gessi macro e microcristallini)**

I depositi evaporitici, costituiti da gessi macro e microcristallini, sono presenti nella parte basale dell'area richiesta per l'attività di cava (**Cantiere estrattivo**).

I depositi evaporitici affiorano al di sotto del bacino idrico, presente nell'area di cava e, gli stessi, disposti in strati dello spessore di 0,50 – 1,00 m, con immersione lungo la direttrice NW – SE, si rinvencono sino alla quota di 625,00 m s.l.m.mare

□ **Depositi alluvionali**

I depositi alluvionali, costituiti da ghiaie, breccie eterometriche e sabbie costituisce il materasso alluvionale del Torrente Cervaro.

Il materasso alluvionale presenta uno spessore variabile tra i 3-4 metri, ed è costituito essenzialmente da ghiaie e breccie eterometriche, con ridotta frazione di sabbie ed argille, con tipica distribuzione lenticolare.

La successione stratigrafica generale del materasso alluvionale risulta costituita da ciottoli calcarei sciolti, talora, legati matrice sabbiosa.

I ciottoli sono delle più svariate dimensioni, massimo di un decimetro di diametro, generalmente a spigoli arrotondati, indice quest'ultimo di un notevole trasporto subito dai clasti.

Intercalati ai ciottoli calcarei, si evidenziano materiali breccioidi della stessa natura litologica, spesso clinostratificati di dimensioni varie e con spigoli poco o punto arrotondati.

I livelli a granulometria più fine, a granulometria sabbiosa, presentano gli stessi costituenti mineralogici e formano livelli di qualche decimetro di spessore, talvolta sono in tasche e caoticamente distribuiti.

Il materasso alluvionale descritto poggia, alla profondità variabile di 3-4 metri dal piano-campagna, alla sinistra orografica del Torrente Cervaro, sui termini del membro argilloso del ciclo pliocenico, mentre, alla destra orografica sui depositi gessosi.

CARTA GEOMORFOLOGICA

Nell'**Elaborato n. 15 – Carta geomorfologica** è riportata la morfologia della superficie oggetto del presente lavoro ed i movimenti gravitativi presenti.

Tutta la superficie del comparto, compreso il **Cantiere estrattivo**, presenta buone condizioni di stabilità.

Il Torrente Cervaro è caratterizzato da un reticolo idrografico a regime fluviale, impostato su depositi impermeabili di natura argillosa, appartenenti alla parte più bassa del ciclo pliocenico (**Unità di Ariano**), che viene a contatto, proprio alla destra orografica dello stesso bacino idrografico, con l'Unità delle Argille Varicolori.

Il settore studiato corrisponde ad un tratto di bacino caratterizzato da un'area di displuvio con acclività minore di 10°, orientata SSE-NNW e su cui si sviluppano due Strade comunali, di cui quella ad Est prende il nome di Carrarone (Caccarone); mentre, a sud-est, è delimitata dal fondo valle in cui scorre un tratto del Torrente Cervaro, caratterizzato da una morfologia concava.

Lungo il percorso dell'alveo fluviale, l'azione erosiva delle acque ha dato origine ad alcune scarpate di erosione fluviale, spesso collocate in corrispondenza di anomalie del reticolo idrografico, caratterizzate da bruschi cambiamenti di direzione del percorso delle acque, probabilmente da imputare a locali fattori di condizionamento lito-strutturale.

Il versante compreso tra l'area di displuvio ed il fondo valle è caratterizzato da morfologie molto dolci con acclività che vanno dai 20°, nelle zone più prossime al settore di displuvio, fino ai 30° nelle aree più prossime al fondo valle.

Localmente, a ridosso del fondovalle, soprattutto in corrispondenza di litotipi a prevalente componente litoide di natura evaporitica, i fenomeni di morfoselezione interrompono la monotonia del paesaggio, dando origine a zone a maggior acclività.

L'area in cui, invece, ricade la superficie richiesta in autorizzazione per l'attività di cava, trovandosi a ridosso di un displuvio secondario in cui affiora, con giacitura a traversopoggio, una successione di terreni prevalentemente evaporitici, con intercalazioni argillose, dà origine ad un settore di versante regolare in complessi terrigeni, caratterizzato da una maggiore stabilità e da una morfologia più conservativa rispetto alle aree circostanti.

Nelle restanti aree del versante, i valori di acclività e le caratteristiche geologiche dei terreni affioranti favoriscono la diffusa presenza di morfologie blande e di aree interessate da deformazioni superficiali lente (creep e soliflussi), come cartografate nell'**Elaborato n. 15 – Carta geomorfologica**.

E' stata cartografata, lungo il settore sud-orientale del Comparto Estrattivo un'**Area potenzialmente instabile**, avente estensione di oltre un ettaro, in cui sono presenti piccoli movimenti gravitativi, limitati alla profondità di un metro dal piano campagna.

CARTA IDROGEOLOGICA

Nell'**Elaborato n. 16 – Carta Idrogeologica**, sono riportati gli affioramenti dei terreni presenti nel **Cantiere Estrattivo**, distinti in relazione alla capacità di assorbimento o meno dell'acqua.

Fondamentalmente, i corpi litologici presenti possono essere distinti in :

- a. **Complesso permeabile per porosità;**
- b. **Complesso semipermeabile;**
- c. **Complesso impermeabile.**

Il **Complesso permeabile per porosità** comprende i depositi alluvionali del Torremte Cervaro, costituiti da ghiaie e brecce eterometriche con ridotta frazione di sabbie ed argille, con tipica distribuzione lenticolare, che presentano una potenza variabile tra i 3-4 metri.

Il corpo litologico consente la percolazione delle acque verso gli strati più profondi del sottosuolo, dove vengono tamponate da sedimenti a granulometria pelitica, originando modeste falde superficiali, a carattere stagionale.

Il **Complesso semipermeabile** comprende le rocce evaporitiche (gessi), in cui la permeabilità è conferita dalla fratturazione, di tipo secondario, dovuta essenzialmente al brillamento di esplosivi operati nella cava di gesso nel corso degli anni.

Le rocce evaporitiche (gessi), strutturalmente, sono rocce impermeabili, che non consentono la circolazione delle acque nel loro interno, né la percolazione delle stesse verso gli strati più profondi del sottosuolo.

Quanto riportato è confermato dal deposito di acque presente nel vecchio piazzale della cava di gesso, sostenute dalle rocce gessose.

Infine, il **Complesso impermeabile** comprende i sedimenti argillosi del complesso degli Argilloscisti Varicolori.

In relazione alla eterogeneità litologica del complesso degli Argilloscisti Varicolori, possono originarsi falde freatiche confinate, al contatto tra sedimenti granulari ed i sedimenti francamente pelitici.

Nel corso delle indagini eseguite nel complesso dell'area in esame, non sono state rilevate falde acquifere, sorgenti e/o scaturigini idriche di qualsivoglia entità.

CARTA DELLE INDAGINI GEOLOGICHE ESEGUITE

Nell'Elaborato n. 17 – Carta delle Indagini geologiche eseguite, sono riportati i sondaggi a carotaggio continuo, eseguiti dalla ditta **CEMENTI ARIANO S.R.L.** per la redazione del **P.U.G (Progetto Unitario di Gestione)**.

I sondaggi a carotaggio continuo, eseguiti secondo la disposizione planimetrica riportata nell'**Elaborato n.** hanno evidenziato che il **Sondaggio S1**, eseguito a ridosso dell'attuale fronte, ha dimostrato che la formazione di gesso prosegue al disotto del pelo libero delle acque del bacino, per la profondità di 20,00 m dal piano-campagna, il **Sondaggio S2**, eseguito alla quota di 608,00 m s.l.m.mare ha rilevato la presenza, per i primi sei metri di argilla e scapoli di pietrame gessoso, mentre il **Sondaggio S3**, eseguito alla quota di 615 m.s.l.m.mare ha evidenziato sino alla profondità di 20,00 dal piano-campagna, unicamente la presenza di materiali argillosi (argille varicolori).

E' stata inoltre una prospezione geofisica a rifrazione, nella parte centrale del **Cantiere Estrattivo**, che ha evidenziato le differenti caratteristiche sismiche nella colonna stratigrafica della superficie in esame.

La prova sismica e le caratteristiche geofisiche sono riportate in allegato.

Le indagini geognostiche eseguite hanno avvalorato la conclusione che il banco di gesso ha un andamento sub verticale, non si trova a monte del fronte residuale di cava, lasciato nel corso di anni di intensa attività estrattiva.

In conclusione si può affermare che nel comparto, così come definito, il gesso si trova unicamente in prossimità dell'attuale fronte di cava e al di sotto dell'invaso, e pertanto la sola parte estraibile è quella in affioramento.

ANALISI E PROVE DI LABORATORIO GEOTECNICO

Per la caratterizzazione geotecnica dei terreni investigati, sono stati prelevati n. 2 campioni di terreno, di cui il primo nel foro del sondaggio **S1** alla profondità di **5,00 – 5,50 m** dal piano-campagna, e l'altro nel sondaggio **S2** alla profondità di 4,00 – 4,50 m dal piano-campagna.

I campioni, sottoposti ad analisi e prove di laboratorio geotecnico presso il **Laboratorio Geo-In S.r.l.** hanno sortito le seguenti caratteristiche geomeccaniche più significative

Campione C1 – Gessi (sondaggio S1 alla profondità di 5,00 – 5,50 m):

- Peso dell'unità di volume naturale 23,48 kN/m³
- Peso specifico dei grani..... 26,91 kN/m³
- Peso di volume saturo..... 24,46 kN/m³
- Porosità..... 14,48 %
- Angolo di attrito interno..... 33°7'
- Coesione..... 277,1 kN/m²

Campione C1 – Argille (sondaggio S2 alla profondità di 4,00 – 4,50 m):

- Peso dell'unità di volume naturale 15,71 kN/m³
- Peso specifico dei grani..... 26,70 kN/m³
- Peso di volume saturo..... 18,49 kN/m³
- Porosità..... 49,17 %
- Angolo di attrito interno..... 15°8'
- Coesione..... 23,7 kN/m²

Per la visione dei valori delle caratteristiche fisico-meccaniche dei terreni analizzati, si rimanda all'**Elaborato n. 21 – CERTIFICATI ANALISI E PROVE DI LABORATORIO GEOTECNICO ESEGUITE DAL LABORATORIO GEO-IN S.R.L. DI BENEVENTO.**

ANALISI DI STABILITÀ

Lo studio della stabilità dell'area interessata dal progetto è stato finalizzato:

- al riconoscimento ed alla delimitazione dei dissesti in atto o potenziali;
- alla definizione dei cinematismi ed alla loro possibile evoluzione;
- all'individuazione delle cause predisponenti e scatenanti;
- alla determinazione delle proprietà geomeccaniche dei materiali coinvolti;
- alla determinazione delle condizioni di stabilità dei profili di progetto.

In base al modello fisico-evolutivo della potenziale superficie di scivolamento così ottenuto, è possibile scegliere il metodo di analisi di stabilità più adatto per la stima del fattore di sicurezza.

Scopo ultimo dell'analisi di stabilità è la realizzazione di un progetto di riprofilatura e di ripristino finale del versante al termine dell'attività di coltivazione che garantisca la stabilità dello scavo sia a breve, durante le fasi di esecuzione dei lavori estrattivi, sia a lungo termine, anche dopo la dismissione dell'attività estrattiva.

Lo studio sulla stabilità dei fronti si è stato articolato nelle seguenti tre fasi.

1. Fasi iniziali di studio

- raccolta e analisi della documentazione esistente;
- consultazione carte topografiche, carte litologiche, geomorfologiche, geologico-strutturali;
- analisi dei fronti di scavo per definire altezze e inclinazioni, per riconoscere e delimitare in prima istanza i possibili dissesti, i loro cinematismi e la loro evoluzione;

2. Approfondimento d'indagine

- rilevamenti di superficie dettagliati per la raccolta di dati geologico-strutturali dell'ammasso roccioso;
- rilievi di superficie e indagini geognostiche profonde per la definizione delle caratteristiche geomeccaniche dei terreni investigati.

3. Fasi di Sintesi

- analisi e valutazione dei dati ottenuti;
- studio delle condizioni di stabilità dei versanti mediante l'utilizzo di un modello e di un metodo analitico ed informatico più adatto per la stima del fattore di sicurezza (in allegato lo studio della verifica e analisi di stabilità).

Dagli studi eseguiti, si deduce che nell'area sono da escludersi frane per scorrimento traslativo, per scorrimento rotazionale e processi di soil - creep o soliflusso.

Sotto l'aspetto geomorfologico, la metodologia di coltivazione progettata non apporta modifiche topografiche tali da creare fenomeni di instabilità e di dissesto idrogeologico, né durante le fasi di esercizio né nella fase finale.

Dall'analisi delle fasi finali del progetto, i fronti di scavo che saranno realizzati presentano ottime condizioni di stabilità, e la loro configurazione produce un incremento delle condizioni di stabilità della superficie in esame.

INTRODUZIONE ALL'ANALISI DI STABILITÀ – QUADRO NORMATIVO

Definizione

Per pendio s'intende una porzione di versante naturale il cui profilo originario è stato modificato da interventi artificiali rilevanti rispetto alla stabilità.

Per frana s'intende una situazione di instabilità che interessa versanti naturali e coinvolgono volumi considerevoli di terreno.

La risoluzione di un problema di stabilità richiede la presa in conto delle equazioni di campo e dei legami costitutivi.

Le prime sono di equilibrio, le seconde descrivono il comportamento del terreno.

Tali equazioni risultano particolarmente complesse in quanto i terreni sono dei sistemi multifase, che possono essere ricondotti a sistemi monofase solo in condizioni di terreno secco, o di analisi in condizioni drenate.

Nella maggior parte dei casi ci si trova a dover trattare un materiale che se saturo è per lo meno bifase, ciò rende la trattazione delle equazioni di equilibrio notevolmente complicata. Inoltre è praticamente impossibile definire una legge costitutiva di validità generale, in quanto i terreni presentano un comportamento non-lineare già a piccole deformazioni, sono anisotropi ed inoltre il loro comportamento dipende non solo dallo sforzo deviatorico ma anche da quello normale.

A causa delle suddette difficoltà sono introdotte delle ipotesi semplificative:

(a) Si usano leggi costitutive semplificate: modello rigido perfettamente plastico.

Si assume che la resistenza del materiale sia espressa unicamente dai parametri coesione (c) e angolo di resistenza al taglio (φ), costanti per il terreno e caratteristici dello stato plastico; quindi si suppone valido il criterio di rottura di Mohr-Coulomb.

(b) In alcuni casi vengono soddisfatte solo in parte le equazioni di equilibrio.

Metodo equilibrio limite (LEM)

Il metodo dell'equilibrio limite consiste nello studiare l'equilibrio di un corpo rigido, costituito dal pendio e da una superficie di scorrimento di forma qualsiasi (linea retta, arco di cerchio, spirale logaritmica); da tale equilibrio vengono calcolate le tensioni da taglio (τ) e confrontate con la resistenza disponibile (R_f), valutata secondo il criterio di rottura di

Coulomb, da tale confronto ne scaturisce la prima indicazione sulla stabilità attraverso il coefficiente di sicurezza $F = R_f / T$.

Tra i metodi dell'equilibrio limite alcuni considerano l'equilibrio globale del corpo rigido (*Culman*), altri a causa della non omogeneità dividono il corpo in conci considerando l'equilibrio di ciascuno (*Fellenius, Bishop, Janbu ecc.*).

Di seguito vengono discussi i metodi dell'equilibrio limite dei conci.

Metodo dei conci

La massa interessata dallo scivolamento viene suddivisa in un numero conveniente di conci.

Se il numero dei conci è pari a n , il problema presenta le seguenti incognite:

n valori delle forze normali N_i agenti sulla base di ciascun concio;

n valori delle forze di taglio alla base del concio T_i ;

$(n-1)$ forze normali E_i agenti sull'interfaccia dei conci;

$(n-1)$ forze tangenziali X_i agenti sull'interfaccia dei conci;

n valori della coordinata a che individua il punto di applicazione delle E_i ;

$(n-1)$ valori della coordinata che individua il punto di applicazione delle X_i ;

una incognita costituita dal fattore di sicurezza F .

Complessivamente le incognite sono $(6n-2)$

mentre le equazioni a disposizione sono:

Equazioni di equilibrio dei momenti n

Equazioni di equilibrio alla traslazione verticale n

Equazioni di equilibrio alla traslazione orizzontale n

Equazioni relative al criterio di rottura n

Totale numero di equazioni $4n$

Il problema è statisticamente indeterminato ed il grado di indeterminazione è pari a

$$i = (6n-2)-(4n) = 2n-2.$$

Il grado di indeterminazione si riduce ulteriormente a $(n-2)$ in quando si fa l'assunzione che

N_j sia applicato nel punto medio della striscia, ciò equivale ad ipotizzare che le tensioni normali totali siano uniformemente distribuite.

I diversi metodi che si basano sulla teoria dell'equilibrio limite si differenziano per il modo in cui vengono eliminate le $(n-2)$ indeterminazioni.

Metodo di FELLENIUS (1927)

Con questo metodo (valido solo per superfici di scorrimento di forma circolare) vengono trascurate le forze di interstriscia pertanto le incognite si riducono a:

n valori delle forze normali N_j ;

n valori delle forze da taglio T_j ;

1 fattore di sicurezza.

Incognite $(2n+1)$

Le equazioni a disposizione sono:

n equazioni di equilibrio alla traslazione verticale;

n equazioni relative al criterio di rottura;

1 equazione di equilibrio dei momenti globale.

$$F = \frac{\sum \{ c_i \times l_i + (W_i \times \cos \alpha_i - u_i \times l_i) \times \tan \varphi_i \}}{\sum W_i \times \sin \alpha_i}$$

Questa equazione è semplice da risolvere ma si è trovato che fornisce risultati conservativi (fattori di sicurezza bassi) soprattutto per superfici profonde.

VALUTAZIONE DELL'AZIONE SISMICA

Nelle verifiche agli Stati Limite Ultimi la stabilità dei pendii nei confronti dell'azione sismica viene eseguita con il metodo pseudo-statico.

Per i terreni che sotto l'azione di un carico ciclico possono sviluppare pressioni interstiziali elevate viene considerato un aumento in percento delle pressioni neutre che tiene conto di questo fattore di perdita di resistenza.

Ai fini della valutazione dell'azione sismica, nelle verifiche agli stati limite ultimi, vengono considerate le seguenti forze statiche equivalenti:

$$F_H = K_o \cdot W$$

$$F_V = K_v \cdot W$$

Essendo:

F_H e F_V rispettivamente la componente orizzontale e verticale della forza d'inerzia applicata al baricentro del concio;

W : peso concio

K_o : Coefficiente sismico orizzontale

K_v : Coefficiente sismico verticale.

Calcolo coefficienti sismici

Le **NTC 2008** calcolano i coefficienti K_o e K_v in dipendenza di vari fattori:

$$K_o = \beta_s \times (a_{max}/g)$$

$$K_v = \pm 0,5 \times K_o$$

Con

β_s coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito;

a_{max} accelerazione orizzontale massima attesa al sito;

g accelerazione di gravità.

Tutti i fattori presenti nelle precedenti formule dipendono dall'accelerazione massima attesa sul sito di riferimento rigido e dalle caratteristiche geomorfologiche del territorio.

$$a_{max} = S_S S_T a_g$$

S_S (effetto di amplificazione stratigrafica): $0.90 \leq S_S \leq 1.80$; è funzione di F_0 (Fattore massimo di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale) e della categoria di suolo (A, B, C, D, E).

S_T (effetto di amplificazione topografica).

Il valore di S_T varia con il variare delle quattro categorie topografiche introdotte:

$$T1(S_T = 1.0) \quad T2(S_T = 1.20) \quad T3(S_T = 1.20) \quad T4(S_T = 1.40).$$

Questi valori sono calcolati come funzione del punto in cui si trova il sito oggetto di analisi.

Il parametro di entrata per il calcolo è il tempo di ritorno dell'evento sismico che è valutato come segue:

$$T_R = -V_R / \ln(1 - PVR)$$

Con V_R vita di riferimento della costruzione e PVR probabilità di superamento, nella vita di riferimento, associata allo stato limite considerato. La vita di riferimento dipende dalla vita nominale della costruzione e dalla classe d'uso della costruzione (in linea con quanto previsto al punto 2.4.3 delle NTC). In ogni caso V_R dovrà essere maggiore o uguale a 35 anni.

Con l'**OPCM 3274** e successive modifiche, i coefficienti sismici orizzontale K_0 e verticale K_v che interessano tutte le masse vengono calcolati come:

$$K_0 = S \cdot (a_g/g) \quad K_v = 0.5 \cdot K_0$$

S: fattore dipendente dal tipo di suolo secondo lo schema:

tipo A - $S=1$;

tipo B - $S=1.25$;

tipo C - $S=1.25$;

tipo E - $S=1.25$;

tipo D - $S=1.35$.

Per pendii con inclinazione superiore a 15° e dislivello superiore a 30 m, l'azione sismica deve essere incrementata moltiplicandola per il coefficiente di amplificazione topografica S_T :

$S_T \geq 1,2$ per siti in prossimità del ciglio superiore di pendii scoscesi isolati;

$S_T \geq 1,4$ per siti prossimi alla sommità di profili topografici aventi larghezza in testa molto inferiore alla larghezza alla base e pendenza media $> 30^\circ$; $S_T \geq 1,2$ per siti dello stesso tipo ma pendenza media inferiore.

L'applicazione del **D.M. 88** e successive modifiche ed integrazioni è consentito mediante l'inserimento del coefficiente sismico orizzontale K_0 in funzione delle Categorie Sismiche secondo il seguente schema: **I^a Cat. $K_0=0.1$; II^a Cat. $K_0=0.07$; III^a Cat. $K_0=0.04$**

Per l'applicazione dell'Eurocodice 8 (progettazione geotecnica in campo sismico) il coefficiente sismico orizzontale viene così definito:

$$K_0 = a_{gR} \cdot \gamma_I \cdot S / (g)$$

a_{gR} : accelerazione di picco di riferimento su suolo rigido affiorante,

γ_I : fattore di importanza,

S: soil factor e dipende dal tipo di terreno (da A ad E).

$$a_g = a_{gR} \cdot \gamma_I$$

è la "design ground acceleration on type A ground".

Il coefficiente sismico verticale K_V è definito in funzione di K_0 , e vale:

$$K_V = \pm 0.5 \cdot K_0$$

Ricerca della superficie di scorrimento critica

In presenza di mezzi omogenei non si hanno a disposizione metodi per individuare la superficie di scorrimento critica ed occorre esaminarne un numero elevato di potenziali superfici.

Nel caso vengano ipotizzate superfici di forma circolare, la ricerca diventa più semplice, in quanto dopo aver posizionato una maglia dei centri costituita da m righe e n colonne saranno esaminate tutte le superfici aventi per centro il generico nodo della maglia $m \times n$ e raggio variabile in un determinato range di valori tale da esaminare superfici cinematicamente ammissibili

VERIFICHE DI STABILITA'

Per le sezioni longitudinali eseguite, sono stati eseguiti i calcoli di stabilità delle scarpate, sia nella fase **ante-operam**, precedente i lavori di estrazione dei materiali utili (**gessi**) e dei materiali inerti (**argille**), sia nella fase **post-operam**, successiva i lavori di estrazione e scavo.

Le analisi sono state eseguite per le **Sezioni 2 – 3 – 4** del **Progetto di coltivazione e recupero ambientale**, in quanto le stesse sono più significative sia per le volumetrie dei materiali movimentati, sia per le variazioni geomorfologiche dovute alle fasi estrattive.

Inoltre è stata eseguita l'analisi di stabilità per la Sezione dell'Area potenzialmente instabile, come riportata nell'Elaborato n. 15 della presente documentazione progettuale.

Per l'analisi di stabilità, sono stati utilizzati i parametri di seguito riportati

Coefficienti sismici [N.T.C.]

Dati generali

Descrizione:	
Latitudine:	41,17
Longitudine:	15,14
Tipo opera	2 - Opere ordinarie

Classe d'uso:	Classe II
Vita nominale:	50,0 [anni]
Vita di riferimento:	50,0 [anni]

Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo:	B
Categoria topografica:	T2

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	Ag [m/s ²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	30,0	0,56	2,38	0,29
S.L.D.	50,0	0,73	2,36	0,32
S.L.V.	475,0	2,2	2,48	0,37
S.L.C.	975,0	3,11	2,37	0,42

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera:	Stabilità dei pendii
--------	----------------------

S.L. Stato limite	amax [m/s ²]	Beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0,8064	0,2	0,0164	0,0082
S.L.D.	1,0512	0,2	0,0214	0,0107
S.L.V.	3,1084	0,28	0,0888	0,0444
S.L.C.	4,1027	0,28	0,1171	0,0586

Coefficiente azione sismica orizzontale	0,016
Coefficiente azione sismica verticale	0,008

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	Ag [m/s ²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	30,0	0,56	2,38	0,29
S.L.D.	50,0	0,73	2,36	0,32
S.L.V.	475,0	2,2	2,48	0,37
S.L.C.	975,0	3,11	2,37	0,42

RISULTATI ANALISI DI STABILITA' DEL PENDIO

Come riportate in allegato, le verifiche di stabilità sono state eseguite per le **Sezioni 2 – 3 – 4** del **Progetto di coltivazione e recupero ambientale**, sia nella fase antecedente l'esercizio estrattivo, sia dopo le attività di estrazione e di scavo.

Come si evidenzia dalle **Analisi di stabilità**, riportate in allegato, si evince che in condizioni **post operam** non vengono mai a mancare le condizioni di stabilità in quanto il progetto prevede una diminuzione delle pendenze attuali ed il coefficiente di sicurezza risulta maggiore di quello previsto dalle norme tecniche, ed in particolare **in tutte le verifiche eseguite, vi è un incremento del fattore di sicurezza, che passa dal valore attuale di $F_s = 1,44$ al valore definitivo di $F_s = 2,37$ (cfr. Sezione n. 4).**

Il risultato finale è una riprofilatura dell'area con pendenze dolci, che si integrano perfettamente con la morfologia attuale dell'area, e perciò l'area risulterà perfettamente restituibile agli usi agricoli.

CONSIDERAZIONI FINALI

In relazione alle verifiche geologiche e geotecniche effettuate con il presente lavoro, si può concludere che l'area in oggetto è idonea all'intervento di coltivazione e recupero ambientale come progettati.

Per quanto riguarda la pericolosità geomorfologica, va precisato, che il progetto non prevede un aumento delle pendenze, bensì una diminuzione delle stesse e quindi un indiscutibile miglioramento della situazione geomorfologica dell'intera area.

Il sistema di drenaggio, regimazione e canalizzazione per l'allontanamento delle acque episupeficiali, è tale da evitare ruscellamenti superficiali diffusi ed infiltrazioni sotto il piano campagna, che possano deteriorare le caratteristiche tecniche dei litotipi dell'intera Area destinata ad attività estrattiva, rendendo l'area estrattiva sicuramente più stabile della situazione attuale.

In particolare, dalle analisi di stabilità effettuate è emerso che i versanti dell'area presentano buone condizioni di sicurezza, sia nello stato attuale sia nello stato post-operam, con coefficienti superiori al valore minimo stabilito dalla normativa vigente in materia, in particolare si passa dal valore attuale di

$F_s = 1,44$ al valore definitivo di $F_s = 2,37$ (cfr. Sezione n. 4).

In tutte le verifiche di stabilità riportate in allegato, il **Fattore di sicurezza F_s** è sempre maggiore nella fase di progetto che nelle condizioni attuali, il che è sintomatico di una fase di estrazione condotta nel rispetto delle condizioni geomorfologiche naturali dei materiali da estrarre.

La configurazione finale delle aree di cava sarà ad anfiteatro aperto verso i quadranti meridionali, che meglio si addice alle condizioni geomorfologiche, e che consente di avere delle condizioni di stabilità migliori rispetto a quelle dei fronti allungati.

Allegati:

- Elaborato n. 19/A: Analisi di stabilità Sezioni 2 – 3 – 4 Stato attuale e Stato di progetto, Analisi di stabilità Sezione Area Potenzialmente instabile.