

COMMITTENTE:



ALTA SORVEGLIANZA:



GENERAL CONTRACTOR:



**INFRASTRUTTURE FERROVIARIE STRATEGICHE DEFINITE DALLA
LEGGE OBIETTIVO N. 443/01
LINEA A.V. /A.C. TORINO – VENEZIA Tratta MILANO – VERONA
Lotto Funzionale Brescia-Verona
PROGETTO DEFINITIVO**

AREA DI CAVA BS8 – CALCINATO

IL PROGETTISTA

IL PROGETTISTA INTEGRATORE

PROGETTO DI COLTIVAZIONE

G.T. ENGINEERING s.r.l.
Ing. Maurizio Ghizzoni
Ordine degli Ingegneri della
Provincia di Parma n° 631

saipem spa
Tommaso Taranta
Dottore in Ingegneria Civile Iscritto all'albo
degli Ingegneri della Provincia di Milano
al n. A23408 - Sez. A Settori:
a) civile e ambientale b) industriale c) dell'informazione
Tel. 02.52020557 - Fax 02.52020309
C.F. e P.IVA 00825790157

Relazione Tecnica

ALTA SORVEGLIANZA



Verificato	Data	Approvato	Data

COMMESSA LOTTO FASE ENTE TIPO DOC. OPERA/DISCIPLINA PROGR. REV.

I	N	0	5	0	0	D	E	2	R	O	C	A	0	0	0	0	2	4	6	0
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

PROGETTAZIONE GENERAL CONTRACTOR									Autorizzato/Data
Rev.	Data	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Consorzio Cepav due Project Director (Ing. F. Lombardi) Data: _____
0	31.03.14	Emissione per CdS	<i>FRAMELLI</i>	31.03.14	<i>GHIZZONI</i>	31.03.14	<i>LAZZARI</i>	31.03.14	

SAIPEM S.p.a. COMM. 032121

Data: 31.03.14

Doc. N.: 32044_02.doc



Progetto cofinanziato
dalla Unione Europea

CUP: F81H91000000008



SOMMARIO

1.	PREMESSA	4
2.	VALUTAZIONE DELLA CONSISTENZA DEL GIACIMENTO	6
3.	DISTANZE DI RISPETTO	7
3.1	Rilievo planialtimetrico	8
3.2	Punti fissi inamovibili	8
3.3	Strutture, servizi e infrastrutture	8
4.	DESCRIZIONE DELLE FASI TEMPORALI DI SFRUTTAMENTO	10
5.	PROGETTO DI COLTIVAZIONE	11
6.	METODO DI COLTIVAZIONE	12
6.1	Asportazione del terreno vegetale	12
6.2	Coltivazione mineraria	12
7.	VERIFICA DI STABILITÀ DEI FRONTI DI SCAVO	14
7.1	Impostazione della verifica	15
7.2	Metodo applicato	15
8.	COMPUTO METRICO DEI VOLUMI DA ESTRARRE	17

GENERAL CONTRACTOR

Cepav due



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N. 32044_02

Progetto
IN05

Lotto
00

Codifica Documento
DE2ROCA0000246

Rev.
0

Foglio
3di28

ALLEGATI nel TESTO

- **Sezione tipo delle scarpate di scavo**
- **Grafici di stabilità dei fronti di coltivazione**
- **Computo metrico**

ALLEGATI fuori TESTO

Argomento	Documenti di riferimento
- Rilievo planialtimetrico (scala 1:1.000)	IN0500DE2P7CA0000226
- Planimetria catastale (scala 1:2.000)	IN0500DE2P6CA0000075
- Planimetria di scavo (scala 1:1.000)	IN0500DE2P7CA0000227
- Sezioni di scavo (scala 1:1.000)	IN0500DE2W7CA0000003
- Programma economico-finanziario	IN0500DE2PLCA0000003
- Relazione tecnica riguardante l'analisi preliminare dei principali problemi di sicurezza del lavoro	IN0500DE2ROCA0000247

1. PREMESSA

Il seguente lavoro costituisce la relazione tecnica sul progetto di coltivazione presentata a supporto dell'istanza di autorizzazione all'esercizio di attività estrattiva ex art. 38 della L.R. 14/98 nella fattispecie relativa al sito denominato *area di cava BS8-Calcinato*.

La relazione in oggetto contiene la definizione dell'attività estrattiva di progetto, intendendo con essa sia l'attività di escavazione vera e propria che il trasporto, la eventuale lavorazione e gli altri servizi effettuati all'interno della cava nonché il computo metrico, mentre la Relazione geologica ed idrogeologica, prodotta in allegato, comprende la definizione delle caratteristiche territoriali e geologiche dell'area.

In particolare, entro l'area di cava in oggetto sita in località "Cascina Festa" del Comune di Calcinato (BS) è prevista l'apertura di una cava di sabbia e ghiaia.

Si tratta di una cava di prestito a servizio di opere di pubblica utilità, per l'estrazione di inerti necessari alla realizzazione della linea ferroviaria AV/AC Milano-Verona, lotto funzionale BS-VR.

L'approvazione della cava avverrà nell'ambito dell'approvazione da parte del CIPE (art. 4, comma 4, D.Lgs. n°190/2002) del Progetto Definitivo dell'intera linea AV/AC.

Il titolare dell'autorizzazione pertanto sarà il General Contractor Cepav due – Consorzio ENI per l'Alta Velocità.

Per le procedure di approvazione del Progetto Definitivo, per la dimostrazione della capacità tecnico economica del richiedente e per il Piano Finanziario complessivo dell'opera si rimanda alla **Relazione generale cave e discariche** (rif. doc. n. **21752**).

Il titolo di disponibilità dei terreni discende dalla procedura di esproprio/occupazione per Pubblica Utilità, richiesta sempre nell'ambito del Progetto Definitivo.

Le aree in progetto sono state oggetto di preliminari indagini di fattibilità tecnica ed ambientale.

Su tali aree è stata altresì verificata la disponibilità della Proprietà, a valle del decreto di Pubblica Utilità, a pervenire al bonario componimento.

La previsione estrattiva di seguito illustrata trova giustificazione nell'impossibilità di reperire sul mercato i materiali inerti idonei per la realizzazione della tratta in provincia di Brescia della Linea AV/AC Brescia-Verona; impossibilità che è stata dimostrata nel corso dello studio **Valutazione della reperibilità di inerti sul mercato – Provincia di Brescia** (rif. doc. n. **21040**).

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N. 32044_02

Progetto
IN05

Lotto
00

Codifica Documento
DE2ROCA0000246

Rev.
0

Foglio
5di28

Per la valutazione dei fabbisogni di inerti per la realizzazione dell'opera e quindi per la giustificazione dei volumi richiesti con la presente cava, oltre che con le altre facenti parte del Progetto Definitivo, si rimanda alla **Relazione generale cave e discariche** sopra indicata.

Il lavoro di seguito esposto è stato redatto in conformità a quanto richiesto dall'art. 14 dei nuovi criteri della L.R. 14/98 emessi con D.G.R. VII/7857 del 25.01.2002 e previsto dalla normativa tecnica vigente mediante la predisposizione anche dei documenti che, anche se prodotti in forma disgiunta, integrano le relazioni sopra citate e sono di seguito elencati:

- Relazione Tecnica (sul progetto di recupero ambientale);
- Programma economico-finanziario;
- Relazione tecnica riguardante l'analisi preliminare dei principali problemi di sicurezza del lavoro;
- Documentazione fotografica.

A tale riguardo si precisa che il progetto di coltivazione e di recupero presentato, in tutte le rispettive componenti tecniche, è da intendersi nella sua costruzione progettuale, sia come progetto di Ambito Territoriale Estrattivo che come progetto attuativo.

2. VALUTAZIONE DELLA CONSISTENZA DEL GIACIMENTO

Il comparto territoriale racchiuso all'interno della perimetrazione dell'*area di cava BS8* presenta in ogni sua parte l'affioramento della Formazione denominata *Alluvioni Fluvioglaciali da molto grossolane a ghiaiose* oggetto della proposta di coltivazione.

La consistenza, o potenzialità del giacimento è stata valutata prendendo in considerazione:

- l'area individuata dalla perimetrazione dell'area in disponibilità;
- la geologia del territorio;
- la morfologia del terreno;
- la distribuzione del materiale all'interno dell'area di cava, anche in relazione allo spessore del terreno coltivo e al suo grado di compattezza;
- le risultanze stratigrafiche desunte dai sondaggi a carotaggio continuo appositamente eseguiti;
- le metodologie di coltivazione ottimali;
- le distanze mantenute da manufatti, opere o dall'altrui confine di proprietà.

In base a quanto sopra, la potenzialità dell'area, considerando i volumi complessivi di giacimento naturale, con calcolo eseguito "a coltello", al lordo delle distanze di legge derogabili, corrisponderebbe a circa 3.300.000 mc, mentre dall'ipotesi di coltivazione il materiale destinato effettivamente alla coltivazione risulta pari a circa 2.125.000 m³, escluso il terreno vegetale; per il dettaglio si rimanda ai capitoli seguenti.

Tale identificazione volumetrica del giacimento è relativa unicamente alla perimetrazione dell'area in disponibilità, fino alle profondità massime di scavo previste.

La presenza della risorsa è confermata sino ad almeno 32,00 m dal p.c., profondità minima alla quale sono stati spinti i sondaggi (si rimanda a tale proposito alle stratigrafie relative); il giacimento, però, non si esaurisce entro il perimetro dell'area di cava in quanto anche le aree limitrofe sono interessate dal deposito ghiaioso-sabbioso.

3. DISTANZE DI RISPETTO

In relazione ai possibili elementi che sono in qualche modo accomunati da fragilità nei confronti dell'esercizio dell'attività estrattiva, si può sottolineare in questa sede come nell'intera area non sono stati rilevati fenomeni di fragilità del territorio, se non limitatamente ai vincoli conseguenti la presenza delle emergenze e/o dalla viabilità locale.

Il progetto prevede il mantenimento delle seguenti distanze di rispetto (con richiesta delle necessarie deroghe o stipula di eventuali accordi):

- 10,00 m dalla strada comunale via S.Stefano e dalla strada vicinale delle Muracche;
- 10,00 m sul restante perimetro contraddistinto come segue: canaletta irrigua sul lato Nord e Ovest (parte), confini condivisi con i proprietari dei mappali 101, 219, 148, 158, 153 e 150.

L'intervento estrattivo proposto tiene conto delle fasce di rispetto sopra menzionate; non si segnalano ulteriori vincoli oltre a quelli poc'anzi indicati, come peraltro a suo tempo evidenziato attraverso lo strumento di piano (si rimanda all'elaborato **Carta dei vincoli (scala 1:5.000)** (rif. doc. **IN0500DE2G5CA0000027**).

Per quanto riguarda la circolazione idrica all'interno delle Alluvioni fluvio-galciali, trattandosi di una formazione permeabile per porosità, si può descrivere in termini generali una circolazione sotterranea con circuiti idrici regolari e continui: in tutto il comparto estrattivo di progetto ed aree limitrofe non si segnalano risorgive.

Non si segnalano limitazioni legate alla presenza di opere di interesse archeologico o storico.

Esaminando gli elaborati sopra citati, in ordine alla presenza di opere di utilizzo civile, quali ad esempio pozzi ad uso idropotabile, si evince che il pozzo comunale più vicino dista oltre 1,5 Km in direzione Est.

Gli elettrodotti principali, la linea aerea ad alta tensione 380-220-132Kv interessa il sito estrattivo; in corrispondenza della porzione settentrionale dell'area sono presenti i relativi sostegni per le quali è previsto il relativo mantenimento e l'applicazione delle distanze di rispetto ai sensi del D.P.R. 128/59.

Infine, per quanto riguarda le canalizzazioni irrigue in terra esistenti internamente all'area di prevista escavazione, si precisa che trattasi di canalette di distribuzione e/o di scolo: il progetto di apertura di cava non influirà sul sistema irriguo locale.



3.1 Rilievo planialtimetrico

La delimitazione dell'*Area di cava BS8* in questione è stata rappresentata alla scala 1:1.000, prendendo come base di partenza i limiti catastali dei terreni in disponibilità, che sono stati riportati sul rilievo planialtimetrico di dettaglio appositamente eseguito e fornito in formato digitale alla scala 1:1.000 ed in seguito restituito alla scala medesima per la costruzione della tavola denominata **Rilievo planialtimetrico (scala 1:1.000)** (rif. doc. **IN0500DE2P7CA0000226**).

3.2 Punti fissi inamovibili

Per identificare in modo inequivocabile l'area oggetto di intervento estrattivo, sono stati individuati inoltre dei punti fissi inamovibili, connessi con il progetto di escavazione, che costituiscono altrettanti capisaldi di riferimento, e che sono riportati e ben caratterizzati a margine dell'allegato sopra citato.

Ogni dettaglio ulteriore sarà fornito all'Ente competente in occasione della presentazione della documentazione tecnica propedeutica all'inizio lavori estrattivi, in ottemperanza ai disposti autorizzativi.

3.3 Strutture, servizi e infrastrutture

Nel territorio dell'*Area di cava BS8*, è in previsione l'installazione di un locale prefabbricato da adibire ad ufficio in prossimità dell'ingresso previsto in corrispondenza del vertice nordest della cava di progetto, mentre è prevista la localizzazione delle pertinenze di cava, intese come tutti gli impianti per la lavorazione, la selezione, la trasformazione e la valorizzazione dei materiali coltivati, in corrispondenza di un'area posta a Nordovest dell'area di estrazione destinata alla localizzazione degli impianti di lavorazione.

Tutta la cava verrà recintata seguendo la delimitazione dell'area in disponibilità, con messa in opera di rete metallica plastificata non inferiore a 1,80 m con piantini in ferro di altezza pari 2,5 m (fuori terra 2,0 m), nel rispetto dell'art. 13 della normativa tecnica di riferimento (D.G.R. n. 6/49320 del 31.03.2000).

Per quanto riguarda la viabilità esistente sono presenti attualmente, come già indicato, alcune strade comunali che consentiranno di accedere agevolmente all'opera di progetto: si

GENERAL CONTRACTOR

Cepav due



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N. 32044_02

Progetto
IN05

Lotto
00

Codifica Documento
DE2ROCA0000246

Rev.
0

Foglio
9 di 28

provvederà inoltre a realizzare i percorsi interni di accesso ai fronti ed al fondo cava, come di seguito meglio esplicitato ed evidenziato negli elaborati grafici di progetto.

GENERAL CONTRACTOR

Cepav due



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N. 32044_02

Progetto
IN05

Lotto
00

Codifica Documento
DE2ROCA0000246

Rev.
0

Foglio
10di28

4. DESCRIZIONE DELLE FASI TEMPORALI DI SFRUTTAMENTO

L'area di cava in oggetto, ha una superficie complessiva catastale di circa 103.400 m², ripartita in 89.000 m² da destinare all'attività estrattiva in senso stretto e con la restante porzione pari a circa 14.400 m² che verrà destinata alla viabilità interna ed alle fasce di rispetto i cui volumi sottesi non sono intaccati dal progetto di coltivazione.

Per ottimizzare la qualità dell'escavazione e raggiungere i volumi calcolati, operando per quanto possibile su una superficie coerente con quella complessiva, si prevede la realizzazione di una viabilità di accesso alla cava che si svilupperà nel vertice Nord-Est dell'area, con inizio dell'intervento dall'accesso all'area medesima ed attivazione degli interventi connessi.

5. PROGETTO DI COLTIVAZIONE

La coltivazione procederà in 5 fasi distinte, che non hanno significato di annualità, bensì di organizzazione interna del cantiere di estrazione con conseguente localizzazione planimetrica come di seguito specificato:

- *1a fase:* riguarderà la porzione settentrionale dell'Area di cava BS8 e prevederà preliminarmente l'intervento di scolturamento e creazione del primo gradone a - 8 m dal piano attuale di campagna;
- *2a fase:* interesserà la restante porzione di area di cava (porzione meridionale) in continuità con la fase precedente, fino a confine con la strada vicinale posta lungo l'estremità sud-sudovest e prevederà l'asportazione del terreno coltivo, la creazione del primo gradone e l'approfondimento, con la creazione del secondo gradone a - 16 m dal p.c. , nell'area precedente;
- *3a fase:* creazione del secondo gradone nella porzione meridionale dell'area di cava e ulteriore approfondimento della porzione settentrionale fino alla profondità di -24 m dal p.c.;
- *4a fase:* creazione del terzo gradone nella porzione meridionale dell'area di cava e approfondimento della porzione settentrionale fino a fondo cava previsto a -32 m dal p.c.;
- *5a fase:* completamento dello scavo fino alla profondità di -32 m dal p.c. (fondo cava) nella porzione meridionale.

In buona sostanza si procederà per fasi alternate nelle due porzioni di cava distinte per ottenere una migliore omogeneizzazione dell'inerte.

Si rimanda a tale proposito agli elaborati grafico-progettuali che fanno parte integrante della presente relazione consistenti in: **Planimetria di scavo (scala 1:1.000)** (rif. doc. **IN0500DE2P7CA0000227**) e **Sezioni di scavo (scala 1:1.000)** (rif. doc. **IN0500DE2W7CA0000003**); queste ultime riportano in "tratteggio" la situazione dell'area al termine di ogni singola fase di coltivazione.

Per quanto riguarda la profondità della falda freatica, in relazione alla tipologia del materiale estratto, si segnala la presenza di circuiti idrici regolari e continui che determinano per quanto riguarda gli orizzonti superficiali un "livello piezometrico" rilevabile localmente, ma non intercettabile dalla coltivazione.

6. METODO DI COLTIVAZIONE

6.1 Asportazione del terreno vegetale

La prima fase dell'attività estrattiva vera e propria prevede, come già anticipato al capitolo precedente, l'asportazione del terreno vegetale che ricopre la porzione Nord dell'Area di cava BS8 in oggetto e la sua conservazione in appositi spazi identificati nelle planimetrie di progetto, in attesa di esser utilizzato per il recupero ambientale secondo le fasi di recupero proposte.

Allo stesso modo, durante la seconda fase si prevede di recuperare il materiale vegetale superficiale asportato nella restante porzione di cava oggetto di coltivazione, riponendolo nei siti destinati al deposito temporaneo, per essere poi riutilizzato durante le fasi del recupero ambientale, costituendo base per il rinverdimento in fase di ripristino ambientale.

Si deve sottolineare come la scoticatura del terreno vegetale di superficie, che procederà, per quanto possibile, in modo da mantenere separato il terreno vegetale e il "magrone", non interesserà contemporaneamente tutta l'area indicata in progetto, compatibilmente con lo stato d'avanzamento dell'escavazione (prime due fasi).

6.2 Coltivazione mineraria

Come premesso, il progetto di coltivazione vero e proprio non si svilupperà su un periodo temporale, bensì prevedendo singole fasi di coltivazione connesse con la temporizzazione dell'opera.

Prima di entrare nel merito della descrizione delle modalità di escavazione per l'Area di cava BS8, si vuole sottolineare che per operare un corretto sfruttamento di un giacimento minerario, è fondamentale elaborare un adeguato piano di coltivazione, che bene si inserisca nel contesto ambientale, in funzione, principalmente, delle caratteristiche morfologiche e geologiche dell'area.

Per descrivere l'analisi della coltivazione che si intende effettuare durante la prima fase, definita fase intermedia, si rimanda a quanto illustrato negli elaborati grafici già citati: in tal senso si intende procedere realizzando una pista d'accesso che, partendo dall'estremità nord-occidentale dell'area estrattiva (stada vicinale di Santo Stefano), progressivamente raggiunga il fondo cava.

GENERAL CONTRACTOR

Cepav due



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N. 32044_02

Progetto
IN05

Lotto
00

Codifica Documento
DE2ROCA0000246

Rev.
0

Foglio
13di28

Nei pressi dell'ingresso alla cava è prevista la realizzazione di un piazzale, sufficientemente ampio da garantire agevolmente le manovre dei mezzi d'opera in entrata ed in uscita, nonché da dedicare alle attività connesse (ufficio di appoggio).

Per quanto riguarda l'attività estrattiva in oggetto si specifica che il cantiere presenterà, alla fine delle fasi 4 gradoni, con pedata intermedia che interromperà la scarpata prevista alla profondità di 8,00, 16,00, 24,00 e 32,00 m dal p.c..

L'inclinazione dei fronti di cava che si verranno a creare in fase di coltivazione sarà pari a 80-85° e verrà ricondotta a 55° una volta giunti alla profilatura finale, mentre la larghezza minima delle «berme» (o gradonatura) sarà relazionata in particolar modo alle dimensioni delle macchine di scavo, e comunque mai inferiore a 4,00 metri: operando in tale modalità è possibile coltivare contemporaneamente in completa sicurezza due bancate successive.

Ferme restando le fasi operative che prevedono l'attacco dall'alto dei fronti di scavo con arretramento e approfondimento progressivo, la profondità massima di escavazione, intesa come sviluppo massimo della scarpata di cava, sarà di 32,00 m.

E' in questa prima fase progettuale avranno inizio le operazioni di recupero ambientale, che saranno trattate più specificatamente nella relazione ad esse dedicata.

Le rampe d'accesso e lo stesso piazzale verranno evidentemente mantenuti anche a fine coltivazione al fine di consentire il passaggio dei mezzi in fase di ripristino.

Verrà inoltre realizzato un accesso secondario di sicurezza collegato alla strada vicinale delle Muracche con creazione di un piazzale idoneo.

Le acque di dilavamento provenienti dalle superfici esterne alle aree di scavo verranno intercettate da canalette di raccolta da realizzare lungo il ciglio di cava aventi le dimensioni d'uso (profondità 0,5 m, larghezza al fondo 0,30, scarpate 1:1).

Al termine delle cinque fasi progettuali di coltivazione, verranno completate le operazioni di recupero ambientale.

7. VERIFICA DI STABILITÀ DEI FRONTI DI SCAVO

Il grado di stabilità di un versante in terra, benché spesso evidenziato dalle deformazioni che si manifestano, viene valutato attraverso analisi basate su metodi che considerano solo l'equilibrio delle forze in gioco.

Pertanto nel caso di un fronte di scavo, le tensioni di taglio indotte dalle forze gravitazionali tendono a smuovere il terreno lungo potenziali superfici di scorrimento.

La **sezione tipo delle scarpate di scavo**, rappresentativa dei fronti di scavo previsti dal progetto coltivazione proposto, presenta le seguenti caratteristiche geometriche (si rimanda a tale proposito alla Figura 1 sotto riportata):

- altezza massima: 32,0 m;
- altezza singoli gradoni: 8,0 m;
- n. complessivo gradoni: 4;
- pendenza singolo gradone: 55°;
- larghezza pedata: 4,0 m circa.

La verifica, condotta attraverso la valutazione dell'equilibrio limite, consiste nel determinare un coefficiente di sicurezza alla traslazione e/o alla rotazione del volume di terra compreso tra la superficie del pendio e una superficie di taglio potenziale imposta.

La procedura di calcolo prende in considerazione tutte le forze e/o i momenti agenti lungo il piano di taglio, fornendo una valutazione della stabilità globale attraverso le equazioni d'equilibrio fornite dalla statica.

Pertanto il fattore di sicurezza globale del pendio è dato dal rapporto tra la resistenza al taglio massima disponibile lungo la superficie di rottura e gli sforzi tangenziali mobilitati lungo tale piano:

$$F_s = T_{\max}/T_{\text{mob}}$$

In condizioni di equilibrio statico $T_{\max} = T_{\text{mob}}$ e quindi $F_s = 1$.

Di conseguenza, teoricamente, il pendio potrebbe essere considerato stabile quando $F_s > 1$, cioè quando $T_{\max} > T_{\text{mob}}$ e instabile quando $T_{\max} < T_{\text{mob}}$ e perciò $F_s < 1$.

In realtà il problema è ben più complesso e di difficile schematizzazione soprattutto per quanto concerne la determinazione dei parametri di resistenza al taglio del terreno; quindi per tener conto dell'incertezza legata all'ipotesi semplificatrice delle procedure di calcolo, per legge

(D.M. 11.03.88) e per consuetudine pratica si considera raggiunta la stabilità quando il F_s è maggiore di 1,3.

Quindi i tre casi precedentemente elencati diventano:

- $F_s < 1$ ➔ il pendio è in condizioni di instabilità globale;
- $1 > F_s > 1,3$ ➔ il pendio è in condizioni vicine all'equilibrio limite: basta un piccolo incremento di sforzi tangenziali sulla superficie di potenziale rottura per innescare il fenomeno franoso;
- $F_s > 1,3$ ➔ il pendio è in condizioni di stabilità globale.

7.1 Impostazione della verifica

Per applicare le equazioni della statica al problema dell'analisi di stabilità occorre fare alcune assunzioni qui di seguito schematizzate:

- si prende in esame una striscia di versante di larghezza unitaria (1 metro);
- la resistenza al taglio (T_{max}) si esprime con la legge di Coulomb;
- la stima dei parametri geotecnici di coesione del terreno e angolo di resistenza al taglio deve essere effettuata con la medesima precisione: in caso contrario il F_s determinato potrebbe essere diversamente influenzato dall'uno o dall'altro parametro;
- in ogni punto dell'ipotetica superficie di scivolamento i parametri di coesione, angolo di resistenza al taglio, peso di volume del terreno e profondità della superficie di rottura devono avere lo stesso valore in modo da ottenere una distribuzione omogenea degli sforzi tangenziali mobilitati.

Proprio per limitare gli effetti di quest'ultima approssimazione, si suddivide il pendio, dal suo limite alla superficie di rottura, in **conci**, all'interno dei quali si considera realizzata la condizione di omogeneità di T_{mob} .

7.2 Metodo applicato

Il metodo applicato per l'analisi di stabilità è quello di **Bishop semplificato** con reticolo di centri, che viene utilizzato di norma per pendii costituiti da terreni omogenei dal punto di vista

litologico: condizione che si presenta in questo caso, vista la rilevante potenza dei depositi descritti nella presente relazione.

Questa procedura si basa sull'ipotesi che la superficie di scivolamento possa essere assimilata a un arco di circonferenza e inoltre si assume che le forze verticali agenti sulla superficie di separazione dei conci siano trascurabili.

Si arriva alla determinazione del F_S attraverso una relazione in cui F_S compare anche al numeratore; la procedura di risoluzione comunemente adottata prevede una serie di iterazioni fino ad ottenere la convergenza su un valore quasi costante di F_S stesso.

Una volta applicato questo metodo, è possibile valutarne l'attendibilità con un secondo metodo, detto di **Fellenius**, adottando comunque la procedura con reticolo di centri; tale procedura di controllo è stata in questa sede applicata, allo scopo di conferire maggior attendibilità ai risultati ottenuti, naturalmente a favore della sicurezza.

Il metodo di Fellenius è più cautelativo rispetto a quello di Bishop, pertanto il valore ricavato di F_S risulta sempre inferiore al precedente ricavato con Bishop.

Lo scarto massimo accettabile tra i due valori, ai fini del controllo, è del 20%.

La verifica di stabilità ha consentito di prevedere, in applicazione del dell'art. 26 della normativa tecnica di riferimento dei piani cave provinciali di cui alla D.G.R. 31.03.2000 n. VI/49320 che recita *"i parametri geometrici, adottati in sede progettuale, devono essere comunque definiti in funzione della stabilità locale e generale a lungo termine del pendio e delle esigenze tecniche del recupero ambientale progettato in congruenza alla destinazione finale; in ogni caso il fattore di sicurezza risultante dall'analisi di stabilità non deve essere inferiore a 1,3"* profili di fine coltivazione più consoni al riutilizzo prefissato, con possibilità di coinvolgimento sul fondo cava di maggiori superfici da dedicare all'uso agricolo.

Per quanto concerne la disamina più approfondita dei valori dei parametri geotecnici del substrato considerati si rimanda alla **Relazione geologica ed idrogeologica** (rif. doc. **IN0500DE2RBCA0000002**) allegata.

Per i risultati analitici delle verifiche effettuate, che hanno consentito di confermare le geometrie di coltivazione proposte, si rimanda agli elaborati di seguito allegati.



8. COMPUTO METRICO DEI VOLUMI DA ESTRARRE

Sulla base di quanto esposto nella *Relazione Tecnica sul Progetto di coltivazione*, è possibile riassumere i dati geometrici essenziali della proposta di ampliamento, come indicato nella tabella seguente:

Tabella 1: Valori di riferimento nell'area

Area complessiva di escavazione	A_{med}	m^2	89.000
Profondità massima	H_{max}	m	32,00
Potenza media del terreno vegetale	H_{med}	m	0,50

Il calcolo del volume è stato effettuato utilizzando il metodo delle superfici per altezze medie i cui relativi parametri medi, che sono riportati nell'elaborato grafico allegato che costituisce parte integrante della presente relazione, sono anche di seguito riassunti:

Tabella 2: Parametri geometrici di scavo di riferimento

Volume complessivo del materiale estraibile in approfondimento fino alla profondità considerata (-32 m dal p.c.)	V_{mov}	2.169.708 mc
Volume da movimentare per l'asportazione del terreno di scotico	$V_{scotico}$	44.506 mc
Volume totale del materiale ghiaioso-sabbioso coltivabile (tout-venant) da allontanare dall'area di cava ($V_{mov} - V_{scotico}$)	V_{colt}	2.125.202 mc
Volume terreno vegetale da ricollocare nell'area di cava (calcolando uno spessore di coltivo distribuito su tutta l'area non inferiore a 0,50 m), integrato con limo di lavaggio e/o materiale proveniente dagli scavi		42.033 mc
Volume materiale da integrare per risagomatura scarpate		366.300 mc
Volume materiale da mandare a discarica		//
Volume di materiale utile per ogni singola fase		300.000/500.000 mc

Per la determinazione dello spessore del coltivo, nel mese di ottobre 2005, sono state eseguite n. 5 trincee esplorative mediante escavatore meccanico, variamente distribuite presso l'area di cava in esame, come da **Carta con ubicazione delle indagini geognostiche (scala 1:5.000)** allegata (rif. doc. **IN0500DE2G5CA0000018**).

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N. 32044_02

Progetto
IN05

Lotto
00

Codifica Documento
DE2ROCA0000246

Rev.
0

Foglio
18di28

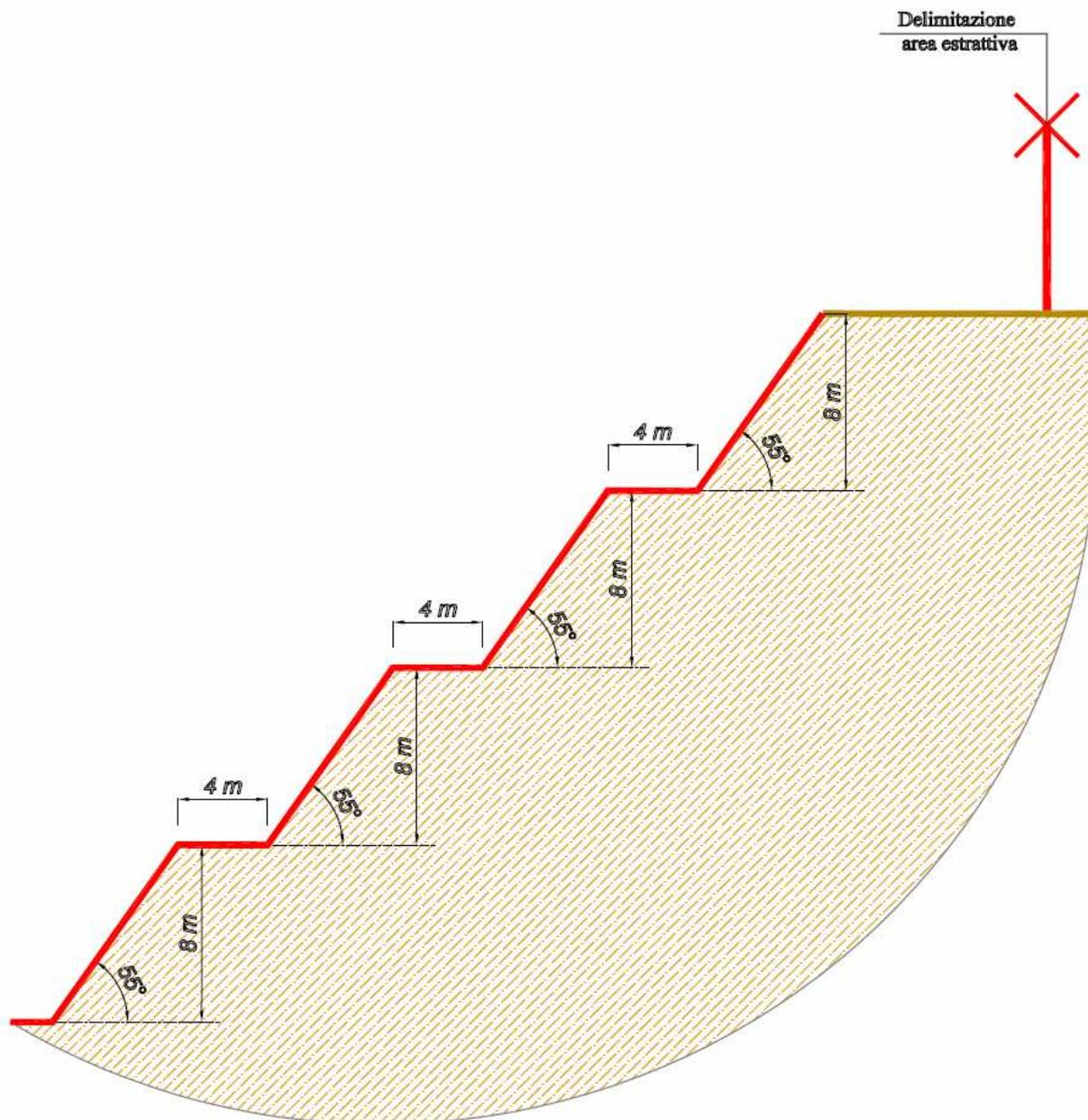
La campagna geognostica eseguita ha consentito di determinare uno spessore medio del terreno vegetale (comprensivo dello strato di alterazione (rosier)) pari a 0,50 m (si rimanda alle fotografie allegate).

In dettaglio si sono ottenuti i seguenti valori:

- natura del materiale: *argilla limosa con presenza di ghiaia*
 - o *trincea n. 1: 50 cm;*
 - o *trincea n. 2: 40 cm;*
 - o *trincea n. 3: 40 cm;*
 - o *trincea n. 4: 40 cm;*
 - o *trincea n. 5: 65 cm.*

Agli spessori sopra elencati, si aggiungono le potenze del terreno di copertura ricavate dalle risultanze stratigrafiche allegate, relative ai tre sondaggi a carotaggio continuo appositamente realizzati, che sostanzialmente confermano i risultati ottenuti.

Sezione tipo delle scarpate di scavo





Grafici di stabilità dei fronti di coltivazione

dott. Maria Angela Premoli -SMA S.r.l.
via Roma, 1 - 25030 PARATICO (BS)
035-914633/035-914644

Committente: CEPAV DUE
Località: area di cava per opera pubblica BS8-Calcinato
Data: novembre 2005

Dati geometrici del pendio verificato.

Conci	Lunghezza(m)	Altezza (m)	Incl.base (°)	Volume (mc)
1	4,13	3,17	4	13,09
2	4,13	6,67	9	27,54
3	4,13	8,75	15	36,11
4	4,13	11,44	20	47,22
5	4,13	12,71	26	52,48
6	4,13	14,37	33	59,33
7	4,13	14,65	39	60,46
8	4,13	14,14	47	58,37
9	4,13	12,31	56	50,82
10	4,13	4,96	67	20,49



dott. Maria Angela Premoli -SMA S.r.l.
via Roma, 1 - 25030 PARATICO (BS)
035-914633/035-914644

Committente: CEPAV DUE
Località: area di cava per opera pubblica BS8-Calcinato
Data: novembre 2005

Dati geotecnici del pendio verificato.

Conci	Coesione(kg/cm ²)	Angolo d'attrito	Peso concio(kg/m)	Altezza falda
1	0,00	48	36639,18	0,00
2	0,00	48	77123,69	0,00
3	0,00	48	101110,90	0,00
4	0,00	48	132218,30	0,00
5	0,00	48	146940,30	0,00
6	0,00	48	166134,80	0,00
7	0,00	48	169283,60	0,00
8	0,00	48	163422,40	0,00
9	0,00	48	142284,80	0,00
10	0,00	48	57359,50	0,00



dott. Maria Angela Premoli -SMA S.r.l.
via Roma, 1 - 25030 PARATICO (BS)
035-914633/035-914644

Committente: CEPAV DUE
Località: area di cava per opera pubblica BS8-Calcinato
Data: novembre 2005

Risultati del calcolo del coefficiente di sicurezza.

Metodo di calcolo: Bishop - Coef. di sicurezza minimo: 1,86

Momento ribaltante (kg*m): 27784940,00

Momento stabilizzante (kg*m): 51569540,00

X del centro di calcolo (m): 09,32 Y del centro di calcolo (m): 44,65

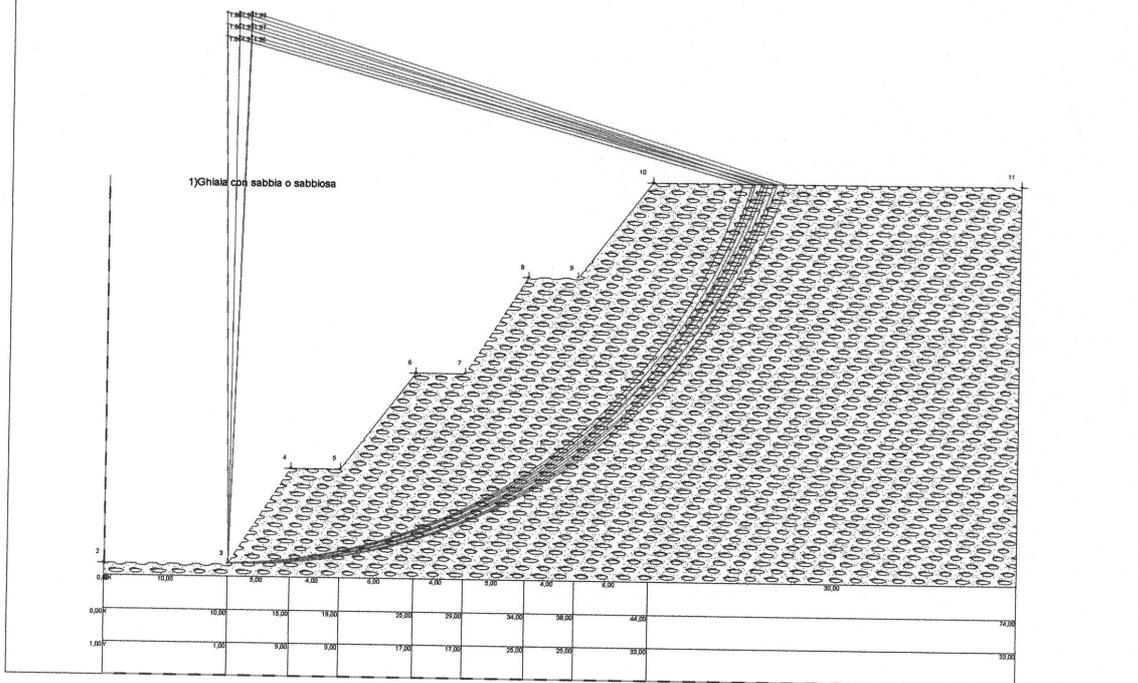
X estremo di monte della sup.di scivolamento (m): 51,32

X estremo di valle della sup.di scivolamento (m): 10,04

Numero conci: 10 Spaziatura orizzontale dei conci (m): 4,13

Acc.sismica orizzontale(g): 0,00 Acc.sismica verticale(g): 0,00

Metodo di Bishop semplificato F_s min: 1,86



GENERAL CONTRACTOR

Cepav due



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N. 32044_02

Progetto
IN05Lotto
00Codifica Documento
DE2ROCA0000246Rev.
0Foglio
24di28

dott. Maria Angela Premoli -SMA S.r.l.
via Roma, 1 - 25030 PARATICO (BS)
035-914633/035-914644

Committente: CEPAV DUE
Località: area di cava per opera pubblica BS8-Calcinato
Data: novembre 2005

Dati geometrici del pendio verificato.

Conci	Lunghezza(m)	Altezza (m)	Incl.base (°)	Volume (mc)
1	4,01	3,23	-1	12,94
2	4,01	7,03	5	28,16
3	4,01	9,24	11	37,02
4	4,01	12,20	18	48,87
5	4,01	13,49	24	54,02
6	4,01	15,39	31	61,64
7	4,01	15,80	38	63,29
8	4,01	14,83	47	59,41
9	4,01	13,64	56	54,64
10	4,01	5,95	71	23,83



dott. Maria Angela Premoli -SMA S.r.l.
via Roma, 1 - 25030 PARATICO (BS)
035-914633/035-914644

Committente: CEPAV DUE
Località: area di cava per opera pubblica BS8-Calcinato
Data: novembre 2005

Dati geotecnici del pendio verificato.

Conci	Coesione(kg/cmq)	Angolo d'attrito	Peso concio(kg/m)	Altezza falda
1	0,00	48	36231,80	0,00
2	0,00	48	78858,27	0,00
3	0,00	48	103655,00	0,00
4	0,00	48	136846,20	0,00
5	0,00	48	151245,60	0,00
6	0,00	48	172583,50	0,00
7	0,00	48	177219,20	0,00
8	0,00	48	166348,80	0,00
9	0,00	48	153001,80	0,00
10	0,00	48	66716,70	0,00

GENERAL CONTRACTOR

Cepav due



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N. 32044_02

Progetto
IN05

Lotto
00

Codifica Documento
DE2ROCA0000246

Rev.
0

Foglio
26di28

dott. Maria Angela Premoli -SMA S.r.l.
via Roma, 1 - 25030 PARATICO (BS)
035-914633/035-914644

Committente: CEPAV DUE
Località: area di cava per opera pubblica BS8-Calcinato
Data: novembre 2005

Risultati del calcolo del coefficiente di sicurezza.

Metodo di calcolo: Fellenius - Coef. di sicurezza minimo: 1,72

Momento ribaltante (kg*m): 24349710,00

Momento stabilizzante (kg*m): 41883540,00

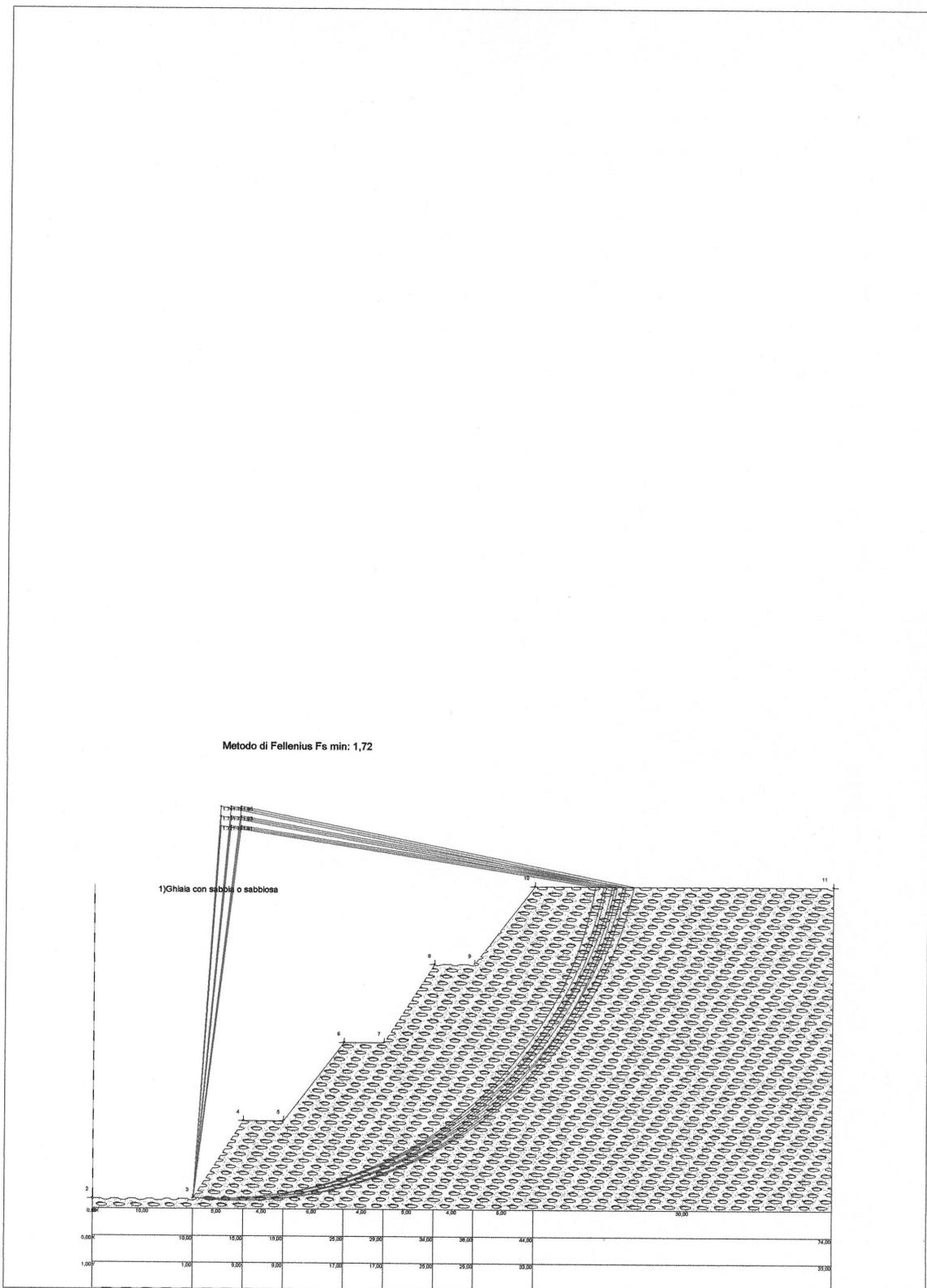
X del centro di calcolo (m): 12,57 Y del centro di calcolo (m): 39,01

X estremo di monte della sup.di scivolamento (m): 50,10

X estremo di valle della sup.di scivolamento (m): 10,05

Numero conci: 10 Spaziatura orizzontale dei conci (m): 4,01

Acc.sismica orizzontale(g): 0,00 Acc.sismica verticale(g): 0,00



Computo metrico

