



ARETHUSA

GEOLOGIA AMBIENTE TERRITORIO E SICUREZZA

committente:

COMUNE DI CASTIGLIONE DELLE STIVIERE

incarico:

**Progetto definitivo per la realizzazione del
Parco Pirossina**
**(recupero ambientale dell'ex cava in
località Pirossina con realizzazione di area
feste)**

riferimento:

RT5
Relazione Geotecnica

ubicazione:

Castiglione delle Stiviere (Mn)

data:

Marzo 2021

a cura di:

Responsabile tecnico: Dott. Ermanno Dolci – OGL n. 333

Relazione a cura di: Dott. Davide Masotti



ISO 9001

LL-C (Certification)



ISO 14001

LL-C (Certification)

SOMMARIO

1.0 Premessa	3
2.0 Caratterizzazione geotecnica	4
3.0 Verifica di stabilità delle scarpate	7
3.1 Risultati e considerazioni conclusive	12

1.0 PREMESSA

L'Amministrazione Comunale di Castiglione delle Stiviere con Determinazione del Dirigenziale n. 921 del 11/11/2020 ha affidato ad Arethusa S.r.l. l'incarico per la progettazione definitiva per il recupero ambientale dell'ex cava in località Pirossina e realizzazione di un'area feste.

Con riferimento alla nota del Comune di Castiglione delle Stiviere con prot. 0051868/2020 del 26/11/2020, il presente documento costituisce lo "LA RELAZIONE GEOTECNICA".

L'incarico della società scrivente di redazione della suddetta relazione è finalizzato a valutare la compatibilità delle caratteristiche fisico meccaniche del terreno e fornire un modello geotecnico in relazione al progetto.

In riferimento al D.M. 17/01/18 par. 6.1 -NTC 2018- la relazione geotecnica è richiesta quando nella progettazione esistono interferenze tra l'esecuzione di un'opera e interventi che interagiscono con il terreno in particolare:

- opere di fondazione;
- opere di sostegno;
- opere in sotterraneo;
- opere e manufatti di materiali sciolti naturali o di provenienza diversa;
- fronti di scavo;
- consolidamento;
- miglioramento o rinforzo dei terreni e degli ammassi rocciosi;
- consolidamento di opere esistenti.

Il progetto di riqualifica prevede il rimodellamento della morfologia attraverso il conferimento di materiale di diversa natura rispetto a quello in loco. In conformità a quanto espresso dalle NTC si è previsto quindi a una verifica di stabilità degli attuali versanti e la verifica del modello simulato dei versanti post-opera che includono materiali sciolti naturali o di provenienza diversa. I fronti di cava e il rimodellamento dei terreni sono entrambi ricadenti nei fronti di scavo secondo le NTC 2018.

Sono state eseguite delle ricerche bibliografiche, in particolare nella documentazione tecnica pubblica e sulla base delle informazioni utili ricavate, sono stati elaborati dei risultati. È stata eseguita una verifica di stabilità dei versanti nelle pendenze critiche dell'area di progetto, nella porzione occidentale attraverso il software Soil.3.

All'interno del documento viene descritta la natura geotecnica di un intorno significativo dell'area di progetto, vengono comparate le cartografie tematiche esistenti per determinare le caratteristiche fisico-meccaniche e la vincolistica insistenti nel sito e si conclude una sostanziale compatibilità dell'intervento, in particolare avendo verificato la stabilità dei versanti più critici dello stato di fatto e dello stato di progetto.

2.0 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

Dai dati reperibili dal P.G.T. l'assetto a seguito di prove penetrometriche eseguite nell'ambito del territorio comunale, sono state identificate unità geomeccaniche differenti, con potenze variabili a cui sono correlate eterotropie verticali e orizzontali. I risultati delle prove geognostiche in situ hanno determinato i risultati mostrati nel prospetto della **Figura 1**, le unità hanno indicazione di carattere geografico e prendono come riferimento la frazione Gozzolina.

		RILIEVI COLLNARI	NORD GOZZOLINA	SUD GOZZOLINA
γ_n	Peso di volume naturale	0,85 t/ m ³	0,9 ÷ 2,15 t/ m ³	0,8 ÷ 1,85 t/ m ³
ϕ	Angolo di attrito interno efficace	32° ÷ 34°	33° ÷ 36°	-
Mo	Modulo di deformazione edometrico	200 ÷ 450 Kg/cm ²	250 ÷ 500 Kg/cm ²	40 ÷ 100 Kg/cm ²
Dr	Densità relativa	65% ÷ 85%	75% ÷ 95%	30% ÷ 50%
	Descrizione	<i>Non presentano stratificazione, elevata compattazione</i>	<i>Depositi grossolani, presenza di un orizzonte superficiale 0,5÷1,5 m di argilla</i>	<i>Depositi a matrice fine Coesione non drenata Cu 0,4 ÷ 0,9</i>

Figura 1 - Tabella di sintesi delle proprietà geomeccaniche dei settori di Castiglione delle Stiviere ricavabili dal P.G.T

L'area di studio ricade in una zona al medesimo livello della frazione Gozzolina. Da nord a sud, dalle colline moreniche alla pianura, si assiste a un graduale degradamento delle proprietà geomeccaniche. Nella **Figura 2** viene mostrata l'area del sito, indicata la posizione della frazione Gozzolina e contestualmente con dei cerchi neri sono indicate le posizioni delle prove penetrometriche finalizzate alla stesura della documentazione P.G.T. per determinare i parametri geomeccanici. Queste tavole sono estrapolate dagli allegati alla relazione geologica del P.G.T. di Castiglione delle Stiviere.

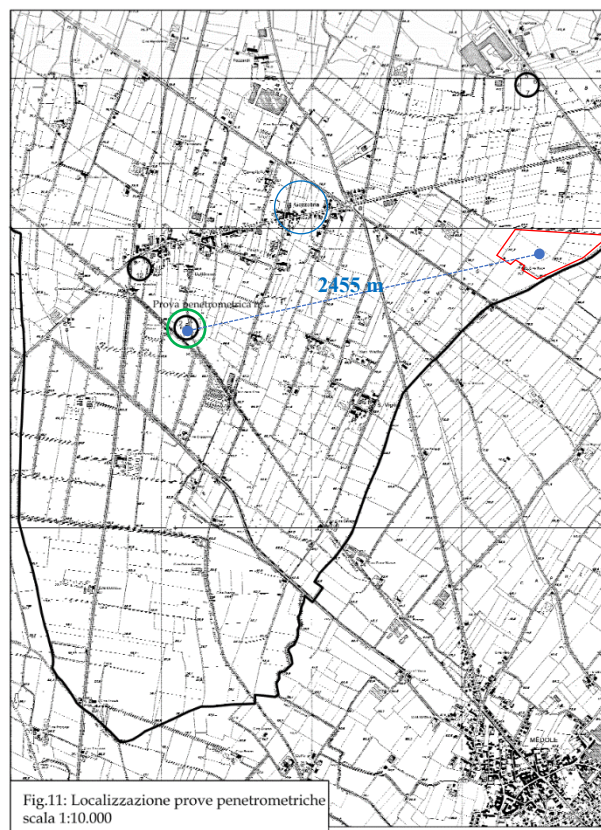


Figura 2 - Localizzazione delle prove penetrometriche eseguite nell'ambito della stesura del P.G.T. In rosso l'area in esame, in blu viene marcata la frazione Gozzolina, in verde la prova di sondaggio sismico.

In particolare, come mostrato in **Figura 2**, in località Gozzolina è stata eseguita una prova di sondaggio sismico, down-hole e S.P.T., che risulta rappresentativa dell'area in oggetto. Sotto vengono proposti i risultati di tale prova nella **Figura 3**.

PROFONDITA' (m da p.c.)	SPT	ANGOLO DI ATTRITO (°)	DENSITA' CONSISTENZA (DR %) (Ic Cu)	LITOLOGIA
1.50 m	6/12/10	33°	52% MED. ADDENSATO	GHIAIA E SABBIA
3.00 m	7/9/9	31°	40% MED. ADDENSATO	GHIAIA
4.50 m	3/3/5	26°	Ic =0.5 cu=0.5 PLASTICO	ARGILLA
6.00 m	4/7/9	30°	45% MED. ADDENSATO	SABBIA
7.50 m	5/8/10	31°	50% MED. ADDENSATO	SABBIA
9.00 m	7/5/9	29°	45% MED. ADDENSATO	SABBIA
10.50 m	3/3/5	26°	Ic =0.5 cu=0.5 PLASTICO	LIMO
12.00 m	5/4/6	27°	40% SCIOLTO	SABBIA
13.50 m	4/7/7	30°	44% MED. ADDENSATO	SABBIA
15.00 m	11/13/10	33°	52% MED. ADDENSATO	SABBIA
16.50 m	8/11/11	33°	52% MED. ADDENSATO	SABBIA
18.00 m	3/6/6	28°	Ic= 0.6 Cu=0.65 DURO	LIMO
19.50 m	10/14/17	36°	60% DENSE	SABBIA GHIAIA
21.00 m	9/15/17	37°	60% DENSE	SABBIA E GHIAIA
22.50 m	19/21/21	40°	70% DENSE	SABBIA
24.00 m	23/27/32	45°	80% MOLTO DENSE	SABBIA E GHIAIA
25.50 m	32/20/25	41°	70% DENSE	SABBIA E GHIAIA

Figura 3 - Risultati del carotaggio S1 nelle vicinanze della frazione Gazzolina.

Il carotaggio S1 è così composto dal top al bottom: a un modesto strato di riporto superficiale dello spessore di mezzo metro segue uno strato di deposito incoerente. Si tratta prevalentemente di sabbia con ghiaia, da poco a mediamente addensate, con intercalazioni di spessore variabile, da decimetriche a metriche, di materiale più fine, in genere limi e argille.

A una profondità compresa tra 4,00 ÷ 5,50 m da p.c. è presente un livello argilloso plastico e poco consistente. Successivamente torna lo strato sabbioso come descritto sopra, interrotto in due intervalli, rispettivamente tra 10,00 ÷ 11,00 e tra 17,00 ÷ 19,30 m da p.c., di limo sabbioso poco consistente. A 23,00 m da p.c. fino a fondo foro si instaura un livello a ghiaie grossolane e sabbie molto addensate che rappresentano il livello fondamentale della pianura.

I depositi incoerenti sono tipicamente sabbie medie e grossolane con ghiaia fine, pulita e debolmente limosa. La natura dei clasti è poligenetica per origine e natura dei clasti. Si possono identificare diverse fasi deposizionali omogenee per energia e natura dei clasti in cui si depositano dapprima sabbie e ghiaie, poi sabbie fini ed infine sabbie medie e grossolane con ghiaia fine.

Nell'ambito della prova di sondaggio sismico è stata eseguita anche una prova down-hole, le cui modalità ed elaborazione dei dati sono descritti nella relazione geologica a corredo del P.G.T. di Castiglione delle Stiviere e i risultati sono visibili in **Figura 4**. L'ubicazione della prova è indicata da un cerchio verde nella **Figura 2**, localizzata nei pressi della frazione Gozzolina.

L'area indagata ricade nel dominio delle "Alluvioni pluviali-fluviali wurmiane" che hanno rimodellato e inciso i depositi morenici precedenti sottostanti. Si tratta di depositi alluvionali ghiaioso sabbiose, alterate superficialmente in argille per oltre un metro, a cui si intercalano orizzonti limoso argillosi che fungono da separatori per acquiferi sovrapposti di limitata estensione e semiconfinati caratterizzati da elevata permeabilità. In questa zona il livello piezometrico statico di falda si presenta particolarmente superficiale con soggiacenza compresa tra $-1,85 \div 2.20/2.50$ m da p.c.

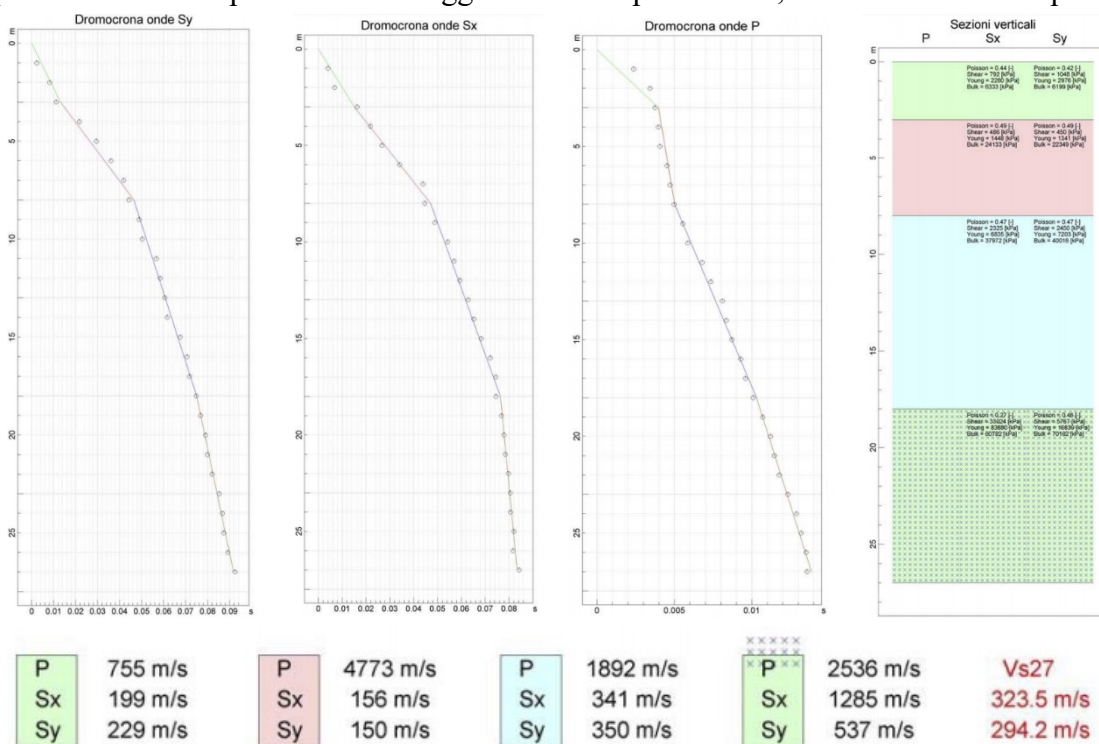


Figura 4 - Risultati della prova Down-Hole, eseguita nell'ambito di sondaggio sismico, tratta da P.G.T. di Castiglione delle Stiviere

La V_{s30} media misurata in sito è pari a **308,85 m/s**; tali terreni hanno caratteristiche ascrivibili alla categoria di profilo stratigrafico del suolo tipo C [*Depositi di sabbie e ghiaie mediamente addensate, o di argille di media consistenza, con spessori variabili da diverse decine fino a centinaia di metri, caratterizzati da valori di V_s^{30} compresi tra 180 e 360 m/s ($15 < NSPT < 50$, $70 < cu < 250$ kPa)].*

3.0 VERIFICA DI STABILITÀ DELLE SCARPATE

Le verifiche di stabilità nel seguito illustrate sono state condotte sulle scarpate che si origineranno da progetto al termine delle operazioni di recupero, in condizioni statiche e dinamiche. Nello specifico sono state eseguite 300 verifiche di stabilità per la sezione topografica del fronte individuata. Tenendo conto delle acquisizioni di carattere tecnico maturate dalla Società scrivente nell'area in esame si è giunti a definire le caratteristiche geotecniche dei terreni del sottosuolo.

Parametrizzazione del giacimento

Di seguito si riportano le informazioni relative alla parametrizzazione del giacimento:

1. Deposito ghiaioso-sabbioso
 - litologia ghiaiosa-sabbiosa a normale assortimento granulometrico
 - densità relativa, $D_r = 50 \%$
 - angolo d'attrito interno di picco $\phi'p = 37^\circ$
 - peso di volume γ sopra falda = 1850 kg/m^3
 - peso di volume saturo = 2050 kg/m^3
 - coesione $c = 0 \text{ kPa}$.
2. Terreni e rocce di riporto
 - litologia sabbiosa-ghiaiosa-limosa
 - densità relativa, $D_r = 50 \%$
 - angolo d'attrito interno di picco $\phi'p = 26^\circ$
 - peso di volume γ sopra falda = 1750 kg/m^3
 - peso di volume saturo = 1950 kg/m^3
 - coesione $c = 0 \text{ kPa}$.

Metodo di calcolo

Le verifiche sono state eseguite ai sensi del D.M. 17.01.2018 – Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC) le quali prevedono l'esecuzione di verifiche in condizioni di assenza di sisma ed in condizioni sismiche.

CONDIZIONI STATICHE (ASSENZA DI SISMA)

In assenza di sisma, la verifica di stabilità globale deve essere eseguita secondo l'Approccio 1 – Combinazione 2 (A2+M2+R2) tenendo conto dei coefficienti parziali riportati nelle Tabelle 6.2.I e 6.2.II per le azioni e i parametri geotecnici e, nella Tab. 6.8.I, per le resistenze globali, come mostrato in **Figura 5**.

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

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

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

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

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

COEFFICIENTE	R2
γ_R	1,1

Figura 5 - Tabelle 6.2.I, 6.2.II (azioni e parametri geotecnici) e tabella 6.8.I (resistenze globali)**CONDIZIONI DINAMICHE (SISMICHE)**

Il paragrafo 7.11.1 delle NTC riporta che: “In condizioni sismiche le verifiche degli stati limite ultimi devono essere eseguite ponendo pari a 1 i coefficienti parziali sulle azioni (A) e sui parametri geotecnici (M) e impiegando le resistenze di progetto (R), con i coefficienti parziali γ_R indicati nel presente Capitolo 7, oppure con γ_R indicati nel Capitolo 6 laddove non espressamente specificato.”

In particolare per i fronti di scavo e rilevati al Capitolo 7 - par. 7.11.4 è riportato che: “Nelle verifiche di sicurezza si deve controllare che la resistenza del sistema sia maggiore delle azioni (condizione [6.2.1]) impiegando lo stesso approccio di cui al § 6.8.2 per le opere di materiali sciolti e fronti di scavo, ponendo pari all'unità i coefficienti parziali sulle azioni (A) e sui parametri geotecnici (M) (§ 7.11.1) e impiegando le resistenze di progetto (R) calcolate con un coefficiente parziale pari a $\gamma_R = 1.2$”

In sintesi, in condizioni sismiche si utilizzano i seguenti coefficienti:

A (γ_F)	M (γ_M)	R (γ_R)
1	1	1.2

Figura 6 - Tabella riassuntiva dei parametri di utilizzo in condizioni dinamiche.

Fonte: N.T.C. 2018, cap. 7.

Per verificare la stabilità della scarpata si è utilizzato un metodo che consente la verifica della stabilità di un pendio in terra attraverso la valutazione dell'equilibrio limite. Viene a tal fine calcolato il fattore di sicurezza alla traslazione e/o rotazione del volume di terra compreso fra la superficie topografica ed una superficie di taglio potenziale imposta o reale. La procedura di calcolo prende in considerazione tutte le forze e/o

momenti agenti lungo il piano di taglio, fornendo una valutazione della stabilità globale attraverso equazioni d'equilibrio fornite dalla statica.

Il grado di stabilità di un pendio viene valutato mediante il cosiddetto coefficiente di sicurezza (F_s o γ_R), inteso generalmente quale rapporto tra la somma delle forze resistenti a taglio (o momenti) disponibili lungo la superficie di scorrimento, che si oppongono al movimento della massa, e la somma delle forze attive (o momenti) mobilitate, che tendono a provocare il moto lungo la stessa superficie di scorrimento.

Considerando anche la forza sismica si può così indicare:

$$F_s = \frac{\text{Forze stabilizz}}{\text{Forze instabilizzante} + \sum F_{sisma} \cos \alpha_i}$$

La normativa vigente prescrive per i pendii e i fronti di scavo che le verifiche agli stati limite forniscano dei coefficienti di sicurezza diversi nel caso di condizioni dinamiche e statiche.

Condizione	Fattore di sicurezza
Statica – assenza di sisma-	F_s o $\gamma_R \geq 1.1$
Dinamica - sismica	F_s o $\gamma_R \geq 1.2$

Figura 7 - Tabella dei fattori di sicurezza in condizione dinamica e statica

I vari metodi di calcolo prevedono la divisione della massa di cui si vuole verificare la stabilità alla rotazione e/o traslazione in un certo numero di conci al fine di poter considerare rettilinea la base di ciascuno di essi. Il metodo utilizzato è quello di *Bishop (semplificato)*, in cui si pone la condizione che le forze verticali agenti sulle superfici di separazione dei conci siano nulle, e quindi i singoli conci interagiscono fra di loro solamente attraverso forze orientate lungo la direzione orizzontale; si ipotizza inoltre una superficie di scivolamento circolare.

Valutazione dell'azione sismica

Per la quantificazione dell'azione sismica da sommare alle forze instabilizzanti le NTC fanno riferimento a due concetti: Pericolosità sismica di base e il reticolo di riferimento. Le NTC valutano l'azione sismica partendo da una valutazione della "pericolosità sismica di base", in condizioni ideali di sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale (suolo di categoria A). La pericolosità sismica di base è definita da un valore di accelerazione orizzontale massima a_g e da altri parametri che permettono di definire gli spettri di risposta secondo un reticolo di riferimento che copre tutto il territorio nazionale con una maglia di circa 5 km per lato. Allo stato attuale la Pericolosità sismica di base su reticolo di riferimento è fornita dai dati dell'INGV (Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia).

L'azione sismica di base così individuata viene successivamente variata mediante coefficienti di amplificazione stratigrafica S_s e topografica S_T , nei modi chiaramente precisati dalle NTC, per tener conto delle modifiche prodotte dalle condizioni locali

stratigrafiche del sottosuolo effettivamente presente nel sito di costruzione e dalla topografia del luogo. Tali modifiche caratterizzano la risposta sismica locale.

L'analisi delle condizioni di stabilità del fronte in condizioni sismiche è stata eseguita mediante metodi pseudostatici.

Nei metodi pseudostatici l'azione sismica è rappresentata da un'azione statica equivalente, costante nello spazio e nel tempo, proporzionale al peso W del volume di terreno potenzialmente instabile che va a sommarsi alle forze instabilizzanti. Tale forza dipende dalle caratteristiche del moto sismico atteso nel volume di terreno potenzialmente instabile e dalla capacità di tale volume di subire spostamenti senza significative riduzioni di resistenza. Nelle verifiche allo stato limite ultimo, in mancanza di studi specifici, le componenti orizzontale e verticale di tale forza possono esprimersi come:

$$F_h = k_h \cdot W$$

$$F_v = k_v \cdot W,$$

Con k_h e k_v rispettivamente pari ai coefficienti sismici orizzontale e verticale:

$$k_h = \beta_s \cdot a_{\max} / g$$

$$k_v = \pm 0,5 \cdot k_h$$

dove:

β_s = coefficiente di riduzione dell' a_{\max} attesa pari a 0.38 (prf. 7.11.4 dm 17.01.2018);

g = accelerazione di gravità.

a_{\max} = accelerazione orizzontale massima attesa al sito;

In assenza di analisi specifiche della risposta sismica locale, l'accelerazione massima attesa al sito può essere valutata con la relazione

$$a_{\max} = S \cdot a_g = S_S \cdot S_T \cdot a_g$$

dove:

S = coefficiente che comprende l'effetto dell'amplificazione stratigrafica (S_S) e dell'amplificazione topografica (S_T) per il calcolo di tali coefficienti si rimanda al prf. 3.2.3.2.1 delle NTC.

a_g = accelerazione orizzontale massima attesa su sito di riferimento rigido

Negli allegati di calcolo del software Soils3 la a_{\max} è definita come accelerazione sismica orizzontale (A_g). Quindi il valore che deve essere inserito è pari a $A_g = a_{\max} / g$

3.1 Risultati e considerazioni conclusive

È stata valutata la stabilità dei versanti di n. 2 sezioni come mostrato in **Figura 9**:

- A-A': scarpata lato nord area ex cava Pirossina
- B-B': scarpata interna area ex cava Pirossina.

Lungo A-A' sono state eseguite n. 2 verifiche di stabilità lungo la sezione: una locale, nel tratto ove il gradiente è più ripido e una globale che interessa la stabilità dell'intera sezione. Per la sezione B-B' è stata verificata solo la stabilità globale a causa dell'omogeneità del gradiente topografico.

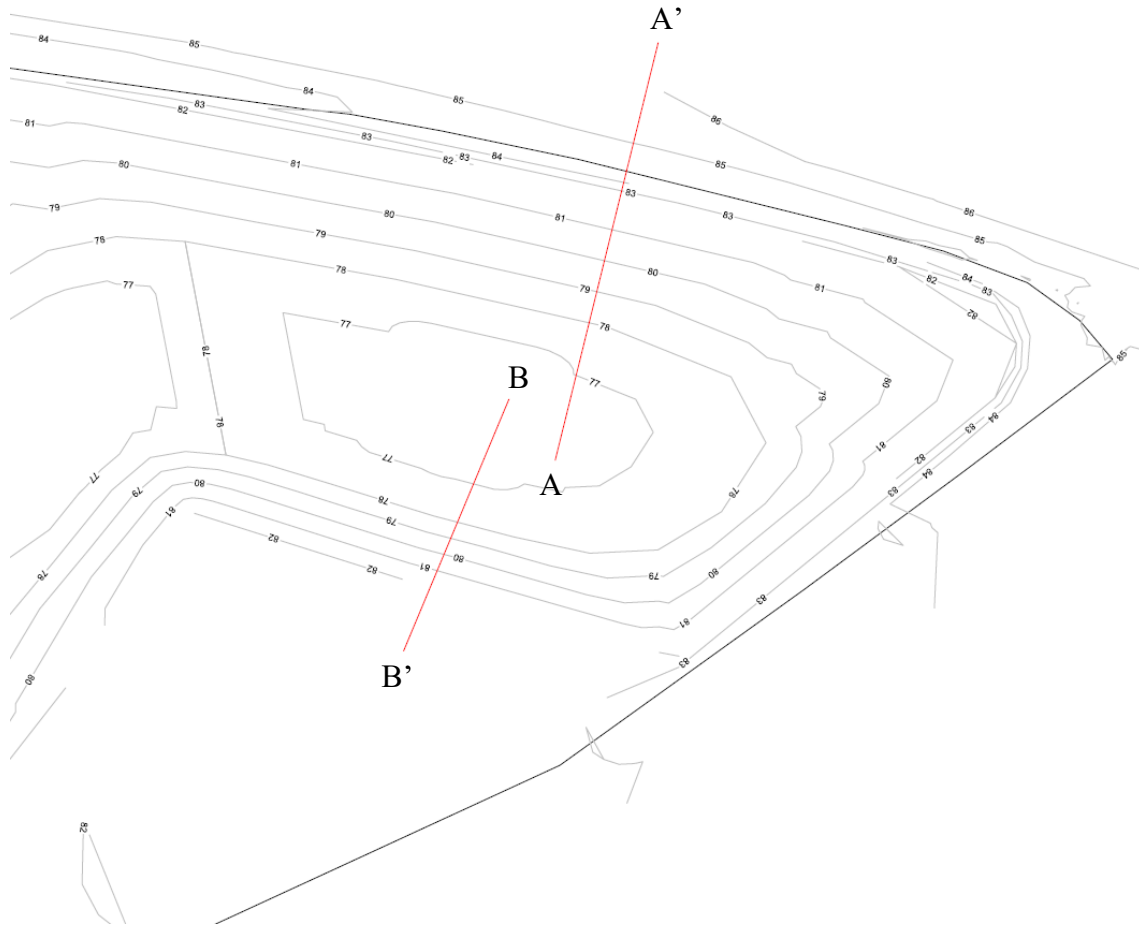
In **Figura 8**, al fine di riassumere schematicamente i risultati è stata redatta la seguente tabella che indica i fattori di sicurezza e i relativi limiti:

SEZIONE A-A'	Locale	Globale	Limite
Condizioni statiche	2,69	5,98	1,1
Condizioni dinamiche	2,67	4,12	1,2

SEZIONE B-B'	Globale	Limite
Condizioni statiche	5,02	1,1
Condizioni dinamiche	4,55	1,2

Figura 8 - Fattori di sicurezza per superficie critica

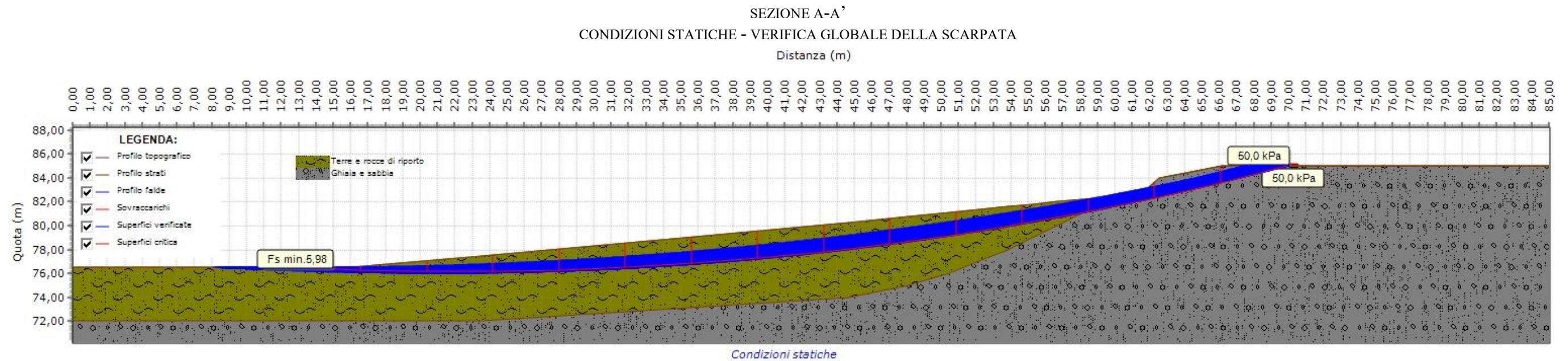
Le verifiche eseguite in condizioni di assenza/presenza del sisma hanno offerto valori del fattore di sicurezza che non sono mai scesi sotto il dato più significativo in assoluto per un'analisi basata sul calcolo all'equilibrio limite ($F_s \geq 1$) ed in particolare al di sotto dei limiti imposti dal DM 17.01.2018, quindi $F_s \geq 1.1$ in condizioni di assenza di sisma e $F_s \geq 1.2$ in condizioni sismiche. Le scarpate presentano pertanto condizioni di stabilità tali da garantire caratteristiche di sicurezza adeguate una volta eseguito il recupero ambientale. Dal punto di vista strettamente operativo si è proceduto all'esame di più superfici di scivolamento circolari, facendo variare il punto di intersezione fra la superficie topografica e quella di scivolamento infine è stato evidenziato il coefficiente di sicurezza minimo. Sono stati inseriti dei sovraccarichi sul ciglio di scavo che simulano il passaggio dei mezzi motorizzati. È stato utilizzato il software Soils 3., esplicitamente predisposto per consentire verifiche di stabilità di fenomeni franosi su superfici di scivolamento circolari. Di seguito si riportano gli allegati con indicazione delle superfici verificate e l'individuazione della superficie che ha fornito il valore minimo di F_s oltre che i valori dei parametri geotecnici corretti (secondo i coefficienti parziali previsti dal DM 17.01.2018) e i valori di accelerazione sismica considerati.



Sezione	Lunghezza
A-A'	85 m
B-B'	60 m

Figura 9 - Sopra, traccia delle sezioni su stralcio di carta delle quote. Sotto, tabella con lunghezze delle sezioni.

Le sezioni sono state elaborate in maniera tale che il versante stesse a destra, per ragioni di calcolo necessarie per il programma Soil.3.



Parametri sismici e geotecnici:	1
---------------------------------	---

PGA_h(g)=0,217 beta=0,38 PGA_v(g)=0,075

Descrizione										phi	co.	g.	g.sat
Terre e rocce di riporto										26,0	20,0	17,5	19,5
Ghiaia e sabbia										37,0	0,0	18,5	20,5
Ey	Pois	OCR	phir	G0	k	du	Ip	s.l.	c.l.	i.l.	d.l.	Dr	
10000,0	0,3	1,0	28,0	7,0	0,0	0,0	0,0	No	No	No	No	50,0	
50000,0	0,3	1,0	32,0	24,0	0,0	0,0	0,0	No	No	No	No	50,0	

phi=	Angolo di resistenza al taglio di picco(°):
co=	Coesione (drenata per phi>0, non drenata per phi nullo)(kPa):
g.=	Peso di volume sopra falda (kN/mc):
g.sat.=	Peso di volume saturo (kN/mc):
Ey=	Modulo di deformazione (kPa):
Pois=	Rapporto di Poisson:
OCR=	O.C.R.:
phir=	Angolo di resistenza al taglio critico/residuo(°):
G0=	Modulo di taglio per basse deformazioni(kPa):
k=	Coefficiente di permeabilità(m/s):
du=	Sovrappressione interstiziale du (m):
Ip=	Indice plastico:
s.l.=	Livello rigido:
c.l.=	Strato coesivo
i.l.=	Livello impermeabile:
d.l.=	Livello isolato asciutto:
Dr=	Densità relativa:

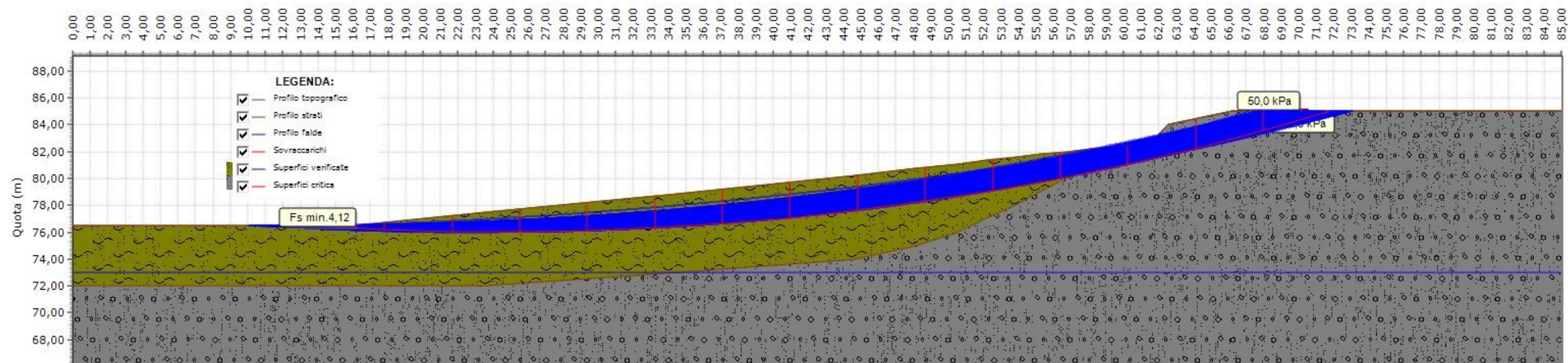
Superficie con coefficiente di sicurezza minimo:	2
--	---

N.	Superf.	Fs	Metodo	Concio	Xbase(m)	Ybase(m)	Lunghezza(m)	Incl.base(°)	Volume(mc)	Peso(kN)	Hfalda(m)	CarichiN(kN)	CarichiT(kN)	Phi(°)	Coes.ne(kPa)	du(m)
1	60	5,981	Bishop simpl.		12,79	76,5										
1				1	16,597	76,28	3,81	-3,3	0,563	6,66	0,0	0,0	0,0	21,3	16,0	0,0
2				2	20,404	76,17	3,81	-1,7	2,258	33,31	0,0	0,0	0,0	21,3	16,0	0,0
3				3	24,212	76,17	3,81	0,0	4,319	66,63	0,0	0,0	0,0	21,3	16,0	0,0
4				4	28,019	76,279	3,81	1,6	5,989	93,28	0,0	0,0	0,0	21,3	16,0	0,0
5				5	31,826	76,498	3,81	3,3	7,262	119,93	0,0	0,0	0,0	21,3	16,0	0,0
6				6	35,634	76,827	3,82	4,9	8,123	139,92	0,0	0,0	0,0	21,3	16,0	0,0
7				7	39,441	77,268	3,83	6,6	8,588	146,58	0,0	0,0	0,0	21,3	16,0	0,0
8				8	43,248	77,821	3,85	8,3	8,644	146,58	0,0	0,0	0,0	21,3	16,0	0,0
9				9	47,055	78,487	3,87	9,9	8,381	139,92	0,0	0,0	0,0	21,3	16,0	0,0
10				10	50,863	79,269	3,89	11,6	7,706	126,59	0,0	0,0	0,0	21,3	16,0	0,0
11				11	54,67	80,169	3,91	13,3	6,551	106,61	0,0	0,0	0,0	21,3	16,0	0,0
12				12	58,477	81,189	3,94	15,0	4,958	79,95	0,0	0,0	0,0	21,3	16,0	0,0
13				13	62,285	82,331	3,98	16,7	4,535	75,58	0,0	0,0	0,0	31,1	0,0	0,0
14				14	66,092	83,601	4,01	18,4	5,149	84,52	0,0	0,0	0,0	31,1	0,0	0,0
15				15	69,899	85,0	4,06	20,2	2,628	42,26	0,0	23,47	8,62	31,1	0,0	0,0

SEZIONE A-A'

CONDIZIONI DINAMICHE. VERIFICA GLOBALE DELLA SCARPATA

Distanza (m)



Condizioni dinamiche

Parametri sismici e geotecnici: Sezione A-A'

1

PGA_h(g)=0,217 beta=0,38 PGA_v(g)=0,075

Descrizione													phi	co.	g.	g.sat
Terre e rocce di riporto													26,0	20,0	17,5	19,5
Ghiaia e sabbia													37,0	0,0	18,5	20,5
Ey	Pois	OCR	phir	G0	k	du	Ip	s.l.	c.l.	i.l.	d.l.	Dr				
10000,0	0,3	1,0	28,0	7,0	0,0	0,0	0,0	No	No	No	No	50,0				
50000,0	0,3	1,0	32,0	24,0	0,0	0,0	0,0	No	No	No	No	50,0				

phi=	Angolo di resistenza al taglio di picco(°):
co=	Coesione (drenata per phi>0, non drenata per phi nullo)(kPa):
g.=	Peso di volume sopra falda (kN/mc):
g.sat.=	Peso di volume saturo (kN/mc):
Ey=	Modulo di deformazione (kPa):
Pois=	Rapporto di Poisson:
OCR=	O.C.R.:
phir=	Angolo di resistenza al taglio critico/residuo(°):
G0=	Modulo di taglio per basse deformazioni(kPa):
k=	Coefficiente di permeabilità(m/s):
du=	Sovrappressione interstiziale du (m):
Ip=	Indice plastico:
s.l.=	Livello rigido:
c.l.=	Strato coesivo
i.l.=	Livello impermeabile:
d.l.=	Livello isolato asciutto:
Dr=	Densità relativa:

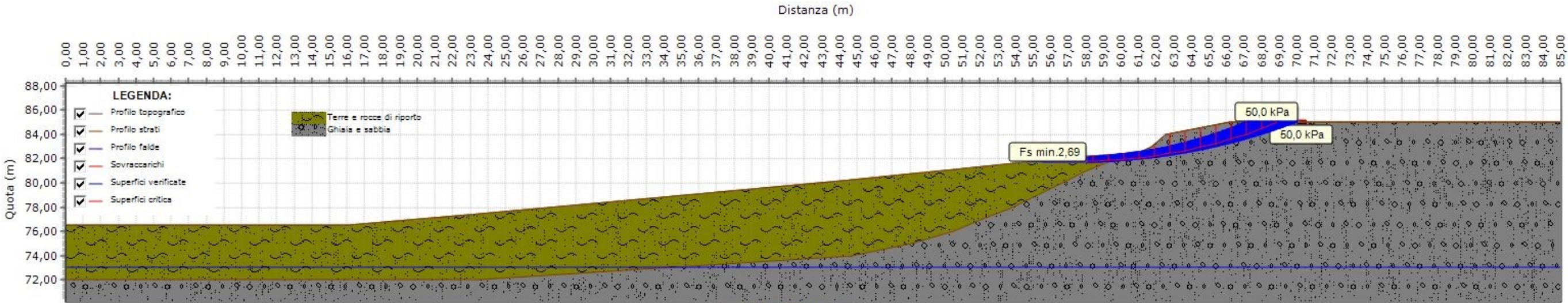
Superficie con coefficiente di sicurezza minimo: Sezione A-A'

2

N.	Superf.	Fs	Metodo	Concio	Xbase(m)	Ybase(m)	Lunghezza(m)	Incl.base(°)	Volume(mc)	Peso(kN)	Hfalda(m)	CarichiN(kN)	CarichiT(kN)	Phi(°)	Coes.ne(kPa)	du(m)
1	158	4,117	Bishop sempl.		13,95	76,5										
1				1	17,808	76,231	3,87	-4,0	0,964	13,5	0,0	0,0	0,0	26,0	20,0	0,0
2				2	21,666	76,078	3,86	-2,3	3,169	47,26	0,0	0,0	0,0	26,0	20,0	0,0
3				3	25,525	76,042	3,86	-0,5	5,443	87,77	0,0	0,0	0,0	26,0	20,0	0,0
4				4	29,383	76,123	3,86	1,2	7,293	121,53	0,0	0,0	0,0	26,0	20,0	0,0
5				5	33,241	76,32	3,86	2,9	8,707	148,54	0,0	0,0	0,0	26,0	20,0	0,0
6				6	37,099	76,634	3,87	4,7	9,687	168,8	0,0	0,0	0,0	26,0	20,0	0,0
7				7	40,957	77,066	3,88	6,4	10,238	175,55	0,0	0,0	0,0	26,0	20,0	0,0
8				8	44,816	77,618	3,9	8,1	10,347	175,55	0,0	0,0	0,0	26,0	20,0	0,0
9				9	48,674	78,29	3,92	9,9	10,136	168,8	0,0	0,0	0,0	26,0	20,0	0,0
10				10	52,532	79,085	3,94	11,6	9,496	155,29	0,0	0,0	0,0	26,0	20,0	0,0
11				11	56,39	80,005	3,97	13,4	8,28	135,04	0,0	0,0	0,0	26,0	20,0	0,0
12				12	60,248	81,053	4,0	15,2	6,44	103,21	0,0	0,0	0,0	37,0	0,0	0,0
13				13	64,107	82,232	4,03	17,0	6,904	113,82	0,0	0,0	0,0	37,0	0,0	0,0
14				14	67,965	83,546	4,08	18,8	7,044	121,34	0,0	0,0	0,0	37,0	0,0	0,0
15				15	71,823	85,0	4,12	20,6	2,805	49,96	0,0	46,79	17,63	37,0	0,0	0,0

SEZIONE A-A'

CONDIZIONI STATICHE. VERIFICA LOCALE DELLA SCARPATA



Condizioni statiche

Parametri sismici e geotecnici:

1

PGA_h(g)=0,217 beta=0,38 PGA_v(g)=0,075

Descrizione										phi	co.	g.	g.sat
Terre e rocce di riporto										26,0	20,0	17,5	19,5
Ghiaia e sabbia										37,0	0,0	18,5	20,5
Ey	Pois	OCR	phir	G0	k	du	Ip	s.l.	c.l.	i.l.	d.l.	Dr	
10000,0	0,3	1,0	28,0	7,0	0,0	0,0	0,0	No	No	No	No	50,0	
50000,0	0,3	1,0	32,0	24,0	0,0	0,0	0,0	No	No	No	No	50,0	

phi=	Angolo di resistenza al taglio di picco(°):
co=	Coesione (drenata per phi>0, non drenata per phi nullo)(kPa):
g.=	Peso di volume sopra falda (kN/mc):
g.sat.=	Peso di volume saturo (kN/mc):
Ey=	Modulo di deformazione (kPa):
Pois=	Rapporto di Poisson:
OCR=	O.C.R.:
phir=	Angolo di resistenza al taglio critico/residuo(°):
G0=	Modulo di taglio per basse deformazioni(kPa):
k=	Coefficiente di permeabilità(m/s):
du=	Sovrappressione interstiziale du (m):
Ip=	Indice plastico:
s.l.=	Livello rigido:
c.l.=	Strato coesivo
i.l.=	Livello impermeabile:
d.l.=	Livello isolato asciutto:
Dr=	Densità relativa:

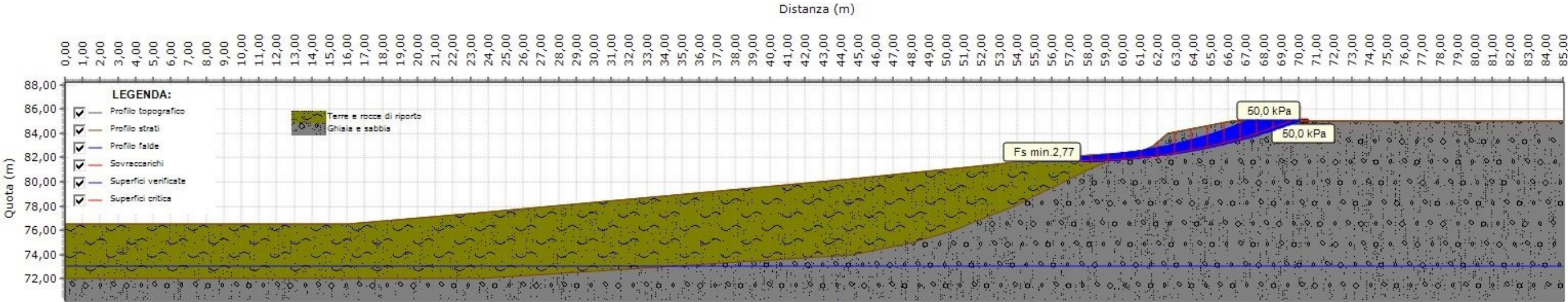
Superficie con coefficiente di sicurezza minimo:

2

N.	Superf.	Fs	Metodo	Concio	Xbase(m)	Ybase(m)	Lunghezza(m)	Incl.base(°)	Volume(mc)	Peso(kN)	Hfalda(m)	CarichIN(kN)	CarichIT(kN)	Phi(°)	Coes.ne(kPa)	du(m)
1	92	2,69	Bishop sempl.		55,79	81,876										
1				1	56,664	81,822	0,88	-3,5	0,078	0,0	0,0	0,0	0,0	21,3	16,0	0,0
2				2	57,537	81,803	0,87	-1,2	0,219	1,53	0,0	0,0	0,0	21,3	16,0	0,0
3				3	58,411	81,819	0,87	1,1	0,324	4,59	0,0	0,0	0,0	21,3	16,0	0,0
4				4	59,285	81,871	0,88	3,4	0,387	6,12	0,0	0,0	0,0	21,3	16,0	0,0
5				5	60,159	81,958	0,88	5,7	0,408	6,2	0,0	0,0	0,0	31,1	0,0	0,0
6				6	61,032	82,082	0,88	8,0	0,397	6,38	0,0	0,0	0,0	31,1	0,0	0,0
7				7	61,906	82,242	0,89	10,4	0,603	9,7	0,0	0,0	0,0	31,1	0,0	0,0
8				8	62,78	82,439	0,9	12,7	1,12	19,4	0,0	0,0	0,0	31,1	0,0	0,0
9				9	63,653	82,675	0,91	15,1	1,42	25,86	0,0	0,0	0,0	31,1	0,0	0,0
10				10	64,527	82,951	0,92	17,5	1,409	24,25	0,0	0,0	0,0	31,1	0,0	0,0
11				11	65,401	83,268	0,93	20,0	1,361	22,63	0,0	0,0	0,0	31,1	0,0	0,0
12				12	66,275	83,629	0,95	22,4	1,263	21,01	0,0	0,0	0,0	31,1	0,0	0,0
13				13	67,148	84,036	0,96	25,0	1,02	16,16	0,0	0,0	0,0	31,1	0,0	0,0
14				14	68,022	84,492	0,99	27,5	0,643	9,7	0,0	0,98	0,51	31,1	0,0	0,0
15				15	68,896	85,0	1,01	30,2	0,222	3,23	0,0	20,65	12,01	31,1	0,0	0,0

SEZIONE A-A'

CONDIZIONI DINAMICHE. VERIFICA LOCALE DELLA SCARPATA



Condizioni dinamiche

Parametri sismici e geotecnici:

1

PGA_h(g)=0,217 beta=0,38 PGA_v(g)=0,075

Descrizione									phi	co.	g.	g.sat
Terre e rocce di riporto									26,0	20,0	17,5	19,5
Ghiaia e sabbia									37,0	0,0	18,5	20,5
Ey	Pois	OCR	phir	G0	k	du	Ip	s.l.	c.l.	i.l.	d.l.	Dr
10000,0	0,3	1,0	28,0	7,0	0,0	0,0	0,0	No	No	No	No	50,0
50000,0	0,3	1,0	32,0	24,0	0,0	0,0	0,0	No	No	No	No	50,0

phi=	Angolo di resistenza al taglio di picco(°):
co=	Coesione (drenata per phi>0, non drenata per phi nullo)(kPa):
g.=	Peso di volume sopra falda (kN/mc):
g.sat.=	Peso di volume saturo (kN/mc):
Ey=	Modulo di deformazione (kPa):
Pois=	Rapporto di Poisson:
OCR=	O.C.R.:
phir=	Angolo di resistenza al taglio critico/residuo(°):
G0=	Modulo di taglio per basse deformazioni(kPa):
k=	Coefficiente di permeabilità(m/s):
du=	Sovrappressione interstiziale du (m):
Ip=	Indice plastico:
s.l.=	Livello rigido:
c.l.=	Strato coesivo
i.l.=	Livello impermeabile:
d.l.=	Livello isolato asciutto:
Dr=	Densità relativa:

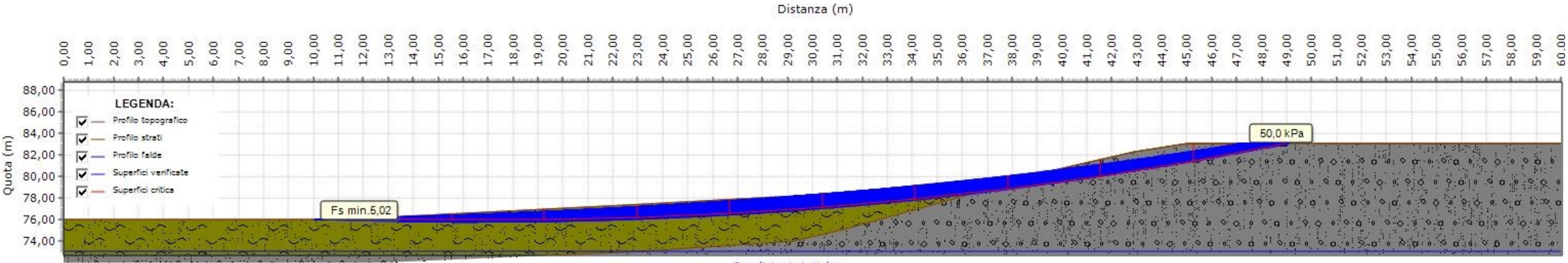
Superficie con coefficiente di sicurezza minimo:

2

N.	Superf.	Fs	Metodo	Concio	Xbase(m)	Ybase(m)	Lunghezza(m)	Incl.base(°)	Volume(mc)	Peso(kN)	Hfalda(m)	CarichiN(kN)	CarichiT(kN)	Phi(°)	Coes.ne(kPa)	du(m)
1	265	2,772	Bishop sempl.		55,433	81,825										
1				1	56,371	81,762	0,94	-3,8	0,092	0,0	0,0	0,0	0,0	26,0	20,0	0,0
2				2	57,31	81,736	0,94	-1,6	0,26	1,64	0,0	0,0	0,0	26,0	20,0	0,0
3				3	58,249	81,747	0,94	0,7	0,39	4,93	0,0	0,0	0,0	26,0	20,0	0,0
4				4	59,188	81,796	0,94	3,0	0,471	6,57	0,0	0,0	0,0	26,0	20,0	0,0
5				5	60,126	81,882	0,94	5,2	0,503	6,67	0,0	0,0	0,0	37,0	0,0	0,0
6				6	61,065	82,006	0,95	7,5	0,506	6,85	0,0	0,0	0,0	37,0	0,0	0,0
7				7	62,004	82,168	0,95	9,8	0,786	12,16	0,0	0,0	0,0	37,0	0,0	0,0
8				8	62,943	82,369	0,96	12,1	1,349	22,58	0,0	0,0	0,0	37,0	0,0	0,0
9				9	63,881	82,61	0,97	14,4	1,64	27,79	0,0	0,0	0,0	37,0	0,0	0,0
10				10	64,82	82,893	0,98	16,8	1,639	27,79	0,0	0,0	0,0	37,0	0,0	0,0
11				11	65,759	83,219	0,99	19,2	1,598	27,79	0,0	0,0	0,0	37,0	0,0	0,0
12				12	66,698	83,591	1,01	21,6	1,445	26,05	0,0	0,0	0,0	37,0	0,0	0,0
13				13	67,636	84,009	1,03	24,0	1,127	19,1	0,0	0,0	0,0	37,0	0,0	0,0
14				14	68,575	84,478	1,05	26,5	0,71	10,42	0,0	22,37	11,17	37,0	0,0	0,0
15				15	69,514	85,0	1,07	29,1	0,245	3,47	0,0	0,0	0,0	37,0	0,0	0,0

SEZIONE B-B'

CONDIZIONI STATICHE. VERIFICA GLOBALE DELLA SCARPATA



Condizioni statiche

Parametri sismici e geotecnici: 1

PGA_h(g)=0,217 beta=0,38 PGA_v(g)=0,075

Descrizione									phi	co.	g.	g.sat
Limo e sabbia									26,0	20,0	17,5	19,5
Ghiaia e sabbia									37,0	0,0	18,5	20,5
Ey	Pois	OCR	phir	G0	k	du	Ip	s.l.	c.l.	i.l.	d.l.	Dr
10000,0	0,3	1,0	28,0	7,0	0,0	0,0	0,0	No	No	No	No	50,0
50000,0	0,3	1,0	32,0	24,0	0,0	0,0	0,0	No	No	No	No	50,0

phi=	Angolo di resistenza al taglio di picco(°):
co=	Coesione (drenata per phi>0, non drenata per phi nullo)(kPa):
g.=	Peso di volume sopra falda (kN/mc):
g.sat.=	Peso di volume saturo (kN/mc):
Ey=	Modulo di deformazione (kPa):
Pois=	Rapporto di Poisson:
OCR=	O.C.R.:
phir=	Angolo di resistenza al taglio critico/residuo(°):
G0=	Modulo di taglio per basse deformazioni(kPa):
k=	Coefficiente di permeabilità(m/s):
du=	Sovrappressione interstiziale du (m):
Ip=	Indice plastico:
s.l.=	Livello rigido:
c.l.=	Strato coesivo
i.l.=	Livello impermeabile:
d.l.=	Livello isolato asciutto:
Dr=	Densità relativa:

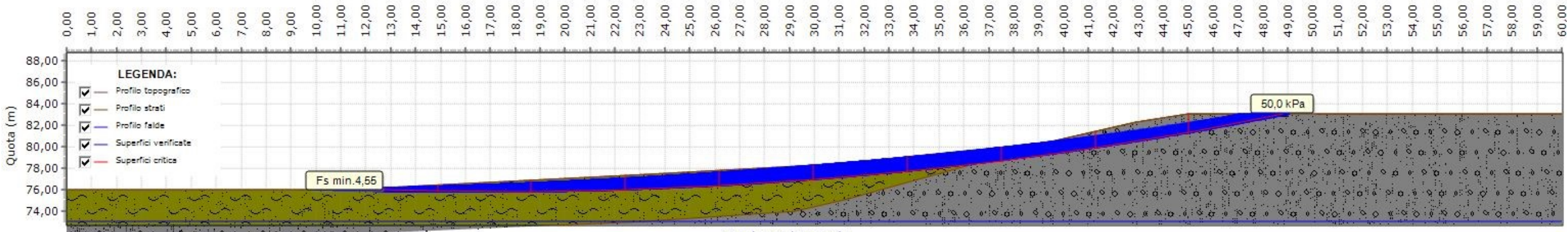
Superficie con coefficiente di sicurezza minimo: 2

N.	Superf.	Fs	Metodo	Concio	Xbase(m)	Ybase(m)	Lunghezza(m)	Incl.base(°)	Volume(mc)	Peso(kN)	Hfalda(m)	CarichIN(kN)	CarichIT(kN)	Phi(°)	Coes.ne(kPa)	du(m)
1	84	5,089	Bishop sempl.		11,077	76,08										
1				1	14,865	75,91	3,79	-2,6	1,018	13,26	0,0	0,0	0,0	21,3	16,0	0,0
2				2	18,652	75,924	3,79	0,2	2,829	39,77	0,0	0,0	0,0	21,3	16,0	0,0
3				3	22,44	76,123	3,79	3,0	4,063	59,65	0,0	0,0	0,0	21,3	16,0	0,0
4				4	26,227	76,509	3,81	5,8	4,705	72,91	0,0	0,0	0,0	21,3	16,0	0,0
5				5	30,014	77,083	3,83	8,6	4,8	79,54	0,0	0,0	0,0	21,3	16,0	0,0
6				6	33,802	77,85	3,86	11,5	4,73	79,54	0,0	0,0	0,0	21,3	16,0	0,0
7				7	37,589	78,816	3,91	14,3	4,612	73,29	0,0	0,0	0,0	21,3	16,0	0,0
8				8	41,376	79,99	3,96	17,2	5,077	82,57	0,0	0,0	0,0	31,1	0,0	0,0
9				9	45,164	81,38	4,03	20,2	5,916	105,1	0,0	0,0	0,0	31,1	0,0	0,0
10				10	48,951	83,0	4,12	23,2	3,068	56,05	0,0	20,75	8,87	31,1	0,0	0,0

SEZIONE B-B'

CONDIZIONI DINAMICHE. VERIFICA GLOBALE DELLA SCARPATA

Distanza (m)



Condizioni dinamiche

Parametri sismici e geotecnici:

1

PGA_h(g)=0,217 beta=0,38 PGA_v(g)=0,075

Descrizione										phi	co.	g.	g.sat
Limo e sabbia										26,0	20,0	17,5	19,5
Ghiaia e sabbia										37,0	0,0	18,5	20,5
Ey	Pois	OCR	phir	G0	k	du	Ip	s.l.	c.l.	i.l.	d.l.	Dr	
10000,0	0,3	1,0	28,0	7,0	0,0	0,0	0,0	No	No	No	No	50,0	
50000,0	0,3	1,0	32,0	24,0	0,0	0,0	0,0	No	No	No	No	50,0	

phi=	Angolo di resistenza al taglio di picco(°):
co=	Coesione (drenata per phi>0, non drenata per phi nullo)(kPa):
g.=	Peso di volume sopra falda (kN/mc):
g.sat.=	Peso di volume saturo (kN/mc):
Ey=	Modulo di deformazione (kPa):
Pois=	Rapporto di Poisson:
OCR=	O.C.R.:
phir=	Angolo di resistenza al taglio critico/residuo(°):
G0=	Modulo di taglio per basse deformazioni(kPa):
k=	Coefficiente di permeabilità(m/s):
du=	Sovrappressione interstiziale du (m):
Ip=	Indice plastico:
s.l.=	Livello rigido:
c.l.=	Strato coesivo
i.l.=	Livello impermeabile:
d.l.=	Livello isolato asciutto:
Dr=	Densità relativa:

Superficie con coefficiente di sicurezza minimo:

2

N.	Superf.	Fs	Metodo	Concio	Xbase(m)	Ybase(m)	Lunghezza(m)	Incl.base(°)	Volume(mc)	Peso(kN)	Hfalda(m)	CarichiN(kN)	CarichiT(kN)	Phi(°)	Coes.ne(kPa)	du(m)
1	240	4,552	Bishop sempl.		11,111	76,082										
1				1	14,88	75,871	3,78	-3,2	1,09	13,19	0,0	0,0	0,0	26,0	20,0	0,0
2				2	18,649	75,853	3,77	-0,3	3,026	46,18	0,0	0,0	0,0	26,0	20,0	0,0
3				3	22,419	76,028	3,77	2,7	4,354	72,56	0,0	0,0	0,0	26,0	20,0	0,0
4				4	26,188	76,397	3,79	5,6	5,059	85,75	0,0	0,0	0,0	26,0	20,0	0,0
5				5	29,958	76,964	3,81	8,6	5,184	85,75	0,0	0,0	0,0	26,0	20,0	0,0
6				6	33,727	77,733	3,85	11,5	5,102	79,16	0,0	0,0	0,0	26,0	20,0	0,0
7				7	37,497	78,711	3,89	14,5	4,934	79,91	0,0	0,0	0,0	26,0	20,0	0,0
8				8	41,266	79,907	3,95	17,6	5,256	89,15	0,0	0,0	0,0	37,0	0,0	0,0
9				9	45,036	81,332	4,03	20,7	6,024	104,6	0,0	0,0	0,0	37,0	0,0	0,0
10				10	48,805	83,0	4,12	23,9	3,144	55,79	0,0	13,94	6,17	37,0	0,0	0,0