

COMUNE DI ALESSANDRIA

RGP BIOMETANO S.R.L.

PROGETTO DI IMPIANTO DI DIGESTIONE
ANAEROBICA E UPGRADING PER LA PRODUZIONE DI
BIOMETANO

titolo elaborato:		numero elaborato:	
VERIFICA FRONTI DI SCAVO		6	
progettista:		richiedente:	
<p>Dott. Andrea Chiabrando Ordine Agronomi della Provincia di Torino n. 489</p> <p>Ing. Paolo Doria Ordine Ingegneri della Provincia di Torino n. 8431T</p>			
  <p>STUDIO TECNICO AGRARIO STA Engineering S.r.l. Via del Gibuti, 1 – 10064 – Pinerolo (TO) – Italia info@staengineering.it - www.staengineering.it Tel 0121/325901 - Fax 0121/3259103</p>			

Rev.	Data	Motivo	Redatto	Verificato	Approvato	File
1	13/07/2021	Prima Emissione	F. Sola	E. Marchionni	A. Chiabrando	R_18568_VEIFICA_SCAVI_1_01.DOCX

SOMMARIO

1	<u>PREMESSA</u>	2
2	<u>VERIFICA DI STABILITA'</u>	3
2.1	PROFILO DEL TERRENO	3
2.2	PARAMETRI GEOTECNICI DEL TERRENO	3
2.3	PRESENZA DELLA FALDA	5
2.4	PARAMETRI SISMICI	6
2.5	CARICHI VARIABILI	6
3	<u>SISTEMA DI CALCOLO</u>	2
3.1	METODO EQUILIBRIO LIMITE (LEM).....	2
3.2	METODO DEI CONCI.....	3
3.3	METODO DI FELLENIOUS (1927)	4
3.4	VALUTAZIONE DELL'AZIONE SISMICA.....	5
4	<u>VERIFICHE EFFETTUATE</u>	7
5	<u>RISULTATI E CONCLUSIONI</u>	9

1 PREMESSA

La RGP Biometano in data 02/11/2020 ha presentato istanza per l'ottenimento dell'Autorizzazione Unica ex D.Lgs. 387/2003 per la realizzazione di un impianto finalizzato alla produzione di biometano in Comune di Alessandria. A seguire si è svolta la prima conferenza dei servizi in data 11/03/21, dalla quale sono emerse alcune richieste che hanno reso necessaria una proroga di ulteriori 60 gg per la consegna delle integrazioni.

Preso atto delle indicazioni fornite dagli Enti in sede di Conferenza, in questi mesi è stato completamente revisionato il progetto con l'obiettivo di ricercare la configurazione impiantistica che consentisse un giusto equilibrio tra:

- superficie agricola oggetto di trasformazione
- tutela dei valori paesaggistici
- contenimento del traffico indotto aggiuntivo
- funzionalità impiantistica
- sostenibilità tecnico – economica

L'impianto è stato ridotto di circa il 30% rispetto alla configurazione inizialmente proposta: è ora prevista una produzione nominale di **380 Sm³/h** di biometano a fronte dei 550 Sm³/h ipotizzati in sede di istanza, con conseguente riduzione dell'area occupata dalle strutture e del traffico indotto in ingresso e in uscita. Relativamente al traffico indotto, al fine di limitare l'utilizzo di strade secondarie e interpoderali, la revisione progettuale prevede inoltre la **realizzazione di una nuova viabilità** per il collegamento diretto dell'impianto alla SP 494.

La presente relazione intende rispondere alla richiesta integrativa dell'Organo Tecnico emersa nell'ambito della I Conferenza dei Servizi:

“Negli elaborati progettuali dovranno essere inoltre fornite le necessarie indicazioni circa i profili dei fronti di scavo e i relativi calcoli di stabilità ai sensi della normativa sopra citata.”

Come riportato nelle pagine seguenti è stata effettuata una verifica dei fronti di scavo sia in condizione statica che sismica. **L'analisi eseguita, sulla sezione di scavo che raggiunge le maggiori profondità, permette di affermare che il profilo di scavo con le profondità e le pendenze indicate risulta verificato.**

2 VERIFICA DI STABILITA'

Il fronte di scavo dovrà superare le verifiche richieste dalla NTC 2018 al fine di garantire che i lavori siano effettuati in sicurezza. Le verifiche sono state effettuate tramite il software della Geostru Slope. Il programma richiede in input:

- Profilo del terreno;
- Parametri geotecnici del terreno;
- Presenza della falda;
- Parametri sismici;
- Carichi variabili.

2.1 PROFILO DEL TERRENO

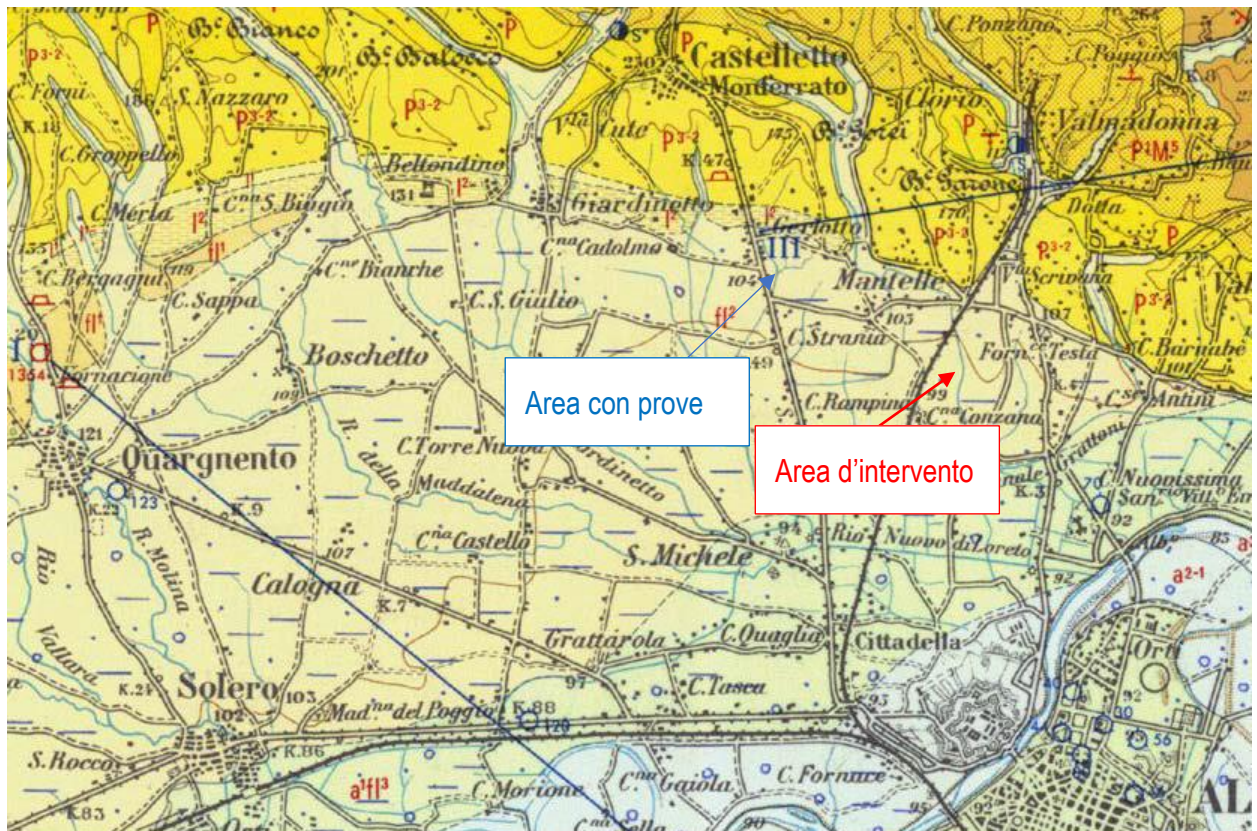
La modellazione del fronte di scavo viene effettuata su una sezione tipo che riporta il dislivello e l'angolo di inclinazione dello scavo. Lo scavo avrà una profondità massima di 1,60 m (considerando il piano di posa del magrone delle opere in progetto) ed una pendenza di 45°.

2.2 PARAMETRI GEOTECNICI DEL TERRENO

I parametri geotecnici del terreno dipendono indubbiamente dal tipo di terreno presente nel sottosuolo. Secondo le indicazioni ricavate dall'esame della Carta Geologica d'Italia (scala 1:100.000, foglio 70 Alessandria), l'area è ricoperta in superficie da depositi di origine fluviale a granulometria prevalentemente sabbioso-siltoso-argillose.

Data la tipologia della verifica richiesta e la limitata importanza degli scavi in questione (profondità massima 1.6 m), per la caratterizzazione del sottosuolo in termini geomeccanici, si è fatto riferimento ai risultati di alcune prove penetrometriche realizzate a breve distanza (circa 1.5 km) su terreni analoghi. La relazione Geologica Geotecnica (a firma dell'Ing Elio Boero e del Dott. Geol. Massimo Castellaro) è relativa ad un Piano Esecutivo di Libera Iniziativa per un nuovo insediamento industriale in Comune di Alessandria, località San Michele.

La relazione riporta i risultati delle 4 prove penetrometriche statiche C.P.T., condotte con penetrometro Super-pesante Pagani "Tg 63/200".



Le prove penetrometriche indicano la presenza di più unità geotecniche suddivise nel modo seguente:

- UG1) Terreno Incoerente, profondità 1m;
- UG2) Terreno coesivo, profondità circa 5-6 m;
- UG3) Terreno coesivo.

Essendo lo scavo profondo più di 1 m è necessario riferirsi ai parametri geotecnici relativi alle prime due unità geotecniche. I valori che verranno utilizzati sono riportati nelle tabelle seguenti e sono ottenuti come media dei valori delle prove penetrometriche.

Unità Geotecnica 1

Prove	Peso terreno asciutto	Peso terreno umido	angolo d'attrito	cu
1	1,8	2,1	40,1	0
2	1,8	2,1	36,1	0
3	1,8	2,1	38,5	0
4	1,8	2,1	35,2	0
Media	1,8	2,1	37,48	0

Unità Geotecnica 2

Prove	Peso materiale secco	Peso materiale umido	angolo d'attrito	cu [kg/cm ²]
1	1,8	2,1	24,2	1,5
2	2	2,1		1,2
3	1,8	2,1	24	1,4
4	1,8	2,1	23,7	1,2
Media	1,85	2,1	23,97	1,325

Come è noto le prove penetrometriche in terreni coesivi permettono solo la determinazione della coesione non drenata. In assenza di prove di laboratorio e data anche la semplicità del caso in esame, si può ricorrere a correlazioni empiriche che permettono di stimare la coesione efficace da quella non drenata:

$$c' = 0,1 cu$$

In conclusione i parametri utilizzati per le verifiche di stabilità sono:

UG1: da 0 a 1 m di profondità

$$\phi = 37^\circ$$

$$c' = 0$$

UG2: oltre 1 m di profondità

$$\phi = 24^\circ$$

$$c' = 0.1325 \text{ kg/cm}^2$$

2.3 PRESENZA DELLA FALDA

Come riportato nella Relazione Geologica la falda risulta piuttosto alta ed è situata all'incirca a 2 m di profondità dal piano campagna. Nonostante lo scavo abbia una quota superiore alla falda, quest'ultima è stata inserita all'interno del modello per la verifica di stabilità del fronte di scavo così da considerarne le possibili interferenze.

2.4 PARAMETRI SISMICI

All'interno della Relazione Geologica è già stato effettuato un inquadramento sismico ed una stima dei coefficienti sismici. Si riportano le tabelle con i risultati finali.

Parametri sismici su sito di riferimento

SL	TR [Anni]	ag [m/s ²]	F0 [-]	TC* [sec]
SLO	30,00	0,18	2,53	0,16
SLD	35,00	0,19	2,52	0,17
SLV	332,00	0,46	2,57	0,27
SLC	682,00	0,58	2,59	0,29

Categoria sottosuolo: C

Categoria topografica: T1

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera: Stabilità pendii e Fondazioni

SL	amax [m/s ²]	β	khk [-]	kvk [-]
SLO	0,27	0,2	0,0055	0,0028
SLD	0,285	0,2	0,0058	0,0029
SLV	0,69	0,2	0,0141	0,007
SLC	0,87	0,2	0,0177	0,0089

Stato limite di riferimento: SLV

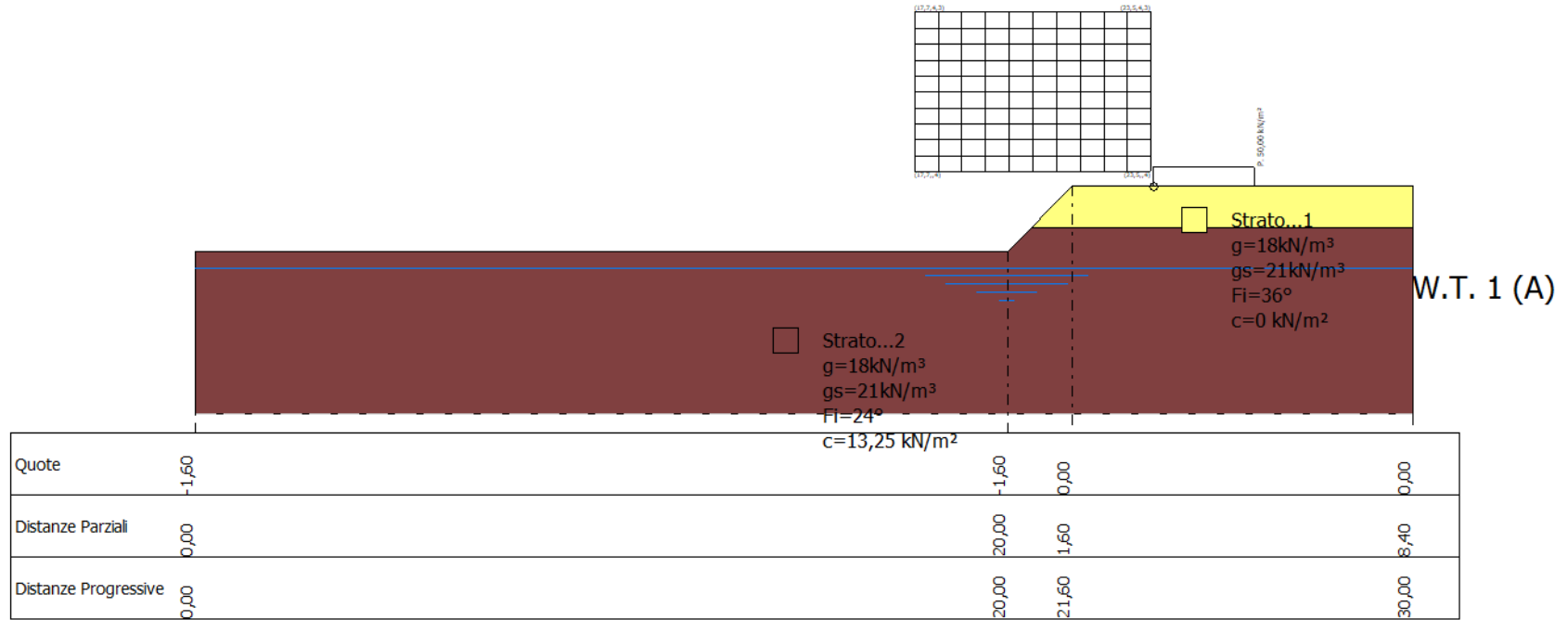
2.5 CARICHI VARIABILI

Le forze geotecniche non sono gli unici sforzi che agiscono sul fronte di scavo in quanto nei pressi del sito di scavo saranno presenti dei mezzi in movimento. Si rende perciò necessario inserire un carico variabile distribuito che rappresenterà un autocarro in transito. Il carico verrà calcolato a partire dalla massa limite sull'asse più caricato. I dati sono i seguenti:

- Massa limite sull'asse più carico: 12 t;
- Interasse tra gli assi: 1 m;
- Larghezza autocarro 2,5 m;
- Area di competenza 2,5 x 1 m (2,5 m²).

Il carico distribuito perciò risulta pari a: $12000/2,5=4800 \text{ kg/m}^2 = 48,93 \text{ kPa}$ approssimato a 50 kPa.

Di seguito è riportata la schematizzazione utilizzata per la verifica di stabilità:



3 SISTEMA DI CALCOLO

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 vengono introdotte delle ipotesi semplificative:

1. 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.
2. In alcuni casi vengono soddisfatte solo in parte le equazioni di equilibrio.

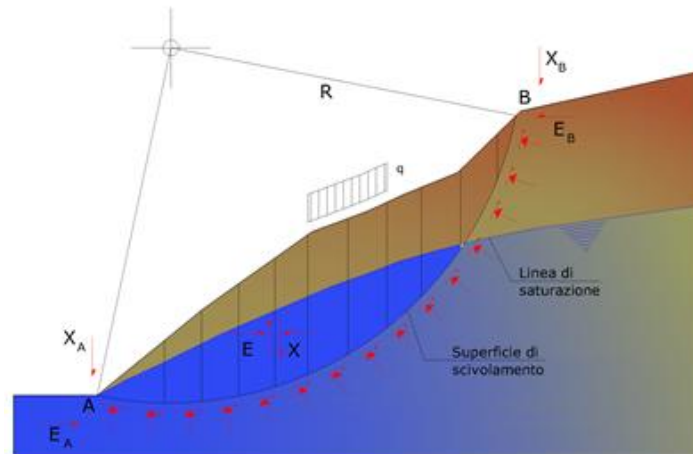
3.1 **METODO EQUILIBRIO LIMITE (LEM)**

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 (τ_f), valutata secondo il criterio di rottura di Coulomb, da tale confronto ne scaturisce la prima indicazione sulla stabilità attraverso il coefficiente di sicurezza:

$$F = \tau_f / \tau$$

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.



3.2 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 staticamente indeterminato ed il grado di indeterminazione è pari a :

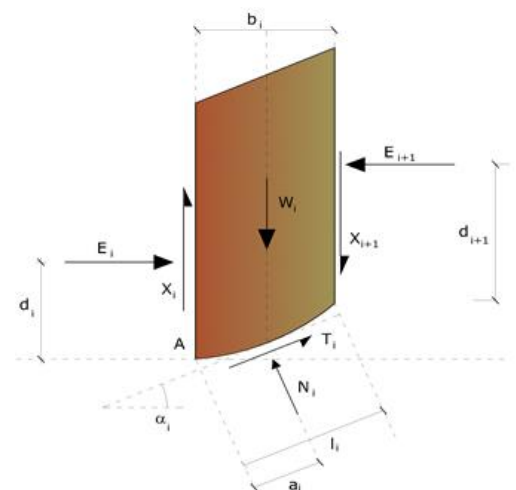
$$i = (6n - 2) - (4n) = 2n - 2$$

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

3.3 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:

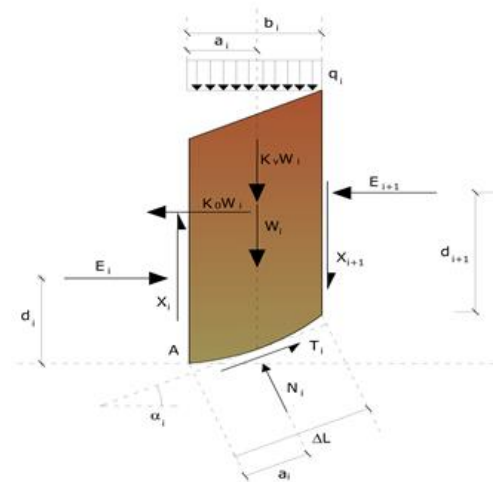


- n valori delle forze normali N_i ;
- n valori delle forze da taglio T_i ;
- 1 fattore di sicurezza.

Incognite $(2n+1)$.

Le equazioni a disposizione sono:

- n equazioni di equilibrio alla traslazione verticale;
- n equazioni relative al criterio di rottura;
- 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.

3.4 VALUTAZIONE DELL'AZIONE SISMICA

La stabilità dei pendii nei confronti dell'azione sismica viene verificata 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 vengono considerate le seguenti forze:

$$F_H = K_x W$$

$$F_V = K_y W$$

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_x** coefficiente sismico orizzontale;
- **K_y** coefficiente sismico verticale.

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.

4 VERIFICHE EFFETTUATE

Le verifiche di stabilità sono state effettuate ai sensi di quanto prescritto dalle recenti NTC2018, che nei casi in esame hanno introdotto alcune variazioni rispetto a quanto in vigore in precedenza (NTC08). In estrema sintesi, la norma ora in vigore, prevede le verifiche di seguito riassunte a seconda dell'ambito considerato (statico o sismico).

verifiche SLU di tipo geotecnico (GEO)

Condizioni statiche:

Verifica di stabilità con combinazione A2+M2+R2 (coefficienti come in tabelle 6.8.I, 6.2.I, 6.2.II)

Condizioni sismiche

Verifica di stabilità con combinazione A2+M1+R2 nella quale:

- i coefficienti dei parametri geotecnici sono pari all'unità (M1)
- il valore del coefficiente di resistenza γ_r è pari a 1.2

Le verifiche vengono eseguite allo Stato Limite di Salvaguardia della Vita (SLV).

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_Q	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3

⁽¹⁾ Per i carichi permanenti G_2 : si applica quanto indicato alla Tabella 2.6.I. Per la spinta delle terre si fa riferimento ai coefficienti γ_{G2}

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
Coazione 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

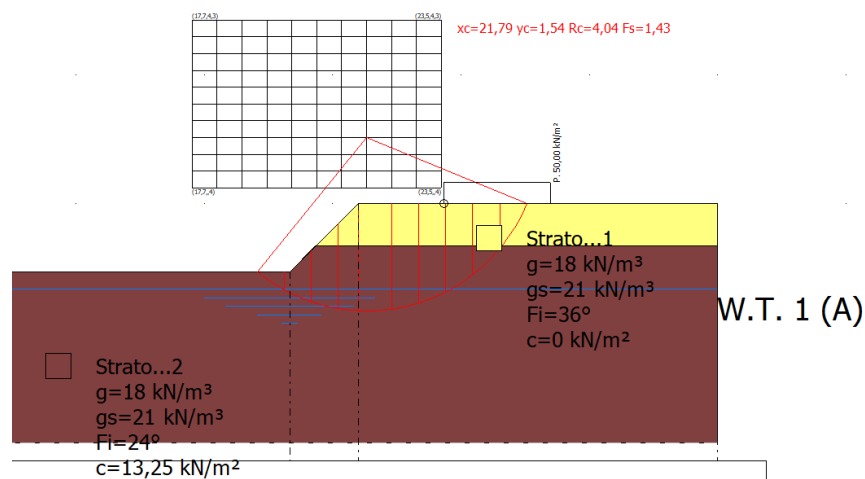
COEFFICIENTE	R2
γ_R	1,1

5 RISULTATI E CONCLUSIONI

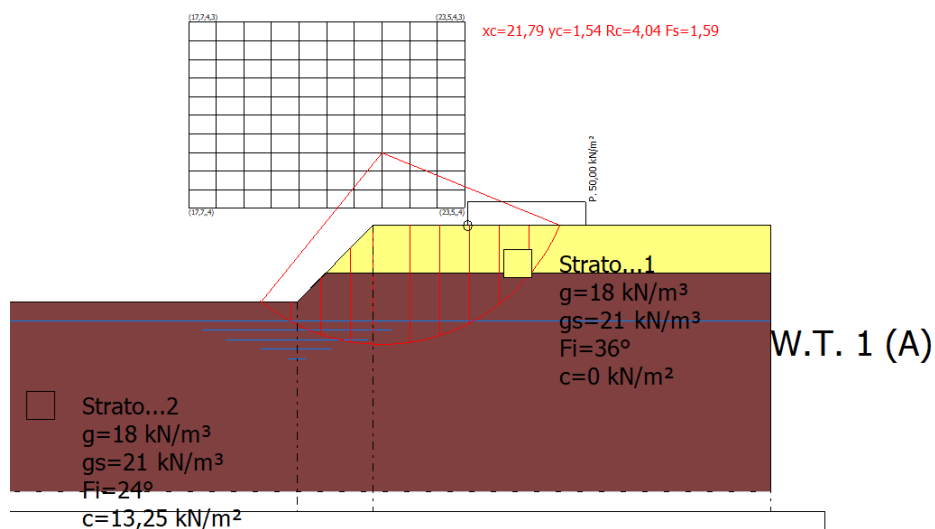
Di seguito il riassunto dei risultati ottenuti per le diverse combinazioni descritte; in allegato i tabulati prodotti dal software di calcolo.

Combinazione di carico	Verifica	Scogliera
A2+M2+R2 (Statica)	Stabilità Globale	1,43
A2+M1+R2 (Sisma)	Stabilità Globale	1,59

Statica



Sismica



ALLEGATI:

- **Risultati delle verifiche di stabilità**

Analisi di stabilità dei pendii con: FELLENIUS (1936)

Lat./Long.	44,953615/8,604469
Calcolo eseguito secondo	NTC 2018
Numero di strati	2,0
Numero dei conci	10,0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1,3
Coefficiente parziale resistenza	1,1
Parametri geotecnici da usare. Angolo di attrito:	Picco
Analisi	Condizione drenata
Superficie di forma circolare	

Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	17,71 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	0,36 m
Ascissa vertice destro superiore xs	23,54 m
Ordinata vertice destro superiore ys	4,29 m
Passo di ricerca	10,0
Numero di celle lungo x	10,0
Numero di celle lungo y	10,0

Coefficienti sismici [N.T.C.]

Dati generali

Tipo opera:	2 - Opere ordinarie
Classe d'uso:	Classe I
Vita nominale:	50,0 [anni]
Vita di riferimento:	35,0 [anni]

Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo:	C
Categoria topografica:	T1

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s ²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	30,0	0,18	2,53	0,16
S.L.D.	35,0	0,19	2,52	0,17
S.L.V.	332,0	0,46	2,57	0,27
S.L.C.	682,0	0,58	2,59	0,29

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera: Stabilità dei pendii e Fondazioni

S.L. Stato limite	amax [m/s ²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0,27	0,2	0,0055	0,0028
S.L.D.	0,285	0,2	0,0058	0,0029
S.L.V.	0,69	0,2	0,0141	0,007
S.L.C.	0,87	0,2	0,0177	0,0089

Vertici profilo

Nr X y

	(m)	(m)	
1	0,0	-1,6	
2	20,0	-1,6	
3	21,6	0,0	
4	30,0	0,0	

Falda

Nr.	X (m)	y (m)	
1	0,0	-2,0	
2	20,0	-2,0	
3	21,6	-2,0	
4	30,0	-2,0	

Vertici strato1

N	X (m)	y (m)	
1	0,0	-1,6	
2	20,0	-1,6	
3	20,6	-1,0	
4	30,0	-1,0	



Coefficienti parziali azioni

Sfavorevoli: Permanenti, variabili	1,0	0,0
Favorevoli: Permanenti, variabili	1,0	0,0

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

Tangente angolo di resistenza al taglio	1,25
Coazione efficace	1,25
Coazione non drenata	1,4
Riduzione parametri geotecnici terreno	Si

Stratigrafia

Strato	Coazione (kN/m ²)	Coazione non drenata (kN/m ²)	Angolo resistenza al taglio (°)	Peso unità di volume (kN/m ³)	Peso saturo (kN/m ³)	Litologia
1	0		36	18	21	
2	13,25	0	24	18	21	

Carichi distribuiti

N°	xi (m)	yi (m)	xf (m)	yf (m)	Carico esterno (kN/m ²)
1	23,6	0	26,1	0	50

Risultati analisi pendio [Statica]

Fs minimo individuato	1,43
Ascissa centro superficie	21,79 m
Ordinata centro superficie	1,54 m
Raggio superficie	4,04 m

xc = 21,794 yc = 1,539 Rc = 4,045 Fs=1,431

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (kN)	Kh•Wi (kN)	Kv•Wi (kN)	c (kN/m ²)	Fi (°)	Ui (kN)	N'i (kN)	Ti (kN)
1	0,63	-33,7	0,76	2,62	0,0	0,0	10,6	19,6	0,0	2,2	-1,5
2	0,63	-23,5	0,69	8,6	0,0	0,0	10,6	19,6	0,0	7,9	-3,4
3	0,63	-14,0	0,65	18,14	0,0	0,0	10,6	19,6	0,0	17,6	-4,4
4	0,47	-6,1	0,47	19,0	0,0	0,0	10,6	19,6	0,0	18,9	-2,0
5	0,79	2,9	0,79	35,52	0,0	0,0	10,6	19,6	0,0	35,5	1,8
6	0,63	13,0	0,65	27,21	0,0	0,0	10,6	19,6	0,0	26,5	6,1
7	0,63	22,4	0,68	27,31	0,0	0,0	10,6	19,6	0,0	25,2	10,4
8	0,63	32,6	0,75	52,71	0,0	0,0	10,6	19,6	0,0	44,4	28,4
9	0,63	44,1	0,88	47,12	0,0	0,0	10,6	19,6	0,0	33,9	32,8
10	0,63	59,0	1,22	33,38	0,0	0,0	0,0	30,2	0,0	17,2	28,6

Analisi di stabilità dei pendii con: FELLENIUS (1936)

Lat./Long.	44,953615/8,604469
Calcolo eseguito secondo	NTC 2018
Numero di strati	2,0
Numero dei conci	10,0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1,3
Coefficiente parziale resistenza	1,2
Parametri geotecnici da usare. Angolo di attrito:	Picco
Analisi	Condizione drenata
Superficie di forma circolare	

Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	17,71 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	0,36 m
Ascissa vertice destro superiore xs	23,54 m
Ordinata vertice destro superiore ys	4,29 m
Passo di ricerca	10,0
Numero di celle lungo x	10,0
Numero di celle lungo y	10,0

Coefficienti sismici [N.T.C.]

Dati generali

Tipo opera:	2 - Opere ordinarie
Classe d'uso:	Classe I
Vita nominale:	50,0 [anni]
Vita di riferimento:	35,0 [anni]

Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo:	C
Categoria topografica:	T1

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s ²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	30,0	0,18	2,53	0,16
S.L.D.	35,0	0,19	2,52	0,17
S.L.V.	332,0	0,46	2,57	0,27
S.L.C.	682,0	0,58	2,59	0,29

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera: Stabilità dei pendii e Fondazioni

S.L. Stato limite	amax [m/s ²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0,27	0,2	0,0055	0,0028
S.L.D.	0,285	0,2	0,0058	0,0029
S.L.V.	0,69	0,2	0,0141	0,007
S.L.C.	0,87	0,2	0,0177	0,0089

Coefficiente azione sismica orizzontale	0,014
Coefficiente azione sismica verticale	0,007

Vertici profilo

Nr	X (m)	y (m)	
1		0,0	-1,6
2	20,0		-1,6
3	21,6		0,0
4	30,0		0,0

Falda

Nr.	X (m)	y (m)	
1		0,0	-2,0
2	20,0		-2,0
3	21,6		-2,0
4	30,0		-2,0

Vertici strato1

N	X (m)	y (m)	
1		0,0	-1,6
2	20,0		-1,6
3	20,6		-1,0
4	30,0		-1,0



Coefficienti parziali azioni

Sfavorevoli: Permanenti, variabili	1,0	0,0
Favorevoli: Permanenti, variabili	1,0	0,0

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

Tangente angolo di resistenza al taglio	1,0
Coesione efficace	1,0
Coesione non drenata	1,0
Riduzione parametri geotecnici terreno	Si

Stratigrafia

Strato	Coesione (kN/m ²)	Coesione non drenata (kN/m ²)	Angolo resistenza al taglio (°)	Peso unità di volume (kN/m ³)	Peso saturo (kN/m ³)	Litologia
1	0		36	18	21	
2	13,25	0	24	18	21	

Carichi distribuiti

N°	xi (m)	yi (m)	xf (m)	yf (m)	Carico esterno (kN/m ²)
1	23,6	0	26,1	0	50

Risultati analisi pendio [Sismica]

Fs minimo individuato	1,59
Ascissa centro superficie	21,79 m
Ordinata centro superficie	1,54 m
Raggio superficie	4,04 m

B: Larghezza del concio; Alfa: Angolo di inclinazione della base del concio; Li: Lunghezza della base del concio; Wi: Peso del concio; Ui: Forze derivanti dalle pressioni neutre; Ni: forze agenti normalmente alla direzione di scivolamento; Ti: forze agenti parallelamente alla superficie di scivolamento; Fi: Angolo di attrito; c: coesione.

$$x_c = 21,794 \quad y_c = 1,539 \quad R_c = 4,045 \quad F_s = 1,587$$

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (kN)	Kh•Wi (kN)	Kv•Wi (kN)	c (kN/m ²)	Fi (°)	Ui (kN)	N'i (kN)	Ti (kN)
1	0,63	-33,7	0,76	2,62	0,04	0,02	13,25	24,0	0,0	2,2	-1,4
2	0,63	-23,5	0,69	8,6	0,12	0,06	13,25	24,0	0,0	8,0	-3,3
3	0,63	-14,0	0,65	18,14	0,25	0,13	13,25	24,0	0,0	17,8	-4,2
4	0,47	-6,1	0,47	19,0	0,27	0,13	13,25	24,0	0,0	19,0	-1,8
5	0,79	2,9	0,79	35,52	0,5	0,25	13,25	24,0	0,0	35,7	2,3
6	0,63	13,0	0,65	27,21	0,38	0,19	13,25	24,0	0,0	26,6	6,5
7	0,63	22,4	0,68	27,31	0,38	0,19	13,25	24,0	0,0	25,3	10,8
8	0,63	32,6	0,75	52,71	0,74	0,37	13,25	24,0	0,0	44,3	29,0
9	0,63	44,1	0,88	47,12	0,66	0,33	13,25	24,0	0,0	33,6	33,3
10	0,63	59,0	1,22	33,38	0,47	0,23	0,0	36,0	0,0	16,9	28,8