

COMMITTENTE



## DISCARICA IN LOCALITA' TORRIONE

## DATI PROGETTISTI

## PROGETTAZIONE GENERALE

A.T.P.:

Mandatario: Dott. Ing. Fulvio Delucchi  
Studio Tecnico Associato A.I.S.A.Mandanti: Dott. Ing. Francesco Melidoro  
Dott. Arch. Elio Conte  
Dott. Geol. Andrea Fossati  
Dott. Ing. Nicola Bottazzi

## CONSULENZA SPECIALISTICA

## COORDINATORE PER LA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE

Dott. Ing. Fulvio Delucchi  
Studio Tecnico Associato A.I.S.A.

## LIVELLO PROGETTO

## PROGETTO ESECUTIVO

## PIANTA CHIAVE - INQUADRAMENTO

## TITOLO ELABORATO

Lavori di costruzione della discarica per rifiuti solidi urbani "Torrione 6"

Verifiche di stabilità:

- degli scavi per la predisposizione dell'invaso
- della barriera di fondo in argilla

## CODICE ELABORATO

## SCALA

## CENTRO DI COSTO

## COMMESSA

SETTORE	ARGOMENTO	NUM. PROGETTO	FASE PROGETTO	TIPO DOCUMENTO	PROGRESSIVO	SCALA	CENTRO DI COSTO	COMMESSA
IA	DIS	501	PE	RG	008		1AK09INVES020	INVAMBIENT

REVISIONE	DATA EMISSIONE	DESCRIZIONE	REDAZIONE	CONTROLLO	APPROVAZIONE
00	Ago-2011	Prima emissione	F.D.	S.S.	M.D.

SETTORE	ARGOMENTO	NUMERO PROGETTO	FASE PROGETTO	TIPO DOCUMENTO
CL Calore	AAS Area attrezzata di stoccaggio	ERN Energie rinnovabili	ES Esistente	(1° carattere)
GS Gas	ACE Generale Acea	PEI Polo Ecologico Integrato	ND Non definito	A Allegato
IA Igiene ambientale	CEMP Compostaggio	IDA Impianti Digestione Anaerob.	PP Progetto Preliminare	D Disegno
II Servizio idrico integrato	DEP Depuratore	PSG Palazzina servizi generali	PD Progetto Definitivo	E Elaborato
	DIS Discarica	VAL Valorizzatore	PE Perizia di Variante	R Relazione
	ECO Ecolsole		FV Studio fattibilità	S Specifica tecnica
	EPT Ecopunti			

## Verifiche di stabilità

### 1. Premessa

La presente relazione contiene le risultanze delle verifiche di stabilità della discarica in progetto.

In particolare sono state eseguite le verifiche di stabilità degli scavi necessari all'approntamento del sito di discarica, della barriera di fondo costituita da argilla, del corpo discarica nella condizione finale post-cedimenti dei rifiuti.

Le verifiche sono state eseguite in ottemperanza delle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al DM 14/01/2008 (NTC08).

I dati relativi alla geometria delle sezioni oggetto di verifica sono stati desunti dagli elaborati grafici del progetto (planimetria di preparazione del sito e sezione tipo della discarica post assestamenti).

I parametri geotecnici dei terreni in posto sono stati ripresi dalla *"Relazione sulla caratterizzazione geotecnica dei terreni"*.

I parametri geotecnici dei rifiuti che saranno conferiti in discarica sono stati definiti in funzione della merceologia degli stessi, grazie alle analisi fornite da ACEA.

### 2. Metodologia di calcolo

Le verifiche di stabilità sono state eseguite utilizzando il metodo all'equilibrio limite proposto da Bishop (1955).

I metodi all'equilibrio limite si basano sulle ipotesi seguenti:

- ☐ Il coefficiente di sicurezza ( $F_s$ ) è definito come il rapporto tra resistenza al taglio e sforzo di taglio lungo un'ipotetica superficie di scorrimento;
- ☐ La rottura avviene per il raggiungimento - contemporaneamente in tutti i punti della superficie di scorrimento - della resistenza limite;
- ☐ il coefficiente di sicurezza è assunto costante in tutti i punti della superficie di scorrimento;
- ☐ La resistenza al taglio è espressa mediante il criterio di Coulomb.

L'analisi viene effettuata in un piano bidimensionale, rappresentando l'andamento del

terreno attraverso una linea spezzata descritta da coppie di valori espressi in metri (progressiva-quota).

Come già riportato, è stato utilizzato il metodo di Bishop, implementato nel software Slope 2010 (versione 2010.7 Rev. 562) della GeoStru Software.

Il calcolo è stato svolto seguendo le indicazioni delle NTC08 che, al par. 6.8, impongono che le verifiche della stabilità di opere in materiali sciolti e fronti di scavo siano effettuate secondo l'Approccio 1 di progetto, Combinazione 2: (A2+M2+R2), tenendo conto dei coefficienti parziali riportati nelle Tabelle 6.2.I, 6.2.II e 6.8.I:

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

CARICHI	EFFETTO	Coefficiente Parziale $\gamma_F$ (o $\gamma_E$ )	EQU	(A1) STR	(A2) GEO
Permanenti	Favorevole	$\gamma_{G1}$	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevole		1,1	1,3	1,0
Permanenti non strutturali <sup>(1)</sup>	Favorevole	$\gamma_{G2}$	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3
Variabili	Favorevole	$\gamma_{Qi}$	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3

(1) Nel caso in cui i carichi permanenti non strutturali (ad es. i carichi permanenti portati) siano compiutamente definiti, si potranno adottare gli stessi coefficienti validi per le azioni permanenti.

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

PARAMETRO	GRANDEZZA ALLA QUALE APPLICARE IL COEFFICIENTE PARZIALE	COEFFICIENTE PARZIALE $\gamma_M$	(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	$c_{uk}$	$\gamma_{cu}$	1,0	1,4
Peso dell'unità di volume	$\gamma$	$\gamma_\gamma$	1,0	1,0

**Tabella 6.8.I – Coefficienti parziali per le verifiche di sicurezza di opere di materiali sciolti e di fronti di scavo.**

Coefficiente	R2
$\gamma_R$	1.1

Secondo quanto espresso al par. 2.3 delle NTC08, *“la verifica della sicurezza nei riguardi degli stati limite ultimi di resistenza si effettua con il “metodo dei coefficienti parziali” di sicurezza espresso dalla equazione formale:*

$$R_d \geq E_d$$

dove:

$R_d$  è la resistenza di progetto, valutata in base ai valori di progetto della resistenza dei materiali e ai valori nominali delle grandezze geometriche interessate;

$E_d$  è il valore di progetto dell'effetto delle azioni.

Essendo:

$$R_d = R / \gamma_R$$

$R$  = resistenza al taglio lungo la superficie di scorrimento;

$E$  = sforzo di taglio lungo la superficie di scorrimento

la disequazione  $R_d \geq E_d$  può essere scritta nel seguente modo:  $R / \gamma_R \geq E_d$  oppure:

$$R / E_d \geq \gamma_R$$

Nel termine A2 della Combinazione adottata (vedi tab. 6.2.I) il coefficiente parziale per le azioni permanenti (quali sono quelle generate dai carichi considerati nella presente analisi) è uguale a 1, quindi:  $E_d = E$ .

Considerando che il coefficiente di sicurezza ( $F_s$ ) è definito come il rapporto tra resistenza al taglio e sforzo di taglio lungo un' ipotetica superficie di scorrimento ( $R/E=F_s$ ), è possibile identificare il fattore di sicurezza minimo con il coefficiente parziale di riduzione della resistenza  $\gamma_R$  (tab. 6.8.I):

$$F_s = \gamma_R = 1.1$$

In definitiva, prima della riduzione della resistenza tramite il coefficiente parziale  $\gamma_R$ , le superfici di rottura che soddisfano la normativa sono quelle con  $F_s \geq 1.1$ .

Il programma utilizzato (Slope 2010) fornisce i risultati di  $F_s$  dopo aver ridotto la resistenza al taglio tramite il coefficiente parziale  $\gamma_R$ , per cui le superfici di rottura analizzate verificheranno la disequazione  $R_d \geq E_d$  in tutti i casi dove  $F_s \geq 1$ .

### 3. Verifiche di stabilità in condizioni sismiche

Le verifiche di stabilità nei confronti dell'azione sismica sono state condotte, secondo le indicazioni delle NTC08, con il metodo pseudo-statico.

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

$$F_H = K_o \cdot W$$

$$F_V = K_v \cdot W$$

dove:

$F_H$  e  $F_V$  rispettivamente la componente orizzontale e verticale della forza d'inerzia applicata al baricentro della massa potenzialmente instabile;

$W$ : peso della massa potenzialmente instabile

$K_o$ : Coefficiente sismico orizzontale

$K_v$ : Coefficiente sismico verticale.

Le NTC08 (§7.11.3.5.2) calcolano i coefficienti  $K_o$  e  $K_v$  in dipendenza di vari fattori:

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

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

Con

$\beta_s$ : coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito;

$a_{max}$ : accelerazione orizzontale massima attesa al sito;

$g$ : accelerazione di gravità.

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

$$a_{max} = SS \cdot ST \cdot a_g$$

dove:

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

**ST** (effetto di amplificazione topografica). Il valore di ST varia con il variare delle quattro categorie topografiche introdotte:

**T1**(ST = 1.0) **T2**(ST = 1.20) **T3**(ST = 1.20) **T4**(ST = 1.40).

Questi valori sono calcolati come funzione del punto in cui si trova il sito oggetto di analisi. Il parametro di entrata per il calcolo è il tempo di ritorno dell'evento sismico che è valutato come segue:

$$TR = -VR / \ln(1 - PVR)$$

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

Ai sensi delle NTC08 (§7.1 e §7.11.1) le verifiche sono state condotte adottando i parametri relativi allo Stato Limite di salvaguardia della Vita (SLV) e impiegando i parametri geotecnici e le resistenze di progetto:

*“il rispetto dei vari stati limite si considera conseguito (...) nei confronti di tutti gli stati limite ultimi, qualora (...) siano soddisfatte le verifiche relative al solo SLV.” (§7.1);*

*“Le verifiche agli stati limite ultimi devono essere effettuate ponendo pari all'unità i coefficienti parziali sulle azioni e impiegando i parametri geotecnici e le resistenze di progetto, con i valori dei coefficienti parziali indicati nel Cap. 6.” (§7.11.1).*

Rimandando alla *“Relazione sulla modellazione sismica del sito e pericolosità sismica di base”*, si riportano alla pagina seguente i parametri sismici dell'area oggetto di intervento.

**Parametri sismici**

Categoria sottosuolo: B

Categoria topografica: T1

Periodo di riferimento: 35 anni

Coefficiente cu: 0,7

Stato limite	Probabilità superamento [%]	Tr [anni]	Ag [g]	Fo [-]	Tc* [s]
Operatività (SLO)	81	30	0.039	2.460	0.205
Danno (SLD)	63	35	0.043	2.451	0.211
Salvaguardia della vita (SLV)	10	332	0.117	2.451	0.259
Prevenzione dal collasso (SLC)	5	682	0.150	2.475	0.268

**Coefficienti Sismici**

	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	Kh [-]	Kv [-]	Amax [m/s <sup>2</sup> ]	Beta [-]
SLO	1.200	1.510	1.000	0.009	0.005	0.460	0.200
SLD	1.200	1.500	1.000	0.010	0.005	0.501	0.200
SLV	1.200	1.440	1.000	0.034	0.017	1.373	0.240
SLC	1.200	1.430	1.000	0.043	0.022	1.763	0.240

#### 4. Parametri geotecnici dei terreni in situ

I sedimenti che costituiscono il sottosuolo dell'area in esame sono stati oggetto di una campagna di indagini geognostiche a cura della ditta Eurogeo S.r.l. di Cinisello Balsamo (MI), nonché di analisi di laboratorio, le cui risultanze sono riportate negli allegati **RG05** (*Report indagini geognostiche*), a cui si rimanda per un esame di dettaglio.

Ulteriori indagini sono state condotte dagli scriventi, ai fini di una migliore caratterizzazione dei materiali che costituiranno il fondo della discarica, mediante la realizzazione di uno scavo a cielo aperto fino alla profondità di 7 metri dal piano campagna. È stato così possibile determinare il peso di volume del terreno e la conducibilità idraulica. Un campione prelevato dal sondaggio è stato sottoposto ad analisi di laboratorio (prova di taglio diretto) per determinare i parametri di resistenza al taglio.

Rimandando all'allegato specifico **RG07** (*Caratterizzazione geotecnica dei terreni*) per una descrizione accurata ed esauriente delle indagini e delle analisi eseguite, si riporta di seguito la sintesi dei risultati ottenuti.

I sedimenti alluvionali in oggetto sono costituiti da ghiaia con ciottoli di dimensioni fino a pluridecimetriche con frazione sabbiosa subordinata e piccole quantità di limo.

Peso di volume  $\gamma = 22.78 \text{ kN/m}^3$

Umidità 7%

Peso di volume secco  $\gamma_d = 21.29 \text{ kN/m}^3$

Peso di volume saturo  $\gamma_s = 23.06 \text{ kN/m}^3$

Coesione = 0

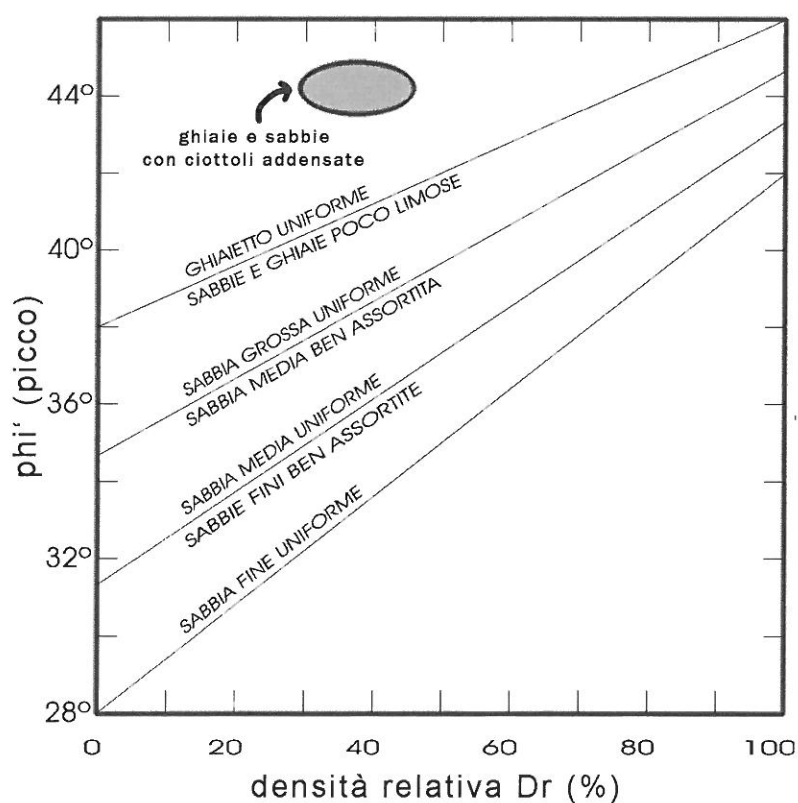
Resistenza al taglio ( $\phi'$  di picco e  $\phi'$  a volume costante)

profondità	$\phi'_p$	$\phi'_{cv}$
da 1m a 3.60m	34°	30°
da 3.60 m a 7 m	38°	34°

oltre 7 m	41°	37°
-----------	-----	-----

I valori sopra riportati sono sicuramente cautelativi in quanto derivati da prova di taglio da cui è stata esclusa la frazione più grossolana dei sedimenti (ciottoli con dimensioni superiori a 60 mm), presenti in grandi quantità nei terreni investigati.

Come si evince dall'esame del grafico allegato (tratto da Lancellotta "Geotecnica", Zanichelli, ridisegnato), il valore dell'angolo di resistenza al taglio per terreni analoghi a quelli sopra descritti, si colloca generalmente oltre i 40°.



Ai fini delle verifiche di stabilità è stato quindi deciso di utilizzare i valori dell'angolo a volume costante  $\phi'_{cv}$ .

Il valore nominale, secondo i dettami delle NTC08, è stato trasformato in valore caratteristico  $\phi'_{cv(k)}$  utilizzando la formula:

$$x_k = \bar{x} - 1.645 \left( \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \right)$$

dove “ $\bar{x}$  con barra” è il valore medio (ignoto) della popolazione, ipotizzato essere uguale al valore medio del campione (in questo caso uguale al valore nominale)

$\sigma$  = deviazione standard della popolazione, definita a partire dalla relazione:

$$COV = \sigma / \mu$$

$\mu$  = media della popolazione

$n$  = numerosità del campione

COV = coefficiente di variazione che, nel caso dell'angolo d'attrito, secondo Schneider, risulta pari a 10%.

In considerazione della sostanziale uniformità laterale dei terreni riscontrata dai tre carotaggi eseguiti dalla ditta Eurogeo, la numerosità del campione è stata assunta pari a 3.

Applicando la formula sopra riportata ai valori di  $\phi'_{cv}$  sopra riportati si ottengono i seguenti valori caratteristici ( $\phi'_{cv(k)}$ ) e di progetto ( $\phi'_{cv(d)}$ ), ottenuto riducendo il valore caratteristico tramite il coefficiente parziale della Tab. 6.2.II, colonna M2):

profondità	$\phi'_{cv}$	$\phi'_{cv(k)}$	$\phi'_{cv(d)}$
da 1m a 3.60 m	30°	27.2°	22.3
da 3.60 m a 7 m	34°	30.8°	25.5
oltre 7 m	37°	33.5°	27.9

## 5. Parametri geotecnici dei rifiuti

Per la scelta dei parametri geotecnici del corpo della discarica, necessari a verificare la stabilità della stessa, è importante definire la tipologia dei rifiuti che saranno conferiti in discarica.

Numerosi studi mostrano come le caratteristiche meccaniche dei rifiuti solidi urbani non siano di facile valutazione e che comunque siano fortemente influenzate dalla merceologia degli elementi in essi contenuti.

Secondo quanto riportato dalla letteratura (Grisolia, Quintilioni, Tancredi) *"il problema riconduce, in modo apparentemente semplice, a classici aspetti della geotecnica applicata ai rilevati di terra. In realtà i rifiuti, pur presentando analogie di costituzione con i terreni, hanno caratteristiche proprie che rendono estremamente problematica la diretta applicazione a essi dei metodi di studio della geotecnica.*

*La particolare composizione dei rifiuti, la estrema deformabilità di alcuni loro elementi, la instabilità fisico-chimica dei componenti organici, il ruolo dei fluidi in essi compresi non consentono di riferire il loro comportamento fisico e meccanico a parametri semplici e ben consolidati nel campo della meccanica delle terre. Del resto, allo stato delle conoscenze attuali non si dispone di modelli semplici alternativi.*

Per quanto riguarda la fase solida, possono essere distinte, dal punto di vista geotecnico, tre diverse categorie di materiali corrispondenti a:

- **Categoria I:** materiali inerti stabili (vetro, ceramica, metalli, legno, terre, ...) che presentano un comportamento meccanico assimilabile a quello dei terreni granulari;
- **Categoria D:** materiali altamente deformabili (plastica, gomma, tessili, carta, ...) che contribuiscono a rinforzare l'ammasso dei rifiuti, assumendo un comportamento simile a quello di una terra rinforzata;
- **Categoria B:** sostanze vegetali e organiche facilmente biodegradabili (tra cui parte del sottovaglio), soggette nel tempo a trasformazioni chimico-fisiche.

Il peso di volume dei rifiuti può variare notevolmente in funzione della tipologia, del trattamento e della compattazione degli stessi.

Il range di valori riportati in letteratura è molto ampio, con valori da 3 a 15 kN/m<sup>3</sup>.

Nelle verifiche di stabilità il valore adottato è il seguente:

$$\text{peso di volume dei rifiuti } (\gamma) = 9 \text{ kN/m}^3$$

I parametri di resistenza al taglio, secondo gli Autori, sono quindi funzione della composizione merceologica (percentuali delle diverse tipologie di materiali), del fattore tempo (età della discarica), dell'effetto dei fluidi, liquidi e gassosi presenti nei rifiuti.

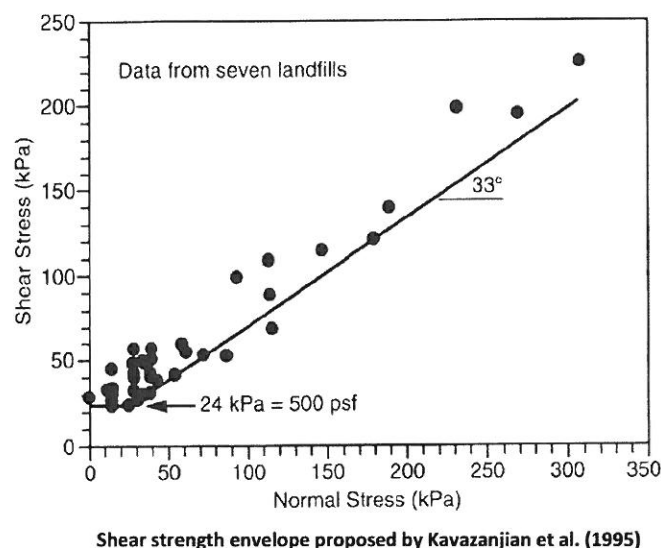
Diversi lavori di ricerca hanno studiato il comportamento meccanico dei rifiuti, evidenziando come questi, se sottoposti a sforzi di taglio progressivamente crescenti, non manifestano un valore limite superiore di resistenza, ma si deformano mobilitando resistenze al taglio sempre crescenti senza arrivare al punto di rottura.

Un valore convenzionale di resistenza al taglio può essere quello riferito a deformazioni tangenziali dell'ordine del 20%-30% (secondo Grisolia et al. 1995).

Alcuni studi propongono curve di involucro della resistenza al taglio in funzione della pressione di confinamento.

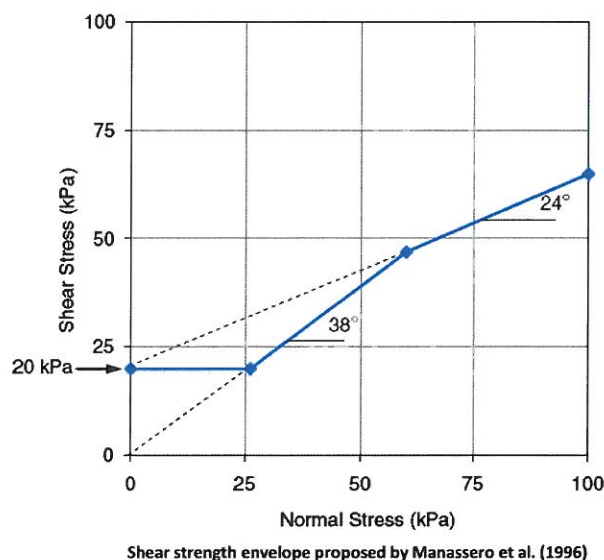
Kavazanjian et al. (1995) presentano una curva di involucro della resistenza drenata basata su back-analysis di sponde di discariche esistenti e dati di laboratorio per campioni ricompattati, evidenziando che:

- 1) per sforzi efficaci normali ( $\sigma'$ ) minori di 30 kPa, i rifiuti solidi urbani (RSU) si comportano come un materiale puramente coesivo, con coesione apparente ( $c'$ ) di 24 kPa;
- 2) per  $\sigma'$  superiori a 30 kPa i RSU si comportano come un materiale puramente attritivo, con un angolo di resistenza al taglio  $\phi'$  di 33°



Una curva di involucro simile è quella proposta da Manassero et al. (1996) nella quale:

- 1) per  $\sigma'$  compresi tra 0 e 26 kPa i RSU si comportano come un materiale puramente coesivo, con  $c'$  pari a 20 kPa;
- 2) per valori moderati dello stato tensionale:  $20 \text{ kPa} \leq \sigma' \leq 60 \text{ kPa}$ , il comportamento dei rifiuti è puramente attritivo, con  $\phi' \cong 38^\circ$  e  $c' = 0 \text{ kPa}$ ;
- 3) per valori di tensione  $\sigma'$  superiori a 60 kPa entrambi i parametri contribuiscono alla resistenza al taglio con valori pari a  $\phi' \cong 24^\circ$  e  $c' = 20 \text{ kPa}$ .

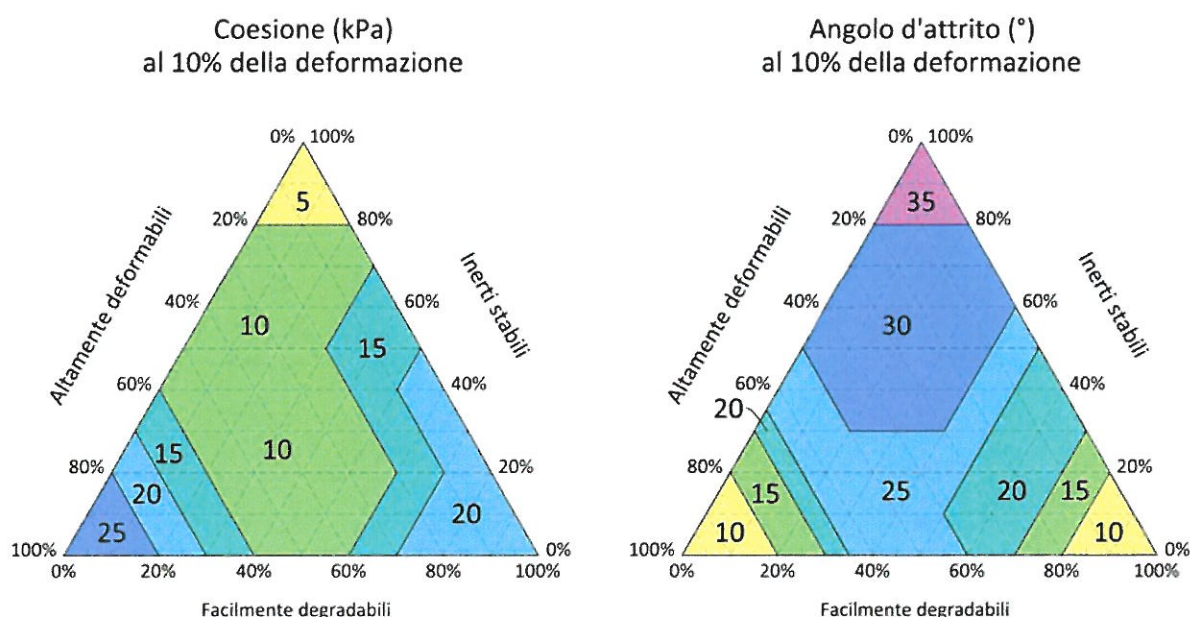


Studi compiuti presso l'Università di Roma "La Sapienza" hanno messo in relazione i parametri di resistenza al taglio con la composizione merceologica dei rifiuti, come rappresentato nei diagrammi ternari seguenti (comunicazione personale del Dott. Ing. Quintilio Napoleoni), in cui i rifiuti sono suddivisi secondo le tre categorie sopra descritte:

Categoria I: inerti stabili

Categoria D: altamente deformabili

Categoria B: facilmente biodegradabili



A partire dai dati forniti da ACEA, relativi alle analisi merceologiche del rifiuto urbano eseguite da IPLA S.p.A. nel mese di giugno 2010 (allegate in coda alla presente relazione), è stata effettuata una suddivisione del rifiuto urbano indifferenziato attualmente raccolto da ACEA in 6 zone di raccolta (4 a Pinerolo, una rispettivamente a Luserna e a Cumiana) nelle tre categorie I, D e B, inserendo i risultati nei diagrammi ternari.

Le percentuali sono state quindi ricalcolate considerando il contributo dei sedimenti (inclusi nella categoria I: inerti stabili) che saranno utilizzati negli infrastrati di copertura giornaliera (pari al 10% in volume).

In entrambi i casi i valori ottenuti sono i seguenti:

angolo di resistenza al taglio ( $\phi'$ )= 25°

coesione ( $c'$ )= 10 kPa

Tali valori nominali sono stati trasformati in valori caratteristici e di progetto secondo la procedura riportata al capitolo 4.

I valori adottati nelle verifiche sono quindi i seguenti:

	nominale	caratteristico	di progetto
--	----------	----------------	-------------

$\phi'$	25°	22.6°	18.4°
$c'$	10 kPa	6.8 kPa	5.4 kPa

Nella tabella seguente si riportano le analisi merceologiche utilizzate per la definizione dei parametri geotecnici dei rifiuti che saranno conferiti in discarica.

	Pinerolo 1	Pinerolo 2	Pinerolo 3	Pinerolo 4	Luserna	Cumiana
<b>RIFIUTO TOTALE</b>	%	%	%	%	%	%
Sottovaglio 70% (organico)	3.52	3.25	2.84	2.75	2.41	2.56
Sottovaglio 30% (inerte)	1.51	1.39	1.22	1.18	1.03	1.10
Organico	27.54	21.16	28.48	25.15	23.14	22.19
Verde	0.28	8.83	2.47	10.92	6.59	3.42
Totale fraz. plastica	17.43	22.31	15.71	12.86	14.06	19.35
Totale fraz. cartacea	19.96	19.71	21.78	21.43	17.29	21.22
Pannolini	7.22	2.64	6.27	4.70	11.94	5.72
Poliaccoppiati totali	2.50	3.61	3.03	2.67	4.07	3.17
Legno	1.96	0.33	1.14	0.35	1.04	0.46
Tessili totali	4.85	4.84	4.97	3.91	3.96	5.27
Pelli e cuoio	0.90	0.81	0.80	-	0.03	0.54
Vetro	6.52	5.83	4.89	6.19	8.53	7.97
Altri inerti	1.13	2.64	3.08	3.59	2.27	2.03
Alluminio	0.50	0.49	1.32	0.77	0.90	1.45
Metalli ferrosi	1.93	2.07	1.88	3.10	2.60	2.07
Metalli non ferrosi	0.27	0.08	-	-	-	0.02
Pile	0.06	0.01	0.01	-	0.02	0.00
Farmaci	-	-	0.02	0.30	0.09	0.05
RAEE	1.91	-	0.07	0.13	0.03	1.42
<b>TOTALE</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>

*Solo Rifiuti:*

Inerti stabili	15.79	12.84	13.64	15.61	16.51	16.57
Deformabili	52.88	53.92	52.57	45.57	51.34	55.27
Biodegradabili	31.34	33.24	33.79	38.82	32.15	28.16
Totale	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00

*Rifiuti + infrastrati (10%):*

Inerti stabili	24.21	21.56	22.28	24.05	24.86	24.91
Deformabili	47.59	48.53	47.31	41.01	46.21	49.74
Biodegradabili	28.20	29.91	30.41	34.94	28.94	25.35
Totale	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00

## **6. Caratterizzazione geotecnica degli strati di fondo e di copertura**

Come si evince dall'esame della sezione tipo della discarica (allegato *"Particolari costruttivi: sezione tipo"*, particolari A e B), la massa dei rifiuti che costituiranno il corpo della discarica sarà inglobata in un involucro costituito da diversi strati minerali alternati a geosintetici.

La maggior parte degli strati minerali saranno realizzati con inerti reperiti in loco, mediante vagliatura e selezione dei sedimenti asportati per la realizzazione della vasca della discarica, oppure provenienti dall'esterno (argilla la costruzione delle barriere impermeabili di fondo e di copertura).

La gabbionata perimetrale che sarà posta al piede del fianco della discarica potrà essere realizzata con i trovanti che costituiscono una discreta percentuale dei sedimenti alluvionali (12%) sopra citati.

Ai fini delle verifiche di stabilità i parametri caratteristici di tali materiali sono stati desunti da pubblicazioni scientifiche e/o da prove eseguite su materiali analoghi.

Si è cercato di utilizzare valori cautelativi, in modo da indicare valori minimi che dovranno essere ottenuti in fase esecutiva, in modo da garantire la stabilità del corpo della discarica.

Nella tabella seguente si riportano i valori caratteristici assunti e i corrispondenti valori nominali.

(N.B.: il peso di volume viene riportato nel solo valore nominale in quanto non viene ridotto a valore caratteristico nelle verifiche agli stati limite).

Parametri:

$\gamma$  (kN/m<sup>3</sup>): peso di volume naturale

$\phi'$ : angolo di resistenza al taglio efficace nominale

$\phi'_k$ : angolo di resistenza al taglio efficace caratteristico

$c'$  (kPa): coesione efficace nominale

$c'_k$  (kPa): coesione efficace caratteristica

	$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	$\phi'$	$\phi'_k$	$c'$ (kPa)	$c'_k$ (kPa)
<b>Strato di copertura</b>					
terreno vegetale	19.0	17° – 18°	15°	0	0
strato drenante in ghiaia	18.5	32° – 33°	30°	0	0
argilla	19.0	21° – 22°	20°	14 – 15	10
drenaggio biogas e regolarizz.	18.5	32° – 33°	30°	0	0
<b>Fondo discarica</b>					
strato drenante in ghiaia	18.5	32° – 33°	30°	0	0
argilla	20.0	21° – 22°	20°	14 – 15	10
gabbionata	23.0	54° – 55°	50°	7 – 8	5

## 7. Le analisi eseguite

Sono state eseguite tre analisi, in condizioni statiche e sismiche, relativamente alle configurazioni geometriche di seguito descritte.

**Verifica 1 – fondo scavo:** verifica della stabilità dei sedimenti alluvionali presenti nel sito dopo la realizzazione della vasca, considerando la sezione avente maggior altezza, ubicata lungo il limite orientale dell'area.

Per tale sezione sono stati calcolati i seguenti fattori di sicurezza ( $F_s$ ) minimi:

Condizioni statiche:  **$F_s = 1.51 > 1$**

Condizioni dinamiche:  **$F_s = 1.33 > 1$**

**Verifica 2 – fondo scavo e barriera in argilla:** verifica della stabilità della barriera in argilla che sarà realizzata al fondo e sui fianchi della vasca di discarica. È stata usata la stessa sezione geometrica della verifica 1.

Per tale sezione sono stati calcolati i seguenti fattori di sicurezza ( $F_s$ ) minimi:

Condizioni statiche:  **$F_s = 1.23 > 1$**

Condizioni dinamiche:  **$F_s = 1.11 > 1$**

Sono state altresì eseguite ulteriori verifiche modificando il valore della coesione efficace dell'argilla, in modo da verificare l'influenza della stessa sul fattore di sicurezza. Di seguito si riportano i risultati ottenuti, da cui si può osservare che il valore di coesione efficace assunto (10 kPa) è il valore minimo da ottenere in fase esecutiva per garantire la stabilità del pendio analizzato:

$c'_k$ (kPa)	$F_s$
5	0.97
10	1.12
15	1.21

20	1.30
25	1.35

**Verifica 3 – stato finale:** verifica della stabilità globale del corpo della discarica nella situazione finale post assestamenti, utilizzando la sezione geometrica rappresentata nell'allegato *“Particolari costruttivi: sezione tipo”*.

Per tale sezione sono stati calcolati i seguenti fattori di sicurezza (Fs) minimi:

Condizioni statiche: **Fs = 1.24 > 1**

Condizioni dinamiche: **Fs = 1.09 > 1**

## 8. Risultati e conclusioni

I risultati delle analisi compiute si trovano negli elaborati grafici e nelle tabelle di calcolo allegati al termine della relazione.

Si allegano solo gli elaborati relativi alle verifiche in condizioni sismiche.

In sintesi, i valori dei fattori di sicurezza minimi calcolati sono tutti maggiori dell'unità, ai sensi delle Norme Tecniche per le Costruzioni vigenti.

Risultando pertanto verificata la stabilità, in condizioni statiche e sismiche, delle sezioni analizzate.

# **ALLEGATI**

## Verifica 1 – fondo scavo

### Analisi di stabilità dei pendii con BISHOP

Normativa	NTC 2008
Numero di strati	3.0
Numero dei conci	30.0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1.1
Coefficiente parziale resistenza	1.1
Analisi	Condizione drenata
Superficie di forma circolare	

### Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	11.71 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	359.08 m
Ascissa vertice destro superiore xs	33.37 m
Ordinata vertice destro superiore ys	372.91 m
Passo di ricerca	10.0
Numero di celle lungo x	10.0
Numero di celle lungo y	10.0

Coefficiente azione sismica orizzontale	0.034
Coefficiente azione sismica verticale	0.017

### Vertici profilo

N	X m	y m
1	0.0	349.45
2	20.0	349.09
3	29.15	353.24
4	32.47	353.24
5	33.97	354.24
6	50.0	354.24

### Falda

Nr.	X m	y m
1	0.0	347.35
2	20.0	346.89
3	50.0	346.2

### Vertici strato .....1

N	X m	y m
1	0.0	349.45
2	20.0	349.09
3	23.99	350.9
4	50.0	350.9

**Vertici strato .....2**

N	X m	y m
1	0.0	347.5
2	50.0	347.5

**Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno**

Tangente angolo di resistenza al taglio	1.25
Coesione efficace	1.25
Coesione non drenata	1.4
Riduzione parametri geotecnici terreno	Si

**Stratigrafia**

c: coesione; cu: coesione non drenata; Fi: Angolo di attrito; G: Peso Specifico; Gs: Peso Specifico Saturo; K: Modulo di Winkler

Strato	c (kN/m <sup>2</sup> )	cu (kN/m <sup>2</sup> )	Fi (°)	G (kN/m <sup>3</sup> )	Gs (kN/m <sup>3</sup> )	K (Kg/cm <sup>3</sup> )	Litologia	
1	0	0	27.2	22.78	23.06	0.00	strato 1	
2	0	0	30.8	22.78	23.06	0.00	strato 2	
3	0	0	33.5	22.78	23.06	0.00	strato 3	

**Risultati analisi pendio [NTC 2008: [A2+M2+R2]]**

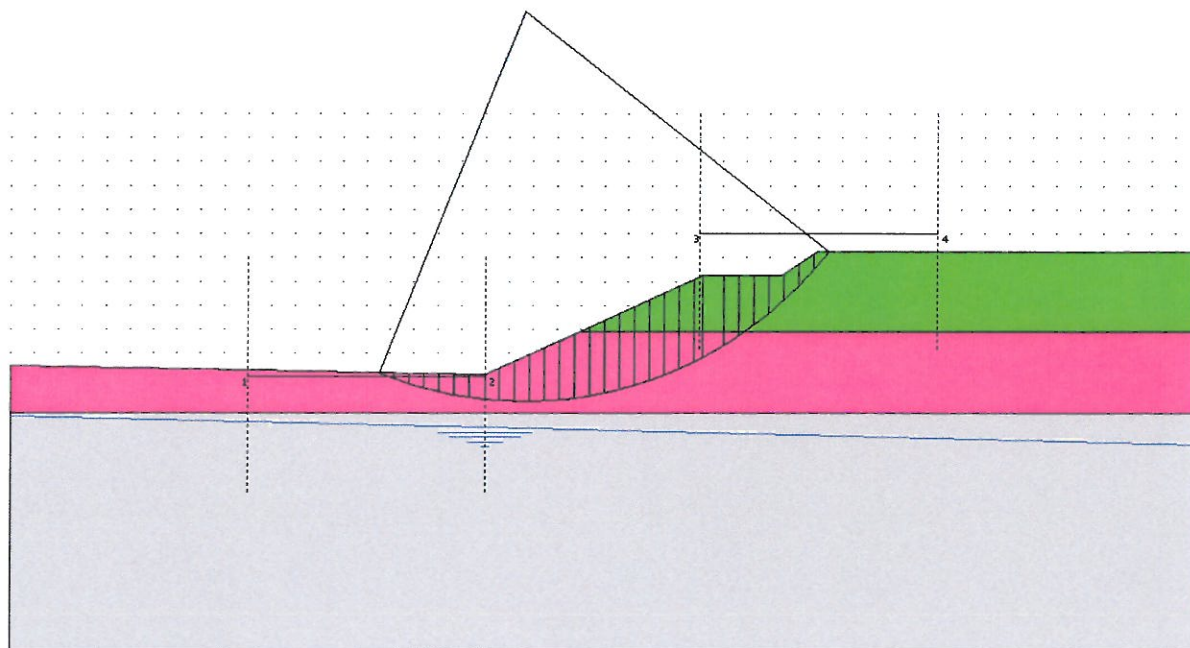
Fs minimo individuato	1.33
Ascissa centro superficie	21.62 m
Ordinata centro superficie	364.28 m
Raggio superficie	16.28 m

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.

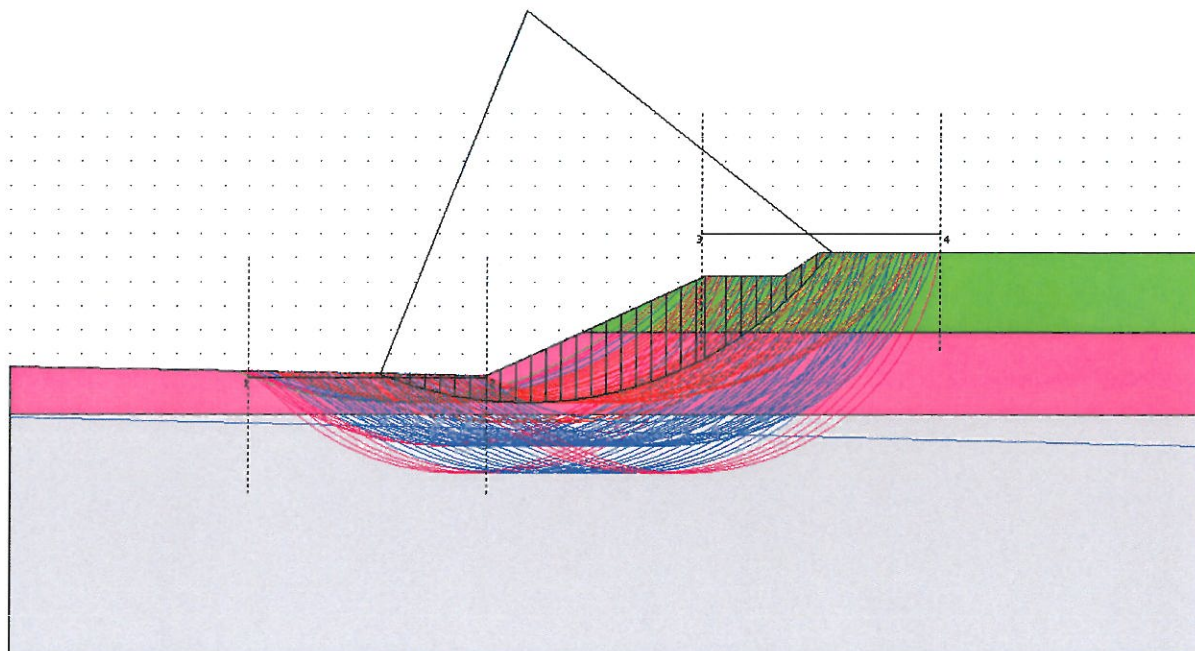
**Analisi dei conci. Superficie...xc = 21.623 yc = 364.276 Rc = 16.278 Fs=1.3259**

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (kN)	Kh•Wi (kN)	Kv•Wi (kN)	c (kN/m <sup>2</sup> )	Fi (°)	Ui (kN)	N'i (kN)	Ti (kN)
1	0.63	-20.7	0.67	1.68	0.06	0.03	0.0	25.5	0.0	2.0	0.7
2	0.63	-18.3	0.66	4.71	0.16	0.08	0.0	25.5	0.0	5.6	1.8
3	0.63	-16.0	0.65	7.34	0.25	0.12	0.0	25.5	0.0	8.4	2.8
4	0.63	-13.7	0.65	9.57	0.33	0.16	0.0	25.5	0.0	10.7	3.5
5	0.63	-11.4	0.64	11.42	0.39	0.19	0.0	25.5	0.0	12.5	4.1
6	0.63	-9.2	0.64	12.91	0.44	0.22	0.0	25.5	0.0	13.8	4.5
7	0.66	-6.9	0.67	14.85	0.5	0.25	0.0	25.5	0.0	15.6	5.1
8	0.59	-4.6	0.6	15.86	0.54	0.27	0.0	25.5	0.0	16.3	5.3
9	0.63	-2.5	0.63	21.34	0.73	0.36	0.0	25.5	0.0	21.7	7.1
10	0.63	-0.3	0.63	25.65	0.87	0.44	0.0	25.5	0.0	25.7	8.4
11	0.63	1.9	0.63	29.62	1.01	0.5	0.0	25.5	0.0	29.3	9.6
12	0.63	4.1	0.63	33.24	1.13	0.57	0.0	25.5	0.0	32.6	10.6
13	0.63	6.4	0.63	36.5	1.24	0.62	0.0	25.5	0.0	35.4	11.6
14	0.63	8.6	0.64	39.41	1.34	0.67	0.0	25.5	0.0	38.0	12.4
15	0.63	10.8	0.64	41.96	1.43	0.71	0.0	25.5	0.0	40.2	13.1
16	0.63	13.1	0.65	44.14	1.5	0.75	0.0	25.5	0.0	42.1	13.8
17	0.63	15.4	0.65	45.94	1.56	0.78	0.0	25.5	0.0	43.7	14.3
18	0.63	17.7	0.66	47.35	1.61	0.8	0.0	25.5	0.0	45.0	14.7
19	0.63	20.1	0.67	48.36	1.64	0.82	0.0	25.5	0.0	46.0	15.0
20	0.63	22.4	0.68	48.95	1.66	0.83	0.0	25.5	0.0	46.7	15.3
21	0.63	24.8	0.69	49.1	1.67	0.83	0.0	25.5	0.0	47.0	15.4
22	0.37	26.8	0.42	28.99	0.99	0.49	0.0	25.5	0.0	27.9	9.1
23	0.89	29.3	1.02	63.71	2.17	1.08	0.0	25.5	0.0	61.7	20.2
24	0.63	32.4	0.75	38.8	1.32	0.66	0.0	25.5	0.0	38.1	12.4
25	0.63	35.1	0.77	32.77	1.11	0.56	0.0	22.3	0.0	33.4	9.4
26	0.63	37.8	0.8	26.1	0.89	0.44	0.0	22.3	0.0	27.1	7.6
27	0.63	40.7	0.83	18.73	0.64	0.32	0.0	22.3	0.0	19.9	5.6
28	0.63	43.7	0.87	14.34	0.49	0.24	0.0	22.3	0.0	15.6	4.4
29	0.63	46.8	0.92	11.25	0.38	0.19	0.0	22.3	0.0	12.6	3.6
30	0.63	50.2	0.98	5.59	0.19	0.09	0.0	22.3	0.0	6.5	1.8

### Verifica 1 – superficie con $F_s$ minimo



### Verifica 1 – superfici calcolate



**Verifica 2 – fondo scavo e barriera in argilla****Analisi di stabilità dei pendii con BISHOP**

Normativa	NTC 2008
Numero di strati	4.0
Numero dei conci	30.0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1.1
Coefficiente parziale resistenza	1.1
Analisi	Condizione drenata
Superficie di forma circolare	

**Maglia dei Centri**

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	11.71 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	359.08 m
Ascissa vertice destro superiore xs	33.37 m
Ordinata vertice destro superiore ys	372.91 m
Passo di ricerca	10.0
Numero di celle lungo x	10.0
Numero di celle lungo y	10.0
Coefficiente azione sismica orizzontale	0.034
Coefficiente azione sismica verticale	0.017

**Vertici profilo**

N	X m	y m
1	0.0	350.09
2	20.56	350.09
3	27.94	355.24
4	32.54	355.24
5	33.97	354.24
6	50.0	354.24

**Falda**

Nr.	X m	y m
1	0.0	347.35
2	20.0	346.89
3	50.0	346.2

**Vertici strato .....1**

N	X m	y m
1	0.0	349.09
2	20.0	349.09
3	29.15	353.24

4	32.47	353.24
5	33.97	354.24
6	50.0	354.24

**Vertici strato .....2**

N	X m	y m
1	0.0	349.09
2	20.0	349.09
3	23.99	350.9
4	50.0	350.9

**Vertici strato .....3**

N	X m	y m
1	0.0	347.5
2	50.0	347.5

**Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno**

Tangente angolo di resistenza al taglio	1.25
Coesione efficace	1.25
Coesione non drenata	1.4
Riduzione parametri geotecnici terreno	Si

**Stratigrafia**

c: coesione; cu: coesione non drenata; Fi: Angolo di attrito; G: Peso Specifico; Gs: Peso Specifico Saturo; K: Modulo di Winkler

Strato	c (kN/m <sup>2</sup> )	cu (kN/m <sup>2</sup> )	Fi (°)	G (kN/m <sup>3</sup> )	Gs (kN/m <sup>3</sup> )	K (Kg/cm <sup>3</sup> )	Litologia
1	10		20	20	20	0.00	barriera in argilla
2	0		27.2	22.78	23.06	0.00	strato 1
3	0		30.8	22.78	23.06	0.00	strato 2
4	0		33.5	22.78	23.06	0.00	strato 3

**Risultati analisi pendio [NTC 2008: [A2+M2+R2]]**

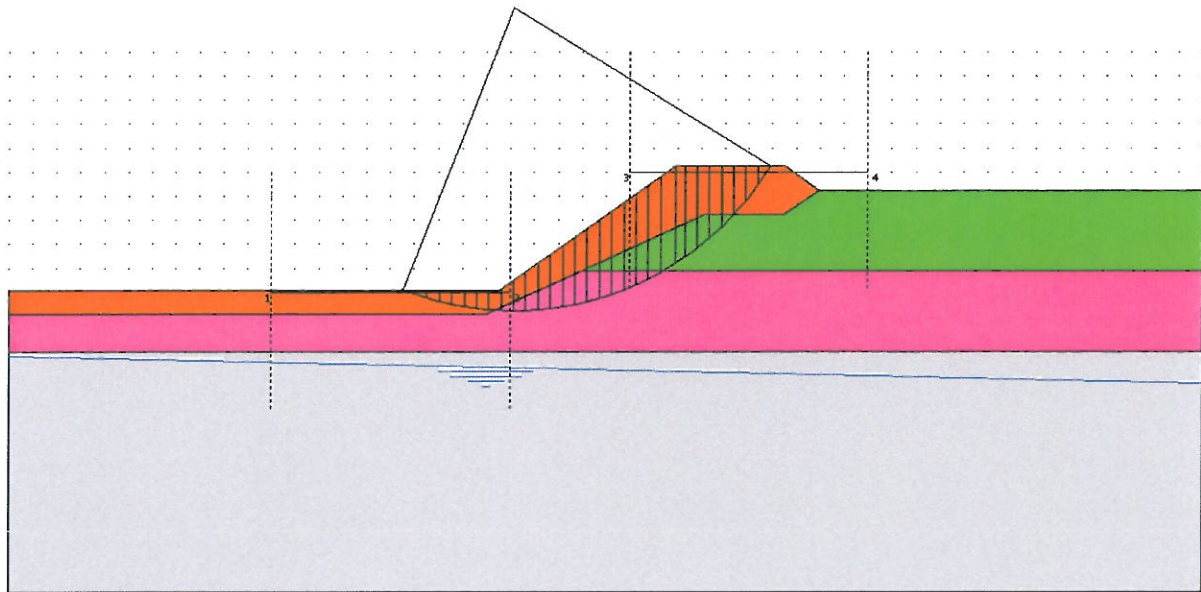
Fs minimo individuato	1.11
Ascissa centro superficie	20.37 m
Ordinata centro superficie	361.88 m
Raggio superficie	12.66 m

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.

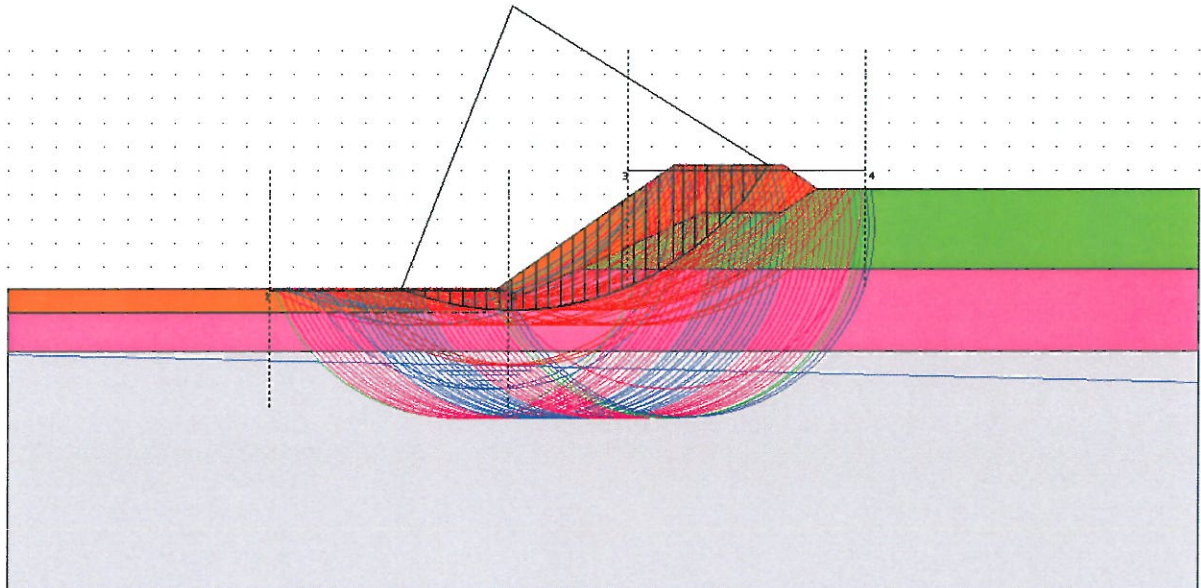
**Analisi dei conci. Superficie...xc = 20.374 yc = 361.879 Rc = 12.659 Fs=1.1118**

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (kN)	Kh•Wi (kN)	Kv•Wi (kN)	c (kN/m <sup>2</sup> )	Fi (°)	Ui (kN)	N'i (kN)	Ti (kN)
1	0.51	-20.1	0.55	1.0	0.03	0.02	8.0	16.2	0.0	2.6	4.2
2	0.51	-17.7	0.54	2.8	0.1	0.05	8.0	16.2	0.0	4.4	4.6
3	0.51	-15.2	0.53	4.35	0.15	0.07	8.0	16.2	0.0	5.8	4.9
4	0.51	-12.9	0.53	5.67	0.19	0.1	8.0	16.2	0.0	7.0	5.1
5	0.51	-10.5	0.52	6.76	0.23	0.11	8.0	16.2	0.0	7.9	5.3
6	0.51	-8.1	0.52	7.62	0.26	0.13	8.0	16.2	0.0	8.5	5.4
7	0.51	-5.8	0.52	8.26	0.28	0.14	8.0	16.2	0.0	8.9	5.5
8	0.51	-3.5	0.51	8.69	0.3	0.15	8.0	16.2	0.0	9.0	5.5
9	0.51	-1.1	0.51	8.9	0.3	0.15	8.0	16.2	0.0	9.0	5.5
10	0.51	1.2	0.51	9.66	0.33	0.16	0.0	25.5	0.0	9.6	3.7
11	0.51	3.5	0.51	13.42	0.46	0.23	0.0	25.5	0.0	13.1	5.1
12	0.51	5.8	0.52	16.93	0.58	0.29	0.0	25.5	0.0	16.4	6.4
13	0.51	8.2	0.52	20.2	0.69	0.34	0.0	25.5	0.0	19.3	7.5
14	0.51	10.5	0.52	23.22	0.79	0.39	0.0	25.5	0.0	22.0	8.6
15	0.51	12.9	0.53	25.98	0.88	0.44	0.0	25.5	0.0	24.5	9.5
16	0.51	15.3	0.53	28.48	0.97	0.48	0.0	25.5	0.0	26.7	10.4
17	0.51	17.7	0.54	30.71	1.04	0.52	0.0	25.5	0.0	28.7	11.2
18	0.51	20.2	0.55	32.65	1.11	0.56	0.0	25.5	0.0	30.4	11.9
19	0.51	22.7	0.56	34.3	1.17	0.58	0.0	25.5	0.0	32.0	12.5
20	0.51	25.2	0.57	35.65	1.21	0.61	0.0	25.5	0.0	33.3	13.0
21	0.51	27.8	0.58	36.66	1.25	0.62	0.0	25.5	0.0	34.4	13.4
22	0.51	30.5	0.6	37.33	1.27	0.63	0.0	22.3	0.0	36.2	12.2
23	0.51	33.2	0.61	37.61	1.28	0.64	0.0	22.3	0.0	36.8	12.4
24	0.38	35.7	0.47	27.71	0.94	0.47	0.0	22.3	0.0	27.5	9.2
25	0.65	38.6	0.83	43.74	1.49	0.74	0.0	22.3	0.0	44.1	14.8
26	0.51	42.0	0.69	29.31	1.0	0.5	0.0	22.3	0.0	30.3	10.2
27	0.51	45.2	0.73	23.79	0.81	0.4	0.0	22.3	0.0	25.2	8.5
28	0.51	48.6	0.78	17.77	0.6	0.3	8.0	16.2	0.0	16.6	9.0
29	0.51	52.3	0.84	11.4	0.39	0.19	8.0	16.2	0.0	8.8	7.6
30	0.51	56.3	0.92	4.1	0.14	0.07	8.0	16.2	0.0	-1.2	5.7

## Verifica 2 – superficie con $F_s$ minimo



## Verifica 2 – superfici calcolate



**Verifica 3 – stato finale****Analisi di stabilità dei pendii con BISHOP**

Normativa	NTC 2008
Numero di strati	11.0
Numero dei conci	30.0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1.1
Coefficiente parziale resistenza	1.1
Analisi	Condizione drenata
Superficie di forma circolare	

**Maglia dei Centri**

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	-5.0 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	374.03 m
Ascissa vertice destro superiore xs	44.28 m
Ordinata vertice destro superiore ys	405.4 m
Passo di ricerca	10.0
Numero di celle lungo x	25.0
Numero di celle lungo y	25.0
Coefficiente azione sismica orizzontale	0.034
Coefficiente azione sismica verticale	0.017

**Vertici profilo**

N	X m	y m
1	0.0	354.0
2	20.0	354.0
3	20.01	354.0
4	20.5	354.5
5	21.43	355.0
6	24.08	355.0
7	28.31	358.52
8	38.24	362.72
9	55.45	367.74
10	72.4	369.22
11	79.59	369.22

**Falda**

Nr.	X m	y m
1	0.0	346.75
2	79.59	346.75

**Vertici strato .....1**

N	X	y
---	---	---

	m	m
1	0.0	354.0
2	20.0	354.0
3	21.43	355.0
4	24.85	355.0
5	26.97	356.79
6	38.75	361.86
7	55.39	366.73
8	72.45	368.22
9	79.59	368.22

**Vertici strato .....2**

N	X m	y m
1	0.0	354.0
2	20.0	354.0
3	21.43	355.0
4	25.32	355.0
5	27.08	356.49
6	38.86	361.55
7	55.45	366.41
8	72.46	367.9
9	79.59	367.9

**Vertici strato .....3**

N	X m	y m
1	0.0	354.0
2	20.0	354.0
3	21.43	355.0
4	26.03	355.0
5	27.21	356.0
6	39.03	361.08
7	55.54	365.92
8	72.48	367.4
9	79.59	367.4

**Vertici strato .....4**

N	X m	y m
1	0.0	354.0
2	20.0	354.0
3	21.43	355.0
4	26.03	355.0
5	26.61	354.59
6	27.7	355.51
7	39.25	360.47
8	55.65	365.27
9	72.51	366.75
10	79.59	366.75

**Vertici strato .....5**

N	X m	y m
1	0.0	354.0
2	20.0	354.0
3	21.43	355.0
4	26.02	355.0
5	32.69	350.35
6	79.59	350.35

**Vertici strato .....6**

N	X m	y m
1	0.0	354.0
2	20.0	354.0
3	20.02	354.02
4	20.1	352.5
5	21.5	352.5
6	21.63	355.0
7	26.02	355.0
8	32.69	350.35
9	79.59	350.35

**Vertici strato .....7**

N	X m	y m
1	0.0	354.0
2	20.0	354.0
3	20.02	354.02
4	20.1	352.5
5	21.5	352.5
6	21.63	355.0
7	25.99	355.0
8	33.41	349.85
9	79.59	349.85

**Vertici strato .....8**

N	X m	y m
1	0.0	354.0
2	20.0	354.0
3	20.02	354.02
4	20.1	352.5
5	21.5	352.5
6	21.5	353.0
7	24.82	353.0
8	33.97	348.85
9	79.59	348.85

**Vertici strato .....9**

N	X m	y m
1	0.0	350.4
2	30.4	350.4
3	33.97	348.85
4	79.59	348.85

**Vertici strato .....10**

N	X m	y m
1	0.0	347.0
2	79.59	347.0

**Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno**

Tangente angolo di resistenza al taglio	1.25
Coesione efficace	1.25
Coesione non drenata	1.4
Riduzione parametri geotecnici terreno	Si

**Stratigrafia**

c: coesione; cu: coesione non drenata; Fi: Angolo di attrito; G: Peso Specifico; Gs: Peso Specifico Saturo; K: Modulo di Winkler

Strato	c (kN/m <sup>2</sup> )	cu (kN/m <sup>2</sup> )	Fi (°)	G (kN/m <sup>3</sup> )	Gs (kN/m <sup>3</sup> )	K (Kg/cm <sup>3</sup> )	Litologia	
1	0		15	19	19	0.00	Terreno vegetale	
2	0		30	18.5	18.5	0.00	Ghiaia strato drenante	
3	10		20	19	19	0.00	Argilla	
4	0		30	18.5	18.5	0.00	Ghiaia Strato capillare	
5	6.8		22.6	9	9	0.00	RUI	
6	5		50	23	23	0.00	Gabbionata	
7	0		30	18.5	18.5	0.00	Ghiaia Strato drenante di fondo	
8	10		20	20	20	0.00	Argilla	
9	0		27.2	22.78	23.06	0.00	Sedimenti ghiaiosi	
10	0		30.8	22.78	23.06	0.00	Sedimenti ghiaiosi	
11	0		33.5	22.78	23.06	0.00	Sedimenti ghiaiosi	

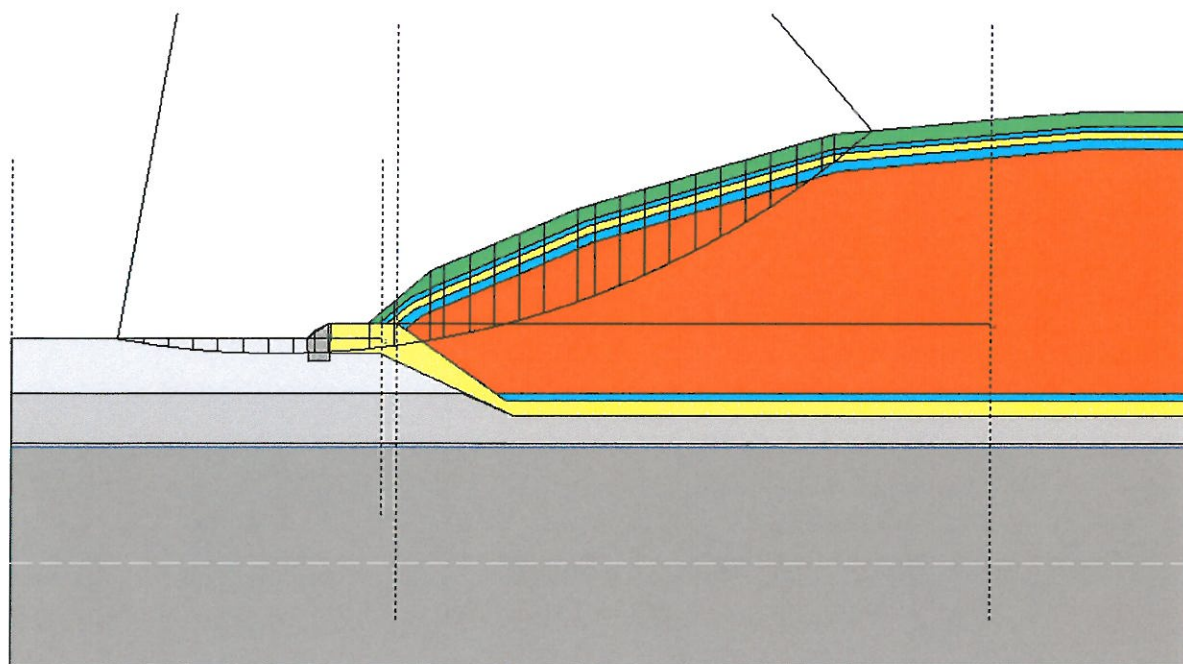
**Risultati analisi pendio [NTC 2008: [A2+M2+R2]]**

Fs minimo individuato	1.09
Ascissa centro superficie	17.96 m
Ordinata centro superficie	414.14 m
Raggio superficie	61.09 m

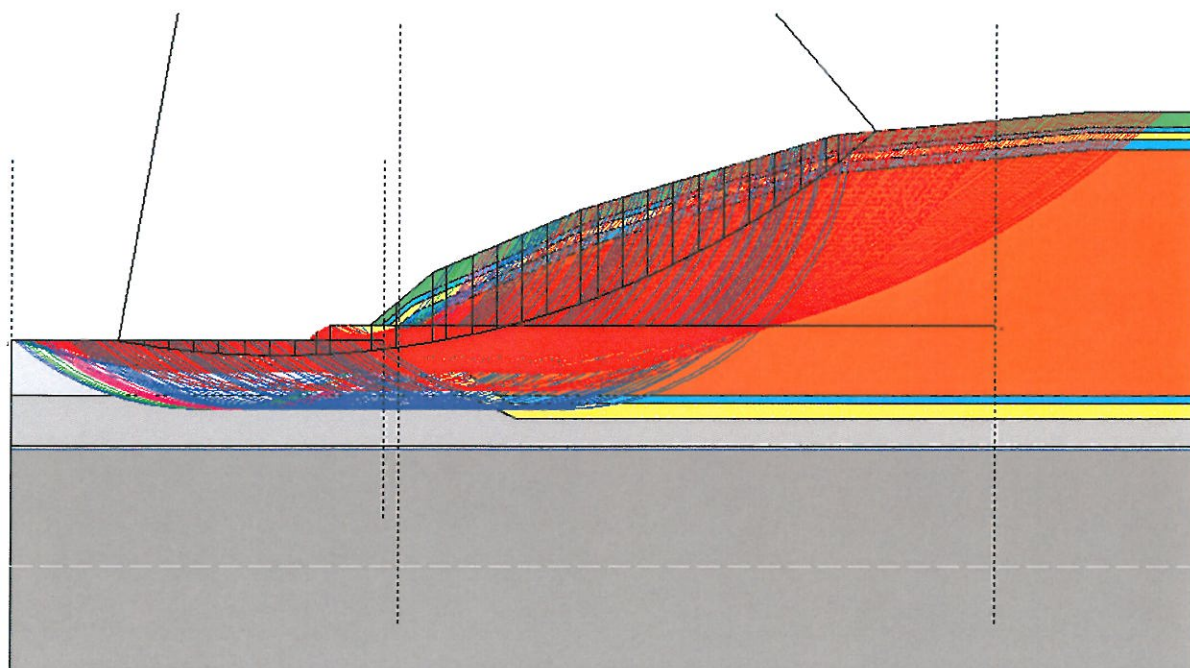
**Analisi dei conci. Superficie...xc = 17.956 yc = 414.142 Rc = 61.087 Fs=1.0934**

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (kN)	Kh•Wi (kN)	Kv•Wi (kN)	c (kN/m <sup>2</sup> )	Fi (°)	Ui (kN)	N'i (kN)	Ti (kN)
1	1.69	-9.3	1.71	5.56	0.19	0.09	0.0	22.3	0.0	6.0	2.0
2	1.69	-7.7	1.7	15.26	0.52	0.26	0.0	22.3	0.0	16.1	5.5
3	1.69	-6.1	1.7	23.12	0.79	0.39	0.0	22.3	0.0	24.1	8.2
4	1.69	-4.5	1.69	29.15	0.99	0.5	0.0	22.3	0.0	30.0	10.3
5	1.69	-2.9	1.69	33.36	1.13	0.57	0.0	22.3	0.0	34.0	11.6
6	1.69	-1.3	1.69	35.76	1.22	0.61	0.0	22.3	0.0	36.1	12.3
7	1.69	0.3	1.69	36.37	1.24	0.62	0.0	22.3	0.0	36.3	12.4
8	1.42	1.7	1.42	29.74	1.01	0.51	0.0	22.3	0.0	29.4	10.1
9	0.93	2.8	0.93	34.4	1.17	0.58	4.0	43.6	0.0	33.0	29.3
10	2.72	4.5	2.73	95.31	3.24	1.62	8.0	16.2	0.0	92.4	40.5
11	1.69	6.6	1.7	76.26	2.59	1.3	8.0	16.2	0.0	73.4	29.1
12	2.47	8.6	2.5	158.37	5.38	2.69	8.0	16.2	0.0	152.1	53.5
13	0.91	10.2	0.92	62.64	2.13	1.06	5.44	18.4	0.0	59.9	20.8
14	1.69	11.4	1.72	121.3	4.12	2.06	5.44	18.4	0.0	115.7	39.8
15	1.69	13.0	1.73	126.41	4.3	2.15	5.44	18.4	0.0	120.2	41.1
16	1.69	14.7	1.75	130.75	4.45	2.22	5.44	18.4	0.0	124.1	42.3
17	1.69	16.3	1.76	134.3	4.57	2.28	5.44	18.4	0.0	127.3	43.2
18	2.27	18.3	2.39	184.3	6.27	3.13	5.44	18.4	0.0	174.6	59.1
19	1.11	19.9	1.18	90.2	3.07	1.53	5.44	18.4	0.0	85.4	29.0
20	1.69	21.4	1.81	134.02	4.56	2.28	5.44	18.4	0.0	126.9	43.4
21	1.69	23.1	1.84	131.0	4.45	2.23	5.44	18.4	0.0	124.2	42.7
22	1.69	24.8	1.86	127.06	4.32	2.16	5.44	18.4	0.0	120.6	41.8
23	1.69	26.6	1.89	122.17	4.15	2.08	5.44	18.4	0.0	116.2	40.7
24	1.69	28.3	1.92	116.29	3.95	1.98	5.44	18.4	0.0	110.9	39.4
25	1.69	30.2	1.95	109.37	3.72	1.86	5.44	18.4	0.0	104.5	37.8
26	1.69	32.0	1.99	101.35	3.45	1.72	5.44	18.4	0.0	97.1	35.9
27	1.69	33.9	2.04	92.16	3.13	1.57	5.44	18.4	0.0	88.4	33.7
28	1.69	35.8	2.08	81.72	2.78	1.39	5.44	18.4	0.0	78.3	31.1
29	0.89	37.3	1.12	34.23	1.16	0.58	0.0	24.8	0.0	33.3	12.8
30	2.49	39.4	3.22	44.46	1.51	0.76	0.0	12.1	0.0	50.2	8.9

### Verifica 3 – superficie con $F_s$ minimo



### Verifica 3 – superfici calcolate



## Indice

1. Premessa.....	1
2. Metodologia di calcolo .....	1
3. Verifiche di stabilità in condizioni sismiche.....	4
4. Parametri geotecnici dei terreni in situ .....	7
5. Parametri geotecnici dei rifiuti.....	10
6. Caratterizzazione geotecnica degli strati di fondo e di copertura.....	15
7. Le analisi eseguite .....	17
8. Risultati e conclusioni .....	18