

Regione Veneto

Provincia di Treviso

Comune di Trevignano

DISCARICA PER RIFIUTI INERTI DENOMINATA
"POSTUMIA 2"

AMPLIAMENTO

A3

RELAZIONE GEOTECNICA

Data: marzo 2010

Cod.: 1423/1

Committente



postumia cave s.r.l.

Viale delle Fosse, 7 - 36061 Bassano del Grappa (VI)

Progetto e Studio di Impatto Ambientale:

Studio Tecnico Conte & Pegorer
ingegneria civile e ambientale

Via Siora Andriana del Vescovo, 7 – 31100 TREVISO

e-mail: contepegorer@libero.it

tel. 0422.30.10.20 r.a. - fax 0422.42.13.01

Consulenza geotecnica e idraulica:

colleselli & p.
INGEGNERIA GEOTECNICA

Studio Colleselli & Partners
Ingegneria Geotecnica

Via Vigonovo, 115 - 35127 Padova
Tel 049 870524 - 593 Fax 049 8528139
info@colleselli.it



REGIONE VENETO
PROVINCIA DI TREVISO
COMUNE DI TREVIGNANO

DISCARICA PER RIFIUTI
INERTI DENOMINATA "POSTUMIA 2"
AMPLIAMENTO

RELAZIONE GEOTECNICA

1	Premesse	2
2	Inquadramento geotecnico	3
3	Inquadramento sismico.....	7
	Vita nominale.....	7
	Classe d'uso.....	8
	Categoria di sottosuolo e condizioni topografiche	9
4	Verifiche di stabilità globale	11
5	Cedimenti della discarica.....	16
	ALLEGATI	20

1 PREMESSE

Nella cava di ghiaia sita nel Comune di Trevignano in provincia di Treviso, è previsto l'ampliamento della Discarica per rifiuti inerti denominata "Postumia 2".

La discarica autorizzata, attualmente in fase di coltivazione ha una superficie di 2.2ha circa, la sede prevista per l'ampliamento di 4.3ha circa. Il fondo della cava si trova ad una quota media di +35.50÷+36.50 m s.l.m.m., mentre il piano campagna è alla quota +65.00÷+68.00 s.l.m.m..

Le scarpate dell'attuale cava verranno in parte riprofilate con terreno di riporto arido per garantire la fascia di rispetto di 150m dagli edifici, prevista dalla normativa, con inclinazioni delle scarpate non superiori ai 32÷33°.

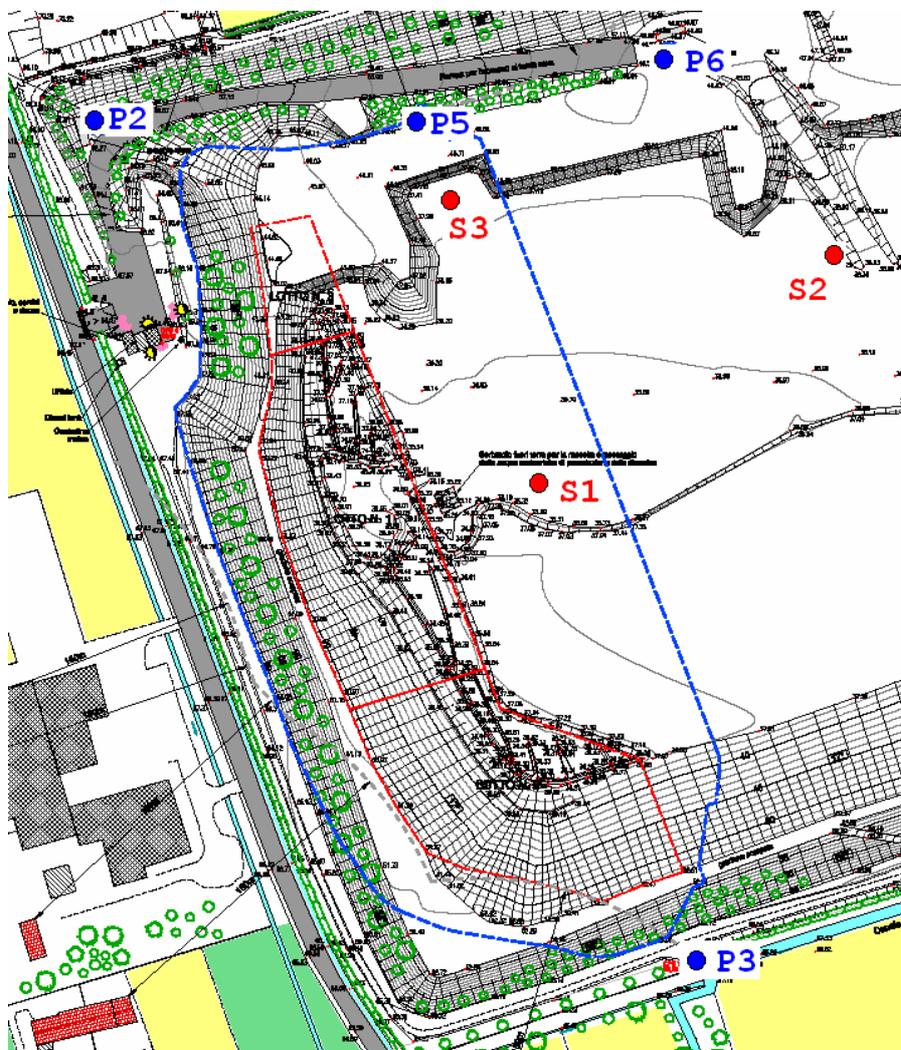
Conformemente alla Normativa vigente in materia di discariche (DLgs n.36 del 13.01.2003) la copertura finale, alla quota massima di +70.50 m è costituita, oltre che da uno strato di regolarizzazione dello spessore di 10÷20 cm circa, da uno strato di argilla di 50 cm, da uno strato di materiale drenante (ghiaia) di 50 cm, e da uno strato di riporto di terreno naturale di 100 cm, per uno spessore complessivo di 2.0 m circa.

La protezione di base della discarica è costituita da un geotessile e da uno strato di 100 cm di argilla ed è impostata, come previsto dalla normativa vigente, ad una quota non inferiore alla +35.00 per garantire un franco maggiore di 1.5m dalla quota di massima escursione della falda (+33.07 m s.l.m.m.) dell'acquifero non confinato.

Nella presente relazione, oltre all'inquadramento geotecnico e sismico dell'area, vengono esaminati alcuni aspetti progettuali riguardanti le verifiche di stabilità globale degli accumuli di materiale inerte in discarica (tenendo anche conto della nuova normativa sismica *NTC 2008*) ed i cedimenti dei rifiuti e dei terreni di fondazione che devono garantire a fine conferimento e nel lungo termine le quote e le pendenze di progetto per impedire il ristagno delle acque ed il formarsi di cedimenti differenziali permanenti; a questo scopo, per la copertura, sono previste delle scarpate variabili tra 1.7% e 7.6% circa.

2 INQUADRAMENTO GEOTECNICO

Per la caratterizzazione geotecnica dell'area su cui si trova l'ex cava in località Trevignano sono a disposizione dello scrivente le analisi granulometriche per setacciatura eseguite su campioni prelevati nel fronte in avanzamento della cava e riportate nello studio geologico per il progetto di ampliamento della cava stessa e gli esiti della campagna geognostica condotta nel novembre del 2009 a cura del Dott.Geol. Stefano Conte e consistita nell'esecuzione di n.3 sondaggi a carotaggio continuo (S1+S3), spinti alla profondità massima di 10 m da quota di fondo della cava, posta a quote comprese tra +35.50++36.50 m s.l.m.m., nella figura seguente è riportata la planimetria con l'ubicazione delle indagini.



Planimetria con ubicazione dei sondaggi e dei piezometri installati

Durante l'esecuzione dei sondaggi, oltre alla descrizione dei terreni attraversati, nei fori di sondaggio, sono state eseguite delle prove penetrometriche dinamiche tipo S.P.T. (Standard Penetration Test) per la determinazione del grado di addensamento dei terreni; tali prove consistono nell'infiggere nel terreno sotto i colpi di un maglio con peso di 63.5 kg e volata di 76.2 cm, un campionatore tipo Raymond o, in terreni grossolani, a punta chiusa, per tre tratti consecutivi, ciascuno di 15 cm, rilevando il numero di colpi (N) necessario per l'infissione in ciascun tratto; il valore N_{SPT} è dato dalla somma dei colpi ottenuti per il secondo e terzo tratto. Ai fini della caratterizzazione idrogeologica dell'area sono stati installati n.6 piezometri ed è stata eseguita inoltre, nel letto della cava, una prova di permeabilità.

Sui rifiuti già conferiti in discarica sono state eseguite prove di carico su piastra ed analisi granulometriche a campione; nel settembre del 2009 è stato prelevato dal dott. Geol. Pietro Daminato un campione di limo appartenente allo strato di copertura del rifiuto già conferito, sottoposto in laboratorio presso il laboratorio della Geodeta S.a.s. a prove meccaniche (Pocket Penetrometer, Torvane e prova di taglio diretto) e di classificazione (analisi granulometrica e limiti di Atterberg).

Le indagini eseguite hanno evidenziato quanto segue:

CARATTERISTICHE DEL SITO

Le indagini eseguite hanno evidenziato da piano campagna sino alla massima profondità indagata la presenza di terreni incoerenti costituiti da ghiaia media e grossa arrotondata poligenica e ciottoli in matrice limosa/sabbiosa. Si tratta di terreni di elevato addensamento, le prove del tipo SPT realizzate evidenziano un numero di colpi per far penetrare il campionatore nei primi 15 cm di terreno superiore a 50. Tutte le prove SPT realizzate sono da considerarsi a rifiuto.

Sondaggio	Profondità di esecuzione (m da testa sondaggio)	N. di colpi per l'infissione dei primi 15 cm	N. di colpi per l'infissione degli ultimi due tratti da 15 cm
S1	4,00	>50 (3 cm)	-
	7,00	>50 (7 cm)	-
S2	3,00	>50 (4 cm)	-

	8,50	>50 (6 cm)	-
S3	2,00	>50 (5 cm)	-
	6,50	>50 (7 cm)	-

Le analisi granulometriche per setacciatura eseguite su campioni prelevati nel fronte in avanzamento della cava evidenziano un contenuto di sabbia del 15% ed un contenuto di ghiaia dell'80÷83%. Il materiale può essere classificato come ghiaia media e grossa con sabbia.

RIFIUTO GIA CONFERITO IN DISCARICA

Per la caratterizzazione del rifiuto inerte già conferito in discarica sono a disposizione n.3 analisi granulometriche per sedimentazione e n.3 prove di carico su piastra eseguite su campioni tipologici. Le analisi granulometriche evidenziano inerti caratterizzati da frazioni fini rilevanti con dimensioni dei grani prevalentemente compresa fra 0.1mm e i 0.001mm (90% passante), le prove di carico su piastra eseguite secondo *Norma CNR 146 del 14/12/92 procedura b* forniscono moduli di deformabilità Md di 5.2÷20.2Mpa, per il primo ciclo di carico fra 0.15 e 0.25Mpa e moduli Md' di 74.4÷692.3Mpa per il secondo ciclo.

Il campione prelevato sugli strati di copertura, costituiti da limo debolmente argilloso con poca sabbia, è classificato nella categoria A6 secondo la *Norma UNI10006*; i limiti di Atterberg evidenziano un limite di liquidità W_L di 37, un limite W_P di 25 e indice di plasticità $I_p = 12$; il contenuto naturale d'acqua W_N è del 30%. Sullo stesso campione sono state eseguite prove con pocket penetrometer, che evidenziano valori di PEN di 117÷127kPa, e con torvane, TOR di 43kPa. Dalle prove di taglio diretto si è ottenuto un angolo di resistenza al taglio $\phi' = 29^\circ$ e una coesione efficace $c' = 27$ kPa.

SITUAZIONE IDROGEOLOGICA

Per quanto riguarda la situazione idrogeologica del sito, è presente un'unica potente falda di tipo freatico all'interno del terreno ghiaioso costituente il sottosuolo, la cui superficie si colloca qualche metro al di sotto del fondo della cava. Attualmente il livello della falda si attesta a 28.0m s.l.m.m.; sulla base di dati storici a disposizione si può assumere come quota di massima risalita della falda quella a +33.07 m s.l.m.m. Si riportano a questo riguardo le misure eseguite in data 24 novembre 2009:

Piezometro	Quota assoluta della falda m s.l.m.m.
P1	28.09
P2	28.00
P3	27.73
P4	27.66
P5	27.93
P6	27.83

Le prove di permeabilità eseguite sui terreni di fondazione della discarica rilevano terreni con permeabilità di $4.4 \times 10^{-2} \text{m/s}$

La scelta progettuale ha previsto di impostare lo strato impermeabile di base della discarica a quote non inferiori alla +35.00.

3 INQUADRAMENTO SISMICO

Per quanto riguarda l'inquadramento sismico, la discarica in oggetto si inserisce all'interno del territorio comunale di *Trevignano*; ai fini della valutazione dell'azione sismica si è fatto riferimento alle seguenti coordinate *ISTAT*: Longitudine 12.076077, Latitudine 45.724188.

Tali coordinate sono associate ai valori dei parametri a_g (accelerazione orizzontale massima al sito), F_o (valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale) e T_C^* (periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale) riportati nella seguente *Tabella3.1* per i periodi di ritorno T_R di riferimento in base alle *Norme Tecniche*.

T_R [anni]	a_g [g]	F_o [-]	T_C^* [s]
30	0,049	2,453	0,236
50	0,065	2,449	0,255
72	0,079	2,447	0,264
101	0,094	2,421	0,273
140	0,110	2,400	0,282
201	0,131	2,394	0,290
475	0,190	2,403	0,319
975	0,257	2,436	0,338
2475	0,375	2,421	0,362

Tabella3.1

Secondo quanto indicato nelle *Norme Tecniche delle Costruzioni* le opere in progetto possono essere classificate come segue:

Vita nominale

La vita nominale di un'opera è intesa come numero di anni nel quale deve poter essere usata per lo scopo al quale è destinata ed è definita dalle NTC in funzione del tipo di costruzione (*tabella 2.4.I*).

Nel caso del presente intervento si considera "*Opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o di importanza normale ≥ 50 anni*";

$$V_N = 50 \text{ anni.}$$

Classe d'uso

In presenza di azioni sismiche, con lo scopo di valutare le conseguenze di una interruzione di operatività assegnata o di un eventuale collasso della struttura, le costruzioni sono catalogate in 4 classi d'uso (*par. 2.4.2, NTC2008*) a cui corrisponde un valore del coefficiente d'uso C_u per la definizione dell'azione sismica.

All'opera in oggetto di esame viene assegnato una Classe d'uso II (*"Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso III o in Classe d'uso IV, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti"*) a cui corrisponde un coefficiente d'uso C_u pari a 1.0 (*tab. 2.4.II, NTC2008*).

Le azioni sismiche su ciascuna costruzione vengono valutate in relazione ad un periodo di riferimento V_R :

$$V_R = V_N \cdot C_u = 50 \text{ anni}$$

La pericolosità sismica è definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa a_g in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale (di *categoria A*), nonché di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente $S_e(T)$, con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza PV_R , nel periodo di riferimento V_R .

Probabilità di superamento nel periodo di riferimento V_R per diversi stati limite:

- **Stati Limite di Esercizio** SLO \Rightarrow Stato Limite di Operatività: 81%
- **Stati Limite di Esercizio** SLD \Rightarrow Stato Limite di Danno: 63%
- **Stati Limite Ultimi** SLV \Rightarrow Stato Limite di salvaguardia della Vita: 10%
- **Stati Limite Ultimi** SLC \Rightarrow Stato Limite di prevenzione del Collasso: 5%

La norma vigente definisce, per ciascuna delle probabilità di superamento nel periodo di riferimento PV_R a partire dai valori dei seguenti parametri su sito di riferimento rigido orizzontale, i valori di a_g , F_0 , e T_C^* (*Tabella 3.2*):

STATO LIMITE	T_R [anni]	a_g [g]	F_o [-]	T_C^* [s]
SLO	30	0,049	2,453	0,237
SLD	50	0,065	2,449	0,255
SLV	475	0,190	2,403	0,319
SLC	975	0,257	2,436	0,338

Tabella 3.2

L'accelerazione orizzontale massima a_g attesa su sito di riferimento rigido risulta, con riferimento allo stato limite di salvaguardia della vita, pari a: $a_g = 0,190 \times g$.

Categoria di sottosuolo e condizioni topografiche

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, si rende necessario valutare l'effetto della risposta sismica locale che, secondo un approccio semplificato, consiste nell'individuazione di categorie di sottosuolo e categorie topografiche di riferimento.

I terreni sono stati valutati in categoria di sottosuolo di tipo B (*"Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, con spessori superiori a 30m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 360m/s e 800m/s (ovvero $N_{SPT,30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < Cu_{,30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina)"*, tab. 3.2.II, NTC2008) e in categoria topografica T2 (*pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$*).

COMPORTAMENTO IN CONDIZIONI SISMICHE: STABILITÀ GLOBALE

Le verifiche in condizioni sismiche sono state condotte mediante l'analisi di tipo pseudo-statico, che considera un sistema di forze orizzontali e verticali applicate ai volumi di terreno coinvolti.

Nelle verifiche di stabilità le componenti orizzontale e verticale dell'azione sismica sono espresse come $F_h = k_h \cdot W$ ed $F_v = k_v \cdot W$, con k_h e k_v rispettivamente pari ai coefficienti sismici orizzontale e verticale:

$$k_h = \beta_s \times a_{max}$$

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

dove:

β_s = coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa nel sito (*Tabella 7.11.1 delle N.T.C., 2008*) = 0.24;

a_{max} = accelerazione orizzontale massima attesa nel sito;

g = accelerazione di gravità.

L'accelerazione a_{max} è data dall'espressione:

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

dove S è il coefficiente che comprende l'effetto dell'amplificazione stratigrafica $S_S=1.2$ e topografica $S_T=1.2$.

Risulta dunque: $k_h = 0.0656$ e $k_v = \pm 0.0328$.

4 VERIFICHE DI STABILITÀ GLOBALE

L'ampliamento della discarica esistente autorizzata, in conformità alle normativa vigente riguardante le distanze di rispetto dagli edifici esistenti destinati ad abitazione, prevede la realizzazione di rinterri a ridosso delle esistenti scarpate della cava. A questo scopo è previsto l'utilizzo di terreno granulare arido naturale adeguatamente steso e costipato. Per le scarpate sono previste inclinazioni non maggiori di 32-33°.

Nel seguente paragrafo vengono analizzate le condizioni di stabilità globale delle scarpate della discarica nella sua configurazione finale; l'analisi è stata svolta tenendo conto della presenza delle azioni sismiche, secondo la nuova normativa (N.T.C., 2008).

Per le verifiche della discarica, a fine conferimento, si fa riferimento alla sezione 4-4' degli elaborati di progetto (tavola B07) caratteristica dell'intero intervento (vedi schema seguente *figura 4.1*), in cui i rifiuti raggiungono la quota massima di +68.50 m s.l.m.m., a cui va aggiunto lo spessore dello strato di copertura di 2.0 m circa. Attualmente il fondo della cava si trova alla quota +35.50÷36.50 circa e lungo il fronte ovest è in corso la coltivazione della discarica già autorizzata.

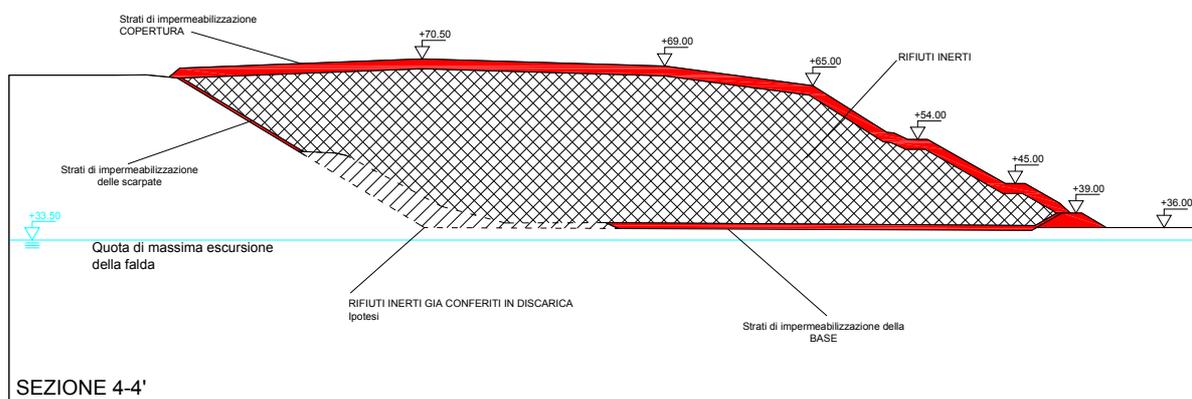


Figura 4.1 Sezione tipologica

In riferimento a quanto previsto dalle NTC 2008, per l'opera in oggetto è stata condotta la verifica della stabilità globale dell'insieme manufatto-terreno di fondazione (è stata eseguita la verifica di tipo GEO, mentre non essendo presenti elementi strutturali, non sono state eseguite verifiche di tipo STR).

La verifica deve essere effettuata secondo l'approccio 1:

Combinazione 2: (A2+M2+R2)

Per ogni stato limite ultimo deve essere rispettata la condizione:

$$E_d \leq R_d$$

dove E_d è il valore di progetto dell'azione ed R_d è il valore di progetto della resistenza del sistema geotecnico.

Il valore di progetto della resistenza R_d sarà determinato in modo analitico con riferimento al valore caratteristico dei parametri geotecnici del terreno, ridotto secondo l'opportuno valore del coefficiente parziale γ_m , specificato in tab. 6.2.II delle NTC 2008 e di seguito riportato, e tenendo conto del coefficiente parziale γ_R specifico per il tipo di opera (opere di materiali sciolti).

CARICHI	EFFETTO	Coefficiente Parziale γ_F (o γ_E)	EQU	(A1) STR	(A2) GEO
Permanenti	Favorevole	γ_{G1}	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevole		1,1	1,3	1,0
Permanenti non strutturali	Favorevole	γ_{G2}	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3
Variabili	Favorevole	γ_{Qi}	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3

Coefficienti parziali per i carichi (da NTC 2008, tab. 6.2.I)

PARAMETRO	GRANDEZZA ALLA QUALE APPLICARE IL COEFFICIENTE PARZIALE	COEFFICIENTE PARZIALE γ_M	(M1)	(M2)
<i>Tangente dell'angolo di resistenza al taglio</i>	$\tan \phi'_k$	γ_ϕ	1,0	1,25
<i>Coesione efficace</i>	c'_k	γ_c	1,0	1,25
<i>Resistenza non drenata</i>	c_{uk}	γ_{cu}	1,0	1,4
<i>Peso dell'unità di volume</i>	γ	γ_γ	1,0	1,0

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno (da NTC 2008, tab. 6.2.II)

Coefficiente	R2
γ_R	1.1

Coefficienti parziali per le verifiche di sicurezza di opere di materiali sciolti (da NTC 2008, tab. 6.8.I)

La verifica di stabilità globale si ottiene con:

$$E_d \leq R_d \quad \text{ossia} \quad F = \frac{R_d}{E_d} \geq 1$$

Le analisi sono state condotte con il programma di calcolo *SLIDE* della *Rocscience Inc.*, utilizzando il metodo di *Bishop semplificato* (1955), ed ipotizzando superfici di scorrimento circolari di raggio r , con il materiale coinvolto nella rottura suddiviso in conci di larghezza b (vedi schema riportato in figura), per ognuno dei quali viene espresso il rapporto fra i momenti stabilizzanti M_s (resistenza R del sistema geotecnico) e i momenti ribaltanti M_r (azione E_d) calcolati rispetto al centro del cerchio.

Il contributo al momento stabilizzante M_s di un concio è fornito in generale dalla resistenza al taglio alla base, somma della componente del peso W ortogonale alla base moltiplicata per la tangente dell'angolo di resistenza al taglio ϕ e della eventuale coesione c , moltiplicata per la lunghezza $b/\cos\alpha$, dove α è l'inclinazione della base del concio rispetto all'orizzontale. Nell'ipotesi che il concio sia parzialmente immerso in acqua e che alla base la pressione idraulica valga u si ottiene:

$$M_s = \frac{c \times b + (W - u \times b) \times \operatorname{tg} \phi}{m\alpha} \times r$$

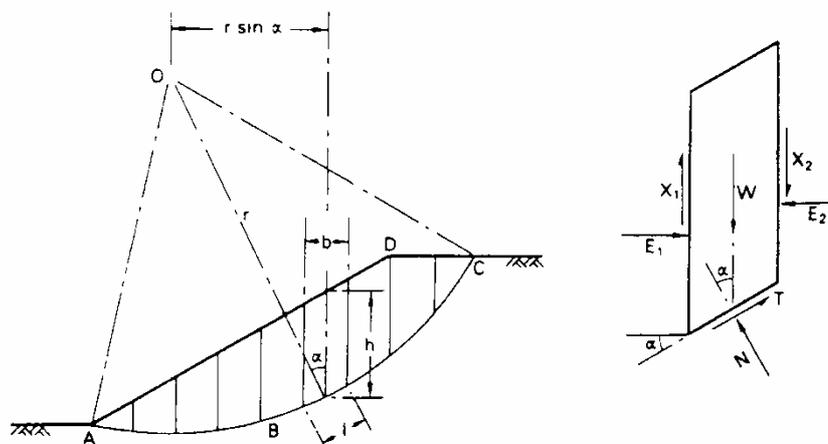
dove:

$$m\alpha = \cos \alpha \times \left(1 + \frac{\operatorname{tg} \alpha \times \operatorname{tg} \phi}{F} \right)$$

$$M_s = \frac{c \times b + (W - u \times b) \times \operatorname{tg} \phi}{m\alpha} \times r$$

dove:

$$m\alpha = \cos \alpha \times \left(1 + \frac{\operatorname{tg} \alpha \times \operatorname{tg} \phi}{F} \right)$$



Il contributo al momento ribaltante M_r di un concio è fornito dalla componente del peso W parallela alla base del concio:

$$M_r = W \times \sin \alpha \times r$$

Per quanto riguarda le caratteristiche geotecniche dei rifiuti, è sembrato accettabile e prudentiale assumere parametri medi di resistenza al taglio in condizioni drenate con $\phi' = 30^\circ$ e $c' = 10 \text{ kPa}$; il peso di volume medio γ è stato assunto pari a 17.5 kN/m^3 . Nella seguente relazione non viene fatta alcuna distinzione fra rifiuti già conferiti in discarica e rifiuti da conferire; sono state fatte inoltre ipotesi cautelative sulla geometria del sito originario (antedescarica).

Per i terreni di fondazione di natura ghiaiosa, si è assunto un angolo ϕ' di 40° , con γ pari a 20 kN/m^3 ; anche per gli strati di copertura e di base si fa riferimento a parametri medi in condizione drenate con $\phi' = 20^\circ$, $c' = 25 \text{ kPa}$ e $\gamma = 19.0 \text{ kN/m}^3$.

Nella seguente tabella vengono riassunti i parametri geotecnici dei terreni utilizzati nel modello di calcolo:

Materiale	γ [kN/m^3]	c' [kPa]	ϕ' [$^\circ$]
Rifiuti inerti	17.5	10	30
Copertura superiore e strato di base	19	25	20
Ghiaia in sito	20	-	40

La falda, nel modello, è stata posta cautelativamente alla quota di massima risalita storica (+33.07).

La verifica è stata condotta considerando le azioni sismiche secondo quanto proposto dalla Normativa; tale effetto è stato valutato mediante un'analisi di tipo pseudo-statico nella quale l'azione sismica è rappresentata da un'azione statica equivalente, costante nello spazio e nel tempo e proporzionale al peso W del volume di terreno potenzialmente instabile.

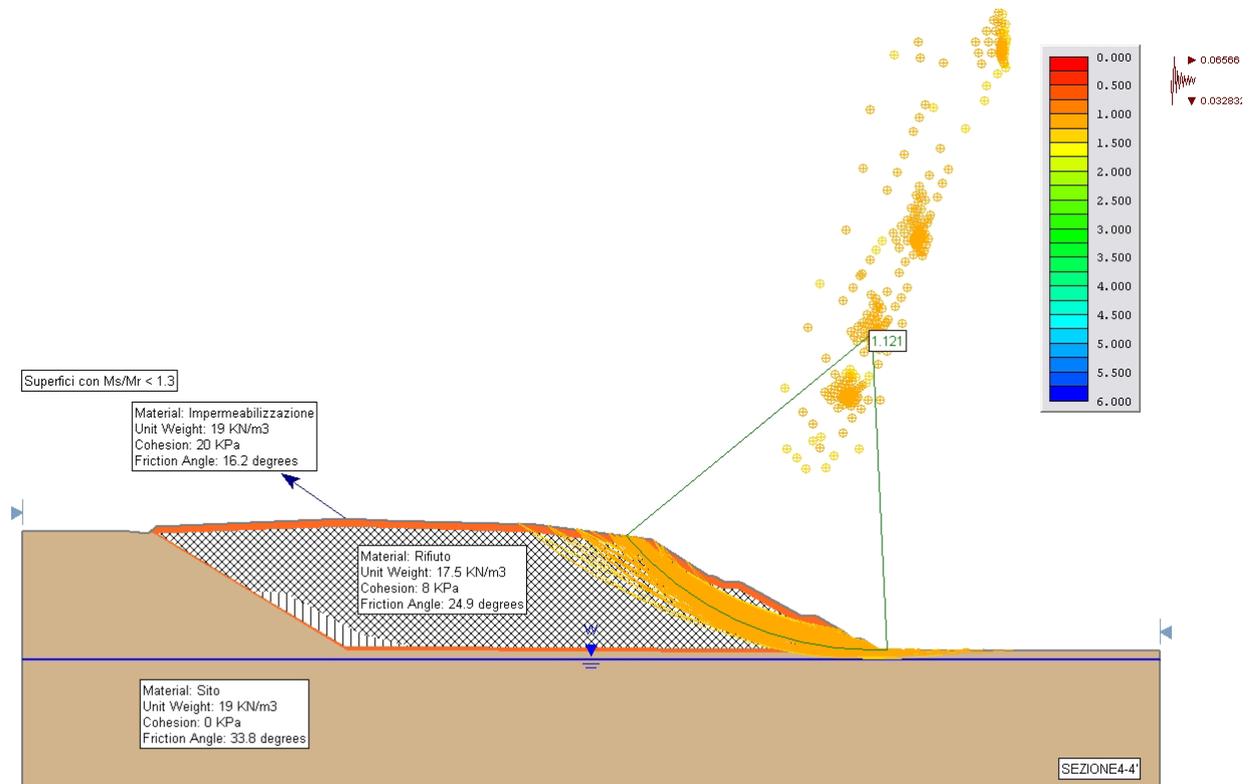


Figura 4.2 Verifica di stabilità della scarpata a fine conferimento in condizioni sismiche

Dalle analisi condotte si ricava un valore del rapporto R/E_d , ovvero M_s/M_R , pari a 1.12; si tratta di un valore leggermente superiore a quello minimo (γ_r) indicato dalla normativa geotecnica vigente (*Norme Tecniche per le Costruzioni, D.M. 14/01/2008*) pari a 1.1; i tabulati di calcolo sono riportati in allegato.

Le fasi di coltivazione della discarica, previste per strati successivi di circa 5m, dovranno garantire per l'avanzamento del deposito dei rifiuti scarpate disposte con inclinazione non maggiore di 30°.

5 CEDIMENTI DELLA DISCARICA

Nel presente paragrafo si riporta lo studio condotto per la valutazione dell'entità e dell'andamento dei cedimenti, nel breve e nel lungo periodo, del corpo rifiuti e dei terreni di fondazione della discarica. I cedimenti non dovranno compromettere in nessun caso l'integrità dell'impermeabilizzazione di fondo ed il regolare funzionamento della rete di drenaggio del percolato, dovranno inoltre assicurare le regolari pendenze della coltre di copertura necessarie per il ruscellamento delle acque meteoriche ed evitare dannosi ristagni.

Di seguito vengono calcolati gli assestamenti del corpo rifiuti con un modello bidimensionale agli elementi finiti (codice di calcolo PLAXIS - Delft University of Technology), che permette di tenere conto del comportamento del terreno di tipo elasto-plastico seguendo, per fasi successive, la variazione dello stato tensionale e deformativo nei vari punti dell'ammasso considerato e negli eventuali elementi strutturali collegati. Tale codice di calcolo, sviluppato per specifiche esigenze di tipo geotecnico, permette di esaminare casi di stato piano di deformazione, e dispone di differenti leggi costitutive per i terreni.

Nel caso in esame è stato assegnato ai rifiuti e ai terreni di fondazione un modello costitutivo linearmente elastico. Tale ipotesi implica che i cedimenti del corpo rifiuti e dei terreni di fondazione maturino contestualmente al loro conferimento e che le pendenze finali della copertura siano pressoché coincidenti con quelle a lungo termine.

L'analisi è stata condotta con riferimento alla sezione 4-4' (tavole di progetto B07) caratteristica dell'intero intervento. Nella sezione considerata il piano di appoggio dei rifiuti si trova a ad una quota minima di 35.00 circa e la sommità dei rifiuti, a fine conferimento, si trova alla quota massima di +68.50 circa, a cui va aggiunto lo spessore dello strato di copertura di 2m circa.

Nel modello sono state simulate le fasi corrispondenti al conferimento dei rifiuti, in n.7 step successivi dello spessore di circa 5m ciascuno, ed infine della copertura; l'effetto del peso dovuto alla copertura finale è stato schematizzato come un carico uniformemente distribuito in sommità di 38 KPa circa.

Per quanto riguarda le caratteristiche del materiale conferito in discarica, sono stati utilizzati i moduli elastici cautelativi stimati con prove di carico su piastra sui rifiuti già conferiti; il peso di volume γ del rifiuto è stato assunto pari a 17.5 kN/m³.

Ai terreni di fondazione, costituiti sino in profondità da ghiaie con elevato grado di addensamento (valori di N_{SPT} a rifiuto) e tenendo conto che sono sottoposti ad un carico di ricomprensione, e' stato assegnato un modulo elastico elevato 150 MPa in sommità della cava con incrementi di 5Mpa per ogni metro di profondità. Nel calcolo sono stati cautelativamente trascurati gli spessori degli strati di impermeabilizzazione.

Nella seguente tabella vengono riassunti i parametri geotecnici dei terreni utilizzati nel modello di calcolo.

Materiale	γ [kN/m ³]	E [MPa]
Rifiuti	17.5	10
Ghiaia in sito	20	150 MPa con incrementi di 5MPa per ogni metro di profondità a partire dalla quota del piano di campagna

Nelle figure seguenti viene riportato lo schema del modello di calcolo in cui sono indicati i diversi tipi di materiale considerati e l'andamento dei cedimenti totali a fine conferimento.

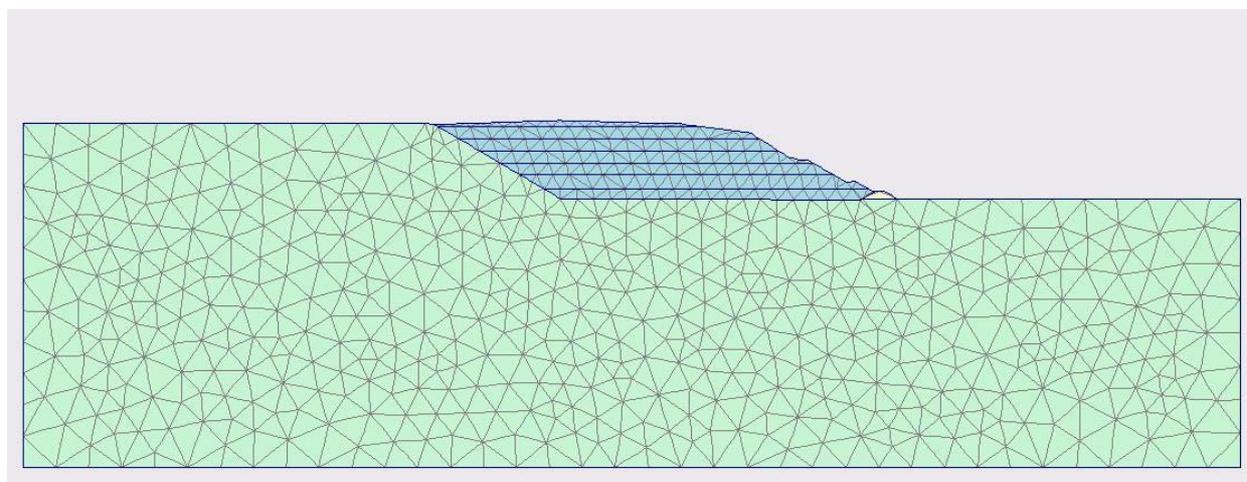


Figura 5.1 Schema del modello di calcolo

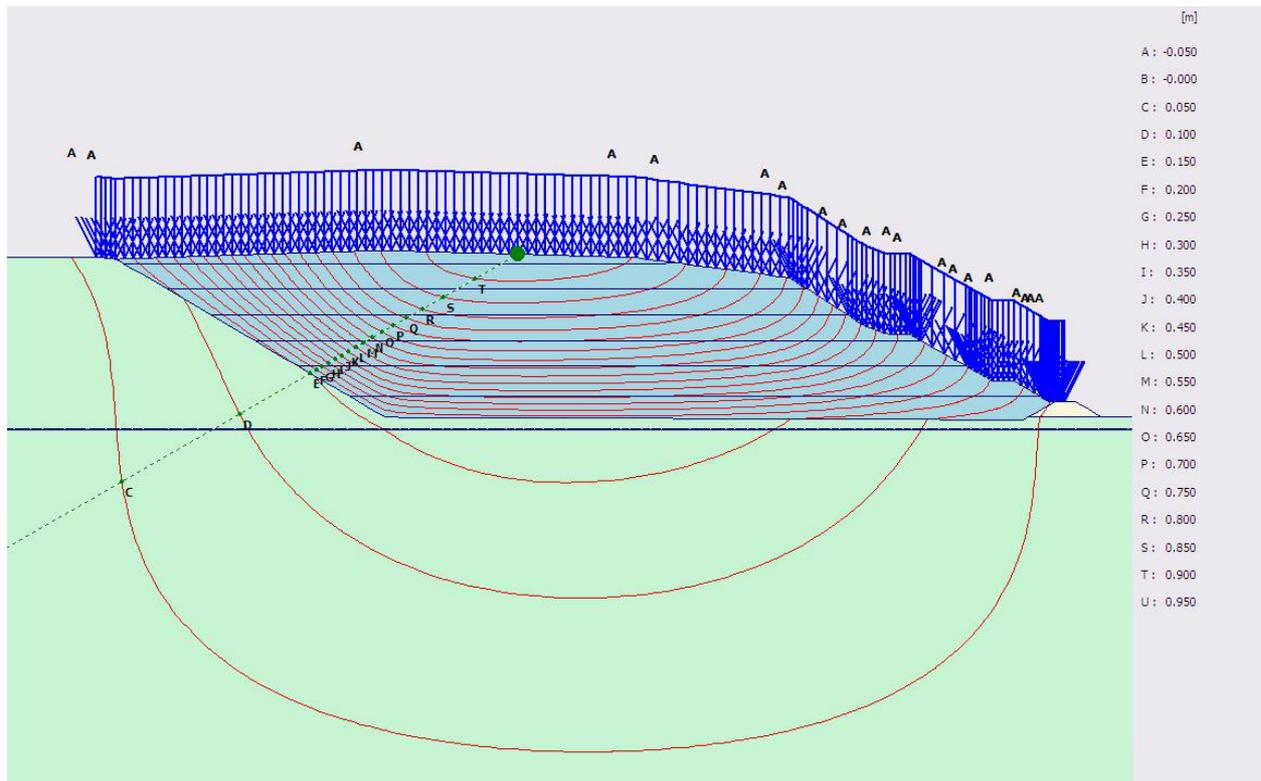


Figura 5.2 Andamento dei cedimenti totali della discarica a fine conferimento

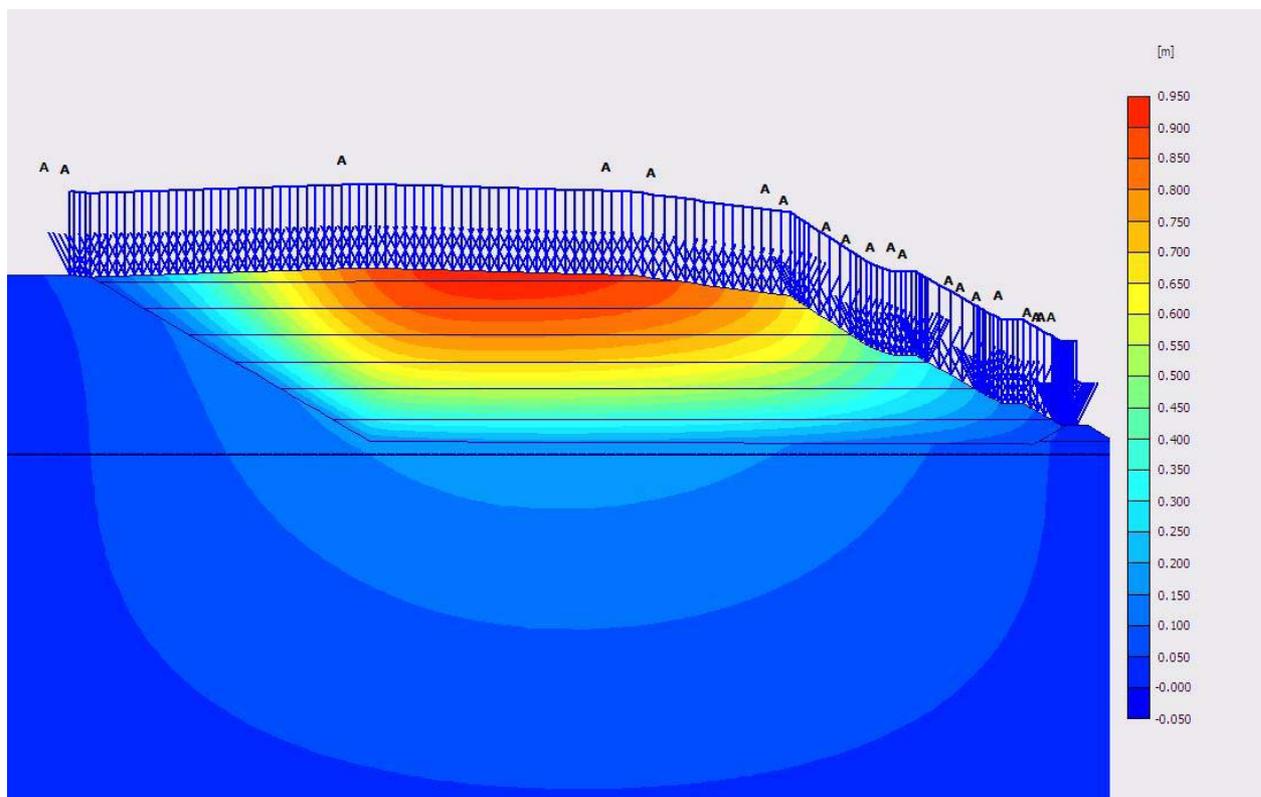


Figura 5.3 Andamento dei cedimenti totali della discarica a fine conferimento

Per quanto riguarda il fondo della discarica, si sono stimati cedimenti di qualche centimetro. Si tratta di cedimenti totali molto contenuti e differenziali trascurabili tali da non compromettere l'integrità dell'impermeabilizzazione di fondo ed il regolare funzionamento della rete di drenaggio del percolato. Per quanto riguarda il corpo della discarica invece, si evidenzia, che i cedimenti previsti, dell'ordine di 60÷90cm, matureranno in tempi rapidi, durante la costruzione, non compromettendo in nessun modo, nel lungo periodo, l'andamento delle pendenze finali della copertura.

Francesco Colleselli

Prof. Ing. Francesco Colleselli



Collaboratori:

Dott. Ing. Luca Guerra

Padova, marzo 2010

ALLEGATI

Slide Analysis Information

Document Name

File Name: lato inerti

Project Settings

Project Title: SLIDE - An Interactive Slope Stability Program

Failure Direction: Left to Right

Units of Measurement: SI Units

Pore Fluid Unit Weight: 9.81 KN/m³

Groundwater Method: Water Surfaces

Data Output: Standard

Analysis Methods

Analysis Methods used:

Bishop simplified

Number of slices: 25

Tolerance: 0.005

Maximum number of iterations: 50

Surface Options

Surface Type: Circular

Radius increment: 10

Minimum Elevation: Not Defined

Composite Surfaces: Disabled

Reverse Curvature: Create Tension Crack

Loading

Seismic Load Coefficient (Horizontal): 0.06566

Seismic Load Coefficient (Vertical): 0.032832

Material Properties

Material: Copertura

Strength Type: Mohr-Coulomb

Unit Weight: 19 KN/m³

Cohesion: 20 KPa

Friction Angle: 16.2 degrees

Water Surface: Water Table

Custom Hu value: 1

Material: Sito

Strength Type: Mohr-Coulomb

Unit Weight: 20 KN/m³

Cohesion: 0 KPa

Friction Angle: 33.8 degrees

Water Surface: Water Table

Custom Hu value: 1

RELAZIONE GEOTECNICA

Material: Inerti

Strength Type: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 17.5 KN/m³
Cohesion: 8 KPa
Friction Angle: 24.8 degrees
Water Surface: Water Table
Custom Hu value: 1

Material: Inerti già conferiti

Strength Type: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 17.5 KN/m³
Cohesion: 8 KPa
Friction Angle: 24.8 degrees
Water Surface: Water Table
Custom Hu value: 1

Global Minimums

Method: bishop simplified

SF: 1.12095
Center: 239.822, 18.8063
Radius: 83.0757
Left Slip Surface Endpoint: 175.948, -34.3124
Right Slip Surface Endpoint: 243.799, -64.1743