

PROGETTO ESECUTIVO DI MESSA IN SICUREZZA PERMANENTE SULLA BASE DELLA CARATTERIZZAZIONE E ANALISI DI RISCHIO SITO ORFANO DENOMINATO "EX CAVA DI PATERNO" (COD. SISBON FI354)

RELAZIONE ESECUTIVA DEL PROGETTO CAPPING

OTTOBRE 2025

INDICE DI REV.	DESCRIZIONE	DATA	PREPARATO	CONTROLLATO	APPROVATO
REV00	Emissione	Settembre 2025	W. Folgheraiter A. Giusti	S. Dantoni M. Raspolli	A. Lucioni
REV01	Emissione a valle verifica	Ottobre 2025	W. Folgheraiter A. Giusti	S. Dantoni M. Raspolli	A. Lucioni

DOCUMENTO A CURA DI:



GRUPPO DI LAVORO:

Ing. Andrea Lucioni
Dott. Geol. Marco Raspolli
Dott.ssa Samanta Dantoni
Ing. Guido Fratini
Dott. Cristiano Barbieri
Dott. Matteo Lunardini

CONSULENZA SPECIALISTICA:



GRUPPO DI LAVORO:

Ing. Walther Folgheraiter
Ing. Anna Giusti
Ing. Giuseppe Rossi
Ing. Federico Faccin

SOMMARIO

1. PREMessa	7
2. CRITERI DI PROGETTAZIONE	8
2.1 CRITERI DI SICUREZZA, DURABILITÀ E MANUTENZIONE	8
2.2 SCELTE PROGETTUALI IN RELAZIONE AL CONTESTO E AI VINCOLI	9
3. ATTIVITÀ IN PROGETTO	11
3.1 SUPERFICI OGGETTO DEGLI INTERVENTI E TARGET PNRR	11
3.2 INTERVENTI PREVISTI NELL'“AREA MORFOLOGICAMENTE RIMANEGGIATA” ..	11
3.2.1 Premessa tecnica	11
3.2.2 Lavori preparatori: disboscamento, decespugliamento e deceppamento.....	11
3.2.3 Lavori preparatori: capisaldi	12
3.2.4 Zona sommitale ex cava.....	12
3.2.5 Area 1 – Rimozione rifiuti e rimodellamento.....	12
3.2.6 Area 2 – Rimodellamento e capping	15
3.2.6.1 <i>Movimentazione dei rifiuti</i>	15
3.2.6.2 <i>Copertura dell'ammasso</i>	16
3.2.7 Area 3 – Vasca di stoccaggio confinata per rifiuti non pericolosi non biodegradabili 18	
3.2.7.1 <i>Modalità di raccolta del percolato</i>	19
3.2.7.2 <i>Stima della produzione di percolato</i>	20
3.2.7.3 <i>Stima del percolato prodotto annualmente dalla vasca rifiuti</i>	22
3.2.7.4 <i>Dimensionamento dei sistemi di accumulo percolato</i>	24
3.3 ANALISI DI STABILITÀ	27
3.3.1 Stabilità globale	27
3.3.1.1 <i>Sezione sud quota rifiuti – Condizione statica</i>	28
3.3.1.2 <i>Sezione sud quota rifiuti – Condizione sismica</i>	34
3.3.1.3 <i>Sezione sud profilo finale – Condizione statica</i>	40
3.3.1.4 <i>Sezione sud profilo finale – Condizione sismica</i>	48
3.3.2 Capping scarpata	55
3.3.2.1 <i>Verifiche e dimensionamenti</i>	56
3.3.2.2 <i>Stabilità locale del capping</i>	56
3.3.2.3 <i>Condizioni di analisi</i>	58
3.3.2.4 <i>Azioni sismiche</i>	59
3.3.2.5 <i>Schematizzazione pendio indefinito</i>	60

3.3.2.6	<i>Prestazioni geosintetico di rinforzo</i>	62
3.3.2.7	<i>Verifica capping scarpata</i>	62
3.3.2.8	<i>Dimensionamento della trincea di ancoraggio</i>	65
3.4	INFRASTRUTTURE DI DRENAGGIO E REGIMAZIONE IDRAULICA	67
3.5	OPERE DI STABILIZZAZIONE E CONSOLIDAMENTO (STRUTTURALI E GEOTECNICHE)	68
3.6	OPERE DI PROTEZIONE SUPERFICIALE (GABBIONATE)	68
3.6.1	Materiali impiegati per i gabbioni	68
3.6.2	Posa in opera gabbioni.....	69
3.6.3	Verifica della struttura	70
3.7	OPERE DI RIPRISTINO AMBIENTALE	79
3.7.1	Inerbimento	80
3.7.2	Copertura arbustiva	81
4.	MANUTENZIONE E MONITORAGGIO	83
5.	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI E MODALITÀ DI POSA IN OPERA	84
5.1	GEOMEMBRANA IMPERMEABILE IN HDPE	84
5.1.1	Controlli in fase di accettazione del materiale	85
5.1.2	Controlli in fase di realizzazione	85
5.1.3	Collaudo fondo della vasca rifiuti.....	85
5.1.4	Modalità di posa della geomembrana HDPE	86
5.2	TESSUTO NON TESSUTO TNT	87
5.3	GEOCOMPOSITO DRENANTE	88
5.4	GEOCOMPOSITO BENTONITICO	91
5.4.1	Sistema barriera di fondo delle sponde della "vasca rifiuti".....	91
5.4.2	Capping	93
5.4.3	Caratteristiche tecniche geocompositi bentonitici	94
5.4.3.1	<i>Composizione</i>	95
5.4.3.2	<i>Proprietà meccaniche minime</i>	95
5.4.3.3	<i>Modalità di posa in scarpata</i>	96
5.5	STRATO DI ARGILLA NATURALE	97
5.6	RETE ANTIEROSIONE	98
5.7	GEOSTUOIA TRIDIMENSIONALE GRIMPANTE	99

5.8 TUBAZIONI DI DRENAGGIO PERCOLATO	99
5.9 TERRENO VEGETALE	100
6. PRESTAZIONI ATTESE E VERIFICHE DI PROGETTO	101
6.1 OBIETTIVI PRESTAZIONALI DELL'INTERVENTO	101
6.2 MONITORAGGI POST OPERAM	101
6.3 CONFORMITÀ NORMATIVA E CERTIFICAZIONI PNRR.....	102

INDICE FIGURE

Figura 1 - area 1 di intervento	13
Figura 2 - sondaggio S12	14
Figura 3 – Sezione schematica AREA 3	19
Figura 4 – Schema pendio indefinito – condizione statica.....	60
Figura 5 – Schema pendio indefinito – azioni aggiuntive in condizione sismica.....	61
Figura 6 – Schema trincea ancoraggio.	66

INDICE DELLE TABELLE

Tabella 1 – individuazione della quota di scavo dell'area 1	13
Tabella 2 - Precipitazioni medie mensili	21
Tabella 3 - Temperature medie mensili.....	22
Tabella 4 - Evapotraspirazione potenziale	22
TABELLA 5 - STIMA PRODUZIONE DI PERCOLATO NELLA FASE DI GESTIONE OPERATIVA DELLA VASCA RIFIUTI.....	23
TABELLA 6 - STIMA PRODUZIONE DI PERCOLATO NEI PRIMI ANNI DELLA FASE DI POST-GESTIONE DELLA VASCA RIFIUTI	23
TABELLA 7 - STIMA PRODUZIONE DI PERCOLATO NELLA FASE DI POST-GESTIONE DELLA VASCA RIFIUTI	24
TABELLA 8 - VERIFICA DEL SISTEMA DI ACCUMULO PERCOLATO NELLE CONDIZIONI ECCEZIONALI	25



TABELLA 9 - PARAMETRI GEOTECNICI DI RESISTENZA AL TAGLIO CARATTERISTICI E FATTORIZZATI CON I COEFFICIENTI γ_M	58
---	----

TAVOLE

TAVOLA T01 - Corografia

TAVOLA T02 – Planimetria catastale

TAVOLA T03 – Planimetria stato attuale

TAVOLA T04 – Planimetria generale con individuazione degli interventi di messa in sicurezza

TAVOLA T05 – Planimetria stato di progetto quote rifiuti

TAVOLA T06 – Planimetria stato di progetto capping MISP (vasca vuota)

TAVOLA T07 – Planimetria stato finale MISP (vasca piena)

TAVOLA T08 – Planimetria generale ripristino ambientale

TAVOLA T09 – Sezioni da 1 a 6

TAVOLA T10 – Sezioni A e B

TAVOLA T11 – Sezioni C e D

TAVOLA T12 – Sezioni E, F e G

TAVOLA T13 – Pacchetti di chiusura/separazione

TAVOLA T14 – Particolari costruttivi

TAVOLA T15 – Sistema di estrazione percolato

1. **PREMESSA**

Il presente progetto esecutivo fornisce i dettagli tecnici e descrittivi relativi agli interventi di **messa in sicurezza permanente (MISP)** dell'area denominata *ex-Cava Paterno*, ubicata nel Comune di Vaglia (FI), sulla base della proposta progettuale esaminata e condivisa in sede di **Conferenza dei Servizi** indetta con nota prot. 10/3-82 del 15/07/2025 e svoltasi in data 01/08/2025.

La Struttura Commissariale è subentrata al Comune di Vaglia, ai sensi dell'**Atto integrativo dell'Accordo per la realizzazione degli interventi di bonifica e ripristino ambientale dei siti orfani in Toscana** (art. 7 del Piano d'Azione – DM 4 agosto 2022), sottoscritto il 28/02/2025 dal Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica, dalla Regione Toscana e dal Commissario Unico Gen. B. Giuseppe Vadalà, registrato dalla Corte dei Conti al n. 1097 del 20/03/2025.

L'intervento è finanziato nell'ambito del **PNRR – Missione 2, Componente 4, Investimento 3.4 ("Bonifica suolo siti orfani")**, che prevede il conseguimento del target consistente nel **recupero di almeno il 70% delle superfici interessate entro marzo 2026**.

Il parere regionale del 31/07/2025 ha espresso esito favorevole con **osservazioni da recepire**, tra cui:

- la puntuale definizione delle superfici effettivamente concorrenti al target PNRR;
- l'aggiornamento delle particelle catastali;
- la precisazione delle risistemazioni finali e degli interventi di regimazione idraulica;
- il dimensionamento della vasca di stoccaggio confinata per rifiuti non pericolosi;
- la predisposizione di un piano di collaudo dell'intervento e delle verifiche in corso d'opera.

Il presente progetto esecutivo recepisce integralmente tali prescrizioni.

2. CRITERI DI PROGETTAZIONE

La progettazione esecutiva degli interventi di messa in sicurezza permanente (MISP) del sito orfano "ex-Cava Paterno" è stata sviluppata in conformità al quadro normativo vigente in materia di bonifiche (Parte IV, Titolo V del D.Lgs. 152/2006 e s.m.i.), e tenendo come riferimento tecnico le Linee guida ISPRA e le principali norme tecniche di settore (D.Lgs. 36/2003 per sistemi di copertura delle discariche, D.M. 127/2024 per il recupero di rifiuti inerti, norme UNI/EN di settore) utilizzate come indirizzi progettuali di buona pratica.

L'obiettivo primario del progetto è garantire la **messa in sicurezza permanente delle sorgenti di contaminazione individuate** all'interno del sito, attraverso interventi di isolamento e stabilizzazione, unitamente alla regimazione delle acque meteoriche e al ripristino ambientale e paesaggistico delle aree interessate.

Il progetto recepisce integralmente le **osservazioni formulate dalla Regione Toscana** nella Conferenza dei Servizi del 01/08/2025, tra cui la necessità di:

- precisare le superfici effettive ai fini del target PNRR;
- aggiornare e dettagliare la perimetrazione catastale;
- definire le risistemazioni finali e le opere idrauliche di drenaggio;
- dimensionare la vasca di stoccaggio confinata;
- allegare un piano di collaudo dell'intervento e delle verifiche in corso d'opera.

2.1 CRITERI DI SICUREZZA, DURABILITÀ E MANUTENZIONE

Gli interventi previsti sono stati concepiti con criteri di **massima sicurezza** per la salute pubblica e l'ambiente, tenendo conto sia delle caratteristiche intrinseche dei materiali presenti sia delle possibili vie di esposizione individuate nell'Analisi di Rischio.

I criteri adottati sono i seguenti:

- **Isolamento delle sorgenti di contaminazione:** realizzazione di un sistema di capping multi-strato in grado di ridurre al minimo l'infiltrazione delle acque meteoriche e limitare la lisciviazione dei contaminanti.
- **Regimazione idraulica:** realizzazione di fossi di guardia, canalizzazioni e sistemi drenanti per intercettare e convogliare le acque superficiali, prevenendo il percolamento e la destabilizzazione delle scarpate.

- **Stabilità geotecnica e morfologica:** rimodellamento dei depositi per conferire pendenze stabili e compatibili con l'inserimento ambientale, secondo verifiche di stabilità globale e locale.
- **Durabilità dei materiali impiegati:** utilizzo di geosintetici e strati impermeabili conformi agli standard UNI/EN, con vita utile attesa superiore a 30 anni.
- **Manutenzione programmata:** che dovrà prevedere
 - ispezioni periodiche dello stato del capping e delle opere idrauliche;
 - manutenzione delle canalizzazioni e delle coperture vegetali;
 - monitoraggio piezometrico decennale (campionamenti semestrali nei primi 2 anni, poi annuali).

In tal modo si garantisce che l'opera mantenga nel tempo le proprie prestazioni di sicurezza e funzionalità, riducendo al minimo gli interventi correttivi futuri.

2.2 SCELTE PROGETTUALI IN RELAZIONE AL CONTESTO E AI VINCOLI

Le soluzioni progettuali adottate sono il risultato di un bilanciamento tra esigenze di tutela ambientale, vincoli urbanistici, caratteristiche geomorfologiche e disponibilità finanziarie PNRR.

a) Contesto territoriale e ambientale

- **Inserimento paesaggistico:** le scarpate e le aree rimodellate saranno rinaturalizzate con coperture vegetali e tecniche di ingegneria naturalistica, in linea con la classificazione urbanistica post-bonifica (*zona agricola speciale E1*).
- **Tutela della risorsa idrica:** la falda freatica, posta a >3 m dal fondo dei rifiuti, sarà protetta dall'infiltrazione di acque meteoriche mediante il pacchetto impermeabile e il sistema drenante.
- **Gestione rifiuti e sottoprodotti:** i rifiuti non pericolosi saranno collocati in una vasca confinata; eventuali materiali pericolosi saranno avviati a impianti autorizzati. È escluso il trattamento in sito con impianti mobili se non conforme alle autorizzazioni e alle prescrizioni regionali.

b) Vincoli normativi e procedurali

- **Normativa ambientale:** rispetto del D.Lgs. 152/2006 (artt. 242, 248, 253), con obbligo di collaudo tecnico e verifica dell'efficacia degli interventi.
- **Vincoli urbanistici:** destinazione agricola speciale E1 dopo bonifica, che ha orientato le scelte verso soluzioni di ingegneria naturalistica.
- **PNRR – Misura M2C4 I.3.4:** necessità di certificare il raggiungimento del target di recupero >70% della superficie bonificata entro marzo 2026.



c) Motivazioni delle scelte

- La **messa in sicurezza permanente** con capping multistrato è risultata la soluzione più efficace e sostenibile in termini tecnico-economici, rispetto all'alternativa di rimozione totale dei materiali, che avrebbe comportato costi e impatti elevati.
- L'adozione di **fossi di guardia aggiuntivi** sulle gradonature, come raccomandato dalla Regione, consente di ridurre ulteriormente i rischi di infiltrazione e erosione.
- La demolizione dei fabbricati sarà condotta in sicurezza, con gestione dei materiali conforme al D.M. 127/2024 e alle autorizzazioni rifiuti regionali.

3. ATTIVITÀ IN PROGETTO

3.1 SUPERFICI OGGETTO DEGLI INTERVENTI E TARGET PNRR

Gli interventi di progetto si articoleranno sulle varie aree del sito in fasi distinte, ma interconnesse fra loro sulla base delle evidenze rilevate e delle tempistiche di lavoro. Al fine del raggiungimento del target PNRR (recupero $\geq 70\%$ delle superfici interessate) si provvederà a completare gli interventi di progetto su circa 27.000 mq, rispetto alla superficie totale di 38.380 mq, entro marzo 2026.

3.2 INTERVENTI PREVISTI NELL'“AREA MORFOLOGICAMENTE RIMANEGGIATA”

3.2.1 PREMESSA TECNICA

L'area oggetto di intervento è interessata dalla presenza di **cumuli eterogenei di rifiuti**, in parte interrati e in parte abbancati in superficie, riconducibili a materiali di riporto, miscele di terre contaminate, residui da lavorazioni industriali e scarti da escavazione.

Tale deposito, privo di confinamento e protezioni, rappresenta una **sorgente potenziale di contaminazione**, principalmente per effetto:

- del **dilavamento delle acque meteoriche attraverso i rifiuti**, con possibile formazione di lisciviati e migrazione verso la falda;
- del **ruscellamento superficiale**, che potrebbe veicolare contaminanti verso aree limitrofe.

In base agli esiti delle indagini piezometriche, la **falda acquifera più superficiale si colloca a profondità tali da non interagire direttamente** con i rifiuti presenti, il che consente l'adozione di interventi di **messa in sicurezza permanente mediante capping**, limitando così la necessità di escavazioni generalizzate. Si premette che per l'attuazione degli interventi previsti è necessario effettuare un'attività preliminare di **disboscamento, decespugliamento e sfalcio** su tutta l'area in modo da poter consentire l'accesso dei macchinari e le attività.

3.2.2 LAVORI PREPARATORI: DISBOSCAMENTO, DECESPUGLIAMENTO E DECEPPAMENTO

Tutta l'area direttamente interessata dai lavori dovrà preventivamente essere resa libera dalla vegetazione e dalle ceppaie.

I materiali che ne derivano saranno recuperati come legname.

3.2.3 LAVORI PREPARATORI: CAPISALDI

Dopo l'eliminazione della vegetazione, verranno piazzati i necessari capisaldi in aree non interessate direttamente dai lavori. Il sistema servirà alla gestione dei lavori e per l'ubicazione delle opere.

3.2.4 ZONA SOMMITALE EX CAVA

I rifiuti provenienti dall'area sommitale dell'ex cava, che non risultano conformi alla caratterizzazione, saranno portati a valle in area di deposito temporaneo (individuata ad hoc) oppure avviati nell'area 2 oppure smaltiti nel caso risultino rifiuti pericolosi.

A livello preliminare è stato considerato un quantitativo di materiale di scavo pari a circa 60 mc.

3.2.5 AREA 1 – RIMOZIONE RIFIUTI E RIMODELLAMENTO

Nella Tavola T04 - "*Planimetria generale con individuazione degli interventi di messa in sicurezza*" è rappresentata in color arancio l'Area 1. In tale area si prevede di rimuovere la fonte primaria di contaminazione, ovvero il rifiuto misto presente, fino al raggiungimento del substrato naturale in posto (terreno geogenico alterato o indisturbato).

Il materiale rimosso verrà poi ridistribuito in quella che è stata definita Area 2, oggetto di rimodellazione morfologica e successivo capping.

A seguito degli scavi, l'Area 1 diverrà oggetto di sistemazione morfologica con regolarizzazione delle superfici e realizzazione di opportune pendenze per favorire il deflusso superficiale delle acque meteoriche verso gli impluvi di raccolta dedicati.

L'immagine seguente mostra il posizionamento dei sondaggi eseguiti nel 2024 per la caratterizzazione del sito in esame; nello specifico quelli distribuiti in Area 1:

- S12
- S13
- S14PZ4
- S27PZ9

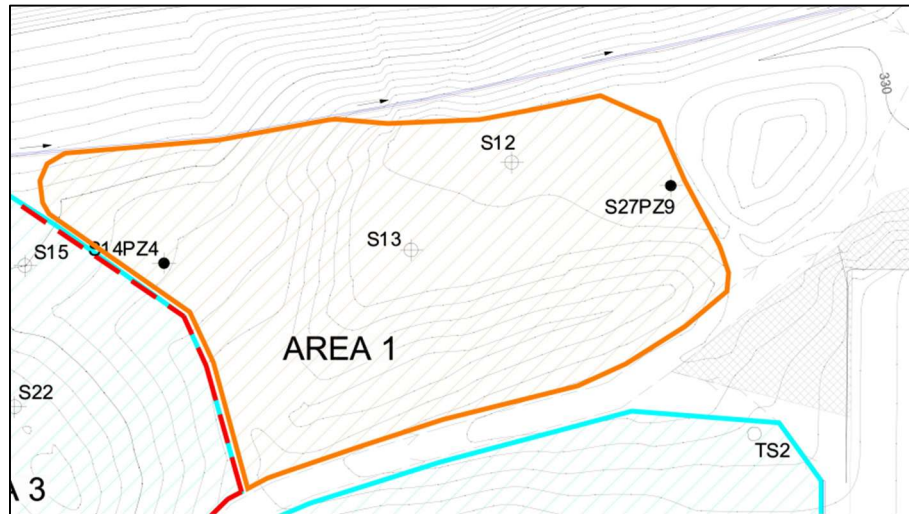


FIGURA 1 - AREA 1 DI INTERVENTO

Dalle analisi condotte la presenza di rifiuto è risultata in tutti i sondaggi ad eccezione di S14PZ4.

Di seguito la tabella riassuntiva delle stratigrafie prodotte per ogni sondaggio.

Sondaggio	Rifiuto	Profondità del rifiuto dal pc
S12	Rifiuto di produzione calce di colore bianco (scarto di cava)	2,00 – 3,00 m
S13	Rifiuto di colore marrone chiaro e strie di colore grigio scuro	2,15 – 3,00 m
S14PZ4	<i>Nessun rifiuto rilevato</i>	-
S27PZ9	Rifiuto calcareo derivato dallo scarto di produzione di cava	2,00 – 2,70 m

TABELLA 1 – INDIVIDUAZIONE DELLA QUOTA DI SCAVO DELL'AREA 1

Con l'obiettivo di rimuovere il rifiuto presente, le caratteristiche dell'escavazione in Area 1 si baseranno sulle risultanze sopra riportate, salvo evidenze particolari o contraddittorie rilevate in campo.

Le analisi condotte sul sondaggio S12 hanno identificato un'alterazione del materiale in sito immediatamente al di sotto dello strato di rifiuto. Nello specifico, è stata rilevata una contaminazione per idrocarburi superiore alle CSC tra 3,30 e 3,90 m (si veda in merito "*Stratigrafie delle perforazioni, Piano di Caratterizzazione Ex Cava Paterno*", dicembre 2024, Terre e Opere Srl). Di seguito si riporta la fotografia della cassetta 0-5 m del sondaggio S12.



FIGURA 2 - SONDAGGIO S12

Al di sotto dello strato di calce risulta ben visibile una porzione di marne grigio-scure fortemente alterate, la quale si estende, sulla base di quanto riportato in fotografia, fino ad oltre i 4 metri di profondità.

Nonostante l'Analisi di Rischio abbia determinato il completo rispetto degli obiettivi di bonifica individuati dalle CSR in tutto il sito – quindi anche in corrispondenza del sondaggio S12 - si ritiene necessario bonificare l'area corrispondente al sondaggio S12 sia dai rifiuti di riporto che dalla contaminazione rilevata.

Si andrà quindi a realizzare uno scavo nell'intorno della posizione del sondaggio S12 per una profondità di circa 4,5 m dal piano campagna, salvo diverse evidenze che potranno emergere in fase di scavo, per un volume di materiale rimosso pari a circa 125 mc.

Il quantitativo complessivo di rifiuti rimosso in Area 1 verrà trasferito in Area 2 per la sua redistribuzione ai fini del rimodellamento morfologico.

Per la verifica della riuscita dell'intervento attuato e della qualità ambientale del terreno in posto, le linee guida prevedono il prelievo di campioni di pareti e fondo scavo.

Ai fini della regolarizzazione delle superfici in Area 1 si prevede di riutilizzare il materiale movimentato in sito proveniente dalle aree in cui non sono stati rinvenuti rifiuti, con l'obiettivo di creare pendenze adeguate alla regimazione delle acque. Nello specifico, per il riempimento dello scavo realizzato in corrispondenza del sondaggio S12, si ipotizza di utilizzare il terreno proveniente dall'area immediatamente ad est dell'Area 1, nello stato attuale individuata ad una quota superiore di circa 4 m rispetto alla quota di scavo.

Infine, come ultimo intervento in Area 1, è previsto il ripristino superficiale mediante tecniche di ingegneria naturalistica, come inerbimento e piantumazione di arbusti con apparato radicale ridotto, al fine di ridurre il più possibile fenomeni di erosione e dispersione.

3.2.6 AREA 2 – RIMODELLAMENTO E CAPPING

Questa porzione del sito è caratterizzata da abbancamenti di rifiuti di **notevole spessore**, ma posti a significativa distanza dalla falda. Pertanto, è previsto un intervento di **messa in sicurezza permanente**, articolato come segue:

- **Rimodellamento superficiale** dell'abbancamento esistente, mediante redistribuzione dei rifiuti (anche provenienti da Area 1), al fine di ottenere un profilo uniforme e adatto alla realizzazione del sistema di copertura;
- **Realizzazione di capping multistrato**, progettato con riferimento ai principi tecnici di buona pratica riportati nel D.Lgs. 36/2003 per i sistemi di copertura finale delle discariche chiuse, richiamato quale riferimento tecnico non cogente ma ritenuto idoneo ai fini della definizione delle soluzioni progettuali (si veda in merito la tavola T13 "*Pacchetti di chiusura/separazione*"):
 - strato di regolarizzazione;
 - strato impermeabile;
 - strato drenante per la raccolta delle acque meteoriche;
 - strato di copertura vegetale per il reinserimento paesaggistico (in corrispondenza della viabilità interna tale strato è sostituito da materiali inerti idonei a realizzare il piano stradale).
- Contestuale **realizzazione di una rete di drenaggio superficiale**, integrata al capping, per la **captazione e regimazione delle acque meteoriche**, da convogliare verso il sistema di allontanamento già presente in situ.

3.2.6.1 MOVIMENTAZIONE DEI RIFIUTI

Il materiale in loco dovrà essere in parte spostato per realizzare la morfologia di progetto rappresentata nella tavola T05 "*Planimetria stato di progetto quote rifiuti*".

I volumi di materiale da movimentare (compreso quelli dell'Area 1) sono stati definiti in sede progettuale in quanto sono compresi tra la morfologia attuale, rilavata tramite rilievo topografico eseguito nell'Agosto 2025 e la morfologia di progetto ben definita.

Il volume totale dei materiali da scavare è pari a circa 12.800 mc.

Il volume disponibile, al netto delle coperture, secondo la morfologia di progetto è di circa 12.800 mc.

Eventuali adeguamenti, eventualmente necessari in sede di cantiere, potranno essere fatti in sede di Direzione Lavori aumentando leggermente le pendenze di monte.

La movimentazione del materiale, considerando le limitate distanze da percorrere, potrà avvenire con escavatore, con o senza l'ausilio di autocarro, ed in parte mediante spostamento diretto con una ruspa.

In ogni caso i rifiuti movimentati devono essere messi a dimora cominciando dalla realizzazione della strada perimetrale la "vasca rifiuti – Area 3" e colmando la depressione al piede della parete di cava per strati successivi di limitato spessore (massimo 30 cm), ben compattati mediante un compattatore a rullo a piedi di capra, tramite ripetuti passaggi su ogni punto (almeno n. 2 passaggi in avanti e n. 2 indietro), fino al raggiungimento della densità richiesta, e modellati subito secondo la morfologia di progetto.

Il rilevato deve essere modellato secondo la morfologia di progetto, rispettando le pendenze e le quote indicate nei disegni esecutivi, si rimanda in particolare agli elaborati grafici T05, T06, T09, T10, T11, T12 e T13.

Devono essere effettuate verifiche periodiche durante l'esecuzione per assicurare la conformità alle specifiche progettuali, utilizzando strumenti di misura adeguati (livelle, stazioni totali, etc.).

3.2.6.2 COPERTURA DELL'AMMASSO

La morfologia di progetto prevede pendenze ottimali per evitare il ristagno delle acque meteoriche ed il loro allontanamento nel sistema di drenaggio superficiale, per cui la copertura tecnica dell'ammasso sull'Area 2 ai fini della MISP sarà di 3 tipologie diverse (si veda in merito la tavola T13 "Pacchetti di chiusura/separazione"):

- A. pacchetto di chiusura aree in pendenza
- B. pacchetto di chiusura pista carrabile
- C. fondo vasca rifiuti

Il D.lgs. 36/03 e s.m.i (utilizzato come riferimento tecnico non cogente) per la *Copertura superficiale finale* prevede che "particolari soluzioni progettuali, opportunamente motivate, nella realizzazione della copertura finale delle scarpate laterali, potranno essere autorizzate dall'Autorità competente a condizione che garantiscano una protezione e una funzione equivalenti".

Per il pacchetto di copertura definitiva è previsto l'utilizzo di materiali sintetici in sostituzione di materiali naturali, garantendo una protezione equivalente (si veda in merito i contenuti del Capitolo 4).

Pacchetto di chiusura aree in pendenza

La copertura delle aree in pendenza sarà realizzata mediante una struttura multistrato costituita, dal basso verso l'alto, dai seguenti strati:

- 1- strato di regolarizzazione avente la funzione di permettere la corretta messa in opera degli strati sovrastanti;
- 2- tessuto non tessuto gr.800/mq di separazione;
- 3- geocomposito bentonitico con spessore ≥ 7 mm, massa di bentonite ≥ 5.000 g/m², permeabilità $\leq 2,8 \times 10^{-11}$ m/s (es. Macline GCL W20 o equivalente)
- 4- geomembrana in HDPE dello spessore di 1,5 mm (es. Macline RMH 100 o equivalente), saldabile in continuità;
- 5- geocomposito per drenaggio delle acque meteoriche costituito da un nucleo drenante in racchiusa in due fogli di geotessile non tessuto, spessore minimo mm. 5 e massa areica min. 600 gr/mq (es. Macdrain W1061 o equivalente);
- 6- rete antierosione con funzione grimpante costituita da geostuoia tridimensionale in poliammide accoppiata ad un geotessuto di rinforzo in poliestere;
- 7- strato superficiale di copertura con spessore = 100 cm, di cui i 30 cm più superficiali che favorisca lo sviluppo delle specie vegetali di copertura ai fini del piano di ripristino ambientale;
- 8- biostuoia antierosione.

Pacchetto di chiusura pista carrabile

In corrispondenza della pista carrabile di servizio il pacchetto di chiusura sarà integrato con idoneo rilevato e massiciata stradale, come segue:

- 1- strato di regolarizzazione avente la funzione di permettere la corretta messa in opera degli strati sovrastanti;
- 2- tessuto non tessuto gr.800/mq di separazione;
- 3- strato minerale compattato in argilla dello spessore $s = 50$ cm e di conducibilità idraulica $\leq 10^{-8}$ m/s;
- 4- geomembrana in HDPE dello spessore di 1,5 mm saldabile in continuità;
- 5- geocomposito per drenaggio delle acque meteoriche costituito da un nucleo drenante in racchiusa in due fogli di geotessile non tessuto, spessore minimo mm. 5 e massa areica min. 600 gr/mq;
- 6- rilevato stradale in terreno arido di spessore = 50 cm;
- 7- fondazione stradale in inerte 40/70 di spessore = 30 cm;
- 8- superficie di transito in inerte 12/22 di spessore = 20 cm.

Fondo vasca rifiuti

Per le aree ricadenti nella "vasca rifiuti" il pacchetto di fondo avente anche la funzione di separazione dai rifiuti sottostanti è riportato al paragrafo successivo.



3.2.7 AREA 3 – VASCA DI STOCCAGGIO CONFINATA PER RIFIUTI NON PERICOLOSI NON BIODEGRADABILI

All'interno di Area 2 è prevista la realizzazione di un comparto dedicato (**Area 3**) destinato al **conferimento temporaneo e confinato dei rifiuti non pericolosi attualmente presenti nella ex-area produttiva per una volumetria di circa 2.500 mc.**

L'intervento prevede la **realizzazione di una vasca impermeabilizzata**, mediante scavo e modellazione del fondo su cui verrà posato un pacchetto di impermeabilizzazione.

Nelle zone di fondo (pendenza < 10%) la barriera multistrato sarà costituita da (dal basso verso l'alto):

- 1- strato di regolarizzazione;
- 2- tessuto non tessuto gr.800/mq di protezione;
- 3- geocomposito bentonitico + geomembrana impermeabile in HDPE di spessore 1,5 mm;
- 4- strato minerale compattato di argilla di spessore 1,0 m e conducibilità idraulica $k \leq 10^{-9}$ m/s
- 5- geomembrana impermeabile in HDPE di spessore 3 mm;
- 6- tessuto non tessuto gr.800/mq di protezione;
- 7- strato drenante in inerte 40/70 di spessore 0,5 m;

Nelle zone di sponda (pendenza $\geq 10\%$), ovvero per le superfici in cui non è prevista la formazione di un battente di percolato, la barriera multistrato sarà costituita da geosintetici in equivalenza allo strato 1 "*barriera geologica naturale*"; allo strato 2 a) "*strato di impermeabilizzazione artificiale*". Quindi sarà costituita da (dal basso verso l'alto):

- 1- strato di regolarizzazione;
- 2- tessuto non tessuto gr.800/mq di protezione;
- 3- geocomposito bentonitico + geomembrana impermeabile in HDPE di spessore 1,5 mm;
- 4- geocomposito bentonitico + geomembrana impermeabile in HDPE di spessore 1,5 mm;
- 5- geomembrana impermeabile in HDPE di spessore 3,0 mm;
- 6- tessuto non tessuto gr.800/mq di protezione;
- 7- strato drenante in inerte 40/70 di spessore 0,5 m (geocomposito drenante se la pendenza è $> 30^\circ$).

La vasca sarà quindi fisicamente separata dai rifiuti e dai terreni sottostanti e funzionerà anche da barriera di copertura (capping) per il materiale residuo presente in sito;

A completamento della vasca sarà realizzato un argine di valle in argilla attestato sul setto di valle in cemento armato, a contenimento statico e idraulico del sistema vasca e sarà realizzato un pozzo per la raccolta dei fluidi di percolazione.

Una volta completato il conferimento, anche l'Area 3 sarà coperta con sistema di capping analogo a quello di Area 2.

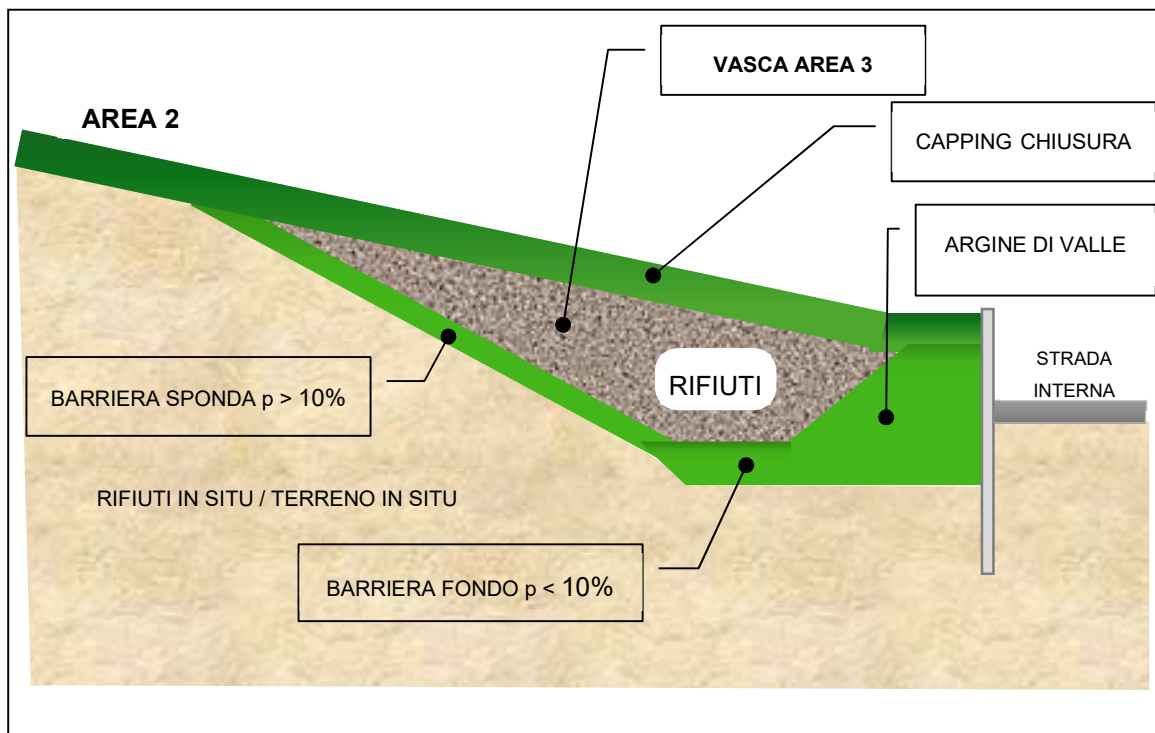


FIGURA 3 – SEZIONE SCHEMATICA AREA 3

3.2.7.1 MODALITÀ DI RACCOLTA DEL PERCOLATO

Il sistema-barriera di fondo della vasca rifiuti è costituito, come enunciato nel precedente paragrafo da un idoneo sistema di impermeabilizzazione/separazione avente la duplice funzione di chiusura e separazione dai rifiuti sottostanti, e dal sistema drenante con la funzione di convogliare le acque meteoriche ricadenti nella vasca, tramite tubazioni fessurate, verso il sistema di allontanamento.

La conformazione delle pendenze di fondo sarà strutturata in modo da consentire la realizzazione di un idoneo sistema di estrazione delle acque meteoriche nel periodo precedente all'inizio della coltivazione e di estrazione del percolato in fase di coltivazione del modulo con le modalità che saranno illustrate di seguito.

Prima della posa dei rifiuti all'interno della vasca, le acque ivi ricadenti sono acque meteoriche non contaminate, pertanto potranno essere convogliate verso la vasca di raccolta di valle.

Con l'inizio della coltivazione delle volumetrie disponibili, le acque meteoriche ricadono sui rifiuti acquisendo lo status di percolato. Tale fluido sarà allontanato dalla vasca per gravità verso valle, mediante piping dedicato (tubazione in PEAD Dn200), e confluirà nei serbatoi di stoccaggio e sedimentazione di nuova realizzazione ed appositamente dedicati, in attesa di essere smaltito mediante autobotti in piattaforme esterne autorizzate o immesso in fognatura, se rispetta i limiti allo scarico stabiliti dall'ente gestore.

La vasca avrà pendenze di fondo (> 10%) verso lo sbarramento di valle, in particolare verso l'angolo nord-est in cui sarà posizionato il sistema di controllo ed estrazione.

Il sistema di drenaggio del percolato nella porzione in cui il fondo ha pendenze $\leq 30^\circ$ (17%) è assicurato da tubazioni drenanti in HDPE PN16 microfessurato - De200 i collettori principali e De160 i secondari - posizionate all'interno dello strato drenante di fondo costituito da materiale inerte dello spessore di 50 cm. Il materiale drenante sarà costituito da un aggregato grosso marcato CE (indicativamente ghiaia/pietrisco di pezzatura 16-64 mm), a basso contenuto di carbonati (< 35 %), lavato, con percentuale di passante al vaglio 200 ASTM <3%; con granulometria uniforme, con un coefficiente di appiattimento < 20 (secondo UNI EN 933-3) e diametro minimo $d > 4$ volte la larghezza delle fessure del tubo di drenaggio.

Le tubazioni in HDPE PN16 sono state adottate in ragione delle loro elevate prestazioni meccaniche e della comprovata resistenza agli agenti chimici tipici di un'ambiente a contatto con rifiuti.

In particolare, la classe PN16 assicura un'elevata resistenza a schiacciamento, tale da garantire la portanza rispetto ai carichi verticali esercitati dai materiali sovrastanti (strati drenanti, barriera geosintetica e rifiuti conferiti), nonché dalle azioni di esercizio e manutenzione.

La scelta è giustificata anche in relazione alla verifica a schiacciamento delle condotte, in quanto la classe di pressione adottata assicura che le deformazioni dell'anello rimangano entro i limiti ammissibili, mantenendo la funzionalità idraulica e la stabilità del sistema drenante nel lungo periodo.

Nelle aree in cui il fondo ha pendenze $> 30^\circ$ (17%) lo strato drenante sarà costituito da uno strato artificiale di spessore inferiore (geocomposito drenante) con capacità drenante equivalente e raccordato al sistema drenante del fondo.

È prevista la realizzazione di un punto di estrazione del percolato, funzionante a gravità che permetta di raccogliere il percolato ed avviarlo al sistema di stoccaggio, si rimanda alla tavola T15 "*Sistema di raccolta percolato*". Il sistema è costituito da una tubazione De 500 in HDPE, cieca sul fondo, atta a collettare quanto raccolto dal sistema di drenaggio costituito dalla rete di tubazioni drenanti. In uscita ad esso, per mezzo di una tubazione in HDPE da De200 le acque di percolazione vengono avviate verso il sistema di raccolta a valle che ne permette lo stoccaggio e la corretta gestione.

3.2.7.2 STIMA DELLA PRODUZIONE DI PERCOLATO

Per il calcolo della produzione potenziale di percolato della vasca, dovuto esclusivamente alle potenziali infiltrazioni meteoriche e non alla degradazione dei rifiuti in quanto sostanzialmente inerti, si utilizza la seguente formula del bilancio idrologico relativa ad una superficie unitaria:

$$\text{PERC} = P - ET - R_o - D_s$$

Indicando con PERC: produzione specifica di percolato con l'evento di pioggia P; P: altezza di pioggia caduta sulla superficie unitaria; ET acqua persa per evapotraspirazione; Ro: acqua persa per ruscellamento superficiale; Ds: capacità di campo.

Nella formulazione è stato trascurato il contributo di produzione dovuto al contenuto intrinseco di umidità dei rifiuti.

Si procede, quindi, al calcolo dei vari termini d'interesse con due ipotesi cautelative: trascurando la capacità di campo dei rifiuti e considerando la superficie di infiltrazione sia in condizioni sature.

Precipitazioni (P)

La valutazione del contributo dovuto alle precipitazioni è stata fatta con riferimento ai valori medi mensili ottenuti dall'analisi delle serie storiche (2004-2024) delle precipitazioni registrate dalla stazione di Vaglia [TOS01000941] riportate nella tabella sottostante.

Pioggia	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC	Pioggia cumulata annuale [mm]
media mensile P [mm]	104,1	109,0	99,1	66,3	77,5	44,6	24,7	41,4	81,9	111,3	158,9	134,4	1.053,2

TABELLA 2 - PRECIPITAZIONI MEDIE MENSILI

Evapotraspirazione (ET)

Il termine di evapotraspirazione è stato calcolato attraverso il metodo di Thornthwaite, mediante la relazione:

$$ET = 16 \left(10 \frac{T}{I} \right)^\alpha$$

dove: ET è l'altezza di evapotraspirazione mensile [mm/mese]; T è la temperatura atmosferica media del mese considerato; I è l'indice termico annuale ottenuto dalla somma dei coefficienti mensili; α è un esponente che dipende da I.

Per quanto concerne le temperature medie mensili sono stati utilizzati i dati della stazione di Borgo San Lorenzo [TOS01000999] e Borgo San Lorenzo 2 [TOS11000017] nel periodo 2004-2024.

La temperatura media mensile è riportata nella seguente tabella.

Temperatura	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC
media mensile T [°C]	5,09	6,37	8,96	12,74	16,54	21,04	23,79	23,58	19,48	15,26	10,09	5,94

TABELLA 3 - TEMPERATURE MEDIE MENSILI

Da cui si ricava: $I = 64,50$; $\alpha = 1,51$

L'applicazione della formula di Thornthwaite conduce al calcolo dei valori della evapotraspirazione potenziale per ogni mese dell'anno medio.

Evotraspirazione potenziale	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC
<i>media mensile ETp [mm]</i>	11,18	15,71	26,27	44,69	66,21	95,20	114,63	113,06	84,80	58,67	31,45	14,13

TABELLA 4 - EVAPOTRASPIRAZIONE POTENZIALE

L'evapotraspirazione delle acque piovane è influenzata dalle caratteristiche del materiale di copertura impiegato, dal grado di copertura e dallo stato vegetativo delle piante. A suolo nudo, o nelle prime fasi di sviluppo delle piante, vi sarà solo evaporazione. Per cui si considera:

- vasca in coltivazione: $ET = 0$;
- superficie con copertura finale: $ET = 0,30 ETp$ per il terreno nudo; $ET = 0,90 ETp$ per il terreno vegetato.

Ruscigliamento superficiale (R_o)

Il ruscigliamento superficiale delle acque piovane è influenzato essenzialmente dalla morfologia del terreno, dalle caratteristiche del materiale di copertura impiegato e dalle modalità realizzative della copertura.

Il ruscigliamento superficiale è stato calcolato applicando al volume di pioggia P un coefficiente di deflusso c , differenziato per ciascun tipo di superficie e preso sulla base dei dati di letteratura ed esperienze in campo:

- superficie del modulo di coltivazione coefficiente di deflusso pari ad 0 (0%) (infiltrazione pari a 100% delle precipitazioni);
- superficie coperta definitivamente, coincidente con le aree esaurite e nelle quali è presente la copertura definitiva, coefficiente di deflusso c_d pari a 0,7 (70%).

3.2.7.3 STIMA DEL PERCOLATO PRODOTTO ANNUALMENTE DALLA VASCA RIFIUTI

Fase di gestione operativa

Nella fase gestionale si considera: S1 superficie scoperta = 1.800 mq; S2 copertura definitiva = 0 mq

Fase di gestione operativa														
	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC	TOT infiltr.	TOT percolato

														[mm/anno]	[mc/anno]
Pioggia media mensile (P) [mm]	104,1	109,0	99,1	66,3	77,5	44,6	24,7	41,4	81,9	111,3	158,9	134,4			
Superficie S1 [mq]	1.800														
ET mensile [mm]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00			
Ro su S1 [mm]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00			
P-ET-Ro su S1 [mm]	104,11	109,02	99,12	66,28	77,50	44,64	24,70	41,39	81,91	111,29	158,89	134,35	1.053,20	1.896	
TOTALE percolato															1.896

TABELLA 5 - STIMA PRODUZIONE DI PERCOLATO NELLA FASE DI GESTIONE OPERATIVA DELLA VASCA RIFIUTI

In **fase di coltivazione** la stima della produzione di percolato dovuta alla lisciviazione delle acque meteoriche è di circa **2.000 mc/anno**.

Fase di gestione post-operativa (primi anni)

Nella fase di gestione post operativa della vasca rifiuti tutta l'area sarà dotata di capping definitivo, per cui si considera un coefficiente di scorrimento superficiale unico di 0,7. S2 copertura definitiva = 1.800 mq

Risulta una stima produzione di percolato data dall'infiltrazione delle acque meteoriche pari a circa 320 mc/anno per i primi anni, considerando un limitato sviluppo vegetativo. La produzione si concentrerà nei mesi autunnali e invernali e nel periodo estivo potrà essere pressoché nulla.

Per tenere conto dell'imbibizione dei rifiuti e della progressiva perdita di umidità si considera che i **primi due anni** dalla chiusura la produzione di percolato sia superiore rispetto a quella stimata da modello di un 25%, ovvero circa **400 mc**. Nei **successivi tre anni** invece si assume un quantitativo di percolato pari a **320 mc** (circa 17% di infiltrazione).

Fase di gestione post-operativa – primi anni														
	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC	TOT infiltr. [mm/anno]	TOT percolato [mc/anno]
Pioggia media mensile (P) [mm]	104,1	109,0	99,1	66,3	77,5	44,6	24,7	41,4	81,9	111,3	158,9	134,4		
Superficie S2 [mq]	1.800													
ET mensile [mm]	3,35	4,71	7,88	13,41	19,86	28,56	34,39	33,92	25,44	17,60	9,43	4,24		
Ro su S2 [mm]	72,88	76,31	69,39	46,39	54,25	31,25	17,29	28,97	57,34	77,90	111,22	94,05		
P-ET-Ro su S2 [mm]	27,88	27,99	21,86	6,48	3,39	0,00	0,00	0,00	0,00	15,78	38,23	36,07	177,67	320
TOTALE percolato														320

TABELLA 6 - STIMA PRODUZIONE DI PERCOLATO NEI PRIMI ANNI DELLA FASE DI POST-GESTIONE DELLA VASCA RIFIUTI

Fase di gestione post-operativa – pieno sviluppo del materiale vegetativo

L'attuazione del ripristino ambientale e lo sviluppo del materiale vegetativo porteranno ad una diminuzione progressiva del contributo della precipitazione che può infiltrarsi all'interno dell'ammasso dei rifiuti e quindi di produzione del percolato. Si stima quindi, assumendo i seguenti parametri di calcolo (coefficiente di scorrimento superficiale unico di 0,7 ed $ET = 0,90 ETp$), una **produzione residua di percolato pari a circa 167 mc/anno** (circa 9% di infiltrazione). La produzione si concentrerà nei mesi autunnali e invernali e nel periodo estivo potrà essere pressoché nulla.

Fase di gestione post-operativa – pieno sviluppo materiale vegetativo														
	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC	TOT infiltr. [mm/anno]	TOT percolato [mc/anno]
Pioggia media mensile (P) [mm]	104,1	109,0	99,1	66,3	77,5	44,6	24,7	41,4	81,9	111,3	158,9	134,4		
Superficie S2 [mq]	1.800													
ET mensile [mm]	10,06	14,14	23,64	40,22	59,59	85,68	103,17	101,76	76,32	52,81	28,30	12,72		
Ro su S2 [mm]	72,88	76,31	69,39	46,39	54,25	31,25	17,29	28,97	57,34	77,90	111,22	94,05		
P-ET-Ro su S2 [mm]	21,17	18,57	6,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	19,36	27,59	92,79	167
													TOTALE percolato	167

TABELLA 7 - STIMA PRODUZIONE DI PERCOLATO NELLA FASE DI POST-GESTIONE DELLA VASCA RIFIUTI

3.2.7.4 DIMENSIONAMENTO DEI SISTEMI DI ACCUMULO PERCOLATO

La fase gestionale della vasca rifiuti avrà breve durata, pari alla messa in sicurezza dell'area ex-Cava Calce Paterno; l'area di cantiere sarà costantemente presidiata e sarà possibile un controllo assiduo delle produzioni di percolato e della programmazione dello smaltimento, evitando situazioni di criticità.

Viste le produzioni attese di percolato nella fase gestionale, si prevede di installare n. 2 nuovi serbatoi orizzontali in vetroresina da 50.000 litri, per una volumetria complessiva 100 mc, per i quali si prevede che circa 50% della volumetria utile sia lasciata libera per fronteggiare eventuali eventi meteorici straordinari e quindi si ha una volumetria di reale utilizzo di circa 50 mc.

Tale volumetria di stoccaggio è stata valutata ipotizzando il carico e smaltimento verso piattaforme esterne. Nel mese più piovoso (novembre) si ha una produzione media giornaliera di 9,5 mc/giorno e quindi in media circa 3 viaggi/settimana. Da considerare che l'allontanamento del percolato è modulabile ed il valore riportato è usuale e non critico per una scarica in fase gestionale.

Il valore determinato per la volumetria dello stoccaggio del percolato (al netto del 50%) è quindi adeguato a permettere la gestione della discarica in quanto permette un'autonomia di 5,3 giorni (= 50 [mc]/9,5 [mc/g]).

In fase di post gestione, per valutare la situazione di produzione eccezionale di percolato, si considera l'evento meteorico più intenso (altezza di pioggia cumulata giornaliera massima) registrato dal pluviometro di riferimento (stazione di Vaglia [TOS01000941]) e quindi la produzione di percolato dalla superficie dotata di copertura (S2), con un'infiltrazione pari a 17% delle precipitazioni.

	Dati	TOT percolato [mc]
MODULO IN COLTIVAZIONE		
Evento meteorico più intenso	02/11/2023	
Altezza di pioggia cumulata [mm]	113	
Tasso di infiltrazione medio [%]	17	
Superficie con copertura definitiva S2 [mq]	1.800	
Percolato prodotto su S2 Perc_crit [mc]		35
Volume di sicurezza serbatoio di accumulo [mc]		35

TABELLA 8 - VERIFICA DEL SISTEMA DI ACCUMULO PERCOLATO NELLE CONDIZIONI ECCEZIONALI

La volumetria prevista per i serbatoi risulta adeguata.

Caratteristiche dei n. 2 serbatoi orizzontali con selle in PRFV

Serbatoio cilindrico orizzontale, fondi bombati, con selle in PRFV, realizzato in vetroresina PRFV della capacità geometrica 50 m³. Dimensioni interne Ø 3.000 mm, lunghezza totale 7.690 mm. Esecuzione secondo EN 13121-3.

Liner in resina Bisfenolica o Vinilestere. Finitura traslucida con UV-absorber.

Condizioni operative: pressione atmosferica, temperatura ambiente.

Condizioni ambientali: T = 0÷50°C.

Pressione interna di esercizio: battente del liquido.

Completo di: passo d'uomo superiore, sfiato libero ricurvo DN 50, nr. 2 attacchi flangiati DN 200 per ingresso/uscita, attacchi per collegamento idraulico fra i 2 serbatoi, targa dati inserita nello stratificato, anelli di sollevamento, staffe di ancoraggio selle, indicatore di livello, fascia tarata, a scelta della Direzione dei Lavori, documentazione di progetto, certificati dei materiali, controlli e collaudi.

I n. 2 serbatoi dovranno essere collegati idraulicamente fra loro.

I serbatoi saranno alloggiati in un bacino di contenimento in c.a. (si veda in merito la tavola T15 "*Sistema di estrazione percolato*") di pianta rettangolare di dimensioni 10 x 8 metri, con muro laterale fuoriterza di altezza 0,70 m.

Pendenza del fondo 1–2% verso pozzetto di raccolta, in c.a.v 50 x 50 cm.

Configurazione con serbatoi affiancati (assi paralleli)

Calcolo ingombri interni bacino

- Lunghezza interna = $L + 2 \times \text{gioco terminale} = 7,690 + 1,3 + 0,7 = 9,630$ m arrotondato a **10 m**
- Larghezza interna = $2 \cdot D + \text{distanza fra serbatoi} + 2 \times \text{gioco laterale} = 2 \times 3,0 + 0,7 + 2 \times 0,7 = 6,000 + 0,7 + 1,4 = 8,1$ m arrotondato a **8 m**

Verifica bacino di contenimento

La capacità di un bacino di contenimento deve essere pari al volume del serbatoio più grande stoccato, oppure al 1/3 del volume totale dei serbatoi, e comunque non inferiore al volume del serbatoio più capiente. Quindi la volumetria minima è pari a 50 mc.

Area piano = $10,0 \times 8,0 = 80,0$ m²

Altezza utile minima per il contenimento considerando il volume 50 m³

- $H_{\min} = V / \text{area} = 50 / 80 = 0,63$ m

Volumi risultanti per H scelti

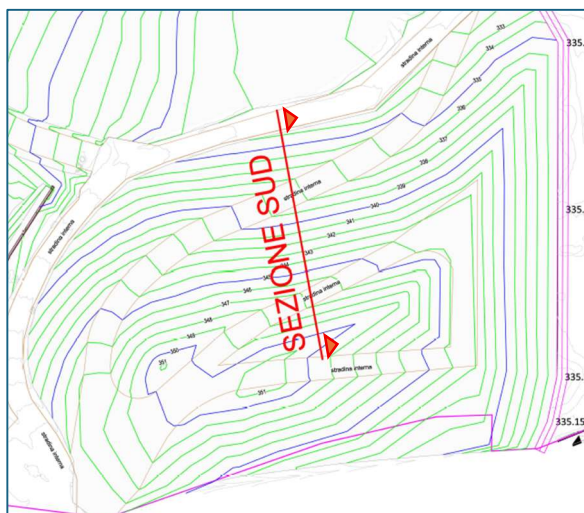
- $H = 0,70$ m $\rightarrow V = 80 \times 0,70 = 56$ m³ verificata

3.3 ANALISI DI STABILITÀ

3.3.1 STABILITÀ GLOBALE

La stabilità globale dell'area è stata valutata in relazione alle condizioni di rimodellamento dei rifiuti in situ ed a seguito delle operazioni di chiusura e messa in sicurezza, sia in condizioni statiche, che sismiche.

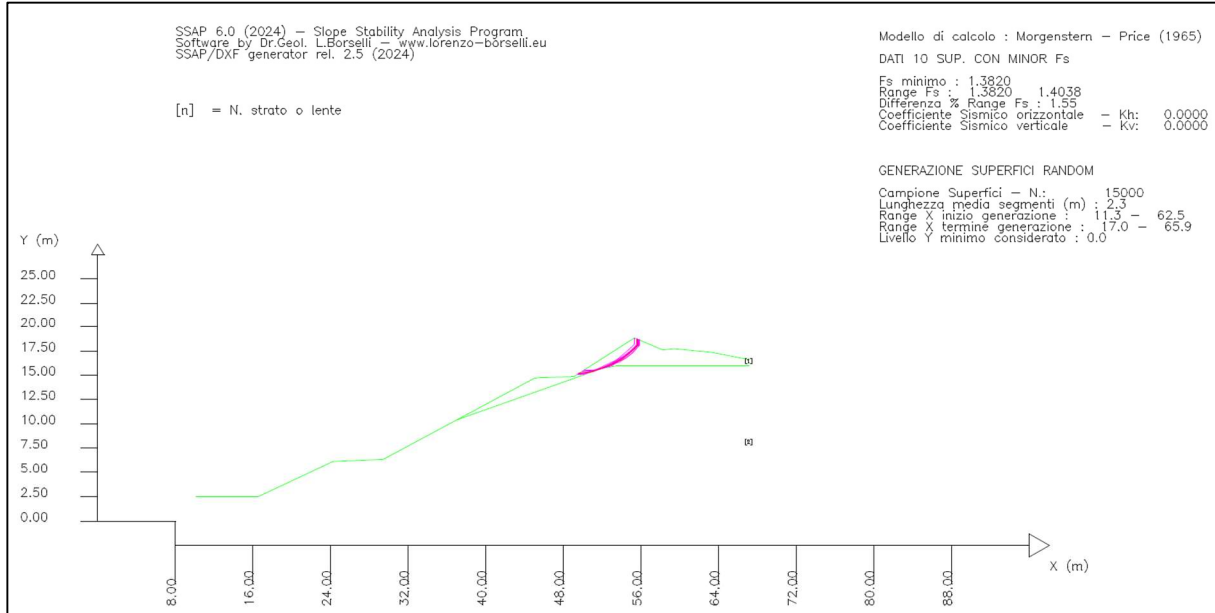
Di seguito le verifiche condotte mediante il software SSAP2010 sul profilo di capping che presenta le pendenze finali maggiori.



Versante	Stato	FS min
Sud	Rimodellamento rifiuti – condizione statica	1,38
	Rimodellamento rifiuti – condizione sismica	1,39
	Capping finale – condizione statica	1,39
	Capping finale – condizione sismica	1,39

3.3.1.1 SEZIONE SUD QUOTA RIFIUTI – CONDIZIONE STATICA

$FS_{MIN} = 1,38$



Report Generale Risultati di Verifica di stabilita'

SSAP 6.0 - Slope Stability Analysis Program (1991,2024)

WWW.SSAP.EU

Build No. 14533

BY

Dr. Geol. LORENZO BORSELLI

UASLP, San Luis Potosi, Mexico

e-mail: lborselli@gmail.com

CV e WEB page personale: WWW.LORENZO-BORSELLI.EU

Ricercatore Associato CNR-IRPI, Perugia , Italia

Ultima Revisione struttura tabelle del report: 21 Maggio 2024

Modello pendio: Sez_sud.mod

----- PARAMETRI DEL MODELLO DEL PENDIO -----

__ PARAMETRI GEOMETRICI - Coordinate X,Y (in m) __

SUP T.		SUP 2		SUP 3		SUP 4	
X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
10.14	2.50	36.99	10.39	-	-	-	-
16.54	2.52	51.91	15.68	-	-	-	-
24.27	6.12	53.41	15.95	-	-	-	-
29.41	6.33	67.07	15.96	-	-	-	-
36.99	10.39	-	-	-	-	-	-
44.99	14.68	-	-	-	-	-	-
45.58	14.78	-	-	-	-	-	-
49.04	14.86	-	-	-	-	-	-
55.29	18.86	-	-	-	-	-	-
58.23	17.60	-	-	-	-	-	-
59.39	17.74	-	-	-	-	-	-
63.25	17.36	-	-	-	-	-	-
67.07	16.64	-	-	-	-	-	-

-- ASSENZA DI FALDA --

----- PARAMETRI GEOMECCANICI DI PROGETTO RIDOTTI (ai sensi NTC2018/EC-7) - Riduzione attivata in Tutti gli Strati

	fi'	C'	Cu	Gamm	Gamm_sat	STR_IDX	sgci	GSI	mi	D
STRATO 1		21.32	4.00	0.00	18.00	18.00	1.646	0.00	0.00	0.00

STRATO 2 30.17 24.00 0.00 22.00 22.00 3.985 0.00 0.00 0.00 0.00

LEGENDA: fi' _____ Angolo di attrito interno efficace(in gradi)
C' _____ Coesione efficace (in Kpa)
Cu _____ Resistenza al taglio Non drenata (in Kpa)
Gamm _____ Peso di volume terreno fuori falda (in KN/m^3)
Gamm_sat _____ Peso di volume terreno immerso (in KN/m^3)
STR_IDX _____ Indice di resistenza (usato in solo in 'SNIFF SEARCH) (adimensionale)
---- SOLO Per AMMASSI ROCCIOSI FRATTURATI - Parametri Criterio di Rottura di Hoek et al.(2002)-
sigci _____ Resistenza Compressione Uniassiale Roccia Intatta (in MPa)
GSI _____ Geological Strenght Index ammasso(adimensionale)
mi _____ Indice litologico ammasso(adimensionale)
D _____ Fattore di disturbo ammasso(adimensionale)

NOTA BENE:

FATTORI DI RIDUZIONE NTC2018/EC-7: gammaPHI=1.25, gammaC=1.25 e gammaCu=1.4 - ATTIVATI (Per Tutti gli Srtati)
Ai sensi delle NTC2018/EC-7 i parametri di resistenza al taglio caratteristici sono stati ridotti
con i fattori riduttivi (tab. 6.2.II delle NTC 2018) per ottenere i parametri di progetto.
Nel caso di ammassi rocciosi fratturati, dai parametri sopra indicati in tabella,
relativi al criterio di rottura Hoek et al. (2002), sono stati ricavati i parametri equivalenti
geomeccanici CARATTERISTICI locali di resistenza al taglio dell'ammasso roccioso considerato (c',Phi')
tali parametri equivalenti sono stati infine RIDOTTI, per ricavare i valori di PROGETTO,
tramite i coefficienti parziali riduttivi, di cui alla tab. 6.2.II delle NTC 2018

----- INFORMAZIONI GENERAZIONE SUPERFICI RANDOM -----

*** PARAMETRI PER LA GENERAZIONE DELLE SUPERFICI

MOTORE DI RICERCA: RANDOM SEARCH - Siegel (1981)
FILTRAGGIO SUPERFICI : ATTIVATO
COORDINATE X1,X2,Y OSTACOLO : 0.00 0.00 0.00
LUNGHEZZA MEDIA SEGMENTI (m)*: 2.3 (+/-) 50%
INTERVALLO ASCISSE RANDOM STARTING POINT (Xmin .. Xmax): 11.28 62.52
LIVELLO MINIMO CONSIDERATO (Ymin): 0.00
INTERVALLO ASCISSE AMMESSO PER LA TERMINAZIONE (Xmin .. Xmax): 16.97 65.93
TOTALE SUPERFICI GENERATE : 15000

*NOTA IMPORTANTE: La lunghezza media dei segmenti non viene considerata nel caso
di uso del motore di ricerca NEW RANOM SEARCH

----- INFORMAZIONI PARAMETRI DI CALCOLO -----

METODO DI CALCOLO : MORGENSTERN - PRICE (Morgenstern & Price, 1965)
METODO DI ESPLORAZIONE CAMPO VALORI (lambda0,Fs0) ADOTTATO : A (rapido)
COEFFICIENTE SISMICO UTILIZZATO Kh : 0.0000
COEFFICIENTE SISMICO UTILIZZATO Kv (assunto Positivo): 0.0000
COEFFICIENTE c=Kv/Kh UTILIZZATO : 0.5000
FORZA ORIZZONTALE ADDIZIONALE IN TESTA (kN/m): 0.00
FORZA ORIZZONTALE ADDIZIONALE ALLA BASE (kN/m): 0.00

N.B. Le forze orizzontali addizionali in testa e alla base sono poste uguali a 0
durante le tutte le verifiche globali.
I valori >0 impostati dall'utente sono utilizzati solo in caso di verifica singola

----- RISULTATO FINALE ELABORAZIONI -----

DATI RELATIVI ALLE 10 SUPERFICI GENERATE CON MINOR Fs

X(m)	Y(m)	#Superficie N.1 - #FS_minimo #Fattore di sicurezza(FS)= 1.3820 #Lambda= 0.5207
49.601	15.216	
50.949	15.341	
52.697	15.992	
54.024	16.602	
55.361	17.748	
55.612	18.084	
55.612	18.718	

X(m)	Y(m)	#Superficie N. 2 #Fattore di sicurezza(FS)= 1.3871 #Lambda= 0.5109
49.572	15.198	
50.219	15.121	
51.191	15.518	
52.244	15.761	
53.432	16.271	
53.910	16.534	
54.379	16.704	
55.085	17.273	
55.818	18.078	

55.818 18.630

X(m) Y(m) #Superficie N. 3 #Fattore di sicurezza(FS)= 1.3888 #Lambda= 0.5319

49.471 15.133
51.137 15.430
52.829 16.074
54.411 17.006
55.548 18.111
55.548 18.745

X(m) Y(m) #Superficie N. 4 #Fattore di sicurezza(FS)= 1.3913 #Lambda= 0.5466

49.425 15.103
50.777 15.347
51.759 15.681
52.649 16.069
54.153 16.963
55.124 17.703
55.548 18.150
55.548 18.745

X(m) Y(m) #Superficie N. 5 #Fattore di sicurezza(FS)= 1.3934 #Lambda= 0.6564

49.919 15.420
51.069 15.393
53.023 16.221
54.585 17.466
55.125 18.036
55.292 18.228
55.292 18.855

X(m) Y(m) #Superficie N. 6 #Fattore di sicurezza(FS)= 1.3976 #Lambda= 0.5385

49.577 15.201
50.401 15.230
50.944 15.515
51.803 15.720
52.709 16.016
53.290 16.321
53.925 16.692
54.323 16.922
54.605 17.203
54.986 17.559
55.542 18.126
55.542 18.748

X(m) Y(m) #Superficie N. 7 #Fattore di sicurezza(FS)= 1.3994 #Lambda= 0.4936

50.122 15.549
50.471 15.475
50.877 15.484
51.318 15.527
52.041 15.714
52.864 15.982
53.339 16.220
53.741 16.349
54.475 16.840
54.804 17.069
55.234 17.429
55.768 18.037
55.768 18.651

X(m) Y(m) #Superficie N. 8 #Fattore di sicurezza(FS)= 1.4008 #Lambda= 0.5084

49.831 15.363
51.435 15.553
52.372 15.836
53.942 16.658
54.945 17.412
55.665 18.066
55.665 18.696

X(m) Y(m) #Superficie N. 9 #Fattore di sicurezza(FS)= 1.4038 #Lambda= 0.5721

49.388 15.080
50.053 15.036
51.197 15.520
52.923 16.351
53.904 16.758

54.931 17.480
55.688 18.098
55.688 18.686

X(m) Y(m) #Superficie N.10 #Fattore di sicurezza(FS)= 1.4038 #Lambda= 0.5696
50.085 15.526
51.294 15.512
51.971 15.748
52.984 15.979
53.796 16.551
54.646 17.115
55.330 17.759
55.681 18.140
55.681 18.689

----- ANALISI DEFICIT DI RESISTENZA -----

DATI RELATIVI ALLE 10 SUPERFICIE GENERATE CON MINOR FS *

Analisi Deficit in riferimento a FS(progetto) = 1.200

Sup N.	FS	FTR(kN/m)	FTA(kN/m)	Bilancio(kN/m)	ESITO
1	1.382	66.4	48.1	8.7	Surplus
2	1.387	70.9	51.1	9.6	Surplus
3	1.389	63.8	45.9	8.7	Surplus
4	1.391	61.7	44.3	8.5	Surplus
5	1.393	54.5	39.1	7.6	Surplus
6	1.398	62.9	45.0	8.9	Surplus
7	1.399	67.0	47.9	9.5	Surplus
8	1.401	63.5	45.3	9.1	Surplus
9	1.404	62.3	44.4	9.0	Surplus
10	1.404	63.5	45.3	9.2	Surplus

Esito analisi: SURPLUS di RESISTENZA!

Valore minimo di SURPLUS di RESISTENZA (kN/m): 7.6

Note: FTR --> Forza totale Resistente lungo la superficie di scivolamento
FTA --> Forza totale Agente lungo la superficie di scivolamento

IMPORTANTE! : Il Deficit o il Surplus di resistenza viene espresso in kN
per metro di LARGHEZZA rispetto al fronte della scarpata,
ovvero in kN/m

TABELLA PARAMETRI CONCI DELLA SUPERFICIE INDIVIDUATA CON MINOR FS

X (m)	dx (m)	alpha (°)	W (kN/m)	ru (-)	U (kPa)	phi' (°)	(c',Cu) (kPa)
49.601	0.125	5.29	0.08	0.00	0.00	21.32	4.00
49.726	0.125	5.29	0.23	0.00	0.00	21.32	4.00
49.852	0.125	5.29	0.39	0.00	0.00	21.32	4.00
49.977	0.125	5.29	0.54	0.00	0.00	21.32	4.00
50.103	0.125	5.29	0.70	0.00	0.00	21.32	4.00
50.228	0.125	5.29	0.85	0.00	0.00	21.32	4.00
50.354	0.125	5.29	1.01	0.00	0.00	21.32	4.00
50.479	0.125	5.29	1.16	0.00	0.00	21.32	4.00
50.605	0.125	5.29	1.32	0.00	0.00	21.32	4.00
50.730	0.125	5.29	1.47	0.00	0.00	21.32	4.00
50.856	0.094	5.29	1.20	0.00	0.00	21.32	4.00
50.949	0.125	20.44	1.70	0.00	0.00	21.32	4.00
51.075	0.125	20.44	1.78	0.00	0.00	21.32	4.00
51.200	0.125	20.44	1.85	0.00	0.00	21.32	4.00
51.326	0.125	20.44	1.93	0.00	0.00	21.32	4.00
51.451	0.125	20.44	2.01	0.00	0.00	21.32	4.00
51.577	0.125	20.44	2.08	0.00	0.00	21.32	4.00
51.702	0.125	20.44	2.16	0.00	0.00	21.32	4.00
51.828	0.081	20.44	1.43	0.00	0.00	21.32	4.00
51.909	0.125	20.44	2.28	0.00	0.00	21.32	4.00
52.034	0.125	20.44	2.36	0.00	0.00	21.32	4.00
52.160	0.125	20.44	2.43	0.00	0.00	21.32	4.00
52.285	0.125	20.44	2.51	0.00	0.00	21.32	4.00
52.411	0.125	20.44	2.58	0.00	0.00	21.32	4.00
52.536	0.125	20.44	2.66	0.00	0.00	21.32	4.00
52.662	0.035	20.44	0.76	0.00	0.00	21.32	4.00
52.697	0.125	24.68	2.74	0.00	0.00	21.32	4.00
52.822	0.125	24.68	2.79	0.00	0.00	21.32	4.00
52.948	0.125	24.68	2.85	0.00	0.00	21.32	4.00
53.073	0.125	24.68	2.90	0.00	0.00	21.32	4.00

RELAZIONE ESECUTIVA DEL PROGETTO CAPPING

53.199	0.125	24.68	2.95	0.00	0.00	21.32	4.00
53.324	0.088	24.68	2.09	0.00	0.00	21.32	4.00
53.412	0.125	24.68	3.03	0.00	0.00	21.32	4.00
53.537	0.125	24.68	3.09	0.00	0.00	21.32	4.00
53.663	0.125	24.68	3.14	0.00	0.00	21.32	4.00
53.788	0.125	24.68	3.19	0.00	0.00	21.32	4.00
53.914	0.110	24.68	2.84	0.00	0.00	21.32	4.00
54.024	0.125	40.59	3.23	0.00	0.00	21.32	4.00
54.150	0.125	40.59	3.17	0.00	0.00	21.32	4.00
54.275	0.125	40.59	3.10	0.00	0.00	21.32	4.00
54.401	0.125	40.59	3.04	0.00	0.00	21.32	4.00
54.526	0.125	40.59	2.98	0.00	0.00	21.32	4.00
54.652	0.125	40.59	2.92	0.00	0.00	21.32	4.00
54.777	0.125	40.59	2.86	0.00	0.00	21.32	4.00
54.903	0.125	40.59	2.80	0.00	0.00	21.32	4.00
55.028	0.125	40.59	2.73	0.00	0.00	21.32	4.00
55.154	0.125	40.59	2.67	0.00	0.00	21.32	4.00
55.279	0.013	40.59	0.27	0.00	0.00	21.32	4.00
55.292	0.070	40.59	1.40	0.00	0.00	21.32	4.00
55.361	0.125	53.26	2.18	0.00	0.00	21.32	4.00
55.487	0.125	53.26	1.68	0.00	0.00	21.32	4.00

LEGENDA SIMBOLI

X(m) : Ascissa sinistra concio
dx(m) : Larghezza concio
alpha() : Angolo pendenza base concio
W(kN/m) : Forza peso concio
ru(-) : Coefficiente locale pressione interstiziale
U(kPa) : Pressione totale dei pori base concio
phi'() : Angolo di attrito efficace base concio
c'/Cu (kPa) : Coesione efficace o Resistenza al taglio in condizioni non drenate

TABELLA DIAGRAMMA DELLE FORZE DELLA SUPERFICIE INDIVIDUATA CON MINOR FS

X (m)	ht (m)	yt (m)	yt' (--)	E(x) (kN/m)	T(x) (kN/m)	E' (kN)	rho(x) (--)	FS_qFEM (--)	FS_p-qPATH (--)		
49.601	0.000	15.216	0.273	0.000000000E+000	0.000000000E+000	2.7586986805E+000	0.046	25.653	2.523		
49.726	0.023	15.250	0.273	5.3852698957E-001	2.8063826712E-003	5.8237064060E+000	0.046	25.653	2.523		
49.852	0.045	15.285	0.273	1.4616989282E+000	3.0459686086E-002	5.8834453380E+000	0.053	21.319	1.918		
49.977	0.068	15.319	0.273	2.0152198626E+000	1.0739550137E-001	4.3715075272E+000	0.079	17.281	1.695		
50.103	0.091	15.353	0.273	2.5589087498E+000	2.4520265545E-001	4.3569492277E+000	0.114	12.714	1.584		
50.228	0.113	15.387	0.273	3.1087756795E+000	4.2377457411E-001	4.4227282499E+000	0.174	8.880	1.524		
50.354	0.136	15.422	0.273	3.6689745209E+000	6.6912823073E-001	4.6174778858E+000	0.258	5.944	1.534		
50.479	0.159	15.456	0.279	4.2677218911E+000	9.7904220284E-001	5.0305422313E+000	0.341	4.069	1.570		
50.605	0.183	15.492	0.285	4.9315962389E+000	1.3591571401E+000	5.1862523447E+000	0.422	3.104	1.615		
50.730	0.207	15.527	0.292	5.5694254738E+000	1.7534501270E+000	4.8075252134E+000	0.495	2.657	1.648		
50.856	0.233	15.565	0.315	6.1382426530E+000	2.1354168421E+000	4.1618409384E+000	0.557	2.472	1.663		
50.949	0.256	15.597	0.362	6.5016770480E+000	2.4070562765E+000	3.4787464802E+000	0.597	2.407	1.662		
51.075	0.257	15.644	0.406	6.8697519661E+000	2.7372943681E+000	2.6011992497E+000	0.643	2.340	1.646		
51.200	0.264	15.699	0.452	7.1545551106E+000	3.0368861043E+000	2.0612485560E+000	0.684	2.242	1.621		
51.326	0.276	15.758	0.466	7.3871071683E+000	3.3057228310E+000	1.7113739625E+000	0.720	2.103	1.595		
51.451	0.287	15.816	0.474	7.5840948765E+000	3.5256732821E+000	1.5971709225E+000	0.747	1.954	1.575		
51.577	0.302	15.877	0.474	7.7879829788E+000	3.7271770423E+000	1.5672443860E+000	0.767	1.812	1.560		
51.702	0.313	15.935	0.450	7.9774593904E+000	3.8967286009E+000	1.4552319378E+000	0.780	1.704	1.551		
51.828	0.321	15.989	0.443	8.1532333564E+000	4.0408340481E+000	1.4043332547E+000	0.787	1.625	1.546		
51.909	0.327	16.026	0.443	8.2673221342E+000	4.1290123894E+000	1.3782902751E+000	0.790	1.584	1.544		
52.034	0.335	16.081	0.450	8.4347705921E+000	4.2517566577E+000	1.3491343945E+000	0.793	1.532	1.541		
52.160	0.347	16.139	0.490	8.6059429645E+000	4.3720653985E+000	1.4226095243E+000	0.794	1.486	1.537		
52.285	0.365	16.204	0.510	8.7918330317E+000	4.4950860481E+000	1.4197982623E+000	0.793	1.442	1.530		
52.411	0.381	16.267	0.480	8.9622998021E+000	4.5987132471E+000	1.2086395875E+000	0.790	1.408	1.521		
52.536	0.392	16.324	0.440	9.0951909049E+000	4.6751875249E+000	8.8106987995E-001	0.786	1.383	1.511		
52.662	0.398	16.377	0.422	9.1834405687E+000	4.7247528233E+000	4.8238661204E-001	0.781	1.364	1.500		
52.697	0.399	16.392	0.437	9.1981680731E+000	4.7339159225E+000	3.5856362870E-001	0.779	1.359	1.497		
52.822	0.397	16.447	0.471	9.2151589251E+000	4.7526678079E+000	-1.6962594458E-002	0.773	1.342	1.483		
52.948	0.402	16.510	0.543	9.1939106116E+000	4.7537066977E+000	-3.0294200639E-001	0.765	1.321	1.463		
53.073	0.418	16.584	0.571	9.1391231542E+000	4.7380207795E+000	-4.7643597248E-001	0.756	1.294	1.436		
53.199	0.430	16.653	0.526	9.0743293858E+000	4.7127615617E+000	-5.1970185793E-001	0.746	1.268	1.408		
53.324	0.435	16.716	0.500	9.0086825729E+000	4.6825725237E+000	-5.5185441847E-001	0.736	1.245	1.380		
53.412	0.439	16.760	0.500	8.9584872019E+000	4.6570794558E+000	-5.8390370884E-001	0.728	1.228	1.360		
53.537	0.444	16.822	0.514	8.8830668726E+000	4.6124166491E+000	-6.3792272119E-001	0.715	1.204	1.328		
53.663	0.453	16.889	0.546	8.7983742269E+000	4.5455261159E+000	-8.5026934035E-001	0.698	1.174	1.294		
53.788	0.465	16.959	0.559	8.6696567697E+000	4.4431395237E+000	-1.3782562614E+000	0.677	1.139	1.259		
53.914	0.478	17.029	0.580	8.4524440650E+000	4.2939667012E+000	-2.3130127240E+000	0.655	1.103	1.228		
54.024	0.494	17.096	0.645	8.1414368636E+000	4.1076913468E+000	-3.5024608671E+000	0.633	1.069	1.204		
54.150	0.471	17.181	0.711	7.6048614818E+000	3.8250656224E+000	-4.7809036964E+000	0.603	1.030	1.178		
54.275	0.457	17.275	0.767	6.9414722154E+000	3.4722110061E+000	-5.5406887447E+000	0.565	0.995	1.154		
54.401	0.449	17.374	0.788	6.2141974897E+000	3.0641058768E+000	-5.6940319023E+000	0.517	0.967	1.133		

RELAZIONE ESECUTIVA DEL PROGETTO CAPPING

54.526	0.440	17.472	0.785	5.5123204436E+000	2.6330557300E+000	-5.4333700747E+000	0.458	0.950	1.114
54.652	0.431	17.571	0.785	4.8504695370E+000	2.1825699906E+000	-5.1434749563E+000	0.382	0.943	1.101
54.777	0.422	17.669	0.826	4.2213536079E+000	1.7224142423E+000	-5.1695083759E+000	0.292	0.948	1.095
54.903	0.423	17.778	0.880	3.5529685427E+000	1.2302333447E+000	-5.4020463817E+000	0.174	0.964	1.099
55.028	0.428	17.890	0.811	2.8654876258E+000	7.6176591261E-001	-5.1556317543E+000	0.101	0.990	1.114
55.154	0.412	17.982	0.670	2.2589504580E+000	4.3021149039E-001	-4.4443434242E+000	0.071	1.014	1.130
55.279	0.381	18.059	0.597	1.7499966366E+000	1.7797647616E-001	-3.3587768246E+000	0.053	1.037	1.149
55.292	0.376	18.064	0.447	1.7080471333E+000	1.6287203701E-001	-3.3558315950E+000	0.052	1.038	1.150
55.361	0.347	18.095	0.688	1.4488356117E+000	9.3970366734E-002	-5.9001748352E+000	0.048	1.046	1.159
55.487	0.282	18.199	0.688	2.1619402693E-001	1.1266346581E-003	-5.7724563317E+000	0.046	1.065	1.760

LEGENDA SIMBOLI

X(m) : Ascissa sinistra concio
ht(m) : Altezza linea di thrust da nodo sinistro base concio
yt(m) : coordinata Y linea di thrust
yt'(-) : gradiente pendenza locale linea di thrust
E(x)(kN/m) : Forza Normale interconcio
T(x)(kN/m) : Forza Tangenziale interconcio
E' (kN) : derivata Forza normale interconcio
Rho(x) (-) : fattore mobilizzazione resistenza al taglio verticale interconcio ZhU et al.(2003)
FS_qFEM(x)(-) : fattore di sicurezza locale stimato (locale in X) by qFEM
FS_p-qPATH(x)(-) : fattore di sicurezza locale stimato (locale in X) by p-qPATH Procedure

TABELLA SFORZI DI TAGLIO DISTRIBUITI LUNGO SUPERFICIE INDIVIDUATA CON MINOR FS

X (m)	dx (m)	dl (m)	alpha ()	TauStress (kPa)	TauF (kN/m)	TauStrength (kPa)	TauS (kN/m)
49.601	0.125	0.126	5.293	0.057	0.007	4.245	0.535
49.726	0.125	0.126	5.293	0.170	0.021	4.774	0.602
49.852	0.125	0.126	5.293	0.284	0.036	5.354	0.675
49.977	0.125	0.126	5.293	0.397	0.050	5.958	0.751
50.103	0.125	0.126	5.293	0.511	0.064	6.520	0.822
50.228	0.125	0.126	5.293	0.624	0.079	7.136	0.899
50.354	0.125	0.126	5.293	0.737	0.093	7.748	0.976
50.479	0.125	0.126	5.293	0.851	0.107	8.371	1.055
50.605	0.125	0.126	5.293	0.964	0.122	8.878	1.119
50.730	0.125	0.126	5.293	1.078	0.136	9.330	1.176
50.856	0.094	0.094	5.293	1.177	0.111	9.711	0.912
50.949	0.125	0.134	20.444	4.442	0.595	8.361	1.120
51.075	0.125	0.134	20.444	4.639	0.621	8.594	1.151
51.200	0.125	0.134	20.444	4.837	0.648	8.827	1.182
51.326	0.125	0.134	20.444	5.034	0.674	9.076	1.216
51.451	0.125	0.134	20.444	5.231	0.701	9.299	1.245
51.577	0.125	0.134	20.444	5.428	0.727	9.533	1.277
51.702	0.125	0.134	20.444	5.625	0.753	9.762	1.307
51.828	0.081	0.087	20.444	5.787	0.501	9.938	0.860
51.909	0.125	0.134	20.444	5.950	0.797	10.120	1.355
52.034	0.125	0.134	20.444	6.147	0.823	10.329	1.383
52.160	0.125	0.134	20.444	6.344	0.850	10.533	1.411
52.285	0.125	0.134	20.444	6.541	0.876	10.756	1.441
52.411	0.125	0.134	20.444	6.738	0.902	10.986	1.471
52.536	0.125	0.134	20.444	6.935	0.929	11.216	1.502
52.662	0.035	0.037	20.444	7.061	0.264	11.363	0.424
52.697	0.125	0.138	24.681	8.295	1.146	11.013	1.521
52.822	0.125	0.138	24.681	8.449	1.167	11.172	1.543
52.948	0.125	0.138	24.681	8.604	1.188	11.330	1.565
53.073	0.125	0.138	24.681	8.758	1.210	11.477	1.585
53.199	0.125	0.138	24.681	8.912	1.231	11.616	1.604
53.324	0.088	0.097	24.681	9.043	0.873	11.737	1.134
53.412	0.125	0.138	24.681	9.174	1.267	11.861	1.638
53.537	0.125	0.138	24.681	9.328	1.288	12.028	1.661
53.663	0.125	0.138	24.681	9.482	1.310	12.216	1.687
53.788	0.125	0.138	24.681	9.636	1.331	12.423	1.716
53.914	0.110	0.121	24.681	9.781	1.186	12.647	1.533
54.024	0.125	0.165	40.588	12.704	2.099	10.817	1.788
54.150	0.125	0.165	40.588	12.461	2.059	10.963	1.812
54.275	0.125	0.165	40.588	12.219	2.019	11.054	1.827
54.401	0.125	0.165	40.588	11.976	1.979	11.027	1.822
54.526	0.125	0.165	40.588	11.734	1.939	10.988	1.816
54.652	0.125	0.165	40.588	11.491	1.899	10.913	1.803
54.777	0.125	0.165	40.588	11.249	1.859	10.919	1.804
54.903	0.125	0.165	40.588	11.006	1.819	10.722	1.772
55.028	0.125	0.165	40.588	10.764	1.779	10.112	1.671
55.154	0.125	0.165	40.588	10.521	1.739	9.712	1.605
55.279	0.013	0.017	40.588	10.387	0.175	9.273	0.156
55.292	0.070	0.092	40.588	9.978	0.914	8.998	0.824
55.361	0.125	0.210	53.261	8.338	1.749	6.815	1.430

55.487 0.125 0.210 53.261 6.425 1.348 5.876 1.233

LEGENDA SIMBOLI

X(m) : Ascissa sinistra concio
dx(m) : Larghezza concio
dl(m) : lunghezza base concio
alpha() : Angolo pendenza base concio
TauStress(kPa) : Sforzo di taglio su base concio
TauF (kN/m) : Forza di taglio su base concio
TauStrength(kPa) : Resistenza al taglio su base concio
TauS (kN/m) : Forza resistente al taglio su base concio

3.3.1.2 SEZIONE SUD QUOTA RIFIUTI – CONDIZIONE SISMICA

FS_{MIN} = 1,39

SSAP 6.0 (2024) – Slope Stability Analysis Program
Software by Dr.Geol. L.Borselli – www.lorenzo-borselli.eu
SSAP/DXF generator rel. 2.5 (2024)

Modello di calcolo : Morgenstern – Price (1965)

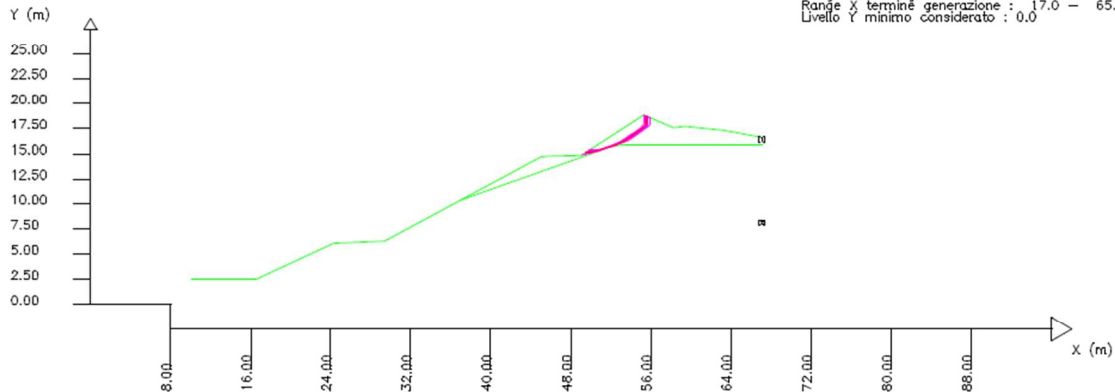
DATI IO SUP. CON MINOR F_s

F_s minimo : 1,3905
Range F_s : 1,3905 - 1,4255
Differenza % Range F_s : 2,46
Coefficiente Sismico orizzontale - Kh: 0,0960
Coefficiente Sismico verticale - Kv: 0,0480

[n] = N. strato o lente

GENERAZIONE SUPERFICI RANDOM

Campione Superfici - N.: 15000
Lunghezza media segmenti (m) : 2,3
Range X inizio generazione : 11,3 - 62,5
Range X terminè generazione : 17,0 - 65,9
Livello Y minimo considerato : 0,0



#	N.	Parametri Geotecnici degli strati	#	Cu	Gamm	GammSat	sgci	GSt	mi	D
		phi'	C'	kPa	kN/m ³	kN/m ³	MPa			
1	1	26,00	5,00	0	18,00	18,00	0	0	0	0
2	2	36,00	30,00	0	22,00	22,00	0	0	0	0

Report Generale Risultati di Verifica di stabilita'

SSAP 6.0 - Slope Stability Analysis Program (1991,2024)
WWW.SSAP.EU
Build No. 14533

BY
Dr. Geol. LORENZO BORSELLI
UASLP, San Luis Potosi, Mexico
e-mail: lborselli@gmail.com
CV e WEB page personale: WWW.LORENZO-BORSELLI.EU
Ricercatore Associato CNR-IRPI, Perugia, Italia

Ultima Revisione struttura tabelle del report: 21 Maggio 2024

Modello pendio: Sez_sud.mod

----- PARAMETRI DEL MODELLO DEL PENDIO -----

__ PARAMETRI GEOMETRICI - Coordinate X,Y (in m) __

SUP T.		SUP 2		SUP 3		SUP 4	
X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
10.14	2.50	36.99	10.39	-	-	-	-
16.54	2.52	51.91	15.68	-	-	-	-
24.27	6.12	53.41	15.95	-	-	-	-
29.41	6.33	67.07	15.96	-	-	-	-
36.99	10.39	-	-	-	-	-	-
44.99	14.68	-	-	-	-	-	-
45.58	14.78	-	-	-	-	-	-
49.04	14.86	-	-	-	-	-	-
55.29	18.86	-	-	-	-	-	-
58.23	17.60	-	-	-	-	-	-
59.39	17.74	-	-	-	-	-	-
63.25	17.36	-	-	-	-	-	-
67.07	16.64	-	-	-	-	-	-

-- ASSENZA DI FALDA --

----- PARAMETRI GEOMECCANICI -----

	fi'	C'	Cu	Gamm	Gamm_sat	STR_IDX	sgci	GSI	mi	D
STRATO 1	1	26.00	5.00	0.00	18.00	18.00	1.646	0.00	0.00	0.00
STRATO 2	2	36.00	30.00	0.00	22.00	22.00	3.985	0.00	0.00	0.00

LEGENDA: fi' _____ Angolo di attrito interno efficace(in gradi)

C' _____ Coesione efficace (in Kpa)

Cu _____ Resistenza al taglio Non drenata (in Kpa)

Gamm _____ Peso di volume terreno fuori falda (in KN/m^3)

Gamm_sat _____ Peso di volume terreno immerso (in KN/m^3)

STR_IDX _____ Indice di resistenza (usato in solo in 'SNIFF SEARCH) (adimensionale)

---- SOLO Per AMMASSI ROCCIOSI FRATTURATI - Parametri Criterio di Rottura di Hoek et al.(2002)-

sgici _____ Resistenza Compressione Uniassiale Roccia Intatta (in MPa)

GSI _____ Geological Strenght Index ammasso(adimensionale)

mi _____ Indice litologico ammasso(adimensionale)

D _____ Fattore di disturbo ammasso(adimensionale)

NOTA BENE:

FATTORI DI RIDUZIONE NTC2018/EC-7: gammaPHI=1.25, gammaC=1.25 e gammaCu=1.4 - DISATTIVATI

----- INFORMAZIONI GENERAZIONE SUPERFICI RANDOM -----

*** PARAMETRI PER LA GENERAZIONE DELLE SUPERFICI

MOTORE DI RICERCA: RANDOM SEARCH - Siegel (1981)

FILTRAGGIO SUPERFICI : ATTIVATO

COORDINATE X1,X2,Y OSTACOLO : 0.00 0.00 0.00

LUNGHEZZA MEDIA SEGMENTI (m)*: 2.3 (+/-) 50%

INTERVALLO ASCISSE RANDOM STARTING POINT (Xmin .. Xmax): 11.28 62.52

LIVELLO MINIMO CONSIDERATO (Ymin): 0.00

INTERVALLO ASCISSE AMMESSO PER LA TERMINAZIONE (Xmin .. Xmax): 16.97 65.93

TOTALE SUPERFICI GENERATE : 15000

*NOTA IMPORTANTE: La lunghezza media dei segmenti non viene considerata nel caso di uso del motore di ricerca NEW RANOM SEARCH

----- INFORMAZIONI PARAMETRI DI CALCOLO -----

METODO DI CALCOLO : MORGENSTERN - PRICE (Morgenstern & Price, 1965)

METODO DI ESPLORAZIONE CAMPO VALORI (lambda0,Fs0) ADOTTATO : A (rapido)

COEFFICIENTE SISMICO UTILIZZATO Kh : 0.0960

COEFFICIENTE SISMICO UTILIZZATO Kv (assunto Positivo): 0.0480

COEFFICIENTE c=Kv/Kh UTILIZZATO : 0.5000

FORZA ORIZZONTALE ADDIZIONALE IN TESTA (kN/m): 0.00

FORZA ORIZZONTALE ADDIZIONALE ALLA BASE (kN/m): 0.00

N.B. Le forze orizzontali addizionali in testa e alla base sono poste uguali a 0 durante le tutte le verifiche globali.

I valori >0 impostati dall'utente sono utilizzati solo in caso di verifica singola

----- RISULTATO FINALE ELABORAZIONI -----

DATI RELATIVI ALLE 10 SUPERFICI GENERATE CON MINOR Fs

X(m) Y(m) #Superficie N.1 - #FS_minimo #Fattore di sicurezza(FS)= 1.3905 #Lambda= 0.7228
49.495 15.148

50.188 15.138
51.377 15.547
52.404 15.819
53.459 16.346
54.373 17.057
55.109 17.574
55.551 17.994
55.551 18.744

X(m) Y(m) #Superficie N. 2 #Fattore di sicurezza(FS)= 1.4139 #Lambda= 0.7091
49.439 15.112
50.061 15.123
50.998 15.470
52.112 15.823
53.505 16.382
54.268 16.856
55.470 17.735
55.604 17.851
55.604 18.722

X(m) Y(m) #Superficie N. 3 #Fattore di sicurezza(FS)= 1.4162 #Lambda= 0.7749
49.851 15.376
50.857 15.366
51.787 15.702
53.102 16.245
54.140 17.004
54.923 17.581
55.279 17.986
55.279 18.847

X(m) Y(m) #Superficie N. 4 #Fattore di sicurezza(FS)= 1.4166 #Lambda= 0.6822
49.651 15.248
51.084 15.424
53.331 16.226
54.694 16.995
55.683 17.868
55.683 18.688

X(m) Y(m) #Superficie N. 5 #Fattore di sicurezza(FS)= 1.4180 #Lambda= 0.6922
49.727 15.297
50.831 15.316
53.715 16.314
55.775 17.742
55.907 17.857
55.907 18.592

X(m) Y(m) #Superficie N. 6 #Fattore di sicurezza(FS)= 1.4216 #Lambda= 0.6986
49.122 14.910
50.708 15.295
53.126 16.192
55.016 17.286
55.713 17.864
55.713 18.675

X(m) Y(m) #Superficie N. 7 #Fattore di sicurezza(FS)= 1.4218 #Lambda= 0.6988
49.703 15.282
50.223 15.315
50.987 15.432
52.382 15.861
53.574 16.487
54.140 16.752
54.918 17.223
55.440 17.601
55.697 17.858
55.697 18.682

X(m) Y(m) #Superficie N. 8 #Fattore di sicurezza(FS)= 1.4221 #Lambda= 0.7069
49.075 14.880
50.787 15.304
52.858 16.135
53.966 16.797
55.158 17.672
55.428 17.917

55.428 18.797

X(m) Y(m) #Superficie N. 9 #Fattore di sicurezza(FS)= 1.4236 #Lambda= 0.8026

49.765 15.321
50.671 15.267
51.590 15.620
52.903 16.181
53.922 16.902
54.812 17.305
55.383 17.706
55.634 17.949
55.634 18.709

X(m) Y(m) #Superficie N.10 #Fattore di sicurezza(FS)= 1.4255 #Lambda= 0.6969

49.804 15.346
50.608 15.371
51.800 15.700
52.591 15.997
53.425 16.381
54.304 16.734
54.823 17.177
55.682 17.937
55.682 18.688

----- ANALISI DEFICIT DI RESISTENZA -----

DATI RELATIVI ALLE 10 SUPERFICIE GENERATE CON MINOR FS *

Analisi Deficit in riferimento a FS(progetto) = 1.200

Sup N.	FS	FTR(kN/m)	FTA(kN/m)	Bilancio(kN/m)	ESITO
1	1.391	81.5	58.6	11.2	Surplus
2	1.414	81.9	57.9	12.4	Surplus
3	1.416	70.6	49.9	10.8	Surplus
4	1.417	84.8	59.8	13.0	Surplus
5	1.418	89.7	63.2	13.8	Surplus
6	1.422	86.8	61.1	13.5	Surplus
7	1.422	82.3	57.9	12.8	Surplus
8	1.422	79.9	56.2	12.5	Surplus
9	1.424	76.5	53.7	12.0	Surplus
10	1.426	81.7	57.3	12.9	Surplus

Esito analisi: SURPLUS di RESISTENZA!

Valore minimo di SURPLUS di RESISTENZA (kN/m): 10.8

Note: FTR --> Forza totale Resistente lungo la superficie di scivolamento
FTA --> Forza totale Agente lungo la superficie di scivolamento

IMPORTANTE! : Il Deficit o il Surplus di resistenza viene espresso in kN
per metro di LARGHEZZA rispetto al fronte della scarpata,
ovvero in kN/m

TABELLA PARAMETRI CONCI DELLA SUPERFICIE INDIVIDUATA CON MINOR FS

X (m)	dx (m)	alpha (°)	W (kN/m)	ru (-)	U (kPa)	phi' (°)	(c',Cu) (kPa)
49.495	0.130	-0.91	0.10	0.00	0.00	26.00	5.00
49.625	0.130	-0.91	0.31	0.00	0.00	26.00	5.00
49.755	0.130	-0.91	0.52	0.00	0.00	26.00	5.00
49.884	0.130	-0.91	0.73	0.00	0.00	26.00	5.00
50.014	0.130	-0.91	0.94	0.00	0.00	26.00	5.00
50.144	0.044	-0.91	0.37	0.00	0.00	26.00	5.00
50.188	0.130	19.02	1.16	0.00	0.00	26.00	5.00
50.318	0.130	19.02	1.25	0.00	0.00	26.00	5.00
50.448	0.130	19.02	1.35	0.00	0.00	26.00	5.00
50.578	0.130	19.02	1.44	0.00	0.00	26.00	5.00
50.707	0.130	19.02	1.53	0.00	0.00	26.00	5.00
50.837	0.130	19.02	1.63	0.00	0.00	26.00	5.00
50.967	0.130	19.02	1.72	0.00	0.00	26.00	5.00
51.097	0.130	19.02	1.81	0.00	0.00	26.00	5.00
51.226	0.130	19.02	1.91	0.00	0.00	26.00	5.00
51.356	0.020	19.02	0.31	0.00	0.00	26.00	5.00
51.377	0.130	14.83	2.03	0.00	0.00	26.00	5.00
51.506	0.130	14.83	2.15	0.00	0.00	26.00	5.00
51.636	0.130	14.83	2.27	0.00	0.00	26.00	5.00
51.766	0.130	14.83	2.39	0.00	0.00	26.00	5.00

RELAZIONE ESECUTIVA DEL PROGETTO CAPPING

51.896	0.013	14.83	0.25	0.00	0.00	26.00	5.00
51.909	0.130	14.83	2.52	0.00	0.00	26.00	5.00
52.039	0.130	14.83	2.64	0.00	0.00	26.00	5.00
52.168	0.130	14.83	2.75	0.00	0.00	26.00	5.00
52.298	0.106	14.83	2.34	0.00	0.00	26.00	5.00
52.404	0.130	26.54	2.93	0.00	0.00	26.00	5.00
52.534	0.130	26.54	2.98	0.00	0.00	26.00	5.00
52.664	0.130	26.54	3.02	0.00	0.00	26.00	5.00
52.794	0.130	26.54	3.07	0.00	0.00	26.00	5.00
52.923	0.130	26.54	3.11	0.00	0.00	26.00	5.00
53.053	0.130	26.54	3.16	0.00	0.00	26.00	5.00
53.183	0.130	26.54	3.20	0.00	0.00	26.00	5.00
53.313	0.099	26.54	2.48	0.00	0.00	26.00	5.00
53.412	0.047	26.54	1.18	0.00	0.00	26.00	5.00
53.459	0.130	37.87	3.25	0.00	0.00	26.00	5.00
53.589	0.130	37.87	3.21	0.00	0.00	26.00	5.00
53.718	0.130	37.87	3.16	0.00	0.00	26.00	5.00
53.848	0.130	37.87	3.12	0.00	0.00	26.00	5.00
53.978	0.130	37.87	3.08	0.00	0.00	26.00	5.00
54.108	0.130	37.87	3.03	0.00	0.00	26.00	5.00
54.237	0.130	37.87	2.99	0.00	0.00	26.00	5.00
54.367	0.006	37.87	0.14	0.00	0.00	26.00	5.00
54.373	0.130	35.09	2.95	0.00	0.00	26.00	5.00
54.503	0.130	35.09	2.93	0.00	0.00	26.00	5.00
54.633	0.130	35.09	2.91	0.00	0.00	26.00	5.00
54.762	0.130	35.09	2.89	0.00	0.00	26.00	5.00
54.892	0.130	35.09	2.87	0.00	0.00	26.00	5.00
55.022	0.087	35.09	1.92	0.00	0.00	26.00	5.00
55.109	0.130	43.51	2.80	0.00	0.00	26.00	5.00
55.239	0.053	43.51	1.11	0.00	0.00	26.00	5.00
55.292	0.130	43.51	2.49	0.00	0.00	26.00	5.00
55.422	0.130	43.51	2.06	0.00	0.00	26.00	5.00

LEGENDA SIMBOLI

X(m) : Ascissa sinistra concio
dx(m) : Larghezza concio
alpha () : Angolo pendenza base concio
W(kN/m) : Forza peso concio
ru(-) : Coefficiente locale pressione interstiziale
U(kPa) : Pressione totale dei pori base concio
phi'() : Angolo di attrito efficace base concio
c'/Cu (kPa) : Coesione efficace o Resistenza al taglio in condizioni non drenate

TABELLA DIAGRAMMA DELLE FORZE DELLA SUPERFICIE INDIVIDUATA CON MINOR FS

X (m)	ht (m)	yt (m)	yt' (-)	E(x) (kN/m)	T(x) (kN/m)	E' (kN)	rho(x) (-)	FS_qFEM (-)	FS_p-qPATH (-)			
49.495	0.000	15.148	0.200	0.0000000000E+000	0.0000000000E+000	0.0000000000E+000	1.6738057501E+000	0.046	12.043	2.427		
49.625	0.028	15.175	0.200	4.1750619524E+000	-3.0133188503E-003	4.7609234960E+000	0.046	12.043	2.427			
49.755	0.056	15.201	0.216	1.2356169024E+000	-4.2339836225E-002	6.3060182136E+000	0.046	13.584	2.136			
49.884	0.088	15.231	0.223	2.0541262119E+000	-1.0985277434E-001	5.7488859094E+000	0.051	12.774	2.187			
50.014	0.118	15.258	0.225	2.7276426838E+000	7.2788852102E-003	4.8758238374E+000	0.063	11.676	2.233			
50.144	0.151	15.289	0.249	3.3195635481E+000	2.3837586824E-001	4.3372904730E+000	0.085	10.570	2.265			
50.188	0.164	15.302	0.316	3.5087414715E+000	3.8664712876E-001	4.0668440080E+000	0.097	10.103	2.266			
50.318	0.162	15.344	0.364	3.9630006779E+000	8.3870780087E-001	3.3578715305E+000	0.149	8.790	2.222			
50.448	0.169	15.396	0.439	4.3802200454E+000	1.3689766305E+000	3.1482752807E+000	0.252	7.262	2.106			
50.578	0.186	15.458	0.464	4.7800821020E+000	1.9408261028E+000	2.8865015335E+000	0.415	5.476	1.932			
50.707	0.200	15.517	0.448	5.1293625356E+000	2.4102175339E+000	2.6138774864E+000	0.554	4.004	1.760			
50.837	0.213	15.574	0.458	5.4584696472E+000	2.8506552067E+000	2.5890098091E+000	0.646	2.921	1.607			
50.967	0.230	15.636	0.481	5.8012960971E+000	3.3011078497E+000	2.6571169689E+000	0.717	2.224	1.484			
51.097	0.248	15.699	0.455	6.1480792662E+000	3.7386596992E+000	2.5427909600E+000	0.773	1.812	1.394			
51.226	0.259	15.754	0.396	6.4612343406E+000	4.1056070294E+000	2.3514311249E+000	0.812	1.592	1.341			
51.356	0.262	15.802	0.366	6.7583533118E+000	4.4220581004E+000	2.4002753465E+000	0.838	1.470	1.311			
51.377	0.262	15.809	0.377	6.8077777451E+000	4.4711735398E+000	2.4859145692E+000	0.841	1.455	1.308			
51.506	0.277	15.858	0.405	7.1865537083E+000	4.8202073372E+000	3.2562591506E+000	0.860	1.381	1.294			
51.636	0.298	15.914	0.425	7.6528845502E+000	5.2278523742E+000	3.6300969994E+000	0.877	1.319	1.287			
51.766	0.318	15.968	0.388	8.1286837831E+000	5.6281070035E+000	3.3957579621E+000	0.892	1.273	1.283			
51.896	0.330	16.015	0.353	8.5341959046E+000	5.9537575036E+000	2.8040228977E+000	0.900	1.245	1.283			
51.909	0.331	16.019	0.341	8.5702586974E+000	5.9816965363E+000	2.7901024789E+000	0.900	1.243	1.283			
52.039	0.341	16.063	0.365	8.9559471997E+000	6.2662228176E+000	3.0091804922E+000	0.903	1.230	1.285			
52.168	0.357	16.113	0.417	9.3512404295E+000	6.5481047816E+000	2.9164014482E+000	0.903	1.224	1.290			
52.298	0.381	16.172	0.459	9.7128497054E+000	6.8086506326E+000	2.2400972161E+000	0.901	1.225	1.295			
52.404	0.402	16.222	0.475	9.9032248036E+000	6.9565702963E+000	1.1293928459E+000	0.899	1.229	1.299			
52.534	0.400	16.284	0.501	9.9445566112E+000	7.0296299069E+000	-1.3664570512E-001	0.895	1.232	1.303			
52.664	0.403	16.352	0.541	9.8677607297E+000	7.0229527943E+000	-8.8155157507E-001	0.888	1.227	1.307			
52.794	0.411	16.424	0.552	9.7157648594E+000	6.9531127175E+000	-1.2579708076E+000	0.878	1.215	1.309			
52.923	0.417	16.495	0.579	9.5412757539E+000	6.8441295380E+000	-1.4537233133E+000	0.863	1.197	1.310			



RELAZIONE ESECUTIVA DEL PROGETTO CAPPING

53.053	0.431	16.574	0.599	9.3384756426E+000	6.6893346558E+000	-1.5941719531E+000	0.843	1.178	1.310
53.183	0.442	16.650	0.559	9.1275354759E+000	6.5189151770E+000	-1.7225378107E+000	0.822	1.164	1.308
53.313	0.447	16.719	0.515	8.8914201846E+000	6.3389497850E+000	-1.9680301333E+000	0.803	1.157	1.306
53.412	0.446	16.768	0.510	8.6845746021E+000	6.1904833154E+000	-2.5686508204E+000	0.790	1.153	1.305
53.459	0.448	16.794	0.579	8.5534692132E+000	6.1003460760E+000	-2.9776275128E+000	0.782	1.151	1.304
53.589	0.424	16.871	0.649	8.1026027061E+000	5.8020751544E+000	-3.9702701248E+000	0.759	1.142	1.300
53.718	0.415	16.962	0.768	7.5230529763E+000	5.3973550187E+000	-4.8922290314E+000	0.728	1.125	1.293
53.848	0.421	17.070	0.824	6.8329076802E+000	4.8821491316E+000	-5.2143766655E+000	0.684	1.100	1.281
53.978	0.427	17.176	0.814	6.1697499987E+000	4.3519704871E+000	-5.0033207589E+000	0.634	1.078	1.265
54.108	0.431	17.281	0.753	5.5343806816E+000	3.8360806605E+000	-4.5091769643E+000	0.583	1.062	1.248
54.237	0.420	17.372	0.650	4.9994696366E+000	3.4064084435E+000	-3.7787611263E+000	0.539	1.056	1.235
54.367	0.398	17.450	0.601	4.5536673554E+000	3.0414186406E+000	-3.0884745440E+000	0.495	1.060	1.227
54.373	0.396	17.453	0.586	4.5353576477E+000	3.0256022881E+000	-3.0726520572E+000	0.493	1.060	1.226
54.503	0.381	17.529	0.624	4.1363198101E+000	2.6548035280E+000	-3.1528998962E+000	0.434	1.074	1.224
54.633	0.376	17.615	0.729	3.7170759832E+000	2.2102895779E+000	-3.4608744481E+000	0.349	1.097	1.227
54.762	0.388	17.718	0.810	3.2381085768E+000	1.6470665660E+000	-3.8027282964E+000	0.242	1.126	1.237
54.892	0.404	17.825	0.768	2.7301423847E+000	1.0900980046E+000	-3.8224836875E+000	0.144	1.149	1.256
55.022	0.405	17.918	0.678	2.2460478018E+000	6.6676850494E-001	-3.6884441917E+000	0.095	1.164	1.277
55.109	0.398	17.972	0.643	1.9267612460E+000	4.5323031868E-001	-3.8171706039E+000	0.076	1.168	1.292
55.239	0.360	18.057	0.665	1.4011130187E+000	1.7323562656E-001	-4.7103634678E+000	0.055	1.167	1.323
55.292	0.347	18.094	0.655	1.1381252005E+000	9.2916939266E-002	-5.6786027257E+000	0.049	1.170	1.333
55.422	0.307	18.177	0.655	1.7815595087E-001	1.2858268719E-003	-4.3852807438E+000	0.046	1.188	1.914

LEGENDA SIMBOLI

X(m) : Ascissa sinistra concio
ht(m) : Altezza linea di thrust da nodo sinistro base concio
yt(m) : coordinata Y linea di thrust
yt'(-) : gradiente pendenza locale linea di thrust
E(x)(kN/m) : Forza Normale interconcio
T(x)(kN/m) : Forza Tangenziale interconcio
E' (kN) : derivata Forza normale interconcio
Rho(x) (-) : fattore mobilizzazione resistenza al taglio verticale interconcio ZhU et al.(2003)
FS_qFEM(x)(-) : fattore di sicurezza locale stimato (locale in X) by qFEM
FS_p-qPATH(x)(-) : fattore di sicurezza locale stimato (locale in X) by p-qPATH Procedure

TABELLA SFORZI DI TAGLIO DISTRIBUITI LUNGO SUPERFICIE INDIVIDUATA CON MINOR FS

X (m)	dx (m)	dl (m)	alpha ()	TauStress (kPa)	TauF (kN/m)	TauStrength (kPa)	TauS (kN/m)
49.495	0.130	0.130	-0.906	0.064	0.008	5.380	0.698
49.625	0.130	0.130	-0.906	0.193	0.025	6.021	0.781
49.755	0.130	0.130	-0.906	0.321	0.042	6.693	0.869
49.884	0.130	0.130	-0.906	0.450	0.058	8.202	1.064
50.014	0.130	0.130	-0.906	0.579	0.075	9.432	1.224
50.144	0.044	0.044	-0.906	0.665	0.030	10.752	0.477
50.188	0.130	0.137	19.019	3.517	0.483	8.790	1.206
50.318	0.130	0.137	19.019	3.801	0.522	9.098	1.249
50.448	0.130	0.137	19.019	4.086	0.561	9.405	1.291
50.578	0.130	0.137	19.019	4.370	0.600	9.703	1.332
50.707	0.130	0.137	19.019	4.654	0.639	10.006	1.373
50.837	0.130	0.137	19.019	4.938	0.678	10.310	1.415
50.967	0.130	0.137	19.019	5.222	0.717	10.614	1.457
51.097	0.130	0.137	19.019	5.507	0.756	10.914	1.498
51.226	0.130	0.137	19.019	5.791	0.795	11.215	1.539
51.356	0.020	0.022	19.019	5.955	0.129	11.391	0.246
51.377	0.130	0.134	14.826	5.270	0.707	12.246	1.644
51.506	0.130	0.134	14.826	5.579	0.749	12.704	1.705
51.636	0.130	0.134	14.826	5.888	0.790	13.105	1.759
51.766	0.130	0.134	14.826	6.198	0.832	13.448	1.805
51.896	0.013	0.013	14.826	6.368	0.086	13.632	0.183
51.909	0.130	0.134	14.826	6.538	0.878	13.861	1.861
52.039	0.130	0.134	14.826	6.847	0.919	14.266	1.915
52.168	0.130	0.134	14.826	7.156	0.961	14.655	1.967
52.298	0.106	0.110	14.826	7.437	0.817	14.957	1.643
52.404	0.130	0.145	26.540	10.776	1.563	13.310	1.931
52.534	0.130	0.145	26.540	10.939	1.587	13.539	1.964
52.664	0.130	0.145	26.540	11.102	1.610	13.747	1.994
52.794	0.130	0.145	26.540	11.266	1.634	13.924	2.020
52.923	0.130	0.145	26.540	11.429	1.658	14.110	2.047
53.053	0.130	0.145	26.540	11.592	1.681	14.257	2.068
53.183	0.130	0.145	26.540	11.755	1.705	14.397	2.088
53.313	0.099	0.111	26.540	11.900	1.322	14.527	1.613
53.412	0.047	0.052	26.540	11.992	0.628	14.670	0.768
53.459	0.130	0.164	37.870	13.640	2.242	12.897	2.120
53.589	0.130	0.164	37.870	13.456	2.212	13.106	2.154
53.718	0.130	0.164	37.870	13.272	2.182	13.325	2.191
53.848	0.130	0.164	37.870	13.088	2.151	13.273	2.182

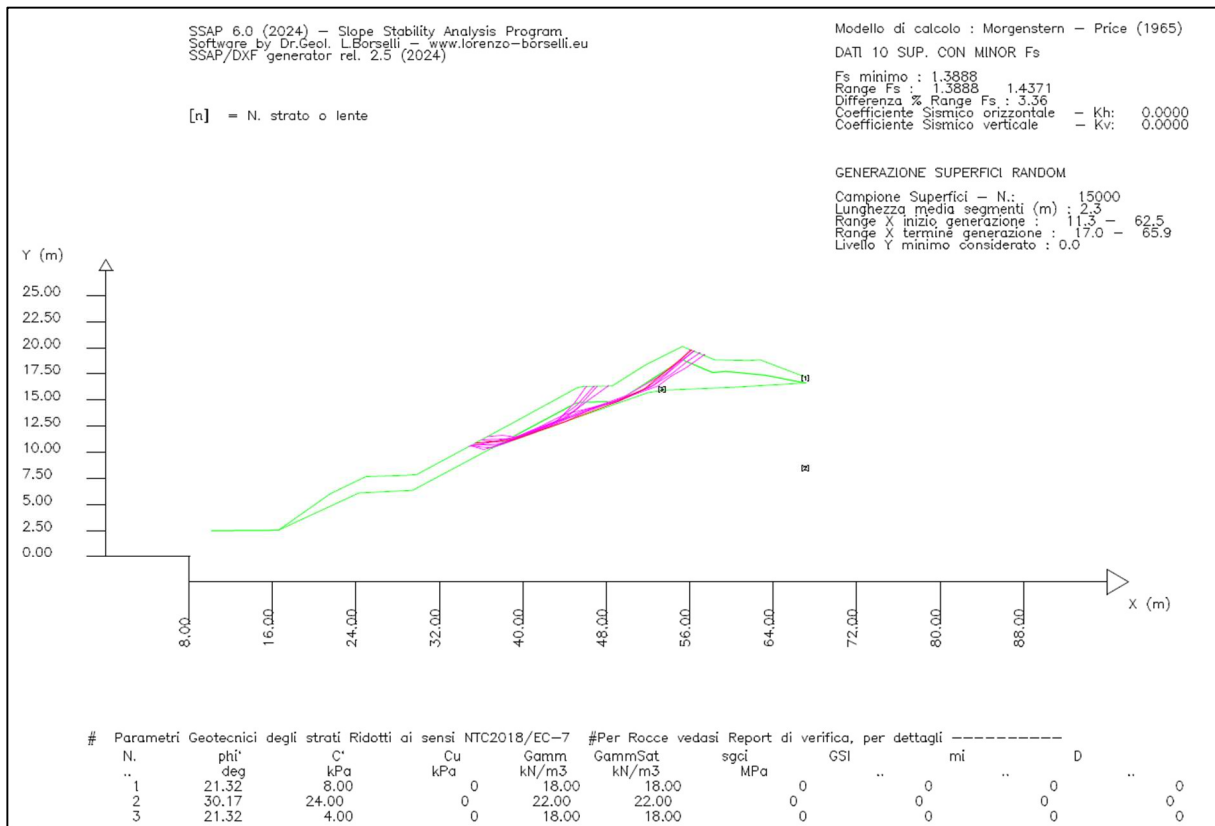
53.978	0.130	0.164	37.870	12.904	2.121	13.137	2.160
54.108	0.130	0.164	37.870	12.719	2.091	12.796	2.103
54.237	0.130	0.164	37.870	12.535	2.061	12.516	2.058
54.367	0.006	0.008	37.870	12.439	0.094	12.408	0.094
54.373	0.130	0.159	35.089	12.170	1.930	12.868	2.041
54.503	0.130	0.159	35.089	12.088	1.917	13.008	2.063
54.633	0.130	0.159	35.089	12.005	1.904	13.260	2.103
54.762	0.130	0.159	35.089	11.922	1.891	13.197	2.093
54.892	0.130	0.159	35.089	11.840	1.878	12.813	2.032
55.022	0.087	0.107	35.089	11.771	1.255	12.507	1.333
55.109	0.130	0.179	43.507	11.868	2.123	10.978	1.964
55.239	0.053	0.073	43.507	11.575	0.843	10.575	0.770
55.292	0.130	0.179	43.507	10.563	1.890	9.789	1.751
55.422	0.130	0.179	43.507	8.711	1.558	8.699	1.556

LEGENDA SIMBOLI

- X(m) : Ascissa sinistra concio
- dx(m) : Larghezza concio
- dl(m) : lunghezza base concio
- alpha () : Angolo pendenza base concio
- TauStress(kPa) : Sforzo di taglio su base concio
- TauF (kN/m) : Forza di taglio su base concio
- TauStrength(kPa) : Resistenza al taglio su base concio
- TauS (kN/m) : Forza resistente al taglio su base concio

3.3.1.3 SEZIONE SUD PROFILO FINALE – CONDIZIONE STATICA

FS_{MIN} = 1,39



Report Generale Risultati di Verifica di stabilita'

SSAP 6.0 - Slope Stability Analysis Program (1991,2024)

WWW.SSAP.EU

Build No. 14533

BY

Dr. Geol. LORENZO BORSELLI

UASLP, San Luis Potosi, Mexico

e-mail: lborselli@gmail.com

CV e WEB page personale: WWW.LORENZO-BORSELLI.EU

Ricercatore Associato CNR-IRPI, Perugia, Italia

Ultima Revisione struttura tabelle del report: 21 Maggio 2024

Modello pendio: Sez_sudfinale.mod

----- PARAMETRI DEL MODELLO DEL PENDIO -----

__ PARAMETRI GEOMETRICI - Coordinate X,Y (in m) __

SUP T.		SUP 2		SUP 3		SUP 4			
X	Y	X	Y	X	Y	X	Y		
10.14	2.50	10.14	2.50	36.99	10.39	-	-		
16.54	2.52	16.54	2.52	44.99	14.68	-	-		
21.51	6.01	24.27	6.12	45.58	14.78	-	-		
24.95	7.65	29.41	6.33	49.04	14.86	-	-		
28.81	7.80	36.99	10.39	55.29	18.86	-	-		
29.83	7.85	44.99	14.68	58.23	17.60	-	-		
38.94	12.77	45.58	14.78	59.39	17.74	-	-		
45.23	16.19	49.04	14.86	63.25	17.36	-	-		
45.89	16.29	55.29	18.86	67.07	16.64	-	-		
48.55	16.34	58.23	17.60	60.24	16.23	-	-		
51.82	18.39	59.39	17.74	53.41	15.95	-	-		
55.29	20.13	63.25	17.36	51.91	15.68	-	-		
58.39	18.87	67.07	16.64	44.45	13.04	-	-		
61.63	18.78	-	-	36.99	10.39	-	-		
62.74	18.85	-	-	-	-	-	-		
67.07	17.19	-	-	-	-	-	-		

-- ASSENZA DI FALDA --

----- PARAMETRI GEOMECCANICI DI PROGETTO RIDOTTI (ai sensi NTC2018/EC-7) - Riduzione attivata in Tutti gli Strati

	fi'	C'	Cu	Gamm	Gamm_sat	STR_IDX	sgci	GSI	mi	D
STRATO 1	21.32	8.00	0.00	18.00	18.00	1.834	0.00	0.00	0.00	0.00
STRATO 2	30.17	24.00	0.00	22.00	22.00	3.985	0.00	0.00	0.00	0.00
STRATO 3	21.32	4.00	0.00	18.00	18.00	1.646	0.00	0.00	0.00	0.00

LEGENDA: fi' _____ Angolo di attrito interno efficace(in gradi)

C' _____ Coesione efficace (in Kpa)

Cu _____ Resistenza al taglio Non drenata (in Kpa)

Gamm _____ Peso di volume terreno fuori falda (in KN/m^3)

Gamm_sat _____ Peso di volume terreno immerso (in KN/m^3)

STR_IDX _____ Indice di resistenza (usato in solo in 'SNIFF SEARCH) (adimensionale)

----- SOLO PER AMMASSI ROCCIOSI FRATTURATI - Parametri Criterio di Rottura di Hoek et al.(2002)-

sgci _____ Resistenza Compressione Uniassiale Roccia Intatta (in MPa)

GSI _____ Geological Strenght Index ammasso(adimensionale)

mi _____ Indice litologico ammasso(adimensionale)

D _____ Fattore di disturbo ammasso(adimensionale)

NOTA BENE:

FATTORI DI RIDUZIONE NTC2018/EC-7: gammaPHI=1.25, gammaC=1.25 e gammaCu=1.4 - ATTIVATI (Per Tutti gli Strati)

Ai sensi delle NTC2018/EC-7 i parametri di resistenza al taglio caratteristici sono stati ridotti

con i fattori riduttivi (tab. 6.2.II delle NTC 2018) per ottenere i parametri di progetto.

Nel caso di ammassi rocciosi fratturati, dai parametri sopra indicati in tabella,

relativi al criterio di rottura Hoek et al. (2002), sono stati ricavati i parametri equivalenti

geomeccanici CARATTERISTICI locali di resistenza al taglio dell'ammasso roccioso considerato (c',Phi')

tali parametri equivalenti sono stati infine RIDOTTI, per ricavare i valori di PROGETTO,

tramite i coefficienti parziali riduttivi, di cui alla tab. 6.2.II delle NTC 2018

----- INFORMAZIONI GENERAZIONE SUPERFICI RANDOM -----

*** PARAMETRI PER LA GENERAZIONE DELLE SUPERFICI

MOTORE DI RICERCA: RANDOM SEARCH - Siegel (1981)

FILTRAGGIO SUPERFICI : ATTIVATO

COORDINATE X1,X2,Y OSTACOLO : 0.00 0.00 0.00

LUNGHEZZA MEDIA SEGMENTI (m)*: 2.3 (+/-) 50%

INTERVALLO ASCISSE RANDOM STARTING POINT (Xmin .. Xmax): 11.28 62.52

LIVELLO MINIMO CONSIDERATO (Ymin): 0.00

INTERVALLO ASCISSE AMMESSO PER LA TERMINAZIONE (Xmin .. Xmax): 16.97 65.93

TOTALE SUPERFICI GENERATE : 15000

*NOTA IMPORTANTE: La lunghezza media dei segmenti non viene considerata nel caso

di uso del motore di ricerca NEW RANOM SEARCH

----- INFORMAZIONI PARAMETRI DI CALCOLO -----

METODO DI CALCOLO : MORGENSTERN - PRICE (Morgenstern & Price, 1965)
METODO DI ESPLOREAZIONE CAMPO VALORI (lambda0,Fs0) ADOTTATO : B (piu' accurato)
COEFFICIENTE SISMICO UTILIZZATO Kh : 0.0000
COEFFICIENTE SISMICO UTILIZZATO Kv (assunto Positivo): 0.0000
COEFFICIENTE c=Kv/Kh UTILIZZATO : 0.5000
FORZA ORIZZONTALE ADDIZIONALE IN TESTA (kN/m): 0.00
FORZA ORIZZONTALE ADDIZIONALE ALLA BASE (kN/m): 0.00

N.B. Le forze orizzontali addizionali in testa e alla base sono poste uguali a 0
durante le tutte le verifiche globali.
I valori >0 impostati dall'utente sono utilizzati solo in caso di verifica singola

----- RISULTATO FINALE ELABORAZIONI -----

DATI RELATIVI ALLE 10 SUPERFICIE GENERATE CON MINOR Fs

X(m)	Y(m)	#Superficie N.1 - #FS_minimo #Fattore di sicurezza(FS)= 1.3888 #Lambda= 0.4355
35.405	10.865	
39.029	11.178	
42.811	12.492	
46.135	13.702	
48.991	14.811	
51.639	16.055	
54.310	18.222	
56.097	19.718	
56.155	19.778	

X(m)	Y(m)	#Superficie N. 2 #Fattore di sicurezza(FS)= 1.4105 #Lambda= 0.4742
34.997	10.644	
36.256	10.276	
37.998	10.800	
40.268	11.786	
43.521	13.056	
45.179	14.159	
47.090	16.313	

X(m)	Y(m)	#Superficie N. 3 #Fattore di sicurezza(FS)= 1.4180 #Lambda= 0.4775
34.990	10.641	
36.918	10.418	
38.559	10.949	
39.784	11.416	
41.170	11.898	
42.099	12.418	
43.436	13.142	
44.342	14.080	
44.984	14.740	
45.587	15.608	
46.074	16.294	

X(m)	Y(m)	#Superficie N. 4 #Fattore di sicurezza(FS)= 1.4201 #Lambda= 0.4675
35.009	10.651	
37.893	10.795	
40.672	11.969	
43.938	13.596	
48.865	14.871	
52.484	16.377	
56.361	19.694	

X(m)	Y(m)	#Superficie N. 5 #Fattore di sicurezza(FS)= 1.4265 #Lambda= 0.4406
34.781	10.528	
36.955	10.969	
39.478	11.525	
40.844	12.095	
43.233	12.963	
44.336	13.376	
45.716	13.978	
47.453	14.468	
49.085	14.832	

50.791 15.609
51.854 16.155
53.934 17.686
54.634 18.403
55.359 19.119
56.053 19.820

X(m) Y(m) #Superficie N. 6 #Fattore di sicurezza(FS)= 1.4291 #Lambda= 0.4546
36.575 11.496
38.059 11.633
39.575 11.423
42.598 12.711
45.666 13.699
48.665 14.866
50.351 15.504
52.193 16.204
54.307 17.552
55.851 18.785
56.886 19.481

X(m) Y(m) #Superficie N. 7 #Fattore di sicurezza(FS)= 1.4303 #Lambda= 0.5085
36.023 11.198
38.205 10.885
40.474 11.742
42.518 12.395
44.240 13.795
45.232 14.529
46.758 16.307

X(m) Y(m) #Superficie N. 8 #Fattore di sicurezza(FS)= 1.4336 #Lambda= 0.4468
36.067 11.222
39.215 11.302
43.122 12.717
46.568 14.191
49.843 15.397
52.911 17.176
54.460 18.287
56.402 19.678

X(m) Y(m) #Superficie N. 9 #Fattore di sicurezza(FS)= 1.4350 #Lambda= 0.4154
35.395 10.859
38.465 11.178
41.441 12.093
44.113 12.913
46.549 14.141
49.093 14.948
52.954 16.357
54.213 17.310
55.618 18.073
57.357 19.289

X(m) Y(m) #Superficie N.10 #Fattore di sicurezza(FS)= 1.4371 #Lambda= 0.4893
35.232 10.771
37.488 10.649
40.183 11.650
43.910 13.122
46.278 14.971
48.176 16.334

----- ANALISI DEFICIT DI RESISTENZA -----

DATI RELATIVI ALLE 10 SUPERFICI GENERATE CON MINOR FS *
Analisi Deficit in riferimento a FS(progetto) = 1.200

Sup N.	FS	FTR(kN/m)	FTA(kN/m)	Bilancio(kN/m)	ESITO
1	1.389	358.6	258.2	48.8	Surplus
2	1.410	193.2	137.0	28.8	Surplus
3	1.418	178.5	125.9	27.4	Surplus
4	1.420	346.3	243.9	53.7	Surplus
5	1.426	348.6	244.4	55.3	Surplus
6	1.429	347.2	243.0	55.7	Surplus
7	1.430	172.7	120.8	27.8	Surplus
8	1.434	339.3	236.7	55.3	Surplus
9	1.435	386.9	269.6	63.4	Surplus
10	1.437	202.7	141.1	33.5	Surplus

Esito analisi: SURPLUS di RESISTENZA!

Valore minimo di SURPLUS di RESISTENZA (kN/m): 27.4

Note: FTR --> Forza totale Resistente lungo la superficie di scivolamento
FTA --> Forza totale Agente lungo la superficie di scivolamento

IMPORTANTE! : Il Deficit o il Surplus di resistenza viene espresso in kN
per metro di LARGHEZZA rispetto al fronte della scarpata,
ovvero in kN/m

TABELLA PARAMETRI CONCI DELLA SUPERFICIE INDIVIDUATA CON MINOR FS

X (m)	dx (m)	alpha (°)	W (kN/m)	ru (-)	U (kPa)	phi' (°)	(c',Cu) (kPa)
35.405	0.302	4.94	0.37	0.00	0.00	21.32	8.00
35.707	0.302	4.94	1.12	0.00	0.00	21.32	8.00
36.009	0.302	4.94	1.86	0.00	0.00	21.32	8.00
36.311	0.302	4.94	2.60	0.00	0.00	21.32	8.00
36.613	0.302	4.94	3.35	0.00	0.00	21.32	8.00
36.915	0.071	4.94	0.89	0.00	0.00	21.32	8.00
36.986	0.302	4.94	4.27	0.00	0.00	21.32	8.00
37.288	0.302	4.94	5.01	0.00	0.00	21.32	8.00
37.590	0.302	4.94	5.75	0.00	0.00	21.32	8.00
37.892	0.302	4.94	6.50	0.00	0.00	21.32	8.00
38.194	0.149	4.94	3.48	0.00	0.00	21.32	8.00
38.343	0.302	4.94	7.61	0.00	0.00	21.32	4.00
38.645	0.298	4.94	8.25	0.00	0.00	21.32	4.00
38.943	0.086	4.94	2.51	0.00	0.00	21.32	4.00
39.029	0.302	19.17	9.09	0.00	0.00	21.32	4.00
39.331	0.302	19.17	9.41	0.00	0.00	21.32	4.00
39.633	0.302	19.17	9.73	0.00	0.00	21.32	4.00
39.935	0.302	19.17	10.05	0.00	0.00	21.32	4.00
40.237	0.302	19.17	10.37	0.00	0.00	21.32	4.00
40.539	0.302	19.17	10.70	0.00	0.00	21.32	4.00
40.841	0.146	19.17	5.30	0.00	0.00	21.32	4.00
40.987	0.302	19.17	11.17	0.00	0.00	21.32	4.00
41.289	0.302	19.17	11.49	0.00	0.00	21.32	4.00
41.591	0.302	19.17	11.81	0.00	0.00	21.32	4.00
41.893	0.302	19.17	12.13	0.00	0.00	21.32	4.00
42.195	0.302	19.17	12.46	0.00	0.00	21.32	4.00
42.497	0.302	19.17	12.78	0.00	0.00	21.32	4.00
42.799	0.012	19.17	0.51	0.00	0.00	21.32	4.00
42.811	0.302	20.00	13.10	0.00	0.00	21.32	4.00
43.113	0.302	20.00	13.39	0.00	0.00	21.32	4.00
43.415	0.302	20.00	13.68	0.00	0.00	21.32	4.00
43.717	0.302	20.00	13.98	0.00	0.00	21.32	4.00
44.019	0.302	20.00	14.27	0.00	0.00	21.32	4.00
44.321	0.126	20.00	6.05	0.00	0.00	21.32	4.00
44.447	0.302	20.00	14.69	0.00	0.00	21.32	4.00
44.749	0.240	20.00	11.87	0.00	0.00	21.32	4.00
44.989	0.238	20.00	11.96	0.00	0.00	21.32	4.00
45.227	0.055	20.00	2.80	0.00	0.00	21.32	4.00
45.282	0.293	20.00	14.63	0.00	0.00	21.32	4.00
45.575	0.302	20.00	14.74	0.00	0.00	21.32	4.00
45.877	0.014	20.00	0.69	0.00	0.00	21.32	4.00
45.892	0.243	20.00	11.52	0.00	0.00	21.32	4.00
46.135	0.302	21.21	13.79	0.00	0.00	21.32	4.00
46.437	0.302	21.21	13.19	0.00	0.00	21.32	4.00
46.739	0.302	21.21	12.58	0.00	0.00	21.32	4.00
47.041	0.268	21.21	10.65	0.00	0.00	21.32	4.00
47.308	0.302	21.21	11.44	0.00	0.00	21.32	4.00
47.610	0.302	21.21	10.83	0.00	0.00	21.32	4.00
47.912	0.302	21.21	10.23	0.00	0.00	21.32	4.00
48.214	0.302	21.21	9.62	0.00	0.00	21.32	4.00
48.516	0.031	21.21	0.95	0.00	0.00	21.32	4.00
48.547	0.302	21.21	9.45	0.00	0.00	21.32	4.00
48.849	0.141	21.21	4.56	0.00	0.00	21.32	4.00
48.991	0.051	25.16	1.66	0.00	0.00	21.32	4.00
49.042	0.302	25.16	10.00	0.00	0.00	21.32	4.00
49.344	0.302	25.16	10.26	0.00	0.00	21.32	4.00
49.646	0.302	25.16	10.52	0.00	0.00	21.32	4.00
49.948	0.302	25.16	10.77	0.00	0.00	21.32	4.00
50.250	0.302	25.16	11.03	0.00	0.00	21.32	4.00
50.552	0.302	25.16	11.29	0.00	0.00	21.32	4.00
50.854	0.302	25.16	11.55	0.00	0.00	21.32	4.00
51.156	0.302	25.16	11.80	0.00	0.00	21.32	4.00

RELAZIONE ESECUTIVA DEL PROGETTO CAPPING

51.458	0.181	25.16	7.20	0.00	0.00	21.32	4.00
51.639	0.181	39.05	7.20	0.00	0.00	21.32	4.00
51.820	0.089	39.05	3.48	0.00	0.00	21.32	4.00
51.909	0.302	39.05	11.50	0.00	0.00	21.32	4.00
52.211	0.302	39.05	10.99	0.00	0.00	21.32	4.00
52.513	0.302	39.05	10.48	0.00	0.00	21.32	4.00
52.815	0.302	39.05	9.97	0.00	0.00	21.32	4.00
53.117	0.295	39.05	9.25	0.00	0.00	21.32	4.00
53.412	0.302	39.05	8.96	0.00	0.00	21.32	4.00
53.714	0.302	39.05	8.45	0.00	0.00	21.32	4.00
54.016	0.294	39.05	7.75	0.00	0.00	21.32	4.00
54.310	0.027	39.95	0.68	0.00	0.00	21.32	4.00
54.337	0.302	39.95	7.37	0.00	0.00	21.32	8.00
54.639	0.302	39.95	6.82	0.00	0.00	21.32	8.00
54.941	0.302	39.95	6.27	0.00	0.00	21.32	8.00
55.243	0.049	39.95	0.96	0.00	0.00	21.32	8.00
55.292	0.302	39.95	4.88	0.00	0.00	21.32	8.00
55.594	0.302	39.95	2.84	0.00	0.00	21.32	8.00
55.896	0.201	39.95	0.75	0.00	0.00	21.32	8.00
56.097	0.059	45.49	0.04	0.00	0.00	21.32	8.00

LEGENDA SIMBOLI

X(m) : Ascissa sinistra concio
dx(m) : Larghezza concio
alpha(°) : Angolo pendenza base concio
W(kN/m) : Forza peso concio
ru(-) : Coefficiente locale pressione interstiziale
U(kPa) : Pressione totale dei pori base concio
phi(°) : Angolo di attrito efficace base concio
c/Cu (kPa) : Coesione efficace o Resistenza al taglio in condizioni non drenate

TABELLA DIAGRAMMA DELLE FORZE DELLA SUPERFICIE INDIVIDUATA CON MINOR FS

X (m)	ht (m)	yt (m)	yt' (-)	E(x) (kN/m)	T(x) (kN/m)	E' (kN)	rho(x) (-)	FS_qFEM (-)	FS_p-qPATH (-)			
35.405	0.000	10.865	0.236	0.0000000000E+000	0.0000000000E+000	0.0000000000E+000	5.5230894897E+000	0.046	29.117	2.451		
35.707	0.045	10.936	0.236	2.0660024815E+000	8.8078057302E-003	8.1591611524E+000	0.046	29.117	2.451			
36.009	0.090	11.007	0.257	4.9280919137E+000	7.1380028114E-002	9.3016472132E+000	0.050	22.642	1.857			
36.311	0.148	11.091	0.254	7.6841501757E+000	2.9973552576E-001	8.4977207346E+000	0.070	19.757	1.642			
36.613	0.192	11.161	0.218	1.0060672096E+001	6.4429435769E-001	7.6197107882E+000	0.094	15.698	1.585			
36.915	0.227	11.222	0.208	1.2286416808E+001	1.1151321243E+000	8.2083082364E+000	0.119	12.501	1.581			
36.986	0.237	11.238	0.225	1.2879743047E+001	1.2553383964E+000	8.4248092439E+000	0.127	11.775	1.579			
37.288	0.279	11.306	0.227	1.5450557687E+001	1.9419066593E+000	8.7565698416E+000	0.168	9.017	1.593			
37.590	0.322	11.376	0.244	1.8168666776E+001	2.8087327110E+000	9.6818527073E+000	0.222	6.684	1.631			
37.892	0.374	11.454	0.257	2.1298347569E+001	3.9664723957E+000	1.0077666652E+001	0.287	4.809	1.671			
38.194	0.425	11.531	0.262	2.4255526272E+001	5.1822009086E+000	9.6214359354E+000	0.361	3.591	1.695			
38.343	0.454	11.572	0.252	2.5678203366E+001	5.8212742360E+000	8.7166805207E+000	0.405	3.132	1.696			
38.645	0.500	11.644	0.249	2.7808988936E+001	6.9149898768E+000	6.4077976805E+000	0.472	2.702	1.696			
38.943	0.551	11.721	0.262	2.9529398736E+001	7.9386018170E+000	5.0276670855E+000	0.533	2.441	1.691			
39.029	0.568	11.745	0.309	2.9943210274E+001	8.2197694936E+000	4.5772169017E+000	0.550	2.380	1.689			
39.331	0.559	11.841	0.355	3.1073919765E+001	9.1783539529E+000	3.2921479170E+000	0.603	2.208	1.678			
39.633	0.572	11.959	0.409	3.1931650902E+001	1.0135720043E+001	2.2576735313E+000	0.653	2.042	1.663			
39.935	0.596	12.088	0.437	3.2437543116E+001	1.0955624232E+001	1.3982816601E+000	0.692	1.888	1.644			
40.237	0.626	12.223	0.438	3.2776205926E+001	1.1671677929E+001	9.6662787004E-001	0.728	1.740	1.617			
40.539	0.650	12.353	0.406	3.3021381442E+001	1.2241775251E+001	7.2873989666E-001	0.756	1.612	1.587			
40.841	0.661	12.469	0.383	3.3216361124E+001	1.2651318832E+001	6.2050845846E-001	0.773	1.514	1.557			
40.987	0.666	12.525	0.383	3.3305367492E+001	1.2822316568E+001	5.9758404931E-001	0.780	1.474	1.542			
41.289	0.677	12.640	0.414	3.3479134229E+001	1.3130622747E+001	5.8857434499E-001	0.789	1.404	1.511			
41.591	0.707	12.775	0.452	3.3660863409E+001	1.3421513666E+001	5.7529537317E-001	0.795	1.341	1.473			
41.893	0.740	12.913	0.451	3.3826609714E+001	1.3672785157E+001	4.9413622304E-001	0.798	1.289	1.434			
42.195	0.769	13.047	0.421	3.3959319179E+001	1.3875488031E+001	3.5933696433E-001	0.799	1.248	1.395			
42.497	0.784	13.168	0.379	3.4043647416E+001	1.4019286731E+001	1.9491161123E-001	0.798	1.217	1.359			
42.799	0.788	13.276	0.358	3.4077044803E+001	1.4111004877E+001	1.2119244459E-002	0.796	1.194	1.326			
42.811	0.788	13.280	0.378	3.4077142662E+001	1.4113481059E+001	3.6544196101E-003	0.796	1.194	1.325			
43.113	0.793	13.395	0.401	3.4042875539E+001	1.416559145E+001	-1.9857077419E-001	0.792	1.175	1.289			
43.415	0.810	13.522	0.435	3.3957206922E+001	1.4189716260E+001	-3.5893124561E-001	0.786	1.156	1.249			
43.717	0.835	13.658	0.475	3.3826082888E+001	1.4187156325E+001	-5.2257115079E-001	0.779	1.139	1.208			
44.019	0.877	13.809	0.483	3.3641576600E+001	1.4157572702E+001	-6.3152829205E-001	0.771	1.124	1.169			
44.321	0.907	13.949	0.437	3.3444643006E+001	1.4112712691E+001	-5.8980841266E-001	0.762	1.112	1.138			
44.447	0.908	13.996	0.393	3.3373564064E+001	1.4093492027E+001	-6.0195436594E-001	0.760	1.109	1.131			
44.749	0.920	14.118	0.384	3.3164175747E+001	1.4030922567E+001	-6.7697873971E-001	0.754	1.105	1.120			
44.989	0.918	14.203	0.341	3.3004963879E+001	1.3980369301E+001	-6.6218593899E-001	0.750	1.104	1.118			
45.227	0.909	14.281	0.315	3.2847887273E+001	1.3928787698E+001	-6.1102930000E-001	0.748	1.105	1.122			
45.282	0.904	14.296	0.288	3.2814717446E+001	1.3917661536E+001	-6.1361323118E-001	0.748	1.105	1.123			
45.575	0.882	14.381	0.285	3.2612965313E+001	1.3847406881E+001	-7.1788534377E-001	0.749	1.110	1.137			
45.877	0.857	14.465	0.277	3.2386919516E+001	1.3764434223E+001	-6.2190275823E-001	0.752	1.117	1.158			
45.892	0.855	14.468	0.254	3.2378055593E+001	1.3761057701E+001	-6.2695895052E-001	0.753	1.118	1.160			

RELAZIONE ESECUTIVA DEL PROGETTO CAPPING

46.135	0.829	14.531	0.266	3.2180243125E+001	1.36832411195E+001	-8.7606622612E-001	0.758	1.129	1.185
46.437	0.794	14.614	0.282	3.1892437393E+001	1.3567266291E+001	-9.9406377938E-001	0.768	1.148	1.226
46.739	0.765	14.701	0.287	3.1579833649E+001	1.3434162955E+001	-1.0033186409E+000	0.780	1.175	1.273
47.041	0.733	14.787	0.311	3.1286438028E+001	1.3299784216E+001	-9.8754308890E-001	0.794	1.210	1.318
47.308	0.720	14.878	0.318	3.1018199457E+001	1.3162679894E+001	-8.3944387415E-001	0.809	1.255	1.360
47.610	0.693	14.968	0.320	3.0819972170E+001	1.3040410580E+001	-5.7666358658E-001	0.824	1.304	1.388
47.912	0.679	15.072	0.327	3.0669897578E+001	1.2914189368E+001	-4.4361907316E-001	0.835	1.360	1.409
48.214	0.656	15.166	0.303	3.0552028502E+001	1.2804866190E+001	-3.9825460701E-001	0.842	1.407	1.422
48.516	0.628	15.255	0.292	3.0429353818E+001	1.2699135050E+001	-4.0861062371E-001	0.842	1.442	1.430
48.547	0.624	15.263	0.309	3.0416738509E+001	1.2688930030E+001	-4.2448044728E-001	0.842	1.445	1.431
48.849	0.602	15.357	0.327	3.0242362740E+001	1.2564225892E+001	-7.8016884230E-001	0.834	1.467	1.439
48.991	0.597	15.408	0.351	3.0118713666E+001	1.2487301749E+001	-9.1934342942E-001	0.828	1.473	1.443
49.042	0.590	15.425	0.385	3.0071043979E+001	1.2459924900E+001	-9.8899539366E-001	0.826	1.474	1.445
49.344	0.567	15.544	0.438	2.9676322749E+001	1.2244925325E+001	-1.5883610229E+000	0.807	1.471	1.454
49.646	0.571	15.690	0.537	2.9111681985E+001	1.1932185094E+001	-2.1949168229E+000	0.781	1.449	1.462
49.948	0.607	15.868	0.598	2.8350604131E+001	1.1489221008E+001	-2.7140480614E+000	0.745	1.406	1.461
50.250	0.649	16.051	0.632	2.7472410734E+001	1.0941756201E+001	-3.2040944016E+000	0.704	1.342	1.446
50.552	0.705	16.249	0.631	2.6415347379E+001	1.0229853755E+001	-3.6401490110E+000	0.655	1.263	1.407
50.854	0.746	16.432	0.577	2.5273779212E+001	9.4901809939E+000	-3.9398774460E+000	0.610	1.190	1.359
51.156	0.770	16.598	0.530	2.4035681404E+001	8.7658795181E+000	-4.3581489489E+000	0.571	1.131	1.312
51.458	0.782	16.752	0.509	2.2641479372E+001	8.0480997236E+000	-5.0587074408E+000	0.536	1.083	1.270
51.639	0.789	16.844	0.500	2.1676957492E+001	7.6041358685E+000	-5.6341334261E+000	0.515	1.060	1.247
51.820	0.731	16.933	0.504	2.0599814719E+001	7.1596905547E+000	-6.3695494462E+000	0.494	1.041	1.227
51.909	0.706	16.980	0.562	2.0015290331E+001	6.9240551858E+000	-6.8104463126E+000	0.482	1.032	1.218
52.211	0.634	17.153	0.616	1.7720017138E+001	6.0348700832E+000	-8.2824054417E+000	0.432	1.004	1.185
52.513	0.588	17.352	0.707	1.5012759492E+001	5.0114933142E+000	-9.4797003687E+000	0.367	0.979	1.152
52.815	0.571	17.580	0.830	1.1994326242E+001	3.8834966753E+000	-1.0365192031E+001	0.289	0.960	1.116
53.117	0.599	17.853	0.864	8.7522361272E+000	2.6776157200E+000	-9.4991588879E+000	0.192	0.957	1.090
53.412	0.602	18.095	0.766	6.3046912962E+000	1.7793575208E+000	-7.0808858628E+000	0.132	0.974	1.095
53.714	0.572	18.311	0.713	4.5399914407E+000	1.1557883102E+000	-5.0636176176E+000	0.097	1.009	1.130
54.016	0.543	18.526	0.694	3.2462919621E+000	7.1267636623E-001	-3.6429634328E+000	0.075	1.075	1.209
54.310	0.502	18.725	0.667	2.3576155858E+000	4.3213187115E-001	-2.2746388559E+000	0.061	1.164	1.327
54.337	0.496	18.741	0.623	2.2986276329E+000	4.1514599506E-001	-2.1926625225E+000	0.061	1.173	1.340
54.639	0.432	18.929	0.641	1.6858985909E+000	2.5030143307E-001	-1.8595740334E+000	0.054	1.349	1.565
54.941	0.377	19.128	0.701	1.1754543574E+000	1.2359353030E-001	-1.6636562732E+000	0.049	1.535	1.801
55.243	0.349	19.353	0.696	6.8105864789E-001	3.8913057979E-002	-9.0714040561E-001	0.046	1.818	2.133
55.292	0.328	19.372	0.463	6.4263199915E-001	3.4465926709E-002	-8.0458773938E-001	0.046	1.861	2.180
55.594	0.218	19.515	0.503	3.7137059587E-001	1.220779746E-002	-8.5445446883E-001	0.046	2.457	2.877
55.896	0.126	19.676	0.459	1.2654583786E-001	8.9336088341E-004	-4.8405827166E-001	0.046	5.119	6.079
56.097	0.028	19.746	0.459	7.2961046570E-002	3.1102295272E-004	-1.0169646218E+000	0.046	5.119	10.549

LEGENDA SIMBOLI

X(m) : Ascissa sinistra concio
ht(m) : Altezza linea di thrust da nodo sinistro base concio
yt(m) : coordinata Y linea di thrust
yt'(-) : gradiente pendenza locale linea di thrust
E(x)(kN/m) : Forza Normale interconcio
T(x)(kN/m) : Forza Tangenziale interconcio
E' (kN) : derivata Forza normale interconcio
Rho(x) (-) : fattore mobilitazione resistenza al taglio verticale interconcio ZhU et al.(2003)
FS_qFEM(x)(-) : fattore di sicurezza locale stimato (locale in X) by qFEM
FS_p-qPATH(x)(-) : fattore di sicurezza locale stimato (locale in X) by p-qPATH Procedure

TABELLA SFORZI DI TAGLIO DISTRIBUITI LUNGO SUPERFICIE INDIVIDUATA CON MINOR FS

X (m)	dx (m)	dl (m)	alpha (°)	TauStress (kPa)	TauF (kN/m)	TauStrength (kPa)	TauS (kN/m)
35.405	0.302	0.303	4.936	0.106	0.032	8.485	2.572
35.707	0.302	0.303	4.936	0.317	0.096	9.487	2.876
36.009	0.302	0.303	4.936	0.528	0.160	10.588	3.210
36.311	0.302	0.303	4.936	0.739	0.224	11.646	3.530
36.613	0.302	0.303	4.936	0.950	0.288	12.712	3.853
36.915	0.071	0.071	4.936	1.081	0.077	13.415	0.951
36.986	0.302	0.303	4.936	1.211	0.367	14.081	4.268
37.288	0.302	0.303	4.936	1.422	0.431	15.195	4.606
37.590	0.302	0.303	4.936	1.633	0.495	16.408	4.973
37.892	0.302	0.303	4.936	1.844	0.559	17.413	5.278
38.194	0.149	0.150	4.936	2.002	0.300	18.195	2.724
38.343	0.302	0.303	4.936	2.160	0.655	14.730	4.465
38.645	0.298	0.299	4.936	2.370	0.710	15.628	4.679
38.943	0.086	0.086	4.936	2.504	0.216	16.193	1.397
39.029	0.302	0.320	19.169	9.336	2.985	14.216	4.545
39.331	0.302	0.320	19.169	9.665	3.090	14.586	4.664
39.633	0.302	0.320	19.169	9.995	3.196	14.994	4.794
39.935	0.302	0.320	19.169	10.324	3.301	15.393	4.921
40.237	0.302	0.320	19.169	10.654	3.406	15.802	5.052
40.539	0.302	0.320	19.169	10.984	3.512	16.216	5.185

RELAZIONE ESECUTIVA DEL PROGETTO CAPPING

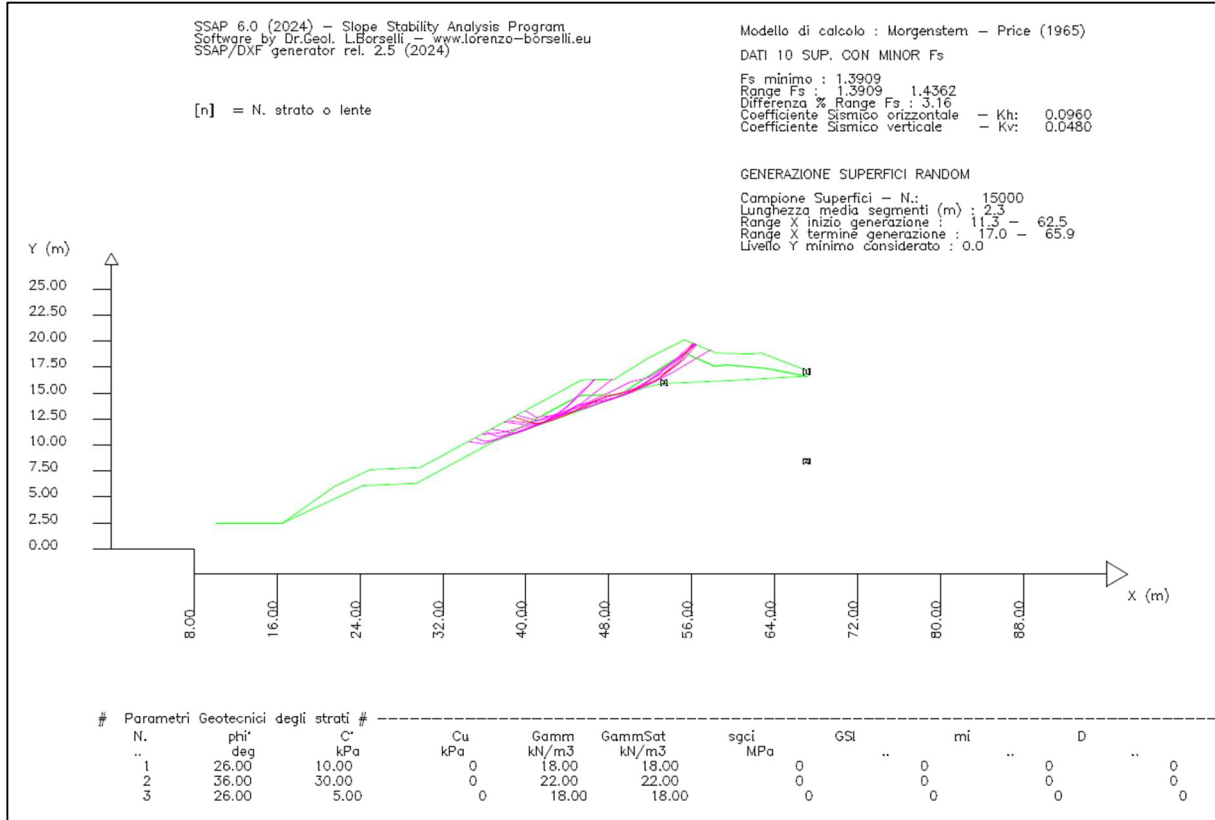
40.841	0.146	0.155	19.169	11.228	1.739	16.507	2.557
40.987	0.302	0.320	19.169	11.473	3.668	16.793	5.369
41.289	0.302	0.320	19.169	11.803	3.774	17.168	5.489
41.591	0.302	0.320	19.169	12.132	3.879	17.549	5.611
41.893	0.302	0.320	19.169	12.462	3.984	17.932	5.733
42.195	0.302	0.320	19.169	12.792	4.090	18.318	5.857
42.497	0.302	0.320	19.169	13.121	4.195	18.703	5.980
42.799	0.012	0.013	19.169	13.293	0.167	18.903	0.237
42.811	0.302	0.321	20.001	13.938	4.479	18.924	6.082
43.113	0.302	0.321	20.001	14.251	4.580	19.269	6.193
43.415	0.302	0.321	20.001	14.564	4.681	19.614	6.303
43.717	0.302	0.321	20.001	14.877	4.781	19.958	6.414
44.019	0.302	0.321	20.001	15.190	4.882	20.299	6.524
44.321	0.126	0.134	20.001	15.412	2.068	20.537	2.755
44.447	0.302	0.321	20.001	15.634	5.024	20.781	6.678
44.749	0.240	0.255	20.001	15.915	4.061	21.082	5.380
44.989	0.238	0.253	20.001	16.162	4.091	21.348	5.403
45.227	0.055	0.059	20.001	16.252	0.957	21.443	1.262
45.282	0.293	0.312	20.001	16.043	5.005	21.222	6.621
45.575	0.302	0.321	20.001	15.685	5.041	20.842	6.698
45.877	0.014	0.015	20.001	15.494	0.237	20.634	0.316
45.892	0.243	0.259	20.001	15.243	3.941	20.373	5.268
46.135	0.302	0.324	21.215	15.406	4.991	19.536	6.329
46.437	0.302	0.324	21.215	14.730	4.772	18.864	6.111
46.739	0.302	0.324	21.215	14.053	4.553	18.184	5.891
47.041	0.268	0.287	21.215	13.415	3.853	17.551	5.041
47.308	0.302	0.324	21.215	12.777	4.139	16.896	5.473
47.610	0.302	0.324	21.215	12.100	3.920	16.217	5.254
47.912	0.302	0.324	21.215	11.424	3.701	15.530	5.031
48.214	0.302	0.324	21.215	10.747	3.482	14.848	4.810
48.516	0.031	0.033	21.215	10.374	0.343	14.471	0.479
48.547	0.302	0.324	21.215	10.558	3.420	14.667	4.751
48.849	0.141	0.152	21.215	10.879	1.649	15.006	2.275
48.991	0.051	0.056	25.163	12.555	0.707	14.544	0.819
49.042	0.302	0.334	25.163	12.747	4.253	14.740	4.918
49.344	0.302	0.334	25.163	13.075	4.363	15.082	5.032
49.646	0.302	0.334	25.163	13.403	4.472	15.447	5.154
49.948	0.302	0.334	25.163	13.731	4.581	15.794	5.270
50.250	0.302	0.334	25.163	14.059	4.691	16.183	5.400
50.552	0.302	0.334	25.163	14.386	4.800	16.475	5.497
50.854	0.302	0.334	25.163	14.714	4.910	16.737	5.584
51.156	0.302	0.334	25.163	15.042	5.019	17.005	5.674
51.458	0.181	0.200	25.163	15.305	3.063	17.238	3.450
51.639	0.181	0.233	39.053	19.435	4.535	14.436	3.369
51.820	0.089	0.114	39.053	19.166	2.193	14.396	1.647
51.909	0.302	0.389	39.053	18.631	7.245	14.268	5.549
52.211	0.302	0.389	39.053	17.805	6.924	14.068	5.471
52.513	0.302	0.389	39.053	16.978	6.603	13.825	5.376
52.815	0.302	0.389	39.053	16.152	6.281	13.542	5.266
53.117	0.295	0.380	39.053	15.335	5.830	12.727	4.838
53.412	0.302	0.389	39.053	14.518	5.646	11.900	4.628
53.714	0.302	0.389	39.053	13.692	5.325	11.237	4.370
54.016	0.294	0.379	39.053	12.876	4.882	10.616	4.025
54.310	0.027	0.035	39.947	12.509	0.436	10.116	0.353
54.337	0.302	0.394	39.947	12.018	4.734	13.847	5.455
54.639	0.302	0.394	39.947	11.117	4.379	13.370	5.267
54.941	0.302	0.394	39.947	10.215	4.024	12.886	5.076
55.243	0.049	0.063	39.947	9.692	0.615	12.557	0.797
55.292	0.302	0.394	39.947	7.954	3.133	11.741	4.625
55.594	0.302	0.394	39.947	4.623	1.821	10.169	4.006
55.896	0.201	0.262	39.947	1.851	0.485	8.864	2.320
56.097	0.059	0.084	45.491	0.378	0.032	8.148	0.685

LEGENDA SIMBOLI

X(m) : Ascissa sinistra concio
dx(m) : Larghezza concio
dl(m) : lunghezza base concio
alpha(°) : Angolo pendenza base concio
TauStress(kPa) : Sforzo di taglio su base concio
TauF (kN/m) : Forza di taglio su base concio
TauStrength(kPa) : Resistenza al taglio su base concio
TauS (kN/m) : Forza resistente al taglio su base concio

3.3.1.4 SEZIONE SUD PROFILO FINALE – CONDIZIONE SISMICA

$FS_{MIN} = 1,39$



Report Generale Risultati di Verifica di stabilita'

SSAP 6.0 - Slope Stability Analysis Program (1991,2024)
WWW.SSAP.EU

Build No. 14533

BY

Dr. Geol. LORENZO BORSELLI
UASLP, San Luis Potosi, Mexico
e-mail: lborselli@gmail.com

CV e WEB page personale: WWW.LORENZO-BORSELLI.EU
Ricercatore Associato CNR-IRPI, Perugia, Italia

Ultima Revisione struttura tabelle del report: 21 Maggio 2024

Modello pendio: Sez_sudfinale.mod

----- PARAMETRI DEL MODELLO DEL PENDIO -----

__ PARAMETRI GEOMETRICI - Coordinate X,Y (in m) __

SUP T.		SUP 2		SUP 3		SUP 4			
X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	-	-
10.14	2.50	10.14	2.50	36.99	10.39	-	-	-	-
16.54	2.52	16.54	2.52	44.99	14.68	-	-	-	-
21.51	6.01	24.27	6.12	45.58	14.78	-	-	-	-
24.95	7.65	29.41	6.33	49.04	14.86	-	-	-	-
28.81	7.80	36.99	10.39	55.29	18.86	-	-	-	-
29.83	7.85	44.99	14.68	58.23	17.60	-	-	-	-
38.94	12.77	45.58	14.78	59.39	17.74	-	-	-	-
45.23	16.19	49.04	14.86	63.25	17.36	-	-	-	-
45.89	16.29	55.29	18.86	67.07	16.64	-	-	-	-
48.55	16.34	58.23	17.60	60.24	16.23	-	-	-	-
51.82	18.39	59.39	17.74	53.41	15.95	-	-	-	-

RELAZIONE ESECUTIVA DEL PROGETTO CAPPING

55.29 20.13 63.25 17.36 51.91 15.68 - -
58.39 18.87 67.07 16.64 44.45 13.04 - -
61.63 18.78 - - 36.99 10.39 - -
62.74 18.85 - - - - - -
67.07 17.19 - - - - - -
-- ASSENZA DI FALDA --

----- PARAMETRI GEOMECCANICI -----

	fi`	C`	Cu	Gamm	Gamm_sat	STR_IDX	sgci	GSI	mi	D
STRATO 1	26.00	10.00	10.00	0.00	18.00	18.00	1.834	0.00	0.00	0.00
STRATO 2	36.00	30.00	30.00	0.00	22.00	22.00	3.985	0.00	0.00	0.00
STRATO 3	26.00	5.00	5.00	0.00	18.00	18.00	1.646	0.00	0.00	0.00

LEGENDA: fi` _____ Angolo di attrito interno efficace(in gradi)
C` _____ Coesione efficace (in Kpa)
Cu _____ Resistenza al taglio Non drenata (in Kpa)
Gamm _____ Peso di volume terreno fuori falda (in KN/m^3)
Gamm_sat _____ Peso di volume terreno immerso (in KN/m^3)
STR_IDX _____ Indice di resistenza (usato in solo in 'SNIFF SEARCH) (adimensionale)
---- SOLO Per AMMASSI ROCCIOSI FRATTURATI - Parametri Criterio di Rottura di Hoek et al.(2002)-
sgci _____ Resistenza Compressione Uniassiale Roccia Intatta (in MPa)
GSI _____ Geological Strenght Index ammasso(adimensionale)
mi _____ Indice litologico ammasso(adimensionale)
D _____ Fattore di disturbo ammasso(adimensionale)

NOTA BENE:

FATTORI DI RIDUZIONE NTC2018/EC-7: gammaPHI=1.25, gammaC=1.25 e gammaCu=1.4 - DISATTIVATI

----- INFORMAZIONI GENERAZIONE SUPERFICI RANDOM -----

*** PARAMETRI PER LA GENERAZIONE DELLE SUPERFICI
MOTORE DI RICERCA: RANDOM SEARCH - Siegel (1981)
FILTRAGGIO SUPERFICI : ATTIVATO
COORDINATE X1,X2,Y OSTACOLO : 0.00 0.00 0.00
LUNGHEZZA MEDIA SEGMENTI (m)*: 2.3 (+/-) 50%
INTERVALLO ASCISSE RANDOM STARTING POINT (Xmin .. Xmax): 11.28 62.52
LIVELLO MINIMO CONSIDERATO (Ymin): 0.00
INTERVALLO ASCISSE AMMESSO PER LA TERMINAZIONE (Xmin .. Xmax): 16.97 65.93
TOTALE SUPERFICI GENERATE : 15000
*NOTA IMPORTANTE: La lunghezza media dei segmenti non viene cosiderata nel caso di uso del motore di ricerca NEW RANOM SEARCH

----- INFORMAZIONI PARAMETRI DI CALCOLO -----

METODO DI CALCOLO : MORGENSTERN - PRICE (Morgenstern & Price, 1965)
METODO DI ESPLORAZIONE CAMPO VALORI (lambda0,Fs0) ADOTTATO : B (piu' accurato)
COEFFICIENTE SISMICO UTILIZZATO Kh : 0.0960
COEFFICIENTE SISMICO UTILIZZATO Kv (assunto Positivo): 0.0480
COEFFICIENTE c=Kv/Kh UTILIZZATO : 0.5000
FORZA ORIZZONTALE ADDIZIONALE IN TESTA (kN/m): 0.00
FORZA ORIZZONTALE ADDIZIONALE ALLA BASE (kN/m): 0.00

N.B. Le forze orizzontali addizionali in testa e alla base sono poste uguali a 0 durante le tutte le verifiche globali.
I valori >0 impostati dall'utente sono utilizzati solo in caso di verifica singola

----- RISULTATO FINALE ELABORAZIONI -----

DATI RELATIVI ALLE 10 SUPERFICI GENERATE CON MINOR Fs

X(m)	Y(m)	#Superficie N.1 - #FS_minimo	#Fattore di sicurezza(FS)= 1.3909	#Lambda= 0.6116
38.832	12.714			
41.037	12.052			
42.208	12.304			
43.431	12.721			
45.724	13.716			
47.597	14.670			
50.257	15.223			
52.612	16.296			
54.752	17.899			
55.585	18.960			
56.115	19.794			

X(m) Y(m) #Superficie N. 2 #Fattore di sicurezza(FS)= 1.4000 #Lambda= 0.6521

38.163 12.353
41.484 12.049
42.613 12.564
44.555 13.249
46.479 14.214
49.585 15.165
52.520 16.106
55.277 18.243
56.299 19.530
56.406 19.676

X(m) Y(m) #Superficie N. 3 #Fattore di sicurezza(FS)= 1.4103 #Lambda= 0.5654

35.704 11.026
37.472 11.168
38.732 11.483
40.921 12.052
42.641 12.414
43.987 13.216
44.930 13.844
46.246 14.106
47.722 14.412
48.966 14.684
50.901 15.448
52.420 16.531
54.357 18.031
55.896 19.329
56.452 19.657

X(m) Y(m) #Superficie N. 4 #Fattore di sicurezza(FS)= 1.4207 #Lambda= 0.7562

34.445 10.346
35.913 10.121
37.238 10.552
39.834 11.532
42.601 12.562
45.474 13.893
47.876 14.992
50.054 16.071
51.842 16.496
54.578 18.194
56.338 19.704

X(m) Y(m) #Superficie N. 5 #Fattore di sicurezza(FS)= 1.4225 #Lambda= 0.5845

37.899 12.211
40.025 11.956
42.274 12.780
46.013 13.994
48.148 14.371
50.330 15.128
52.919 17.007
54.676 18.485
56.117 19.794

X(m) Y(m) #Superficie N. 6 #Fattore di sicurezza(FS)= 1.4319 #Lambda= 0.5409

39.954 13.322
40.972 12.698
42.703 12.856
43.978 13.098
44.729 13.271
46.350 13.798
47.915 14.312
49.505 14.890
50.176 15.253
51.127 15.790
52.304 16.480
53.475 17.048
54.337 17.816
55.806 19.190
56.232 19.747

X(m) Y(m) #Superficie N. 7 #Fattore di sicurezza(FS)= 1.4322 #Lambda= 0.6247

35.084 10.692
36.127 10.361
37.121 10.574
37.908 10.815
38.634 11.049

39.200 11.227
39.869 11.447
40.242 11.591
40.874 11.856
41.249 12.003
42.200 12.469
43.146 13.076
44.042 13.703
44.570 14.305
45.317 15.172
45.751 15.439
46.154 15.812
46.589 16.304

X(m) Y(m) #Superficie N. 8 #Fattore di sicurezza(FS)= 1.4337 #Lambda= 0.6081

36.156 11.270
37.294 10.837
38.869 11.157
40.034 11.543
42.106 12.384
43.373 13.244
44.636 14.263
45.351 14.930
46.106 15.784
46.501 16.302

X(m) Y(m) #Superficie N. 9 #Fattore di sicurezza(FS)= 1.4357 #Lambda= 0.7833

36.691 11.558
38.944 11.118
41.271 11.954
45.428 14.059
48.296 16.337

X(m) Y(m) #Superficie N.10 #Fattore di sicurezza(FS)= 1.4362 #Lambda= 0.5701

39.176 12.900
41.077 12.364
42.933 12.774
45.941 13.637
49.345 14.853
51.275 15.530
53.980 16.897
55.607 17.846
57.762 19.124

----- ANALISI DEFICIT DI RESISTENZA -----

DATI RELATIVI ALLE 10 SUPERFICIE GENERATE CON MINOR FS *

Analisi Deficit in riferimento a FS(progetto) = 1.200

Sup N.	FS	FTR(kN/m)	FTA(kN/m)	Bilancio(kN/m)	ESITO
1	1.391	402.1	289.1	55.2	Surplus
2	1.400	412.7	294.8	59.0	Surplus
3	1.410	441.5	313.1	65.8	Surplus
4	1.421	446.9	314.6	69.4	Surplus
5	1.423	391.0	274.9	61.2	Surplus
6	1.432	374.9	261.8	60.7	Surplus
7	1.432	229.2	160.1	37.2	Surplus
8	1.434	210.5	146.8	34.3	Surplus
9	1.436	236.1	164.4	38.8	Surplus
10	1.436	434.0	302.1	71.4	Surplus

Esito analisi: SURPLUS di RESISTENZA!

Valore minimo di SURPLUS di RESISTENZA (kN/m): 34.3

Note: FTR --> Forza totale Resistente lungo la superficie di scivolamento
FTA --> Forza totale Agente lungo la superficie di scivolamento

IMPORTANTE! : Il Deficit o il Surplus di resistenza viene espresso in kN
per metro di LARGHEZZA rispetto al fronte della scarpata,
ovvero in kN/m

----- TABELLA PARAMETRI CONCI DELLA SUPERFICIE INDIVIDUATA CON MINOR FS -----

X dx alpha W ru U phi' (c',Cu)

RELAZIONE ESECUTIVA DEL PROGETTO CAPPING

(m)	(m)	(°)	(kN/m)	(-)	(kPa)	(°)	(kPa)
38.832	0.111	-16.70	0.10	0.00	0.00	26.00	10.00
38.943	0.270	-16.70	1.06	0.00	0.00	26.00	10.00
39.213	0.270	-16.70	2.22	0.00	0.00	26.00	10.00
39.484	0.270	-16.70	3.38	0.00	0.00	26.00	10.00
39.754	0.270	-16.70	4.54	0.00	0.00	26.00	10.00
40.024	0.270	-16.70	5.70	0.00	0.00	26.00	10.00
40.294	0.133	-16.70	3.23	0.00	0.00	26.00	10.00
40.427	0.270	-16.70	7.44	0.00	0.00	26.00	5.00
40.698	0.270	-16.70	8.60	0.00	0.00	26.00	5.00
40.968	0.019	-16.70	0.66	0.00	0.00	26.00	5.00
40.987	0.049	-16.70	1.71	0.00	0.00	26.00	5.00
41.037	0.270	12.12	9.70	0.00	0.00	26.00	5.00
41.307	0.270	12.12	10.15	0.00	0.00	26.00	5.00
41.577	0.270	12.12	10.61	0.00	0.00	26.00	5.00
41.847	0.270	12.12	11.06	0.00	0.00	26.00	5.00
42.118	0.091	12.12	3.81	0.00	0.00	26.00	5.00
42.208	0.270	18.86	11.58	0.00	0.00	26.00	5.00
42.479	0.270	18.86	11.85	0.00	0.00	26.00	5.00
42.749	0.270	18.86	12.13	0.00	0.00	26.00	5.00
43.019	0.270	18.86	12.41	0.00	0.00	26.00	5.00
43.289	0.141	18.86	6.59	0.00	0.00	26.00	5.00
43.431	0.270	23.45	12.77	0.00	0.00	26.00	5.00
43.701	0.270	23.45	12.92	0.00	0.00	26.00	5.00
43.971	0.270	23.45	13.07	0.00	0.00	26.00	5.00
44.241	0.206	23.45	10.05	0.00	0.00	26.00	5.00
44.447	0.270	23.45	13.34	0.00	0.00	26.00	5.00
44.717	0.270	23.45	13.49	0.00	0.00	26.00	5.00
44.988	0.001	23.45	0.06	0.00	0.00	26.00	5.00
44.989	0.238	23.45	11.99	0.00	0.00	26.00	5.00
45.227	0.055	23.45	2.80	0.00	0.00	26.00	5.00
45.282	0.270	23.45	13.43	0.00	0.00	26.00	5.00
45.552	0.023	23.45	1.12	0.00	0.00	26.00	5.00
45.575	0.149	23.45	7.23	0.00	0.00	26.00	5.00
45.724	0.167	27.00	7.95	0.00	0.00	26.00	5.00
45.892	0.270	27.00	12.35	0.00	0.00	26.00	5.00
46.162	0.270	27.00	11.68	0.00	0.00	26.00	5.00
46.432	0.270	27.00	11.00	0.00	0.00	26.00	5.00
46.703	0.270	27.00	10.32	0.00	0.00	26.00	5.00
46.973	0.270	27.00	9.65	0.00	0.00	26.00	5.00
47.243	0.065	27.00	2.23	0.00	0.00	26.00	5.00
47.308	0.270	27.00	8.81	0.00	0.00	26.00	5.00
47.579	0.018	27.00	0.57	0.00	0.00	26.00	5.00
47.597	0.270	11.75	8.30	0.00	0.00	26.00	5.00
47.867	0.270	11.75	8.04	0.00	0.00	26.00	5.00
48.137	0.270	11.75	7.78	0.00	0.00	26.00	5.00
48.408	0.030	11.75	0.84	0.00	0.00	26.00	5.00
48.438	0.110	11.75	3.07	0.00	0.00	26.00	10.00
48.547	0.270	11.75	7.80	0.00	0.00	26.00	10.00
48.818	0.224	11.75	6.90	0.00	0.00	26.00	10.00
49.042	0.270	11.75	8.86	0.00	0.00	26.00	10.00
49.312	0.270	11.75	9.43	0.00	0.00	26.00	5.00
49.582	0.270	11.75	10.01	0.00	0.00	26.00	5.00
49.852	0.270	11.75	10.59	0.00	0.00	26.00	5.00
50.123	0.135	11.75	5.49	0.00	0.00	26.00	5.00
50.257	0.270	24.49	11.28	0.00	0.00	26.00	5.00
50.528	0.270	24.49	11.52	0.00	0.00	26.00	5.00
50.798	0.270	24.49	11.75	0.00	0.00	26.00	5.00
51.068	0.270	24.49	11.99	0.00	0.00	26.00	5.00
51.338	0.270	24.49	12.22	0.00	0.00	26.00	5.00
51.609	0.211	24.49	9.72	0.00	0.00	26.00	5.00
51.820	0.089	24.49	4.12	0.00	0.00	26.00	5.00
51.909	0.270	24.49	12.58	0.00	0.00	26.00	5.00
52.179	0.270	24.49	12.64	0.00	0.00	26.00	5.00
52.449	0.162	24.49	7.62	0.00	0.00	26.00	5.00
52.612	0.270	36.84	12.54	0.00	0.00	26.00	5.00
52.882	0.270	36.84	12.19	0.00	0.00	26.00	5.00
53.152	0.260	36.84	11.39	0.00	0.00	26.00	5.00
53.412	0.270	36.84	11.52	0.00	0.00	26.00	5.00
53.682	0.270	36.84	11.18	0.00	0.00	26.00	5.00
53.953	0.270	36.84	10.84	0.00	0.00	26.00	5.00
54.223	0.270	36.84	10.49	0.00	0.00	26.00	5.00
54.493	0.259	36.84	9.72	0.00	0.00	26.00	5.00
54.752	0.270	51.86	9.46	0.00	0.00	26.00	5.00
55.022	0.270	51.86	8.38	0.00	0.00	26.00	5.00
55.292	0.158	51.86	4.20	0.00	0.00	26.00	5.00
55.450	0.135	51.86	2.97	0.00	0.00	26.00	10.00
55.585	0.270	57.56	3.99	0.00	0.00	26.00	10.00
55.855	0.260	57.56	1.26	0.00	0.00	26.00	10.00



RELAZIONE ESECUTIVA DEL PROGETTO CAPPING

LEGENDA SIMBOLI

X(m) : Ascissa sinistra concio
dx(m) : Larghezza concio
alpha(°) : Angolo pendenza base concio
W(kN/m) : Forza peso concio
ru(-) : Coefficiente locale pressione interstiziale
U(kPa) : Pressione totale dei pori base concio
phi'(°) : Angolo di attrito efficace base concio
c'/Cu (kPa) : Coesione efficace o Resistenza al taglio in condizioni non drenate

TABELLA DIAGRAMMA DELLE FORZE DELLA SUPERFICIE INDIVIDUATA CON MINOR FS

X (m)	ht (m)	yt (m)	yt' (-)	E(x) (kN/m)	T(x) (kN/m)	E' (kN)	rho(x) (-)	FS_qFEM (-)	FS_p-qPATH (-)			
38.832	0.000	12.714	-0.022	0.000000000E+000	0.000000000E+000	0.000000000E+000	4.4018960368E+000	0.046	7.635	6.641		
38.943	0.031	12.711	-0.022	4.6927580639E-001	-2.8698449319E-003	4.0357941162E+000	0.046	7.635	6.641			
39.213	0.106	12.705	-0.022	1.4398270705E+000	-3.9382773132E-002	5.3951867490E+000	0.048	8.402	7.880			
39.484	0.181	12.699	-0.023	3.3856075951E+000	-2.7785568712E-001	1.0704039668E+001	0.063	8.641	8.237			
39.754	0.256	12.693	-0.025	7.2258234785E+000	-1.1299150709E+000	1.8836083021E+001	0.089	10.198	9.479			
40.024	0.330	12.686	-0.020	1.3567325160E+001	-2.3924493422E+000	2.2027192008E+001	0.090	11.667	10.342			
40.294	0.407	12.682	-0.009	1.9132473472E+001	-2.6759903815E+000	1.9791158129E+001	0.091	12.412	10.690			
40.427	0.447	12.682	0.016	2.1709679008E+001	-2.5477163577E+000	1.9105542160E+001	0.089	12.557	10.645			
40.698	0.535	12.689	0.043	2.6712569564E+001	-1.4941295921E+000	1.7301031621E+001	0.083	12.250	10.204			
40.968	0.632	12.705	0.064	3.1061634898E+001	5.9540768220E-001	1.3281709356E+001	0.081	11.285	9.335			
40.987	0.640	12.707	0.119	3.1316537144E+001	8.3240929513E-001	1.2990739776E+001	0.081	11.185	9.251			
41.037	0.661	12.713	0.174	3.1945628449E+001	1.6025224140E+000	1.2748687829E+001	0.083	10.917	9.027			
41.307	0.652	12.763	0.220	3.5363572153E+001	6.0019099984E+000	1.1955400484E+001	0.102	8.981	7.440			
41.577	0.664	12.832	0.287	3.8408039502E+001	1.0738492030E+001	9.6258985699E+000	0.136	6.787	5.697			
41.847	0.692	12.918	0.349	4.0566786666E+001	1.5193405204E+001	7.1504606163E+000	0.214	4.793	4.120			
42.118	0.736	13.021	0.388	4.2273172734E+001	1.9244594289E+001	5.1446627082E+000	0.454	3.055	2.724			
42.208	0.754	13.058	0.380	4.2704189949E+001	2.0233739005E+001	4.0792626795E+000	0.605	2.646	2.393			
42.479	0.762	13.158	0.381	4.3264539277E+001	2.1594739585E+001	1.4616730676E+000	0.708	2.077	1.932			
42.749	0.775	13.264	0.402	4.3494287462E+001	2.2640323089E+001	2.9355388473E-001	0.765	1.721	1.646			
43.019	0.795	13.376	0.428	4.3423217849E+001	2.3387607681E+001	-7.9351687686E-001	0.797	1.487	1.460			
43.289	0.822	13.495	0.441	4.3065357269E+001	2.3852830328E+001	-1.8415666012E+000	0.815	1.325	1.332			
43.431	0.836	13.557	0.430	4.2767166758E+001	2.3950882410E+001	-2.3205620433E+000	0.821	1.271	1.289			
43.701	0.833	13.672	0.461	4.2032039907E+001	2.3925945180E+001	-3.3061039855E+000	0.825	1.199	1.231			
43.971	0.850	13.806	0.524	4.0980074560E+001	2.3647212255E+001	-4.3738318161E+000	0.823	1.147	1.187			
44.241	0.882	13.956	0.543	3.9667794635E+001	2.3158253528E+001	-4.9046198622E+000	0.816	1.109	1.155			
44.447	0.902	14.065	0.507	3.8650963708E+001	2.2735432438E+001	-4.8798884190E+000	0.810	1.089	1.137			
44.717	0.917	14.197	0.436	3.7354148333E+001	2.2159021236E+001	-4.3857548959E+000	0.800	1.074	1.125			
44.988	0.904	14.301	0.384	3.6280273495E+001	2.1672596968E+001	-3.8467171160E+000	0.792	1.068	1.121			
44.989	0.904	14.301	0.325	3.6275516791E+001	2.1670440428E+001	-3.8450214305E+000	0.792	1.068	1.121			
45.227	0.878	14.378	0.319	3.5412044662E+001	2.1282230869E+001	-3.5360615390E+000	0.787	1.068	1.123			
45.282	0.870	14.394	0.294	3.5217625083E+001	2.1193540759E+001	-3.5452212058E+000	0.786	1.069	1.124			
45.552	0.832	14.474	0.295	3.4218410049E+001	2.0729044083E+001	-4.0126810446E+000	0.781	1.075	1.131			
45.575	0.829	14.481	0.279	3.4125893564E+001	2.0683922144E+001	-4.0092256728E+000	0.781	1.076	1.132			
45.724	0.806	14.522	0.295	3.3557292501E+001	2.0403440735E+001	-4.1486637539E+000	0.779	1.084	1.139			
45.892	0.773	14.574	0.351	3.2800383143E+001	2.0015882981E+001	-4.9377902410E+000	0.776	1.098	1.149			
46.162	0.736	14.675	0.405	3.1285804065E+001	1.9192235321E+001	-6.1071901715E+000	0.772	1.133	1.170			
46.432	0.716	14.793	0.454	2.9499182709E+001	1.8159090631E+001	-6.7123093314E+000	0.768	1.186	1.195			
46.703	0.706	14.921	0.425	2.7657510553E+001	1.7110566862E+001	-5.8541094638E+000	0.767	1.244	1.210			
46.973	0.671	15.023	0.326	2.6334783344E+001	1.6379680028E+001	-3.7846035012E+000	0.770	1.281	1.209			
47.243	0.607	15.097	0.276	2.5611768670E+001	1.6017524581E+001	-1.6572828198E+000	0.776	1.294	1.194			
47.308	0.592	15.116	0.256	2.5519528986E+001	1.5979438348E+001	-1.1693301585E+000	0.778	1.294	1.189			
47.579	0.522	15.183	0.247	2.5473675748E+001	1.6016835793E+001	3.8755746839E-001	0.791	1.280	1.165			
47.597	0.517	15.187	0.203	2.5481404336E+001	1.6023258233E+001	5.2383219496E-001	0.792	1.278	1.164			
47.867	0.515	15.241	0.198	2.6019840470E+001	1.6309731536E+001	2.7576013965E+000	0.806	1.255	1.147			
48.137	0.512	15.294	0.197	2.6972007161E+001	1.6788459647E+001	4.1352694260E+000	0.819	1.228	1.140			
48.408	0.509	15.348	0.203	2.8255132452E+001	1.7421001211E+001	5.7443538574E+000	0.831	1.204	1.140			
48.438	0.510	15.355	0.213	2.8430044170E+001	1.7508378912E+001	5.8000500549E+000	0.832	1.202	1.142			
48.547	0.510	15.378	0.233	2.9044355990E+001	1.7808682338E+001	5.8514553225E+000	0.835	1.196	1.145			
48.818	0.520	15.444	0.258	3.0793302736E+001	1.8677196671E+001	6.5793821886E+000	0.837	1.182	1.150			
49.042	0.535	15.505	0.322	3.2287181451E+001	1.9456390857E+001	7.2076640508E+000	0.837	1.175	1.151			
49.312	0.576	15.603	0.391	3.4410820146E+001	2.0580882589E+001	7.8448398988E+000	0.834	1.169	1.147			
49.582	0.634	15.717	0.399	3.6527656719E+001	2.1726310987E+001	6.4060807761E+000	0.831	1.166	1.152			
49.852	0.679	15.818	0.376	3.7873583879E+001	2.2456698951E+001	3.9484267154E+000	0.827	1.170	1.165			
50.123	0.724	15.920	0.384	3.8661952134E+001	2.2860515454E+001	1.7572989849E+000	0.822	1.177	1.186			
50.257	0.750	15.974	0.413	3.8820765342E+001	2.2929090436E+001	5.9244408276E-001	0.819	1.180	1.198			
50.528	0.740	16.087	0.466	3.8662267766E+001	2.2817125245E+001	-1.5691341695E+000	0.809	1.186	1.221			
50.798	0.756	16.226	0.535	3.7972580456E+001	2.2349490282E+001	-3.2173789622E+000	0.792	1.186	1.235			
51.068	0.784	16.376	0.551	3.6923135280E+001	2.1625424675E+001	-4.1437591077E+000	0.770	1.179	1.241			
51.338	0.808	16.524	0.518	3.5732699433E+001	2.0771626628E+001	-4.3385861297E+000	0.746	1.167	1.239			
51.609	0.818	16.657	0.472	3.4577941825E+001	1.9838829805E+001	-4.2011871729E+000	0.720	1.152	1.231			
51.820	0.816	16.751	0.439	3.3702109665E+001	1.9092427434E+001	-4.0898674566E+000	0.700	1.141	1.222			
51.909	0.813	16.788	0.440	3.3340758551E+001	1.8777573643E+001	-4.2499412594E+000	0.691	1.136	1.219			
52.179	0.810	16.909	0.467	3.2041341194E+001	1.7652191199E+001	-5.3893870958E+000	0.661	1.120	1.205			

RELAZIONE ESECUTIVA DEL PROGETTO CAPPING

52.449	0.819	17.041	0.506	3.0427561726E+001	1.6295360779E+001	-6.8140413340E+000	0.623	1.102	1.187
52.612	0.832	17.128	0.581	2.9238678684E+001	1.5340954208E+001	-7.9678545080E+000	0.594	1.090	1.174
52.882	0.794	17.292	0.633	2.6794081541E+001	1.3487158122E+001	-9.7126280188E+000	0.538	1.067	1.148
53.152	0.769	17.470	0.658	2.3988583153E+001	1.1433122274E+001	-1.0558419259E+001	0.472	1.042	1.118
53.412	0.746	17.641	0.683	2.1201872357E+001	9.4604205578E+000	-1.1072935796E+001	0.401	1.020	1.088
53.682	0.734	17.832	0.691	1.8112607056E+001	7.3484554235E+000	-1.0992536141E+001	0.317	0.998	1.056
53.953	0.715	18.015	0.689	1.5259931127E+001	5.5124486322E+000	-1.0401487213E+001	0.236	0.983	1.031
54.223	0.702	18.205	0.775	1.2490153336E+001	3.9032205388E+000	-1.0620573059E+001	0.165	0.978	1.014
54.493	0.729	18.434	0.842	9.5190520314E+000	2.4826716485E+000	-1.0331232163E+001	0.110	1.008	1.042
54.752	0.751	18.650	0.825	7.0104691230E+000	1.4985975352E+000	-9.1445292756E+000	0.081	1.060	1.096
55.022	0.627	18.870	0.814	4.6952115991E+000	7.3572983216E-001	-8.0939044714E+000	0.063	1.124	1.163
55.292	0.503	19.090	0.784	2.6387533996E+000	2.3564108970E-001	-6.3788197668E+000	0.051	1.256	1.313
55.450	0.418	19.205	0.683	1.7468051594E+000	9.9034875337E-002	-4.7151281807E+000	0.047	1.382	1.497
55.585	0.330	19.290	0.862	1.2171403220E+000	4.5742617080E-002	-3.7434942226E+000	0.046	1.540	1.681
55.855	0.170	19.555	0.862	2.9620853513E-001	1.8114561880E-003	-2.2513767609E+000	0.046	1.727	3.335

LEGENDA SIMBOLI

X(m) : Ascissa sinistra concio
ht(m) : Altezza linea di thrust da nodo sinistro base concio
yt(m) : coordinata Y linea di thrust
yt'(-) : gradiente pendenza locale linea di thrust
E(x)(kN/m) : Forza Normale interconcio
T(x)(kN/m) : Forza Tangenziale interconcio
E' (kN) : derivata Forza normale interconcio
Rho(x) (-) : fattore mobilizzazione resistenza al taglio verticale interconcio ZhU et al.(2003)
FS_qFEM(x)(-) : fattore di sicurezza locale stimato (locale in X) by qFEM
FS_p-qPATH(x)(-) : fattore di sicurezza locale stimato (locale in X) by p-qPATH Procedure

TABELLA SFORZI DI TAGLIO DISTRIBUITI LUNGO SUPERFICIE INDIVIDUATA CON MINOR FS

X (m)	dx (m)	dl (m)	alpha (°)	TauStress (kPa)	TauF (kN/m)	TauStrength (kPa)	TauS (kN/m)
38.832	0.111	0.116	-16.696	-0.165	-0.019	10.384	1.206
38.943	0.270	0.282	-16.696	-0.732	-0.206	11.688	3.298
39.213	0.270	0.282	-16.696	-1.536	-0.433	13.047	3.681
39.484	0.270	0.282	-16.696	-2.340	-0.660	13.141	3.708
39.754	0.270	0.282	-16.696	-3.145	-0.887	13.859	3.910
40.024	0.270	0.282	-16.696	-3.949	-1.114	18.845	5.317
40.294	0.133	0.139	-16.696	-4.549	-0.631	21.993	3.051
40.427	0.270	0.282	-16.696	-5.149	-1.453	20.904	5.898
40.698	0.270	0.282	-16.696	-5.953	-1.680	26.065	7.355
40.968	0.019	0.020	-16.696	-6.384	-0.130	30.803	0.627
40.987	0.049	0.051	-16.696	-6.486	-0.334	33.935	1.746
41.037	0.270	0.276	12.122	10.663	2.948	24.331	6.726
41.307	0.270	0.276	12.122	11.161	3.085	25.321	6.999
41.577	0.270	0.276	12.122	11.658	3.223	25.897	7.159
41.847	0.270	0.276	12.122	12.155	3.360	26.391	7.295
42.118	0.091	0.093	12.122	12.487	1.158	26.164	2.427
42.208	0.270	0.286	18.857	16.782	4.793	23.151	6.612
42.479	0.270	0.286	18.857	17.185	4.908	23.572	6.732
42.749	0.270	0.286	18.857	17.587	5.023	23.994	6.853
43.019	0.270	0.286	18.857	17.990	5.138	24.416	6.973
43.289	0.141	0.149	18.857	18.297	2.730	24.735	3.691
43.431	0.270	0.295	23.449	21.064	6.206	23.595	6.951
43.701	0.270	0.295	23.449	21.313	6.279	23.905	7.043
43.971	0.270	0.295	23.449	21.562	6.352	24.201	7.130
44.241	0.206	0.224	23.449	21.781	4.885	24.418	5.476
44.447	0.270	0.295	23.449	22.000	6.481	24.618	7.253
44.717	0.270	0.295	23.449	22.248	6.554	24.805	7.308
44.988	0.001	0.001	23.449	22.373	0.030	24.910	0.034
44.989	0.238	0.259	23.449	22.483	5.829	24.996	6.481
45.227	0.055	0.060	23.449	22.528	1.359	25.033	1.510
45.282	0.270	0.295	23.449	22.148	6.525	24.709	7.279
45.552	0.023	0.025	23.449	21.805	0.544	24.431	0.610
45.575	0.149	0.163	23.449	21.604	3.512	24.245	3.941
45.724	0.167	0.188	26.997	22.836	4.286	22.902	4.299
45.892	0.270	0.303	26.997	21.967	6.663	22.365	6.784
46.162	0.270	0.303	26.997	20.766	6.299	21.580	6.546
46.432	0.270	0.303	26.997	19.564	5.934	20.670	6.270
46.703	0.270	0.303	26.997	18.363	5.570	19.543	5.928
46.973	0.270	0.303	26.997	17.161	5.205	18.383	5.576
47.243	0.065	0.073	26.997	16.415	1.204	17.679	1.297
47.308	0.270	0.303	26.997	15.669	4.753	16.981	5.151
47.579	0.018	0.020	26.997	15.028	0.307	16.452	0.336
47.597	0.270	0.276	11.746	8.943	2.469	19.267	5.319
47.867	0.270	0.276	11.746	8.663	2.391	18.962	5.234
48.137	0.270	0.276	11.746	8.383	2.314	18.629	5.143

48.408	0.030	0.031	11.746	8.227	0.251	18.495	0.564
48.438	0.110	0.112	11.746	8.154	0.914	23.346	2.616
48.547	0.270	0.276	11.746	8.408	2.321	23.836	6.580
48.818	0.224	0.229	11.746	8.977	2.054	24.781	5.670
49.042	0.270	0.276	11.746	9.546	2.635	25.805	7.123
49.312	0.270	0.276	11.746	10.167	2.807	21.797	6.017
49.582	0.270	0.276	11.746	10.789	2.978	22.483	6.206
49.852	0.270	0.276	11.746	11.411	3.150	23.231	6.413
50.123	0.135	0.138	11.746	11.876	1.633	23.776	3.269
50.257	0.270	0.297	24.486	19.060	5.660	21.171	6.287
50.528	0.270	0.297	24.486	19.458	5.779	21.667	6.435
50.798	0.270	0.297	24.486	19.857	5.897	22.119	6.569
51.068	0.270	0.297	24.486	20.255	6.015	22.513	6.686
51.338	0.270	0.297	24.486	20.654	6.134	22.886	6.797
51.609	0.211	0.232	24.486	21.008	4.877	23.196	5.385
51.820	0.089	0.098	24.486	21.181	2.068	23.343	2.279
51.909	0.270	0.297	24.486	21.251	6.311	23.477	6.972
52.179	0.270	0.297	24.486	21.357	6.342	23.670	7.029
52.449	0.162	0.178	24.486	21.441	3.826	23.844	4.255
52.612	0.270	0.338	36.839	25.109	8.479	20.883	7.052
52.882	0.270	0.338	36.839	24.423	8.248	20.779	7.017
53.152	0.260	0.325	36.839	23.750	7.707	20.417	6.626
53.412	0.270	0.338	36.839	23.078	7.793	20.134	6.799
53.682	0.270	0.338	36.839	22.392	7.562	19.404	6.553
53.953	0.270	0.338	36.839	21.706	7.330	18.739	6.328
54.223	0.270	0.338	36.839	21.020	7.098	18.124	6.120
54.493	0.259	0.323	36.839	20.348	6.577	17.249	5.575
54.752	0.270	0.438	51.856	18.290	8.003	12.100	5.295
55.022	0.270	0.437	51.856	16.234	7.091	10.983	4.797
55.292	0.158	0.256	51.856	13.900	3.552	9.769	2.496
55.450	0.135	0.219	51.856	11.472	2.515	13.779	3.021
55.585	0.270	0.504	57.562	7.092	3.574	11.839	5.965
55.855	0.260	0.485	57.562	2.333	1.131	10.582	5.130

LEGENDA SIMBOLI

X(m)	: Ascissa sinistra concio
dx(m)	: Larghezza concio
dl(m)	: lunghezza base concio
alpha(°)	: Angolo pendenza base concio
TauStress(kPa)	: Sforzo di taglio su base concio
TauF (kN/m)	: Forza di taglio su base concio
TauStrength(kPa)	: Resistenza al taglio su base concio
TauS (kN/m)	: Forza resistente al taglio su base concio

3.3.2 CAPPING SCARPATA

Nel presente paragrafo sono dimensionati ed analizzata l'efficienza di prodotti geosintetici utilizzati per garantire la resistenza e la stabilità della copertura superficiale di MISP che verrà messa in opera nelle aree a pendenza più elevata.

Di seguito si riporta (dal basso verso l'alto) la stratigrafia da mettere in opera:

- strato di livellamento con la funzione di permettere la corretta messa in opera degli strati sovrastanti;
- tessuto non tessuto da 800 gr/mq;
- geocomposito bentonitico;
- geomembrana in HDPE dello spessore di 1,5 mm;
- geocomposito drenante (per le acque meteoriche di infiltrazione);
- geocomposito antierosione grimpante;
- terreno (spessore 100 cm) per favorire lo sviluppo delle specie vegetali di copertura ai fini del piano di ripristino ambientale;
- biostuoia antierosiva in paglia e cocco.

3.3.2.1 VERIFICHE E DIMENSIONAMENTI

La copertura superficiale messa in opera deve garantire la resistenza agli assestamenti ed a fenomeni di subsidenza localizzata e la stabilità lungo le superfici di scorrimento che comprendano anche le interfacce tra i diversi materiali utilizzati.

La condizione più critica ai fini della resistenza e stabilità della copertura superficiale riguarda le aree a maggiore pendenza, ovvero le scarpate: i materiali costituenti il capping tendono a scivolare verso il piede della scarpata, le forze destabilizzanti sono contrastate dalla forza di attrito che caratterizza ogni interfaccia del pacchetto di copertura.

La natura della verifica riguarda quindi la possibile traslazione del sistema di copertura sintetico/naturale, lungo il piano di posa, per effetto delle azioni applicate, sia in condizioni statiche che sismiche.

L'analisi svolta ha consentito di determinare le caratteristiche minime del sistema di copertura per garantirne la stabilità.

Sono calcolate inoltre gli sforzi di trazione generati sui geosintetici posti sotto lo strato di copertura, definendone in questo modo le caratteristiche meccaniche.

Infine, si riporta il dimensionamento delle trincee di ancoraggio dei geosintetici.

Le verifiche riportate di seguito sono state effettuate nel rispetto delle *Norme Tecniche delle Costruzioni (NTC 2018)* approvate con DM 17 gennaio 2018 e nelle relative *"Istruzioni per l'applicazione delle Nuove norme tecniche per le costruzioni"*.

La verifica della sicurezza dell'opera sarà condotta agli stati limite ultimi (SLU). La verifica agli stati limiti di esercizio, considerata la natura dell'opera, la sua flessibilità e deformabilità, non risulta essere critica, in quanto l'opera può sopportare deformazioni che non ne pregiudicano la funzionalità e l'esercizio. Spostamenti e deformazioni che possano limitare l'uso della costruzione, la sua efficienza e il suo aspetto si potrebbero manifestare solo per collasso della struttura, e quindi a seguito di condizioni di carico e di sollecitazione ricoperte nelle verifiche allo SLU, più severo.

3.3.2.2 STABILITÀ LOCALE DEL CAPPING

Le verifiche di stabilità locale sono condotte per verificare: la stabilità del capping, in particolare come vedremo dello strato di terreno rinforzato mediante l'inserimento di un geocomposito; la resistenza e l'ancoraggio del geocomposito stesso.

La verifica di stabilità è attuata secondo la normativa vigente (NTC2018) mediante le formule relative al pendio indefinito per determinare il contributo alla stabilità del geocomposito di rinforzo e quindi dimensionarne l'ancoraggio.

La copertura rientra tra le "opere in materiale sciolto e fronti di scavo".

Le norme indicano che le verifiche consistono nel soddisfacimento della condizione: $E_d \leq R_d$

Con:

- E_d = valore di progetto dell'azione o dell'effetto dell'azione;
- R_d = valore di progetto della resistenza del sistema geotecnico.

Le verifiche sono condotte secondo l'Approccio 1 Combinazione 2: A2+M2+R2

Con:

- A2 = gruppo dei coefficienti parziali γ_F da applicare alle azioni o all'effetto delle azioni;
- M2 = gruppo dei coefficienti parziali γ_M da applicare ai parametri del terreno;
- R2 = gruppo dei coefficienti parziali γ_R relativi alle verifiche di sicurezza.

In condizioni statiche:

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

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

⁽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_{G1}

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	$\tan \varphi'_k$	γ_φ	1,0	1,25
Coesione efficace	c'_k	γ_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. 6.8.1 - Coefficienti parziali per le verifiche di sicurezza di opere di materiali sciolti e di fronti di scavo

Coefficiente	R2
γ_R	1,1

In condizioni sismiche nelle verifiche di sicurezza si deve controllare che la resistenza del sistema sia maggiore delle azioni impiegando lo stesso approccio della condizione statica per le opere di materiali sciolti e fronti di scavo, ponendo pari all'unità i coefficienti parziali sulle azioni ($\gamma_F = 1$) e sui parametri geotecnici ($\gamma_M = 1$) e impiegando le resistenze di progetto calcolate con un coefficiente parziale pari a $\gamma_R = 1.2$.

Nella verifica di stabilità nell'intero pacchetto viene considerato come critico l'angolo di attrito di interfaccia minore. I valori dell'angolo di attrito di interfaccia sono desunti da dati bibliografici o da prove di laboratorio.

Per il terreno di copertura si considera un peso di volume di $\gamma = 18$ kN/mc, un angolo di attrito di $\varphi' = 25^\circ$ e, a favore di sicurezza, coesione $c' = 0$ kPa.

	$\phi'k$ [°]	$\tan \phi'k$	Condizioni statiche $\tan \phi'd$	Condizioni sismiche $\tan \phi'd$
Interfaccia terreno di copertura – geosintetico di rinforzo e drenaggio	25	0,47	0,37	0,47
Interfaccia geosintetico di rinforzo e drenaggio – HDPE monoruvida	13	0,23	0,18	0,23
Interfaccia HDPE monoruvida - Geocomposito bentonitico	16	0,28	0,23	0,28
Interfaccia Geocomposito bentonitico – strato di livellamento	21	0,38	0,31	0,38

TABELLA 9 - PARAMETRI GEOTECNICI DI RESISTENZA AL TAGLIO CARATTERISTICI E FATTORIZZATI CON I COEFFICIENTI γ_M

Come si rileva nella tabella riportata sopra la superficie critica è costituita dall'interfaccia tra geosintetico di rinforzo e drenaggio e HDPE monoruvida.

3.3.2.3 CONDIZIONI DI ANALISI

Le verifiche del raggiungimento della condizione di stato limite sono sviluppate considerando le seguenti condizioni di analisi:

- Condizione statica SLU, con i parametri fattorizzati con i coefficienti γ_M
- Condizione sismica, con i parametri fattorizzati con i coefficienti γ_M , l'accelerazione sismica orizzontale e l'accelerazione sismica verticale diretta verso il basso.

3.3.2.4 AZIONI SISMICHE

Le azioni sismiche di progetto secondo il DM 17/01/18 (NTC2018) sono definite a partire dalla pericolosità sismica di base del sito di costruzione, che 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;
- ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente.

Le forme spettrali sono definite, per ciascuna delle probabilità di superamento nel periodo di riferimento PVR, a partire dai valori dei seguenti parametri su sito di riferimento rigido orizzontale:

- a_g accelerazione massima al sito
- F_0 valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale
- T_c^* periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale

La vita nominale dell'opera è stata fissata in 50 anni. Considerando l'opera appartenente alla terza classe d'uso, il periodo di riferimento per la definizione dell'azione sismica è quindi di 75 anni.

	Prob. Superamento [%]	T_r [anni]	a_g [g]	F_0	T_c^* [s]
Operatività (SLO)	81	45	0,062	2,519	0,265
Danno (SLD)	63	75	0,076	2,515	0,276
Salvaguardia della vita (SLV)	10	712	0,176	2,405	0,304
Prevenzione dal collasso (SLC)	5	1462	0,221	2,412	0,313

Quindi sono stati determinati i coefficienti amplificativi dell'azione sismica secondo cap. 7.11.4 delle NTC2018.

- Zona sismica: zona 2
- Sito di costruzione (WGS84): LON. 11.265625 LAT. 43.888166
- Classe d'uso: 3
- Vita nominale: 50
- categoria di sottosuolo: B
- coefficiente topografico: T3
- coefficiente di intensità sismica orizzontale (SLV): $k_h = 0,096$
- coefficiente di intensità sismica verticale (SLV): $k_v = 0,048$

3.3.2.5 SCHEMATIZZAZIONE PENDIO INDEFINITO

Condizione statica

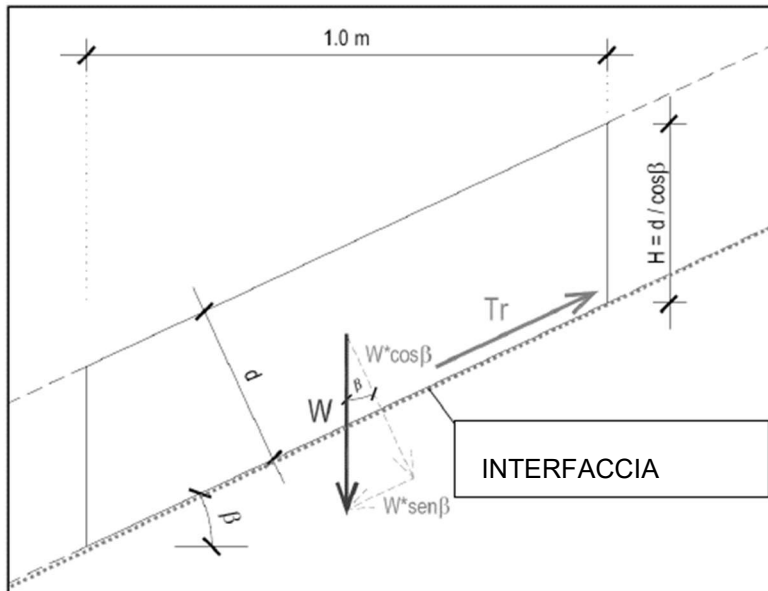


FIGURA 4 – SCHEMA PENDIO INDEFINITO –
CONDIZIONE STATICA.

β : angolo inclinazione del pendio

d : spessore capping

W : azione verticale dovuta al peso di volume del terreno $W = \gamma L d / \cos \beta$

L : lunghezza del pendio in proiezione orizzontale

Trd : azione di progetto sul geosintetico di rinforzo

L'azione destabilizzante F_{destab} è data quindi da:

$$F_{destab} = W \sin \beta$$

L'azione stabilizzante è data dalla componente attrittiva fra geosintetico di rinforzo e drenaggio ed il geocomposito bentonitico (superficie critica):

$$F_{stab} = W \cos \beta \operatorname{tg} \varphi'_{dcrit}$$

A questa si aggiunge l'azione di trazione sul geosintetico di rinforzo Trd .

Si è deciso di trascurare la componente stabilizzante della spinta passiva (a ulteriore favore di sicurezza) presente al piede del pendio.

La verifica è condotta secondo normativa, ovvero: $F_{destab} \leq (F_{stab} + Trd) / \gamma R$

Da cui: $Trd \geq 1,1 F_{destab} - F_{stab}$

Condizione sismica

Per la stabilità in condizione sismiche si utilizza il metodo pseudostatico che rappresenta l'azione sismica mediante azioni statiche equivalenti proporzionali al peso W del volume di terreno potenzialmente instabile.

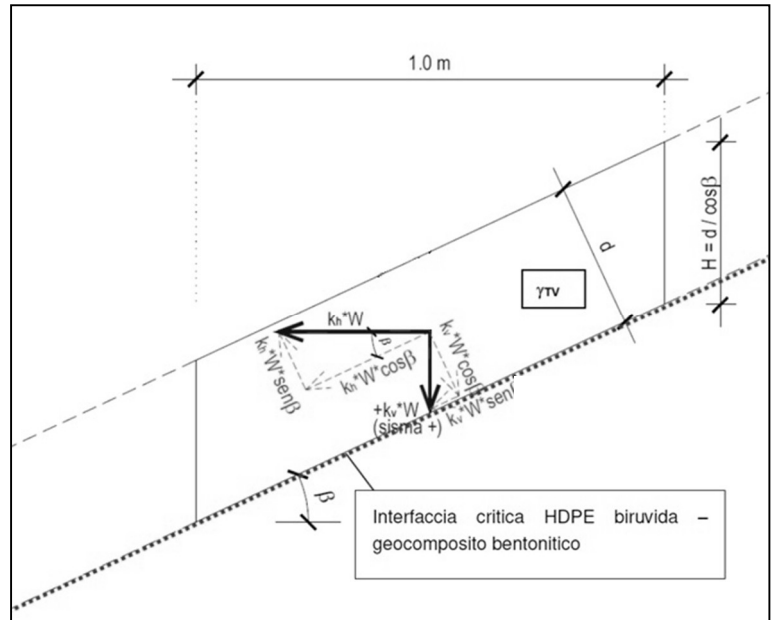
Nelle verifiche le componenti orizzontali e verticali di tale azione si esprimono come:

$$F_h = k_h W$$

$$F_v = k_v W$$

k_h e k_v sono i coefficienti individuati nel paragrafo precedente.

FIGURA 5 – SCHEMA PENDIO INDEFINITO – AZIONI AGGIUNTIVE IN CONDIZIONE SISMICA.



INTERFACCIA CRITICA

L'azione destabilizzante F_{destab} è data quindi da:

$$F_{destab} = W \operatorname{sen} \beta + k_h W \cos \beta + k_v W \operatorname{sen} \beta$$

L'azione stabilizzante è data dalla componente attrittiva fra geosintetico di rinforzo e drenaggio ed il geocomposito bentonitico (superficie critica):

$$F_{stab} = (W \cos \beta - k_h W \operatorname{sen} \beta + k_v W \cos \beta) \operatorname{tg} \varphi'_{dcrit}$$

A questa si aggiunge l'azione di trazione sul geosintetico di rinforzo Trd .

Si è deciso di trascurare la componente stabilizzante della spinta passiva (a ulteriore favore di sicurezza) presente al piede del pendio.

La verifica è condotta secondo normativa, ovvero: $F_{destab} \leq (F_{stab} + Trd) / \gamma_R$

Da cui: $Trd \geq 1,2 F_{destab} - F_{stab}$

3.3.2.6 PRESTAZIONI GEOSINTETICO DI RINFORZO

Una volta determinata l'azione di progetto (Trd) sul geosintetico di rinforzo necessaria a garantire l'equilibrio del sistema rispettando i livelli prestazionali previsti dalla normativa, si determina la resistenza caratteristica del geosintetico di rinforzo a lungo termine (Trk). Questa viene calcolata considerando i coefficienti di riduzione per creep, i coefficienti di sicurezza relativi al danneggiamento meccanico in fase di posa, alle condizioni ambientali al contorno.

I coefficienti considerati sono riportati di seguito

- RF1 = 1,1 fattore riduttivo per danno durante la posa
- RF2 = 1,47 fattore riduttivo per creep (per vita utile > 100 anni)
- RF3 = 1,15 fattore riduttivo per condizioni ambientali al contorno

$$\text{Trd} = \text{Trk} / (\text{RF1 RF2 RF3})$$

Dall'analisi dei cataloghi dei produttori di geosintetici è stato individuato un geocomposito tridimensionale "tipo" con **resistenza a trazione longitudinale non inferiore a 220 kN/m** (tipo Enkamat 7010W/5/200.50PET di Harpo Seic o equivalente).

3.3.2.7 VERIFICA CAPPING SCARPATA

Nel seguito è stato fatto riferimento alla configurazione più gravose per il problema in esame. Di seguito sono riportati i risultati del calcolo.

Scarpatà con pendenza pari a 28,5° e lunghezza inclinata pari a 16,5 m.

Verifica locale stabilità capping Approccio 1 Combinazione 2 (A2+M2+R2)

Geometria

angolo inclinazione pendio	β	28,5 ° =	0,498 RAD
spessore capping	d	1,0 m	
Lunghezza pendio in proiezione orizzontale	L	15,50 m	
Lunghezza pendio lungo lo sviluppo	l	16,50 m	

Parametri geotecnici

Peso specifico terreno copertura	γ	18 kN/mc	
Peso di volume terreno	W	297,06 kN	
angolo di attrito caratteristico interfaccia critica	ϕ_k	13 ° =	0,227 RAD --> $\tan\phi_k$ 0,231
condizioni statiche	ϕ_d	10,46 ° =	0,183 RAD --> $\tan\phi_d$ 0,185
condizioni sismiche	ϕ_d	13,00 ° =	0,227 RAD --> $\tan\phi_d$ 0,231

Analisi in condizioni statiche

forza destabilizzante	Fdestab	141,85 kN
forza stabilizzante	Fstab	48,21 kN
Azione di progetto sul geosintetico di rinforzo	Trd >	107,83 kN/m

Analisi in condizioni sismiche

coefficiente sismico orizzontale	kh	0,096
coefficiente sismico verticale	kv	0,048
forza destabilizzante	Fdestab	173,72 kN
forza stabilizzante	Fstab	60,00 kN
Azione di progetto sul geosintetico di rinforzo	Trd >	148,46 kN/m

Max azione di progetto sul geosintetico di rinforzo	Trd max	148,46 kN/m
fattore riduttivo per danno durante la posa	RF1	1,05
fattore riduttivo per creep (per vita utile > 100 anni)	RF2	1,18
fattore riduttivo per condizioni ambientali al contorno	RF3	1,15

Resistenza caratteristica minima geosintetico di rinforzo	Trk min	211,53 kN/m
--	----------------	--------------------

VERIFICHE

Resistenza caratteristica geosintetico di rinforzo (Catalogo)	Trk	220,00 kN/m
Resistenza di progetto geosintetico di rinforzo (catalogo)	Trd _{cat}	- kN/m
Resistenza di progetto geosintetico di rinforzo con fattori riduttivi di progetto	Trd	154,40 kN/m

Verifica in condizioni statiche

forza destabilizzante	Fdestab	141,85	kN
forza stabilizzante + resistenza di progetto geosintetico	Fstab	202,61	kN
Fattore di sicurezza	FS	1,43	> 1,1 Verificato

Verifica in condizioni sismiche

forza destabilizzante	Fdestab	173,72	kN
forza stabilizzante	Fstab	214,41	kN
Fattore di sicurezza	FS	1,23	> 1,2 Verificato

Capping vasca rifiuti

Verifica locale stabilità capping Approccio 1 Combinazione 2 (A2+M2+R2)

Geometria

angolo inclinazione pendio	β	11,75 ° =	0,205 RAD
spessore capping	d	1,0	m
Lunghezza pendio in proiezione orizzontale	L	45,00	m
Lunghezza pendio lungo lo sviluppo	l	45,96	m

Parametri geotecnici

Peso specifico terreno copertura	γ	18	kN/mc
Peso di volume terreno	W	827,34	kN
angolo di attrito caratteristico interfaccia critica	ϕ_k	13 ° =	0,227 RAD --> $\tan\phi_k$ 0,231
condizioni statiche	ϕ_d	10,46 ° =	0,183 RAD --> $\tan\phi_d$ 0,185
condizioni sismiche	ϕ_d	13,00 ° =	0,227 RAD --> $\tan\phi_d$ 0,231

Analisi in condizioni statiche

forza destabilizzante	Fdestab	168,48	kN
forza stabilizzante	Fstab	149,60	kN
Azione di progetto sul geosintetico di rinforzo	Trd >	35,73	kN/m

Analisi in condizioni sismiche

coefficiente sismico orizzontale	kh	0,096
coefficiente sismico verticale	kv	0,048
forza destabilizzante	Fdestab	254,33 kN
forza stabilizzante	Fstab	192,25 kN
Azione di progetto sul geosintetico di rinforzo	Trd >	112,95 kN/m
Max azione di progetto sul geosintetico di rinforzo	Trd max	112,95 kN/m
fattore riduttivo per danno durante la posa	RF1	1,05

fattore riduttivo per creep (per vita utile > 100 anni)	RF2	1,18
fattore riduttivo per condizioni ambientali al contorno	RF3	1,15
Resistenza caratteristica minima geosintetico di rinforzo	Trk min	160,93 kN/m

VERIFICHE

Resistenza caratteristica geosintetico di rinforzo (Catalogo)	Trk	220,00 kN/m
--	------------	-------------

Resistenza di progetto geosintetico di rinforzo con fattori riduttivi di progetto	Trd	154,40 kN/m
--	------------	-------------

Verifica in condizioni statiche

forza destabilizzante	Fdestab	168,48 kN
forza stabilizzante + resistenza di progetto geosintetico	Fstab	304,00 kN
Fattore di sicurezza	FS	1,80 > 1,1 Verificato

Verifica in condizioni sismiche

forza destabilizzante	Fdestab	254,33 kN
forza stabilizzante	Fstab	346,65 kN
Fattore di sicurezza	FS	1,36 > 1,2 Verificato

3.3.2.8 DIMENSIONAMENTO DELLA TRINCEA DI ANCORAGGIO

L'ancoraggio sarà realizzato secondo lo schema riportato nelle tavole progettuali, che dall'equilibrio delle forze orizzontali e verticali conduce a:

$$T = \frac{\gamma_s d_{cs} L_{RO} \tan \delta_c + (\gamma_s d_{cs} + \gamma_{cls} d_{AT})(\tan \delta_c + \tan \delta_{cls})((1 - \sin \delta_{cls})d_{AT} + L_{AT})}{\cos \beta - \sin \beta \tan \delta_c}$$

Con:

- T = forza di trazione che la geomembrana può sopportare per unità di larghezza;
- F_{ROB} = forza d'attrito al di sotto della geomembrana;
- F_{ATL} = forza d'attrito tra il lato sinistro della geomembrana e quello della trincea di ancoraggio;
- F_{ATR} = forza d'attrito tra il lato destro della geomembrana e quello della trincea di ancoraggio;
- F_{ABB} = forza d'attrito tra la geomembrana e il terreno sottostante la trincea di ancoraggio;
- F_{ABU} = forza d'attrito tra la geomembrana e il terreno sottostante la trincea di ancoraggio;
- $\sigma_{v\text{ave}}$ = tensione verticale media nella trincea di ancoraggio;
- k_0 = coefficiente di spinta a riposo;
- L_{RO} = lunghezza di ancoraggio;
- δ_c = angolo d'attrito tra terreno sottostante e geomembrana;
- δ_f = angolo d'attrito tra terreno di riempimento e geomembrana;
- φ = angolo di attrito del terreno di riempimento della trincea;
- γ_s = peso di volume del terreno di copertura;
- d_{cs} = profondità del terreno di copertura;
- d_{AT} = profondità della trincea di ancoraggio;
- β = angolo di inclinazione del pendio, misurato rispetto all'orizzontale.

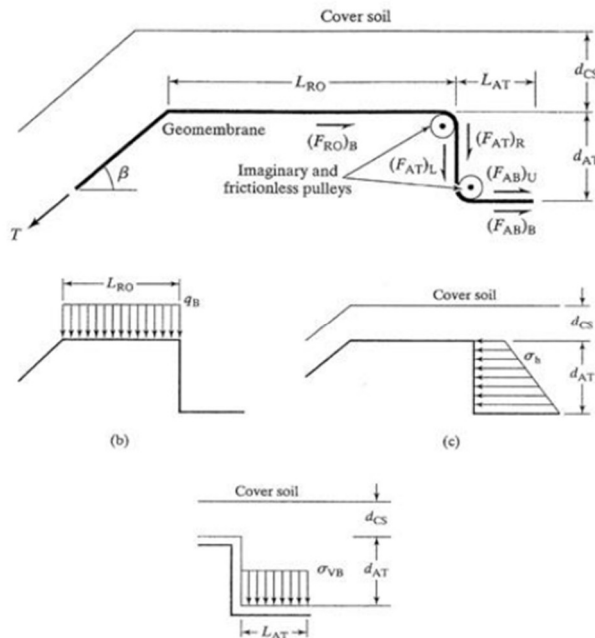


FIGURA 6 – SCHEMA TRINCEA ANCORAGGIO.

Scarpata con pendenza pari a 28,5° e lunghezza inclinata pari a 16,5 m.

TRINCEA ANCORAGGIO

lunghezza ancoraggio	LR0	2,0 m	
profondità trincea	dAT	0,8 m	
larghezza trincea	LAT	4,0 m	
Peso specifico terreno	γ_{cls}	18 kN/mc	
Peso specifico terreno copertura	γ_s	18 kN/mc	
spessore capping	dcs	1,5 m	
angolo inclinazione pendio	β	28,52 ° =	0,498 RAD
angolo di attrito terreno	φ	25 ° =	0,436 RAD
angolo di attrito tra geosintetico rinforzo e GCL	δ_c	13 ° =	0,227 RAD
angolo di attrito tra geosintetico rinforzo e terreno	δ_F	25 ° =	0,436 RAD
angolo di attrito tra geosintetico rinforzo e argilla	δ_{cls}	20 ° =	0,349 RAD
forza di attrito sotto il telo	FR0B	16,23 kN	
forza di attrito lato trincea	FAT	16,87 kN	
forza di attrito sotto la trincea	FAB	128,20 kN	
Forza di attrito complessiva	F	161,30 kN	
Max azione di progetto sul geosintetico di rinforzo	Trd max	148,46 kN/m	

Capping vasca rifiuti

TRINCEA ANCORAGGIO

lunghezza ancoraggio	LR0	0,0 m	
profondità trincea	dAT	1,5 m	
larghezza trincea	LAT	4,5 m	
Peso specifico terreno	γ_{cls}	18 kN/mc	
Peso specifico terreno copertura	γ_s	18 kN/mc	
spessore capping	dcs	0,0 m	
angolo inclinazione pendio	β	11,75 ° =	0,205 RAD
angolo di attrito terreno	φ	25 ° =	0,436 RAD
angolo di attrito tra geosintetico rinforzo e GCL	δ_c	13 ° =	0,227 RAD
angolo di attrito tra geosintetico rinforzo e terreno	δ_F	25 ° =	0,436 RAD
angolo di attrito tra geosintetico rinforzo e argilla	δ_{cls}	20 ° =	0,349 RAD
forza di attrito sotto il telo	FR0B	0,00 kN	
forza di attrito lato trincea	FAT	20,63 kN	
forza di attrito sotto la trincea	FAB	94,06 kN	
Forza di attrito complessiva	F	114,69 kN	
Max azione di progetto sul geosintetico di rinforzo	Trd max	112,95 kN/m	

3.4 INFRASTRUTTURE DI DRENAGGIO E REGIMAZIONE IDRAULICA

A completamento dell'intervento:

- Verrà realizzata una **rete di drenaggio superficiale**, per intercettare e convogliare le acque meteoriche senza che queste vengano in contatto con i rifiuti abbancati;
- Sarà predisposto un **fosso di guardia perimetrale**, atto a intercettare eventuali flussi di versante e prevenire l'ingresso incontrollato di acque nell'area messa in sicurezza;
- I sistemi di raccolta e smaltimento delle acque saranno progettati per **funzionare in condizioni di piena** e ridurre al minimo il rischio di ristagni o infiltrazioni.

Si rimanda per approfondimenti all'elaborato "Relazione Idrologica/idraulica e regimazione acque" e alla tavola correlata.

3.5 OPERE DI STABILIZZAZIONE E CONSOLIDAMENTO (STRUTTURALI E GEOTECNICHE)

Si rimanda per approfondimenti all'elaborato "*Relazione Civile/Strutturale*" e alle tavole correlate.

3.6 OPERE DI PROTEZIONE SUPERFICIALE (GABBIONATE)

Al piede della scarpata della zona sud, per garantire la stabilità del versante, si prevede l'inserimento di gabbionate per un'altezza complessiva di 3,0 m e costituite da 2 ordini sovrapposti di sezione 2,0 m x 1,0 m (altezza) ed un elemento sommitale di sezione 1,0 m x 1,0 m (vedere elaborati grafici).

3.6.1 MATERIALI IMPIEGATI PER I GABBIONI

I gabbioni a scatola dovranno essere fabbricati con rete metallica a doppia torsione con maglia esagonale 80x100 mm in accordo con le UNI EN 10223-3, tessuta con trafilato di ferro secondo la UNI EN 10223-3 per le caratteristiche meccaniche e UNI-EN 10218 per le tolleranze sui diametri, avente carico a rottura compreso fra 350 e 550 N/mm² ed allungamento minimo a rottura superiore o uguale al 10%, avente un diametro pari a 2,7 mm. Per le tolleranze ammesse sui valori del diametro del filo, per i limiti di ovalizzazione ed altre caratteristiche tecniche si deve far riferimento alle indicazioni della UNI EN 10218-2.

Il rivestimento protettivo deve essere a forte zincatura, galvanizzato con lega eutettica di Zinco - Alluminio (ZN.AL5%) conforme alla EN 10244 – Classe A con un quantitativo non inferiore a 255 g/m²; in accordo con le "Linee Guida per la redazione di Capitolati per l'impiego di rete metallica a doppia torsione" emesse dalla Presidenza del Consiglio Superiore LL.PP., Commissione Relatrice n°16/2006, il 12 maggio 2006. L'adesione della galvanizzazione al filo dovrà essere tale da garantire che avvolgendo il filo sei volte attorno ad un mandrino avente diametro quattro volte maggiore, il rivestimento non si crepi e non si sfaldi sfregandolo con le dita. La galvanizzazione inoltre dovrà superare un test di invecchiamento accelerato in ambiente contenente anidride solforosa (SO₂) secondo la normativa UNI EN ISO 6988 (KESTERNICH TEST) per un minimo di 28 cicli. Gli scatolari metallici saranno assemblati utilizzando sia per le cuciture sia per i tiranti un filo con le stesse caratteristiche di quello usato per la fabbricazione della rete ed avente diametro pari a 2.20 mm e quantitativo di galvanizzazione sul filo non inferiore a 230 g/m².

La rete dovrà avere il perimetro rinforzato con filo di diametro pari a 3,4 mm e dovrà avere maglie uniformi.

Il filo da impiegarsi nelle cuciture e per i tiranti dovrà possedere le stesse caratteristiche di quello usato per la fabbricazione della rete e dovrà avere un diametro non inferiore a 2,2 mm. Nel caso di utilizzo di

punti metallici meccanizzati per le operazioni di legatura, questi non dovranno essere distanti fra loro più di 200 mm e saranno costituiti da acciaio a forte zincatura con diametro 3,00 mm e carico di rottura minimo pari a 170 kg/mm².

Le operazioni di preparazione ed assemblaggio dei singoli elementi, nonché l'unione degli elementi contigui mediante legature fatte con l'apposito filo di cucitura, o con punti metallici dovranno essere tali da creare una struttura continua e monolitica.

Ogni fornitura dovrà essere accompagnata dalla relativa Dichiarazione di Prestazione (DoP) rilasciato in originale nel quale vengano specificati:

- il tipo e nome commerciale del prodotto
- descrizione del prodotto
- condizioni particolari applicabili all'uso del prodotto
- le sue caratteristiche dimensionali e tecniche
- nome della Ditta produttrice
- quantità fornite e destinazione

Ciascun prodotto, nella confezione fornita dal produttore, deve chiaramente e costantemente essere riconoscibile attraverso idonea etichettatura dalla quale risultino: l'Azienda produttrice, lo stabilimento di produzione, lotto di produzione, caratteristiche tecniche tipologiche e prestazionali del materiale.

La Direzione Lavori darà disposizioni circa il prelievo di campioni per verificare il rispetto delle normative enunciate.

Il pietrame di riempimento per i gabbioni deve essere costituito da materiale litoide proveniente da cava o da materiale d'alveo, non friabile né gelivo e quindi non deteriorabile dagli agenti atmosferici, di elevato peso specifico (non inferiore a 22 kN/mc) e di pezzatura superiore alla dimensione della maglia (minimo 1,5D) in modo da non permettere alcuna fuoriuscita del riempimento né in fase di posa in opera né in esercizio. Il materiale di riempimento dovrà essere messo in opera con operazioni meccanizzate e/o manuali in modo da raggiungere sempre una porosità del 30-40% in modo da ottenere un idoneo peso di volume, nel rispetto delle ipotesi di progetto.

3.6.2 POSA IN OPERA GABBIONI

Preparato il piano di fondazione si apriranno i pacchi e si stenderanno per la lunghezza indicata dai disegni gli elementi in rete metallica a doppia torsione.

Quindi si passerà all'operazione di assemblaggio dei gabbioni partendo dal primo ordine (strato più basso) secondo le specifiche del costruttore. Dopo l'assemblaggio gli elementi metallici dovranno essere legati fra loro prima di procedere con le operazioni di riempimento, in modo tale da formare una struttura continua.

Per il riempimento dei gabbioni sarà necessario sistemare manualmente il pietrame in modo da ottenere un riempimento ottimale ed il grado di compattazione di progetto, curando in particolare gli angoli, gli spigoli e la faccia a vista.

3.6.3 VERIFICA DELLA STRUTTURA

Il dimensionamento della struttura è stato condotto secondo gli Stati Limite Ultimi sia in condizioni statiche che in condizioni sismiche. Per le azioni sismiche vedere paragrafo 3.3.2.4.

In accordo con le Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al DM 17/01/2018 sono stati applicati coefficienti parziali ai carichi, ai parametri geotecnici ed alle resistenze.

La caratterizzazione geomeccanica dei terreni è riportata negli allegati di calcolo. La veridicità dei dati geotecnici in fase esecutiva deve essere verificata attraverso prove di laboratorio e di cantiere secondo quanto sarà impartito dalla DD.LL.

Le verifiche sono state condotte con il software GAWAC 3.0 di Maccaferri.

Condizione statica A2+M2+R2

● Normative

NTC 2018 (IT)

DESIGN APPROACH: A2+M2+R2

No Seismic Condition

Partial Factors

		Overturning	
Coefficient of shearing resistance	$\gamma\phi'$	1.25	1.25
Effective cohesion	$\gamma c'$	1.25	1.25
Undrained shear strength	γc_u	1.40	1.40
Permanent action (G) Unfavourable	$\gamma G; unfav$	1.00	1.00
Permanent action (G) Favourable	$\gamma G; fav$	1.00	1.00
Variable action (Q) Unfavourable	$\gamma Q; unfav$	1.30	1.30
Variable action (Q) Favourable	$\gamma Q; fav$	0.00	0.00
Bearing resistance	γR_v	1.00	1.00
Sliding resistance	γR_h	1.00	1.00
Overturning resistance	γR_m	1.00	1.00
Earth internal resistance shear	$\gamma Re; intShear$	1.00	1.00
Earth internal resistance compression	$\gamma Re; intComp$	1.00	1.00
Earth overall resistance	$\gamma Re; overall$	1.10	1.10
Gabion wall weight	$\gamma G; Wall$	1.00	1.00
Water Thrust	$\gamma Water$	1.00	1.00

● **Input**

NTC 2018 (IT) - DESIGN APPROACH: A2+M2+R2

Wall data

Wall batter [°]	0.00
Rockfill unit weight [kN/m ³]	20.00
Porosity of gabions [%]	30.00
Geotextile in the backfill	Yes
Friction reduction [%]	5.00
Geotextile on the base	No
Friction reduction [%]	0.00

Backfill soil data

Inclination of Stretch 1 [°]	26.40
Length of stretch 1 [m]	15.00
Inclination of Stretch 2 [°]	0.00
Soil unit weight [kN/m ³]	18.00
Soil friction angle [°]	26.00
Soil cohesion [kN/m ²]	10.00

Layer	Initial height [m]	Incl. angle deg	Unit weight [kN/m ³]	Cohesion [kN/m ²]	Friction angle [deg]
-------	--------------------	-----------------	----------------------------------	-------------------------------	----------------------

Foundation data

Top surface height [m]	0.00
Top surface init. length [m]	5.00
Top surface incl. angle [°]	0.00
Soil unit weight [kN/m ³]	25.00
Soil friction angle [°]	9.00
Soil cohesion [kN/m ²]	500.00
Foundation allowable pressure [kN/m ²]	
Water table height [m]	

Layer	Depth [m]	Unit weight [kN/m ³]	Cohesion [kN/m ²]	Friction angle [deg]
-------	-----------	----------------------------------	-------------------------------	----------------------

1	0.25	22.00	30.00	36.00
---	------	-------	-------	-------

Loads data

Distributed loads on backfill

First stretch [kN/m ²]	Variable Unfavorable	q1
Second stretch [kN/m ²]	Variable Unfavorable	q2

Distributed loads on wall

Load [kN/m ²]	Variable Favorable
---------------------------	--------------------

Line loads on backfill

Load 1 [kN/m]	Variable Unfavorable
Distance from wall face [m]	

Load 2 [kN/m]	Variable Unfavorable
Distance from wall face [m]	

Load 3 [kN/m]	Variable Unfavorable
Distance from wall face [m]	

Line load on wall

Load [kN/m]	Variable Favorable
Distance from wall face [m]	

Phreatic surface data

Initial height [m]	0.00
--------------------	------

Inclination of the 1st stretch [°]	0.00
------------------------------------	------

Length of the 1st stretch [m]	0.00
-------------------------------	------

Inclination of the 2nd stretch [°]	0.00
------------------------------------	------

Length of the 2nd stretch [m]	0.00
-------------------------------	------

Seismic action data

Horizontal coefficient	0.00
------------------------	------

Vertical coefficient	0.00
----------------------	------

Product

Ambient	Low Aggressive
---------	----------------

Mesh GSC 0.5 GSC 1.0

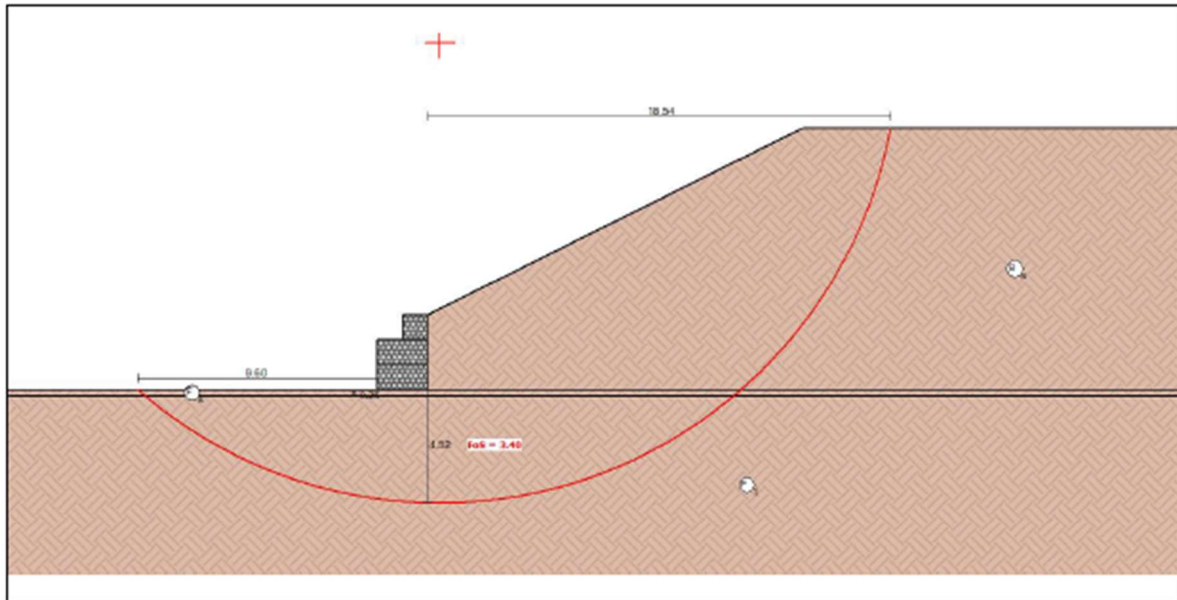
Gabion GALMAC 95 80/140	280	140
-------------------------	-----	-----

● **Results**

NTC 2018 (IT) - DESIGN APPROACH: A2+M2+R2

ULS Ultimate Limit State

Wall Design



Stability Analysis Results

Active and Passive Thrust

Active Thrust [kN/m]	24.85
Point of application ref. to X axis [m]	2.00
Point of application ref. to Y axis [m]	1.00
Direction of the thrust ref. to X axis [°]	20.25
Passive Thrust [kN/m]	0.00
Point of application ref. to X axis [m]	0.00
Point of application ref. to Y axis [m]	0.00
Direction of the thrust ref. to X axis [°]	0.00

Sliding

Normal force on the base [kN/m]	78.60
Point of application ref. to X axis [m]	0.90
Point of application ref. to Y axis [m]	0.00
Tangential active force [kN/m]	23.31
Tangential resistance force [kN/m]	409.96
Sliding check	17.58

Overturning

Overturning Moment [kN/m x m]	23.31
Restoring Moment [kN/m x m]	94.20
Overturning check	4.04

Stresses Acting on Foundation

Eccentricity	0.10
Normal stress on outer border [kN/m ²]	50.87
Normal stress on inner border [kN/m ²]	27.73
Ultimate stress on foundation[kN/m ²]	2898.91
Stress on foundation (Toe) check	56.99
Stress on foundation (Heel) check	104.54

Global Stability | Bishop

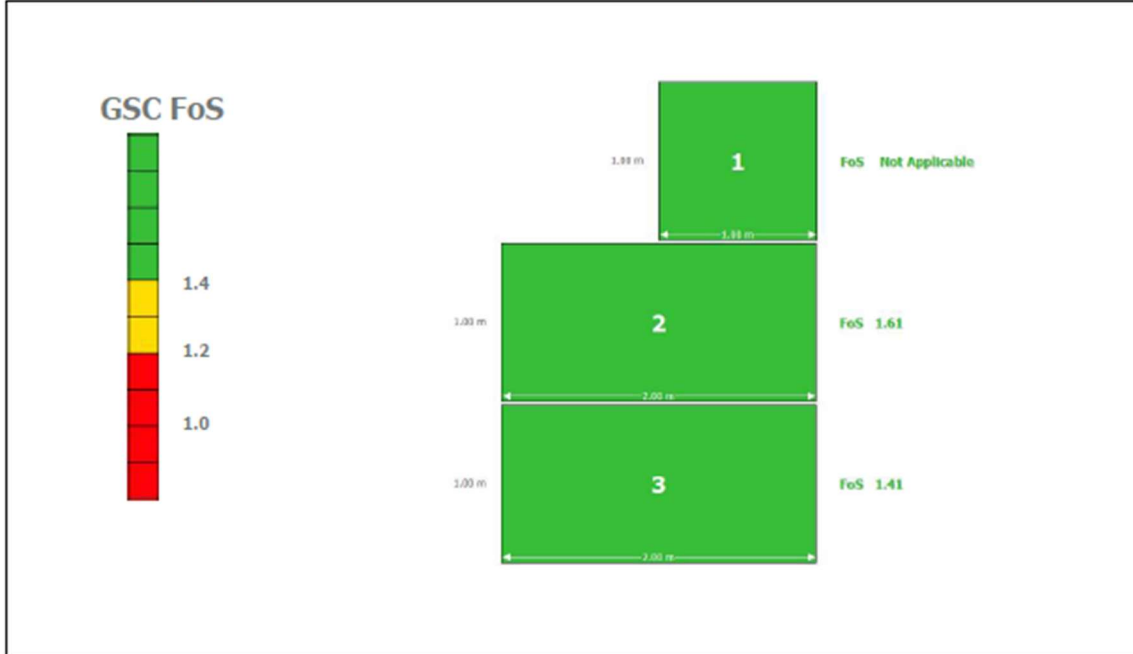
Center of the arch referred to X axis [m]	2.48
Center of the arch referred to Y axis [m]	13.85
Overall Stability Check	3.40

● **Results**

NTC 2018 (IT) - DESIGN APPROACH: A2+M2+R2

SLS Serviceability Limit State

Gabion Serviceability Coefficient



ULS Ultimate Limit State

External stability

Overturning check		Sliding check		Stress on foundation (Toe) Check		Stress on foundation (Heel) Check		Global Global Stability Check	
FoS	4.04	FoS	17.58	FoS	56.99	FoS	104.54	FoS	3.40

Internal stability

Layer	H [m]	N [kN/m]	T [kN/m]	M [kN/m x m]	τ_{Max} [kN/m]	τ_{All} [kN/m ²]	τ FoS	σ_{Max} [kN/m ²]	σ_{All} [kN/m ²]	σ FoS
1	1.00	14.78	2.11	7.08	2.11	34.30	16.26	15.44	405.79	26.28
2	2.00	45.48	9.43	49.67	4.72	42.26	8.95	20.82	405.79	19.49

Condizione sismica M2+R2

● Normative

NTC 2018 (IT)

DESIGN APPROACH: M2+R2±Kh±Kv

Seismic Condition

Partial Factors

		Overturning	
Coefficient of shearing resistance	$\gamma\phi'$	1.00	1.00
Effective cohesion	$\gamma c'$	1.00	1.00
Undrained shear strength	γc_u	1.00	1.00
Permanent action (G) Unfavourable	$\gamma G; unfav$	1.00	1.00
Permanent action (G) Favourable	$\gamma G; fav$	1.00	1.00
Variable action (Q) Unfavourable	$\gamma Q; unfav$	1.00	1.00
Variable action (Q) Favourable	$\gamma Q; fav$	1.00	1.00
Bearing resistance	γR_v	1.00	1.00
Sliding resistance	γR_h	1.00	1.00
Overturing resistance	γR_m	1.00	1.00
Earth internal resistance shear	$\gamma R_e; intShear$	1.00	1.00
Earth internal resistance compression	$\gamma R_e; intComp$	1.00	1.00
Earth overall resistance	$\gamma R_e; overall$	1.20	1.20
Gabion wall weight	$\gamma G; Wall$	1.00	1.00
Water Thrust	$\gamma Water$	1.00	1.00

● Project Information

Title	Gabbionata Cava Paterno	Client	Description
Number		Designer	
			Comments

● Input

NTC 2018 (IT) - DESIGN APPROACH: M2+R2±Kh±Kv

Wall data

Wall batter [°]	0.00
Rockfill unit weight [kN/m ³]	20.00
Porosity of gabions [%]	30.00
Geotextile in the backfill	Yes
Friction reduction [%]	5.00
Geotextile on the base	No
Friction reduction [%]	0.00

Backfill soil data

Inclination of Stretch 1 [°]	26.40
Length of stretch 1 [m]	15.00
Inclination of Stretch 2 [°]	0.00
Soil unit weight [kN/m ³]	18.00
Soil friction angle [°]	26.00
Soil cohesion [kN/m ²]	10.00

Layer	Initial height [m]	Incl. angle deg	Unit weight [kN/m ³]	Cohesion [kN/m ²]	Friction angle [deg]

Foundation data

Top surface height [m]	0.00
Top surface init. length [m]	5.00
Top surface incl. angle [°]	0.00
Soil unit weight [kN/m ³]	25.00
Soil friction angle [°]	9.00
Soil cohesion [kN/m ²]	500.00
Foundation allowable pressure [kN/m ²]	
Water table height [m]	

Layer	Depth [m]	Unit weight [kN/m ³]	Cohesion [kN/m ²]	Friction angle [deg]
1	0.25	22.00	30.00	36.00

Loads data

Distributed loads on backfill

First stretch [kN/m ²]	Variable Unfavorable	q1
Second stretch [kN/m ²]	Variable Unfavorable	q2

Distributed loads on wall

Load [kN/m ²]	Variable Favorable
---------------------------	--------------------

Line loads on backfill

Load 1 [kN/m]	Variable Unfavorable
Distance from wall face [m]	
Load 2 [kN/m]	Variable Unfavorable
Distance from wall face [m]	
Load 3 [kN/m]	Variable Unfavorable
Distance from wall face [m]	

Line load on wall

Load [kN/m]	Variable Favorable
Distance from wall face [m]	

Phreatic surface data

Initial height [m]	0.00
Inclination of the 1st stretch [°]	0.00
Length of the 1st stretch [m]	0.00
Inclination of the 2nd stretch [°]	0.00
Length of the 2nd stretch [m]	0.00

Seismic action data

Horizontal coefficient	0.10
Vertical coefficient	0.05

Product

Ambient	Low Aggressive
---------	----------------

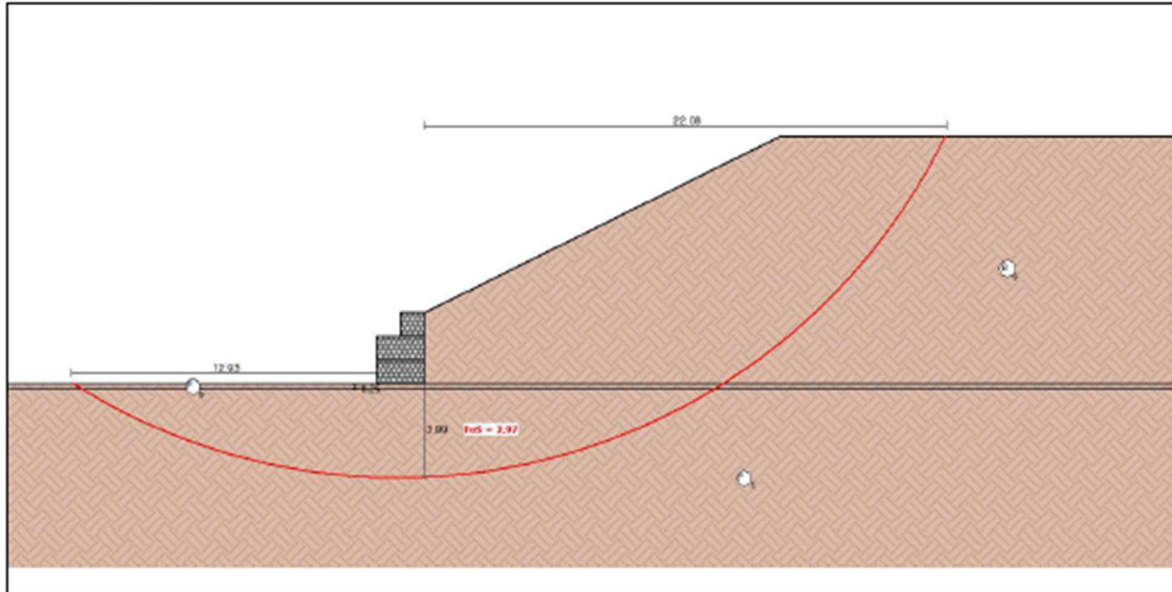
Mesh	GSC 0.5	GSC 1.0
Gabion GALMAC 95 80/140	280	140

● **Results**

NTC 2018 (IT) - DESIGN APPROACH: M2+R2±Kh±Kv

ULS Ultimate Limit State

Wall Design



Stability Analysis Results

Active and Passive Thrust

Active Thrust [kN/m]	29.05
Point of application ref. to X axis [m]	2.00
Point of application ref. to Y axis [m]	1.38
Direction of the thrust ref. to X axis [°]	24.70
Passive Thrust [kN/m]	0.00
Point of application ref. to X axis [m]	0.00
Point of application ref. to Y axis [m]	0.00
Direction of the thrust ref. to X axis [°]	0.00

Sliding

Normal force on the base [kN/m]	78.78
Point of application ref. to X axis [m]	0.67
Point of application ref. to Y axis [m]	0.00
Tangential active force [kN/m]	32.79
Tangential resistance force [kN/m]	512.48
Sliding check	15.63

Overturning

Overturning Moment [kN/m x m]	44.69
Restoring Moment [kN/m x m]	97.58
Overturning check	2.18

Stresses Acting on Foundation

Eccentricity	0.33
Normal stress on outer border [kN/m ²]	78.22
Normal stress on inner border [kN/m ²]	0.56
Ultimate stress on foundation [kN/m ²]	3966.69
Stress on foundation (Toe) check	50.71
Stress on foundation (Heel) check	7,108.20

Global Stability | Bishop

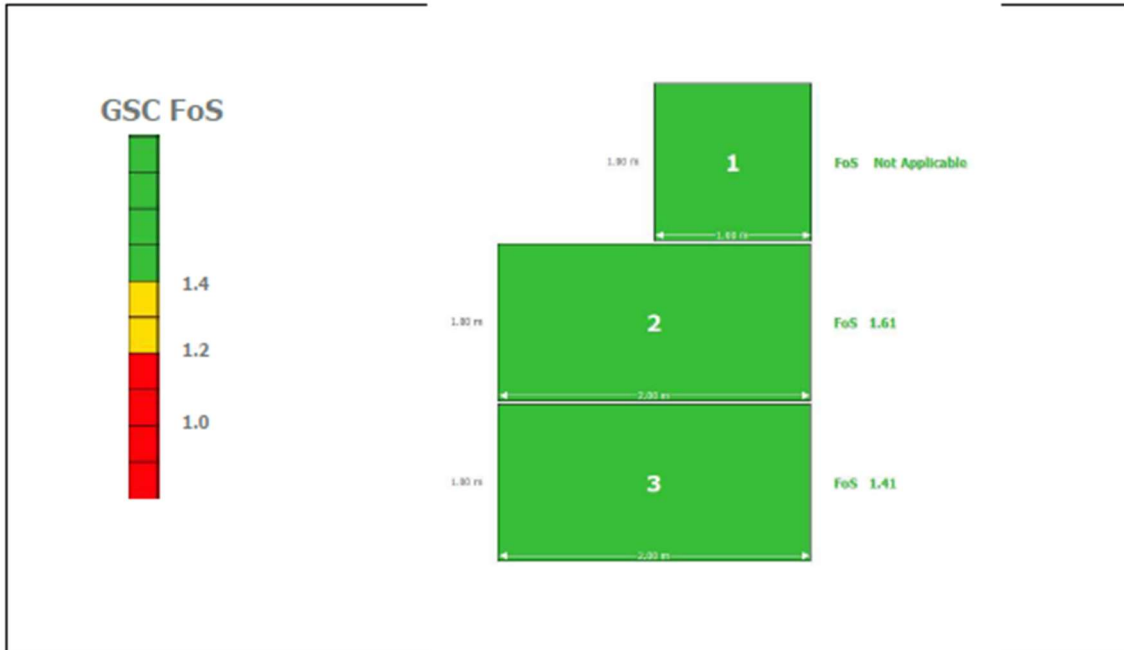
Center of the arch referred to X axis [m]	0.90
Center of the arch referred to Y axis [m]	21.79
Overall Stability Check	2.97

● **Results**

NTC 2018 (IT) - DESIGN APPROACH: M2+R2±Kh±Kv

SLS Serviceability Limit State

Gabion Serviceability Coefficient



ULS Ultimate Limit State

External stability

Overturning check	Sliding check	Stress on foundation (Toe) Check	Stress on foundation (Heel) Check	Global Global Stability Check
FoS 2.18	FoS 15.63	FoS 50.71	FoS 7,108.20	FoS 2.97

Internal stability

Layer	H [m]	N [kN/m]	T [kN/m]	M [kN/m x m]	τ_{Max} [kN/m]	τ_{All} [kN/m ²]	τ FoS	σ_{Max} [kN/m ²]	σ_{All} [kN/m ²]	σ FoS
1	1.00	13.96	2.65	6.02	2.65	33.47	12.63	16.19	405.79	25.06
2	2.00	46.45	17.89	45.69	8.94	42.74	4.78	23.61	405.79	17.19

3.7 OPERE DI RIPRISTINO AMBIENTALE

Il progetto di ripristino ambientale riguarderà l'intera area morfologicamente rimaneggiata, oggetto degli interventi di rimozione rifiuti e rimodellamento superficiale (area 1), capping multistrato (area 2) e realizzazione e riempimento della vasca di stoccaggio rifiuti non pericolosi (area 3).

A seguito della realizzazione degli interventi proposti, il progetto di ripristino ambientale prevede la piantumazione di essenze erbacee ed arbusti volto al reinserimento paesaggistico dell'area in oggetto, riducendone la percezione nel contesto in cui è inserita, e permettendo l'avvio dei processi di successione naturale, che permetteranno a flora e fauna di reinsediarsi gradualmente nell'ambiente riqualificato.

Tutti gli interventi di rinverdimento verranno eseguiti secondo criteri naturalistici, sia per perseguire una opportuna affinità ambientale, sia per le migliori garanzie di successo offerte dall'impiego di specie scelte fra quelle già insediatesi spontaneamente.

Al fine di ottenere un elevato grado di compatibilità ambientale, sotto l'aspetto paesaggistico ed agroforestale, saranno impiegate specie autoctone messe a dimora con interventi gradualmente, in modo tale da ricreare le fitocenosi preesistenti e tipiche dell'habitat. Si prevede, in altri termini, di operare conformemente alle caratteristiche della fitocenosi in atto, senza inserimenti estranei o prematuri. Questi ultimi potranno essere possibili in futuro, quando si sarà formato un manto di copertura erbacea maturo che potrà svolgere funzione protettiva nei confronti di essenze più esigenti.

Su tutte le aree interessate, le operazioni di stesura e modellamento del terreno saranno integrate da una concimazione di fondo, composta da sostanze fertilizzanti a lenta cessione al fine di ottenere, in breve tempo, un compatto manto erboso in grado di permettere lo sviluppo successivo degli esemplari arbustivi che verranno messi a dimora.

Lo strato edafico sarà realizzato, seguendo sulla scorta di indicazioni progettuali, in modo da avere qualità sufficiente a permettere lo sviluppo di specie vegetali.

Nello specifico, il piano di ripristino prevede la realizzazione delle seguenti attività:

1. Naturalizzazione mediante specie erbacee perenni e pioniere allo scopo di una rapida stabilizzazione della messa terrigena, favorendo così i processi di rivitalizzazione del suolo innescenti una ricolonizzazione microbiologica;
2. Piantumazione di essenze arbustive.

3.7.1 INERBIMENTO

L'inerbimento è uno degli interventi che risultano essere più efficaci per ottenere coperture naturali di superfici piane o in pendenza. Le essenze erbacee indicate per la realizzazione della copertura:

- avranno caratteristiche di rusticità e di calpestabilità (il tappeto erboso avrà uno sviluppo limitato in altezza e necessiterà di minima manutenzione);
- saranno caratterizzate da un apparato radicale poco profondo di modo da evitare che crescendo vadano ad intaccare gli strati di copertura;
- dovranno avere buona resistenza alla siccità.

Si prevede quindi l'utilizzo di un miscuglio di semi di leguminose azotofissatrici, seminate a spaglio o, se necessario, con la tecnica dell'idrosemina, per la stimolazione della ricolonizzazione microbiologica, e graminacee.

Per miscuglio di semi si intende un insieme di specie vegetali erbacee che, consociate tra di loro, possono dare una significativa copertura del terreno ed avere un effetto anti-erosivo su quest'ultimo. Le specie erbacee appartenenti alla famiglia graminacee e delle leguminose si compensano bene sia per le caratteristiche del loro apparato radicale sia per periodo di attività vegetativa. Le graminacee hanno apparato radicale di tipo fascicolato, a volta comportamento stolonifero, e concorrono a formare il cotico erboso; le leguminose hanno invece apparato radicale più profondo e fittonante che riesce ad avere effetto di consolidamento dello strato superficiale del terreno.

Di seguito il miscuglio scelto per il presente progetto.

Famiglia	Specie vegetale	Percentuale (%)
LEGUMINOSE	<i>Hedysarum coronarium</i>	45
	<i>Trifolium repens</i>	10
	<i>Medicago lupulina</i>	5
	<i>Lotus corniculatus</i>	5
GRAMINACEE	<i>Dactylis glomerata</i>	10
	<i>Lolium perenne</i>	5
	<i>Festuca arundinacea</i>	10
	<i>Bromus inermis</i>	5
	<i>Poa pratensis</i>	5

Il miscuglio previsto contiene un'alta percentuale di Sulla (*Hedysarum coronarium*), la quale risulta essere una specie dai risultati particolarmente apprezzabili per interventi assimilabili a quello in oggetto e grazie al suo rapido sviluppo tende a formare una copertura utile al determinarsi di condizioni

favorevoli per la permanenza di un sufficiente grado di umidità superficiale, utile per incrementare le possibilità di successo dell'attecchimento delle altre specie previste all'interno del miscuglio.

La tecnica di semina più efficace per i recuperi ambientali risulta essere l'idrosemina. Si tratta di un metodo di ingegneria naturalistica che, attraverso lo sfruttamento di un mezzo liquido, permette la distribuzione di sementi e di altri elementi coadiuvanti su di una superficie piana o inclinata. Solitamente si tratta di una miscela di acqua, miscuglio di sementi selezionato, fertilizzante organico-minerale e collante secondo quantità definite. Lo scopo di tale metodo è quello di andare a creare una copertura vegetale che possa principalmente ridurre i fenomeni dovuti allo scorrimento superficiale dell'acqua e all'azione battente della stessa.

Di seguito si riportano le specifiche tipo della tecnica ad idrosemina potenziata, le quali saranno adeguate mediante prove in situ prima della messa in opera:

- il miscuglio di sementi sarà distribuito in ragione di 30-40 g/mq;
- il collante in quantità idonea al fissaggio delle sementi, senza inibire la crescita e favorire il trattamento dell'acqua del terreno nelle fasi di sviluppo (60-300 g/mq);
- acqua in quantità idonea alle diluizioni richieste (1-30 l/mq);
- il concime organico e/o inorganico per 50-200 g/mq;
- i fitoregolatori per stimolare la radicazione delle sementi e lo sviluppo della microflora del suolo (minimo 3-4 g/mq) ed eventuali altri ammendanti ed inoculi.

Il periodo dell'anno migliore per la semina di tale miscuglio risulta essere l'inizio della stagione primaverile o di quella autunnale. Si sottolinea l'importanza di non ostacolare l'inerbimento spontaneo da parte di piante e fiori di modesto sviluppo.

3.7.2 COPERTURA ARBUSTIVA

Oltre all'inerbimento, si prevede la costituzione di macchie composte da più livelli di vegetazione, in modo tale che ciascuno di questi livelli possa svolgere un preciso ruolo nell'ambito dell'ecosistema.

Le macchie vegetali avranno forma, distribuzione e superficie variabile allo scopo di dare un aspetto "naturale" all'area.

Il piano di ripristino prevede l'utilizzo delle specie elencate di seguito.

<i>Myrtus Communis</i>	Mirto
<i>Quercus pubescens</i>	Roverella
<i>Juniperus procumbens nana</i>	Ginepro nano
<i>Cornus mas</i>	Corniolo
<i>Crataegus monogyna</i>	Biancospino
<i>Arbutus unedo</i>	Corbezzolo



Si tratta di differenti tipologie di arbusti che non necessitano di particolari cure, consentendo al minimo l'utilizzo della risorsa idrica.

Le macchie vegetali avranno forma, distribuzione e superficie variabile allo scopo di dare un aspetto "naturale" all'area, come riportato nell'elaborato grafico T08 "*Planimetria generale ripristino ambientale*". È prevista la messa a dimora di circa 300 arbusti.

4. MANUTENZIONE E MONITORAGGIO

La manutenzione prevede l'esecuzione di adeguate cure colturali per garantire il successo della piantagione, come il controllo delle infestanti, la sostituzione delle fallanze nei primi tre anni dopo l'impianto, le eventuali irrigazioni di soccorso e potature di formazione. Il risarcimento delle fallanze sarà effettuato il prima possibile, entro il primo anno dalla messa a dimora e sarà effettuato anche in caso di bassa percentuale di fallanze. Gli interventi di manutenzione dovranno:

- permettere alle piante di superare le difficoltà dell'insediamento (trapianti, adattamenti, ecc.);
- permettere la creazione di una sufficiente riserva minerale ed organica tale da sostenere lo sviluppo vegetale: un sistema che si autosostiene è quello in cui le riserve sono sufficienti a soddisfare le esigenze della copertura vegetale senza deteriorarsi;
- riavviare i diversi cicli che caratterizzano la fertilità (sostanza organica, azoto, fosforo, ecc.);
- indirizzare le prime fasi evolutive della vegetazione verso l'obiettivo prescelto.

Per raggiungere la finalità e gli obiettivi previsti si procederà con un programma di osservazione e controllo semestrale, che permetta di osservare lo sviluppo dell'intera comunità vegetale ricostruita e successivamente definire gli eventuali interventi. È infatti necessario mantenere sotto stretto controllo la copertura vegetale in tutti i suoi diversi aspetti: grado di copertura totale, presenza di singole specie e loro abbondanza, stato della copertura, sostituzioni delle fallanze, ecc

5. CARATTERISTICHE DEI MATERIALI E MODALITÀ DI POSA IN OPERA

5.1 GEOMEMBRANA IMPERMEABILE IN HDPE

Il progetto prevede la posa di geomembrana in HDPE di spessore:

- 1,5 mm nella chiusura definitiva (capping) e nella barriera di fondo della vasca rifiuti sulle sponde;
- 3,0 mm nella barriera di fondo della vasca rifiuti sulle superfici a bassa pendenza.

La geomembrana sarà del tipo liscio/ruvido in scarpata e liscio/liscio nelle altre superfici e dovrà avere caratteristiche di resistenza fisico-chimiche e meccaniche rispondenti alle specifiche in materia di Discariche Controllate ed alle norme UNI 11309 attualmente in vigore.

La geomembrana in polietilene ad alta densità da polimero vergine di polietilene in misura superiore al 97% e contenuto in nero fumo (carbon black) superiore al 2% (norma di riferimento UNI 11309) e dovrà avere i seguenti requisiti minimi (tipo Macline SDH (liscia) o RMH (monoruvida) Maccaferri o equivalente):

Proprietà	norma	u.m.	1,5	3,0
Spessore	EN 1849-2	mm	1,5	3,0
Densità membrana	EN ISO 1183-1	g/cm ³	> 0,94	> 0,94
Resistenza allo snervamento min	EN ISO 527-3	N/mm ²	16	16
Allungamento a snervamento	EN ISO 527-3	%	11	11
Resistenza a rottura min	EN ISO 527-3	N/mm ²	30	30
Allungamento a rottura	EN ISO 527-3	%	750	750
Resistenza a punzonamento statico	EN ISO 12236	kN	4,5	6,0

I teli di larghezza non inferiore a m 5,00 saranno posati a secco sul fondo e sulle scarpate, su un sottofondo stabile e ben compatto, privo di asperità, ed ancorati alla sommità delle scarpate in una trincea realizzata a circa un metro lungo il bordo della scarpata.

Le saldature saranno eseguite nel rispetto della norma UNI 10567 a doppia pista, per termofusione con macchina dotata di cuneo riscaldato elettricamente e termoregolabile. Nei punti di difficile accesso sarà consentita la saldatura ad estrusione a cordone sovrapposto.

5.1.1 CONTROLLI IN FASE DI ACCETTAZIONE DEL MATERIALE

Ogni rotolo di telo dovrà essere corredato di certificato di qualità attestante le caratteristiche fisiche e chimiche della membrana e l'idoneità all'uso della stessa per l'impermeabilizzazione di discariche. L'accettazione in cantiere sarà subordinata ai risultati dei test di verifica, eseguiti da laboratori ufficiali su minimo 3 campioni prelevati a caso salvo maggiori prescrizioni impartite dalla Direzione Lavori.

5.1.2 CONTROLLI IN FASE DI REALIZZAZIONE

Le membrane dovranno essere verificate per quanto riguarda la qualità delle saldature e per quanto riguarda l'integrità del manto a completamento della posa in opera e dopo la realizzazione dello strato drenante superiore tramite metodi di provata affidabilità.

Il controllo di qualità delle saldature verrà eseguito in cantiere sul 100% delle saldature salvo diverse prescrizioni impartite dalla Direzione Lavori. Per le saldature a doppia pista il collaudo sarà eseguito ad aria compressa nel canale di prova e mantenuto per 10 minuti alle pressioni indicate dalla Direzione Lavori, la caduta massima ammissibile misurata con manometro di pressione dovrà essere inferiore o uguale al 10%. Per le saldature ad estrusione il collaudo sarà eseguito con il sistema ad ultrasuoni che indica l'omogeneità del punto saldato.

Saranno inoltre effettuati collaudi distruttivi mediante prelievo di campioni per ogni giornata lavorativa salvo diverse prescrizioni impartite dalla Direzione Lavori. I controlli verranno effettuati mediante la prova di sfogliamento eseguibile in cantiere. Saranno considerati positivi se si avrà lo snervamento del lembo senza il distacco della saldatura. L'impresa dovrà fornire un diagramma di posa dei teli su cui verranno indicate le linee di saldatura ed indicati i punti di prelievo.

Le suddette indicazioni sono da ritenere minime indicative e comunque dovranno essere effettuate le prove e con le modalità e frequenza prescritte dalle norme applicabili. Nel caso in cui una o più verifiche diano esito negativo, le membrane, nel tratto rappresentativo della prova, dovranno essere asportate e sostituite per una superficie stabilita dalla Direzione Lavori.

5.1.3 COLLAUDO FONDO DELLA VASCA RIFIUTI

Al termine delle prove sulle saldature, ed al completamento della posa della geomembrana in HDPE su tutta la superficie prevista e dello strato di protezione e drenaggio del fondo, per la verifica dell'integrità del manto verrà eseguita una prova geoelettrica. La prova geoelettrica verrà eseguita al termine della posa in opera della geomembrana, dello strato di protezione in TNT e dello strato drenante del fondo discarica, nelle zone pianeggianti del fondo discarica, ad esclusione quindi delle scarpate e delle zone con pendenze marcate.

Il metodo di prova utilizzato sarà il G.L.L.S, acronimo di "*Geomembrane Leak Location System*", sviluppato dal SouthWest Research Institute di San Antonio (Texas), che, rispetto ad altre metodiche, consente l'acquisizione e l'elaborazione dei dati direttamente in cantiere. Il metodo si basa sul diverso comportamento elettrico della geomembrana, rispetto al terreno sottostante ed al materiale di copertura. La prova inizia, generando un campo elettrico sulla superficie da indagare, mediante l'uso di due elettrodi: uno inserito nel materiale di copertura e l'altro all'esterno dell'area indagata. Il potenziale elettrico sopra lo strato di copertura viene misurato puntualmente mediante l'utilizzo un rilevatore portatile, secondo una griglia definita in fase di preparazione della prova, ma che, generalmente, viene realizzata con maglie di dimensioni 1.0 x 1.0 m.

Le zone integre della geomembrana presenteranno bassi valori del potenziale elettrico, a causa della elevata resistenza elettrica fornita dal manto sintetico, mentre la presenza di lesioni verrà evidenziata con un forte gradiente del potenziale elettrico nel punto di rottura, generato dal passaggio del flusso di corrente dallo strato superiore a quello inferiore. L'elaborazione dei dati viene effettuata direttamente sul campo di prova, permettendo l'immediata localizzazione delle eventuali lesioni, e la netta diminuzione dei tempi di riparazione. Una volta rilevata un'anomalia, l'Impresa provvederà a liberare la geomembrana dallo strato drenante e dal TNT. Se, dall'esame visivo, verrà confermata la rottura, L'Impresa appaltatrice provvederà alla immediata riparazione. Dopo aver effettuato le riparazioni, si ripeterà la prova geoelettrica, solo nelle zone interessate dalle anomalie. La prova verrà considerata superata, se al termine della verifica, non verrà segnalata alcuna anomalia.

5.1.4 MODALITÀ DI POSA DELLA GEOMEMBRANA HDPE

La geomembrana dovrà avere caratteristiche rispondenti alla norma UNI 11309.

I rotoli di HDPE, una volta accettati dalla D.L, saranno posati in opera nel rispetto della UNI 10567 (Membrane di Polietilene per impermeabilizzazione di discariche controllate – criteri generali per la saldatura ed il controllo di qualità dei giunti saldati). I fogli in HDPE verranno saldati tra loro in modo da rivestire perfettamente le superfici fino all'ancoraggio perimetrale esterno.

Le saldature dovranno essere seguite a doppia pista, con canaletta interposta. Nei casi in cui risulti difficoltoso o non possibile impiegare la saldatura a doppia pista (angoli, punti singolari, rattoppi, etc), verrà utilizzata la saldatura ad estrusione: in tal caso, il materiale di apporto dovrà essere applicato sottoforma di cordone estruso, sulle superfici del giunto opportunamente pulite, trattate e rammollite mediante gas caldo. La modalità di giunzione dei fogli in HDPE seguirà, indicativamente, la seguente procedura:

- 1) *Pulizia e preparazione superficiale delle geomembrane da unire.* Le porzioni di superficie delle geomembrane interessate dalla saldatura, sono le fasce laterali aventi larghezza pari ad almeno 50 mm su ciascun lato della sovrapposizione totale dei due fogli. Le superfici dovranno risultare asciutte e prive di sporcizia, polvere, sostanze oleose: l'eventuale pulizia dovrà essere eseguita

con panno pulito, esente da sfilacciature. In presenza di strati ossidati o alterati sulla fasce laterali interessate dalla saldatura, occorrerà procedere preventivamente alla rimozione di tali imperfezioni, mediante molatura.

2) *Saldatura a doppia pista, con canaletta interposta.* Con il processo ad elemento termico impiegato per la realizzazione dei giunti a doppia saldatura senza materiale di apporto, si determinerà il rammollimento superficiale delle membrane per contatto diretto con l'elemento stesso. La saldatura delle superfici riscaldate avverrà con l'applicazione contemporanea di una forza sufficiente a produrre la coesione delle superfici. I parametri di saldatura sono:

- la temperatura dell'elemento termico;
- la forza di saldatura;
- la velocità di avanzamento.

Questi dovranno rispettare i limiti contenuti nella Tabella sotto:

Parametro	Valore
Temperatura dell'elemento termico [°C]	320° ÷ 380°
Velocità di avanzamento [m/min]	0.8 ÷ 3
Forza di saldatura per mm di larghezza dei rulli [N/mm]	20 ÷ 50

3) *Saldatura ad estrusione.* La saldatura ad estrusione si utilizzerà per la realizzazione di giunti a cordone sovrapposto con l'ausilio di materiale di apporto. Il materiale di apporto deve essere applicato sotto forma di cordone estruso sulle superfici del giunto rammollite mediante gas caldo. Immediatamente dopo la deposizione del materiale di apporto deve essere applicata la forza di saldatura. Tale saldatura si utilizzerà per angoli, punti singolari, rattoppi etc., ossia quando non è possibile usare la doppia pista. I parametri della saldatura sono:

- la temperatura del gas caldo;
- la portata del gas caldo;
- la temperatura del materiale di apporto;
- la forza di saldatura;
- la velocità di avanzamento.

Tali parametri devono rispettare i limiti dei valori riportati in Tabella sotto:

Parametro	Valore
Temperatura del gas caldo [° C]	320° ÷ 400°
Portata del gas caldo [l/min]	200 ÷ 400
Temperatura del materiale di apporto [° C]	220° ÷ 250°
Velocità di avanzamento [m/min]	0.5 ÷ 1

5.2 TESSUTO NON TESSUTO TNT

Sarà costituito da non tessuto al 100% di fibre di polipropilene a filamenti continui coesionati mediante agugliatura meccanica, con l'esclusione di processi di termolegatura, calandratura e collanti od altri componenti chimici. Il geotessile dovrà avere i seguenti requisiti minimi (tipo Mactex Maccaferri o equivalente):

Proprietà	norma	u.m.	800
Massa areica	EN ISO 9864	g/mq	800
Resistenza a trazione longitudinale MD minima	EN ISO 10319	kN/m	55,0
Resistenza a trazione trasversale CMD minima	EN ISO 10319	kN/m	55,0
Allungamento longitudinale MD max	EN ISO 10319	%	72
Allungamento trasversale CMD max	EN ISO 10319	%	80
Resistenza a punzonamento statico CBR min	EN ISO 12236	N	9500
Resistenza a punzonamento dinamico – Cone Drop min	EN ISO 13433	mm	2

Il geotessile presenterà una superficie rugosa ma uniforme, sarà resistente agli agenti chimici, imputrescibile ed atossico ed essere certificato.

Il telo avrà larghezza non inferiore ai 4 m e dovrà essere posato non facendo coincidere le sovrapposizioni del geotessile (sormonto minimo 20 cm) con le direttrici di saldatura della geomembrana; il geotessile sarà cucito sulle sovrapposizioni.

Controlli in fase di accettazione del materiale:

Ogni rotolo di telo dovrà essere corredato di certificato di qualità attestante le caratteristiche fisiche e chimiche. L'accettazione in cantiere sarà subordinata ai risultati dei test di verifica, eseguiti da laboratori ufficiali su minimo 3 campioni prelevati a caso salvo maggiori prescrizioni impartite dalla Direzione Lavori.

5.3 GEOCOMPOSITO DRENANTE

Il previsto strato drenante delle acque meteoriche, di spessore maggiore o uguale a 50, è sostituito da un geocomposito per drenaggio acque meteoriche. La scelta della tipologia di geocomposito è stata fatta in considerazione alle problematiche progettuali relative a ciascuna tipologia di superficie (capping di sommità o di scarpata), alla necessità di garantire un immediato deflusso ed un'adeguata resistenza alla compressione ed a trazione longitudinale.

Verrà messo in opera un geocomposito artificiale formato da un nucleo drenante tridimensionale accoppiato a due geotessili ad alta tenacità con elevate qualità filtranti e drenanti, tipo Macdrain W1061 di Maccaferri o equivalente.

- Capacità drenante nel piano ($s = 20$ kPa; $i = 1,0$) minima 1,60 l/m s;

- Resistenza a trazione non inferiore a 10 kN/m;
- Spessore a 2 kPa > 5 mm;
- Garantire capacità drenante nel lungo periodo.

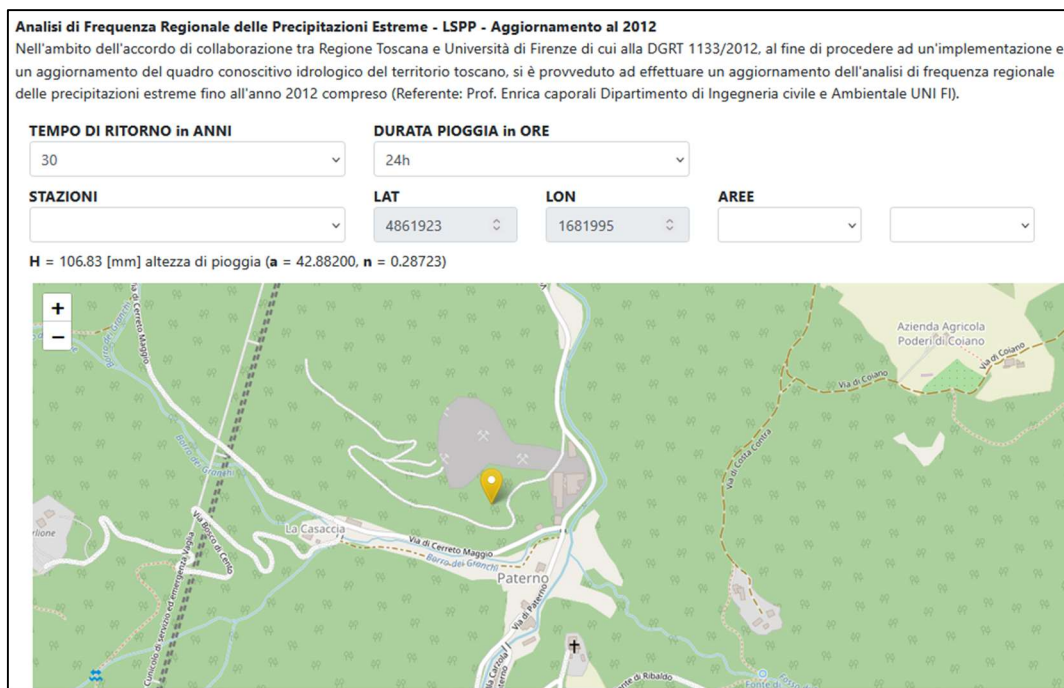
Valutazione della capacità drenante del geocomposito

Determinazione della portata di progetto

La norma assunta come riferimento tecnico stabilisce che per il dimensionamento della rete di allontanamento delle acque meteoriche superficiali siano utilizzate curve di possibilità pluviometrica con tempo di ritorno pari a 10 anni.

La medesima norma invece prevede che il **geocomposito di drenaggio** previsto nel capping deve essere in grado di drenare, nel suo piano, la portata meteorica di progetto, valutata con un tempo di ritorno pari ad almeno **30 anni**.

Per la scelta delle curve di piovosità si è proceduto all'individuazione dei valori definitivi di calcolo estraendoli dal sito del Servizio Idrologico Regionale, nel punto più aderente all'area di progetto, come riportato in figura seguente.



Considerando la precipitazione critica di durata pari a 24 ore, si ha la seguente curva di possibilità pluviometrica:

$$h = 42,882 \times t^{0,28723} \quad a = 42,88200, n = 0,28723$$

Da cui si determina l'altezza di pioggia relativa a un evento di durata di 24 ore, pari a 106,83 mm.

Assumendo cautelativamente una percentuale d'infiltrazione nel terreno pari al 35% si ricava la massima portata q_{ip} del deflusso ipodermico IP, ovvero all'interno dello strato drenante:

Precipitazione giornaliera [mm]	106,83
Coefficiente di infiltrazione nel terreno [%]	35
Infiltrazione da drenare su 24 ore [mm]	27,39
Portata unitaria giornaliera di infiltrazione da drenare [mc/giorno mq]	0,0374
Portata unitaria di infiltrazione da drenare q_{ip} [mc/s mq]	$4,33 \times 10^{-7}$

La portata di dimensionamento dello strato drenante è funzione anche della geometria della superficie.

La lunghezza massima di drenaggio (L) è pari a circa 90 m, per cui la portata da drenare su tale lunghezza è pari a $q_{ip,L} = 3,9 \times 10^{-5} \text{ mc/s m}$.

Lo spessore di terreno che verrà steso sarà sopra allo strato drenante è pari a pari a 100 cm (1,0 m di terreno); ipotizzando un peso di volume di 18 kN/m^3 , il carico applicato dal solo terreno è pari a 18 kPa. A favore di sicurezza si assume una pressione applicata di 20 kPa (comunemente riportata sulle schede tecniche dei vari prodotti commerciali).

Ai fini dello smaltimento delle acque il caso più svantaggiato è la posa nelle aree a minore pendenza (circa 12%).

Poiché le schede tecniche relative ai sistemi sintetici sono concepite limitando il caso delle combinazioni carico/gradiente idraulico a pochi valori, a parità di pressione applicata, il dato ricercato di portata specifica del geocomposito può essere ricavato da una formula speditiva (Rimoldi 1989) che fornisce il valore approssimato del dato ricercato.

$$q_d = q \cdot \sqrt{\frac{i_d}{i}} = 1,60 \cdot \sqrt{\frac{0,12}{1}} = 0,55 \text{ l/(s m)} = 0,55 \times 10^{-3} \text{ mc/s m} = \mathbf{5,5 \times 10^{-4} \text{ mc/s m}}$$

Con:

q_d = portata specifica di progetto

q = portata specifica da scheda tecnica

i_d = gradiente idraulico di progetto

i = gradiente idraulico scheda tecnica

La portata di progetto q_d è superiore alla portata da drenare, per cui geocomposito drenante scelto è in grado di evacuare la portata di progetto in condizioni di sicurezza.

5.4 GEOCOMPOSITO BENTONITICO

5.4.1 SISTEMA BARRIERA DI FONDO DELLE SPONDE DELLA "VASCA RIFIUTI"

livello 1) barriera geologica artificiale composta da un geocomposito bentonitico con conducibilità idraulica $\leq 2,5 \times 10^{-11}$ m/s e spessore $s \geq 7$ mm e geomembrana in HDPE di spessore 1,5 mm;

livello 2 a) strato di impermeabilizzazione artificiale composto da un geocomposito bentonitico con conducibilità idraulica $\leq 2,5 \times 10^{-11}$ m/s e spessore $s \geq 7$ mm e geomembrana in HDPE di spessore 1,5 mm;

È necessario che la soluzione progettuale individuata per la realizzazione della barriera geologica artificiale garantisca una protezione equivalente a quella prevista dal D.Lgs. 36/03 e s.m.i. (1 metro di materiale minerale compattato argilla con $k \leq 10^{-9}$ m/s).

Valutazione dell'equivalenza della capacità di tenuta del geocomposito bentonitico + geomembrana in HDPE

Il D.Lgs. 36/2003 e s.m.i. (utilizzato come riferimento tecnico non cogente) ha meglio definito la "protezione equivalente" rapportandola al "tempo di attraversamento" della barriera.

Il tempo di attraversamento di uno strato minerale (argilla) di spessore 1,0 m con permeabilità $\leq 10^{-9}$ m/s con un battente idraulico di 0,30 m si calcola come segue.

Coefficiente di permeabilità k_c	[m/s]	1×10^{-9}
Spessore strato D_c	[m]	1,0
Battente sulla barriera Δh	[m]	0,30
Gradiente $i_c = (\Delta h + D_c)/D_c$	[m/m]	1,30
Velocità $v_c = k_c \times i_c$ (Darcy)	[m/s]	$1,3 \times 10^{-9}$
Tempo di attraversamento $t_c = D_c/v_c$	[s]	$7,69 \times 10^8$
	[anni]	24,4

Il tempo di attraversamento pari a 25 anni, costituisce il termine cui riferire la soluzione alternativa proposta.

Il geocomposito bentonitico (GCL) è formato da uno strato di bentonite interposta tra due geotessili (uno del tipo non tessuto agugliato ed uno tessuto) in filamenti di polipropilene, agugliati fra loro, tipo Macline GCL W 20 di Maccaferri o equivalente.

- permeabilità minima $1,5 \times 10^{-11}$ (+ $1,0 \times 10^{-11}$) m/s;

- spessore anidro non inferiore a 7 mm;
- massa di bentonite (12% umidità) non inferiore a 5.000 g/mq.

Le caratteristiche tecniche delle geomembrane in HDPE di spessore 1,5 mm sono riportate nel capitolo 3, per quanto riguarda la conducibilità idraulica si fa riferimento allo studio di Giroud e Bonaparte¹, che dettaglia e sintetizza i dati di test pubblicati su geomembrane in vari materiali. Per quanto riguarda le geomembrane in HDPE all'aumentare della densità dell'HDPE si ha riduzione della conducibilità idraulica:

TABLE 4
Results of Water Vapor Transmission Tests on Polymers

Geomembrane type.....	Vapor pressure difference Δp (kPa).....	Water vapor transmission WVT ($gl(m^2 \cdot day)$).....	Reference thickness T (mm).....	Coefficient of migration m_p (m^2/s).....	Equivalent hydraulic conductivity k_g (m/s).....
CSPE	6-4	161	0-025	4.7×10^{-14}	7.2×10^{-14}
Butyl	6-4	26	0-025	7.5×10^{-15}	1.2×10^{-14}
PVC	6-1	32	0-025	9.3×10^{-15}	1.5×10^{-14}
HDPE 0-92	6-4	28	0-025	8.1×10^{-15}	1.2×10^{-14}
0-94	5-8	14	0-025	4.1×10^{-15}	6.9×10^{-15}
0-95	6-1	6-7	0-025	1.9×10^{-15}	3.1×10^{-15}
0-96	5-8	4	0-025	1.2×10^{-15}	2.0×10^{-15}

Notes: The pressure difference, Δp , was derived from the test relative humidity difference using eqn (7). Values ranging from 0-92 to 0-96 are HDPE specific gravities. The water vapor transmission (WVT) rates are from Rogers.¹⁷ From these WVT values, the values of the coefficient of migration (m_p) were derived using eqn (18), and the values of the equivalent hydraulic conductivity (k_g) were derived using eqn (15). (See also Table 3.)

Nel caso in specie la geomembrana in HDPE deve avere una densità $> 0,94 \text{ g/cm}^3$ a cui corrisponde una conducibilità idraulica di $6,9 \times 10^{-15} \text{ m/s}$.

Il calcolo del tempo di attraversamento del pacchetto geocomposito bentonitico + geomembrana HDPE richiede dapprima il calcolo del coefficiente di permeabilità equivalente.

$$k_{eq} = \frac{D_1 + D_2}{\frac{D_1}{k_1} + \frac{D_2}{k_2}}$$

$$D = D_1 + D_2$$

¹ J. P. Giroud and R. Bonaparte, "Leakage through Liners Constructed with Geomembranes-Part I. Geomembrane Liners," Geotextiles and Geomembranes, Vol. 8, No. 1, 1989,

Coefficiente di permeabilità HDPE k1	[m/s]	6,9 x 10 ⁻¹⁵
Spessore strato D1	[m]	0,0015
Coefficiente di permeabilità GCL k2	[m/s]	2,5 x 10 ⁻¹¹
Spessore strato D2	[m]	0,007
permeabilità equivalente k _{eq}	[m/s]	3,9 x 10 ⁻¹⁴
Battente sulla barriera Δh	[m]	0,30
Gradiente i = (Δh+D)/D	[m/m]	36,29
Velocità v = k x i (Darcy)	[m/s]	1,42 x 10 ⁻¹²
Tempo di attraversamento t = D/v	[s]	6,0 x 10 ⁹
	[anni]	190

La soluzione stratigrafica proposta è equivalente alle richieste di normativa.

5.4.2 CAPPING

Il **geocomposito bentonitico posto come copertura superficiale finale** deve avere permeabilità equivalente ai 50 cm di strato minerale con permeabilità $\leq 10^{-8}$ m/s.

Pertanto, al fine di garantire la tenuta idraulica dell'intero pacchetto, si è ritenuto opportuno adottare la seguente configurazione dello "strato 3":

- **Geomembrana in HDPE** dello spessore di 1,5 mm (es. Macline RMH 100 o equivalente), saldabile in continuità.
- **Geocomposito bentonitico** con spessore ≥ 7 mm, massa di bentonite ≥ 5.000 g/m², permeabilità $\leq 2,8 \times 10^{-11}$ m/s (es. Macline GCL W20 o equivalente);

La membrana superficiale in HDPE da 1,5 mm, grazie alla possibilità di saldatura delle giunzioni, garantisce la necessaria continuità e impermeabilità dell'intero sistema. In considerazione del contesto del sito di posa, tale spessore risulta tecnicamente adeguato a garantire la funzione di impermeabilizzazione richiesta.

Valutazione dell'equivalenza della capacità di tenuta del geocomposito bentonitico + geomembrana in HDPE

La norma tecnica di riferimento (D.Lgs. 36/2003 e s.m.i.) prevede per la copertura al livello 3 "*strato minerale compattato dello spessore $s \geq 0,5$ m e di conducibilità idraulica $k \leq 1 \times 10^{-8}$ m/s integrato da un rivestimento impermeabile superficiale*" senza fornire una funzione prestazionale al rivestimento impermeabile superficiale.

Nel caso in esame, le scarpate da chiudere presentano una pendenza fra 12% e 54,4%, condizione che favorisce il rapido deflusso delle acque meteoriche e riduce significativamente l'infiltrazione verso l'interno. A questo si aggiunge la presenza di un geocomposito drenante e di una **membrana continua in HDPE** posizionata al di sopra del **geocomposito bentonitico (GCL)**, che impediscono la formazione di un **battente idraulico** significativo sulla barriera bentonitica sottostante.

Il tempo di attraversamento di uno strato minerale (argilla) di spessore 0,5 m con permeabilità $\leq 10^{-8}$ m/s si calcola come segue. A favore di sicurezza si considera un battente idraulico di 0,30 m.

Coefficiente di permeabilità k_c	[m/s]	1×10^{-8}
Spessore strato D_c	[m]	0,50
Battente sulla barriera Δh	[m]	0,30
Gradiente $i_c = (\Delta h + D_c)/D_c$	[m/m]	1,60
Velocità $v_c = k_c \times i_c$ (Darcy)	[m/s]	$1,6 \times 10^{-8}$
Tempo di attraversamento $t_c = D_c/v_c$	[s]	$3,13 \times 10^7$
	[anni]	0,99

Il tempo di attraversamento pari a 1 anno, costituisce il termine cui riferire la soluzione alternativa proposta.

Come riportato nel paragrafo precedente l'accoppiamento geocomposito bentonitico con conducibilità idraulica $\leq 2,5 \times 10^{-11}$ m/s e spessore $s \geq 7$ mm e geomembrana in HDPE di spessore 1,5 mm fornisce un **tempo di attraversamento di 190 anni**. La soluzione stratigrafica proposta è equivalente alle richieste di normativa.

5.4.3 CARATTERISTICHE TECNICHE GEOCOMPOSITI BENTONITICI

Il geocomposito bentonitico dovrà essere conforme alle caratteristiche tecniche e prestazionali riportate di seguito dovrà essere:

- resistente ad agenti chimici presenti nel corpo rifiuti;
- inattaccabile da microrganismi, insetti e roditori;
- imputrescibile;
- resistente all'invecchiamento;
- stabile ai raggi UV e agli agenti atmosferici in genere.

Il geocomposito bentonitico dovrà avere, inoltre, le seguenti proprietà:

- bassa permeabilità;

- capacità di autoconfinamento;
- capacità autosigillante delle lesioni;
- flessibilità e resistenza.

Il materiale impiegato dovrà avere la marcatura CE, in conformità alle norme UNI EN vigenti.

5.4.3.1 COMPOSIZIONE

Si tratta di un geocomposito bentonitico a base di bentonite sodica avente uno spessore nominale secco non inferiore a mm 7,0, costituito da uno strato di bentonite interposta tra due geotessili (uno del tipo non tessuto agugliato ed uno tessuto) in filamenti di polipropilene aventi una massa areica non inferiore a gr/mq 200 per lo strato di base e 100 gr/mq per lo strato superiore. I vari componenti devono essere tra loro agugliati così da raggiungere le massime prestazioni nelle condizioni di impiego.

Questa struttura, fittamente agugliata, deve garantire una notevole resistenza al taglio del geocomposito ed allo spellamento dei singoli strati, garantendo prestazioni idrauliche standard di bassa permeabilità su superfici anche ad elevata inclinazione.

La bentonite sodica utilizzata deve avere una massa areica non inferiore a 5000 g/m² e un peso specifico di 2,60 g/cm³, in forma granulare (mesh 6-30) e con contenuto di umidità non superiore al 15%. Le sue prestazioni minime includono:

- Contenuto di montmorillonite $\geq 80\%$;
- Assorbimento d'acqua (ASTM E946) $\geq 650\%$;
- Rigonfiamento libero (ASTM D5890) ≥ 24 ml/2 g.

5.4.3.2 PROPRIETÀ MECCANICHE MINIME

Le proprietà meccaniche devono essere le seguenti:

- Resistenza a trazione longitudinale e trasversale ≥ 10 kN/m (EN ISO 10319);
- Allungamento a rottura $\leq 20\%$;
- Resistenza a punzonamento statico CBR $\geq 1,8$ kN (EN ISO 12236);
- Resistenza allo spellamento (ASTM D6496) ≥ 60 N/10 cm.

Il prodotto deve essere fabbricato secondo un sistema di gestione della qualità conforme alla norma ISO 9001 e fornito in rotoli, ciascuno accompagnato da un certificato di qualità riportante le principali caratteristiche chimico-fisiche.

Dovranno essere forniti, in particolare, i certificati relativi alle seguenti caratteristiche:

- Massa areica (norma UNI EN 14196);
- Spessore (a 2 kPa) (norma EN ISO 9863-1);
- Permeabilità (norma EN 16416 - ASTM D5887);

- Indice di Flusso (norma EN 16416 - ASTM D5887);
- Resistenza a trazione longitudinale (norma UNI EN ISO 10319);
- Resistenza a punzonamento (norma UNI EN 12236).
- Resistenza allo spellamento (norma ASTM D6496)

Tali test potranno servire come prima comprova dei dati forniti dal produttore e come prima referenza sulle prestazioni del materiale fornito.

Per i controlli sul geocomposito bentonitico, verranno prelevati n.1 campione ogni 2000 mq di materiale posato. Sul campione di geocomposito verranno eseguiti i seguenti controlli, i cui risultati dovranno essere compatibili con le specifiche tecniche fornite dal produttore:

- Massa areica (secondo ASTM D5261);
- Spessore (secondo UNI 9863-1);
- Indice di rigonfiamento (secondo ASTM D5890);
- Coefficiente di permeabilità (secondo ASTM D5887).

Per i controlli sulle giunzioni, verranno prelevati n.1 campioni ogni 2000 mq di materiale posato, sui quali verranno effettuati i seguenti controlli:

- Limiti di Atterberg (secondo UNI 17892-12);
- Indice di rigonfiamento (secondo ASTM D5890);
- Coefficiente di permeabilità (secondo ASTM D5084).

I risultati dovranno essere compatibili con le specifiche tecniche fornite dal produttore.

5.4.3.3 MODALITÀ DI POSA IN SCARPATA

Per garantire la funzionalità e la durabilità del sistema barriera, la **posa del geocomposito bentonitico in scarpata** dovrà avvenire secondo modalità controllate e coerenti con le indicazioni del produttore, in particolare:

- la posa deve essere eseguita **dall'alto verso il basso**, in modo da mantenere in tensione il geocomposito ed evitare formazione di pieghe o vuoti d'aria;
- le **sovrapposizioni tra teli** devono avvenire lungo il lato maggiore per almeno **30 cm** e devono seguire le indicazioni del fornitore in termini di orientamento (sovrapposizione di testata e laterale);
- in corrispondenza delle giunzioni, la sigillatura dovrà essere eseguita con bentonite sodica naturale, generalmente dello stesso tipo impiegata per la realizzazione del geocomposito e fornita dallo stesso produttore;
- ogni telo dovrà essere **ancorato in sommità** mediante trincea di ancoraggio o altro sistema equivalente approvato dalla Direzione Lavori;
- in fase di posa, dovrà essere evitato ogni danneggiamento meccanico da parte di mezzi o operatori. Il traffico sui teli sarà vietato o ammesso solo su protezione temporanea (es. geotessile o tavolato);

- dopo la posa del GCL, deve seguire il posizionamento **immediato della membrana in HDPE**, per evitare fenomeni di rigonfiamento precoce dovuti all'umidità atmosferica o all'acqua meteorica;
- le condizioni meteo devono essere favorevoli: non è consentita la posa in presenza di pioggia, vento forte o gelo.

Ogni fase di posa dovrà essere documentata con **relazioni fotografiche e schede di controllo qualità**, da sottoporre alla validazione della Direzione Lavori.

5.5 STRATO DI ARGILLA NATURALE

L'argilla dovrà essere scevra di residui vegetali e organici, trovanti e comunque di qualsiasi elemento estraneo che possa impedire l'omogeneizzazione durante la posa in opera.

L'esecuzione della barriera in argilla avverrà per posa di strati successivi, ciascuno di spessore compattato non superiore a 25 cm.

L'esecuzione dei singoli strati seguirà le seguenti fasi:

- stesa dello strato
- eventuale umidificazione dello strato in caso di argilla che non si presenta allo stato ottimale di umidità. L'eventuale umidificazione avverrà con una macchina operatrice attrezzata con sistema di nebulizzazione;
- compattazione con rullo vibrante a piede di pecora, da almeno 12-14 ton di peso operativo;
- stesa dello strato successivo e posa in opera secondo le modalità descritte, fino al raggiungimento dello spessore di progetto.

Durante le fasi di preparazione e di posa in opera dello strato in argilla l'appaltatore dovrà garantire la presenza giornaliera un tecnico di laboratorio per tutta la durata di esecuzione dei lavori che dovrà:

- controllare sul posto l'argilla proveniente dalla cava, in particolare l'omogeneità e il tenore di umidità secondo ASTM D4643 (forno a microonde), frequenza min. di 1 prova ogni 150mc.;
- controllare la corretta procedura dell'eventuale umidificazione dell'argilla;
- controllare la corretta procedura di stesa;
- certificare le prove e i controlli effettuati su registro dei controlli.

Requisiti e verifiche dopo la posa in opera

Al termine della posa lo strato dovrà possedere i seguenti requisiti:

- spessore di progetto;
- permeabilità di progetto;
- umidità compresa tra quella ottima e il 4% in più;
- densità almeno pari al 95% del valore max. secondo la prova Proctor Standard.

In fase di Direzione dei Lavori si controllerà (prove di laboratorio e in sito):

- Verifiche di spessore della barriera: eseguite per strato realizzato secondo prescrizioni impartite dalla D.L.;
- Verifiche di permeabilità in sito: al fine di verificare le condizioni di tenuta idraulica della barriera, verranno condotte misure di permeabilità in situ, con l'impiego di permeametro di Boutwell. Le prove saranno effettuate dopo la messa in opera dello strato e avranno frequenza minima secondo prescrizioni impartite dalla D.L.;
- Verifiche di permeabilità in laboratorio: Sono inoltre prescritte prove di permeabilità di laboratorio con cella di carico triassiale con frequenza minima secondo prescrizioni impartite dalla D.L.;
- Verifiche della granulometria: Con frequenza minima secondo prescrizioni impartite dalla D.L.;
- Verifiche di densità in sito: eseguite con frequenza minima secondo prescrizioni impartite dalla D.L.; Le verifiche saranno eseguite in situ con metodi comunque normalmente riconosciuti. I suddetti dati saranno riportati sul diagramma Proctor Standard per la verifica del corretto costipamento;
- Verifiche di costipamento (proctor standard): Con frequenza minima secondo prescrizioni impartite dalla D.L.;
- Verifiche del contenuto naturale d'acqua: Con frequenza minima secondo prescrizioni impartite dalla D.L.;
- Verifica indice di plasticità e limiti Atterberg (LL e LP): Con frequenza minima secondo prescrizioni impartite dalla D.L.;
- Verifiche di portanza: Per le verifiche della portanza della barriera di argilla, verranno eseguite prove di carico su piastra di diametro 30 cm, secondo la norma CNR 146/92. La prova verrà eseguita secondo prescrizioni impartite dalla D.L.. Per ciascuna delle prove su piastra circolare D = 30 cm secondo la norma CNR 146/92, dovranno essere prodotti dal Laboratorio sia i grafici pressioni/cedimenti che il valore del modulo di deformazione Md, misurato nell'intervallo di carico.

Le suddette indicazioni sono da ritenere minime indicative e comunque dovranno essere effettuate le prove e con le modalità e frequenza prescritte dalle norme applicabili. Nel caso in cui una o più verifiche diano esito negativo, lo strato rappresentativo della prova dovrà essere asportato e rifatto per una superficie stabilita dalla DL.

5.6 RETE ANTIEROSIONE

Biorete antierosione avente la funzione di proteggere le scarpate appena seminate dall'azione battente della pioggia e favorire la crescita e sviluppo del manto erboso.

La biorete dovrà essere completamente biodegradabile, costituite da uno strato di materiale naturale biodegradabile sciolto confinato dai due lati mediante due retine in polipropilene fotodecomponibili). Tipo Biomac-SC di Maccaferri o equivalente.

Misurazione al netto di sovrapposizioni e sfridi compresi nel prezzo.

Ogni fornitura di biorete antierosione dovrà essere corredata di certificato di qualità attestante le caratteristiche fisiche e chimiche. L'accettazione in cantiere sarà subordinata ai risultati dei test di verifica, eseguiti da laboratori ufficiali su minimo 3 campioni prelevati a caso salvo maggiori prescrizioni impartite dalla D.L..

5.7 GEOSTUOIA TRIDIMENSIONALE GRIMPANTE

Sulle scarpate si prevede l'impiego di un geocomposito di aggrappo, protezione meccanica e rinforzo, tipo Enkamat 7010W/5/200.50PET Harpo Seic o equivalenti, con funzione di trattenimento del terreno di copertura e di ulteriore protezione meccanica del sottostante elemento di impermeabilizzazione, oltre che limitare la sollecitazione sulla stessa.

Il geocomposito sarà costituito da una geostuoia tridimensionale di aggrappo realizzata da filamenti di poliammide e da un geotessuto di rinforzo in poliestere. La geostuoia e il geotessuto di rinforzo sono uniti tramite cucitura longitudinale e trasversale.

Il geocomposito dovrà possedere le seguenti prestazioni minime:

- allungamento massimo consentito (EN 10319): 10 %;
- resistenza a trazione longitudinale nominale (EN 10319): ≥ 220 kN/m;
- resistenza a trazione trasversale nominale (EN 10319): ≥ 55 kN/m;
- resistenza a punzonamento statico (CBR): ≥ 9 kN/m

Nella temperatura d'impiego da -40°C a $+80^{\circ}\text{C}$ la geostuoia non dovrà subire alcuna variazione di flessibilità o resistenza, inoltre dovrà essere a bassa infiammabilità, bassa produzione di fumi e non dovrà avere nessuna tossicità. Il materiale dovrà essere prodotto da aziende operanti secondo gli standard della certificazione ISO 9001. Misurazione al netto di sovrapposizioni e sfridi compresi nel prezzo.

Ogni fornitura di Geostuoia dovrà essere corredata di certificato di qualità attestante le caratteristiche fisiche e chimiche. L'accettazione in cantiere sarà subordinata ai risultati dei test di verifica, eseguiti da laboratori ufficiali su minimo 3 campioni prelevati a caso salvo maggiori prescrizioni impartite dalla Direzione Lavori.

5.8 TUBAZIONI DI DRENAGGIO PERCOLATO

Il sistema drenante sarà costituito da tubi in HPDE SIGMA 50/63 (pe80) PN16 microfessurati:

- i collettori principali, aventi D200, che riportano i liquami direttamente nel pozzetto di raccolta;
- tubi secondari, aventi D160, che si immettono nei tubi principali.

Le tubazioni dovranno essere conformi alla norma UNI 7611/7613. Il tubo dovrà essere fornito in barre da 6 ml. le giunzioni tra le tubazioni dovranno avvenire mediante il procedimento di polifusione testa/testa ovvero mediante manicotti elettrici in HPDE e dovranno essere effettuate esclusivamente da personale specializzato munito di patentino rilasciato dall'istituto italiano della saldatura. Le tubazioni saranno complete di pezzi speciali in HPDE per innesti e derivazioni tra i vari diametri.

Il sistema di macrofessurazione dovrà essere realizzato su tre file; le fessure dovranno essere perpendicolari all'asse del tubo e dovranno avere le caratteristiche di cui appresso:

- larghezza fessure mm. 4-8
- interasse tra le fessure mm. 50-60
- superficie di captazione compresa tra il 5% e il 10% della superficie esterna, o comunque tali da garantire idonea funzionalità.

Per la disposizione geometrica delle tubazioni si rimanda ai disegni di progetto. Le tubazioni del percolato saranno sormontate dallo strato drenante costituito da materiale inerte (ghiaia) arrotondato ed a bassa componente calcarea dello spessore di 50 cm e pezzatura 40/70 mm con le modalità indicate negli elaborati di progetto.

L'accettazione in cantiere sarà subordinata ai risultati delle prove di verifica, eseguiti da laboratori ufficiali, delle caratteristiche sopra riportate da effettuarsi secondo le modalità e frequenze impartite dalla D.L..

5.9 TERRENO VEGETALE

Il terreno vegetale naturale di granulometria idonea dovrà essere sistemato sulle superfici di copertura definitiva ed opportunamente compattato, compreso l'eventuale inumidimento, fino al raggiungimento della densità prescritta dalla Direzione Lavori e successivamente accuratamente riprofilato fino al raggiungimento degli spessori indicati in progetto.

6. PRESTAZIONI ATTESE E VERIFICHE DI PROGETTO

6.1 OBIETTIVI PRESTAZIONALI DELL'INTERVENTO

Il progetto di Messa in Sicurezza Permanente (MISP) del sito ex-Cava Paterno è finalizzato al conseguimento dei seguenti obiettivi prestazionali:

- **Isolamento permanente della sorgente primaria di contaminazione** (depositi di rifiuti non pericolosi, inerti e terre eterogenee).
- **Prevenzione della lisciviazione e della migrazione dei contaminanti** verso il sottosuolo e le acque sotterranee.
- **Riduzione dei rischi per la salute umana e per l'ambiente**, in conformità agli esiti dell'Analisi di Rischio sito-specifica.
- **Stabilità geotecnica e morfologica** delle aree di intervento, con pendenze e modellazioni compatibili con la sicurezza e l'inserimento paesaggistico.
- **Inserimento paesaggistico e ambientale** mediante coperture vegetali, ingegneria naturalistica e sistemazioni superficiali coerenti con la destinazione agricola speciale E1 prevista dallo strumento urbanistico comunale.
- **Raggiungimento del target PNRR** (recupero $\geq 70\%$ delle superfici interessate, pari a circa 27.000 mq sul totale di 38.380 mq, entro marzo 2026).

6.2 MONITORAGGI POST OPERAM

Al fine di dimostrare l'efficacia degli interventi, è previsto un **piano di monitoraggio decennale**, così articolato:

- **Capping e drenaggi superficiali:**
 - ispezioni semestrali nei primi 3 anni, annuali successivamente;
 - controllo della continuità vegetale, assenza di fenomeni erosivi, funzionalità delle canalizzazioni.



6.3 CONFORMITÀ NORMATIVA E CERTIFICAZIONI PNRR

- Tutte le verifiche e le certificazioni saranno effettuate ai sensi degli artt. 242 e 248 del D.Lgs. 152/2006.
- Ai fini del PNRR, sarà predisposta una **certificazione finale del target** con indicazione precisa delle superfici bonificate e recuperate, come richiesto dal parere regionale.
- La documentazione attestante il raggiungimento del 70% costituirà parte integrante della rendicontazione e del sistema di verifica della misura M2C4 I.3.4.