

ITINERARIO INTERNAZIONALE E78 S.G.C. GROSSETO – FANO  
Tratto Selci Lama (E45) – S. Stefano di Gaifa  
Adeguamento a 2 corsie della Galleria della Guinza (lotto 2)  
e del tratto Guinza – Mercatello Ovest (lotto 3)  
1° stralcio

**PROGETTO ESECUTIVO**

COD. AN58

PROGETTAZIONE:  
RAGGRUPPAMENTO  
TEMPORANEO PROGETTISTI

MANDATARIA:



**sinergo**

IL RESPONSABILE DELL'INTEGRAZIONE DELLE PRESTAZIONI  
SPECIALISTICHE:

Ing. Riccardo Formichi – Società Pro Iter Srl  
Ordine Ingegneri Provincia di Milano n. 18045

IL GEOLOGO:

Dott. Geol. Massimo Mezzanatica – Società Pro Iter Srl  
Albo Geol. Lombardia n. A762

IL COORDINATORE PER LA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE:

Ing. Massimo Mangini – Società Erre.Via Srl  
Ordine Ingegneri Provincia di Varese n. 1502

VISTO: IL RESP. DEL PROCEDIMENTO:

Dott. ing. Vincenzo Catone

PROTOCOLLO:

DATA:

OPERE D'ARTE MAGGIORI:

Ing. Enrico Maria Pizzarotti – Società Pro Iter Srl  
Ordine Ingegneri Provincia di Milano n. A29470



*Catone*

**06 - OPERE D'ARTE MAGGIORI IN SOTTERRANEO**  
**06.02 - GA.01 - GALLERIA GUINZA - IMBOCCO LATO UMBRIA**  
**06.02.04 - TERRA RINFORZATA**  
Relazione di calcolo

CODICE PROGETTO			NOME FILE			REVISIONE	SCALA
PROGETTO	LIV. PROG.	N. PROG.	T00GA04OSTRE01A.pdf				
L0702M	E	2101	T00GA04OSTRE01			A	-
D							
C							
B							
A	EMISSIONE		FEBBRAIO 2023	PARISI	MOJA	PIZZAROTTI	
REV.	DESCRIZIONE		DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO	

## INDICE

1	PREMESSA .....	3
2	DOCUMENTAZIONE E NORMATIVA DI RIFERIMENTO .....	4
2.1	Leggi, decreti, circolari ministeriali .....	4
2.2	Documenti del Progetto Definitivo .....	4
2.3	Documenti del Progetto Esecutivo .....	4
3	OPERE OGGETTO DELLA RELAZIONE .....	5
4	MATERIALI IMPIEGATI – SISTEMA TIPO TERRAMESH VERDE .....	7
4.1	Elementi di rinforzo – tipo Terramesh Verde .....	7
4.2	Requisiti richiesti per il rilevato strutturale .....	7
5	ISTRUZIONI OPERATIVE PER LA REALIZZAZIONE DEL RILEVATO STRUTTURALE .....	8
5.1	Posa degli elementi di rinforzo .....	8
5.2	Idrosemina a spessore .....	9
5.3	Compattazione .....	9
5.4	Condizioni climatiche .....	9
5.5	Eventuali rilevati di prova .....	9
5.6	Prove di controllo .....	9
6	CONDIZIONI DI CARICO VERIFICATE .....	10
7	COEFFICIENTI DI SICUREZZA PARZIALI .....	10
8	IPOTESI DI CALCOLO .....	11
9	METODO DI CALCOLO .....	12
9.1	Verifica di stabilità globale .....	13
9.2	Verifica di stabilità interna .....	13
9.3	Modello rigido .....	14
9.4	Sfilamento esterno (tratto di ancoraggio) .....	14
9.5	Sfilamento interno .....	15
9.6	Generazione delle superfici di rottura .....	15
9.7	Carichi dinamici dovuti a forze di natura sismiche .....	15
10	SEZIONI OGGETTO DI VERIFICA .....	16
11	ESITO DELLE VERIFICHE .....	16
11.1	Coefficienti di sovradimensionamento – valori minimi ottenuti .....	16
12	CONCLUSIONI .....	17
	ALLEGATO .....	18

Relazione di calcolo

---

**RTP di progettazione:**

**Mandataria:**



**Mandanti:**



**sinergo**

# 1 PREMESSA

La presente relazione di calcolo riguarda il dimensionamento dell'opera di sostegno definitiva in terra rinforzata che costituisce la sistemazione finale dell'imbocco lato Umbria della Galleria Guinza e che comprende il ritombamento della galleria artificiale.

Allo stato di fatto la stabilità della zona di imbocco è garantita da una paratia tirantata provvisoria di altezza massima pari a 14.30 m.

Per la sistemazione definitiva si è optato per un'opera di sostegno costituita da un rilevato in terra rinforzata con rete metallica a doppia torsione tipo 8x10, realizzato con due balze ad altezza variabile e paramento frontale con inclinazione pari a 65° rinverdibile, al fine di inserire l'opera nel contesto ambientale e naturale circostante cercando di contenerne al massimo l'impatto visivo. A monte della paratia è inoltre previsto l'inserimento di una canale di raccolta delle acque e la rimodellazione del terreno fino al profilo del pendio naturale.

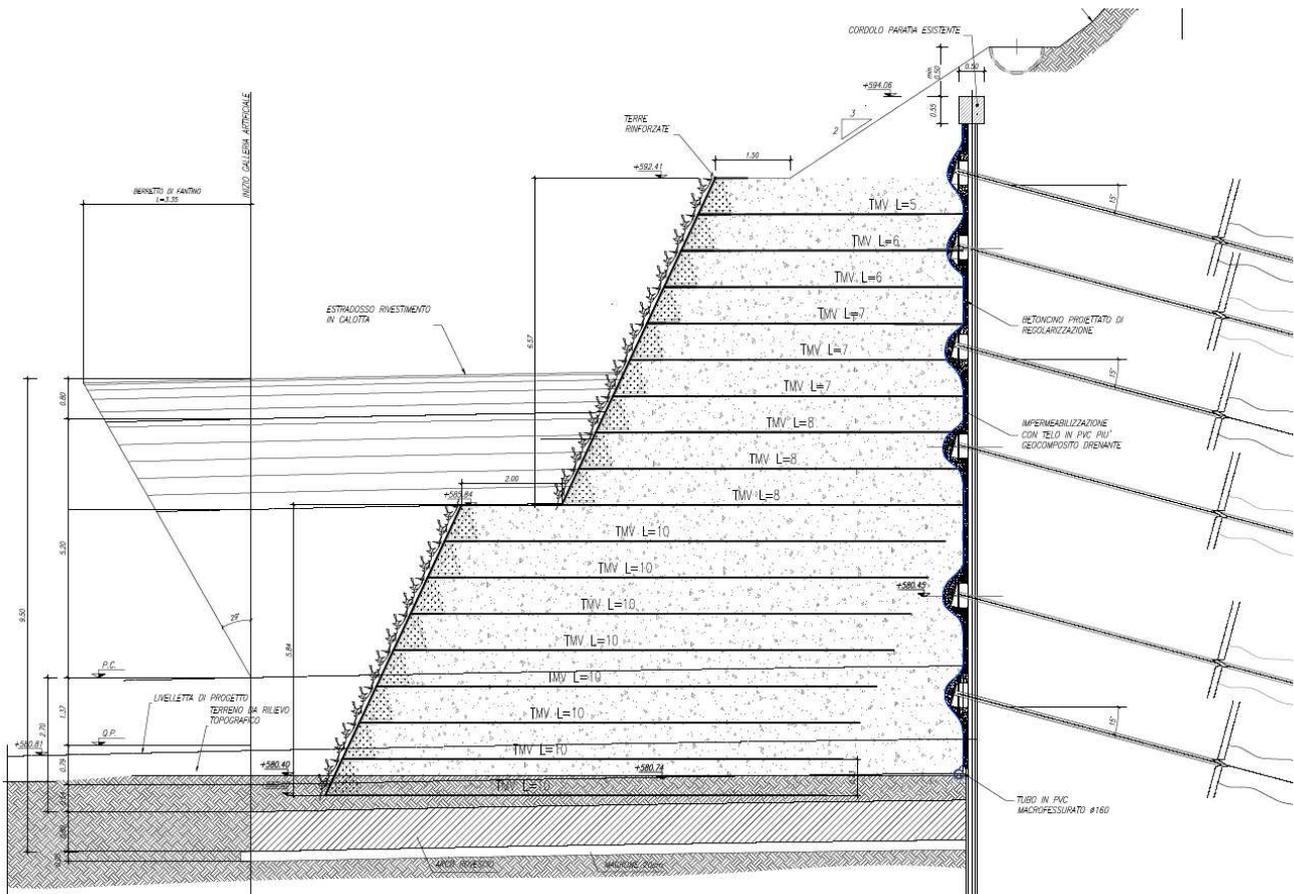


Figura 1 - Sezione tipo [11]

## **2 DOCUMENTAZIONE E NORMATIVA DI RIFERIMENTO**

### **2.1 Leggi, decreti, circolari ministeriali**

- [1] Nuove Norme tecniche sulle Costruzioni Approvate con D.Min. 17/01/2018
- [2] Norme tecniche sulle Costruzioni Approvate con D.Min. 14/01/2008
- [3] Circolare al D.M. del 14/01/2008
- [4] Eurocodice 7 “Progettazione geotecnica - Parte 1: Regole generali”, aprile 1997.
- [5] Eurocodice 8 “Indicazioni progettuali per la resistenza sismica delle strutture – Parte 1: Regole generali - azioni sismiche e requisiti generali per le strutture”, ottobre 1997.
- [6] Eurocodice 8 “Indicazioni progettuali per la resistenza sismica delle strutture – Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici”, febbraio 1998.
- [7] UNI EN 14475 - Esecuzione di lavori geotecnici speciali - Terra rinforzata
- [8] UNI 10006 - Costruzione e manutenzione delle strade - Tecniche di impiego delle terre
- [9] ASTM D 3282 - Standard Practice for Classification of Soils and Soil-Aggregate Mixtures for Highway Construction Purposes

### **2.2 Documenti del Progetto Definitivo**

- [10] T00GA01OSTRE02B - Relazione di calcolo - Terra rinforzata

### **2.3 Documenti del Progetto Esecutivo**

- [11] T00GA04OSTDI02A - Sezioni trasversali e particolari
- [12] T00GA04OSTDI01A - Planimetria e prospetto

### 3 OPERE OGGETTO DELLA RELAZIONE

L'intervento prevede la realizzazione un rilevato a due balze in terra rinforzata con rete metallica a doppia torsione tipo 8x10 con il paramento frontale avente inclinazione pari a  $65^\circ$  ed interasse verticale tra i rinforzi pari a 0.73 m. La prima balza, di altezza fissa pari a 5.84 m, si estende lungo tutto lo sviluppo della paratia e termina in sommità con una banca orizzontale di larghezza pari a 2 m. Al di sopra viene realizzato la seconda balza di rilevato, di altezza variabile tra 3.65 e 6.57 m, in funzione della quota massima della paratia provvisoria, che termina con una banca orizzontale di larghezza pari a 1.5 m (Figura 2).

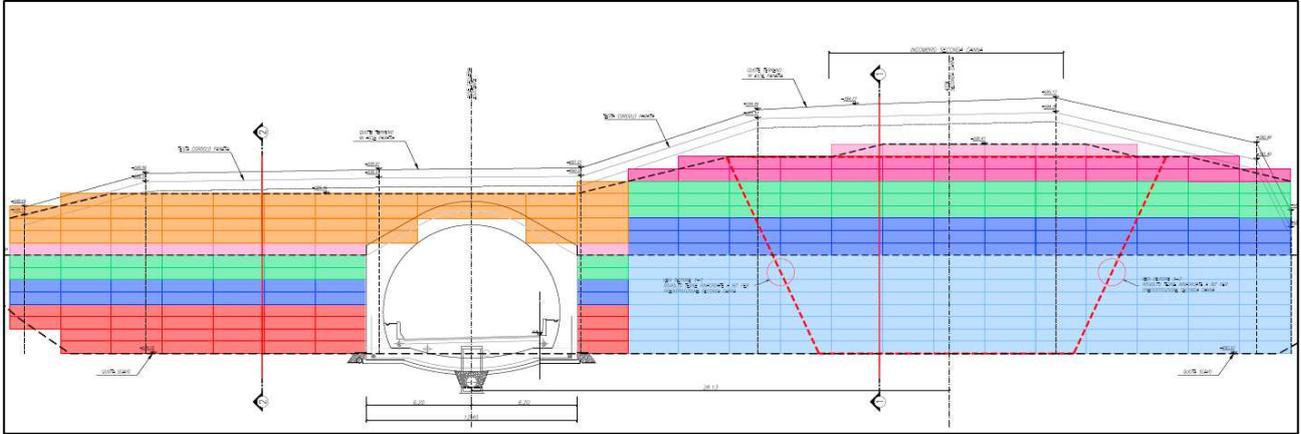


Figura 2 - Prospetto frontale [12]

Al di sopra di questa banca si sviluppa un rilevato costituito da solo terreno di riporto che sale con pendenza  $2/3$  fino a sormontare di almeno 50 cm il cordolo della paratia esistente. A monte della paratia è prevista la realizzazione di una canale di raccolta delle acque con tubo di diametro esterno pari a 1 m e la rimodellazione del terreno mediante ritombamento fino al profilo del pendio naturale (Figura 3).

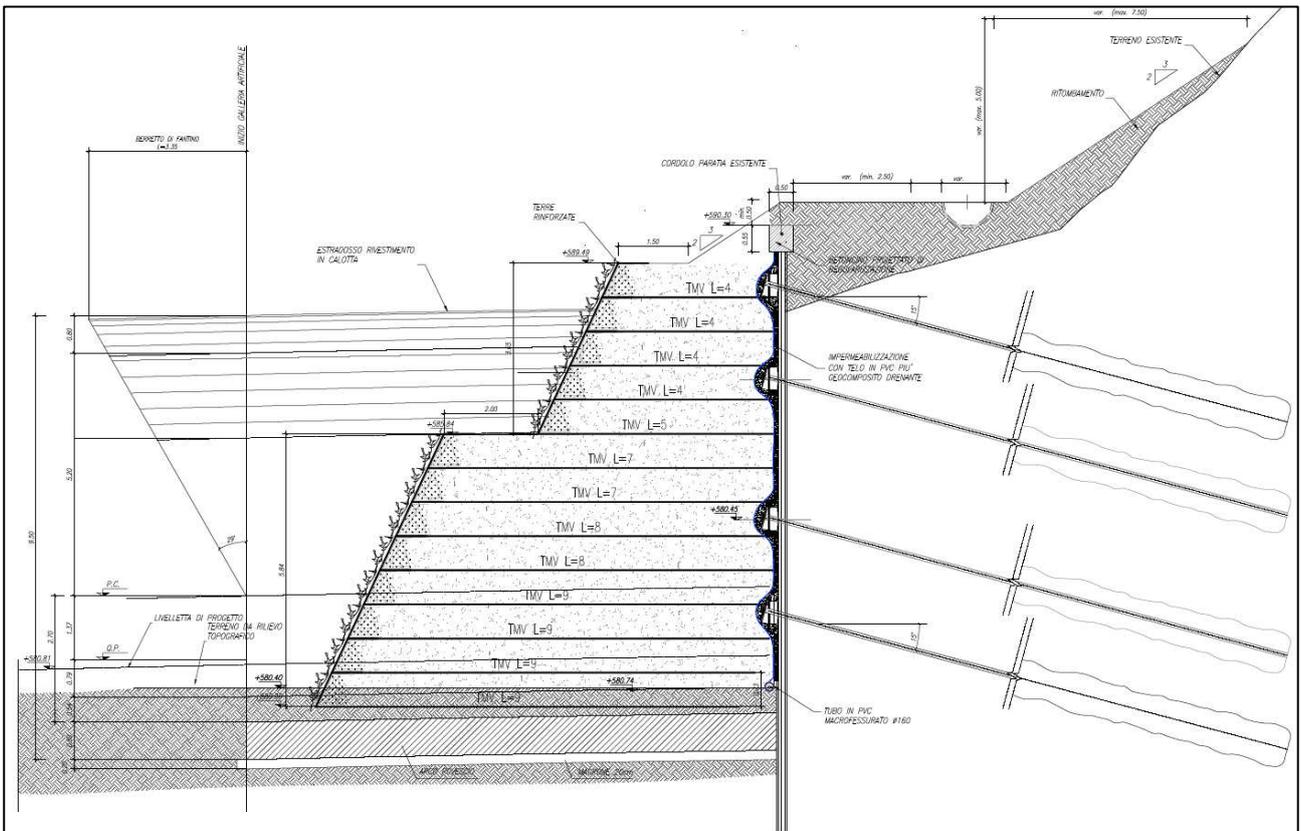
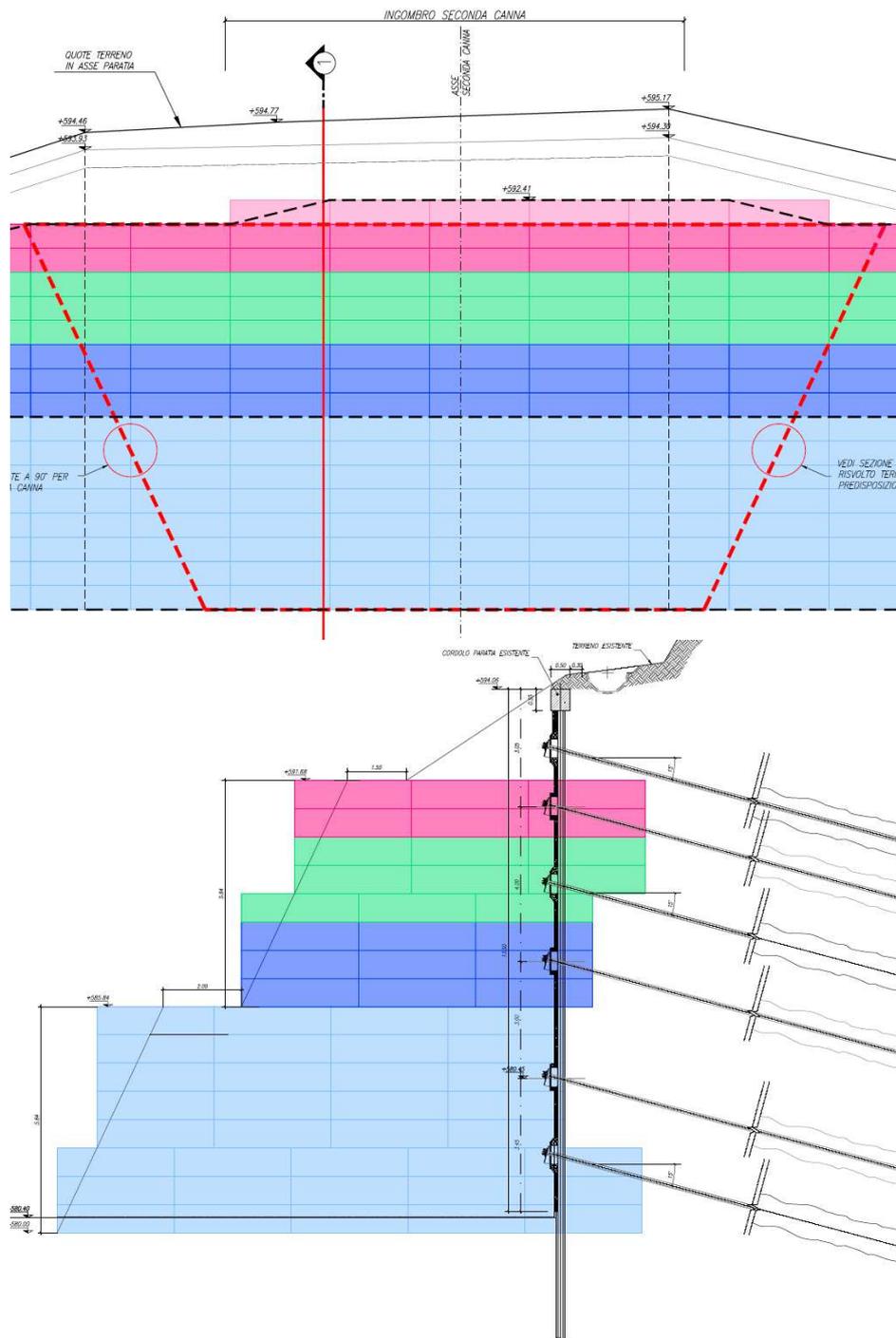


Figura 3 - Sezione tipo [11]

Infine, in previsione dello scavo della seconda canna della galleria Guinza, in corrispondenza del nuovo imbocco, è previsto un risvolto a 90 gradi delle terre rinforzate (Figura 4). La soluzione serve a garantire che, nel momento in cui venga scavato il muro frontale in terra rinforzata per la realizzazione dell'imbocco, le pareti laterali dello scavo siano già stabilizzate. In fase finale è previsto il ritombamento della galleria naturale.



**Figura 4 - Prospetto e sezione del risvolto a 90 della terra armata [11][12]**

Nel campo della geotecnica è definita come opera in terra rinforzata o pendio rinforzato una struttura atta al contenimento o alla stabilizzazione di una scarpata costituita, essa stessa, da terreno e da elementi di rinforzo di forma e materiale opportuno capaci di assorbire sforzi di trazione. Tali elementi vengono di solito disposti lungo piani di posa orizzontali durante il riempimento e la compattazione del rilevato di terreno strutturale che avviene per strati successivi.

Così facendo, il regime di sollecitazioni che s'instaura nel rilevato strutturale con l'aumentare dei carichi è tale da mobilitare la resistenza a trazione dei rinforzi in virtù della propria aderenza per attrito con il terreno.

Il terreno che costituisce il rilevato strutturale, invece, offrirà il suo contributo di resistenza alla compressione per effetto dei carichi verticali.

Nella progettazione di queste strutture è pertanto necessario individuare i meccanismi di rottura potenziali nel terreno al fine di valutare il contributo di stabilità offerto dalla presenza dei rinforzi.

Il dimensionamento di una struttura in terra rinforzata implica pertanto la scelta corretta della lunghezza e della spaziatura verticale dei rinforzi necessarie a garantire la stabilità noti che siano i parametri geotecnici del rilevato strutturale (angolo d'attrito, peso specifico) e le caratteristiche meccaniche dei rinforzi (carico di rottura, coefficiente di aderenza terreno).

I meccanismi di scivolamento schematizzati nel calcolo saranno in generale diversi secondo le caratteristiche dei rinforzi e soprattutto della geometria e della stratigrafia della scarpata.

Più in dettaglio, oggetto della presente relazione di calcolo è la Sezione 1-1 (cfr. Figura 1 e Figura 2) ritenuta significativa al fine dei dimensionamenti.

## **4 MATERIALI IMPIEGATI – SISTEMA TIPO TERRAMESH VERDE**

### **4.1 Elementi di rinforzo – tipo Terramesh Verde**

La struttura di sostegno in terra rinforzata con paramento rinverdibile è realizzata in elementi in rete metallica a doppia torsione tipo 8x10 in accordo con le "Linee Guida per la certificazione di idoneità tecnica all'impiego e l'utilizzo di prodotti in rete metallica a doppia torsione" (n.69/2013) e con la normativa UNI EN 10223. Il rinforzo dovrà essere in possesso di marcatura CE, in conformità al Regolamento Prodotti da Costruzione (UE) 305/2011, di certificazione ambientale EPD in accordo a ISO 14025 - EN 15804 e dovrà avere durabilità certificata a 120 anni da ente terzo qualificato.

La rete sarà tessuta con trafilato di acciaio di diametro pari a 2,70 mm galvanizzato con lega eutettica di zinco (95%) e alluminio (5%) conforme alle EN 10244 - classe A.

La rete dovrà avere resistenza a trazione nominale non inferiore a 50 kN/m (test eseguiti in accordo alla UNI EN 10223-3) e resistenza a punzonamento nominale non inferiore a 65 kN (test eseguiti in accordo alla UNI ISO 17746).

Il filo sarà ricoperto da un rivestimento di materiale plastico che dovrà avere uno spessore nominale non inferiore a 0,5 mm e dovrà avere caratteristiche tecniche e resistenza all'invecchiamento conformi alla UNI EN 10245-1 ed alla EN ISO 9227, con temperatura critica di infragilimento inferiore a -30°C in conformità alla ASTM D746 e con alta resistenza all'abrasione (superiore ai 100.000 cicli secondo test eseguito in accordo alla EN 60229:2008). La rete con rivestimento polimerico deve presentare una resistenza a corrosione in test in nebbia salina tale per cui dopo 6,000 h la percentuale di ruggine rossa non deve essere superiore al 5% (test eseguito in accordo alla EN ISO 9227).

La resistenza a lungo termine LTDS a 120 anni, in condizioni di PH compreso tra 3 e 13 e terreno di contatto caratterizzato da diametro fino a 200 mm dovrà essere riportata e certificata con relativo certificato terza parte quali BBA o similari.

Il paramento in vista sarà costituito da un ulteriore pannello di rete elettrosaldata con maglia differenziata e diametro minimo 8 mm posto in opera con un sistema di irrigidimento idoneo a ottenere inclinazioni del paramento variabili a seconda delle esigenze progettuali, tra i 45° e gli 80°.

Gli elementi metallici dovranno essere collegati tra loro con punti metallici.

Le armature saranno poste nel terreno in strati successivi con distanza tra i piani di posa non superiore a 80 cm.

I pannelli saranno corredati, nella parte interna, di ritentore di fini in fibre vegetali e/o sintetiche idonea ad accogliere idrosemina a spessore, compensata a parte, e ad assicurare una rapida crescita della vegetazione ed uno sviluppo in profondità delle radici.

Il Sistema Qualità della ditta produttrice dovrà essere inoltre certificato in accordo alla ISO 9001:2008 da un organismo terzo indipendente. Il Sistema di Gestione Ambientale della ditta produttrice dovrà essere inoltre certificato in accordo alla ISO 14001:2004 da un organismo terzo indipendente.

Le lunghezze dei rinforzi sono riportate negli elaborati grafici di dettaglio e nei tabulati di dimensionamento allegati.

### **4.2 Requisiti richiesti per il rilevato strutturale**

Il terreno di riempimento che costituisce il rilevato strutturale dell'opera potrà provenire sia da scavi precedentemente eseguiti sia da cave di prestito e facendo riferimento alle classificazioni ASTM D 3282 o UNI 10006 dovrà appartenere ai A1-a, A1-b, A3, A2-4, A2-5 con esclusione di pezzature superiori a 150mm.

Il materiale con dimensioni superiori a 100 mm è ammesso con percentuale inferiore al 15% del totale. In ogni caso dovranno essere esclusi i materiali che, da prove opportune, presentino parametri geomeccanici (angoli d'attrito e coesione) minori di quelli previsti in progetto.

Il peso di volume del terreno di riempimento, compattato in opera, dovrà essere superiore a 18-19 kN/mc.

Le caratteristiche e l'idoneità dei materiali saranno accertate mediante le seguenti prove di laboratorio.

- analisi granulometrica;
- determinazione del contenuto naturale d'acqua;
- determinazione del limite liquido e dell'indice di plasticità sull'eventuale porzione di passante al setaccio 0,4 UNI 2332;
- prova di compattazione AASHTO.

Le prove andranno distribuite in modo tale da essere sicuramente rappresentative dei risultati conseguiti in sede di preparazione dei piani di posa degli elementi di rinforzo, in relazione alle caratteristiche dei terreni utilizzati.

## **5 ISTRUZIONI OPERATIVE PER LA REALIZZAZIONE DEL RILEVATO STRUTTURALE**

### **5.1 Posa degli elementi di rinforzo**

Il piano di posa delle terre rinforzate dovrà essere predisposto fino a raggiungere la quota d'imposta del primo corso da eseguire, secondo le indicazioni riportate negli elaborati di progetto.

Si dovrà provvedere innanzitutto al taglio delle piante ed alla estirpazione delle ceppaie, radici, arbusti ecc, il terreno dovrà quindi essere adeguatamente rullato e compattato fino ad ottenere le caratteristiche previste nel capitolato.

Il piano di fondazione dovrà essere regolare ed idoneo per la posa e compattazione del primo strato di riporto con ottenimento dei requisiti richiesti.

Non si dovrà operare in presenza di ristagni d'acqua o con terreni rammolliti né in presenza di elevato contenuto organico (nell'eventualità questi dovranno essere bonificati, per completa sostituzione).

Nel caso in cui il piano di posa si trovi localmente depresso, in condizioni favorevoli ai ristagni d'acqua, si dovranno eseguire delle canalette di scolo laterale in pendenza con adeguato recapito.

Prima di eseguire il primo riporto occorre eseguire almeno 2-3 passate con un rullo liscio.

Il materiale proveniente dallo scavo di preparazione del piano di posa dei rilevati e dallo scavo di sbancamento per bonifica potrà essere reimpiegato, se ritenuto idoneo, nella sistemazione a verde delle scarpate.

#### **TMV (elementi di rinforzo tipo Terramesh tipo Verde)**

Come accennato in precedenza, il paramento esterno delle opere avrà inclinazione a 65° e sarà realizzato mediante la posa di armature costituite da rinforzi in rete metallica a doppia torsione (tipo Terramesh Verde) come indicato negli elaborati di progetto.

Gli elementi dovranno essere posti in opera per strati costanti, secondo le modalità di seguito riportate:

1. Apertura e predisposizione dell'elemento preassemblato tipo Terramesh, al di sopra del piano di appoggio preventivamente rullato e regolarizzato, avendo cura di stendere il telo di rinforzo eliminando le linee di piegatura preformate in fase di produzione e messa in posizione gli elementi;
2. Posizionamento degli elementi a squadra per dare l'inclinazione al paramento. Per l'assemblaggio e la legatura degli elementi è necessario essere provvisti di pinze e tenaglie; in generale, per le operazioni di legatura, si consiglia un intervallo tra punto e punto massimo di 20 cm al fine di dare una continuità strutturale;
3. Riempimento della parte a tergo del paramento con terreno vegetale che subirà una compattazione "leggera" per permettere l'attecchimento della vegetazione;
4. Riempimento in corrispondenza degli elementi di rinforzo in rete con materiale idoneo (terreno strutturale) per strati di spessore "morbido" di 35 cm;
5. Compattazione del materiale posto in opera mediante rullatura secondo le indicazioni successivamente riportate;
6. Risagomatura del piano di posa per l'esecuzione dell'elemento Terramesh successivo;
7. Ripetizione delle azioni da 1 a 6 fino a completamento della struttura.

## **5.2 Idrosemina a spessore**

Per favorire la crescita della vegetazione, sul paramento potrà essere eseguita una idrosemina a spessore; nell'eventualità si consiglia l'applicazione della miscela mediante idonea idro seminatrice con adeguata pompa così da garantire l'omogeneità del prodotto applicato e l'integrità della semente.

Si rimanda ad un secondo tempo ed al periodo stagionale adeguato l'eventuale esecuzione delle opere di rinverdimento previa definizione della tipologia di essenze da parte delle figure preposte (Committente, Collaudatore, Direzione Lavori, ecc.).

## **5.3 Compattazione**

Le operazioni di compattazione, il tipo, le caratteristiche dei mezzi di compattazione, nonché le modalità esecutive di dettaglio (numero di passate, velocità operativa, frequenza) devono essere tali da garantire la prevista densità finale del materiale.

In ogni modo, deve ritenersi esclusa la possibilità di compattazione con pale meccaniche. Nel caso in cui lo sviluppo planimetrico dei manufatti sia modesto e gli spazi di lavoro disponibili siano esigui, si useranno mezzi di compattazione leggeri, quali piastre vibranti e costipatori vibranti azionati a mano. Ogni strato sarà messo in opera con un grado di compattazione pari al 95% del valore fornito dalle prove Proctor (ASTM D 1557).

La compattazione dovrà essere condotta con metodologia atta ad ottenere un addensamento uniforme. A tale scopo, i mezzi dovranno operare con sistematicità lungo direzioni parallele, garantendo una sovrapposizione fra ciascuna passata e quella adiacente pari al 10% del mezzo costipante. La compattazione a tergo delle opere eseguite dovrà essere tale da escludere una riduzione dell'addensamento e nello stesso tempo il danneggiamento delle opere stesse. In particolare, si dovrà fare in modo che i compattatori a rullo operino ad una distanza non inferiore a 0.50 m dal paramento esterno e procedere quindi ad una successiva compattazione con "rana compattatrice" o piastra vibrante della porzione di terreno posta ad una distanza inferiore a 0.50 m dal paramento.

Questo procedimento consente di non generare deformazioni locali indotte dal passaggio o urto meccanico dei mezzi contro i componenti del sistema. Durante la costruzione, nel caso di danni causati dalle attività di cantiere o dovuti ad eventi meteorologici si dovrà provvedere al ripristino delle condizioni iniziali.

## **5.4 Condizioni climatiche**

La costruzione dei rilevati in presenza di gelo o di pioggia persistenti non sarà consentita in linea generale, tranne per quei materiali meno suscettibili all'azione del gelo e delle acque meteoriche (es. ghiaia).

Nell'esecuzione di rilevati con terre ad elevato contenuto della frazione coesiva dovranno essere tenuti a disposizione anche dei rulli gommati che permettano la chiusura della superficie dell'ultimo strato in caso di pioggia.

## **5.5 Eventuali rilevati di prova**

Quando prescritto dalla Direzione Lavori, l'Impresa procederà alla esecuzione dei rilevati di prova.

In particolare, si potrà fare ricorso ai rilevati di prova per verificare l'idoneità di materiali diversi da quelli specificati nei precedenti capitoli.

Il rilevato di prova consentirà di individuare le caratteristiche fisico-meccaniche dei materiali messi in opera, le caratteristiche dei mezzi di compattazione (tipo, peso, energie vibranti) e le modalità esecutive più idonee (numero di passate, velocità del rullo, spessore degli strati, ecc.), le procedure di lavoro e di controllo cui attenersi nel corso della formazione dei rilevati.

## **5.6 Prove di controllo**

Prima che venga messo in opera uno strato di terreno nel rilevato rinforzato, quello precedente potrà essere sottoposto alle prove di controllo e possedere i requisiti di costipamento richiesti.

La frequenza delle prove di seguito specificata deve ritenersi come indicativa e potrà essere diminuita o aumentata secondo quanto prescritto dalla Direzione Lavori in considerazione della maggiore o minore omogeneità granulometrica dei materiali portati a rilevato e della variabilità nelle procedure di compattazione.

L'Impresa dovrà eseguire le prove di controllo nei punti indicati dalla Direzione Lavori ed in contraddittorio con la stessa.

L'Impresa potrà eseguire le prove di controllo in proprio o tramite un laboratorio esterno comunque approvato dalla Direzione Lavori.

La serie di prove sui primi 5000 mc potrà essere effettuata una sola volta a condizione che i materiali mantengano caratteristiche omogenee e siano costanti le modalità di compattazione.

In caso contrario la Direzione Lavori potrà prescrivere la ripetizione della serie.

Le prove successive devono intendersi riferite a quantitativi appartenenti allo stesso strato di rilevato.

Tipo di Prova	PRIMI 5000 m <sup>3</sup> Ripetere la prova ogni (m <sup>3</sup> )	SUCCESSIVI m <sup>3</sup>
Classif. CNR - UNI 10006	2000	5000
Costipazione AASHTO Mod. CNR	2000	5000
Densità in sito CNR 22	250	1000
Carico su piastra CNR 9 - 70317	1000	5000
Controllo umidità	*	*

\* Frequenti e rapportate alle condizioni meteorologiche locali ed alle caratteristiche di omogeneità dei materiali costituenti il rilevato.

## 6 CONDIZIONI DI CARICO VERIFICATE

Il dimensionamento della struttura è stato condotto, sulla base dei dati forniti dal cliente, secondo gli Stati Limite Ultimi (SLU - SLV) sia in condizioni statiche che in condizioni sismiche.

In accordo con le nuove Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 17/01/2018 - capitolo 6 – sono stati applicati coefficienti parziali ai carichi, ai parametri geotecnici ed alle resistenze (come definiti nel capitolo successivo).

Per quanto riguarda la stabilità globale si è utilizzato l'Approccio 1 Combinazione 2: A2+M2+R2 (NTC2018 par. 6.5.3.1.1 Muri di sostegno).

Per quanto riguarda le verifiche agli SLU di tipo geotecnico (GEO) cioè per le verifiche esterne a scorrimento della fondazione, verifica di capacità portante della fondazione e verifica a ribaltamento della struttura si è utilizzato l'Approccio 2: A1+M1+R3 (NTC2018 par. 6.5.3.1.1 Muri di sostegno).

Per quanto riguarda le verifiche agli SLU di tipo strutturale (STR), per le verifiche di resistenza degli elementi strutturali si è utilizzato l'Approccio 2: A1+M1+R3 (NTC2018 par. 6.5.3.1.1 Muri di sostegno).

In accordo con le nuove Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 17/01/2018 - capitolo 7.11 – sono state condotte anche le verifiche in condizioni sismiche applicando i coefficienti parziali dei parametri geotecnici ed alle resistenze (come definiti nel capitolo successivo), mentre i coefficienti parziali dei carichi (M2) sono stati posti pari ad 1.

Per quanto riguarda la stabilità globale si è utilizzato l'Approccio 1 Combinazione 2: M2+R2+kh±kv (NTC2018 par. 6.5.3.1.1 Muri di sostegno).

Per quanto riguarda le verifiche agli SLU di tipo geotecnico (GEO) cioè per le verifiche esterne a scorrimento della fondazione, verifica di capacità portante della fondazione e verifica a ribaltamento della struttura si è utilizzato l'Approccio 2: M1+R3+kh±kv (NTC2018 par. 6.5.3.1.1 Muri di sostegno).

Per quanto riguarda invece le verifiche agli SLU di tipo strutturale (STR), per le verifiche di resistenza degli elementi strutturali si è utilizzato l'Approccio 2: M1+R3+kh±kv (NTC2018 par. 6.5.3.1.1 Muri di sostegno).

## 7 COEFFICIENTI DI SICUREZZA PARZIALI

Il progetto strutturale e geotecnico delle opere in esame sarà condotto in conformità alle indicazioni del D.M. 17/01/2018 (rif. Cap. 6 e Cap. 7).

Nell'ambito delle verifiche allo Stato Limite Ultimo si sono adottati i seguenti coefficienti parziali:

Coefficienti PARZIALI DEI PARAMETRI DI RESISTENZA $\gamma_R$				
$R_d = R_k / \gamma_R$	R2	R2(*)	R3	R3(*)
Stabilità	1,10	1,20	1,00	1,20
Scorrimento - Slittamento per attrito	1,00	1,00	1,10	1,00
Ribaltamento	1,00	1,00	1,15	1,00
Capacità portante della Fondazione - Punzonamento	1,00	1,00	1,40	1,20

Coefficienti PARZIALI DEI PARAMETRI GEOTECNICI $\gamma_M$				
	M1	M1(*)	M2	M2(*)
Peso unità di volume ( $\gamma_f$ )	1,00	1,00	1,00	1,00
Angolo di attrito $\tan\phi'_k$ ( $\gamma_\phi$ )	1,00	1,00	1,25	1,00
Coesione efficace $c'_k$ ( $\gamma_c$ )	1,00	1,00	1,25	1,00
Resistenza non drenata $c_{u,k}$ ( $\gamma_{su}$ )	1,00	1,00	1,40	1,00

Coefficienti PARZIALI DELLE AZIONI $\gamma_F$					
		A1	A1(*)	A2	A2(*)
<i>PERMANENTI:</i> (Pesi, spinte geostatiche del terreno; sovraccarichi permanenti) ( $\gamma_{G1}$ )	Favorevole	1,00	1,00	1,00	1,00
	Sfavorevole	1,30	1,00	1,00	1,00
<i>VARIABILI:</i> (sovraccarichi variabili; sisma; spinte relative indotte) ( $\gamma_{G2}$ )	Favorevole	0,00	1,00	0,00	1,00
	Sfavorevole	1,50	1,00	1,30	1,00

(Rif. D.M. 17/01/2018 Tab. 6.2.I, Tab. 6.2.II, Par. 7.11.6.2.2 e Par. 7.11.4)

Nota:

Coefficienti parziali dei carichi e delle spinte (i carichi permanenti non strutturali sono assimilati ai sovraccarichi permanenti in quanto compiutamente definiti).

I coefficienti parziali di riduzione delle prestazioni dei rinforzi definiti nel report di calcolo di MacStars W come "Fs Rottura Rinforzi" e "Fs Sfilamento Rinforzi" sono posti pari all'unità poiché non definiti nelle "Nuove Norme Tecniche 2018".

(\*) condizioni sismiche: nel caso di verifiche sismiche i coefficienti parziali sulle azioni e sui parametri geotecnici vengono posti pari all'unità (Rif. 7.11.6.2.2 del D.M. 17/01/2018).

## 8 IPOTESI DI CALCOLO

Nei calcoli di stabilità e resistenza si sono assunte le caratteristiche fisiche e geomeccaniche dei terreni come riportate negli allegati di calcolo.

Il calcolo dei rinforzi viene inoltre eseguito tenendo conto delle azioni sismiche dell'area oggetto del progetto secondo quanto prescritto da D.M. 17/01/2018 e riportato nella Relazione di calcolo [10].

Classe	Stato limite	V <sub>N</sub> anni	C <sub>U</sub> -	V <sub>R</sub> anni	P <sub>VR</sub> -	T <sub>R</sub> anni	a <sub>g</sub> g	S <sub>S</sub> -	S <sub>T</sub> -	S -	a <sub>max</sub> g	β <sub>m</sub> -	k <sub>h,m</sub> -	k <sub>v,m</sub> -
IV	SLV	50	2.0	100	10%	949	0.288	1.124	1.2	1.349	0.388	0.38	0.147	±0.073

Tabella 4.8 - Parametri sismici.

Il dimensionamento delle strutture in progetto è stato eseguito con riferimento a quanto riportato nelle seguenti tabelle ed eventualmente integrato e dettagliato nel proseguo del paragrafo.

Per le altezze delle sezioni di calcolo si rimanda ai relativi tabulati ed alle tavole di progetto.

<b>DATI GEOTECNICI</b>	<b>Detriti</b>	γ <sub>1</sub> = 18,00 kN/mc	φ <sub>1</sub> = 30°	c' <sub>1</sub> = 0 kPa
	<b>Flysch marnoso arenaceo</b>	γ <sub>2</sub> = 21,00 kN/mc	φ <sub>2</sub> = 35°	c' <sub>2</sub> = 100 kPa
	<b>(RIL) rilevato Strutturale</b>	γ <sub>3</sub> = 19,00 kN/mc	φ <sub>3</sub> = 35°	c' <sub>3</sub> = 0 kPa
<b>CARICHI ACCIDENTALI ESTERNI</b>	<b>Coefficienti sismici</b>	Kh = 0,147 Kv = ±0,073		

La veridicità dei dati geotecnici in fase esecutiva deve essere verificata attraverso prove di laboratorio e di cantiere.

Sarà compito della DD.LL. verificare che i materiali posti in opera corrispondono a quelli di progetto al fine di assicurare, nella costruzione dei rilevati, i coefficienti di sicurezza previsti.

## 9 METODO DI CALCOLO

L'esame delle condizioni di stabilità dei rilevati viene condotto utilizzando gli usuali metodi dell'equilibrio limite. La valutazione dei fattori di sicurezza alla stabilità viene condotta mediante un programma di calcolo denominato MacStars W cui la ricerca delle superfici critiche viene svolta attraverso la generazione automatica di un elevato numero di superfici di potenziale scivolamento.

### Metodi utilizzati nel codice

Nel codice di calcolo di MacStars W si utilizzano i metodi semplificati di Bishop e Janbu. In entrambi i metodi il criterio di rottura adottato è quello di Mohr - Coulomb:

$$\tau = c + (\sigma - u) * \tan(\phi')$$

dove:

τ = tensione tangenziale massima

c = coesione

σ = pressione normale totale

u = pressione interstiziale

φ' = angolo di attrito

Applicando al valore della tensione tangenziale massima il coefficiente di sicurezza si ottiene la forza tangenziale mobilitata.

In particolare, in questa sede si fa riferimento al metodo di JANBU semplificato per la verifica della stabilità globale per tener conto della presenza del muro tirantato e quindi confinare le curve critiche.

**Caratteristiche del metodo semplificato di Janbu** sono:

- vale per superfici di forma qualsiasi;
- ipotizza inizialmente che le forze di interazione tra i conci siano solo orizzontali;
- ottiene il coefficiente di sicurezza mediante scrittura della condizione di equilibrio alla traslazione verticale e quindi orizzontale;

- consente di tenere in conto le forze di interazione verticali (tangenziale) tra i conci mediante applicazione al precedente coefficiente di sicurezza di un fattore correttivo che dipende dalla geometria del problema e dal tipo di terreno;
- non soddisfa l'equilibrio globale alla rotazione del cuneo.

Il metodo di Janbu prevede che i fattori di sicurezza ottenuti debbano essere moltiplicati per un fattore correttivo empirico variabile solitamente tra 1,01 e 1,05 graficato in funzione del rapporto tra la profondità e la lunghezza della curva critica; nella tabella che segue verranno riportati i fattori di sicurezza non amplificati.

In relazione ai modelli di comportamento dei rinforzi una verifica di stabilità può essere condotta con il metodo rigido o con il metodo degli spostamenti: le verifiche eseguite per il caso in esame verranno eseguite con il metodo rigido.

## 9.1 Verifica di stabilità globale

La verifica di stabilità globale, o stabilità di base, è da intendersi come la verifica di stabilità con i metodi all'equilibrio limite di un pendio, rinforzato o meno. Può quindi essere utilizzato per valutare la stabilità del pendio in assenza di rinforzi, prima delle ipotesi di progetto di rinforzo. A seguito del progetto, tale verifica è da utilizzare per valutare la stabilità dell'opera nei confronti di meccanismi di potenziale scivolamento profondi e quindi eventualmente esterni ai rinforzi stessi (Figura 5).

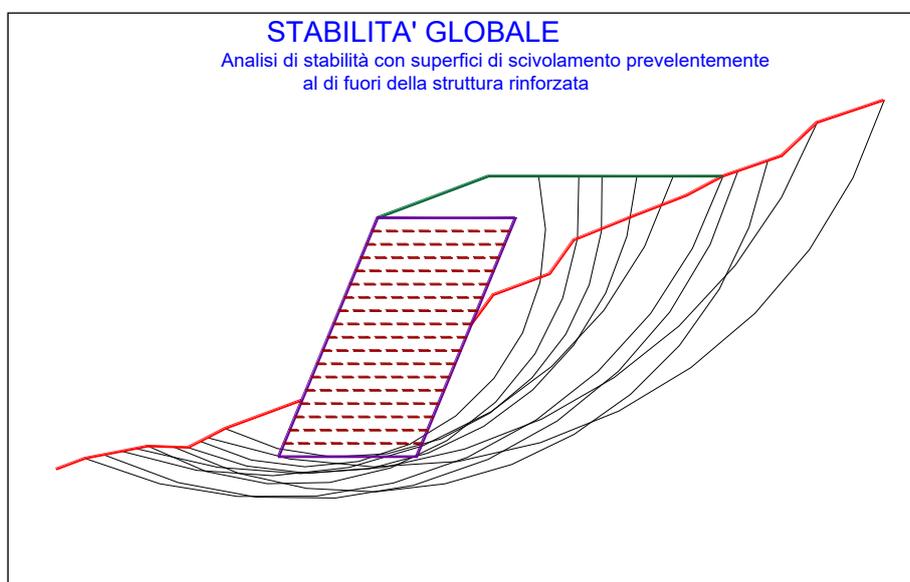
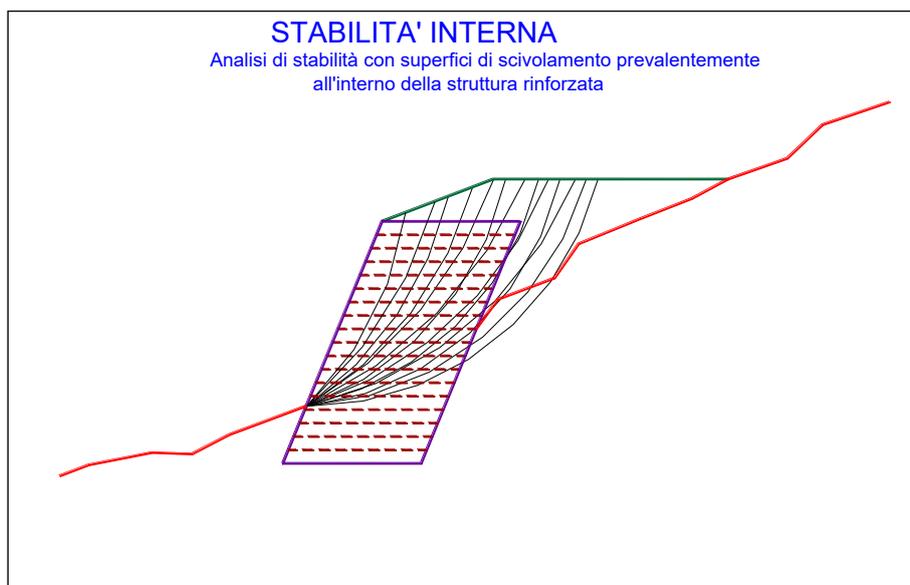


Figura 5: Stabilità globale

## 9.2 Verifica di stabilità interna

La verifica di stabilità interna (o stabilità di pendio) è quella verifica che consente di valutare il dimensionamento dell'opera, intesa come definizione dei rinforzi (tipologia, spaziatura, lunghezza, ecc.). In tale tipo di verifica le superfici di potenziale scivolamento partono dal piede di valle dell'opera di rinforzo e terminano nella parte superiore del pendio dopo aver attraversato l'opera progettata (Figura 6).



**Figura 6: Stabilità interna**

### 9.3 Modello rigido

Nel modello rigido si ipotizza che un qualsiasi rinforzo che attraversi la superficie di potenziale scorrimento analizzata fornisca la forza di rottura del rinforzo, penalizzata dal relativo coefficiente di sicurezza, indipendentemente dai valori di rigidità dei rinforzi stessi. Per ciascun rinforzo devono essere verificate le seguenti condizioni:

- deve essere garantito un ancoraggio minimo (fornito dall'utente);
- deve essere garantito lo sfilamento nella zona di ancoraggio;
- deve essere garantito lo sfilamento all'interno della porzione di terreno instabile.

Nel primo caso, una lunghezza di ancoraggio inferiore al minimo stabilito comporta l'annullamento completo della trazione nel rinforzo

Nel secondo e nel terzo caso la trazione nel rinforzo viene limitata al minore dei due valori di sfilamento.

Il calcolo delle forze ultime di sfilamento viene eseguito con il seguente procedimento, che si basa sulla considerazione che in tutti i punti del rinforzo sia raggiunta la condizione ultima ( $\tau_u$ ).

### 9.4 Sfilamento esterno (tratto di ancoraggio)

La zona di ancoraggio viene suddivisa in tratti e per ciascun tratto si calcola il valore della tensione tangenziale ultima ( $\tau_u$ ) dalla seguente relazione:

$$\tau_u = f \cdot \sigma_v$$

dove:

$f$  = coefficiente di attrito totale del rinforzo sui materiali sopra e sotto nel tratto interessato, potendo essere rinforzo su rinforzo ( $f_{rr}$ ) o rinforzo su terreno ( $f_{tr}$ ).

$\sigma_v$  = tensione verticale efficace sul tratto considerato, ottenuta dalla relazione:

$$\sigma_v = (W + P_v - U) / dx$$

$W$  = peso totale della colonna di terreno sovrastante;

$P_v$  = componente verticale del carico distribuito uniforme agente in sommità;

$U$  = pressione neutra;

$dx$  = larghezza del tratto considerato.

L'integrale delle tensioni tangenziali ultime fornisce la forza di sfilamento esterna ultima del rinforzo. Al valore così determinato può essere applicato un coefficiente di sicurezza definito dall'utente.

## 9.5 Sfilamento interno

Nel caso di rinforzi secondari il procedimento per il calcolo della forza di sfilamento ultima è identico a quella dello sfilamento esterno.

La lunghezza del rinforzo all'interno del blocco instabile viene suddivisa in tratti e per ciascun tratto si calcola il valore della tensione tangenziale ultima ( $\tau_u$ ) dalla seguente relazione:

$$\tau_u = f \cdot \sigma_v$$

dove il significato dei simboli è il medesimo del caso precedente. L'integrazione delle tensioni tangenziali ultime fornisce la forza ultima di sfilamento interno.

Nel caso di rinforzi principali è da aggiungere il contributo resistente dovuto al risvolto. Tale contributo ( $F_0$ ) può essere calcolato mediante somma di due contributi:

$$F_0 = F_1 + \Delta F$$

Dove  $F_1$  è il contributo che genera sfilamento nella parte risvoltata (orizzontale), mentre  $\Delta F$  è l'ulteriore contributo che tiene conto delle forze radenti lungo il tratto subverticale, adiacente al paramento.

$F_1$  viene calcolata con procedimento analogo a quello dello sfilamento esterno (integrazione delle forze tangenziali ultime), mentre  $\Delta F$  viene calcolato, nell'ipotesi che il tratto in oggetto assuma una configurazione semicircolare, dalla relazione:

$$\Delta F = F_1 \cdot \pi \cdot f_{tr}$$

Al valore di forza ultima totale di sfilamento interno può essere applicato un coefficiente di sicurezza definito dall'utente.

## 9.6 Generazione delle superfici di rottura

Nel codice di calcolo MacStars W è possibile assegnare una superficie di scorrimento mediante le coordinate (da utilizzare quando siano acquisite informazioni tali da conoscere la posizione della superficie di rottura del pendio) oppure è possibile far eseguire una ricerca della superficie di potenziale scorrimento, cioè la ricerca di quella superficie che presenta il coefficiente di sicurezza minore e quindi la superficie che presenta la maggiore probabilità di generare un collasso del pendio, qualora uno o più parametri di resistenza fossero inferiori a quelli del calcolo o i carichi fossero superiori.

La generazione delle superfici può essere di due tipi:

- superfici circolari;
- superfici casuali.

La ricerca della superficie critica è sostanzialmente guidata dall'utente mediante l'utilizzo di alcuni parametri geometrici quali:

- l'estensione del tratto da cui partono le superfici;
- l'estensione del tratto in cui terminano le superfici;
- l'ampiezza dell'angolo di partenza delle superfici;
- la lunghezza di ogni singolo tratto della superficie di scorrimento;
- una quota minima sotto la quale le superfici non possono arrivare;
- un profilo geometrico all'interno del quale le superfici non possono entrare (ad esempio un profilo roccioso).

Il risultato finale può dipendere anche sensibilmente da tali scelte per cui è sempre opportuno eseguire più calcoli con differenti parametri. Ogni singola superficie viene generata mediante successione di tratti (della lunghezza stabilita dall'utente) la cui inclinazione è generata in modo casuale, ma comunque parzialmente guidata per rispettare i vincoli imposti.

## 9.7 Carichi dinamici dovuti a forze di natura sismiche

MacStars W riconduce il calcolo in presenza di carichi sismici al metodo pseudostatico, introducendo nel calcolo forze di massa in direzione orizzontale ed in direzione verticale, ottenute moltiplicando il peso totale di ogni concio per i due coefficienti di intensità sismica.

Valori positivi dei coefficienti di intensità sismica, che vanno espressi come % dell'accelerazione  $g$ , danno luogo a forze orientate verso l'esterno del pendio e verso l'alto.

Il contributo dei teli di rinforzo viene introdotto nel calcolo solo se essi intersecano la superficie di scivolamento. La resistenza a trazione nei rinforzi può mobilitarsi per l'aderenza tra il rinforzo stesso ed i materiali (terreno o altri rinforzi) che si trovano sopra e/o sotto.

Tale contributo viene simulato con una forza stabilizzante diretta verso l'interno del rilevato applicata nel punto di contatto tra superficie di scorrimento e rinforzo stesso. Il modulo di tale forza è determinato scegliendo il minore tra il valore della resistenza a rottura del rinforzo ed il valore della resistenza allo sfilamento del rinforzo nel tratto di ancoraggio o nel tratto interno alla porzione di terreno instabile.

Per tenere conto dell'effetto dei rinforzi è stato implementato un modello di comportamento rigido. Nel modello rigido si ipotizza che un qualsiasi rinforzo, che attraversi la superficie di potenziale scorrimento analizzata, fornisca la forza di rottura del rinforzo penalizzata del relativo coefficiente di sicurezza, indipendentemente dai valori di rigidità dei rinforzi stessi. Per ciascun rinforzo vengono verificate le seguenti condizioni:

- deve essere garantito un ancoraggio minimo;
- deve essere garantito lo sfilamento nella zona di ancoraggio;
- deve essere garantito lo sfilamento all'interno della porzione di terreno instabile.

Nel primo caso una lunghezza di ancoraggio inferiore al minimo stabilito comporta l'annullamento completo della trazione nel rinforzo. Nel secondo e terzo caso la trazione nel rinforzo viene limitata al minore dei due valori di sfilamento.

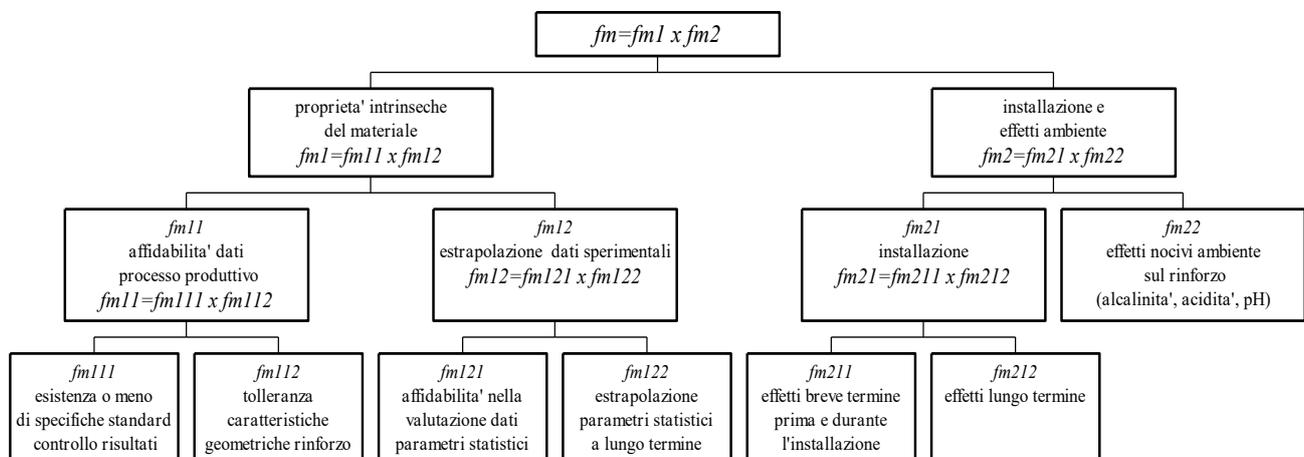
Ai fini del calcolo strutturale si è tenuto conto che si tratta di un'opera permanente per cui si è fatto riferimento alle prestazioni a lungo termine dei materiali.

A tale proposito viene valutato il parametro di resistenza di lavoro  $T_d$ . Mancando in Italia uno specifico riferimento normativo, la stima della resistenza di lavoro degli elementi di rinforzo è stata determinata facendo riferimento allo schema illustrato di seguito che la normativa inglese BS8006 prescrive per i rinforzi in genere.

La resistenza di lavoro  $T_d$  è valutata secondo la formula:

$$T_d = T_b / f_m$$

Dove  $f_m$  è il fattore di sicurezza complessivo che consente di passare dalla resistenza a trazione nominale  $T_b$  a quella di progetto e si compone secondo lo schema indicato di seguito:



La valutazione di dettaglio dei fattori parziali di sicurezza è riportata nei certificati BBA relativi agli elementi Terramesh.

## 10 SEZIONI OGGETTO DI VERIFICA

Per il dimensionamento sono state verificate le sezioni 8 e 5 considerate significative per il tratto di rilevato in esame; i tabulati di calcolo sono riportati in Allegato.

## 11 ESITO DELLE VERIFICHE

### 11.1 Coefficienti di sovradimensionamento – valori minimi ottenuti

Nella verifica di stabilità esterna ed interna si definiscono i cosiddetti coefficienti di sovradimensionamento, cioè i rapporti fra le capacità di resistenza della struttura e le azioni agenti sulla struttura stessa. Poiché nel calcolo si introducono sia coefficienti di sicurezza parziali che fattori di amplificazione dei carichi, è sufficiente

che i fattori di sovradimensionamento siano maggiori od uguali a 1,00 per garantire la sicurezza nei confronti del criterio considerato. I valori minimi ottenuti nella struttura in oggetto sono riportati in dettaglio di seguito e nei tabulati di calcolo allegati.

### Sezione 1-1

Coefficienti Minimi di Sovradimensionamento (cond. statiche)					
Sezione	Stabilità Esterna				Stabilità Interna
	Globale	Scorrimento	Ribaltamento	Capacità Portante	
<b>1-1</b>	1.227	4,689	7,263	8,750	2,241
<b>Condizione da soddisfare</b>	$\geq 1.00$	$\geq 1.00$	$\geq 1.00$	$\geq 1.00$	$\geq 1.00$

Coefficienti Minimi di Sovradimensionamento (cond. sismiche +kv)					
Sezione	Stabilità Esterna				Stabilità Interna
	Globale	Scorrimento	Ribaltamento	Capacità Portante	
<b>1-1</b>	1.053	1,863	2,493	6,250	1.194
<b>Condizione da soddisfare</b>	$\geq 1.00$	$\geq 1.00$	$\geq 1.00$	$\geq 1.00$	$\geq 1.00$

Coefficienti Minimi di Sovradimensionamento (cond. sismiche -kv)					
Sezione	Stabilità Esterna				Stabilità Interna
	Globale	Scorrimento	Ribaltamento	Capacità Portante	
<b>1-1</b>	1.071	2,015	3,676	5,729	1.153
<b>Condizione da soddisfare</b>	$\geq 1.00$	$\geq 1.00$	$\geq 1.00$	$\geq 1.00$	$\geq 1.00$

## 12 CONCLUSIONI

Si è data illustrazione della relazione di calcolo per il dimensionamento dell'opera di sostegno relativa al ritombamento della galleria artificiale realizzata in corrispondenza dell'imbocco lato Umbria della Galleria Guinza.

Di tali opere sono state verificate, nelle sezioni ritenute più significative, le condizioni di stabilità in relazione alle condizioni normali ed eccezionali cui potranno essere soggette: si esprime pertanto giudizio positivo in merito alla loro fattibilità.

## **ALLEGATO**

# MacStARS W – Rel. 4.0

Maccaferri Stability Analysis of Reinforced Slopes and Walls  
Officine Maccaferri S.p.A. - Via Kennedy 10 - 40069 Zola Predosa (Bologna)  
Tel. 051.6436000 - Fax 051.236507

--

**Sezione...: 1-1**

**Località...: - \_\_\_\_\_**

**Data.....: 07/07/2022**

**Verifiche condotte in accordo alla normativa : NTC 2018**  
**Verifiche di sicurezza (SLU)**

## SOMMARIO

<b>CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DEI TERRENI .....</b>	<b>1</b>
<b>PROFILI STRATIGRAFICI .....</b>	<b>2</b>
<b>BLOCCHI RINFORZATI .....</b>	<b>2</b>
<b>Blocco : TMV_1 .....</b>	<b>2</b>
<b>Blocco : TMV_1.1 .....</b>	<b>3</b>
<b>Blocco : TMV_2 .....</b>	<b>3</b>
<b>Blocco : TMV_3 .....</b>	<b>4</b>
<b>Blocco : TMV_4 .....</b>	<b>4</b>
<b>CARICHI .....</b>	<b>5</b>
<b>PROPRIETA' DEI RINFORZI UTILIZZATI .....</b>	<b>5</b>
<b>VERIFICHE IN CONDIZIONI STATICHE .....</b>	<b>7</b>
<b>Verifica di stabilità globale : .....</b>	<b>7</b>
<b>Verifica di stabilità interna : TMV_1 .....</b>	<b>9</b>

<b>Verifica di stabilità interna : TMV_2</b> .....	<b>12</b>
<b>Verifica come muro di sostegno :</b> .....	<b>14</b>
<b>VERIFICHE IN CONDIZIONI SISMICHE (++)</b> .....	<b>16</b>
<b>Verifica di stabilità globale :</b> .....	<b>16</b>
<b>Verifica di stabilità interna : TMV_1</b> .....	<b>18</b>
<b>Verifica di stabilità interna : TMV_2</b> .....	<b>21</b>
<b>Verifica come muro di sostegno :</b> .....	<b>23</b>
<b>VERIFICHE IN CONDIZIONI SISMICHE (+-)</b> .....	<b>25</b>
<b>Verifica di stabilità globale :</b> .....	<b>25</b>
<b>Verifica di stabilità interna : TMV_1</b> .....	<b>27</b>
<b>Verifica di stabilità interna : TMV_2</b> .....	<b>30</b>
<b>Verifica come muro di sostegno :</b> .....	<b>32</b>

## CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DEI TERRENI

<b>Terreno : D</b>	Descrizione : detriti
Classe coesione.....	: Coeff. Parziale - Coesione efficace
Coesione.....	[kN/m <sup>2</sup> ]..... : 0.00
Classe d'attrito.....	: Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza a taglio
Angolo d'attrito.....	[°]..... : 30.00
Rapporto di pressione interstiziale (Ru).....	: 0.00
Classe di peso.....	: Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - favorevole
Peso specifico sopra falda.....	[kN/m <sup>3</sup> ]..... : 18.00
Peso specifico in falda.....	[kN/m <sup>3</sup> ]..... : 18.00
Modulo elastico.....	[kN/m <sup>2</sup> ]..... : 0.00
Coefficiente di Poisson.....	: 0.30

<b>Terreno : F</b>	Descrizione : flysch marnoso-arenaceo
Classe coesione.....	: Coeff. Parziale - Coesione efficace
Coesione.....	[kN/m <sup>2</sup> ]..... : 100.00
Classe d'attrito.....	: Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza a taglio
Angolo d'attrito.....	[°]..... : 35.00
Rapporto di pressione interstiziale (Ru).....	: 0.00
Classe di peso.....	: Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - favorevole
Peso specifico sopra falda.....	[kN/m <sup>3</sup> ]..... : 21.00
Peso specifico in falda.....	[kN/m <sup>3</sup> ]..... : 21.00
Modulo elastico.....	[kN/m <sup>2</sup> ]..... : 0.00
Coefficiente di Poisson.....	: 0.30

<b>Terreno : RIL</b>	Descrizione : rilevato
Classe coesione.....	: Coeff. Parziale - Coesione efficace
Coesione.....	[kN/m <sup>2</sup> ]..... : 0.00
Classe d'attrito.....	: Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza a taglio
Angolo d'attrito.....	[°]..... : 35.00
Rapporto di pressione interstiziale (Ru).....	: 0.00
Classe di peso.....	: Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - favorevole
Peso specifico sopra falda.....	[kN/m <sup>3</sup> ]..... : 19.00
Peso specifico in falda.....	[kN/m <sup>3</sup> ]..... : 19.00

Modulo elastico.....[kN/m<sup>2</sup>].....: 0.00  
Coefficiente di Poisson.....: 0.30

### PROFILI STRATIGRAFICI

#### Strato: D

Descrizione:

Terreno : D

X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]
0.00	-0.50	35.00	-0.50				

#### Strato: F

Descrizione:

Terreno : F

X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]
0.00	-3.00	35.00	-3.00				

#### Strato: R

Descrizione:

Terreno : RIL

X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]
0.00	0.00	10.53	0.00	15.00	0.00	18.20	10.60
23.19	13.90	35.00	15.50				

### BLOCCHI RINFORZATI

#### Blocco : TMV\_1

Dati principali.....[m].....: Larghezza.....= 10.00 Altezza.....= 1.46  
Coordinate Origine.....[m].....: Ascissa.....= 10.53 Ordinata.....= -0.40  
Inclinazione paramento...[°].....: 25.00

Rilevato strutturale - materiale tipo.....: Ghiaia

Rilevato strutturale.....: RIL

Terreno di riempimento a tergo.....: RIL

Terreno di copertura.....: RIL

Terreno di fondazione.....: D

Parametri per il calcolo della capacità portante con Brinch Hansen, Vesic o Meyerhof

Affondamento fondazione.....[m] : 0.00  
Inclinazione pendio a valle.....[°] : 0.00

**Rinforzi :**

Maccaferri - Green Terramesh - 65° - 8/2.7P - 0.73

Lunghezza.....[m]..... = 10.00  
Interasse.....[m]..... = 0.73  
Risolto.....[m]..... = 0.65

**Blocco : TMV\_1.1**

Dati principali.....[m].....: Larghezza..... = 10.00 Altezza..... = 4.38  
Arretramento.....[m]..... = 0.00 da TMV\_1  
Inclinazione paramento...[°].....: 25.00

Rilevato strutturale - materiale tipo.....: Ghiaia  
Rilevato strutturale.....: RIL  
Terreno di riempimento a tergo.....: RIL  
Terreno di copertura.....: RIL  
Terreno di fondazione.....: D

Parametri per il calcolo della capacità portante con Brinch Hansen, Vesic o Meyerhof

Affondamento fondazione.....[m] : 0.00  
Inclinazione pendio a valle.....[°] : 0.00

**Rinforzi :**

Maccaferri - Green Terramesh - 65° - 8/2.7P - 0.73

Lunghezza.....[m]..... = 10.00  
Interasse.....[m]..... = 0.73  
Risolto.....[m]..... = 0.65

**Blocco : TMV\_2**

Dati principali.....[m].....: Larghezza..... = 7.00 Altezza..... = 2.92  
Arretramento.....[m]..... = 2.00 da TMV\_1.1  
Inclinazione paramento...[°].....: 25.00

Rilevato strutturale - materiale tipo.....: Ghiaia  
Rilevato strutturale.....: RIL

Terreno di riempimento a tergo.....: RIL  
Terreno di copertura.....: RIL  
Terreno di fondazione.....: RIL

Parametri per il calcolo della capacità portante con Brinch Hansen, Vesic o Meyerhof

Affondamento fondazione.....[m] : 0.00  
Inclinazione pendio a valle.....[°] : 0.00

**Rinforzi :**

Maccaferri - Green Terramesh - 65° - 8/2.7P - 0.73

Lunghezza.....[m]..... = 7.00  
Interasse.....[m]..... = 0.73  
Risolto.....[m]..... = 0.65

**Blocco : TMV\_3**

Dati principali.....[m].....: Larghezza..... = 7.00 Altezza..... = 1.46  
Arretramento.....[m]..... = 0.00 da TMV\_2  
Inclinazione paramento...[°].....: 25.00

Rilevato strutturale - materiale tipo.....: Ghiaia  
Rilevato strutturale.....: RIL  
Terreno di riempimento a tergo.....: RIL  
Terreno di copertura.....: RIL  
Terreno di fondazione.....: RIL

Parametri per il calcolo della capacità portante con Brinch Hansen, Vesic o Meyerhof

Affondamento fondazione.....[m] : 0.00  
Inclinazione pendio a valle.....[°] : 0.00

**Rinforzi :**

Maccaferri - Green Terramesh - 65° - 8/2.7P - 0.73

Lunghezza.....[m]..... = 7.00  
Interasse.....[m]..... = 0.73  
Risolto.....[m]..... = 0.65

**Blocco : TMV\_4**

Dati principali.....[m].....: Larghezza..... = 6.00 Altezza..... = 2.19  
Arretramento.....[m]..... = 0.00 da TMV\_3

Inclinazione paramento...[°].....: 25.00

Rilevato strutturale - materiale tipo.....: Ghiaia

Rilevato strutturale.....: RIL

Terreno di riempimento a tergo.....: RIL

Terreno di copertura.....: RIL

Terreno di fondazione.....: RIL

Parametri per il calcolo della capacità portante com Brinch Hansen, Vesic o Meyerhof

Affondamento fondazione.....[m] : 0.00

Inclinazione pendio a valle.....[°] : 0.00

### Rinforzi :

Maccaferri - Green Terramesh - 65° - 8/2.7P - 0.73

Lunghezza.....[m]..... = 6.00

Interasse.....[m]..... = 0.73

Risolto.....[m]..... = 0.65

## CARICHI

### Sisma :

Classe : Sisma

Accelerazione...[m/s<sup>2</sup>]...: Orizzontale..... = 1.43 Verticale..... = ±0.72

## PROPRIETA' DEI RINFORZI UTILIZZATI

### Maccaferri - Green Terramesh - 65° - 8/2.7P - 0.73

Carico di rottura Nominale Tr .....[kN/m].....: 50.00

Rapporto di Scorrimento plastico.....: 2.00

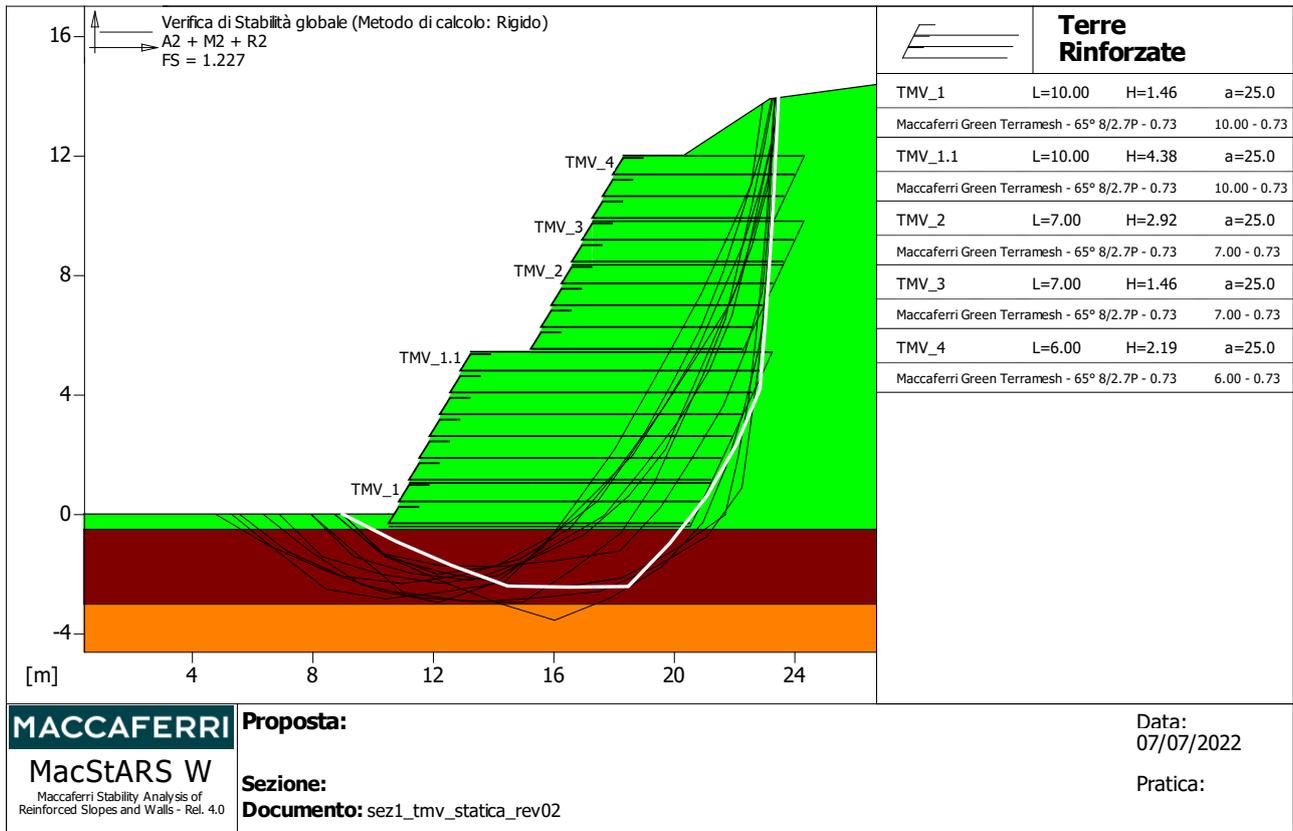
Coefficiente di Scorrimento elastico.....[m<sup>3</sup>/kN].....: 1.10e-04

Rigidezza estensionale.....[kN/m].....: 500.00

Lunghezza minima di ancoraggio.....[m].....: 0.15

Coefficiente di sicurezza alla rottura (ghiaia).....	:	1.26
Coefficiente di sicurezza al Pull-out.....	:	1.00
Coefficiente di sicurezza alla rottura (sabbia).....	:	1.09
Coefficiente di sicurezza al Pull-out.....	:	1.00
Coefficiente di sicurezza alla rottura (limo).....	:	1.09
Coefficiente di sicurezza al Pull-out .....	:	1.00
Coefficiente di sicurezza alla rottura (argilla).....	:	1.09
Coefficiente di sicurezza al Pull-out.....	:	1.00
Coefficiente di interazione rinforzo-rinforzo	:	0.30
Coefficiente di sfilamento rinforzo-ghiaia.....	:	0.90
Coefficiente di sfilamento rinforzo-sabbia.....	:	0.65
Coefficiente di sfilamento rinforzo-limo.....	:	0.50
Coefficiente di sfilamento rinforzo-argilla.....	:	0.30

**VERIFICHE IN CONDIZIONI STATICHE**



**Verifica di stabilità globale :**

Combinazione di carico : A2 + M2 + R2

Calcolo delle forze nei rinforzi col metodo rigido

Ricerca delle superfici critiche col metodo di Janbu

**Coefficiente di sicurezza minimo calcolato.....: 1.227**

Intervallo di ricerca delle superfici

Segmento di partenza, ascisse [m]		Segmento di arrivo, ascisse [m]	
Primo punto	Secondo punto	Primo punto	Secondo punto
4.00	9.00	17.00	23.50
Numero punti avvio superfici sul segmento di partenza.....:		20	
Numero totale superfici di prova.....:		2000	
Lunghezza segmenti delle superfici..... [m].....:		2.00	
Angolo limite orario..... [°].....:		0.00	
Angolo limite antiorario..... [°].....:		0.00	

Blocco : TMV\_1

Maccaferri - Green Terramesh - 65° - 8/2.7P - 0.73

Y	Tb	Tp	Td	Tb/Td	Tp/Td
	rottura	sfilamento	agente	1/Fmax	
[m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]		
0.000	50.0	63.2	39.7	1.26	1.59

Blocco : TMV\_3

Maccaferri - Green Terramesh - 65° - 8/2.7P - 0.73

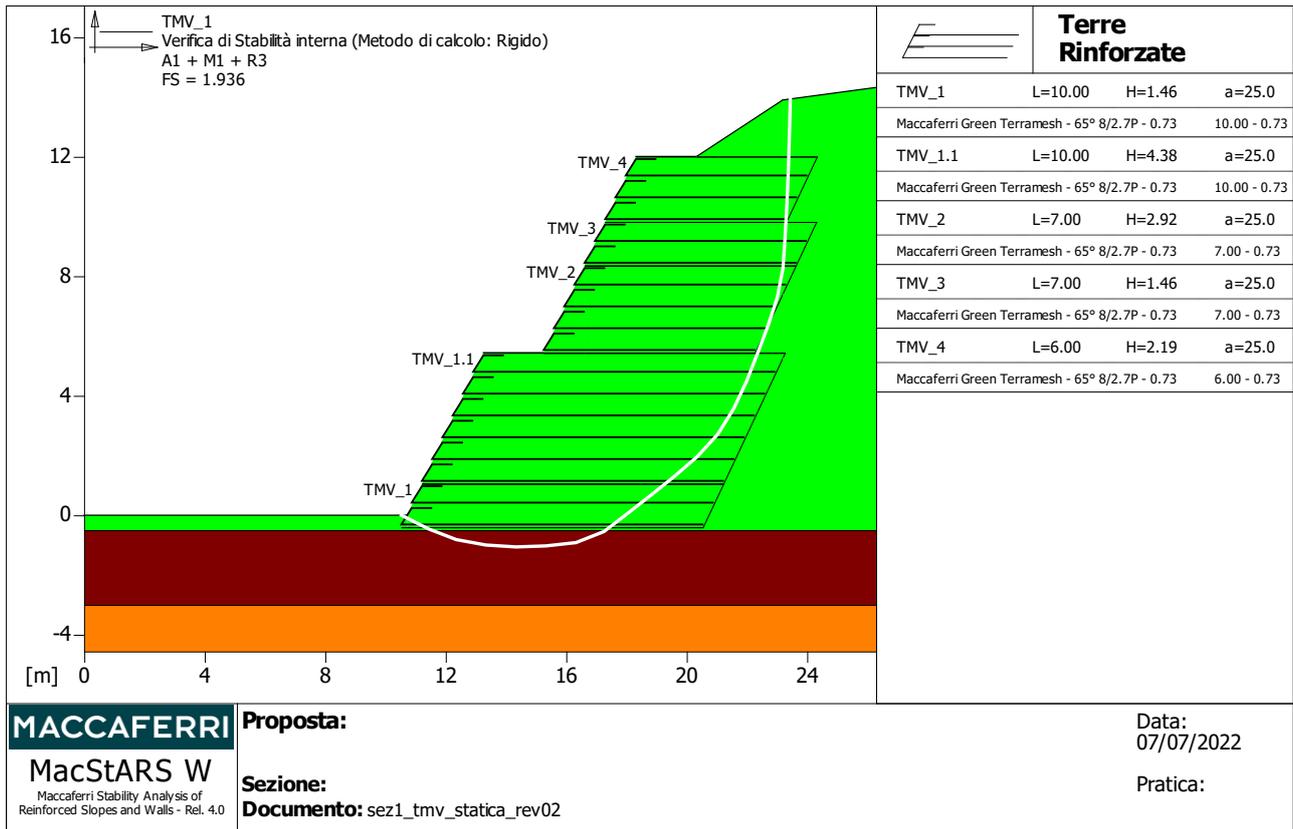
Y	Tb	Tp	Td	Tb/Td	Tp/Td
	rottura	sfilamento	agente	1/Fmax	
[m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]		
0.000	50.0	58.5	39.7	1.26	1.47
0.730	50.0	85.4	39.7	1.26	2.15

Blocco : TMV\_4

Maccaferri - Green Terramesh - 65° - 8/2.7P - 0.73

Y	Tb	Tp	Td	Tb/Td	Tp/Td
	rottura	sfilamento	agente	1/Fmax	
[m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]		
0.730	50.0	26.5	26.5	1.89	1.00
1.460	50.0	40.5	39.7	1.26	1.02

Fattore	Classe
1.25	Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza a taglio
1.25	Coeff. Parziale - Coesione efficace
1.00	Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - favorevole
1.00	Fs Rottura Rinforzi
1.00	Fs Sfilamento Rinforzi
1.10	Coeff. Parziale R - Stabilità



**Verifica di stabilità interna : TMV\_1**

Combinazione di carico : A1 + M1 + R3

Calcolo delle forze nei rinforzi col metodo rigido

Ricerca delle superfici critiche col metodo di Janbu

**Coefficiente di sicurezza minimo calcolato.....: 1.936**

Intervallo di ricerca delle superfici

Blocco	Segmento di arrivo, ascisse [m]	
	Primo punto	Secondo punto
TMV_1	19.00	23.50

Numero punti avvio superfici sul segmento di partenza.....:	1
Numero totale superfici di prova.....:	2000
Lunghezza segmenti delle superfici..... [m].....:	1.00
Angolo limite orario..... [°].....:	0.00
Angolo limite antiorario..... [°].....:	0.00

Blocco : TMV\_1

Maccaferri - Green Terramesh - 65° - 8/2.7P - 0.73

Y	Tb	Tp	Td	Tb/Td	Tp/Td
	rottura	sfilamento	agente	1/Fmax	
[m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]		
0.000	50.0	897.5	39.7	1.26	22.61
0.730	50.0	697.3	39.7	1.26	17.56

Blocco : TMV\_1.1

Maccaferri - Green Terramesh - 65° - 8/2.7P - 0.73

Y	Tb	Tp	Td	Tb/Td	Tp/Td
	rottura	sfilamento	agente	1/Fmax	
[m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]		
0.000	50.0	507.4	39.7	1.26	12.78
0.730	50.0	353.0	39.7	1.26	8.89
1.460	50.0	250.7	39.7	1.26	6.31
2.190	50.0	201.0	39.7	1.26	5.06
2.920	50.0	180.5	39.7	1.26	4.55
3.650	50.0	174.3	39.7	1.26	4.39

Blocco : TMV\_2

Maccaferri - Green Terramesh - 65° - 8/2.7P - 0.73

Y	Tb	Tp	Td	Tb/Td	Tp/Td
	rottura	sfilamento	agente	1/Fmax	
[m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]		
2.190	50.0	29.8	29.8	1.68	1.00

Blocco : TMV\_3

Maccaferri - Green Terramesh - 65° - 8/2.7P - 0.73

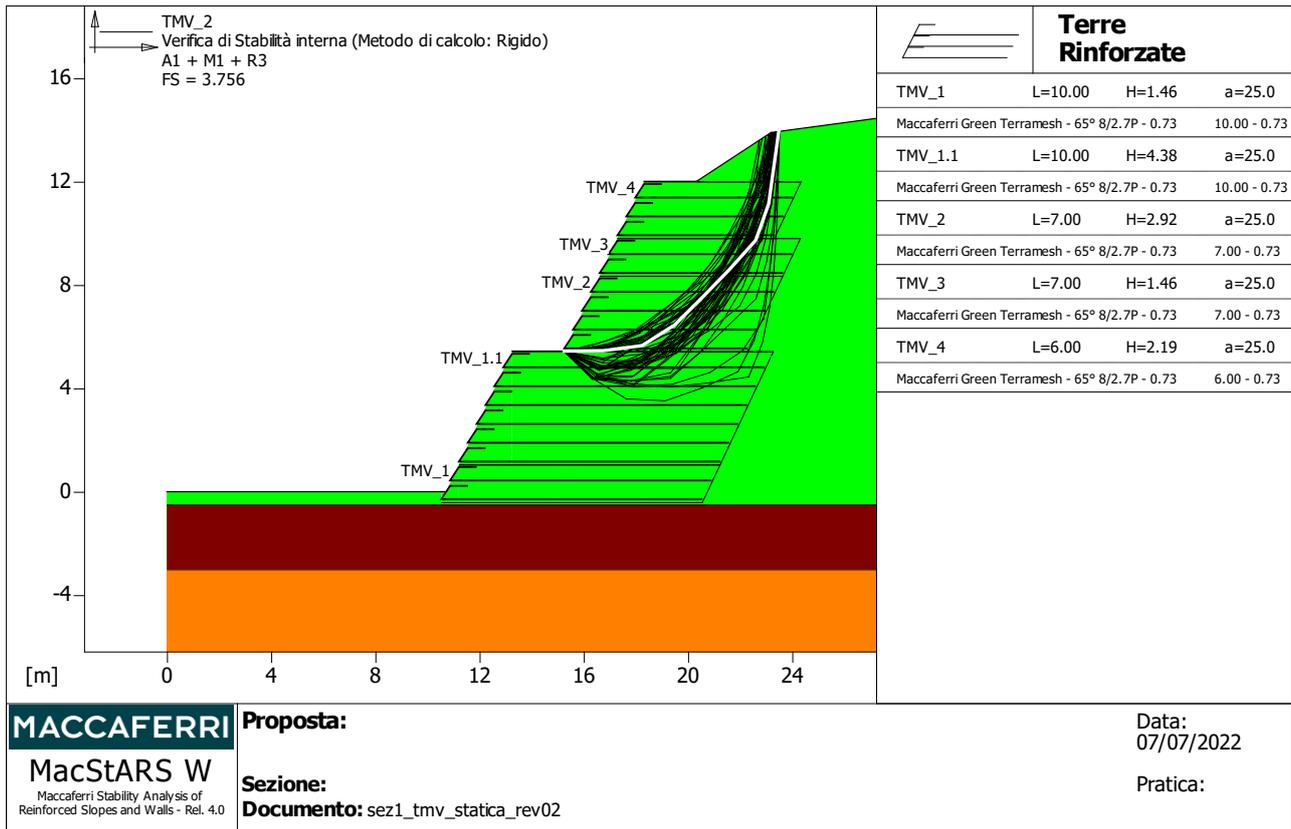
Y	Tb	Tp	Td	Tb/Td	Tp/Td
	rottura	sfilamento	agente	1/Fmax	
[m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]		
0.000	50.0	54.9	39.7	1.26	1.38
0.730	50.0	81.7	39.7	1.26	2.06

Blocco : TMV\_4

Maccaferri - Green Terramesh - 65° - 8/2.7P - 0.73

Y	Tb	Tp	Td	Tb/Td	Tp/Td
	rottura	sfilamento	agente	1/Fmax	
[m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]		
0.730	50.0	24.5	24.5	2.04	1.00
1.460	50.0	39.2	39.2	1.28	1.00

Fattore	Classe
1.00	Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza a taglio
1.00	Coeff. Parziale - Coesione efficace
1.00	Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - favorevole
1.00	Fs Rottura Rinforzi
1.00	Fs Sfilamento Rinforzi
1.00	Coeff. Parziale R - Stabilità



**Verifica di stabilità interna : TMV\_2**

Combinazione di carico : A1 + M1 + R3

Calcolo delle forze nei rinforzi col metodo rigido

Ricerca delle superfici critiche col metodo di Janbu

**Coefficiente di sicurezza minimo calcolato.....: 3.756**

Intervallo di ricerca delle superfici

Blocco	Segmento di arrivo, ascisse [m]	
	Primo punto	Secondo punto
TMV_2	20.00	23.50

Numero punti avvio superfici sul segmento di partenza.....:	1
Numero totale superfici di prova.....:	2000
Lunghezza segmenti delle superfici..... [m].....:	1.50
Angolo limite orario..... [°].....:	0.00
Angolo limite antiorario..... [°].....:	0.00

Blocco : TMV\_2

Maccaferri - Green Terramesh - 65° - 8/2.7P - 0.73

Y	Tb	Tp	Td	Tb/Td	Tp/Td
	rottura	sfilamento	agente	1/Fmax	
[m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]		
0.730	50.0	536.6	39.7	1.26	13.52
1.460	50.0	420.4	39.7	1.26	10.59
2.190	50.0	342.2	39.7	1.26	8.62

Blocco : TMV\_3

Maccaferri - Green Terramesh - 65° - 8/2.7P - 0.73

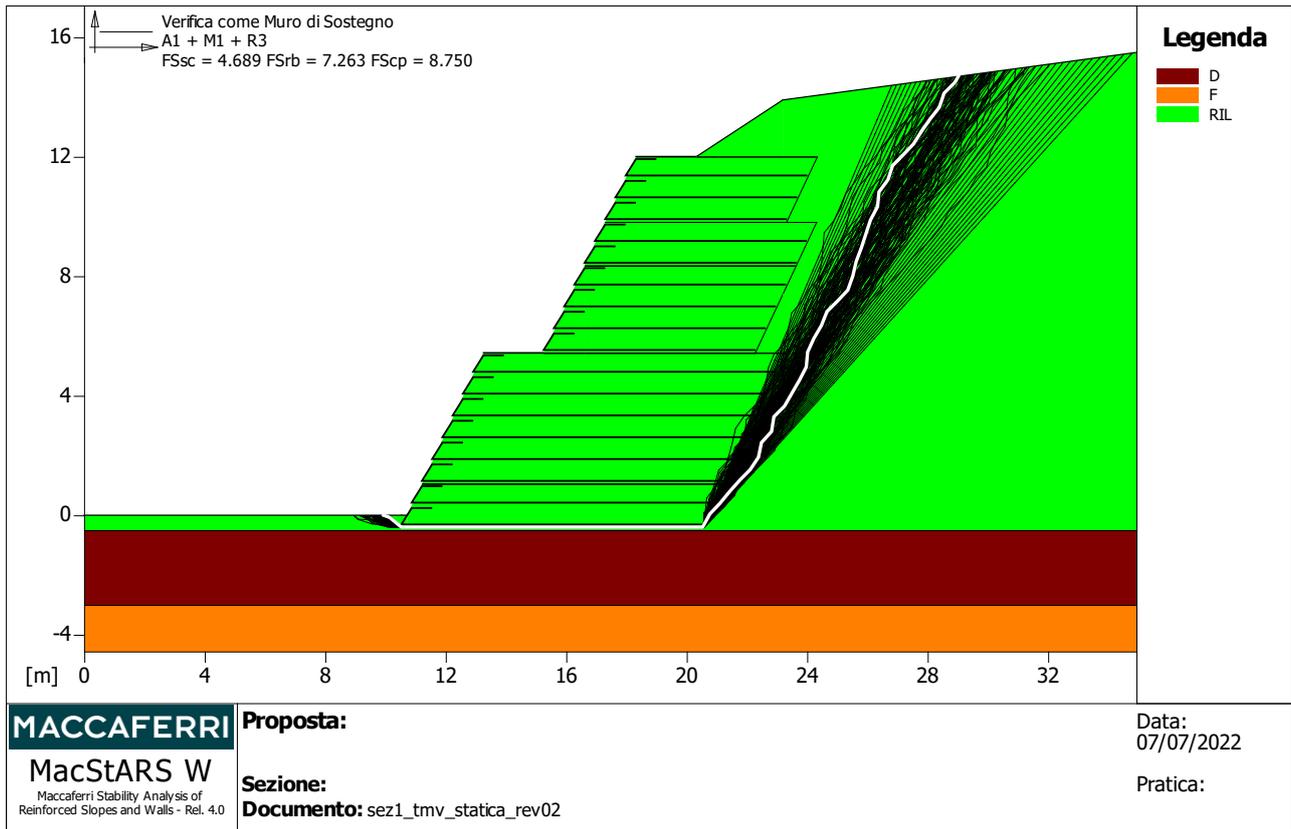
Y	Tb	Tp	Td	Tb/Td	Tp/Td
	rottura	sfilamento	agente	1/Fmax	
[m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]		
0.000	50.0	272.9	39.7	1.26	6.87
0.730	50.0	212.0	39.7	1.26	5.34

Blocco : TMV\_4

Maccaferri - Green Terramesh - 65° - 8/2.7P - 0.73

Y	Tb	Tp	Td	Tb/Td	Tp/Td
	rottura	sfilamento	agente	1/Fmax	
[m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]		
0.000	50.0	62.3	39.7	1.26	1.57
0.730	50.0	59.3	39.7	1.26	1.49
1.460	50.0	54.7	39.7	1.26	1.38

Fattore	Classe
1.00	Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza a taglio
1.00	Coeff. Parziale - Coesione efficace
1.00	Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - favorevole
1.00	Fs Rottura Rinforzi
1.00	Fs Sfilamento Rinforzi
1.00	Coeff. Parziale R - Stabilità



**Verifica come muro di sostegno :**

Combinazione di carico : A1 + M1 + R3

Stabilità verificata sul blocco : TMV\_1

Forza Stabilizzante.....[kN/m]..... : 1459.60

Forza Instabilizzante.....[kN/m]..... : 282.98

Classe scorrimento.....: Coeff. parziale R - Scorrimento

**Coefficiente di sicurezza allo scorrimento.....: 4.689**

Momento Stabilizzante.....[kN\*m/m].....:16765.00

Momento Instabilizzante.....[kN\*m/m].....: 2007.10

Classe momento.....: Coeff. parziale R - Ribaltamento

**Coefficiente di sicurezza al ribaltamento.....: 7.263**

Pressione ultima calcolata con metodo dell'equilibrio limite.

Pressione ultima.....[kN/m<sup>2</sup>].....: 2576.90

Pressione media agente.....[kN/m<sup>2</sup>].....: 210.36

Classe pressione.....: Coeff. parziale R - Capacità portante

**Coefficiente di sicurezza sulla capacità portante.....: 8.750**

Fondazione equivalente.....[m].....: 10.00

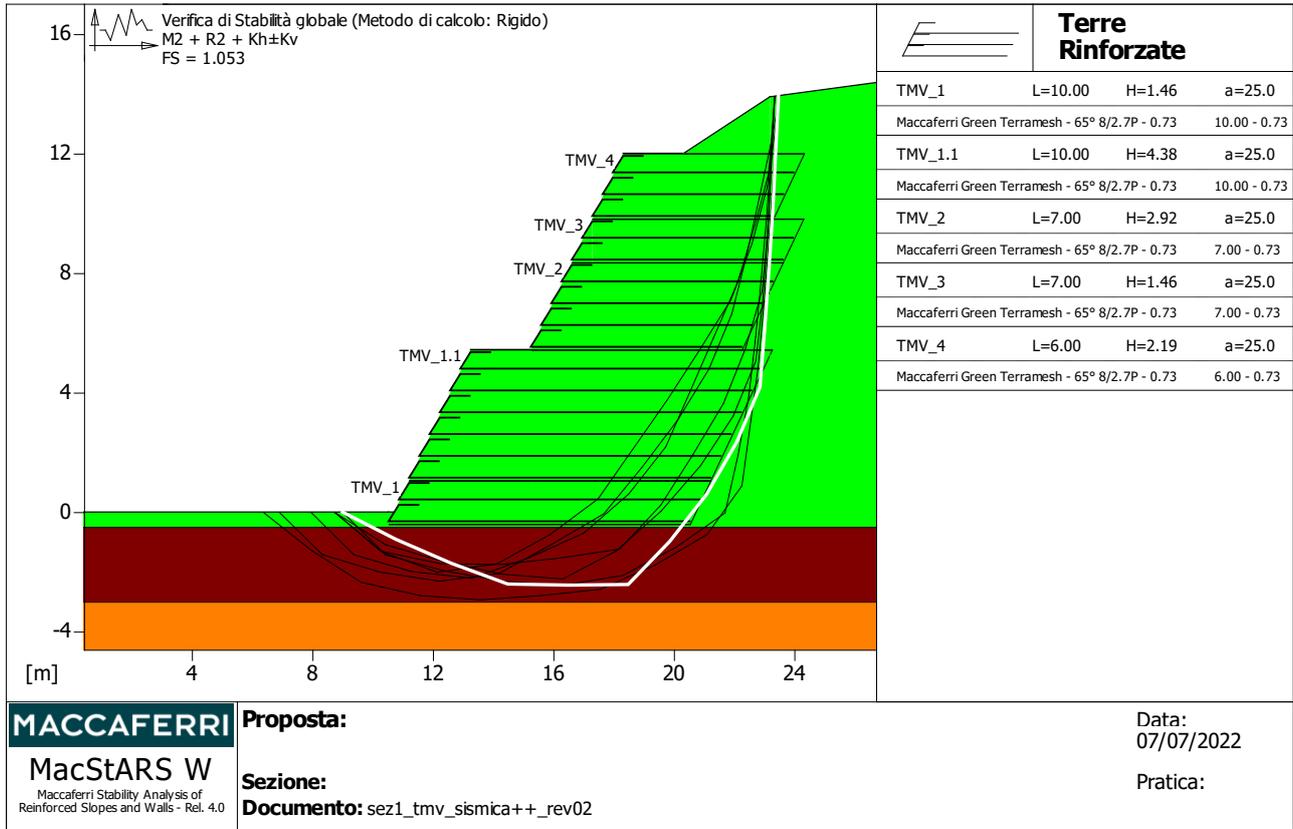
Eccentricità forza normale.....[m].....: -2.08

Braccio momento.....[m].....: 7.09

Forza normale .....[kN]..... : 2084.50  
Pressione estremo di valle.....[kN/m<sup>2</sup>]..... : -405.60  
Pressione estremo di monte.....[kN/m<sup>2</sup>]..... : 1119.40

Fattore	Classe
1.00	Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza a taglio
1.00	Coeff. Parziale - Coesione efficace
1.00	Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - favorevole
1.00	Fs Rottura Rinforzi
1.00	Fs Sfilamento Rinforzi
1.10	Coeff. parziale R - Scorrimento
1.40	Coeff. parziale R - Capacità portante
1.15	Coeff. parziale R – Ribaltamento

**VERIFICHE IN CONDIZIONI SISMICHE (++)**



**Verifica di stabilità globale :**

Combinazione di carico : M2 + R2 + Kh±Kv

Calcolo delle forze nei rinforzi col metodo rigido

Ricerca delle superfici critiche col metodo di Janbu

**Coefficiente di sicurezza minimo calcolato.....: 1.053**

Intervallo di ricerca delle superfici

Segmento di partenza, ascisse [m]		Segmento di arrivo, ascisse [m]	
Primo punto	Secondo punto	Primo punto	Secondo punto
4.00	9.00	17.00	23.50
Numero punti avvio superfici sul segmento di partenza.....:		20	
Numero totale superfici di prova.....:		2000	
Lunghezza segmenti delle superfici..... [m].....:		2.00	
Angolo limite orario..... [°].....:		0.00	
Angolo limite antiorario..... [°].....:		0.00	

Blocco : TMV\_1

Maccaferri - Green Terramesh - 65° - 8/2.7P - 0.73

Y	Tb	Tp	Td	Tb/Td	Tp/Td
	rottura	sfilamento	agente	1/Fmax	
[m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]		
0.000	50.0	63.2	39.7	1.26	1.59

Blocco : TMV\_3

Maccaferri - Green Terramesh - 65° - 8/2.7P - 0.73

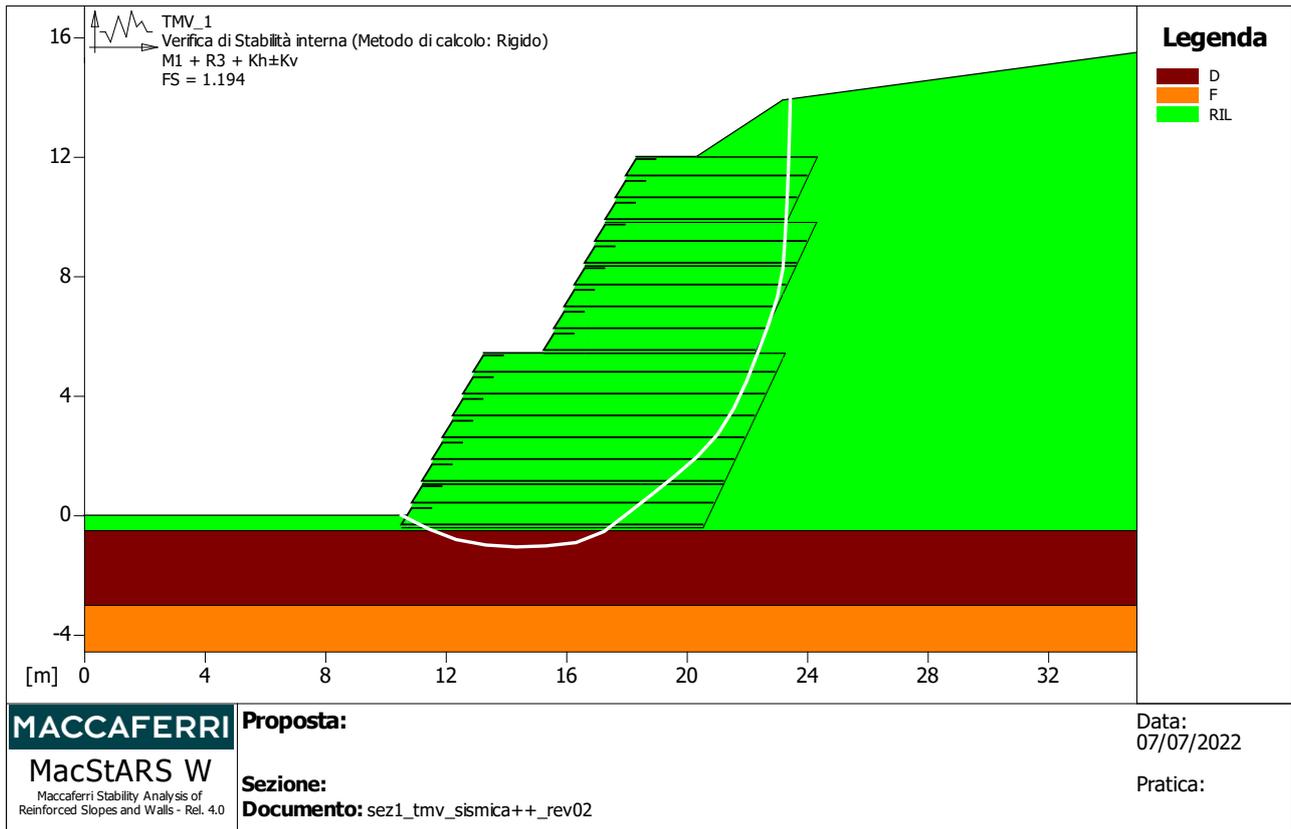
Y	Tb	Tp	Td	Tb/Td	Tp/Td
	rottura	sfilamento	agente	1/Fmax	
[m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]		
0.000	50.0	58.5	39.7	1.26	1.47
0.730	50.0	85.4	39.7	1.26	2.15

Blocco : TMV\_4

Maccaferri - Green Terramesh - 65° - 8/2.7P - 0.73

Y	Tb	Tp	Td	Tb/Td	Tp/Td
	rottura	sfilamento	agente	1/Fmax	
[m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]		
0.730	50.0	26.5	26.5	1.89	1.00
1.460	50.0	40.5	39.7	1.26	1.02

Fattore	Classe
1.00	Sisma
1.00	Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza a taglio
1.00	Coeff. Parziale - Coesione efficace
1.00	Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - favorevole
1.00	Fs Rottura Rinforzi
1.00	Fs Sfilamento Rinforzi
1.20	Coeff. Parziale R - Stabilità



**Verifica di stabilità interna : TMV\_1**

Combinazione di carico : M1 + R3 + Kh±Kv

Calcolo delle forze nei rinforzi col metodo rigido

Ricerca delle superfici critiche col metodo di Janbu

**Coefficiente di sicurezza minimo calcolato.....: 1.194**

Intervallo di ricerca delle superfici

Blocco	Segmento di arrivo, ascisse [m]	
	Primo punto	Secondo punto
TMV_1	19.00	23.50
Numero punti avvio superfici sul segmento di partenza.....:	1	
Numero totale superfici di prova.....:	2000	
Lunghezza segmenti delle superfici..... [m].....:	1.00	
Angolo limite orario..... [°].....:	0.00	
Angolo limite antiorario..... [°].....:	0.00	

Blocco : TMV\_1

Maccaferri - Green Terramesh - 65° - 8/2.7P - 0.73

Y	Tb	Tp	Td	Tb/Td	Tp/Td
	rottura	sfilamento	agente	1/Fmax	
[m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]		
0.000	50.0	897.5	39.7	1.26	22.61
0.730	50.0	697.3	39.7	1.26	17.56

Blocco : TMV\_1.1

Maccaferri - Green Terramesh - 65° - 8/2.7P - 0.73

Y	Tb	Tp	Td	Tb/Td	Tp/Td
	rottura	sfilamento	agente	1/Fmax	
[m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]		
0.000	50.0	507.4	39.7	1.26	12.78
0.730	50.0	353.0	39.7	1.26	8.89
1.460	50.0	250.7	39.7	1.26	6.31
2.190	50.0	201.0	39.7	1.26	5.06
2.920	50.0	180.5	39.7	1.26	4.55
3.650	50.0	174.3	39.7	1.26	4.39

Blocco : TMV\_2

Maccaferri - Green Terramesh - 65° - 8/2.7P - 0.73

Y	Tb	Tp	Td	Tb/Td	Tp/Td
	rottura	sfilamento	agente	1/Fmax	
[m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]		
2.190	50.0	29.8	29.8	1.68	1.00

Blocco : TMV\_3

Maccaferri - Green Terramesh - 65° - 8/2.7P - 0.73

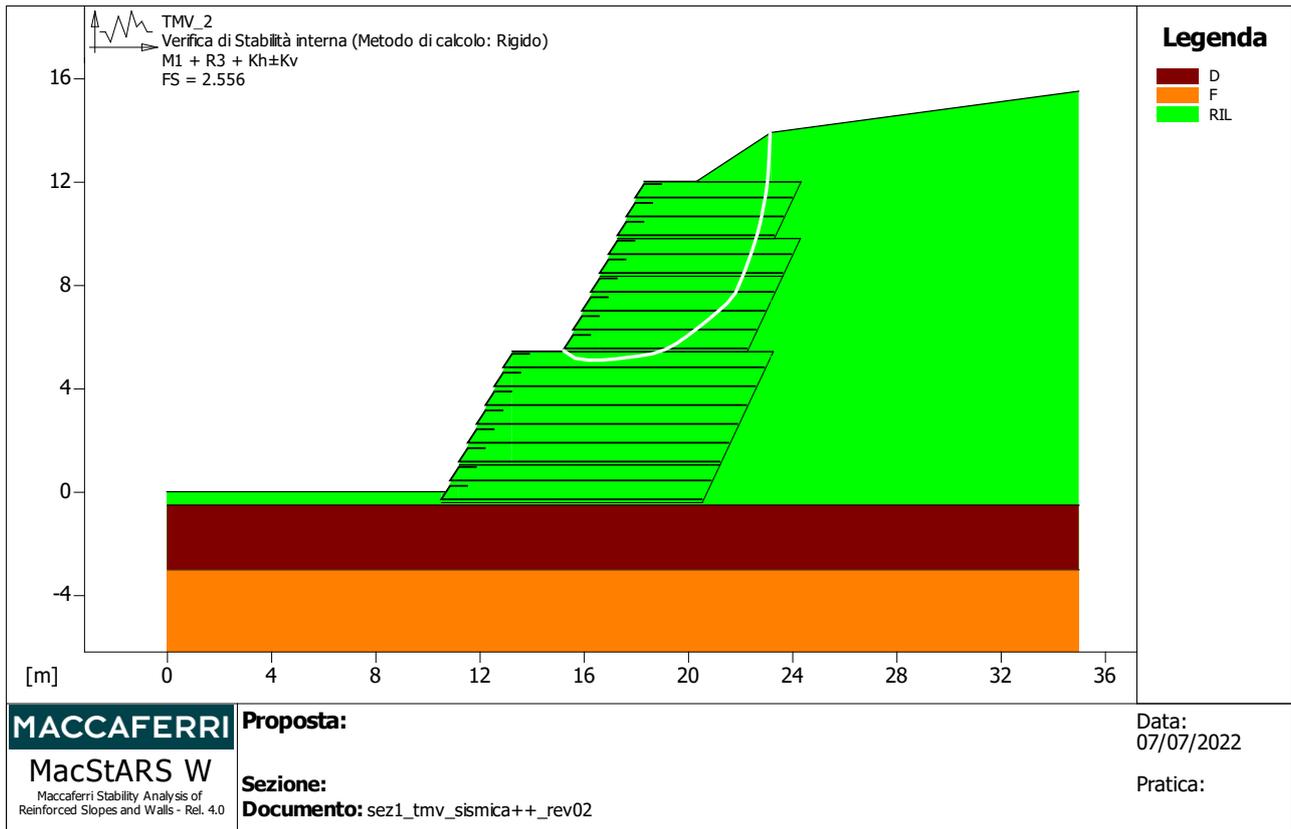
Y	Tb	Tp	Td	Tb/Td	Tp/Td
	rottura	sfilamento	agente	1/Fmax	
[m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]		
0.000	50.0	54.9	39.7	1.26	1.38
0.730	50.0	81.7	39.7	1.26	2.06

Blocco : TMV\_4

Maccaferri - Green Terramesh - 65° - 8/2.7P - 0.73

Y	Tb	Tp	Td	Tb/Td	Tp/Td
	rottura	sfilamento	agente	1/Fmax	
[m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]		
0.730	50.0	24.5	24.5	2.04	1.00
1.460	50.0	39.2	39.2	1.28	1.00

Fattore	Classe
1.00	Sisma
1.00	Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza a taglio
1.00	Coeff. Parziale - Coesione efficace
1.00	Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - favorevole
1.00	Fs Rottura Rinforzi
1.00	Fs Sfilamento Rinforzi
1.20	Coeff. Parziale R - Stabilità



**Verifica di stabilità interna : TMV\_2**

Combinazione di carico : M1 + R3 + Kh±Kv

Calcolo delle forze nei rinforzi col metodo rigido

Ricerca delle superfici critiche col metodo di Janbu

**Coefficiente di sicurezza minimo calcolato.....: 2.556**

Intervallo di ricerca delle superfici

Blocco	Segmento di arrivo, ascisse [m]	
	Primo punto	Secondo punto
TMV_2	20.00	23.50

Numero punti avvio superfici sul segmento di partenza.....:	1
Numero totale superfici di prova.....:	2000
Lunghezza segmenti delle superfici..... [m].....:	0.50
Angolo limite orario..... [°].....:	0.00
Angolo limite antiorario..... [°].....:	0.00

Blocco : TMV\_2

Maccaferri - Green Terramesh - 65° - 8/2.7P - 0.73

Y	Tb	Tp	Td	Tb/Td	Tp/Td
	rottura	sfilamento	agente	1/Fmax	
[m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]		
0.000	50.0	550.5	39.7	1.26	13.87
0.730	50.0	380.4	39.7	1.26	9.58
1.460	50.0	278.0	39.7	1.26	7.00
2.190	50.0	209.1	39.7	1.26	5.27

Blocco : TMV\_3

Maccaferri - Green Terramesh - 65° - 8/2.7P - 0.73

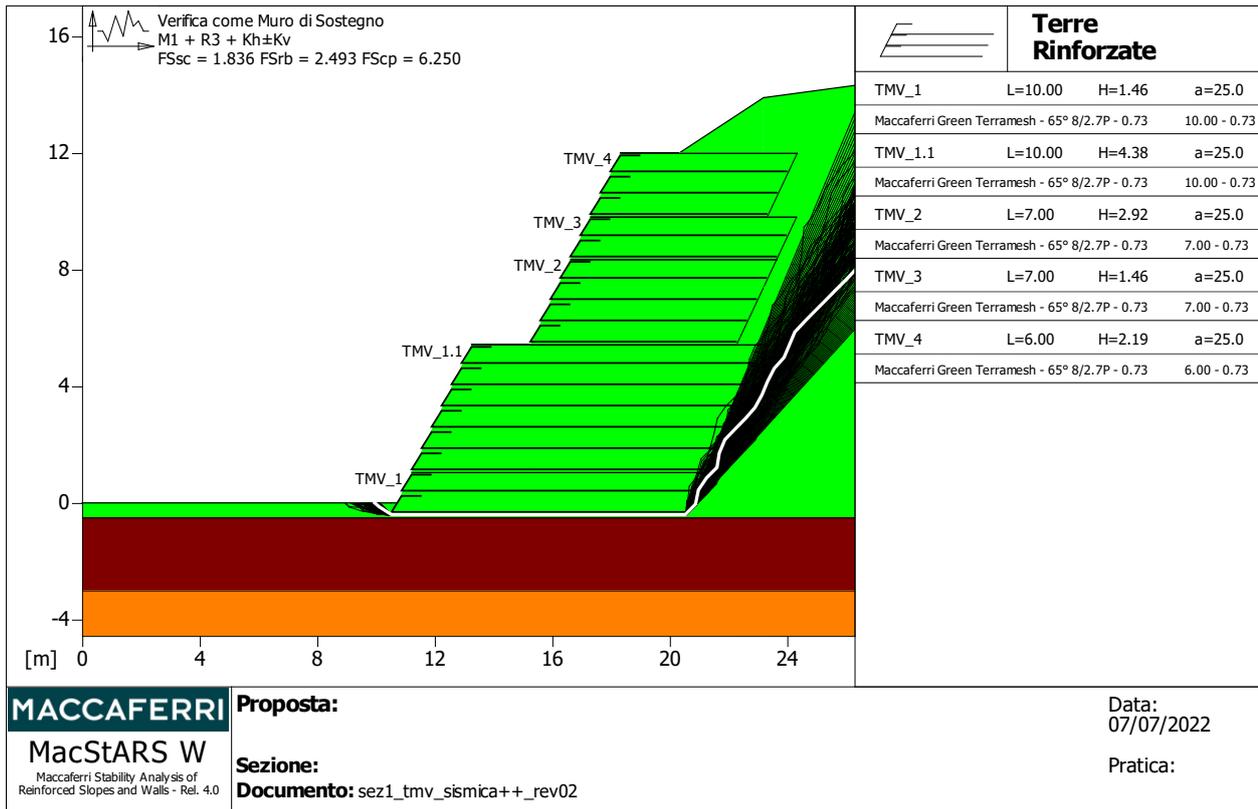
Y	Tb	Tp	Td	Tb/Td	Tp/Td
	rottura	sfilamento	agente	1/Fmax	
[m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]		
0.000	50.0	190.8	39.7	1.26	4.81
0.730	50.0	177.1	39.7	1.26	4.46

Blocco : TMV\_4

Maccaferri - Green Terramesh - 65° - 8/2.7P - 0.73

Y	Tb	Tp	Td	Tb/Td	Tp/Td
	rottura	sfilamento	agente	1/Fmax	
[m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]		
0.000	50.0	63.5	39.7	1.26	1.60
0.730	50.0	65.6	39.7	1.26	1.65
1.460	50.0	65.2	39.7	1.26	1.64

Fattore	Classe
1.00	Sisma
1.00	Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza a taglio
1.00	Coeff. Parziale - Coesione efficace
1.00	Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - favorevole
1.00	Fs Rottura Rinforzi
1.00	Fs Sfilamento Rinforzi
1.20	Coeff. Parziale R - Stabilità



**Verifica come muro di sostegno :**

Combinazione di carico : M1 + R3 + Kh±Kv

Stabilità verificata sul blocco : TMV\_1

Forza Stabilizzante.....[kN/m].....: 1353.00

Forza Instabilizzante.....[kN/m].....: 736.77

Classe scorrimento.....: Coeff. parziale R - Scorrimento

**Coefficiente di sicurezza allo scorrimento.....: 1.836**

Momento Stabilizzante.....[kN\*m/m].....:16765.00

Momento Instabilizzante.....[kN\*m/m].....: 6725.30

Classe momento.....: Coeff. parziale R - Ribaltamento

**Coefficiente di sicurezza al ribaltamento.....: 2.493**

Pressione ultima calcolata con metodo dell'equilibrio limite.

Pressione ultima.....[kN/m²].....: 1551.00

Pressione media agente.....[kN/m²].....: 206.80

Classe pressione.....: Coeff. parziale R - Capacità portante

**Coefficiente di sicurezza sulla capacità portante.....: 6.250**

Fondazione equivalente.....[m].....: 10.00

Eccentricità forza normale.....[m].....: -0.20

Braccio momento.....[m].....: 9.13

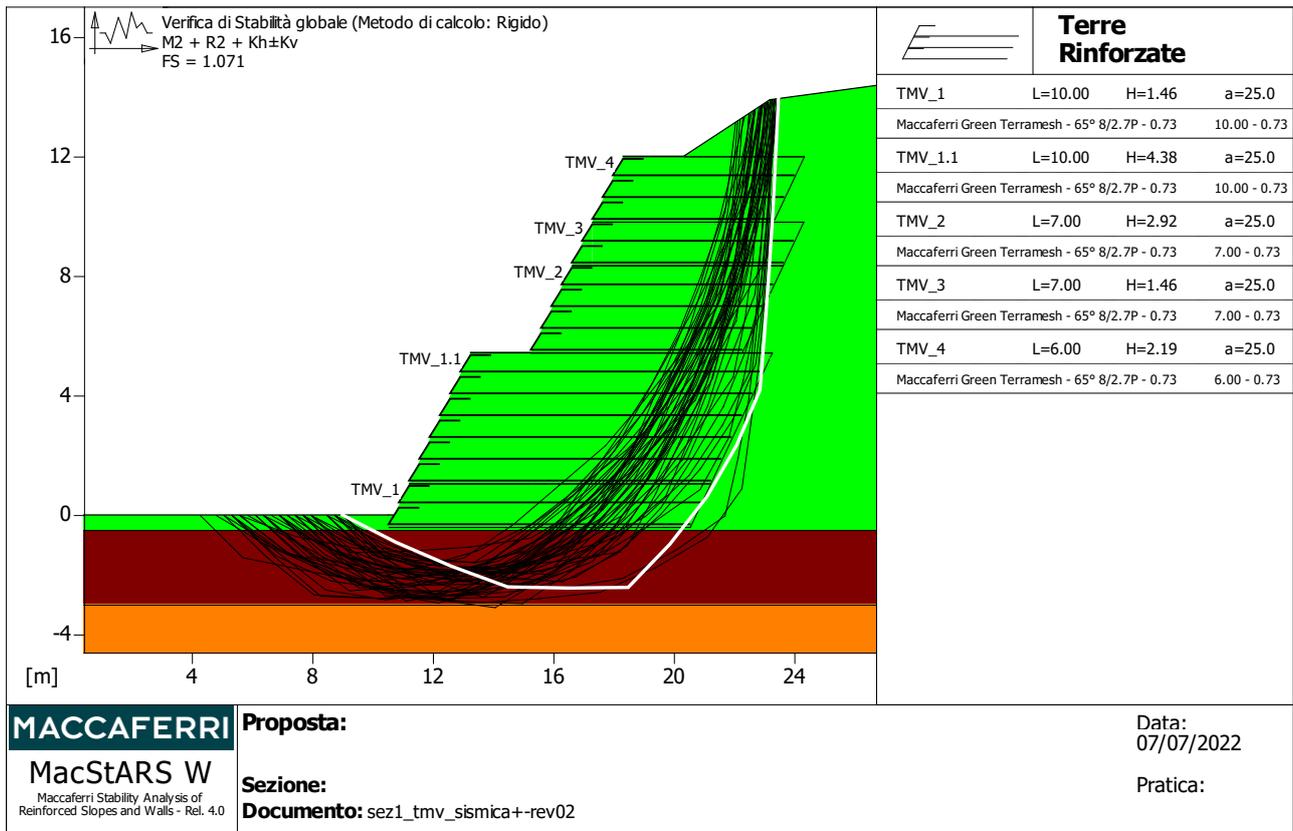
Forza normale.....[kN].....: 1932.30

Pressione estremo di valle.....[kN/m<sup>2</sup>].....: 176.54

Pressione estremo di monte.....[kN/m<sup>2</sup>].....: 225.65

Fattore	Classe
1.00	Sisma
1.00	Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza a taglio
1.00	Coeff. Parziale - Coesione efficace
1.00	Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - favorevole
1.00	Fs Rottura Rinforzi
1.00	Fs Sfilamento Rinforzi
1.00	Coeff. parziale R - Scorrimento
1.20	Coeff. parziale R - Capacità portante
1.00	Coeff. parziale R – Ribaltamento

**VERIFICHE IN CONDIZIONI SISMICHE (+-)**



**Verifica di stabilità globale :**

Combinazione di carico : M2 + R2 + Kh±Kv

Calcolo delle forze nei rinforzi col metodo rigido

Ricerca delle superfici critiche col metodo di Janbu

**Coefficiente di sicurezza minimo calcolato.....: 1.071**

Intervallo di ricerca delle superfici

Segmento di partenza, ascisse [m]		Segmento di arrivo, ascisse [m]	
Primo punto	Secondo punto	Primo punto	Secondo punto
4.00	9.00	17.00	23.50
Numero punti avvio superfici sul segmento di partenza.....:		20	
Numero totale superfici di prova.....:		2000	
Lunghezza segmenti delle superfici..... [m].....:		2.00	
Angolo limite orario..... [°].....:		0.00	
Angolo limite antiorario..... [°].....:		0.00	

Blocco : TMV\_1

Maccaferri - Green Terramesh - 65° - 8/2.7P - 0.73

Y	Tb	Tp	Td	Tb/Td	Tp/Td
	rottura	sfilamento	agente	1/Fmax	
[m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]		
0.000	50.0	63.2	39.7	1.26	1.59

Blocco : TMV\_3

Maccaferri - Green Terramesh - 65° - 8/2.7P - 0.73

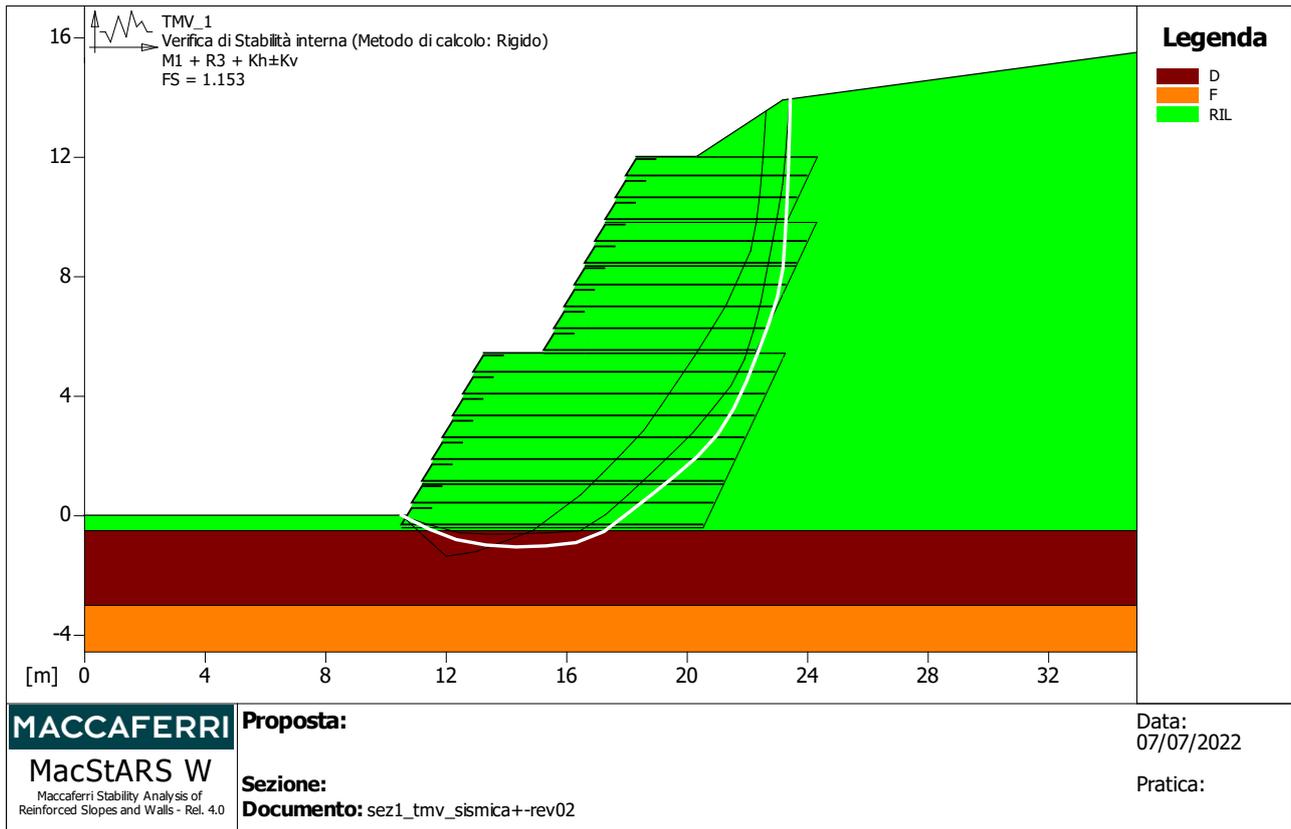
Y	Tb	Tp	Td	Tb/Td	Tp/Td
	rottura	sfilamento	agente	1/Fmax	
[m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]		
0.000	50.0	58.5	39.7	1.26	1.47
0.730	50.0	85.4	39.7	1.26	2.15

Blocco : TMV\_4

Maccaferri - Green Terramesh - 65° - 8/2.7P - 0.73

Y	Tb	Tp	Td	Tb/Td	Tp/Td
	rottura	sfilamento	agente	1/Fmax	
[m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]		
0.730	50.0	26.5	26.5	1.89	1.00
1.460	50.0	40.5	39.7	1.26	1.02

Fattore	Classe
1.00	Sisma
1.00	Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza a taglio
1.00	Coeff. Parziale - Coesione efficace
1.00	Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - favorevole
1.00	Fs Rottura Rinforzi
1.00	Fs Sfilamento Rinforzi
1.20	Coeff. Parziale R - Stabilità



**Verifica di stabilità interna : TMV\_1**

Combinazione di carico : M1 + R3 + Kh±Kv

Calcolo delle forze nei rinforzi col metodo rigido

Ricerca delle superfici critiche col metodo di Janbu

**Coefficiente di sicurezza minimo calcolato.....: 1.153**

Intervallo di ricerca delle superfici

Blocco	Segmento di arrivo, ascisse [m]	
	Primo punto	Secondo punto
TMV_1	19.00	23.50
Numero punti avvio superfici sul segmento di partenza.....:	1	
Numero totale superfici di prova.....:	2000	
Lunghezza segmenti delle superfici..... [m].....:	1.00	
Angolo limite orario..... [°].....:	0.00	
Angolo limite antiorario..... [°].....:	0.00	

Blocco : TMV\_1

Maccaferri - Green Terramesh - 65° - 8/2.7P - 0.73

Y	Tb	Tp	Td	Tb/Td	Tp/Td
	rottura	sfilamento	agente	1/Fmax	
[m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]		
0.000	50.0	897.5	39.7	1.26	22.61
0.730	50.0	697.3	39.7	1.26	17.56

Blocco : TMV\_1.1

Maccaferri - Green Terramesh - 65° - 8/2.7P - 0.73

Y	Tb	Tp	Td	Tb/Td	Tp/Td
	rottura	sfilamento	agente	1/Fmax	
[m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]		
0.000	50.0	507.4	39.7	1.26	12.78
0.730	50.0	353.0	39.7	1.26	8.89
1.460	50.0	250.7	39.7	1.26	6.31
2.190	50.0	201.0	39.7	1.26	5.06
2.920	50.0	180.5	39.7	1.26	4.55
3.650	50.0	174.3	39.7	1.26	4.39

Blocco : TMV\_2

Maccaferri - Green Terramesh - 65° - 8/2.7P - 0.73

Y	Tb	Tp	Td	Tb/Td	Tp/Td
	rottura	sfilamento	agente	1/Fmax	
[m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]		
2.190	50.0	29.8	29.8	1.68	1.00

Blocco : TMV\_3

Maccaferri - Green Terramesh - 65° - 8/2.7P - 0.73

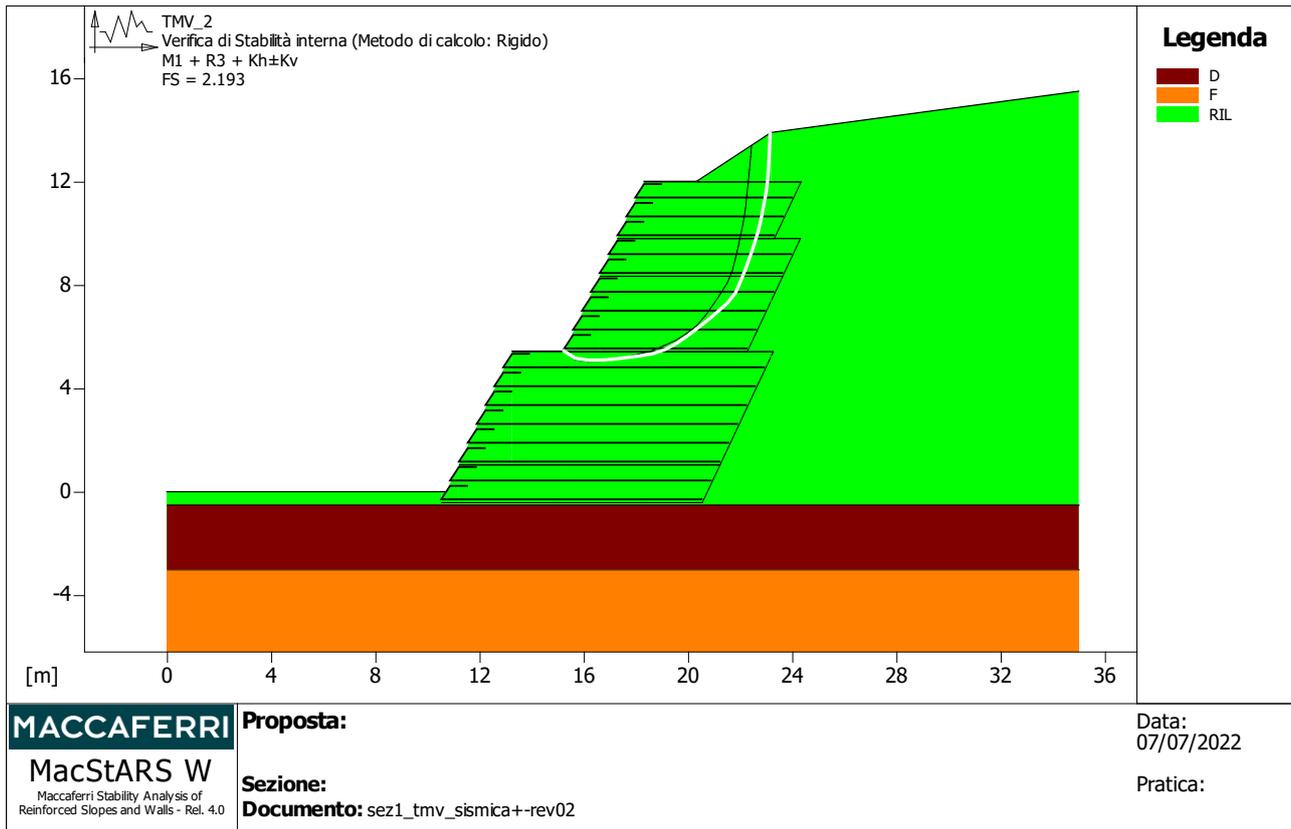
Y	Tb	Tp	Td	Tb/Td	Tp/Td
	rottura	sfilamento	agente	1/Fmax	
[m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]		
0.000	50.0	54.9	39.7	1.26	1.38
0.730	50.0	81.7	39.7	1.26	2.06

Blocco : TMV\_4

Maccaferri - Green Terramesh - 65° - 8/2.7P - 0.73

Y	Tb	Tp	Td	Tb/Td	Tp/Td
	rottura	sfilamento	agente	1/Fmax	
[m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]		
0.730	50.0	24.5	24.5	2.04	1.00
1.460	50.0	39.2	39.2	1.28	1.00

Fattore	Classe
1.00	Sisma
1.00	Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza a taglio
1.00	Coeff. Parziale - Coesione efficace
1.00	Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - favorevole
1.00	Fs Rottura Rinforzi
1.00	Fs Sfilamento Rinforzi
1.20	Coeff. Parziale R - Stabilità



**Verifica di stabilità interna : TMV\_2**

Combinazione di carico : M1 + R3 + Kh±Kv

Calcolo delle forze nei rinforzi col metodo rigido

Ricerca delle superfici critiche col metodo di Janbu

**Coefficiente di sicurezza minimo calcolato.....: 2.193**

Intervallo di ricerca delle superfici

Blocco	Segmento di arrivo, ascisse [m]	
	Primo punto	Secondo punto
TMV_2	20.00	23.50

Numero punti avvio superfici sul segmento di partenza.....:	1
Numero totale superfici di prova.....:	2000
Lunghezza segmenti delle superfici..... [m].....:	0.50
Angolo limite orario..... [°].....:	0.00
Angolo limite antiorario..... [°].....:	0.00

Blocco : TMV\_2

Maccaferri - Green Terramesh - 65° - 8/2.7P - 0.73

Y	Tb	Tp	Td	Tb/Td	Tp/Td
	rottura	sfilamento	agente	1/Fmax	
[m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]		
0.000	50.0	550.5	39.7	1.26	13.87
0.730	50.0	380.4	39.7	1.26	9.58
1.460	50.0	278.0	39.7	1.26	7.00
2.190	50.0	209.1	39.7	1.26	5.27

Blocco : TMV\_3

Maccaferri - Green Terramesh - 65° - 8/2.7P - 0.73

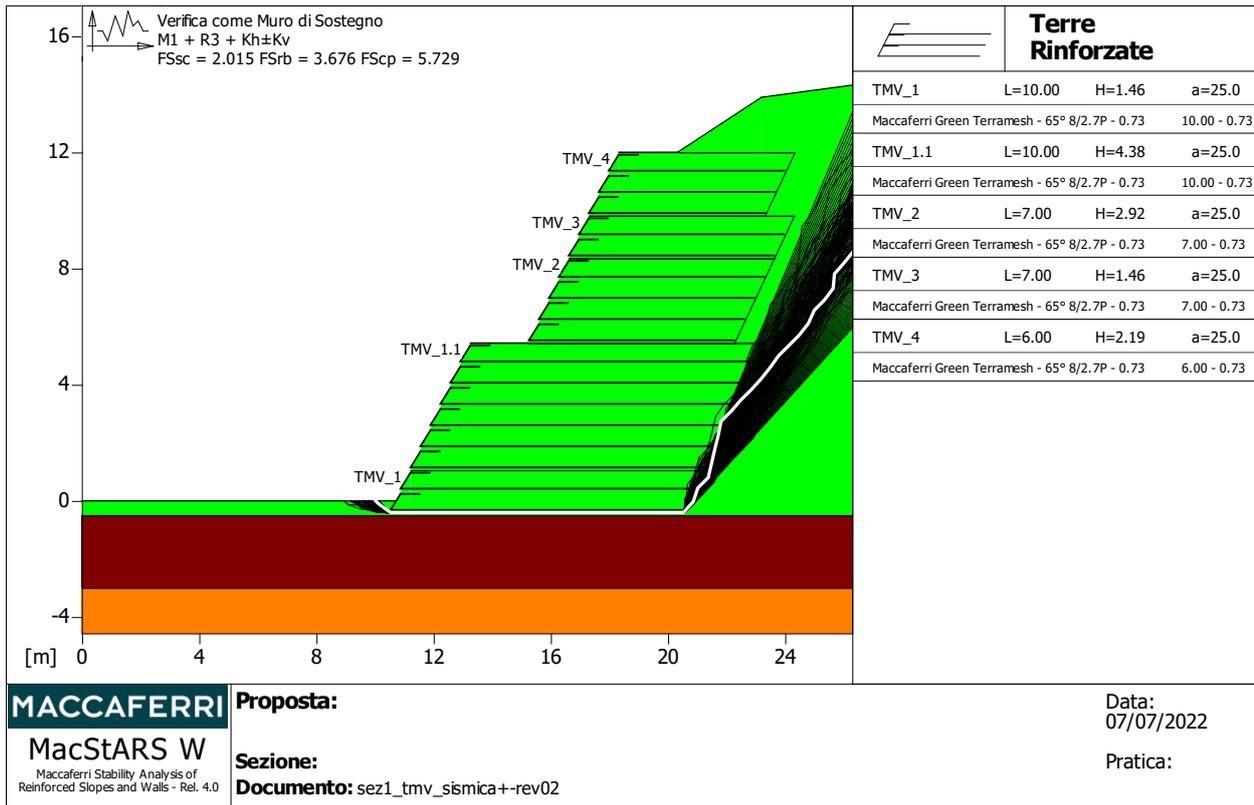
Y	Tb	Tp	Td	Tb/Td	Tp/Td
	rottura	sfilamento	agente	1/Fmax	
[m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]		
0.000	50.0	190.8	39.7	1.26	4.81
0.730	50.0	177.1	39.7	1.26	4.46

Blocco : TMV\_4

Maccaferri - Green Terramesh - 65° - 8/2.7P - 0.73

Y	Tb	Tp	Td	Tb/Td	Tp/Td
	rottura	sfilamento	agente	1/Fmax	
[m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]		
0.000	50.0	63.5	39.7	1.26	1.60
0.730	50.0	65.6	39.7	1.26	1.65
1.460	50.0	65.2	39.7	1.26	1.64

Fattore	Classe
1.00	Sisma
1.00	Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza a taglio
1.00	Coeff. Parziale - Coesione efficace
1.00	Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - favorevole
1.00	Fs Rottura Rinforzi
1.00	Fs Sfilamento Rinforzi
1.20	Coeff. Parziale R - Stabilità



<b>MACCAFERRI</b> <b>MacStARS W</b> <small>Maccaferri Stability Analysis of Reinforced Slopes and Walls - Rel. 4.0</small>	<b>Proposta:</b>	Date:
	<b>Sezione:</b>	07/07/2022
	<b>Documento:</b> sez1_tmv_sismica+-rev02	Pratica:

**Verifica come muro di sostegno :**

Combinazione di carico : M1 + R3 + Kh±Kv

Stabilità verificata sul blocco : TMV\_1

Forza Stabilizzante.....[kN/m].....: 1566.10

Forza Instabilizzante.....[kN/m].....: 777.21

Classe scorrimento.....: Coeff. parziale R - Scorrimento

**Coefficiente di sicurezza allo scorrimento.....: 2.015**

Momento Stabilizzante.....[kN\*m/m].....:16765.00

Momento Instabilizzante.....[kN\*m/m].....: 4560.50

Classe momento.....: Coeff. parziale R - Ribaltamento

**Coefficiente di sicurezza al ribaltamento.....: 3.676**

Pressione ultima calcolata con metodo dell'equilibrio limite.

Pressione ultima.....[kN/m²].....: 1627.90

Pressione media agente.....[kN/m²].....: 236.78

Classe pressione.....: Coeff. parziale R - Capacità portante

**Coefficiente di sicurezza sulla capacità portante.....: 5.729**

Fondazione equivalente.....[m].....: 10.00

Eccentricità forza normale.....[m].....: -0.46

Braccio momento.....[m].....: 5.87

Forza normale.....[kN].....: 2236.70

Pressione estremo di valle.....[kN/m<sup>2</sup>].....: 171.95

Pressione estremo di monte.....[kN/m<sup>2</sup>].....: 320.33

Fattore	Classe
1.00	Sisma
1.00	Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza a taglio
1.00	Coeff. Parziale - Coesione efficace
1.00	Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - favorevole
1.00	Fs Rottura Rinforzi
1.00	Fs Sfilamento Rinforzi
1.00	Coeff. parziale R - Scorrimento
1.20	Coeff. parziale R - Capacità portante
1.00	Coeff. parziale R - Ribaltamento