



COMMITTENTE:

## Provincia di Modena

Viale Martiri della Libertà, 34 - 41121 Modena

Tel. 059.209.111

PEC: provinciadiomodena@cert.provincia.modena.it

C.F. 01375710363 - P.IVA 01375710363

# CICLOVIA DEL SOLE

VERONA - FIRENZE

TRONCHI 7 E 9

TRATTI IN PROVINCIA DI MODENA



## PROGETTO DEFINITIVO - ESECUTIVO

Relazione di calcolo - terre  
rinforzate

PROT. -	SCALA -	FORMATO A4
CODICE RSP 3-1	N. REV A	DATA 08/2023

### Progettisti:

Arch. Irene Esposito

Arch. Enrico Guaitoli Panini

### Il Responsabile Unico

del Procedimento:

Ing. Daniele Gaudio

### Collaboratori:

Arch. Alberto Coppi

Arch. Michela Gessani

Dott. Paes. Sara Martignoni

Arch. Eleonora Vaccari

### Supporto al Responsabile Unico del

Procedimento:

### Consulenti:

Geol. Gianluca Vaccari

Ing. Marco Monaci

Ing. Michele Baratta

Enrico Guaitoli Panini e Irene Esposito architetti associati

Viale Marcello Finzi, 597 - 41122 - Modena

tel. 328/7421242 - 335/6058479

sito: [www.fahreassociati.it](http://www.fahreassociati.it) mail: [info@fahreassociati.it](mailto:info@fahreassociati.it)

P.IVA e C.F. 03224820369

**FAHRE**  
ASSOCIATI

## PROGETTO ESECUTIVO

### RELAZIONE DI CALCOLO DELLE TERRE RINFORZATE

#### Sommario

Premesse .....	2
Normativa di riferimento.....	5
Caratteristiche dei materiali .....	6
Elementi di rinforzo .....	6
Requisiti richiesti per il rilevato strutturale .....	8
Caratteristiche del terreno .....	9
Metodo di calcolo.....	10
Carichi agenti sulla struttura .....	12
Analisi dei carichi .....	12
Combinazioni di carico.....	15
Pericolosità sismica del sito.....	17
Verifiche terreno-struttura condotte .....	19
Coefficienti di sicurezza parziali adottati.....	20
Calcolo delle terre rinforzate – Combinazione statica .....	22
Calcolo delle terre rinforzate – Combinazione sisma 1.....	33
Calcolo delle terre rinforzate – Combinazione sisma 2.....	44
Considerazioni sui cedimenti post sismici .....	55
Accettabilità dei risultati (Cap.10.2 NTC2018) .....	57
Verifica dei risultati .....	57
Giudizio motivato di accettabilità .....	63
Prescrizioni per la fase realizzativa.....	64
Posa degli elementi di rinforzo .....	64
Compattazione.....	65
Condizioni climatiche.....	65
Eventuali rilevati di prova .....	65
Prove di controllo.....	66

## Premesse

La presente relazione si inquadra nell'ambito delle attività di redazione del progetto esecutivo del tratto della Ciclovia del Sole – Eurovelo7 che attraversa i comuni di Concordia sulla Secchia, Mirandola, San Possidonio e San Felice sul Panaro, nel territorio della Provincia di Modena.

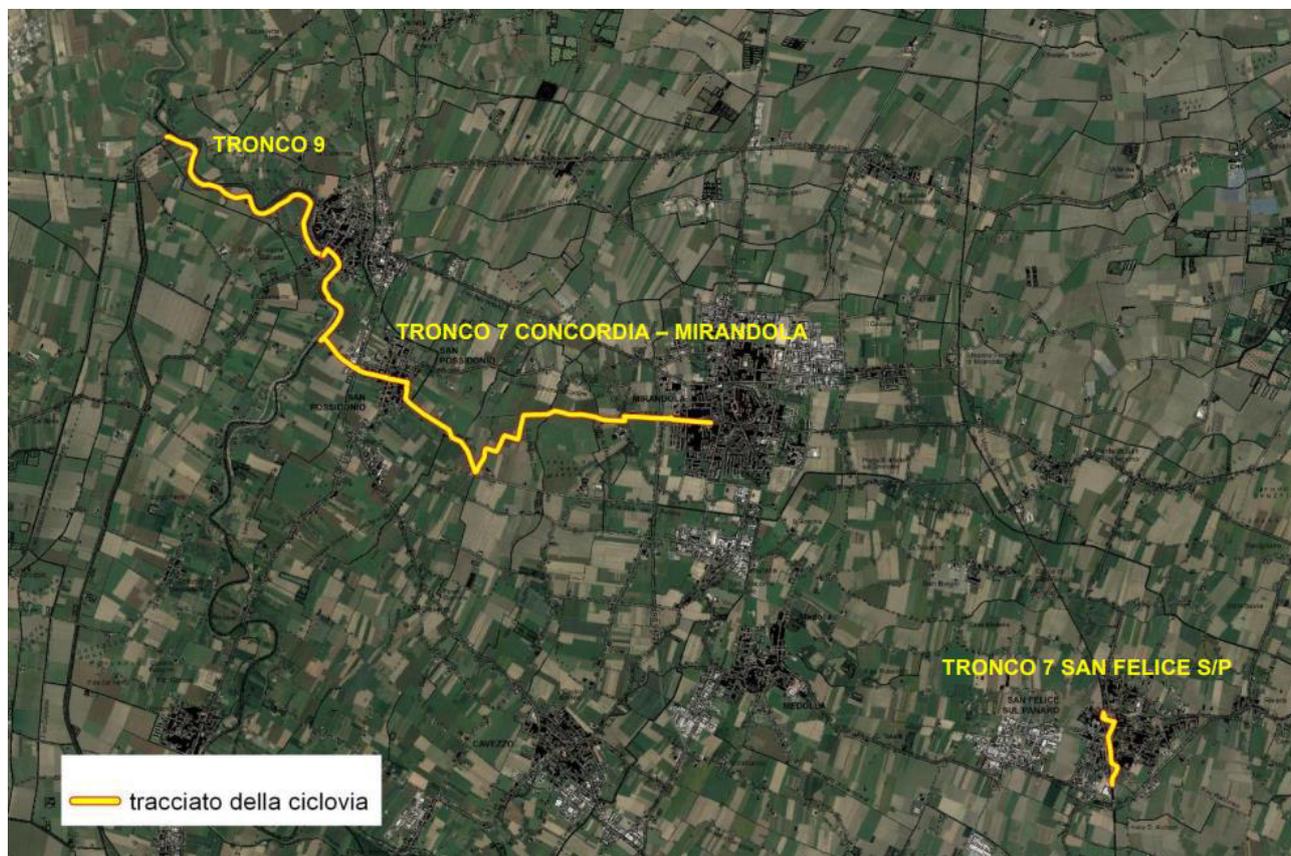


Figura 1 – Corografia di progetto

Oggetto specifico di questo documento è il calcolo delle terre rinforzate previste in corrispondenza del centro urbano di Concordia sulla Secchia, in stretta adiacenza dell'attraversamento tramite ponte della SP sul fiume Secchia.

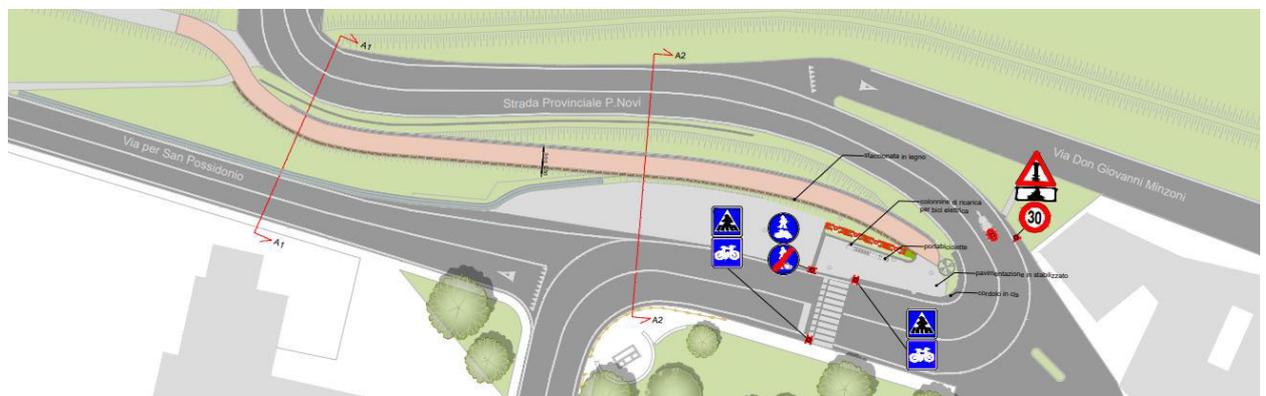
L'opera di sostegno in oggetto, di altezza massima pari a circa 6.60m, è prevista come soluzione di allargamento del rilevato stradale esistente della S.P.8 di Mirandola, al fine di alloggiare sulla carreggiata la pista ciclabile di progetto, avente larghezza netta  $B=3.00m$ .

Lo sviluppo longitudinale delle terre rinforzate, che degrada dalla loro altezza massima fino alla quota di piano campagna alla fine del rilevato, per la quale è prevista una larghezza  $B=$

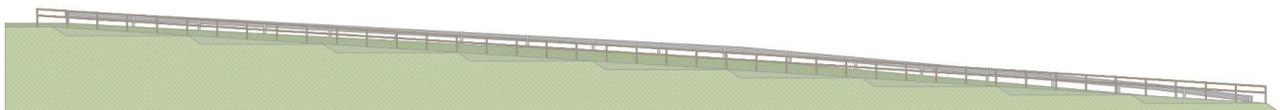
Nelle seguenti figure si illustrano le caratteristiche geometriche dell'opera: per ulteriori dettagli si rimanda all'elaborato grafico specifico allegato al presente progetto.



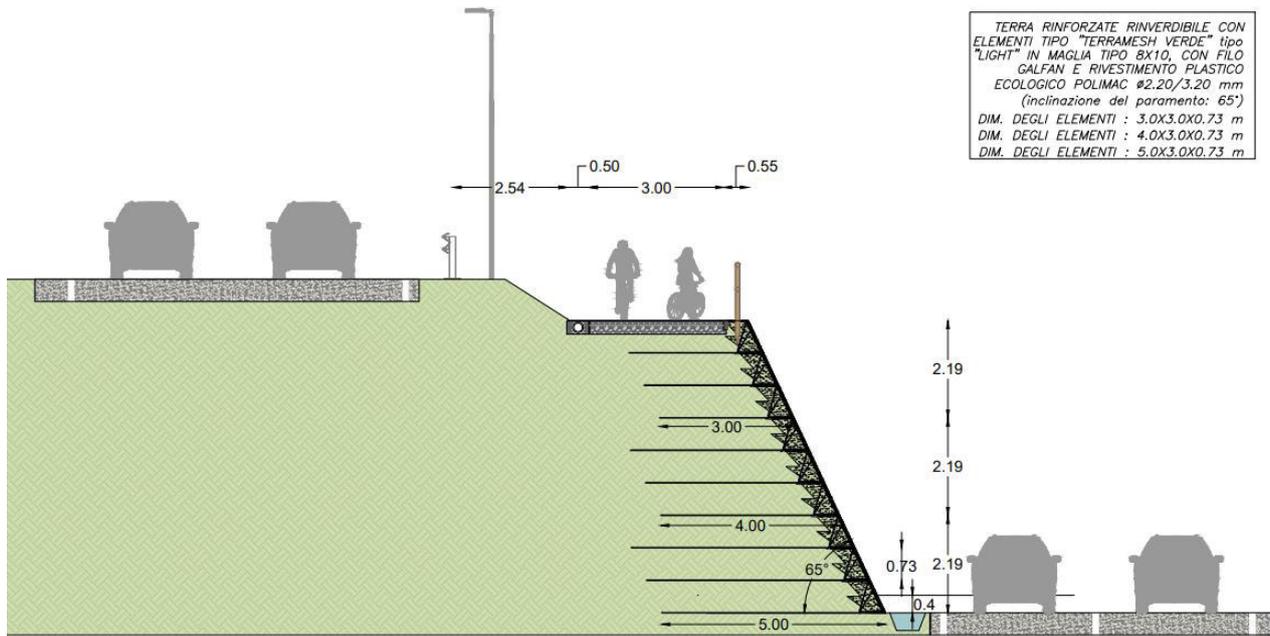
*Figura 2 – Individuazione dell'area d'intervento*



*Figura 3 – Planimetria dell'opera*



*Figura 4 – Prospetto dell'opera*



*Figura 5 – Sezione trasversale dell'opera ( $H_{max}$ )*

## Normativa di riferimento

Si riporta nel seguito il dettaglio del quadro normativo a cui si è fatto riferimento nella progettazione dell'opera.

- D. M. 17/01/2018 – Aggiornamento alle Norme tecniche per le costruzioni;
- Circolare C.S.LL.PP. 21/012019, n.7 - Istruzioni per l'applicazione delle Nuove norme tecniche per le costruzioni» di cui al D.M. 17/01/2018.
- D.M. 14/01/2008 - Norme tecniche per le Costruzioni 2008;
- Circolare 2 febbraio 2009, n. 617 - Istruzioni per l'applicazione delle "Nuove norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 14 gennaio 2008;
- UNI EN 1990:2006 13/04/2006 Eurocodice 0 - Criteri generali di progettazione strutturale;
- UNI EN 1991-1-1:2004 01/08/2004 Eurocodice 1 - Azioni sulle strutture - Parte 1-1: Azioni in generale - Pesi per unità di volume, pesi propri e sovraccarichi per gli edifici;
- UNI EN 1997-1:2005 01/02/2005 Eurocodice 7 - Progettazione geotecnica - Parte 1: Regole generali;
- UNI EN 1998-1:2005 01/03/2005 Eurocodice 8 - Progettazione delle strutture per la resistenza sismica - Parte 1: Regole generali, azioni sismiche e regole per gli edifici;
- UNI EN 1998-2:2006 09/02/2006 Eurocodice 8 - Progettazione delle strutture per la resistenza sismica - Parte 2: Ponti;
- UNI EN 1998-5:2005 01/01/2005 Eurocodice 8 - Progettazione delle strutture per la resistenza sismica - Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici;
- Annessi nazionali degli eurocodici approvati nel 2011.
- UNI EN 14475 - Esecuzione di lavori geotecnici speciali - Terra rinforzata
- UNI 10006 - Costruzione e manutenzione delle strade - Tecniche di impiego delle terre
- ASTM D 3282 - Standard Practice for Classification of Soils and Soil-Aggregate Mixtures for Highway Construction Purposes
- UNI EN 13242 - Aggregati per materiali non legati e legati con leganti idraulici per l'impiego in opere di ingegneria civile e nella costruzione di strade
- UNI EN 13285 - Miscele non legate - Specifiche
- UNI EN ISO 14688-1 - Indagini e prove geotecniche - Identificazione e classificazione dei terreni - Identificazione e descrizione

**Il calcolo e le verifiche degli elementi strutturali sono effettuati secondo il metodo semiprobabilistico agli stati limite, in accordo con le NTC2018 e relative specificazioni.**

## Caratteristiche dei materiali

Si illustrano le caratteristiche e le prescrizioni per i materiali previsti per le terre armate in progetto.

### Elementi di rinforzo

#### Tipo Terramesh Verde Light (o di caratteristiche equivalenti)

La struttura di sostegno in terra rinforzata con paramento rinverdibile è realizzata in elementi marcati CE in accordo con la ETA 16/0767 per gli specifici impieghi come “sistemi in rete metallica per il rinforzo del terreno per opere di sostegno”. La struttura è costituita da elementi di armatura planari orizzontali, larghi 3.0 m, in rete metallica a doppia torsione, realizzati 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 “approve dal Consiglio Superiore LL.PP. (n.69/2013), ed in accordo con la UNI EN 10223-3:2013.

La rete metallica a doppia torsione deve essere realizzata con maglia esagonale tipo 8x10 (UNI-EN 10223-3), tessuta con filo in acciaio trafilato, avente un diametro pari 2.20 mm, galvanizzato con lega eutettica di Zinco - Alluminio (5%), conforme all’EN 10244-2 (Classe A) con un quantitativo non inferiore a 230 g/mq. Oltre a tale trattamento il filo sarà ricoperto da un rivestimento di materiale plastico che dovrà avere uno spessore nominale di 0.50 mm, portando il diametro esterno al valore nominale di 3.20 mm.

Si veda tabella seguente per le caratteristiche prestazionali dei rinforzi:

Caratteristiche	Norma	Unità	Valori di riferimento
Altezza elemento		m	0,76
Lunghezza Rinforzo		m	4,00
Tipo di maglia della rete	UNI EN 10223-3	-	8x10
Diametro filo interno	UNI EN 10218-2	mm	2.2
Diametro filo esterno	UNI EN 10218-2	mm	3.2
Rivestimento filo in acciaio	UNI EN 10244-2	-	Zn-Al 5% - Classe A 230 g/m <sup>2</sup>
Spessore rivestimento Polimerico	UNI EN 10245	mm	0.5 mm
Rivestimento Polimerico – resistenza all’abrasione	EN 60229-2008	cicli	100.000
Rivestimento Polimerico – resistenza ai raggi UV dopo esposizione di 2500 ore a raggi QUV-A, diminuzione prestazioni meccaniche	ISO 4892-3 mode 1	%	< 25%
Resistenza a trazione del filo	UNI EN 10218-2	N/mm <sup>2</sup>	350-550

Resistenza a trazione della rete nominale Tb	UNI EN 10223-3	kN/m	≥35*
Resistenza a trazione della rete nelle condizioni di progetto Td @120 anni e terreno di riempimento con dimensioni <38 mm e PH tra 3 e 13	BS 8006	kN/m	≥27.5
Resistenza a punzonamento della rete	UNI 11437.	kN	≥36
Resistenza a corrosione in SO <sub>2</sub> del rivestimento Galfan dopo 28 cicli	EN ISO 6988		percentuale di ruggine rossa < 5%
Resistenza del filo plasticato a corrosione test in nebbia salina della rete dopo 6000 h	EN ISO 9227		percentuale di ruggine rossa < 5%
Global Warming Potential (GWP 100 anni) - coefficiente di emissione di kg CO <sub>2</sub> per kg di prodotto realizzato fco stabilimento di produzione, incluso dell'imballaggio	ISO 14025 - EN 15804		<1.1 kgCO <sub>2</sub> -Equiv. per kg di prodotto realizzato *
Durabilità (vita utile presunta)	EN 10223-3	Anni	120*

\*valore certificato da ente governativo/laboratorio accreditato esterno qualificato (BBA o assimilabile)

*Tabella 1 - Caratteristiche del sistema di rinforzo*

Ogni singolo elemento è provvisto di barrette di rinforzo galvanizzate con lega eutettica di Zinco - Alluminio (5%), con un quantitativo non inferiore a 245 g/mq e plasticate, aventi diametro pari a 2.70/3.70 mm e inserite all'interno della doppia torsione delle maglie, in corrispondenza dello spigolo superiore ed inferiore del paramento. Il paramento in vista sarà provvisto inoltre di un elemento di irrigidimento interno assemblato in fase di produzione in stabilimento, costituito da un pannello di rete elettrosaldata con diametro non inferiore a 6 mm e da un idoneo ritentore di fini. Il paramento sarà fissato con pendenza variabile, per mezzo di elementi a squadra realizzati in tondino metallico e preassemblati alla struttura. Gli elementi di rinforzo contigui saranno posti in opera e legati tra loro con punti metallici meccanizzati galvanizzati con Galmac lega eutettica di Zinco - Alluminio (5%) classe A secondo la UNI EN 10244-2, con diametro 3.00 mm e carico di rottura minimo pari a 1700 MPa.

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.

### **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, in opera compattato, dovrà essere superiore a 18-19 kN/m<sup>3</sup>.

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.

## Caratteristiche del terreno

Per le caratteristiche fisico-meccaniche dei terreni in sito si rimanda alla relazione geologica allegata al presente progetto.

Ai fini delle verifiche condotte nella presente relazione, si è fatto riferimento, a favore di sicurezza alla seguente schematizzazione geotecnica:

### MODELLO GEOTECNICO PARAMETRI CARATTERISTICI

Prof.	Tipo	C <sub>uk</sub>	M <sub>ok</sub>	P <sub>uvk</sub>	P <sub>uvSk</sub>	C' <sub>k</sub>	φ°	E <sub>yk</sub>
0, 0 - 1,4	--	--	--	--	--	--	--	--
1, 4 - 3,5	C	0,9	46	1,9	2,0	0,09	21	--
3,5 - 4,5	C	0,5	45	1,9	1,9	0,05	19	--
4, 5 - 8,00	I	--	84	2,1	2,2	--	25	105
8,0 16,0	C	0,6	47	1,9	1,9	0,06	20	--
16,0 - 18,7	C	0,9	45	1,9	2,0	0,09	21	--
18,7 - 20,35	I	--	8	2,1	2,2	--	18	110

Legenda:	
Y (t/m <sup>3</sup> )	Peso dell'unità di volume del terreno, $\gamma_s$ : saturo (Meyerhof ed altri)
C <sub>u</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	Coesione non drenata nei terreni coesivi (Lunne Robertson and Powell)
φ°	Angolo di attrito interno efficace per terreni granulari (Schmertmann)
Mo (kg/cm <sup>2</sup> )	Modulo di deformazione edometrico per terreni coesivi/granulari (metodo generale del modulo edometrico)
E <sub>y</sub> (Kg/cm <sup>2</sup> )	Modulo di Young (Schmertmann 1970-1978)
G (Kg/cm <sup>2</sup> )	Modulo di deformazione a taglio
OCR	Grado di sovraconsolidazione (Larsson 1991- S.G.I.)

La falda risulta attestata a quota -3.5m da p.c.

Per il terreno costituente il rilevato stradale esistente e per il terreno di riporto superficiale (strato a profondità 0.0 - 1.4m rispetto al p.c.) non oggetto di caratterizzazione nella relazione geologica di progetto, si assumono i seguenti parametri:

- $\phi' = 30^\circ$
- $c' = 0$  kPa
- $\gamma_s = 19.00$  KN/m<sup>3</sup>
- $\gamma_s = 17.50$  KN/m<sup>3</sup>

Per il terreno adottato per la formazione delle terre rinforzate si prevedono i seguenti valori minimi di resistenza:

- $\phi' = 33^\circ$
- $c' = 0$  kPa

mentre, in termini di peso, si sono assunti i seguenti valori cautelativi:

- $\gamma_s = 20.00$  KN/m<sup>3</sup>
- $\gamma_d = 20.00$  KN/m<sup>3</sup>

## 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 Mac StARS W 4.0 cui la ricerca delle superfici critiche viene svolta attraverso la generazione automatica di un elevato numero di superfici di potenziale scivolamento. In particolare in questa sede si fa riferimento al metodo di BISHOP modificato che prevede l'utilizzo di superfici di scorrimento circolari.

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.

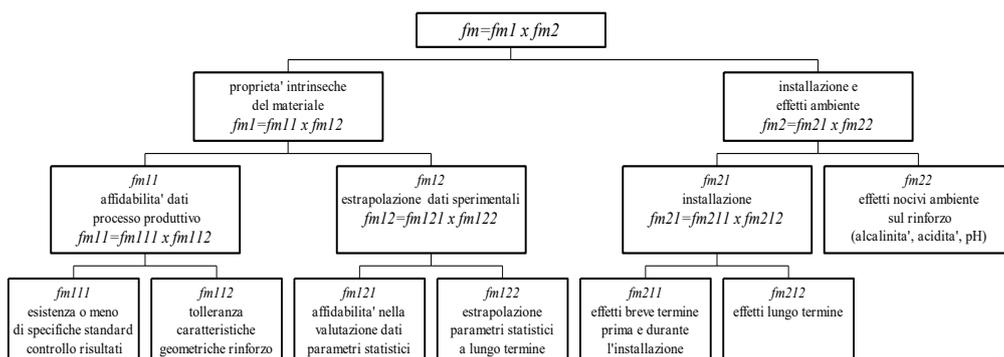
Ai fini del calcolo strutturale si è tenuto conto che si tratta di un'opera permanente per cui si è fatto riferimento alle prestazioni a lungo termine dei materiali metallici.

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 sotto:



La valutazione di dettaglio dei fattori parziali di sicurezza è riportata nel capitolo specifico di questa relazione.

Per il valore di  $T_b$ , resistenza nominale del rinforzo, ci si è basati sulle prove di trazione eseguite al CTC, Denver - Stati Uniti in accordo all'ASTM A-975, che hanno portato alla definizione del seguente valore per la resistenza a trazione nominale della rete metallica a doppia torsione:

$$T_b = 35 \text{ kN/m}$$

Per rinforzi realizzati in rete metallica doppia torsione, che non subiscono effetti di creep alle condizioni di carico di lavoro, tale coefficiente di riduzione non viene applicato.

La tabella seguente mostra i valori della resistenza a trazione di ogni rinforzo e del valore del coefficiente di sicurezza alla rottura applicato  $f_m$ .

		<b>TERRAMESH VERDE LIGHT (o equival.) mesh 8x10 wire 2.2/3.2mm</b>	
		<b>Gravel</b>	<b>Sandy gravel</b>
<b>Resistenza caratteristica a trazione (UTS)</b>	kN/m	35	35
<b>Coefficiente di sicurezza globale - <math>f_m</math></b>	-	1.26	1.09
<b>Resistenza a trazione di progetto</b>	kN/m	27.7	32.1

## Carichi agenti sulla struttura

### Analisi dei carichi

Nel modello di calcolo, oltre al peso del terreno per i cui valori si fa riferimento allo specifico capitolo, si sono considerati i seguenti carichi:

- Carico permanente portato – pavimentazione in legno  $q_{perm} = 0.40 \text{ kN/m}^2$
- Carichi da folla (Schema di carico n.5 NTC 2018 par. 5.1.3.3)  $q_{folla} = 5.00 \text{ kN/m}^2$
- Carico stradale su rilevato esistente  $q_{veic} = 20.00 \text{ kN/m}^2$
- Sovraspinta sismica del terreno  $a_g/g=0.128; S=1.5$

Per quanto riguarda carichi da traffico (folla compatta) si è fatto riferimento quanto previsto dalle NTC 2018 par. 5.1.3.3, di cui seguono gli estratti.

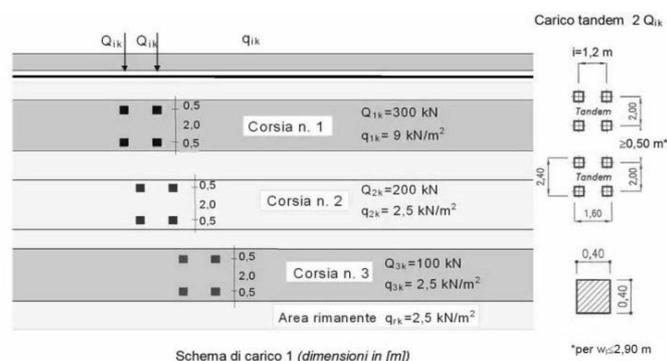
Si riportano di seguito gli schemi di carico considerati. Essi definiscono le azioni variabili del traffico, comprensive degli effetti dinamici:

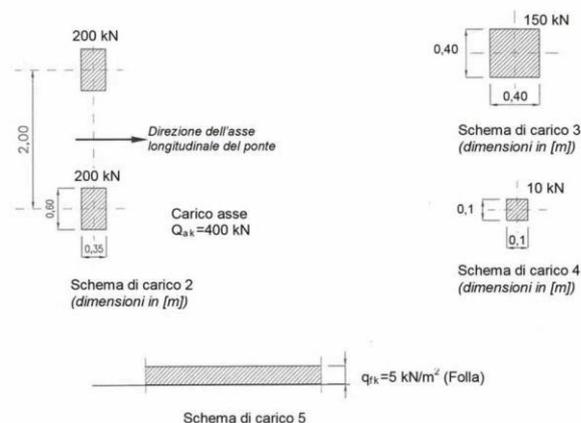
**SC1 - Schema di Carico 1:** è costituito da carichi concentrati su due assi in tandem, applicati su impronte di pneumatico di forma quadrata e lato 0,40 m, e da carichi uniformemente distribuiti. Questo schema è da assumere a riferimento sia per le verifiche globali, sia per le verifiche locali, considerando un solo carico tandem per corsia, disposto in asse alla corsia stessa. Il carico tandem, se presente, va considerato per intero.

**SC2 - Schema di Carico 2:** è costituito da un singolo asse applicato su specifiche impronte di pneumatico di forma rettangolare, di larghezza 0,60 m ed altezza 0,35 m. Questo schema va considerato autonomamente con asse longitudinale nella posizione più gravosa ed è da assumere a riferimento solo per verifiche locali. Qualora sia più gravoso si considererà il peso di una singola ruota di 200 kN.

**SC4 - Schema di Carico 4:** è costituito da un carico isolato da 10 kN con impronta quadrata di lato 0,10 m. Si utilizza per verifiche locali su marciapiedi protetti da sicurtvia e sulle passerelle pedonali.

**SC5 - Schema di Carico 5:** costituito dalla folla compatta, agente con intensità nominale, comprensiva degli effetti dinamici, di  $5,0 \text{ kN/m}^2$ . Il valore di combinazione è invece di  $2,5 \text{ kN/m}^2$ . Il carico folla deve essere applicato su tutte le zone significative della superficie di influenza, inclusa l'area dello spartitraffico centrale, ove rilevante.





### Schemi di carico

Gruppo di azioni	Carichi sulla carreggiata				Carichi su marciapiedi e piste ciclabili	
	Carichi verticali		Carichi orizzontali		Carichi verticali	
	Modello principale (Schemi di carico 1, 2, 3, 4, 6)	Veicoli speciali	Folla (Schema di carico 5)	Frenatura $q_1$	Forza centrifuga $q_c$	Carico uniformemente distribuito
1	Valore caratteristico					Schema di carico 5 con valore di combinazione 2,5 kN/m <sup>2</sup>
2 a	Valore frequente			Valore caratteristico		
2 b	Valore frequente				Valore caratteristico	
3 (*)						Schema di carico 5 con valore caratteristico 5,0 kN/m <sup>2</sup>
4 (**)			Schema di carico 5 con valore caratteristico 5,0 kN/m <sup>2</sup>			Schema di carico 5 con valore caratteristico 5,0 kN/m <sup>2</sup>
5 (***)	Da definirsi per il singolo progetto	Valore caratteristico o nominale				

### Valori caratteristici delle azioni da traffico

		Coefficiente	EQU <sup>(1)</sup>	A1 STR	A2 GEO
Carichi permanenti	favorevoli	$\gamma_{G1}$	0,90	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,10	1,35	1,00
Carichi permanenti non strutturali <sup>(2)</sup>	favorevoli	$\gamma_{G2}$	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30
Carichi variabili da traffico	favorevoli	$\gamma_Q$	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,35	1,35	1,15
Carichi variabili	favorevoli	$\gamma_{Qi}$	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30
Distorsioni e presollecitazioni di progetto	favorevoli	$\gamma_{e1}$	0,90	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,00 <sup>(3)</sup>	1,00 <sup>(4)</sup>	1,00
Ritiro e viscosità, Variazioni termiche, Cedimenti vincolari	favorevoli	$\gamma_{e2}, \gamma_{e3}, \gamma_{e4}$	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,20	1,20	1,00

<sup>(1)</sup> Equilibrio che non coinvolga i parametri di deformabilità e resistenza del terreno; altrimenti si applicano i valori di GEO.

<sup>(2)</sup> Nel caso in cui i carichi permanenti non strutturali (ad es. carichi permanenti portati) siano compiutamente definiti si potranno adottare gli stessi coefficienti validi per le azioni permanenti.

<sup>(3)</sup> 1,30 per instabilità in strutture con precompressione esterna

<sup>(4)</sup> 1,20 per effetti locali

### Coefficienti parziali di sicurezza per le combinazioni di carico agli SLU

Azioni	Gruppo di azioni (Tabella 5.1.IV)	Coefficiente $\Psi_0$ di combinazione	Coefficiente $\Psi_1$ (valori frequenti)	Coefficiente $\Psi_2$ (valori quasi permanenti)
Azioni da traffico (Tabella 5.1.IV)	Schema 1 (Carichi tandem)	0,75	0,75	0,0
	Schemi 1, 5 e 6 (Carichi distribuiti)	0,40	0,40	0,0
	Schemi 3 e 4 (carichi concentrati)	0,40	0,40	0,0
	Schema 2	0,0	0,75	0,0
	2	0,0	0,0	0,0
	3	0,0	0,0	0,0
Vento $q_s$	Vento a ponte scarico			
	SLU e SLE	0,6	0,2	0,0
	Esecuzione	0,8	----	0,0
	Vento a ponte carico	0,6		
Neve $q_s$	SLU e SLE	0,0	0,0	0,0
	esecuzione	0,8	0,6	0,5
Temperatura	$T_k$	0,6	0,6	0,5

*Coefficienti  $\psi$  per le azioni variabili per ponti stradali e pedonali*

Si è ritenuta l'azione della neve trascurabile rispetto al carico da folla.

I carichi permanenti portati relativi a barriera di sicurezza e parapetto sono stati trascurati a fronte di larghezze di applicazione dei carichi da traffico (veicolare e folla) maggiorate.

Per quanto riguarda i carichi dinamici indotti sul terreno dalle accelerazioni sismiche (sovrappinte sismiche), essi sono stati applicati secondo il 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.

Pertanto, in accordo con quanto previsto nelle NTC2018 par.7.11.6.2.1, si è proceduto alla determinazione dei coefficienti  $k_h$  e  $k_v$ :

**7.11.6.2 MURI DI SOSTEGNO**

I sistemi di drenaggio a tergo della struttura devono essere in grado di tollerare gli spostamenti transitori e permanenti indotti dal sisma, senza che sia pregiudicata la loro funzionalità.

**7.11.6.2.1 Metodi di analisi**

A meno di specifiche analisi dinamiche, l'analisi della sicurezza dei muri di sostegno in condizioni sismiche può essere eseguita mediante i metodi pseudo-statici e i metodi degli spostamenti.

Se la struttura può spostarsi, l'analisi pseudo-statica si esegue mediante i metodi dell'equilibrio limite. Il modello di calcolo deve comprendere l'opera di sostegno, il volume di terreno a tergo dell'opera, che si suppone in stato di equilibrio limite attivo, e gli eventuali sovraccarichi agenti sul volume suddetto.

Nell'analisi pseudo-statica, l'azione sismica è rappresentata da una forza statica equivalente pari al prodotto delle forze di gravità per un opportuno coefficiente sismico.

Nelle verifiche, i valori dei coefficienti sismici orizzontale  $k_h$  e verticale  $k_v$  possono essere valutati mediante le espressioni

$$k_h = \beta_m \cdot \frac{a_{max}}{g} \quad [7.11.6]$$

$$k_v = \pm 0,5 \cdot k_h \quad [7.11.7]$$

dove

$\beta_m$  = coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito;

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

$g$  = accelerazione di gravità.

In assenza di analisi specifiche della risposta sismica locale, l'accelerazione massima può essere valutata con la relazione

$$a_{max} = S \cdot a_g = (S_S \cdot S_T) \cdot a_g \quad [7.11.8]$$

dove

$S =$  coefficiente che comprende l'effetto dell'amplificazione stratigrafica ( $S_s$ ) e dell'amplificazione topografica ( $S_t$ ), di cui al § 3.2.3.2;

$a_g =$  accelerazione orizzontale massima attesa su sito di riferimento rigido.

Nella precedente espressione, il coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito è pari a:

$\beta_m = 0.38$  nelle verifiche allo stato limite ultimo (SLV)

$\beta_m = 0.47$  nelle verifiche allo stato limite di esercizio (SLD).

Per muri non liberi di subire spostamenti relativi rispetto al terreno, il coefficiente  $\beta_m$  assume valore unitario. I valori del coefficiente  $\beta_m$  possono essere incrementati in ragione di particolari caratteristiche prestazionali del muro, prendendo a riferimento il diagramma di Figura 7.11.3 di cui al successivo § 7.11.6.3.2.

Nel caso di muri di sostegno liberi di traslare o di ruotare intorno al piede, si può assumere che l'incremento di spinta dovuta al sisma agisca nello stesso punto di quella statica. Negli altri casi, in assenza di specifici studi, si deve assumere che tale incremento sia applicato a metà altezza del muro.

Lo stato limite di ribaltamento deve essere trattato impiegando coefficienti parziali unitari sulle azioni e sui parametri geotecnici (§ 7.11.1) e utilizzando valori di  $\beta_m$  incrementati del 50% rispetto a quelli innanzi indicati e comunque non superiori all'unità.

Si è pertanto ottenuto:

$$K_h = \beta_M \cdot a_{max}/g = \beta_M \cdot S \cdot a_g/g \cdot S = 0.38 \cdot 1.5 \cdot 0.128 = 0.073$$

$$K_v = \pm 0.5 \cdot K_h = 0.5 \cdot 0.073 = 0.0365$$

I valori positivi dei coefficienti di intensità sismica sopraindicati, nella convenzione utilizzata dal software di calcolo, danno luogo a forze orientate verso l'esterno del pendio e verso l'alto.

In concomitanza con l'azione sismica sopra definita, nelle combinazioni sismiche, si è considerata in via cautelativa la presenza di carichi da traffico (veicolare e folla compatta) secondo un coefficiente  $\psi_{2j} = 0.2$  come previsto al paragrafo 5.1.3.12 delle NTC2018 per i ponti in zona urbana di intenso traffico.

## Combinazioni di carico

Le combinazioni di carico, considerate ai fini delle verifiche, sono stabilite in modo da garantire la sicurezza in conformità a quanto prescritto al Cap. 2 delle NTC2018.

I carichi sono denominati:

- $G_k$ : valore caratteristico del carico permanente, costituito dai pesi propri e dalla pressione del terreno;
- $Q_k$ : valore caratteristico di carichi accidentali di tipo stradale.
- $E$ : azione sismica

Gli stati limite introducono dei coefficienti moltiplicativi  $g$  sulle azioni di calcolo, generalmente maggiori dell'unità.

In modo del tutto analogo, per le resistenze dei materiali si introducono dei coefficienti riduttivi applicati alle resistenze dei materiali.

➤ Combinazione fondamentale agli SLU

$$\gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{G2} \cdot G_2 + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \sum_i \psi_{0i} \cdot Q_{ki}$$

➤ Stati Limite di Esercizio

Ai fini delle verifiche degli stati limite di esercizio (fessurazione/stato tensionale) si definiscono le seguenti combinazioni:

Frequente  $\Rightarrow G_1 + G_2 + \psi_{11} \cdot Q_{k1} + \sum_i \psi_{2i} \cdot Q_{ki}$

Quasi permanente  $\Rightarrow G_1 + G_2 + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \sum_i \psi_{2i} \cdot Q_{ki}$

Rara  $\Rightarrow G_1 + G_2 + Q_{k1} + \sum_i \psi_{0i} \cdot Q_{ki}$

Nelle NTC2018 sono contenute diverse tabelle con i coefficienti moltiplicativi da utilizzare per le varie combinazioni SLU ed SLE, si riporta quella per le azioni di calcolo SLU:

CARICHI	EFFETTO	SIMBOLO $\gamma_F$	EQU	A1 (STR)	A2 (GEO)
<i>Permanenti</i>	favorevole	$\gamma_{G1}$	0.9	1.0	1.0
	sfavorevole		1.1	1.35	1.0
<i>Permanenti non strutturali</i>	favorevole	$\gamma_{G2}$	0.0	0.0	0.0
	sfavorevole		1.5	1.35	1.0
<i>Variabili</i>	favorevole	$\gamma_{Qi}$	0.0	0.0	0.0
	sfavorevole		1.5	1.5	1.3
<i>Variabili da traffico (da Tab. 5.1.V NTC)</i>	favorevole	$\gamma_Q$	0.0	0.0	0.0
	sfavorevole		1.35	1.35	1.15

*Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni*

## Pericolosità sismica del sito

Come anticipato nel paragrafo precedente, per la determinazione dell'intensità della sovrappinta sismica sull'opera di sostegno si sono considerati i seguenti parametri:

- $V_N = 50$  anni
  - $C_u = 1.0$  (classe d'uso II)
  - Stato limite: SLV
- Categoria topografica: T1  
Categoria del sottosuolo: C

### FASE 1. INDIVIDUAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DEL SITO

Ricerca per coordinate

LONGITUDINE: 10.9843  
LATITUDINE: 44.9141

Ricerca per comune

REGIONE: Emilia-Romagna  
PROVINCIA: Modena  
COMUNE: Concordia Sulla Secca

**Elaborazioni grafiche**

Grafici spettri di risposta  
Variabilità dei parametri

**Elaborazioni numeriche**

Tabella parametri

**Reticolo di riferimento**



Controllo sul reticolo:  
 Sito esterno al reticolo  
 Interpolazione su 3 nodi  
 Interpolazione corretta

Interpolazione: media ponderata

La "Ricerca per comune" utilizza le coordinate ISTAT del comune per identificare il sito. Si sottolinea che all'interno del territorio comunale le azioni sismiche possono essere significativamente diverse da quelle così individuate e si consiglia, quindi, la "Ricerca per coordinate".

**Nodi del reticolo intorno al sito**



km 7.5  
-7.5    -14727    -14728    14728  
-14950    14950    7.5  
-7.5    km

INTRO    **FASE 1**    FASE 2    FASE 3

### FASE 2. SCELTA DELLA STRATEGIA DI PROGETTAZIONE

Vita nominale della costruzione (in anni) -  $V_N$ : 50 info

Coefficiente d'uso della costruzione -  $C_U$ : 1 info

**Valori di progetto**

Periodo di riferimento per la costruzione (in anni) -  $V_R$ : 50 info

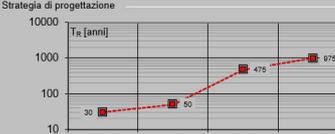
Periodi di ritorno per la definizione dell'azione sismica (in anni) -  $T_R$ : info

Stati limite di esercizio - SLE	SLO - $P_{VR} = 81\%$	30
	SLD - $P_{VR} = 63\%$	50
Stati limite ultimi - SLU	SLV - $P_{VR} = 10\%$	475
	SLC - $P_{VR} = 5\%$	975

**Elaborazioni**

Grafici parametri azione  
Grafici spettri di risposta  
Tabella parametri azione

**Strategia di progettazione**



LEGENDA GRAFICO  
 - - - - - Strategia per costruzioni ordinarie  
 - - - - - Strategia scelta

INTRO    FASE 1    **FASE 2**    FASE 3

### FASE 3. DETERMINAZIONE DELL'AZIONE DI PROGETTO

**Stato Limite**

Stato Limite considerato: SLV info

**Risposta sismica locale**

Categoria di sottosuolo: C info     $S_B = 1.500$      $C_C = 1.610$  info

Categoria topografica: T1 info     $h/H = 0.000$      $S_T = 1.000$  info

(In quota sito. Finalizza livello topografico)

**Compon. orizzontale**

Spettro di progetto elastico (SLE)    Smorzamento  $\xi$  (%): 5     $\eta_1 = 1.000$  info

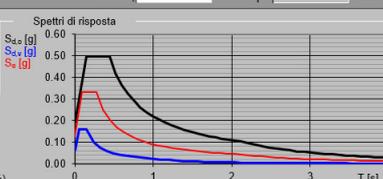
Spettro di progetto inelastico (SLU)    Fattore  $q_s$ : 1    Regol. in altezza: no info

**Compon. verticale**

Fattore  $q_v$ : 1     $\eta_1 = 1.000$  info

**Elaborazioni**

Grafici spettri di risposta  
Parametri e punti spettri di risposta



Spettri di risposta  
 $S_{ax}$  [g]  
 $S_{ay}$  [g]  
 $S_z$  [g]

— Spettro di progetto - componente orizzontale  
 — Spettro di progetto - componente verticale  
 — Spettro elastico di riferimento (Cat. A-T1,  $\xi = 5\%$ )

INTRO    FASE 1    FASE 2    **FASE 3**

**Parametri e punti dello spettro di risposta orizzontale per lo stato limite: SLV**

**Parametri indipendenti**

STATO LIMITE	SLV
$a_g$	0.128 g
$F_g$	2.585
$T_{p1}$	0.274 s
$S_{s1}$	1.500
$C_{p1}$	1.610
$S_{T1}$	1.000
$q$	1.000

**Parametri dipendenti**

$S$	1.500
$\eta$	1.000
$T_p$	0.147 s
$T_{p1}$	0.441 s
$T_{p2}$	2.110 s

**Espressioni dei parametri dipendenti**

$$S = S_1 \cdot S_T \quad (NTC-08 \text{ Eq. 3.2.5})$$

$$\eta = \sqrt{10 \cdot (S+2)} \geq 0.55, \eta = 1/q \quad (NTC-08 \text{ Eq. 3.2.6; §. 3.2.3.5})$$

$$T_{p1} = T_p / 3 \quad (NTC-07 \text{ Eq. 3.2.8})$$

$$T_{p2} = C_p \cdot T_p \quad (NTC-07 \text{ Eq. 3.2.7})$$

$$T_{p3} = 4 \cdot 0 \cdot a_g / \xi + 1,6 \quad (NTC-07 \text{ Eq. 3.2.3})$$

**Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.4)**

$$0 \leq T < T_{p1} \quad S_d(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left[ \frac{T}{T_{p1}} + \frac{1}{\eta \cdot F_v} \left( 1 - \frac{T}{T_{p1}} \right) \right]$$

$$T_{p1} \leq T < T_{p2} \quad S_d(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v$$

$$T_{p2} \leq T < T_{p3} \quad S_d(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left( \frac{T_{p2}}{T} \right)$$

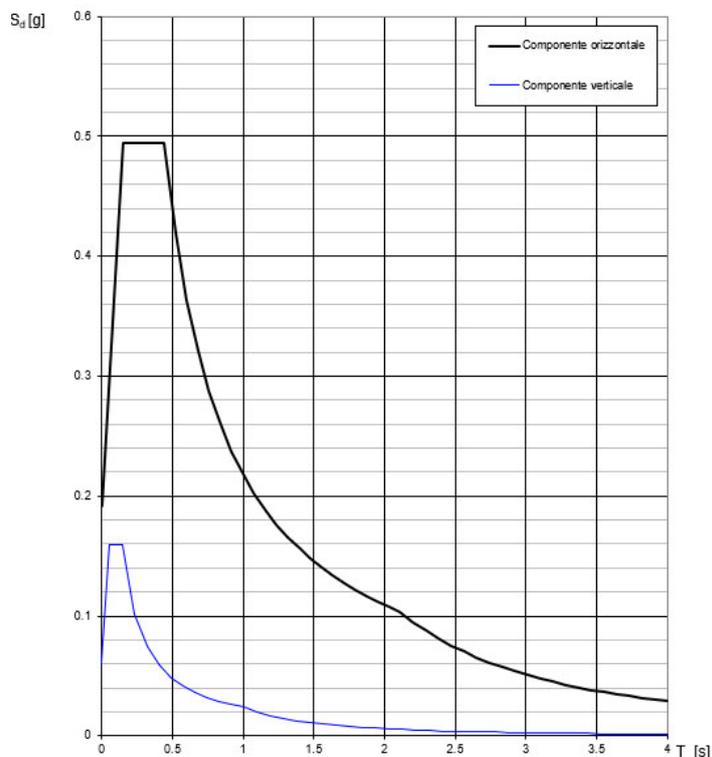
$$T_{p3} \leq T \quad S_d(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left( \frac{T_{p2}}{T} \right)$$

Lo spettro di progetto  $S_d(T)$  per le verifiche agli Stati Limiti Ultimi è ottenuto dalle espressioni dello spettro elastico  $S_e(T)$  sostituendo  $\eta$  con  $\eta q$ , dove  $q$  è il fattore di struttura. (NTC-08 § 3.2.3.5)

**Punti dello spettro di risposta**

T [s]	S <sub>e</sub> [g]
0.000	0.191
0.147	0.435
0.441	0.435
0.520	0.419
0.600	0.364
0.679	0.321
0.759	0.287
0.838	0.260
0.918	0.238
0.997	0.219
1.077	0.203
1.156	0.189
1.236	0.176
1.315	0.166
1.395	0.156
1.474	0.148
1.554	0.140
1.633	0.134
1.713	0.127
1.792	0.122
1.872	0.116
1.951	0.112
2.031	0.107
2.110	0.103
2.200	0.095
2.290	0.088
2.380	0.081
2.470	0.075
2.560	0.070
2.650	0.066
2.740	0.061
2.830	0.057
2.920	0.054
3.010	0.051
3.100	0.048
3.190	0.045
3.280	0.043
3.370	0.041
3.460	0.038
3.550	0.037
3.640	0.035
3.730	0.033
3.820	0.032
3.910	0.030
4.000	0.029

**Spettri di risposta (componenti orizz. e vert.) per lo stato limite SLV**



## Verifiche terreno-struttura condotte

Il dimensionamento della struttura è stato condotto 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 Portanza 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 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 Portanza 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**) (NTC2018 par. 6.5.3.1.1 Muri di sostegno), per le Verifiche di resistenza degli elementi strutturali si è utilizzato l'Approccio 2: M1+R3+kh±kv.

## Coefficienti di sicurezza parziali adottati

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

Nell'ambito delle verifiche allo stato limite ultimo si sono adottati i seguenti coefficienti parziali:

Coefficienti PARZIALI DEI PARAMETRI DI RESISTENZA $\gamma_R$			
$R_d = R_k / \gamma_R$	R1	R2	R3
Stabilità globale	-	1,10	-
Scorrimento - Slittamento per attrito	1,00	1,00	1,10
Ribaltamento	1,00	1,00	1,15
Capacità portante della Fondazione - Punzonamento	1,00	1,00	1,40

Coefficienti PARZIALI DEI PARAMETRI GEOTECNICI $\gamma_M$		
	M1	M2
Peso unità di volume $\gamma_\gamma$	1,00	1,00
Angolo di attrito $\tan\Phi'_k (\gamma_{\Phi\Delta})$	1,00	1,25
Coesione efficace $c'_k (\gamma_{c\Delta})$	1,00	1,25
Resistenza non drenata $c_{uk} (\gamma_{c\psi})$	1,00	1,40

Coefficienti PARZIALI AZIONI $\gamma_\Phi = \gamma_\Phi$		Fase Statica SLU		
		A1	A2	EQU
<u>PERMANENTE:</u> (Pesi, spinte geostatiche del terreno; sovraccarichi permanenti) ( $\gamma_G = \gamma_{F1G}$ )	Sfavorevole	1,30	1,00	1,10
	Favorevole	1,00	1,00	0,90
<u>VARIABILE:</u> (sovraccarichi variabili; sisma; spinte relative indotte) ( $\gamma_Q = \gamma_{F1q}$ )	Sfavorevole	1,50	1,30	1,50
	Favorevole	0,00	0,00	0,00

Si sottolinea come si siano adottati, per il peso e le spinte dei terreni i coefficienti parziali tipici dei carichi permanenti non strutturali compiutamente definiti.

Si specifica inoltre che 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 a 1,00 poiché non definiti nelle “Nuove Norme Tecniche 2018”.

---

## Calcolo delle terre rinforzate – Combinazione statica

Nel presente capitolo si riporta il dettaglio del calcolo e delle verifiche effettuate in condizioni statiche agli Stati Limite Ultimi.

# 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

Michele Baratta

Proposta...: Ciclovia del Sole - Modena

Sezione.....: Sezione H=6.60m

Località.....: Concordia sulla Secchia

Pratica.....:

File.....: Terre\_rinf\_Concordia\_STAT\_v3

Data.....: 11/08/2023

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

## CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DEI TERRENI

<b>Terreno : R</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.....	[°].....	30.00
Rapporto di pressione interstiziale (Ru).....		0.00
Classe di peso.....	: Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - sfavorevole	
Peso specifico sopra falda.....	[kN/m <sup>3</sup> ].....	17.50
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
<b>Terreno : RIPORTO</b>	Descrizione : Rip superf	
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> ].....	17.50
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
<b>Terreno : S1</b>	Descrizione : Argille 1	
Classe coesione.....	: Coeff. Parziale - Coesione efficace	
Coesione.....	[kN/m <sup>2</sup> ].....	7.00
Classe d'attrito.....	: Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza a taglio	
Angolo d'attrito.....	[°].....	20.00
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> ].....	20.00
Modulo elastico.....	[kN/m <sup>2</sup> ].....	0.00
Coefficiente di Poisson.....		0.30
<b>Terreno : S2</b>	Descrizione : Sabbie	
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.....	[°].....	25.00
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> ].....	22.00
Modulo elastico.....	[kN/m <sup>2</sup> ].....	0.00
Coefficiente di Poisson.....		0.30



**Strato: S2**

Descrizione: Sabbie

Terreno : S2

X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]
0.00	5.50	40.00	5.50				

**Strato: S3**

Descrizione: Argille 2

Terreno : S3

X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]
0.00	2.00	40.00	2.00				

**PROFILI FALDE FREATICHE**

**Falda: FALDA**

Descrizione:

X	Y	Y	P	X	Y	Y	P
[m]	[m]	[m]	[kN/m <sup>2</sup> ]	[m]	[m]	[m]	[kN/m <sup>2</sup> ]
0.00	6.50	6.50		40.00	6.50	6.50	

**BLOCCHI RINFORZATI**

**Blocco : TR1**

Dati principali.....[m].....: Larghezza.....= 5.00 Altezza.....= 2.19  
Coordinate Origine.....[m].....: Ascissa.....= 8.60 Ordinata.....= 9.60  
Inclinazione paramento...[°].....: 25.00

Rilevato strutturale - materiale tipo.....: Sabbia  
Rilevato strutturale.....: TR  
Terreno di riempimento a tergo.....: TR  
Terreno di copertura.....: TR  
Terreno di fondazione.....: TR

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° - 8/2.2P - 0.73

Lunghezza.....[m].....= 5.00  
Interasse.....[m].....= 0.73  
Risolto.....[m].....= 0.65

**Blocco : TR2**

Dati principali.....[m].....: Larghezza.....= 4.00 Altezza.....= 2.19  
Arretramento.....[m].....= 0.00 da TR1  
Inclinazione paramento...[°].....: 25.00

Rilevato strutturale - materiale tipo.....: Sabbia  
Rilevato strutturale.....: TR  
Terreno di riempimento a tergo.....: TR  
Terreno di copertura.....: TR  
Terreno di fondazione.....: TR

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° - 8/2.2P - 0.73

Lunghezza.....[m]..... = 4.00  
Interasse.....[m]..... = 0.73  
Risolto.....[m]..... = 0.65

**Blocco : TR3**

Dati principali.....[m]..... : Larghezza..... = 3.00 Altezza..... = 2.19  
Arretramento.....[m]..... = 0.00 da TR2  
Inclinazione paramento.....[°]..... : 25.00

Rilevato strutturale - materiale tipo..... : Sabbia  
Rilevato strutturale..... : TR  
Terreno di riempimento a tergo..... : TR  
Terreno di copertura..... : TR  
Terreno di fondazione..... : TR

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° - 8/2.2P - 0.73

Lunghezza.....[m]..... = 3.00  
Interasse.....[m]..... = 0.73  
Risolto.....[m]..... = 0.65

**CARICHI**

**Pressione : CARICHI SP** Descrizione : Carico strada  
Classe : Variabile - sfavorevole  
Intensità.....[kN/m<sup>2</sup>]..... = 20.00 Inclinazione.....[°]..... = 0.00  
Ascissa.....[m] : Da = 18.00 To = 28.00

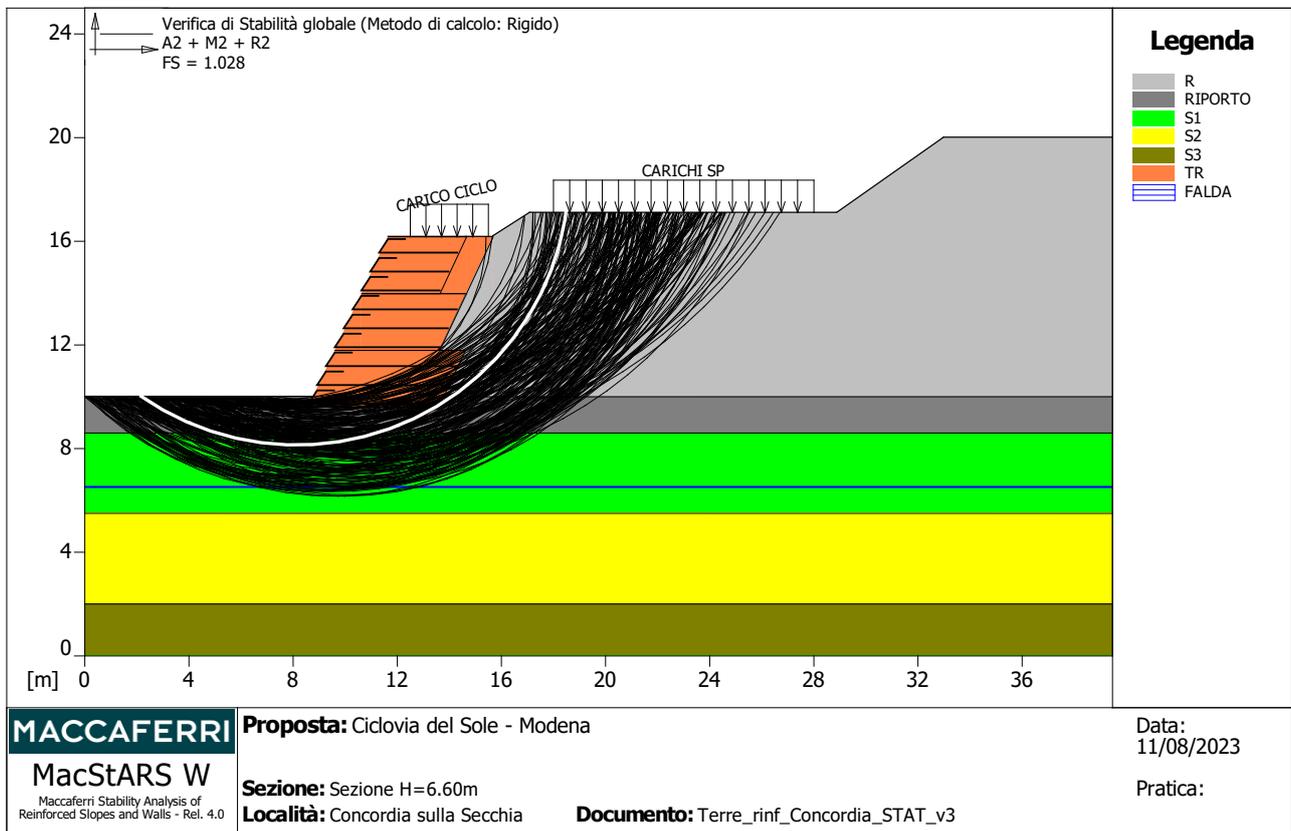
**Pressione : CARICO CICLO** Descrizione : Carico folla NTC2018  
Classe : Variabile - sfavorevole  
Intensità.....[kN/m<sup>2</sup>]..... = 5.00 Inclinazione.....[°]..... = 0.00  
Ascissa.....[m] : Da = 12.50 To = 15.50

**PROPRIETA' DEI RINFORZI UTILIZZATI**

Maccaferri - Green Terramesh - 65° - 8/2.2P - 0.73  
Carico di rottura Nominale Tr.....[kN/m]..... : 35.00  
Rapporto di Scorrimento plastico..... : 2.00  
Coefficiente di Scorrimento elastico.....[m<sup>3</sup>/kN]..... : 1.10e-04  
Rigidezza estensionale.....[kN/m]..... : 350.00

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**



**Verifica di stabilità globale :**

Combinazione di carico : A2 + M2 + R2

Calcolo delle forze nei rinforzi col metodo rigido

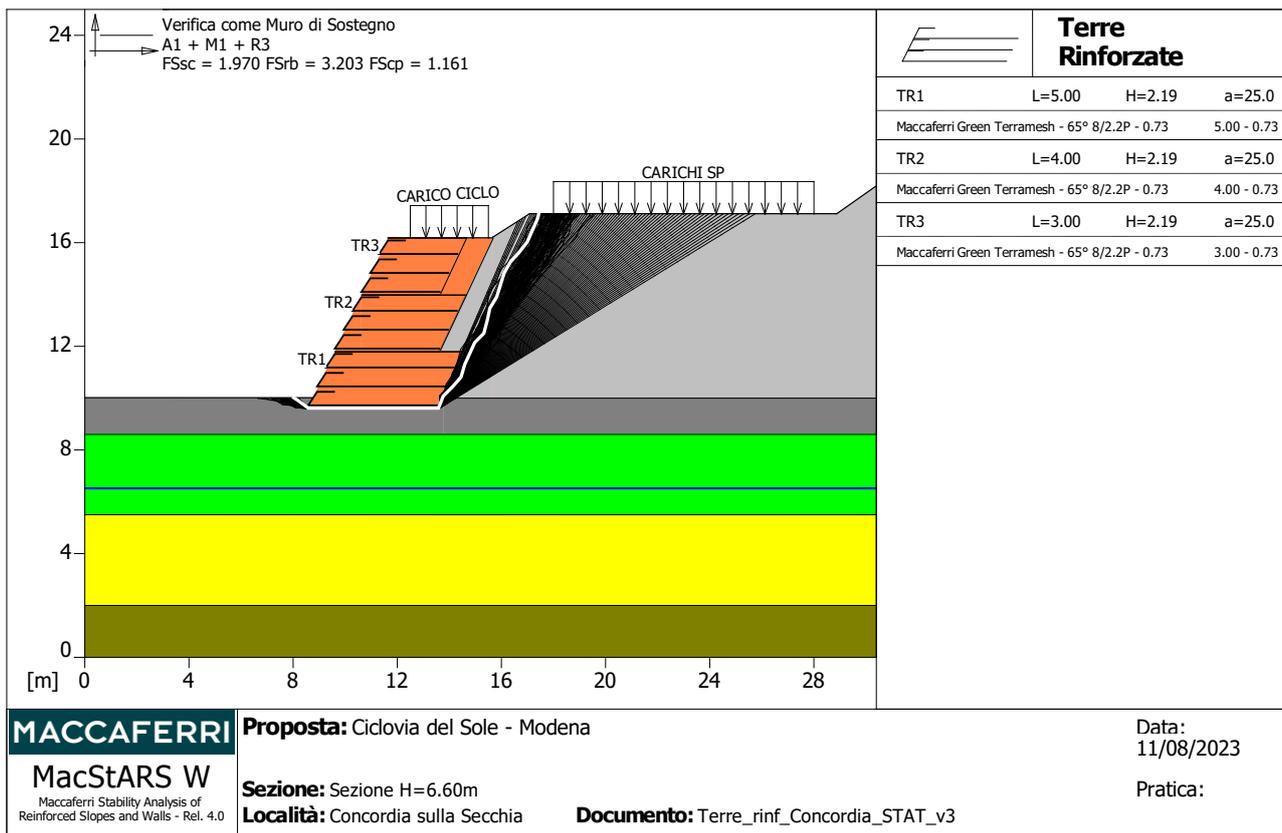
Ricerca delle superfici critiche col metodo di Bishop

Coefficiente di sicurezza minimo calcolato..... : 1.028

**Intervallo di ricerca delle superfici**

Segmento di partenza, ascisse [m]		Segmento di arrivo, ascisse [m]	
Primo punto	Secondo punto	Primo punto	Secondo punto
0.00	8.00	15.00	30.00
Numero punti avvio superfici sul segmento di partenza.....:		100	
Numero totale superfici di prova.....:		1000	
Lunghezza segmenti delle superfici..... [m].....:		1.00	
Angolo limite orario..... [°].....:		0.00	
Angolo limite antiorario..... [°].....:		0.00	

<b>Fattore</b>	<b>Classe</b>
1.30	Variabile - sfavorevole
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	Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - sfavorevole
1.00	Fs Rottura Rinforzi
1.00	Fs Sfilamento Rinforzi
1.10	Coeff. Parziale R – Stabilità



**Verifica come muro di sostegno :**

Combinazione di carico : A1 + M1 + R3

Stabilità verificata sul blocco : TR1

Forza Stabilizzante..... [kN/m].....: 324.34

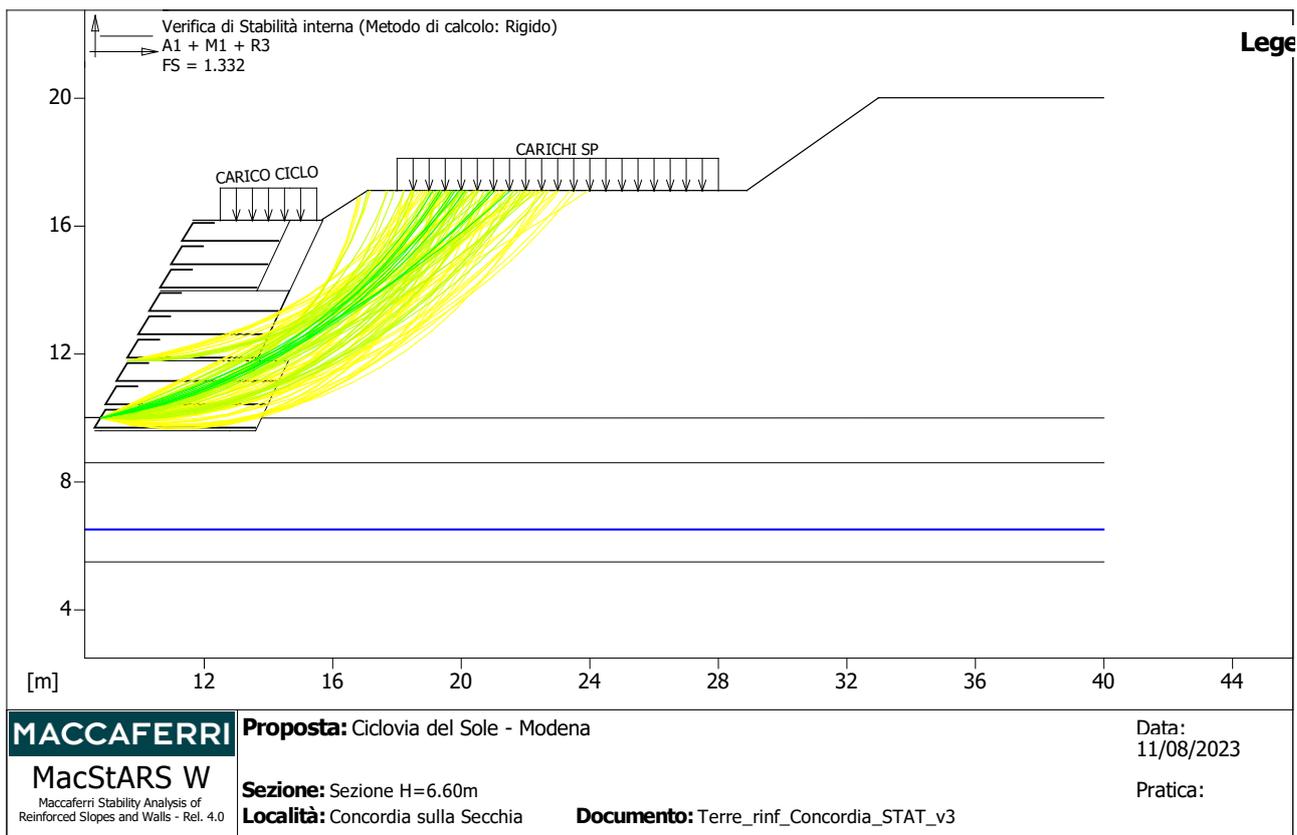
Forza Instabilizzante..... [kN/m].....: 149.68

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

Coefficiente di sicurezza allo scorrimento.....: 1.970  
 Momento Stabilizzante.....[kN\*m/m].....: 2054.40  
 Momento Instabilizzante.....[kN\*m/m].....: 557.76  
 Classe momento.....: Coeff. parziale R - Ribaltamento  
 Coefficiente di sicurezza al ribaltamento.....: 3.203  
 Pressione ultima calcolata con metodo dell'equilibrio limite.

Pressione ultima.....[kN/m<sup>2</sup>].....: 188.95  
 Pressione media agente.....[kN/m<sup>2</sup>].....: 116.27  
 Classe pressione.....: Coeff. parziale R - Capacità portante  
 Coefficiente di sicurezza sulla capacità portante.....: 1.161  
 Fondazione equivalente.....[m].....: 5.00  
 Eccentricità forza normale.....[m].....: -0.16  
 Braccio momento.....[m].....: 3.73  
 Forza normale.....[kN].....: 561.77  
 Pressione estremo di valle.....[kN/m<sup>2</sup>].....: 94.91  
 Pressione estremo di monte.....[kN/m<sup>2</sup>].....: 145.58

Fattore	Classe
1.50	Variabile - sfavorevole
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
1.30	Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - sfavorevole
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



**Verifica di stabilità interna :**

Combinazione di carico : A1 + M1 + R3  
 Calcolo delle forze nei rinforzi col metodo rigido  
 Ricerca delle superfici critiche col metodo di Bishop  
 Coefficiente di sicurezza minimo calcolato.....: 1.332

Intervallo di ricerca delle superfici

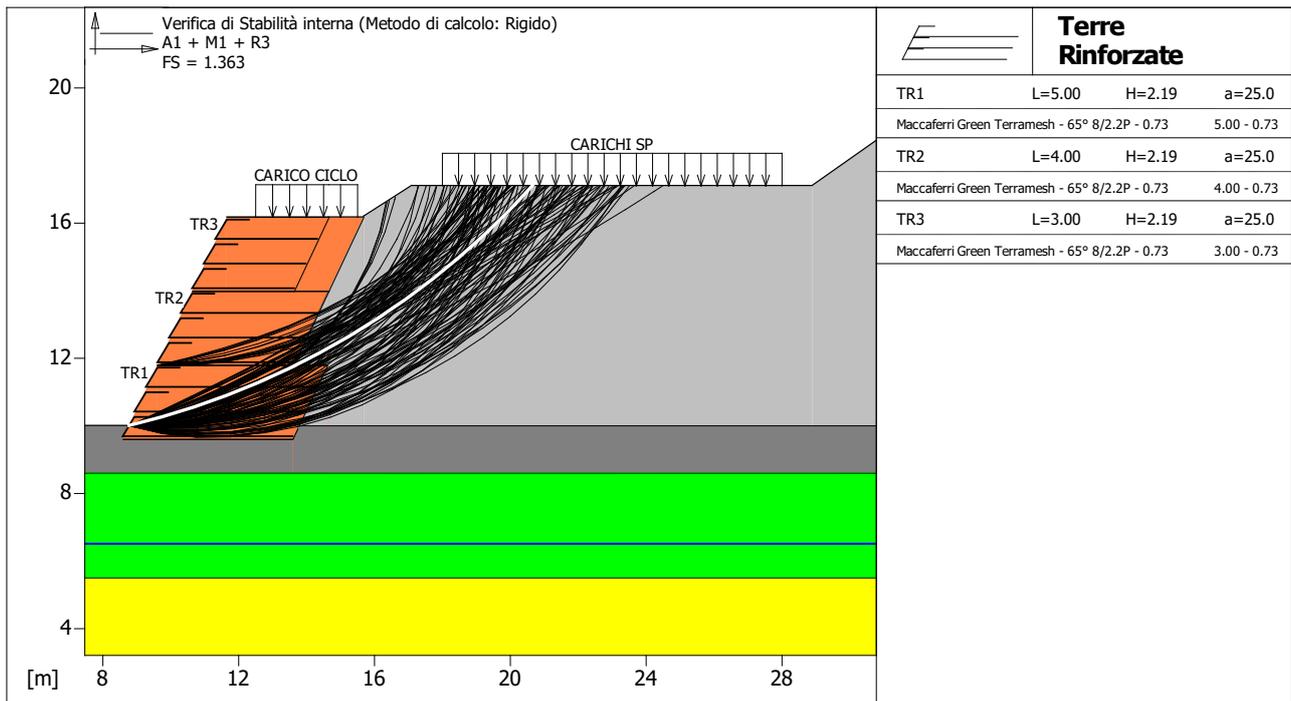
Blocco	Segmento di arrivo, ascisse [m]	
TR1	Primo punto	Secondo punto
	12.50	30.00

Numero punti avvio superfici sul segmento di partenza.....:	1
Numero totale superfici di prova.....:	1000
Lunghezza segmenti delle superfici..... [m].....:	1.00
Angolo limite orario..... [°].....:	0.00
Angolo limite antiorario..... [°].....:	0.00

Blocco : TR1  
Maccaferri - Green Terramesh - 65° - 8/2.2P - 0.73

Y	Tb	Tp	Td	Tb/Td	Tp/Td
[m]	rottura [kN/m]	sfilamento [kN/m]	agente [kN/m]	1/Fmax	
0.730	35.0	332.2	32.1	1.09	10.35
1.460	35.0	203.1	32.1	1.09	6.33

Fattore	Classe
1.50	Variabile - sfavorevole
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
1.30	Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - sfavorevole
1.00	Fs Rottura Rinforzi
1.00	Fs Sfilamento Rinforzi
1.00	Coeff. Parziale R - Stabilità



<b>MACCAFERRI</b>	Proposta: Ciclovía del Sole - Modena	Data: 11/08/2023
MacStARS W <small>Maccaferri Stability Analysis of Reinforced Slopes and Walls - Rel. 4.0</small>	Sezione: Sezione H=6.60m	Pratica:
	Località: Concordia sulla Secchia	Documento: Terre_rinf_Concordia_STAT_v3

**Verifica di stabilità interna :**

Combinazione di carico : A1 + M1 + R3  
 Calcolo delle forze nei rinforzi col metodo rigido  
 Ricerca delle superfici critiche col metodo di Bishop  
 Coefficiente di sicurezza minimo calcolato.....: 1.363

Intervallo di ricerca delle superfici

Blocco	Segmento di arrivo, ascisse [m]	
	Primo punto	Secondo punto
TR1	12.00	30.00
Numero punti avvio superfici sul segmento di partenza.....: 1		
Numero totale superfici di prova.....: 1000		
Lunghezza segmenti delle superfici..... [m].....: 1.00		
Angolo limite orario..... [°].....: 0.00		
Angolo limite antiorario..... [°].....: 0.00		

Blocco : TR1  
 Maccaferri - Green Terramesh - 65° - 8/2.2P - 0.73

Y	Tb	Tp	Td	Tb/Td	Tp/Td
[m]	rottura [kN/m]	sfilamento [kN/m]	agente [kN/m]	1/Fmax	
0.730	35.0	331.0	32.1	1.09	10.31
1.460	35.0	193.3	32.1	1.09	6.02

Fattore	Classe
1.50	Variabile - sfavorevole
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
1.30	Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - sfavorevole
1.00	Fs Rottura Rinforzi
1.00	Fs Sfilamento Rinforzi
1.00	Coeff. Parziale R - Stabilità

## Calcolo delle terre rinforzate – Combinazione sisma 1

Nel presente capitolo si riporta il dettaglio del calcolo e delle verifiche effettuate in condizioni sismiche secondo le combinazioni  $+k_h +k_v$ .

# 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

Michele Baratta

Proposta...: Ciclovía del Sole - Modena

Sezione.....: Sezione H=6.60m

Località.....: Concordia sulla Secchia

Pratica.....:

File.....: Terre\_rinf\_Concordia\_SISMA1\_v3

Data.....: 11/08/2023

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

## CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DEI TERRENI

<b>Terreno : R</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.....	[°].....: 30.00
Rapporto di pressione interstiziale (Ru).....	: 0.00
Classe di peso.....	: Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - sfavorevole
Peso specifico sopra falda.....	[kN/m <sup>3</sup> ].....: 17.50
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

<b>Terreno : RIPORTO</b>	Descrizione : Rip superf
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> ].....: 17.50
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

<b>Terreno : S1</b>	Descrizione : Argille 1
Classe coesione.....	: Coeff. Parziale - Coesione efficace
Coesione.....	[kN/m <sup>2</sup> ].....: 7.00
Classe d'attrito.....	: Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza a taglio
Angolo d'attrito.....	[°].....: 20.00
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> ].....: 20.00
Modulo elastico.....	[kN/m <sup>2</sup> ].....: 0.00
Coefficiente di Poisson.....	: 0.30

<b>Terreno : S2</b>	Descrizione : Sabbie
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.....	[°].....: 25.00
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> ].....: 22.00
Modulo elastico.....	[kN/m <sup>2</sup> ].....: 0.00
Coefficiente di Poisson.....	: 0.30



**Strato: S2**

Descrizione: Sabbie

Terreno : S2

X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]
0.00	5.50	40.00	5.50				

**Strato: S3**

Descrizione: Argille 2

Terreno : S3

X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]
0.00	2.00	40.00	2.00				

**PROFILI FALDE FREATICHE**

**Falda: FALDA**

Descrizione:

X	Y	Y	P	X	Y	Y	P
[m]	[m]	[m]	[kN/m <sup>2</sup> ]	[m]	[m]	[m]	[kN/m <sup>2</sup> ]
0.00	6.50	6.50		40.00	6.50	6.50	

**BLOCCHI RINFORZATI**

**Blocco : TR1**

Dati principali.....[m].....: Larghezza.....= 5.00 Altezza.....= 2.19  
 Coordinate Origine.....[m].....: Ascissa.....= 8.60 Ordinata.....= 9.60  
 Inclinazione paramento...[°].....: 25.00

Rilevato strutturale - materiale tipo.....: Sabbia  
 Rilevato strutturale.....: TR  
 Terreno di riempimento a tergo.....: TR  
 Terreno di copertura.....: TR  
 Terreno di fondazione.....: TR

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° - 8/2.2P - 0.73

Lunghezza.....[m].....= 5.00  
 Interasse.....[m].....= 0.73  
 Risolto.....[m].....= 0.65

**Blocco : TR2**

Dati principali.....[m].....: Larghezza.....= 4.00 Altezza.....= 2.19  
 Arretramento.....[m].....= 0.00 da TR1  
 Inclinazione paramento...[°].....: 25.00

Rilevato strutturale - materiale tipo.....: Sabbia  
 Rilevato strutturale.....: TR  
 Terreno di riempimento a tergo.....: TR  
 Terreno di copertura.....: TR  
 Terreno di fondazione.....: TR

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° - 8/2.2P - 0.73

Lunghezza.....[m]..... = 4.00  
Interasse.....[m]..... = 0.73  
Risolto.....[m]..... = 0.65

**Blocco : TR3**

Dati principali.....[m]..... : Larghezza..... = 3.00 Altezza..... = 2.19  
Arretramento.....[m]..... = 0.00 da TR2  
Inclinazione paramento.....[°]..... : 25.00

Rilevato strutturale - materiale tipo..... : Sabbia  
Rilevato strutturale..... : TR  
Terreno di riempimento a tergo..... : TR  
Terreno di copertura..... : TR  
Terreno di fondazione..... : TR

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° - 8/2.2P - 0.73

Lunghezza.....[m]..... = 3.00  
Interasse.....[m]..... = 0.73  
Risolto.....[m]..... = 0.65

**CARICHI**

**Pressione : CARICHI SP**

Descrizione : Carico strada

Classe : Variabile - sfavorevole  
Intensità.....[kN/m<sup>2</sup>]..... = 4.00 Inclinazione.....[°]..... = 0.00  
Ascissa.....[m]..... : Da = 18.00 To = 28.00

**Pressione : CARICO CICLO**

Descrizione : Carico folla NTC2018

Classe : Variabile - sfavorevole  
Intensità.....[kN/m<sup>2</sup>]..... = 1.00 Inclinazione.....[°]..... = 0.00  
Ascissa.....[m]..... : Da = 12.50 To = 15.50

**Sisma :**

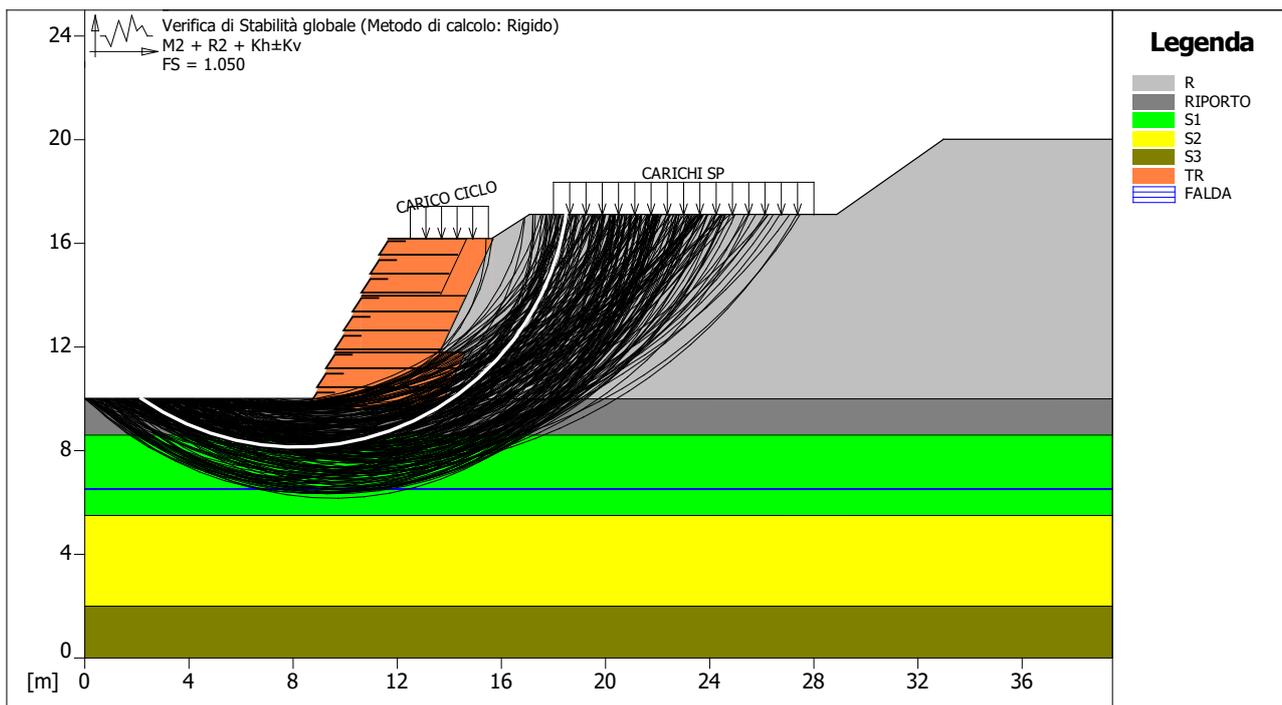
Classe : Sisma  
Accelerazione.....[m/s<sup>2</sup>]..... : Orizzontale..... = 0.72 Verticale..... = 0.36

**PROPRIETA' DEI RINFORZI UTILIZZATI**

Maccaferri - Green Terramesh - 65° - 8/2.2P - 0.73

Carico di rottura Nominale Tr .....	[kN/m].....	35.00
Rapporto di Scorrimento plastico .....		2.00
Coefficiente di Scorrimento elastico .....	[m <sup>3</sup> /kN].....	1.10e-04
Rigidezza estensionale .....	[kN/m].....	350.00
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**



<p><b>MACCAFERRI</b></p> <p><b>MacStARS W</b> Maccaferri Stability Analysis of Reinforced Slopes and Walls - Rel. 4.0</p>	<p><b>Proposta:</b> Ciclovía del Sole - Modena</p> <p><b>Sezione:</b> Sezione H=6.60m</p> <p><b>Località:</b> Concordia sulla Secchia</p>	<p><b>Documento:</b> Terre_rinf_Concordia_SISMA1_v3</p>	<p><b>Data:</b> 11/08/2023</p> <p><b>Pratica:</b></p>

**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 Bishop

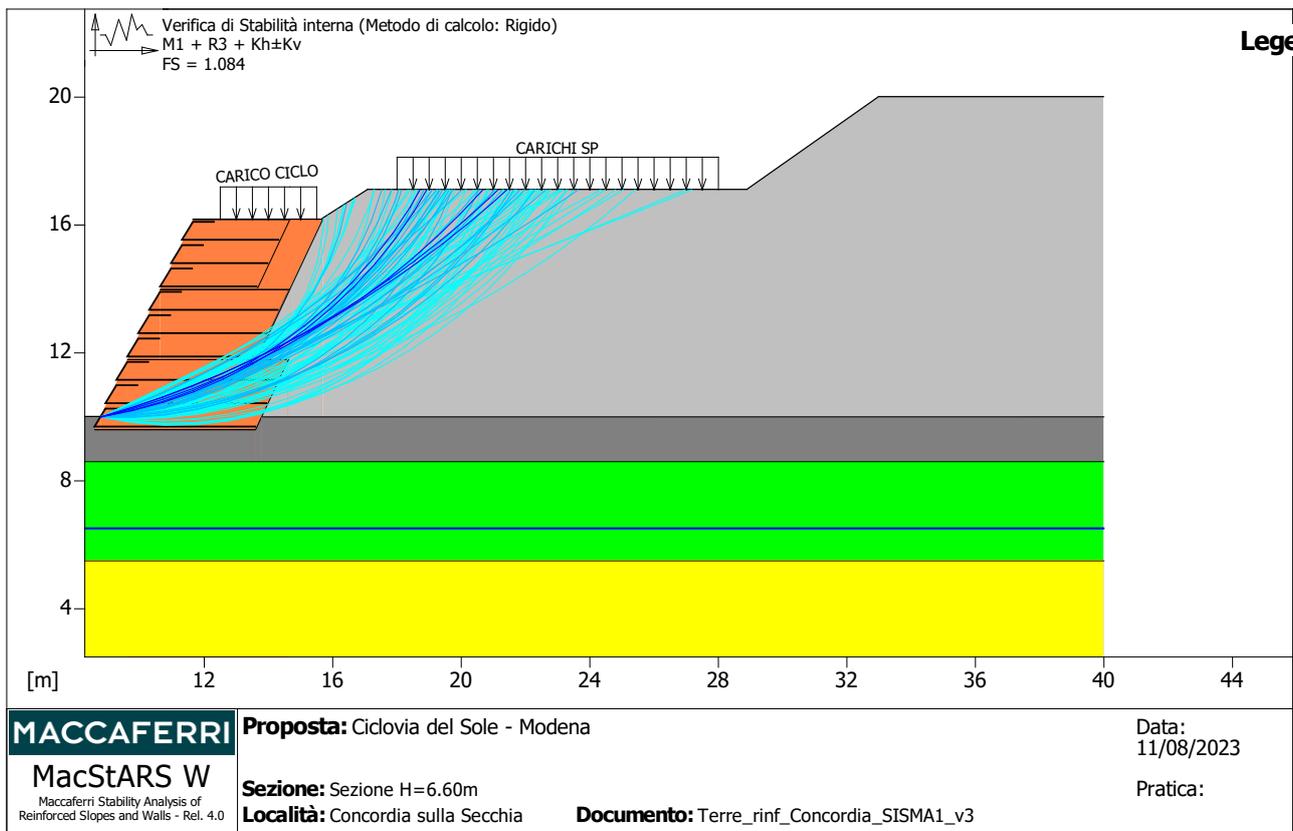
Coefficiente di sicurezza minimo calcolato .....: 1.050

Intervallo di ricerca delle superfici

Segmento di partenza, ascisse [m]		Segmento di arrivo, ascisse [m]	
Primo punto	Secondo punto	Primo punto	Secondo punto
0.00	8.00	15.00	30.00

Numero punti avvio superfici sul segmento di partenza .....: 100  
 Numero totale superfici di prova .....: 1000  
 Lunghezza segmenti delle superfici ..... [m] .....: 1.00  
 Angolo limite orario ..... [°] .....: 0.00  
 Angolo limite antiorario ..... [°] .....: 0.00

<b>Fattore</b>	<b>Classe</b>
1.00	Variabile - sfavorevole
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	Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - sfavorevole
1.00	Fs Rottura Rinforzi
1.00	Fs Sfilamento Rinforzi
1.20	Coeff. Parziale R - Stabilità



**Verifica di stabilità interna :**

Combinazione di carico : M1 + R3 + Kh±Kv

Calcolo delle forze nei rinforzi col metodo rigido

Ricerca delle superfici critiche col metodo di Bishop

Coefficiente di sicurezza minimo calcolato.....: 1.084

Intervallo di ricerca delle superfici

Blocco	Segmento di arrivo, ascisse [m]	
TR1	Primo punto	Secondo punto
	12.00	30.00

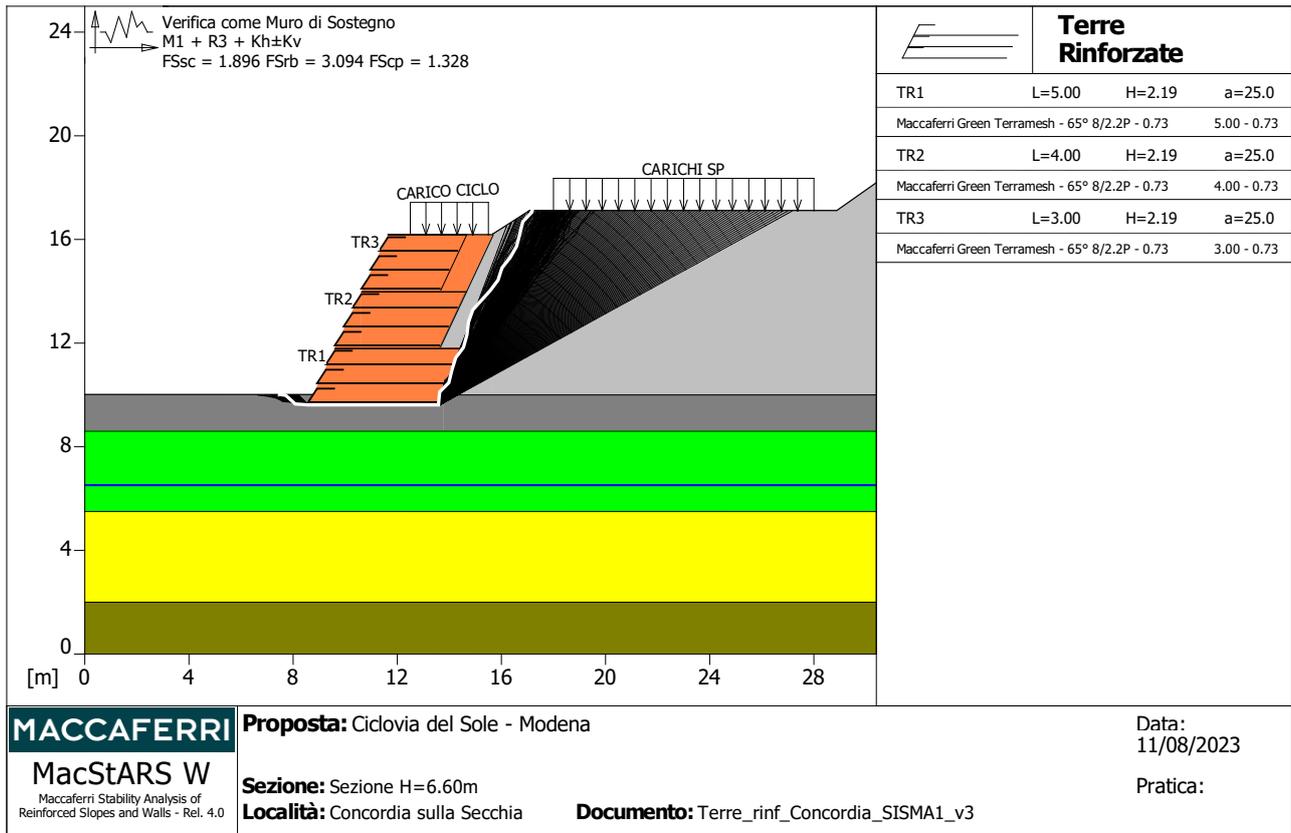
Numero punti avvio superfici sul segmento di partenza.....:	1
Numero totale superfici di prova.....:	1000
Lunghezza segmenti delle superfici..... [m].....:	1.00
Angolo limite orario..... [°].....:	0.00
Angolo limite antiorario..... [°].....:	0.00

Blocco : TR1

Maccaferri - Green Terramesh - 65° - 8/2.2P - 0.73

Y	Tb	Tp	Td	Tb/Td	Tp/Td
[m]	rottura [kN/m]	sfilamento [kN/m]	agente [kN/m]	1/Fmax	
0.730	35.0	315.4	32.1	1.09	9.83
1.460	35.0	173.7	32.1	1.09	5.41

Fattore	Classe
1.00	Variabile - sfavorevole
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	Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - sfavorevole
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 : TR1

Forza Stabilizzante.....[kN/m].....: 301.64

Forza Instabilizzante.....[kN/m].....: 159.09

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

Coefficiente di sicurezza allo scorrimento.....: 1.896

Momento Stabilizzante.....[kN\*m/m].....: 1953.50

Momento Instabilizzante.....[kN\*m/m].....: 631.35

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

Coefficiente di sicurezza al ribaltamento.....: 3.094

Pressione ultima calcolata con metodo dell'equilibrio limite.

Pressione ultima.....[kN/m²].....: 174.08

Pressione media agente.....[kN/m²].....: 109.23

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

Coefficiente di sicurezza sulla capacità portante.....: 1.328

Fondazione equivalente.....[m].....: 5.00

Eccentricità forza normale.....[m].....: -0.03

Braccio momento.....[m].....: 3.97

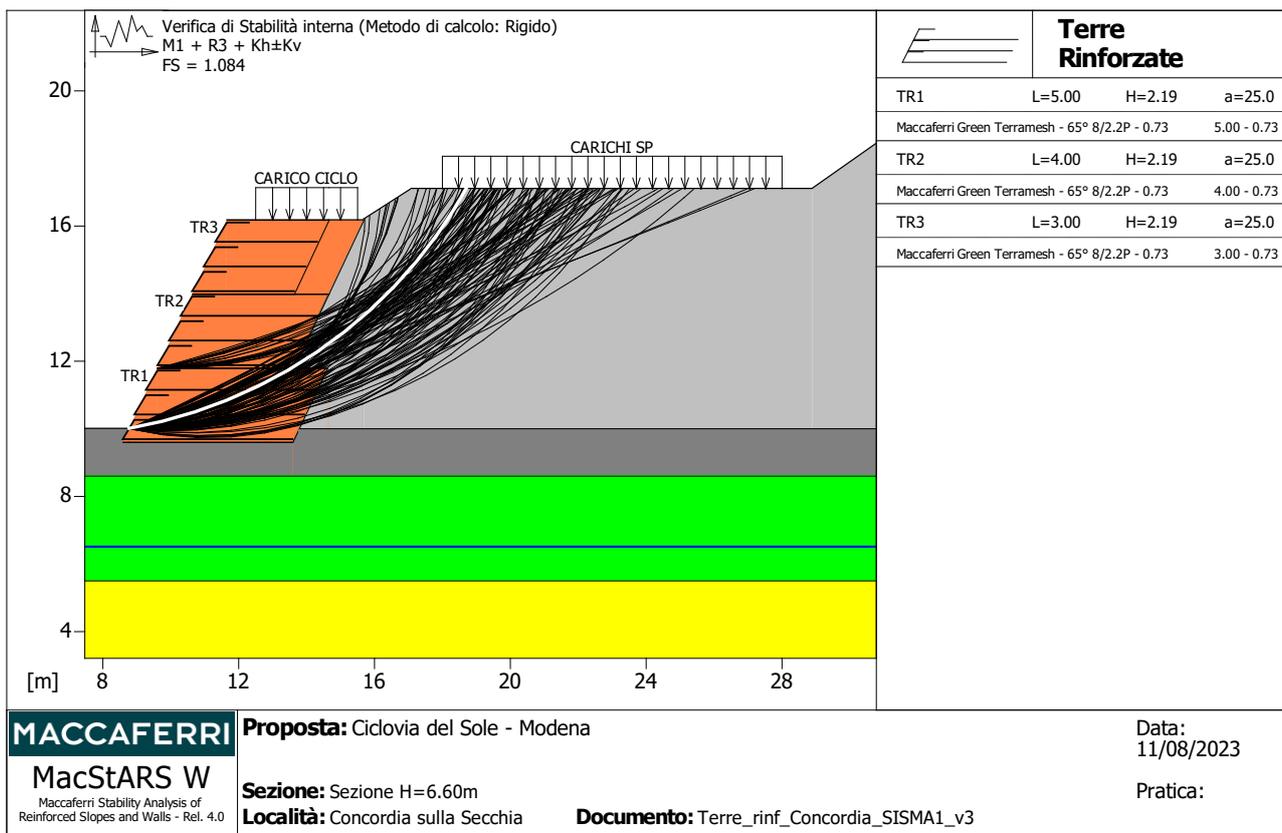
Forza normale.....[kN].....: 522.45

Pressione estremo di valle.....[kN/m²].....: 101.84

Pressione estremo di monte.....[kN/m²].....: 109.75

Fattore 1.00      Classe Variabile - sfavorevole

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	Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - sfavorevole
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



**Verifica di stabilità interna :**

Combinazione di carico : M1 + R3 + Kh±Kv

Calcolo delle forze nei rinforzi col metodo rigido

Ricerca delle superfici critiche col metodo di Bishop

Coefficiente di sicurezza minimo calcolato.....: 1.084

**Intervallo di ricerca delle superfici**

Blocco	Segmento di arrivo, ascisse [m]	
TR1	Primo punto	Secondo punto
	12.00	30.00
Numero punti avvio superfici sul segmento di partenza.....:	1	
Numero totale superfici di prova.....:	1000	
Lunghezza segmenti delle superfici..... [m].....:	1.00	
Angolo limite orario..... [°].....:	0.00	

Angolo limite antiorario.....[°].....: 0.00

Blocco : TR1  
 Maccaferri - Green Terramesh - 65° - 8/2.2P - 0.73

Y	Tb rottura [kN/m]	Tp sfilamento [kN/m]	Td agente [kN/m]	Tb/Td 1/Fmax	Tp/Td
0.730	35.0	315.4	32.1	1.09	9.83
1.460	35.0	173.7	32.1	1.09	5.41

Fattore	Classe
1.00	Variabile - sfavorevole
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	Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - sfavorevole
1.00	Fs Rottura Rinforzi
1.00	Fs Sfilamento Rinforzi
1.20	Coeff. Parziale R - Stabilità

---

## Calcolo delle terre rinforzate – Combinazione sisma 2

Nel presente capitolo si riporta il dettaglio del calcolo e delle verifiche effettuate in condizioni sismiche secondo le combinazioni  $+k_h -k_v$ .

# 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

Michele Baratta

Proposta...: Ciclovía del Sole - Modena

Sezione.....: Sezione H=6.60m

Località.....: Concordia sulla Secchia

Pratica.....:

File.....: Terre\_rinf\_Concordia\_SISMA2\_v3

Data.....: 11/08/2023

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

## CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DEI TERRENI

<b>Terreno : R</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.....	[°].....	30.00
Rapporto di pressione interstiziale (Ru).....		0.00
Classe di peso.....	: Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - sfavorevole	
Peso specifico sopra falda.....	[kN/m <sup>3</sup> ].....	17.50
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
<b>Terreno : RIPORTO</b>	Descrizione : Rip superf	
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> ].....	17.50
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
<b>Terreno : S1</b>	Descrizione : Argille 1	
Classe coesione.....	: Coeff. Parziale - Coesione efficace	
Coesione.....	[kN/m <sup>2</sup> ].....	7.00
Classe d'attrito.....	: Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza a taglio	
Angolo d'attrito.....	[°].....	20.00
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> ].....	20.00
Modulo elastico.....	[kN/m <sup>2</sup> ].....	0.00
Coefficiente di Poisson.....		0.30
<b>Terreno : S2</b>	Descrizione : Sabbie	
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.....	[°].....	25.00
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> ].....	22.00
Modulo elastico.....	[kN/m <sup>2</sup> ].....	0.00



**Strato: S2**

Descrizione: Sabbie

Terreno : S2

X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]
0.00	5.50	40.00	5.50				

**Strato: S3**

Descrizione: Argille 2

Terreno : S3

X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]
0.00	2.00	40.00	2.00				

**PROFILI FALDE FREATICHE**

**Falda: FALDA**

Descrizione:

X	Y	Y	P	X	Y	Y	P
[m]	[m]	[m]	[kN/m <sup>2</sup> ]	[m]	[m]	[m]	[kN/m <sup>2</sup> ]
0.00	6.50	6.50		40.00	6.50	6.50	

**BLOCCHI RINFORZATI**

**Blocco : TR1**

Dati principali.....[m].....: Larghezza.....= 5.00 Altezza.....= 2.19  
Coordinate Origine.....[m].....: Ascissa.....= 8.60 Ordinata.....= 9.60  
Inclinazione paramento...[°].....: 25.00

Rilevato strutturale - materiale tipo.....: Sabbia  
Rilevato strutturale.....: TR  
Terreno di riempimento a tergo.....: TR  
Terreno di copertura.....: TR  
Terreno di fondazione.....: TR

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° - 8/2.2P - 0.73

Lunghezza.....[m].....= 5.00  
Interasse.....[m].....= 0.73  
Risolto.....[m].....= 0.65

**Blocco : TR2**

Dati principali.....[m].....: Larghezza.....= 4.00 Altezza.....= 2.19  
Arretramento.....[m].....= 0.00 da TR1  
Inclinazione paramento...[°].....: 25.00

Rilevato strutturale - materiale tipo.....: Sabbia  
Rilevato strutturale.....: TR  
Terreno di riempimento a tergo.....: TR  
Terreno di copertura.....: TR

Terreno di fondazione.....: TR

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° - 8/2.2P - 0.73

Lunghezza.....[m]..... = 4.00

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

Risvolto.....[m]..... = 0.65

**Blocco : TR3**

Dati principali.....[m].....: Larghezza..... = 3.00 Altezza..... = 2.19

Arretramento.....[m]..... = 0.00 da TR2

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

Rilevato strutturale - materiale tipo.....: Sabbia

Rilevato strutturale.....: TR

Terreno di riempimento a tergo.....: TR

Terreno di copertura.....: TR

Terreno di fondazione.....: TR

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° - 8/2.2P - 0.73

Lunghezza.....[m]..... = 3.00

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

Risvolto.....[m]..... = 0.65

**CARICHI**

**Pressione : CARICHI SP** Descrizione : Carico strada

Classe : Variabile - sfavorevole

Intensità.....[kN/m<sup>2</sup>].. = 4.00 Inclinazione.....[°].. = 0.00

Ascissa.....[m] : Da = 18.00 To = 28.00

**Pressione : CARICO CICLO** Descrizione : Carico folla NTC2018

Classe : Variabile - sfavorevole

Intensità.....[kN/m<sup>2</sup>].. = 1.00 Inclinazione.....[°].. = 0.00

Ascissa.....[m] : Da = 12.50 To = 15.50

**Sisma :**

Classe : Sisma

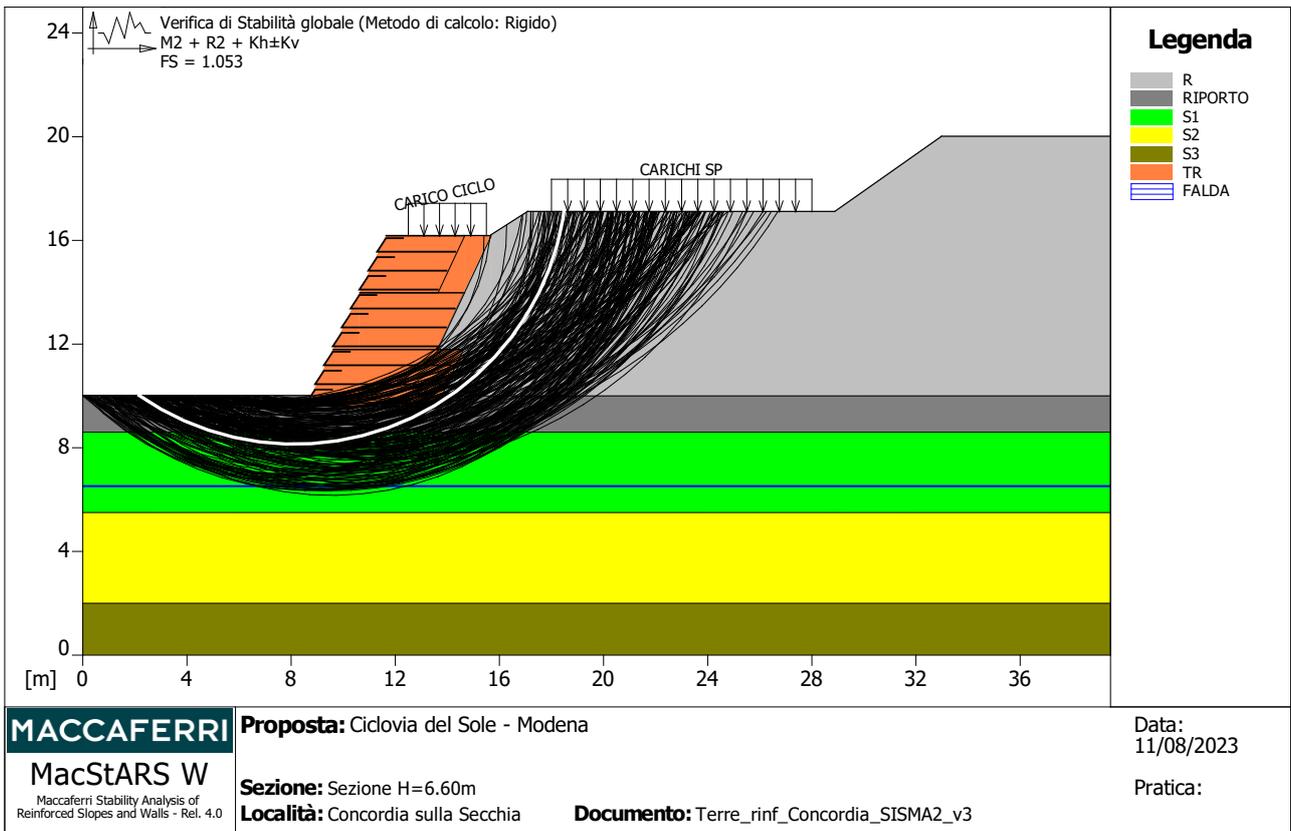
Accelerazione...[m/s<sup>2</sup>]...: Orizzontale..... = 0.72 Verticale..... = -0.36

**PROPRIETA' DEI RINFORZI UTILIZZATI**

Maccaferri - Green Terramesh - 65° - 8/2.2P - 0.73

Carico di rottura Nominale Tr .....	[kN/m].....	35.00
Rapporto di Scorrimento plastico .....		2.00
Coefficiente di Scorrimento elastico .....	[m³/kN].....	1.10e-04
Rigidità estensionale .....	[kN/m].....	350.00
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**



### 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 Bishop

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
0.00	8.00	15.00	30.00

Numero punti avvio superfici sul segmento di partenza ..... : 100

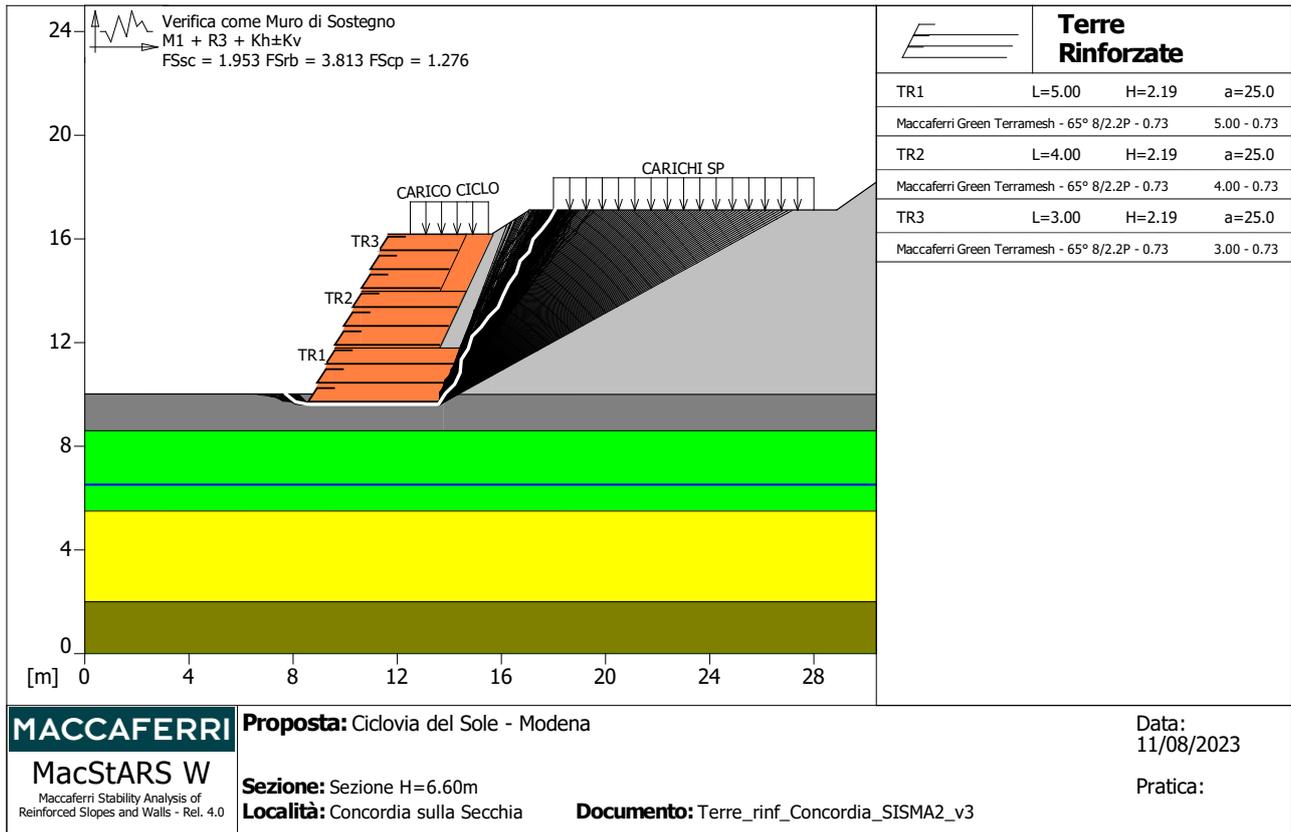
Numero totale superfici di prova ..... : 1000

Lunghezza segmenti delle superfici ..... [m] ..... : 1.00

Angolo limite orario ..... [°] ..... : 0.00

Angolo limite antiorario ..... [°] ..... : 0.00

Fattore	Classe
1.00	Variabile - sfavorevole
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	Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - sfavorevole
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> Ciclovia del Sole - Modena	<b>Data:</b> 11/08/2023
	<b>Sezione:</b> Sezione H=6.60m <b>Località:</b> Concordia sulla Secchia	<b>Documento:</b> Terre_rinf_Concordia_SISMA2_v3

**Verifica come muro di sostegno :**

Combinazione di carico : M1 + R3 + Kh±Kv

Stabilità verificata sul blocco : TR1

Forza Stabilizzante.....[kN/m].....: 324.40

Forza Instabilizzante.....[kN/m].....: 166.12

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

Coefficiente di sicurezza allo scorrimento.....: 1.953

Momento Stabilizzante.....[kN\*m/m].....: 1953.50

Momento Instabilizzante.....[kN\*m/m].....: 512.36

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

Coefficiente di sicurezza al ribaltamento.....: 3.813

Pressione ultima calcolata con metodo dell'equilibrio limite.

Pressione ultima.....[kN/m²].....: 179.44

Pressione media agente.....[kN/m²].....: 117.18

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

Coefficiente di sicurezza sulla capacità portante.....: 1.276

Fondazione equivalente.....[m].....: 5.00

Eccentricità forza normale.....[m].....: -0.06

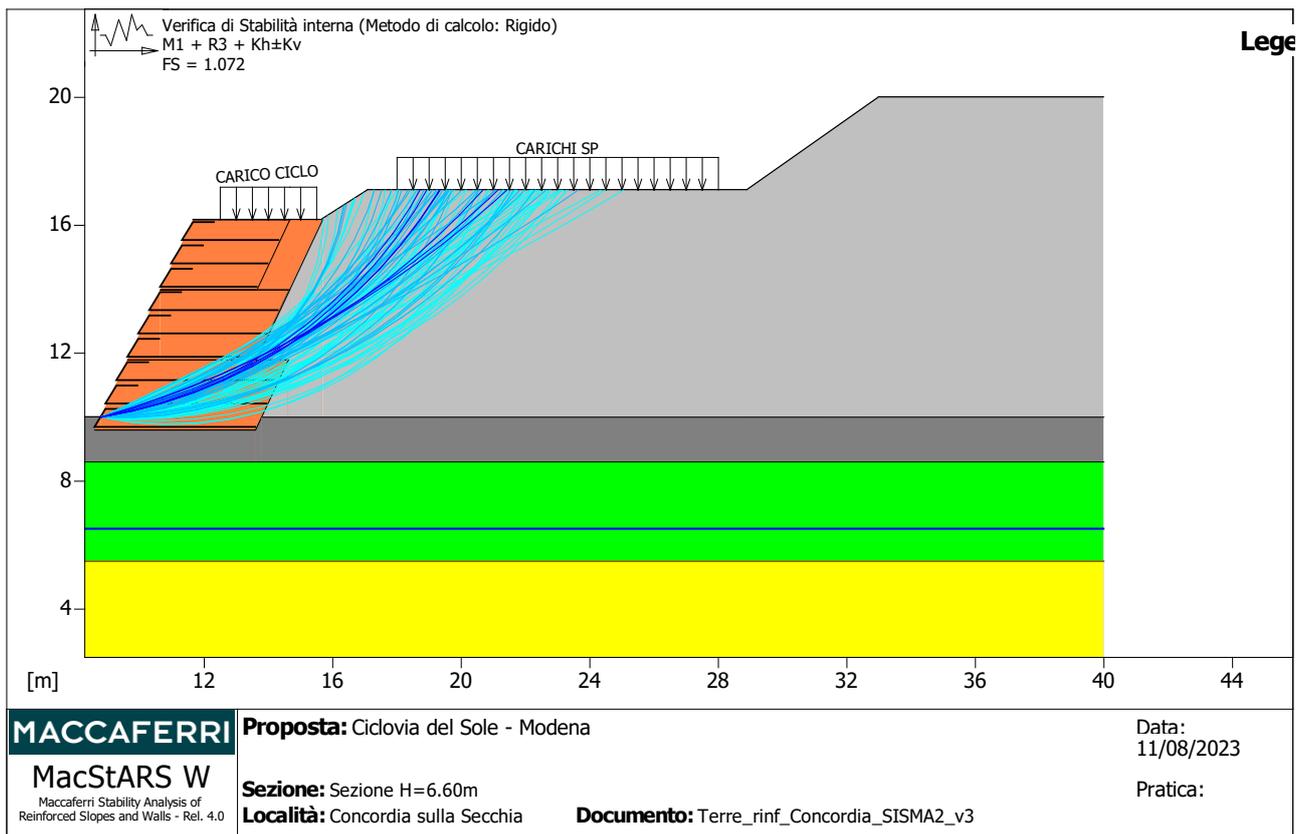
Braccio momento.....[m].....: 3.08

Forza normale.....[kN].....: 561.87

Pressione estremo di valle.....[kN/m²].....: 106.14

Pressione estremo di monte.....[kN/m²].....: 124.61

Fattore	Classe
1.00	Variabile - sfavorevole
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	Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - sfavorevole
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



<b>MACCAFERRI</b>	<b>Proposta:</b> Ciclovia del Sole - Modena	<b>Data:</b> 11/08/2023
<b>MacStARS W</b> <small>Maccaferri Stability Analysis of Reinforced Slopes and Walls - Rel. 4.0</small>	<b>Sezione:</b> Sezione H=6.60m	<b>Pratica:</b>
	<b>Località:</b> Concordia sulla Secchia	<b>Documento:</b> Terre_rinf_Concordia_SISMA2_v3

**Verifica di stabilità interna :**

Combinazione di carico : M1 + R3 + Kh±Kv

Calcolo delle forze nei rinforzi col metodo rigido

Ricerca delle superfici critiche col metodo di Bishop

Coefficiente di sicurezza minimo calcolato.....: 1.072

Intervallo di ricerca delle superfici

Blocco	Segmento di arrivo, ascisse [m]	
TR1	Primo punto	Secondo punto
	12.00	30.00

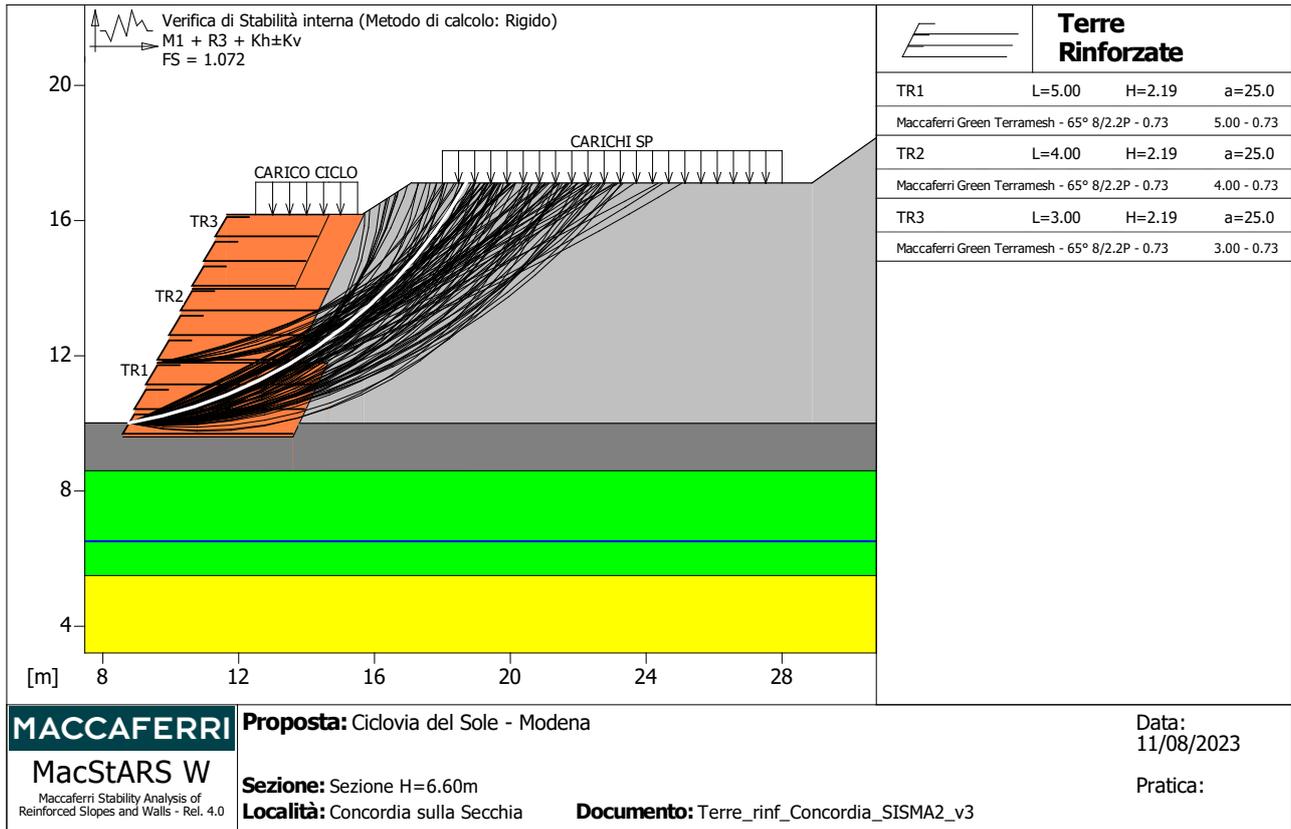
Numero punti avvio superfici sul segmento di partenza.....: 1

Numero totale superfici di prova.....: 1000  
 Lunghezza segmenti delle superfici..... [m].....: 1.00  
 Angolo limite orario.....[°].....: 0.00  
 Angolo limite antiorario.....[°].....: 0.00

**Blocco : TR1**  
**Maccaferri - Green Terramesh - 65° - 8/2.2P - 0.73**

Y	Tb	Tp	Td	Tb/Td	Tp/Td
[m]	rottura [kN/m]	sfilamento [kN/m]	agente [kN/m]	1/Fmax	
0.730	35.0	315.4	32.1	1.09	9.83
1.460	35.0	173.7	32.1	1.09	5.41

Fattore	Classe
1.00	Variabile - sfavorevole
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	Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - sfavorevole
1.00	Fs Rottura Rinforzi
1.00	Fs Sfilamento Rinforzi
1.20	Coeff. Parziale R - Stabilità



### Verifica di stabilità interna :

Combinazione di carico : M1 + R3 + Kh±Kv

Calcolo delle forze nei rinforzi col metodo rigido

Ricerca delle superfici critiche col metodo di Bishop

Coefficiente di sicurezza minimo calcolato .....: 1.072

#### Intervallo di ricerca delle superfici

Blocco TR1	Segmento di arrivo, ascisse [m]	
	Primo punto 12.00	Secondo punto 30.00
Numero punti avvio superfici sul segmento di partenza.....:	1	
Numero totale superfici di prova.....:	1000	
Lunghezza segmenti delle superfici..... [m].....:	1.00	
Angolo limite orario..... [°].....:	0.00	
Angolo limite antiorario..... [°].....:	0.00	

#### Blocco : TR1

Maccaferri - Green Terramesh - 65° - 8/2.2P - 0.73

Y	Tb rottura [kN/m]	Tp sfilamento [kN/m]	Td agente [kN/m]	Tb/Td 1/Fmax	Tp/Td
0.730	35.0	315.4	32.1	1.09	9.83
1.460	35.0	173.7	32.1	1.09	5.41

Fattore	Classe
1.00	Variabile - sfavorevole
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	Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - sfavorevole
1.00	Fs Rottura Rinforzi
1.00	Fs Sfilamento Rinforzi
1.20	Coeff. Parziale R - Stabilità

## Considerazioni sui cedimenti post sismici

Si fa riferimento a quanto illustrato al paragrafo 6.7 “Verifica a liquefazione” della relazione geologica allegata al presente progetto esecutivo.

Se ne riporta un estratto:

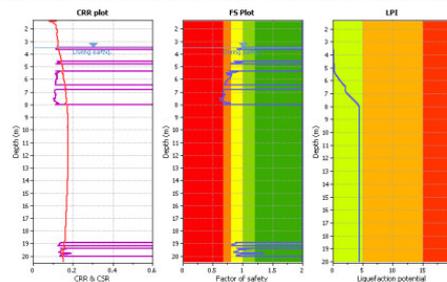
Gli indici di potenziale liquefazione ottenuti dall'elaborazione delle due prove penetrometriche sono risultati pari a:

CPTU\_01: **IL = 4.44**

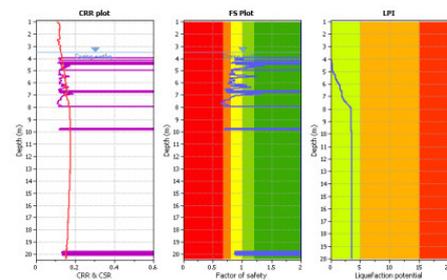
CPTU\_02: **IL = 3.52**

Entrambi i valori ottenuti, secondo la classificazione Sonmez (2003) sono indicativi di un rischio di liquefazione **Moderato**.

Di seguito si riportano i grafici relativi alla verifica a liquefazione preliminare.



Rapporto di resistenza ciclica CRR –CPTU\_01, fattore di sicurezza FS, Indice di potenziale liquefazione IL



Rapporto di resistenza ciclica CRR –CPTU\_02, fattore di sicurezza FS, Indice di potenziale liquefazione IL

CICLOVIA DEL SOLE VERONA FIRENZE TRONCHI 7 E 9 TRATTI IN PROVINCIA DI MODENA  
PROGETTO ESECUTIVO - RSP 1-1-A RELAZIONE GEOLOGICA



Input parameters and analysis data		F.S. color scheme		LPI color scheme	
Analysis method:	S&S (CIS-9)	Almost certain it will liquefy	Very high risk	Very high risk	Very high risk
Flow correction method:	S&S (CIS-9)	Very likely to liquefy	High risk	High risk	High risk
Points to test:	Based on S <sub>v</sub> values	Liquefaction and no S <sub>v</sub> are equally likely	Low risk	Low risk	Low risk
Earthquake magnitude: M <sub>w</sub>	6.14	Unable to liquefy	Very low risk	Very low risk	Very low risk
Peak ground acceleration:	0.24	Almost certain it will not liquefy			
Depth to water table (depth):	-1.92 m				
Depth to CRT (center):	1.92 m				
Average media lateral:	3				
S <sub>v</sub> cut-off value:	2.66				
Unit weight calculation:	Based on SRT				
Use fill:	No				
Fill height:	N/A				
Fill weight:	N/A				
Transition detect:	applied:	No			
K <sub>u</sub> applied:	Yes				
Clay like behavior:	applied:	No			
Seismicity:	Seismic only				
Limit depth:	applied:	No			
Limit depth:	N/A				

E' stata effettuata una stima dei cedimenti post sismici free-field del sottosuolo dell'area in studio per le due CPTU eseguite e sono stati determinati i seguenti valori:

Total estimated settlement CPTU 1: 12,49 cm

Total estimated settlement CPTU 2: 11,33 cm

In allegato sono riportate le elaborazioni complete del calcolo dei cedimenti post-sismici.

Il progettista dovrà valutare se i cedimenti post-sismici stimati sono compatibili con l'opera in progetto.

Risulta pertanto un rischio di liquefazione moderato, dovuto alla presenza di uno strato sabbioso debolmente addensato compreso tra le quote -4.5m e -8.0m rispetto al piano campagna.

E' inoltre determinato un valore di cedimento post sismico stimato pari a circa 12cm.

Si fa riferimento a quanto prescritto al par.7.11.3.4 delle NTC2018 (di cui si riporta un estratto):

**7.11.3.4 STABILITÀ NEI CONFRONTI DELLA LIQUEFAZIONE**

**7.11.3.4.1 Generalità**

Il sito presso il quale è ubicato il manufatto deve essere stabile nei confronti della liquefazione, intendendo con tale termine quei fenomeni associati alla perdita di resistenza al taglio o ad accumulo di deformazioni plastiche in terreni saturi, prevalentemente sabbiosi, sollecitati da azioni cicliche e dinamiche che agiscono in condizioni non drenate.

Se il terreno risulta suscettibile di liquefazione e gli effetti conseguenti appaiono tali da influire sulle condizioni di stabilità di pendii o manufatti, occorre procedere ad interventi di consolidamento del terreno e/o trasferire il carico a strati di terreno non suscettibili di liquefazione.

In assenza di interventi di miglioramento del terreno, l'impiego di fondazioni profonde richiede comunque la valutazione della riduzione della capacità portante e degli incrementi delle sollecitazioni indotti nei pali.

Alla luce di quanto sopra esposto, si ritiene che la stabilità delle terre rinforzate in progetto non sia influenzata in maniera sostanziale dalla moderata suscettibilità a liquefazione emersa per lo strato di sabbie posto a profondità -4.50m dal piano campagna.

Si ritiene, infatti, che un abbassamento del piano campagna stimato in circa 12cm che si dovesse registrare a seguito di evento sismico coinvolgerebbe il sistema rilevato esistente-terre armate nel suo complesso, dando luogo a una traslazione rigida dell'intero manufatto, anche alla luce del forte ammorsamento previsto tra il rilevato esistente e le terre rinforzate che, di fatto, ne costituiscono un allargamento.

Tale soluzione di allargamento, peraltro, per via delle sue caratteristiche di leggerezza e duttilità (intesa come capacità di assorbire spostamenti differenziali), risulta la più compatibile col contesto in esame.

## Accettabilità dei risultati (Cap.10.2 NTC2018)

### Verifica dei risultati

Si illustra la verifica affidabilità effettuata sul codice di calcolo Mac StARS W 4.0 utilizzato.

**MACCAFERRI**Via Agresti, 6 - P.O. BOX 396 - 40123 Bologna (Italia)  
Tel. (+39) 051-6436000 - Fax (+39) 051-236507  
www.maccaferri.com

Roma, 27/10/2011

### **TO WHOM IT MAY CONCERN**

#### **SUBJECT: Validation of Macstars W software**

This is to declare that the comparative checks made with both hand calculations and other commercial softwares (Pangeo, Flac, Plaxis, Geoslope, Slope-W, Talren: see bibliography) have shown that the software Macstars-W developed by Officine Maccaferri S.p.A. for the design and check of reinforced soil structures is fully reliable and its numerical results are comparable with those of the above referred softwares.

Name: Prof. Eng. Quintilio Napoleoni

Designation: Assistant Professor in Geotechnical Engineering at the Engineering Faculty of the University of Rome "Sapienza"

(Office Stamp)



#### **BIBLIOGRAFIA**

- [1] GIVANNI I. 2001 - Limiti dei metodi tradizionali nelle verifiche di stabilità di opere in terra rinforzata con geomateriali, Università degli Studi di Ferrara - Tesi di Laurea
- [2] COEN G. 2001 - Analisi di strutture in terra rinforzata; Università degli Studi di Roma "La Sapienza" - Tesi di Laurea
- [3] EEG SIMECSOL 2003 - Norinter - Soutements en remblai renforcé; Rapporto non pubblicato
- [4] VICARI M., DURAN DA SILVA J. - Lessons learned from the numerical modelling of a retaining wall with non-uniform reinforcements, INFOGEO 2005, Belo Horizonte
- 5) NAPOLEONI Q. 2010 - Verifica di terre rinforzate con software all'equilibrio globale e agli elementi finiti. Rapporto non pubblicato

# MACCAFERRI

Via Agresti, 6 - P.O. BOX 396 - 40123 Bologna (Italia)  
Tel. (+39) 051-6436000 - Fax (+39) 051-236507  
www.maccaferri.com

## NOTA TECNICA: VALIDAZIONE DI MACSTARS W

1.

2. Il programma Macstars W è stato sottoposto a numerosi confronti numerici sia con calcoli manuali che con altri softwares di analisi di stabilità dei pendii, allo scopo di verificare la correttezza dei suoi risultati.

Gli studi hanno visto il confronto tra i risultati del Macstars e:

- calcolo manuale
- software PANGEO-Pendii
- software SLOPE-W
- software TALREN

3. 1 - CONFRONTO CON IL CALCOLO MANUALE UTILIZZANDO IL METODO JANBU

Il confronto è stato realizzato utilizzando il metodo di Janbu, prefissando la superficie di scivolamento e studiando, per semplicità, un caso di 2 concii [1].

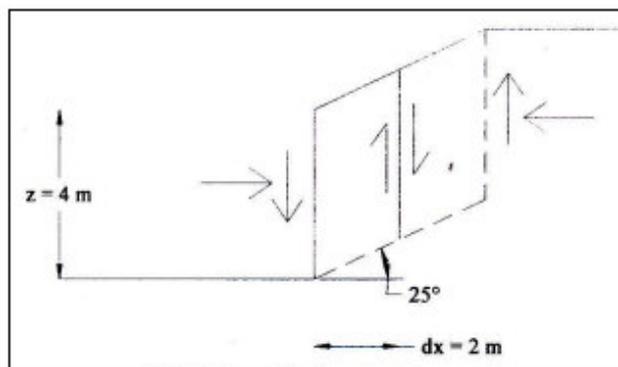


Fig. 1: Schema utilizzato nel calcolo manuale

I risultati, riportati nella tabella seguente sono pressoché coincidenti (scostamento massimo pari al 1.4%), tranne il caso 5 (scostamento pari al 13%), in cui entrano in gioco le diverse ipotesi di diffusione dei carichi all'interno del rilevato tra calcolo manuale (che riporta il carico applicato in sommità alla base del concio interessato) e Macstars W (che utilizza un semiangolo di circa 27° dalla direzione del carico).

CASO	SCHEMA DI CALCOLO	FS Macstars	FS Manual e	Differenza %
1	Naturale	1.341	1.34	0
2	Sovraccarico orizzontale uniforme sul pendio	3.918	3.917	0
3	Sovraccarico uniforme ortogonale al pendio	2.339	2.339	0
4	Carichi concentrati ortogonali al pendio nei punti medi dei concii	1.940	1.939	0
5	Carichi concentrati ad inclinazione 25° nei punti medi dei concii	1.150	0.994	+ 13.5
6	Carico concentrato ortogonale al pendio nel punto medio del primo concio	1.640	1.639	0
7	Falda in quiete	0.678	0.664	+ 2
8	Falda in moto	0.706	0.696	+ 1.4
9	Con rinforzo	1.971	1.971	0

Tab. 1: confronto con il calcolo manuale

2 - CONFRONTO CON IL PROGRAMMA DI CALCOLO PANGEO - PENDII

Pangeo-Pendii è un programma che consente di determinare il coefficiente di sicurezza lungo possibili superfici di rottura per definite sezioni di un pendio, utilizzando metodi all'equilibrio limite [1]

Il codice considera la presenza di terreni anisotropi omogenei e stratificati, coesivi e incoerenti, in presenza di falda freatica e di eventuali carichi esterni quali azioni sismiche superficiali e tiranti di ancoraggio.

**MACCAFERRI**

Via Agresti, 6 - P.O. BOX 396 - 40123 Bologna (Italia)  
Tel. (+39) 051-6436000 - Fax (+39) 051-236507  
www.maccaferri.com

Sono state effettuate verifiche con varie situazioni di falda in quiete e con filtrazione ed in varie condizioni di sovraccarico, utilizzando pendii omogenei infinitamente estesi e con inclinazione 25° in ghiaia, sabbia, limo e argilla, sia senza rinforzi che con forze applicate per simulare i rinforzi.

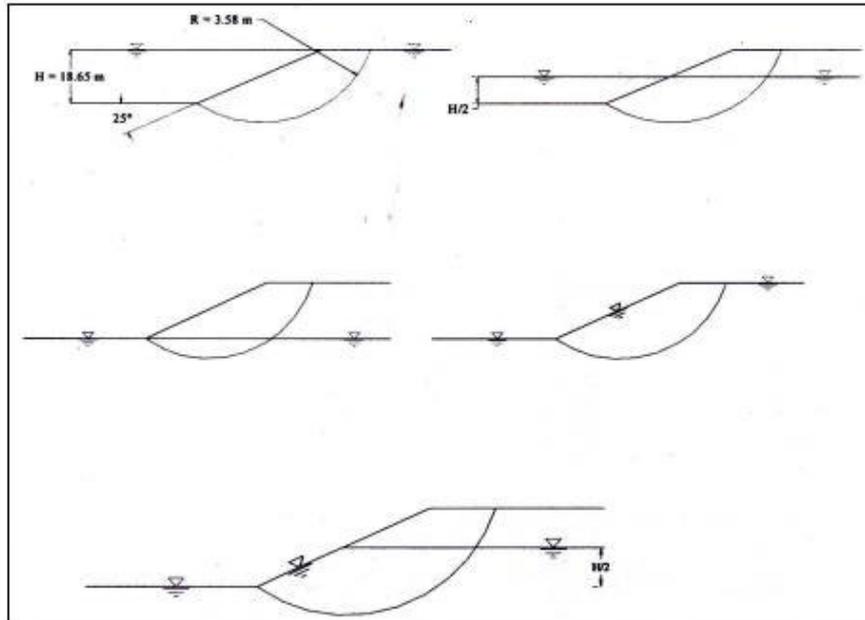


Fig. 2: Schemi utilizzati nel confronto con Pangeo-Pendii

Le verifiche sono state effettuate con i metodi di Bishop e Janbu con superficie assegnata e i risultati sono riportati nella tabella seguente relativamente ai casi con ghiaia e argilla:

Casi con falda (Bishop – Argilla)	FS Macstars	FS Pendii	Δ %
Pendio completamente sommerso – falda in quieta	2.237	2.226	+0.3
Pendio parzialmente sommerso – falda in quieta	1.703	1.678	+0.3
Pendio fuori falda – falda in quieta	1.912	1.902	+0.5
Pendio completamente in filtrazione	0.69	1.026	-48.7
Pendio parzialmente in filtrazione	0.977	1.145	-17
Casi con falda (Bishop – Ghiaia)	FS Macstars	Fs Pendii	Δ %
Pendio completamente sommerso – falda in quieta	2.942	2.93	+0.4
Pendio parzialmente sommerso – falda in quieta	2.306	2.286	+0.9
Pendio fuori falda – falda in quieta	2.549	2.542	+0.3
Pendio completamente in filtrazione	1.037	1.511	-45.7
Pendio parzialmente in filtrazione	1.608	1.876	-16.7

# MACCAFERRI

Via Agresti, 6 - P.O. BOX 396 - 40123 Bologna (Italia)  
Tel. (+39) 051-6436000 - Fax (+39) 051-236507  
www.maccaferri.com

Casi con sovraccarico distribuito (Argilla – Janbu)		FS Macstars	Fs Pendii	Δ %
Q = 0		2.233	2.263	-1.3
Q = 100 kPa		1.897	1.768	+5.8
Q = 500 kPa		1.363	1.127	+17.3
Q = 1000 kPa		1.14	0.891	+21.8
Casi con sovraccarico distribuito (Ghiaia – Janbu)		Fs Macstars	Fs Pendii	Δ %
Q = 0		2.871	2.907	-1.3
Q = 100 kPa		2.442	2.34	+4.2
Q = 500 kPa		1.835	1.531	+16.6
Q = 1000 kPa		1.539	1.214	+21.1

Tab. 2: confronto con il programma Pangeo-Pendii

Gli scostamenti tra i due programmi risultano sensibili solo per pendio in filtrazione (fino al 50% quando la falda è parallela al profilo del pendio), in quanto le ipotesi di calcolo di Pangeo – Pendii non sono in grado di tenere in conto correttamente della componente orizzontale di una falda inclinata. Macstars, invece, considera correttamente le forze idrodinamiche come verificato dal confronto con il calcolo manuale (caso 8).

Per quanto riguarda invece le differenze dei risultati nel caso con carichi distribuiti, essa è dovuta al fatto che in Macstars i carichi distribuiti vengono riportati alla base dei conci interessati in sommità, senza alcuna diffusione laterale, mentre tale Pangeo-Pendii la considera. In ogni caso tale differenza risulta essere sostanziale solo in caso di presenza di carichi distribuiti molto superiori a quelli realmente presenti.

### 3 - CONFRONTO CON SLOPE/W E MACSTARS W

Slope/W è un programma di stabilità dei pendii realizzato dalla Geo-Slope International, ampiamente utilizzato in geotecnica per le verifiche di stabilità che prevede la possibilità di inserire elementi di rinforzo del tipo geosintetici.

Il confronto è stato realizzato su di una struttura mista costituita da tre bancate sovrapposte, ciascuna di altezza 5 m e composta da 7 elementi Terramesh a 3 geogriglie Paralink 200 M.

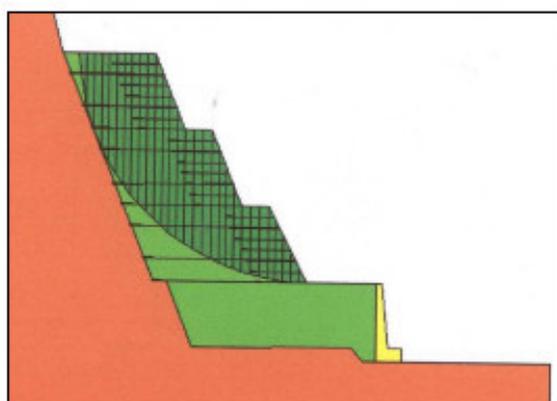


Fig. 3: schema utilizzato nel confronto con Slope/W

I risultati ottenuti sono messi a confronto nei grafici seguenti:

**MACCAFERRI**

Via Agresti, 6 - P.O. BOX 396 - 40123 Bologna (Italia)  
Tel. (+39) 051-6436000 - Fax (+39) 051-236507  
www.maccaferri.com

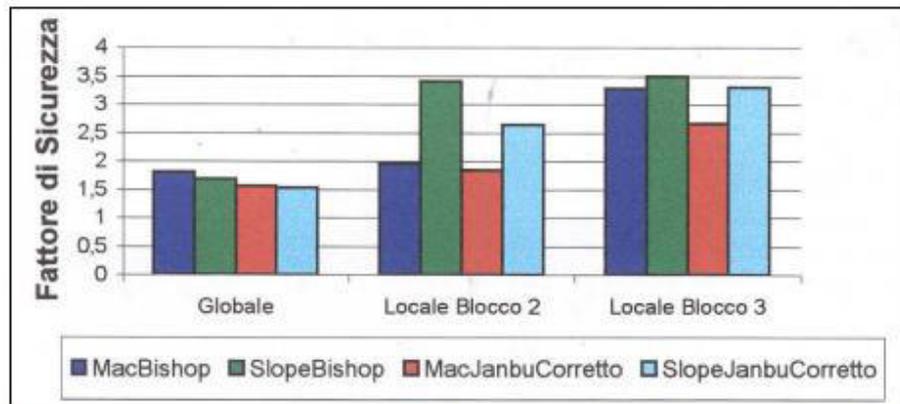


Fig. 4: confronto con il programma Slope/W. Coefficienti di sicurezza minimi ottenuti con i diversi metodi dell'equilibrio limite

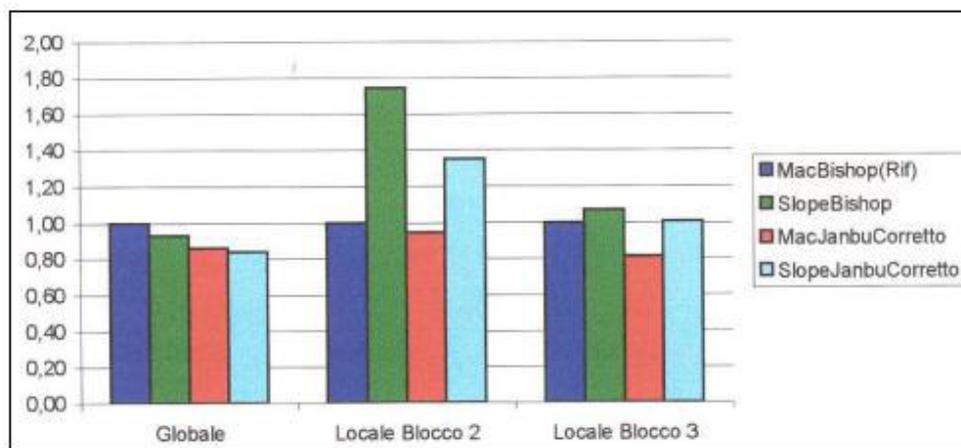


Fig. 5: confronto con il programma Slope/W. Spostamenti percentuali dei coefficienti di sicurezza rispetto al valore di riferimento di Macstars-Bishop

Dai grafici si vede che nelle verifiche globali i valori che si sono ottenuti dai due diversi programmi per i due metodi analizzati (Bishop e Janbu semplificati) portano a valori decisamente confrontabili.

Per quel che riguarda le verifiche locali si hanno scostamenti più importanti tra i due softwares, in particolare per la verifica locale sulla seconda bancata i due programmi danno valori molto differenti per il fatto che, trattando in maniera differente le forze d'interfaccia dovute ai rinforzi, se la superficie di scorrimento va ad intersecare la maggior parte di questi verso la fine del tratto di ancoraggio, la risposta del software cambia. Ciò è dovuto al fatto che Macstars utilizza un approccio più conservativo dato che non viene considerato come contributo all'ancoraggio quello fornito dagli ultimi 0.15 m di rinforzo, per tenere conto delle possibili tolleranze che si hanno in cantiere sull'effettiva lunghezza dei rinforzi rispetto a quelle teoriche di progetto.

A riprova di ciò, si noti che gli scarti sulla terza bancata, dove è limitato il numero dei rinforzi intersecati, si attenua lo scarto tra i risultati.

#### 4 - CONFRONTO CON IL SOFTWARE TALREN

Il software Talren, realizzato dalla Terrasol, permette il calcolo di strutture geotecniche con il metodo dell'equilibrio limite, secondo superfici circolari o non-circolari. I rinforzi che possono essere utilizzati dal programma sono: tiranti, pali, micropali e geosintetici.

Il confronto tra i risultati di Talren e quelli di Macstars è stato realizzato su di una struttura mista costituita da Terramesh System e geogriglie Paralink 200M



Via Agresti, 6 - P.O. BOX 396 - 40123 Bologna (Italia)  
Tel. (+39) 051-6436000 - Fax (+39) 051-236507  
www.maccaferri.com

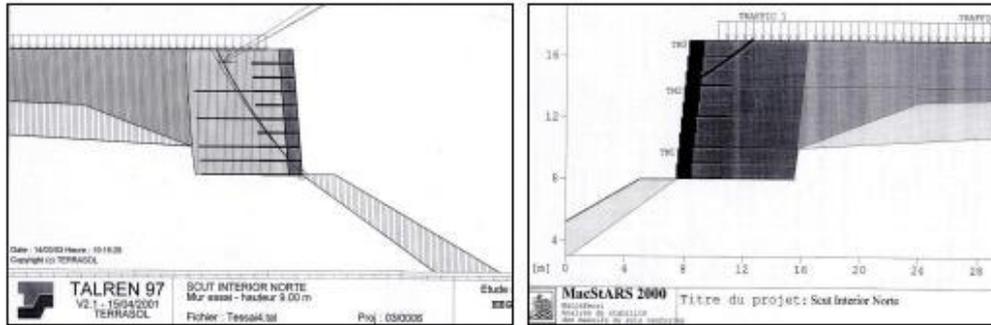


Fig. 6: schemi utilizzati nel confronto con Talren

ed ha portato ai seguenti risultati [3]:

Caso	Superficie critica – combinazione di carico	FS		Δ %
		Macstars	Talren	
1	Stabilità interna (combinazione A); rottura circolare al piede	1.02	1.03	0
2	Stabilità interna (combinazione A); rottura circolare a 2/3 dal piede	1.24	1.24	0
3	Stabilità interna (combinazione B); rottura circolare al piede	1.27	1.24	+2
4	Stabilità interna (combinazione B); rottura circolare a 2/3 dal piede	1.75	1.68	+4
5	Stabilità generale (combinazione A);	1.21	1.21	0
6	Stabilità generale (combinazione B);	1.40	1.37	+2

Tab. 3: confronto con il programma Talren

Come si vede le differenze tra i risultati sono pressoché nulle.

### 5 - CONFRONTO CON LE FORMULE DI LETTERATURA

E' stato analizzato un esempio riportato in letteratura [4] di un pendio inclinato di 12° rispetto all'orizzontale, in condizioni sature e con la falda parallela al pendio, per verificare la congruità del calcolo di Macstars con le formule teoriche nel caso di falda inclinata, ottenendo gli stessi risultati numerici.

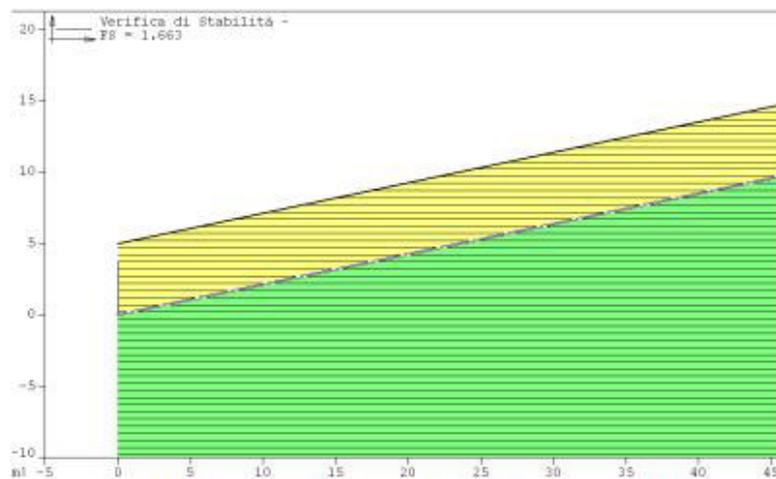


Fig. 7 Caso (a) con i valori di peak strength: FS=1.663 (FS teorico = 1.66)

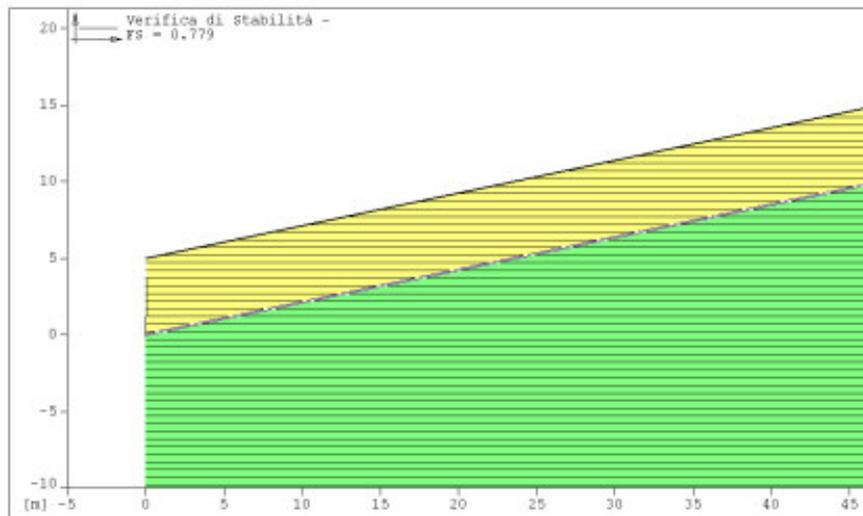
**MACCAFERRI**Via Agresti, 6 - P.O. BOX 396 - 40123 Bologna (Italia)  
Tel. (+39) 051-6436000 - Fax (+39) 051-236507  
www.maccaferri.com

Fig. 8: Caso (b) con i valori di residual strength: FS=0.779 (FS teorico = 0.78)

**CONCLUSIONI**

I risultati che si sono ottenuti evidenziano un pieno accordo quantitativo e qualitativo sulle verifiche di stabilità del pendio condotte con Macstars rispetto agli altri softwares.

**BIBLIOGRAFIA**

[1] GIVANNI I. 2001

*Limiti dei metodi tradizionali nelle verifiche di stabilità di opere in terra rinforzata con geomateriali, Università degli Studi di Ferrara - Tesi di Laurea*

[2] COEN G. 2001

*Analisi di strutture in terra rinforzata; Università degli Studi di Roma "La Sapienza" - Tesi di Laurea*

[3] EEG SIMECSOL 2003

*Norinter - Soutements en remblai renforce, Rapporto non pubblicato*

[4] CRAIG R.F. 1992.

*Soil Mechanics ; Chapman & Hall, London.***Giudizio motivato di accettabilità**

Dalla verifica effettuata e sopra descritta appare evidente l'accettabilità dei risultati determinati per mezzo del codice di calcolo.

## Prescrizioni per la fase realizzativa

### Posa degli elementi di rinforzo

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

Si dovrà provvedere innanzitutto al taglio delle piante e alla estirpazione delle ceppaie, radici, arbusti etc, 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.

Ogni qualvolta i rilevati dovranno poggiare su declivi con pendenza superiore al 20%, ultimata l'asportazione del terreno vegetale e fatta eccezione per diverse e più restrittive prescrizioni derivanti dalle specifiche condizioni di stabilità globale del pendio, si dovrà provvedere all'esecuzione di una gradonatura con banche in leggera contropendenza (tra 1% e 2%) e alzate verticali contenute in altezza.

Gli elementi del sistema Terramesh (o similare) dovranno essere posti in opera per strati costanti, secondo le modalità di seguito riportate:

1. Apertura e predisposizione dell'elemento Terramesh (o similare) avendo cura di stendere il telo di rinforzo eliminando le linee di piegatura preformate in fase di produzione e mettere 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 e di una graffiatrice tipo pneumatico, con alimentazione ad aria compressa (6-8 bar). In generale, per le operazioni di legatura per una continuità strutturale, si consiglia un intervallo tra punto e punto massimo di 20 cm;
3. Riempimento della parte a tergo del paramento manualmente con terreno vegetale che subirà una compattazione "leggera" per permettere l'attecchimento della vegetazione;
4. Riempimento degli elementi di rinforzo in rete con materiale idoneo, fino a formare uno strato di spessore di 300 mm;
5. Compattazione del materiale posto in opera mediante rullatura, secondo le indicazioni successivamente riportate;
6. Ripetizione delle azioni 3, 4 e 5 fino a completamento dell'elemento Terramesh (o similare);
7. Risagomatura del piano di posa per l'esecuzione dell'elemento successivo.

## 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.

## 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). Nella 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.

## 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.

## Prove di controllo

Prima che venga messo in opera uno strato di terreno nel rilevato rinforzato, quello precedente dovrà 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 o 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

Casalecchio di Reno (BO), lì 21/08/2023

IL PROGETTISTA STRUTTURALE

Ing. Michele Baratta

