

**ITINERARIO RAGUSA-CATANIA**

Collegamento viario compreso tra lo Svincolo della S.S. 514 "di Chiaramonte" con la S.S. 115 e lo Svincolo della S.S. 194 "Ragusana"

LOTTO 1 - Dallo svincolo n. 1 sulla S.S. 115 (compreso) allo svincolo n. 3 sulla S.P. 5 (escluso)

**PROGETTO ESECUTIVO**

COD. **PA895**

**PROGETTAZIONE: ATI SINTAGMA - GP INGEGNERIA - COOPROGETTI -GDG - ICARIA - OMNISERVICE**

PROGETTISTA RESPONSABILE DELL'INTEGRAZIONE DELLE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE:

Dott. Ing. Nando Granieri

Ordine degli Ingegneri della Prov. di Perugia n° A351



IL GRUPPO DI PROGETTAZIONE:

MANDATARIA:

	Dott. Ing. N. Granieri	Dott. Ing. M. Abram
	Dott. Ing. F. Durastanti	Dott. Ing. F. Pambianco
	Dott. Ing. V. Truffini	Dott. Ing. M. Briganti Botta
	Dott. Arch. A. Bracchini	Dott. Ing. L. Gagliardini
	Dott. Ing. L. Nani	Dott. Geol. G. Cerquiglini

MANDANTI:

	Dott. Ing. G. Guiducci	Dott. Ing. G. Lucibello
	Dott. Ing. A. Signorelli	Dott. Arch. G. Guastella
	Dott. Ing. E. Moscatelli	Dott. Geol. M. Leonardi
	Dott. Ing. A. Belà	Dott. Ing. G. Parente
	Dott. Arch. E. A. E. Crimi	Dott. Ing. L. Ragnacci
	Dott. Ing. M. Panfilì	Dott. Arch. A. Strati
	Dott. Arch. P. Ghirelli	Archeol. M. G. Liseno
	Dott. Ing. D. Pelle	
	Dott. Ing. D. Carlacchini	Dott. Ing. F. Aloe
	Dott. Ing. S. Sacconi	Dott. Ing. A. Salvemini
	Dott. Ing. C. Consorti	
	Dott. Ing. V. Rotisciani	Dott. Ing. G. Verini Supplizi
	Dott. Ing. G. Pulli	Dott. Ing. V. Piunno
	Dott. Ing. F. Macchioni	Geom. C. Sugaroni
	Dott. Ing. P. Agnello	

IL GEOLOGO:

Dott. Geol. Marco Leonardi

Ordine dei Geologi della Regione Lazio n° 1541

IL COORDINATORE PER LA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE:

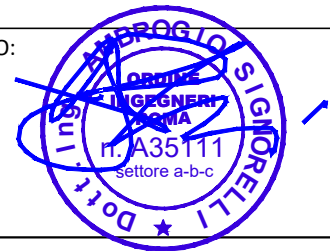
Dott. Ing. Ambrogio Signorelli

Ordine degli Ingegneri della Provincia di Roma n° A35111

VISTO IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO

Dott. Ing. Luigi Mupo

IL RESPONSABILE DI PROGETTO:



**OPERE DI SOSTEGNO**

Muro in T.R. di sottoscarpa dal km 0+245 al km 0+310 - Viabilità secondaria 6  
Relazione di calcolo

CODICE PROGETTO			NOME FILE	REVISIONE	SCALA:
PROGETTO	LIV. PROG.	N. PROG.	T01OS57STRRE01C		
L O 4 0 8 Z	E	2 1 0 1	CODICE ELAB. T 0 1 O S 5 7 S T R R E 0 1	C	-
D					
C	Revisione a seguito di Rapporto di Verifica		Novembre 2021	A. Belà	A. Signorelli N. Granieri
B	Revisione a seguito istruttoria ANAS		Settembre 2021	M. Morigi	A. Signorelli N. Granieri
A	EMISSIONE		GIUGNO 2021	A. Loffredo	A. Signorelli N. Granieri
REV.	DESCRIZIONE		DATA	REDATTO	VERIFICATO APPROVATO

INDICE

<b>1</b>	<b>GENERALITÀ</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>NORMATIVA E RIFERIMENTI</b>	<b>4</b>
2.1	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	4
2.2	DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO	4
2.3	SOFTWARE UTILIZZATI	4
<b>3</b>	<b>CARATTERISTICHE DEI MATERIALI</b>	<b>5</b>
3.1	ELEMENTI DI RINFORZO – RETE METALLICA	5
3.2	ELEMENTI DI RINFORZO - GEOGRIGLIE	6
3.3	REQUISITI RICHIESTI PER IL RILEVATO STRUTTURALE	6
3.4	TERRE RINFORZATE – ACCIAIO PER CASSERO	6
3.5	TERRE RINFORZATE – RINFORZI IN RETE ESAGONALE	6
3.6	TERRE RINFORZATE - GEOGRIGLIE IN POLIESTERE AD ALTA TENACITÀ	6
<b>4</b>	<b>ISTRUZIONI OPERATIVE PER LA REALIZZAZIONE DEL RILEVATO STRUTTURALE</b>	<b>8</b>
4.1	POSA DEGLI ELEMENTI DI RINFORZO	8
4.2	IDROSEMINA A SPESSORE	8
4.3	COMPATTAZIONE	9
4.4	CONDIZIONI CLIMATICHE	9
4.5	EVENTUALI RILEVATI DI PROVA	10
4.6	PROVE DI CONTROLLO	10
<b>5</b>	<b>VITA NOMINALE, CLASSE D’USO E PERIODO DI RIFERIMENTO</b>	<b>11</b>
<b>6</b>	<b>INQUADRAMENTO GEOTECNICO</b>	<b>12</b>
6.1	STRATIGRAFIA DI CALCOLO	12
6.2	PARAMETRI GEOTECNICI	13
<b>7</b>	<b>AZIONI DI CALCOLO</b>	<b>14</b>
7.1	AZIONI PERMANENTI	14
7.1.1	Peso proprio	14
7.1.2	Spinta delle terre	14
7.2	AZIONI VARIABILI	14
7.2.1	Sovraccarico uniforme	14
7.3	AZIONI SISMICHE	14
<b>8</b>	<b>COMBINAZIONI DI CARICO E VERIFICHE</b>	<b>16</b>

<b>8.1</b>	<b>COMBINAZIONI DI CARICO .....</b>	<b>16</b>
<b>8.2</b>	<b>VERIFICA ALLO SCORRIMENTO SUL PIANO DI POSA (GEO).....</b>	<b>17</b>
<b>8.3</b>	<b>VERIFICA AL RIBALTAMENTO (EQU).....</b>	<b>17</b>
<b>8.4</b>	<b>VERIFICA DI CAPACITÀ PORTANTE (GEO) .....</b>	<b>17</b>
<b>8.5</b>	<b>RESISTENZA A ROTTURA DI ESERCIZIO DEI RINFORZI (GEOGRIGLIE) .....</b>	<b>18</b>
<b>8.6</b>	<b>RESISTENZA ALLO SFILAMENTO DEL RINFORZO (PULL-OUT) .....</b>	<b>18</b>
<b>8.7</b>	<b>VERIFICA DI STABILITÀ GLOBALE E DI STABILITÀ INTERNA (GEO) .....</b>	<b>19</b>
<b>8.8</b>	<b>VERIFICA DI ESERCIZIO (SLE) .....</b>	<b>21</b>
<b>9</b>	<b>SOLUZIONE PROGETTUALE.....</b>	<b>23</b>
<b>10</b>	<b>VERIFICHE MURO IN TERRA RINFORZATA.....</b>	<b>24</b>
<b>10.1</b>	<b>SEZIONE KM 0+300 – CONDIZIONI STATICHE.....</b>	<b>24</b>
10.1.1	Caratteristiche geotecniche dei terreni.....	24
10.1.2	Profili stratigrafici.....	25
10.1.3	Blocchi rinforzati .....	25
10.1.4	Carichi.....	26
10.1.5	Proprieta' dei rinforzi utilizzati .....	27
10.1.6	Verifiche.....	28
<b>10.2</b>	<b>SEZIONE KM 0+300 – CONDIZIONI SISMICHE.....</b>	<b>33</b>
10.2.1	Caratteristiche geotecniche dei terreni.....	33
10.2.2	Profili stratigrafici.....	34
10.2.3	Blocchi rinforzati .....	35
10.2.4	Carichi.....	36
10.2.5	Proprieta' dei rinforzi utilizzati .....	36
10.2.6	Verifiche.....	38

## 1 GENERALITÀ

La presente relazione tecnica e di calcolo ha per oggetto l'esposizione delle scelte progettuali, dei criteri di calcolo e le verifiche dei muri in T.R. di sottoscarpa dal Km 0+245 al Km 0+310 - Viabilità secondaria 6 relativi alla progettazione del Lotto 1 del "Collegamento viario compreso tra lo Svincolo della S.S. 514 di "Chiaromonte" con la SS115 e lo Svincolo della "Ragusana".

Sono definiti muri di sostegno o altre strutture miste ad essi assimilabili:

- muri, per i quali la funzione di sostegno è affidata al peso proprio del muro e a quello del terreno direttamente agente su di esso (ad esempio muri a gravità, muri a mensola, muri a contrafforti);
- strutture miste, che esplicano la funzione di sostegno anche per effetto di trattamenti di miglioramento e per la presenza di particolari elementi di rinforzo e collegamento (ad esempio, ture, terra rinforzata, muri cellulari).

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

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

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

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

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

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

## 2 NORMATIVA E RIFERIMENTI

### 2.1 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Le attività topografiche eseguite nell'ambito del progetto esecutivo del collegamento stradale Ragusa - Catania, hanno interessato diversi aspetti dell'argomento in oggetto, descritti brevemente di seguito.

La normativa cui viene fatto riferimento, nelle fasi di calcolo e progettazione, è la seguente:

- D.M. 14 gennaio 2008 – pubblicato su S.O. n. 30 alla G.U. 4 febbraio 2008, n. 29 – “Approvazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni”;
- Circolare n° 617 del 2 Febbraio 2009 “Istruzioni per l'applicazione delle Nuove norme tecniche per e costruzioni di cui al decreto ministeriale 14 gennaio 2008”;
- UNI EN 1992-1-1:2005: “Eurocodice 2 – Progettazione delle strutture di calcestruzzo – Parte 1-1: Regole generali e regole per edifici”;
- UNI EN 1997-1:2005: "Eurocodice 7 – Progettazione geotecnica – Parte 1: Regole generali";
- UNI EN 206-1 ottobre 2006 – “Calcestruzzo: specificazione, prestazione, produzione e conformità”;
- UNI 11104 marzo 2004 - Calcestruzzo. Specificazione, prestazione, produzione e conformità. Istruzioni complementari per l'applicazione della EN 206-1.
- British Standard 8006:1995, “Code of practice for Strengthened/reinforced soils and fills”.
- Model Code 1990, CEB-FIP.

### 2.2 DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO

Per il progetto dell'opera in esame si è fatto riferimento ai seguenti elaborati progettuali:

- Relazione Geologica;
- Relazione Geotecnica generale;
- Profili geotecnici.

### 2.3 SOFTWARE UTILIZZATI

Tutti i codici di calcolo automatico utilizzati per il calcolo e la verifica delle strutture sono di sicura ed accertata validità e sono impiegati conformemente alle loro caratteristiche.

Per i calcoli e le modellazioni di cui alla presente relazione sono impiegati i codici di calcolo brevemente descritti di seguito.

- Macstars W: codice di calcolo prodotto dalla MACCAFERRI in grado di eseguire le verifiche di stabilità e di corpo rigido per i blocchi in terra rinforzata;
- Slope/W Geostudio) per le verifiche di stabilità globale;

### 3 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

#### 3.1 ELEMENTI DI RINFORZO – RETE METALLICA

La struttura di sostegno in terra rinforzata con paramento rinverdirente 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" approvate 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 2.70 mm, galvanizzato con lega eutettica di Zinco - Alluminio (5%), conforme all'EN 10244-2 (Classe A) con un quantitativo non inferiore a 245 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 3.70 mm. La resistenza del polimero ai raggi UV sarà tale che a seguito di un'esposizione di 2500 ore a radiazioni UV (secondo ISO 4892-2 o ISO 4892-3) il carico di rottura e l'allungamento a rottura non variano in misura maggiore al 25%.

La resistenza a trazione nominale della rete dovrà essere non inferiore a 50 kN/m (test eseguiti in accordo alla UNI EN 10223-3:2013).

La 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 dovrà essere superiore a 39,5 kN/m.

La rete una volta sottoposta al 50% del carico massimo a rottura per trazione pari a 25 kN/m, non dovrà presentare rotture del rivestimento plastico del filo all'interno delle torsioni.

Capacità di carico a punzonamento della rete dovrà essere non inferiore a 65 kN (test eseguiti in accordo alla UNI 11437 e alla ISO 17746).

La rete deve presentare una resistenza a corrosione in SO<sub>2</sub> (0,2 dm<sup>3</sup> SO<sub>2</sub> per 2 dm<sup>3</sup> acqua) tale per cui dopo 28 cicli la percentuale di ruggine rossa non deve essere superiore al 5% (test eseguito in accordo alla EN ISO 6988).

La rete deve presentare una resistenza a corrosione in test in nebbia salina tale per cui dopo 6000h la percentuale di ruggine rossa non deve essere superiore al 5% (test eseguito in accordo alla EN ISO 9227).

Ogni singolo elemento è provvisto di barrette di rinforzo galvanizzate con lega eutettica di Zinco – Alluminio (5%), con un quantitativo non inferiore a 265 g/mq e plasticate, aventi diametro pari a 3.40/4.40 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.

### 3.2 ELEMENTI DI RINFORZO - GEOGRIGLIE

I rinforzi previsti per la realizzazione dei muri in terra rinforzata sono costituiti da geogriglie del tipo "Paragrid". Queste geogriglie sono costituite da due ordini di nastri tra loro saldati ortogonalmente così da ottenere una struttura di rinforzo a "griglia". I singoli nastri sono costituiti da filamenti di poliestere ad alta tenacità allineati ed incapsulati in una guaina protettiva di rivestimento di polietilene (LDPE).

### 3.3 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.

### 3.4 TERRE RINFORZATE – ACCIAIO PER CASSERO

Barre Ø8 maglia 150x150 mm<sup>2</sup> ad aderenza migliorata, saldabile, tipo B450C dotato delle seguenti caratteristiche meccaniche:

- modulo elastico  $E_s = 200000 \text{ MPa}$
- resistenza caratteristica a rottura  $f_{tk} \geq 540 \text{ MPa}$
- resistenza caratteristica a snervamento  $f_{yk} \geq 450 \text{ MPa}$

### 3.5 TERRE RINFORZATE – RINFORZI IN RETE ESAGONALE

Rinforzi costituiti da rete metallica a doppia torsione con maglia esagonale tipo 8x10, avente diametro del filo  $\varnothing = 2.7 \text{ mm}$  galvanizzato.

Il filo sarà inoltre ricoperto da un rivestimento in materiale plastico portando il diametro esterno nominale a 3.7 mm.

- resistenza a trazione nominale  $50.11 \text{ kN/m}$

### 3.6 TERRE RINFORZATE - GEOGRIGLIE IN POLIESTERE AD ALTA TENACITÀ

Geogriglie in poliestere ad alta tenacità di diverse resistenze a trazione nominali



**RELAZIONE DI CALCOLO**

• PG50	50 kN/m
• PG80	80 kN/m
• PG125	125 kN/m
• PG160	160 kN/m
• PG200	200 kN/m



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

### **4.1 POSA DEGLI ELEMENTI DI RINFORZO**

Il piano di posa dovrà essere predisposto fino a raggiungere la quota d'imposta del primo elemento tipo Terramesh 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 ecc, il terreno dovrà quindi essere adeguatamente rullato e compattato fino ad ottenere le caratteristiche previste nel capitolato.

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

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

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

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

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

1. Ove prevista la geogriglia come rinforzo primario: taglio della geogriglia della lunghezza di progetto e posizionamento sul piano di posa avendo cura di evitare grinze e ondulazioni. Porre attenzione a stendere le geogriglie in direzione trasversale rispetto all'asse longitudinale dell'opera sovrapponendo i teli contigui per una larghezza pari ad almeno una maglia;
2. Apertura e predisposizione dell'elemento Terramesh, al di sopra della griglia di rinforzo, avendo cura di stendere il telo di rinforzo eliminando le linee di piegatura preformate in fase di produzione e mettere in posizione gli elementi;
3. 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 graffatrice 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;
4. Riempimento della parte a tergo del paramento manualmente con terreno vegetale che subirà una compattazione "leggera" per permettere l'attecchimento della vegetazione;
5. Riempimento degli elementi di rinforzo in rete con materiale idoneo, fino a formare uno strato di spessore di 300 mm;
6. Compattazione del materiale posto in opera mediante rullatura, secondo le indicazioni successivamente riportate;
7. Risagomatura del piano di posa per l'esecuzione dell'elemento Terramesh successivo;
8. Ripetizione delle azioni da 1 a 7 fino a completamento della struttura.

### **4.2 IDROSEMINA A SPESSORE**

Realizzazione di idrosemina a spessore su strutture in terre rinforzate. La miscela, eseguita a regola d'arte, comprende i seguenti componenti e fasi:

- messa in opera di appropriato miscuglio di sementi scelte (graminace e leguminose), con una dose di impiego in condizioni normali di 35 gr/mq e di massimo 50 gr/mq in condizioni difficili per la germinazione;
- messa in opera di concimazione di base con prodotto organo-minerale bilanciato e microelementi, (7-7-7+2 Mgo) con una dose di impiego di almeno 250 gr/mq;
- somministrazione di colloide di origine vegetale ad alta viscosità, derivato da piante e frutti, con quantità da applicare di circa 15gr/mq;
- somministrazione di Humus, sostanza organica matura con titoli nutritivi (NP), in quantità variabile da 250 a 400 gr/mq a seconda della situazione;
- applicazione di una coltre protettiva di ca. 250/350 gr/mq "Mulch" composto da: 70% prodotto in fibre di legno e colloide naturale e 30 % miscela di fibre vegetali (paglia, cotone e cellulosa).

La provenienza e germinabilità della semente dovranno essere certificate. L'applicazione della miscela deve avvenire con idonea idroseminatrice che garantisce l'omogeneità del prodotto applicato e fornitura di pompa che mantenga l'integrità della semente.

#### 4.3 COMPATTAZIONE

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

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

La compattazione dovrà essere condotta con metodologia atta ad ottenere un addensamento uniforme.

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

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

#### 4.4 CONDIZIONI CLIMATICHE

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

#### **4.5 EVENTUALI RILEVATI DI PROVA**

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

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

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

#### **4.6 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.

## 5 VITA NOMINALE, CLASSE D'USO E PERIODO DI RIFERIMENTO

La vita nominale di un'opera strutturale VN è intesa come il numero di anni nel quale la struttura, purché soggetta alla manutenzione ordinaria, deve potere essere usata per lo scopo al quale è destinata.

La costruzione in oggetto è classificabile, secondo il DM 2008, come "Opera ordinaria, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o di importanza normale", per la quale viene prevista una vita nominale  $\geq 50$  anni.

In presenza di azioni sismiche, con riferimento alle conseguenze di una interruzione di operatività o di un eventuale collasso, la costruzione è definita di Classe IV, ossia afferente a "Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente. Reti viarie di tipo A o B, di cui al D.M. 5 novembre 2001, n.6792, "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade", e di tipo C quando appartenenti ad itinerari di collegamento tra capoluoghi di provincia non altresì serviti da strade di tipo A o B. Ponti e reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico. Dighe connesse al funzionamento di acquedotti e a impianti di produzione di energia elettrica."

Per il dimensionamento delle opere pertanto sono stati considerati i seguenti parametri di progettazione:

- Vita nominale opera VN: 50 anni (opera di importanza ordinaria)
- Classe d'uso Opera: IV
- Coefficiente d'uso: CU = 2
- Vita di riferimento:  $V_R = V_N \cdot C_U = 100$  anni
- Stato limite di riferimento per l'azione sismica: SLV (salvaguardia della vita)
- Probabilità di superamento PVR: 10%
- Tempo di ritorno TR determinato con la seguente espressione:

$$T_R = -\frac{V_R}{\ln(1 - P_{V_R})} = -\frac{100}{\ln(1 - 0.10)} = 949 \text{ anni}$$

## 6 INQUADRAMENTO GEOTECNICO

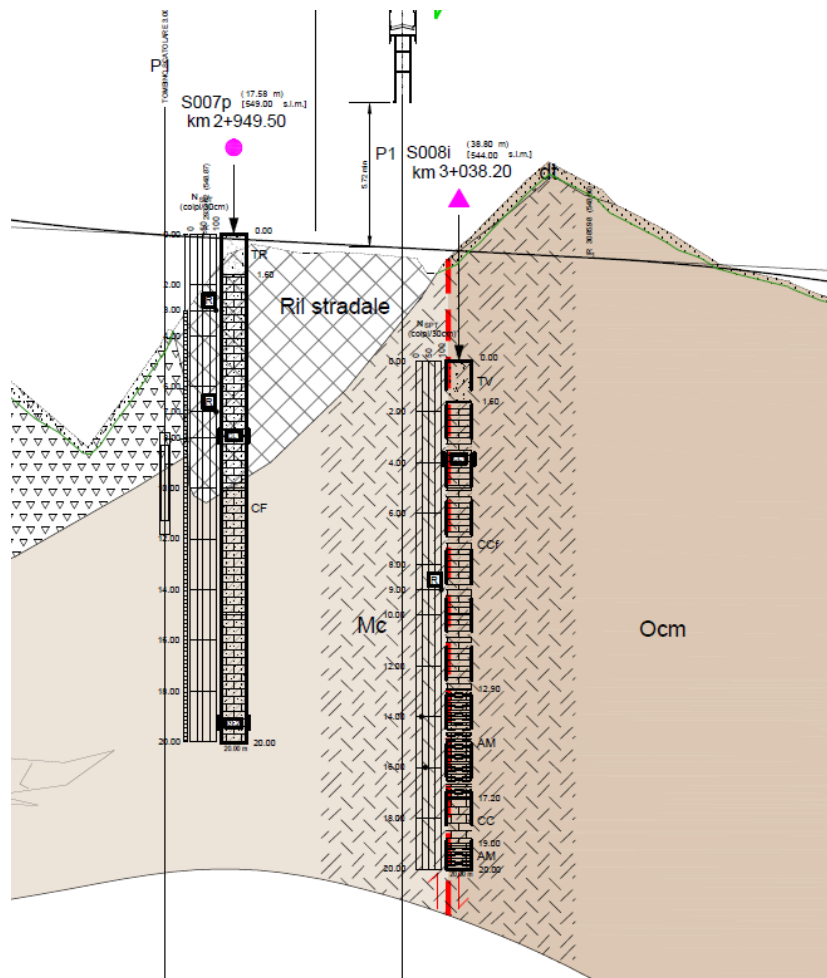
Nel presente paragrafo si riporta il modello geotecnico utilizzato per il calcolo dei muri in T.R. di sottoscarpa.

### 6.1 STRATIGRAFIA DI CALCOLO

In accordo con quanto riportato dal profilo geologico per il tratto in esame, la stratigrafia di riferimento per il terreno di base al di sotto del rilevato esistente è costituita dalla seguente unità litologica: strato detritico superficiale (dt) su Formazione di Ragusa membro Leonardo: Alternanza di calcisiltiti, marne e calcari marnosi (Ocm).

Secondo quanto riportato negli elaborati geotecnici, le stratigrafie assunte per i calcoli dei muri in T.R. sono illustrate di seguito:

Figura 6.1: Stratigrafie di calcolo – Muro in T.R. OS57.



## 6.2 PARAMETRI GEOTECNICI

I parametri geotecnici, desunti dalle indagini eseguite nell'ultima campagna di sondaggi, sono riassunti nella tabella seguente.

Per la caratterizzazione del terreno di base (Ocm) si è fatto particolare riferimento al sondaggio S008 eseguito in corrispondenza del tratto in esame, mentre per quanto riguarda lo strato detritico superficiale (dt) si è fatto riferimento al sondaggio S010: i parametri geotecnici assunti sono stati definiti sulla base dei risultati disponibili in relazione geotecnica (T01GE00GETRE01).

Tabella 6.1: Parametri geotecnici modello di calcolo

Litotipo	$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\phi'$ [°]	$c'$ [kPa]
dt	21.6	33	0
Ocm	25.2	25	185
Rilevato di nuova realizzazione	20.5	35	0

Dal sondaggio di riferimento non si rileva la presenza della falda.

## 7 AZIONI DI CALCOLO

Per il progetto e la verifica delle opere sono state esaminate le varie azioni riportate nei paragrafi seguenti.

### 7.1 AZIONI PERMANENTI

#### 7.1.1 Peso proprio

Per il calcolo del peso proprio del paramento in terra rinforzata si assume il peso unitario di seguito indicato:

Terreno di riempimento:  $\gamma = 20.5 \text{ kN/m}^3$

#### 7.1.2 Spinta delle terre

La valutazione delle spinte delle terre viene effettuata considerando un angolo di attrito tra paramento della terra rinforzata e terreno pari a  $\varphi'$ , con  $\varphi'$  angolo di resistenza al taglio di progetto.

Nelle verifiche la spinta del terreno viene determinata con la seguente espressione:

$$p'_a(z) = [\sigma'_v(z) + q] \cdot K_a - 2c' \sqrt{K_a}$$

- nella quale:
- $\sigma'_v(z)$  = tensione verticale efficace alla generica quota  $z$ ;
- $K_a$  = coefficiente di spinta attiva;
- $q$  = eventuale sovraccarico uniformemente distribuito.

Per il calcolo dei coefficienti di spinta si fa riferimento alle espressioni di Rankine.

### 7.2 AZIONI VARIABILI

#### 7.2.1 Sovraccarico uniforme

Nel caso specifico si terrà conto di un sovraccarico accidentale uniforme dovuto al traffico stradale pari a 20 kPa.

### 7.3 AZIONI SISMICHE

Per la caratterizzazione dell'azione sismica sulle opere si fa riferimento alle coordinate geografiche variabili lungo il tracciato.

Per la determinazione delle azioni sismiche si è fatto riferimento ai seguenti parametri:

- categoria di suolo
- fattore di sito  $S = S_s \cdot S_t$ ;
- massima accelerazione orizzontale al suolo  $ag/g$ ;
- coefficiente di riduzione  $\beta s$ ;
- coefficiente di intensità sismica orizzontale  $kh$ ;
- coefficiente di intensità sismica verticale  $kv$ .

In condizioni sismiche l'opera è soggetta alle forze di inerzia degli elementi strutturali e delle porzioni di terreno solidali con la struttura che valgono:

$$F_{hi} = k_h \cdot W$$

$$F_{vi} = k_v \cdot W$$



essendo  $W$  il peso dell'elemento o della porzione di terreno considerata mentre  $k_v$  e  $k_h$  sono i coefficienti di intensità sismica verticale ed orizzontali descritti nel precedente paragrafo. Tali forze sono applicate nel baricentro delle masse dell'elemento considerato.

In condizioni sismiche si terrà conto di un sovraccarico accidentale uniforme dovuto al traffico stradale con un'aliquota dinamica pari a 0,3, corrispondente ad un'intensità di pari a 6 kPa.

## 8 COMBINAZIONI DI CARICO E VERIFICHE

### 8.1 COMBINAZIONI DI CARICO

Il progetto e la verifica delle strutture in questione sono stati eseguiti mediante il metodo degli "Stati Limite", verificando:

- scorrimento sul piano di posa;
- verifica al ribaltamento;
- collasso per carico limite dell'insieme fondazione-terreno;
- stabilità globale del complesso opera di sostegno-terreno e stabilità interna (locale).

Le verifiche sono state effettuate con riferimento all'Approccio 1, Combinazione 2 (A2+M2+R2) per le verifiche geotecniche (GEO). Fa eccezione la verifica al ribaltamento del paramento in terra rinforzata per cui, in accordo alla normativa vigente, la verifica è stata condotta utilizzando i coefficienti parziali delle azioni della tabella 2.6.I (colonna EQU) del DM2008 ed i coefficienti parziali del gruppo M2 per il calcolo delle spinte.

Le verifiche geotecniche nei confronti delle azioni sismiche sono effettuate impiegando i parametri geotecnici e le resistenze di progetto con i valori dei coefficienti parziali dell'Approccio 1, Combinazione 2 e ponendo pari all'unità i coefficienti parziali sulle azioni.

I coefficienti parziali di sicurezza delle azioni, adottati nelle combinazioni, sono differenti a seconda che le azioni si debbano combinare per verifiche strutturali o geotecniche (rispettivamente A1, A2 e EQU).

Di seguito si riportano le tabelle dei coefficienti parziali delle azioni e dei terreni relativi secondo quanto riportato nella normativa vigente.

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

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

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

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

PARAMETRO	GRANDEZZA ALLA QUALE APPLICARE IL COEFFICIENTE PARZIALE	COEFFICIENTE PARZIALE $\gamma_M$	(M1)	(M2)
Tangente dell'angolo di resistenza al taglio	$\tan \phi'_k$	$\gamma_{\phi'}$	1,0	1,25
Coesione efficace	$c'_k$	$\gamma_{c'}$	1,0	1,25
Resistenza non drenata	$c_{uk}$	$\gamma_{cu}$	1,0	1,4
Peso dell'unità di volume	$\gamma$	$\gamma_{\gamma}$	1,0	1,0

Tabella 8.1: Coefficienti parziali delle azioni e dei terreni

Combinazioni per analisi statiche SLU							
	Azioni ( $\gamma_F$ )				Proprietà del terreno ( $\gamma_M$ )		
	Permanenti		Variabili		tan $\phi'$	c'	c <sub>u</sub>
	Sfavorevoli	Favorevoli	Sfavorevoli	Favorevoli			
STR (A1 + M1)	1.30	1.00	1.50	0.00	1.00	1.00	1.00
GEO (A2 + M2)	1.00	1.00	1.30	0.00	1.25	1.25	1.40

Nel seguito si riporta una breve descrizione dei criteri di verifica sia con riferimento alle condizioni statiche che sismiche.

## 8.2 VERIFICA ALLO SCORRIMENTO SUL PIANO DI POSA (GEO)

La risultante delle azioni orizzontali agenti sulla struttura deve risultare non superiore alla forza resistente costituita dall'attrito sul piano di imposta. Questa a sua volta è valutata come prodotto della risultante delle azioni verticali (ortogonali al piano di imposta) per il coefficiente di attrito in fondazione  $\mu = \tan(\phi')$ .

In condizioni sismiche si è tenuto conto, oltre che dell'incremento di spinta del terreno, anche delle forze di inerzia delle masse della terra rinforzata e/o ad essa collegate.

## 8.3 VERIFICA AL RIBALTAMENTO (EQU)

La somma dei momenti instabilizzanti, valutati rispetto allo spigolo di valle del blocco, dovuti alle azioni agenti sulla terra rinforzata deve risultare non superiore al momento stabilizzante dovuto al peso proprio del blocco e le relative azioni variabili.

In condizioni sismiche si è tenuto conto, oltre che dell'incremento di spinta del terreno, anche delle forze di inerzia delle masse della terra rinforzata e/o ad essa collegate.

Ai fini pratici le verifiche sono state condotte utilizzando le medesime azioni e forze resistenti valutate con riferimento alla verifica allo scorrimento (Condizione M2+R2) moltiplicando i valori delle diverse azioni/reazioni secondo i coefficienti 0.9 ed 1.1 come indicato nella tabella sottostante:

Tabella 8.2: Coefficienti parziali azioni verifiche equilibrio corpo rigido

	favorevole	sfavorevole
Peso del muro e del rinterro	0.9	
Eventuali masse aggiuntive collegate al muro	0.9	
Azione di eventuali tiranti	0.9	
Spinta del terreno, componente statica		1.1
Spinta dell'acqua e sottospinta idraulica		1.1

## 8.4 VERIFICA DI CAPACITÀ PORTANTE (GEO)

Nella verifica del collasso fondazione-terreno (verifica della capacità portante) l'azione di progetto è data dalla componente della risultante delle forze normali al piano di posa, mentre la resistenza di progetto è il valore della forza normale al piano di posa a cui corrisponde il raggiungimento del carico limite del terreno di fondazione.

## 8.5 RESISTENZA A ROTTURA DI ESERCIZIO DEI RINFORZI (GEOGRIGLIE)

La resistenza di esercizio degli elementi di rinforzo (geogriglie) è stata determinata facendo riferimento alla British Standard 8006:1995 "Code of practice for Strengthened/reinforced soils and fills". In accordo alla BS 8006, la resistenza di progetto  $T_{progetto}$  del rinforzo è determinata come segue:

$$T_{progetto} = T_{rottura} / (f_{creep} \times f_m)$$

dove

- $T_{rottura}$  = carico di rottura nominale del rinforzo
- $f_{creep}$  = fattore di creep del rinforzo a lungo termine
- $f_m$  = fattore di sicurezza del rinforzo, pari a  $f_{m11} \times f_{m12} \times f_{m21} \times f_{m22}$
- $f_{m11}$  = procedure produttive (tolleranze)
- $f_{m12}$  = valutazione qualità processi industriali e sviluppo prodotto
- $f_{m21}$  = effetti dovuti al danneggiamento potenziale durante l'installazione
- $f_{m22}$  = suscettibilità all'aggressione chimica, fisica e biologica

Il fattore  $f_{creep}$  viene calcolato per una data deformazione massima ammissibile durante la vita di progetto, tenendo conto di eventuali fenomeni di creep che dovessero interessare i rinforzi; per le opere in terra rinforzata le deformazioni massime ammissibili nei rinforzi sono dell'ordine del 5%. Ciò significa che ad esempio per la rete metallica a doppia torsione, non subendo essa gli effetti di creep, avendo una resistenza a rottura con deformazioni inferiori al 5%, tale resistenza può essere assunta come resistenza a trazione nominale ( $f_{creep} = 1.00$ ).

I fattori parziali di sicurezza che concorrono al valore di  $f_m$  per i rinforzi sono considerati all'interno del software a seconda del tipo di rinforzo e del terreno da armare mediante tali rinforzi.

Tale verifica risulta implicitamente verificata nella risoluzione del modello con il software Macstars.

## 8.6 RESISTENZA ALLO SFILAMENTO DEL RINFORZO (PULL-OUT)

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

La forza necessaria per lo sfilamento del rinforzo dal rilevato ( $F_{po}$ ) è data dalla seguente relazione:

$$F_{po} = 2 \cdot \sigma_v \cdot L \cdot W \cdot \mu \cdot \tan \varphi$$

nella quale:

- $\sigma_v$  = tensione verticale agente sul rinforzo
- $L$  = lunghezza della zona di ancoraggio
- $W$  = larghezza del rinforzo
- $\mu$  = coefficiente di interazione tra materiale del rilevato e rinforzo
- $\varphi$  = angolo di attrito interno del materiale da rilevato

I valori del coefficiente di interazione  $\mu$  derivano da prove di laboratorio e variano a seconda del tipo di terreno che compone il rilevato.

Per i rinforzi in rete metallica a doppia torsione sono stati assunti pari a:

Tabella 8.3: Valori del coefficiente di interazione  $\mu$  per rinforzi metallici

Tipo di interazione	Valore di $\mu$
---------------------	-----------------

RELAZIONE DI CALCOLO

Interazione rinforzo-rinforzo	0.30
Sfilamento rinforzo-ghiaia	0.90
Sfilamento rinforzo-sabbia	0.65
Sfilamento rinforzo-limo	0.50
Sfilamento rinforzo-argilla	0.30

Per i rinforzi in poliestere ad alta tenacità sono stati assunti pari a:

Tabella 8.4: Valori del coefficiente di interazione  $\mu$  per rinforzi in poliestere ad alta tenacità

Tipo di interazione	Valore di $\mu$
Interazione rinforzo-rinforzo	0.16
Sfilamento rinforzo-ghiaia	0.90
Sfilamento rinforzo-sabbia	0.90
Sfilamento rinforzo-limo	0.70
Sfilamento rinforzo-argilla	0.40

Come è possibile dedurre per ogni livello di rinforzi all'interno della struttura il valore della resistenza a rottura rimane costante mentre ciò che varia è la resistenza allo sfilamento in quanto essa è direttamente correlata alla tensione normale agente a quella determinata profondità.

Tale verifica risulta implicitamente verificata nella risoluzione del modello con il software Macstars.

## 8.7 VERIFICA DI STABILITÀ GLOBALE E DI STABILITÀ INTERNA (GEO)

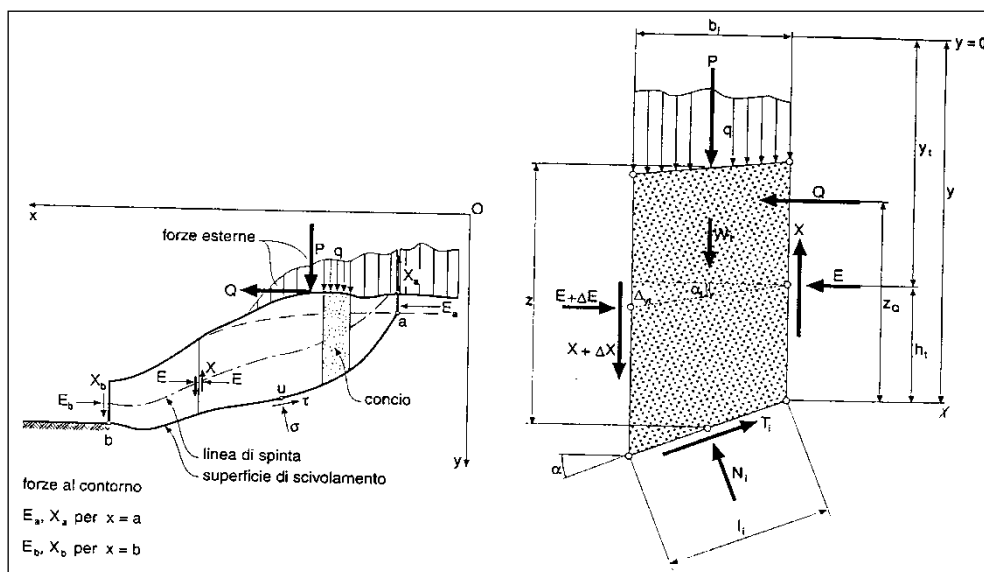
Queste verifiche consentono di accertare che la geometria della sezione esaminata, in relazione alle caratteristiche di resistenza al taglio del materiale impiegato, assicuri un sufficiente fattore di sicurezza nei confronti della rottura.

Per l'analisi di stabilità è stato utilizzato il metodo di calcolo di Bishop, che permette di determinare il coefficiente di sicurezza alla rottura.

L'analisi di stabilità è stata condotta secondo il principio dell'equilibrio limite globale; tale verifica si conduce esaminando un certo numero di possibili superfici di scivolamento per ricercare quella che rappresenta il rapporto minimo tra la resistenza a rottura disponibile e quella effettivamente mobilitata; il valore di questo rapporto costituisce il coefficiente di sicurezza del pendio.

Scelta quindi una superficie di rottura si suddivide in conci la parte instabile, si studia dapprima l'equilibrio della singola striscia e poi si passa alla stabilità globale; qui di seguito sono riportate schematicamente le azioni agenti su di un singolo concio:

Figura 8.1: Forze agenti sul singolo concio



Per ogni concio sono disponibili per la risoluzione del sistema le tre equazioni della statica (equilibrio traslazione verticale, orizzontale ed equilibrio dei momenti), quindi per  $n$  conci si avranno  $3n$  equazioni linearmente indipendenti; il contributo dei rinforzi 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 il 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 (il minimo tra i due valori). La prima è costante ed assegnata mentre le seconde variano linearmente con la profondità.

Per tenere conto dell'effetto dei rinforzi è stato implementato un modello di comportamento rigido; in tale modello 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 devono essere verificate le seguenti condizioni:

- deve essere garantito un ancoraggio minimo;
- deve essere garantita la resistenza allo sfilamento nella zona di ancoraggio.

Nel primo caso una lunghezza di ancoraggio inferiore al minimo stabilito comporta l'annullamento completo della trazione nel rinforzo; nel secondo caso la trazione nel rinforzo viene limitata al valore di sfilamento.

Un corretto dimensionamento di una struttura in terra rinforzata pertanto implica una scelta opportuna della lunghezza e della spaziatura verticale dei rinforzi, al fine di garantire la stabilità; l'analisi di stabilità è stata condotta distinguendola in due tipi:

**Stabilità globale:** verifica delle dimensioni della massa strutturale nei confronti di scivolamenti più esterni, che possano determinare fenomeni di instabilità più profondi negli strati di terreno; in questo caso, si è assunto che le superfici partano più a valle rispetto al piede dell'opera ed è stata individuata per

tentativi la posizione più critica del punto di partenza delle superfici di scivolamento, spostando tale punto verso valle.

**Stabilità interna:** verifica della lunghezza necessaria e della spaziatura degli elementi di rinforzo tale da garantire che il rilevato rinforzato sia sufficientemente compatto e resistente alle azioni interne provocate dai carichi; si è assunto in questo caso che le superfici partano dal piede di valle dell'opera e si estendano verso monte fino ad incontrare il profilo del terreno, intersecando totalmente o anche solo parzialmente l'ammasso rinforzato. In quest'ultimo caso si è considerato che la superficie più critica, ossia con fattore di stabilità minimo, non necessariamente si svilupperà interamente all'interno dell'ammasso rinforzato.

Le analisi sono state condotte utilizzando superfici di rottura circolari e, ove ritenuto necessario (alcune verifiche di stabilità interna), superfici di rottura poligonali.

Come prescritto dalla normativa la verifica viene effettuata secondo la "Combinazione 2": (A2+M2+R2) in condizioni statiche e (M2+R2+Sisma) in condizioni sismiche.

## 8.8 VERIFICA DI ESERCIZIO (SLE)

In ottemperanza a quanto indicato nelle Norme Tecniche per le Costruzioni [1], nelle condizioni di esercizio, gli spostamenti delle opere di sostegno e del terreno circostante devono essere valutati per verificarne la compatibilità con la funzionalità dell'opera e con la sicurezza e funzionalità e di manufatti adiacenti, anche a seguito di modifiche indotte sul regime delle acque sotterranee.

Solo in presenza di manufatti particolarmente sensibili agli spostamenti dell'opera di sostegno, deve essere sviluppata una specifica analisi dell'interazione tra opere e terreno, tenendo conto della sequenza delle fasi costruttive (par. 6.5.3.2).

La normativa britannica BS 8006-1:2010 [2], che tratta in modo approfondito delle opere in terra rinforzata, specifica che le deformazioni da considerare in fase di esercizio derivano da:

- cedimenti del terreno di fondazione;
- compressione interna del materiale di riempimento;
- deformazione interna del rinforzo dovuta al creep;
- cedimenti uniformi e differenziali dovuti a scavi o chiusura dei vuoti al di sotto della struttura;
- deformazioni per creep di terreni con un alto contenuto di fini.

I casi d) ed e) fanno riferimento a situazioni particolari che esulano dalle convenzionali condizioni di esercizio.

In merito al punto c), la stessa normativa BS 8006 (par. 6.5.5.2) indica che la deformazione per creep del rinforzo è limitata superiormente al valore dell'1% [2]. Quanto detto è avvalorato da osservazioni effettuate su opere in terra rinforzata in scala reale dotate di un adeguato numero di starti rinforzi, le quali hanno portato a concludere che le deformazioni longitudinali interne sono molto basse e comunque non superiori al valore di rottura delle sabbie dense (0,5%) [3].

L'eventualità b) relativa a deformazioni interne al materiale di riempimento strutturale può essere scongiurata adottando idonee pratiche costruttive che prevedono la compensazione dei cedimenti attraverso la messa in opera di una quantità extra di materiale e la successiva compattazione.

Rimane da considerare il punto a) e dunque la valutazione dei cedimenti del terreno di fondazione che si sviluppano in fase di esercizio a causa di cedimenti immediati e fenomeni di consolidazione primaria e secondaria; come specificato nell'Eurocodice 7 tale valutazione non è da considerarsi rigorosa ma piuttosto una stima indicativa [4].

**Le verifiche da svolgere agli stati limite di esercizio si riducono pertanto alla sola analisi dei cedimenti del terreno di fondazione** la quale può essere condotta con il software Macstars dopo aver inserito i parametri di deformazione degli strati di terreno di fondazione (Fig. 1).



RELAZIONE DI CALCOLO

Per inserire tali valori occorre utilizzare la finestra "Assegna parametri del terreno per il calcolo dei cedimenti" che si trova all'interno nel "Menu input" nella sezione "Proprietà del terreno"; per una guida approfondita in merito al calcolo dei cedimenti in Macstars si può far riferimento alla nota tecnica "TN-DT-034\_Settlements in a RSS"

Va ribadito che i cedimenti così calcolati si riferiscono al solo terreno di fondazione della struttura in terra rinforzata e non al rilevato strutturale i cui cedimenti, come già sottolineato, vengono compensati in fase costruttiva.

Figura 8.2: Parametri di deformazione del terreno per il calcolo dei cedimenti

## 9 SOLUZIONE PROGETTUALE

Nell'ambito della progettazione delle opere di sostegno dove il tracciato della nuova viabilità in progetto sarà sostenuto da opere in terra rinforzata, si procederà dapprima alla realizzazione dello scavo di sbancamento, necessario al raggiungimento del piano d'imposta dell'opera di sostegno, e quindi alla costruzione del manufatto in terra rinforzata.

L'opera in terra rinforzata è costituita da un materiale composito che combina la tipica resistenza di due differenti elementi in grado di migliorare le caratteristiche globali dell'insieme. In particolare le proprietà geotecniche del terreno, materiale resistente a compressione, sono migliorate dalla combinazione con geogriglie, materiale ad alta resistenza a trazione, realizzato in materiale plastico.

L'intervento prevede il posizionamento di moduli dello spessore di 0.76 m, avvolti in geogriglie caratterizzate da resistenza a trazione e lunghezze di ancoraggio che vengono desunte dal calcolo di dimensionamento con inclinazione pari a 70°.

Alla base della terra rinforzata viene immesso un materasso drenante, per consentire l'eventuale infiltrazione delle acque meteoriche.

La sommità del paramento in terra rinforzata viene raccordata alla quota del piano stradale tramite un rilevato superiore di altezza variabile sagomato con pendenza di 3:2 (orizzontale:verticale).

L'opera viene quindi completata da un'idrosemia superficiale per il rinverdimento finale della facciata esterna del paramento.

Per consentire la manutenzione delle scarpate rinverdate, si prevede la realizzazione di banche orizzontali di larghezza pari a 2 m.

## 10 VERIFICHE MURO IN TERRA RINFORZATA

Il muro in oggetto si sviluppa in adiacenza della viabilità secondaria 6 tra la pk. 0+245.00 e la pk. 0+310.00 per uno sviluppo complessivo pari a 65.00 m.

### 10.1 SEZIONE KM 0+300 – CONDIZIONI STATICHE

#### 10.1.1 Caratteristiche geotecniche dei terreni

<b>Terreno : DT</b>	Descrizione : detrito
Classe coesione.....	: Coeff. Parziale - Coesione efficace
Coesione.....	[kN/m <sup>2</sup> ]..... : 0.00
Classe d'attrito.....	: Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza al taglio
Angolo d'attrito.....	[°]..... : 33.00
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> ]..... : 21.60
Peso specifico in falda.....	[kN/m <sup>3</sup> ]..... : 21.60
Modulo elastico.....	[kN/m <sup>2</sup> ]..... : 0.00
Coefficiente di Poisson.....	: 0.30

<b>Terreno : OCM</b>	Descrizione : ocm litoide
Classe coesione.....	: Coeff. Parziale - Coesione efficace
Coesione.....	[kN/m <sup>2</sup> ]..... : 185.00
Classe d'attrito.....	: Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza al 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> ]..... : 25.20
Peso specifico in falda.....	[kN/m <sup>3</sup> ]..... : 25.20
Modulo elastico.....	[kN/m <sup>2</sup> ]..... : 0.00
Coefficiente di Poisson.....	: 0.30

<b>Terreno : RN</b>	Descrizione : rilevato di nuova realizzazione
Classe coesione.....	: Coeff. Parziale - Coesione efficace
Coesione.....	[kN/m <sup>2</sup> ]..... : 0.00
Classe d'attrito.....	: Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza al taglio
Angolo d'attrito.....	[°]..... : 35.00
Rapporto di pressione interstiziale (Ru).....	: 0.00
Classe di peso.....	: Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - favorevole
Peso specifico sopra falda.....	[kN/m <sup>3</sup> ]..... : 20.50
Peso specifico in falda.....	[kN/m <sup>3</sup> ]..... : 20.50
Modulo elastico.....	[kN/m <sup>2</sup> ]..... : 0.00
Coefficiente di Poisson.....	: 0.30

**RELAZIONE DI CALCOLO**

**10.1.2 Profili stratigrafici**

**Strato: DT**

Descrizione:

Terreno : DT

X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]
0.00	0.00	21.37	-1.30	24.94	-1.26	27.20	0.00
32.80	0.10	42.00	1.38				

**Strato: OCM**

Descrizione:

Terreno : OCM

X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]
0.00	-0.10	21.37	-1.40	24.94	-1.36	27.20	-0.10
32.80	0.00	42.00	1.28				

**Strato: RIL**

Descrizione:

Terreno : RN

X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]
21.37	-1.30	23.13	7.10	25.50	8.68	35.00	8.54
42.00	3.54						

**10.1.3 Blocchi rinforzati**

**Blocco : TMV1**

Dati principali.....[m].....: Larghezza..... = 9.00 Altezza..... = 3.04  
 Coordinate Origine.....[m].....: Ascissa..... = 18.80 Ordinata..... = -2.00  
 Inclinazione paramento.....[°].....: 20.00

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

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 - 70° - 8/2.7P - 0.76

Lunghezza.....[m]..... = 3.00  
 Interasse.....[m]..... = 0.76  
 Risolto.....[m]..... = 0.65

Linear Composites - ParaGrid - 80\_Seismic

Lunghezza.....[m]..... = 9.00  
 Interasse verticale.....[m]..... = 0.76  
 Offset.....[m]..... = 0.00

**Blocco : TMV2**

Dati principali.....[m].....: Larghezza..... = 8.00 Altezza..... = 3.04

RELAZIONE DI CALCOLO

Arretramento.....[m].....= 0.00 da TMV1  
Inclinazione paramento.....[°]...: 20.00

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

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 - 70° - 8/2.7P - 0.76  
Lunghezza.....[m].....= 3.00  
Interasse.....[m].....= 0.76  
Risolto.....[m].....= 0.65

Linear Composites - ParaGrid - 80\_Seismic  
Lunghezza.....[m].....= 8.00  
Interasse verticale.....[m].....= 0.76  
Offset.....[m].....= 0.00

**Blocco : TMV3**

Dati principali.....[m].....: Larghezza.....= 6.00 Altezza.....= 3.04  
Arretramento.....[m].....= 0.00 da TMV2  
Inclinazione paramento.....[°]...: 20.00

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

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 - 70° - 8/2.7P - 0.76  
Lunghezza.....[m].....= 6.00  
Interasse.....[m].....= 0.76  
Risolto.....[m].....= 0.65

**10.1.4 Carichi**

**Pressione : CS**

Descrizione :

Classe : Variabile - sfavorevole

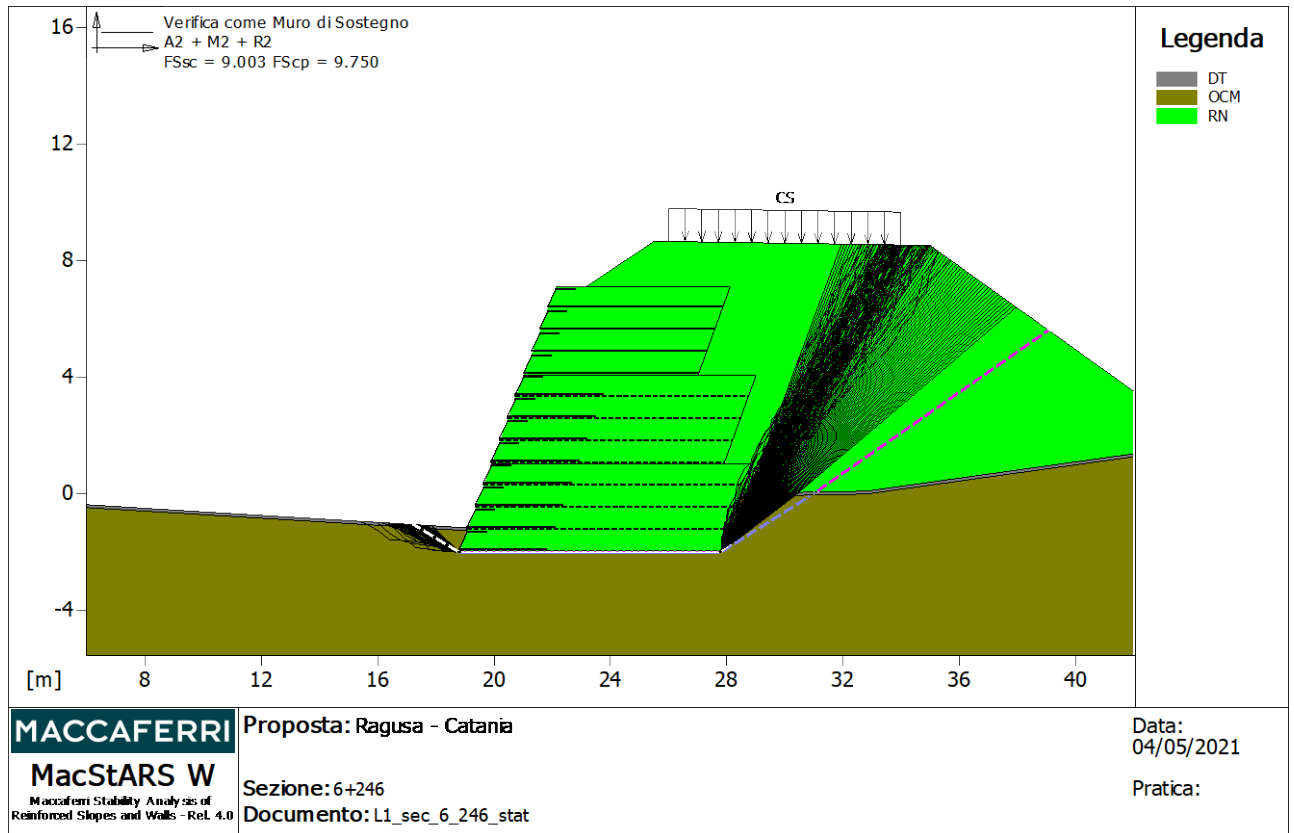
Intensità.....[kN/m<sup>2</sup>]...= 20.00 Inclinazione.....[°]...= 0.00

Ascissa.....[m] : Da = 26.00 To = 34.00

### 10.1.5 Proprieta' dei rinforzi utilizzati

Linear Composites - ParaGrid - 80_Seismic		
Carico di rottura Nominale Tr .....	[kN/m]	80.00
Rapporto di Scorrimento plastico .....		0.00
Coefficiente di Scorrimento elastico .....	[m <sup>3</sup> /kN]	1.10e-04
Rigidezza estensionale .....	[kN/m]	889.00
Lunghezza minima di ancoraggio .....	[m]	0.15
Coefficiente di sicurezza alla rottura (ghiaia) .....		1.11
Coefficiente di sicurezza al Pull-out .....		1.00
Coefficiente di sicurezza alla rottura (sabbia) .....		1.10
Coefficiente di sicurezza al Pull-out .....		1.00
Coefficiente di sicurezza alla rottura (limo) .....		1.10
Coefficiente di sicurezza al Pull-out .....		1.00
Coefficiente di sicurezza alla rottura (argilla) .....		1.10
Coefficiente di sicurezza al Pull-out .....		1.00
Coefficiente di interazione rinforzo-rinforzo .....		0.16
Coefficiente di sfilamento rinforzo-ghiaia .....		0.90
Coefficiente di sfilamento rinforzo-sabbia .....		0.90
Coefficiente di sfilamento rinforzo-limo .....		0.70
Coefficiente di sfilamento rinforzo-argilla .....		0.40
Maccaferri - Green Terramesh - 70° - 8/2.7P - 0.76		
Carico di rottura Nominale Tr .....	[kN/m]	50.00
Rapporto di Scorrimento plastico .....		2.00
Coefficiente di Scorrimento elastico .....	[m <sup>3</sup> /kN]	1.10e-04
Rigidezza estensionale .....	[kN/m]	500.00
Lunghezza minima di ancoraggio .....	[m]	0.15
Coefficiente di sicurezza alla rottura (ghiaia) .....		1.26
Coefficiente di sicurezza al Pull-out .....		1.00
Coefficiente di sicurezza alla rottura (sabbia) .....		1.09
Coefficiente di sicurezza al Pull-out .....		1.00
Coefficiente di sicurezza alla rottura (limo) .....		1.09
Coefficiente di sicurezza al Pull-out .....		1.00
Coefficiente di sicurezza alla rottura (argilla) .....		1.09
Coefficiente di sicurezza al Pull-out .....		1.00
Coefficiente di interazione rinforzo-rinforzo .....		0.30
Coefficiente di sfilamento rinforzo-ghiaia .....		0.90
Coefficiente di sfilamento rinforzo-sabbia .....		0.65
Coefficiente di sfilamento rinforzo-limo .....		0.50
Coefficiente di sfilamento rinforzo-argilla .....		0.30

**10.1.6 Verifiche**



**Verifica come muro di sostegno :**

Combinazione di carico : A2 + M2 + R2

Stabilità verificata sul blocco : TMV1

Forza Stabilizzante.....[kN/m].....: 1997.60

Forza Instabilizzante.....[kN/m].....: 221.87

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

Coefficiente di sicurezza allo scorrimento.....: 9.003

Pressione ultima calcolata con metodo dell'equilibrio limite.

Pressione ultima.....[kN/m<sup>2</sup>].....: 1947.80

Pressione media agente.....[kN/m<sup>2</sup>].....: 199.77

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

Coefficiente di sicurezza sulla capacità portante.....: 9.750

Fondazione equivalente.....[m].....: 9.00

Eccentricità forza normale.....[m].....: -0.77

Braccio momento.....[m].....: 6.28

Forza normale.....[kN].....: 1784.20

Pressione estremo di valle.....[kN/m<sup>2</sup>].....: 91.31

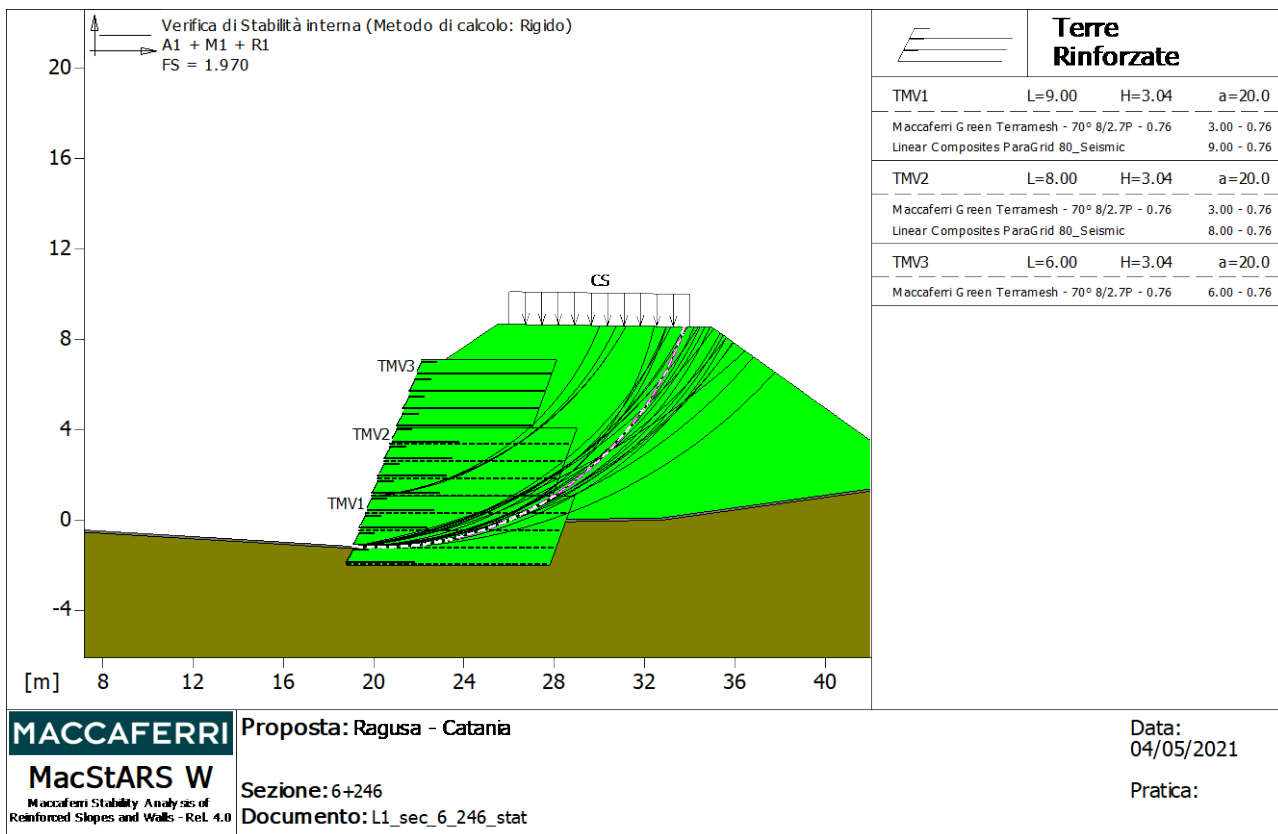
Pressione estremo di monte.....[kN/m<sup>2</sup>].....: 386.86

Fattore	Classe
1.30	Variabile - sfavorevole
1.25	Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza al taglio
1.25	Coeff. Parziale - Coesione efficace



**RELAZIONE DI CALCOLO**

1.00	Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - favorevole
1.00	Fs Rottura Rinforzi
1.00	Fs Sfilamento Rinforzi
1.00	Coeff. Parziale R - Scorrimento
1.00	Coeff. Parziale R - Capacità portante



**Verifica di stabilità interna :**

Combinazione di carico : A1 + M1 + R1  
 Calcolo delle forze nei rinforzi col metodo rigido  
 Ricerca delle superfici critiche col metodo di Bishop  
 Coefficiente di sicurezza minimo calcolato.....: 1.970

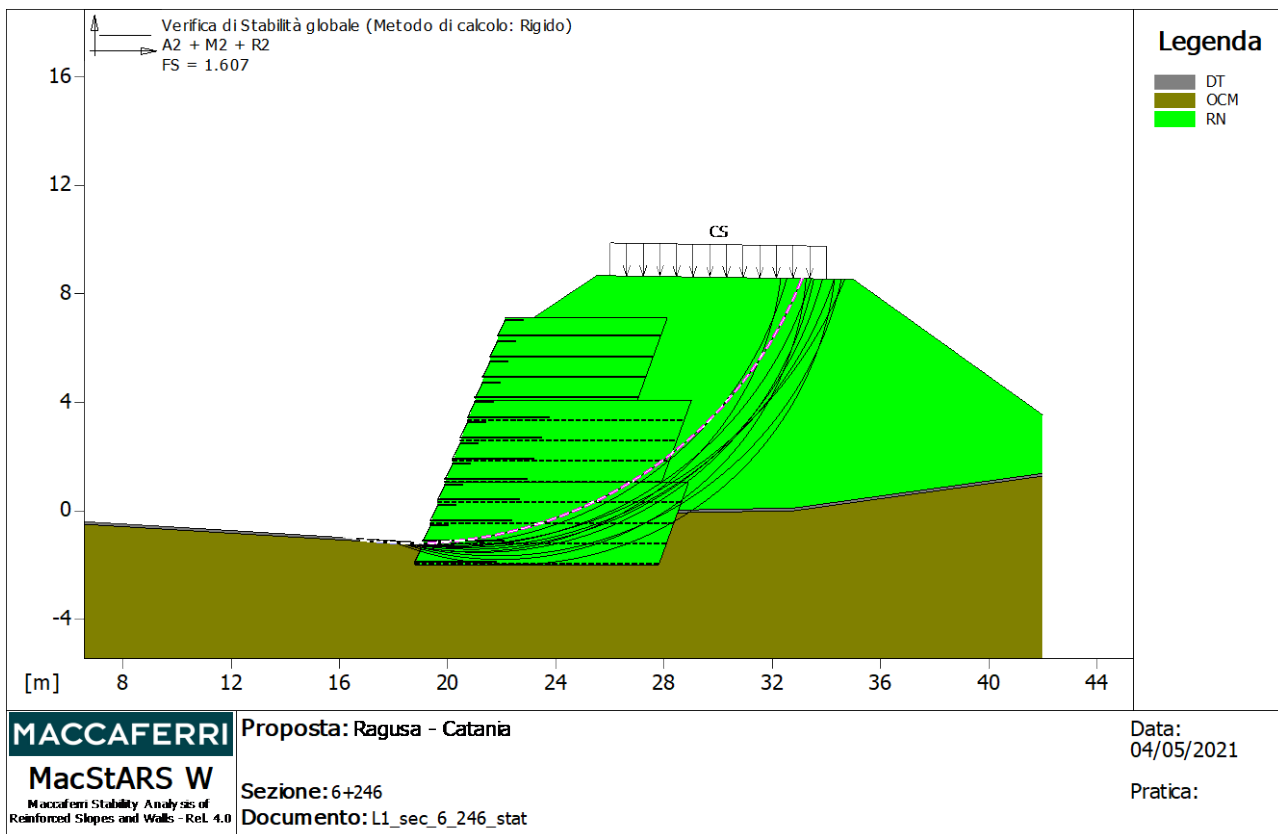
Blocco	Intervallo di ricerca delle superfici	
	Primo punto	Secondo punto
TMV1	21.00	40.00
Segmento di arrivo, ascisse [m]		
Numero punti avvio superfici sul segmento di partenza.....:	1	
Numero totale superfici di prova.....:	500	
Lunghezza segmenti delle superfici..... [m]:	0.50	
Angolo limite orario..... [°]:	0.00	
Angolo limite antiorario..... [°]:	0.00	

**RELAZIONE DI CALCOLO**

Blocco : TMV1  
Linear Composites - ParaGrid - 80\_Seismic

Y	Tb rottura [kN/m]	Tp sfilamento [kN/m]	Td agente [kN/m]	Tb/Td 1/Fmax	Tp/Td
[m]					
1.520	80.0	683.2	72.1	1.11	9.48
2.280	80.0	520.1	72.1	1.11	7.21

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



**Verifica di stabilità 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.....: 1.607

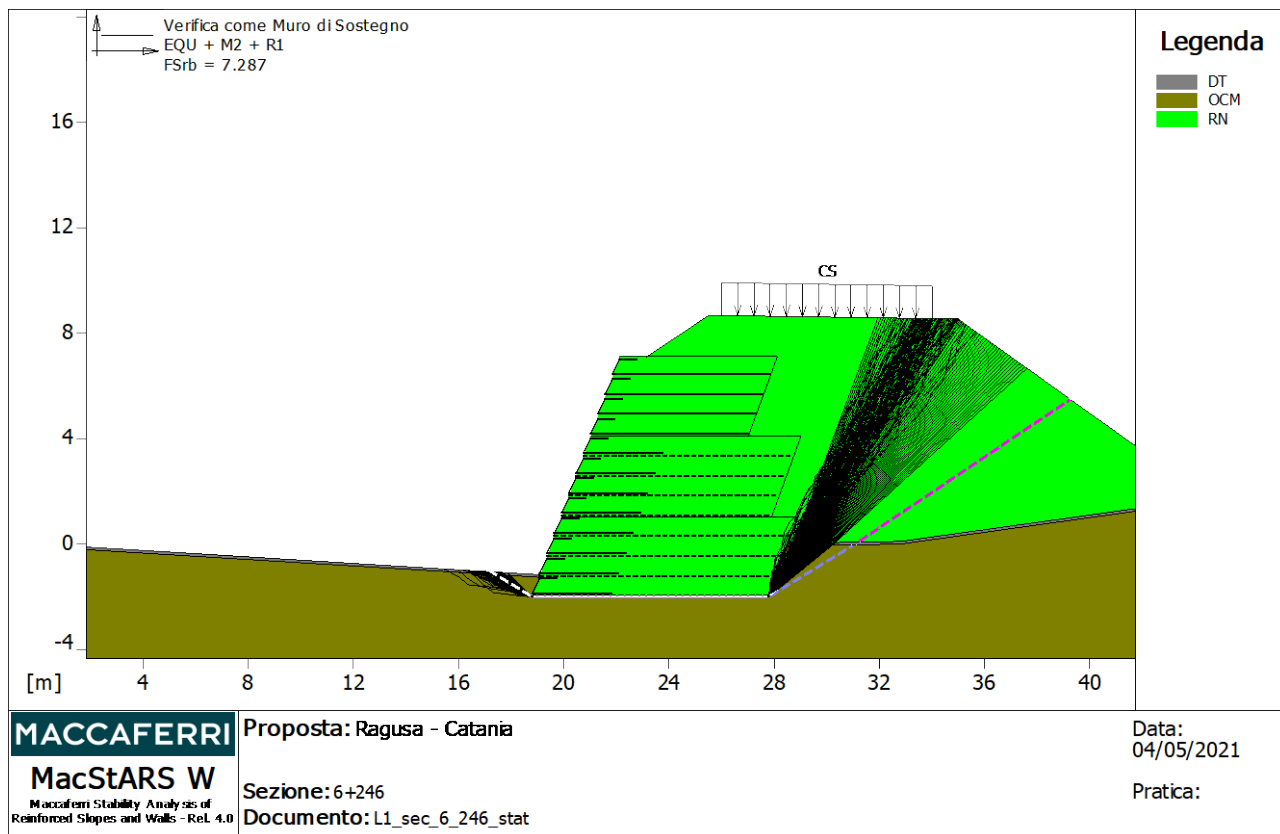
**RELAZIONE DI CALCOLO**

Intervallo di ricerca delle superfici			
Segmento di partenza, ascisse [m]		Segmento di arrivo, ascisse [m]	
Primo punto	Secondo punto	Primo punto	Secondo punto
10.00	18.00	22.00	35.00
Numero punti avvio superfici sul segmento di partenza.....:			50
Numero totale superfici di prova.....:			500
Lunghezza segmenti delle superfici..... [m].....:			0.50
Angolo limite orario.....[°].....:			0.00
Angolo limite antiorario.....[°].....:			0.00

Blocco : TMV1						
Linear Composites - ParaGrid - 80_Seismic						
Y	Tb	Tp	Td	Tb/Td	Tp/Td	
[m]	rottura [kN/m]	sfilamento [kN/m]	agente [kN/m]	1/Fmax		
1.520	80.0	394.8	72.1	1.11	5.48	
2.280	80.0	704.9	72.1	1.11	9.78	

Blocco : TMV2						
Linear Composites - ParaGrid - 80_Seismic						
Y	Tb	Tp	Td	Tb/Td	Tp/Td	
[m]	rottura [kN/m]	sfilamento [kN/m]	agente [kN/m]	1/Fmax		
0.000	80.0	267.6	72.1	1.11	3.71	
0.760	80.0	64.4	64.4	1.24	1.00	

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



**Verifica come muro di sostegno :**

Combinazione di carico : EQU + M2 + R1

Stabilità verificata sul blocco : TMV1

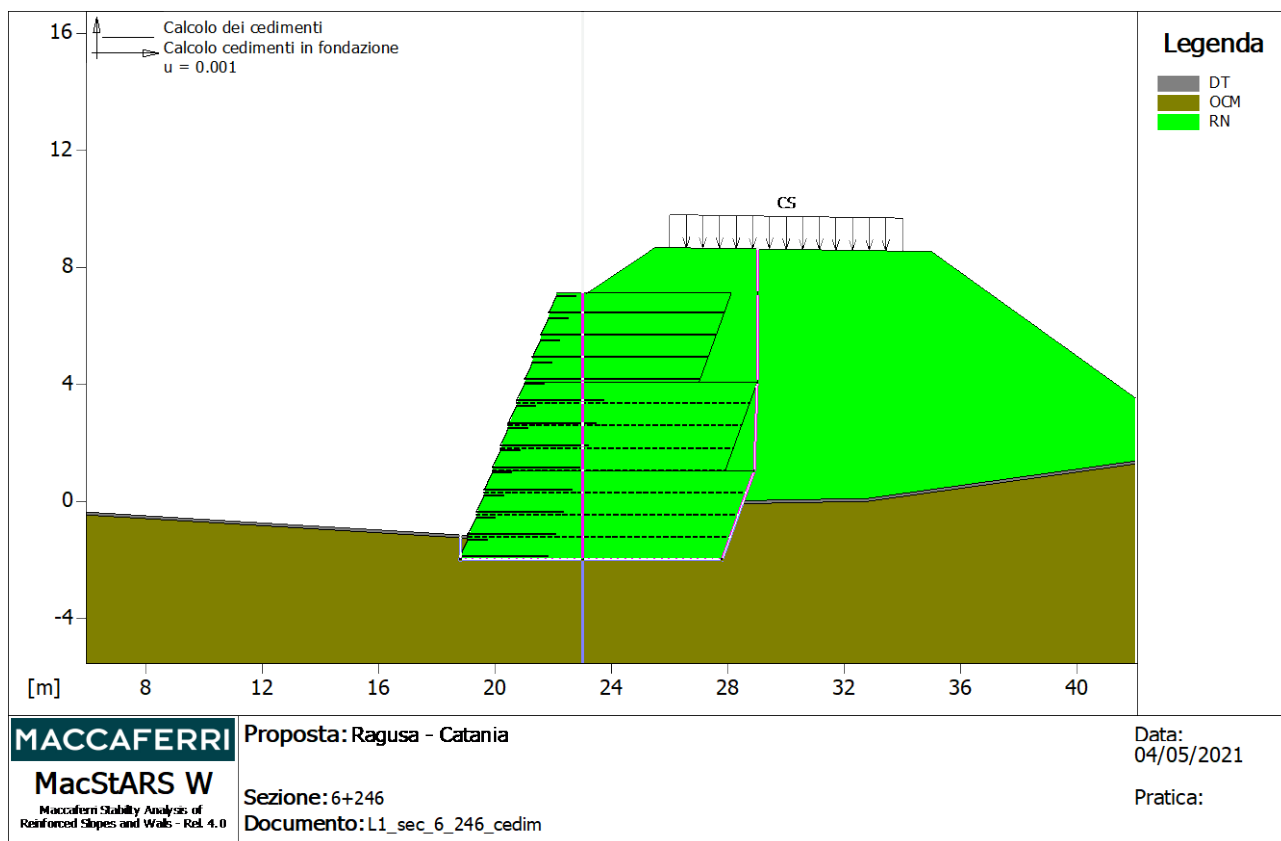
Momento Stabilizzante.....[kN\*m/m].....: 9888.60

Momento Instabilizzante.....[kN\*m/m].....: 1357.00

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

Coefficiente di sicurezza al ribaltamento.....: 7.287

Fattore	Classe
1.50	Variabile - sfavorevole
1.25	Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza al taglio
1.25	Coeff. Parziale - Coesione efficace
0.90	Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - favorevole
1.00	Fs Rottura Rinforzi
1.00	Fs Sfilamento Rinforzi
1.00	Coeff. Parziale R – Ribaltamento



### Calcolo del cedimento :

Combinazione di carico : Calcolo cedimenti in fondazione

Ascissa della verticale di calcolo ..... [m]..... : 23.00

Cedimento ..... [m]..... : 0.001

Poligonale che definisce la parte di terreno da considerare come carico

X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]
18.80	-1.14	18.80	-2.00	27.80	-2.00	28.91	1.04
29.01	4.08	29.01	7.12	29.02	8.63		

Fattore	Classe
1.00	Carico
1.00	tan (phi) Proprietà geotecniche
1.00	c' Proprietà geomeccaniche
1.00	Peso terreni
1.00	Fs Rottura Rinforzi
1.00	Fs Sfilamento Rinforzi

## 10.2 SEZIONE KM 0+300 – CONDIZIONI SISMICHE

### 10.2.1 Caratteristiche geotecniche dei terreni

**Terreno : DT** Descrizione : detrito

Classe coesione.....: Coeff. Parziale - Coesione efficace

Coesione..... [kN/m<sup>2</sup>]..... : 0.00

RELAZIONE DI CALCOLO

Classe d'attrito.....: Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza al taglio  
 Angolo d'attrito.....[°].....: 33.00  
 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>].....: 21.60  
 Peso specifico in falda.....[kN/m<sup>3</sup>].....: 21.60  
 Modulo elastico.....[kN/m<sup>2</sup>].....: 0.00  
 Coefficiente di Poisson.....: 0.30

**Terreno : OCM** Descrizione : ocm litoide  
 Classe coesione.....: Coeff. Parziale - Coesione efficace  
 Coesione.....[kN/m<sup>2</sup>].....: 185.00  
 Classe d'attrito.....: Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza al 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>].....: 25.20  
 Peso specifico in falda.....[kN/m<sup>3</sup>].....: 25.20  
 Modulo elastico.....[kN/m<sup>2</sup>].....: 0.00  
 Coefficiente di Poisson.....: 0.30

**Terreno : RN** Descrizione : rilevato di nuova realizzazione  
 Classe coesione.....: Coeff. Parziale - Coesione efficace  
 Coesione.....[kN/m<sup>2</sup>].....: 0.00  
 Classe d'attrito.....: Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza al taglio  
 Angolo d'attrito.....[°].....: 35.00  
 Rapporto di pressione interstiziale (Ru).....: 0.00  
 Classe di peso.....: Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - favorevole  
 Peso specifico sopra falda.....[kN/m<sup>3</sup>].....: 20.50  
 Peso specifico in falda.....[kN/m<sup>3</sup>].....: 20.50  
 Modulo elastico.....[kN/m<sup>2</sup>].....: 0.00  
 Coefficiente di Poisson.....: 0.30

10.2.2 Profili stratigrafici

**Strato: DT** Descrizione:  
 Terreno : DT

X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]
0.00	0.00	21.37	-1.30	24.94	-1.26	27.20	0.00
32.80	0.10	42.00	1.38				

**Strato: OCM** Descrizione:  
 Terreno : OCM

X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]
0.00	-0.10	21.37	-1.40	24.94	-1.36	27.20	-0.10
32.80	0.00	42.00	1.28				

RELAZIONE DI CALCOLO

**Strato: RIL**

Terreno : RN

Descrizione:

X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]
21.37	-1.30	23.13	7.10	25.50	8.68	35.00	8.54
42.00	3.54						

**10.2.3 Blocchi rinforzati**

**Blocco : TMV1**

Dati principali.....[m].....: Larghezza.....= 9.00 Altezza.....= 3.04  
Coordinate Origine.....[m].....: Ascissa.....= 18.80 Ordinata.....= -2.00  
Inclinazione paramento.....[°].....: 20.00

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

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 - 70° - 8/2.7P - 0.76

Lunghezza.....[m].....= 3.00  
Interasse.....[m].....= 0.76  
Risolto.....[m].....= 0.65

Linear Composites - ParaGrid - 80\_Seismic

Lunghezza.....[m].....= 9.00  
Interasse verticale.....[m].....= 0.76  
Offset.....[m].....= 0.00

**Blocco : TMV2**

Dati principali.....[m].....: Larghezza.....= 8.00 Altezza.....= 3.04  
Arretramento.....[m].....= 0.00 da TMV1  
Inclinazione paramento.....[°].....: 20.00

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

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 - 70° - 8/2.7P - 0.76

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

RELAZIONE DI CALCOLO

Interasse.....[m].....= 0.76  
Risolto.....[m].....= 0.65

Linear Composites - ParaGrid - 80\_Seismic

Lunghezza.....[m].....= 8.00  
Interasse verticale.....[m].....= 0.76  
Offset.....[m].....= 0.00

**Blocco : TMV3**

Dati principali.....[m].....: Larghezza.....= 6.00 Altezza.....= 3.04  
Arretramento.....[m].....= 0.00 da TMV2  
Inclinazione paramento.....[°].....: 20.00

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

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 - 70° - 8/2.7P - 0.76  
Lunghezza.....[m].....= 6.00  
Interasse.....[m].....= 0.76  
Risolto.....[m].....= 0.65

**10.2.4 Carichi**

**Pressione : CS**

Descrizione :

Classe : Variabile - sfavorevole  
Intensità.....[kN/m<sup>2</sup>].....= 6.00 Inclinazione.....[°].....= 0.00  
Ascissa.....[m].....: Da = 26.00 To = 34.00

**Sisma :**

Classe : Sisma  
Accelerazione.....[m/s<sup>2</sup>].....: Orizzontale.....= 0.91 Verticale.....= 0.45

**10.2.5 Proprieta' dei rinforzi utilizzati**

Linear Composites - ParaGrid - 80\_Seismic

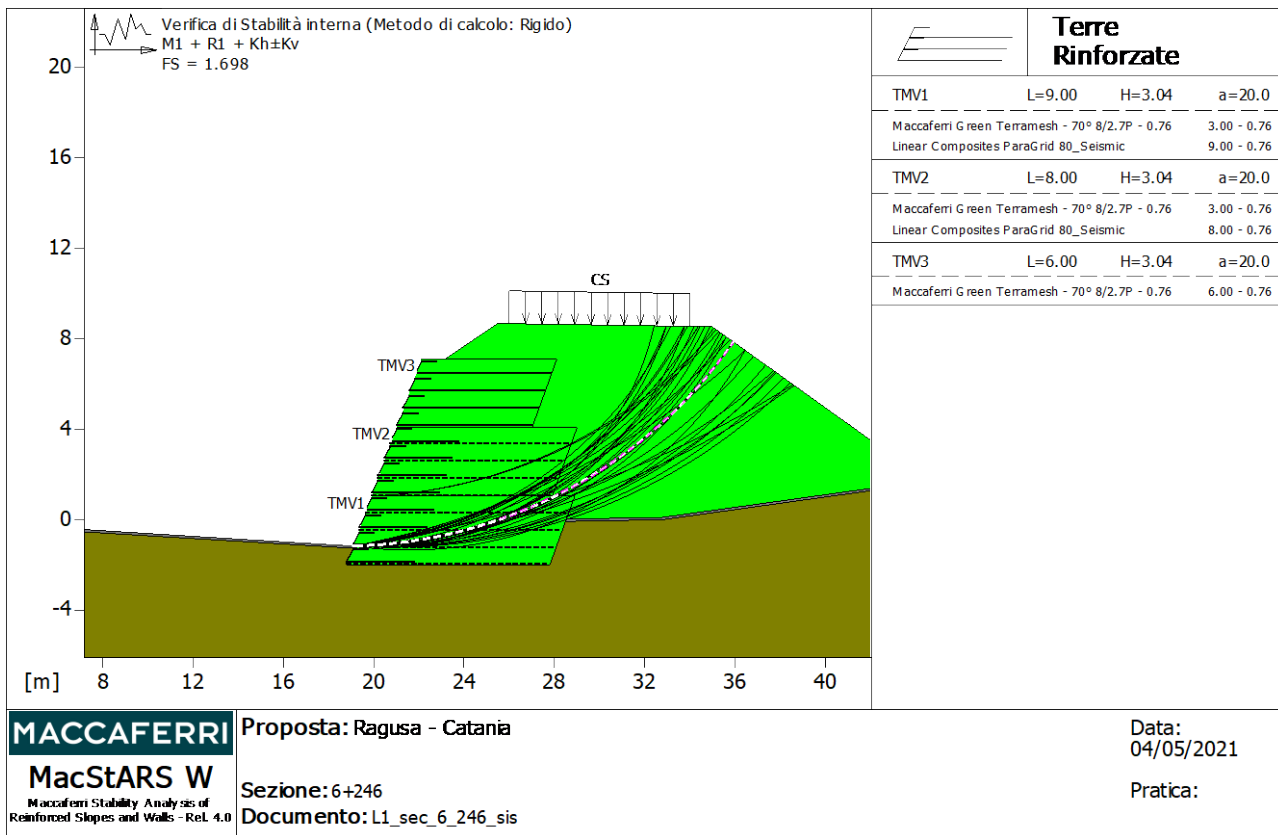
Carico di rottura Nominale Tr.....[kN/m].....: 80.00  
Rapporto di Scorrimento plastico.....: 0.00  
Coefficiente di Scorrimento elastico.....[m<sup>3</sup>/kN].....: 1.10e-04  
Rigidezza estensionale.....[kN/m].....: 889.00  
Lunghezza minima di ancoraggio.....[m].....: 0.15  
Coefficiente di sicurezza alla rottura (ghiaia).....: 1.11  
Coefficiente di sicurezza al Pull-out.....: 1.00  
Coefficiente di sicurezza alla rottura (sabbia).....: 1.10  
Coefficiente di sicurezza al Pull-out.....: 1.00



RELAZIONE DI CALCOLO

Coefficiente di sicurezza alla rottura (limo).....	:	1.10
Coefficiente di sicurezza al Pull-out .....	:	1.00
Coefficiente di sicurezza alla rottura (argilla).....	:	1.10
Coefficiente di sicurezza al Pull-out .....	:	1.00
Coefficiente di interazione rinforzo-rinforzo	:	0.16
Coefficiente di sfilamento rinforzo-ghiaia.....	:	0.90
Coefficiente di sfilamento rinforzo-sabbia.....	:	0.90
Coefficiente di sfilamento rinforzo-limo.....	:	0.70
Coefficiente di sfilamento rinforzo-argilla.....	:	0.40
Maccaferri - Green Terramesh - 70° - 8/2.7P - 0.76		
Carico di rottura Nominale Tr .....	[kN/m].....	50.00
Rapporto di Scorrimento plastico.....	:	2.00
Coefficiente di Scorrimento elastico.....	[m <sup>3</sup> /kN].....	1.10e-04
Rigidezza estensionale.....	[kN/m].....	500.00
Lunghezza minima di ancoraggio.....	[m].....	0.15
Coefficiente di sicurezza alla rottura (ghiaia).....	:	1.26
Coefficiente di sicurezza al Pull-out .....	:	1.00
Coefficiente di sicurezza alla rottura (sabbia).....	:	1.09
Coefficiente di sicurezza al Pull-out .....	:	1.00
Coefficiente di sicurezza alla rottura (limo).....	:	1.09
Coefficiente di sicurezza al Pull-out .....	:	1.00
Coefficiente di sicurezza alla rottura (argilla).....	:	1.09
Coefficiente di sicurezza al Pull-out .....	:	1.00
Coefficiente di interazione rinforzo-rinforzo	:	0.30
Coefficiente di sfilamento rinforzo-ghiaia.....	:	0.90
Coefficiente di sfilamento rinforzo-sabbia.....	:	0.65
Coefficiente di sfilamento rinforzo-limo.....	:	0.50
Coefficiente di sfilamento rinforzo-argilla.....	:	0.30

**10.2.6 Verifiche**



**Verifica di stabilità interna :**

Combinazione di carico : M1 + R1 + Kh±Kv  
 Calcolo delle forze nei rinforzi col metodo rigido  
 Ricerca delle superfici critiche col metodo di Bishop  
 Coefficiente di sicurezza minimo calcolato.....: 1.698

Intervallo di ricerca delle superfici

Blocco	Segmento di arrivo, ascisse [m]	
TMV1	Primo punto	Secondo punto
	21.00	40.00

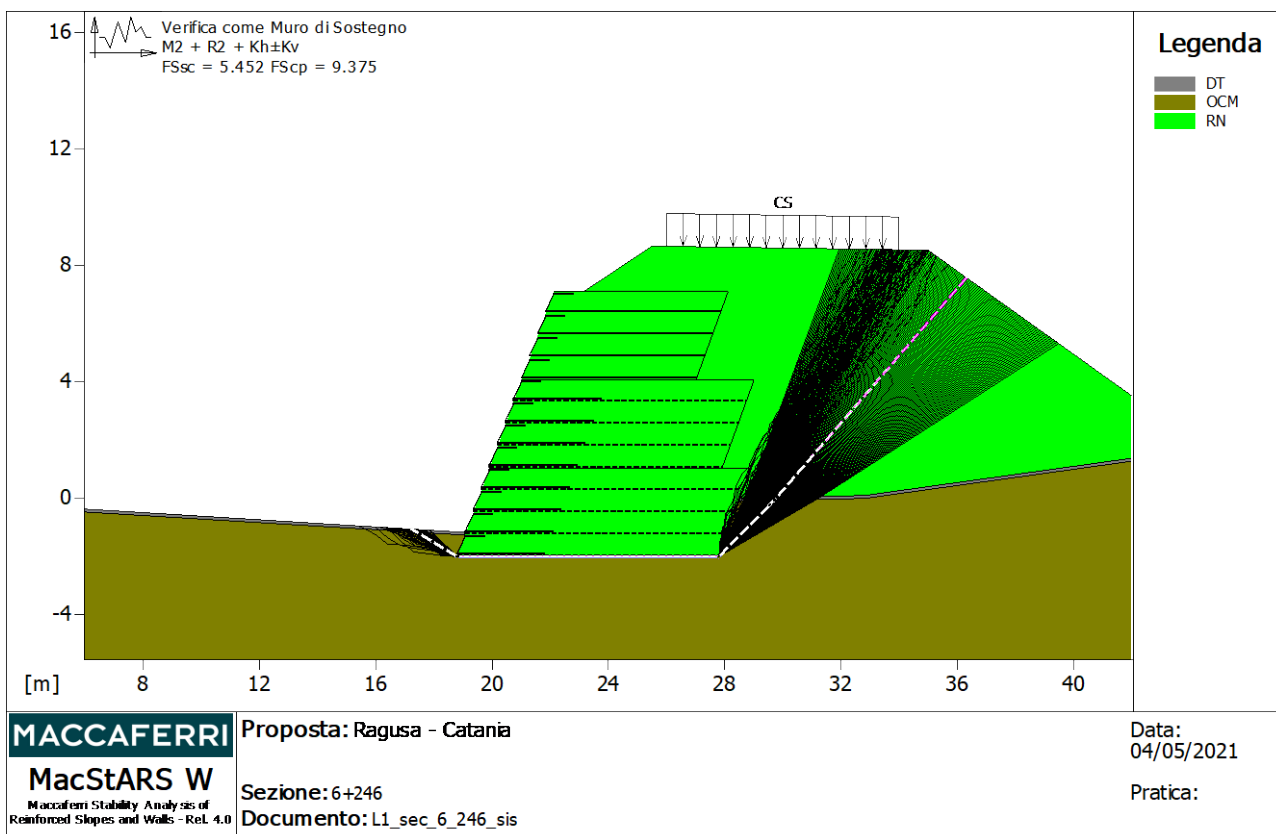
Numero punti avvio superfici sul segmento di partenza.....: 1  
 Numero totale superfici di prova.....: 500  
 Lunghezza segmenti delle superfici..... [m].....: 0.50  
 Angolo limite orario..... [°].....: 0.00  
 Angolo limite antiorario..... [°].....: 0.00

Blocco : TMV1

Linear Composites - ParaGrid - 80\_Seismic

Y	Tb	Tp	Td	Tb/Td	Tp/Td
[m]	rottura [kN/m]	sfilamento [kN/m]	agente [kN/m]	1/Fmax	
1.520	80.0	515.4	72.1	1.11	7.15
2.280	80.0	521.0	72.1	1.11	7.23

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



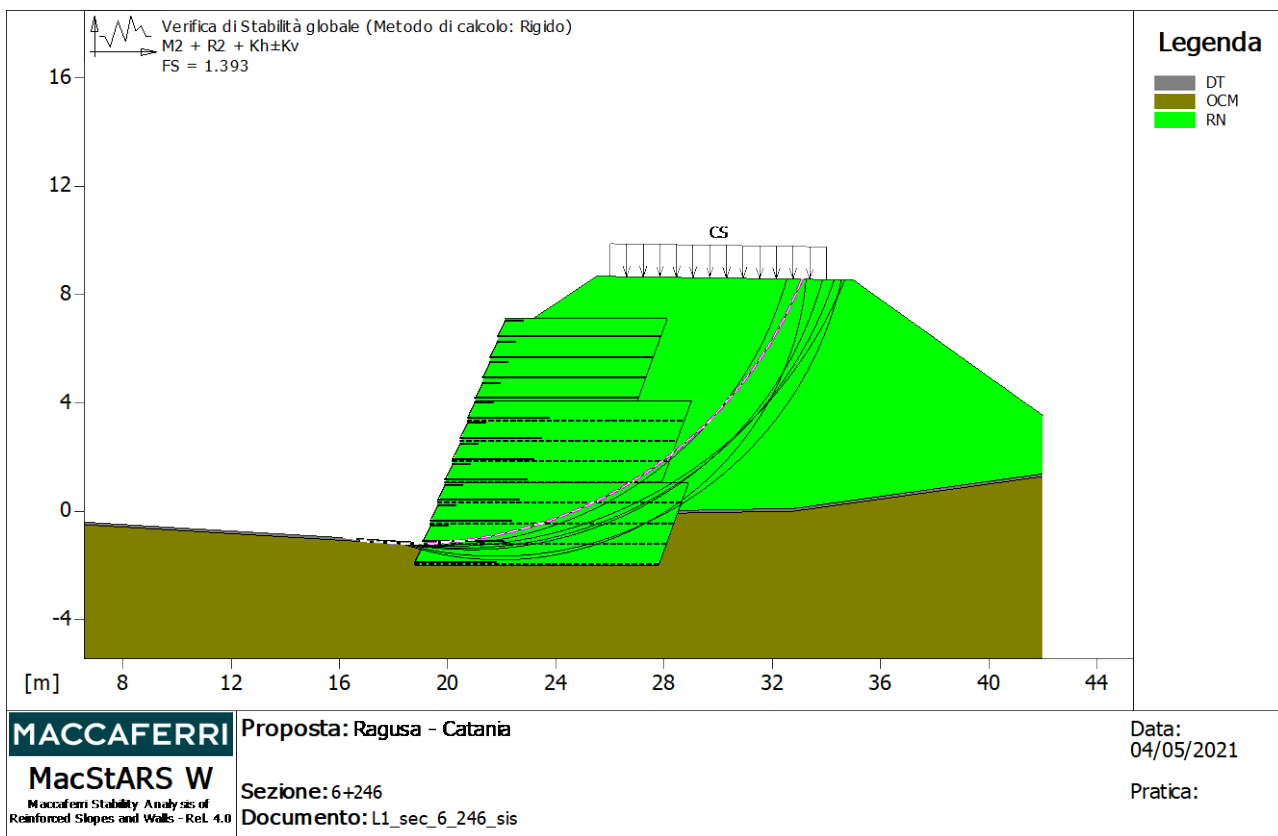
**Verifica come muro di sostegno :**

Combinazione di carico : M2 + R2 + Kh±Kv  
 Stabilità verificata sul blocco : TMV1  
 Forza Stabilizzante.....[kN/m] : 1945.80  
 Forza Instabilizzante.....[kN/m] : 356.88  
 Classe scorrimento.....: Coeff. Parziale R - Scorrimento  
 Coefficiente di sicurezza allo scorrimento.....: 5.452  
 Pressione ultima calcolata con metodo dell'equilibrio limite.  
 Pressione ultima.....[kN/m<sup>2</sup>] : 1753.90  
 Pressione media agente.....[kN/m<sup>2</sup>] : 187.08  
 Classe pressione.....: Coeff. Parziale R - Capacità portante  
 Coefficiente di sicurezza sulla capacità portante.....: 9.375  
 Fondazione equivalente.....[m] : 9.00  
 Eccentricità forza normale.....[m] : -0.22

RELAZIONE DI CALCOLO

Braccio momento.....[m].....: 7.02  
 Forza normale .....[kN].....: 1645.50  
 Pressione estremo di valle.....[kN/m<sup>2</sup>].....: 162.62  
 Pressione estremo di monte.....[kN/m<sup>2</sup>].....: 221.82

Fattore	Classe
1.00	Variabile - sfavorevole
1.00	Sisma
1.25	Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza al taglio
1.25	Coeff. Parziale - Coesione efficace
1.00	Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - favorevole
1.00	Fs Rottura Rinforzi
1.00	Fs Sfilamento Rinforzi
1.00	Coeff. Parziale R - Scorrimento
1.00	Coeff. Parziale R - Capacità portante



**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.....: 1.393

Intervallo di ricerca delle superfici			
Segmento di partenza, ascisse [m]		Segmento di arrivo, ascisse [m]	
Primo punto	Secondo punto	Primo punto	Secondo punto
10.00	18.00	22.00	35.00

RELAZIONE DI CALCOLO

Numero punti avvio superfici sul segmento di partenza.....:	50
Numero totale superfici di prova.....:	500
Lunghezza segmenti delle superfici..... [m].....:	0.50
Angolo limite orario.....[°].....:	0.00
Angolo limite antiorario.....[°].....:	0.00

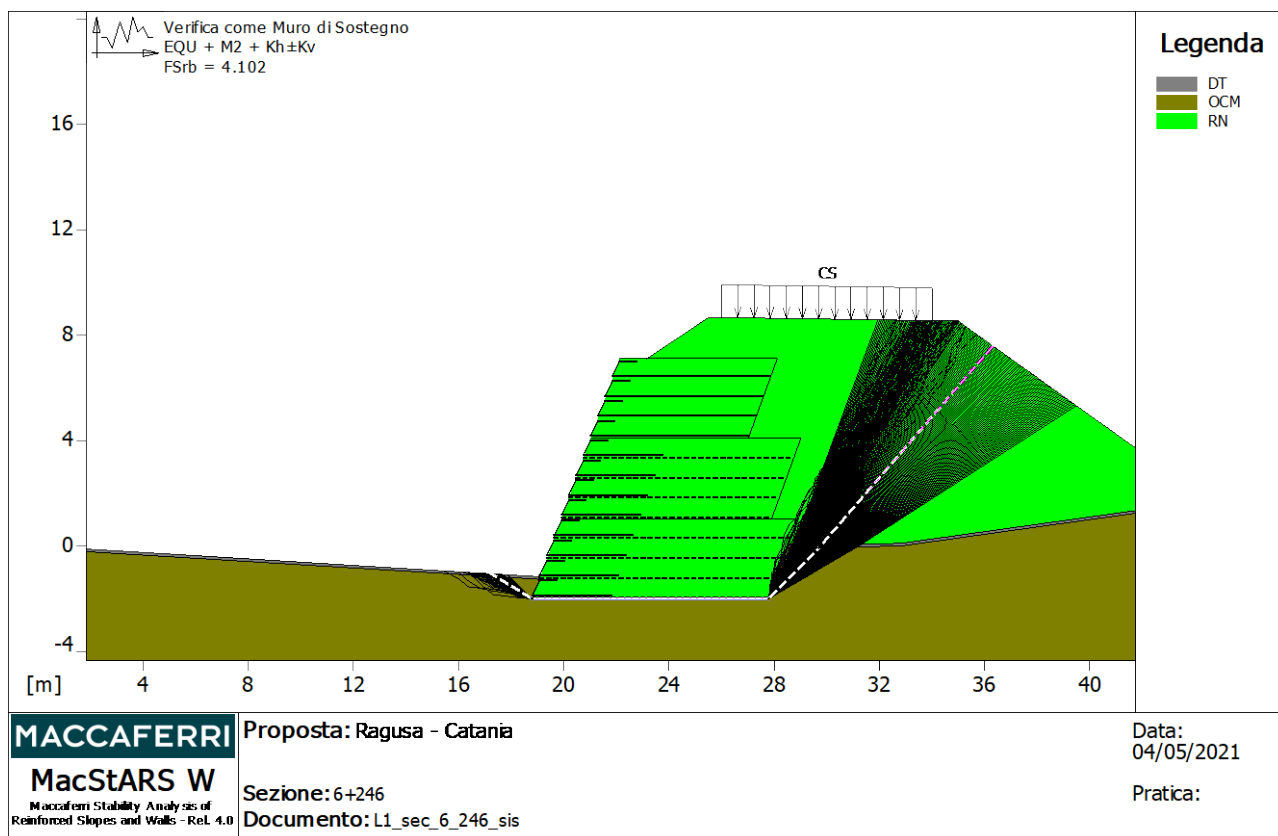
Blocco : TMV1

Y	Tb rottura [kN/m]	Linear Composites - ParaGrid - 80_Seismic Tp sfilamento [kN/m]	Td agente [kN/m]	Tb/Td 1/Fmax	Tp/Td
1.520	80.0	394.8	72.1	1.11	5.48
2.280	80.0	704.9	72.1	1.11	9.78

Blocco : TMV2

Y	Tb rottura [kN/m]	Linear Composites - ParaGrid - 80_Seismic Tp sfilamento [kN/m]	Td agente [kN/m]	Tb/Td 1/Fmax	Tp/Td
0.000	80.0	238.3	72.1	1.11	3.31
0.760	80.0	56.7	56.7	1.41	1.00

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



**Verifica come muro di sostegno :**

Combinazione di carico : EQU + M2 + Kh±Kv

Stabilità verificata sul blocco : TMV1

Momento Stabilizzante.....[kN\*m/m].....:10270.00

Momento Instabilizzante.....[kN\*m/m].....: 2503.60

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

Coefficiente di sicurezza al ribaltamento.....: 4.102

Fattore	Classe
1.00	Variabile - sfavorevole
1.00	Sisma
1.25	Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza al taglio
1.25	Coeff. Parziale - Coesione efficace
1.00	Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - favorevole
1.00	Fs Rottura Rinforzi
1.00	Fs Sfilamento Rinforzi
1.00	Coeff. Parziale R - Ribaltamento