

COMMITTENTE



SOGGETTO TECNICO

**DIREZIONE STAZIONI - INGEGNERIA E INVESTIMENTI**

PROGETTAZIONE

MANDATARIA



CODING S.R.L.

MANDANTE



POLITECNICA SOC. COOP.



SWS ENGINEERING S.P.A.

# HUB DI INTERSCAMBIO FERROVIARIO DI POMPEI

## PROGETTO DEFINITIVO

**ELABORATI VIABILITA'**  
**NUOVA VIABILITA' NORD**  
**Muri in terra rinforzata - Relazione Tecnica e di calcolo**

SCALA

-

PROGETTO	ANNO	SOTTOPR.	LIVELLO	NOME DOC.	TIPO DOC.	SCALA	NUM.	REV.
3205	20	S01	PD	PM00	RE	SX	E05A	

Rev	Descrizione	Redatto	Verificato	Approvato	Data	Autorizzato Il progettista	Data
A	Emissione	B. Fiamiani	L. Nardoni	P. Luciani	16/11/20	G. Coppa	16/11/20

Controllo Qualità

QA & QC	Verificato	Approvato	Autorizzato
	F. Bistolfi	F. Bordini	R. Vangeli

Soggetto Tecnico	Data	Referente di Progetto	Data
F. Cerone	16/11/20	A. Martino	

POSIZIONE ARCHIVIO

LINEA

= = = =

SEDE TECNICA

□ □ □ □ □ □

NOME DOC.

□ □ □ □ □ □

NUMERAZIONE

□ □ □ □ □ □

Verificato e Trasmesso	Data	Convalidato	Data	Archiviato	Data

Progetto Definitivo

**Relazione Tecnica e di Calcolo**  
**Strutture in Terra Rinforzata**  
**HUB DI POMPEI**

Rev.	Descrizione revisione	Redatto	Verificato	Approvato	Autorizzato
0	Emissione per commenti	B. Fimiani	C. Pinti	L. Nardoni	F. Coppa

## INDICE

<b>1</b>	<b>PREMESSA</b> .....	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>NORMATIVA DI RIFERIMENTO</b> .....	<b>4</b>
<b>3</b>	<b>OPERE OGGETTO DELLA RELAZIONE</b> .....	<b>4</b>
<b>4</b>	<b>MATERIALI IMPIEGATI – SISTEMA TERRAMESH VERDE E PARAGRID</b> .....	<b>5</b>
4.1	ELEMENTI DI RINFORZO – TERRAMESH VERDE.....	5
4.2	ELEMENTI DI RINFORZO – PARAGRID.....	6
4.3	REQUISITI RICHIESTI PER IL RILEVATO STRUTTURALE .....	6
<b>5</b>	<b>ISTRUZIONI OPERATIVE PER LA REALIZZAZIONE DEL RILEVATO STRUTTURALE</b> .....	<b>7</b>
5.1	POSA DEGLI ELEMENTI DI RINFORZO .....	7
5.2	IDROSEMINA A SPESSORE .....	8
5.3	COMPATTAZIONE .....	9
5.4	CONDIZIONI CLIMATICHE .....	9
5.5	EVENTUALI RILEVATI DI PROVA .....	9
5.6	PROVE DI CONTROLLO .....	10
<b>6</b>	<b>CONDIZIONI DI CARICO VERIFICATE</b> .....	<b>11</b>
<b>7</b>	<b>COEFFICIENTI DI SICUREZZA PARZIALI</b> .....	<b>12</b>
<b>8</b>	<b>IPOTESI DI CALCOLO</b> .....	<b>13</b>
<b>9</b>	<b>METODO DI CALCOLO</b> .....	<b>14</b>
9.1	GENERAZIONE DELLE SUPERFICI DI ROTTURA.....	17
9.2	CARICHI DINAMICI DOVUTI A FORZE DI NATURE SISMICHE .....	18
<b>10</b>	<b>SEZIONI OGGETTO DI VERIFICA</b> .....	<b>20</b>
<b>11</b>	<b>ESITO DELLE VERIFICHE</b> .....	<b>20</b>
11.1	COEFFICIENTI DI SOVRADIMENSIONAMENTO – VALORI MINIMI OTTENUTI.....	20
11.2	ESCLUSIONI.....	21

## 1 PREMESSA

Il presente documento si riferisce al progetto definitivo relativo alla Nuova Viabilità di Progetto (NV.02. Viabilità Nord) ed in particolare alle opere di sostegno in terra rinforzata a paramento rinverdito realizzate con il sistema Terramesh Verde e rinforzo in geogriglia ad alta resistenza Paragrid. 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 DI RIFERIMENTO**

Nella redazione della presente relazione si è fatto riferimento alla seguente normativa:

1. Nuove Norme tecniche sulle Costruzioni Approvate con D.Min. 17/01/2018
2. Norme tecniche sulle Costruzioni Approvate con D.Min. 14/01/2008
3. Circolare al D.M. del 14/01/2008
4. Eurocodice 7 “Progettazione geotecnica - Parte 1: Regole generali”, aprile 1997.
5. Eurocodice 8 “Indicazioni progettuali per la resistenza sismica delle strutture – Parte 1: Regole generali - azioni sismiche e requisiti generali per le strutture”, ottobre 1997.
6. Eurocodice 8 “Indicazioni progettuali per la resistenza sismica delle strutture – Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici”, febbraio 1998.
7. UNI EN 14475 - Esecuzione di lavori geotecnici speciali - Terra rinforzata
8. UNI 10006 - Costruzione e manutenzione delle strade - Tecniche di impiego delle terre
9. ASTM D 3282 - Standard Practice for Classification of Soils and Soil-Aggregate Mixtures for Highway Construction Purposes
1. 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
2. UNI EN 13285 - Miscele non legate - Specifiche
3. UNI EN ISO 14688-1 - Indagini e prove geotecniche - Identificazione e classificazione dei terreni - Identificazione e descrizione

## 3 **OPERE OGGETTO DELLA RELAZIONE**

La presente relazione riguarda il dimensionamento per la realizzazione di strutture di sostegno nell'ambito del progetto definitivo relativo alla Nuova Viabilità di Progetto (NV.02. Viabilità Nord).

Più in dettaglio, oggetto della relazione sono le seguenti opere:

- Struttura 1 – NV.02.MR.01. MURO 01 (pr 0+190.00 - 0+287.81);
- Struttura 2 - NV.02.MR.02. MURO 02 (pr 0+302.04 - 0+368.61);
- Struttura 3 – NV.02.MR.03 MURO 3 (pr. 0+448.61 – 0+493.50)

## 4 MATERIALI IMPIEGATI – SISTEMA TERRAMESH VERDE E PARAGRID

### 4.1 ELEMENTI DI RINFORZO – TERRAMESH VERDE

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

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.

#### 4.2 ELEMENTI DI RINFORZO – PARAGRID

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).

Le caratteristiche meccaniche delle geogriglie previste in progetto sono riportate nella tabella di seguito:

PARAGRID	200/05
resistenza a trazione longitudinale (kN/m)	200
resistenza a trazione trasversale (kN/m)	6
allungamento a rottura nelle due direzioni (v.medio)	≤11%

#### 4.3 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.

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

### **5.1 POSA DEGLI ELEMENTI DI RINFORZO**

Il piano di posa dovrà essere predisposto fino a raggiungere la quota d'imposta del primo elemento di 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.

### **TMV (Terramesh Verde)**

Gli elementi di 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.

## 5.2 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.

### **5.3 COMPATTAZIONE**

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

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

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

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

### **5.4 CONDIZIONI CLIMATICHE**

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

### **5.5 EVENTUALI RILEVATI DI PROVA**

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

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

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

## 5.6 PROVE DI CONTROLLO

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

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

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

## 6 CONDIZIONI DI CARICO VERIFICATE

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

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

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

Per quanto riguarda le verifiche agli SLU di tipo geotecnico (GEO) cioè per le Verifiche Esterne a Scorrimento della Fondazione, verifica di Capacità Portante della Fondazione e verifica a Ribaltamento della Struttura si è utilizzato l'Approccio 2: A1+M1+R3 (NTC2018 par. 6.5.3.1.1 Muri di sostegno).

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

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

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

Per quanto riguarda le verifiche agli SLU di tipo geotecnico (GEO) cioè per le Verifiche Esterne a Scorrimento della Fondazione, verifica di Capacità Portante della Fondazione e verifica a Ribaltamento della Struttura si è utilizzato l'Approccio 2: M1+R3+kh±kv (NTC2018 par. 6.5.3.1.1 Muri di sostegno).

Per quanto riguarda invece le verifiche agli SLU di tipo strutturale (STR) (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.

## 7 COEFFICIENTI DI SICUREZZA PARZIALI

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

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

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

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

Coefficienti PARZIALI DELLE AZIONI $\gamma_F$					
		A1	A1(*)	A2	A2(*)
<u>PERMANENTI:</u> (Pesi, spinte geostatiche del terreno; sovraccarichi permanenti) ( $\gamma_{e1}$ )	Favorevole	1,00	1,00	1,00	1,00
	Sfavorevole	1,30	1,00	1,00	1,00
<u>VARIABILI:</u> (sovraccarichi variabili; sisma; spinte relative indotte) ( $\gamma_{e1}$ )	Favorevole	0,00	1,00	0,00	1,00
	Sfavorevole	1,50	1,00	1,30	1,00

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

Nota:

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

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

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

## 8 IPOTESI DI CALCOLO

- Comune di costruzione o coordinate topografiche: Pompei
- Vita nominale dell’opera -  $V_N$  (Rif. D.M. 17/01/2018 tab 2.4.I) 100 anni
- Coefficiente d’uso -  $C_U$  (Rif. D.M. 17/01/2018 tab 2.4.II) Classe IV
- Categoria del Sottosuolo (Rif. D.M. 17/01/2018 tab. 3.2.II e tab. 3.2.IV) C
- Categoria Topografica (Rif. D.M. 17/01/2018 Tab. 3.2.III e Tab. 3.2.V) T1

Nei calcoli di stabilità e resistenza si sono assunte le caratteristiche fisiche dei terreni, secondo le indicazioni della committente tramite il modulo DIS allegato. La caratterizzazione geomeccanica dei terreni è riportata negli allegati di calcolo.

Si è considerato agente un sovraccarico accidentale pari a 20 kPa.

Per le verifiche sismiche il sovraccarico accidentale dovuto al transito di mezzi viene moltiplicato per il fattore  $\psi_{2j} = 0.2$  in accordo con D.M. 17/01/2018 cap. 5.1.3.12.

Il calcolo viene inoltre eseguito tenendo conto delle azioni sismiche dell’area oggetto del progetto secondo con quanto prescritto da D.M. 17/01/2018 per cui:

Accelerazione orizzontale massima attesa su suolo rigido:  $a_g/g = 0,181$

Coefficiente di sottosuolo:  $S = S_s \times S_t = 1,42$

Coefficiente di riduzione:  $\beta_m = 0,38$  (valore riferito allo stato limite ultimo SLV);

Coefficiente sismico orizzontale  $k_h$ :  $= S \times a_g/g \times \beta_m = 1,42 \times 0,181 \times 0,38 = 0,098$

Coefficiente sismico verticale  $k_v$ :  $= k_h / 2 = + 0,049$

Il dimensionamento delle strutture in progetto è stato eseguito con riferimento a quanto riportato nelle seguenti tabelle ed eventualmente integrato e dettagliato nel proseguo del paragrafo. Per le altezze delle sezioni di calcolo si rimanda ai relativi tabulati ed agli eventuali disegni acclusi alla presente nota oltre che alle tavole di progetto.

<b>DATI GEOTECNICI</b>	<b>Riporto e vegetale</b>	$\gamma = 13 \text{ kN/m}^3$	$\varphi = 22^\circ$	$c' = 0 \text{ kPa}$
	<b>Limo grigio</b>	$\gamma = 14 \text{ kN/m}^3$	$\varphi = 25^\circ$	$c' = 0 \text{ kPa}$
	<b>Pomici</b>	$\gamma = 14 \text{ kN/m}^3$	$\varphi = 25^\circ$	$c' = 0 \text{ kPa}$
	<b>Sabbia alluvionale</b>	$\gamma = 16 \text{ kN/m}^3$	$\varphi = 34^\circ$	$c' = 0 \text{ kPa}$
	<b>Rilevato</b>	$\gamma = 17.5 \text{ kN/m}^3$	$\varphi = 33^\circ$	$c' = 0 \text{ kPa}$
<b>CARICHI ACCIDENTALI ESTERNI</b>	<b>Dinamico</b>	20 kPa (4 kPa in condizioni sismiche)		
	<b>Sismico</b>	$K_h = 0,098$ $K_v = 0,049$		

La veridicità dei dati geotecnici in fase esecutiva deve essere verificata attraverso prove di laboratorio e di cantiere. Sarà compito della DD.LL. verificare che i materiali posti in opera corrispondono a quelli di progetto, al fine di assicurare, nella costruzione dei rilevati, i coefficienti di sicurezza previsti. La verifica di stabilità globale è a cura del progettista generale dell'opera in quanto influenzata dalle opere di sostegno previste a monte e a valle della stessa.

## 9 METODO DI CALCOLO

L'esame delle condizioni di stabilità dei rilevati viene condotto utilizzando gli usuali metodi dell'equilibrio limite. La valutazione dei fattori di sicurezza alla stabilità viene condotta mediante un programma di calcolo denominato MacStars W cui la ricerca delle superfici critiche viene svolta attraverso la generazione automatica di un elevato numero di superfici di potenziale scivolamento. In particolare, in questa sede si fa riferimento al metodo di BISHOP modificato che prevede l'utilizzo di superfici di scorrimento circolari.

### Metodi utilizzati nel codice

Nel codice di calcolo di MacStars W si utilizzano i metodi semplificati di Bishop e Janbu.

In entrambi i metodi il criterio di rottura adottato è quello di Mohr - Coulomb:

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

dove:

$\tau$  = tensione tangenziale massima

$c$  = coesione

$\sigma$  = pressione normale totale

$u$  = pressione interstiziale

$\phi'$  = angolo di attrito

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

#### Caratteristiche del metodo semplificato di Bishop sono:

- vale solo per superfici circolari e quasi circolari, cioè superfici che vengono assimilate a superfici circolari adottando un centro di rotazione fittizio;
- ipotizza che le forze di interazione tra i conci siano solo orizzontali;
- ottiene il coefficiente di sicurezza mediante scrittura della condizione di equilibrio alla rotazione intorno al centro della circonferenza;
- non soddisfa l'equilibrio globale in direzione orizzontale.

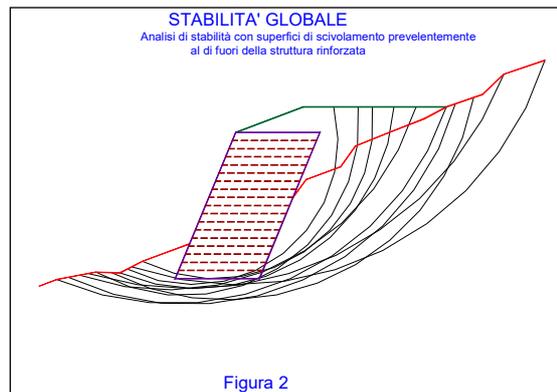
#### Caratteristiche del metodo semplificato di Janbu sono:

- vale per superfici di forma qualsiasi;
- ipotizza inizialmente che le forze di interazione tra i conci siano solo orizzontali;
- ottiene il coefficiente di sicurezza mediante scrittura della condizione di equilibrio alla traslazione verticale e quindi orizzontale;
- consente di tenere in conto le forze di interazione verticali (tangenziale) tra i conci mediante applicazione al precedente coefficiente di sicurezza di un fattore correttivo che dipende dalla geometria del problema e dal tipo di terreno;
- non soddisfa l'equilibrio globale alla rotazione del cuneo.

In relazione ai modelli di comportamento dei rinforzi una verifica di stabilità può essere condotta con il metodo rigido o con il metodo degli spostamenti.

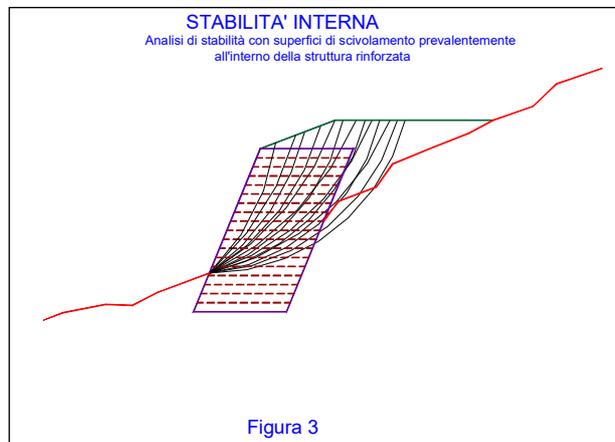
#### Verifica di stabilità globale

La verifica di stabilità globale, o stabilità di base, è da intendersi come la verifica di stabilità con i metodi all'equilibrio limite di un pendio, rinforzato o meno. Può quindi essere utilizzato per valutare la stabilità del pendio in assenza di rinforzi, prima delle ipotesi di progetto di rinforzo. A seguito del progetto, tale verifica è da utilizzare per valutare la stabilità dell'opera nei confronti di meccanismi di potenziale scivolamento profondi e quindi eventualmente esterni ai rinforzi stessi (fig. 2).



## Verifica di stabilità interna

La verifica di stabilità interna (o stabilità di pendio) è quella verifica che consente di valutare il dimensionamento dell'opera, intesa come definizione dei rinforzi (tipologia, spaziatura, lunghezza, ecc.). In tale tipo di verifica le superfici di potenziale scivolamento partono dal piede di valle dell'opera di rinforzo e terminano nella parte superiore del pendio dopo aver attraversato l'opera progettata (fig. 3).



## Modello rigido

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

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

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

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

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

## Sfilamento esterno (tratto di ancoraggio)

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

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

dove:

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

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

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

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

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

$U$  = pressione neutra;

$dx$  = larghezza del tratto considerato.

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

### Sfilamento interno

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

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

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

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

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

$$F_0 = F_1 + \Delta F$$

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

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

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

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

## 9.1 GENERAZIONE DELLE SUPERFICI DI ROTTURA

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

La generazione delle superfici può essere di due tipi:

- superfici circolari;
- superfici casuali.

Il metodo di calcolo associabile alle superfici generate è: Bishop per superfici circolari, Janbu per superfici circolari e casuali.

Nel caso di superficie assegnata è possibile il calcolo sia con il metodo di Janbu che con il metodo di Bishop, ma in questo caso la forma della superficie deve essere prossima ad un arco di circonferenza.

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

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

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

## 9.2 CARICHI DINAMICI DOVUTI A FORZE DI NATURE SISMICHE

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

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

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

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

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

- deve essere garantito un ancoraggio minimo;
- deve essere garantito lo sfilamento nella zona di ancoraggio;

- deve essere garantito lo sfilamento all'interno della porzione di terreno instabile.

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

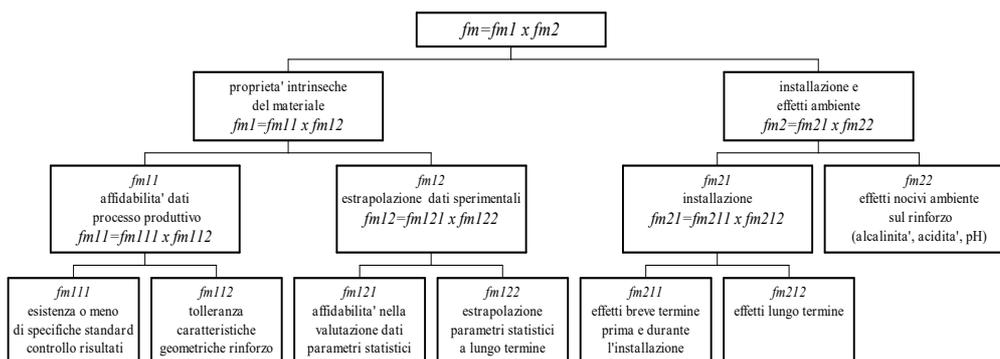
Ai fini del calcolo strutturale si è tenuto conto che si tratta di un'opera permanente per cui si è fatto riferimento alle prestazioni a lungo termine dei materiali metallici.

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 nella nota tecnica n° 7 in allegato.

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:

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

Un ulteriore coefficiente di sicurezza per fenomeni di creep viene considerato nel caso di rinforzi in materiali sintetici ed il suo valore è tabellato a seconda della certificazione dei materiali.

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  $f_m$  e  $f_{creep}$ .

		PARAGRID 200/05		TERRAMESH VERDE (mesh 8x10 wire 2.7/3.7mm)	
		Gravel	Sandy gravel	Gravel	Sandy gravel
<b>Resistenza caratteristica a trazione (UTS)</b>	kN/m	200	200	50	50
<b>Coefficiente di sicurezza globale - <math>f_m</math></b>	-	1.52 1.1 (in condizioni sismiche)	1.51 1.09 (in condizioni sismiche)	1.26	1.09
<b>Coefficiente di creep - <math>f_{creep}</math></b>	-	1.38		-	-
<b>Resistenza a trazione di progetto</b>	kN/m	131.58	132.45	39.6	45.8

## 10 SEZIONI OGGETTO DI VERIFICA

Le sezioni verificate secondo la combinazione più gravosa per il dimensionamento, di cui nel seguito si riportano i tabulati di calcolo, sono:

- 1) Sezione 12                       $H_{muro} = 4.56$  m
- 2) Sezione 15                      $H_{muro} = 6.84$  m
- 3) Sezione 19                      $H_{muro} = 9.88$  m

Si rimanda agli elaborati grafici 334 - 320520S01PDPM00SZS9E16A; 335 - 320520S01PDPM00SZS9E18A Muri in terra rinforzata - Sezioni

## 11 ESITO DELLE VERIFICHE

### 11.1 COEFFICIENTI DI SOVRADIMENSIONAMENTO – VALORI MINIMI OTTENUTI

Nella verifica di stabilità esterna ed interna si definiscono i cosiddetti coefficienti di sovradimensionamento, cioè i rapporti fra le capacità di resistenza della struttura e le azioni agenti sulla struttura stessa. Poiché nel calcolo si introducono sia coefficienti di sicurezza parziali che fattori di amplificazione dei carichi, è sufficiente che i fattori di sovradimensionamento siano maggiori od uguali a 1,00 per garantire la sicurezza nei confronti del criterio considerato. I valori minimi ottenuti nella struttura in oggetto sono riportati in dettaglio nei tabulati di calcolo allegati.

Sezione	Coefficienti Minimi di Sovradimensionamento				
	Stabilità Esterna				Stabilità Interna
	Globale	Scorrimento	Ribaltamento	Capacità Portante	
12 statica	1.28	3.52	18.10	2.50	1.75
12 sismica	1.06	2.09	7.27	2.47	1.27
15 statica	1.25	3.20	15.96	4.64	1.69
15 sismica	1.12	1.90	6.82	3.59	1.24
19 statica	1.14	3.04	13.80	3.30	1.59
19 sismica	1.11	1.71	5.52	2.96	1.21
<b>Condizione da soddisfare</b>	$\geq 1.00$	$\geq 1.00$	$\geq 1.00$	$\geq 1.00$	$\geq 1.00$

## 11.2 ESCLUSIONI

La verifica della stabilità globale dell'opera, tanto nelle fasi di costruzione che in esercizio, è rinviata al Progettista Generale. La veridicità dei dati geotecnici in fase esecutiva deve essere verificata attraverso prove di laboratorio e di cantiere. Sarà compito della DD.LL. verificare che i materiali posti in opera corrispondano a quelli di progetto, al fine di assicurare, nella costruzione dei rilevati, i coefficienti di sicurezza previsti.

Proposta\_: HUB interscambio ferroviario Pompei

Sezione\_: 12

Località\_:

Pratica\_: 10589

File\_: sez\_12\_sis

Data\_: 22/10/2020

Verifiche condotte in accordo alla normativa : NTC 2018

\_Verifiche di sicurezza (SLU)

#### CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DEI TERRENI

##### **Terreno : LG**

Descrizione : Limo di colore grigio

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>]\_: 14.00

Peso specifico in falda\_: [kN/m<sup>3</sup>]\_: 15.00

Modulo elastico\_: [kN/m<sup>2</sup>]\_: 0.00

Coefficiente di Poisson\_: 0.30

##### **Terreno : P**

Descrizione : Pomici

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>].....: 14.00  
 Peso specifico in falda.....[kN/m<sup>3</sup>].....: 15.00  
 Modulo elastico.....[kN/m<sup>2</sup>].....: 0.00  
 Coefficiente di Poisson.....: 0.30

**Terreno : R**

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.....[°].....: 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>].....: 17.50  
 Peso specifico in falda.....[kN/m<sup>3</sup>].....: 18.00  
 Modulo elastico.....[kN/m<sup>2</sup>].....: 0.00  
 Coefficiente di Poisson.....: 0.30

**Terreno : RV**

Descrizione : Riporto e vegetale

Classe coesione.....: Coeff. Parziale - Coesione efficace  
 Coesione.....[kN/m<sup>2</sup>].....: 0.00  
 Angolo d'attrito.....[°].....: 22.00  
 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>].....: 13.00  
 Peso specifico in falda.....[kN/m<sup>3</sup>].....: 14.00  
 Modulo elastico.....[kN/m<sup>2</sup>].....: 0.00

Coefficiente di Poisson.....: 0.30

**Terreno : SA**                      Descrizione : Sabia alluvionale

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.....[°].....: 34.00

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>].....: 16.00

Peso specifico in falda.....[kN/m<sup>3</sup>].....: 17.00

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

Coefficiente di Poisson.....: 0.30

#### PROFILI STRATIGRAFICI

**Strato: LG**                      Descrizione:

Terreno : LG

X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]
-5.00	-2.80	45.00	-2.80				

**Strato: P**                      Descrizione:

Terreno : P

X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]
-5.00	-4.00	45.00	-4.00				

**Strato: PC**

Descrizione:

Terreno : RV

X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]
-5.00	0.00	45.00	0.00				

**Strato: RIL**

Descrizione:

Terreno : R

X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]
11.00	0.00	14.00	5.00	26.00	5.00	29.00	0.00

**Strato: SA**

Descrizione:

Terreno : SA

X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]
-5.00	-7.00	45.00	-7.00				

**PROFILI FALDE FREATICHE****Falda: F**

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> ]
-5.00	-4.50			45.00	-4.50		

**BLOCCHI RINFORZATI****Blocco : TMV\_SX1**

Dati principali.....[m].....: Larghezza.....= 9.00 Altezza.....= 2.28

Coordinate Origine.....[m].....: Ascissa.....= 9.00 Ordinata...= -0.50

Inclinazione paramento.....[°]...: 20.00

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

Rilevato strutturale..... : R  
Terreno di riempimento a tergo..... : R  
Terreno di copertura..... : R  
Terreno di fondazione..... : RV

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 :

Green Terramesh - 70° - 8/2.7P - 0.76

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

Linear Composites - ParaGrid - 200\_Seismic

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

Linear Composites - ParaGrid - 200\_Seismic

Lunghezza.....[m] = 7.00  
Interasse verticale.....[m] = 0.00  
Offset.....[m] = 1.52

### Blocco : TMV\_DX1

Dati principali.....[m] : Larghezza..... = 9.00 Altezza..... = 2.28  
Coordinate Origine.....[m] : Ascissa..... = 31.00 Ordinata..... = -0.50  
Inclinazione paramento.....[°] : 20.00

Rilevato strutturale - materiale tipo..... : Ghiaia  
Rilevato strutturale..... : R  
Terreno di riempimento a tergo..... : R

Terreno di copertura.....: R  
Terreno di fondazione.....: RV

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 :**

Green Terramesh - 70° - 8/2.7P - 0.76

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

Linear Composites - ParaGrid - 200\_Seismic

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

Linear Composites - ParaGrid - 200\_Seismic

Lunghezza.....[m] = 7.00  
Interasse verticale.....[m] = 0.00  
Offset.....[m] = 1.52

**Blocco : TMV\_DX2**

Dati principali.....[m]: Larghezza..... = 4.00 Altezza..... = 2.28  
Arretramento.....[m] = 0.00 da TMV\_DX1  
Inclinazione paramento.....[°]: 20.00

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

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 :**

Green Terramesh - 70° - 8/2.7P - 0.76

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

Interasse.....[m].....= 0.76

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

**Profilo di ricopertura:**

X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]
1.00	0.10	2.00	1.00	10.00	1.00		

**Blocco : TMV\_SX2**

Dati principali.....[m].....: Larghezza.....= 4.00 Altezza.....= 2.28

Arretramento.....[m].....= 0.00 da TMV\_SX1

Inclinazione paramento.....[°].....: 20.00

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

Rilevato strutturale.....: R

Terreno di riempimento a tergo.....: R

Terreno di copertura.....: R

Terreno di fondazione.....: RV

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 :**

Green Terramesh - 70° - 8/2.7P - 0.76

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

Interasse.....[m].....= 0.76

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

### Profilo di ricopertura:

X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]
1.00	0.10	2.00	1.00	10.00	1.00		

### CARICHI

**Pressione : CS**                      Descrizione : carico stradale

Classe : Variabile - sfavorevole

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

Ascissa.....[m] : Da = 16.00 To = 24.00

### Sisma :

Classe : Sisma

Accelerazione.....[m/s<sup>2</sup>]: Orizzontale.= 0.96      Verticale.....= 0.48

### PROPRIETA' DEI RINFORZI UTILIZZATI

Linear Composites - ParaGrid - 200\_Seismic

Carico di rottura Nominale Tr .....[kN/m].....: 200.00

Rapporto di Scorrimento plastico.....: 0.00

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

Rigidezza estensionale.....[kN/m].....: 2222.00

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

Coefficiente di sicurezza alla rottura (ghiaia).....: 1.10

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	:	0.25
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

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

