

ASSE VIARIO MARCHE-UMBRIA E QUADRILATERO DI PENETRAZIONE INTERNA MAXI LOTTO 2

LAVORI DI COMPLETAMENTO DELLA DIRETTRICE PERUGIA ANCONA:
SS. 318 DI "VALFABBRICA", TRATTO PIANELLO -VALFABBRICA
SS. 76 "VAL D'ESINO", TRATTI FOSSATO VICO - CANCELLI E ALBACINA - SERRA SAN QUIRICO
"PEDEMONTANA DELLE MARCHE", TRATTO FABRIANO-MUCCIA-SFERCIA.

PROGETTO ESECUTIVO DI DETTAGLIO

<p>CONTRAENTE GENERALE:</p>  <p>DIRPA 2 s.c.a.r.l.</p>	<p><i>Il responsabile del Contraente Generale:</i></p>  <p>Ing. Federico Montanari</p>	<p><i>Il responsabile Integrazioni delle Prestazioni Specialistiche:</i></p>  <p>Ing. Salvatore Lieto</p>
--	---	--

PROGETTAZIONE: Associazione Temporanea di Imprese

Mandataria: **PROGETTAZIONE**
GRANDI
INFRASTRUTTURE
PROGIN S.p.A.

Mandanti:

LOMBARDI SA
INGEGNERI CONSULENTI

LOMBARDI-REICO
INGEGNERIA S.r.l.



SGAI s.r.l.
di E. Forlani & C.
Studio di Ingegneria e Geologia Applicata
Via Martelli, 20 - 47833 Mercatino di Romagna (RN) - ITALY
P.IVA 01894420403 - tel/fax +39 0541988277 - e-mail: sgai@sgai.com
pec: sgai@sgai.pec.com

Sist. Gest. Qual. ISO 9001:08 P.IVA 4387005...

RESPONSABILE DELLA PROGETTAZIONE
PER L'A.T.I.



Ing. Antonio Grimaldi

<p>VISTO: IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO</p> <p>Ing. Iginio Farotti</p>	<p>IL COORDINATORE DELLA SICUREZZA IN FASE DI ESECUZIONE</p> <p>Ing. Vincenzo Pardo</p>	<p>IL DIRETTORE DEI LAVORI</p> <p>Ing. Peppino Marascio</p>
---	---	---

<p>2.1.1. - PEDEMONTANA DELLE MARCHE Lotto funzionale del Sub lotto 2.1 - Tratto Fabriano - Matelica Nord</p> <p>IDROLOGIA E IDRAULICA Attraversamento idraulico San Michele Relazione geotecnica e di calcolo dei muri in Terramesh</p>	<p>SCALA: ----</p> <p>DATA: Luglio 2020</p>
--	--

Codice Unico di Progetto (CUP) **F12C03000050021** (Assegnato CIPE 20-04-2015)

Codice elaborato:

Opera	Tratto	Settore	CEE	WBS	Id. doc.	N. prog.	Rev.
L 0 7 0 3	2 1 1	C	0 3	0 1 3 2 0 0	R E L	0 2	A

REV.	DATA	DESCRIZIONE	Redatto		Controllato	Approvato
A	Luglio 2020	Emissione	Tecnostrutture	A. TOSIANI	S. LIETO	A. GRIMALDI

INDICE

1. PREMESSA.....	3
1.1 DESCRIZIONE DELLE OPERE IN PROGETTO.....	3
2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO	5
3. MATERIALI	6
4. GEOTECNICA	6
4.1 CARATTERISTICHE GEOLOGICHE E IDROGEOLOGICHE	6
5. SISMICA	7
5.1 METODO DI ANALISI	9
6. SOVRACCARICHI MOBILI	9
7. VERIFICA AGLI STATI LIMITI.....	10
7.1 STATO LIMITE ULTIMO E DI SALVAGUARDIA DELLA VITA	11
8. CODICE DI CALCOLO: METODO DI ANALISI.....	13
8.1 DESCRIZIONE MODELLO DI CALCOLO	13
8.2 METODO DI BISHOP.....	14
8.3 METODO DI BISHOP SEMPLIFICATO.....	14
8.4 VERIFICHE DI STABILITÀ.....	15
8.5 VERIFICA DI STABILITÀ INTERNA	16
8.6 VERIFICA DI STABILITÀ GLOBALE	16
8.7 DEFINIZIONI	17
8.8 IPOTESI DI CALCOLO	17
9. GEOMETRIA DEI MURI A GABBIONI E/O TERRAMESH	18
9.1 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA.....	18
9.2 CRITERI DI VERIFICA	18
9.1 VERIFICHE	19
10. ALLEGATI.....	22
10.1 MURO IN TERRAMESH SEZ. 6 ALLA PK 3+714.40.....	22
10.1.1 MURO IN TERRAMESH : INPUT	22
10.1.2 OUTPUT	27
10.1.2.1 VERIFICA STATICA A SCORRIMENTO E CAPACITÀ PORTANTE: COMB. A1 + M1 + R3 E RIBALTAMENTO (EQU+M1+R3).....	27
10.1.2.2 VERIFICA STATICA DI STABILITÀ INTERNA: COMB. A2 + M2 + R2	28
10.1.2.3 VERIFICA STATICA DI STABILITÀ GLOBALE: COMB. A2 + M2 + R2	29
10.1.2.4 VERIFICA SISMICA A SCORRIMENTO E CAPACITÀ PORTANTE: COMB. M1 +KH±KV E RIBALTAMENTO (EQU+M1+KH±KV)	30
10.1.2.5 VERIFICA SISMICA DI STABILITÀ INTERNA: COMB. M1 + KH±KV.....	31
10.1.2.6 VERIFICA SISMICA DI STABILITÀ GLOBALE: COMB. M1 + KH±KV	32
10.2 MURO IN TERRAMESH SEZ. 14.....	33
10.2.1 MURO IN TERRAMESH : INPUT	33
10.2.2 OUTPUT	38
10.2.2.1 VERIFICA STATICA A SCORRIMENTO E CAPACITÀ PORTANTE: COMB. A1 + M1 + R3 E RIBALTAMENTO (EQU+M1+R3).....	38
10.2.2.2 VERIFICA STATICA DI STABILITÀ INTERNA: COMB. A2 + M2 + R2	39
10.2.2.3 VERIFICA STATICA DI STABILITÀ GLOBALE: COMB. A2 + M2 + R2	40
10.2.2.4 VERIFICA SISMICA A SCORRIMENTO E CAPACITÀ PORTANTE: COMB. M1 +KH±KV E RIBALTAMENTO (EQU+M1+KH±KV)	41
10.2.2.5 VERIFICA SISMICA DI STABILITÀ INTERNA: COMB. M1 + KH±KV.....	42
10.2.2.6 VERIFICA SISMICA DI STABILITÀ GLOBALE: COMB. M1 + KH±KV	43

1. PREMESSA

La presente relazione ha per oggetto il calcolo del rivestimento dell'inalveazione da realizzarsi al di sotto del viadotto San Michele nell'ambito dei lavori di completamento della direttrice "Pedemontana delle Marche": sub Lotto 2.1 Tratto Fabriano-Matelica Nord.

In particolare, di seguito si riportano le verifiche di stabilità dei muri in terra Mesh realizzati a protezione del rilevato stradale.

I muri in "Terramesh System" sono realizzati in rete metallica a doppia torsione a maglia esagonale protetto in lega eutettica di zinco-alluminio (5%) con ulteriore rivestimento in PVC, la parte a vista della Terramesh è riempita in pietrame mentre a monte dei gabbioni viene stesa una rete a doppia torsione maglia esagonale che contiene il rilevato.

Tali gabbioni hanno il compito di contrastare, con la loro massa, la spinta del terrapieno a tergo.

1.1 Descrizione delle opere in progetto

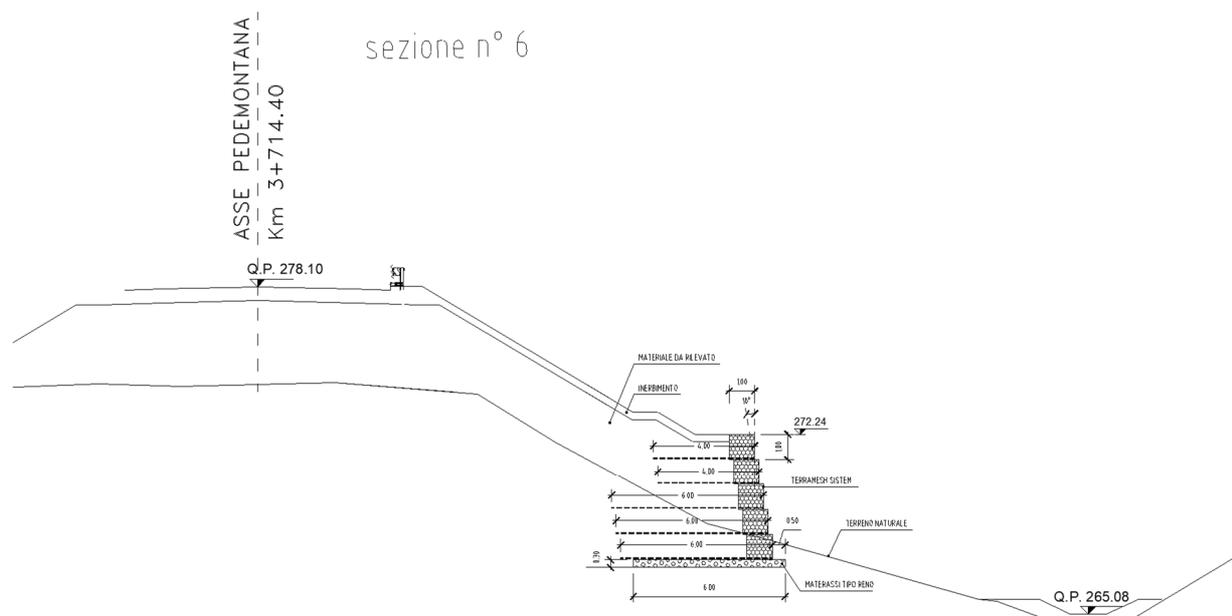
Di seguito si riportano le caratteristiche principali delle sezioni oggetto di studio, tali sezioni sono riferite all'altezza massima del rilevato da sostenere.

Le sezioni di studio sono riferite alla zona con Terramesh System.

Le due sezioni esaminate sono la sezione n° B e la sezione 14, entrambe realizzate con Terramesh.

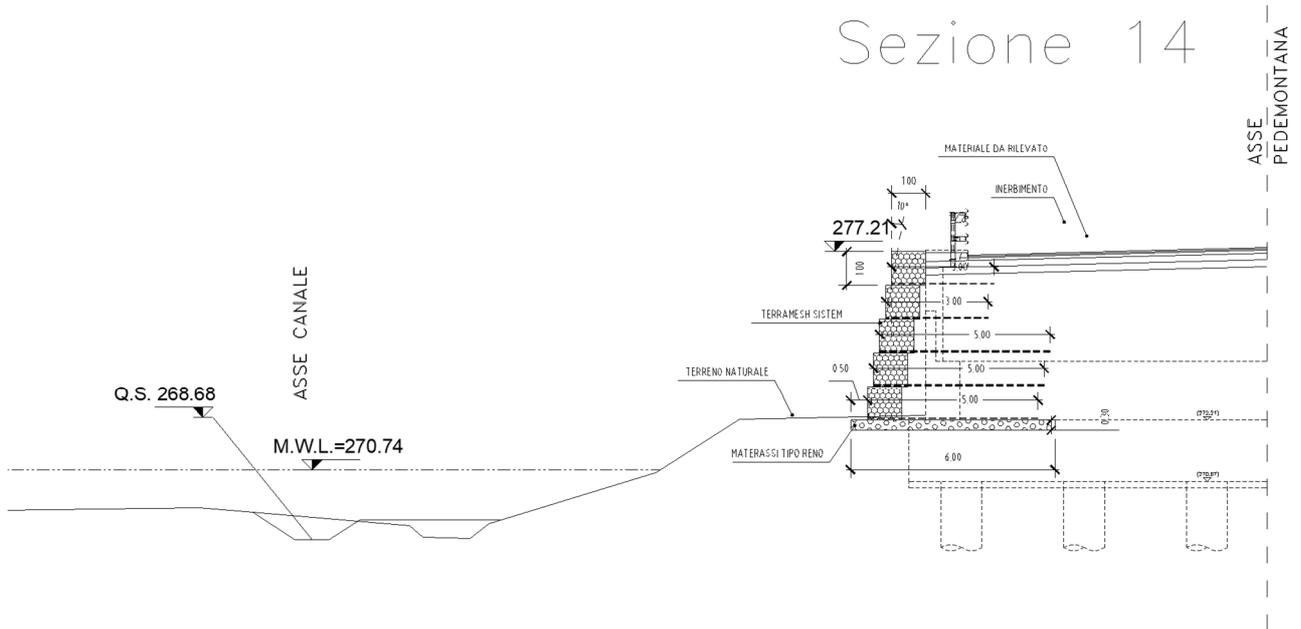
La Sezione B ha un'altezza massima del rilevato stradale di circa 6.16 m da testa muro mentre il muro è alto 5.00 m dal fondo alveo più 30 cm di fondazione realizzata con un materasso tipo reno da 30 cm. Mentre la sezione 14 ha un'altezza massima del rilevato stradale nulla da testa muro e il muro è alto 5.00 m dal fondo alveo più 30 cm di fondazione realizzata con un materasso tipo reno da 30 cm.

Nelle figure seguenti è riportata la sezione studiata nella seguente relazione:



Sezione n° B

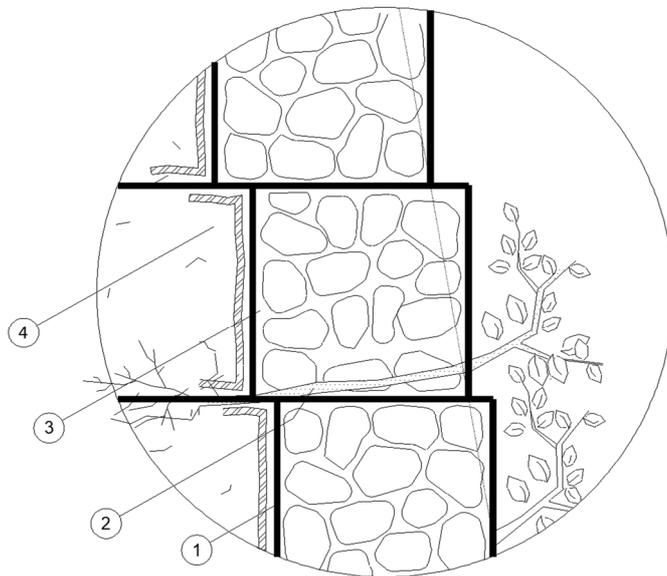
Sezione 14



Sezione n° 14

DETTAGLIO "1"

Scala 1:20



- 1: ELEMENTO TERRAMESH
- 2: TALEA DI SPECIE ARBUSTIVA, ALMENO 2-3 PER ELEMENTO (lunghezza min. 1.5 m)
- 3: GEOTESSILE TERRAM 1000
- 4: MATERIALE DI RIPIIMENTO

2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Il dimensionamento e le verifiche statiche degli elementi strutturali sono stati eseguiti nel rispetto delle norme vigenti riportate nel seguente elenco

- 5/11/1971 n. 1086 "Norme per la disciplina delle opere in c.a., normale e precompresso ed a struttura metallica".
- D.M. 14/02/1992 "Norme tecniche per l'esecuzione delle opere in c.a., normale e precompresso e per le strutture metalliche".
- Circ. Min. 24/06/1993 n.37406 "Istruzioni relative alle Norme tecniche per l'esecuzione delle opere in c.a., normale e precompresso e per le strutture metalliche".
- D.M. 09/01/1996 "Norme tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle opere in c.a., normale e precompresso e per le strutture metalliche".
- Circ. Min. 15/10/1996 n.252 "Istruzioni relative alle Norme tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle opere in c.a., normale e precompresso e per le strutture metalliche".
- D.M. 16/01/1996 "Norme tecniche relative ai criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e dei sovraccarichi".
- Circ. Min. 04/07/1996 n.156 STC "Istruzione per l'applicazione delle Norme tecniche relative ai criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e dei sovraccarichi".
- 2/02/1974 n. 64 "Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche"
- D.M. 16/01/1996 "Norme tecniche per le costruzioni in zona sismica".
- Circ. Min. 10/04/1997 n.65 "Istruzioni per l'applicazione delle norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche di cui al D.M. 16/11/1996".
- D.M. 11/03/1988 "Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione".
- Circ. Min. 24/09/1988 n.30483 "Norme tecniche per terreni e fondazioni: istruzioni applicative del D.M. 11/03/1988.
- D. Min. Infrastrutture 17 gennaio 2018 "Nuove norme tecniche per le costruzioni";

Per le verifiche si è assunto il NTC 2018

3. MATERIALI

I gabbioni dovranno avere almeno le seguenti caratteristiche geotecniche:

Coesione	[kN/m ²]	:	12.50
Angolo d'attrito	[°]	:	40.00
Peso specifico	[kN/m ³]	:	20.00

4. GEOTECNICA

4.1 caratteristiche geologiche e idrogeologiche

Nel calcolo dell'opera in oggetto, per quanto riguarda la determinazione della spinta delle terre, della capacità portante del terreno e delle caratteristiche di interazione terreno-struttura, si adottano, a favore di sicurezza, i seguenti parametri geotecnici ricavati dalla "Relazione geotecnica generale sulle opere all'aperto e gallerie artificiali (geotecnica-geomeccanica)" doc. L0703211E02GE0000REL02M, da tale relazione si ha:

Tabella 1– Stratigrafia e parametri di calcolo

Unità -	Prof. da p.c.		Falda da p.c. m	γ kN/m ³	Φ' °	E' MPa	c' kPa	c _u kPa
	Da m	A m						
Sabbie limose (Are 2)	0.0	3.0	8.0	19.5	27.5	9	5	90
Ghiaia in matrice sabbiosa-limosa (Are 1)	3.0	8.0		19.5	37.5	27.5	0	-
Substrato intatto (S3)	8.0	35.0		22	25	90	34	250

La falda non interferisce con l'opera.

Per il terreno di rinfianco (terreno da rilevato stradale) si sono assunti i seguenti valori di resistenza:

- peso di volume naturale $\gamma = 20 \text{ kN/m}^3$
- angolo di attrito $\phi' = 35^\circ$
- coesione drenata $c' = 0.0 \text{ kPa}$
- coesione non drenata $c_u = 0.0 \text{ kPa}$

5. SISMICA

Come anticipato in premessa, i viadotti in oggetto sono progettati per una vita nominale V_N pari a 100 anni. Gli si attribuisce inoltre una classe d'uso IV ("Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza") ai sensi del D. Min. 17/01/2018, da cui scaturisce un coefficiente d'uso $CU = 2$.

L'azione sismica di progetto è definita per lo Stato Limite di Salvaguardia della Vita (SLV). Il periodo di ritorno di quest'ultima - in funzione della vita utile, della classe d'uso, del tipo di costruzione e dello stato limite di riferimento (prima definiti) - è di 1898 anni circa.

Essa, conformemente a quanto prescritto dalle Nuove Norme Tecniche, non è definita in funzione dell'appartenenza dell'opera ad una zona sismica bensì è valutata a partire dalla pericolosità sismica di base del sito su cui l'opera insiste. Tale pericolosità sismica è descritta, in termini geografici e temporali:

- attraverso i valori di accelerazione orizzontale di picco a_g (attesa in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale) e le espressioni che definiscono le ordinate del relativo spettro di risposta elastico in accelerazione $S_e(T)$
- in corrispondenza del punto del reticolo che individua la posizione geografica dell'opera
- con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza PVR.

In particolare, la forma spettrale prevista dalla normativa è definita, su sito di riferimento rigido orizzontale, in funzione di tre parametri:

- a_g , accelerazione orizzontale massima del terreno
- F_0 , valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale
- T_C^* , periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

I suddetti parametri sono calcolati come media pesata dei valori assunti nei quattro vertici della maglia elementare del reticolo di riferimento che contiene il punto caratterizzante la posizione dell'opera, utilizzando come pesi gli inversi delle distanze tra il punto in questione ed i quattro vertici.

In particolare, si può notare come F_0 descriva la pericolosità sismica locale del sito su cui l'opera insiste. Infatti, da quest'ultimo, attraverso le espressioni fornite dalla normativa, sono valutati i valori d'amplificazione stratigrafica e topografica. Nella tabella seguente sono riassunti i valori dei parametri assunti per l'opera in oggetto.

V_N	C_U	V_R	T_R	Località	$a_{g,orizz}$	F_0	$a_{g,vert}$	F_v	T_c^*
[anni]		[anni]	[anni]	-	[g]		[g]		[s]
100	2	200	1898.00	Cerreto D'Esi(AN)	0.284	2.552	0.204	1.835	0.343

Tabella 1: Parametri per la definizione della massima accelerazione locale

In quest'ultima V_N è la vita nominale dell'opera; CU è il coefficiente relativo alla classe d'uso; V_R è il periodo di riferimento per l'azione sismica; T_R è il periodo di ritorno associato alla probabilità di non superamento dello stato limite della salvaguardia della vita; a_g è la massima accelerazione riferita a quella di gravità attesa sul sito su suolo di riferimento; F_0 è il valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale; F_v è il valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione verticale; T_c^* è il periodo, espresso in secondi, corrispondente alla fine del tratto orizzontale dello spettro su suolo di riferimento.

Lo spettro di risposta elastico per la descrizione della componente orizzontale del moto sismico è costruito a partire dai parametri riassunti nella tabella seguente.

Suolo	S_S	S_T	S	C_C	T_B	T_C	T_D
E	1	1.203	1.203	1.764	0.202	0.605	2.735

Tabella 2: Parametri per la definizione dello spettro elastico orizzontale

In quest'ultima S_S ed S_T sono rispettivamente i fattori di amplificazione stratigrafica e topografica concorrenti alla determinazione del fattore di amplificazione S ; C_C è il coefficiente che modifica il valore del periodo T_c^* ; T_B è il periodo corrispondente all'inizio del tratto ad accelerazione costante dello spettro della componente orizzontale; T_C è il periodo corrispondente all'inizio del tratto a velocità; T_D è il periodo corrispondente all'inizio del tratto a spostamento costante. Tale spettro è descritto dalle espressioni seguenti.

$$S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_0} \cdot \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right] \quad \text{se } 0 \leq T \leq T_B$$

$$S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \quad \text{se } T_B \leq T \leq T_C$$

$$S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \frac{T_C}{T} \quad \text{se } T_C \leq T \leq T_D$$

$$S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \frac{T_C \cdot T_D}{T^2} \quad \text{se } T_D \leq T$$

Lo spettro di risposta elastico per la descrizione della componente verticale del moto sismico è costruito a partire dai parametri riassunti nella tabella seguente.

Suolo	S_S	S_T	S	T_B	T_C	T_D
E	1	1	1	0.05	0.15	1

Tabella 3: Parametri per la definizione dello spettro elastico verticale

In quest'ultima SS ed ST, S e CC hanno i significati prima descritti; TB è il periodo corrispondente all'inizio del tratto ad accelerazione costante dello spettro per la componente verticale; TC è il periodo corrispondente all'inizio del tratto a velocità costante; TD è il periodo corrispondente all'inizio del tratto a spostamento costante. Tale spettro è descritto dalle espressioni seguenti.

$$S_{ve}(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_0} \cdot \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right] \quad \text{se } 0 \leq T \leq T_B$$

$$S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \quad \text{se } T_B \leq T \leq T_C$$

$$S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \frac{T_C}{T} \quad \text{se } T_C \leq T \leq T_D$$

$$S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \frac{T_C \cdot T_D}{T^2} \quad \text{se } T_D \leq T$$

5.1 Metodo di analisi

Il metodo di analisi scelto per lo studio degli effetti del sisma è la analisi lineare statica. L'analisi lineare statica consiste sostanzialmente in una analisi lineare dinamica semplificata in cui si adotta l'accelerazione pari a:

$$k_h = \beta_m \cdot a_g \cdot S_s \cdot S_T = 0,38 \cdot 0,284g \cdot 1,203 \cdot 1 = 0.129g$$

L'accelerazione verticale di progetto è data dalla seguente espressione:

$$k_v = k_h / 2 = 0.064g$$

6. SOVRACCARICHI MOBILI

A monte dell'opera è realizzata una strada, pertanto si assume un carico accidentale, applicato solo in statica, pari a:

- Sovraccarico accidentale = 20 KN/mq

7. VERIFICA AGLI STATI LIMITI

I calcoli e le verifiche sono condotti con il metodo semiprobabilistico degli stati limite secondo le indicazioni del D.M. 17 gennaio 2018.

Le azioni introdotte direttamente sono combinate con le altre (carichi permanenti, accidentali e sisma) mediante le combinazioni di carico di seguito descritte. Da esse si ottengono i valori probabilistici da impiegare successivamente nelle verifiche.

La verifica di stabilità globale del complesso opera di sostegno-terreno deve essere effettuata, analogamente a quanto previsto al § 6.8, secondo l'Approccio 1, con la Combinazione 2 (A2+M2+R2), tenendo conto dei coefficienti parziali riportati nelle Tabelle 6.2.I e 6.2.II per le azioni e i parametri geotecnici e nella Tab. 6.8.I per le verifiche di sicurezza di opere di materiali sciolti e fronti di scavo ($\gamma_R=1.1$). Per quanto riguarda la sismica (§ 7.11.4) il coefficiente di sicurezza per le verifiche di stabilità globale è pari a $\gamma_R=1.2$.

Le rimanenti verifiche devono essere effettuate secondo l'Approccio 2, con la combinazione.

(A1+M1+R3), tenendo conto dei valori dei coefficienti parziali riportati nelle Tabelle 6.2.I, 6.2.II e 6.5.I.

Nella verifica a ribaltamento i coefficienti R3 della Tab. 6.5.I si applicano agli effetti delle azioni stabilizzanti.

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

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

⁽¹⁾ Per i carichi permanenti G_2 si applica quanto indicato alla Tabella 2.6.I. Per la spinta delle terre si fa riferimento ai coefficienti γ_G .

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

Parametro	Grandezza alla quale applicare il coefficiente parziale	Coefficiente parziale γ_M	(M1)	(M2)
Tangente dell'angolo di resistenza al taglio	$\tan \varphi'_k$	$\gamma_{\varphi'}$	1,0	1,25
Coazione efficace	c'_k	$\gamma_{c'}$	1,0	1,25
Resistenza non drenata	c_{uk}	γ_{cu}	1,0	1,4
Peso dell'unità di volume	γ_γ	γ_γ	1,0	1,0

Tab. 6.5.I - Coefficienti parziali γ_R per le verifiche agli stati limite ultimi di muri di sostegno

Verifica	Coefficiente parziale (R3)
Capacità portante della fondazione	$\gamma_R = 1,4$
Scorrimento	$\gamma_R = 1,1$
Ribaltamento	$\gamma_R = 1,15$
Resistenza del terreno a valle	$\gamma_R = 1,4$

Nelle verifiche di sicurezza per effetto delle azioni sismiche si controlla che la resistenza del sistema sia maggiore delle azioni nel rispetto della condizione [6.2.1], ponendo pari all'unità i coefficienti parziali sulle azioni e sui parametri geotecnici (§ 7.11.1) e impiegando le resistenze di progetto con i coefficienti parziali γ_R indicati nella tabella 7.11.III.

Tab. 7.11.III - Coefficienti parziali γ_R per le verifiche degli stati limite (SLV) dei muri di sostegno.

Verifica	Coefficiente parziale γ_R
Carico limite	1.2
Scorrimento	1.0
Ribaltamento	1.0
Resistenza del terreno a valle	1.2

7.1 Stato Limite Ultimo e di Salvaguardia della Vita

Le azioni sulla costruzione sono state cumulate in modo da determinare condizioni di carico tali da risultare più sfavorevoli ai fini delle singole verifiche, tenendo conto della probabilità ridotta di intervento simultaneo di tutte le azioni con i rispettivi valori più sfavorevoli, come consentito dalle norme vigenti. Per gli stati limite ultimi sono state adottate le combinazioni del tipo:

$$\gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{G2} \cdot G_2 + \gamma_P \cdot P + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \gamma_{Q2} \cdot \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \gamma_{Q3} \cdot \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots$$

dove:

G_1 rappresenta il peso proprio di tutti gli elementi strutturali; peso proprio del terreno, quando pertinente; forze indotte dal terreno (esclusi gli effetti di carichi variabili applicati al terreno); forze risultanti dalla pressione dell'acqua (quando si configurino costanti nel tempo);

G_2 rappresenta il peso proprio di tutti gli elementi non strutturali;

rappresenta pretensione e precompressione; azioni sulla struttura o sull'elemento strutturale con valori istantanei che possono risultare sensibilmente diversi fra loro nel tempo: di lunga durata: agiscono con un'intensità significativa, anche non continuativamente, per un tempo non trascurabile rispetto alla vita nominale della struttura; di breve durata: azioni che agiscono per un periodo di tempo breve rispetto alla vita nominale della struttura;

Q_{ki} rappresenta il valore caratteristico della i -esima azione variabile;

$\gamma_G, \gamma_Q, \gamma_P$ coefficienti parziali come definiti nella Tab. 6.2.I del DM 17 gennaio 2018;

ψ_{0i} sono i coefficienti di combinazione per tenere conto della ridotta probabilità di concomitanza delle azioni variabili con i rispettivi valori caratteristici.

Le combinazioni risultanti sono state costruite a partire dalle sollecitazioni caratteristiche calcolate per ogni condizione di carico elementare: ciascuna condizione di carico accidentale, a rotazione, è stata considerata sollecitazione di base (Q_{k1} nella formula precedente).

I coefficienti relativi a tali combinazioni di carico sono riportati negli allegati tabulati di calcolo.

In zona sismica, oltre alle sollecitazioni derivanti dalle generiche condizioni di carico statiche, devono essere considerate anche le sollecitazioni derivanti dal sisma. L'azione sismica è stata combinata con le altre azioni secondo la seguente relazione:

$$G_1 + G_2 + P + E + \sum_i \psi_{2i} \cdot Q_{ki}$$

Dove:

E azione sismica per lo stato limite e per la classe di importanza in esame;

G_1 rappresenta peso proprio di tutti gli elementi strutturali;

G_2 rappresenta il peso proprio di tutti gli elementi non strutturali;

P_k rappresenta pretensione e precompressione;

ψ_{2i} coefficiente di combinazione delle azioni variabili Q_i ;

Q_{ki} valore caratteristico dell'azione variabile Q_i .

I valori dei coefficienti ψ_{2i} sono riportati nella seguente tabella:

Categoria/Azione	Ψ_{2i}
Categoria A – Ambienti ad uso residenziale	0,3
Categoria B – Uffici	0,3
Categoria C – Ambienti suscettibili di affollamento	0,6
Categoria D – Ambienti ad uso commerciale	0,6
Categoria E – Biblioteche, archivi, magazzini e ambienti ad uso industriale	0,8
Categoria F – Rimesse e parcheggi (per autoveicoli di peso ≤ 30 kN)	0,6
Categoria G – Rimesse e parcheggi (per autoveicoli di peso > 30 kN)	0,3
Categoria H – Coperture accessibili per sola manutenzione	0,0
Categoria I – Coperture praticabili	da valutarsi caso per caso
Vento	0,0
Neve (a quota ≤ 1000 m s.l.m.)	0,0
Neve (a quota > 1000 m s.l.m.)	0,2
Variazioni termiche	0,0

I risultati delle analisi sono riportati nei capitoli seguenti.

8. CODICE DI CALCOLO: METODO DI ANALISI

8.1 Descrizione modello di calcolo

Le analisi vengono eseguite verificando la stabilità delle sezioni indicate in precedenza simulando la presenza dei rinforzi in rete metallica disposti secondo le necessità progettuali, considerando tutta una serie di potenziali superfici di scivolamento circolari e riscontrando in ogni caso, in accordo alla Normativa, un fattore di sicurezza $FS \geq 1.00$ per quanto concerne tutte le verifiche di stabilità.

Nello specifico, si è valutato di trattare le verifiche di stabilità interna con gli stessi criteri applicati a quelle globali applicando perciò l'approccio di tipo geotecnico (GEO) con combinazione A2+M2+R2 che risulta essere la più cautelativa e ricercando un fattore di sicurezza $FS \geq 1.00$.

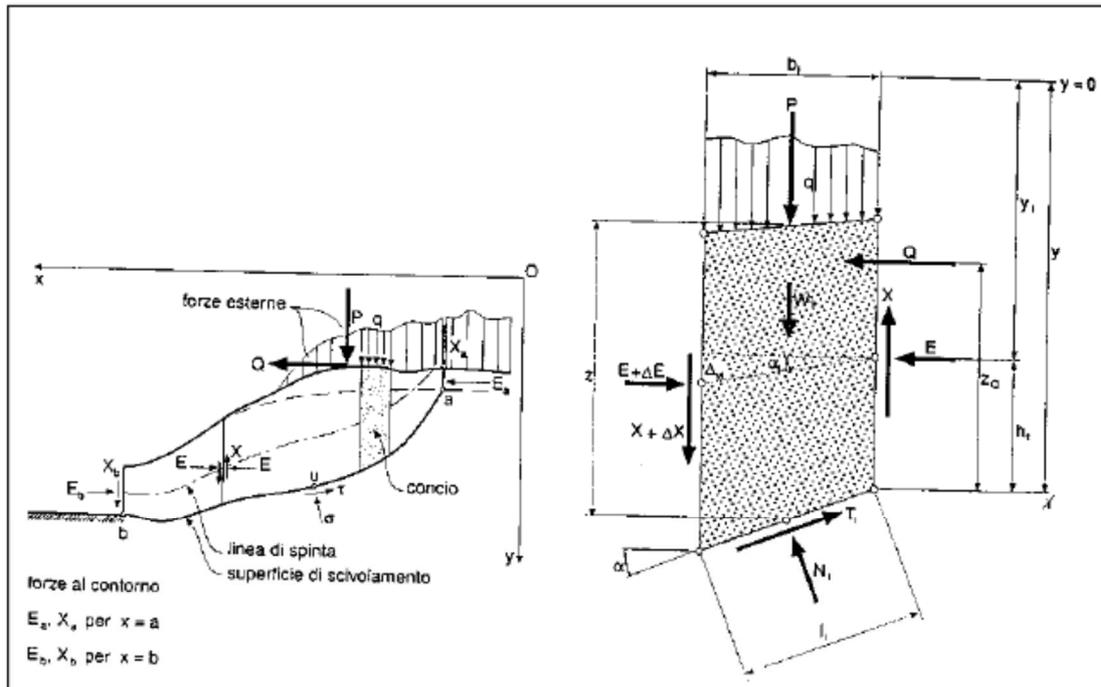
“Si precisa infatti che nel codice MACSTARS W utilizzato per il calcolo, i coefficienti di riduzione sulle resistenze (γ_R) sono già automaticamente applicati: ciò implica che il valore del Fattore di Sicurezza - previsto da normativa $\geq 1,1$ (R2) - da cercare nelle verifiche deve essere maggiore di 1.00.”

Le analisi di stabilità dei pendii possono essere verificate con diversi metodi di calcolo, ognuno dei quali fornisce un'equazione finale che permette di determinare il coefficiente di sicurezza. Ogni metodo assume una serie di ipotesi semplificative così da poter rendere risolvibile il sistema di equazioni.

Alcuni di questi metodi sono stati risolti con metodo iterativo, vale a dire creando una procedura di calcolo che facilita la loro implementazione su macchina. Tra questi ci interessa maggiormente approfondire i metodi implementati dal programma di calcolo MACSTARS W, che fa riferimento al metodo di Bishop (1955) e il metodo di Janbu (1954) e le loro semplificazioni.

L'analisi di stabilità, che adotta tali metodi, è quella 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. Dato l'elevato numero di incognite, ogni metodo assume delle ipotesi semplificative che rendono risolvibile il sistema e sono proprio tali ipotesi che differenziano un metodo dall'altro.

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.



Schema delle azioni agenti su di un singolo concio

8.2 Metodo di Bishop

Questo metodo adotta come prima semplificazione l'ipotesi di una superficie di rottura circolare; inoltre considera la risultante delle forze perpendicolari alla superficie laterale del concio equilibrate ($X_i + X_{i+1} = 0$). Utilizzando tali ipotesi è possibile ottenere un numero d'incognite uguali al numero d'equazioni (3n equazioni in 3n incognite).

Risolvendo il sistema si ottiene un coefficiente di sicurezza dato dal rapporto tra la risultante dei momenti stabilizzanti e la risultante dei momenti destabilizzanti, nella forma:

$$FS = \frac{\sum M_{stab}}{\sum M_{destab}}$$

8.3 Metodo di Bishop semplificato

In tale metodo si aggiunge un'ulteriore ipotesi rispetto al precedente, ossia si considerano nulle le forze agenti parallelamente alla superficie laterale del concio. Il sistema sarà così di 2n equazioni in 2n incognite.

Le equazioni considerate sono quelle dell'equilibrio alla traslazione verticale e dei momenti, ne segue che non è garantito l'equilibrio complessivo alla traslazione orizzontale.

Il coefficiente di sicurezza risulta essere sempre del tipo:

$$FS = \frac{\sum M_{stab}}{\sum M_{destab}}$$

Un corretto dimensionamento di una struttura in terra rinforzata implica una scelta corretta della lunghezza e della spaziatura verticale dei rinforzi al fine di garantire la stabilità. Le analisi di stabilità sono state eseguite in corrispondenza della sezione ritenuta più significativa ai fini del calcolo.

Ai fini del calcolo strutturale si è fatto riferimento alle prestazioni di progetto a lungo termine del materiale; a tale proposito il parametro più complicato da individuare è la resistenza di lavoro, per la quale le diverse

normative possono indicare metodologie differenti per la definizione. Mancando in Italia una qualsiasi indicazione in merito, per la stima della resistenza di lavoro degli elementi di rinforzo si è fatto riferimento allo schema illustrato di seguito che la BS8006 (inglese) prescrive per i rinforzi in genere.

La resistenza di lavoro T_d è tale che:

$$T_d = T_b / (f_{creep} \times f_m)$$

f_m è il fattore di sicurezza complessivo composto dalla moltiplicazioni di svariati sotto fattori, come esplicitato nello schema seguente, che consente di passare dalla resistenza a trazione nominale, T_b a quella di lavoro.

T_d è calcolato per una data deformazione massima ammissibile nei rinforzi durante la vita di progetto che, per le opere in terra rinforzata, sono dell'ordine del 5.5-6.5 %.

8.4 Verifiche di stabilità

La normativa italiana non tratta in maniera approfondita le opere in terra rinforzata alle quali si accenna solamente nell'ambito del decreto citato, laddove si trattino i manufatti in materiale sciolti. Per tale ragione, al di là di una generica indicazione circa la necessità di verifiche strutturali delle armature di rinforzo, non si danno indicazioni circa le modalità con cui si deve definire la resistenza di lavoro dei rinforzi, i parametri che caratterizzano l'interazione con i terreni ed i possibili stati limite specifici del sistema rinforzo.

Il codice MACSTARS, mancando in Italia una qualsiasi indicazione in merito, fa riferimento alla direttiva Inglese e più precisamente alla BRITISH STANDARD 8006 (1995).

Nel valutare la stabilità del pendio sono introdotti i seguenti fattori:

- peso proprio del terreno
- effetto della pressione neutra
- sovraccarichi verticali superficiali
- azioni sismiche eventuali, assimilate a forze statiche equivalenti
- effetto dovuto alla presenza dei rinforzi

I dati geometrici del problema sono strutturati in modo da identificare le possibili stratificazioni nel terreno e le zone contenenti i rinforzi.

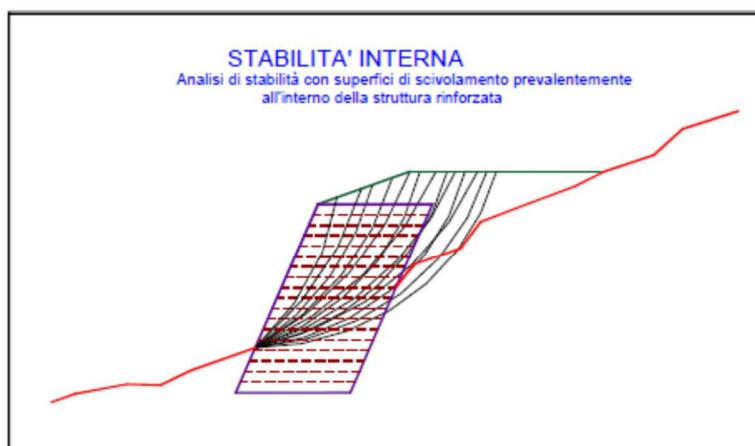
Il contributo degli elementi planari di rinforzo è introdotto nel calcolo solo se essi intersecano la superficie di scivolamento. In tal caso sono assimilati a forze applicate al cuneo di distacco. L'entità di tali forze è determinata scegliendo il minore valore tra la resistenza a rottura della rete di rinforzo e la resistenza allo sfilamento dello stesso dal terreno. Quest'ultima è calcolata in funzione della lunghezza del tratto di rinforzo di là dalla linea di scivolamento e della profondità di posa del telo di rete rispetto alla sommità del rilevato.

E' possibile assegnare una superficie di scivolamento e calcolare il fattore di sicurezza ad essa associato oppure, attraverso un algoritmo di minimizzazione non lineare, modificare la geometria della superficie di scivolamento rispettando la forma prescelta (circolare o spirale logaritmica) e determinare in modo automatico la superficie che corrisponde al fattore di sicurezza minimo o comunque ad un fattore di sicurezza preassegnato dall'utente, in relazione ai dati del problema (geometria, rinforzi, etc.).

Nelle sezioni individuate il calcolo é stato condotto utilizzando il metodo di Bishop e distinguendo i seguenti due tipi di verifica.

8.5 Verifica di stabilità interna

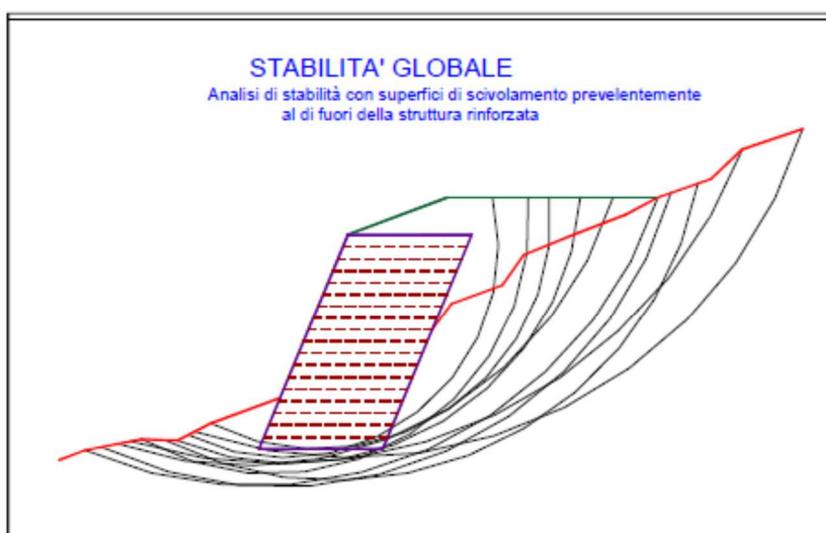
Verifica della lunghezza necessaria e della spaziatura degli elementi di rinforzo tale da garantire che il rilevato rinforzato sia sufficientemente compatto e resistente alle azioni interne provocate dai pesi e dai carichi esterni. Si é assunto in questo caso che le superfici partano dal piede di valle dell'opera e da alcuni punti significativi del paramento e si estendano verso monte fino ad incontrare il profilo del terreno, intersecando totalmente o solo parzialmente l'ammasso rinforzato.



Stabilità interna

8.6 Verifica di 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 é assunto che le superfici partano da un intervallo spaziale più a valle rispetto al piede dell'opera.



Stabilità globale

8.7 Definizioni

Per fare chiarezza su quanto esposto di seguito e sul listato di calcolo, con riferimento alla seguente illustrazione, sono fornite alcune definizioni:

Pendio originale: profilo del terreno originario, prima del progetto dei rinforzi;

Opera di rinforzo: sequenza continua di strutture di rinforzo chiamate blocchi; un pendio può comprendere quindi più opere; l'opera può prevedere superiormente un terreno di copertura;

Terreno di copertura: profilo del terreno posto al di sopra dell'opera per raccordare l'opera con un'opera sovrastante oppure per raccordare l'opera con il pendio originale;

Blocco: porzione di struttura in terra rinforzata costituita dal rilevato strutturale, dagli elementi di rinforzo omogenei come tipologia e dimensioni, dal terreno di riempimento a tergo;

Rilevato strutturale: terreno che costituisce i blocchi, deposto a strati tra i rinforzi, compattato meccanicamente per migliorarne le proprietà meccaniche e di resistenza;

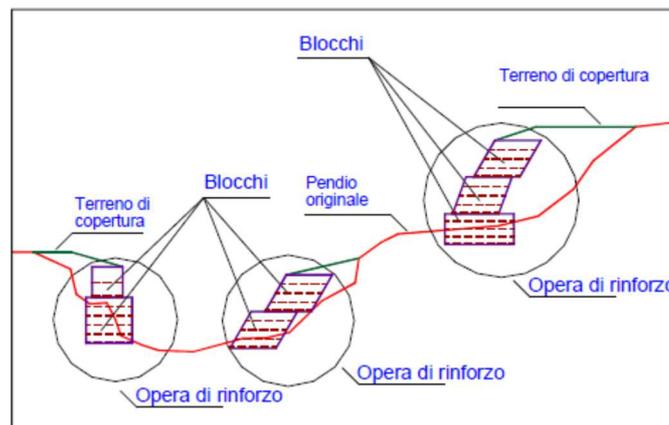
Riempimento a tergo: eventuale terreno posto a riempimento dello spazio tra il blocco ed il pendio originale (se presente);

Rinforzo: elemento resistente a trazione in virtù dell'attrito con il terreno, disposto lungo piani di posa orizzontali; può essere principale ed in tal caso è dotato di risvolto sul lato di valle oppure secondario posto tra il risvolto del principale sottostante ed il principale sovrastante; il secondario è sempre più lungo del principale;

Paramento: porzione libera in vista del blocco posto sul lato di valle;

Ancoraggio: lunghezza del rinforzo esterna alla superficie di rottura;

Sfilamento: raggiungimento delle condizioni di massima aderenza del rinforzo nel tratto ancorato o nel tratto interno alla porzione di terreno instabile.



8.8 Ipotesi di calcolo

Il dimensionamento delle strutture in progetto è stato eseguito con riferimento a quanto riportato nei tabulati di calcolo dove sono riportate le caratteristiche e dimensioni dei rinforzi impiegati internamente alla struttura.

9. GEOMETRIA DEI MURI A GABBIONI E/O TERRAMESH

La presente relazione affronta le verifiche del muro a gabbioni o in terramesh.

Nel corpo della relazione, dopo una breve illustrazione dell'opera in progetto, si fornisce un inquadramento geotecnico dell'area in cui vengono descritti i terreni di fondazione e quelli per la costruzione dei rilevati.

Successivamente presentate le verifiche di stabilità globale ed interna per le sezioni di diversa altezza. Per ciascuna tipologia sono state considerate due condizioni di carico distinte: condizione statica e condizione sismica.

9.1 Caratterizzazione geotecnica

Come detto in precedenza, si riportano le caratteristiche fisico-meccaniche delle diverse unità geotecniche riscontrate lungo il tracciato e descritte nel dettaglio nella relazione geotecnica.

Unità Geotecnica	γ [kN/m ³]	Φ' [°]	c' [kPa]
Rilevato: da 0 a -5.0 m	20.0	35	0
Are 2: da -5.0 a -8.0 m	19.5	27.5	5
Are 1: da -8.0 a -13.0 m	19.5	37.5	0
S3: da -13.0 m in poi	22.0	25	34

Viene assunta come quota "0" la testa del rilevato.

La falda è posizionata a circa -15 m dalla testa del rilevato.

I gabbioni hanno i parametri riportati nella seguente tabella:

γ (kN/m ³)	c' (kPa)	ϕ' (°)
20	12.5	40

9.2 Criteri di verifica

la verifica di stabilità globale è stata eseguita adottando i metodi dell'equilibrio limite, in particolare utilizzando il metodo di Bishop e considerando per il terreno un comportamento alla Mohr-Coulomb.

Ogni verifica è stata eseguita in condizioni statiche e sismiche. Nelle analisi in condizioni statiche condotte sui rilevati è stata considerata la presenza di un sovraccarico stradale uniformemente ripartito pari a 20 kPa. Nelle analisi in condizioni sismiche è stato utilizzato l'approccio pseudostatico in cui le azioni dinamiche vengono introdotte mediante le componenti, orizzontali, di una forza statica equivalente proporzionale al peso del terreno mobilitato. Le componenti della forza statica equivalente sono definite come:

$$Q_h = k_h \cdot W \quad \text{- forze d'inerzia orizzontali}$$

$$Q_v = k_v \cdot W \quad \text{- forze d'inerzia verticali}$$

Con: $k_h = 0.129$ e $k_v = 0.0645$

dove W è il peso del terreno mobilitato e k_h è il coefficiente sismico orizzontale mentre k_v è il coefficiente sismico verticale.

In entrambe le tipologie di analisi (statiche e sismiche) sono stati assunti parametri meccanici drenati.

9.1 Verifiche

Nelle seguenti tabelle, infine, sono indicati i valori dei coefficienti di sicurezza ottenuti nelle analisi eseguite in assenza e in presenza di sisma. Come si può notare, per tutti i casi studiati, il coefficiente di sicurezza ottenuto è maggiore del valore minimo richiesto dalla normativa vigente.

Come anticipato al § 8.1, “il codice MACSTARS W utilizzato per il calcolo, i coefficienti di riduzione sulle resistenze (γ_R) che quindi sono già automaticamente applicati in automatico dal programma di calcolo, ciò implica che i valori dei Fattori di Sicurezza - previsto da normativa [$\geq 1,1$ (R2) e $1.1/1.15/1.4$ (R3)] e da cercare nelle verifiche devono essere maggiori di 1.00.”

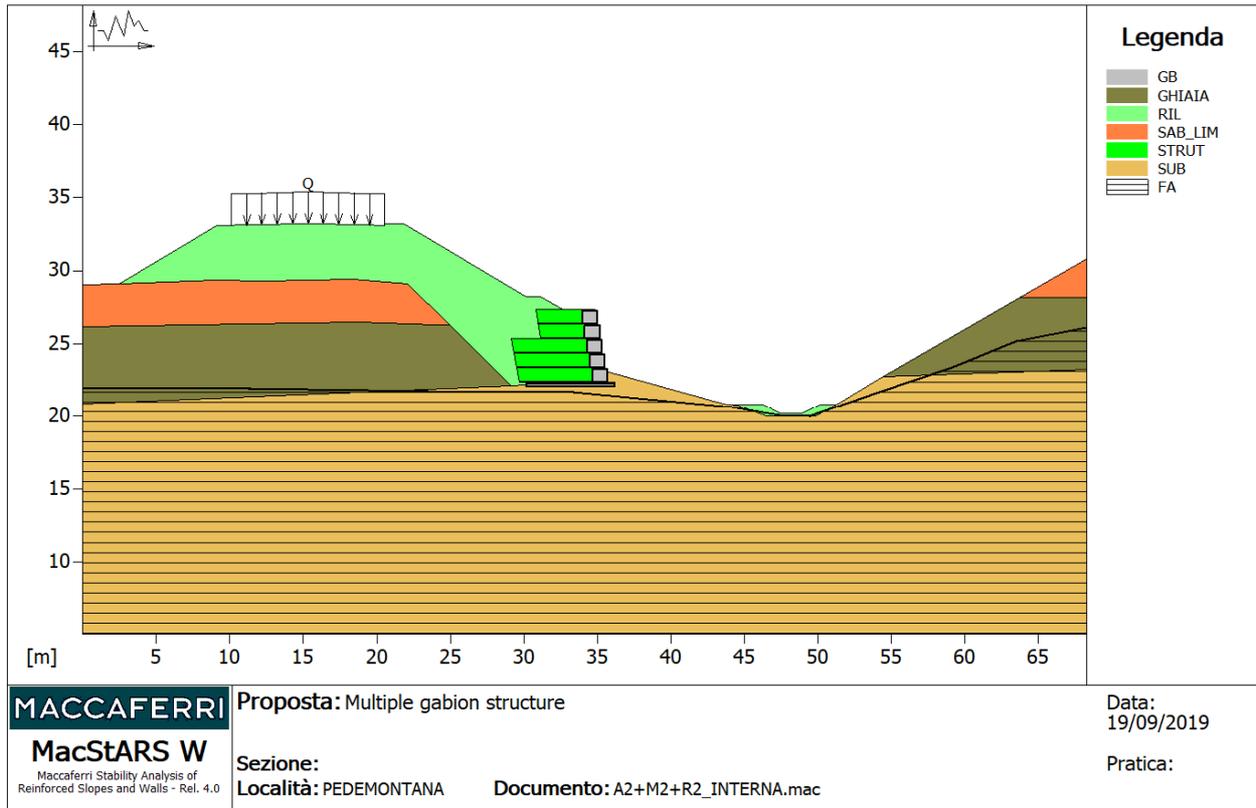
Per i dettagli relativi alle analisi svolte si rimanda all'allegato della presente relazione, di seguito si riportano due tabelle, la prima con indicate le combinazioni di carico prese in esame come da norma e i relativi coefficienti minimi di sicurezza oltre alla tipologia di muro esaminata, mentre nella seconda tabella vengono riportati i coefficienti di sicurezza ottenuti dal codice di calcolo MACSTARS che come detto in precedenza devono risultare tutti maggiori di uno, dato che il codice di calcolo già tiene in conto i coefficienti R2 ed R3, inoltre si riportano anche i coefficienti di calcolo esplicitati da dove si evince che le verifiche sono tutte soddisfatte:

MURO IN TERRAMESH

SEZIONI DI CALCOLO		Condiz. Di Carico		Coeffic. Scorim. da norma	Capacità Portante da norma	Coeffic. Ribalt. da norma	Stabilità Globale da norma	
H_{max} [m]	T _{tipolog.} Muro	L Rinforzi [m]	Condiz. Di Carico	F _{s,scor}	F' _{s,cp}	F _{S,Ribalt}	F' _{s,sb}	
5.00	5.30	4.00/6.00	STATICA	A1+M1+R3	1.1	1.4	--	--
				A2+M2+R2	--	--	--	1.1
				EQU+M1+R3	--	--	1.15	--
			SISMICA	M1 + Kh ± Kv	1.0	1.2	--	1.2
				EQU + M1 + Kh ± Kv	--	--	1.0	--

Combinazioni di carico da norma e relativi coefficienti di sicurezza minimi

Sezione di calcolo n° B alla Pk 3+714.40



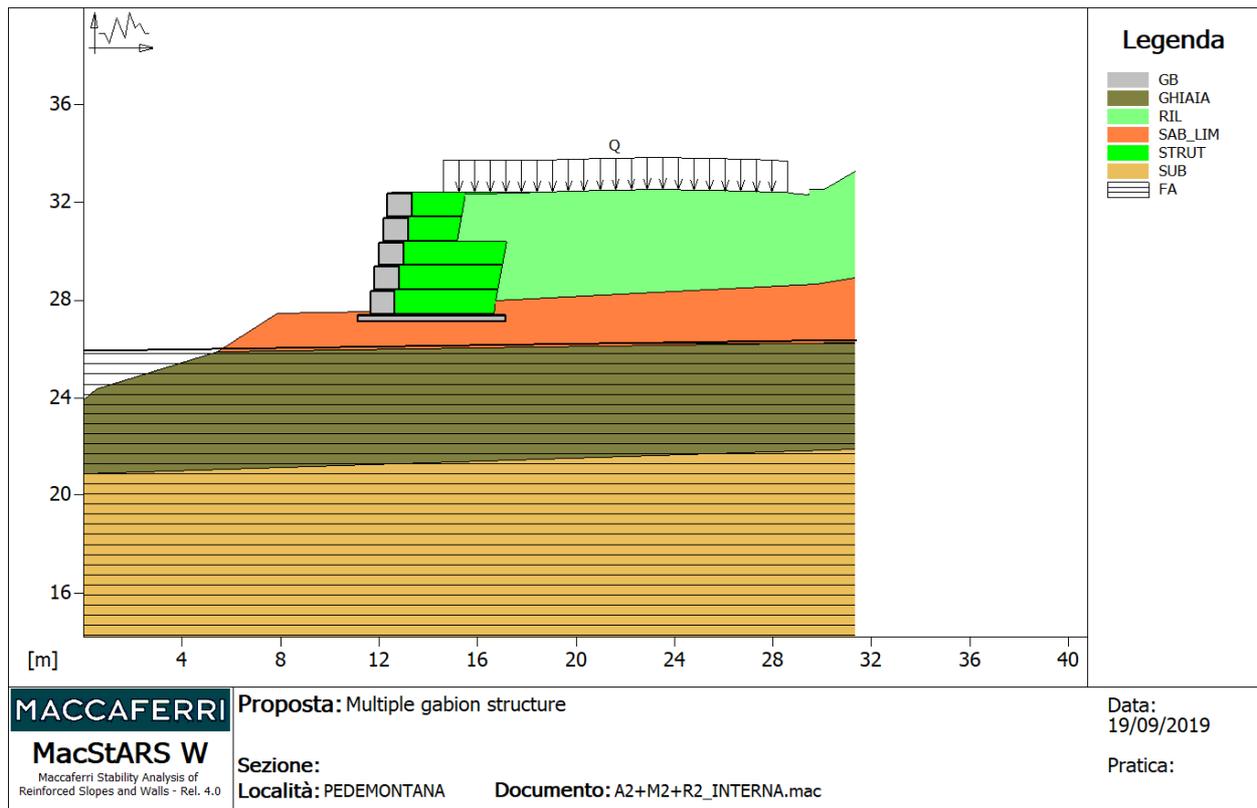
Tipo di verifica	Condizione	FS MacStar	FS esplicitato		FS da NTC
Capacità portante (A1+M1+R3)/(M1+R3+kh±+kv)	Statica	8.210	11.494	>	1.40
	Sismica	1.534	1.841	>	1.20
Scorrimento (A1+M1+R3)/(M1+R3+kh±+kv)	Statica	3.978	4.376	>	1.10
	Sismica	1.633	1.633	>	1.00
Ribaltamento (EQU+M1+R3)/EQU+M1+kh±+kv)	Statica	3.629	4.173	>	1.15
	Sismica	2.624	2.624	>	1.00
Stabilità interna (A2+M2+R2)/(M1+R3+kh±+kv)	Statica	1.156	1.272	>	1.10
	Sismica	1.005	1.206	>	1.20
Stabilità Globale (A2+M2+R2)/ M1+R3+kh±+kv)	Statica	1.177	1.295	>	1.10
	Sismica	1.068	1.282	>	1.20

Verifiche geotecniche del muro in terra-mesh.

Il coefficiente di sicurezza minimo risulta quello di stabilità interna in condizione sismica:

$F_s = 1.206 > 1.200.$

Sezione di calcolo n° 14



Tipo di verifica	Condizione	FS MacStar	FS esplicitato		FS da NTC
Capacità portante (A1+M1+R3)/(M1+R3+kh±+kv)	Statica	7.861	11.005	>	1.40
	Sismica	8.076	9.691	>	1.20
Scorrimento (A1+M1+R3)/(M1+R3+kh±+kv)	Statica	2.605	2.866	>	1.10
	Sismica	1.785	1.785	>	1.00
Ribaltamento (EQU+M1+R3)/EQU+M1+kh±+kv)	Statica	7.668	8.818	>	1.15
	Sismica	3.653	3.653	>	1.00
Stabilità interna (A2+M2+R2)/(M1+R3+kh±+kv)	Statica	1.411	1.552	>	1.10
	Sismica	1.317	1.580	>	1.20
Stabilità Globale (A2+M2+R2)/ M1+R3+kh±+kv)	Statica	1.186	1.305	>	1.10
	Sismica	1.038	1.246	>	1.20

Verifiche geotecniche del muro in terra-mesh.

Il coefficiente di sicurezza minimo risulta quello di stabilità globale in condizione sismica :

$F_s = 1.246 > 1.200.$

10. ALLEGATI

Verifiche condotte in accordo alla normativa :

Norme tecniche per le costruzioni D.M. 17/01/2018
Verifiche di sicurezza (SLU)

10.1 Muro in TERRAMESH sez. 6 alla Pk 3+714.40

10.1.1 Muro in TERRAMESH : Input

MacStARS W – Rel. 4.0

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

CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DEI TERRENI

Terreno : GB	Descrizione : Gabion filling
Classe coesione.....	: Coeff. Parziale - Coesione efficace
Coesione.....	[kN/m ²]..... 12.50
Classe d'attrito.....	: Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza a taglio
Angolo d'attrito.....	[°]..... 40.00
Rapporto di pressione interstiziale (Ru).....	: 0.00
Classe di peso.....	: Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - favorevole
Peso specifico sopra falda.....	[kN/m ³]..... 20.00
Peso specifico in falda.....	[kN/m ³]..... 21.00
Modulo elastico.....	[kN/m ²]..... 0.00
Coefficiente di Poisson.....	: 0.30
Terreno : GHIAIA	Descrizione : ARE_1
Classe coesione.....	: Coeff. Parziale - Coesione efficace
Coesione.....	[kN/m ²]..... 0.00
Classe d'attrito.....	: Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza a taglio
Angolo d'attrito.....	[°]..... 37.50
Rapporto di pressione interstiziale (Ru).....	: 0.00
Classe di peso.....	: Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - favorevole
Peso specifico sopra falda.....	[kN/m ³]..... 19.50
Peso specifico in falda.....	[kN/m ³]..... 20.50
Modulo elastico.....	[kN/m ²]..... 0.00
Coefficiente di Poisson.....	: 0.30
Terreno : RIL	Descrizione : RILEVATO
Classe coesione.....	: Coeff. Parziale - Coesione efficace
Coesione.....	[kN/m ²]..... 0.00
Classe d'attrito.....	: Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza a taglio
Angolo d'attrito.....	[°]..... 35.00
Rapporto di pressione interstiziale (Ru).....	: 0.00
Classe di peso.....	: Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - favorevole
Peso specifico sopra falda.....	[kN/m ³]..... 20.00
Peso specifico in falda.....	[kN/m ³]..... 21.00
Modulo elastico.....	[kN/m ²]..... 0.00
Coefficiente di Poisson.....	: 0.30
Terreno : SAB_LIM	Descrizione : ARE_2
Classe coesione.....	: Coeff. Parziale - Coesione efficace
Coesione.....	[kN/m ²]..... 5.00
Classe d'attrito.....	: Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza a taglio
Angolo d'attrito.....	[°]..... 27.50
Rapporto di pressione interstiziale (Ru).....	: 0.00
Classe di peso.....	: Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - favorevole
Peso specifico sopra falda.....	[kN/m ³]..... 19.50
Peso specifico in falda.....	[kN/m ³]..... 20.50

Modulo elastico.....[kN/m²].....: 0.00
 Coefficiente di Poisson.....: 0.30

Terreno : STRUT

Descrizione : Rilevato strutturale

Classe coesione.....: Coeff. Parziale - Coesione efficace
 Coesione.....[kN/m²].....: 0.00
 Classe d'attrito.....: Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza a taglio
 Angolo d'attrito.....[°].....: 35.00
 Rapporto di pressione interstiziale (Ru).....: 0.00
 Classe di peso.....: Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - favorevole
 Peso specifico sopra falda.....[kN/m³].....: 20.00
 Peso specifico in falda.....[kN/m³].....: 21.00

Modulo elastico.....[kN/m²].....: 0.00
 Coefficiente di Poisson.....: 0.30

Terreno : SUB

Descrizione : SUBTRATO

Classe coesione.....: Coeff. Parziale - Coesione efficace
 Coesione.....[kN/m²].....: 34.00
 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/m³].....: 22.00
 Peso specifico in falda.....[kN/m³].....: 23.00

Modulo elastico.....[kN/m²].....: 0.00
 Coefficiente di Poisson.....: 0.30

PROFILI STRATIGRAFICI

Strato: 01

Descrizione: fond-stradale

Terreno : RIL

X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]
2.50	29.12	9.10	33.07	11.59	33.13	15.34	33.23
19.09	33.13	20.59	33.09	20.60	33.24	21.84	33.24
30.17	28.24	31.17	28.24	32.99	27.16		

Strato: 03

Descrizione: Sab_lim

Terreno : SAB_LIM

X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]
0.00	29.03	2.50	29.12	9.07	29.36	12.30	29.28
18.37	29.42	22.10	29.11	24.98	26.28		

Strato: 04

Descrizione: Ghiaia

Terreno : GHIAIA

X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]
0.00	26.16	18.70	26.48	24.03	26.28	24.98	26.28
29.12	22.14						

Strato: 05

Descrizione: Sub

Terreno : SUB

X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]
0.00	20.88	30.08	22.19	30.20	22.07	34.70	23.37
43.84	20.81	44.56	20.72	46.51	20.02	49.87	20.00
54.42	22.74	68.32	23.24				

Strato: 06

Descrizione: fosso

Terreno : RIL

X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]
43.84	20.81	46.25	20.81	47.48	20.21	48.89	20.21
50.18	20.81	51.22	20.81				

Strato: 07

Descrizione: Ghiaia

Terreno : GHIAIA

X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]
54.42	22.74	63.72	28.15	68.32	28.15		

Strato: 08

Descrizione: sab_lim_dx

Terreno : SAB_LIM

X [m]	Y [m]	X [m]	Y [m]	X [m]	Y [m]	X [m]	Y [m]
68.72	28.15	68.32	30.83				

PROFILI FALDE FREATICHE**Falda: FA**

Descrizione: FALDA

X [m]	Y [m]	Y [m]	P [kN/m ²]	X [m]	Y [m]	Y [m]	P [kN/m ²]
0.00	21.92			11.36	21.92		
23.37	21.72			33.33	21.67		
44.16	20.60			47.38	20.08		
49.42	20.02			53.96	21.61		
59.11	23.34			63.50	25.19		
68.32	26.09						

BLOCCHI RINFORZATI**Blocco : MAT**

Dati principali.....[m]..... : Larghezza..... = 6.00 Altezza..... = 0.30
 Coordinate Origine.....[m]..... : Ascissa..... = 36.20 Ordinata..... = 22.07
 Inclinazione paramento.....[°]..... : 0.00

Terreno riempimento gabbioni : GB
 Rilevato strutturale - materiale tipo..... : Ghiaia
 Rilevato strutturale..... : STRUT
 Terreno di riempimento a tergo..... : STRUT
 Terreno di copertura..... : STRUT
 Terreno di fondazione..... : SUB

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

Affondamento fondazione.....[m] : 1.00
 Inclinazione pendio a valle.....[°] : 0.00

Rinforzi :

Maccaferri - Mattresses H=0.30 - Width P - 6.0

Lunghezza.....[m]..... = 6.00
 Gabbione.....[m]..... : Altezza..... = 0.30 Larghezza..... = 6.00

Blocco : B1

Dati principali.....[m]..... : Larghezza..... = 6.00 Altezza..... = 3.00
 Arretramento.....[m]..... = 0.50 da MAT
 Inclinazione paramento.....[°]..... : 10.00

Terreno riempimento gabbioni : GB
 Rilevato strutturale - materiale tipo..... : Ghiaia
 Rilevato strutturale..... : STRUT
 Terreno di riempimento a tergo..... : STRUT
 Terreno di copertura..... : STRUT
 Terreno di fondazione..... : GB

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 - Terramesh System - 8/2.7P - 1.0x1.0

Lunghezza.....[m]..... = 6.00
 Gabbione.....[m]..... : Altezza..... = 1.00 Larghezza..... = 1.00

Blocco : B2

Dati principali.....[m]..... : Larghezza..... = 4.00 Altezza..... = 2.00
 Arretramento.....[m]..... = 0.00 da B1
 Inclinazione paramento.....[°]..... : 10.00

Terreno riempimento gabbioni : GB
 Rilevato strutturale - materiale tipo..... : Ghiaia
 Rilevato strutturale..... : STRUT
 Terreno di riempimento a tergo..... : STRUT
 Terreno di copertura..... : STRUT
 Terreno di fondazione..... : STRUT

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 - Terramesh System - 8/2.7P - 1.0x1.0
 Lunghezza.....[m]..... = 4.00
 Gabbione.....[m]..... : Altezza..... = 1.00 Larghezza..... = 1.00

CARICHI

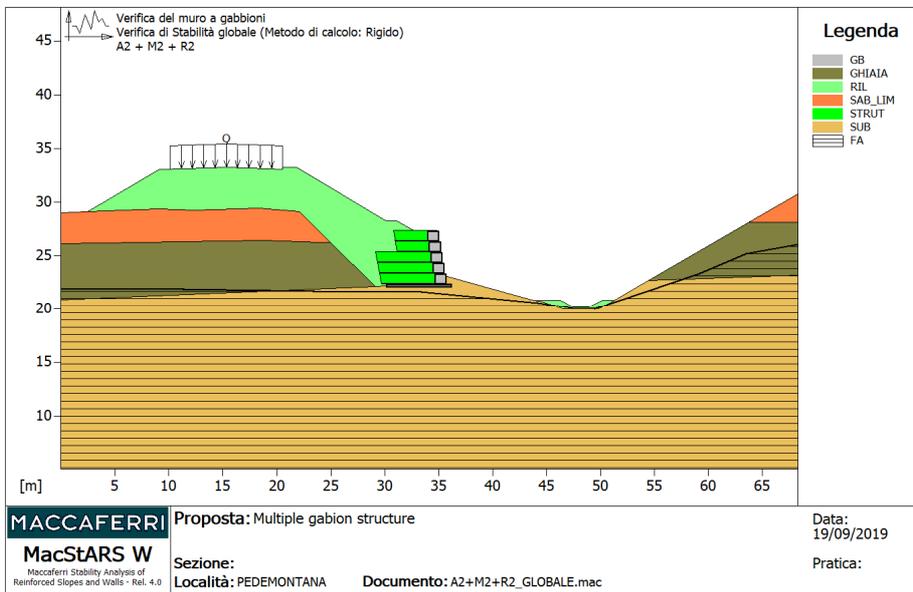
Pressione : Q

Descrizione : SOVRACCARICO

Classe : Variabile - sfavorevole
 Intensità.....[kN/m²].. = 20.00 Inclinazione.....[°].. = 0.00
 Ascissa.....[m] : Da = 10.10 To = 20.55

Sisma :

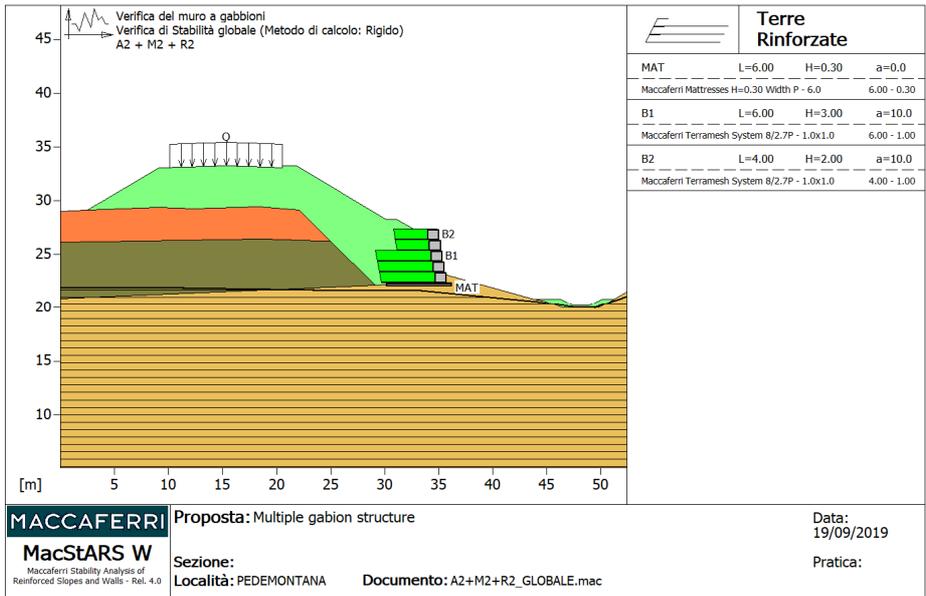
Classe : Sisma
 Accelerazione.....[m/s²]..... : Orizzontale..... = 1.27 Verticale.. = 0.63



PROPRIETA' DEI RINFORZI UTILIZZATI

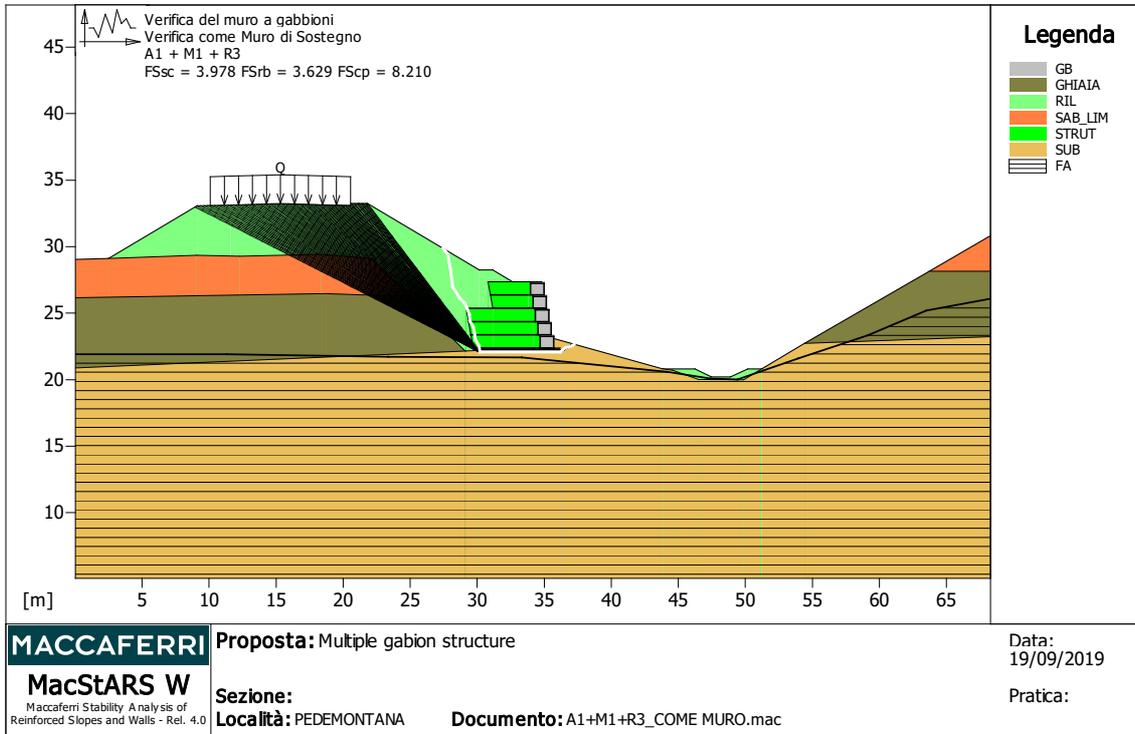
Maccaferri - Mattresses H=0.30 - Width P - 6.0		
Carico di rottura Nominale Tr	[kN/m].....	50.00
Rapporto di Scorrimento plastico.....		2.00
Coefficiente di Scorrimento elastico.....	[m ³ /kN].....	1.10e-04
Rigidità estensionale.....	[kN/m].....	500.00
Lunghezza minima di ancoraggio.....	[m].....	0.15
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
Maccaferri - Terramesh System - 8/2.7P - 1.0x1.0		
Carico di rottura Nominale Tr	[kN/m].....	50.00
Rapporto di Scorrimento plastico.....		2.00
Coefficiente di Scorrimento elastico.....	[m ³ /kN].....	1.10e-04
Rigidità 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



10.1.2 Output

10.1.2.1 Verifica statica a scorrimento e capacità portante: Comb. A1 + M1 + R3 e ribaltamento (EQU+M1+R3)



Verifica come muro di sostegno : Verifica del muro a gabbioni

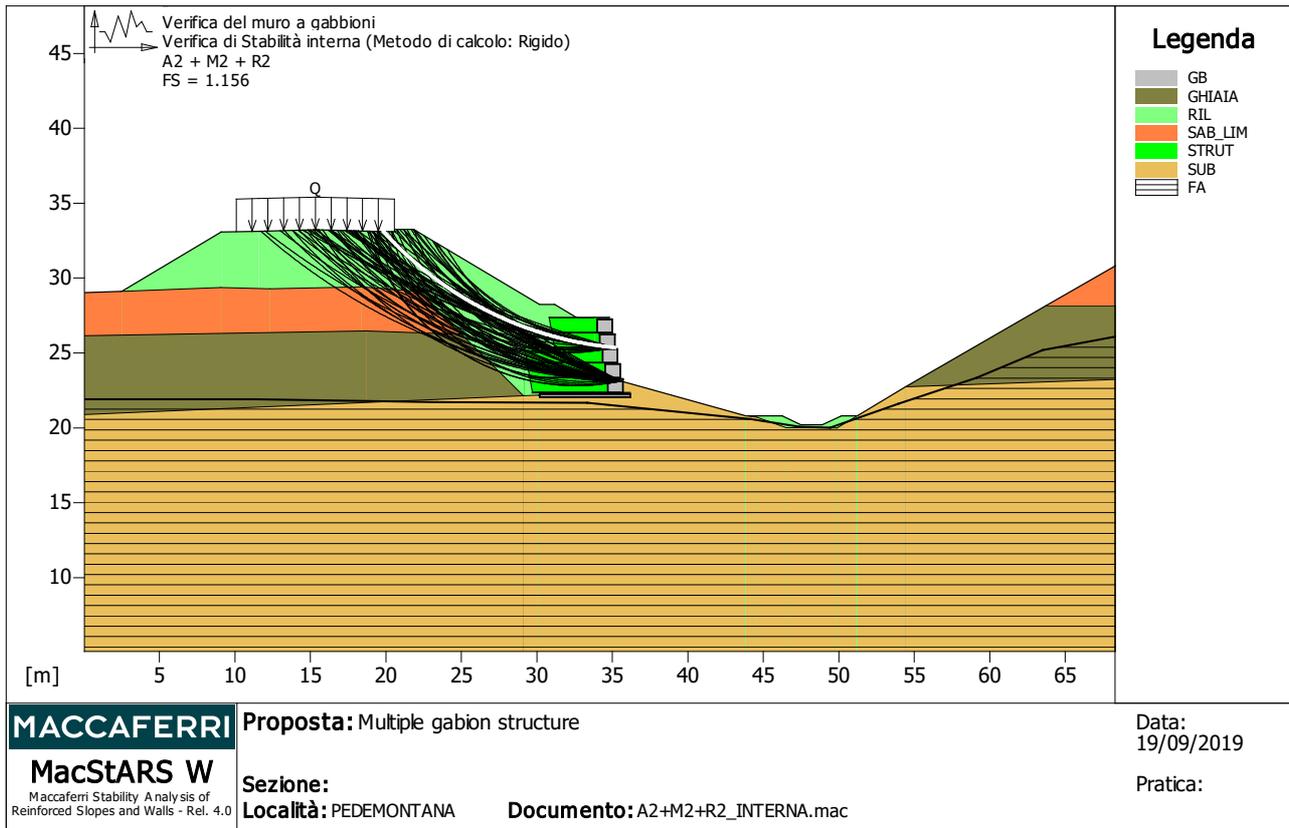
Combinazione di carico : A1 + M1 + R3

Stabilità verificata sul blocco : MAT

Forza Stabilizzante.....	[kN/m].....	526.17
Forza Instabilizzante.....	[kN/m].....	120.24
Classe scorrimento.....	: Coeff. parziale R - Scorrimento	
Coefficiente di sicurezza allo scorrimento.....		3.978
Momento Stabilizzante.....	[kN*m/m].....	2732.60
Momento Instabilizzante.....	[kN*m/m].....	654.79
Classe momento.....	: Coeff. parziale R - Ribaltamento	
Coefficiente di sicurezza al ribaltamento.....		3.629
Pressione ultima calcolata con Vesic.		
Pressione ultima.....	[kN/m ²].....	1323.50
Pressione media agente.....	[kN/m ²].....	115.15
Classe pressione.....	: Coeff. parziale R - Capacità portante	
Coefficiente di sicurezza sulla capacità portante.....		8.210
Fondazione equivalente.....	[m].....	6.00
Eccentricità forza normale.....	[m].....	-0.01
Braccio momento.....	[m].....	5.45
Forza normale.....	[kN].....	690.89
Pressione estremo di valle.....	[kN/m ²].....	114.57
Pressione estremo di monte.....	[kN/m ²].....	116.30

Fattore	Classe
1.50	Variabile - sfavorevole
0.00	Sisma
1.00	Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza a taglio
1.00	Coeff. Parziale - Coesione efficace
1.00	Coeff. Parziale - Resistenza non drenata
1.00	Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - favorevole
1.00	Fs Rottura Rinforzi
1.00	Fs Sfilamento Rinforzi
1.10	Coeff. parziale R - Scorrimento
1.40	Coeff. parziale R - Capacità portante
1.15	Coeff. parziale R - Ribaltamento

10.1.2.2 Verifica statica di stabilità interna: Comb. A2 + M2 + R2



Verifica di stabilità interna : Verifica del muro a gabbioni

Combinazione di carico : A2 + M2 + R2

Calcolo delle forze nei rinforzi col metodo rigido

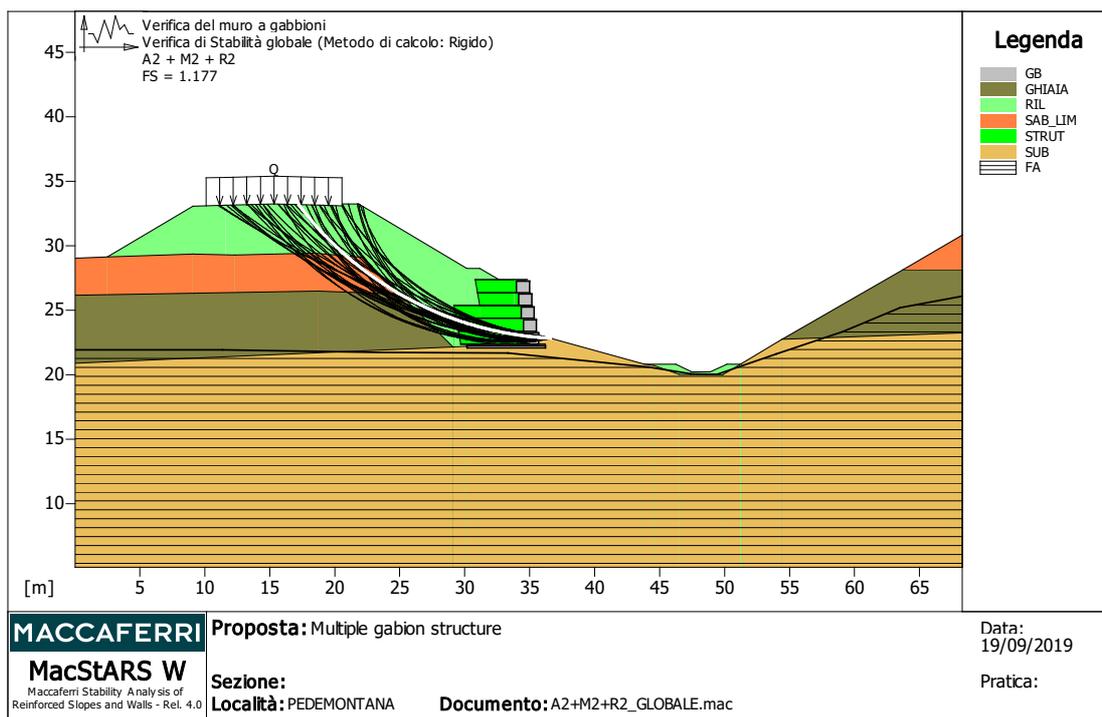
Ricerca delle superfici critiche col metodo di Bishop

Coefficiente di sicurezza minimo calcolato.....: 1.156

Blocco	Intervallo di ricerca delle superfici	
	Primo punto	Secondo punto
B1	8.00	30.00
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].....:	0.10	
Angolo limite orario..... [°].....:	0.00	
Angolo limite antiorario..... [°].....:	0.00	

Fattore	Classe
1.30	Variabile - sfavorevole
0.00	Sisma
1.25	Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza a taglio
1.25	Coeff. Parziale - Coesione efficace
1.40	Coeff. Parziale - Resistenza non drenata
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

10.1.2.3 Verifica statica di stabilità globale: Comb. A2 + M2 + R2



Verifica di stabilità globale : Verifica del muro a gabbioni

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..... : 1.177

Intervallo di ricerca delle superfici

Segmento di partenza, ascisse [m]		Segmento di arrivo, ascisse [m]	
Primo punto	Secondo punto	Primo punto	Secondo punto
36.50	36.70	8.00	30.00
Numero punti avvio superfici sul segmento di partenza..... :		22	
Numero totale superfici di prova..... :		506	
Lunghezza segmenti delle superfici..... [m]..... :		0.10	
Angolo limite orario..... [°]..... :		0.00	
Angolo limite antiorario..... [°]..... :		0.00	

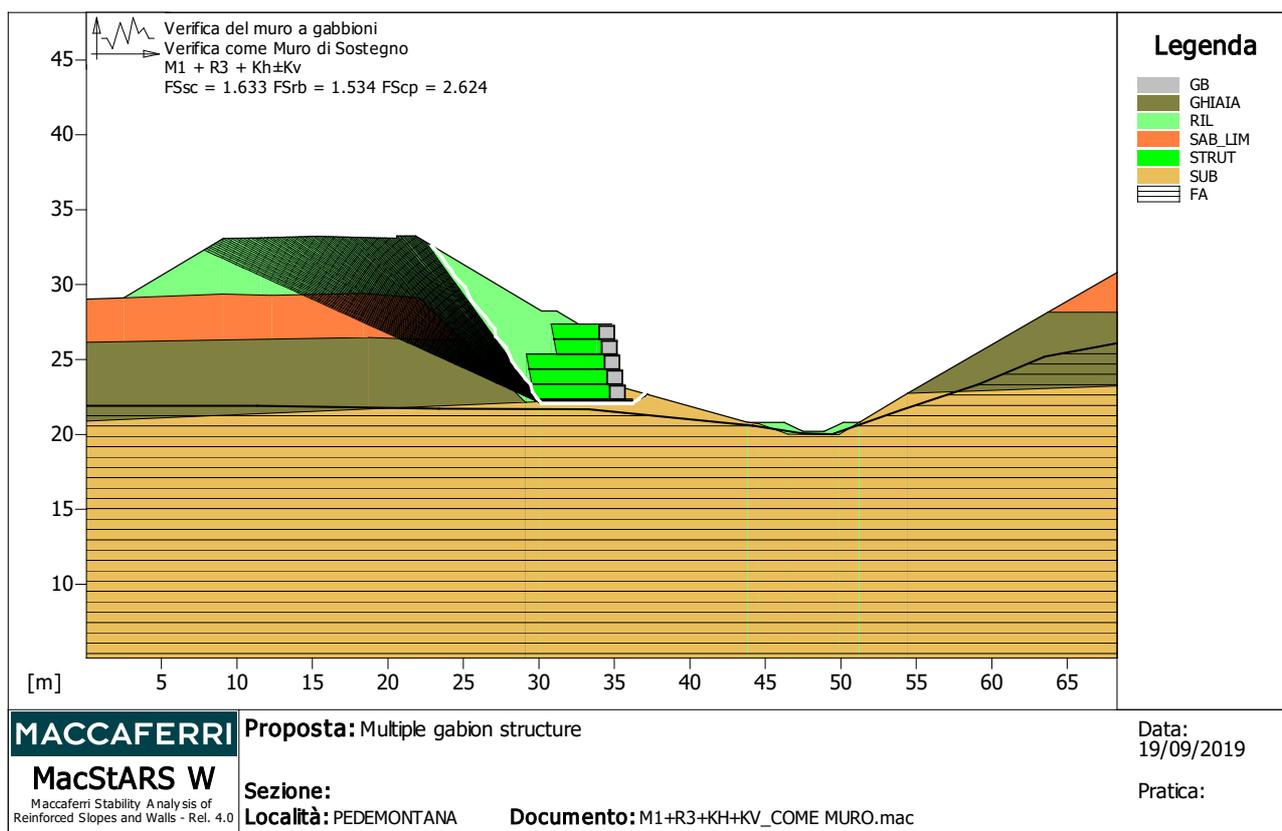
Blocco : B1

Maccaferri - Terramesh System - 8/2.7P - 1.0x1.0

Y	Tb rottura [kN/m]	Tp sfilamento [kN/m]	Td agente [kN/m]	Tb/Td 1/Fmax	Tp/Td
1.000	50.0	357.6	39.7	1.26	9.01

Fattore	Classe
1.30	Variabile - sfavorevole
0.00	Sisma
1.25	Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza a taglio
1.25	Coeff. Parziale - Coesione efficace
1.40	Coeff. Parziale - Resistenza non drenata
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

10.1.2.4 Verifica sismica a scorrimento e capacità portante: Comb. M1 +kh±kv e ribaltamento (EQU+M1+ kh±kv)



Verifica come muro di sostegno : Verifica del muro a gabbioni

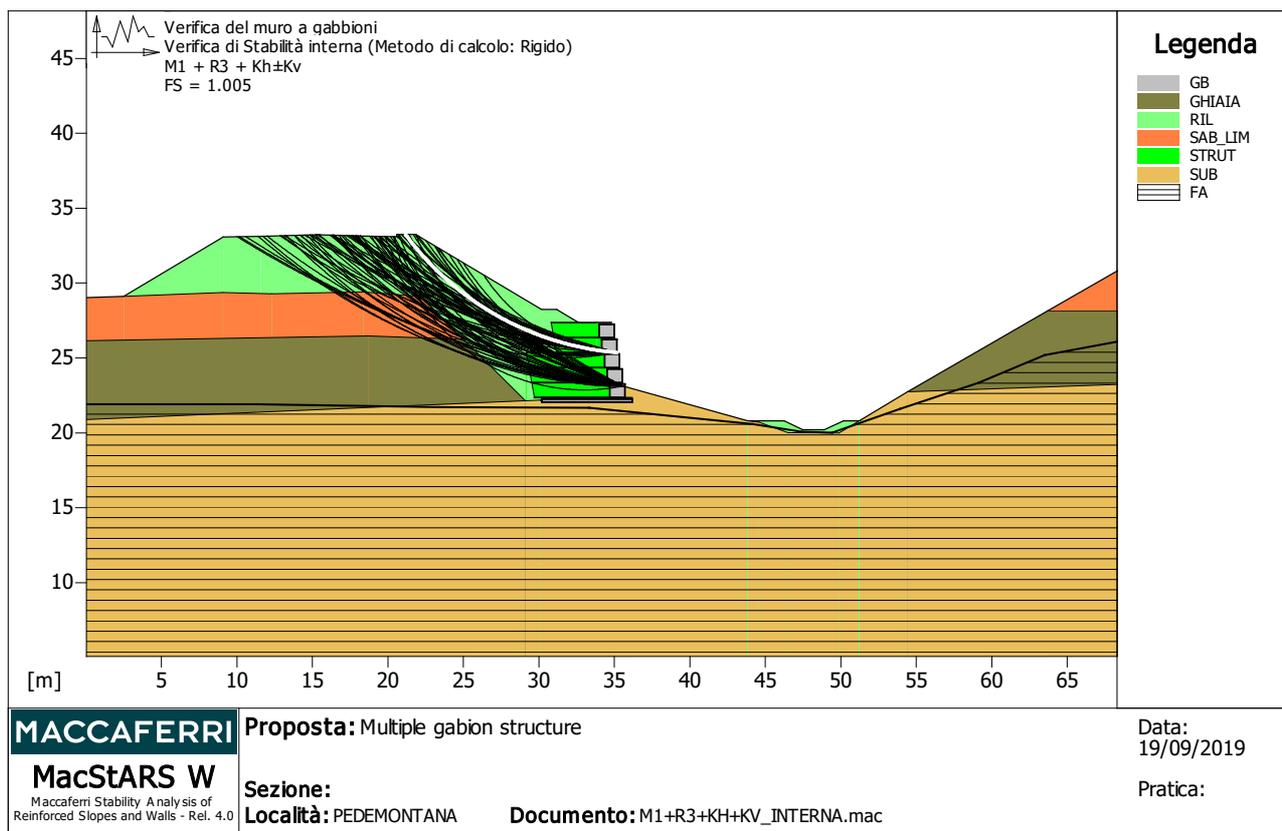
Combinazione di carico : M1 + R3 + Kh±Kv

Stabilità verificata sul blocco : MAT

Forza Stabilizzante.....	[kN/m].....	505.55
Forza Instabilizzante.....	[kN/m].....	309.64
Classe scorrimento.....	: Coeff. parziale R - Scorrimento	
Coefficiente di sicurezza allo scorrimento.....		1.633
Momento Stabilizzante.....	[kN*m/m].....	2732.60
Momento Instabilizzante.....	[kN*m/m].....	1781.40
Classe momento.....	: Coeff. parziale R - Ribaltamento	
Coefficiente di sicurezza al ribaltamento.....		1.534
Pressione ultima calcolata con Vesic.		
Pressione ultima.....	[kN/m²].....	692.21
Pressione media agente.....	[kN/m²].....	219.81
Classe pressione.....	: Coeff. parziale R - Capacità portante	
Coefficiente di sicurezza sulla capacità portante.....		2.624
Fondazione equivalente.....	[m].....	2.94
Eccentricità forza normale.....	[m].....	1.53
Braccio momento.....	[m].....	5.75
Forza normale.....	[kN].....	646.67
Pressione estremo di valle.....	[kN/m²].....	293.08
Pressione estremo di monte.....	[kN/m²].....	0.00

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

10.1.2.5 Verifica sismica di stabilità interna: Comb. M1 + kh±kv



Verifica di stabilità interna : Verifica del muro a gabbioni

Combinazione di carico : M1 + R3 + Kh±Kv

Calcolo delle forze nei rinforzi col metodo rigido

Ricerca delle superfici critiche col metodo di Bishop

Coefficiente di sicurezza minimo calcolato.....: 1.005

Intervallo di ricerca delle superfici

Segmento di arrivo, ascisse [m]

Blocco

B1

Primo punto

8.00

Secondo punto

30.00

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

Numero totale superfici di prova.....: 500

Lunghezza segmenti delle superfici..... [m].....: 0.10

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

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

Fattore

1.00

1.00

1.00

1.00

1.00

1.00

1.00

1.20

Classe

Sisma

Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza a taglio

Coeff. Parziale - Coesione efficace

Coeff. Parziale - Resistenza non drenata

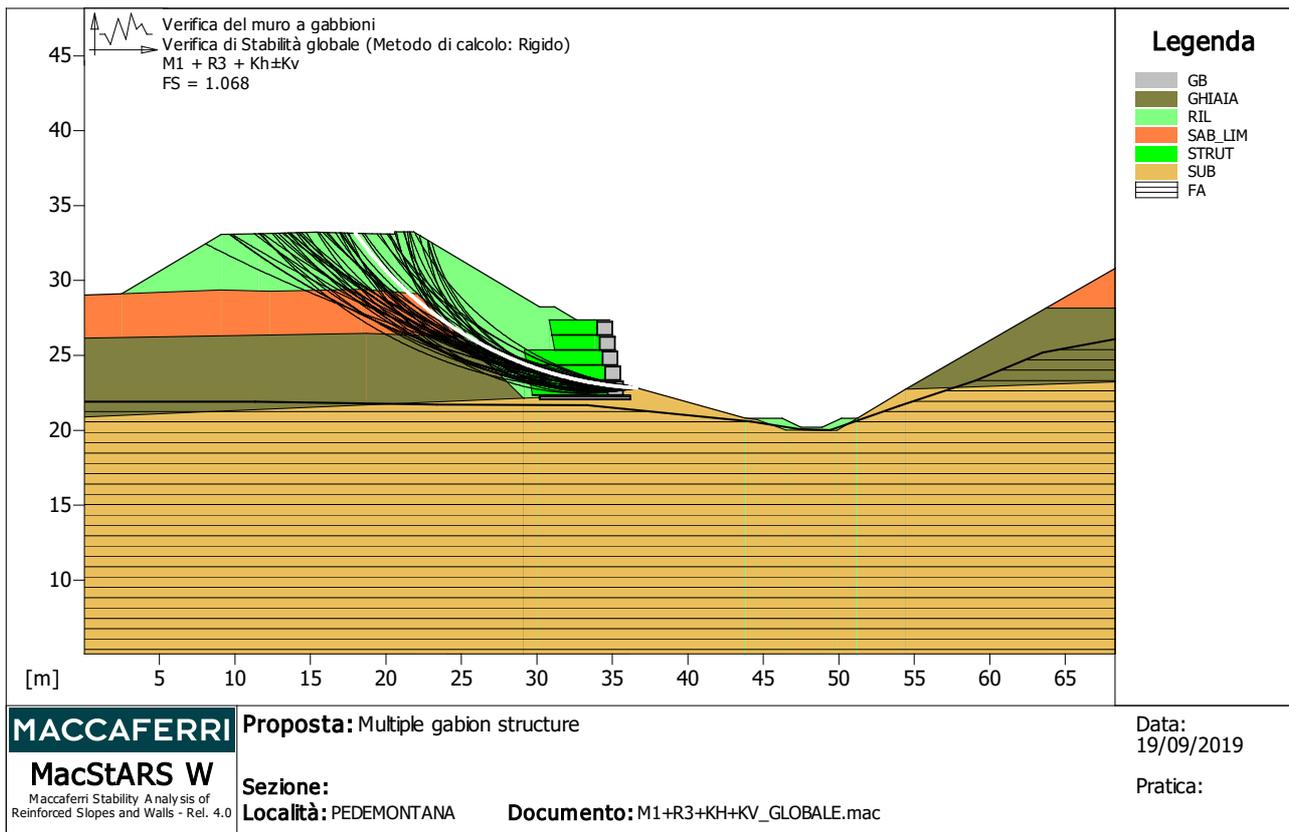
Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - favorevole

Fs Rottura Rinforzi

Fs Sfilamento Rinforzi

Coeff. Parziale R - Stabilità

10.1.2.6 Verifica sismica di stabilità globale: Comb. M1 + kh±kv



Verifica di stabilità globale : Verifica del muro a gabbioni

Combinazione di carico : M1 + R3 + Kh±Kv

Calcolo delle forze nei rinforzi col metodo rigido

Ricerca delle superfici critiche col metodo di Bishop

Coefficiente di sicurezza minimo calcolato : 1.068

Intervallo di ricerca delle superfici

Segmento di partenza, ascisse [m]		Segmento di arrivo, ascisse [m]	
Primo punto	Secondo punto	Primo punto	Secondo punto
36.20	36.70	8.00	32.00
Numero punti avvio superfici sul segmento di partenza.....		25	
Numero totale superfici di prova.....		500	
Lunghezza segmenti delle superfici..... [m].....		0.10	
Angolo limite orario..... [°].....		0.00	
Angolo limite antiorario..... [°].....		0.00	

Blocco : B1

Maccaferri - Terramesh System - 8/2.7P - 1.0x1.0

Y	Tb	Tp	Td	Tb/Td	Tp/Td
[m]	rottura [kN/m]	sfilamento [kN/m]	agente [kN/m]	1/Fmax	
1.000	50.0	378.1	39.7	1.26	9.52

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

10.2 Muro in TERRAMESH sez. 14

10.2.1 Muro in TERRAMESH : Input

MacStARS W – Rel. 4.0

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

CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DEI TERRENI

Terreno : GB	Descrizione : Gabion filling	
Classe coesione.....	: Coeff. Parziale - Coesione efficace	
Coesione.....	[kN/m ²].	12.50
Classe d'attrito.....	: Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza a taglio	
Angolo d'attrito.....	[°].	40.00
Rapporto di pressione interstiziale (Ru).....		0.00
Classe di peso.....	: Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - favorevole	
Peso specifico sopra falda.....	[kN/m ³].	20.00
Peso specifico in falda.....	[kN/m ³].	21.00
Modulo elastico.....	[kN/m ²].	0.00
Coefficiente di Poisson.....		0.30
Terreno : GHIAIA	Descrizione : ARE_1	
Classe coesione.....	: Coeff. Parziale - Coesione efficace	
Coesione.....	[kN/m ²].	0.00
Classe d'attrito.....	: Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza a taglio	
Angolo d'attrito.....	[°].	37.50
Rapporto di pressione interstiziale (Ru).....		0.00
Classe di peso.....	: Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - favorevole	
Peso specifico sopra falda.....	[kN/m ³].	19.50
Peso specifico in falda.....	[kN/m ³].	20.50
Modulo elastico.....	[kN/m ²].	0.00
Coefficiente di Poisson.....		0.30
Terreno : RIL	Descrizione : RILEVATO	
Classe coesione.....	: Coeff. Parziale - Coesione efficace	
Coesione.....	[kN/m ²].	0.00
Classe d'attrito.....	: Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza a taglio	
Angolo d'attrito.....	[°].	35.00
Rapporto di pressione interstiziale (Ru).....		0.00
Classe di peso.....	: Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - favorevole	
Peso specifico sopra falda.....	[kN/m ³].	20.00
Peso specifico in falda.....	[kN/m ³].	21.00
Modulo elastico.....	[kN/m ²].	0.00
Coefficiente di Poisson.....		0.30
Terreno : SAB LIM	Descrizione : ARE_2	
Classe coesione.....	: Coeff. Parziale - Coesione efficace	
Coesione.....	[kN/m ²].	5.00
Classe d'attrito.....	: Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza a taglio	
Angolo d'attrito.....	[°].	27.50
Rapporto di pressione interstiziale (Ru).....		0.00
Classe di peso.....	: Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - favorevole	
Peso specifico sopra falda.....	[kN/m ³].	19.50
Peso specifico in falda.....	[kN/m ³].	20.50
Modulo elastico.....	[kN/m ²].	0.00
Coefficiente di Poisson.....		0.30
Terreno : STRUT	Descrizione : Rilevato strutturale	
Classe coesione.....	: Coeff. Parziale - Coesione efficace	

Terreno di fondazione.....: SUB

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

Affondamento fondazione.....[m] : 0.30
Inclinazione pendio a valle.....[°] : 0.00

Rinforzi :

Maccaferri - Mattresses H=0.30 - Width P - 6.0

Lunghezza.....[m] = 6.00
Gabbione.....[m] : Altezza..... = 0.30 Larghezza..... = 6.00

Blocco : B1

Dati principali.....[m] : Larghezza..... = 5.00 Altezza..... = 3.00
Arretramento.....[m] = 0.50 da MAT
Inclinazione paramento.....[°] : 10.00

Terreno riempimento gabbioni.....: GB
Rilevato strutturale - materiale tipo.....: Ghiaia
Rilevato strutturale.....: STRUT
Terreno di riempimento a tergo.....: STRUT
Terreno di copertura.....: STRUT
Terreno di fondazione.....: GB

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 - Terramesh System - 8/2.7P - 1.0x1.0

Lunghezza.....[m] = 5.00
Gabbione.....[m] : Altezza..... = 1.00 Larghezza..... = 1.00

Blocco : B2

Dati principali.....[m] : Larghezza..... = 3.00 Altezza..... = 2.00
Arretramento.....[m] = 0.00 da B1
Inclinazione paramento.....[°] : 10.00

Terreno riempimento gabbioni.....: GB
Rilevato strutturale - materiale tipo.....: Ghiaia
Rilevato strutturale.....: STRUT
Terreno di riempimento a tergo.....: STRUT
Terreno di copertura.....: STRUT
Terreno di fondazione.....: STRUT

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

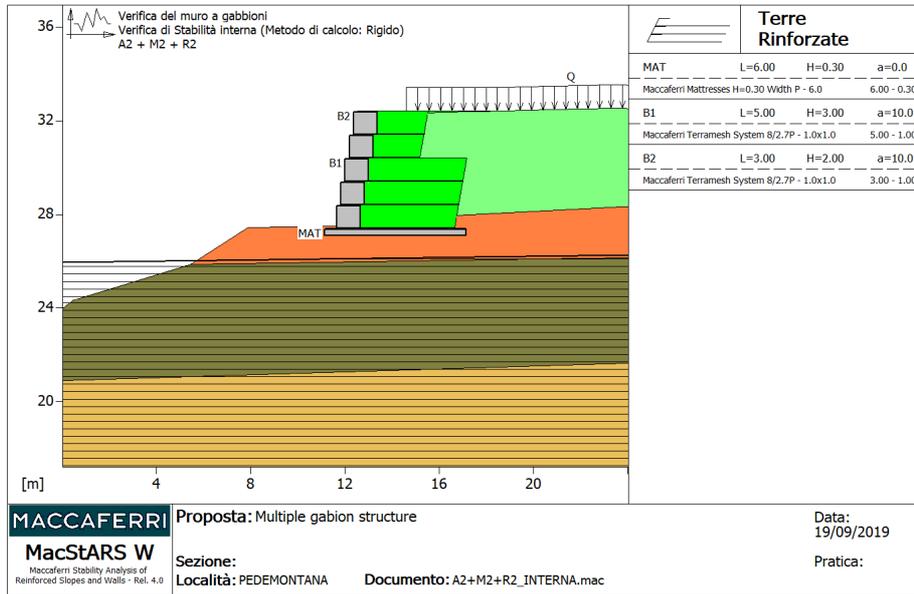
Affondamento fondazione.....[m] : 0.00
Inclinazione pendio a valle.....[°] : 0.00

Rinforzi :

Maccaferri - Terramesh System - 8/2.7P - 1.0x1.0

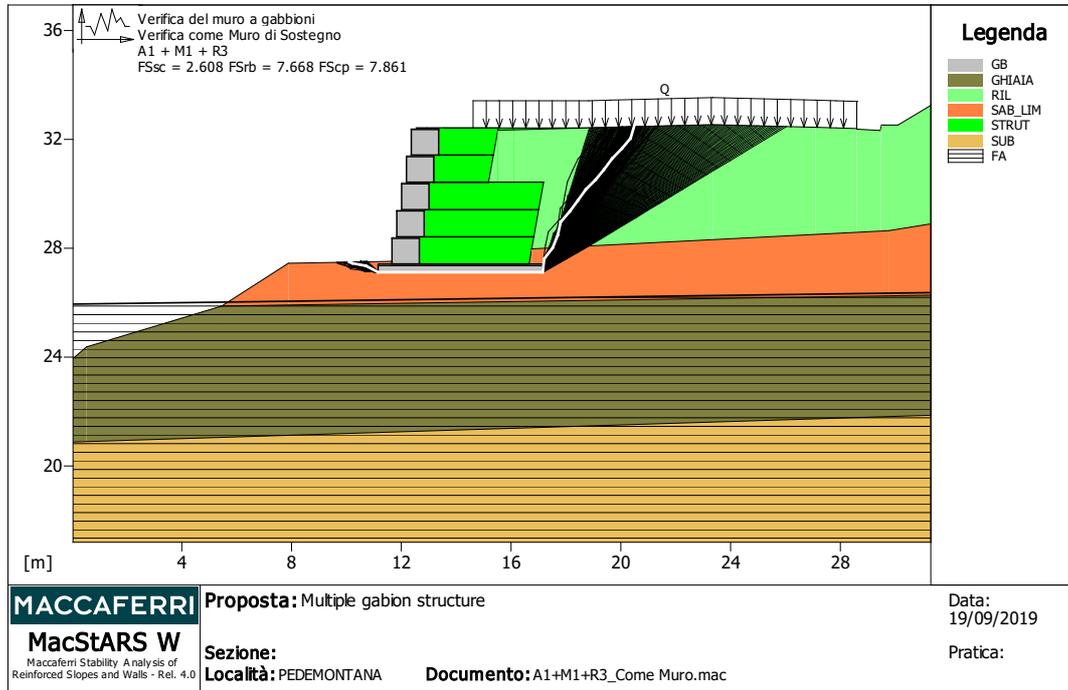
Lunghezza.....[m] = 3.00
Gabbione.....[m] : Altezza..... = 1.00 Larghezza..... = 1.00

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



10.2.2 Output

10.2.2.1 Verifica statica a scorrimento e capacità portante: Comb. A1 + M1 + R3 e ribaltamento (EQU+M1+R3)



Verifica come muro di sostegno : Verifica del muro a gabbioni

Combinazione di carico : A1 + M1 + R3

Stabilità verificata sul blocco : MAT

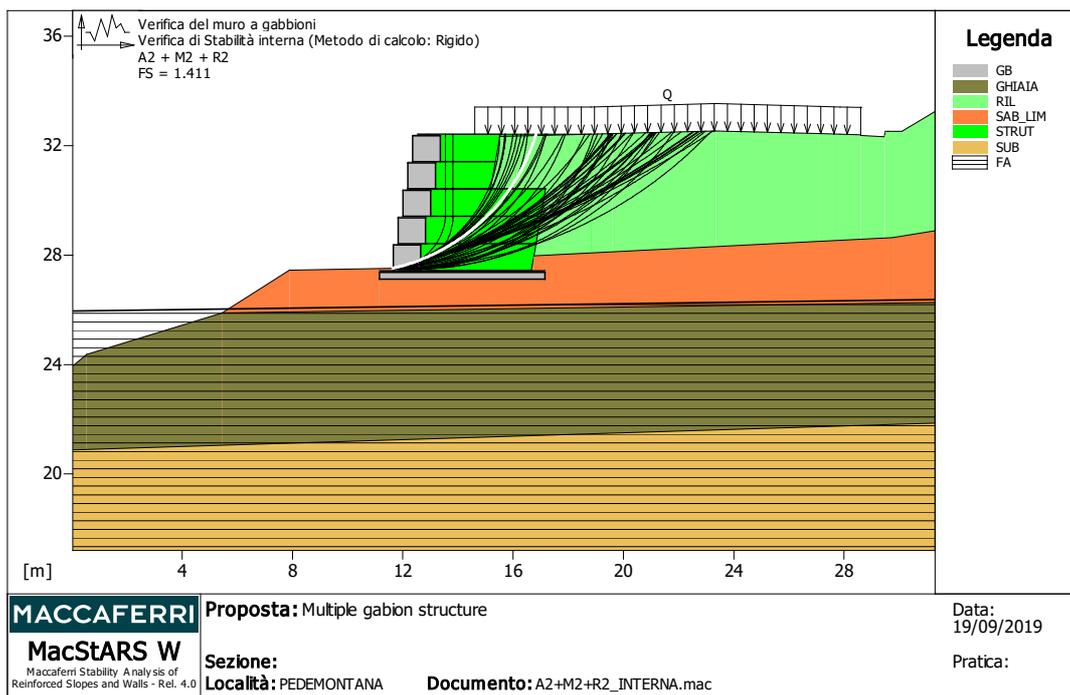
Forza Stabilizzante	[kN/m]	:	353.79
Forza Instabilizzante	[kN/m]	:	123.33
Classe scorrimento		:	Coeff. parziale R - Scorrimento
Coefficiente di sicurezza allo scorrimento		:	2.608
Momento Stabilizzante	[kN*m/m]	:	2238.60
Momento Instabilizzante	[kN*m/m]	:	253.87
Classe momento		:	Coeff. parziale R - Ribaltamento
Coefficiente di sicurezza al ribaltamento		:	7.668

Pressione ultima calcolata con Vesic.

Pressione ultima	[kN/m ²]	:	1140.84
Pressione media agente	[kN/m ²]	:	103.67
Classe pressione		:	Coeff. parziale R - Capacità portante
Coefficiente di sicurezza sulla capacità portante		:	7.861
Fondazione equivalente	[m]	:	6.00
Eccentricità forza normale	[m]	:	-0.19
Braccio momento	[m]	:	2.06
Forza normale	[kN]	:	621.99
Pressione estremo di valle	[kN/m ²]	:	88.13
Pressione estremo di monte	[kN/m ²]	:	133.29

Fattore	Classe
1.50	Variabile - sfavorevole
0.00	Sisma
1.00	Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza a taglio
1.00	Coeff. Parziale - Coesione efficace
1.00	Coeff. Parziale - Resistenza non drenata
1.00	Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - favorevole
1.00	Fs Rottura Rinforzi
1.00	Fs Sfilamento Rinforzi
1.10	Coeff. parziale R - Scorrimento
1.40	Coeff. parziale R - Capacità portante
1.15	Coeff. parziale R - Ribaltamento

10.2.2.2 Verifica statica di stabilità interna: Comb. A2 + M2 + R2



Verifica di stabilità interna : Verifica del muro a gabbioni

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.....: 1.411

Intervallo di ricerca delle superfici

Blocco	Segmento di arrivo, ascisse [m]	
B1	Primo punto	Secondo punto
	11.65	31.34

Numero punti avvio superfici sul segmento di partenza.....:	1
Numero totale superfici di prova.....:	500
Lunghezza segmenti delle superfici..... [m].....:	0.10
Angolo limite orario..... [°].....:	0.00
Angolo limite antiorario..... [°].....:	0.00

Blocco : B1

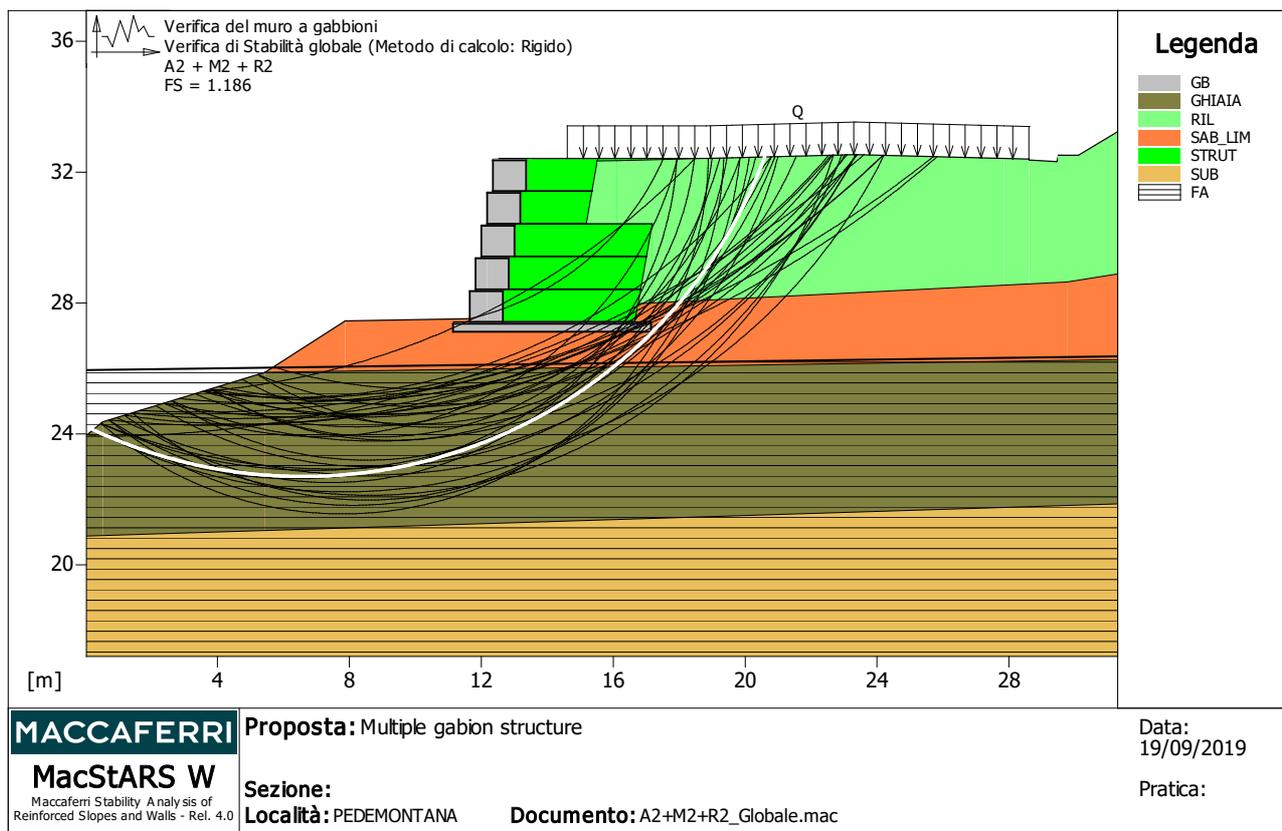
Maccaferri - Terramesh System - 8/2.7P - 1.0x1.0

Y	Tb	Tp	Td	Tb/Td	Tp/Td
[m]	rottura [kN/m]	sfilamento [kN/m]	agente [kN/m]	1/Fmax	
1.000	50.0	378.9	39.7	1.26	9.54
2.000	50.0	212.2	39.7	1.26	5.35

Fattore

1.30	Classe
0.00	Variabile - sfavorevole
1.25	Sisma
1.25	Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza a taglio
1.25	Coeff. Parziale - Coesione efficace
1.40	Coeff. Parziale - Resistenza non drenata
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

10.2.2.3 Verifica statica di stabilità globale: Comb. A2 + M2 + R2



Verifica di stabilità globale : Verifica del muro a gabbioni

Combinazione di carico : A2 + M2 + R2

Calcolo delle forze nei rinforzi col metodo rigido

Ricerca delle superfici critiche col metodo di Bishop

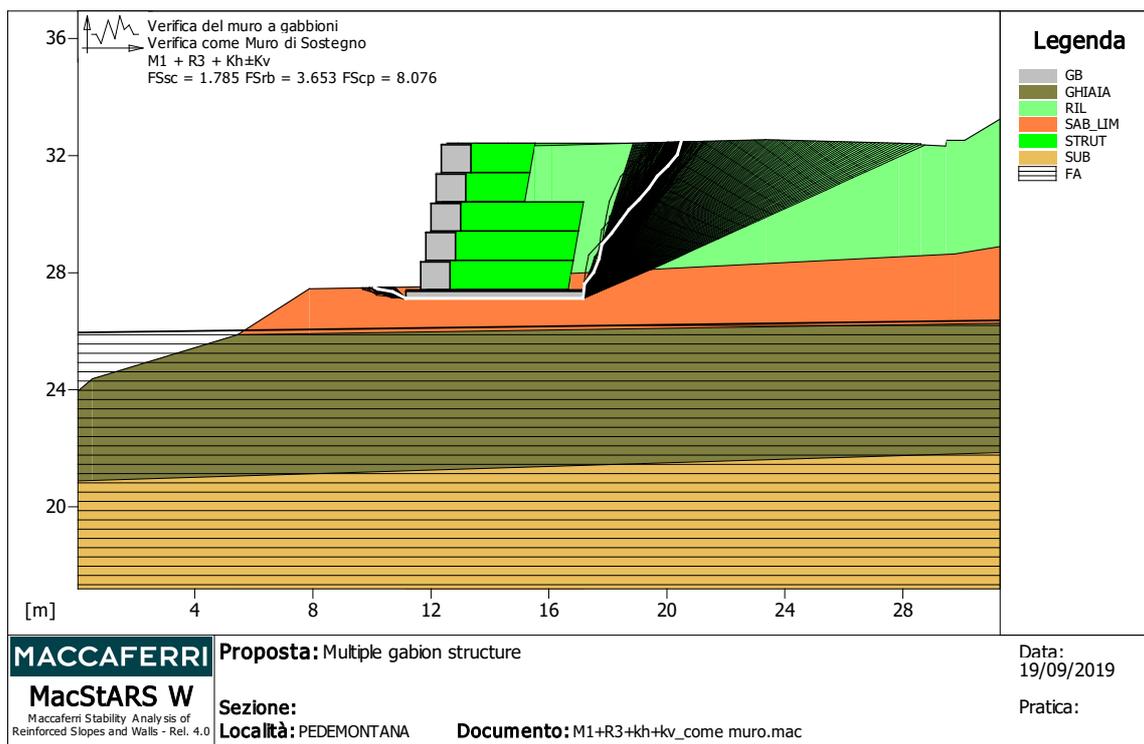
Coefficiente di sicurezza minimo calcolato.....: 1.186

Intervallo di ricerca delle superfici

Segmento di partenza, ascisse [m]		Segmento di arrivo, ascisse [m]	
Primo punto	Secondo punto	Primo punto	Secondo punto
0.00	11.65	11.65	31.34
Numero punti avvio superfici sul segmento di partenza.....:		50	
Numero totale superfici di prova.....:		500	
Lunghezza segmenti delle superfici..... [m].....:		0.10	
Angolo limite orario..... [°].....:		0.00	
Angolo limite antiorario..... [°].....:		0.00	

Fattore	Classe
1.30	Variabile - sfavorevole
0.00	Sisma
1.25	Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza a taglio
1.25	Coeff. Parziale - Coesione efficace
1.40	Coeff. Parziale - Resistenza non drenata
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

10.2.2.4 Verifica sismica a scorrimento e capacità portante: Comb. M1 +kh±kv e ribaltamento (EQU+M1+ kh±kv)



Verifica come muro di sostegno : Verifica del muro a gabbioni

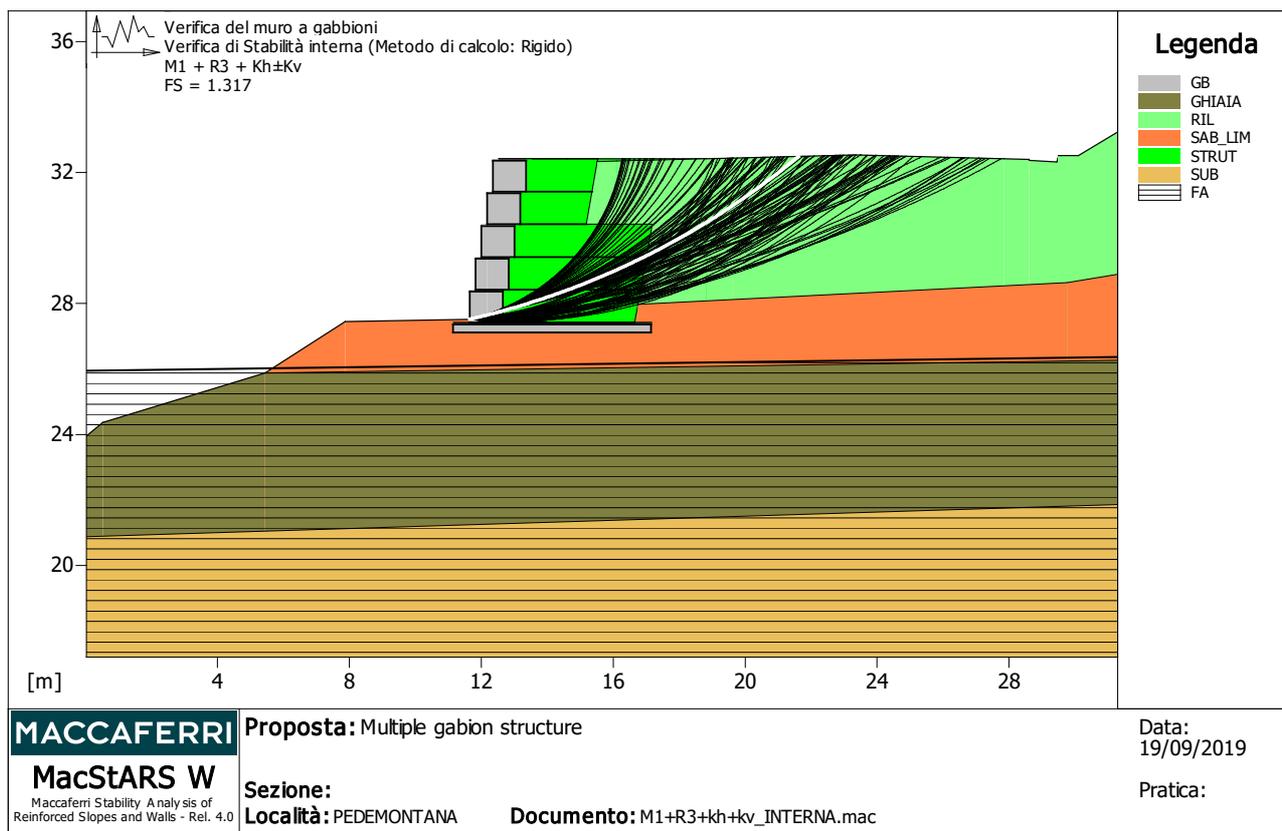
Combinazione di carico : M1 + R3 + Kh±Kv

Stabilità verificata sul blocco : MAT

Forza Stabilizzante.....	[kN/m].....	295.45
Forza Instabilizzante.....	[kN/m].....	165.55
Classe scorrimento.....	: Coeff. parziale R - Scorrimento	
Coefficiente di sicurezza allo scorrimento.....		1.785
Momento Stabilizzante.....	[kN*m/m].....	1872.20
Momento Instabilizzante.....	[kN*m/m].....	512.47
Classe momento.....	: Coeff. parziale R - Ribaltamento	
Coefficiente di sicurezza al ribaltamento.....		3.653
Pressione ultima calcolata con Vesic.		
Pressione ultima.....	[kN/m ²].....	926.59
Pressione media agente.....	[kN/m ²].....	95.62
Classe pressione.....	: Coeff. parziale R - Capacità portante	
Coefficiente di sicurezza sulla capacità portante.....		8.076
Fondazione equivalente.....	[m].....	5.33
Eccentricità forza normale.....	[m].....	0.33
Braccio momento.....	[m].....	3.10
Forza normale.....	[kN].....	509.93
Pressione estremo di valle.....	[kN/m ²].....	113.33
Pressione estremo di monte.....	[kN/m ²].....	56.65

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

10.2.2.5 Verifica sismica di stabilità interna: Comb. M1 + kh±kv



Verifica di stabilità interna : Verifica del muro a gabbioni

Combinazione di carico : M1 + R3 + Kh±Kv

Calcolo delle forze nei rinforzi col metodo rigido

Ricerca delle superfici critiche col metodo di Bishop

Coefficiente di sicurezza minimo calcolato.....: 1.317

Intervallo di ricerca delle superfici

Blocco	Segmento di arrivo, ascisse [m]	
B1	Primo punto	Secondo punto
	11.65	31.34

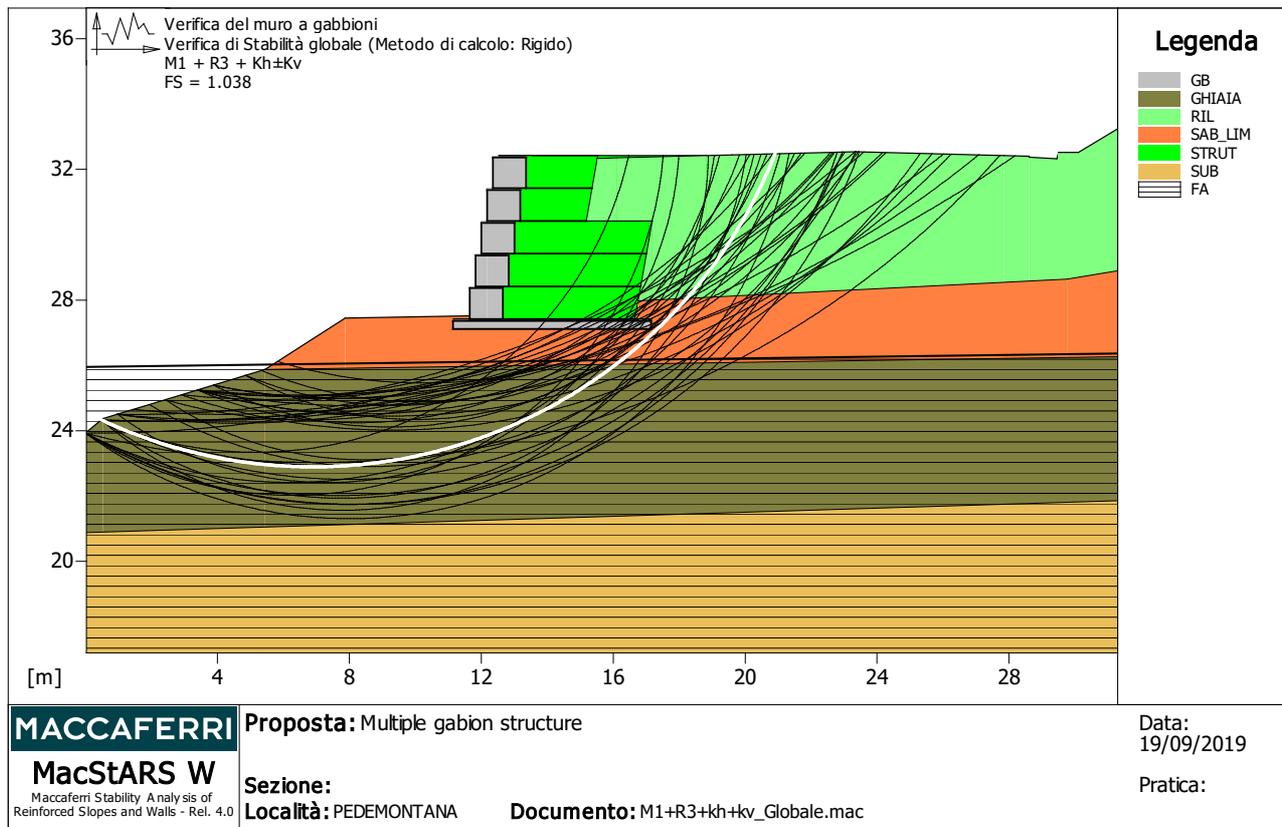
Numero punti avvio superfici sul segmento di partenza.....:	1
Numero totale superfici di prova.....:	1000
Lunghezza segmenti delle superfici..... [m].....:	0.10
Angolo limite orario..... [°].....:	0.00
Angolo limite antiorario..... [°].....:	0.00

Blocco : B1
Maccaferri - Terramesh System - 8/2.7P - 1.0x1.0

Y	Tb	Tp	Td	Tb/Td	Tp/Td
[m]	rottura [kN/m]	sfilamento [kN/m]	agente [kN/m]	1/Fmax	
1.000	50.0	221.4	39.7	1.26	5.58

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

10.2.2.6 Verifica sismica di stabilità globale: Comb. M1 + kh±kv



Verifica di stabilità globale : Verifica del muro a gabbioni

Combinazione di carico : M1 + R3 + Kh±Kv

Calcolo delle forze nei rinforzi col metodo rigido

Ricerca delle superfici critiche col metodo di Bishop

Coefficiente di sicurezza minimo calcolato : 1.038

Intervallo di ricerca delle superfici

Segmento di partenza, ascisse [m]		Segmento di arrivo, ascisse [m]	
Primo punto	Secondo punto	Primo punto	Secondo punto
0.00	11.65	11.65	31.34

Numero punti avvio superfici sul segmento di partenza : 25

Numero totale superfici di prova : 500

Lunghezza segmenti delle superfici [m] : 0.10

Angolo limite orario [°] : 0.00

Angolo limite antiorario [°] : 0.00

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