



ANAS S.p.A.

DIREZIONE REGIONALE PER LA SICILIA

PA17/08

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotatoria Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 - Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121

Bolognetta S.c.p.a.

- PERIZIA DI VARIANTE N.3 -

Il Responsabile Ambientale:
Dott. Maurizio D'Angelo



Titolo elaborato:

IDROLOGIA E IDRAULICA - OPERE DI REGIMAZIONE FLUVIALE

Inalveazione su corso d'acqua minore_ Svincolo Mezzojuso SF9A Relazione idrologica e studio idraulico

Codice Unico Progetto (CUP): F41B03000230001

Codice elaborato:	OPERA	ARGOMENTO	DOC. E PROG.	FASE	REVISIONE
PA17/08	PV	ID	RT20	6	2

CARTELLA:	FILE NAME:	NOTE:	PROT.	SCALA:
	PVIDRT20_62_4137	1=1	4 1 3 7	-
5				
4				
3				
2	EMISSIONE A SEGUITO ISTRUTTORIA ANAS		Maggio 2021	Q. Napoleoni S. Fortino N. Behmann
1	EMISSIONE A SEGUITO ISTRUTTORIA D.L.		Maggio 2020	Q. Napoleoni S. Fortino D. Tironi
0	PRIMA EMISSIONE		Dicembre 2019	Q. Napoleoni S. Fortino D. Tironi
REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO	VERIFICATO APPROVATO

Progettisti:

F.A.C.E. S.r.l. - Società di ingegneria
 via Flaminia 71 - 00196 Roma
 tel: 06 32609519
 e-mail: info@facesrl.com
 pec: pec.facesrl@pec.com

Direttore Tecnico: ing. Antonio Ambrosi

Consulenti:

E&G S.r.l.
 ENVIRONMENT & GEOTECHNIC
 STUDIO DI INGEGNERIA GEOTECNICA E AMBIENTALE

Direttore Tecnico: ing. Quintilio Napoleoni



Il Progettista Responsabile
Ing. Antonio Ambrosi



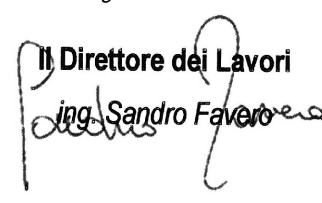
Il Geologo
Dott. Geol. Gualtiero Bellomo



Il Coordinatore per la Sicurezza
in fase di Esecuzione:
Arch. Francesco Rondelli



Il Direttore dei Lavori:
Ing. Sandro Favero



ANAS S.p.A.

DATA: _____ PROTOCOLLO: _____ VISTO: IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO

CODICE PROGETTO **LO410CE1101**

Dott. Ing. Luigi Mupo

INDICE

1	PREMESSA	2
2	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	3
3	DESCRIZIONE DELL'OPERA.....	3
4	DEFINIZIONE DELLA PORTATA DI PROGETTO	6
4.1	APPLICAZIONE DELLE LINEE GUIDA DEL PROGETTO VAPI	6
4.1.1	Determinazione del parametro CN	10
4.1.2	Calcolo del coefficiente di deflusso	14
4.1.3	Calcolo della portata di progetto.....	15
5	SOFTWARE UTILIZZATI	16
5.1	Metodologia di calcolo Software HEC-RAS	16
5.2	Metodologia di calcolo Software MACSTARS-W	20
6	RISULTATI MODELLAZIONE IDRAULICA	24
7	VERIFICA DELLA PROTEZIONE CON GABBIONI.....	34
7.1	Verifica a trascinamento	34
7.2	Verifiche Geotecniche	36
7.2.1	Combinazioni di carico	36
7.2.2	Falda.....	37
7.2.3	Verifiche agli SLU	37
7.2.4	Condizioni sismiche	39
7.2.5	Caratterizzazione Geotecnica e Sismica.....	40
7.2.6	Risultati delle verifiche	40
8	CONCLUSIONI	46

ALLEGATO 1- OUTPUT DI CALCOLO MACSTARS

1 PREMESSA

Il presente documento costituisce la “*Relazione Idrologica e Studio Idraulico*” relativa all’opera di regimazione fluviale SF09A, che interessa il Vallone Frattina a monte ed a valle dello svincolo Mezzojuso.

Nel particolare, l’opera, interessa un tratto di circa 400 m a monte e 200 m a valle della rampa di svincolo sviluppandosi sub-parallelamente al tratto di viabilità principale ed interessando l’attraversamento PO01.

Alla luce dei danni provocati dalle esondazioni del Novembre 2018, si propone, nel presente Progetto di Variante n. 3, la riprofilatura delle sezioni e la protezione delle stesse dal potenziale erosivo del corso d’acqua mediante l’impiego di gabbioni.

Le verifiche proposte sono riferite alla portata avente tempo di ritorno pari a 300 anni.

2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Nel presente studio, si è fatto riferimento alla seguente normativa:

- D.M. 27/01/2018 - “Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni”.
- Circolare Consiglio Superiore dei LL.PP. n. 7 del 21 Gennaio 2019 - “Istruzioni per l’applicazione dell’aggiornamento delle Norme Tecniche”.

3 DESCRIZIONE DELL’OPERA

L’opera di regimazione fluviale prevede la riprofilatura dell’alveo e la protezione dello stesso attraverso l’impiego di gabbioni in corrispondenza e in prossimità dell’attraversamento della viabilità secondaria 30. L’opera di regimazione SF09A si sviluppa a monte ed a valle dell’interferenza principale, affiancandosi al tratto stradale compreso tra le pk 12+440 e 13+060, lungo il Vallone Frattina.

Si riportano nel seguito alcuni stralci esemplificativi dell’opera in esame, per i quali maggiori dettagli si rimanda agli elaborati grafici di progetto.

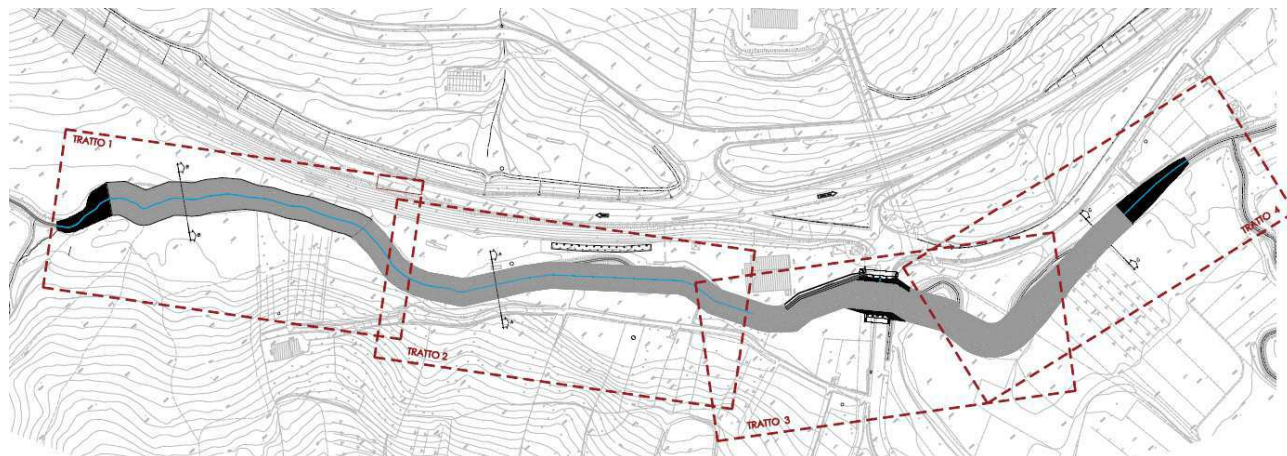


Figura 1: Stralci planimetrici SF09-SF09A

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".
 PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE N.3

SF09A – OPERE DI REGIMAZIONE FLUVIALE - Relazione Idrologica e Studio Idraulico

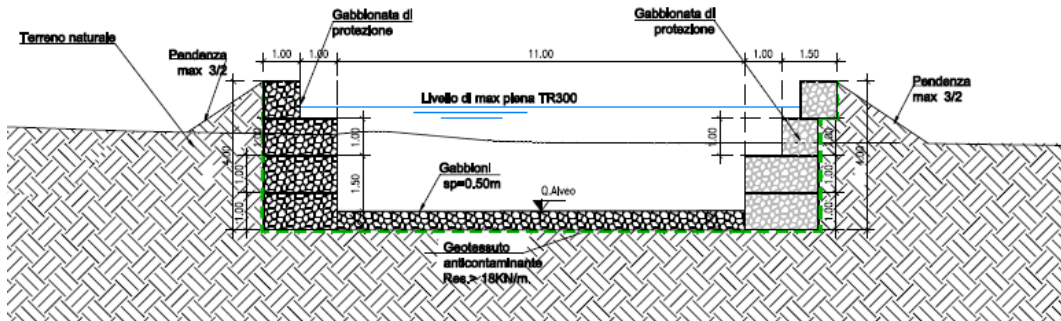


Figura 2: Sezione tipologica A

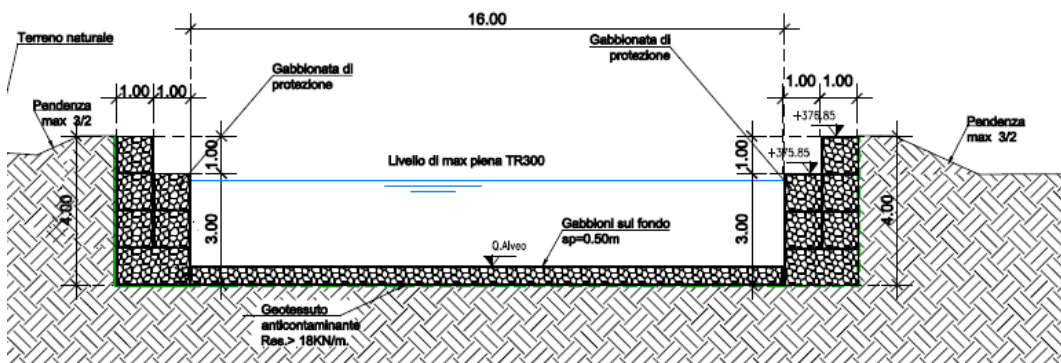


Figura 3: Sezione tipologica B

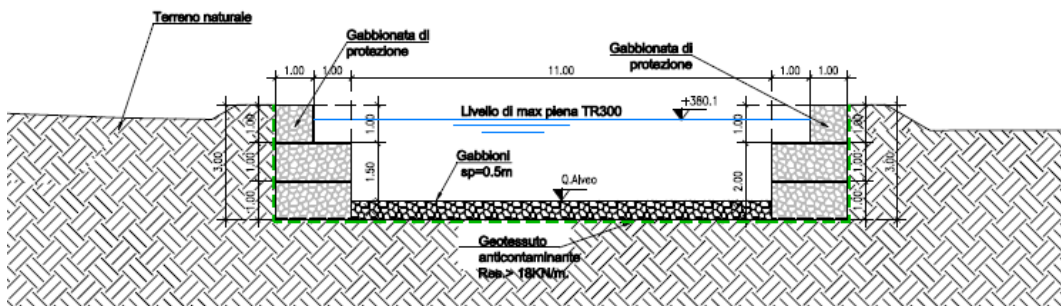


Figura 4: Sezione tipologica C

4 DEFINIZIONE DELLA PORTATA DI PROGETTO

Si riporta nel presente paragrafo la metodologia proposta per il calcolo della portata di progetto del fiume Frattina.

4.1 APPLICAZIONE DELLE LINEE GUIDA DEL PROGETTO VAPI

Con riferimento al bacino oggetto di studio, l'individuazione delle caratteristiche pluviometriche è stata determinata in conformità a quanto previsto dal progetto di valutazione Piene (VaPi) del gruppo Nazionale di Difesa dalle Catastrofi Idrogeologiche (GNDCl), mediante le procedure di regionalizzazione, secondo le procedure indicate nel rapporto della Regione Sicilia (Ferro e Carnozzo 1993).

La determinazione dell'altezza di pioggia (h), e le relative intensità (i) è stata condotta utilizzando il modello TCEV (Two Component Extreme Value Distribution).

La procedura gerarchica di regionalizzazione si articola in tre livelli successivi in ognuno dei quali è possibile ritenere costanti alcuni parametri statistici.

Nel primo livello di regionalizzazione si ipotizza che il coefficiente di asimmetria teorico della serie dei massimi annuali delle piogge di assegnata durata t sia costante per l'intera regione Sicilia. L'intera regione si ritiene pertanto una zona pluviometricamente omogenea ed i valori dei parametri sono costanti ed indipendenti dalla durata t .

Il secondo livello di regionalizzazione prevede l'individuazione di sottozone omogenee (SZO) all'interno di quella individuata al primo livello. In tali zone risulta costante, oltre al coefficiente di asimmetria, anche il coefficiente di variazione della legge teorica. Al secondo livello di regionalizzazione la Sicilia è suddivisa in cinque sottozone pluviometricamente omogenee.

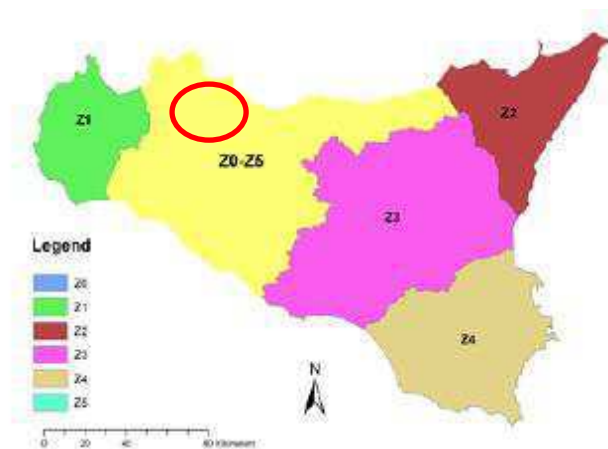


Figura 8: Sottozone pluviometricamente omogenee regione Sicilia. Cerchiata in rosso l'area di interesse.

In ogni sottozona la variabile adimensionale $h = h(t, T)$, valore dell’altezza di pioggia per fissata durata t e tempo di ritorno T rapportata alla media della legge TCEV, assume la seguente espressione:

$$K_T = a * \ln(T) + b$$

Dove:

K_T : coefficiente adimensionale di crescita per ogni SZO fissato il tempo d ritorno;

a, b : parametri per le differenti SZO definiti nella tabella seguente.

<i>Sottozona</i> <i>Parametro</i>	$Z_0 - Z_5$	Z_1	Z_2	Z_3	Z_4
<i>a</i>	0.4485	0.4695	0.4799	0.5011	0.4946
<i>b</i>	0.5117	0.4889	0.4776	0.4545	0.4616

Tabella 4.2: Valori, per la regione Sicilia, dei coefficienti a e b per la definizione del fattore di crescita (Lo Conti et al., 2007).

Figura 9: Coefficienti a, b per la definizione del coefficiente di crescita. Cerchiata in rosso la zona di interesse.

Il terzo livello di regionalizzazione prevede, infine, la ricerca di relazioni regionali tra il parametro centrale della distribuzione di probabilità (μ) e le grandezze relative al sito di misura, dipendenti dai parametri geografici.

L’espressione della curva di probabilità pluviometria assume quindi la forma:

$$h(t, T) = K_T * \mu(t)$$

Dove:

$h(t, T)$: è l’altezza di pioggia per assegnata durata t e tempo di ritorno T ;

$\mu(t)$: assume per le stazioni pluviografiche siciliane la seguente forma: $\mu(t) = a * t^n$, con a, n tabellati per ogni stazione pluviografica.

Nel presente caso, vista l’ubicazione dell’area oggetto del presente studio, sono stati utilizzati i valori di a ed n afferenti alla stazione pluviometrica di **Mezzojuso**.

L’espressione analitica della legge di probabilità pluviometrica, per il tempo di ritorno pari a 300 anni assume quindi la seguente forma:

$$h(t, T = 300) = 63.24 * t^{0.3415}$$

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE N.3

SF09A – OPERE DI REGIMAZIONE FLUVIALE - Relazione Idrologica e Studio Idraulico

Tab. 5.III - Valori delle costanti a e n della (5.17) per le stazioni pluviografiche siciliane

Codice	Stazione	Bacino di appartenenza	a	n
1	Monforte S. Giorgio	Niceto	35.9	0.3391
2	Milazzo	Tra Muro e Mela	30.3	0.2208
3	Castroreale	Longano	27.4	0.4470
4	Montalbano Elicona	Mazzarra	26.2	0.4255
5	Tindari	Tra Mazzarra e Timeto	26.5	0.2977
6	S. Piero Patti	Timeto	28.3	0.3369
7	Capo d'Orlando	Tra Naso e Zappulla	20.5	0.2934
8	Tortorici	Zappulla	28.4	0.3347
9	Alicata Li Fusi	Rosmarino	23.2	0.3970
10	Sanfratello	Inganno	21.9	0.3723
11	S. Stefano di Camastra	S. Stefano	26.7	0.2560
12	Castelbuono	Pollina	25.6	0.3451
13	Isnello	Pollina	25.0	0.4109
14	Cefalù	Pollina	27.3	0.2827
15	Collesano	Roccella	28.1	0.3880
16	Caltavuturo	Imera Settentrionale	20.4	0.4252
17	Gioia (Fattoria)	Torto	20.5	0.3147
18	Termini Imerese	Tra Torto e S. Leonardo	30.5	0.2635
19	Imbriaca	S. Leonardo	22.6	0.3567
20	Vicari	S. Leonardo	22.5	0.3205
21	Comiso	S. Leonardo	22.4	0.3284
22	Mezzocusto	S. Leonardo	20.6	0.3415

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE N.3

SF09A – OPERE DI REGIMAZIONE FLUVIALE - Relazione Idrologica e Studio Idraulico

Codice	Stazione	Bacino di appartenenza	a	n
23	Sambuchi	S. Leonardo	19.5	0.3172
24	Caccamo	S. Leonardo	22.0	0.3414
25	Ciminna	S. Leonardo	20.8	0.3529
26	Monumentale	S. Leonardo	29.3	0.2608
27	Turdiepi (Fattoria)	Eleuterio	21.6	0.3511
28	Lupo	Eleuterio	24.9	0.2819
29	Ficuzza	Eleuterio	22.2	0.3088
30	Ficuzza Bosco	Eleuterio	24.1	0.3792
31	Marineo	Eleuterio	27.4	0.2979
32	Risalaimi	Eleuterio	24.9	0.3272
33	Misilmeri	Eleuterio	21.0	0.3054
34	Pioppo	Oreto	27.4	0.4032
35	Altofonte	Oreto	25.0	0.3567
36	Romitello	Tra Oreto e Giancaldara	30.1	0.2972
37	S. Martino delle Scale	Tra Oreto e Giancaldara	28.2	0.3327
38	Montepellegrino	Tra Oreto e Giancaldara	29.5	0.2733
39	Partinico	Tra Oreto e Giancaldara	21.2	0.3120
40	Palermo Ist. Zoot.	Tra Oreto e Giancaldara	25.1	0.2928
41	Palermo Serv. Idr.	Tra Oreto e Giancaldara	28.7	0.3143
42	Palermo Oss. Astr.	Tra Oreto e Giancaldara	22.2	0.2687
43	Palermo Ist. Castel.	Tra Oreto e Giancaldara	23.2	0.3119
44	Isola delle femmine	Tra Oreto e Giancaldara	21.7	0.2968
45	Ginestra	Giancaldara	27.9	0.3874

Figura 10: Parametri a, n delle curve CPP per le differenti stazioni pluviometriche.

All'analisi pluviometrica segue la valutazione della portata al colmo di piena istantanea. Per tale valutazione ci si è riferiti al modello di regionalizzazione proposto dal VaPi Sicilia al terzo livello di

regionalizzazione, utilizzando come metodo di trasformazione afflussi-deflussi la formula razionale per la quale:

$$Q = \frac{\psi * I(t_c) * A}{3.6} [mc/s]$$

Dove:

ψ : Coefficiente di deflusso;

$I(t_c)$: Intensità di precipitazione massima registrata in un intervallo orario pari al tempo di corrivazione del bacino;

A: Area del bacino.

L'area del bacino di pertinenza della zona di studio è stata posta pari a 25.09 km², coerentemente agli studi idrologici presentati nelle precedenti fasi progettuali, i cui contenuti sono stati verificati dallo scrivente a monte della redazione del presente elaborato.

Il tempo di corrivazione del bacino è stato ricavato utilizzando la metodologia indicata dal Vapi della regione Sicilia, per la quale:

$$t_c = 0.35\sqrt{A}$$

Nel caso in esame risulta pertanto:

$$t_c = 1.8 [h]$$

Il valore del coefficiente di deflusso è stato determinato mediante il metodo “Curve Number” proposto dal Soil Conservation Service (1972), metodologia indicata dai rapporti relativi al *P.A.I. per il “Bacino idrografico del fiume Milicia (n.0.34)” “Area territoriale tra il bacino del fiume Milicia e il bacino del fiume San Leonardo (n.0.35)” “Area territoriale tra il bacino del fiume Milicia ed il bacino del fiume Eleuterio (n.0.36)” “Bacino idrografico del fiume San Leonardo (PA)”* (2004 e successivi aggiornamenti). La metodologia completa viene illustrata nel seguente paragrafo.

4.1.1 Determinazione del parametro CN

Il metodo del Curve Number si basa sull'assunzione che il volume specifico (altezza) di pioggia netta (efficace) risulti legato al volume specifico (altezza) di pioggia lorda (effettiva) caduta nel medesimo intervallo temporale secondo la relazione:

$$P_{net} = \frac{(P-I_a)^2}{P-I_a+S} [mm] \quad (1)$$

Dove:

S: Massimo volume specifico di acqua che il terreno può trattenere in condizioni sature;

I_a: Perdita iniziale, equivalente al valore limite di altezza di pioggia che può essere trattenuta dal terreno senza che si origini il deflusso.

In assenza di adeguate osservazioni utili il parametro I_a può essere calcolato come:

$$I_a = 0.2 * S \quad (2)$$

La valutazione di S può invece essere ricondotta a quella dell'indice CN (Curve Number), secondo la seguente relazione:

$$S = 254 \left(\frac{100}{CN} - 1 \right) [mm] \quad (3)$$

Dove CN è un numero adimensionale, compreso fra 0 e 100, funzione della permeabilità della litologia superficiale, dell'uso del suolo e della condizione di saturazione del terreno prima dell'evento meteorico.

Il Soil Conservation Service (SCS), sulla base delle capacità di assorbimento del terreno, ha classificato i vari tipi di suolo in 4 gruppi (A,B,C,D) come indicato nella tabella che segue.

Tipo idrologico di suolo	Descrizione
A	Scarsa potenzialità di deflusso. Comprende sabbie profonde con scarsissimo limo e argilla; anche ghiaie profonde, molto permeabili.
B	Potenzialità di deflusso moderatamente bassa. Comprende la maggior parte dei suoli sabbiosi meno profondi che nel gruppo A, ma il gruppo nel suo insieme mantiene alte capacità di infiltrazione anche a saturazione.
C	Potenzialità di deflusso moderatamente alta. Comprende suoli sottili e suoli contenenti considerevoli quantità di argilla e colloidali, anche se meno che nel gruppo D. Il gruppo ha scarsa capacità di infiltrazione a saturazione.
D	Potenzialità di deflusso molto alta. Comprende la maggior parte delle argille con alta capacità di rigonfiamento, ma anche suoli sottili con orizzonti pressoché impermeabili in vicinanza delle superfici.

Tabella 1 - Metodo SCS-CN Classi di suolo

Per tali gruppi si riportano i valori del parametro CN corrispondenti a diverse tipologie di uso del suolo.

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE N.3

SF09A – OPERE DI REGIMAZIONE FLUVIALE - Relazione Idrologica e Studio Idraulico

Tipologia di Uso del Territorio	Tipo idrologico Suolo			
	A	B	C	D
<u>Terreno coltivato</u>				
in presenza di pratiche di conservazione del suolo	62	71	78	81
in assenza di pratiche di conservazione del suolo	72	81	88	91
<u>Terreno a pascolo</u>				
in cattive condizioni	68	79	86	89
in buone condizioni	39	61	74	80
<u>Terreni boscosi o forestati</u>				
in presenza di copertura rada e senza sottobosco	45	66	77	83
in presenza di copertura fitta e con sottobosco	25	55	70	77
<u>Spazi aperti, prati rasati, parchi</u>				
con copertura erbosa superiore al 75% dell'area	39	61	74	80
con copertura erbosa compresa tra il 50 ed il 75% dell'area	49	69	79	84
con copertura erbosa inferiore al 50% dell'area	68	79	86	89
<u>Aree commerciali (area impermeabile 85%)</u>	89	92	94	95
<u>Distretti industriali (area impermeabile 72%)</u>	81	88	91	93
<u>Aree residenziali</u>				
impermeabilità media 65%	77	85	90	92
impermeabilità media 38%	61	75	83	87
impermeabilità media 30%	57	72	81	86
impermeabilità media 25%	54	70	80	85
impermeabilità media 20%	51	68	79	84
impermeabilità media 12%	46	65	77	82
<u>Parcheggi, tetti, autostrade</u>	98	98	98	98
<u>Strade</u>				
pavimentate o asfaltate, dotate di drenaggio	98	98	98	98
con letto in ghiaia	76	85	89	91
battute in terra	72	82	87	89

Tabella 2 - Metodo SCS-CN ;CN per diversi tipi di uso del suolo per condizioni di umidità iniziale media (Classe II)

I valori di CN riportati in tabella si riferiscono ad una condizione di umidità del suolo intermedia secondo la classifica AMC (Antecedent Moisture Condition). Si assume pertanto che il valore di CN vari in relazione alle condizioni di imbibimento all'atto della piena. Tale stato di imbibimento viene espresso, dalla classificazione AMC, in base ad un indice di altezza di pioggia corrispondente all'altezza cumulata dei 5 giorni precedenti all'evento che si intende considerare (API5).

Noto il valore di CN per le condizioni medie (ACM II), è possibile ricavare il corrispondente valore per le condizioni di interesse secondo le curve di seguito riportate.

CLASSE AMC	Altezza di pioggia nei 5 giorni precedenti (mm)	
	Stagione di riposo	Stagione di crescita
I - asciutta	< 12.7	< 35.5
II - media	12.7 - 28.0	35.5 - 53.3
III - umida	> 28.0	> 53.3

Tabella 3 - Definizione della classe di umidità in base all'indice API₅

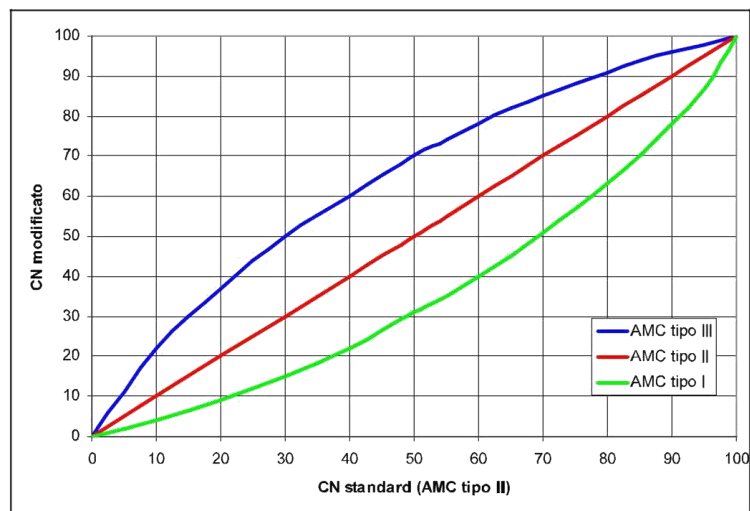


Figura 11 - Curve di conversione dei valori di CN per le diverse condizioni iniziali

Considerando le caratteristiche geologiche del bacino idrografico oggetto del presente studio (vedasi relazione Geologica Generale allegata al presente progetto), si è considerata la tipologia idrologica di suolo **D**.

il valore del parametro CN è stato ricavato come media pesata dei valori CN_i attribuiti ai diversi usi del suolo.

A partire dalla carta di uso del suolo del 2018 della Regione Sicilia, le categorie di uso del suolo presenti nel bacino di competenza sono state ricondotte a 3 categorie principali, a ciascuna delle quali è stato attribuito un valore di CN stabilito sulla base di quanto riportato in **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**

Si riportano i valori di CN attribuiti a ciascuna categoria:

- 1- Spazi aperti, pascoli e terreni coltivati $CN_{SA}=85$
- 2- Aree boschive o forestali $CN_{AB}=82$
- 3- Aree impermeabilizzate, aree residenziali e commerciali $CN_{AI}=95$

Il valore del CN da attribuire al bacino o sottobacino è stato quindi calcolato come:

$$CN = \frac{\sum_i CN_i A_i}{A_{tot}}$$

Essendo le aree di pertinenza di ogni categoria per il bacino in esame:

- $A_{SA} = 18.61$ (km² Spazi aperti/pascoli e terreni coltivati)
- $A_{AB} = 6.68$ (km² Aree boscate e forestali)
- $A_{AI} = 0.0$ (km² Aree impermeabilizzate residenziali e commerciali)

Si ottiene quindi:

$$CN = \frac{\sum_i CN_i A_i}{A_{tot}} = \frac{85 * 18.61 + 82 * 6.68 + 95 * 0.0}{25.09} = 84$$

Considerando una condizione di imbibimento del terreno media (classe AMC II) si è attribuito un valore di CN pari a 84.

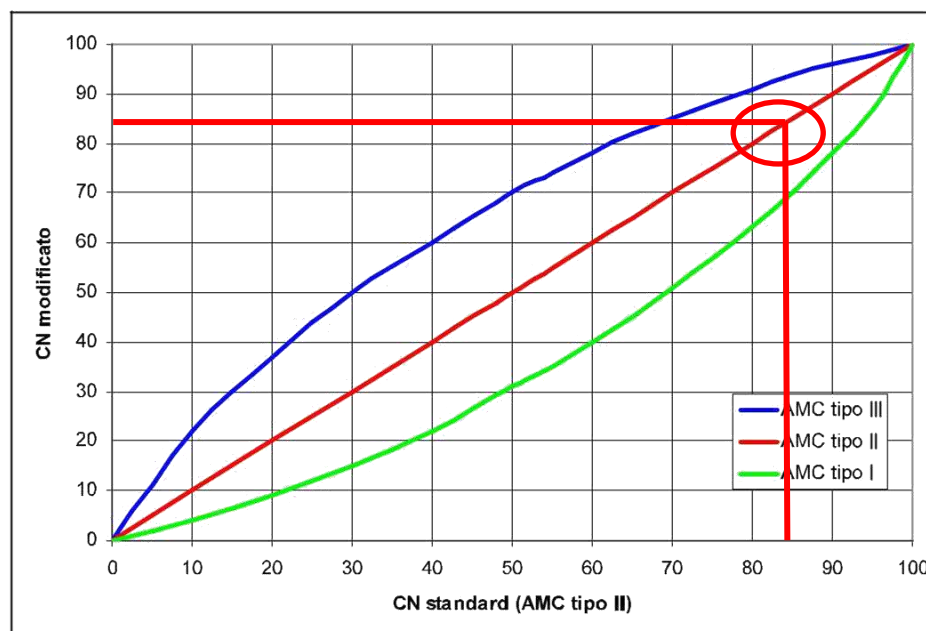


Figura 12 - Procedura grafica per la stima di CN

Il valore di CN così ottenuto risulta in linea con i valori proposti dal rapporto relativo al P.A.I per l'area in esame.

4.1.2 Calcolo del coefficiente di deflusso

La determinazione della pioggia lorda è stata eseguita secondo la metodologia proposta dal VaPi Sicilia, come illustrato nel precedente paragrafo.

Il valore di pioggia lorda, per il tempo di ritorno pari a 300 anni, per il bacino in esame risulta pertanto:

$$h(t_c, T = 300) = 63.24 * 1.8^{0.3415} = 76.6 [mm]$$

Utilizzando le relazioni (1), (2), (3) del paragrafo 4.1.1 si ottengono pertanto i seguenti valori:

- $S = 254 \left(\frac{100}{84} - 1 \right) = 48.4 [mm]$
- $I_a = 0.2 * 48.4 = 9.7$
- $P_{net} = \frac{(76.6 - 9.7)^2}{76.6 - 9.7 + 48.4} = 38.8 [mm]$

Il valore del coefficiente di deflusso è quindi calcolabile come rapporto tra la pioggia effettiva e la pioggia netta calcolata con il metodo SCS-CN e pertanto pari a:

$$\psi = \frac{P_{net}}{P} = 0.51$$

4.1.3 Calcolo della portata di progetto

La portata di progetto con tempo di ritorno trecentennale è quindi stata calcolata sulla base delle metodologie e dei risultati illustrati nei precedenti paragrafi. Applicando pertanto la formula razionale, utilizzando i coefficienti di deflusso calcolati con il metodo SCS, si ottiene per il bacino in esame:

$$Q = 154.43 m^3/s$$

5 SOFTWARE UTILIZZATI

Per il calcolo delle opere in esame sono stati impiegati i codici di calcolo HEC-RAS 5.0.5 della US Army Corps of Engineers per quanto concerne la modellazione idraulica, ed il codice MacStars-W relativamente alla verifica della gabbionata.

Per i suddetti software/codici di calcolo si dichiara di aver condotto una valutazione di affidabilità e dell' idoneità al caso specifico di applicazione, attraverso verifiche alternative di controllo sui modelli realizzati ed una validazione critica dei risultati degli stessi mediante analisi semplificate tradizionali, nonché di aver esaminato la documentazione fornita dai produttori o dai distributori sulle modalità e procedure seguite per la validazione dei programmi.

5.1 METODOLOGIA DI CALCOLO SOFTWARE HEC-RAS

Il modello di simulazione HEC-RAS (River Analysis System) è stato inizialmente sviluppato dall'US Army Corps of Engineers, Hydrologic Engineering Center per lo studio delle reti di canali aperti, attraverso la ricostruzione dei profili idraulici di moto permanente in regime subcritico e supercritico, operando nell'ipotesi di monodimensionalità del flusso.

La determinazione dei parametri fisici che descrivono il deflusso all'interno di una sezione d'alveo in HEC-RAS è basata sulle seguenti ipotesi semplificative:

- moto monodimensionale;
- moto gradualmente variato;
- distribuzione idrostatica delle pressioni in ciascuna sezione (linee di corrente rettilinee e parallele);
- alvei a debole pendenza ($i < 1:10$);
- perdite di carico continue mediamente costanti fra due sezioni trasversali adiacenti;
- sponde e fondo delle sezioni fisse (no erosione).

Sotto le predette ipotesi, le principali caratteristiche della corrente (livello idrico e velocità media) vengono calcolate a partire da una sezione alla successiva, posta a monte o a valle, a seconda che il regime sia rispettivamente supercritico o subcritico, risolvendo, con la procedura iterativa dello standard step method, l'equazione che esprime il bilancio di energia della corrente tra le medesime sezioni (1):

$$z_1 + h_1 + \frac{\alpha_1 \cdot V_1^2}{2g} = z_2 + h_2 + \frac{\alpha_2 \cdot V_2^2}{2g} + \Delta H \quad (1)$$

dove, indicando con i pedici 1 e 2 le grandezze che si riferiscono alle due sezioni che individuano il volume di controllo:

- h_1 e h_2 sono le altezze idriche;
- z_1 e z_2 sono le quote del fondo alveo rispetto ad un riferimento prefissato; V_1 e V_2 sono le velocità medie;
- α_1 e α_2 sono i coefficienti di ragguglio delle potenze cinetiche o coefficienti di Coriolis;
- ΔH è la perdita di carico tra le due sezioni.

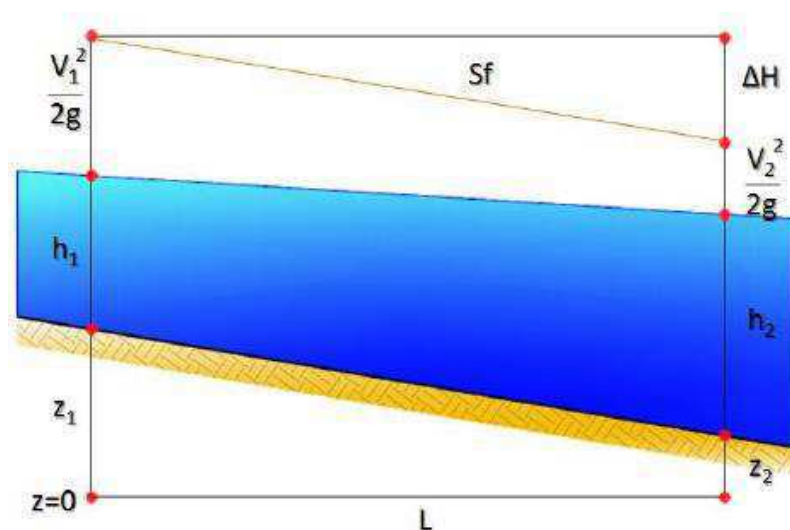


Figura 13 - Conservazione dell'energia, schema di calcolo

L'equazione (1) esprime il ben noto principio per cui la variazione tra due sezioni dell'energia specifica della corrente è pari alle perdite distribuite, derivanti dagli attriti interni dovuti all'esistenza di strati a diversa velocità nell'interno della massa liquida, ed alle perdite localizzate, in genere dovute alla presenza di strutture in alveo che inizialmente producono un restringimento della corrente e un successivo allargamento con formazione di vortici.

La perdita di carico tra le due sezioni viene, infatti, valutata come la somma di due termini: una componente di attrito h_f , dovuta alla scabrezza di fondo, calcolata per mezzo dell'equazione di Manning, e una componente h_0 che rappresenta le perdite dovute a contrazioni ed espansioni della vena fluida, calcolata come frazione del carico cinetico:

$$\Delta H = h_f + h_0 = L \cdot \overline{S_f} + C \cdot \left| \frac{\alpha_2 \cdot V_2^2}{2g} - \frac{\alpha_1 \cdot V_1^2}{2g} \right| \quad (2)$$

con S_f : cadente della linea dei carichi totali;

C: coefficiente di contrazione ed espansione.

HEC-RAS possiede quattro diverse modalità per la valutazione della cadente media S_f :

1. Trasporto medio valutato tra le sezioni 1,2;
2. Media aritmetica della pendenza d'attrito valutata tra le sezioni 1,2;
3. Media geometrica della pendenza d'attrito valutata tra le sezioni 1,2;
4. Media armonica della pendenza d'attrito valutata tra le sezioni 1,2;

Il programma utilizza per default la prima delle quattro opzioni, a meno di indicazioni diverse da parte dell'utente. Il programma offre una quinta opzione che consente la selezione automatica della formula più idonea tra quelle illustrate in funzione del regime della corrente.

Il codice HEC-RAS suddivide l'area interessata dal moto in tre zone principali: zona golenale sinistra (LOB, left overbank), alveo ordinario (CH, channel), zona golenale destra (ROB, right overbank). Per tener conto dell'andamento curvilineo dell'asse, la distanza di calcolo tra due sezioni viene ponderata rispetto alla frazione di portata che fluisce rispettivamente nelle tre zone. La lunghezza mediata del tratto viene quindi calcolata come:

$$L = \frac{L_{LOB} \cdot \bar{Q}_{LOB} + L_{CH} \cdot \bar{Q}_{CH} + L_{ROB} \cdot \bar{Q}_{ROB}}{\bar{Q}_{LOB} + \bar{Q}_{CH} + \bar{Q}_{ROB}} \quad (3)$$

Con:

LLOB, LCH, LROB : lunghezze del tratto relative rispettivamente all'area golenale sinistra, alveo ordinario e area golenale destra;

QLOB, QCH, QROB : portate medie attraverso la sezione rispettivamente in golena sinistra, alveo ordinario e golena destra.

Per illustrare lo standard step method utilizzato da HEC-RAS per la soluzione dell'equazione (1) si possono descrivere i passi necessari per il calcolo del profilo relativo a condizioni di moto subcritico con l'equazione dell'energia.

Si suppongano quindi due sezioni di cui si conosca la quota della superficie libera della sezione di valle; il problema che si vuole risolvere è la conoscenza della quota corrispondente alla sezione di monte.

Assumendo che la geometria delle sezioni sia nota, i termini incogniti dell'equazione sono h_1 , V_1 e ΔH . V_1 è desumibile direttamente dal valore di h_1 , per cui le incognite possono essere ridotte a due. Con due incognite è necessaria una seconda equazione, riguardante le perdite di energia ed espressa da $h_e = h_f + h_o$, per poter ottenere una soluzione. Stante la tipologia delle equazioni, la ricerca della soluzione sarà del tipo "trial and error", per successivi tentativi.

I passi attraverso cui avviene il calcolo sono i seguenti:

- Viene supposta una quota di pelo libero per la sezione di monte. Un primo tentativo può essere fatto imponendo la pendenza della linea dell'energia pari alla pendenza del tronco

d'alveo; quindi, $\Delta h = (Q/K)^2 L$, dove Δh rappresenta la variazione nella quota del pelo libero, Q è la portata, K il termine di trasporto e L la distanza dalla sezione a monte;

- Sulla base della quota di pelo libero assunta e della geometria della sezione, vengono determinati i termini cinetico e il trasporto totale per la sezione a monte;
- Con i valori calcolati del termine cinetico e di trasporto del passo 2, viene calcolato il valore di h_e ;
- Con il valore calcolato di h_e , viene calcolata l'altezza di pelo libero della sezione a monte utilizzando l'equazione dell'energia;
- Viene fatto un confronto fra il valore calcolato al passo 4 e il valore impostato al passo 1. Se la differenza non è inferiore a una prefissata tolleranza (di default pari a 3 mm), il ciclo riprende cambiando il valore al passo 1.

Questa tecnica richiede tempi di elaborazione brevissimi e non incontra problemi di convergenza nemmeno in presenza di discontinuità geometriche o idrauliche.

In corrispondenza di particolari situazioni localizzate, per le quali il moto non può, a rigore, essere considerato gradualmente variato, come avviene in corrispondenza di ponti, tombini, stramazzi, risalti idraulici ecc. (passaggio attraverso lo stato critico), per il calcolo dei profili idrici viene utilizzata l'equazione di bilancio della quantità di moto:

$$P_1 - P_2 + W_x - F_f = M_1 - M_2 \quad (4)$$

Dove:

- P_1 e P_2 sono le spinte agenti in corrispondenza delle sezioni 1 e 2;
- W_x è la componente della forza peso del volume di controllo nella direzione del moto; F_f è la forza resistente dovuta all'attrito;
- M_2 e M_1 sono i flussi della quantità di moto entranti ed uscenti dalle sezioni 2 e 1.

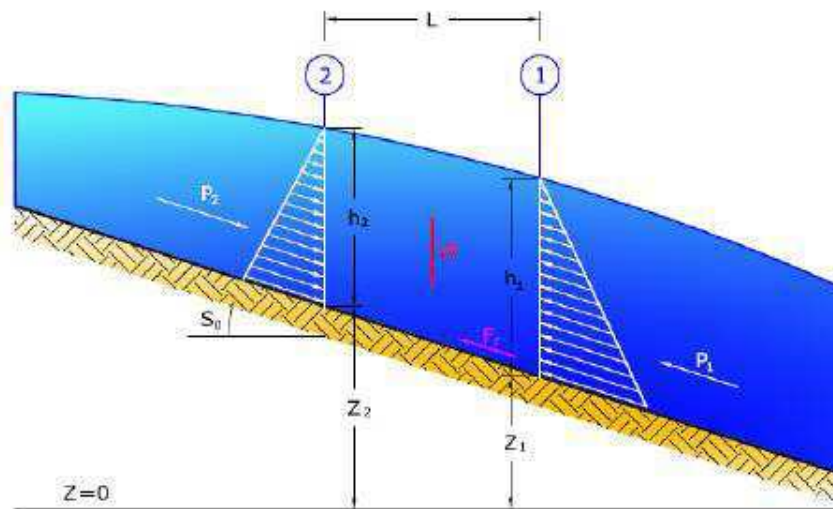


Figura 14 - Conservazione della quantità di moto, schema di calcolo

Esplicitando i vari termini si ottiene la formula funzionale dell'equazione di conservazione della quantità di moto utilizzata da HEC-RAS:

$$\frac{\beta_2 \cdot Q_2^2}{g \cdot \Sigma_2} + \Sigma_2 \cdot h_2 + \left(\frac{\Sigma_1 + \Sigma_2}{2} \right) \cdot L \cdot S_0 - \left(\frac{\Sigma_1 + \Sigma_2}{2} \right) \cdot L \cdot \overline{S_f} = \frac{\beta_1 \cdot Q_1^2}{g \cdot \Sigma_1} + \Sigma_1 \cdot h_1$$

5.2 METODOLOGIA DI CALCOLO SOFTWARE MACSTARS-W

Il programma di calcolo MACSTARS W consente la verifica di stabilità di muri in gabbioni. Le verifiche di stabilità, in assenza di rinforzi, sono eseguite mediante i metodi classici dell'equilibrio limite.

Con il programma MACSTARS W è possibile effettuare le seguenti tipologie di verifica:

- verifica di stabilità globale
- verifica di stabilità interna
- verifica dell'opera come muro di sostegno

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 utilizzata per valutare la stabilità del pendio in assenza di rinforzi, prima delle ipotesi di progetto di rinforzo.

A seguito del progetto, tale verifica è da utilizzare per valutare la stabilità dell'opera nei confronti di meccanismi di potenziale scivolamento profondi e quindi eventualmente esterni ai rinforzi stessi.

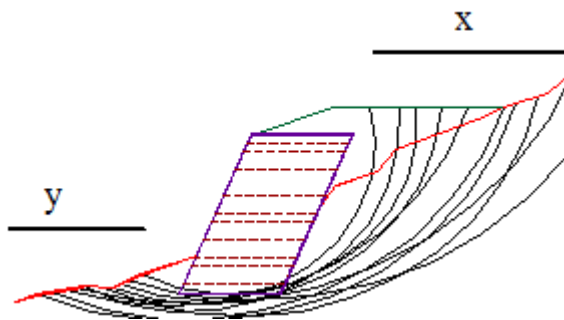


FIGURA 15- ESEMPIO ANALISI DI STABILITÀ GLOBALE

La verifica di stabilità globale è una verifica di stabilità all'equilibrio limite.

L'utente definisce:

- il numero delle superfici da generare;
- il metodo di verifica all'equilibrio limite globale (Bishop, Janbu);
- il tipo di superfici (circolari, casuali);
- il tratto di ingresso a valle delle superfici y (usualmente da 0.5 a 1.0 volte l'altezza dell'opera);
- il tratto di uscita a monte delle superfici x (usualmente da 1.5 a 2.0 volte l'altezza dell'opera);
- la lunghezza minima dei segmenti che costituiscono la singola superficie di scorrimento;
- un'eventuale quota minima al di sotto della quale le superfici non possono arrivare Z_{\min} ;
- eventuali limitazioni all'angolo con cui è generato il primo tratto della superficie di scorrimento;
- il metodo di calcolo dei rinforzi: rigido e deformativo con i relativi parametri di calcolo.

Il minimo dei coefficienti di sicurezza calcolati (uno per ogni superficie) è il coefficiente di sicurezza del pendio.

La verifica di stabilità interna (o stabilità di pendio) è quella verifica che consente di valutare il dimensionamento dell'opera. 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.

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE N.3

SF09A – OPERE DI REGIMAZIONE FLUVIALE - Relazione Idrologica e Studio Idraulico

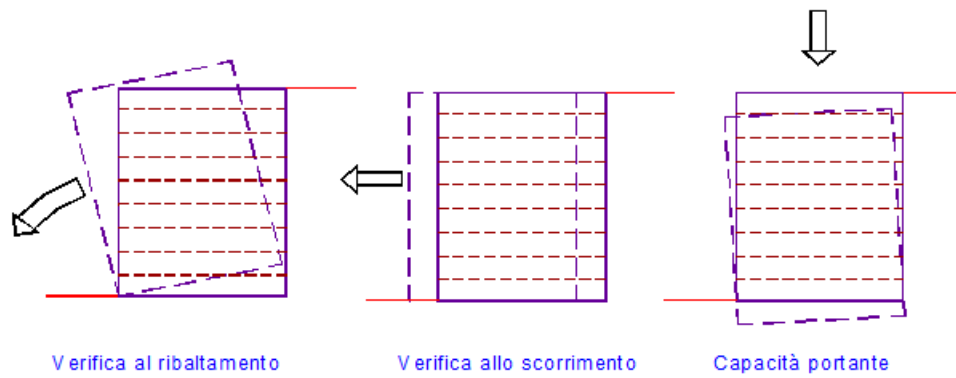


FIGURA 17- VERIFICHE ESEGUITE NELLA VERIFICA DELL'OPERA COME MURO DI SOSTEGNO

6 RISULTATI MODELLAZIONE IDRAULICA

In corrispondenza della SF09 sono state analizzate ventisette sezioni nel modello idraulico realizzato.

Sull'intero tratto è stato utilizzato un coefficiente di Manning pari a 0.03, mentre per la determinazione della portata di progetto si veda il par. 4 della presente relazione.

Come evidenziato dalle sezioni riportate di seguito, la sistemazione fluviale adottata permette di avere un franco adeguato in corrispondenza dell'attraversamento presente, osservando però alcune sezioni critiche nel caso della piena trecentennale. Queste criticità sono state quindi analizzate nel dettaglio nella relazione di calcolo e verifica della OS101, alla quale si rimanda per maggiori informazioni. In questa sede, si richiama semplicemente come l'insufficienza delle sezioni sia stata oggetto di analisi e verifica per il dimensionamento delle opere di sostegno progettate in corrispondenza delle sezioni interessate, le quali risultano pertanto verificate.

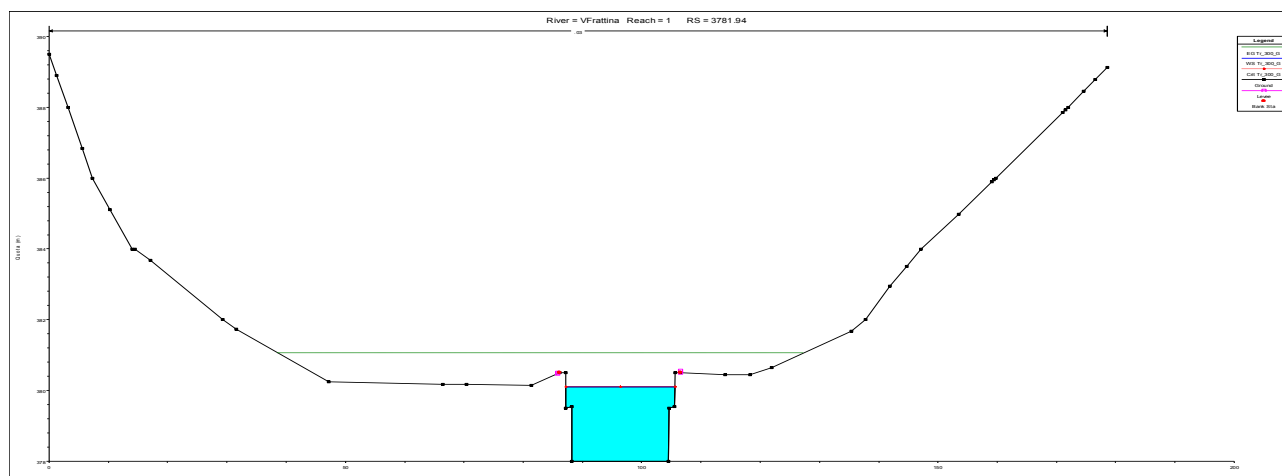


Figura 18- River station 3781.94 del modello idraulico del fiume Frattina con Tr 300 anni

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE N.3

SF09A – OPERE DI REGIMAZIONE FLUVIALE - Relazione Idrologica e Studio Idraulico

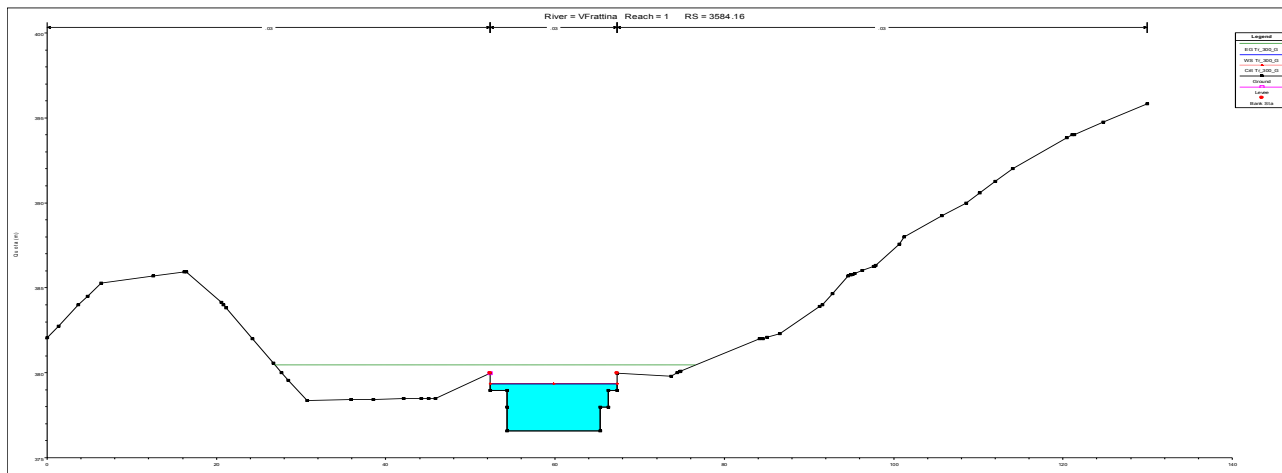


Figura 25- River station 3584.16 del modello idraulico del fiume Frattina con Tr 300 anni

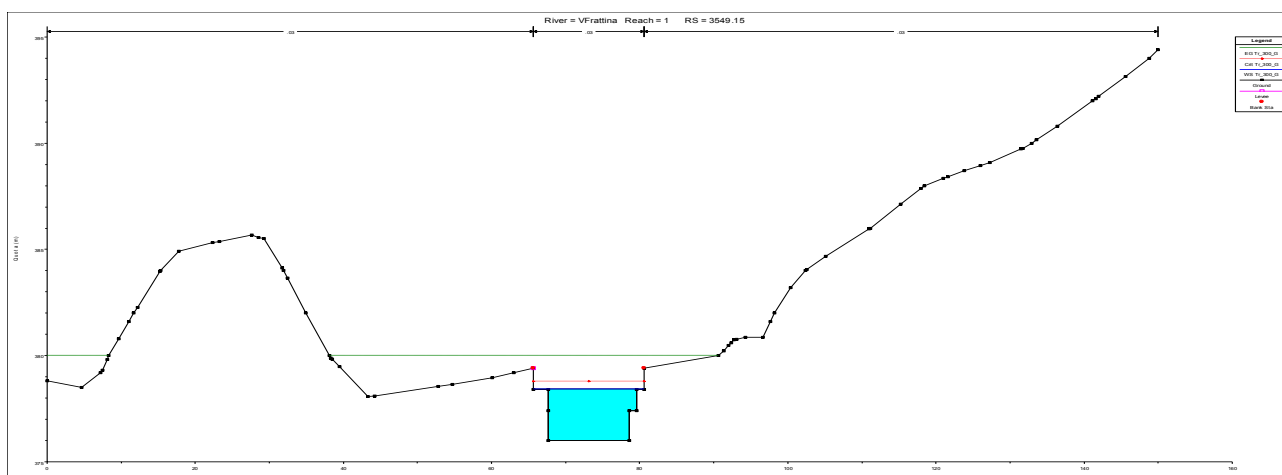


Figura 26- River station 3549.15 del modello idraulico del fiume Frattina con Tr 300 anni

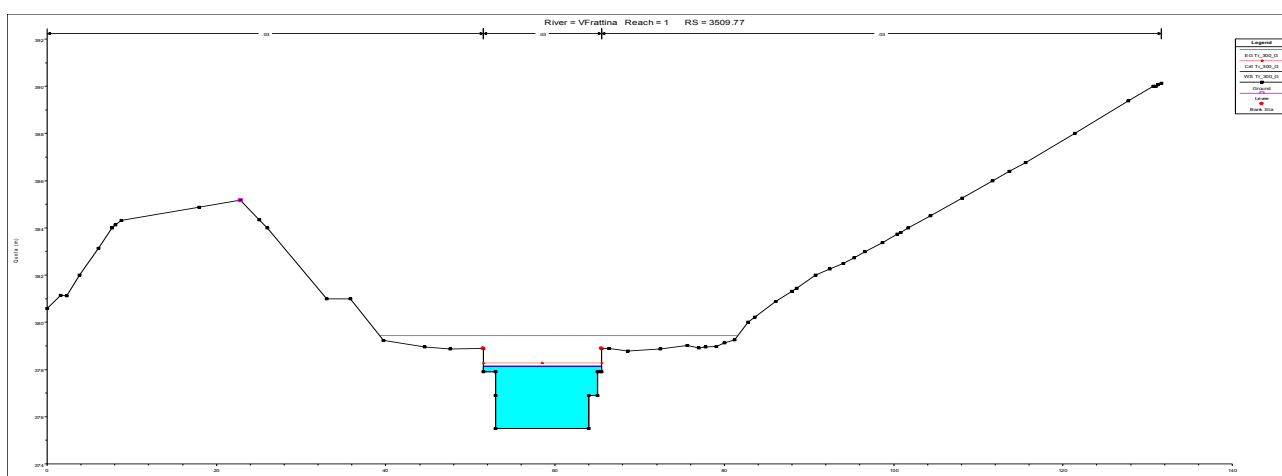


Figura 27- River station 3509.77 del modello idraulico del fiume Frattina con Tr 300 anni

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE N.3

SF09A – OPERE DI REGIMAZIONE FLUVIALE - Relazione Idrologica e Studio Idraulico

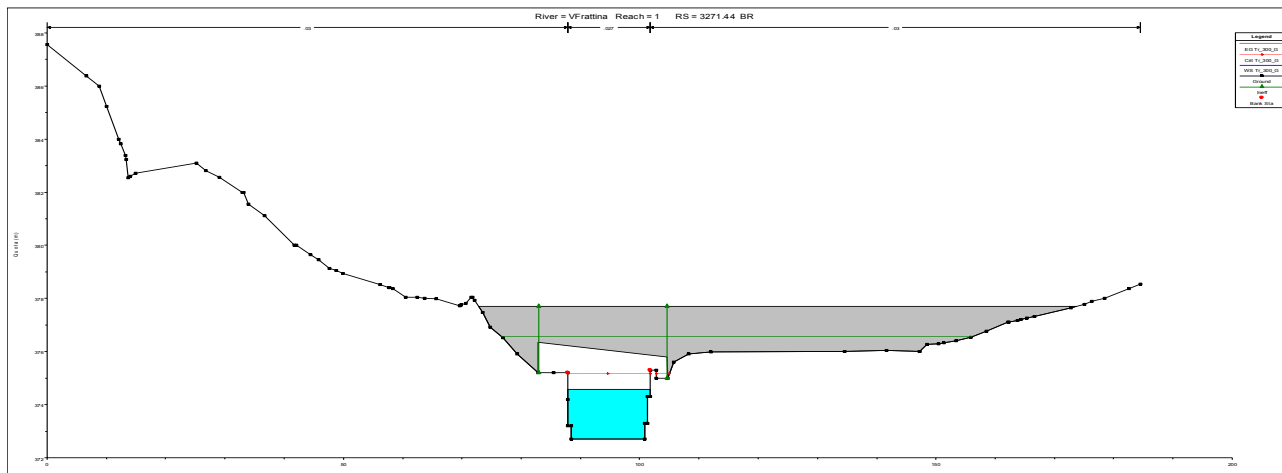


Figura 36- River station 3271.44U del modello idraulico del fiume Frattina con Tr 300 anni

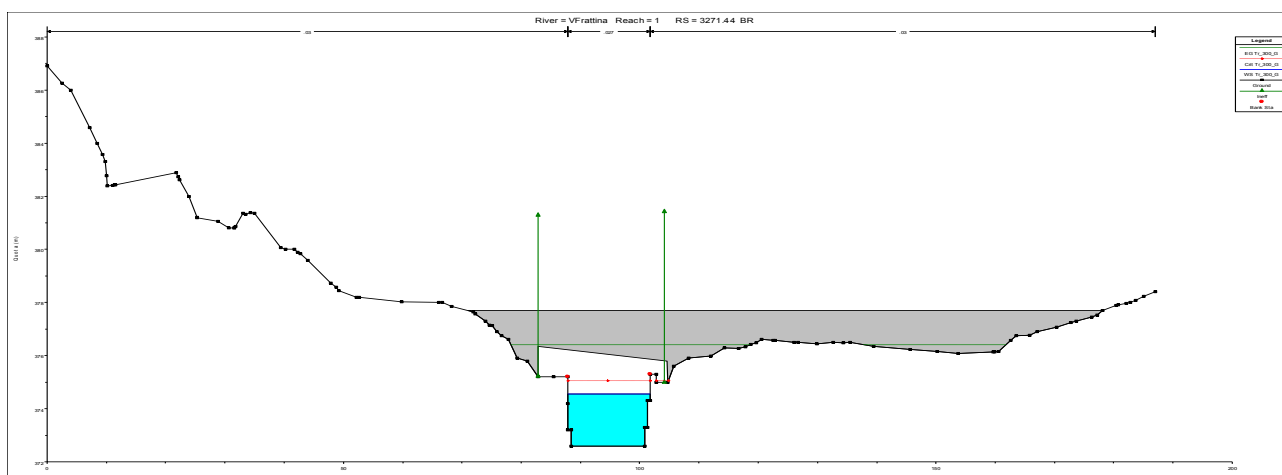


Figura 37- River station 3271.44D del modello idraulico del fiume Frattina con Tr 300 anni

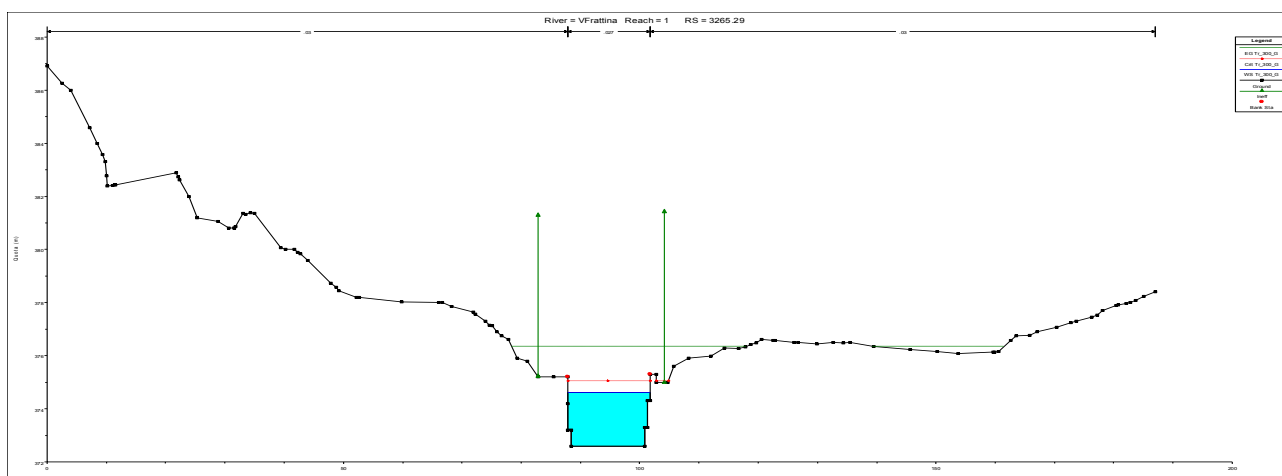


Figura 38- River station 3265.29 del modello idraulico del fiume Frattina con Tr 300 anni

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE N.3

SF09A – OPERE DI REGIMAZIONE FLUVIALE - Relazione Idrologica e Studio Idraulico

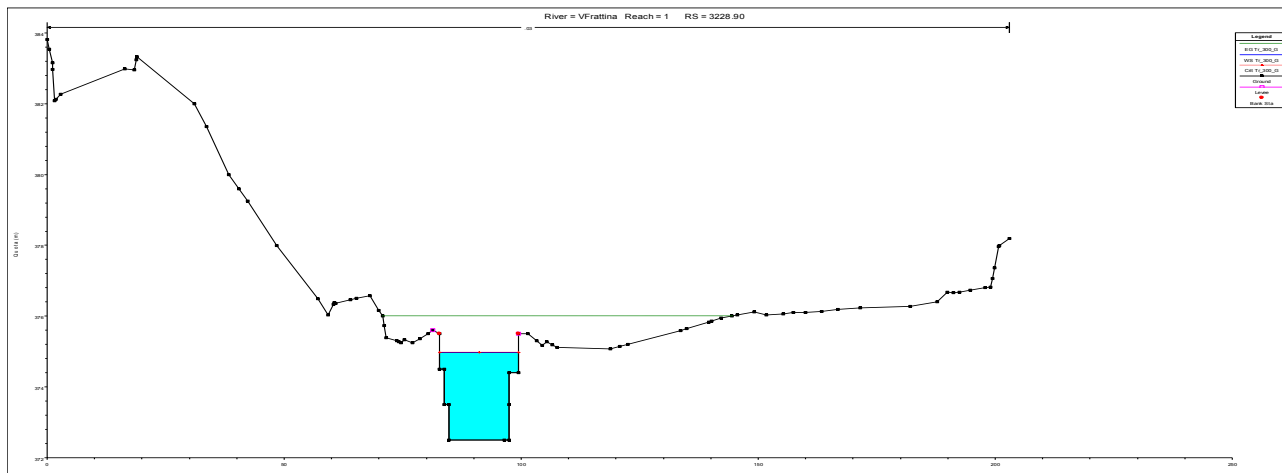


Figura 39- River station 3228.90 del modello idraulico del fiume Frattina con Tr 300 anni

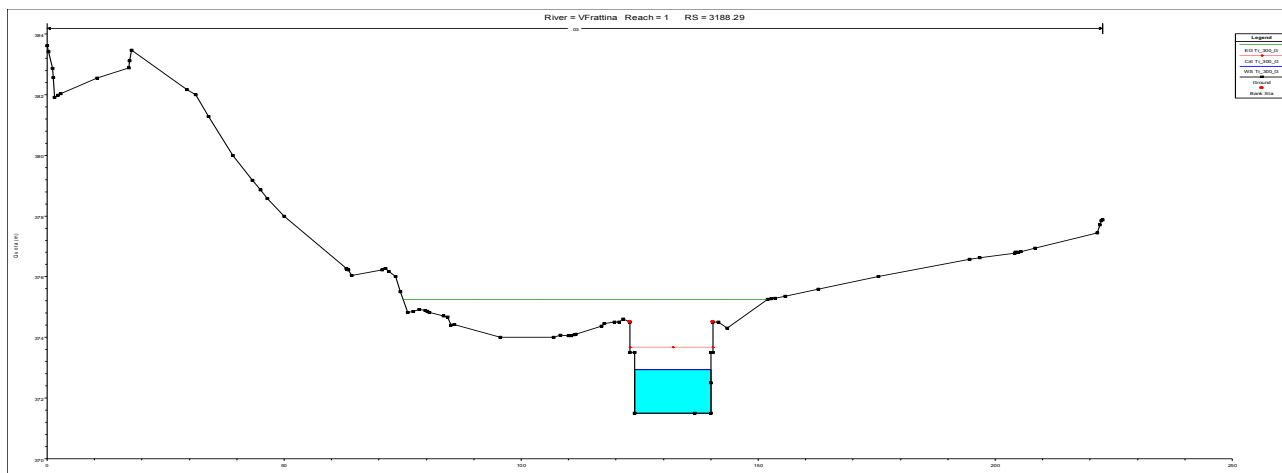


Figura 40- River station 3188.29 del modello idraulico del fiume Frattina con Tr 300 anni

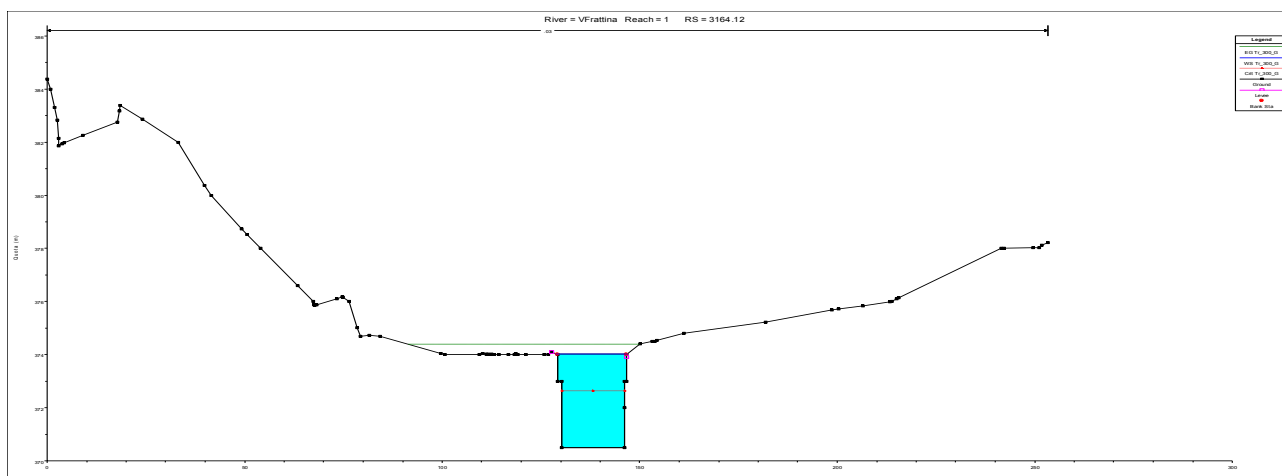


Figura 41- River station 3164.12 del modello idraulico del fiume Frattina con Tr 300 anni

7 VERIFICA DELLA PROTEZIONE CON GABBIONI

7.1 VERIFICA A TRASCINAMENTO

La verifica degli interventi di protezione spondale e di fondo alveo è stata eseguita secondo la metodologia di seguito descritta,

Per la determinazione della velocità critica del materiale costituente i gabbioni si è fatto riferimento alla formulazione di Shields per la quale:

$$\tau_{cr} = \gamma R_H i$$

Dove:

τ_{cr} : tensione critica di trascinamento

γ : peso specifico della massa liquida

R_H : raggio idraulico

i : pendenza del fondo

Secondo la formulazione di Gauckler-Strikler la stessa relazione può essere scritta come:

$$\tau_{cr} = \gamma \frac{v_{cr}^2}{K_s^2 R_H^{1/3}}$$

Considerato un materiale cui $\gamma_s = 2600 \text{ kg/m}^3$ la precedente equazione può scriversi come:

$$v_{cr} = 0.31 K_s R_H^{1/6} \sqrt{d}$$

Dove il coefficiente di scabrezza K_s assume valori compresi tra 25 e 35 $\text{m}^{1/3}/\text{s}$.

Nella verifica in esame sono stati considerati i seguenti valori tabellati.

Material	Allowable velocity [m/s]
Gabions 0.50m - $d_{50} = 0.21 \text{ m}$	7.60
Reno mattress 0.17m - $d_{50} = 0.10 \text{ m}$	4.20
Reno mattress 0.23m - $d_{50} = 0.12 \text{ m}$	5.50
Reno mattress 0.30m - $d_{50} = 0.15 \text{ m}$	6.40
MacMat R	1.50 - 3.00(*)

* For duration less than 60 hours (Utah water research Laboratory)

Come mostrato nella tabella seguente, i risultati ottenuti dal modello di calcolo presentano una massima velocità pari a 7.54 m/s, l'intervento di protezione risulta pertanto verificato.

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE N.3

SF09A – OPERE DI REGIMAZIONE FLUVIALE - Relazione Idrologica e Studio Idraulico

River Station	Portata (mc/s)	Quota fondo alveo (m)	Quota battente idrico (m)	Velocità in alveo (m/s)
3781.94	154.43	378.00	380.10	4.34
3759.77	154.43	377.50	380.28	3.28
3741.77	154.43	377.50	380.11	3.52
3726.50	154.43	377.20	380.22	3.05
3709.77	154.43	377.00	380.24	2.83
3659.77	154.43	376.66	380.30	2.41
3623.51	154.43	376.68	380.30	2.16
3584.16	154.43	376.57	379.29	4.65
3549.15	154.43	376.00	378.31	5.54
3509.77	154.43	375.50	377.99	5.03
3457.77	154.43	375.00	378.81	2.43
3426.88	154.43	375.00	378.03	4.20
3409.77	154.43	374.80	378.06	3.63
3359.77	154.43	374.60	377.28	4.78
3343.84	154.43	374.00	376.04	6.57
3309.77	154.43	373.60	375.93	5.71
3291.77	154.43	373.00	374.32	7.54
3277.20	154.43	372.70	374.13	6.39
3271.44	Bridge			
3265.29	154.43	372.60	374.21	5.83
3228.90	154.43	372.54	374.77	4.50
3188.29	154.43	371.50	373.00	6.71
3164.12	154.43	371.00	374.13	2.66
3145.36	154.43	370.70	374.17	2.28
3109.77	154.43	370.50	373.25	4.77

Tabella 4 – Output modello HEC-RAS per le sezioni oggetto di sistemazione fluviale

7.2 VERIFICHE GEOTECNICHE

Ai fini delle verifiche geotecniche delle protezioni in gabbioni, si riporta nel seguito la metodologia di calcolo utilizzata.

Le verifiche sono state condotte considerando la sezione più gravosa, avente altezza del paramento in gabbioni pari a 4m.

7.2.1 Combinazioni di carico

Il progetto e la verifica delle strutture in questione sono state eseguite mediante il metodo degli “Stati Limite”, in accordo a quanto previsto nel §6.5.3, verificando:

SLU di tipo geotecnico (GEO):

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

La stabilità globale del complesso opera di sostegno-terreno è stata effettuata secondo l’Approccio 1 con la Combinazione 2 (A2+M2+R2) in accordo a quanto previsto dal §6.8 delle NTC2018, tenendo conto dei coefficienti parziali riportati nelle tabelle 6.2.I e 6.2.II per le azioni ed i parametri geotecnici, ed alla tabella 6.8.I per le verifiche di sicurezza.

Le rimanenti verifiche sono state effettuate secondo l’approccio 2 Combinazione (A1+M1+R3) tenendo conto dei valori dei coefficienti parziali riportati nelle tabelle 6.2.I, 6.2.II e 6.5.1.

Nella verifica a ribaltamento i coefficienti R3 della tabella 6.5.I sono applicati agli effetti delle azioni stabilizzanti.

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

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE N.3

SF09A – OPERE DI REGIMAZIONE FLUVIALE - Relazione Idrologica e Studio Idraulico

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

	Effetto	Coefficiente Parziale γ_p (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_{G1}

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	$\tan \phi'_k$	γ_ϕ	1,0	1,25
Coesione efficace	c'_k	γ_c	1,0	1,25
Resistenza non drenata	c_{uk}	γ_{cu}	1,0	1,4
Peso dell'unità di volume	γ_v	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	$\gamma_R = 1,4$

Tab. 6.8.I - Coefficienti parziali per le verifiche di sicurezza di opere di materiali sciolti e di fronti di scavo

COEFFICIENTE	R2
γ_R	1,1

Nel seguito si riporta una breve descrizione dei criteri di verifica, per ognuna delle condizioni esaminate, in condizioni statiche e sismiche.

7.2.2 Falda

Il livello idrico in condizioni ordinarie è stato cautelativamente posto a +1 m da fondo alveo, mentre in condizioni di piena è stato considerato un livello pari a +3.1 m.

7.2.3 Verifiche agli SLU

Verifica allo scorrimento sul piano di posa (GEO)

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

Verifica al ribaltamento (GEO)

La somma dei momenti instabilizzanti, valutati rispetto allo spigolo di valle della fondazione, dovuti alle azioni agenti sul paramento, deve risultare non superiore al momento stabilizzante dovuto al peso proprio della struttura e alle relative azioni variabili.

Verifica di capacità portante (GEO)

Nella verifica del collasso fondazione-terreno (verifica della capacità portante), l'azione di progetto è data dalla componente della risultante delle forze normali al piano di posa, mentre la resistenza di progetto è il valore della forza normale al piano di posa a cui corrisponde il raggiungimento del carico limite del terreno di fondazione. La verifica viene eseguita direttamente dal software Macstars 4.0., mediante l'utilizzo del criterio di Brich Hansen (1970).

Verifica di stabilità globale e di stabilità interna (GEO)

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

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

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

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

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE N.3

SF09A – OPERE DI REGIMAZIONE FLUVIALE - Relazione Idrologica e Studio Idraulico

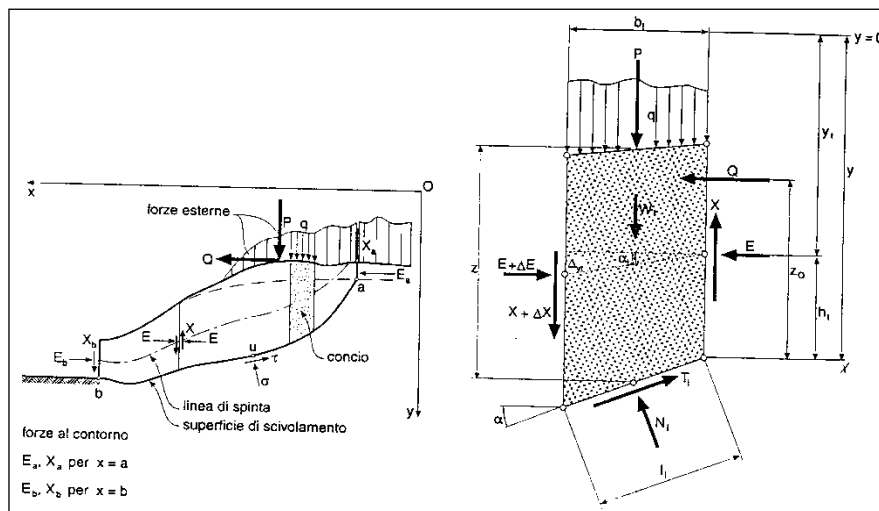


Figura 44- Forze agenti su un singolo concio

Per ogni concio sono disponibili, per la risoluzione del sistema, le tre equazioni della statica (equilibrio traslazione verticale, orizzontale ed equilibrio dei momenti), quindi per n concii si avranno $3 \times n$ equazioni linearmente indipendenti.

7.2.4 Condizioni sismiche

Sotto l'effetto dell'azione sismica di progetto, definita al Capitolo 3 (NTC2018), le opere e i sistemi geotecnici devono rispettare gli stati limite ultimi e di esercizio definiti al § 3.2.1, con i requisiti di sicurezza indicati nel § 7.1 delle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC2018).

Le verifiche agli stati limite ultimi di opere e sistemi geotecnici si riferiscono al solo stato limite di salvaguardia della vita (SLV) di cui al § 3.2.1.

Nelle verifiche di sicurezza relativamente alle opere di sostegno, è necessario verificare che la resistenza del sistema sia maggiore delle azioni, nel rispetto della condizione indicata al §6.2.1, ponendo pari all'unità i coefficienti parziali sulle azioni e sui parametri geotecnici (7.11.1) ed impiegando le resistenze parziali di progetto 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

Relativamente alla verifiche di stabilità globale e di stabilità interna (GEO), queste sono condotte utilizzando lo stesso approccio indicato al §6.8.2, ponendo pari all'unità i coefficienti parziali sulle

azioni e sui parametri geotecnici ed impiegando le resistenze di progetto calcolate con un coefficiente parziale pari a $\gamma_R = 1.2$ (§7.11.4 NTC2018).

7.2.5 Caratterizzazione Geotecnica e Sismica

Si riportano nel seguito le caratteristiche geotecniche dei terreni di fondazione, ed i coefficienti sismici di progetto:

TERRENO DI FONDAZIONE: LSA

$$\gamma = 20 \text{ kN/m}^3$$

$$c = 5 \text{ kPa}$$

$$\varphi' = 25^\circ$$

$$\text{Coefficiente sismico orizzontale} \quad k_h = 0.091$$

$$\text{Coefficiente sismico verticale} \quad k_v = \pm 0.045$$

Per un maggiore dettaglio circa la caratterizzazione dei terreni di fondazione e delle caratteristiche sismiche dell'area si rimanda alla relazione di calcolo PV_OS101_RC01_60_4137 ed alla Relazione Geotecnica Generale allegate al presente Progetto di Variante.

7.2.6 Risultati delle verifiche

Le verifiche sono state condotte secondo la metodologia illustrata nei precedenti paragrafi.

Le verifiche statiche sono state condotte in considerazione al livello sia di magra che di piena, mentre per le verifiche sismiche si è considerato il solo livello di magra per la non contemporaneità di eventi eccezionali (vedasi par. 7.2.2).

Le verifiche condotte si ritengono soddisfatte laddove il coefficiente di sicurezza risulti maggiore di 1, essendo tale valore già comprensivo del coefficiente di sicurezza minimo imposto dalla vigente normativa per le singole verifiche (vedasi dettaglio allegato 1).

Si riportano nel seguito i risultati delle verifiche in forma grafica e tabellare, rimandando all'Allegato 1 per gli output di calcolo.

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotatoria Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE N.3

SF09A – OPERE DI REGIMAZIONE FLUVIALE - Relazione Idrologica e Studio Idraulico

	Fs min		
	Statica		Sismica
	Magra	Piena	-
Stabilità globale	1.16	1.55	1.17
Scorrimento	1.94	3.11	1.20
Capacità portante	1.47	2.76	1.33
Ribaltamento	4.39	5.08	3.78

Tabella 5 Risultati verifiche di stabilità

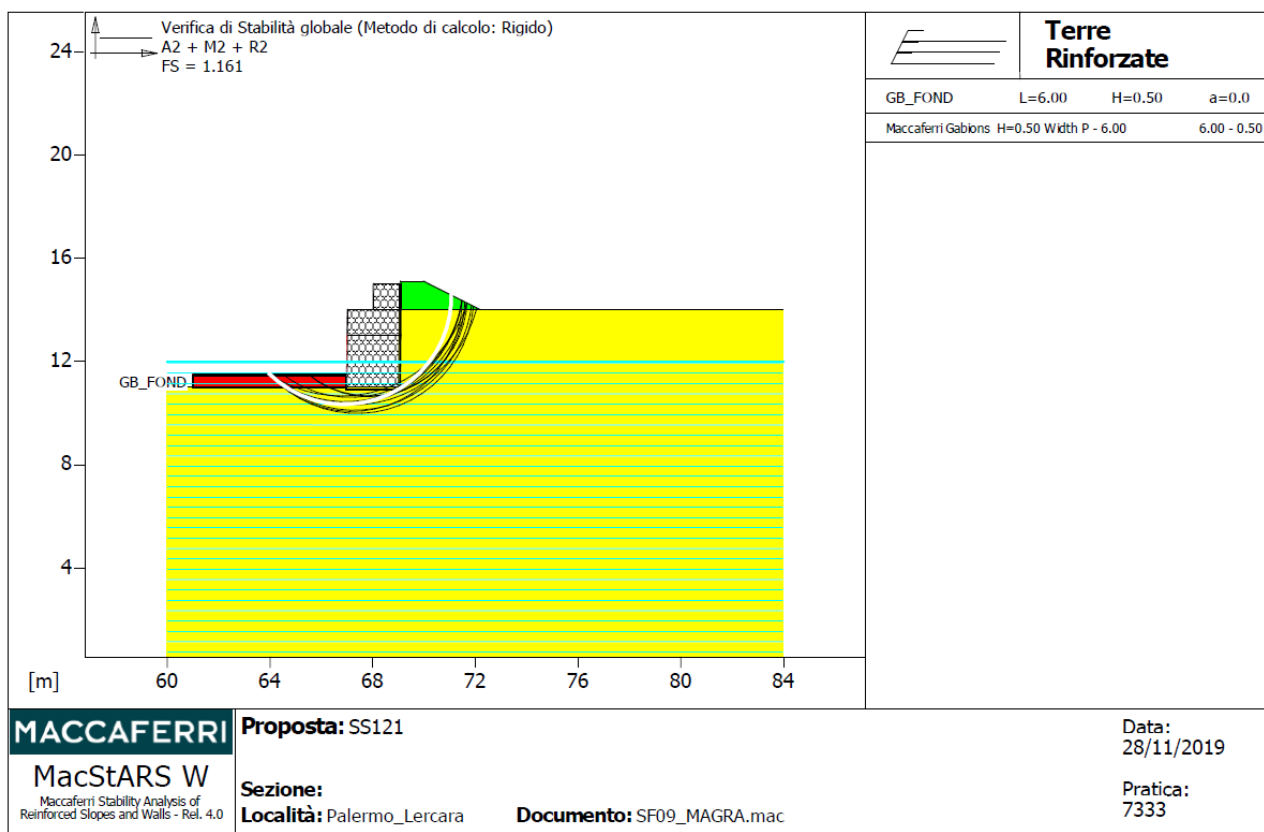


Figura 45 Risultati verifica di stabilità globale- Statica magra

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE N.3

SF09A – OPERE DI REGIMAZIONE FLUVIALE - Relazione Idrologica e Studio Idraulico

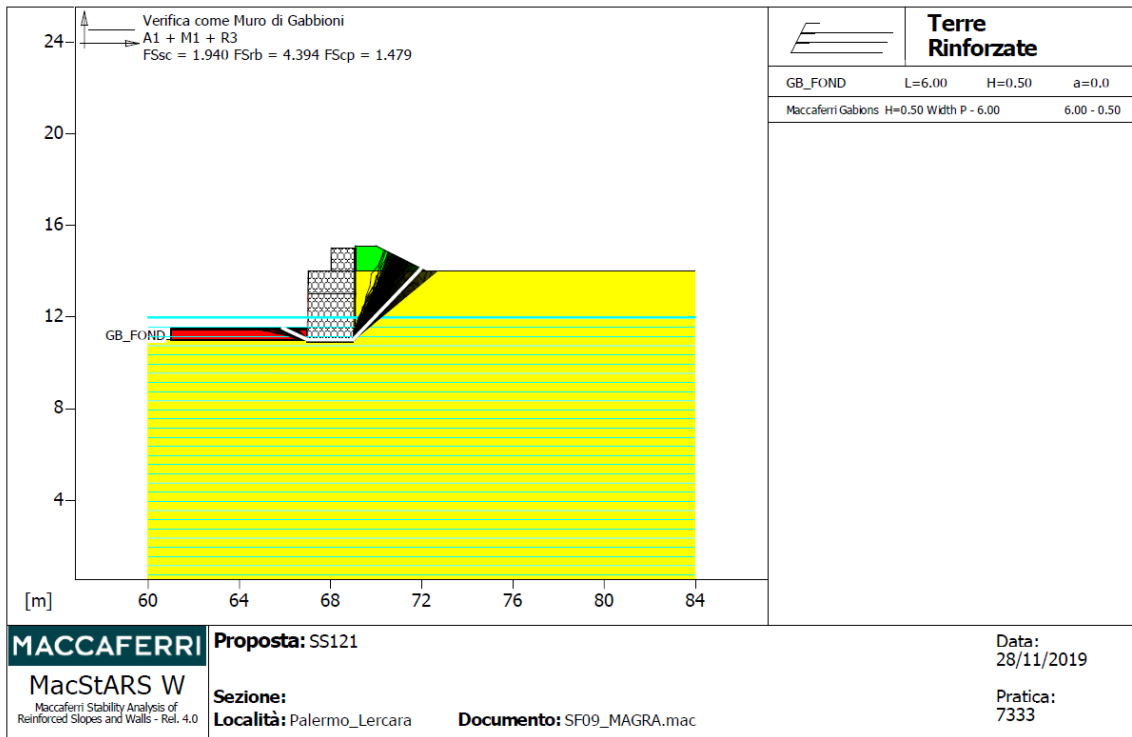


Figura 46 Risultati verifica muro di sostegno- Statica magra

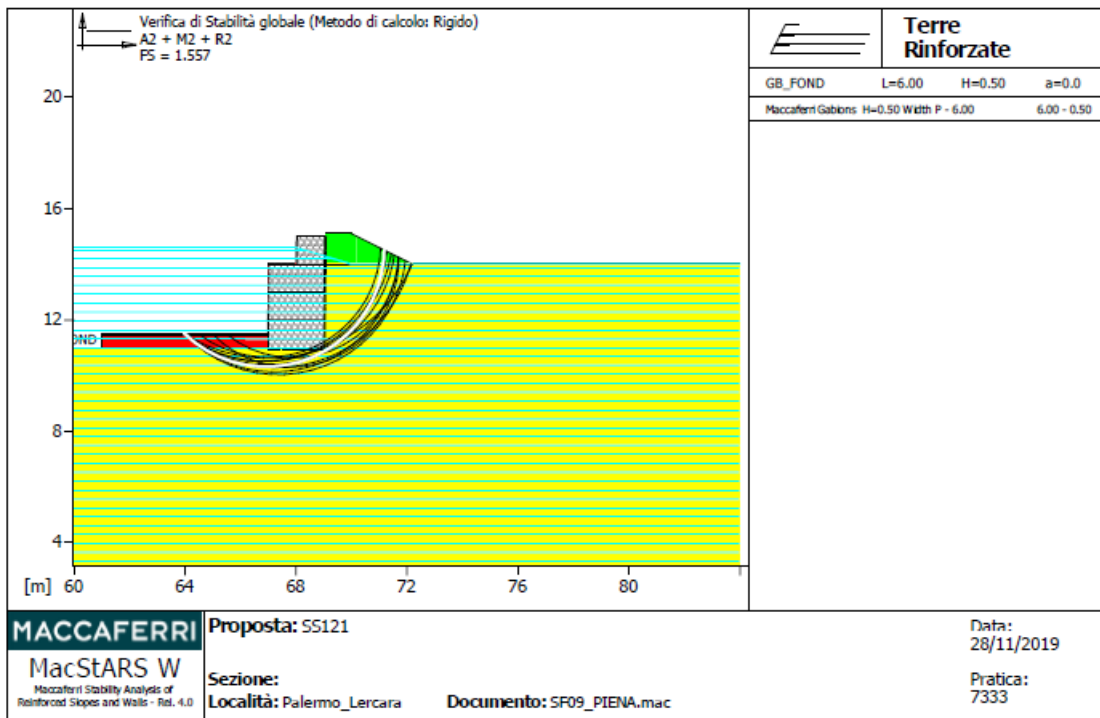


Figura 47 Risultati verifica di stabilità globale- Statica piena Tr 300

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE N.3

SF09A – OPERE DI REGIMAZIONE FLUVIALE - Relazione Idrologica e Studio Idraulico

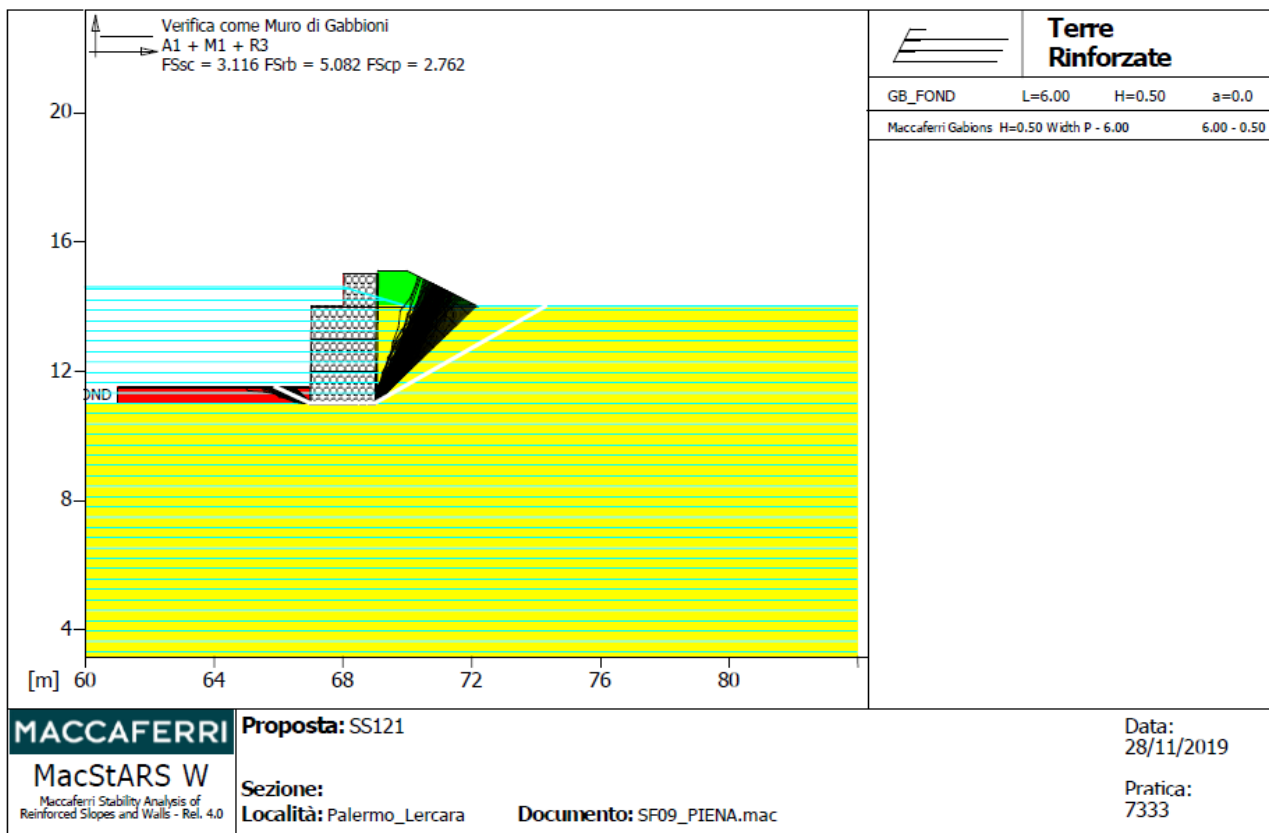


Figura 48 Risultati verifica come muro di sostegno- Statica piena Tr 300

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotatoria Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE N.3

SF09A – OPERE DI REGIMAZIONE FLUVIALE - Relazione Idrologica e Studio Idraulico

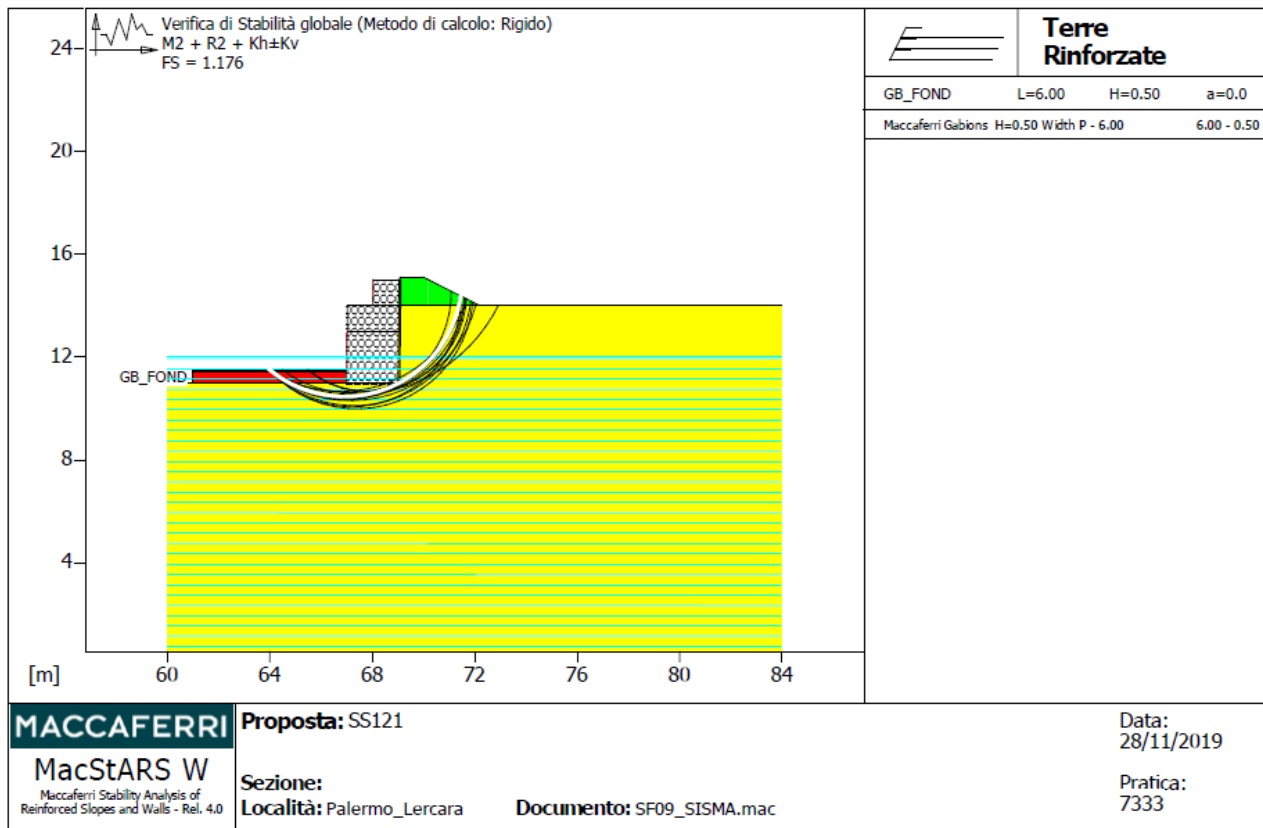


Figura 49 Risultati verifica di stabilità globale- Sismica

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotatoria Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE N.3

SF09A – OPERE DI REGIMAZIONE FLUVIALE - Relazione Idrologica e Studio Idraulico

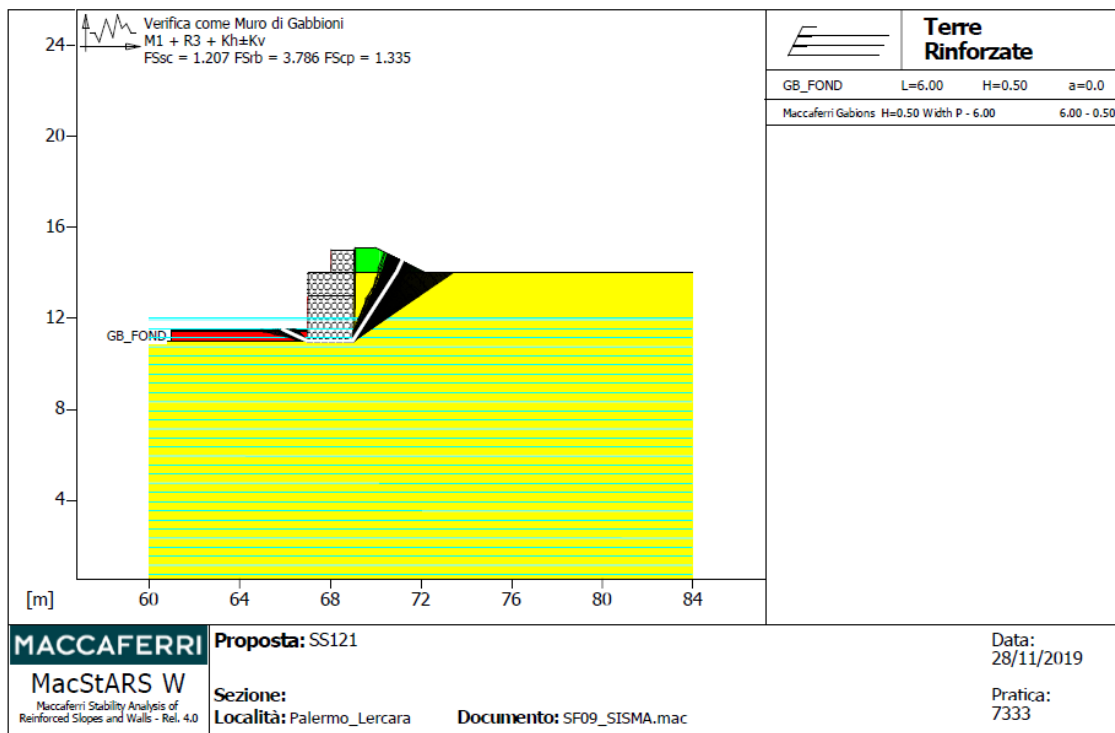


Figura 50 Risultati verifica muro di sostegno- Sismica

8 CONCLUSIONI

Nella presente *Relazione Idrologica e Studio idraulico*, relativa all’opera di regimazione fluviale SF09A, sono state condotte le verifiche relative alle sistemazioni fluviali afferenti all’opera in esame.

A valle di una breve panoramica circa i danneggiamenti causati dall’evento alluvionale del Novembre 2018, è stata descritta la metodologia per il calcolo delle portate di progetto.

La verifica delle opere in esame è stata condotta considerando la portata corrispondente al tempo di ritorno di 300 anni.

Alla luce dei risultati ottenuti, presentati nei precedenti paragrafi, gli interventi di regimazione relativi all’opera SF09 si ritengono pertanto verificati per il deflusso della piena di progetto.

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

Proposta...: SS121

Sezione.....:

Località.....: Palermo_Lercara

Pratica.....: 7333

File.....: SF09_MAGRA.mac

Data.....: 28/11/2019

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

SOMMARIO

Terreno di riempimento a tergo.....: GAB
Terreno di copertura.....: GAB
Terreno di fondazione.....: LSA_A

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

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

Rinforzi :

Maccaferri - Gabions H=0.50 - Width P - 6.00

Lunghezza.....[m] = 6.00

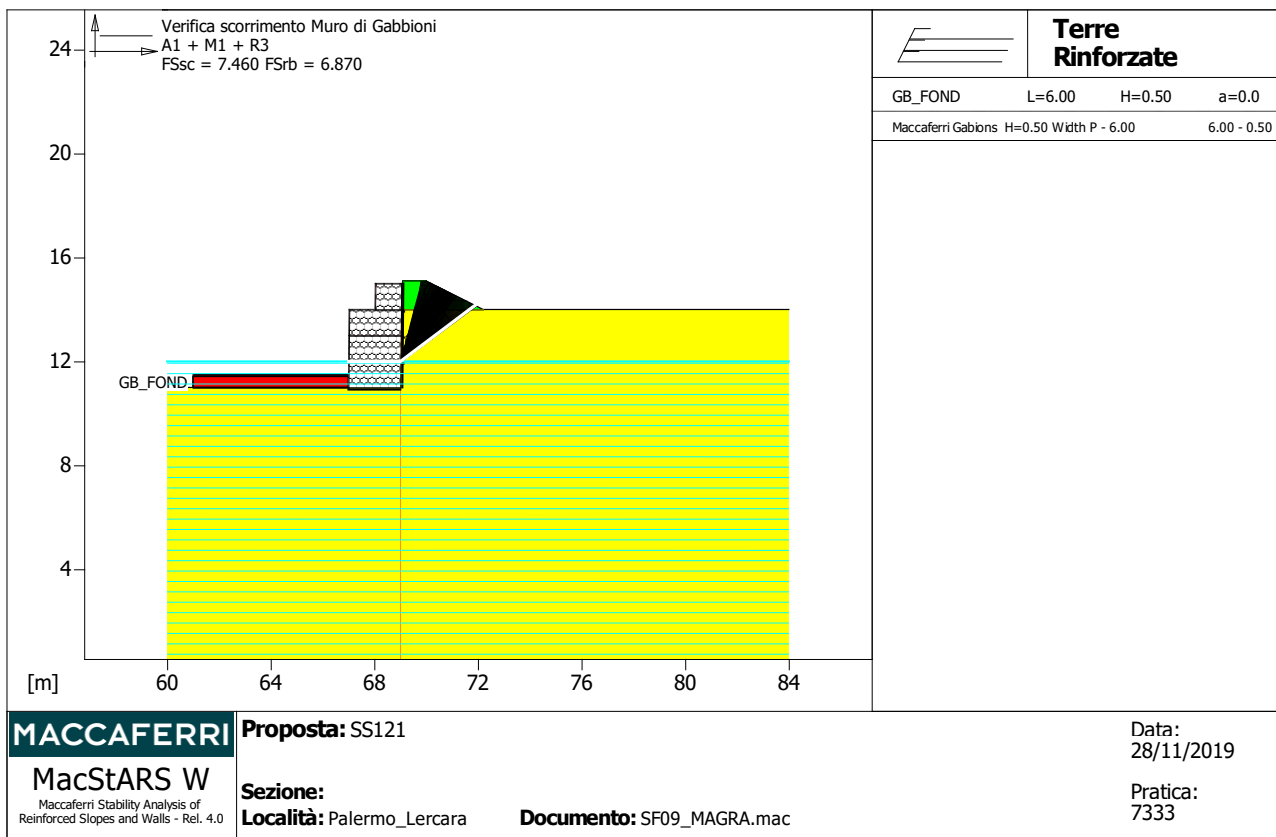
Gabbione.....[m] : Altezza..... = 0.50 Larghezza..... = 6.00

PROPRIETA' DEI RINFORZI UTILIZZATI

Maccaferri - Gabions H=0.50 - Width P - 6.00

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
Rigidezza estensionale.....	[kN/m].....	500.00
Lunghezza minima di ancoraggio.....	[m].....	0.15
Coefficiente di sicurezza alla rottura (ghiaia).....		1.26
Coefficiente di sicurezza al Pull-out.....		1.00
Coefficiente di sicurezza alla rottura (sabbia).....		1.09
Coefficiente di sicurezza al Pull-out.....		1.00
Coefficiente di sicurezza alla rottura (limo).....		1.09
Coefficiente di sicurezza al Pull-out		1.00
Coefficiente di sicurezza alla rottura (argilla).....		1.09
Coefficiente di sicurezza al Pull-out.....		1.00
Coefficiente di interazione rinforzo-rinforzo.....		0.30
Coefficiente di sfilamento rinforzo-ghiaia.....		0.90
Coefficiente di sfilamento rinforzo-sabbia.....		0.65
Coefficiente di sfilamento rinforzo-limo.....		0.50
Coefficiente di sfilamento rinforzo-argilla.....		0.30

VERIFICHE



MACCAFERRI

Proposta: SS121

Data:
28/11/2019

MacStARS W

Maccaferri Stability Analysis of
Reinforced Slopes and Walls - Rel. 4.0

Sezione:

Località: Palermo_Lercara

Documento: SF09_MAGRA.mac

Pratica:
7333

Verifica di resistenza interna :

Combinazione di carico : A1 + M1 + R3

Stabilità verificata sul blocco : GB

Forza Stabilizzante.....[kN/m].....: 115.53

Forza Instabilizzante.....[kN/m].....: 14.08

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

Coefficiente di sicurezza allo scorrimento.....: 7.460

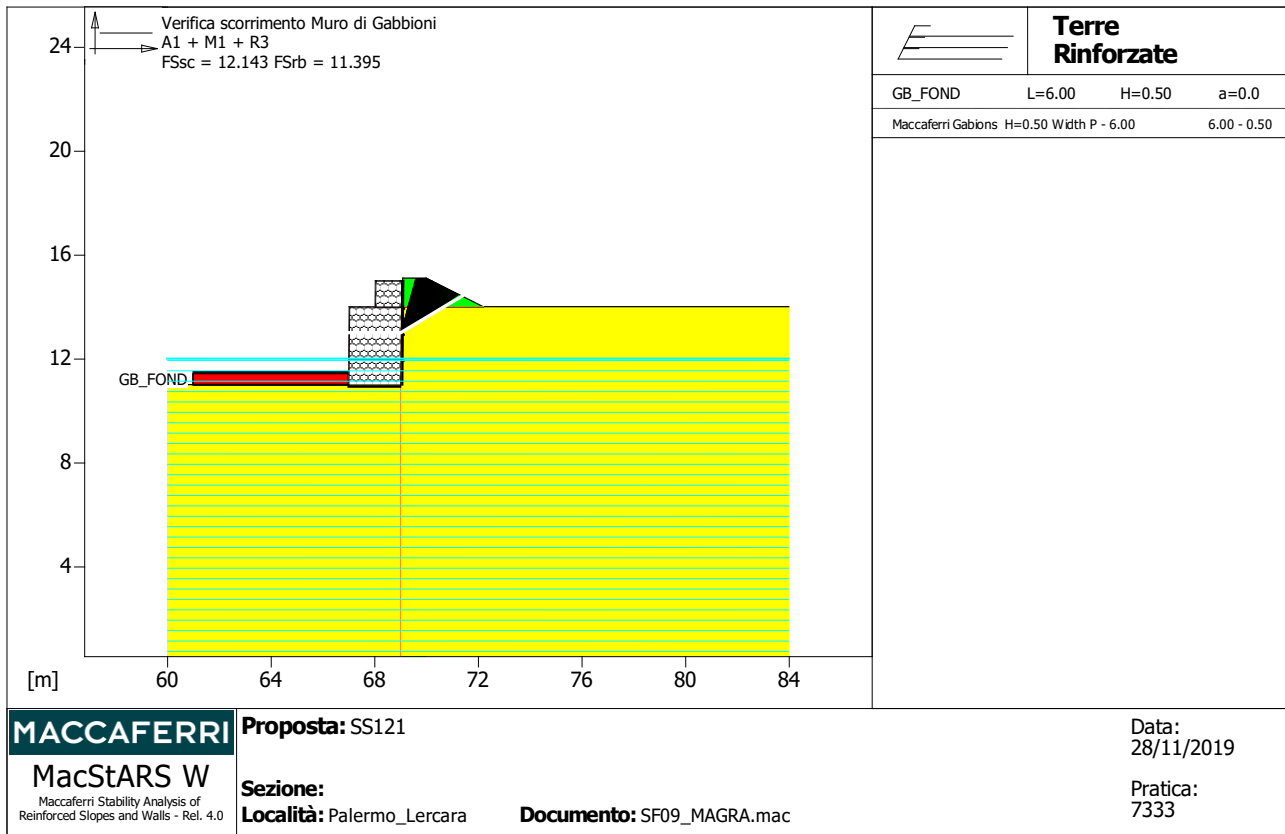
Momento Stabilizzante.....[kN*m/m].....: 120.22

Momento Instabilizzante.....[kN*m/m].....: 15.22

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

Coefficiente di sicurezza al ribaltamento.....: 6.870

Fattore	Classe
1.00	Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza a taglio
1.00	Coeff. Parziale - Coesione efficace
1.00	Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - favorevole
1.10	Coeff. parziale R - Scorrimento
1.15	Coeff. parziale R - Ribaltamento



Verifica di resistenza interna :

Combinazione di carico : A1 + M1 + R3

Stabilità verificata sul blocco : GB

Forza Stabilizzante.....[kN/m]..... : 81.56

Forza Instabilizzante.....[kN/m]..... : 6.11

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

Coefficiente di sicurezza allo scorrimento..... : 12.143

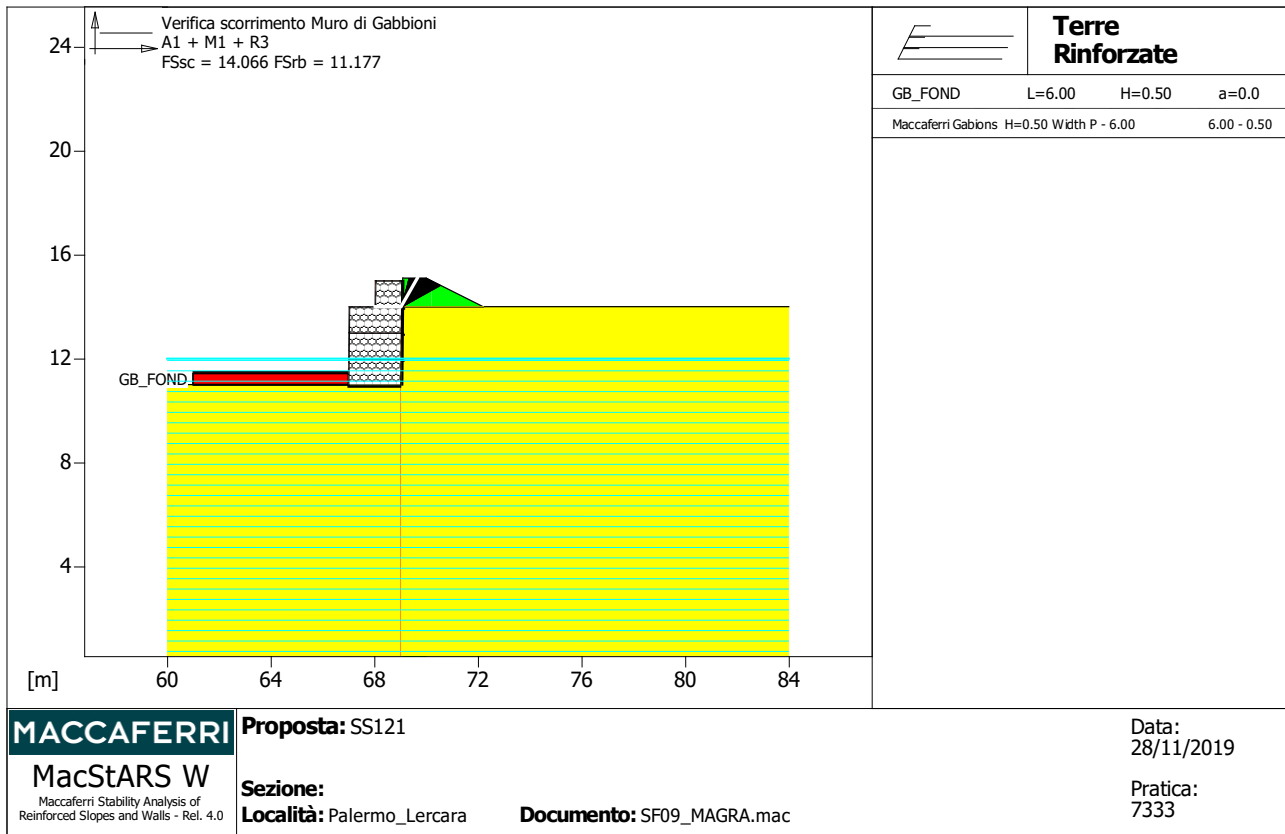
Momento Stabilizzante.....[kN*m/m]..... : 72.42

Momento Instabilizzante.....[kN*m/m]..... : 5.53

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

Coefficiente di sicurezza al ribaltamento..... : 11.395

Fattore	Classe
1.00	Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza a taglio
1.00	Coeff. Parziale - Coesione efficace
1.00	Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - favorevole
1.10	Coeff. parziale R - Scorrimento
1.15	Coeff. parziale R - Ribaltamento



Verifica di resistenza interna :

Combinazione di carico : A1 + M1 + R3

Stabilità verificata sul blocco : GB

Forza Stabilizzante.....[kN/m]..... : 32.94

Forza Instabilizzante.....[kN/m]..... : 2.13

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

Coefficiente di sicurezza allo scorrimento..... : 14.066

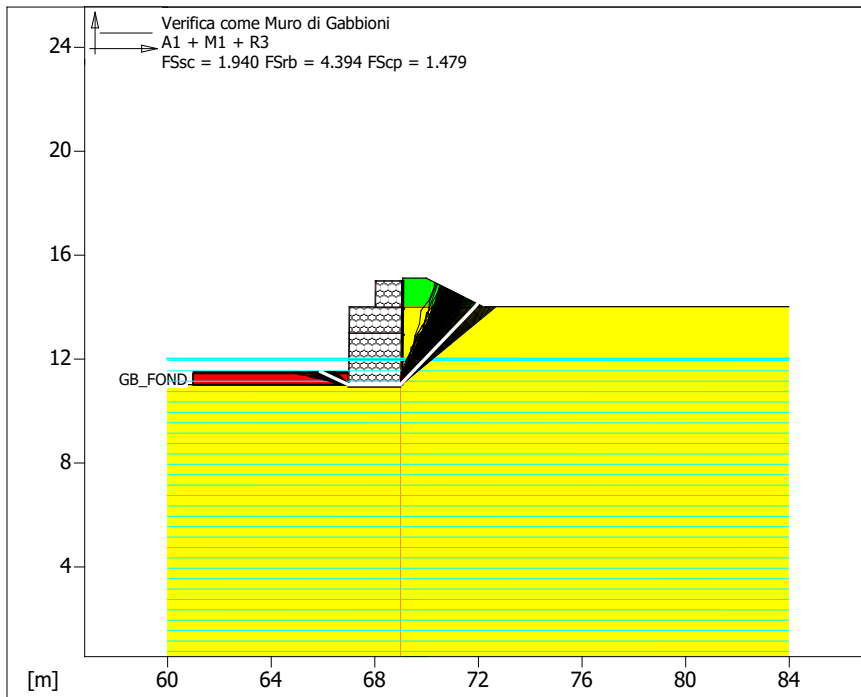
Momento Stabilizzante.....[kN*m/m]..... : 10.68

Momento Instabilizzante.....[kN*m/m]..... : 0.83

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

Coefficiente di sicurezza al ribaltamento..... : 11.177

Fattore	Classe
1.00	Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza a taglio
1.00	Coeff. Parziale - Coesione efficace
1.00	Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - favorevole
1.10	Coeff. parziale R - Scorrimento
1.15	Coeff. parziale R - Ribaltamento



Terre Rinforzate			
GB_FOND	L=6.00	H=0.50	a=0.0
Maccaferri Gabions H=0.50 Width P - 6.00		6.00 - 0.50	

MACCAFERRI
MacStARS W
Maccaferri Stability Analysis of Reinforced Slopes and Walls - Rel. 4.0

Proposta: SS121
Sezione:
Località: Palermo_Lercara
Documento: SF09_MAGRA.mac

Data:
 28/11/2019
Pratica:
 7333

Verifica come muro di sostegno :

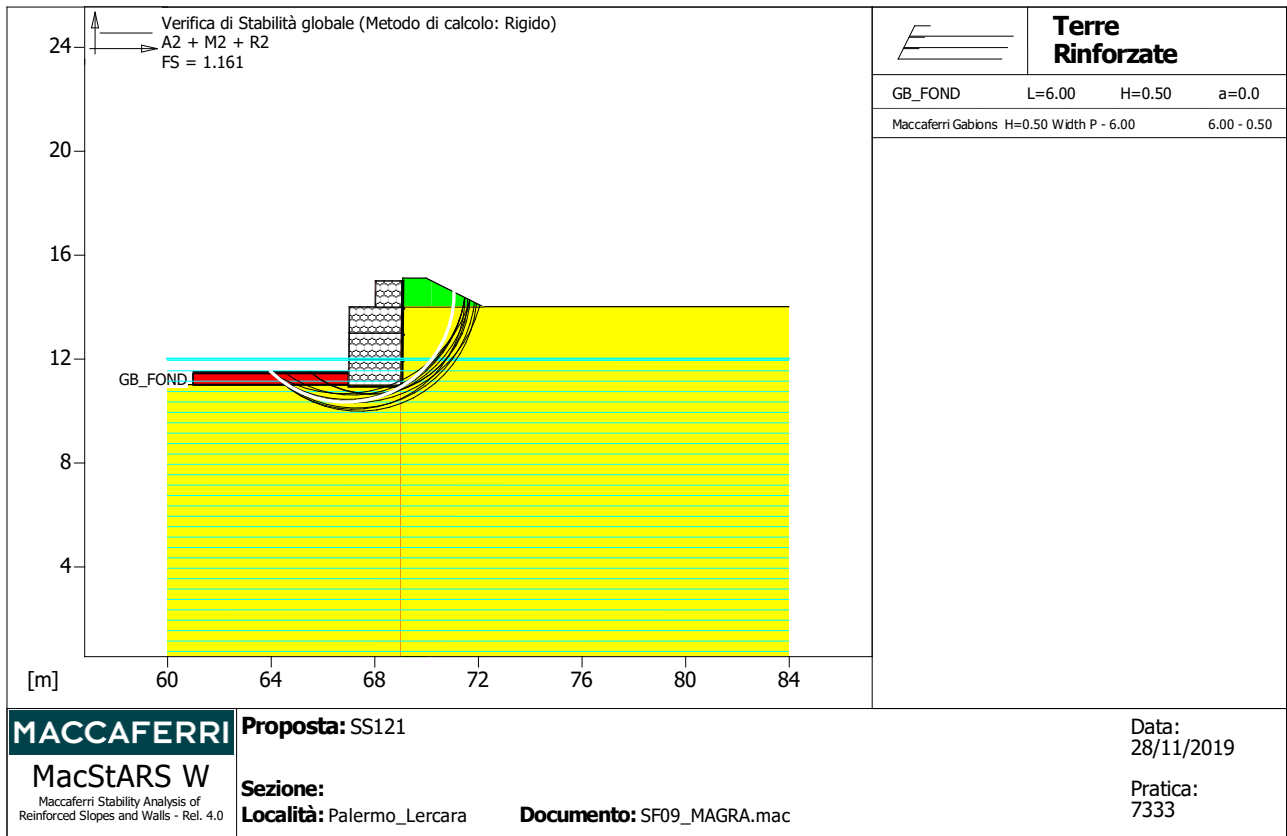
Combinazione di carico : A1 + M1 + R3

Stabilità verificata sul blocco : GB

Forza Stabilizzante.....[kN/m]..... : 47.53
 Forza Instabilizzante.....[kN/m]..... : 22.27
 Classe scorrimento.....: Coeff. parziale R - Scorrimento
 Coefficiente di sicurezza allo scorrimento..... : 1.940
 Momento Stabilizzante.....[kN*m/m]..... : 150.03
 Momento Instabilizzante.....[kN*m/m]..... : 29.69
 Classe momento.....: Coeff. parziale R - Ribaltamento
 Coefficiente di sicurezza al ribaltamento..... : 4.394
 Pressione ultima calcolata con metodo dell'equilibrio limite.

Pressione ultima.....[kN/m²]..... : 126.52
 Pressione media agente.....[kN/m²]..... : 61.11
 Classe pressione.....: Coeff. parziale R - Capacità portante
 Coefficiente di sicurezza sulla capacità portante..... : 1.479
 Fondazione equivalente.....[m]..... : 2.00
 Eccentricità forza normale.....[m]..... : 0.00
 Braccio momento.....[m]..... : 1.33
 Forza normale.....[kN]..... : 121.09
 Pressione estremo di valle.....[kN/m²]..... : 60.54
 Pressione estremo di monte.....[kN/m²]..... : 60.54

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



MACCAFERRI
MacStARS W
Maccaferri Stability Analysis of Reinforced Slopes and Walls - Rel. 4.0

Proposta: SS121
Sezione:
Località: Palermo_Lercara
Documento: SF09_MAGRA.mac

Data:
 28/11/2019
Pratica:
 7333

Verifica di stabilità globale :

Combinazione di carico : A2 + M2 + R2
 Calcolo delle forze nei rinforzi col metodo rigido
 Ricerca delle superfici critiche col metodo di Bishop
 Coefficiente di sicurezza minimo calcolato.....: 1.161

Intervallo di ricerca delle superfici

Segmento di partenza, ascisse [m]		Segmento di arrivo, ascisse [m]	
Primo punto	Secondo punto	Primo punto	Secondo punto
64.00	66.00	68.00	74.00

Numero punti avvio superfici sul segmento di partenza.....: 5
 Numero totale superfici di prova.....: 105
 Lunghezza segmenti delle superfici..... [m].....: 0.50
 Angolo limite orario..... [°].....: 0.00
 Angolo limite antiorario..... [°].....: 0.00

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

Officine Maccaferri non è responsabile dei disegni e dei calcoli trasmessi al Cliente sulla base dei dati forniti dal medesimo, né è responsabile del progetto e delle verifiche sui luoghi che dovessero successivamente realizzarsi senza specifico incarico.

Il presente elaborato è stato realizzato sulla base dei prodotti di Officine Maccaferri ai soli fini dell'elaborazione dell'offerta. Pertanto Officine Maccaferri non è responsabile in caso di un uso dell'elaborato con prodotti diversi da quelli di Officine Maccaferri o, comunque, non controllato da parte di Officine Maccaferri stessa.

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

Proposta...: SS121

Sezione.....:

Località.....: Palermo_Lercara

Pratica.....: 7333

File.....: SF09_PIENA.mac

Data.....: 28/11/2019

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

SOMMARIO

PROFILI STRATIGRAFICI

Strato: LSA_A

Descrizione:

Terreno : LSA

X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]
60.00	11.00	69.00	11.00	69.01	14.00	84.00	14.00

Strato: RIL

Descrizione:

Terreno : RS

X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]
69.01	14.00	69.10	15.10	70.00	15.10	72.20	14.00

PROFILI FALDE FREATICHE

Falda: F

Descrizione:

X	Y	Y	P	X	Y	Y	P
[m]	[m]	[m]	[kN/m ²]	[m]	[m]	[m]	[kN/m ²]
60.00	14.60			68.00	14.60		
70.00	14.00			84.00	14.00		

MURI IN GABBIONI

Muro : GB

Coordinate Origine.....[m].....: Ascissa.....= 67.00 Ordinata.....= 11.00
 Rotazione muro.....[°].....= 0.00

Materiale riempimento gabbioni.....: GAB
 Terreno di riempimento a tergo.....: RS
 Terreno di copertura.....: RS
 Terreno di fondazione.....: LSA_A

Strato	Lunghezza [m]	Altezza [m]	Distanza [m]	Pu [kN/m ³]
1	2.00	1.00	0.00	72.59
2	2.00	1.00	0.00	72.59
3	2.00	1.00	0.00	72.59
4	1.00	1.00	1.00	72.59

Gabbioni senza diaframmi

Maglia 8x10 Diametro filo 2,7 [mm]
 Classe Pu : Pu

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

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

BLOCCHI RINFORZATI

Blocco : GB_FOND

Dati principali.....[m].....: Larghezza.....= 6.00 Altezza.....= 0.50
 Coordinate Origine.....[m].....: Ascissa.....= 61.00 Ordinata.....= 11.00
 Inclinazione paramento...[°].....: 0.00

Terreno riempimento gabbioni.....: GAB
 Rilevato strutturale - materiale tipo.....: Ghiaia
 Rilevato strutturale.....: GAB

Terreno di riempimento a tergo.....: GAB
Terreno di copertura.....: GAB
Terreno di fondazione.....: LSA_A

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

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

Rinforzi :

Maccaferri - Gabions H=0.50 - Width P - 6.00

Lunghezza.....[m] = 6.00

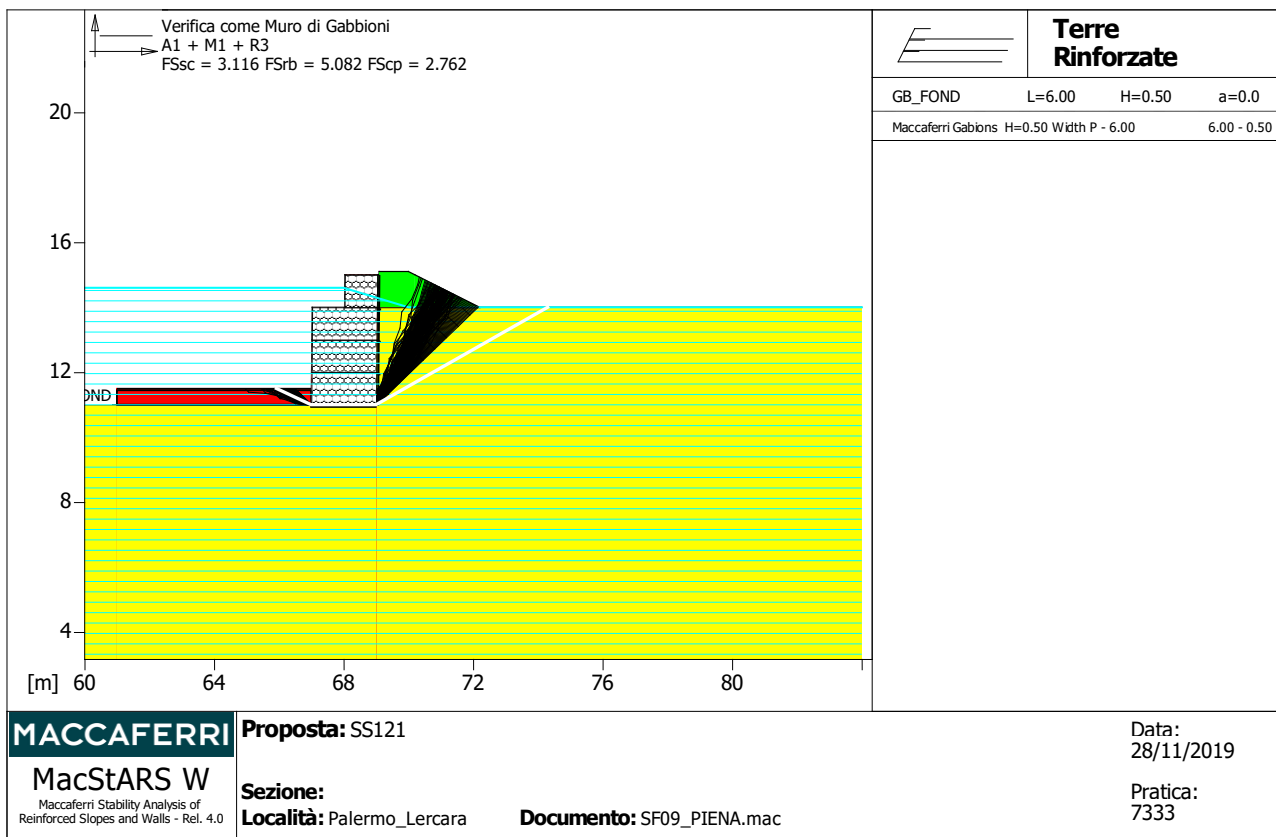
Gabbione.....[m] : Altezza..... = 0.50 Larghezza..... = 6.00

PROPRIETA' DEI RINFORZI UTILIZZATI

Maccaferri - Gabions H=0.50 - Width P - 6.00

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
Rigidezza estensionale.....	[kN/m].....	500.00
Lunghezza minima di ancoraggio.....	[m].....	0.15
Coefficiente di sicurezza alla rottura (ghiaia).....		1.26
Coefficiente di sicurezza al Pull-out.....		1.00
Coefficiente di sicurezza alla rottura (sabbia).....		1.09
Coefficiente di sicurezza al Pull-out.....		1.00
Coefficiente di sicurezza alla rottura (limo).....		1.09
Coefficiente di sicurezza al Pull-out		1.00
Coefficiente di sicurezza alla rottura (argilla).....		1.09
Coefficiente di sicurezza al Pull-out.....		1.00
Coefficiente di interazione rinforzo-rinforzo.....		0.30
Coefficiente di sfilamento rinforzo-ghiaia.....		0.90
Coefficiente di sfilamento rinforzo-sabbia.....		0.65
Coefficiente di sfilamento rinforzo-limo.....		0.50
Coefficiente di sfilamento rinforzo-argilla.....		0.30

VERIFICHE



Verifica come muro di sostegno :

Combinazione di carico : A1 + M1 + R3

Stabilità verificata sul blocco : GB

Forza Stabilizzante.....[kN/m].....: 54.49

Forza Instabilizzante.....[kN/m].....: 15.90

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

Coefficiente di sicurezza allo scorrimento.....: 3.116

Momento Stabilizzante.....[kN*m/m].....: 127.42

Momento Instabilizzante.....[kN*m/m].....: 21.80

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

Coefficiente di sicurezza al ribaltamento.....: 5.082

Pressione ultima calcolata con metodo dell'equilibrio limite.

Pressione ultima.....[kN/m²].....: 154.44

Pressione media agente.....[kN/m²].....: 39.94

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

Coefficiente di sicurezza sulla capacità portante.....: 2.762

Fondazione equivalente.....[m].....: 2.00

Eccentricità forza normale.....[m].....: 0.00

Braccio momento.....[m].....: 1.37

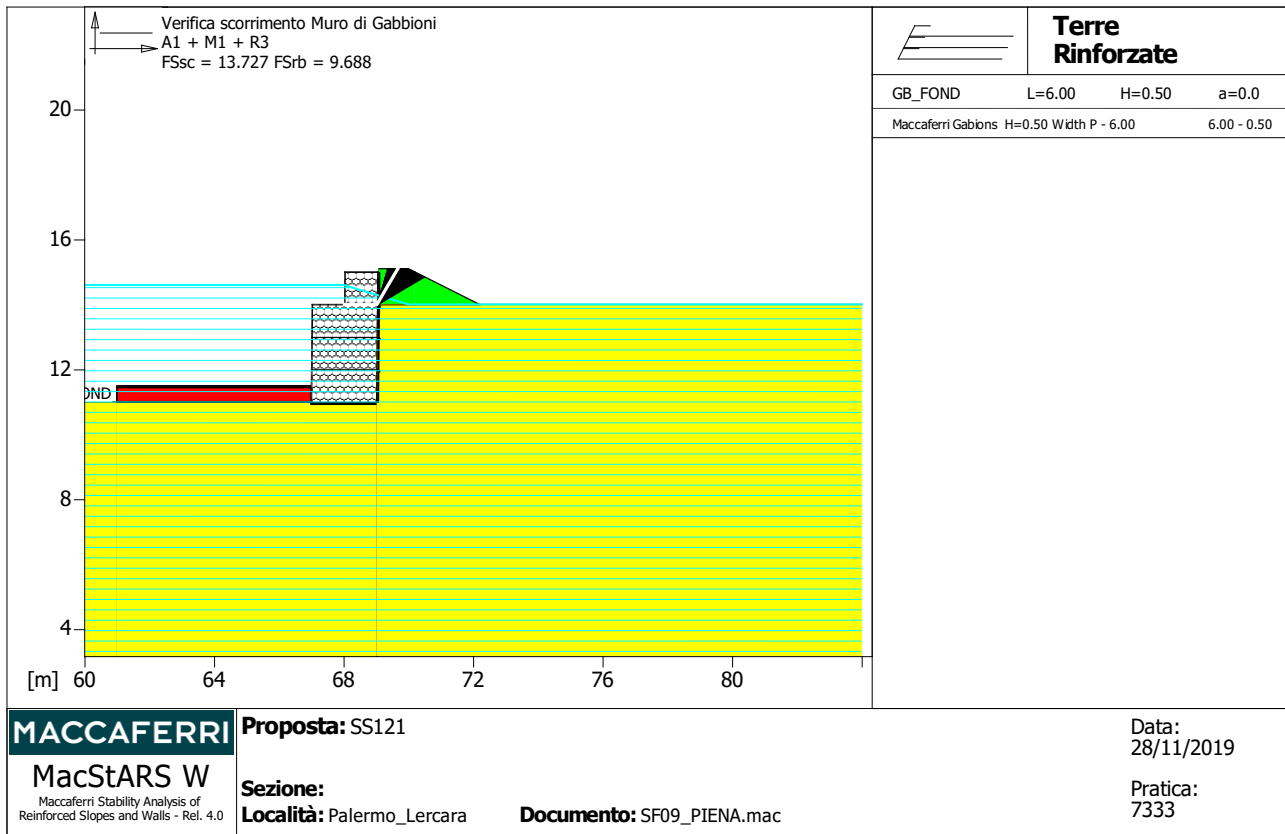
Forza normale.....[kN].....: 79.87

Pressione estremo di valle.....[kN/m²].....: 39.94

Pressione estremo di monte.....[kN/m²].....: 39.94

Fattore	Classe
1.00	Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza a taglio
1.00	Coeff. Parziale - Coesione efficace
1.00	Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - favorevole
1.10	Coeff. parziale R - Scorrimento

1.40 Coeff. parziale R - Capacità portante
1.15 Coeff. parziale R - Ribaltamento



Verifica di resistenza interna :

Combinazione di carico : A1 + M1 + R3

Stabilità verificata sul blocco : GB

Forza Stabilizzante.....[kN/m]..... : 31.19

Forza Instabilizzante.....[kN/m]..... : 2.07

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

Coefficiente di sicurezza allo scorrimento..... : 13.727

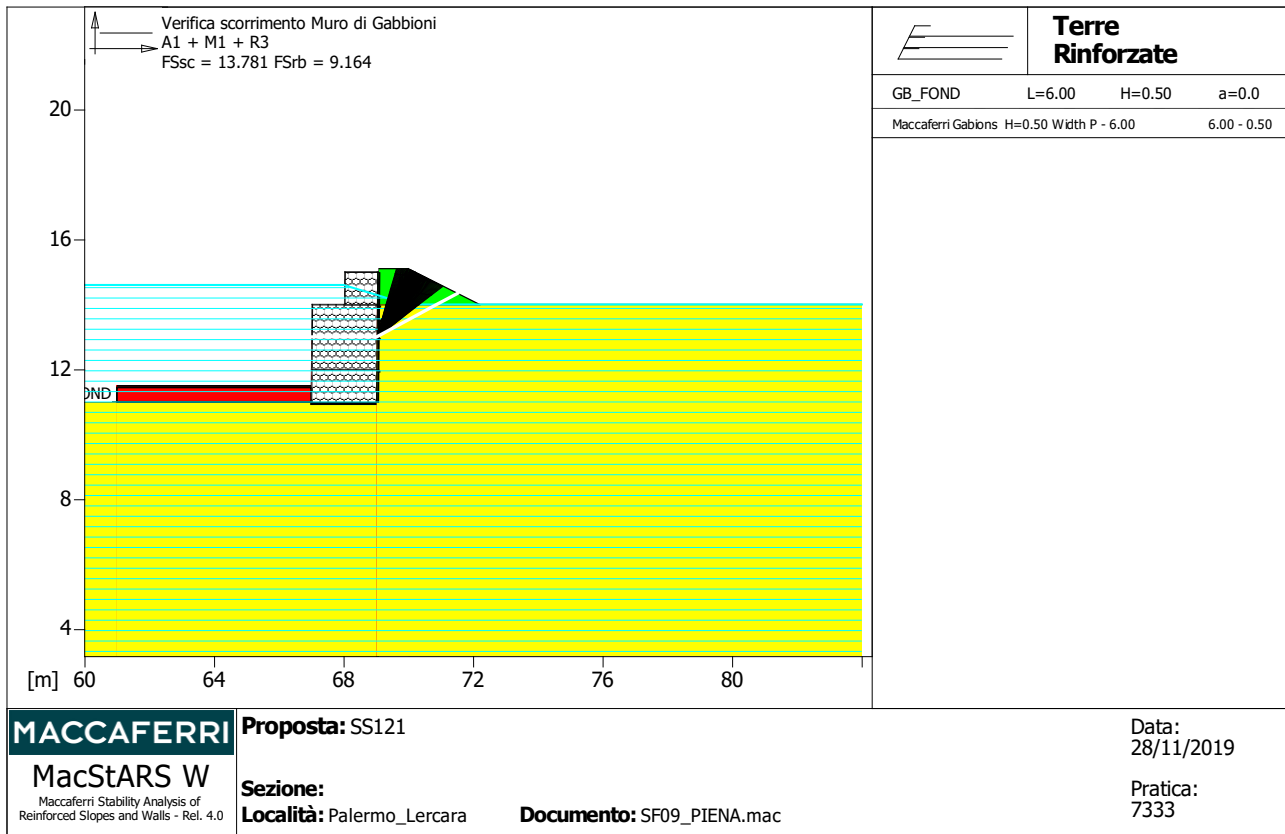
Momento Stabilizzante.....[kN*m/m]..... : 9.12

Momento Instabilizzante.....[kN*m/m]..... : 0.82

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

Coefficiente di sicurezza al ribaltamento..... : 9.688

Fattore	Classe
1.00	Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza a taglio
1.00	Coeff. Parziale - Coesione efficace
1.00	Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - favorevole
1.10	Coeff. parziale R - Scorrimento
1.15	Coeff. parziale R - Ribaltamento



Verifica di resistenza interna :

Combinazione di carico : A1 + M1 + R3

Stabilità verificata sul blocco : GB

Forza Stabilizzante.....[kN/m]..... : 69.20

Forza Instabilizzante.....[kN/m]..... : 4.56

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

Coefficiente di sicurezza allo scorrimento..... : 13.781

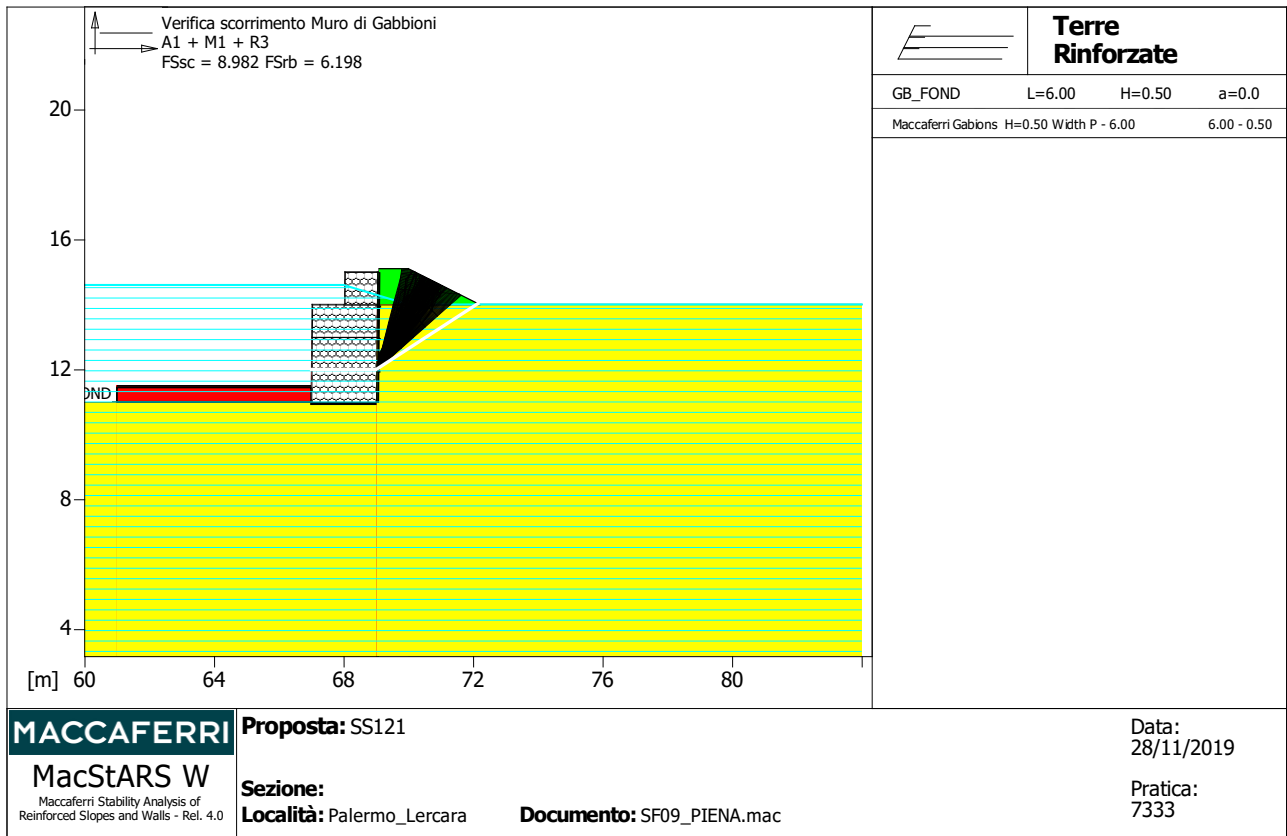
Momento Stabilizzante.....[kN*m/m]..... : 51.88

Momento Instabilizzante.....[kN*m/m]..... : 4.92

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

Coefficiente di sicurezza al ribaltamento..... : 9.164

Fattore	Classe
1.00	Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza a taglio
1.00	Coeff. Parziale - Coesione efficace
1.00	Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - favorevole
1.10	Coeff. parziale R - Scorrimento
1.15	Coeff. parziale R - Ribaltamento



Verifica di resistenza interna :

Combinazione di carico : A1 + M1 + R3

Stabilità verificata sul blocco : GB

Forza Stabilizzante.....[kN/m]..... : 93.00

Forza Instabilizzante.....[kN/m]..... : 9.41

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

Coefficiente di sicurezza allo scorrimento..... : 8.982

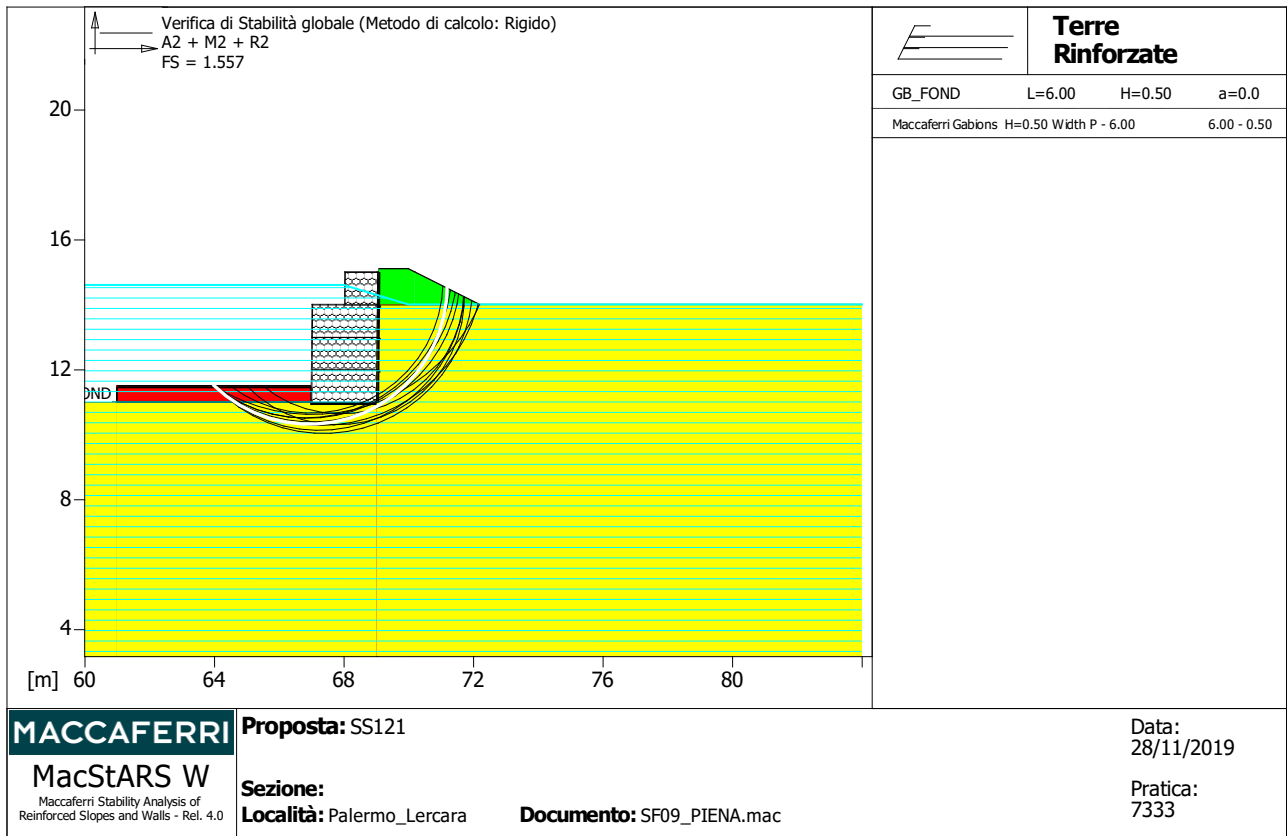
Momento Stabilizzante.....[kN*m/m]..... : 87.54

Momento Instabilizzante.....[kN*m/m]..... : 12.28

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

Coefficiente di sicurezza al ribaltamento..... : 6.198

Fattore	Classe
1.00	Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza a taglio
1.00	Coeff. Parziale - Coesione efficace
1.00	Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - favorevole
1.10	Coeff. parziale R - Scorrimento
1.15	Coeff. parziale R - Ribaltamento



Verifica di stabilità globale :

Combinazione di carico : A2 + M2 + R2

Calcolo delle forze nei rinforzi col metodo rigido

Ricerca delle superfici critiche col metodo di Bishop

Coefficiente di sicurezza minimo calcolato.....: 1.557

Intervallo di ricerca delle superfici

Segmento di partenza, ascisse [m]		Segmento di arrivo, ascisse [m]	
Primo punto	Secondo punto	Primo punto	Secondo punto
64.00	67.00	68.00	73.00

Numero punti avvio superfici sul segmento di partenza.....: 7

Numero totale superfici di prova.....: 105

Lunghezza segmenti delle superfici..... [m].....: 0.50

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

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

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

Officine Maccaferri non è responsabile dei disegni e dei calcoli trasmessi al Cliente sulla base dei dati forniti dal medesimo, né è responsabile del progetto e delle verifiche sui luoghi che dovessero successivamente realizzarsi senza specifico incarico.

Il presente elaborato è stato realizzato sulla base dei prodotti di Officine Maccaferri ai soli fini dell'elaborazione dell'offerta. Pertanto Officine Maccaferri non è responsabile in caso di un uso dell'elaborato con prodotti diversi da quelli di Officine Maccaferri o, comunque, non controllato da parte di Officine Maccaferri stessa.

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

Proposta...: SS121

Sezione.....:

Località.....: Palermo_Lercara

Pratica.....: 7333

File.....: SF09_SISMA.mac

Data.....: 28/11/2019

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

SOMMARIO

CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DEI TERRENI

Terreno : GAB	Descrizione : Riempimento gabbioni
Classe coesione.....	: Coeff. Parziale - Coesione efficace
Coesione.....	[kN/m ²]..... : 17.00
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]..... : 17.50
Peso specifico in falda.....	[kN/m ³]..... : 19.00
Modulo elastico.....	[kN/m ²]..... : 0.00
Coefficiente di Poisson.....	: 0.30

Terreno : LSA	Descrizione :
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.....	[°]..... : 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 ³]..... : 17.50
Peso specifico in falda.....	[kN/m ³]..... : 20.00
Modulo elastico.....	[kN/m ²]..... : 0.00
Coefficiente di Poisson.....	: 0.30

Terreno : LSA_A	Descrizione :
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.....	[°]..... : 20.00
Rapporto di pressione interstiziale (Ru).....	: 0.00
Classe di peso.....	: Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - favorevole
Peso specifico sopra falda.....	[kN/m ³]..... : 20.00
Peso specifico in falda.....	[kN/m ³]..... : 20.00
Modulo elastico.....	[kN/m ²]..... : 0.00
Coefficiente di Poisson.....	: 0.30

Terreno : RS	Descrizione : Rilevato stradale
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.....	[°]..... : 38.00
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]..... : 20.00
Modulo elastico.....	[kN/m ²]..... : 0.00
Coefficiente di Poisson.....	: 0.30

PROFILI STRATIGRAFICI**Strato: LSA_A**

Descrizione:

Terreno : LSA

X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]
60.00	11.00	69.00	11.00	69.01	14.00	84.00	14.00

Strato: RIL

Descrizione:

Terreno : RS

X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]
69.01	14.00	69.10	15.10	70.00	15.10	72.20	14.00

PROFILI FALDE FREATICHE**Falda: F**

Descrizione:

X	Y	Y	P	X	Y	Y	P
[m]	[m]	[m]	[kN/m ²]	[m]	[m]	[m]	[kN/m ²]
60.00	12.00			68.00	12.00		
70.00	12.00			84.00	12.00		

MURI IN GABBIONI**Muro : GB**

Coordinate Origine.....[m].....: Ascissa.....= 67.00 Ordinata.....= 11.00
 Rotazione muro.....[°].....= 0.00

Materiale riempimento gabbioni.....: GAB
 Terreno di riempimento a tergo.....: RS
 Terreno di copertura.....: RS
 Terreno di fondazione.....: LSA_A

Strato	Lunghezza [m]	Altezza [m]	Distanza [m]	Pu [kN/m ³]
1	2.00	1.00	0.00	72.59
2	2.00	1.00	0.00	72.59
3	2.00	1.00	0.00	72.59
4	1.00	1.00	1.00	72.59

Gabbioni senza diaframmi

Maglia 8x10

Diametro filo 2,7 [mm]

Classe Pu

: Pu

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

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

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

BLOCCHI RINFORZATI**Blocco : GB_FOND**

Dati principali.....[m].....: Larghezza.....= 6.00 Altezza.....= 0.50
 Coordinate Origine.....[m].....: Ascissa.....= 61.00 Ordinata.....= 11.00
 Inclinazione paramento...[°].....: 0.00

Terreno riempimento gabbioni.....: GAB
 Rilevato strutturale - materiale tipo.....: Ghiaia
 Rilevato strutturale.....: GAB

Terreno di riempimento a tergo..... : GAB
 Terreno di copertura..... : GAB
 Terreno di fondazione..... : LSA_A

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

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

Rinforzi :

Maccaferri - Gabions H=0.50 - Width P - 6.00

Lunghezza.....[m] = 6.00

Gabbione.....[m] : Altezza..... = 0.50 Larghezza..... = 6.00

CARICHI**Sisma :**

Classe : Sisma

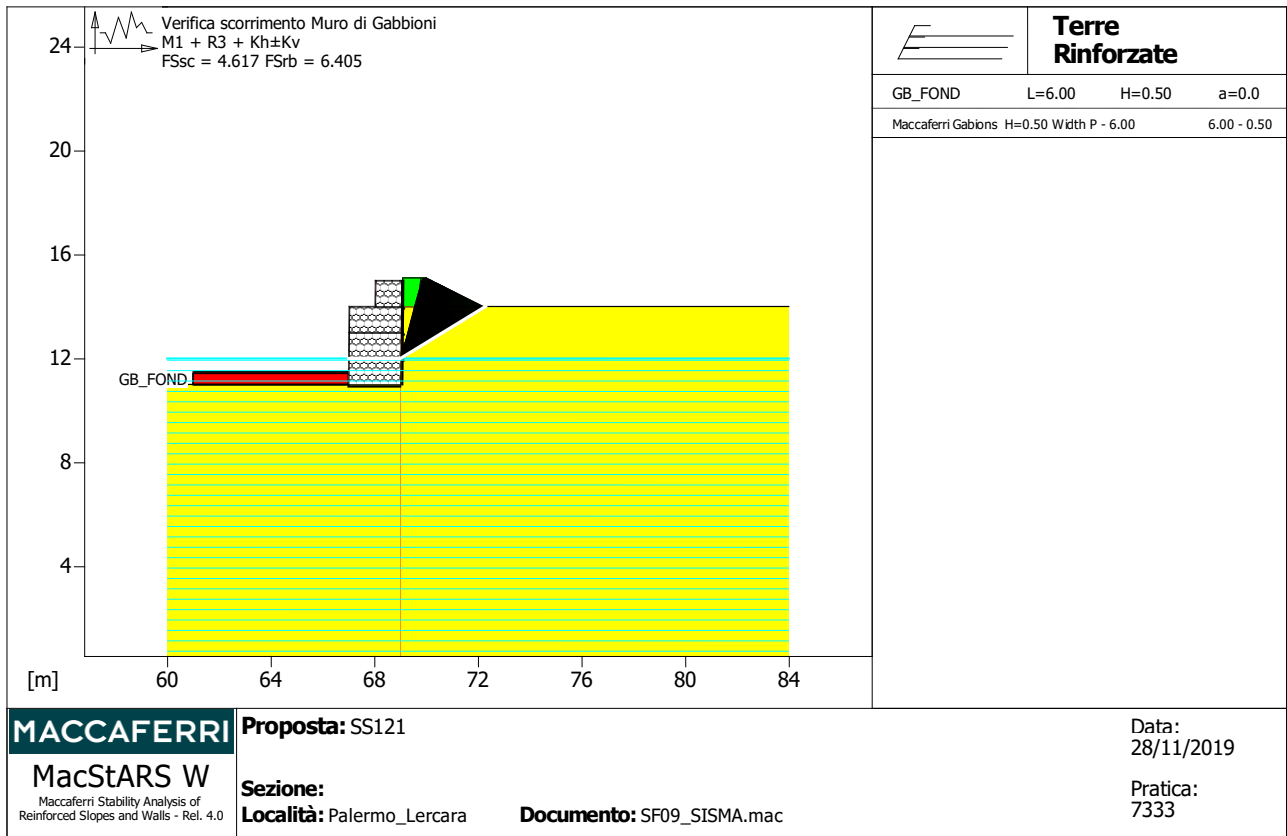
Accelerazione.....[m/s²] : Orizzontale..... = 0.89 Verticale..... = 0.44

PROPRIETA' DEI RINFORZI UTILIZZATI

Maccaferri - Gabions H=0.50 - Width P - 6.00

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
Rigidezza estensionale.....	[kN/m].....	500.00
Lunghezza minima di ancoraggio.....	[m].....	0.15
Coefficiente di sicurezza alla rottura (ghiaia).....		1.26
Coefficiente di sicurezza al Pull-out.....		1.00
Coefficiente di sicurezza alla rottura (sabbia).....		1.09
Coefficiente di sicurezza al Pull-out.....		1.00
Coefficiente di sicurezza alla rottura (limo).....		1.09
Coefficiente di sicurezza al Pull-out		1.00
Coefficiente di sicurezza alla rottura (argilla).....		1.09
Coefficiente di sicurezza al Pull-out.....		1.00
Coefficiente di interazione rinforzo-rinforzo.....		0.30
Coefficiente di sfilamento rinforzo-ghiaia.....		0.90
Coefficiente di sfilamento rinforzo-sabbia.....		0.65
Coefficiente di sfilamento rinforzo-limo.....		0.50
Coefficiente di sfilamento rinforzo-argilla.....		0.30

VERIFICHE



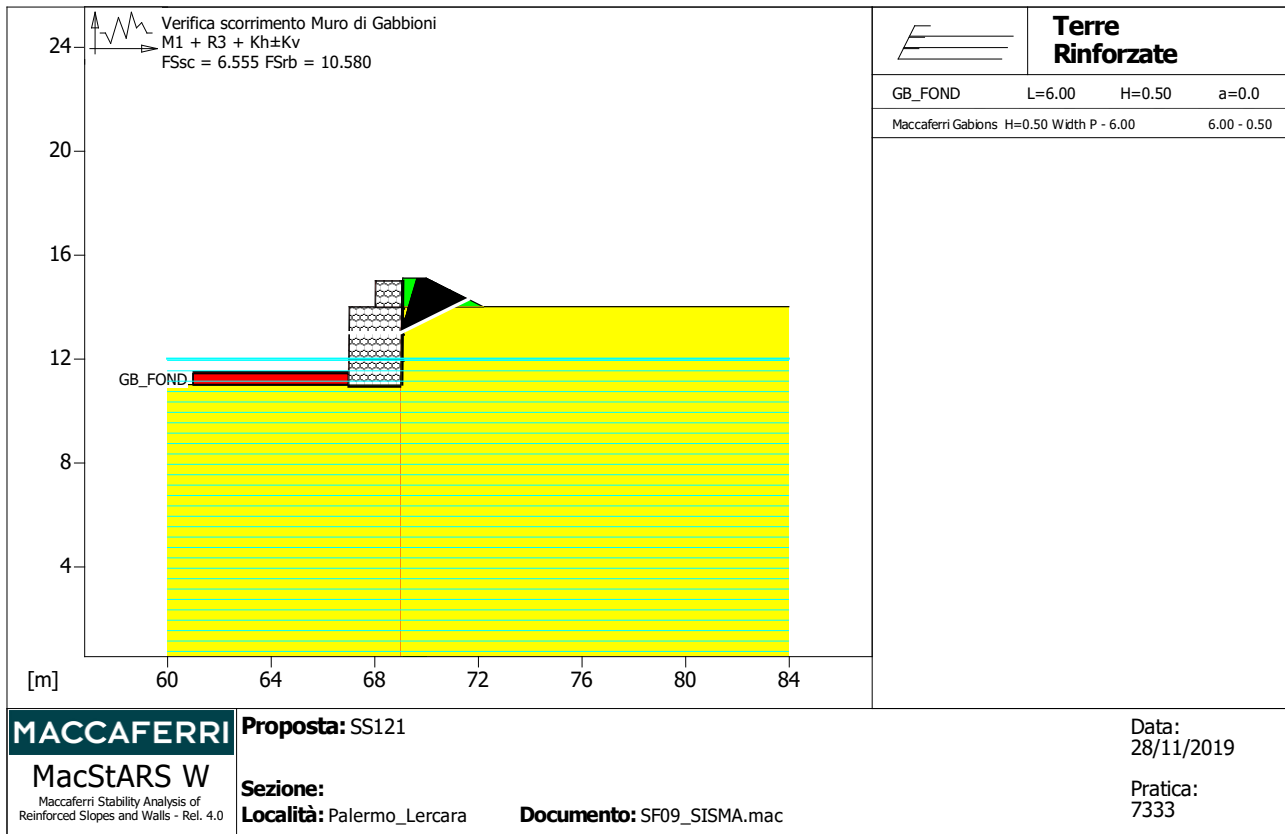
Verifica di resistenza interna :

Combinazione di carico : M1 + R3 + Kh±Kv

Stabilità verificata sul blocco : GB

Forza Stabilizzante.....	[kN/m].....	113.94
Forza Instabilizzante.....	[kN/m].....	24.68
Classe scorrimento.....	Coeff. parziale R - Scorrimento	
Coefficiente di sicurezza allo scorrimento.....		4.617
Momento Stabilizzante.....	[kN*m/m].....	112.20
Momento Instabilizzante.....	[kN*m/m].....	17.52
Classe momento.....	Coeff. parziale R - Ribaltamento	
Coefficiente di sicurezza al ribaltamento.....		6.405

Fattore	Classe
1.00	Sisma
1.00	Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza a taglio
1.00	Coeff. Parziale - Coesione efficace
1.00	Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - favorevole
1.00	Coeff. parziale R - Scorrimento
1.00	Coeff. parziale R - Ribaltamento



Verifica di resistenza interna :

Combinazione di carico : M1 + R3 + Kh±Kv

Stabilità verificata sul blocco : GB

Forza Stabilizzante.....[kN/m]..... : 80.48

Forza Instabilizzante.....[kN/m]..... : 12.28

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

Coefficiente di sicurezza allo scorrimento..... : 6.555

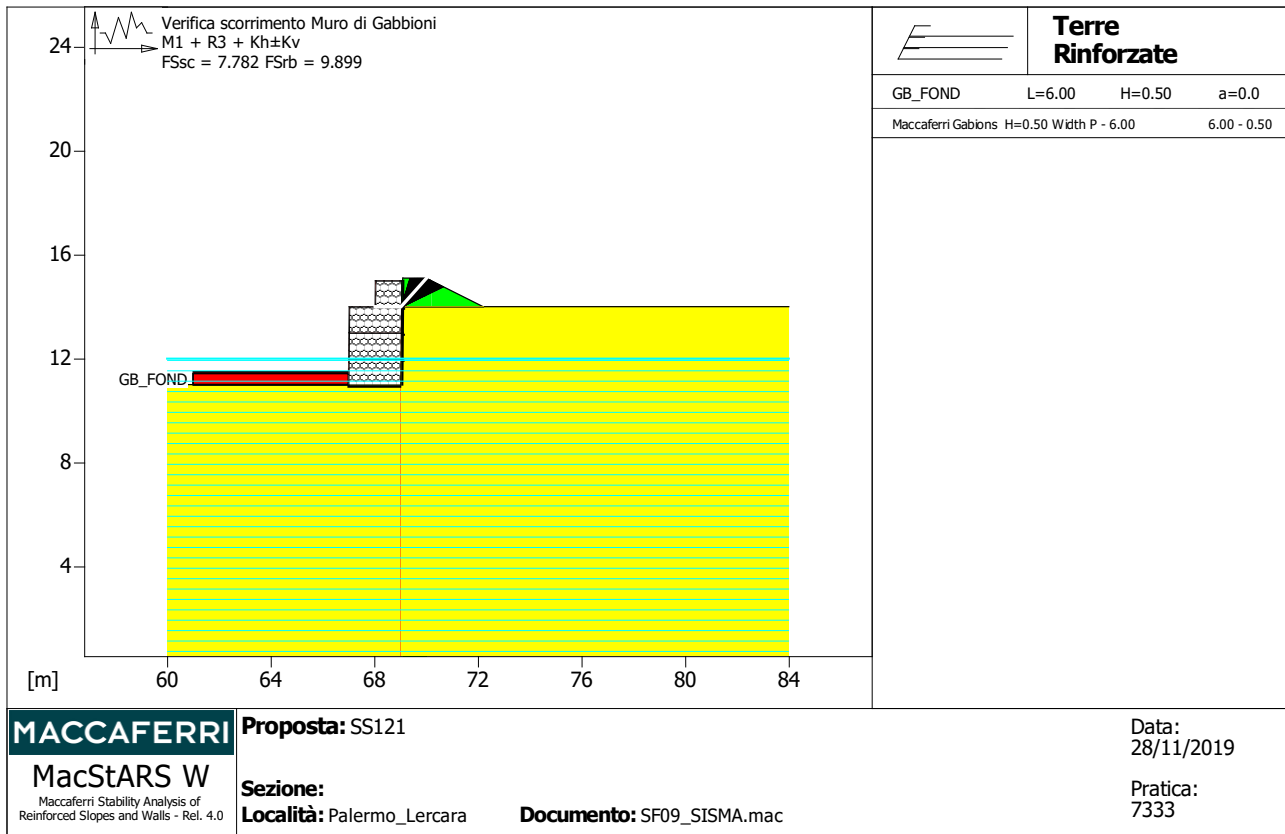
Momento Stabilizzante.....[kN*m/m]..... : 67.77

Momento Instabilizzante.....[kN*m/m]..... : 6.41

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

Coefficiente di sicurezza al ribaltamento..... : 10.580

Fattore	Classe
1.00	Sisma
1.00	Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza a taglio
1.00	Coeff. Parziale - Coesione efficace
1.00	Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - favorevole
1.00	Coeff. parziale R - Scorrimento
1.00	Coeff. parziale R - Ribaltamento



Verifica di resistenza interna :

Combinazione di carico : M1 + R3 + Kh±Kv

Stabilità verificata sul blocco : GB

Forza Stabilizzante.....[kN/m]..... : 32.57

Forza Instabilizzante.....[kN/m]..... : 4.19

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

Coefficiente di sicurezza allo scorrimento..... : 7.782

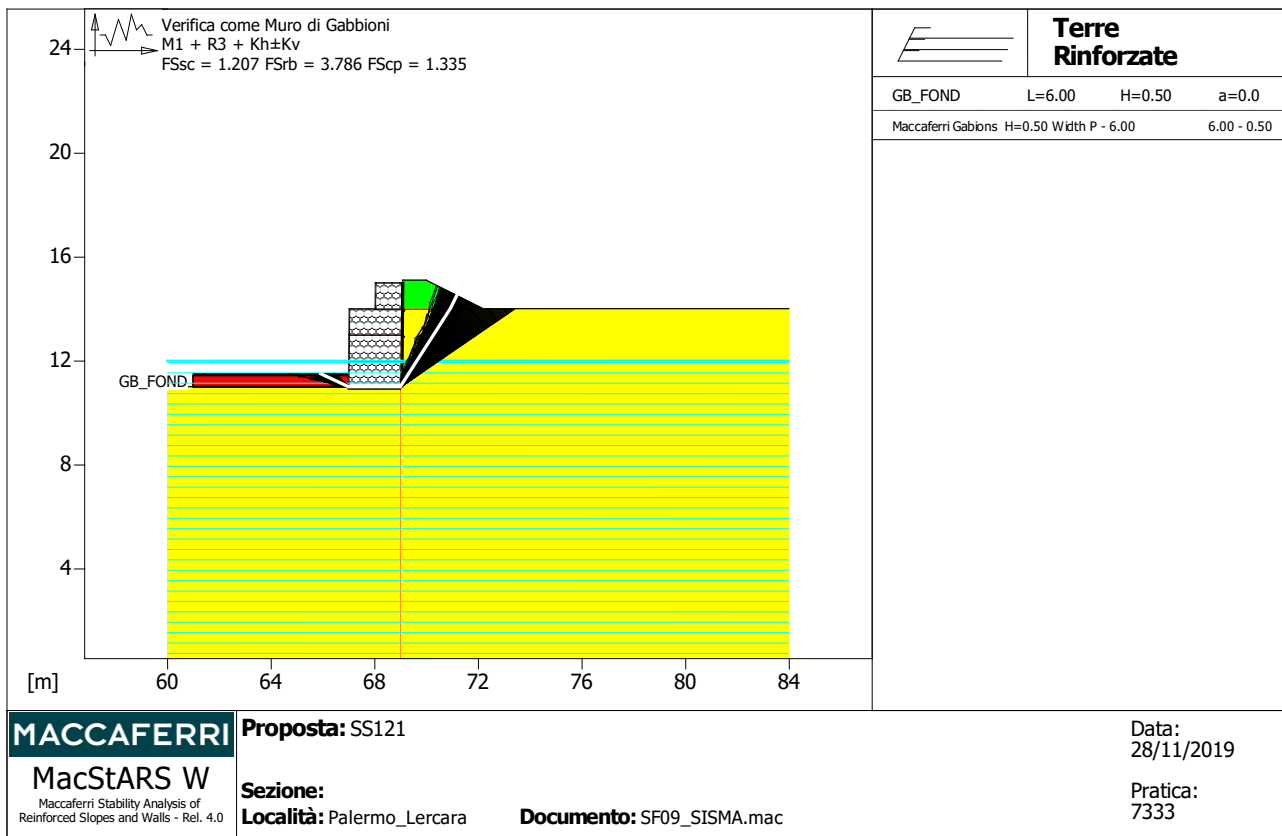
Momento Stabilizzante.....[kN*m/m]..... : 10.00

Momento Instabilizzante.....[kN*m/m]..... : 1.01

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

Coefficiente di sicurezza al ribaltamento..... : 9.899

Fattore	Classe
1.00	Sisma
1.00	Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza a taglio
1.00	Coeff. Parziale - Coesione efficace
1.00	Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - favorevole
1.00	Coeff. parziale R - Scorrimento
1.00	Coeff. parziale R - Ribaltamento



Verifica come muro di sostegno :

Combinazione di carico : M1 + R3 + Kh±Kv

Stabilità verificata sul blocco : GB

Forza Stabilizzante.....[kN/m]..... : 46.50

Forza Instabilizzante.....[kN/m]..... : 38.51

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

Coefficiente di sicurezza allo scorrimento..... : 1.207

Momento Stabilizzante.....[kN*m/m]..... : 129.08

Momento Instabilizzante.....[kN*m/m]..... : 34.09

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

Coefficiente di sicurezza al ribaltamento..... : 3.786

Pressione ultima calcolata con metodo dell'equilibrio limite.

Pressione ultima.....[kN/m²]..... : 113.23

Pressione media agente.....[kN/m²]..... : 70.70

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

Coefficiente di sicurezza sulla capacità portante..... : 1.335

Fondazione equivalente.....[m]..... : 1.66

Eccentricità forza normale.....[m]..... : 0.17

Braccio momento.....[m]..... : 0.89

Forza normale.....[kN]..... : 114.41

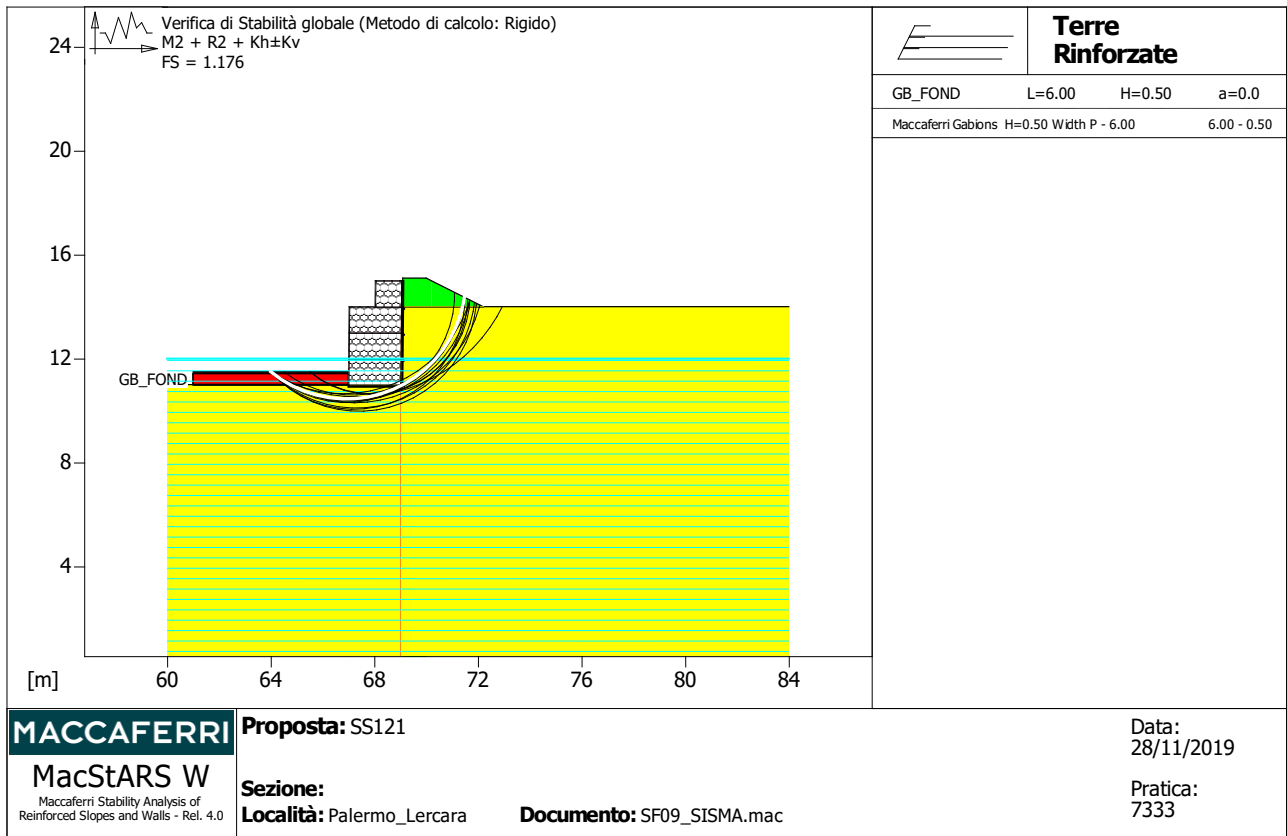
Pressione estremo di valle.....[kN/m²]..... : 86.34

Pressione estremo di monte.....[kN/m²]..... : 28.07

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

1.00

Coeff. parziale R - Ribaltamento



MACCAFERRI
MacStARS W
Maccaferri Stability Analysis of Reinforced Slopes and Walls - Rel. 4.0

Proposta: SS121
Sezione:
Località: Palermo_Lercara
Documento: SF09_SISMA.mac

Data:
 28/11/2019
Pratica:
 7333

Verifica di stabilità globale :

Combinazione di carico : M2 + R2 + Kh±Kv
 Calcolo delle forze nei rinforzi col metodo rigido
 Ricerca delle superfici critiche col metodo di Bishop
 Coefficiente di sicurezza minimo calcolato.....: 1.176

Intervallo di ricerca delle superfici

Segmento di partenza, ascisse [m]		Segmento di arrivo, ascisse [m]	
Primo punto	Secondo punto	Primo punto	Secondo punto
64.00	66.00	68.00	74.00

Numero punti avvio superfici sul segmento di partenza.....: 5
 Numero totale superfici di prova.....: 105
 Lunghezza segmenti delle superfici..... [m].....: 0.50
 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 - Peso dell'unità di volume - favorevole
1.00	Fs Rottura Rinforzi
1.00	Fs Sfilamento Rinforzi
1.20	Coeff. Parziale R - Stabilità

Officine Maccaferri non è responsabile dei disegni e dei calcoli trasmessi al Cliente sulla base dei dati forniti dal medesimo, né è responsabile del progetto e delle verifiche sui luoghi che dovessero successivamente realizzarsi senza specifico incarico.

Il presente elaborato è stato realizzato sulla base dei prodotti di Officine Maccaferri ai soli fini dell'elaborazione dell'offerta. Pertanto Officine Maccaferri non è responsabile in caso di un uso dell'elaborato con prodotti diversi da quelli di Officine Maccaferri o, comunque, non controllato da parte di Officine Maccaferri stessa.
