

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA - PALERMO

NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA

U.O. INFRASTRUTTURE SUD

PROGETTO DEFINITIVO

TRATTA LERCARA DIR. - CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3)

Opere di sostegno viabilità - Lotto 3b

NV58: Paratie di pali MU83C

Relazione di calcolo

SCALA:

-

COMMESSA LOTTO FASE ENTE TIPO DOC. OPERA/DISCIPLINA PROGR. REV.

RS3T 30 D 78 CL MU83C0 001 C

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Emissione Esecutiva	ATI Sintagma Rocksoil - Edin	Feb-2020	A.Di Costanzo	Feb-2020	A.Barreca	Feb-2020	D.Tiberti
B	Emissione Esecutiva	ATI Sintagma Rocksoil - Edin	Apr-2020	A.Di Costanzo	Apr-2020	A.Barreca	Apr-2020	Mar-2021
C	Emissione Esecutiva	ATI Sintagma Rocksoil - Edin	Mar-2021	A.Di Costanzo	Mar-2021	A.Barreca	Mar-2021	

ITALFERR S.p.A.
Gruppo Ferrovie dello Stato
Direzione Generale
UO Infrastrutture Sud
Dott. Ing. Paolo Tiberti
Ordine degli Ingegneri Prov. di Napoli n. 18078

File: RS3T.3.0.D.78.CL.MU.83.C.0.001.C

n. Elab.: 78_509_9_1

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR- CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) Opere di sostegno viabilità					
NV58: Paratie di pali MU83C	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
Relazione di calcolo	RS3T	30	D 78 CL	MU 83 C0 001	C	1 di 33

INDICE

1	PREMESSA.....	3
1.1	DESCRIZIONE DELL'OPERA	3
2	SCOPO E CONTENUTI DEL DOCUMENTO	5
3	NORMATIVA DI RIFERIMENTO.....	6
4	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI STRUTTURALI	7
5	FASE CONOSCITIVA.....	8
5.1	INQUADRAMENTO GEOTECNICO	8
5.2	CARATTERISTICHE DEL SITO E DEFINIZIONE DELL'AZIONE SISMICA	10
7	CRITERI DI VERIFICA DELLE OPERE – PARATIE	12
7.1	OPERE DI SOSTEGNO.....	12
7.1.1	<i>Azioni</i>	12
7.1.2	<i>Approcci progettuali e metodi di verifica</i>	12
7.1.3	<i>Stabilità globale</i>	14
8	VERIFICA DELLE OPERE.....	15
8.1	FASI DI CALCOLO.....	17
8.2	RISULTATI DELLE ANALISI E VERIFICHE.....	20
8.1	VERIFICHE GEOTECNICHE.....	24
8.1.1	<i>Verifiche SLE</i>	24
8.1.2	<i>Stabilità globale</i>	25
8.2	VERIFICHE STRUTTURALI	26
8.2.1	<i>Verifica a taglio – condizioni statiche</i>	27
8.2.2	<i>Verifica a taglio – condizioni sismiche</i>	27
8.2.3	<i>Verifiche a flessione - condizioni statiche</i>	28
8.2.4	<i>Verifiche strutturali – condizioni sismiche</i>	31

 GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR– CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) Opere di sostegno viabilità					
NV58: Paratie di pali MU83C Relazione di calcolo	COMMESSA RS3T	LOTTO 30	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO MU 83 C0 001	REV. C	FOGLIO 2 di 33

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR– CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) Opere di sostegno viabilità					
NV58: Paratie di pali MU83C	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
Relazione di calcolo	RS3T	30	D 78 CL	MU 83 C0 001	C	3 di 33

1 PREMESSA

La presente relazione riguarda il dimensionamento delle opere di sostegno definitive atte alla costruzione delle opere di sostegno MU83C, dalla progressiva 0+102.12 km alla 0+217.39 km, inquadrare all'interno della Progettazione Definitiva della Direttice Ferroviaria Messina-Catania-Palermo, nuovo collegamento Palermo-Catania, tratta Lercara DIR - Caltanissetta Xirbi (Lotto 3) dalla progressiva chilometrica 0+102.12 alla 0+217.39 km, per uno sviluppo complessivo di 115.27 m.

1.1 Descrizione dell'opera

L'opera si sviluppa per 115 m circa ed è costituita da pali di diametro 600 mm e interasse pari a 0.80 m. Il calcolo viene effettuato per il palo più critico, di lunghezza pari a 10 m. Il cordolo ha un'altezza di 1.20 m quindi l'altezza complessiva dell'opera è di 11.20 m. L'altezza massima di scavo è di circa 4.00 m.

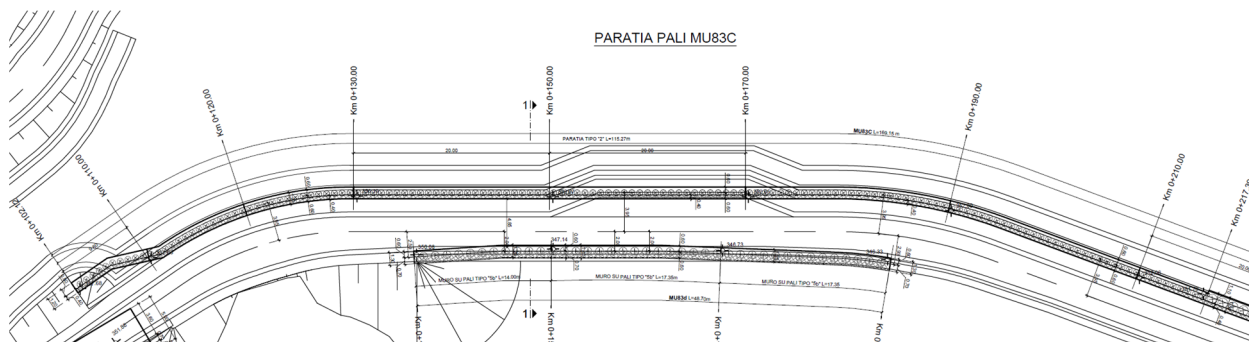


Figura 1-1 Pianta MU83C.

NV58: Paratie di pali MU83C

Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D 78 CL	MU 83 C0 001	C	4 di 33

PROSPETTO
Scala 1:200

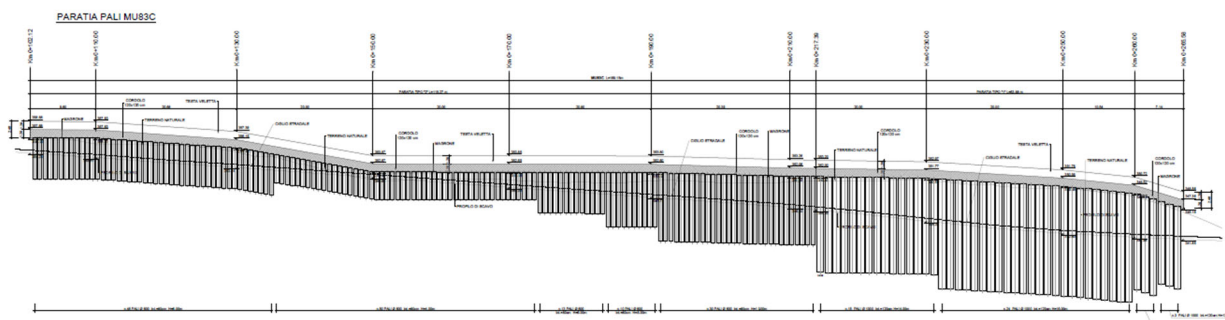


Figura 1-2 - Prospetto MU83C.

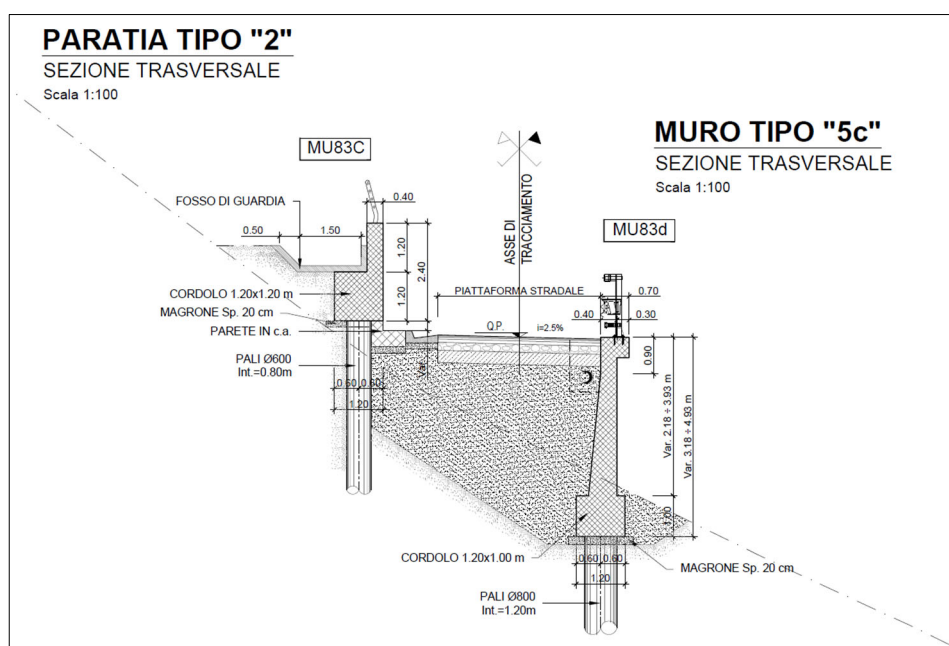


Figura 1-3 - Sezione tipo MU83C.

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR- CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) Opere di sostegno viabilità					
NV58: Paratie di pali MU83C Relazione di calcolo	COMMESSA RS3T	LOTTO 30	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO MU 83 C0 001	REV. C	FOGLIO 5 di 33

2 SCOPO E CONTENUTI DEL DOCUMENTO

Le opere di sostegno in esame consistono in paratie di pali trivellati con diametro nominale di 600 mm ed interasse 0.80 m.

In accordo con la Normativa vigente, al fine di valutare i parametri di azione sismica dell'area, si utilizzano le seguenti coordinate: lat = 37.736472e long.= 13.666408

Si riporta inoltre di seguito in figura la posizione geografica dell'opera in esame.

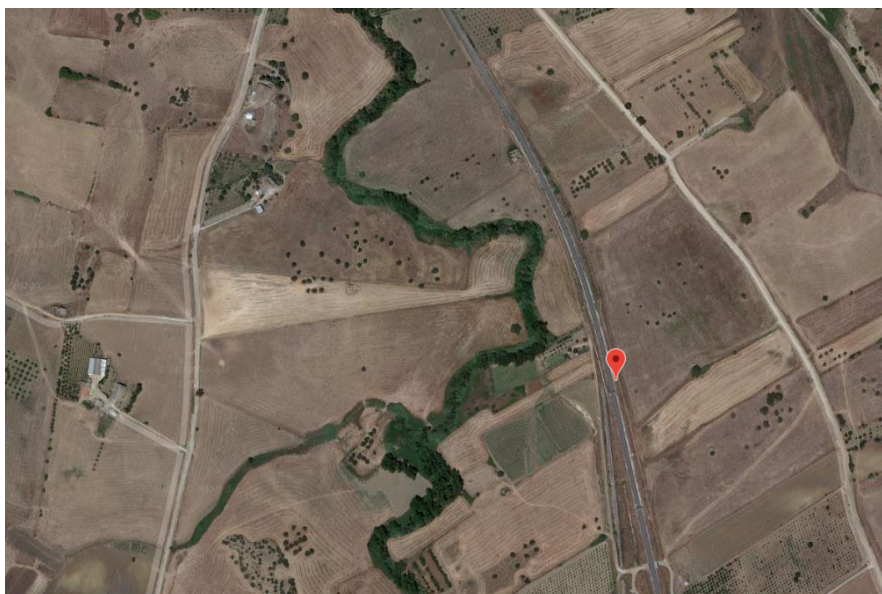


Figura 2-1. Posizione Geografica

Nel seguito si mostrano le principali verifiche strutturali e geotecniche delle opere di sostegno secondo normativa NTC2018.

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR– CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) Opere di sostegno viabilità					
NV58: Paratie di pali MU83C	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
Relazione di calcolo	RS3T	30	D 78 CL	MU 83 C0 001	C	6 di 33

3 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

L'interpretazione dei risultati e la redazione della presente relazione sono stati effettuati nel rispetto della Normativa in vigore.

I principali riferimenti normativi sono i seguenti:

Norme Tecniche per le Costruzioni - D.M. 17-01-18 (NTC-2018);

Circolare n. 7 del 21 gennaio 2019 - Istruzioni per l'Applicazione dell'aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al Decreto Ministeriale 17 gennaio 2018;

Regolamento (UE) N.1299/2014 del 18 novembre 2014 della Commissione Europea.
Relativo alle specifiche tecniche di interoperabilità per il sottosistema “infrastruttura” del sistema ferroviario dell’Unione Europea.

Eurocodici EN 1991-2: 2003/AC:2010 – Eurocodice 1 – Parte 2

RFI DTC SI MA IFS 001 C del 21-12-18 - Manuale di Progettazione delle Opere Civili

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR– CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) Opere di sostegno viabilità					
NV58: Paratie di pali MU83C Relazione di calcolo	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	RS3T	30	D 78 CL	MU 83 C0 001	C	7 di 33

4 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI STRUTTURALI

Si riportano di seguito le principali caratteristiche dei diversi materiali impiegati nelle opere in progetto, con l'indicazione dei valori adottati nelle verifiche, nel rispetto delle indicazioni del DM 17/01/2018 e del “Manuale di progettazione delle opere civili” RFI DTC SI MA IFS 001 C.

Strutture di sostegno provvisionali

Calcestruzzo per pali	
Classe di resistenza	C25/30
Resistenza di progetto a compressione a 28 giorni	$f_{cd} = 0.85 f_{ck}/1.5 = 14.17 \text{ MPa}$
Modulo elastico a 28 giorni	$E_{cm} = 22000(f_{cm}/10)^{0.3} = 29962 \text{ MPa}$

Acciaio per barre di armatura	
Tipo	B450C
Resistenza di progetto	$f_{yd} = f_{yk}/\gamma_s = 391.3 \text{ MPa}$
Tensione massima di compressione in esercizio (DM 17/01/2018).	$\sigma_{lim} = 0.8 f_{yk} = 360 \text{ MPa}$

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR– CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) Opere di sostegno viabilità					
NV58: Paratie di pali MU83C Relazione di calcolo	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	RS3T	30	D 78 CL	MU 83 C0 001	C	8 di 33

5 FASE CONOSCITIVA

Nella fase conoscitiva si acquisiscono gli elementi necessari alla caratterizzazione e modellazione geologica del sito e alla caratterizzazione e modellazione geotecnica del volume significativo del mezzo interessato dall'opera. Nel seguito si riporta un breve inquadramento geologico e la sintesi della caratterizzazione e modellazione geotecnica con specifico riferimento al volume significativo interessato dalle opere.

5.1 Inquadramento geotecnico

I risultati delle indagini geotecniche, in sito e di laboratorio, hanno permesso di definire il modello geotecnico, rappresentativo delle condizioni stratigrafiche e delle caratteristiche fisico-meccaniche dei terreni/rocce interessati dalle opere.

Si definiscono dunque i parametri geotecnici caratteristici utilizzati nelle analisi numeriche mostrate nel seguito.

U.G.	da	a	γ	c'	c_u	ϕ'	E_{op}	ν
[-]	[m]	[m]	[kN/m ³]	[kPa]	[kPa]	[°]	[MPa]	[-]
C	0	5	19	3	-	20	15	0.3
GTL3	5	40	21	20	200	23	100	0.3

Tabella 1. Parametri geotecnici caratteristici

in cui:

γ = peso specifico del terreno;

c'_k = coesione efficace;

c_u = coesione non drenata;

ϕ'_k = angolo d'attrito efficace;

E'_{op} = modulo di Young

La falda è posta ad una profondità superiore a 30 metri dal piano campagna.

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR– CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) Opere di sostegno viabilità					
NV58: Paratie di pali MU83C	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
Relazione di calcolo	RS3T	30	D 78 CL	MU 83 C0 001	C	9 di 33

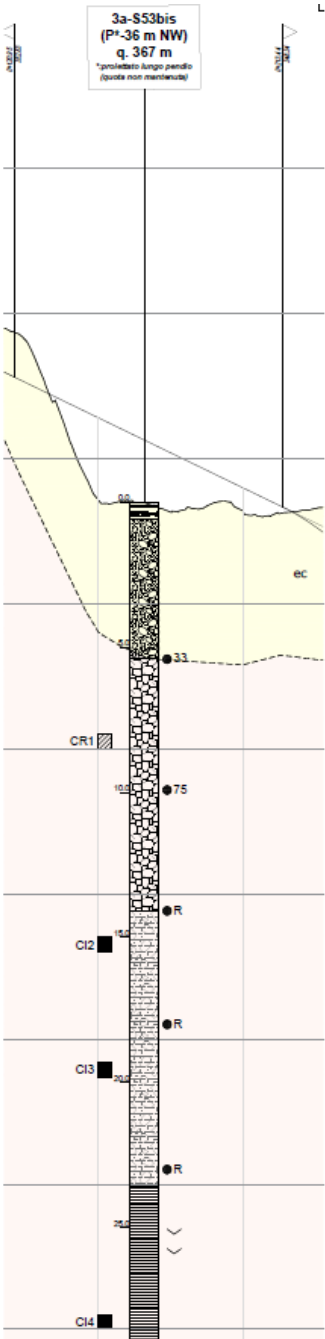


Figura 5-1. Stralcio del profilo geotecnico

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR– CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) Opere di sostegno viabilità					
NV58: Paratie di pali MU83C Relazione di calcolo	COMMESSA RS3T	LOTTO 30	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO MU 83 C0 001	REV. C	FOGLIO 10 di 33

5.2 Caratteristiche del sito e definizione dell'azione sismica

Le opere in progetto interessano un sito con le seguenti coordinate geografiche: lat = 37.569083 e long.= 13.939067

Alle strutture di sostegno, trattandosi di opere definitive, si attribuisce un periodo di riferimento $V_R = 75$ anni (cfr. tab. C2.4.I della Circolare 7/19).

Con riferimento alla probabilità di superamento dell'azione sismica, P_{VR} , attribuita allo stato limite ultimo di salvaguardia della vita (SLV), nel periodo V_R dell'opera in progetto, si determina il periodo di ritorno T_R del sisma di progetto:

$$T_R = -\frac{V_R}{\ln(1 - P_{VR})}$$

Per la definizione dell'azione sismica di progetto, l'effetto della risposta sismica locale è stato valutato con approccio semplificato (cfr. § 3.2.2 del DM 17/01/2018) basato sulla classificazione del sottosuolo sulla base dei valori della velocità di propagazione delle onde di taglio, poiché le condizioni stratigrafiche e le proprietà dei terreni sono chiaramente riconducibili alle categorie definite nella Tab. 3.3.II del DM 17/01/2018.

La categoria di suolo di riferimento è la categoria di suolo C.

Pertanto, tenendo conto dei fattori locali del sito, l'accelerazione orizzontale massima attesa al sito è valutata con la relazione (cfr. cap. 7 DM 17/01/2018):

$$a_{\max} = S_s \cdot S_T \cdot \left(\frac{a_g}{g} \right)$$

dove:

a_g è l'accelerazione orizzontale massima attesa su sito di riferimento rigido;

S_s è il fattore di amplificazione stratigrafica del terreno, funzione della categoria del sottosuolo di fondazione e dei parametri sismici F_0 e a_g/g (Tabella 3.2.IV del D.M. 17/01/2018);

S_T è il fattore di amplificazione che tiene conto delle condizioni topografiche, il cui valore dipende dalla categoria topografica e dall'ubicazione dell'opera (Tabella 3.2.V del D.M. 17/01/2018).

I valori delle grandezze necessarie per la definizione dell'azione sismica per le opere sono riportati nella seguente tabella:

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR– CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) Opere di sostegno viabilità					
NV58: Paratie di pali MU83C Relazione di calcolo	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	RS3T	30	D 78 CL	MU 83 C0 001	C	11 di 33

Tabella 1 – Parametri per la definizione dell'azione sismica di progetto

	MU83C	
	Strutture di sostegno	
Coord. geografiche	Latitudine: 37.569083	Longitudine: 13.939067
T_R	1068 (SLV)	
$a_g(g)$	0.094	
F_0	2.668	
Categoria sottosuolo	C	
S_s	1.50	
Categoria topografica	T2	
S_T	1.20	
a_{max}/g	0.166	

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR– CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) Opere di sostegno viabilità					
NV58: Paratie di pali MU83C	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
Relazione di calcolo	RS3T	30	D 78 CL	MU 83 C0 001	C	12 di 33

7 CRITERI DI VERIFICA DELLE OPERE – PARATIE

Le verifiche sono state condotte in accordo con le prescrizioni e le indicazioni del DM 17/01/2018 e della Circolare n.7/19.

7.1 Opere di sostegno

7.1.1 Azioni

Le azioni considerate per la verifica delle strutture di sostegno sono le seguenti:

- **azioni permanenti:** peso proprio degli elementi strutturali, spinta del terreno a monte e a valle dell'opera, carico fittizio simulante l'inclinazione del pendio a monte dell'opera opportunamente discretizzato in modo da simulare fedelmente il reale andamento del profilo topografico del pendio.
- **azioni variabili:** carico variabile sul piano campagna a monte della struttura di sostegno, Q_{1M} , atto a schematizzare nella fase costruttiva l'eventuale presenza di sovraccarichi di varia natura connessi alla realizzazione delle opere.
- **azione sismica:** l'accelerazione orizzontale massima attesa al suolo è definita nel paragrafo 5.2.

7.1.2 Approcci progettuali e metodi di verifica

Le verifiche delle strutture di sostegno sono state condotte nei riguardi dei seguenti stati limite ultimi (SLU):

- collasso del complesso opera-terreno;
- instabilità globale dell'insieme terreno-opera;
- sfilamento di uno o più ancoraggi;
- raggiungimento della resistenza in uno o più ancoraggi,
- raggiungimento della resistenza degli elementi strutturali.

Per le strutture di sostegno flessibili si adotta l'Approccio Progettuale 1 con le due combinazioni di coefficienti parziali (tabelle 6.2.I, 6.2.II e 6.5.I del DM 17/01/2018):

- combinazione 1: $A1 + M1 + R1$
- combinazione 2: $A2 + M2 + R1$.

Il dimensionamento geotecnico dell'opera è stato condotto con la verifica di stati limite ultimi GEO, applicando la Combinazione 2 ($A2+M2+R1$). Per le verifiche di stati limite ultimi STR

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR– CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) Opere di sostegno viabilità					
NV58: Paratie di pali MU83C Relazione di calcolo	COMMESSA RS3T	LOTTO 30	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO MU 83 C0 001	REV. C	FOGLIO 13 di 33

l'analisi è stata condotta con la combinazione 1 (A1+M1+R1), applicando i coefficienti parziali A1 ($\gamma = 1,3$) all'effetto delle azioni. A tale scopo, nelle analisi, i valori caratteristici dei carichi variabili sfavorevoli sono stati amplificati di un coefficiente pari a $1,5/1,3 = 1,15$.

Al fine di rispettare le richieste della Normativa in merito al modello geometrico di riferimento (§6.5.2.2 DM 17/01/2018) nel caso di opere in cui la funzione di sostegno è affidata alla resistenza del volume di terreno a valle dell'opera, la quota di valle è diminuita della quantità prevista, per opere vincolate:

$$\Delta h = \min (0.5; 10\% \Delta t)$$

in cui Δt è la differenza di quota tra il livello inferiore di vincolo e il fondo scavo.

Il corretto dimensionamento nei confronti degli SLU assicura che gli spostamenti dell'opera siano compatibili con le esigenze di funzionalità della stessa; pertanto, trattandosi di opere provvisoriale, in assenza di fabbricati o altre opere da salvaguardare a ridosso delle stesse, non si ritengono necessarie ulteriori valutazioni di verifica nei confronti degli SLE.

Per le verifiche di stabilità globale è stato applicato l'Approccio 1- Combinazione 2 (A2+M2+R2 – tab. 6.2.I, 6.2.II e 6.8.I del DM 17/01/2018).

Le verifiche in condizioni sismiche sono state condotte con riferimento allo stato limite ultimo di salvaguardia della vita (SLV), con riferimento alla configurazione finale dell'opera di sostegno. Per le verifiche in condizioni sismiche i coefficienti parziali sulle azioni e sui parametri geotecnici sono pari all'unità. Si adotta il metodo pseudostatico, calcolando il coefficiente sismico orizzontale secondo le prescrizioni della normativa (DM 17/01/2018):

$$k_h = \alpha \cdot \beta \cdot \left(\frac{a_{\max}}{g} \right)$$

dove:

- $a_{\max}$ è l'accelerazione orizzontale massima attesa al sito,
- α è il coefficiente di deformabilità (Figura 7.11.2 del DM 17/01/2018);
- β è il coefficiente di spostamento (Figura 7.11.3 del DM 17/01/2018).

Per la definizione dell'azione sismica si rimanda al paragrafo 7.4. L'effetto del sisma sulle strutture di sostegno è ottenuto applicando un incremento di spinta (cfr § 7.11.6.3.1 del D.M. 17/01/2018 e § C7.11.6.3 della Circolare 7/19) del terreno valutato secondo la teoria di Mononobe-Okabe, agente direttamente sulla paratia secondo una distribuzione uniforme sull'intera altezza dell'opera.

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR– CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) Opere di sostegno viabilità					
NV58: Paratie di pali MU83C Relazione di calcolo	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	RS3T	30	D 78 CL	MU 83 C0 001	C	14 di 33

$$\Delta S_E = \left[\frac{1}{2} \gamma \cdot H^2 \cdot (K_{aE} - K_a) \right] / H,$$

dove: γ rappresenta il peso dell'unità di volume della formazione con la quale l'opera interagisce, H rappresenta l'altezza totale dell'opera (comprensiva del tratto infisso), K_{aE} e K_a rappresentano i coefficienti di spinta attiva in condizioni sismiche e statiche rispettivamente.

Per la valutazione della spinta passiva si assume $\alpha=1$ (§7.11.6.3 del DM 17/01/2018). Il coefficiente sismico verticale, k_v , si assume pari a 0 (§7.11.6.3 del DM 17/01/2018).

I coefficienti di spinta attiva sono determinati attraverso la relazione di Mononobe (1929) e Okabe (1926). I coefficienti di spinta passiva sono determinati attraverso la relazione di Lancellotta (2007). L'angolo di attrito terreno/struttura, δ , si assume pari a 2/3 della resistenza al taglio del terreno naturale.

Le verifiche sono state condotte mediante l'ausilio del codice di calcolo PARATIE (Paratie Plus 2014.1).

7.1.3 Stabilità globale

In accordo con le indicazioni del DM 17/01/2018 § 6.8.2, le verifiche di sicurezza SLU sono state condotte secondo l'Approccio 1 - Combinazione 2 (A2+M2+R2), in cui A2 sono i coefficienti moltiplicativi delle azioni e M2 e R2 sono i coefficienti riduttivi dei parametri di resistenza dei materiali e della resistenza globale del sistema. Il rapporto tra R_d ed E_d dovrà risultare sempre maggiore o uguale a $\gamma_R = 1.1$ in condizioni statiche per assicurare che la verifica di sicurezza richiesta da normativa sia rispettata.

Per le verifiche sismiche si applicano gli stessi criteri ponendo pari all'unità i coefficienti parziali sulle azioni e sui parametri geotecnici (§7.11.1 e § 7.11.4 del DM 17/01/2018) e impiegando le resistenze di progetto calcolate con un coefficiente parziale pari a $\gamma_R = 1.2$. (§ 7.11.4 del DM 17/01/2018).

Per la valutazione della superficie di scorrimento critica (ed in generale di tutte le superfici di scorrimento) è stato utilizzato il metodo di Morgenstern & Price.

Ai fini della valutazione dell'azione sismica, nelle verifiche agli stati limite ultimi SLV, vengono considerate le seguenti forze statiche equivalenti:

$$F_h = k_h \cdot W \quad \text{ed} \quad F_v = k_v \cdot W$$

con k_h e k_v pari rispettivamente ai coefficienti sismici orizzontale e verticale:

$$k_h = \beta_s \cdot a_{\max} / g \quad \text{e} \quad k_v = \pm 0.5 \cdot k_h$$

in cui:

- β_s : coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito;

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR– CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) Opere di sostegno viabilità					
NV58: Paratie di pali MU83C Relazione di calcolo	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	RS3T	30	D 78 CL	MU 83 C0 001	C	15 di 33

- a_{max} : accelerazione orizzontale massima attesa al sito (cfr. §7.4).
- g : accelerazione di gravità.

8 VERIFICA DELLE OPERE

Sono di seguito descritti il modello geotecnico e le principali caratteristiche dell'opera strutturale adottate nelle analisi di verifica.

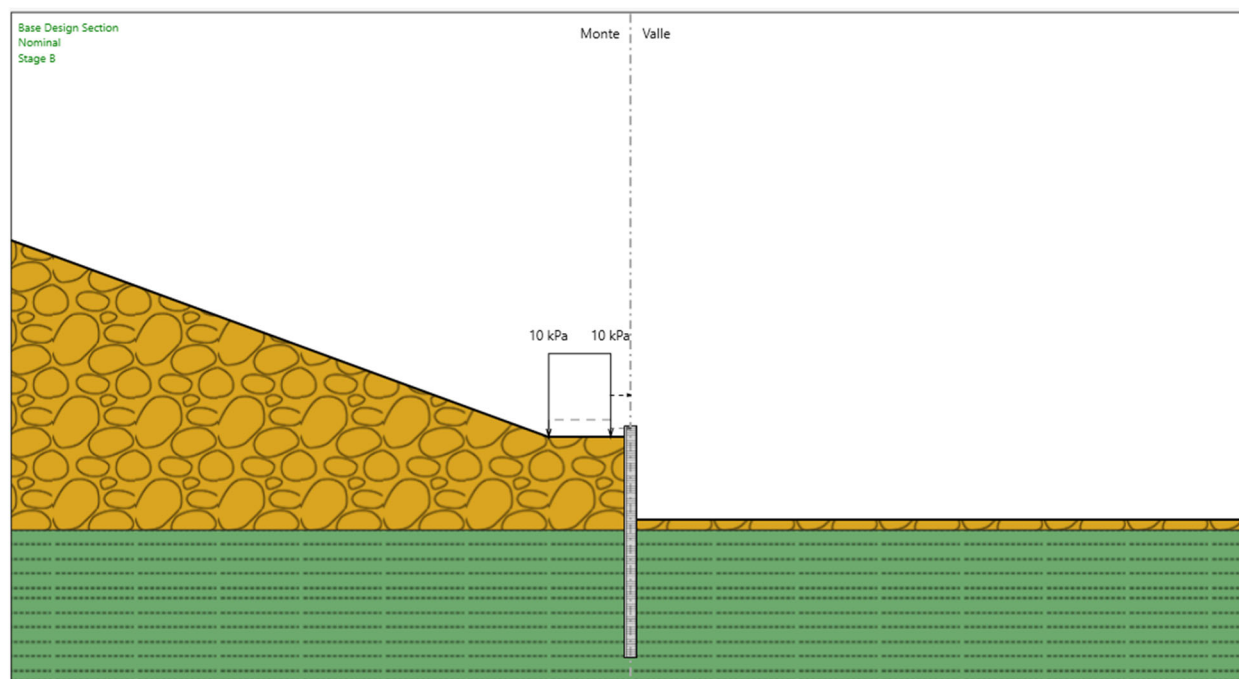


Figura 8-1. Schema di calcolo paratia

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR- CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) Opere di sostegno viabilità					
NV58: Paratie di pali MU83C Relazione di calcolo	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	RS3T	30	D 78 CL	MU 83 C0 001	C	16 di 33

Tipologia struttura di sostegno	pali $\phi 600$ ad interasse 0.80 m
Altezza totale paratia	$H_{tot} = 11.20$ m
Altezza di scavo (da estradosso cordolo)	$H = 4.00$ m
Altezza di scavo di calcolo (DM 2018 § 6.5.2.2) (da estradosso cordolo)	$H_1 = H + \min [0.5; 10\%\Delta t] = 4.50$ m
Inclinazione del piano campagna a monte	20°
Inclinazione del piano campagna a valle	0°
Sovraccarichi a monte	$g = 10$ kPa

Tabella 2. Caratteristiche geometriche della sezione di calcolo 1

U.G.	da	a	γ	c'	c_u	ϕ'	E_{op}	ν
[-]	[m]	[m]	[kN/m ³]	[kPa]	[kPa]	[°]	[MPa]	[-]
C	0	5	19	0	-	20	15	0.3
GTL3	5	40	21	20	200	24	100	0.3

Tabella 3. Parametri geotecnici di calcolo

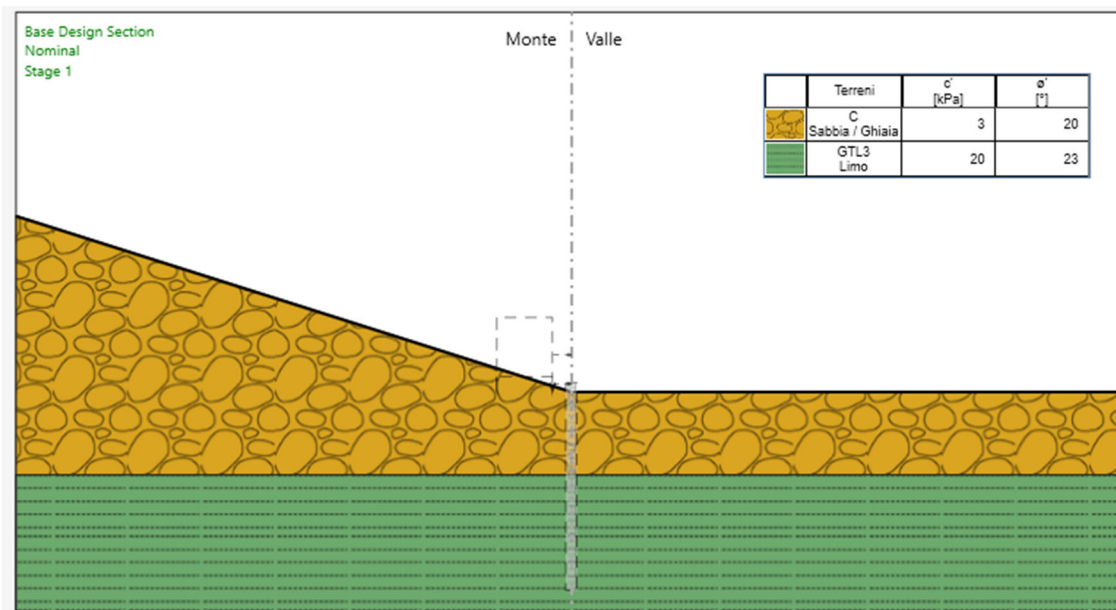
U.G.	Condizione	Cat. sottosuolo	Cat. topografica	a_g (g)	Ss	St	a_{max}/g
[-]	[-]	[-]	[kN/m ³]	[-]	[-]	[-]	[-]
GTL3	SLV	C	T2	0.094	1.5	1.2	0.166

Tabella 4. Parametri per l'analisi sismica

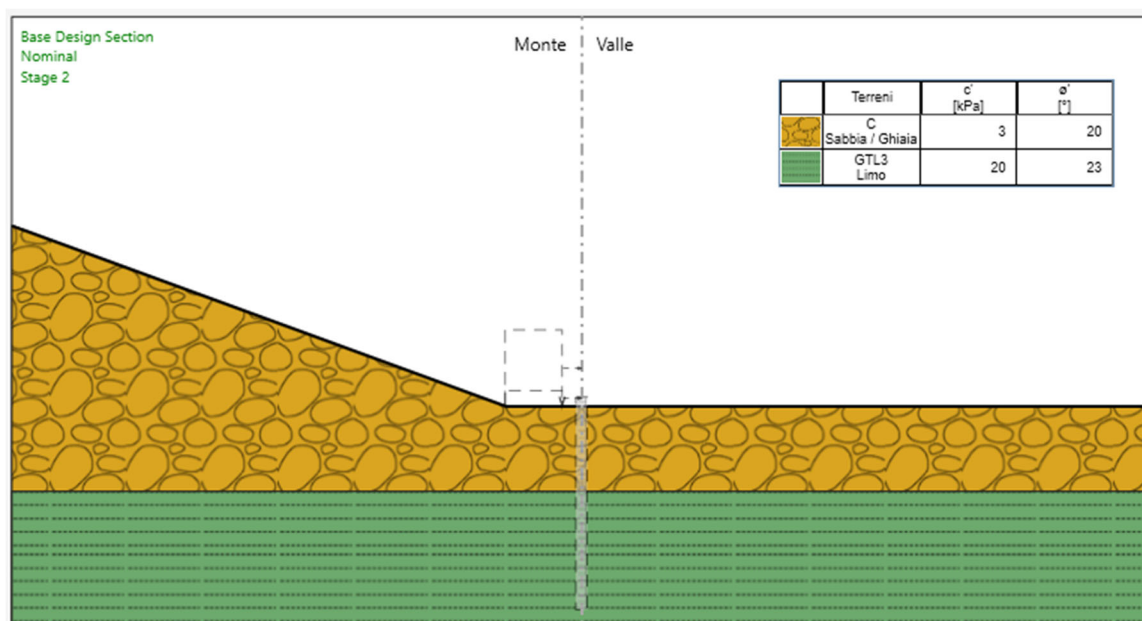
 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR– CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) Opere di sostegno viabilità					
NV58: Paratie di pali MU83C	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
Relazione di calcolo	RS3T	30	D 78 CL	MU 83 C0 001	C	17 di 33

8.1 Fasi di calcolo

1) Geostatico

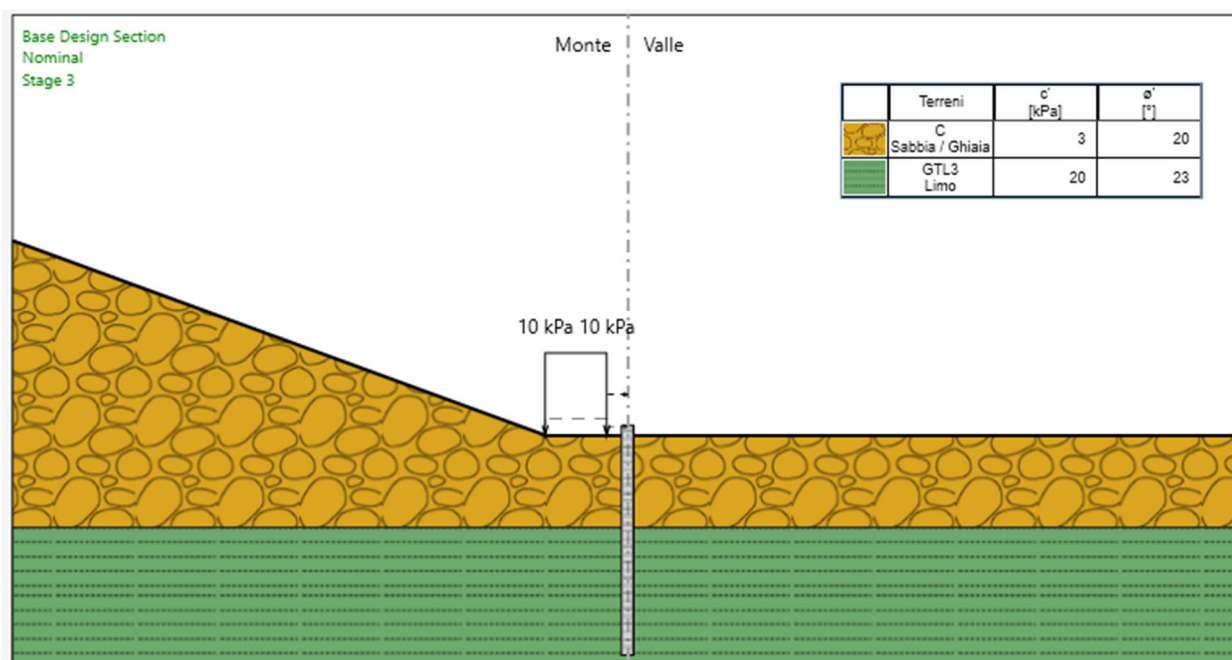


2) Prescavo con inclinazione 3(orizzontale)/2(verticale) e applicazione del carico dovuto alla presenza dei macchinari di cantiere (10 kPa)

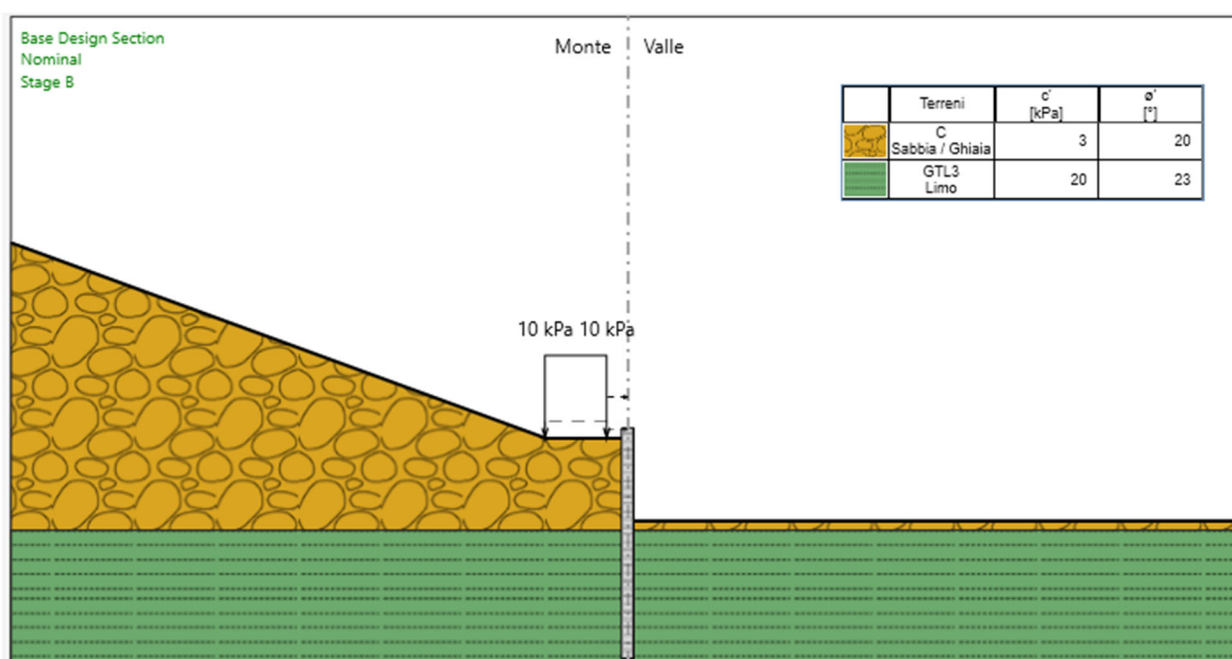


 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR– CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) Opere di sostegno viabilità					
NV58: Paratie di pali MU83C Relazione di calcolo	COMMESSA RS3T	LOTTO 30	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO MU 83 C0 001	REV. C	FOGLIO 18 di 33

- 3) Inserimento della paratia di pali di diametro $D = 600$ mm, interasse 0.8 m e lunghezza totale 11.20 m

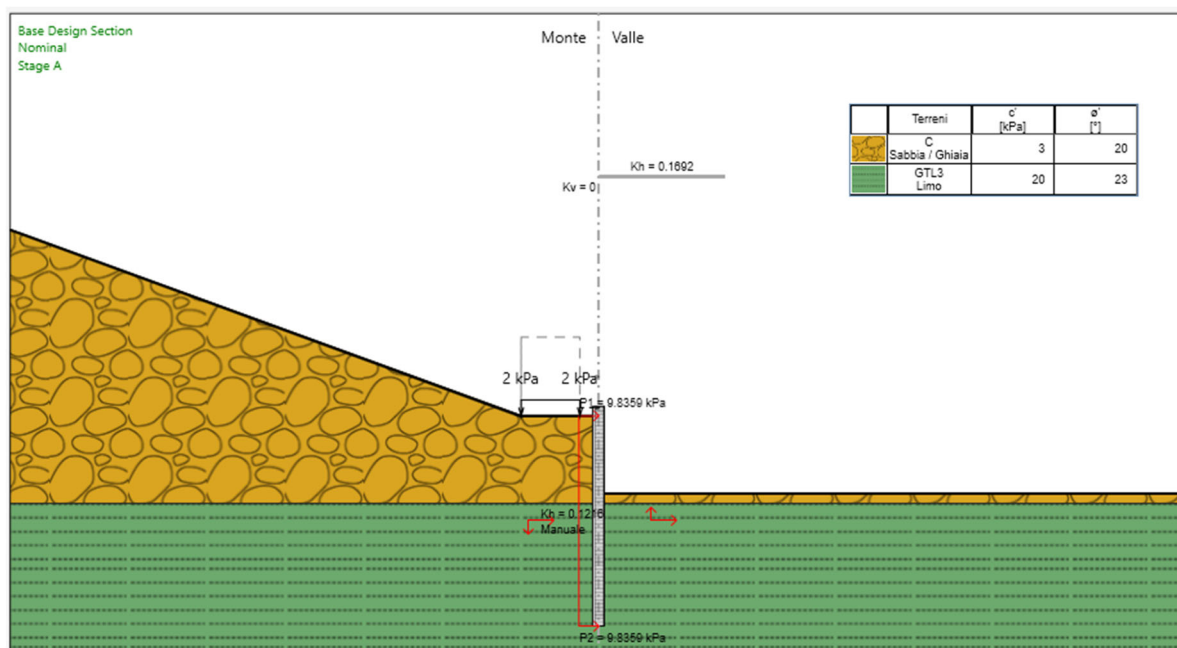


- 4) Scavo fino a “Altezza di scavo di calcolo (DM 2018 § 6.5.2.2)”, di 4.50 m, posizione della falda a monte e valle sotto quota piano di scavo



 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR– CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) Opere di sostegno viabilità					
NV58: Paratie di pali MU83C Relazione di calcolo	COMMESSA RS3T	LOTTO 30	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO MU 83 C0 001	REV. C	FOGLIO 19 di 33

5) Applicazione azione sismica



Applicando l'azione sismica al modello si ha:

$$U_s = 0.005 H_{\text{scavo}} = 0.0225;$$

α è posto cautelativamente pari a 1;

β è pari a $0.133 \ln(5/U_s) = 0.7187$.

1. Definizione accelerazione

Coefficiente accel. base a_g / g

Fattore importanza I

Coefficiente S_s

Coefficiente S_T

$a_{\text{max}} / g =$

2. Accelerazione di calcolo

☐ Eurocodice

Calcolo coefficiente di risposta R

☒ Input diretto

☐ Da formule

U_s m T_c m/s

V_{max} m/s $V_{\text{max}}/a_{\text{max}}$ >

R= >

☒ NTC

$U_s =$ m

$\beta =$ >

$\alpha =$ >

$k_h = \alpha \beta a_{\text{max}}$

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR– CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) Opere di sostegno viabilità					
NV58: Paratie di pali MU83C Relazione di calcolo	COMMESSA RS3T	LOTTO 30	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO MU 83 C0 001	REV. C	FOGLIO 20 di 33

8.2 Risultati delle analisi e verifiche

A seguire si riportano i diagrammi del momento flettente e del taglio ottenuti dalle analisi.

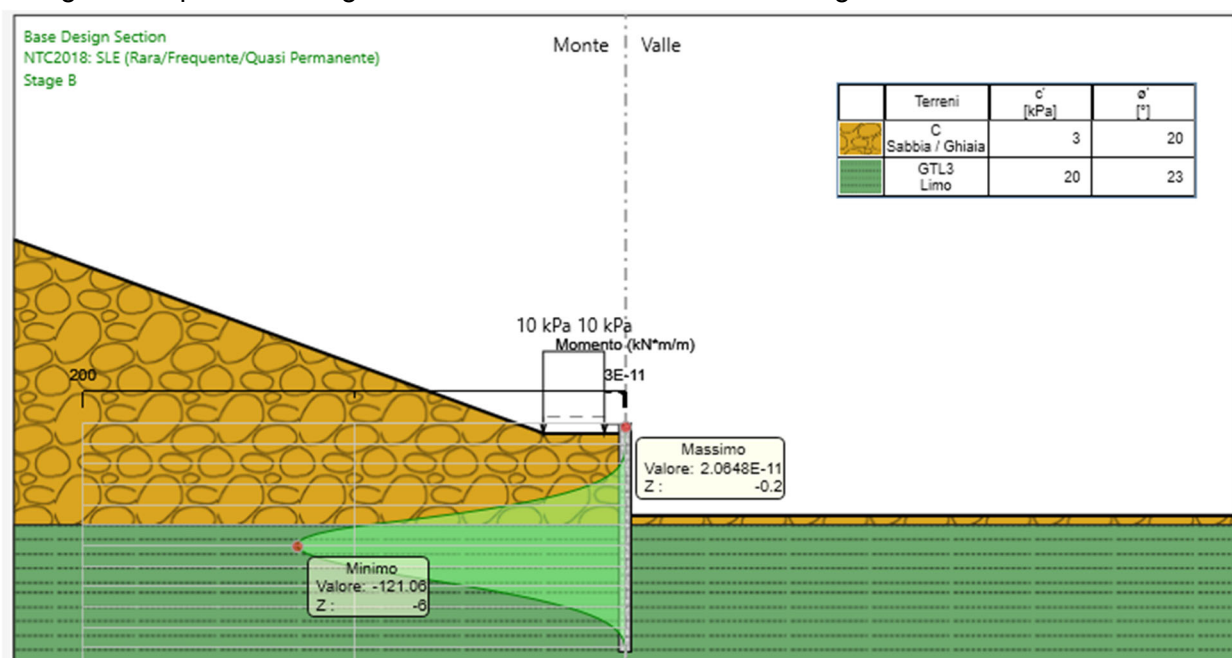


Figura 8-2 – Momento SLE.

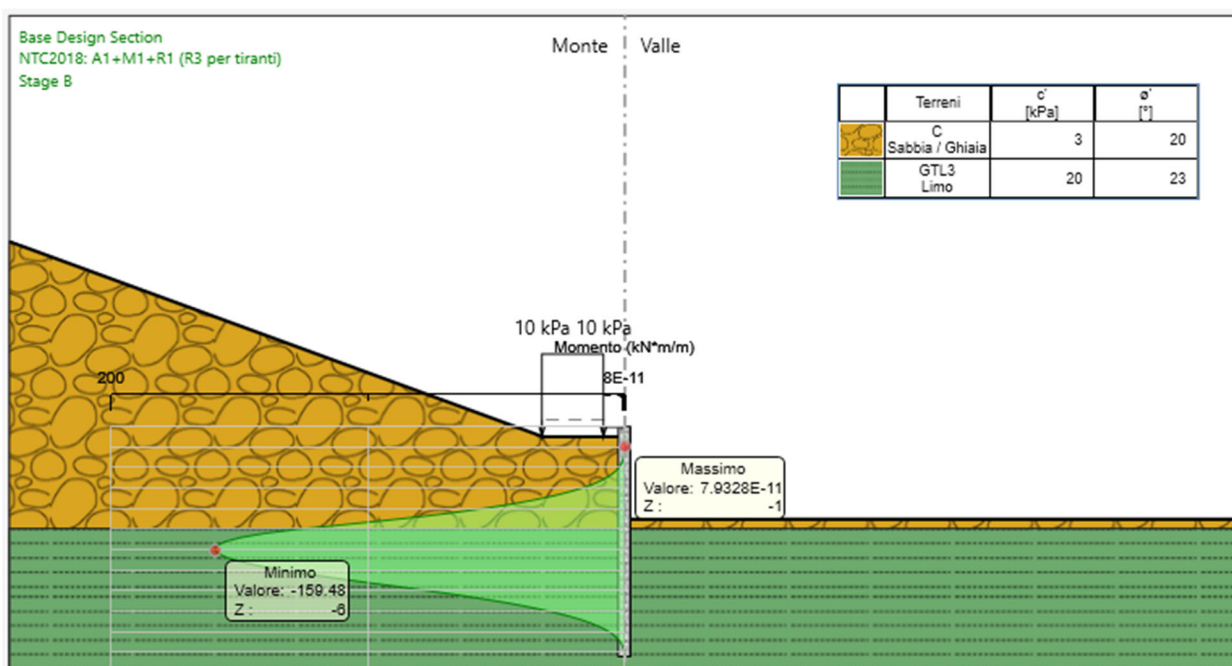


Figura 8-3 – Momento SLU.

NV58: Paratie di pali MU83C

Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D 78 CL	MU 83 C0 001	C	21 di 33

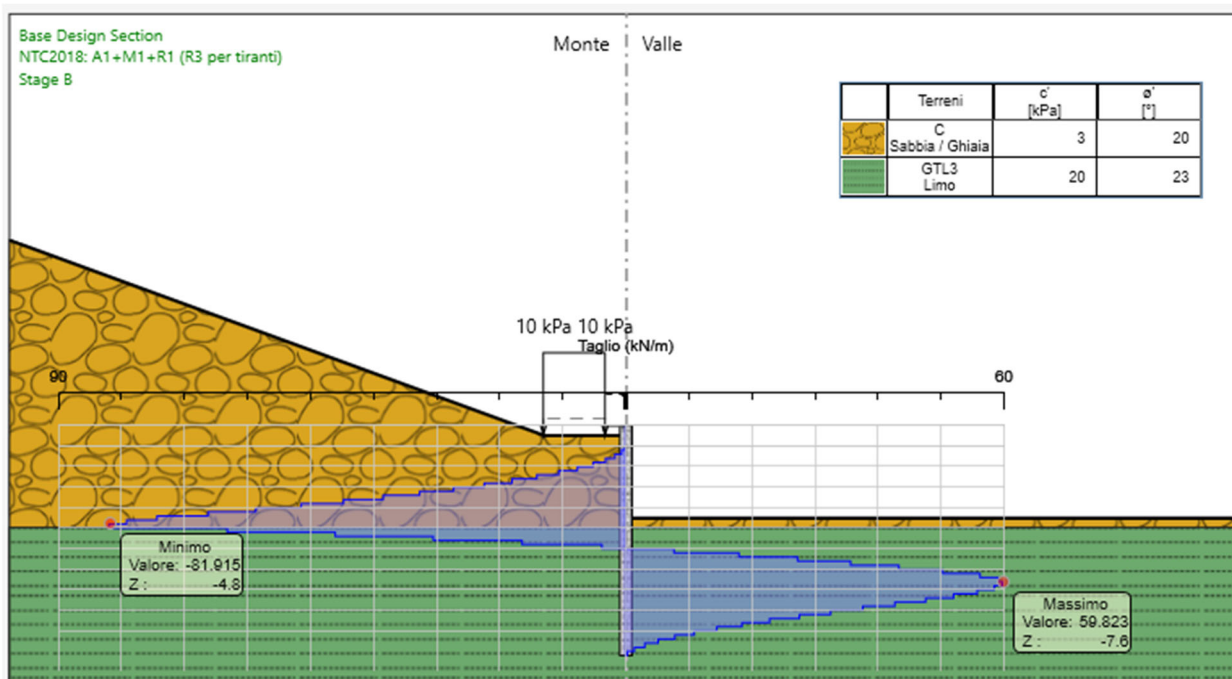


Figura 8-4 – Taglio SLU.

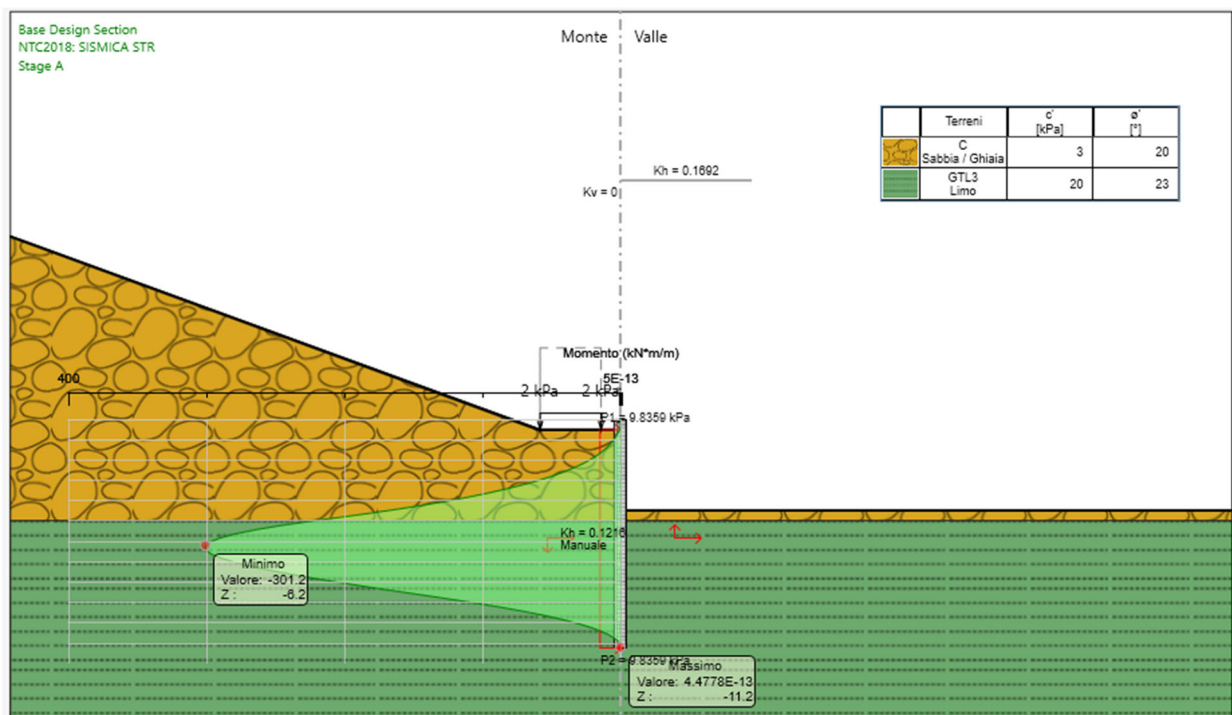


Figura 8-5 – Momento SLV.

 GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR– CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) Opere di sostegno viabilità					
NV58: Paratie di pali MU83C Relazione di calcolo	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	RS3T	30	D 78 CL	MU 83 C0 001	C	22 di 33

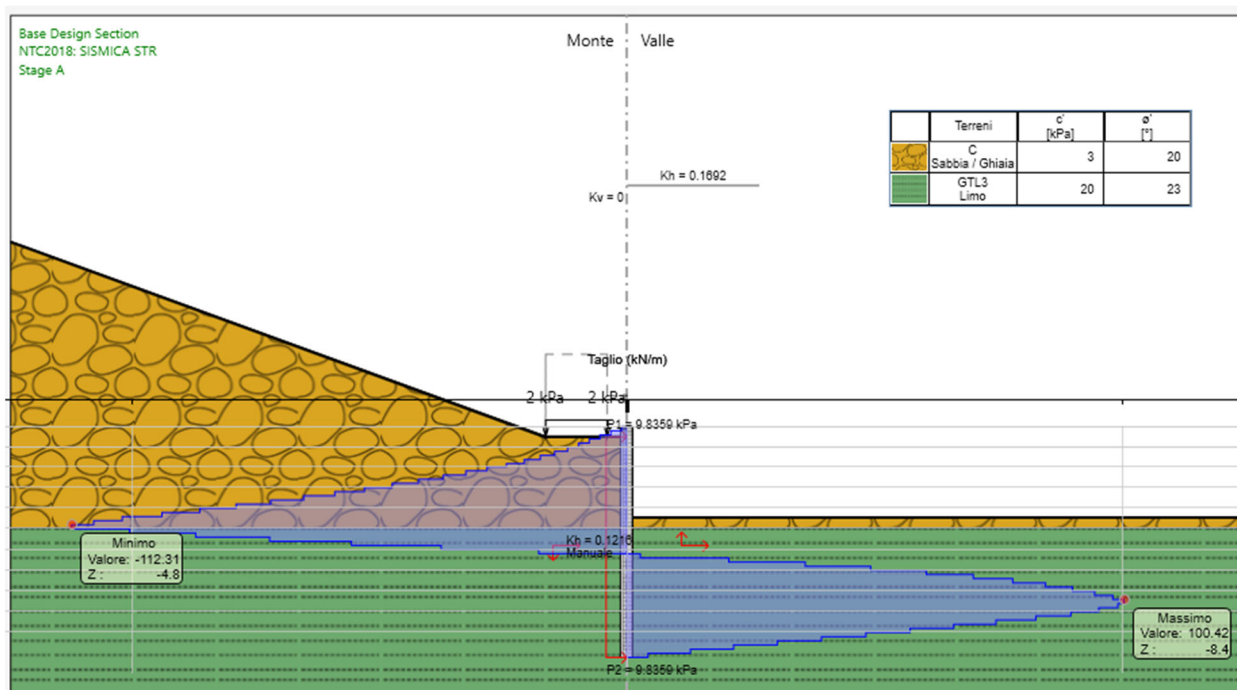


Figura 8-6 – Taglio SLV.

Summary for DA <NTC2018: A2+M2+R1>

Parete <Left Wall>

Max. Rapporto Spinte (Efficace/Passiva) (Lato SX)	0.51	D.A.
NTC2018: A2+M2+R1 (Stage A)		
Max. Rapporto Spinte (Efficace/Passiva) (Lato DX)	0.45	D.A.
NTC2018: A2+M2+R1 (Stage B)		

Summary for DA <NTC2018: SISMICA GEO>

Parete <Left Wall>

Max. Rapporto Spinte (Efficace/Passiva) (Lato SX)	0.46	D.A.
NTC2018: SISMICA GEO (Stage 3)		
Max. Rapporto Spinte (Efficace/Passiva) (Lato DX)	0.38	D.A.
NTC2018: SISMICA GEO (Stage A)		

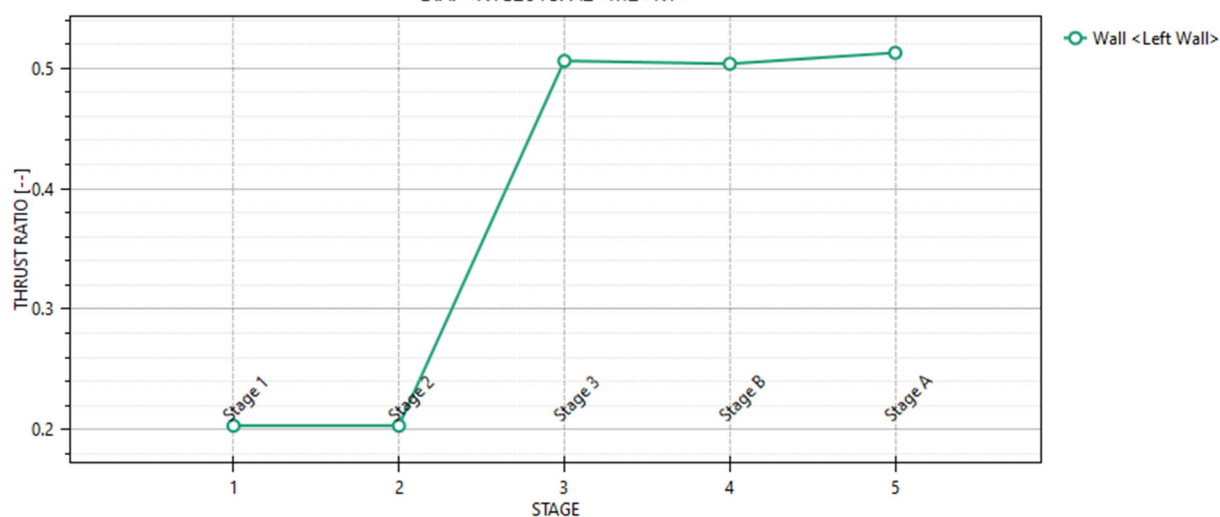
NV58: Paratie di pali MU83C

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D 78 CL	MU 83 C0 001	C	23 di 33

Relazione di calcolo

Massimi rapporti di mobilitazione spinta passiva

D.A. <NTC2018: A2+M2+R1>



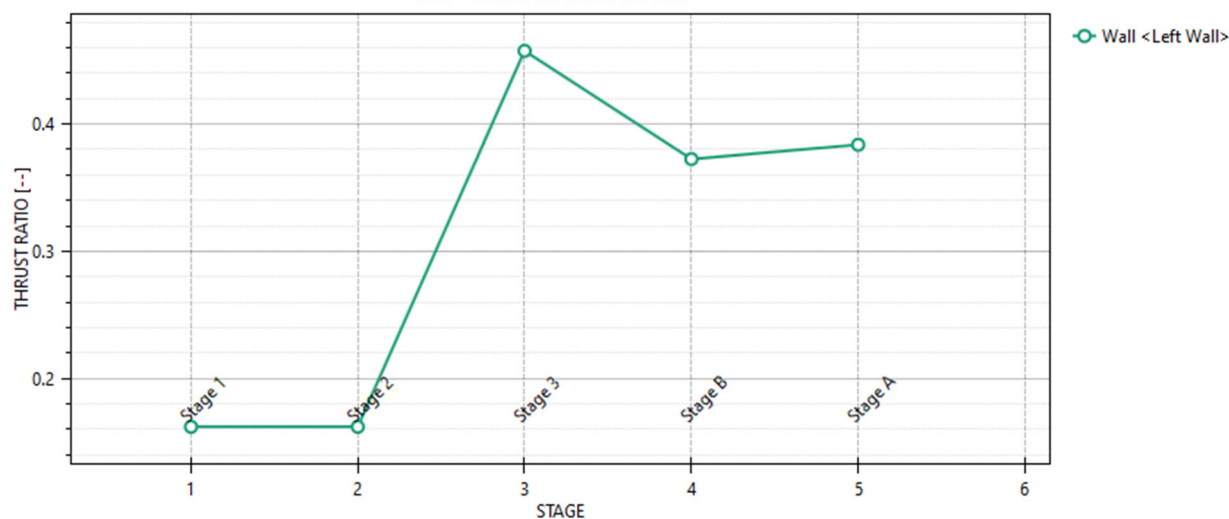
Design Assumption NTC2018: A2+M2+R1

Scegli grafico

Massimi rapporti di mobilitazione spinta passiva

Massimi rapporti di mobilitazione spinta passiva

D.A. <NTC2018: SISMICA GEO>



Design Assumption NTC2018: SISMICA GEO

Scegli grafico

Massimi rapporti di mobilitazione spinta passiva

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR– CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) Opere di sostegno viabilità					
NV58: Paratie di pali MU83C Relazione di calcolo	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	RS3T	30	D 78 CL	MU 83 C0 001	C	24 di 33

8.1 Verifiche geotecniche

8.1.1 Verifiche SLE

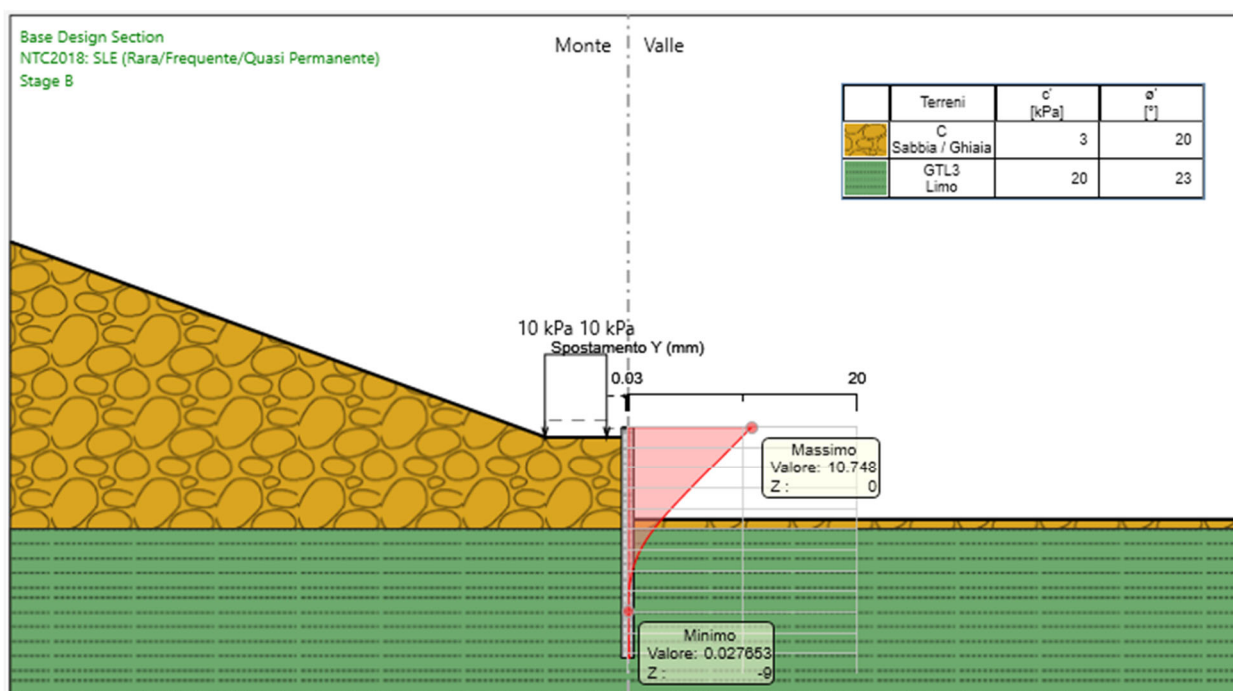


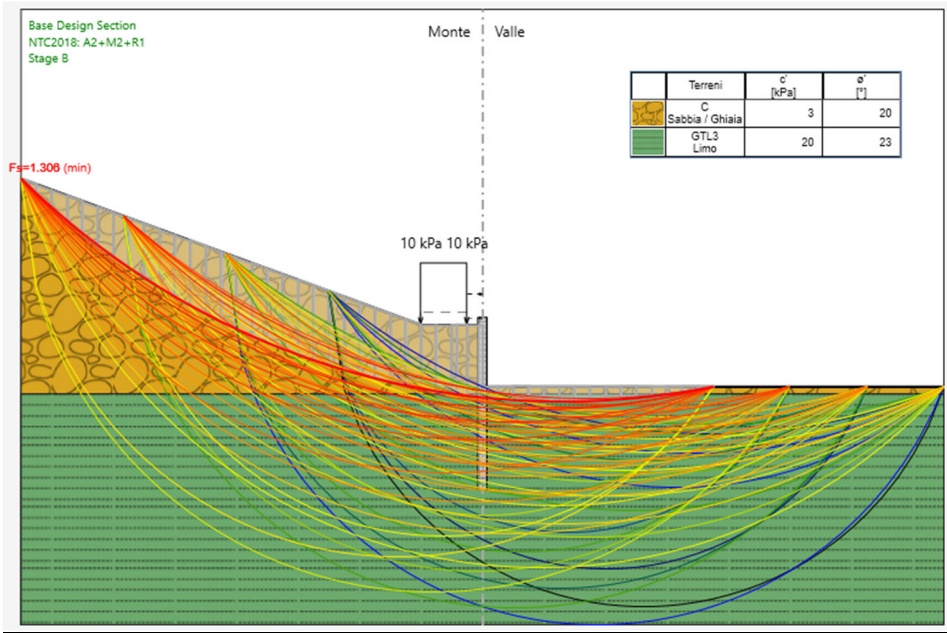
Figura 8-7. Deformata dell'opera di sostegno nella configurazione di fondo scavo

Nell'immagine che segue si riporta lo spostamento della paratia in fase 4, in cui la deformata dell'opera rientra nei limiti progettuali stabiliti.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR– CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) Opere di sostegno viabilità					
NV58: Paratie di pali MU83C	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
Relazione di calcolo	RS3T	30	D 78 CL	MU 83 C0 001	C	25 di 33

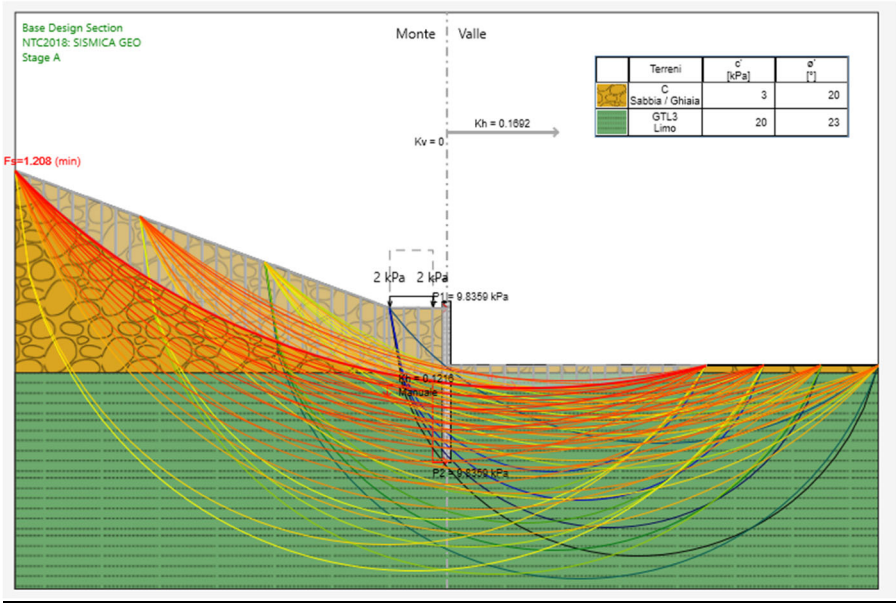
8.1.2 Stabilità globale

CONDIZIONI STATICHE



Verifica soddisfatta

CONDIZIONI SISMICHE

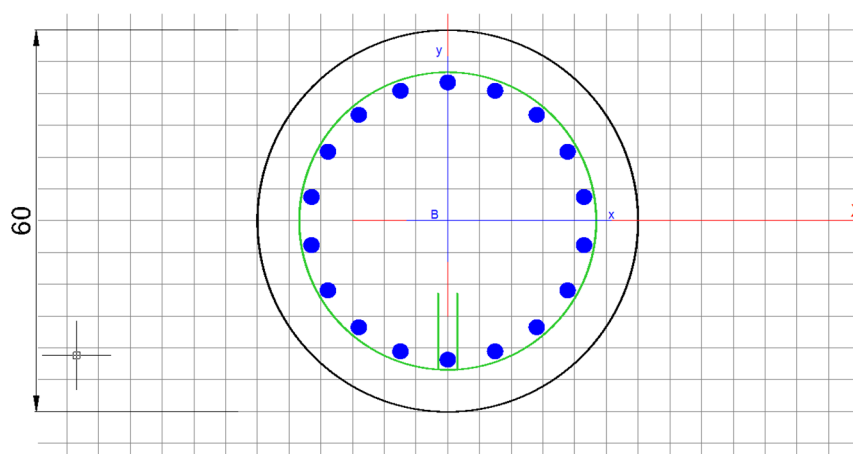


Verifica soddisfatta

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR– CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) Opere di sostegno viabilità					
NV58: Paratie di pali MU83C Relazione di calcolo	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	RS3T	30	D 78 CL	MU 83 C0 001	C	26 di 33

8.2 Verifiche strutturali

Per l'armatura della paratia di pali sono state impiegate 18 barre con diametro $\varnothing 20$ mm e una spirale $\varnothing 12/15$ cm.



Si riportano di seguito le verifiche a taglio e a flessione in condizioni statiche e sismiche.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR– CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) Opere di sostegno viabilità					
NV58: Paratie di pali MU83C	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
Relazione di calcolo	RS3T	30	D 78 CL	MU 83 C0 001	C	27 di 33

8.2.1 Verifica a taglio – condizioni statiche

VERIFICA A TAGLIO - SLU						
r	300	mm				
c	82	mm				
rs	218	mm				
α	0.48	rad				
Atot	282743	mm ²				
A	221568	mm ²				
h	559.9	mm	Rck	30		
d	438.8	mm	fck	24.9		
bw	505.0	mm	γ_c	1.5		
$1+(200/d)^{0,5}$	1.675			N.ro		area_ferro
k	1.675		As	18	ϕ	20.0
Asl	5655	mm ²				
Asl/(bw· d)	0.026					
ρ_1	0.020		Vrd	163.9	kN	
vmin	0.379		Ved	66	KN	
vmin·bw·d	83898	N	Vrd/Ved	2.50	-	
Vrd	163863	N				
Non necessita di armatura a taglio						

8.2.2 Verifica a taglio – condizioni sismiche

VERIFICA A TAGLIO - SLV						
r	300	mm				
c	82	mm				
rs	218	mm				
α	0.48	rad				
Atot	282743	mm ²				
A	221568	mm ²				
h	559.9	mm	Rck	30		
d	438.8	mm	fck	24.9		
bw	505.0	mm	γ_c	1.5		
$1+(200/d)^{0,5}$	1.675			N.ro		area_ferro
k	1.675		As	18	ϕ	20.0
Asl	5655	mm ²				
Asl/(bw· d)	0.026					
ρ_1	0.020		Vrd	163.9	kN	
vmin	0.379		Ved	90	KN	
vmin·bw·d	83898	N	Vrd/Ved	1.82	-	
Vrd	163863	N				
Non necessita di armatura a taglio						

La sezione analizzata necessita armatura a taglio in condizioni sismiche, pertanto si prevede una spirale ϕ 12/15 cm.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR– CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) Opere di sostegno viabilità					
NV58: Paratie di pali MU83C Relazione di calcolo	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	RS3T	30	D 78 CL	MU 83 C0 001	C	28 di 33

8.2.3 Verifiche a flessione - condizioni statiche

DATI GENERALI SEZIONE CIRCOLARE DI PALO IN C.A.

Descrizione Sezione:	
Metodo di calcolo resistenza:	Stati Limite Ultimi
Normativa di riferimento:	N.T.C.
Tipologia sezione:	Sezione predefinita di Palo
Forma della sezione:	Circolare
Percorso sollecitazione:	A Sforzo Norm. costante
Condizioni Ambientali:	Poco aggressive
Riferimento Sforzi assegnati:	Assi x,y principali d'inerzia
Riferimento alla sismicità:	Comb. non sismiche

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C25/30
	Resistenza compress. di progetto fcd:	14.16 MPa
	Resistenza compress. ridotta fcd':	7.08 MPa
	Deform. unitaria max resistenza ec2:	0.0020
	Deformazione unitaria ultima ecu:	0.0035
	Diagramma tensioni-deformaz.:	Parabola-Rettangolo
	Modulo Elastico Normale Ec:	31475.0 MPa
	Resis. media a trazione fctm:	2.56 MPa
	Coeff.Omogen. S.L.E.:	15.00
	Sc limite S.L.E. comb. Rare:	15.0 MPa
	Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	15.0 MPa
	Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.400 mm
	Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	11.3 MPa
	Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.:	0.300 mm
ACCIAIO -	Tipo:	B450C
	Resist. caratt. a snervamento fyk:	450.0 MPa
	Resist. caratt. a rottura ftk:	450.0 MPa
	Resist. a snerv. di progetto fyd:	391.3 MPa
	Resist. ultima di progetto ftd:	391.3 MPa
	Deform. ultima di progetto Epu:	0.068
	Modulo Elastico Ef:	200000.0 MPa
	Diagramma tensioni-deformaz.:	Bilineare finito
	Coeff. Aderenza istant. $\beta_1 \beta_2$:	1.00
	Coeff. Aderenza differito $\beta_1 \beta_2$:	0.50
	Comb.Rare - Sf Limite:	360.0 MPa

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE ED ARMATURE SEZIONE

Diametro sezione:	60.0	cm
Barre circonferenza:	18Ø20	(56.5 cm²)
Coprif.(dal baric. barre):	8.2	cm

CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale [kN] applicato nel baricentro (posit. se di compress.)
Mx	Momento flettente [kNm] intorno all'asse x baric. della sezione con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sezione
VY	Taglio [kN] in direzione parallela all'asse Y del riferim. generale
MT	Momento torcente [kN m]

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR– CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) Opere di sostegno viabilità					
NV58: Paratie di pali MU83C Relazione di calcolo	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	RS3T	30	D 78 CL	MU 83 C0 001	C	29 di 33

N°Comb.	N	Mx	Vy	MT
1	0.00	127.60	65.60	0.00

COMB. RARE (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel baricentro (positivo se di compress.)
Mx Coppia [kNm] applicata all'asse x baricentrico (tra parentesi il Momento di fessurazione)
con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione

N°Comb.	N	Mx
1	0.00	96.80

COMB. FREQUENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel baricentro (positivo se di compress.)
Mx Coppia [kNm] applicata all'asse x baricentrico (tra parentesi il Momento di fessurazione)
con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione

N°Comb.	N	Mx
1	0.00	96.80 (71.49)

COMB. QUASI PERMANENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel baricentro (positivo se di compress.)
Mx Coppia [kNm] applicata all'asse x baricentrico (tra parentesi il Momento di fessurazione)
con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione

N°Comb.	N	Mx
1	0.00	96.80 (71.49)

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali:	7.2	cm
Interferro netto minimo barre longitudinali:	5.6	cm
Interferro massimo barre longitudinali:	0.0	cm [deve essere < 30.0]
Copriferro netto minimo staffe:	6.0	cm

VERIFICHE DI RESISTENZA IN PRESSO-TENSO FLESSIONE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
N Sforzo normale baricentrico assegnato [kN] (positivo se di compressione)
Mx Momento flettente assegnato [kNm] riferito all'asse x baricentrico
N Ult Sforzo normale alla massima resistenza [kN] nella sezione (positivo se di compress.)
Mx rd Momento resistente ultimo [kNm] riferito all'asse x baricentrico
Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N rd,Mx rd) e (N,Mx)
Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000
Yn Ordinata [cm] dell'asse neutro alla massima resistenza nel sistema di rif. X,Y,O sez.
As Tot. Area complessiva armature long. pilastro [cm²]. (tra parentesi l'area minima di normativa)

N°Comb	Ver	N	Mx	N rd	Mx rd	Mis.Sic.	Yn	x/d	C.Rid.	As Tot.
1	S	0.00	127.60	-0.29	407.95	3.197	11.1	---	---	56.5 (8.5)

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR– CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) Opere di sostegno viabilità					
NV58: Paratie di pali MU83C Relazione di calcolo	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	RS3T	30	D 78 CL	MU 83 C0 001	C	30 di 33

DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

ec max	Deform. unit. massima del calcestruzzo a compressione
Yc max	Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
es min	Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)
Ys min	Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
es max	Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compressione)
Ys max	Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N°Comb	ec max	Yc max	es min	Ys min	es max	Ys max
1	0.00350	30.0	0.00198	21.8	-0.00610	-21.8

ARMATURE A TAGLIO E/O TORSIONE DI INVILUPPO PER LE COMBINAZIONI ASSEGNATE

Diametro staffe/legature:	12	mm	
Passo staffe:	15.0	cm	[Passo massimo di normativa = 24.0 cm]
N.Bracci staffe:	2		
Area staffe/m:	15.1	cm²/m	[Area Staffe Minima NTC = 2.4 cm²/m]

VERIFICHE A TAGLIO

Ver	S = comb.verificata a taglio-tors./ N = comb. non verificata
Ved	Taglio agente [kN] uguale al taglio Vy di comb. (sollecit. retta)
Vrd	Taglio resistente [kN] in assenza di staffe [formula (4.1.23)NTC]
Vcd	Taglio compressione resistente [kN] lato calcestruzzo [formula (4.1.28)NTC]
Vwd	Taglio trazione resistente [kN] assorbito dalle staffe [formula (4.1.27)NTC]
bw z	Larghezza minima [cm] sezione misurata parallelam. all'asse neutro Braccio coppia interna
Ctg	Cotangente dell'angolo di inclinazione dei puntoni di calcestruzzo
Acw	Coefficiente maggiorativo della resistenza a taglio per compressione
Ast	Area staffe/metro strettamente necessaria per taglio e torsione [cm²/m]

N°Comb	Ver	Ved	Vcd	Vwd	bw z	Ctg	Acw	Ast
1	S	65.60	489.68	556.88	53.1 37.8	2.500	1.000	1.8

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - VERIFICA MASSIME TENSIONI NORMALI

Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
Sc max	Massima tensione di compress.(+) nel conglom. in fase fessurata [MPa]
Yc max	Ordinata in cm della fibra corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)
Sc min	Minima tensione di compress.(+) nel conglom. in fase fessurata [MPa]
Yc min	Ordinata in cm della fibra corrisp. a Sc min (sistema rif. X,Y,O)
Ss min	Minima tensione di trazione (-) nell'acciaio [MPa]
Ys min	Ordinata in cm della barra corrisp. a Ss min (sistema rif. X,Y,O)
Dw Eff.	Spessore di calcestruzzo [cm] in zona tesa considerata aderente alle barre
Ac eff.	Area di congl. [cm²] in zona tesa aderente alle barre (verifica fess.)
As eff.	Area Barre tese di acciaio [cm²] ricadente nell'area efficace(verifica fess.)

N°Comb	Ver	Sc max	Yc max	Sc min	Yc min	Ss min	Ys min	Dw Eff.	Ac Eff.	As Eff.	D barre
1	S	5.57	-30.0	0.00	30.0	-122.9	21.8	20.5	1086	22.0	----

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - VERIFICA APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

Ver	Esito verifica
e1	Minima deformazione unitaria (trazione: segno -) nel calcestruzzo in sez. fessurata
e2	Massima deformazione unitaria (compress.: segno +) nel calcestruzzo in sez. fessurata
K2	= 0.5 per flessione; =(e1 + e2)/(2*e2)in trazione eccentrica per la (7.13)EC2 e la (C4.1.11)NTC
Kt	fattore di durata del carico di cui alla (7.9) dell'EC2

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR– CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) Opere di sostegno viabilità					
NV58: Paratie di pali MU83C	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
Relazione di calcolo	RS3T	30	D 78 CL	MU 83 C0 001	C	31 di 33

e sm Deformazione media acciaio tra le fessure al netto di quella del cls. Tra parentesi il valore minimo = 0.6 Ss/Es
srm Distanza massima in mm tra le fessure
wk Apertura delle fessure in mm fornito dalla (7.8)EC2 e dalla (C4.1.7)NTC. Tra parentesi è indicato il valore limite.
M fess. Momento di prima fessurazione [kNm]

N°Comb	Ver	e1	e2	e3	K2	Kt	e sm	srm	wk	M Fess.
1	S	-0.00078	0.00042		0.50	0.60	0.000369 (0.000369)	413	0.152 (990.00)	71.49

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA MASSIME TENSIONI NORMALI

N°Comb	Ver	Sc max	Yc max	Sc min	Yc min	Ss min	Ys min	Dw Eff.	Ac Eff.	As Eff.	D barre
1	S	5.57	-30.0	0.00	30.0	-122.9	21.8	20.5	1086	22.0	----

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

N°Comb	Ver	e1	e2	e3	K2	Kt	e sm	srm	wk	M Fess.
1	S	-0.00078	0.00042		0.50	0.60	0.000369 (0.000369)	413	0.152 (0.40)	71.49

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA MASSIME TENSIONI NORMALI

N°Comb	Ver	Sc max	Yc max	Sc min	Yc min	Ss min	Ys min	Dw Eff.	Ac Eff.	As Eff.	D barre
1	S	5.57	-30.0	0.00	30.0	-122.9	21.8	20.5	1086	22.0	----

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

N°Comb	Ver	e1	e2	e3	K2	Kt	e sm	srm	wk	M Fess.
1	S	-0.00078	0.00042		0.50	0.40	0.000369 (0.000369)	413	0.152 (0.30)	71.49

8.2.4 Verifiche strutturali – condizioni sismiche

DATI GENERALI SEZIONE CIRCOLARE DI PALO IN C.A.

Descrizione Sezione:	
Metodo di calcolo resistenza:	Resistenze in campo sostanzialmente elastico
Normativa di riferimento:	N.T.C.
Tipologia sezione:	Sezione predefinita di Palo
Forma della sezione:	Circolare
Percorso sollecitazione:	A Sforzo Norm. costante
Riferimento Sforzi assegnati:	Assi x,y principali d'inerzia
Riferimento alla sismicità:	Comb. non sismiche

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C25/30
	Resistenza compress. di progetto fcd:	14.16 MPa
	Resistenza compress. ridotta fcd':	7.08 MPa
	Deform. unitaria max resistenza ec2:	0.0020
	Deformazione unitaria ultima ecu:	0.0035
	Diagramma tensioni-deformaz.:	Parabola-Rettangolo
	Modulo Elastico Normale Ec:	31475.0 MPa
	Resis. media a trazione fctm:	2.56 MPa

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR- CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) Opere di sostegno viabilità					
NV58: Paratie di pali MU83C	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
Relazione di calcolo	RS3T	30	D 78 CL	MU 83 C0 001	C	32 di 33

ACCIAIO -	Tipo:	B450C
	Resist. caratt. a snervamento fyk:	450.0 MPa
	Resist. caratt. a rottura ftk:	450.0 MPa
	Resist. a snerv. di progetto fyd:	391.3 MPa
	Resist. ultima di progetto ftd:	391.3 MPa
	Deform. ultima di progetto Epu:	0.068
	Modulo Elastico Ef:	200000.0 MPa
	Diagramma tensioni-deformaz.:	Bilineare finito

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE ED ARMATURE SEZIONE

Diametro sezione:	60.0	cm
Barre circonferenza:	18Ø20	(56.5 cm²)
Coprif.(dal baric. barre):	8.2	cm

CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale [kN] applicato nel baricentro (posit. se di compress.)			
Mx	Momento flettente [kNm] intorno all'asse x baric. della sezione con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sezione			
VY	Taglio [kN] in direzione parallela all'asse Y del riferim. generale			
MT	Momento torcente [kN m]			
N°Comb.	N	Mx	Vy	MT
1	0.00	240.96	89.85	0.00

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali:	7.2	cm
Interferro netto minimo barre longitudinali:	5.6	cm
Interferro massimo barre longitudinali:	0.0	cm [deve essere < 0.0]
Copriferro netto minimo staffe:	6.0	cm

VERIFICHE DI RESISTENZA IN PRESSO-TENSO FLESSIONE ALLO STATO LIMITE SOSTANZIALMENTE ELASTICO

Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata									
N	Sforzo normale baricentrico assegnato [kN] (positivo se di compressione)									
Mx	Momento flettente assegnato [kNm] riferito all'asse x baricentrico									
N Ult	Sforzo normale alla massima resistenza [kN] nella sezione (positivo se di compress.)									
Mx re	Momento resistente sostanzialmente elastico [kNm] riferito all'asse x baricentrico									
Mis.Sic.	Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N re,Mx re) e (N,Mx)									
	Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000									
Yn	Ordinata [cm] dell'asse neutro alla massima resistenza nel sistema di rif. X,Y,O sez.									
As Tot.	Area complessiva armature long. pilastro [cm²]. (tra parentesi l'area minima di normativa)									
N°Comb	Ver	N	Mx	N re	Mx re	Mis.Sic.	Yn	x/d	C.Rid.	As Tot.
1	S	0.00	240.96			1.242	8.3	---	---	56.5 (8.5)

DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO LIMITE SOSTANZIALMENTE ELASTICO

ec max	Deform. unit. massima del calcestruzzo a compressione
--------	---

 GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR– CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) Opere di sostegno viabilità					
NV58: Paratie di pali MU83C Relazione di calcolo	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	RS3T	30	D 78 CL	MU 83 C0 001	C	33 di 33

Yc max Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
es min Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)
Ys min Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
es max Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compressione)
Ys max Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N°Comb	ec max	Yc max	es min	Ys min	es max	Ys max
1	0.00141	30.0	0.00088	21.8	-0.00196	-21.8

ARMATURE A TAGLIO E/O TORSIONE DI INVILUPPO PER LE COMBINAZIONI ASSEGNATE

Diametro staffe/legature: 12 mm
Passo staffe: 15.0 cm [Passo massimo di normativa = 16.0 cm]
N.Bracci staffe: 2
Area staffe/m : 15.1 cm²/m [Area Staffe Minima NTC = 3.5 cm²/m]

VERIFICHE A TAGLIO

Ver S = comb.verificata a taglio-tors./ N = comb. non verificata
Ved Taglio agente [kN] uguale al taglio Vy di comb. (sollecit. retta)
Vrd Taglio resistente [kN] in assenza di staffe [formula (4.1.23)NTC]
Vcd Taglio compressione resistente [kN] lato calcestruzzo [formula (4.1.28)NTC]
Vwd Taglio trazione resistente [kN] assorbito dalle staffe [formula (4.1.27)NTC]
bw|z Larghezza minima [cm] sezione misurata parallelam. all'asse neutro | Braccio coppia interna
Ctg Cotangente dell'angolo di inclinazione dei puntoni di calcestruzzo
Acw Coefficiente maggiorativo della resistenza a taglio per compressione
Ast Area staffe/metro strettamente necessaria per taglio e torsione [cm²/m]

N°Comb	Ver	Ved	Vcd	Vwd	bw z	Ctg	Acw	ASt
1	S	89.85	479.18	537.12	53.9 36.4	2.500	1.000	2.5