COMUNE DI MIGNANEGO

CITTA' METROPOLITANA DI GENOVA

PROGETTO PRELIMINARE

oggetto

OPERE DI MIGLIORAMENTO IDRAULICO DEL TRATTO DI TORRENTE RICCO' IN PROSSIMITA' DEL PONTE FERROVIARIO IN LOC. "PONTE DELL'ACQUA" NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI SISTEMAZIONE DEFINITVA DEI DISSESTI CONSEGUENTI AGLI EVENTI ALLUVIONALI DEL NOVEMBRE 2014 A VALERE SUL FONDO DI SOLIDARIETA' EUROPEA O.C.D.P.M. 349/2016

RELAZIONE GEOTECNICA

data *6 DICEMBRE 2017*

committente

COMUNE DI MIGNANEGO
R.U.P. ARCH. CLAUDIA LEONCINI
PIAZZA MATTEOTTI 1 - 16018 MIGNANEGO (GE)
contatti: tel. 010 /7720381 - int. 42
email: claudia.leoncini@comune.mignanego.ge.it - pec: comunedimignanego@actaliscertymail.it

progettista

ING. MATTEO CODDA
ORDINE DEGLI INGEGNERI DELLA PROVINCIA DI GENOVA n° 8993A
c.f.: CDDMTT80S23C621P - p.iva: 02027030994
ufficio: VIA MATTEOTTI 21/4, 16033 LAVAGNA (GE)
contatti: tel. 0185/393358 - fax 0185/393358 - cell. 335/6354399
email: MATTEO@CODDAINGEGNERIA.IT - pec: matteo.codda@ingpec.eu

timbro e firma

Comune di Mignanego Prot. n. 0007712 del 02-08-2022 partenza

1 - PREMESSE

La presente relazione geotecnica è stata redatta come parte integrante del progetto preliminare che riguarda la mitigazione del rischio idraulico del tratto del Torrente Riccò posto in prossimità del ponte ferroviario sito in località Ponte dell'Acqua nel Comune di Mignanego.



Ortofoto dell'area di intervento

La finalità della presente relazione è quella di definire il comportamento meccanico del volume di terreno (volume significativo) influenzato, direttamente o indirettamente, dalla costruzione di ogni manufatto e che a sua volta, influenza il comportamento strutturale dei manufatti stessi.

La progettazione è stata basata, in questa fase preliminare, sulle indagini geologiche eseguite dal dott. geol. Giovanni Debellis, incaricato di redigere uno studio esecutivo a corredo del progetto di adeguamento idraulico delle sezioni di deflusso del "Rio delle Mogli", presso il suo tratto terminale che dista circa 700 m dalla zona di intervento.

Dal quadro generale, in tal modo scaturito, si definiscono le caratteristiche della fondazione da adottare e il modello da utilizzare per le elaborazioni relative alla interazione sovrastruttura-fondazione e, quindi, fondazione-terreno.

2 - NORMATIVE DI RIFERIMENTO

In quanto di seguito riportato viene fatto esplicito riferimento alle seguenti Normative:

- **LEGGE n° 64 del 02/02/1974.** "Provvedimenti per le costruzioni, con particolari prescrizioni per le zone sismiche.";
- **D.M. LL.PP. del 11/03/1988.** "Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni

Comune di Mignanego Prot. n. 0007712 del 02-08-2022 partenza

per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione.";
- **D.M. LL.PP. del 16/01/1996.** "Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche.";
- **Circolare Ministeriale LL.PP. n° 65/AA.GG. del 10/04/1997.** "Istruzioni per l'applicazione delle "Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche" di cui al D.M. 16/01/1996.";
- **Eurocodice 1 - Parte 1 -** "Basi di calcolo ed azioni sulle strutture - Basi di calcolo -.";
- **Eurocodice 7 - Parte 1 -**"Progettazione geotecnica - Regole generali -.";
- **Eurocodice 8 - Parte 5 -**"Indicazioni progettuali per la resistenza sismica delle strutture - Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici -.";
- **D.M. 14/01/2008 - NUOVE NORME TECNICHE PER LE COSTRUZIONI**
- **Circolare n. 617 del 02/02/2008**

3 - CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEI TERRENI DI FONDAZIONE

La caratterizzazione del terreno di fondazione viene realizzata facendo riferimento alla relazione geologica indicata in premessa, con particolare riferimento alle indagini geognostiche eseguite in corrispondanza della porzione terminale del Rio delle Mogli, ovverro alla confluenza con il Torrente Riccò.

In particolare si considerano:

- Il sondaggio a carotaggio continuo presso il settore mediano della copertura di Via Visegni; all'interno del foro di sondaggio sono state eseguite prove di tipo S.P.T. (Standard Penetration Test), necessarie al fine di caratterizzare i livelli di coltre colluviale a tetto del substrato roccioso;
- l'acquisizione di rumore sismico mediante tromografo con sensore triassiale.

Il sondaggio a carotaggio continuo ha evidenziato un considerevole livello di coltre scura a matrice argillosa dominante, all'interno della quale lo scheletro di derivazione lapidea risulta pesantemente alterato e disarticolato, ridotto in lamelle argillose o argilloso-marnose.

A partire dalla progressiva dei -10.60 metri dal p.c. è stato campionato il substrato roccioso alterato ("Cappellaccio di alterazione"), mentre da -11,80 metri dal p.c. è emerso il substrato roccioso argillitico, avente intercalazioni marnose e calcareomarnose, fortemente fratturato.

La misura di microtremore sismico, svolta in prossimità della confluenza con il Torrente Riccò, ha sostanzialmente confermato la profondità di reperimento del substrato di base, con una tolleranza di ≈ ± 1 metro rispetto al carotaggio continuo.

In considerazione della posizione dell'intervento a progetto rispetto alle indagini geologiche suddette, viene ricostruto un assetto geomorfologico e stratigrafico così composto:

1. **0.00 ÷ -0.30 m** : terreno di riporto grossolano;
2. **-0.30 ÷ -7.60 m** : coltre colluviale a matrice dominante, con scheletro roccioso fortemente subordinato e costituito da lamelle argillitiche derivanti dalla detrizione

Comune di Mignanego Prot. n. 0007712 del 02-08-2022 partenza

del substrato roccioso. Tale livello può essere ulteriormente suddiviso in tre strati di spessore valutabile in circa 1.4 m – 2.5 m – 3.4 m.

3. **-7.60 ÷ -8.80 m** : cappellaccio di alterazione rielaborato in maniera significativa.
4. da **-8.80 m** : substrato roccioso argillitico con intercalazioni argillitico-marnose appartenente alla Formazione delle Argilliti di Mignanego.

Senza considerare il livello più superficiale di terreno vegetale di 30 cm a scarse caratteristiche geotecniche, e con riferimento a dati di penetrometrici su terreni similari, si possono assegnare ai terreni granulari individuati i seguenti parametri geotecnici medi, caratteristici e di progetto:

	γ_m (t/mc)	γ_{satm} (T/mc)	φ_m (°)	C'm (Kg/cmq)	CU m (Kg/cmq)
Strato 1	1.9	2.0	30.0	0.0	1.28
Strato 2	1.7	1.9	27.5	0.0	0.68
Strato 3	2.1	2.3	31.0	0.0	1.89

essendo:

γ = peso di volume
γ_{sat} = peso di volume saturo
φ = angolo di attrito efficace
c' = coesione efficace
cu = coesione apparente

Il substrato roccioso, appartenente alla Formazione delle Argilliti di Mignanego, è stato classificato mediante la formulazione di Bieniawski (Sistema RMR, 1989), evidenziando:

	γ_m (t/mc)	φ'_m (°)	c_m (kPa)	E_{stm} (MPa)
cappellaccio	2.5	34.0	46	3.5

Il coefficiente caratteristico d'attrito fondazione-terreno:

$$\tan \delta_k = \tan \varphi'_k = 0.67$$

Ne segue che coefficiente di progetto d'attrito fondazione-terreno:

$$\tan \delta_k / \gamma_{\varphi'} = 0.51/1.25 = 0.54$$

Roccia	E (Kg/cm^2)		ν	
	valore max	valore min.	valore max	valore min.
Basalto	1071000	178500	0.32	0.27
Granito	856800	142800	0.30	0.26
Scisto cristallino	856800	71400	0.22	0.18
Calcare	1071000	214200	0.45	0.24
Calcare poroso	856800	35700	0.45	0.35
Arenaria	428400	35700	0.45	0.20
Argilloscisto	214200	35700	0.45	0.25
Calcestruzzo	Variabile		0.15	

Valori indicativi del modulo elastrico e del coefficiente di Poisson di alcune rocce

Si ipoteizza un substrato roccioso non alterato con le seguienti parametrizzazioni:

Comune di Mignanego Prot. n. 0007712 del 02-08-2022 partenza

	γ_m (t/mc)	φ'_m (°)	c_m (kPa)	E_{stm} (MPa)
roccia	2.6	40.0	200	3.5

L'area in studio è localizzata nel territorio comunale di Mignanego, attualmente classificato secondo D.G.R. n°216 del 2017 in zona sismica 3.

La normativa tecnica, ai fini del calcolo dell'azione sismica, prescrive di determinare la categoria del suolo di fondazione; nel caso specifico, con riferimento al piano campagna, dal rilievo geofisico di tipo M.A.S.W. , nonché dall'acquisizione tromografica svolta nel settore di base del comparto è possibile classificare il suolo di fondazione di tipo "B" : "Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $N_{SPT,30}$ > 50 nei terreni a grana grossa e $c_{u,30}$ > 250 kPa nei terreni a grana fina)". La categoria topografica è la T2.

4 - PARATIA DI MICROPALI

L'intervento a progetto prevede la realizzazione di una paratia su micropali infissi in roccia e legati in testa mediante un cordolo in calcestruzzo armato per consolidare una porzione di argine in sponda destra.

Oltre il cordolo in c.a. verrà impostato un sovra argine con mensola in c.a. e soprastante barriera in vetro antisfondamento.

La morfologia e gli aspetti geotecnici del sito hanno portato a considerare una struttura composta da una fila di micropali con caratteristiche geometriche e strutturali ricavate mediante il dimensionamento riportato nella relazione di calcolo.

In particolare sarà realizzato un allineamento di micropali trivellati aventi un diametro di perforazione di 180mm, spaziati di 60 cm in orizzontale ed alterantivamente con perforazione verticale ed inclinata di circa 20°.

I micropali saranno collegati in testa da un cordolo in conglomerato cementizio armato di dimensioni minime pari a 110x60 cm.

La scelta del tipo di opera di sostegno è naturalmente condizionata dalle dimensioni e dalle esigenze di funzionamento dell'opera, dalle caratteristiche meccaniche dei terreni, dal regime delle pressioni interstiziali, dall'interazione con manufatti ed infrastrutture esistenti e dalle condizioni generali di stabilità del sito.

Si deve inoltre tenere conto l'incidenza sulla sicurezza di dispositivi complementari (quali rinforzi, drenaggi, tiranti e ancoraggi) e delle fasi costruttive.

Le verifiche della struttura sono state svolte sulla base delle indagini geologiche e geotecniche allegate.

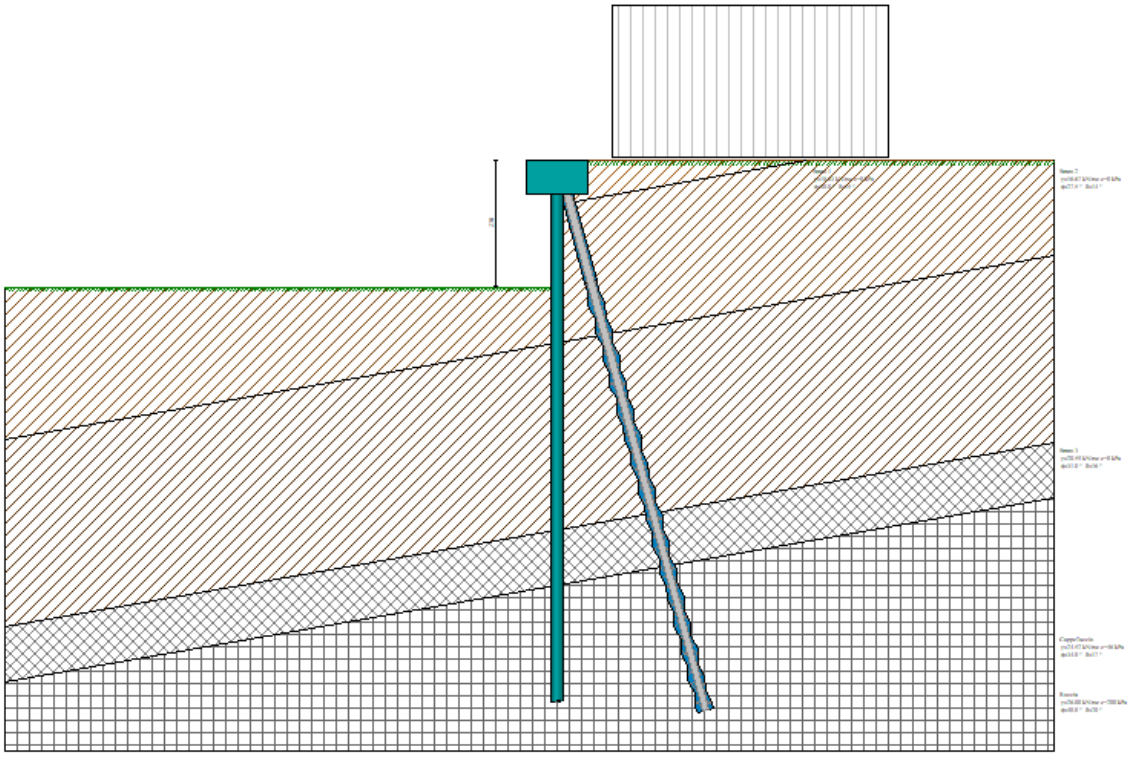
L'intervento a progetto prevede la realizzazione di una paratia di micropali infissi in roccia e collegati in testa mediante un cordolo in c.a. allo scopo di ottenere una barriera che si faccia carico di resistere alle spinte orizzontali esercitate dal terreno in rilevato e dai carichi stradali soprastanti.

Comune di Mignanego Prot. n. 0007712 del 02-08-2022 partenza

L'analisi strutturale e le verifiche sono condotte con l'ausilio di un codice di calcolo automatico, PAC versione 12 prodotto da Aztec Informatica srl.

L'analisi strutturale è stata effettuata con il metodo degli elementi finiti, schematizzando la struttura in elementi lineari e nodi. Le incognite del problema sono le componenti di spostamento in corrispondenza di ogni nodo (2 spostamenti e 1 rotazioni).

La verifica delle sezioni degli elementi strutturali è stata eseguita con il metodo degli Stati Limite. Le combinazioni di carico adottate sono esaustive riguardo gli scenari di carico più gravosi cui l'opera sarà soggetta.



Modello elaborato a calcolatore

Il modello è stato quindi verificato con un approccio non-lineare di tipo statico, utilizzando il metodo degli spostamenti per la valutazione dello stato limite indotto dai carichi statici.

Il mancato scorrimento della testa della paratia è garantito dalla presenza di ulteriori due file di micropali, come precedentemente illustrato; le verifiche tuttavia andranno a trattare l'elemento strutturale con un approccio monodimensionale, trascurando a favore di sicurezza il contributo irrigidente fornito sul cordolo in testa.

Le combinazioni di carico adottate sono esaustive relativamente agli scenari di carico più gravosi cui l'opera sarà soggetta, maggiori dettagli sono riportati nella relazione di calcolo allegata.

I carichi insistenti sull'opera in oggetto sono identificabili in:

- sovraccarico stradale dovuto alla presenza della strada carrabile;
- peso proprio dell'opera a progetto;
- spinte del terreno;
- azione sismica.

Comune di Mignanego Prot. n. 0007712 del 02-08-2022 partenza

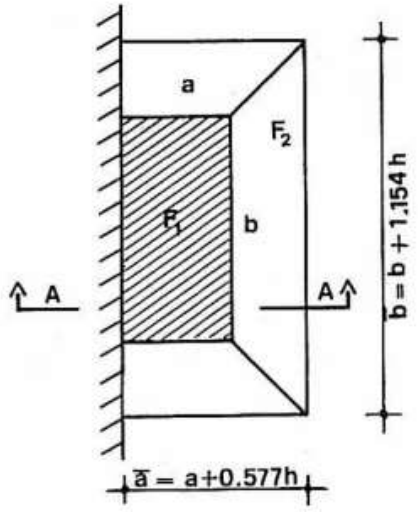
I carichi mobili sul rilevato stradale viengono assunti con un'intensità di 20 kN/mq; viene quindi calcolato il sovraccarico uniformemente distribuito considerando l'accidentale definito al punto 5.1.3.3.5 NTC 2008 e punto 5.1.3.3.7.1 Circolare 2 febraio 2009 n.617 e calcolando la ripartizione in base all'altezza della paratia fuori terra.

Si può considerare applicato lo schema di carico 1, in cui per semplicità i carichi tandem possono essere sostituiti da carichi uniformemente distribuiti equivalenti, applicati su una superficie rettangolare larga a=3.0m e lunga b=2.2m.

Inoltre in un rilevato correttamente consolidato, sempre secondo le Norme precedentemente citate, si può assumere una diffusione del carico con un angolo di 30°.

Lo schema di carico 1 prevede la presenza di carichi su due assi in tandem, per un totale di 600kN. Distribuendo tali carichi su una superficie F1 di 3.0 x 2.2m, si ottiene un carico distribuito pari a:

pv=600/(2.2*3)=90.9kN/mq.

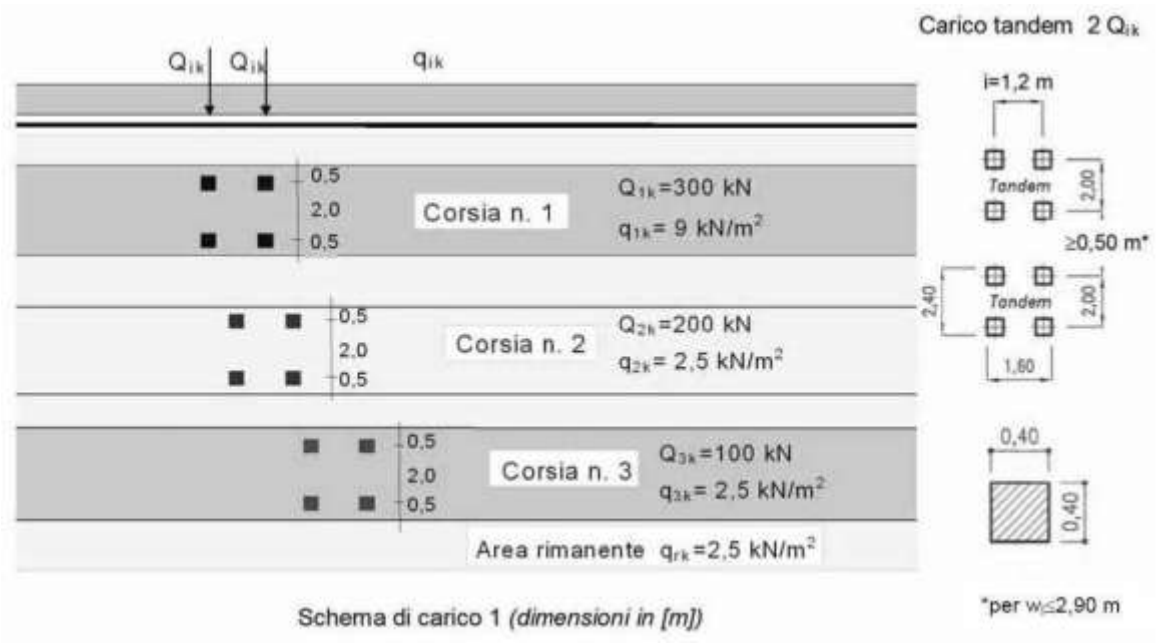


I carichi mobili per ponti di prima categoria che consistono in colonne di carico della seguente intensità:

Posizione	Carico Asse	Qik [kN]	qik[kN/mq]
Corsia	Numero 1	300	9.00
Corsia	Numero 2	200	2.50
Corsia	Numero 3	100	2.50
Altre	Corsie	0	2.50

La distribuzione, gli interassi tra le forze concentrate e gli ingombri delle colonne di carico sono riportate nella figura seguente.

Comune di Mignanego Prot. n. 0007712 del 02-08-2022 partenza



Considerata la tipologia di opera, costituita da sbancamenti di limitata altezza la verifica viene eseguita considerando il sovraccarico convenzionale della corsia n.1.

Q1k=300 kN 2 Q1k = 600 kN vengono ripartiti su area 3.00x2.20

carico accidentale di calcolo Q = (300x2):((2.20+2+2)x(3+2))=16.2 kN/mq

q1k=9 kN/mq

considerata la combinazione più gravosa, costituita dal carico tandem come principale il carico distribuito q1k secondario ed adottando un coefficiente ψ0 di combinazione pari a 0.40 si ha:

q=q1kX ψ0=3.6 kN/mq

Pacc =3.6 +16.2 = 20.0 kN/mq

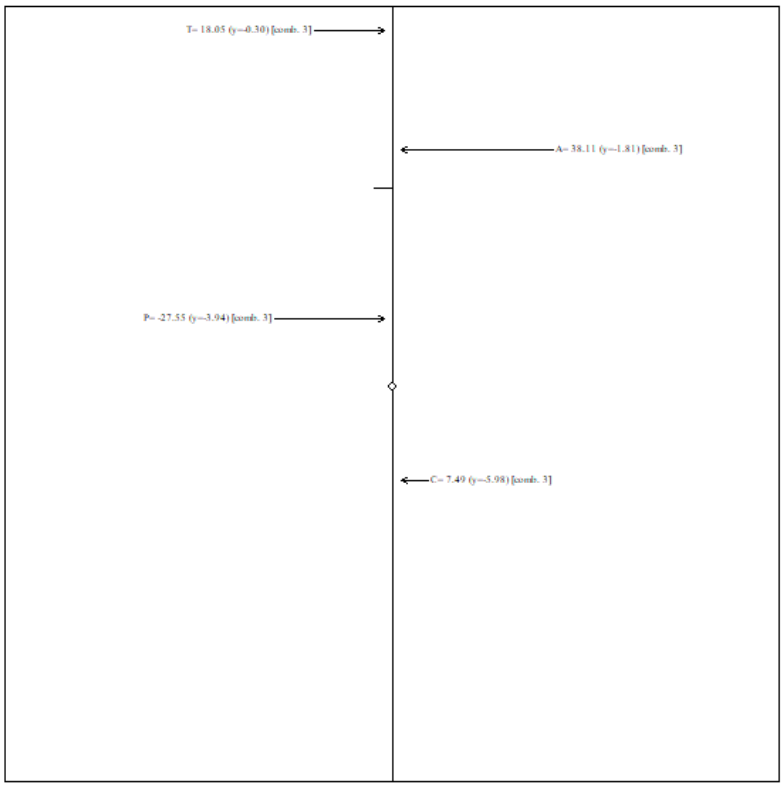
A favore di sicurezza, non viene considerato il contributo favorevole della spinta idrostatica e pertanto la struttura di sostegno viene verificata in assenza di acqua.

Osservando una sezione verticale della struttura, i valori delle spinte allo stato limite ultimo risultano nei casi più gravosi pari a:

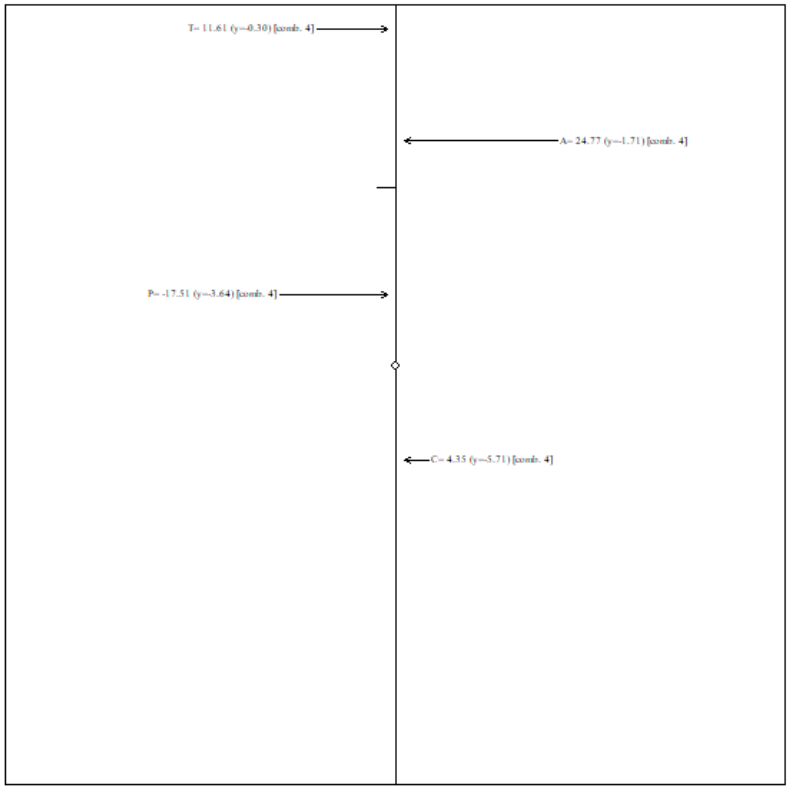
DESCRIZIONE	SLU	SLU SISMA	SLE	SLE SISMA
	SPINTA [kN]	SPINTA [kN]	SPINTA [kN]	SPINTA [kN]
spinta attiva [A]	38.11	22.22	25.76	17.01
controspinta [C]	7.49	4.35	4.51	11.71
resistenza passiva [P]	27.55	17.51	18.56	12.12
reazioni dei tiranti [R]	18.05	11.61	2.83	8.23

In particolare le forze agenti sulla paratia, allo stato limite ultimo, possono essere schematizzate nel modo riportato nei seguenti diagrammi:

Comune di Mignanego Prot. n. 0007712 del 02-08-2022 partenza

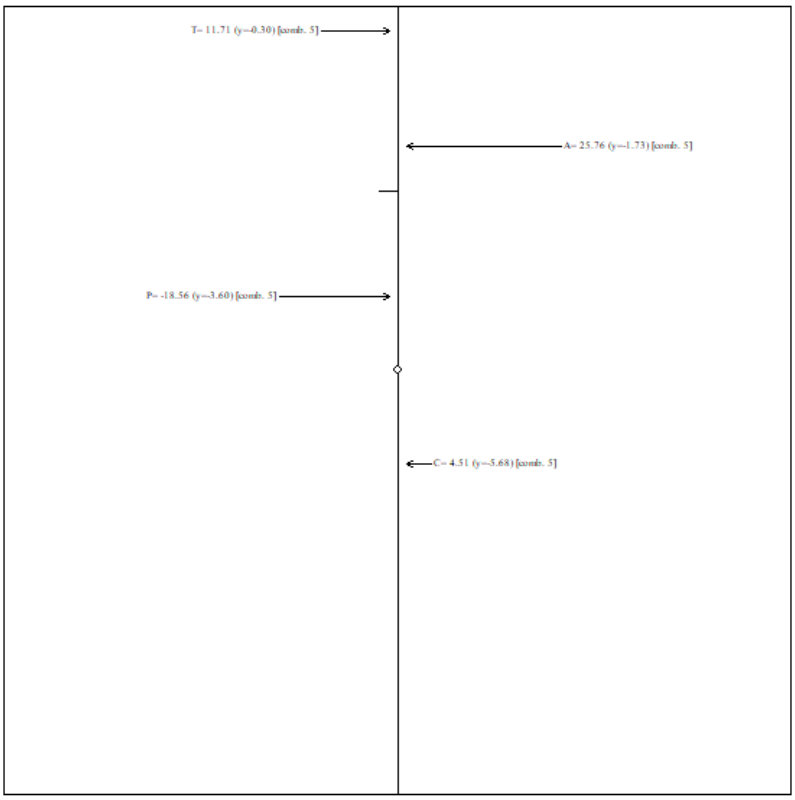


FORZE AGENTI SULLA PARATIA – COMBINAZIONE SLU – SENZA SISMA

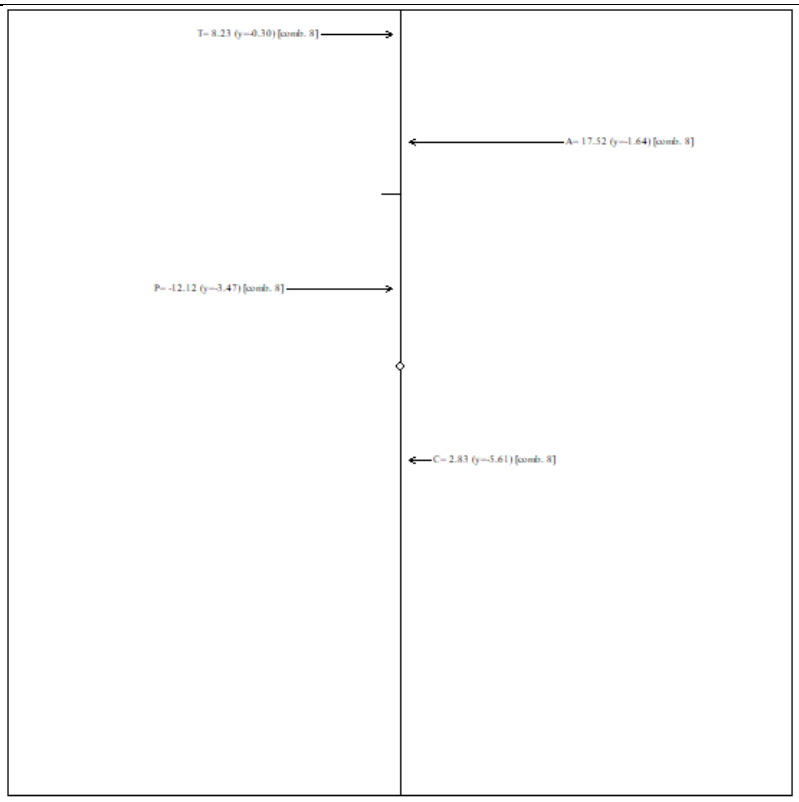


FORZE AGENTI SULLA PARATIA – COMBINAZIONE SLU – CON SISMA

Comune di Mignanego Prot. n. 0007712 del 02-08-2022 partenza



FORZE AGENTI SULLA PARATIA – COMBINAZIONE SLE – SENZA SISMA



FORZE AGENTI SULLA PARATIA – COMBINAZIONE SLE – CON SISMA

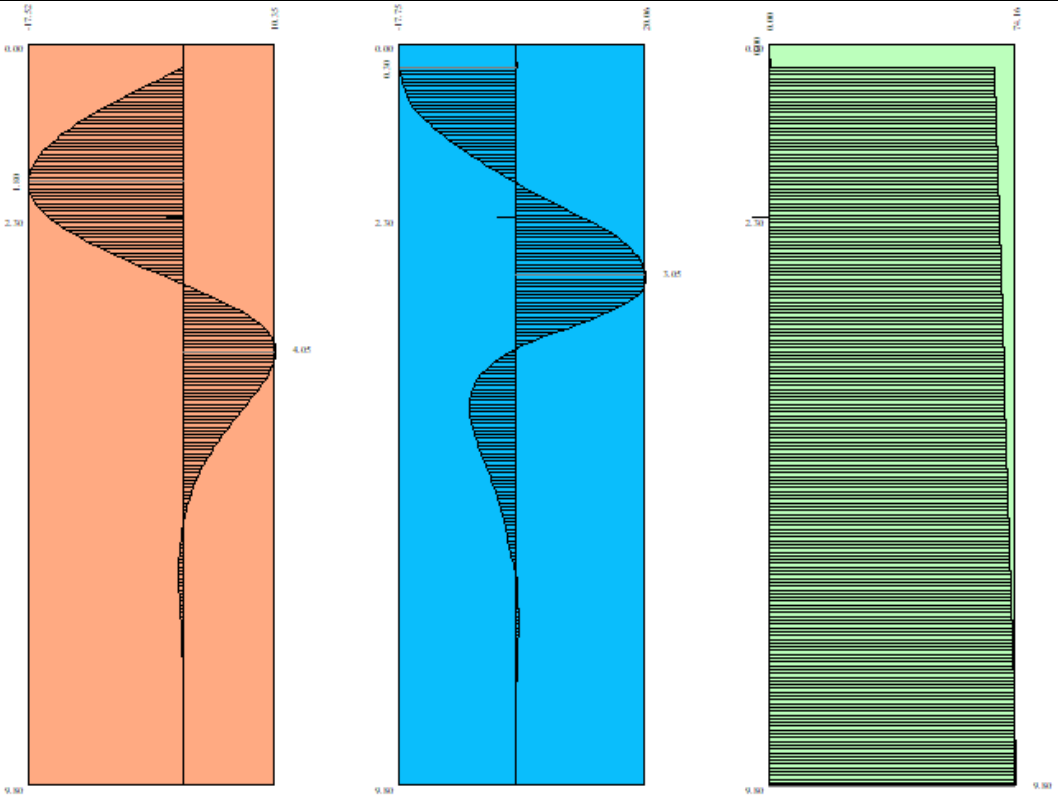
Comune di Mignanego Prot. n. 0007712 del 02-08-2022 partenza

Come si evince dai risultati dell'analisi computazionale riportati nell'*allegato I* per ogni combinazione di carico, la paratia risulta verificata al collasso per la rotazione intorno ad un punto (atto di moto rigido).

La verifica al collasso per carico limite verticale viene soddisfatta per ogni combinazione di carico esaminata, a tal proposito appare utile riportare le sollecitazioni massime e minime in atto per metro di paratia nelle condizioni di stato limite ultimo:

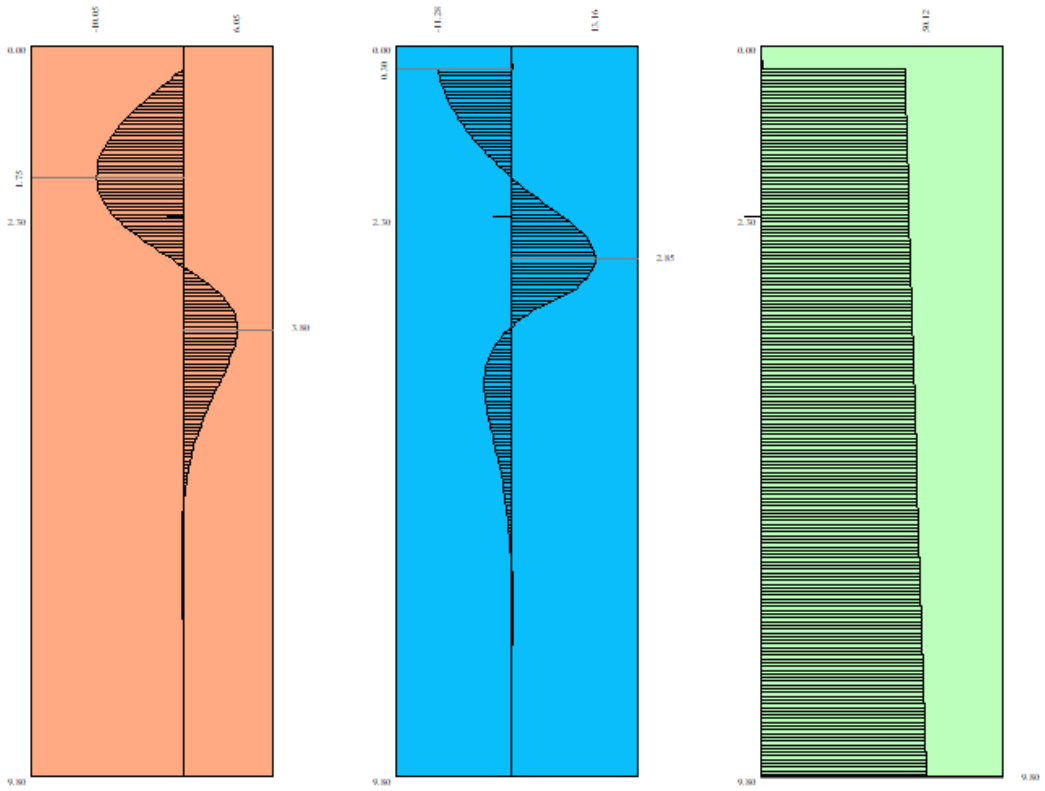
		M	**Y_M**	**T**	**Y_T**	**N**	**Y_N**
SLU	MAX	10.35	4.05	20.06	3.05	74.16	9.80
	MIN	-17.52	1.80	-17.75	0.30	0.00	0.00
SLU SISMA	MAX	6.05	3.80	13.16	2.85	50.12	9.80
	MIN	10.35	4.05	20.06	3.05	74.16	9.80
SLE	MAX	6.27	3.75	14.05	2.75	50.48	9.80
	MIN	-10.81	1.75	-11.46	0.30	0.00	0.00
SLE SISMA	MAX	3.94	3.70	9.29	2.60	37.49	9.80
	MIN	-6.76	1.65	-7.97	0.30	0.00	0.00

Vengono di seguito riportati i principali andamenti grafici per le principali sollecitazioni agenti nelle condizioni di SLU:

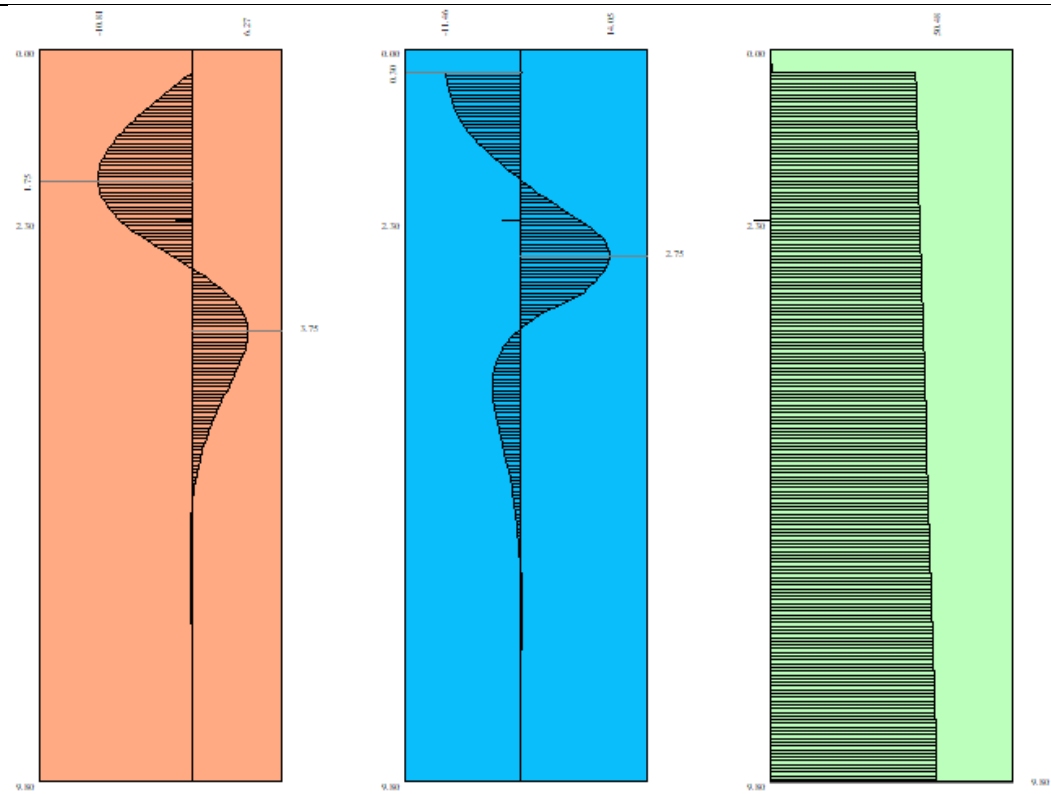


SOLLECITAZIONI – COMBINAZIONE SLU – SENZA SISMA

Comune di Mignanego Prot. n. 0007712 del 02-08-2022 partenza

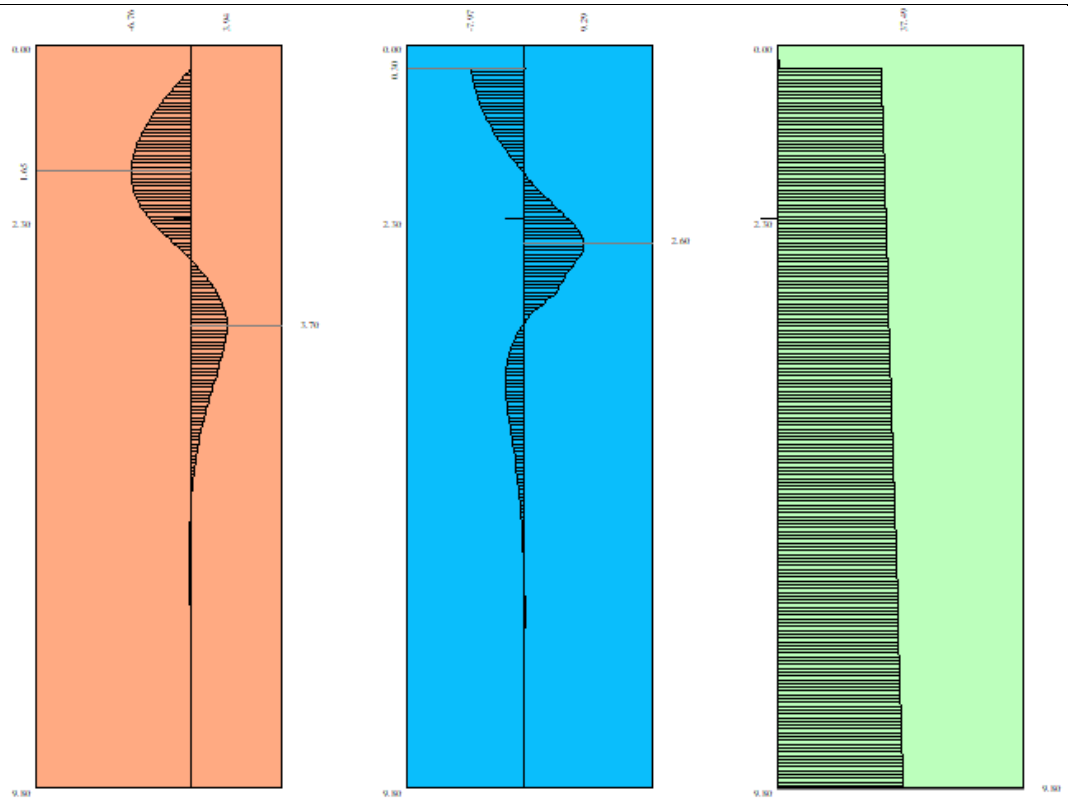


SOLLECITAZIONI – COMBINAZIONE SLU – CON SISMA



SOLLECITAZIONI – COMBINAZIONE SLE – SENZA SISMA

Comune di Mignanego Prot. n. 0007712 del 02-08-2022 partenza



SOLLECITAZIONI – COMBINAZIONE SLE – CON SISMA

Per quanto concerne gli spostamenti orizzontali e verticali, i valori massimi e minimi ottenuti con l'analisi risultano:

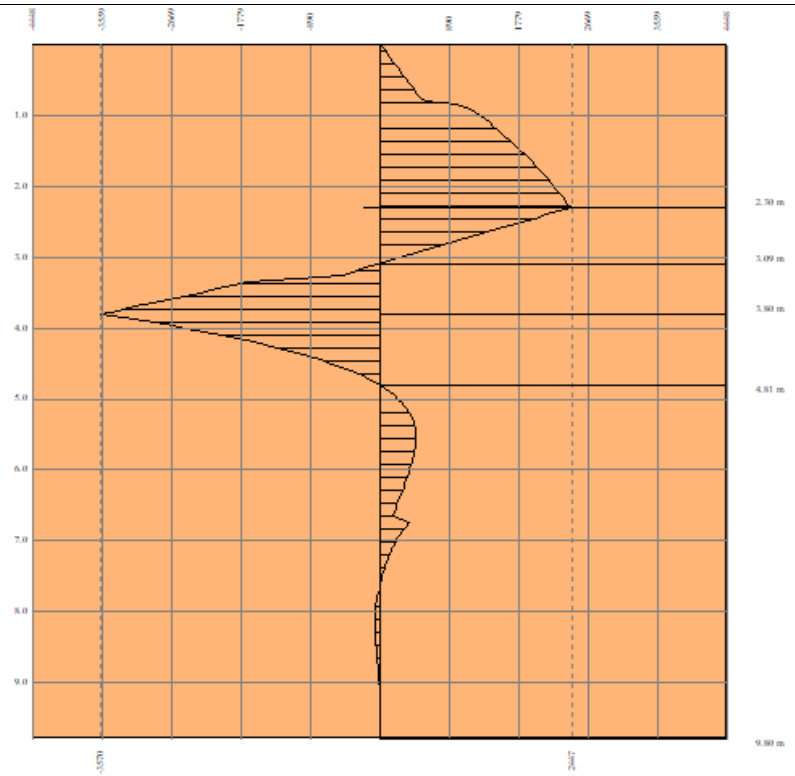
		U	Y_U	V	Y_V
SLU	MAX	0.8346	1.80	0.0788	0.00
	MIN	-0.0263	5.55	0.0000	0.00
SLU SISMA	MAX	0.4606	1.65	0.0521	0.00
	MIN	-0.0156	5.30	0.0000	0.00
SLE	MAX	0.4755	1.65	0.0525	0.00
	MIN	-0.0162	5.25	0.0000	0.00
SLE SISMA	MAX	0.3050	1.55	0.0380	0.00
	MIN	-0.0102	5.20	0.0000	0.00

Considerando le singole combinazioni di carico i valori massimi degli spostamenti (positivo verso valle) sono:

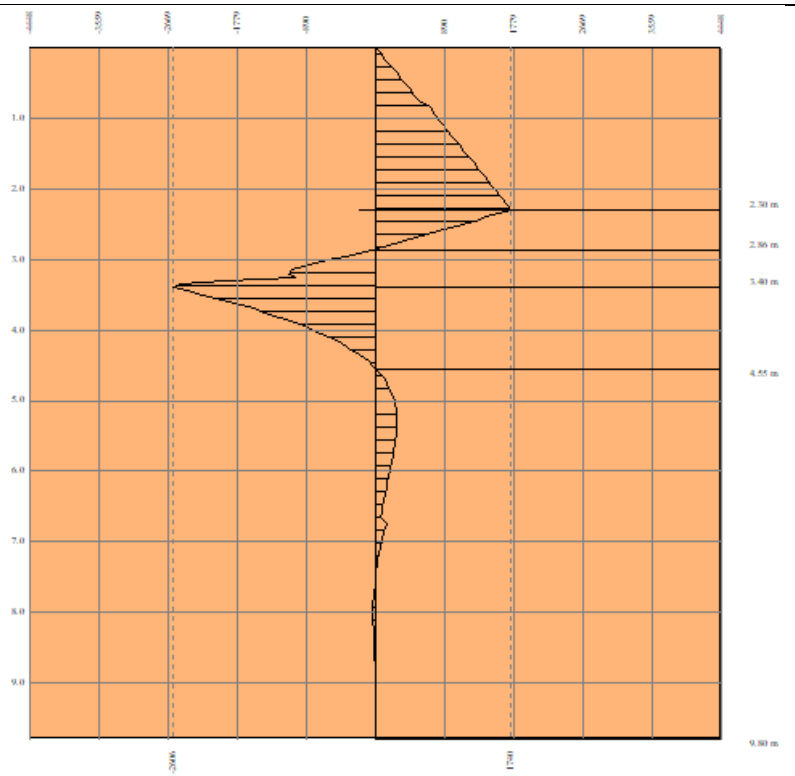
	SLU	**SLU SISMA**	**SLE RARA**	
ORIZZONTALE	0.8346	0.4606	0.4755	cm
VERTICALE	0.0788	0.0521	0.0525	cm

Comune di Mignanego Prot. n. 0007712 del 02-08-2022 partenza

Gli andamenti delle deformate agli stati limite ultimi più sfavorevoli vengono riportati di seguito:

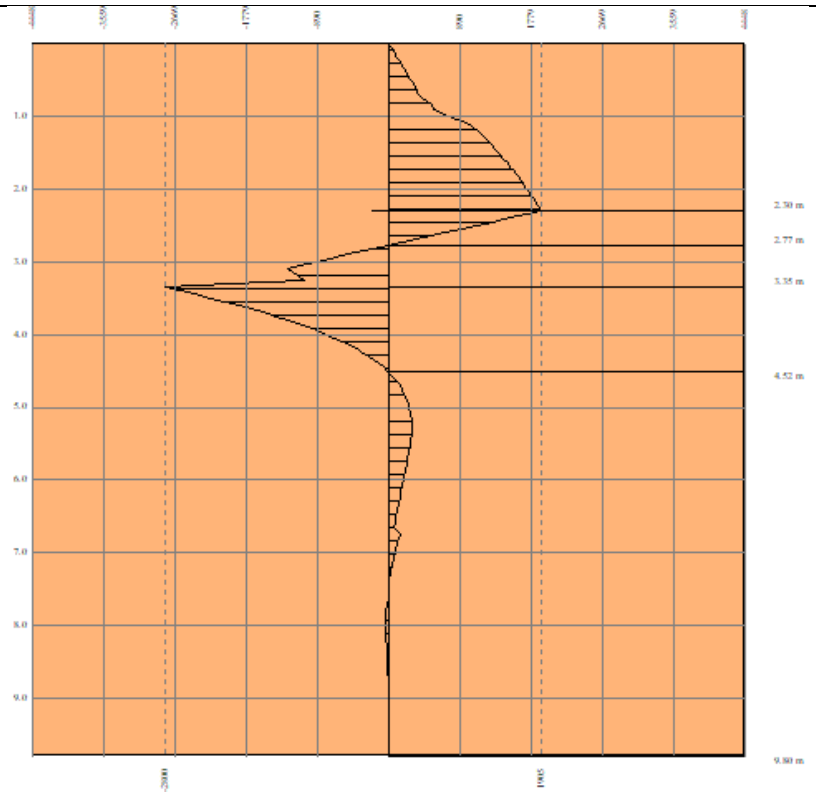


DEFORMATA – COMBINAZIONE SLU – SENZA SISMA

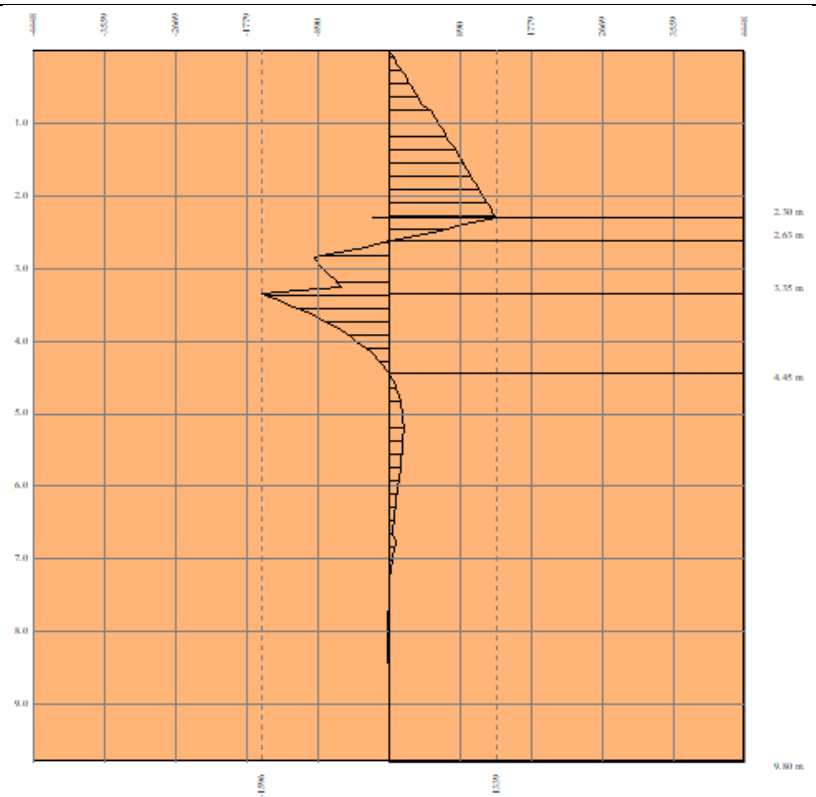


DEFORMATA – COMBINAZIONE SLU – CON SISMA

Comune di Mignanego Prot. n. 0007712 del 02-08-2022 partenza



DEFORMATA – COMBINAZIONE SLE RARA – SENZA SISMA



DEFORMATA – COMBINAZIONE SLE RARA – CON SISMA

Comune di Mignanego Prot. n. 0007712 del 02-08-2022 partenza

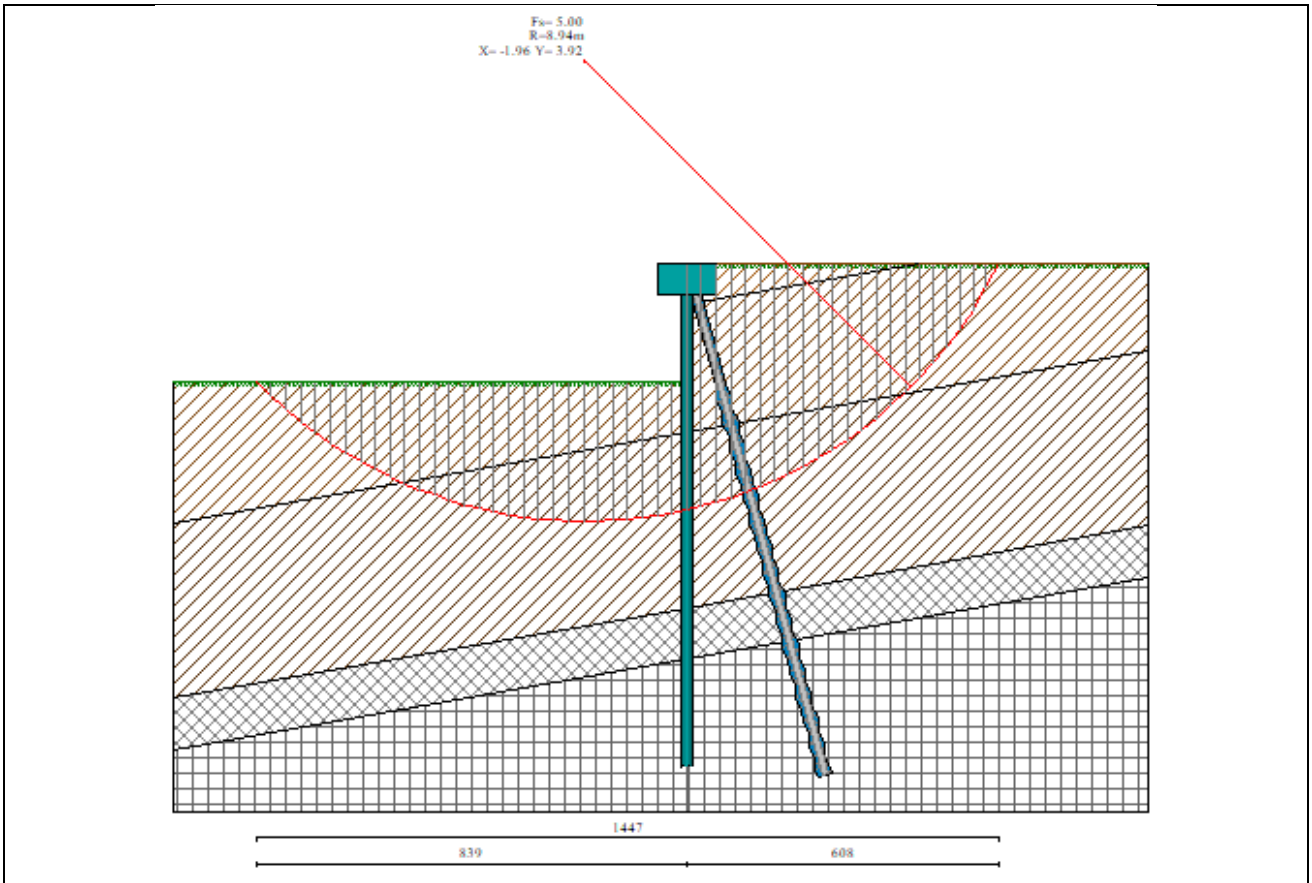
L'analisi dell'opera, eseguita nella condizione A2-M2, mostra che la stabilità globale viene garantita con un fattore di sicurezza che supera abbondantemente l'unità:

	SLU A2-M2	SLU A2-M2 SISMA
F.S.	5.00	5.78

Nelle condizioni ultima più gravosa i parametri più significativi assumono i seguenti valori:

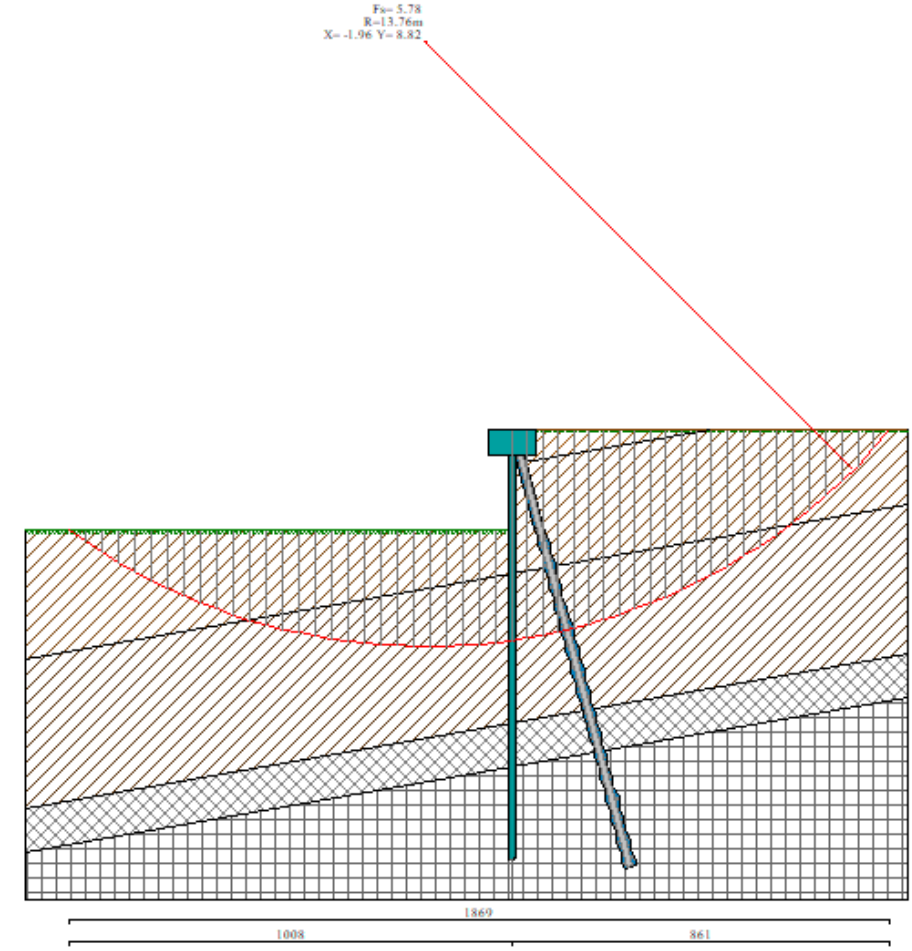
- Raggio del cerchio critico R = 13.76 [m]
- Centro del cerchio critico (-1.96; 8.82)
- Intersezione cerchio-pendio a valle (-10.08; -2.29)
- Intersezione cerchio-pendio a monte (8.61; 0.00)
- Fattore di sicurezza FS = 5.78

Graficamente le verifiche di stabilità presentano i seguenti raggi per la superficie di scorrimento:



VERIFICA DI STABILITÀ – COMBINAZIONE SLU – SENZA SISMA

Comune di Mignanego Prot. n. 0007712 del 02-08-2022 partenza



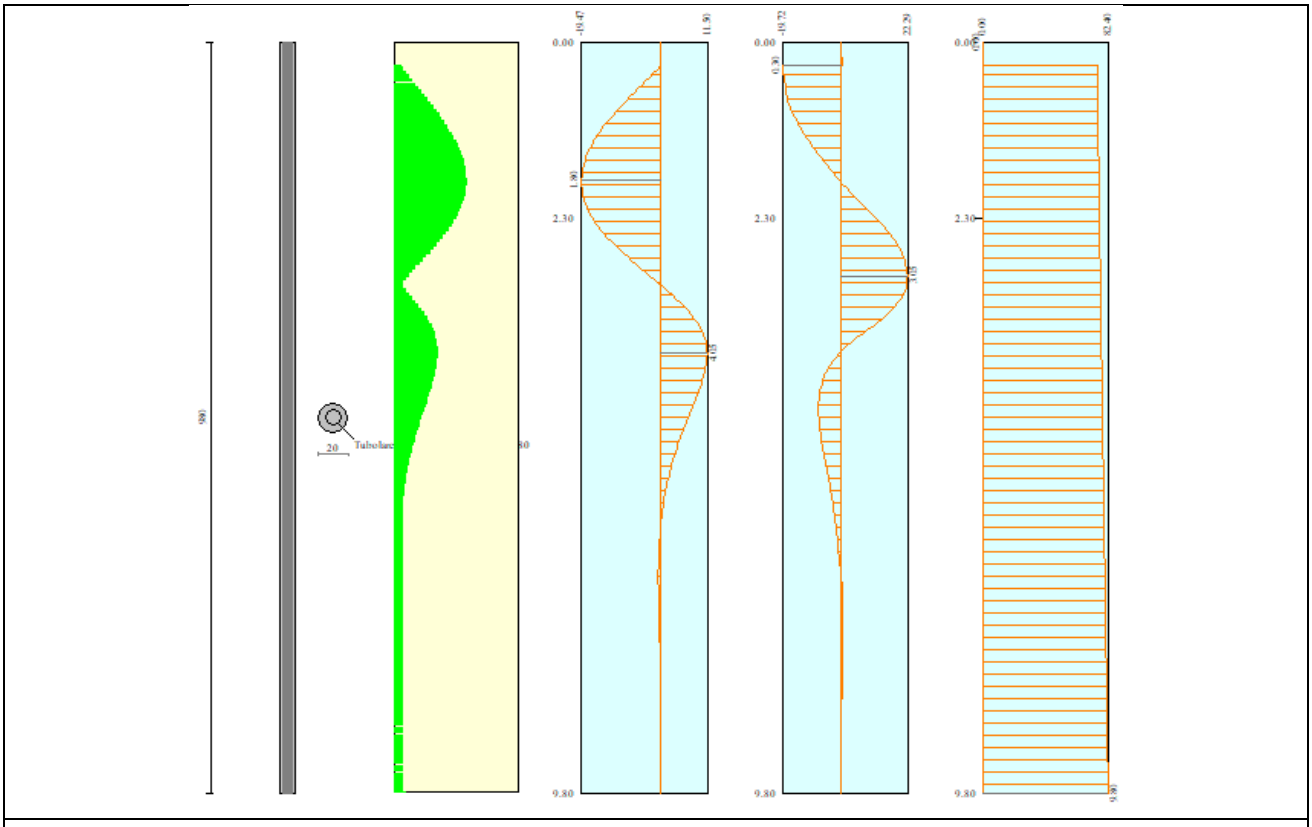
VERIFICA DI STABILITÀ – COMBINAZIONE SLU – CON SISMA

Le verifiche strutturali della paratia sono state condotto considerando la sola porzione di cordolo interessante la testa dei pali; i risultati più significativi ottenuti nelle sezioni critiche indicano quanto segue:

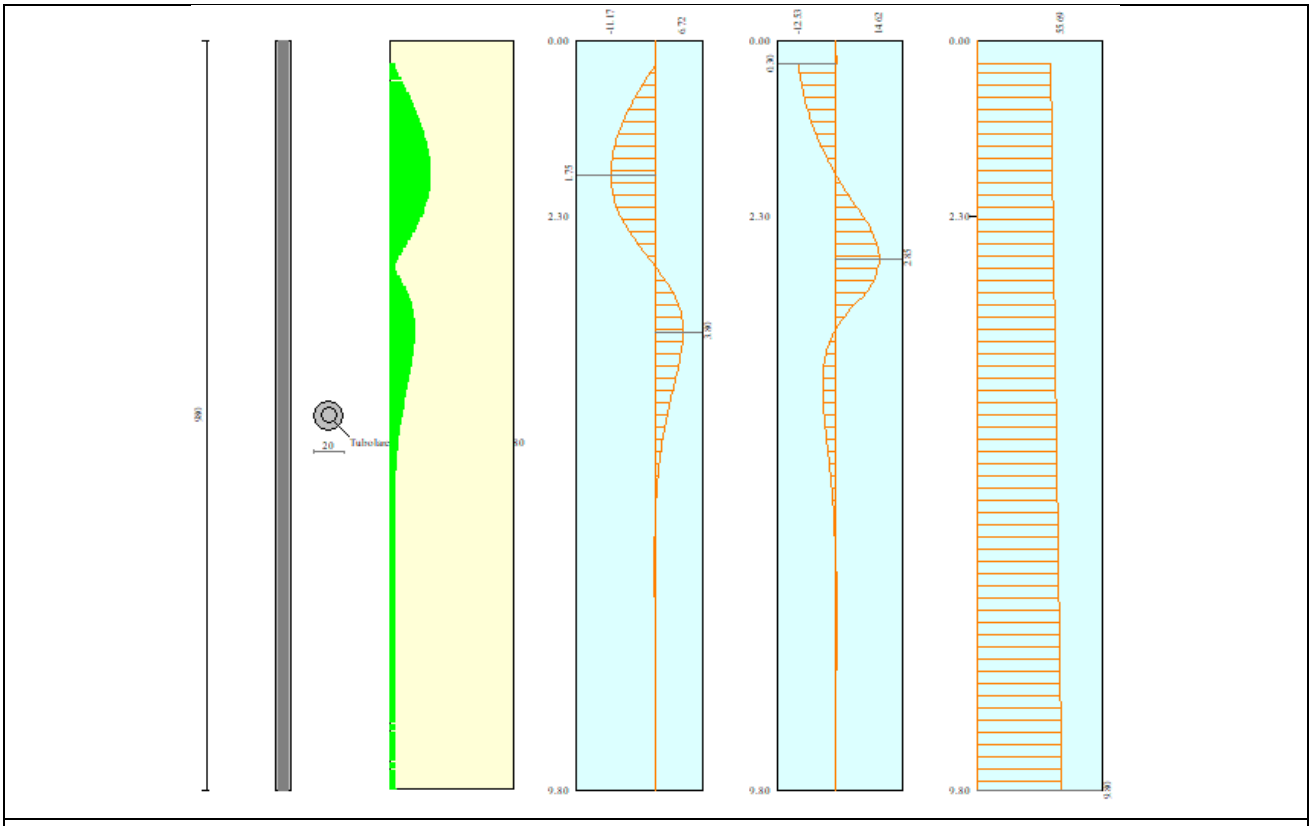
	Momento ultimo	Sforzo normale ultimo	Momento sollecitante massimo	Sforzo normale sollecitante massimo	Coefficiente di sicurezza
	Mu	**Nu**	**M**	**N**	**FS**
	[kNm]	*[kN]*	*[kNm]*	*[kN]*	
SLU	-33.54	131.33	-19.47	76.23	1.72
SLU SISMA	-33.57	148.82	-11.17	49.49	3.01

Vengono pertanto riportati gli andamenti delle sollecitazioni sull'armatura di un singolo micropalo agli stati limite ultimi e di esercizio considerando la lunghezza minima di infissione:

Comune di Mignanego Prot. n. 0007712 del 02-08-2022 partenza

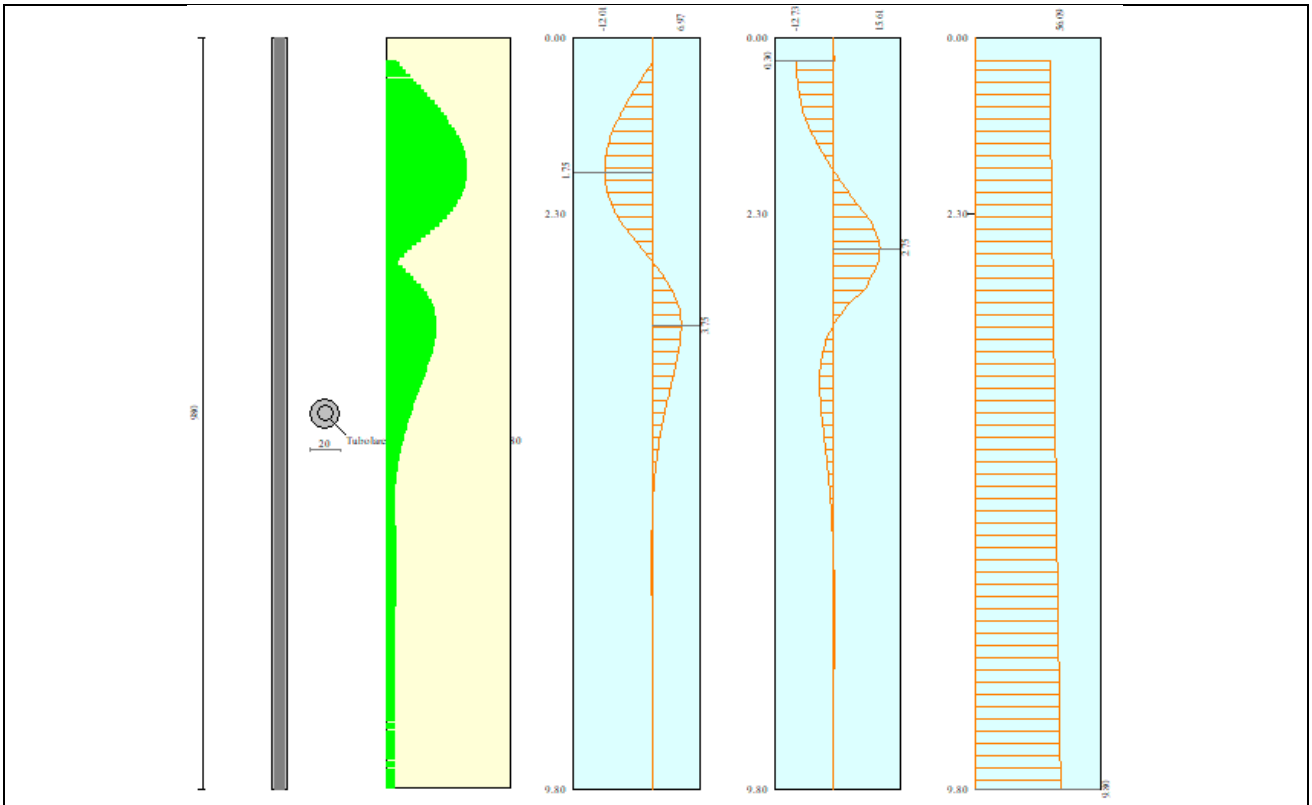


SOLLECITAZIONI ARMATURE MICROPALO – COMBINAZIONE SLU – SENZA SISMA

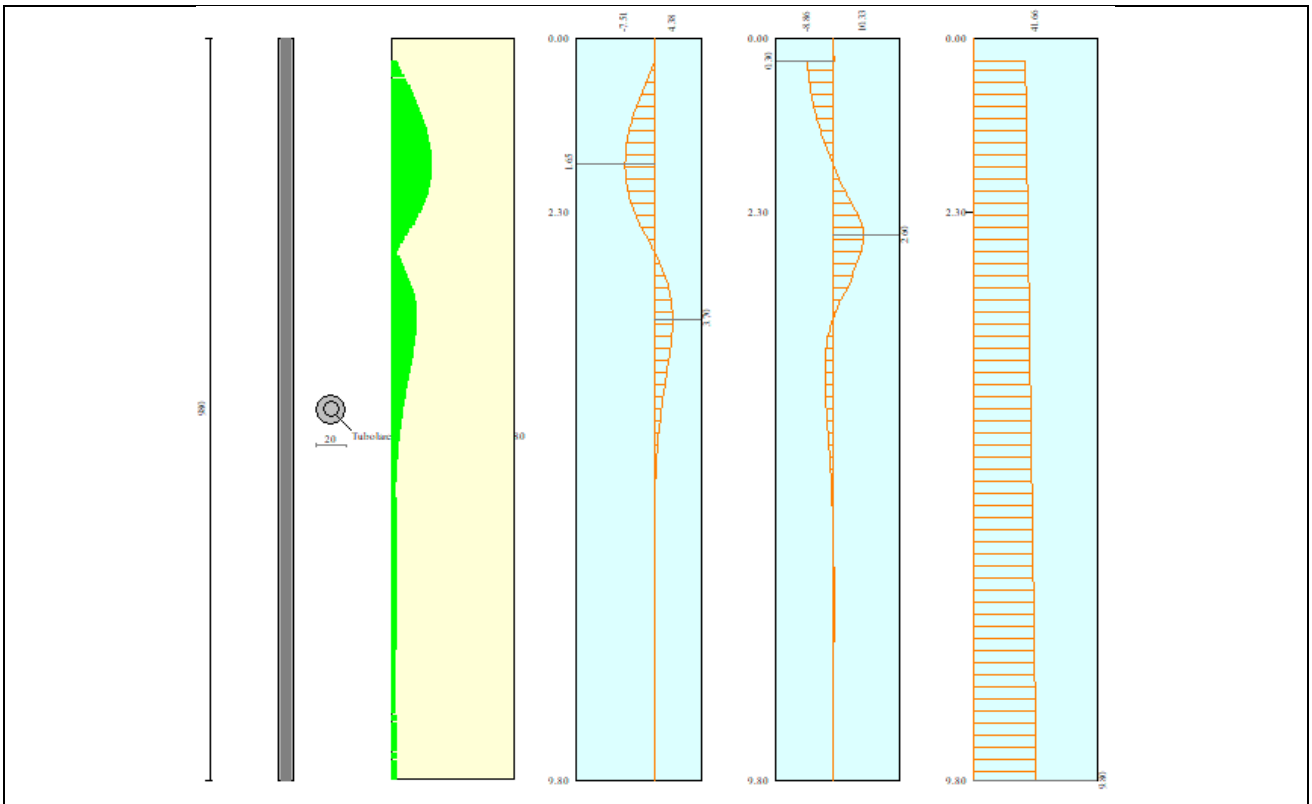


SOLLECITAZIONI ARMATURE MICROPALO – COMBINAZIONE SLU – CON SISMA

Comune di Mignanego Prot. n. 0007712 del 02-08-2022 partenza



SOLLECITAZIONI ARMATURE MICROPALO – COMBINAZIONE SLE FREQUENTE – SENZA SISMA



SOLLECITAZIONI ARMATURE MICROPALO – COMBINAZIONE SLE FREQUENTE – CON SISMA

Comune di Mignanego Prot. n. 0007712 del 02-08-2022 partenza

Ulteriori dettagli sulle modalità di verifica e l'elenco completo dei tabulati di calcolo vengono riportati nella relazione allegata.

Codda Ingegneria di Codda Matteo
Via Matteotti 21/4 16033 Lavagna (GE) - tel/fax: 0185393358 - email: info@coddaingegneria.it - p.iva: 02027030994

Comune di Mignanego Prot. n. 0007712 del 02-08-2022 partenza