

COMMITTENTE:



RETE FERROVIARIA ITALIANA S.P.A.

VICE DIREZIONE GENERALE NETWORK MANAGEMENT INFRASTRUTTURE  
DIREZIONE INVESTIMENTI - PROGRAMMI SOPPRESSIONE P.L. E RISANAMENTO ACUSTICO

SOGGETTO TECNICO:

RFI - VICE DIREZIONE GENERALE NETWORK MANAGEMENT INFRASTRUTTURE  
DIREZIONE INVESTIMENTI PROGRAMMI SOPPRESSIONE P.L. E RISANAMENTO ACUSTICO  
PM PORTAFOGLIO NORD-EST

PROGETTAZIONE:

**STUDIO CATALANO Srl**

*Servizi di ingegneria*

Via Valloncello 109b , Vasto (Ch)

### PROGETTO DEFINITIVO

**LINEA COLICO-SONDRIO  
SOPPRESSIONE DEL PASSAGGIO A LIVELLO AL KM 24+270  
COMUNE DI FORCOLA (SO)**

**STRUTTURE  
RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI**

SCALA: -  
Foglio - di -

PROGETTO/ANNO	SOTTOPR.	LIVELLO	NOME DOC.	PROGR.OP.	FASE FUNZ.	NUMERAZ.
3 2 6 3 2 2	0 0 3	PD	TG00	0 1	0 0	E 0 1 8

	Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato P.S.	Data	Approvato D.T.	Data	Autorizzato R.I.P.S.	Data
Appaltatore	A	Emissione	Ing. S.VIZZARRI	22/07/2022	Ing. A.NICCI	22/07/2022	Ing. F.CATALANO	22/07/2022	Ing. L.SILVESTRI	22/07/2022
R.F.I.	A	Emissione			L. Dell'Osso		G. Tamburo		C. De Gregorio	

POSIZIONE  
ARCHIVIO

LINEA

SEDE TECN.

NOME DOC.

NUMERAZ.

Verificato e trasmesso	Data	Convalidato	Data	Archiviato	Data

## **RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI**

### **Sommario**

1	PREMESSA.....	3
2	DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI.....	4
3	NORMATIVE DI RIFERIMENTO.....	4
4	MATERIALI.....	5
5	CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA.....	6
6	CARICHI.....	7
7	STRUMENTI DI CALCOLO.....	8
8	DIMENSIONAMENTO TRAVE DI MANOVRA E ROSTRO.....	9
9	DIMENSIONAMENTO PLATEA DI VARO E MURO REGGISPINTA.....	28
10	PARATIA PALI Ø1200.....	36
10.1	SINTESI DEI RISULTATI.....	53
11	PARATIA PALI Ø1000.....	57
11.1	SINTESI DEI RISULTATI.....	69
12	PARATIA PALI Ø800.....	73
12.1	SINTESI DEI RISULTATI.....	85
13	TAPPO DI FONDO IN JET GROUTING.....	89

## 1 PREMESSA

Il passaggio a livello da sopprimere è posto al km 24+270 della linea ferroviaria Colico-Sondrio; l'infrastruttura ferroviaria, a singolo binario, si sviluppa in direzione est-ovest parallelamente alla Strada Statale n. 38 dello Stelvio ed è attraversata a raso da Via Provinciale.



*Passaggio a livello al km 24+270 da sopprimere*

## 2 DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI

Nella presente relazione sono descritti gli interventi strutturali provvisori previsti nel progetto, costituiti da:

- Rostro, platea di varo e muro reggispinta;
- Paratie di pali.

## 3 NORMATIVE DI RIFERIMENTO

La presente relazione fa riferimento alle seguenti Normative:

- 1) Decreto 17 gennaio 2018 Norme tecniche per le costruzioni;
- 2) Circolare 21 gennaio 2019 n.7: Istruzione per l'applicazione delle " *Norme tecniche per le costruzioni*";
- 3) UNI EN 206-1-2001: Calcestruzzo. "*Specificazione, prestazione, produzione e conformità*".
- 4) RFI DTC-INC-CS SP IFS 001 A – Specifica per la progettazione geotecnica delle opere ferroviarie;
- 5) UNI EN 206-1-2001: Calcestruzzo. "*Specificazione, prestazione, produzione e conformità*".
- 6) RFI DTC SI MA IFS 001 D – "*Manuale di progettazione delle opere civili*" del 20 12 2019;
- 7) RFI DTC SI SP IFS 001 D – "*Capitolato Generale Tecnico di Appalto delle Opere Civili*"

## 4 MATERIALI

Per la realizzazione delle opere di si utilizzeranno i seguenti materiali definiti anche in base all'analisi delle caratteristiche dell'ambiente in cui verranno realizzate .Si individua come classe di esposizione del calcestruzzo secondo la UNI 11104 e UNI EN 206.

### CARATTERISTICHE DEI MATERIALI E PRESCRIZIONI

#### CALCESTRUZZI A PRESTAZIONE GARANTITA(UNI EN 206:2016):

- Calcestruzzo C12/15 PER STRUTTURE DI SOTTOFONDAZIONE  
 classe d'esposizione X0 (Prospetto 4 UNI 11104:2016)  
 resistenza caratteristica cubica  $R'_{ck} \geq 15\text{MPa}$   
 rapporto A/C  $\leq 0,60$   
 dosaggio di cemento  $\geq 200\text{kg/mc}$   
 cemento TIPO II 32,5 (UNI EN 450)  
 consistenza semifluida S3  
 diametro massimo inerte 25 mm  
 contenuto massimo di cloruri rispetto alla massa del cemento: 1,00%
- Calcestruzzo C28/35 PER FONDAZIONI RAMPE E VANO POMPE  
 classe d'esposizione XC2 (Prospetto 4 UNI 11104)  
 resistenza caratteristica cubica  $R'_{ck} \geq 35\text{MPa}$   
 rapporto A/C  $\leq 0,60$   
 (utilizzare nel mix-design additivo impermeabilizzante in polvere tipo "PENETRON")  
 dosaggio di cemento  $\geq 300\text{kg/mc}$   
 cemento TIPO II 42,5 (UNI EN 450)  
 consistenza fluida S4  
 diametro massimo inerte 20 mm  
 contenuto massimo di cloruri rispetto alla massa del cemento: 0.20%  
 copriferro nominale: 40 mm
- Calcestruzzo C32/40 PER ELEVAZIONI E SCATOLARI  
 classe d'esposizione XC4 (Prospetto 4 UNI 11104)  
 resistenza caratteristica cubica  $R'_{ck} \geq 40\text{MPa}$   
 rapporto A/C  $\leq 0,50$   
 (utilizzare nel mix-design additivo impermeabilizzante in polvere tipo "PENETRON")  
 dosaggio di cemento  $\geq 340\text{kg/mc}$   
 cemento TIPO II 42,5 (UNI EN 450)  
 consist. fluida S4  
 diametro massimo inerte 20 mm  
 contenuto massimo di cloruri rispetto alla massa del cemento: 0.20%  
 copriferro nominale: 40 mm
- Calcestruzzo C25/30 PER PALI, CORDOLI PARATIE, PLATEA DI VARO E MURO REGGISPINTA  
 classe d'esposizione XC2 (Prospetto 4 UNI 11104)  
 resistenza caratteristica cubica  $R'_{ck} \geq 30\text{MPa}$   
 rapporto A/C  $\leq 0,60$   
 dosaggio di cemento  $\geq 300\text{kg/mc}$   
 cemento TIPO II 42,5 (UNI EN 450)  
 consist. fluida S4  
 diametro massimo inerte 20 mm  
 contenuto massimo di cloruri rispetto alla massa del cemento: 0.20%  
 copriferro nominale: 30 mm
- Calcestruzzo PER PALI DI TIPO PLASTICO  
 dosaggio di cemento  $\geq 250\text{kg/mc}$   
 cemento TIPO II 42,5 (UNI EN 450)  
 acqua  $\geq 850\text{kg/mc}$   
 bentonite  $\geq 70\text{kg/mc}$   
 Resistenza a compressione dopo 28gg.  $\geq 1.00\text{ N/mm}^2$   
 Permeabilità dopo 28gg.  $< 10^{-8}\text{ m/s}$

#### REGOLE DI MATURAZIONE UMIDA:

- DURATA MINIMA DELLA MATURAZIONE UMIDA: 7gg dal getto
- TEMPO MINIMO DI DISARMO STRUTTURE: 28gg dal getto

#### PROCEDURA DI MESSA IN OPERA:

- TEMPO DI ATTESA MASSIMO DEL CLS IN BETONIERA:
  - 60 minuti dall'arrivo in cantiere
  - 90 minuti dalla preparazione dell'impasto all'impianto
- ALTEZZA MASSIMA DI CADUTA DEL GETTO: 80cm

#### ACCIAIO D'ARMATURA B 450 C:

- BARRE DI ACCIAIO AD ADERENZA MIGLIORATA CONTROLLATO IN STABILIMENTO

tensione caratt. di rottura:  $f_{tk} \geq 540\text{ MPa}$   
 tensione caratt. di snervamento:  $f_{yk} \geq 450\text{ MPa}$   
 modulo di Young  $E_s = 206.000,00\text{ MPa}$   
 che soddisfai i seguenti rapporti minimi:

$f_{yk} > f_y\text{ nom}$  (frattile 5%)  
 $f_{tk} > f_t\text{ nom}$  (frattile 5%)  
 $(A\text{ gt})_k \geq 7,50\%$  (frattile 10%)  
 $(f_{y,\text{eff}} / f_{y,\text{nom}})_k \leq 1,25$  (frattile 10%)  
 $1,15 \leq (f_t / f_y)_k < 1,35$  (frattile 10%)

#### ACCIAIO PER CARPENTERIA METALLICA PUNTONI

NORMA UNI EN 10210

- ACCIAIO S275

tensione caratt. di rottura:  $f_{tk} \geq 430\text{ MPa}$   
 tensione caratt. di snervamento:  $f_{yk} \geq 275\text{ MPa}$   
 modulo di Young  $E_s = 206.000,00\text{ MPa}$

- BULLONI VITI-DADI CLASSE 8.8 (NORMA UNI EN ISO 898-1:2013)

$f_{tkb} =$  tensione a rottura = 800,00 MPa  
 $f_{ykb} =$  tensione di snervamento = 640,00 MPa

- SALDATURE

CLASSE SECONDO UNI 5132

In riferimento alla tabella 11.3.XII del T.U.2018 si prescrive:  
 $f_d =$  materiale base S275J2H = 275,00 Mpa

- livello COMPLETO dei requisiti di qualità secondo la norma UNI EN ISO 3834-2
- livello COMPLETO di conoscenza tecnica del personale di coordinamento della saldatura secondo la norma UNI EN 14731:2007

Tutte le saldature devo essere eseguite nel rispetto dell'istruzione FS44S

Altezza di gola (a) - ove non diversamente indicato = 0.7 x spess. min dell'elemento da saldare

#### BARRE CORRENTI:

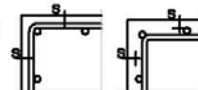
- SOVRAPPOSIZIONE MINIMA ARMATURA PRINCIPALE 50 $\phi$  (ove non diversamente indicato)
- SOVRAPPOSIZIONE MINIMA ARMATURA DI RIPARTIZIONE 40 $\phi$
- SOVRAPPOSIZIONI ALTERNATE (max 25% nella stessa sez.)

#### NOTA PIEGATURA FERRI

$D_{\text{mandrino}} = 4\phi$  PER BARRE  $\leq \phi 16$   
 $D_{\text{mandrino}} = 7\phi$  PER BARRE  $> \phi 16$

#### COPRIFERRI ARMATURA LENTA

- IL COPRIFERRO E' RIFERITO AL BORDO DEL FERRO PIU' ESTERNO
- IL COPRIFERRO VIENE DEFINITO COME INDICATO NEGLI SCHEMI



- IN FASE DI REALIZZAZIONE DOVRA' ESSERE VERIFICATO PREVENTIVAMENTE IL RISCONTRO TRA LE QUOTE DI PROGETTO E QUELLE IN SITO

## 5 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

Il presente progetto è stato sviluppato sulla base della relazione geologica e geotecnica allegata al progetto, redatta dal Geologo Vincenzo Tiracchia.

Opportune valutazioni, portano a considerare i successivi parametri fisico meccanico del sottosuolo, che saranno assunti per le calcolazioni delle opere interagenti con i terreni.

**Livello litologico n.1** (da 0.00m a 1.60m)= Terreno di riporto

- peso di volume = 14.00 kN/m<sup>3</sup>
- peso di volume saturo = 18.00 kN/m<sup>3</sup>
- angolo di attrito:  $f' = 20^\circ$
- coesione:  $c' = 0$  Kg/cm<sup>2</sup>

**Livello litologico n.2** (da 1.60m a 17.40m)= Ghiaie e sabbie ghiaiose

- peso di volume = 17.60 kN/m<sup>3</sup>
- peso di volume saturo = 19.20 kN/m<sup>3</sup>
- angolo di attrito:  $f' = 27.85^\circ$
- coesione:  $c' = 0$  Kg/cm<sup>2</sup>

**Livello litologico n.3** (da 17.40m a 25.50m)= Ghiaie

- peso di volume = 20.30 kN/m<sup>3</sup>
- peso di volume saturo = 20.80 kN/m<sup>3</sup>
- angolo di attrito:  $f' = 33.17^\circ$
- coesione:  $c' = 0$  Kg/cm<sup>2</sup>

Inoltre, la quota di falda è assunta a -1.00 m dal PC.

## 6 CARICHI

Di seguito sono riportati i carichi necessari ai fini della verifica dei vari elementi strutturali.

### - PERMANENTE STRUTTURALE

Peso C.A. 2500 kg/m<sup>3</sup>;

### - PERMANENTI PORTATI

Rilevato stradale 1800 kg/m<sup>3</sup>;

### - SOVRACCARICO ACCIDENTALE

Sovraccarico accidentale di affollamento pari a 500 Kg/m<sup>2</sup> (par. § 3.1.4. N.T.C. 2018);

Sovraccarico accidentale mezzi di lavoro a monte delle paratie pari a 1000 Kg/m<sup>2</sup>.

### - SOVRACCARICO FERROVIARIO

L'azione dovuta al sovraccarico sul terrapieno sarà di tipo rettangolare e la condizione più sfavorevole è generata dagli assi del treno LM71.

Sulla base di dette considerazioni si ha:

$$q_v = 250 / (1.60 * 3.00) * 1.1 = \mathbf{57.29 \text{ KN/mq}}$$

(il carico viene ripartito su una striscia di larghezza pari a 3.00 ml come da norma specifica par. 5.2.2.2.1.5 del DM 2018).

## 7 STRUMENTI DI CALCOLO

La presente relazione di calcolo è stata redatta con l'utilizzo del seguente supporto: sistemi operativi e pacchetti applicativi microsoft office (word, excel), e software per l'ingegneria .

Come previsto al punto 10.2 delle norme tecniche di cui al D.M. 17.01.2018 l'affidabilità dei codici utilizzati sono stati verificati sia effettuando il raffronto tra casi prova di cui si conoscono i risultati esatti sia esaminando le indicazioni, la documentazione ed i test forniti dai produttori stessi.

I software sono inoltre dotati di filtri e controlli di autodiagnostica che agiscono a vari livelli sia della definizione del modello che del calcolo vero e proprio.

I controlli vengono visualizzati, sotto forma di tabulati, di videate a colori o finestre di messaggi.

## Analisi e Calcolo Paratie

### Analisi e verifiche svolte con l'ausilio di codici di calcolo

Il sottoscritto STUDIO CATALANO, in qualità di calcolatore delle opere in progetto, dichiara quanto segue.

#### Tipo di analisi svolta

L'analisi strutturale e le verifiche sono condotte con l'ausilio di un codice di calcolo automatico. La verifica della sicurezza degli elementi strutturali è stata valutata con i metodi della scienza delle costruzioni. L'analisi strutturale è condotta con l'analisi statica non-lineare, utilizzando il metodo degli spostamenti per la valutazione dello stato limite indotto dai carichi statici. L'analisi strutturale sotto le azioni sismiche è condotta con il metodo dell'analisi statica equivalente secondo le disposizioni del capitolo 7 del DM 14/01/2008.

L'analisi strutturale viene 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 eseguita con il metodo degli Stati Limite. Le combinazioni di carico adottate sono esaustive relativamente agli scenari di carico più gravosi cui l'opera sarà soggetta.

#### Origine e caratteristiche dei codici di calcolo

Titolo	PAC - Analisi e Calcolo Paratie
Versione	16,0
Produttore	Aztec Informatica srl, Casali del Manco - Loc. Casole Bruzio (CS)
Utente	STUDIO CATALANO S.R.L.
Licenza	AIU58027S

#### Affidabilità dei codici di calcolo

Un attento esame preliminare della documentazione a corredo del software ha consentito di valutarne l'affidabilità. La documentazione fornita dal produttore del software contiene un'esauriente descrizione delle basi teoriche, degli algoritmi impiegati e l'individuazione dei campi d'impiego. La società produttrice Aztec Informatica srl ha verificato l'affidabilità e la robustezza del codice di calcolo attraverso un numero significativo di casi prova in cui i risultati dell'analisi numerica sono stati confrontati con soluzioni teoriche.

#### Modalità di presentazione dei risultati

La relazione di calcolo strutturale presenta i dati di calcolo tale da garantirne la leggibilità, la corretta interpretazione e la riproducibilità. La relazione di calcolo illustra in modo esaustivo i dati in ingresso ed i risultati delle analisi in forma tabellare.

#### Informazioni generali sull'elaborazione

Il software prevede una serie di controlli automatici che consentono l'individuazione di errori di modellazione, di non rispetto di limitazioni geometriche e di armatura e di presenza di elementi non verificati. Il codice di calcolo consente di visualizzare e controllare, sia in forma grafica che tabellare, i dati del modello strutturale, in modo da avere una visione consapevole del comportamento corretto del modello strutturale.

#### Giudizio motivato di accettabilità dei risultati

I risultati delle elaborazioni sono stati sottoposti a controlli dal sottoscritto utente del software. Tale valutazione ha compreso il confronto con i risultati di semplici calcoli, eseguiti con metodi tradizionali. Inoltre sulla base di considerazioni riguardanti gli stati tensionali e deformativi determinati, si è valutata la validità delle scelte operate in sede di schematizzazione e di modellazione della struttura e delle azioni.

In base a quanto sopra, io sottoscritto asserisco che l'elaborazione è corretta ed idonea al caso specifico, pertanto i risultati di calcolo sono da ritenersi validi ed accettabili.



## 8 DIMENSIONAMENTO TRAVE DI MANOVRA E ROSTRO

Per la verifica della trave di manovra si ipotizza che il convoglio più gravoso ammesso a transitare sulla linea sia una serie indefinita di locomotori E 656, costituiti da 6 assi  $V_{E656} = 200$  KN posti alle distanze di 2.85, 2.35, 2.85, 2.35, 2.85 mt.

La distanza tra due assi adiacenti di due locomotori successivi è di 5.04 mt.

A vantaggio di sicurezza, ai fini della distribuzione longitudinale dei carichi assiali, ogni locomotore è considerato avente una lunghezza complessiva pari alla somma degli interassi  $L_{E656} = 13.25$  mt e viene rappresentato come un carico lineare uniformemente distribuito

$$Q_{E656} = 6 V_{E656} / L_{E656} = 90 \text{ KN/m}$$

Tenendo inoltre presente che il locomotore viaggia sulle passerelle ESSEN che a loro volta sono appoggiate attraverso le travi di manovra sulle travi slitta, poste al di sopra delle travi di contromanovra e sulla soletta superiore del monolito, si stima che il carico su ogni trave slitta sia pari a **138.80 KN/m** uniformemente distribuito (Rif. Agg. '97 della Istruz. FS N° I/SC/PS-OM/2298 del 2-giu-'95).

Le travi di contromanovra, che collegano l'estremità dei taglianti, vengono calcolate come trave incastrata di luce teorica di  $l_{ctm} = 10.50 + 0,55 + 0,55 = 11.60$  mt avente sezione trasversale rettangolare di larghezza  $b_{ctm} = 80$  cm ed altezza  $h_{ctm} = 140$  cm, soggetta oltre che al peso proprio, al carico lineare uniformemente distribuito  $q_{slitta} = \mathbf{138.80 \text{ KN/m}}$ .

Di seguito si riporta il calcolo.

-----

---

**PRE-RELAZIONE RELAZIONE GENERALE DI CALCOLO**

---

---

**RELAZIONE DI CALCOLO**

---

Sono illustrati con la presente i risultati dei calcoli che riguardano il progetto delle armature, la verifica delle tensioni di lavoro dei materiali e del terreno.

**- NORMATIVA DI RIFERIMENTO**

La normativa cui viene fatto riferimento nelle fasi di calcolo, verifica e progettazione sono le Norme Tecniche per le Costruzioni emanate con il D.M. 17/01/2018 pubblicato nel suppl. 8 G.U. 42 del 20/02/2018, nonché la Circolare del Ministero Infrastrutture e Trasporti del 21 Gennaio 2019, n. 7 "Istruzioni per l'applicazione dell'aggiornamento delle norme tecniche per le costruzioni".

**- METODI DI CALCOLO**

I metodi di calcolo adottati per il calcolo sono i seguenti :

- 1) per i carichi statici: metodo delle deformazioni;
- 2) per i carichi sismici metodo dell'analisi modale o dell'analisi sismica statica equivalente.

Per lo svolgimento del calcolo si è accettata l'ipotesi che, in corrispondenza dei piani sismici, i solai siano infinitamente rigidi nel loro piano e che le masse ai fini del calcolo delle forze di piano siano concentrate alle loro quote.

**- CALCOLO SPOSTAMENTI E CARATTERISTICHE**

Il calcolo degli spostamenti e delle caratteristiche viene effettuato con il metodo degli elementi finiti (F.E.M.).

Possono essere inseriti due tipi di elementi:

- 1) Elemento monodimensionale asta ('beam') che unisce due nodi aventi ciascuno 6 gradi di libertà. Per maggiore precisione di calcolo, viene tenuta in conto anche la deformabilità a taglio e quella assiale di questi elementi. Queste aste inoltre non sono considerate flessibili da nodo a nodo ma hanno sulla parte iniziale e finale due tratti infinitamente rigidi formati dalla parte di trave inglobata nello spessore del pilastro; questi tratti rigidi forniscono al nodo una dimensione reale.
- 2) L'elemento bidimensionale shell ('quad') che unisce quattro nodi nello spazio. Il suo comportamento è duplice, funziona da lastra per i carichi agenti sul suo piano, da piastra per i carichi ortogonali.

Assemblate tutte le matrici di rigidezza degli elementi in quella della struttura spaziale, la risoluzione del sistema viene perseguita tramite il metodo di Cholesky.

Ai fini della risoluzione della struttura, gli spostamenti X e Y e le rotazioni attorno l'asse verticale Z di tutti i nodi che giacciono su di un impalcato dichiarato rigido sono mutuamente vincolati.

**- RELAZIONE SUI MATERIALI**

Le caratteristiche meccaniche dei materiali sono descritti nei tabulati riportati per ciascuna tipologia di materiale utilizzato.

**- VERIFICHE**

Le verifiche, svolte secondo il metodo degli stati limite ultimi e di esercizio, si ottengono inviluppando tutte le condizioni di carico prese in considerazione.

---

SOFTWARE: C.D.S. - Full - Rel.2021 - Lic. Nro: 23446

---

Pag. 1

-----

**PRE-RELAZIONE RELAZIONE GENERALE DI CALCOLO**

In fase di verifica e' stato differenziato l'elemento trave dall'elemento pilastro. Nell'elemento trave le armature sono disposte in modo asimmetrico, mentre nei pilastri sono sempre disposte simmetricamente.

Per l'elemento trave, l'armatura si determina suddividendola in cinque conci in cui l'armatura si mantiene costante, valutando per tali conci le massime aree di armatura superiore ed inferiore richieste in base ai momenti massimi riscontrati nelle varie combinazioni di carico esaminate. Lo stesso criterio e' stato adottato per il calcolo delle staffe.

Anche l'elemento pilastro viene scomposto in cinque conci in cui l'armatura si mantiene costante. Vengono pero' riportate le armature massime richieste nella meta' superiore (testa) e inferiore (piede).

La fondazione su travi rovesce e' risolta contemporaneamente alla sovrastruttura tenendo in conto sia la rigidezza flettente che quella torcente, utilizzando per l'analisi agli elementi finiti l'elemento asta su suolo elastico alla Winkler.

Le travate possono incrociarsi con angoli qualsiasi e avere dei disassamenti rispetto ai pilastri su cui si appoggiano.

La ripartizione dei carichi, data la natura matriciale del calcolo, tiene automaticamente conto della rigidezza relativa delle varie travate convergenti su ogni nodo.

Le verifiche per gli elementi bidimensionali (setti) vengono effettuate sovrapponendo lo stato tensionale del comportamento a lastra e di quello a piastra. Vengono calcolate le armature delle due facce dell'elemento bidimensionale disponendo i ferri in due direzioni ortogonali.

**- DIMENSIONAMENTO MINIMO DELLE ARMATURE.**

Per il calcolo delle armature sono stati rispettati i minimi di legge di seguito riportati :

Travi: Area minima delle staffe pari a  $1.5 \cdot b \cdot mmq/ml$ , essendo  $b$  lo spessore minimo dell'anima misurato in mm, con passo non maggiore di 0.8 dell'altezza utile e con un minimo di 3 staffe al metro.  
In prossimita' degli appoggi o di carichi concentrati per una lunghezza pari all'altezza utile della sezione, il passo minimo sara' 12 volte il diametro minimo dell'armatura longitudinale.  
Armatura longitudinale in zona tesa  $\geq 0.15\%$  della sezione di calcestruzzo. Alle estremita' e' disposta una armatura inferiore minima che possa assorbire, allo stato limite ultimo, uno sforzo di trazione uguale al taglio.  
In zona sismica nelle zone critiche il passo staffe e' non superiore al minimo di:  
- un quarto dell'altezza utile della sezione trasversale;  
- 175 mm e 225 mm, rispettivamente per CDA e CDB;  
- 6 volte e 8 volte il diametro minimo delle barre longitudinali considerate ai fini delle verifiche, rispettivamente per CDA e CDB  
- 24 volte il diametro delle armature trasversali.  
Le zone critiche si estendono, per CDB e CDA, per una lunghezza pari rispettivamente a 1 e 1,5 volte l'altezza della sezione della trave, misurata a partire dalla faccia del nodo trave-pilastro.  
Nelle zone critiche della trave il rapporto fra l'armatura compressa e quella tesa e' maggiore o uguale a 0,5.

Pilastri: Armatura longitudinale compresa fra 0.3% e 4% della sezione effettiva e non minore di  $0,10 \cdot Ned/fyd$ . Barre longitudinali con diametro maggiore o uguale a 12 mm; diametro staffe maggiore o uguale a 6 mm e comunque maggiore o uguale a 1/4 del diametro max delle barre longitudinali, con interasse non maggiore di 30 cm.  
In zona sismica l'armatura longitudinale e' almeno pari all'1% della sezione effettiva; il passo delle staffe di contenimento e' non superiore alla piu' piccola delle quantita' seguenti:  
- 1/3 e 1/2 del lato minore della sezione trasversale, rispettivamente per CDA e CDB;  
- 125 mm e 175 mm, rispettivamente per CDA e CDB;  
- 6 e 8 volte il diametro delle barre longitudinali che collegano, rispettivamente per CDA e CDB.

**- SISTEMI DI RIFERIMENTO**

1) Sistema globale della struttura spaziale

---

SOFTWARE: C.D.S. - Full - Rel.2021 - Lic. Nro: 23446

---

Pag. 2

---

-----

---

**PRE-RELAZIONE RELAZIONE GENERALE DI CALCOLO**

---

Il sistema di riferimento globale e' costituito da una terna destra di assi cartesiani ortogonali (OXYZ) dove l'asse Z rappresenta l'asse verticale rivolto verso l'alto. Le rotazioni sono considerate positive se concordi con gli assi vettori.

---

SOFTWARE: C.D.S. - Full - Rel.2021 - Lic. Nro: 23446

---

Pag. 3

---

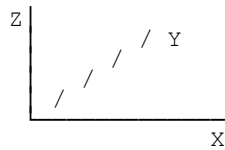
---

-----

---

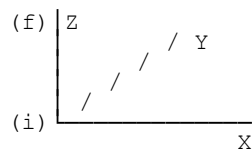
**PRE-RELAZIONE RELAZIONE GENERALE DI CALCOLO**

---



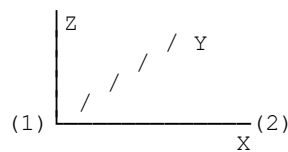
## 2) Sistema locale delle aste

Il sistema di riferimento locale delle aste, inclinate o meno, e' costituito da una terna destra di assi cartesiani ortogonali che ha l'asse Z coincidente con l'asse longitudinale dell'asta e orientamento dal nodo iniziale al nodo finale, gli assi X ed Y sono orientati come nell'archivio delle sezioni.



## 3) Sistema locale dello shell

Il sistema di riferimento locale dello shell e' costituito da una terna destra di assi cartesiani ortogonali che ha l'asse X coincidente con la direzione fra il primo ed il secondo nodo di input, l'asse Y giacente nel piano dello shell e l'asse Z in direzione dello spessore.



---

-----

---

**PRE-RELAZIONE RELAZIONE GENERALE DI CALCOLO**

---

**- UNITA' DI MISURA**

Si adottano le seguenti unita' di misura:

[lunghezze] = m  
[forza] = kgf / daN  
[tempo] = sec  
[temperat.] = °C

**- CONVENZIONI SUI SEGNI**

I carichi agenti sono:

- 1) - carichi e momenti distribuiti lungo gli assi coordinati;
- 2) - forze e coppie nodali concentrate sui nodi.

Le forze distribuite sono da ritenersi positive se concordi con il sistema di riferimento locale dell'asta, quelle concentrate sono positive se concordi con il sistema di riferimento globale.

I gradi di liberta' nodali sono gli omologhi agli enti forza, e quindi sono definiti positivi se concordi a questi ultimi.

---

-----

---

**PRE-RELAZIONE DATI NODI SPAZIALI**

---

SPECIFICHE CAMPI TABELLA DI STAMPA

Si riporta appresso la spiegazione delle sigle usate nella tabella coordinate nodi.

Nodo3d : Numero del nodo spaziale  
Coord.X : Cordinata X del punto nel sistema di riferimento globale  
Coord.Y : Cordinata Y del punto nel sistema di riferimento globale  
Coord.Z : Cordinata Z del punto nel sistema di riferimento globale  
Filo : Numero del filo per individuare le travate in c.a.  
Piano Sism.: Numero del piano rigido di appartenenza del nodo  
Peso : Peso sismico del nodo; ogni canale di carico e' stato moltiplicato per il proprio coefficiente di riduzione del sovraccarico

---

SOFTWARE: C.D.S. - Full - Rel.2021 - Lic. Nro: 23446

---

Pag. 6

-----

**PRE-RELAZIONE DATI ASTE SPAZIALI**SPECIFICHE CAMPI TABELLA DI STAMPA

Si riporta appresso la spiegazione delle sigle usate nella tabella dati di asta spaziale.

Asta3d : Numero dell'asta spaziale  
Filo in. : Numero del filo del nodo iniziale  
Filo fin. : Numero del filo del nodo finale  
Q. iniz. : Quota del nodo iniziale  
Q. fin. : Quota del nodo finale  
Nod3d iniz. : Numero del nodo iniziale  
Nod3d fin. : Numero del nodo finale  
Cr. Pr. : Numero del criterio di progetto per la verifica  
Sez. N.ro : Numero in archivio della sezione  
Base x Alt : Per le sezioni rettangolari base ed altezza; per le  
altre tipologie ingombro massimo della sezione  
Magr. : Dimensione del magrone per sezioni di fondazione  
Rot. : Angolo di rotazione della sezione  
dx : Scostamento in direzione X globale dell'estremo iniziale  
dell'asta dal nodo iniziale  
dy : Scostamento in direzione Y globale dell'estremo iniziale  
dell'asta dal nodo iniziale  
dz : Scostamento in direzione Z globale dell'estremo iniziale  
dell'asta dal nodo iniziale  
dx : Scostamento in direzione X globale dell'estremo finale  
dell'asta dal nodo finale  
dy : Scostamento in direzione Y globale dell'estremo finale  
dell'asta dal nodo finale  
dz : Scostamento in direzione Z globale dell'estremo finale  
dell'asta dal nodo finale  
TipoElemento: Tipo elemento ai fini sismici  
Le sigle sotto riportate hanno il significato  
appresso specificato:  
-Secondario NTC18: si intende un elemento asta secondario  
ai sensi della NTC2018, che non viene inserito nel modello  
sismico ed a cui vengono applicate le verifiche di duttilita'  
-NoGerarchia: si intende un elemento asta non appartenente  
ad un meccanismo dissipativo e in cui non  $\Phi$  applicabile la  
gerarchia delle resistenze (ad esempio aste meshate interne  
a pareti o piastre o travi inclinate)

---

SOFTWARE: C.D.S. - Full - Rel.2021 - Lic. Nro: 23446

Pag. 7



---

---

**PRE-RELAZIONE CARICHI TERMICI/DISTRIBUITI/CONCENTRATI**

---

---

SPECIFICHE CAMPI TABELLA DI STAMPA

Si riporta appresso la spiegazione delle sigle usate nelle tabelle carichi termici aste, carichi distribuiti aste, carichi concentrati, carichi termici shell e carichi shell.

## Carichi aste

Asta3d : Numero dell'asta spaziale  
Dt : Delta termico costante  
ALI.SISMICA: Coefficiente di riduzione del sovraccarico per la condizione in stampa ai fini del calcolo della massa sismica  
Riferimento: Sistema di riferimento dei carichi (0 globale ; 1 locale)  
Qx : Carico distribuito in direzione X sul nodo iniziale  
Qy : Carico distribuito in direzione Y sul nodo iniziale  
Qz : Carico distribuito in direzione Z sul nodo iniziale  
Qx : Carico distribuito in direzione X sul nodo finale  
Qy : Carico distribuito in direzione Y sul nodo finale  
Qz : Carico distribuito in direzione Z sul nodo finale  
Mt : Momento torcente distribuito

## Carichi concentrati

Nodo3d : Numero del nodo spaziale  
Fx : Forza in direzione X nel sistema di riferimento globale  
Fy : Forza in direzione Y nel sistema di riferimento globale  
Fz : Forza in direzione Z nel sistema di riferimento globale  
Mx : Momento in direzione X nel sistema di riferimento globale  
My : Momento in direzione Y nel sistema di riferimento globale  
Mz : Momento in direzione Z nel sistema di riferimento globale

## Carichi shell

Shell : Numero dello shell spaziale  
Dt : Delta termico costante  
Riferimento: Sistema di riferimento delle pressioni e dei carichi distribuiti; verticale e' la direzione dell'asse Z del sistema di riferimento globale, normale e' la direzione ortogonale all'elemento per le pressioni e ortogonale al lato per i carichi distribuiti.  
Codici: 0 = pressione verticale e carico normale  
1 = pressione normale e carico verticale  
2 = pressione normale e carico normale  
3 = pressione verticale e carico verticale  
P.a : Pressione sul primo vertice dello shell  
P.b : Pressione sul secondo vertice dello shell  
P.c : Pressione sul terzo vertice dello shell  
P.d : Pressione sul quarto vertice dello shell  
Q.ab : Carico distribuito sul lato ab  
Q.bc : Carico distribuito sul lato bc  
Q.cd : Carico distribuito sul lato cd  
Q.da : Carico distribuito sul lato da

-----

**DATI GENERALI DI STRUTTURA**

D A T I   G E N E R A L I   D I   S T R U T T U R A			
Massima dimens. dir. X (m)	11,60	Altezza edificio (m)	2,00
Massima dimens. dir. Y (m)	0,00	Differenza temperatura(°C)	15
P A R A M E T R I   S I S M I C I			
Vita Nominale (Anni)	100	Classe d' Uso	IV Cu=2.0
Longitudine Est (Grd)	9,27551	Latitudine Nord (Grd)	45,58543
Categoria Suolo	C	Coeff. Condiz. Topogr.	1,00000
Sistema Costruttivo Dir.1	C.A.	Sistema Costruttivo Dir.2	C.A.
Regolarita' in Altezza	SI (KR=1)	Regolarita' in Pianta	SI
Direzione Sisma (Grd)	0	Sisma Verticale	ASSENTE
Effetti P/Delta	NO	Quota di Zero Sismico (m)	0,00000
Tipo Intervento	ADEGUAMENTO	Tipo Analisi Sismica	LINEARE
Livello Sicurezza Min. (%)	100		
PARAMETRI SPETTRO ELASTICO - SISMA S.L.D.			
Probabilita' Pvr	0,63	Periodo di Ritorno Anni	201,00
Accelerazione Ag/g	0,04	Periodo T'c (sec.)	0,25
Fo	2,59	Fv	0,71
Fattore Stratigrafia'Ss'	1,50	Periodo TB (sec.)	0,14
Periodo TC (sec.)	0,41	Periodo TD (sec.)	1,76
PARAMETRI SPETTRO ELASTICO - SISMA S.L.V.			
Probabilita' Pvr	0,10	Periodo di Ritorno Anni	1898,00
Accelerazione Ag/g	0,08	Periodo T'c (sec.)	0,31
Fo	2,70	Fv	1,02
Fattore Stratigrafia'Ss'	1,50	Periodo TB (sec.)	0,16
Periodo TC (sec.)	0,48	Periodo TD (sec.)	1,91
P A R A M E T R I   S I S T E M A   C O S T R U T T I V O   C . A . - D I R . 1			
Classe Duttilita'	MEDIA	Sotto-Sistema Strutturale	Telaio
AlfaU/AlfaI	1,30	Fattore riduttivo KW	1,00
Fattore di comportam 'q'	3,90		
P A R A M E T R I   S I S T E M A   C O S T R U T T I V O   C . A . - D I R . 2			
Classe Duttilita'	MEDIA	Sotto-Sistema Strutturale	Telaio
AlfaU/AlfaI	1,30	Fattore riduttivo KW	1,00
Fattore di comportam 'q'	3,90		
COEFFICIENTI DI SICUREZZA PARZIALI DEI MATERIALI			
Acciaio per CLS armato	1,15	Calcestruzzo CLS armato	1,50
Legno per comb. eccez.	1,00	Legno per comb. fondament.:	1,30
Livello conoscenza	LC2		
FRP Collasso Tipo 'A'	1,10	FRP Delaminazione Tipo 'A'	1,20
FRP Collasso Tipo 'B'	1,25	FRP Delaminazione Tipo 'B'	1,50
FRP Resist. Press/Fless	1,00	FRP Resist. Taglio/Torsione	1,20
FRP Resist. Confinamento	1,10		

SOFTWARE: C.D.S. - Full - Rel.2021 - Lic. Nro: 23446

-----

**DATI GENERALI DI STRUTTURA**

D A T I   D I   C A L C O L O		P E R   A Z I O N E   N E V E	
Zona Geografica	II	Coefficiente Termico	1,00
Altitudine sito s.l.m. (m)	120	Coefficiente di forma	0,80
Tipo di Esposizione	Ventosa	Coefficiente di esposizione	0,90
Carico di riferimento kg/mq	100	Carico neve di calcolo kg/mq	71,00

Il calcolo della neve e' effettuato in base al punto 3.4 del D.M. 2018 e relative modifiche e integrazioni riportate nella Circolare del 21/01/2019

SOFTWARE: C.D.S. - Full - Rel.2021 - Lic. Nro: 23446

Pag. 10

## COORDINATE DEI NODI

IDENT. Nodo3d N.ro	POSIZIONE NODO			ATTRIBUTI		PESO SISMICO		
	Coord.X (m)	Coord.Y (m)	Coord.Z (m)	Filo N.ro	Piano Sism.	Dir. X (t)	Dir. Y (t)	Dir. Z (t)
1	0,00	0,00	0,00	1	0	0,00	0,00	0,00
2	11,60	0,00	0,00	2	0	0,00	0,00	0,00
3	0,00	0,00	2,00	1	0	108,50	108,50	108,50
4	11,60	0,00	2,00	2	0	108,50	108,50	108,50

## DATI ASTE SPAZIALI

IDENTIFICAZIONE						GEOMETRIA				SCOST. INIZIALI			SCOST. FINALI			Cri Geo	Tipo Elemento ai fini sism.	
Asta3d N.ro	Filo in.	Filo fin.	O.iniz (m)	O.fin. (m)	Nod3d iniz.	Nod3d fin.	Cr. Pr.	Sez. N.ro	Sigla Sezione	Magr. (cm)	Rot. Grd.	dx (cm)	dy (cm)	dz (cm)	dx (cm)			dy (cm)
1	1	1	2,00	0,00	3	1	3	2	Ret. 110 x 150	0	0	0	0	0	0	0	0	Filastri
2	1	2	2,00	2,00	3	4	1	1	Ret. 80 x 140	0	0	0	0	0	0	0	0	Trave telaio
3	2	2	2,00	0,00	4	2	3	2	Ret. 110 x 150	0	0	0	0	0	0	0	0	Trave telaio

## CARICHI DISTRIBUITI ASTE

CONDIZIONE DI CARICO N.ro: 2						ALIQUOTA SISMICA: 100				
IDENT. Asta3d N.ro	Riferimento	NODO INIZIALE			NODO FINALE			Mt t*m/ml	Pretens t	
		Qx t/ml	Qy t/ml	Qz t/ml	Qx t/ml	Qy t/ml	Qz t/ml			
2	0	0,000	0,000	-13,880	0,000	0,000	-13,880	0,000	0,00	

## COMBINAZIONI CARICHI A1 - S.L.V. / S.L.D.

DESCRIZIONI	1
PESO PROPRIO G2	1,30 1,50

## COMBINAZIONI RARE - S.L.E.

DESCRIZIONI	1
PESO PROPRIO G2	1,00 1,00

SOFTWARE: C.D.S. - Full - Rel.2021 - Lic. Nro: 23446

---

-----

---

**COMBINAZIONI FREQUENTI - S.L.E.**

---

DESCRIZIONI	1
PESO PROPRIO G2	1,00 1,00

---

**COMBINAZIONI PERMANENTI - S.L.E.**

---

DESCRIZIONI	1
PESO PROPRIO G2	1,00 1,00

---

SOFTWARE: C.D.S. - Full - Rel.2021 - Lic. Nro: 23446

---

Pag. 12

## PRE-RELAZIONE STAMPA VERIFICHE S.L.U. -

## SPECIFICHE CAMPI TABELLA DI STAMPA

Si riporta appresso la spiegazione delle sigle usate nelle tabelle di verifica aste in cls per gli stati limiti ultimi.

Filo	Sulla prima riga numero del filo del nodo iniziale, sulla
In/Fin	seconda quello del nodo finale
Ctg@	Cotangente Angolo del puntone compresso
Quota	Sulla prima riga quota del nodo iniziale, sulla seconda quota del nodo finale
SgmT	Solo per le travi di fondazione: Pressione di contatto sul terreno in Kg/cm <sup>2</sup> calcolata con i valori caratteristici delle azioni assumendo i coefficienti gamma pari ad uno.
AmpC	Solo per le travi di elevazione: Coefficiente di amplificazione dei carichi statici per tenere in conto della verifica locale dell'asta a sisma verticale.
N/Nc	Solo per i pilastri: Percentuale della resistenza massima a compressione della sezione di solo calcestruzzo.
Tratto	Se una trave e' suddivisa in piu' tratti sulla prima riga e' riportato il numero del tratto, sulla terza il numero di suddivisioni della trave
Sez	Sulla prima riga numero della sezione nell'archivio, sulla
Bas	seconda base della sezione, sulla terza altezza. Per sezioni
Alt	a T e' riportato l'ingombro massimo della sezione
Concio	Numero del concio
Co Nr	Numero della combinazione e in sequenza sollecitazioni ultime di calcolo che forniscono la massima deformazione nell'acciaio e nel calcestruzzo per la verifica a flessione
GamRd	Solo per le travi di fondazione: Coefficiente di sovraresistenza.
MExd	Momento ultimo di calcolo asse vettore X (per le travi incrementato dalla traslazione del diagramma del momento flettente)
MEyd	Momento ultimo di calcolo asse vettore Y
N Ed	Sforzo normale ultimo di calcolo
x / d	Rapporto fra la posizione dell'asse neutro e l'altezza utile della sezione moltiplicato per 100.
εf% εc%	deformazioni massime nell'acciaio e nel calcestruzzo moltiplicate per 10.000. Valore limite per l'acciaio 100 (1%), valore
* 100	limite nel calcestruzzo 35 (0.35%).
Area	Area del ferro in centimetri quadri; per le travi rispettivamente superiore ed inferiore, per i pilastri armature lungo la base e l'altezza della sezione
Co Nr	Numero della combinazione e in sequenza sollecitazioni ultime di calcolo che forniscono la minore sicurezza per le azioni taglianti e torcenti
VExd	Taglio ultimo di calcolo in direzione X
VEyd	Taglio ultimo di calcolo in direzione Y
T sdu	Momento torcente ultimo di calcolo
V Rxd	Taglio resistente ultimo delle staffe in direzione X
V Ryd	Taglio resistente ultimo delle staffe in direzione Y
T Rd	Momento torcente resistente ultimo delle staffe
T Rld	Momento torcente resistente ultimo dell'armatura longitudinale
Coe Cls	Coefficiente per il controllo di sicurezza del cls alle azioni taglianti e torcenti moltiplicato per 100; la sezione e' verificata se detto valore e' minore o uguale a 100
Coe Staf	Coefficiente per il controllo di sicurezza delle staffe alle azioni taglianti e torcenti moltiplicato per 100; la sezione e' verificata se detto valore e' minore o uguale a 100
Alon	Armatura longitudinale a torsione (Nelle travi rettangolari per le quali e' stata effettuata la verifica a momento my in questo dato viene stampata anche l'armatura flessionale dei lati verticali).
Staffe	Passo staffe, lunghezza del tratto da armare e diametro staffe
Moltip	Solo per le stampe di riverifica:
Ultimo	Moltiplicatore dei carichi che porta a collasso la sezione. Il percorso dei carichi seguito e' a sforzo normale costante. Le deformazioni riportate sono determinate dalle sollecitazioni di calcolo amplificate del moltiplicatore in parola.

SOFTWARE: C.D.S. - Full - Rel.2021 - Lic. Nro: 23446

Pag. 1

---

-----

---

**PRE-RELAZIONE STAMPA VERIFICHE S.L.E.**

---

SPECIFICHE CAMPI TABELLA DI STAMPA

Si riporta appresso la spiegazione delle sigle usate nelle tabelle di verifica aste in cls per gli stati limiti di esercizio.

Filo Sulla prima riga numero del filo del nodo iniziale, sulla seconda quello del nodo finale  
Quota Sulla prima riga quota del nodo iniziale, sulla seconda quota del nodo finale  
Tratto Se una trave e' suddivisa in piu' tratti sulla prima riga e' riportato il numero del tratto, sulla terza il numero di suddivisioni della trave  
Com Cari Indicatore della matrice di combinazione; la prima riga individua la matrice delle combinazioni rare, la seconda la matrice delle combinazioni frequenti, la terza quella permanenti. Questo indicatore vale sia per la verifica a fessurazione che per il calcolo delle frecce  
Fessu Fessura limite e fessura di calcolo espressa in mm; se la trave non risulta fessurata l'ampiezza di calcolo sara' nulla  
Dist mm Distanza fra le fessure  
Concio Numero del concio in cui si e' avuta la massima fessura  
Combin Numero della combinazione ed in sequenza sollecitazioni per cui si e' avuta la massima fessura  
Mf X Momento flettente asse vettore X  
Mf Y Momento flettente asse vettore Y  
N Sforzo normale  
Frecce Freccia limite e freccia massima di calcolo  
Combin Numero della combinazione che ha prodotto la freccia massima  
Com Cari Indicatore della matrice di combinazione; la prima riga individua la matrice delle combinazioni rare per la verifica della tensione sul cls, la seconda la matrice delle combinazioni rare per la verifica della tensione sull'acciaio, la terza la matrice delle combinazioni permanenti per la verifica della tensione sul cls  
 $\sigma$  lim Valore della tensione limite in Kg/cmq  
 $\sigma$  cal Valore della tensione di calcolo in Kg/cmq  
Concio Numero del concio in cui si e' avuta la massima tensione  
Combin Numero della combinazione ed in sequenza sollecitazioni per cui si e' avuta la massima tensione  
Mf X Momento flettente asse vettore X  
Mf Y Momento flettente asse vettore Y  
N Sforzo normale

---

SOFTWARE: C.D.S. - Full - Rel.2021 - Lic. Nro: 23446

---

Pag. 2

-----

**PRE-RELAZIONE STAMPA VERIFICHE S.L.E.**SPECIFICHE CAMPI TABELLA DI STAMPA

Si riporta appresso la spiegazione delle sigle usate nella tabella per la verifica del diametro massimo utilizzabile

Nodo3D : Numero del nodo spaziale oggetto di verifica  
Filo : Numero del filo del nodo spaziale  
Quota : Quota del nodo spaziale

## Dir Locale X

Trave rif. : Numero della trave collegata al nodo 3d nella direzione X presa a riferimento per la formula  
AlfaBl : Valore risultante dalla formula di Norma  
Bpil : Larghezza del pilastro nella direzione locale X  
F<sub>l</sub>max : Diametro massimo utilizzabile sul nodo per il telaio X, arrotondato all'intero piu' vicino  
Fi : Diametro utilizzato nel disegno ferri  
Status : PASSANTE:se i ferri sono passanti si ritiene la verifica non necessaria  
OK: diametro  $\Phi$  minore del diametro massimo ammissibile  
PIEGA: diametro  $\Phi$  maggiore del diametro massimo (in questo caso i ferri vengono piegati dentro il nodo per garantire l'ancoraggio)

## Dir Locale Y

Trave rif. : Numero della trave collegata al nodo 3d nella direzione Y presa a riferimento per la formula  
AlfaBl : Valore risultante dalla formula 7.4.26  
Bpil : Larghezza del pilastro nella direzione locale Y  
F<sub>l</sub>max : Diametro massimo utilizzabile sul nodo per il telaio Y, arrotondato all'intero piu' vicino  
Fi : Diametro utilizzato nel disegno ferri  
Status : PASSANTE:se i ferri sono passanti si ritiene la verifica non necessaria  
OK: diametro  $\Phi$  minore del diametro massimo ammissibile  
PIEGA: diametro  $\Phi$  maggiore del diametro massimo (in questo caso i ferri vengono piegati dentro il nodo per garantire l'ancoraggio)

SOFTWARE: C.D.S. - Full - Rel.2021 - Lic. Nro: 23446

Pag. 3



-----

**STAMPA PROGETTO S.L.U. - ELEVAZIONE**

Filo Iniz Fin. Ctg8	Quota Iniz Final AmpC	T r a t	Sez o n c	C o m b	VERIFICA A PRESSO-FLESSIONE							VERIFICA A TAGLIO E TORSIONE															
					M (t*m)	Ed (t)	N (t)	Moltip Ultimo	x/ /d	sf3 /100	gc3 /100	Area sup	cmg inf	Co mb	V (t)	Exd (t)	V (t)	Eyd (t)	T (t*m)	Sdu (t)	V (t)	Rxd (t)	V (t)	Ryd (t)	TRd (t*m)	TRld (t*m)	Coe Cls
1	2,00	1	1	1	-227,8	-112,2	1,23	14	100	17	42,5	47,8	1	0,0	141,9	0,0	327,2	341,9	83,9	0,0	41	30	0,0	15	135	14	
2	2,00	80	3	1	183,6	-112,2	1,24	15	100	18	21,2	31,9	1	0,0	108,6	0,0	327,2	341,9	83,9	0,0	32	23	0,0	15	780	14	
2.5	1,00	140	5	1	-227,8	-112,2	1,23	14	100	17	42,5	47,8	1	0,0	-141,9	0,0	327,2	341,9	83,9	0,0	41	30	0,0	15	135	14	

SOFTWARE: C.D.S. - Full - Rel.2021 - Lic. Nro: 23446

-----

**STAMPA VERIFICHE S.L.E. ELEVAZIONE**

		FESSURAZIONE									FRECCHE			TENSIONI										
Filo	Quota	Tra	Combi	Fessu.	mm	dist	Con	Com	Mf X	Mf Y	N	Frecce	mm	Com	Combinaz	σ	lim.	σ	cal.	Co	Comb	Mf X	Mf Y	N
In fi	In Fi	tto	Caric	lim	cal	mm	cio	bin	(t*m)	(t*m)	(t)	limite	calc	bin	Carico	Kg/cmq	Kg/cmq	nc	nc	(t*m)	(t*m)	(t)		
1	2,00		Rara	0,4	0,234	372	1	1	-155,4	0,0	-76,5				Rara cls	192,0	104,7	1	1	-155,4	0,0	-76,5		
2	2,00		Freq	0,3	0,282	372	1	1	-155,4	0,0	-76,5	46,4	8,0	1	Rara fer	3600	2128	1	1	-155,4	0,0	-76,5		
			Perm	0,3	0,282	372	1	1	-155,4	0,0	-76,5				Perm cls	144,0	104,7	1	1	-155,4	0,0	-76,5		

**VERIFICA DIAMETRO MASSIMO - FORMULA 7.4.27**

SOFTWARE: C.D.S. - Full - Rel.2021 - Lic. Nro: 23446

Pag. 5

Considerata l'elevata rigidità dei rostri il calcolo viene effettuato come mensola tozza.

Considerato che il carico dovuto al peso proprio dei rostri, verrà assorbito dalle armature poste sulle pareti, si avrà che il corrente teso viene dimensionato per il solo carico ferroviario:

$$P = (138.80) \times 11.60 / 2 = 805 \text{ KN}$$

Data l'inclinazione della parete a  $45^\circ$ , tale valore coincide con la trazione del corrente.

Assunto  $\sigma_f = 1800 \text{ kg/cm}^2$

$$A_s = 80500 / 1800 = 45 \text{ cm}^2 \quad (12\text{Ø}24 = 54.29 \text{ cm}^2)$$

La compressione della biella di calcestruzzo vale:

$$N = 805\sqrt{2} = 1138 \text{ KN}$$

Considerato agente su una sezione  $110 \times 110 \text{ cm}$ , si ha:

$$\sigma_c = 113800 / (110 \times 110) = 9.40 \text{ kg/cm}^2.$$

## 9 DIMENSIONAMENTO PLATEA DI VARO E MURO REGGISPINTA

### Caratteristiche dei materiali

Calcestruzzo: C25/30

Acciaio: B 450 C

Limitatamente a tale struttura reggispinta, date le caratteristiche di provvisorietà dell'opera e considerando che in caso di cedimenti o rotture non esistono pericoli di alcun genere per le persone, potrà essere sufficiente assumere un coefficiente di sicurezza allo snervamento dell'acciaio pari a 1,50.

### Note geotecniche

Essendo nel caso generale il terreno stratificato e non tenendosi conto, a favore della stabilità, della eventuale coesione, si fa riferimento ad un terreno ideale omogeneo, le cui caratteristiche medie vengono desunte dagli elementi geotecnici caratteristici.

La max reazione del terreno a tergo della parete di spinta verrà valutata in funzione dell'angolo di attrito. A tale valore limite di rottura verrà applicato un coefficiente di sicurezza variabile tra 1,5 e 2,00 secondo l'affidabilità dei dati geotecnici, l'uniformità del terreno e l'escursione della falda.

Và comunque evidenziato che ad un terreno di modeste caratteristiche meccaniche, e quindi ad una limitata capacità di resistenza della spalla reggispinta, si accompagnano normalmente valori minori della spinta massima necessaria all'infissione, creando così un sistema che tende a compensare eventuali imprecisioni di valutazione sulla natura dei terreni.

### Caratteristiche geometriche delle strutture

#### MONOLITE

bint = 10,30 m                      Best = 12,50 m

hint = 5,55 m                      Hest = 8,40 m

lunghezza della canna = 27,10 m

lunghezza totale  $\cong$  33.00 m

peso totale monolite =  $(1,20 \times 12,50 \times 27,1 + 1,20 \times 12,50 \times 27,1 + 2 \times 1,10 \times 5,55 \times 30) \times 25,00$

kN/mc =  $(406,5 + 406,5 + 366,3) \times 25,00$  kN/mc =  $1179,3 \times 25,00 = 29483$  kN

**PLATEA**

larghezza = 14,00 m

lunghezza = 37,00 m

spessore = 0,40 m

**MURO SPINTA**

larghezza = 14.00 m

altezza = 3.80 m

spessore = 1.20 m

peso totale platea di varo =  $(0,40 \times 14 \times 37 + 2 \times 0,50 \times 37 \times 0,30) \times 25,00 \text{ kN} = 5457 \text{ kN}$

**Valutazione della spinta**

Si può distinguere:

spinta di primo stacco

spinta finale

spinta max sulla parete reggispinta

-Spinta di primo stacco

Tra la struttura del monolite ed il piano di scorrimento viene interposto un foglio di polietilene di 300 gr/mq al fine di evitare fenomeni di adesione. Con tale accorgimento, in base ai dati acquisiti dall'esperienza si può valutare, prudenzialmente, che il valore della spinta per cui il monolite inizia la sua traslazione sia circa pari al peso della struttura. Ciò equivale a fissare un coefficiente di attrito di primo stacco pari all'unità.

-Spinta finale

Durante l'infissione vengono ad aggiungersi alle forze che si oppongono all'avanzamento della struttura anche gli attriti laterali.

L'attrito di scorrimento, dopo la fase di primo stacco, scende a valori più modesti. Si considera che tale riduzione dia una "riserva" disponibile per superare la resistenza frontale.

In definitiva si è soliti porre:

$$S_{max} = 1.5 \times 29483 = 44225 \text{ kN}$$

ove:

 $S_{max}$  = spinta massima in fase di infissione

Dimensionamento platea di varo

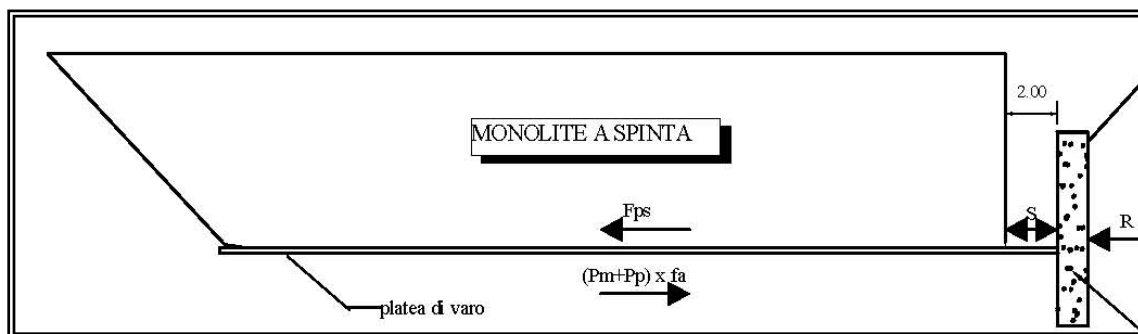
R= reazione del terreno

S= spinta massima esercitata dai martinetti

La platea è soggetta ad uno sforzo di trazione pari alla differenza di due forze aventi uguale direzione e verso opposto:

forza nella direzione di avanzamento del monolite provocata dall'attrito tra monolite e platea di varo;

forza di verso opposto, in equilibrio con la precedente, dovuta all'attrito della platea con il terreno.



Questa forza di trazione che deve sopportare la platea in fase di infissione, ammettendo la possibilità che si verifichino macrofessurazioni nel calcestruzzo, è pari:

$$T = F_{ps} - f_a (P_m + P_p)$$

Dove:

T = sollecitazione massima di trazione a cui è sottoposta la platea di varo;

$F_{ps}$  = forza di attrito di primo stacco del monolite dalla platea = 18923 kN;

$f_a$  = coefficiente di attrito tra platea di varo e terreno = 0.5;

$P_m$  = peso del monolite = 18923 kN;

$P_p$  = peso della platea di varo = 3913 kN;

Nel caso in esame tale sollecitazione risulta essere pari a:

$$T \cong 18923 - 0.5(18923 + 3913) = 7505 \text{ kN}$$

L'armatura longitudinale necessaria (a ml di platea) sarà quindi:

$$A_{sner} = (T \times 1.50 \times 1.15) / (45 \times b_{platea}) = (7505 \times 1.50 \times 1.15) / (45 \times 13.30) = 22 \text{ cm}^2/\text{ml}$$

Si dispongono cautelativamente 5+5 Ø20 al metro (31.42 cm<sup>2</sup>/ml).

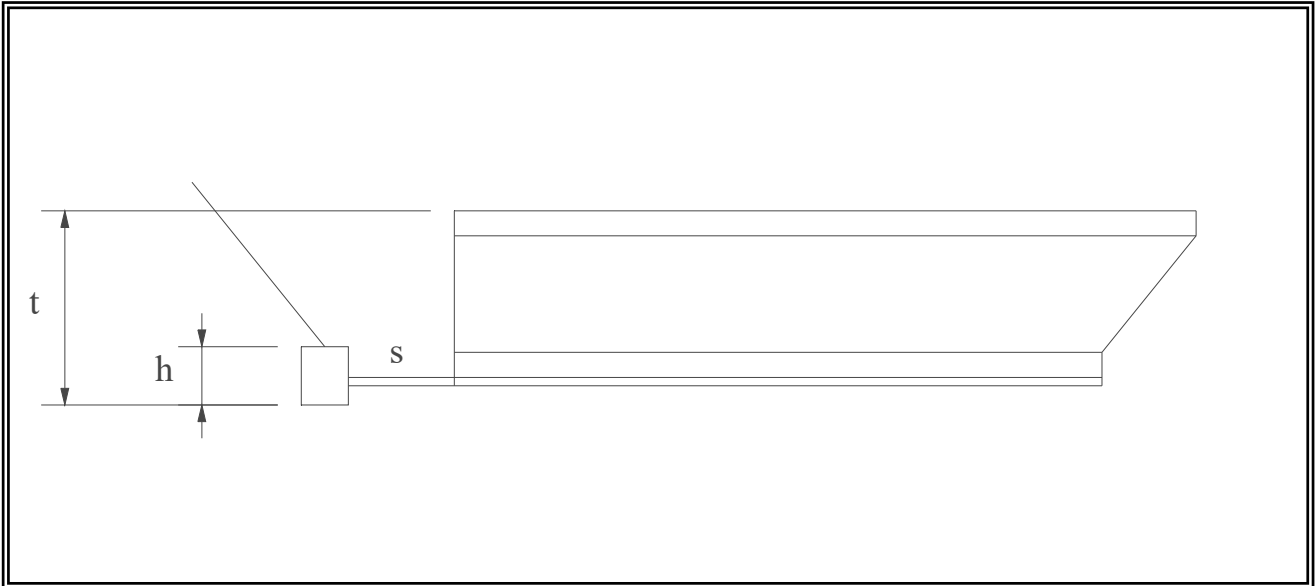
Valutazione della massima reazione del terreno

Figura n.1

Si è ottenuto R, resistenza max offerta dal terreno, con riferimento alla teoria delle piastre d'ancoraggio ed in particolare ai dati sperimentali forniti dal Bucholz (ref. "Geotecnica e Tecnica delle Fondazioni" vol 2 – Cestelli Guidi) ed alla relazione ottenuta sperimentalmente, in base alla quale:

$$R = 1/2 \gamma t^2 (\mu b + \omega h) = 1/2 \times 1.80 \times 8.50^2 \times (3.3 \times 14.00 + 4.2 \times 3.80) = 4041.95 \text{ t} = 40419 \text{ KN}$$

ove:

R = resistenza offerta dal terreno a tergo della parete

$\gamma t$  = peso specifico del terreno = 18.0 KN/mc

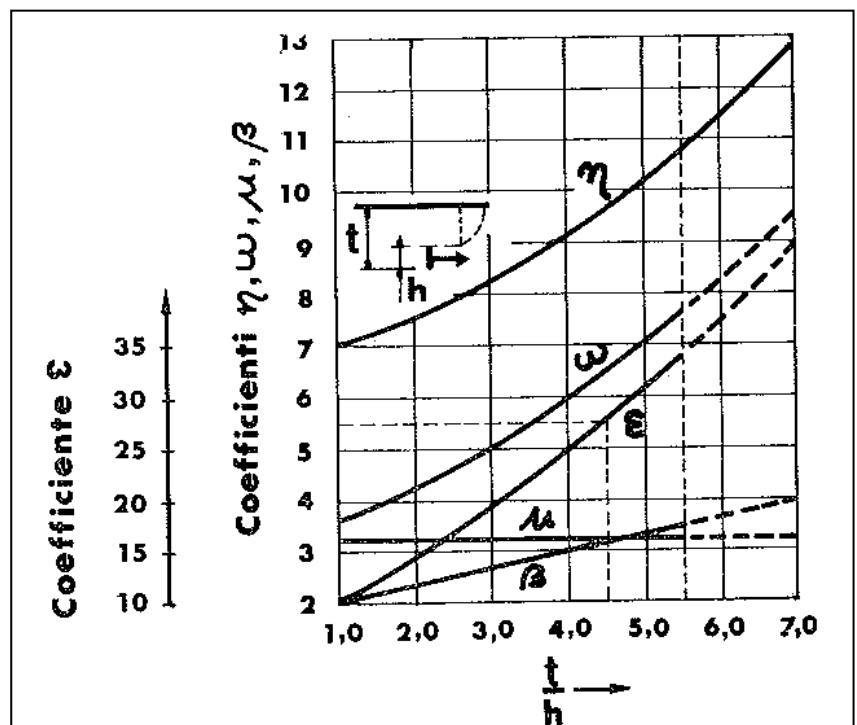
t = dislivello tra piede della parete e sommità del rilevato (vedi schema) = 8.50 m.

b = larghezza della parete = 14.00 m.

h = altezza della parete = 3.80 m.

$$t/h = 8.50/3.80 = 2.24$$

$\mu$  = coefficiente adimensionale per parete nastriforme = 3.30 (vedi grafico sperimentale Bucholz)



$\omega$  = coefficiente adimensionale in funzione di  $t/h$  relativo all'apporto di resistenza del terreno laterale alla parete = 4.20 (vedi grafico sperimentale Bucholz)

$k$  = coefficiente di sicurezza

$S' = S_{max} - T$  = spinta che la parete deve assorbire in fase d'infissione :

$$S' = 44225 - 7505 = 36720 \text{ kN}$$

Il coefficiente di sicurezza alla rottura del terreno retrostante risulta :

$$K = 40419 / (44225 - 7505) = 1.10.$$

### Calcolo e verifica parete reggispinta

Al fine di avere la sollecitazione nelle sezioni critiche della parete di spinta si fa riferimento ad un diagramma della reazione del terreno trapezio fittizio:

Figura n.2

Il valore medio della reazione del terreno sarà:

$$\sigma_{tm} = S / (B_{mur} \times H_{mur}) = 44225000 / (1400 \times 380)$$

$$= 83.13 \text{ N/cm}^2$$

ove:

$B_{mur}$  = larghezza della parete reggispinta

$H_{mur}$  = altezza della parete reggispinta.

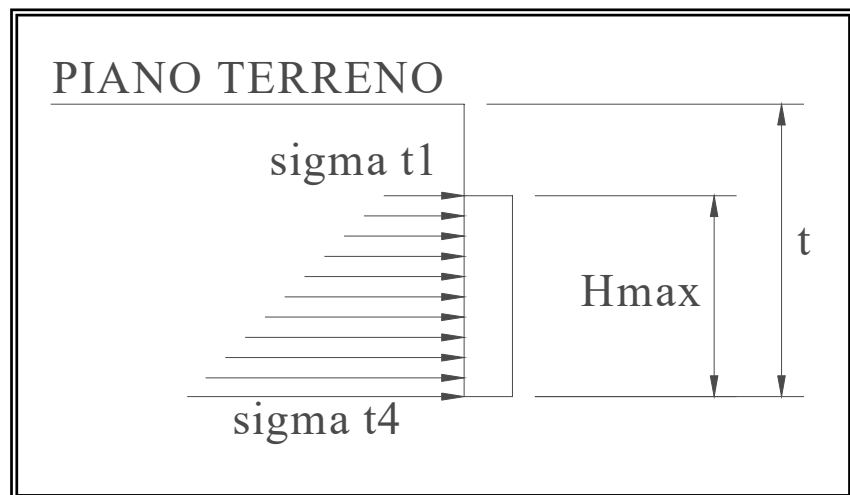


Figura n.3

Indicando con  $a$  l'altezza della fascia di azione dei martinetti e con  $a' = a + S$  la dimensione dell'altezza su cui si considera ripartirsi la sollecitazione, possono determinarsi  $y_1$  e  $y_2$ .

Si avrà:

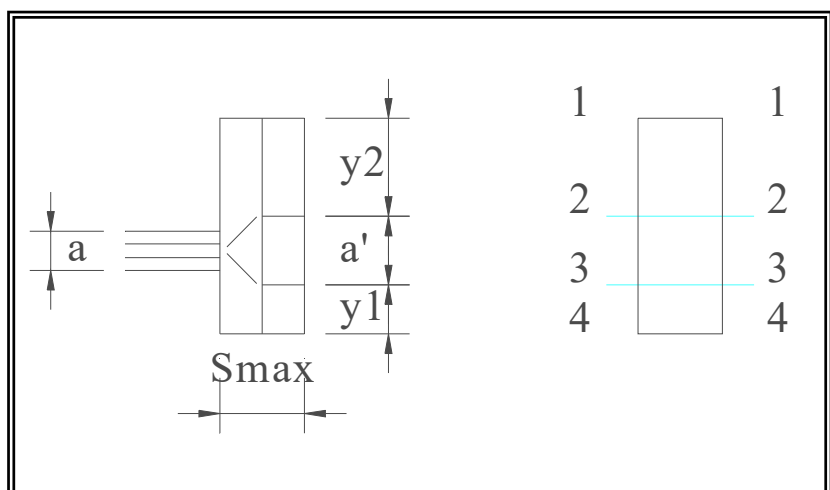
$$a' = 0.4 + 1.20 = 1.60 \text{ m.}$$

$$y_1 = 0.90 \text{ m.}$$

$$y_2 = 1.30 \text{ m.}$$

$$y_2 + a' + y_1 = 3.80 \text{ m.}$$

Vengono nel seguito determinate le sollecitazioni nelle sezioni critiche.





Essendo:

$$\sigma_{t1} = \sigma_{tm} (t - H_{mur}) (t - H_{mur}/2)^{-1} = 83.13 \times (850-380) \times (850-380/2)^{-1} = 59.20 \text{ N/cm}^2$$

$$\sigma_{t2} = \sigma_{tm} (t - H_{mur} + y_2) (t - H_{mur}/2)^{-1} = 83.13 \times (850-380+130) \times (850-380/2)^{-1} = 75.57 \text{ N/cm}^2$$

$$\sigma_{t3} = \sigma_{tm} (t - y_1) (t - H_{mur}/2)^{-1} = 83.13 \times (850-90) \times (850-380/2)^{-1} = 95.73 \text{ N/cm}^2$$

$$\sigma_{t4} = \sigma_{tm} t (t - H_{mur}/2)^{-1} = 83.13 \times 850 \times (850-380/2)^{-1} = 107.06 \text{ N/cm}^2$$

Si ottiene:

$$M_2 = \sigma_{t1} Y_2^2/2 + (\sigma_{t2} - \sigma_{t1}) Y_2^2/6 = 59.20 \times 130^2/2 + (75.57-59.20) \times 130^2/6 = 546349 \text{ N} \cdot \text{cm}$$

$$T_2 = (\sigma_{t1} + \sigma_{t2}) Y_2/2 = (59.20+75.57) \times 130/2 = 8760 \text{ N}$$

$$M_3 = \sigma_{t3} Y_1^2/2 + (\sigma_{t4} - \sigma_{t3}) Y_1^2/3 = 95.73 \times 90^2/2 + (107.06-95.73) \times 90^2/3 = 418298 \text{ N} \cdot \text{cm}$$

$$T_3 = (\sigma_{t4} + \sigma_{t3}) Y_1/2 = (107.06+95.73) \times 90/2 = 9126 \text{ N}$$

Per assorbire le sollecitazioni derivanti dai max momenti flettenti si dispone una armatura:

5  $\phi$  20 /ml

Si riporta in seguito i risultati di calcolo effettuati.

<b>DEFINIZIONE DELLA GEOMETRIA</b>		
<b>SEZIONE TRASVERSALE</b>		
Altezza della sezione trasversale di calcestruzzo	h	1600 [mm]
Larghezza della sezione trasversale di calcestruzzo	b	1000 [mm]
Copriferro	d'	30 [mm]
Altezza utile della sezione	d	1570 [mm]
<b>ARMATURA TESA</b>		
Diametro dei ferri correnti	$\phi_1$	20 [mm]
Numero dei ferri correnti	$n_1$	5 [-]
Diametro dei ferri di eventuale infittimento	$\phi_2$	0 [mm]
Numero dei ferri di eventuale infittimento	$n_2$	0 [-]
Area dell'armatura tesa	$A_s$	1571 [mm <sup>2</sup> ]
<b>ARMATURA COMPRESSA</b>		
Diametro dei ferri correnti	$\phi'_1$	20 [mm]
Numero dei ferri correnti	$n'_1$	5 [-]
Diametro dei ferri di eventuale infittimento	$\phi'_2$	0 [mm]
Numero dei ferri di eventuale infittimento	$n'_2$	0 [-]
Area dell'armatura compressa	$A'_s$	1571 [mm <sup>2</sup> ]
<b>DETERMINAZIONE DEL MOMENTO RESISTENTE</b>		
Determinazione della percentuale meccanica di armatura tesa	$\omega_s$	[-]
Rapporto tra copriferro e altezza utile	$\delta$	[-]
Rapporto tra armatura compressa e armatura tesa	$\rho$	[-]
Posizione adimensionale dell'asse neutro per il Campo 2a	$\xi_{2a}$	[-]
Posizione adimensionale dell'asse neutro per il Campo 2b	$\xi_{2b}$	[-]
Posizione adimensionale dell'asse neutro per il Campo 3	$\xi'_3$	[-]
Coefficiente di riempimento per il Campo 2a	$\beta_{2a}$	[-]
Coefficiente di riempimento per il Campo 2b	$\beta_{2b}$	[-]
Coefficiente $\alpha'_s$ per il Campo 2a	$\alpha'_{s(a)}$	[-]
Coefficiente $\alpha'_s$ per il Campo 2b	$\alpha'_{s(b)}$	[-]
Coefficiente $\alpha'_s$ per il Campo 3	$\alpha'_{s(3)}$	[-]
Percentuale meccanica d'armatura per il Campo 2a	$\omega_{2a}$	[-]
Percentuale meccanica d'armatura per il Campo 2b	$\omega_{2b}$	[-]
Percentuale meccanica d'armatura per il Campo 3	$\omega_3$	[-]
	$\omega'_3$	[-]
<b>Armatura simmetrica</b>		
Posizione adimensionale dell'asse neutro	$\xi$	[-]
Posizione dell'asse neutro	X	[mm]
Deformazione massima nel calcestruzzo	$\varepsilon_{c,max}$	[-]
Deformazione massima dell'acciaio	$\varepsilon_{s,max}$	[-]
Coefficiente di riempimento	$\beta$	[-]
Coefficiente di baricentro	$\kappa$	[-]
Coefficiente $\alpha'_s = \sigma'_s / f_{yd}$	$\alpha'_s$	[-]
Tensione nell'armatura compressa	$\sigma'_s$	[MPa]
Deformazione dell'armatura compressa	$\varepsilon'_s$	[-]
<b>Momento resistente della sezione</b>	$M_{Rd}$	<b>946,58 [kNm]</b>
<b>Momento sollecitante a SLU assunto in valore assoluto</b>	$M_{Ed}$	<b>546,0 [kNm]</b>

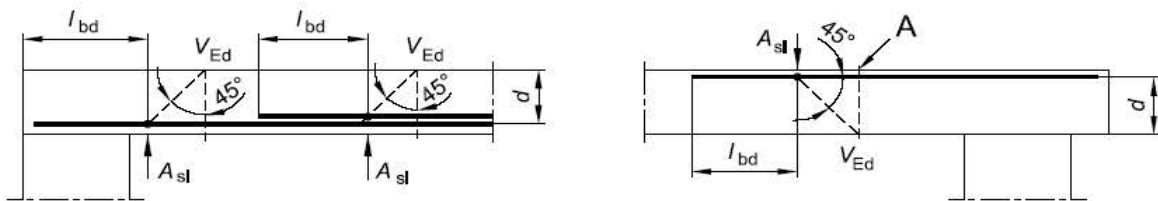
**DETERMINAZIONE DELLA RESISTENZA A TAGLIO DELLA SEZIONE****§ 4.1.2.1.3.1 - ELEMENTI SENZA ARMATURE TRASVERSALI RESISTENTI A TAGLIO**

Azione di Taglio sollecitante a Stato Limite Ultimo	$V_{Ed}$	913	[kN]
Considerare o meno il contributo dell'armatura tesa nel calcolo		si	[-]
Coefficiente $C_{Rd,c}$	$C_{Rd,c}$	0,12	[-]
Coefficiente k	k	1,36	[-]
		1,36	[-]
Rapporto geometrico d'armatura che si estende per non meno di $l_{bd} + d$	$\rho_l$	0,0010005	[-]
		0,0010005	[-]

figura 6.3 Definizione di  $A_{sl}$  nella espressione (6.2)

Legenda

A Sezione considerata



Resistenza a taglio offerta dal calcestruzzo teso	$V_{Rd,c}$	347,02	[kN]
Resistenza minima del calcestruzzo teso	$V_{Rd,min}$	434,28	[kN]

<b>Resistenza a taglio offerta dal calcestruzzo teso</b>	<b><math>V_{Rd}</math></b>	<b>434,28</b>	<b>[kN]</b>
--	----------------------------	---------------	-------------

**§ 4.1.2.1.3.2 - ELEMENTI CON ARMATURE TRASVERSALI RESISTENTI A TAGLIO**

Diametro delle staffe	$\phi_{sw}$	16	[mm]
Numero di braccia	$n_b$	2	[-]
Passo delle staffe	s	200	[mm]
Inclinazione tra il puntone compresso e l'asse della trave	$\theta$	45	[°]
Inclinazione dell'armatura trasversale rispetto all'asse della trave	$\alpha$	90	[°]
Area della sezione trasversale dell'armatura a taglio	$A_{sw}$	402	[mm <sup>2</sup> ]
Braccio della coppia interna	z	1413	[mm]
Cotangente di $\theta$	$\cot\theta$	1,00	[-]
		1,00	[-]
Cotangente di $\alpha$	$\cot\alpha$	0,00	[-]
Senò di $\alpha$	$\sin\alpha$	1,00	[-]

<b>Resistenza offerta dall'armatura a taglio (meccanismo taglio - trazione)</b>	<b><math>V_{Rsd}</math></b>	<b>1111,70</b>	<b>[kN]</b>
---	-----------------------------	----------------	-------------

Resistenza a compressione ridotta del calcestruzzo d'anima	$f_{cd}$	7,08	[MPa]
--	----------	------	-------

<b>Resistenza offerta dai puntoni (meccanismo taglio - compressione)</b>	<b><math>V_{Rcd}</math></b>	<b>5004,38</b>	<b>[kN]</b>
--	-----------------------------	----------------	-------------

Massima area efficace di armatura a taglio per $\cot\theta = 1$	$A_{sw,max}$	2172,22	[mm <sup>2</sup> ]
---	--------------	---------	--------------------

<b>Resistenza a taglio della sezione armata trasversalmente</b>	<b><math>V_{Rd}</math></b>	<b>1111,70</b>	<b>[kN]</b>
---	----------------------------	----------------	-------------

**§ 4.1.2.1.3.3 - TAGLIO MASSIMO SOPPORTABILE DALLA TRAVE**

<b>Resistenza massima a taglio della trave</b>	<b><math>V_{Rd}</math></b>	<b>5560,42</b>	<b>[kN]</b>
--	----------------------------	----------------	-------------

Si dispongono staffe  $\phi$  16 /20" nell'intorno dell'attacco con la platea di varo.

E' sufficiente invece un armatura trasversale minima regolamentare per assorbire le sollecitazioni taglianti nel resto di sezione.

## 10 PARATIA PALI Ø1200

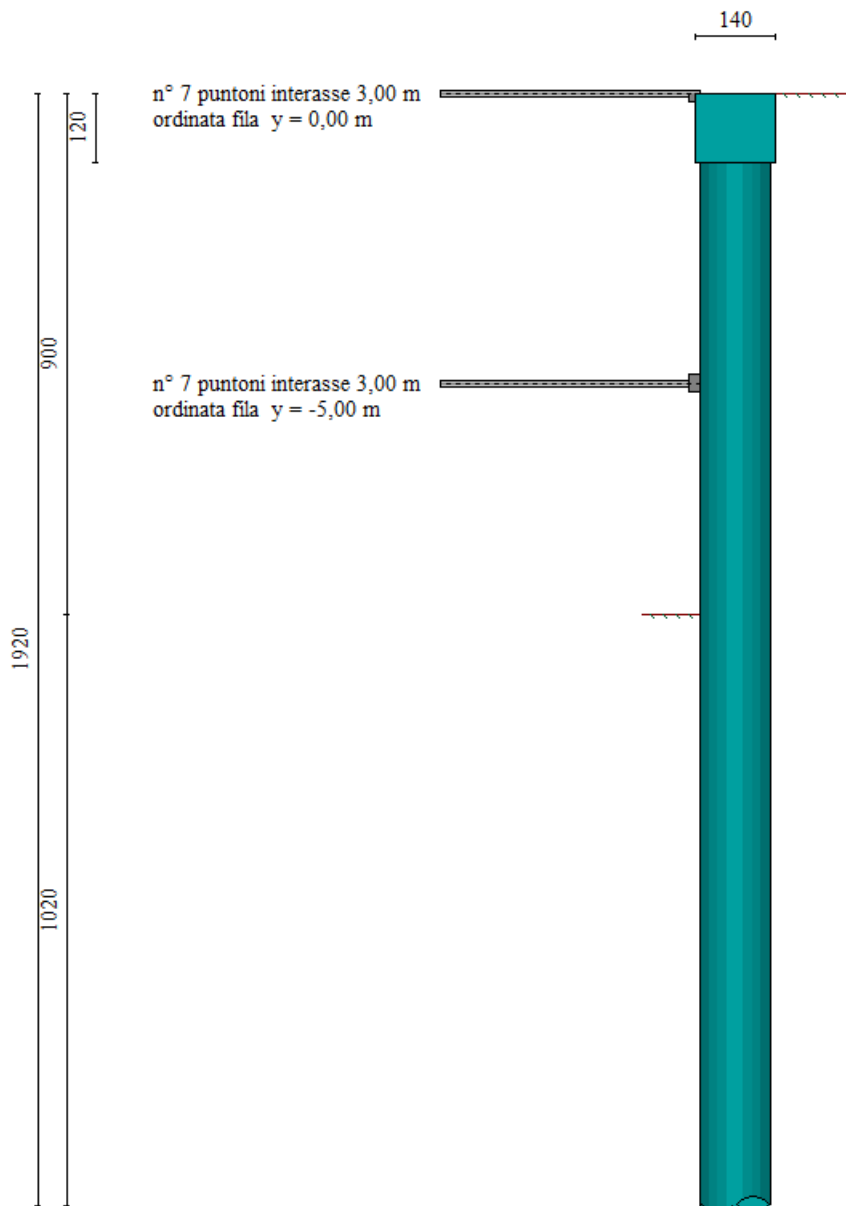
Nel seguente paragrafo viene effettuata la verifica della paratia di pali provvisionali Ø1200mm/180cm di lunghezza L=18m, per i cui dettagli si rimanda al computo metrico ed agli elaborati grafici in allegato al progetto.

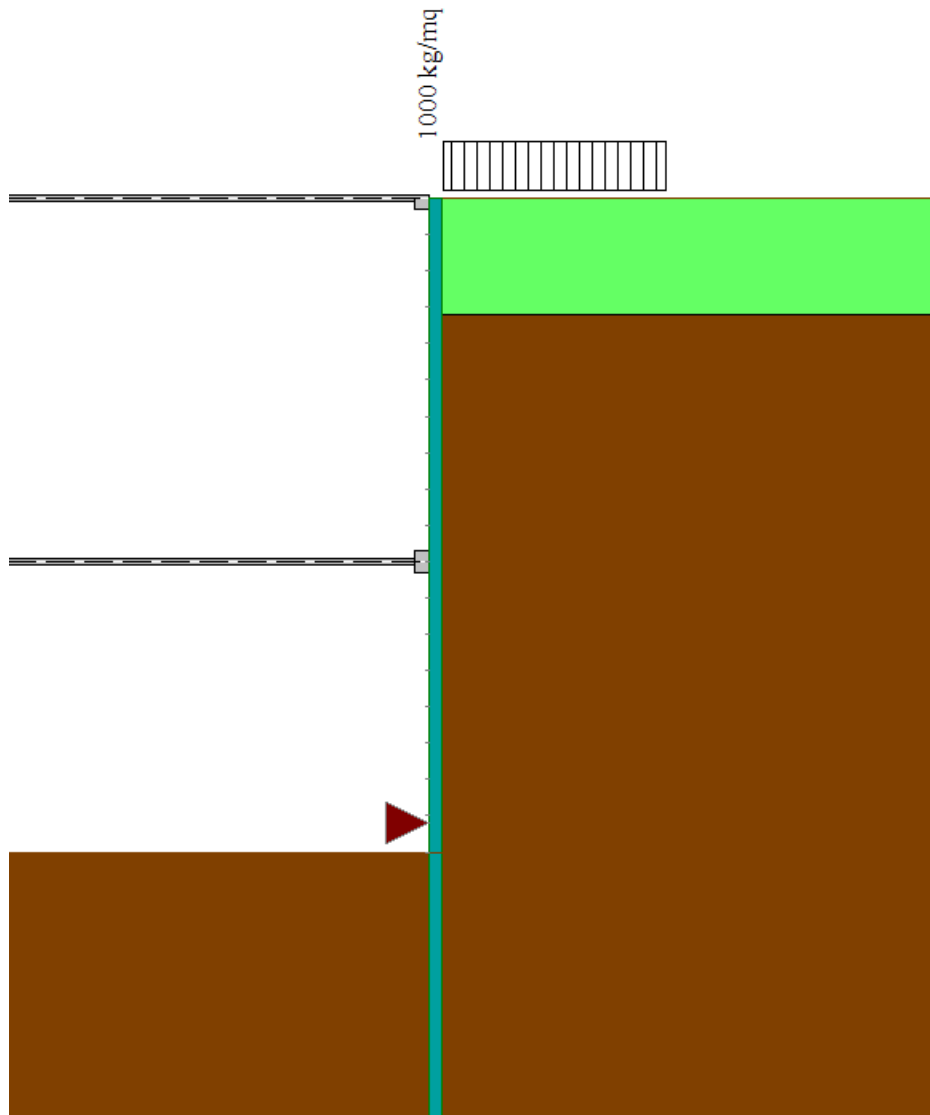
I pali sono collegati in testa con un cordolo di coronamento in c.a. di sezione 1,4 m X 1,2 m.

Con riferimento alla sezione di calcolo mostrata in seguito, è stato studiato un modello di calcolo della paratia con il software PAC di Aztec. La stratigrafia del terreno in situ è compatibile con quella determinata dal modello geotecnico di cui al §5 della presente.

Il modello si completa mediante l'applicazione del carico accidentale sul terrapieno adiacente la paratia, e due ordini di puntoni in acciaio Ø406.4mm sp.7.1mm..

### GEOMETRIA, ALTEZZA DI SCAVO E QUOTA PUNTONI



**CONDIZIONE DI CARICO ACCIDENTALE****FASI DI LAVORAZIONE**

*Simbologia adottata*

n° identificativo della fase nell'elenco definito

Fase Descrizione dell'i-esima fase

Tempo Tempo in cui avviene la fase

n°	Fase	Tempo
1	Realizzazione paratie di pali provvisionali, tappo di fondo e setti in jet grouting, e successivo emungimento di acqua	0
2	Scavo fino alla profondità di 1.00 metri	1
3	Inserimento puntone 1 [Hscavo=1.00]	2
4	Scavo fino alla profondità di 6.00 metri	3
5	Inserimento puntone 2 [Hscavo=6.00]	4
6	Scavo fino alla profondità di 9.00 metri	5
7	Realizzazione soletta di fondazione (X=-8.60) [Hscavo=9.00]	6
8	Rimozione puntone 2 [Hscavo=9.00]	7

A seguire si riportano i risultati di calcolo effettuati.

## Richiami teorici

### Metodo di analisi

#### Calcolo della profondità di infissione

Nel caso generale l'equilibrio della paratia è assicurato dal bilanciamento fra la spinta attiva agente da monte sulla parte fuori terra, la resistenza passiva che si sviluppa da valle verso monte nella zona interrata e la controspinta che agisce da monte verso valle nella zona interrata al di sotto del centro di rotazione.

Nel caso di paratia tirantata nell'equilibrio della struttura intervengono gli sforzi dei tiranti (diretti verso monte); in questo caso, se la paratia non è sufficientemente infissa, la controspinta sarà assente.

Pertanto, il primo passo da compiere nella progettazione è il calcolo della profondità di infissione necessaria ad assicurare l'equilibrio fra i carichi agenti (spinta attiva, resistenza passiva, controspinta, tiro dei tiranti ed eventuali carichi esterni).

Nel calcolo classico delle paratie si suppone che essa sia infinitamente rigida e che possa subire una rotazione intorno ad un punto (*Centro di rotazione*) posto al di sotto della linea di fondo scavo (per paratie non tirantate).

Occorre pertanto costruire i diagrammi di spinta attiva e di spinta (resistenza) passiva agenti sulla paratia. A partire da questi si costruiscono i diagrammi risultanti.

Nella costruzione dei diagrammi risultanti si adotterà la seguente notazione:

<b>K<sub>am</sub></b>	diagramma della spinta attiva agente da monte
<b>K<sub>av</sub></b>	diagramma della spinta attiva agente da valle sulla parte interrata
<b>K<sub>pm</sub></b>	diagramma della spinta passiva agente da monte
<b>K<sub>pv</sub></b>	diagramma della spinta passiva agente da valle sulla parte interrata.

Calcolati i diagrammi suddetti si costruiscono i diagrammi risultanti

$$D_m = K_{pm} K_{av} \quad e \quad D_v = K_{pv} K_{am}$$

Questi diagrammi rappresentano i valori limiti delle pressioni agenti sulla paratia. La soluzione è ricercata per tentativi facendo variare la profondità di infissione e la posizione del centro di rotazione fino a quando non si raggiunge l'equilibrio sia alla traslazione che alla rotazione.

Per mettere in conto un fattore di sicurezza nel calcolo delle profondità di infissione

si può agire con tre modalità:

1. applicazione di un coefficiente moltiplicativo alla profondità di infissione strettamente necessaria per l'equilibrio
2. riduzione della spinta passiva tramite un coefficiente di sicurezza
3. riduzione delle caratteristiche del terreno tramite coefficienti di sicurezza su  $\tan(\phi)$  e sulla coesione

#### Calcolo delle spinte

#### Metodo di Culmann (metodo del cuneo di tentativo)

Il metodo di Culmann adotta le stesse ipotesi di base del metodo di Coulomb: cuneo di spinta a monte della parete che si muove rigidamente lungo una superficie di rottura rettilinea o spezzata (nel caso di terreno stratificato).

La differenza sostanziale è che mentre Coulomb considera un terrapieno con superficie a pendenza costante e carico uniformemente distribuito (il che permette di ottenere una espressione in forma chiusa per il valore della spinta) il metodo di Culmann consente di analizzare situazioni con profilo di forma generica e carichi sia concentrati che distribuiti comunque disposti. Inoltre, rispetto al metodo di Coulomb, risulta più immediato e lineare tener conto della coesione del masso spingente. Il metodo di Culmann, nato come metodo essenzialmente grafico, si è evoluto per essere trattato mediante analisi numerica (noto in questa forma come metodo del cuneo di tentativo).

I passi del procedimento risolutivo sono i seguenti:

- si impone una superficie di rottura (angolo di inclinazione  $\rho$  rispetto all'orizzontale) e si considera il cuneo di spinta delimitato dalla superficie di rottura stessa, dalla parete su cui si calcola la spinta e dal profilo del terreno;
- si valutano tutte le forze agenti sul cuneo di spinta e cioè peso proprio ( $W$ ), carichi sul terrapieno, resistenza per attrito e per coesione lungo la superficie di rottura ( $R$  e  $C$ ) e resistenza per coesione lungo la parete ( $A$ );
- dalle equazioni di equilibrio si ricava il valore della spinta  $S$  sulla parete.

Questo processo viene iterato fino a trovare l'angolo di rottura per cui la spinta risulta massima nel caso di spinta attiva e minima nel caso di spinta passiva.

Le pressioni sulla parete di spinta si ricavano derivando l'espressione della spinta  $S$  rispetto all'ordinata  $z$ . Noto il diagramma delle pressioni si ricava il punto di applicazione della spinta.

#### Spinta in presenza di falda

Nel caso in cui a monte della parete sia presente la falda il diagramma delle pressioni risulta modificato a causa della sottospinta che l'acqua esercita sul terreno. Il peso di volume del terreno al di sopra della linea di falda non subisce variazioni. Viceversa, al di sotto del livello di falda va considerato il peso di volume efficace

$$\gamma' = \gamma_{sat} - \gamma_w$$

dove  $\gamma_{sat}$  è il peso di volume saturo del terreno (dipendente dall'indice dei pori) e  $\gamma_w$  è il peso specifico dell'acqua. Quindi il diagramma delle pressioni al di sotto della linea di falda ha una pendenza minore. Al diagramma così ottenuto va sommato il diagramma triangolare legato alla pressione esercitata dall'acqua.

Il regime di filtrazione della falda può essere *idrostatico* o *idrocinamico*.

Nell'ipotesi di regime idrostatico sia la falda di monte che di valle viene considerata statica, la pressione in un punto a quota  $h$  al di sotto della linea freatica sarà dunque pari a:

$$\gamma_w \times h$$

Nell'ipotesi di regime idrocinamico la falda viene considerata idrocinamica, la pressione in un punto a profondità  $h_m$  dalla linea freatica se calcolata da monte risulterà pari a:

$$\gamma_w \times h_m \times (1-i)$$

oppure, se calcolata da valle, la pressione in un punto a profondità  $h_v$  dalla linea freatica da valle risulterà pari a:

$$\gamma_w \times h_v \times (1+i).$$

Il valore della pressione al piede della paratia in regime idrodinamico coincide sia se calcolata da monte che da valle.  $i$  rappresenta il gradiente idraulico nell'ipotesi di filtrazione monodimensionale.

### Spinta in presenza di sisma

Per tenere conto dell'incremento di spinta dovuta al sisma si fa riferimento al metodo di **Mononobe-Okabe** (cui fa riferimento la Normativa Italiana). Il metodo di Mononobe-Okabe considera nell'equilibrio del cuneo spingente la forza di inerzia dovuta al sisma. Indicando con  $W$  il peso del cuneo e con  $C$  il coefficiente di intensità sismica la forza di inerzia valutata come

$$F_i = W \cdot C$$

Indicando con  $S$  la spinta calcolata in condizioni statiche e con  $S_s$  la spinta totale in condizioni sismiche l'incremento di spinta è ottenuto come

$$DS = S - S_s$$

L'incremento di spinta viene applicato a 1/3 dell'altezza della parete stessa (diagramma triangolare con vertice in alto).

### Analisi ad elementi finiti

La paratia è considerata come una struttura a prevalente sviluppo lineare (si fa riferimento ad un metro di larghezza) con comportamento a trave. Come caratteristiche geometriche della sezione si assume il momento d'inerzia  $I$  e l'area  $A$  per metro lineare di larghezza della paratia. Il modulo elastico è quello del materiale utilizzato per la paratia.

La parte fuori terra della paratia è suddivisa in elementi di lunghezza pari a circa 5 centimetri e più o meno costante per tutti gli elementi. La suddivisione è suggerita anche dalla eventuale presenza di tiranti, carichi e vincoli. Infatti questi elementi devono capitare in corrispondenza di un nodo. Nel caso di tirante è inserito un ulteriore elemento atto a schematizzarlo. Detta  $L$  la lunghezza libera del tirante,  $A_r$  l'area di armatura nel tirante ed  $E_s$  il modulo elastico dell'acciaio è inserito un elemento di lunghezza pari ad  $L$ , area  $A_r$ , inclinazione pari a quella del tirante e modulo elastico  $E_s$ . La parte interrata della paratia è suddivisa in elementi di lunghezza, come visto sopra, pari a circa 5 centimetri.

I carichi agenti possono essere di tipo distribuito (spinta della terra, diagramma aggiuntivo di carico, spinta della falda, diagramma di spinta sismica) oppure concentrati. I carichi distribuiti sono riportati sempre come carichi concentrati nei nodi (sotto forma di reazioni di incastro perfetto cambiate di segno).

### Schematizzazione del terreno

La modellazione del terreno si rifà al classico schema di Winkler. Esso è visto come un letto di molle indipendenti fra di loro reagenti solo a sforzo assiale di compressione. La rigidità della singola molla è legata alla costante di sottofondo orizzontale del terreno (*costante di Winkler*). La costante di sottofondo,  $k$ , è definita come la pressione unitaria che occorre applicare per ottenere uno spostamento unitario. Dimensionalmente è espressa quindi come rapporto fra una pressione ed uno spostamento al cubo  $[F/L^3]$ . È evidente che i risultati sono tanto migliori quanto più è elevato il numero delle molle che schematizzano il terreno. Se  $m$  è l'interasse fra le molle (in cm) e  $b$  è la larghezza della paratia in direzione longitudinale ( $b=100$  cm) l'area equivalente della molla sarà  $A_m = m \cdot b$ .

Per le molle di estremità, in corrispondenza della linea di fondo scavo ed in corrispondenza dell'estremità inferiore della paratia, si assume una area equivalente dimezzata. Inoltre, tutte le molle hanno, ovviamente, rigidità flessionale e tagliante nulla e sono vincolate all'estremità alla traslazione. Quindi la matrice di rigidità di tutto il sistema paratia-terreno sarà data dall'assemblaggio delle matrici di rigidità degli elementi della paratia (elementi a rigidità flessionale, tagliante ed assiale), delle matrici di rigidità dei tiranti (solo rigidità assiale) e delle molle (rigidità assiale).

### Modalità di analisi e comportamento elasto-plastico del terreno

A questo punto vediamo come è effettuata l'analisi. Un tipo di analisi molto semplice e veloce sarebbe l'analisi elastica (peraltro disponibile nel programma **PAC**). Ma si intuisce che considerare il terreno con un comportamento infinitamente elastico è una approssimazione alquanto grossolana. Occorre quindi introdurre qualche correttivo che meglio ci aiuti a modellare il terreno. Fra le varie soluzioni possibili una delle più praticabili e che fornisce risultati soddisfacenti è quella di considerare il terreno con comportamento elasto-plastico perfetto. Si assume cioè che la curva sforzi-deformazioni del terreno abbia andamento bilatero. Rimane da scegliere il criterio di plasticizzazione del terreno (molle). Si può fare riferimento ad un criterio di tipo cinematico: la resistenza della molla cresce con la deformazione fino a quando lo spostamento non raggiunge il valore  $X_{max}$ ; una volta superato tale spostamento limite non si ha più incremento di resistenza all'aumentare degli spostamenti. Un altro criterio può essere di tipo statico: si assume che la molla abbia una resistenza crescente fino al raggiungimento di una pressione  $p_{max}$ . Tale pressione  $p_{max}$  può essere imposta pari al valore della pressione passiva in corrispondenza della quota della molla. D'altronde un ulteriore criterio si può ottenere dalla combinazione dei due descritti precedentemente: plasticizzazione o per raggiungimento dello spostamento limite o per raggiungimento della pressione passiva. Dal punto di vista strettamente numerico è chiaro che l'introduzione di criteri di plasticizzazione porta ad analisi di tipo non lineare (non linearità meccaniche). Questo comporta un aggravio computazionale non indifferente. L'entità di tale aggravio dipende poi dalla particolare tecnica adottata per la soluzione. Nel caso di analisi elastica lineare il problema si risolve immediatamente con la soluzione del sistema fondamentale ( $K$  matrice di rigidità,  $u$  vettore degli spostamenti nodali,  $p$  vettore dei carichi nodali)

$$Ku = p$$

Un sistema non lineare, invece, deve essere risolto mediante un'analisi al passo per tener conto della plasticizzazione delle molle. Quindi si procede per passi di carico, a partire da un carico iniziale  $p_0$ , fino a raggiungere il carico totale  $p$ . Ogni volta che si incrementa il carico si controllano eventuali plasticizzazioni delle molle. Se si hanno nuove plasticizzazioni la matrice globale andrà riassembleta escludendo il contributo delle molle plasticizzate. Il procedimento descritto se fosse applicato in questo modo sarebbe particolarmente gravoso (la fase di decomposizione della matrice di rigidità è particolarmente onerosa). Si ricorre pertanto a soluzioni più sofisticate che escludono il riassembleggio e la decomposizione della matrice, ma usano la matrice elastica iniziale (*metodo di Riks*).

Senza addentrarci troppo nei dettagli diremo che si tratta di un metodo di Newton-Raphson modificato e ottimizzato. L'analisi condotta secondo questa tecnica offre dei vantaggi immediati. Essa restituisce l'effettiva deformazione della paratia e le relative sollecitazioni; dà informazioni dettagliate circa la deformazione e la pressione sul terreno. Infatti, la deformazione è direttamente leggibile, mentre la pressione sarà data dallo sforzo nella molla diviso per l'area di influenza della molla stessa. Sappiamo quindi quale è la zona di terreno effettivamente plasticizzato. Inoltre, dalle deformazioni ci si può rendere conto di un possibile meccanismo di rottura del terreno.

### Analisi per fasi di scavo

L'analisi della paratia per fasi di scavo consente di ottenere informazioni dettagliate sullo stato di sollecitazione e deformazione dell'opera durante la fase di realizzazione. In ogni fase lo stato di sollecitazione e di deformazione dipende dalla 'storia' dello scavo (soprattutto nel caso di paratie tirantate o vincolate). Definite le varie altezze di scavo (in funzione della posizione di tiranti, vincoli, o altro) si procede per ogni fase al calcolo delle spinte inserendo gli elementi (tiranti, vincoli o carichi) attivi per quella fase, tenendo conto delle deformazioni dello stato precedente. Ad esempio, se sono presenti dei tiranti passivi si inserirà nell'analisi della fase la 'molla' che lo rappresenta. Indicando con  $u$  ed  $u_0$  gli spostamenti nella fase attuale e nella fase precedente, con  $s$  ed  $s_0$  gli sforzi nella fase attuale e nella fase precedente e con  $K$  la matrice di rigidezza della 'struttura' la relazione sforzi-deformazione è esprimibile nella forma

$$s = s_0 + K(u - u_0)$$

In sostanza analizzare la paratia per fasi di scavo oppure 'direttamente' porta a risultati abbastanza diversi sia per quanto riguarda lo stato di deformazione e sollecitazione dell'opera sia per quanto riguarda il tiro dei tiranti.

### Verifica alla stabilità globale

La verifica alla stabilità globale del complesso paratia+terreno deve fornire un coefficiente di sicurezza non inferiore a 1,10.

È usata la tecnica della suddivisione a strisce della superficie di scorrimento da analizzare. La superficie di scorrimento è supposta circolare.

In particolare, il programma esamina, per un dato centro 3 cerchi differenti: un cerchio passante per la linea di fondo scavo, un cerchio passante per il piede della paratia ed un cerchio passante per il punto medio della parte interrata. Si determina il minimo coefficiente di sicurezza su una maglia di centri di dimensioni 10x10 posta in prossimità della sommità della paratia. Il numero di strisce è pari a 50.

Si adotta per la verifica di stabilità globale il metodo di Bishop.

Il coefficiente di sicurezza nel metodo di Bishop si esprime secondo la seguente formula:

$$\eta = \frac{\sum_{i=1}^n \left[ \frac{c_i b_i + (W_i - u_i b_i) \tan \phi_i}{m} \right]}{\sum_{i=1}^n W_i \sin \alpha_i}$$

dove il termine  $m$  è espresso da

$$m = \left( 1 + \frac{\tan \phi_i \tan \alpha_i}{\eta} \right) \cos \alpha_i$$

In questa espressione  $n$  è il numero delle strisce considerate,  $b_i$  e  $\alpha_i$  sono la larghezza e l'inclinazione della base della striscia  $i$ -esima rispetto all'orizzontale,  $W_i$  è il peso della striscia  $i$ -esima,  $c_i$  e  $\phi_i$  sono le caratteristiche del terreno (coesione ed angolo di attrito) lungo la base della striscia ed  $u_i$  è la pressione neutra lungo la base della striscia.

L'espressione del coefficiente di sicurezza di Bishop contiene al secondo membro il termine  $m$  che è funzione di  $\eta$ . Quindi essa è risolta per successive approssimazioni assumendo un valore iniziale per  $\eta$  da inserire nell'espressione di  $m$  ed iterare fin quando il valore calcolato coincide con il valore assunto.

### Verifiche idrauliche

#### Verifica a sifonamento

Per la verifica a sifonamento si utilizza il metodo del gradiente idraulico critico.

Il coefficiente di sicurezza nei confronti del sifonamento è dato dal rapporto tra il gradiente critico  $i_c$  e il gradiente idraulico di efflusso  $i_E$ .

$$FS_{SIF} = i_c / i_E$$

Il gradiente idraulico critico è dato dal rapporto tra il peso efficace medio  $\gamma_m$  del terreno interessato da filtrazione ed il peso dell'acqua  $\gamma_w$ .

$$i_c = \gamma_m / \gamma_w$$

Il gradiente idraulico di efflusso è dato dal rapporto tra la differenza di carico  $\Delta H$  e la lunghezza della linea di flusso  $L$ .

$$i_E = \Delta H / L$$

Il moto di filtrazione è assunto essere monodimensionale.

#### Verifica a sollevamento del fondo scavo

Per la verifica a sollevamento si utilizza il metodo di Terzaghi.

Il coefficiente di sicurezza nei fenomeni di sollevamento del fondo scavo deriva da considerazioni di equilibrio verticale di una porzione di terreno a valle della paratia soggetta a tale fenomeno.

Secondo Terzaghi il volume interessato da sollevamento ha profondità  $D$  e larghezza  $D/2$ .

$D$  rappresenta la profondità di infissione della paratia.

Il coefficiente di sicurezza è dato dal rapporto tra il peso del volume di terreno sopra descritto  $W$  e la pressione idrica al piede della paratia  $U$  dovuta dalla presenza di una falda in moto idrodinamico.

$$FS_{SCAVO} = W / U$$

La pressione idrodinamica è calcolata nell'ipotesi di filtrazione monodimensionale.

### Analisi dei pali

Per l'analisi della capacità portante dei pali occorre determinare alcune caratteristiche del terreno in cui si va ad operare. In particolare bisogna conoscere l'angolo d'attrito  $\phi$  e la coesione  $c$ . Per pali soggetti a carichi trasversali è necessario conoscere il modulo di reazione laterale o il modulo elastico laterale.



La capacità portante di un palo solitamente viene valutata come somma di due contributi: portata di base (o di punta) e portata per attrito laterale lungo il fusto. Cioè si assume valida l'espressione:

$$Q_T = Q_P + Q_L - W_P$$

dove:

$Q_T$  portanza totale del palo  
 $Q_P$  portanza di base del palo  
 $Q_L$  portanza per attrito laterale del palo  
 $W_P$  peso proprio del palo

e le due componenti  $Q_P$  e  $Q_L$  sono calcolate in modo indipendente fra loro.

Dalla capacità portante del palo si ricava il carico ammissibile del palo  $Q_A$  applicando il coefficiente di sicurezza della portanza alla punta  $\eta_p$  ed il coefficiente di sicurezza della portanza per attrito laterale  $\eta_l$ .

Palo compresso:

$$Q_d = \frac{Q_P}{\eta_p} + \frac{Q_L}{\eta_l} - W_P$$

Palo teso:

$$Q_d = \frac{Q_L}{\eta_l} - W_P$$

#### Capacità portante di punta

In generale la capacità portante di punta viene calcolata tramite l'espressione:

$$Q_p = A_p \left( cN'_c + qN'_q + \frac{1}{2} B\gamma N'_\gamma \right)$$

dove:

$A_p$  è l'area portante efficace della punta del palo  
 $c$  è la coesione  
 $q$  è la pressione geostatica alla quota della punta del palo  
 $\gamma$  è il peso specifico del terreno  
 $D$  è il diametro del palo

$N'_c$   $N'_q$   $N'_\gamma$  sono i coefficienti di capacità portante corretti per tener conto degli effetti di forma e di profondità.

#### Capacità portante per resistenza laterale

La resistenza laterale è data dall'integrale esteso a tutta la superficie laterale del palo delle tensioni tangenziali palo-terreno in condizioni limite:

$$Q_l = \int_S \tau_a ds$$

dove  $\tau_a$  è dato dalla nota relazione di Coulomb

$$\tau_a = c_a + \sigma_n \tan \delta$$

dove:

$c_a$  è l'adesione palo-terreno  
 $\delta$  è l'angolo di attrito palo-terreno  
 $\gamma$  è il peso specifico del terreno  
 $z$  è la generica quota a partire dalla testa del palo  
 $L$  è la lunghezza del palo  
 $P$  è il perimetro del palo

$K_s$  è il coefficiente di spinta che dipende dalle caratteristiche meccaniche e fisiche del terreno dal suo stato di addensamento e dalle modalità di realizzazione del palo.

**Dati**Geometria paratiaTipo paratia: **Paratia di pali**

Altezza fuori terra	9,00	[m]
Profondità di infissione	10,20	[m]
Altezza totale della paratia	19,20	[m]
Lunghezza paratia	20,00	[m]

Numero di file di pali	1	
Interasse fra i pali della fila	1,80	[m]
Diámetro dei pali	120,00	[cm]
Numero totale di pali	11	
Numero di pali per metro lineare	0.55	

Geometria cordoli*Simbologia adottata*

n°	numero d'ordine del cordolo
Y	posizione del cordolo sull'asse della paratia espresso in [m]

*Cordoli in calcestruzzo*

B	Base della sezione del cordolo espresso in [cm]
H	Altezza della sezione del cordolo espresso in [cm]

*Cordoli in acciaio*

A	Area della sezione in acciaio del cordolo espresso in [cmq]
W	Modulo di resistenza della sezione del cordolo espresso in [cm <sup>3</sup> ]

N°	Y [m]	Tipo	B [cm]	H [cm]	A [cmq]	W [cm <sup>3</sup> ]
1	0,00	Calcestruzzo	140,00	120,00	--	--

Geometria profilo terreno*Simbologia adottata e sistema di riferimento*

(Sistema di riferimento con origine in testa alla paratia, ascissa X positiva verso monte, ordinata Y positiva verso l'alto)

N	numero ordine del punto
X	ascissa del punto espressa in [m]
Y	ordinata del punto espressa in [m]
A	inclinazione del tratto espressa in [°]

**Profilo di monte**

N°	X [m]	Y [m]	A [°]
2	15,00	0,00	0.00

**Profilo di valle - Fase n° 1**

N°	X [m]	Y [m]	A [°]
1	-25,00	8,30	--
2	-17,00	8,30	0.00
3	-16,95	-1,00	180.00
4	0,00	-1,00	0.00

**Profilo di valle - Fase n° 3**

N°	X [m]	Y [m]	A [°]
1	-25,00	3,30	--
2	-17,00	3,30	0.00
3	-16,95	-6,00	180.00
4	0,00	-6,00	0.00

**Profilo di valle - Fase n° 5**

N°	X [m]	Y [m]	A [°]
1	-25,00	0,30	--
2	-17,00	0,30	0.00
3	-16,95	-9,00	180.00
4	0,00	-9,00	0.00

Descrizione terreni*Simbologia adottata*

n°	numero d'ordine
Descrizione	Descrizione del terreno
γ	peso di volume del terreno espresso in [kg/mc]
γ <sub>sat</sub>	peso di volume saturo del terreno espresso [kg/mc]
φ	angolo d'attrito interno del terreno espresso in [°]
δ	angolo d'attrito terreno/paratia espresso in [°]
c	coesione del terreno espressa in [kg/cm <sup>2</sup> ]
ca	adesione terreno/paratia espressa in [kg/cm <sup>2</sup> ]

*Parametri per il calcolo dei tiranti secondo il metodo di Bustamante-Doix*

Cesp	coeff. di espansione laterale minimo e medio del tirante nello strato
τ <sub>1</sub>	tensione tangenziale minima e media lungo il tirante espresso in [kg/cm <sup>2</sup> ]

I parametri medi e minimi vengono usati per il calcolo di portanza di progetto dei pali e per la resistenza di progetto a sfilamento dei tiranti

N°	Descrizione	γ [kg/mc]	γ <sub>sat</sub> [kg/mc]	φ [°]	δ [°]	c [kg/cm <sup>2</sup> ]	ca [kg/cm <sup>2</sup> ]	Cesp	τ <sub>1</sub> [kg/cm <sup>2</sup> ]
----	-------------	--------------	-----------------------------	----------	----------	----------------------------	-----------------------------	------	---

N°	Descrizione	$\gamma$ [kg/mc]	$\gamma_{sat}$ [kg/mc]	$\phi$ [°]	$\delta$ [°]	$c$ [kg/cm <sup>2</sup> ]	$c_a$ [kg/cm <sup>2</sup> ]	Cesp	$\tau_1$ [kg/cm <sup>2</sup> ]	
1	Livello 1	1400,0	1800,0	20,00	10,00	0,000	0,000	1,00	0,000	CAR
				20,00	10,00	0,000	0,000	1,00	0,000	MIN
				20,00	10,00	0,000	0,000	1,00	0,000	MED
2	Livello 2	1760,0	1920,0	27,85	13,50	0,000	0,000	1,00	0,000	CAR
				27,85	13,50	0,000	0,000	1,00	0,000	MIN
				27,85	13,50	0,000	0,000	1,00	0,000	MED
3	Terreno 3	2030,0	2080,0	33,17	16,50	0,000	0,000	1,00	0,000	CAR
				33,17	16,50	0,000	0,000	1,00	0,000	MIN
				33,17	16,50	0,000	0,000	1,00	0,000	MED

### Descrizione stratigrafia

#### Simbologia adottata

n° numero d'ordine dello strato a partire dalla sommità della paratia  
 sp spessore dello strato in corrispondenza dell'asse della paratia espresso in [m]  
 kw costante di Winkler orizzontale espressa in [Kg/cm<sup>2</sup>/cm]  
 $\alpha$  inclinazione dello strato espressa in [°] (M: strato di monte, V: strato di valle)  
 Terreno Terreno associato allo strato (M: strato di monte, V: strato di valle)

N°	sp [m]	$\alpha_M$ [°]	$\alpha_V$ [°]	$Kw_M$ [kg/cm <sup>2</sup> /cm]	$Kw_V$ [kg/cm <sup>2</sup> /cm]	Terreno M	Terreno V
1	1,60	0,00	0,00	0,12	0,12	Livello 1	Livello 1
2	15,80	0,00	0,00	2,57	2,57	Livello 2	Livello 2
3	8,10	0,00	0,00	7,97	7,97	Terreno 3	Terreno 3

### Falda

Profondità della falda a monte rispetto alla sommità della paratia

1,00 [m]

Profondità della falda a valle rispetto alla sommità della paratia

9,00 [m]

Regime delle pressioni neutre:

**Idrodinamico**

**Vincoli lungo l'altezza della paratia**

*Simbologia adottata*

- n° numero d'ordine del vincolo
- Y ordinata del vincolo rispetto alla testa della paratia espressa in [m]
- V<sub>x</sub> Vincolo in direzione orizzontale
- K<sub>x</sub> Rigidezza vincolo in direzione orizzontale espressa in [Kg/cm]
- V<sub>r</sub> Vincolo alla rotazione
- K<sub>r</sub> Rigidezza vincolo alla rotazione espressa in [Kgm/°]

N°	Y [m]	V <sub>x</sub>	K <sub>x</sub> [Kg/cm]	V <sub>r</sub>	K <sub>r</sub> [Kgm/°]
1	8,60	V. RIGIDO	--	LIBERO	--

**Descrizione puntoni**

*Simbologia adottata*

- n° numero d'ordine della fila
- Y ordinata della fila espressa in [m] misurata dalla testa della paratia
- I interasse della fila espresso in [m]
- Xa ascissa appoggio espresso in [m]
- Ya ordinata appoggio espresso in [m]
- L lunghezza puntone espressa in [m]
- alfa inclinazione dei puntoni della fila rispetto all'orizzontale espressa in [°]
- ALL allineamento dei puntoni della fila (CENTRATI o SFALSATI)
- np numero di puntoni della fila
- f Franco laterale espresso in [m]
- A Area espressa in [cmq]
- I Inerzia espressa in [cm^4]
- Wr Modulo di resistenza espresso in [cm^3]
- Vinc Tipo vincolo appoggio
- E Modulo Elastico espresso in [kg/cmq]
- σ<sub>d</sub> Tensione ammissibile espressa in [kg/cmqa]

N°	Y [m]	I [m]	np	Xa; Ya [m]	L [m]	Alfa [°]	f [m]	ALL
1	0,00	3,00	7	-15,50; 0,00	15,50	0,00	0,00	Centrati
2	-4,00	3,00	7	-15,50; -4,00	15,50	0,00	0,00	Centrati

n°	Vincolo	A [cmq]	I [cm^4]	W [cm^3]	E [kg/cmqa]	σ <sub>d</sub> [kg/cmqa]
1	Rigido	89,10	17756,00	874,00	2100000	2600
2	Rigido	89,10	17756,00	874,00	2100000	2600

**Caratteristiche materiali utilizzati**

*Simbologia adottata*

- γ<sub>cls</sub> Peso specifico cls, espresso in [kg/mc]
- Classe cls Classe di appartenenza del calcestruzzo
- Rck Rigidezza cubica caratteristica, espressa in [kg/cmqa]
- E Modulo elastico, espresso in [kg/cmqa]
- Acciaio Tipo di acciaio
- n Coeff. di omogeneizzazione acciaio-calcestruzzo

Descrizione	γ <sub>cls</sub> [kg/mc]	Classe cls	Rck [kg/cmqa]	E [kg/cmqa]	Acciaio	n
Paratia	2500	C25/30	300	319252	B450C	15.00
Cordolo/Muro	2500	C25/30	306	320666	B450C	15.00

Coeff. di omogeneizzazione cls tesoro/compresso 1.00

Descrizione	γ <sub>acciaio</sub> [kg/mc]	E [kg/cmqa]
Paratia	7850	2100000

**Condizioni di carico**

*Simbologia e convenzioni adottate*

- Le ascisse dei punti di applicazione del carico sono espresse in [m] rispetto alla testa della paratia
- Le ordinate dei punti di applicazione del carico sono espresse in [m] rispetto alla testa della paratia
- Ig Indice di gruppo
- F<sub>x</sub> Forza orizzontale espressa in [kg], positiva da monte verso valle
- F<sub>y</sub> Forza verticale espressa in [kg], positiva verso il basso
- M Momento espresso in [kgm], positivo ribaltante
- Q<sub>1</sub>, Q<sub>2</sub> Intensità dei carichi distribuiti sul profilo espressa in [kg/mq]
- V<sub>1</sub>, V<sub>2</sub> Intensità dei carichi distribuiti sulla paratia espressa in [kg/mq], positivi da monte verso valle
- R Risultante carico distribuito sulla paratia espressa in [kg]

**Condizione n° 1 - Variabile da traffico - ACCIDENTALE STRADALE (Ig=0) [Ψ<sub>0</sub>=1.00 - Ψ<sub>1</sub>=1.00 - Ψ<sub>2</sub>=1.00]**

Carico distribuito sul profilo	X <sub>1</sub> = 0,00	X <sub>2</sub> = 3,00	Q <sub>1</sub> = 1000	Q <sub>2</sub> = 1000
--------------------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------

**Fasi di scavo**

*Simbologia adottata*

- n° identificativo della fase nell'elenco definito
- Fase Descrizione dell'i-esima fase
- Tempo Tempo in cui avviene la fase di scavo

n°	Fase	Tempo
1	Scavo fino alla profondità di 1.00 metri	0
2	Inserimento condizione di carico nr 1 [Hscavo=1.00]	0
3	Quota falda valle 9.00 metri - Quota falda monte 1.00 metri [Hscavo=1.00]	0
4	Inserimento puntone 1 [Hscavo=1.00]	1
5	Scavo fino alla profondità di 6.00 metri	2
6	Inserimento puntone 2 [Hscavo=6.00]	3

n°	Fase	Tempo
7	Scavo fino alla profondità di 9.00 metri	4
8	Inserimento vincolo 1 (X=-8.60) [Hscavo=9.00]	5
9	Rimozione puntone 2 [Hscavo=9.00]	6

**Impostazioni di progetto**

Spinte e verifiche secondo: Norme Tecniche sulle Costruzioni 2018 (17/01/2018)

**Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni:**

Carichi	Effetto		Statici		Sismici	
			A1	A2	A1	A2
Permanenti	Favorevole	$\gamma_{Gfav}$	1.00	1.00	1.00	1.00
Permanenti	Sfavorevole	$\gamma_{Gsfav}$	1.30	1.00	1.00	1.00
Permanenti ns	Favorevole	$\gamma_{Gsfav}$	0.80	0.80	0.00	0.00
Permanenti ns	Sfavorevole	$\gamma_{Gsfav}$	1.50	1.30	1.00	1.00
Variabili	Favorevole	$\gamma_{Qfav}$	0.00	0.00	0.00	0.00
Variabili	Sfavorevole	$\gamma_{Qsfav}$	1.50	1.30	1.00	1.00
Variabili da traffico	Favorevole	$\gamma_{Qsfav}$	0.00	0.00	0.00	0.00
Variabili da traffico	Sfavorevole	$\gamma_{Qsfav}$	1.35	1.15	1.00	1.00

**Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno:**

Parametri		Statici		Sismici	
		M1	M2	M1	M2
Tangente dell'angolo di attrito	$\gamma_{tanv}$	1.00	1.25	1.00	1.00
Coesione efficace	$\gamma_c$	1.00	1.25	1.00	1.00
Resistenza non drenata	$\gamma_{cu}$	1.00	1.40	1.00	1.00
Resistenza a compressione uniassiale	$\gamma_{qu}$	1.00	1.60	1.00	1.00
Peso dell'unità di volume	$\gamma_t$	1.00	1.00	1.00	1.00

Verifica materiali: Stato Limite

**Impostazioni verifiche SLU**

Coefficienti parziali per resistenze di calcolo dei materiali

Coefficiente di sicurezza calcestruzzo	1.50
Coefficiente di sicurezza acciaio	1.15
Fattore riduzione da resistenza cubica a cilindrica	0.83
Fattore di riduzione per carichi di lungo periodo	0.85
Coefficiente di sicurezza per la sezione	1.00

Verifica Taglio

Sezione in c.a.

$$V_{Rsd} = 0.9d \frac{A_{sv}}{s} f_{yk} (\text{ctg } \alpha + \text{ctg } \theta) \text{sen } \alpha$$

$$V_{Rsd} = 0.9d b_w \alpha_v f_{cd} \frac{\text{ctg } \alpha + \text{ctg } \theta}{1 + \text{ctg}^2 \theta}$$

con:

d	altezza utile sezione [mm]
$b_w$	larghezza minima sezione [mm]
$A_{sv}$	area armatura trasversale [mmq]
s	interasse tra due armature trasversali consecutive [mm]
$\alpha_c$	coefficiente maggiorativo, funzione di $f_{cd}$ e $\sigma_{cp}$
$\sigma_{cp}$	tensione media di compressione [N/mmq]
$v=0.5$	

**Impostazioni verifiche SLE**

Condizioni ambientali Ordinarie  
 Armatura ad aderenza migliorata

Verifica a fessurazione

Sensibilità delle armature Poco sensibile  
 Valori limite delle aperture delle fessure  $w_1 = 0.20$   
 $w_2 = 0.30$   
 $w_3 = 0.40$   
 Metodo di calcolo aperture delle fessure NTC 2018 - C4.1.2.2.4.5  
 Calcolo momento fessurazione Formazione  
 Resistenza a trazione per Trazione

Verifica delle tensioni

Combinazione di carico Rara  $\sigma_c < 0.60 f_{ck} - \sigma_f < 0.80 f_{yk}$   
 Quasi permanente  $\sigma_c < 0.45 f_{ck} - \sigma_f < 1.00 f_{yk}$

Frequente

$$\sigma_c < 1.00 f_{ck} - \sigma_f < 1.00 f_{yk}$$

### Impostazioni di analisi

#### **Analisi per Fasi di Scavo.**

##### Rottura del terreno:

Pressione passiva

##### Impostazioni analisi per fasi di scavo:

Analisi per condizioni di esercizio

Analisi per coefficienti tipo A1-M1

Analisi per coefficienti tipo A2-M2

Influenza  $\delta$  (angolo di attrito terreno-paratia): Sia nel calcolo dei coefficienti di spinta  $K_a$  e  $K_p$  che nelle inclinazioni della spinta attiva e passiva

##### Stabilità globale:

Metodo:

Metodo di Bishop

Maglia dei centri

Passo maglia **Automatica**

Resistenza a taglio paratia

 **$V_{Rd}$** 

### Impostazioni analisi sismica

Non sono state analizzate Combinazioni/Fasi sismiche.

**Risultati**

Analisi della paratia

**L'analisi è stata eseguita per fasi di scavo**

La paratia è analizzata con il metodo degli elementi finiti.

Essa è discretizzata in 180 elementi fuori terra e 204 elementi al di sotto della linea di fondo scavo.

Le molle che simulano il terreno hanno un comportamento elastoplastico: una volta raggiunta la pressione passiva non reagiscono ad ulteriori incrementi di carico.

Altezza fuori terra della paratia	9,00	[m]
Profondità di infissione	10,20	[m]
Altezza totale della paratia	19,20	[m]

Forze agenti sulla paratia

Tutte le forze si intendono positive se dirette da monte verso valle. Esse sono riferite ad un metro di larghezza della paratia. Le Y hanno come origine la testa della paratia, e sono espresse in [m]

*Simbologia adottata*

- n° Indice della Combinazione/Fase
- Tipo Tipo della Combinazione/Fase
- Pa Spinta attiva, espressa in [kg]
- Pw Spinta della falda, espressa in [kg]
- Pp Resistenza passiva, espressa in [kg]
- Pc Controspinta, espressa in [kg]

n°	Tipo	Pa [kg]	Y <sub>Pa</sub> [m]	Pw [kg]	Y <sub>Pw</sub> [m]	Pp [kg]	Y <sub>Pp</sub> [m]	Pc [kg]	Y <sub>Pc</sub> [m]
1	ESE	922	0,67	52293	9,73	-53309	9,59	94	19,10
2	ESE	922	0,67	52293	9,73	-53309	9,59	94	19,10
3	ESE	9338	3,65	52293	9,73	-51948	10,69	648	18,94
4	ESE	9338	3,65	52293	9,73	-51948	10,69	648	18,94
5	ESE	20348	6,07	52293	9,73	-42426	14,82	6721	18,84
6	ESE	20348	6,07	52293	9,73	-42426	14,82	6721	18,84
7	ESE	21657	6,30	52293	9,73	-36311	15,01	8033	17,17
1	SLU - STR	1231	0,67	52293	9,73	-53617	9,54	92	19,10
2	SLU - STR	1231	0,67	52293	9,73	-53617	9,54	92	19,10
3	SLU - STR	13200	3,71	52293	9,73	-54200	10,55	733	18,92
4	SLU - STR	13200	3,71	52293	9,73	-54200	10,55	733	18,92
5	SLU - STR	28121	5,99	52293	9,73	-50632	13,71	6986	18,74
6	SLU - STR	28122	5,99	52293	9,73	-50632	13,71	6986	18,74
7	SLU - STR	28914	6,09	52293	9,73	-44707	13,76	7687	17,79
1	SLU - GEO	1304	0,73	52293	9,73	-53688	9,53	91	19,10
2	SLU - GEO	1304	0,73	52293	9,73	-53688	9,53	91	19,10
3	SLU - GEO	11865	3,69	52293	9,73	-52604	10,92	1142	18,86
4	SLU - GEO	11865	3,69	52293	9,73	-52604	10,92	1142	18,86
5	SLU - GEO	28010	6,52	52293	9,73	-35223	16,46	4336	19,00
6	SLU - GEO	28011	6,52	52293	9,73	-35224	16,46	4336	19,00
7	SLU - GEO	32137	7,06	52293	9,73	-29795	16,80	8934	14,60

*Simbologia adottata*

- n° Indice della Combinazione/Fase
- Tipo Tipo della Combinazione/Fase
- Rc Risultante carichi esterni applicati, espressa in [kg]
- Rt Risultante delle reazioni dei tiranti (componente orizzontale), espressa in [kg]
- Rv Risultante delle reazioni dei vincoli, espressa in [kg]
- Rp Risultante delle reazioni dei puntoni, espressa in [kg]

n°	Tipo	Rc [kg]	Y <sub>Rc</sub> [m]	Rt [kg]	Y <sub>Rt</sub> [m]	Rv [kg]	Y <sub>Rv</sub> [m]	Rp [kg]	Y <sub>Rp</sub> [m]
1	ESE	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
2	ESE	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
3	ESE	0	0,00	0	0,00	0	0,00	-10332	0,00
4	ESE	0	0,00	0	0,00	0	0,00	-10332	0,00
5	ESE	0	0,00	0	0,00	0	0,00	-36939	3,53
6	ESE	0	0,00	0	0,00	0	8,60	-36939	3,53
7	ESE	0	0,00	0	0,00	-27708	8,60	-17961	0,00
1	SLU - STR	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
2	SLU - STR	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
3	SLU - STR	0	0,00	0	0,00	0	0,00	-12027	0,00
4	SLU - STR	0	0,00	0	0,00	0	0,00	-12028	0,00
5	SLU - STR	0	0,00	0	0,00	0	0,00	-36771	3,12
6	SLU - STR	0	0,00	0	0,00	1	8,60	-36771	3,12
7	SLU - STR	0	0,00	0	0,00	-24048	8,60	-20137	0,00
1	SLU - GEO	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
2	SLU - GEO	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
3	SLU - GEO	0	0,00	0	0,00	0	0,00	-12696	0,00
4	SLU - GEO	0	0,00	0	0,00	0	0,00	-12696	0,00
5	SLU - GEO	0	0,00	0	0,00	0	0,00	-49422	3,93
6	SLU - GEO	0	0,00	0	0,00	-1	8,60	-49421	3,93
7	SLU - GEO	0	0,00	0	0,00	-42521	8,60	-21045	0,00

*Simbologia adottata*

- n° Indice della Combinazione/Fase
- Tipo Tipo della Combinazione/Fase
- P<sub>NUL</sub> Punto di nullo del diagramma, espresso in [m]
- P<sub>INV</sub> Punto di inversione del diagramma, espresso in [m]
- C<sub>ROT</sub> Punto Centro di rotazione, espresso in [m]
- MP Percentuale molle plasticizzate, espressa in [%]
- R/R<sub>MAX</sub> Rapporto tra lo sforzo reale nelle molle e lo sforzo che le molle sarebbero in grado di esplicitare, espresso in [%]

n°	Tipo	P <sub>NUL</sub> [m]	P <sub>INV</sub> [m]	C <sub>ROT</sub> [m]	MP [%]	R/R <sub>MAX</sub> [%]
1	ESE	1,33	9,35	18,89	2,19	3,16
2	ESE	1,33	9,35	18,89	1,92	3,16
3	ESE	6,33	7,70	18,40	13,21	8,68
4	ESE	6,33	7,70	18,40	13,21	8,68
5	ESE	10,56	15,40	18,12	62,44	21,61
6	ESE	10,56	15,40	18,12	62,44	21,61
7	ESE	10,56	15,40	11,10	0,00	13,42
1	SLU - STR	1,35	9,35	18,90	2,19	2,36
2	SLU - STR	1,35	9,35	18,90	0,27	2,36

n°	Tipo	P <sub>NUL</sub> [m]	P <sub>INV</sub> [m]	C <sub>ROT</sub> [m]	MP [%]	R/R <sub>MAX</sub> [%]
3	SLU - STR	6,37	7,55	18,35	11,70	6,13
4	SLU - STR	6,37	7,55	18,35	11,70	6,13
5	SLU - STR	10,15	13,25	17,84	41,46	13,71
6	SLU - STR	10,15	13,25	17,84	41,46	13,71
7	SLU - STR	10,15	13,25	10,36	0,00	10,03
1	SLU - GEO	1,55	9,30	18,90	4,38	4,72
2	SLU - GEO	1,55	9,30	18,90	4,38	4,72
3	SLU - GEO	6,58	8,70	18,18	20,75	17,32
4	SLU - GEO	6,58	8,70	18,18	20,75	17,32
5	SLU - GEO	11,95	17,80	18,59	86,34	40,66
6	SLU - GEO	11,95	17,80	18,59	86,34	40,66
7	SLU - GEO	11,95	17,85	13,02	0,00	15,09

**Verifiche geotecniche**

*Simbologia adottata*

n° Indice della Combinazione/Fase  
 Tipo Tipo della Combinazione/Fase  
 P<sub>P,med</sub>, P<sub>P,min</sub> Portanza di punta media e minima, espressa in [kg]  
 P<sub>L,med</sub>, P<sub>L,min</sub> Portanza laterale media e minima, espressa in [kg]  
 Pd Portanza di progetto, espressa in [kg]  
 N Sforzo normale alla base del palo, espressa in [kg]  
 FS Fattore di sicurezza (rapporto Pd/N)

n°	Tipo	P <sub>P,med</sub> [kg]	P <sub>L,med</sub> [kg]	P <sub>P,min</sub> [kg]	P <sub>L,min</sub> [kg]	P <sub>d</sub> [kg]	N [kg]	FS
1	SLU - STR	439442	0	439442	0	191478	54287	3.527
2	SLU - STR	439442	0	439442	0	191478	54287	3.527
3	SLU - STR	322119	0	322119	0	140357	54287	2.585
4	SLU - STR	322119	0	322119	0	140357	54287	2.585
5	SLU - STR	250606	0	250606	0	109197	54287	2.011
6	SLU - STR	250606	0	250606	0	109197	54287	2.011
7	SLU - STR	250606	0	250606	0	109197	54287	2.011

**Valori massimi e minimi sollecitazioni per metro di paratia**

*Simbologia adottata*

n° Indice della combinazione/fase  
 Tipo Tipo della combinazione/fase  
 Y ordinata della sezione rispetto alla testa espressa in [m]  
 M momento flettente massimo e minimo espresso in [kgm]  
 N sforzo normale massimo e minimo espresso in [kg] (positivo di compressione)  
 T taglio massimo e minimo espresso in [kg]

n°	Tipo	M [kgm]	Y <sub>M</sub> [m]	T [kg]	Y <sub>T</sub> [m]	N [kg]	Y <sub>N</sub> [m]	
1	ESE	1270	2,40	1374	13,05	29858	19,20	MAX
		-9845	9,50	-2443	6,25	0	0,00	MIN
2	ESE	1270	2,40	1374	13,05	29858	19,20	MAX
		-9845	9,50	-2443	6,25	0	0,00	MIN
3	ESE	5217	12,05	10315	6,95	29858	19,20	MAX
		-30472	4,50	-10332	0,00	0	0,00	MIN
4	ESE	5217	12,05	10315	6,95	29858	19,20	MAX
		-30472	4,50	-10332	0,00	0	0,00	MIN
5	ESE	12850	16,15	18831	12,30	29858	19,20	MAX
		-80399	8,60	-24308	5,00	0	0,00	MIN
6	ESE	12850	16,15	18830	12,30	29858	19,20	MAX
		-80399	8,60	-24308	5,00	0	0,00	MIN
7	ESE	13012	16,05	19040	8,60	29858	19,20	MAX
		-70818	6,00	-17961	0,00	0	0,00	MIN
1	SLU - STR	1757	2,50	1350	13,15	29858	19,20	MAX
		-9653	9,60	-2533	6,30	0	0,00	MIN
2	SLU - STR	1757	2,50	1350	13,15	29858	19,20	MAX
		-9653	9,60	-2533	6,30	0	0,00	MIN
3	SLU - STR	7101	11,70	12361	6,85	29858	19,20	MAX
		-34156	4,40	-12027	0,00	0	0,00	MIN
4	SLU - STR	7101	11,70	12361	6,85	29858	19,20	MAX
		-34157	4,40	-12027	0,00	0	0,00	MIN
5	SLU - STR	22217	14,85	23093	11,15	29858	19,20	MAX
		-75715	7,85	-21441	5,00	0	0,00	MIN
6	SLU - STR	22216	14,85	23093	11,15	29858	19,20	MAX
		-75715	7,85	-21441	5,00	0	0,00	MIN
7	SLU - STR	23675	14,60	23807	8,60	29858	19,20	MAX
		-75662	5,80	-20137	0,00	0	0,00	MIN
1	SLU - GEO	1870	2,60	1412	1,55	29858	19,20	MAX
		-9565	9,60	-2558	6,30	0	0,00	MIN
2	SLU - GEO	1870	2,60	1412	1,55	29858	19,20	MAX
		-9565	9,60	-2558	6,30	0	0,00	MIN
3	SLU - GEO	9716	12,15	12211	7,55	29858	19,20	MAX
		-38358	4,70	-12696	0,00	0	0,00	MIN
4	SLU - GEO	9716	12,15	12211	7,55	29858	19,20	MAX
		-38358	4,70	-12696	0,00	0	0,00	MIN
5	SLU - GEO	3727	17,95	20158	13,95	29858	19,20	MAX
		-114790	9,50	-35107	5,00	0	0,00	MIN
6	SLU - GEO	3726	17,95	20157	13,95	29858	19,20	MAX
		-114788	9,50	-35107	5,00	0	0,00	MIN
7	SLU - GEO	3412	17,95	19710	8,60	29858	19,20	MAX
		-85999	10,80	-22811	8,60	0	0,00	MIN

**Spostamenti massimi e minimi della paratia**

*Simbologia adottata*

n° Indice della combinazione/fase  
 Tipo Tipo della combinazione/fase  
 Y ordinata della sezione rispetto alla testa della paratia espressa in [m]  
 U spostamento orizzontale massimo e minimo espresso in [cm] positivo verso valle  
 V spostamento verticale massimo e minimo espresso in [cm] positivo verso il basso

n°	Tipo	U [cm]	Y <sub>U</sub> [m]	V [cm]	Y <sub>V</sub> [m]	
1	ESE	0,1699	9,35	0,0144	0,00	MAX
		-0,0077	19,20	0,0000	0,00	MIN
2	ESE	0,1699	9,35	0,0144	0,00	MAX
		-0,0077	19,20	0,0000	0,00	MIN



n°	Tipo	U [cm]	Y <sub>v</sub> [m]	V [cm]	Y <sub>v</sub> [m]	
3	ESE	0,4352	4,55	0,0144	0,00	MAX
		-0,0204	19,20	0,0000	0,00	MIN
4	ESE	0,4352	4,55	0,0144	0,00	MAX
		-0,0204	19,20	0,0000	0,00	MIN
5	ESE	1,2542	8,20	0,0144	0,00	MAX
		-0,1560	19,20	0,0000	0,00	MIN
6	ESE	1,2542	8,20	0,0144	0,00	MAX
		-0,1560	19,20	0,0000	0,00	MIN
7	ESE	1,2964	7,00	0,0144	0,00	MAX
		-0,1489	19,20	0,0000	0,00	MIN
1	SLU - STR	0,1693	9,35	0,0144	0,00	MAX
		-0,0076	19,20	0,0000	0,00	MIN
2	SLU - STR	0,1693	9,35	0,0144	0,00	MAX
		-0,0076	19,20	0,0000	0,00	MIN
3	SLU - STR	0,4828	4,30	0,0144	0,00	MAX
		-0,0216	19,20	0,0000	0,00	MIN
4	SLU - STR	0,4828	4,30	0,0144	0,00	MAX
		-0,0216	19,20	0,0000	0,00	MIN
5	SLU - STR	1,1159	7,25	0,0144	0,00	MAX
		-0,1281	19,20	0,0000	0,00	MIN
6	SLU - STR	1,1159	7,25	0,0144	0,00	MAX
		-0,1281	19,20	0,0000	0,00	MIN
7	SLU - STR	1,1954	6,15	0,0144	0,00	MAX
		-0,1217	19,20	0,0000	0,00	MIN
1	SLU - GEO	0,1692	9,30	0,0144	0,00	MAX
		-0,0076	19,20	0,0000	0,00	MIN
2	SLU - GEO	0,1692	9,30	0,0144	0,00	MAX
		-0,0076	19,20	0,0000	0,00	MIN
3	SLU - GEO	0,5458	4,60	0,0144	0,00	MAX
		-0,0281	19,20	0,0000	0,00	MIN
4	SLU - GEO	0,5458	4,60	0,0144	0,00	MAX
		-0,0281	19,20	0,0000	0,00	MIN
5	SLU - GEO	1,9530	9,25	0,0144	0,00	MAX
		-0,1774	19,20	0,0000	0,00	MIN
6	SLU - GEO	1,9530	9,25	0,0144	0,00	MAX
		-0,1774	19,20	0,0000	0,00	MIN
7	SLU - GEO	1,9420	8,25	0,0144	0,00	MAX
		-0,1675	19,20	0,0000	0,00	MIN

**Verifica a spostamento**

**Simbologia adottata**

- n° Indice combinazione/Fase
- Tipo Tipo combinazione/Fase
- Ulim spostamento orizzontale limite, espresso in [cm]
- U spostamento orizzontale calcolato, espresso in [cm] (positivo verso valle)

n°	Tipo	Ulim [cm]	U [cm]
1	ESE	9,6000	0,1699
2	ESE	9,6000	0,1699
3	ESE	9,6000	0,4352
4	ESE	9,6000	0,4352
5	ESE	9,6000	1,2542
6	ESE	9,6000	1,2542
7	ESE	9,6000	1,2964
1	SLU - STR	9,6000	0,1693
2	SLU - STR	9,6000	0,1693
3	SLU - STR	9,6000	0,4828
4	SLU - STR	9,6000	0,4828
5	SLU - STR	9,6000	1,1159
6	SLU - STR	9,6000	1,1159
7	SLU - STR	9,6000	1,1954
1	SLU - GEO	9,6000	0,1692
2	SLU - GEO	9,6000	0,1692
3	SLU - GEO	9,6000	0,5458
4	SLU - GEO	9,6000	0,5458
5	SLU - GEO	9,6000	1,9530
6	SLU - GEO	9,6000	1,9530
7	SLU - GEO	9,6000	1,9420

**Verifiche di corpo rigido**

**Simbologia adottata**

- n° Indice della combinazione/fase
- Tipo Tipo della combinazione/fase
- S Spinta attiva da monte (risultante diagramma delle pressioni attive da monte) espressa in [kg]
- R Resistenza passiva da valle (risultante diagramma delle pressioni passive da valle) espresso in [kg]
- W Spinta netta falda (positiva da monte verso valle), espresso in [kg]
- T Reazione tiranti espresso in [kg]
- P Reazione puntoni espresso in [kg]
- V Reazione vincoli espresso in [kg]
- C Risultante carichi applicati sulla paratia (positiva da monte verso valle) espresso in [kg]
- Y Punto di applicazione, espresso in [m]
- Mr Momento ribaltante, espresso in [kgm]
- Ms Momento stabilizzante, espresso in [kgm]
- FS<sub>rib</sub> Fattore di sicurezza a ribaltamento
- FS<sub>sc</sub> Fattore di sicurezza a scorrimento

I punti di applicazione delle azioni sono riferiti alla testa della paratia.  
La verifica a ribaltamento viene eseguita rispetto al centro di rotazione posto alla base del palo.

n°	Tipo	S Y [kg]	R Y [kg]	W Y [kg]	T Y [kg]	P Y [kg]	V Y [kg]	C Y [kg]	Mr	Ms	FS <sub>rib</sub>	FS <sub>sc</sub>
19	SLU - GEO	87997,30 12,37	120308,05 16,26	52292,96 9,73	0,00 0,00	49421,67 3,93	0,00 0,00	0,00 0,00	1095771,00	1107870,76	1.011	1.210

**Stabilità globale**

**Simbologia adottata**

- n° Indice della combinazione/fase
- Tipo Tipo della combinazione/fase
- (X<sub>c</sub>; Y<sub>c</sub>) Coordinate centro cerchio superficie di scorrimento, espresse in [m]
- R Raggio cerchio superficie di scorrimento, espresso in [m]

(X<sub>v</sub>, Y<sub>v</sub>) Coordinate intersezione del cerchio con il pendio a valle, espresse in [m]  
 (X<sub>m</sub>, Y<sub>m</sub>) Coordinate intersezione del cerchio con il pendio a monte, espresse in [m]  
 FS Coefficiente di sicurezza  
 R Coefficiente di sicurezza richiesto

Numero di cerchi analizzati 100

n°	Tipo	X <sub>c</sub> , Y <sub>c</sub> [m]	R [m]	X <sub>v</sub> , Y <sub>v</sub> [m]	X <sub>m</sub> , Y <sub>m</sub> [m]	FS	R
1	ESE	-5,76; 0,00	13,67	-17,00; -7,79	7,91; 0,00	10.886	1.100
2	ESE	-5,76; 0,00	13,67	-17,00; -7,79	7,91; 0,00	10.886	1.100
3	ESE	0,00; 3,84	16,24	-12,93; -5,99	15,79; 0,00	3.357	1.100
4	ESE	0,00; 3,84	16,24	-12,93; -5,99	15,79; 0,00	3.357	1.100
5	ESE	-1,92; 1,92	14,45	-11,39; -8,99	12,41; 0,00	2.127	1.100
6	ESE	-1,92; 1,92	14,45	-11,39; -8,99	12,41; 0,00	2.127	1.100
7	ESE	-1,92; 1,92	14,45	-11,39; -8,99	12,41; 0,00	2.127	1.100
1	SLU - GEO	-5,76; 0,00	13,67	-17,00; -7,79	7,91; 0,00	9.376	1.100
2	SLU - GEO	-5,76; 0,00	13,67	-17,00; -7,79	7,91; 0,00	9.376	1.100
3	SLU - GEO	0,00; 3,84	16,24	-12,93; -5,99	15,79; 0,00	2.999	1.100
4	SLU - GEO	0,00; 3,84	16,24	-12,93; -5,99	15,79; 0,00	2.999	1.100
5	SLU - GEO	0,00; 0,00	19,20	-19,20; 0,00	19,20; 0,00	1.904	1.100
6	SLU - GEO	0,00; 0,00	19,20	-19,20; 0,00	19,20; 0,00	1.904	1.100
7	SLU - GEO	0,00; 0,00	19,20	-19,20; 0,00	19,20; 0,00	1.904	1.100

Dettagli superficie con fattore di sicurezza minimo

Simbologia adottata

Le ascisse X sono considerate positive verso monte  
 Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto  
 Origine in testa alla paratia (spigolo contro terra)  
 Le strisce sono numerate da monte verso valle  
 N° numero d'ordine della striscia  
 W peso della striscia espresso in [kg]  
 α angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso in gradi (positivo antiorario)  
 φ angolo d'attrito del terreno lungo la base della striscia  
 c coesione del terreno lungo la base della striscia espressa in [kg/cm<sup>2</sup>]  
 b larghezza della striscia espressa in [m]  
 L sviluppo della base della striscia espressa in [m] (L=b/cosα)  
 u pressione neutra lungo la base della striscia espressa in [kg/cm<sup>2</sup>]  
 Ctn, Ctt contributo alla striscia normale e tangenziale del tirante espresse in [kg]

Fase n° 5 - SLU - GEO

Numero di strisce 50

Caratteristiche delle strisce

N°	Wl [kg]	α [°]	L [m]	φ [°]	c [kg/cm <sup>2</sup> ]	u [kg/cm <sup>2</sup> ]	(Ctn; Ctt) [kg]
1	4038,82	-81.87	5,43	22.91	0,000	0,000	(0; 0)
2	9124,40	-70.33	2,28	22.91	0,000	0,000	(0; 0)
3	10361,88	-64.28	1,77	22.91	0,000	0,000	(0; 0)
4	1133,31	-59.39	1,51	22.91	0,000	0,077	(0; 0)
5	2903,16	-55.14	1,34	22.91	0,000	0,197	(0; 0)
6	4422,59	-51.30	1,23	22.91	0,000	0,300	(0; 0)
7	5752,87	-47.76	1,14	22.91	0,000	0,390	(0; 0)
8	6931,89	-44.45	1,08	22.91	0,000	0,470	(0; 0)
9	7985,09	-41.32	1,02	22.91	0,000	0,542	(0; 0)
10	8930,52	-38.33	0,98	22.91	0,000	0,606	(0; 0)
11	9781,54	-35.46	0,94	22.91	0,000	0,663	(0; 0)
12	10548,30	-32.69	0,91	22.91	0,000	0,715	(0; 0)
13	11238,76	-30.01	0,89	22.91	0,000	0,762	(0; 0)
14	11859,23	-27.39	0,87	22.91	0,000	0,804	(0; 0)
15	12421,51	-24.84	0,85	25.26	0,000	0,842	(0; 0)
16	12953,22	-22.34	0,83	27.61	0,000	0,875	(0; 0)
17	13427,12	-19.88	0,82	27.61	0,000	0,905	(0; 0)
18	13841,90	-17.46	0,81	27.61	0,000	0,931	(0; 0)
19	14200,07	-15.07	0,80	27.61	0,000	0,954	(0; 0)
20	14503,65	-12.71	0,79	27.61	0,000	0,973	(0; 0)
21	14754,29	-10.37	0,78	27.61	0,000	0,988	(0; 0)
22	14953,31	-8.05	0,78	27.61	0,000	1,001	(0; 0)
23	15101,73	-5.74	0,77	27.61	0,000	1,010	(0; 0)
24	15200,27	-3.44	0,77	27.61	0,000	1,016	(0; 0)
25	15249,42	-1.15	0,77	27.61	0,000	1,019	(0; 0)
26	28949,01	1.15	0,77	27.61	0,000	1,819	(0; 0)
27	28899,85	3.44	0,77	27.61	0,000	1,816	(0; 0)
28	28801,31	5.74	0,77	27.61	0,000	1,810	(0; 0)
29	28570,10	8.05	0,78	27.61	0,000	1,801	(0; 0)
30	27570,68	10.37	0,78	27.61	0,000	1,788	(0; 0)
31	27320,03	12.71	0,79	27.61	0,000	1,773	(0; 0)
32	27016,45	15.07	0,80	27.61	0,000	1,754	(0; 0)
33	26658,29	17.46	0,81	27.61	0,000	1,731	(0; 0)
34	26243,50	19.88	0,82	27.61	0,000	1,705	(0; 0)
35	25769,60	22.34	0,83	27.61	0,000	1,675	(0; 0)
36	25237,90	24.84	0,85	25.26	0,000	1,642	(0; 0)
37	24675,62	27.39	0,87	22.91	0,000	1,604	(0; 0)
38	24055,15	30.01	0,89	22.91	0,000	1,562	(0; 0)
39	23364,69	32.69	0,91	22.91	0,000	1,515	(0; 0)
40	22597,92	35.46	0,94	22.91	0,000	1,463	(0; 0)
41	21746,91	38.33	0,98	22.91	0,000	1,406	(0; 0)
42	20801,47	41.32	1,02	22.91	0,000	1,342	(0; 0)
43	19748,27	44.45	1,08	22.91	0,000	1,270	(0; 0)
44	18569,25	47.76	1,14	22.91	0,000	1,190	(0; 0)
45	17238,98	51.30	1,23	22.91	0,000	1,100	(0; 0)
46	15719,54	55.14	1,34	22.91	0,000	0,997	(0; 0)
47	13949,70	59.39	1,51	22.91	0,000	0,877	(0; 0)
48	11816,87	64.28	1,77	22.91	0,000	0,732	(0; 0)
49	9056,87	70.33	2,28	22.91	0,000	0,545	(0; 0)
50	3559,48	81.87	5,43	19.57	0,000	0,169	(0; 0)

Resistenza a taglio paratia = 0,00 [kg]  
 ΣW<sub>i</sub> = 809556,28 [kg]  
 ΣW<sub>i</sub>sinα<sub>i</sub> = 125154,12 [kg]  
 ΣW<sub>i</sub>tanφ<sub>i</sub> = 385890,71 [kg]  
 Σtanα<sub>i</sub>tanφ<sub>i</sub> = -0.47

## Verifiche idrauliche

## Verifica al sollevamento del fondo scavo

## Simbologia adottata

Ic	Indice della combinazione
Tipo	Tipo della Combinazione/Fase
$\Delta H$	Perdita di carico espressa in [m]
L	Lunghezza di filtrazione espressa in [m]
$i_e$	Gradiente idraulico di efflusso
I	Profondità di infissione espressa in [m]
$\sigma_t$	Pressione totale al piede della paratia espressa in [kg/cmq]
$u_w$	Pressione idrica al piede della paratia espressa in [kg/cmq]
FS	Coefficiente di sicurezza a sollevamento fondo scavo

## Fase n° 1 - ESE

n°	$\Delta H$ [m]	L [m]	$i_e$	I [m]	$\sigma_t$ [kg/cmq]	$u_w$ [kg/cmq]	FS
1	8,00	28,40	0.28	18,20	16865	14381	1.173

## Risultati puntoni

## Simbologia adottata

n°	Identificativo della fila di puntoni
N	reazione del puntone della fila espresso in [kg]
Ncr	Carico critico puntone espresso in [kg]
$\sigma_t$	tensione di compressione/trazione nel puntone espressa in [kg/cmq]
u	spostamento orizzontale del puntone della fila, positivo verso valle, espresso in [cm]
FS	Fattore di sicurezza (rapporto tra Ncr/N)

n°	N [kg]	Ncr [kg]	L [m]	A [cmq]	$\sigma_t$ [kg/cmq]	u [cm]	FS	cmb
1	-60129	-153180	15,50	89,10	674,85	0,56182	2.547	21
2	-111029	-153180	15,50	89,10	1246,11	1,46390	1.380	19

## Risultati vincoli

## Simbologia adottata

n°	Indice del vincolo
$R_x$	reazione in direzione orizzontale a metro lineare, positiva verso valle, espressa in [kg]
$R_u$	reazione momento a metro lineare, positiva antioraria, espressa in [kgm]
u	spostamento orizzontale, positivo verso valle, espresso in [cm]

n°	$R_{x,min}$ [kg]	$R_{x,max}$ [kg]	$R_{u,min}$ [kgm]	$R_{u,max}$ [kgm]	$u_{min}$ [cm]	$u_{max}$ [cm]
1	-42521	1	--	--	1,94001	1,07860

## Verifica armatura paratia (Inviluppo sezioni critiche)

## Verifica a flessione

## Simbologia adottata

n°	numero d'ordine della sezione
Y	ordinata della sezione rispetto alla testa espressa in [m]
$A_r$	area di armatura del palo espressa in [cmq]
M	momento flettente agente sul palo espresso in [kgm]
N	sforzo normale agente sul palo espresso in [kg] (positivo di compressione)
$M_u$	momento ultimo di riferimento espresso in [kgm]
$N_u$	sforzo normale ultimo di riferimento espresso in [kg]
FS	coefficiente di sicurezza (rapporto fra la sollecitazione ultima e la sollecitazione di esercizio)

n° - Tipo	Y [m]	$A_r$ [cmq]	M [kgm]	N [kg]	$M_u$ [kgm]	$N_u$ [kg]	FS
6 - SLU - GEO	12,05	84,95	-165419	34071	-170573	35132	1.031

## Verifica a taglio

## Simbologia adottata

n°	numero d'ordine della sezione	
Tipo	Tipo della Combinazione/Fase	
Y	ordinata della sezione rispetto alla testa, espressa in [m]	
$A_{sw}$	area dell'armatura trasversale, espressa in [cmq]	
s	interasse tra due armature trasversali consecutive, espressa in [cm]	
$V_{Ed}$	taglio agente sul palo, espresso in [kg]	
$V_{Rd}$	taglio resistente, espresso in [kg]	
FS	coefficiente di sicurezza (rapporto tra $V_{Rd}/V_{Ed}$ )	
$\cotg\theta$	inclinazione delle bielle compresse, $\theta$	inclinazione dei puntoni di calcestruzzo

La verifica a taglio del palo è stata eseguita considerando una sezione quadrata equivalente di lato B = 102,43 cm

n° - Tipo	Y [m]	$A_{sw}$ [cmq]	s [cm]	$V_{Ed}$ [kg]	$V_{Rd}$ [kg]	FS	$\cotg\theta$
5 - SLU - GEO	5,00	1,57	20,00	-63832	68752	1.077	2,50

## Verifica tensioni

## Simbologia adottata

n°	numero d'ordine della sezione
Y	ordinata della sezione rispetto alla testa espressa in [m]

Af area di armatura espressa in [cmq]  
 $\sigma_c$  tensione nel calcestruzzo espressa in [kg/cmq]  
 $\sigma_r$  tensione nell'acciaio espressa in [kg/cmq]

Af	$\sigma_c$	cmb	$\sigma_r$	cmb
[cmq]	[kg/cmq]		[kg/cmq]	
169,90	95,19	5	2552,59	5

### Verifica fessurazione

#### Simbologia adottata

Tipo Tipo della Combinazione/Fase  
 Oggetto Muro/Paratia  
 Y Ordinata sezione, espresso in [m]  
 M Momento agente, espresso in [kgm]  
 M<sub>r</sub> Momento prima fessurazione, espresso in [kgm]  
 s Distanza media tra le fessure, espressa in [mm]  
 $\epsilon_{sm}$  Deformazione nelle fessure, espressa in [%]  
 W<sub>lim</sub> Apertura limite fessure, espressa in [mm]  
 W<sub>k</sub> Ampiezza fessure, espressa in [mm]

Oggetto	n° - Tipo	Y	M	M <sub>r</sub>	s	$\epsilon_{sm}$	W <sub>lim</sub>	W <sub>k</sub>
		[m]	[kgm]	[kgm]	[mm]	[%]	[mm]	[mm]
Paratia	5 - ESE	8,50	-146113	-53598	172,123	0.1008	0,300	0,295

### Verifica sezione cordoli

#### Simbologia adottata

M<sub>h</sub> momento flettente espresso in [kgm] nel piano orizzontale  
 T<sub>h</sub> taglio espresso in [kg] nel piano orizzontale  
 M<sub>v</sub> momento flettente espresso in [kgm] nel piano verticale  
 T<sub>v</sub> taglio espresso in [kg] nel piano verticale

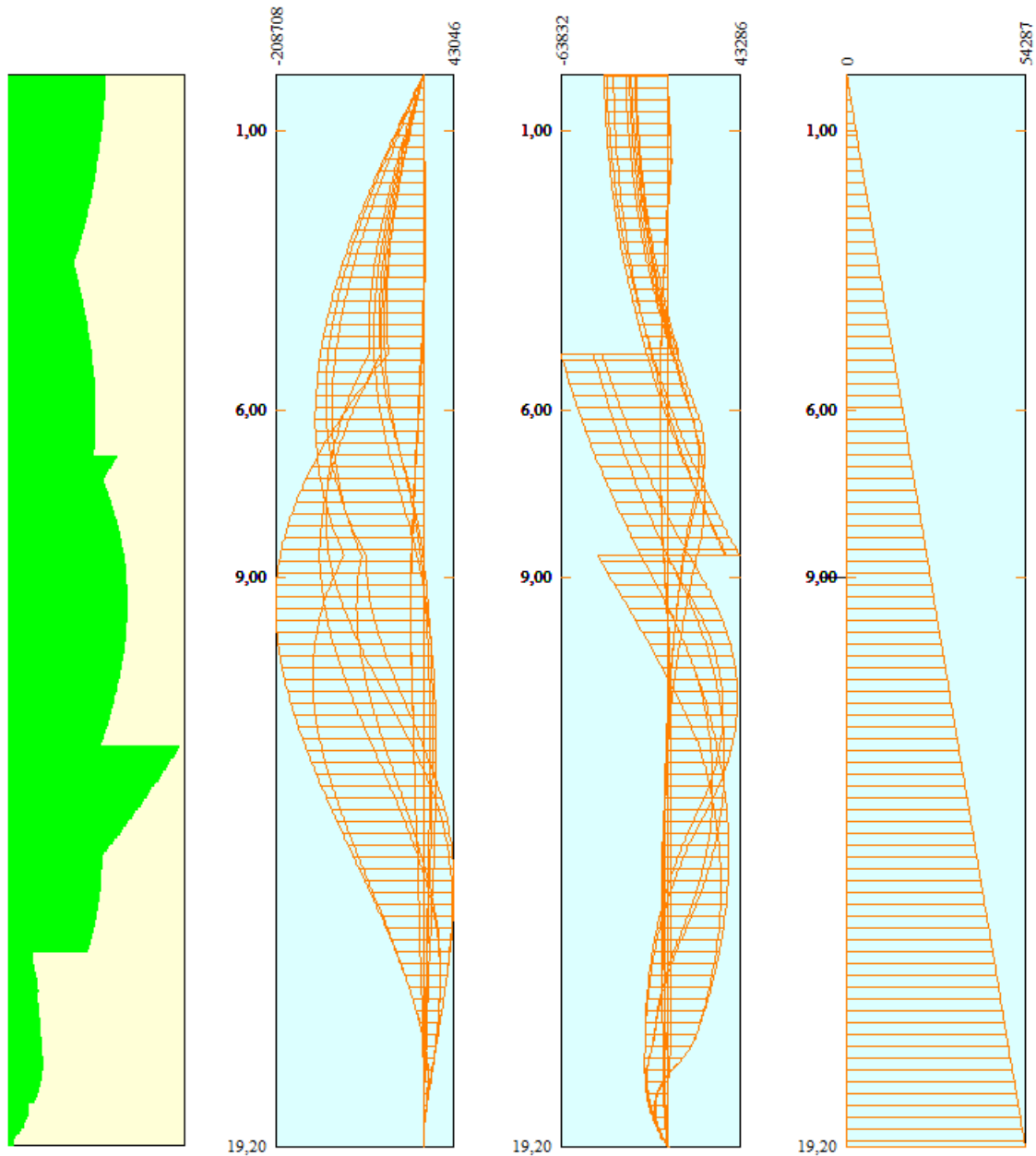
#### Cordolo N° 1 (X=0,00 m) (Cordolo in c.a.)

B=140,00 [cm]	H=120,00 [cm]		
A <sub>v</sub> =20,36 [cmq]	A <sub>fh</sub> =15,27 [cmq]	Staffe $\phi$ 22/15	Nbh=2 - Nbv=2
M <sub>h</sub> =104125 [kgm]	M <sub>uh</sub> =106524 [kgm]	FS=1.02	
T <sub>h</sub> =208250 [kg]	T <sub>Rh</sub> =242756 [kg]	FS <sub>r</sub> =1.17	cotg $\theta$ h=1.00
M <sub>v</sub> =6804 [kgm]	M <sub>uv</sub> =90851 [kgm]	FS=13.35	
T <sub>v</sub> =7560 [kg]	T <sub>Rv</sub> =207057 [kg]	FS <sub>r</sub> v=27.39	cotg $\theta$ v=1.00

**10.1 SINTESI DEI RISULTATI**

Si riportano di seguito una sintesi dei risultati, in forma grafica e tabellare, delle analisi condotte attraverso il modello di calcolo.

**DIAGRAMMI DELLE SOLLECITAZIONE DI FLESSIONE, TAGLIO, E SFORZO NORMALE – COMBINAZIONE INVILUPPO SLU**



Verifica armatura paratia (Inviluppo sezioni critiche)

*Verifica a flessione*

*Simbologia adottata*

- n° numero d'ordine della sezione
- Y ordinata della sezione rispetto alla testa espressa in [m]
- A<sub>r</sub> area di armatura del palo espressa in [cmq]
- M momento flettente agente sul palo espresso in [kgm]
- N sforzo normale agente sul palo espresso in [kg] (positivo di compressione)
- M<sub>u</sub> momento ultimo di riferimento espresso in [kgm]
- N<sub>u</sub> sforzo normale ultimo di riferimento espresso in [kg]
- FS coefficiente di sicurezza (rapporto fra la sollecitazione ultima e la sollecitazione di esercizio)

n° - Tipo	Y [m]	A <sub>r</sub> [cmq]	M [kgm]	N [kg]	M <sub>u</sub> [kgm]	N <sub>u</sub> [kg]	FS
6 - SLU - GEO	12,05	84,95	-165419	34071	-170573	35132	1.031

*Verifica a taglio*

*Simbologia adottata*

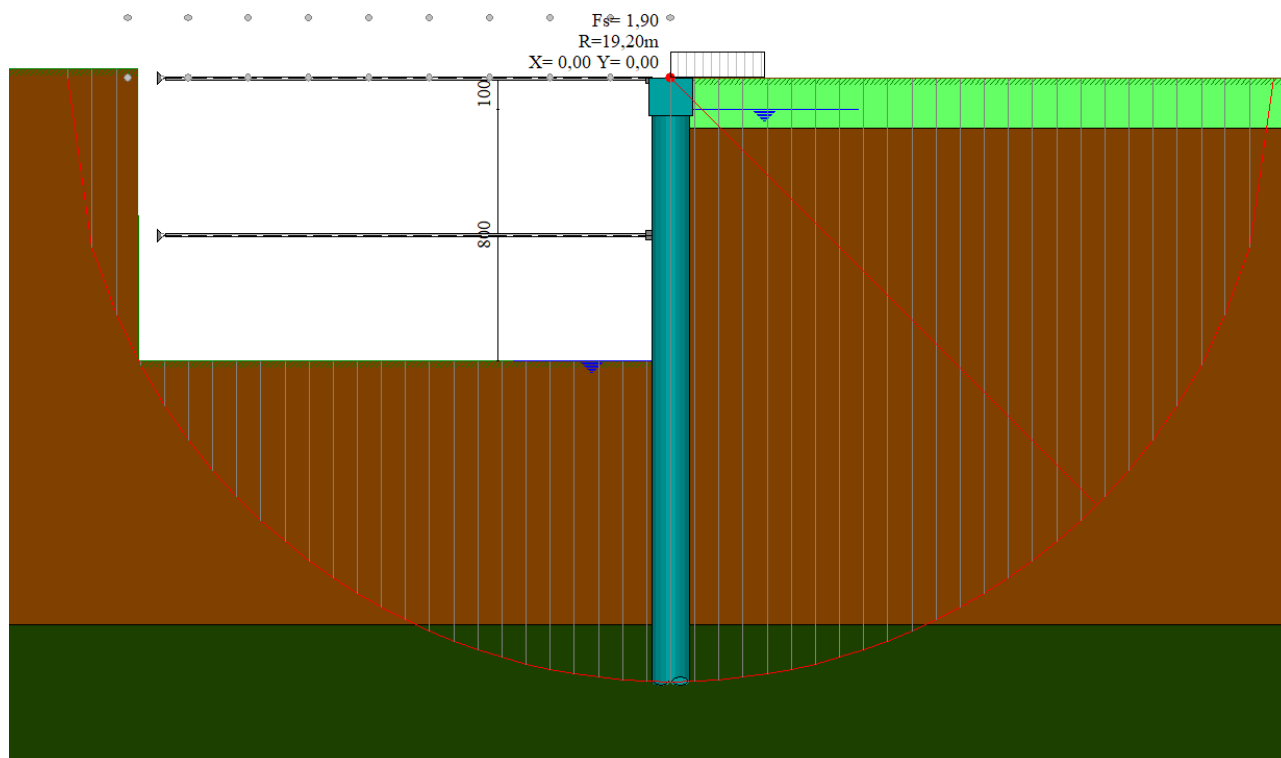
- n° numero d'ordine della sezione
- Tipo Tipo della Combinazione/Fase
- Y ordinata della sezione rispetto alla testa, espressa in [m]
- A<sub>sw</sub> area dell'armatura trasversale, espressa in [cmq]
- s interasse tra due armature trasversali consecutive, espressa in [cm]
- V<sub>Ed</sub> taglio agente sul palo, espresso in [kg]
- V<sub>Rd</sub> taglio resistente, espresso in [kg]
- FS coefficiente di sicurezza (rapporto tra V<sub>Rd</sub>/V<sub>Ed</sub>)
- cotgθ inclinazione delle bielle compresse, θ inclinazione dei puntoni di calcestruzzo

La verifica a taglio del palo è stata eseguita considerando una sezione quadrata equivalente di lato B = 102,43 cm

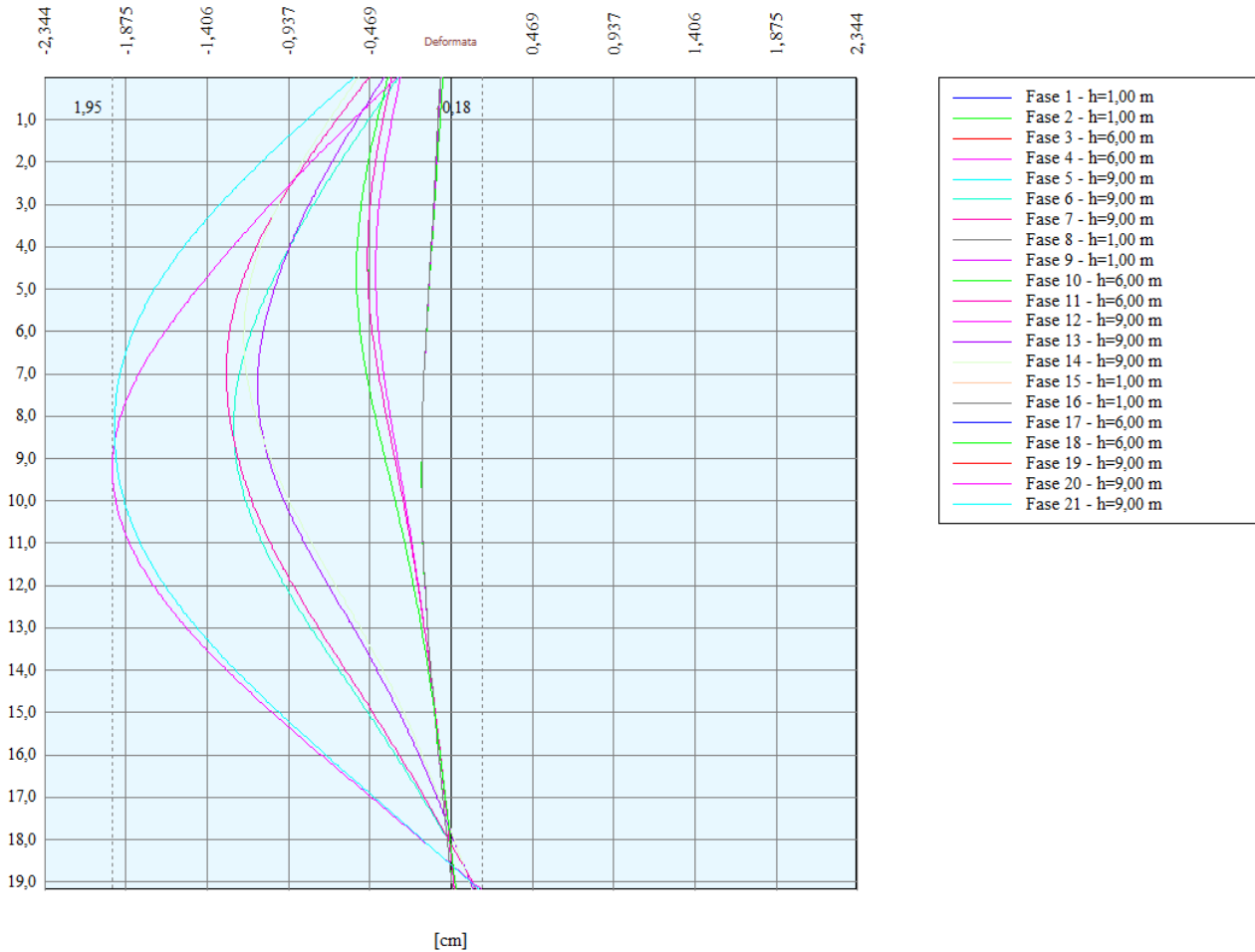
n° - Tipo	Y [m]	A <sub>sw</sub> [cmq]	s [cm]	V <sub>Ed</sub> [kg]	V <sub>Rd</sub> [kg]	FS	cotgθ
5 - SLU - GEO	5,00	1,57	20,00	-63832	68752	1.077	2,50

**Le verifiche sono soddisfatte.**

**DIAGRAMMA SUPERFICIE DI SCIVOLAMENTO CRITICA**



**DIAGRAMMA INVILUPPO DEFORMATA**



**Verifica a spostamento**

*Simbologia adottata*

n° Indice combinazione/Fase  
 Tipo Tipo combinazione/Fase  
 Ulim spostamento orizzontale limite, espresso in [cm]  
 U spostamento orizzontale calcolato, espresso in [cm] (positivo verso valle)

n°	Tipo	Ulim [cm]	U [cm]
1	ESE	9,6000	0,1699
2	ESE	9,6000	0,1699
3	ESE	9,6000	0,4352
4	ESE	9,6000	0,4352
5	ESE	9,6000	1,2542
6	ESE	9,6000	1,2542
7	ESE	9,6000	1,2964
1	SLU - STR	9,6000	0,1693
2	SLU - STR	9,6000	0,1693
3	SLU - STR	9,6000	0,4828
4	SLU - STR	9,6000	0,4828
5	SLU - STR	9,6000	1,1159
6	SLU - STR	9,6000	1,1159
7	SLU - STR	9,6000	1,1954
1	SLU - GEO	9,6000	0,1692
2	SLU - GEO	9,6000	0,1692
3	SLU - GEO	9,6000	0,5458
4	SLU - GEO	9,6000	0,5458
5	SLU - GEO	9,6000	1,9530
6	SLU - GEO	9,6000	1,9530
7	SLU - GEO	9,6000	1,9420

**Verifica tensioni**

*Simbologia adottata*

n° numero d'ordine della sezione  
 Y ordinata della sezione rispetto alla testa espressa in [m]  
 Af area di armatura espressa in [cmq]  
 $\sigma_c$  tensione nel calcestruzzo espressa in [kg/cmqa]  
 $\sigma_r$  tensione nell'acciaio espressa in [kg/cmqa]

Af [cmqa]	$\sigma_c$ [kg/cmqa]	cmb	$\sigma_r$ [kg/cmqa]	cmb
169,90	95,19	5	2552,59	5

**Le verifiche sono soddisfatte.**

**VERIFICA SEZIONE CORDOLI***Simbologia adottata*

$M_h$  momento flettente espresso in [kgm] nel piano orizzontale  
 $T_h$  taglio espresso in [kg] nel piano orizzontale  
 $M_v$  momento flettente espresso in [kgm] nel piano verticale  
 $T_v$  taglio espresso in [kg] nel piano verticale

**Cordolo N° 1 (X=0,00 m) (Cordolo in c.a.)**

B=140,00 [cm]	H=120,00 [cm]	Staffe $\phi$ 22/15	Nbh=2 - Nbv=2
A <sub>v</sub> =20,36 [cmq]	A <sub>rh</sub> =15,27 [cmq]	FS=1.02	cotg $\theta$ h=1.00
M <sub>h</sub> =104125 [kgm]	M <sub>uh</sub> =106524 [kgm]	T <sub>Rh</sub> =242756 [kg]	FS=13.35
T <sub>h</sub> =208250 [kg]	T <sub>Rv</sub> =207057 [kg]	FS <sub>r</sub> =1.17	cotg $\theta$ v=1.00
M <sub>v</sub> =6804 [kgm]	M <sub>lv</sub> =90851 [kgm]	FS=13.35	
T <sub>v</sub> =7560 [kg]		FS <sub>r</sub> v=27.39	

**Le verifiche sono soddisfatte.****RISULTATI PUNTONI***Simbologia adottata*

$n^\circ$  Identificativo della fila di puntoni  
 $N$  reazione del puntone della fila espresso in [kg]  
 $Ncr$  Carico critico puntone espresso in [kg]  
 $\sigma_r$  tensione di compressione/trazione nel puntone espressa in [kg/cmq]  
 $u$  spostamento orizzontale del puntone della fila, positivo verso valle, espresso in [cm]  
 $FS$  Fattore di sicurezza (rapporto tra  $Ncr/N$ )

$n^\circ$	$N$ [kg]	$Ncr$ [kg]	$L$ [m]	$A$ [cmq]	$\sigma_r$ [kg/cmq]	$u$ [cm]	$FS$	$cmb$
1	-60129	-153180	15,50	89,10	674,85	0,56182	2.547	21
2	-111029	-153180	15,50	89,10	1246,11	1,46390	1.380	19

**Le verifiche sono soddisfatte.**



## 11 PARATIA PALI Ø1000

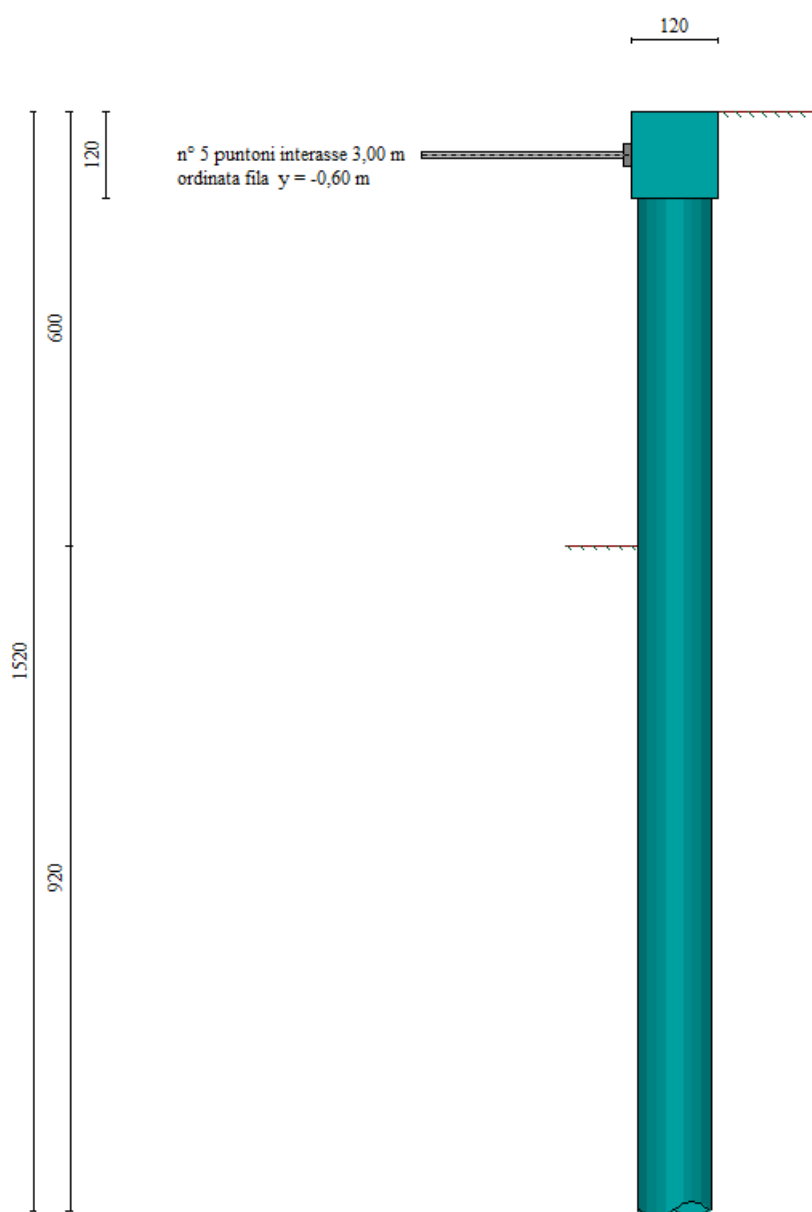
Nel seguente paragrafo viene effettuata la verifica della paratia di pali provvisionali Ø1000mm/160cm di lunghezza L=14m, per i cui dettagli si rimanda al computo metrico ed agli elaborati grafici in allegato al progetto.

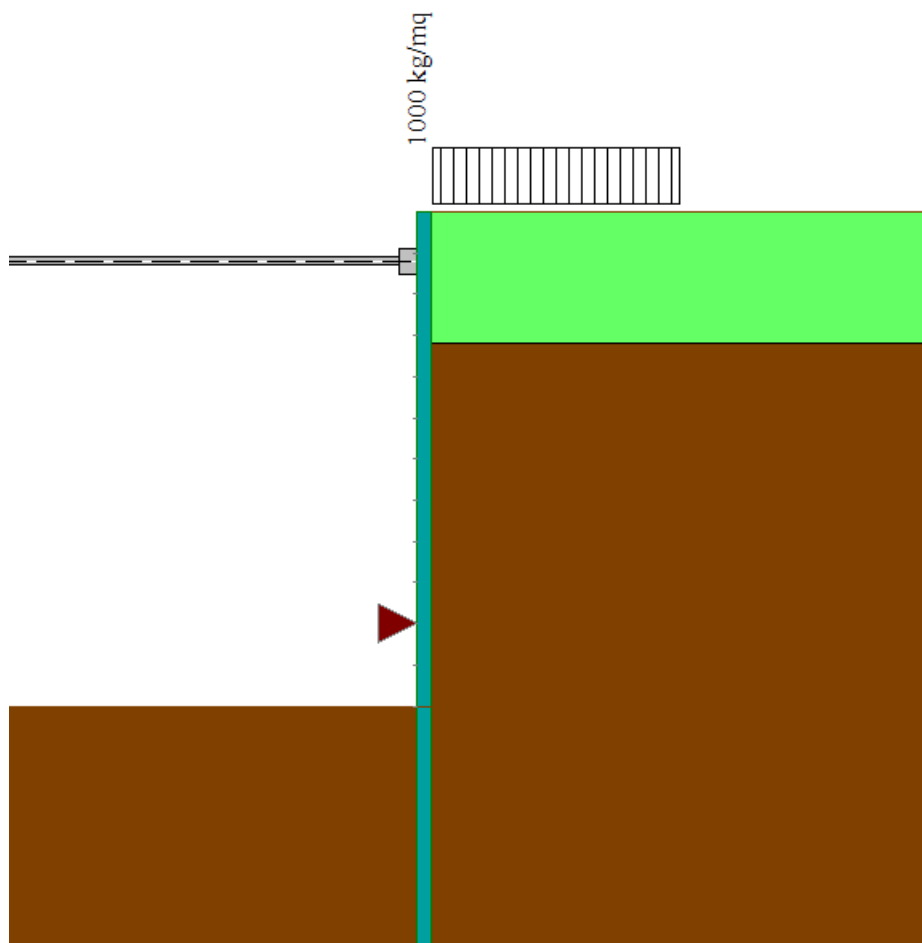
I pali sono collegati in testa con un cordolo di coronamento in c.a. di sezione 1,2 m X 1,2 m.

Con riferimento alla sezione di calcolo mostrata in seguito, è stato studiato un modello di calcolo della paratia con il software PAC di Aztec. La stratigrafia del terreno in situ è compatibile con quella determinata dal modello geotecnico di cui al §5 della presente.

Il modello si completa mediante l'applicazione del carico accidentale sul terrapieno adiacente la paratia, e puntoni in acciaio in testa al cordolo Ø406.4mm sp.7.1mm.

### GEOMETRIA, ALTEZZA DI SCAVO E QUOTA PUNTONI



**CONDIZIONE DI CARICO ACCIDENTALE****FASI DI LAVORAZIONE**

*Simbologia adottata*

n° identificativo della fase nell'elenco definito

Fase Descrizione dell'i-esima fase

Tempo Tempo in cui avviene la fase

n°	Fase	Tempo
1	Realizzazione paratie di pali provvisionali, tappo di fondo e setti in jet grouting, e successivo emungimento di acqua	0
2	Scavo fino alla profondità di 3.00 metri	1
3	Inserimento puntone 1 [Hscavo=3.00]	2
4	Scavo fino alla profondità di 6.00 metri	3
5	Inserimento vincolo 1 (X=-5.00) [Hscavo=6.00]	4

A seguire si riportano i risultati di calcolo effettuati.

**Dati**Geometria paratiaTipo paratia: **Paratia di pali**

Altezza fuori terra	6,00	[m]
Profondità di infissione	9,20	[m]
Altezza totale della paratia	15,20	[m]
Lunghezza paratia	17,00	[m]

Numero di file di pali	1	
Interasse fra i pali della fila	1,60	[m]
Diametro dei pali	100,00	[cm]
Numero totale di pali	11	
Numero di pali per metro lineare	0.65	

Geometria cordoli*Simbologia adottata*

n°	numero d'ordine del cordolo
Y	posizione del cordolo sull'asse della paratia espresso in [m]

Cordoli in calcestruzzo

B	Base della sezione del cordolo espresso in [cm]
H	Altezza della sezione del cordolo espresso in [cm]

Cordoli in acciaio

A	Area della sezione in acciaio del cordolo espresso in [cm <sup>2</sup> ]
W	Modulo di resistenza della sezione del cordolo espresso in [cm <sup>3</sup> ]

N°	Y	Tipo	B	H	A	W
	[m]		[cm]	[cm]	[cm <sup>2</sup> ]	[cm <sup>3</sup> ]
1	0,00	Calcestruzzo	120,00	120,00	--	--

Geometria profilo terreno*Simbologia adottata e sistema di riferimento*

(Sistema di riferimento con origine in testa alla paratia, ascissa X positiva verso monte, ordinata Y positiva verso l'alto)

N	numero ordine del punto
X	ascissa del punto espressa in [m]
Y	ordinata del punto espressa in [m]
A	inclinazione del tratto espressa in [°]

**Profilo di monte**

N°	X	Y	A
	[m]	[m]	[°]
2	15,00	0,00	0.00

**Profilo di valle - Fase n° 1**

N°	X	Y	A
	[m]	[m]	[°]
1	-25,00	6,30	--
2	-13,10	6,30	0.00
3	-13,00	-3,00	180.00
4	0,00	-3,00	0.00

**Profilo di valle - Fase n° 3**

N°	X	Y	A
	[m]	[m]	[°]
1	-25,00	3,30	--
2	-13,10	3,30	0.00
3	-13,00	-6,00	180.00
4	0,00	-6,00	0.00

Descrizione terreni*Simbologia adottata*

n°	numero d'ordine
Descrizione	Descrizione del terreno
$\gamma$	peso di volume del terreno espresso in [kg/mc]
$\gamma_{sat}$	peso di volume saturo del terreno espresso [kg/mc]
$\phi$	angolo d'attrito interno del terreno espresso in [°]
$\delta$	angolo d'attrito terreno/paratia espresso in [°]
c	coesione del terreno espressa in [kg/cm <sup>2</sup> ]
ca	adesione terreno/paratia espressa in [kg/cm <sup>2</sup> ]

Parametri per il calcolo dei tiranti secondo il metodo di Bustamante-Doix

Cesp	coeff. di espansione laterale minimo e medio del tirante nello strato
$\tau_t$	tensione tangenziale minima e media lungo il tirante espresso in [kg/cm <sup>2</sup> ]

I parametri medi e minimi vengono usati per il calcolo di portanza di progetto dei pali e per la resistenza di progetto a sfilamento dei tiranti

N°	Descrizione	$\gamma$	$\gamma_{sat}$	$\phi$	$\delta$	c	ca	Cesp	$\tau_t$
		[kg/mc]	[kg/mc]	[°]	[°]	[kg/cm <sup>2</sup> ]	[kg/cm <sup>2</sup> ]		[kg/cm <sup>2</sup> ]
1	Livello 1	1400,0	1800,0	20.00	10.00	0,000	0,000	1.00	0,000
				20.00	10.00	0,000	0,000	1.00	0,000
				20.00	10.00	0,000	0,000	1.00	0,000
2	Livello 2	1760,0	1920,0	27.85	13.50	0,000	0,000	1.00	0,000
				27.85	13.50	0,000	0,000	1.00	0,000
				27.85	13.50	0,000	0,000	1.00	0,000

N°	Descrizione	$\gamma$ [kg/mc]	$\gamma_{sat}$ [kg/mc]	$\phi$ [°]	$\delta$ [°]	$c$ [kg/cm <sup>2</sup> ]	$c_a$ [kg/cm <sup>2</sup> ]	Cesp	$\tau_1$ [kg/cm <sup>2</sup> ]	
3	Terreno 3	2030,0	2080,0	33.17	16.50	0,000	0,000	1.00	0,000	CAR
				33.17	16.50	0,000	0,000	1.00	0,000	MIN
				33.17	16.50	0,000	0,000	1.00	0,000	MED

### Descrizione stratigrafia

#### Simbologia adottata

n° numero d'ordine dello strato a partire dalla sommità della paratia  
 sp spessore dello strato in corrispondenza dell'asse della paratia espresso in [m]  
 kw costante di Winkler orizzontale espressa in [Kg/cm<sup>2</sup>/cm]  
 $\alpha$  inclinazione dello strato espressa in [°] (M: strato di monte, V: strato di valle)  
 Terreno Terreno associato allo strato (M: strato di monte, V: strato di valle)

N°	sp [m]	$\alpha_M$ [°]	$\alpha_V$ [°]	$Kw_M$ [kg/cm <sup>2</sup> /cm]	$Kw_V$ [kg/cm <sup>2</sup> /cm]	Terreno M	Terreno V
1	1,60	0.00	0.00	0.12	0.12	Livello 1	Livello 1
2	15,80	0.00	0.00	2.57	2.57	Livello 2	Livello 2
3	8,10	0.00	0.00	7.97	7.97	Terreno 3	Terreno 3

### Falda

Profondità della falda a monte rispetto alla sommità della paratia

1,00 [m]

Profondità della falda a valle rispetto alla sommità della paratia

6,00 [m]

Regime delle pressioni neutre:

**Idrodinamico**

**Vincoli lungo l'altezza della paratia**

*Simbologia adottata*

- n° numero d'ordine del vincolo
- Y ordinata del vincolo rispetto alla testa della paratia espressa in [m]
- V<sub>x</sub> Vincolo in direzione orizzontale
- K<sub>x</sub> Rigidezza vincolo in direzione orizzontale espressa in [Kg/cm]
- V<sub>r</sub> Vincolo alla rotazione
- K<sub>r</sub> Rigidezza vincolo alla rotazione espresso in [Kgm/°]

N°	Y	V <sub>x</sub>	K <sub>x</sub>	V <sub>r</sub>	K <sub>r</sub>
	[m]		[Kg/cm]		[Kgm/°]
1	5,00	V. RIGIDO	--	LIBERO	--

**Descrizione puntoni**

*Simbologia adottata*

- n° numero d'ordine della fila
- Y ordinata della fila espressa in [m] misurata dalla testa della paratia
- I interasse della fila espresso in [m]
- Xa ascissa appoggio espresso in [m]
- Ya ordinata appoggio espresso in [m]
- L lunghezza puntone espressa in [m]
- alfa inclinazione dei puntoni della fila rispetto all'orizzontale espressa in [°]
- ALL allineamento dei puntoni della fila (CENTRATI o SFALSATI)
- np numero di puntoni della fila
- f Franco laterale espresso in [m]
- A Area espressa in [cmq]
- I Inerzia espressa in [cm^4]
- Wr Modulo di resistenza espresso in [cm^3]
- Vinc Tipo vincolo appoggio
- E Modulo Elastico espresso in [kg/cmq]
- σ<sub>d</sub> Tensione ammissibile espressa in [kg/cmq]

N°	Y	I	np	Xa; Ya	L	Alfa	f	ALL
	[m]	[m]		[m]	[m]	[°]	[m]	
1	-0,60	3,00	5	-12,00; -0,60	12,00	0,00	0,00	Centrati

n°	Vincolo	A	I	W	E	σ <sub>d</sub>
		[cmq]	[cm^4]	[cm^3]	[kg/cmq]	[kg/cmq]
1	Rigido	89,10	17756,00	874,00	2100000	2600

**Caratteristiche materiali utilizzati**

*Simbologia adottata*

- γ<sub>cls</sub> Peso specifico cls, espresso in [kg/mc]
- Classe cls Classe di appartenenza del calcestruzzo
- Rck Rigidezza cubica caratteristica, espressa in [kg/cmq]
- E Modulo elastico, espresso in [kg/cmq]
- Acciaio Tipo di acciaio
- n Coeff. di omogeneizzazione acciaio-calcestruzzo

Descrizione	γ <sub>cls</sub>	Classe cls	Rck	E	Acciaio	n
	[kg/mc]		[kg/cmq]	[kg/cmq]		
Paratia	2500	C25/30	300	319252	B450C	15.00
Cordolo/Muro	2500	C25/30	306	320666	B450C	15.00

Coeff. di omogeneizzazione cls tesoro/compresso 1.00

Descrizione	γ <sub>acciaio</sub>	E
	[kg/mc]	[kg/cmq]
Paratia	7850	2100000

**Condizioni di carico**

*Simbologia e convenzioni adottate*

- Le ascisse dei punti di applicazione del carico sono espresse in [m] rispetto alla testa della paratia
- Le ordinate dei punti di applicazione del carico sono espresse in [m] rispetto alla testa della paratia
- Ig Indice di gruppo
- F<sub>x</sub> Forza orizzontale espressa in [kg], positiva da monte verso valle
- F<sub>y</sub> Forza verticale espressa in [kg], positiva verso il basso
- M Momento espresso in [kgm], positivo ribaltante
- Q<sub>x</sub>, Q<sub>r</sub> Intensità dei carichi distribuiti sul profilo espressa in [kg/mq]
- V<sub>x</sub>, V<sub>s</sub> Intensità dei carichi distribuiti sulla paratia espressa in [kg/mq], positivi da monte verso valle
- R Risultante carico distribuito sulla paratia espressa in [kg]

**Condizione n° 1 - Variabile da traffico - ACCIDENTALE STRADALE (Ig=0) [Ψ<sub>0</sub>=1.00 - Ψ<sub>1</sub>=1.00 - Ψ<sub>2</sub>=1.00]**

Carico distribuito sul profilo	X <sub>i</sub> = 0,00	X <sub>r</sub> = 3,00	Q <sub>x</sub> = 1000	Q <sub>r</sub> = 1000
--------------------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------

**Fasi di scavo**

*Simbologia adottata*

- n° identificativo della fase nell'elenco definito
- Fase Descrizione dell'i-esima fase
- Tempo Tempo in cui avviene la fase di scavo

n°	Fase	Tempo
1	Scavo fino alla profondità di 3.00 metri	0
2	Inserimento condizione di carico nr 1 [Hscavo=3.00]	0
3	Quota falda valle 6.00 metri - Quota falda monte 1.00 metri [Hscavo=3.00]	0
4	Inserimento puntone 1 [Hscavo=3.00]	1
5	Scavo fino alla profondità di 6.00 metri	2
6	Inserimento vincolo 1 (X=-5.00) [Hscavo=6.00]	3

**Impostazioni di progetto**

Spinte e verifiche secondo: **Norme Tecniche sulle Costruzioni 2018 (17/01/2018)**

**Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni:**

Carichi	Effetto		Statici		Sismici	
			A1	A2	A1	A2
Permanenti	Favorevole	$\gamma_{G1}$	1.00	1.00	1.00	1.00
Permanenti	Sfavorevole	$\gamma_{G2}$	1.30	1.00	1.00	1.00
Permanenti ns	Favorevole	$\gamma_{G1}$	0.80	0.80	0.00	0.00
Permanenti ns	Sfavorevole	$\gamma_{G2}$	1.50	1.30	1.00	1.00
Variabili	Favorevole	$\gamma_{Q1}$	0.00	0.00	0.00	0.00
Variabili	Sfavorevole	$\gamma_{Q2}$	1.50	1.30	1.00	1.00
Variabili da traffico	Favorevole	$\gamma_{Q1}$	0.00	0.00	0.00	0.00
Variabili da traffico	Sfavorevole	$\gamma_{Q2}$	1.35	1.15	1.00	1.00

**Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno:**

Parametri		Statici		Sismici	
		M1	M2	M1	M2
Tangente dell'angolo di attrito	$\gamma_{tan}$	1.00	1.25	1.00	1.00
Coesione efficace	$\gamma_c$	1.00	1.25	1.00	1.00
Resistenza non drenata	$\gamma_{cu}$	1.00	1.40	1.00	1.00
Resistenza a compressione uniassiale	$\gamma_{cu}$	1.00	1.60	1.00	1.00
Peso dell'unità di volume	$\gamma_s$	1.00	1.00	1.00	1.00

Verifica materiali: Stato Limite

**Impostazioni verifiche SLU**

Coefficienti parziali per resistenze di calcolo dei materiali

Coefficiente di sicurezza calcestruzzo	1.50
Coefficiente di sicurezza acciaio	1.15
Fattore riduzione da resistenza cubica a cilindrica	0.83
Fattore di riduzione per carichi di lungo periodo	0.85
Coefficiente di sicurezza per la sezione	1.00

Verifica Taglio

Sezione in c.a.

$$V_{Rsd} = 0.9d \frac{A_{sw}}{s} f_{yk} (\text{ctg } \alpha + \text{ctg } \beta) \sin \alpha$$

$$V_{Rsd} = 0.9d b_w \alpha_c v_{f,cd} \frac{\text{ctg } \alpha + \text{ctg } \beta}{1 + \text{ctg}^2 \beta}$$

con:

d	altezza utile sezione [mm]
$b_w$	larghezza minima sezione [mm]
$A_{sw}$	area armatura trasversale [mmq]
s	interasse tra due armature trasversali consecutive [mm]
$\alpha_c$	coefficiente maggiorativo, funzione di $f_{cd}$ e $\sigma_{cp}$
$\sigma_{cp}$	tensione media di compressione [N/mmq]
$v=0.5$	

**Impostazioni verifiche SLE**

Condizioni ambientali Ordinarie  
 Armatura ad aderenza migliorata

Verifica a fessurazione

Sensibilità delle armature Poco sensibile  
 Valori limite delle aperture delle fessure  
 $w_1 = 0.20$   
 $w_2 = 0.30$   
 $w_3 = 0.40$

Metodo di calcolo aperture delle fessure NTC 2018 - C4.1.2.2.4.5  
 Calcolo momento fessurazione Formazione  
 Resistenza a trazione per Trazione

Verifica delle tensioni

Combinazione di carico	Rara	$\sigma_c < 0.60 f_{ck}$ - $\sigma_f < 0.80 f_{yk}$
	Quasi permanente	$\sigma_c < 0.45 f_{ck}$ - $\sigma_f < 1.00 f_{yk}$
	Frequente	$\sigma_c < 1.00 f_{ck}$ - $\sigma_f < 1.00 f_{yk}$

Impostazioni di analisi**Analisi per Fasi di Scavo.**Rottura del terreno:

Pressione passiva

Impostazioni analisi per fasi di scavo:

Analisi per condizioni di esercizio

Analisi per coefficienti tipo A1-M1

Analisi per coefficienti tipo A2-M2

Influenza  $\delta$  (angolo di attrito terreno-paratia): Sia nel calcolo dei coefficienti di spinta  $K_a$  e  $K_p$  che nelle inclinazioni della spinta attiva e passivaStabilità globale:

Metodo:

Metodo di Fellenius

Maglia dei centri

Passo maglia **Automatica**

Resistenza a taglio paratia

 **$V_{Rd}$** Impostazioni analisi sismica

Non sono state analizzate Combinazioni/Fasi sismiche.

**Risultati**

Analisi della paratia

**L'analisi è stata eseguita per fasi di scavo**

La paratia è analizzata con il metodo degli elementi finiti.

Essa è discretizzata in 120 elementi fuori terra e 184 elementi al di sotto della linea di fondo scavo.

Le molle che simulano il terreno hanno un comportamento elastoplastico: una volta raggiunta la pressione passiva non reagiscono ad ulteriori incrementi di carico.

Altezza fuori terra della paratia	6,00	[m]
Profondità di infissione	9,20	[m]
Altezza totale della paratia	15,20	[m]

Forze agenti sulla paratia

Tutte le forze si intendono positive se dirette da monte verso valle. Esse sono riferite ad un metro di larghezza della paratia. Le Y hanno come origine la testa della paratia, e sono espresse in [m]

*Simbologia adottata*

- n° Indice della Combinazione/Fase
- Tipo Tipo della Combinazione/Fase
- Pa Spinta attiva, espressa in [kg]
- Pw Spinta della falda, espressa in [kg]
- Pp Resistenza passiva, espressa in [kg]
- Pc Controspinta, espressa in [kg]

n°	Tipo	Pa [kg]	Y <sub>Pa</sub> [m]	Pw [kg]	Y <sub>Pw</sub> [m]	Pp [kg]	Y <sub>Pp</sub> [m]	Pc [kg]	Y <sub>Pc</sub> [m]
1	ESE	3319	1,76	27915	7,40	-31257	6,81	23	15,08
2	ESE	3319	1,76	27915	7,40	-31257	6,81	23	15,08
3	ESE	9617	3,79	27915	7,40	-28308	10,19	3639	14,62
4	ESE	9617	3,79	27915	7,40	-28308	10,19	3639	14,62
1	SLU - STR	4564	1,78	27915	7,40	-32513	6,62	35	15,04
2	SLU - STR	4564	1,78	27915	7,40	-32513	6,62	35	15,04
3	SLU - STR	13391	3,79	27915	7,40	-31894	9,50	3688	14,52
4	SLU - STR	13391	3,79	27915	7,40	-31894	9,50	3688	14,52
1	SLU - GEO	4354	1,81	27915	7,40	-32580	6,72	312	14,74
2	SLU - GEO	4354	1,81	27915	7,40	-32580	6,72	312	14,74
3	SLU - GEO	12868	3,99	27915	7,40	-26593	11,40	3771	14,81
4	SLU - GEO	12868	3,99	27915	7,40	-26592	11,40	3771	14,81

*Simbologia adottata*

- n° Indice della Combinazione/Fase
- Tipo Tipo della Combinazione/Fase
- Rc Risultante carichi esterni applicati, espressa in [kg]
- Rt Risultante delle reazioni dei tiranti (componente orizzontale), espressa in [kg]
- Rv Risultante delle reazioni dei vincoli, espressa in [kg]
- Rp Risultante delle reazioni dei puntoni, espressa in [kg]

n°	Tipo	Rc [kg]	Y <sub>Rc</sub> [m]	Rt [kg]	Y <sub>Rt</sub> [m]	Rv [kg]	Y <sub>Rv</sub> [m]	Rp [kg]	Y <sub>Rp</sub> [m]
1	ESE	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
2	ESE	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,60
3	ESE	0	0,00	0	0,00	0	0,00	-12861	0,60
4	ESE	0	0,00	0	0,00	-2	5,00	-12861	0,60
1	SLU - STR	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
2	SLU - STR	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,60
3	SLU - STR	0	0,00	0	0,00	0	0,00	-13101	0,60
4	SLU - STR	0	0,00	0	0,00	1	5,00	-13101	0,60
1	SLU - GEO	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
2	SLU - GEO	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,60
3	SLU - GEO	0	0,00	0	0,00	0	0,00	-17963	0,60
4	SLU - GEO	0	0,00	0	0,00	1	5,00	-17963	0,60

*Simbologia adottata*

- n° Indice della Combinazione/Fase
- Tipo Tipo della Combinazione/Fase
- P<sub>NUL</sub> Punto di nullo del diagramma, espresso in [m]
- P<sub>INV</sub> Punto di inversione del diagramma, espresso in [m]
- C<sub>ROT</sub> Punto Centro di rotazione, espresso in [m]
- MP Percentuale molle plasticizzate, espressa in [%]
- R/R<sub>MAX</sub> Rapporto tra lo sforzo reale nelle molle e lo sforzo che le molle sarebbero in grado di esplicare, espresso in [%]

n°	Tipo	P <sub>NUL</sub> [m]	P <sub>INV</sub> [m]	C <sub>ROT</sub> [m]	MP [%]	R/R <sub>MAX</sub> [%]
1	ESE	3,21	4,35	14,83	11,02	4,29
2	ESE	3,21	4,35	14,83	11,02	4,29
3	ESE	6,86	10,35	13,47	47,03	19,26
4	ESE	6,86	10,35	13,47	47,03	19,26
1	SLU - STR	3,24	4,20	14,73	9,80	3,14
2	SLU - STR	3,24	4,20	14,73	9,80	3,14
3	SLU - STR	6,68	8,95	13,18	31,89	12,17
4	SLU - STR	6,68	8,95	13,18	0,00	11,04
1	SLU - GEO	3,38	5,15	13,82	17,55	11,83
2	SLU - GEO	3,38	5,15	13,82	17,55	11,83
3	SLU - GEO	7,61	12,50	14,03	70,81	34,22
4	SLU - GEO	7,61	12,50	14,03	0,00	23,87

Verifiche geotecniche

*Simbologia adottata*

- n° Indice della Combinazione/Fase
- Tipo Tipo della Combinazione/Fase
- P<sub>p,medr</sub>, P<sub>p,min</sub> Portanza di punta media e minima, espressa in [kg]
- P<sub>L,medr</sub>, P<sub>L,min</sub> Portanza laterale media e minima, espressa in [kg]
- Pd Portanza di progetto, espressa in [kg]
- N Sforzo normale alla base del palo, espressa in [kg]
- FS Fattore di sicurezza (rapporto Pd/N)



n°	Tipo	P <sub>P,med</sub> [kg]	P <sub>L,med</sub> [kg]	P <sub>P,min</sub> [kg]	P <sub>L,min</sub> [kg]	P <sub>0</sub> [kg]	N [kg]	FS
1	SLU - STR	110299	0	110299	0	48061	29845	1.610
2	SLU - STR	110299	0	110299	0	48061	29845	1.610
3	SLU - STR	83176	0	83176	0	36242	29845	1.214
4	SLU - STR	83176	0	83176	0	36242	29845	1.214

**Valori massimi e minimi sollecitazioni per metro di paratia**

*Simbologia adottata*

n° Indice della combinazione/fase  
 Tipo Tipo della combinazione/fase  
 Y ordinata della sezione rispetto alla testa espressa in [m]  
 M momento flettente massimo e minimo espresso in [kgm]  
 N sforzo normale massimo e minimo espresso in [kg] (positivo di compressione)  
 T taglio massimo e minimo espresso in [kg]

n°	Tipo	M [kgm]	Y <sub>M</sub> [m]	T [kg]	Y <sub>T</sub> [m]	N [kg]	Y <sub>N</sub> [m]	
1	ESE	13129	5,20	5447	3,45	19312	15,20	MAX
		0	15,20	-2486	7,70	0	0,00	MIN
2	ESE	13129	5,20	5447	3,45	19312	15,20	MAX
		0	15,20	-2486	7,70	0	0,00	MIN
3	ESE	12026	11,10	11914	8,05	19312	15,20	MAX
		-34360	4,95	-12487	0,60	0	0,00	MIN
4	ESE	12025	11,10	11914	8,05	19312	15,20	MAX
		-34359	4,95	-12487	0,60	0	0,00	MIN
1	SLU - STR	15945	5,15	6670	3,45	19312	15,20	MAX
		0	0,00	-2999	7,70	0	0,00	MIN
2	SLU - STR	15945	5,15	6670	3,45	19312	15,20	MAX
		0	15,20	-2999	7,70	0	0,00	MIN
3	SLU - STR	15975	10,25	13924	7,40	19312	15,20	MAX
		-30782	4,55	-12601	0,60	0	0,00	MIN
4	SLU - STR	15975	10,25	13924	7,40	19312	15,20	MAX
		-30782	4,55	-12601	0,60	0	0,00	MIN
1	SLU - GEO	20309	5,85	6960	3,80	19312	15,20	MAX
		0	0,00	-3807	8,60	0	0,00	MIN
2	SLU - GEO	20309	5,85	6960	3,80	19312	15,20	MAX
		0	0,00	-3807	8,60	0	0,00	MIN
3	SLU - GEO	6908	12,65	12950	9,15	19312	15,20	MAX
		-54204	5,60	-17481	0,60	0	0,00	MIN
4	SLU - GEO	6908	12,65	12950	9,15	19312	15,20	MAX
		-54204	5,60	-17481	0,60	0	0,00	MIN

**Spostamenti massimi e minimi della paratia**

*Simbologia adottata*

n° Indice della combinazione/fase  
 Tipo Tipo della combinazione/fase  
 Y ordinata della sezione rispetto alla testa della paratia espressa in [m]  
 U spostamento orizzontale massimo e minimo espresso in [cm] positivo verso valle  
 V spostamento verticale massimo e minimo espresso in [cm] positivo verso il basso

n°	Tipo	U [cm]	Y <sub>U</sub> [m]	V [cm]	Y <sub>V</sub> [m]	
1	ESE	0,6589	0,00	0,0090	0,00	MAX
		-0,0048	15,20	0,0000	0,00	MIN
2	ESE	0,6590	0,00	0,0090	0,00	MAX
		-0,0048	15,20	0,0000	0,00	MIN
3	ESE	0,9702	3,45	0,0090	0,00	MAX
		-0,1627	15,20	0,0000	0,00	MIN
4	ESE	0,9702	3,45	0,0090	0,00	MAX
		-0,1627	15,20	0,0000	0,00	MIN
1	SLU - STR	0,7464	0,00	0,0090	0,00	MAX
		-0,0058	15,20	0,0000	0,00	MIN
2	SLU - STR	0,7464	0,00	0,0090	0,00	MAX
		-0,0058	15,20	0,0000	0,00	MIN
3	SLU - STR	0,9789	1,90	0,0090	0,00	MAX
		-0,1404	15,20	0,0000	0,00	MIN
4	SLU - STR	0,9789	1,90	0,0090	0,00	MAX
		-0,1404	15,20	0,0000	0,00	MIN
1	SLU - GEO	1,0045	0,00	0,0090	0,00	MAX
		-0,0175	15,20	0,0000	0,00	MIN
2	SLU - GEO	1,0045	0,00	0,0090	0,00	MAX
		-0,0175	15,20	0,0000	0,00	MIN
3	SLU - GEO	1,6058	4,55	0,0090	0,00	MAX
		-0,2498	15,20	0,0000	0,00	MIN
4	SLU - GEO	1,6058	4,55	0,0090	0,00	MAX
		-0,2498	15,20	0,0000	0,00	MIN

**Verifica a spostamento**

*Simbologia adottata*

n° Indice combinazione/Fase  
 Tipo Tipo combinazione/Fase  
 U<sub>lim</sub> spostamento orizzontale limite, espresso in [cm]  
 U spostamento orizzontale calcolato, espresso in [cm] (positivo verso valle)

n°	Tipo	U <sub>lim</sub> [cm]	U [cm]
1	ESE	7,6000	0,6589
2	ESE	7,6000	0,6590
3	ESE	7,6000	0,9702
4	ESE	7,6000	0,9702
1	SLU - STR	7,6000	0,7464
2	SLU - STR	7,6000	0,7464
3	SLU - STR	7,6000	0,9789
4	SLU - STR	7,6000	0,9789
1	SLU - GEO	7,6000	1,0045
2	SLU - GEO	7,6000	1,0045
3	SLU - GEO	7,6000	1,6058
4	SLU - GEO	7,6000	1,6058

Verifiche di corpo rigido

Simbologia adottata

- n° Indice della combinazione/fase
  - Tipo Tipo della combinazione/fase
  - S Spinta attiva da monte (risultante diagramma delle pressioni attive da monte) espressa in [kg]
  - R Resistenza passiva da valle (risultante diagramma delle pressioni passive da valle) espresso in [kg]
  - W Spinta netta falda (positiva da monte verso valle), espresso in [kg]
  - T Reazione tiranti espresso in [kg]
  - P Reazione puntoni espresso in [kg]
  - V Reazione vincoli espresso in [kg]
  - C Risultante carichi applicati sulla paratia (positiva da monte verso valle) espresso in [kg]
  - Y Punto di applicazione, espresso in [m]
  - Mr Momento ribaltante, espresso in [kgm]
  - Ms Momento stabilizzante, espresso in [kgm]
  - FS<sub>rib</sub> Fattore di sicurezza a ribaltamento
  - FS<sub>sc</sub> Fattore di sicurezza a scorrimento
- I punti di applicazione delle azioni sono riferiti alla testa della paratia.  
La verifica a ribaltamento viene eseguita rispetto al centro di rotazione posto alla base del palo.

n°	Tipo	S [kg]	R [kg]	W [kg]	T [kg]	P [kg]	V [kg]	C [kg]	Mr [kgm]	Ms [kgm]	FS <sub>rib</sub>	FS <sub>sc</sub>
12	SLU - GEO	55339,20 9,81	101434,00 12,40	27914,53 7,40	0,00 0,00	17963,41 0,60	-1,10 5,00	0,00 0,00	516061,58	545880,41	1.058	1.434

Stabilità globale

Simbologia adottata

- n° Indice della combinazione/fase
- Tipo Tipo della combinazione/fase
- (X<sub>c</sub>; Y<sub>c</sub>) Coordinate centro cerchio superficie di scorrimento, espresse in [m]
- R Raggio cerchio superficie di scorrimento, espresso in [m]
- (X<sub>v</sub>; Y<sub>v</sub>) Coordinate intersezione del cerchio con il pendio a valle, espresse in [m]
- (X<sub>m</sub>; Y<sub>m</sub>) Coordinate intersezione del cerchio con il pendio a monte, espresse in [m]
- FS Coefficiente di sicurezza
- R Coefficiente di sicurezza richiesto

Numero di cerchi analizzati 100

n°	Tipo	X <sub>c</sub> , Y <sub>c</sub> [m]	R [m]	X <sub>v</sub> , Y <sub>v</sub> [m]	X <sub>m</sub> , Y <sub>m</sub> [m]	FS	R
1	ESE	0,00; 0,00	15,20	-13,84; -6,28	15,20; 0,00	3.236	1.100
2	ESE	0,00; 0,00	15,20	-13,84; -6,28	15,20; 0,00	3.236	1.100
3	ESE	0,00; 0,00	15,20	-14,84; -3,27	15,20; 0,00	1.484	1.100
4	ESE	0,00; 0,00	15,20	-14,84; -3,27	15,20; 0,00	1.484	1.100
1	SLU - GEO	0,00; 0,00	15,20	-13,84; -6,28	15,20; 0,00	2.591	1.100
2	SLU - GEO	0,00; 0,00	15,20	-13,84; -6,28	15,20; 0,00	2.591	1.100
3	SLU - GEO	0,00; 0,00	15,20	-14,84; -3,27	15,20; 0,00	1.189	1.100
4	SLU - GEO	0,00; 0,00	15,20	-14,84; -3,27	15,20; 0,00	1.189	1.100

Dettagli superficie con fattore di sicurezza minimo

Simbologia adottata

- Le ascisse X sono considerate positive verso monte
- Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto
- Origine in testa alla paratia (spigolo contro terra)
- Le strisce sono numerate da monte verso valle
- N° numero d'ordine della striscia
- W peso della striscia espresso in [kg]
- α angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso in gradi (positivo antiorario)
- φ angolo d'attrito del terreno lungo la base della striscia
- c coesione del terreno lungo la base della striscia espressa in [kg/cmq]
- b larghezza della striscia espressa in [m]
- L sviluppo della base della striscia espressa in [m] (L=b/cosα)
- u pressione neutra lungo la base della striscia espressa in [kg/cmq]
- Ctn, Ctt contributo alla striscia normale e tangenziale del tirante espresse in [kg]

Fase n° 3 - SLU - GEO

Numero di strisce 51

Caratteristiche delle strisce

N°	W <sub>i</sub> [kg]	α [°]	L [m]	φ [°]	c [kg/cmq]	u [kg/cmq]	(Ctn; Ctt) [kg]
1	7917,60	-73.62	2,11	22.91	0,000	0,000	(0; 0)
2	9712,92	-66.81	1,51	22.91	0,000	0,000	(0; 0)
3	11003,28	-61.61	1,25	22.91	0,000	0,122	(0; 0)
4	2874,72	-57.19	1,10	22.91	0,000	0,223	(0; 0)
5	3522,03	-53.25	0,99	22.91	0,000	0,309	(0; 0)
6	4373,83	-49.65	0,92	22.91	0,000	0,384	(0; 0)
7	5126,55	-46.30	0,86	22.91	0,000	0,450	(0; 0)
8	5798,10	-43.15	0,81	22.91	0,000	0,509	(0; 0)
9	6400,95	-40.15	0,78	22.91	0,000	0,561	(0; 0)
10	6944,17	-37.28	0,75	22.91	0,000	0,609	(0; 0)
11	7434,61	-34.51	0,72	22.91	0,000	0,652	(0; 0)
12	7877,56	-31.84	0,70	22.91	0,000	0,691	(0; 0)
13	8277,23	-29.24	0,68	22.91	0,000	0,726	(0; 0)
14	8636,97	-26.70	0,66	22.91	0,000	0,758	(0; 0)
15	8959,53	-24.22	0,65	22.91	0,000	0,786	(0; 0)
16	9247,13	-21.79	0,64	22.91	0,000	0,811	(0; 0)
17	9501,64	-19.40	0,63	22.91	0,000	0,833	(0; 0)
18	9724,59	-17.04	0,62	22.91	0,000	0,853	(0; 0)
19	9917,23	-14.71	0,61	22.91	0,000	0,870	(0; 0)
20	10080,59	-12.41	0,61	22.91	0,000	0,884	(0; 0)
21	10215,54	-10.13	0,60	22.91	0,000	0,896	(0; 0)
22	10322,73	-7.86	0,60	22.91	0,000	0,905	(0; 0)
23	10402,68	-5.61	0,60	22.91	0,000	0,912	(0; 0)
24	10455,78	-3.36	0,59	22.91	0,000	0,917	(0; 0)
25	10482,27	-1.12	0,59	22.91	0,000	0,919	(0; 0)
26	17381,32	1.10	0,58	22.91	0,000	1,419	(0; 0)
27	17356,04	3.31	0,59	22.91	0,000	1,417	(0; 0)
28	17305,38	5.52	0,59	22.91	0,000	1,413	(0; 0)
29	17229,09	7.74	0,59	22.91	0,000	1,406	(0; 0)

N°	W <sub>i</sub> [kg]	α [°]	L [m]	φ [°]	c [kg/cmq]	u [kg/cmq]	(C <sub>tn</sub> ; C <sub>tt</sub> ) [kg]
30	17126,84	9.97	0,59	22.91	0,000	1,397	(0; 0)
31	16414,30	12.21	0,60	22.91	0,000	1,385	(0; 0)
32	16170,08	14.48	0,60	22.91	0,000	1,371	(0; 0)
33	15986,47	16.77	0,61	22.91	0,000	1,355	(0; 0)
34	15774,08	19.09	0,62	22.91	0,000	1,336	(0; 0)
35	15531,73	21.44	0,63	22.91	0,000	1,315	(0; 0)
36	15258,03	23.82	0,64	22.91	0,000	1,290	(0; 0)
37	14951,29	26.26	0,65	22.91	0,000	1,263	(0; 0)
38	14609,48	28.74	0,67	22.91	0,000	1,232	(0; 0)
39	14230,12	31.29	0,68	22.91	0,000	1,199	(0; 0)
40	13810,18	33.91	0,70	22.91	0,000	1,161	(0; 0)
41	13345,91	36.61	0,73	22.91	0,000	1,120	(0; 0)
42	12832,61	39.41	0,76	22.91	0,000	1,074	(0; 0)
43	12264,26	42.32	0,79	22.91	0,000	1,023	(0; 0)
44	11632,96	45.38	0,83	22.91	0,000	0,967	(0; 0)
45	10928,05	48.62	0,88	22.91	0,000	0,904	(0; 0)
46	10134,52	52.08	0,95	22.91	0,000	0,834	(0; 0)
47	9229,99	55.83	1,04	22.91	0,000	0,753	(0; 0)
48	8178,30	60.00	1,17	22.91	0,000	0,659	(0; 0)
49	6913,00	64.79	1,37	22.91	0,000	0,547	(0; 0)
50	5278,08	70.72	1,77	22.91	0,000	0,401	(0; 0)
51	2046,55	82.03	4,22	19.57	0,000	0,109	(0; 0)

Resistenza a taglio paratia = 0,00 [kg]  
 $\Sigma W_i = 547128,91$  [kg]  
 $\Sigma W_i \sin \alpha_i = 53051,18$  [kg]  
 $\Sigma W_i \cos \alpha_i \tan \phi_i = 194983,57$  [kg]  
 $\Sigma c_{ib} / \cos \alpha_i = 0,00$  [kg]

Verifiche idrauliche

*Verifica al sollevamento del fondo scavo*

*Simbologia adottata*

Ic Indice della combinazione  
 Tipo Tipo della Combinazione/Fase  
 ΔH Perdita di carico espressa in [m]  
 L Lunghezza di filtrazione espressa in [m]  
 i<sub>e</sub> Gradiente idraulico di efflusso  
 I Profondità di infissione espressa in [m]  
 σ<sub>t</sub> Pressione totale al piede della paratia espressa in [kg/cm<sup>2</sup>]  
 u<sub>w</sub> Pressione idrica al piede della paratia espressa in [kg/cm<sup>2</sup>]  
 FS Coefficiente di sicurezza a sollevamento fondo scavo

**Fase n° 1 - ESE**

n°	ΔH [m]	L [m]	i <sub>e</sub>	I [m]	σ <sub>t</sub> [kg/cm <sup>2</sup> ]	u <sub>w</sub> [kg/cm <sup>2</sup> ]	FS
1	5,00	23,40	0.21	12,20	14978	12282	1.219

Risultati puntoni

*Simbologia adottata*

n° Identificativo della fila di puntoni  
 N reazione del puntone della fila espressa in [kg]  
 N<sub>cr</sub> Carico critico puntone espressa in [kg]  
 σ<sub>r</sub> tensione di compressione/trazione nel puntone espressa in [kg/cm<sup>2</sup>]  
 u spostamento orizzontale del puntone della fila, positivo verso valle, espresso in [cm]  
 FS Fattore di sicurezza (rapporto tra N<sub>cr</sub>/N)

n°	N [kg]	N <sub>cr</sub> [kg]	L [m]	A [cmq]	σ <sub>r</sub> [kg/cm <sup>2</sup> ]	u [cm]	FS	cmb
1	-61076	-255565	12,00	89,10	685,47	1,31522	4.184	12

Risultati vincoli

*Simbologia adottata*

n° Indice del vincolo  
 R<sub>x</sub> reazione in direzione orizzontale a metro lineare, positiva verso valle, espressa in [kg]  
 R<sub>0</sub> reazione momento a metro lineare, positiva antioraria, espressa in [kgm]  
 u spostamento orizzontale, positivo verso valle, espresso in [cm]

n°	R <sub>x,min</sub> [kg]	R <sub>x,max</sub> [kg]	R <sub>0,min</sub> [kgm]	R <sub>0,max</sub> [kgm]	u <sub>min</sub> [cm]	u <sub>max</sub> [cm]
1		-2	1	--	--	0,93267

Verifica armatura paratia (Involuppo sezioni critiche)

*Verifica a flessione*

*Simbologia adottata*

n° numero d'ordine della sezione  
 Y ordinata della sezione rispetto alla testa espressa in [m]  
 A<sub>r</sub> area di armatura del palo espressa in [cm<sup>2</sup>]  
 M momento flettente agente sul palo espresso in [kgm]  
 N sforzo normale agente sul palo espresso in [kg] (positivo di compressione)  
 M<sub>u</sub> momento ultimo di riferimento espresso in [kgm]  
 N<sub>u</sub> sforzo normale ultimo di riferimento espresso in [kg]  
 FS coefficiente di sicurezza (rapporto fra la sollecitazione ultima e la sollecitazione di esercizio)

n° - Tipo	Y	A <sub>r</sub>	M	N	M <sub>u</sub>	N <sub>u</sub>	FS
-----------	---	----------------	---	---	----------------	----------------	----

	[m]	[cmq]	[kgm]	[kg]	[kgm]	[kg]	[kg]
4 - SLU - GEO	5,55	84,95	-83768	10897	-131025	17045	1.564

### Verifica a taglio

#### Simbologia adottata

n°	numero d'ordine della sezione
Tipo	Tipo della Combinazione/Fase
Y	ordinata della sezione rispetto alla testa, espressa in [m]
A <sub>sw</sub>	area dell'armatura trasversale, espressa in [cmq]
s	interasse tra due armature trasversali consecutive, espressa in [cm]
V <sub>Ed</sub>	taglio agente sul palo, espresso in [kg]
V <sub>Ed</sub>	taglio resistente, espresso in [kg]
FS	coefficiente di sicurezza (rapporto tra V <sub>Ed</sub> /V <sub>Ed</sub> )
cotgθ	inclinazione delle bielle compresse, θ

La verifica a taglio del palo è stata eseguita considerando una sezione quadrata equivalente di lato B = 85,36 cm

n° - Tipo	Y [m]	A <sub>sw</sub> [cmq]	s [cm]	V <sub>Ed</sub> [kg]	V <sub>Ed</sub> [kg]	FS	cotgθ
4 - SLU - GEO	0,60	1,57	20,00	-27016	56948	2.108	2,50

### Verifica tensioni

#### Simbologia adottata

n°	numero d'ordine della sezione
Y	ordinata della sezione rispetto alla testa espressa in [m]
Af	area di armatura espressa in [cmq]
σ <sub>c</sub>	tensione nel calcestruzzo espressa in [kg/cmq]
σ <sub>t</sub>	tensione nell'acciaio espressa in [kg/cmq]

A <sub>f</sub> [cmq]	σ <sub>c</sub> [kg/cmq]	cmb	σ <sub>t</sub> [kg/cmq]	cmb
84,95	73,09	3	2194,73	3

### Verifica fessurazione

#### Simbologia adottata

Tipo	Tipo della Combinazione/Fase
Oggetto	Muro/Paratia
Y	Ordinata sezione, espresso in [m]
M	Momento agente, espresso in [kgm]
M <sub>f</sub>	Momento prima fessurazione, espresso in [kgm]
s	Distanza media tra le fessure, espressa in [mm]
ε <sub>sm</sub>	Deformazione nelle fessure, espressa in [%]
W <sub>lim</sub>	Apertura limite fessure, espressa in [mm]
W <sub>k</sub>	Ampiezza fessure, espressa in [mm]

Oggetto	n° - Tipo	Y [m]	M [kgm]	M <sub>f</sub> [kgm]	s [mm]	ε <sub>sm</sub> [%]	W <sub>lim</sub> [mm]	W <sub>k</sub> [mm]
Paratia	3 - ESE	4,90	-53084	-27555	206,565	0.0773	0,300	0,271

### Verifica sezione cordoli

#### Simbologia adottata

M <sub>h</sub>	momento flettente espresso in [kgm] nel piano orizzontale
T <sub>h</sub>	taglio espresso in [kg] nel piano orizzontale
M <sub>v</sub>	momento flettente espresso in [kgm] nel piano verticale
T <sub>v</sub>	taglio espresso in [kg] nel piano verticale

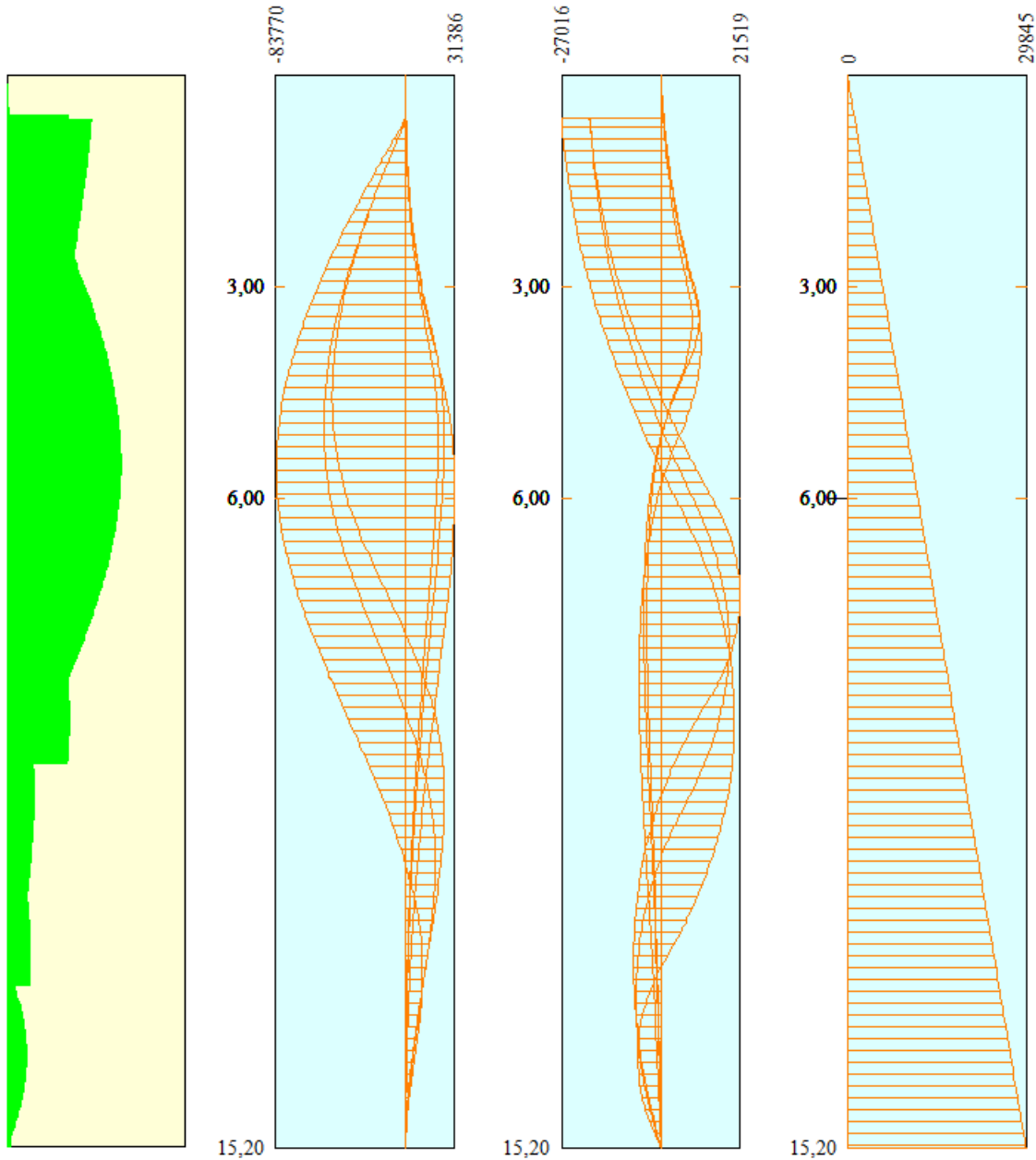
#### Cordolo N° 1 (X=0,00 m) (Cordolo in c.a.)

B=120,00 [cm]	H=120,00 [cm]	Staffe φ16/20	Nbh=2 - Nbv=2
A <sub>fV</sub> =15,27 [cmq]	A <sub>fH</sub> =10,18 [cmq]	FS=1.99	cotgθh=1.00
M <sub>h</sub> =34281 [kgm]	M <sub>UH</sub> =68210 [kgm]	FS <sub>T</sub> =1.18	cotgθv=1.00
T <sub>h</sub> =68562 [kg]	T <sub>RH</sub> =80722 [kg]	FS=14.80	
M <sub>v</sub> =4608 [kgm]	M <sub>UV</sub> =68210 [kgm]	FS <sub>TV</sub> =14.01	
T <sub>v</sub> =5760 [kg]	T <sub>R</sub> =80722 [kg]		

**11.1 SINTESI DEI RISULTATI**

Si riportano di seguito una sintesi dei risultati, in forma grafica e tabellare, delle analisi condotte attraverso il modello di calcolo.

**DIAGRAMMI DELLE SOLLECITAZIONE DI FLESSIONE, TAGLIO, E SFORZO NORMALE – COMBINAZIONE INVILUPPO SLU**



Verifica armatura paratia (Inviluppo sezioni critiche)

*Verifica a flessione*

*Simbologia adottata*

- n° numero d'ordine della sezione
- Y ordinata della sezione rispetto alla testa espressa in [m]
- A<sub>r</sub> area di armatura del palo espressa in [cmq]
- M momento flettente agente sul palo espresso in [kgm]
- N sforzo normale agente sul palo espresso in [kg] (positivo di compressione)
- M<sub>u</sub> momento ultimo di riferimento espresso in [kgm]
- N<sub>u</sub> sforzo normale ultimo di riferimento espresso in [kg]
- FS coefficiente di sicurezza (rapporto fra la sollecitazione ultima e la sollecitazione di esercizio)

n° - Tipo	Y [m]	A <sub>r</sub> [cmq]	M [kgm]	N [kg]	M <sub>u</sub> [kgm]	N <sub>u</sub> [kg]	FS
4 - SLU - GEO	5,55	84,95	-83768	10897	-131025	17045	1.564

*Verifica a taglio*

*Simbologia adottata*

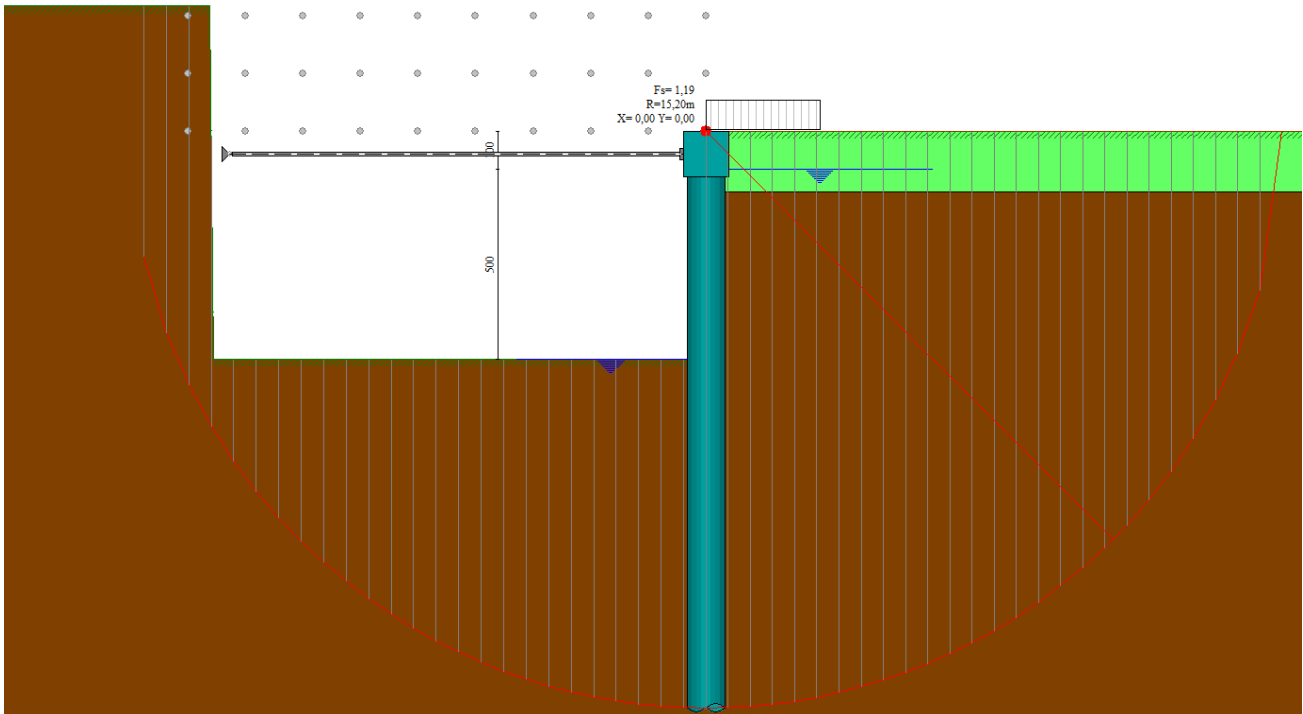
- n° numero d'ordine della sezione
- Tipo Tipo della Combinazione/Fase
- Y ordinata della sezione rispetto alla testa, espressa in [m]
- A<sub>sw</sub> area dell'armatura trasversale, espressa in [cmq]
- s interasse tra due armature trasversali consecutive, espressa in [cm]
- V<sub>Ed</sub> taglio agente sul palo, espresso in [kg]
- V<sub>Rd</sub> taglio resistente, espresso in [kg]
- FS coefficiente di sicurezza (rapporto tra V<sub>Rd</sub>/V<sub>Ed</sub>)
- cotgθ inclinazione delle bielle compresse, θ inclinazione dei puntoni di calcestruzzo

La verifica a taglio del palo è stata eseguita considerando una sezione quadrata equivalente di lato B = 85,36 cm

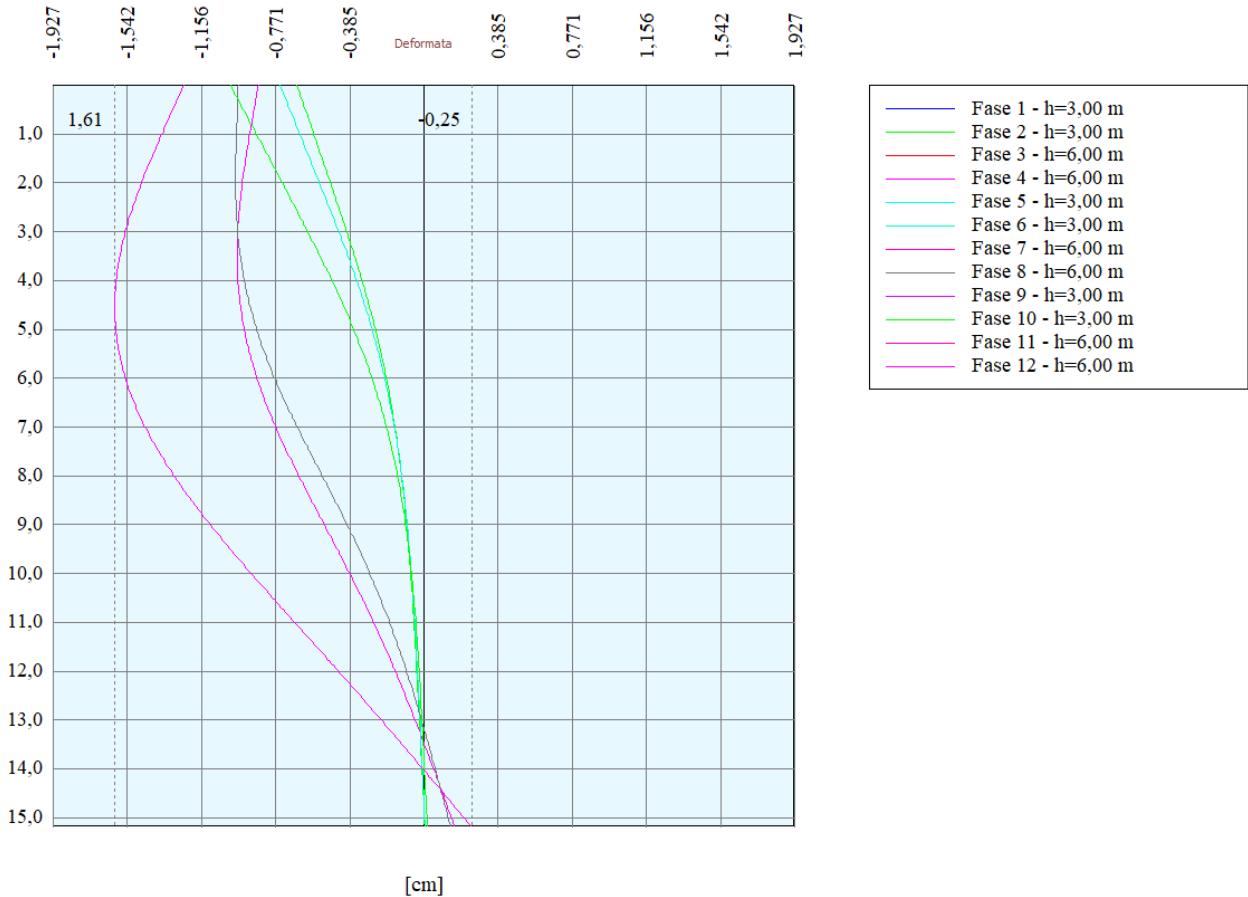
n° - Tipo	Y [m]	A <sub>sw</sub> [cmq]	s [cm]	V <sub>Ed</sub> [kg]	V <sub>Rd</sub> [kg]	FS	cotgθ
4 - SLU - GEO	0,60	1,57	20,00	-27016	56948	2.108	2,50

**Le verifiche sono soddisfatte.**

**DIAGRAMMA SUPERFICIE DI SCIVOLAMENTO CRITICA**



**DIAGRAMMA INVILUPPO DEFORMATA**



**Verifica a spostamento**

*Simbologia adottata*

n° Indice combinazione/Fase  
 Tipo Tipo combinazione/Fase  
 Ulim spostamento orizzontale limite, espresso in [cm]  
 U spostamento orizzontale calcolato, espresso in [cm] (positivo verso valle)

n°	Tipo	Ulim [cm]	U [cm]
1	ESE	7,6000	0,6589
2	ESE	7,6000	0,6590
3	ESE	7,6000	0,9702
4	ESE	7,6000	0,9702
1	SLU - STR	7,6000	0,7464
2	SLU - STR	7,6000	0,7464
3	SLU - STR	7,6000	0,9789
4	SLU - STR	7,6000	0,9789
1	SLU - GEO	7,6000	1,0045
2	SLU - GEO	7,6000	1,0045
3	SLU - GEO	7,6000	1,6058
4	SLU - GEO	7,6000	1,6058

**Verifica tensioni**

*Simbologia adottata*

n° numero d'ordine della sezione  
 Y ordinata della sezione rispetto alla testa espressa in [m]  
 Af area di armatura espressa in [cmq]  
 $\sigma_c$  tensione nel calcestruzzo espressa in [kg/cm<sup>2</sup>]  
 $\sigma_r$  tensione nell'acciaio espressa in [kg/cm<sup>2</sup>]

Af [cmq]	$\sigma_c$ [kg/cm <sup>2</sup> ]	cmb	$\sigma_r$ [kg/cm <sup>2</sup> ]	cmb
84,95	73,09	3	2194,73	3

**Le verifiche sono soddisfatte.**

**VERIFICA SEZIONE CORDOLI***Simbologia adottata*

$M_h$	momento flettente espresso in [kgm] nel piano orizzontale
$T_h$	taglio espresso in [kg] nel piano orizzontale
$M_v$	momento flettente espresso in [kgm] nel piano verticale
$T_v$	taglio espresso in [kg] nel piano verticale

**Cordolo N° 1 (X=0,00 m) (Cordolo in c.a.)**

$B=120,00$ [cm]	$H=120,00$ [cm]	Staffe $\phi 16/20$	$N_{bh}=2 - N_{bv}=2$
$A_{Rv}=15,27$ [cmq]	$A_{Rh}=10,18$ [cmq]	$FS=1.99$	
$M_h=34281$ [kgm]	$M_{Rh}=68210$ [kgm]	$FS_r=1.18$	$\cotg\theta_h=1.00$
$T_h=68562$ [kg]	$T_{Rh}=80722$ [kg]	$FS=14.80$	
$M_v=4608$ [kgm]	$M_{Lv}=68210$ [kgm]	$FS_{Tv}=14.01$	$\cotg\theta_v=1.00$
$T_v=5760$ [kg]	$T_R=80722$ [kg]		

**Le verifiche sono soddisfatte.****RISULTATI PUNTONI***Simbologia adottata*

$n^\circ$	Identificativo della fila di puntoni
$N$	reazione del puntone della fila espresso in [kg]
$N_{cr}$	Carico critico puntone espresso in [kg]
$\sigma_r$	tensione di compressione/trazione nel puntone espressa in [kg/cmq]
$u$	spostamento orizzontale del puntone della fila, positivo verso valle, espresso in [cm]
$FS$	Fattore di sicurezza (rapporto tra $N_{cr}/N$ )

$n^\circ$	$N$ [kg]	$N_{cr}$ [kg]	$L$ [m]	$A$ [cmq]	$\sigma_r$ [kg/cm <sup>2</sup> ]	$u$ [cm]	$FS$	$cmb$
1	-61076	-255565	12,00	89,10	685,47	1,31522	4.184	12

**Le verifiche sono soddisfatte.**



## 12 PARATIA PALI Ø800

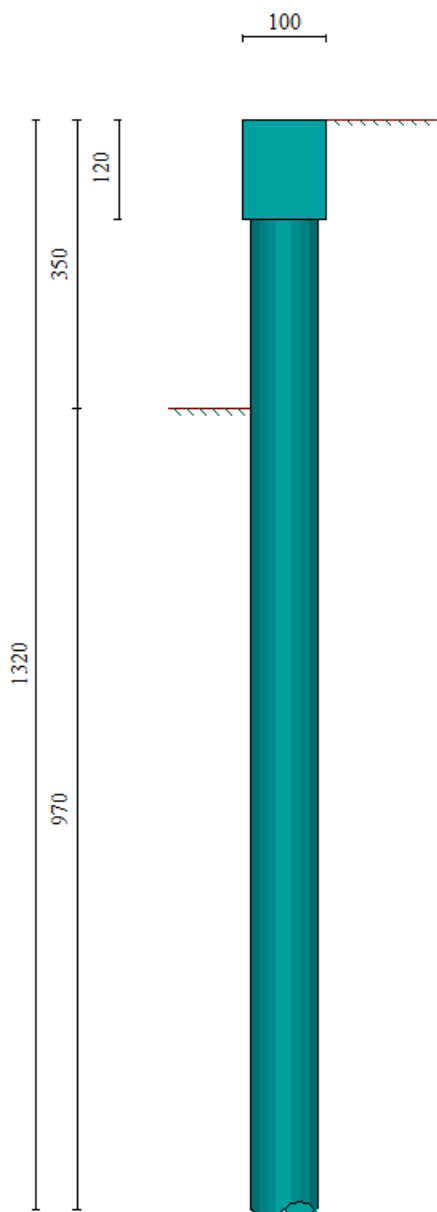
Nel seguente paragrafo viene effettuata la verifica della paratia di pali provvisionali Ø1000mm/160cm di lunghezza L=14m, per i cui dettagli si rimanda al computo metrico ed agli elaborati grafici in allegato al progetto.

I pali sono collegati in testa con un cordolo di coronamento in c.a. di sezione 1,2 m X 1,2 m.

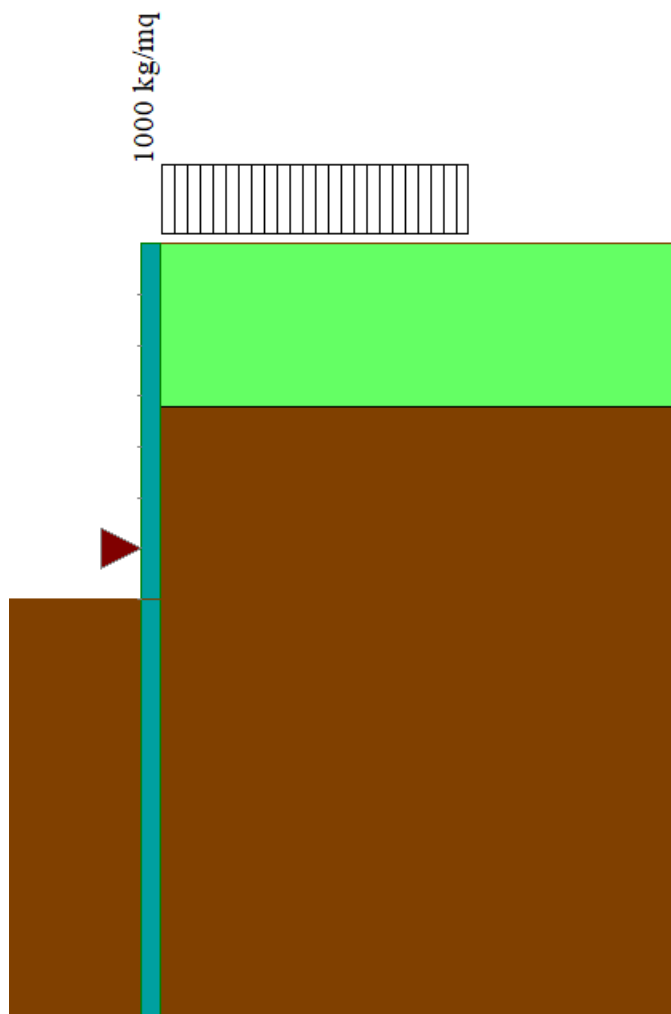
Con riferimento alla sezione di calcolo mostrata in seguito, è stato studiato un modello di calcolo della paratia con il software PAC di Aztec. La stratigrafia del terreno in situ è compatibile con quella determinata dal modello geotecnico di cui al §5 della presente.

Il modello si completa mediante l'applicazione del carico accidentale sul terrapieno adiacente la paratia, e puntoni in acciaio in testa al cordolo.

### GEOMETRIA, ALTEZZA DI SCAVO E QUOTA PUNTONI



## CONDIZIONE DI CARICO ACCIDENTALE



## FASI DI LAVORAZIONE

*Simbologia adottata*

n° identificativo della fase nell'elenco definito

Fase Descrizione dell'i-esima fase

Tempo Tempo in cui avviene la fase

n°	Fase	Tempo
1	Realizzazione paratie di pali provvisionali, tappo di fondo e setti in jet grouting, e successivo emungimento di acqua	0
2	Scavo fino alla profondità di 3.50 metri	1
3	Realizzazione soletta di fondazione (X=-3.00) [Hscavo=3.50]	2

A seguire si riportano i risultati di calcolo effettuati.

**Dati**Geometria paratiaTipo paratia: **Paratia di pali**

Altezza fuori terra	3,50	[m]
Profondità di infissione	9,70	[m]
Altezza totale della paratia	13,20	[m]
Lunghezza paratia	17,00	[m]

Numero di file di pali	1	
Interasse fra i pali della fila	1,30	[m]
Diámetro dei pali	80,00	[cm]
Numero totale di pali	13	
Numero di pali per metro lineare	0.76	

Geometria cordoli*Simbologia adottata*

n°	numero d'ordine del cordolo
Y	posizione del cordolo sull'asse della paratia espresso in [m]

*Cordoli in calcestruzzo*

B	Base della sezione del cordolo espresso in [cm]
H	Altezza della sezione del cordolo espresso in [cm]

*Cordoli in acciaio*

A	Area della sezione in acciaio del cordolo espresso in [cmq]
W	Modulo di resistenza della sezione del cordolo espresso in [cm <sup>3</sup> ]

N°	Y	Tipo	B	H	A	W
	[m]		[cm]	[cm]	[cmq]	[cm <sup>3</sup> ]
1	0,00	Calcestruzzo	100,00	120,00	--	--

Geometria profilo terreno*Simbologia adottata e sistema di riferimento*

(Sistema di riferimento con origine in testa alla paratia, ascissa X positiva verso monte, ordinata Y positiva verso l'alto)

N	numero ordine del punto
X	ascissa del punto espressa in [m]
Y	ordinata del punto espressa in [m]
A	inclinazione del tratto espressa in [°]

**Profilo di monte**

N°	X	Y	A
	[m]	[m]	[°]
2	15,00	0,00	0,00

**Profilo di valle - Fase n° 1**

N°	X	Y	A
	[m]	[m]	[°]
1	-25,00	5,80	--
2	-13,10	5,80	0,00
3	-13,00	-3,50	180,00
4	0,00	-3,50	-180,00

Descrizione terreni*Simbologia adottata*

n°	numero d'ordine
Descrizione	Descrizione del terreno
$\gamma$	peso di volume del terreno espresso in [kg/mc]
$\gamma_{sat}$	peso di volume saturo del terreno espresso [kg/mc]
$\phi$	angolo d'attrito interno del terreno espresso in [°]
$\delta$	angolo d'attrito terreno/paratia espresso in [°]
c	coesione del terreno espressa in [kg/cm <sup>2</sup> ]
ca	adesione terreno/paratia espressa in [kg/cm <sup>2</sup> ]
<i>Parametri per il calcolo dei tiranti secondo il metodo di Bustamante-Doix</i>	
Cesp	coeff. di espansione laterale minimo e medio del tirante nello strato
$\tau_1$	tensione tangenziale minima e media lungo il tirante espresso in [kg/cm <sup>2</sup> ]
I parametri medi e minimi vengono usati per il calcolo di portanza di progetto dei pali e per la resistenza di progetto a sfilamento dei tiranti	

N°	Descrizione	$\gamma$	$\gamma_{sat}$	$\phi$	$\delta$	c	ca	Cesp	$\tau_1$
		[kg/mc]	[kg/mc]	[°]	[°]	[kg/cm <sup>2</sup> ]	[kg/cm <sup>2</sup> ]		[kg/cm <sup>2</sup> ]
1	Livello 1	1400,0	1800,0	20,00	10,00	0,000	0,000	1,00	0,000
				20,00	10,00	0,000	0,000	1,00	0,000
				20,00	10,00	0,000	0,000	1,00	0,000
2	Livello 2	1730,0	1920,0	27,85	13,50	0,000	0,000	1,00	0,000
				27,85	13,50	0,000	0,000	1,00	0,000
				27,85	13,50	0,000	0,000	1,00	0,000
3	Terreno 3	2030,0	2080,0	33,17	16,50	0,000	0,000	1,00	0,000
				33,17	16,50	0,000	0,000	1,00	0,000
				33,17	16,50	0,000	0,000	1,00	0,000

Descrizione stratigrafia*Simbologia adottata*

n°	numero d'ordine dello strato a partire dalla sommità della paratia
sp	spessore dello strato in corrispondenza dell'asse della paratia espresso in [m]
kw	costante di Winkler orizzontale espressa in [Kg/cm <sup>2</sup> /cm]
$\alpha$	inclinazione dello strato espressa in [°] (M: strato di monte, V: strato di valle)

Terreno Terreno associato allo strato (M: strato di monte, V: strato di valle)

N°	sp [m]	$\alpha_M$ [°]	$\alpha_V$ [°]	$Kw_M$ [kg/cm <sup>2</sup> /cm]	$Kw_V$ [kg/cm <sup>2</sup> /cm]	Terreno M	Terreno V
1	1,60	0.00	0.00	0.12	0.12	Livello 1	Livello 1
2	15,80	0.00	0.00	2.53	2.53	Livello 2	Livello 2
3	8,10	0.00	0.00	7.87	7.87	Terreno 3	Terreno 3

**Falda**

Profondità della falda a monte rispetto alla sommità della paratia

1,00

[m]

Profondità della falda a valle rispetto alla sommità della paratia

3,50

[m]

Regime delle pressioni neutre:

**Idrodinamico**

**Vincoli lungo l'altezza della paratia**

*Simbologia adottata*

- n° numero d'ordine del vincolo
- Y ordinata del vincolo rispetto alla testa della paratia espressa in [m]
- V<sub>x</sub> Vincolo in direzione orizzontale
- K<sub>x</sub> Rigidezza vincolo in direzione orizzontale espressa in [Kg/cm]
- V<sub>r</sub> Vincolo alla rotazione
- K<sub>r</sub> Rigidezza vincolo alla rotazione espresso in [Kgm/°]

N°	Y [m]	V <sub>x</sub>	K <sub>x</sub> [Kg/cm]	V <sub>r</sub>	K <sub>r</sub> [Kgm/°]
1	3,00	V. RIGIDO	--	LIBERO	--

**Caratteristiche materiali utilizzati**

*Simbologia adottata*

- γ<sub>cs</sub> Peso specifico cls, espresso in [kg/mc]
- Classe cls Classe di appartenenza del calcestruzzo
- Rck Rigidezza cubica caratteristica, espressa in [kg/cmq]
- E Modulo elastico, espresso in [kg/cmq]
- Acciaio Tipo di acciaio
- n Coeff. di omogeneizzazione acciaio-calcestruzzo

Descrizione	γ <sub>cs</sub> [kg/mc]	Classe cls	Rck [kg/cmq]	E [kg/cmq]	Acciaio	n
Paratia	2500	C25/30	300	319252	B450C	15.00
Cordolo/Muro	2500	C25/30	306	320666	B450C	15.00

Coeff. di omogeneizzazione cls tesoro/compresso 1.00

Descrizione	γ <sub>acciaio</sub> [kg/mc]	E [kg/cmq]
Paratia	7850	2100000

**Condizioni di carico**

*Simbologia e convenzioni adottate*

- Le ascisse dei punti di applicazione del carico sono espresse in [m] rispetto alla testa della paratia
- Le ordinate dei punti di applicazione del carico sono espresse in [m] rispetto alla testa della paratia
- Ig Indice di gruppo
- F<sub>x</sub> Forza orizzontale espressa in [kg], positiva da monte verso valle
- F<sub>y</sub> Forza verticale espressa in [kg], positiva verso il basso
- M Momento espresso in [kgm], positivo ribaltante
- Q<sub>1</sub>, Q<sub>2</sub> Intensità dei carichi distribuiti sul profilo espresse in [kg/mq]
- V<sub>1</sub>, V<sub>2</sub> Intensità dei carichi distribuiti sulla paratia espresse in [kg/mq], positivi da monte verso valle
- R Risultante carico distribuito sulla paratia espressa in [kg]

**Condizione n° 1 - Variabile da traffico - ACCIDENTALE STRADALE (Ig=0) [Ψ<sub>0</sub>=1.00 - Ψ<sub>1</sub>=1.00 - Ψ<sub>2</sub>=1.00]**

Carico distribuito sul profilo	X <sub>1</sub> = 0,00	X <sub>2</sub> = 3,00	Q <sub>1</sub> = 1000	Q <sub>2</sub> = 1000
--------------------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------

**Fasi di scavo**

*Simbologia adottata*

- n° identificativo della fase nell'elenco definito
- Fase Descrizione dell'i-esima fase
- Tempo Tempo in cui avviene la fase di scavo

n°	Fase	Tempo
1	Scavo fino alla profondità di 3.50 metri	0
2	Quota falda valle 3.50 metri - Quota falda monte 1.00 metri [Hscavo=3.50]	0
3	Inserimento condizione di carico nr 1 [Hscavo=3.50]	0
4	Inserimento vincolo 1 (X=-3.00) [Hscavo=3.50]	1

**Impostazioni di progetto**

**Spinte e verifiche secondo: Norme Tecniche sulle Costruzioni 2018 (17/01/2018)**

**Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni:**

Carichi	Effetto		Statici		Sismici	
			A1	A2	A1	A2
Permanenti	Favorevole	γ <sub>stat</sub>	1.00	1.00	1.00	1.00
Permanenti	Sfavorevole	γ <sub>stat</sub>	1.30	1.00	1.00	1.00
Permanenti ns	Favorevole	γ <sub>stat</sub>	0.80	0.80	0.00	0.00
Permanenti ns	Sfavorevole	γ <sub>stat</sub>	1.50	1.30	1.00	1.00
Variabili	Favorevole	γ <sub>stat</sub>	0.00	0.00	0.00	0.00
Variabili	Sfavorevole	γ <sub>stat</sub>	1.50	1.30	1.00	1.00
Variabili da traffico	Favorevole	γ <sub>stat</sub>	0.00	0.00	0.00	0.00
Variabili da traffico	Sfavorevole	γ <sub>stat</sub>	1.35	1.15	1.00	1.00

**Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno:**

Parametri		Statici		Sismici	
		M1	M2	M1	M2
Tangente dell'angolo di attrito	γ <sub>tang</sub>	1.00	1.25	1.00	1.00
Coesione efficace	γ <sub>c</sub>	1.00	1.25	1.00	1.00
Resistenza non drenata	γ <sub>cu</sub>	1.00	1.40	1.00	1.00
Resistenza a compressione uniaxiale	γ <sub>cu</sub>	1.00	1.60	1.00	1.00

Parametri		Statici		Sismici	
		M1	M2	M1	M2
Peso dell'unità di volume	$\gamma_c$	1.00	1.00	1.00	1.00

Verifica materiali: Stato Limite

### Impostazioni verifiche SLU

#### Coefficienti parziali per resistenze di calcolo dei materiali

Coefficiente di sicurezza calcestruzzo	1.50
Coefficiente di sicurezza acciaio	1.15
Fattore riduzione da resistenza cubica a cilindrica	0.83
Fattore di riduzione per carichi di lungo periodo	0.85
Coefficiente di sicurezza per la sezione	1.00

#### Verifica Taglio

Sezione in c.a.

$$V_{Rsd} = 0.9d \frac{A_{sw}}{s} f_{yk} (\operatorname{ctg} \alpha + \operatorname{ctg} \beta) \sin \alpha$$

$$V_{Rsd} = 0.9d b_w \alpha_c v_{ed} \frac{\operatorname{ctg} \alpha + \operatorname{ctg} \beta}{1 + \operatorname{ctg}^2 \beta}$$

con:

d	altezza utile sezione [mm]
$b_w$	larghezza minima sezione [mm]
$A_{sw}$	area armatura trasversale [mm <sup>2</sup> ]
s	interasse tra due armature trasversali consecutive [mm]
$\alpha_c$	coefficiente maggiorativo, funzione di $f_{cd}$ e $\sigma_{cp}$
$\sigma_{cp}$	tensione media di compressione [N/mm <sup>2</sup> ]
$v=0.5$	

### Impostazioni verifiche SLE

Condizioni ambientali Ordinarie  
Armatura ad aderenza migliorata

#### Verifica a fessurazione

Sensibilità delle armature Poco sensibile  
Valori limite delle aperture delle fessure  
 $w_1 = 0.20$   
 $w_2 = 0.30$   
 $w_3 = 0.40$   
Metodo di calcolo aperture delle fessure NTC 2018 - C4.1.2.2.4.5  
Calcolo momento fessurazione Formazione  
Resistenza a trazione per Trazione

#### Verifica delle tensioni

Combinazione di carico Rara  $\sigma_c < 0.60 f_{ck} - \sigma_f < 0.80 f_{yk}$   
Quasi permanente  $\sigma_c < 0.45 f_{ck} - \sigma_f < 1.00 f_{yk}$   
Frequente  $\sigma_c < 1.00 f_{ck} - \sigma_f < 1.00 f_{yk}$

### Impostazioni di analisi

#### Analisi per Fasi di Scavo.

##### Rottura del terreno:

Spostamento limite (spostamento limite molle pari a 10.00)

##### Impostazioni analisi per fasi di scavo:

Analisi per condizioni di esercizio  
Analisi per coefficienti tipo A1-M1  
Analisi per coefficienti tipo A2-M2

Influenza  $\delta$  (angolo di attrito terreno-paratia): Sia nel calcolo dei coefficienti di spinta  $K_a$  e  $K_p$  che nelle inclinazioni della spinta attiva e passiva

##### Stabilità globale:

Metodo: Metodo di Fellenius  
Maglia dei centri Passo maglia **Automatica**  
Resistenza a taglio paratia  **$V_{Rd}$**

### Impostazioni analisi sismica

Non sono state analizzate Combinazioni/Fasi sismiche.

**Risultati**

Analisi della paratia

**L'analisi è stata eseguita per fasi di scavo**

La paratia è analizzata con il metodo degli elementi finiti.

Essa è discretizzata in 70 elementi fuori terra e 194 elementi al di sotto della linea di fondo scavo.

Le molle che simulano il terreno hanno un comportamento elastoplastico: una volta raggiunto lo spostamento limite di 10.00 [cm] non reagiscono ad ulteriori incrementi di carico.

Altezza fuori terra della paratia	3,50	[m]
Profondità di infissione	9,70	[m]
Altezza totale della paratia	13,20	[m]

Forze agenti sulla paratia

Tutte le forze si intendono positive se dirette da monte verso valle. Esse sono riferite ad un metro di larghezza della paratia. Le Y hanno come origine la testa della paratia, e sono espresse in [m]

*Simbologia adottata*

- n° Indice della Combinazione/Fase
- Tipo Tipo della Combinazione/Fase
- Pa Spinta attiva, espressa in [kg]
- Pw Spinta della falda, espressa in [kg]
- Pp Resistenza passiva, espressa in [kg]
- Pc Controspinta, espressa in [kg]

n°	Tipo	Pa [kg]	Y <sub>Pa</sub> [m]	Pw [kg]	Y <sub>Pw</sub> [m]	Pp [kg]	Y <sub>Pp</sub> [m]	Pc [kg]	Y <sub>Pc</sub> [m]
1	ESE	4255	2,15	13509	5,90	-18153	5,16	389	12,29
2	ESE	4255	2,15	13509	5,90	-18153	5,16	389	12,29
1	SLU - STR	5827	2,15	13509	5,90	-20061	5,03	725	11,89
2	SLU - STR	5827	2,15	13509	5,90	-20061	5,03	725	11,89
1	SLU - GEO	5762	2,27	13509	5,90	-19941	5,06	670	11,97
2	SLU - GEO	5762	2,27	13509	5,90	-19941	5,06	670	11,97

*Simbologia adottata*

- n° Indice della Combinazione/Fase
- Tipo Tipo della Combinazione/Fase
- Rc Risultante carichi esterni applicati, espressa in [kg]
- Rt Risultante delle reazioni dei tiranti (componente orizzontale), espressa in [kg]
- Rv Risultante delle reazioni dei vincoli, espressa in [kg]
- Rp Risultante delle reazioni dei puntoni, espressa in [kg]

n°	Tipo	Rc [kg]	Y <sub>Rc</sub> [m]	Rt [kg]	Y <sub>Rt</sub> [m]	Rv [kg]	Y <sub>Rv</sub> [m]	Rp [kg]	Y <sub>Rp</sub> [m]
1	ESE	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
2	ESE	0	0,00	0	0,00	0	3,00	0	0,00
1	SLU - STR	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
2	SLU - STR	0	0,00	0	0,00	0	3,00	0	0,00
1	SLU - GEO	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
2	SLU - GEO	0	0,00	0	0,00	0	3,00	0	0,00

*Simbologia adottata*

- n° Indice della Combinazione/Fase
- Tipo Tipo della Combinazione/Fase
- P<sub>NUL</sub> Punto di nullo del diagramma, espresso in [m]
- P<sub>INV</sub> Punto di inversione del diagramma, espresso in [m]
- C<sub>ROT</sub> Punto Centro di rotazione, espresso in [m]
- MP Percentuale molle plasticizzate, espressa in [%]
- R/R<sub>MAX</sub> Rapporto tra lo sforzo reale nelle molle e lo sforzo che le molle sarebbero in grado di esplicare, espresso in [%]

n°	Tipo	P <sub>NUL</sub> [m]	P <sub>INV</sub> [m]	C <sub>ROT</sub> [m]	MP [%]	R/R <sub>MAX</sub> [%]
1	ESE	4,03	4,05	10,58	0,00	100,00
2	ESE	4,03	4,05	10,58	0,00	100,00
1	SLU - STR	3,94	3,95	9,75	0,00	100,00
2	SLU - STR	3,94	3,95	9,75	0,00	100,00
1	SLU - GEO	4,38	4,40	9,90	0,00	100,00
2	SLU - GEO	4,38	4,40	9,90	0,00	100,00

Verifiche geotecniche

*Simbologia adottata*

- n° Indice della Combinazione/Fase
- Tipo Tipo della Combinazione/Fase
- P<sub>P,med</sub>, P<sub>P,min</sub> Portanza di punta media e minima, espressa in [kg]
- P<sub>L,med</sub>, P<sub>L,min</sub> Portanza laterale media e minima, espressa in [kg]
- Pd Portanza di progetto, espressa in [kg]
- N Sforzo normale alla base del palo, espressa in [kg]
- FS Fattore di sicurezza (rapporto Pd/N)

n°	Tipo	P <sub>P,med</sub> [kg]	P <sub>L,med</sub> [kg]	P <sub>P,min</sub> [kg]	P <sub>L,min</sub> [kg]	Pd [kg]	N [kg]	FS
1	SLU - STR	56126	0	56126	0	24456	16588	1.474
2	SLU - STR	56126	0	56126	0	24456	16588	1.474

Valori massimi e minimi sollecitazioni per metro di paratia

*Simbologia adottata*

- n° Indice della combinazione/fase
- Tipo Tipo della combinazione/fase
- Y ordinata della sezione rispetto alla testa espressa in [m]
- M momento flettente massimo e minimo espresso in [kgm]
- N sforzo normale massimo e minimo espresso in [kg] (positivo di compressione)
- T taglio massimo e minimo espresso in [kg]



n°	Tipo	M [kgm]	Y <sub>M</sub> [m]	T [kg]	Y <sub>T</sub> [m]	N [kg]	Y <sub>N</sub> [m]	
1	ESE	12674	5,00	6609	3,50	12685	13,20	MAX
		0	13,20	-2794	7,30	0	0,00	MIN
2	ESE	12674	5,00	6609	3,50	12685	13,20	MAX
		0	0,00	-2794	7,30	0	0,00	MIN
1	SLU - STR	15758	5,00	8099	3,50	12685	13,20	MAX
		0	0,00	-3464	7,30	0	0,00	MIN
2	SLU - STR	15758	5,00	8099	3,50	12685	13,20	MAX
		0	0,00	-3464	7,30	0	0,00	MIN
1	SLU - GEO	15079	5,05	7630	3,50	12685	13,20	MAX
		0	13,20	-3318	7,35	0	0,00	MIN
2	SLU - GEO	15079	5,05	7630	3,50	12685	13,20	MAX
		0	0,00	-3318	7,35	0	0,00	MIN

**Spostamenti massimi e minimi della paratia**

*Simbologia adottata*

n° Indice della combinazione/fase  
 Tipo Tipo della combinazione/fase  
 Y ordinata della sezione rispetto alla testa della paratia espressa in [m]  
 U spostamento orizzontale massimo e minimo espresso in [cm] positivo verso valle  
 V spostamento verticale massimo e minimo espresso in [cm] positivo verso il basso

n°	Tipo	U [cm]	Y <sub>U</sub> [m]	V [cm]	Y <sub>V</sub> [m]	
1	ESE	0,8122	0,00	0,0068	0,00	MAX
		-0,0109	13,20	0,0000	0,00	MIN
2	ESE	0,8123	0,00	0,0068	0,00	MAX
		-0,0109	13,20	0,0000	0,00	MIN
1	SLU - STR	0,9788	0,00	0,0068	0,00	MAX
		-0,0133	13,20	0,0000	0,00	MIN
2	SLU - STR	0,9788	0,00	0,0068	0,00	MAX
		-0,0133	13,20	0,0000	0,00	MIN
1	SLU - GEO	0,9494	0,00	0,0068	0,00	MAX
		-0,0133	13,20	0,0000	0,00	MIN
2	SLU - GEO	0,9494	0,00	0,0068	0,00	MAX
		-0,0133	13,20	0,0000	0,00	MIN

**Verifica a spostamento**

*Simbologia adottata*

n° Indice combinazione/Fase  
 Tipo Tipo combinazione/Fase  
 Ulim spostamento orizzontale limite, espresso in [cm]  
 U spostamento orizzontale calcolato, espresso in [cm] (positivo verso valle)

n°	Tipo	Ulim [cm]	U [cm]
1	ESE	6,6000	0,8122
2	ESE	6,6000	0,8123
1	SLU - STR	6,6000	0,9788
2	SLU - STR	6,6000	0,9788
1	SLU - GEO	6,6000	0,9494
2	SLU - GEO	6,6000	0,9494

**Verifiche di corpo rigido**

*Simbologia adottata*

n° Indice della combinazione/fase  
 Tipo Tipo della combinazione/fase  
 S Spinta attiva da monte (risultante diagramma delle pressioni attive da monte) espressa in [kg]  
 R Resistenza passiva da valle (risultante diagramma delle pressioni passive da valle) espresso in [kg]  
 W Spinta netta falda (positiva da monte verso valle), espresso in [kg]  
 T Reazione tiranti espresso in [kg]  
 P Reazione puntoni espresso in [kg]  
 V Reazione vincoli espresso in [kg]  
 C Risultante carichi applicati sulla paratia (positiva da monte verso valle) espresso in [kgm]  
 Y Punto di applicazione, espresso in [m]  
 Mr Momento ribaltante, espresso in [kgm]  
 Ms Momento stabilizzante, espresso in [kgm]  
 FS<sub>rib</sub> Fattore di sicurezza a ribaltamento  
 FS<sub>sc</sub> Fattore di sicurezza a scorrimento

I punti di applicazione delle azioni sono riferiti alla testa della paratia.  
 La verifica a ribaltamento viene eseguita rispetto al centro di rotazione posto alla base del palo.

n°	Tipo	S Y [kg]	R Y [kg]	W Y [kg]	T Y [kg]	P Y [kg]	V Y [kg]	C Y [kg]	Mr [kgm]	Ms [kgm]	FS <sub>rib</sub>	FS <sub>sc</sub>
5	SLU - GEO	39503,17 8,38	132619,45 10,31	13509,13 5,90	0,00 0,00	0,00 0,00	0,00 0,00	0,00 0,00	288955,67	383906,31	1.329	2.502

**Stabilità globale**

*Simbologia adottata*

n° Indice della combinazione/fase  
 Tipo Tipo della combinazione/fase  
 (X<sub>c</sub>; Y<sub>c</sub>) Coordinate centro cerchio superficie di scorrimento, espresse in [m]  
 R Raggio cerchio superficie di scorrimento, espresso in [m]  
 (X<sub>v</sub>; Y<sub>v</sub>) Coordinate intersezione del cerchio con il pendio a valle, espresse in [m]  
 (X<sub>m</sub>; Y<sub>m</sub>) Coordinate intersezione del cerchio con il pendio a monte, espresse in [m]  
 FS Coefficiente di sicurezza  
 R Coefficiente di sicurezza richiesto

Numero di cerchi analizzati 100

n°	Tipo	X <sub>c</sub> , Y <sub>c</sub> [m]	R [m]	X <sub>v</sub> , Y <sub>v</sub> [m]	X <sub>m</sub> , Y <sub>m</sub> [m]	FS	R
1	ESE	0,00; 0,00	13,20	-12,73; -3,47	13,20; 0,00	1.509	1.100
2	ESE	0,00; 0,00	13,20	-12,73; -3,47	13,20; 0,00	1.509	1.100
1	SLU - GEO	0,00; 0,00	13,20	-12,73; -3,47	13,20; 0,00	1.211	1.100

n°	Tipo	X <sub>C</sub> , Y <sub>C</sub> [m]	R [m]	X <sub>V</sub> , Y <sub>V</sub> [m]	X <sub>M</sub> , Y <sub>M</sub> [m]	FS	R
2	SLU - GEO	0,00; 0,00	13,20	-12,73; -3,47	13,20; 0,00	1.211	1.100

Dettagli superficie con fattore di sicurezza minimo

Simbologia adottata

- Le ascisse X sono considerate positive verso monte
- Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto
- Origine in testa alla paratia (spigolo contro terra)
- Le strisce sono numerate da monte verso valle
- N° numero d'ordine della striscia
- W peso della striscia espresso in [kg]
- α angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso in gradi (positivo antiorario)
- φ angolo d'attrito del terreno lungo la base della striscia
- c coesione del terreno lungo la base della striscia espressa in [kg/cmq]
- b larghezza della striscia espressa in [m]
- L sviluppo della base della striscia espressa in [m] (L=b/cosα)
- u pressione neutra lungo la base della striscia espressa in [kg/cmq]
- Ctn, Ctt contributo alla striscia normale e tangenziale del tirante espressa in [kg]

Fase n° 1 - SLU - GEO

Numero di strisce 51

Caratteristiche delle strisce

N°	W <sub>i</sub> [kg]	α [°]	L [m]	φ [°]	c [kg/cmq]	u [kg/cmq]	(Ctn; Ctt) [kg]
1	709,18	-71.30	1,59	22.91	0,000	0,073	(0; 0)
2	1984,35	-65.21	1,21	22.91	0,000	0,203	(0; 0)
3	2961,11	-60.34	1,03	22.91	0,000	0,303	(0; 0)
4	3769,49	-56.12	0,91	22.91	0,000	0,385	(0; 0)
5	4463,10	-52.33	0,83	22.91	0,000	0,456	(0; 0)
6	5070,65	-48.84	0,77	22.91	0,000	0,518	(0; 0)
7	5609,77	-45.58	0,73	22.91	0,000	0,574	(0; 0)
8	6092,21	-42.50	0,69	22.91	0,000	0,623	(0; 0)
9	6526,28	-39.56	0,66	22.91	0,000	0,667	(0; 0)
10	6918,13	-36.75	0,64	22.91	0,000	0,707	(0; 0)
11	7272,41	-34.04	0,61	22.91	0,000	0,744	(0; 0)
12	7592,76	-31.41	0,60	22.91	0,000	0,776	(0; 0)
13	7882,08	-28.85	0,58	22.91	0,000	0,806	(0; 0)
14	8142,71	-26.35	0,57	22.91	0,000	0,833	(0; 0)
15	8376,56	-23.91	0,56	22.91	0,000	0,856	(0; 0)
16	8585,18	-21.51	0,55	22.91	0,000	0,878	(0; 0)
17	8769,89	-19.15	0,54	22.91	0,000	0,897	(0; 0)
18	8931,75	-16.83	0,53	22.91	0,000	0,913	(0; 0)
19	9071,65	-14.53	0,53	22.91	0,000	0,928	(0; 0)
20	9190,34	-12.26	0,52	22.91	0,000	0,940	(0; 0)
21	9288,39	-10.00	0,52	22.91	0,000	0,950	(0; 0)
22	9366,29	-7.76	0,51	22.91	0,000	0,958	(0; 0)
23	9424,40	-5.54	0,51	22.91	0,000	0,964	(0; 0)
24	9463,00	-3.32	0,51	22.91	0,000	0,968	(0; 0)
25	9482,26	-1.11	0,51	22.91	0,000	0,970	(0; 0)
26	13145,49	1.10	0,51	22.91	0,000	1,220	(0; 0)
27	13126,42	3.31	0,51	22.91	0,000	1,218	(0; 0)
28	13088,21	5.52	0,51	22.91	0,000	1,214	(0; 0)
29	13030,68	7.74	0,51	22.91	0,000	1,208	(0; 0)
30	12953,57	9.97	0,52	22.91	0,000	1,200	(0; 0)
31	12803,44	12.21	0,52	22.91	0,000	1,190	(0; 0)
32	12155,20	14.48	0,52	22.91	0,000	1,178	(0; 0)
33	12016,73	16.77	0,53	22.91	0,000	1,164	(0; 0)
34	11856,55	19.09	0,54	22.91	0,000	1,147	(0; 0)
35	11673,79	21.44	0,55	22.91	0,000	1,128	(0; 0)
36	11467,37	23.82	0,55	22.91	0,000	1,107	(0; 0)
37	11236,05	26.26	0,57	22.91	0,000	1,084	(0; 0)
38	10978,27	28.74	0,58	22.91	0,000	1,057	(0; 0)
39	10692,17	31.29	0,59	22.91	0,000	1,028	(0; 0)
40	10375,47	33.91	0,61	22.91	0,000	0,995	(0; 0)
41	10025,34	36.61	0,63	22.91	0,000	0,959	(0; 0)
42	9638,23	39.41	0,66	22.91	0,000	0,920	(0; 0)
43	9209,60	42.32	0,69	22.91	0,000	0,876	(0; 0)
44	8733,51	45.38	0,72	22.91	0,000	0,827	(0; 0)
45	8201,90	48.62	0,77	22.91	0,000	0,772	(0; 0)
46	7603,46	52.08	0,83	22.91	0,000	0,711	(0; 0)
47	6921,30	55.83	0,90	22.91	0,000	0,641	(0; 0)
48	6128,16	60.00	1,02	22.91	0,000	0,560	(0; 0)
49	5173,93	64.79	1,19	22.91	0,000	0,462	(0; 0)
50	3940,95	70.72	1,54	22.91	0,000	0,335	(0; 0)
51	1516,05	82.03	3,66	19.57	0,000	0,081	(0; 0)

Resistenza a taglio paratia = 0,00 [kg]

ΣW<sub>i</sub> = 432635,78 [kg]

ΣW<sub>i</sub>sinα<sub>i</sub> = 39309,39 [kg]

ΣW<sub>i</sub>cosα<sub>i</sub>tanφ<sub>i</sub> = 157779,43 [kg]

Σc<sub>b<sub>i</sub></sub>/cosα<sub>i</sub> = 0,00 [kg]

Verifiche idrauliche

Verifica a sifonamento

Simbologia adottata

- n° Indice della combinazione
  - Tipo Tipo di Combinazione/Fase
  - ΔH Perdita di carico espressa in [m]
  - L Lunghezza di filtrazione espressa in [m]
  - γ<sub>m</sub> Peso di galleggiamento medio espresso in [kg/mc]
  - i<sub>c</sub> Gradiente idraulico critico
  - i<sub>e</sub> Gradiente idraulico di efflusso
  - FS Coefficiente di sicurezza a sifonamento
- La verifica non viene effettuata se la falda non affiora al piano campagna.

Coefficiente di sicurezza a sifonamento richiesto  $FS_R = 2.00$

**Fase n° 1 - ESE**

n°	$\Delta H$ [m]	L [m]	$\gamma_m$ [kg/mc]	$i_c$	$i_e$	FS
1	2,50	21,90	916,71	0.92	0.11	8.030

*Verifica al sollevamento del fondo scavo*

*Simbologia adottata*

- Ic Indice della combinazione
- Tipo Tipo della Combinazione/Fase
- $\Delta H$  Perdita di carico espressa in [m]
- L Lunghezza di filtrazione espressa in [m]
- $i_e$  Gradiente idraulico di efflusso
- I Profondità di infissione espressa in [m]
- $\sigma_t$  Pressione totale al piede della paratia espressa in [kg/cmq]
- $u_w$  Pressione idrica al piede della paratia espressa in [kg/cmq]
- FS Coefficiente di sicurezza a sollevamento fondo scavo

**Fase n° 1 - ESE**

n°	$\Delta H$ [m]	L [m]	$i_e$	I [m]	$\sigma_t$ [kg/cmq]	$u_w$ [kg/cmq]	FS
1	2,50	21,90	0.11	9,70	15792	11888	1.328

**Risultati vincoli**

*Simbologia adottata*

- n° Indice del vincolo
- $R_x$  reazione in direzione orizzontale a metro lineare, positiva verso valle, espressa in [kg]
- $R_o$  reazione momento a metro lineare, positiva antioraria, espressa in [kgm]
- u spostamento orizzontale, positivo verso valle, espresso in [cm]

n°	$R_{x,min}$ [kg]	$R_{x,max}$ [kg]	$R_{o,min}$ [kgm]	$R_{o,max}$ [kgm]	$u_{min}$ [cm]	$u_{max}$ [cm]
1	0	0	--	--	0,47234	0,40893

**Verifica armatura paratia (Inviluppo sezioni critiche)**

*Verifica a flessione*

*Simbologia adottata*

- n° numero d'ordine della sezione
- Y ordinata della sezione rispetto alla testa espressa in [m]
- $A_r$  area di armatura del palo espressa in [cmq]
- M momento flettente agente sul palo espresso in [kgm]
- N sforzo normale agente sul palo espresso in [kg] (positivo di compressione)
- $M_u$  momento ultimo di riferimento espresso in [kgm]
- $N_u$  sforzo normale ultimo di riferimento espresso in [kg]
- FS coefficiente di sicurezza (rapporto fra la sollecitazione ultima e la sollecitazione di esercizio)

n° - Tipo	Y [m]	$A_f$ [cmq]	M [kgm]	N [kg]	$M_u$ [kgm]	$N_u$ [kg]	FS
2 - SLU - STR	4,95	74,33	20600	6220	88583	26749	4.300

*Verifica a taglio*

*Simbologia adottata*

- n° numero d'ordine della sezione
- Tipo Tipo della Combinazione/Fase
- Y ordinata della sezione rispetto alla testa, espressa in [m]
- $A_{sw}$  area dell'armatura trasversale, espressa in [cmq]
- s interasse tra due armature trasversali consecutive, espressa in [cm]
- $V_{Ed}$  taglio agente sul palo, espresso in [kg]
- $V_{Rd}$  taglio resistente, espresso in [kg]
- FS coefficiente di sicurezza (rapporto tra  $V_{Rd}$  /  $V_{Ed}$ )
- $\cotg\theta$  inclinazione delle bielle compresse,  $\theta$  inclinazione dei puntoni di calcestruzzo

La verifica a taglio del palo è stata eseguita considerando una sezione quadrata equivalente di lato B = 68,28 cm

n° - Tipo	Y [m]	$A_{sw}$ [cmq]	s [cm]	$V_{Ed}$ [kg]	$V_{Rd}$ [kg]	FS	$\cotg\theta$
1 - SLU - STR	3,50	1,57	20,00	10591	45143	4.263	2,50

*Verifica tensioni*

*Simbologia adottata*

- n° numero d'ordine della sezione
- Y ordinata della sezione rispetto alla testa espressa in [m]
- $A_f$  area di armatura espressa in [cmq]
- $\sigma_c$  tensione nel calcestruzzo espressa in [kg/cmq]
- $\sigma_t$  tensione nell'acciaio espressa in [kg/cmq]

$A_f$ [cmq]	$\sigma_c$ [kg/cmq]	cmb	$\sigma_t$ [kg/cmq]	cmb
74,33	39,06	2	985,20	2

*Verifica fessurazione*

*Simbologia adottata*

Tipo	Tipo della Combinazione/Fase
Oggetto	Muro/Paratia
Y	Ordinata sezione, espresso in [m]
M	Momento agente, espresso in [kgm]
M <sub>f</sub>	Momento prima fessurazione, espresso in [kgm]
s	Distanza media tra le fessure, espressa in [mm]
ε <sub>sm</sub>	Deformazione nelle fessure, espressa in [%]
W <sub>lim</sub>	Apertura limite fessure, espressa in [mm]
W <sub>k</sub>	Ampiezza fessure, espressa in [mm]

Oggetto	n° - Tipo	Y [m]	M [kgm]	M <sub>f</sub> [kgm]	s [mm]	ε <sub>sm</sub> [%]	W <sub>lim</sub> [mm]	W <sub>k</sub> [mm]
Paratia	2 - ESE	4,90	16547	14918	173,754	0,0281	0,300	0,083

Verifica sezione cordoli*Simbologia adottata*

M <sub>h</sub>	momento flettente espresso in [kgm] nel piano orizzontale
T <sub>h</sub>	taglio espresso in [kg] nel piano orizzontale
M <sub>v</sub>	momento flettente espresso in [kgm] nel piano verticale
T <sub>v</sub>	taglio espresso in [kg] nel piano verticale

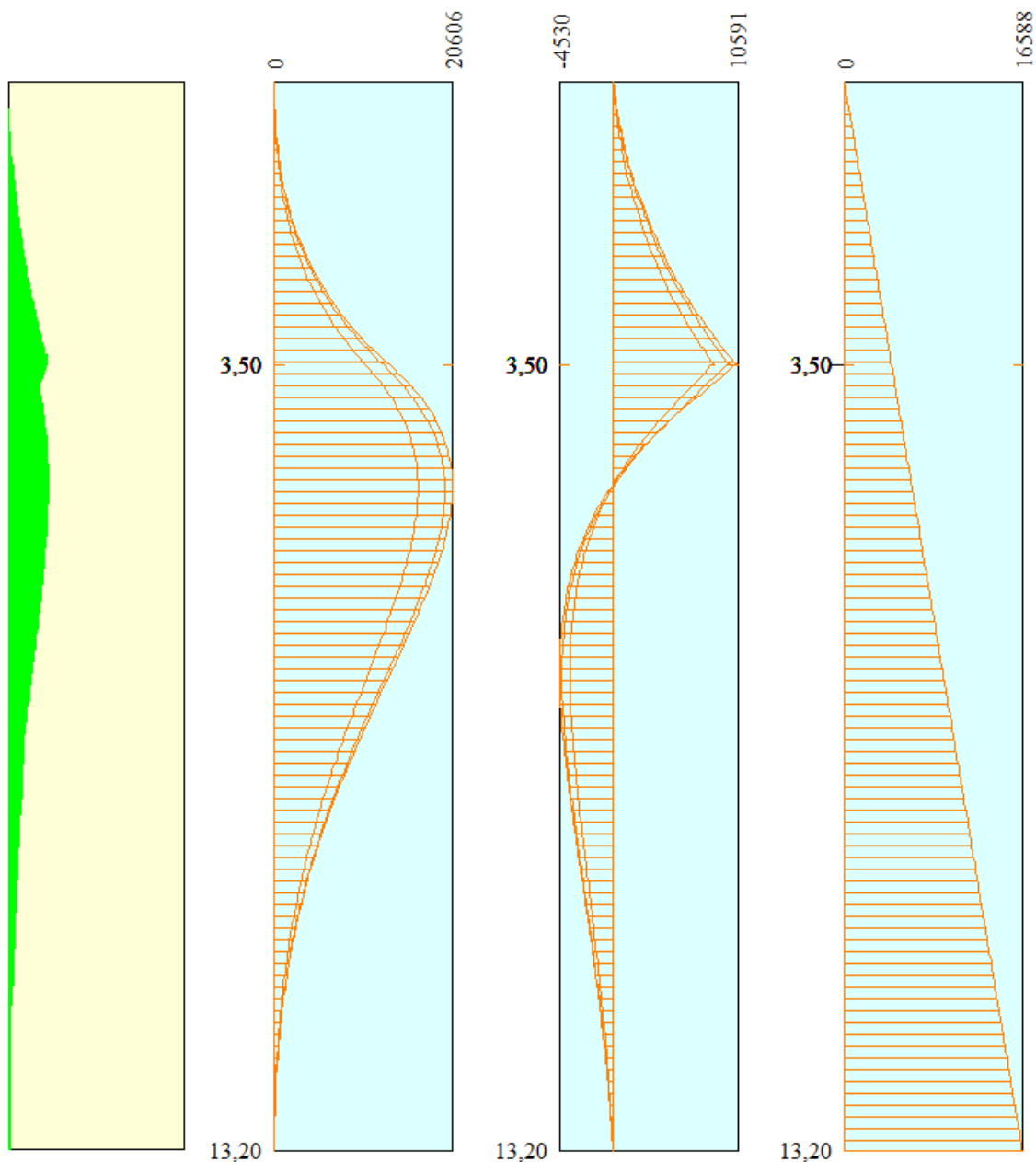
**Cordolo N° 1 (X=0,00 m) (Cordolo in c.a.)**

B=100,00 [cm]	H=120,00 [cm]		
A <sub>rv</sub> =15,27 [cmq]	A <sub>rh</sub> =10,18 [cmq]	Staffe φ14/20	Nbh=2 - Nbv=2
M <sub>h</sub> =9847 [kgm]	M <sub>rh</sub> =56369 [kgm]	FS=5.72	
T <sub>h</sub> =19695 [kg]	T <sub>rh</sub> =50960 [kg]	FS <sub>r</sub> =2.59	cotgθ <sub>h</sub> =1.00
M <sub>v</sub> =2535 [kgm]	M <sub>lv</sub> =68112 [kgm]	FS=26.87	
T <sub>v</sub> =3900 [kg]	T <sub>r</sub> =61803 [kg]	FS <sub>v</sub> =15.85	cotgθ <sub>v</sub> =1.00

**12.1 SINTESI DEI RISULTATI**

Si riportano di seguito una sintesi dei risultati, in forma grafica e tabellare, delle analisi condotte attraverso il modello di calcolo.

**DIAGRAMMI DELLE SOLLECITAZIONE DI FLESSIONE, TAGLIO, E SFORZO NORMALE – COMBINAZIONE INVILUPPO SLU**



Verifica armatura paratia (Inviluppo sezioni critiche)

*Verifica a flessione*

*Simbologia adottata*

- n° numero d'ordine della sezione
- Y ordinata della sezione rispetto alla testa espressa in [m]
- A<sub>r</sub> area di armatura del palo espressa in [cmq]
- M momento flettente agente sul palo espresso in [kgm]
- N sforzo normale agente sul palo espresso in [kg] (positivo di compressione)
- M<sub>u</sub> momento ultimo di riferimento espresso in [kgm]
- N<sub>u</sub> sforzo normale ultimo di riferimento espresso in [kg]
- Fs coefficiente di sicurezza (rapporto fra la sollecitazione ultima e la sollecitazione di esercizio)

n° - Tipo	Y [m]	A <sub>r</sub> [cmq]	M [kgm]	N [kg]	M <sub>u</sub> [kgm]	N <sub>u</sub> [kg]	FS
2 - SLU - STR	4,95	74,33	20600	6220	88583	26749	4.300

*Verifica a taglio*

*Simbologia adottata*

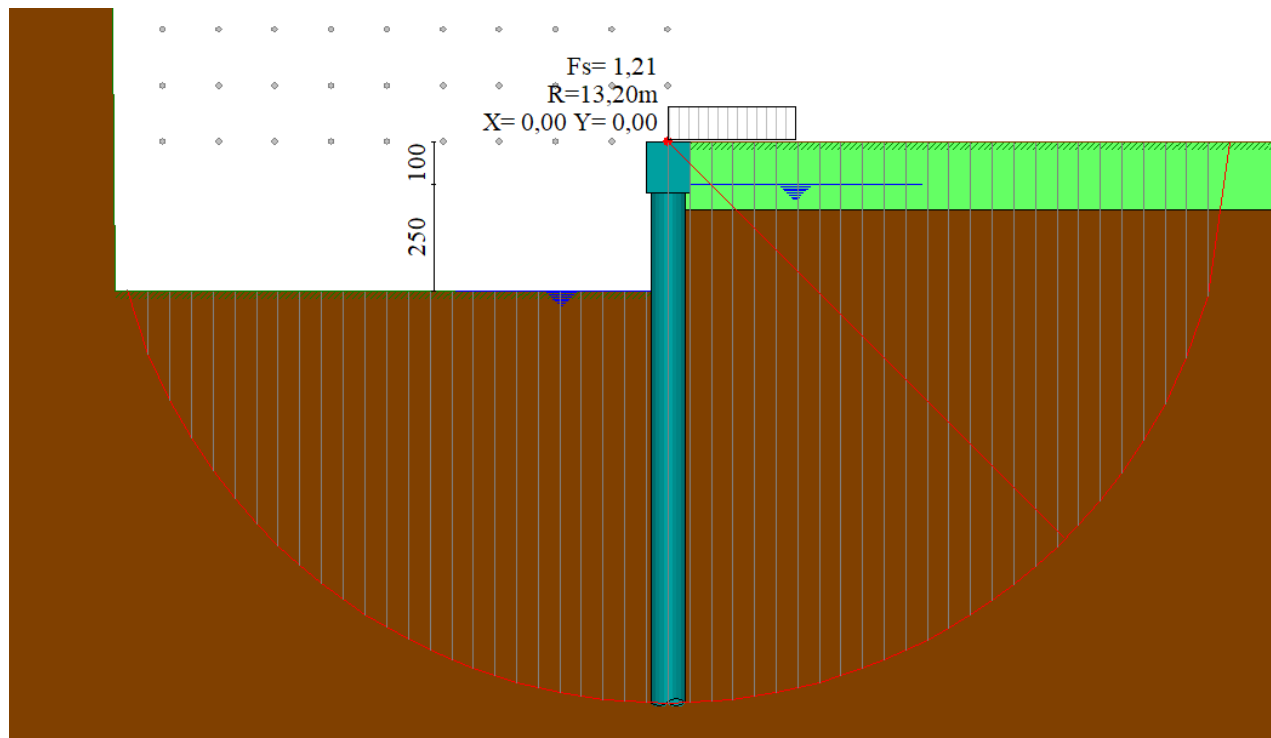
- n° numero d'ordine della sezione
- Tipo Tipo della Combinazione/Fase
- Y ordinata della sezione rispetto alla testa, espressa in [m]
- A<sub>sw</sub> area dell'armatura trasversale, espressa in [cmq]
- s interasse tra due armature trasversali consecutive, espressa in [cm]
- V<sub>Ed</sub> taglio agente sul palo, espresso in [kg]
- V<sub>Rd</sub> taglio resistente, espresso in [kg]
- FS coefficiente di sicurezza (rapporto tra V<sub>Rd</sub>/V<sub>Ed</sub>)
- cotgθ inclinazione delle bielle compresse, θ

La verifica a taglio del palo è stata eseguita considerando una sezione quadrata equivalente di lato B = 68,28 cm

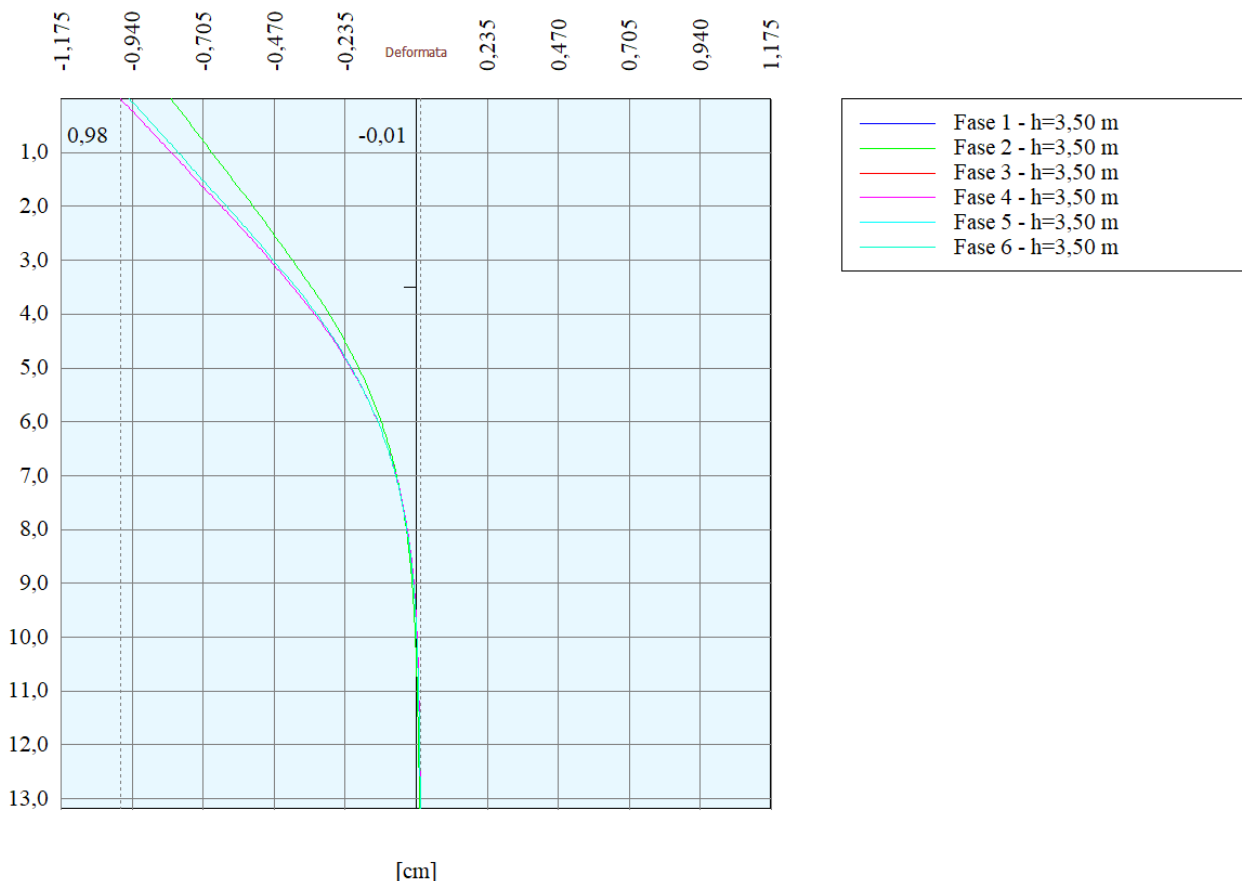
n° - Tipo	Y [m]	A <sub>sw</sub> [cmq]	s [cm]	V <sub>Ed</sub> [kg]	V <sub>Rd</sub> [kg]	FS	cotgθ
1 - SLU - STR	3,50	1,57	20,00	10591	45143	4.263	2,50

**Le verifiche sono soddisfatte.**

**DIAGRAMMA SUPERFICIE DI SCIVOLAMENTO CRITICA**



**DIAGRAMMA INVILUPPO DEFORMATA**



**Verifica a spostamento**

*Simbologia adottata*

n° Indice combinazione/Fase  
 Tipo Tipo combinazione/Fase  
 Ulim spostamento orizzontale limite, espresso in [cm]  
 U spostamento orizzontale calcolato, espresso in [cm] (positivo verso valle)

n°	Tipo	Ulim [cm]	U [cm]
1	ESE	6,6000	0,8122
2	ESE	6,6000	0,8123
1	SLU - STR	6,6000	0,9788
2	SLU - STR	6,6000	0,9788
1	SLU - GEO	6,6000	0,9494
2	SLU - GEO	6,6000	0,9494

**Verifica tensioni**

*Simbologia adottata*

n° numero d'ordine della sezione  
 Y ordinata della sezione rispetto alla testa espressa in [m]  
 Af area di armatura espressa in [cmq]  
 $\sigma_c$  tensione nel calcestruzzo espressa in [kg/cmq]  
 $\sigma_r$  tensione nell'acciaio espressa in [kg/cmq]

Af [cmq]	$\sigma_c$ [kg/cmq]	cmb	$\sigma_r$ [kg/cmq]	cmb
74,33	39,06	2	985,20	2

**Verifica fessurazione**

*Simbologia adottata*

Tipo Tipo della Combinazione/Fase  
 Oggetto Muro/Paratia  
 Y Ordinata sezione, espresso in [m]  
 M Momento agente, espresso in [kgm]  
 Mr Momento prima fessurazione, espresso in [kgm]  
 s Distanza media tra le fessure, espressa in [mm]  
 $\epsilon_{sm}$  Deformazione nelle fessure, espressa in [%]  
 Wlim Apertura limite fessure, espressa in [mm]  
 wk Ampiezza fessure, espressa in [mm]

Oggetto	n° - Tipo	Y [m]	M [kgm]	Mr [kgm]	s [mm]	$\epsilon_{sm}$ [%]	Wlim [mm]	wk [mm]
Paratia	2 - ESE	4,90	16547	14918	173,754	0,0281	0,300	0,083

**Le verifiche sono soddisfatte.**

**VERIFICA SEZIONE CORDOLI***Simbologia adottata*

$M_h$	momento flettente espresso in [kgm] nel piano orizzontale
$T_h$	taglio espresso in [kg] nel piano orizzontale
$M_v$	momento flettente espresso in [kgm] nel piano verticale
$T_v$	taglio espresso in [kg] nel piano verticale

**Cordolo N° 1 (X=0,00 m) (Cordolo in c.a.)**

$B=100,00$ [cm]	$H=120,00$ [cm]	Staffe $\phi 14/20$	$N_{bh}=2 - N_{bv}=2$
$A_{rh}=15,27$ [cmq]	$A_{rh}=10,18$ [cmq]	$FS=5.72$	
$M_h=9847$ [kgm]	$M_{rh}=56369$ [kgm]	$FS_r=2.59$	$ctg\theta_h=1.00$
$T_h=19695$ [kg]	$T_{rh}=50960$ [kg]	$FS=26.87$	
$M_v=2535$ [kgm]	$M_{lv}=68112$ [kgm]	$FS_{TV}=15.85$	$ctg\theta_v=1.00$
$T_v=3900$ [kg]	$T_r=61803$ [kg]		

**Le verifiche sono soddisfatte.**



### 13 TAPPO DI FONDO IN JET GROUTING

Il tappo di fondo sarà realizzato con l'esecuzione di platea in jet grouting di spessori variabili nelle diverse zone strutturali, come riportato nelle tavole specifiche.

Le colonne di Jet grouting saranno realizzate in modo da ottenere un'ideale sovrapposizione con garanzia di impermeabilità.

Le colonne saranno tutte di diametro 1200 mm. Con compenetrazione di 200 mm in direzione longitudinale e mm 330 trasversalmente come meglio individuato nelle tavole.

Nella zona del sottovia ferroviario, il tappo di fondo avrà uno spessore di m.3.00 e sarà realizzato a 255.78 mslm; i setti di impermeabilizzazione jet-grouting hanno uno spessore di 240cm.

Nella zona della fossa di varo e sottovia in opera, il tappo di fondo avrà uno spessore di m.3.00 e sarà realizzato a 246.53 mslm; i diaframmi di compartizione jet-grouting hanno uno spessore di 180cm.

Proseguendo a est ed ovest con lo sviluppo delle rampe, il tappo di fondo avrà uno spessore di m.2.00; i diaframmi di compartizione jet-grouting hanno uno spessore di 180cm.

Parte del setto trasversale sarà demolito per la costruzione delle successive opere, fondazione ed elevazione dei muri.

Di seguito si riportano le verifiche effettuate.

**ZONA SOTTOVIA**

DATI TERRENO E JG		PARAMETRI DI SPINTA		USARE
$\phi^\circ$	25			
$\phi_d$	20,46	Ko spinta attiva	0,650	1
$\gamma$ terreno [t/mc]	1,80	Ka spinta attiva	0,482	0
$\gamma$ jg [t/mc]	2,00	K usato	0,650	
$\gamma_m$ coeff.	1,25	$\mu_a$ attrito lat su tappo	0,462	
DIMENSIONI TAPPO				
B jg [m]	13			
H jg [m]	3			
QUOTE DI CALCOLO [m]		PRESSIONE LAT TAPPO		
Q1 piano campagna	264,63	$p' h_1$ [t/mq] estradosso	5,58	
Q2 falda	263,13	$p' h_2$ [t/mq] fondo tappo	7,14	
Q3 estradosso jg	255,78	R'p [t/m] risultante	19,1	
Q4 fondo jg	252,78			
Q5 fondo scavo	255,78			
$\Delta h$ battente idraulico [m]	10,35			
$p_w$ sottospinta [t/mq]	10,35			
$U_w$ [t/m]	134,55			
EQUILIBRIO TAPPO		VERIFICA		
$U_{wd}$ ( $F_s=1,1$ )	148,0	$V_{res\_d}$	176,2	
$G_{jg\_d}$ ( $F_s=0,9$ )	70,2	$V_{inst\_d}$	148,0	
Sovracc su tappo	0,0			
$Al\_d$ (2Rp) ( $F_s_{1,25}$ su $TAN(\phi)$ )	14,2	FS	1,19	
peso monolite	91,8			

**ZONA FOSSA VARO**

DATI TERRENO E JG		PARAMETRI DI SPINTA		USARE
$\emptyset^\circ$	25			
$\emptyset d$	20,46	Ko spinta attiva	0,650	1
$\gamma$ terreno [t/mc]	1,80	Ka spinta attiva	0,482	0
$\gamma$ jg [t/mc]	2,00	K usato	0,650	
$\gamma m$ coeff.	1,25	$\mu a$ attrito lat su tappo	0,462	

## DIMENSIONI TAPPO

B jg [m]	16
H jg [m]	3

## QUOTE DI CALCOLO [m]

Q1 piano campagna	263,3
Q2 falda	263,13
Q3 estradosso jg	246,55
Q4 fondo jg	243,55
Q5 fondo scavo	255,8

## PRESSIONE LAT TAPPO

$p' h1$ [t/mq] estradosso	8,83
$p' h2$ [t/mq] fondo tappo	10,39
R'p [t/m] risultante	28,8

$\Delta h$ battente idraulico [m]	19,58
$p_w$ sottospinta [t/mq]	19,58
$U_w$ [t/m]	313,28

## EQUILIBRIO TAPPO

$U_{wd}$ ( $F_s=1,1$ )	344,6
$G_{jg\_d}$ ( $F_s=0,9$ )	86,4
Sovracc su tappo	266,4
$Al\_d$ (2Rp) ( $F_s_{1,25}$ su TAN( $\emptyset$ ))	21,5

## VERIFICA

$V_{res\_d}$	374,3
$V_{inst\_d}$	344,6
FS	1,09

**ZONA PALI Ø1000**

DATI TERRENO E JG		PARAMETRI DI SPINTA		USARE
Ø°	25			
Ød	20,46	Ko spinta attiva	0,650	1
γ terreno [t/mc]	1,80	Ka spinta attiva	0,482	0
γ jg [t/mc]	2,00	K usato	0,650	
γm coeff.	1,25	μa attrito lat su tappo	0,462	
DIMENSIONI TAPPO				
B jg [m]	13			
H jg [m]	2			
QUOTE DI CALCOLO [m]		PRESSIONE LAT TAPPO		
Q1 piano campagna	263,3	p' h1 [t/mq] estradosso	7,27	
Q2 falda	263,13	p' h2 [t/mq] fondo tappo	8,31	
Q3 estradosso jg	249,55	R'p [t/m] risultante	15,6	
Q4 fondo jg	247,55			
Q5 fondo scavo	257,3			
Δh battente idraulico [m]	15,58			
pw sottospinta [t/mq]	15,58			
Uw [t/m]	202,54			
EQUILIBRIO TAPPO		VERIFICA		
Uwd (Fs=1,1)	222,8	Vres_d	239,8	
Gjg_d (Fs=0,9)	46,8	Vinst_d	222,8	
Sovracc su tappo	181,4			
Al_d (2Rp) (Fs_1,25 su TAN(Ø))	11,6	FS	1,08	

**ZONA PALI Ø800**

DATI TERRENO E JG		PARAMETRI DI SPINTA		USARE
Ø°	25			
Ød	20,46	Ko spinta attiva	0,650	1
γ terreno [t/mc]	1,80	Ka spinta attiva	0,482	0
γ jg [t/mc]	2,00	K usato	0,650	
γm coeff.	1,25	μa attrito lat su tappo	0,462	

## DIMENSIONI TAPPO

B jg [m]	12
H jg [m]	2

## QUOTE DI CALCOLO [m]

Q1 piano campagna	263,3
Q2 falda	263,13
Q3 estradosso jg	251,65
Q4 fondo jg	249,65
Q5 fondo scavo	259,6

## PRESSIONE LAT TAPPO

p' h1 [t/mq] estradosso	6,17
p' h2 [t/mq] fondo tappo	7,21
R'p [t/m] risultante	13,4

Δh battente idraulico [m]	13,48
pw sottospinta [t/mq]	13,48
Uw [t/m]	161,76

## EQUILIBRIO TAPPO

Uwd (Fs=1,1)	177,9
Gjg_d (Fs=0,9)	43,2
Sovracc su tappo	171,7
Al_d (2Rp) (Fs_1,25 su TAN(Ø))	10,0

## VERIFICA

Vres_d	224,9
Vinst_d	177,9
FS	1,26