

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



CUP: J54F18000010009

U.O. INFRASTRUTTURE NORD

PROGETTO DEFINITIVO

ELETTRIFICAZIONE E POTENZIAMENTO LINEA BARLETTA - CANOSA DI PUGLIA

FERMATA OSPEDALE

OPERE CIVILI

Relazione di calcolo opere provvisionali

SCALA:

-

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

IA6D 01 D 26 CL MU0000 002 A

| Rev. | Descrizione | Redatto | Data | Verificato | Data | Approvato | Data | Autorizzato Data |
|------|---------------------|-------------------------------------------------|----------|---------------|----------|-------------|----------|-----------------------|
| A | Emissione Esecutiva | ATI Sintagma - Ambiente MPA - Tunnel Consult | Lug-2020 | M. Salepolini | Lug-2020 | T. Paoletti | Lug-2020 | A. Perego Lug-2020 |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |



File: IA6D01D26CLMU0100002A

n. Elab.:

1. PREMESSA

Nella presente relazione si riporta il dimensionamento e la verifica delle paratie provvisionali a protezione del binario esistente, necessaria per lo scavo della fondazione del fabbricato di stazione.

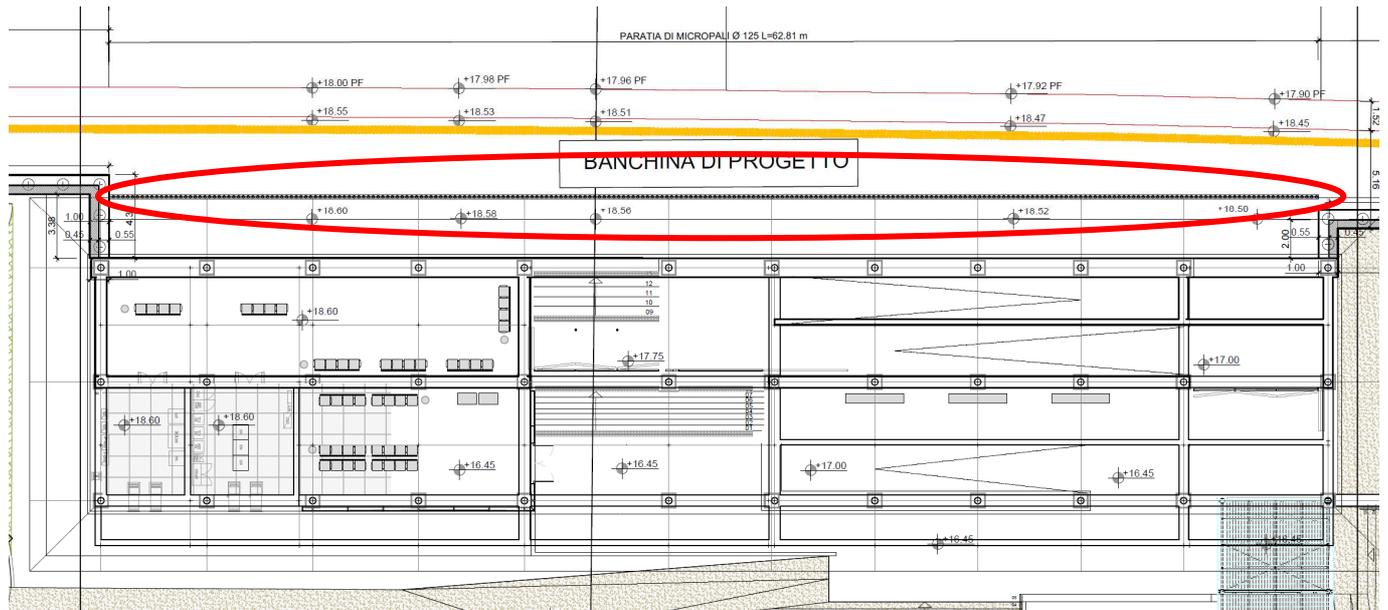


Figura 1-1 – Collocazione planimetrica della paratia di micropali

La paratia, che si sviluppa per una lunghezza di circa 63m, è costituita da micropali $\Phi 125$ posti ad interasse di 25 cm ed armati con tubolare $\Phi 101.6$, spessore 8 mm e lunghezza di 6 m, si veda il dettaglio nella seguente Figura 1-3.

Il cordolo in testa al micropalo ha dimensioni 20 cm x 20 cm.

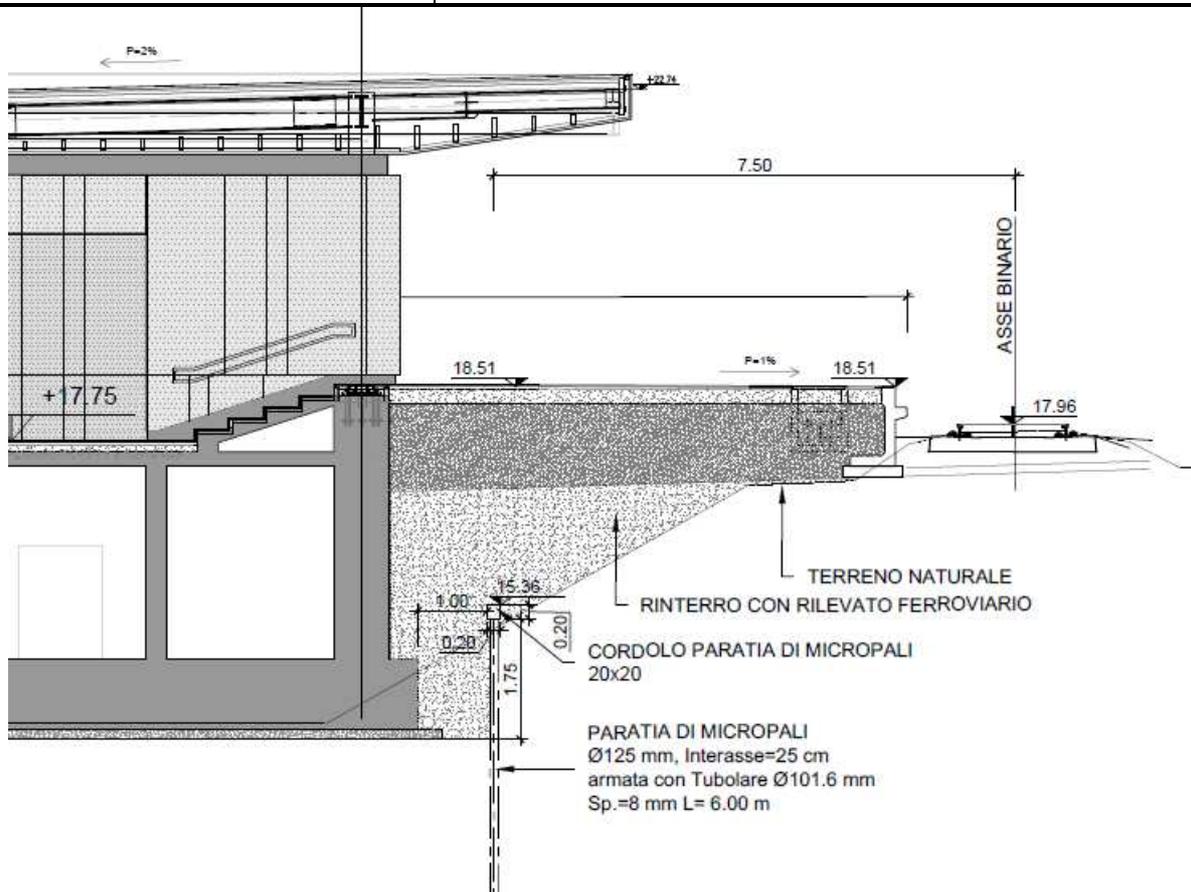


Figura 1-2 – Sezione della paratia di micropali

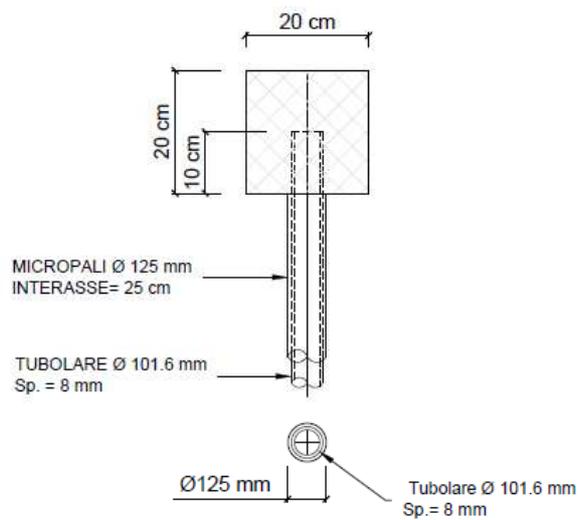


Figura 1-3 – Dettaglio del micropalo.

2. UNITÀ DI MISURA E SIMBOLOGIA

Si utilizza il Sistema Internazionale (SI):

unità di misura principali

| | |
|-----------------------|--------------------|
| N (Newton) | unità di forza |
| m (metro) | unità di lunghezza |
| kg (kilogrammo-massa) | unità di massa |
| s (secondo) | unità di tempo |

unità di misura derivate **kN**

| | |
|-------------------------------------|----------------------------------|
| (kiloNewton) | 10 ³ N |
| MN (megaNewton) | 10 ⁶ N |
| kgf (kilogrammo-forza) | 1 kgf = 9.81 N |
| cm (centimetro) | 10 ⁻² m |
| mm (millimetro) | 10 ⁻³ m |
| Pa (Pascal) | 1 N/m ² |
| kPa (kiloPascal) | 10 ³ N/m ² |
| MPa (megaPascal) | 10 ⁶ N/m ² |
| N/m ³ | (peso specifico) |
| g (accelerazione di gravità) | ~9.81 m/s ² |

corrispondenze notevoli

$$1 \text{ MPa} = 1 \text{ N/mm}^2$$

$$1 \text{ MPa} \sim 10 \text{ kgf/cm}^2$$

Si utilizzano i seguenti principali simboli con le relative unità di misura normalmente adottate:

| | | |
|------------------|---------------------------|----------------------|
| γ (gamma) | peso dell'unità di volume | (kN/m ³) |
| σ (sigma) | tensione normale | (N/mm ²) |

Relazione di calcolo Opere Provvisionali

| COMMESSA | LOTTO | FASE-ENTE | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|-------|-----------|-------------|------|---------|
| IA6D | 01 | D 26 | CLMU0100002 | A | 5 di 26 |

| | | | |
|-------------------------|----------------------|------------------------|---|
| τ (tau) | tensione tangenziale | (N / mm ²) | |
| ε (epsilon) | deformazione | (m/m) | - |
| ϕ (fi) | angolo di resistenza | (° sessagesimali) | |

3. *NORMATIVA DI RIFERIMENTO*

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

I principali riferimenti normativi sono i seguenti:

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

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

Regolamento (UE) N.1299/2014 del 18 novembre 2014 della Commissione Europea. Relativo alle specifiche tecniche di interoperabilità per il sottosistema "infrastruttura" del sistema ferroviario dell'Unione Europea, **modificato dal Regolamento di esecuzione (UE) N° 2019/776 della Commissione del 16 maggio 2019**

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

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

4. CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

Strutture di sostegno provvisionali

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

| Acciaio per tubi e profilati | |
|-------------------------------------|--------------------------------------|
| Tipo | S 275 JR |
| Tensione di rottura caratteristica | $f_{tk} \geq 430 \text{ MPa}$ |
| Tensione di snervamento di calcolo | cfr. 4.2.4 a 4.2.8 del D.M. 17/01/18 |

5. INQUADRAMENTO GEOTECNICO

Per l'inquadrimento Geotecnico dell'opera si considera come terreno di fondazione l'unità geotecnica U1, caratterizzato dai seguenti parametri geotecnici:

Unità U1

| | |
|------------------------------|-------------------------------------------|
| $\gamma = 18 \text{ kN/m}^3$ | peso di volume |
| $c' = 6 \text{ kPa}$ | coesione drenata |
| $\phi' = 29^\circ$ | angolo di resistenza al taglio |
| $E_{op} = 15 \text{ MPa}$ | modulo di deformazione elastico operativo |

La falda è posta ad una profondità superiore a 14.0 metri dal piano campagna.

Per le caratteristiche del rilevato ferroviario, si assumono i seguenti parametri:

| | |
|------------------------------|--------------------------------|
| $\gamma = 20 \text{ kN/m}^3$ | peso di volume |
| $c' = 0 \text{ kPa}$ | coesione drenata |
| $\phi' = 38^\circ$ | angolo di resistenza al taglio |

| | | | | | | |
|----------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|-------------|-------------------|--------------------------|-----------|
|  | PROGETTO DEFINITIVO ELETTRIFICAZIONE E POTENZIAMENTO LINEA BARLETTA – CANOSA FERMATA OSPEDALE | | | | | |
| | Relazione di calcolo Opere Provvisionali | COMMESSA IA6D | LOTTO 01 | FASE-ENTE D 26 | DOCUMENTO CLMU0100002 | REV. A |

6. CRITERI DI VERIFICA PARATIE

6.1 Verifiche geotecniche SLU in condizioni statiche

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

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

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

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

Il dimensionamento geotecnico dell'opera è stato condotto con la verifica di stati limite ultimi GEO, applicando la Combinazione 2 (A2+M2+R1); per le verifiche di stati limite ultimi STR l'analisi è stata invece condotta con la combinazione 1 (A1+M1+R1).

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

6.2 Verifiche geotecniche SLV (condizioni sismiche)

Le verifiche in condizioni sismiche non sono state condotte poiché si tratta di un'opera provvisoria, con vita nominale di progetto inferiore a 2 anni.

6.3 Verifiche geotecniche SLE

Per ciascun stato limite di esercizio deve essere rispettata la condizione [6.2.7] delle NTC 2018:

$$E_d \leq C_d$$

essendo E_d e C_d rispettivamente il valore di progetto dell'effetto delle azioni e il prescritto valore limite dell'effetto delle azioni (spostamenti, rotazioni, distorsioni, ecc.).

In particolare, dovranno essere valutati gli spostamenti delle opere di sostegno e del terreno circostante per verificarne la compatibilità con la funzionalità delle opere stesse e con la sicurezza e funzionalità dei manufatti adiacenti, anche a seguito di modifiche indotte sul regime delle pressioni interstiziali.

7. ANALISI DEI CARICHI

Nel seguente paragrafo si descrivono i carichi elementari che agiscono sulla struttura in oggetto. Tali azioni sono definite secondo le normative e sono utilizzate per la generazione delle combinazioni di carico nell'ambito delle verifiche di resistenza, in esercizio ed in presenza dell'evento sismico.

Tutti i carichi elementari si riferiscono all'unità di sviluppo dell'opera, pertanto sono tutti definiti rispetto all'unità di lunghezza.

7.1 Carichi permanenti

7.1.1 Spinta del terreno

Nel modello di calcolo impiegato dal software di calcolo Paratie, la spinta del terreno viene determinata investigando l'interazione statica tra il terreno e la struttura deformabile, a partire da uno stato di spinta a riposo del terreno sulla paratia.

I parametri che identificano il tipo di legge costitutiva possono essere distinti in due sottoclassi: parametri di spinta e parametri di deformabilità del terreno.

I parametri di spinta sono il coefficiente di spinta a riposo K_0 , il coefficiente di spinta attiva K_a e il coefficiente di spinta passiva K_p .

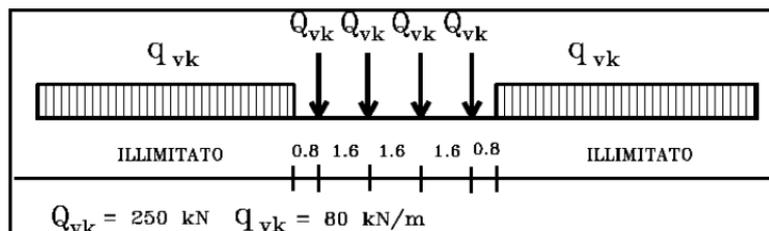
7.1.2 Sovraccarico permanente

È stato considerato un carico permanente dovuto alla sovrastruttura ferroviaria pari a 14.4 kN/m^2 ($=18 \text{ kN/m}^2 \cdot 0.8 \text{ m}$) agente su una striscia di 5.3 m.

7.2 Carichi accidentali

7.2.1 Sovraccarico ferroviario

Il modello di carico LM71 è caratterizzato da 4 carichi assiali da 250 kN ad interasse di 1.60 m e un carico distribuito pari a 80 kN/m a partire da 0.80 m dagli assi d'estremità, per una lunghezza illimitata.



Relazione di calcolo Opere Provvisionali

| COMMESSA | LOTTO | FASE-ENTE | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|-------|-----------|-------------|------|----------|
| IA6D | 01 | D 26 | CLMU0100002 | A | 11 di 26 |

In direzione longitudinale la ripartizione del carico è pari alla lunghezza di applicazione dei carichi concentrati più la larghezza dovuta alla diffusione del carico all'interno del ballast: $4 \cdot 1.6 + 2 \cdot 0.4/4 = 6.6$ m.

In direzione trasversale la ripartizione del carico è pari alla larghezza della traversa più la larghezza dovuta alla diffusione del carico all'interno del ballast: $2.4 + 2 \cdot 0.4/4 = 2.6$ m.

Il carico verticale equivalente a metro quadrato agente risulta pari a:

$4 \cdot 250 / (6.6 \cdot 2.6) = 58.2$ kN/m², che moltiplicato per il relativo coefficiente α si ha:

$58.2 \cdot 1.1 = 64.1$ kN/m².

Il modello di carico SW2 è caratterizzato da un carico distribuito di 150 kN/m.

Tale sovraccarico è stato ripartito al livello del piano di regolamento considerando una larghezza di ripartizione pari alla larghezza della traversa più la larghezza dovuta alla diffusione del carico all'interno del ballast:

$150 / (2.4 + 2 \cdot 0.4/4) = 57.7$ kN/m², che moltiplicato per il relativo coefficiente α si ha:

$57.7 \cdot 1 = 57.7$ kN/m².

Ai fini delle verifiche del carico equivalente si considera, a favore di sicurezza, il carico equivalente LM71 pari a 58.2 kN/m² rispetto al carico SW2 pari a 57.7 kN/m².

8. COMBINAZIONI DI CARICO

Le combinazioni di carico prese in considerazione nelle verifiche sono state definite in base a quanto prescritto dalle NTC-2018 al par.2.5.3:

- Combinazione fondamentale, generalmente impiegata per gli stati limite ultimi (SLU):

$$\gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{G2} \cdot G_2 + \gamma_P \cdot P + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \gamma_{Q2} \cdot \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \gamma_{Q3} \cdot \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots \quad [2.5.1]$$

- Combinazione caratteristica, cosiddetta rara, generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) irreversibili:

$$G_1 + G_2 + P + Q_{k1} + \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots \quad [2.5.2]$$

- Combinazione frequente, generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio reversibili:

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{11} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots \quad [2.5.3]$$

- Combinazione quasi permanente (SLE), generalmente impiegata per gli effetti a lungo termine:

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots \quad [2.5.4]$$

- Combinazione sismica, impiegata per gli stati limite ultimi e di esercizio connessi all'azione sismica E:

$$E + G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \dots \quad [2.5.5]$$

- Combinazione eccezionale, impiegata per gli stati limite ultimi connessi alle azioni eccezionali A:

$$G_1 + G_2 + P + A_d + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \dots \quad [2.5.6]$$

Gli effetti dell'azione sismica saranno valutati tenendo conto delle masse associate ai seguenti carichi gravitazionali:

$$G_1 + G_2 + \sum_j \psi_{2j} Q_{kj} \quad [2.5.7]$$

Per le verifiche si deve tenere conto dei coefficienti parziali per le azioni, per i parametri geotecnici e per le resistenze.

| | Effetto | Coefficiente Parziale γ_F (o γ_E) | EQU | (A1) | (A2) |
|--------------------------------|-------------|-----------------------------------------------------|-----|------|------|
| Carichi permanenti G_1 | Favorevole | γ_{G1} | 0,9 | 1,0 | 1,0 |
| | Sfavorevole | | 1,1 | 1,3 | 1,0 |
| Carichi permanenti $G_2^{(1)}$ | Favorevole | γ_{G2} | 0,8 | 0,8 | 0,8 |
| | Sfavorevole | | 1,5 | 1,5 | 1,3 |
| Azioni variabili Q | Favorevole | γ_{Q1} | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| | Sfavorevole | | 1,5 | 1,5 | 1,3 |

⁽¹⁾ Per i carichi permanenti G_2 si applica quanto indicato alla Tabella 2.6.I. Per la spinta delle terre si fa riferimento ai coefficienti γ_{G1}

Tabella 8-1 - Coefficienti parziali di sicurezza per le combinazioni di carico agli SLU.

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

Tabella 8-2 - Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno.



PROGETTO DEFINITIVO
ELETTRIFICAZIONE E POTENZIAMENTO LINEA BARLETTA – CANOSA
FERMATA OSPEDALE

Relazione di calcolo Opere Provvisionali

| COMMESSA | LOTTO | FASE-ENTE | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|-------|-----------|-------------|------|----------|
| IA6D | 01 | D 26 | CLMU0100002 | A | 13 di 26 |

Le combinazioni sismiche sono effettuate ponendo pari all'unità i coefficienti parziali sulle azioni e sui parametri geotecnici e impiegando le resistenze di progetto con gli opportuni coefficienti parziali γ_R .

9. PROGETTO E VERIFICA DELLE OPERE PROVVISIONALI

La paratia di micropali è costituita da pali $\Phi 125$ posti ad interasse di 25 cm ed armati con tubolare $\Phi 101.6$, spessore 8 mm, di lunghezza massima di 6 m e altezza di scavo pari a 1.75 m, con distanza minima tra l'asse della linea ferroviaria in esercizio e l'asse della paratia pari a 5.00 m.

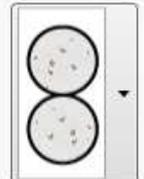
L'altezza del cordolo è pari a 20 cm.

9.1 Dati di input

Di seguito le caratteristiche della sezione di calcolo.

Diaframma o Pali

Calcestruzzo



Materiale: C25/30

Spessore: Ct = 0.6 m

Diametro: Cd = 0.125 m

Passo: Cs = 0.25 m

Efficacia del calcestruzzo per il calcolo della rigidità [0-1]: ac = 1

Acciaio



Materiale: S275

Profilo: CHS101.6*8

Passo: Ss = 0.25 m

Diametro: Sod = 0.1016 m

Spessore: Sot = 0.008 m

| | |
|-------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------|
| Tipologia struttura di sostegno | micropali $\phi 125$ ad interasse 0.25 m |
| Altezza totale paratia | $H_{tot} = 6.10$ (6 m + $h_{cordolo}/2$) m |
| Altezza di scavo (da estradosso cordolo) | $H = 1.75$ m |
| Altezza di scavo di calcolo (DM 2018 § 6.5.2.2) (da estradosso cordolo) | $H_1 = H + \min [0.5; 10\% \Delta t] = 2.25$ m |
| Inclinazione del piano campagna a monte | 0° |
| Inclinazione del piano campagna a valle | 0° |
| Carichi permanenti a monte | $g = 14.4$ kPa |
| Carichi accidentali a monte | $g = 58.2$ kPa |

Al fine di rispettare le richieste della Normativa in merito al modello geometrico di riferimento (cfr. §6.5.2.2 D.M. 17/07/2018) nel caso di opere in cui la funzione di sostegno è affidata alla resistenza del volume di terreno a valle dell'opera, la quota di valle deve essere diminuita della quantità prevista, per opere vincolate:

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

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

Essendo l'opera priva di vincoli si è incrementata la quota di fondo scavo di 0.5 m, ottenendo un'altezza di 2.25 m.

9.2 Fasi di calcolo

Nel programma di calcolo Paratie Plus sono state implementate le seguenti fasi di calcolo:

- 1) Applicazione del sovraccarico permanente e variabile già esistenti;
- 2) Realizzazione della paratia;
- 3) Scavo fino a quota di progetto.

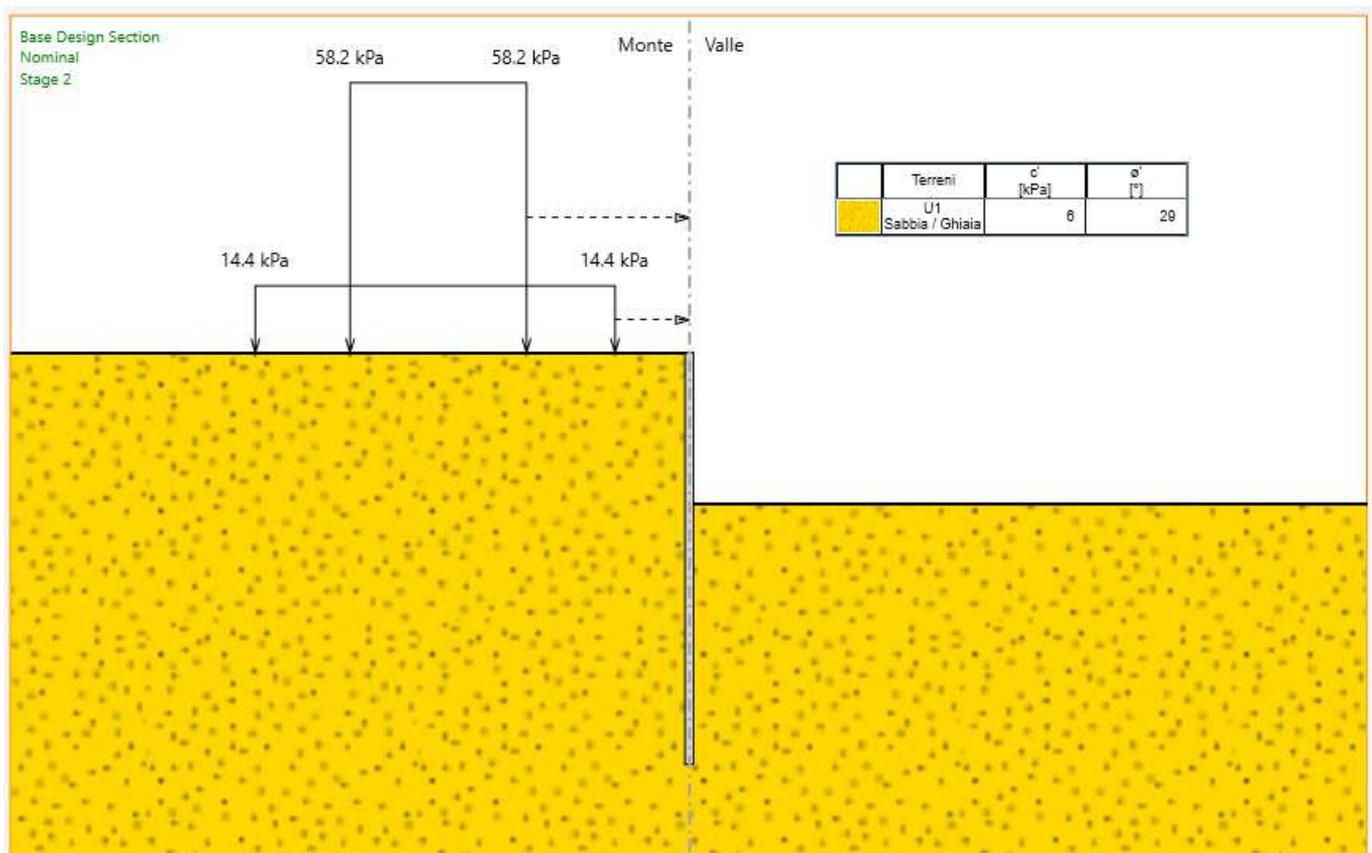


Figura 9-1 – Schema di calcolo paratia.

9.3 Risultati delle analisi e verifiche

A seguire si riportano i diagrammi delle sollecitazioni agli stati limite ultimi statici e sismici e la verifica del tubolare di acciaio.

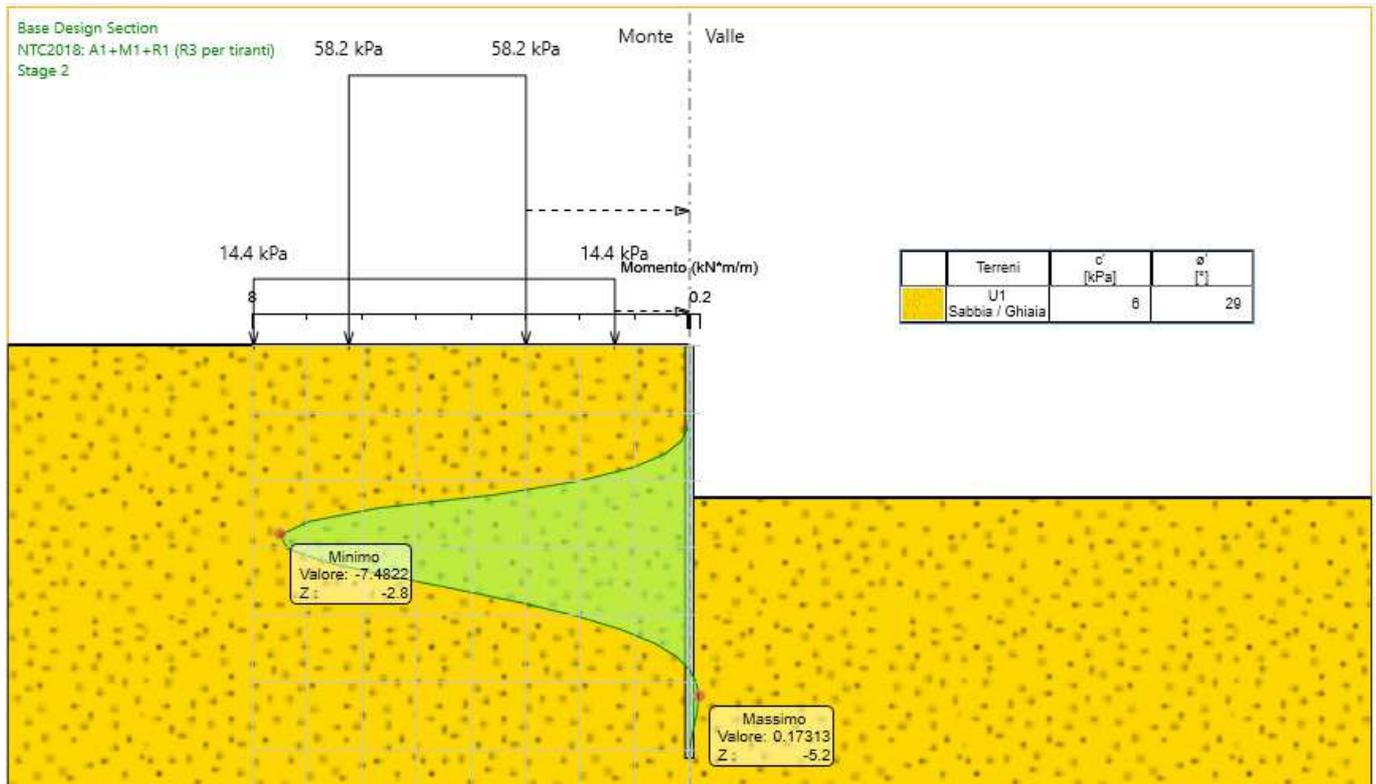


Figura 9-2 : Momento SLU .

| COMMESSA | LOTTO | FASE-ENTE | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|-------|-----------|-------------|------|----------|
| IA6D | 01 | D 26 | CLMU0100002 | A | 17 di 26 |

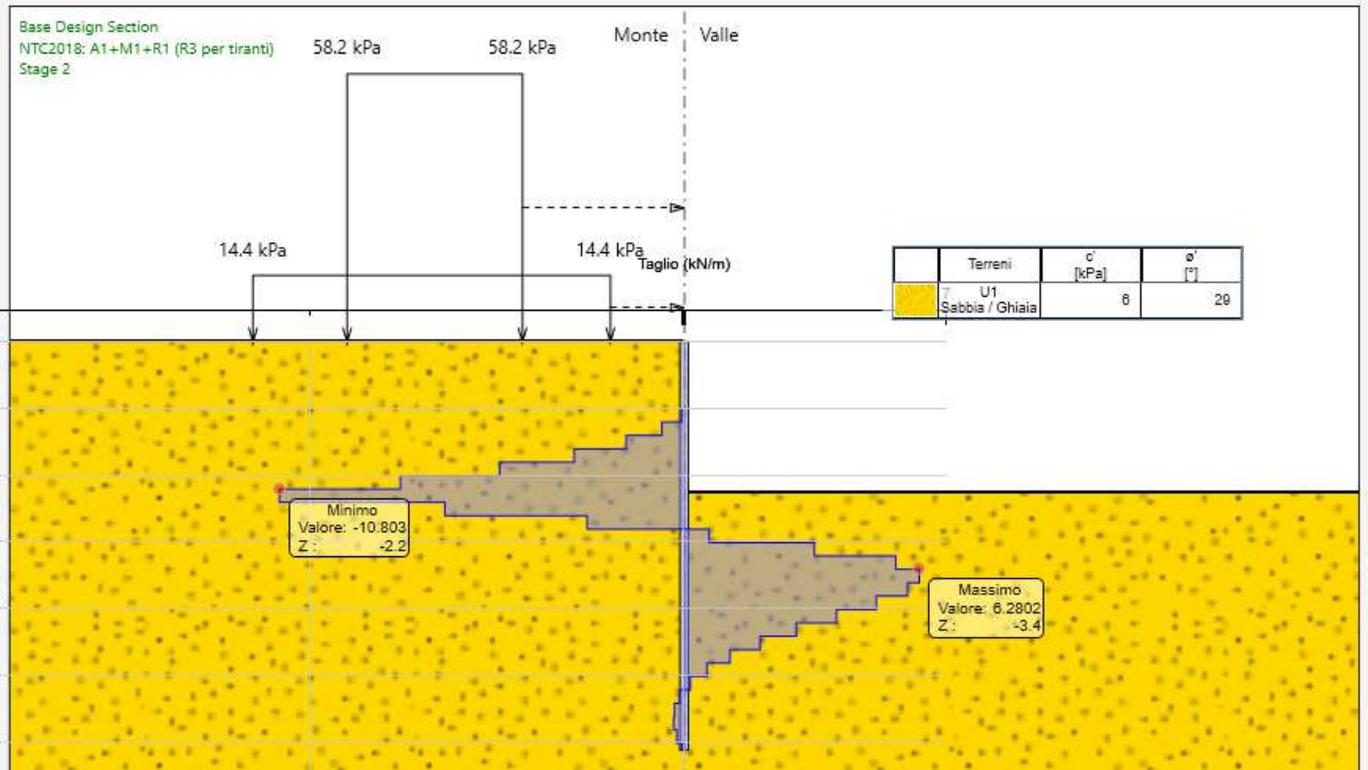


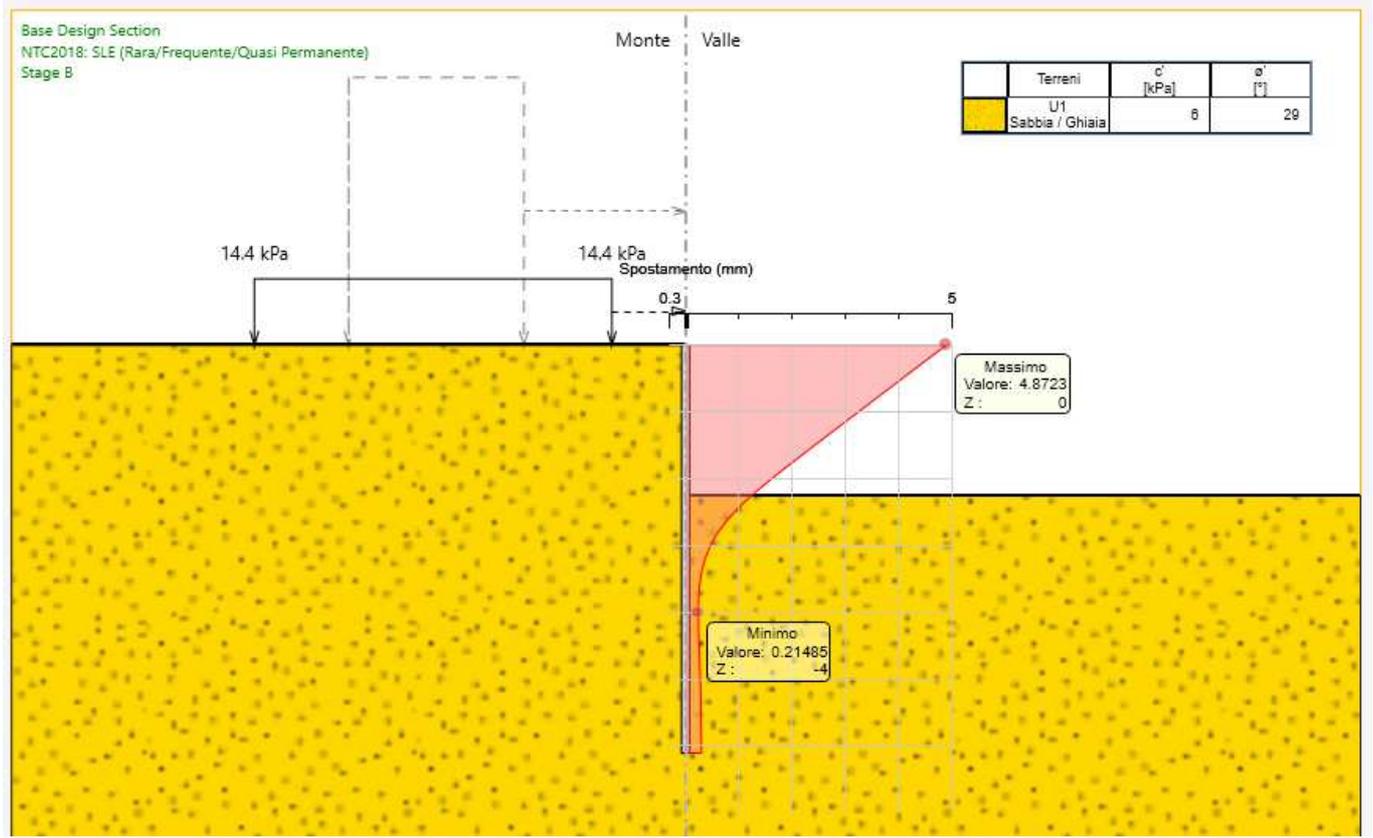
Figura 9-3 – : Taglio SLU.

Relazione di calcolo Opere Provvisionali

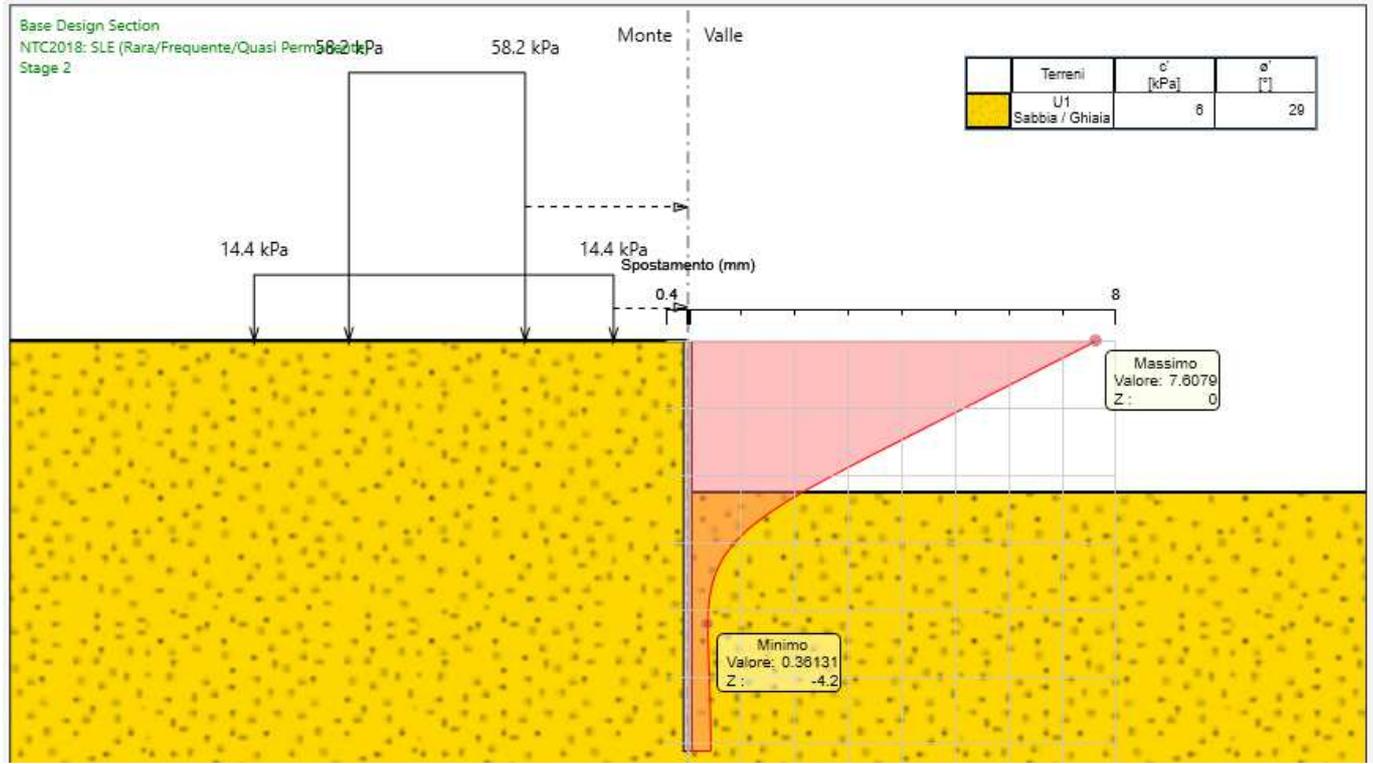
| COMMESSA | LOTTO | FASE-ENTE | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|-------|-----------|-------------|------|----------|
| IA6D | 01 | D 26 | CLMU0100002 | A | 18 di 26 |

Spostamento massimo in testa

In assenza del treno



In presenza del treno



Lo spostamento massimo in testa al palo in assenza e in presenza del passaggio del treno è pari rispettivamente a 4.87 e 7.60 mm.

La differenza tra i due è pari a 2.73 mm, che rientra nei limiti progettuali stabiliti, secondo cui il massimo spostamento permanente che l'opera può tollerare è pari al 5‰ dell'altezza complessiva della paratia:

$$u_s = 5‰ \cdot 6 = 0.03 \text{ m} = 30 \text{ mm}$$

| combinazione | fase | Sollecitazioni a metro lineare | | | Sollecitazioni sul singolo micropalo | |
|--------------|------|--------------------------------|---------------|--------|--------------------------------------|------|
| | | M_{max} | $z (M_{max})$ | V | M | V |
| (-) | (-) | (kNm/m) | (m) | (kN/m) | (kNm) | (kN) |
| SLU-STR | 3 | 7.49 | 2.8 | 10.8 | 1.87 | 2.7 |

Figura 9-4: Riepilogo sollecitazioni.

| | | |
|---------------------------|---|-------------|
| Diametro esterno nominale | D | 101.60 [mm] |
| Spessore nominale | T | 8.00 [mm] |
| Diametro interno nominale | d | 85.60 [mm] |

CARATTERISTICHE MECCANICHE

| | | |
|------------------------------------------------------|-------------|-------------------------|
| Area della sezione trasversale | A | 23.5 [cm ²] |
| Momento d'inerzia | I | 260 [cm ⁴] |
| Raggio d'inerzia | i | 3.32 [cm] |
| Modulo di resistenza elastico | $W_{el,yy}$ | 51 [cm ³] |
| Modulo di resistenza plastico attorno all'asse forte | $W_{pl,yy}$ | 70 [cm ³] |
| Momento d'inerzia torsionale | I_t | 519 [cm ⁴] |
| Modulo di torsione | C_t | 102 [cm ³] |

CLASSIFICAZIONE DELLA SEZIONE

| | | |
|------------------------------------|-----------------|-------------|
| Valore di snervamento dell'acciaio | f_y | 275 [MPa] |
| Coefficiente ϵ | ϵ | 0.92 [-] |
| Classificazione | | |
| Diametro | d | 101.60 [mm] |
| Spessore | t | 8.00 [mm] |
| Rapporto tra diametro e spessore | d/t | 12.70 [-] |
| Classificazione della sezione | CLASSE 1 | |

VERIFICHE DI RESISTENZA per sezioni di classe 1,2

$$\gamma_{M0} = 1.05$$

$$\gamma_{M1} = 1.1$$

| | | | |
|----------------------------|------------|-------------|-----|
| Sollecitazioni di progetto | $N_{ed} =$ | 0 | KN |
| | $M_{ed} =$ | 1.87 | KNm |
| | $V_{ed} =$ | 2.7 | KN |

| | | | |
|-----------------------|--------------|--------|-----|
| Resistenze di calcolo | $N_{c,rd} =$ | 616.11 | KN |
| | $M_{c,rd} =$ | 18.40 | KNm |
| | $V_{c,rd} =$ | 226.45 | KN |

Condizione
 $V_{ed} \leq 0.5 \cdot V_{c,rd}$ SI \Rightarrow taglio non influenza la resistenza a flessione
 \Rightarrow $\rho = (2V_{cd}/V_{c,rd}-1)^2 =$ 0

Compressione $N_{ed}/N_{c,rd} =$ **0** ≤ 1

Flessione $M_{ed}/M_{c,rd} =$ **0.101625** ≤ 1

Taglio $V_{ed}/V_{c,rd} =$ **0.011923** ≤ 1

Flessione e Taglio

$$M_{v,rd} = (1-\rho)M_{c,rd} = 18.401 \text{ KNm}$$

$$M_{ed}/M_{v,rd} = 0.101625 \leq 1$$

Presso-Flessione $n = N_{ed}/N_{c,rd} =$ 0

$$M_{N,rd} = 1.04 \cdot M_{c,rd} \cdot (1-n^{1.7}) = 19.13704 \text{ KNm}$$

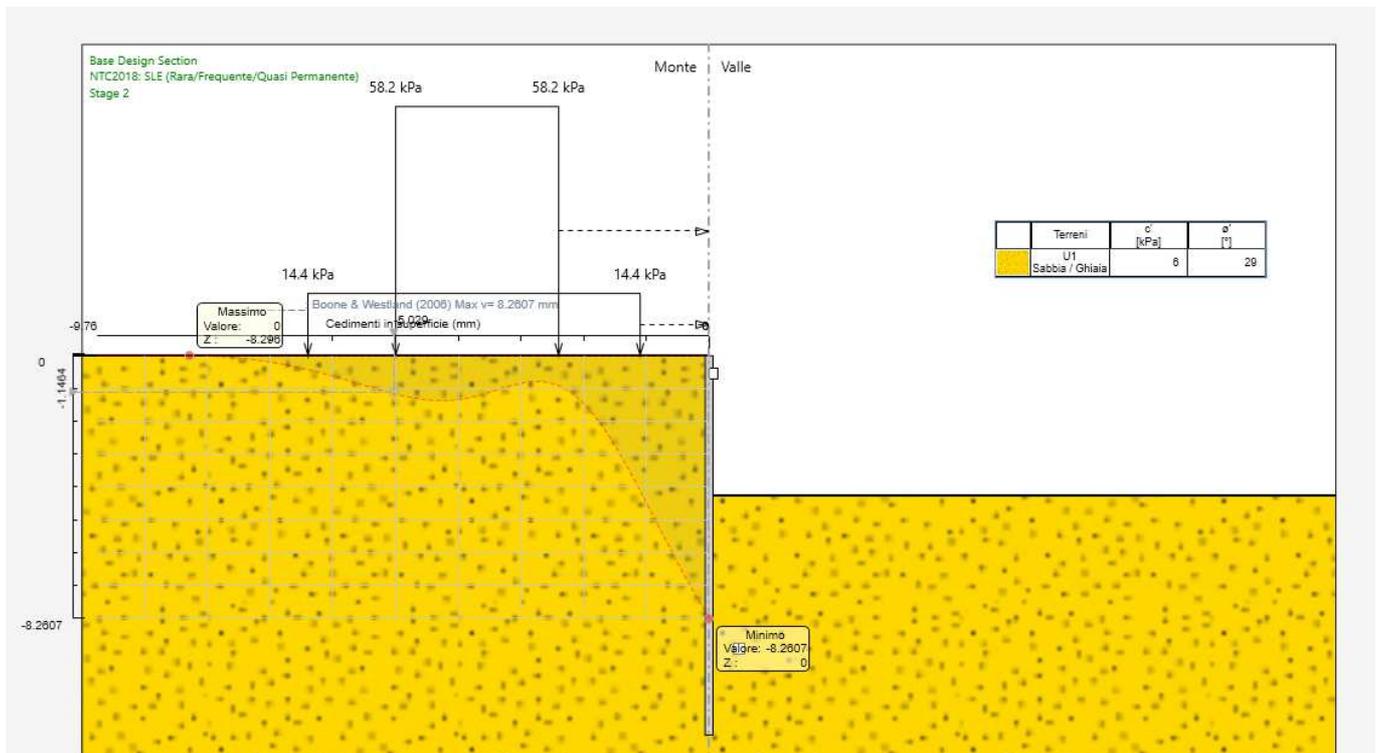
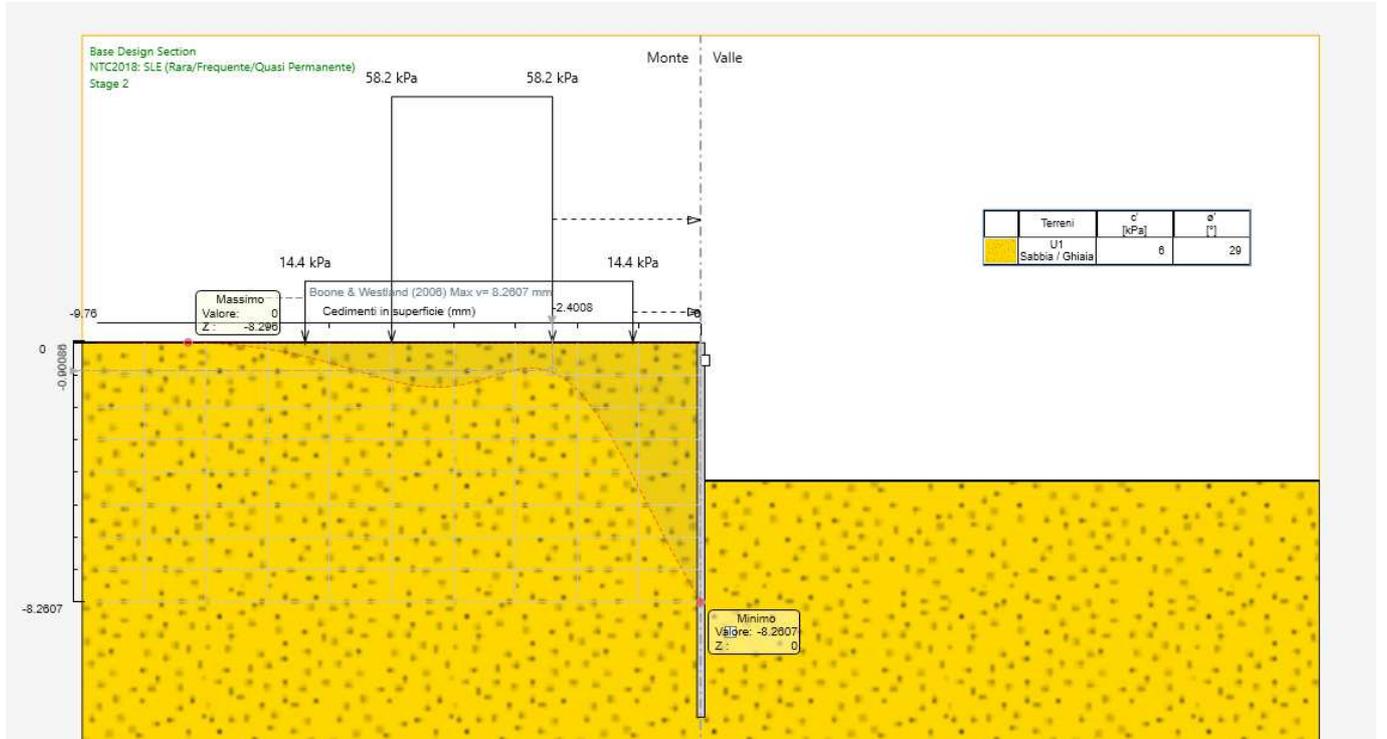
$$M_{ed}/M_{N,rd} = 0.101625 \leq 1$$

Presso-Flessione e Taglio

$$M_{N,rd} = 1.04 \cdot M_{v,rd} \cdot (1-n^{1.7}) = 19.13704 \text{ KNm}$$

$$M_{ed}/M_{N,rd} = 0.101625 \leq 1$$

9.3.1 Verifica cedimenti binario esistente



$$\delta = 1.14 - 0.9 = 0.24 \text{ mm} = 0.024 \text{ cm} < \delta_{\text{max, ammissibile}} = 1.35 \text{ cm}$$

Il δ_{max} , ammissibile è stato valutato a partire dallo “Standard di qualità geometrica del binario e parametri di dinamica di marcia per linee con velocità fino a 300km/h”

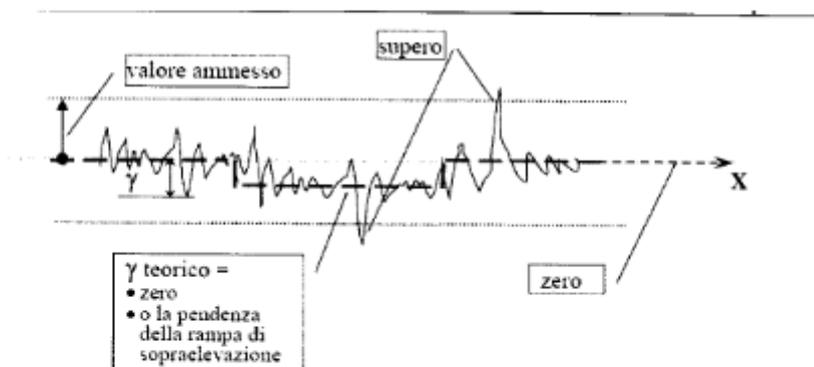
Secondo questa normativa lo sghembo è definito come riportato di seguito:

SGHEMBO

Abbreviazione γ : è l'inclinazione, espressa in ‰, relativa di una fila di rotaia rispetto all'altra, calcolata come rapporto tra la differenza di livello trasversale XL fra due sezioni di binario poste a una distanza data, che è la base di misura dello sghembo, e la base stessa.

Nel presente Standard sono indicati i valori ammessi dello sghembo per le basi di lunghezza 3 metri e 9 metri.

Sul grafico si valutano i valori dalla linea dello zero ai picchi superiori o inferiori come da grafico di Figura 9; i superi sono gli scostamenti rispetto allo zero che eccedono il valore ammesso.



n.b. : il valore ammesso si applica rispetto allo zero, lo sghembo effettivo è comprensivo della pendenza dell'eventuale rampa di sopraelevazione.

Fig.9: singoli difetti di sghembo

Dove la dimensione XL è la seguente:

LIVELLO TRASVERSALE

Abbreviazione XL: è la misura, espressa in mm, della differenza in altezza tra le due tavole di rotolamento adiacenti; è espressa come l'altezza del triangolo rettangolo avente ipotenusa pari a 1500 mm ed angolo al vertice pari all'angolo tra il piano di rotolamento ed un piano orizzontale di riferimento.

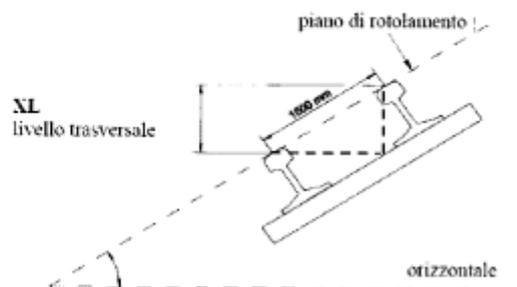


Fig.6: livello trasversale

Per cui la verifica da soddisfare è la seguente, in funzione del livello di qualità del binario:

III.7 SGHEMBO

Difetti isolati.

Le seguenti prescrizioni vanno ad integrare quelle della Circolare L.41/344/7.9 del 28/09/87 sui valori limite dello sghembo del binario, che devono essere comunque rispettate.

| | V ≤ 200 km/h | | 200 < V ≤ 300 km/h | |
|-----------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|
| | γ base 3 m | γ base 9 m | γ base 3 m | γ base 9 m |
| 1° livello di qualità | $\gamma_{3m} < 4,5$ | $\gamma_{9m} < 3,5$ | $\gamma_{3m} < 3,5$ | $\gamma_{9m} < 2,7$ |
| 2° livello di qualità | $4,5 \leq \gamma_{3m} < 5,8$ | $3,5 \leq \gamma_{9m} < 4,0$ | $3,5 \leq \gamma_{3m} < 4,5$ | $2,7 \leq \gamma_{9m} < 3,0$ |
| 3° livello di qualità | Per valori di γ superiori ai limiti di cui al "2° livello di qualità" si applica quanto riportato nella Parte IV, p.to IV.6 | | | |

(1) ATTENZIONE al rispetto delle condizioni di lavorabilità del binario previste dalla Norma sulla l.r.s.

ATTENZIONE ai deviatoti inseriti in curva

n.b.: Quando ci sono superiori dei valori del terzo livello va consultata la Parte IV – VALORI COMPORTANTI VINCOLI ALL'ESERCIZIO.

E di seguito vengono definiti i livelli di qualità:

Lo Standard è articolato in tre Parti:

- **Parte II: valori ammessi a seguito di lavori all'armamento.** Sono definite due classi di valori, per:
 - lavori di rinnovo o nuove costruzioni, o lavori assimilabili a questi
 - interventi di manutenzione per il ripristino della geometria del binario per armamento in esercizio.
- **Parte III: livelli di qualità geometrica correnti.** Sono i valori entro i quali si svolge la normale vita tecnica della geometria dell'armamento; in linea di massima, essi vengono divisi in tre "livelli di qualità":
 - un **primo livello** di qualità, entro il quale la geometria del binario non richiede alcuna programmazione di interventi correttivi
 - un **secondo livello** di qualità, entro il quale le condizioni geometriche del binario consentono il normale esercizio ferroviario senza alcun tipo di restrizione ma che comportano:
 - o l'analisi delle cause di degrado
 - o la valutazione della velocità di evoluzione del difetto
 - o la programmazione e l'eventuale esecuzione di lavori di manutenzione della geometria in funzione della velocità di evoluzione del difetto rilevata localmente.

La valutazione della velocità di evoluzione del difetto sarà, in linea di principio, effettuata tramite confronto con i rilievi geometrici precedenti o tramite l'effettuazione di rilievi ad hoc, oppure tramite il riconoscimento di zone ad evoluzione del difetto già nota; è necessario che venga fatto, in base all'esperienza, anche il riconoscimento delle zone ad evoluzione rapida, quali possono essere le transizioni opere d'arte / rilevato, i tratti con sede instabile, tratti con massicciata inquinata, ecc., al cui controllo deve essere posta massima attenzione.

Sulle linee AV/AC la valutazione della velocità di evoluzione del difetto potrà, inoltre, essere effettuata anche tramite confronto tra rilievi consecutivi dei treni AV della classe ETR500Y.
 - Un **terzo livello** di qualità, che ancora consente l'esercizio ferroviario senza alcun tipo di restrizione, a condizione che vengano programmati ed eseguiti lavori di manutenzione della geometria del binario prima del supero del massimo valore ammesso dal terzo livello di qualità, tenendo anche presente che le correzioni di geometria fatte tramite rinalzatura, quali ad esempio correzioni di difetti di livello longitudinale e trasversale, di allineamento, di sghembo, ecc., sono di problematica esecuzione nelle stagioni calde, ai sensi della vigente Normativa sulla lunga rotaia saldata (vedi limiti di lavorazione al binario).

Nel caso in esame possiamo verificare quanto segue:

Con un livello di qualità 1° il cedimento differenziale massimo può essere valutato come:

- con $b=9.00$ m

$$\gamma_{lim} < 3.5 \text{ ‰}$$

considerando che $\gamma = \delta/b$

$$\delta = 0.0035 \cdot b = 0.0035 \cdot 9 = 3.15 \text{ cm}$$

- con $b=3.00$ m

$$\gamma_{lim} < 4.5 \text{ ‰}$$

considerando che $\gamma = \delta/b$

$$\delta = 0.0045 \cdot b = 0.0045 \cdot 3 = 1.35 \text{ cm}$$

Questo ragionamento è a favore di sicurezza per 2 motivi:

1. Stiamo garantendo il primo livello di qualità del binario;
2. Stiamo ipotizzando che la traversa 2 si trovi su un tombino e non subisce alcun cedimento per effetto della realizzazione del rilievo in ammorsamento e che tutto il cedimento differenziale d lo subisca la traversa 1.

Nel progetto in esame stiamo garantendo il 2° livello di sicurezza.