

COMMITTENTE:



ALTA SORVEGLIANZA:



GENERAL CONTRACTOR:



**INFRASTRUTTURE FERROVIARIE STRATEGICHE DEFINITE DALLA LEGGE OBIETTIVO N. 443/01**

**PROGETTO DEFINITIVO**

**LINEA AV/AC VERONA - PADOVA**

**SUB TRATTA VERONA – VICENZA**

**1° SUB LOTTO VERONA – MONTEBELLO VICENTINO**

**RELAZIONE**

**CAVALCAFERROVIA – IV07 CAVALCA FERROVIA AL km 27+321 – IV07A IMPALCATO**

**RELAZIONE DI CALCOLO OPERE DI PRESIDIO**

GENERAL CONTRACTOR		ITALFERR S.p.A.	SCALA:
<b>ATI bonifica</b> Progettista integratore	Consorzio IRICAV DUE Il Direttore		-
Franco Persio Bocchetto Dottore in Ingegneria Civile iscritto all'Ordine degli Ingegneri della Provincia di Roma al n° 8664 – Sez. A settore Civile ed Ambientale			

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC.	OPERA/DISCIPLINA	PROGR.	REV.
I N 0 D	0 0	D	I 2	CL	I V 0 7 A 0	0 0 6	A

<b>ATI bonifica</b>	VISTO ATI BONIFICA	
	Firma	Data
	Ing. F. P. Bocchetto	

Programmazione

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato
A	EMISSIONE	S.Grimaldi	Maggio 2015	S.Grimaldi	Maggio 2015	P.Polidori	Maggio 2015	Alberto Checchi  iscritto all'Ordine degli Ingegneri della Provincia di Roma al n° 12414 – Sez. A settore Civile ed Ambientale

File: IN0D00DI2CLIV06A0001A.DOC	CUP: J41E91000000009	n. Elab.:
	CIG: 3320049F17	

## Sommario

1	PREMESSA.....	2
2	DESCRIZIONE DELL'OPERA .....	3
3	NORMATIVA DI RIFERIMENTO.....	4
4	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI IMPIEGATI .....	5
4.1	CALCESTRUZZO.....	5
4.2	ACCIAIO PER ARMATURE .....	6
4.3	ACCIAIO DA CARPENTERIA .....	6
4.4	COPRIFERRI MINIMI.....	7
5	CARATTERISTICHE GEOTECNICHE .....	7
5.1	TERRENO DI FONDAZIONE.....	7
6	ANALISI DEI CARICHI E CONDIZIONI DI CARICO .....	8
6.1	CARICHI PERMANENTI G .....	8
6.2	CARICHI ACCIDENTALI FERROVIARI $Q_1$ .....	8
6.3	SPINTA STATICA DELLE TERRE.....	8
7	COMBINAZIONI DI CARICO .....	11
	Coefficienti parziali per azioni agenti sulle opere di contenimento.....	12
8	MODELLAZIONE NUMERICA .....	14
9	ANALISI DEI RISULTATI E VERIFICHE .....	16

## 1 PREMESSA

La presente relazione di calcolo afferisce alle opere di presidio provvisorie necessarie alla realizzazione delle sottostrutture del cavalcaferrovia sito al km 27+675,00, nell'ambito della progettazione definitiva della linea AC Verona-Padova.

Lato pila 1 è prevista la realizzazione di una paratia di micropali a quinconce Ø300 di lunghezza 15,00m posti ad interasse pari ad 40+40cm per il sostegno del rilevato ferroviario esistente. L'intervento è esteso per 30m, per permettere la realizzazione delle fondazioni della pila 1 senza compromettere la stabilità del rilevato ferroviario

Le strutture sono progettate coerentemente con quanto previsto dalla normativa vigente, Norme Tecniche delle Costruzioni 2008.

Si riportano di seguito gli stralci planimetrici.

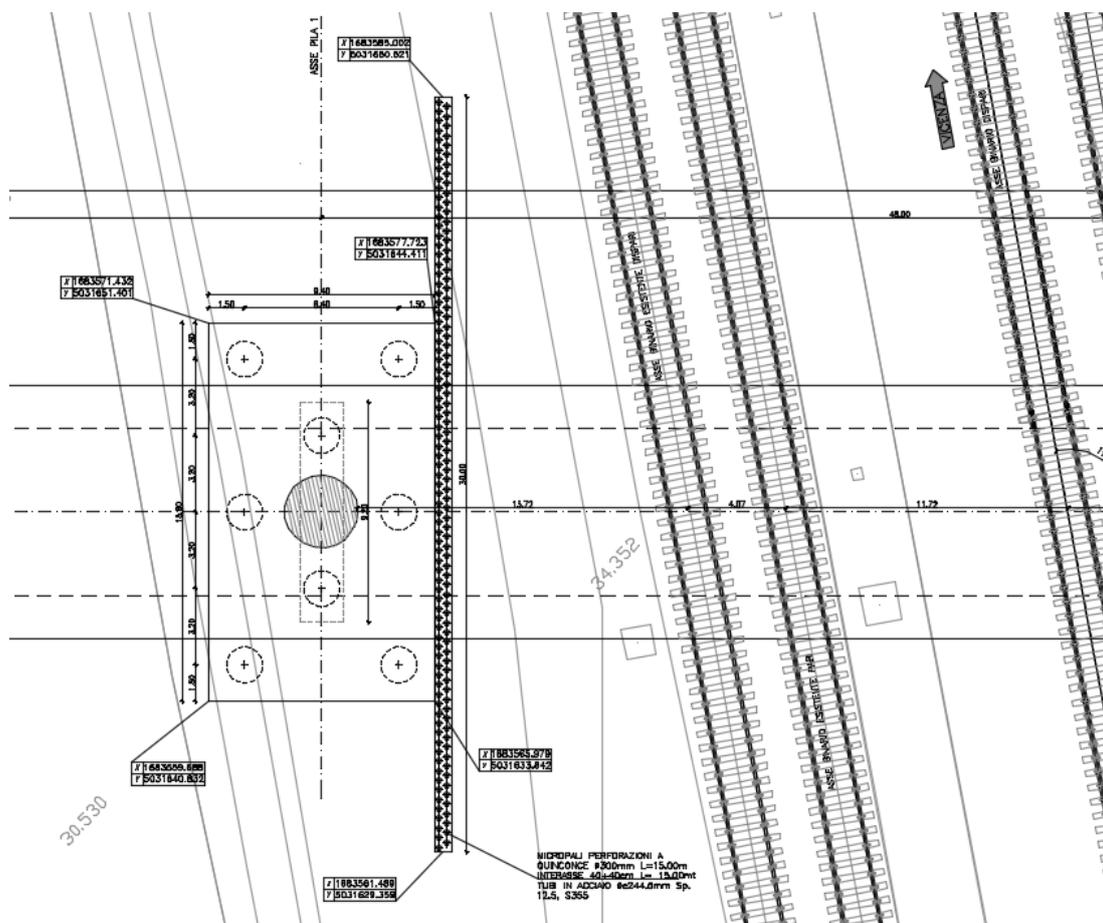


Figura 1: Stralcio planimetrico: ubicazione opere di presidio

## 2 DESCRIZIONE DELL'OPERA

I micropali Ø300 hanno estensione in pianta di 30.00m e sono posti ad interasse pari ad 40cm. Si prevede armatura Ø 244.5mm e spessore 12.5mm di lunghezza pari ad 15.0m. in testa al cordo si prevede la realizzazione di un cordolo 70x70cm.

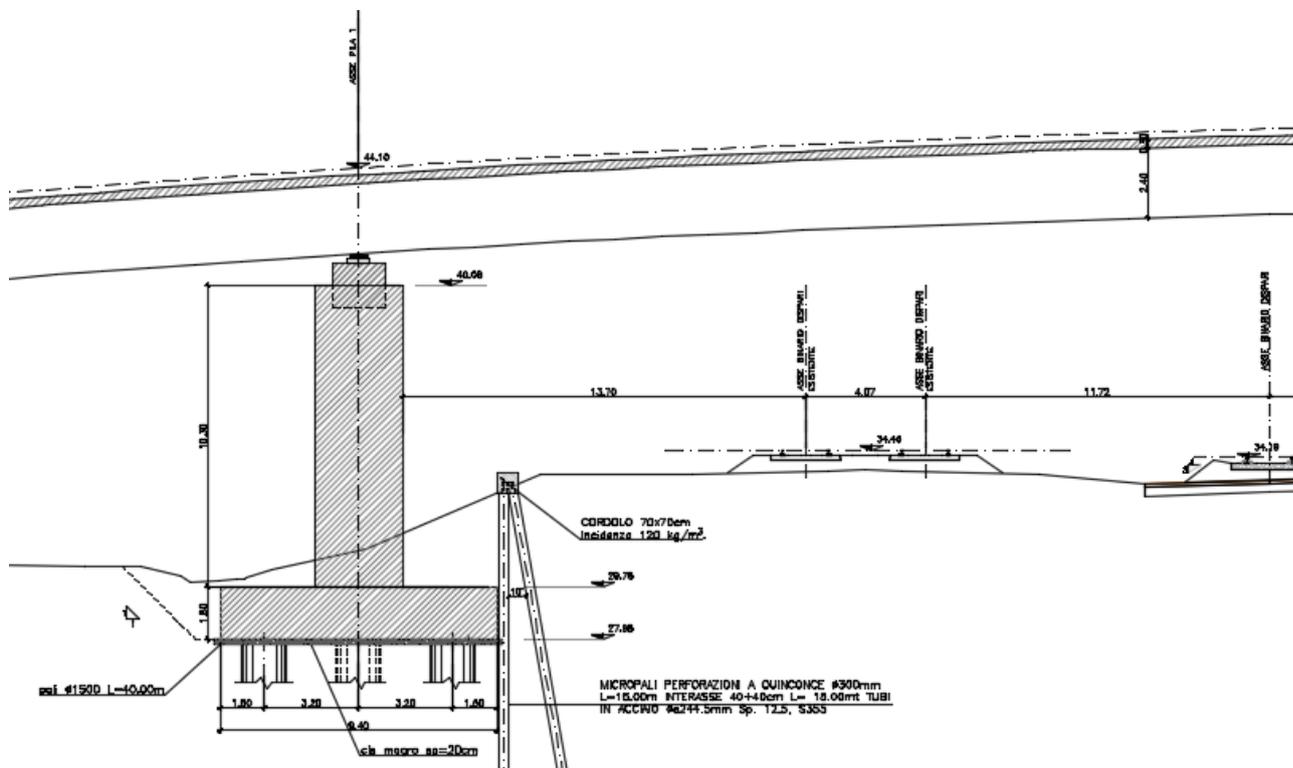


Figura 2: Sezione trasversale

 <b>ATI bonifica</b>	<b>Linea AV/AC VERONA – PADOVA</b>	
	<b>1° Sublotto: VERONA – MONTEBELLO VICENTINO</b>	
	Titolo: RELAZIONE DI CALCOLO OPERE DI PRESIDIO	
	PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV.	. Pag 4 di 22
	IN0D 00 DI2 CL IV 07A0006A	

### 3 **NORMATIVA DI RIFERIMENTO**

Si riporta nel seguito l'elenco delle normative di riferimento.

Legge 5-1-1971 n° 1086: “Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso, ed a struttura metallica”;

Legge. 2 febbraio 1974, n. 64.: “Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche”;

D.M. 14 gennaio 2008 - Norme Tecniche per le Costruzioni;

Circolare 2 febbraio 2009, n. 617 - Istruzioni per l'applicazione delle “Nuove norme tecniche per le costruzioni” di cui al D.M. 14 gennaio 2008;

UNI EN 206-1-2001: Calcestruzzo. “Specificazione, prestazione, produzione e conformità”;

UNI ENV 1992-2: Progettazione delle strutture di calcestruzzo. Parte 2. Ponti di calcestruzzo;

“Specifica per la progettazione e l'esecuzione di cavalcavia e passerelle pedonali sulla sede ferroviaria” - RFI DTC INC PO SP IFS 002 A;

“Specifica per la progettazione geotecnica delle opere civili ferroviarie” - RFI DTC INC CS SP IFS 001 A;

“Specifica per il progetto, la produzione, il controllo della produzione e la posa in opera dei dispositivi di vincolo e dei coprigiunti degli impalcati ferroviari e dei cavalcavia” - RFI DTC INC PO SP IFS 005 A.

 <b>ATI bonifica</b>	<b>Linea AV/AC VERONA – PADOVA</b>	
	<b>1° Sublotto: VERONA – MONTEBELLO VICENTINO</b>	
	Titolo: RELAZIONE DI CALCOLO OPERE DI PRESIDIO	
	PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV.	. Pag 5 di 22
	<b>INOD 00 DI2 CL IV 07A0006A</b>	

## 4 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI IMPIEGATI

Di seguito si riportano le caratteristiche dei materiali impiegati:

### 4.1 CALCESTRUZZO

Per le strutture in fondazione si adotta un calcestruzzo con le caratteristiche riportate di seguito:

Classe d'esposizione: XC2

**C25/30:**  $f_{ck} \geq 25$  MPa  $R_{ck} \geq 30$  MPa

Classe minima di consistenza: S4

In accordo con le norme vigenti, risulta per il materiale in esame:

Resistenza caratteristica cubica a 28 giorni	$R_{ck}$	<b>30</b>	N/mm <sup>2</sup>
Resistenza caratteristica cilindrica a 28 giorni	$f_{ck} = 0.83 R_{ck}$	24,90	N/mm <sup>2</sup>
Valore medio della resistenza cilindrica	$f_{cm} = f_{ck} + 8$	32,90	N/mm <sup>2</sup>
Resistenza di calcolo breve durata	$f_{cd} \text{ (Breve durata)} = f_{ck} / 1.5$	16,60	N/mm <sup>2</sup>
Resistenza di calcolo lunga durata	$f_{cd} \text{ (Lungho durata)} = 0.85 f_{cd}$	14,11	N/mm <sup>2</sup>
Resistenza media a trazione assiale	$f_{ctm} = 0.3 (f_{ck})^{2/3}$ [Rck<50/60]	2,56	N/mm <sup>2</sup>
Resistenza caratteristica a trazione	$f_{ctk 0,05} = 0.7 f_{ctm}$	1,79	N/mm <sup>2</sup>
Resistenza media a trazione per flessione	$f_{ctm} = 1.2 f_{ctm}$	3,07	N/mm <sup>2</sup>
Resistenza di calcolo a trazione	$f_{ctd} = f_{ctk 0,05} / 1.5$	1,19	N/mm <sup>2</sup>
Modulo di Young	$E = 22000 (f_{cm}/10)^{0.3}$	31447	N/mm <sup>2</sup>

## 4.2 ACCIAIO PER ARMATURE

Tipo B450C saldabile, per diametri compresi tra 6 e 40 mm:

$$f_{ynom} = 450 \text{ MPa}$$

$$f_{tnom} = 540 \text{ MPa}$$

$$f_{yk} \geq f_{ynom} \text{ frattile } 5\%$$

$$f_{tk} \geq f_{tnom} \text{ frattile } 5\%$$

$$1.15 \leq (f_t/f_y)_k \leq 1.35 \text{ frattile } 10\%$$

$$(f_y/f_{ynom})_k \leq 1.25 \text{ frattile } 10\%$$

$$\text{Allungamento } (A_{gt})_k \geq 7.5\% \text{ frattile } 10\%$$

Reti e tralicci elettrosaldati:

$$f_{yk} \geq 390 \text{ MPa}$$

$$f_{tk} \geq 440 \text{ MPa}$$

$$(f_{tk}/f_{yk}) \geq 1.10$$

## 4.3 ACCIAIO DA CARPENTERIA

Laminati a caldo con profili a sezione aperta:

Tipo S355 (UNI EN 10025-2)

$$t \leq 40\text{mm:}$$

$$f_{yk} \geq 355 \text{ MPa}$$

$$f_{tk} \geq 510 \text{ MPa}$$

$$t > 40\text{mm:}$$

$$f_{yk} \geq 335 \text{ MPa}$$

$$f_{tk} \geq 470 \text{ MPa}$$

Laminati a caldo con profili a sezione cava:

Tipo S355H (UNI EN 10210-1)

$$t \leq 40\text{mm:}$$

$$f_{yk} \geq 355 \text{ MPa}$$

$$f_{tk} \geq 510 \text{ MPa}$$

 <b>ATI bonifica</b>	<b>Linea AV/AC VERONA – PADOVA</b>	
	<b>1° Sublotto: VERONA – MONTEBELLO VICENTINO</b>	
	Titolo: RELAZIONE DI CALCOLO OPERE DI PRESIDIO	
	PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. INOD 00 DI2 CL IV 07A0006A	. Pag 7 di 22

#### 4.4 COPRIFERRI MINIMI

Si riportano di seguito i copriferri minimi per le strutture in calcestruzzo armato:

Strutture controterra	5 cm
-----------------------	------

## 5 CARATTERISTICHE GEOTECNICHE

### 5.1 TERRENO DI FONDAZIONE

Relativamente alle caratteristiche geotecniche del terreno si faccia riferimento agli elaborati specifici.

 <b>ATI bonifica</b>	<b>Linea AV/AC VERONA – PADOVA</b>	
	<b>1° Sublotto: VERONA – MONTEBELLO VICENTINO</b>	
	Titolo: RELAZIONE DI CALCOLO OPERE DI PRESIDIO	
	PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV.	Pag 8 di 22
	INOD 00 DI2 CL IV 07A0006A	

## 6 ANALISI DEI CARICHI E CONDIZIONI DI CARICO

Poiché l'opera è provvisoria non si considera l'azione sismica.

### 6.1 CARICHI PERMANENTI G

I carichi permanenti sono rappresentati dai pesi propri delle strutture portanti. Essi sono valutati sulla base della geometria degli elementi strutturali e del peso specifico assunto per il calcestruzzo ( $\gamma=25\text{kN/m}^3$ ).

### 6.2 CARICHI ACCIDENTALI FERROVIARI $Q_1$

#### *Accidentale ferroviario sul terreno*

Coefficiente adattamento per LM71	$\alpha$	1.1
Diffusione trasversale traversine	$D_t$	2.3 m
Lunghezza diffusione longitudinale	$D_l$	6.4 m
Carico totale LM71	$Q_{vk}$	110000 daN
Carico di calcolo su terreno		75 kPa

### 6.3 SPINTA STATICA DELLE TERRE

Nel modello di calcolo impiegato dal software di calcolo PARATIE, la spinta del terreno viene determinata investigando l'interazione statica tra 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  $K_p$ .

Il coefficiente di spinta a riposo fornisce lo stato tensionale presente in sito prima delle operazioni di scavo. Esso lega la tensione orizzontale efficace  $\sigma'_h$  a quella verticale  $\sigma'_v$  attraverso la relazione:

$$\sigma'_h = K_0 \cdot \sigma'_v$$

$K_0$  dipende dalla resistenza del terreno, attraverso il suo angolo di attrito efficace  $\phi'$  e dalla sua storia geologica. Si può assumere che:

$$K_0 = K_0^{NC} \cdot (OCR)^m$$

dove

$$K_0^{NC} = 1 - \text{sen } \phi'$$

è il coefficiente di spinta a riposo per un terreno normalconsolidato ( $OCR=1$ ).  $OCR$  è il grado di sovraconsolidazione e  $m$  è un parametro empirico, di solito compreso tra 0.4 e 0.7. I coefficienti di spinta attiva e passiva sono forniti dalla teoria di Rankine per una parete liscia dalle seguenti espressioni:

$$K_a = \tan^2(45 - \phi'/2)$$

$$K_p = \tan^2(45 + \phi'/2)$$

Per tener conto dell'angolo di attrito  $\delta$  tra paratia e terreno il software PARATIE v.6.1 impiega per  $K_a$  e  $K_p$  la formulazione rispettivamente di Coulomb e Caquot – Kereisel.

*Formulazione di Coulomb per  $k_a$*

$$k_a = \frac{\cos^2(\phi' - \beta)}{\cos^2 \beta \cdot \cos(\beta + \delta) \cdot \left[ 1 + \sqrt{\frac{\text{sen}(\delta + \phi') \cdot \text{sen}(\phi' - i)}{\cos(\beta + \delta) \cdot \cos(\beta - i)}} \right]^2}$$

dove:

$\phi'$  è l'angolo di attrito del terreno

$\beta$  è l'angolo d'inclinazione del diaframma rispetto alla verticale

$\delta$  è l'angolo di attrito paratia-terreno

$i$  è l'angolo d'inclinazione del terreno a monte della paratia rispetto all'orizzontale

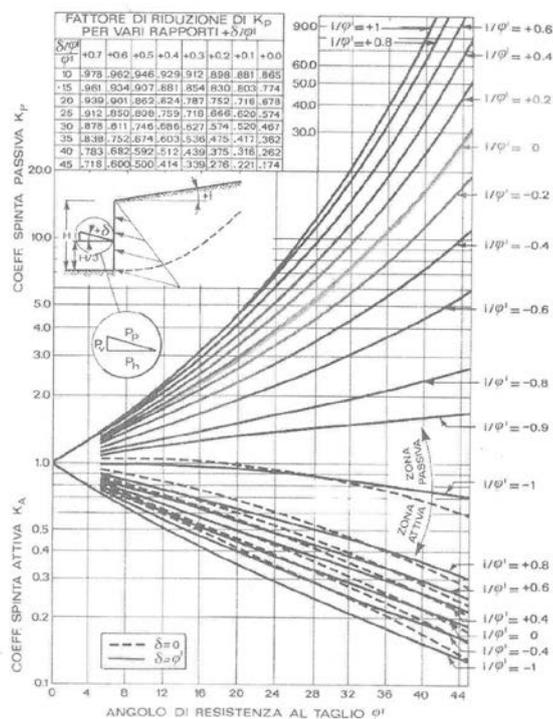


Figura 3: Formulazione di Caquot – Keresel per  $K_p$  che considera superfici di rottura curvilinee

Il valore limite della tensione orizzontale sarà pari a

$$\sigma'_h = K_a \cdot \sigma'_v - 2 \cdot c' \cdot \sqrt{K_a}$$

$$\sigma'_h = K_p \cdot \sigma'_v + 2 \cdot c' \cdot \sqrt{K_p}$$

a seconda che il collasso avvenga in spinta attiva o passiva rispettivamente.  $c'$  è la coesione drenata del terreno.

 <b>ATI bonifica</b>	<b>Linea AV/AC VERONA – PADOVA</b>	
	<b>1° Sublotto: VERONA – MONTEBELLO VICENTINO</b>	
	Titolo: RELAZIONE DI CALCOLO OPERE DI PRESIDIO	
	PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV.	. Pag 11 di 22
	INOD 00 DI2 CL IV 07A0006A	

## 7 COMBINAZIONI DI CARICO

Le verifiche strutturali sono effettuate secondo il metodo semiprobabilistico agli stati limite di esercizio (SLE) e agli stati limite ultimi (SLU), in accordo con la normativa vigente (NTC 2008). Sono state considerate le seguenti combinazioni delle azioni:

- *Combinazione fondamentale*, impiegata per le verifiche agli 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 (rara)*, impiegata per le verifiche agli 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*, impiegata per le verifiche agli stati limite di esercizio (SLE) 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*, impiegata per le verifiche agli stati limite di esercizio (SLE) 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:

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

 <b>ATI bonifica</b>	<b>Linea AV/AC VERONA – PADOVA</b>	
	<b>1° Sublotto: VERONA – MONTEBELLO VICENTINO</b>	
	Titolo: RELAZIONE DI CALCOLO OPERE DI PRESIDIO	
	PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV.	. Pag 12 di 22
	<b>IN0D 00 DI2 CL IV 07A0006A</b>	

## Coefficienti parziali per azioni agenti sulle opere di contenimento

Le verifiche nei confronti degli stati limite d'esercizio sono state eseguite adottando i coefficienti di sicurezza per le azioni e le proprietà del terreno riassunti in Tabella 1.

CASO	Azioni		Proprietà del terreno		
	Permanenti	Temporanee variabili	$\tan \phi'$	$c'$	$c_u$
SLE	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

**Tabella 1: Coefficienti di sicurezza diaframmi (SLE)**

Le verifiche di resistenza allo stato limite ultimo sono state effettuate considerando le seguenti combinazioni di carico:

- Combinazione 1: A1 + M1 + R1
- Combinazione 2: A2 + M2 + R1

tenendo conto dei coefficienti parziali riportati nelle tabelle 6.2.I, 6.2.II e 6.5.I delle NTC2008 e riportate nelle tabelle seguenti.

		Coefficiente $\gamma_F$	EQU	A1 STR	A2 GEO
Carichi permanenti	favorevoli	$\gamma_{G1}$	0,9	1,0	1,0
	sfavorevoli		1,1	1,3	1,0
Carichi permanenti non strutturali <sup>(1)</sup>	favorevoli	$\gamma_{G2}$	0,0	0,0	0,0
	sfavorevoli		1,5	1,5	1,3
Carichi variabili	favorevoli	$\gamma_{Qi}$	0,0	0,0	0,0
	sfavorevoli		1,5	1,5	1,3

<sup>(1)</sup>Nel caso in cui i carichi permanenti non strutturali (ad es. carichi permanenti portati) siano compiutamente definiti si potranno adottare per essi gli stessi coefficienti validi per le azioni permanenti.

**Tabella 2: Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni (Tab.6.2.I NTC2008)**

PARAMETRO	GRANDEZZA ALLA QUALE APPLICARE IL COEFFICIENTE PARZIALE	COEFFICIENTE PARZIALE	(M1)	(M2)
		$\gamma_M$		
<i>Tangente dell'angolo di resistenza al taglio</i>	$\tan \varphi'_k$	$\gamma_{\varphi'}$	1,0	1,25
<i>Coesione efficace</i>	$c'_k$	$\gamma_{c'}$	1,0	1,25
<i>Resistenza non drenata</i>	$c_{uk}$	$\gamma_{cu}$	1,0	1,4
<i>Peso dell'unità di volume</i>	$\gamma$	$\gamma_\gamma$	1,0	1,0

**Tabella 3: Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno (Tab.6.2.II NTC2008)**

Nelle verifiche per il dimensionamento geotecnico delle paratie (GEO) si considera lo sviluppo di meccanismi di collasso determinati dalla mobilitazione della resistenza del terreno e in particolare dal raggiungimento delle condizioni di equilibrio limite nel terreno interagente con la paratia. L'analisi è stata condotta con la Combinazione 2 (A2+M2+R1), in cui i parametri di resistenza del terreno sono ridotti tramite i coefficienti parziali M2 e le azioni sono amplificate tramite i coefficienti parziali A2.

Nelle verifiche strutturali delle paratie (STR) si considerano gli stati limite ultimi per raggiungimento della resistenza degli elementi strutturali. Le analisi sono condotte in accordo con la Combinazione 1 (A1+M1+R1), in cui i parametri di resistenza del terreno (M1) sono unitari e le azioni sono amplificate mediante i coefficienti parziali A1.

In condizioni sismiche sono state svolte sia le verifiche geotecniche (GEO) sia le verifiche strutturali (STR), con i coefficienti parziali delle azioni unitari, in accordo a quanto riportato al par. 7.11.6.1 delle NTC 2008.

 <b>ATI bonifica</b>	<b>Linea AV/AC VERONA – PADOVA</b>	
	<b>1° Sublotto: VERONA – MONTEBELLO VICENTINO</b>	
	Titolo: RELAZIONE DI CALCOLO OPERE DI PRESIDIO	
	PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV.	. Pag 14 di 22
	INOD 00 DI2 CL IV 07A0006A	

## 8 MODELLAZIONE NUMERICA

Lo stato tenso-deformativo degli elementi strutturali in esame è stato investigato mediante il software di calcolo *PARATIE*, programma non lineare agli elementi finiti per l'analisi di strutture di sostegno flessibili. Si è considerato un comportamento piano nelle deformazioni, analizzando una striscia di larghezza unitaria.

La realizzazione dello scavo sostenuto dalla paratia viene seguita in tutte le varie fasi attraverso un'analisi statica incrementale: ogni passo di carico coincide con una ben precisa configurazione caratterizzata da una certa quota di scavo, da un certo insieme di puntoni applicati, da una ben precisa disposizione di carichi applicati. Poiché il comportamento degli elementi finiti è di tipo elastoplastico, ogni configurazione dipende in generale dalle configurazioni precedenti e lo sviluppo di deformazioni plastiche ad un certo passo condiziona la risposta della struttura nei passi successivi.

In questa impostazione particolare, inoltre, gli sforzi verticali nel terreno non sono per ipotesi influenzati dal comportamento deformativo orizzontale, ma sono una variabile del tutto indipendente, legata ad un calcolo basato sulle classiche ipotesi di distribuzione geostatica.

Nei modelli di calcolo implementati, l'esecuzione dello scavo è schematizzata mediante una successione di step, corrispondenti ad eventi che hanno rilevanza nello stato tenso-deformativo del sistema (approfondimenti dello scavo, applicazione di puntelli, applicazione di carichi ecc.).

Per le opere oggetto della presente relazione, essendo di carattere provvisoria, sono state considerate le condizioni di carico previste dalla normativa vigente:

- Stato limite di servizio → SLE
- Stato limite ultimo verifiche STR: Combinazione A1+M1 → SLU1
- Stato limite ultimo verifiche GEO: Combinazione A2+M2 → SLU2

Si riportano a seguire le fasi analizzate:

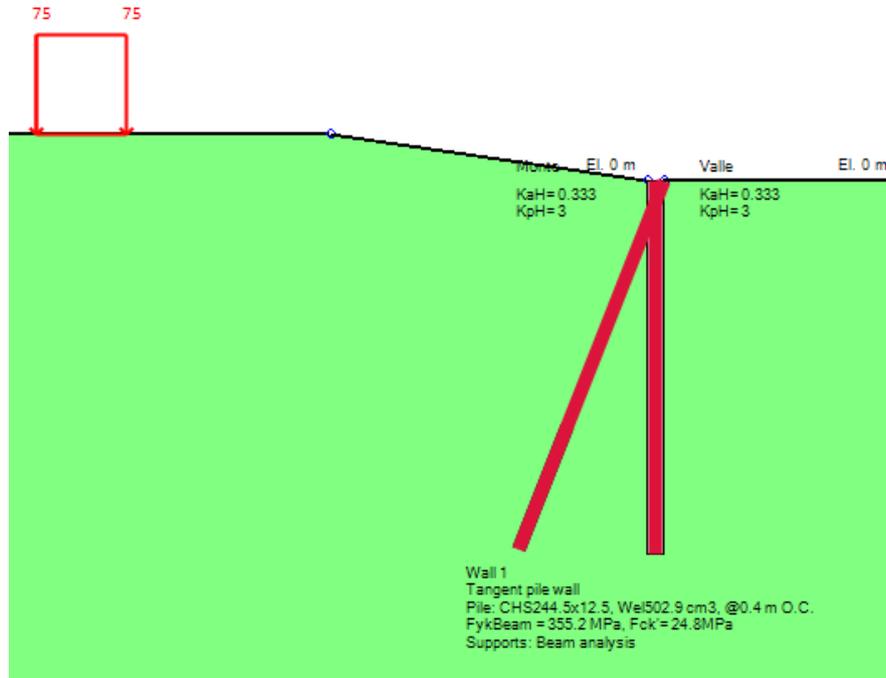


Figura 4: Fase 0

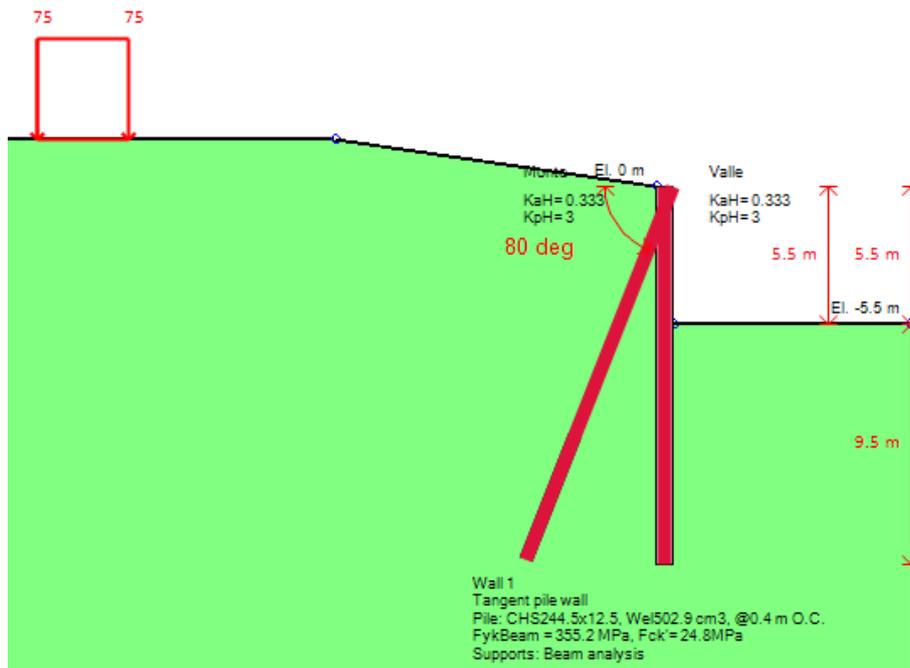


Figura 5: Fase 1

## 9 ANALISI DEI RISULTATI E VERIFICHE

Si riportano nel seguito le sollecitazioni ottenute dall'analisi dei modelli sopra descritti, le combinazioni di carico di progetto e le relative verifiche di sicurezza. Le sollecitazioni agenti sono espresse per una sezione di lunghezza unitaria. Il valore di sollecitazione agente sul singolo micropalo dovrà quindi essere moltiplicato per l'interasse dei micropali stessi.

Di seguito si riporta l'andamento delle sollecitazioni di momento flettente e taglio di tutte le combinazioni considerate.

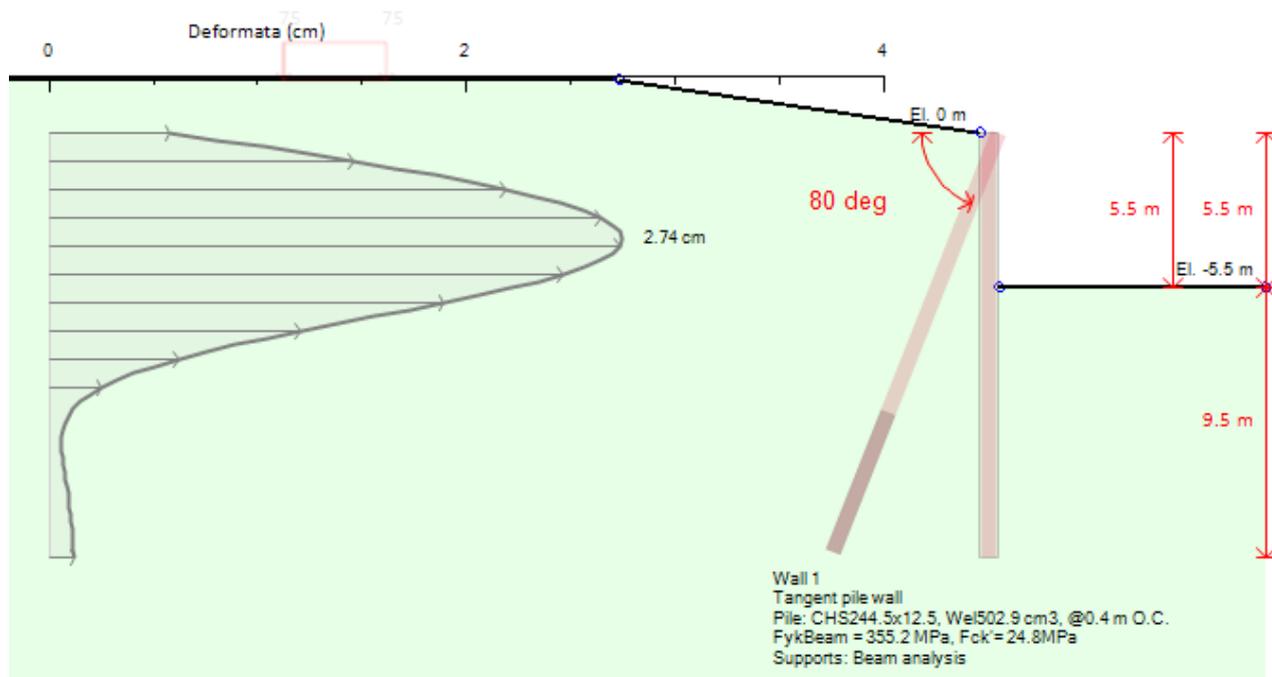


Figura 6: SLE

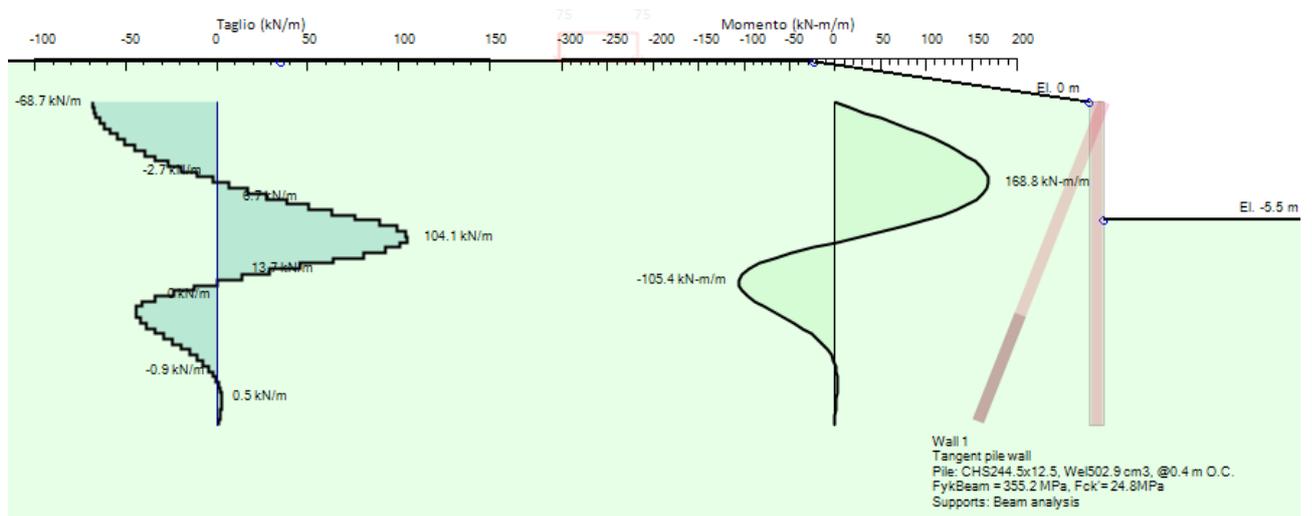


Figura 7: SLU A1+M1+R1

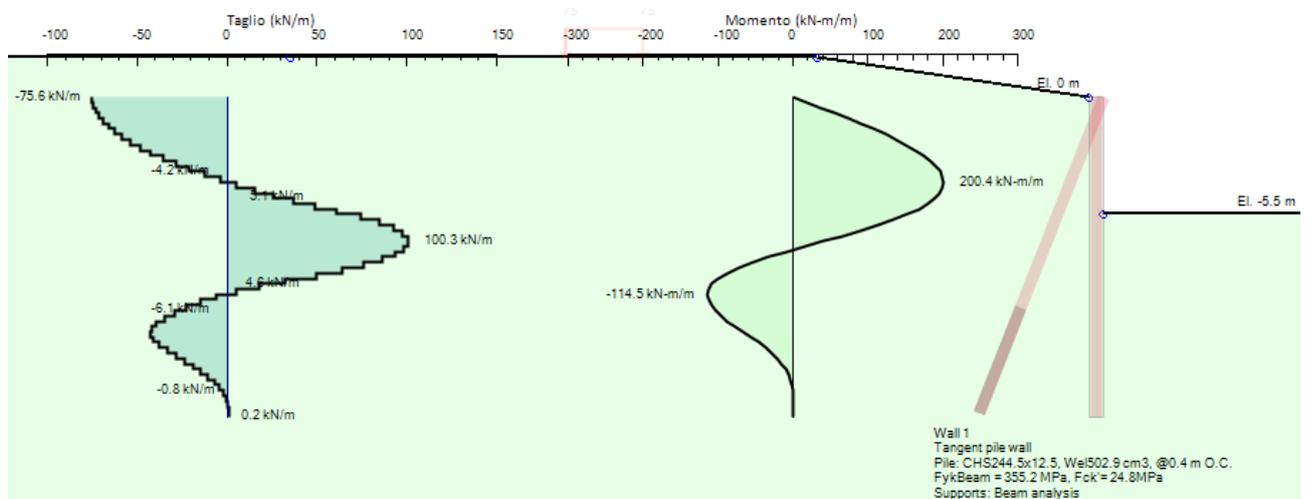


Figura 8: SLU A2+M2+R1

Segue il sommario dei risultati di calcolo e verifica.

### Sommario per ogni Approccio di Progetto

Base model	Momento par	Taglio paratia	Spostamento	Max reazione vin	Verifica vincoli	Verifica infissione	Esito calcolo
0: DM08_ITA: Comb.	(kN-m/m)	(kN/m)	(cm)	(kN/m)	(TSF)	(FS)	
Base model	129.65	79.97	2.74	304.72	14.253	2.909	Risolto. Alcune verific
0: DM08_ITA: Comb.	168.84	104.15	2.75	396.75	22.269	2.647	Risolto. Alcune verific
0: DM08_ITA: Comb.	200.37	100.34	4.95	436.08	25.383	2.212	Risolto. Alcune verific
0: DM08_ITA: EQK - G	199.42	100.01	4.92	434.38	25.284	2.22	Risolto. Alcune verific
0: DM08_ITA: EQK - S	129.65	79.97	2.74	304.72	12.669	2.909	Risolto. Alcune verific
0: DM08_ITA: Comb 3	168.84	104.15	2.75	396.75	22.269	2.647	Risolto. Alcune verific
0: DM08_ITA: SLE: (R	129.65	79.97	2.74	304.72	14.253	2.909	Risolto. Alcune verific

### Sommario esteso a tutti gli Approcci di Progetto

	Esito calcolo	Spostamento X pa	Cedimento Z terre	Momento paratia	Momento paratia
		(cm)	(cm)	(kN-m/m)	(kN-m)
Base model	Risolto. Alcune verifiche non sod	2.74	2	129.65	51.86
0: DM08_ITA: Comb. 1: A1+M1+	Risolto. Alcune verifiche non sod	2.75	2	168.84	67.54
0: DM08_ITA: Comb. 2: A2+M2+	Risolto. Alcune verifiche non sod	4.95	3.8	200.37	80.15
0: DM08_ITA: EQK - GEO	Risolto. Alcune verifiche non sod	4.92	3.78	199.42	79.77
0: DM08_ITA: EQK - STR	Risolto. Alcune verifiche non sod	2.74	2	129.65	51.86
0: DM08_ITA: Comb 3: A1+M1+R	Risolto. Alcune verifiche non sod	2.75	2	168.84	67.54
0: DM08_ITA: SLE: (RARA)	Risolto. Alcune verifiche non sod	2.74	2	129.65	51.86

	Taglio paratia	Taglio paratia	Verifica paratia	Verifica pressof.	Verifica taglio	Verifica $\sigma$ ds
	(kN/m)	(kN)	(TSF)	(TSF)	(TSF)	(TSF)
Base model	79.97	31.99	N/A	N/A	N/A	N/A
0: DM08_ITA: Comb. 1: A1+M1+	104.15	41.66	N/A	N/A	N/A	N/A
0: DM08_ITA: Comb. 2: A2+M2+	100.34	40.14	N/A	N/A	N/A	N/A
0: DM08_ITA: EQK - GEO	100.01	40	N/A	N/A	N/A	N/A
0: DM08_ITA: EQK - STR	79.97	31.99	N/A	N/A	N/A	N/A
0: DM08_ITA: Comb 3: A1+M1+	104.15	41.66	N/A	N/A	N/A	N/A
0: DM08_ITA: SLE: (RARA)	79.97	31.99	N/A	N/A	N/A	N/A

	Verifica $\sigma$ armatura	Max reazione vinco	Max reazione vinco	Verifica vincoli	Verifica STR vincoli	Verifica GEO vincoli
	(TSF)	(kN/m)	(kN)	(TSF)	(TSF)	(TSF)
Base model	N/A	304.72	121.89	14.253	0.008	14.253
0: DM08_ITA: Comb.	N/A	396.75	158.7	22.269	0.011	22.269
0: DM08_ITA: Comb.	N/A	436.08	174.43	25.383	0.012	25.383
0: DM08_ITA: EQK - G	N/A	434.38	173.75	25.284	0.012	25.284
0: DM08_ITA: EQK - S	N/A	304.72	121.89	12.669	0.008	12.669
0: DM08_ITA: Comb 3	N/A	396.75	158.7	22.269	0.011	22.269
0: DM08_ITA: SLE: (RA	N/A	304.72	121.89	14.253	0.008	14.253

	Verifica fondo sc	FS passiva (eq. li	FS rotazione (eq.	FS infissione (eq.	Quota Zcut	Passiva/Vera	Vera/Attiva
	(FS)	(FS)	(FS)	(FS)		/	/
Base model	3.366	N/A	3.451	3.455	N/A	2.909	1.18
0: DM08_ITA: Co	3.366	N/A	2.647	2.714	N/A	2.903	1.179
0: DM08_ITA: Co	2.693	N/A	2.261	2.375	N/A	2.212	1.043
0: DM08_ITA: EQ	2.693	N/A	2.271	2.375	N/A	2.22	1.044
0: DM08_ITA: EQ	3.366	N/A	3.451	3.455	N/A	2.909	1.18
0: DM08_ITA: Co	3.366	N/A	2.647	2.714	N/A	2.903	1.179
0: DM08_ITA: SL	3.366	N/A	3.451	3.455	N/A	2.909	1.18

Di seguito si riporta la verifica del tubolare utilizzato per la realizzazione della paratia di micropali. Si considera che l'intera sollecitazione venga portata dal tubolare stesso trascurando, a favore di sicurezza il contributo della malta.

La paratia ha le seguenti caratteristiche geometriche:

- diametro interno tubolare acciaio 244.5 mm
- spessore tubolare acciaio 12.5 mm
- diametro foro 30 cm
- interasse fori 40 cm
- lunghezza tubolari acciaio 15.00 m

Verifica paratia di micropali rampe					
Massimo momento agente	$M_{max}$	200	kN*m/m		
Diametro foro	$D_f$	0.3	m		
Diametro tubolare	$D_m$	244.5	mm		
Spessore tubolare	$t$	12.5	mm		
Interasse micropali	$i$	0.4	m		
Momento riferito al singolo micropalo	$M_m$	80	kN*m		
Modulo di resistenza micropalo	$W$	502856	mm <sup>3</sup>		
Tensione massima acciaio	$\sigma_{max}$	159	N/mm <sup>2</sup>		
Massimo taglio agente a metro	$V_{ed/m}$	100	kN/m		
Taglio riferito al singolo micropalo	$V_{ed}$	40	kN		
Area sezione acciaio	$A$	9111	mm <sup>2</sup>		
Area resistente a taglio $A_V=2*A/\pi$	$A_V$	5800	mm <sup>2</sup>		
$F_yk$		355	N/mm <sup>2</sup>		
Coefficiente di sicurezza	$\gamma_{m0}$	1.05			
Tensione di taglio	$\tau$	7	N/mm <sup>2</sup>		
Tensione di verifica secondo DM-2008 4.2.4.1.2	$\sqrt{\sigma^2 + 3\tau^2}$	160	N/mm <sup>2</sup>	$< f_{yk}/\gamma_{m0}$	338 N/mm <sup>2</sup>



**ATI bonifica**

## Linea AV/AC VERONA – PADOVA

**1° Sublotto: VERONA – MONTEBELLO VICENTINO**

Titolo:

RELAZIONE DI CALCOLO OPERE DI PRESIDIO

PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV.

INOD 00 DI2 CL IV 07A0006A

. Pag  
21 di 22