



# Autostrada dei Fiori

Tronco A10: Savona - Ventimiglia (confine francese)

## NUOVO SVINCOLO AUTOSTRADALE DI VADO LIGURE

CARREGGIATA SUD / CARREGGIATA NORD  
Progr. Km 47+545

### PROGETTO DEFINITIVO

#### OPERE D'ARTE MAGGIORI

#### SOTTOPASSO AUTOSTRADA A10

Relazione tecnica e di calcolo opere provvisorie

<b>PROGETTISTA</b>	<b>RESPONSABILE INTEGRAZIONE ATTIVITÀ SPECIALISTICHE</b>	<b>IMPRESA</b>	<b>COMMITTENTE</b>
Dott. Ing. Enrico GHISLANDI Ordine degli Ingegneri Provincia di Milano n° 16993	Dott. Ing. Enrico GHISLANDI Ordine degli Ingegneri Provincia di Milano n° 16993		Autostrada dei Fiori S.p.A. Via della Repubblica, 46 18100 Imperia (IM)

REV.	DATA	DESCRIZIONE	REDATTO	CONTR.	APPROV.	RIESAME	DATA	SCALA
							Febbraio 2020	-
							N. Progr.	
A	Febbraio 2020	PRIMA EMISSIONE	SINA	DT/OC	DT	DT		

<b>CODIFICA</b>	PROGETTO	LIV	TRONCO	DOCUMENTO	REV	<b>WBS</b>
	P280	D	A10	OMG RC	015 A	A10IBT0001
						<b>CUP</b>
						I44E14000810005

<b>RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO</b>	<b>VISTO DELLA COMMITTENTE</b>

**SINA S.p.A.**

**Comune di Vado Ligure  
Nuovo Svincolo Autostradale  
Progetto Definitivo**

**SOTTOPASSO AUTOSTRADA A10  
RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIE**

						
A	Feb.2020	Prima Emissione	SINA	DT/OC	DT	
<b>Rev.</b>	<b>Data</b>	<b>Descrizione</b>	<b>Redatto</b>	<b>Controllato</b>	<b>Approvato</b>	
			Documento: P280_D_OMG_RC_015_A.doc			

## INDICE

1.	INTRODUZIONE .....	3
2.	DOCUMENTI DI RIFERIMENTO .....	5
2.1	NORMATIVA .....	5
2.2	BIBLIOGRAFIA .....	6
2.3	PROGRAMMI DI CALCOLO .....	6
3.	MATERIALI.....	7
3.1	CONGLOMERATO CEMENTIZIO.....	7
3.2	ACCIAIO .....	8
4.	CRITERI GENERALI DI PROGETTO DELLE OPERE DI SOSTEGNO .....	10
4.1	PARATIE.....	11
4.1.1	BERLINESI DI MICROPALI.....	12
4.1.2	PARATIE DI PALI.....	14
5.	DEFINIZIONE DELLE AZIONI AGENTI.....	16
5.1	SPINTA DEL TERRENO .....	16
6.	SOTTOPASSO AUTOSTRADA A10.....	18
6.1	INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOTECNICO .....	18
6.2	DESCRIZIONE DELLE OPERE .....	20
6.2.1	BERLINESI PROVVISORIE .....	20
6.3	DIMENSIONAMENTO E VERIFICA DELLE BERLINESI DI MICROPALI.....	22
6.3.1	VERIFICA BERLINESE SCAVO H = 3.8 M .....	22
6.3.1.1	RISULTATI DI CALCOLO.....	23
6.3.1.2	VERIFICA STRUTTURALE MICROPALO .....	25
6.3.1.3	RESISTENZA DEL TERRENO A VALLE.....	26
7.	CONCLUSIONI.....	27
8.	ALLEGATI .....	28
8.1	BERLINESE PROVVISORIALE – SEZIONE H = 3.8 M.....	28

## 1. INTRODUZIONE

La presente relazione viene redatta nell'ambito del Progetto Definitivo del “Nuovo Svincolo Autostradale” da realizzarsi lungo la “Autostrada dei Fiori” A10 in provincia di Savona, nel Comune di Vado Ligure.

La nuova infrastruttura, per la sua ubicazione strategica a monte del centro abitato, si pone come obiettivo la connessione delle attigue aree industriali, della “Aurelia bis” e del bacino portuale di Vado Ligure, della Strada di “Scorrimento” per Savona e del tessuto cittadino senza prevedere alcuna modifica alla rete viaria. Il nuovo elemento infrastrutturale non genererà aggravii alle condizioni di percorrenza dell'attuale sistema viario urbano ed extraurbano, ma migliorerà le condizioni di percorrenza e di impatto ambientale dell'attuale rete stradale riducendo significativamente i volumi di traffico, specie pesante, proveniente dalle infrastrutture portuali.



Figura 1.1 – Inquadramento planimetrico dell'area di interesse

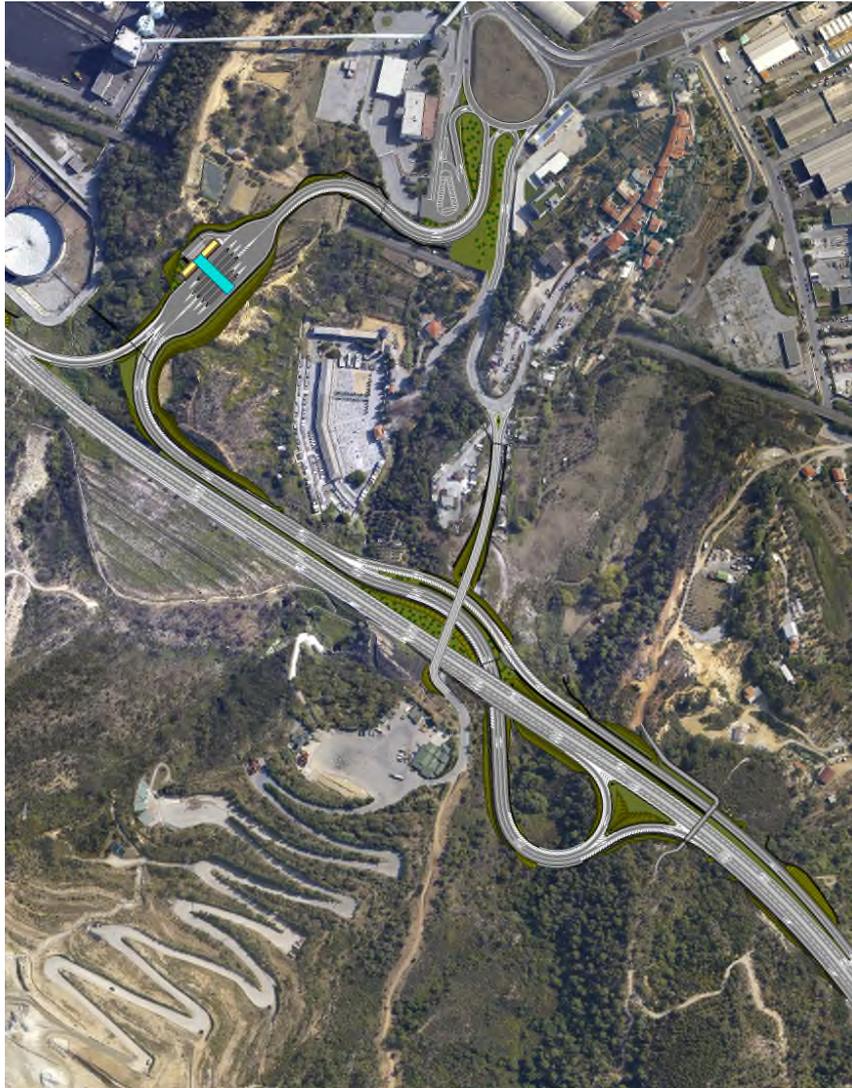


Figura 1.2 – Planimetria dell'intervento in oggetto

Per la realizzazione dello svincolo autostradale sono presenti diverse opere d'arte maggiore di seguito definite:

- Ponte Bossarino 1;
- Ponte Bossarino 2;
- Ponte Rio Tana;
- Ponte Strada Bossarino;
- Viadotto Aurelia Bis;
- **Sottopasso Autostrada A10.**

La presente relazione riporta la descrizione della soluzione progettuale adottata, il dimensionamento e la verifica delle opere di sostegno provvisorie previste per la realizzazione dell'opera *Sottopasso Autostrada A10*.

## 2. DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

### 2.1 NORMATIVA

Le opere oggetto della presente relazione sono state sviluppate in conformità alle seguenti normative e istruzioni di riferimento.

- [1] Legge 05.11.1971 n.1086 "Norma per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato normale e precompresso ed a struttura metallica"
- [2] D.M. 17.01.2018 "Norme Tecniche per le Costruzioni"
- [3] Circ. 21.01.2019 n.7 Istruzioni per l'applicazione delle "Norme Tecniche per le Costruzioni" di cui al DM 17.01.2018
- [4] UNI EN 1991-1-5 Azioni sulle strutture – Parte 1-5: Azioni in generale – Azioni termiche
- [5] UNI EN 1992-1-1 Progettazione delle strutture di calcestruzzo – Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici
- [6] UNI EN 1993-1-1 Progettazione delle strutture di acciaio – Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici
- [7] UNI EN 1993-1-5 Progettazione delle strutture di acciaio – Parte 1-5: Elementi strutturali a lastra
- [8] UNI EN 1993-1-8 Progettazione delle strutture di acciaio – Parte 1-8: Progettazione dei collegamenti
- [9] UNI EN 1993-1-9 Progettazione delle strutture di acciaio – Parte 1-9: Fatica
- [10] UNI EN 1993-1-10 Progettazione delle strutture di acciaio – Parte 1-10: Resilienza del materiale e proprietà attraverso lo spessore
- [11] UNI EN 1993-2 Progettazione delle strutture di acciaio – Parte 2: Ponti di acciaio
- [12] UNI EN 1994-1-1 Progettazione delle strutture composte acciaio-calcestruzzo – Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici
- [13] UNI EN 1994-2 Progettazione delle strutture composte acciaio-calcestruzzo – Parte 2: Regole generali e regole per i ponti
- [14] UNI EN 2001-1-206 Specificazione, prestazione, produzione e conformità e UNI 11104:2004 – Istruzioni complementari per l'applicazione della EN 201-1
- [15] CNR–UNI 10011-1997 Costruzioni in acciaio. Istruzioni per il calcolo, l'esecuzione, il collaudo e la manutenzione

- [16] CNR–UNI 10016-2000 Strutture composte di acciaio e calcestruzzo.  
Istruzioni per l'impiego nelle costruzioni

## 2.2 BIBLIOGRAFIA

- Calcolo della capacità portante delle fondazioni: Brinch-Hansen J. (1970) “A Revised and Extended formula for Bearing Capacity”. Bull. n° 28 – Danish Geotechnical Institute – Copenhagen;
- Bustamante M., Doix B. (1985) “Une méthode pour le calcul des tirants et des micropieux injectés ». Bull. Liaison Lab. Ponts et Chaussées, Paris, n. 149 ;
- Broms B.B. (1964) “Lateral resistance of piles in cohesionless soils”. Journ. Soil Mech. Fond. Div. Proc. ASCE, vol. 90, SM3, pp. 123-156;
- Broms B.B. (1964) “Lateral resistance of piles in cohesive soils”. Journ. Soil Mech. Fond. Div. Proc. ASCE, vol. 90, SM2, pp. 27-63;
- Berenzantev V.G. (1965) “Design of deep foundations”. Proc. VII ICSMFE, Montreal, vol. 2, pp 234-237;
- Viggiani C. (1999) “Fondazioni”. Hevelius Edizioni;
- Ito T., Matsui T. (1975) “Methods to estimate lateral force acting on stabilizing piles”. Soils and Foundations 15 (4).
- Brinch Hansen, J. (1961) “The ultimate resistance of rigid piles against transversal forces”. The Danish geotechnical institute. Bulletin, 12.

## 2.3 PROGRAMMI DI CALCOLO

- Paratie 7 v.7.0.25 CeAS.
- Paratie Plus v. 19.1 CeAS;
- Max 15.0 v 15.03F Aztec;
- GeoStudio SLOPE/W v 8.13.

### 3. MATERIALI

Si riportano le caratteristiche specifiche dei materiali da costruzione da utilizzare per la realizzazione delle opere della presente Relazione.

#### 3.1 CONGLOMERATO CEMENTIZIO

##### Calcestruzzo per FONDAZIONI E PARATIE DI PALI

E' previsto l'impiego di calcestruzzo tipo C25/30 con le seguenti caratteristiche:

Resistenza caratteristica cubica a compressione	$R_{ck}$	= 30,00	N/mm <sup>2</sup>
Resistenza caratteristica cilindrica a compressione	$f_{ck} = 0.83 \cdot R_{ck}$	= 25,00	N/mm <sup>2</sup>
Resistenza media cilindrica a compressione	$f_{cm} = f_{ck} + 8$	= 33,00	N/mm <sup>2</sup>
Resistenza media a trazione semplice	$f_{ctm} = 0.30 f_{ck}^{2/3}$	= 2,56	N/mm <sup>2</sup>
Resistenza caratteristica a trazione	$f_{ctk} = 0.7 f_{ctm}$	= 1,80	N/mm <sup>2</sup>
Coefficiente riduttivo per le resistenze di lunga durata	$\alpha_{cc}$	= 0,85	
Coefficiente parziale di sicurezza del calcestruzzo	$\gamma_C$	= 1,50	
Resistenza di calcolo a compressione	$f_{cd} = \alpha_{cc} \cdot f_{ck} / \gamma_C$	= 14,17	N/mm <sup>2</sup>
Resistenza di calcolo a trazione	$f_{ctd} = f_{ctk} / \gamma_C$	= 1,20	N/mm <sup>2</sup>
Modulo Elastico	$E_{cm} = 22000 (f_{cm}/10)^{0.3}$	= 31480	N/mm <sup>2</sup>

Classe di esposizione:	XC2
Classe di consistenza:	S4 (pali e trave di coronamento) S3 (platea di fondazione)
Copriferro minimo :	60 mm (pali) 35 mm (platea di fondazione) 45 mm (trave di coronamento)
Contenuto minimo di cemento:	300 kg/mc
Massimo rapporto A/C:	0.50

##### Calcestruzzo per STRUTTURE IN ELEVAZIONE

E' previsto l'impiego di calcestruzzo tipo C32/40 con le seguenti caratteristiche:

Resistenza caratteristica cubica a compressione	$R_{ck}$	= 40,00	N/mm <sup>2</sup>
Resistenza caratteristica cilindrica a compressione	$f_{ck} = 0.83 \cdot R_{ck}$	= 32,00	N/mm <sup>2</sup>
Resistenza media cilindrica a compressione	$f_{cm} = f_{ck} + 8$	= 41,20	N/mm <sup>2</sup>
Resistenza media a trazione semplice	$f_{ctm} = 0.30 f_{ck}^{2/3}$	= 3,10	N/mm <sup>2</sup>
Resistenza caratteristica a trazione	$f_{ctk} = 0.7 f_{ctm}$	= 2,17	N/mm <sup>2</sup>
Coefficiente riduttivo per le resistenze di lunga durata	$\alpha_{cc}$	= 0,85	
Coefficiente parziale di sicurezza del calcestruzzo	$\gamma_C$	= 1,50	
Resistenza di calcolo a compressione	$f_{cd} = \alpha_{cc} \cdot f_{ck} / \gamma_C$	= 18,81	N/mm <sup>2</sup>
Resistenza di calcolo a trazione	$f_{ctd} = f_{ctk} / \gamma_C$	= 1,45	N/mm <sup>2</sup>
Modulo Elastico	$E_{cm} = 22000 (f_{cm}/10)^{0.3}$	= 33643	N/mm <sup>2</sup>

Classe di esposizione:	XS1
Classe di consistenza:	S4
Copriferro minimo:	45 mm
Contenuto minimo di cemento:	300 kg/mc
Massimo rapporto A/C:	0.50

### 3.2 ACCIAIO

#### Acciaio da CARPENTERIA PER MICROPALI

E' previsto l'impiego di acciaio tipo S355 con le sguenti caratteristiche:

Tensione caratteristica di snervamento	$f_{yk}$	=	355	N/mm <sup>2</sup>
Tensione caratteristica di rottura	$f_{tk}$	=	510	N/mm <sup>2</sup>
Coefficiente parziale di sicurezza	$\gamma_{M0}$	=	1.05	-
Coefficiente parziale di sicurezza per instabilità	$\gamma_{M1}$	=	1.05	-
Resistenza di calcolo	$f_{yd} = f_{yk}/\gamma_s$	=	338.10	N/mm <sup>2</sup>
Modulo Elastico	$E_s$	=	210000	N/mm <sup>2</sup>

#### Acciaio per ARMATURA CONVENZIONALE DI STRUTTURE IN C.A.

E' previsto l'impiego di acciaio tipo B450C con le sguenti caratteristiche:

Tensione caratteristica di snervamento	$f_{yk}$	=	450	N/mm <sup>2</sup>
Tensione caratteristica di rottura	$f_{tk}$	=	540	N/mm <sup>2</sup>
Coefficiente parziale di sicurezza relativo all'acciaio	$\gamma_s$	=	1.15	-
Resistenza di calcolo	$f_{yd} = f_{yk}/\gamma_s$	=	391.30	N/mm <sup>2</sup>
Modulo Elastico	$E_s$	=	210000	N/mm <sup>2</sup>

#### Acciaio da CARPENTERIA PER TRAVI DI RIPARTIZIONE

E' previsto l'impiego di acciaio tipo S275 con le sguenti caratteristiche:

Tensione caratteristica di snervamento	$f_{yk}$	=	275	N/mm <sup>2</sup>
Tensione caratteristica di rottura	$f_{tk}$	=	430	N/mm <sup>2</sup>
Coefficiente parziale di sicurezza	$\gamma_{M0}$	=	1.05	-
Coefficiente parziale di sicurezza per instabilità	$\gamma_{M1}$	=	1.05	-
Resistenza di calcolo	$f_{yd} = f_{yk}/\gamma_s$	=	261.90	N/mm <sup>2</sup>
Modulo Elastico	$E_s$	=	210000	N/mm <sup>2</sup>

### **Acciaio PER CHIODATURE PASSIVE**

È previsto l'impiego di acciaio armonico in barre:

Area della singola barra	$A_{barra}$	=	8.04	cm <sup>2</sup>
Tensione caratteristica di rottura	$f_{ptk}$	=	550	N/mm <sup>2</sup>
Tensione caratteristica all'1% di deformazione totale	$f_{p(1)k}$	=	500	N/mm <sup>2</sup>
Coefficiente parziale di sicurezza	$\gamma_s$	=	1.15	-
Tensione di calcolo (condizioni permanenti e transitorie)	$f_{yd}$	=	434.8	N/mm <sup>2</sup>
Tensione di calcolo (condizioni eccezionali)	$f_{yd}$	=	500	N/mm <sup>2</sup>

### **Acciaio ARMONICO PER TIRANTI ATTIVI**

È previsto l'impiego di acciaio armonico in trefoli:

Area del singolo trefolo	$A_{trefolo}$	=	1.39	cm <sup>2</sup>
Tensione caratteristica di rottura	$f_{ptk}$	=	1860	N/mm <sup>2</sup>
Tensione caratteristica all'1% di deformazione totale	$f_{p(1)k}$	=	1670	N/mm <sup>2</sup>
Coefficiente parziale di sicurezza	$\gamma_s$	=	1.15	-
Tensione di calcolo (condizioni permanenti e transitorie)	$f_{yd}$	=	1452.2	N/mm <sup>2</sup>
Tensione di calcolo (condizioni eccezionali)	$f_{yd}$	=	1670	N/mm <sup>2</sup>

## 4. CRITERI GENERALI DI PROGETTO DELLE OPERE DI SOSTEGNO

In ottemperanza con la normativa vigente, i calcoli sono condotti con il metodo semi-probabilistico agli stati limite.

I criteri per la verifica e il dimensionamento di seguito esposti si applicano a tutte le opere che hanno funzione di sostegno.

In accordo con quanto prescritto dalla Normativa vigente, per ogni Stato Limite Ultimo (SLU) deve essere rispettata la seguente condizione:

$$E_d < R_d$$

in cui  $E_d$  rappresenta il valore di progetto dell'azione o dell'effetto dell'azione, mentre  $R_d$  è il valore di progetto della resistenza. Per quanto concerne le azioni di progetto  $E_d$ , queste possono essere determinate applicando i coefficienti parziali sulle azioni caratteristiche, oppure, successivamente, sulle sollecitazioni prodotte dalle azioni caratteristiche.

Le azioni sull'opera di sostegno sono quelle dovute al peso proprio del terreno e del materiale di riempimento, ai sovraccarichi. In particolar modo, nella valutazione dei sovraccarichi a tergo di un'opera di sostegno, è necessario tenere in conto dell'eventuale presenza di costruzioni, di depositi di materiale, di veicoli in transito o di apparecchi di sollevamento.

I valori dei coefficienti parziali da assumersi per la determinazione degli effetti delle azioni nelle verifiche agli Stati Limite Ultimi sono riportati nella seguente tabella (Tab. 2.6.I delle NTC 2018):

**Tab. 2.6.I – Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni nelle verifiche SLU**

		Coefficiente	EQU	A1	A2
		$\gamma_F$			
Carichi permanenti $G_1$	Favorevoli	$\gamma_{G1}$	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevoli		1,1	1,3	1,0
Carichi permanenti non strutturali $G_2^{(1)}$	Favorevoli	$\gamma_{G2}$	0,8	0,8	0,8
	Sfavorevoli		1,5	1,5	1,3
Azioni variabili Q	Favorevoli	$\gamma_Q$	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevoli		1,5	1,5	1,3

<sup>(1)</sup> Nel caso in cui l'intensità dei carichi permanenti non strutturali o di una parte di essi (ad es. carichi permanenti portati) sia ben definita in fase di progetto, per detti carichi o per la parte di essi nota si potranno adottare gli stessi coefficienti parziali validi per le azioni permanenti.

*Tabella 4-1 – Coefficienti parziali per le azioni*

Il valore di progetto della resistenza  $R_d$  può essere determinato in modo analitico, con riferimento al valore caratteristico dei parametri geotecnici del terreno, opportunamente ridotto in funzione del coefficiente parziale specificato nella Tab 6.2.II delle NTC2018.

*Tab. 6.2.II – Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno*

Parametro	Grandezza alla quale applicare il coefficiente parziale	Coefficiente parziale $\gamma_M$	(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	$c_{uk}$	$\gamma_{cu}$	1,0	1,4
Peso dell'unità di volume	$\gamma_\gamma$	$\gamma_\gamma$	1,0	1,0

*Tabella 4-2 – Coefficienti parziali per le resistenze dei materiali naturali*

Le analisi finalizzate al dimensionamento strutturale nelle quali si consideri l'interazione terreno – struttura si dovranno eseguire con i valori caratteristici dei parametri geotecnici, amplificando l'effetto delle azioni con i coefficienti parziali del gruppo A1, così come previsto al §6.2.4.2 della normativa vigente.

#### 4.1 PARATIE

Le opere di sostegno flessibili, previste per la realizzazione del Nuovo svincolo autostradale di Vado Ligure sono costituite principalmente da berlinesi e da paratie di pali di medio diametro. Queste due categorie di opere di sostegno avranno geometrie e sistemi di ancoraggio differenti e sono state studiate e progettate in funzione delle specifiche necessità geologiche, geomorfologiche e geotecniche dell'area. Per maggiori informazioni in merito alle scelte progettuali che hanno portato all'individuazione della miglior soluzione si rimanda ai capitoli successivi.

Per il calcolo e la verifica delle opere di sostegno flessibili, siano esse berlinesi o paratie di pali, si devono considerare i seguenti stati limite ultimi, accertando che le resistenze superino le azioni agenti per ciascuno stato limite considerato:

- SLU di tipo strutturale (STR)
  - Raggiungimento della resistenza di uno o più sistemi di contrasto;
  - Raggiungimento della resistenza della struttura della paratia;
- SLU di tipo geotecnico (GEO)
  - Collasso per rotazione intorno a un punto dell'opera (moto rigido);
  - Collasso per carico limite verticale;
  - Sfilamento di uno o più ancoraggi;
  - Instabilità del fondo scavo;

- Instabilità globale del complesso opera di sostegno – terreno.

La verifica di stabilità globale del complesso opera di sostegno – terreno deve essere effettuata secondo la Combinazione 2 (A2+M2+R2) dell'Approccio 1. Le rimanenti verifiche devono essere effettuate secondo l'Approccio 1, considerando le due combinazioni di coefficienti:

- Combinazione 1 (A1+M1+R1);
- Combinazione 2 (A2+M2+R2);

Nelle condizioni di esercizio, gli spostamenti dell'opera di sostegno e del terreno circostante devono essere valutati per verificarne la compatibilità con la funzionalità dell'opera e con la sicurezza e funzionalità di manufatti adiacenti, anche a seguito di modifiche indotte sul regime delle pressioni interstiziali.

Inoltre, secondo quanto prescritto al § 6.5.2.2 della normativa vigente, il modello geotecnico deve tenere conto delle possibili variazioni del profilo del terreno a monte e a valle del paramento rispetto ai valori nominali. Nel caso in cui la funzione di sostegno sia affidata alla resistenza del volume di terreno a valle dell'opera, la quota di valle deve essere diminuita di una quantità pari al minore dei seguenti valori:

- 10% dell'altezza di terreno da sostenere nel caso di opere a sbalzo;
- 10% della differenza di quota fra il livello inferiore di vincolo e il fondo scavo nel caso di opera vincolata;
- 0.5 m.

#### **4.1.1 BERLINESI DI MICROPALI**

Per il dimensionamento delle berlinesi di micropali si è utilizzato il programma di calcolo Paratie che consente la definizione e il calcolo delle spinte e delle sollecitazioni agenti sull'opera di sostegno, nonché delle deformazioni che la stessa subirà durante le diverse fasi realizzative.

Per la verifica strutturale delle berlinesi si trascura il contributo di resistenza fornito dalla malta cementizia di iniezione del micropalo, mentre le sollecitazioni sono interamente affidate al tubolare in acciaio costituente l'armatura.

La configurazione geometrica della struttura di sostegno (micropalo e sistemi di vincolo) è definita in funzione dell'analisi condotta, controllando che gli spostamenti siano sufficientemente ridotti per garantire la funzionalità dell'opera e che la percentuale di spinta mobilitata a valle sia inferiore di quella di monte.

Le berlinesi sono caratterizzate da sistemi di vincolo costituiti da chiodature passive installate nelle diverse fasi di scavo.

Le lunghezze libere e di tratto iniettato sono state valutate in funzione della loro posizione; il tratto libero è individuato dall'apertura del cuneo di spinta a tergo dell'opera di sostegno e dalla posizione del chiodo, mentre il bulbo è stato

opportunamente progettato in modo da garantirne la resistenza nei confronti dell'azione di trazione agente.

La verifica delle barre passive, si compone della verifica strutturale della barra (verifica di resistenza a trazione) e della verifica di sfilamento bulbo-terreno.

La verifica strutturale si ritiene soddisfatta se la seguente relazione risulta valida:

$$N_{E,d} \leq N_{t,Rd} = \min \left\{ \frac{f_{yk} \cdot A}{\gamma_{M0}} ; \frac{0.9 \cdot f_{uk} \cdot A_{net}}{\gamma_{M2}} \right\}$$

In cui:

$N_{E,d}$  è l'azione di trazione agente sul chiodo;

$N_{t,Rd}$  è la resistenza strutturale del chiodo;

$f_{yk}$  è la resistenza di calcolo dell'acciaio;

$A$  è l'area del chiodo;

$f_{uk}$  è il limite di rottura dell'acciaio

La verifica a sfilamento, invece, è da ritenersi soddisfatta se la seguente disuguaglianza è valida:

$$N_d \leq R_{ad} = \frac{\pi \cdot \alpha \cdot D \cdot \tau_{ad} \cdot L}{\gamma_{Rat} \cdot \xi_{a3} \cdot \gamma_{st}}$$

In cui:

$N_d$  è l'azione di trazione agente sul chiodo;

$R_{ad}$  è la resistenza a sfilamento fornita dal bulbo;

$\alpha$  è il coefficiente amplificativo del diametro di perforazione (assunto, in questo caso, pari a 1.0);

$D$  è il diametro di perforazione;

$\tau_{ad}$  è l'aderenza laterale;

$L$  è la lunghezza del tratto iniettato;

$\gamma_{Rat}$  è il coefficiente parziale, funzione del tipo di ancoraggio (provvisorio o permanente);

$\xi_{a3}$  è il coefficiente riduttivo, funzione delle verticali di indagine a disposizione.

Le chiodature passive sono vincolate alla paratia grazie all'ausilio di piastre e travi di ripartizione costituite da profilati metallici con la funzione di ripartire sui diversi micropali le sollecitazioni agenti sul singolo chiodo.

Le caratteristiche della sollecitazione sono determinate modellando gli elementi strutturali di verifica alla stregua di travi continue su più appoggi; la luce della campata è data dall'interasse dei tiranti ed il carico, uniformemente distribuito, è determinato ripartendo le reazioni offerte dagli ancoraggi, ottenute dal modello di calcolo. Definito

$N_{S,d}$  il massimo tiro di calcolo corrispondente all'i-esimo ordine di tiranti, il suddetto carico è così calcolato:

$$q_{S,d} = N_{S,d}/l$$

In cui "l" è l'interasse longitudinale tra i sistemi di vincolo.

Secondo tale modello, le massime azioni sull'elemento strutturale saranno:

$$M_{S,d} = \frac{1}{10} \cdot q_{S,d} \cdot l^2;$$

$$T_{S,d} = 0.6 \cdot q_{S,d} \cdot l$$

La tensione resistente di calcolo dell'acciaio è ottenuta mediante riduzione della tensione resistente caratteristica,  $f_{yk}$  attraverso il coefficiente parziale  $\gamma_{M0} = 1.05$ .

#### 4.1.2 PARATIE DI PALI

Per il dimensionamento delle paratie di pali, così come per le berlinesi, è stato utilizzato il programma di calcolo Paratie.

La verifica strutturale dei pali è condotta considerando la sezione circolare in calcestruzzo armato.

Anche per le paratie di pali è stato necessario verificare l'interazione opera-terreno, al fine di garantire il corretto dimensionamento dell'opera con particolare riferimento alla profondità di infissione della paratia, in condizioni statiche e sismiche e dimensionando l'opera in modo da ottenere spostamenti sufficientemente ridotti (cinematismo profondo).

Il sistema di vincolo delle paratie di pali è costituito da tiranti a trefoli attivi.

La verifica a sfilamento dei tiranti, considerando la tecnologia realizzativa e le caratteristiche meccaniche del terreno in cui il bulbo di fondazione viene realizzato, è condotta valutando la resistenza caratteristica a sfilamento all'interfaccia bulbo di ancoraggio-terreno ed è valutata in accordo con le prescrizioni fornite da Bustamante e Doix (1985) e Viggiani (1999).

La resistenza a sfilamento di progetto è determinata attraverso la seguente relazione:

$$N_{R,ad} = \frac{N_{R,ak}}{\gamma_{R,p}} = \frac{\pi \cdot D_p \cdot \alpha \cdot \tau_{ak} \cdot L_a}{\gamma_{R,p} \cdot \xi}$$

Dove:

$N_{R,ad}$  è la resistenza a sfilamento di progetto dell'interfaccia bulbo di fondazione-terreno;

$D_p$  è il diametro di perforazione della fondazione del tirante;

$\alpha$  è un coefficiente correttivo che tiene conto della tecnologia realizzativa dell'ancoraggio e del contesto geotecnico (Viggiani, '99);

$\tau_{ak}$  è la tensione resistente a sfilamento caratteristica dell'interfaccia bulbo di fondazione-terreno;

$L_a$  è la lunghezza della fondazione del tirante;

$\gamma_{Ra,p}$  è il coefficiente parziale per la resistenza degli ancoraggi (R3); a favore di sicurezza si considera il valore del coefficiente parziale relativo agli ancoraggi permanenti;

$\xi$  è un fattore di correlazione che dipende dal numero di profili di indagine geotecnica disponibili per la determinazione della resistenza caratteristica  $\tau_{ak}$ .

La verifica viene condotta nel rispetto della seguente disuguaglianza:

$$N_{R,ad} \geq N_{S,d}$$

dove  $N_{S,d}$  rappresenta il valore dell'azione sollecitante sui tiranti.

Nella tabella che segue è riassunto il calcolo per la determinazione di  $N_{R,ad}$  per le verifiche dei diversi ordini di tiranti e l'esito della verifica, che risulta sempre soddisfatta.

La verifica strutturale dei tiranti realizzati con trefoli di acciaio armonico è stata invece effettuata secondo la relazione seguente:

$$N_{R,pd} = \frac{f_p(1)\% \cdot A_{tr} \cdot n_{tr}}{\gamma_s}$$

Dove:

$f_p(1)\%$  è la resistenza elastica dell'acciaio armonico alla deformazione dell'1%;

$A_{tr}$  è l'area del singolo trefolo;

$n_{tr}$  è il numero di trefoli per tirante;

$\gamma_s$  è il coefficiente parziale dell'acciaio.

La verifica viene condotta nel rispetto della seguente disuguaglianza:

$$N_{R,pd} \geq N_{S,d}$$

Per quanto riguarda le travi di ripartizione si rimanda ai criteri di calcolo precedentemente esposti per le berlinesi di micropali.

## 5. DEFINIZIONE DELLE AZIONI AGENTI

Le opere di sostegno provvisoriale sono state verificate considerando le azioni indicate di seguito.

Per le opere provvisoriale in oggetto, dal momento che le fasi di costruzione permangono per meno di due anni, si trascurano le verifiche sismiche come indicato al § 2.4.1 della NTC2018.

### 5.1 SPINTA DEL TERRENO

Noti i parametri di resistenza, è possibile definire il valore dei coefficienti di spinta in condizioni di equilibrio limite, come di seguito commentato.

#### Coefficiente di spinta a riposo

Il coefficiente di spinta a riposo  $K_0$  è valutato mediante la formula di Jaky (1994):

$$K_0 = 1 - \text{sen}(\phi') \text{OCR}^{\text{sen}(\phi')}$$

Con OCR, grado di sovraconsolidazione (nel caso in esame  $\text{OCR} \cong 1$ ).

#### Coefficiente di spinta attiva

Il coefficiente di spinta attiva  $K_A$  è valutato mediante la soluzione analitica di Muller-Breslau (1924), riferita a superfici di rottura piane.

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

Con:

- $\phi$ : Angolo di attrito del terreno;
- $\beta$ : Inclinazione del paramento;
- $\delta$ : Angolo di attrito terreno-paramento;
- $i$ : Inclinazione del pendio a monte.

Nel caso particolare di piano campagna orizzontale, paramento verticale considerando cautelativamente un attrito terra-muro nullo, la correlazione citata si riduce alla formulazione originariamente proposta da Rankine:

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

Coefficiente di spinta passiva

Il coefficiente di spinta passiva  $K_p$  è valutato mediante le soluzioni di Caquot & Kerisel (1948), ottenute con riferimento a superfici di rottura di tipo complesso (spirale logaritmica), come riportato nella figura seguente:

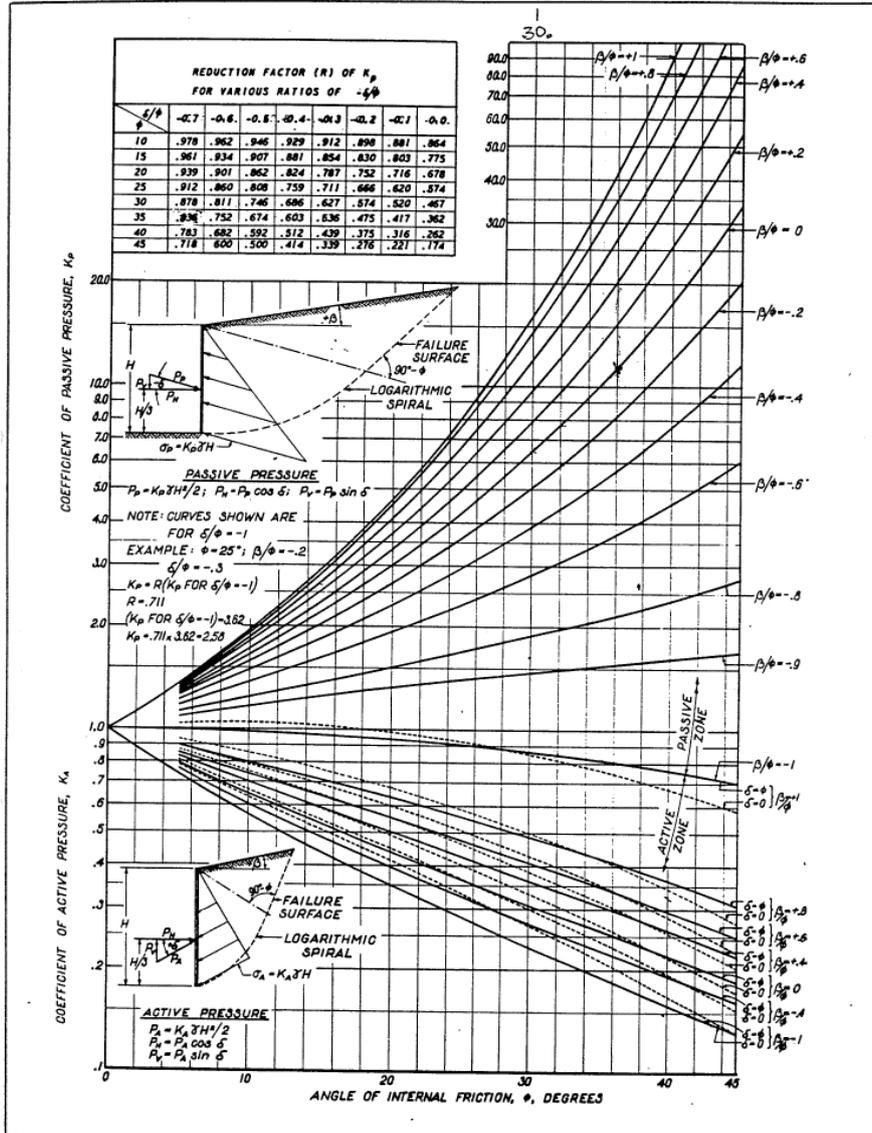
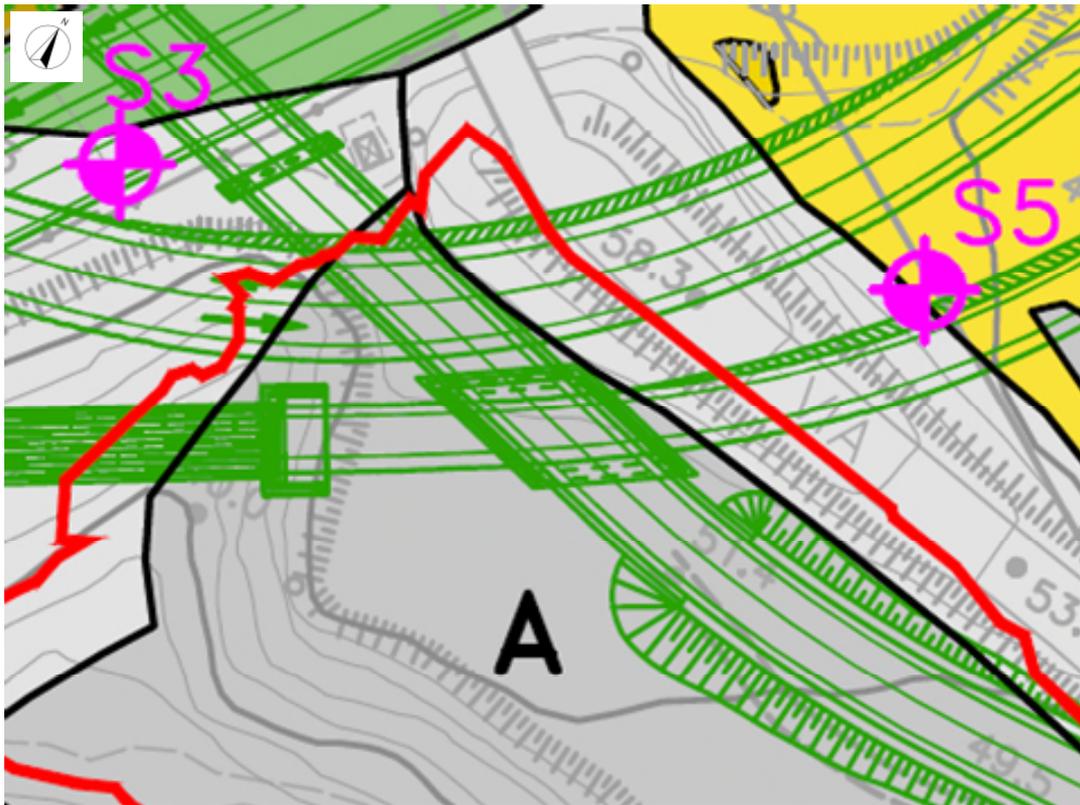


Figura 5.1 – Abaco per la valutazione del coefficiente di spinta passiva (Caquot & Kerisel, 1948)

Nella valutazione di tale parametro si è considerato che l'angolo di attrito tra opera di sostegno e terreno ( $\delta$ ) risulta inferiore all'angolo di attrito interno del terreno, come di seguito indicato:

$$\delta/\phi' \cong 0.5 \quad (\text{Terreno-CLS}) \quad \text{in condizioni statiche;}$$





**ELEMENTI GEOLOGICI**

<p><b>DISCARICA</b></p> <p><b>DISC</b> Discarica di Bossarino: materiali misti di abbancamento</p> <p><b>RITOMBAMENTO</b></p> <p><b>RIT</b> Terrani rimaneggiati di ritombamento della struttura della galleria ferroviaria "Tana"; spessore max di circa 20m (lavori eseguiti nel 1968-1970)</p> <p><b>RIPORTI</b></p> <p><b>A</b> Perimetrazione area di riporto rifiuti (Ordinanza-diffida n°11\2013 del 20.02.2013 del comune di Vado Ligure); natura e spessore dei rifiuti non nota</p> <p><b>B</b> Terreni riportati all'epoca degli scavi di sbancamento del bacino della centrale ex E.N.E.L. (lavori eseguiti nel 1967) e/o della vicina linea ferroviaria (lavori eseguiti nel 1968-1970); spessori mediamente compresi tra 5m e 15m</p> <p><b>C</b> Terreni di riporto di livellamento locale del piazzale</p> <p><b>RILEVATI</b></p> <p><b>RIL</b> Rilevati autostradali e stradali</p> <p><b>DEPOSITI ALLUVIONALI</b></p> <p><b>AR</b> Depositi alluvionali recenti (Quaternario recente)</p> <p><b>AT</b> Depositi alluvionali terrazzati (Quaternario medio-recente)</p>	<p><b>DEPOSITI PLEISTOCENICI</b></p> <p><b>PT2</b> Depositi antichi di origine continentale (Pleistocene Medio) affioranti (a) e/o sub-affioranti (b)</p> <p><b>PT1</b> Depositi antichi di origine deltizia (Pleistocene Medio e Basso) affioranti (a) e/o sub-affioranti (b)</p> <p><b>COPERTURA</b></p> <p><b>CDP</b> Copertura detritica discontinua di spessore mediamente compreso tra 3m e 5m</p> <p><b>METASEDIMENTI PERMIANI</b></p> <p><b>MSP</b> Rocca affiorante (a) e/o sub-affiorante (b) in scadenti condizioni geomeccaniche (molto alterata e fratturata) con copertura detritica discontinua di spessore fino a 3m di spessore (Permiano)</p> <p><b>ELEMENTI LINEARI E PUNTUALI</b></p> <p><b>a-b</b> Limite geologico certo (a) o presunto (b)</p> <p><b>300/0</b> Giacitura stratificazione e/o scistosità principale</p> <p><b>30/0</b> Giacitura sub-verticale</p> <p><b>45/0</b> Immersione asse di piega</p> <p><b>S1</b> Sondaggio geognostico a carotaggio continuo realizzato per il Progetto Definitivo (2019)</p> <p><b>P</b> Pozzo ad uso irriguo</p>
--	---

*Figura 6.2 – Stralcio di carta geologica*

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

I parametri geotecnici caratteristici utilizzati nelle analisi, in riferimento alla stratigrafia assunta, sono riportati nella tabella seguente:

<b>Descrizione geologica (codice)</b>	<b>Descrizione geotecnica</b>	$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	$\phi'$ (°)	$c'$ (kPa)	$E'_{25}$ (MPa)
Rilevati (RIL)	Ghiaia sabbioso limosa, addensata	19-20	34-36	0-2	50-80
Metasedimenti permiani (SC1)	Scisti quarzo sericitici, scisti filladico-sericitici, scisti cloritico-sericitici, micascisti, molto alterati	21-22	24-26	10-15	50-90
Metasedimenti permiani (SC2)	Scisti quarzo sericitici, scisti filladico-sericitici, scisti cloritico-sericitici, micascisti, mediamente alterati	22-23	28-30	20-40	80-150
Metasedimenti permiani (SC3)	Scisti quarzo sericitici, scisti filladico-sericitici, scisti cloritico-sericitici, micascisti, poco alterati	23-24	30-32	60-80	150-250

*Tabella 6-1 – Parametri geomeccanici caratteristici*

## 6.2 DESCRIZIONE DELLE OPERE

### 6.2.1 BERLINESI PROVVISORIE

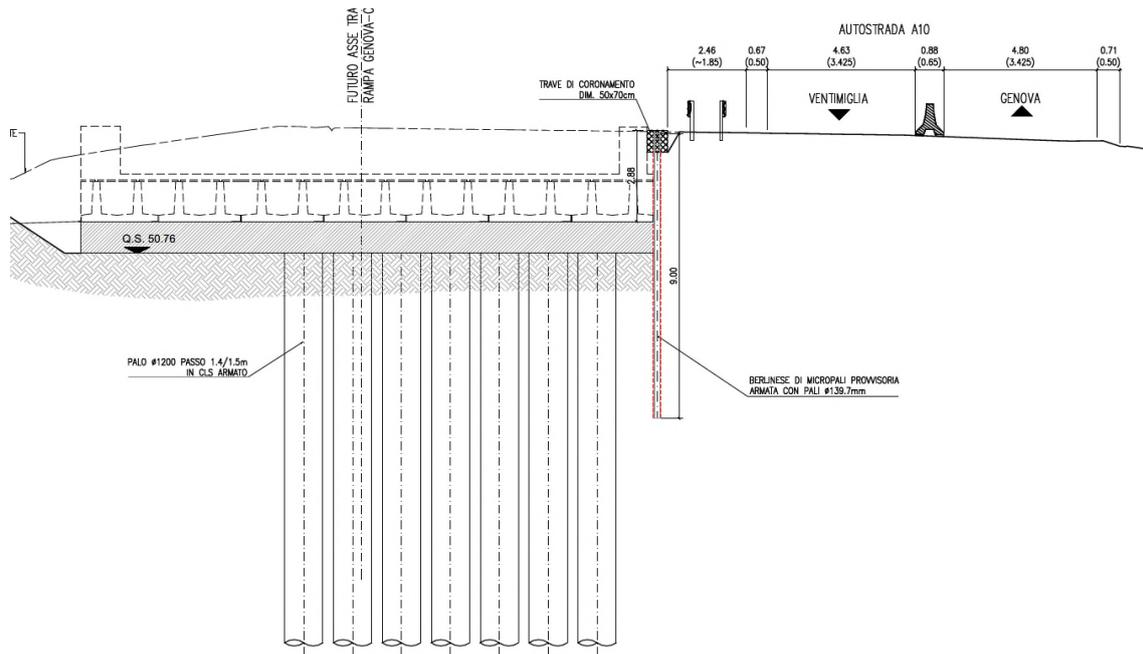
Per la realizzazione dell'opera in oggetto si rende necessaria l'installazione berlinesi provvisorie a sostegno del terreno a monte degli scavi. Nel rispetto delle fasi realizzative volte a parzializzare il traffico è prevista una berlinese di micropali posta di trasversalmente alla carreggiata autostradale con lo scopo di sostenere il terreno durante le fasi di scavo.

Tale opera è costituita da micropali che presentano le seguenti caratteristiche:

- Diametro di perforazione dei micropali:  $\Phi = 200$  mm;
- Armatura tubolare  $\Phi_N = 139.7$  mm / s = 12.5 mm / Acciaio S355;
- Lunghezze micropalo pari a 9.0 m / interasse = 0.40 m;

L'altezza massima dello scavo è di 3.80 m e la soluzione adottata non richiede l'installazione di tiranti.

Di seguito si riporta una sezione dell'opera suddetta.



*Figura 6.3 – Sezione tipologica berlinese*

### 6.3 DIMENSIONAMENTO E VERIFICA DELLE BERLINESI DI MICROPALI

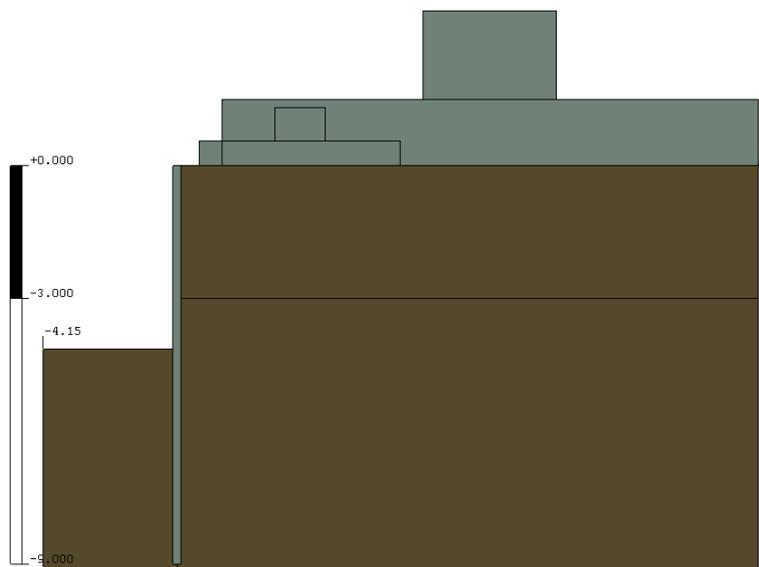
Nel presente paragrafo vengono proposti i risultati delle analisi di calcolo effettuati secondo i criteri di dimensionamento esposti nel capitolo § 4.

La sezione verificata è la seguente:

- Sezione paratia scavo H = 3.80 m

#### 6.3.1 VERIFICA BERLINESE SCAVO H = 3.8 M

Si prevede di realizzare una berlinese di micropali di lunghezza pari a 9 m per far fronte ad uno scavo di 3.80 m necessario per lo scavo in sicurezza del sottopasso autostradale. Per mezzo del codice di calcolo Paratie 7.0 si è riprodotto il modello della sezione di seguito riportato nella figura sottostante:



Paratie - Ce.A.S. s.r.l.

Figura 6.4 – Modello di calcolo sezione H = 3.8 m

Le fasi di calcolo dell'analisi numerica sono le seguenti:

- **Fase 1:** Condizione geostatica;
- **Fase 2:** Realizzazione della berlinese ed applicazione del sovraccarico che simula la aliquota di terreno che eccede il piano orizzontale a monte;
- **Fase 3:** Scavo di ribasso fino alla quota di fondo scavo di 4.15 m (3.8 di scavo effettivo e 0.35 m di incremento della profondità di scavo come previsto dalla NTC 2018) e applicazione del carico *cantiere* a monte della paratia;
- **Fase 4:** Rimozione del carico *cantiere* a monte per simulare le condizioni di lungo termine.

Per quanto concerne la definizione dei parametri geotecnici, per ogni strato costituente la stratigrafia del sito, sono state rispettate le ipotesi di calcolo come descritto in § 4.

Sulla base delle ipotesi suddette, nella seguente tabella si riportano i valori caratteristici dei parametri geotecnici assunti nel modello di calcolo per ogni strato.

Unità geomeccanica	Valori caratteristici			
	$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\phi_k$ [°]	$c'$ [kPa]	$E_{op}$ [MPa]
<b>Rilevati</b>	19.0	30.0	0	50.0
<b>Scisti 1</b>	21.5	25.0	12.5	70.0

*Tabella 6-2 – Parametri geotecnici di calcolo – Sezione H = 3.8 m*

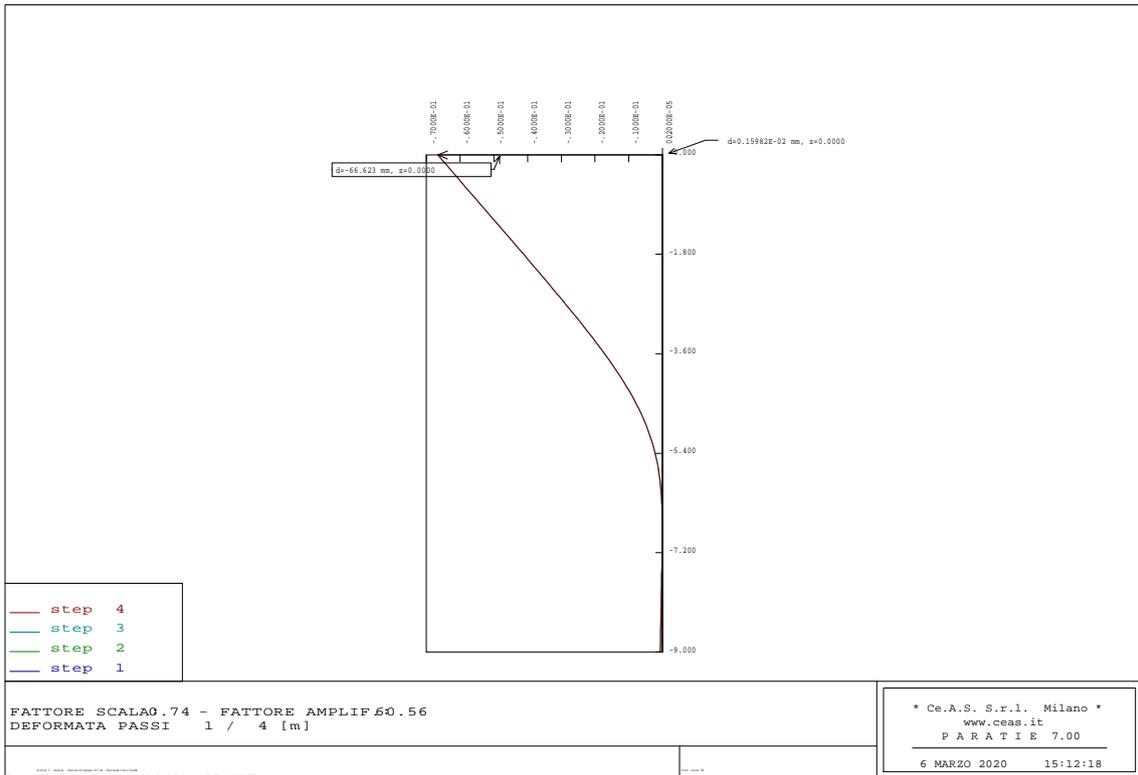
### 6.3.1.1 RISULTATI DI CALCOLO

Di seguito in *Tabella 6-3* sono schematizzati i principali risultati relativi al dimensionamento della berlinese di sostegno. Si evidenzia che le sollecitazioni riportate per la combinazione SLU (STRU) sono già moltiplicate per il corrispondente coefficiente di sicurezza ( $\gamma_F = 1.3$ ).

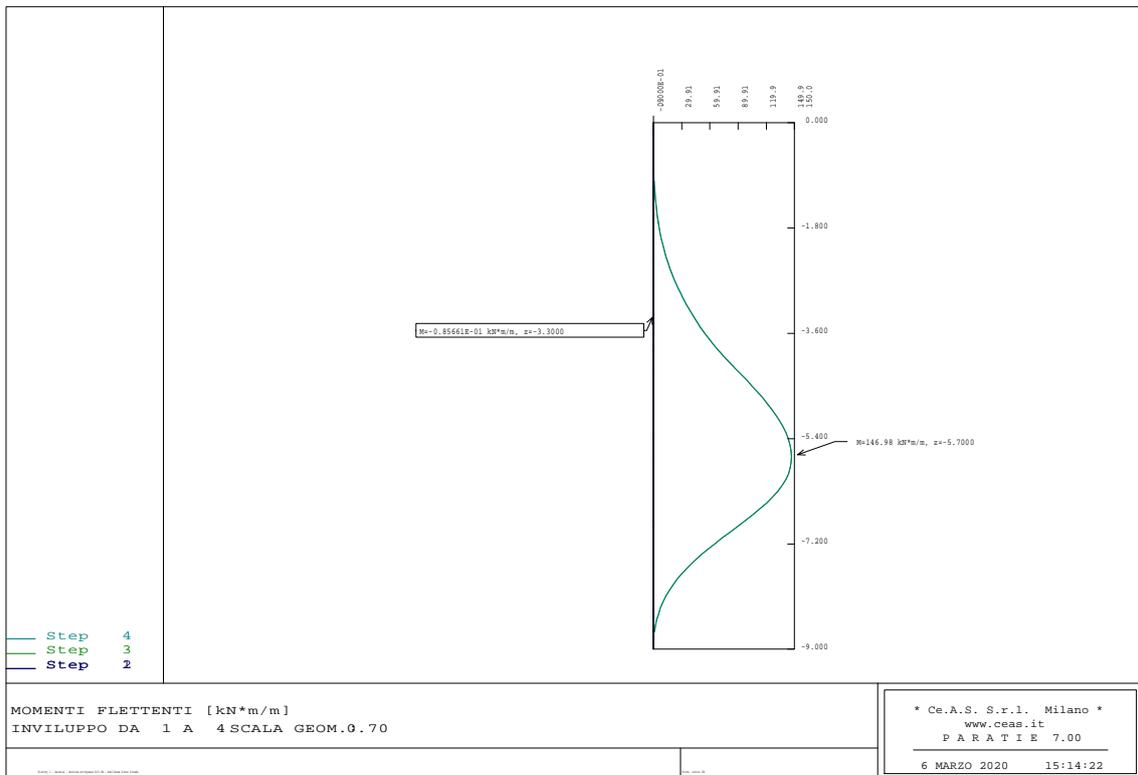
Combinazione	Paratia			
	Spostamento [mm]	Momento [kNm/m]	Taglio [kN/m]	Spinta passiva mobilitata [%]
<b>SLE</b>	66.6	76.0	45.8	33
<b>SLU (STRU) A1+M1+R1</b>	-	103.8	62.2	-
<b>SLU (GEO) A2+M2+R1</b>	-	147.0	83.7	51

*Tabella 6-3 – Output di calcolo – Sezione H = 3.8 m*

Di seguito si riportano i principali diagrammi delle sollecitazioni, per ulteriori dettagli di calcolo si rimanda agli Allegati in coda.



*Figura 6.5 – Deformazione paratia - SLE*



*Figura 6.6 – Momento flettente paratia – SLU*

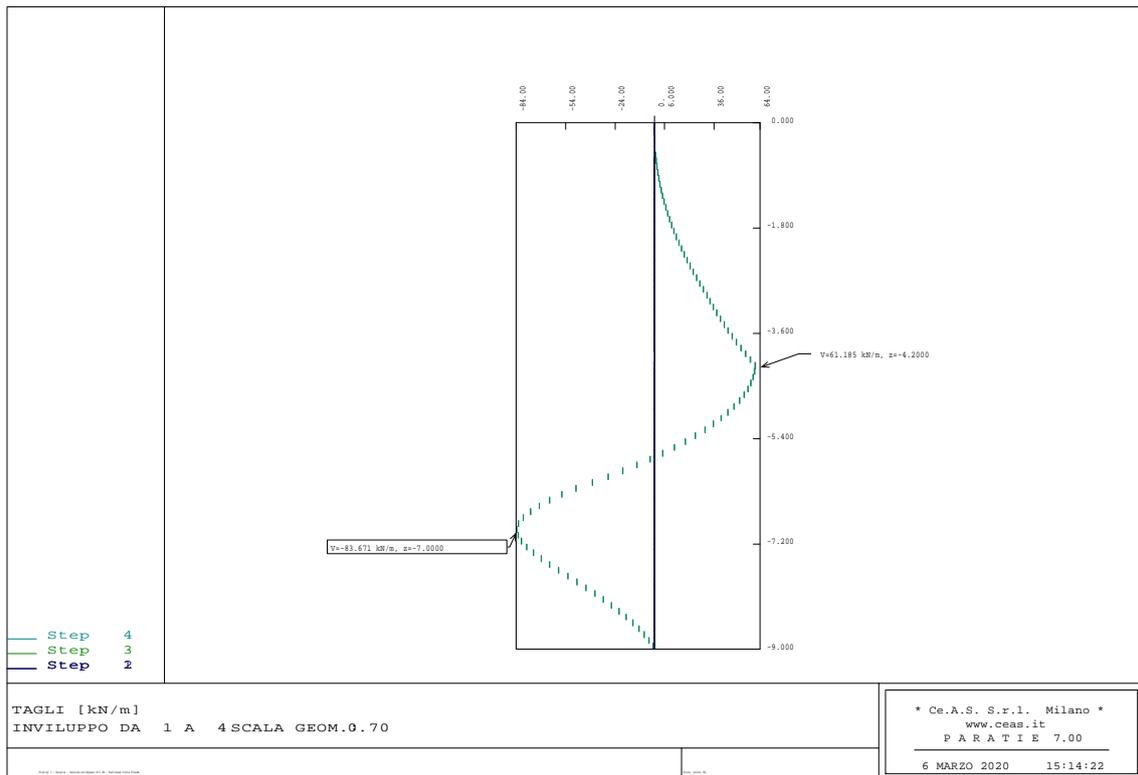


Figura 6.7 – Taglio paratia – SLU

### 6.3.1.2 VERIFICA STRUTTURALE MICROPALO

La berlinese è realizzata con micropali aventi tubolari in acciaio di diametro pari a 139.7 mm, spessore 12.5 mm, interasse tra i micropali di 0.40 m e lunghezza di 9 m.

Di seguito si riporta la verifica strutturale relativa al tubolare

Materiale			Azioni di calcolo		A1-M1	A2-M2
Acciaio:	classe	S 355 -	Azione assiale	$n_s$ kN/m	0	0
Coefficiente di sicurezza:	$\gamma_{Mo}$	1.05 -	Taglio	$v_s$ kN/m	62.2	83.7
Tensione di snervamento:	$f_{yk}$	355 MPa	Momento	$m_s$ kNm/m	103.8	147.0
Tensione di calcolo:	$f_{yd}$	338 MPa	<b>Combinazioni di carico</b>		A1-M1-R1	A1-M1-R1
<b>Sezione (UNI EN 10219-2:2006)</b>			Coefficiente di sicurezza	$\gamma$ -	1.3	1
Diametro esterno:	D	139.7 mm	Interasse	i m	0.4	0.4
Spessore (s <= 40 mm):	s	12.5 mm	<b>Azioni di progetto</b>		A1-M1-R1	A1-M1-R1
Diametro interno:	d	114.7 mm	Azione assiale	$N_{sd}$ kN	0	0
Momento d'inerzia:	I	1.02E-05 m <sup>4</sup>	Taglio	$V_{sd}$ kN	25	33
Area sezione trasversale:	A	5.00E-03 m <sup>2</sup>	Momento	$M_{sd}$ kNm	42	59
Modulo resistente a flessione:	$W_{pl}$	2.03E-04 m <sup>3</sup>	<b>Effetto delle azioni combinate (N, V, M)</b>		A1-M1-R1	A1-M1-R1
Modulo resistente a taglio:	$A_v = 2A/\pi$	3.18E-03 m <sup>2</sup>	$[(2 \cdot V_{sd}/V_{pl,Rd}) - 1]^2$	$\rho$	0.000	0.000
Area resistente a taglio:	$A^*_v = A$	5.00E-03 m <sup>2</sup>	$N_{sd}/[A \cdot (1 - \rho \cdot a_v) \cdot f_{yd}]$	n	0.000	0.000
$A^*/A$	$a_v$	1.000 -	Momento resistente ridotto (*)	$M_{pl,Rd,V,N}$ kN-m	69	69
<b>Azioni resistenti elementari</b>			<b>Verifiche</b>		A1-M1-R1	A1-M1-R1
Azione assiale resistente:	$N_{pl,Rd}$	1689 kN	Azione assiale	$N_{sd} \leq N_{pl,Rd}$	O.K.	O.K.
Taglio resistente:	$V_{pl,Rd}$	621 kN	Taglio	$V_{sd} \leq V_{pl,Rd}$	O.K.	O.K.
Momento resistente:	$M_{pl,Rd}$	69 kN-m	Presso(Tenso)-Flessione:	$M_{sd} \leq M_{pl,Rd,V,N}$	O.K.	O.K.

Tabella 6-4 – Verifica della sezione del micropalo – Sezione H = 3.8 m

### **6.3.1.3 RESISTENZA DEL TERRENO A VALLE**

Dal punto di vista geotecnico è necessario verificare l'equilibrio della berlinese garantendo che il rapporto tra la spinta passiva mobilitata e la resistenza passiva totale a valle dell'opera, secondo la combinazione A2+M2+R1, non sia superiore al 100% secondo la combinazione allo SLE.

Secondo quanto esposto in *Tabella 6-3* la verifica risulta soddisfatta in quanto la resistenza passiva mobilitata risulta pari al 33% e al 51%, rispettivamente per la combinazione allo SLE e GEO.

## **7. CONCLUSIONI**

La presente relazione descrittiva riassume i criteri e le scelte progettuali adottate per il dimensionamento e la verifica delle opere provvisorie necessarie alla realizzazione delle opere d'arte maggiore nuovo svincolo autostradale di Vado Ligure.

In questa relazione si sono riportate le verifiche condotte per il dimensionamento, le verifiche per il dimensionamento delle opere di sostegno provvisorie costituite da berlinesi di micropali che consentiranno la realizzazione in sicurezza degli scavi in fase provvisoria.

Vista la complessità delle verifiche e delle opere in oggetto sono state individuate differenti sezioni di calcolo che hanno consentito di indagare tutti i possibili scenari che si presenteranno in fase realizzativa, sia da un punto di vista stratigrafico che geometrico e funzionale delle opere stesse.

Da quanto evince nei capitoli riportati in precedenza, si può osservare come tutte le verifiche siano soddisfatte secondo le prescrizioni normative delle Norme Tecniche per le Costruzioni 2018.



## 8. ALLEGATI

In allegato si riportano i tabulati di calcolo relativi ai modelli delle berlinesi tirantate, in particolare sono mostrate le *hystory* relative alla condizione SLU strutturale.

### 8.1 BERLINESE PROVVISORIALE – SEZIONE H = 3.8 M

PARATIE 7.00 Ce.A.S. s.r.l. - Milano PAG. 1  
6 MARZO 2020 15:17:12  
History 0 - Paratia - Sezione-sottopasso H=3.8m - Berlinese Ponte Strada

```
*****  
**  
** P A R A T I E **  
**  
** RELEASE 7.00 VERSIONE WIN **  
**  
** Ce.A.S. s.r.l. - Viale Giustiniano, 10 **  
** 20129 MILANO **  
**  
*****
```

JOBNAME U:\19-42\_Sina\_Vado\_Ligure\Opere maggiori\Sottopasso\Sezione-sottopa

6 MARZO 2020 15:17:12  
PARATIE 7.00 Ce.A.S. s.r.l. - Milano PAG. 2  
6 MARZO 2020 15:17:12  
History 0 - Paratia - Sezione-sottopasso H=3.8m - Berlinese Ponte Strada

ELENCO DEI DATI DI INPUT(PARAGEN)

Per il significato dei vari comandi  
si faccia riferimento al manuale di  
input PARAGEN, versione 7.00.

```
N. comando  
1: * Paratie for Windows version 7.0  
2: * Filename= <u:\19-42_sina_vado_ligure\opere  
maggiori\sottopasso\sezione-sottopa  
3: * project with "run time" parameters  
4: * Force=kN Lenght=m  
5: *  
6: units m kN  
7: title History 0 - Paratia - Sezione-sottopasso H=3.8m - Berlinese  
Ponte Strada B  
8: delta 0.1  
9: option param itemax 30  
10: option noprint echo  
11: option noprint displ  
12: option noprint react  
13: option noprint stresses  
14: option control TSPonly  
15: wall RightWall 0 -9 0  
16: *  
17: soil DHRight RightWall -9 0 2 0  
18: soil UHRight RightWall -9 0 1 180  
19: *  
20: material C25_30 3.1447E+007  
21: *  
22: beam Beam RightWall -9 0 C25_30 0.176444 00 00  
23: *  
24: strip RightWall 2 4 1 12 0 23 45  
25: strip RightWall 3 3 0.5 4.5 0 11.5 45  
26: *  
27: * Soil Profile  
28: *  
29: ldata S0 0  
30: weight 19.5 9.5 10  
31: atrest 0.426424 0.5 1  
32: resistance 1 35 0.235 6.199  
33: young 65000 104000  
34: endlayer  
35: ldata S1 -3  
36: weight 21.5 11.5 10  
37: atrest 0.577382 0.5 1
```



Comune di Vado Ligure  
Nuovo svincolo autostradale – Progetto Definitivo  
Sottopasso Autostrada A10 – Relazione di calcolo opere provvisorie

PARATIE 7.00 Ce.A.S. s.r.l. - Milano PAG. 3  
6 MARZO 2020 15:17:12  
History 0 - Paratia - Sezione-sottopasso H=3.8m - Berlinese Ponte Strada

N. comando

38: resistance 12.5 25 0.359 3.319  
39: young 70000 112000  
40: endlayer  
41: \*  
42: step 1 : Geostatico  
43: setwall RightWall  
44: geom 0 0  
45: endstep  
46: \*  
47: step 2 : Paratia  
48: setwall RightWall  
49: add Beam  
50: endstep  
51: \*  
52: step 3 : fondo scavo  
53: setwall RightWall  
54: geom 0 -4.15  
55: endstep  
56: \*  
57: step 4 : Condizione di esercizio  
58: setwall RightWall  
59: endstep  
60: \*  
61: \*

PARATIE 7.00 Ce.A.S. s.r.l. - Milano PAG. 4  
6 MARZO 2020 15:17:12  
History 0 - Paratia - Sezione-sottopasso H=3.8m - Berlinese Ponte Strada

RIASSUNTO PARAMETRI GEOTECNICI PER LA FASE 1

LAYER S0

natura 1=granulare, 2=argilla	= 1.0000		
quota superiore	= 0.0000	m	
quota inferiore	= -3.0000	m	
peso fuori falda	= 19.500	kN/m <sup>3</sup>	
peso efficace in falda	= 9.5000	kN/m <sup>3</sup>	
peso dell'acqua	= 10.000	kN/m <sup>3</sup>	
coesione	= 1.0000	kPa	(A MONTE)
angolo di attrito	= 35.000	DEG	(A MONTE)
coeff. spinta attiva ka	= 0.23500		(A MONTE)
coeff. spinta passiva kp	= 6.1990		(A MONTE)
Konc normal consolidato	= 0.42642		
esponente di OCR	= 0.50000		
OCR: grado di sovraconsolidazione	= 1.0000		
modello di rigidezza	= 1.0000		
modulo el. compr. vergine	= 65000.	kPa	
modulo el. scarico/ricarico	= 0.10400E+06	kPa	
natura 1=granulare, 2=argilla	= 1.0000		(A VALLE)
coesione	= 1.0000	kPa	(A VALLE)
angolo di attrito	= 35.000	DEG	(A VALLE)
coeff. spinta attiva ka	= 0.23500		(A VALLE)
coeff. spinta passiva kp	= 6.1990		(A VALLE)

LAYER S1

natura 1=granulare, 2=argilla	= 1.0000		
quota superiore	= -3.0000	m	
quota inferiore	= -0.10000E+31	m	
peso fuori falda	= 21.500	kN/m <sup>3</sup>	
peso efficace in falda	= 11.500	kN/m <sup>3</sup>	
peso dell'acqua	= 10.000	kN/m <sup>3</sup>	
coesione	= 12.500	kPa	(A MONTE)
angolo di attrito	= 25.000	DEG	(A MONTE)
coeff. spinta attiva ka	= 0.35900		(A MONTE)
coeff. spinta passiva kp	= 3.3190		(A MONTE)
Konc normal consolidato	= 0.57738		
esponente di OCR	= 0.50000		
OCR: grado di sovraconsolidazione	= 1.0000		
modello di rigidezza	= 1.0000		
modulo el. compr. vergine	= 70000.	kPa	
modulo el. scarico/ricarico	= 0.11200E+06	kPa	
natura 1=granulare, 2=argilla	= 1.0000		(A VALLE)
coesione	= 12.500	kPa	(A VALLE)

PARATIE 7.00 Ce.A.S. s.r.l. - Milano PAG. 5  
6 MARZO 2020 15:17:12  
History 0 - Paratia - Sezione-sottopasso H=3.8m - Berlinese Ponte Strada



**Comune di Vado Ligure**  
**Nuovo svincolo autostradale – Progetto Definitivo**  
**Sottopasso Autostrada A10 – Relazione di calcolo opere provvisorie**

RIASSUNTO PARAMETRI GEOTECNICI PER LA FASE 1

angolo di attrito	= 25.000	DEG	(A VALLE)
coeff. spinta attiva ka	= 0.35900		(A VALLE)
coeff. spinta passiva kp	= 3.3190		(A VALLE)

RIASSUNTO PARAMETRI GEOTECNICI PER LA FASE 2

(SOLO I PARAMETRI CHE POSSONO VARIARE)

NESSUN CAMBIAMENTO RISPETTO AL PASSO PRECEDENTE

RIASSUNTO PARAMETRI GEOTECNICI PER LA FASE 3

(SOLO I PARAMETRI CHE POSSONO VARIARE)

NESSUN CAMBIAMENTO RISPETTO AL PASSO PRECEDENTE

RIASSUNTO PARAMETRI GEOTECNICI PER LA FASE 4

(SOLO I PARAMETRI CHE POSSONO VARIARE)

NESSUN CAMBIAMENTO RISPETTO AL PASSO PRECEDENTE

PARATIE 7.00 Ce.A.S. s.r.l. - Milano PAG. 6  
6 MARZO 2020 15:17:12  
History 0 - Paratia - Sezione-sottopasso H=3.8m - Berlinese Ponte Strada

RIASSUNTO DATI RELATIVI ALLA FASE 1

WALL RightWall

coordinata y	= 0.0000	m
quota piano campagna	= 0.0000	m
quota del fondo scavo	= 0.0000	m
quota della falda	= -0.99900E+30	m
sovraccarico a monte	= 0.0000	kPa
quota del sovraccarico a monte	= 0.0000	m
depressione falda a valle	= 0.0000	m
sovraccarico a valle	= 0.0000	kPa
quota del sovraccarico a valle	= -0.99900E+30	m
quota di taglio	= 0.0000	m
quota di equil. pressioni dell'acqua	= -9.0000	m
indicatore comportamento acqua	= 0.0000	(1=REMOVE)
opzione aggiornamento pressioni acqua	= 0.0000	(1=NO UPD)

RIASSUNTO DATI RELATIVI ALLA FASE 2

WALL RightWall

coordinata y	= 0.0000	m
quota piano campagna	= 0.0000	m
quota del fondo scavo	= 0.0000	m
quota della falda	= -0.99900E+30	m
sovraccarico a monte	= 0.0000	kPa
quota del sovraccarico a monte	= 0.0000	m
depressione falda a valle	= 0.0000	m
sovraccarico a valle	= 0.0000	kPa
quota del sovraccarico a valle	= -0.99900E+30	m
quota di taglio	= 0.0000	m
quota di equil. pressioni dell'acqua	= -9.0000	m
indicatore comportamento acqua	= 0.0000	(1=REMOVE)
opzione aggiornamento pressioni acqua	= 0.0000	(1=NO UPD)

RIASSUNTO DATI RELATIVI ALLA FASE 3

WALL RightWall

coordinata y	= 0.0000	m
quota piano campagna	= 0.0000	m
quota del fondo scavo	= -4.1500	m
quota della falda	= -0.99900E+30	m
sovraccarico a monte	= 0.0000	kPa

PARATIE 7.00 Ce.A.S. s.r.l. - Milano PAG. 7  
6 MARZO 2020 15:17:12  
History 0 - Paratia - Sezione-sottopasso H=3.8m - Berlinese Ponte Strada

RIASSUNTO DATI RELATIVI ALLA FASE 3

quota del sovraccarico a monte	= 0.0000	m
depressione falda a valle	= 0.0000	m
sovraccarico a valle	= 0.0000	kPa
quota del sovraccarico a valle	= -0.99900E+30	m
quota di taglio	= 0.0000	m



**Comune di Vado Ligure**  
**Nuovo svincolo autostradale – Progetto Definitivo**  
**Sottopasso Autostrada A10 – Relazione di calcolo opere provvisorie**

quota di equil. pressioni dell'acqua = -9.0000 m  
 indicatore comportamento acqua = 0.0000 (1=REMOVE)  
 opzione aggiornamento pressioni acqua = 0.0000 (1=NO UPD)

RIASSUNTO DATI RELATIVI ALLA FASE 4

WALL RightWall

coordinata y = 0.0000 m  
 quota piano campagna = 0.0000 m  
 quota del fondo scavo = -4.1500 m  
 quota della falda = -0.99900E+30 m  
 sovraccarico a monte = 0.0000 kPa  
 quota del sovraccarico a monte = 0.0000 m  
 depressione falda a valle = 0.0000 m  
 sovraccarico a valle = 0.0000 kPa  
 quota del sovraccarico a valle = -0.99900E+30 m  
 quota di taglio = 0.0000 m  
 quota di equil. pressioni dell'acqua = -9.0000 m  
 indicatore comportamento acqua = 0.0000 (1=REMOVE)  
 opzione aggiornamento pressioni acqua = 0.0000 (1=NO UPD)

PARATIE 7.00 Ce.A.S. s.r.l. - Milano PAG. 8  
 6 MARZO 2020 15:17:12  
 History 0 - Paratia - Sezione-sottopasso H=3.8m - Berlinese Ponte Strada

RIASSUNTO ELEMENTI  
 =====

RIASSUNTO ELEMENTI SOIL					
Name	Wall	Z1	Z2	Flag	Angle
		m	m		deg
DHRight	RightWall	0.	-9.000	DOWNHILL	0.
UHRight	RightWall	0.	-9.000	UPHILL	180.0

RIASSUNTO ELEMENTI BEAM					
Name	Wall	Z1	Z2	Mat	thick
		m	m		m
Beam	RightWall	0.	-9.000	-	0.1764

PARATIE 7.00 Ce.A.S. s.r.l. - Milano PAG. 9  
 6 MARZO 2020 15:17:12  
 History 0 - Paratia - Sezione-sottopasso H=3.8m - Berlinese Ponte Strada

RIASSUNTO DATI VARI  
 =====

MATERIALI	
Name	YOUNG MODULUS
	kPa
C25_	3.1447E+007

PARATIE 7.00 Ce.A.S. s.r.l. - Milano PAG. 10  
 6 MARZO 2020 15:17:12  
 History 0 - Paratia - Sezione-sottopasso H=3.8m - Berlinese Ponte Strada

RIASSUNTO ANALISI INCREMENTALE

FASE	N. DI ITERAZIONI	CONVERGENZA
1	2	SI
2	2	SI
3	7	SI
4	2	SI

PARATIE 7.00 Ce.A.S. s.r.l. - Milano PAG. 11



Comune di Vado Ligure  
Nuovo svincolo autostradale – Progetto Definitivo  
Sottopasso Autostrada A10 – Relazione di calcolo opere provvisorie

6 MARZO 2020 15:17:12  
History 0 - Paratia - Sezione-sottopasso H=3.8m - Berlinese Ponte Strada

MASSIMI SPOSTAMENTI LATERALI

\*TUTTI I PASSI\*

\* PARETE RightWall\*

\* I PASSI NON EQUILIBRATI SONO ESCLUSI \*

\* NOTA: LE QUOTE ESPRESSE IN m

E GLI SPOSTAMENTI IN m

NODO	QUOTA ZETA	SPOSTAMENTO MASSIMO	FASE PARETE RightWall
1	0.0000	-0.71019E-01	4
2	-0.10000	-0.69519E-01	3
3	-0.20000	-0.68019E-01	3
4	-0.30000	-0.66519E-01	3
5	-0.40000	-0.65019E-01	3
6	-0.50000	-0.63519E-01	3
7	-0.60000	-0.62019E-01	3
8	-0.70000	-0.60520E-01	3
9	-0.80000	-0.59020E-01	3
10	-0.90000	-0.57520E-01	3
11	-1.0000	-0.56021E-01	3
12	-1.1000	-0.54522E-01	3
13	-1.2000	-0.53023E-01	3
14	-1.3000	-0.51525E-01	3
15	-1.4000	-0.50028E-01	3
16	-1.5000	-0.48532E-01	3
17	-1.6000	-0.47038E-01	3
18	-1.7000	-0.45546E-01	3
19	-1.8000	-0.44056E-01	3
20	-1.9000	-0.42568E-01	3
21	-2.0000	-0.41084E-01	3
22	-2.1000	-0.39605E-01	3
23	-2.2000	-0.38130E-01	3
24	-2.3000	-0.36660E-01	3
25	-2.4000	-0.35198E-01	3
26	-2.5000	-0.33742E-01	3
27	-2.6000	-0.32295E-01	3
28	-2.7000	-0.30858E-01	3
29	-2.8000	-0.29432E-01	3
30	-2.9000	-0.28019E-01	3
31	-3.0000	-0.26619E-01	3
32	-3.1000	-0.25234E-01	3
33	-3.2000	-0.23867E-01	3
34	-3.3000	-0.22519E-01	3
35	-3.4000	-0.21191E-01	3
36	-3.5000	-0.19886E-01	3
37	-3.6000	-0.18605E-01	3
38	-3.7000	-0.17352E-01	3

PARATIE 7.00 Ce.A.S. s.r.l. - Milano PAG. 12  
6 MARZO 2020 15:17:12  
History 0 - Paratia - Sezione-sottopasso H=3.8m - Berlinese Ponte Strada

NODO	QUOTA ZETA	SPOSTAMENTO MASSIMO	FASE PARETE RightWall
39	-3.8000	-0.16128E-01	3
40	-3.9000	-0.14935E-01	3
41	-4.0000	-0.13776E-01	3
42	-4.1000	-0.12654E-01	3
43	-4.2000	-0.11572E-01	3
44	-4.3000	-0.10532E-01	3
45	-4.4000	-0.95372E-02	3
46	-4.5000	-0.85902E-02	3
47	-4.6000	-0.76931E-02	3
48	-4.7000	-0.68479E-02	3
49	-4.8000	-0.60561E-02	3
50	-4.9000	-0.53188E-02	3
51	-5.0000	-0.46367E-02	3
52	-5.1000	-0.40101E-02	3
53	-5.2000	-0.34384E-02	3
54	-5.3000	-0.29210E-02	3
55	-5.4000	-0.24563E-02	3
56	-5.5000	-0.20427E-02	3
57	-5.6000	-0.16780E-02	3
58	-5.7000	-0.13598E-02	3
59	-5.8000	-0.10852E-02	3
60	-5.9000	-0.85122E-03	3
61	-6.0000	-0.65468E-03	3
62	-6.1000	-0.49228E-03	3
63	-6.2000	-0.36069E-03	3
64	-6.3000	-0.25666E-03	3
65	-6.4000	-0.17702E-03	3
66	-6.5000	-0.11876E-03	3



**Comune di Vado Ligure**  
**Nuovo svincolo autostradale – Progetto Definitivo**  
**Sottopasso Autostrada A10 – Relazione di calcolo opere provvisorie**

67	-6.6000	-0.79015E-04	3
68	-6.7000	-0.55143E-04	3
69	-6.8000	-0.44697E-04	3
70	-6.9000	-0.45446E-04	3
71	-7.0000	-0.55385E-04	3
72	-7.1000	-0.72727E-04	3
73	-7.2000	-0.95897E-04	3
74	-7.3000	-0.12353E-03	3
75	-7.4000	-0.15446E-03	3
76	-7.5000	-0.18769E-03	3
77	-7.6000	-0.22242E-03	3
78	-7.7000	-0.25799E-03	3
79	-7.8000	-0.29388E-03	3
80	-7.9000	-0.32972E-03	3
81	-8.0000	-0.36524E-03	3
82	-8.1000	-0.40025E-03	3
83	-8.2000	-0.43466E-03	3
84	-8.3000	-0.46847E-03	3

PARATIE 7.00 Ce.A.S. s.r.l. - Milano PAG. 13  
6 MARZO 2020 15:17:12  
History 0 - Paratia - Sezione-sottopasso H=3.8m - Berlinese Ponte Strada

NODO	QUOTA ZETA	SPOSTAMENTO MASSIMO	FASE PARETE RightWall
85	-8.4000	-0.50169E-03	3
86	-8.5000	-0.53440E-03	3
87	-8.6000	-0.56670E-03	3
88	-8.7000	-0.59869E-03	3
89	-8.8000	-0.63049E-03	3
90	-8.9000	-0.66219E-03	3
91	-9.0000	-0.69386E-03	3

PARATIE 7.00 Ce.A.S. s.r.l. - Milano PAG. 14  
6 MARZO 2020 15:17:12  
History 0 - Paratia - Sezione-sottopasso H=3.8m - Berlinese Ponte Strada

INVILUPPO AZIONI INTERNE NEGLI ELEMENTI DI PARETE  
(PER UNITA' DI PROFONDITA')  
\* PARETE RightWall GRUPPO Beam\*  
\*STEP 1 - 4\*  
\* I PASSI NON EQUILIBRATI SONO ESCLUSI \*

Nella tabella si stampano i seguenti risultati:  
MOMENTO SX = Momento che tende le fibre sulla faccia sinistra [kN\*m/m]  
MOMENTO DX = Momento che tende le fibre sulla faccia destra [kN\*m/m]  
TAGLIO = forza tagliante (valore assoluto, priva di segno)[kN/m ]

BEAM EL.	ESTREMO	QUOTA	MOMENTO SX	MOMENTO DX	TAGLIO
1	A	0.	0.2092E-10	0.3638E-10	0.9562E-02
	B	-0.1000	0.7458E-10	0.9562E-03	0.9562E-02
2	A	-0.1000	0.6457E-10	0.9562E-03	0.3391E-01
	B	-0.2000	0.2728E-09	0.4347E-02	0.3391E-01
3	A	-0.2000	0.2774E-09	0.4347E-02	0.4806E-01
	B	-0.3000	0.2728E-10	0.9153E-02	0.4806E-01
4	A	-0.3000	0.8185E-11	0.9153E-02	0.8404E-01
	B	-0.4000	0.	0.1457E-01	0.8404E-01
5	A	-0.4000	0.	0.1457E-01	0.2047
	B	-0.5000	0.	0.3151E-01	0.2047
6	A	-0.5000	0.	0.3151E-01	0.3834
	B	-0.6000	0.	0.6986E-01	0.3834
7	A	-0.6000	0.	0.6986E-01	0.6214
	B	-0.7000	0.	0.1320	0.6214
8	A	-0.7000	0.	0.1320	0.9198
	B	-0.8000	0.	0.2240	0.9198
9	A	-0.8000	0.	0.2240	1.279
	B	-0.9000	0.	0.3519	1.279
10	A	-0.9000	0.	0.3519	1.700
	B	-1.000	0.	0.5219	1.700
11	A	-1.000	0.	0.5219	2.182
	B	-1.100	0.	0.7401	2.182
12	A	-1.100	0.	0.7401	2.726
	B	-1.200	0.	1.013	2.726
13	A	-1.200	0.	1.013	3.331
	B	-1.300	0.	1.346	3.331
14	A	-1.300	0.	1.346	3.998
	B	-1.400	0.	1.746	3.998
15	A	-1.400	0.	1.746	4.738
	B	-1.500	0.	2.219	4.738
16	A	-1.500	0.	2.219	5.547
	B	-1.600	0.	2.774	5.547
17	A	-1.600	0.	2.774	6.405
	B	-1.700	0.	3.415	6.405

PARATIE 7.00 Ce.A.S. s.r.l. - Milano PAG. 15  
6 MARZO 2020 15:17:12



Comune di Vado Ligure  
Nuovo svincolo autostradale – Progetto Definitivo  
Sottopasso Autostrada A10 – Relazione di calcolo opere provvisorie

History 0 - Paratia - Sezione-sottopasso H=3.8m - Berlinese Ponte Strada

BEAM EL.	ESTREMO	QUOTA	MOMENTO SX	MOMENTO DX	TAGLIO
18	A	-1.700	0.	3.415	7.329
	B	-1.800	0.	4.148	7.329
19	A	-1.800	0.	4.148	8.319
	B	-1.900	0.	4.979	8.319
20	A	-1.900	0.	4.979	9.372
	B	-2.000	0.	5.917	9.372
21	A	-2.000	0.	5.917	10.49
	B	-2.100	0.	6.966	10.49
22	A	-2.100	0.	6.966	11.67
	B	-2.200	0.	8.132	11.67
23	A	-2.200	0.	8.132	12.89
	B	-2.300	0.	9.421	12.89
24	A	-2.300	0.	9.421	14.18
	B	-2.400	0.	10.84	14.18
25	A	-2.400	0.	10.84	15.52
	B	-2.500	0.	12.39	15.52
26	A	-2.500	0.	12.39	16.92
	B	-2.600	0.	14.08	16.92
27	A	-2.600	0.	14.08	18.38
	B	-2.700	0.	15.92	18.38
28	A	-2.700	0.	15.92	19.90
	B	-2.800	0.1749E-02	17.91	19.90
29	A	-2.800	0.1749E-02	17.91	21.46
	B	-2.900	0.1833E-01	20.06	21.46
30	A	-2.900	0.1833E-01	20.06	23.07
	B	-3.000	0.4239E-01	22.36	23.07
31	A	-3.000	0.4239E-01	22.36	24.20
	B	-3.100	0.6025E-01	24.78	24.20
32	A	-3.100	0.6025E-01	24.78	25.41
	B	-3.200	0.7240E-01	27.32	25.41
33	A	-3.200	0.7240E-01	27.32	26.70
	B	-3.300	0.7935E-01	29.99	26.70
34	A	-3.300	0.7935E-01	29.99	28.09
	B	-3.400	0.8154E-01	32.80	28.09
35	A	-3.400	0.8154E-01	32.80	29.55
	B	-3.500	0.8169E-01	35.76	29.55
36	A	-3.500	0.8169E-01	35.76	31.14
	B	-3.600	0.8009E-01	38.87	31.14
37	A	-3.600	0.8009E-01	38.87	32.80
	B	-3.700	0.7695E-01	42.14	32.80
38	A	-3.700	0.7695E-01	42.14	34.56
	B	-3.800	0.7242E-01	45.58	34.56
39	A	-3.800	0.7242E-01	45.58	36.40
	B	-3.900	0.6660E-01	49.20	36.40
40	A	-3.900	0.6660E-01	49.20	38.32
	B	-4.000	0.5953E-01	53.01	38.32

PARATIE 7.00

6 MARZO 2020

15:17:12

Ce.A.S. s.r.l. - Milano

PAG. 16

History 0 - Paratia - Sezione-sottopasso H=3.8m - Berlinese Ponte Strada

BEAM EL.	ESTREMO	QUOTA	MOMENTO SX	MOMENTO DX	TAGLIO
41	A	-4.000	0.5953E-01	53.01	40.32
	B	-4.100	0.5314E-01	57.02	40.32
42	A	-4.100	0.5314E-01	57.02	42.40
	B	-4.200	0.4732E-01	61.22	42.40
43	A	-4.200	0.4732E-01	61.22	39.65
	B	-4.300	0.4191E-01	65.16	39.65
44	A	-4.300	0.4191E-01	65.16	36.27
	B	-4.400	0.3672E-01	68.76	36.27
45	A	-4.400	0.3672E-01	68.76	32.27
	B	-4.500	0.3153E-01	71.97	32.27
46	A	-4.500	0.3153E-01	71.97	27.63
	B	-4.600	0.2611E-01	74.73	27.63
47	A	-4.600	0.2611E-01	74.73	22.35
	B	-4.700	0.2192E-01	76.97	22.35
48	A	-4.700	0.2192E-01	76.97	16.44
	B	-4.800	0.1866E-01	78.61	16.44
49	A	-4.800	0.1866E-01	78.61	9.904
	B	-4.900	0.1603E-01	79.60	9.904
50	A	-4.900	0.1603E-01	79.60	2.733
	B	-5.000	0.1373E-01	79.87	2.733
51	A	-5.000	0.1373E-01	79.87	5.102
	B	-5.100	0.1147E-01	79.37	5.102
52	A	-5.100	0.1147E-01	79.37	12.75
	B	-5.200	0.8948E-02	78.10	12.75
53	A	-5.200	0.8948E-02	78.10	19.55
	B	-5.300	0.7400E-02	76.14	19.55
54	A	-5.300	0.7400E-02	76.14	25.59
	B	-5.400	0.6519E-02	73.58	25.59



**Comune di Vado Ligure**  
**Nuovo svincolo autostradale – Progetto Definitivo**  
**Sottopasso Autostrada A10 – Relazione di calcolo opere provvisorie**

55	A	-5.400	0.6519E-02	73.58	30.96
	B	-5.500	0.6013E-02	70.49	30.96
56	A	-5.500	0.6013E-02	70.49	35.73
	B	-5.600	0.5601E-02	66.91	35.73
57	A	-5.600	0.5601E-02	66.91	39.98
	B	-5.700	0.5013E-02	62.92	39.98
58	A	-5.700	0.5013E-02	62.92	43.77
	B	-5.800	0.3992E-02	58.54	43.77
59	A	-5.800	0.3992E-02	58.54	46.38
	B	-5.900	0.3650E-02	53.90	46.38
60	A	-5.900	0.3650E-02	53.90	47.66
	B	-6.000	0.3729E-02	49.13	47.66
61	A	-6.000	0.3729E-02	49.13	47.83
	B	-6.100	0.3981E-02	44.35	47.83
62	A	-6.100	0.3981E-02	44.35	47.09
	B	-6.200	0.4171E-02	39.64	47.09
63	A	-6.200	0.4171E-02	39.64	45.61
	B	-6.300	0.4073E-02	35.08	45.61

PARATIE 7.00 Ce.A.S. s.r.l. - Milano PAG. 17  
6 MARZO 2020 15:17:12  
History 0 - Paratia - Sezione-sottopasso H=3.8m - Berlinese Ponte Strada

BEAM EL.	ESTREMO	QUOTA	MOMENTO SX	MOMENTO DX	TAGLIO
64	A	-6.300	0.4073E-02	35.08	43.55
	B	-6.400	0.3471E-02	30.73	43.55
65	A	-6.400	0.3471E-02	30.73	41.06
	B	-6.500	0.3393E-02	26.62	41.06
66	A	-6.500	0.3393E-02	26.62	38.25
	B	-6.600	0.3618E-02	22.80	38.25
67	A	-6.600	0.3618E-02	22.80	35.23
	B	-6.700	0.3937E-02	19.27	35.23
68	A	-6.700	0.3937E-02	19.27	32.08
	B	-6.800	0.4149E-02	16.06	32.08
69	A	-6.800	0.4149E-02	16.06	28.89
	B	-6.900	0.4058E-02	13.18	28.89
70	A	-6.900	0.4058E-02	13.18	25.72
	B	-7.000	0.3477E-02	10.60	25.72
71	A	-7.000	0.3477E-02	10.60	22.63
	B	-7.100	0.3351E-02	8.342	22.63
72	A	-7.100	0.3351E-02	8.342	19.65
	B	-7.200	0.3488E-02	6.377	19.65
73	A	-7.200	0.3488E-02	6.377	16.81
	B	-7.300	0.3699E-02	4.696	16.81
74	A	-7.300	0.3699E-02	4.696	14.15
	B	-7.400	0.3803E-02	3.281	14.15
75	A	-7.400	0.3803E-02	3.281	11.67
	B	-7.500	0.3624E-02	2.114	11.67
76	A	-7.500	0.3624E-02	2.114	9.394
	B	-7.600	0.2990E-02	1.175	9.394
77	A	-7.600	0.2990E-02	1.175	7.340
	B	-7.700	0.2773E-02	0.4411	7.340
78	A	-7.700	0.2773E-02	0.4411	5.499
	B	-7.800	0.1145	0.	5.499
79	A	-7.800	0.1145	0.	3.874
	B	-7.900	0.5010	0.	3.874
80	A	-7.900	0.5010	0.	2.464
	B	-8.000	0.7465	0.	2.464
81	A	-8.000	0.7465	0.	1.266
	B	-8.100	0.8725	0.	1.266
82	A	-8.100	0.8725	0.	0.2783
	B	-8.200	0.8996	0.	0.2783
83	A	-8.200	0.8996	0.	0.4997
	B	-8.300	0.8497	0.	0.4997
84	A	-8.300	0.8497	0.	1.069
	B	-8.400	0.7427	0.	1.069
85	A	-8.400	0.7427	0.	1.441
	B	-8.500	0.5987	0.	1.441
86	A	-8.500	0.5987	0.	1.617
	B	-8.600	0.4370	0.	1.617

PARATIE 7.00 Ce.A.S. s.r.l. - Milano PAG. 18  
6 MARZO 2020 15:17:12  
History 0 - Paratia - Sezione-sottopasso H=3.8m - Berlinese Ponte Strada

BEAM EL.	ESTREMO	QUOTA	MOMENTO SX	MOMENTO DX	TAGLIO
87	A	-8.600	0.4370	0.	1.600
	B	-8.700	0.2770	0.	1.600
88	A	-8.700	0.2770	0.	1.392
	B	-8.800	0.1378	0.	1.392
89	A	-8.800	0.1378	0.	0.9863
	B	-8.900	0.3915E-01	0.	0.9863
90	A	-8.900	0.3915E-01	0.	0.3915
	B	-9.000	0.5400E-12	0.3126E-12	0.3915



Comune di Vado Ligure  
Nuovo svincolo autostradale – Progetto Definitivo  
Sottopasso Autostrada A10 – Relazione di calcolo opere provvisorie

PARATIE 7.00 Ce.A.S. s.r.l. - Milano PAG. 19  
6 MARZO 2020 15:17:12  
History 0 - Paratia - Sezione-sottopasso H=3.8m - Berlinese Ponte Strada

INVILUPPO RISULTATI NEGLI ELEMENTI TERRENO  
\* PARETE RightWall GRUPPO DHRight\*  
\*STEP 1 - 4\*

\* I PASSI NON EQUILIBRATI SONO ESCLUSI \*  
Nella tabella si stampano i seguenti risultati:  
SIGMA-H = massimo sforzo orizzontale efficace [kPa ]  
TAGLIO = massimo sforzo di taglio [kPa ]  
PR. ACQUA =massima pressione interstiziale [kPa ]  
GRAD. MAX =massimo gradiente idraulico

SOIL EL.	QUOTA	SIGMA-H	TAGLIO	PR. ACQUA	GRAD. MAX
1	0.	0.	0.	0.	0.
2	-0.1000	0.8315	0.6153	0.	0.
3	-0.2000	1.663	1.148	0.	0.
4	-0.3000	2.495	1.680	0.	0.
5	-0.4000	3.358	2.237	0.	0.
6	-0.5000	4.224	2.796	0.	0.
7	-0.6000	5.091	3.355	0.	0.
8	-0.7000	5.959	3.915	0.	0.
9	-0.8000	6.828	4.474	0.	0.
10	-0.9000	7.698	5.033	0.	0.
11	-1.000	8.570	5.592	0.	0.
12	-1.100	9.443	6.152	0.	0.
13	-1.200	10.32	6.711	0.	0.
14	-1.300	11.19	7.270	0.	0.
15	-1.400	12.07	7.829	0.	0.
16	-1.500	12.95	8.389	0.	0.
17	-1.600	13.82	8.948	0.	0.
18	-1.700	14.70	9.507	0.	0.
19	-1.800	15.58	10.07	0.	0.
20	-1.900	16.46	10.63	0.	0.
21	-2.000	17.34	11.18	0.	0.
22	-2.100	18.22	11.74	0.	0.
23	-2.200	19.10	12.30	0.	0.
24	-2.300	19.98	12.86	0.	0.
25	-2.400	20.87	13.42	0.	0.
26	-2.500	21.75	13.98	0.	0.
27	-2.600	22.63	14.54	0.	0.
28	-2.700	23.52	15.10	0.	0.
29	-2.800	24.40	15.66	0.	0.
30	-2.900	25.28	16.22	0.	0.
31	-3.000	35.39	12.36	0.	0.
32	-3.100	36.70	12.82	0.	0.
33	-3.200	38.00	13.27	0.	0.
34	-3.300	39.30	13.72	0.	0.
35	-3.400	40.60	14.18	0.	0.

PARATIE 7.00 Ce.A.S. s.r.l. - Milano PAG. 20  
6 MARZO 2020 15:17:12  
History 0 - Paratia - Sezione-sottopasso H=3.8m - Berlinese Ponte Strada

SOIL EL.	QUOTA	SIGMA-H	TAGLIO	PR. ACQUA	GRAD. MAX
36	-3.500	41.89	14.63	0.	0.
37	-3.600	43.18	15.09	0.	0.
38	-3.700	44.46	15.54	0.	0.
39	-3.800	45.74	16.00	0.	0.
40	-3.900	47.02	16.45	0.	0.
41	-4.000	48.29	16.90	0.	0.
42	-4.100	49.56	17.36	0.	0.
43	-4.200	50.83	24.02	0.	0.
44	-4.300	56.25	26.51	0.	0.
45	-4.400	63.38	29.00	0.	0.
46	-4.500	70.52	31.50	0.	0.
47	-4.600	77.66	33.99	0.	0.
48	-4.700	84.79	36.48	0.	0.
49	-4.800	91.93	38.98	0.	0.
50	-4.900	99.06	41.47	0.	0.
51	-5.000	106.2	43.96	0.	0.
52	-5.100	105.5	42.54	0.	0.
53	-5.200	97.79	37.61	0.	0.
54	-5.300	90.93	33.10	0.	0.
55	-5.400	84.90	29.01	0.	0.
56	-5.500	79.68	25.33	0.	0.
57	-5.600	75.23	24.17	0.	0.
58	-5.700	71.51	24.63	0.	0.
59	-5.800	70.93	25.08	0.	0.
60	-5.900	72.18	25.54	0.	0.
61	-6.000	73.43	25.99	0.	0.
62	-6.100	74.68	26.45	0.	0.
63	-6.200	75.93	26.90	0.	0.



Comune di Vado Ligure  
Nuovo svincolo autostradale – Progetto Definitivo  
Sottopasso Autostrada A10 – Relazione di calcolo opere provvisorie

64	-6.300	77.18	27.35	0.	0.
65	-6.400	78.43	27.81	0.	0.
66	-6.500	79.69	28.26	0.	0.
67	-6.600	80.94	28.72	0.	0.
68	-6.700	82.19	29.17	0.	0.
69	-6.800	83.43	29.63	0.	0.
70	-6.900	84.68	30.08	0.	0.
71	-7.000	85.93	30.53	0.	0.
72	-7.100	87.18	30.99	0.	0.
73	-7.200	88.43	31.44	0.	0.
74	-7.300	89.68	31.90	0.	0.
75	-7.400	90.93	32.35	0.	0.
76	-7.500	92.18	32.81	0.	0.
77	-7.600	93.43	33.26	0.	0.
78	-7.700	94.67	33.71	0.	0.
79	-7.800	95.92	34.17	0.	0.
80	-7.900	97.17	34.62	0.	0.
81	-8.000	98.42	35.08	0.	0.
PARATIE 7.00 Ce.A.S. s.r.l. - Milano PAG. 21					
6 MARZO 2020 15:17:12					
History 0 - Paratia - Sezione-sottopasso H=3.8m - Berlinese Ponte Strada					

SOIL EL.	QUOTA	SIGMA-H	TAGLIO	PR. ACQUA	GRAD. MAX
82	-8.100	99.66	35.53	0.	0.
83	-8.200	100.9	35.99	0.	0.
84	-8.300	102.2	36.44	0.	0.
85	-8.400	103.4	36.89	0.	0.
86	-8.500	104.7	37.35	0.	0.
87	-8.600	105.9	37.80	0.	0.
88	-8.700	107.1	38.26	0.	0.
89	-8.800	108.4	38.71	0.	0.
90	-8.900	109.6	39.17	0.	0.
91	-9.000	110.9	39.62	0.	0.
PARATIE 7.00 Ce.A.S. s.r.l. - Milano PAG. 22					
6 MARZO 2020 15:17:12					
History 0 - Paratia - Sezione-sottopasso H=3.8m - Berlinese Ponte Strada					

INVILUPPO RISULTATI NEGLI ELEMENTI TERRENO

\* PARETE RightWall GRUPPO UHRight\*

\*STEP 1 - 4\*

\* I PASSI NON EQUILIBRATI SONO ESCLUSI \*

Nella tabella si stampano i seguenti risultati:

SIGMA-H = massimo sforzo orizzontale efficace [kPa ]

TAGLIO = massimo sforzo di taglio [kPa ]

PR. ACQUA =massima pressione interstiziale [kPa ]

GRAD. MAX =massimo gradiente idraulico

SOIL EL.	QUOTA	SIGMA-H	TAGLIO	PR. ACQUA	GRAD. MAX
1	0.	0.1912	0.9562E-01	0.	0.
2	-0.1000	0.9629	0.9867	0.	0.
3	-0.2000	1.746	2.034	0.	0.
4	-0.3000	2.550	2.907	0.	0.
5	-0.4000	3.344	3.829	0.	0.
6	-0.5000	4.161	4.791	0.	0.
7	-0.6000	4.998	5.774	0.	0.
8	-0.7000	5.852	6.843	0.	0.
9	-0.8000	6.716	7.915	0.	0.
10	-0.9000	7.585	8.959	0.	0.
11	-1.000	8.454	10.08	0.	0.
12	-1.100	9.319	11.07	0.	0.
13	-1.200	10.18	12.05	0.	0.
14	-1.300	11.07	13.05	0.	0.
15	-1.400	12.13	14.18	0.	0.
16	-1.500	13.14	15.34	0.	0.
17	-1.600	13.77	16.08	0.	0.
18	-1.700	14.74	17.12	0.	0.
19	-1.800	15.68	18.14	0.	0.
20	-1.900	16.60	19.18	0.	0.
21	-2.000	17.50	20.15	0.	0.
22	-2.100	18.38	21.10	0.	0.
23	-2.200	18.98	21.80	0.	0.
24	-2.300	19.84	22.72	0.	0.
25	-2.400	20.69	23.68	0.	0.
26	-2.500	21.52	24.58	0.	0.
27	-2.600	22.34	25.48	0.	0.
28	-2.700	23.14	26.36	0.	0.
29	-2.800	23.74	27.08	0.	0.
30	-2.900	24.54	27.95	0.	0.
31	-3.000	36.01	31.23	0.	0.
32	-3.100	37.27	32.01	0.	0.
33	-3.200	38.52	32.79	0.	0.
34	-3.300	39.78	33.58	0.	0.
35	-3.400	40.80	34.22	0.	0.



Comune di Vado Ligure  
Nuovo svincolo autostradale – Progetto Definitivo  
Sottopasso Autostrada A10 – Relazione di calcolo opere provvisorie

PARATIE 7.00 Ce.A.S. s.r.l. - Milano PAG. 23  
6 MARZO 2020 15:17:12  
History 0 - Paratia - Sezione-sottopasso H=3.8m - Berlinese Ponte Strada

SOIL EL.	QUOTA	SIGMA-H	TAGLIO	PR. ACQUA	GRAD. MAX
36	-3.500	42.07	34.99	0.	0.
37	-3.600	43.33	35.75	0.	0.
38	-3.700	44.60	36.53	0.	0.
39	-3.800	45.87	37.29	0.	0.
40	-3.900	47.15	38.04	0.	0.
41	-4.000	48.23	38.68	0.	0.
42	-4.100	49.51	39.43	0.	0.
43	-4.200	50.79	40.19	0.	0.
44	-4.300	52.08	40.94	0.	0.
45	-4.400	53.36	41.68	0.	0.
46	-4.500	54.64	42.42	0.	0.
47	-4.600	55.76	43.08	0.	0.
48	-4.700	57.05	43.81	0.	0.
49	-4.800	58.33	44.55	0.	0.
50	-4.900	59.62	45.28	0.	0.
51	-5.000	60.90	46.01	0.	0.
52	-5.100	62.19	46.71	0.	0.
53	-5.200	63.32	47.32	0.	0.
54	-5.300	64.60	48.02	0.	0.
55	-5.400	65.88	48.72	0.	0.
56	-5.500	67.16	49.41	0.	0.
57	-5.600	68.44	50.11	0.	0.
58	-5.700	69.72	50.80	0.	0.
59	-5.800	70.86	48.05	0.	0.
60	-5.900	72.14	44.80	0.	0.
61	-6.000	73.41	42.15	0.	0.
62	-6.100	74.69	40.03	0.	0.
63	-6.200	75.96	38.41	0.	0.
64	-6.300	77.23	37.22	0.	0.
65	-6.400	78.38	36.38	0.	0.
66	-6.500	80.22	35.92	0.	0.
67	-6.600	82.72	35.75	0.	0.
68	-6.700	84.72	35.83	0.	0.
69	-6.800	86.29	36.13	0.	0.
70	-6.900	87.50	36.61	0.	0.
71	-7.000	88.31	37.19	0.	0.
72	-7.100	89.00	37.93	0.	0.
73	-7.200	89.50	38.76	0.	0.
74	-7.300	89.86	39.66	0.	0.
75	-7.400	90.96	40.62	0.	0.
76	-7.500	92.22	41.61	0.	0.
77	-7.600	93.38	42.58	0.	0.
78	-7.700	94.65	43.61	0.	0.
79	-7.800	95.91	44.64	0.	0.
80	-7.900	97.18	45.68	0.	0.
81	-8.000	98.44	46.70	0.	0.

PARATIE 7.00 Ce.A.S. s.r.l. - Milano PAG. 24  
6 MARZO 2020 15:17:12  
History 0 - Paratia - Sezione-sottopasso H=3.8m - Berlinese Ponte Strada

SOIL EL.	QUOTA	SIGMA-H	TAGLIO	PR. ACQUA	GRAD. MAX
82	-8.100	99.71	47.72	0.	0.
83	-8.200	100.9	48.69	0.	0.
84	-8.300	102.1	49.69	0.	0.
85	-8.400	103.4	50.68	0.	0.
86	-8.500	104.7	51.66	0.	0.
87	-8.600	105.9	52.64	0.	0.
88	-8.700	107.2	53.61	0.	0.
89	-8.800	108.4	54.54	0.	0.
90	-8.900	109.6	55.50	0.	0.
91	-9.000	110.9	56.47	0.	0.

PARATIE 7.00 Ce.A.S. s.r.l. - Milano PAG. 25  
6 MARZO 2020 15:17:12  
History 0 - Paratia - Sezione-sottopasso H=3.8m - Berlinese Ponte Strada

RIASSUNTO SPINTE NEGLI ELEMENTI TERRENO  
(LE SPINTE SONO CALCOLATE INTEGRANDO GLI SFORZI NEI SINGOLI ELEMENTI MOLLA)

SPINTA EFFICACE VERA = Integrale delle pressioni orizzontali efficaci in tutti gli elementi nel gruppo: unita' di misura kN/m  
SPINTA ACQUA = Integrale delle pressioni interstiziali in tutti gli elementi nel gruppo: unita' di misura kN/m  
SPINTA TOTALE VERA = Somma della SPINTA EFFICACE e della SPINTA DELL'ACQUA: e' l' azione totale sulla parete: unita' di misura kN/m  
SPINTA ATTIVA POSSIBILE = La minima spinta che puo' essere esercitata da

