

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



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

**DIREZIONE TECNICA – CENTRO DI PRODUZIONE MILANO**

**PROGETTO DEFINITIVO PER APPALTO INTEGRATO**

**POTENZIAMENTO DELLA LINEA RHO-ARONA. TRATTA RHO-GALLARATE  
QUADRUPPLICAMENTO RHO-PARABIAGO E RACCORDO Y**

**OPERE D'ARTE PRINCIPALI – GALLERIE ARTIFICIALI**

**GA01 - GALLERIA ARTIFICIALE DI SCAVALCO DA KM 0+288 A KM 0+420  
RELAZIONE DI CALCOLO FONDAZIONI E OPERE PROVVISORIALI**

SCALA:

-

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

MDL1 12 D 26 CL GA0103 001 B

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Emissione Esecutiva	L. FIENO	10/2010			S. Borelli		
B	Modifica cartiglio	L. FIENO	Apr.2011			S. Borelli		

File: MDL112D26CLGA0103001B.DOC

n. Elab.:

## INDICE

1	PREMESSA .....	3
2	SCOPO DEL DOCUMENTO .....	6
3	DOCUMENTI DI RIFERIMENTO .....	6
3.1	DOCUMENTI REFERENZIATI.....	6
3.2	DOCUMENTI REFERENZIATI.....	7
3.3	DOCUMENTI SUPERATI.....	7
4	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI .....	7
5	VERIFICA DELLE FONDAZIONI SU PALI .....	13
5.1	VERIFICA DI CAPACITÀ PORTANTE .....	13
5.2	VERIFICA DEL SINGOLO PALO PER LE AZIONI ORIZZONTALI.....	14
6	OPERE PROVVISORIALI.....	15
6.1	DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO .....	15
6.2	ANALISI AGLI ELEMENTI FINITI.....	17
6.3	RISULTATI DELL'ANALISI .....	18
6.4	TABULATI DI CALCOLO .....	19

## 1 PREMESSA

La presente relazione di calcolo tratta delle analisi delle sollecitazioni e delle verifiche di resistenza delle strutture della galleria di scavalco del futuro binario dispari della linea per Novara che sovrappassa da Km 0+288 a Km 0+420 i binari pari e dispari della linea RHO-ARONA e il singolo binario SUD. Nelle figure seguenti è evidenziato per necessità della trattazione il binario di scavalco che tuttavia non fa parte del presente progetto.

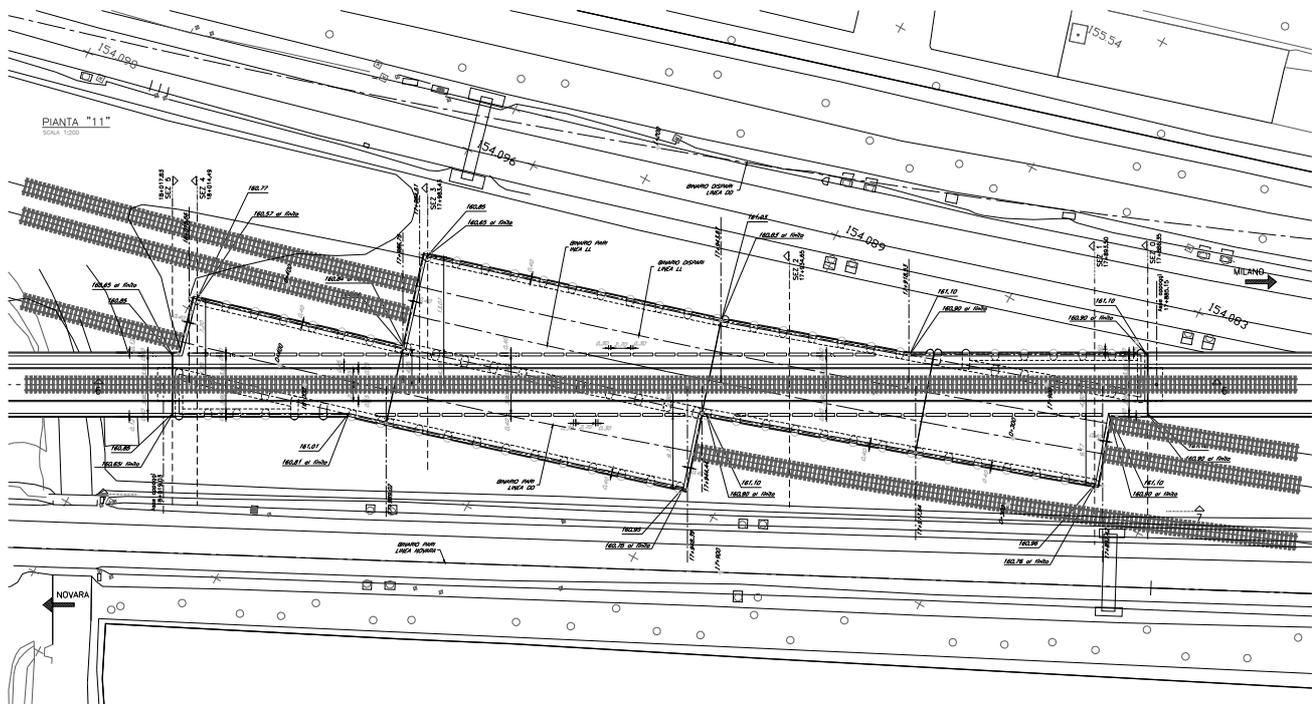


Figura 1

L'opera si compone di quattro porzioni; le due di testa a canna singola che presentano gli sfocchi per i raccordi ai futuri viadotti di approccio; un tratto a canna singola con due binari sovrappassati e un tratto a doppia canna con 3 binari sovrappassati. Nel tratto in esame il binario servito ha un andamento planimetrico in rettilineo che interseca i binari con angoli variabili da 10 a 15°, mentre la livelletta per un primo tratto è orizzontale a q.ta 161.70 per poi degradare con pendenza del 1.2% verso Novara.

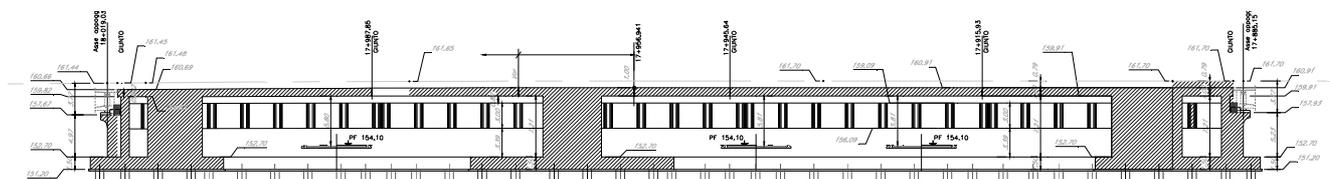
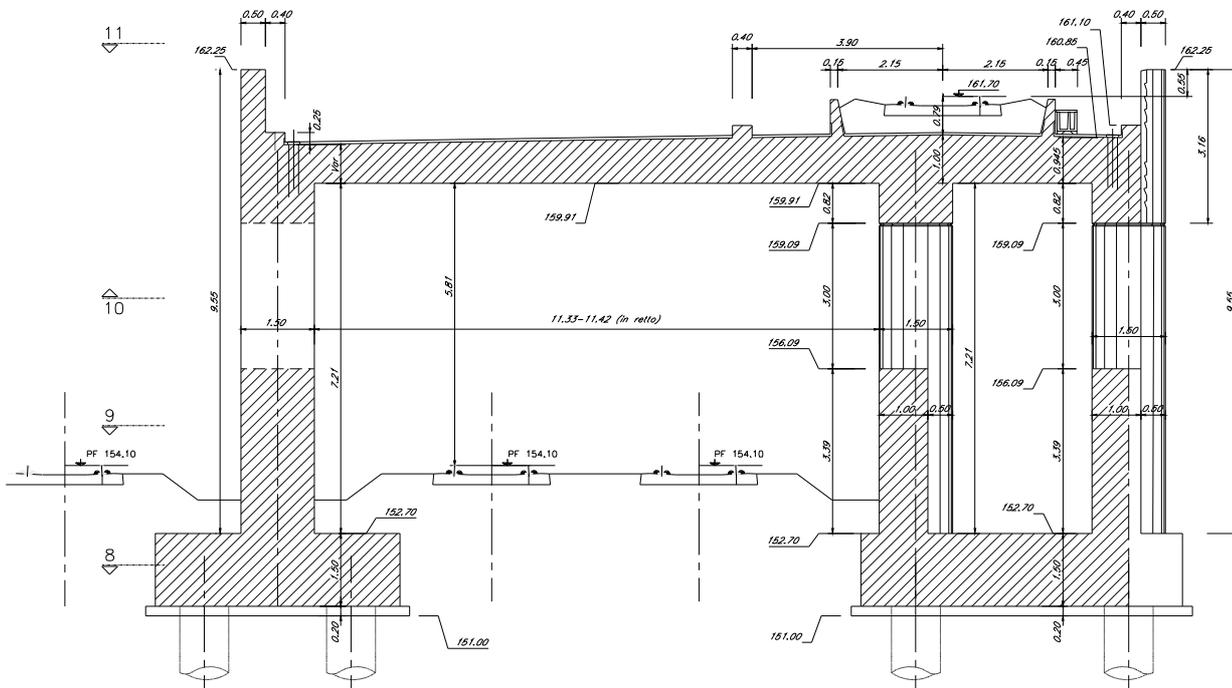


Figura 2

GA01 - GALLERIA ARTIFICIALE DI SCAVALCO DA  
KM 0+288 A KM 0+420 - REAZIONE DI CALCOLO  
FONDAZIONI E OPERE PROVVISORIALI

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
MDL1	12	D 26 CL	GA01 03 001	B	4 di 56

La struttura è costituita da una successione di pilastri di forma pseudo rettangolare posti ad interasse di 4.0m che supportano con un sistema di travi longitudinali, un solettone a spessore variabile. Allo spiccato, in accordo con le prescrizioni normative per ostacoli posti tra 3.5 e 4.5m, si prevede una parete continua che raccorda i vari pilastri. La struttura è fondata su fondazione a nastro sulla quale si intestano pali  $\phi 1000$  posti a coppia in corrispondenza di ciascun pilastro. Gran parte della galleria artificiale sorge in una zona di depressione rispetto al piano del ferro attuale e per questo sarà necessario realizzare dei riempimenti prima della realizzazione dei pali.



**Figura 3**

GA01 - GALLERIA ARTIFICIALE DI SCAVALCO DA  
 KM 0+288 A KM 0+420 - REAZIONE DI CALCOLO  
 FONDAZIONI E OPERE PROVVISORIALI

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
MDL1	12	D 26 CL	GA01 03 001	B	5 di 56

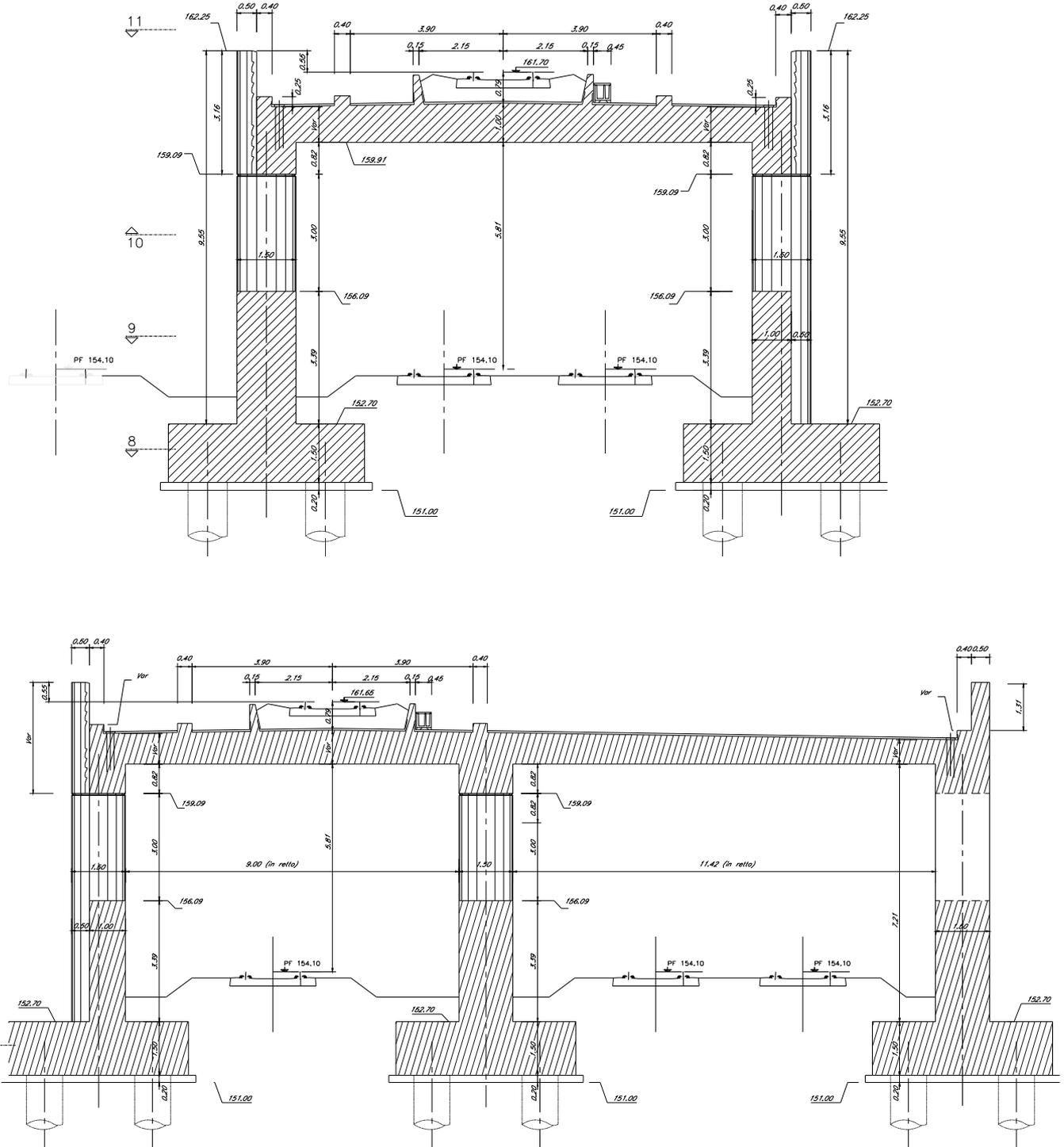


Figura 4 – Sezioni 2 e 3

## 2 SCOPO DEL DOCUMENTO

Scopo del presente documento sono i calcoli relativi alla verifica della capacità portante dei pali di fondazione e alle verifiche strutturali e geotecniche delle opere provvisorie previste in progetto.

In conformità al livello di progettazione trattato, la presente relazione mira alla conferma del dimensionamento strutturale e alla definizione delle principali informazioni dell'opera necessarie alla sua valorizzazione economica, (volumi, incidenze armature ordinarie e di precompressione ove presenti, opere provvisorie e di presidio, ect. ) rimandando alla successiva fase progettuale l'analisi strutturale di dettaglio.

In tale quadro, quanto di seguito riportato è informato a criteri conservativi nella definizione delle azioni, nella scelta delle sezioni di verifica, dei quantitativi e delle caratteristiche dei materiali impiegati.

## 3 DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

### 3.1 Documenti referenziati

I calcoli sono svolti in ottemperanza alla Normativa vigente ed in particolare le procedure di verifica degli elementi strutturali si basano sul metodo delle tensioni ammissibili in accordo con le seguenti normative vigenti; per l'azione sismica si considera un grado di sismicità  $S = 6$  in quanto l'opera si trovava in zona non classificata sismica che con la nuova mappatura sismica del territorio nazionale è stata classificata appartenere alla zona 4; in accordo con le normative ferroviarie è stato dimensionato come se fosse in zona 3.

- *L.1086 5/11/71 Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica.*
- *D.M. 14 febbraio 1992 Norme tecniche l'esecuzione delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche.*
- *DM 09/01/96 Norme tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle strutture in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche.*
- *DM 16/01/96 Norme tecniche relative ai "Criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi".*
- *DM 16/01/96 Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche.*
- *Istruzione FF.SS. 44/b aggiornamento 16 dicembre 1997 - Istruzioni tecniche per manufatti sotto binario da costruire in zona sismica*
- *Istruzione FF.SS. I/SC/PS-OM/2298 aggiornamento 13 gennaio 1997: Sovraccarichi per il calcolo dei ponti ferroviari. Istruzioni per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo.*

GA01 - GALLERIA ARTIFICIALE DI SCAVALCO DA  
KM 0+288 A KM 0+420 - REAZIONE DI CALCOLO  
FONDAZIONI E OPERE PROVVISORIALI

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
MDL1	12	D 26 CL	GA01 03 001	B	7 di 56

- *D.M. 11 marzo 1988.*
- *Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione. Istruzioni per l'applicazione*
- *DIN 4014*
- *Herstellung, Bemessung und Tragverhalten Bohrpfähle - Stand 03/1990*

### 3.2 Documenti referenziati

- *Relazione descrittiva MDL112D26RGGGA0100001 A*
- *Relazione di calcolo MDL12D26CGA0100001A*
- *Planimetria generale dell'intervento e prospetto MDL112D26P9GA0100001A*
- *Pianta fondazioni e sezione longitudinale MDL112D26P9GA0103001A*
- *Piante MDL112D26P9GA0100002A*
- *Sezioni trasversali tav. 1/2 MDL112D26WBGA0100001 A*
- *Sezioni trasversali tav. 2/2 MDL112D26WBGA0100002 A*
- *Particolari, dettagli e finiture MDL112D26BBGA010Z001A*
- *Profilo geotecnico – MDL1 12 D 26 F5 GE 005 001A - MDL1 12 D 26 F5 GE 005 002A - MDL1 12 D 26 F5 GE 005 003A - MDL1 12 D 26 F5 GE 005 004°*
- *Relazione illustrativa Gallarate Rho – 2 (Pro.Mo.Geo. srl)*

### 3.3 Documenti superati

Non sono presenti documenti superati

## 4 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

CALCESTRUZZO ELEVAZIONI E SOLETTONE

$$R_{ck} = 45 \text{ N/mm}^2$$

$$E_c = 3.8 \times 10^7 \text{ kN/m}^2$$

$$\sigma'_c = 13.5 \text{ N/mm}^2$$

$$\tau_{c0} = 0.80 \text{ N/mm}^2$$

$$\tau_{c1} = 2.25 \text{ N/mm}^2$$

GA01 - GALLERIA ARTIFICIALE DI SCAVALCO DA  
KM 0+288 A KM 0+420 - REAZIONE DI CALCOLO  
FONDAZIONI E OPERE PROVVISORIALI

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
MDL1	12	D 26 CL	GA01 03 001	B	8 di 56

#### CALCESTRUZZO PLINTI DI FONDAZIONE

**$R_{ck} 30 \text{ N/mm}^2$**

$$E_c = 3.12e7 \text{ kN/m}^2$$

$$\sigma'_c = 9.75 \text{ N/mm}^2$$

$$\tau_{b0} = 0.60 \text{ N/mm}^2$$

$$\tau_{b1} = 1.82 \text{ N/mm}^2$$

#### CALCESTRUZZO PALI DI FONDAZIONE $\phi 1000$

**$R_{ck} 30 \text{ N/mm}^2$  ( ai fini delle verifiche si considera  $R_{ck}=25 \text{ N/mm}^2$  )**

$$E_c = 2.85E7 \text{ kN/m}^2$$

$$\sigma'_c = 8.50 \text{ N/mm}^2$$

$$\tau_{b0} = 0.53 \text{ N/mm}^2$$

$$\tau_{b1} = 1.68 \text{ N/mm}^2$$

#### ACCIAIO PER ARMATURE ORDINARIE

**$F_{eb44k}$**

$$f_{yk} = 430 \text{ N/mm}^2$$

$$E_s = 200000 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_s = 255 \text{ N/mm}^2$$

in aggiunta e in accordo con [7] p.to 2.2.2.g, si adottano le seguenti limitazioni sui tassi di lavoro in funzione del diametro delle barre:

$$\phi_{\max} 20 \Rightarrow \sigma_{s\max} 220 \text{ N/mm}^2$$

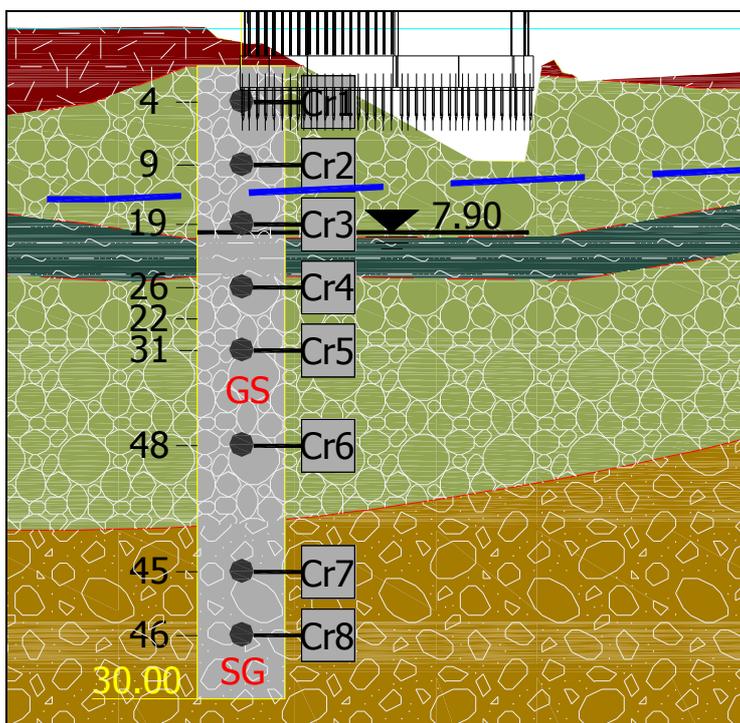
$$\phi_{\max} 24 \Rightarrow \sigma_{s\max} 190 \text{ N/mm}^2$$

$$\phi_{\max} 30 \Rightarrow \sigma_{s\max} 160 \text{ N/mm}^2$$



La quota della testa del sondaggio, sulla base del profilo geotecnico, è stata considerata all'incirca 1 m al di sopra della testa dei pali (vedi fig. 5).

Il sondaggio (vedi fig. 5) riporta il livello di falda presente a partire da 7,9 m di profondità.



**Figura 6 – Profilo geotecnico preso a riferimento**

In fase di sondaggio sono state svolte misure SPT (vedi figg. 5÷7 e Relazione illustrativa).

Sondaggio PNMDL1R26

Profondità (m)	Risultato	Nspt	Tipo di punta
1.70	3-2-2	4	PC
4.70	3-4-5	9	PA
7.50	7-9-10	19	PC
10.50	9-13-13	26	PC
12.00	8-10-12	22	PC
13.50	9-14-17	31	PC
18.00	12-18-30	48	PC
24.00	14-24-21	45	PA
27.00	15-22-24	46	PA

**Figura 7 - Descrizione e risultati delle prove S.P.T. realizzate in foro**

Nel caso di terreni ghiaiosi con ciottoli, la prova SPT spesso fornisce risultati poco significativi in relazione al rapporto tra le dimensioni dei clasti e le dimensioni della punta, soprattutto in caso di “rifiuto”, che potrebbe corrispondere non ad un forte addensamento ma all’incontro di un ciottolo.

In quest’ultimo caso, con criterio cautelativo, ai fini della caratterizzazione è stato considerato un valore  $N_{SPT}$  convenzionale massimo pari a 30.

I valori sono stati interpretati sulla base di correlazioni tratte dalla letteratura (cfr ad es. Kulhawy, 1990).

La resistenza, espressa in termini di angolo d’attrito  $\phi$ , è stata valutata sulla base delle correlazioni suggerite da De Mello (1971), da Peck (1974) o Schmertmann (1975); la rigidità, in termini di modulo di deformazione  $E_u$ , tramite le correlazioni suggerite da D’Appolonia et al. (1970), in termini di coefficiente di reazione orizzontale  $n_h$  e  $k_h$ , tramite le valutazioni di Reese et al. (1974 e 1956).

Gran parte della galleria (vedi figg. 6 e 8) è fondata (per una profondità massima di circa 4 m) in un materiale di riporto a riempimento della depressione presente al p.c. Tale materiale verrà compattato al fine di raggiungere caratteristiche fisiche e meccaniche standard, proprie dei sottofondi ferroviari. Nei calcoli è stato trattato secondo valutazioni cautelative convenzionali che portano in conto la variabilità delle stratigrafie lungo lo sviluppo dell’opera.

Sulla base di tali considerazioni, per i terreni interessati dalle fondazioni sono stati stimati i valori caratteristici riassunti in tabella 1.

**Tabella 1 – Caratteristiche geotecniche dei terreni utilizzate nei calcoli**

	$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	$c'$ (kN/m <sup>2</sup> )	$\phi'$ (°)	$E_u$ (MPa)	$n_h$ (*) (kN/m <sup>3</sup> )	$N_{SPT}$ (cp/30cm)
Unità A'	18	0	32	30	5000÷25000	-
Unità A	19	0	35	40	5000÷15000	30

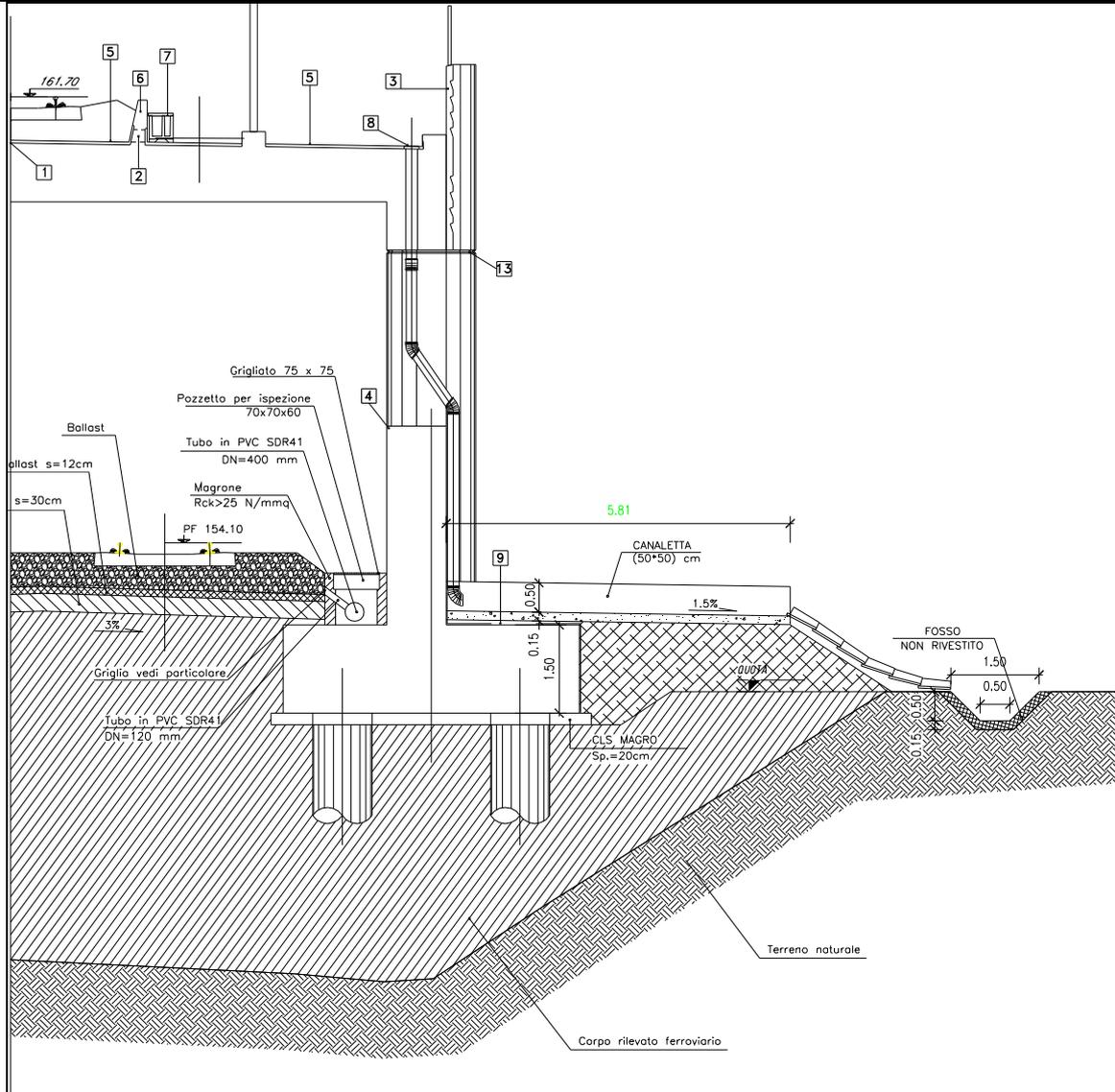
UNITA'	DESCRIZIONE
A'	Terreno di riporto
A	Ghiaia eterometrica (locale presenza di elementi a pezzatura ciottolosa) con sabbia di colore marrone. Clasti poligenici integri da arrotondati a subangolari.

(\*) Valori relativi ai primi 10 m di profondità

Ai fini del dimensionamento strutturale si è considerato per la valutazione delle sollecitazioni agenti un coefficiente di reazione orizzontale  $k_h$  pari a 25000 kN/m<sup>3</sup>. Le azioni orizzontali in testa al palo così detemriante sono state utilizzate per il calcolo delle sollecitazioni flessionali dove però è stato prudenzialmente assunto un valore di  $k_h$  pari alla soglia minima di 5000kN/m<sup>3</sup>.

GA01 - GALLERIA ARTIFICIALE DI SCAVALCO DA  
 KM 0+288 A KM 0+420 - REAZIONE DI CALCOLO  
 FONDAZIONI E OPERE PROVVISORIALI

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
MDL1	12	D 26 CL	GA01 03 001	B	12 di 56



**Figura 8 – Sezione di calcolo con indicazione della zona di riempimento (tratteggiato obliquo)**



POTENZIAMENTO DELLA LINEA RHO-ARONA  
**PROGETTO DEFINITIVO PER APPALTO INTEGRATO**  
**QUADRUPPLICAMENTO RHO-PARABIAGO E RACCORDO Y**

GA01 - GALLERIA ARTIFICIALE DI SCAVALCO DA  
 KM 0+288 A KM 0+420 - REAZIONE DI CALCOLO  
 FONDAZIONI E OPERE PROVVISORIALI

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
MDL1	12	D 26 CL	GA01 03 001	B	13 di 56

## 5 VERIFICA DELLE FONDAZIONI SU PALI

### 5.1 Verifica di capacità portante

Ai fini della determinazione del carico verticale limite  $Q_{lim}$  del palo di lunghezza  $L$ , si è fatto riferimento alle formule statiche, nelle quali convenzionalmente risulta:

$$Q_{lim} = Q_{lat} + Q_{base}$$

con  $Q_{lat}$  resistenza lungo il fusto e  $Q_{base}$  resistenza in punta.

*Resistenza lungo il fusto  $Q_{lat}$*

Per ogni tratto verticale  $L_i$  con caratteristiche geotecniche e condizioni idrauliche omogenee:

$$Q_{lat} = \sum Q_{lat i}$$

$$Q_{lat i} = (\pi D) L_i \mu_i k \sigma'_z \quad (1)$$

dove

$D$  diametro del palo, nel caso  $D = 1000$  mm;

$\sigma'_z$  tensione verticale efficace media nel tratto  $L_i$ ;

$\mu_i = \tan \varphi'_i$  coefficiente di attrito palo terreno;

$k = \frac{\sigma'_h}{\sigma'_v}$  coefficiente di spinta orizzontale del terreno assunto pari a 0,5;

*Resistenza in punta  $Q_{base}$*

$$Q_{base} = A_p \sigma_L N_q \quad (2)$$

dove

$A_p = \pi D^2 / 4$  area della sezione del palo alla base;

$\sigma_L$  = tensione verticale efficace calcolata alla profondità  $L$ ;

$N_q$  = coefficiente funzione di  $\varphi'$  e del rapporto  $L/B$  (Berenzantzev - pali di grande diametro), pari a 15.

Per il dimensionamento della lunghezza dei pali di fondazione della galleria si considerano le condizioni della fondazione più critica (vedi fig. 8). Si considera cioè la presenza del materiale di riporto (con peso di volume  $\gamma_1$ ) utilizzato per colmare la depressione presente al p.c. per i primi 4 m ( $L_1$ ) di fondazione.

Al di sotto di tale materiale, le caratteristiche del terreno (con peso di volume  $\gamma_2$ ) possono essere considerate omogenee nell'intervallo di profondità interessato dal palo (vedi figg. 5 e 6). Si distinguono poi un tratto ( $L_2 = 2$  m) non ancora interessato dalla presenza della falda (considerando una possibile risalita di 1 m circa), e un tratto completamente immerso ( $L_3$ ).

GA01 - GALLERIA ARTIFICIALE DI SCAVALCO DA  
KM 0+288 A KM 0+420 - REAZIONE DI CALCOLO  
FONDAZIONI E OPERE PROVVISORIALI

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
MDL1	12	D 26 CL	GA01 03 001	B	14 di 56

Essendo la fondazione completamente interrata (vedi fig. 7) la pressione verticale in testa ai pali risente del peso di circa 2 m ( $L_0$ ) di terreno di riporto (peso  $\gamma_1$ ).

Considerando una lunghezza del palo  $L = 25$  m si ha (vedi formule 1 e 2):

$$Q_{lat} = (\pi D) L_1 \mu_1 k (\gamma_1 L_0 + \frac{1}{2} \gamma_1 L_1) + (\pi D) L_2 \mu_2 k (\gamma_1 L_0 + \gamma_1 L_1 + \frac{1}{2} \gamma_2 L_2) + (\pi D) L_3 \mu_2 k (\gamma_1 L_0 + \gamma_1 L_1 + \gamma_2 L_2 + \frac{1}{2} \gamma'_2 L_3) = 5575 \text{ kN}$$

$$Q_{base} = (\pi D^2 / 4) (\gamma_1 L_0 + \gamma_1 L_1 + \gamma_2 L_2 + \gamma'_2 L_3) N_q = 3826 \text{ kN}$$

Il peso proprio  $W_p$  del palo (considerato immerso per 19 m) è pari a circa 345 kN.

$$Q_{adm} = (Q_{lat} + Q_{base}) / 2,5 - W_p = 3416 \text{ kN}$$

Sulla base dei dati derivati dalla relazione di calcolo dell'opera, il massimo carico verticale agente sul singolo palo è  $N = 3300$  kN.

Alla verifica per carichi assiali è stata affiancata la verifica in condizioni di esercizio per la quale deve risultare:

$$Q_{lat} / 1,25 > N .$$

$$\text{Nel caso in esame risulta } 5575 / 3300 = 1,7$$

## 5.2 Verifica del singolo palo per le azioni orizzontali

Per il calcolo delle sollecitazioni si rimanda alla Relazione di Calcolo – EL. MDL112D26CLGA0100001A

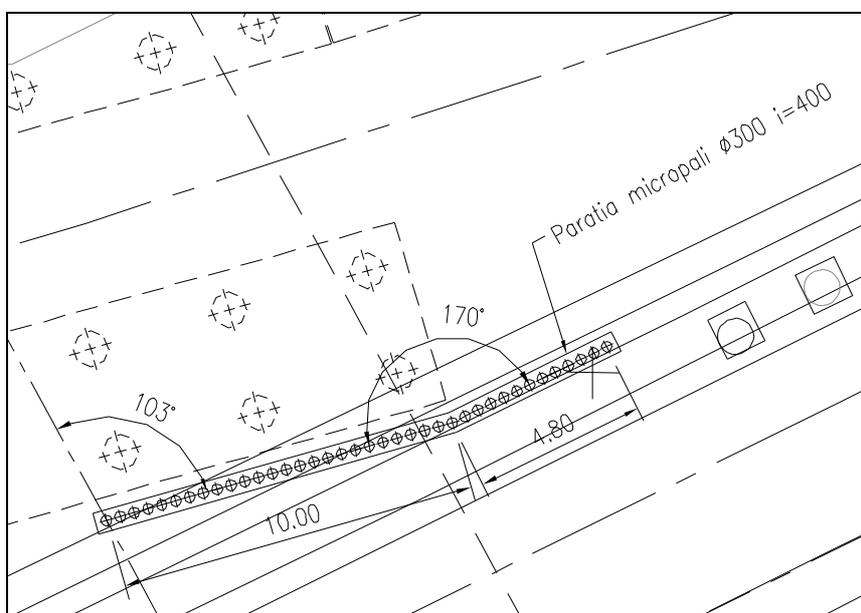
GA01 - GALLERIA ARTIFICIALE DI SCAVALCO DA  
KM 0+288 A KM 0+420 - REAZIONE DI CALCOLO  
FONDAZIONI E OPERE PROVVISORIALI

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
MDL1	12	D 26 CL	GA01 03 001	B	15 di 56

## 6 OPERE PROVVISORIALI

### 6.1 Descrizione dell'intervento

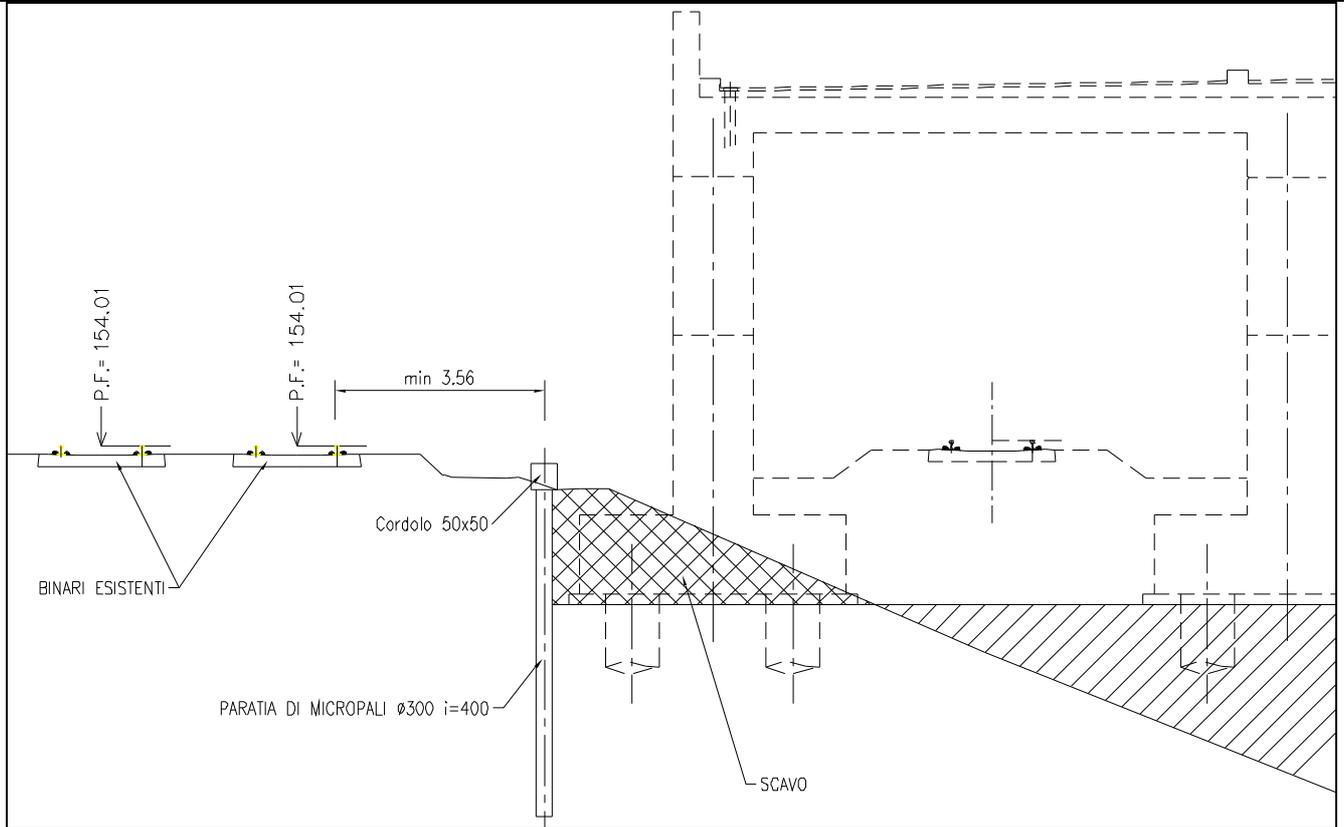
La paratia si estende in affiancamento al tracciato ferroviario, a una distanza di circa 3,5 m dall'asse del binario più vicino (vedi fig. 13).



**Figura 9– Planimetria con indicazione della posizione dell'opera**

Tale paratia, il cui cordolo si trova a una quota all'incirca corrispondente a quella del piano ferro (vedi fig. 13), permetterà la realizzazione di un piano di lavoro a quota 151 m s.l.m., finalizzato alla realizzazione della fondazione della galleria (vedi figg. 1, 13 e 14).

La massima altezza di scavo sarà pertanto all'incirca pari a 2,4 m.



**Figura 10 – Prospetto laterale**

Le principali caratteristiche geometriche e tecniche dei micropali utilizzati per la paratia sono riassunte nella tabella 2, mentre le caratteristiche dei terreni sono riassunte in tabella 1 (la paratia non va a interessare il materiale di riporto).

**Tabella 2– Caratteristiche geometriche e tecniche dei micropali**

Diametro di perforazione (mm)	Lunghezza (m)	Armatura tubolare Fe 430		Interasse (m)
		D <sub>est</sub> (mm)	Spessore (mm)	
300	10	193,7	12,5	0.4



POTENZIAMENTO DELLA LINEA RHO-ARONA  
**PROGETTO DEFINITIVO PER APPALTO INTEGRATO**  
**QUADRUPPLICAMENTO RHO-PARABIAGO E RACCORDO Y**

GA01 - GALLERIA ARTIFICIALE DI SCAVALCO DA  
KM 0+288 A KM 0+420 - REAZIONE DI CALCOLO  
FONDAZIONI E OPERE PROVVISORIALI

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
MDL1	12	D 26 CL	GA01 03 001	B	17 di 56

## 6.2 Analisi agli elementi finiti

Le verifiche della paratia sono state effettuate mediante il codice di calcolo agli elementi finiti PARATIE – CEAS, versione 10 plus.

La paratia viene schematizzata mediante elementi finiti di tipo trave, definiti nel piano da un nodo iniziale ed uno finale e dalle caratteristiche inerziali della sezione trasversale rettangolare equivalente. Ogni nodo dell'elemento possiede due gradi di libertà: la traslazione in direzione orizzontale e la rotazione intorno ad un asse ortogonale al piano di riferimento.

Il terreno è simulato mediante elementi monodimensionali tipo molla, connessi alla paratia in ogni suo nodo. Il comportamento meccanico della molla è di tipo elasto-plastico: essa reagisce elasticamente fino ai valori limiti dello spostamento, raggiunti i quali la reazione corrisponde, a seconda del verso dello spostamento, alla pressione attiva o rispettivamente passiva del terreno.

In base alle componenti di sforzo efficace verticali ed orizzontali, si definisce per ciascuna profondità una funzione di plasticità, che a sua volta definisce lo stato nel quale si trova l'elemento che schematizza il terreno. In particolare sono possibili due stati distinti: una prima fase elastica, nella quale il terreno ha comportamento perfettamente elastico ed una fase plastica, in cui il terreno è sottoposto ad uno stato di sollecitazione non più compatibile con la resistenza a rottura. Il criterio di resistenza adottato è quello di Mohr-Coulomb.

La deformabilità della molla risulta funzione dello stato tensionale cui risulta sottoposta: quando si trova in campo elastico essa è interamente definita dall'espressione della rigidità della molla:  $K = E \cdot i / L$ . Nell'espressione  $E$  è il modulo di elasticità del terreno,  $L$  la lunghezza della molla e  $i$  l'interasse tra le singole molle.

La lunghezza della molla  $L$  è variabile in funzione delle dimensioni della zona di terreno coinvolta nel movimento, in condizioni sia di spinta attiva sia di spinta passiva.

Lo stato tensionale iniziale della molla, nelle condizioni precedenti alle operazioni di scavo e/o all'applicazione di qualsiasi azione esterna sulla paratia, è funzione della tensione verticale litostatica secondo il coefficiente di spinta a riposo  $k_0$  attraverso la relazione  $\sigma'_h = k_0 \sigma'_v$ .

Nelle condizioni successive alle operazioni di scavo, o all'applicazione di azioni esterne sulla struttura, le reazioni offerte dalla molla si incrementano o diminuiscono (a seconda del verso della deformazione) raggiungendo al limite le tensioni corrispondenti alle condizioni di spinta attiva o passiva, rispettivamente per decrementi o incrementi di tensione.

Per la valutazione del  $k_0$  si utilizza l'espressione:  $k_0 = 1 - \text{sen} \phi'$ .

Per i coefficienti di spinta attiva e passiva  $k_a$  e  $k_p$  sono state utilizzate le espressioni fornite da Caquot e Kerisel, ipotizzando un angolo di attrito tra terreno e struttura pari a  $0.6 \phi'$ .

Il coefficiente di sicurezza viene definito in termini di rapporto tra la spinta passiva massima e la spinta passiva effettivamente mobilitata nel tratto di paratia infisso. Per opere provvisorie viene considerato accettabile un valore di tale rapporto superiore a 1.5; per opere di tipo permanente un valore superiore a 2.

La paratia viene schematizzata per mezzo di una paratia equivalente a sezione rettangolare tramite elementi piastra posti in corrispondenza della mezzera delle sezioni strutturali.

Nel modello, a favore di sicurezza, verrà tenuto in conto ai fini della resistenza flessionale della sola armatura dei pali costituita da un tubolare metallico  $\varnothing 193.7$  di spessore pari a 12.5 mm. Lo spessore seq della sezione equivalente viene calcolato come segue:

$$J_{sez} = 2,93 \times 10^{-5} \text{ m}^4 \quad \text{momento d'inerzia della sezione di acciaio}$$

$$i = 0,4 \text{ m} \quad \text{interasse tra i micropali}$$

$$J_{eq} = J_{sez}/i = 7,31 \times 10^{-5} \text{ m}^4 \quad \text{momento d'inerzia per unità di lunghezza della sezione rettangolare equivalente}$$

$$s_{eq} = (12 \cdot J_{eq})^{1/3} = 0,096 \text{ m} \quad \text{spessore della sezione rettangolare equivalente}$$

Si riporta di seguito l'elenco delle fasi di calcolo seguite nella verifica mentre per i disegni relativi si rimanda agli elaborati specifici.

#### Fasi di calcolo

1. Generazione dello stato tensionale iniziale. Viene considerata dalla prima fase l'azione del carico ferroviario. Tale azione è stata schematizzata tramite due carichi che simulano la posizione dei binari rispetto alla paratia, presi pari a 54.4 kPa (40kPa carico ferroviario e 14.4kPa carico armamento) a una quota che viene assunta nei calcoli come quota p.c.
2. Realizzazione delle paratie (L=10 m).
3. Scavo a sbalzo per una altezza pari a 2,4 m.
4. Realizzazione della fondazione, che si considera scarichi una pressione pari a 100 kN/m<sup>2</sup>.

### 6.3 Risultati dell'analisi

Di seguito sono riassunti i risultati delle analisi in termini di valori massimi (vedere anche tabulati di calcolo) per i due modelli ( equilibrio limite E.L. – Non lineare elasto-plastico N.L.)

**Tabella 2 – Deformazioni e sollecitazioni massime sul singolo micropalo della paratia**

M [kNm]	16.35
T [kN]	35.16
$\delta H$ [cm]	2.09 (modello E.L.)
$\delta H$ [cm]	0.53 (modello N.L.)
$\delta V$ [cm]	0.3 (modello E.L.)
$\delta V$ [cm]	0.23 (modello N.L.)

Come si evince dai due modelli, la deformazione in testa alla paratia risulta notevolmente più piccola e più "realistica" dai risultati delle analisi che tengono conto del comportamento del terreno elasto – plastico (con carico e ricarico lineare). Le sollecitazioni di verifica fanno riferimento al modello di calcolo all'equilibrio limite. Questa scelta consente di rimanere nel calcolo a favore di sicurezza in quanto le sollecitazioni ricavate sulle paratia ,

GA01 - GALLERIA ARTIFICIALE DI SCAVALCO DA  
KM 0+288 A KM 0+420 - REAZIONE DI CALCOLO  
FONDAZIONI E OPERE PROVVISORIALI

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
MDL1	12	D 26 CL	GA01 03 001	B	19 di 56

lavorando quest'ultima come un mensola incastrata alla base, forniscono risultati in termini di sollecitazioni sulla stessa , maggiori.

Viene riportata di seguito la verifica strutturale del tubolare in acciaio:( si considera resistente la sola parte di acciaio a favore di sicurezza)

#### Materiali

**Fe**                    **510**  
 $\sigma_{adm} =$         240        Mpa  
 $\tau_{adm} =$             139        Mpa

#### Sollecitazioni

N =                **0.00**        kN  
M =                **16.35**        kNm  
T =                **35.16**        kN

#### Geometria

d =                193.7        mm        diametro esterno  
s =                12.5        mm        spessore  
J =                29343122    mm<sup>4</sup>  
A =                7115.7        mm<sup>2</sup>  
W =                302974.9    mm<sup>3</sup>  
Ata =              3557.9        mm<sup>2</sup>        (Ata=  $\pi R_m s = \pi (\phi-s)/2*s$  formula approssimata)

#### Verifica

$\sigma =$               **54.0**        Mpa        **ok**                     $\sigma_{id} =$         **56.6**        Mpa        **ok**  
 $\tau =$                 **9.9**        Mpa        **ok**

La sezione risulta verificata.

#### 6.4 Tabulati di calcolo



POTENZIAMENTO DELLA LINEA RHO-ARONA

PROGETTO DEFINITIVO PER APPALTO INTEGRATO

QUADRUPPLICAMENTO RHO-PARABIAGO E RACCORDO Y

GA01 - GALLERIA ARTIFICIALE DI SCAVALCO DA  
KM 0+288 A KM 0+420 - REAZIONE DI CALCOLO  
FONDAZIONI E OPERE PROVVISORIALI

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
MDL1	12	D 26 CL	GA01 03 001	B	20 di 56

## *Paratie Plus 2010*

Ce.A.S , Centro di Analisi Strutturale, viale Giustiniano 10, 20129 Milano .  
www.ceas.it. UN PROGRAMMA NONLINEARE AD ELEMENTI FINITI  
PER L'ANALISI DI STRUTTURE DI SOSTEGNO FLESSIBILI

Progetto: My Project

Compagnia: My Company  
Preparato dall'ing.: Engineer  
Numero File: 1  
Ora: 1/27/2011 12:40:54 PM

File: D:\Pubblica\Gallarate rho\Paratia GA01\Paratia\_10.DEEP



POTENZIAMENTO DELLA LINEA RHO-ARONA

PROGETTO DEFINITIVO PER APPALTO INTEGRATO

QUADRUPPLICAMENTO RHO-PARABIAGO E RACCORDO Y

GA01 - GALLERIA ARTIFICIALE DI SCAVALCO DA  
KM 0+288 A KM 0+420 - REAZIONE DI CALCOLO  
FONDAZIONI E OPERE PROVVISORIALI

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
MDL1	12	D 26 CL	GA01 03 001	B	21 di 56

## *Paratie Plus 2010*

Ce.A.S , Centro di Analisi Strutturale, viale Giustiniano 10, 20129 Milano .  
www.ceas.it. UN PROGRAMMA NONLINEARE AD ELEMENTI FINITI  
PER L'ANALISI DI STRUTTURE DI SOSTEGNO FLESSIBILI

Progetto: My Project

Compagnia: My Company  
Preparato dall'ing.: Engineer  
Numero File: 1  
Ora: 1/27/2011 12:40:54 PM

File: D:\Pubblica\Gallarate rho\Paratia GA01\Paratia\_10.DEEP



POTENZIAMENTO DELLA LINEA RHO-ARONA

**PROGETTO DEFINITIVO PER APPALTO INTEGRATO**

**QUADRUPLICAMENTO RHO-PARABIAGO E RACCORDO Y**

GA01 - GALLERIA ARTIFICIALE DI SCAVALCO DA  
KM 0+288 A KM 0+420 - REAZIONE DI CALCOLO  
FONDAZIONI E OPERE PROVVISORIALI

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
MDL1	12	D 26 CL	GA01 03 001	B	22 di 56

***Progetto: My Project***

***Resultati per la design section 0: Base model***

GA01 - GALLERIA ARTIFICIALE DI SCAVALCO DA  
KM 0+288 A KM 0+420 - REAZIONE DI CALCOLO  
FONDAZIONI E OPERE PROVVISORIALI

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
MDL1	12	D 26 CL	GA01 03 001	B	23 di 56

## APPROCCI DI PROGETTO E FATTORI DI COMBINAZIONE

Scenari di progetto utilizzati (da Normativa o personalizzati) e relativi fattori di combinazione

Stage	Design Code	Design Case	F(tan fr)	F (c')	F (Su)	F (EQ)	F(perm load)	F(temp load)	F(perm sup)	F(temp sup)	F Earth (Dstab)	F Earth (stab)	F GWT (Dstab)	F GWT (stab)	F HYD (Dstab)	F HYD (stab)	F UPL (Dstab)	F UPL (stab)
0	Default	Service Factors	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	Default	Service Factors	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	Default	Service Factors	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
3	Default	Service Factors	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Stage=Fase di scavo

Design Code=Codice di verifica

Ftan fr=fattore moltiplicatore tangente angolo di attrito

F C'=fattore moltiplicatore coesione efficace

F Su'=fattore moltiplicatore coesione non drenata

F EQ=fattore moltiplicatore reazione sismica

F perm load=fattore moltiplicatore carichi permanenti

F temp load=fattore moltiplicatore carichi accidentali/variabili

F perm supp=fattore di riduzione resistenza per verifica pull out tirante

F temp supp=fattore di riduzione resistenza per verifica pull out tirante

F earth Dstab=fattore moltiplicatore per spinta attiva nel caso sfavorevole

F earth stab=fattore moltiplicatore per spinta attiva nel caso favorevole

F GWT Dstab (ground water)=fattore moltiplicatore per spinta idrostatica sfavorevole

F GWT stab (ground water)=fattore moltiplicatore per spinta idrostatica favorevole

F HYD Dstab=fattore moltiplicatore per spinta idrodinamica sfavorevole

F HYD stab=fattore moltiplicatore per spinta idrodinamica favorevole

F UPL Dstab=fattore moltiplicatore per sifonamento sfavorevole

F UPL stab=fattore moltiplicatore per sifonamento favorevole

## DATI TERRENO

Name	g tot (kN/m3)	g dry (kN/m3)	Fric (deg)	C' (kPa)	Su (kPa)	FRp (deg)	FRcv (deg)	Eload (kPa)	Eur (kPa)	kAp Springs	kPp Springs	kAcv Springs	kPcv Springs	Vary	Spring Model	Color
F	20	19	30	0	N/A	N/A	N/A	15000	45000	0.33	3	N/A	N/A	True	Linear	
O1	16.5	14	22	2	20	22	22	2874	8622	0.46	2.2	0.46	2.2	True	Linear	
O2	19	16.5	28	2	N/A	N/A	N/A	7185	21555	0.36	2.77	N/A	N/A	True	Linear	
S1	21	19	34	0	N/A	N/A	N/A	25000	75000	0.28	3.54	N/A	N/A	True	Linear	
Clay	20	19	28	0	150	28	28	20000	60000	0.36	2.77	0.36	2.77	True	Linear	
GT	22	20	36	10	N/A	N/A	N/A	30000	90000	0.26	3.85	N/A	N/A	True	Linear	
Rock	27	25	30	100	N/A	N/A	N/A	479000	1437000	0.33	3	N/A	N/A	True	Linear	
riporto	18	8	32	0	N/A	N/A	N/A	30000	75000	0.31	3.26	N/A	N/A	True	Linear	
GS	19	9	35	0	N/A	N/A	N/A	40000	100000	0.27	3.69	N/A	N/A	True	Linear	

GA01 - GALLERIA ARTIFICIALE DI SCAVALCO DA  
KM 0+288 A KM 0+420 - REAZIONE DI CALCOLO  
FONDAZIONI E OPERE PROVVISORIALI

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
MDL1	12	D 26 CL	GA01 03 001	B	24 di 56

gtot=peso specifico /totale terreno

gdry=peso secco del terreno

Frict=angolo di attrito di calcolo

C'=coesione efficace

Su = Coesione non drenata, parametro attivo per terreni tipo CLAY in condizioni NON drenate

Dilat=Dilatanza terreno (parametro valido solo in analisi non lineare)

Evc=modulo a compressione vergine molla equivalente terreno

Eur=modulo di scarico/ricarico (fase elastica) molla equivalente terreno

Kap= coefficiente di spinta attiva di picco

Kpp= coefficiente di spinta passiva di picco

Kacv= coefficiente di spinta attiva di picco

Kpcv= coefficiente di spinta passiva di picco

Spring models= modalità di definizione dei moduli di rigidità molle terreno (LIN, EXP, SIMC)

LIN= Lineare-Elastico-Perfettamente plastico

EXP: esponenziale, SUB: Modulo di reazione del sottosuolo

SIMC= Modo semplificato per argille

## STRATIGRAFIA TERRENI

Top Elev= quota superiore strato

Soil type=nome del terreno

OCR=rappporto di sovraconsolidazione

K0=coefficiente di spinta a riposo

Name: Boring 1, pos: (-20, 0)

Top elev.	Soil type	OCR	Ko
0	riporto	1	0.47
-4	GS	1	0.43

## DATI GENERALI RELATIVI A MATERIALI E PROPRIETA MECCANICHE

### Acciaio

Name	Strength Fy	Fu	Elastic E	Density g
	(MPa)	(MPa)	(MPa)	(kN/m3)
Fe430	275	430	206000	77
Fe510	355	510	206000	77
A36	248.3	400	206000	77
A50	355	500	206000	77
New steel 4	241.4	413.8	206000	77
	0	360	0	0

### Calcestruzzo

Name	Strength Fc'	Elastic E	Density g	Tension Strength Ft
	(MPa)	(MPa)	(kN/m3)	(MPa)
C20/25	20	29962	25	10
C25/30	25	31476	25	10
Fc 3ksi	20.7	21541.8	23.573	10

### Barre in acciaio

Name	Strength Fy	Elastic E
	(MPa)	(MPa)
Grade 60	413.8	200100



POTENZIAMENTO DELLA LINEA RHO-ARONA

PROGETTO DEFINITIVO PER APPALTO INTEGRATO

QUADRUPPLICAMENTO RHO-PARABIAGO E RACCORDO Y

GA01 - GALLERIA ARTIFICIALE DI SCAVALCO DA KM 0+288 A KM 0+420 - REAZIONE DI CALCOLO FONDAZIONI E OPERE PROVVISORIALI

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
MDL1	12	D 26 CL	GA01 03 001	B	25 di 56

Grade 75	517.2	200100
Grade 80	551.7	200100
Grade 150	1034.5	200100
Strands 270 ksi	1862.1	200100
S410	410	210000
S500	500	210000
B450C	450	210000

### Legno

Name	Ultimate Bending Strength Fbu (MPa)	Ultimate Tensile Strength Ft <sub>u</sub> (MPa)	Ultimate Shear Strength Fvu (MPa)	Density g (kN/m <sup>3</sup> )	Elastic E (MPa)
Construction	11	9.7	5.5	7.8576	6900
Regular grade	6.9	6.9	4.1	7.8576	5520

STEEL=acciaio

Name=nome materiale

strength fy=fyk=res caratteristica acciaio

Fu=fuk=resistenza ultima

Elastic E=modulo elastico

Density g=peso specifico

CONCRETE=calcestruzzo

Name=nome materiale

f'c=fck=resistenza cilindrica a compressione caratteristica cls

Elastic E=modulo elastico

Density g=peso specifico

Tension strength=ft=fctk=resistenza a trazione caratteristica

STEEL REBAR

Name=nome materiale

strength fy=fyk=resistenza caratteristica acciaio

Elastic E=modulo elastico

WOOD=legno

Name=nome materiale

Ultimate bending strength Fb=fbk=resistenza caratteristica a flessione

Ultimate tensile strength Ft<sub>u</sub>=ftuk=res caratt. parallela alle fibre

Ultimate shear strength Fvu=fvuk=res. caratt. a taglio

Density g=peso specifico

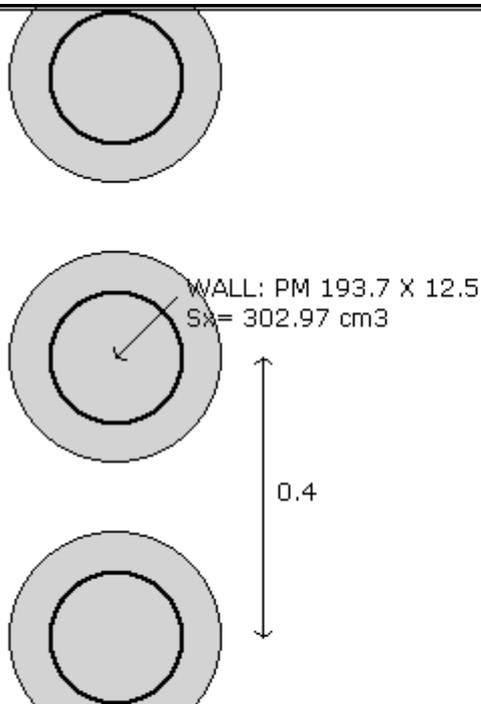
Elastic E=modulo elastico

## DATI PARATIE

Sezione paratia0: Microplati

GA01 - GALLERIA ARTIFICIALE DI SCAVALCO DA  
KM 0+288 A KM 0+420 - REAZIONE DI CALCOLO  
FONDAZIONI E OPERE PROVVISORIALI

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
MDL1	12	D 26 CL	GA01 03 001	B	26 di 56



Company: My Company	<b>Wall sketch</b>	CeAS srl and Deep Excavation LCC
Engineer: Engineer		Paratie Plus 2010 - DeepXcar 2010
D:\Pubblica\Gallarate rho\Paratia GA01\Paratia_10.DEEP		1/27/2011

Wall uses wall section0: Wall 1

Tipo paratia: Pali tangenti

Quota sommita' paratia: 0 m Quota piede paratia: -10 m

Dimensione fuori piano paratia: 0.4 Spessore paratia = 0.3

Ampiezza zona spinta passiva al di sotto del piano di scavo: 0.3 Ampiezza zona spinta attiva al di sotto del piano di  
fc' cls = 25 Fy barre = 410 Ecls = 31476 FcT calcestruzzo a trazione = 10% di Fc'

fy profilati in acciaio = 355 Eacciaio = 206000

Attrito paratia: Valore costante = 20 gradi

Le capacita' paratie in acciaio sono calcolate con EC3 2005

Le capacita' paratie in calcestruzzo sono calcolate con ACI 318-2002.

Nota: con la capacita' ultima si dovrebbe adottare un fattore di sicurezza strutturale.

Proprieta' paratie di pali tangenti

Tabella: proprieta' pali collegati

Name	Section	W	A	D	tw or	bf	tf	k	Ixx	Sxx	rX	Iyy	Syy	rY	rT	Cw	fy
		(kN/m)	(cm2)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm4)	(cm3)	(cm)	(cm4)	(cm3)	(cm)	(cm)	(cm6)	(MPa)
PM 193.7 X 12.5	PM 193.7 X 12.5	242.1	71.16	19.4	1.25	19.37	1.25	1.25	2934	303	6.42	2934	303	6.42	6.42	1	355



POTENZIAMENTO DELLA LINEA RHO-ARONA

PROGETTO DEFINITIVO PER APPALTO INTEGRATO

QUADRUPPLICAMENTO RHO-PARABIAGO E RACCORDO Y

GA01 - GALLERIA ARTIFICIALE DI SCAVALCO DA KM 0+288 A KM 0+420 - REAZIONE DI CALCOLO FONDAZIONI E OPERE PROVVISORIALI

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
MDL1	12	D 26 CL	GA01 03 001	B	27 di 56

DATI GENERALI PARATIA

Hor wall spacing=interasse tra pannelli

passive width below exc=larghezza di riferimento per calcolo zona passiva per analisi classica

concrete f'c=fck=res cilindrica caratteristica cls

Rebar fy=fyk=res caratteristica acciaio armature

Econc=modulo elastico cls

Concrete tension fct=fctk=resistenza caratteristica a trazione cls

Steel members fy=fyk=res caratteristica acciaio

Esteel=modulo elastico acciaio

DATI TABELLATI (si omette la spiegazione dei parametri già descritti in precedenza)

1) Diaphragm wall=sezione rettangolare in CA

N/A= il valore non è disponibile in quanto non correlato al tipo di sezione in uso

Fy=fyk

F'c=fck

D=altezza paratia

B=base paratia

tf=spessore

2) Steel sheet pile=palancolata

DES=tipo di palancolata

Shape=forma

W=peso per unità di lunghezza

A=area

h=altezza

t=spessore lamiera orizzontale

b=base singolo elemento a Z o U

s=spessore lati obliqui

Ixx=inerzia asse principale palancolata (per unità di lunghezza)

Sxx=modulo di resistenza asse principale palancolata (per unità di lunghezza)

3) Secant pile wall (pali allineati e sovrapposti), Tangent pile wall=pali allineati (Berlinesi, micropali), soldier pile (pali in acciaio con collegamento in cls), soldier pile and timber lagging (pali in acciaio con collegamento con elementi in legno)

W=peso per unità di lunghezza

A=area

D=diametro

tw o tp=spessore dell'anima (sezione a I) o del tubo (sezione circolare)

bf=larghezza della sezione

tf=spessore dell'ala

k=altezza flangia + altezza raccordo

Ixx=inerzia rispetto asse orizzontale (per unità di lunghezza)

Sxx=modulo di resistenza rispetto asse orizzontale (per unità di lunghezza)

rx=raggio giratore d'inerzia lungo x

Iyy=inerzia rispetto asse verticale (per unità di lunghezza)

Syy=modulo di resistenza rispetto asse verticale (per unità di lunghezza)

ry=raggio giratore d'inerzia lungo y

Cw=costante di ingobbamento

fy=fyk

**PARAMETRI DI CALCOLO PER SINGOLA FASE**

Summary of stage assumptions

Name	Analysis	Drive	ka-Mult	Htr T/B	Resist	Res	Contle	Suppor	Axial	Used	Min	Toe	Toe
	Method	Press		(%)	Press	Mult	Metho	Model	Incl	FSwall	FDtoe	FSrot	FSpas
Stage 0	Conventional-	Ka+ d	N/A	N/A	Kp+ d	N/A	Free	Fixed	N/A	1.7	7.895	7.895	8.335

GA01 - GALLERIA ARTIFICIALE DI SCAVALCO DA  
KM 0+288 A KM 0+420 - REAZIONE DI CALCOLO  
FONDAZIONI E OPERE PROVVISORIALI

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
MDL1	12	D 26 CL	GA01 03 001	B	28 di 56

Stage 1	Conventional-	Ka+ d	N/A	N/A	Kp+ d	N/A	Free	Fixed	N/A	1.7	8.935	8.935	8.993
Stage 2	Conventional-	Ka+ d	N/A	N/A	Kp+ d	N/A	Free	Fixed	N/A	1.7	2.815	5.663	9.808
Stage 3	Conventional-	Ka+ d	N/A	N/A	Kp+ d	N/A	Free	Fixed	N/A	1.7	4	9.023	14.651

Name=nome fase

----

Analysis method=metodo di calcolo

Conventional=analisi all'equilibriolimitate

springs UP=analisi non lineare (schema a molle elasto plastiche)

DR=analisi per terreni tipo argilla in condizione drenata

U=analisi per terreni tipo argilla in condizione NON drenata

Up=analisi non drenata solo per i terreni selezionati

----

Drive press=Ka=spinta terreno attiva

ka mult=eventuale moltiplicatore Ka

Htr T/B (%)=schema pressione attiva di tipo trapezoidale

Resit press=Kp=spinta terreno passiva

Res Mult=eventuale moltiplicatore Kp

COntle Method=

Support Model=tipologia vincoli fissi (fixed=fissi)

Axial Incl=se azione assiale inclusa

Used FS wall=coeff di riduzione dominio MN

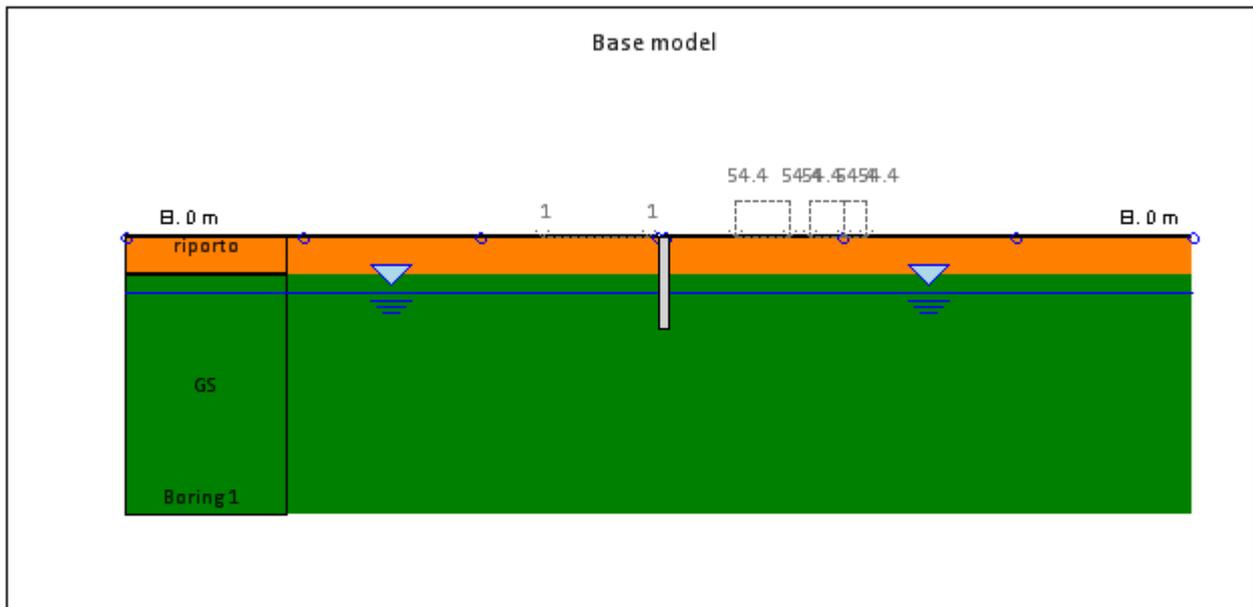
Min FD TOe=sicurezza minima per infissione (analisi classica)

Toe FS rot=sicurezza a rotazione (analisi classica)

Toe FSpas=sicurezza sulle pressioni agenti/resistenti (analisi classica)

## GRAFICI FASI DI SCAVO

Di seguito si riportano gli schemi grafici delle fasi di scavo principali.



Company: My Company

Engineer: Engineer

**DS: 0, Stage 0**

CeAS srl and Deep Excavation LCC

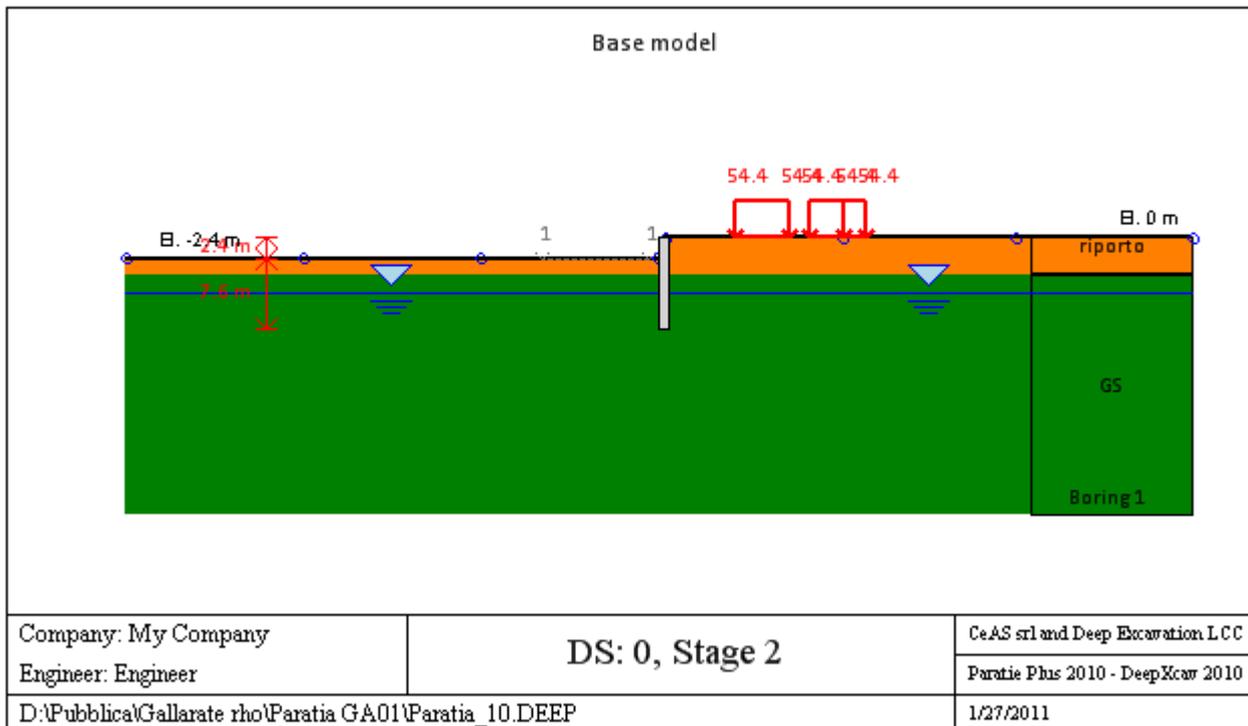
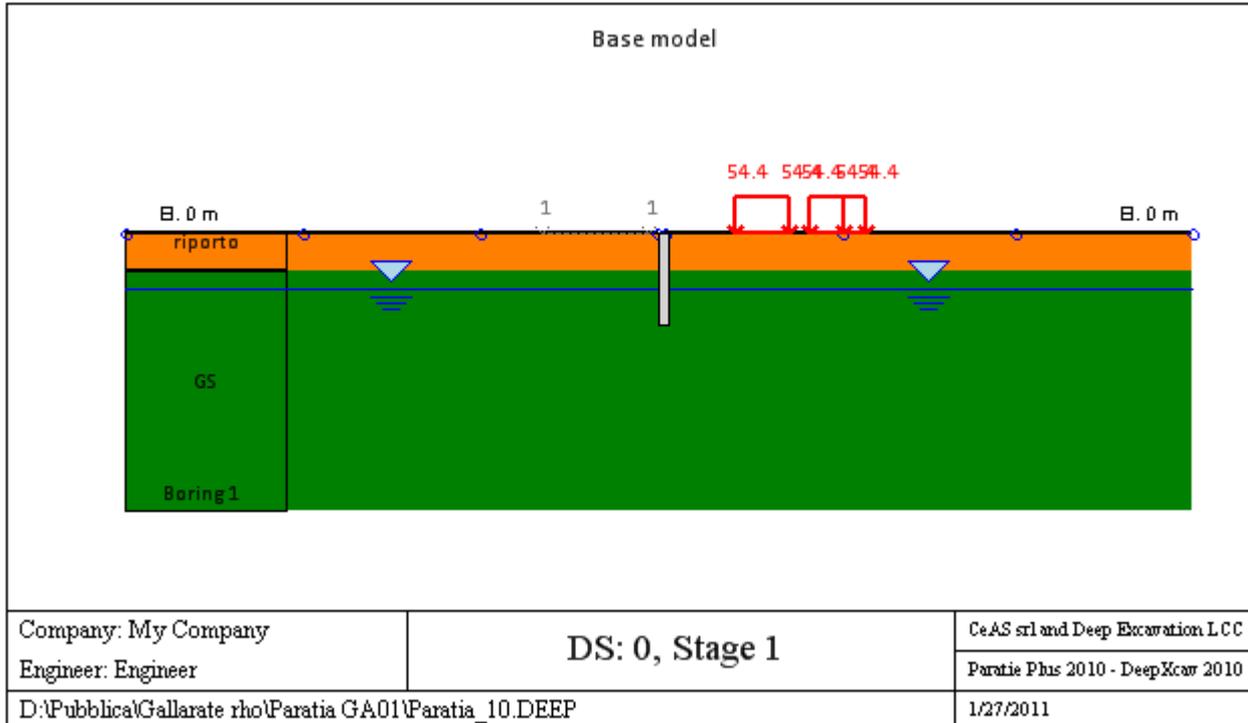
Paratie Plus 2010 - DeepXcar 2010

D:\Pubblica\Gallarate rho\Paratia GA01\Paratia\_10.DEEP

1/27/2011

GA01 - GALLERIA ARTIFICIALE DI SCAVALCO DA  
KM 0+288 A KM 0+420 - REAZIONE DI CALCOLO  
FONDAZIONI E OPERE PROVVISORIALI

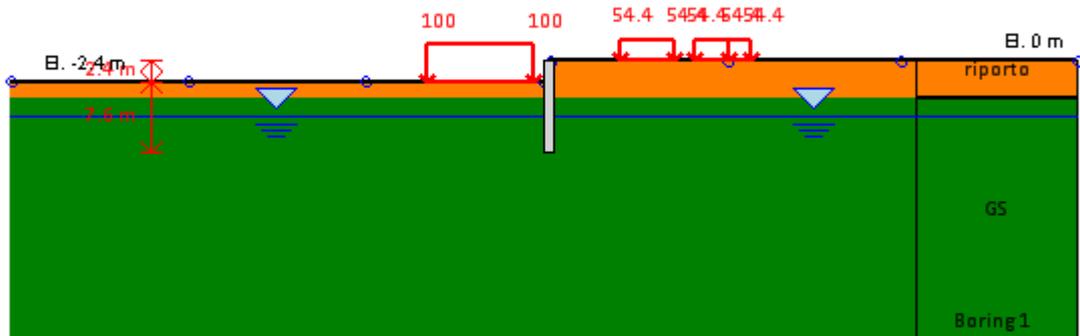
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
MDL1	12	D 26 CL	GA01 03 001	B	29 di 56



GA01 - GALLERIA ARTIFICIALE DI SCAVALCO DA  
KM 0+288 A KM 0+420 - REAZIONE DI CALCOLO  
FONDAZIONI E OPERE PROVVISORIALI

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
MDL1	12	D 26 CL	GA01 03 001	B	30 di 56

Base model



Company: My Company

Engineer: Engineer

DS: 0, Stage 3

CeAS srl and Deep Excavation LCC

Paratie Plus 2010 - DeepXcar 2010

D:\Pubblica\Gallarate rho\Paratia GA01\Paratia\_10.DEEP

1/27/2011

## Stabilita' del piede

Embedment FS vs Stage

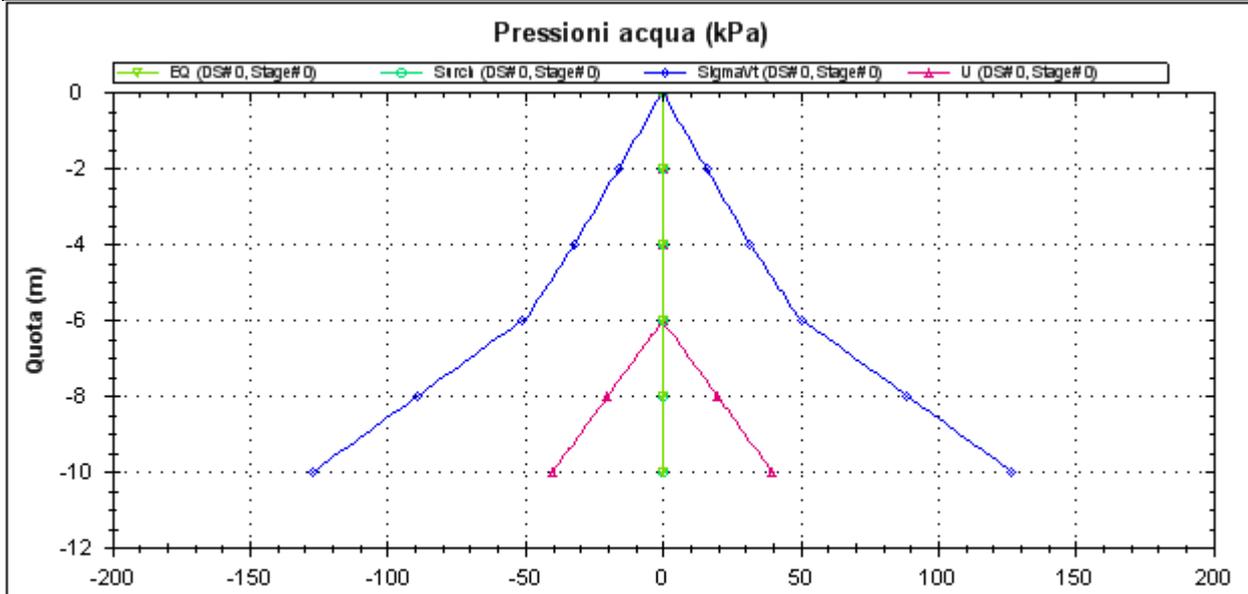
	Min Toe FS	FS1 Passive	FS2 Rotation	FS3 Length (from FS1, FS2)	FS4 Mobilized Passive	FS5 Actual Drive Thrust / Theory
Stage #0	7.895	8.335	7.895	100	N/A	N/A
Stage #1	8.935	8.993	8.935	100	N/A	N/A
Stage #2	2.815	9.808	5.663	2.815	N/A	N/A
Stage #3	4	14.651	9.023	4	N/A	N/A

## GRAFICI FASI DI SCAVO

Di seguito si riportano gli schemi grafici delle fasi di scavo principali.

GA01 - GALLERIA ARTIFICIALE DI SCAVALCO DA  
KM 0+288 A KM 0+420 - REAZIONE DI CALCOLO  
FONDAZIONI E OPERE PROVVISORIALI

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
MDL1	12	D 26 CL	GA01 03 001	B	31 di 56



Company: My Company

Engineer: Engineer

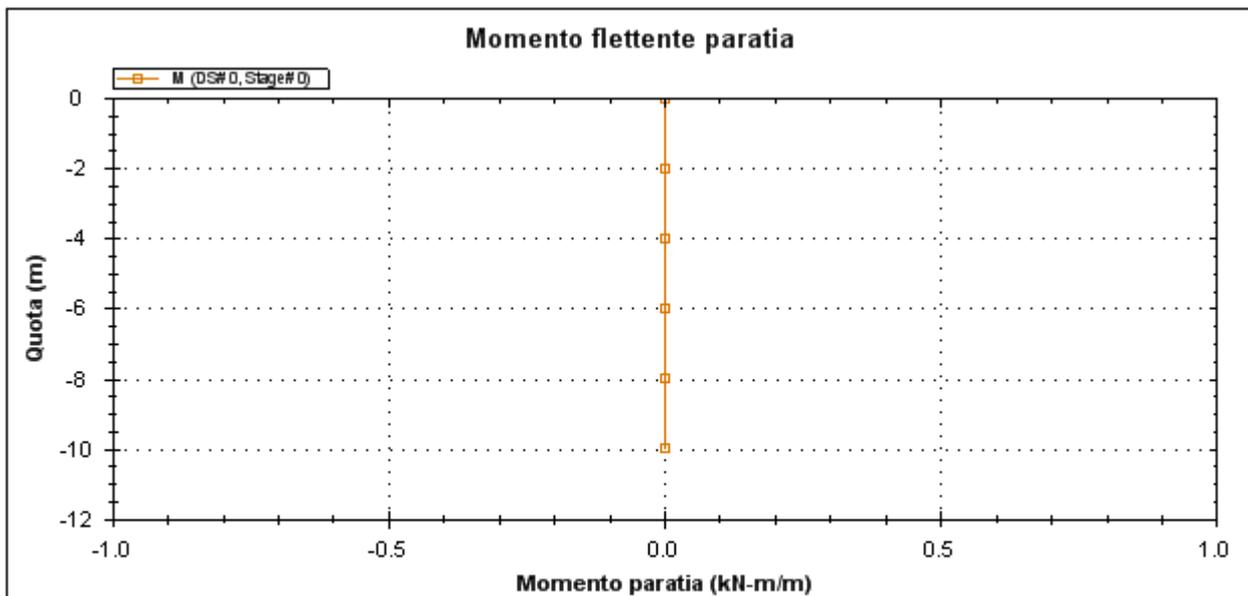
**DS: 0, Stage 0**

CeAS srl and Deep Excavation LCC

Paratie Plus 2010 - DeepXcar 2010

D:\Pubblica\Gallarate rho\Paratia GA01\Paratia\_10.DEEP

1/27/2011



Company: My Company

Engineer: Engineer

**DS: 0, Stage 0**

CeAS srl and Deep Excavation LCC

Paratie Plus 2010 - DeepXcar 2010

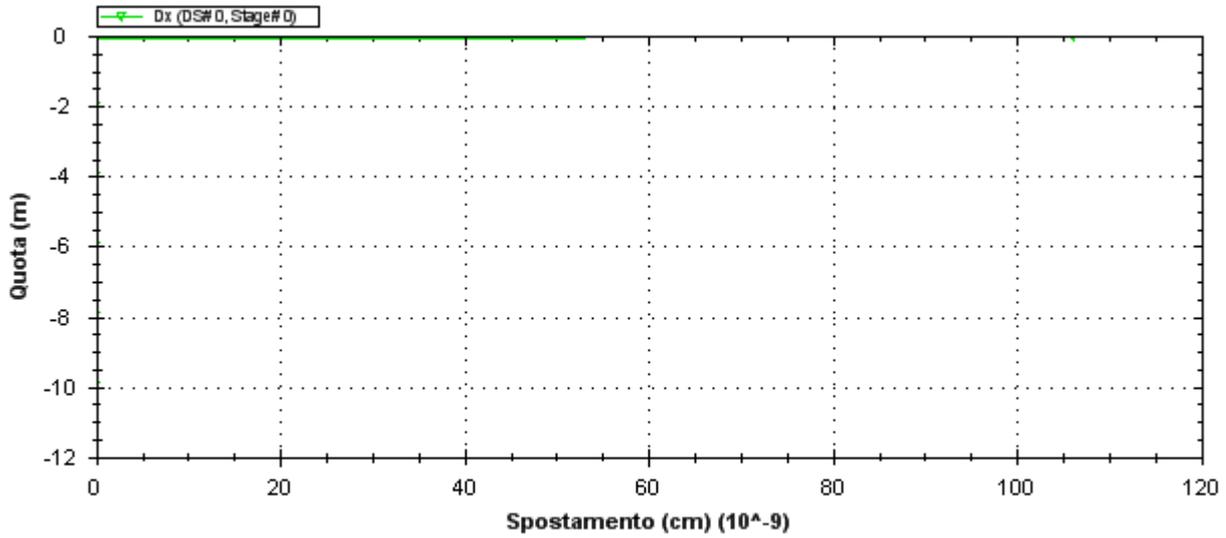
D:\Pubblica\Gallarate rho\Paratia GA01\Paratia\_10.DEEP

1/27/2011

GA01 - GALLERIA ARTIFICIALE DI SCAVALCO DA  
KM 0+288 A KM 0+420 - REAZIONE DI CALCOLO  
FONDAZIONI E OPERE PROVVISORIALI

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
MDL1	12	D 26 CL	GA01 03 001	B	32 di 56

### Deformata paratia



Company: My Company

Engineer: Engineer

DS: 0, Stage 0

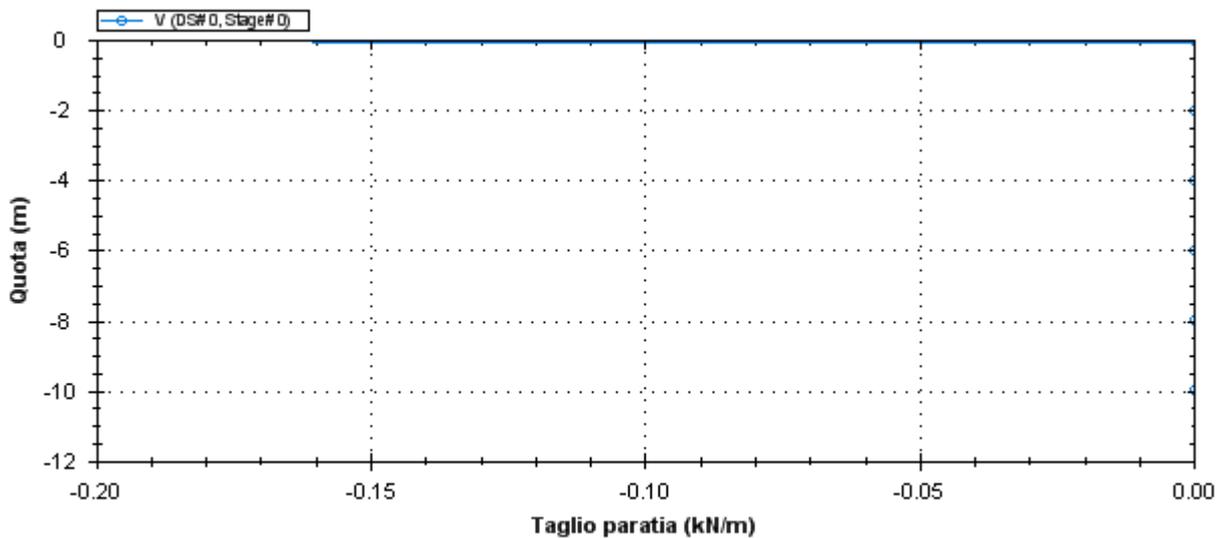
CeAS srl and Deep Excavation LCC

Paratie Plus 2010 - DeepXcar 2010

D:\Pubblica\Gallarate rho\Paratia GA01\Paratia\_10.DEEP

1/27/2011

### Taglio paratia



Company: My Company

Engineer: Engineer

DS: 0, Stage 0

CeAS srl and Deep Excavation LCC

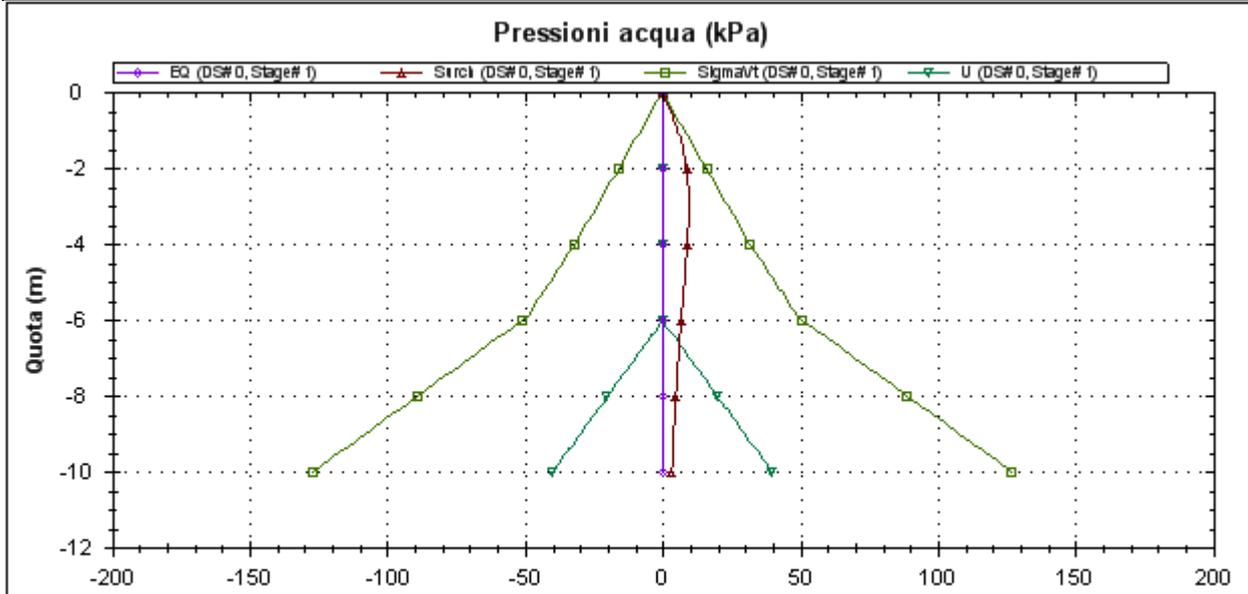
Paratie Plus 2010 - DeepXcar 2010

D:\Pubblica\Gallarate rho\Paratia GA01\Paratia\_10.DEEP

1/27/2011

GA01 - GALLERIA ARTIFICIALE DI SCAVALCO DA  
KM 0+288 A KM 0+420 - REAZIONE DI CALCOLO  
FONDAZIONI E OPERE PROVVISORIALI

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
MDL1	12	D 26 CL	GA01 03 001	B	33 di 56



Company: My Company

Engineer: Engineer

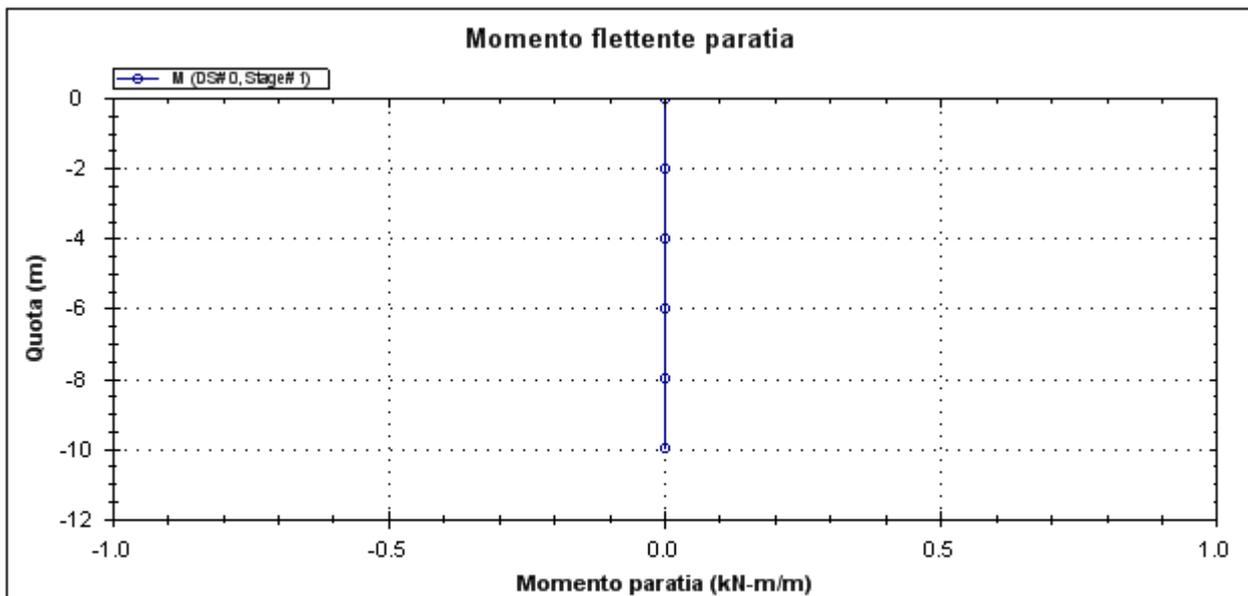
**DS: 0, Stage 1**

CeAS srl and Deep Excavation LCC

Paratie Plus 2010 - DeepXcar 2010

D:\Pubblica\Gallarate rho\Paratia GA01\Paratia\_10.DEEP

1/27/2011



Company: My Company

Engineer: Engineer

**DS: 0, Stage 1**

CeAS srl and Deep Excavation LCC

Paratie Plus 2010 - DeepXcar 2010

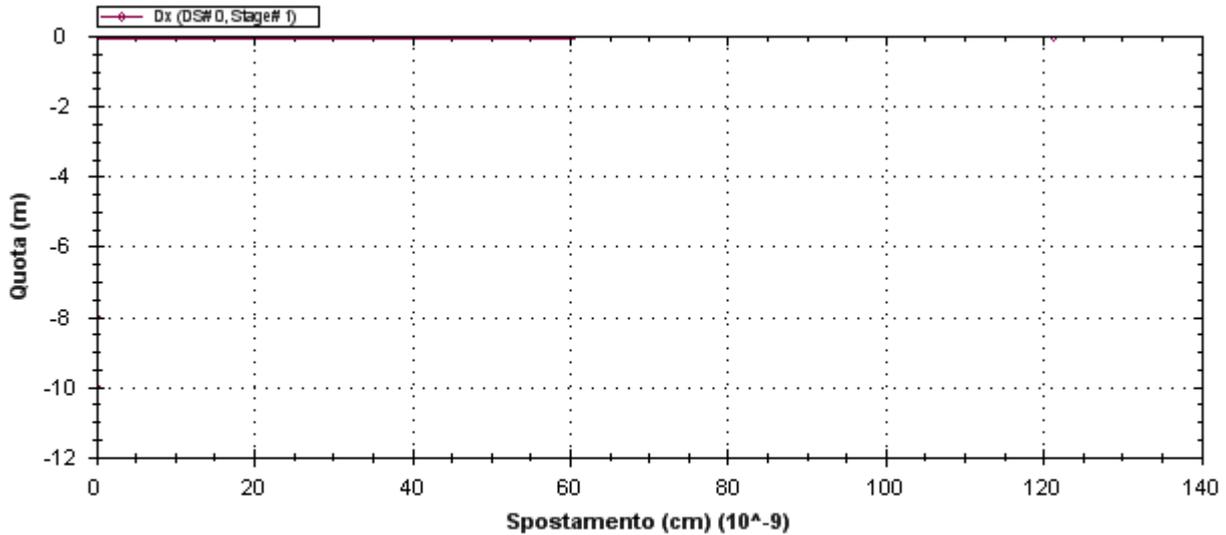
D:\Pubblica\Gallarate rho\Paratia GA01\Paratia\_10.DEEP

1/27/2011

GA01 - GALLERIA ARTIFICIALE DI SCAVALCO DA  
KM 0+288 A KM 0+420 - REAZIONE DI CALCOLO  
FONDAZIONI E OPERE PROVVISORIALI

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
MDL1	12	D 26 CL	GA01 03 001	B	34 di 56

### Deformata paratia



Company: My Company

Engineer: Engineer

DS: 0, Stage 1

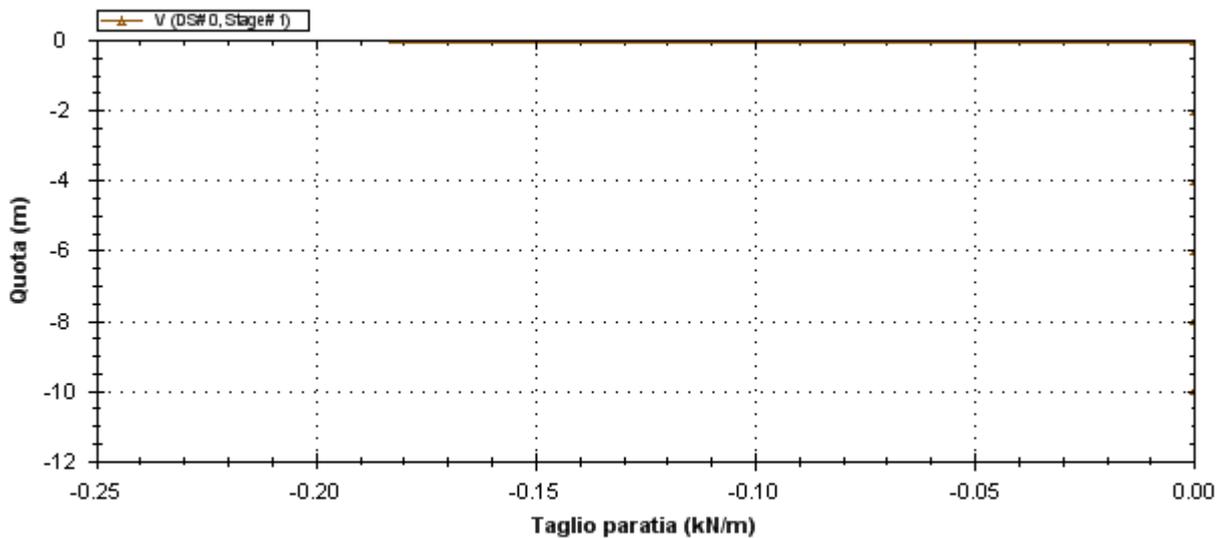
CeAS srl and Deep Excavation LCC

Paratie Plus 2010 - DeepXcar 2010

D:\Pubblica\Gallarate rho\Paratia GA01\Paratia\_10.DEEP

1/27/2011

### Taglio paratia



Company: My Company

Engineer: Engineer

DS: 0, Stage 1

CeAS srl and Deep Excavation LCC

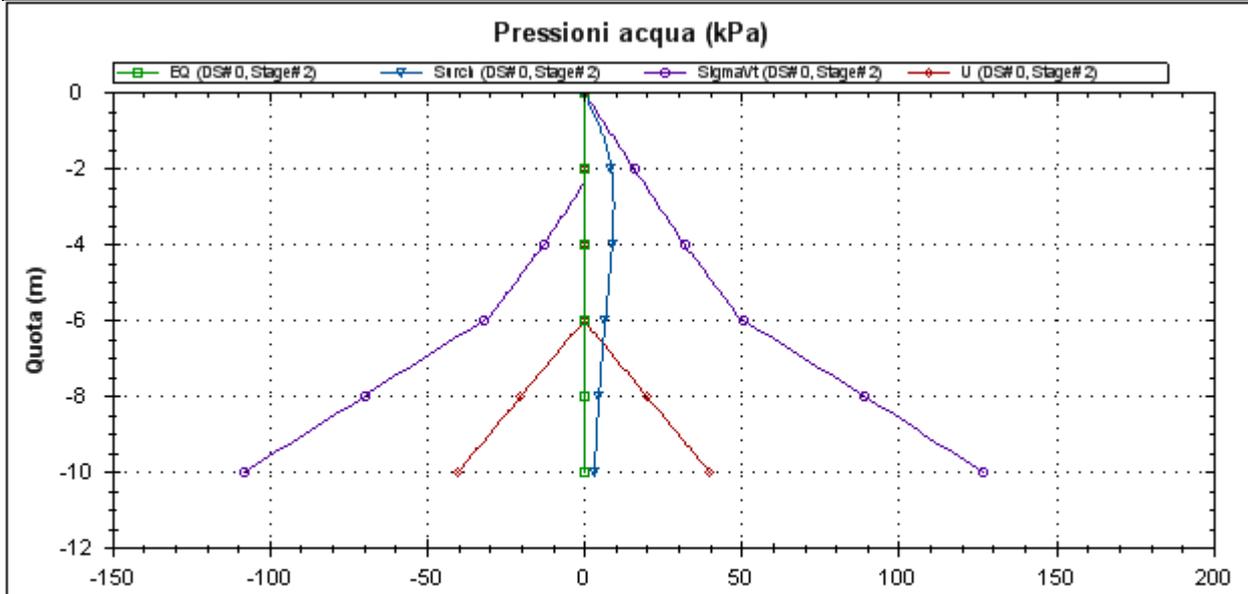
Paratie Plus 2010 - DeepXcar 2010

D:\Pubblica\Gallarate rho\Paratia GA01\Paratia\_10.DEEP

1/27/2011

GA01 - GALLERIA ARTIFICIALE DI SCAVALCO DA  
KM 0+288 A KM 0+420 - REAZIONE DI CALCOLO  
FONDAZIONI E OPERE PROVVISORIALI

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
MDL1	12	D 26 CL	GA01 03 001	B	35 di 56



Company: My Company

Engineer: Engineer

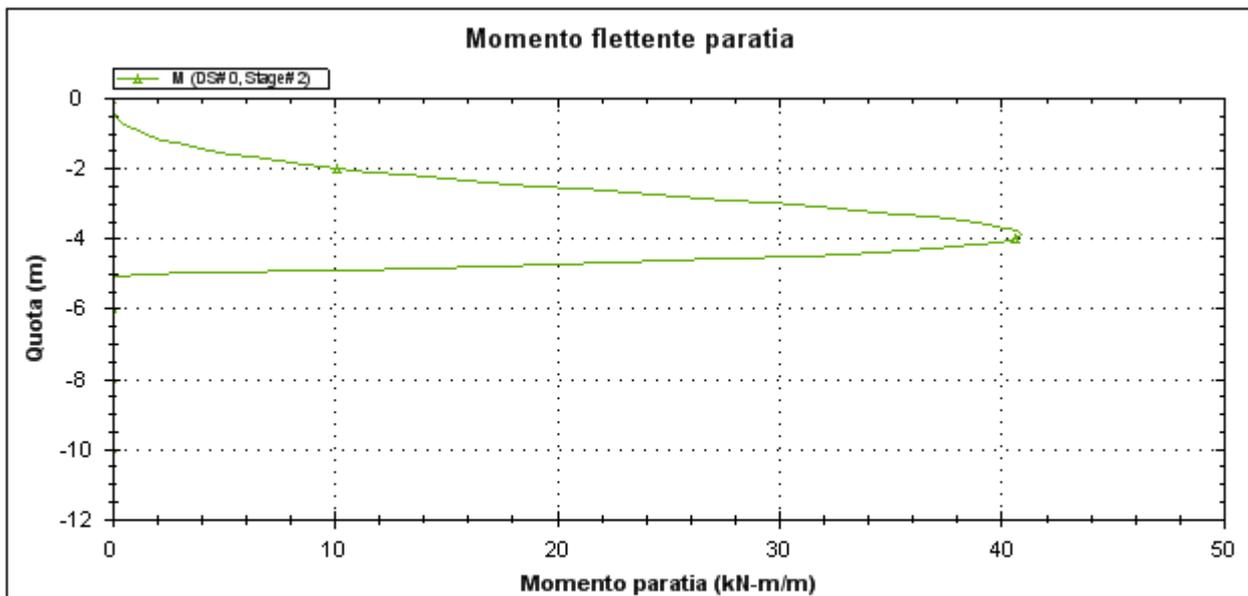
**DS: 0, Stage 2**

CeAS srl and Deep Excavation LCC

Paratie Plus 2010 - DeepXcar 2010

D:\Pubblica\Gallarate rho\Paratia GA01\Paratia\_10.DEEP

1/27/2011



Company: My Company

Engineer: Engineer

**DS: 0, Stage 2**

CeAS srl and Deep Excavation LCC

Paratie Plus 2010 - DeepXcar 2010

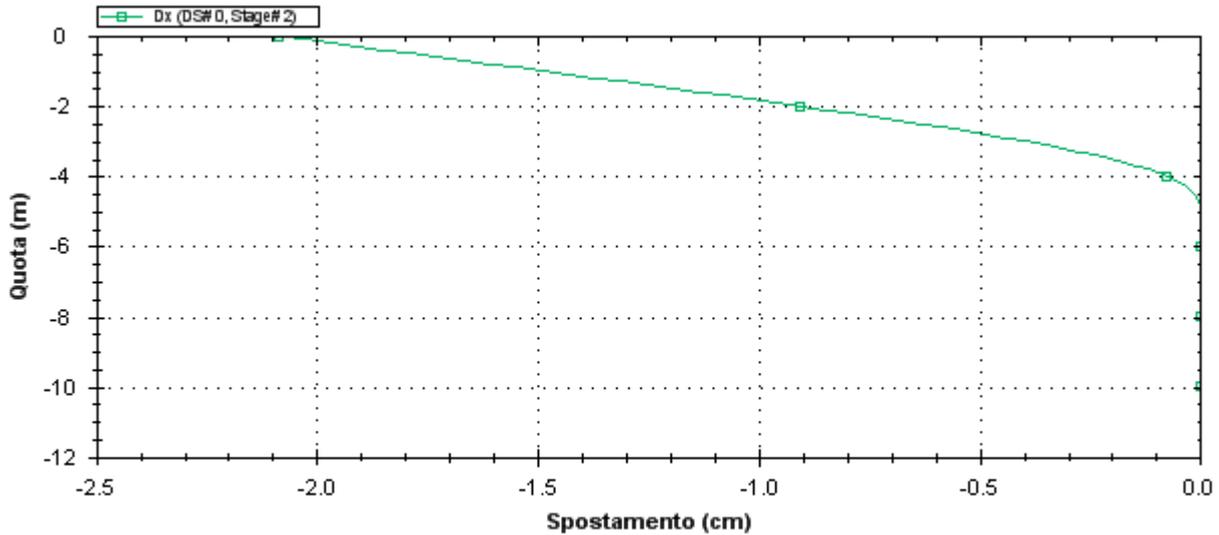
D:\Pubblica\Gallarate rho\Paratia GA01\Paratia\_10.DEEP

1/27/2011

GA01 - GALLERIA ARTIFICIALE DI SCAVALCO DA  
KM 0+288 A KM 0+420 - REAZIONE DI CALCOLO  
FONDAZIONI E OPERE PROVVISORIALI

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
MDL1	12	D 26 CL	GA01 03 001	B	36 di 56

### Deformata paratia



Company: My Company

Engineer: Engineer

DS: 0, Stage 2

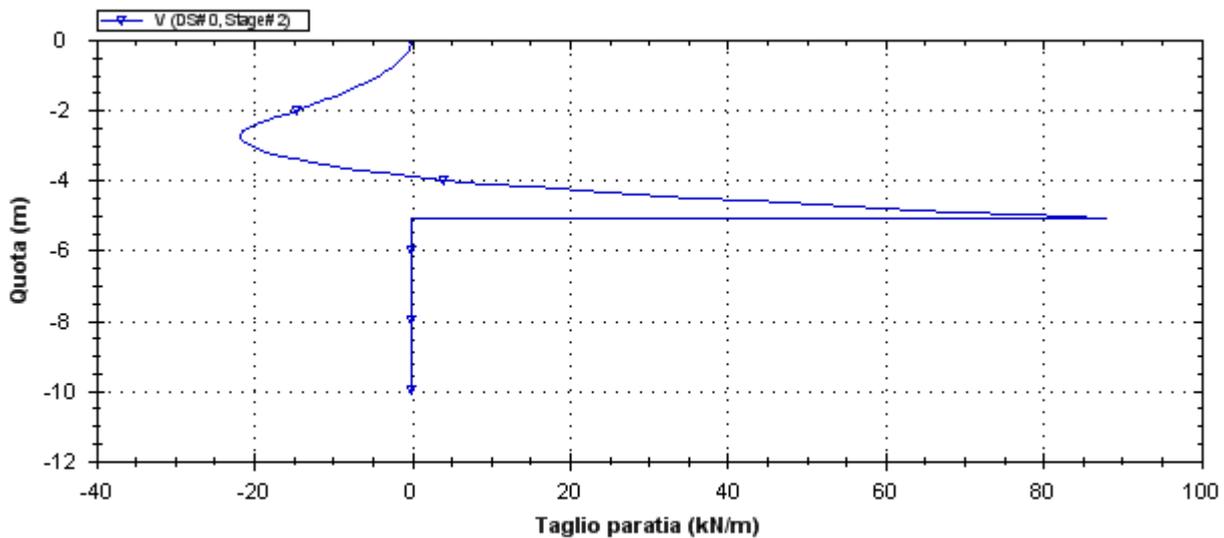
CeAS srl and Deep Excavation LCC

Paratie Plus 2010 - DeepXcar 2010

D:\Pubblica\Gallarate rho\Paratia GA01\Paratia\_10.DEEP

1/27/2011

### Taglio paratia



Company: My Company

Engineer: Engineer

DS: 0, Stage 2

CeAS srl and Deep Excavation LCC

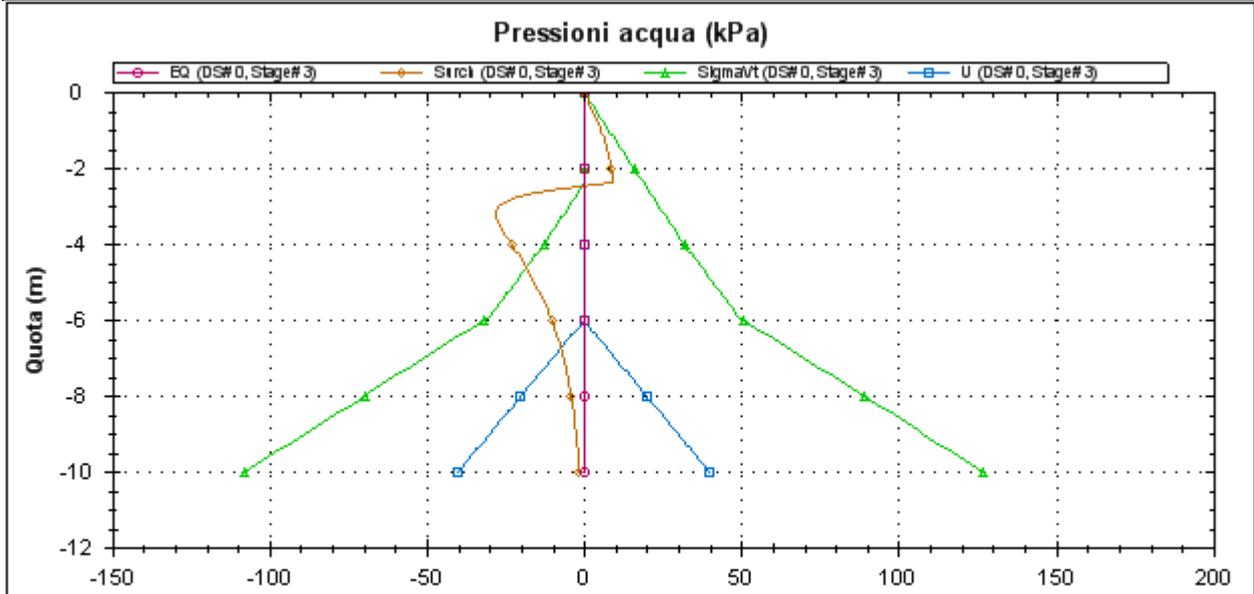
Paratie Plus 2010 - DeepXcar 2010

D:\Pubblica\Gallarate rho\Paratia GA01\Paratia\_10.DEEP

1/27/2011

GA01 - GALLERIA ARTIFICIALE DI SCAVALCO DA  
KM 0+288 A KM 0+420 - REAZIONE DI CALCOLO  
FONDAZIONI E OPERE PROVVISORIALI

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
MDL1	12	D 26 CL	GA01 03 001	B	37 di 56



Company: My Company

Engineer: Engineer

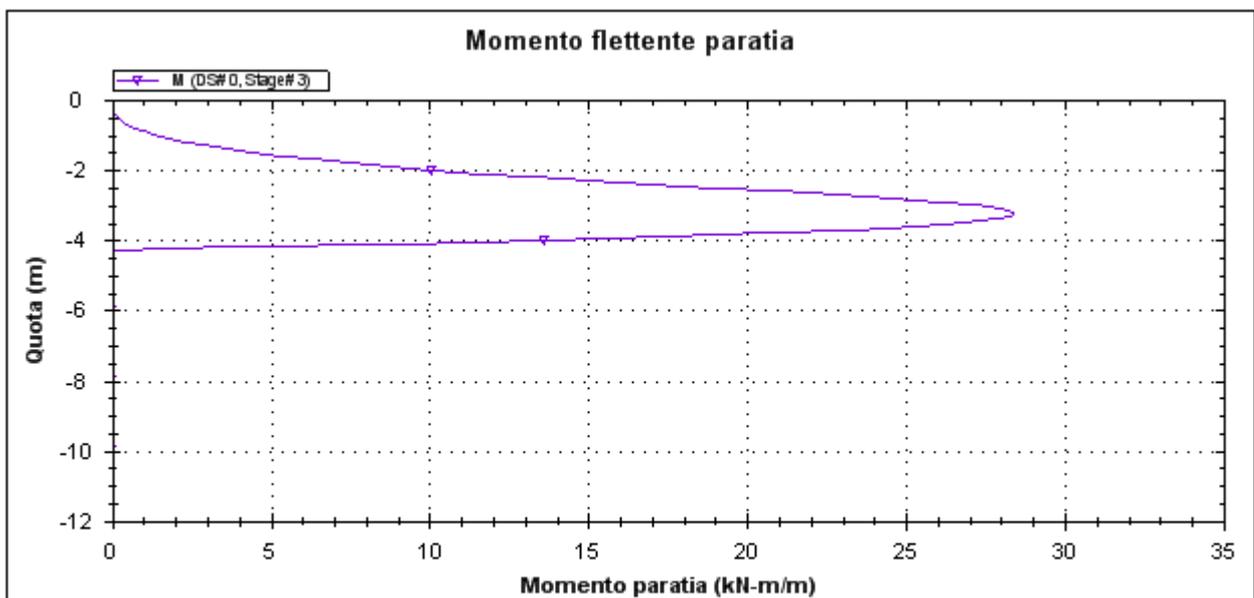
**DS: 0, Stage 3**

CeAS srl and Deep Excavation LCC

Paratie Plus 2010 - DeepXcar 2010

D:\Pubblica\Gallarate rho\Paratia GA01\Paratia\_10.DEEP

1/27/2011



Company: My Company

Engineer: Engineer

**DS: 0, Stage 3**

CeAS srl and Deep Excavation LCC

Paratie Plus 2010 - DeepXcar 2010

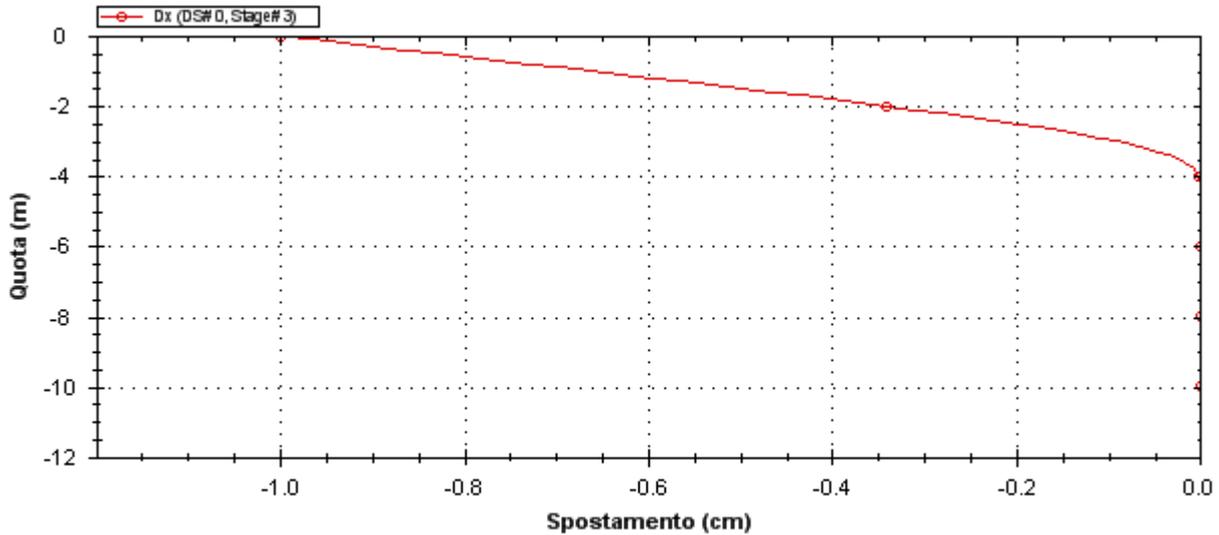
D:\Pubblica\Gallarate rho\Paratia GA01\Paratia\_10.DEEP

1/27/2011

GA01 - GALLERIA ARTIFICIALE DI SCAVALCO DA  
KM 0+288 A KM 0+420 - REAZIONE DI CALCOLO  
FONDAZIONI E OPERE PROVVISORIALI

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
MDL1	12	D 26 CL	GA01 03 001	B	38 di 56

### Deformata paratia



Company: My Company

Engineer: Engineer

**DS: 0, Stage 3**

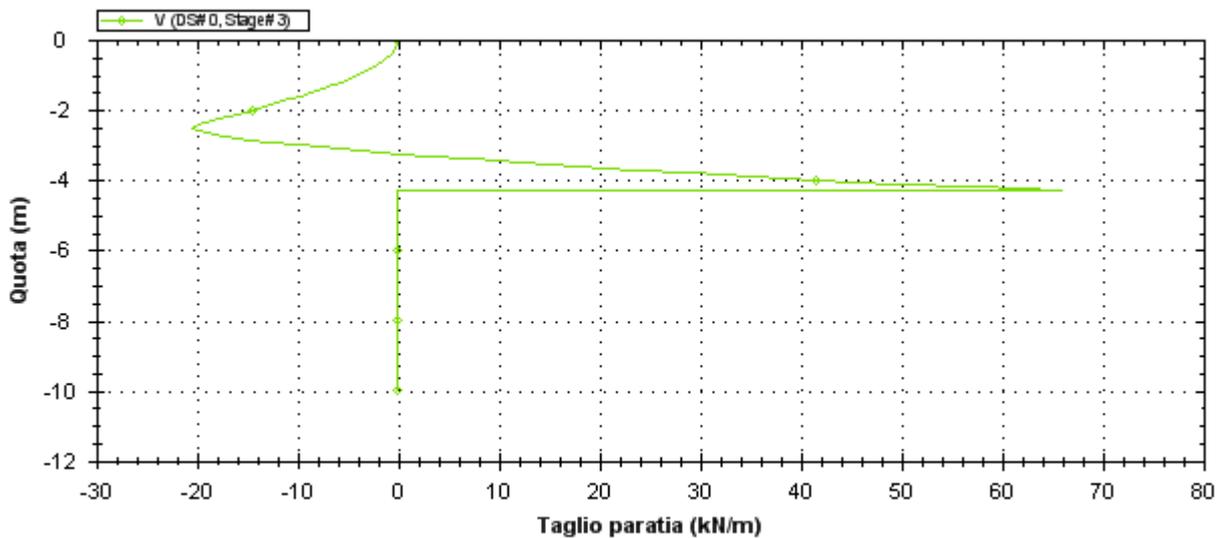
CeAS srl and Deep Excavation LCC

Paratie Plus 2010 - DeepXcar 2010

D:\Pubblica\Gallarate rho\Paratia GA01\Paratia\_10.DEEP

1/27/2011

### Taglio paratia



Company: My Company

Engineer: Engineer

**DS: 0, Stage 3**

CeAS srl and Deep Excavation LCC

Paratie Plus 2010 - DeepXcar 2010

D:\Pubblica\Gallarate rho\Paratia GA01\Paratia\_10.DEEP

1/27/2011



POTENZIAMENTO DELLA LINEA RHO-ARONA

**PROGETTO DEFINITIVO PER APPALTO INTEGRATO**

**QUADRUPLICAMENTO RHO-PARABIAGO E RACCORDO Y**

GA01 - GALLERIA ARTIFICIALE DI SCAVALCO DA  
KM 0+288 A KM 0+420 - REAZIONE DI CALCOLO  
FONDAZIONI E OPERE PROVVISORIALI

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
MDL1	12	D 26 CL	GA01 03 001	B	39 di 56

***Progetto: My Project***

***Resultati per la design section 1: Modello non lineare***

GA01 - GALLERIA ARTIFICIALE DI SCAVALCO DA  
KM 0+288 A KM 0+420 - REAZIONE DI CALCOLO  
FONDAZIONI E OPERE PROVVISORIALI

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
MDL1	12	D 26 CL	GA01 03 001	B	40 di 56

## APPROCCI DI PROGETTO E FATTORI DI COMBINAZIONE

Scenari di progetto utilizzati (da Normativa o personalizzati) e relativi fattori di combinazione

Stage	Design Code	Design Case	F(tan fr)	F (c')	F (Su)	F (EQ)	F(perm load)	F(temp load)	F(perm sup)	F(temp sup)	F Earth (Dstab)	F Earth (stab)	F GWT (Dstab)	F GWT (stab)	F HYD (Dstab)	F HYD (stab)	F UPL (Dstab)	F UPL (stab)
0	Default	Service Factors	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	Default	Service Factors	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	Default	Service Factors	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
3	Default	Service Factors	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Stage=Fase di scavo

Design Code=Codice di verifica

Ftan fr=fattore moltiplicatore tangente angolo di attrito

F C'=fattore moltiplicatore coesione efficace

F Su'=fattore moltiplicatore coesione non drenata

F EQ=fattore moltiplicatore reazione sismica

F perm load=fattore moltiplicatore carichi permanenti

F temp load=fattore moltiplicatore carichi accidentali/variabili

F perm supp=fattore di riduzione resistenza per verifica pull out tirante

F temp supp=fattore di riduzione resistenza per verifica pull out tirante

F earth Dstab=fattore moltiplicatore per spinta attiva nel caso sfavorevole

F earth stab=fattore moltiplicatore per spinta attiva nel caso favorevole

F GWT Dstab (ground water)=fattore moltiplicatore per spinta idrostatica sfavorevole

F GWT stab (ground water)=fattore moltiplicatore per spinta idrostatica favorevole

F HYD Dstab=fattore moltiplicatore per spinta idrodinamica sfavorevole

F HYD stab=fattore moltiplicatore per spinta idrodinamica favorevole

F UPL Dstab=fattore moltiplicatore per sifonamento sfavorevole

F UPL stab=fattore moltiplicatore per sifonamento favorevole

## DATI TERRENO

Name	g tot (kN/m3)	g dry (kN/m3)	Frict (deg)	C' (kPa)	Su (kPa)	FRp (deg)	FRcv (deg)	Eload (kPa)	Eur (kPa)	kAp Springs	kPp Springs	kAcv Springs	kPcv Springs	Vary	Spring Model	Color
F	20	19	30	0	N/A	N/A	N/A	15000	45000	0.33	3	N/A	N/A	True	Linear	
O1	16.5	14	22	2	20	22	22	2874	8622	0.46	2.2	0.46	2.2	True	Linear	
O2	19	16.5	28	2	N/A	N/A	N/A	7185	21555	0.36	2.77	N/A	N/A	True	Linear	
S1	21	19	34	0	N/A	N/A	N/A	25000	75000	0.28	3.54	N/A	N/A	True	Linear	
Clay	20	19	28	0	150	28	28	20000	60000	0.36	2.77	0.36	2.77	True	Linear	
GT	22	20	36	10	N/A	N/A	N/A	30000	90000	0.26	3.85	N/A	N/A	True	Linear	
Rock	27	25	30	100	N/A	N/A	N/A	479000	1437000	0.33	3	N/A	N/A	True	Linear	
riporto	18	8	32	0	N/A	N/A	N/A	30000	75000	0.31	3.26	N/A	N/A	True	Linear	
GS	19	9	35	0	N/A	N/A	N/A	40000	100000	0.27	3.69	N/A	N/A	True	Linear	



POTENZIAMENTO DELLA LINEA RHO-ARONA

PROGETTO DEFINITIVO PER APPALTO INTEGRATO

QUADRUPPLICAMENTO RHO-PARABIAGO E RACCORDO Y

GA01 - GALLERIA ARTIFICIALE DI SCAVALCO DA KM 0+288 A KM 0+420 - REAZIONE DI CALCOLO FONDAZIONI E OPERE PROVVISORIALI

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
MDL1	12	D 26 CL	GA01 03 001	B	41 di 56

gtot=peso specifico /totale terreno

gdry=peso secco del terreno

Frict=angolo di attrito di calcolo

C'=coesione efficace

Su = Coesione non drenata, parametro attivo per terreni tipo CLAY in condizioni NON drenate

Dilat=Dilatanza terreno (parametro valido solo in analisi non lineare)

Evc=modulo a compressione vergine molla equivalente terreno

Eur=modulo di scarico/ricarico (fase elastica) molla equivalente terreno

Kap= coefficiente di spinta attiva di picco

Kpp= coefficiente di spinta passiva di picco

Kacv= coefficiente di spinta attiva di picco

Kpcv= coefficiente di spinta passiva di picco

Spring models= modalità di definizione dei moduli di rigidità molle terreno (LIN, EXP, SIMC)

LIN= Lineare-Elastico-Perfettamente plastico

EXP: esponenziale, SUB: Modulo di reazione del sottosuolo

SIMC= Modo semplificato per argille

## STRATIGRAFIA TERRENI

Top Elev= quota superiore strato

Soil type=nome del terreno

OCR=rappporto di sovraconsolidazione

K0=coefficiente di spinta a riposo

Name: Boring 1, pos: (-20, 0)

Top elev.	Soil type	OCR	Ko
0	riporto	1	0.47
-4	GS	1	0.43

## DATI GENERALI RELATIVI A MATERIALI E PROPRIETA MECCANICHE

### Acciaio

Name	Strength Fy	Fu	Elastic E	Density g
	(MPa)	(MPa)	(MPa)	(kN/m3)
Fe430	275	430	206000	77
Fe510	355	510	206000	77
A36	248.3	400	206000	77
A50	355	500	206000	77
New steel 4	241.4	413.8	206000	77
	0	360	0	0

### Calcestruzzo

Name	Strength Fc'	Elastic E	Density g	Tension Strength Ft
	(MPa)	(MPa)	(kN/m3)	(MPa)
C20/25	20	29962	25	10
C25/30	25	31476	25	10
Fc 3ksi	20.7	21541.8	23.573	10

### Barre in acciaio

Name	Strength Fy	Elastic E
	(MPa)	(MPa)
Grade 60	413.8	200100

GA01 - GALLERIA ARTIFICIALE DI SCAVALCO DA  
KM 0+288 A KM 0+420 - REAZIONE DI CALCOLO  
FONDAZIONI E OPERE PROVVISORIALI

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
MDL1	12	D 26 CL	GA01 03 001	B	42 di 56

Grade 75	517.2	200100
Grade 80	551.7	200100
Grade 150	1034.5	200100
Strands 270 ksi	1862.1	200100
S410	410	210000
S500	500	210000
B450C	450	210000

### Legno

Name	Ultimate Bending Strength Fbu (MPa)	Ultimate Tensile Strength Ft <sub>u</sub> (MPa)	Ultimate Shear Strength Fv <sub>u</sub> (MPa)	Density g (kN/m <sup>3</sup> )	Elastic E (MPa)
Construction	11	9.7	5.5	7.8576	6900
Regular grade	6.9	6.9	4.1	7.8576	5520

STEEL=acciaio

Name=nome materiale

strength fy=fyk=res caratteristica acciaio

Fu=fuk=resistenza ultima

Elastic E=modulo elastico

Density g=peso specifico

CONCRETE=calcestruzzo

Name=nome materiale

f'c=fck=resistenza cilindrica a compressione caratteristica cls

Elastic E=modulo elastico

Density g=peso specifico

Tension strength=ft=fctk=resistenza a trazione caratteristica

STEEL REBAR

Name=nome materiale

strength fy=fyk=resistenza caratteristica acciaio

Elastic E=modulo elastico

WOOD=legno

Name=nome materiale

Ultimate bending strength Fb=fbk=resistenza caratteristica a flessione

Ultimate tensile strength Ft<sub>u</sub>=ftuk=res caratt. parallela alle fibre

Ultimate shear strength Fv<sub>u</sub>=fvuk=res. caratt. a taglio

Density g=peso specifico

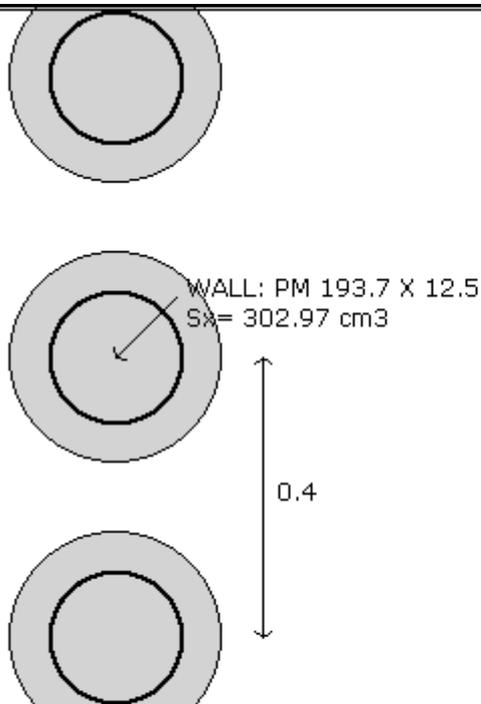
Elastic E=modulo elastico

## DATI PARATIE

Sezione paratia0: Microplati

GA01 - GALLERIA ARTIFICIALE DI SCAVALCO DA  
KM 0+288 A KM 0+420 - REAZIONE DI CALCOLO  
FONDAZIONI E OPERE PROVVISORIALI

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
MDL1	12	D 26 CL	GA01 03 001	B	43 di 56



Company: My Company	<b>Wall sketch</b>	CeAS srl and Deep Excavation LCC
Engineer: Engineer		Paratie Plus 2010 - DeepXcar 2010
D:\Pubblica\Gallarate rho\Paratia GA01\Paratia_10.DEEP		1/27/2011

Wall uses wall section0: Wall 1

Tipo paratia: Pali tangenti

Quota sommita' paratia: 0 m Quota piede paratia: -10 m

Dimensione fuori piano paratia: 0.4 Spessore paratia = 0.3

Ampiezza zona spinta passiva al di sotto del piano di scavo: 0.3 Ampiezza zona spinta attiva al di sotto del piano di  
fc' cls = 25 Fy barre = 410 Ecls = 31476 FcT calcestruzzo a trazione = 10% di Fc'

fy profilati in acciaio = 355 Eacciaio = 206000

Attrito paratia: Valore costante = 20 gradi

Le capacita' paratie in acciaio sono calcolate con EC3 2005

Le capacita' paratie in calcestruzzo sono calcolate con ACI 318-2002.

Nota: con la capacita' ultima si dovrebbe adottare un fattore di sicurezza strutturale.

Proprieta' paratie di pali tangenti

Tabella: proprieta' pali collegati

Name	Section	W	A	D	tw or	bf	tf	k	Ixx	Sxx	rX	Iyy	Syy	rY	rT	Cw	fy
		(kN/m)	(cm2)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm4)	(cm3)	(cm)	(cm4)	(cm3)	(cm)	(cm)	(cm6)	(MPa)
PM 193.7 X 12.5	PM 193.7	242.1	71.16	19.4	1.25	19.37	1.25	1.25	2934	303	6.42	2934	303	6.42	6.42	1	355



POTENZIAMENTO DELLA LINEA RHO-ARONA

PROGETTO DEFINITIVO PER APPALTO INTEGRATO

QUADRUPPLICAMENTO RHO-PARABIAGO E RACCORDO Y

GA01 - GALLERIA ARTIFICIALE DI SCAVALCO DA  
KM 0+288 A KM 0+420 - REAZIONE DI CALCOLO  
FONDAZIONI E OPERE PROVVISORIALI

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
MDL1	12	D 26 CL	GA01 03 001	B	44 di 56

#### DATI GENERALI PARATIA

Hor wall spacing=interasse tra pannelli

passive width below exc=larghezza di riferimento per calcolo zona passiva per analisi classica

concrete  $f'c=fck$ =res cilindrica caratteristica cls

Rebar  $f_y=fyk$ =res caratteristica acciaio armature

E<sub>conc</sub>=modulo elastico cls

Concrete tension  $f_{ct}=f_{ctk}$ =resistenza caratteristica a trazione cls

Steel members  $f_y=fyk$ =res caratteristica acciaio

E<sub>steel</sub>=modulo elastico acciaio

DATI TABELLATI (si omette la spiegazione dei parametri già descritti in precedenza)

1) Diaphragm wall=sezione rettangolare in CA

N/A= il valore non è disponibile in quanto non correlato al tipo di sezione in uso

$F_y=fyk$

$F'c=fck$

D=altezza paratia

B=base paratia

tf=spessore

2) Steel sheet pile=palancolata

DES=tipo di palancolata

Shape=forma

W=peso per unità di lunghezza

A=area

h=altezza

t=spessore lamiera orizzontale

b=base singolo elemento a Z o U

s=spessore lati obliqui

$I_{xx}$ =inerzia asse principale palancolata (per unità di lunghezza)

$S_{xx}$ =modulo di resistenza asse principale palancolata (per unità di lunghezza)

3) Secant pile wall (pali allineati e sovrapposti), Tangent pile wall=pali allineati (Berlinesi, micropali), soldier pile (pali in acciaio con collegamento in cls), soldier pile and timber lagging (pali in acciaio con collegamento con elementi in legno)

W=peso per unità di lunghezza

A=area

D=diametro

tw o tp=spessore dell'anima (sezione a I) o del tubo (sezione circolare)

bf=larghezza della sezione

tf=spessore dell'ala

k=altezza flangia + altezza raccordo

$I_{xx}$ =inerzia rispetto asse orizzontale (per unità di lunghezza)

$S_{xx}$ =modulo di resistenza rispetto asse orizzontale (per unità di lunghezza)

$r_x$ =raggio giratore d'inerzia lungo x

$I_{yy}$ =inerzia rispetto asse verticale (per unità di lunghezza)

$S_{yy}$ =modulo di resistenza rispetto asse verticale (per unità di lunghezza)

$r_y$ =raggio giratore d'inerzia lungo y

Cw=costante di ingobbamento

$f_y=fyk$

## PARAMETRI DI CALCOLO PER SINGOLA FASE

GA01 - GALLERIA ARTIFICIALE DI SCAVALCO DA  
KM 0+288 A KM 0+420 - REAZIONE DI CALCOLO  
FONDAZIONI E OPERE PROVVISORIALI

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
MDL1	12	D 26 CL	GA01 03 001	B	45 di 56

Summary of stage assumptions

Name	Analysis	Drive	ka-Mult	Htr T/B	Resist	Res	Contle	Support	Axial	Used	Min	Toe	Toe
	Method	Press		(%)	Press	Mult	Metho	Model	Incl	FSwall	FDtoe	FSrot	FSpas
Stage 0	Springs-Up	Ka+ d	N/A	N/A	Kp+ d	N/A		Fixed	N/A	1.7	0	0	0
Stage 1	Springs-Up	Ka+ d	N/A	N/A	Kp+ d	N/A		Fixed	N/A	1.7	0	0	0
Stage 2	Springs-Up	Ka+ d	N/A	N/A	Kp+ d	N/A		Fixed	N/A	1.7	0	0	0
Stage 3	Springs-Up	Ka+ d	N/A	N/A	Kp+ d	N/A		Fixed	N/A	1.7	0	0	0

Name=nome fase

-----

Analysis method=metodo di calcolo

CONventional=analisi all'equilibriolimito

springs UP=analisi non lineare (schema a molle elasto plastiche)

DR=analisi per terreni tipo argilla in condizione drenata

U=analisi per terreni tipo argilla in condizione NON drenata

Up=analisi non drenata solo per i terreni selezionati

----

Drive press=Ka=spinta terreno attiva

ka mult=eventuale moltiplicatore Ka

Htr T/B (%)=schema pressione attiva di tipo trapezoidale

Resit press=Kp=spinta terreno passiva

Res Mult=eventuale moltiplicatore Kp

CONtle Method=

Support Model=tipologia vincoli fissi (fixed=fissi)

Axial Incl=se azione assiale inclusa

Used FS wall=coeff di riduzione dominio MN

Min FD TOe=sicurezza minima per infissione (analisi classica)

Toe FS rot=sicurezza a rotazione (analisi classica)

Toe FSpas=sicurezza sulle pressioni agenti/resistenti (analisi classica)

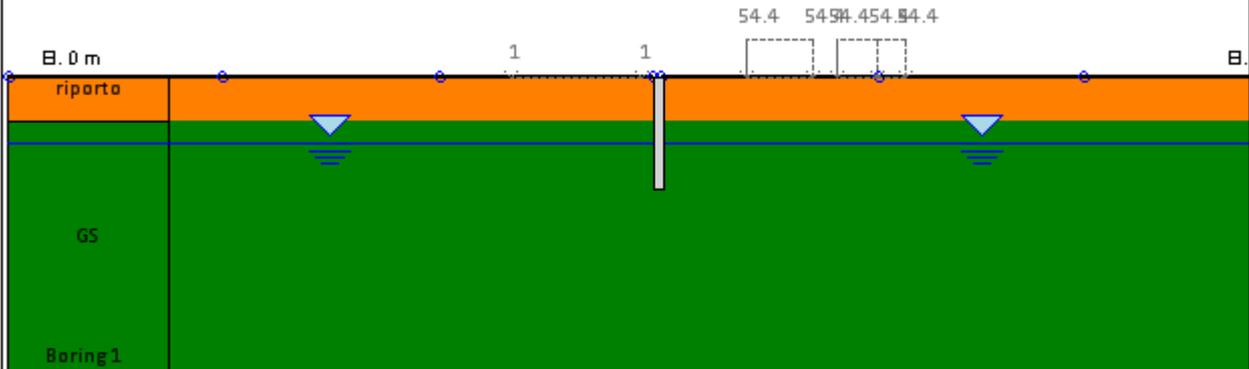
## **GRAFICI FASI DI SCAVO**

Di seguito si riportano gli schemi grafici delle fasi di scavo principali.

GA01 - GALLERIA ARTIFICIALE DI SCAVALCO DA  
KM 0+288 A KM 0+420 - REAZIONE DI CALCOLO  
FONDAZIONI E OPERE PROVVISORIALI

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
MDL1	12	D 26 CL	GA01 03 001	B	46 di 56

Modello non lineare



Company: My Company

Engineer: Engineer

**DS: 1, Stage 0**

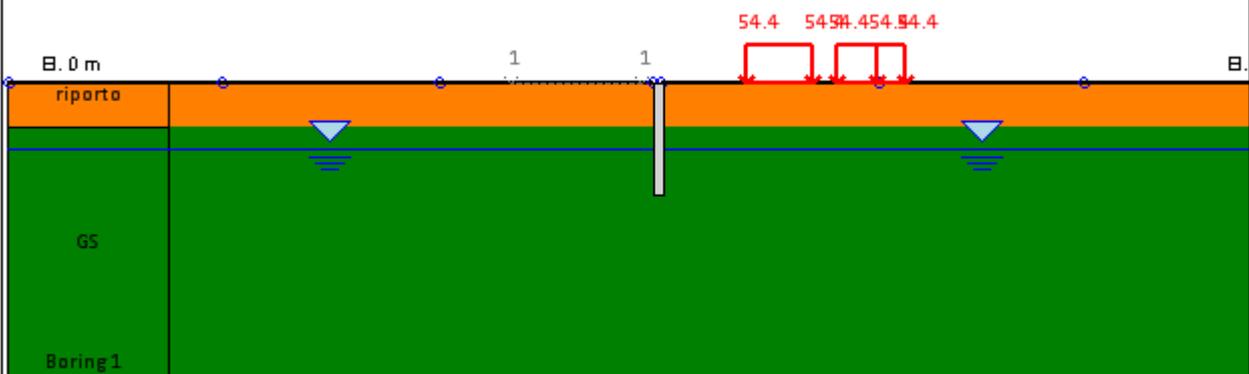
CeAS srl and Deep Excavation LCC

Paratie Plus 2010 - DeepXcar 2010

D:\Pubblica\Gallarate rho\Paratia GA01\Paratia\_10.DEEP

1/27/2011

Modello non lineare



Company: My Company

Engineer: Engineer

**DS: 1, Stage 1**

CeAS srl and Deep Excavation LCC

Paratie Plus 2010 - DeepXcar 2010

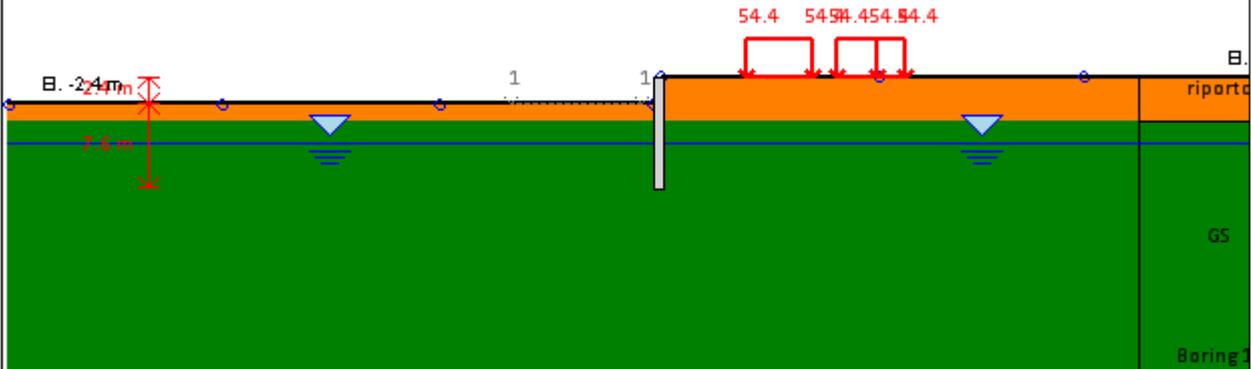
D:\Pubblica\Gallarate rho\Paratia GA01\Paratia\_10.DEEP

1/27/2011

GA01 - GALLERIA ARTIFICIALE DI SCAVALCO DA  
KM 0+288 A KM 0+420 - REAZIONE DI CALCOLO  
FONDAZIONI E OPERE PROVVISORIALI

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
MDL1	12	D 26 CL	GA01 03 001	B	47 di 56

Modello non lineare



Company: My Company

Engineer: Engineer

DS: 1, Stage 2

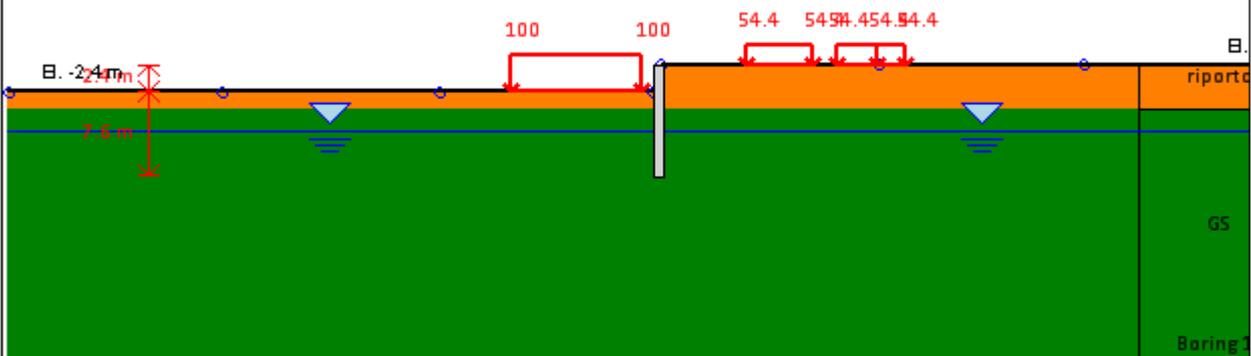
CeAS srl and Deep Excavation LCC

Paratie Plus 2010 - DeepXcar 2010

D:\Pubblica\Gallarate rho\Paratia GA01\Paratia\_10.DEEP

1/27/2011

Modello non lineare



Company: My Company

Engineer: Engineer

DS: 1, Stage 3

CeAS srl and Deep Excavation LCC

Paratie Plus 2010 - DeepXcar 2010

D:\Pubblica\Gallarate rho\Paratia GA01\Paratia\_10.DEEP

1/27/2011

## Stabilita' del piede

Embedment FS vs Stage

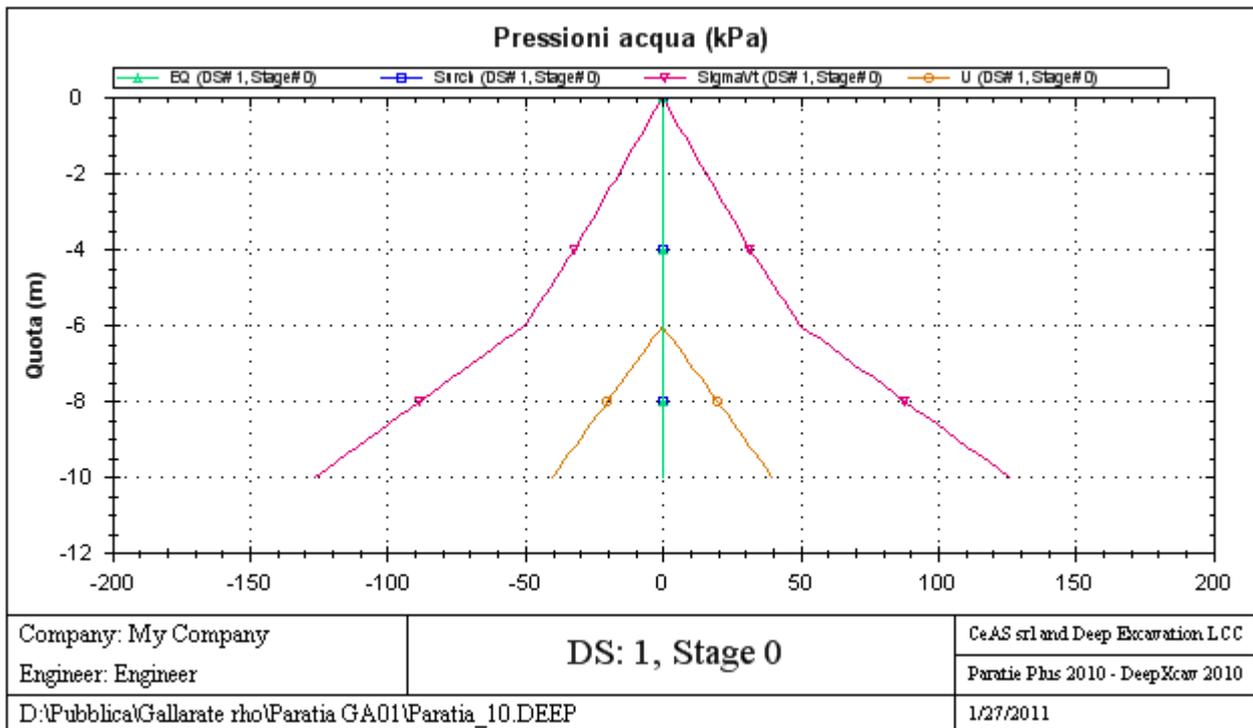
GA01 - GALLERIA ARTIFICIALE DI SCAVALCO DA  
KM 0+288 A KM 0+420 - REAZIONE DI CALCOLO  
FONDAZIONI E OPERE PROVVISORIALI

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
MDL1	12	D 26 CL	GA01 03 001	B	48 di 56

	Min Toe FS	FS1 Passive	FS2 Rotation	FS3 Length (from FS1, FS2)	FS4 Mobilized Passive	FS5 Actual Drive Thrust / Theory
Stage #0	N/A	N/A	N/A	N/A	15.065	1.844
Stage #1	N/A	N/A	N/A	N/A	17.82	1.919
Stage #2	N/A	N/A	N/A	N/A	10.097	1.345
Stage #3	N/A	N/A	N/A	N/A	10.097	1.345

## GRAFICI FASI DI SCAVO

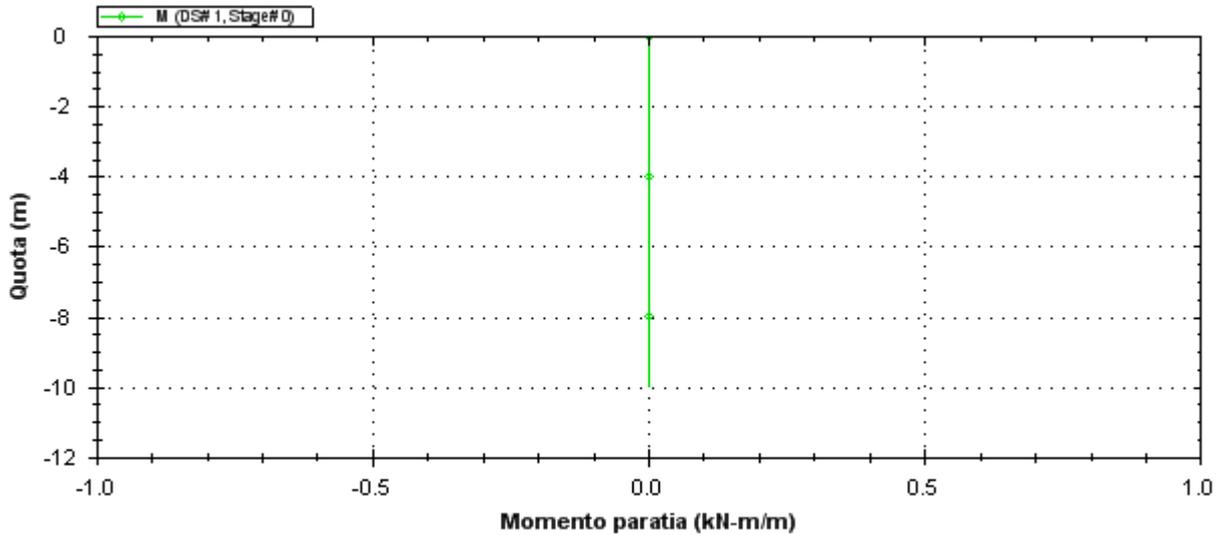
Di seguito si riportano gli schemi grafici delle fasi di scavo principali.



GA01 - GALLERIA ARTIFICIALE DI SCAVALCO DA  
KM 0+288 A KM 0+420 - REAZIONE DI CALCOLO  
FONDAZIONI E OPERE PROVVISORIALI

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
MDL1	12	D 26 CL	GA01 03 001	B	49 di 56

**Momento flettente paratia**



Company: My Company

Engineer: Engineer

**DS: 1, Stage 0**

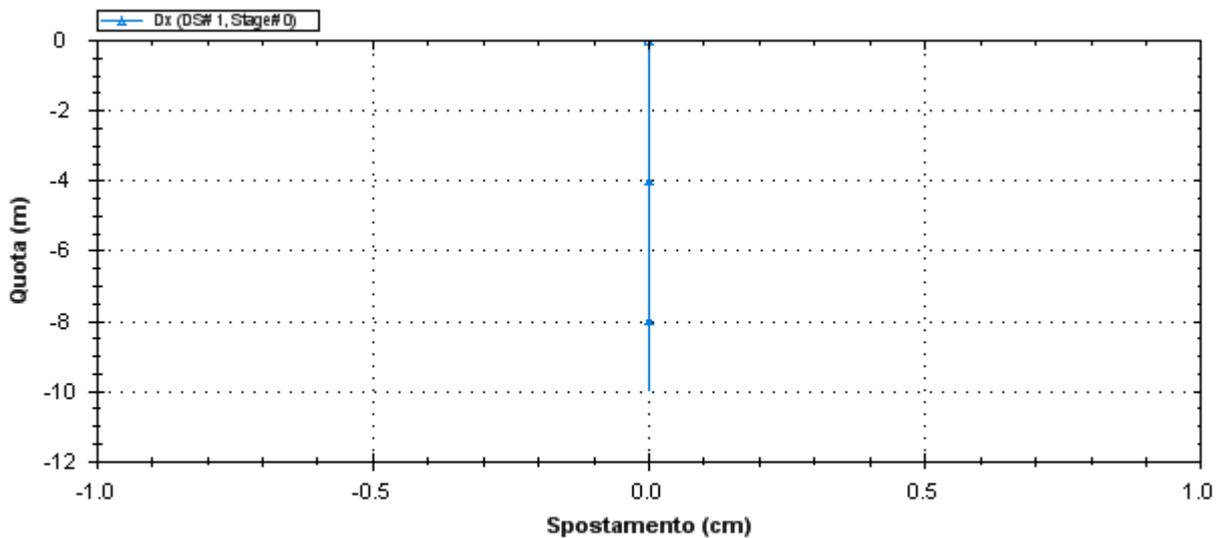
CeAS srl and Deep Excavation LCC

Paratie Plus 2010 - DeepXcar 2010

D:\Pubblica\Gallarate rho\Paratia GA01\Paratia\_10.DEEP

1/27/2011

**Deformata paratia**



Company: My Company

Engineer: Engineer

**DS: 1, Stage 0**

CeAS srl and Deep Excavation LCC

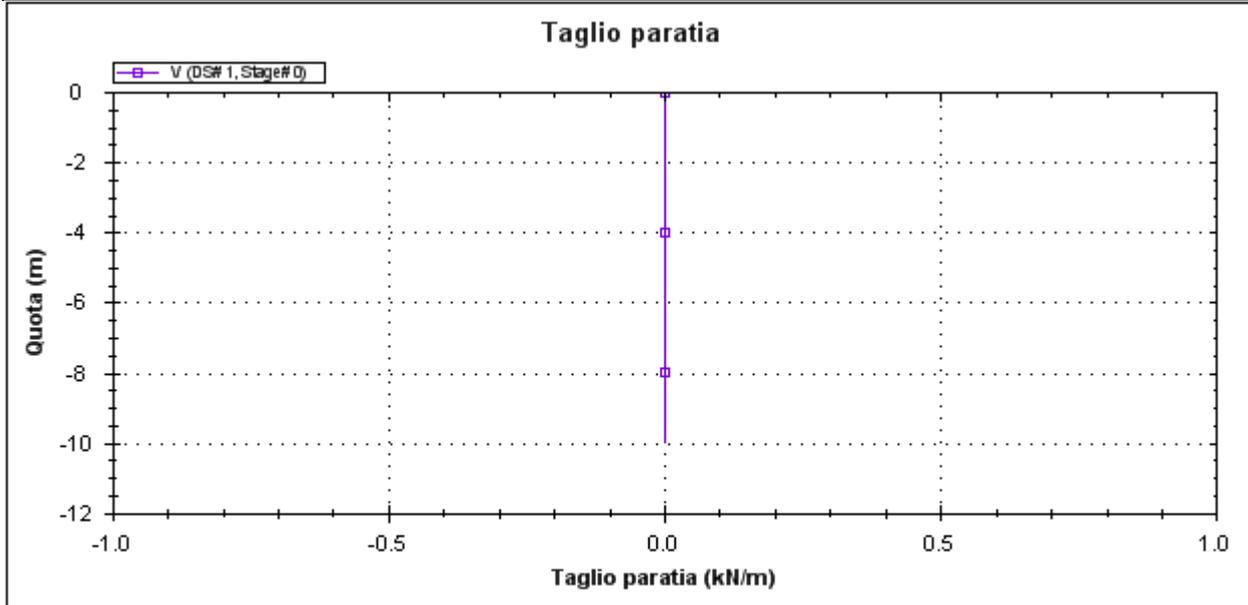
Paratie Plus 2010 - DeepXcar 2010

D:\Pubblica\Gallarate rho\Paratia GA01\Paratia\_10.DEEP

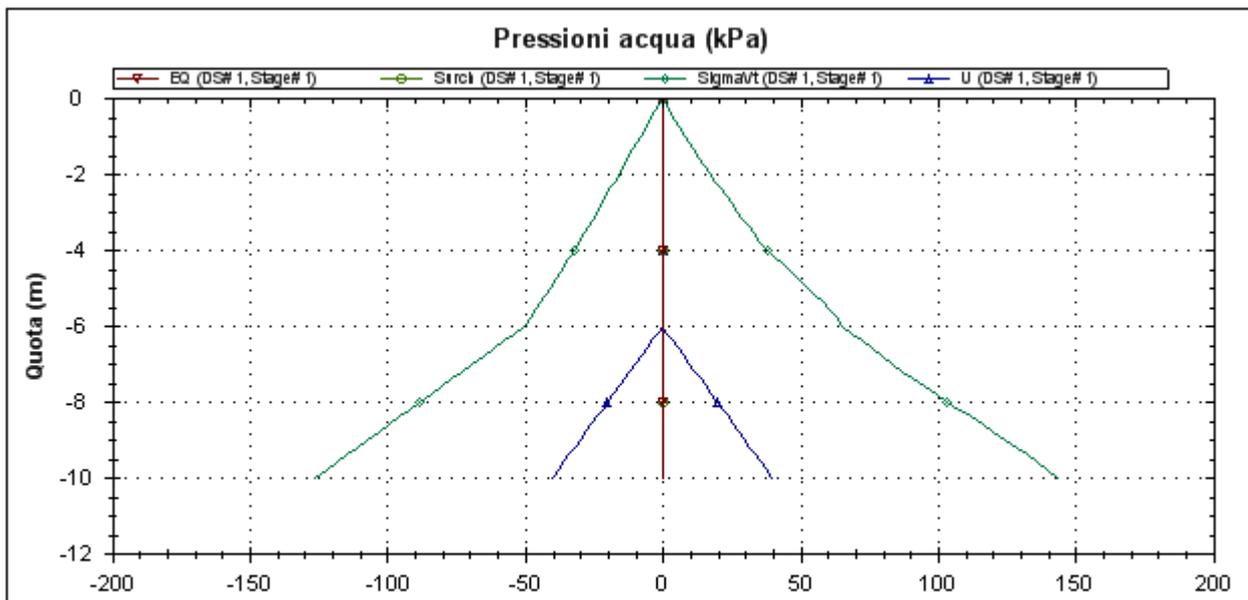
1/27/2011

GA01 - GALLERIA ARTIFICIALE DI SCAVALCO DA  
KM 0+288 A KM 0+420 - REAZIONE DI CALCOLO  
FONDAZIONI E OPERE PROVVISORIALI

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
MDL1	12	D 26 CL	GA01 03 001	B	50 di 56



Company: My Company	<b>DS: 1, Stage 0</b>	CeAS srl and Deep Excavation LCC
Engineer: Engineer		Paratie Plus 2010 - DeepXcar 2010
D:\Pubblica\Gallarate rho\Paratia GA01\Paratia_10.DEEP		1/27/2011

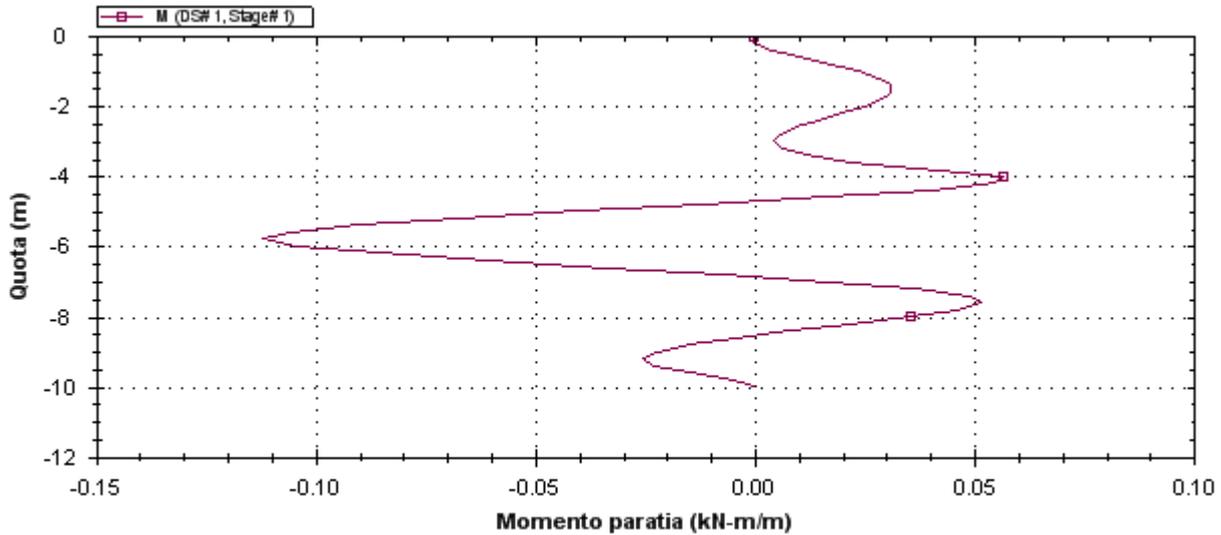


Company: My Company	<b>DS: 1, Stage 1</b>	CeAS srl and Deep Excavation LCC
Engineer: Engineer		Paratie Plus 2010 - DeepXcar 2010
D:\Pubblica\Gallarate rho\Paratia GA01\Paratia_10.DEEP		1/27/2011

GA01 - GALLERIA ARTIFICIALE DI SCAVALCO DA  
KM 0+288 A KM 0+420 - REAZIONE DI CALCOLO  
FONDAZIONI E OPERE PROVVISORIALI

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
MDL1	12	D 26 CL	GA01 03 001	B	51 di 56

**Momento flettente paratia**



Company: My Company

Engineer: Engineer

**DS: 1, Stage 1**

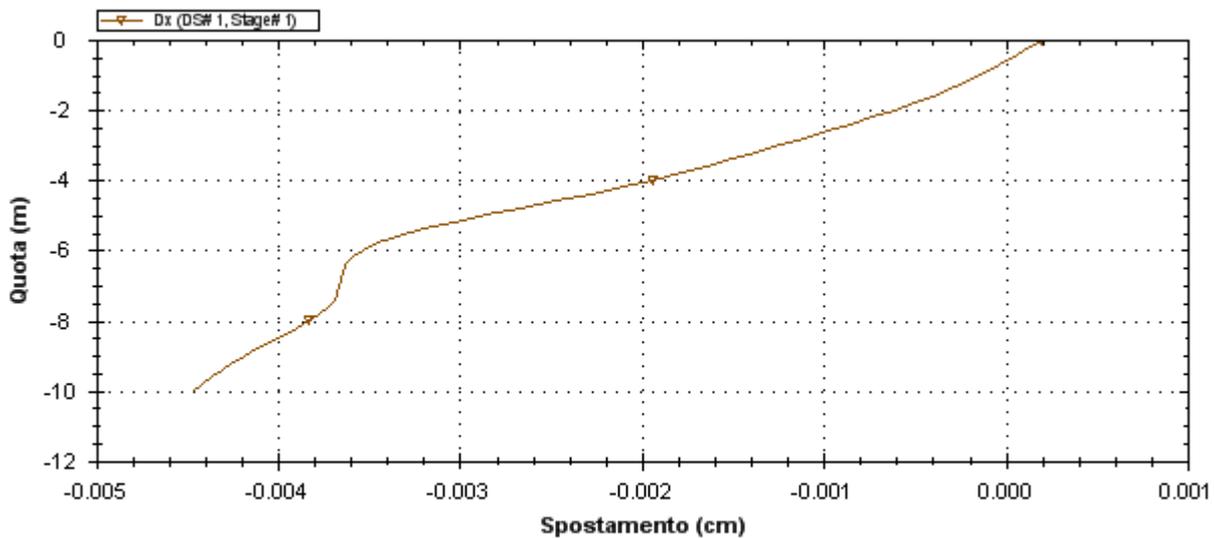
CeAS srl and Deep Excavation LCC

Paratie Plus 2010 - DeepXcar 2010

D:\Pubblica\Gallarate rho\Paratia GA01\Paratia\_10.DEEP

1/27/2011

**Deformata paratia**



Company: My Company

Engineer: Engineer

**DS: 1, Stage 1**

CeAS srl and Deep Excavation LCC

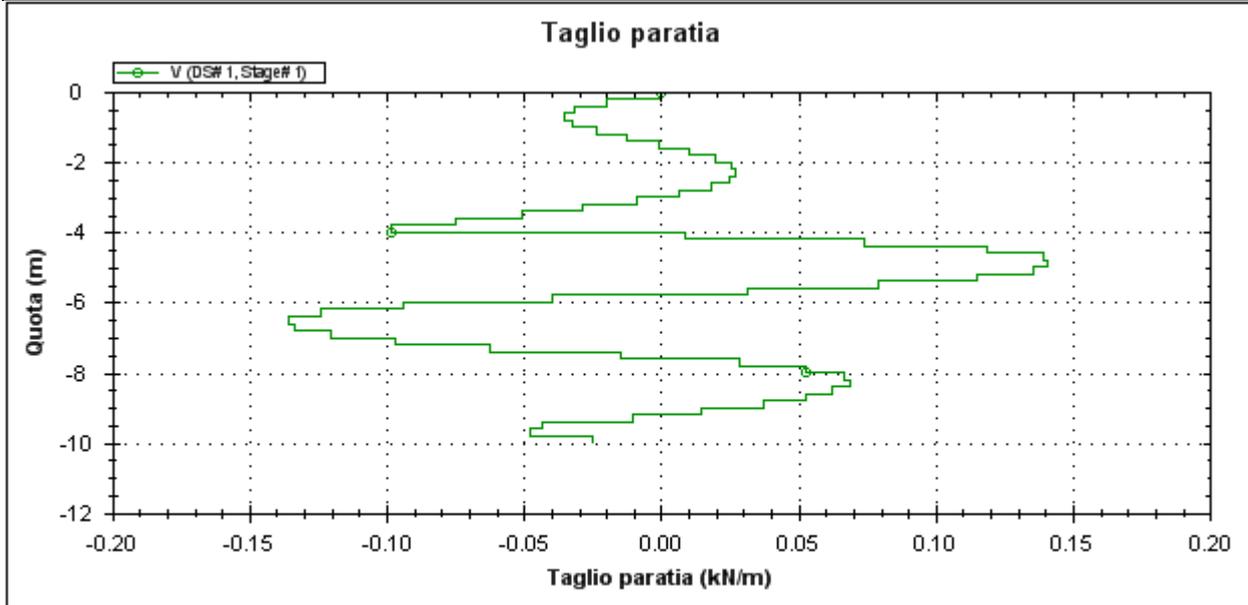
Paratie Plus 2010 - DeepXcar 2010

D:\Pubblica\Gallarate rho\Paratia GA01\Paratia\_10.DEEP

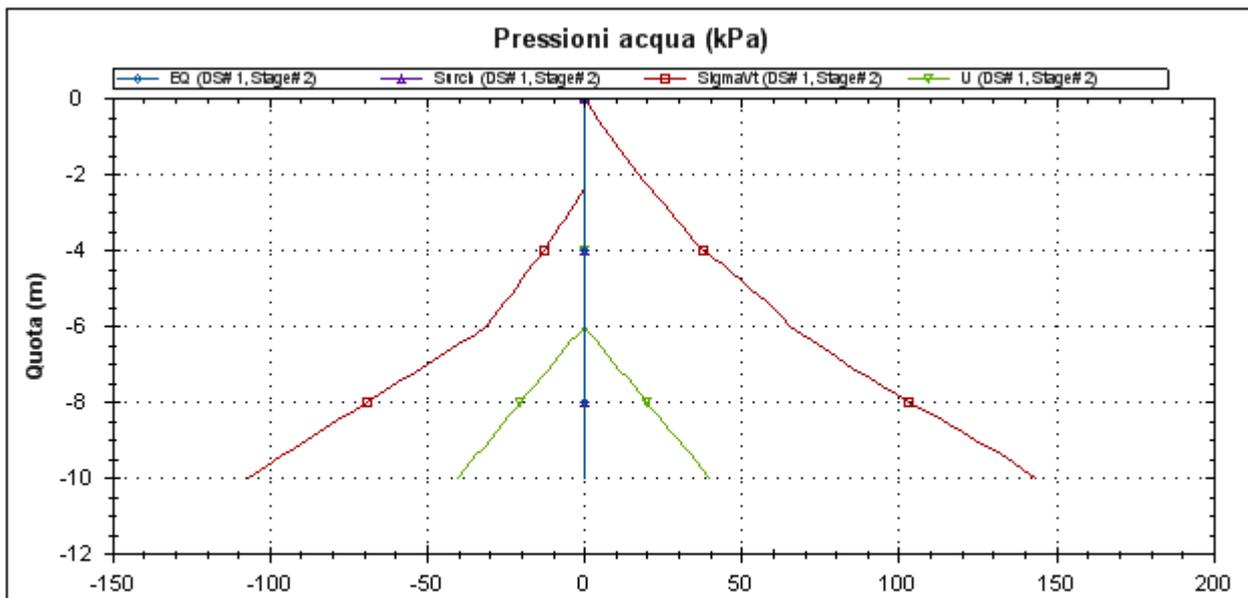
1/27/2011

GA01 - GALLERIA ARTIFICIALE DI SCAVALCO DA  
KM 0+288 A KM 0+420 - REAZIONE DI CALCOLO  
FONDAZIONI E OPERE PROVVISORIALI

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
MDL1	12	D 26 CL	GA01 03 001	B	52 di 56



Company: My Company	<b>DS: 1, Stage 1</b>	CeAS srl and Deep Excavation LCC
Engineer: Engineer		Paratie Plus 2010 - DeepXcar 2010
D:\Pubblica\Gallarate rho\Paratia GA01\Paratia_10.DEEP		1/27/2011

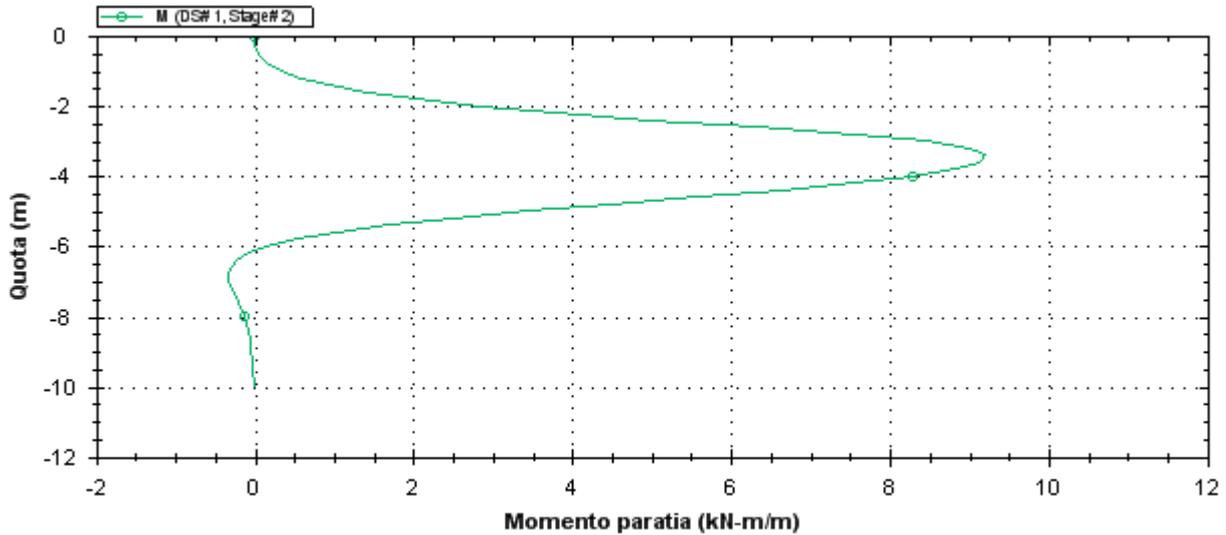


Company: My Company	<b>DS: 1, Stage 2</b>	CeAS srl and Deep Excavation LCC
Engineer: Engineer		Paratie Plus 2010 - DeepXcar 2010
D:\Pubblica\Gallarate rho\Paratia GA01\Paratia_10.DEEP		1/27/2011

GA01 - GALLERIA ARTIFICIALE DI SCAVALCO DA  
KM 0+288 A KM 0+420 - REAZIONE DI CALCOLO  
FONDAZIONI E OPERE PROVVISORIALI

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
MDL1	12	D 26 CL	GA01 03 001	B	53 di 56

**Momento flettente paratia**



Company: My Company

Engineer: Engineer

**DS: 1, Stage 2**

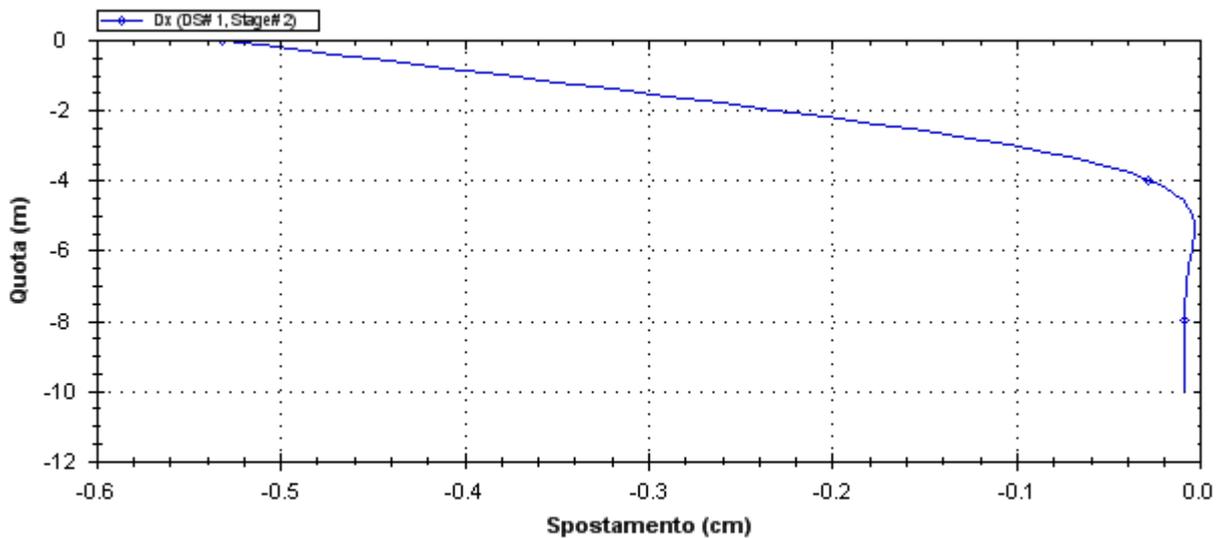
CeAS srl and Deep Excavation LCC

Paratie Plus 2010 - DeepXcar 2010

D:\Pubblica\Gallarate rho\Paratia GA01\Paratia\_10.DEEP

1/27/2011

**Deformata paratia**



Company: My Company

Engineer: Engineer

**DS: 1, Stage 2**

CeAS srl and Deep Excavation LCC

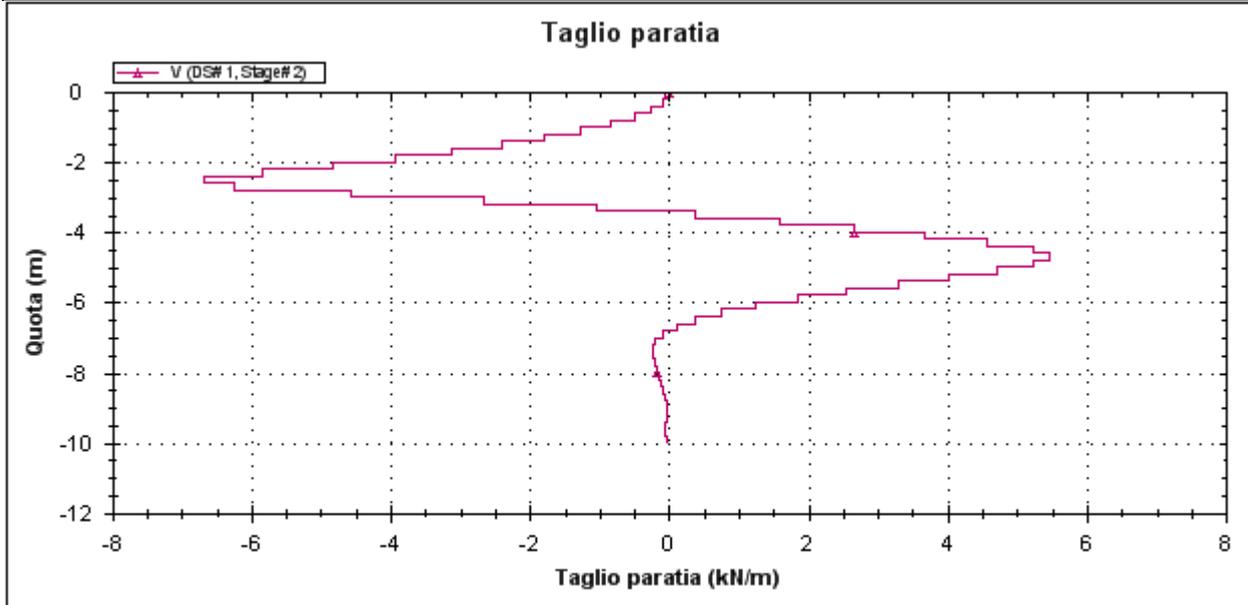
Paratie Plus 2010 - DeepXcar 2010

D:\Pubblica\Gallarate rho\Paratia GA01\Paratia\_10.DEEP

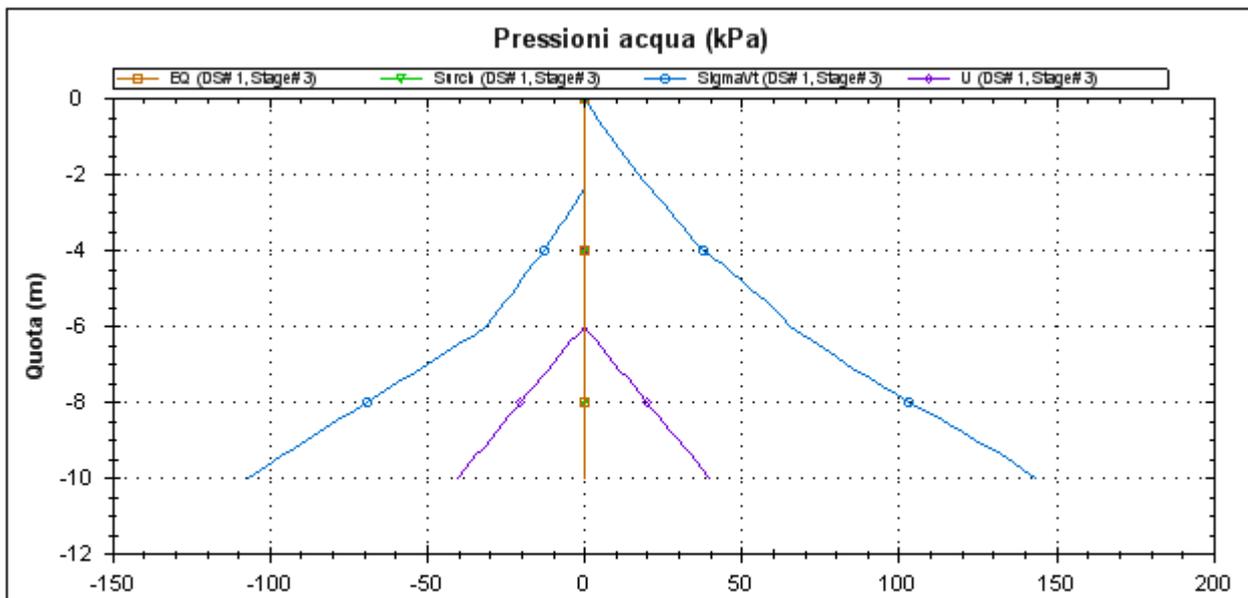
1/27/2011

GA01 - GALLERIA ARTIFICIALE DI SCAVALCO DA  
KM 0+288 A KM 0+420 - REAZIONE DI CALCOLO  
FONDAZIONI E OPERE PROVVISORIALI

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
MDL1	12	D 26 CL	GA01 03 001	B	54 di 56



Company: My Company	<b>DS: 1, Stage 2</b>	CeAS srl and Deep Excavation LCC
Engineer: Engineer		Paratie Plus 2010 - DeepXcar 2010
D:\Pubblica\Gallarate rho\Paratia GA01\Paratia_10.DEEP		1/27/2011

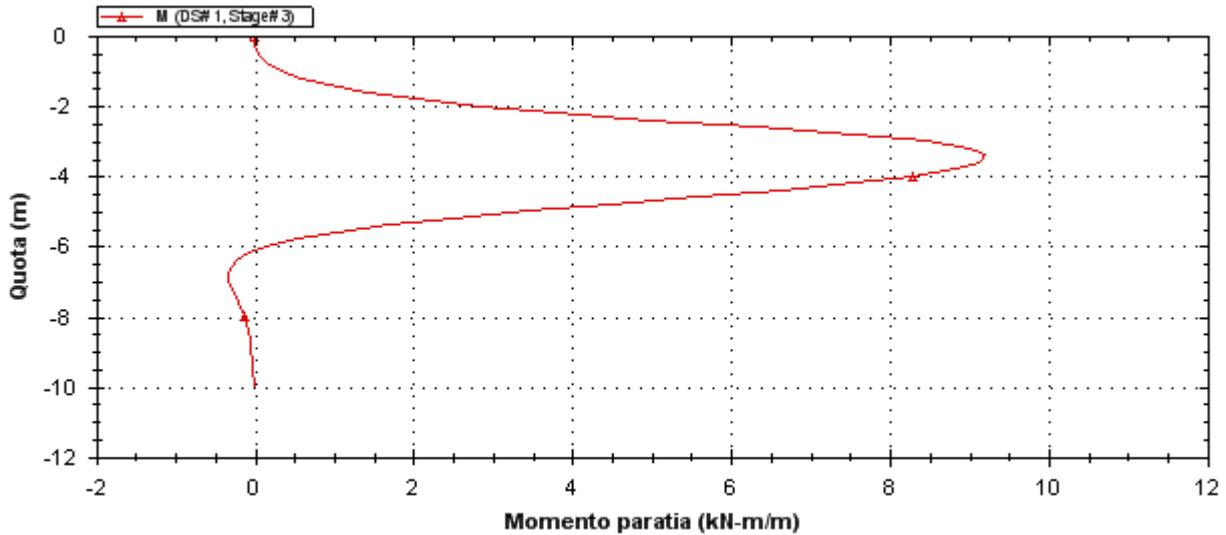


Company: My Company	<b>DS: 1, Stage 3</b>	CeAS srl and Deep Excavation LCC
Engineer: Engineer		Paratie Plus 2010 - DeepXcar 2010
D:\Pubblica\Gallarate rho\Paratia GA01\Paratia_10.DEEP		1/27/2011

GA01 - GALLERIA ARTIFICIALE DI SCAVALCO DA  
KM 0+288 A KM 0+420 - REAZIONE DI CALCOLO  
FONDAZIONI E OPERE PROVVISORIALI

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
MDL1	12	D 26 CL	GA01 03 001	B	55 di 56

### Momento flettente paratia



Company: My Company

Engineer: Engineer

DS: 1, Stage 3

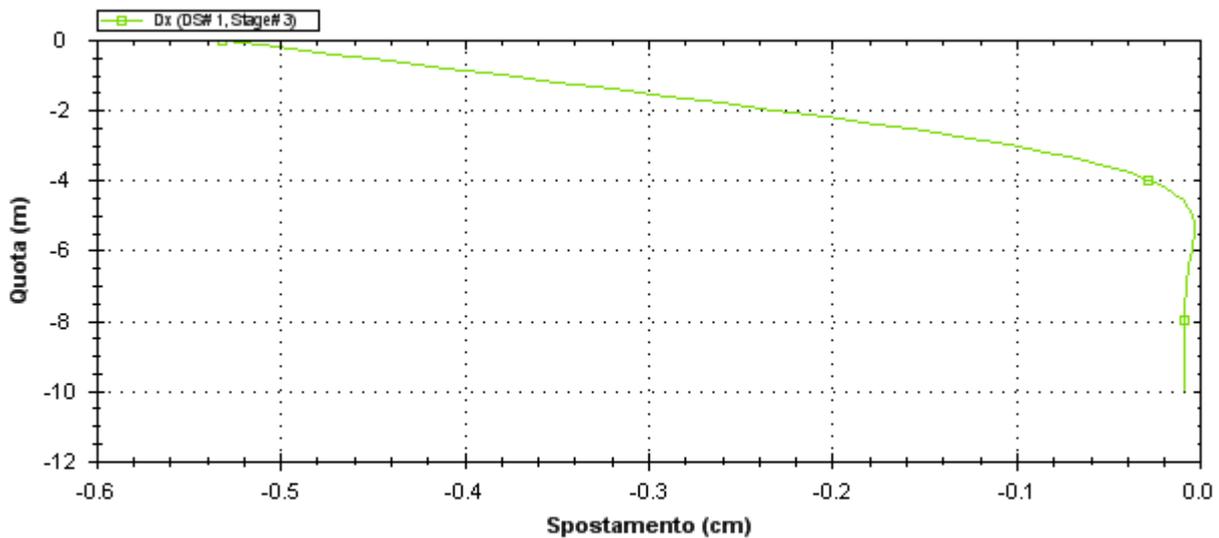
CeAS srl and Deep Excavation LCC

Paratie Plus 2010 - DeepXcar 2010

D:\Pubblica\Gallarate rho\Paratia GA01\Paratia\_10.DEEP

1/27/2011

### Deformata paratia



Company: My Company

Engineer: Engineer

DS: 1, Stage 3

CeAS srl and Deep Excavation LCC

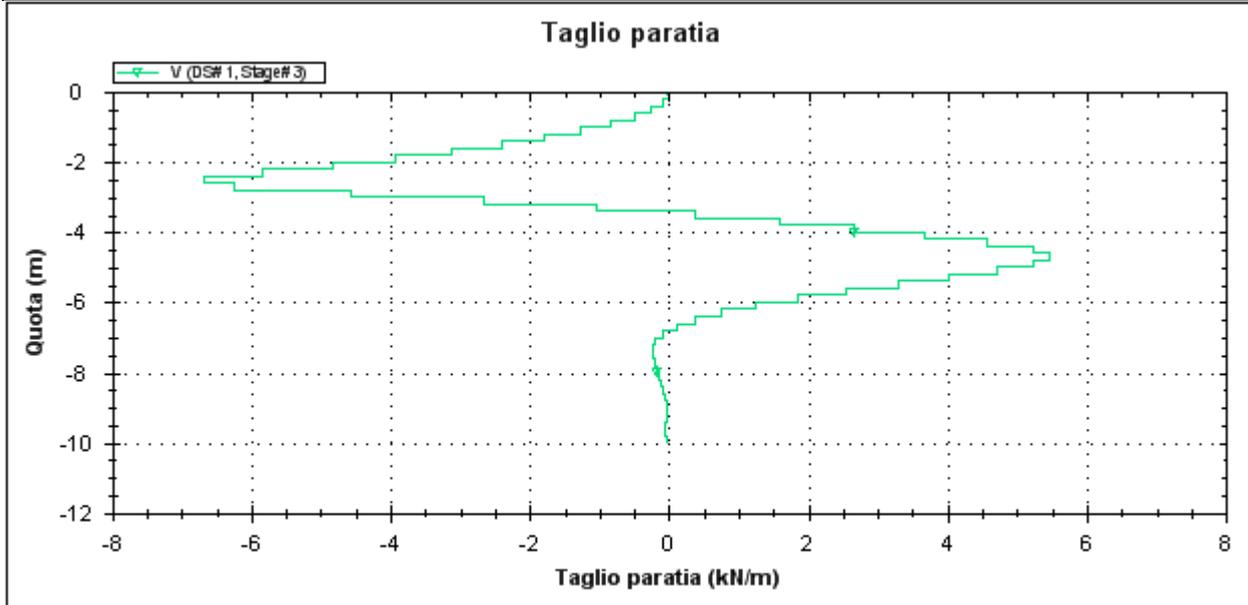
Paratie Plus 2010 - DeepXcar 2010

D:\Pubblica\Gallarate rho\Paratia GA01\Paratia\_10.DEEP

1/27/2011

GA01 - GALLERIA ARTIFICIALE DI SCAVALCO DA  
KM 0+288 A KM 0+420 - REAZIONE DI CALCOLO  
FONDAZIONI E OPERE PROVVISORIALI

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
MDL1	12	D 26 CL	GA01 03 001	B	56 di 56



Company: My Company	<b>DS: 1, Stage 3</b>	CeAS srl and Deep Excavation LCC
Engineer: Engineer		Paratie Plus 2010 - DeepXcar 2010
D:\Pubblica\Gallarate rho\Paratia GA01\Paratia_10.DEEP		1/27/2011