

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 PRINCIPALI – PONTI E VIADOTTI**

VI05 - Nuovo ponte su canale rivestito km 0+810.87  
Relazione di calcolo fondazioni e opere provvisionali

SCALA:

-

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

MDL1 12 D 26 CL VI0500 003 A

| Rev. | Descrizione         | Redatto     | Data     | Verificato | Data | Approvato      | Data | Autorizzato | Data |
|------|---------------------|-------------|----------|------------|------|----------------|------|-------------|------|
| A    | Emissione Esecutiva | L.Fieno<br> | Ott.2010 |            |      | S. Borelli<br> |      |             |      |
|      |                     |             |          |            |      |                |      |             |      |
|      |                     |             |          |            |      |                |      |             |      |
|      |                     |             |          |            |      |                |      |             |      |

Aut. n° 1109

ITALFERR  
dott. ing. Donato LAVACCIA  
Ordine Ingegneri di NOVARA

File: MDL112D26CLVI0500003A.doc

n. Elab.:



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

VI05 NUOVO PONTE SU CANALE RIVESTITO KM  
0+810.87 - PREGNANA MILANESE - RELAZIONE DI  
CALCOLO FONDAZIONI E OPERE PROVVISORIALI

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO    | REV. | FOGLIO  |
|----------|-------|----------|--------------|------|---------|
| MDL1     | 12    | D 26 CL  | VI 05 00 003 | A    | 2 di 26 |

## INDICE

|       |  |    |
|-------|--|----|
| 1     | PREMESSA .....                             | 3  |
| 2     | SCOPO DEL DOCUMENTO .....                  | 5  |
| 3     | DOCUMENTI DI RIFERIMENTO .....             | 5  |
| 3.1   | DOCUMENTI REFERENZIATI .....               | 5  |
| 3.2   | DOCUMENTI CORRELATI .....                  | 6  |
| 3.3   | DOCUMENTI SUPERATI .....                   | 7  |
| 4     | ALLEGATI .....                             | 7  |
| 5     | MATERIALI .....                            | 8  |
| 5.1   | CALCESTRUZZO .....                         | 8  |
| 5.2   | ACCIAIO DA CEMENTO ARMATO .....            | 8  |
| 5.3   | ACCIAIO PER ARMATURA MICROPALI .....       | 9  |
| 5.4   | ACCIAIO PER TIRANTI .....                  | 9  |
| 6     | ANALISI DEI CARICHI .....                  | 10 |
| 6.1   | COEFFICIENTI DI SPINTA .....               | 10 |
| 6.2   | SOVRACCARICHI .....                        | 10 |
| 6.3   | AZIONI SISMICHE .....                      | 10 |
| 7     | PARAMETRI GEOTECNICI DI CALCOLO .....      | 12 |
| 8     | VERIFICA PARATIA .....                     | 13 |
| 8.1   | PARATIA DI MICROPALI .....                 | 14 |
| 8.1.1 | <i>Fasi di Calcolo</i> .....               | 14 |
| 8.1.2 | <i>Sommario Risultati di Calcolo</i> ..... | 15 |
| 8.1.3 | <i>Verifiche</i> .....                     | 17 |
| 9     | VERIFICA MICROPALI DI FONDAZIONE .....     | 19 |

VI05 NUOVO PONTE SU CANALE RIVESTITO KM  
 0+810.87 - PREGNANA MILANESE - RELAZIONE DI  
 CALCOLO FONDAZIONI E OPERE PROVVISORIALI

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO    | REV. | FOGLIO  |
|----------|-------|----------|--------------|------|---------|
| MDL1     | 12    | D 26 CL  | VI 05 00 003 | A    | 3 di 26 |

## 1 PREMESSA

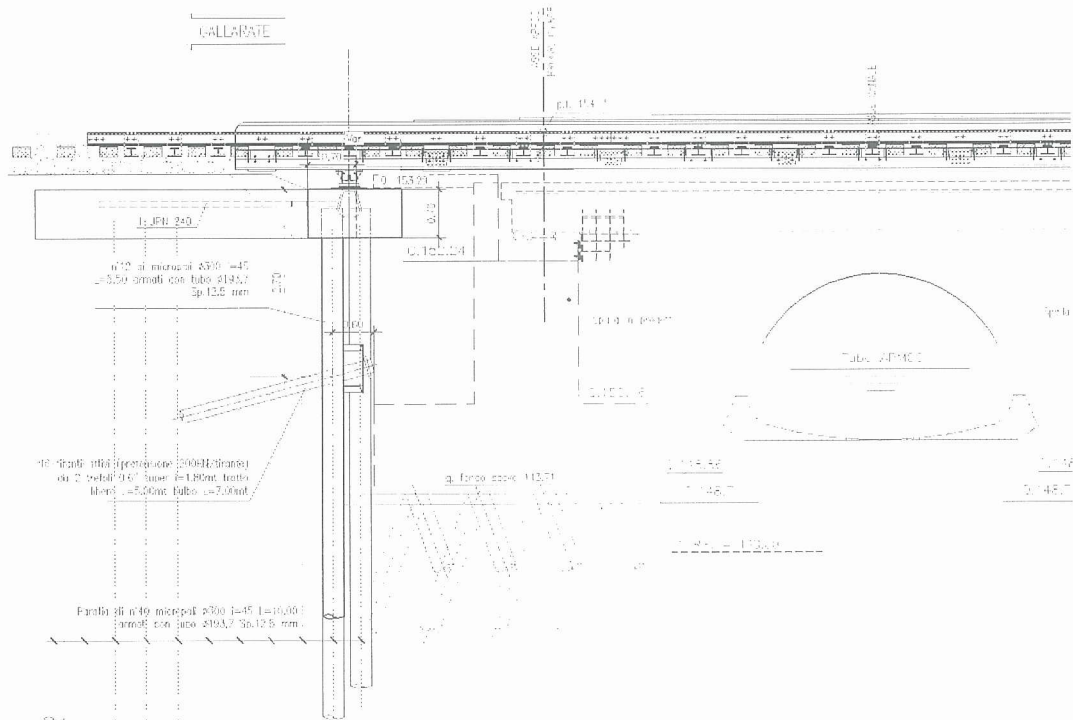
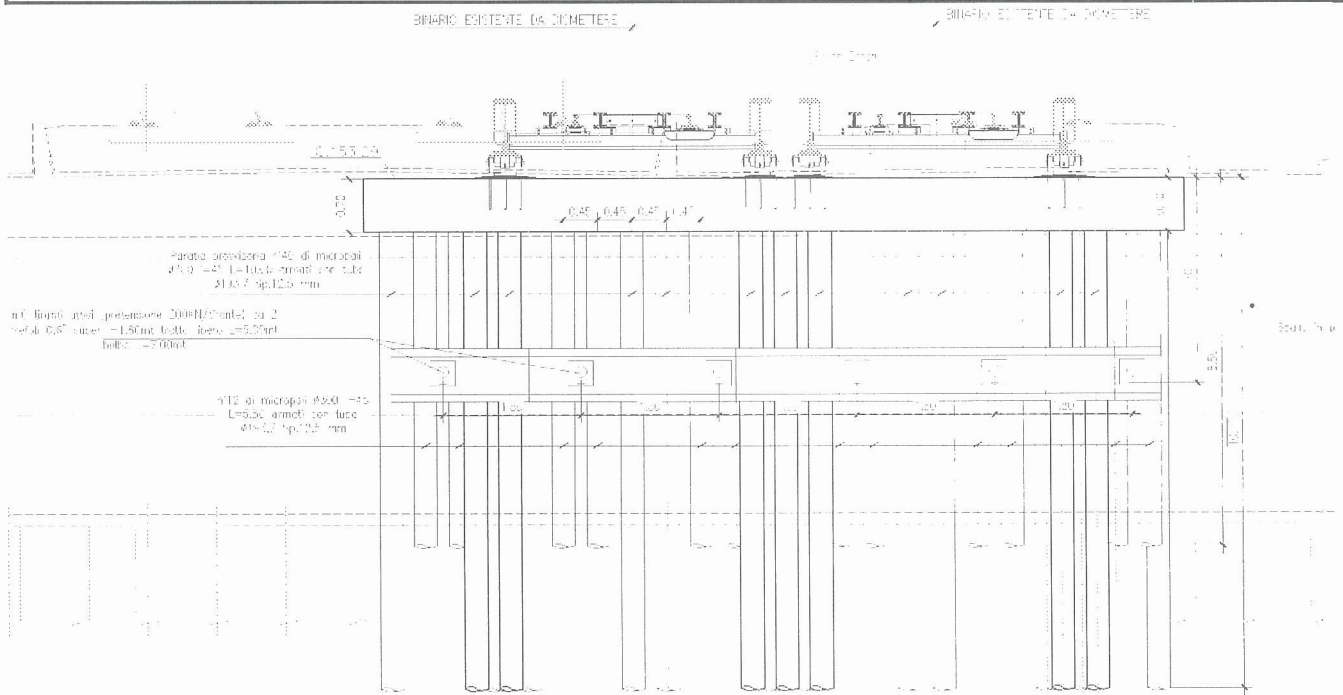
Oggetto del presente documento sono i calcoli relativi alle opere provvisorie e alle fondazioni del Prolungamento del ponte sul canale rivestito al km 0+810.87, previsto per il potenziamento della linea Rho – Arona, tratta Gallarate – Rho. L'opera in questione è individuata con la WBS VI05.



Figura 1.1 – Stralcio pianta paratia

VI05 NUOVO PONTE SU CANALE RIVESTITO KM  
 0+810.87 - PREGNANA MILANESE - RELAZIONE DI  
 CALCOLO FONDAZIONI E OPERE PROVVISORIALI

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO    | REV. | FOGLIO  |
|----------|-------|----------|--------------|------|---------|
| MDL1     | 12    | D 26 CL  | VI 05 00 003 | A    | 4 di 26 |







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

VI05 NUOVO PONTE SU CANALE RIVESTITO KM  
0+810.87 - PREGNANA MILANESE - RELAZIONE DI  
CALCOLO FONDAZIONI E OPERE PROVVISORIALI

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO    | REV. | FOGLIO  |
|----------|-------|----------|--------------|------|---------|
| MDL1     | 12    | D 26 CL  | VI 05 00 003 | A    | 5 di 26 |

## 2 SCOPO DEL DOCUMENTO

Il presente documento tratta le verifiche relative alle strutture di cui in premessa.

## 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.

- Rif. [1] L.1086 5/11/71 Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica.
- Rif. [2] D.M. 14 febbraio 1992 Norme tecniche l'esecuzione delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche.
- Rif. [3] 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.
- Rif. [4] DM 16/01/96 Norme tecniche relative ai "Criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi".
- Rif. [5] DM 16/01/96 Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche.
- Rif. [6] 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.
- Rif. [7] Istruzione FF.SS. 44/b aggiornamento 16 Dicembre 1997 - Istruzioni tecniche per manufatti sotto binario da costruire in zona sismica
- Rif. [8] Istruzione FF.SS. 44/d aggiornamento 25 Luglio 2000 - Istruzione tecnica per la progettazione e l'esecuzione di impalcati ferroviari a travi in ferro a doppio T incorporate nel calcestruzzo
- Rif. [9] DM 11/03/88 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 ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione
- Rif. [10] Circ. Min. LL.PP. 24/09/88 Istruzioni per l'applicazione delle "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 ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione"



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

VI05 NUOVO PONTE SU CANALE RIVESTITO KM 0+810.87 - PREGNANA MILANESE - RELAZIONE DI CALCOLO FONDAZIONI E OPERE PROVVISORIALI

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO    | REV. | FOGLIO  |
|----------|-------|----------|--------------|------|---------|
| MDL1     | 12    | D 26 CL  | VI 05 00 003 | A    | 6 di 26 |

### 3.2 Documenti Correlati

Nella presente relazione, si è fatto riferimento ai seguenti elaborati :

#### Prolungamento ponte su canale rivestito km 0+810.87 - Pregnana Milanese

|   |      |   |   |   |    |    |    |   |   |   |   |     |   |
|---|------|---|---|---|----|----|----|---|---|---|---|-----|---|
| Relazione tecnica descrittiva                         | MDL1 | 1 | 2 | D | 26 | RG | VI | 0 | 5 | 0 | 0 | 001 | A |
| Relazione di calcolo impalcato                        | MDL1 | 1 | 2 | D | 26 | CL | VI | 0 | 5 | 0 | 0 | 001 | A |
| Relazione di calcolo spalle                           | MDL1 | 1 | 2 | D | 26 | CL | VI | 0 | 5 | 0 | 0 | 002 | A |
| Relazione di calcolo fondazioni e opere provvisionali | MDL1 | 1 | 2 | D | 26 | CL | VI | 0 | 5 | 0 | 0 | 003 | A |
| Planimetria generale dell'intervento                  | MDL1 | 1 | 2 | D | 26 | P9 | VI | 0 | 5 | 0 | 0 | 001 | A |
| Pianta e sezioni                                      | MDL1 | 1 | 2 | D | 26 | PA | VI | 0 | 5 | 0 | 0 | 001 | A |
| Carpenteria impalcato                                 | MDL1 | 1 | 2 | D | 26 | BB | VI | 0 | 5 | 0 | 0 | 001 | A |
| Carpenteria spalle                                    | MDL1 | 1 | 2 | D | 26 | BB | VI | 0 | 5 | 0 | 0 | 002 | A |
| Opere provvisionali                                   | MDL1 | 1 | 2 | D | 26 | B9 | VI | 0 | 5 | 0 | 0 | 001 | A |
| Fasi realizzative                                     | MDL1 | 1 | 2 | D | 26 | B9 | VI | 0 | 5 | 0 | 0 | 002 | A |
| Particolari, dettagli e finiture                      | MDL1 | 1 | 2 | D | 26 | BC | VI | 0 | 5 | 0 | 0 | 001 | A |

Per la caratterizzazione geologica – geotecnica, si è fatto riferimento ai seguenti elaborati del Progetto Definitivo:

- Rif. [1] MDL1 00 D 26 RG GE0001 001 A. - Potenziamento della linea Rho - Arona tratta Rho - Gallarate – Progetto Definitivo – Relazione geologica, geomorfologica, idrogeologica.
- Rif. [2] MDL1 00 D 26 F5 GE0001 001 A. - Potenziamento della linea Rho - Arona tratta Rho - Gallarate – Progetto Definitivo – Profilo geologico - tecnico binario pari linea storica – tav. 1/3.
- Rif. [3] MDL1 00 D 26 F5 GE0001 002 A. - Potenziamento della linea Rho - Arona tratta Rho - Gallarate – Progetto Definitivo – Profilo geologico - tecnico binario pari linea storica – tav. 2/3.
- Rif. [4] MDL1 00 D 26 F5 GE0001 003 A. - Potenziamento della linea Rho - Arona tratta Rho - Gallarate – Progetto Definitivo – Profilo geologico - tecnico binario pari linea storica – tav. 3/3.
- Rif. [5] MDL1 00 D26 RB GE0005 001 A. – Potenziamento della linea Rho - Arona tratta Rho - Gallarate – Relazione geotecnica generale.
- Rif. [6] MDL1 00 D26 F5 GE0005 001 A. – Potenziamento della linea Rho - Arona tratta Rho - Gallarate – Profilo geotecnico – tav. 1/6.
- Rif. [7] MDL1 00 D26 F5 GE0005 001 A. – Potenziamento della linea Rho - Arona tratta Rho - Gallarate – Profilo geotecnico – tav. 2/6.
- Rif. [8] MDL1 00 D26 F5 GE0005 001 A. – Potenziamento della linea Rho - Arona tratta Rho - Gallarate – Profilo geotecnico – tav. 3/6.
- Rif. [9] MDL1 00 D26 F5 GE0005 001 A. – Potenziamento della linea Rho - Arona tratta Rho - Gallarate – Profilo geotecnico – tav. 4/6.
- Rif. [10] MDL1 00 D26 F5 GE0005 001 A. – Potenziamento della linea Rho - Arona tratta Rho - Gallarate – Profilo geotecnico – tav. 5/6.



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

VI05 NUOVO PONTE SU CANALE RIVESTITO KM  
0+810.87 - PREGNANA MILANESE - RELAZIONE DI  
CALCOLO FONDAZIONI E OPERE PROVVISORIALI

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO    | REV. | FOGLIO  |
|----------|-------|----------|--------------|------|---------|
| MDL1     | 12    | D 26 CL  | VI 05 00 003 | A    | 7 di 26 |

Rif. [11] MDL1 00 D26 F5 GE0005 001 A. – Potenziamento della linea Rho - Arona tratta Rho - Gallarate –  
Profilo geotecnico – tav. 6/6.

### 3.3 Documenti superati

Non sono presenti documenti superati

## 4 ALLEGATI

Il documento è corredato dai seguenti allegati:

All. [1] Documento intitolato “Tabulati di calcolo paratia provvisionale.doc”, allegato al documento MDL112D26CLVI0500003A.

VI05 NUOVO PONTE SU CANALE RIVESTITO KM  
 0+810.87 - PREGNANA MILANESE - RELAZIONE DI  
 CALCOLO FONDAZIONI E OPERE PROVVISORIALI

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO    | REV. | FOGLIO  |
|----------|-------|----------|--------------|------|---------|
| MDL1     | 12    | D 26 CL  | VI 05 00 003 | A    | 8 di 26 |

## 5 MATERIALI

### 5.1 Calcestruzzo

Pali, diaframmi e relativi cordoli di collegamento gettati in opera  $R_{ck} \geq 30$  MPa

|  |                                 |       |       |
|--|---------------------------------|-------|-------|
| Resistenza caratteristica cubica                         | $R_{ck}$                        | [MPa] | 30    |
| Modulo elastico istantaneo                               | $E_c$                           | [MPa] | 31220 |
| Tensione ammissibile a compressione                      | $\sigma_{c,amm}$                | [MPa] | 9.75  |
| Tensione tangenziale ammissibile                         | $\tau_{c0}$                     | [MPa] | 0.60  |
| Tensione tangenziale limite                              | $\tau_{c1}$                     | [MPa] | 1.83  |
| Resistenza a trazione semplice (media)                   | $f_{ctm}$                       | [MPa] | 2.61  |
| Resistenza a trazione semplice (frattile al 5%)          | $f_{ctm(5\%)}=0.7*f_{ctm}$      | [MPa] | 1.82  |
| Resistenza a trazione semplice (frattile al 95%)         | $f_{ctm(95\%)}=1.3*f_{ctm}$     | [MPa] | 3.39  |
| Resistenza a trazione per flessione (media)              | $f_{ctm}=1.2*f_{ctm}$           | [MPa] | 3.13  |
| Resistenza a trazione per flessione (frattile al 5%)     | $f_{ctm(5\%)}=0.7*f_{ctm}$      | [MPa] | 2.19  |
| Resistenza a trazione per flessione (frattile al 95%)    | $f_{ctm(95\%)}=1.3*f_{ctm}$     | [MPa] | 4.07  |
| Resistenza di calcolo cilindrica (per strutture in C.A.) | $f_{cd}=(R_{ck}*0.83/1.6)*0.85$ | [MPa] | 13.23 |

### 5.2 Acciaio da cemento armato

- Acciaio tipo FeB 44K
- Tensione ammissibile  $\sigma_{amm} = 255$  MPa
- Modulo elastico  $E = 206000$  MPa

in aggiunta e in accordo con Rif. [6] p.to 2.2.2.g, si adottano le seguenti limitazioni sui tassi di lavoro in funzione del diametro delle barre:



| Massimo diametro delle barre (mm) | Tensioni ammesse (mm) | Massimo interasse delle barre (mm) |
|-----------------------------------|-----------------------|------------------------------------|
| 30                                | ≤160                  | 300                                |
| 28                                | ≤170                  | 280                                |
| 26                                | ≤180                  | 265                                |
| 24                                | ≤190                  | 250                                |
| 22                                | ≤205                  | 225                                |
| ≤20                               | ≤220                  | 200                                |

### 5.3 Acciaio per armatura micropali

- Acciaio tipo S275JR secondo UNI EN 10025 (Ex Fe 430 B)

|   |                |                      |          |
|---|----------------|----------------------|----------|
| Modulo elastico                         | E              | [MPa]                | 206000   |
| Modulo di elasticità trasversale        | G              | [MPa]                | 784000   |
| Coefficiente di Poisson                 | $\nu$          | [-]                  | 0.3      |
| Peso dell'unità di volume               | $\gamma$       | [kN/m <sup>3</sup> ] | 78.5     |
| Coefficiente di dilatazione termica     | $\alpha$       | [°C <sup>-1</sup> ]  | 1.20E-05 |
| Tipo Acciaio                            |                | [-]                  | Fe 430   |
| Resistenza caratteristica a rottura     | $f_{tk} \geq$  | [MPa]                | 430      |
| Resistenza caratteristica a snervamento | $f_{yk} \geq$  | [MPa]                | 275      |
| Tensione ammissibile (per t ≤40 mm)     | $\sigma_{amm}$ | [MPa]                | 190      |
| Tensione ammissibile (per t >40 mm)     | $\sigma_{amm}$ | [MPa]                | 170      |

### 5.4 Acciaio per tiranti

|   |                  |      |       |
|---|------------------|------|-------|
| Tensione caratteristica a rottura                           | $f_{ptk} \geq$   | 1860 | [MPa] |
| Tensione caratteristica all'1% di deformazione sotto carico | $f_{p(1)k} \geq$ | 1670 | [MPa] |

## 6 ANALISI DEI CARICHI

Nel presente paragrafo si riportano le analisi dei carichi relative alle azioni di tipo geotecnico.

### 6.1 Coefficienti di spinta

Il calcolo del coefficiente di spinta attiva  $k_a$  viene condotto secondo la formula di Müller-Breslau basata sulla teoria di Coulomb:

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

dove:

$\beta$  = Inclinazione della parete rispetto alla verticale (nel caso  $\beta=0$ )

$\varphi'$  = Angolo di resistenza al taglio del terreno

$\delta$  = Angolo di attrito terra-paratia; si è assunto  $\delta=0,5\varphi'$ ;

$i$  = Inclinazione del piano campagna rispetto al piano orizzontale (nel caso  $i=0$ ).

Il valore del coefficiente di spinta passiva viene desunto dagli abachi di Caquot-Kerisel.

### 6.2 Sovraccarichi

Per il calcolo qui presentato è stato considerato un sovraccarico composto da:

Peso ballast  $18 \cdot 0.8 = 14.4 \text{ kN/mq}$

Sovraccarico ferroviario =  $40 \text{ kN/mq}$

Si trascura il contributo della frenatura dei convogli, stante la ridotta velocità con la quale i convogli percorreranno il tratto che precede e segue il ponte Essen provvisorio.

### 6.3 Azioni sismiche



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

VI05 NUOVO PONTE SU CANALE RIVESTITO KM  
0+810.87 - PREGNANA MILANESE - RELAZIONE DI  
CALCOLO FONDAZIONI E OPERE PROVVISORIALI

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO    | REV. | FOGLIO   |
|----------|-------|----------|--------------|------|----------|
| MDL1     | 12    | D 26 CL  | VI 05 00 003 | A    | 11 di 26 |

Considerato il fatto che le opere qui trattate hanno funzione provvisoria, nella verifica non viene considerato l'effetto del sisma.



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


VI05 NUOVO PONTE SU CANALE RIVESTITO KM  
0+810.87 - PREGNANA MILANESE - RELAZIONE DI  
CALCOLO FONDAZIONI E OPERE PROVVISORIALI

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO    | REV. | FOGLIO   |
|----------|-------|----------|--------------|------|----------|
| MDL1     | 12    | D 26 CL  | VI 05 00 003 | A    | 12 di 26 |

## 7 PARAMETRI GEOTECNICI DI CALCOLO

Il modello stratigrafico ed i parametri di calcolo sono estratti dal Profilo Geotecnico e dalla Relazione Geotecnica Generale di cui al par. 3.2 e vengono esplicitati negli schemi grafici relativi ai modelli calcolo dei paragrafi che seguono.



|   |   |                     |                             |                                   |                   |                            |
|---|---|---------------------|-----------------------------|-----------------------------------|-------------------|----------------------------|
|    | <p>POTENZIAMENTO DELLA LINEA RHO-ARONA<br/> <b>PROGETTO DEFINITIVO PER APPALTO INTEGRATO</b><br/> <b>QUADRUPPLICAMENTO RHO-PARABIAGO E RACCORDO Y</b></p> |                     |                             |                                   |                   |                            |
| <p>VI05 NUOVO PONTE SU CANALE RIVESTITO KM 0+810.87 - PREGNANA MILANESE - RELAZIONE DI CALCOLO FONDAZIONI E OPERE PROVVISORIALI</p> | <p>COMMESSA<br/>MDL1</p>  | <p>LOTTO<br/>12</p> | <p>CODIFICA<br/>D 26 CL</p> | <p>DOCUMENTO<br/>VI 05 00 003</p> | <p>REV.<br/>A</p> | <p>FOGLIO<br/>13 di 26</p> |

## 8 VERIFICA PARATIA

Le verifiche delle paratie sono state effettuate mediante il codice di calcolo agli elementi finiti PARATIE 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 è funzione dello stato tensionale cui risulta sottoposta: quando si trova in campo elastico essa è interamente definita dall'espressione della rigidità della molla:  $K = E \cdot \Delta / L$ . Nell'espressione  $E$  è il modulo di elasticità del terreno,  $L$  la lunghezza della molla e  $\Delta$  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:  $k_0 = 1 - \text{sen} \varphi'$ .

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

VI05 NUOVO PONTE SU CANALE RIVESTITO KM 0+810.87 - PREGNANA MILANESE - RELAZIONE DI CALCOLO FONDAZIONI E OPERE PROVVISORIALI

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO    | REV. | FOGLIO   |
|----------|-------|----------|--------------|------|----------|
| MDL1     | 12    | D 26 CL  | VI 05 00 003 | A    | 14 di 26 |

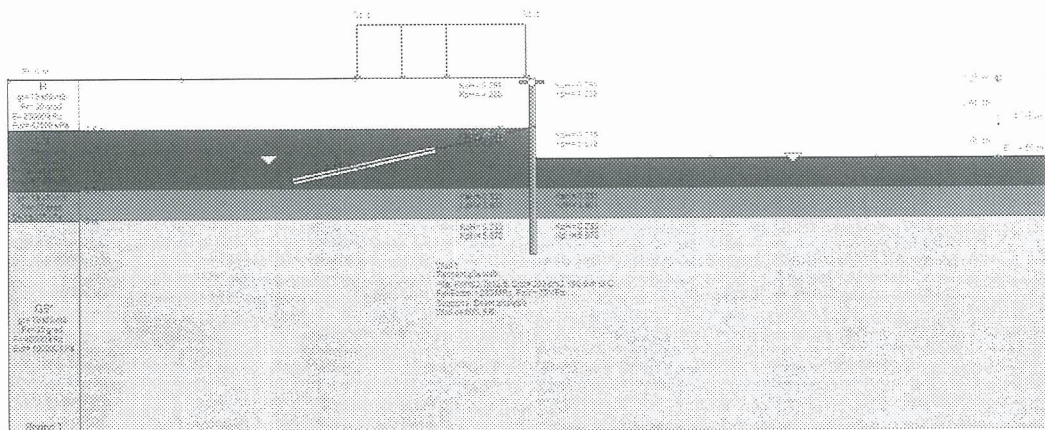
## 8.1 Paratia di Micropali

Si tratta della paratia di micropali  $\varnothing 300$  armati con tubi  $\varnothing 197.3\text{mm}$  sp.12.5mm atta alla protezione degli scavi in corrispondenza delle spalle. I micropali hanno profondità variabile per risolvere il problema dell'interferenza con i micropali di fondazione per cui, a scopo cautelativo, è stato considerato l'interasse di calcolo  $i = 0.9\text{m}$  relativo ai soli micropali di lunghezza maggiore ( $L=10\text{m}$ ).

L'opera è puntonata in testa per mezzo di profilati diagonali ed è presente un ordine di tiranti attivi a 2 trefoli, con inclinazione  $=15^\circ$ , interasse orizzontale 1.8 m e lunghezza  $L=5\text{m}$  (libera) +7m (bulbo)=12 m; questi sono ubicati alla profondità di 2.7 m dal cordolo. I vincoli previsti scaturiscono dall'esigenza di contenere gli spostamenti della paratia e i relativi cedimenti indotti sull'esercizio ferroviario.

I tiranti sono pretesati a 100 kN ciascuno. La quota della falda stimata è a 148.0 m (sondaggio SL25).

Il modello di calcolo è quello riportato in Figura 8.1.



**Figura 8.1 – Modello di calcolo**

I tiranti sono stati verificati allo sfilamento considerando valori dell'adesione malta-terreno ottenuta dall'iniezione pari a 0.15 MPa, con diametro di calcolo pari a  $D=150\text{mm}$ .

### 8.1.1 Fasi di Calcolo

Le fasi di calcolo considerate sono state:

- 1) realizzazione paratia e applicazione sovraccarichi;
- 2) scavo a quota - 1.0 m dal p.c.;
- 3) messa in opera puntone diagonale sul cordolo;
- 4) scavo a quota - 3.0 m dal p.c.;
- 5) realizzazione tiranti a quota -2.7 m dal p.c.;
- 6) fondo scavo a quota -4.56 m.



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

VI05 NUOVO PONTE SU CANALE RIVESTITO KM  
0+810.87 - PREGNANA MILANESE - RELAZIONE DI  
CALCOLO FONDAZIONI E OPERE PROVVISORIALI

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO    | REV. | FOGLIO   |
|----------|-------|----------|--------------|------|----------|
| MDL1     | 12    | D 26 CL  | VI 05 00 003 | A    | 15 di 26 |

### 8.1.2 *Sommario Risultati di Calcolo*

Con riferimento agli Output allegati per i risultati di dettaglio, si riassumono di seguito i valori di maggiore interesse ottenuti dal calcolo.

|  |             |
|--|-------------|
| Momento flettente massimo sulla paratia: | 22.84 kNm/m |
| Taglio massimo sulla paratia:            | 40.9 kN/m   |
| Spostamento massimo:                     | 0.76 cm     |
| Cedimento massimo:                       | 0.62 cm     |
| Reazione massima puntone:                | 29.31 kN/m  |
| Sforzo massimo sui tiranti:              | 62.22 kN/m  |

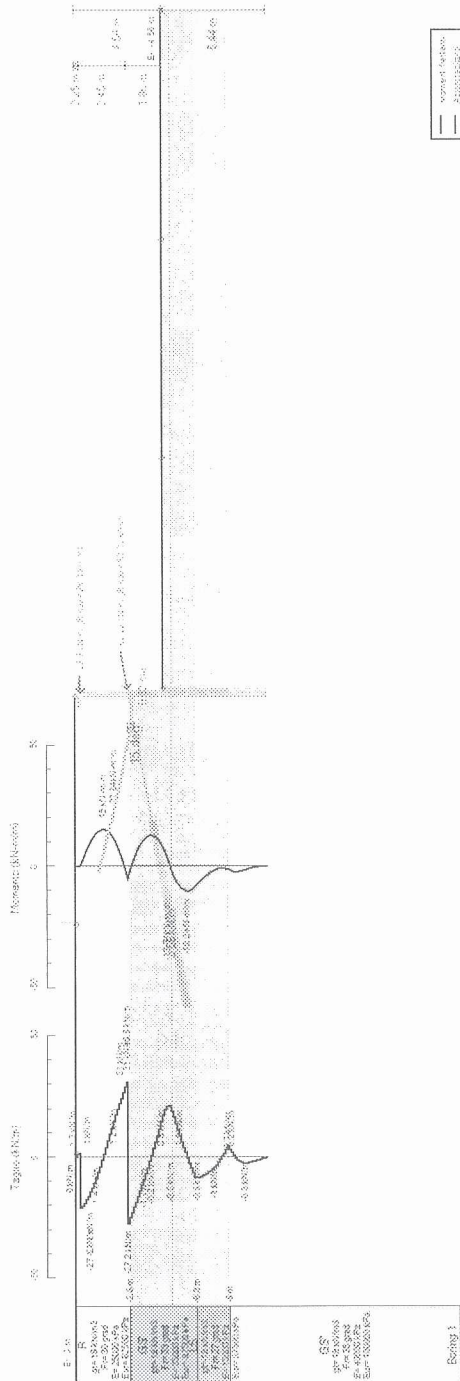
A seguire i risultati in forma grafica di sforzi e deformazioni relativi alla paratia per tutte le principali fasi di calcolo.



VI05 NUOVO PONTE SU CANALE RIVESTITO KM  
 0+810.87 - PREGNANA MILANESE - RELAZIONE DI  
 CALCOLO FONDAZIONI E OPERE PROVVISORIALI

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO    | REV. | FOGLIO   |
|----------|-------|----------|--------------|------|----------|
| MDL1     | 12    | D 26 CL  | VI 05 00 003 | A    | 16 di 26 |

Base model



Boeing 1





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

VI05 NUOVO PONTE SU CANALE RIVESTITO KM  
 0+810.87 - PREGNANA MILANESE - RELAZIONE DI  
 CALCOLO FONDAZIONI E OPERE PROVVISORIALI

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO    | REV. | FOGLIO   |
|----------|-------|----------|--------------|------|----------|
| MDL1     | 12    | D 26 CL  | VI 05 00 003 | A    | 17 di 26 |

### 8.1.3 Verifiche

#### 8.1.3.1 Micropali

|                                    |  |  |                       |
|------------------------------------|--|--|-----------------------|
| <b>Sollecitazioni</b>              | Momento di progetto a m/lineare                      | Msd                                      | 22.84 kNm/m           |
|                                    | Taglio di progetto a m/lineare<br>interasse          | Tsd<br>i                                 | 40.9 kN/m<br>0.9 m    |
|                                    | Momento di progetto                                  | Msd=Msd*i                                | <b>20.56 kNm</b>      |
|                                    | Taglio di progetto                                   | Tsd=Tsd*i                                | <b>36.81 kN</b>       |
| <b>Caratteristiche geometriche</b> | Diametro esterno                                     | De                                       | 193.7 mm              |
|                                    | Spessore   | s  | 12.5 mm               |
|                                    | Area   | A  | 71.2 cm <sup>2</sup>  |
|                                    | Area di taglio                                       | Av=2*A/π                                 | 45.3 Cm <sup>2</sup>  |
|                                    | Modulo di resistenza elastico                        | Wel                                      | 303.0 cm <sup>3</sup> |
| Verifiche                          | <b>Verifica alle tensioni con la tensione ideale</b> |  |                       |
|                                    | Tensione normale                                     | $\sigma=M/W$                             | 67.8 MPa              |
|                                    | Tensione tangenziale                                 | $\tau=T/Av$                              | 8.1 MPa               |
|                                    | Tensione ideale                                      | $\sigma_{id}=\sqrt{(\sigma^2+3*\tau^2)}$ | <b>69.3 MPa</b>       |
|                                    | Tensione ammissibile                                 | $\sigma_{amm}$                           | 190 MPa               |

Verifica soddisfatta

#### 8.1.3.2 Tiranti

Il programma di calcolo fornisce valori del Tasso di Sfruttamento TSF, parametro ottenuto dal rapporto tra forze agenti e forze resistenti ammissibili, quindi comprensive di coefficiente di sicurezza, che nel caso dei tiranti provvisori è stato considerato pari a 2 per lo sfilamento. La verifica risulta soddisfatta per TSF<1.

Sforzo massimo agente: 62 kN/m

Sforzo massimo agente sul singolo tirante: 62\*1.8=111.6 kN/tirante

Verifica a sfilamento  $TSF_{sfilamento}=0.66$

Verifica delle tensioni in esercizio  $\sigma=T/A=111.6*1000/150/2= 372 \text{ MPa} < 0.9*0.6*f_{ptk} = 1004 \text{ MPa}$



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

VI05 NUOVO PONTE SU CANALE RIVESTITO KM  
 0+810.87 - PREGNANA MILANESE - RELAZIONE DI  
 CALCOLO FONDAZIONI E OPERE PROVVISORIALI

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO    | REV. | FOGLIO   |
|----------|-------|----------|--------------|------|----------|
| MDL1     | 12    | D 26 CL  | VI 05 00 003 | A    | 18 di 26 |

8.1.3.3 Vincolo in testa

Il vincolo in testa lavora come un tirante. La reazione massima risulta 29.3 kN/m. Il tirante è inclinato di 45° ed ha un campo di influenza di 3.20m. La trazione massima sul tirante vale quindi:

$$T = 29.3 \cdot 3.20 / \cos 45 = 133 \text{ kN}$$

Si inserisce un profilato UPN 240

$$\text{Area} = 42.3 \text{ cm}^2$$

Verifica a trazione

$$\sigma = N/A = 133 \cdot 1000 / (42.3 \cdot 100) = 31.4 \text{ MPa} < 190 \text{ MPa}$$

8.1.3.4 Trave di ripartizione

Il cordolo in c.a. lavora come trave di ripartizione della reazione in testa. Facendo una verifica con il momento di una trave poggiata sulla luce di 3.20m, si ha

$$M = 29.3 \cdot 3.20^2 / 8 = 37 \text{ kNm}$$

Il cordolo ha una sezione 70x70cm. Inserendo 5F16 int/est., si ha

The screenshot shows a software window titled "Analisi S.L.U. F.E." with a menu bar (File, Materiali, Opzioni, Visualizza, Progetto, Sec. Rett., Generica, Normativa: NFC 2008). The main interface includes:

- Titolo:** [Empty field]
- N° strali barre:** 1
- Zoom:** [Empty field]
- Tipi Sezione:**
  - Rettang. re
  - Trapezi
  - a T
  - Circolare
  - Rettangoli
  - Coord.
- Table of Section Properties:**

| N° | b [cm] | h [cm] | N° | Az [cm²] | d [cm] |
|----|--------|--------|----|----------|--------|
| 1  | 70     | 70     | 1  | 10.05    | 65     |
- Sollecitazioni:**
  - S.L.U. Metodo n
  - N: 0
  - Ed: 0
  - M: 37
  - Ed: 0
  - M: 0
- P.to applicazione N:**
  - Centro
  - Baricentro cls
  - Coord [cm]: xN: [Empty], yN: [Empty]
- Metodo di calcolo:**
  - S.L.U. +
  - S.L.U. -
  - Metodo n
- Verifica:**
  - N° iterazioni: 5
  - Precompresso: [Empty]
- Material Properties and Results:**
  - Selected section: B450C and C25/30
  - σ<sub>cu</sub>: 67.5
  - σ<sub>cc</sub>: 1.195
  - σ<sub>cc</sub>: 61.26
  - σ<sub>cc,adm</sub>: 9.75
  - τ<sub>cc</sub>: 0.6
  - τ<sub>cc1</sub>: 1.829
  - ε<sub>s</sub>: 0.3963
  - d: 65
  - x: 14.72
  - x/d: 0.2264
  - δ: 0.723

## 9 VERIFICA MICROPALI DI FONDAZIONE

### 9.1 Verifica micropali di fondazione delle spalle

Il calcolo viene eseguito secondo il metodo messo a punto dall' "École Nationale des Ponts et Chaussées" da Bustamante e Doix, recepito nella gran parte delle normative e linee guida in Europa e negli Stati Uniti ( FHWA ) e basato sulla conoscenza dei valori del parametro  $p_L$  (pressione laterale limite) dei terreni attraversati. I micropali vengono distinti in due categorie:

- micropali eseguiti con iniezioni ripetute e controllate con tubo a valvole e doppio otturatore (**IRS**, injection répétitive et selective).
- micropali eseguiti con getto dell'intero palo in un'unica soluzione (**IGU**, injection globale inique).

Il metodo si avvale, per la capacità portante della relazione :

$$Q_{lim} = Q_{ll} + Q_{pl}$$

dove  $Q_{ll}$  : portata laterale limite:  $Q_{ll} = \pi \cdot D_b \cdot L_p \cdot q_s$

con  $D_b$  = diametro reso del micropalo =  $\alpha D_s$ ;

$D_s$  = diametro di perforazione;

$L_p$  = lunghezza della zona iniettata;

$\alpha$  = coefficiente adimensionale che tiene conto della tecnica di esecuzione dei micropali e del tipo di terreno.

$q_s$  = portata laterale unitaria. È ricavabile tramite i grafici messi a punto dall' "École Nationale des Ponts et Chaussées" in base a numerose prove di carico a rottura per vari tipi di terreno e per le due tecniche di realizzazione del micropalo.

$Q_{pl}$  : portata alla punta ultima. Dato l'alto rapporto esistente fra superficie laterale portante e superficie della punta del palo, normalmente, per i micropali, si considera un valore della **portata alla punta pari al 15% della portata laterale**.



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

VI05 NUOVO PONTE SU CANALE RIVESTITO KM  
 0+810.87 - PREGNANA MILANESE - RELAZIONE DI  
 CALCOLO FONDAZIONI E OPERE PROVVISORIALI

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO    | REV. | FOGLIO   |
|----------|-------|----------|--------------|------|----------|
| MDL1     | 12    | D 26 CL  | VI 05 00 003 | A    | 20 di 26 |

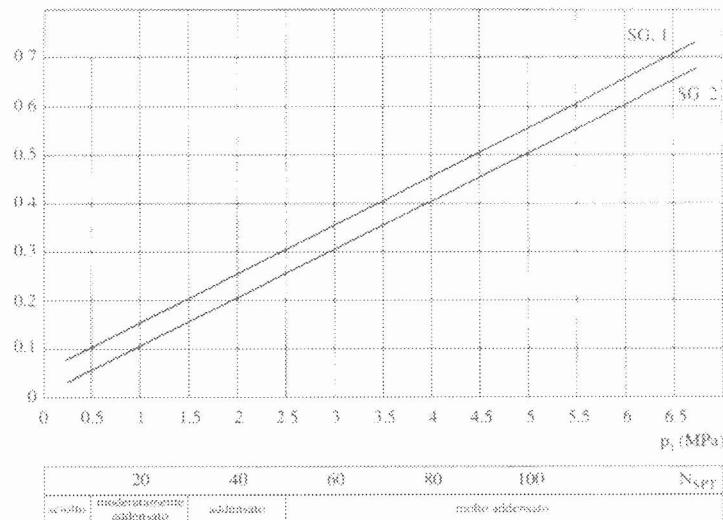
La peculiarità del calcolo per un micropalo consiste nella scelta di  $D_s$  e nella determinazione di  $q_s$  e di  $L_p$ .

In ogni caso, visto che il tratto iniettato del micropalo raggiunge la superficie del terreno, si raccomanda che, per i **primi 5 metri**, esso venga considerato in ogni caso del **tipo IGU**. La lunghezza  $L_p$ , depurata di tale tratto, deve comunque essere pari ad almeno 4 metri.

La capacità portante verticale di progetto si calcolerà pertanto per integrazione dei valori di  $Q_D$  trovati per il tratto di tipo IGU e per quello di tipo IRS.

Si riportano di seguito i diagrammi necessari per ricavare il valore di  $q_s$  e  $\alpha$  in funzione del tipo di terreno e delle sue caratteristiche di resistenza nonché dalla tecnica di realizzazione del micropalo.

$q_s$  (MPa)





VI05 NUOVO PONTE SU CANALE RIVESTITO KM  
 0+810.87 - PREGNANA MILANESE - RELAZIONE DI  
 CALCOLO FONDAZIONI E OPERE PROVVISORIALI

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO    | REV. | FOGLIO   |
|----------|-------|----------|--------------|------|----------|
| MDL1     | 12    | D 26 CL  | VI 05 00 003 | A    | 21 di 26 |

| Terreno                       | Valori di $\alpha$ |           | Quantità minima di miscela consigliata  |
|-------------------------------|--------------------|-----------|---|
|                               | IRS                | IGU       |   |
| Ghiata                        | 1,8                | 1,3 - 1,4 | 1,5 V <sub>s</sub>  |
| Ghiata sabbiosa               | 1,6 - 1,8          | 1,2 - 1,4 | 1,5 V <sub>s</sub>  |
| Sabbia ghiaiosa               | 1,5 - 1,6          | 1,2 - 1,3 | 1,5 V <sub>s</sub>  |
| Sabbia grossa                 | 1,4 - 1,5          | 1,1 - 1,2 | 1,5 V <sub>s</sub>  |
| Sabbia media                  | 1,4 - 1,5          | 1,1 - 1,2 | 1,5 V <sub>s</sub>  |
| Sabbia fine                   | 1,4 - 1,5          | 1,1 - 1,2 | 1,5 V <sub>s</sub>  |
| Sabbia limosa                 | 1,4 - 1,5          | 1,1 - 1,2 | IRS: (1,5 - 2)V <sub>s</sub> ; IGU: 1,5 V <sub>s</sub>  |
| Limo                          | 1,4 - 1,6          | 1,1 - 1,2 | IRS: 2V <sub>s</sub> ; IGU: 1,5V <sub>s</sub>   |
| Argilla                       | 1,8 - 2,0          | 1,2       | IRS: (2,5 - 3)V <sub>s</sub> ; IGU: (1,5-2)V <sub>s</sub>   |
| Marne                         | 1,8                | 1,1 - 1,2 | (1,5 - 2)V <sub>s</sub> per strati compatti   |
| Calcari marnosi               | 1,8                | 1,1 - 1,2 | (2 - 6)V <sub>s</sub> o più per strati fratturati   |
| Calcari alterati o fratturati | 1,8                | 1,1 - 1,2 |   |
| Rocce alterate e/o fratturate | 1,2                | 1,1       | (1,1-1,5)V <sub>s</sub> per strati poco fratturati<br>2V <sub>s</sub> o più per strati fratturati |

Nel caso si è assunto:

$$q_{s,IGU} = 0.10 \text{ Mpa}$$

$$q_{s,IRS} = 0.15 \text{ Mpa}$$

$$\alpha_{IRS} = 1.4 ;$$

$$\alpha_{IGU} = 1.1 ;$$

$$L_{IGU} = 5 \text{ metri};$$

$$L_{IRS} = 7 \text{ metri};$$

$$F_s = 2.5.$$

○ **Compressione**

$$Q_{D,comp} = [(\pi \cdot \alpha \cdot D_s \cdot L_p \cdot q_s) \cdot \beta] / 2.5 =$$

$$= \pi \cdot \beta \cdot (\alpha_{IGU} \cdot D_s \cdot L_{IGU} \cdot q_{s,IGU} + \alpha_{IRS} \cdot D_s \cdot L_{IRS} \cdot q_{s,IRS}) / 2.5 = 876 \text{ kN} > N_{MAX \text{ compress}}$$

$\beta = 1.15$  tiene conto della portata alla punta pari al 15% di quella laterale

○ **Trazione**

$$Q_{d,traz} = [(\pi \cdot \alpha \cdot D_s \cdot L_p \cdot q_s) ] / 2.5 =$$

$$= \pi \cdot (\alpha_{IGU} \cdot D_s \cdot L_{IGU} \cdot q_{s,IGU} + \alpha_{IRS} \cdot D_s \cdot L_{IRS} \cdot q_{s,IRS}) / 2.5 = -762 > N_{MAX \text{ Trazione}}$$

VI05 NUOVO PONTE SU CANALE RIVESTITO KM  
0+810.87 - PREGNANA MILANESE - RELAZIONE DI  
CALCOLO FONDAZIONI E OPERE PROVVISORIALI

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO    | REV. | FOGLIO   |
|----------|-------|----------|--------------|------|----------|
| MDL1     | 12    | D 26 CL  | VI 05 00 003 | A    | 22 di 26 |

|                                   |       |       |
|-----------------------------------|-------|-------|
| Diametro perforazione             | $D_s$ | 0.3 m |
| Coefficiente globale di sicurezza | $F_s$ | 2.5   |

### Compressione

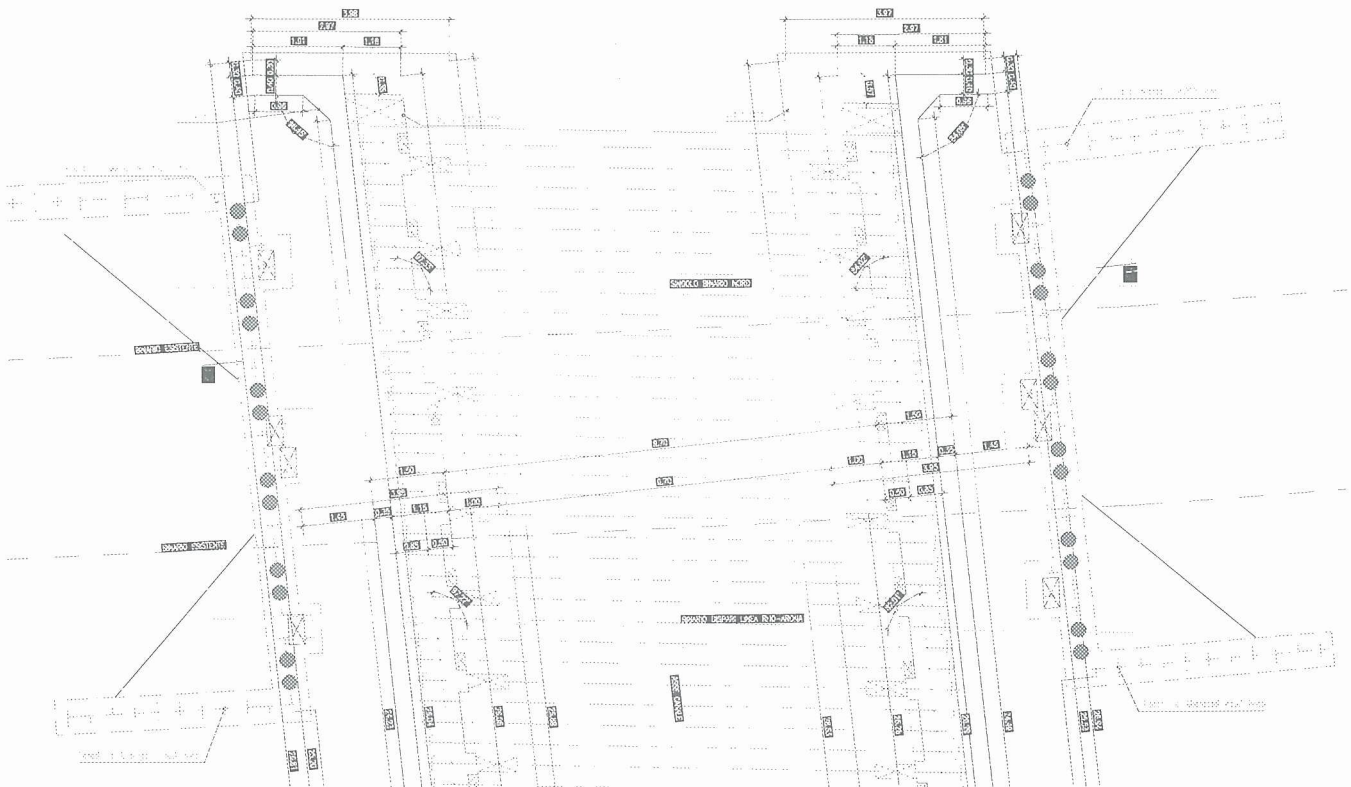
|  |  | IGU         | IRS                      |
|--|--|-------------|--------------------------|
| coefficiente adimensionale che tiene conto della tecnica di esecuzione dei micropali e del tipo di terreno | $\alpha$                                       | 1.1         | 1.4                      |
| Diametro reso del micropalo  | $D_b = D_s \cdot \alpha$                       | 0.33        | 0.42 m                   |
| Lunghezza tratto micropalo   | L  | 5           | 7 m                      |
| portata laterale unitaria  | $q_s$  | 0.1         | 0.15 MPa                 |
| Portata laterale limite (singoli contributi)   | $\pi \cdot \alpha \cdot D_s \cdot L \cdot q_s$ | 518         | 1385 kN                  |
| Portata laterale limite totale   | $Q_{II} = Q_{II(IGU)} + Q_{II(IRS)}$           | 1904 kN     |                          |
| Portata alla punta ultima (15% $Q_{II}$ )  | $Q_{pl} = 0.15 \cdot Q_{II}$                   | 286 kN      |                          |
| Portata limite   | $Q_{lim} = Q_{II} + Q_{pl}$                    | 2189 kN     |                          |
| Portata ammissibile  | $Q_{d,comp} = Q_{pl} / F_s$                    | 876 kN      |                          |
| Carico di lavoro   | $Q_{es}$                                       | 508 kN      |                          |
| Verifica   | $Q_{es} / Q_{d,comp}$                          | <b>0.58</b> | <1; verifica soddisfatta |

### Trazione

|  |                             |                                      |
|--|-----------------------------|--------------------------------------|
| Portata ammissibile (solo contributo laterale) | $Q_{d,traz} = Q_{II} / F_s$ | -762 kN                              |
| Carico di lavoro                               | $Q_{es}$                    | -193 kN                              |
| Verifica                                       | $ Q_{es}  /  Q_{d,traz} $   | <b>0.25</b> <1; verifica soddisfatta |

## 9.2 Verifica micropali di fondazione provvisori del ponte Essen

I due ponti Essen gemellati provvisori, necessari per la demolizione e ricostruzione del ponte esistente, sono fondati su 14 micropali  $\phi 300$  L=10.0m integrati con la paratia di micropali di sostegno agli scavi realizzata a tergo delle spalle esistenti, già oggetto di analisi nella presente relazione.



Le reazioni in esercizio per ciascun dei 4 appoggi del ponte essen valgono:

$$R_v = 768 \text{ kN} ; H_{\text{trasv}} = 145 \text{ kN}; H_{\text{long}} = 76 \text{ kN}$$

Le modeste forze trasversali e longitudinali sono assorbite dai micropali della paratia grazie al cordolo in testa, ai tiranti ed ai puntoni previsti in progetto.

Per quanto riguarda l'azione verticale, operando molto a favore della sicurezza si fanno le seguenti ipotesi:

1. non si considerano collaboranti i pali allineati alla paratia ma solo quelli aggiuntivi posti in risalto (2 per gli appoggi esterni e 3 per quelli centrali)
2. non si considera la quota parte di portanza laterale dei pali nel tratto posto sopra al piano di scavo della fondazione delle spalle.

Si analizza la situazione degli appoggi centrali dove lo sforzo assiale complessivo vale  $R_v = 768 \times 2 = 1536 \text{ kN}$

Su ciascun palo agisce pertanto uno sforzo di  $\Rightarrow$  Rapalo =  $1536 / 3 = 512 \text{ kN} < Q_{D,comp} = 516.95 \text{ kN}$ , tale valore della portanza del micropalo è di seguito determinato sulla base della procedura già utilizzata nel paragrafo precedente.

Il calcolo viene eseguito secondo il metodo messo a punto dall' " École Nationale des Ponts et Chaussées" da Bustamante e Doix, recepito nella gran parte delle normative e linee guida in Europa e negli Stati Uniti ( FHWA ) e basato sulla conoscenza dei valori del parametro  $p_L$  (pressione laterale limite) dei terreni attraversati. I micropali vengono distinti in due categorie:

- micropali eseguiti con iniezioni ripetute e controllate con tubo a valvole e doppio otturatore (**IRS**, injection répétitive et selective).
- micropali eseguiti con getto dell'intero palo in un'unica soluzione (**IGU**, injection globale inique).

Il metodo si avvale, per la capacità portante della relazione :

$$Q_{lim} = Q_{ll} + Q_{pl}$$

dove  $Q_{ll}$  : portata laterale limite:  $Q_{ll} = \pi \cdot D_b \cdot L_p \cdot q_s$

con  $D_b$  = diametro reso del micropalo =  $\alpha D_s$ ;

$D_s$  = diametro di perforazione;

$L_p$  = lunghezza della zona iniettata;

$\alpha$  = coefficiente adimensionale che tiene conto della tecnica di esecuzione dei micropali e del tipo di terreno.

$q_s$  = portata laterale unitaria. È ricavabile tramite i grafici messi a punto dall' " École Nationale des Ponts et Chaussées" in base a numerose prove di carico a rottura per vari tipi di terreno e per le due tecniche di realizzazione del micropalo.

$Q_{pl}$  : portata alla punta ultima. Dato l'alto rapporto esistente fra superficie laterale portante e superficie della punta del palo, normalmente, per i micropali, si considera un valore della **portata alla punta pari al 15% della portata laterale**.



VI05 NUOVO PONTE SU CANALE RIVESTITO KM  
0+810.87 - PREGNANA MILANESE - RELAZIONE DI  
CALCOLO FONDAZIONI E OPERE PROVVISORIALI

|          |       |          |              |      |          |
|----------|-------|----------|--------------|------|----------|
| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO    | REV. | FOGLIO   |
| MDL1     | 12    | D 26 CL  | VI 05 00 003 | A    | 25 di 26 |

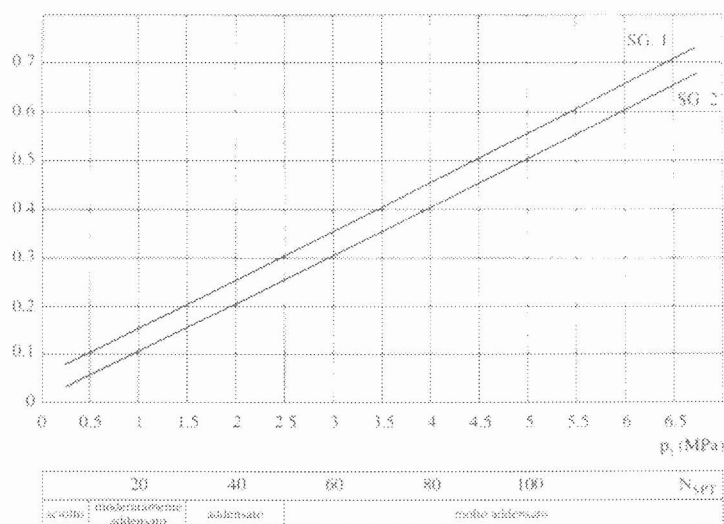
La peculiarità del calcolo per un micropalo consiste nella scelta di  $D_s$  e nella determinazione di  $q_s$  e di  $L_p$ .

In ogni caso, visto che il tratto iniettato del micropalo raggiunge la superficie del terreno, si raccomanda che, per i **primi 5 metri**, esso venga considerato in ogni caso del **tipo IGU**. La lunghezza  $L_p$ , depurata di tale tratto, deve comunque essere pari ad almeno 4 metri.

La capacità portante verticale di progetto si calcolerà pertanto per integrazione dei valori di  $Q_D$  trovati per il tratto di tipo IGU e per quello di tipo IRS.

Si riportano di seguito i diagrammi necessari per ricavare il valore di  $q_s$  e  $\alpha$  in funzione del tipo di terreno e delle sue caratteristiche di resistenza nonché dalla tecnica di realizzazione del micropalo.

$q_s$  (MPa)



| Terreno                        | Valori di $\alpha$ |           | Quantità minima di miscela consigliata  |
|--------------------------------|--------------------|-----------|---|
|                                | IRS                | IGU       |   |
| Ghiaia                         | 1,8                | 1,3 - 1,4 | 1,5 $V_s$   |
| Ghiaia sabbiosa                | 1,6 - 1,8          | 1,2 - 1,4 | 1,5 $V_s$   |
| Sabbia ghiaiosa                | 1,5 - 1,6          | 1,2 - 1,3 | 1,5 $V_s$   |
| Sabbia grossa                  | 1,4 - 1,5          | 1,1 - 1,2 | 1,5 $V_s$   |
| Sabbia media                   | 1,4 - 1,5          | 1,1 - 1,2 | 1,5 $V_s$   |
| Sabbia fine                    | 1,4 - 1,5          | 1,1 - 1,2 | 1,5 $V_s$   |
| Sabbia limosa                  | 1,4 - 1,5          | 1,1 - 1,2 | IRS: (1,5 - 2) $V_s$ ; IGU: 1,5 $V_s$   |
| Limo                           | 1,4 - 1,6          | 1,1 - 1,2 | IRS: 2 $V_s$ ; IGU: 1,5 $V_s$   |
| Argilla                        | 1,8 - 2,0          | 1,2       | IRS: (2,5 - 3) $V_s$ ; IGU: (1,5 - 2) $V_s$   |
| Marna                          | 1,8                | 1,1 - 1,2 | (1,5 - 2) $V_s$ per strati compatti   |
| Calcari marnosi                | 1,8                | 1,1 - 1,2 | (2 - 6) $V_s$ o più per strati fratturati   |
| Calcari alterati o fratturati  | 1,8                | 1,1 - 1,2 |   |
| Reccia alterata e/o fratturata | 1,2                | 1,1       | (1,1 - 1,5) $V_s$ per strati poco fratturati<br>2 $V_s$ o più per strati fratturati |

Nel caso si è assunto:

VI05 NUOVO PONTE SU CANALE RIVESTITO KM  
 0+810.87 - PREGNANA MILANESE - RELAZIONE DI  
 CALCOLO FONDAZIONI E OPERE PROVVISORIALI

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO    | REV. | FOGLIO   |
|----------|-------|----------|--------------|------|----------|
| MDL1     | 12    | D 26 CL  | VI 05 00 003 | A    | 26 di 26 |

$$q_{s,IGU} = 0.10 \text{ Mpa}$$

$$q_{s,IRS} = 0.15 \text{ Mpa}$$

$$\alpha_{IRS} = 1.4 ;$$

$$\alpha_{IGU} = 1.1 ;$$

$$L_{IGU} = 1.3 \text{ metri};$$

$$L_{IRS} = 5 \text{ metri};$$

$$F_s = 2.5.$$

$\beta = 1.15$  tiene conto della portata alla punta pari al 15% di quella laterale.

$$Q_{D,comp} = [(\pi \cdot \alpha \cdot D_s \cdot L_p \cdot q_s) \cdot \beta] / 2.5 =$$

$$= \pi \cdot \beta \cdot (\alpha_{IGU} \cdot D_s \cdot L_{IGU} \cdot q_{s,IGU} + \alpha_{IRS} \cdot D_s \cdot L_{IRS} \cdot q_{s,IRS}) / 2.5 = 516.95 \text{ kN}$$

# *Paratie Plus 2011*

Ce.A.S , Centro di Analisi Strutturale, viale Giustiniano 10, 20129 Milano .  
www.ceas.it.Deep Excavation LLC, Astoria, New York,  
www.deepexcavation.com. 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: 1/31/2011 10:07:47 AM

File: \\Ts-xcld54\share\ING\paratie\_1.DEEP

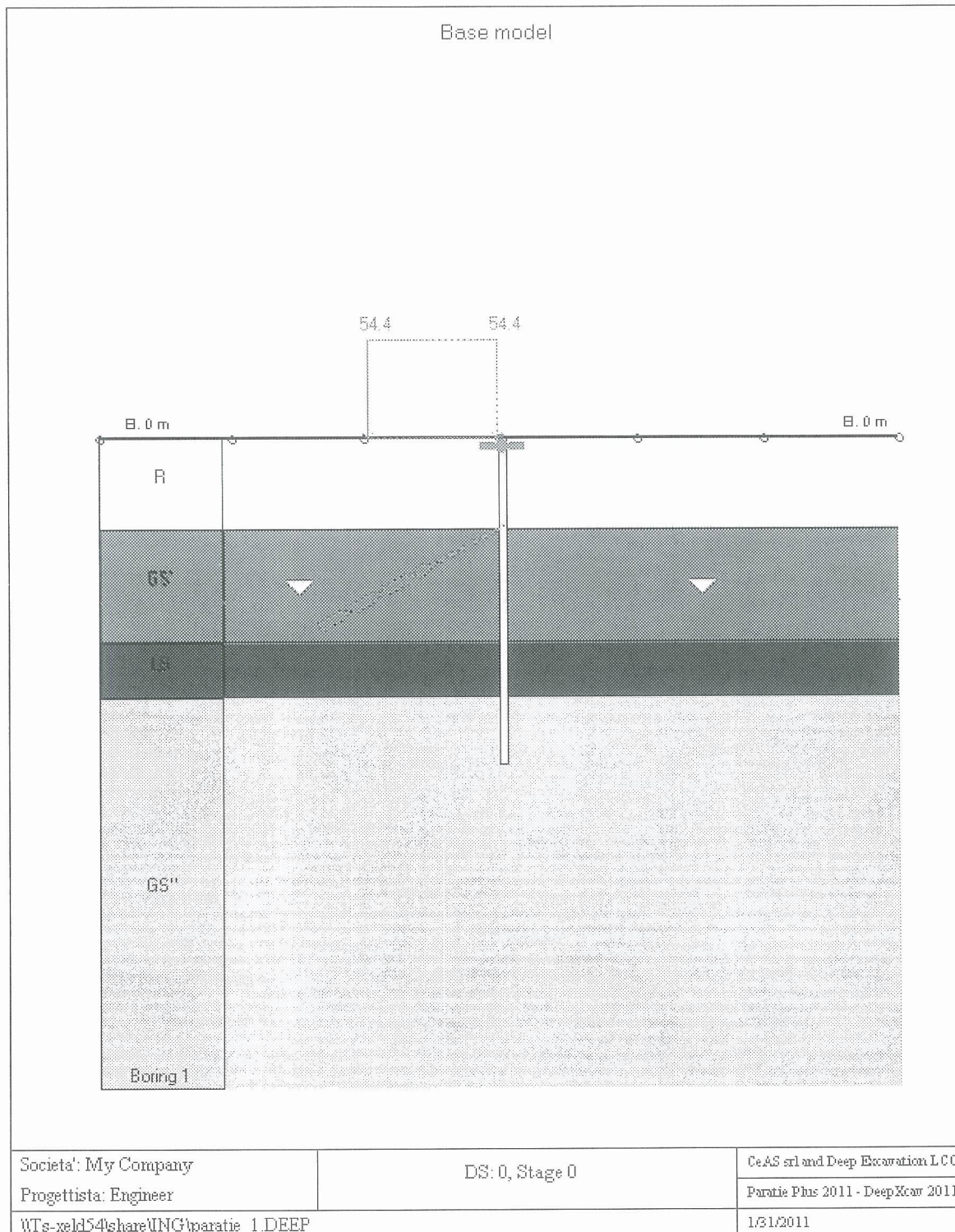
*Progetto: My Project*  
*Risultati per la Design Section 0: Base model*

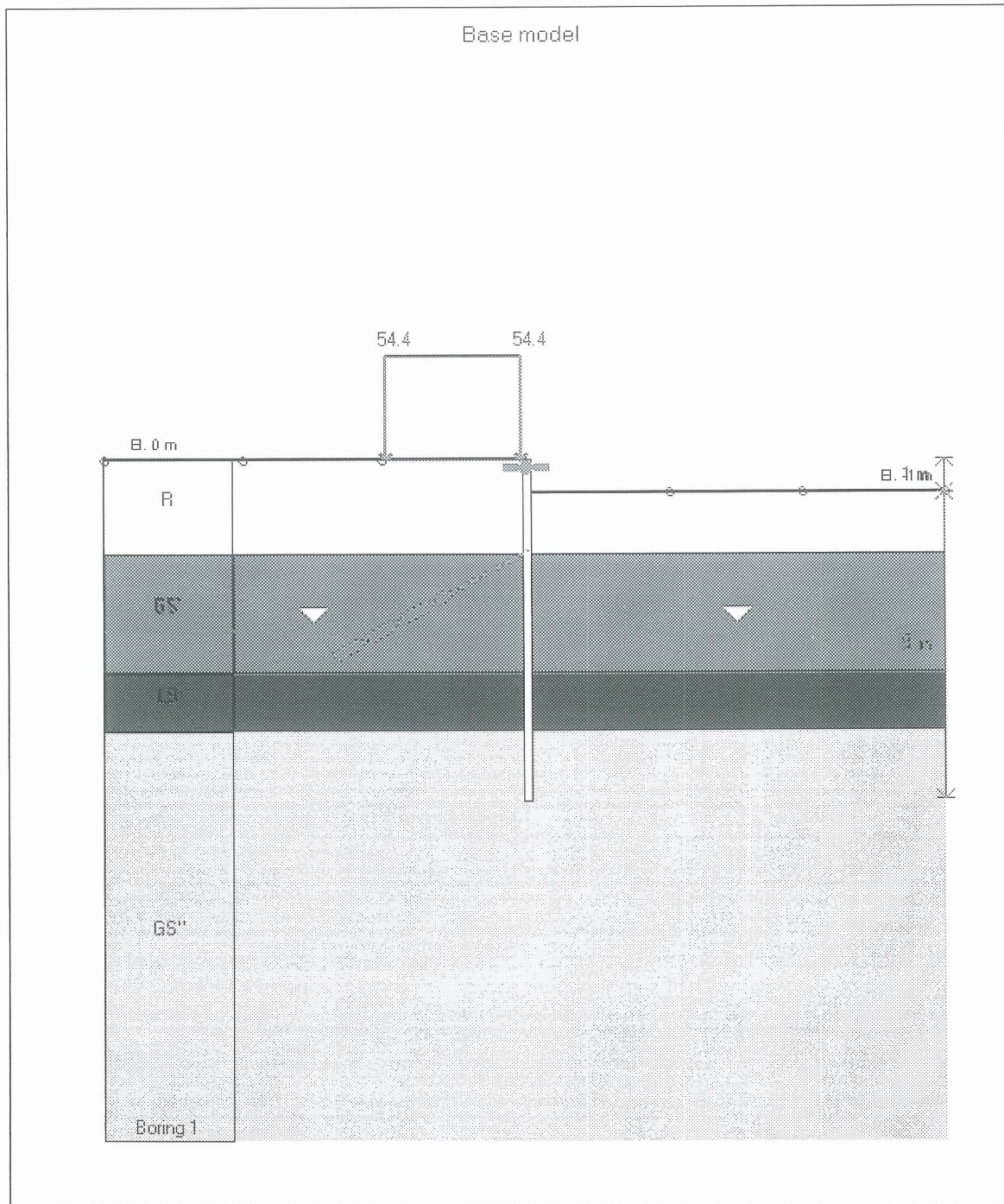


## **GRAFICI FASI DI SCAVO**

---

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

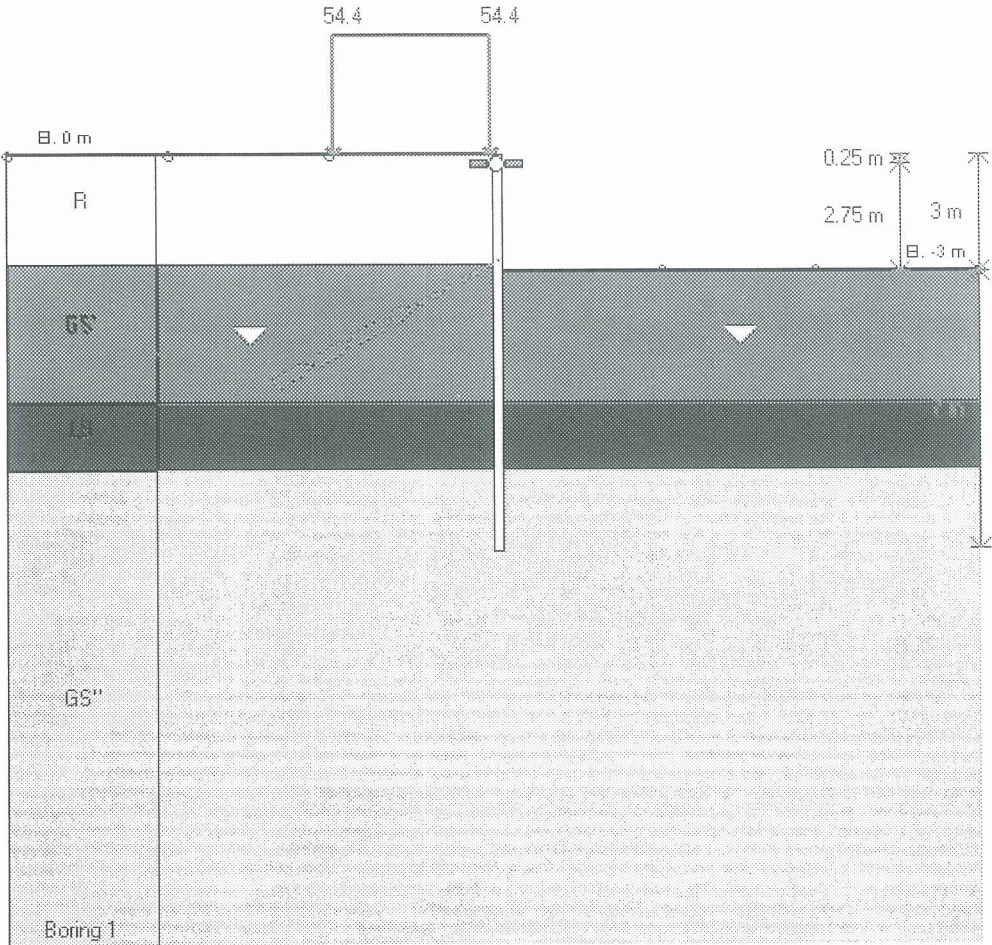




|   |                    |   |
|---|--------------------|---|
| Societa': My Company<br>Progettista: Engineer | DS: 0, New stage 1 | CeAS srl and Deep Excavation LCC<br>Paratie Plus 2011 - DeepXcar 2011 |
| WTs-xeld54\share\ING\paratie_1.DEEP           |                    | 1/31/2011   |



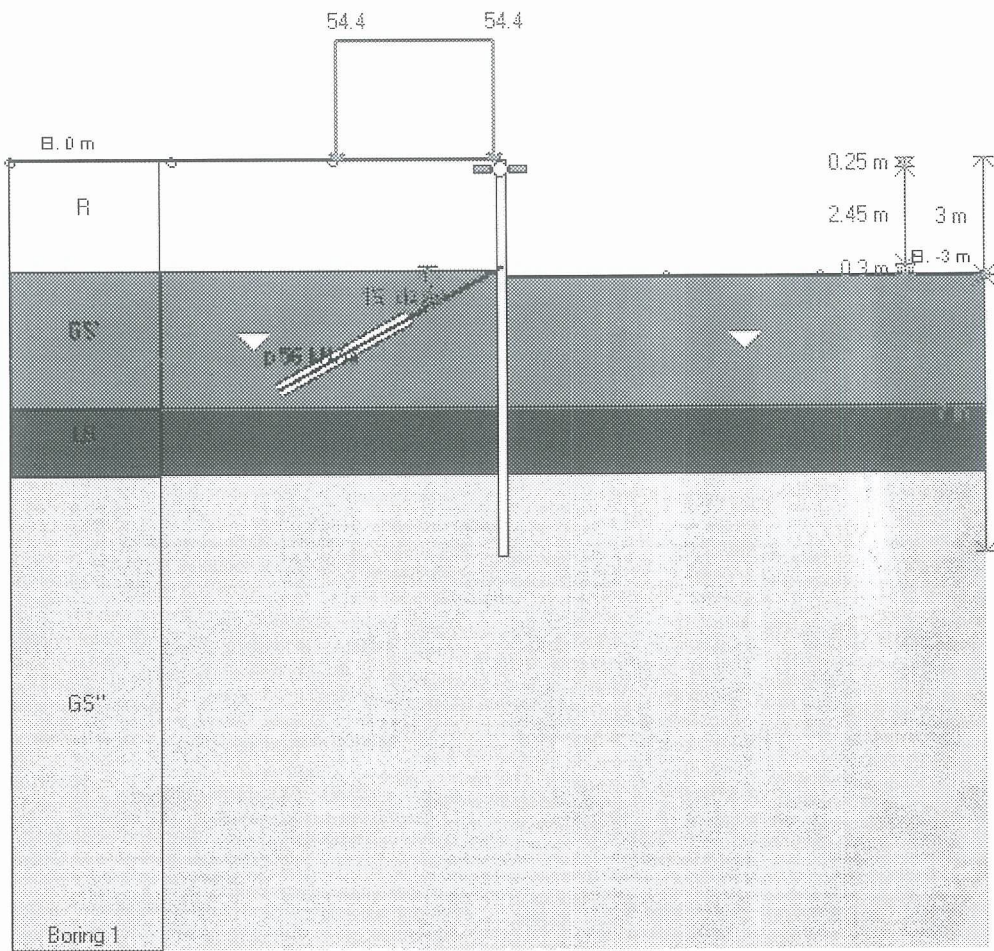
Base model



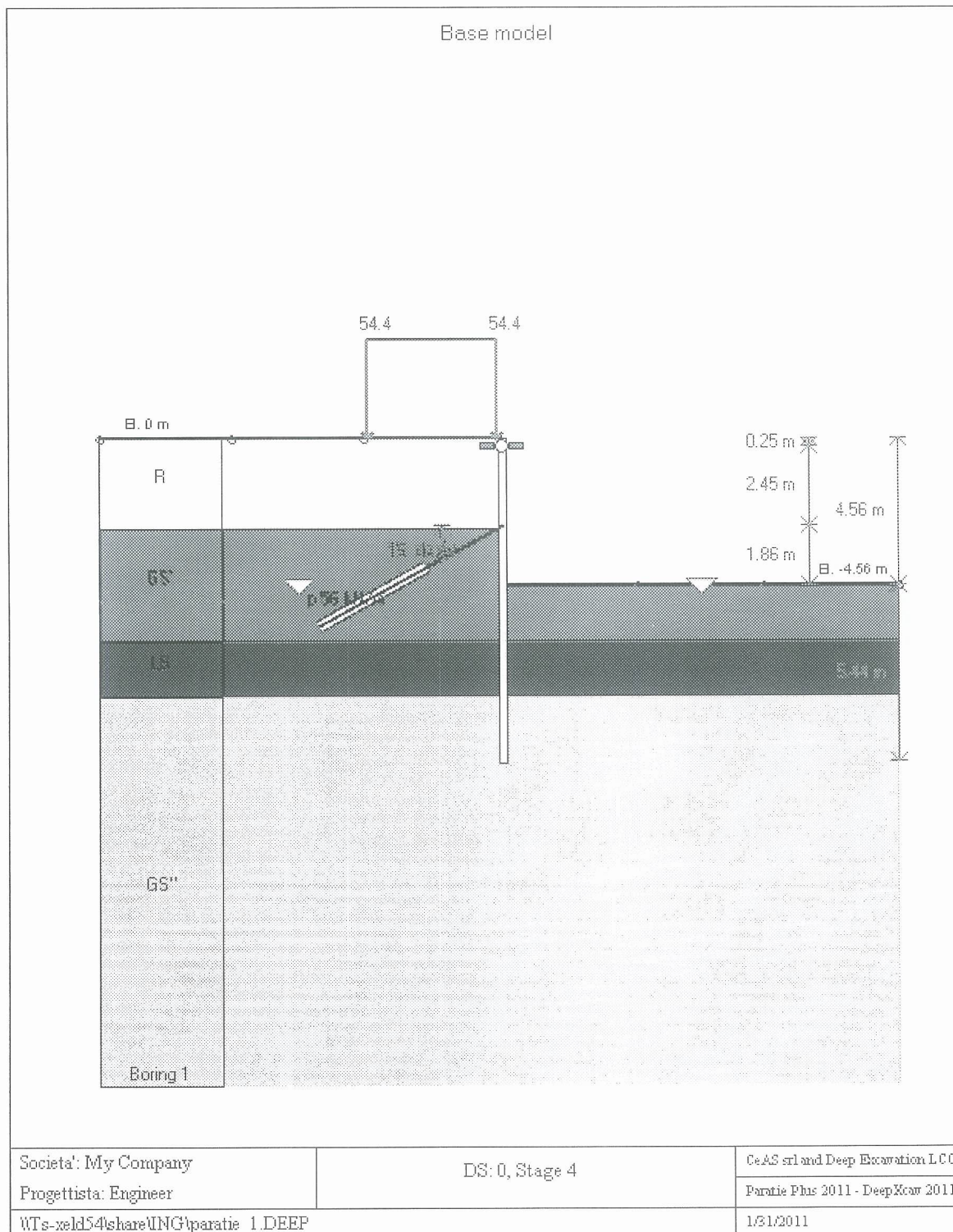
|                                     |                |                                    |
|-------------------------------------|----------------|------------------------------------|
| Societa': My Company                | DS: 0, Stage 1 | CeAS srl and Deep Excavation LCC   |
| Progettista: Engineer               |                | Paratie Plus 2011 - Deep Xcav 2011 |
| WTs-xeld54\share\ING\paratie_1.DEEP |                | 1/31/2011                          |



Base model



|  |                |   |
|--|----------------|---|
| Società: My Company<br>Progettista: Engineer | DS: 0, Stage 3 | CeAS srl and Deep Excavation LCC<br>Paratie Plus 2011 - DeepXcar 2011 |
| WT-s-xeld54share\ING\paratie_1.DEEP          |                | 1/31/2011   |





## PARAMETRI DI CALCOLO PER SINGOLA FASE

Sommario delle assunzioni dell'ultima fase

| Name    | Analysis   | Drive | ka-Mult | Htr T/B | Resist | Res  | Contle | Support | Axial | Used   | Min To | 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  | Free E |         | N/A   | 1.7    | 19.426 | 19.426 | 19.777 |
| Stage 1 | Springs-Up | Ka+ d | N/A     | N/A     | Kp+ d  | N/A  | Free E |         | N/A   | 1.7    | 4.286  | 7.178  | 10.15  |
| Stage 2 | Springs-Up | Ka+ d | N/A     | N/A     | Kp+ d  | N/A  | Free E |         | N/A   | 1.7    | 6.364  | 7.545  | N/A    |
| Stage 3 | Springs-Up | Ka+ d | N/A     | N/A     | Kp+ d  | N/A  | Free E |         | N/A   | 1.7    | 8.625  | 8.625  | N/A    |
| Stage 4 | Springs-Up | Ka+ d | N/A     | N/A     | Kp+ d  | N/A  | Free E |         | N/A   | 1.7    | 4.532  | 4.532  | N/A    |

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

Resist 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)

## DATI PER AZIONE SISMICA

L'azione sismica è stata modellata facendo uso di un approccio pseudostatico.

Summary of stage assumptions

| Stage  | Seismic g | Method          | aX  | aY  | Beta | Building Code Use |
|--------|-----------|-----------------|-----|-----|------|-------------------|
| Number | Used      | Used            | (g) | (g) |      | (Name)            |
| 0      | No        | Semi-rigid wall | 0   | 0   | 0.75 | N/A               |
| 1      | No        | Semi-rigid wall | 0   | 0   | 0.75 | N/A               |
| 2      | No        | Semi-rigid wall | 0   | 0   | 0.75 | N/A               |
| 3      | No        | Semi-rigid wall | 0   | 0   | 0.75 | N/A               |
| 4      | No        | Semi-rigid wall | 0   | 0   | 0.75 | N/A               |

N/A= parametro non disponibile

Stage number=fase di scavo

Seismic ag Used=se nello step è stata attivato il sisma

Method=metodo per calcolo spinta sismica

ax=accelerazione ah orizzontale di progetto

ay=accelerazione av verticale di progetto

Beta=coeff moltiplicatore spinta sismica (per norma USA)

Buildind code=normativa per calcolo accelerazione





## DATI VINCOLI, TIRANTI, PUNTONI, ECC

Vincolo 0: Tipo = Tirante

X = 0.3 m, Z = -2.7 m, S = 1.8 m

Lfree = 5 m, Lfix = 7 m, Rfix = 50 %

Paratia:Wall 1

| Stage No | Active | Prestress | Slab live load | User add. strain | Is base slab |
|----------|--------|-----------|----------------|------------------|--------------|
|          | Si'/No | (kN)      | (kPa)          | +expansion       | Yes/No       |
| 0        | No     | 100       | -              | -                | -            |
| 1        | No     | 100       | -              | -                | -            |
| 2        | No     | 200       | -              | -                | -            |
| 3        | Si'    | 100       | -              | -                | -            |
| 4        | Si'    | 100       | -              | -                | -            |

Vincolo 1: Tipo = Vincolo fisso

X = 0.15 m, Z = -0.25 m, S = 1 m

Paratia:Wall 1

| Stage No | Active | Prestress | Slab live load | User add. strain | Is base slab |
|----------|--------|-----------|----------------|------------------|--------------|
|          | Si'/No | (kN)      | (kPa)          | +expansion       | Yes/No       |
| 0        | No     | -         | -              | -                | -            |
| 1        | No     | -         | -              | -                | -            |
| 2        | Si'    | -         | -              | -                | -            |
| 3        | Si'    | -         | -              | -                | -            |
| 4        | Si'    | -         | -              | -                | -            |

Support type= tipo di vincolo

Tieback=tirante

Strut=puntone

Raker=Sbadacchio

LEGENDA PER TIRANTI

Dati generali

Z=quota vincolo

S=interasse in direzione orizzontale

Lfree=lunghezza tratto elastico

Lfix=lunghezza tratto rigido

Rfix=% sfruttamento tratto rigido

Stage No=numero step di scavo

Active=stato tirante (YES=attivo)

Post stress= precarico tirante (carico moltiplicato per interasse)

Walls= indica il nome della paratia alla quale il vincolo è applicato

Nel caso di solette indica il punto di partenza e cioè la paratia di sinistra

## CARICHI DI SUPERFICIE

Di seguito si riportano i carichi di superficie. Il carico di superficie rappresenta un carico di pressione parziale o lungo quanto le superfici di monte/valle uniforme o trapezoidale.

Sovraccarico 0: X1 = -8.19, X2 = -0.12

Sovraccarico variabile

| Stage No | Active | X1    | Z1  | qX1   | qZ1   | X2    | Z2  | qX2   | qZ2   |
|----------|--------|-------|-----|-------|-------|-------|-----|-------|-------|
|          | Si'/No | (m)   | (m) | (kPa) | (kPa) | (m)   | (m) | (kPa) | (kPa) |
| 0        | No     | -8.19 | 0   | 0     | 54.4  | -0.12 | 0   | 0     | 54.4  |

|   |     |       |   |   |      |       |   |   |      |
|---|-----|-------|---|---|------|-------|---|---|------|
| 1 | Si' | -8.19 | 0 | 0 | 54.4 | -0.12 | 0 | 0 | 54.4 |
| 2 | Si' | -8.19 | 0 | 0 | 54.4 | -0.12 | 0 | 0 | 54.4 |
| 3 | Si' | -8.19 | 0 | 0 | 54.4 | -0.12 | 0 | 0 | 54.4 |
| 4 | Si' | -8.19 | 0 | 0 | 54.4 | -0.12 | 0 | 0 | 54.4 |

## LEGENDA

Stage No=fase di scavo

Active=stato carico (Yes=attivo)

-----

X1=coordinata X primo estremo carico

Z1=coordinata Z primo estremo carico

qX1=valore carico in direz orizzontale primo estremo

qZ1=valore carico in direz verticale primo estremo

-----

X2=coordinata X secondo estremo carico

Z2=coordinata Z secondo estremo carico

qX2=valore carico in direz orizzontale secondo estremo

qZ2=valore carico in direz verticale secondo estremo

## Stabilita' del piede

### FS infissione per fase

|          | FS minimo al | FS Passivo | FS Rotazione | FS Lunghezza | FS Pass. mobilizzato | FS Forza attiva / attiva teorica |
|----------|--------------|------------|--------------|--------------|----------------------|----------------------------------|
| Stage #0 | 19.426       | 19.777     | 19.426       | 100          | 11.301               | 1.755                            |
| Stage #1 | 4.286        | 10.15      | 7.178        | 4.286        | 8.206                | 1.338                            |
| Stage #2 | 6.364        | N/A        | 7.545        | 6.364        | 5.033                | 1.236                            |
| Stage #3 | 8.625        | N/A        | 8.625        | 11.667       | 5.148                | 1.395                            |
| Stage #4 | 4.532        | N/A        | 4.532        | 4.772        | 2.872                | 1.191                            |

## TABELLA RISULTATI PARATIA

### Wall 1 Stage: 0

| Wall | EL    | Sht L  | Sht R  | Shs L  | Shs R  | q     | U L   | U R   | M       | V      | dx   | Mcap L  | Mcap R  | VcapL  | VcapR  |
|------|-------|--------|--------|--------|--------|-------|-------|-------|---------|--------|------|---------|---------|--------|--------|
| Node | (m)   | (kPa)  | (kPa)  | (kPa)  | (kPa)  | (kPa) | (kPa) | (kPa) | (kN-m/) | (kN/m) | (cm) | (kN-m/) | (kN-m/) | (kN/m) | (kN/m) |
| 0    | 0     | 0      | 0      | 0      | 0      | 0     | 0     | 0     | 0       | 0      | 0    | 63.14   | 63.14   | 401.71 | 401.71 |
| 2    | -0.2  | 1.9    | 1.9    | 1.9    | 1.9    | 0     | 0     | 0     | 0       | 0      | 0    | 63.14   | 63.14   | 401.71 | 401.71 |
| 4    | -0.35 | 3.325  | 3.325  | 3.325  | 3.325  | 0     | 0     | 0     | 0       | 0      | 0    | 63.14   | 63.14   | 401.71 | 401.71 |
| 6    | -0.55 | 5.225  | 5.225  | 5.225  | 5.225  | 0     | 0     | 0     | 0       | 0      | 0    | 63.14   | 63.14   | 401.71 | 401.71 |
| 8    | -0.75 | 7.125  | 7.125  | 7.125  | 7.125  | 0     | 0     | 0     | 0       | 0      | 0    | 63.14   | 63.14   | 401.71 | 401.71 |
| 10   | -0.95 | 9.025  | 9.025  | 9.025  | 9.025  | 0     | 0     | 0     | 0       | 0      | 0    | 63.14   | 63.14   | 401.71 | 401.71 |
| 12   | -1.15 | 10.925 | 10.925 | 10.925 | 10.925 | 0     | 0     | 0     | 0       | 0      | 0    | 63.14   | 63.14   | 401.71 | 401.71 |
| 14   | -1.35 | 12.825 | 12.825 | 12.825 | 12.825 | 0     | 0     | 0     | 0       | 0      | 0    | 63.14   | 63.14   | 401.71 | 401.71 |
| 16   | -1.55 | 14.725 | 14.725 | 14.725 | 14.725 | 0     | 0     | 0     | 0       | 0      | 0    | 63.14   | 63.14   | 401.71 | 401.71 |
| 18   | -1.75 | 16.625 | 16.625 | 16.625 | 16.625 | 0     | 0     | 0     | 0       | 0      | 0    | 63.14   | 63.14   | 401.71 | 401.71 |
| 20   | -1.95 | 18.525 | 18.525 | 18.525 | 18.525 | 0     | 0     | 0     | 0       | 0      | 0    | 63.14   | 63.14   | 401.71 | 401.71 |
| 22   | -2.15 | 20.425 | 20.425 | 20.425 | 20.425 | 0     | 0     | 0     | 0       | 0      | 0    | 63.14   | 63.14   | 401.71 | 401.71 |
| 24   | -2.35 | 22.325 | 22.325 | 22.325 | 22.325 | 0     | 0     | 0     | 0       | 0      | 0    | 63.14   | 63.14   | 401.71 | 401.71 |
| 26   | -2.55 | 24.225 | 24.225 | 24.225 | 24.225 | 0     | 0     | 0     | 0       | 0      | 0    | 63.14   | 63.14   | 401.71 | 401.71 |
| 28   | -2.7  | 25.65  | 25.65  | 25.65  | 25.65  | 0     | 0     | 0     | 0       | 0      | 0    | 63.14   | 63.14   | 401.71 | 401.71 |
| 30   | -2.9  | 23.473 | 23.473 | 23.473 | 23.473 | 0     | 0     | 0     | 0       | 0      | 0    | 63.14   | 63.14   | 401.71 | 401.71 |
| 32   | -3.1  | 25.091 | 25.091 | 25.091 | 25.091 | 0     | 0     | 0     | 0       | 0      | 0    | 63.14   | 63.14   | 401.71 | 401.71 |
| 34   | -3.3  | 26.71  | 26.71  | 26.71  | 26.71  | 0     | 0     | 0     | 0       | 0      | 0    | 63.14   | 63.14   | 401.71 | 401.71 |
| 36   | -3.5  | 28.329 | 28.329 | 28.329 | 28.329 | 0     | 0     | 0     | 0       | 0      | 0    | 63.14   | 63.14   | 401.71 | 401.71 |

|     |      |         |         |        |        |   |    |    |   |   |   |       |       |        |        |
|-----|------|---------|---------|--------|--------|---|----|----|---|---|---|-------|-------|--------|--------|
| 38  | -3.7 | 29.948  | 29.948  | 29.948 | 29.948 | 0 | 0  | 0  | 0 | 0 | 0 | 63.14 | 63.14 | 401.71 | 401.71 |
| 40  | -3.9 | 31.567  | 31.567  | 31.567 | 31.567 | 0 | 0  | 0  | 0 | 0 | 0 | 63.14 | 63.14 | 401.71 | 401.71 |
| 42  | -4.1 | 33.185  | 33.185  | 33.185 | 33.185 | 0 | 0  | 0  | 0 | 0 | 0 | 63.14 | 63.14 | 401.71 | 401.71 |
| 44  | -4.3 | 34.804  | 34.804  | 34.804 | 34.804 | 0 | 0  | 0  | 0 | 0 | 0 | 63.14 | 63.14 | 401.71 | 401.71 |
| 46  | -4.5 | 36.423  | 36.423  | 36.423 | 36.423 | 0 | 0  | 0  | 0 | 0 | 0 | 63.14 | 63.14 | 401.71 | 401.71 |
| 48  | -4.7 | 38.042  | 38.042  | 38.042 | 38.042 | 0 | 0  | 0  | 0 | 0 | 0 | 63.14 | 63.14 | 401.71 | 401.71 |
| 50  | -4.9 | 39.661  | 39.661  | 39.661 | 39.661 | 0 | 0  | 0  | 0 | 0 | 0 | 63.14 | 63.14 | 401.71 | 401.71 |
| 52  | -5.1 | 41.853  | 41.853  | 40.853 | 40.853 | 0 | 1  | 1  | 0 | 0 | 0 | 63.14 | 63.14 | 401.71 | 401.71 |
| 54  | -5.3 | 44.62   | 44.62   | 41.62  | 41.62  | 0 | 3  | 3  | 0 | 0 | 0 | 63.14 | 63.14 | 401.71 | 401.71 |
| 56  | -5.5 | 47.387  | 47.387  | 42.387 | 42.387 | 0 | 5  | 5  | 0 | 0 | 0 | 63.14 | 63.14 | 401.71 | 401.71 |
| 58  | -5.7 | 50.154  | 50.154  | 43.154 | 43.154 | 0 | 7  | 7  | 0 | 0 | 0 | 63.14 | 63.14 | 401.71 | 401.71 |
| 60  | -5.9 | 52.921  | 52.921  | 43.921 | 43.921 | 0 | 9  | 9  | 0 | 0 | 0 | 63.14 | 63.14 | 401.71 | 401.71 |
| 62  | -6.1 | 55.687  | 55.687  | 44.687 | 44.687 | 0 | 11 | 11 | 0 | 0 | 0 | 63.14 | 63.14 | 401.71 | 401.71 |
| 64  | -6.3 | 71.258  | 71.258  | 58.258 | 58.258 | 0 | 13 | 13 | 0 | 0 | 0 | 63.14 | 63.14 | 401.71 | 401.71 |
| 66  | -6.5 | 74.241  | 74.241  | 59.241 | 59.241 | 0 | 15 | 15 | 0 | 0 | 0 | 63.14 | 63.14 | 401.71 | 401.71 |
| 68  | -6.7 | 77.224  | 77.224  | 60.224 | 60.224 | 0 | 17 | 17 | 0 | 0 | 0 | 63.14 | 63.14 | 401.71 | 401.71 |
| 70  | -6.9 | 80.207  | 80.207  | 61.207 | 61.207 | 0 | 19 | 19 | 0 | 0 | 0 | 63.14 | 63.14 | 401.71 | 401.71 |
| 72  | -7.1 | 83.189  | 83.189  | 62.189 | 62.189 | 0 | 21 | 21 | 0 | 0 | 0 | 63.14 | 63.14 | 401.71 | 401.71 |
| 74  | -7.3 | 86.172  | 86.172  | 63.172 | 63.172 | 0 | 23 | 23 | 0 | 0 | 0 | 63.14 | 63.14 | 401.71 | 401.71 |
| 76  | -7.5 | 89.155  | 89.155  | 64.155 | 64.155 | 0 | 25 | 25 | 0 | 0 | 0 | 63.14 | 63.14 | 401.71 | 401.71 |
| 78  | -7.7 | 92.138  | 92.138  | 65.138 | 65.138 | 0 | 27 | 27 | 0 | 0 | 0 | 63.14 | 63.14 | 401.71 | 401.71 |
| 80  | -7.9 | 95.121  | 95.121  | 66.121 | 66.121 | 0 | 29 | 29 | 0 | 0 | 0 | 63.14 | 63.14 | 401.71 | 401.71 |
| 82  | -8.1 | 83.355  | 83.355  | 52.355 | 52.355 | 0 | 31 | 31 | 0 | 0 | 0 | 63.14 | 63.14 | 401.71 | 401.71 |
| 84  | -8.3 | 86.122  | 86.122  | 53.122 | 53.122 | 0 | 33 | 33 | 0 | 0 | 0 | 63.14 | 63.14 | 401.71 | 401.71 |
| 86  | -8.5 | 88.889  | 88.889  | 53.889 | 53.889 | 0 | 35 | 35 | 0 | 0 | 0 | 63.14 | 63.14 | 401.71 | 401.71 |
| 88  | -8.7 | 91.656  | 91.656  | 54.656 | 54.656 | 0 | 37 | 37 | 0 | 0 | 0 | 63.14 | 63.14 | 401.71 | 401.71 |
| 90  | -8.9 | 94.423  | 94.423  | 55.423 | 55.423 | 0 | 39 | 39 | 0 | 0 | 0 | 63.14 | 63.14 | 401.71 | 401.71 |
| 92  | -9.1 | 97.189  | 97.189  | 56.189 | 56.189 | 0 | 41 | 41 | 0 | 0 | 0 | 63.14 | 63.14 | 401.71 | 401.71 |
| 94  | -9.3 | 99.956  | 99.956  | 56.956 | 56.956 | 0 | 43 | 43 | 0 | 0 | 0 | 63.14 | 63.14 | 401.71 | 401.71 |
| 96  | -9.5 | 102.723 | 102.723 | 57.723 | 57.723 | 0 | 45 | 45 | 0 | 0 | 0 | 63.14 | 63.14 | 401.71 | 401.71 |
| 98  | -9.7 | 105.49  | 105.49  | 58.49  | 58.49  | 0 | 47 | 47 | 0 | 0 | 0 | 63.14 | 63.14 | 401.71 | 401.71 |
| 100 | -9.9 | 108.257 | 108.257 | 59.257 | 59.257 | 0 | 49 | 49 | 0 | 0 | 0 | 63.14 | 63.14 | 401.71 | 401.71 |

Wall 1 Stage: 1

| Wall | EL    | Sht L  | Sht R  | Shs L  | Shs R  | q     | U L   | U R   | M       | V      | dx   | Mcap L  | Mcap R  | VcapL  | VcapR  |
|------|-------|--------|--------|--------|--------|-------|-------|-------|---------|--------|------|---------|---------|--------|--------|
| Node | (m)   | (kPa)  | (kPa)  | (kPa)  | (kPa)  | (kPa) | (kPa) | (kPa) | (kN-m/) | (kN/m) | (cm) | (kN-m/) | (kN-m/) | (kN/m) | (kN/m) |
| 0    | 0     | 0      | 0      | 0      | 0      | 0     | 0     | 0     | 0       | 0      | 0.51 | 63.14   | 63.14   | 401.71 | 401.71 |
| 2    | -0.2  | 4.294  | 0      | 4.294  | 0      | 0     | 0     | 0     | 0.02    | 0.16   | 0.46 | 63.14   | 63.14   | 401.71 | 401.71 |
| 4    | -0.35 | 8.072  | 0      | 8.072  | 0      | 0     | 0     | 0     | 0.14    | 0.98   | 0.42 | 63.14   | 63.14   | 401.71 | 401.71 |
| 6    | -0.55 | 11.264 | 0      | 11.264 | 0      | 0     | 0     | 0     | 0.6     | 2.83   | 0.37 | 63.14   | 63.14   | 401.71 | 401.71 |
| 8    | -0.75 | 12.629 | 0      | 12.629 | 0      | 0     | 0     | 0     | 1.51    | 5.16   | 0.32 | 63.14   | 63.14   | 401.71 | 401.71 |
| 10   | -0.95 | 14.55  | 0      | 14.55  | 0      | 0     | 0     | 0     | 2.94    | 7.82   | 0.27 | 63.14   | 63.14   | 401.71 | 401.71 |
| 12   | -1.15 | 15.667 | 12.221 | 15.667 | 12.221 | 0     | 0     | 0     | 4.9     | 10.38  | 0.23 | 63.14   | 63.14   | 401.71 | 401.71 |
| 14   | -1.35 | 17.243 | 28.515 | 17.243 | 28.515 | 0     | 0     | 0     | 7.01    | 10.36  | 0.18 | 63.14   | 63.14   | 401.71 | 401.71 |
| 16   | -1.55 | 18.302 | 43.548 | 18.302 | 43.548 | 0     | 0     | 0     | 8.67    | 7.34   | 0.14 | 63.14   | 63.14   | 401.71 | 401.71 |
| 18   | -1.75 | 19.728 | 38.068 | 19.728 | 38.068 | 0     | 0     | 0     | 9.41    | 2.63   | 0.11 | 63.14   | 63.14   | 401.71 | 401.71 |
| 20   | -1.95 | 20.77  | 33.764 | 20.77  | 33.764 | 0     | 0     | 0     | 9.42    | -0.75  | 0.08 | 63.14   | 63.14   | 401.71 | 401.71 |
| 22   | -2.15 | 22.116 | 30.652 | 22.116 | 30.652 | 0     | 0     | 0     | 8.9     | -3.13  | 0.06 | 63.14   | 63.14   | 401.71 | 401.71 |
| 24   | -2.35 | 23.154 | 28.673 | 23.154 | 28.673 | 0     | 0     | 0     | 8.03    | -4.67  | 0.04 | 63.14   | 63.14   | 401.71 | 401.71 |
| 26   | -2.55 | 24.45  | 27.72  | 24.45  | 27.72  | 0     | 0     | 0     | 6.94    | -5.66  | 0.03 | 63.14   | 63.14   | 401.71 | 401.71 |
| 28   | -2.7  | 27.904 | 27.596 | 27.904 | 27.596 | 0     | 0     | 0     | 6.04    | -6.12  | 0.02 | 63.14   | 63.14   | 401.71 | 401.71 |
| 30   | -2.9  | 23.207 | 26.054 | 23.207 | 26.054 | 0     | 0     | 0     | 4.77    | -6.61  | 0.01 | 63.14   | 63.14   | 401.71 | 401.71 |



|     |      |         |         |        |        |   |    |    |       |       |      |       |       |        |        |
|-----|------|---------|---------|--------|--------|---|----|----|-------|-------|------|-------|-------|--------|--------|
| 32  | -3.1 | 29.421  | 25.885  | 29.421 | 25.885 | 0 | 0  | 0  | 3.4   | -6.81 | 0.01 | 63.14 | 63.14 | 401.71 | 401.71 |
| 34  | -3.3 | 33.364  | 26.696  | 33.364 | 26.696 | 0 | 0  | 0  | 2.16  | -5.9  | 0.01 | 63.14 | 63.14 | 401.71 | 401.71 |
| 36  | -3.5 | 35.375  | 28.292  | 35.375 | 28.292 | 0 | 0  | 0  | 1.19  | -4.52 | 0.01 | 63.14 | 63.14 | 401.71 | 401.71 |
| 38  | -3.7 | 36.733  | 30.299  | 36.733 | 30.299 | 0 | 0  | 0  | 0.49  | -3.11 | 0.01 | 63.14 | 63.14 | 401.71 | 401.71 |
| 40  | -3.9 | 37.444  | 32.402  | 37.444 | 32.402 | 0 | 0  | 0  | 0.06  | -1.9  | 0.01 | 63.14 | 63.14 | 401.71 | 401.71 |
| 42  | -4.1 | 38.33   | 34.298  | 38.33  | 34.298 | 0 | 0  | 0  | -0.17 | -0.93 | 0.01 | 63.14 | 63.14 | 401.71 | 401.71 |
| 44  | -4.3 | 39.105  | 36.19   | 39.105 | 36.19  | 0 | 0  | 0  | -0.24 | -0.18 | 0.01 | 63.14 | 63.14 | 401.71 | 401.71 |
| 46  | -4.5 | 40.266  | 38.041  | 40.266 | 38.041 | 0 | 0  | 0  | -0.19 | 0.38  | 0.01 | 63.14 | 63.14 | 401.71 | 401.71 |
| 48  | -4.7 | 41.357  | 39.844  | 41.357 | 39.844 | 0 | 0  | 0  | -0.06 | 0.79  | 0.01 | 63.14 | 63.14 | 401.71 | 401.71 |
| 50  | -4.9 | 42.681  | 41.618  | 42.681 | 41.618 | 0 | 0  | 0  | 0.14  | 1.06  | 0.01 | 63.14 | 63.14 | 401.71 | 401.71 |
| 52  | -5.1 | 44.277  | 43.968  | 43.277 | 42.968 | 0 | 1  | 1  | 0.38  | 1.23  | 0.01 | 63.14 | 63.14 | 401.71 | 401.71 |
| 54  | -5.3 | 46.338  | 46.924  | 43.338 | 43.924 | 0 | 3  | 3  | 0.63  | 1.25  | 0.01 | 63.14 | 63.14 | 401.71 | 401.71 |
| 56  | -5.5 | 47.748  | 49.973  | 42.748 | 44.973 | 0 | 5  | 5  | 0.86  | 1.06  | 0.01 | 63.14 | 63.14 | 401.71 | 401.71 |
| 58  | -5.7 | 48.688  | 53.16   | 41.688 | 46.16  | 0 | 7  | 7  | 0.99  | 0.5   | 0.01 | 63.14 | 63.14 | 401.71 | 401.71 |
| 60  | -5.9 | 48.733  | 56.505  | 39.733 | 47.505 | 0 | 9  | 9  | 0.94  | -0.55 | 0.02 | 63.14 | 63.14 | 401.71 | 401.71 |
| 62  | -6.1 | 48.25   | 59.998  | 37.25  | 48.998 | 0 | 11 | 11 | 0.58  | -2.3  | 0.02 | 63.14 | 63.14 | 401.71 | 401.71 |
| 64  | -6.3 | 81.496  | 73.299  | 68.496 | 60.299 | 0 | 13 | 13 | -0.25 | -4.88 | 0.02 | 63.14 | 63.14 | 401.71 | 401.71 |
| 66  | -6.5 | 83.292  | 76.674  | 68.292 | 61.674 | 0 | 15 | 15 | -0.99 | -3.33 | 0.02 | 63.14 | 63.14 | 401.71 | 401.71 |
| 68  | -6.7 | 85.166  | 79.969  | 68.166 | 62.969 | 0 | 17 | 17 | -1.47 | -2.08 | 0.03 | 63.14 | 63.14 | 401.71 | 401.71 |
| 70  | -6.9 | 87.613  | 83.146  | 68.613 | 64.146 | 0 | 19 | 19 | -1.73 | -1.09 | 0.03 | 63.14 | 63.14 | 401.71 | 401.71 |
| 72  | -7.1 | 90.354  | 86.182  | 69.354 | 65.182 | 0 | 21 | 21 | -1.82 | -0.22 | 0.03 | 63.14 | 63.14 | 401.71 | 401.71 |
| 74  | -7.3 | 93.592  | 89.07   | 70.592 | 66.07  | 0 | 23 | 23 | -1.74 | 0.62  | 0.03 | 63.14 | 63.14 | 401.71 | 401.71 |
| 76  | -7.5 | 97.462  | 91.817  | 72.462 | 66.817 | 0 | 25 | 25 | -1.47 | 1.58  | 0.03 | 63.14 | 63.14 | 401.71 | 401.71 |
| 78  | -7.7 | 101.568 | 94.444  | 74.568 | 67.444 | 0 | 27 | 27 | -0.98 | 2.78  | 0.02 | 63.14 | 63.14 | 401.71 | 401.71 |
| 80  | -7.9 | 106.088 | 96.993  | 77.088 | 67.993 | 0 | 29 | 29 | -0.2  | 4.31  | 0.02 | 63.14 | 63.14 | 401.71 | 401.71 |
| 82  | -8.1 | 74.877  | 87.9    | 43.877 | 56.9   | 0 | 31 | 31 | 0.68  | 3.64  | 0.02 | 63.14 | 63.14 | 401.71 | 401.71 |
| 84  | -8.3 | 81.632  | 89.769  | 48.632 | 56.769 | 0 | 33 | 33 | 1.05  | 1.29  | 0.01 | 63.14 | 63.14 | 401.71 | 401.71 |
| 86  | -8.5 | 87.413  | 91.826  | 52.413 | 56.826 | 0 | 35 | 35 | 1.08  | -0.13 | 0.01 | 63.14 | 63.14 | 401.71 | 401.71 |
| 88  | -8.7 | 92.291  | 94.081  | 55.291 | 57.081 | 0 | 37 | 37 | 0.94  | -0.87 | 0.01 | 63.14 | 63.14 | 401.71 | 401.71 |
| 90  | -8.9 | 96.38   | 96.509  | 57.38  | 57.509 | 0 | 39 | 39 | 0.72  | -1.14 | 0.01 | 63.14 | 63.14 | 401.71 | 401.71 |
| 92  | -9.1 | 99.861  | 99.07   | 58.861 | 58.07  | 0 | 41 | 41 | 0.49  | -1.11 | 0.01 | 63.14 | 63.14 | 401.71 | 401.71 |
| 94  | -9.3 | 102.926 | 101.724 | 59.926 | 58.724 | 0 | 43 | 43 | 0.3   | -0.93 | 0.01 | 63.14 | 63.14 | 401.71 | 401.71 |
| 96  | -9.5 | 105.739 | 104.433 | 60.739 | 59.433 | 0 | 45 | 45 | 0.15  | -0.68 | 0.01 | 63.14 | 63.14 | 401.71 | 401.71 |
| 98  | -9.7 | 108.428 | 107.17  | 61.428 | 60.17  | 0 | 47 | 47 | 0.05  | -0.42 | 0.01 | 63.14 | 63.14 | 401.71 | 401.71 |
| 100 | -9.9 | 111.074 | 109.919 | 62.074 | 60.919 | 0 | 49 | 49 | 0.01  | -0.17 | 0.01 | 63.14 | 63.14 | 401.71 | 401.71 |

Wall 1 Stage: 2

| Wall | EL    | Sht L  | Sht R | Shs L  | Shs R | q     | U L   | U R   | M       | V      | dx   | Mcap L  | Mcap R  | VcapL  | VcapR  |
|------|-------|--------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|---------|--------|------|---------|---------|--------|--------|
| Node | (m)   | (kPa)  | (kPa) | (kPa)  | (kPa) | (kPa) | (kPa) | (kPa) | (kN-m/) | (kN/m) | (cm) | (kN-m/) | (kN-m/) | (kN/m) | (kN/m) |
| 0    | 0     | 0      | 0     | 0      | 0     | 0     | 0     | 0     | 0       | 0      | 0.37 | 63.14   | 63.14   | 401.71 | 401.71 |
| 2    | -0.2  | 9.233  | 0     | 9.233  | 0     | 0     | 0     | 0     | 0.12    | 1.15   | 0.43 | 63.14   | 63.14   | 401.71 | 401.71 |
| 4    | -0.35 | 8.072  | 0     | 8.072  | 0     | 0     | 0     | 0     | -2.19   | -23.96 | 0.48 | 63.14   | 63.14   | 401.71 | 401.71 |
| 6    | -0.55 | 11.264 | 0     | 11.264 | 0     | 0     | 0     | 0     | -6.71   | -22.1  | 0.54 | 63.14   | 63.14   | 401.71 | 401.71 |
| 8    | -0.75 | 12.629 | 0     | 12.629 | 0     | 0     | 0     | 0     | -10.79  | -19.78 | 0.6  | 63.14   | 63.14   | 401.71 | 401.71 |
| 10   | -0.95 | 14.55  | 0     | 14.55  | 0     | 0     | 0     | 0     | -14.35  | -17.12 | 0.65 | 63.14   | 63.14   | 401.71 | 401.71 |
| 12   | -1.15 | 15.667 | 0     | 15.667 | 0     | 0     | 0     | 0     | -17.33  | -14.15 | 0.7  | 63.14   | 63.14   | 401.71 | 401.71 |
| 14   | -1.35 | 17.243 | 0     | 17.243 | 0     | 0     | 0     | 0     | -19.68  | -10.91 | 0.73 | 63.14   | 63.14   | 401.71 | 401.71 |
| 16   | -1.55 | 18.302 | 0     | 18.302 | 0     | 0     | 0     | 0     | -21.34  | -7.41  | 0.75 | 63.14   | 63.14   | 401.71 | 401.71 |
| 18   | -1.75 | 19.728 | 0     | 19.728 | 0     | 0     | 0     | 0     | -22.27  | -3.7   | 0.76 | 63.14   | 63.14   | 401.71 | 401.71 |
| 20   | -1.95 | 20.77  | 0     | 20.77  | 0     | 0     | 0     | 0     | -22.41  | 0.3    | 0.76 | 63.14   | 63.14   | 401.71 | 401.71 |
| 22   | -2.15 | 22.116 | 0     | 22.116 | 0     | 0     | 0     | 0     | -21.73  | 4.51   | 0.74 | 63.14   | 63.14   | 401.71 | 401.71 |
| 24   | -2.35 | 23.154 | 0     | 23.154 | 0     | 0     | 0     | 0     | -20.16  | 8.98   | 0.71 | 63.14   | 63.14   | 401.71 | 401.71 |



|     |       |         |         |        |        |   |    |    |        |       |      |       |       |        |        |
|-----|-------|---------|---------|--------|--------|---|----|----|--------|-------|------|-------|-------|--------|--------|
| 26  | -2.55 | 24.45   | 0       | 24.45  | 0      | 0 | 0  | 0  | -17.66 | 13.66 | 0.67 | 63.14 | 63.14 | 401.71 | 401.71 |
| 28  | -2.7  | 25.112  | 0       | 25.112 | 0      | 0 | 0  | 0  | -15.15 | 17.98 | 0.63 | 63.14 | 63.14 | 401.71 | 401.71 |
| 30  | -2.9  | 21.307  | 0       | 21.307 | 0      | 0 | 0  | 0  | -10.97 | 21.95 | 0.57 | 63.14 | 63.14 | 401.71 | 401.71 |
| 32  | -3.1  | 22.153  | 11.168  | 22.153 | 11.168 | 0 | 0  | 0  | -5.93  | 26.26 | 0.51 | 63.14 | 63.14 | 401.71 | 401.71 |
| 34  | -3.3  | 23.159  | 33.505  | 23.159 | 33.505 | 0 | 0  | 0  | -0.46  | 27.4  | 0.44 | 63.14 | 63.14 | 401.71 | 401.71 |
| 36  | -3.5  | 24.006  | 55.841  | 24.006 | 55.841 | 0 | 0  | 0  | 4.6    | 24.25 | 0.37 | 63.14 | 63.14 | 401.71 | 401.71 |
| 38  | -3.7  | 24.997  | 55.235  | 24.997 | 55.235 | 0 | 0  | 0  | 8.49   | 17.8  | 0.3  | 63.14 | 63.14 | 401.71 | 401.71 |
| 40  | -3.9  | 25.846  | 51.545  | 25.846 | 51.545 | 0 | 0  | 0  | 11.17  | 11.99 | 0.24 | 63.14 | 63.14 | 401.71 | 401.71 |
| 42  | -4.1  | 26.825  | 48.418  | 26.825 | 48.418 | 0 | 0  | 0  | 12.82  | 7.07  | 0.18 | 63.14 | 63.14 | 401.71 | 401.71 |
| 44  | -4.3  | 27.677  | 45.935  | 27.677 | 45.935 | 0 | 0  | 0  | 13.6   | 2.92  | 0.14 | 63.14 | 63.14 | 401.71 | 401.71 |
| 46  | -4.5  | 28.646  | 44.14   | 28.646 | 44.14  | 0 | 0  | 0  | 13.65  | -0.58 | 0.1  | 63.14 | 63.14 | 401.71 | 401.71 |
| 48  | -4.7  | 29.499  | 43.047  | 29.499 | 43.047 | 0 | 0  | 0  | 13.08  | -3.57 | 0.07 | 63.14 | 63.14 | 401.71 | 401.71 |
| 50  | -4.9  | 30.461  | 42.644  | 30.461 | 42.644 | 0 | 0  | 0  | 11.97  | -6.21 | 0.04 | 63.14 | 63.14 | 401.71 | 401.71 |
| 52  | -5.1  | 37.507  | 42.656  | 36.507 | 41.656 | 0 | 1  | 1  | 10.39  | -8.37 | 0.03 | 63.14 | 63.14 | 401.71 | 401.71 |
| 54  | -5.3  | 44.156  | 43.182  | 41.156 | 40.182 | 0 | 3  | 3  | 8.6    | -9.05 | 0.02 | 63.14 | 63.14 | 401.71 | 401.71 |
| 56  | -5.5  | 48.16   | 44.877  | 43.16  | 39.877 | 0 | 5  | 5  | 6.83   | -8.7  | 0.01 | 63.14 | 63.14 | 401.71 | 401.71 |
| 58  | -5.7  | 50.194  | 47.52   | 43.194 | 40.52  | 0 | 7  | 7  | 5.19   | -8.05 | 0.01 | 63.14 | 63.14 | 401.71 | 401.71 |
| 60  | -5.9  | 50.275  | 50.891  | 41.275 | 41.891 | 0 | 9  | 9  | 3.64   | -7.65 | 0.01 | 63.14 | 63.14 | 401.71 | 401.71 |
| 62  | -6.1  | 49.464  | 54.778  | 38.464 | 43.778 | 0 | 11 | 11 | 2.07   | -8.01 | 0.02 | 63.14 | 63.14 | 401.71 | 401.71 |
| 64  | -6.3  | 81.449  | 67.321  | 68.449 | 54.321 | 0 | 13 | 13 | 0.3    | -9.17 | 0.02 | 63.14 | 63.14 | 401.71 | 401.71 |
| 66  | -6.5  | 82.817  | 71.065  | 67.817 | 56.065 | 0 | 15 | 15 | -1.12  | -6.47 | 0.03 | 63.14 | 63.14 | 401.71 | 401.71 |
| 68  | -6.7  | 84.275  | 74.721  | 67.275 | 57.721 | 0 | 17 | 17 | -2.07  | -4.24 | 0.03 | 63.14 | 63.14 | 401.71 | 401.71 |
| 70  | -6.9  | 86.358  | 78.215  | 67.358 | 59.215 | 0 | 19 | 19 | -2.64  | -2.41 | 0.04 | 63.14 | 63.14 | 401.71 | 401.71 |
| 72  | -7.1  | 88.817  | 81.505  | 67.817 | 60.505 | 0 | 21 | 21 | -2.89  | -0.84 | 0.04 | 63.14 | 63.14 | 401.71 | 401.71 |
| 74  | -7.3  | 91.869  | 84.573  | 68.869 | 61.573 | 0 | 23 | 23 | -2.84  | 0.61  | 0.04 | 63.14 | 63.14 | 401.71 | 401.71 |
| 76  | -7.5  | 95.653  | 87.423  | 70.653 | 62.423 | 0 | 25 | 25 | -2.49  | 2.12  | 0.04 | 63.14 | 63.14 | 401.71 | 401.71 |
| 78  | -7.7  | 99.764  | 90.083  | 72.764 | 63.083 | 0 | 27 | 27 | -1.81  | 3.83  | 0.03 | 63.14 | 63.14 | 401.71 | 401.71 |
| 80  | -7.9  | 104.364 | 92.608  | 75.364 | 63.608 | 0 | 29 | 29 | -0.75  | 5.87  | 0.03 | 63.14 | 63.14 | 401.71 | 401.71 |
| 82  | -8.1  | 69.867  | 86.209  | 38.867 | 55.209 | 0 | 31 | 31 | 0.49   | 5.29  | 0.03 | 63.14 | 63.14 | 401.71 | 401.71 |
| 84  | -8.3  | 77.086  | 87.852  | 44.086 | 54.852 | 0 | 33 | 33 | 1.09   | 2.32  | 0.02 | 63.14 | 63.14 | 401.71 | 401.71 |
| 86  | -8.5  | 83.322  | 89.686  | 48.322 | 54.686 | 0 | 35 | 35 | 1.25   | 0.4   | 0.02 | 63.14 | 63.14 | 401.71 | 401.71 |
| 88  | -8.7  | 88.609  | 91.742  | 51.609 | 54.742 | 0 | 37 | 37 | 1.16   | -0.69 | 0.02 | 63.14 | 63.14 | 401.71 | 401.71 |
| 90  | -8.9  | 93.046  | 94.003  | 54.046 | 55.003 | 0 | 39 | 39 | 0.94   | -1.2  | 0.02 | 63.14 | 63.14 | 401.71 | 401.71 |
| 92  | -9.1  | 96.813  | 96.431  | 55.813 | 55.431 | 0 | 41 | 41 | 0.68   | -1.32 | 0.01 | 63.14 | 63.14 | 401.71 | 401.71 |
| 94  | -9.3  | 100.111 | 98.978  | 57.111 | 55.978 | 0 | 43 | 43 | 0.43   | -1.2  | 0.01 | 63.14 | 63.14 | 401.71 | 401.71 |
| 96  | -9.5  | 103.12  | 101.6   | 58.12  | 56.6   | 0 | 45 | 45 | 0.23   | -0.95 | 0.01 | 63.14 | 63.14 | 401.71 | 401.71 |
| 98  | -9.7  | 105.981 | 104.263 | 58.981 | 57.263 | 0 | 47 | 47 | 0.08   | -0.63 | 0.01 | 63.14 | 63.14 | 401.71 | 401.71 |
| 100 | -9.9  | 108.791 | 106.941 | 59.791 | 57.941 | 0 | 49 | 49 | 0.01   | -0.28 | 0.01 | 63.14 | 63.14 | 401.71 | 401.71 |

Wall 1 Stage: 3

| Wall | EL    | Sht L  | Sht R | Shs L  | Shs R | q     | U L   | U R   | M       | V      | dx   | Mcap L  | Mcap R  | VcapL  | VcapR  |
|------|-------|--------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|---------|--------|------|---------|---------|--------|--------|
| Node | (m)   | (kPa)  | (kPa) | (kPa)  | (kPa) | (kPa) | (kPa) | (kPa) | (kN-m/) | (kN/m) | (cm) | (kN-m/) | (kN-m/) | (kN/m) | (kN/m) |
| 0    | 0     | 0      | 0     | 0      | 0     | 0     | 0     | 0     | 0       | 0      | 0.37 | 63.14   | 63.14   | 401.71 | 401.71 |
| 2    | -0.2  | 8.91   | 0     | 8.91   | 0     | 0     | 0     | 0     | 0.11    | 1.06   | 0.43 | 63.14   | 63.14   | 401.71 | 401.71 |
| 4    | -0.35 | 8.72   | 0     | 8.72   | 0     | 0     | 0     | 0     | -2.52   | -27.08 | 0.48 | 63.14   | 63.14   | 401.71 | 401.71 |
| 6    | -0.55 | 13.26  | 0     | 13.26  | 0     | 0     | 0     | 0     | -7.64   | -25.03 | 0.53 | 63.14   | 63.14   | 401.71 | 401.71 |
| 8    | -0.75 | 16.121 | 0     | 16.121 | 0     | 0     | 0     | 0     | -12.23  | -22.23 | 0.59 | 63.14   | 63.14   | 401.71 | 401.71 |
| 10   | -0.95 | 19.769 | 0     | 19.769 | 0     | 0     | 0     | 0     | -16.17  | -18.79 | 0.63 | 63.14   | 63.14   | 401.71 | 401.71 |
| 12   | -1.15 | 22.901 | 0     | 22.901 | 0     | 0     | 0     | 0     | -19.32  | -14.68 | 0.67 | 63.14   | 63.14   | 401.71 | 401.71 |
| 14   | -1.35 | 26.81  | 0     | 26.81  | 0     | 0     | 0     | 0     | -21.55  | -9.88  | 0.7  | 63.14   | 63.14   | 401.71 | 401.71 |
| 16   | -1.55 | 30.495 | 0     | 30.495 | 0     | 0     | 0     | 0     | -22.71  | -4.34  | 0.71 | 63.14   | 63.14   | 401.71 | 401.71 |
| 18   | -1.75 | 34.242 | 0     | 34.242 | 0     | 0     | 0     | 0     | -22.64  | 1.95   | 0.71 | 63.14   | 63.14   | 401.71 | 401.71 |

|     |       |         |         |        |        |   |    |    |        |       |      |       |       |        |        |
|-----|-------|---------|---------|--------|--------|---|----|----|--------|-------|------|-------|-------|--------|--------|
| 20  | -1.95 | 36.888  | 0       | 36.888 | 0      | 0 | 0  | 0  | -21.21 | 8.93  | 0.69 | 63.14 | 63.14 | 401.71 | 401.71 |
| 22  | -2.15 | 39.886  | 0       | 39.886 | 0      | 0 | 0  | 0  | -18.31 | 16.43 | 0.66 | 63.14 | 63.14 | 401.71 | 401.71 |
| 24  | -2.35 | 42.221  | 0       | 42.221 | 0      | 0 | 0  | 0  | -13.81 | 24.53 | 0.63 | 63.14 | 63.14 | 401.71 | 401.71 |
| 26  | -2.55 | 44.509  | 0       | 44.509 | 0      | 0 | 0  | 0  | -7.63  | 33.08 | 0.58 | 63.14 | 63.14 | 401.71 | 401.71 |
| 28  | -2.7  | 45.368  | 0       | 45.368 | 0      | 0 | 0  | 0  | -1.83  | 40.92 | 0.54 | 63.14 | 63.14 | 401.71 | 401.71 |
| 30  | -2.9  | 45.137  | 0       | 45.137 | 0      | 0 | 0  | 0  | -3.24  | -4.82 | 0.49 | 63.14 | 63.14 | 401.71 | 401.71 |
| 32  | -3.1  | 44.402  | 0.446   | 44.402 | 0.446  | 0 | 0  | 0  | -2.85  | 4.18  | 0.44 | 63.14 | 63.14 | 401.71 | 401.71 |
| 34  | -3.3  | 43.584  | 21.132  | 43.584 | 21.132 | 0 | 0  | 0  | -0.78  | 12.15 | 0.38 | 63.14 | 63.14 | 401.71 | 401.71 |
| 36  | -3.5  | 41.095  | 46.579  | 41.095 | 46.579 | 0 | 0  | 0  | 2.19   | 15.32 | 0.33 | 63.14 | 63.14 | 401.71 | 401.71 |
| 38  | -3.7  | 36.922  | 48.772  | 36.922 | 48.772 | 0 | 0  | 0  | 5.04   | 13.72 | 0.27 | 63.14 | 63.14 | 401.71 | 401.71 |
| 40  | -3.9  | 33.452  | 47.422  | 33.452 | 47.422 | 0 | 0  | 0  | 7.42   | 11.23 | 0.22 | 63.14 | 63.14 | 401.71 | 401.71 |
| 42  | -4.1  | 31.038  | 46.134  | 31.038 | 46.134 | 0 | 0  | 0  | 9.24   | 8.38  | 0.17 | 63.14 | 63.14 | 401.71 | 401.71 |
| 44  | -4.3  | 29.387  | 45.008  | 29.387 | 45.008 | 0 | 0  | 0  | 10.46  | 5.33  | 0.13 | 63.14 | 63.14 | 401.71 | 401.71 |
| 46  | -4.5  | 28.767  | 44.103  | 28.767 | 44.103 | 0 | 0  | 0  | 11.05  | 2.21  | 0.1  | 63.14 | 63.14 | 401.71 | 401.71 |
| 48  | -4.7  | 29.499  | 43.281  | 29.499 | 43.281 | 0 | 0  | 0  | 11.04  | -0.78 | 0.07 | 63.14 | 63.14 | 401.71 | 401.71 |
| 50  | -4.9  | 30.461  | 43      | 30.461 | 43     | 0 | 0  | 0  | 10.48  | -3.47 | 0.05 | 63.14 | 63.14 | 401.71 | 401.71 |
| 52  | -5.1  | 35.679  | 43.647  | 34.679 | 42.647 | 0 | 1  | 1  | 9.42   | -5.88 | 0.03 | 63.14 | 63.14 | 401.71 | 401.71 |
| 54  | -5.3  | 42.386  | 44.141  | 39.386 | 41.141 | 0 | 3  | 3  | 8.04   | -7.13 | 0.02 | 63.14 | 63.14 | 401.71 | 401.71 |
| 56  | -5.5  | 46.59   | 45.728  | 41.59  | 40.728 | 0 | 5  | 5  | 6.58   | -7.31 | 0.01 | 63.14 | 63.14 | 401.71 | 401.71 |
| 58  | -5.7  | 48.89   | 48.227  | 41.89  | 41.227 | 0 | 7  | 7  | 5.14   | -7.12 | 0.01 | 63.14 | 63.14 | 401.71 | 401.71 |
| 60  | -5.9  | 49.25   | 51.447  | 40.25  | 42.447 | 0 | 9  | 9  | 3.73   | -7.1  | 0.01 | 63.14 | 63.14 | 401.71 | 401.71 |
| 62  | -6.1  | 48.699  | 55.193  | 37.699 | 44.193 | 0 | 11 | 11 | 2.22   | -7.76 | 0.02 | 63.14 | 63.14 | 401.71 | 401.71 |
| 64  | -6.3  | 81.252  | 67.468  | 68.252 | 54.468 | 0 | 13 | 13 | 0.46   | -9.13 | 0.02 | 63.14 | 63.14 | 401.71 | 401.71 |
| 66  | -6.5  | 82.688  | 71.162  | 67.688 | 56.162 | 0 | 15 | 15 | -0.96  | -6.5  | 0.03 | 63.14 | 63.14 | 401.71 | 401.71 |
| 68  | -6.7  | 84.199  | 74.778  | 67.199 | 57.778 | 0 | 17 | 17 | -1.93  | -4.31 | 0.03 | 63.14 | 63.14 | 401.71 | 401.71 |
| 70  | -6.9  | 86.322  | 78.243  | 67.322 | 59.243 | 0 | 19 | 19 | -2.52  | -2.51 | 0.04 | 63.14 | 63.14 | 401.71 | 401.71 |
| 72  | -7.1  | 88.809  | 81.511  | 67.809 | 60.511 | 0 | 21 | 21 | -2.78  | -0.94 | 0.04 | 63.14 | 63.14 | 401.71 | 401.71 |
| 74  | -7.3  | 91.88   | 84.565  | 68.88  | 61.565 | 0 | 23 | 23 | -2.75  | 0.51  | 0.04 | 63.14 | 63.14 | 401.71 | 401.71 |
| 76  | -7.5  | 95.674  | 87.407  | 70.674 | 62.407 | 0 | 25 | 25 | -2.42  | 2.02  | 0.04 | 63.14 | 63.14 | 401.71 | 401.71 |
| 78  | -7.7  | 99.789  | 90.064  | 72.789 | 63.064 | 0 | 27 | 27 | -1.77  | 3.74  | 0.03 | 63.14 | 63.14 | 401.71 | 401.71 |
| 80  | -7.9  | 104.39  | 92.588  | 75.39  | 63.588 | 0 | 29 | 29 | -0.72  | 5.79  | 0.03 | 63.14 | 63.14 | 401.71 | 401.71 |
| 82  | -8.1  | 69.941  | 86.169  | 38.941 | 55.169 | 0 | 31 | 31 | 0.5    | 5.23  | 0.03 | 63.14 | 63.14 | 401.71 | 401.71 |
| 84  | -8.3  | 77.148  | 87.818  | 44.148 | 54.818 | 0 | 33 | 33 | 1.09   | 2.28  | 0.02 | 63.14 | 63.14 | 401.71 | 401.71 |
| 86  | -8.5  | 83.371  | 89.659  | 48.371 | 54.659 | 0 | 35 | 35 | 1.25   | 0.38  | 0.02 | 63.14 | 63.14 | 401.71 | 401.71 |
| 88  | -8.7  | 88.645  | 91.723  | 51.645 | 54.723 | 0 | 37 | 37 | 1.15   | -0.71 | 0.02 | 63.14 | 63.14 | 401.71 | 401.71 |
| 90  | -8.9  | 93.07   | 93.99   | 54.07  | 54.99  | 0 | 39 | 39 | 0.93   | -1.2  | 0.02 | 63.14 | 63.14 | 401.71 | 401.71 |
| 92  | -9.1  | 96.827  | 96.423  | 55.827 | 55.423 | 0 | 41 | 41 | 0.67   | -1.31 | 0.01 | 63.14 | 63.14 | 401.71 | 401.71 |
| 94  | -9.3  | 100.116 | 98.975  | 57.116 | 55.975 | 0 | 43 | 43 | 0.42   | -1.19 | 0.01 | 63.14 | 63.14 | 401.71 | 401.71 |
| 96  | -9.5  | 103.118 | 101.601 | 58.118 | 56.601 | 0 | 45 | 45 | 0.22   | -0.94 | 0.01 | 63.14 | 63.14 | 401.71 | 401.71 |
| 98  | -9.7  | 105.973 | 104.268 | 58.973 | 57.268 | 0 | 47 | 47 | 0.08   | -0.62 | 0.01 | 63.14 | 63.14 | 401.71 | 401.71 |
| 100 | -9.9  | 108.776 | 106.949 | 59.776 | 57.949 | 0 | 49 | 49 | 0.01   | -0.28 | 0.01 | 63.14 | 63.14 | 401.71 | 401.71 |

Wall 1 Stage: 4

| Wall | EL    | Sht L  | Sht R | Shs L  | Shs R | q     | U L   | U R   | M       | V      | dx   | Mcap L  | Mcap R  | VcapL  | VcapR  |
|------|-------|--------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|---------|--------|------|---------|---------|--------|--------|
| Node | (m)   | (kPa)  | (kPa) | (kPa)  | (kPa) | (kPa) | (kPa) | (kPa) | (kN-m/) | (kN/m) | (cm) | (kN-m/) | (kN-m/) | (kN/m) | (kN/m) |
| 0    | 0     | 0      | 0     | 0      | 0     | 0     | 0     | 0     | 0       | 0      | 0.37 | 63.14   | 63.14   | 401.71 | 401.71 |
| 2    | -0.2  | 8.832  | 0     | 8.832  | 0     | 0     | 0     | 0     | 0.1     | 1.03   | 0.43 | 63.14   | 63.14   | 401.71 | 401.71 |
| 4    | -0.35 | 8.872  | 0     | 8.872  | 0     | 0     | 0     | 0     | -1.92   | -21.1  | 0.48 | 63.14   | 63.14   | 401.71 | 401.71 |
| 6    | -0.55 | 13.653 | 0     | 13.653 | 0     | 0     | 0     | 0     | -5.84   | -19.01 | 0.53 | 63.14   | 63.14   | 401.71 | 401.71 |
| 8    | -0.75 | 16.564 | 0     | 16.564 | 0     | 0     | 0     | 0     | -9.22   | -16.13 | 0.59 | 63.14   | 63.14   | 401.71 | 401.71 |
| 10   | -0.95 | 19.943 | 0     | 19.943 | 0     | 0     | 0     | 0     | -11.93  | -12.6  | 0.63 | 63.14   | 63.14   | 401.71 | 401.71 |
| 12   | -1.15 | 22.357 | 0     | 22.357 | 0     | 0     | 0     | 0     | -13.84  | -8.49  | 0.67 | 63.14   | 63.14   | 401.71 | 401.71 |



|     |       |         |         |        |        |   |    |    |        |        |      |       |       |        |        |
|-----|-------|---------|---------|--------|--------|---|----|----|--------|--------|------|-------|-------|--------|--------|
| 14  | -1.35 | 24.964  | 0       | 24.964 | 0      | 0 | 0  | 0  | -14.85 | -3.86  | 0.71 | 63.14 | 63.14 | 401.71 | 401.71 |
| 16  | -1.55 | 26.639  | 0       | 26.639 | 0      | 0 | 0  | 0  | -14.87 | 1.22   | 0.73 | 63.14 | 63.14 | 401.71 | 401.71 |
| 18  | -1.75 | 27.546  | 0       | 27.546 | 0      | 0 | 0  | 0  | -13.82 | 6.61   | 0.74 | 63.14 | 63.14 | 401.71 | 401.71 |
| 20  | -1.95 | 26.42   | 0       | 26.42  | 0      | 0 | 0  | 0  | -11.67 | 12.07  | 0.75 | 63.14 | 63.14 | 401.71 | 401.71 |
| 22  | -2.15 | 24.639  | 0       | 24.639 | 0      | 0 | 0  | 0  | -8.47  | 17.26  | 0.75 | 63.14 | 63.14 | 401.71 | 401.71 |
| 24  | -2.35 | 23.154  | 0       | 23.154 | 0      | 0 | 0  | 0  | -4.3   | 22.03  | 0.75 | 63.14 | 63.14 | 401.71 | 401.71 |
| 26  | -2.55 | 24.45   | 0       | 24.45  | 0      | 0 | 0  | 0  | 0.81   | 26.72  | 0.74 | 63.14 | 63.14 | 401.71 | 401.71 |
| 28  | -2.7  | 25.112  | 0       | 25.112 | 0      | 0 | 0  | 0  | 5.28   | 31.03  | 0.73 | 63.14 | 63.14 | 401.71 | 401.71 |
| 30  | -2.9  | 21.307  | 0       | 21.307 | 0      | 0 | 0  | 0  | 0.05   | -25.09 | 0.73 | 63.14 | 63.14 | 401.71 | 401.71 |
| 32  | -3.1  | 22.153  | 0       | 22.153 | 0      | 0 | 0  | 0  | -4.33  | -20.79 | 0.72 | 63.14 | 63.14 | 401.71 | 401.71 |
| 34  | -3.3  | 23.159  | 0       | 23.159 | 0      | 0 | 0  | 0  | -7.81  | -16.3  | 0.71 | 63.14 | 63.14 | 401.71 | 401.71 |
| 36  | -3.5  | 24.006  | 0       | 24.006 | 0      | 0 | 0  | 0  | -10.38 | -11.63 | 0.7  | 63.14 | 63.14 | 401.71 | 401.71 |
| 38  | -3.7  | 24.997  | 0       | 24.997 | 0      | 0 | 0  | 0  | -11.98 | -6.77  | 0.68 | 63.14 | 63.14 | 401.71 | 401.71 |
| 40  | -3.9  | 25.846  | 0       | 25.846 | 0      | 0 | 0  | 0  | -12.58 | -1.73  | 0.66 | 63.14 | 63.14 | 401.71 | 401.71 |
| 42  | -4.1  | 26.825  | 0       | 26.825 | 0      | 0 | 0  | 0  | -12.14 | 3.5    | 0.62 | 63.14 | 63.14 | 401.71 | 401.71 |
| 44  | -4.3  | 27.677  | 0       | 27.677 | 0      | 0 | 0  | 0  | -10.63 | 8.9    | 0.58 | 63.14 | 63.14 | 401.71 | 401.71 |
| 46  | -4.5  | 28.646  | 0       | 28.646 | 0      | 0 | 0  | 0  | -8.02  | 14.49  | 0.53 | 63.14 | 63.14 | 401.71 | 401.71 |
| 48  | -4.7  | 29.499  | 15.635  | 29.499 | 15.635 | 0 | 0  | 0  | -4.3   | 19.82  | 0.48 | 63.14 | 63.14 | 401.71 | 401.71 |
| 50  | -4.9  | 30.461  | 37.972  | 30.461 | 37.972 | 0 | 0  | 0  | -0.02  | 21.52  | 0.43 | 63.14 | 63.14 | 401.71 | 401.71 |
| 52  | -5.1  | 32.081  | 55.43   | 31.081 | 54.43  | 0 | 1  | 1  | 3.95   | 18.94  | 0.38 | 63.14 | 63.14 | 401.71 | 401.71 |
| 54  | -5.3  | 34.567  | 60.8    | 31.567 | 57.8   | 0 | 3  | 3  | 6.99   | 13.84  | 0.32 | 63.14 | 63.14 | 401.71 | 401.71 |
| 56  | -5.5  | 36.954  | 60.913  | 31.954 | 55.913 | 0 | 5  | 5  | 8.98   | 8.72   | 0.28 | 63.14 | 63.14 | 401.71 | 401.71 |
| 58  | -5.7  | 39.434  | 61.531  | 32.434 | 54.531 | 0 | 7  | 7  | 10.02  | 4.02   | 0.23 | 63.14 | 63.14 | 401.71 | 401.71 |
| 60  | -5.9  | 41.823  | 62.684  | 32.823 | 53.684 | 0 | 9  | 9  | 10.17  | -0.33  | 0.2  | 63.14 | 63.14 | 401.71 | 401.71 |
| 62  | -6.1  | 44.299  | 64.347  | 33.299 | 53.347 | 0 | 11 | 11 | 9.48   | -4.46  | 0.17 | 63.14 | 63.14 | 401.71 | 401.71 |
| 64  | -6.3  | 69.203  | 68.22   | 56.203 | 55.22  | 0 | 13 | 13 | 7.99   | -8.45  | 0.14 | 63.14 | 63.14 | 401.71 | 401.71 |
| 66  | -6.5  | 73.175  | 70.268  | 58.175 | 55.268 | 0 | 15 | 15 | 6.34   | -8.16  | 0.12 | 63.14 | 63.14 | 401.71 | 401.71 |
| 68  | -6.7  | 76.787  | 72.538  | 59.787 | 55.538 | 0 | 17 | 17 | 4.8    | -7.51  | 0.11 | 63.14 | 63.14 | 401.71 | 401.71 |
| 70  | -6.9  | 80.609  | 74.935  | 61.609 | 55.935 | 0 | 19 | 19 | 3.43   | -6.6   | 0.09 | 63.14 | 63.14 | 401.71 | 401.71 |
| 72  | -7.1  | 84.44   | 77.385  | 63.44  | 56.385 | 0 | 21 | 21 | 2.29   | -5.4   | 0.08 | 63.14 | 63.14 | 401.71 | 401.71 |
| 74  | -7.3  | 88.55   | 79.831  | 65.55  | 56.831 | 0 | 23 | 23 | 1.43   | -3.91  | 0.07 | 63.14 | 63.14 | 401.71 | 401.71 |
| 76  | -7.5  | 93.133  | 82.239  | 68.133 | 57.239 | 0 | 25 | 25 | 0.92   | -2.05  | 0.06 | 63.14 | 63.14 | 401.71 | 401.71 |
| 78  | -7.7  | 97.836  | 84.6    | 70.836 | 57.6   | 0 | 27 | 27 | 0.85   | 0.24   | 0.05 | 63.14 | 63.14 | 401.71 | 401.71 |
| 80  | -7.9  | 102.867 | 86.936  | 73.867 | 57.936 | 0 | 29 | 29 | 1.31   | 3.03   | 0.05 | 63.14 | 63.14 | 401.71 | 401.71 |
| 82  | -8.1  | 70.02   | 83.032  | 39.02  | 52.032 | 0 | 31 | 31 | 2.09   | 3.24   | 0.04 | 63.14 | 63.14 | 401.71 | 401.71 |
| 84  | -8.3  | 73.997  | 84.411  | 40.997 | 51.411 | 0 | 33 | 33 | 2.36   | 0.71   | 0.03 | 63.14 | 63.14 | 401.71 | 401.71 |
| 86  | -8.5  | 80.646  | 86.106  | 45.646 | 51.106 | 0 | 35 | 35 | 2.22   | -1.11  | 0.03 | 63.14 | 63.14 | 401.71 | 401.71 |
| 88  | -8.7  | 86.163  | 88.116  | 49.163 | 51.116 | 0 | 37 | 37 | 1.85   | -2.01  | 0.03 | 63.14 | 63.14 | 401.71 | 401.71 |
| 90  | -8.9  | 90.699  | 90.397  | 51.699 | 51.397 | 0 | 39 | 39 | 1.4    | -2.27  | 0.02 | 63.14 | 63.14 | 401.71 | 401.71 |
| 92  | -9.1  | 94.479  | 92.887  | 53.479 | 51.887 | 0 | 41 | 41 | 0.96   | -2.14  | 0.02 | 63.14 | 63.14 | 401.71 | 401.71 |
| 94  | -9.3  | 97.735  | 95.522  | 54.735 | 52.522 | 0 | 43 | 43 | 0.59   | -1.78  | 0.02 | 63.14 | 63.14 | 401.71 | 401.71 |
| 96  | -9.5  | 100.671 | 98.245  | 55.671 | 53.245 | 0 | 45 | 45 | 0.3    | -1.32  | 0.02 | 63.14 | 63.14 | 401.71 | 401.71 |
| 98  | -9.7  | 103.446 | 101.013 | 56.446 | 54.013 | 0 | 47 | 47 | 0.11   | -0.84  | 0.02 | 63.14 | 63.14 | 401.71 | 401.71 |
| 100 | -9.9  | 106.165 | 103.795 | 57.165 | 54.795 | 0 | 49 | 49 | 0.01   | -0.35  | 0.02 | 63.14 | 63.14 | 401.71 | 401.71 |

## LEGENDA

Wall node=numero nodo

EL=quota

Sht L=pressione terreno orizzontale totale a sx paratia

Sht R=pressione terreno orizzontale totale a dx paratia

Shs L=pressione terreno orizzontale efficace a sx paratia

Shs R=pressione terreno orizzontale efficace a dx paratia

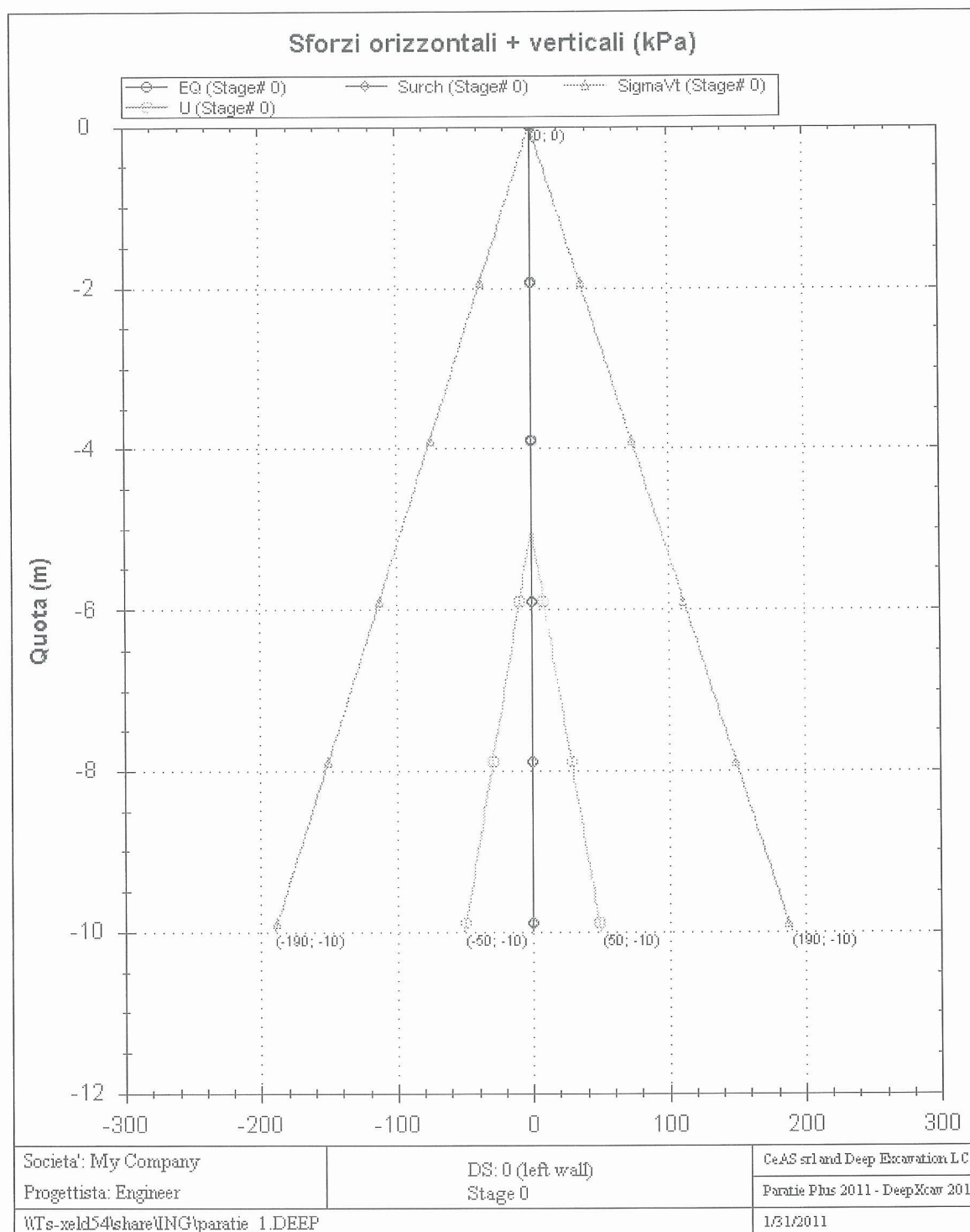
q=pressioni dovute al sovraccarico  
U L=pressione acqua a sx paratia  
U R=pressione acqua a dx paratia  
M=momento flettente (per metro)  
V=taglio (per metro)  
dx=spostamento orizzontale  
McapL=Momento ultimo lato sx  
McapR=Momento ultimo lato dx  
VcapL=Taglio ultimo resistente lato sx  
VcapR=Taglio ultimo resistente lato dx

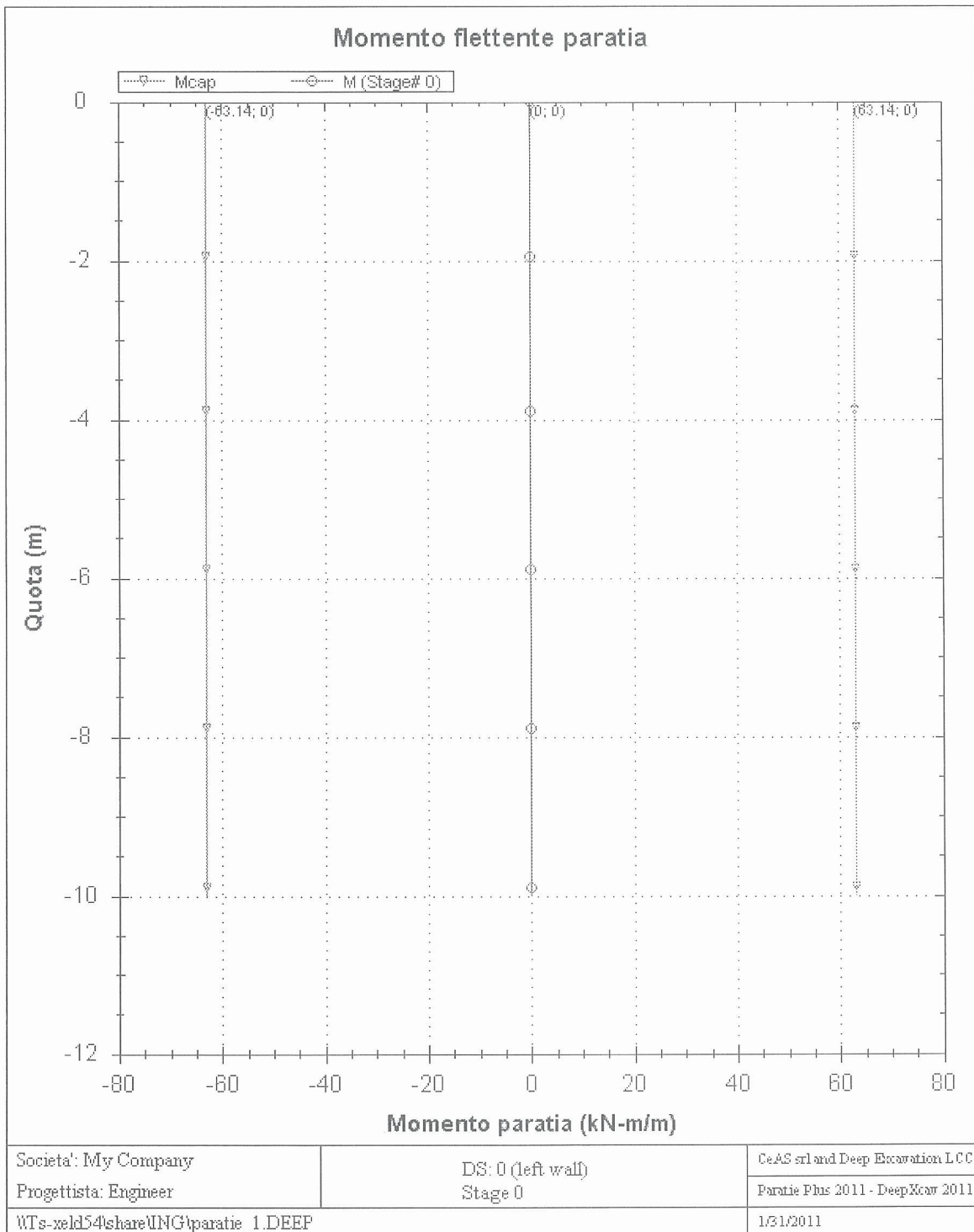
### **GRAFICI FASI DI SCAVO**

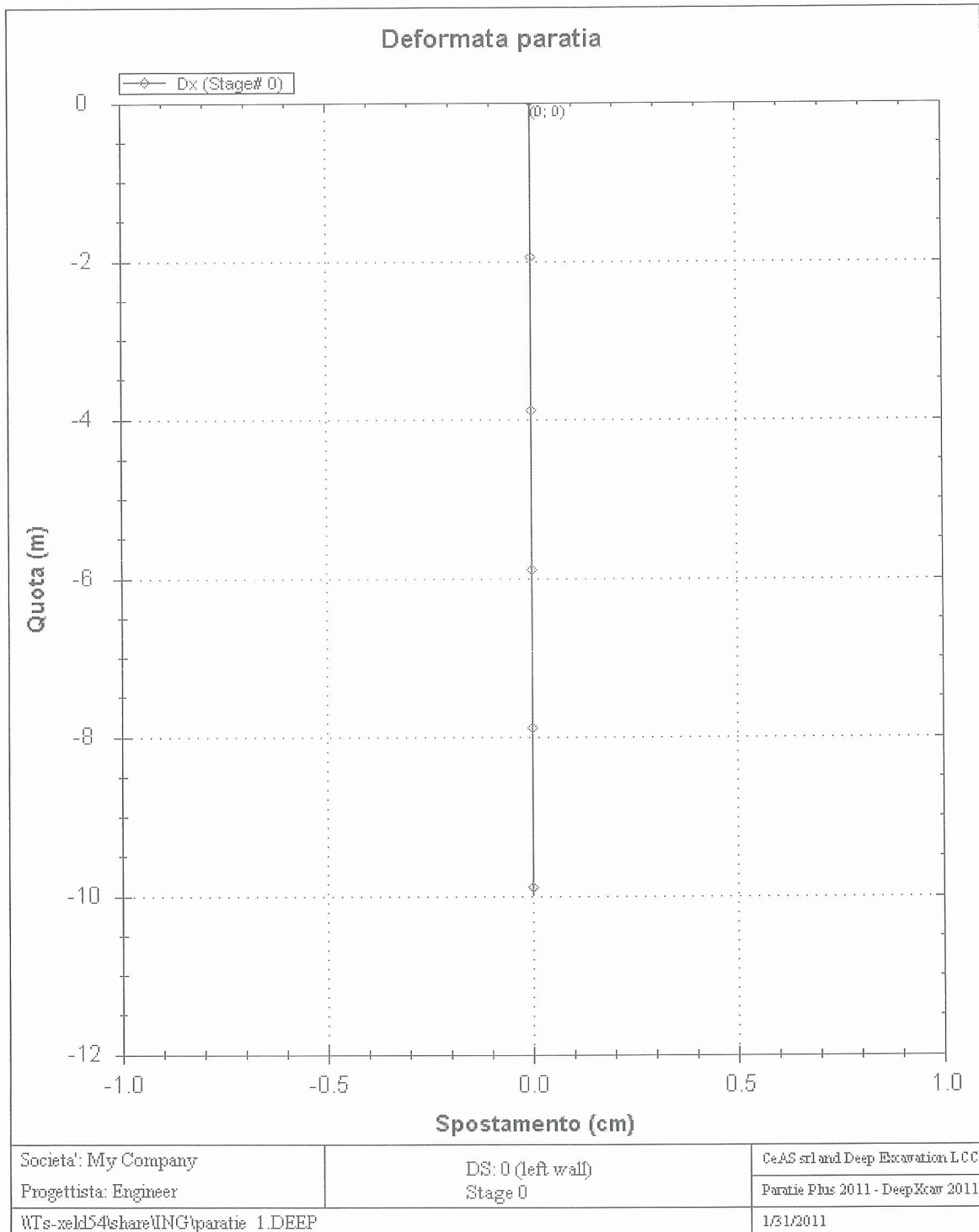
---

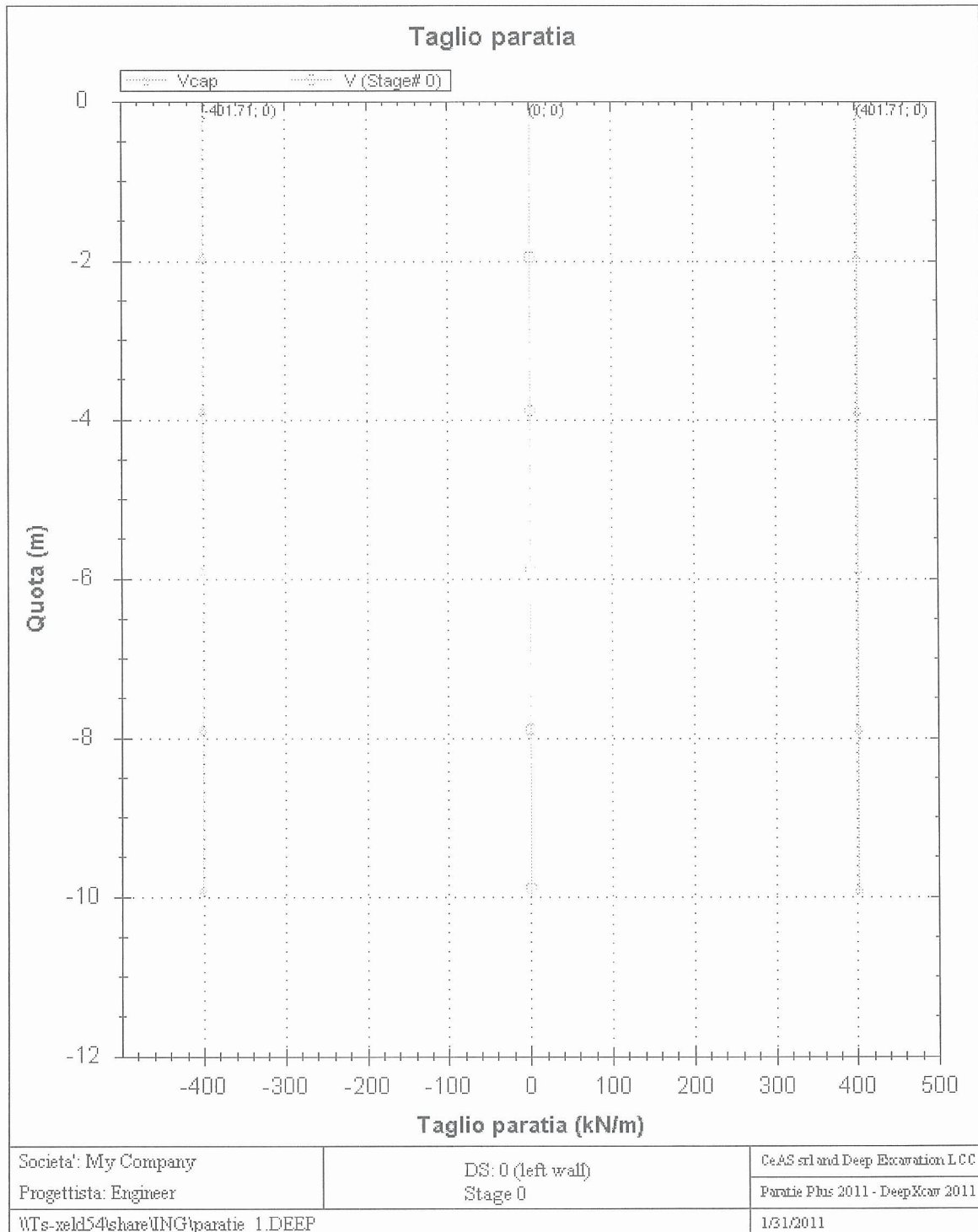
Di seguito si riportano gli schemi grafici delle fasi di scavo principali.



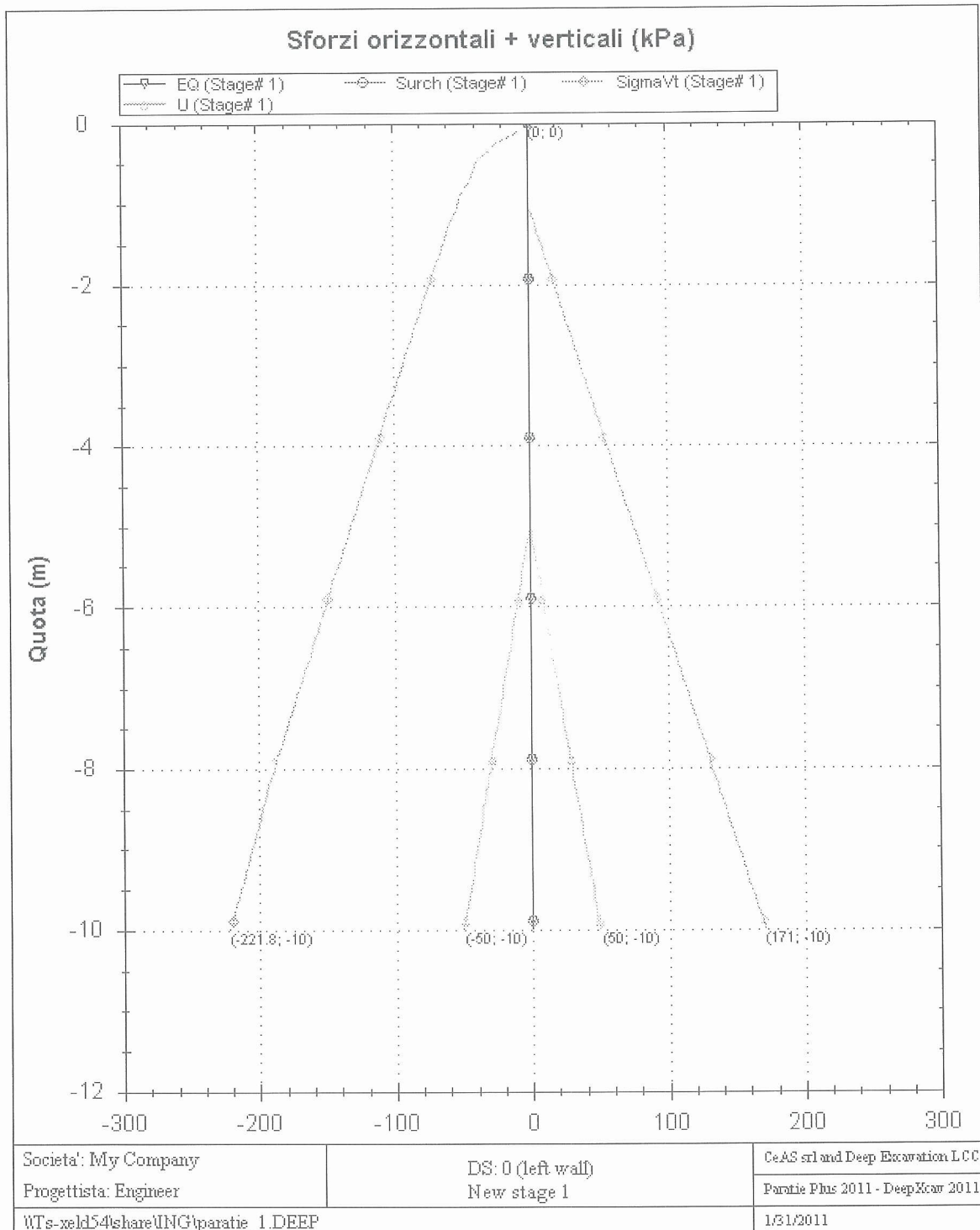


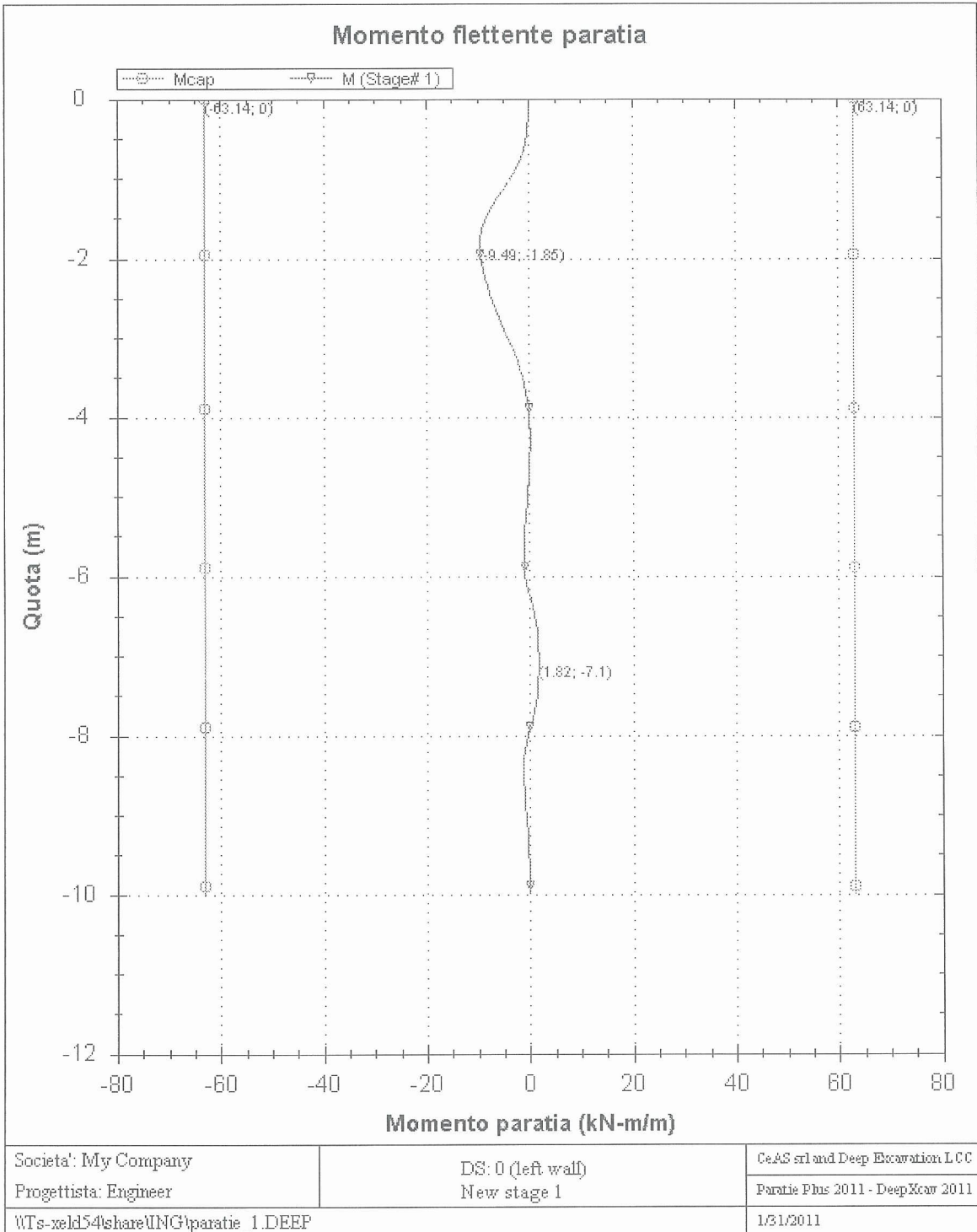


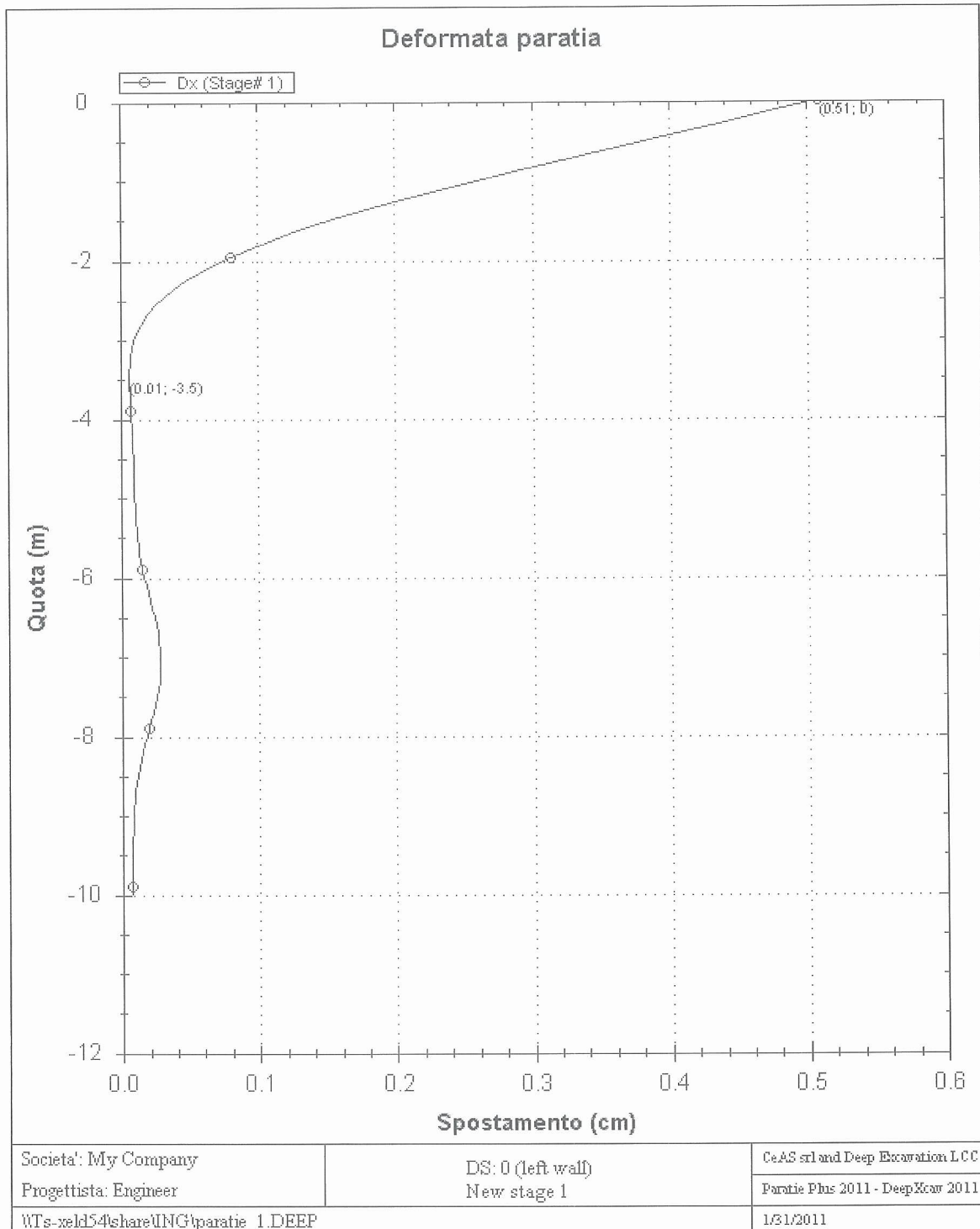


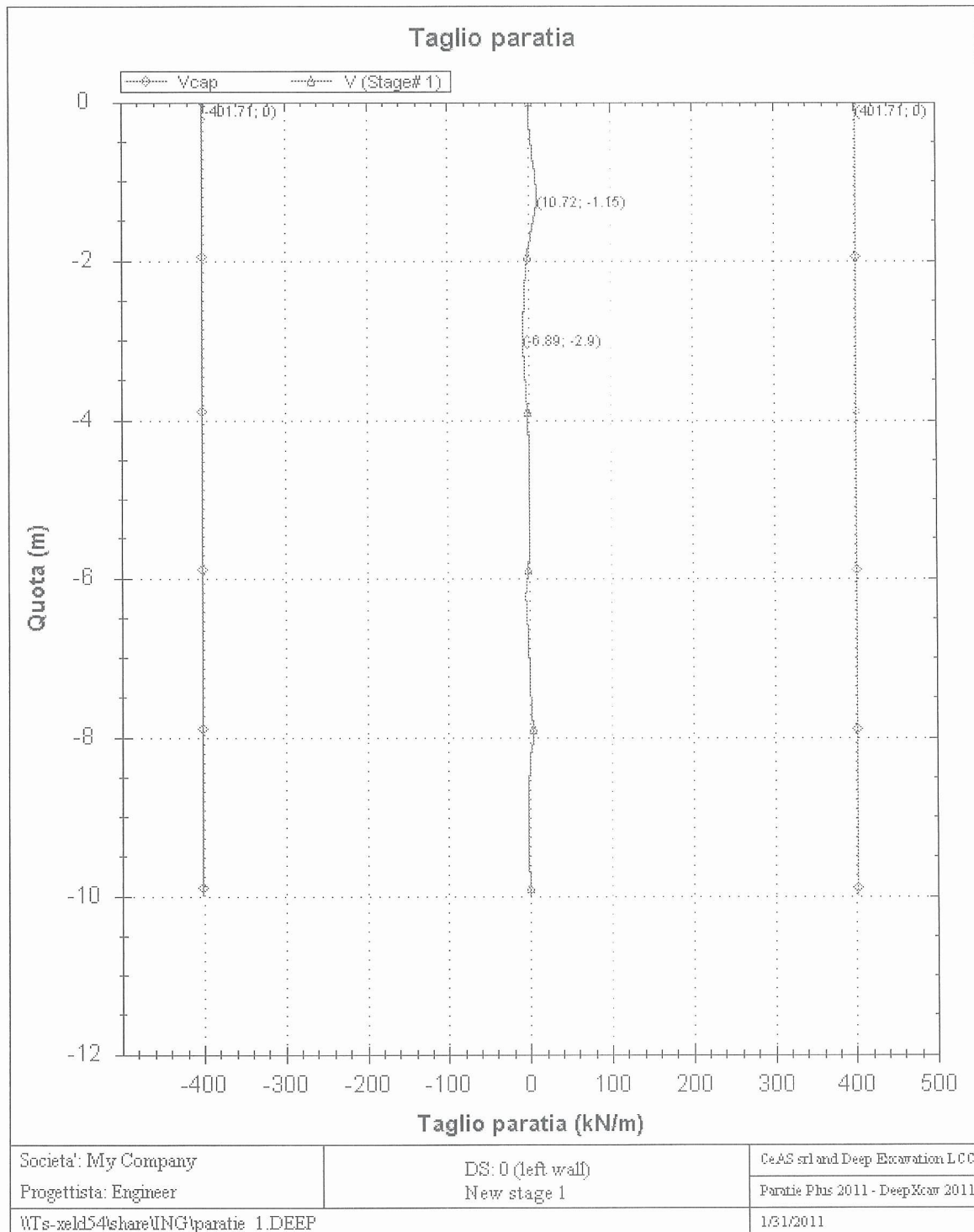




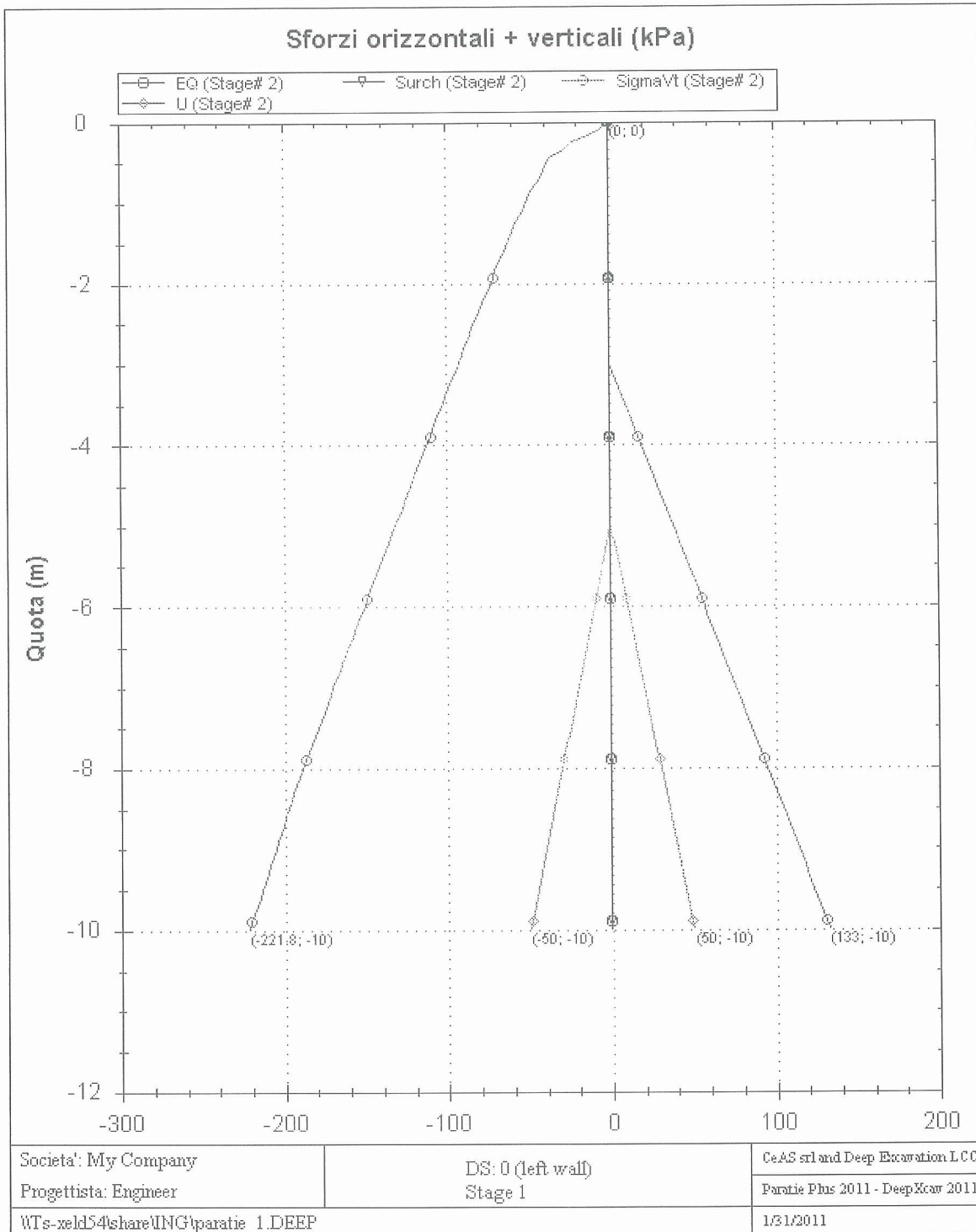


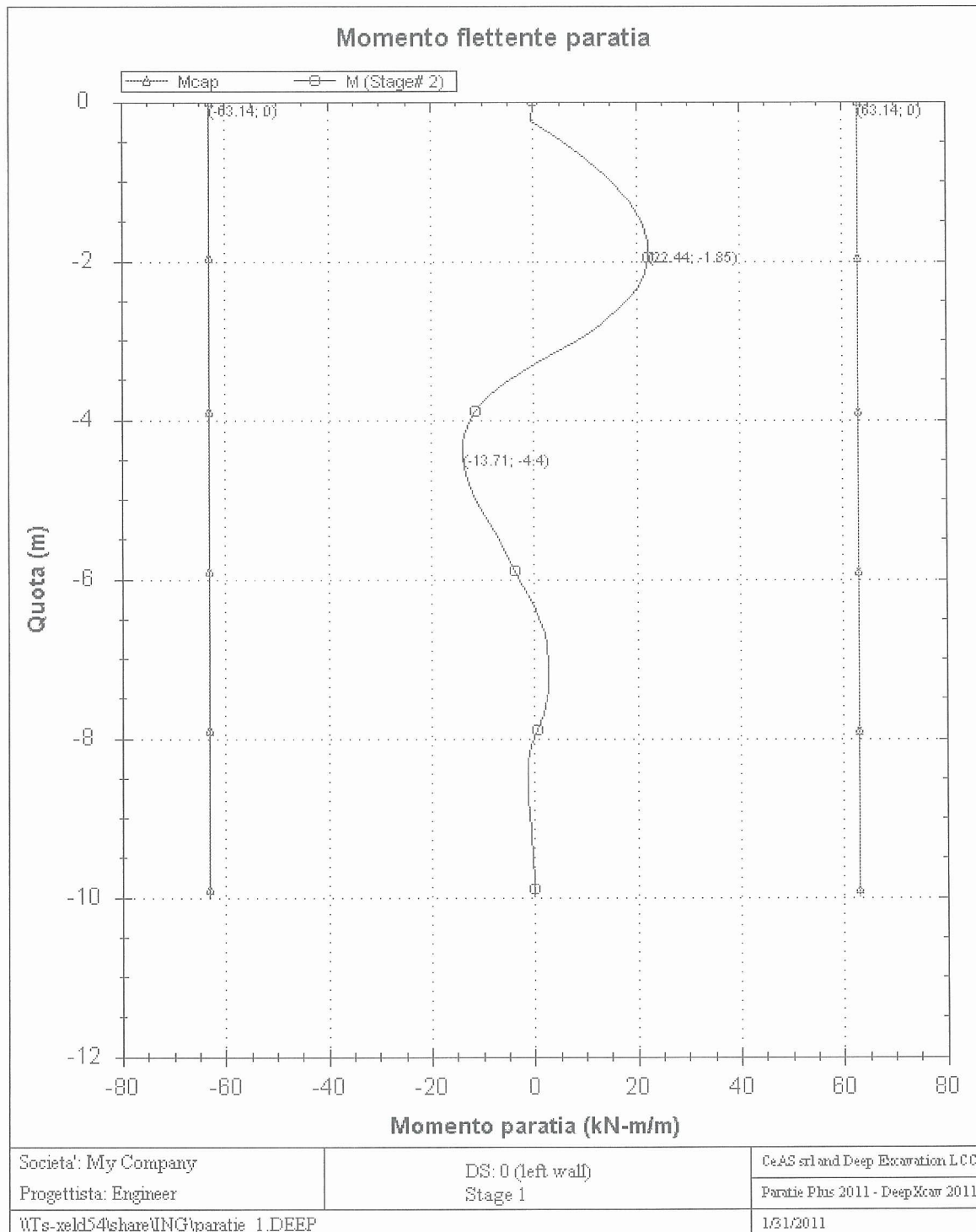


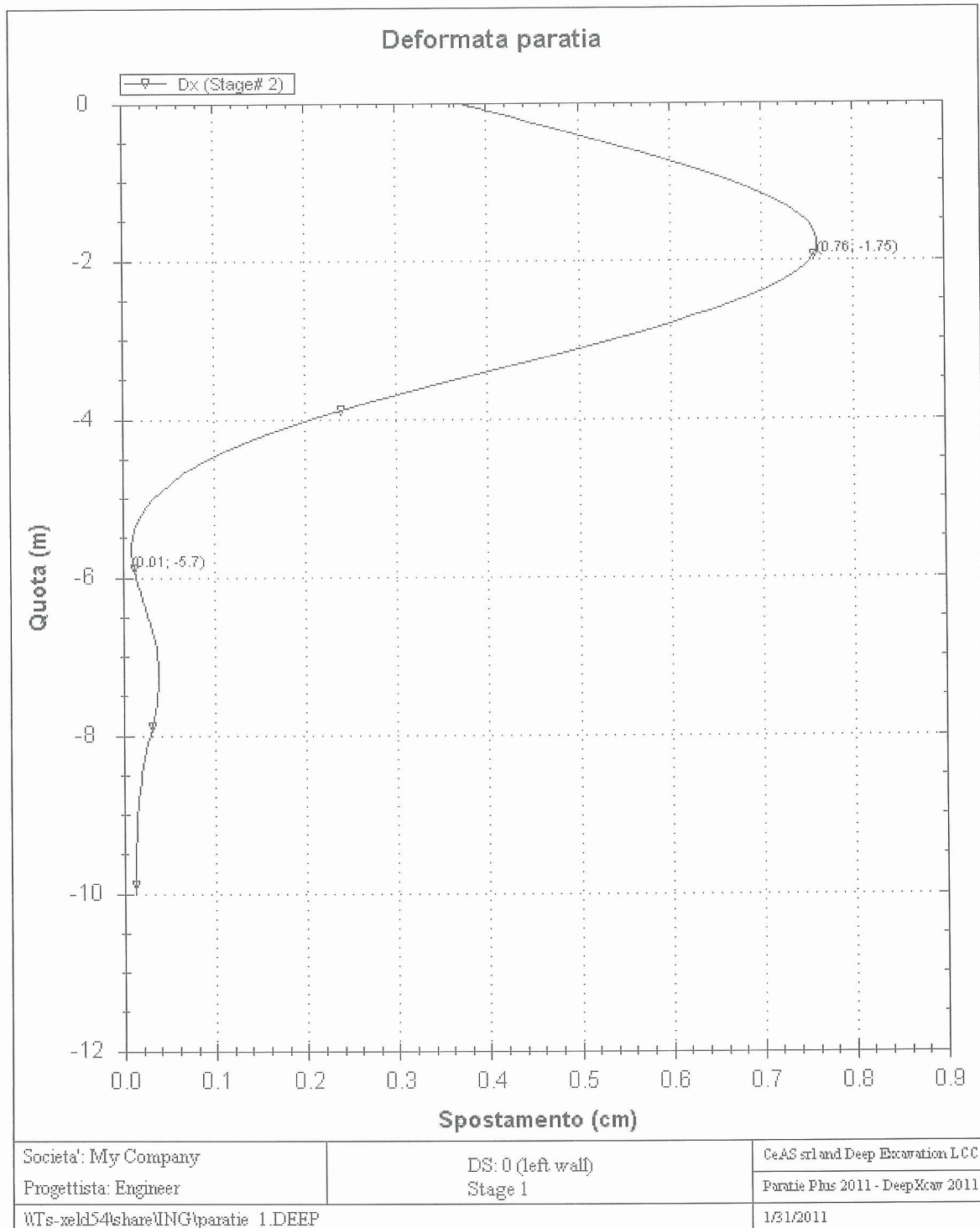


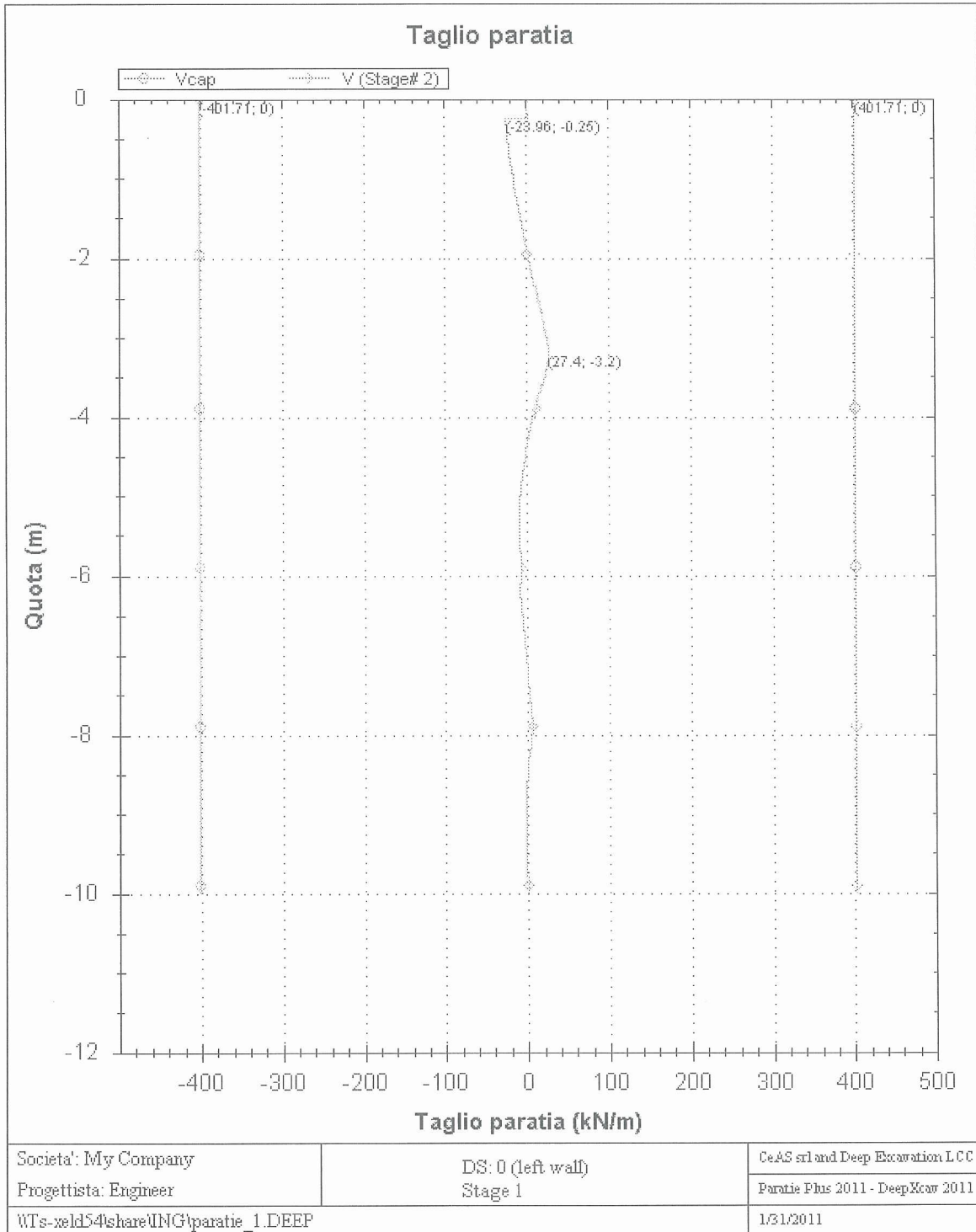




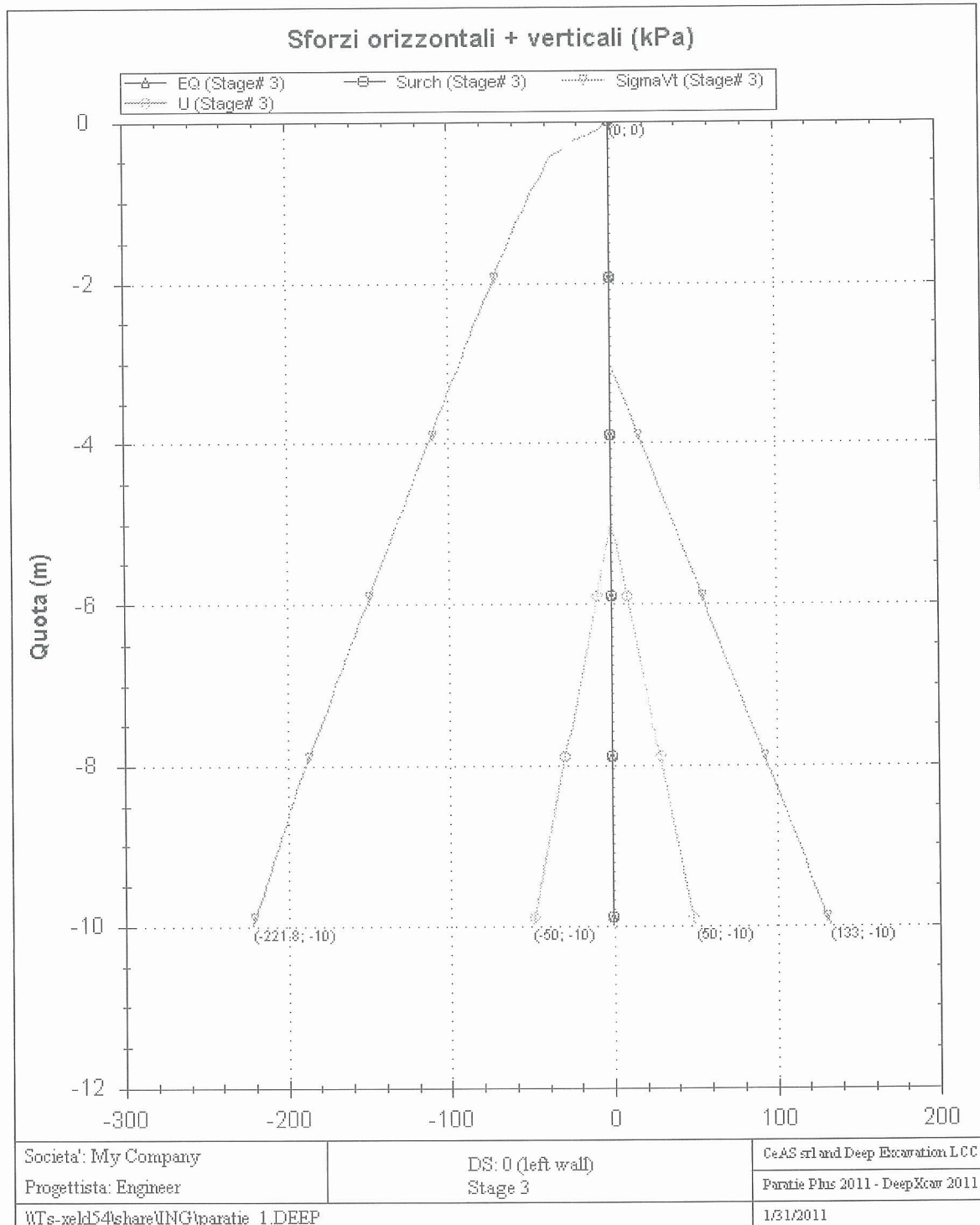


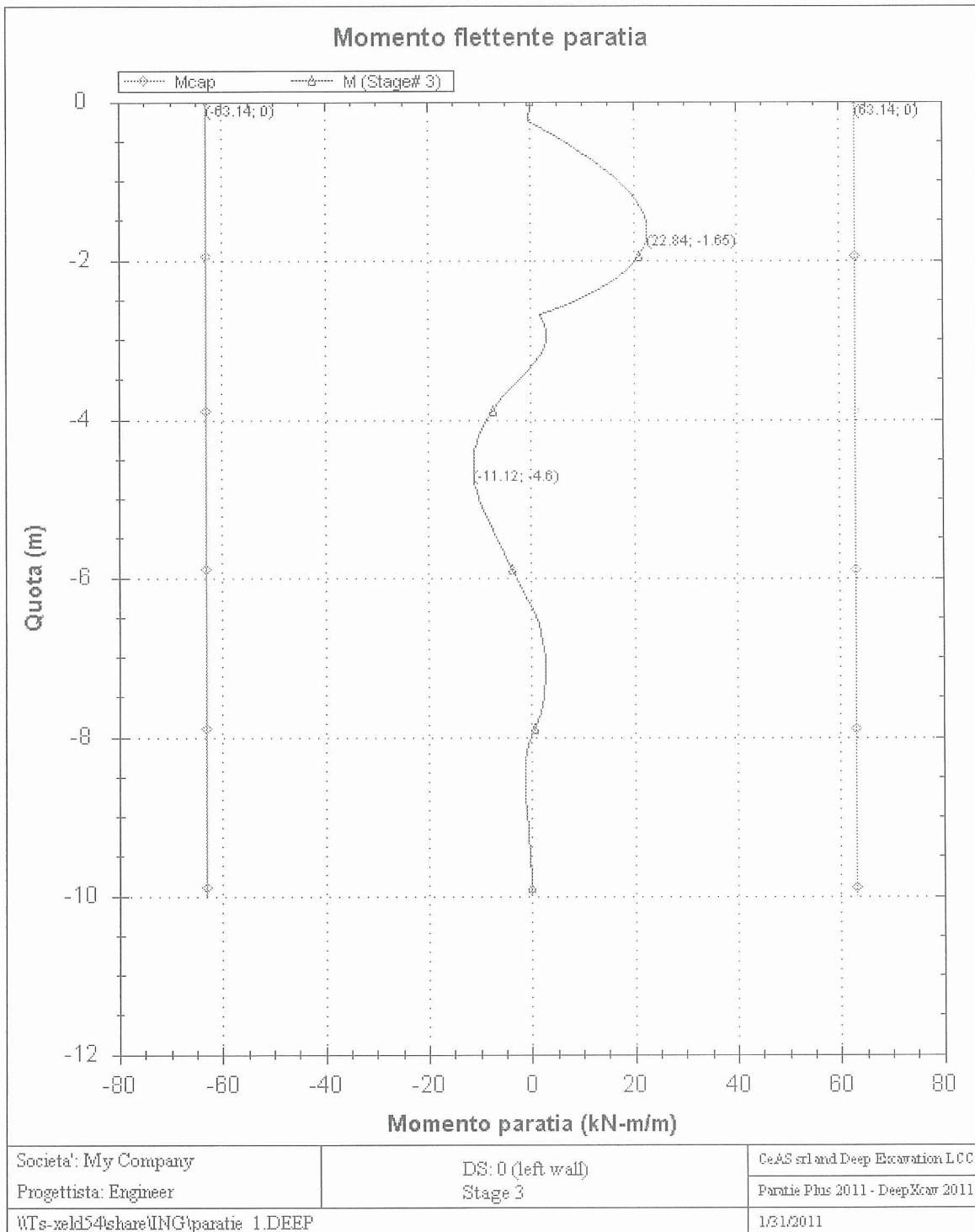


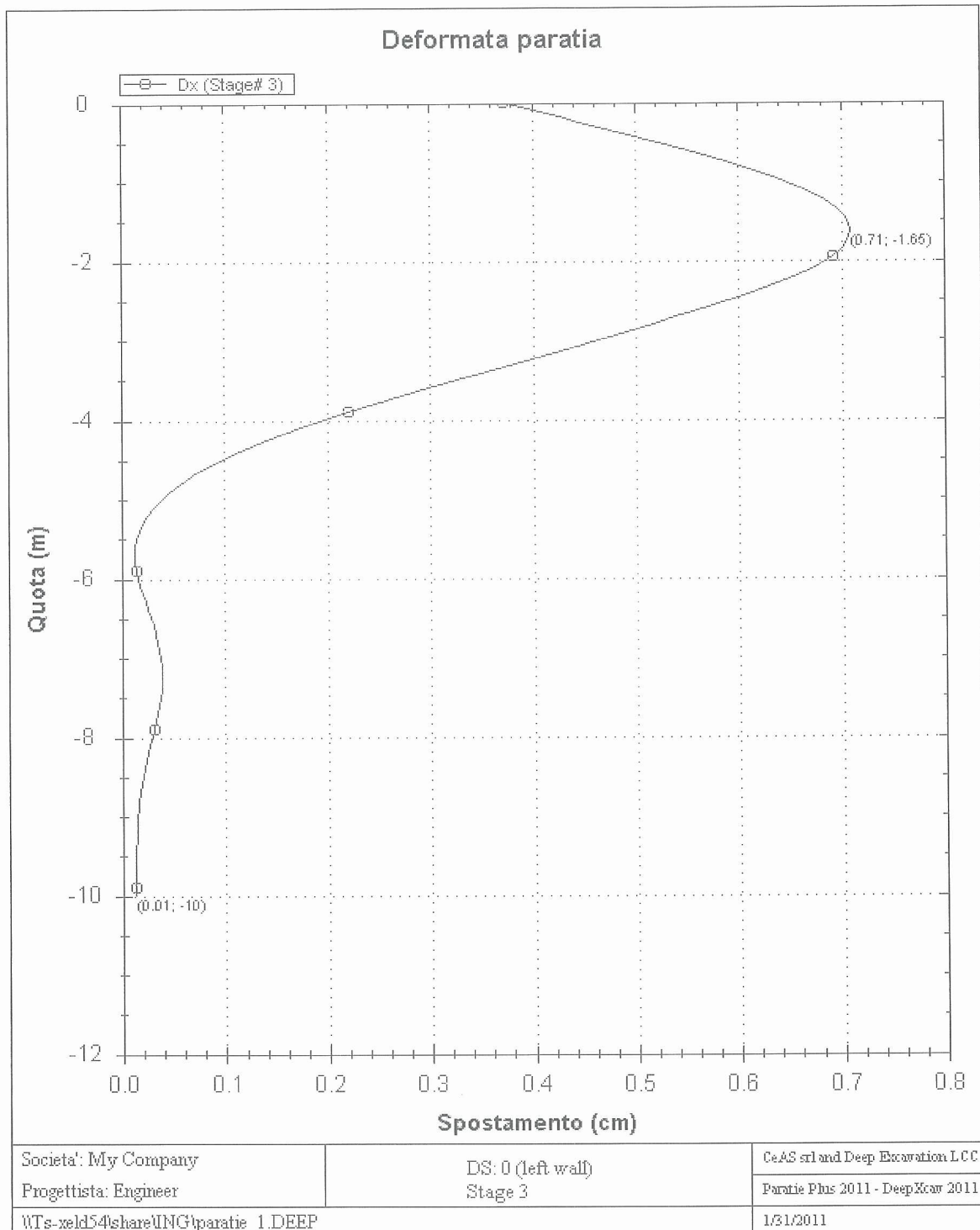


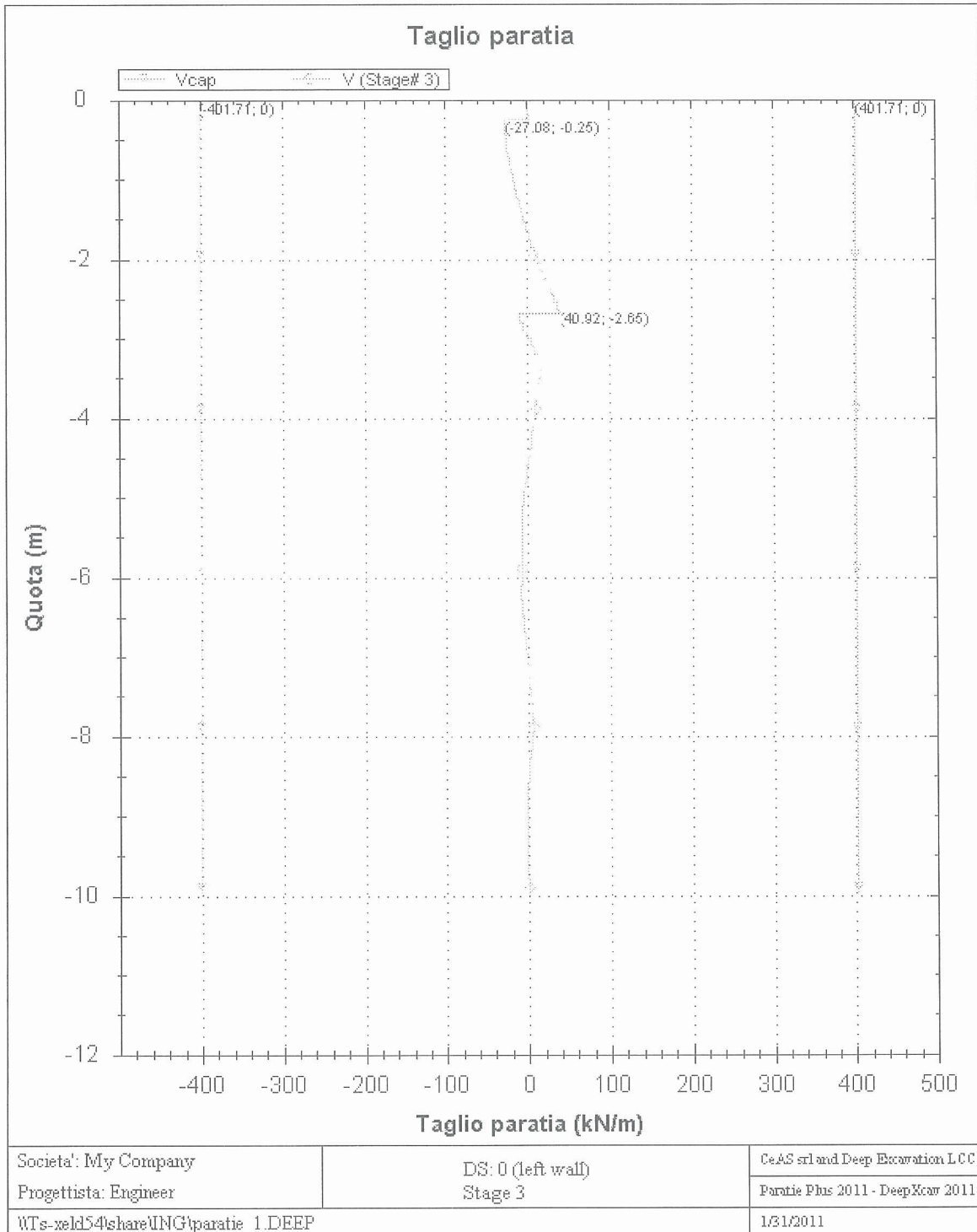




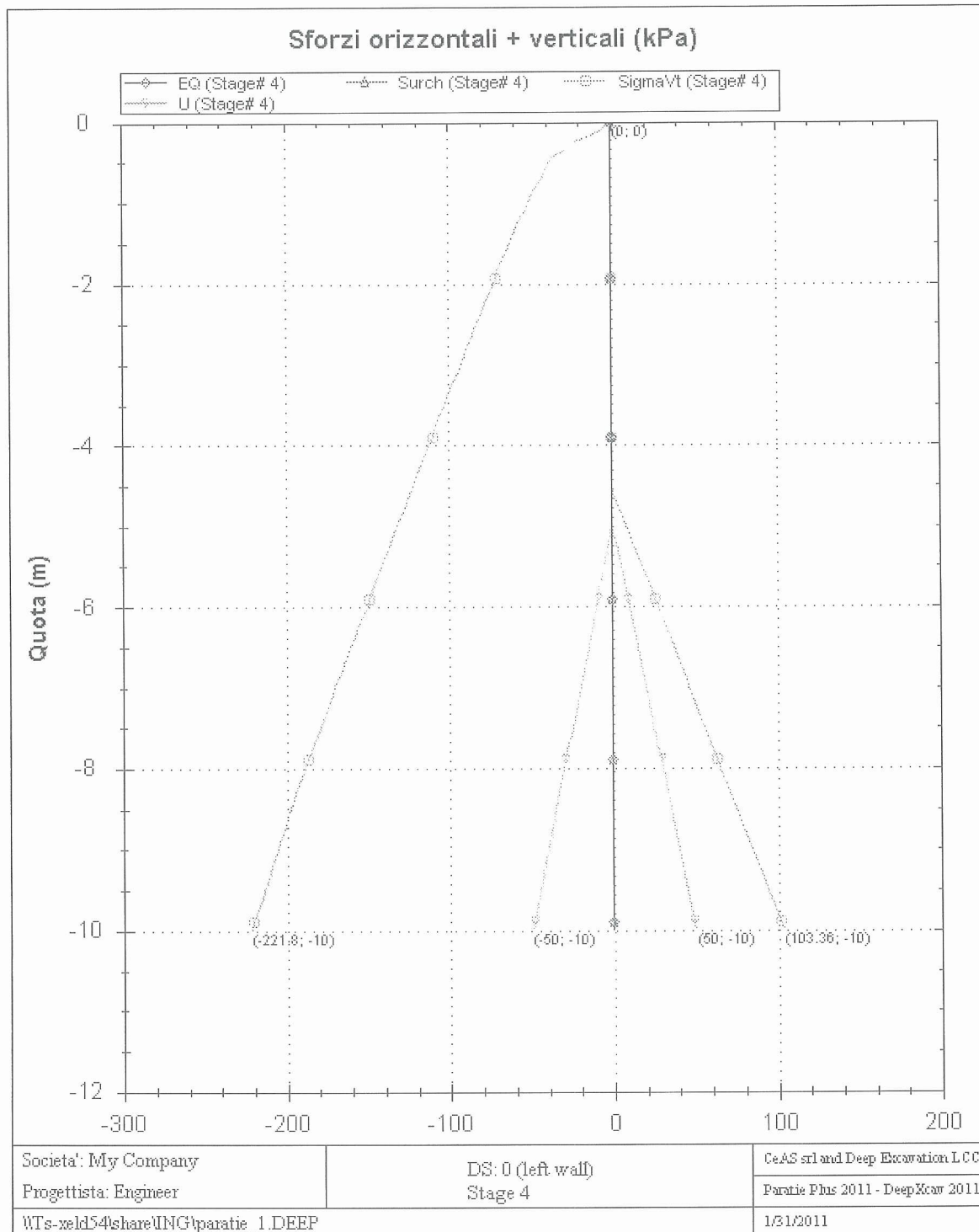


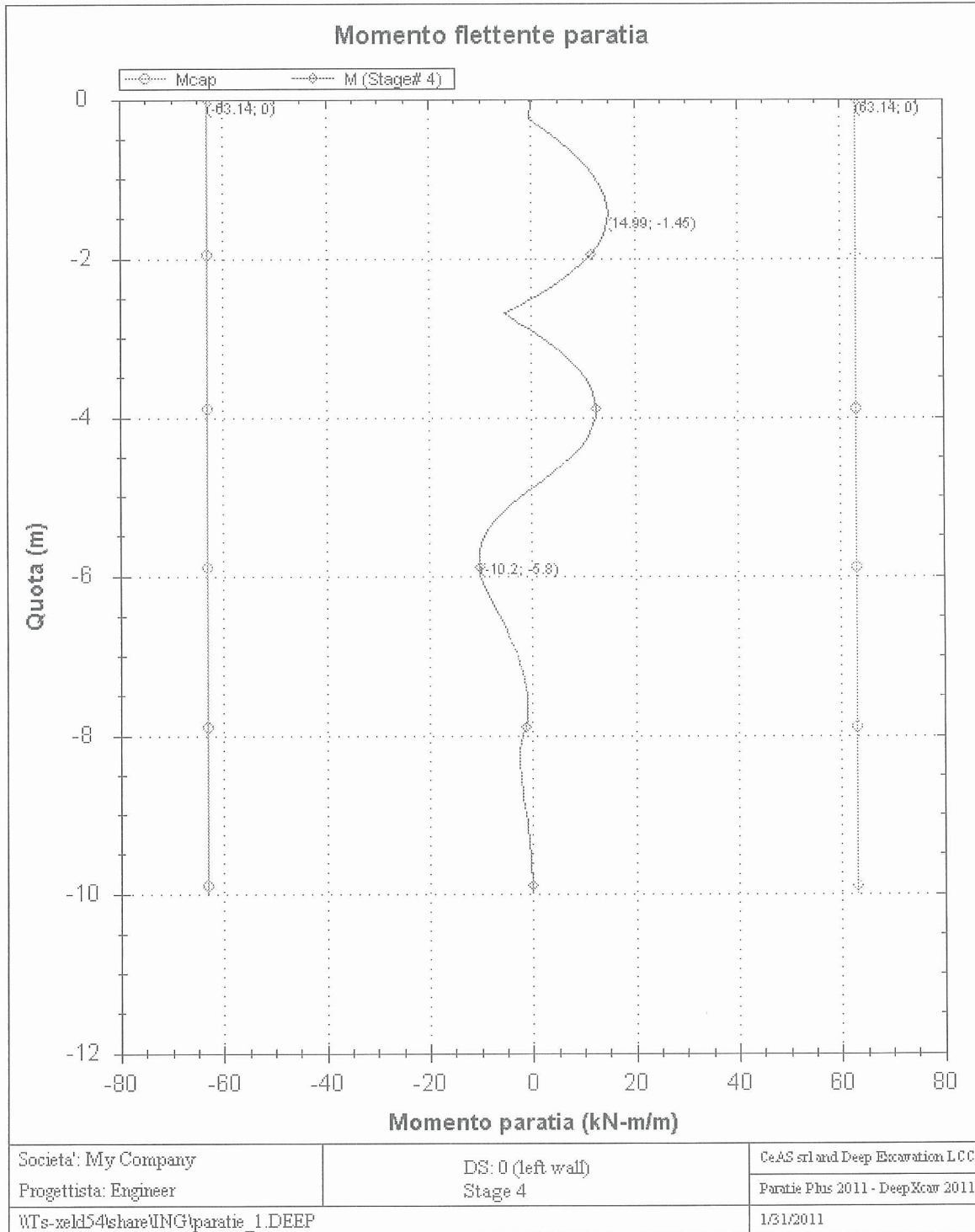


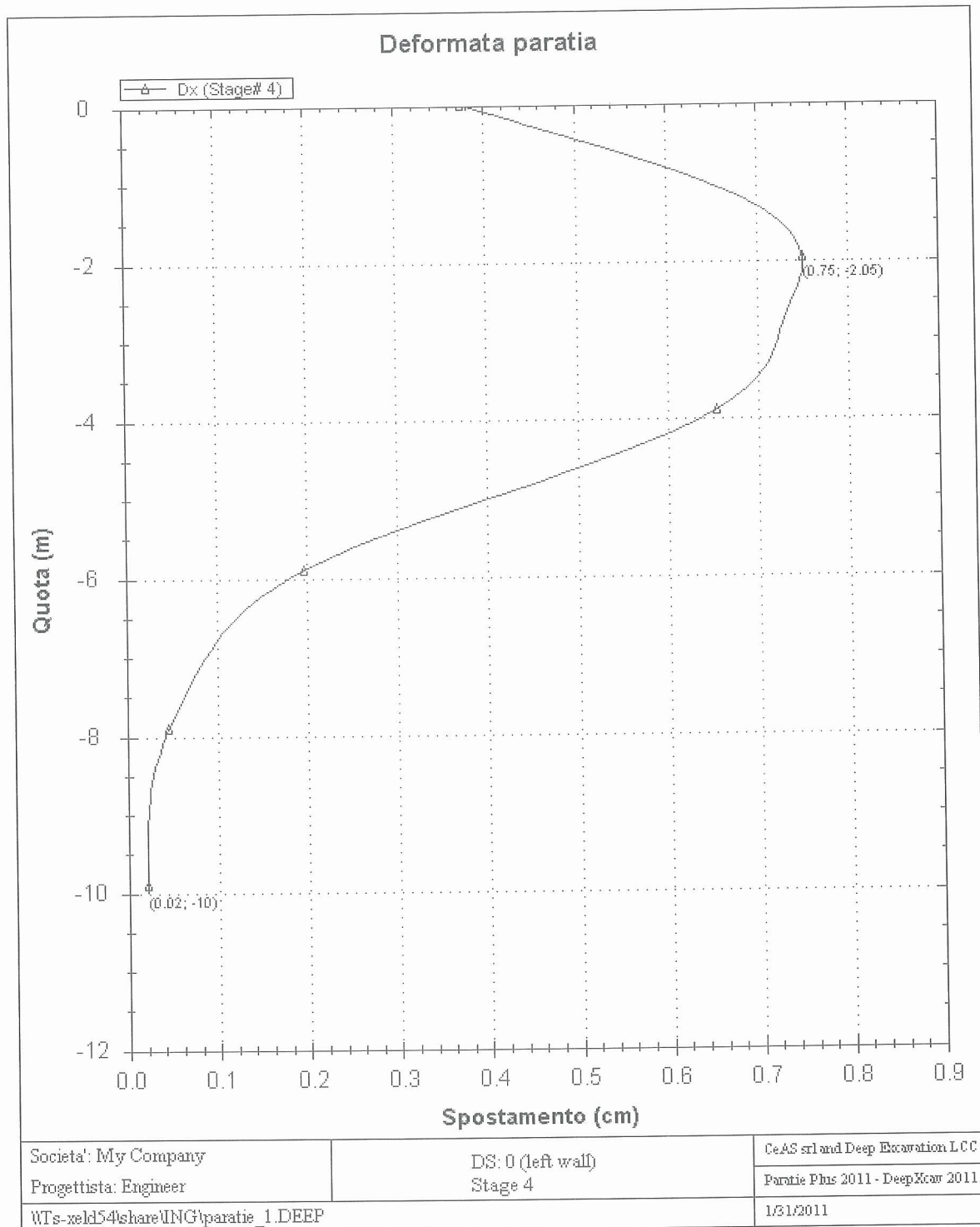


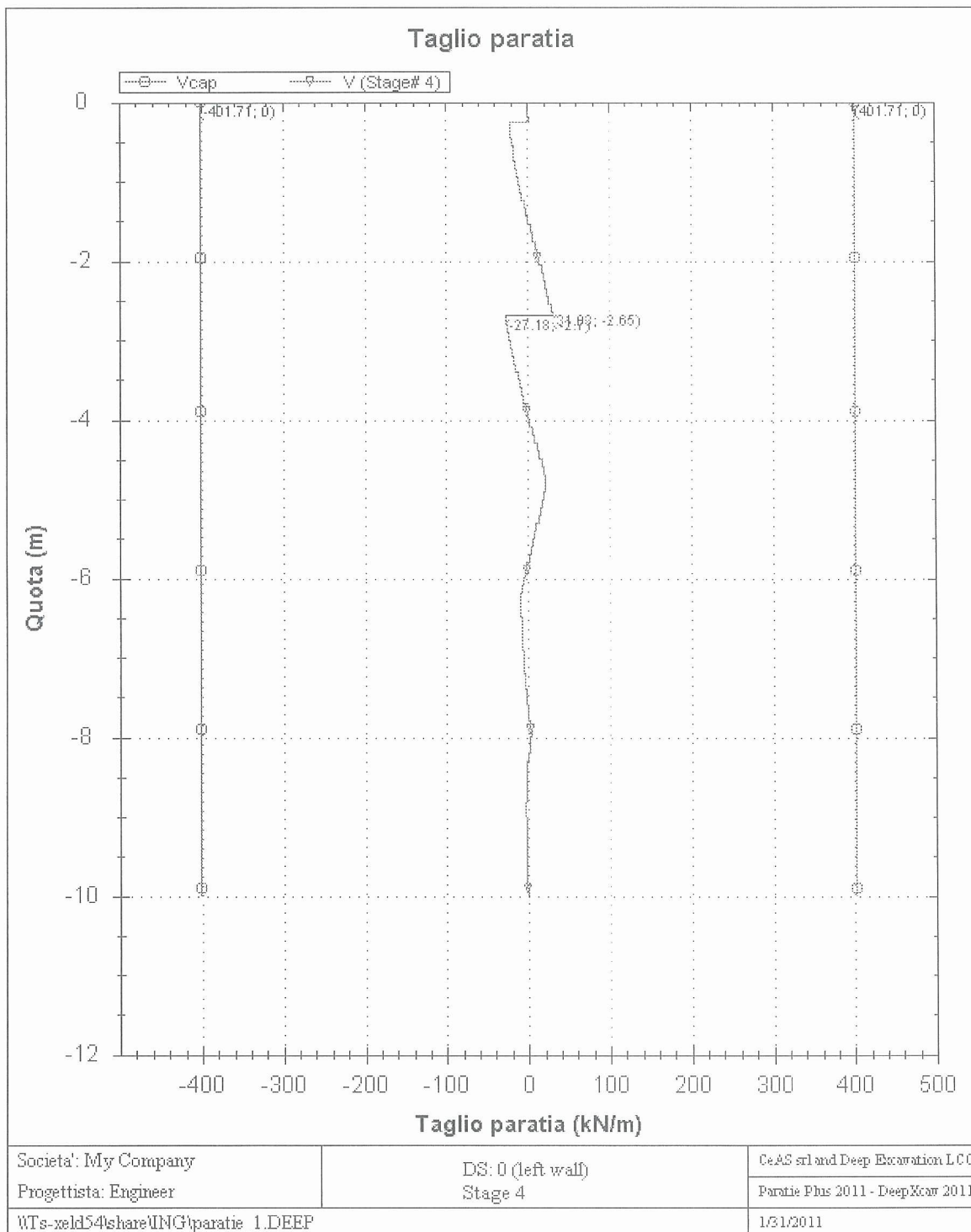






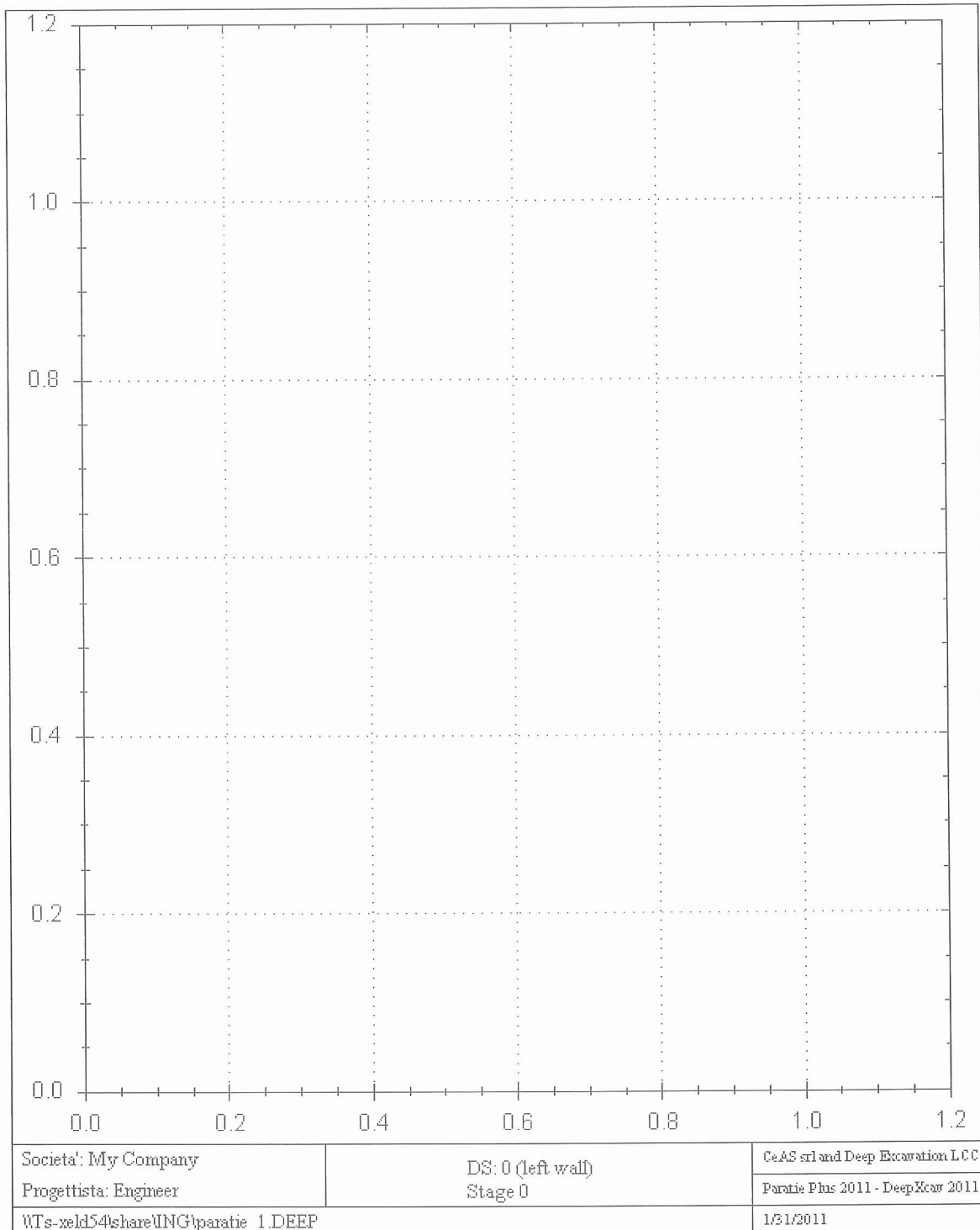


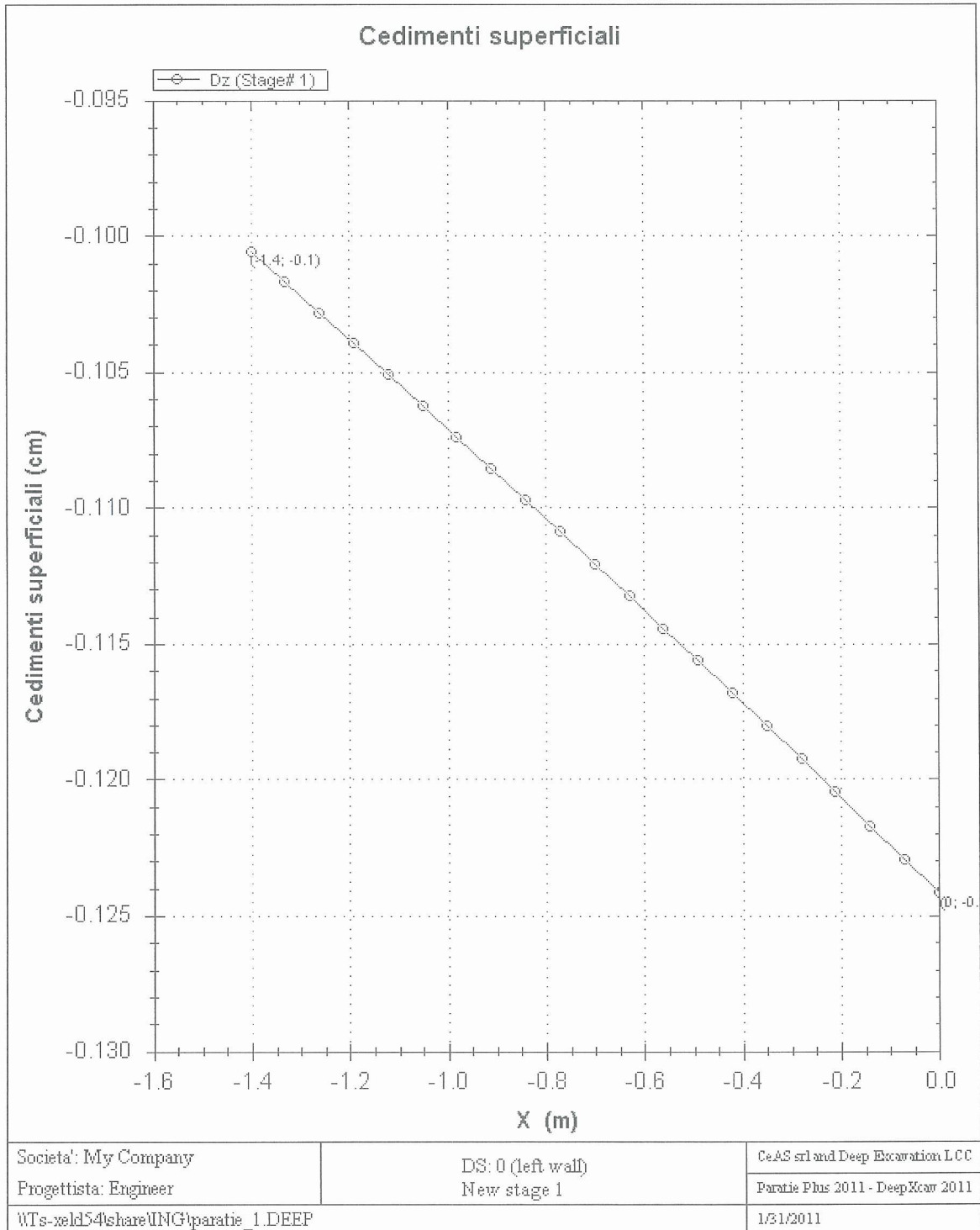


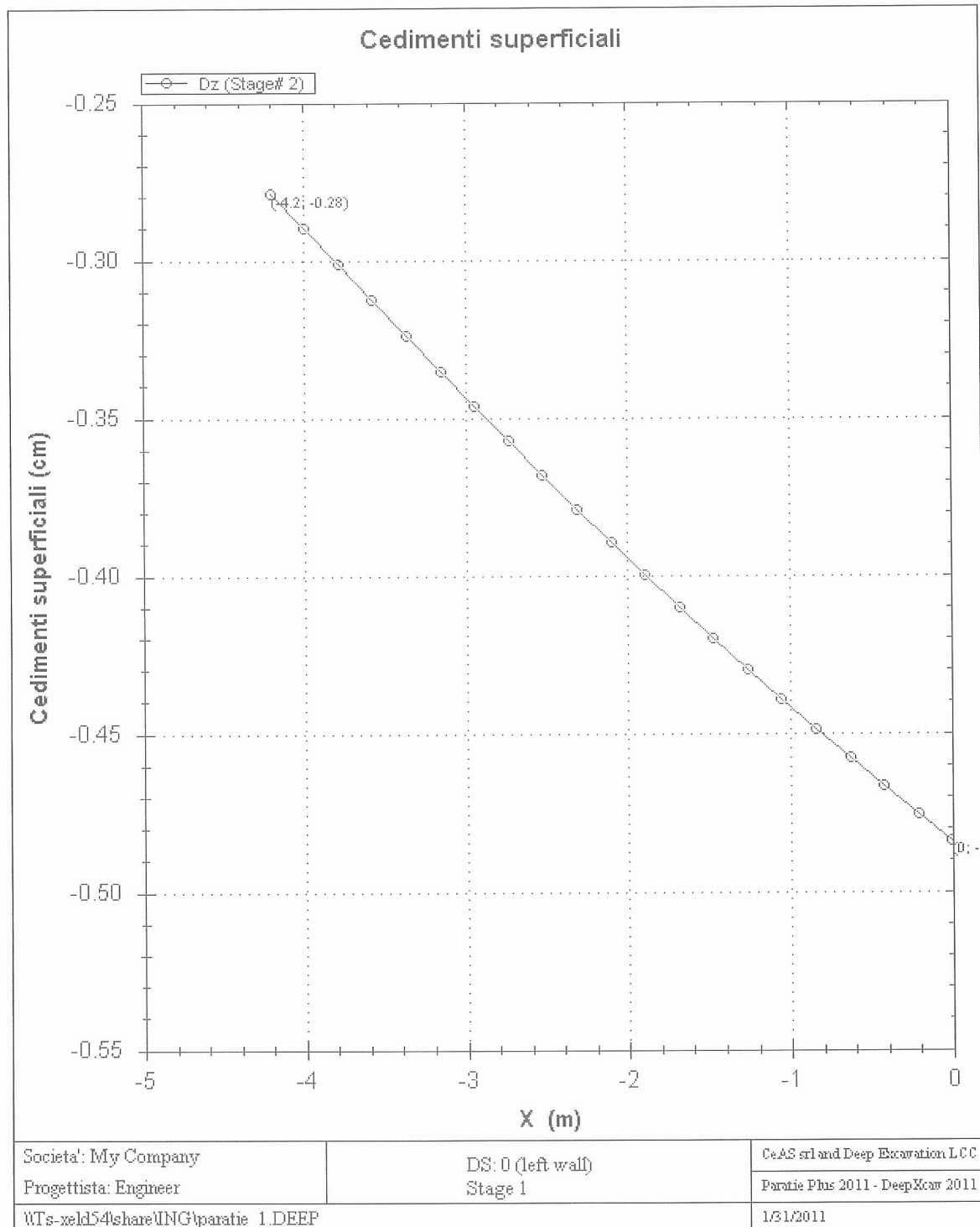


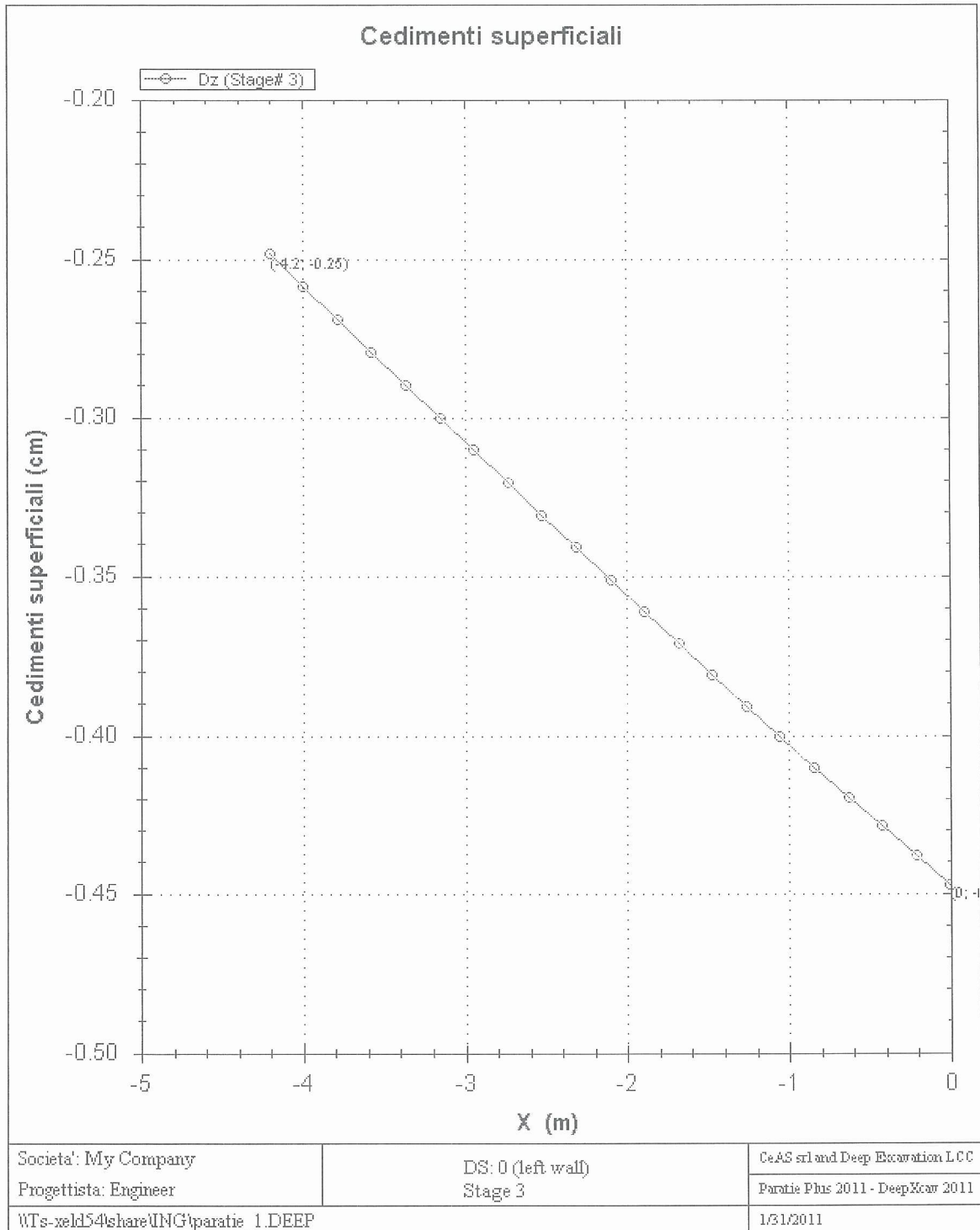
### Spostamento insediamenti



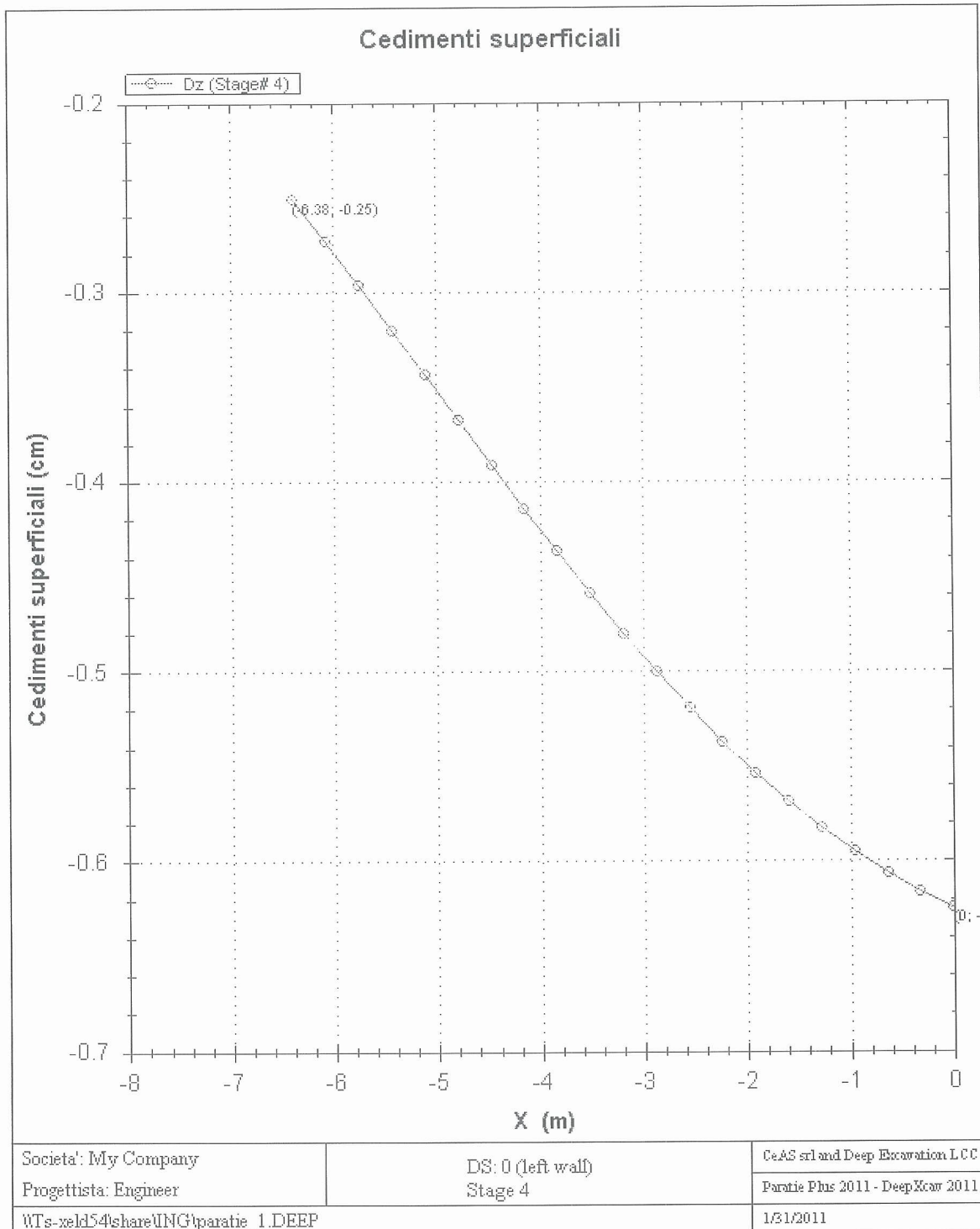




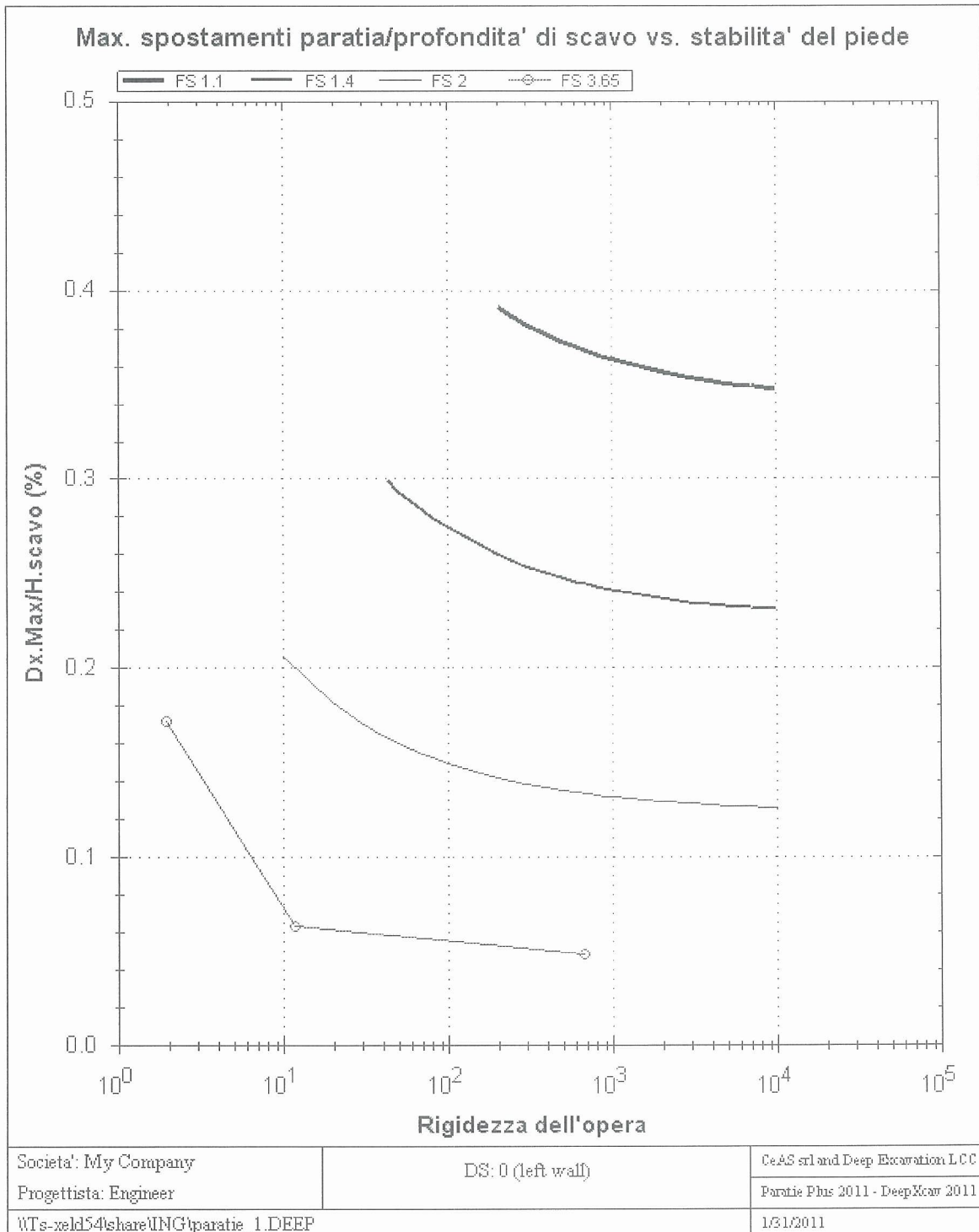




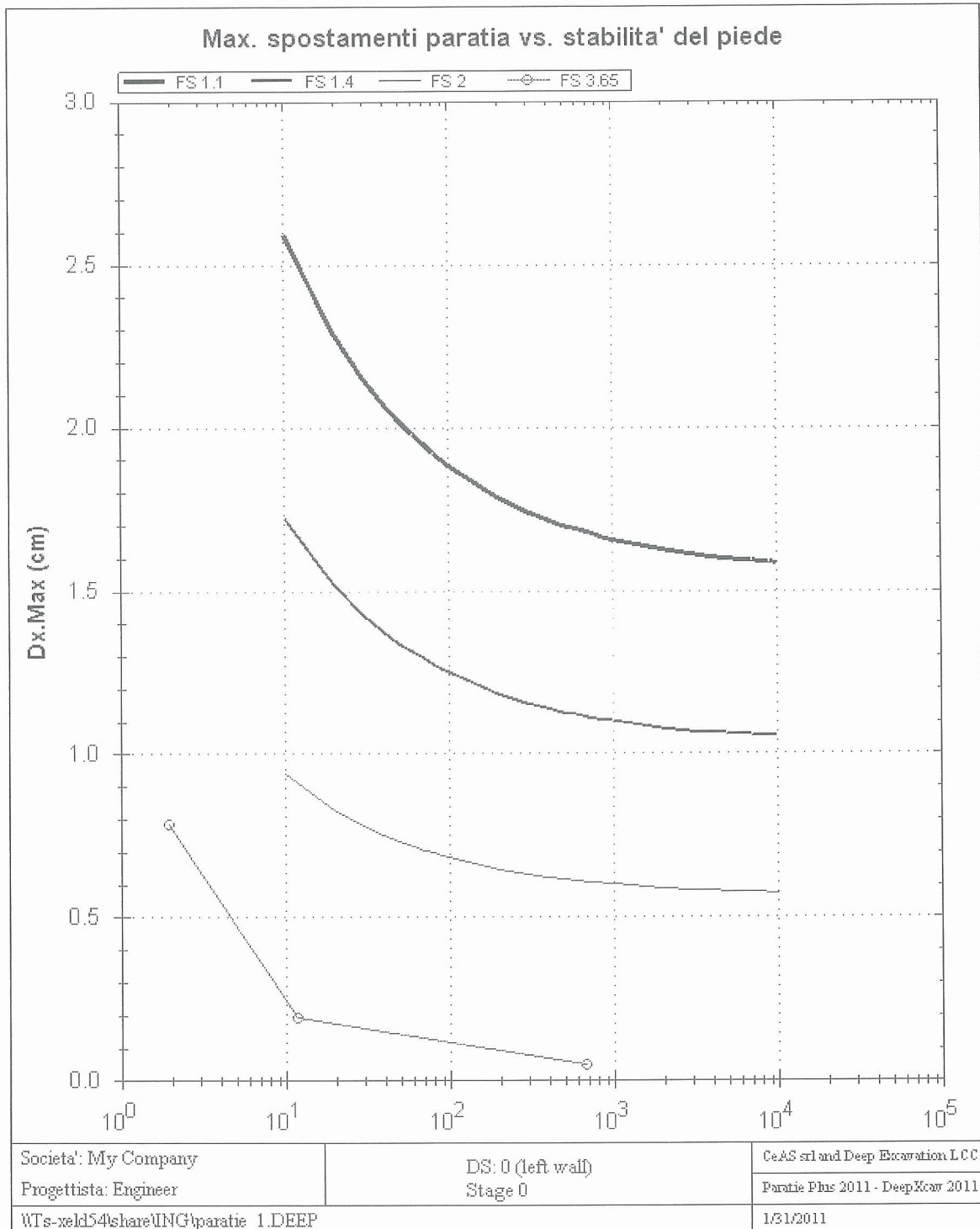




**Dx/H (%) vs FS base Clough 1989 semiempirical method**



**Dx vs FS base Clough 1989 semiempirical method.**



### REAZIONI VINCOLI (TIRANTI, PUNTONI, SOLETTE, SBADACCHI)

## Vincolo 0

| Stage No | R<br>(kN) |
|----------|-----------|
| 0        | 0         |
| 1        | 0         |
| 2        | 0         |
| 3        | 100.008   |
| 4        | 111.996   |

## Vincolo 1

| Stage No | R<br>(kN) |
|----------|-----------|
| 0        | 0         |
| 1        | 0         |
| 2        | 26.298    |
| 3        | 29.299    |
| 4        | 23.297    |

### Verifica tensioni

---

## Vincolo 0

Tabella: vincoli 0, Sommario rapporti di verifica

| Stage No | R/CAP | R/STR | R/GEO |
|----------|-------|-------|-------|
| 0        | N/A   | N/A   | N/A   |
| 1        | N/A   | N/A   | N/A   |
| 2        | N/A   | N/A   | N/A   |
| 3        | 0.404 | 0.221 | 0.404 |
| 4        | 0.453 | 0.247 | 0.453 |

### Capacita'

---

Tabella: vincoli 0, capacita' per ogni fase

| Stage No | RCapMIN<br>(kN) | RCapSTR<br>(kN) | RCapGEO<br>(kN) |
|----------|-----------------|-----------------|-----------------|
| 0        | N/A             | N/A             | N/A             |
| 1        | N/A             | N/A             | N/A             |
| 2        | N/A             | N/A             | N/A             |
| 3        | 247.4           | 452.63          | 247.4           |
| 4        | 247.4           | 452.63          | 247.4           |