

**S.S. 131 di "Carlo Felice"**  
Adeguamento e messa in sicurezza della S.S.131  
Risoluzione dei nodi critici - 2° stralcio  
dal km 108+300 al km 158+000

**PROGETTO ESECUTIVO**

CA284

R.T.I. di PROGETTAZIONE:

Mandataria



**PRO  
ITER**  
Progetto  
Infrastrutture  
Territorio s.r.l.

Via G.B. Sammartini n°5  
20125 - Milano  
Tel. 02 6787911  
email: mail@proiter.it

Mandante



Via Artemide n°3  
92100 Agrigento  
Tel. 0922 421007  
email: deltaingegneria@pec.it

PROGETTISTI:

Ing. Riccardo Formichi - Pro Iter srl (Integratore prestazioni specialistiche)  
Ordine Ing. di Milano n. 18045

Ing. Riccardo Formichi  
Ordine Ing. di Milano n. 18045

IL GEOLOGO

Dott. Geol. Massimo Mezzanatica - Pro Iter srl  
Albo Geol. Lombardia n. A762

COORDINATORE PER LA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE

Ing. Diego Ceccherelli  
Ordine Ing. di Milano n. 15813

VISTO: IL RESP. DEL PROCEDIMENTO

Dott. Ing. Salvatore FRASCA



PROTOCOLLO

DATA

**OPERE D'ARTE MINORI**

**Ponticelli idraulici L=23.20 m su Riu Bonorchis, Km 127+625 - PO03 su S21**  
Carreggiate SS131: Relazione tecnica e di calcolo delle fondazioni

CODICE PROGETTO

NOME FILE  
S21PO03GETRE02B.pdf

REVISIONE

SCALA:

PROGETTO                      LIV. PROG.                      N. PROG.

L O P L S Q    E    1 9 0 1

CODICE ELAB. S 2 1 P O 0 3 G E T R E 0 2

B

D

C

B

A

REV.

Revisione per istruttoria, verifica e controlli D.Lgs. 35/11

Aprile 2021

Bellini

Rivoltini

Formichi

Emissione

Marzo 2020

Bellini

Rivoltini

Formichi

DESCRIZIONE

DATA

REDATTO

VERIFICATO

APPROVATO

<b>1</b>	<b>Descrizione dell'opera</b> .....	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Normativa di riferimento</b> .....	<b>2</b>
<b>3</b>	<b>Codice di calcolo</b> .....	<b>3</b>
3.1	<i>Caratteristiche del codice di calcolo</i> .....	3
3.2	<i>Grado di affidabilità del codice</i> .....	3
3.3	<i>Motivazione della scelta del codice</i> .....	3
3.4	<i>Validazione del codice di calcolo</i> .....	3
<b>4</b>	<b>Condizioni ambientali e classi di esposizione</b> .....	<b>5</b>
<b>5</b>	<b>Caratteristiche dei materiali</b> .....	<b>6</b>
<b>6</b>	<b>Inquadramento geologico e geomorfologico</b> .....	<b>7</b>
<b>7</b>	<b>Caratterizzazione geotecnica</b> .....	<b>8</b>
7.1	<i>Descrizione delle indagini</i> .....	8
7.2	<i>Modello geotecnico di sottosuolo</i> .....	8
7.3	<i>Unità geotecnica C – coltre eluvio - colluviale</i> .....	8
7.4	<i>Substrato roccioso: Basalti di Campeda</i> .....	14
7.5	<i>Analisi dei carichi agenti sulla struttura</i> .....	20
7.6	<i>Azione sismica di riferimento</i> .....	20
<b>8</b>	<b>Verifiche</b> .....	<b>21</b>
8.1	<i>Verifiche strutturali</i> .....	21
8.2	<i>Verifiche geotecniche</i> .....	21
<b>9</b>	<b>Risultati delle verifiche carreggiata sud</b> .....	<b>26</b>
9.1	<i>Materiali</i> .....	26
9.2	<i>Combinazioni dei carichi</i> .....	26
9.3	<i>Dati del progetto</i> .....	27
9.4	<i>Azioni</i> .....	30

Carreggiate SS131: Relazione tecnica e di calcolo delle fondazioni

**RTI di progettazione:**



**Mandataria**

Via G.B. Sammartini n°5  
20125 - Milano  
Tel. 02 6787911  
email: mail@proiter.it



**Mandante**

Via Artemide n°3  
92100 Agrigento  
Tel. 0922 421007  
email: deltaingegneria@pec.it

9.5	Calcolo della capacità portante e curva di mobilitazione.....	31
9.6	Calcolo delle sollecitazioni.....	33
9.7	Verifiche geotecniche.....	41
9.8	Verifiche strutturali.....	46
<b>10</b>	<b>Risultati delle verifiche carreggiata nord.....</b>	<b>51</b>
10.1	Materiali.....	51
10.2	Combinazioni dei carichi.....	51
10.3	Dati del progetto.....	52
10.4	Azioni.....	55
10.5	Calcolo della capacità portante e curva di mobilitazione.....	56
10.6	Calcolo delle sollecitazioni.....	58
10.7	Verifiche geotecniche.....	66
10.8	Verifiche strutturali.....	73
<b>11</b>	<b>Valutazione critica dei risultati.....</b>	<b>78</b>

## 1 DESCRIZIONE DELL'OPERA

Nella presente relazione si riportano i calcoli relativi all'impalcato del ponte stradale Rio Bonorchis – Carreggiate Nord e Sud ubicate alla progr. 127+625 della strada SS131, nell'ambito dei lavori di "Adeguamento e messa in sicurezza della S.S. 131 dal km 108+000 al km 158+000 – risoluzione dei nodi critici 2° stralcio".

Nei calcoli in particolare si è fatto riferimento alla fondazioni della spalla SP1, rappresentativa anche della SP2, viste le dimensioni maggiori.

Le sottofondazioni delle spalle sono di tipo indiretto su micropali, costituiti da un profilo tubolare  $\phi$  219.1 mm spessore 12.5 mm inserito in una perforazione di diametro 300 mm e lunghezza 10 m. I micropali sono immersi nella fondazione per un tratto pari a 60 cm. La platea di fondazione della carreggiata Sud di dimensioni 11.7 x 8 m ospita 60 micropali con interasse 1.2 x 1.2 m, mentre quella della carreggiata Nord di dimensioni 15.45 x 8 m ospita 72 micropali con interasse 1.2 x 1.2 m.

**RTI di progettazione:**



**Mandataria**

Via G.B. Sammartini n°5  
20125 - Milano  
Tel. 02 6787911  
email: mail@proiter.it



**Mandante**

Via Artemide n°3  
92100 Agrigento  
Tel. 0922 421007  
email: deltaingegneria@pec.it

## 2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

I calcoli sono svolti in conformità alle normative vigenti con particolare riferimento a:

- [1] **Norme tecniche per le costruzioni** di cui al D.M. 14 Gennaio 2008, e Circolare 2 febbraio 2009, n. 617 C.S.LL.PP.
- [2] **UNI EN 1990: 2006 - Eurocodice 0** – Criteri generali di progettazione strutturale.
- [3] **UNI EN 1992-1-1:2005 Eurocodice 2** – Progettazione delle strutture in calcestruzzo.
- [4] **UNI EN 1993-1-1:2005 Eurocodice 3** – Progettazione delle strutture di acciaio.
- [5] **UNI EN 1998-5:2005 Eurocodice 8** – Progettazione delle strutture per la resistenza sismica – Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnica.

**RTI di progettazione:**



**Mandataria**

Via G.B. Sammartini n°5  
20125 - Milano  
Tel. 02 6787911  
email: mail@proiter.it



**Mandante**

Via Artemide n°3  
92100 Agrigento  
Tel. 0922 421007  
email: deltaingegneria@pec.it

### 3 CODICE DI CALCOLO

Il calcolo delle sollecitazioni sui pali e le verifiche strutturali e geotecniche sono state eseguite avvalendosi del codice di calcolo IS Palificate versione 19 realizzato e distribuito da CDM DOLMEN e omnia IS srl.

#### 3.1 Caratteristiche del codice di calcolo

Il software IS Palificate è dedicato al progetto di pali sollecitati da carichi verticali ed orizzontali, in cui l'interazione terreno - struttura viene analizzata in campo non lineare. La stratigrafia è definita da strati eterogenei, con la possibilità di differenziare le caratteristiche meccaniche ed i metodi di calcolo delle portate. Le verifiche vengono eseguite secondo il metodo degli stati limite.

#### 3.2 Grado di affidabilità del codice

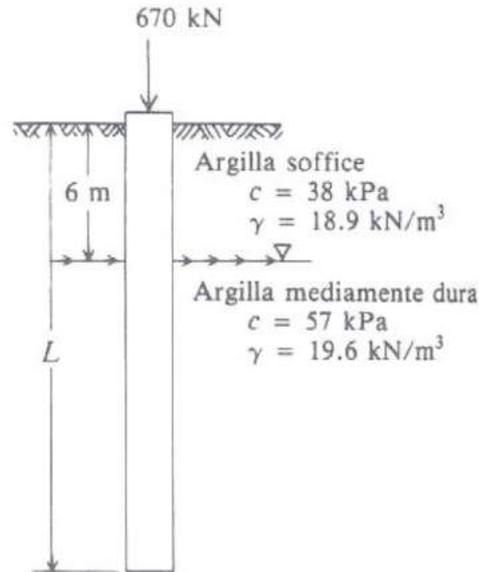
L'affidabilità del codice di calcolo è garantita dall'esistenza di un'ampia documentazione di supporto, che riporta una serie di confronti tra le analisi effettuate con il codice e gli esempi riportati in letteratura.

#### 3.3 Motivazione della scelta del codice

Il software IS Palificate permette l'analisi dettagliata del comportamento dell'intera palificata. E' possibile analizzare pali di diversa sezione e materiale, infissi o trivellati, oppure micropali. Esiste la possibilità di scelta fra numerosi metodi di calcolo della portata (teorici, empirici, legati a prove penetrometriche, ecc.), con la possibilità di confrontare velocemente i risultati dei diversi metodi. Il software può considerare l'interazione fra i pali per valutare l'efficienza della palificata. Viene calcolata la curva di mobilitazione, cioè la relazione portata - cedimento del palo.

#### 3.4 Validazione del codice di calcolo

L'esempio, riportato sul testo "Fondazioni" di Joseph E. Bowles, alle pagg. 828 – 829, riguarda il calcolo della capacità portante di un palo in argilla soffice e mediamente dura, utilizzando il metodo  $\alpha$ .



Si assumono i seguenti valori per le caratteristiche del terreno:

Peso di volume strato 1 $\gamma$	18,9 [kN/m <sup>3</sup> ]
Res. al taglio non drenata strato 1 $s_{uk}$	38,0 [kPa]
Peso di volume strato 2 $\gamma$	19,6 [kN/m <sup>3</sup> ]
Res. al taglio non drenata strato 2 $s_{uk}$	57,0 [kPa]

La struttura è definita dai seguenti parametri:

Lunghezza totale del palo $L$	41.0 [m]
Diametro sezione circolare $d$	0.45 [m]

Il modello corrispondente, impostato in IS Palificate, da i seguenti risultati:



Si noti che il calcolo delle portate è stato effettuato in un caso di carico "fittizio", che non prevede coefficienti di sicurezza sulle caratteristiche meccaniche del terreno o sulle resistenze, per poter confrontare i risultati col caso "teorico - ideale" analizzato dall'Autore.

Le portate evidenziate sono espresse in daN, convertite in kN danno i seguenti valori:

Strato 1: 257.86 [kN]  
Strato 2: 1692.22 [kN]

## 4 CONDIZIONI AMBIENTALI E CLASSI DI ESPOSIZIONE

Le caratteristiche del calcestruzzo dovranno rispettare, oltre i requisiti di resistenza, anche i criteri previsti dalla vigente Normativa (UNI-EN 206-1:2016) per quanto riguarda l'esposizione alle classi indicate. Le condizioni di esposizione dell'opera risultano le seguenti:

- **Micropali**

- Classe di resistenza C25/30
- Classe di esposizione XC2

**RTI di progettazione:**



**Mandataria**

Via G.B. Sammartini n°5  
20125 - Milano  
Tel. 02 6787911  
email: mail@proiter.it



**Mandante**

Via Artemide n°3  
92100 Agrigento  
Tel. 0922 421007  
email: deltaingegneria@pec.it

## 5 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

### Calcestruzzo per micropali. (C25/30)

$f_{ck}/R_{ck}$	$\geq$	25/30 MPa	Resistenza caratteristica cilindrica/cubica
$E_c$	=	31476 MPa	Modulo elastico
$f_{cd}$	=	14.16 MPa	Resistenza a compressione di calcolo ( $f_{cd}=0.85*f_{ck}/1.5$ )

### Acciaio micropali – S355

$f_{yk}$	$\geq$	355 MPa	Tensione caratteristica di snervamento
$\gamma_{M0}$	=	1.05	Coefficiente di sicurezza
$f_{yd}$	=	338.1 MPa	Tensione di snervamento di calcolo
$E_s$	=	210000 MPa	Modulo elastico

## 6 INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO

Nell'ambito del progetto, per l'ammodernamento dell'asse principale della S.S.131 è prevista la realizzazione del ponte Riu Bonorchis della lunghezza di 23.20 m. Le fondazioni sono previste su micropali.

In merito all'intervento di cui sopra il modello geologico di riferimento prevede la presenza di terreni appartenenti all'unità dei Basalti di Campeda (Subunità di Dualchi), affioranti o sub-affioranti, rappresentati da basalti e andesiti, da mediamente a molto fratturati soprattutto in corrispondenza della porzione più superficiale, ricoperti da una coltre eluvio-colluviale di spessore generalmente inferiore a 3 m.

**RTI di progettazione:**



**Mandataria**

Via G.B. Sammartini n°5  
20125 - Milano  
Tel. 02 6787911  
email: mail@proiter.it



**Mandante**

Via Artemide n°3  
92100 Agrigento  
Tel. 0922 421007  
email: deltaingegneria@pec.it

## 7 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

### 7.1 Descrizione delle indagini

La campagna geognostica per l'esecuzione della Variante alla S.S. 131 di "Carlo Felice", in corrispondenza di quest'opera, è costituita da due campagne geognostiche e in particolare:

- Sondaggio F6dx, F6sx, F7sx, F7dx eseguiti nel 1997 (Soiltecnica), S2 (Lotto 6) eseguito nel 2005 (Sigeco) e S23, eseguito nel 2015 (Sondedile);
- Pozzetti PF6dx, PF6dx, PP15, PP16 e PP17, eseguiti nel 1997 da Soiltecnica.

Per i dettagli sulle stratigrafie, ubicazioni e prove in sito e di laboratorio eseguite in tali campagne si rimanda agli elaborati **S21GE00GEOPU01** – "Planimetria ubicazione indagini", **T00GE00GEORE01A** – "Documentazione indagini geognostiche preesistenti – tomo I", **T00GE00GEORE02A** – "Documentazione indagini geognostiche preesistenti – tomo II", **T00GE00GEORE05A** – "Documentazione indagini geognostiche – 2015/2016".

Per quest'opera sono risultate disponibili le stratigrafie dei sondaggi **F6dx**, **F6sx** (1997) e **S23** (2015), che, insieme alle fotografie delle cassette catalogatrici, hanno consentito di verificare la presenza di terreni di riporto e di depositi detritici superficiali, scarsamente consistenti e immersi in matrice limoso-argillosa, a copertura del sottostante substrato lapideo (*Basalti alterati BA* e *Basalti di Campeda, B*), per uno spessore inferiore a 3 m (2.55 m in F6dx, 1.20 m in F6sx e 0.6 m in S23).

In una zona più a nord dell'intervento, i sondaggi **F7dx** e **F7sx** hanno evidenziato uno spessore di coltre alterata superficiale di spessore max. pari a circa 3 m al di sotto della quale è presente roccia fratturata di natura basaltica, effusiva e vacuolare, con superfici di alterazione talvolta ossidate o argillificate. Qualche km più a sud dell'opera prevista sul Riu Bonorchis, nello stesso contesto geologico, dal sondaggio **S2 (Lotto 6)** è stato rinvenuto substrato basaltico molto alterato al di sotto di 0.20 m circa di terreno di riporto (suolo agrario).

Non è disponibile un numero significativo di prove penetrometriche SPT, ad eccezione della verticale F6dx che riporta un valore di resistenza ( $N_{SPT} > 50$ ) alla profondità di circa 2.3 m da piano campagna e dei sondaggi F7dx e F7sx, posizionati più a nord dell'intervento e quindi non in asse all'opera di attraversamento, i quali riportano rispettivamente un  $N_{SPT}$  pari a 15 (prof. 1.30 m circa) e  $N_{SPT} > 50$  (prof. 2.30 m circa).

La falda è stata rinvenuta a profondità prossime al piano campagna o comunque non superiori a 3 m (2.90 in F6sx).

### 7.2 Modello geotecnico di sottosuolo

Dall'interpretazione dei sondaggi eseguiti è stata effettuata la ricostruzione stratigrafica dell'area interessata dalle opere in progetto. L'individuazione della successione stratigrafica di riferimento è riportata nel profilo geologico **S21GE00GE0FG01** in cui è possibile individuare come terreno di fondazione delle spalle del ponte l'unità dei basalti alterati **BA** (*Basalto alterato*).

In sintesi, si riconosce la presenza delle unità geotecniche di seguito elencate.

### 7.3 Unità geotecnica C – coltre eluvio - colluviale

I depositi di coltre eluvio-colluviale, prodotto di alterazione dei basalti sottostanti, sono presenti con spessori molto ridotti in corrispondenza di S23 (2005), F6sx e F7dx (1997) dove, infatti, non risultano disponibili né prove in sito né campioni sottoposti a prove di identificazione fisica e di resistenza meccanica di laboratorio. Lo spessore massimo di tali depositi in corrispondenza dell'opera è pari a 2.55 m.

Considerando i sondaggi in corrispondenza dell'opera sul Riu Bonorchis, è presente un unico campione in rappresentazione della coltre superficiale, alla profondità di 1.40-1.90 m dal p.c. nel sondaggio F6dx (1997), mentre circa 1 km più a nord sono disponibili altri 2 campioni di coltre superficiale, alla profondità di 1.40-1.90 m dal p.c. nel sondaggio F7dx (1997) e alla profondità di 1.60 m nel pozzetto PF7dx (1997).

L'unità, presente nei primi 3 m dal piano campagna, è costituita da terreni classificabili, secondo la classificazione AGI (1977), come *sabbia e ghiaia limosa*, *ghiaia con sabbia limosa*, ma anche *limo sabbioso argilloso debolmente ghiaioso*, caratterizzati quindi da una granulometria dei terreni molto eterogenea, costituita da sabbia per il 20-40% circa, da ghiaia per il 10-50% e da limo per il 10-60% circa, con frazione argillosa generalmente inferiore al 10%.

Dato che i campioni relativi a questi terreni sono costituiti esclusivamente da campioni rimaneggiati prelevati dalle cassette dei sondaggi geognostici e dallo scavo dei pozzetti esplorativi, i risultati delle determinazioni del peso di volume naturale e delle prove di compressibilità edometrica, riportate sui certificati delle prove di laboratorio, risultano pressoché inutilizzabili.

Nei sondaggi F6dx e F7sx è stata eseguita una prova di tipo SPT ad una profondità di - 2.10 m da p.c. e in entrambi i casi è stato registrato rifiuto (n° colpi > 50 nel primo tratto di prova), mentre nel sondaggio F7dx è stata eseguita una prova SPT a -1.15 m da p.c. che ha fornito un valore di 15 colpi/30cm.

Dato che i campioni relativi a questi terreni sono costituiti esclusivamente da campioni rimaneggiati prelevati dalle cassette dei sondaggi geognostici e dallo scavo dei pozzetti esplorativi, i risultati delle determinazioni del peso di volume naturale e delle prove di compressibilità edometrica, riportate sui certificati delle prove di laboratorio, risultano pressoché inutilizzabili. Risulta possibile utilizzare, ma con molta attenzione, i risultati delle prove di taglio diretto, tenendo conto tuttavia che si tratta di valori ottenuti su provini ricostituiti in laboratorio.

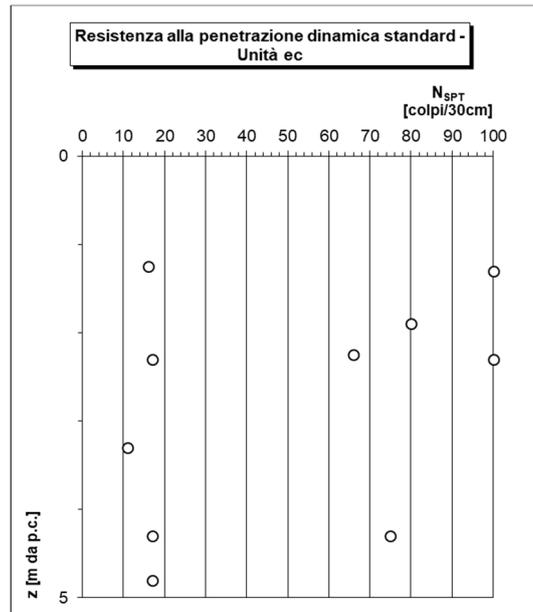
Inoltre, data la scarsità di dati di prove in sito e di laboratorio a disposizione per l'opera in esame, vista l'analogia dei terreni superficiali riconosciuti nella perforazione dei sondaggi di cui sopra con quelli rinvenuti in corrispondenza delle opere previste per la wbs S20 (ponti PO01 sul Riu Pitziu al km 122+015, PO02 sul Riu Mannu al km 122+400), nel seguito verranno presentati i risultati della caratterizzazione eseguita per queste ultime due opere, ubicate ad una distanza di circa 5 km, ma caratterizzate dalle stesse unità geologiche e geotecniche.

Inizialmente è stata condotta un'analisi dei risultati delle prove SPT.

### 7.3.1 Interpretazione dei risultati delle prove SPT

Le prove SPT a fondo foro consistono nel misurare il numero di colpi richiesto per provocare l'avanzamento per battitura di un campionatore standard per tre tratti consecutivi di 15 cm ciascuno. La resistenza dinamica puntuale,  $N_{SPT}$ , si ottiene sommando il numero di colpi necessario per l'avanzamento degli ultimi 30 cm.

I valori risultanti dalle prove SPT eseguite nei terreni dell'unità in esame, in termini di colpi/30cm, sono riportati nel grafico di **Figura 1**.



**Figura 1 – Risultati delle prove SPT**

L'interpretazione delle prove SPT è stata eseguita adottando una metodologia che si basa sulla definizione del valore del numero di colpi normalizzato  $(N_1)_{60}$ .

Per tenere conto dei fattori di variabilità connessi ai diversi dispositivi di infissione presenti sul mercato e della pressione efficace del terreno alla profondità di esecuzione della prova, viene valutato in funzione della profondità il valore normalizzato di  $N_{SPT}$ , cioè  $(N_1)_{60}$ , ricavato dalla seguente espressione:

$$(N_1)_{60} = N_{SPT} \times \frac{ER}{60} \times C_N$$

in cui:

$C_N = (98.1/\sigma'_{v0})^{0.5}$  = coefficiente di correzione dipendente dal valore di  $\sigma'_{v0}$ ;

$\sigma'_{v0}$  = pressione verticale efficace alla profondità di prova;

ER = rendimento medio del dispositivo di infissione effettivamente impiegato espresso in percentuale (per il presente caso assunto pari al 65%).

Sulla base della definizione del parametro  $(N_1)_{60}$  sono state applicate delle correlazioni di letteratura per interpretare i dati in termini di parametri di resistenza al taglio e deformabilità.

I valori di densità relativa sono stati stimati utilizzando i valori del numero di colpi  $N_{SPT}$  normalizzati mediante il valore  $(N_1)_{60}$ .

La stima dei valori di densità relativa è necessaria per la successiva determinazione del valore di angolo di resistenza al taglio e del modulo di deformabilità per i terreni granulari.

In particolare, per la stima del valore di densità relativa è stata adotta la relazione di Skempton:

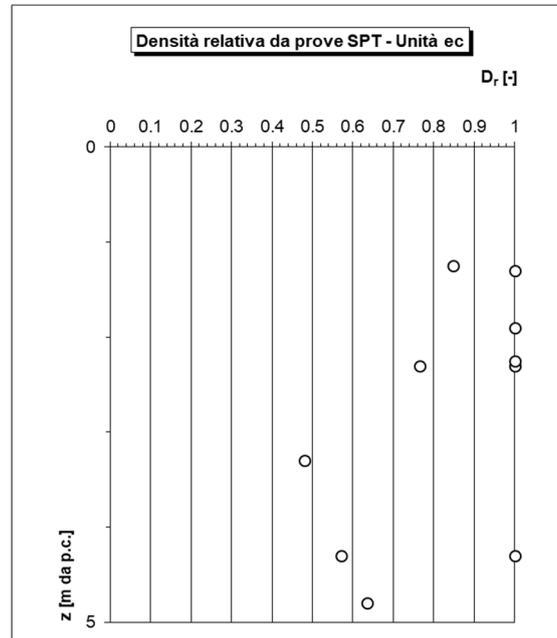
$$D_R = \left[ \frac{(N_1)_{60}}{60} \right]^{0.5}$$

Nella valutazione dei risultati, è stato tenuto conto dell'effetto della granulometria come segue:

- nelle sabbie, la  $D_R$  è il valore medio "prudenziale" (valore caratteristico);

- nelle ghiaie, di ogni tipo, la  $D_R$  e/o i parametri da essa derivati saranno stabiliti in modo tale da essere prudentemente inferiori al valore minimo assoluto; ciò in ragione del fatto che le prove SPT forniscono valori in proporzione maggiori delle sabbie in ragione della differente granulometria.

I valori risultanti di densità relativa sono riportati nel grafico mostrato in **Figura 2**.



**Figura 2 – Valori di densità relativa dai risultati delle prove SPT**

I valori dell'angolo di resistenza al taglio sono calcolati dall'interpretazione di numero di colpi SPT, attraverso la determinazione della densità relativa, mediante la relazione di Schmertmann (cfr. **Figura 3**):

$$\phi'_p = 28 + 0.14 \cdot D_R$$

per sabbie fini uniformi,

$$\phi'_p = 31.5 + 0.115 \cdot D_R$$

per sabbie medie uniformi e sabbie fini ben gradate,

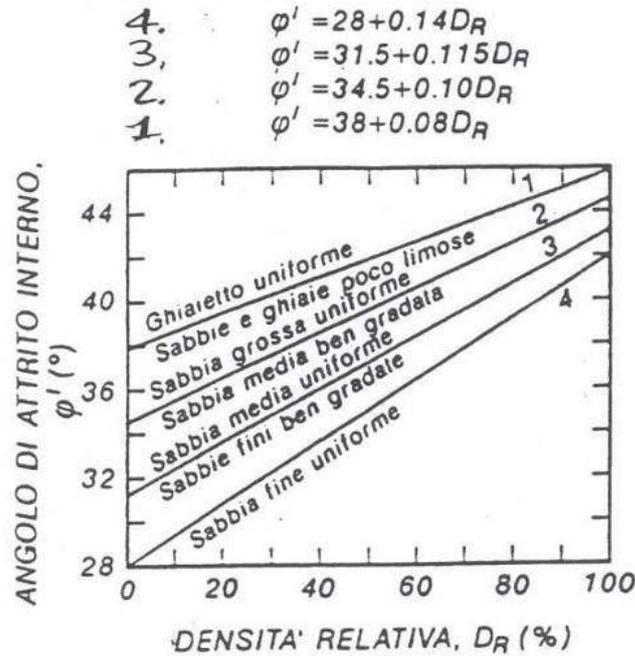
$$\phi'_p = 34.5 + 0.10 \cdot D_R$$

per sabbie grosse uniformi e sabbie medie ben gradate,

$$\phi'_p = 38.0 + 0.08 \cdot D_R$$

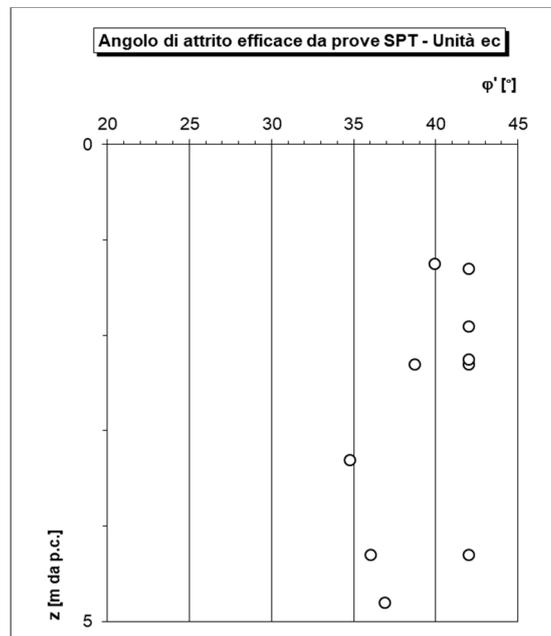
per ghiaietti uniformi e sabbie e ghiaie poco limose.

dove  $D_R$  è il corrispondente valore della densità relativa. Si noti come nella relazione sopra riportata, il valore dell'angolo di resistenza al taglio sia quello "di picco".



**Figura 3 - Relazione tra angolo di attrito efficace ( $\varphi'$ ) e densità relativa ( $D_r$ ) per diverse granulometrie (Schmertmann, 1975)**

I valori risultanti di angolo di attrito efficace sono riportati nel grafico di **Figura 4**.



**Figura 4 – Valori di angolo di attrito efficace ( $\varphi'$ ) dai risultati delle prove SPT**

Il modulo elastico operativo  $E'_{25}$  (corrispondente ad un grado di mobilitazione della resistenza ultima pari al 25%) è valutato mediante la correlazione proposta da Jamiolkowski, 1988:

per terreni normalconsolidati:

$$E'_{25} = 0.0981 \times (10.5 - 3.5D_R) \times N_{SPT} \quad (\text{MPa})$$

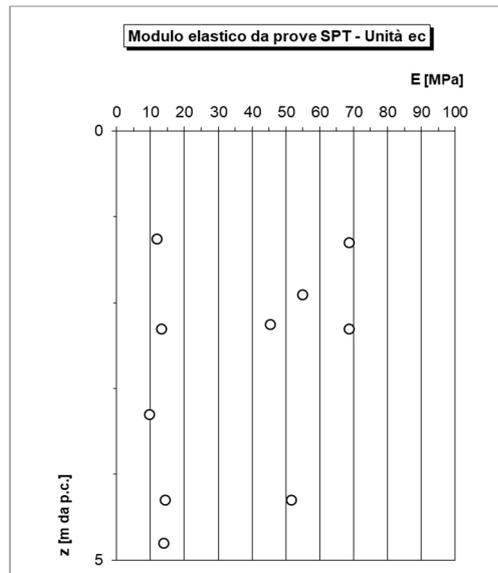
per terreni sovraconsolidati:

$$E'_{25} = 0.0981 \times (52.5 - 35D_R) \times N_{SPT} \quad (\text{MPa})$$

in cui:

- $E'_{25}$ : modulo di Young secante, cui corrisponde un grado di mobilitazione della resistenza ultima pari al 25%;
- $D_R$ : densità relativa, espressa come frazione dell'unità;
- $N_{SPT}$ : numero di colpi da prova SPT.

I valori risultanti di modulo elastico operativo  $E'_{25}$  sono riportati nel grafico di **Figura 5**.

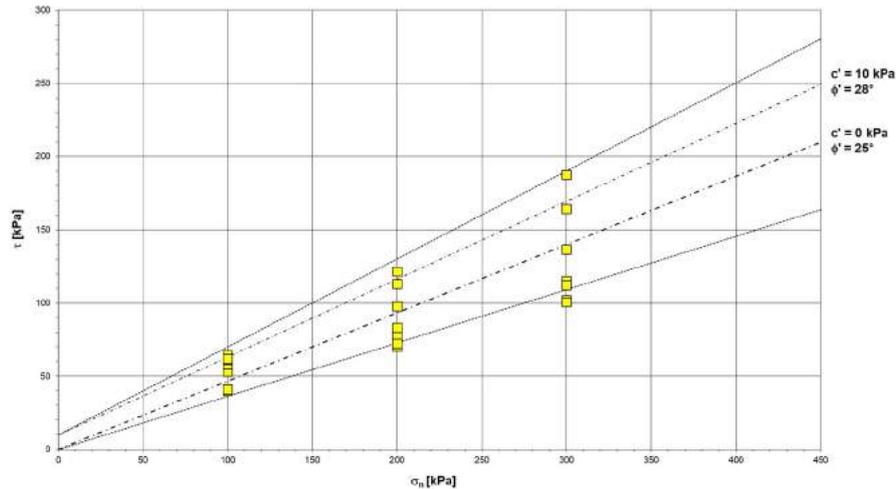


**Figura 5 – Valori di modulo elastico operativo  $E'_{25}$  dai risultati delle prove SPT**

### 7.3.2 Prove di taglio diretto

Dato che i campioni relativi a questi terreni sono costituiti esclusivamente da campioni rimaneggiati prelevati dalle cassette dei sondaggi geognostici e dallo scavo dei pozzetti esplorativi, i risultati delle prove di taglio diretto devono essere utilizzati con molta cautela, tenendo conto tuttavia che si tratta di valori ottenuti su provini ricostituiti in laboratorio.

In **Figura 6** sono riportati i risultati delle prove di taglio diretto eseguite su tutti i campioni disponibili per l'unità eluvio-colluviale con la rappresentazione di questi in termini di inviluppo di rottura sul diagramma  $\sigma$ - $\tau$ .



**Figura 6 – Involuppo di rottura ottenuto da prove di taglio diretto**

Per ciò che concerne l'angolo di resistenza al taglio efficace  $\varphi'$ , considerando che il valore minimo risultante dall'interpretazione delle prove SPT risulta pari a circa  $34\div 35^\circ$  e che le prove di taglio diretto, per la natura dei campioni utilizzati, forniscono valori del tutto cautelativi, è stato attribuito alla coltre superficiale un range di valori pari alla media dei valori risultanti dall'interpretazione delle prove suddette, compreso tra  $25^\circ$  e  $28^\circ$ .

Per ciò che concerne i valori di coesione, tenuto conto anche della discreta percentuale di matrice limosa rinvenuta nei depositi, è stato attribuito alla coltre superficiale un range di valori compreso tra 0 e 10 kPa, pari alla media dei valori risultanti dall'interpretazione delle prove suddette.

In conclusione, per l'unità geotecnica **C** (*coltre eluvio-colluviale*) sono stati definiti i seguenti parametri geotecnici rappresentativi:

- $\gamma = 19 \text{ kN/m}^3$  peso di volume naturale
- $\varphi' = 25^\circ\text{-}28^\circ$  angolo di resistenza al taglio efficace
- $c' = 0\text{-}10 \text{ kPa}$  coesione efficace
- $E' = 15\text{-}20 \text{ MPa}$  modulo elastico di Young

## 7.4 Substrato roccioso: Basalti di Campeda

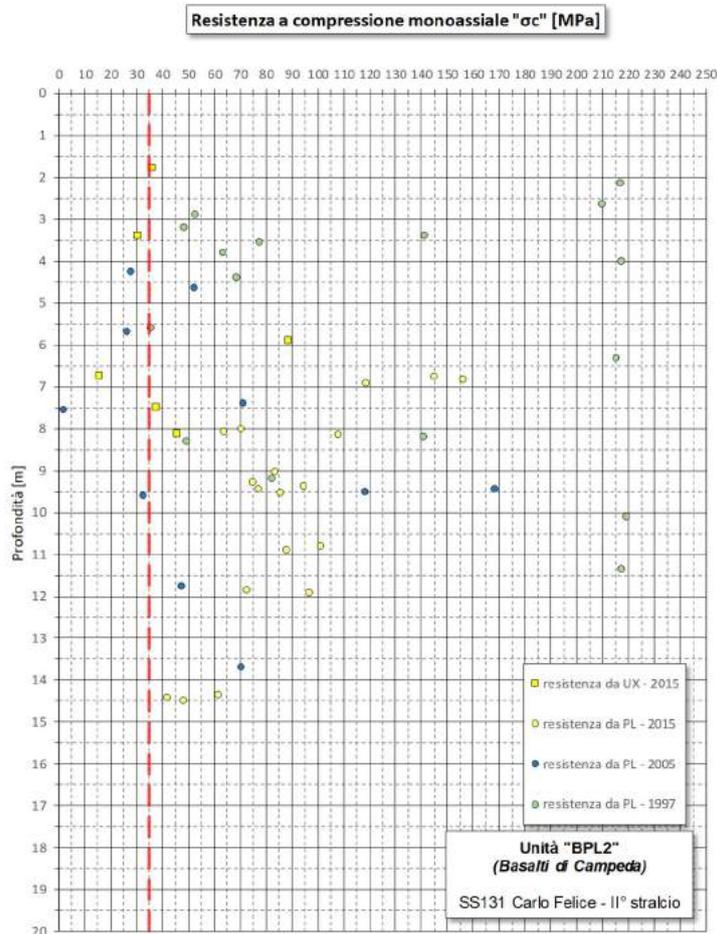
In ottica di una caratterizzazione omogenea si è tenuto conto, per la caratterizzazione del substrato basaltico, di tutti i sondaggi in cui sono stati rinvenuti tali litotipi e circoscritti in un'area sufficientemente ampia all'interno di ciascuna opera in progetto per la S.S.131 "Carlo Felice".

Si è fatto riferimento ai sondaggi S1, S2, S5 e S23 della campagna di indagine integrativa Anas del 2015-2016 realizzati da Sondedile s.r.l., ai sondaggi S1, S2, S37 e S38 della campagna di indagine Sigeco del 2005 e ai sondaggi F1dx, F2Bsx, F2dx, F2sx, F3sx, F3dx, F4sx, F4dx, F5sx, F5dx, F6dx, F7sx, F7dx, F8Bdx, F9dx e F15dx della campagna di indagine Soiltecnica del 1997 che interessano gli stessi litotipi.

### 7.4.1 Unità geotecnica B – Basalti non alterati

La caratterizzazione geomeccanica dei Basalti non alterati **B** è stata eseguita a partire dai valori della resistenza a compressione uniassiale ( $\sigma_{ci}$ ) ottenuta su campioni indisturbati di roccia intatta di tutti i sondaggi ricadenti in tale unità e dall'indice GSI (*Geological Strength Index*) valutato sulla base delle informazioni desumibili dai rilievi e dalle cassette catalogatrici.

Nella **Figura 7** seguente si riporta l'andamento della resistenza a compressione uniassiale (*stimata da prove di resistenza speditiva tipo Point-Load e da prove di compressione uniassiale UxDC e UxCC*) con la profondità. Per la stima della resistenza a compressione uniassiale dalle prove di Point-Load si è proceduto moltiplicando l'indice di resistenza  $I_{S(50)}$  per il fattore moltiplicativo K, pari a 22 per rocce basaltiche (Bruschi, 2004).



**Figura 7 – Basalti di Campeda – Resistenza a compressione uniassiale**

A fronte di questo, la stima dei parametri di resistenza al taglio equivalenti dell'ammasso è stata effettuata con il criterio di Hoek & Brown, utilizzando:

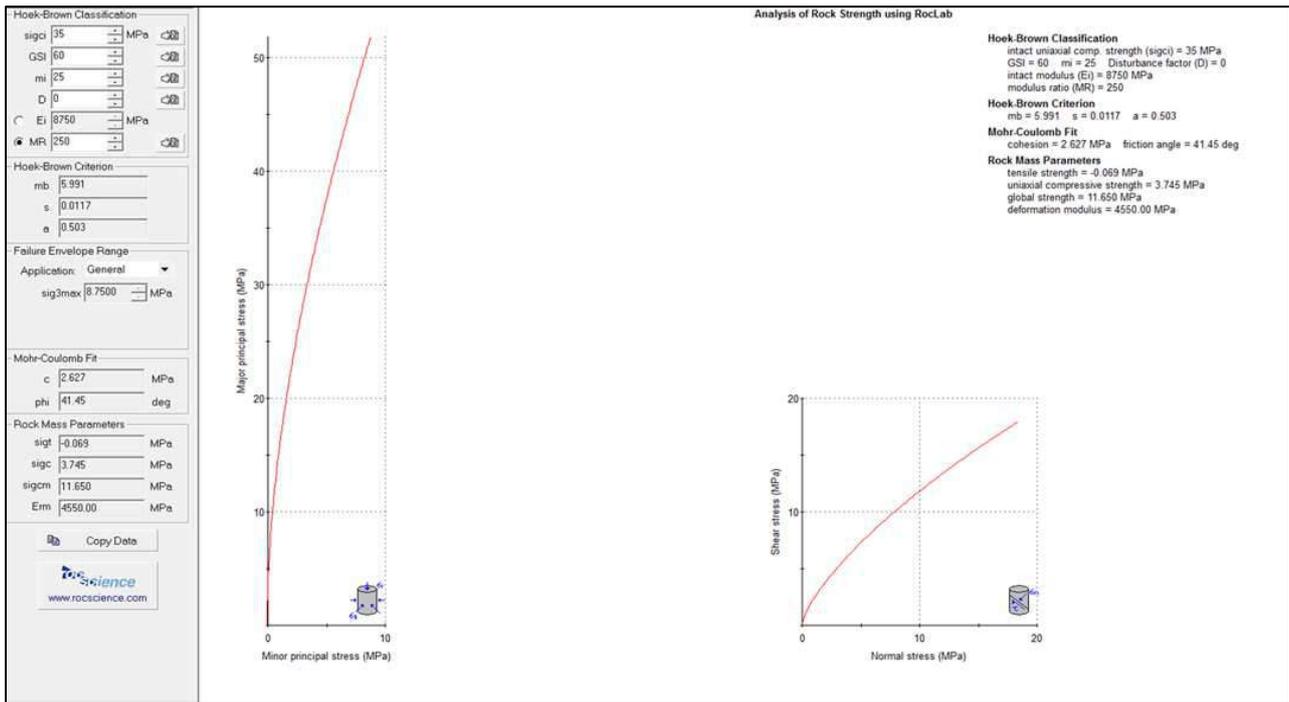
GSI = 60 (ammasso intatto o poco fratturato, condizioni delle discontinuità buone);

$m_i = 25$  (basalti =  $25 \pm 5$ );

$\sigma_{ci} = 35$  MPa resistenza a compressione uniassiale;

$\gamma = 22$  kN/m<sup>3</sup> peso dell'unità di volume;

D = 0 fattore di disturbo.



**Figura 8 – Unità B - Criteri di Rottura di H-B e M-C**

Sulla base di tale caratterizzazione, è stato definito un angolo di attrito pari a  $40^\circ$ , mentre per la coesione è stata definito un valore cautelativo pari a 50 kPa.

In sintesi, all'unità geotecnica **B** (*Basalti di Campeda*), è possibile attribuire i seguenti parametri geotecnici:

- $\gamma = 22 \text{ kN/m}^3$  peso di volume naturale;
- $\varphi' = 40^\circ$  angolo di resistenza al taglio;
- $c' = 50 \text{ kPa}$  coesione in condizioni drenate;
- $\tau = 200\text{-}250 \text{ kPa}$  aderenza laterale terreno-calcestruzzo;
- $E' = 4500 \text{ MPa}$  modulo elastico di Young.

#### 7.4.2 Unità geotecnica BA – Basalti alterati

Analizzando le stratigrafie e le stesse cassette catalogatrici, l'unità, mediamente presente entro i primi 9-10 m di profondità al di sopra dei basalti sani, si presenta molto alterata, spesso ossidata e frammentata. Fermo restando la natura rocciosa dell'unità ma considerando l'estremo grado di fratturazione della stessa, visti anche i valori di resistenza della coltre superficiale sovrastante, in ottica di definirne il grado di resistenza è ragionevole, in maniera cautelativa, assimilare il comportamento di questa unità a quello di un terreno molto consistente.

La caratterizzazione geomeccanica dei Basalti alterati **BA** è stata eseguita a partire dai valori della resistenza a compressione uniassiale ( $\sigma_{ci}$ ) stimata sia da prove speditive tipo Point-Load che da prove di compressione uniassiale ottenute su campioni indisturbati di roccia intatta appartenenti a tutti i sondaggi ricadenti all'interno di tale unità; successivamente è stato definito un indice GSI (*Geological Strength Index*) valutato sia sulla base di quanto detto sulla natura meccanica dell'unità, ovvero considerando una struttura rocciosa molto fratturata e condizioni delle discontinuità molto scadenti, sia in relazione a quanto definito per l'unità dei basalti non alterati sottostante.

Pertanto, la stima dei parametri di resistenza al taglio equivalenti dell'ammasso è stata effettuata con il criterio di Hoek & Brown, utilizzando:

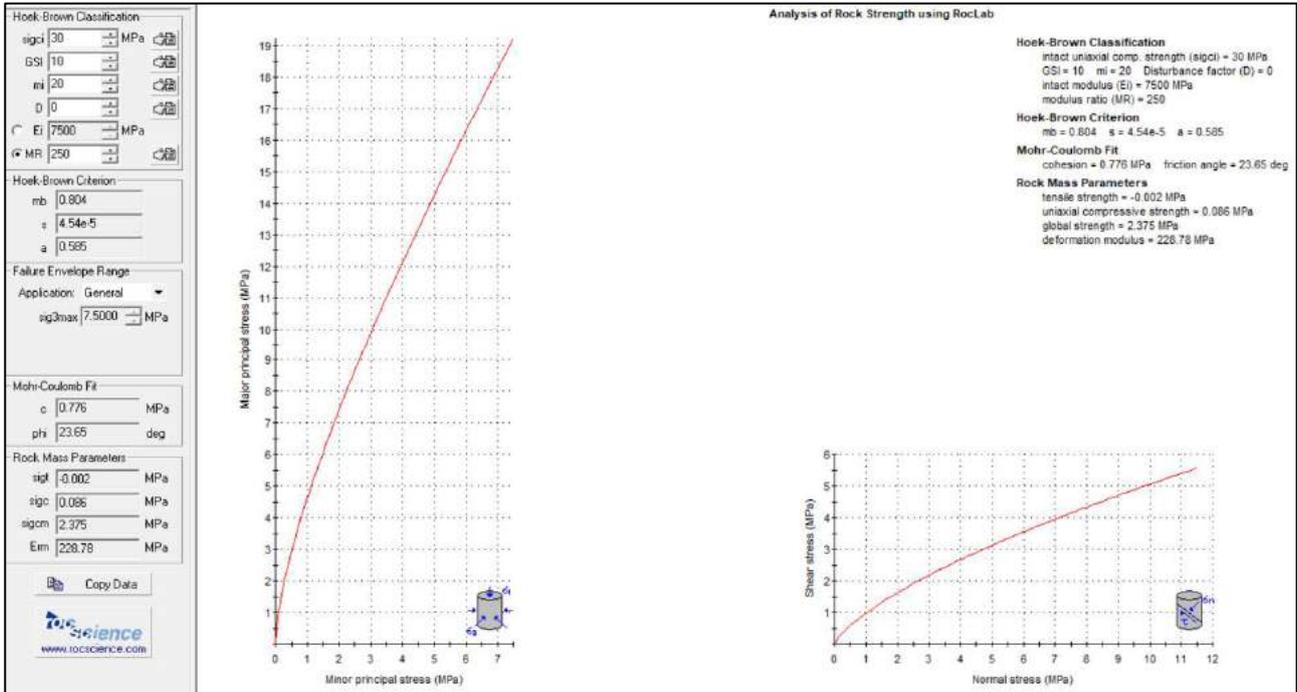
GSI = 10 (ammasso molto fratturato, condizioni delle discontinuità molto scadenti);

$m_i = 20$  (basalti =  $25 \pm 5$ );

$\sigma_{ci} = 30$  MPa resistenza a compressione uniaassiale;

$\gamma = 20$  kN/m<sup>3</sup> peso dell'unità di volume;

D = 0 fattore di disturbo.



**Figura 9 – Unità BA - Criteri di Rottura di H-B e M-C**

Sulla base di tale caratterizzazione, è stato definito un angolo di attrito pari a 34°, paragonabile al valore ottenuto dalle prove SPT sulla coltre di alterazione superficiale, mentre per la coesione è stata definito un valore cautelativo pari a 0 kPa.

In sintesi, per l'unità geotecnica **BA (Basalti alterati)** sono stati considerati i seguenti parametri di resistenza:

- $\gamma = 20$  kN/m<sup>3</sup> peso di volume naturale;
- $\phi' = 34^\circ$  angolo di resistenza al taglio;
- $c' = 0$  kPa coesione in condizioni drenate;
- $\tau = 180-200$  KPa aderenza laterale terreno-calcestruzzo;
- $E' = 200$  MPa modulo elastico di Young

Ai fini della valutazione della capacità portante di progetto si considerano due verticali indagate a cui corrispondono  $\xi_3=1.65$  e  $\xi_4=1.55$ .

### 7.4.3 Determinazione della tensione tangenziale limite

Nel caso dei terreni rocciosi, la determinazione dei fattori di influenza della tensione tangenziale limite, agente sul micropalo è stata oggetto di numerosi studi, essenzialmente sperimentali.

Secondo il criterio di Horvath & Kenney (1989), che esprimono la tensione tangenziale limite secondo la relazione:

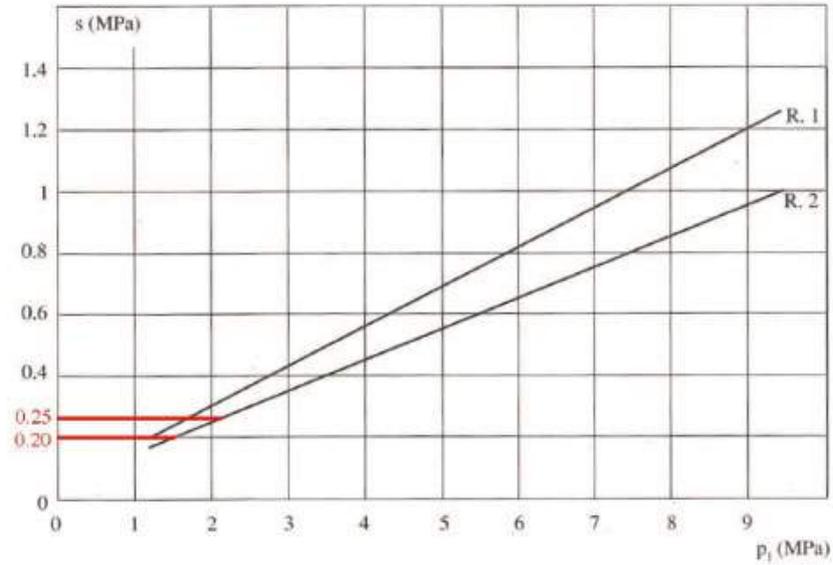
$$\tau_l = 6.656 \sqrt{q_u} \quad (KPa)$$

dove  $q_u$  rappresenta la resistenza a compressione monoassiale della roccia, il valore della tensione tangenziale minima del basalto, a fronte di una  $q_{u\min}$  pari a 1680 KPa, risulta pari 270 KPa; a fronte di tale valore si assumono più cautelativamente i valori riportati nella seguente tabella:

Litotipo	T min [KPa]	T med [KPa]
Basalto Alterato	180	200
Basalto	200	250

Inoltre, anche sulla base dello studio di Bustamante e Doix (1985), l'andamento della tensione tangenziale limite che si sviluppa all'intorno di un micropalo o tirante, dipende dalla natura del terreno e dalla sua resistenza (espressa ora in termini di  $N_{SPT}$  ora in termini di pressione limite ricavata dalle prove pressiometriche) oltre che dalla tecnica di iniezione.

Nella figura sottostante è riportato l'abaco per rocce alterate e fratturate, con evidenziati i valori della tensione tangenziale limite che, in caso di rocce fratturate e di micropali eseguiti con iniezione a bassa pressione o gravità, assume i valori minimi indicati in figura, compresi tra 200 e 250 KPa.



Come si osserva, i valori di tensione tangenziale sono estremamente cautelativi, pur in assenza di prove pressiometriche, nonostante i discreti valori di caratteristiche meccaniche riscontrate nella campagna geognostica dell'ammasso roccioso.

## 7.5 Analisi dei carichi agenti sulla struttura

Si rimanda alla relazione di calcolo dell'impalcato e delle spalle per la descrizione dei carichi agenti e della combinazione delle azioni.

## 7.6 Azione sismica di riferimento

Per quest'opera sono disponibili, in asse all'opera, le stratigrafie dei sondaggi **F6dx**, **F6dx** (1997) e **S23** (2015), che, insieme alle fotografie delle cassette catalogatrici, hanno consentito di verificare la presenza di terreni di riporto e di depositi detritici superficiali, scarsamente consistenti e immersi in matrice limo-argillosa, di copertura del sottostante substrato lapideo (*Basalti di Campeda*), per uno spessore inferiore a 3 m (2.55 m in F6dx, 1.20 in F6sx e 0.60 m in S23).

Tale stratigrafia, anche in assenza di specifiche indagini sismiche, considerato lo spessore ridotto dei depositi superficiali (< 3 m), consente di attribuire all'opera in oggetto una **categoria di sottosuolo di tipo A**, corrispondente ad *ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m*.

In base alla categoria di sottosuolo determinata con le metodologie di cui sopra (categoria A) il valore del coefficiente di amplificazione stratigrafica  $S_S$  (cfr. Tabella 3.2.V del D.M. 17/01/18) è pari a 1.00.

In base alle condizioni topografiche presenti in sito ( $T_1$  = superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media  $i \leq 15^\circ$ ) per configurazioni superficiali semplici si può adottare il seguente valore del coefficiente di amplificazione topografica  $S_T$  (cfr. Tabella 3.2.V del D.M. 17/01/18):

Categoria topografica	$S_T$
T1	1.0

In assenza di analisi specifiche di risposta sismica locale, l'accelerazione massima può essere valutata mediante la relazione:

$$a_{\max} = S \cdot a_g = S_S \cdot S_T \cdot a_g$$

dove:

- $S_S$  = coefficiente di amplificazione stratigrafica (Tab. 3.2.V);
- $S_T$  = coefficiente di amplificazione topografica (Tab. 3.2.VI);
- $a_g$  = accelerazione orizzontale massima attesa su sito riferimento rigido

Nel caso specifico, per i diversi stati limite, il valore di  $a_{\max}$  risulta il seguente:

Stato Limite	$T_R$ [anni]	$a_g$ [g]	$a_{\max}$ [g]
SLO	60	0.025	0.025
SLD	101	0.031	0.031
SLV	949	0.060	0.060
SLC	1950	0.071	0.071

## 8 VERIFICHE

### 8.1 Verifiche strutturali

Verranno effettuate le verifiche relativamente ai seguenti stati limite:

#### Stati Limite Ultimi

- 1- Tensione ideale nell'acciaio

#### Stati Limite di Esercizio

- 1- Limitazione degli spostamenti orizzontali

### 8.2 Verifiche geotecniche

Verranno effettuate le verifiche relativamente ai seguenti stati limite:

#### Stati Limite Ultimi

- 1- Capacità portante nei confronti dei carichi assiali
- 2- Resistenza nei confronti delle azioni trasversali

#### Stati Limite di Esercizio

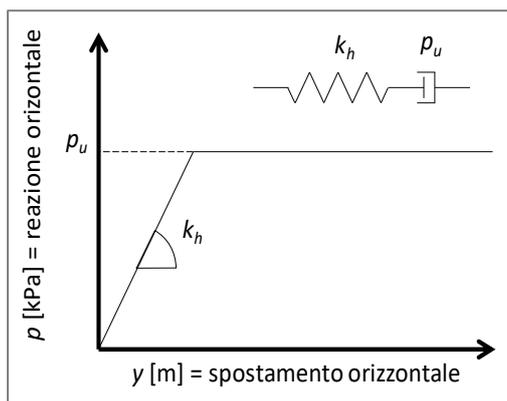
- 1- Limitazione dei cedimenti.

#### 8.2.1 **Capacità portante nei confronti dei carichi assiali**

La capacità portante nei confronti dei carichi assiali è affidata interamente alla portata laterale dei micropali, mentre la portata di base viene trascurata. La portata laterale viene calcolata moltiplicando le tensioni tangenziali indicate al paragrafo **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.** per la superficie laterale del palo e applicando i relativi coefficienti parziali di sicurezza.

#### 8.2.2 **Capacità portante nei confronti delle azioni orizzontali**

Per lo studio del comportamento dei micropali soggetti a carichi orizzontali si fa riferimento alla schematizzazione della trave su suolo elastico alla Winkler, con molle aventi comportamento elastico – perfettamente plastico (si veda figura seguente).



Nelle pagine seguenti si riportano i grafici con l'andamento in funzione della profondità delle seguenti grandezze:

- Coefficiente di reazione  $k_h$  [kN/m<sup>3</sup>] delle molle orizzontali che simulano la reazione del terreno.
- Pressione limite  $p_u$  [kPa] delle molle orizzontali che simulano la reazione del terreno.
- Capacità portante di progetto orizzontale del palo [kN].

I diagrammi sono stati ricavati considerando:

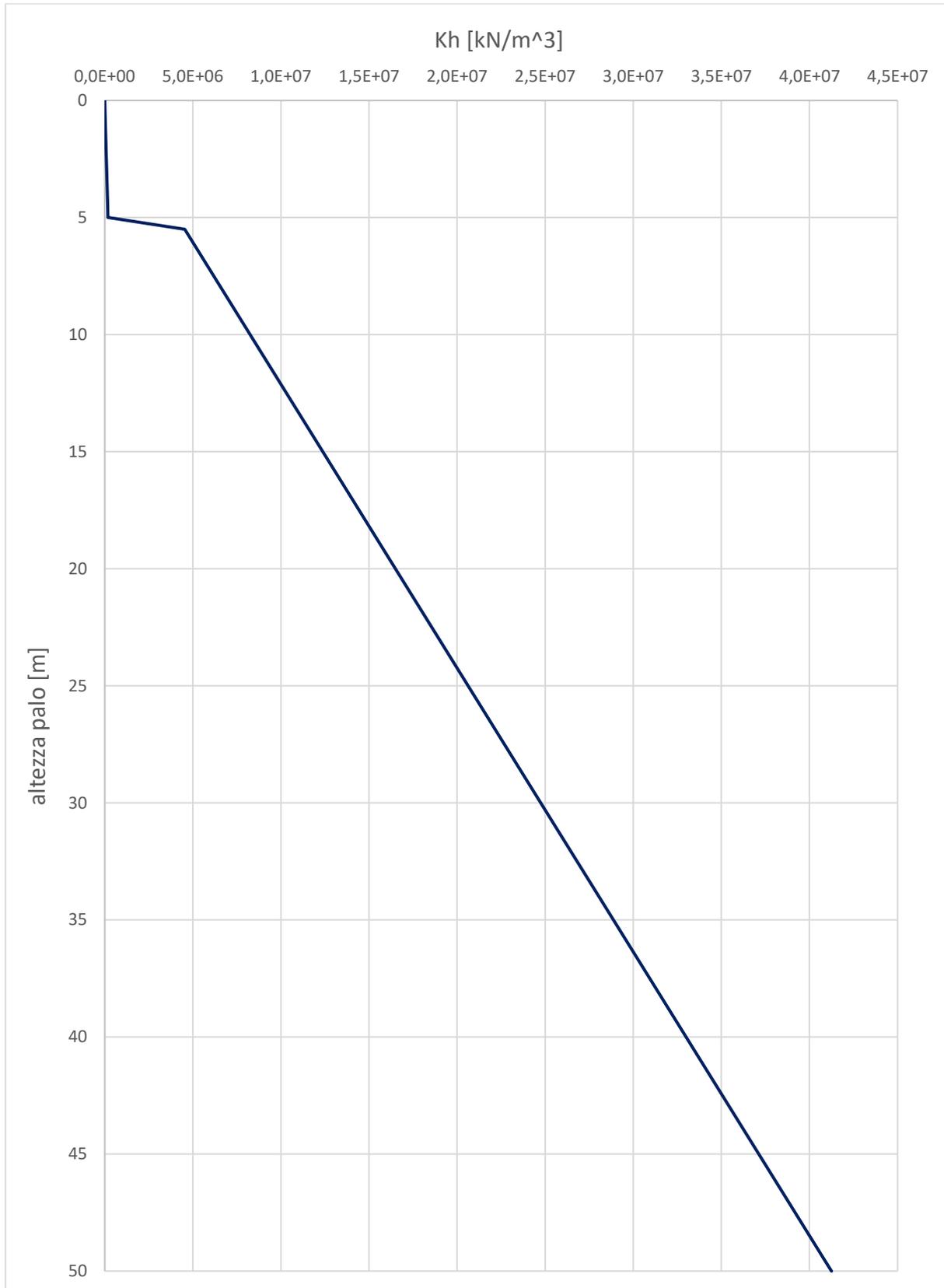
- $z = 0$  in testa al palo.
- Il diametro del palo pari a 0.3 m.
- La stratigrafia, la posizione della falda e la caratterizzazione da relazione geomeccanica aggiornata. (tabella)
- La quota della testa del palo a -2 m da piano campagna.
- Per la capacità portante di progetto, i coefficienti parziali da NTC 2008:  $\gamma_R$  per l'Approccio 2 e  $\xi$  per tenere conto del numero di verticali indagate.

Stratigrafia	$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\gamma'$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\Phi$ [°]	$c$ [kPa]	$E'$ [MPa]
Basalto Alterato	20	10	34	0	200
Basalto	22	12	40	50	4500

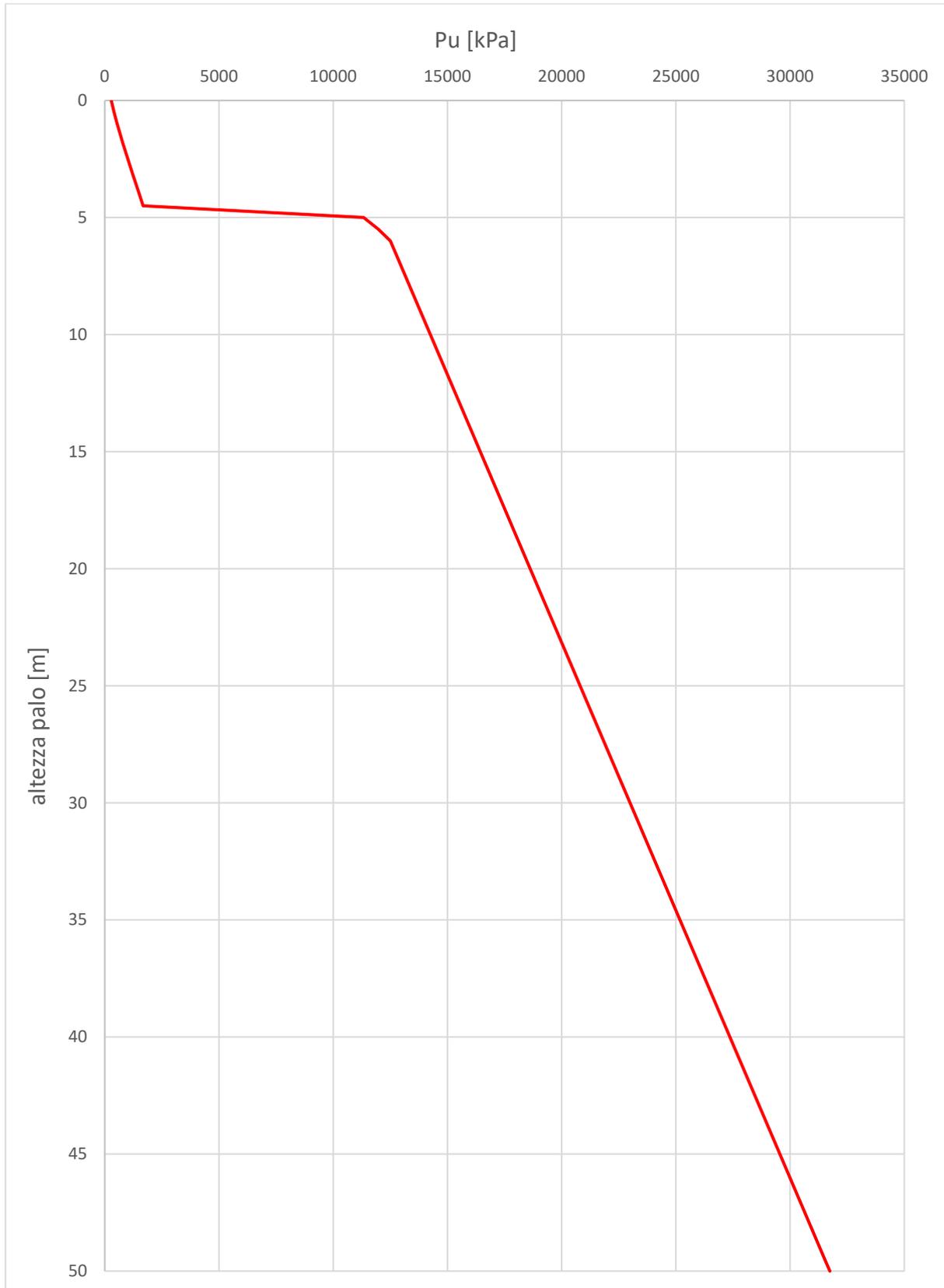
La verifica geotecnica dei pali viene eseguita determinando la lunghezza del palo che corrisponde alla forza sollecitante orizzontale di progetto (H<sub>lim</sub> minima); Tale lunghezza viene confrontata con la lunghezza prefissata del palo (definita in generale dalla capacità portante verticale); se quest'ultima è maggiore, la verifica geotecnica risulta soddisfatta.

Per il dimensionamento strutturale del palo, il terreno viene schematizzato con molle elasto-plastiche (kh-pu) collegate al fusto del palo. Si applica in testa al palo la forza sollecitante orizzontale di progetto. Con i risultati delle analisi (sollecitazioni all'interno del palo) viene dimensionata l'armatura.

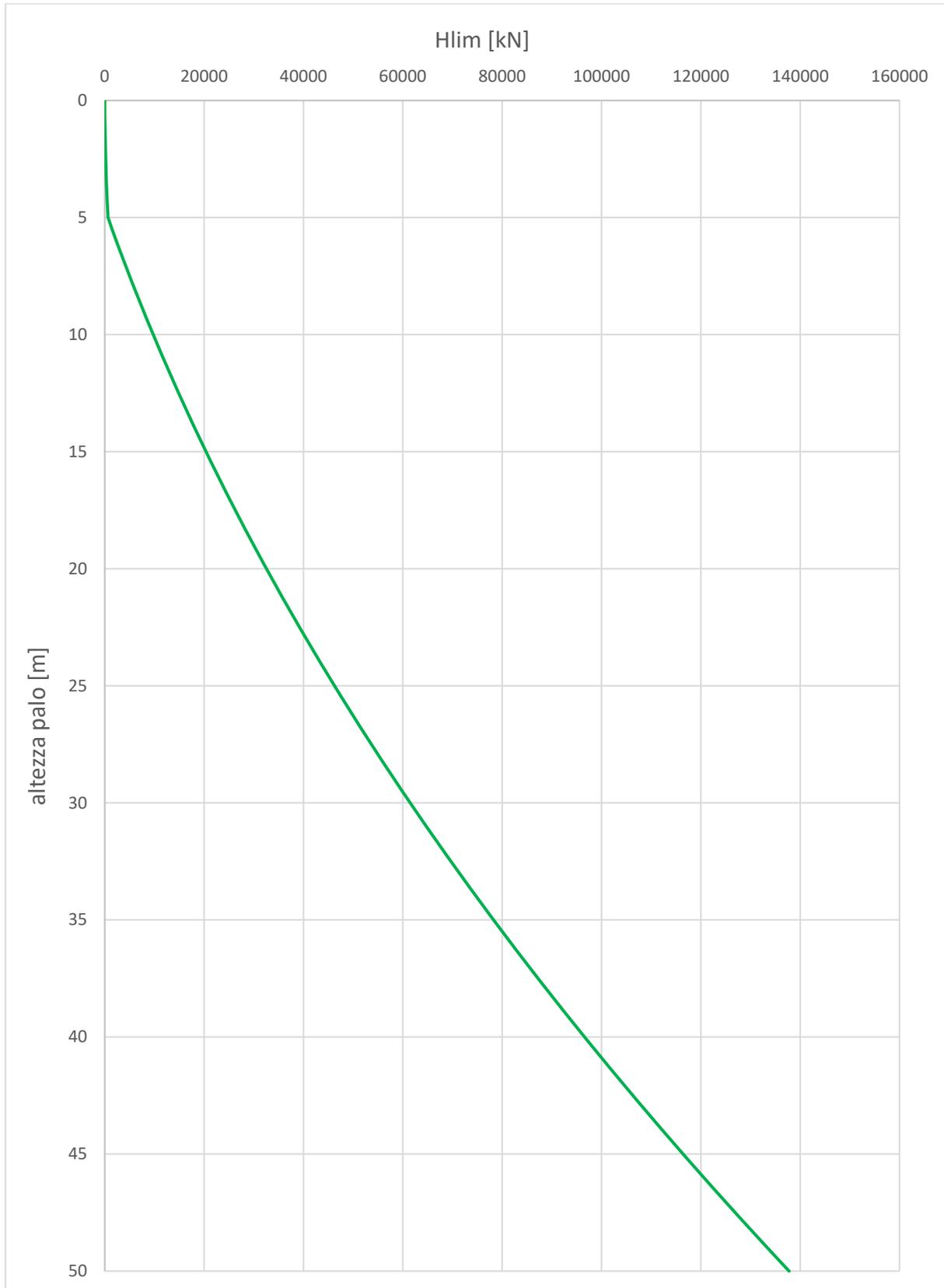
Coefficiente di reazione orizzontale



Pressione limite orizzontale



Capacità portante di progetto orizzontale



## 9 RISULTATI DELLE VERIFICHE CARREGGIATA SUD

La seguente tabella riassume schematicamente tutte le verifiche eseguite nei vari casi di calcolo definiti. Per ciascuna verifica è indicato il confronto tra resistenza di calcolo  $R_d$  ed azione di calcolo  $S_d$ , ed il relativo coefficiente di sicurezza  $f_s$ .

Tutti i Punti maglia (60), Tutti i casi (5), Tutti i sestetti (21)					
Caso	C.Port. [kN][f.s.]	Cedim. [mm]	R.Tras. [kN][f.s.]	Sp.Ori. [mm]	Acc.:sig.id. [kPa][f.s.]
1: SLU	PM6-S2 ↓1117.56/927.84 1.20	= ---	PM1-S3 9717.00/110.81 87.69	= ---	PM6-S2 338100/173310 = 1.95
2: Sism.	SLV PM6-S3 ↓1117.56/548.59 2.04	= ---	PM1-S3 9717.00/74.08 131.17	= ---	PM6-S1 338100/109800 = 3.08
3: Rara	---	PM11-S1 -1 (max -50)	---	PM1-S1 5 (max 50)	---
4: Freq	---	---	---	---	---
5: QPerm	---	PM11-S1 0 (max -40)	---	PM1-S1 5 (max 40)	---

C.Port. = Capacità portante | Cedim. = Cedimento | R.Tras. = Resistenza trasversale | Sp.Ori. = Spostamento orizzontale | Acc.:sig.id. = Acciaio: tensione ideale | --- = Verifica non prevista

### 9.1 Materiali.

#### 9.1.1 Calcestruzzo.

Tipo	$f_{ck}$ [kPa]	$\gamma_c$	$f_{cd}$ [kPa]	E[kPa]
C25/30 (Cls 1)	24900	1.50	14110	31447161

Di seguito sono elencate le tensioni massime ammesse in esercizio.

Tipo	$\sigma_{cls, rara}^{(-)}$ [kPa]	$\sigma_{cls, q.p.}^{(-)}$ [kPa]
C25/30 (Cls 1)	14940	11205

Condizioni ambientali: a (poco aggressivo) [4.1.2.2.4.3].

#### 9.1.2 Acciaio per carpenteria.

Tipo	$f_{yk(0\div40)}$ [kPa]	$\gamma_{m0}$	$f_{yd(0\div40)}$ [kPa]	E[kPa]
S 355 (Acc 1)	355000	1.05	338095	210000000

### 9.2 Combinazioni dei carichi.

Tutte le verifiche sono eseguite secondo l'Approccio 2.

Si svolge l'analisi per i seguenti 5 casi di carico.

Caso	Nome	Tipo	Sisma	n° sestetti	Descr.
C1	SLU	SLU	No	12	
C2	SLV	SLV	Si	4	
C3	SLE Car	Rara	No	2	
C4	SLE Freq	Freq	No	2	
C5	SLE QPerm	QPerm	No	1	

### 9.3 Dati del progetto.

#### 9.3.1 Tipi di palo.

Nel progetto è utilizzata una sola tipologia di micropalo.

Palo	Nome	Ø in. [mm]	Ø es. [mm]	Ø pe. [mm]	L [m]	W [kN]	Acc.	Clis
M1	Micr. 1	194.1	219.1	300	10	22.012	S 355 (Acc 1)	C25/30 (Clis 1)



Micr. 1

#### 9.3.2 Stratigrafia.

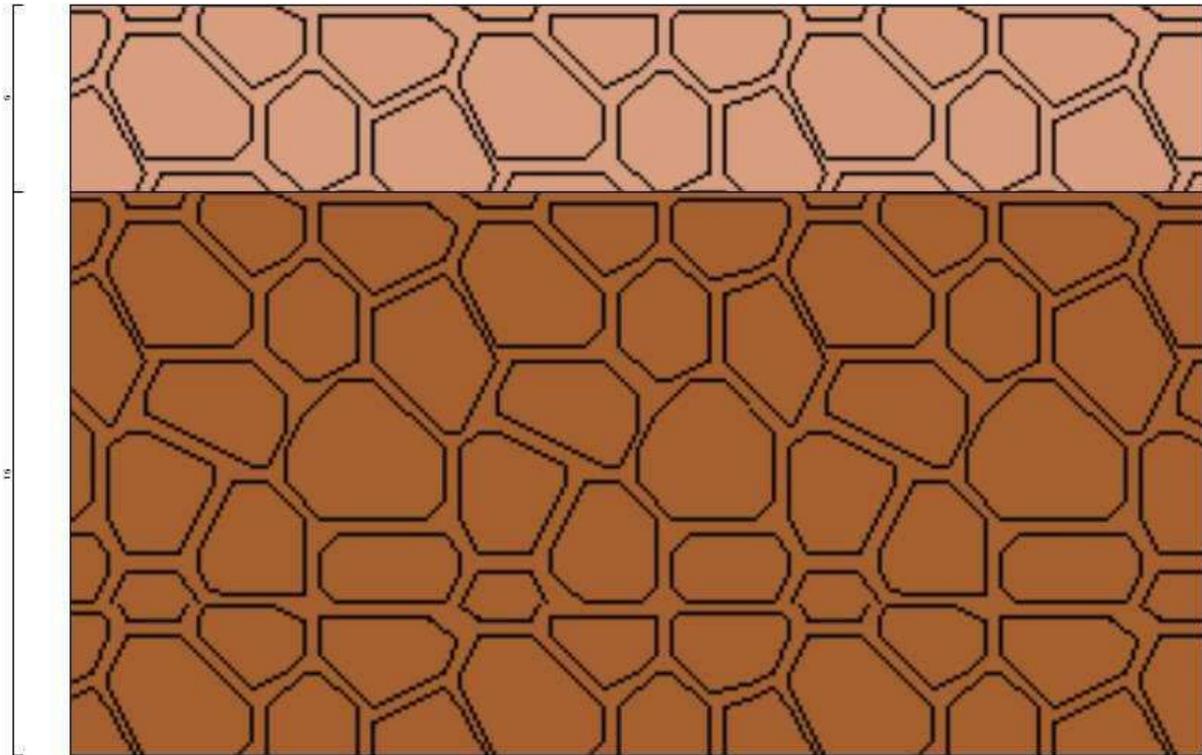
Nel calcolo sono utilizzati 2 tipi di terreno, le cui caratteristiche sono di seguito elencate.

T1	BAL				
$\gamma_d$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\gamma_t$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$c'_k$ [kPa]	$\phi'_k$ [°]	$s_{u,k}$ [kPa]	$q_{u,k}$ [kPa]
20	20	0	34	-	-

E <sub>s</sub> [kPa]	G <sub>s</sub> [kPa]				
200000	76000				
<b>Descrizione:</b> Basalto alterato					
T2	BA				
γ <sub>d</sub> [kN/m <sup>3</sup> ]	γ <sub>t</sub> [kN/m <sup>3</sup> ]	c' <sub>k</sub> [kPa]	φ' <sub>k</sub> [°]	s <sub>u,k</sub> [kPa]	q <sub>u,k</sub> [kPa]
22	22	50	40	-	-
E <sub>s</sub> [kPa]	G <sub>s</sub> [kPa]				
4500000	1730000				
<b>Descrizione:</b> Basalto					

Seguono le caratteristiche della stratigrafia utilizzata nei calcoli.

<b>S1</b>	2 strati		
Strato	Quota[m]	Altezza[m]	Terreno
1	0	5	T1
2	-5	15	T2



Str. 1

### 9.3.3 Punti maglia.

La palificata comprende 60 punti maglia, a ciascuno dei quali corrispondono delle coordinate, un tipo di palo ed i dati del terreno.

Punto	X[m]	Y[m]	Palo	β[°]	θ[°]	Rotaz.	Stratig.	SPT	CPT	Descr.
<b>PM1</b>	-5.4	3	M1	0	0	Impedita	S1	-	-	P1

Progetto Esecutivo

PM2	-5.4	1.8	M1	0	0	Impedita	S1	-	-	P2
PM3	-5.4	0.6	M1	0	0	Impedita	S1	-	-	P3
PM4	-5.4	-0.6	M1	0	0	Impedita	S1	-	-	P4
PM5	-5.4	-1.8	M1	0	0	Impedita	S1	-	-	P5
PM6	-5.4	-3	M1	0	0	Impedita	S1	-	-	P6
PM7	-4.2	3	M1	0	0	Impedita	S1	-	-	P7
PM8	-4.2	1.8	M1	0	0	Impedita	S1	-	-	P8
PM9	-4.2	0.6	M1	0	0	Impedita	S1	-	-	P9
PM10	-4.2	-0.6	M1	0	0	Impedita	S1	-	-	P10
PM11	-4.2	-1.8	M1	0	0	Impedita	S1	-	-	P11
PM12	-4.2	-3	M1	0	0	Impedita	S1	-	-	P12
PM13	-3	3	M1	0	0	Impedita	S1	-	-	P13
PM14	-3	1.8	M1	0	0	Impedita	S1	-	-	P14
PM15	-3	0.6	M1	0	0	Impedita	S1	-	-	P15
PM16	-3	-0.6	M1	0	0	Impedita	S1	-	-	P16
PM17	-3	-1.8	M1	0	0	Impedita	S1	-	-	P17
PM18	-3	-3	M1	0	0	Impedita	S1	-	-	P18
PM19	-1.8	3	M1	0	0	Impedita	S1	-	-	P19
PM20	-1.8	1.8	M1	0	0	Impedita	S1	-	-	P20
PM21	-1.8	0.6	M1	0	0	Impedita	S1	-	-	P21
PM22	-1.8	-0.6	M1	0	0	Impedita	S1	-	-	P22
PM23	-1.8	-1.8	M1	0	0	Impedita	S1	-	-	P23
PM24	-1.8	-3	M1	0	0	Impedita	S1	-	-	P24
PM25	-0.6	3	M1	0	0	Impedita	S1	-	-	P25
PM26	-0.6	1.8	M1	0	0	Impedita	S1	-	-	P26
PM27	-0.6	0.6	M1	0	0	Impedita	S1	-	-	P27
PM28	-0.6	-0.6	M1	0	0	Impedita	S1	-	-	P28
PM29	-0.6	-1.8	M1	0	0	Impedita	S1	-	-	P29
PM30	-0.6	-3	M1	0	0	Impedita	S1	-	-	P30
PM31	0.6	3	M1	0	0	Impedita	S1	-	-	P31
PM32	0.6	1.8	M1	0	0	Impedita	S1	-	-	P32
PM33	0.6	0.6	M1	0	0	Impedita	S1	-	-	P33
PM34	0.6	-0.6	M1	0	0	Impedita	S1	-	-	P34
PM35	0.6	-1.8	M1	0	0	Impedita	S1	-	-	P35
PM36	0.6	-3	M1	0	0	Impedita	S1	-	-	P36
PM37	1.8	3	M1	0	0	Impedita	S1	-	-	P37
PM38	1.8	1.8	M1	0	0	Impedita	S1	-	-	P38
PM39	1.8	0.6	M1	0	0	Impedita	S1	-	-	P39
PM40	1.8	-0.6	M1	0	0	Impedita	S1	-	-	P40
PM41	1.8	-1.8	M1	0	0	Impedita	S1	-	-	P41
PM42	1.8	-3	M1	0	0	Impedita	S1	-	-	P42
PM43	3	3	M1	0	0	Impedita	S1	-	-	P43
PM44	3	1.8	M1	0	0	Impedita	S1	-	-	P44
PM45	3	0.6	M1	0	0	Impedita	S1	-	-	P45
PM46	3	-0.6	M1	0	0	Impedita	S1	-	-	P46

RTI di progettazione:



Mandataria

Via G.B. Sammartini n°5  
20125 - Milano  
Tel. 02 6787911  
email: mail@proiter.it



Mandante

Via Artemide n°3  
92100 Agrigento  
Tel. 0922 421007  
email: deltaingegneria@pec.it

Progetto Esecutivo

PM47	3	-1.8	M1	0	0	Impedita	S1	-	-	P47
PM48	3	-3	M1	0	0	Impedita	S1	-	-	P48
PM49	4.2	3	M1	0	0	Impedita	S1	-	-	P49
PM50	4.2	1.8	M1	0	0	Impedita	S1	-	-	P50
PM51	4.2	0.6	M1	0	0	Impedita	S1	-	-	P51
PM52	4.2	-0.6	M1	0	0	Impedita	S1	-	-	P52
PM53	4.2	-1.8	M1	0	0	Impedita	S1	-	-	P53
PM54	4.2	-3	M1	0	0	Impedita	S1	-	-	P54
PM55	5.4	3	M1	0	0	Impedita	S1	-	-	P55
PM56	5.4	1.8	M1	0	0	Impedita	S1	-	-	P56
PM57	5.4	0.6	M1	0	0	Impedita	S1	-	-	P57
PM58	5.4	-0.6	M1	0	0	Impedita	S1	-	-	P58
PM59	5.4	-1.8	M1	0	0	Impedita	S1	-	-	P59
PM60	5.4	-3	M1	0	0	Impedita	S1	-	-	P60

### 9.3.4 Fondazione.

I pali sono collegati da una fondazione, il cui contorno è definito da 4 vertici.

Vertice	X[m]	Y[m]
V1	-5.85	-4
V2	5.85	-4
V3	5.85	4
V4	-5.85	4

Le sollecitazioni sono applicate nel seguente punto sulla fondazione.

Punto	X[m]	Y[m]
P1	0	0

### 9.4 Azioni.

Le azioni sono applicate sulla fondazione, espresse rispetto al sistema di riferimento globale.

Punto	Caso	Ses.	N <sub>z</sub> [kN]	V <sub>x</sub> [kN]	V <sub>y</sub> [kN]	M <sub>x</sub> [kN*m]	M <sub>y</sub> [kN*m]	T <sub>z</sub> [kN*m]
1	C1	1	-20002	-2208	-5690	16690	-7881	607
1	C1	2	-30217	-2209	-5664	26387	-9713	598
1	C1	3	-19962	-2220	-5989	18413	-7884	688
1	C1	4	-28798	-2221	-5971	24847	-9062	682
1	C1	5	-20002	-2137	-5690	16690	-7306	778
1	C1	6	-28838	-2137	-5672	23124	-8485	771
1	C1	7	-20002	-2208	-5690	16690	-7881	607
1	C1	8	-26087	-2207	-5684	16597	-7786	608
1	C1	9	-19962	-2220	-5989	18413	-7884	688
1	C1	10	-26158	-2219	-5983	18587	-7796	689
1	C1	11	-20002	-2137	-5690	16690	-7306	778
1	C1	12	-26198	-2136	-5684	16864	-7219	778
1	C2	1	-18408	-1231	-3924	15237	-4290	855

1	C2	2	-18162	-1231	-3798	14798	-4251	880
1	C2	3	-18445	-3261	-2532	8993	-14082	889
1	C2	4	-18199	-3261	-2405	8554	-14043	914
1	C3	1	-22256	-1628	-4204	19761	-7201	464
1	C3	2	-19196	-1627	-4219	12509	-5773	471
1	C4	1	-21234	-1581	-4208	17333	-6334	579
1	C4	2	-19279	-1580	-4217	12697	-5396	584
1	C5	1	-19429	-1556	-4217	13056	-5209	640

## 9.5 Calcolo della capacità portante e curva di mobilitazione.

Il seguente calcolo di capacità portante vale per tutti i pali.

Si riporta integralmente il calcolo di capacità portante per la situazione peggiore (coef. di sicurezza minore):  
Punto maglia PM6, Caso C1 (Stato limite ultimo).

Si applicano i seguenti coefficienti di sicurezza parziali per le azioni:  $\gamma_{G1,f}=1.00$ ,  $\gamma_{G1,s}=1.30$ ,  $\gamma_{G2,f}=0.80$ ,  
 $\gamma_{G2,s}=1.50$ ,  $\gamma_{Q1,f}=0.00$ ,  $\gamma_{Q1,s}=1.50$ .

Si applicano i seguenti coefficienti di sicurezza, secondo il numero di verticali indagate:

n. vert.	1	2	3	4	5	7	10
$\xi_{med}$	1.70	1.65	1.60	1.55	1.50	1.45	1.40
$\xi_{min}$	1.70	1.55	1.48	1.42	1.34	1.28	1.21

Si applicano i seguenti coefficienti di sicurezza parziali alle portate calcolate, secondo il tipo di palo:

Tipo di palo	Infisso	Trivellato	A elica continua	Micropalo	Avvitato
$\gamma_b$	1.15	1.35	1.30	1.35	1.15
$\gamma_s$	1.15	1.15	1.15	1.15	1.15
$\gamma_{st}$	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25

Alle sollecitazioni applicate viene aggiunto il peso proprio del palo, amplificato col coefficiente parziale  
 $\gamma_{G1,fav}=1.00$  o  $\gamma_{G1,sfa}=1.30$ , secondo il caso.

### 9.5.1 Calcolo della portata di base.

La portata di base viene trascurata, posta pari a 0.

### 9.5.2 Calcolo della portata laterale.

Il fusto del palo attraversa 2 strati.

## Strato 1: BAL

Metodo **Assegnato** per il calcolo della portata laterale.

Il palo attraversa questo strato da quota 0 [m] a quota -5 [m]. Segue il calcolo alla quota intermedia di -2.5 [m].

L'attrito laterale assegnato vale 200 [kPa].

La portata laterale calcolata vale 942.4778 [kN] (942.4778 [kN]). Si applica  $\xi_{med}=1.65$ . Si applicano  $\gamma_s=1.15$  e  $\gamma_{st}=1.25$ . Portate di calcolo: in compressione  $Q_{sc,d} = 496.6945$  [kN] (mobilitata per un cedimento  $s/D=0.50\%$ ), in trazione  $Q_{st,d} = 456.9589$  [kN] (mobilitata per un cedimento  $s/D=0.50\%$ ).

## Strato 2: BA

Metodo **Assegnato** per il calcolo della portata laterale.

Il palo attraversa questo strato da quota -5 [m] a quota -10 [m]. Segue il calcolo alla quota intermedia di -7.5 [m].

L'attrito laterale assegnato vale 250 [kPa].

La portata laterale calcolata vale 1178.0972 [kN] (1178.0972 [kN]). Si applica  $\xi_{med}=1.65$ . Si applicano  $\gamma_s=1.15$  e  $\gamma_{st}=1.25$ . Portate di calcolo: in compressione  $Q_{sc,d} = 620.8681$  [kN] (mobilitata per un cedimento  $s/D=0.50\%$ ), in trazione  $Q_{st,d} = 571.1987$  [kN] (mobilitata per un cedimento  $s/D=0.50\%$ ).

## Portata laterale totale

La portata di calcolo in compressione  $Q_{sc,d}$  è **1117.5626 [kN]**, in trazione  $Q_{st,d}$  è **1028.1576 [kN]**.

### 9.5.3 Portata totale (base + laterale)

La portata di calcolo in compressione  $Q_{tc,d}$  è **1117.5626 [kN]**, in trazione  $Q_{tt,d}$  è **1028.1576 [kN]**.

### 9.5.4 Calcolo del modulo di reazione orizzontale.

Il fusto del palo attraversa 2 strati.

## Strato 1: BAL

Metodo **Assegnato** per il calcolo del modulo di reazione orizzontale.

Il palo attraversa questo strato da quota 0 [m] a quota -5 [m]. Segue il calcolo alla quota intermedia di -2.5 [m].

Il modulo di reazione orizzontale assegnato vale 91667 [kN/m<sup>3</sup>].

Modulo di reazione orizzontale medio:  $ks_{o,med} = 91700$  [kN/m<sup>3</sup>].

## Strato 2: BA

Metodo **Assegnato** per il calcolo del modulo di reazione orizzontale.

Il palo attraversa questo strato da quota -5 [m] a quota -10 [m]. Segue il calcolo alla quota intermedia di -7.5 [m].

Il modulo di reazione orizzontale assegnato vale 9187500 [kN/m<sup>3</sup>].

Modulo di reazione orizzontale medio:  $ks_{o,med} = 9187500$  [kN/m<sup>3</sup>].

### 9.5.5 Calcolo della resistenza trasversale laterale.

La resistenza laterale di calcolo valutata dal grafico al capitolo 8.2.2  $R_{tr,d}$  è **9717.00 [kN]**.

### 9.5.6 Curva di mobilitazione verticale

La curva di mobilitazione del palo è definita dalle seguenti coppie di valori, dove  $s$  è il cedimento, misurato in [m], ed  $E_d$  è la sollecitazione di sforzo normale (comprensiva del peso proprio del palo), espressa in [kN].

	1	2	3
$s$	-0.0013	0	0.0012
$E_d$	-1117.5626	0	1028.1576

Si riassume in seguito il valore di capacità portante per tutti i casi.

Caso	Qst[kN]	Qsc[kN]	Qbc[kN]	Qtt[kN]	Qtc[kN]
<b>C1</b>	1028.1576	1117.5626	0	<b>1028.1576</b>	<b>1117.5626</b>
<b>C2</b>	1028.1576	1117.5626	0	<b>1028.1576</b>	<b>1117.5626</b>
<b>C3</b>	2120.575	2120.575	0	<b>2120.575</b>	<b>2120.575</b>
<b>C4</b>	2120.575	2120.575	0	<b>2120.575</b>	<b>2120.575</b>
<b>C5</b>	2120.575	2120.575	0	<b>2120.575</b>	<b>2120.575</b>

Qst = Portata Laterale in Trazione | Qsc = Portata Laterale in Compressione | Qbc = Portata di Base in Compressione | Qtt = Portata TOTALE in Trazione | Qtc = Portata TOTALE in Compressione

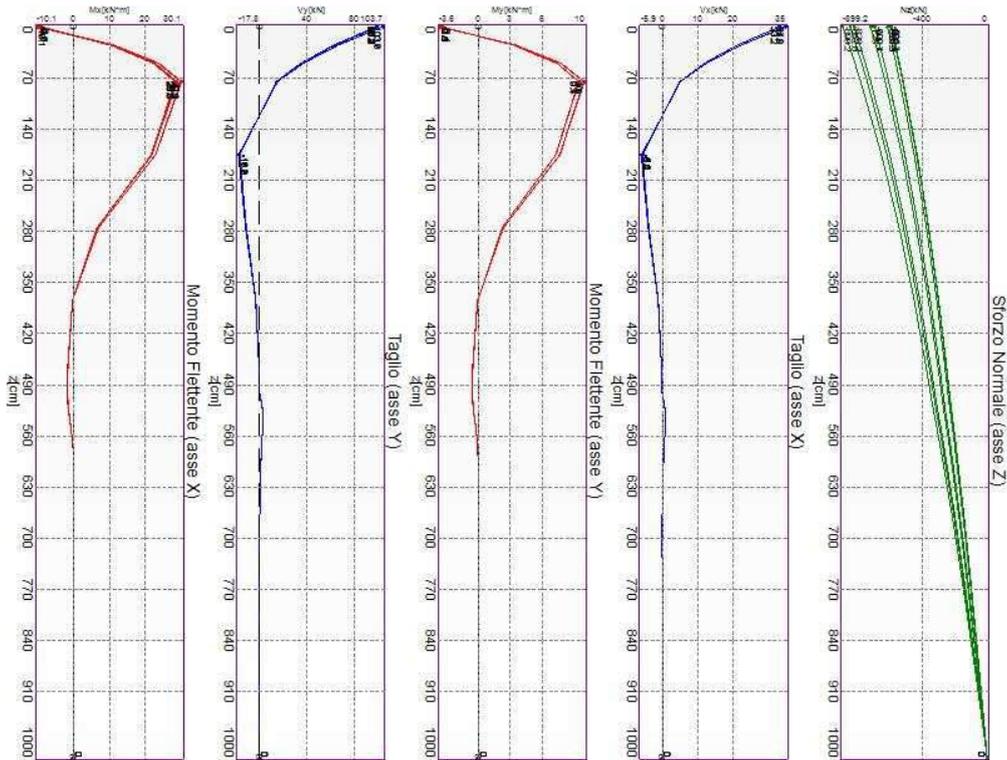
## 9.6 Calcolo delle sollecitazioni.

Si riporta di seguito il dettaglio delle sollecitazioni calcolate, solo per i punti maglia con i pali più sollecitati. Le caratteristiche di sollecitazione sono espresse nel sistema di riferimento locale del palo.

### 9.6.1 Casi a SLU

I massimi valori di **Sforzo Normale di compressione**, si ottengono nel punto maglia **PM6**, nel caso di carico **C1** (Stato limite ultimo).

Progetto Esecutivo



Caratteristiche di sollecitazione lungo il palo (punto maglia PM6, caso C1)

**Azioni applicate in testa (punto maglia PM6, caso C1)**

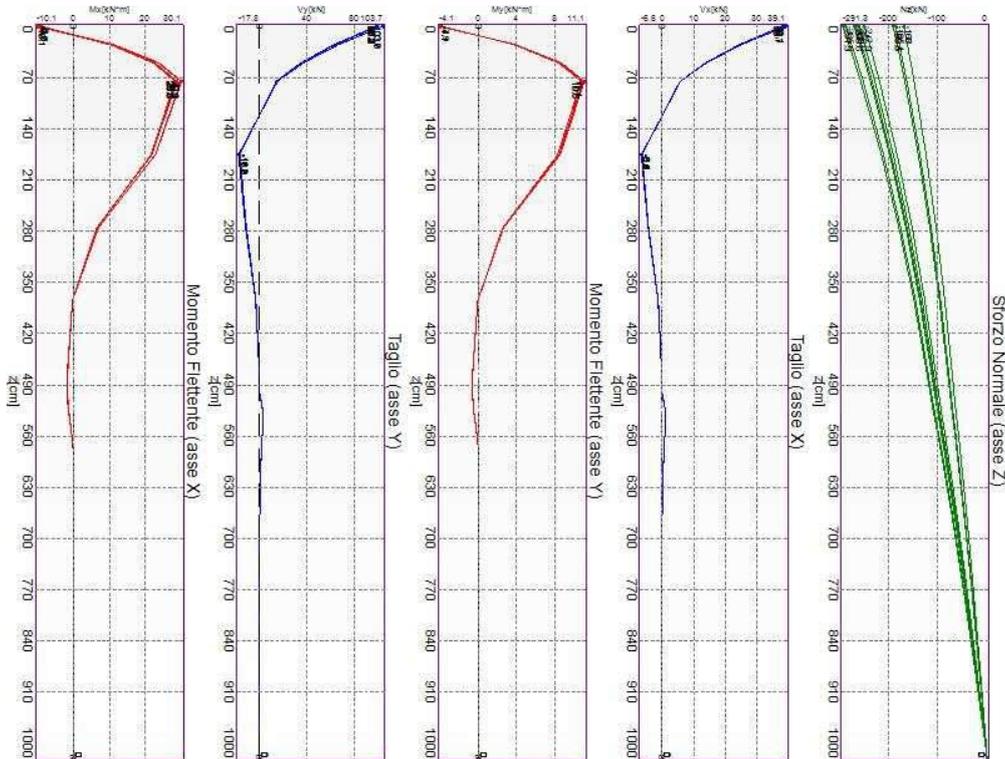
$N_z$ [kN]	$V_x$ [kN]	$V_y$ [kN]	$M_x$ [kN*m]	$M_y$ [kN*m]	$T_z$ [kN*m]
-899.2224+-595.708	-34.9572+-33.1809	-103.6674+-97.747	-10.1183+-9.0015	3.4226+3.619	0.0002+0.0002

**Caratteristiche di sollecitazione lungo il palo (punto maglia PM6, caso C1)**

$z_{loc}$ [m]	$N_z$ [kN]	$V_{xy}$ [kN]	$M_{xy}$ [kN*m]
0	-899.2224+-595.708	109.3718	10.7441
0	-899.2224+-595.708	109.3718	10.7441
0.25	-860.4541+-570.0394	69.7154	11.7894
0.5	-823.2409+-545.401	38.7675	25.0958
0.75	-787.5154+-521.7482	15.839	31.6959
1.75	-658.2379+-436.1639	18.7268	24.1171
2.75	-548.0366+-363.22	12.5166	7.3166
3.75	-453.7178+-300.8025	3.5971	0.3453
4.75	-372.5482+-247.1025	0.3124	1.8617
5	-354.0273+-234.8524	0.1339	1.9123
5	-354.0273+-234.8524	0.1339	1.9123
5.25	-333.8416+-221.4791	2.763	1.493
5.5	-312.1051+-207.0586	2.8365	0.73
5.75	-291.0737+-193.1058	1.4778	0.1868
6.75	-213.0703+-141.3563	0.0941	0.0179
7.75	-142.7902+-94.7307	0.0053	0.0014
8.75	-77.686+-51.5389	0.0002	0
9.75	-15.3977+-10.2153	0	0

10	0	0	0
----	---	---	---

I massimi valori di **Sforzo Normale di trazione, Taglio (in valore assoluto), Momento flettente (in valore assoluto)**, si ottengono nel punto maglia **PM1**, nel caso di carico **C1** (Stato limite ultimo).



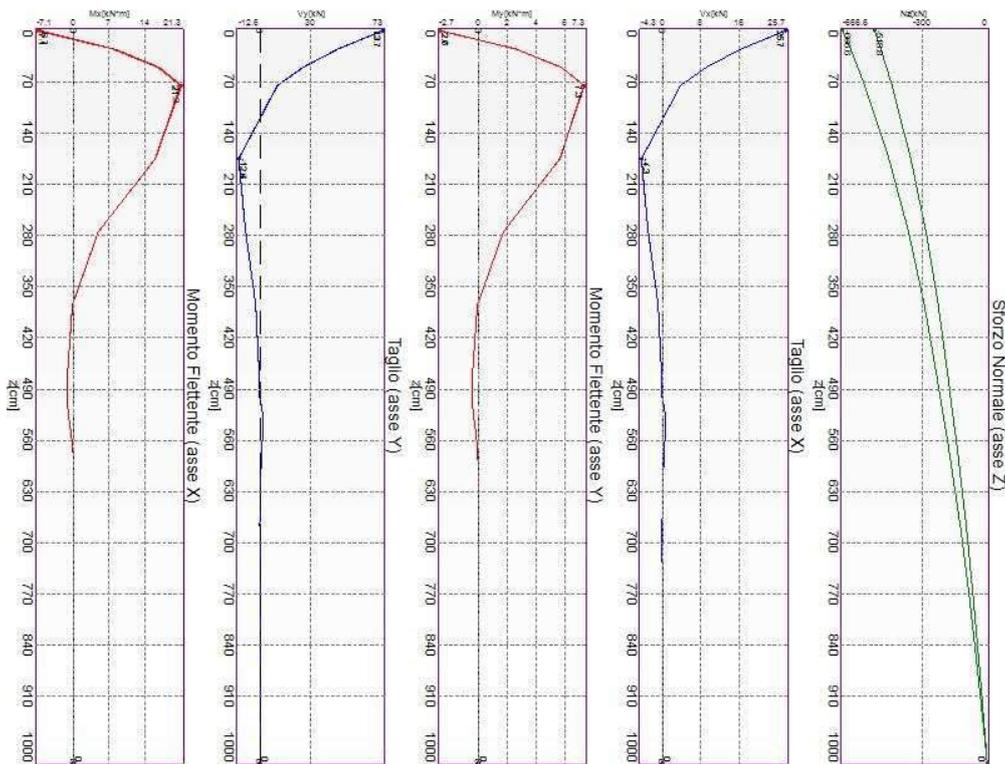
Caratteristiche di sollecitazione lungo il palo (punto maglia PM1, caso C1)

Azioni applicate in testa (punto maglia PM1, caso C1)					
$N_z$ [kN]	$V_x$ [kN]	$V_y$ [kN]	$M_x$ [kN*m]	$M_y$ [kN*m]	$T_z$ [kN*m]
-291.3098+-168.0442	-39.1393+-38.014	-103.6674+-97.747	-10.1183+-9.0015	3.9432+4.0783	0.0002+0.0002
Caratteristiche di sollecitazione lungo il palo (punto maglia PM1, caso C1)					
$z_{loc}$ [m]	$N_z$ [kN]	$V_{xy}$ [kN]	$M_{xy}$ [kN*m]		
0	-291.3098+-168.0442	110.8098	10.9091		
0	-291.3098+-168.0442	110.8098	10.9091		
0.25	-278.779+-160.8336	70.6391	11.9149		
0.5	-266.7521+-153.9136	39.2884	25.3983		
0.75	-255.2072+-147.2717	16.0603	32.0889		
1.75	-213.4434+-123.253	18.9605	24.4264		
2.75	-177.8653+-102.8062	12.6775	7.413		
3.75	-147.4419+-85.3388	3.6447	0.3486		
4.75	-121.2915+-70.3446	0.3173	1.8855		
5	-115.3304+-66.9301	0.1364	1.9372		
5	-115.3304+-66.9301	0.1364	1.9372		
5.25	-108.7895+-63.156	2.7985	1.5125		
5.5	-101.7062+-59.0439	2.8736	0.7396		

5.75	-94.8527+-55.0652	1.4972	0.1893
6.75	-69.4336+-40.3086	0.0953	0.0181
7.75	-46.5313+-27.013	0.0053	0.0014
8.75	-25.3157+-14.6966	0.0002	0
9.75	-5.0177+-2.9129	0	0
10	0	0	0

### 9.6.2 Casi a SLE

I massimi valori di **Sforzo Normale di compressione**, si ottengono nel punto maglia **PM6**, nel caso di carico **C3** (Rara).

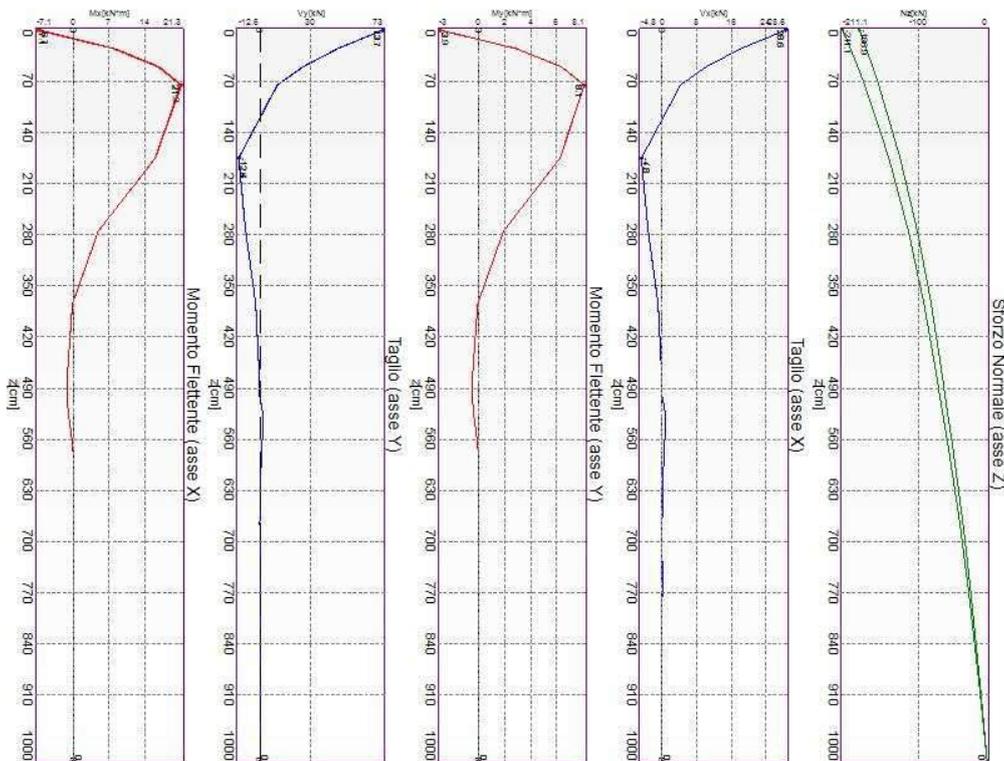


Caratteristiche di sollecitazione lungo il palo (punto maglia PM6, caso C3)

Azioni applicate in testa (punto maglia PM6, caso C3)					
$N_z$ [kN]	$V_x$ [kN]	$V_y$ [kN]	$M_x$ [kN*m]	$M_y$ [kN*m]	$T_z$ [kN*m]
-666.5767+-518.7666	-25.6906+-25.6521	-72.9528+-72.6636	-7.1472+-6.683	2.6334+2.6595	0.0001+0.0001
Caratteristiche di sollecitazione lungo il palo (punto maglia PM6, caso C3)					
$Z_{loc}$ [m]	$N_z$ [kN]	$V_{xy}$ [kN]	$M_{xy}$ [kN*m]		
0	-666.5767+-518.7666	77.3314	7.6259		
0	-666.5767+-518.7666	77.3314	7.6259		
0.25	-630.9033+-491.0113	49.3014	8.4531		
0.5	-597.1114+-464.7203	27.4248	17.8425		
0.75	-565.1001+-439.8152	11.2154	22.4895		
1.75	-453.0268+-352.6256	13.2809	17.0698		

2.75	-362.6503+-282.3244	8.8578	5.1735
3.75	-289.6424+-225.5446	2.5437	0.2497
4.75	-230.5063+-179.5668	0.2218	1.3179
5	-217.5453+-169.4924	0.0955	1.3519
5	-217.5453+-169.4924	0.0955	1.3519
5.25	-203.6244+-158.6578	1.9555	1.0555
5.5	-188.8537+-147.1489	2.0053	0.5162
5.75	-174.787+-136.1886	1.0449	0.1321
6.75	-124.5472+-97.0433	0.0665	0.0127
7.75	-81.771+-63.7134	0.0037	0.001
8.75	-43.895+-34.2017	0.0002	0
9.75	-8.6495+-6.7394	0	0
10	0	0	0

I massimi valori di **Sforzo Normale di trazione**, si ottengono nel punto maglia **PM1**, nel caso di carico **C3** (Rara).



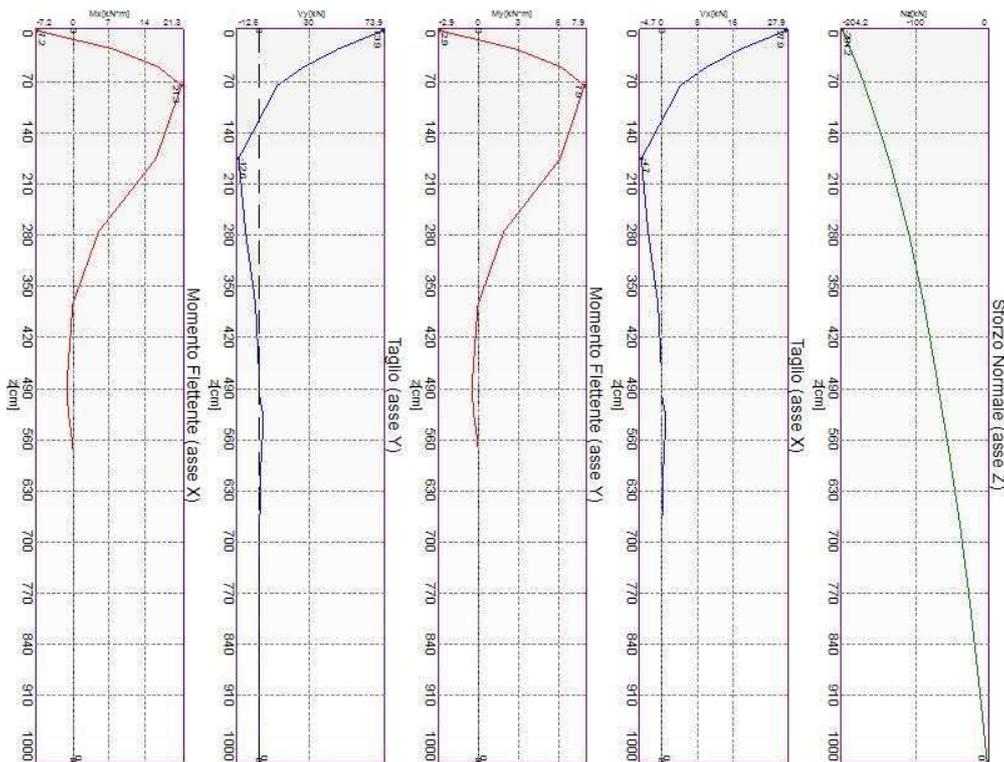
Caratteristiche di sollecitazione lungo il palo (punto maglia PM1, caso C3)

Azioni applicate in testa (punto maglia PM1, caso C3)					
$N_z$ [kN]	$V_x$ [kN]	$V_y$ [kN]	$M_x$ [kN*m]	$M_y$ [kN*m]	$T_z$ [kN*m]
-211.132+-186.9324	-28.5812+-28.5761	-72.9528+-72.6636	-7.1472+-6.683	2.9467+2.9775	0.0001+0.0001
Caratteristiche di sollecitazione lungo il palo (punto maglia PM1, caso C3)					
$Z_{loc}$ [m]	$N_z$ [kN]	$V_{xy}$ [kN]	$M_{xy}$ [kN*m]		
0	-211.132+-186.9324	78.3517	7.7426		

Progetto Esecutivo

0	-211.132+-186.9324	78.3517	7.7426
0.25	-199.8565+-176.9533	49.9567	8.5408
0.5	-189.1771+-167.5019	27.7943	18.055
0.75	-179.0618+-158.5501	11.3722	22.766
1.75	-143.6623+-127.2246	13.4454	17.2879
2.75	-115.1434+-101.9924	8.9712	5.2419
3.75	-92.139+-81.6448	2.5774	0.2519
4.75	-73.5474+-65.2076	0.2252	1.3347
5	-69.4807+-61.6134	0.0973	1.3694
5	-69.4807+-61.6134	0.0973	1.3694
5.25	-65.0696+-57.7076	1.9805	1.0694
5.5	-60.3495+-53.5216	2.0316	0.523
5.75	-55.8544+-49.535	1.0587	0.1339
6.75	-39.7999+-35.297	0.0674	0.0128
7.75	-26.1305+-23.1741	0.0038	0.001
8.75	-14.027+-12.44	0.0002	0
9.75	-2.764+-2.4513	0	0
10	0	0	0

I massimi valori di **Taglio** (in valore assoluto), si ottengono nel punto maglia **PM1**, nel caso di carico **C5** (Quasi Permanente).



Caratteristiche di sollecitazione lungo il palo (punto maglia PM1, caso C5)

**Azioni applicate in testa (punto maglia PM1, caso C5)**

Carreggiate SS131: Relazione tecnica e di calcolo delle fondazioni

38

RTI di progettazione:



Mandataria

Via G.B. Sammartini n°5  
20125 - Milano  
Tel. 02 6787911  
email: mail@proiter.it



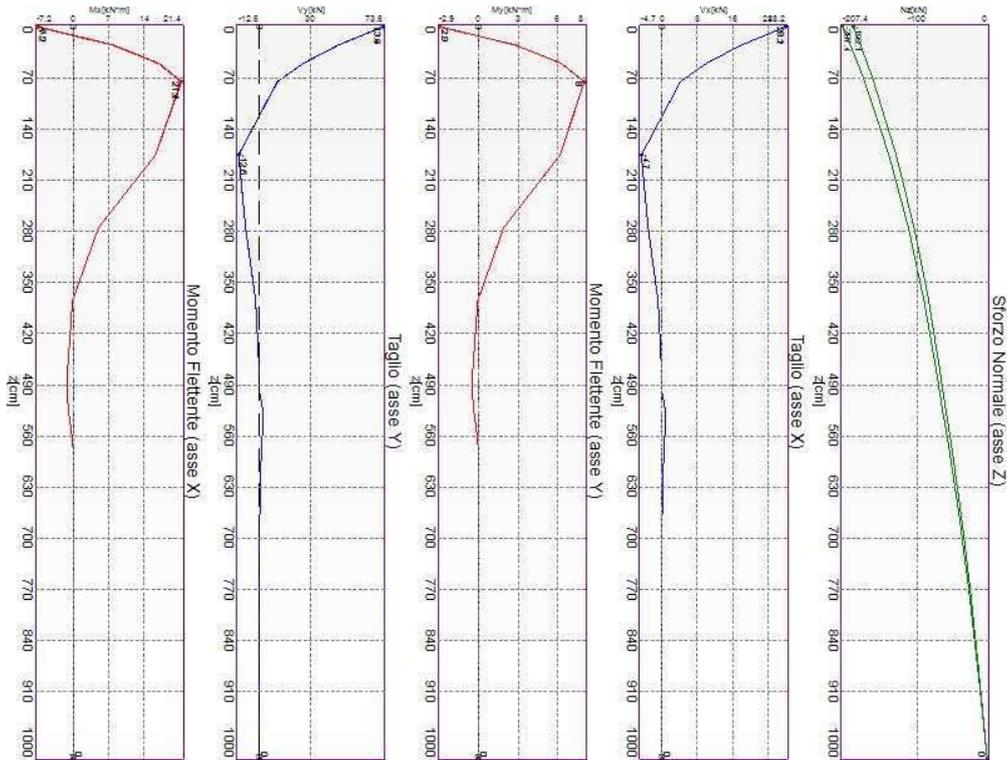
Mandante

Via Artemide n°3  
92100 Agrigento  
Tel. 0922 421007  
email: deltaingegneria@pec.it

N <sub>z</sub> [kN]	V <sub>x</sub> [kN]	V <sub>y</sub> [kN]	M <sub>x</sub> [kN*m]	M <sub>y</sub> [kN*m]	T <sub>z</sub> [kN*m]
-204.2037	-27.9234	-73.8654	-7.2136	2.9182	0.0002
<b>Caratteristiche di sollecitazione lungo il palo (punto maglia PM1, caso C5)</b>					
Z <sub>loc</sub> [m]	N <sub>z</sub> [kN]	V <sub>xy</sub> [kN]	M <sub>xy</sub> [kN*m]		
0	-204.2037	78.9672	7.7815		
0	-204.2037	78.9672	7.7815		
0.25	-193.2994	50.3422	8.2526		
0.5	-182.9715	28.0018	17.9173		
0.75	-173.1893	11.4492	22.7351		
1.75	-138.9562	13.4474	17.397		
2.75	-111.3782	9.0319	5.2828		
3.75	-89.1345	2.5974	0.2371		
4.75	-71.1597	0.2263	1.3423		
5	-67.2283	0.0974	1.3804		
5	-67.2283	0.0974	1.3804		
5.25	-62.9619	1.9935	1.0779		
5.5	-58.3947	2.0477	0.5271		
5.75	-54.0452	1.067	0.1349		
6.75	-38.5107	0.0679	0.0129		
7.75	-25.2841	0.0038	0.001		
8.75	-13.5726	0.0002	0		
9.75	-2.6745	0	0		
10	0	0	0		

I massimi valori di **Momento flettente (in valore assoluto)**, si ottengono nel punto maglia **PM1**, nel caso di carico **C4** (Frequente).

Progetto Esecutivo



Caratteristiche di sollecitazione lungo il palo (punto maglia PM1, caso C4)

**Azioni applicate in testa (punto maglia PM1, caso C4)**

$N_z$ [kN]	$V_x$ [kN]	$V_y$ [kN]	$M_x$ [kN*m]	$M_y$ [kN*m]	$T_z$ [kN*m]
-207.3968+-192.0967	-28.1503+-28.1492	-73.5519+-73.374	-7.201+-6.905	2.919+2.9387	0.0002+0.0002

**Caratteristiche di sollecitazione lungo il palo (punto maglia PM1, caso C4)**

$z_{loc}$ [m]	$N_z$ [kN]	$V_{xy}$ [kN]	$M_{xy}$ [kN*m]
0	-207.3968+-192.0967	78.7544	7.7776
0	-207.3968+-192.0967	78.7544	7.7776
0.25	-196.3214+-181.841	50.212	8.4541
0.5	-185.8315+-172.1275	27.9347	18.046
0.75	-175.8958+-162.9274	11.428	22.8073
1.75	-141.1252+-130.7325	13.4773	17.3682
2.75	-113.1135+-104.7988	9.0144	5.2688
3.75	-90.5192+-83.8843	2.5906	0.247
4.75	-72.2601+-66.9873	0.2263	1.3406
5	-68.2663+-63.2923	0.0977	1.3766
5	-68.2663+-63.2923	0.0977	1.3766
5.25	-63.9333+-59.2787	1.9899	1.0749
5.5	-59.2956+-54.9787	2.0421	0.5257
5.75	-54.879+-50.8836	1.0641	0.1346
6.75	-39.1049+-36.2579	0.0678	0.0129
7.75	-25.6742+-23.805	0.0039	0.001
8.75	-13.782+-12.7786	0.0002	0
9.75	-2.7157+-2.518	0	0

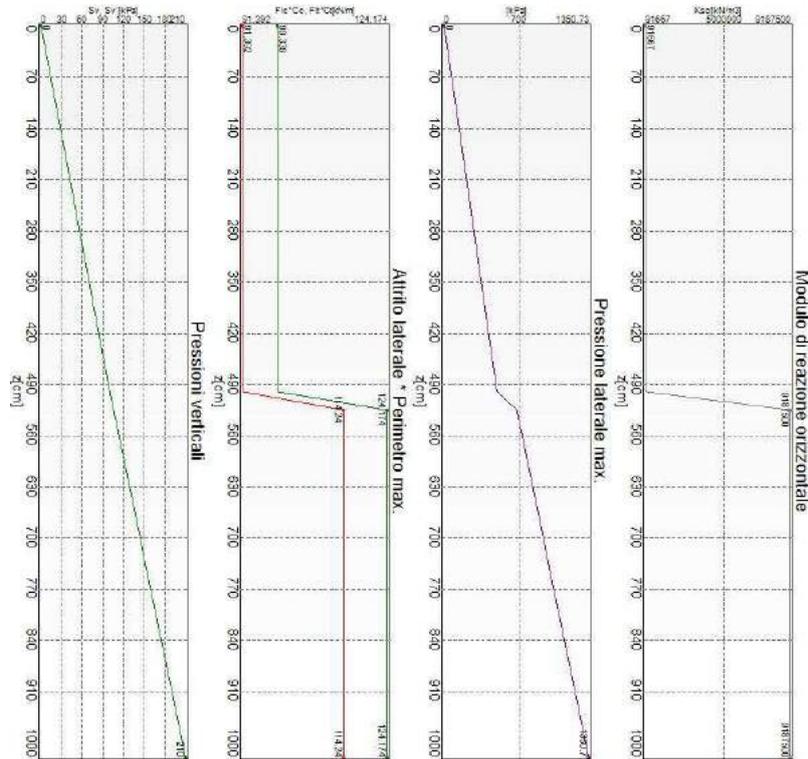
10	0	0	0
----	---	---	---

## 9.7 Verifiche geotecniche.

Si riporta di seguito il dettaglio delle verifiche eseguite, per ciascun palo.

### 9.7.1 Verifica: Capacità portante

La situazione di verifica più severa, si ottiene nel punto maglia **PM6**, nel caso di carico **C1**, sestetto **2** (Stato limite ultimo).



Capacità portante

Situazione peggiore: Punto maglia PM6, Caso C1, Sestetto 2

Segue il riassunto della verifica, per tutti i punti maglia, per il caso ed il sestetto che danno il fattore di sicurezza minore.

Verifica: Capacità portante					
Punto	Caso	Ses.	R <sub>d</sub> : Qt[kN]	S <sub>d</sub> : Qt[kN]	fs[-]
PM1	C2	4	1117.56	329.69	3.39
PM2	C1	2	1117.56	415.36	2.69
PM3	C1	2	1117.56	543.48	2.06
PM4	C1	2	1117.56	671.6	1.66
PM5	C1	2	1117.56	799.72	1.40
PM6	C1	2	1117.56	927.84	1.20
PM7	C1	8	1117.56	306.43	3.65

Progetto Esecutivo

PM8	C1	2	1117.56	398.62	2.80
PM9	C1	2	1117.56	526.74	2.12
PM10	C1	2	1117.56	654.86	1.71
PM11	C1	2	1117.56	782.98	1.43
PM12	C1	2	1117.56	911.1	1.23
PM13	C1	8	1117.56	292.94	3.82
PM14	C1	2	1117.56	381.89	2.93
PM15	C1	2	1117.56	510.01	2.19
PM16	C1	2	1117.56	638.13	1.75
PM17	C1	2	1117.56	766.25	1.46
PM18	C1	2	1117.56	894.37	1.25
PM19	C1	8	1117.56	279.44	4.00
PM20	C1	2	1117.56	365.15	3.06
PM21	C1	2	1117.56	493.27	2.27
PM22	C1	2	1117.56	621.39	1.80
PM23	C1	2	1117.56	749.51	1.49
PM24	C1	2	1117.56	877.63	1.27
PM25	C1	8	1117.56	265.95	4.20
PM26	C1	2	1117.56	348.42	3.21
PM27	C1	2	1117.56	476.54	2.35
PM28	C1	2	1117.56	604.66	1.85
PM29	C1	2	1117.56	732.78	1.53
PM30	C1	2	1117.56	860.9	1.30
PM31	C1	8	1117.56	252.46	4.43
PM32	C1	12	1117.56	334.57	3.34
PM33	C1	2	1117.56	459.8	2.43
PM34	C1	2	1117.56	587.93	1.90
PM35	C1	2	1117.56	716.05	1.56
PM36	C1	2	1117.56	844.17	1.32
PM37	C1	12	1117.56	239.09	4.67
PM38	C1	12	1117.56	322.04	3.47
PM39	C1	2	1117.56	443.07	2.52
PM40	C1	2	1117.56	571.19	1.96
PM41	C1	2	1117.56	699.31	1.60
PM42	C1	2	1117.56	827.43	1.35
PM43	C1	12	1117.56	226.57	4.93
PM44	C1	12	1117.56	309.51	3.61
PM45	C1	2	1117.56	426.34	2.62
PM46	C1	2	1117.56	554.46	2.02
PM47	C1	2	1117.56	682.58	1.64
PM48	C1	2	1117.56	810.7	1.38
PM49	C1	12	1117.56	214.04	5.22
PM50	C1	12	1117.56	296.98	3.76
PM51	C1	2	1117.56	409.6	2.73
PM52	C1	2	1117.56	537.72	2.08

**RTI di progettazione:**



**Mandataria**

Via G.B. Sammartini n°5  
20125 - Milano  
Tel. 02 6787911  
email: mail@proiter.it



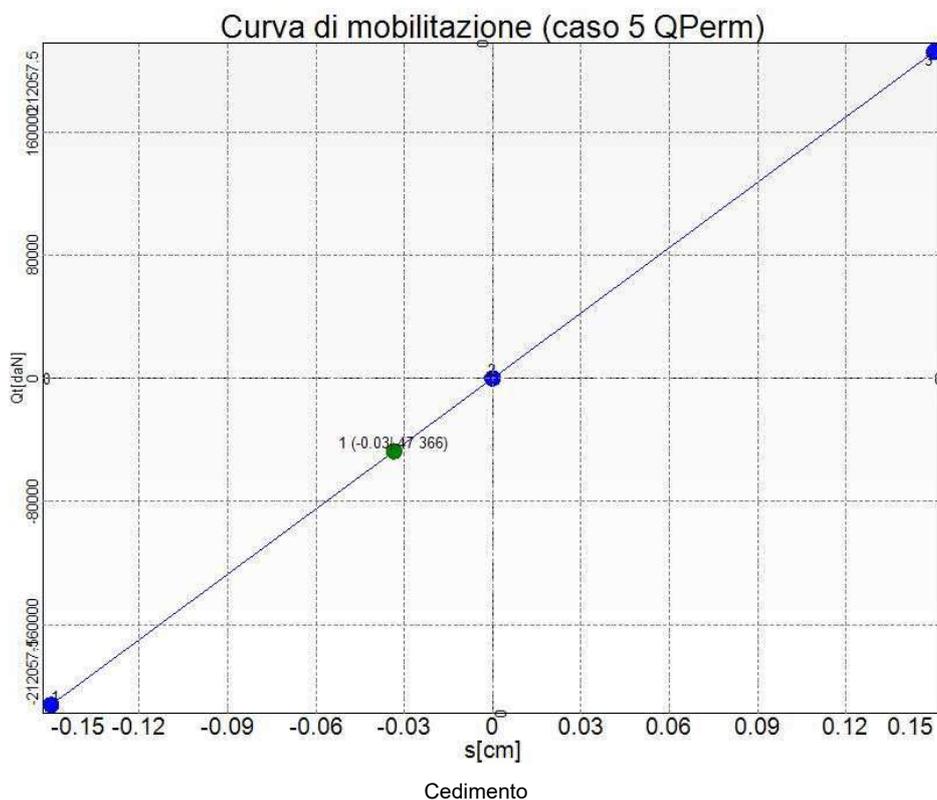
**Mandante**

Via Artemide n°3  
92100 Agrigento  
Tel. 0922 421007  
email: deltaingegneria@pec.it

PM53	C1	2	1117.56	665.84	1.68
PM54	C1	2	1117.56	793.96	1.41
PM55	C1	12	1117.56	201.51	5.55
PM56	C1	12	1117.56	284.46	3.93
PM57	C1	2	1117.56	392.87	2.84
PM58	C1	2	1117.56	520.99	2.15
PM59	C1	2	1117.56	649.11	1.72
PM60	C1	2	1117.56	777.23	1.44

### 9.7.2 Verifica: Cedimento

I cedimenti del singolo palo sono calcolati utilizzando la relativa curva di mobilitazione. L'interazione tra i pali è valutata con il metodo dei fattori di interazione (Poulos e Davis, 1980). La situazione di verifica più severa, si ottiene nel punto maglia **PM11**, nel caso di carico **C5**, sestetto **1** (Quasi Permanente). Si ottengono i seguenti valori: cedimento del palo singolo = -0.34 [mm], cedimento indotto dal gruppo = -0.56 [mm], cedimento totale: -0.90 [mm].



Situazione peggiore: Punto maglia PM11, Caso C5, Sestetto 1

Segue il riassunto della verifica, per tutti i punti maglia, per il caso ed il sestetto che danno il fattore di sicurezza minore.

Verifica: Cedimento					
Punto	Caso	Ses.	R <sub>d</sub> : Ced.[mm]	S <sub>d</sub> : Ced.[mm]	f <sub>s</sub> [-]

Carreggiate SS131: Relazione tecnica e di calcolo delle fondazioni

43

RTI di progettazione:



**Mandataria**  
Via G.B. Sammartini n°5  
20125 - Milano  
Tel. 02 6787911  
email: mail@proiter.it



**Mandante**  
Via Artemide n°3  
92100 Agrigento  
Tel. 0922 421007  
email: deltaingegneria@pec.it

Progetto Esecutivo

PM1	C5	1	-40	0	10.00
PM2	C5	1	-40	0	10.00
PM3	C5	1	-40	0	10.00
PM4	C5	1	-40	0	10.00
PM5	C5	1	-40	0	10.00
PM6	C3	1	-50	0	10.00
PM7	C5	1	-40	0	10.00
PM8	C5	1	-40	0	10.00
PM9	C5	1	-40	0	10.00
PM10	C5	1	-40	0	10.00
PM11	C5	1	-40	0	10.00
PM12	C5	1	-40	0	10.00
PM13	C5	1	-40	0	10.00
PM14	C5	1	-40	0	10.00
PM15	C5	1	-40	0	10.00
PM16	C5	1	-40	0	10.00
PM17	C5	1	-40	0	10.00
PM18	C5	1	-40	0	10.00
PM19	C5	1	-40	0	10.00
PM20	C5	1	-40	0	10.00
PM21	C5	1	-40	0	10.00
PM22	C5	1	-40	0	10.00
PM23	C5	1	-40	0	10.00
PM24	C5	1	-40	0	10.00
PM25	C5	1	-40	0	10.00
PM26	C5	1	-40	0	10.00
PM27	C5	1	-40	0	10.00
PM28	C5	1	-40	0	10.00
PM29	C5	1	-40	0	10.00
PM30	C5	1	-40	0	10.00
PM31	C5	1	-40	0	10.00
PM32	C5	1	-40	0	10.00
PM33	C5	1	-40	0	10.00
PM34	C5	1	-40	0	10.00
PM35	C5	1	-40	0	10.00
PM36	C5	1	-40	0	10.00
PM37	C5	1	-40	0	10.00
PM38	C5	1	-40	0	10.00
PM39	C5	1	-40	0	10.00
PM40	C5	1	-40	0	10.00
PM41	C5	1	-40	0	10.00
PM42	C5	1	-40	0	10.00
PM43	C5	1	-40	0	10.00
PM44	C5	1	-40	0	10.00
PM45	C5	1	-40	0	10.00

**RTI di progettazione:**



**Mandataria**

Via G.B. Sammartini n°5  
20125 - Milano  
Tel. 02 6787911  
email: mail@proiter.it



**Mandante**

Via Artemide n°3  
92100 Agrigento  
Tel. 0922 421007  
email: deltaingegneria@pec.it

Progetto Esecutivo

PM46	C5	1	-40	0	10.00
PM47	C5	1	-40	0	10.00
PM48	C5	1	-40	0	10.00
PM49	C5	1	-40	0	10.00
PM50	C5	1	-40	0	10.00
PM51	C5	1	-40	0	10.00
PM52	C5	1	-40	0	10.00
PM53	C5	1	-40	0	10.00
PM54	C5	1	-40	0	10.00
PM55	C5	1	-40	0	10.00
PM56	C5	1	-40	0	10.00
PM57	C5	1	-40	0	10.00
PM58	C5	1	-40	0	10.00
PM59	C5	1	-40	0	10.00
PM60	C5	1	-40	0	10.00

### 9.7.3 Verifica: Resistenza trasversale

La situazione di verifica più severa, si ottiene nel punto maglia **PM1**, nel caso di carico **C1**, sestetto **3** (Stato limite ultimo).

Segue il riassunto della verifica, per tutti i punti maglia, per il caso ed il sestetto che danno il fattore di sicurezza minore.

Verifica: Resistenza trasversale					
Punto	Caso	Ses.	R <sub>d</sub> : Rtr[kN]	S <sub>d</sub> : Rtr[kN]	fs[-]
PM1	C1	3	9717.00	110.81	10.00
PM2	C1	3	9717.00	110.51	10.00
PM3	C1	3	9717.00	110.22	10.00
PM4	C1	3	9717.00	109.93	10.00
PM5	C1	3	9717.00	109.65	10.00
PM6	C1	3	9717.00	109.37	10.00
PM7	C1	3	9717.00	110.01	10.00
PM8	C1	3	9717.00	109.71	10.00
PM9	C1	3	9717.00	109.41	10.00
PM10	C1	3	9717.00	109.12	10.00
PM11	C1	3	9717.00	108.84	10.00
PM12	C1	3	9717.00	108.56	10.00
PM13	C1	3	9717.00	109.21	10.00
PM14	C1	3	9717.00	108.91	10.00
PM15	C1	3	9717.00	108.61	10.00
PM16	C1	3	9717.00	108.32	10.00
PM17	C1	3	9717.00	108.03	10.00
PM18	C1	3	9717.00	107.75	10.00
PM19	C1	3	9717.00	108.41	10.00
PM20	C1	3	9717.00	108.11	10.00

RTI di progettazione:



Mandataria

Via G.B. Sammartini n°5  
20125 - Milano  
Tel. 02 6787911  
email: mail@proiter.it



Mandante

Via Artemide n°3  
92100 Agrigento  
Tel. 0922 421007  
email: deltaingegneria@pec.it

Progetto Esecutivo

PM21	C1	3	9717.00	107.81	10.00
PM22	C1	3	9717.00	107.51	10.00
PM23	C1	3	9717.00	107.22	10.00
PM24	C1	3	9717.00	106.94	10.00
PM25	C1	3	9717.00	107.61	10.00
PM26	C1	3	9717.00	107.31	10.00
PM27	C1	3	9717.00	107	10.00
PM28	C1	3	9717.00	106.71	10.00
PM29	C1	3	9717.00	106.42	10.00
PM30	C1	3	9717.00	106.13	10.00
PM31	C1	3	9717.00	106.82	10.00
PM32	C1	3	9717.00	106.51	10.00
PM33	C1	3	9717.00	106.2	10.00
PM34	C1	3	9717.00	105.9	10.00
PM35	C1	3	9717.00	105.61	10.00
PM36	C1	3	9717.00	105.33	10.00
PM37	C1	3	9717.00	106.02	10.00
PM38	C1	3	9717.00	105.71	10.00
PM39	C1	3	9717.00	105.4	10.00
PM40	C1	3	9717.00	105.1	10.00
PM41	C1	3	9717.00	104.81	10.00
PM42	C1	3	9717.00	104.52	10.00
PM43	C1	3	9717.00	105.23	10.00
PM44	C1	3	9717.00	104.91	10.00
PM45	C1	3	9717.00	104.6	10.00
PM46	C1	3	9717.00	104.3	10.00
PM47	C1	3	9717.00	104	10.00
PM48	C1	3	9717.00	103.71	10.00
PM49	C1	3	9717.00	104.43	10.00
PM50	C1	3	9717.00	104.12	10.00
PM51	C1	3	9717.00	103.8	10.00
PM52	C1	3	9717.00	103.5	10.00
PM53	C1	3	9717.00	103.2	10.00
PM54	C1	3	9717.00	102.91	10.00
PM55	C1	3	9717.00	103.64	10.00
PM56	C1	3	9717.00	103.32	10.00
PM57	C1	3	9717.00	103.01	10.00
PM58	C1	3	9717.00	102.7	10.00
PM59	C1	3	9717.00	102.4	10.00
PM60	C1	3	9717.00	102.1	10.00

## 9.8 Verifiche strutturali.

Si riporta di seguito il dettaglio delle verifiche eseguite, per ciascun palo, solo in corrispondenza della progressiva dove si ottiene la situazione più severa.

**RTI di progettazione:**



**Mandataria**

Via G.B. Sammartini n°5  
20125 - Milano  
Tel. 02 6787911  
email: mail@proiter.it



**Mandante**

Via Artemide n°3  
92100 Agrigento  
Tel. 0922 421007  
email: deltaingegneria@pec.it

### 9.8.1 Verifica: Spostamento orizzontale

La situazione di verifica più severa, si ottiene nel punto maglia **PM1**, nel caso di carico **C5**, sestetto **1** (Quasi Permanente).

Segue il riassunto della verifica, per tutti i punti maglia, per il caso ed il sestetto che danno il fattore di sicurezza minore.

Verifica: Spostamento orizzontale					
Punto	Caso	Ses.	R <sub>d</sub> : Sor[mm]	S <sub>d</sub> : Sor[mm]	fs[-]
PM1	C5	1	40	5	8.72
PM2	C5	1	40	5	8.72
PM3	C5	1	40	5	8.78
PM4	C5	1	40	5	8.78
PM5	C5	1	40	5	8.85
PM6	C5	1	40	5	8.85
PM7	C5	1	40	5	8.72
PM8	C5	1	40	5	8.72
PM9	C5	1	40	5	8.78
PM10	C5	1	40	5	8.78
PM11	C5	1	40	5	8.85
PM12	C5	1	40	5	8.85
PM13	C5	1	40	4	8.90
PM14	C5	1	40	4	8.90
PM15	C5	1	40	4	8.97
PM16	C5	1	40	4	8.97
PM17	C5	1	40	4	9.04
PM18	C5	1	40	4	9.04
PM19	C5	1	40	4	8.90
PM20	C5	1	40	4	8.90
PM21	C5	1	40	4	8.97
PM22	C5	1	40	4	8.97
PM23	C5	1	40	4	9.04
PM24	C5	1	40	4	9.04
PM25	C5	1	40	4	9.09
PM26	C5	1	40	4	9.09
PM27	C5	1	40	4	9.16
PM28	C5	1	40	4	9.16
PM29	C5	1	40	4	9.23
PM30	C5	1	40	4	9.23
PM31	C5	1	40	4	9.09
PM32	C5	1	40	4	9.09
PM33	C5	1	40	4	9.16
PM34	C5	1	40	4	9.16
PM35	C5	1	40	4	9.23
PM36	C5	1	40	4	9.23

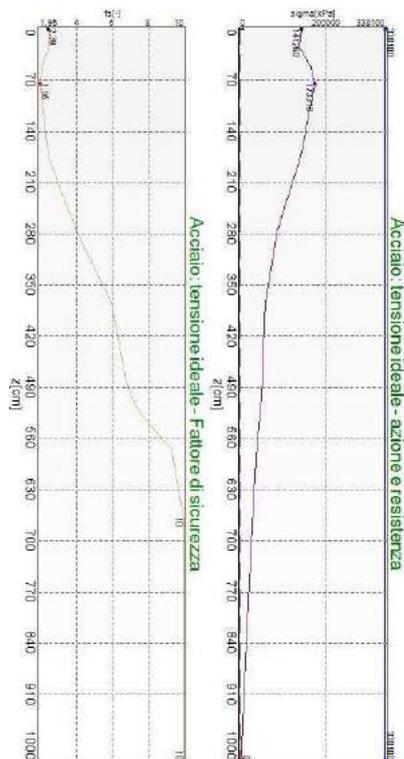
Progetto Esecutivo

PM37	C5	1	40	4	9.09
PM38	C5	1	40	4	9.09
PM39	C5	1	40	4	9.16
PM40	C5	1	40	4	9.16
PM41	C5	1	40	4	9.23
PM42	C5	1	40	4	9.23
PM43	C5	1	40	4	9.28
PM44	C5	1	40	4	9.28
PM45	C5	1	40	4	9.36
PM46	C5	1	40	4	9.36
PM47	C5	1	40	4	9.44
PM48	C5	1	40	4	9.44
PM49	C5	1	40	4	9.28
PM50	C5	1	40	4	9.28
PM51	C5	1	40	4	9.36
PM52	C5	1	40	4	9.36
PM53	C5	1	40	4	9.44
PM54	C5	1	40	4	9.44
PM55	C5	1	40	4	9.49
PM56	C5	1	40	4	9.49
PM57	C5	1	40	4	9.57
PM58	C5	1	40	4	9.57
PM59	C5	1	40	4	9.65
PM60	C5	1	40	4	9.65

### 9.8.2 Verifica: Acciaio: tensione ideale

La situazione di verifica più severa, si ottiene nel punto maglia **PM6**, nel caso di carico **C1**, sestetto **2** (Stato limite ultimo).

Progetto Esecutivo



Acciaio: tensione ideale

Situazione peggiore: Punto maglia PM6, Caso C1, Sestetto 2

Segue il riassunto della verifica, per tutti i punti maglia, per il caso ed il sestetto che danno il fattore di sicurezza minore.

Verifica: Acciaio: tensione ideale					
Punto	Caso	Ses.	R <sub>d</sub> : sigma[kPa]	S <sub>d</sub> : sigma[kPa]	fs[-]
PM1	C1	10	338100	109240	3.10
PM2	C1	4	338100	120400	2.81
PM3	C1	4	338100	133280	2.54
PM4	C1	4	338100	146170	2.31
PM5	C1	2	338100	159630	2.12
PM6	C1	2	338100	173310	1.95
PM7	C1	10	338100	107190	3.15
PM8	C1	4	338100	118130	2.86
PM9	C1	4	338100	131010	2.58
PM10	C1	4	338100	143900	2.35
PM11	C1	2	338100	157310	2.15
PM12	C1	2	338100	170990	1.98
PM13	C1	10	338100	105150	3.22
PM14	C1	4	338100	115860	2.92
PM15	C1	4	338100	128750	2.63
PM16	C1	4	338100	141630	2.39
PM17	C1	2	338100	155000	2.18

Progetto Esecutivo

PM18	C1	2	338100	168680	2.00
PM19	C1	10	338100	103110	3.28
PM20	C1	4	338100	113600	2.98
PM21	C1	4	338100	126480	2.67
PM22	C1	4	338100	139370	2.43
PM23	C1	2	338100	152680	2.21
PM24	C1	2	338100	166370	2.03
PM25	C1	10	338100	101060	3.35
PM26	C1	4	338100	111330	3.04
PM27	C1	4	338100	124210	2.72
PM28	C1	4	338100	137100	2.47
PM29	C1	2	338100	150370	2.25
PM30	C1	2	338100	164050	2.06
PM31	C1	10	338100	99020	3.41
PM32	C1	4	338100	109060	3.10
PM33	C1	4	338100	121940	2.77
PM34	C1	4	338100	134830	2.51
PM35	C1	2	338100	148060	2.28
PM36	C1	2	338100	161740	2.09
PM37	C1	10	338100	96980	3.49
PM38	C1	4	338100	106790	3.17
PM39	C1	4	338100	119680	2.83
PM40	C1	4	338100	132560	2.55
PM41	C1	2	338100	145740	2.32
PM42	C1	2	338100	159420	2.12
PM43	C1	10	338100	94940	3.56
PM44	C1	10	338100	104610	3.23
PM45	C1	4	338100	117410	2.88
PM46	C1	4	338100	130290	2.59
PM47	C1	2	338100	143430	2.36
PM48	C1	2	338100	157110	2.15
PM49	C1	10	338100	92890	3.64
PM50	C1	10	338100	102570	3.30
PM51	C1	4	338100	115140	2.94
PM52	C1	4	338100	128030	2.64
PM53	C1	2	338100	141110	2.40
PM54	C1	2	338100	154790	2.18
PM55	C1	10	338100	90850	3.72
PM56	C1	10	338100	100530	3.36
PM57	C1	4	338100	112870	3.00
PM58	C1	4	338100	125760	2.69
PM59	C1	2	338100	138800	2.44
PM60	C1	2	338100	152480	2.22

**RTI di progettazione:**



**Mandataria**

Via G.B. Sammartini n°5  
20125 - Milano  
Tel. 02 6787911  
email: mail@proiter.it



**Mandante**

Via Artemide n°3  
92100 Agrigento  
Tel. 0922 421007  
email: deltaingegneria@pec.it

## 10 RISULTATI DELLE VERIFICHE CARREGGIATA NORD

La seguente tabella riassume schematicamente tutte le verifiche eseguite nei vari casi di calcolo definiti. Per ciascuna verifica è indicato il confronto tra resistenza di calcolo Rd ed azione di calcolo Sd, ed il relativo coefficiente di sicurezza fs.

Tutti i Puntii maglia (72), Tutti i casi (5), Tutti i sestetti (21)					
Caso	C.Port. [kN][f.s.]	Cedim. [mm]	R.Tras. [kN][f.s.]	Sp.Ori. [mm]	Acc.:sig.id. [kPa][f.s.]
1: SLU	PM6-S2 ↓1117.56/977.12 1.14	= ---	PM1-S3 9717.00/115.3 = 84.28	---	PM6-S2 338100/183310 = 1.84
2: Sism.	SLV PM6-S1 ↓1117.56/589.19 1.90	= ---	PM1-S1 9717.00/77.89 124.75	= ---	PM6-S1 338100/117720 = 2.87
3: Rara	---	PM11-S1 -1 (max -50)	---	PM1-S1 5 (max 50)	---
4: Freq	---	---	---	---	---
5: QPerm	---	PM11-S1 0 (max -40)	---	PM1-S1 5 (max 40)	---

C.Port. = Capacità portante | Cedim. = Cedimento | R.Tras. = Resistenza trasversale | Sp.Ori. = Spostamento orizzontale | Acc.:sig.id. = Acciaio: tensione ideale | --- = Verifica non prevista

### 10.1 Materiali.

#### 10.1.1 Calcestruzzo.

Tipo	$f_{ck}$ [kPa]	$\gamma_c$	$f_{cd}$ [kPa]	E[kPa]
C25/30 (Cls 1)	24900	1.50	14110	31447161

Di seguito sono elencate le tensioni massime ammesse in esercizio.

Tipo	$\sigma_{cls, rara}^{(-)}$ [kPa]	$\sigma_{cls, q.p.}^{(-)}$ [kPa]
C25/30 (Cls 1)	14940	11205

Condizioni ambientali: a (poco aggressivo) [4.1.2.2.4.3].

#### 10.1.2 Acciaio per carpenteria.

Tipo	$f_{yk(0+40)}$ [kPa]	$\gamma_{m0}$	$f_{yd(0+40)}$ [kPa]	E[kPa]
S 355 (Acc 1)	355000	1.05	338095	210000000

### 10.2 Combinazioni dei carichi.

Tutte le verifiche sono eseguite secondo l'Approccio 2.

Si svolge l'analisi per i seguenti 5 casi di carico.

Carreggiate SS131: Relazione tecnica e di calcolo delle fondazioni

51

RTI di progettazione:



Mandataria

Via G.B. Sammartini n°5  
20125 - Milano  
Tel. 02 6787911  
email: mail@proiter.it



Mandante

Via Artemide n°3  
92100 Agrigento  
Tel. 0922 421007  
email: deltaingegneria@pec.it

Caso	Nome	Tipo	Sisma	n° sestetti	Descr.
C1	SLU	SLU	No	12	
C2	SLV	SLV	Si	4	
C3	SLE Car	Rara	No	2	
C4	SLE Freq	Freq	No	2	
C5	SLE QPerm	QPerm	No	1	

## 10.3 Dati del progetto.

### 10.3.1 Tipi di palo.

Nel progetto è utilizzata una sola tipologia di micropalo.

Palo	Nome	Ø in. [mm]	Ø es. [mm]	Ø pe. [mm]	L [m]	W [kN]	Acc.	Clis
M1	Micr. 1	194.1	219.1	300	10	22.012	S 355 (Acc 1)	C25/30 (Clis 1)



Micr. 1

### 10.3.2 Stratigrafia.

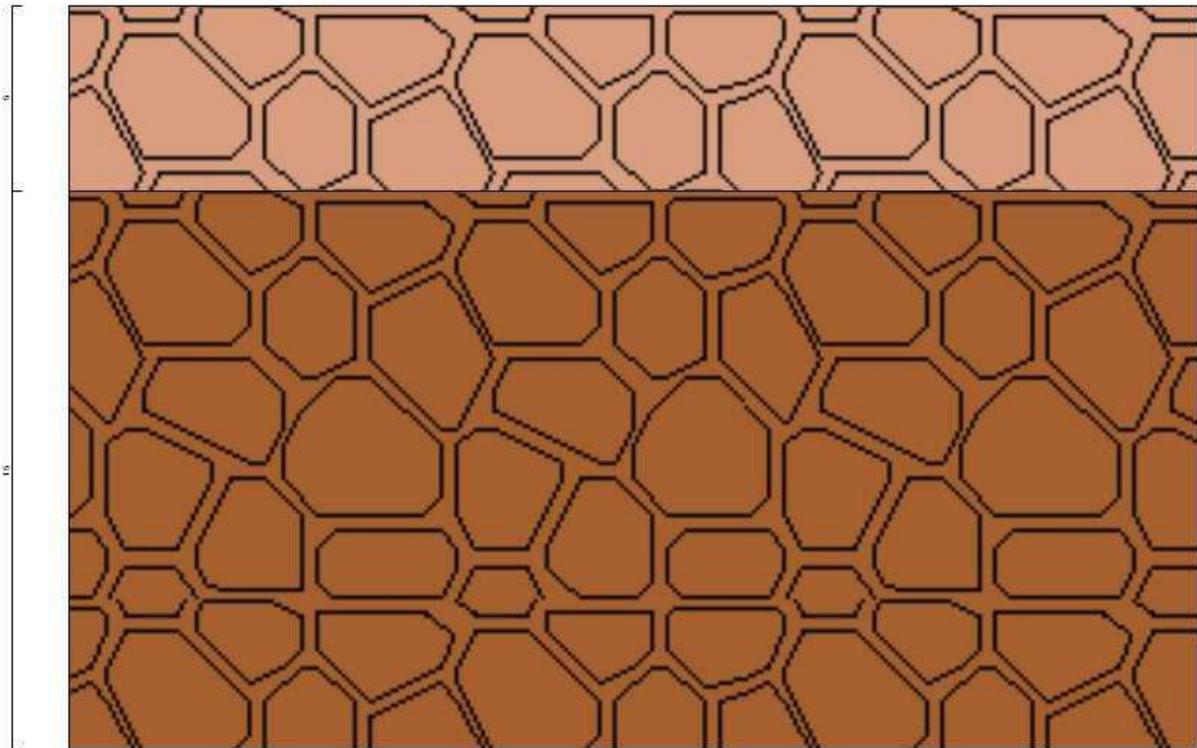
Nel calcolo sono utilizzati 2 tipi di terreno, le cui caratteristiche sono di seguito elencate.

T1	BAL				
$\gamma_d$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\gamma_t$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$c'_k$ [kPa]	$\phi'_k$ [°]	$s_{u,k}$ [kPa]	$q_{u,k}$ [kPa]
20	20	0	34	-	-

E <sub>s</sub> [kPa]	G <sub>s</sub> [kPa]				
200000	76000				
<b>Descrizione:</b> Basalto alterato					
T2	BA				
γ <sub>d</sub> [kN/m <sup>3</sup> ]	γ <sub>t</sub> [kN/m <sup>3</sup> ]	c' <sub>k</sub> [kPa]	φ' <sub>k</sub> [°]	s <sub>u,k</sub> [kPa]	q <sub>u,k</sub> [kPa]
22	22	50	40	-	-
E <sub>s</sub> [kPa]	G <sub>s</sub> [kPa]				
4500000	1730000				
<b>Descrizione:</b> Basalto					

Seguono le caratteristiche della stratigrafia utilizzata nei calcoli.

<b>S1</b>	2 strati		
Strato	Quota[m]	Altezza[m]	Terreno
1	0	5	T1
2	-5	15	T2



Str. 1

### 10.3.3 Punti maglia.

La palificata comprende 72 punti maglia, a ciascuno dei quali corrispondono delle coordinate, un tipo di palo ed i dati del terreno.

Punto	X[m]	Y[m]	Palo	β[°]	θ[°]	Rotaz.	Stratig.	SPT	CPT	Descr.
-------	------	------	------	------	------	--------	----------	-----	-----	--------

Progetto Esecutivo

PM1	-6.6	3	M1	0	0	Impedita	S1	-	-	P1
PM2	-6.6	1.8	M1	0	0	Impedita	S1	-	-	P2
PM3	-6.6	0.6	M1	0	0	Impedita	S1	-	-	P3
PM4	-6.6	-0.6	M1	0	0	Impedita	S1	-	-	P4
PM5	-6.6	-1.8	M1	0	0	Impedita	S1	-	-	P5
PM6	-6.6	-3	M1	0	0	Impedita	S1	-	-	P6
PM7	-5.4	3	M1	0	0	Impedita	S1	-	-	P7
PM8	-5.4	1.8	M1	0	0	Impedita	S1	-	-	P8
PM9	-5.4	0.6	M1	0	0	Impedita	S1	-	-	P9
PM10	-5.4	-0.6	M1	0	0	Impedita	S1	-	-	P10
PM11	-5.4	-1.8	M1	0	0	Impedita	S1	-	-	P11
PM12	-5.4	-3	M1	0	0	Impedita	S1	-	-	P12
PM13	-4.2	3	M1	0	0	Impedita	S1	-	-	P13
PM14	-4.2	1.8	M1	0	0	Impedita	S1	-	-	P14
PM15	-4.2	0.6	M1	0	0	Impedita	S1	-	-	P15
PM16	-4.2	-0.6	M1	0	0	Impedita	S1	-	-	P16
PM17	-4.2	-1.8	M1	0	0	Impedita	S1	-	-	P17
PM18	-4.2	-3	M1	0	0	Impedita	S1	-	-	P18
PM19	-3	3	M1	0	0	Impedita	S1	-	-	P19
PM20	-3	1.8	M1	0	0	Impedita	S1	-	-	P20
PM21	-3	0.6	M1	0	0	Impedita	S1	-	-	P21
PM22	-3	-0.6	M1	0	0	Impedita	S1	-	-	P22
PM23	-3	-1.8	M1	0	0	Impedita	S1	-	-	P23
PM24	-3	-3	M1	0	0	Impedita	S1	-	-	P24
PM25	-1.8	3	M1	0	0	Impedita	S1	-	-	P25
PM26	-1.8	1.8	M1	0	0	Impedita	S1	-	-	P26
PM27	-1.8	0.6	M1	0	0	Impedita	S1	-	-	P27
PM28	-1.8	-0.6	M1	0	0	Impedita	S1	-	-	P28
PM29	-1.8	-1.8	M1	0	0	Impedita	S1	-	-	P29
PM30	-1.8	-3	M1	0	0	Impedita	S1	-	-	P30
PM31	-0.6	3	M1	0	0	Impedita	S1	-	-	P31
PM32	-0.6	1.8	M1	0	0	Impedita	S1	-	-	P32
PM33	-0.6	0.6	M1	0	0	Impedita	S1	-	-	P33
PM34	-0.6	-0.6	M1	0	0	Impedita	S1	-	-	P34
PM35	-0.6	-1.8	M1	0	0	Impedita	S1	-	-	P35
PM36	-0.6	-3	M1	0	0	Impedita	S1	-	-	P36
PM37	0.6	3	M1	0	0	Impedita	S1	-	-	P37
PM38	0.6	1.8	M1	0	0	Impedita	S1	-	-	P38
PM39	0.6	0.6	M1	0	0	Impedita	S1	-	-	P39
PM40	0.6	-0.6	M1	0	0	Impedita	S1	-	-	P40
PM41	0.6	-1.8	M1	0	0	Impedita	S1	-	-	P41
PM42	0.6	-3	M1	0	0	Impedita	S1	-	-	P42
PM43	1.8	3	M1	0	0	Impedita	S1	-	-	P43
PM44	1.8	1.8	M1	0	0	Impedita	S1	-	-	P44
PM45	1.8	0.6	M1	0	0	Impedita	S1	-	-	P45

RTI di progettazione:



Mandataria

Via G.B. Sammartini n°5  
20125 - Milano  
Tel. 02 6787911  
email: mail@proiter.it



Mandante

Via Artemide n°3  
92100 Agrigento  
Tel. 0922 421007  
email: deltaingegneria@pec.it

Progetto Esecutivo

PM46	1.8	-0.6	M1	0	0	Impedita	S1	-	-	P46
PM47	1.8	-1.8	M1	0	0	Impedita	S1	-	-	P47
PM48	1.8	-3	M1	0	0	Impedita	S1	-	-	P48
PM49	3	3	M1	0	0	Impedita	S1	-	-	P49
PM50	3	1.8	M1	0	0	Impedita	S1	-	-	P50
PM51	3	0.6	M1	0	0	Impedita	S1	-	-	P51
PM52	3	-0.6	M1	0	0	Impedita	S1	-	-	P52
PM53	3	-1.8	M1	0	0	Impedita	S1	-	-	P53
PM54	3	-3	M1	0	0	Impedita	S1	-	-	P54
PM55	4.2	3	M1	0	0	Impedita	S1	-	-	P55
PM56	4.2	1.8	M1	0	0	Impedita	S1	-	-	P56
PM57	4.2	0.6	M1	0	0	Impedita	S1	-	-	P57
PM58	4.2	-0.6	M1	0	0	Impedita	S1	-	-	P58
PM59	4.2	-1.8	M1	0	0	Impedita	S1	-	-	P59
PM60	4.2	-3	M1	0	0	Impedita	S1	-	-	P60
PM61	5.4	3	M1	0	0	Impedita	S1	-	-	P61
PM62	5.4	1.8	M1	0	0	Impedita	S1	-	-	P62
PM63	5.4	0.6	M1	0	0	Impedita	S1	-	-	P63
PM64	5.4	-0.6	M1	0	0	Impedita	S1	-	-	P64
PM65	5.4	-1.8	M1	0	0	Impedita	S1	-	-	P65
PM66	5.4	-3	M1	0	0	Impedita	S1	-	-	P66
PM67	6.6	3	M1	0	0	Impedita	S1	-	-	P67
PM68	6.6	1.8	M1	0	0	Impedita	S1	-	-	P68
PM69	6.6	0.6	M1	0	0	Impedita	S1	-	-	P69
PM70	6.6	-0.6	M1	0	0	Impedita	S1	-	-	P70
PM71	6.6	-1.8	M1	0	0	Impedita	S1	-	-	P71
PM72	6.6	-3	M1	0	0	Impedita	S1	-	-	P72

### 10.3.4 Fondazione.

I pali sono collegati da una fondazione, il cui contorno è definito da 4 vertici.

Vertice	X[m]	Y[m]
V1	-7.725	-4
V2	7.725	-4
V3	7.725	4
V4	-7.725	4

Le sollecitazioni sono applicate nel seguente punto sulla fondazione.

Punto	X[m]	Y[m]
P1	0	0

### 10.4 Azioni.

Le azioni sono applicate sulla fondazione, espresse rispetto al sistema di riferimento globale.

Punto	Caso	Ses.	N <sub>z</sub> [kN]	V <sub>x</sub> [kN]	V <sub>y</sub> [kN]	M <sub>x</sub> [kN*m]	M <sub>y</sub> [kN*m]	T <sub>z</sub> [kN*m]
1	C1	1	-26514	-2208	-7582	22307	-7307	224

Progetto Esecutivo

1	C1	2	-38894	-2209	-7552	32456	-14632	200
1	C1	3	-26474	-2260	-7881	24031	-7583	307
1	C1	4	-37425	-2261	-7859	30803	-12405	289
1	C1	5	-26514	-2137	-7582	22308	-6733	395
1	C1	6	-37465	-2138	-7561	29079	-11554	377
1	C1	7	-26514	-2208	-7582	22307	-7307	224
1	C1	8	-34644	-2206	-7574	22392	-6987	226
1	C1	9	-26474	-2260	-7881	24031	-7583	307
1	C1	10	-34716	-2259	-7873	24386	-7306	308
1	C1	11	-26514	-2137	-7582	22308	-6733	395
1	C1	12	-34756	-2136	-7574	22662	-6455	396
1	C2	1	-24358	-1231	-5212	20316	-4074	759
1	C2	2	-24033	-1231	-5043	19723	-4021	793
1	C2	3	-24407	-3531	-3373	12055	-15191	255
1	C2	4	-24082	-3531	-3204	11462	-15139	289
1	C3	1	-28638	-1629	-5605	24332	-10871	169
1	C3	2	-25490	-1626	-5621	16876	-5208	189
1	C4	1	-27580	-1581	-5609	21816	-8634	288
1	C4	2	-25574	-1579	-5619	17063	-4857	302
1	C5	1	-25741	-1556	-5619	17462	-4756	356

## 10.5 Calcolo della capacità portante e curva di mobilitazione.

Il seguente calcolo di capacità portante vale per tutti i pali.

Si riporta integralmente il calcolo di capacità portante per la situazione peggiore (coef. di sicurezza minore):

Punto maglia PM6, Caso C1 (Stato limite ultimo).

Si applicano i seguenti coefficienti di sicurezza parziali per le azioni:  $\gamma_{G1,f}=1.00$ ,  $\gamma_{G1,s}=1.30$ ,  $\gamma_{G2,f}=0.80$ ,  $\gamma_{G2,s}=1.50$ ,  $\gamma_{Qi,f}=0.00$ ,  $\gamma_{Qi,s}=1.50$ .

Si applicano i seguenti coefficienti di sicurezza, secondo il numero di verticali indagate:

n. vert.	1	2	3	4	5	7	10
$\xi_{med}$	1.70	1.65	1.60	1.55	1.50	1.45	1.40
$\xi_{min}$	1.70	1.55	1.48	1.42	1.34	1.28	1.21

Si applicano i seguenti coefficienti di sicurezza parziali alle portate calcolate, secondo il tipo di palo:

Tipo di palo	Infisso	Trivellato	A elica continua	Micropalo	Avvitato
$\gamma_b$	1.15	1.35	1.30	1.35	1.15
$\gamma_s$	1.15	1.15	1.15	1.15	1.15
$\gamma_{st}$	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25

Alle sollecitazioni applicate viene aggiunto il peso proprio del palo, amplificato col coefficiente parziale  $\gamma_{G1,fav}=1.00$  o  $\gamma_{G1,sfa}=1.30$ , secondo il caso.

### 10.5.1 Calcolo della portata di base.

La portata di base viene trascurata, posta pari a 0.

Carreggiate SS131: Relazione tecnica e di calcolo delle fondazioni

56

RTI di progettazione:



Mandataria

Via G.B. Sammartini n°5  
20125 - Milano  
Tel. 02 6787911  
email: mail@proiter.it



Mandante

Via Artemide n°3  
92100 Agrigento  
Tel. 0922 421007  
email: deltaingegneria@pec.it

### 10.5.2 **Calcolo della portata laterale.**

Il fusto del palo attraversa 2 strati.

#### **Strato 1: BAL**

Metodo **Assegnato** per il calcolo della portata laterale.

Il palo attraversa questo strato da quota 0 [m] a quota -5 [m]. Segue il calcolo alla quota intermedia di -2.5 [m].

L'attrito laterale assegnato vale 200 [kPa].

La portata laterale calcolata vale 942.4778 [kN] (942.4778 [kN]). Si applica  $\xi_{med}=1.65$ . Si applicano  $\gamma_s=1.15$  e  $\gamma_{st}=1.25$ . Portate di calcolo: in compressione  $Q_{sc,d} = 496.6945$  [kN] (mobilitata per un cedimento  $s/D=0.50\%$ ), in trazione  $Q_{st,d} = 456.9589$  [kN] (mobilitata per un cedimento  $s/D=0.50\%$ ).

#### **Strato 2: BA**

Metodo **Assegnato** per il calcolo della portata laterale.

Il palo attraversa questo strato da quota -5 [m] a quota -10 [m]. Segue il calcolo alla quota intermedia di -7.5 [m].

L'attrito laterale assegnato vale 250 [kPa].

La portata laterale calcolata vale 1178.0972 [kN] (1178.0972 [kN]). Si applica  $\xi_{med}=1.65$ . Si applicano  $\gamma_s=1.15$  e  $\gamma_{st}=1.25$ . Portate di calcolo: in compressione  $Q_{sc,d} = 620.8681$  [kN] (mobilitata per un cedimento  $s/D=0.50\%$ ), in trazione  $Q_{st,d} = 571.1987$  [kN] (mobilitata per un cedimento  $s/D=0.50\%$ ).

### **Portata laterale totale**

La portata di calcolo in compressione  $Q_{sc,d}$  è **1117.5626 [kN]**, in trazione  $Q_{st,d}$  è **1028.1576 [kN]**.

### 10.5.3 **Portata totale (base + laterale)**

La portata di calcolo in compressione  $Q_{tc,d}$  è **1117.5626 [kN]**, in trazione  $Q_{tt,d}$  è **1028.1576 [kN]**.

### 10.5.4 **Calcolo del modulo di reazione orizzontale.**

Il fusto del palo attraversa 2 strati.

#### **Strato 1: BAL**

Metodo **Assegnato** per il calcolo del modulo di reazione orizzontale.

Il palo attraversa questo strato da quota 0 [m] a quota -5 [m]. Segue il calcolo alla quota intermedia di -2.5 [m].

Il modulo di reazione orizzontale assegnato vale 91667 [kN/m<sup>3</sup>].

Modulo di reazione orizzontale medio:  $k_{s0,med} = 91700$  [kN/m<sup>3</sup>].

## Strato 2: BA

Metodo **Assegnato** per il calcolo del modulo di reazione orizzontale.

Il palo attraversa questo strato da quota -5 [m] a quota -10 [m]. Segue il calcolo alla quota intermedia di -7.5 [m].

Il modulo di reazione orizzontale assegnato vale 6187500 [kN/m<sup>3</sup>].

Modulo di reazione orizzontale medio:  $k_{s0,med} = 6187500$  [kN/m<sup>3</sup>].

### 10.5.5 Calcolo della resistenza trasversale laterale.

La resistenza laterale di calcolo valutata dal grafico al capitolo 8.2.2  $R_{tr,d}$  è **9717.00 [kN]**.

### 10.5.6 Curva di mobilitazione verticale

La curva di mobilitazione del palo è definita dalle seguenti coppie di valori, dove  $s$  è il cedimento, misurato in [m], ed  $E_d$  è la sollecitazione di sforzo normale (comprensiva del peso proprio del palo), espressa in [kN].

	1	2	3
$s$	-0.0013	0	0.0012
$E_d$	-1117.5626	0	1028.1576

Si riassume in seguito il valore di capacità portante per tutti i casi.

Caso	Qst[kN]	Qsc[kN]	Qbc[kN]	Qtt[kN]	Qtc[kN]
<b>C1</b>	1028.1576	1117.5626	0	<b>1028.1576</b>	<b>1117.5626</b>
<b>C2</b>	1028.1576	1117.5626	0	<b>1028.1576</b>	<b>1117.5626</b>
<b>C3</b>	2120.575	2120.575	0	<b>2120.575</b>	<b>2120.575</b>
<b>C4</b>	2120.575	2120.575	0	<b>2120.575</b>	<b>2120.575</b>
<b>C5</b>	2120.575	2120.575	0	<b>2120.575</b>	<b>2120.575</b>

Qst = Portata Laterale in Trazione | Qsc = Portata Laterale in Compressione | Qbc = Portata di Base in Compressione | Qtt = Portata TOTALE in Trazione | Qtc = Portata TOTALE in Compressione

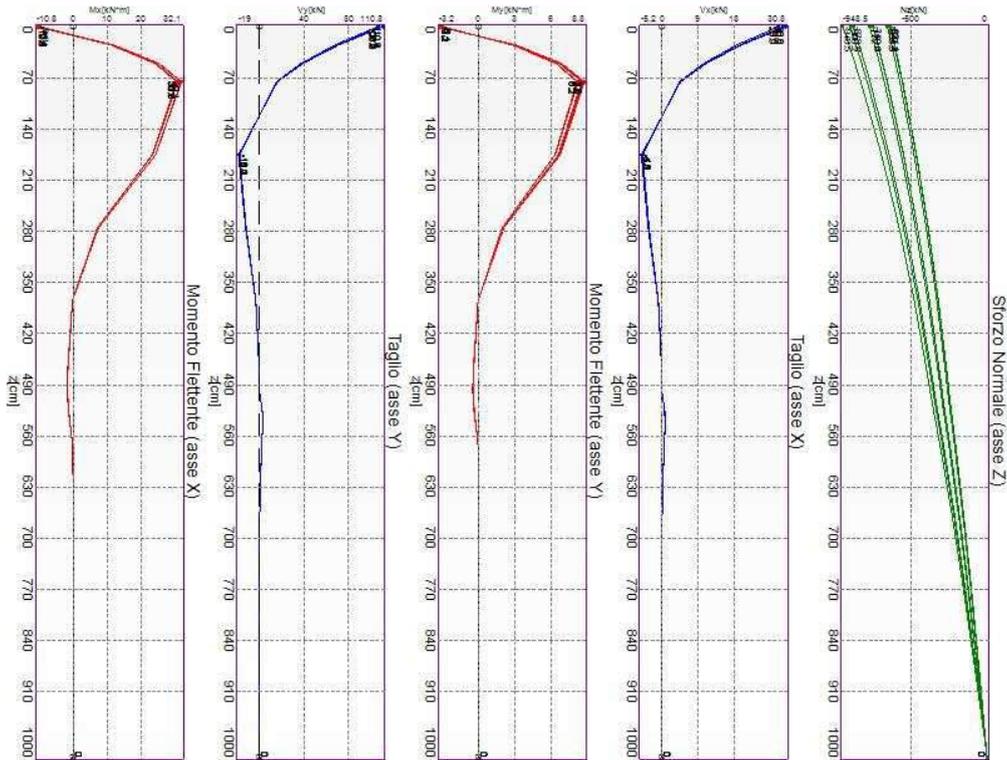
## 10.6 Calcolo delle sollecitazioni.

Si riporta di seguito il dettaglio delle sollecitazioni calcolate, solo per i punti maglia con i pali più sollecitati. Le caratteristiche di sollecitazione sono espresse nel sistema di riferimento locale del palo.

### 10.6.1 Casi a SLU

I massimi valori di **Sforzo Normale di compressione**, si ottengono nel punto maglia **PM6**, nel caso di carico **C1** (Stato limite ultimo).

Progetto Esecutivo

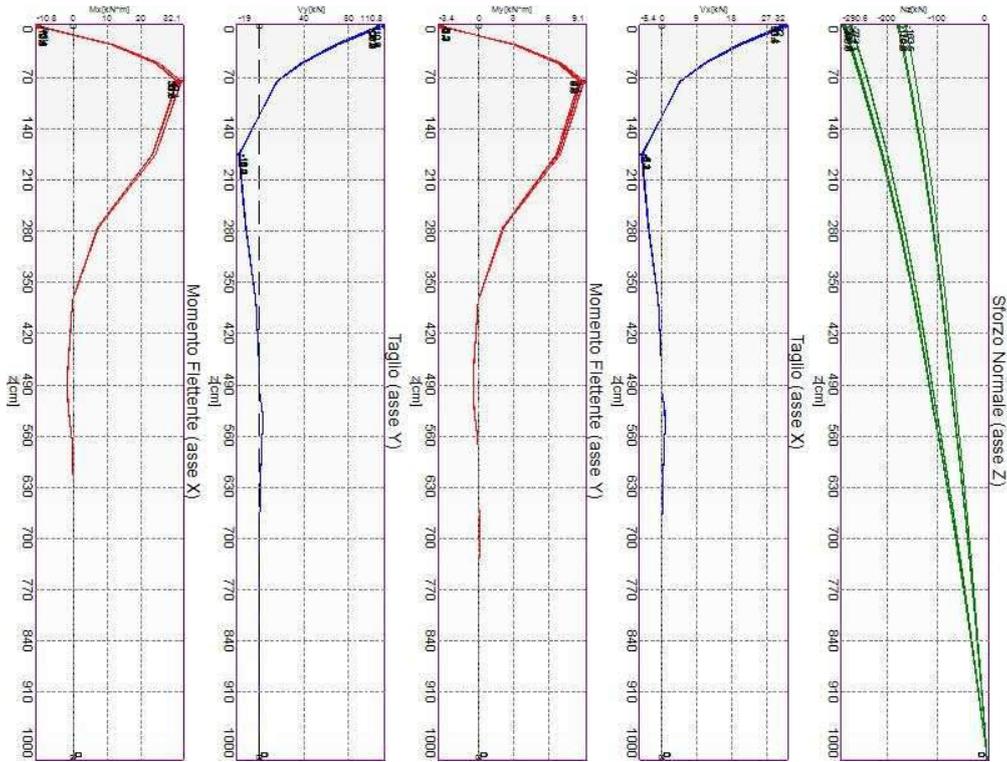


Caratteristiche di sollecitazione lungo il palo (punto maglia PM6, caso C1)

Azioni applicate in testa (punto maglia PM6, caso C1)					
$N_z$ [kN]	$V_x$ [kN]	$V_y$ [kN]	$M_x$ [kN*m]	$M_y$ [kN*m]	$T_z$ [kN*m]
-948.5049+-634.0785	-30.839+-28.8942	-110.7758+-105.7472	-10.7901+-9.8267	3.0005+3.2493	0+0
Caratteristiche di sollecitazione lungo il palo (punto maglia PM6, caso C1)					
$z_{loc}$ [m]	$N_z$ [kN]	$V_{xy}$ [kN]	$M_{xy}$ [kN*m]		
0	-948.5049+-634.0785	114.9752	11.2682		
0	-948.5049+-634.0785	114.9752	11.2682		
0.25	-907.6096+-606.7538	73.2779	12.3663		
0.5	-868.3546+-580.5257	40.7388	26.3528		
0.75	-830.6688+-555.3467	16.6328	33.2916		
1.75	-694.2967+-464.2387	19.6768	25.3378		
2.75	-578.0458+-386.5847	13.1569	7.6816		
3.75	-478.5472+-320.1342	3.7496	0.3588		
4.75	-392.9172+-262.9615	0.2304	1.8905		
5	-373.3781+-249.9186	0.0277	1.9184		
5	-373.3781+-249.9186	0.0277	1.9184		
5.25	-352.0862+-235.6841	2.414	1.5509		
5.5	-329.1618+-220.3386	2.7413	0.852		
5.75	-306.981+-205.491	1.6677	0.2923		
6.75	-224.7147+-150.4225	0.1174	0.0358		
7.75	-150.5938+-100.8064	0.0048	0.0028		
8.75	-81.9316+-54.8444	0.0001	0.0001		
9.75	-16.2392+-10.8704	0	0		

10	0	0	0
----	---	---	---

I massimi valori di **Sforzo Normale di trazione, Taglio (in valore assoluto), Momento flettente (in valore assoluto)**, si ottengono nel punto maglia **PM1**, nel caso di carico **C1** (Stato limite ultimo).



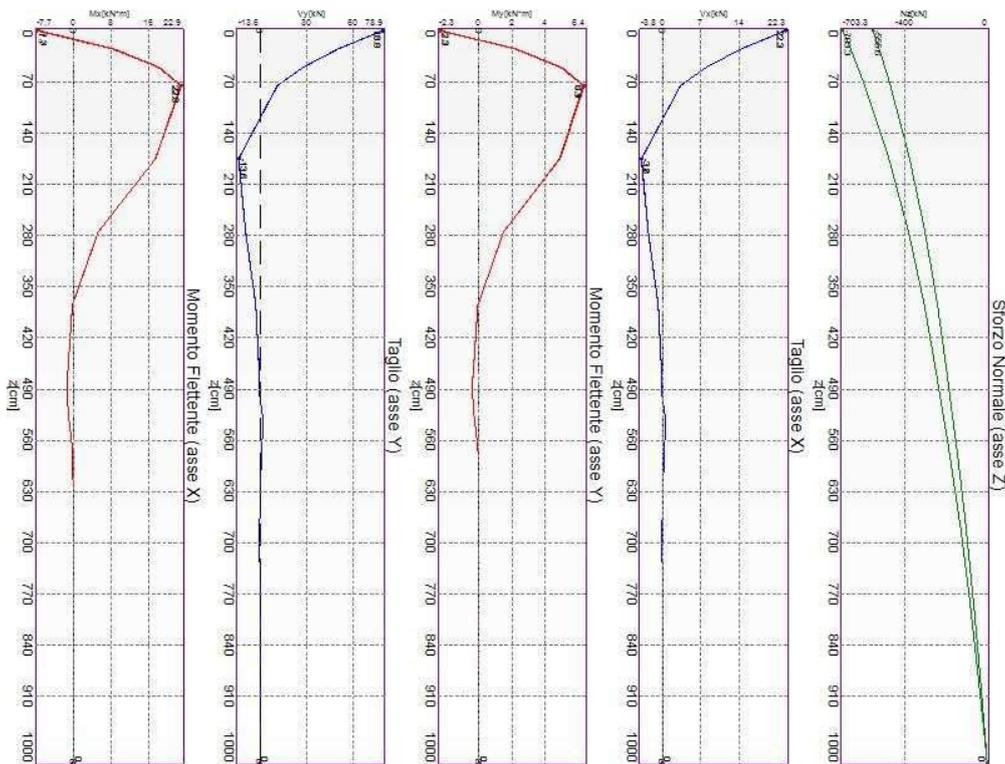
Caratteristiche di sollecitazione lungo il palo (punto maglia PM1, caso C1)

Azioni applicate in testa (punto maglia PM1, caso C1)					
$N_z$ [kN]	$V_x$ [kN]	$V_y$ [kN]	$M_x$ [kN*m]	$M_y$ [kN*m]	$T_z$ [kN*m]
-290.6316+-163.4682	-31.9877+-30.4298	-110.7758+-105.7472	-10.7901+-9.8267	3.1602+3.3797	0+0
Caratteristiche di sollecitazione lungo il palo (punto maglia PM1, caso C1)					
$z_{loc}$ [m]	$N_z$ [kN]	$V_{xy}$ [kN]	$M_{xy}$ [kN*m]		
0	-290.6316+-163.4682	115.3017	11.3064		
0	-290.6316+-163.4682	115.3017	11.3064		
0.25	-278.1301+-156.4551	73.4878	12.3933		
0.5	-266.1312+-149.7247	40.8574	26.418		
0.75	-254.6133+-143.2648	16.6835	33.3763		
1.75	-212.9471+-119.9048	19.7273	25.4085		
2.75	-177.4523+-100.0197	13.1936	7.7034		
3.75	-147.1002+-83.0333	3.7603	0.3595		
4.75	-121.0112+-68.4533	0.2312	1.8955		
5	-115.0641+-65.1334	0.0281	1.9238		
5	-115.0641+-65.1334	0.0281	1.9238		
5.25	-108.5384+-61.462	2.4203	1.5553		
5.5	-101.4715+-57.4602	2.749	0.8544		

5.75	-94.6338+-53.5882	1.6724	0.2932
6.75	-69.2733+-39.2274	0.1177	0.0359
7.75	-46.4239+-26.2884	0.0048	0.0028
8.75	-25.2572+-14.3024	0.0001	0.0001
9.75	-5.0061+-2.8348	0	0
10	0	0	0

### 10.6.2 Casi a SLE

I massimi valori di **Sforzo Normale di compressione**, si ottengono nel punto maglia **PM6**, nel caso di carico **C3** (Rara).



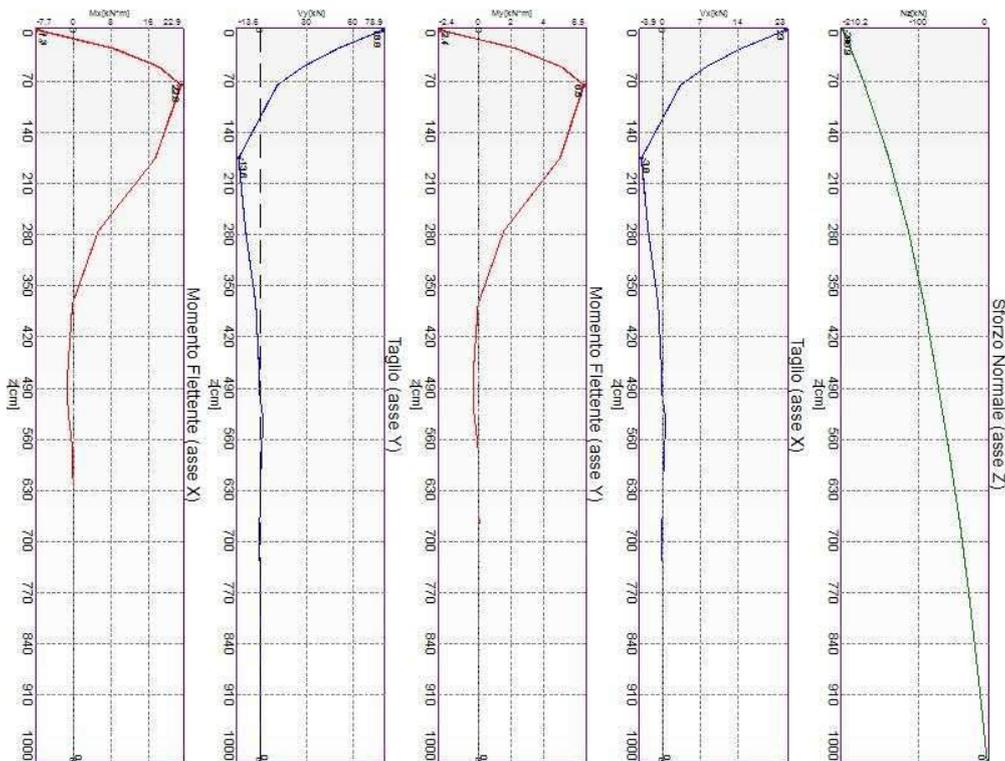
Caratteristiche di sollecitazione lungo il palo (punto maglia PM6, caso C3)

Azioni applicate in testa (punto maglia PM6, caso C3)					
$N_z$ [kN]	$V_x$ [kN]	$V_y$ [kN]	$M_x$ [kN*m]	$M_y$ [kN*m]	$T_z$ [kN*m]
-703.2549+-555.6203	-22.2953+-22.2147	-78.8805+-78.5725	-7.695+-7.2907	2.286+2.3463	0+0
Caratteristiche di sollecitazione lungo il palo (punto maglia PM6, caso C3)					
$z_{loc}$ [m]	$N_z$ [kN]	$V_{xy}$ [kN]	$M_{xy}$ [kN*m]		
0	-703.2549+-555.6203	81.9489	8.0448		
0	-703.2549+-555.6203	81.9489	8.0448		
0.25	-665.6166+-525.8908	52.2331	8.9271		
0.5	-629.9634+-497.7295	29.0432	18.8811		
0.75	-596.1888+-471.0526	11.8625	23.8095		
1.75	-477.9407+-377.6587	14.0665	18.0788		

Progetto Esecutivo

2.75	-382.5827+-302.3521	9.3838	5.4752
3.75	-305.5478+-241.5262	2.6727	0.2609
4.75	-243.1466+-192.2676	0.1647	1.3494
5	-229.4694+-181.4735	0.02	1.3672
5	-229.4694+-181.4735	0.02	1.3672
5.25	-214.7826+-169.8694	1.723	1.1054
5.5	-199.2025+-157.5472	1.9537	0.6073
5.75	-184.3649+-145.8124	1.1886	0.2084
6.75	-131.3721+-103.9009	0.0836	0.0255
7.75	-86.2519+-68.2157	0.0034	0.002
8.75	-46.3004+-36.6185	0.0001	0
9.75	-9.1235+-7.2157	0	0
10	0	0	0

I massimi valori di **Sforzo Normale di trazione**, si ottengono nel punto maglia **PM1**, nel caso di carico **C3** (Rara).



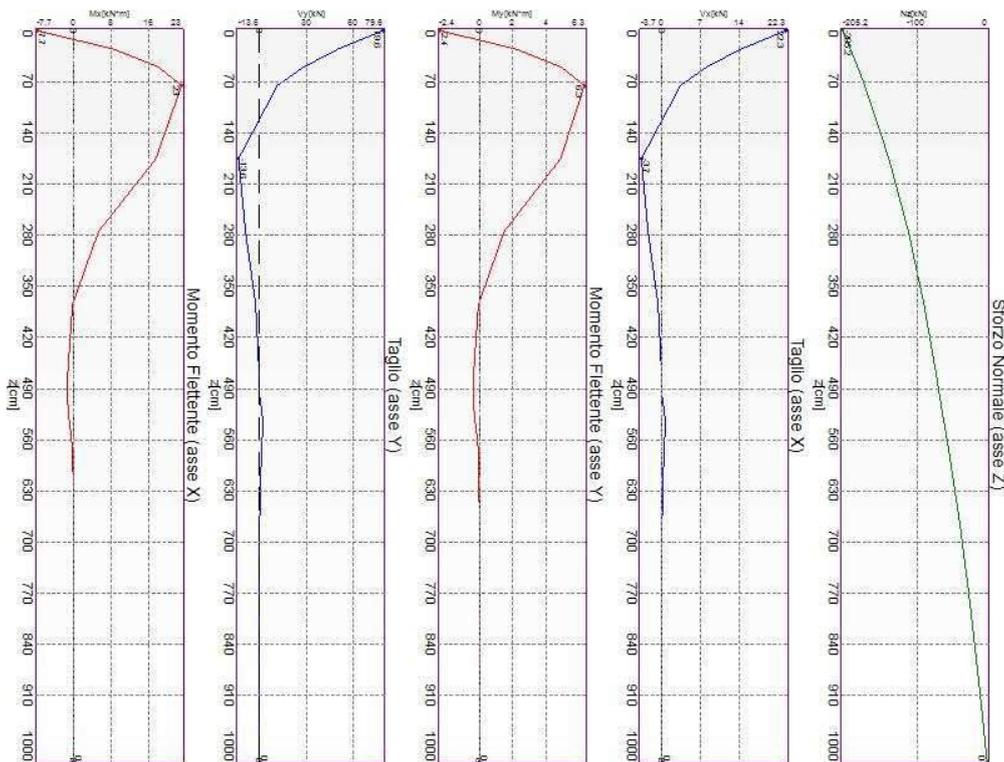
Caratteristiche di sollecitazione lungo il palo (punto maglia PM1, caso C3)

Azioni applicate in testa (punto maglia PM1, caso C3)					
$N_z$ [kN]	$V_x$ [kN]	$V_y$ [kN]	$M_x$ [kN*m]	$M_y$ [kN*m]	$T_z$ [kN*m]
-210.1742+-209.912	-22.9547+-22.952	-78.8805+-78.5725	-7.695+-7.2907	2.3575+2.4264	0+0
Caratteristiche di sollecitazione lungo il palo (punto maglia PM1, caso C3)					
$Z_{loc}$ [m]	$N_z$ [kN]	$V_{xy}$ [kN]	$M_{xy}$ [kN*m]		
0	-210.1742+-209.912	82.1519	8.0685		

Progetto Esecutivo

0	-210.1742+-209.912	82.1519	8.0685
0.25	-198.9501+-198.7019	52.3636	8.943
0.5	-188.3192+-188.0843	29.1169	18.9195
0.75	-178.25+-178.0277	11.894	23.8595
1.75	-143.0118+-142.8336	14.0962	18.1182
2.75	-114.6229+-114.4803	9.4043	5.4888
3.75	-91.7236+-91.6099	2.6794	0.2613
4.75	-73.2173+-73.1269	0.1652	1.3523
5	-69.1693+-69.084	0.0203	1.3706
5	-69.1693+-69.084	0.0203	1.3706
5.25	-64.7782+-64.6984	1.7267	1.1081
5.5	-60.0793+-60.0053	1.9585	0.6088
5.75	-55.6043+-55.5358	1.1916	0.2089
6.75	-39.6217+-39.5729	0.0838	0.0256
7.75	-26.0135+-25.9814	0.0034	0.002
8.75	-13.9642+-13.947	0.0001	0.0001
9.75	-2.7516+-2.7482	0	0
10	0	0	0

I massimi valori di **Taglio** (in valore assoluto), si ottengono nel punto maglia **PM1**, nel caso di carico **C5** (Quasi Permanente).



Caratteristiche di sollecitazione lungo il palo (punto maglia PM1, caso C5)

**Azioni applicate in testa (punto maglia PM1, caso C5)**

Carreggiate SS131: Relazione tecnica e di calcolo delle fondazioni

63

RTI di progettazione:



Mandataria

Via G.B. Sammartini n°5  
20125 - Milano  
Tel. 02 6787911  
email: mail@proiter.it



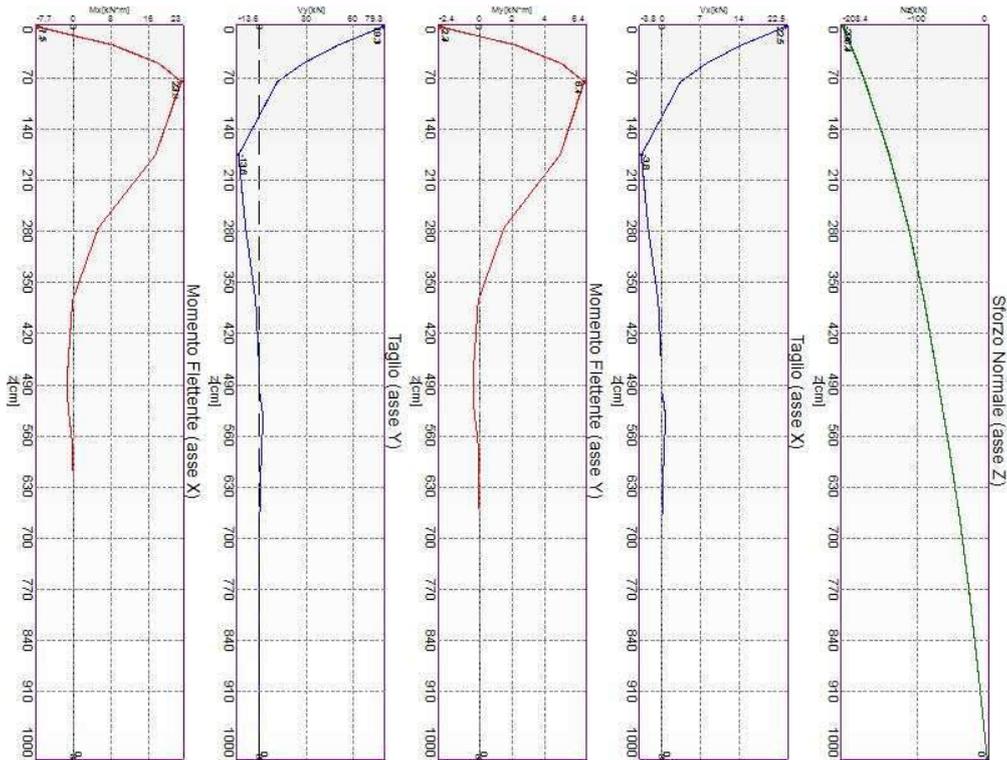
Mandante

Via Artemide n°3  
92100 Agrigento  
Tel. 0922 421007  
email: deltaingegneria@pec.it

$N_z$ [kN]	$V_x$ [kN]	$V_y$ [kN]	$M_x$ [kN*m]	$M_y$ [kN*m]	$T_z$ [kN*m]
-205.1546	-22.3055	-79.5694	-7.7407	2.3618	0
<b>Caratteristiche di sollecitazione lungo il palo (punto maglia PM1, caso C5)</b>					
$Z_{loc}$ [m]	$N_z$ [kN]	$V_{xy}$ [kN]	$M_{xy}$ [kN*m]		
0	-205.1546	82.6367	8.093		
0	-205.1546	82.6367	8.093		
0.25	-194.1993	52.6654	8.684		
0.5	-183.8232	29.2774	18.7925		
0.75	-173.9953	11.9513	23.8272		
1.75	-139.6021	14.0952	18.2125		
2.75	-111.895	9.457	5.521		
3.75	-89.5469	2.6949	0.2481		
4.75	-71.4874	0.1655	1.3584		
5	-67.5374	0.0197	1.3789		
5	-67.5374	0.0197	1.3789		
5.25	-63.2512	1.7346	1.1147		
5.5	-58.663	1.9703	0.6124		
5.75	-54.2935	1.1986	0.2101		
6.75	-38.6877	0.0843	0.0257		
7.75	-25.4002	0.0034	0.002		
8.75	-13.635	0.0001	0.0001		
9.75	-2.6868	0	0		
10	0	0	0		

I massimi valori di **Momento flettente (in valore assoluto)**, si ottengono nel punto maglia **PM1**, nel caso di carico **C4** (Frequente).

Progetto Esecutivo



Caratteristiche di sollecitazione lungo il palo (punto maglia PM1, caso C4)

**Azioni applicate in testa (punto maglia PM1, caso C4)**

$N_z$ [kN]	$V_x$ [kN]	$V_y$ [kN]	$M_x$ [kN*m]	$M_y$ [kN*m]	$T_z$ [kN*m]
-208.3793+-207.3317	-22.5201+-22.5197	-79.3377+-79.1387	-7.7354+-7.4774	2.3377+2.3838	0+0

**Caratteristiche di sollecitazione lungo il palo (punto maglia PM1, caso C4)**

$z_{loc}$ [m]	$N_z$ [kN]	$V_{xy}$ [kN]	$M_{xy}$ [kN*m]
0	-208.3793+-207.3317	82.4719	8.0943
0	-208.3793+-207.3317	82.4719	8.0943
0.25	-197.2513+-196.2598	52.5658	8.8618
0.5	-186.7116+-185.7732	29.2275	18.9037
0.75	-176.7286+-175.8406	11.9372	23.8869
1.75	-141.7926+-141.081	14.1191	18.183
2.75	-113.6475+-113.0781	9.4393	5.5101
3.75	-90.9453+-90.491	2.6897	0.2568
4.75	-72.5987+-72.2377	0.1656	1.3568
5	-68.5858+-68.2452	0.0201	1.376
5	-68.5858+-68.2452	0.0201	1.376
5.25	-64.2322+-63.9135	1.7325	1.1124
5.5	-59.5728+-59.2772	1.9662	0.6111
5.75	-55.1356+-54.862	1.1962	0.2097
6.75	-39.2877+-39.0928	0.0842	0.0257
7.75	-25.7942+-25.6662	0.0034	0.002
8.75	-13.8464+-13.7777	0.0001	0.0001
9.75	-2.7284+-2.7149	0	0

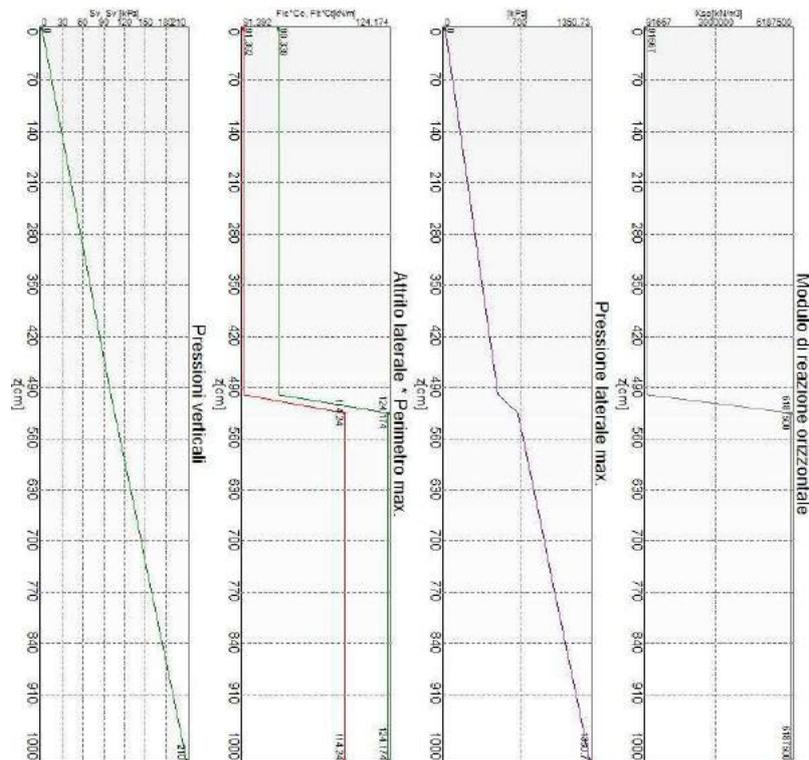
10	0	0	0
----	---	---	---

## 10.7 Verifiche geotecniche.

Si riporta di seguito il dettaglio delle verifiche eseguite, per ciascun palo.

### 10.7.1 Verifica: Capacità portante

La situazione di verifica più severa, si ottiene nel punto maglia **PM6**, nel caso di carico **C1**, sestetto **2** (Stato limite ultimo).



Capacità portante

Situazione peggiore: Punto maglia PM6, Caso C1, Sestetto 2

Segue il riassunto della verifica, per tutti i punti maglia, per il caso ed il sestetto che danno il fattore di sicurezza minore.

Verifica: Capacità portante					
Punto	Caso	Ses.	R <sub>d</sub> : Qt[kN]	S <sub>d</sub> : Qt[kN]	fs[-]
PM1	C2	4	1117.56	322.59	3.46
PM2	C1	2	1117.56	450.82	2.48
PM3	C1	2	1117.56	582.4	1.92
PM4	C1	2	1117.56	713.97	1.57
PM5	C1	2	1117.56	845.55	1.32
PM6	C1	2	1117.56	977.12	1.14
PM7	C1	8	1117.56	311.86	3.58

Progetto Esecutivo

PM8	C1	2	1117.56	436.39	2.56
PM9	C1	2	1117.56	567.96	1.97
PM10	C1	2	1117.56	699.54	1.60
PM11	C1	2	1117.56	831.11	1.34
PM12	C1	2	1117.56	962.69	1.16
PM13	C1	8	1117.56	304.85	3.67
PM14	C1	2	1117.56	421.96	2.65
PM15	C1	2	1117.56	553.53	2.02
PM16	C1	2	1117.56	685.11	1.63
PM17	C1	2	1117.56	816.68	1.37
PM18	C1	2	1117.56	948.26	1.18
PM19	C1	8	1117.56	297.84	3.75
PM20	C1	2	1117.56	407.53	2.74
PM21	C1	2	1117.56	539.1	2.07
PM22	C1	2	1117.56	670.68	1.67
PM23	C1	2	1117.56	802.25	1.39
PM24	C1	2	1117.56	933.83	1.20
PM25	C1	8	1117.56	290.82	3.84
PM26	C1	2	1117.56	393.1	2.84
PM27	C1	2	1117.56	524.67	2.13
PM28	C1	2	1117.56	656.24	1.70
PM29	C1	2	1117.56	787.82	1.42
PM30	C1	2	1117.56	919.39	1.22
PM31	C1	8	1117.56	283.81	3.94
PM32	C1	2	1117.56	378.66	2.95
PM33	C1	2	1117.56	510.24	2.19
PM34	C1	2	1117.56	641.81	1.74
PM35	C1	2	1117.56	773.39	1.45
PM36	C1	2	1117.56	904.96	1.23
PM37	C1	8	1117.56	276.8	4.04
PM38	C1	12	1117.56	368.81	3.03
PM39	C1	2	1117.56	495.81	2.25
PM40	C1	2	1117.56	627.38	1.78
PM41	C1	2	1117.56	758.96	1.47
PM42	C1	2	1117.56	890.53	1.25
PM43	C1	8	1117.56	269.79	4.14
PM44	C1	12	1117.56	362.32	3.08
PM45	C1	2	1117.56	481.38	2.32
PM46	C1	2	1117.56	612.95	1.82
PM47	C1	2	1117.56	744.52	1.50
PM48	C1	2	1117.56	876.1	1.28
PM49	C1	12	1117.56	262.97	4.25
PM50	C1	12	1117.56	355.83	3.14
PM51	C1	2	1117.56	466.94	2.39
PM52	C1	2	1117.56	598.52	1.87

RTI di progettazione:



Mandataria

Via G.B. Sammartini n°5  
20125 - Milano  
Tel. 02 6787911  
email: mail@proiter.it



Mandante

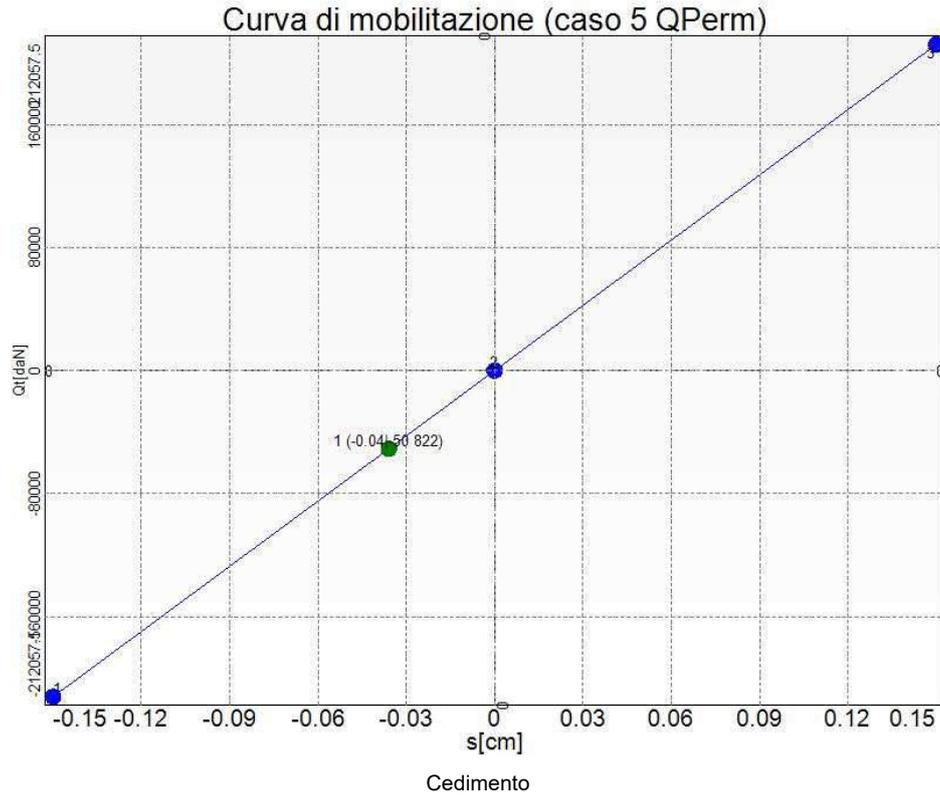
Via Artemide n°3  
92100 Agrigento  
Tel. 0922 421007  
email: deltaingegneria@pec.it

Progetto Esecutivo

PM53	C1	2	1117.56	730.09	1.53
PM54	C1	2	1117.56	861.67	1.30
PM55	C1	12	1117.56	256.48	4.36
PM56	C1	12	1117.56	349.34	3.20
PM57	C1	2	1117.56	452.51	2.47
PM58	C1	2	1117.56	584.09	1.91
PM59	C1	2	1117.56	715.66	1.56
PM60	C1	2	1117.56	847.24	1.32
PM61	C1	12	1117.56	249.99	4.47
PM62	C1	12	1117.56	342.85	3.26
PM63	C1	6	1117.56	438.38	2.55
PM64	C1	2	1117.56	569.66	1.96
PM65	C1	2	1117.56	701.23	1.59
PM66	C1	2	1117.56	832.8	1.34
PM67	C1	12	1117.56	243.5	4.59
PM68	C1	12	1117.56	336.36	3.32
PM69	C1	12	1117.56	429.22	2.60
PM70	C1	2	1117.56	555.22	2.01
PM71	C1	2	1117.56	686.8	1.63
PM72	C1	2	1117.56	818.37	1.37

### 10.7.2 Verifica: Cedimento

I cedimenti del singolo palo sono calcolati utilizzando la relativa curva di mobilitazione. L'interazione tra i pali è valutata con il metodo dei fattori di interazione (Poulos e Davis, 1980). La situazione di verifica più severa, si ottiene nel punto maglia **PM11**, nel caso di carico **C5**, sestetto **1** (Quasi Permanente). Si ottengono i seguenti valori: cedimento del palo singolo = -0.36 [mm], cedimento indotto dal gruppo = -0.60 [mm], cedimento totale: -0.96 [mm].



Situazione peggiore: Punto maglia PM11, Caso C5, Sestetto 1

Segue il riassunto della verifica, per tutti i punti maglia, per il caso ed il sestetto che danno il fattore di sicurezza minore.

Verifica: Cedimento					
Punto	Caso	Ses.	R <sub>d</sub> : Ced.[mm]	S <sub>d</sub> : Ced.[mm]	fs[-]
PM1	C5	1	-40	0	10.00
PM2	C5	1	-40	0	10.00
PM3	C5	1	-40	0	10.00
PM4	C5	1	-40	0	10.00
PM5	C5	1	-40	0	10.00
PM6	C5	1	-40	0	10.00
PM7	C5	1	-40	0	10.00
PM8	C5	1	-40	0	10.00
PM9	C5	1	-40	0	10.00
PM10	C5	1	-40	0	10.00
PM11	C5	1	-40	0	10.00
PM12	C5	1	-40	0	10.00
PM13	C5	1	-40	0	10.00
PM14	C5	1	-40	0	10.00
PM15	C5	1	-40	0	10.00
PM16	C5	1	-40	0	10.00
PM17	C5	1	-40	0	10.00

Progetto Esecutivo

PM18	C5	1	-40	0	10.00
PM19	C5	1	-40	0	10.00
PM20	C5	1	-40	0	10.00
PM21	C5	1	-40	0	10.00
PM22	C5	1	-40	0	10.00
PM23	C5	1	-40	0	10.00
PM24	C5	1	-40	0	10.00
PM25	C5	1	-40	0	10.00
PM26	C5	1	-40	0	10.00
PM27	C5	1	-40	0	10.00
PM28	C5	1	-40	0	10.00
PM29	C5	1	-40	0	10.00
PM30	C5	1	-40	0	10.00
PM31	C5	1	-40	0	10.00
PM32	C5	1	-40	0	10.00
PM33	C5	1	-40	0	10.00
PM34	C5	1	-40	0	10.00
PM35	C5	1	-40	0	10.00
PM36	C5	1	-40	0	10.00
PM37	C5	1	-40	0	10.00
PM38	C5	1	-40	0	10.00
PM39	C5	1	-40	0	10.00
PM40	C5	1	-40	0	10.00
PM41	C5	1	-40	0	10.00
PM42	C5	1	-40	0	10.00
PM43	C5	1	-40	0	10.00
PM44	C5	1	-40	0	10.00
PM45	C5	1	-40	0	10.00
PM46	C5	1	-40	0	10.00
PM47	C5	1	-40	0	10.00
PM48	C5	1	-40	0	10.00
PM49	C5	1	-40	0	10.00
PM50	C5	1	-40	0	10.00
PM51	C5	1	-40	0	10.00
PM52	C5	1	-40	0	10.00
PM53	C5	1	-40	0	10.00
PM54	C5	1	-40	0	10.00
PM55	C5	1	-40	0	10.00
PM56	C5	1	-40	0	10.00
PM57	C5	1	-40	0	10.00
PM58	C5	1	-40	0	10.00
PM59	C5	1	-40	0	10.00
PM60	C5	1	-40	0	10.00
PM61	C5	1	-40	0	10.00
PM62	C5	1	-40	0	10.00

**RTI di progettazione:**



**Mandataria**

Via G.B. Sammartini n°5  
20125 - Milano  
Tel. 02 6787911  
email: mail@proiter.it



**Mandante**

Via Artemide n°3  
92100 Agrigento  
Tel. 0922 421007  
email: deltaingegneria@pec.it

Progetto Esecutivo

PM63	C5	1	-40	0	10.00
PM64	C5	1	-40	0	10.00
PM65	C5	1	-40	0	10.00
PM66	C5	1	-40	0	10.00
PM67	C5	1	-40	0	10.00
PM68	C5	1	-40	0	10.00
PM69	C5	1	-40	0	10.00
PM70	C5	1	-40	0	10.00
PM71	C5	1	-40	0	10.00
PM72	C5	1	-40	0	10.00

### 10.7.3 Verifica: Resistenza trasversale

La situazione di verifica più severa, si ottiene nel punto maglia **PM1**, nel caso di carico **C1**, sestetto **3** (Stato limite ultimo).

Segue il riassunto della verifica, per tutti i punti maglia, per il caso ed il sestetto che danno il fattore di sicurezza minore.

Verifica: Resistenza trasversale					
Punto	Caso	Ses.	R <sub>d</sub> : Rtr[kN]	S <sub>d</sub> : Rtr[kN]	fs[-]
PM1	C1	3	9717.00	115.3	10.00
PM2	C1	3	9717.00	115.24	10.00
PM3	C1	3	9717.00	115.17	10.00
PM4	C1	3	9717.00	115.1	10.00
PM5	C1	3	9717.00	115.04	10.00
PM6	C1	3	9717.00	114.98	10.00
PM7	C1	3	9717.00	115.07	10.00
PM8	C1	3	9717.00	115.01	10.00
PM9	C1	3	9717.00	114.94	10.00
PM10	C1	3	9717.00	114.87	10.00
PM11	C1	3	9717.00	114.81	10.00
PM12	C1	3	9717.00	114.74	10.00
PM13	C1	3	9717.00	114.84	10.00
PM14	C1	3	9717.00	114.78	10.00
PM15	C1	3	9717.00	114.71	10.00
PM16	C1	3	9717.00	114.64	10.00
PM17	C1	3	9717.00	114.58	10.00
PM18	C1	3	9717.00	114.51	10.00
PM19	C1	3	9717.00	114.61	10.00
PM20	C1	3	9717.00	114.54	10.00
PM21	C1	3	9717.00	114.48	10.00
PM22	C1	3	9717.00	114.41	10.00
PM23	C1	3	9717.00	114.35	10.00
PM24	C1	3	9717.00	114.28	10.00
PM25	C1	3	9717.00	114.38	10.00

Progetto Esecutivo

PM26	C1	3	9717.00	114.31	10.00
PM27	C1	3	9717.00	114.25	10.00
PM28	C1	3	9717.00	114.18	10.00
PM29	C1	3	9717.00	114.12	10.00
PM30	C1	3	9717.00	114.05	10.00
PM31	C1	3	9717.00	114.15	10.00
PM32	C1	3	9717.00	114.08	10.00
PM33	C1	3	9717.00	114.02	10.00
PM34	C1	3	9717.00	113.95	10.00
PM35	C1	3	9717.00	113.89	10.00
PM36	C1	3	9717.00	113.82	10.00
PM37	C1	3	9717.00	113.92	10.00
PM38	C1	3	9717.00	113.85	10.00
PM39	C1	3	9717.00	113.79	10.00
PM40	C1	3	9717.00	113.72	10.00
PM41	C1	3	9717.00	113.66	10.00
PM42	C1	3	9717.00	113.59	10.00
PM43	C1	3	9717.00	113.69	10.00
PM44	C1	3	9717.00	113.62	10.00
PM45	C1	3	9717.00	113.56	10.00
PM46	C1	3	9717.00	113.49	10.00
PM47	C1	3	9717.00	113.43	10.00
PM48	C1	3	9717.00	113.36	10.00
PM49	C1	3	9717.00	113.46	10.00
PM50	C1	3	9717.00	113.39	10.00
PM51	C1	3	9717.00	113.33	10.00
PM52	C1	3	9717.00	113.26	10.00
PM53	C1	3	9717.00	113.2	10.00
PM54	C1	3	9717.00	113.13	10.00
PM55	C1	3	9717.00	113.23	10.00
PM56	C1	3	9717.00	113.16	10.00
PM57	C1	3	9717.00	113.1	10.00
PM58	C1	3	9717.00	113.03	10.00
PM59	C1	3	9717.00	112.97	10.00
PM60	C1	3	9717.00	112.9	10.00
PM61	C1	3	9717.00	113	10.00
PM62	C1	3	9717.00	112.93	10.00
PM63	C1	3	9717.00	112.87	10.00
PM64	C1	3	9717.00	112.8	10.00
PM65	C1	3	9717.00	112.73	10.00
PM66	C1	3	9717.00	112.67	10.00
PM67	C1	3	9717.00	112.77	10.00
PM68	C1	3	9717.00	112.7	10.00
PM69	C1	3	9717.00	112.64	10.00
PM70	C1	3	9717.00	112.57	10.00

**RTI di progettazione:**



**Mandataria**

Via G.B. Sammartini n°5  
20125 - Milano  
Tel. 02 6787911  
email: mail@proiter.it



**Mandante**

Via Artemide n°3  
92100 Agrigento  
Tel. 0922 421007  
email: deltaingegneria@pec.it

PM71	C1	3	9717.00	112.5	10.00
PM72	C1	3	9717.00	112.44	10.00

## 10.8 Verifiche strutturali.

Si riporta di seguito il dettaglio delle verifiche eseguite, per ciascun palo, solo in corrispondenza della progressiva dove si ottiene la situazione più severa.

### 10.8.1 Verifica: Spostamento orizzontale

La situazione di verifica più severa, si ottiene nel punto maglia **PM1**, nel caso di carico **C5**, sestetto **1** (Quasi Permanente).

Segue il riassunto della verifica, per tutti i punti maglia, per il caso ed il sestetto che danno il fattore di sicurezza minore.

Verifica: Spostamento orizzontale					
Punto	Caso	Ses.	R <sub>d</sub> : Sor[mm]	S <sub>d</sub> : Sor[mm]	fs[-]
PM1	C5	1	40	5	8.20
PM2	C5	1	40	5	8.20
PM3	C5	1	40	5	8.20
PM4	C5	1	40	5	8.25
PM5	C5	1	40	5	8.25
PM6	C5	1	40	5	8.25
PM7	C5	1	40	5	8.20
PM8	C5	1	40	5	8.20
PM9	C5	1	40	5	8.20
PM10	C5	1	40	5	8.25
PM11	C5	1	40	5	8.25
PM12	C5	1	40	5	8.25
PM13	C5	1	40	5	8.37
PM14	C5	1	40	5	8.37
PM15	C5	1	40	5	8.37
PM16	C5	1	40	5	8.41
PM17	C5	1	40	5	8.41
PM18	C5	1	40	5	8.41
PM19	C5	1	40	5	8.37
PM20	C5	1	40	5	8.37
PM21	C5	1	40	5	8.37
PM22	C5	1	40	5	8.41
PM23	C5	1	40	5	8.41
PM24	C5	1	40	5	8.41
PM25	C5	1	40	5	8.37
PM26	C5	1	40	5	8.37
PM27	C5	1	40	5	8.37
PM28	C5	1	40	5	8.41
PM29	C5	1	40	5	8.41

Progetto Esecutivo

PM30	C5	1	40	5	8.41
PM31	C5	1	40	5	8.37
PM32	C5	1	40	5	8.37
PM33	C5	1	40	5	8.37
PM34	C5	1	40	5	8.41
PM35	C5	1	40	5	8.41
PM36	C5	1	40	5	8.41
PM37	C5	1	40	5	8.37
PM38	C5	1	40	5	8.37
PM39	C5	1	40	5	8.37
PM40	C5	1	40	5	8.41
PM41	C5	1	40	5	8.41
PM42	C5	1	40	5	8.41
PM43	C5	1	40	5	8.37
PM44	C5	1	40	5	8.37
PM45	C5	1	40	5	8.37
PM46	C5	1	40	5	8.41
PM47	C5	1	40	5	8.41
PM48	C5	1	40	5	8.41
PM49	C5	1	40	5	8.54
PM50	C5	1	40	5	8.54
PM51	C5	1	40	5	8.54
PM52	C5	1	40	5	8.59
PM53	C5	1	40	5	8.59
PM54	C5	1	40	5	8.59
PM55	C5	1	40	5	8.54
PM56	C5	1	40	5	8.54
PM57	C5	1	40	5	8.54
PM58	C5	1	40	5	8.59
PM59	C5	1	40	5	8.59
PM60	C5	1	40	5	8.59
PM61	C5	1	40	5	8.54
PM62	C5	1	40	5	8.54
PM63	C5	1	40	5	8.54
PM64	C5	1	40	5	8.59
PM65	C5	1	40	5	8.59
PM66	C5	1	40	5	8.59
PM67	C5	1	40	5	8.54
PM68	C5	1	40	5	8.54
PM69	C5	1	40	5	8.54
PM70	C5	1	40	5	8.59
PM71	C5	1	40	5	8.59
PM72	C5	1	40	5	8.59

**RTI di progettazione:**



**Mandataria**

Via G.B. Sammartini n°5  
20125 - Milano  
Tel. 02 6787911  
email: mail@proiter.it

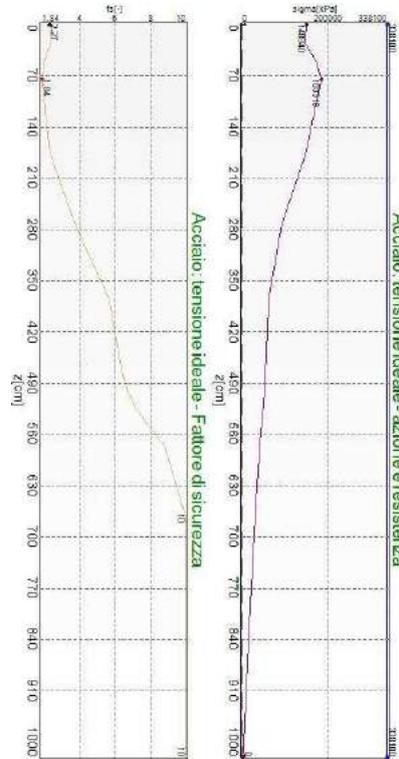


**Mandante**

Via Artemide n°3  
92100 Agrigento  
Tel. 0922 421007  
email: deltaingegneria@pec.it

## 10.8.2 Verifica: Acciaio: tensione ideale

La situazione di verifica più severa, si ottiene nel punto maglia **PM6**, nel caso di carico **C1**, sestetto **2** (Stato limite ultimo).



Acciaio: tensione ideale

Situazione peggiore: Punto maglia PM6, Caso C1, Sestetto 2

Segue il riassunto della verifica, per tutti i punti maglia, per il caso ed il sestetto che danno il fattore di sicurezza minore.

Verifica: Acciaio: tensione ideale					
Punto	Caso	Ses.	R <sub>d</sub> : sigma[kPa]	S <sub>d</sub> : sigma[kPa]	fs[-]
PM1	C1	4	338100	113950	2.97
PM2	C1	4	338100	127400	2.65
PM3	C1	4	338100	140850	2.40
PM4	C1	2	338100	154980	2.18
PM5	C1	2	338100	169140	2.00
PM6	C1	2	338100	183310	1.84
PM7	C1	4	338100	112470	3.01
PM8	C1	4	338100	125920	2.68
PM9	C1	4	338100	139380	2.43
PM10	C1	2	338100	153320	2.21
PM11	C1	2	338100	167480	2.02
PM12	C1	2	338100	181640	1.86

Progetto Esecutivo

PM13	C1	10	338100	111490	3.03
PM14	C1	4	338100	124450	2.72
PM15	C1	4	338100	137900	2.45
PM16	C1	2	338100	151650	2.23
PM17	C1	2	338100	165820	2.04
PM18	C1	2	338100	179980	1.88
PM19	C1	10	338100	110540	3.06
PM20	C1	4	338100	122970	2.75
PM21	C1	4	338100	136420	2.48
PM22	C1	2	338100	149990	2.25
PM23	C1	2	338100	164150	2.06
PM24	C1	2	338100	178320	1.90
PM25	C1	10	338100	109580	3.09
PM26	C1	4	338100	121490	2.78
PM27	C1	4	338100	134940	2.51
PM28	C1	4	338100	148400	2.28
PM29	C1	2	338100	162490	2.08
PM30	C1	2	338100	176650	1.91
PM31	C1	10	338100	108630	3.11
PM32	C1	4	338100	120010	2.82
PM33	C1	4	338100	133460	2.53
PM34	C1	4	338100	146920	2.30
PM35	C1	2	338100	160820	2.10
PM36	C1	2	338100	174990	1.93
PM37	C1	10	338100	107680	3.14
PM38	C1	4	338100	118540	2.85
PM39	C1	4	338100	131990	2.56
PM40	C1	4	338100	145440	2.32
PM41	C1	2	338100	159160	2.12
PM42	C1	2	338100	173320	1.95
PM43	C1	10	338100	106720	3.17
PM44	C1	10	338100	117430	2.88
PM45	C1	4	338100	130510	2.59
PM46	C1	4	338100	143960	2.35
PM47	C1	2	338100	157500	2.15
PM48	C1	2	338100	171660	1.97
PM49	C1	10	338100	105770	3.20
PM50	C1	10	338100	116480	2.90
PM51	C1	4	338100	129030	2.62
PM52	C1	4	338100	142480	2.37
PM53	C1	4	338100	155940	2.17
PM54	C1	2	338100	170000	1.99
PM55	C1	10	338100	104810	3.23
PM56	C1	10	338100	115520	2.93
PM57	C1	4	338100	127550	2.65

RTI di progettazione:



Mandataria

Via G.B. Sammartini n°5  
20125 - Milano  
Tel. 02 6787911  
email: mail@proiter.it



Mandante

Via Artemide n°3  
92100 Agrigento  
Tel. 0922 421007  
email: deltaingegneria@pec.it

Progetto Esecutivo

PM58	C1	4	338100	141010	2.40
PM59	C1	4	338100	154460	2.19
PM60	C1	2	338100	168330	2.01
PM61	C1	10	338100	103860	3.26
PM62	C1	10	338100	114570	2.95
PM63	C1	4	338100	126070	2.68
PM64	C1	4	338100	139530	2.42
PM65	C1	4	338100	152980	2.21
PM66	C1	2	338100	166670	2.03
PM67	C1	10	338100	102910	3.29
PM68	C1	10	338100	113620	2.98
PM69	C1	4	338100	124600	2.71
PM70	C1	4	338100	138050	2.45
PM71	C1	4	338100	151510	2.23
PM72	C1	2	338100	165010	2.05

**RTI di progettazione:**



**Mandataria**

Via G.B. Sammartini n°5  
20125 - Milano  
Tel. 02 6787911  
email: mail@proiter.it



**Mandante**

Via Artemide n°3  
92100 Agrigento  
Tel. 0922 421007  
email: deltaingegneria@pec.it

## 11 VALUTAZIONE CRITICA DEI RISULTATI

I risultati ottenuti a seguito di analisi svolte con l'ausilio di codici di calcolo devono essere sottoposti a controlli che ne comprovino l'attendibilità. Tale valutazione consisterà nel confronto con i risultati di semplici calcoli, anche di larga massima, eseguiti con riferimento a schemi o soluzioni noti.

In particolare si verificheranno i risultati valutando la portata laterale dei micropali.

$$Q_l = \sum_i A_{l,i} \cdot f_{s,i} = 2\pi r \cdot (h_1 \cdot f_{s,1} + h_2 \cdot f_{s,2})$$

$$Q_l = 3.14 \cdot 0.30 \cdot (200 \cdot 5 + 250 \cdot 5) = 2120 \text{ kN}$$

$$Q_{l,d} = \frac{Q_l}{\xi_3 \cdot \gamma_R} = \frac{2120}{1.65 \cdot 1.15} = 1117 \text{ kN}$$

Il valore trovato coincide con il valore calcolato dal programma riportato al paragrafo 9.5.2 e pertanto l'affidabilità del codice risulta soddisfatta.