



# AUTOSTRADA REGIONALE CISPADANA DAL CASELLO DI REGGIOLO-ROLO SULLA A22 AL CASELLO DI FERRARA SUD SULLA A13

CODICE C.U.P. E81B08000060009

## PROGETTO DEFINITIVO

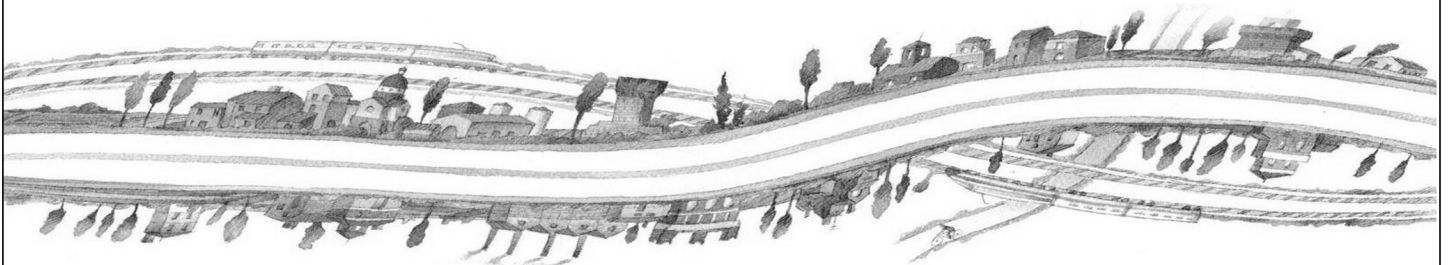
### ASSE AUTOSTRADALE (COMPRESIVO DEGLI INTERVENTI LOCALI DI COLLEGAMENTO VIARIO AL SISTEMA AUTOSTRADALE)

GEOLOGIA, IDROGEOLOGIA, SISMICA E GEOTECNICA

GEOTECNICA

VIABILITA' DI COLLEGAMENTO

RELAZIONE GEOTECNICA C03 (EX MO02) VARIANTE SUD DELL'ABITATO DI CONCORDIA SULLA SECCHIA



IL PROGETTISTA

Ing. Gianfranco Marchi  
Albo Ing. Ravenna n°342

RESPONSABILE INTEGRAZIONE  
PRESTAZIONI SPECIALISTICHE

Ing. Emilio Salsi  
Albo Ing. Reggio Emilia n° 945



IL CONCESSIONARIO

Autostrada Regionale  
Cispadana S.p.A.  
IL PRESIDENTE  
Graziano Pattuzzi

G										
F										
E										
D										
C										
B										
A	17.04.2012	EMISSIONE				A. Boschi	G. Marchi	E. Salsi		
REV.	DATA	DESCRIZIONE				REDAZIONE	CONTROLLO	APPROVAZIONE		
IDENTIFICAZIONE ELABORATO										DATA: MAGGIO 2012
NUM. PROGR.	FASE	LOTTO	GRUPPO	CODICE OPERA WBS	TRATTO OPERA	AMBITO	TIPO ELABORATO	PROGRESSIVO	REV.	SCALA: _
0613	PD	0	C03	C0000	0	GT	RB	01	A	



## INDICE

<b>1. PREMESSA.....</b>	<b>3</b>
<b>2. NORMATIVA E DOCUMENTI DI RIFERIMENTO .....</b>	<b>4</b>
2.1. NORMATIVE .....	4
2.2. BIBLIOGRAFIA DI RIFERIMENTO .....	4
2.3. ELABORATI DI PROGETTO DEFINITIVO .....	5
<b>3. INDAGINI GEOGNOSTICHE IN SITO E DI LABORATORIO .....</b>	<b>7</b>
<b>4. CARATTERIZZAZIONE STRATIGRAFICA.....</b>	<b>8</b>
<b>5. DEFINIZIONE DEI LIVELLI PIEZOMETRICI.....</b>	<b>10</b>
<b>6. CRITERI PER LA CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA .....</b>	<b>11</b>
<b>7. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA.....</b>	<b>12</b>
<b>8. CST01 - VERIFICA DI CAPACITÀ PORTANTE E SCORRIMENTO MEDIANTE I DIAGRAMMI DI INTERAZIONE PER LE FONDAZIONI SUPERFICIALI.....</b>	<b>20</b>
8.1. FONDAZIONE DI LARGHEZZA $B = 12.90$ M E APPROFONDIMENTO $D = 2.00$ M.....	22
8.1.1. Carico limite finalizzato alla determinazione dei domini.....	22
8.1.2. Diagrammi di interazione in Condizione Statica – Drenata.....	23
8.1.3. Diagrammi di interazione in Condizione Statica – Non Drenata .....	24
8.1.4. Diagrammi di interazione in Condizione Sismica.....	25
<b>9. CST01 - COSTANTE DI SOTTOFONDO.....</b>	<b>26</b>
<b>10. CPO01 – CPO02 - CAPACITÀ PORTANTE DEL PALO SINGOLO SOGGETTO A CARICHI ASSIALI.....</b>	<b>27</b>
<b>11. CPO01 – CPO02 - CAPACITÀ PORTANTE DEL PALO, DEL DIAFRAMMA E DEL POZZO DI DIAFRAMMI SINGOLO SOGGETTO A CARICHI TRASVERSALI.....</b>	<b>46</b>
<b>12. CPO01 – CPO02 - ANDAMENTO DELLE SOLLECITAZIONI NEL PALO SINGOLO SOGGETTO A CARICHI ORIZZONTALI .....</b>	<b>53</b>
<b>13. CPO01 – CPO02 - CAPACITÀ PORTANTE DEI PALI IN GRUPPO SOGGETTI A CARICHI ASSIALI.....</b>	<b>78</b>
13.1. TERRENI COESIVI .....	78
13.1.1. Pali con interasse superiore a 3 diametri.....	78
13.1.2. Pali con interasse inferiore a 3 diametri.....	79
13.2. TERRENI INCOERENTI.....	81

13.2.1. Sabbia sciolta .....	81
13.2.2. Sabbia densa .....	81
<b>14. CPO01 – CPO02 - CAPACITÀ PORTANTE DEI PALI IN GRUPPO SOGGETTI A CARICHI TRASVERSALI.....</b>	<b>82</b>
<b>15. CPO01 – CPO02 - ANDAMENTO DELLE SOLLECITAZIONI NEI PALI IN GRUPPO SOGGETTI A CARICHI TRASVERSALI.....</b>	<b>83</b>
<b>16. CPO01 – CPO02 - COMPORTAMENTO DEI PALI IN ESERCIZIO.....</b>	<b>84</b>
16.1. CEDIMENTO DEL PALO SINGOLO SOGGETTO A CARICHI ASSIALI .....	84
16.2. CEDIMENTO DEI PALI IN GRUPPO SOGGETTI A CARICO ASSIALE.....	84
16.3. RIGIDENZE ASSIALI E TRASVERSALI.....	85
<b>17. VERIFICHE DI STABILITÀ DEI RILEVATI.....</b>	<b>94</b>
<b>18. STIMA DEI CEDIMENTI E LORO EVOLUZIONE NEL TEMPO .....</b>	<b>95</b>
<b>19. INTERVENTI DI CONSOLIDAMENTO PER I RILEVATI IN CORRISPONDENZA DELLE SPALLE DELLE OPERE D'ARTE .....</b>	<b>96</b>
<b>20. VERIFICHE DI STABILITÀ NEI CONFRONTI DEI FENOMENI DI LIQUEFAZIONE.....</b>	<b>97</b>
<b>21. VALUTAZIONE DEI CEDIMENTI POST-SISMICI IN TERRENI COESIVI.....</b>	<b>98</b>
<b>22. TRATTAMENTO DEL PIANO DI POSA DEI RILEVATI/TRINCEE.....</b>	<b>99</b>
22.1. CRITERI PER LA DEFINIZIONE DEGLI SPESSORI DI BONIFICA AL DI SOTTO DEI RILEVATI.....	99
22.2. SCHEMA GENERALE DELLE BONIFICHE .....	99
22.3. LIVELLO PRESTAZIONALE PIANO DI POSA DEI RILEVATI .....	100
22.4. CARATTERIZZAZIONE DEI MATERIALI .....	101
22.5. EFFETTI DELLA VARIAZIONE DELLO SPESSORE DI BONIFICA E DEL RELATIVO MODULO ELASTICO .....	102
22.6. STUDIO DELLA STABILIZZAZIONE DELLE TERRE CON CALCE .....	106



## 1. PREMESSA

---

Nell'ambito delle attività di progettazione previste per la redazione del Progetto Definitivo dell'Autostrada Regionale Cispadana dal casello di Reggiolo-Rolo su A22 al casello di Ferrara Sud su A13, il presente documento illustra le analisi geotecniche con riferimento alla viabilità denominata "C03 - Variante Sud dell'abitato di Concordia sulla Secchia".

In particolare, nel seguito dell'elaborato verranno descritte ed approfondite le seguenti tematiche:

- normativa e documentazione di riferimento per la caratterizzazione geotecnica;
- descrizione dei dati geognostici disponibili;
- caratterizzazione stratigrafica dei terreni lungo il tracciato;
- definizione dei livelli piezometrici ai fini delle analisi geotecniche;
- descrizione dei criteri utilizzati per la caratterizzazione geotecnica;
- definizione dei parametri geotecnici per le unità geotecniche individuate;
- calcolo della capacità portante per le fondazioni superficiali e profonde delle opere in oggetto;
- verifiche di stabilità dei rilevati;
- valutazione dei cedimenti dei rilevati;
- interventi di consolidamento per i rilevati in corrispondenza delle spalle delle opere d'arte;
- verifiche di stabilità nei confronti dei fenomeni di liquefazione;
- valutazione dei cedimenti post-sismici in terreni coesivi;
- determinazione del trattamento del piano di posa dei rilevati.

## 2. NORMATIVA E DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

---

### 2.1. NORMATIVE

---

Le normative di riferimento sono riportate nell'elaborato:

- PD\_0\_000\_00000\_0\_GE\_KT\_01, "Elenco delle Normative di riferimento".

### 2.2. BIBLIOGRAFIA DI RIFERIMENTO

---

- Associazione Geotecnica Italiana (2005) "Aspetti geotecnici della progettazione in zona sismica", Patron Editore, Bologna.
- LANCELLOTTA R. (1993) – "Geotecnica", Seconda edizione, ed. Zanichelli, Bologna.
- LUNNE T., CHRISTOFFERSEN H.P. (1985) – "Interpretation of Cone Penetrometer Data for Offshore Sands" – Norwegian Geotechnical Institute, 1985, Publication n. 156.
- LUNNE T., ROBERTSON P.K., POWELL J.J.M. (1997) – "Cone Penetration Testing in Geotechnical Practice" – Blackie Academic & Profesional.
- P.K. ROBERTSON (2009) – "Interpretation of cone penetration tests - a unified approach" – Canadian Geotechnical Journal, Vol. 46, 1337-1355.
- "Soil behaviour in earthquake geotechnics"; Ishihara K.; 1996 Oxford science publications.
- "Dinamica dei terreni per le applicazioni sismiche"; Crespellani T., Facciorusso J.; 2010, Dario Flaccovio Editore.
- "Dynamic deformation characteristics of soils determined by laboratory tests", Yokota K., Imai T., Konno M., 1981; OYO Technical report.
- "The behaviour of Drammen clay under cyclic loading", Eekelen H.A.M. Van, Potts D.M., 1978
- "Post-cyclic degradation of strength and stiffness for low plasticity silt", Yasuhara K., Murakami S.M., Song B., Yokokawa S., Hyde A.F.L., 2003

## 2.3. ELABORATI DI PROGETTO DEFINITIVO

---

Nell'ambito delle attività di progettazione, a corredo della presente relazione sono state elaborate le cartografie tematiche di seguito elencate:

- Relazione geotecnica generale - Cod. PD\_0\_A00\_A0000\_0\_GT\_RB\_01
- Criteri generali per le verifiche geotecniche - PD\_0\_A00\_A0000\_0\_GT\_RB\_02.
- Asse autostradale - Planimetria ubicazione indagini geognostiche in sito - Tav. 3/14 - scala 1:5.000  
Cod. PD\_0\_A00\_A0000\_0\_GT\_PG\_03;
- Planimetria con classificazione sismica del territorio - Tav. 1/7 - scala 1:10.000  
Cod. PD\_0\_A00\_A0000\_0\_GT\_CT\_02;
- Profilo geotecnico C03 (EX MO02) variante Sud dell'abitato di Concordia sulla Secchia - scala 1:5000  
Cod. PD\_0\_C03\_C0000\_0\_GT\_FT\_01.

Ai fini del presente studio, si è fatto inoltre riferimento ai seguenti documenti, inerenti le indagini in sito ed in laboratorio di progetto definitivo:

- INDAGINI GEOGNOSTICHE IN SITO - LOTTO 1 - Relazione illustrativa  
Cod. PD\_0\_X01\_X0000\_0\_IS\_RG\_00;
- INDAGINI GEOGNOSTICHE IN SITO - LOTTO 1 - Sondaggi geognostici  
Cod. PD\_0\_X01\_X0000\_0\_IS\_CF\_01;
- INDAGINI GEOGNOSTICHE IN SITO - LOTTO 1 - Prove penetrometriche statiche CPTU  
Cod. PD\_0\_X01\_X0000\_0\_IS\_CF\_02;
- INDAGINI GEOGNOSTICHE IN SITO - LOTTO 1 - Pozzetti esplorativi e prove di Carico su piastra  
Cod. PD\_0\_X01\_X0000\_0\_IS\_CF\_03;
- INDAGINI GEOGNOSTICHE IN SITO - LOTTO 1 - Prove con cono sismico SCPT  
Cod. PD\_0\_X01\_X0000\_0\_IS\_CF\_04;
- INDAGINI GEOGNOSTICHE IN SITO - LOTTO 1 - Prove sismiche Cross-Hole  
Cod. PD\_0\_X01\_X0000\_0\_IS\_IG\_00;

- PROVE DI LABORATORIO LOTTO 1 - Prove di laboratorio su campioni prelevati da sondaggi geognostici  
Cod. PD\_0\_X01\_X0000\_0\_IL\_CF\_01;
- PROVE DI LABORATORIO LOTTO 1 - Prove di laboratorio su campioni prelevati da pozzetti esplorativi  
Cod. PD\_0\_X01\_X0000\_0\_IL\_CF\_02;
- PROVE DI LABORATORIO LOTTO 1 – Analisi chimiche su campioni idrici  
Cod. PD\_0\_X01\_X0000\_0\_IL\_CF\_03.

### **3. INDAGINI GEOGNOSTICHE IN SITO E DI LABORATORIO**

---

Per la indagini geognostiche di riferimento si rimanda al documento PD\_0\_A00\_A0000\_0\_GT\_RB\_01 ed al capitolo 7.

## 4. CARATTERIZZAZIONE STRATIGRAFICA

Il profilo geologico-geotecnico, ottenuto dall'interpretazione delle indagini geognostiche, è riportato nell'elaborato Profilo geotecnico C03 (EX MO02) variante Sud dell'abitato di Concordia sulla Secchia (Cod. PD\_0\_C03\_C0000\_0\_GT\_FT\_01).

L'intera profondità indagata lungo tutta la tratta autostradale è caratterizzata dalla presenza di depositi di piana alluvionale che sono stati suddivisi nelle 6 unità stratigrafiche descritte in seguito:

- **Rilevati antropici**
- **Unità R**

Terreno vegetale e/o suoli agrari, sovraconsolidati per essiccamento. Localmente terreni di riporto.

- **Unità 1**

Argille, argille limose e debolmente limose o sabbiose, limi, limi argillosi e debolmente argillosi o sabbiosi, di colore nocciola, marrone, grigio e nerastro. Localmente sono presenti striature rossastre e ocre, venature nerastre per presenza di frustoli carboniosi e resti torbosi, e concrezioni calcaree millimetriche (calcinelli). L'unità si presenta da moderatamente consistente a consistente. I primi metri dal piano campagna appaiono talvolta sovraconsolidati per essiccamento. Resistenza alla punta media 1÷3 MPa.

- **Unità 2**

Limi sabbiosi e sabbie limose, talora debolmente argillose di colore nocciola, marrone e grigio. Resistenza alla punta media 3÷8 MPa.

- **Unità 3**

Sabbie fini, talora debolmente limose di colore nocciola, marrone e grigio, da poco a mediamente addensate. Intercalate all'unità 3 si rinvengono talora livelli di spessore centimetrico e decimetrico ascrivibili ad altre unità geotecniche. Resistenza alla punta media 8÷10 MPa,  $D_r \leq 50\%$ .

- **Unità 4**

Sabbie medie, talora debolmente limose di colore nocciola, marrone e grigio. Localmente sono presenti livelli di sabbie più grossolane. Si presentano da mediamente addensate ad addensate. Intercalate all'unità 4 si rinvengono talora livelli di spessore centimetrico e decimetrico ascrivibili ad altre unità geotecniche. Resistenza alla punta media 10÷15 MPa,  $D_r = 50\% \div 70\%$ .

- **Unità 5**

Sabbie medie, talora debolmente limose, di colore nocciola, marrone e grigio. Localmente sono presenti livelli di sabbie più grossolane talora ghiaiose. Le sabbie presentano generalmente un buon grado di addensamento. Intercalate all'unità 5 si rinvengono talora livelli di spessore centimetrico e decimetrico ascrivibili ad altre unità geotecniche. Resistenza alla punta media  $>15$  MPa,  $D_r \geq 70\%$ .

- **Unità 6**

Argille poco consistenti, di colore grigio scuro e nero con abbondante presenza di frustoli carboniosi e livelli organici indecomposti. Localmente si rinvengono livelli di torba di spessore decimetrico.

## **5. DEFINIZIONE DEI LIVELLI PIEZOMETRICI**

---

Per la definizione dei livelli piezometrici si rimanda al documento PD\_0\_A00\_A0000\_0\_GT\_RB\_01 ed al capitolo 7.



## **6. CRITERI PER LA CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA**

---

Per quanto concerne i criteri utilizzati nella caratterizzazione geotecnica si rimanda al documento PD\_0\_A00\_A0000\_0\_GT\_RB\_02.

## 7. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

---

Di seguito si riporta la scheda di caratterizzazione geotecnica per l'opera in oggetto.

<b>OPERA:</b>	<b>C03 (EX MO02) variante Sud dell'abitato di Concordia sulla Secchia</b>
---------------	---

Per quanto concerne la caratterizzazione dettagliata della viabilità di collegamento oggetto del presente documento si rimanda alla zona omogenea 6 nel documento PD\_0\_A00\_A0000\_0\_GT\_RB\_01.

Le tematiche riguardanti i cedimenti e la stabilità dei rilevati sono assimilabili a quanto già riportato per l'asse autostradale in adiacenza; per le verifiche e le stratigrafie utilizzate si rimanda quindi al documento PD\_0\_A00\_A0000\_0\_GT\_RB\_03.

Nel seguito riporta invece quanto sviluppato in maniera più dettagliata per le opere comprese nel presente intervento.

**OPERA: CPO01 - PONTE SUL FIUME SECCHIA**
**Q<sub>rif</sub> = 20.00 m s.l.m.**
**TABELLA 7-1: INDAGINI GEOGNOSTICHE DI RIFERIMENTO PER STRATIGRAFIA E CARATTERIZZAZIONE**

sigla indagine	campagna di indagine	quota p.c. (m s.l.m.)	lunghezza (m)	strumentazione installata
BH 24	Geoservice - 2011	19.770	30.50	TA(4-8)
BH 25	Geoservice - 2011	19.859	50.00	C(25)
BH 26	Geoservice - 2011	20.222	50.50	TA(10-20)
CH 27	Geoservice - 2011	19.759	50.50	-
BH 28	Geoservice - 2011	25.608	50.50	-
BH 29	Geoservice - 2011	20.831	50.50	-
BH 30	Geoservice - 2011	20.072	50.50	C(25)
BH 31	Geoservice - 2011	19.506	50.50	C(10)
CPTU57	Geoservice - 2011	19.587	30.0	-
CPTU58	Geoservice - 2011	19.916	20.0	-
CPTU59	Geoservice - 2011	19.769	38.6	-
CPTU60	Geoservice - 2011	19.925	40.3	-
CPTU61	Geoservice - 2011	19.691	30.0	-
CPTU62	Geoservice - 2011	20.773	30.0	-
SCPT63	Geoservice - 2011	19.219	28.2	-

C (...) = cella piezometrica Casagrande (quota cella);  
TA (...) = piezometro a tubo aperto (tratto filtrante).

**TABELLA 7-2: UNITÀ LITOSTRATIGRAFICHE INDIVIDUATE LUNGO IL TRACCIATO**

Unità	Descrizione
R/V	Terreno di riporto e terreno vegetale
1	Argilla limosa/Limo argilloso
2	Sabbia limosa/Limo sabbioso
3	Sabbia con $D_r < 50\%$
4	Sabbia con $50\% < D_r < 70\%$
5	Sabbia con $D_r > 70\%$
6	Torba/Argilla organica

**TABELLA 7-3: CARATTERIZZAZIONE STRATIGRAFICO – GEOTECNICA**

Profondità (m da p.c.) ( $Q_{ref}$ 20.00 m s.l.m.)	Unità -	$z_w$ (m)	$\gamma_n$ (kN/m <sup>3</sup> )	$\varphi'$ (*) (°)	$c'$ (*) (kPa)	$c_u$ (*) (kPa)	$E'$ (kPa)	M (kPa)
0.0÷17.0	1	2.0	18.8	24-26	4-6	40-60	3715-8500	5000-11440
17.0÷19.0	2		18.7	28	0	-	10328	13900
19.0÷25.0	4		19.0	31	0	-	30000	-
Da 25.0	5		19.5	30	0	-	60000	-

$Q_{ref}$  = quota assoluta inizio caratterizzazione (m s.l.m.);

$z_w$  = profondità falda di progetto;

$\gamma_n$  = peso di volume naturale (kN/m<sup>3</sup>);

(\*) = Il valore caratteristico di tale parametro viene determinato come segue:

- valori prossimi al valore medio dovranno essere assunti per verifiche che coinvolgono un volume di terreno tale da compensare eventuali eterogeneità e/o quando la struttura a contatto con il terreno presenta una rigidità tale da consentire il trasferimento delle azioni dalle zone più resistenti a quelle meno resistenti;
- valori prossimi al valore minimo di tale parametro dovranno essere adottati per verifiche che coinvolgono modesti volumi di terreno e/o quando la struttura a contatto con il terreno non è in grado di garantire il trasferimento delle azioni dalle zone più resistenti a quelle meno resistenti a causa della sua scarsa rigidità.

$\varphi'$  = valore dell'angolo di resistenza al taglio (°);

$c'$  = valore della coesione efficace (kPa);

$c_u$  = valore della coesione non drenata (kPa);

$E'$  = modulo di Young (kPa);

M = valore del modulo edometrico.

Con riferimento ai primi 30.0 m da piano campagna, la categoria di sottosuolo che è possibile assumere per le elaborazioni è **C**.

Al fine di valutare i fattori di correlazione  $\xi$  per la determinazione della resistenza caratteristica si considerano, quali verticali indagate, le prove indicate in Tabella 7-1.

Sulla base delle risultanze delle analisi chimiche condotte sui campioni di acqua e terreno, le condizioni ambientali, ai fini della protezione contro la corrosione delle armature metalliche, possono essere considerate aggressive con classe di esposizione XA1.

**OPERA: CST01 - Sottovia scatolare S.P. n°5 di Cavez zo**

**Q<sub>rif</sub> = 18.30 m s.l.m.**

**TABELLA 7-4: INDAGINI GEOGNOSTICHE DI RIFERIMENTO PER STRATIGRAFIA E CARATTERIZZAZIONE**

<b>sigla indagine</b>	<b>campagna di indagine</b>	<b>quota p.c. (m s.l.m.)</b>	<b>lunghezza (m)</b>	<b>strumentazione installata</b>
CPTU65	Geoservice - 2011	18.174	27.21	-
BH32	Geoservice - 2011	18.179	50.50	C (7)

C (...) = cella piezometrica Casagrande (quota cella);  
TA (...) = piezometro a tubo aperto (tratto filtrante).  
CH (...) = cross-hole (profondità)

**TABELLA 7-5: UNITÀ LITOSTRATIGRAFICHE INDIVIDUATE LUNGO IL TRACCIATO**

<b>Unità</b>	<b>Descrizione</b>
<b>R/V</b>	Terreno di riporto e terreno vegetale
<b>1</b>	Argilla limosa/Limo argilloso
<b>2</b>	Sabbia limosa/Limo sabbioso
<b>3</b>	Sabbia con D <sub>r</sub> <50%
<b>4</b>	Sabbia con 50%<D <sub>r</sub> <70%
<b>5</b>	Sabbia con D <sub>r</sub> >70%
<b>6</b>	Torba/Argilla organica

**TABELLA 7-6: CARATTERIZZAZIONE STRATIGRAFICO – GEOTECNICA**

Profondità (m da p.c.) ( $Q_{ref}$ 18.30 m s.l.m.)	Unità -	$z_w$ (m)	$\gamma_n$ (kN/m <sup>3</sup> )	$\varphi'$ (*) (°)	$c'$ (*) (kPa)	$c_u$ (*) (kPa)	$E'$ (MPa)	$M$ (MPa)
0.0÷0.6	R/V	0.5	18.5	24	5	-	-	-
0.6÷8.0	1		18.7	21-23	2-6	25-75	3.7	5.0
8.0÷12.0	1		18.7	21-23	2-6	45-100	4.7	6.4
12.0÷14.8	2		18.5	25-27	0	50-70	7.6	10.2
Da 15.0	5		19.5	30-34	-	-	60.0	-

$Q_{ref}$  = quota assoluta inizio caratterizzazione (m s.l.m.);

$z_w$  = profondità falda di progetto;

$\gamma_n$  = peso di volume naturale (kN/m<sup>3</sup>);

(\*) = Il valore caratteristico di tale parametro viene determinato come segue:

- valori prossimi al valore medio dovranno essere assunti per verifiche che coinvolgono un volume di terreno tale da compensare eventuali eterogeneità e/o quando la struttura a contatto con il terreno presenta una rigidità tale da consentire il trasferimento delle azioni dalle zone più resistenti a quelle meno resistenti;
- valori prossimi al valore minimo di tale parametro dovranno essere adottati per verifiche che coinvolgono modesti volumi di terreno e/o quando la struttura a contatto con il terreno non è in grado di garantire il trasferimento delle azioni dalle zone più resistenti a quelle meno resistenti a causa della sua scarsa rigidità.

$\varphi'$  = valore dell'angolo di resistenza al taglio (°);

$c'$  = valore della coesione efficace (kPa);

$c_u$  = valore della coesione non drenata (kPa);

$E'$  = modulo di Young (MPa);

$M$  = valore del modulo edometrico.

La categoria di sottosuolo che è possibile assumere per le elaborazioni è **C**.

Sulla base delle risultanze delle analisi chimiche condotte sui campioni di acqua e terreno, le condizioni ambientali, ai fini della protezione contro la corrosione delle armature metalliche, possono essere considerate aggressive con classe di esposizione XA1.

**OPERA: CPO02 - PONTE SUL CANALE "SABBIONCELLO"**

**Q<sub>rif</sub> = 18.50 m s.l.m.**

**TABELLA 7-7: INDAGINI GEOGNOSTICHE DI RIFERIMENTO PER STRATIGRAFIA E CARATTERIZZAZIONE**

sigla indagine	campagna di indagine	quota p.c. (m s.l.m.)	lunghezza (m)	strumentazione installata
BH 33	Geoservice - 2011	18.474	50.50	C(15)
CPTU66	Geoservice - 2011	18.523	30.03	-
CPTU67	Geoservice - 2011	18.634	35.36	-

C (...) = cella piezometrica Casagrande (quota cella);

TA (...) = piezometro a tubo aperto (tratto filtrante).

**TABELLA 7-8: UNITÀ LITOSTRATIGRAFICHE INDIVIDUATE LUNGO IL TRACCIATO**

Unità	Descrizione
R/V	Terreno di riporto e terreno vegetale
1	Argilla limosa/Limo argilloso
2	Sabbia limosa/Limo sabbioso
3	Sabbia con $D_r < 50\%$
4	Sabbia con $50\% < D_r < 70\%$
5	Sabbia con $D_r > 70\%$
6	Torba/Argilla organica

**TABELLA 7-9: CARATTERIZZAZIONE STRATIGRAFICO – GEOTECNICA (LATO OVEST)**

Profondità (m da p.c.) ( $Q_{ref}$ 18.50 m s.l.m.)	Unità -	$z_w$ (m)	$\gamma_n$ (kN/m <sup>3</sup> )	$\varphi'$ (*) (°)	$c'$ (*) (kPa)	$c_u$ (*) (kPa)	$E'$ (kPa)	$M$ (kPa)
0.0÷15.0	1	2.0	18.7	24-26	4-6	40	3715	5000
15.0÷17.0	3		18.5	30-32	0	-	15000	-
17.0÷22.0	4		19.0	31-33	0	-	30000	-
Da 22.0	5		19.5	30-34	0	-	60000	-

$Q_{ref}$  = quota assoluta inizio caratterizzazione (m s.l.m.);

$z_w$  = profondità falda di progetto;

$\gamma_n$  = peso di volume naturale (kN/m<sup>3</sup>);

(\*) = Il valore caratteristico di tale parametro viene determinato come segue:

- valori prossimi al valore medio dovranno essere assunti per verifiche che coinvolgono un volume di terreno tale da compensare eventuali eterogeneità e/o quando la struttura a contatto con il terreno presenta una rigidità tale da consentire il trasferimento delle azioni dalle zone più resistenti a quelle meno resistenti;
- valori prossimi al valore minimo di tale parametro dovranno essere adottati per verifiche che coinvolgono modesti volumi di terreno e/o quando la struttura a contatto con il terreno non è in grado di garantire il trasferimento delle azioni dalle zone più resistenti a quelle meno resistenti a causa della sua scarsa rigidità.

$\varphi'$  = valore dell'angolo di resistenza al taglio (°);

$c'$  = valore della coesione efficace (kPa);

$C_u$  = valore della coesione non drenata (kPa);

$E'$  = modulo di Young (kPa);

$M$  = valore del modulo edometrico.



**TABELLA 7-10: CARATTERIZZAZIONE STRATIGRAFICO – GEOTECNICA (LATO EST)**

Profondità (m da p.c.) ( $Q_{ref}$ 18.50 m s.l.m.)	Unità -	$z_w$ (m)	$\gamma_n$ (kN/m <sup>3</sup> )	$\varphi'$ (*) (°)	$c'$ (*) (kPa)	$c_u$ (*) (kPa)	$E'$ (kPa)	$M$ (kPa)
0.0÷12.0	1	2.0	18.7	24-26	4-6	40	3715	5000
12.0÷14.0	2		18.5	25-27	0	50	5570	7500
14.0÷15.0	4		19.0	31-33	0	-	30000	-
15.0÷17.0	3		18.5	30-32	0	-	15000	-
17.0÷18.0	5		19.5	30-34	0	-	60000	-
18.0÷19.0	4		19.0	31-33	0	-	30000	-
19.0÷26.0	5		19.5	30-34	0	-	60000	-
26.0÷27.0	6		18.0	16-20	0	50	5570	7500
Da 27.0	5		19.5	30-34	0	-	60000	-

$Q_{ref}$  = quota assoluta inizio caratterizzazione (m s.l.m.);

$z_w$  = profondità falda di progetto;

$\gamma_n$  = peso di volume naturale (kN/m<sup>3</sup>);

(\*) = Il valore caratteristico di tale parametro viene determinato come segue:

- valori prossimi al valore medio dovranno essere assunti per verifiche che coinvolgono un volume di terreno tale da compensare eventuali eterogeneità e/o quando la struttura a contatto con il terreno presenta una rigidità tale da consentire il trasferimento delle azioni dalle zone più resistenti a quelle meno resistenti;
- valori prossimi al valore minimo di tale parametro dovranno essere adottati per verifiche che coinvolgono modesti volumi di terreno e/o quando la struttura a contatto con il terreno non è in grado di garantire il trasferimento delle azioni dalle zone più resistenti a quelle meno resistenti a causa della sua scarsa rigidità.

$\varphi'$  = valore dell'angolo di resistenza al taglio (°);

$c'$  = valore della coesione efficace (kPa);

$c_u$  = valore della coesione non drenata (kPa);

$E'$  = modulo di Young (kPa);

$M$  = valore del modulo edometrico.

Con riferimento ai primi 30.0 m da piano campagna, la categoria di sottosuolo che è possibile assumere per le elaborazioni è **C**.

Al fine di valutare i fattori di correlazione  $\xi$  per la determinazione della resistenza caratteristica si considerano, quali verticali indagate, le prove indicate in Tabella 7-1.

Sulla base delle risultanze delle analisi chimiche condotte sui campioni di acqua e terreno, le condizioni ambientali, ai fini della protezione contro la corrosione delle armature metalliche, possono essere considerate aggressive con classe di esposizione XA1.

## 8. CST01 - VERIFICA DI CAPACITÀ PORTANTE E SCORRIMENTO MEDIANTE I DIAGRAMMI DI INTERAZIONE PER LE FONDAZIONI SUPERFICIALI

Lo studio della capacità portante di una fondazione superficiale nastriforme di larghezza  $B$  può essere affrontato tramite la costruzione del relativo diagramma di interazione nello spazio tridimensionale delle componenti di carico, che delimita le combinazioni ammissibili, al suo interno, da quelle semplicemente inammissibili, al suo esterno.

La risultante dei carichi applicati  $Q$  può essere infatti scomposta nelle sue componenti staticamente equivalenti che, nel caso piano, sono costituite dalla componente verticale  $V$ , orizzontale  $H$  e dal momento  $M$ , così definite (Figura 8-1):

$$V = Q \cdot \cos\alpha \quad H = Q \cdot \sin\alpha \quad M = Q \cdot e \cdot \cos\alpha$$

ed il problema della capacità portante può essere così risolto verificando che le diverse possibili combinazioni delle componenti di carico ( $V, M, H$ ) ricadano all'interno del diagramma di interazione di riferimento.

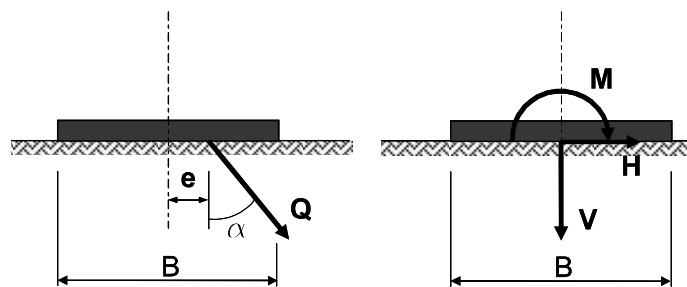


FIGURA 8-1: DEFINIZIONE DELLE COMPONENTI DI CARICO

I luoghi di rottura (o diagrammi di interazione) di una fondazione, opportunamente adimensionalizzati, possono essere definiti mediante le formulazioni di **Brinch-Hansen (1970)** e **Meyerhof (1953)** per condizioni drenate e di **Gourvenec (2007)** per condizioni non drenate riportate in dettaglio nel documento PD-0-A00-A0000-0-GT-RB-02-A "Criteri generali per le verifiche geotecniche".

Il calcolo dei diagrammi di interazione è stato condotto, in riferimento al DM 14/01/2008, utilizzando i parametri del terreno fattorizzati con i coefficienti  $\gamma_M$  riportati in Tab. 6.2. Il e decreto sopracitato; nelle seguenti condizioni di calcolo:

- Condizione statica a breve termine (calcolo in termini di parametri non drenati delle unità coesive);
- Condizione statica a lungo termine (calcolo in termini di parametri drenati dei terreni);
- Condizione sismica (calcolo in termini di parametri non drenati delle unità coesive).

Nel calcolo sono state considerate le seguenti condizioni geometriche:

	Approfondimento D [m]	Larghezza fondazione B [m]
CST01	2.00	12.9

Nei seguenti paragrafi sono riportati i diagrammi di interazione per le condizioni precedentemente descritte.

**Per la verifica della capacità portante della fondazione, per ciascuna combinazione di carico analizzata, il progettista dovrà seguire la seguente procedura coerentemente con le combinazioni di fattori  $\gamma_A$ ,  $\gamma_M$  e  $\gamma_R$  contemplate da normativa:**

- 1) si determina la terna delle azioni sollecitanti di progetto agenti in fondazione ( $V_{ED}$ ,  $H_{ED}$ ,  $M_{ED}$ );
- 2) si verifica che il valore dell'azione verticale sollecitante di progetto  $V_{ED}$  sia inferiore al valore di  $V_{max} = V_{RD}$  fornito (vedi paragrafi seguenti);
- 3) dal dominio di interazione nel piano V-H, si determina il valore dell'azione orizzontale  $H_{RD}$  corrispondente al valore dell'azione verticale sollecitante di progetto  $V_{ED}$  per la quale si fornisce l'equazione:

$$H_{RD} = \frac{10}{7} \cdot V_{ED} \left( 1 - \left( \frac{V_{ED}}{V_{max}} \right)^{1/5} \right) \text{ in condizioni drenate;}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} H_{RD} = 4 \cdot H_{max} \cdot \left[ \frac{V_{ED}}{V_{max}} - \left( \frac{V_{ED}}{V_{max}} \right)^2 \right] \Leftrightarrow 0.5 \leq \frac{V_{ED}}{V_{max}} \leq 1 \\ H_{RD} = H_{max} \Leftrightarrow 0 \leq \frac{V_{ED}}{V_{max}} < 0.5 \end{array} \right. \text{ in condizioni non drenate}$$

- 4) dal dominio di interazione nel piano V-M, si determina il valore del momento flettente  $M_{RD}$  corrispondente al valore dell'azione verticale sollecitante di progetto  $V_{ED}$  per il quale si fornisce l'equazione:

$$M_{RD} = 0.5 \cdot B \cdot V_{ED} \left( 1 - \sqrt{\frac{V_{ED}}{V_{max}}} \right) \text{ in condizioni drenate;}$$

$$M_{RD} = 4 \cdot M_{max} \cdot \left[ \frac{V_{ED}}{V_{max}} - \left( \frac{V_{ED}}{V_{max}} \right)^2 \right] \text{ in condizioni non drenate;}$$

- 5) Come primo requisito è necessario che la terna delle azioni sollecitanti di progetto agenti in fondazione ( $V_{ED}$ ,  $M_{ED}$ ,  $H_{ED}$ ) analizzata soddisfi la seguente disuguaglianza:

$$\left(\frac{H_{ED}}{H_{RD}}\right)^2 + \left(\frac{M_{ED}}{M_{RD}}\right)^2 < 1;$$

- 6) Per garantire inoltre che siano rispettati i margini di sicurezza imposti da normativa attraverso i coefficienti  $\gamma_R$  riportati in tabella Tab. 6.4.I del DM 14/01/2008, si richiede di verificare come illustrato ai punti 2, 3, 4 e 5 del presente elenco anche le terne di sollecitazione così composte:

( $V_{ED} \cdot \gamma_R; H_{ED}; M_{ED}$ ) adottando i coefficienti  $\gamma_R$  relativi alle verifiche di capacità portante

( $V_{ED}; H_{ED} \cdot \gamma_R; M_{ED}$ ) adottando i coefficienti  $\gamma_R$  relativi alle verifiche di scorrimento.

La verifica della fondazione può considerarsi soddisfatta ove siano contemporaneamente soddisfatti i requisiti riportati al punto 5 ed al punto 6.

## 8.1. FONDAZIONE DI LARGHEZZA B = 12.90 M E APPROFONDIMENTO D = 2.00 M

### 8.1.1. Carico limite finalizzato alla determinazione dei domini

Nella seguente tabella si riportano i valori di  $V_{max}$ ,  $H_{max}$ ,  $M_{max}$  di riferimento per le combinazioni di calcolo analizzate, parametri fondamentali per la costruzione dei domini di interazione.  $V_{max}$  rappresenta la capacità portante limite per condizioni di carico verticale centrato,  $H_{max}$  è il carico orizzontale limite in assenza di carico verticale e momento flettente (determinabile esclusivamente in condizioni non drenate), infine  $M_{max}$  rappresenta il momento flettente limite il corrispondenza di un carico verticale pari a  $0.5 \cdot V_{max}$ .

**TABELLA 8-1: CARICHI LIMITE FINALIZZATI ALLA DETERMINAZIONE DEI DOMINI**

	<b>Stat-D</b>	<b>Stat-U</b>	<b>Sisma</b>
$V_{max,M1}$	20129	5764	5764
$H_{max,M1}$	-	645	645
$M_{max,M1}$	-	5325	5325
$V_{max,M2}$	12949	4758	4758
$H_{max,M2}$	-	461	461
$M_{max,M2}$	-	3804	3804

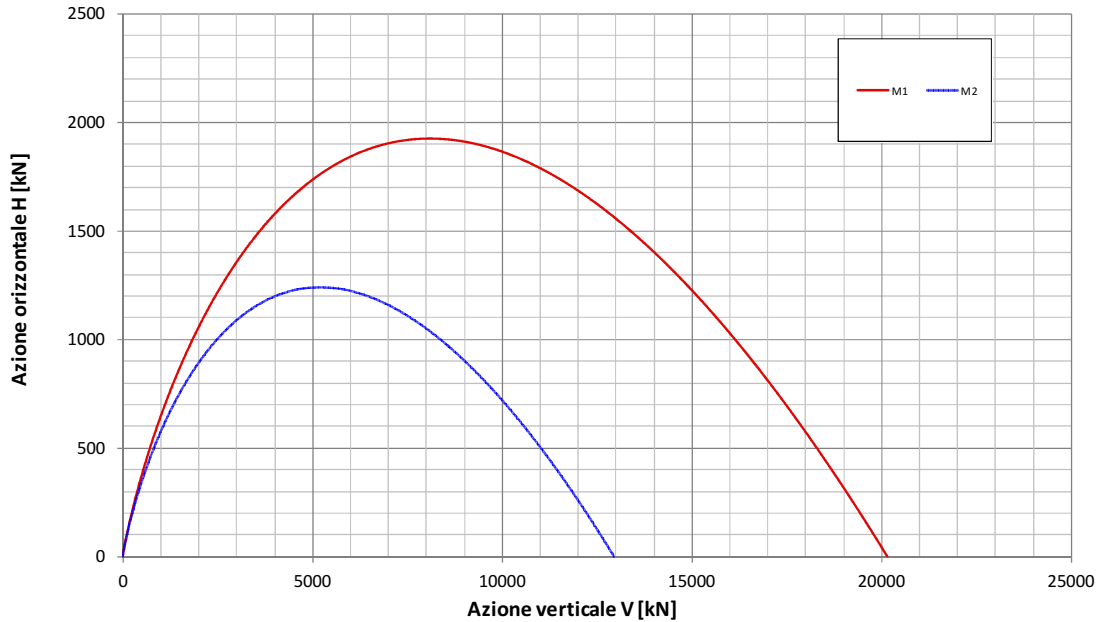
Nel caso in esame trattandosi di fondazioni nastriformi tutti i carichi indicati sono riferiti a un metro lineare di struttura.

**8.1.2. Diagrammi di interazione in Condizione Statica – Drenata**

**Fondazione B=12.9m - Approfondimento D=2.0m**

**Condizione Statica Drenata**

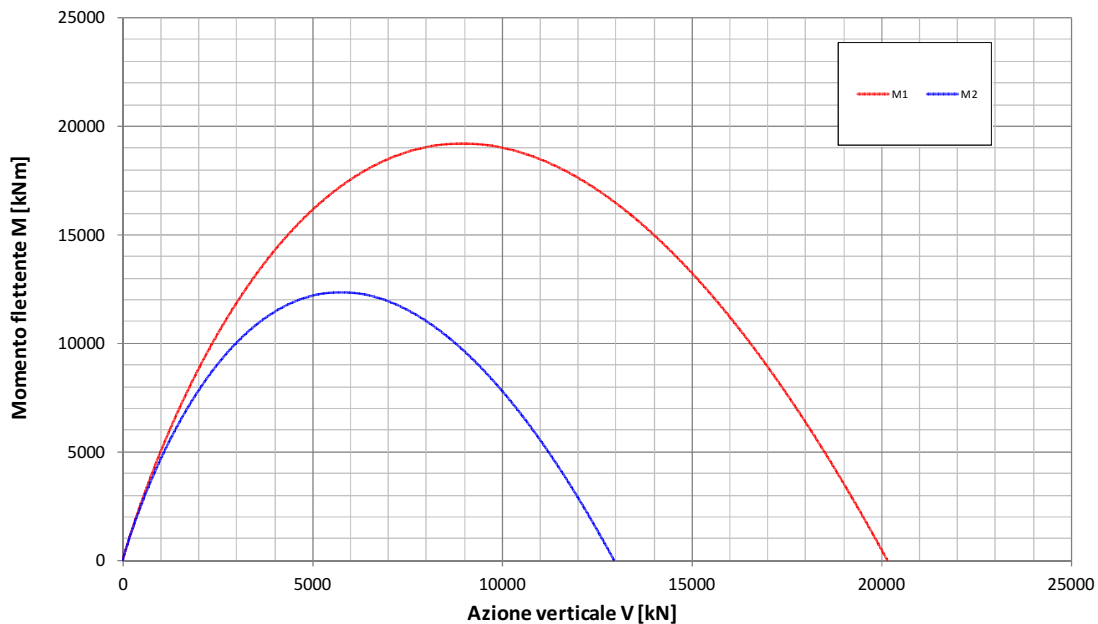
**Dominio di interazione nel piano V-H (*Brinch Hansen, 1970*)**



**Fondazione B=12.9m - Approfondimento D=2.0m**

**Condizione Statica Drenata**

**Dominio di interazione nel piano V-M (*Meyerhof, 1953*)**

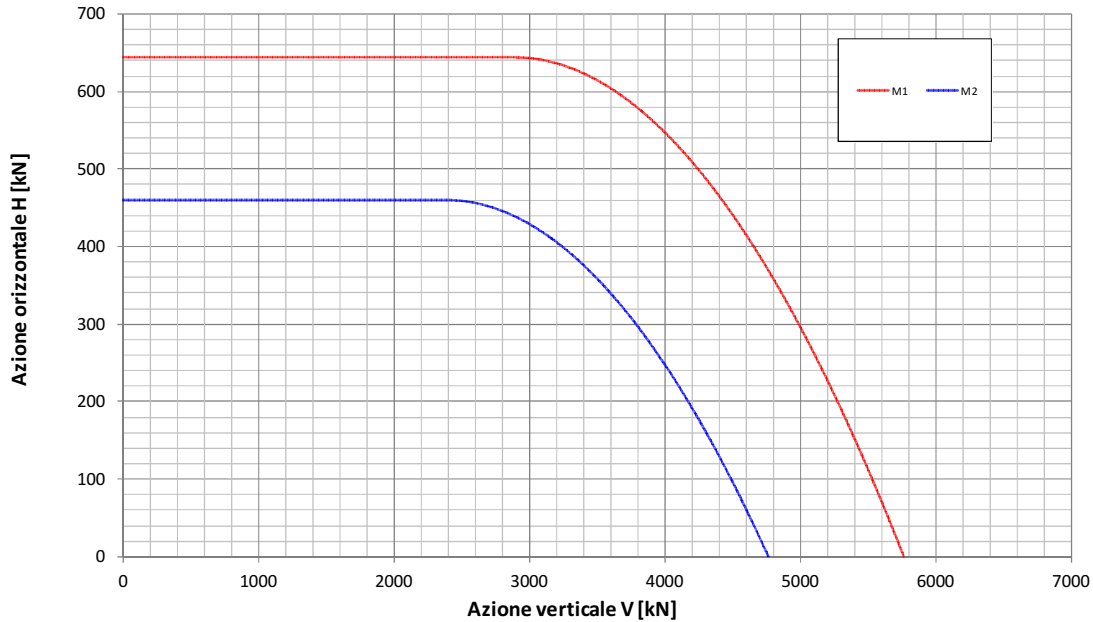


### 8.1.3. Diagrammi di interazione in Condizione Statica – Non Drenata

**Fondazione B=12.9m - Approfondimento D=2.0m**

**Condizione Statica Non Drenata**

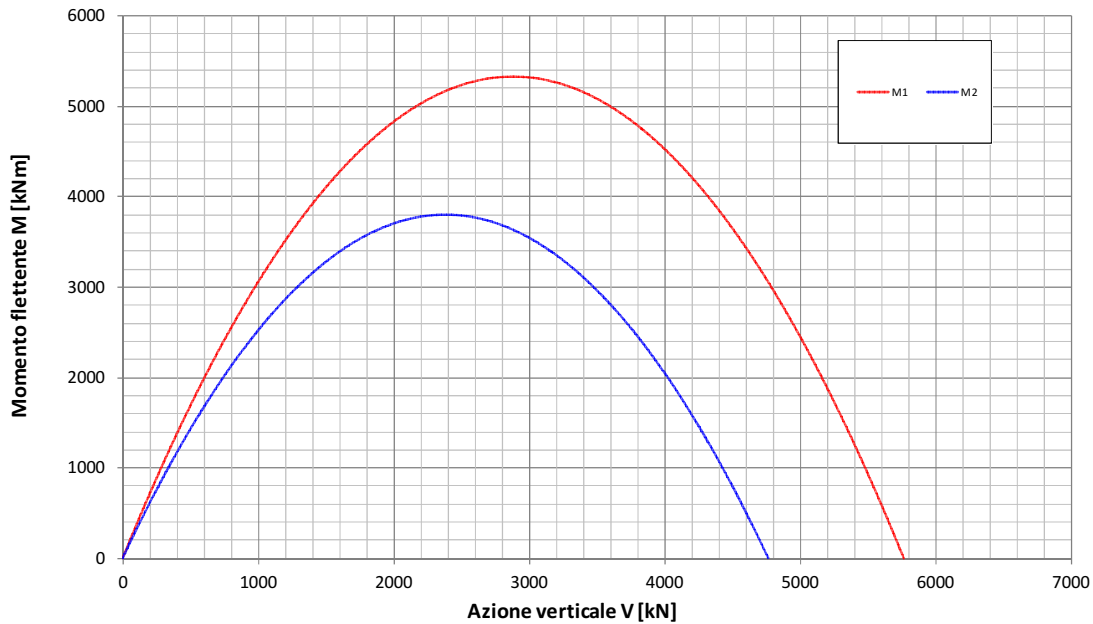
**Dominio di interazione nel piano V-H (*Gourvenec, 2007*)**



**Fondazione B=12.9m - Approfondimento D=2.0m**

**Condizione Statica Non Drenata**

**Dominio di interazione nel piano V-M (*Gourvenec, 2007*)**

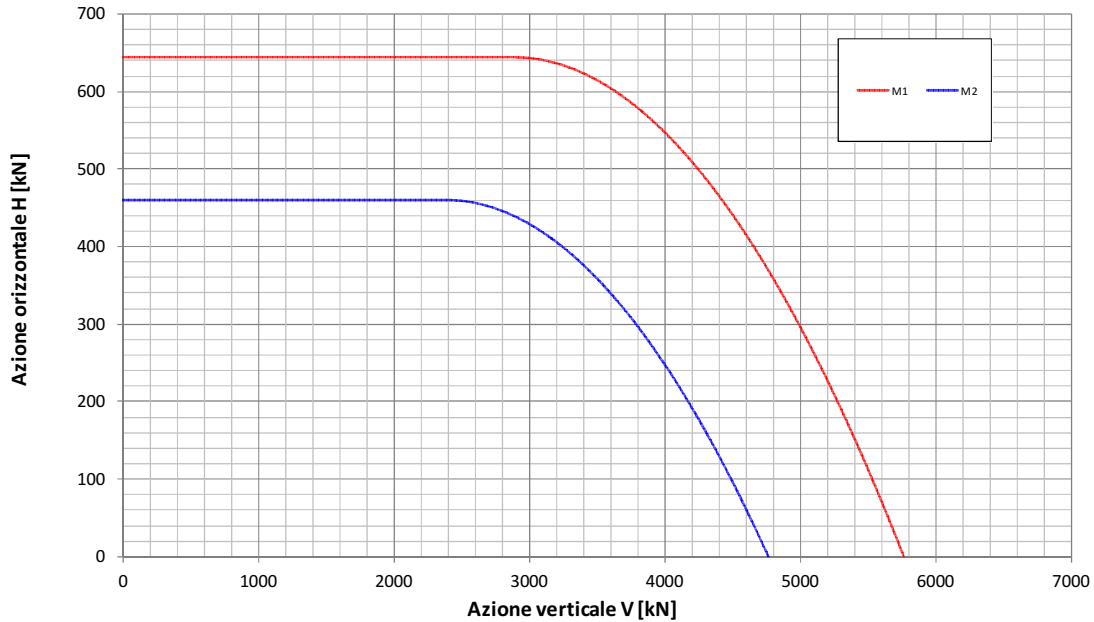


### 8.1.4. Diagrammi di interazione in Condizione Sismica

**Fondazione B=12.9m - Approfondimento D=2.0m**

**Condizione Sismica Non Drenata**

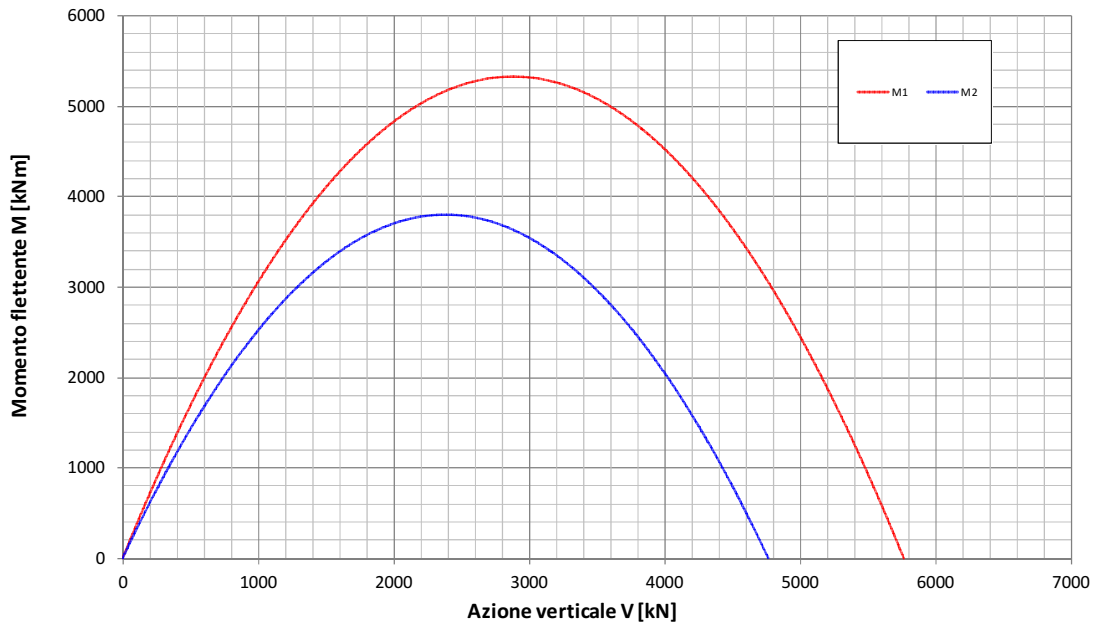
**Dominio di interazione nel piano V-H (*Gourvenec, 2007*)**



**Fondazione B=12.9m - Approfondimento D=2.0m**

**Condizione Sismica Non Drenata**

**Dominio di interazione nel piano V-M (*Gourvenec, 2007*)**



## 9. CST01 - COSTANTE DI SOTTOFONDO

---

Il terreno di fondazione può essere schematizzato secondo il modello di Winkler che prevede una relazione lineare fra il cedimento in un punto della superficie e la pressione agente nello stesso punto.

Con riferimento a quanto riportato in "VIGGIANI C. – Fondazioni – Hevelius Edizioni", la determinazione della costante di sottofondo del terreno al fine di una schematizzazione del piano di posa della struttura mediante molle può avvenire mediante la seguente formula:

$$k = \frac{M}{B}$$

dove:

- M: modulo edometrico del terreno di fondazione;
- B: larghezza della fondazione inerente alla modellazione strutturale adotta.



## 10. CPO01 – CPO02 - CAPACITÀ PORTANTE DEL PALO SINGOLO SOGGETTO A CARICHI ASSIALI

Nel seguito si riportano i calcoli di capacità portante del singolo palo di fondazione soggetto a carichi assiali di compressione e di trazione, con riferimento a pali trivellati  $\phi$  1000 e  $\phi$  1200.

Il calcolo viene condotto secondo i seguenti approcci con riferimento al DM 14/01/2008 Par.6.4.3:

- Approccio 1: combinazioni A1+M1+R1 e A2+M1+R2;
- Approccio 2: combinazione A1+M1+R3;

e con riferimento alla seguente bibliografia:

- AGI – Raccomandazioni sui pali di fondazione (1984);
- Poulos, Davis – Analisi e progettazione di fondazioni su pali.

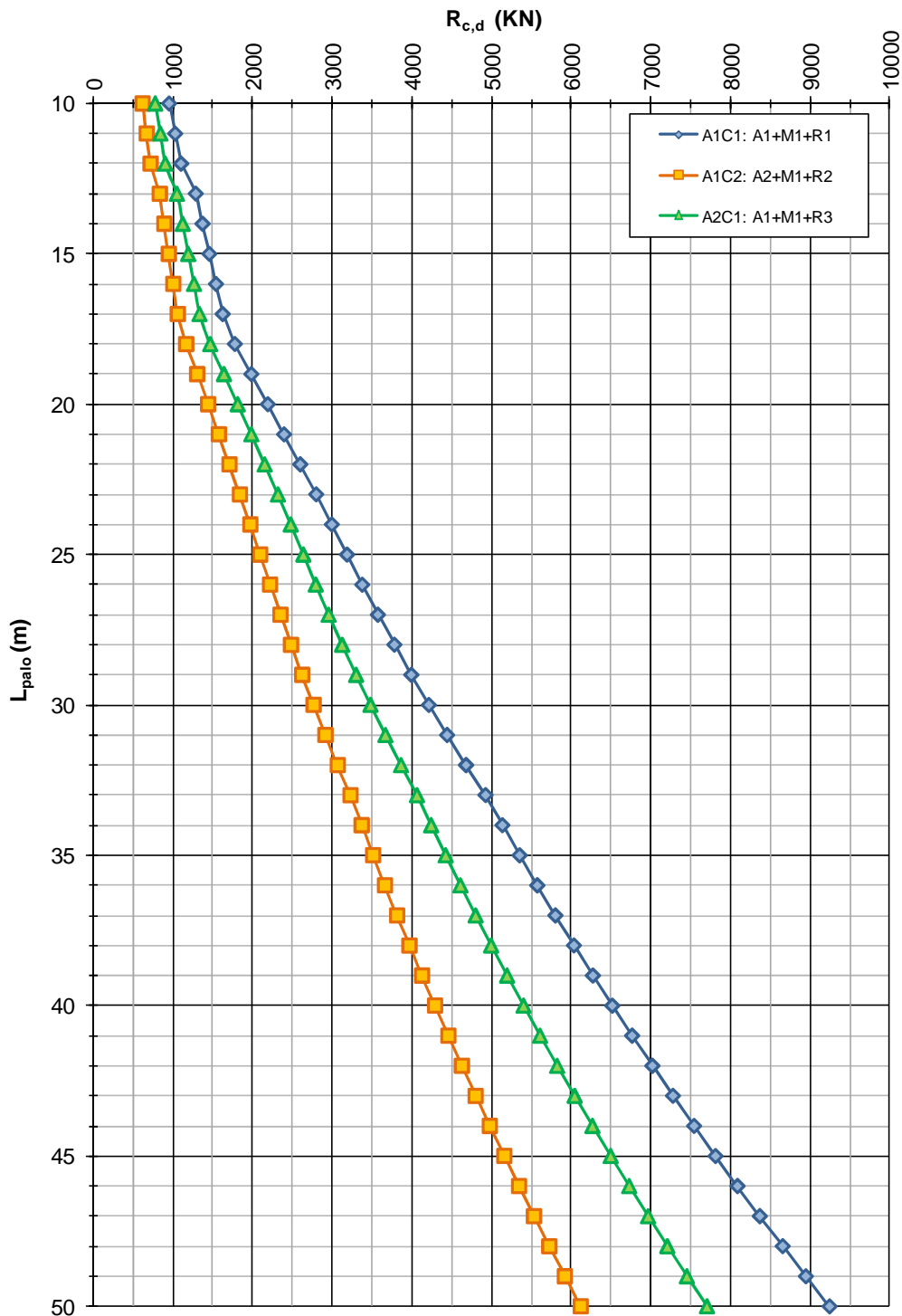
I grafici sottostanti riportano le resistenze di progetto dei pali in compressione ed in trazione in funzione della lunghezza degli stessi, i calcoli sono stati svolti considerando la testa del palo alla quota di riferimento.

A seguire si riportano i tabulati di derivazione dei grafici stessi.

**CPO01 - Ponte sul fiume Secchia - ZO6**

NTC del 14/01/2008

Capacità portante a compressione - Pali trivellati  $\phi$  1000mm



**FIGURA 10-1: CAPACITÀ PORTANTE A COMPRESSIONE – PALI TRIVELLATI  $\phi$  1000 – CPO01**

CPO01 - Ponte sul fiume Secchia - ZO6  
NTC del 14/01/2008

Capacità portante a trazione - Pali trivellati  $\phi$  1000mm

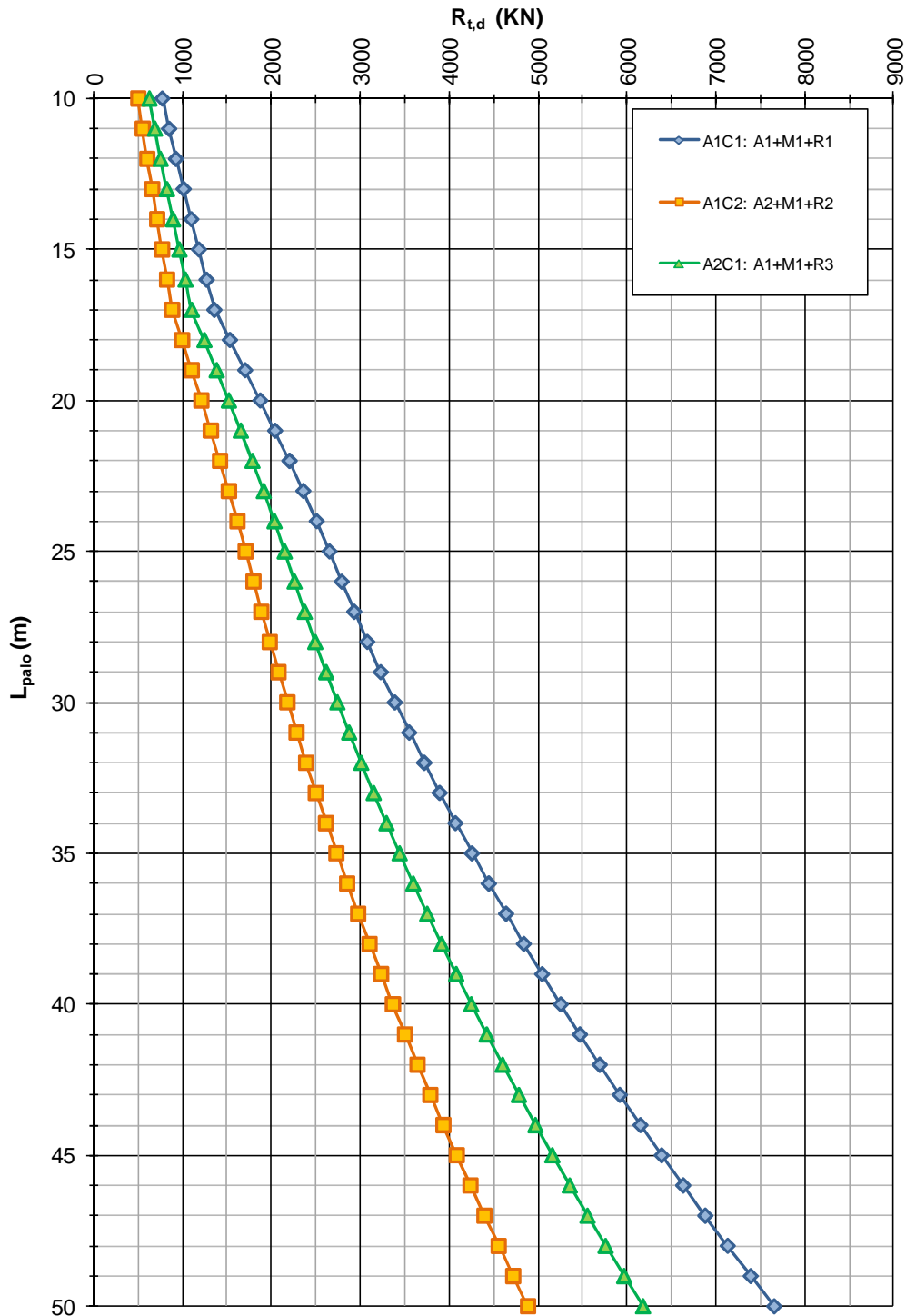
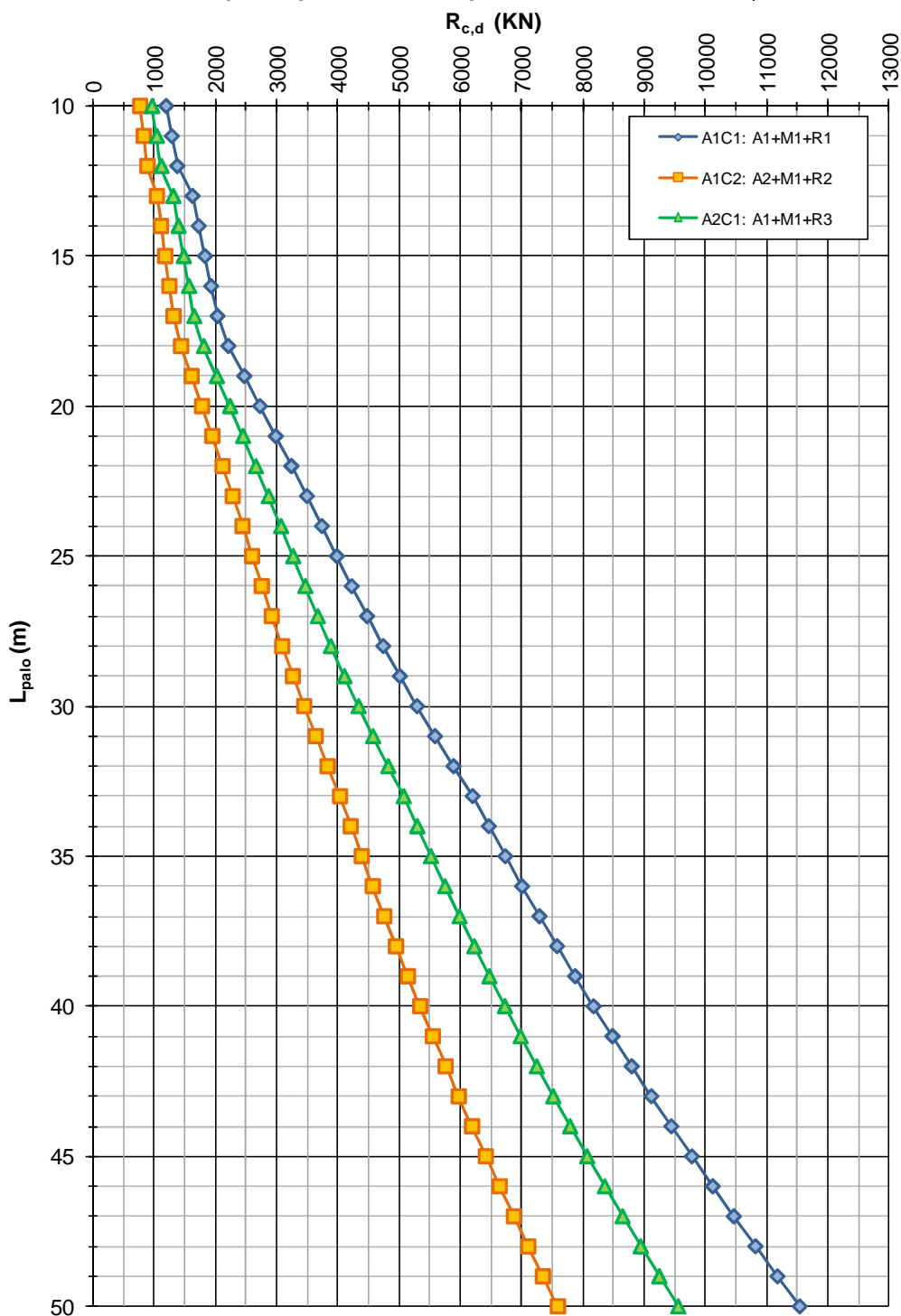


FIGURA 10-2: CAPACITÀ PORTANTE A TRAZIONE – PALI TRIVELLATI  $\phi$  1000 – CPO01

**CPO01 - Ponte sul fiume Secchia - ZO6**

NTC del 14/01/2008

**Capacità portante a compressione - Pali trivellati  $\phi$  1200mm**

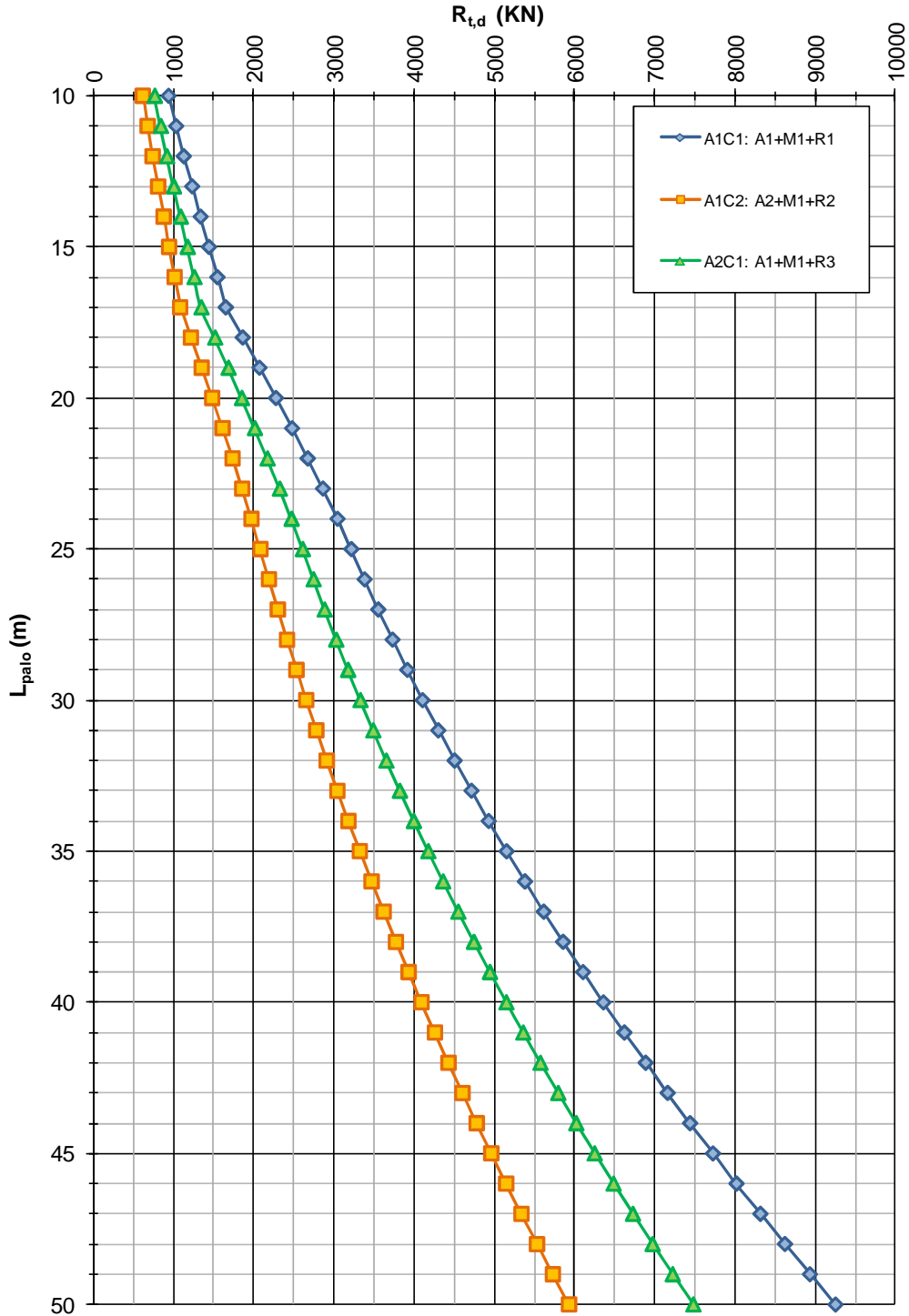


**FIGURA 10-3: CAPACITÀ PORTANTE A COMPRESSIONE – PALI TRIVELLATI  $\phi$  1200 – CPO01**

**CPO01 - Ponte sul fiume Secchia - ZO6**

NTC del 14/01/2008

**Capacità portante a trazione - Pali trivellati  $\phi$  1200mm**



**FIGURA 10-4: CAPACITÀ PORTANTE A TRAZIONE – PALI TRIVELLATI  $\phi$  1200 – CPO01**

CPO02 - Ponte sul canale Sabbioncello - ZO6 - Ovest  
NTC del 14/01/2008

Capacità portante a compressione - Pali trivellati  $\phi$  1000mm

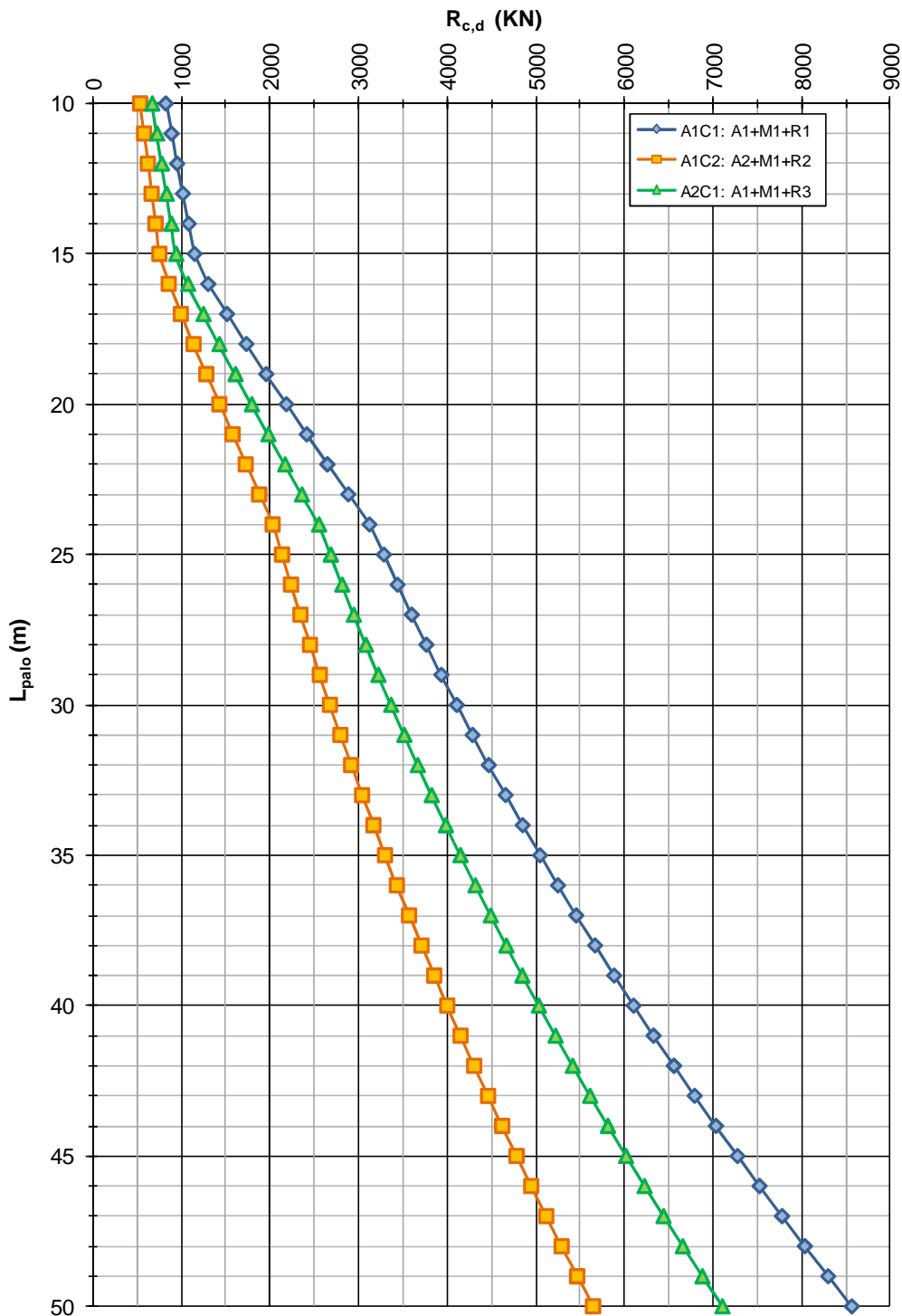


FIGURA 10-5: CAPACITÀ PORTANTE A COMPRESSIONE – PALI TRIVELLATI  $\phi$  1000 (LATO OVEST) – CPO02

**CPO02 - Ponte sul fiume canale Sabbioncello - ZO6 - Ovest**  
NTC del 14/01/2008

**Capacità portante a trazione - Pali trivellati  $\phi$  1000mm**

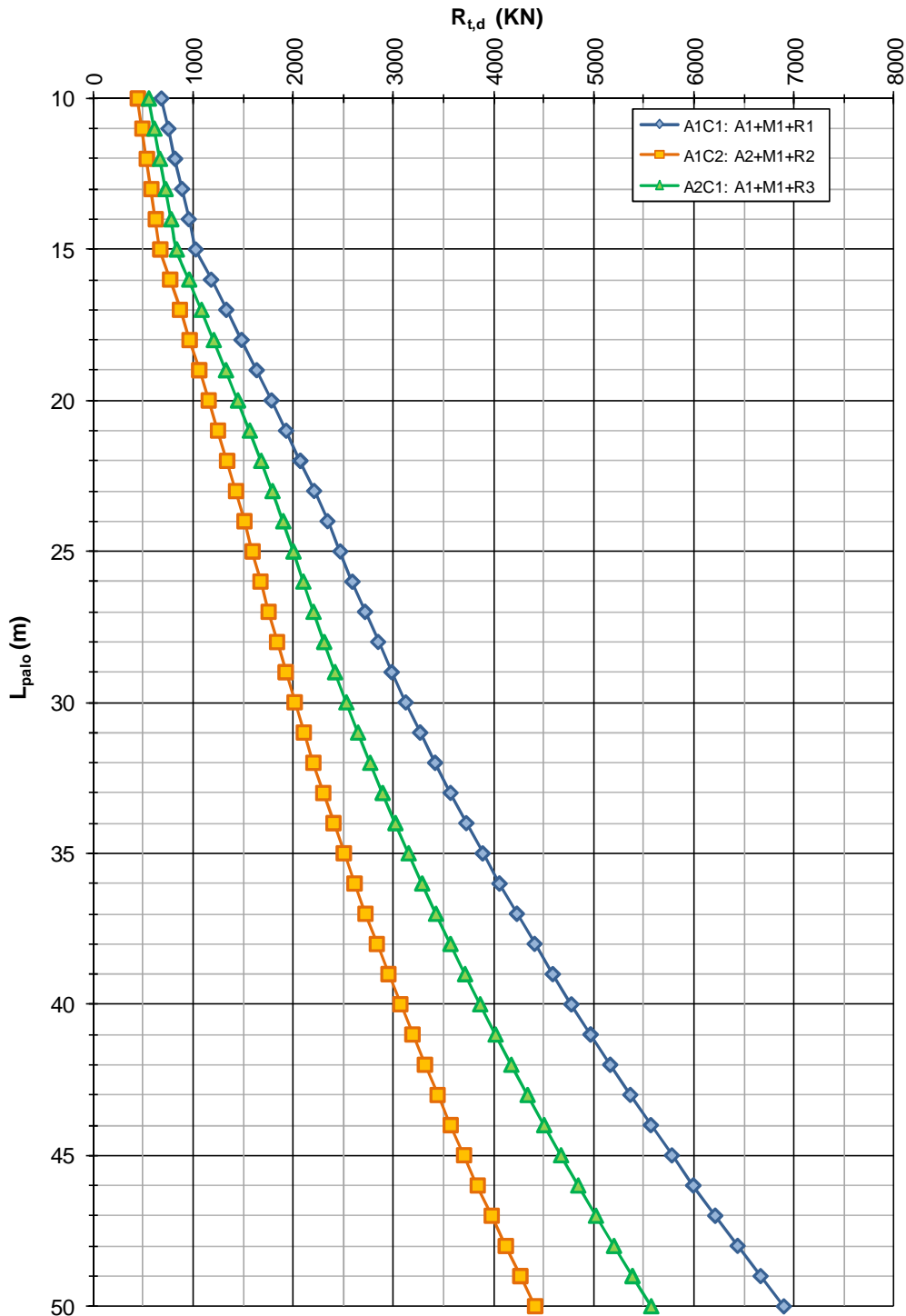


FIGURA 10-6: CAPACITÀ PORTANTE A TRAZIONE – PALI TRIVELLATI  $\phi$  1000 (LATO OVEST) – CPO02

**CPO02 - Ponte sul canale Sabbioncello - ZO6 - Ovest**  
NTC del 14/01/2008  
Capacità portante a compressione - Pali trivellati  $\phi$  1200mm

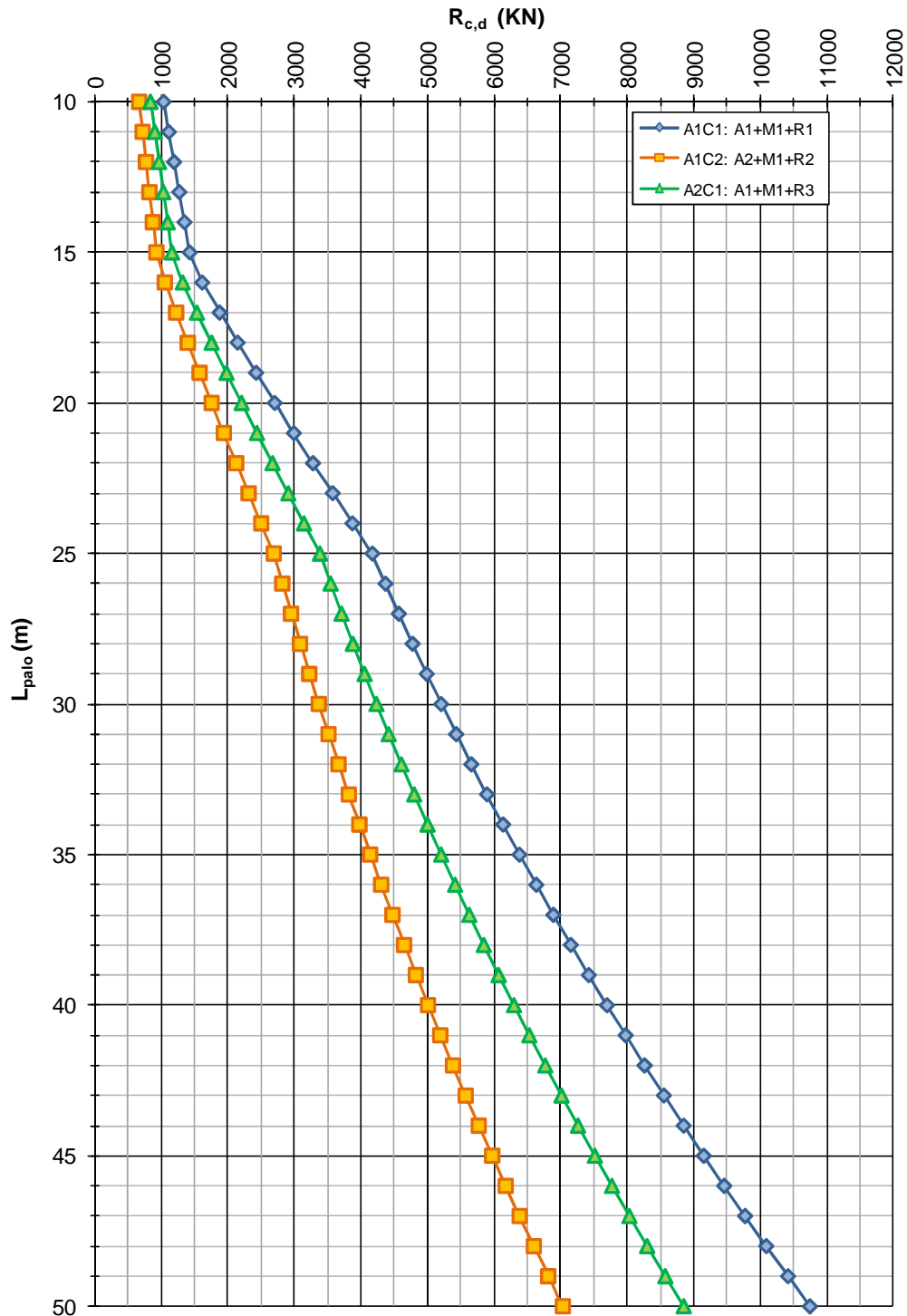


FIGURA 10-7: CAPACITÀ PORTANTE A COMPRESSIONE – PALI TRIVELLATI  $\phi$  1200 (LATO OVEST) – CPO02



**CPO02 - Ponte sul fiume canale Sabbioncello - ZO6 - Ovest**  
NTC del 14/01/2008

**Capacità portante a trazione - Pali trivellati  $\phi$  1200mm**

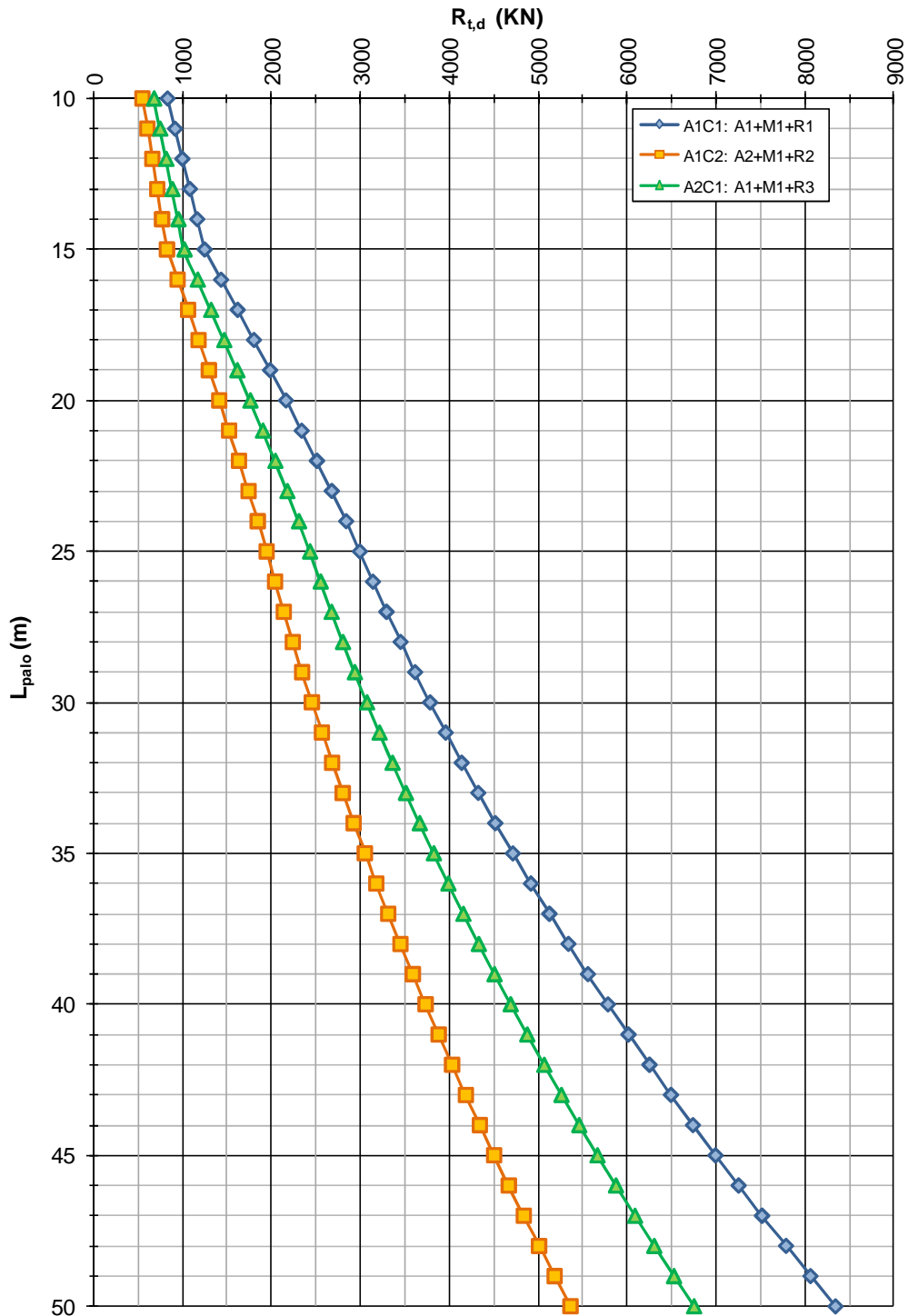
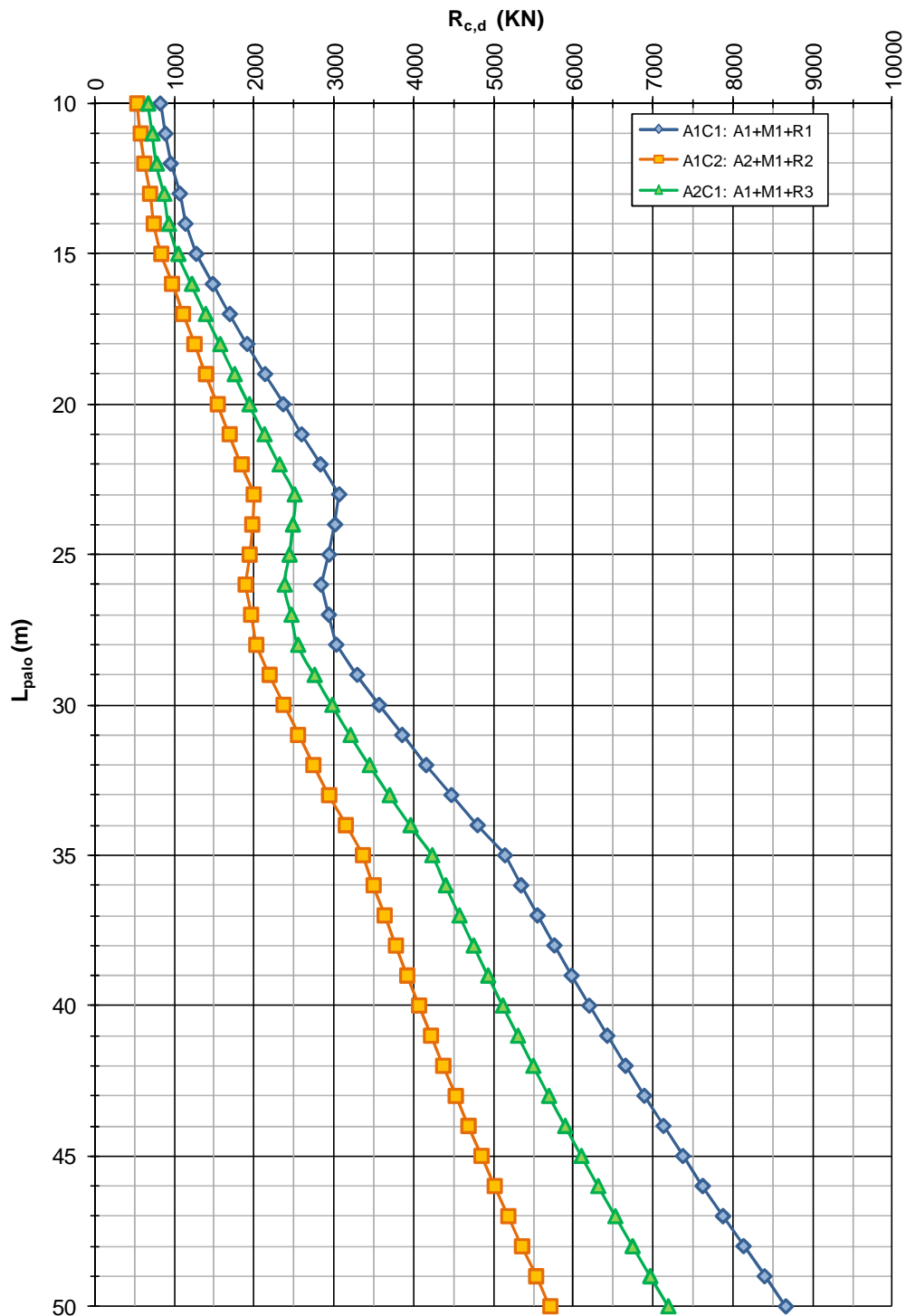


FIGURA 10-8: CAPACITÀ PORTANTE A TRAZIONE – PALI TRIVELLATI  $\phi$  1200 (LATO OVEST) – CPO02

**CPO02 - Ponte sul canale Sabbioncello - ZO6 - Est**  
**NTC del 14/01/2008**  
**Capacità portante a compressione - Pali trivellati  $\phi$  1000mm**



**FIGURA 10-9: CAPACITÀ PORTANTE A COMPRESSIONE – PALI TRIVELLATI  $\phi$  1000 (LATO EST) – CPO02**

**CPO02 - Ponte sul fiume canale Sabbioncello - ZO6 - Est**  
NTC del 14/01/2008

**Capacità portante a trazione - Pali trivellati  $\phi$  1000mm**

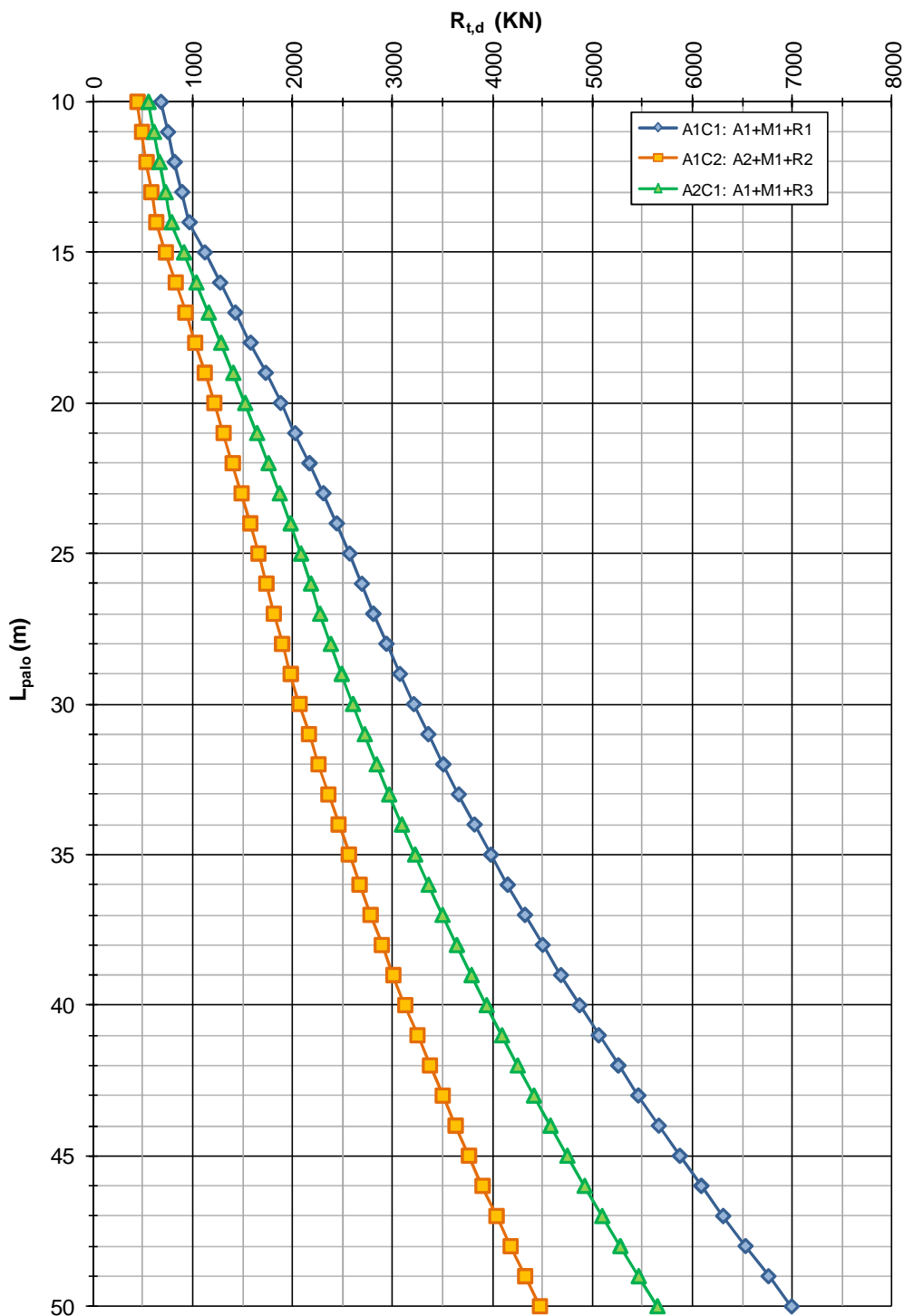
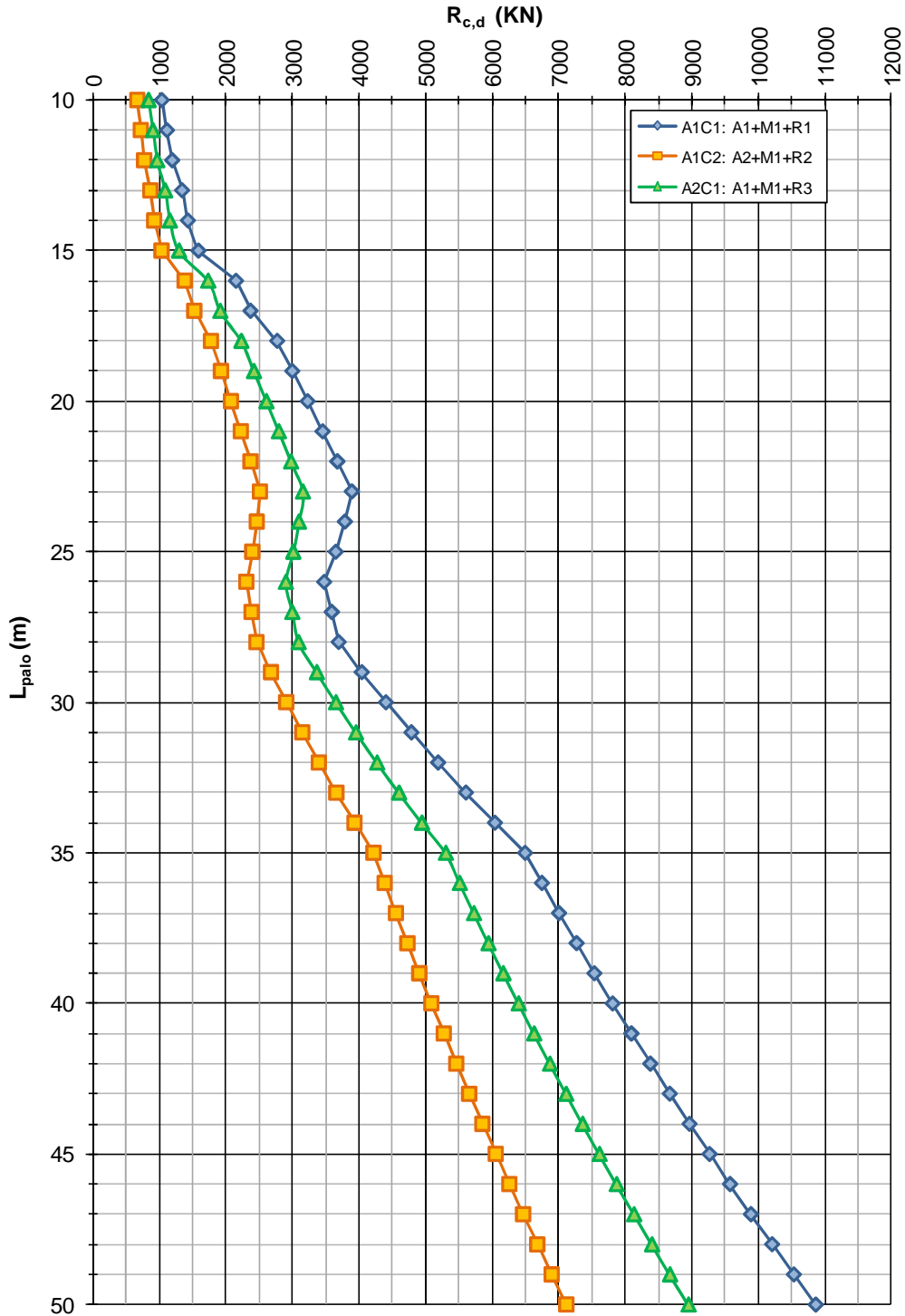


FIGURA 10-10: CAPACITÀ PORTANTE A TRAZIONE – PALI TRIVELLATI  $\phi$  1000 (LATO EST) – CPO02

**CPO02 - Ponte sul canale Sabbioncello - ZO6 - Est**  
**NTC del 14/01/2008**  
**Capacità portante a compressione - Pali trivellati  $\phi$  1200mm**



**FIGURA 10-11: CAPACITÀ PORTANTE A COMPRESSIONE – PALI TRIVELLATI  $\phi$  1200 (LATO EST) – CPO02**

**CPO02 - Ponte sul fiume canale Sabbioncello - ZO6 - Est**  
**NTC del 14/01/2008**

**Capacità portante a trazione - Pali trivellati  $\phi$  1200mm**

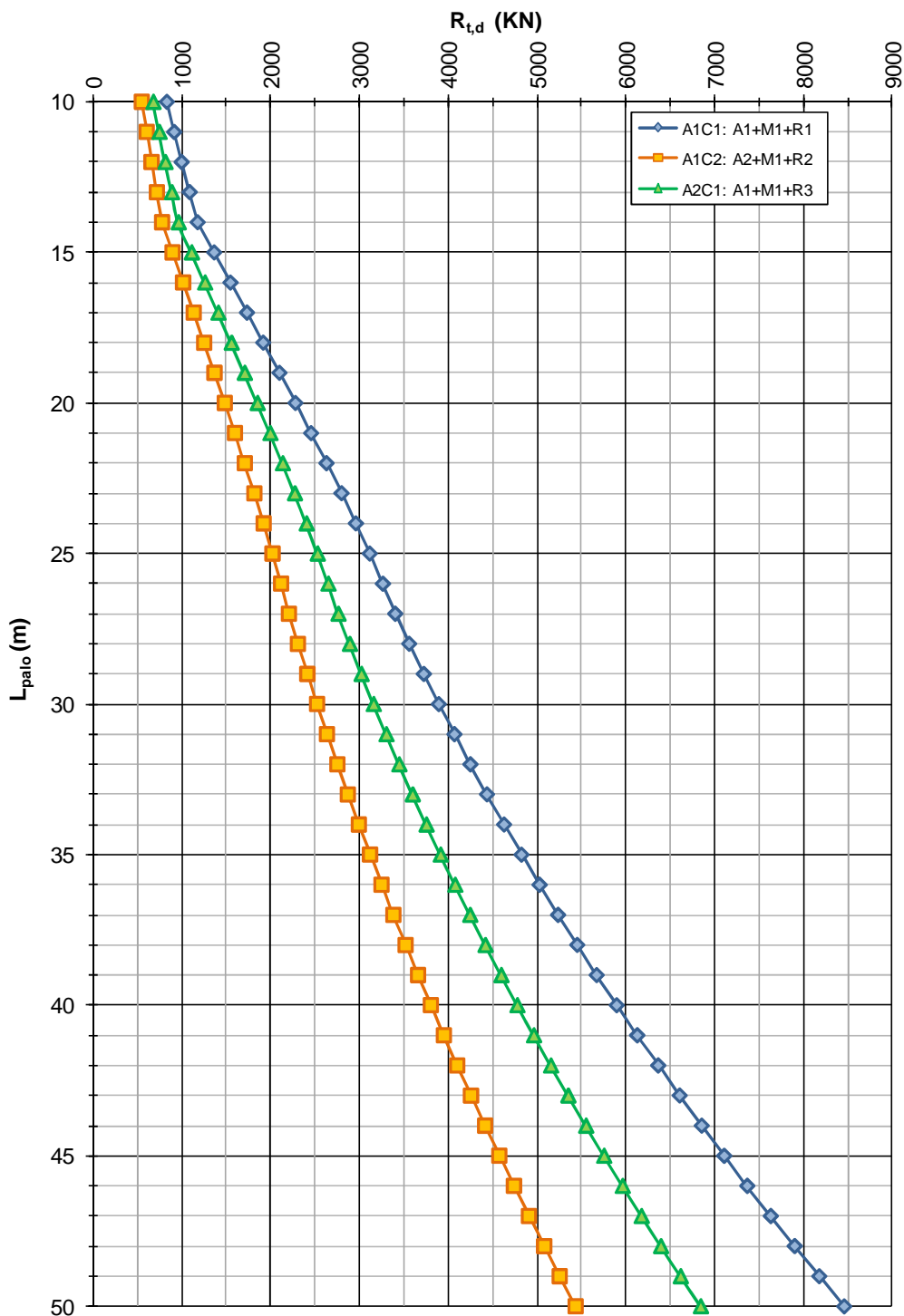


FIGURA 10-12: CAPACITÀ PORTANTE A TRAZIONE – PALI TRIVELLATI  $\phi$  1200 (LATO EST) – CPO02

**Pali trivellati  $\phi$  1000 – CPO01**

Profondità [m]	Capacità Portante di Progetto a Compressione $R_{c,d}$ [kN]			Capacità Portante di Progetto a Trazione $R_{t,d}$ [kN]			Rigidezza assiale $K_w$ [kN/m]
	A1C1: A1+M1+R1	A1C2: A2+M1+R2	A2C1: A1+M1+R3	A1C1: A1+M1+R1	A1C2: A2+M1+R2	A2C1: A1+M1+R3	
1.00	277.17	169.03	212.71	77.31	50.38	62.94	10053.10
2.00	352.37	219.26	275.81	154.61	100.76	125.89	20106.19
3.00	427.58	269.49	338.92	231.92	151.13	188.83	30159.29
4.00	502.79	319.72	402.03	309.22	201.51	251.78	40212.39
5.00	578.00	369.94	465.13	386.53	251.89	314.72	50265.48
6.00	653.20	420.17	528.24	463.83	302.27	377.66	60318.58
7.00	728.41	470.40	591.35	541.14	352.64	440.61	70371.68
8.00	803.62	520.63	654.45	618.44	403.02	503.55	80424.77
9.00	878.83	570.86	717.56	695.75	453.40	566.50	90477.87
10.00	954.03	621.09	780.67	773.06	503.78	629.44	100530.96
11.00	1029.24	671.32	843.78	850.36	554.15	692.38	110584.06
12.00	1104.45	721.55	906.88	927.67	604.53	755.33	120637.16
13.00	1289.61	837.36	1052.59	1013.95	660.52	825.45	131946.89
14.00	1373.80	893.78	1123.51	1100.23	716.51	895.58	143256.63
15.00	1457.98	950.20	1194.42	1186.51	772.50	965.70	154566.36
16.00	1542.16	1006.62	1265.33	1272.79	828.48	1035.83	165876.09
17.00	1626.35	1063.04	1336.24	1359.08	884.47	1105.95	177185.83
18.00	1778.48	1168.43	1468.91	1534.01	995.87	1247.00	200907.26
19.00	1986.27	1306.34	1642.54	1706.90	1105.99	1386.42	224342.55
20.00	2192.88	1443.25	1814.91	1876.85	1214.27	1523.47	247365.46
21.00	2397.84	1578.82	1985.58	2042.99	1320.16	1657.48	269855.12
22.00	2600.48	1712.55	2153.94	2204.57	1423.21	1787.85	291706.67
23.00	2800.06	1843.95	2319.35	2360.86	1522.96	1913.98	312817.59
24.00	2995.86	1972.52	2481.18	2511.14	1618.94	2035.30	333087.52
25.00	3187.18	2097.77	2638.83	2654.72	1710.74	2151.26	352418.13
26.00	3377.46	2221.69	2794.80	2791.17	1798.09	2261.53	370752.40
27.00	3575.17	2350.48	2956.91	2932.57	1888.52	2375.75	389778.67
28.00	3780.70	2484.41	3125.49	3079.30	1982.29	2494.23	409551.07
29.00	3994.05	2623.48	3300.56	3231.36	2079.39	2616.98	430069.59
30.00	4215.22	2767.69	3482.10	3388.75	2179.82	2743.99	451334.25
31.00	4444.20	2917.04	3670.12	3551.47	2283.58	2875.26	473345.03
32.00	4681.01	3071.53	3864.62	3719.51	2390.67	3010.80	496101.94
33.00	4925.23	3230.92	4065.30	3892.89	2501.09	3150.60	519604.98
34.00	5136.59	3371.53	4242.32	4071.60	2614.85	3294.66	543854.15
35.00	5353.28	3515.80	4423.98	4255.63	2731.93	3442.99	568849.45
36.00	5575.30	3663.76	4610.28	4445.00	2852.34	3595.58	594590.87
37.00	5802.65	3815.39	4801.20	4639.69	2976.09	3752.44	621078.43
38.00	6035.33	3970.69	4996.77	4839.72	3103.17	3913.56	648312.11
39.00	6273.34	4129.68	5196.96	5045.07	3233.57	4078.94	676291.92
40.00	6516.68	4292.33	5401.79	5255.75	3367.31	4248.58	705017.86
41.00	6765.35	4458.67	5611.26	5471.77	3504.38	4422.49	734489.92
42.00	7019.35	4628.67	5825.36	5693.11	3644.78	4600.67	764708.12
43.00	7278.68	4802.36	6044.09	5919.78	3788.51	4783.10	795672.44
44.00	7543.33	4979.71	6267.46	6151.78	3935.58	4969.80	827382.89
45.00	7813.32	5160.75	6495.46	6389.11	4085.97	5160.77	859839.47
46.00	8088.63	5345.46	6728.10	6631.77	4239.69	5356.00	893042.18
47.00	8369.28	5533.84	6965.37	6879.76	4396.75	5555.49	926991.01
48.00	8655.25	5725.91	7207.28	7133.08	4557.13	5759.24	961685.97
49.00	8946.56	5921.64	7453.82	7391.73	4720.85	5967.26	997127.07
50.00	9243.19	6121.05	7704.99	7655.71	4887.90	6179.54	1033314.29

**Pali trivellati  $\phi$  1200 – CPO01**

Profondità [m]	Capacità Portante di Progetto a Compressione $R_{c,d}$ [kN]			Capacità Portante di Progetto a Trazione $R_{t,d}$ [kN]			Rigidezza assiale $K_v$ [kN/m]
	A1C1: A1+M1+R1	A1C2: A2+M1+R2	A2C1: A1+M1+R3	A1C1: A1+M1+R1	A1C2: A2+M1+R2	A2C1: A1+M1+R3	
1.00	381.89	231.52	291.31	94.09	61.77	76.85	12063.72
2.00	472.95	291.96	367.20	188.17	123.55	153.70	24127.43
3.00	564.02	352.40	443.09	282.26	185.32	230.56	36191.15
4.00	655.08	412.85	518.98	376.34	247.09	307.41	48254.86
5.00	746.15	473.29	594.86	470.43	308.86	384.26	60318.58
6.00	837.21	533.74	670.75	564.52	370.64	461.11	72382.29
7.00	928.28	594.18	746.64	658.60	432.41	537.97	84446.01
8.00	1019.34	654.62	822.53	752.69	494.18	614.82	96509.73
9.00	1110.41	715.07	898.42	846.78	555.95	691.67	108573.44
10.00	1201.47	775.51	974.30	940.86	617.73	768.52	120637.16
11.00	1292.54	835.96	1050.19	1034.95	679.50	845.38	132700.87
12.00	1383.60	896.40	1126.08	1129.03	741.27	922.23	144764.59
13.00	1630.85	1049.81	1319.04	1233.89	809.78	1007.70	158336.27
14.00	1732.68	1117.68	1404.30	1338.75	878.28	1093.17	171907.95
15.00	1834.52	1185.55	1489.55	1443.61	946.79	1178.64	185479.63
16.00	1936.36	1253.43	1574.81	1548.46	1015.29	1264.11	199051.31
17.00	2038.19	1321.30	1660.06	1653.32	1083.80	1349.57	212622.99
18.00	2216.60	1445.01	1815.74	1864.56	1218.79	1520.15	241088.71
19.00	2475.64	1615.89	2030.83	2073.36	1352.25	1688.77	269211.06
20.00	2733.69	1785.84	2244.73	2278.61	1483.51	1854.56	296838.56
21.00	2990.27	1954.46	2456.96	2479.30	1611.91	2016.69	323826.14
22.00	3244.62	2121.20	2666.83	2674.51	1736.88	2174.44	350048.00
23.00	3495.83	2285.46	2873.55	2863.38	1857.90	2327.12	375381.10
24.00	3743.03	2446.63	3076.38	3045.04	1974.40	2474.03	399705.02
25.00	3985.39	2604.14	3274.58	3218.65	2085.87	2614.50	422901.76
26.00	4227.96	2760.90	3471.84	3383.71	2192.01	2748.14	444902.88
27.00	4480.05	2923.87	3676.91	3554.71	2301.85	2886.52	467734.40
28.00	4742.12	3093.35	3890.20	3732.11	2415.69	3030.02	491461.28
29.00	5014.17	3269.36	4111.71	3915.90	2533.53	3178.64	516083.51
30.00	5296.19	3451.88	4341.43	4106.08	2655.37	3332.37	541601.10
31.00	5588.20	3640.92	4579.36	4302.66	2781.20	3491.22	568014.04
32.00	5890.19	3836.48	4825.52	4505.64	2911.03	3655.18	595322.33
33.00	6201.58	4038.22	5079.46	4715.01	3044.85	3824.26	623525.98
34.00	6464.37	4212.02	5298.23	4930.78	3182.68	3998.46	652624.98
35.00	6733.56	4390.23	5522.56	5152.94	3324.50	4177.77	682619.34
36.00	7009.14	4572.85	5752.45	5381.50	3470.31	4362.20	713509.05
37.00	7291.12	4759.88	5987.90	5616.45	3620.13	4551.75	745294.11
38.00	7579.49	4951.32	6228.91	5857.80	3773.94	4746.41	777974.53
39.00	7874.26	5147.18	6475.49	6105.54	3931.75	4946.19	811550.30
40.00	8175.42	5347.44	6727.62	6359.68	4093.55	5151.08	846021.43
41.00	8482.98	5552.12	6985.32	6620.22	4259.36	5361.09	881387.91
42.00	8796.93	5761.20	7248.58	6887.15	4429.16	5576.22	917649.74
43.00	9117.28	5974.70	7517.40	7160.47	4602.95	5796.46	954806.93
44.00	9444.03	6192.60	7791.78	7440.19	4780.75	6021.82	992859.47
45.00	9777.17	6414.92	8071.72	7726.31	4962.54	6252.30	1031807.36
46.00	10116.70	6641.65	8357.22	8018.82	5148.33	6487.89	1071650.61
47.00	10462.63	6872.79	8648.28	8317.73	5338.11	6728.60	1112389.21
48.00	10814.96	7108.33	8944.91	8623.03	5531.90	6974.43	1154023.17
49.00	11173.68	7348.29	9247.09	8934.73	5729.68	7225.37	1196552.48
50.00	11538.80	7592.66	9554.84	9252.82	5931.45	7481.42	1239977.14

**Pali trivellati  $\phi$  1000 (LATO OVEST) – CPO02**

Profondità [m]	Capacità Portante di Progetto a Compressione $R_{c,d}$ [kN]			Capacità Portante di Progetto a Trazione $R_{t,d}$ [kN]			Rigidezza assiale $K_w$ [kN/m]
	A1C1: A1+M1+R1	A1C2: A2+M1+R2	A2C1: A1+M1+R3	A1C1: A1+M1+R1	A1C2: A2+M1+R2	A2C1: A1+M1+R3	
1.00	241.58	147.18	185.19	68.33	44.77	55.76	10053.10
2.00	306.44	190.42	239.48	136.66	89.54	111.53	20106.19
3.00	371.31	233.65	293.77	204.99	134.30	167.29	30159.29
4.00	436.17	276.89	348.05	273.32	179.07	223.05	40212.39
5.00	501.03	320.12	402.34	341.65	223.84	278.82	50265.48
6.00	565.90	363.35	456.63	409.98	268.61	334.58	60318.58
7.00	630.76	406.59	510.92	478.31	313.37	390.34	70371.68
8.00	695.63	449.82	565.21	546.64	358.14	446.11	80424.77
9.00	760.49	493.06	619.50	614.97	402.91	501.87	90477.87
10.00	825.36	536.29	673.79	683.30	447.68	557.63	100530.96
11.00	890.22	579.53	728.08	751.63	492.44	613.40	110584.06
12.00	955.08	622.76	782.37	819.96	537.21	669.16	120637.16
13.00	1019.95	665.99	836.65	888.29	581.98	724.92	130690.25
14.00	1084.81	709.23	890.94	956.61	626.75	780.69	140743.35
15.00	1149.68	752.46	945.23	1024.94	671.52	836.45	150796.45
16.00	1305.05	857.55	1077.51	1178.23	769.38	960.18	174443.22
17.00	1517.22	996.02	1251.81	1331.13	867.00	1083.59	198026.47
18.00	1735.68	1138.08	1430.65	1483.12	964.06	1206.29	221465.77
19.00	1958.79	1282.74	1612.75	1633.69	1060.23	1327.84	244677.09
20.00	2185.80	1429.48	1797.46	1782.09	1155.04	1447.66	267541.23
21.00	2415.98	1577.79	1984.15	1927.59	1248.04	1565.16	289941.98
22.00	2648.64	1727.19	2172.21	2069.49	1338.79	1679.78	311765.98
23.00	2885.52	1878.65	2362.86	2207.25	1426.95	1791.09	332927.95
24.00	3124.12	2030.65	2554.19	2340.32	1512.18	1898.64	353339.14
25.00	3285.78	2136.83	2687.81	2467.98	1594.03	2001.87	372885.74
26.00	3441.33	2238.81	2816.14	2589.54	1672.07	2100.22	391456.32
27.00	3601.20	2343.77	2948.22	2715.43	1752.81	2202.03	410718.21
28.00	3765.74	2451.95	3084.35	2845.98	1836.46	2307.57	430726.23
29.00	3934.94	2563.34	3224.54	2981.19	1923.03	2416.84	451480.38
30.00	4108.80	2677.94	3368.79	3121.06	2012.51	2529.84	472980.65
31.00	4287.32	2795.77	3517.09	3265.60	2104.91	2646.57	495227.05
32.00	4470.51	2916.81	3669.44	3414.80	2200.22	2767.03	518219.58
33.00	4658.37	3041.06	3825.85	3568.67	2298.45	2891.22	541958.24
34.00	4850.88	3168.53	3986.32	3727.19	2399.59	3019.14	566443.03
35.00	5048.06	3299.22	4150.84	3890.38	2503.65	3150.79	591673.95
36.00	5249.90	3433.12	4319.41	4058.24	2610.62	3286.18	617650.99
37.00	5456.41	3570.24	4492.05	4230.76	2720.50	3425.29	644374.16
38.00	5667.58	3710.58	4668.73	4407.94	2833.30	3568.13	671843.46
39.00	5883.41	3854.13	4849.47	4589.78	2949.02	3714.71	700058.89
40.00	6103.91	4000.90	5034.27	4776.29	3067.65	3865.01	729020.45
41.00	6329.07	4150.88	5223.12	4967.46	3189.19	4019.05	758728.14
42.00	6558.89	4304.08	5416.02	5163.29	3313.65	4176.82	789181.95
43.00	6793.37	4460.50	5612.98	5363.79	3441.02	4338.31	820381.89
44.00	7032.52	4620.13	5814.00	5568.95	3571.31	4503.54	852327.96
45.00	7276.33	4782.98	6019.07	5778.78	3704.51	4672.50	885020.16
46.00	7524.81	4949.04	6228.20	5993.26	3840.63	4845.19	918458.49
47.00	7777.95	5118.32	6441.38	6212.41	3979.66	5021.61	952642.94
48.00	8035.75	5290.82	6658.61	6436.23	4121.60	5201.76	987573.53
49.00	8298.22	5466.53	6879.90	6664.71	4266.46	5385.64	1023250.24
50.00	8565.34	5645.46	7105.25	6897.85	4414.24	5573.25	1059673.08



**Pali trivellati  $\phi$  1200 (LATO OVEST) – CPO02**

Profondità [m]	Capacità Portante di Progetto a Compressione $R_{c,d}$ [kN]			Capacità Portante di Progetto a Trazione $R_{t,d}$ [kN]			Rigidezza assiale $K_w$ [kN/m]
	A1C1: A1+M1+R1	A1C2: A2+M1+R2	A2C1: A1+M1+R3	A1C1: A1+M1+R1	A1C2: A2+M1+R2	A2C1: A1+M1+R3	
1.00	332.79	201.55	253.56	83.32	55.04	68.24	12063.72
2.00	411.12	253.40	318.62	166.63	110.08	136.47	24127.43
3.00	489.44	305.26	383.68	249.95	165.12	204.71	36191.15
4.00	567.77	357.12	448.75	333.26	220.16	272.94	48254.86
5.00	646.09	408.97	513.81	416.58	275.20	341.18	60318.58
6.00	724.42	460.83	578.87	499.89	330.24	409.41	72382.29
7.00	802.74	512.69	643.94	583.21	385.28	477.65	84446.01
8.00	881.07	564.55	709.00	666.52	440.33	545.88	96509.73
9.00	959.39	616.40	774.06	749.84	495.37	614.12	108573.44
10.00	1037.72	668.26	839.13	833.15	550.41	682.35	120637.16
11.00	1116.04	720.12	904.19	916.47	605.45	750.59	132700.87
12.00	1194.36	771.98	969.25	999.78	660.49	818.82	144764.59
13.00	1272.69	823.83	1034.32	1083.10	715.53	887.06	156828.31
14.00	1351.01	875.69	1099.38	1166.41	770.57	955.30	168892.02
15.00	1429.34	927.55	1164.44	1249.73	825.61	1023.53	180955.74
16.00	1617.60	1054.42	1324.08	1434.99	944.37	1173.33	209331.86
17.00	1879.26	1224.41	1538.01	1619.78	1062.83	1322.74	237631.77
18.00	2149.20	1399.16	1757.95	1803.50	1180.62	1471.30	265758.92
19.00	2425.21	1577.31	1982.15	1985.50	1297.34	1618.48	293612.51
20.00	2706.38	1758.24	2209.86	2164.90	1412.44	1763.58	321049.47
21.00	2991.86	1941.35	2440.30	2340.82	1525.36	1905.90	347930.38
22.00	3280.79	2126.04	2672.74	2512.41	1635.57	2044.77	374119.18
23.00	3575.63	2313.71	2908.92	2679.05	1742.69	2179.65	399513.55
24.00	3873.05	2502.32	3146.28	2840.05	1846.28	2310.04	424006.97
25.00	4172.19	2691.29	3384.08	2994.56	1945.82	2435.23	447462.88
26.00	4368.33	2818.93	3544.64	3141.76	2040.79	2554.58	469747.58
27.00	4569.65	2950.15	3709.71	3294.14	2139.00	2678.06	492861.85
28.00	4776.57	3085.22	3879.65	3452.12	2240.70	2806.03	516871.47
29.00	4989.09	3224.16	4054.45	3615.69	2345.90	2938.47	541776.45
30.00	5207.20	3366.95	4234.12	3784.86	2454.60	3075.39	567576.78
31.00	5430.91	3513.60	4418.66	3959.62	2566.80	3216.78	594272.46
32.00	5660.21	3664.11	4608.06	4139.98	2682.49	3362.66	621863.50
33.00	5895.11	3818.48	4802.33	4325.94	2801.68	3513.00	650349.89
34.00	6135.61	3976.71	5001.46	4517.49	2924.37	3667.83	679731.64
35.00	6381.70	4138.80	5205.46	4714.64	3050.56	3827.13	710008.74
36.00	6633.39	4304.75	5414.33	4917.39	3180.24	3990.91	741181.19
37.00	6890.67	4474.55	5628.06	5125.73	3313.43	4159.17	773249.00
38.00	7153.55	4648.22	5846.65	5339.66	3450.11	4331.90	806212.16
39.00	7422.02	4825.75	6070.12	5559.20	3590.28	4509.11	840070.67
40.00	7696.10	5007.13	6298.45	5784.33	3733.96	4690.80	874824.54
41.00	7975.76	5192.38	6531.64	6015.05	3881.13	4876.96	910473.76
42.00	8261.03	5381.48	6769.71	6251.37	4031.80	5067.60	947018.34
43.00	8551.88	5574.44	7012.63	6493.29	4185.96	5262.71	984458.27
44.00	8848.34	5771.27	7260.43	6740.80	4343.63	5462.31	1022793.56
45.00	9150.39	5971.95	7513.09	6993.91	4504.79	5666.38	1062024.19
46.00	9458.04	6176.49	7770.61	7252.61	4669.45	5874.92	1102150.19
47.00	9771.28	6384.89	8033.01	7516.91	4837.60	6087.95	1143171.53
48.00	10090.12	6597.15	8300.26	7786.81	5009.26	6305.45	1185088.23
49.00	10414.56	6813.27	8572.39	8062.30	5184.41	6527.43	1227900.29
50.00	10744.59	7033.25	8849.38	8343.39	5363.06	6753.88	1271607.69

**Pali trivellati  $\phi$  1000 (LATO EST) – CPO02**

Profondità [m]	Capacità Portante di Progetto a Compressione $R_{c,d}$ [kN]			Capacità Portante di Progetto a Trazione $R_{t,d}$ [kN]			Rigidezza assiale $K_w$ [kN/m]
	A1C1: A1+M1+R1	A1C2: A2+M1+R2	A2C1: A1+M1+R3	A1C1: A1+M1+R1	A1C2: A2+M1+R2	A2C1: A1+M1+R3	
1.00	241.58	147.18	185.19	68.33	44.77	55.76	10053.10
2.00	306.44	190.42	239.48	136.66	89.54	111.53	20106.19
3.00	371.31	233.65	293.77	204.99	134.30	167.29	30159.29
4.00	436.17	276.89	348.05	273.32	179.07	223.05	40212.39
5.00	501.03	320.12	402.34	341.65	223.84	278.82	50265.48
6.00	565.90	363.35	456.63	409.98	268.61	334.58	60318.58
7.00	630.76	406.59	510.92	478.31	313.37	390.34	70371.68
8.00	695.63	449.82	565.21	546.64	358.14	446.11	80424.77
9.00	760.49	493.06	619.50	614.97	402.91	501.87	90477.87
10.00	825.36	536.29	673.79	683.30	447.68	557.63	100530.96
11.00	890.22	579.53	728.08	751.63	492.44	613.40	110584.06
12.00	955.08	622.76	782.37	819.96	537.21	669.16	120637.16
13.00	1069.92	695.99	874.43	894.18	585.66	729.63	131632.73
14.00	1140.57	743.22	933.77	968.40	634.11	790.11	142628.31
15.00	1275.87	836.43	1051.08	1120.95	731.52	913.26	166157.92
16.00	1482.96	971.93	1221.65	1274.14	829.33	1036.91	189788.35
17.00	1694.87	1110.23	1395.75	1426.94	926.89	1160.24	213356.22
18.00	1914.71	1253.13	1575.62	1579.07	1024.03	1283.05	236817.22
19.00	2137.31	1397.52	1757.39	1729.98	1120.41	1404.87	260082.83
20.00	2365.43	1544.96	1942.99	1878.89	1215.54	1525.10	283029.54
21.00	2596.83	1694.07	2130.69	2025.24	1309.07	1643.29	305566.60
22.00	2830.73	1844.31	2319.82	2168.28	1400.53	1758.81	327572.46
23.00	3066.40	1995.19	2509.73	2307.25	1489.45	1871.09	348928.44
24.00	3015.25	1976.86	2486.57	2441.44	1575.38	1979.54	369518.54
25.00	2939.95	1943.77	2444.81	2570.13	1657.87	2083.59	389229.29
26.00	2839.81	1895.43	2383.85	2692.63	1736.50	2182.69	407949.54
27.00	2937.00	1962.35	2468.01	2806.98	1810.03	2275.27	425366.53
28.00	3030.19	2028.58	2551.32	2937.73	1893.81	2380.97	445405.97
29.00	3292.07	2194.50	2760.19	3073.13	1980.50	2490.39	466191.53
30.00	3567.27	2368.74	2979.53	3213.20	2070.10	2603.55	487723.22
31.00	3855.80	2551.29	3209.34	3357.94	2162.62	2720.44	510001.04
32.00	4157.65	2742.15	3449.61	3507.34	2258.06	2841.05	533024.98
33.00	4472.83	2941.32	3700.36	3661.40	2356.41	2965.40	556795.06
34.00	4801.33	3148.81	3961.58	3820.12	2457.67	3093.48	581311.26
35.00	5143.15	3364.60	4233.27	3983.51	2561.85	3225.29	606573.60
36.00	5345.19	3498.64	4402.02	4151.56	2668.94	3360.83	632582.06
37.00	5551.89	3635.89	4574.82	4324.27	2778.95	3500.10	659336.64
38.00	5763.25	3776.36	4751.67	4501.65	2891.87	3643.10	686837.36
39.00	5979.28	3920.05	4932.59	4683.69	3007.71	3789.83	715084.21
40.00	6199.97	4066.95	5117.55	4870.39	3126.46	3940.30	744077.18
41.00	6425.33	4217.07	5306.57	5061.76	3248.13	4094.49	773816.28
42.00	6655.35	4370.41	5499.65	5257.79	3372.71	4252.41	804301.51
43.00	6890.03	4526.96	5696.78	5458.49	3500.21	4414.07	835532.87
44.00	7129.38	4686.72	5897.97	5663.84	3630.61	4579.45	867510.35
45.00	7373.38	4849.71	6103.21	5873.86	3763.94	4748.57	900233.97
46.00	7622.06	5015.91	6312.51	6088.55	3900.18	4921.42	933703.71
47.00	7875.39	5185.32	6525.86	6307.89	4039.33	5097.99	967919.58
48.00	8133.39	5357.95	6743.26	6531.90	4181.40	5278.30	1002881.58
49.00	8396.05	5533.80	6964.73	6760.58	4326.38	5462.34	1038589.71
50.00	8663.38	5712.87	7190.24	6993.91	4474.28	5650.11	1075043.96

**Pali trivellati  $\phi$  1200 (LATO EST) – CPO02**

Profondità [m]	Capacità Portante di Progetto a Compressione $R_{c,d}$ [kN]			Capacità Portante di Progetto a Trazione $R_{t,d}$ [kN]			Rigidezza assiale $K_{pv}$ [kN/m]
	A1C1: A1+M1+R1	A1C2: A2+M1+R2	A2C1: A1+M1+R3	A1C1: A1+M1+R1	A1C2: A2+M1+R2	A2C1: A1+M1+R3	
1.00	332.79	201.55	253.56	83.32	55.04	68.24	12063.72
2.00	411.12	253.40	318.62	166.63	110.08	136.47	24127.43
3.00	489.44	305.26	383.68	249.95	165.12	204.71	36191.15
4.00	567.77	357.12	448.75	333.26	220.16	272.94	48254.86
5.00	646.09	408.97	513.81	416.58	275.20	341.18	60318.58
6.00	724.42	460.83	578.87	499.89	330.24	409.41	72382.29
7.00	802.74	512.69	643.94	583.21	385.28	477.65	84446.01
8.00	881.07	564.55	709.00	666.52	440.33	545.88	96509.73
9.00	959.39	616.40	774.06	749.84	495.37	614.12	108573.44
10.00	1037.72	668.26	839.13	833.15	550.41	682.35	120637.16
11.00	1116.04	720.12	904.19	916.47	605.45	750.59	132700.87
12.00	1194.36	771.98	969.25	999.78	660.49	818.82	144764.59
13.00	1343.23	866.05	1087.48	1090.16	719.95	892.71	157959.28
14.00	1428.49	922.70	1158.59	1180.55	779.41	966.61	171153.97
15.00	1588.02	1032.58	1296.83	1364.94	897.62	1115.70	199389.50
16.00	2153.38	1381.25	1735.77	1550.08	1016.30	1265.40	227746.02
17.00	2370.92	1525.28	1917.01	1734.76	1134.69	1414.72	256027.47
18.00	2770.62	1776.38	2233.09	1918.63	1252.58	1563.41	284180.66
19.00	2998.44	1926.23	2421.66	2101.04	1369.56	1710.92	312099.40
20.00	3227.40	2076.50	2610.76	2281.06	1485.04	1856.51	339635.44
21.00	3453.29	2224.66	2797.19	2458.00	1598.60	1999.65	366679.92
22.00	3675.19	2370.06	2980.16	2630.96	1709.67	2139.60	393086.95
23.00	3892.22	2512.11	3158.89	2799.05	1817.69	2275.66	418714.13
24.00	3787.68	2464.42	3098.67	2961.39	1922.12	2407.11	443422.25
25.00	3649.69	2396.37	3012.83	3117.14	2022.43	2533.30	467075.15
26.00	3477.40	2307.41	2900.63	3265.46	2118.10	2653.53	489539.45
27.00	3591.24	2385.75	2999.11	3404.00	2207.66	2765.95	510439.84
28.00	3695.37	2460.38	3092.94	3562.22	2309.51	2894.11	534487.16
29.00	4041.29	2677.82	3366.60	3726.02	2414.86	3026.74	559429.83
30.00	4405.29	2906.45	3654.36	3895.43	2523.71	3163.84	585267.86
31.00	4787.35	3146.28	3956.23	4070.43	2636.05	3305.43	612001.24
32.00	5187.48	3397.30	4272.20	4251.03	2751.89	3451.49	639629.98
33.00	5605.68	3659.51	4602.27	4437.22	2871.23	3602.03	668154.07
34.00	6041.94	3932.92	4946.45	4629.01	2994.07	3757.04	697573.52
35.00	6496.27	4217.53	5304.73	4826.39	3120.40	3916.53	727888.31
36.00	6748.20	4383.64	5513.80	5029.37	3250.23	4080.50	759098.47
37.00	7005.71	4553.61	5727.73	5237.95	3383.56	4248.94	791203.97
38.00	7268.83	4727.44	5946.54	5452.12	3520.39	4421.86	824204.83
39.00	7537.54	4905.13	6170.20	5671.89	3660.71	4599.26	858101.05
40.00	7811.85	5086.68	6398.74	5897.25	3804.53	4781.14	892892.61
41.00	8091.75	5272.08	6632.14	6128.21	3951.85	4967.49	928579.54
42.00	8377.25	5461.35	6870.41	6364.77	4102.67	5158.32	965161.81
43.00	8668.34	5654.47	7113.54	6606.92	4256.98	5353.62	1002639.44
44.00	8965.04	5851.46	7361.54	6854.67	4414.79	5553.40	1041012.42
45.00	9267.32	6052.30	7614.40	7108.01	4576.10	5757.66	1080280.76
46.00	9575.21	6257.01	7872.13	7366.95	4740.91	5966.40	1120444.45
47.00	9888.68	6465.57	8134.73	7631.49	4909.21	6179.61	1161503.50
48.00	10207.76	6677.99	8402.19	7901.62	5081.01	6397.30	1203457.90
49.00	10532.43	6894.27	8674.52	8177.35	5256.31	6619.46	1246307.65
50.00	10862.70	7114.41	8951.72	8458.67	5435.11	6846.10	1290052.76

## 11.CPO01 – CPO02 - CAPACITÀ PORTANTE DEL PALO, DEL DIAFRAMMA E DEL POZZO DI DIAFRAMMI SINGOLO SOGGETTO A CARICHI TRASVERSALI

Nel seguito si riportano i calcoli di capacità portante del singolo palo di fondazione soggetto a carichi trasversali, con riferimento a pali trivellati  $\phi$  1000 e  $\phi$  1200.

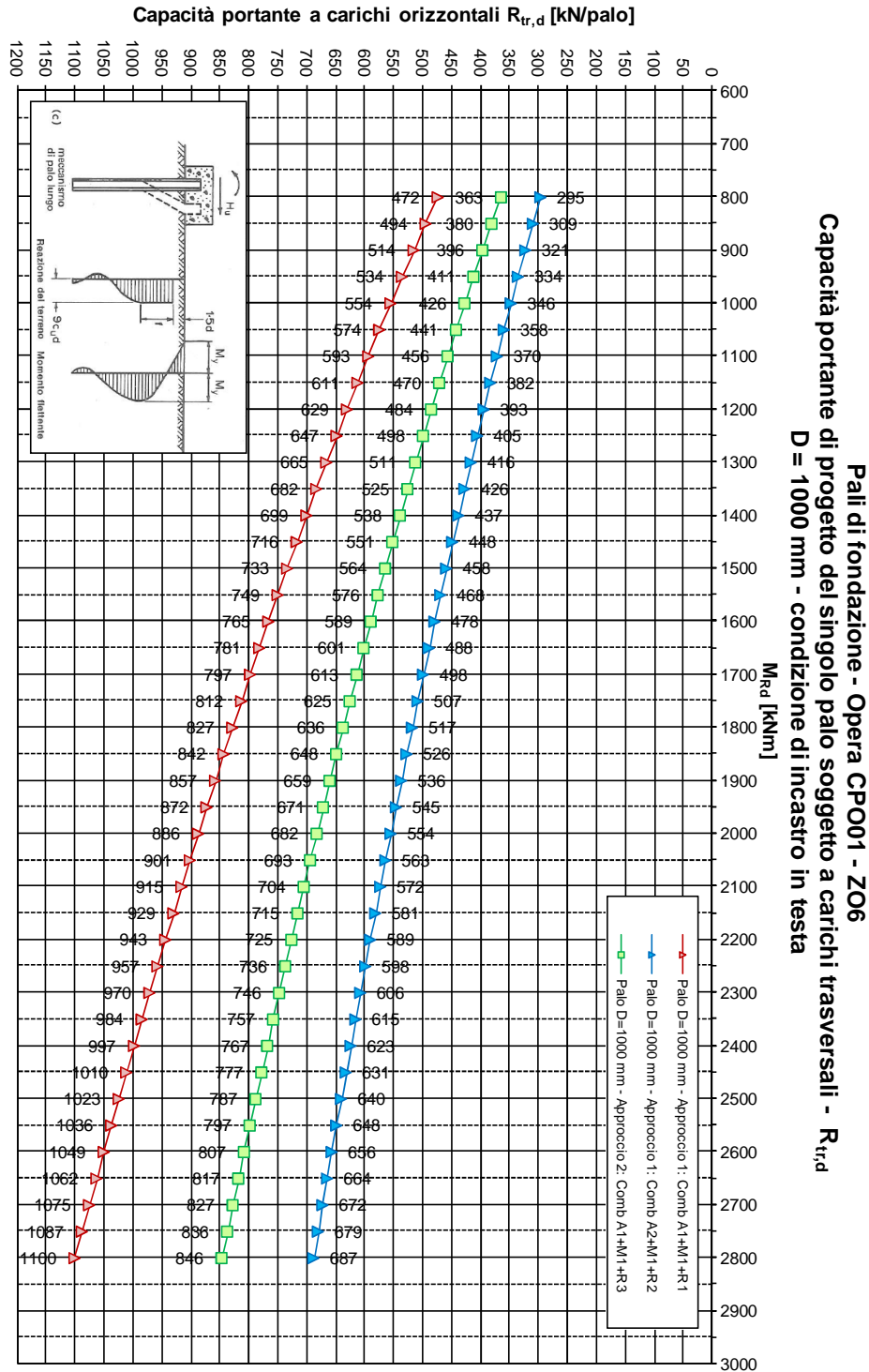
Il calcolo viene condotto secondo i seguenti approcci con riferimento al DM 14/01/2008 Par.6.4.3:

- Approccio 1: combinazioni A1+M1+R1 e A2+M1+R2;
- Approccio 2: combinazione A1+M1+R3;

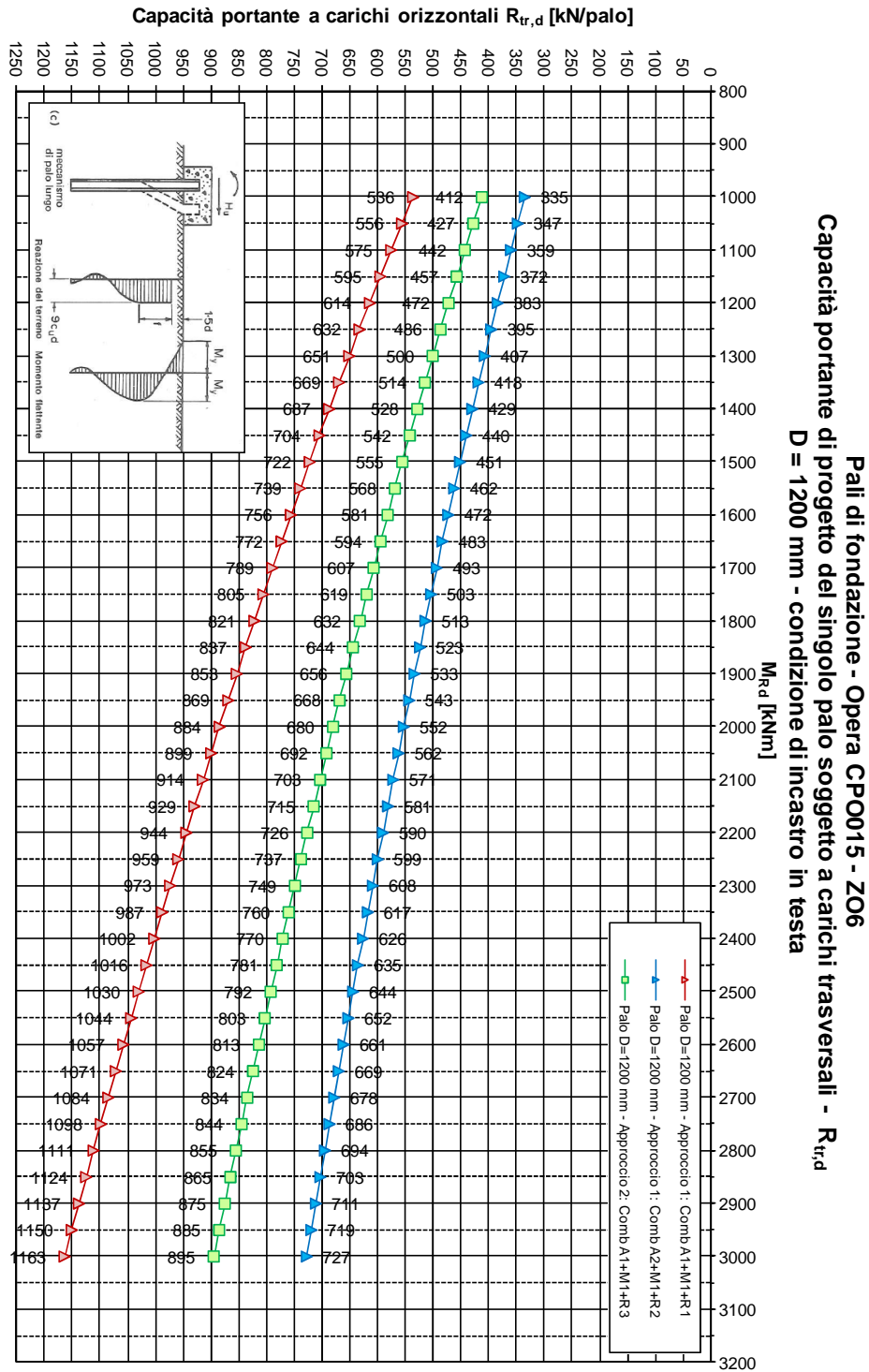
e con riferimento alla seguente bibliografia:

- AGI – Raccomandazioni sui pali di fondazione (1984);
- Viggiani C. – Fondazioni – Hevelius Edizioni
- Frank R. - Calcul des fondations superficielles et profondes – Techniques de l'ingénieur (IT) – Presses de l'École nationale des Ponts et Chaussées
- Poulos H.G., Davis E.H. – Analisi e progettazione di fondazioni su pali – Libreria Dario Flaccovio Editrice.

I grafici sottostanti riportano le resistenze di progetto dei pali in funzione del momento resistente della sezione, i calcoli sono stati svolti considerando la testa del palo incastrata o libera alla quota di riferimento.



**FIGURA 11-1: CAPACITÀ PORTANTE ORIZZONTALE – PALI TRIVELLATI  $\phi$  1000 – CPO01**



**FIGURA 11-2: CAPACITÀ PORTANTE ORIZZONTALE – PALI TRIVELLATI  $\phi$  1200 – CPO01**

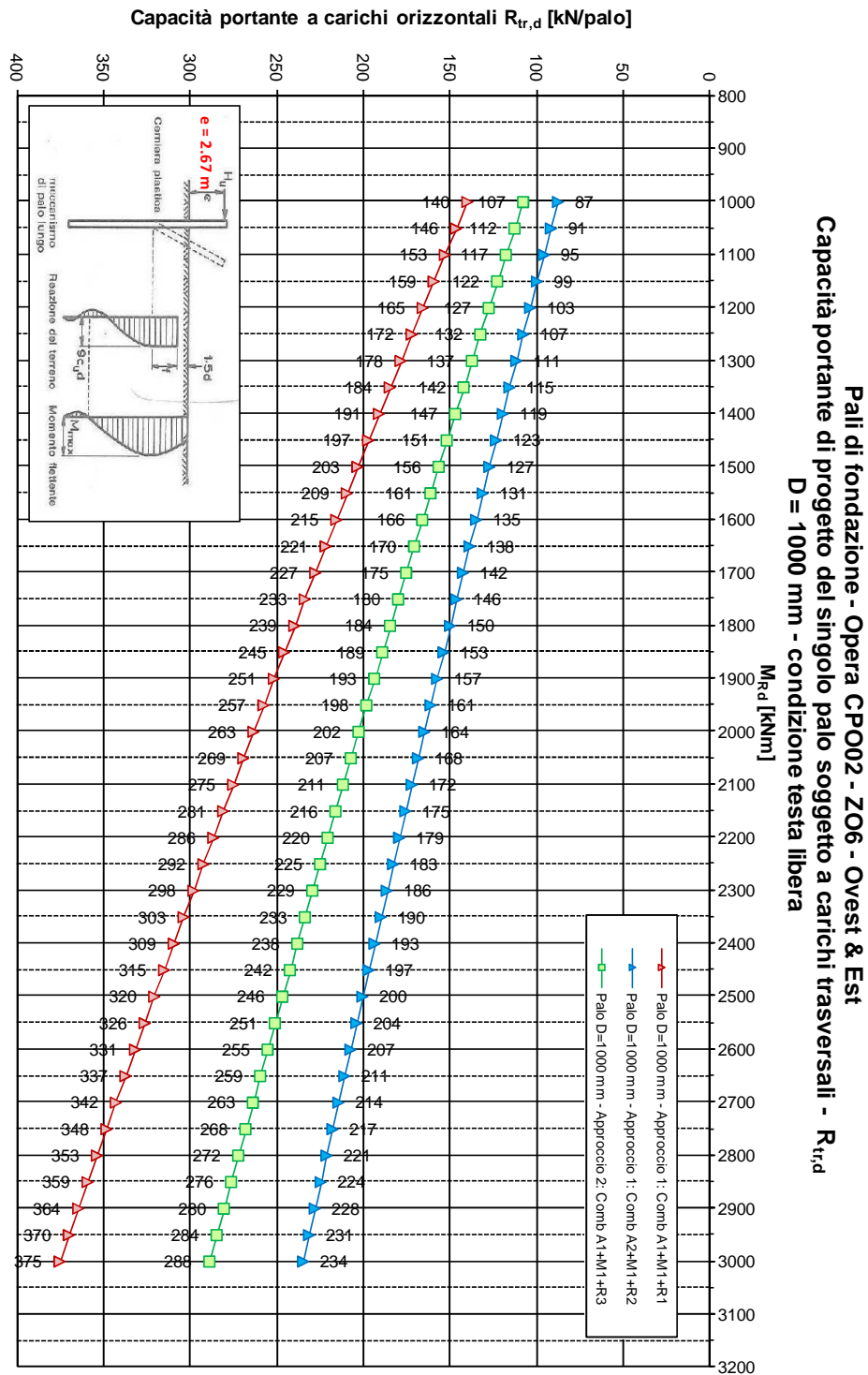


FIGURA 11-3: CAPACITÀ PORTANTE ORIZZONTALE – PALI TRIVELLATI  $\phi$  1000 (TESTA LIBERA) – CPO02

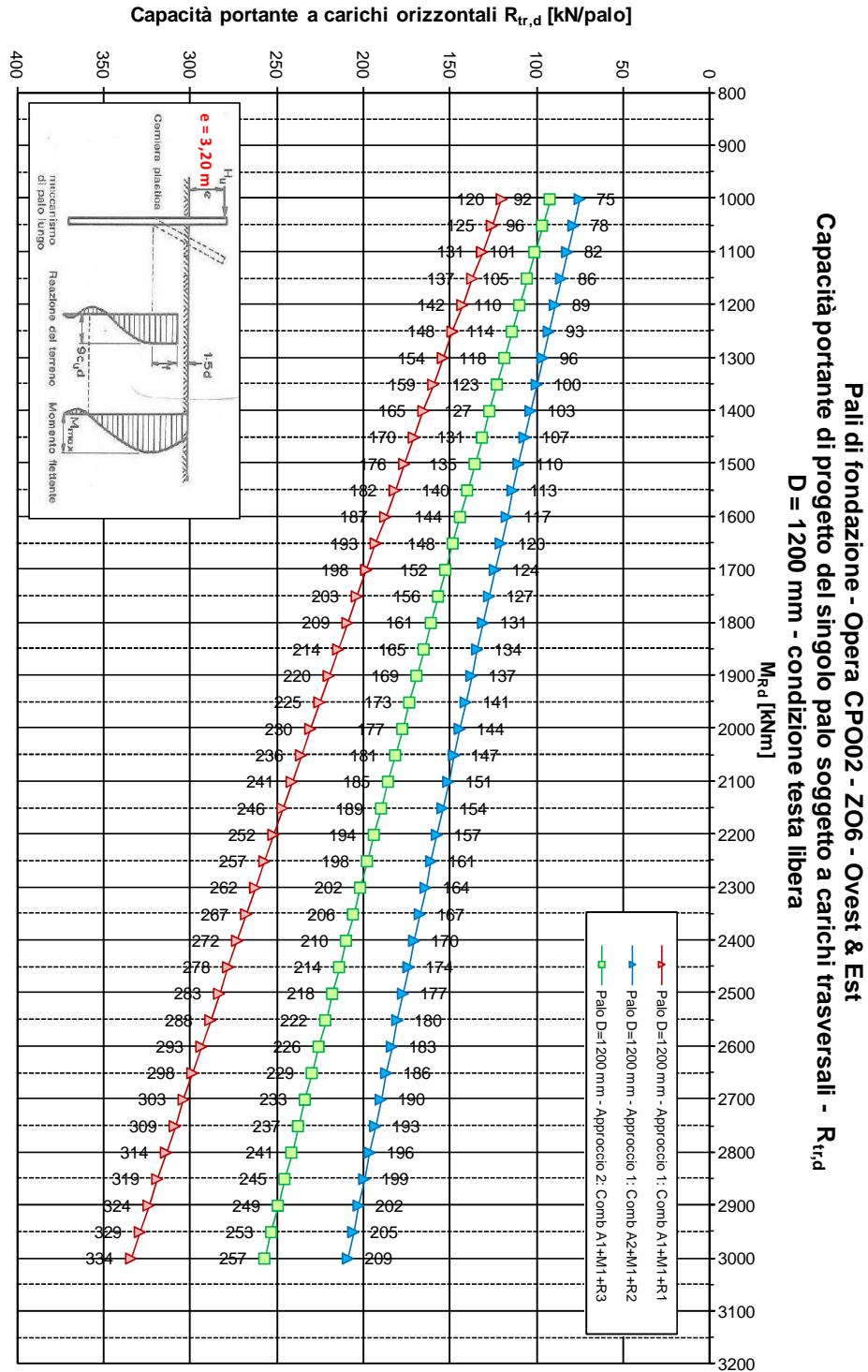


FIGURA 11-4: CAPACITÀ PORTANTE ORIZZONTALE – PALI TRIVELLATI  $\phi$  1200 (TESTA LIBERA) – CPO02



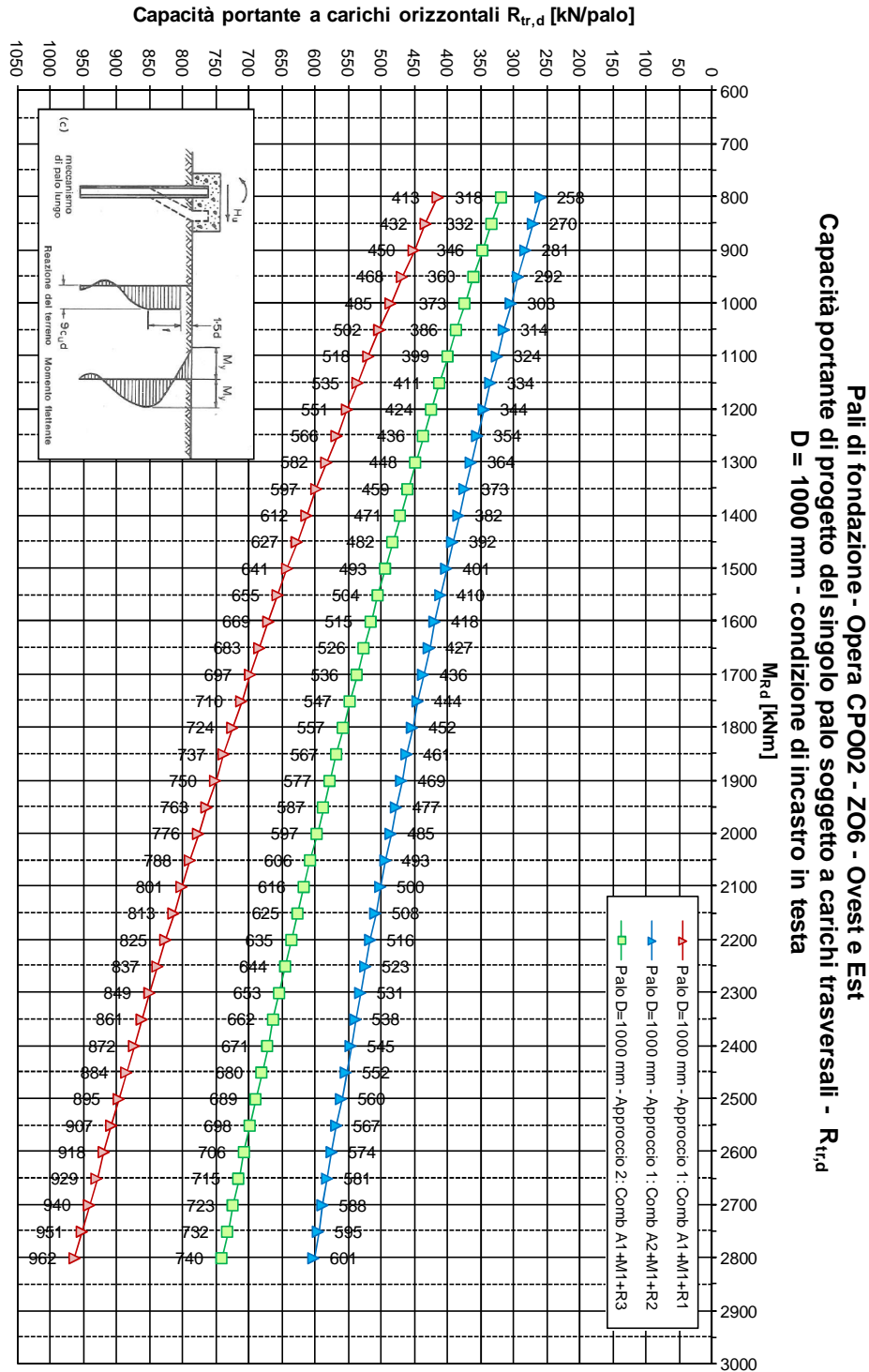
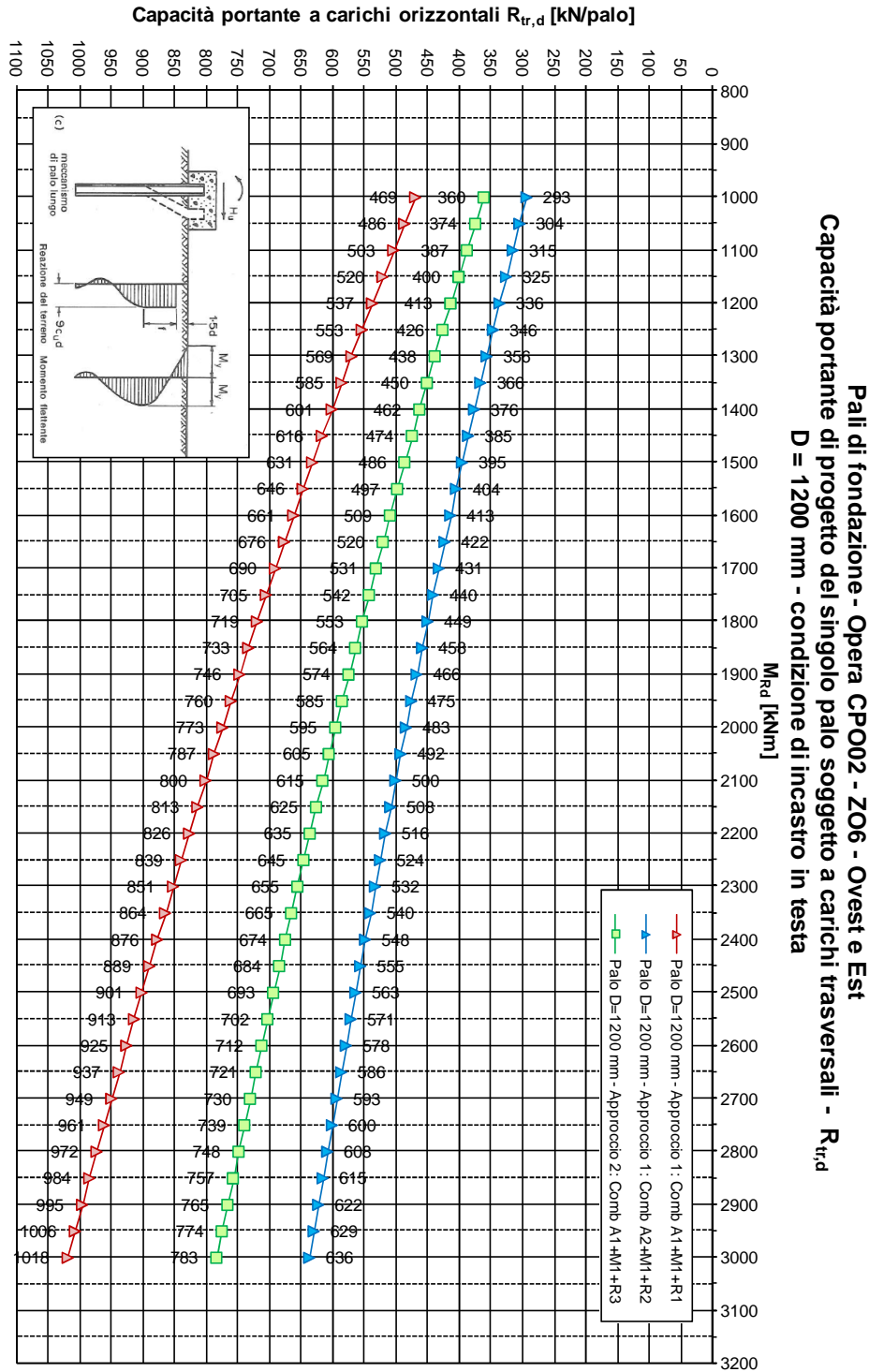


FIGURA 11-5: CAPACITÀ PORTANTE ORIZZONTALE – PALI TRIVELLATI  $\phi$  1000 (TESTA INCASTRATA) – CPO02



**FIGURA 11-6: CAPACITÀ PORTANTE ORIZZONTALE – PALI TRIVELLATI  $\phi$  1200 (TESTA INCASTRATA) – CPO02**

## 12. CPO01 – CPO02 - ANDAMENTO DELLE SOLLECITAZIONI NEL PALO SINGOLO SOGGETTO A CARICHI ORIZZONTALI

Il comportamento del palo soggetto ai carichi trasversali al proprio asse (forze orizzontali e momenti flettenti) può essere rappresentato dalla teoria elastica di Matlock e Reese (1960).

Il calcolo viene condotto con riferimento alla seguente bibliografia:

- Viggiani C. – Fondazioni – Hevelius Edizioni
- Poulos H.G., Davis E.H. – Analisi e progettazione di fondazioni su pali – Libreria Dario Flaccovio Editrice.

La valutazione delle sollecitazioni lungo il palo singolo caricato da una forza orizzontale (H) e da un momento in testa (M) viene effettuata secondo la teoria sopracitata per un modulo unitario (1000 kN).

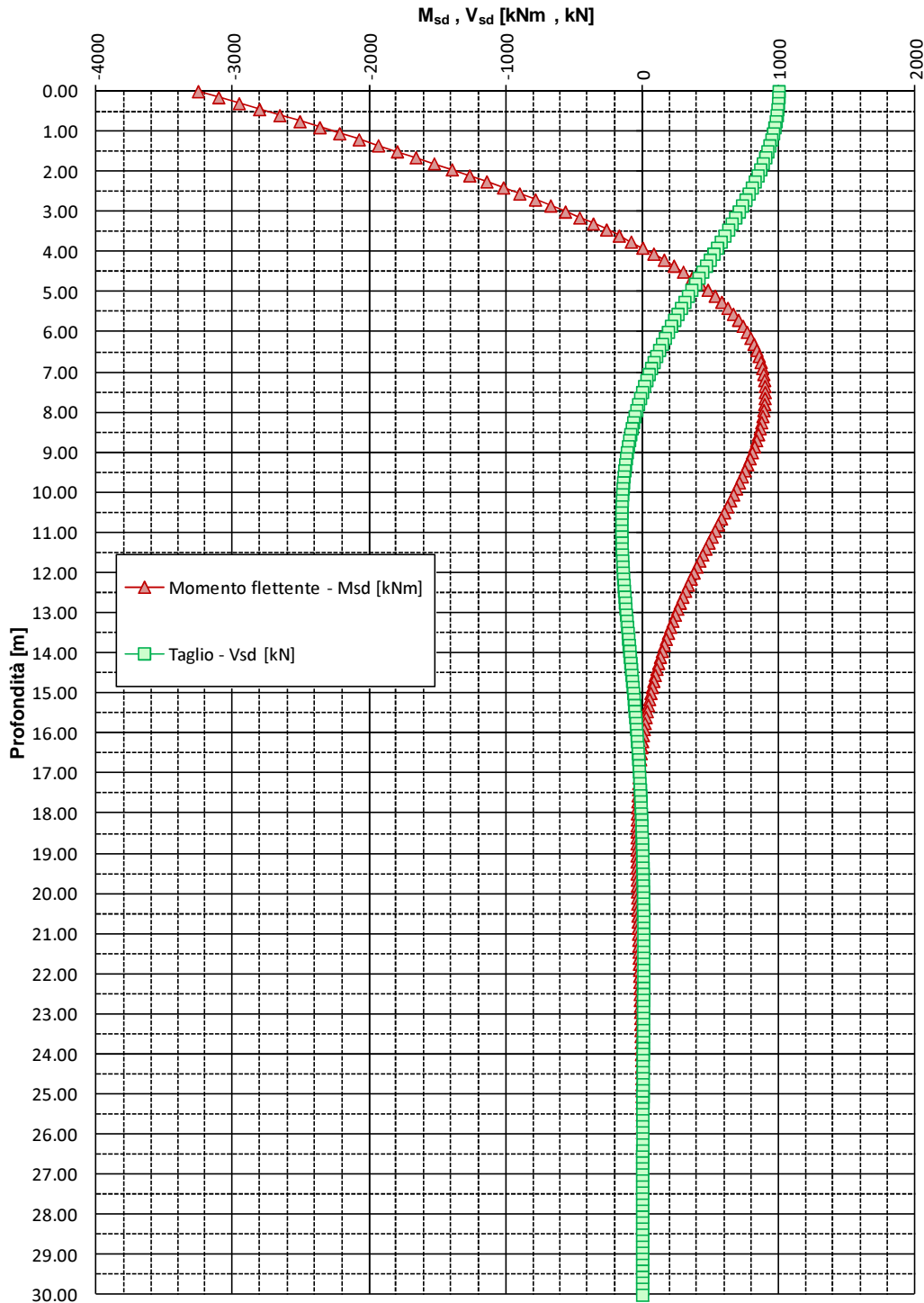
Le grandezze così calcolate, in ragione della linearità del metodo, potranno essere combinate linearmente a seconda delle azioni di progetto.

Di seguito si riportano i grafici di momento flettente, taglio, spostamento e rotazione per i pali trivellati  $\phi$  1000 e  $\phi$  1200. A seguire si riportano i tabulati di derivazione dei grafici stessi.

**Pali di fondazione da p.c. - Opera CPO01 - ZO6**

Diagrammi di sollecitazione flettente e tagliante per un'azione orizzontale di 1000kN

**D = 1000 mm - condizione di incastro in testa**



**FIGURA 12-1: ANDAMENTO DELLE SOLLECITAZIONI FLETTENTE E TAGLIANTE – PALI TRIVELLATI  $\phi$  1000 – CPO01**

### Pali di fondazione da p.c. - Opera CPO01 - ZO6

Diagrammi di spostamento e rotazione per un'azione orizzontale di 1000kN

D = 1000 mm - condizione di incastro in testa

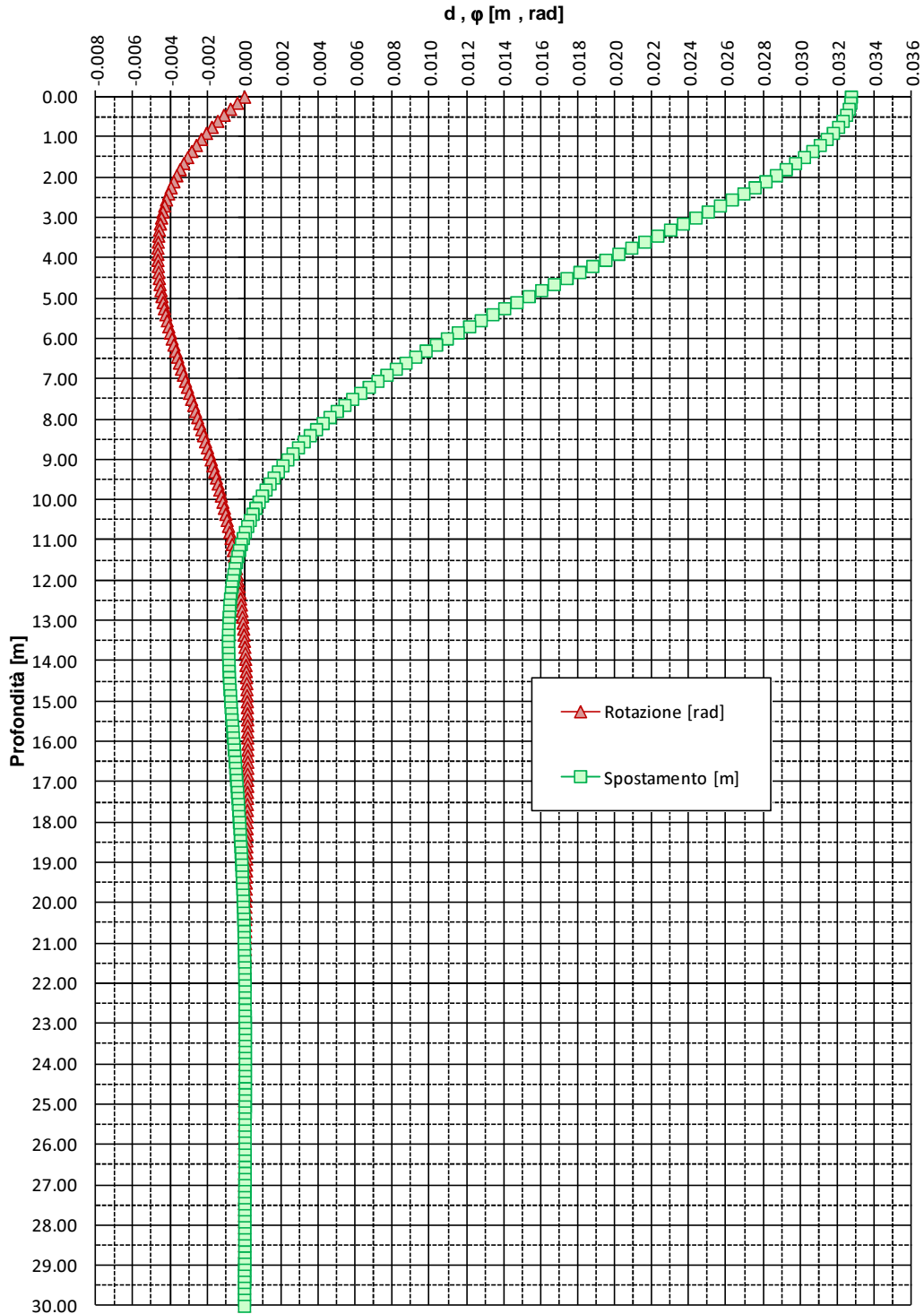


FIGURA 12-2: SPOSTAMENTI E ROTAZIONI – PALI TRIVELLATI  $\phi$  1000 – CPO01

### Pali di fondazione da p.c. - Opera CPO01 - ZO6

Diagrammi di sollecitazione flettente e tagliante per un'azione orizzontale di 1000kN

D = 1200 mm - condizione di incastro in testa

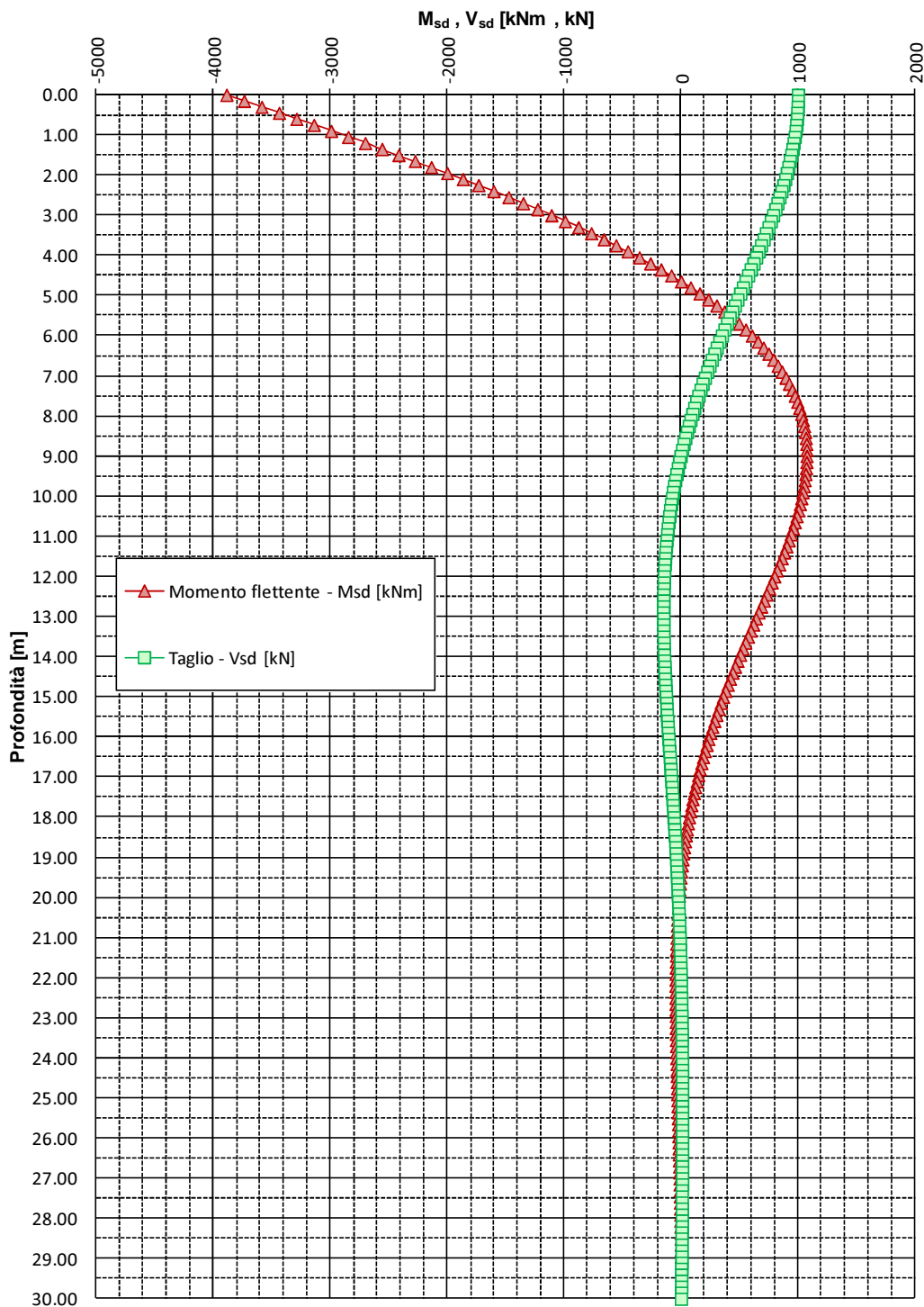
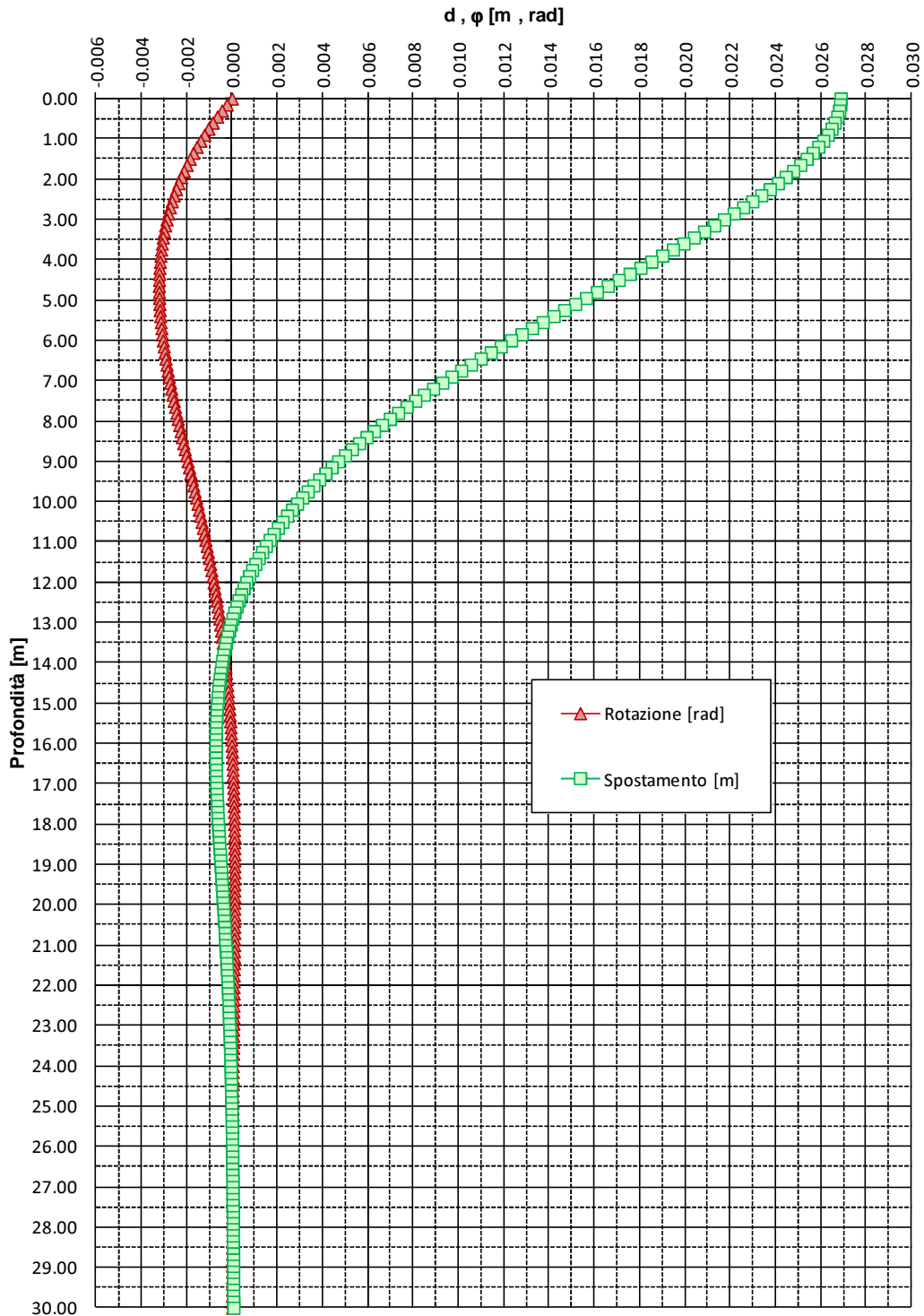


FIGURA 12-3: ANDAMENTO DELLE SOLLECITAZIONI FLETTENTE E TAGLIANTE – PALI TRIVELLATI  $\phi$  1200 – CPO01

**Pali di fondazione da p.c. - Opera CPO01 - ZO6**  
 Diagrammi di spostamento e rotazione per un'azione orizzontale di 1000kN  
**D = 1200 mm - condizione di incastro in testa**

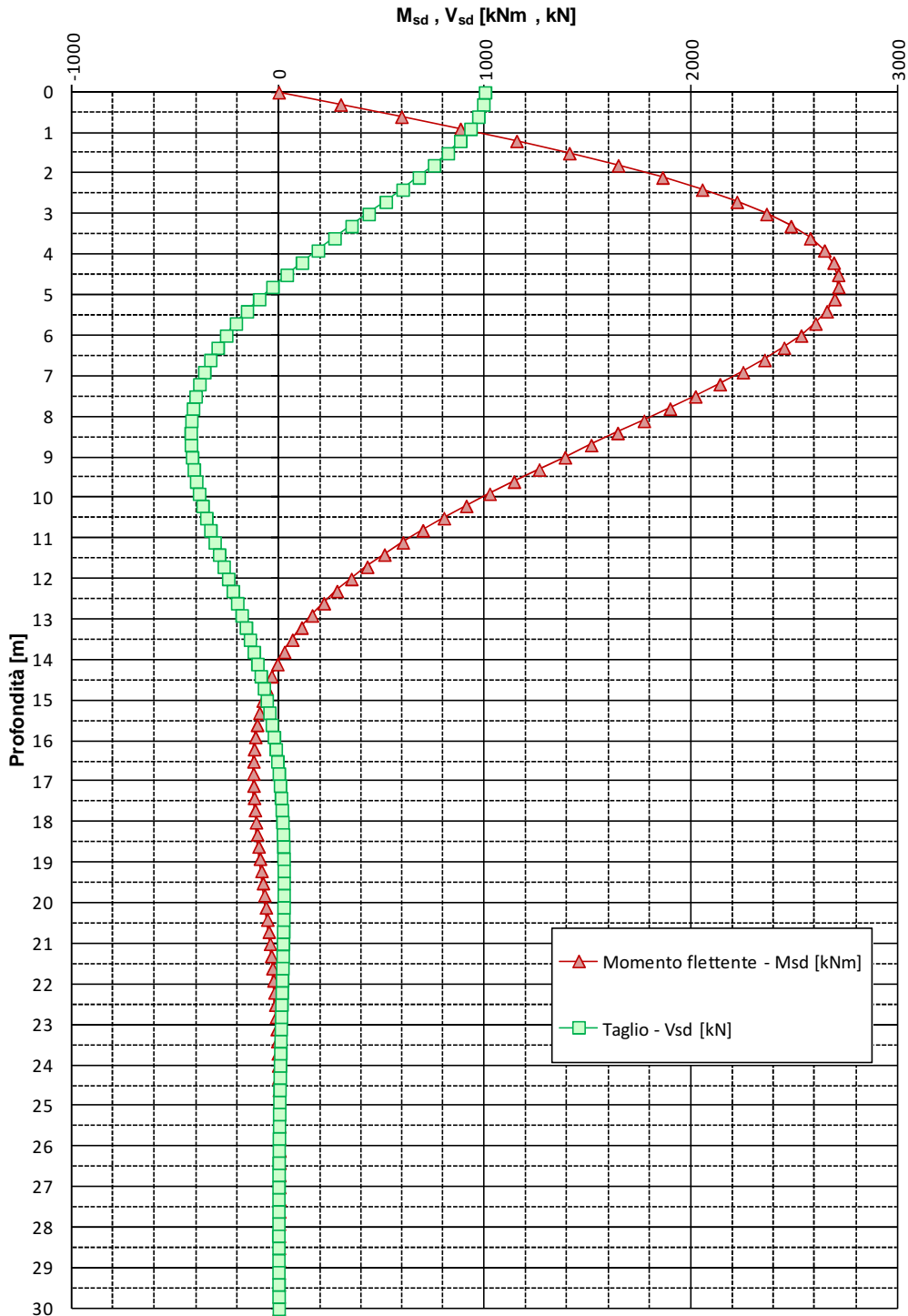


**FIGURA 12-4: SPOSTAMENTI E ROTAZIONI – PALI TRIVELLATI φ 1200 – CPO01**

**Pali di fondazione da p.c. - Opera CPO02 - ZO6 - Ovest & Est**

Diagrammi di sollecitazione flettente e tagliante per un'azione orizzontale di 1000kN

**D = 1000 mm - libero in testa**



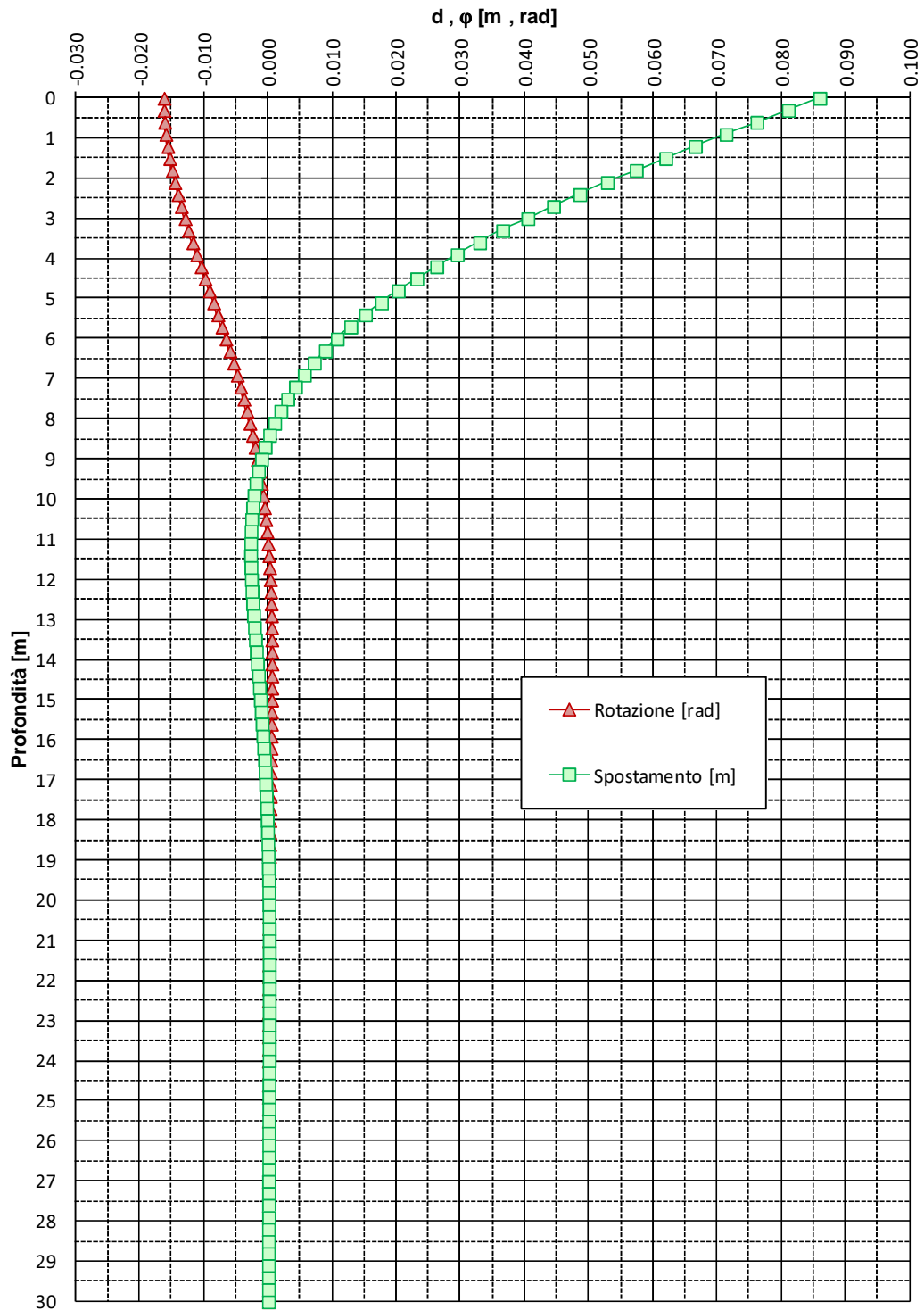
**FIGURA 12-5: ANDAMENTO DELLE SOLLECITAZIONI FLETTENTE E TAGLIANTE – PALI TRIVELLATI  $\phi$  1000 (TESTA LIBERA – TAGLIO IN TESTA) – CPO02**



**Pali di fondazione da p.c. - Opera CPO02 - ZO6 - Ovest & Est**

Diagrammi di spostamento e rotazione per un'azione orizzontale di 1000kN

**D = 1000 mm - libero in testa**

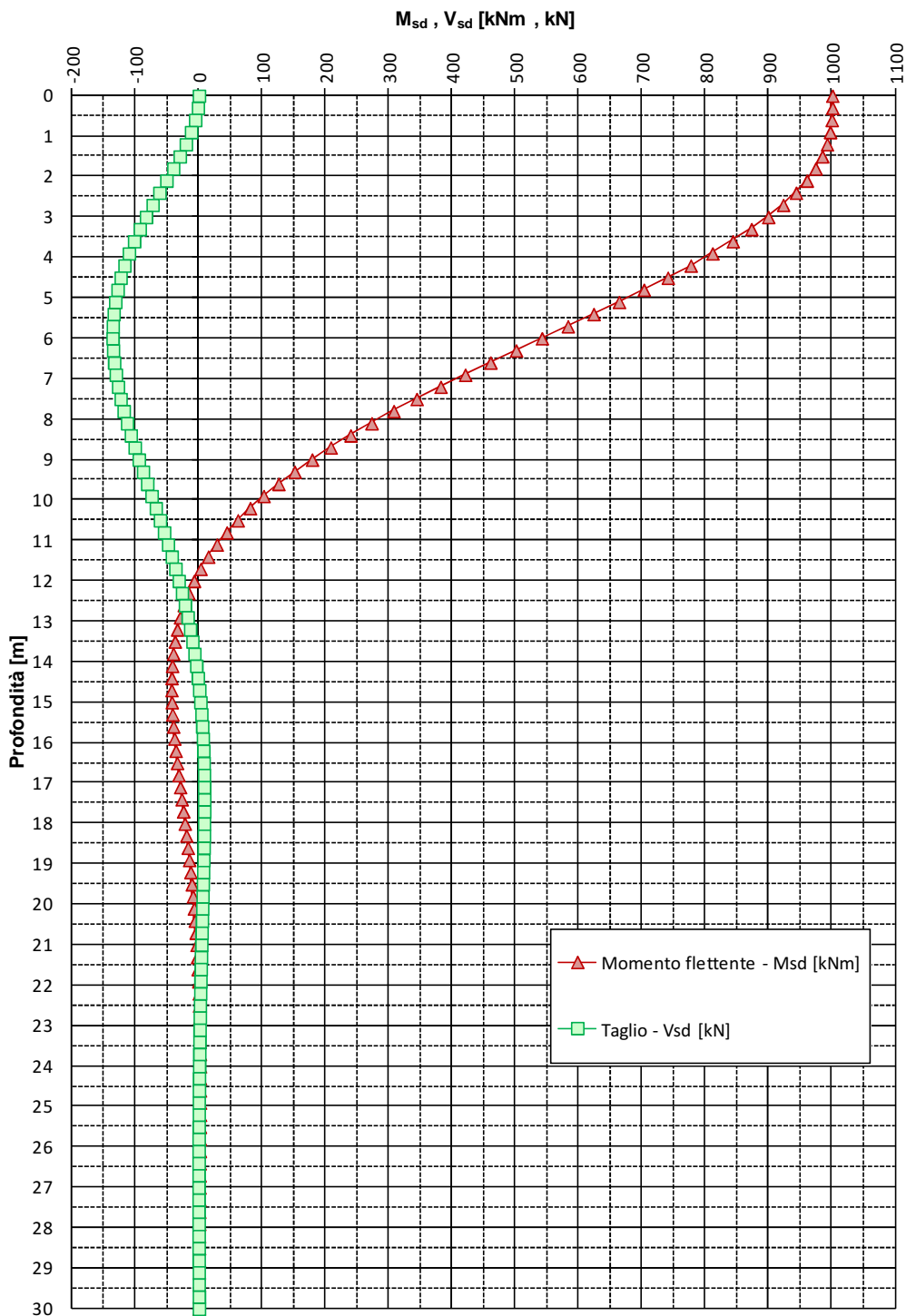


**FIGURA 12-6: SPOSTAMENTI E ROTAZIONI – PALI TRIVELLATI φ 1000 (TESTA LIBERA – TAGLIO IN TESTA) – CPO02**

**Pali di fondazione da p.c. - Opera CPO02 - ZO6 - Ovest & Est**

Diagrammi di sollecitazione flettente e tagliante per un momento in testa di 1000kN

**D = 1000 mm - libero in testa**



**FIGURA 12-7: ANDAMENTO DELLE SOLLECITAZIONI FLETTENTE E TAGLIANTE – PALI TRIVELLATI  $\phi$  1000 (TESTA LIBERA – MOMENTO IN TESTA) – CPO02**

### Pali di fondazione da p.c. - Opera CPO02 - ZO6 - Ovest & Est

Diagrammi di spostamento e rotazione per un momento in testa di 1000kN

D = 1000 mm - libero in testa

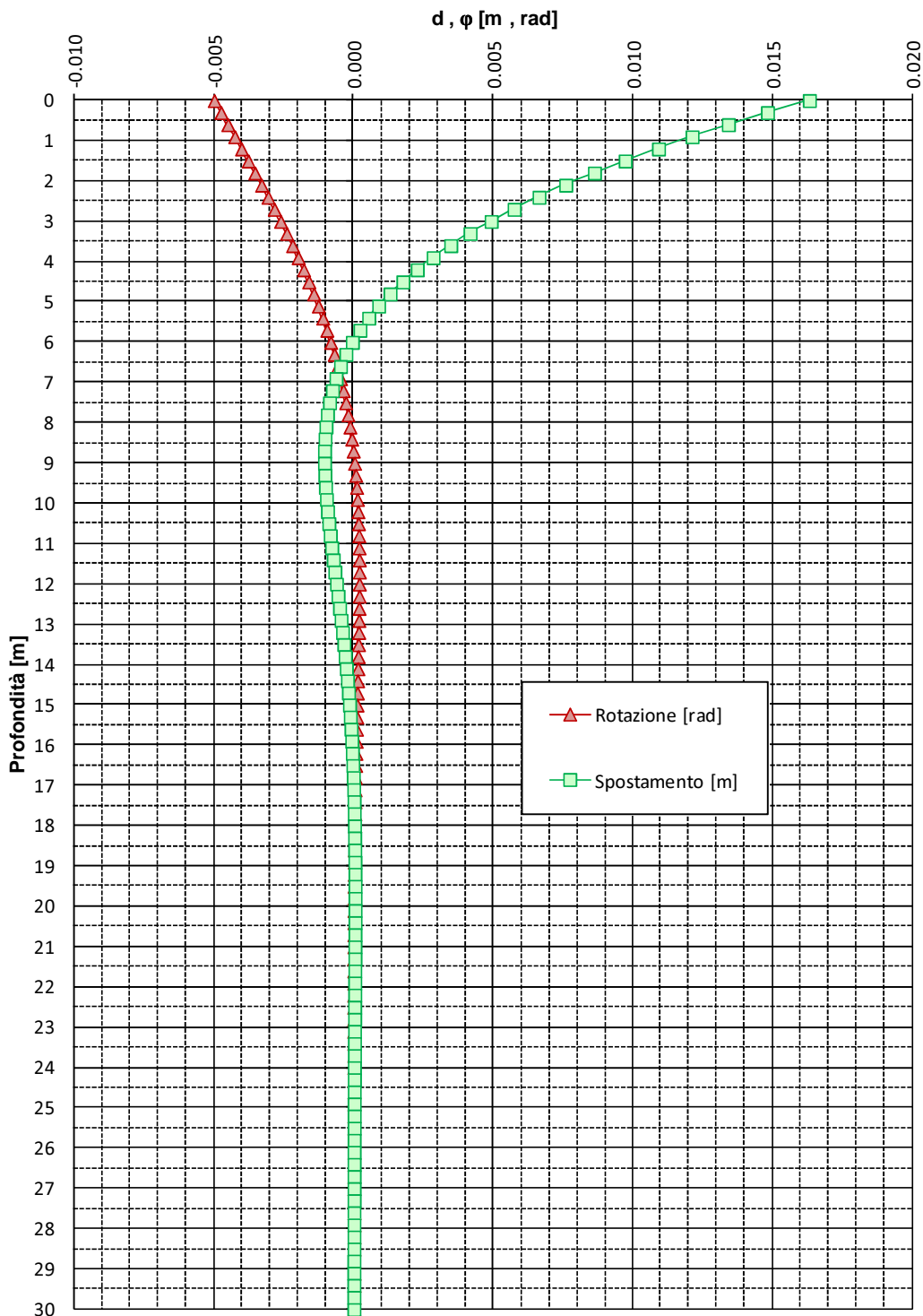
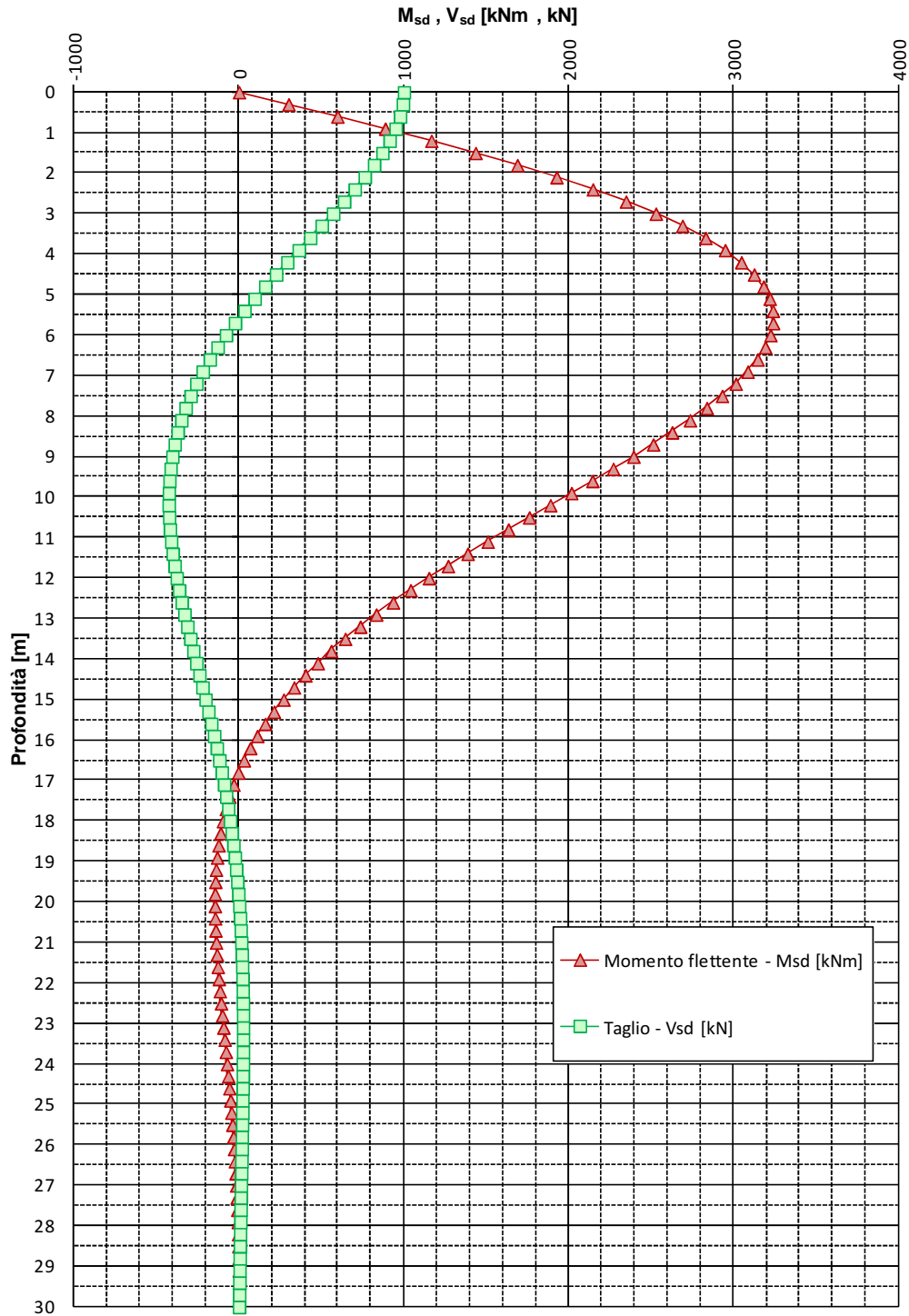


FIGURA 12-8: SPOSTAMENTI E ROTAZIONI – PALI TRIVELLATI  $\phi$  1000 (TESTA LIBERA – MOMENTO IN TESTA) – CPO02

**Pali di fondazione da p.c. - Opera CPO06 - ZO6 - Ovest & Est**

Diagrammi di sollecitazione flettente e tagliante per un'azione orizzontale di 1000kN

**D = 1200 mm - libero in testa**

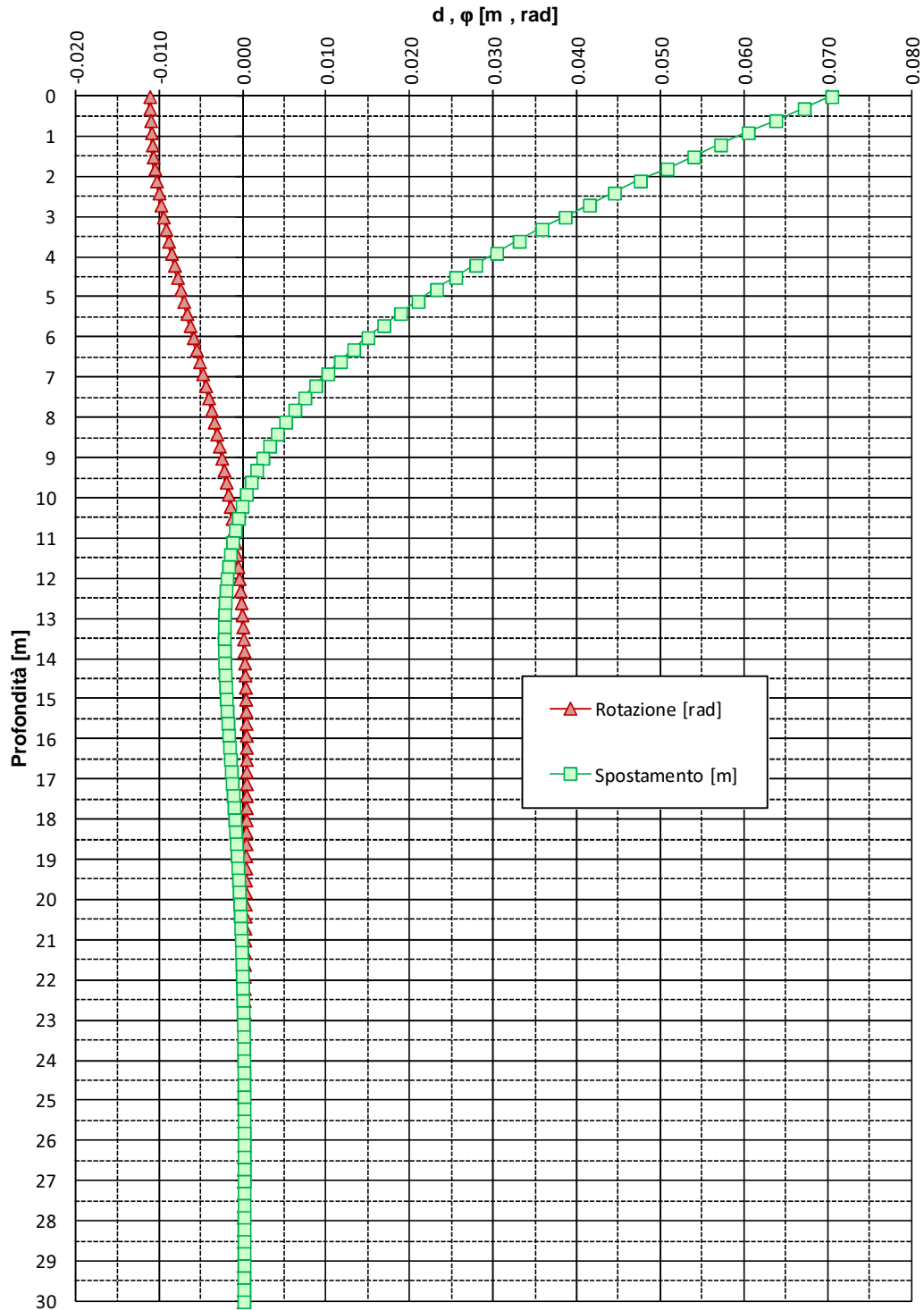


**FIGURA 12-9: ANDAMENTO DELLE SOLLECITAZIONI FLETTENTE E TAGLIANTE – PALI TRIVELLATI  $\phi$  1200 (TESTA LIBERA – TAGLIO IN TESTA) – CPO02**

**Pali di fondazione da p.c. - Opera CPO06 - ZO6 - Ovest & Est**

Diagrammi di spostamento e rotazione per un'azione orizzontale di 1000kN

**D = 1200 mm - libero in testa**

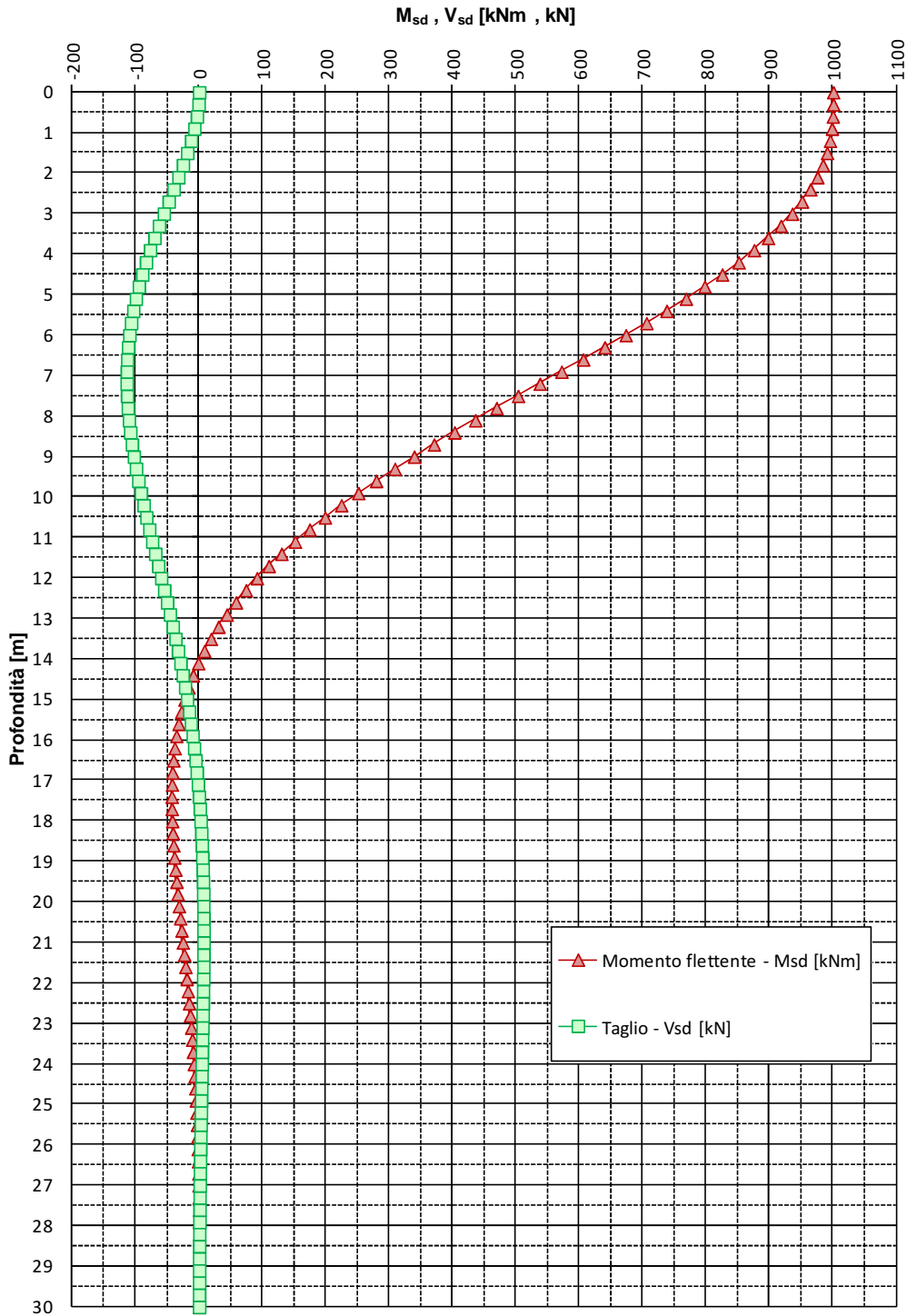


**FIGURA 12-10: SPOSTAMENTI E ROTAZIONI – PALI TRIVELLATI φ 1200 (TESTA LIBERA – TAGLIO IN TESTA) – CPO02**

**Pali di fondazione da p.c. - Opera CPO06 - ZO6 - Ovest & Est**

Diagrammi di sollecitazione flettente e tagliante per un momento in testa di 1000kN

**D = 1200 mm - libero in testa**

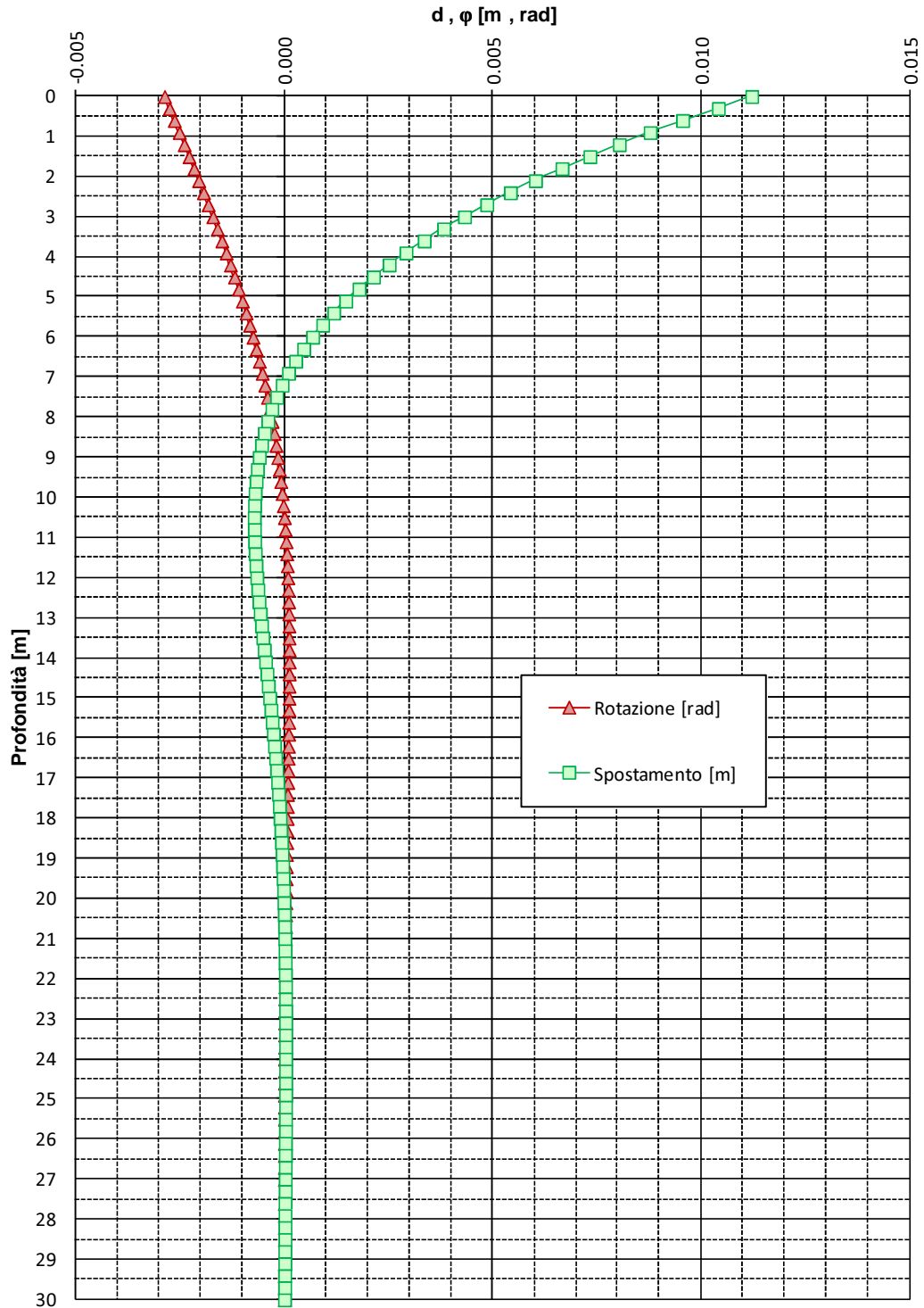


**FIGURA 12-11: ANDAMENTO DELLE SOLLECITAZIONI FLETTENTE E TAGLIANTE – PALI TRIVELLATI  $\phi$  1200 (TESTA LIBERA – MOMENTO IN TESTA) – CPO02**

**Pali di fondazione da p.c. - Opera CPO06 - ZO6 - Ovest & Est**

Diagrammi di spostamento e rotazione per un momento in testa di 1000kN

**D = 1200 mm - libero in testa**



**FIGURA 12-12: SPOSTAMENTI E ROTAZIONI – PALI TRIVELLATI φ 1200 (TESTA LIBERA – MOMENTO IN TESTA) – CPO02**

### Pali di fondazione da p.c. - Opera CPO02 - ZO6 - Ovest & Est

Diagrammi di sollecitazione flettente e tagliante per un'azione orizzontale di 1000kN

D = 1000 mm - condizione di incastro in testa

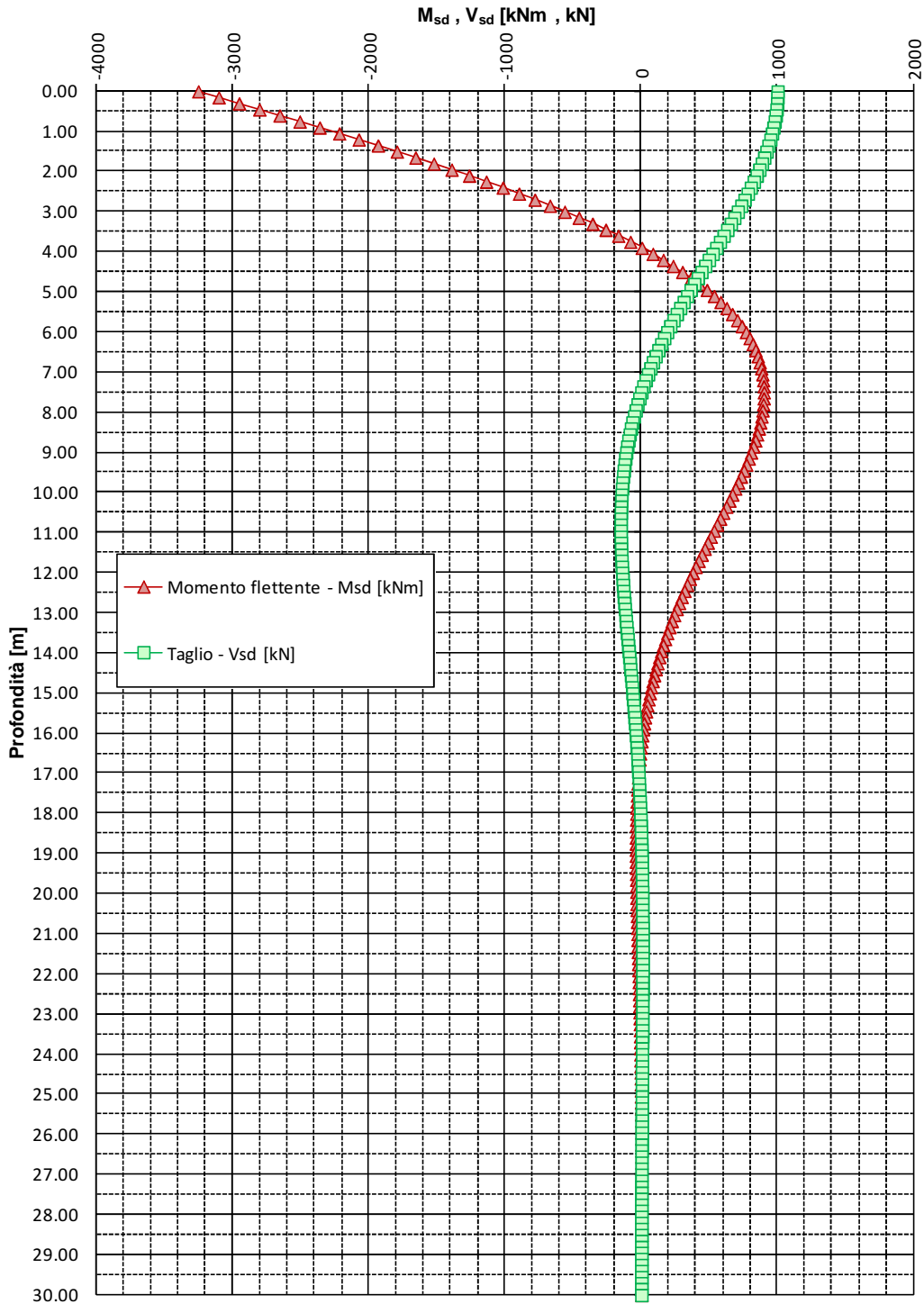


FIGURA 12-13: ANDAMENTO DELLE SOLLECITAZIONI FLETTENTE E TAGLIANTE – PALI TRIVELLATI  $\phi$  1000 (TESTA INCASTRATA) – CPO02



### Pali di fondazione da p.c. - Opera CPO02 - ZO6 - Ovest & Est

Diagrammi di spostamento e rotazione per un'azione orizzontale di 1000kN

D = 1000 mm - condizione di incastro in testa

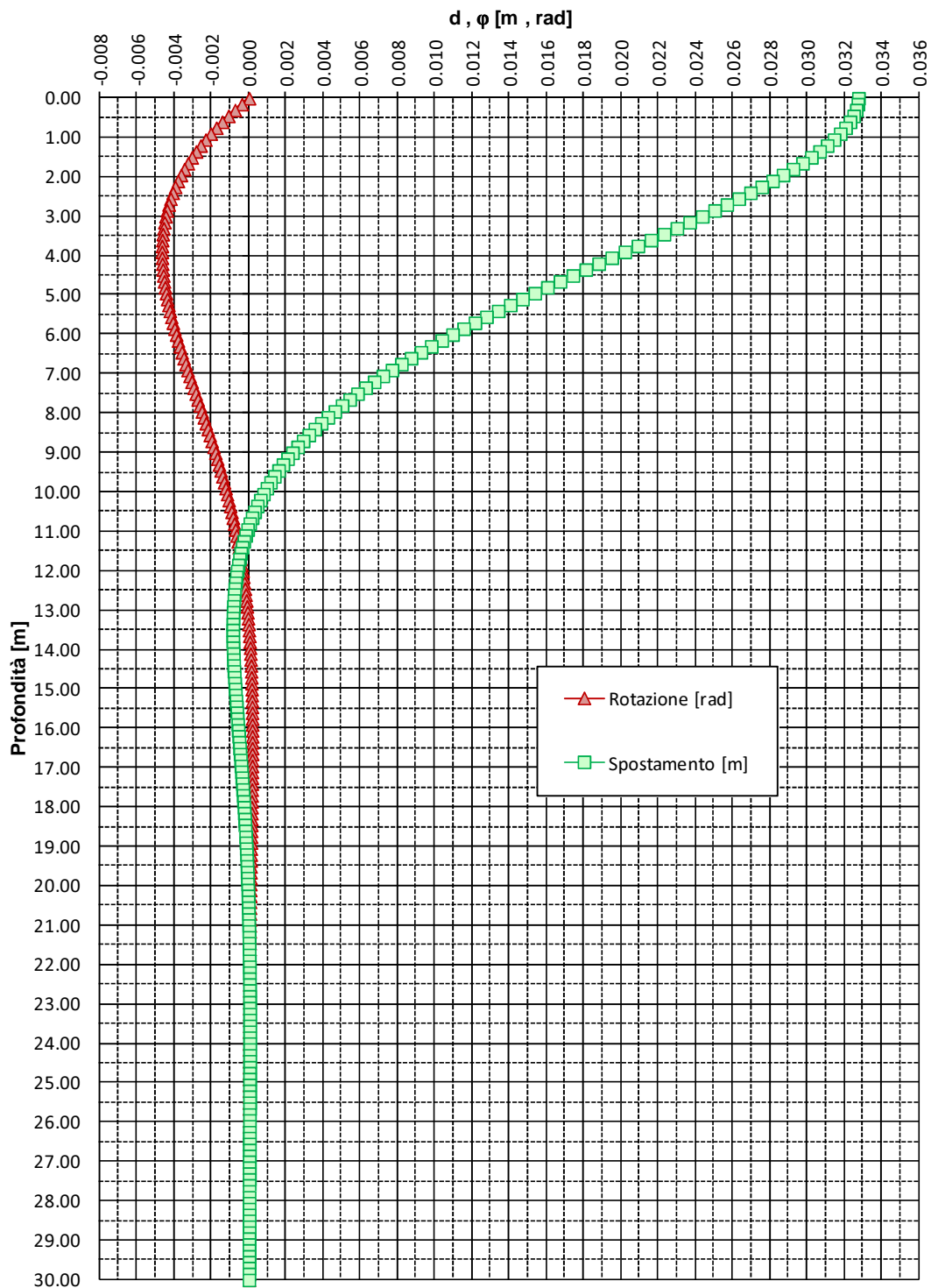


FIGURA 12-14: SPOSTAMENTI E ROTAZIONI – PALI TRIVELLATI φ 1000 (TESTA INCASTRATA) – CPO02

### Pali di fondazione da p.c. - Opera CPO02 - ZO6 - Ovest & Est

Diagrammi di sollecitazione flettente e tagliante per un'azione orizzontale di 1000kN

D = 1200 mm - condizione di incastro in testa

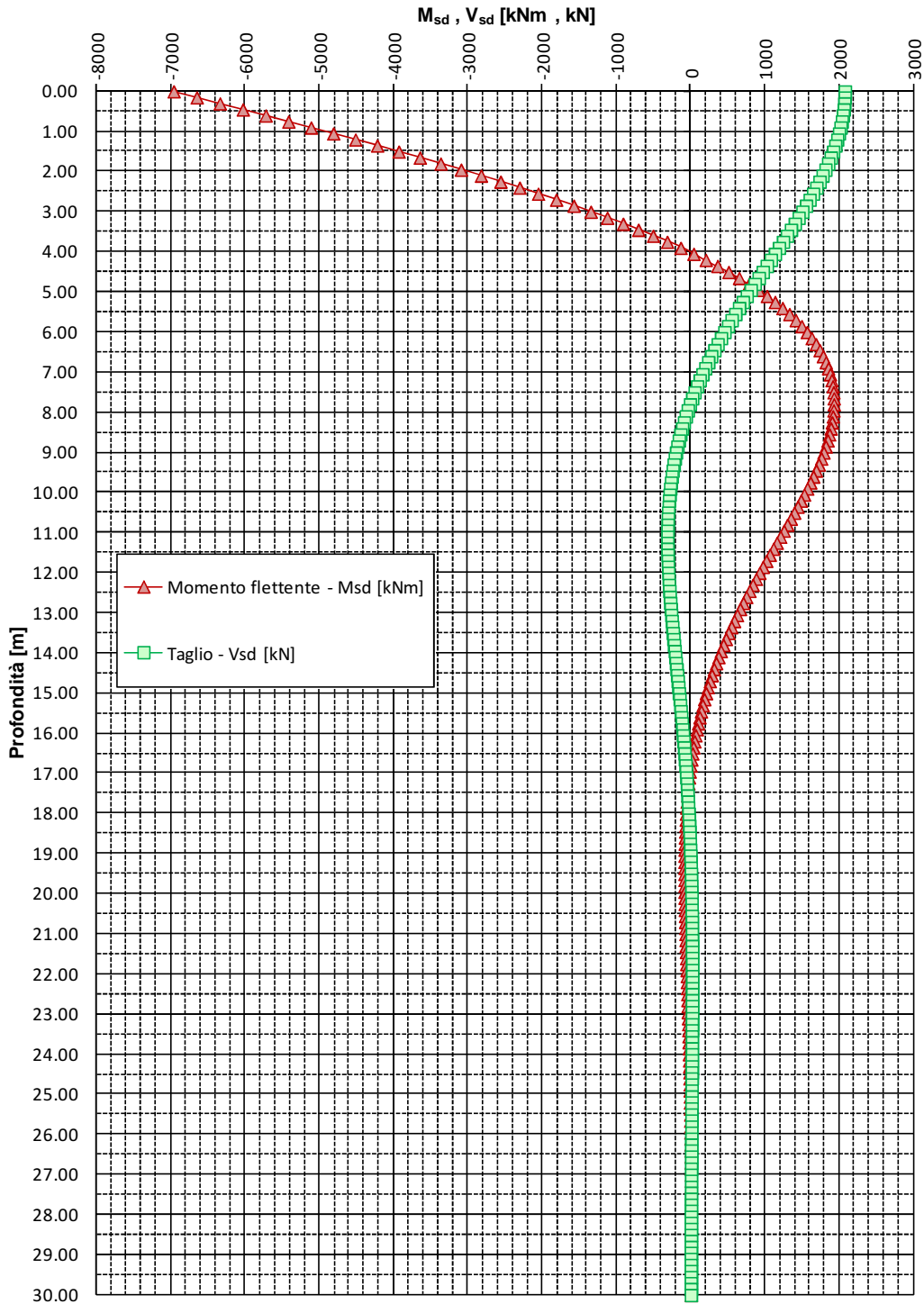


FIGURA 12-15: ANDAMENTO DELLE SOLLECITAZIONI FLETTENTE E TAGLIANTE – PALI TRIVELLATI  $\phi$  1200 (TESTA INCASTRATA) – CPO02

### Pali di fondazione da p.c. - Opera CPO02 - ZO6 - Ovest & Est

Diagrammi di spostamento e rotazione per un'azione orizzontale di 1000kN

D = 1200 mm - condizione di incastro in testa

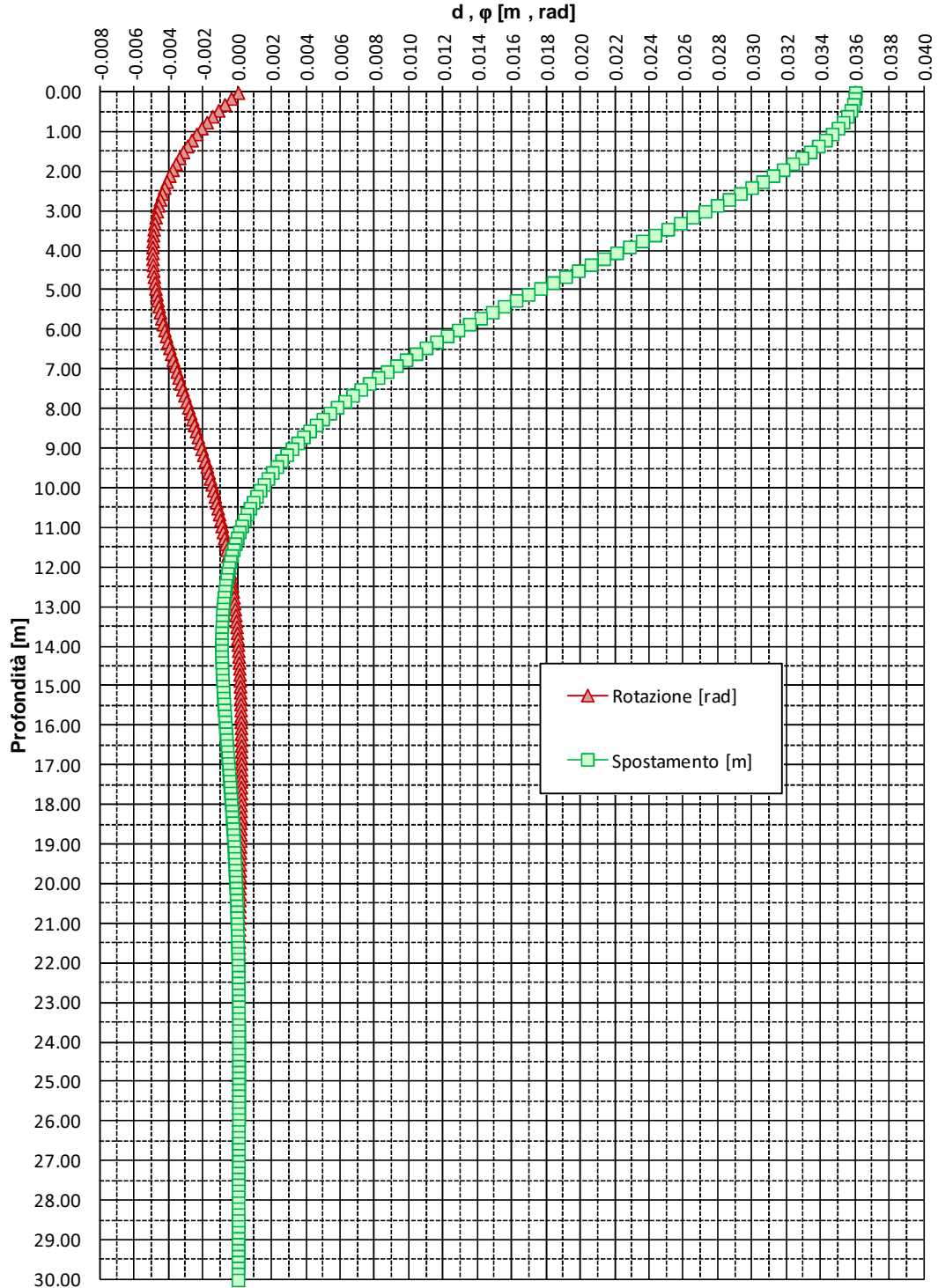


FIGURA 12-16: SPOSTAMENTI E ROTAZIONI – PALI TRIVELLATI  $\phi$  1200 (TESTA INCASTRATA) – CPO02





**Pali trivellati  $\phi$  1000 (TESTA LIBERA – TAGLIO IN TESTA) – CPO02**

Profondità	Spostamento	Rotazione	Momento	Taglio	Profondità	Spostamento	Rotazione	Momento	Taglio
[m]	[cm]	[rad]	[kNm]	[kN]	[m]	[cm]	[rad]	[kNm]	[kN]
0.00	0.09	-0.02	0.00	1000.00	15.30	0.00	0.00	-93.34	-45.09
0.30	0.08	-0.02	300.00	991.62	15.60	0.00	0.00	-105.05	-33.63
0.60	0.08	-0.02	594.97	967.50	15.90	0.00	0.00	-113.52	-23.39
0.90	0.07	-0.02	880.50	929.63	16.20	0.00	0.00	-119.09	-14.33
1.20	0.07	-0.02	1152.75	879.98	16.50	0.00	0.00	-122.12	-6.41
1.50	0.06	-0.02	1408.49	820.46	16.80	0.00	0.00	-122.93	0.42
1.80	0.06	-0.02	1645.03	752.92	17.10	0.00	0.00	-121.86	6.24
2.10	0.05	-0.01	1860.24	679.11	17.40	0.00	0.00	-119.19	11.09
2.40	0.05	-0.01	2052.50	600.70	17.70	0.00	0.00	-115.21	15.06
2.70	0.04	-0.01	2220.66	519.25	18.00	0.00	0.00	-110.16	18.21
3.00	0.04	-0.01	2364.05	436.21	18.30	0.00	0.00	-104.28	20.61
3.30	0.04	-0.01	2482.39	352.90	18.60	0.00	0.00	-97.79	22.35
3.60	0.03	-0.01	2575.79	270.52	18.90	0.00	0.00	-90.87	23.50
3.90	0.03	-0.01	2644.70	190.13	19.20	0.00	0.00	-83.69	24.12
4.20	0.03	-0.01	2689.86	112.66	19.50	0.00	0.00	-76.40	24.29
4.50	0.02	-0.01	2712.29	38.92	19.80	0.00	0.00	-69.12	24.06
4.80	0.02	-0.01	2713.22	-30.41	20.10	0.00	0.00	-61.96	23.50
5.10	0.02	-0.01	2694.05	-94.79	20.40	0.00	0.00	-55.02	22.68
5.40	0.02	-0.01	2656.34	-153.80	20.70	0.00	0.00	-48.36	21.63
5.70	0.01	-0.01	2601.77	-207.12	21.00	0.00	0.00	-42.04	20.41
6.00	0.01	-0.01	2532.07	-254.54	21.30	0.00	0.00	-36.11	19.06
6.30	0.01	-0.01	2449.04	-295.97	21.60	0.00	0.00	-30.60	17.63
6.60	0.01	-0.01	2354.49	-331.38	21.90	0.00	0.00	-25.53	16.14
6.90	0.01	0.00	2250.21	-360.86	22.20	0.00	0.00	-20.92	14.63
7.20	0.00	0.00	2137.97	-384.55	22.50	0.00	0.00	-16.75	13.13
7.50	0.00	0.00	2019.48	-402.66	22.80	0.00	0.00	-13.04	11.65
7.80	0.00	0.00	1896.38	-415.44	23.10	0.00	0.00	-9.77	10.21
8.10	0.00	0.00	1770.22	-423.22	23.40	0.00	0.00	-6.92	8.83
8.40	0.00	0.00	1642.45	-426.35	23.70	0.00	0.00	-4.47	7.52
8.70	0.00	0.00	1514.41	-425.19	24.00	0.00	0.00	-2.40	6.30
9.00	0.00	0.00	1387.33	-420.14	24.30	0.00	0.00	-0.69	5.16
9.30	0.00	0.00	1262.33	-411.62	24.60	0.00	0.00	0.69	4.11
9.60	0.00	0.00	1140.36	-400.04	24.90	0.00	0.00	1.78	3.15
9.90	0.00	0.00	1022.30	-385.81	25.20	0.00	0.00	2.59	2.29
10.20	0.00	0.00	908.87	-369.35	25.50	0.00	0.00	3.15	1.53
10.50	0.00	0.00	800.69	-351.05	25.80	0.00	0.00	3.50	0.86
10.80	0.00	0.00	698.24	-331.29	26.10	0.00	0.00	3.67	0.28
11.10	0.00	0.00	601.92	-310.44	26.40	0.00	0.00	3.67	-0.22
11.40	0.00	0.00	511.98	-288.83	26.70	0.00	0.00	3.54	-0.62
11.70	0.00	0.00	428.62	-266.79	27.00	0.00	0.00	3.30	-0.94
12.00	0.00	0.00	351.91	-244.59	27.30	0.00	0.00	2.97	-1.19
12.30	0.00	0.00	281.86	-222.50	27.60	0.00	0.00	2.59	-1.35
12.60	0.00	0.00	218.41	-200.75	27.90	0.00	0.00	2.16	-1.44
12.90	0.00	0.00	161.41	-179.55	28.20	0.00	0.00	1.72	-1.45
13.20	0.00	0.00	110.68	-159.06	28.50	0.00	0.00	1.29	-1.39
13.50	0.00	0.00	65.98	-139.45	28.80	0.00	0.00	0.89	-1.26
13.80	0.00	0.00	27.01	-120.83	29.10	0.00	0.00	0.54	-1.05
14.10	0.00	0.00	-6.52	-103.29	29.40	0.00	0.00	0.26	-0.78
14.40	0.00	0.00	-34.96	-86.91	29.70	0.00	0.00	0.07	-0.43
14.70	0.00	0.00	-58.66	-71.73	30.00	0.00	0.00	0.00	0.00
15.00	0.00	0.00	-78.00	-57.79					

**Pali trivellati  $\phi$  1000 (TESTA LIBERA – MOMENTO IN TESTA) – CPO02**

Profondità	Spostamento	Rotazione	Momento	Taglio	Profondità	Spostamento	Rotazione	Momento	Taglio
[m]	[cm]	[rad]	[kNm]	[kN]	[m]	[cm]	[rad]	[kNm]	[kN]
0.00	0.02	-0.01	1000.00	0.00	15.30	0.00	0.00	-41.87	3.91
0.30	0.01	0.00	1000.00	-1.53	15.60	0.00	0.00	-40.48	5.20
0.60	0.01	0.00	999.08	-5.85	15.90	0.00	0.00	-38.75	6.23
0.90	0.01	0.00	996.49	-12.39	16.20	0.00	0.00	-36.75	7.03
1.20	0.01	0.00	991.64	-20.65	16.50	0.00	0.00	-34.53	7.61
1.50	0.01	0.00	984.10	-30.18	16.80	0.00	0.00	-32.18	8.01
1.80	0.01	0.00	973.54	-40.54	17.10	0.00	0.00	-29.73	8.23
2.10	0.01	0.00	959.78	-51.37	17.40	0.00	0.00	-27.24	8.31
2.40	0.01	0.00	942.72	-62.33	17.70	0.00	0.00	-24.74	8.26
2.70	0.01	0.00	922.38	-73.14	18.00	0.00	0.00	-22.28	8.10
3.00	0.00	0.00	898.83	-83.55	18.30	0.00	0.00	-19.88	7.85
3.30	0.00	0.00	872.24	-93.36	18.60	0.00	0.00	-17.57	7.52
3.60	0.00	0.00	842.82	-102.38	18.90	0.00	0.00	-15.37	7.14
3.90	0.00	0.00	810.82	-110.49	19.20	0.00	0.00	-13.29	6.71
4.20	0.00	0.00	776.53	-117.57	19.50	0.00	0.00	-11.35	6.24
4.50	0.00	0.00	740.27	-123.56	19.80	0.00	0.00	-9.55	5.76
4.80	0.00	0.00	702.39	-128.41	20.10	0.00	0.00	-7.89	5.26
5.10	0.00	0.00	663.23	-132.10	20.40	0.00	0.00	-6.39	4.76
5.40	0.00	0.00	623.13	-134.62	20.70	0.00	0.00	-5.03	4.27
5.70	0.00	0.00	582.45	-136.01	21.00	0.00	0.00	-3.83	3.79
6.00	0.00	0.00	541.52	-136.30	21.30	0.00	0.00	-2.76	3.33
6.30	0.00	0.00	500.67	-135.55	21.60	0.00	0.00	-1.83	2.89
6.60	0.00	0.00	460.20	-133.81	21.90	0.00	0.00	-1.03	2.47
6.90	0.00	0.00	420.38	-131.17	22.20	0.00	0.00	-0.34	2.08
7.20	0.00	0.00	381.49	-127.72	22.50	0.00	0.00	0.22	1.72
7.50	0.00	0.00	343.75	-123.53	22.80	0.00	0.00	0.69	1.39
7.80	0.00	0.00	307.37	-118.71	23.10	0.00	0.00	1.06	1.09
8.10	0.00	0.00	272.53	-113.34	23.40	0.00	0.00	1.34	0.82
8.40	0.00	0.00	239.37	-107.52	23.70	0.00	0.00	1.55	0.58
8.70	0.00	0.00	208.02	-101.34	24.00	0.00	0.00	1.69	0.37
9.00	0.00	0.00	178.56	-94.90	24.30	0.00	0.00	1.77	0.18
9.30	0.00	0.00	151.08	-88.27	24.60	0.00	0.00	1.80	0.02
9.60	0.00	0.00	125.60	-81.55	24.90	0.00	0.00	1.79	-0.11
9.90	0.00	0.00	102.15	-74.79	25.20	0.00	0.00	1.74	-0.22
10.20	0.00	0.00	80.72	-68.08	25.50	0.00	0.00	1.65	-0.31
10.50	0.00	0.00	61.30	-61.48	25.80	0.00	0.00	1.55	-0.38
10.80	0.00	0.00	43.84	-55.04	26.10	0.00	0.00	1.43	-0.43
11.10	0.00	0.00	28.28	-48.81	26.40	0.00	0.00	1.29	-0.47
11.40	0.00	0.00	14.55	-42.84	26.70	0.00	0.00	1.14	-0.49
11.70	0.00	0.00	2.57	-37.15	27.00	0.00	0.00	0.99	-0.50
12.00	0.00	0.00	-7.74	-31.78	27.30	0.00	0.00	0.84	-0.50
12.30	0.00	0.00	-16.50	-26.75	27.60	0.00	0.00	0.70	-0.48
12.60	0.00	0.00	-23.79	-22.08	27.90	0.00	0.00	0.56	-0.45
12.90	0.00	0.00	-29.74	-17.77	28.20	0.00	0.00	0.42	-0.41
13.20	0.00	0.00	-34.45	-13.82	28.50	0.00	0.00	0.31	-0.37
13.50	0.00	0.00	-38.04	-10.25	28.80	0.00	0.00	0.20	-0.31
13.80	0.00	0.00	-40.60	-7.04	29.10	0.00	0.00	0.12	-0.25
14.10	0.00	0.00	-42.26	-4.19	29.40	0.00	0.00	0.06	-0.17
14.40	0.00	0.00	-43.12	-1.69	29.70	0.00	0.00	0.01	-0.09
14.70	0.00	0.00	-43.28	0.49	30.00	0.00	0.00	0.00	0.00
15.00	0.00	0.00	-78.00	-57.79					

**Pali trivellati  $\phi$  1200 (TESTA LIBERA – TAGLIO IN TESTA) – CPO02**

Profondità	Spostamento	Rotazione	Momento	Taglio	Profondità	Spostamento	Rotazione	Momento	Taglio
[m]	[cm]	[rad]	[kNm]	[kN]	[m]	[cm]	[rad]	[kNm]	[kN]
0.00	0.07	-0.01	0.00	1000.00	15.30	0.00	0.00	211.25	-185.43
0.30	0.07	-0.01	300.00	994.07	15.60	0.00	0.00	158.27	-168.03
0.60	0.06	-0.01	596.44	976.87	15.90	0.00	0.00	110.43	-151.20
0.90	0.06	-0.01	886.12	949.58	16.20	0.00	0.00	67.55	-135.01
1.20	0.06	-0.01	1166.19	913.37	16.50	0.00	0.00	29.42	-119.53
1.50	0.05	-0.01	1434.14	869.37	16.80	0.00	0.00	-4.17	-104.82
1.80	0.05	-0.01	1687.82	818.70	17.10	0.00	0.00	-33.47	-90.92
2.10	0.05	-0.01	1925.37	762.44	17.40	0.00	0.00	-58.73	-77.85
2.40	0.04	-0.01	2145.28	701.63	17.70	0.00	0.00	-80.18	-65.64
2.70	0.04	-0.01	2346.34	637.24	18.00	0.00	0.00	-98.11	-54.31
3.00	0.04	-0.01	2527.63	570.24	18.30	0.00	0.00	-112.77	-43.84
3.30	0.04	-0.01	2688.49	501.50	18.60	0.00	0.00	-124.42	-34.24
3.60	0.03	-0.01	2828.53	431.85	18.90	0.00	0.00	-133.31	-25.50
3.90	0.03	-0.01	2947.60	362.06	19.20	0.00	0.00	-139.72	-17.60
4.20	0.03	-0.01	3045.77	292.84	19.50	0.00	0.00	-143.87	-10.50
4.50	0.03	-0.01	3123.30	224.81	19.80	0.00	0.00	-146.02	-4.19
4.80	0.02	-0.01	3180.65	158.57	20.10	0.00	0.00	-146.39	1.37
5.10	0.02	-0.01	3218.44	94.62	20.40	0.00	0.00	-145.20	6.21
5.40	0.02	-0.01	3237.43	33.41	20.70	0.00	0.00	-142.66	10.39
5.70	0.02	-0.01	3238.49	-24.68	21.00	0.00	0.00	-138.97	13.92
6.00	0.01	-0.01	3222.62	-79.32	21.30	0.00	0.00	-134.31	16.87
6.30	0.01	-0.01	3190.90	-130.25	21.60	0.00	0.00	-128.85	19.27
6.60	0.01	-0.01	3144.47	-177.28	21.90	0.00	0.00	-122.75	21.16
6.90	0.01	0.00	3084.53	-220.24	22.20	0.00	0.00	-116.15	22.58
7.20	0.01	0.00	3012.32	-259.04	22.50	0.00	0.00	-109.20	23.59
7.50	0.01	0.00	2929.11	-293.63	22.80	0.00	0.00	-102.00	24.22
7.80	0.01	0.00	2836.15	-324.00	23.10	0.00	0.00	-94.67	24.51
8.10	0.01	0.00	2734.71	-350.19	23.40	0.00	0.00	-87.30	24.49
8.40	0.00	0.00	2626.04	-372.27	23.70	0.00	0.00	-79.97	24.21
8.70	0.00	0.00	2511.35	-390.34	24.00	0.00	0.00	-72.77	23.71
9.00	0.00	0.00	2391.83	-404.56	24.30	0.00	0.00	-65.75	23.00
9.30	0.00	0.00	2268.62	-415.06	24.60	0.00	0.00	-58.96	22.13
9.60	0.00	0.00	2142.79	-422.05	24.90	0.00	0.00	-52.47	21.13
9.90	0.00	0.00	2015.39	-425.71	25.20	0.00	0.00	-46.29	20.01
10.20	0.00	0.00	1887.36	-426.28	25.50	0.00	0.00	-40.46	18.80
10.50	0.00	0.00	1759.62	-423.97	25.80	0.00	0.00	-35.01	17.53
10.80	0.00	0.00	1632.98	-419.03	26.10	0.00	0.00	-29.94	16.21
11.10	0.00	0.00	1508.20	-411.69	26.40	0.00	0.00	-25.28	14.86
11.40	0.00	0.00	1386.96	-402.21	26.70	0.00	0.00	-21.03	13.49
11.70	0.00	0.00	1266.88	-390.82	27.00	0.00	0.00	-17.19	12.12
12.00	0.00	0.00	1151.47	-377.76	27.30	0.00	0.00	-13.76	10.76
12.30	0.00	0.00	1040.22	-363.28	27.60	0.00	0.00	-10.73	9.42
12.60	0.00	0.00	933.51	-347.60	27.90	0.00	0.00	-8.11	8.10
12.90	0.00	0.00	831.66	-330.94	28.20	0.00	0.00	-5.87	6.82
13.20	0.00	0.00	734.94	-313.52	28.50	0.00	0.00	-4.02	5.57
13.50	0.00	0.00	643.55	-295.54	28.80	0.00	0.00	-2.53	4.36
13.80	0.00	0.00	557.62	-277.18	29.10	0.00	0.00	-1.40	3.20
14.10	0.00	0.00	477.24	-258.62	29.40	0.00	0.00	-0.61	2.08
14.40	0.00	0.00	402.45	-240.02	29.70	0.00	0.00	-0.15	1.02
14.70	0.00	0.00	333.23	-221.54	30.00	0.00	0.00	0.00	0.00
15.00	0.00	0.00	269.52	-203.30					



**Pali trivellati  $\phi$  1200 (TESTA LIBERA – MOMENTO IN TESTA) – CPO02**

Profondità	Spostamento	Rotazione	Momento	Taglio	Profondità	Spostamento	Rotazione	Momento	Taglio
[m]	[cm]	[rad]	[kNm]	[kN]	[m]	[cm]	[rad]	[kNm]	[kN]
0.00	0.01	0.00	1000.00	0.00	15.30	0.00	0.00	-28.16	-15.84
0.30	0.01	0.00	1000.00	-0.92	15.60	0.00	0.00	-32.46	-12.98
0.60	0.01	0.00	999.45	-3.52	15.90	0.00	0.00	-35.95	-10.34
0.90	0.01	0.00	997.89	-7.53	16.20	0.00	0.00	-38.67	-7.92
1.20	0.01	0.00	994.93	-12.69	16.50	0.00	0.00	-40.70	-5.71
1.50	0.01	0.00	990.28	-18.76	16.80	0.00	0.00	-42.09	-3.71
1.80	0.01	0.00	983.68	-25.53	17.10	0.00	0.00	-42.92	-1.91
2.10	0.01	0.00	974.96	-32.77	17.40	0.00	0.00	-43.24	-0.31
2.40	0.01	0.00	964.01	-40.32	17.70	0.00	0.00	-43.11	1.10
2.70	0.00	0.00	950.77	-48.01	18.00	0.00	0.00	-42.58	2.33
3.00	0.00	0.00	935.21	-55.68	18.30	0.00	0.00	-41.71	3.39
3.30	0.00	0.00	917.36	-63.20	18.60	0.00	0.00	-40.55	4.28
3.60	0.00	0.00	897.29	-70.45	18.90	0.00	0.00	-39.14	5.03
3.90	0.00	0.00	875.09	-77.34	19.20	0.00	0.00	-37.53	5.63
4.20	0.00	0.00	850.88	-83.79	19.50	0.00	0.00	-35.76	6.10
4.50	0.00	0.00	824.82	-89.71	19.80	0.00	0.00	-33.87	6.46
4.80	0.00	0.00	797.06	-95.06	20.10	0.00	0.00	-31.89	6.70
5.10	0.00	0.00	767.78	-99.78	20.40	0.00	0.00	-29.85	6.85
5.40	0.00	0.00	737.19	-103.86	20.70	0.00	0.00	-27.78	6.90
5.70	0.00	0.00	705.47	-107.26	21.00	0.00	0.00	-25.71	6.88
6.00	0.00	0.00	672.63	-109.98	21.30	0.00	0.00	-23.65	6.79
6.30	0.00	0.00	639.48	-112.02	21.60	0.00	0.00	-21.63	6.64
6.60	0.00	0.00	605.62	-113.38	21.90	0.00	0.00	-19.67	6.44
6.90	0.00	0.00	571.45	-114.08	22.20	0.00	0.00	-17.77	6.19
7.20	0.00	0.00	537.17	-114.14	22.50	0.00	0.00	-15.96	5.91
7.50	0.00	0.00	502.96	-113.60	22.80	0.00	0.00	-14.23	5.60
7.80	0.00	0.00	469.01	-112.47	23.10	0.00	0.00	-12.60	5.27
8.10	0.00	0.00	435.48	-110.80	23.40	0.00	0.00	-11.07	4.92
8.40	0.00	0.00	402.53	-108.64	23.70	0.00	0.00	-9.65	4.56
8.70	0.00	0.00	370.30	-106.01	24.00	0.00	0.00	-8.33	4.20
9.00	0.00	0.00	338.92	-102.97	24.30	0.00	0.00	-7.13	3.83
9.30	0.00	0.00	308.52	-99.56	24.60	0.00	0.00	-6.03	3.47
9.60	0.00	0.00	279.19	-95.84	24.90	0.00	0.00	-5.05	3.11
9.90	0.00	0.00	251.02	-91.83	25.20	0.00	0.00	-4.17	2.77
10.20	0.00	0.00	224.09	-87.60	25.50	0.00	0.00	-3.39	2.43
10.50	0.00	0.00	198.46	-83.18	25.80	0.00	0.00	-2.71	2.11
10.80	0.00	0.00	174.18	-78.62	26.10	0.00	0.00	-2.12	1.81
11.10	0.00	0.00	151.28	-73.97	26.40	0.00	0.00	-1.62	1.53
11.40	0.00	0.00	129.80	-69.25	26.70	0.00	0.00	-1.20	1.27
11.70	0.00	0.00	109.73	-64.51	27.00	0.00	0.00	-0.86	1.03
12.00	0.00	0.00	91.09	-59.78	27.30	0.00	0.00	-0.59	0.81
12.30	0.00	0.00	73.86	-55.10	27.60	0.00	0.00	-0.38	0.61
12.60	0.00	0.00	58.03	-50.49	27.90	0.00	0.00	-0.22	0.44
12.90	0.00	0.00	43.57	-45.99	28.20	0.00	0.00	-0.11	0.30
13.20	0.00	0.00	30.44	-41.61	28.50	0.00	0.00	-0.04	0.18
13.50	0.00	0.00	18.60	-37.37	28.80	0.00	0.00	0.00	0.09
13.80	0.00	0.00	8.01	-33.30	29.10	0.00	0.00	0.01	0.02
14.10	0.00	0.00	-1.38	-29.41	29.40	0.00	0.00	0.01	-0.01
14.40	0.00	0.00	-9.63	-25.71	29.70	0.00	0.00	0.01	-0.02
14.70	0.00	0.00	-16.81	-22.21	30.00	0.00	0.00	0.00	0.00
15.00	0.00	0.00	269.52	-203.30					

**Pali trivellati  $\phi$  1000 (TESTA INCASTRATA) – CPO02**

Profondità	Spostamento	Rotazione	Momento	Taglio	Profondità	Spostamento	Rotazione	Momento	Taglio	Profondità	Spostamento	Rotazione	Momento	Taglio
0.00	0.03	0.00	-3255.35	1000.00	10.05	0.00	0.00	667.85	-145.43	20.10	0.00	0.00	-36.32	6.43
0.15	0.03	0.00	-3105.39	999.15	10.20	0.00	0.00	645.84	-147.84	20.25	0.00	0.00	-35.33	6.86
0.30	0.03	0.00	-2955.67	996.62	10.35	0.00	0.00	623.52	-149.70	20.40	0.00	0.00	-34.27	7.22
0.45	0.03	0.00	-2806.45	992.41	10.50	0.00	0.00	600.95	-151.03	20.55	0.00	0.00	-33.16	7.52
0.60	0.03	0.00	-2657.96	986.55	10.65	0.00	0.00	578.24	-151.86	20.70	0.00	0.00	-32.02	7.77
0.75	0.03	0.00	-2510.57	979.06	10.80	0.00	0.00	555.41	-152.23	20.85	0.00	0.00	-30.83	7.97
0.90	0.03	0.00	-2364.42	969.98	10.95	0.00	0.00	532.59	-152.16	21.00	0.00	0.00	-29.63	8.11
1.05	0.03	0.00	-2219.61	959.36	11.10	0.00	0.00	509.80	-151.66	21.15	0.00	0.00	-28.40	8.21
1.20	0.03	0.00	-2076.64	947.24	11.25	0.00	0.00	487.11	-150.76	21.30	0.00	0.00	-27.17	8.27
1.35	0.03	0.00	-1935.52	933.68	11.40	0.00	0.00	464.59	-149.50	21.45	0.00	0.00	-25.93	8.28
1.50	0.03	0.00	-1796.60	918.73	11.55	0.00	0.00	442.28	-147.88	21.60	0.00	0.00	-24.68	8.27
1.65	0.03	0.00	-1660.01	902.45	11.70	0.00	0.00	420.24	-145.95	21.75	0.00	0.00	-23.45	8.21
1.80	0.03	0.00	-1525.88	884.92	11.85	0.00	0.00	398.50	-143.72	21.90	0.00	0.00	-22.22	8.13
1.95	0.03	0.00	-1394.57	866.20	12.00	0.00	0.00	377.14	-141.22	22.05	0.00	0.00	-21.01	8.02
2.10	0.03	0.00	-1266.09	846.36	12.15	0.00	0.00	356.15	-138.48	22.20	0.00	0.00	-19.82	7.88
2.25	0.03	0.00	-1140.72	825.49	12.30	0.00	0.00	335.60	-135.49	22.35	0.00	0.00	-18.65	7.72
2.40	0.03	0.00	-1018.53	803.66	12.45	0.00	0.00	315.51	-132.32	22.50	0.00	0.00	-17.50	7.54
2.55	0.03	0.00	-899.67	780.94	12.60	0.00	0.00	295.91	-128.96	22.65	0.00	0.00	-16.38	7.35
2.70	0.03	0.00	-784.28	757.42	12.75	0.00	0.00	276.84	-125.44	22.80	0.00	0.00	-15.30	7.13
2.85	0.03	0.00	-672.48	733.17	12.90	0.00	0.00	258.30	-121.78	22.95	0.00	0.00	-14.24	6.91
3.00	0.02	0.00	-564.36	708.28	13.05	0.00	0.00	240.31	-118.00	23.10	0.00	0.00	-13.23	6.67
3.15	0.02	0.00	-460.02	682.83	13.20	0.00	0.00	222.89	-114.12	23.25	0.00	0.00	-12.24	6.42
3.30	0.02	0.00	-359.54	656.89	13.35	0.00	0.00	206.07	-110.16	23.40	0.00	0.00	-11.30	6.17
3.45	0.02	0.00	-262.97	630.54	13.50	0.00	0.00	189.86	-106.13	23.55	0.00	0.00	-10.39	5.91
3.60	0.02	0.00	-170.39	603.87	13.65	0.00	0.00	174.24	-102.05	23.70	0.00	0.00	-9.53	5.64
3.75	0.02	0.00	-81.83	576.96	13.80	0.00	0.00	159.24	-97.93	23.85	0.00	0.00	-8.70	5.37
3.90	0.02	0.00	2.69	549.88	13.95	0.00	0.00	144.86	-93.80	24.00	0.00	0.00	-7.92	5.10
4.05	0.02	0.00	83.13	522.68	14.10	0.00	0.00	131.10	-89.66	24.15	0.00	0.00	-7.17	4.83
4.20	0.02	0.00	159.48	495.46	14.25	0.00	0.00	117.96	-85.53	24.30	0.00	0.00	-6.47	4.55
4.35	0.02	0.00	231.77	468.29	14.40	0.00	0.00	105.44	-81.42	24.45	0.00	0.00	-5.81	4.28
4.50	0.02	0.00	299.99	441.22	14.55	0.00	0.00	93.53	-77.35	24.60	0.00	0.00	-5.18	4.02
4.65	0.02	0.00	364.14	414.32	14.70	0.00	0.00	82.23	-73.31	24.75	0.00	0.00	-4.60	3.75
4.80	0.02	0.00	424.29	387.67	14.85	0.00	0.00	71.54	-69.33	24.90	0.00	0.00	-4.06	3.49
4.95	0.02	0.00	480.46	361.30	15.00	0.00	0.00	61.43	-65.42	25.05	0.00	0.00	-3.55	3.24
5.10	0.01	0.00	532.70	335.27	15.15	0.00	0.00	51.91	-61.57	25.20	0.00	0.00	-3.08	2.99
5.25	0.01	0.00	581.06	309.66	15.30	0.00	0.00	42.96	-57.80	25.35	0.00	0.00	-2.65	2.75
5.40	0.01	0.00	625.62	284.47	15.45	0.00	0.00	34.56	-54.11	25.50	0.00	0.00	-2.26	2.51
5.55	0.01	0.00	666.43	259.81	15.60	0.00	0.00	26.72	-50.52	25.65	0.00	0.00	-1.90	2.29
5.70	0.01	0.00	703.58	235.67	15.75	0.00	0.00	19.40	-47.02	25.80	0.00	0.00	-1.57	2.07
5.85	0.01	0.00	737.16	212.12	15.90	0.00	0.00	12.61	-43.63	25.95	0.00	0.00	-1.28	1.85
6.00	0.01	0.00	767.25	189.18	16.05	0.00	0.00	6.31	-40.34	26.10	0.00	0.00	-1.02	1.65
6.15	0.01	0.00	793.94	166.88	16.20	0.00	0.00	0.50	-37.16	26.25	0.00	0.00	-0.78	1.46
6.30	0.01	0.00	817.35	145.27	16.35	0.00	0.00	-4.85	-34.09	26.40	0.00	0.00	-0.58	1.27
6.45	0.01	0.00	837.57	124.38	16.50	0.00	0.00	-9.74	-31.14	26.55	0.00	0.00	-0.40	1.10
6.60	0.01	0.00	854.70	104.20	16.65	0.00	0.00	-14.19	-28.31	26.70	0.00	0.00	-0.25	0.93
6.75	0.01	0.00	868.86	84.78	16.80	0.00	0.00	-18.23	-25.59	26.85	0.00	0.00	-0.12	0.78
6.90	0.01	0.00	880.17	66.12	16.95	0.00	0.00	-21.88	-22.99	27.00	0.00	0.00	-0.02	0.63
7.05	0.01	0.00	888.74	48.25	17.10	0.00	0.00	-25.14	-20.51	27.15	0.00	0.00	0.07	0.49
7.20	0.01	0.00	894.68	31.17	17.25	0.00	0.00	-28.03	-18.15	27.30	0.00	0.00	0.13	0.37
7.35	0.01	0.00	898.13	14.89	17.40	0.00	0.00	-30.59	-15.90	27.45	0.00	0.00	0.18	0.25
7.50	0.01	0.00	899.19	-0.58	17.55	0.00	0.00	-32.81	-13.78	27.60	0.00	0.00	0.21	0.15
7.65	0.01	0.00	897.99	-15.24	17.70	0.00	0.00	-34.72	-11.77	27.75	0.00	0.00	0.23	0.05
7.80	0.00	0.00	894.65	-29.09	17.85	0.00	0.00	-36.35	-9.88	27.90	0.00	0.00	0.23	-0.03
7.95	0.00	0.00	889.30	-42.13	18.00	0.00	0.00	-37.69	-8.10	28.05	0.00	0.00	0.22	-0.10
8.10	0.00	0.00	882.06	-54.36	18.15	0.00	0.00	-38.78	-6.43	28.20	0.00	0.00	0.20	-0.16
8.25	0.00	0.00	873.04	-65.79	18.30	0.00	0.00	-39.63	-4.87	28.35	0.00	0.00	0.17	-0.22
8.40	0.00	0.00	862.37	-76.43	18.45	0.00	0.00	-40.25	-3.41	28.50	0.00	0.00	0.13	-0.26
8.55	0.00	0.00	850.14	-86.29	18.60	0.00	0.00	-40.66	-2.06	28.65	0.00	0.00	0.09	-0.29
8.70	0.00	0.00	836.51	-95.39	18.75	0.00	0.00	-40.87	-0.81	28.80	0.00	0.00	0.05	-0.30
8.85	0.00	0.00	821.58	-103.73	18.90	0.00	0.00	-40.90	0.34	28.95	0.00	0.00	0.00	-0.31
9.00	0.00	0.00	805.44	-111.33	19.05	0.00	0.00	-40.77	1.39	29.10	0.00	0.00	-0.05	-0.31
9.15	0.00	0.00	788.21	-118.21	19.20	0.00	0.00	-40.49	2.36	29.25	0.00	0.00	-0.09	-0.29
9.30	0.00	0.00	770.01	-124.39	19.35	0.00	0.00	-40.07	3.24	29.40	0.00	0.00	-0.13	-0.27
9.45	0.00	0.00	750.93	-129.87	19.50	0.00	0.00	-39.52	4.03	29.55	0.00	0.00	-0.17	-0.23
9.60	0.00	0.00	731.08	-134.71	19.65	0.00	0.00	-38.86	4.74	29.70	0.00	0.00	-0.20	-0.18
9.75	0.00	0.00	710.55	-138.89	19.80	0.00	0.00	-38.10	5.38	29.85	0.00	0.00	-0.22	-0.11
9.90	0.00	0.00	689.44	-142.46	19.95	0.00	0.00	-37.25	5.94	30.00	0.00	0.00	-0.23	-0.04

**Pali trivellati  $\phi$  1200 (TESTA INCASTRATA) – CPO02**

Profondità	Spostamento	Rotazione	Momento	Taglio	Profondità	Spostamento	Rotazione	Momento	Taglio	Profondità	Spostamento	Rotazione	Momento	Taglio
0.00	0.04	0.00	-6966.09	2073.59	10.05	0.00	0.00	1523.99	-287.37	20.10	0.00	0.00	-84.77	8.10
0.15	0.04	0.00	-6655.38	2071.96	10.20	0.00	0.00	1480.32	-294.68	20.25	0.00	0.00	-83.44	9.55
0.30	0.04	0.00	-6344.68	2067.03	10.35	0.00	0.00	1435.66	-300.78	20.40	0.00	0.00	-81.91	10.86
0.45	0.04	0.00	-6035.24	2058.83	10.50	0.00	0.00	1390.14	-305.80	20.55	0.00	0.00	-80.19	12.02
0.60	0.04	0.00	-5727.33	2047.41	10.65	0.00	0.00	1343.98	-309.71	20.70	0.00	0.00	-78.31	13.04
0.75	0.04	0.00	-5421.21	2032.80	10.80	0.00	0.00	1297.28	-312.64	20.85	0.00	0.00	-76.28	13.93
0.90	0.03	0.00	-5117.63	2015.11	10.95	0.00	0.00	1250.23	-314.55	21.00	0.00	0.00	-74.14	14.70
1.05	0.03	0.00	-4816.84	1994.38	11.10	0.00	0.00	1202.95	-315.54	21.15	0.00	0.00	-71.88	15.34
1.20	0.03	0.00	-4519.37	1970.71	11.25	0.00	0.00	1155.62	-315.67	21.30	0.00	0.00	-69.54	15.88
1.35	0.03	0.00	-4225.71	1944.22	11.40	0.00	0.00	1108.31	-314.93	21.45	0.00	0.00	-67.12	16.31
1.50	0.03	0.00	-3936.38	1914.98	11.55	0.00	0.00	1061.16	-313.43	21.60	0.00	0.00	-64.65	16.64
1.65	0.03	0.00	-3651.38	1883.12	11.70	0.00	0.00	1014.31	-311.16	21.75	0.00	0.00	-62.14	16.88
1.80	0.03	0.00	-3371.46	1848.79	11.85	0.00	0.00	967.85	-308.24	21.90	0.00	0.00	-59.59	17.03
1.95	0.03	0.00	-3096.89	1812.07	12.00	0.00	0.00	921.89	-304.65	22.05	0.00	0.00	-57.03	17.11
2.10	0.03	0.00	-2827.91	1773.17	12.15	0.00	0.00	876.49	-300.45	22.20	0.00	0.00	-54.46	17.11
2.25	0.03	0.00	-2565.05	1732.15	12.30	0.00	0.00	831.78	-295.72	22.35	0.00	0.00	-51.90	17.04
2.40	0.03	0.00	-2308.47	1689.17	12.45	0.00	0.00	787.81	-290.45	22.50	0.00	0.00	-49.35	16.90
2.55	0.03	0.00	-2058.43	1644.40	12.60	0.00	0.00	744.65	-284.75	22.65	0.00	0.00	-46.83	16.71
2.70	0.03	0.00	-1815.20	1597.99	12.75	0.00	0.00	702.41	-278.62	22.80	0.00	0.00	-44.34	16.47
2.85	0.03	0.00	-1579.08	1550.10	12.90	0.00	0.00	661.09	-272.08	22.95	0.00	0.00	-41.89	16.18
3.00	0.03	0.00	-1350.26	1500.83	13.05	0.00	0.00	620.80	-265.23	23.10	0.00	0.00	-39.49	15.85
3.15	0.03	0.00	-1128.90	1450.40	13.20	0.00	0.00	581.54	-258.08	23.25	0.00	0.00	-37.14	15.47
3.30	0.03	0.00	-915.17	1398.92	13.35	0.00	0.00	543.39	-250.66	23.40	0.00	0.00	-34.85	15.07
3.45	0.03	0.00	-709.26	1346.52	13.50	0.00	0.00	506.34	-243.02	23.55	0.00	0.00	-32.62	14.63
3.60	0.02	0.00	-511.25	1293.42	13.65	0.00	0.00	470.49	-235.18	23.70	0.00	0.00	-30.46	14.17
3.75	0.02	0.00	-321.27	1239.70	13.80	0.00	0.00	435.80	-227.19	23.85	0.00	0.00	-28.37	13.68
3.90	0.02	0.00	-139.38	1185.52	13.95	0.00	0.00	402.34	-219.08	24.00	0.00	0.00	-26.36	13.18
4.05	0.02	0.00	34.37	1131.04	14.10	0.00	0.00	370.10	-210.87	24.15	0.00	0.00	-24.42	12.66
4.20	0.02	0.00	199.93	1076.40	14.25	0.00	0.00	339.08	-202.60	24.30	0.00	0.00	-22.56	12.13
4.35	0.02	0.00	357.27	1021.72	14.40	0.00	0.00	309.31	-194.30	24.45	0.00	0.00	-20.78	11.60
4.50	0.02	0.00	506.44	967.11	14.55	0.00	0.00	280.78	-185.98	24.60	0.00	0.00	-19.08	11.05
4.65	0.02	0.00	647.45	912.75	14.70	0.00	0.00	253.51	-177.69	24.75	0.00	0.00	-17.47	10.50
4.80	0.02	0.00	780.28	858.71	14.85	0.00	0.00	227.48	-169.43	24.90	0.00	0.00	-15.93	9.95
4.95	0.02	0.00	905.07	805.14	15.00	0.00	0.00	202.68	-161.23	25.05	0.00	0.00	-14.48	9.40
5.10	0.02	0.00	1021.85	752.13	15.15	0.00	0.00	179.11	-153.11	25.20	0.00	0.00	-13.11	8.86
5.25	0.02	0.00	1130.73	699.79	15.30	0.00	0.00	156.74	-145.10	25.35	0.00	0.00	-11.82	8.32
5.40	0.02	0.00	1231.83	648.21	15.45	0.00	0.00	135.57	-137.20	25.50	0.00	0.00	-10.61	7.78
5.55	0.01	0.00	1325.25	597.52	15.60	0.00	0.00	115.57	-129.44	25.65	0.00	0.00	-9.49	7.26
5.70	0.01	0.00	1411.13	547.77	15.75	0.00	0.00	96.73	-121.83	25.80	0.00	0.00	-8.44	6.75
5.85	0.01	0.00	1489.64	499.06	15.90	0.00	0.00	79.02	-114.38	25.95	0.00	0.00	-7.46	6.24
6.00	0.01	0.00	1560.91	451.48	16.05	0.00	0.00	62.41	-107.10	26.10	0.00	0.00	-6.56	5.75
6.15	0.01	0.00	1625.14	405.06	16.20	0.00	0.00	46.88	-100.01	26.25	0.00	0.00	-5.74	5.28
6.30	0.01	0.00	1682.50	359.90	16.35	0.00	0.00	32.40	-93.11	26.40	0.00	0.00	-4.98	4.82
6.45	0.01	0.00	1733.16	316.03	16.50	0.00	0.00	18.93	-86.42	26.55	0.00	0.00	-4.29	4.37
6.60	0.01	0.00	1777.36	273.53	16.65	0.00	0.00	6.46	-79.94	26.70	0.00	0.00	-3.67	3.94
6.75	0.01	0.00	1815.28	232.42	16.80	0.00	0.00	-5.06	-73.67	26.85	0.00	0.00	-3.11	3.53
6.90	0.01	0.00	1847.17	192.77	16.95	0.00	0.00	-15.65	-67.63	27.00	0.00	0.00	-2.60	3.14
7.05	0.01	0.00	1873.20	154.60	17.10	0.00	0.00	-25.36	-61.81	27.15	0.00	0.00	-2.16	2.77
7.20	0.01	0.00	1893.63	117.94	17.25	0.00	0.00	-34.21	-56.21	27.30	0.00	0.00	-1.77	2.42
7.35	0.01	0.00	1908.64	82.82	17.40	0.00	0.00	-42.23	-50.85	27.45	0.00	0.00	-1.44	2.09
7.50	0.01	0.00	1918.54	49.24	17.55	0.00	0.00	-49.47	-45.72	27.60	0.00	0.00	-1.15	1.77
7.65	0.01	0.00	1923.51	17.24	17.70	0.00	0.00	-55.96	-40.82	27.75	0.00	0.00	-0.90	1.48
7.80	0.01	0.00	1923.79	-13.19	17.85	0.00	0.00	-61.73	-36.16	27.90	0.00	0.00	-0.70	1.22
7.95	0.01	0.00	1919.64	-42.03	18.00	0.00	0.00	-66.82	-31.72	28.05	0.00	0.00	-0.54	0.97
8.10	0.01	0.00	1911.27	-69.30	18.15	0.00	0.00	-71.26	-27.52	28.20	0.00	0.00	-0.41	0.74
8.25	0.00	0.00	1898.92	-95.00	18.30	0.00	0.00	-75.09	-23.53	28.35	0.00	0.00	-0.31	0.54
8.40	0.00	0.00	1882.84	-119.12	18.45	0.00	0.00	-78.33	-19.78	28.50	0.00	0.00	-0.24	0.36
8.55	0.00	0.00	1863.25	-141.70	18.60	0.00	0.00	-81.03	-16.24	28.65	0.00	0.00	-0.20	0.21
8.70	0.00	0.00	1840.40	-162.74	18.75	0.00	0.00	-83.21	-12.92	28.80	0.00	0.00	-0.18	0.08
8.85	0.00	0.00	1814.52	-182.27	18.90	0.00	0.00	-84.92	-9.81	28.95	0.00	0.00	-0.18	-0.03
9.00	0.00	0.00	1785.81	-200.30	19.05	0.00	0.00	-86.17	-6.91	29.10	0.00	0.00	-0.19	-0.12
9.15	0.00	0.00	1754.49	-216.87	19.20	0.00	0.00	-87.00	-4.20	29.25	0.00	0.00	-0.21	-0.18
9.30	0.00	0.00	1720.82	-232.00	19.35	0.00	0.00	-87.44	-1.70	29.40	0.00	0.00	-0.24	-0.21
9.45	0.00	0.00	1684.97	-245.74	19.50	0.00	0.00	-87.52	0.62	29.55	0.00	0.00	-0.27	-0.22
9.60	0.00	0.00	1647.15	-258.11	19.65	0.00	0.00	-87.26	2.75	29.70	0.00	0.00	-0.31	-0.21
9.75	0.00	0.00	1607.61	-269.15	19.80	0.00	0.00	-86.70	4.70	29.85	0.00	0.00	-0.34	-0.17
9.90	0.00	0.00	1566.49	-278.90	19.95	0.00	0.00	-85.86	6.48	30.00	0.00	0.00	-0.36	-0.10

## 13. CPO01 – CPO02 - CAPACITÀ PORTANTE DEI PALI IN GRUPPO SOGGETTI A CARICHI ASSIALI

Il carico limite  $Q_{lim,N}$  di un gruppo di  $N$  pali differisce, in generale, dal prodotto del carico limite  $Q_{lim}$  del singolo palo per il numero  $N$  dei pali del gruppo.

Si pone:

$$Q_{lim,N} = N \cdot E_v \cdot Q_{lim}$$

dove il fattore  $E$  è detto efficienza della palificata.

Tale carico limite viene confrontato in fase progettuale con l'azione verticale  $P$  totale agente sulla palificata (ipotesi di palificata soggetta a solo carico verticale e quindi distribuzione uniforme del carico  $P$  sui pali).

In realtà, l'eventuale presenza di azioni flessionali in testa palificata determina una non omogeneità degli sforzi assiali agenti sul singolo palo; di conseguenza, il soddisfacimento della verifica di capacità portante del gruppo di pali NON implica il soddisfacimento della verifica di capacità portante del singolo palo.

### 13.1. TERRENI COESIVI

#### 13.1.1. Pali con interasse superiore a 3 diametri

L'efficienza per terreni coesivi è pari a:

- $E_v=1$  per interasse dei pali di 8 diametri;
- $E_v=0.7$  per interasse dei pali di 3 diametri;
- $0.7 < E_v < 1$  per interasse dei pali compreso fra 3 e 8 diametri.

Per un gruppo costituito da " $m$ " file di pali con " $n$ " pali per ciascuna fila, si potrà adottare la formula empirica di Converse-Labarre:

$$E_v = 1 - \frac{2 \cdot \arctg(d/i)}{\pi} \cdot \left(2 - \frac{1}{m} - \frac{1}{n}\right)$$

in cui:

- d = diametro del palo;
- i = minimo interasse dei pali;
- m = numero di file di pali;
- n = numero di pali per singola fila.

### **13.1.2. Pali con interasse inferiore a 3 diametri**

La portanza del gruppo viene calcolata in accordo al criterio proposto da Terzaghi & Peck (1967):

$$Q_B = 2 \cdot (B + h) \cdot \sum_1^n \tau_i \cdot L_i + B \cdot h \cdot N_c \cdot C_u$$

dove:

B, h = dimensioni in pianta della fondazione equivalente (Figura 13-1);

$\tau_i$  = tensione tangenziale dello strato i-esimo, in prima approssimazione è possibile assumere tale parametro costante e pari a  $R_{t,d}/A_{lat}$  con  $R_{t,d}$  è la resistenza a trazione (ovvero la laterale) del palo all'approccio considerato e  $A_{lat}$  è l'area laterale del palo;

$L_i$  = altezza dello strato i-esimo (Figura 13-1);

$C_u$  = coesione alla base del blocco;

$N_c$  = fattore di capacità portante adimensionale desunto dalla Tabella 13-1 sulla base dei rapporti h/B e L/B

Nel caso di gruppo di pali soggetto a sforzi di trazione, la portanza di base non dovrà essere considerata.

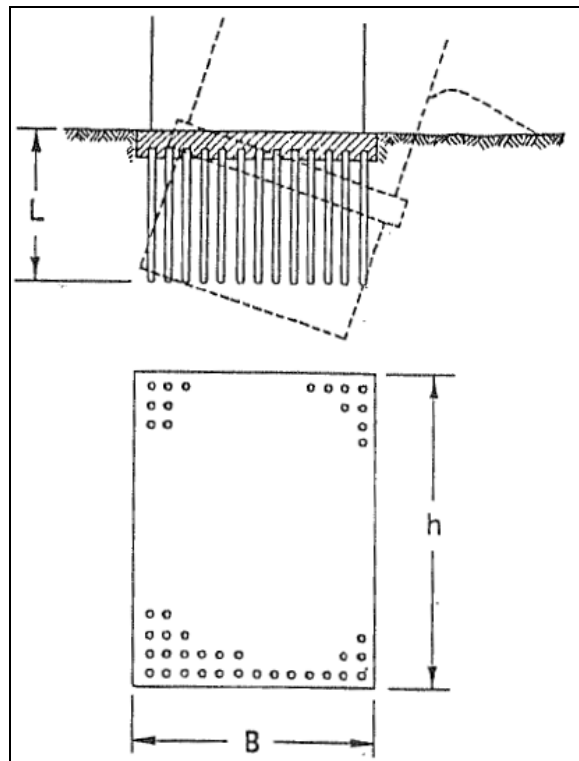


FIGURA 13-1: SCHEMA DI ROTTURA DEL TERRENO PER EFFETTO DELLA PALIFICATA QUALE BLOCCO IN TERRENI COESIVI (TERZAGHI & PECK, 1967)

TABELLA 13-1: COEFFICIENTE  $N_c$  PER DETERMINAZIONE PORTANZA DEL GRUPPO (AGI, 1984)

L/B	$N_c$	
	h/B=1	h/B≥10
0.25	6.7	5.6
0.50	7.1	5.9
0.75	7.4	6.2
1.00	7.7	6.4
1.50	8.1	6.8
2.00	8.4	7.0
2.50	8.6	7.2
3.00	8.8	7.4
≥4	9.0	7.5

## 13.2. TERRENI INCOERENTI

---

Per i terreni a comportamento prevalentemente incoerente, l'efficienza del gruppo di pali dipende, oltre che dall'interasse dei pali, anche dallo stato di addensamento del materiale.

### 13.2.1. Sabbia sciolta

In genere l'efficienza di un gruppo di pali in sabbie sciolte è superiore all'unità; in sede di progettazione verrà assunta efficienza  $E_v = 1$ .

### 13.2.2. Sabbia densa

Il coefficiente di efficienza varia fra  $E_v = 0.7$  per interasse dei pali da 3 a 6 diametri a  $E_v = 1.0$  per interasse pari a 8.

## 14. CPO01 – CPO02 - CAPACITÀ PORTANTE DEI PALI IN GRUPPO SOGGETTI A CARICHI TRASVERSALI

Per quanto riguarda il comportamento dei pali in gruppo, il carico limite orizzontale di un gruppo può essere notevolmente inferiore alla somma dei valori relativi ai singoli pali; l'efficienza di un gruppo di pali rispetto ai carichi orizzontali è sempre inferiore all'unità.

Dalle "raccomandazioni sui pali di fondazione" AGI, 1984, si riporta quanto segue:

*"Sulla base dei risultati sperimentali disponibili sembra che l'efficienza tenda all'unità per un interasse fra i pali del gruppo pari a cinque volte il diametro dei pali; per interasse minore, l'efficienza diminuisce fino a 0.5.*

È possibile anche affermare che risulta più vantaggioso disporre il gruppo di pali normalmente alla direzione della forza orizzontale ovvero, a parità di numero di pali di un gruppo rettangolare resiste meglio se la forza orizzontale agisce parallelamente al lato corto.

Per pali ad interasse 3 diametri si ritiene possibile considerare  $E_H = 0.8$ ; per pali ad interasse 2.5 diametri si ritiene possibile considerare  $E_H = 0.7$ . Nel caso particolare invece di pali disposti in singola fila soggetti ad un'azione ortogonale all'allineamento è possibile considerare  $E_H = 1.0$ .



## 15. CPO01 – CPO02 - ANDAMENTO DELLE SOLLECITAZIONI NEI PALI IN GRUPPO SOGGETTI A CARICHI TRASVERSALI

Nel caso di gruppo di pali soggetti ad azioni orizzontali possono manifestarsi le due seguenti tipologie di interazione:

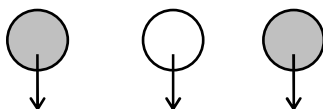
- interazione tra pali in linea, caricati in direzione parallela alla fila (Figura 15-1 - Schema A);
- interazione tra pali affiancati, caricati in direzione perpendicolare alla fila (Figura 15-2 - Schema B).

L'interazione del primo tipo si esplica in una diminuzione delle caratteristiche meccaniche del terreno retrostante il palo di testa della fila, con conseguente incremento degli spostamenti dei pali retrostanti.



**FIGURA 15-1: SCHEMA A – PALI IN LINEA**

L'interazione del secondo tipo si esplica invece con un incremento degli spostamenti del palo centrale per effetto della presenza dei pali laterali.



**FIGURA 15-2: SCHEMA B – PALI AFFIANCATI**

Con riferimento alle geometrie in genere adottate per i sistemi di fondazione profondi, gli incrementi medi delle sollecitazioni lungo i pali a causa degli effetti gruppo possono essere considerati dell'ordine del 10-20%.

Per ulteriori dettagli sulle metodologie di analisi si rimanda al documento PD\_0\_A00\_00000\_0\_GT\_RB\_02 "Criteri generali per le verifiche geotecniche".

## 16. CPO01 – CPO02 - COMPORTAMENTO DEI PALI IN ESERCIZIO

---

### 16.1. CEDIMENTO DEL PALO SINGOLO SOGGETTO A CARICHI ASSIALI

---

Per quanto riguarda i presumibili cedimenti dei pali per i carichi di esercizio si osserva quanto segue:

- i carichi di esercizio sono in genere inferiori alla capacità portante limite laterale;
- la mobilitazione dell'adesione laterale limite avviene per spostamenti relativi dell'ordine di 5÷10 mm (vedi Raccomandazioni AGI);

pertanto è lecito attendersi cedimenti dei pali singoli sotto il massimo carico di esercizio dell'ordine di  $\delta = 5\div 6$  mm.

### 16.2. CEDIMENTO DEI PALI IN GRUPPO SOGGETTI A CARICO ASSIALE

---

L'amplificazione del cedimento per effetto gruppo è funzione:

- del numero di pali della palificata (n);
- della configurazione geometrica del gruppo (s = interasse pali; L = lunghezza pali).

Per la determinazione del coefficiente amplificativo dei cedimenti per effetto gruppo ( $E_G$ ) si fa riferimento alla correlazione suggerita da Mandolini, Russo, Viggiani, basata sul confronto parametrico di evidenze sperimentali (Figura 16-1) che definisce il parametro:

$$R_G = 0.39 R^{-1.25}$$

essendo:

$$R = \sqrt{\frac{n s}{L}} \text{ con:}$$

Il coefficiente amplificativo  $E_G$  per effetto gruppo si ottiene dalla seguente espressione:

$$E_G = R_G n$$

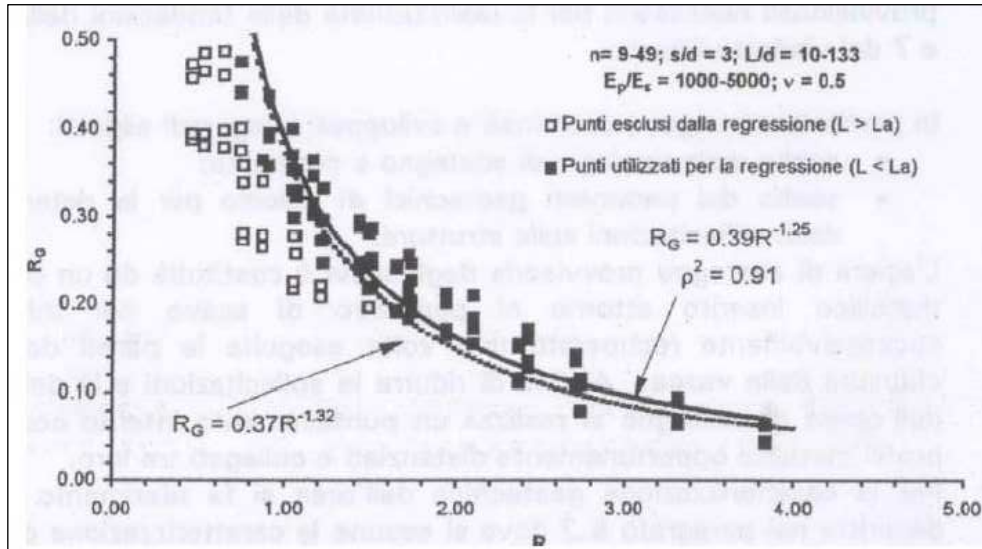


FIGURA 16-1: AMPLIFICAZIONE DEL CEDIMENTO PER EFFETTO GRUPPO

Ad esempio:

- $n = 9, s = 3.6 \text{ m}, L = 30.0 \text{ m} \Rightarrow R_G = 0.37 \Rightarrow E_G = 3.35 \Rightarrow \delta_G \cong 18.4 \text{ mm};$
- $n = 8, s = 3.6 \text{ m}, L = 30.0 \text{ m} \Rightarrow R_G = 0.40 \Rightarrow E_G = 3.20 \Rightarrow \delta_G \cong 17.6 \text{ mm}.$

### 16.3. RIGIDENZE ASSIALI E TRASVERSALI

Alla luce delle considerazioni espone al § 16.1, la rigidezza del palo in direzione verticale viene stimata ipotizzando che la portata limite laterale venga mobilitata per uno spostamento di 10 mm.

I grafici a seguire riportano i valori di rigidezza verticale dei pali al variare della lunghezza degli stessi. I tabulati di derivazione dei grafici sono stati riportati precedentemente al § 11 congiuntamente ai tabulati di capacità portante verticale.

CPO01 - Ponte sul fiume Secchia - ZO6

NTC del 14/01/2008

Rigidezza assiale - Pali trivellati  $\phi$  1000mm

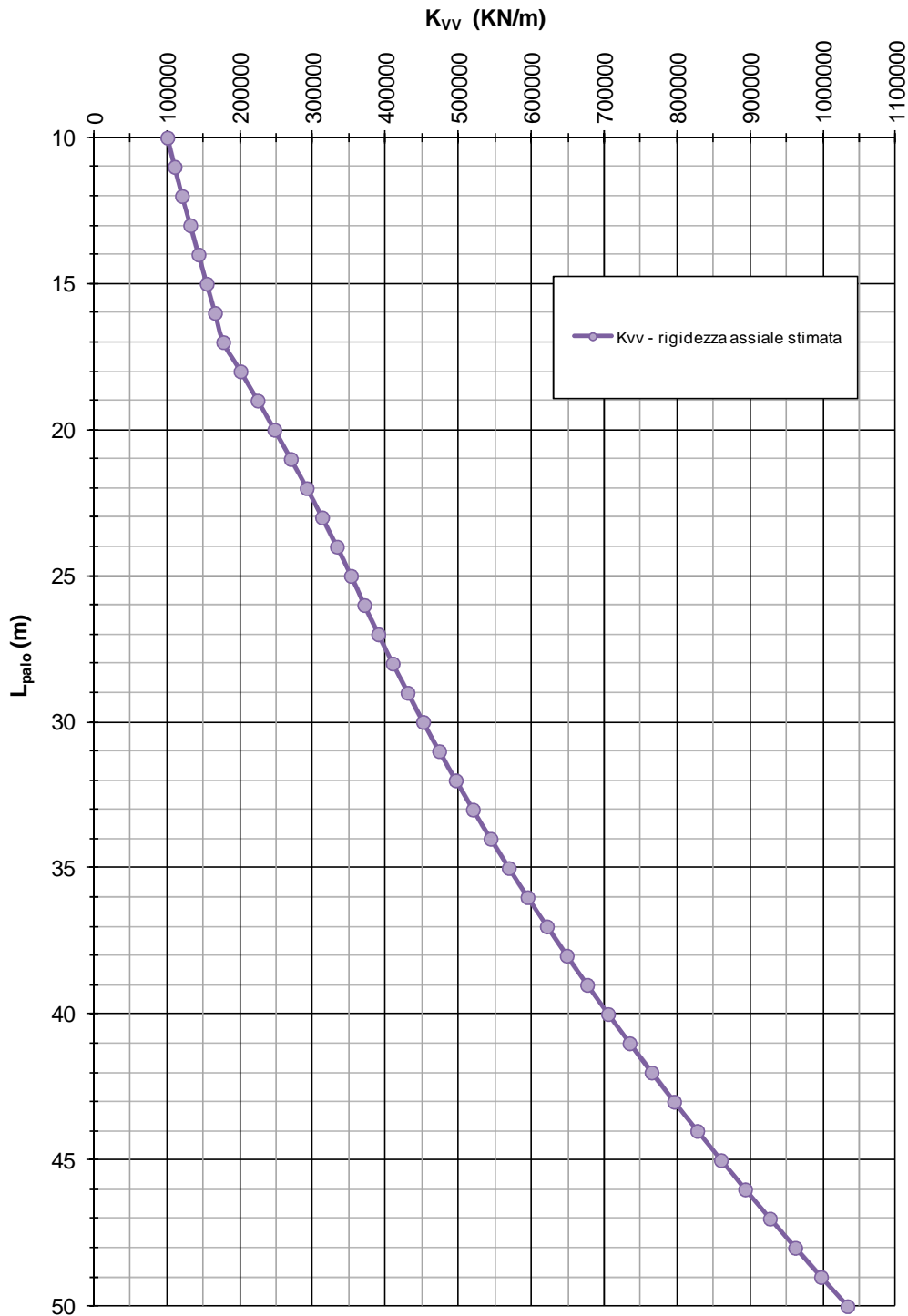
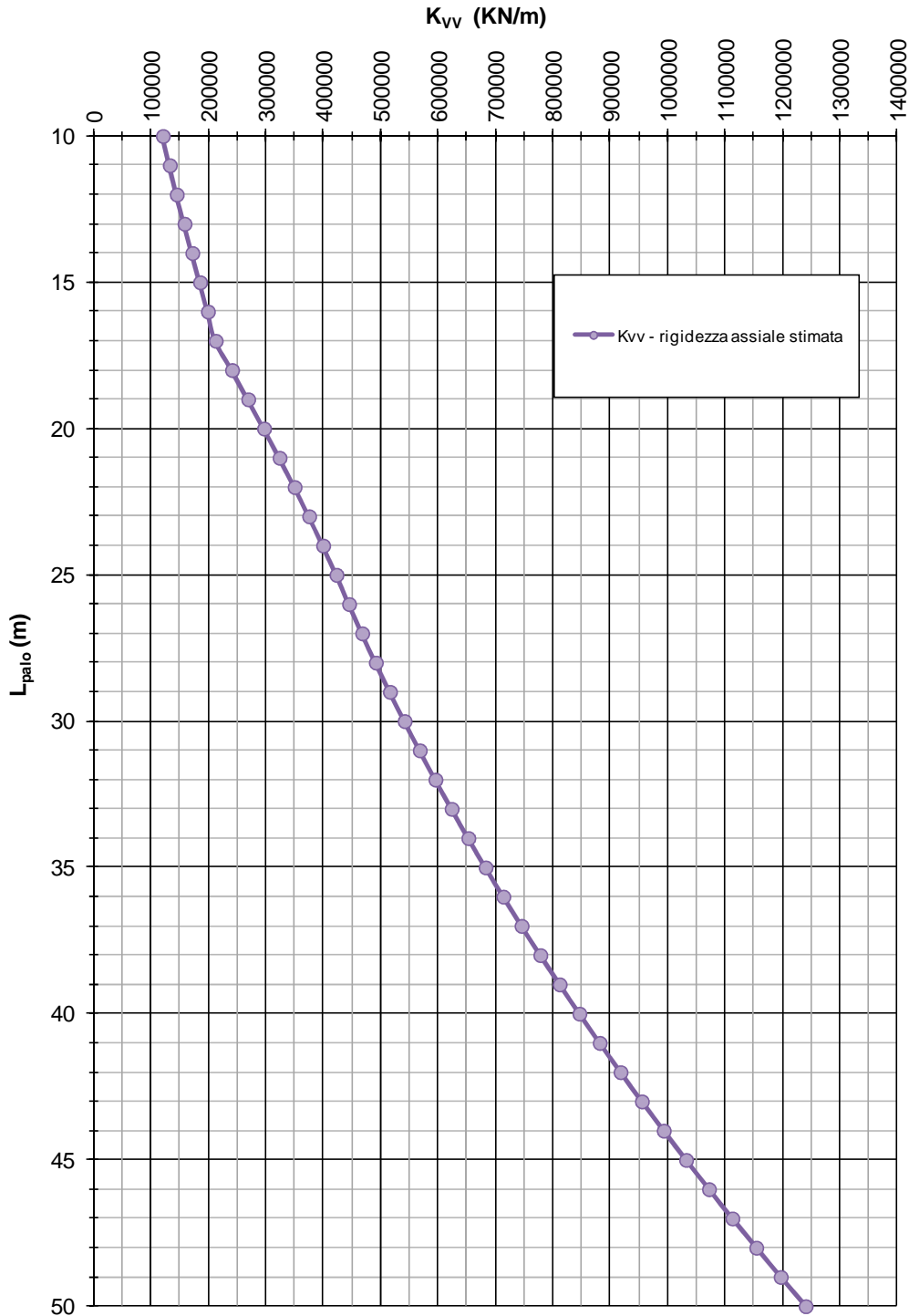


FIGURA 16-2: RIGIDEZZA VERTICALE – PALI TRIVELLATI  $\phi$  1000 – CPO01

**CPO01 - Ponte sul fiume Secchia - ZO6**

**NTC del 14/01/2008**

**Rigidezza assiale - Pali trivellati  $\phi$  1200mm**



**FIGURA 16-3: RIGIDEZZA VERTICALE – PALI TRIVELLATI  $\phi$  1200 – CPO01**

CPO02 - Ponte sul canale Sabbioncello - ZO6 - Ovest  
NTC del 14/01/2008

Rigidezza assiale - Pali trivellati  $\phi$  1000mm

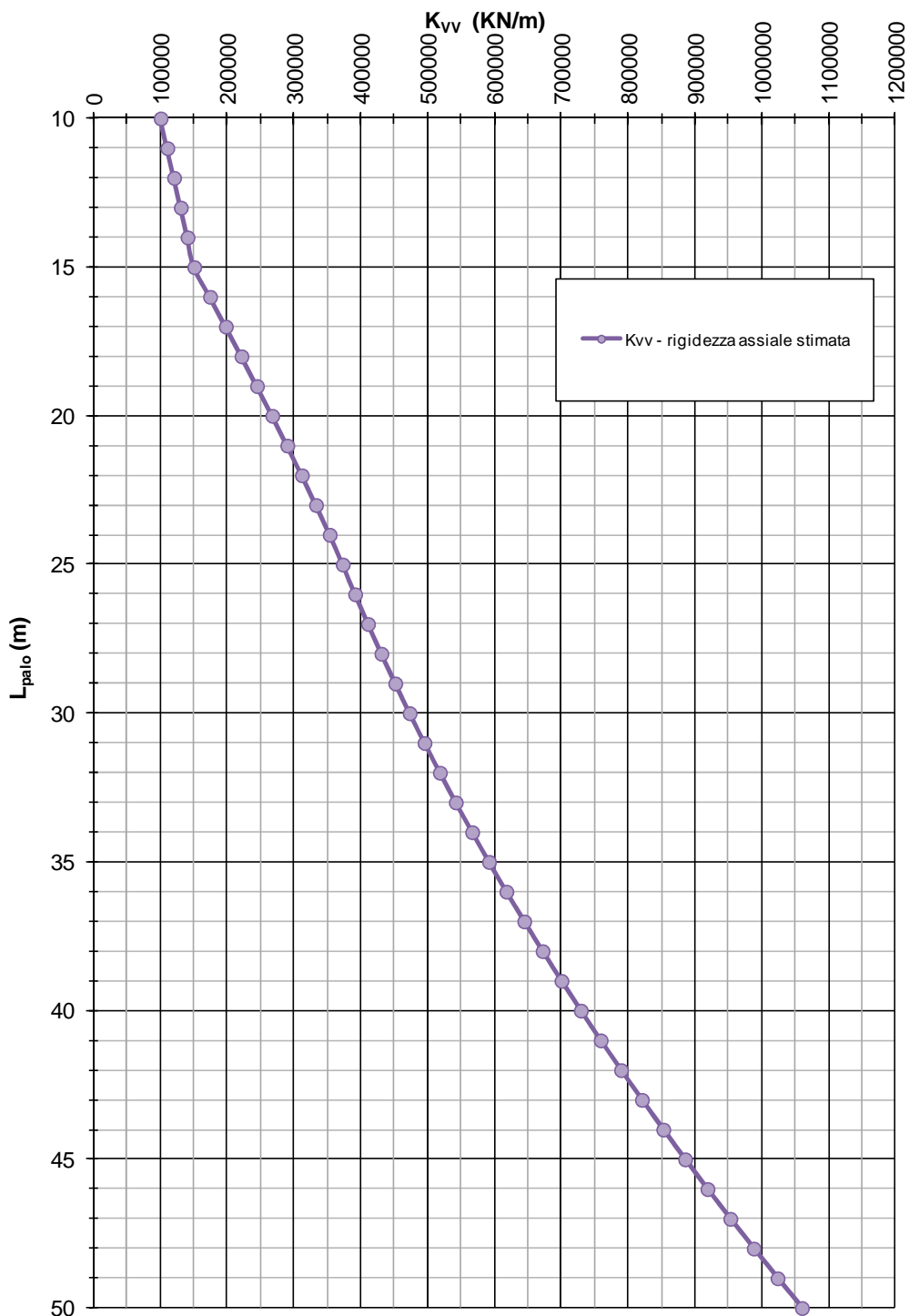
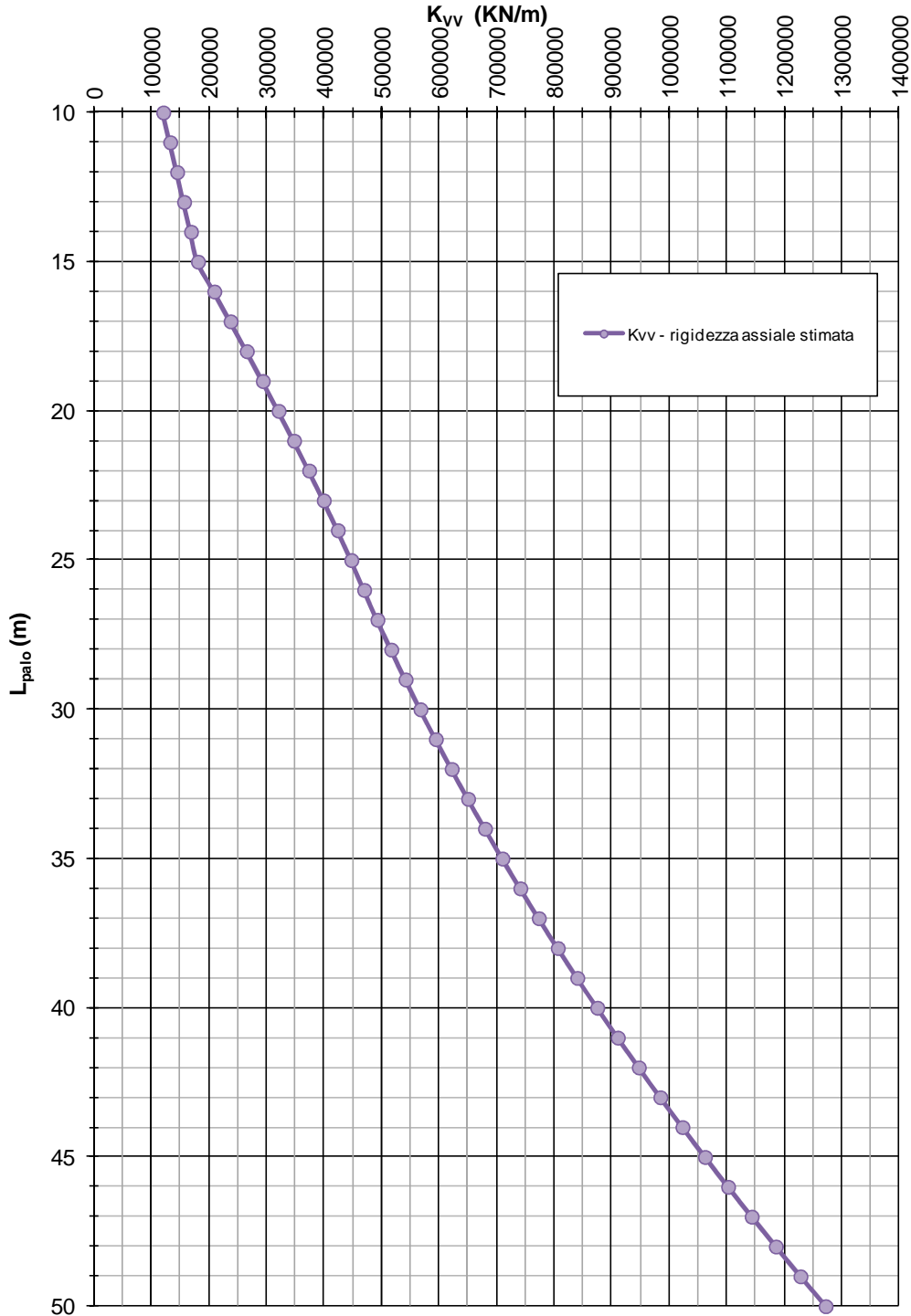


FIGURA 16-4: RIGIDEZZA VERTICALE – PALI TRIVELLATI  $\phi$  1000 (LATO OVEST) – CPO02

**CPO02 - Ponte sul canale Sabbioncello - ZO6 - Ovest**  
**NTC del 14/01/2008**

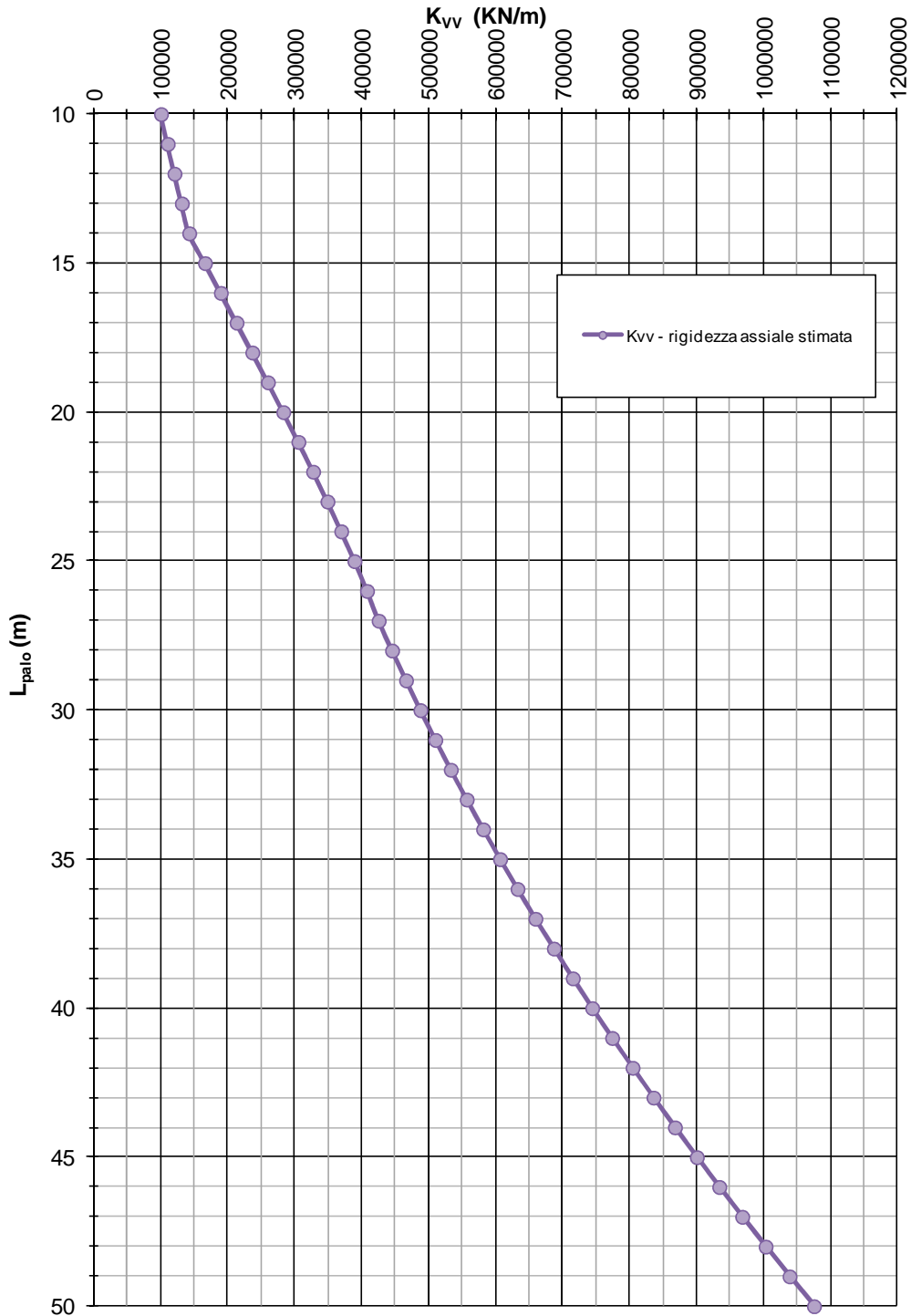
**Rigidezza assiale - Pali trivellati  $\phi$  1200mm**



**FIGURA 16-5: RIGIDEZZA VERTICALE – PALI TRIVELLATI  $\phi$  1200 (LATO OVEST) – CPO02**

**CPO02 - Ponte sul canale Sabbioncello - ZO6 - Est**  
**NTC del 14/01/2008**

**Rigidezza assiale - Pali trivellati  $\phi$  1000mm**



**FIGURA 16-6: RIGIDEZZA VERTICALE – PALI TRIVELLATI  $\phi$  1000 (LATO EST) – CPO02**



**CPO02 - Ponte sul canale Sabbioncello - ZO6 - Est**  
**NTC del 14/01/2008**

**Rigidezza assiale - Pali trivellati  $\phi$  1200mm**

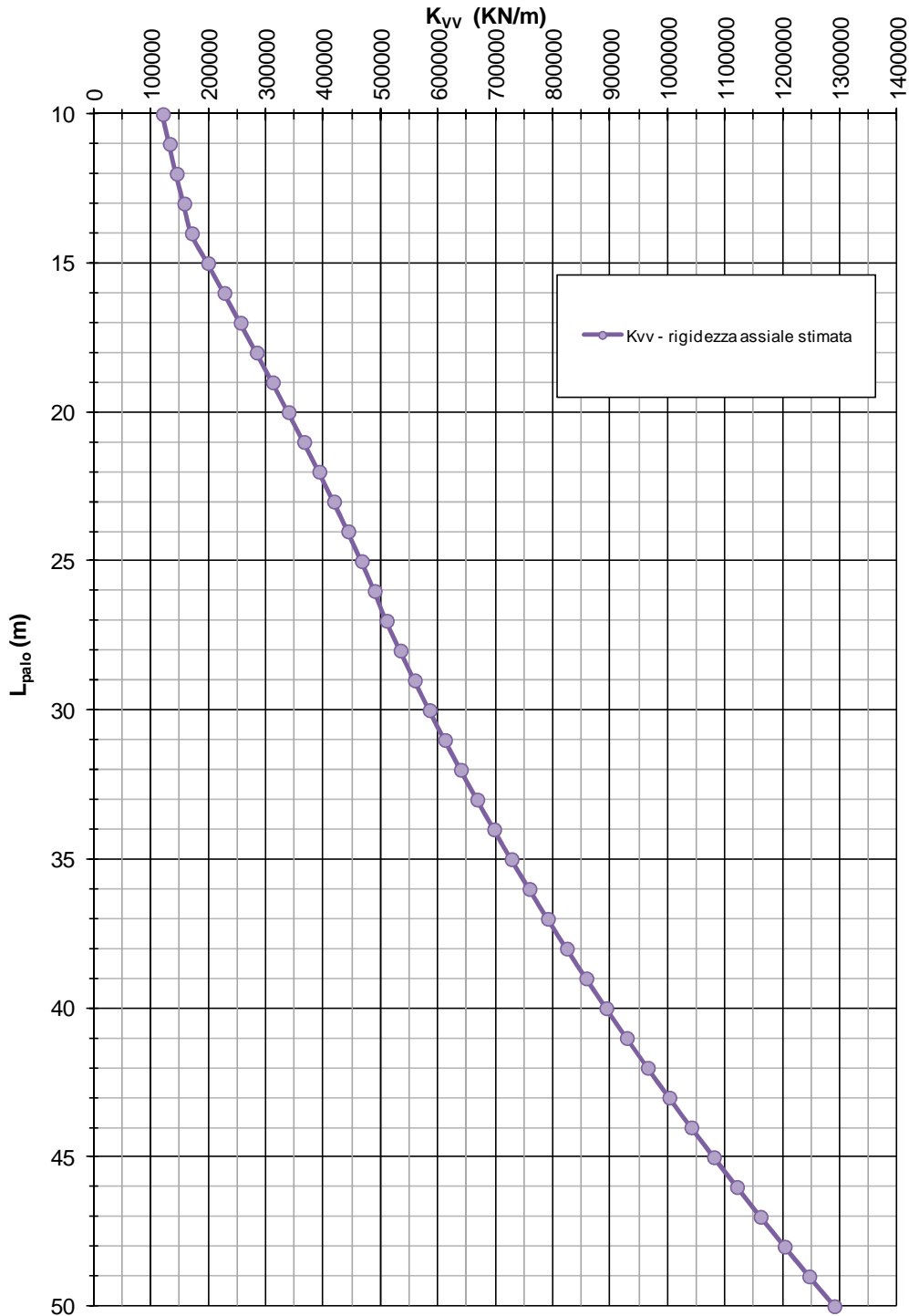


FIGURA 16-7: RIGIDEZZA VERTICALE – PALI TRIVELLATI  $\phi$  1200 (LATO EST) – CPO02

Di seguito inoltre si riportano i valori della costante di Matlock e Reese utilizzata per il calcolo della sollecitazione e gli elementi della matrice di rigidezza di testa-palo calcolati secondo la formulazione fornita nell'Appendice C dell'Eurocodice 8 – Parte 5 per terreni con  $E=E_s \cdot z/d$ .

CPO01 - Pali  $\phi$  1000

<b><i>Costante di Matlock e Reese</i></b>		
$K_{MR} =$	2 299	kN/m <sup>3</sup>
<b><i>Rigidezze statiche alla testa dei pali</i></b>		
$K_{HH} =$	35 677	kN/m
$K_{MM} =$	545 474	kNm
$K_{HM} =$	-103 229	kN
Calcolo svolto secondo le indicazioni riportate in Appendice C dell'Eurocodice 8 - Parte 5		

CPO01 - Pali  $\phi$  1200

<b><i>Costante di Matlock e Reese</i></b>		
$K_{MR} =$	1 964	kN/m <sup>3</sup>
<b><i>Rigidezze statiche alla testa dei pali</i></b>		
$K_{HH} =$	43 518	kN/m
$K_{MM} =$	947 336	kNm
$K_{HM} =$	-150 154	kN
Calcolo svolto secondo le indicazioni riportate in Appendice C dell'Eurocodice 8 - Parte 5		

CPO02 - Pali  $\phi$  1000

<b><i>Costante di Matlock e Reese</i></b>		
$K_{MR} =$	2 299	kN/m <sup>3</sup>
<b><i>Rigidezze statiche alla testa dei pali</i></b>		
$K_{HH} =$	35 677	kN/m
$K_{MM} =$	545 474	kNm
$K_{HM} =$	-103 229	kN
Calcolo svolto secondo le indicazioni riportate in Appendice C dell'Eurocodice 8 - Parte 5		

CPO02 - Pali  $\phi$  1200

<b><i>Costante di Matlock e Reese</i></b>		
$K_{MR} =$	1 964	kN/m <sup>3</sup>
<b><i>Rigidezze statiche alla testa dei pali</i></b>		
$K_{HH} =$	43 518	kN/m
$K_{MM} =$	947 336	kNm
$K_{HM} =$	-150 154	kN
Calcolo svolto secondo le indicazioni riportate in Appendice C dell'Eurocodice 8 - Parte 5		

## **17. VERIFICHE DI STABILITÀ DEI RILEVATI**

---

Il tratto di viabilità che presenta rilevati di altezza superiore è posto in affiancamento al rilevato autostradale.

Per le verifiche di stabilità si rimanda all'elaborato PD\_0\_A00\_A0000\_0\_GT\_RB\_03 "Relazione di verifiche geotecniche" - Zona Omogenea 6.

## **18. STIMA DEI CEDIMENTI E LORO EVOLUZIONE NEL TEMPO**

---

Il tratto di viabilità che presenta rilevati di altezza superiore è posto in affiancamento al rilevato autostradale.

Di conseguenza, per gli interventi previsti al fine di accelerare l'evoluzione dei cedimenti nel tempo e per la valutazione dei cedimenti si rimanda all'elaborato PD\_0\_A00\_A0000\_0\_GT\_RB\_03 "Relazione di verifiche geotecniche" - Zona Omogenea 6.

## 19. INTERVENTI DI CONSOLIDAMENTO PER I RILEVATI IN CORRISPONDENZA DELLE SPALLE DELLE OPERE D'ARTE

Per la valutazione dei cedimenti si rimanda al documento PD\_0\_A00\_A0000\_0\_GT\_RB\_03.

In particolare gli interventi previsti sono riassunti nella seguente tabella.

**TABELLA 19-1: INTERVENTI SPALLE OPERE D'ARTE.**

Opera d'arte		Tipologia opera	Tipologia Spalla	Tipologia dreni	L <sub>d</sub> (valutata da piano campagna) [m]	i <sub>d</sub> [m]	H <sub>preca</sub> [m]	Tc (Tempo di costruzione)	T <sub>a</sub> (Tempo di attesa: fine esecuzione rilevato - esecuzione della spalla)	Rilevato di approccio in LECA?	Impiego di un palancoato?
CPO01	Interventi locali di collegamento viario al sistema autostradale C03 (ex MO02) -	Iperstatico	passante (2 file di pali)	dreni a nastro	16.0	2.5	2	10 gg/metro	12 mesi	no	no
CPO02	Interventi locali di collegamento viario al sistema autostradale C03 (ex MO02) -	Isostatico	passante (1 fila di pali)	dreni a nastro	16.0	2.0	-	10 gg/metro	12 mesi	no	si

## **20. VERIFICHE DI STABILITÀ NEI CONFRONTI DEI FENOMENI DI LIQUEFAZIONE**

---

Per tali verifiche si rimanda al doc. PD\_0\_A00\_A0000\_0\_GT\_RB\_03 – Asse autostradale, Relazione di verifiche geotecniche.

## **21. VALUTAZIONE DEI CEDIMENTI POST-SISMICI IN TERRENI COESIVI**

---

Per quanto concerne la valutazione dei cedimenti post-sismici in terreni coesivi si rimanda al documento PD\_0\_A00\_A0000\_0\_GT\_RB\_03.



## 22. TRATTAMENTO DEL PIANO DI POSA DEI RILEVATI/TRINCEE

### 22.1. CRITERI PER LA DEFINIZIONE DEGLI SPESSORI DI BONIFICA AL DI SOTTO DEI RILEVATI

Per quanto concerne i criteri per la definizione del piano di posa dei rilevati/trincee si rimanda all'elaborato PD\_0\_A00\_A0000\_0\_GT\_RB\_02 "Criteri generali verifiche geotecniche".

### 22.2. SCHEMA GENERALE DELLE BONIFICHE

Lo schema generale delle bonifiche effettuate al piano di posa dei rilevati è riportato nella figura seguente.

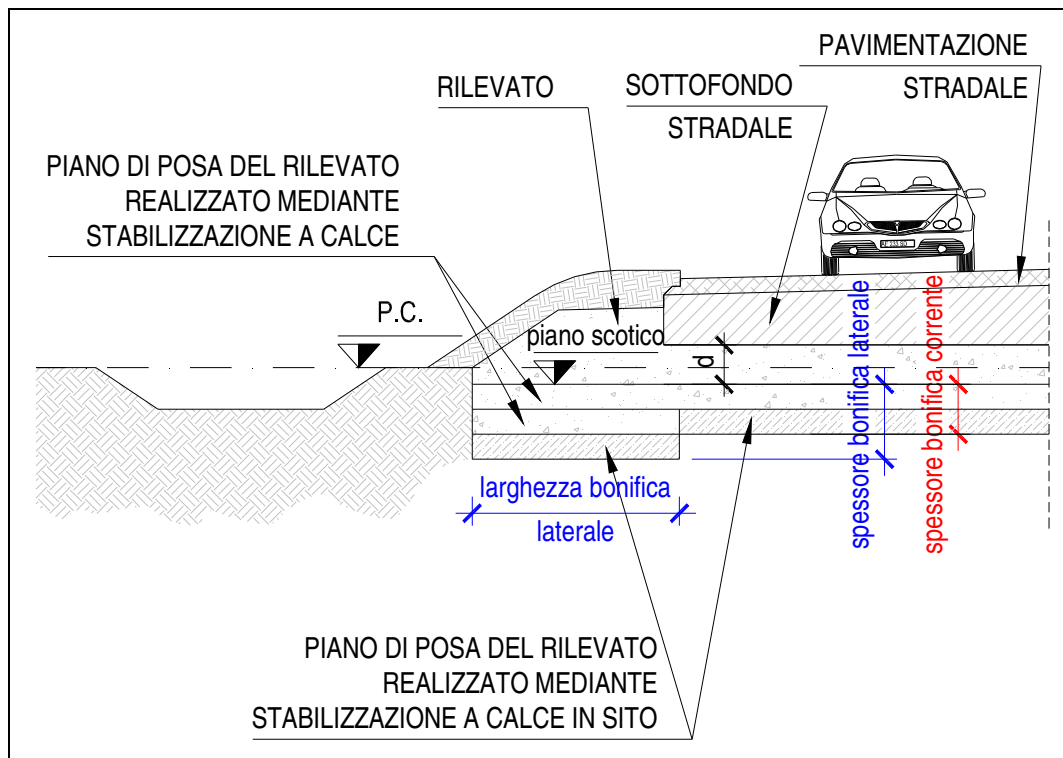


FIGURA 22-1: SCHEMA GENERALE BONIFICHE.

## 22.3. LIVELLO PRESTAZIONALE PIANO DI POSA DEI RILEVATI

Nella tabella seguente sono riportati, per il singolo tratto individuato sulla base della distanza prevalente intradosso fondazione/sottofondo stradale – piano di posa rilevato:

- le pk di inizio e fine;
- il livello prestazionale in termini di valore del modulo di deformazione su piastra  $M_d$  richiesto in funzione della distanza "d" considerata.

**TABELLA 22-1: LIVELLI PRESTAZIONALI MINIMI DEL PIANO DI POSA DEI RILEVATI/TRINCEE.**

Tratto	pk inizio [km]	pk fine [km]	d [m]	$M_{d\text{-richiesto}}$ [MPa]
<u>Tratto 1</u>	0+000	0+050	0.1	47
<u>Tratto 2</u>	0+050	0+125	0.5	35
<u>Tratto 3</u>	0+125	1+250	1.0	20
<u>Tratto 4</u>	1+250	1+465	0.0	50
<u>Tratto 5</u>	1+465	1+700	1.0	20
<u>Tratto 6</u>	1+700	fine	0.0	50
<u>Tratto 7</u>	raccordo fra tracciato principale e rotonda a sud dell'asse autostradale		0.0	50

## 22.4. CARATTERIZZAZIONE DEI MATERIALI

Per quanto riguarda le caratteristiche del materiale utilizzato per lo strato di bonifica vengono ipotizzati valori del modulo elastico variabili nell'intervallo  $E_1 = 30.0 \div 75.0$  MPa.

*Pozzetti esplorativi di riferimento:* PZ 28, 29 e 30 (vedi elaborato PD\_0\_A00\_A0000\_0\_GT\_RB\_01 "Relazione geotecnica generale").

Per la determinazione del modulo elastico  $E_0$  attribuito al terreno di sottofondo nelle elaborazioni numeriche atte a simulare la prova di carico su piastra all'estradosso dello strato di bonifica con il criterio di Burmister, si è fatto principalmente riferimento ai risultati delle prove di carico su piastra in termini di modulo di deformazione  $M_d$  condotte nella campagna di indagine di progetto definitivo (vedi paragrafo 3).

Tale modulo  $E_0 = E_{PLT}$  è ricavato sulla base del modulo di deformazione su piastra dei pozzetti di riferimento per il singolo tratto secondo quanto riportato nell'elaborato PD\_0\_A00\_A0000\_0\_GT\_RB\_02 "Criteri generali verifiche geotecniche".

Nella tabella seguente sono riportati, per il singolo tratto individuato sulla base della distanza prevalente intradosso fondazione/sottofondo stradale – piano di posa rilevato (vedi Tabella 22-1):

- il modulo elastico  $E_0 = E_{PLT}$  assunto nelle elaborazioni.

**TABELLA 22-2: TERRENO NATURALE – MODULO ELASTICO ASSUNTO NELLE ELABORAZIONI.**

Tratto	$E_{PLT} = E_0$ [MPa]
<u>Tratto 1</u>	5.6
<u>Tratto 2</u>	5.6
<u>Tratto 3</u>	6.0
<u>Tratto 4</u>	5.1
<u>Tratto 5</u>	5.1
<u>Tratto 6</u>	5.1
<u>Tratto 7</u>	5.1

## 22.5. EFFETTI DELLA VARIAZIONE DELLO SPESSORE DI BONIFICA E DEL RELATIVO MODULO ELASTICO

Al variare dello spessore di bonifica "s" e del relativo modulo elastico (da 30.0 MPa a 75 MPa) sono state ricavate le curve corrispondenti al valore del modulo su piastra equivalente  $M_d$  misurato all'estradosso della bonifica, ovvero al piano di posa del rilevato, definite secondo il criterio di Burmister.

Tale range di modulo elastico della bonifica si ritiene compatibile con terreno stabilizzato a calce.

I risultati delle analisi vengono riassunti nella tabella seguente in termini di:

- spessore corrente dello strato di bonifica;

da assumere al fine di raggiungere il livello prestazionale richiesto per il piano di posa del rilevato; per ogni tratto è inoltre indicato il riferimento alla figura che mostra l'analisi condotta con il criterio di Burmister.

Viene inoltre indicato:

- lo spessore di bonifica ai lati del piano di posa del rilevato che risulta, in genere, approfondito rispetto alla bonifica corrente e la relativa larghezza (vedi schema riportato in Figura 22-1).

**TABELLA 22-3: SPESSORI DI BONIFICA LUNGO IL TRACCIATO.**

Tratto	Spessore bonifica corrente [m]	Spessore bonifica laterale [m]	Larghezza bonifica laterale [m]	Analisi di Burmister
<u>Tratto 1</u>	0.6	0.6	0.0	Figura 22-2
<u>Tratto 2</u>	0.3	0.6	2.5	Figura 22-3
<u>Tratto 3</u>	0.3	0.6	2.5	Figura 22-4
<u>Tratto 4</u>	0.6	0.6	0.0	Figura 22-5
<u>Tratto 5</u>	0.3	0.6	2.5	Figura 22-6
<u>Tratto 6</u>	0.6	0.6	0.0	Figura 22-7
<u>Tratto 7</u>	0.6	0.6	0.0	Figura 22-8

Nei tratti in cui il piano di posa del rilevato della viabilità in oggetto è in continuità con quello del rilevato dell'asse autostradale, l'approfondimento laterale della bonifica viene effettuato solo alle estremità del piano di posa.

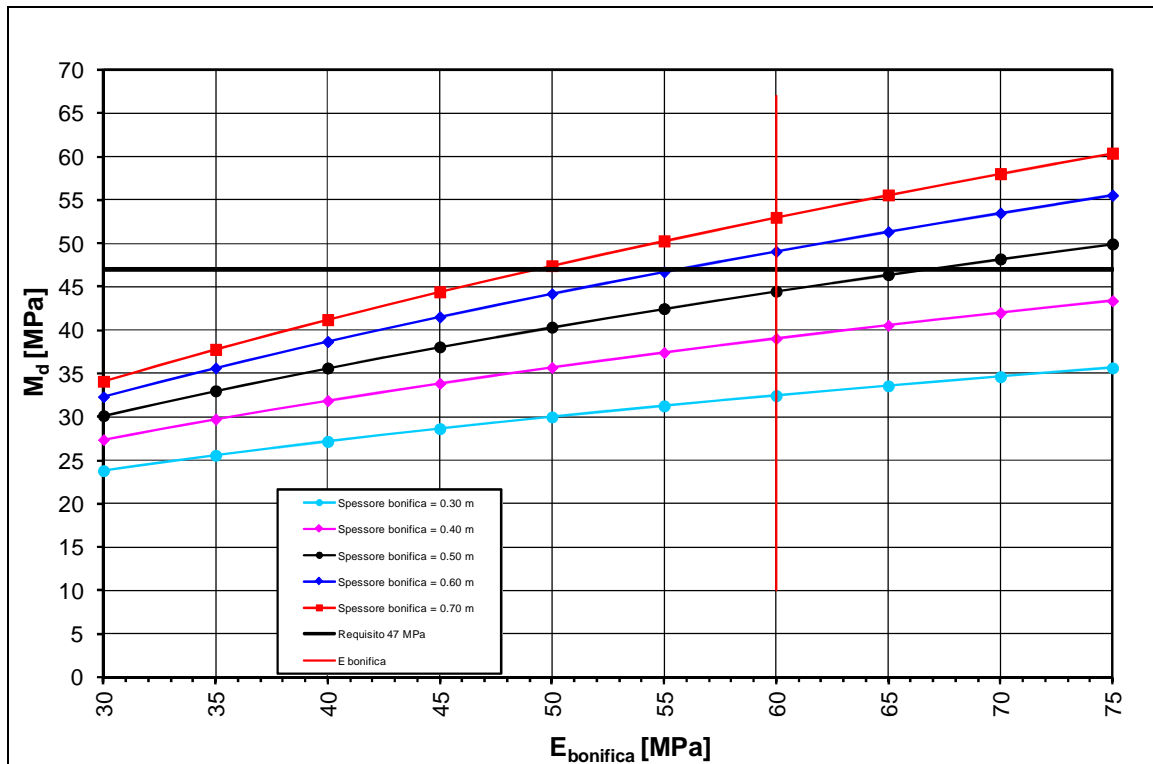


FIGURA 22-2: TRATTO 1 – DETERMINAZIONE SPESSORE DI BONIFICA.

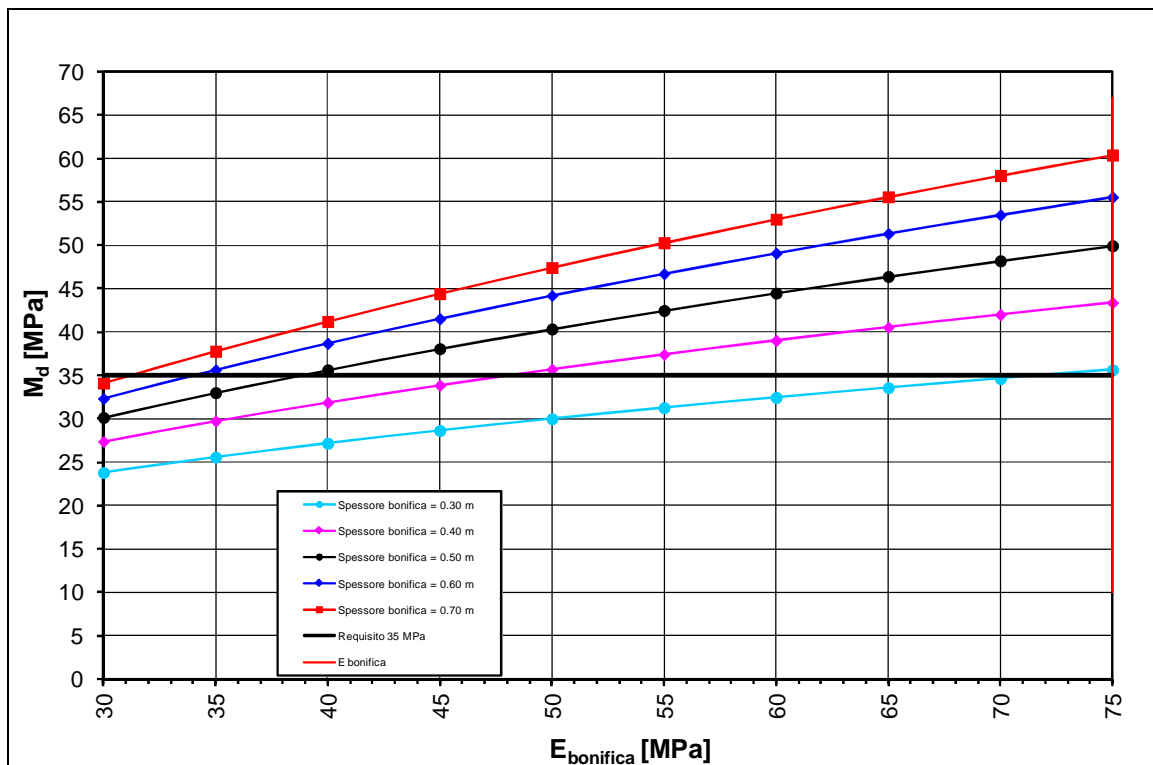


FIGURA 22-3: TRATTO 2 – DETERMINAZIONE SPESSORE DI BONIFICA.

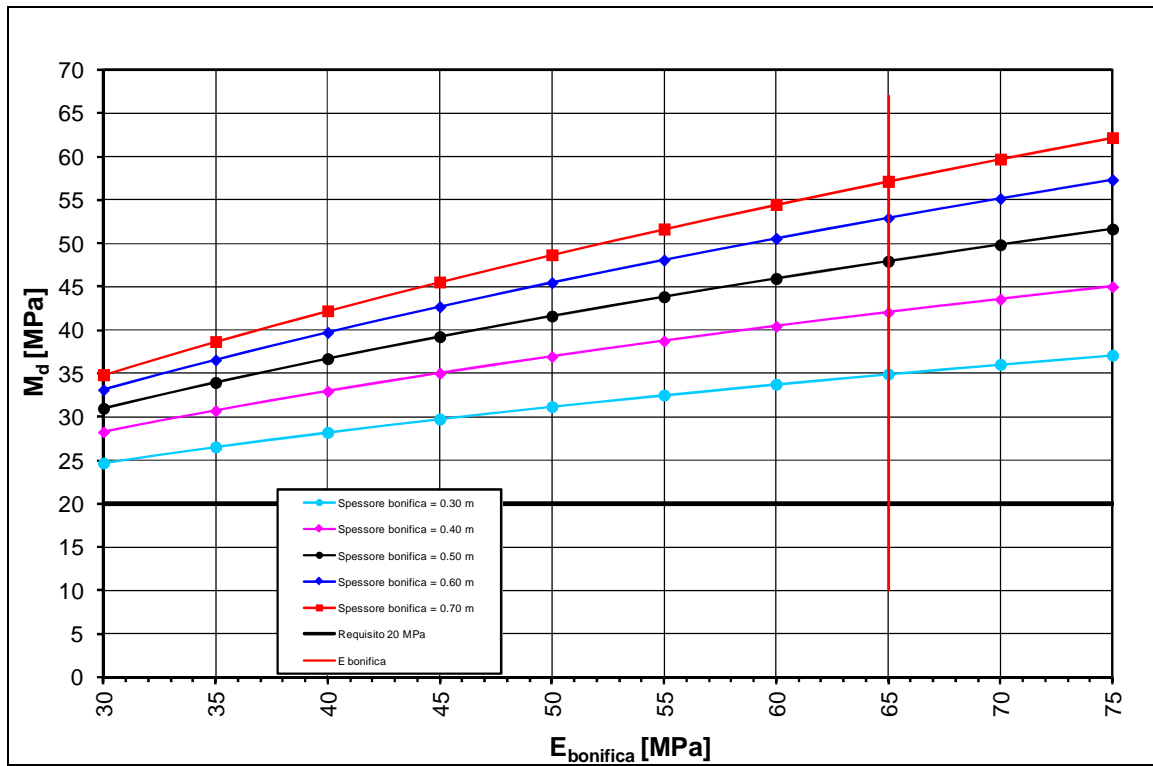


FIGURA 22-4: TRATTO 3 – DETERMINAZIONE SPESSORE DI BONIFICA.

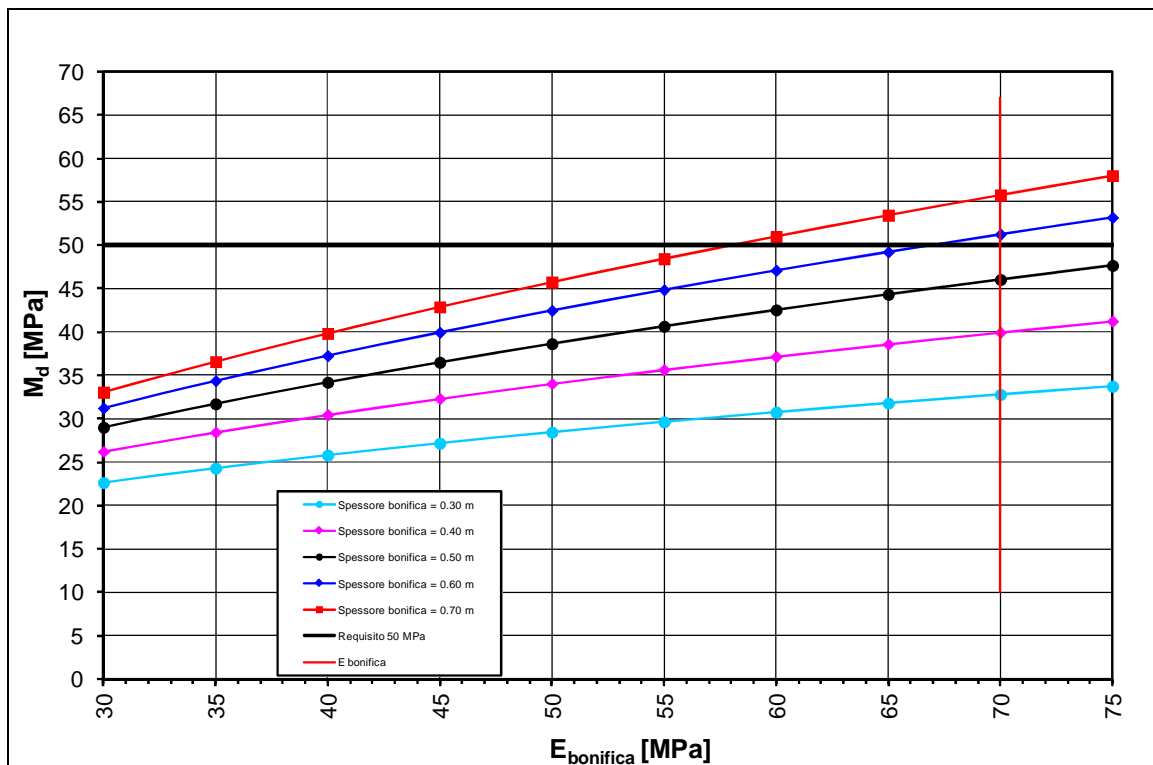
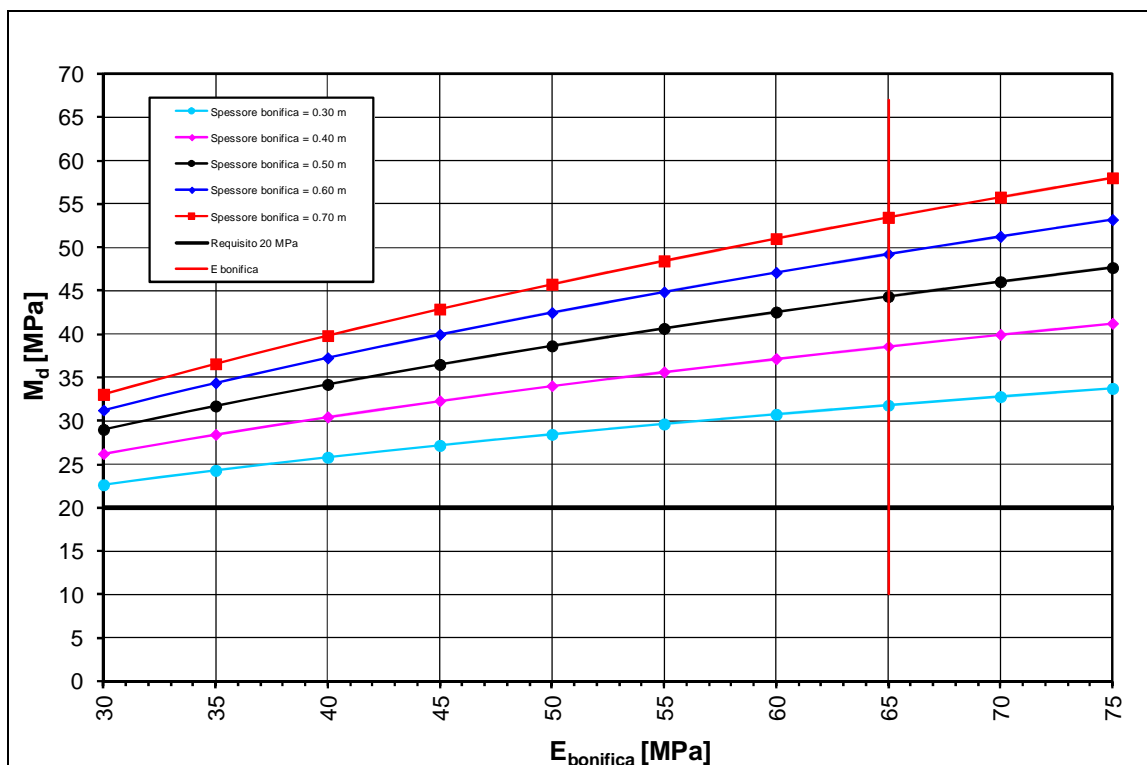
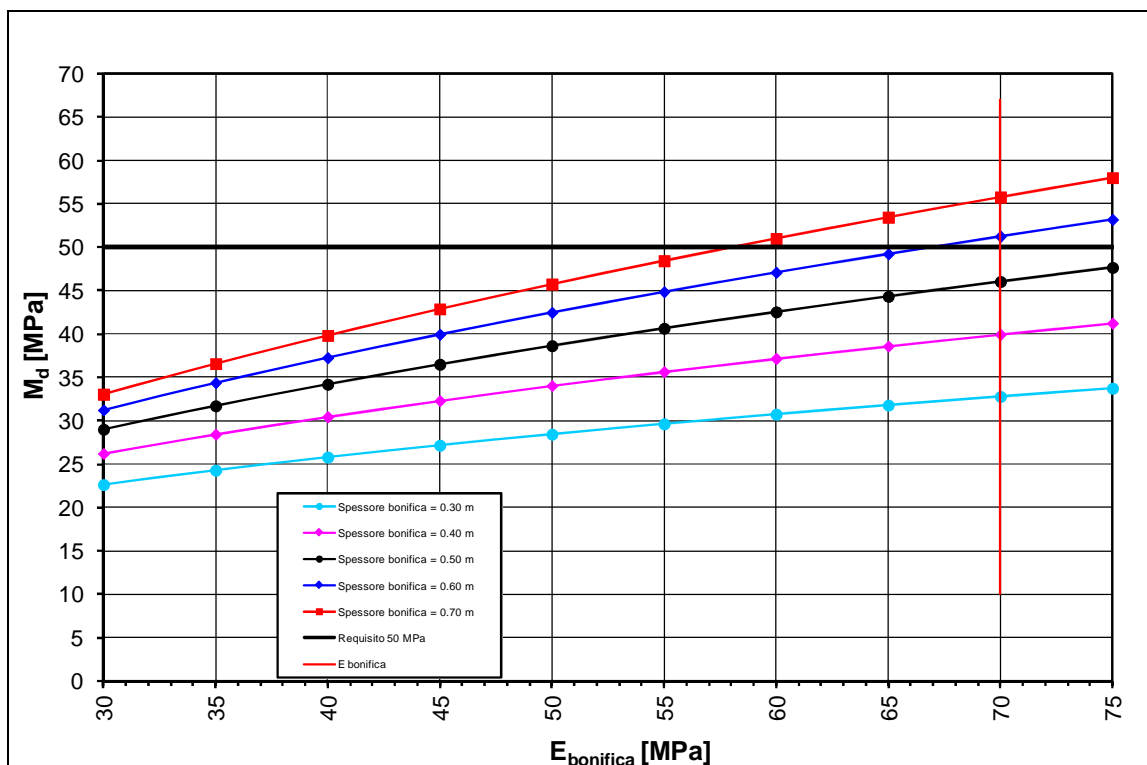


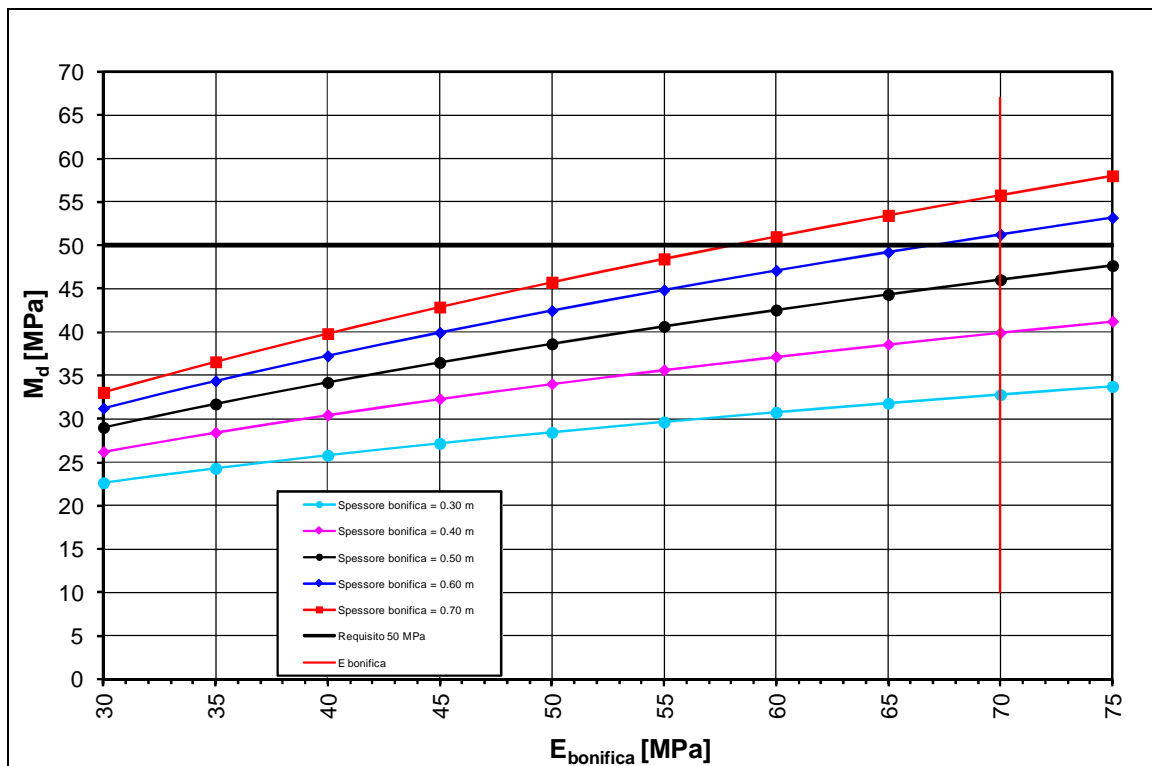
FIGURA 22-5: TRATTO 4 – DETERMINAZIONE SPESSORE DI BONIFICA.



**FIGURA 22-6: TRATTO 5 – DETERMINAZIONE SPESSORE DI BONIFICA.**



**FIGURA 22-7: TRATTO 6 – DETERMINAZIONE SPESSORE DI BONIFICA.**



**FIGURA 22-8: TRATTO 7 – DETERMINAZIONE SPESSORE DI BONIFICA.**

## 22.6. STUDIO DELLA STABILIZZAZIONE DELLE TERRE CON CALCE

A seguito dell'analisi dei certificati di laboratorio inerenti lo studio delle miscele terreno naturale + calce (CaO) (vedi elaborati inerenti le indagini di laboratorio riportate nel paragrafo 3), nella tabella seguente sono riportati:

- la percentuale di calce da adottare nelle miscele terreno naturale + calce (CaO) per la formazione del piano dei posa dei rilevati/trincee (bonifiche);
- le pk di inizio e fine di riferimento per la singola percentuale di calce.

**TABELLA 22-4: INDICAZIONI IN MERITO ALLA %CAO DA ADOTTARE NELLA STABILIZZAZIONE.**

pk inizio [km]	pk fine [km]	% calce viva (CaO) per stabilizzazione
/	/	2.5