









S.S. N. 9 "VIA EMILIA"

VARIANTE DI CASALPUSTERLENGO ED ELIMINAZIONE PASSAGGIO A LIVELLO SULLA S.P. EX S.S. N.234

PROGETTO ESECUTIVO

 Ing. Renato Vaira <small>(Ordine degli Ingg. di Torino e Provincia n° 4863 W)</small>	ING. RENATO DEL PRETE Ing. Renato Del Prete <small>Ordine degli Ingg. di Bari e provincia n° 5073</small>	DOTT. GEOL. DANILO GALLO Dott. Geol. Danilo Gallo <small>Ordine dei Geologi della Regione Puglia n° 588</small>	INTEGRAZIONE PRESTAZIONI Ing. Renato Del Prete	PROGETTISTA Ing. Valerio Bajetti <small>(I.T. S.r.l.)</small>	
	PROGETTAZIONE STRADALE Ing. Gaetano Ranieri <small>(Ga&M S.r.l.)</small>	PROGETTAZIONE IDRAULICA Ing. Fabrizio Bajetti <small>(I.T. S.r.l.)</small>			
	PROGETTAZIONE OPERE D'ARTE MAGGIORI Ing. Renato Vaira <small>(Studio Corona S.r.l.)</small>	PROGETTAZIONE OPERE D'ARTE MINORI Ing. Nicola Ligas <small>(I.T. S.r.l.)</small>			
 Ing. Valerio Bajetti <small>Ordine degli Ingg. di Roma e provincia n° A-26211</small>	SETAC Srl Servizi & Engineering Trasporti Ambiente Costruzioni Prof. Ing. Luigi Monterisi <small>Ordine degli Ingg. di Bari e provincia n° 1771</small>	 E&G Engineering & Graphics S.r.l. Ing. Gabriele Incecchi <small>Ordine degli Ingg. di Roma e provincia n° A-12102</small>	COMPUTI Ing. Valerio Bajetti <small>(I.T. S.r.l.)</small>	CANTIERISTICA Ing. Gaetano Ranieri <small>(Ga&M S.r.l.)</small>	
	UNING SOCIETÀ DESIGNATA: GA&M Prof. Ing. Matteo Ranieri <small>Ordine degli Ingg. di Bari e provincia n° 1137</small>	ECOPLAN Arch. Nicoletta Frattini <small>Ordine degli Arch. di Torino e provincia n° A-8433</small>	ARKE' INGENGERIA s.r.l. Ing. Gioacchino Angarano <small>Ordine degli Ingg. di Bari e provincia n° 5970</small>	GEOLOGIA Dott. Danilo Gallo	GEOTECNICA Ing. Gianfranco Sodero <small>(Studio Corona S.r.l.)</small>
	VISTO: IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO  Dott. Ing. Fabrizio CARDONE	IL RESPONSABILE DELLA INTEGRAZIONE DELLE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE  Ing. Renato DEL PRETE	PROGETTISTA  Ing. Valerio BAJETTI	GEOLOGO  Dott. Danilo GALLO	IL COORDINATORE DELLA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE  Ing. Gaetano RANIERI

HO05

H - PROGETTO STRUTTURALE OPERE PRINCIPALI

CV01 - CAVALCAVIA STRADA VICINALE DELLE COSTE

RELAZIONE DI CALCOLO GEOTECNICA - PALI DI FONDAZIONE

CODICE PROGETTO PROGETTO LIV. PROG. N. PROG. <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> COMI E 1701 </div>	NOME FILE HO05-S07CV01STRRE05_A.dwg CODICE ELAB. S07CV01STRRE05	REVISIONE B	SCALA: -----
D			
C			
B	EMISSIONE A SEGUITO DI ISTRUTTORIA	LUGLIO 2018	ING. NICOLA LIGAS
A	EMISSIONE	DICEMBRE 2017	ING. NICOLA LIGAS
REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO VERIFICATO APPROVATO

SOMMARIO

1	PREMESSA	2
2	NORMATIVA.....	2
3	MATERIALI	2
3.1	Calcestruzzo pali	2
3.2	Armature ordinarie c.a.	3
3.3	Caratteristiche di durabilità e copriferri	3
4	CARATTERISTICHE GEOTECNICHE	3
5	GENERALITÀ SULLE VERIFICHE GEOTECNICHE E STRUTTURALI DEI PALI	5
5.1	Verifiche di resistenza assiale (verticale)	5
5.2	Verifiche di resistenza ai carichi trasversali (orizzontali).....	8
5.3	Verifiche di deformazione	9
6	PALI SPALLE.....	9
6.1	Sollecitazioni di progetto alla testa dei pali.....	9
6.2	Calcolo delle caratteristiche di sollecitazione e deformazione del palo.....	10
6.3	Verifica dei pali soggetti a carico verticale.....	15
6.4	Pali soggetti a carico orizzontale - Verifica di resistenza del terreno	15
6.5	Verifiche di deformazione palo.....	17
6.6	Verifiche strutturali palo	17
6.6.1	Verifiche di resistenza allo stato limite ultimo	17
6.6.2	Verifiche tensionali allo stato limite di esercizio – Combinazioni rare	17
6.6.3	Verifiche di fessurazione – Combinazioni frequenti.....	18
6.6.4	Verifiche di fessurazione – Combinazioni quasi permanenti	18
6.6.5	Tabulato di calcolo.....	18
7	PALI PILE	26
7.1	Sollecitazioni di progetto alla testa dei pali.....	26
7.2	Calcolo delle caratteristiche di sollecitazione e deformazione del palo.....	27
7.3	Verifica dei pali soggetti a carico verticale.....	32
7.4	Pali soggetti a carico orizzontale - Verifica di resistenza del terreno	32
7.5	Verifiche strutturali palo	35
7.5.1	Verifiche di resistenza allo stato limite ultimo	35
7.5.2	Verifiche tensionali allo stato limite di esercizio – Combinazioni rare	35
7.5.3	Verifiche di fessurazione.....	35
7.5.4	Tabulato di calcolo.....	36

1 PREMESSA

La presente relazione riporta i calcoli statici e geotecnici necessari per la progettazione esecutiva dei pali di fondazione del Cavalcavia Strada Vicinale Delle Coste, intersecante alla Pk. 5+059.88 la Variante di Casalpusterlengo alla S.S. n. 9 "Via Emilia".

L'opera in oggetto presenta uno schema statico di trave continua su tre campate aventi luci tra gli assi di appoggio pari a 31+38+31 m.

I pali di fondazione sono trivellati in cls. armato, di diametro 1200 mm e hanno la seguente disposizione:

- Spalle:

- numero pali: N = 4
- interasse trasv.: It = 3.60 m
- lunghezza: L = 26.00 m

- Pile:

- numero pali: N = 8
- interasse trasv.: It = 3.60 m
- interasse long.: Il = 3.60 m
- lunghezza: L = 21.00 m

I pali delle spalle attraversano il rilevato in progetto; per evitare fenomeni di attrito negativo si dispone un rivestimento di lamiera metallica fino a 2 m di profondità dal piano di campagna.

2 NORMATIVA

Nella redazione dei calcoli statici ci si è attenuti alle prescrizioni della Normativa vigente; in particolare:

- **Legge n°1086 del 05/11/1971**

"Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica"

- **Legge n°64 del 02/02/1974:**

"Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche"

- **Decreto Ministeriale 14/01/2008**

"Norme tecniche per le costruzioni"

- **Circolare Min. 02/02/2009, n° 617**

"Istruzioni per l'applicazione delle Norme tecniche per le costruzioni di cui al D.M. 14/01/2008"

3 MATERIALI

3.1 CALCESTRUZZO PALI

classe C25/30

resistenza caratteristica cubica

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

resistenza caratteristica cilindrica $f_{ck} \geq 25 \text{ N/mm}^2$
 resistenza allo stato limite ultimo: $f_{cd} = 25 \times 0.85 / 1.5 = 14.17 \text{ N/mm}^2$
 tensione limite per combinazioni caratteristiche (rare): $s_1 = 0.6 \times 25 = 15.00 \text{ N/mm}^2$
 tensione limite per combinazioni quasi permanenti: $s_2 = 0.45 \times 25 = 11.25 \text{ N/mm}^2$

3.2 ARMATURE ORDINARIE C.A.

acciaio tipo: B450C
 tensione caratteristica di snervamento: $f_{yk} = 450 \text{ N/mm}^2$
 tensione caratteristica di rottura: $f_{tk} = 540 \text{ N/mm}^2$
 tensione limite per combinazioni caratteristiche (rare): $s_3 = 0.8 \times 450 = 360 \text{ N/mm}^2$

3.3 CARATTERISTICHE DI DURABILITÀ E COPRIFERRI

Le caratteristiche minime di resistenza dei calcestruzzi per la durabilità e i copriferri vengono definiti in accordo con la Circolare 02/02/2009 n.617 e con UNI EN 206-1 per una vita nominale di 50 anni.

- Classe di esposizione ambientale: XC2 (cond. amb. ordinarie)
- Copriferro nominale: $c_{nom} = c_{min} + \Delta c$ $c_{nom} = 80 \text{ mm}$
- Valori limite di apertura fessure: comb. frequenti: $w_3 = 0.4 \text{ mm}$
 comb. quasi perm.: $w_2 = 0.3 \text{ mm}$

4 CARATTERISTICHE GEOTECNICHE

Si adottano le seguenti caratteristiche derivate dalla Relazione geotecnica:

a) Unità geotecnica U1: terreni prevalentemente incoerenti (sabbie)

- Peso specifico: $\gamma = 19 \text{ kN/m}^3$
- Peso specifico efficace: $\gamma' = 9 \text{ kN/m}^3$
- Angolo di attrito interno: $\varphi = 32^\circ$
- Coesione drenata: $c' = 0$
- Coefficiente di reazione laterale: $K_h = \frac{\beta \cdot Z}{D}$ in cui:

Z: profondità

D: diametro del palo

β : coefficiente come da tabella seguente

Coefficiente β [MN/m ³]	Coefficiente β [MN/m ³]	
	Secco / umido	Saturo
Sabbia soffice ($D_r < 30\%$)	2.24	1.24
Sabbia media ($30 < D_r < 70\%$)	6.72	4.48
Sabbia e ghiaia ($D_r > 70\%$)	17.92	10.88

b) Unità geotecnica U2: terreni prevalentemente coesivi (limi)

- Peso specifico: $\gamma = 19.5 \text{ kN/m}^3$
- Peso specifico efficace: $\gamma' = 9.7 \text{ kN/m}^3$
- Angolo di attrito interno: $\varphi = 27^\circ$
- Coesione drenata: $c' = 17 \text{ kN/m}^2$
- Coefficiente di reazione laterale (Bowles): c_u : coesione non drenata

	$K_h \text{ [MN/m}^3]$	
	minimo	massimo
$c_u \leq 100 \text{ kN/m}^2$	12.2	24.5
$c_u \leq 200 \text{ kN/m}^2$	24.5	48.9
$c_u > 200 \text{ kN/m}^2$	48.9	490

Nella tabella seguente sono riportati i valori c_u e K_h in funzione della profondità.

Terreno coesivo U2		
Profondità [m]	C_u [kN/m ²]	K_h [MN/m ³]
2.00	5.40	12.86
4.00	15.60	14.12
6.00	25.90	15.39
8.00	36.20	16.65
10.00	46.40	17.91
12.00	56.70	19.17
14.00	67.00	20.44
16.00	77.20	21.70
18.00	87.50	22.96
20.00	97.80	24.23
22.00	108.00	26.45
24.00	118.30	28.97
26.00	128.60	31.48
28.00	138.80	33.97
30.00	149.10	36.48

c) Rilevato stradale (spalle): si nota che l'attrito laterale viene trascurato in quanto il palo è rivestito di lamierino; il coefficiente di reazione laterale viene cautelativamente valutato come per le sabbie (a), ma ridotto al 10 %.

- Peso specifico: $\gamma = 20 \text{ kN/m}^3$
- Angolo di attrito interno: $\varphi = 35^\circ$ (trascurato per portanza laterale)
- Coesione drenata: $c' = 0$

- Coefficiente di reazione laterale: $K_h = \frac{\beta \cdot Z}{D}$ in cui:

Z: profondità

D: diametro del palo

β : coefficiente come da tabella seguente

Coefficiente β [MN/m ³]		
	Secco / umido	Saturo
Rilevato stradale	0.672	0.448

Falda: il terreno in situ si considera saturo a partire da 5 m di profondità.

5 GENERALITÀ SULLE VERIFICHE GEOTECNICHE E STRUTTURALI DEI PALI

Le verifiche sono state eseguite con l'ausilio dei seguenti programmi di calcolo:

- RC-Sec, realizzato da "GeoStru Software S.a.s., Lungomare snc, 89032 – Bianco (RC)", utilizzato per la verifica a pressoflessione e taglio delle sezioni in calcestruzzo armato agli stati limite.
- AllPile, realizzato da "CivilTech Software, Bellevue, WA U.S.A."; utilizzato per le verifiche geotecniche dei pali.

5.1 VERIFICHE DI RESISTENZA ASSIALE (VERTICALE)

La verifica di resistenza assiale dei pali viene svolta allo stato limite ultimo; facendo riferimento alle NTC 2008 si segue:

- Approccio 2: Combinazione: (A1/M1/R3)

Coefficienti parziali delle resistenze γ_R : segue estratto Tabella 6.4.II, NTC 2008, con i coefficienti parziali adottati evidenziati.

Tabella 6.4.II – Coefficienti parziali γ_R da applicare alle resistenze caratteristiche.

Resistenza	Simbolo	Pali infissi			Pali trivellati			Pali ad elica continua		
		(R1)	(R2)	(R3)	(R1)	(R2)	(R3)	(R1)	(R2)	(R3)
Base	γ_b	1,0	1,45	1,15	1,0	1,7	1,35	1,0	1,6	1,3
Laterale in compressione	γ_s	1,0	1,45	1,15	1,0	1,45	1,15	1,0	1,45	1,15
Totale (*)	γ_t	1,0	1,45	1,15	1,0	1,6	1,30	1,0	1,55	1,25
Laterale in trazione	γ_{st}	1,0	1,6	1,25	1,0	1,6	1,25	1,0	1,6	1,25

(*) da applicare alle resistenze caratteristiche dedotte dai risultati di prove di carico di progetto

Fattore di correlazione (1 indagine): ξ_4 : segue estratto Tabella 6.4.IV, NTC 2008, con i coefficienti parziali adottati evidenziati.

Tabella 6.4.IV – Fattori di correlazione ξ per la determinazione della resistenza caratteristica in funzione del numero di verticali indagate.

Numero di verticali indagate	1	2	3	4	5	7	≥ 10
ξ_3	1,70	1,65	1,60	1,55	1,50	1,45	1,40
ξ_4	1,70	1,55	1,48	1,42	1,34	1,28	1,21

La verifica viene eseguita tramite il programma di calcolo "AllPile", versione 7.12, prodotto da CivilTech Software, Bellevue, WA USA, il programma utilizza le procedure descritte in "Foundation & Earth Structures, Design Manual 7.02", pubblicato da "Department of Navy, Naval Facilities Engineering Command (NAVFAC, USA)".

La resistenza ultima del palo per sforzo assiale è la somma delle resistenze di punta e laterale:

$$Q_{ult} = Q_{tip} + Q_{side}$$

Da cui deriva la resistenza di calcolo:

$$R_d = \frac{Q_{tip}}{\gamma_b \times \xi} + \frac{Q_{side}}{\gamma_s \times \xi} = \frac{Q_{tip}}{1.35 \times 1.70} + \frac{Q_{side}}{1.15 \times 1.70}$$

La resistenza ultima di base vale:

$$Q_{tip} = A_{tip} \times (N_q \times S_v + N_c \times C) \text{ in cui:}$$

A_{tip} : area sezione del palo alla punta

N_q : fattore di portanza per terreni sciolti, tabellato in funzione dell'angolo di attrito e del tipo di palo (infisso o trivellato) (ved. Tabella 4.1 seguente)

Table 4-1. Bearing Capacity Factor, N_q

Φ (Internal friction)	N_q (Displacement pile)	N_q (Non-Displacement pile)
26	11.0	5.6
28	15.2	7.6
30	21.0	10.3
31	24.6	12.1
32	29.1	14.2
33	34.5	16.9
34	41.3	20.3
35	49.9	24.6
36	60.9	30.1
37	75.0	37.1
38	93.0	46.1
39	116.	57.7
40	145.	72.3

S_v : tensione verticale (efficace) alla punta palo, salvo le limitazioni:

$$S_v < q_{limit} = 7.2 \text{ N/mm}^2$$

N_c : fattore di portanza per terreni coesivi, tabellato in funzione della profondità relativa della punta palo Z/D (ved. Tabella 4.2 seguente)

Table 4-2. Bearing Capacity Factor, N_c

z/B (Depth/Width)	N_c
0	6.3
1	7.8
2	8.4
3	8.8
4	9
>4	9

C: coesione terreno

In presenza di discontinuità stratigrafiche nel tratto inferiore alla punta, si tiene conto delle caratteristiche dei terreni sottostanti interpolando per una profondità di 4 volte il diametro del palo.

La resistenza ultima laterale vale:

$$Q_{side} = \sum S_f \times P \times \Delta L = \sum (f_0 + C_a) \times P \times \Delta L \text{ in cui:}$$

$$f_0 = K_{down} \times S_v \times \tan \delta \text{ (in compressione)}$$

$$f_0 = K_{up} \times S_v \times \tan \delta \text{ (in trazione)}$$

$$K_{down} = S_h / S_v = 0.7 \text{ : (in compressione)}$$

$$K_{up} = S_h / S_v = 0.4 \text{ : (in trazione)}$$

S_h : tensione orizzontale (efficace) lungo il palo:

S_v : tensione verticale (efficace) lungo il palo, salvo le limitazioni:

$$S_f < (f_0 + C_a)_{limit} = 0.20 \text{ N/mm}^2 \text{ : portanza laterale limite}$$

$\delta = 0.8 \times \varphi$:angolo di attrito calcestruzzo/terreno

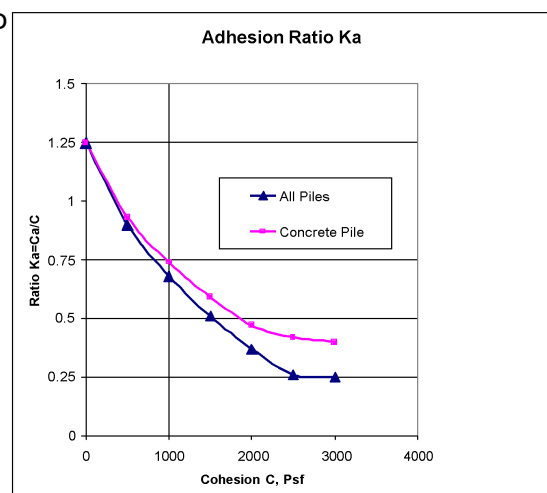
$$C_a = K_c \times K_a \times C$$

$K_c = 1$: fattore di adesione

K_a : rapporto di adesione (vedi figura a lato)

P: perimetro palo

ΔL : lunghezza tratto di palo



Il cedimento del palo viene calcolato secondo Reese e O'Neel (1988).

5.2 VERIFICHE DI RESISTENZA AI CARICHI TRASVERSALI (ORIZZONTALI)

La verifica di resistenza laterale dei pali viene svolta allo stato limite ultimo; facendo riferimento alle NTC 2008 si segue:

- Approccio 2: Combinazione: (A1/M1/R3)

Coefficienti parziali delle resistenze γ_T : segue estratto Tabella 6.4.VI, NTC 2008, con i coefficienti parziali adottati evidenziati.

Tabella 6.4.VI - Coefficienti parziali γ_T per le verifiche agli stati limite ultimi di pali soggetti a carichi trasversali.

COEFFICIENTE PARZIALE (R1)	COEFFICIENTE PARZIALE (R2)	COEFFICIENTE PARZIALE (R3)
$\gamma_T = 1,0$	$\gamma_T = 1,6$	$\gamma_T = 1,3$

La determinazione delle sollecitazioni lungo il palo viene eseguita tramite il programma di calcolo "AllPile" applicando direttamente il codice COM624P (FHWA-SA-91-048, COM624P – Laterally Loaded Pile Program for the Microcomputer, Version 2.0, Wang and Reese, 1993).

Il codice risolve l'analisi laterale nell'ipotesi che il modulo di deformazione sia proporzionale alla profondità, con l'integrazione iterativa alle differenze finite delle seguenti equazioni differenziali non lineari:

$$1) \quad EI \frac{d^4 Y}{dZ^4} + Q \frac{d^2 Y}{dZ^2} - R - P_q = 0$$

$$2) \quad EI \left(\frac{d^3 Y}{dZ^3} \right) + Q \left(\frac{dY}{dZ} \right) - T = 0$$

$$3) \quad EI \left(\frac{d^2 Y}{dZ^2} \right) - M = 0$$

$$4) \quad \frac{dY}{dZ} - S_t = 0$$

In cui:

Q: carico assiale sul palo

Y: freccia laterale del palo alla profondità Z dalla testa palo

R: reazione del suolo per unità di lunghezza

E: modulo di elasticità del palo

I: momento d'inerzia del palo

P_q : carico laterale distribuito lungo il palo

T: sforzo di taglio

M: momento flettente

S_t : rotazione del palo

5.3 VERIFICHE DI DEFORMAZIONE

Per i pali si assumono le seguenti deformazioni limite ammissibili, allo SLU:

- deformazione orizzontale massima: 50 mm
- deformazione verticale massima: 20 mm

6 PALI SPALLE

6.1 SOLLECITAZIONI DI PROGETTO ALLA TESTA DEI PALI

Seguono tabelle delle sollecitazioni alla testa dei pali ricavate dalla Relazione di calcolo delle sovrastrutture per le diverse combinazioni di carico.

COMBINAZIONI DI CARICO		CONDIZIONE	PALO 1	PALO 2	PALO 3	PALO 4	PALI	
			N _{Sd,1} [kN]	N _{Sd,2} [kN]	N _{Sd,3} [kN]	N _{Sd,4} [kN]	M _{Sd} [kNm]	V _{Sd} [kN]
SLE - QUASI PERMANENTI	GEN Q.P.(max)	1	1 587.17	1 587.17	1 587.17	1 587.17	-663.37	194.18
	GEN Q.P.(min)	1	1 562.20	1 562.20	1 562.20	1 562.20	-717.22	169.70
SLE - FREQUENTI	GEN FREQ Mobili(max)	1	1 780.23	2 030.24	2 280.25	2 530.27	-457.11	301.80
	GEN FREQ Vento(max)	1	1 577.28	1 583.88	1 590.49	1 597.09	-462.36	299.44
	GEN FREQ Termico(max)	1	1 599.28	1 592.87	1 586.46	1 580.05	-456.97	302.13
	GEN FREQ Mobili(min)	1	1 937.22	1 687.20	1 437.19	1 187.18	-530.25	268.56
	GEN FREQ Vento(min)	1	1 557.26	1 560.56	1 563.87	1 567.17	-516.21	274.96
	GEN FREQ Termico(min)	1	1 569.32	1 562.91	1 556.50	1 550.09	-521.60	272.79
SLE - RARE	GEN RARA Mobili(max)	1	1 867.73	2 276.45	2 685.18	3 093.90	-386.64	339.97
	GEN RARA Vento(max)	1	1 791.24	2 035.63	2 280.01	2 524.39	-384.70	344.68
	GEN RARA Frenam(max)	1	1 785.78	2 037.44	2 289.10	2 540.76	-495.73	288.89
	GEN RARA Termico(max)	1	1 796.84	2 044.13	2 291.42	2 538.72	-363.17	350.87
	GEN RARA Mobili(min)	1	2 185.92	1 768.47	1 351.02	933.57	-477.52	300.45
	GEN RARA Vento(min)	1	1 948.18	1 689.24	1 430.31	1 171.37	-468.61	308.56
SLU - STR	GEN RARA Frenam(min)	1	1 942.72	1 691.06	1 439.40	1 187.74	-579.64	250.75
	GEN RARA Termico(min)	1	1 933.80	1 677.77	1 421.74	1 165.72	-490.16	294.34
	GEN SLU Mobili(max)	1	2 571.33	3 122.44	3 673.56	4 224.68	-528.05	456.99
	GEN SLU Vento(max)	1	2 468.72	2 797.55	3 126.38	3 455.20	-525.43	464.58
	GEN SLU Frenamento(max)	1	2 459.70	2 799.44	3 139.18	3 478.92	-675.32	387.44
	GEN SLU Termico(max)	1	2 474.11	2 807.31	3 140.50	3 473.69	-499.59	470.28
SLV	GEN SLU Mobili(min)	1	3 005.38	2 441.16	1 876.95	1 312.73	-641.04	408.32
	GEN SLU Vento(min)	1	2 685.08	2 334.43	1 983.77	1 633.11	-629.02	420.53
	GEN SLU Frenamento(min)	1	2 676.06	2 336.32	1 996.58	1 656.84	-778.91	340.36
	GEN SLU Termico(min)	1	2 666.50	2 320.21	1 973.92	1 627.63	-654.88	401.49
	GEN SLV Long(max)	1-1	1 570.56	1 612.56	1 654.56	1 696.56	22.30	572.98
		1-2	1 540.89	1 582.89	1 624.88	1 666.88	63.93	572.98
		1-3	1 599.25	1 622.12	1 644.99	1 667.87	22.30	568.73
		1-4	1 569.58	1 592.45	1 615.32	1 638.19	63.93	568.73
	GEN SLV Trasv(max)	1-1	1 412.13	1 552.12	1 692.10	1 832.08	-471.85	386.45
		1-2	1 382.46	1 522.44	1 662.43	1 802.41	-430.22	386.45
		1-3	1 412.13	1 552.12	1 692.10	1 832.08	-632.92	313.15
		1-4	1 382.46	1 522.44	1 662.43	1 802.41	-591.29	313.15
	GEN SLV Vert(max)	1-1	1 628.95	1 670.96	1 712.97	1 754.98	-519.15	315.26
		1-2	1 657.64	1 680.52	1 703.41	1 726.29	-519.15	307.47
1-3		1 628.95	1 670.96	1 712.97	1 754.98	-681.49	219.07	
1-4		1 657.64	1 680.52	1 703.41	1 726.29	-681.49	207.70	
GEN SLV Long(min)	1-1	1 579.79	1 556.92	1 534.05	1 511.18	-1 186.55	70.58	
	1-2	1 550.12	1 527.25	1 504.37	1 481.50	-1 144.92	70.58	
	1-3	1 608.48	1 566.48	1 524.48	1 482.49	-1 186.55	99.16	
	1-4	1 578.81	1 536.81	1 494.81	1 452.81	-1 144.92	99.16	
GEN SLV Trasv(min)	1-1	1 766.91	1 626.93	1 486.94	1 346.96	-711.90	307.12	
	1-2	1 737.24	1 597.25	1 457.27	1 317.29	-670.27	307.12	
	1-3	1 766.91	1 626.93	1 486.94	1 346.96	-872.97	254.63	
	1-4	1 737.24	1 597.25	1 457.27	1 317.29	-831.34	254.63	
GEN SLV Vert(min)	1-1	1 491.73	1 468.84	1 445.96	1 423.08	-622.98	197.31	
	1-2	1 520.42	1 478.41	1 436.40	1 394.39	-622.98	209.24	
	1-3	1 491.73	1 468.84	1 445.96	1 423.08	-784.05	97.77	
	1-4	1 520.42	1 478.41	1 436.40	1 394.39	-784.05	120.04	

Nella tabella successiva sono riepilogati i valori massimi e minimi delle azioni agenti sui pali di fondazione:

MASSIMI / MINIMI	N _{Sd,max} [kN]	N _{Sd,min} [kN]	MSd [kNm]	V _{Sd} [kN]
SLE - QUASI PERMANENTE	1 587.17	1 562.20	-717.22	194.18
SLE - FREQUENTI	2 530.27	1 187.18	-530.25	302.13
SLE - CARATTERISTICHE	3 093.90	933.57	-579.64	350.87
SLU - STR	4 224.68	1 312.73	-778.91	470.28
SLV	1 832.08	1 317.29	63.93	572.98

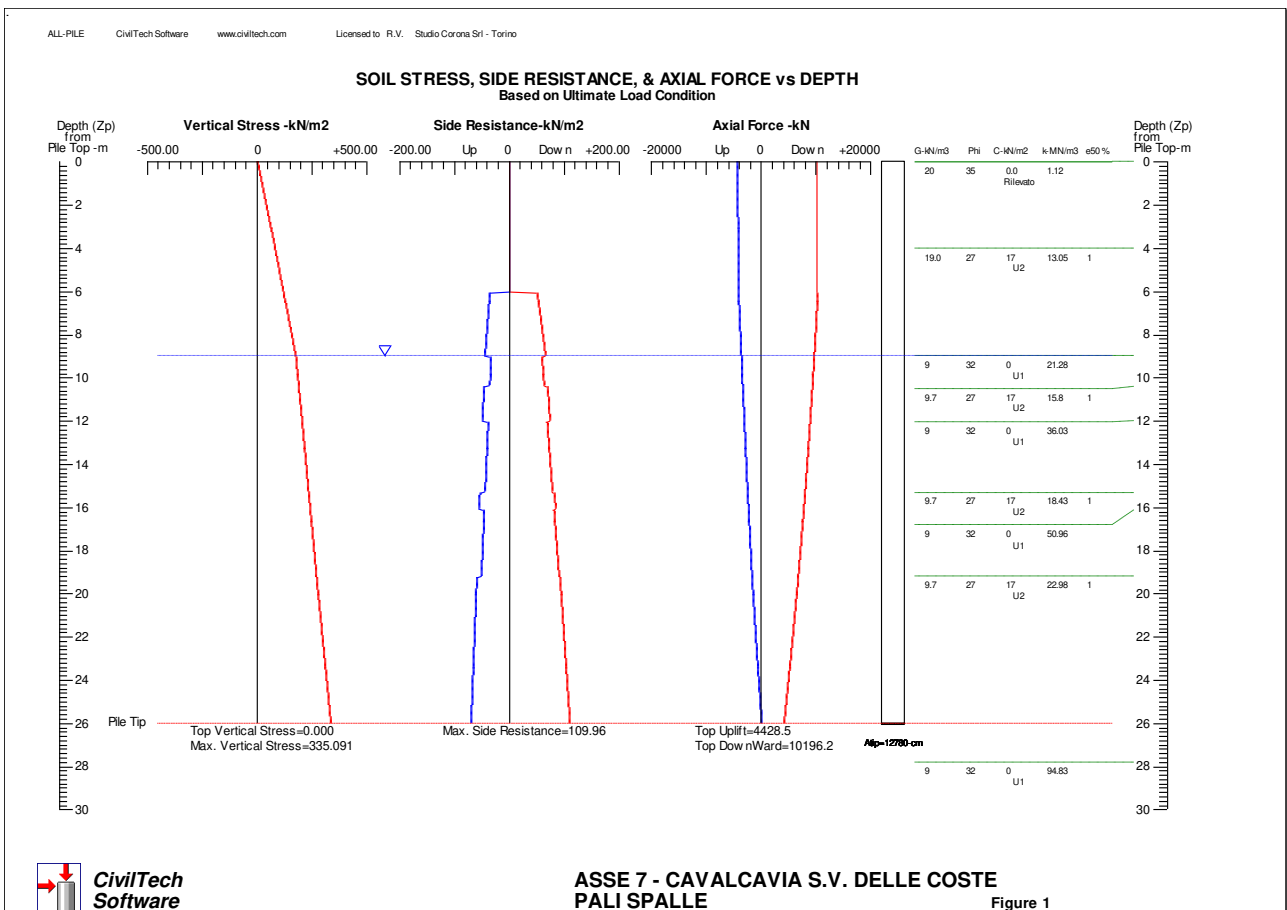
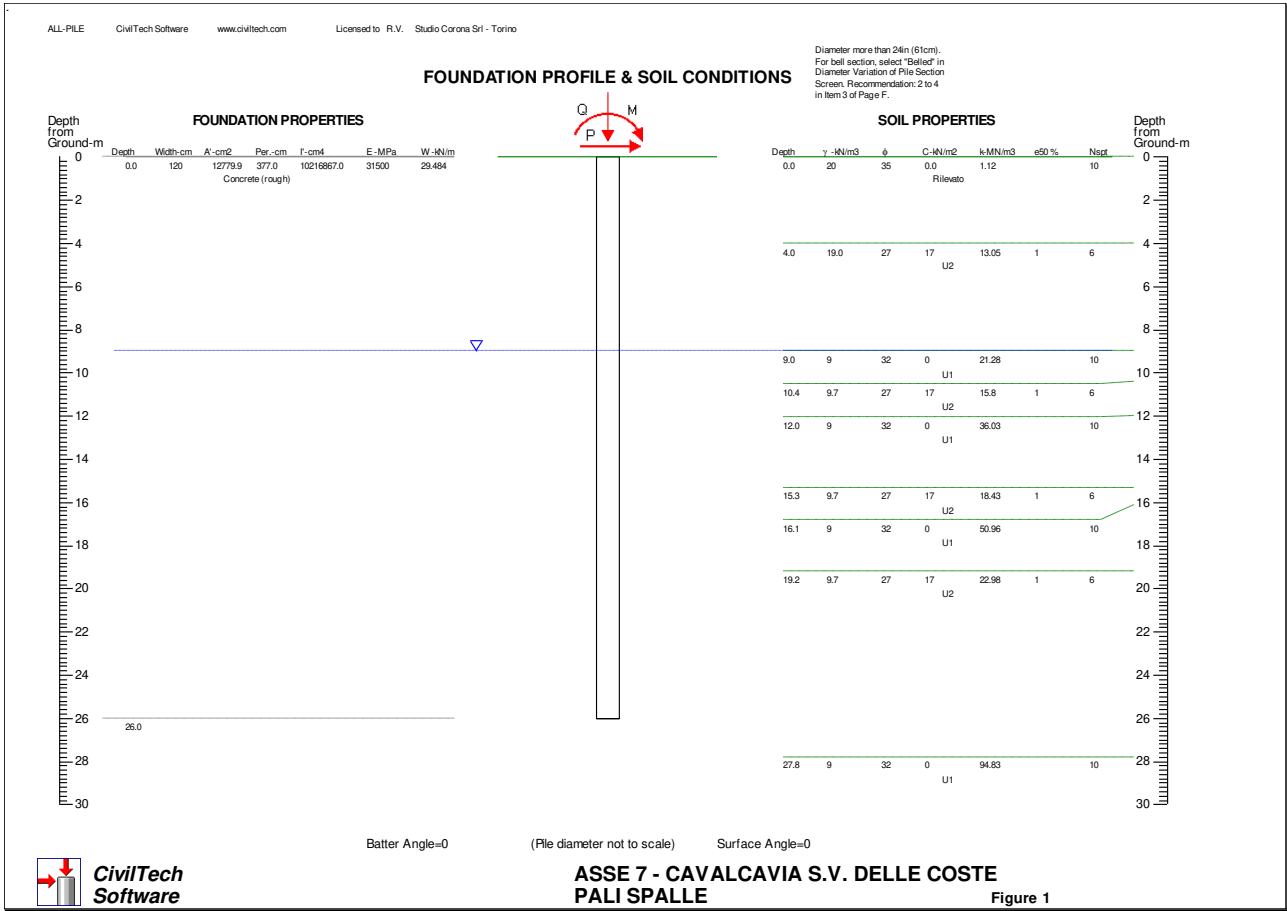
6.2 CALCOLO DELLE CARATTERISTICHE DI SOLLECITAZIONE E DEFORMAZIONE DEL PALO

Il calcolo delle caratteristiche di sollecitazione e deformazione del palo viene effettuato mediante il programma di calcolo "Allpile", vers. 7.12, CivilTech Software, Bellevue, WA USA.

La testa del palo risulta a 4 m di altezza sul rilevato; si trascura la portanza per attrito laterale per il tratto incamiciato con lamierino, pari a 6 m.

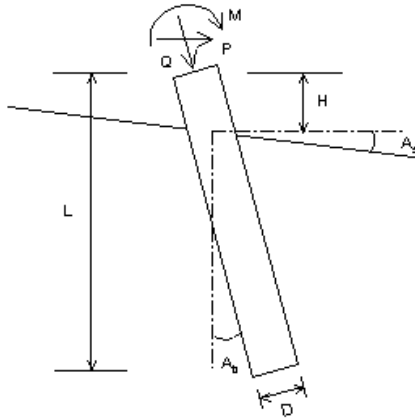
Seguono i diagrammi risultanti dalle analisi verticale e laterale del palo.

Si omettono i tabulati in quanto i risultati grafici del programma AllPile sono completamente esaustivi.



VERTICAL ANALYSIS

Figure 1



Loads:

Load Factor for Vertical Loads= 1.0
 Load Factor for Lateral Loads= 1.0
 Loads Supported by Pile Cap= 0 %
 Shear Condition: Static

Vertical Load, Q= 4224.7 -kN
 Shear Load, P= 573.0 -kN
 Moment, M= 63.9 -kN-m

Profile:

Pile Length, L= 26.0 -m
 Top Height, H= 0 -m
 Slope Angle, As= 0
 Batter Angle, Ab= 0

* Zero Friction *

Zero Friction Start: 0 -m End: 6 -m

Drilled Shaft (dia >24 in. or 61 cm)

Soil Data:

Depth -m	Gamma -kN/m3	Phi	C -kN/m2	K -MN/m3	e50 or Dr %	Nspt
0	20	35	0.0	1.12	30	10
4	19.0	27	17	13.05	1	6
9	9	32	0	21.28	60	10
10.4	9.7	27	17	15.8	1	6
12	9	32	0	36.03	60	10
15.3	9.7	27	17	18.43	1	6
16.1	9	32	0	50.96	60	10
19.2	9.7	27	17	22.98	1	6
27.8	9	32	0	94.83	60	10
31	9.7	27	17	31.39	1	6

Pile Data:

Depth -m	Width -cm	Area -cm2	Per. -cm	I -cm4	E -MPa	Weight -kN/m
0.0	120	12779.9	377.0	10216867.0	31500	29.484
26.0						

Vertical capacity:

Weight above Ground= 0.00 Total Weight= 578.32-kN *Soil Weight is not included
 Side Resistance (Down)= 6146.391-kN Side Resistance (Up)= 3850.218-kN
 Tip Resistance (Down)= 4049.762-kN Tip Resistance (Up)= 0.000-kN
 Total Ultimate Capacity (Down)= 10196.153-kN Total Ultimate Capacity (Up)= 4428.540-kN
 Total Allowable Capacity (Down)= 4833.962-kN Total Allowable Capacity (Up)= 2411.759-kN
 OK! Qallow > Q

Settlement Calculation:

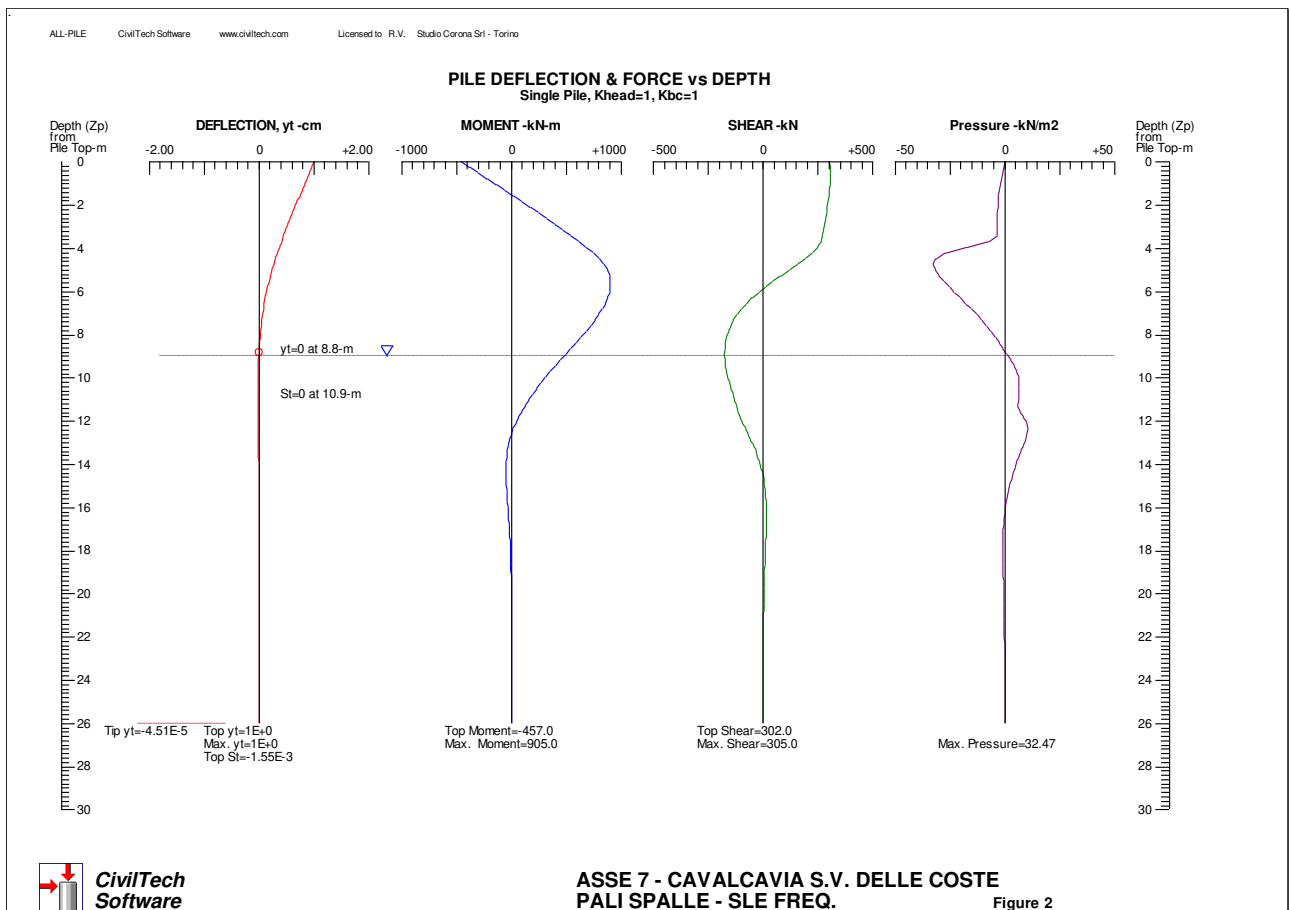
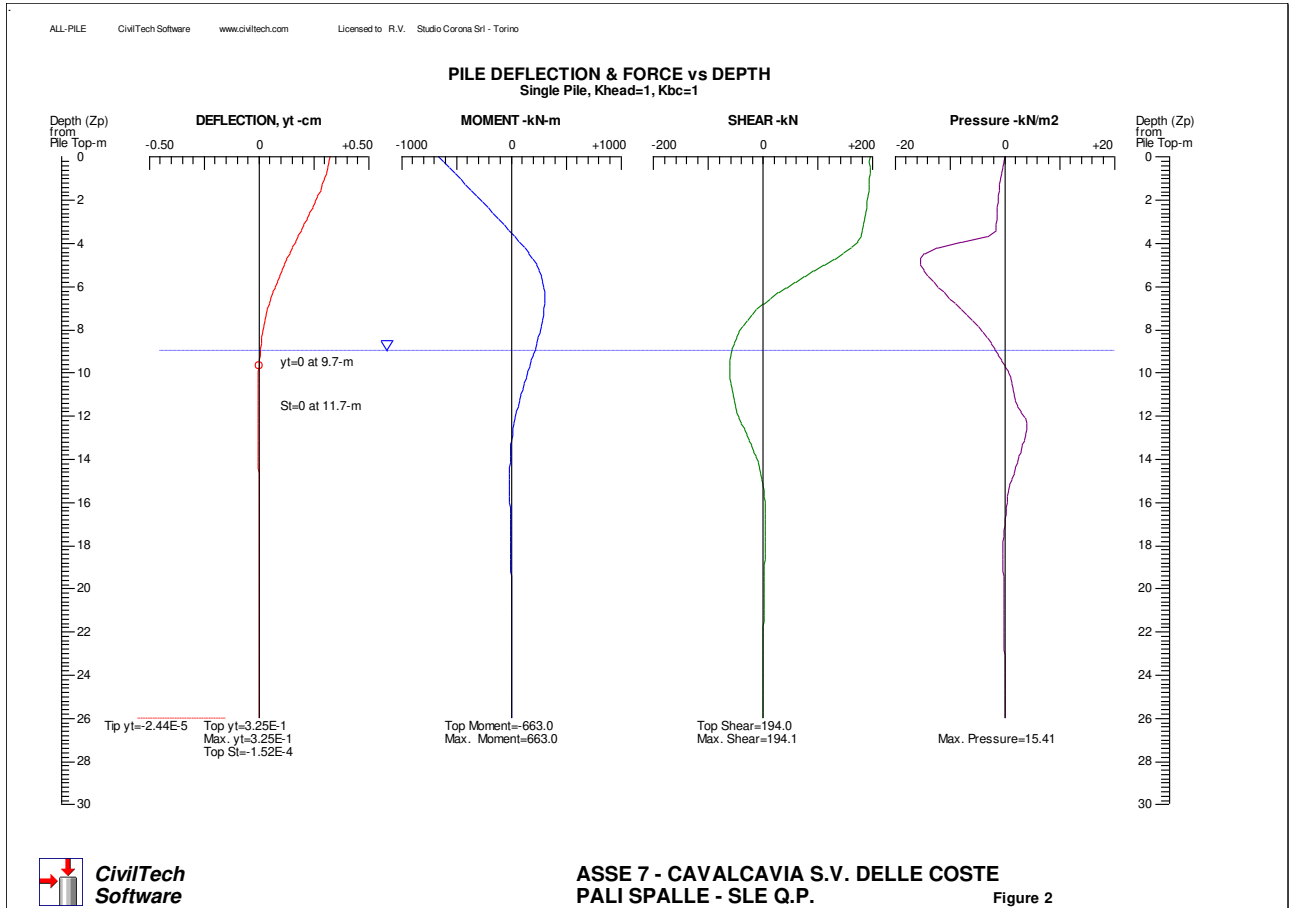
At Q= 4224.70-kN Settlement= 0.46337-cm
 At Xallow= 2.00-cm Qallow= 7685.50146-kN

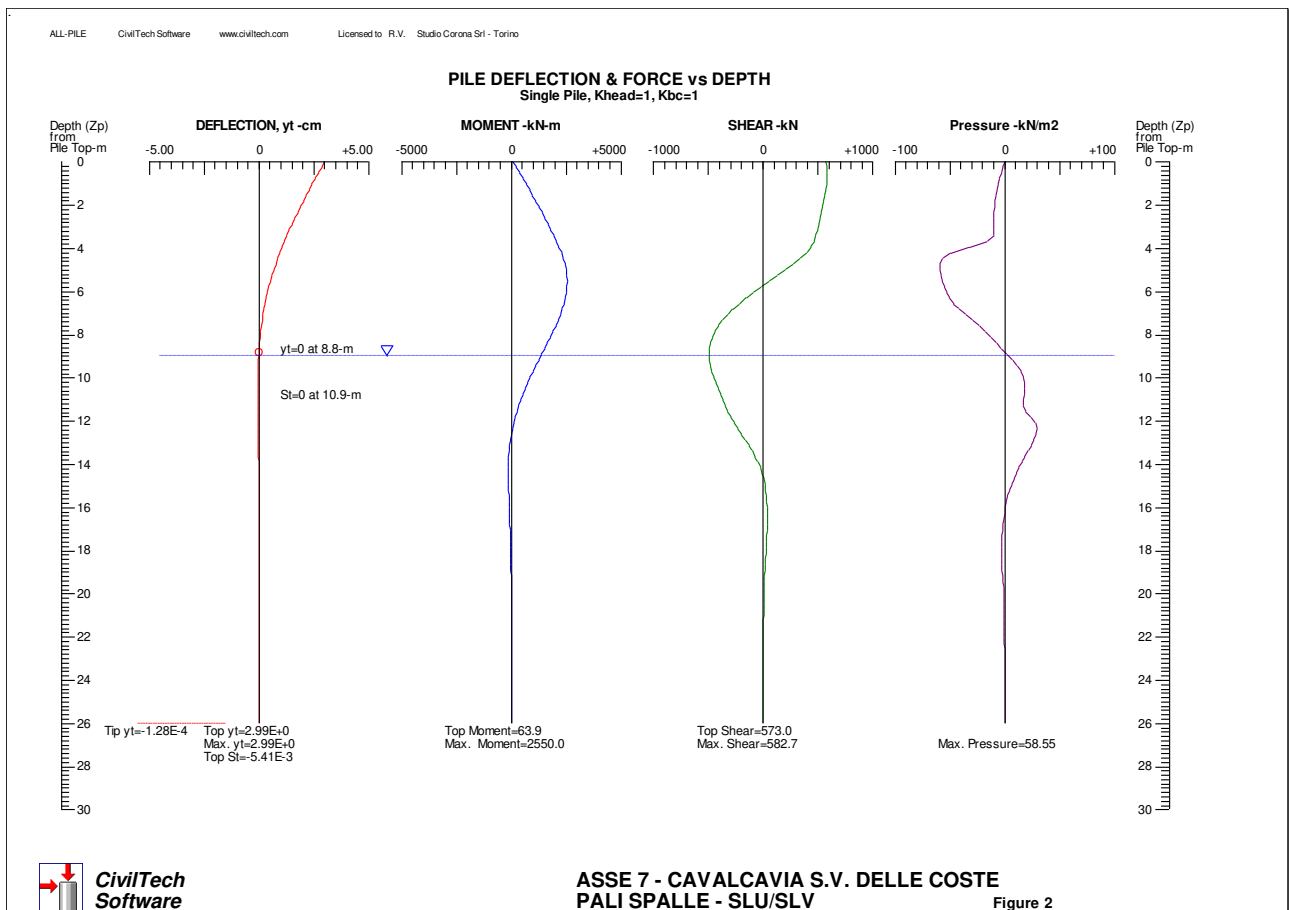
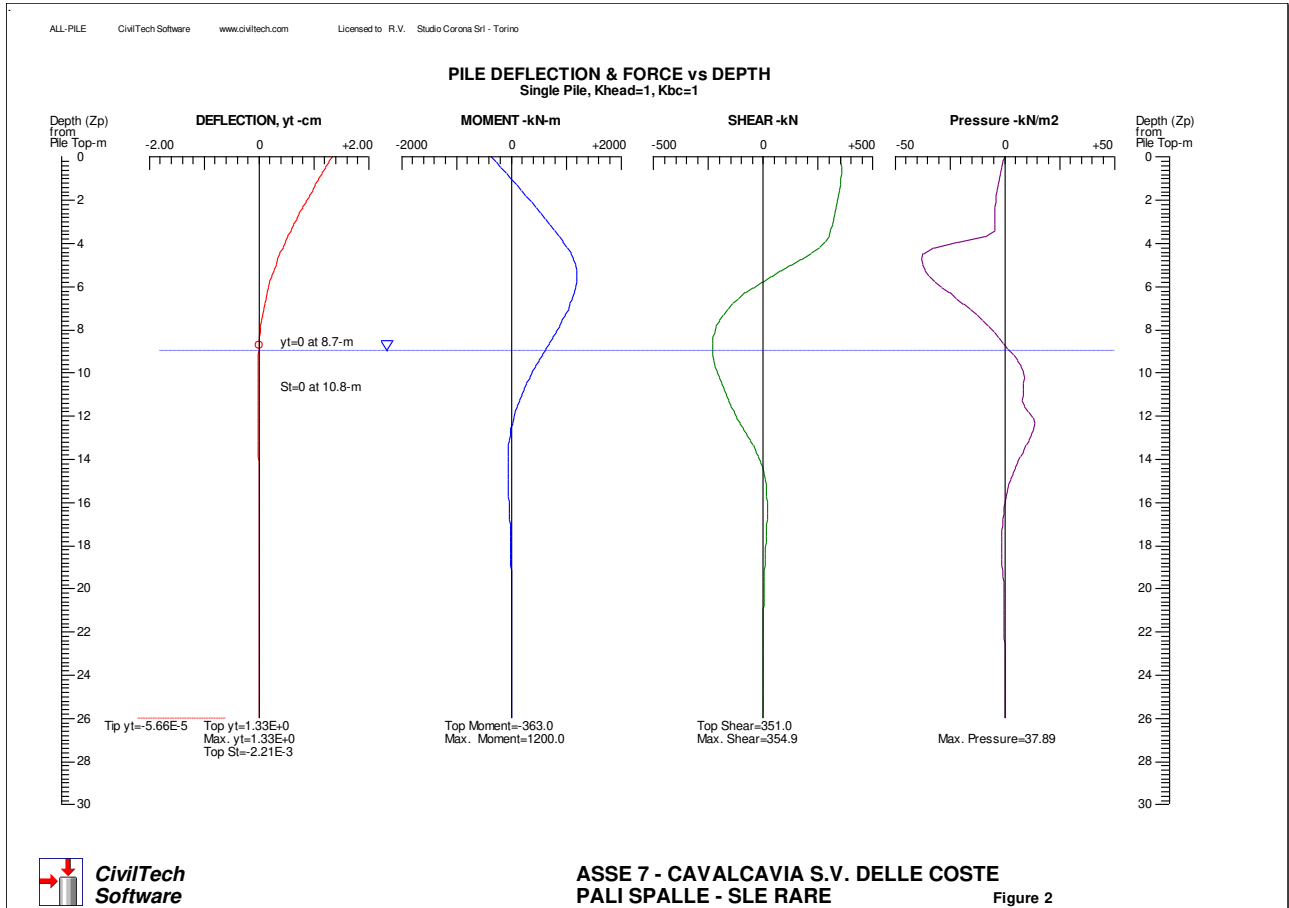
Note: If the program cannot find a result or the result exceeds the upper limit. The result will be displayed as 99999.



**CivilTech
Software**

**ASSE 7 - CAVALCAVIA S.V. DELLE COSTE
PALI SPALLE**





6.3 VERIFICA DEI PALI SOGGETTI A CARICO VERTICALE

La verifica viene svolta allo stato limite ultimo; in riferimento alle NTC 2008, si sceglie l'approccio 2, con le combinazioni A1/M1/R3 in cui si applicano i coefficienti parziali alle caratteristiche resistenti del palo:

- resistenza laterale in compressione: $\gamma_s = 1.15$
- resistenza alla base: $\gamma_b = 1.35$
- fattore di correlazione: $\xi_4 = 1.70$

Si ottiene:

- Sforzo verticale di progetto: $N_{sd} = 4224.7 \text{ kN}$
- Resistenza di progetto: $R_{sd} = 4834.0 \text{ kN}$ ($R_{sd} > N_{sd}$)
- Cedimento verticale: $DZ = 4.63 \text{ mm}$ (<20 mm: ammissibile)

6.4 PALI SOGGETTI A CARICO ORIZZONTALE - VERIFICA DI RESISTENZA DEL TERRENO

I coefficienti parziali (A1/M1/R3) risultano:

- resistenza laterale terreno: $\gamma_t = 1.30$
- fattore di correlazione: $\xi_4 = 1.70$

La resistenza di progetto del terreno si ottiene dalla formula:

$$R_{sd} = \alpha \frac{\lambda_p \times \sigma_v + 2 \times c' \times \sqrt{\lambda_p}}{\gamma_t \times \xi_3} \quad \text{in cui:}$$

- $\alpha = 3$: coefficiente correttivo per tener conto dell'effetto arco
- λ_p : coefficiente di spinta passiva
- σ_v : pressione geostatica efficace
- c' : coesione drenata

Segue il tabulato del calcolo svolto; si nota che per il rilevato si è tenuto conto dell'inclinazione 2:3 ($\varepsilon = -33.69^\circ$) del terreno nel calcolo della spinta passiva.

Il minimo coefficiente di sicurezza (resistenza / pressione) si ottiene a $Z_p = 3.90 \text{ m}$ e vale:

$$R_{sd} / P_d = 92.91 / 33.4 = 2.782 \quad (>1: \text{verificato})$$

6.5 VERIFICHE DI DEFORMAZIONE PALO

- Cedimento verticale: $DZ = 4.63 \text{ mm}$ ($< 20 \text{ mm}$: ammissibile)
- Deformazione orizzontale massima: $DZ = 29.9 \text{ mm}$ ($< 50 \text{ mm}$: ammissibile)

6.6 VERIFICHE STRUTTURALI PALO

Si effettuano le verifiche a pressoflessione e taglio allo stato limite ultimo (verifiche di resistenza) e agli stati limite di esercizio (limitazione tensioni e fessurazione).

La sezione ha le seguenti caratteristiche:

- raggio: $r = 60 \text{ cm}$
- armature long.: $16 \text{ } \varnothing 30, r = 60 - 8 - 1.2 - 3/2 = 49.3 \text{ cm}$
 $16 \text{ } \varnothing 30, r = 49.3 - 2 \times 3 = 43.3 \text{ cm}$
- spirale: $\varnothing 12, \text{ passo } 20 \text{ cm.}$

6.6.1 VERIFICHE DI RESISTENZA ALLO STATO LIMITE ULTIMO

6.6.1.1 Massimo sforzo assiale

	Sollecitazioni	Resistenze		
Sforzo assiale:	$N_{Sd} = 4224.7 \text{ kN}$			
Momento flettente:	$M_{Sd} = 2550.0 \text{ kN.m}$	$M_{Rd} = 4158.5 \text{ kN.m}$	\rightarrow	Verificato: $M_{Rd} > M_{Sd}$
Sforzo tagliante:	$V_{Sd} = 582.7 \text{ kN}$	$V_{Rd} = 2985.0 \text{ kN}$	\rightarrow	Verificato: $V_{Rd} > V_{Sd}$

6.6.1.2 Minimo sforzo assiale

	Sollecitazioni	Resistenze		
Sforzo assiale:	$N_{Sd} = 1312.7 \text{ kN}$			
Momento flettente:	$M_{Sd} = 2550.0 \text{ kN.m}$	$M_{Rd} = 3719.1 \text{ kN.m}$	\rightarrow	Verificato: $M_{Rd} > M_{Sd}$
Sforzo tagliante:	$V_{Sd} = 582.7 \text{ kN}$	$V_{Rd} = 2549.8 \text{ kN}$	\rightarrow	Verificato: $V_{Rd} > V_{Sd}$

6.6.2 VERIFICHE TENSIONALI ALLO STATO LIMITE DI ESERCIZIO – COMBINAZIONI RARE

6.6.2.1 Massimo sforzo assiale

	Sollecitazioni			
Sforzo assiale:	$N_{Sd} = 3093.9 \text{ kN}$			
Momento flettente:	$M_{Sd} = 1200.0 \text{ kN.m}$			
Tensione massima cls.:	$s_c = 8.29 \text{ N/mm}^2$	\rightarrow	Verificato: $s_c < s_1 = 15 \text{ N/mm}^2$	
Tensione massima ferri:	$s_f = 61.54 \text{ N/mm}^2$	\rightarrow	Verificato: $s_f < s_3 = 360 \text{ N/mm}^2$	

6.6.2.2 Minimo sforzo assiale

	Sollecitazioni			
Sforzo assiale:	$N_{Sd} = 933.6 \text{ kN}$			
Momento flettente:	$M_{Sd} = 1200.0 \text{ kN.m}$			
Tensione massima cls.:	$s_c = 8.19 \text{ N/mm}^2$	\rightarrow	Verificato: $s_c < s_1 = 15 \text{ N/mm}^2$	
Tensione massima ferri:	$s_f = 147.77 \text{ N/mm}^2$	\rightarrow	Verificato: $s_f < s_3 = 360 \text{ N/mm}^2$	

6.6.3 VERIFICHE DI FESSURAZIONE – COMBINAZIONI FREQUENTI

6.6.3.1 Massimo sforzo assiale

	Sollecitazioni	
Sforzo assiale:	$N_{Sd} = 2530.3 \text{ kN}$	
Momento flettente:	$M_{Sd} = 905.0 \text{ kN.m}$	
Tensione massima cls.:	$s_c = 6.28 \text{ N/mm}^2$	
Tensione massima ferri:	$s_f = 40.64 \text{ N/mm}^2$	
Apertura fessure:	$w = 0.033 \text{ mm}$	→ Verificato: $w < w_3 = 0.4 \text{ mm}$

6.6.3.2 Minimo sforzo assiale

	Sollecitazioni	
Sforzo assiale:	$N_{Sd} = 1187.2 \text{ kN}$	
Momento flettente:	$M_{Sd} = 905.0 \text{ kN.m}$	
Tensione massima cls.:	$s_c = 6.21 \text{ N/mm}^2$	
Tensione massima ferri:	$s_f = 89.39 \text{ N/mm}^2$	
Apertura fessure:	$w = 0.127 \text{ mm}$	→ Verificato: $w < w_3 = 0.4 \text{ mm}$

6.6.4 VERIFICHE DI FESSURAZIONE – COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI

6.6.4.1 Massimo sforzo assiale

	Sollecitazioni	
Sforzo assiale:	$N_{Sd} = 1587.2 \text{ kN}$	
Momento flettente:	$M_{Sd} = 663.0 \text{ kN.m}$	
Tensione massima cls.:	$s_c = 4.57 \text{ N/mm}^2$	→ Verificato: $s_c < s_2 = 11.25 \text{ N/mm}^2$
Tensione massima ferri:	$s_f = 37.86 \text{ N/mm}^2$	
Apertura fessure:	$w = 0.032 \text{ mm}$	→ Verificato: $w < w_2 = 0.3 \text{ mm}$

6.6.4.2 Minimo sforzo assiale

	Sollecitazioni	
Sforzo assiale:	$N_{Sd} = 1562.2 \text{ kN}$	
Momento flettente:	$M_{Sd} = 663.0 \text{ kN.m}$	
Tensione massima cls.:	$s_c = 4.57 \text{ N/mm}^2$	→ Verificato: $s_c < s_2 = 11.25 \text{ N/mm}^2$
Tensione massima ferri:	$s_f = 38.69 \text{ N/mm}^2$	
Apertura fessure:	$w = 0.033 \text{ mm}$	→ Verificato: $w < w_2 = 0.3 \text{ mm}$

6.6.5 TABULATO DI CALCOLO

Segue tabulato di calcolo eseguito con il programma "RC-Sec", realizzato da GeoStru Software S.a.s., Lungomare snc, 89032 – Bianco (RC).

DATI GENERALI SEZIONE IN C.A.

NOME SEZIONE: SV COSTE SPALLE

Descrizione Sezione: CAVALCAVIA STRADA VIC. DELLE COSTE - PALI SPALLE

Metodo di calcolo resistenza: Stati Limite Ultimi

Tipologia sezione: Sezione generica

Normativa di riferimento: N.T.C.

Percorso sollecitazione: A Sforzo Norm. costante

Condizioni Ambientali: Poco aggressive

Riferimento Sforzi assegnati: Assi x,y principali d'inerzia

Riferimento alla sismicità: Zona non sismica

Posizione sezione nell'asta: In zona critica

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CONGLOMERATO - Classe: C25/30

Resis. compr. di calcolo fcd : 141.60 daN/cm²

Resis. compr. ridotta fcd': 70.80 daN/cm²

Def.unit. max resistenza ec2 : 0.0020

Def.unit. ultima ecu : 0.0035

Diagramma tensione-deformaz. : Parabola-Rettangolo

Modulo Elastico Normale Ec : 314750 daN/cm²

Coeff. di Poisson : 0.20

Resis. media a trazione fctm: 25.60 daN/cm²

Coeff. Omogen. S.L.E. : 15.0

Combinazioni Rare in Esercizio (Tens.Limite):

Sc Limite : 150.00 daN/cm²

Apert.Fess.Limite : Non prevista

Combinazioni Frequenti in Esercizio (Tens.Limite):

Sc Limite : 150.00 daN/cm²

Apert.Fess.Limite : 0.400 mm

Combinazioni Quasi Permanenti in Esercizio (Tens.Limite):

Sc Limite : 112.50 daN/cm²

Apert.Fess.Limite : 0.300 mm

ACCIAIO - Tipo: B450C

Resist. caratt. snervam. fyk: 4500.0 daN/cm²

Resist. caratt. rottura ftk: 4500.0 daN/cm²

Resist. snerv. di calcolo fyd: 3913.0 daN/cm²

Resist. ultima di calcolo ftd: 3913.0 daN/cm²

Deform. ultima di calcolo Epu: 0.068

Modulo Elastico Ef : 2100000 daN/cm²

Diagramma tensione-deformaz. : Bilineare finito

Coeff. Aderenza ist. $\beta_1 \cdot \beta_2$: 1.00 daN/cm²

Coeff. Aderenza diff. $\beta_1 \cdot \beta_2$: 0.50 daN/cm²

Comb.Rare Sf Limite : 3600.0 daN/cm²

CARATTERISTICHE DOMINI CONGLOMERATO

DOMINIO N° 1

Forma del Dominio: Circolare

Classe Conglomerato: C25/30

Raggio circonferenza: 60.00 cm

Ascissa X centro circ.: 0.00 cm

Ordinata Y centro circ.: 0.00 cm

DATI GENERAZIONI CIRCOLARI DI BARRE

N.Gen.	Numero assegnato alla singola generazione circolare di barre
Xcentro	Ascissa del centro della circonf. lungo cui sono disposte le barre gen.
Ycentro	Ordinata del centro della circonf. lungo cui sono disposte le barre gen.
Raggio	Raggio in cm della circonferenza lungo cui sono disposte le barre gen.
N.Barre	Numero di barre generate equidist. disposte lungo la circonf.
Diam.	Diametro in mm della singola barra generata

N.Gen. Xcentro,cm Ycentro,cm Raggio,cm N.Barre Diam.Ø,mm

	N.Gen.	Xcentro,cm	Ycentro,cm	Raggio,cm	N.Barre	Diam.Ø,mm
1	0.00	0.00	49.30	16	30	
2	0.00	0.00	43.30	16	30	

ST.LIM.ULTIMI - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale in daN applicato nel Baric. (+ se di compressione)
Mx	Coppia concentrata in daNm applicata all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.
My	Coppia concentrata in daNm applicata all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.
Vy	Componente del Taglio [daN] parall. all'asse princ.d'inerzia y
Vx	Componente del Taglio [daN] parall. all'asse princ.d'inerzia x

N.Comb. N Mx My Vy Vx

	N.Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	422468	255000	0	58270	0	
2	131273	255000	0	58270	0	

COMB. RARE (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale in daN applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
Mx	Coppia concentrata in daNm applicata all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sez.
My	Coppia concentrata in daNm applicata all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.

N.Comb. N Mx My

	N.Comb.	N	Mx	My
1	309390	120000	0	
2	93357	120000	0	

COMB. FREQUENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale in daN applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
Mx	Coppia concentrata in daNm applicata all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sez.
My	Coppia concentrata in daNm applicata all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.

N.Comb. N Mx My

	N.Comb.	N	Mx	My
1	253027	90500	0	
2	118718	90500	0	

COMB. QUASI PERMANENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

- N Sforzo normale in daN applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
Mx Coppia concentrata in daNm applicata all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sez.
My Coppia concentrata in daNm applicata all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.

N.Comb.	N	Mx	My
1	158717	66300	0
2	156220	66300	0

RISULTATI DEL CALCOLO

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 9.2 cm
Interferro netto minimo barre longitudinali: 3.0 cm
Copriferro netto minimo staffe: 8.0 cm

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - RISULTATI PRESSO-TENSO FLESSIONE

- Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
N Sforzo normale assegnato [in daN] (positivo se di compressione)
Mx Momento flettente assegnato [in daNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My Momento flettente assegnato [in daNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
N ult Sforzo normale ultimo [in daN] nella sezione (positivo se di compress.)
Mx ult Momento flettente ultimo [in daNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My ult Momento flettente ultimo [in daNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N ult, Mx ult, My ult) e (N, Mx, My)
Verifica positiva se tale rapporto risulta ≥ 1.000

N.Comb.	Ver	N	Mx	My	N ult	Mx ult	My ult	Mis.Sic.
1	S	422468	255000	0	422490	415853	0	1.631
2	S	131273	255000	0	131293	371912	0	1.458

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

- ec max Deform. unit. massima del conglomerato a compressione
ec 3/7 Deform. unit. del conglomerato nella fibra a 3/7 dell'altezza efficace
Xc max Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Yc max Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
ef min Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)
Xf min Ascissa in cm della barra corrisp. a ef min (sistema rif. X,Y,O sez.)
Yf min Ordinata in cm della barra corrisp. a ef min (sistema rif. X,Y,O sez.)
ef max Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)
Xf max Ascissa in cm della barra corrisp. a ef max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Yf max Ordinata in cm della barra corrisp. a ef max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N.Comb.	ec max	ec 3/7	Xc max	Yc max	ef min	Xf min	Yf min	ef max	Xf max	Yf max
1	0.00350	0.00010	0.0	60.0	0.00279	0.0	49.3	-0.00373	0.0	-49.3
2	0.00350	-0.00080	0.0	60.0	0.00260	0.0	49.3	-0.00564	0.0	-49.3

POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

- a Coeff. a nell'eq. dell'asse neutro $aX+bY+c=0$ nel rif. X,Y,O gen.

- b Coeff. b nell'eq. dell'asse neutro $aX+bY+c=0$ nel rif. X,Y,O gen.
 c Coeff. c nell'eq. dell'asse neutro $aX+bY+c=0$ nel rif. X,Y,O gen.
 x/d Rapp. di duttilità a rottura in presenza di sola fless.(travi)
 C.Rid. Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

N.Comb.	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	0.000066130	-0.000467807		
2	0.000000000	0.000083649	-0.001518915		

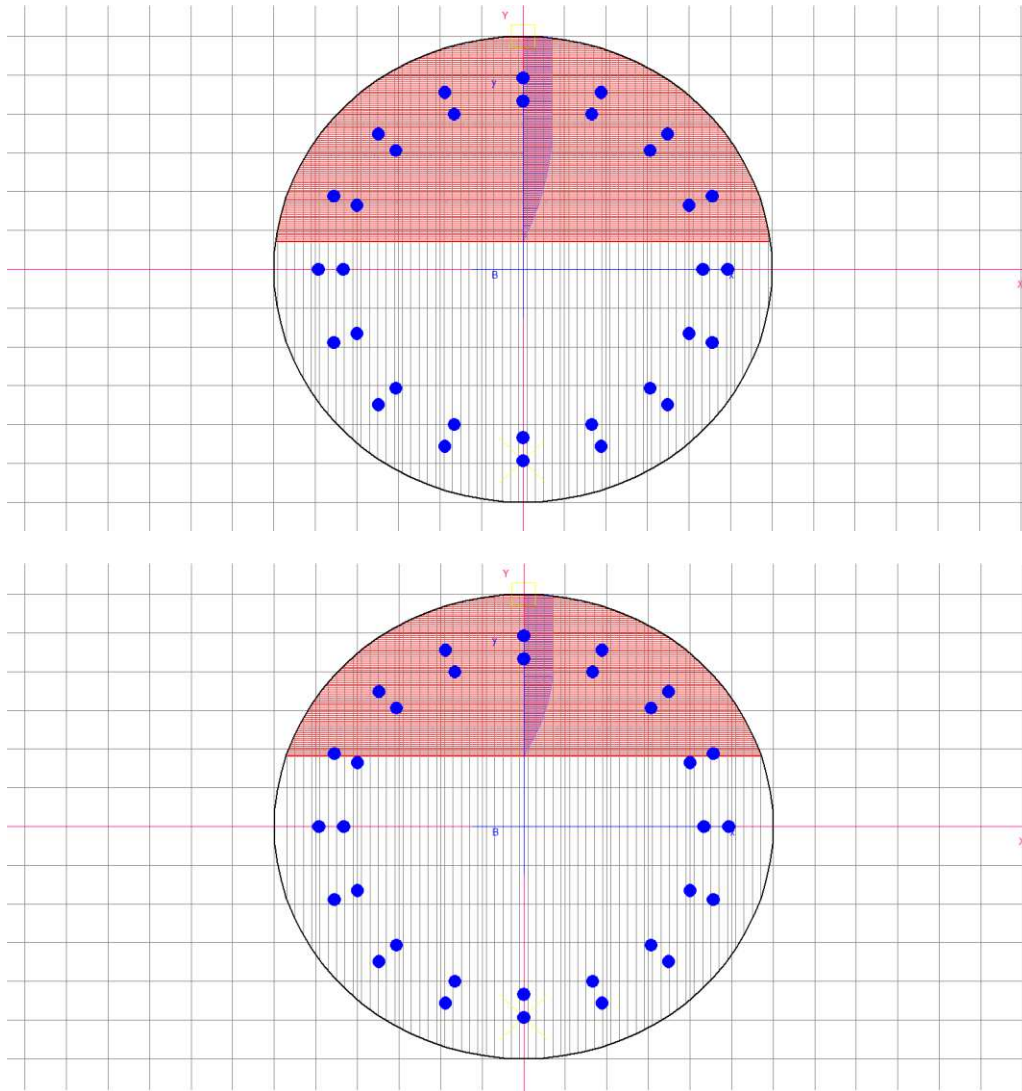
ARMATURE A TAGLIO

Diametro staffe: 12 mm
 Passo staffe: 20.0 cm [Passo massimo di normativa = 25.0 cm]
 N.Bracci staffe: 2

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - VERIFICHE A TAGLIO

- Ver S = comb. verificata a taglio / N = comb. non verificata
 Vsdu Taglio agente [daN] = proiez. di V_x e V_y sulla normale all'asse neutro
 Vcd Taglio resistente ultimo [daN] lato conglomerato compresso
 Vwd Taglio resistente [daN] assorbito dalle staffe
 Dmed Altezza utile media pesata [cm] valutata lungo strisce ortog. all'asse neutro.
 Vengono prese nella media le strisce con almeno un estremo compresso.
 I pesi della media sono costituiti dalle stesse lunghezze delle strisce.
 bw Larghezza media resistente a taglio [cm] misurate parallel. all'asse neutro.
 E' data dal rapporto tra l'area delle sopradette strisce resistenti e Dmed.
 Teta Angolo [gradi sessadec.] di inclinazione dei puntoni di conglomerato
 Acw Coefficiente maggiorativo della resistenza a taglio per compressione
 Ast Area staffe+legature strettam. necessarie a taglio per metro di pil.[cm²/m]
 A_Eff Area staffe+legature efficaci nella direzione del taglio di combinaz.[cm²/m]
 (Tra parentesi è indicata la quota dell'area relativa alle sole legature.
 L'area della legatura è ridotta col fattore L/d_{max} con L =lungh.legat.proietta-
 ta sulla direz. del taglio e d_{max} = massima altezza utile nella direz.del taglio)

N.Comb.	Ver	Vsdu	Vcd	Vwd	Dmed	bw	Teta	Acw	Ast	A_Eff
1	S	58270	298497	97422	97.8	111.1	21.80°	1.250	6.8	11.3(0.0)
2	S	58270	254985	98431	98.9	108.5	21.80°	1.082	6.7	11.3(0.0)

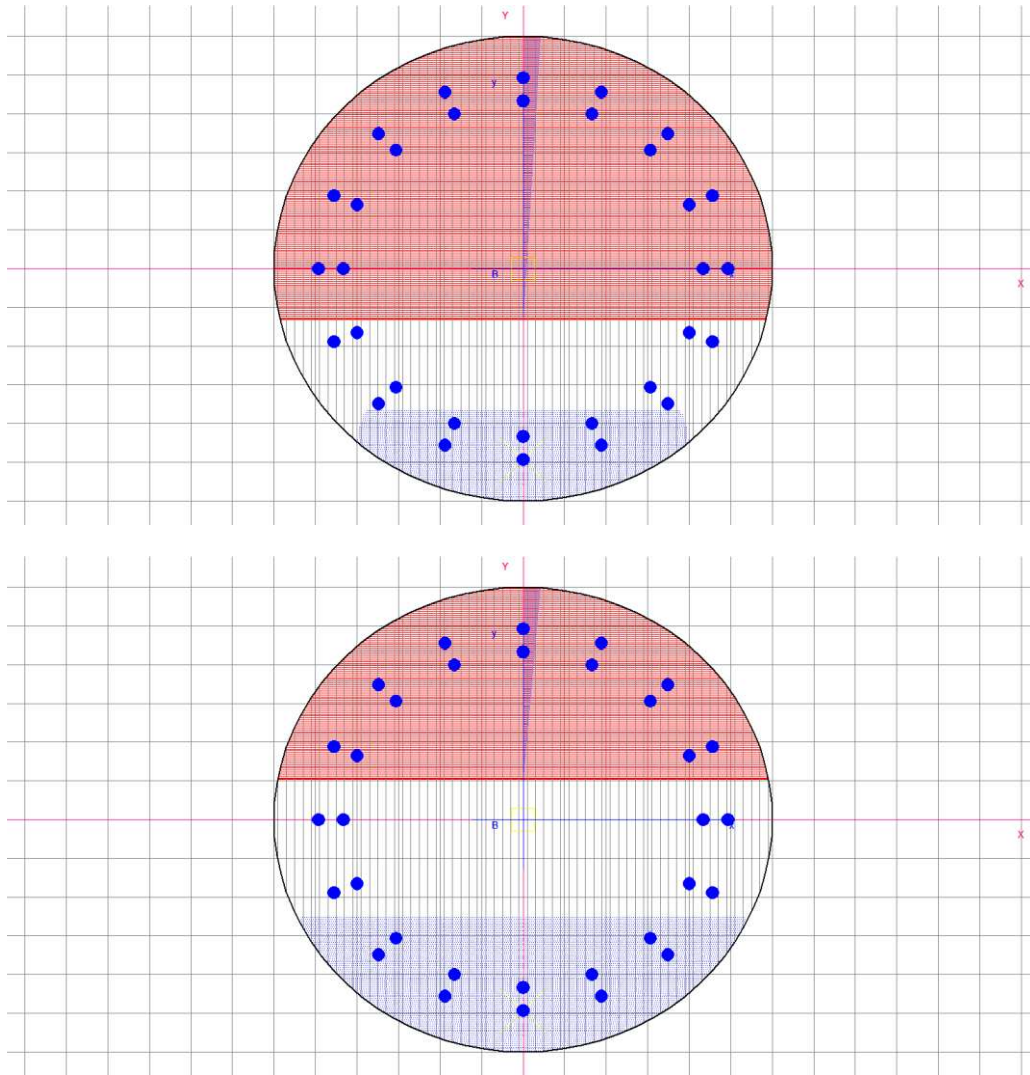


COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE

- Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
- Sc max Massima tensione positiva di compressione nel conglomerato [daN/cm²]
- Xc max Ascissa in cm della fibra corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)
- Yc max Ordinata in cm della fibra corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)
- Sf min Minima tensione negativa di trazione nell'acciaio [daN/cm²]
- Xf min Ascissa in cm della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)
- Yf min Ordinata in cm della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)
- Ac eff. Area di conglomerato [cm²] in zona tesa considerata aderente alle barre
- D fess. Distanza calcolata tra le fessure espressa in mm
- K3 Coeff. di normativa dipendente dalla forma del diagramma delle tensioni
- Ap.fess. Apertura calcolata delle fessure espressa in mm

N.Comb. Ver Sc max Xc max Yc max Sf min Xf min Yf min

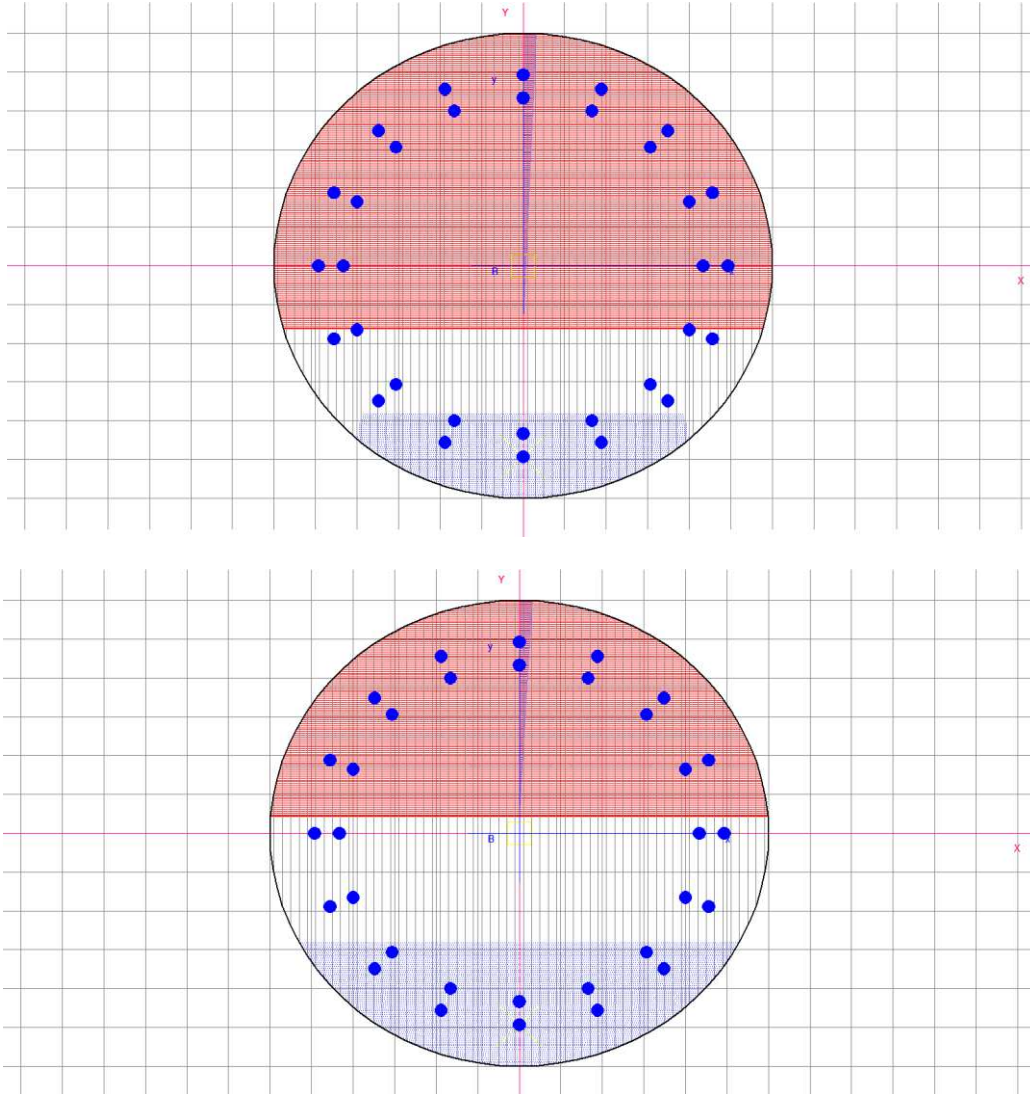
N.Comb.	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xf min	Yf min
1	S	82.9	0.0	0.0	-615	0.0	-49.3
2	S	81.9	0.0	0.0	-1478	0.0	-49.3



COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE

N.Comb. Ver Sc max Xc max Yc max Sf min Xf min Yf min Ac eff. D fess. K3 Ap.Fess.

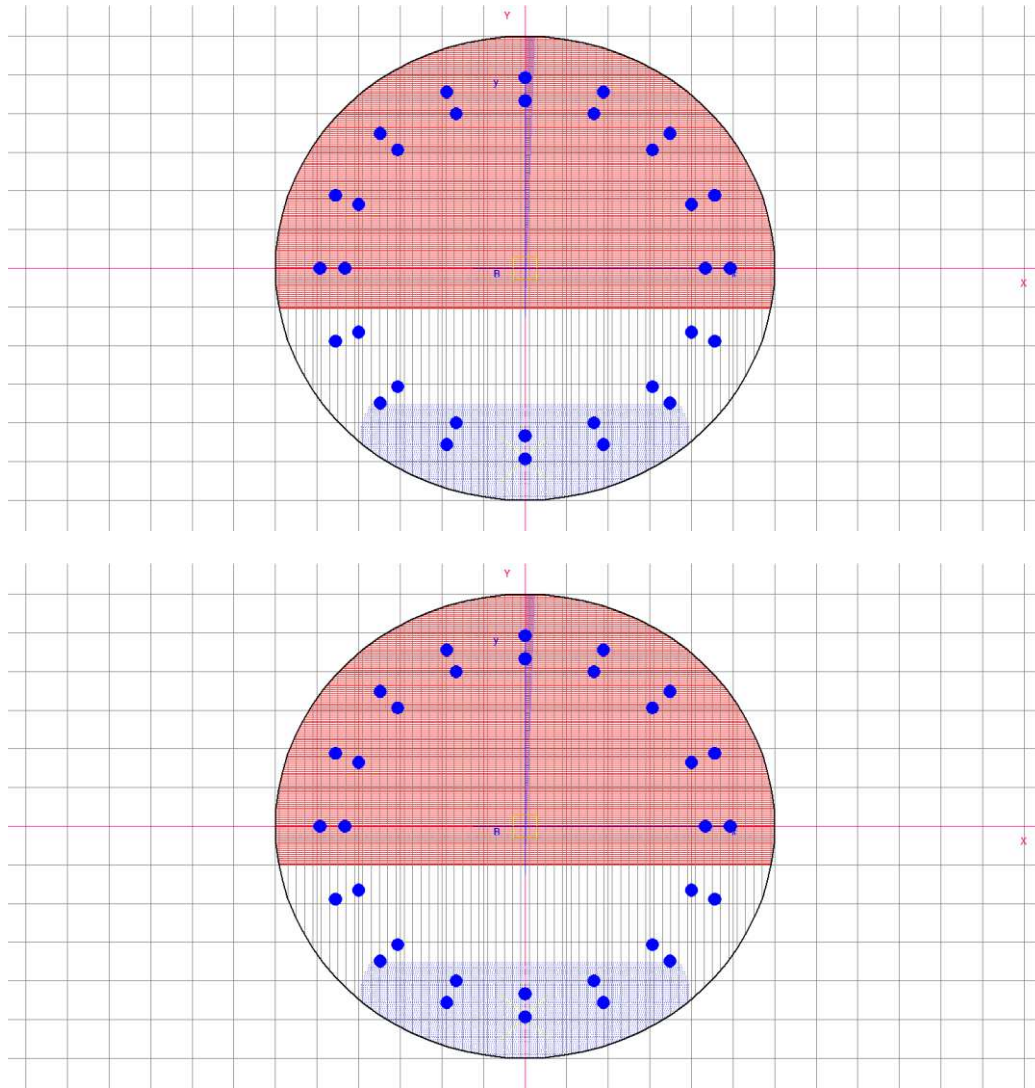
N.Comb.	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xf min	Yf min	Ac eff.	D fess.	K3	Ap.Fess.
1	S	62.8	0.0	0.0	-406	0.0	-49.3	1368	247	0.132	0.033
2	S	62.1	0.0	0.0	-894	0.0	-49.3	2422	265	0.167	0.127



COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE

N.Comb. Ver Sc max Xc max Yc max Sf min Xf min Yf min Ac eff. D fess. K3 Ap.Fess.

N.Comb.	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xf min	Yf min	Ac eff.	D fess.	K3	Ap.Fess.
1	S	45.7	0.0	0.0	-379	0.0	-49.3	1595	261	0.144	0.032
2	S	45.7	0.0	0.0	-387	0.0	-49.3	1595	262	0.145	0.033



7 PALI PILE

7.1 SOLLECITAZIONI DI PROGETTO ALLA TESTA DEI PALI

Seguono tabelle delle sollecitazioni alla testa dei pali ricavate dalla Relazione di calcolo delle sovrastrutture per le diverse combinazioni di carico.

COMBINAZIONI DI CARICO			PALO 1	PALO 2	PALO 3	PALO 4	PALO 5	PALO 6	PALO 7	PALO 8	PALI
			N _{Sd,1} [kN]	N _{Sd,2} [kN]	N _{Sd,3} [kN]	N _{Sd,4} [kN]	N _{Sd,5} [kN]	N _{Sd,6} [kN]	N _{Sd,7} [kN]	N _{Sd,8} [kN]	V _{Sd} [kN]
SLE - QUASI PERMANENTI	GEN Q.P.(max)	-	1 793.81	1 793.81	1 793.81	1 793.81	1 756.96	1 756.96	1 756.96	1 756.96	3.49
	GEN Q.P.(min)	-	1 814.57	1 814.57	1 814.57	1 814.57	1 723.71	1 723.71	1 723.71	1 723.71	8.61
SLE - FREQUENTI	GEN FREQ Mobil(max)	-	1 845.38	1 937.03	2 028.68	2 120.33	1 837.96	1 929.61	2 021.25	2 112.90	1.30
	GEN FREQ Vento(max)	-	1 772.94	1 789.70	1 806.47	1 823.23	1 727.74	1 744.50	1 761.27	1 778.03	8.39
	GEN FREQ Termico(max)	-	1 795.41	1 795.41	1 795.41	1 795.41	1 756.83	1 756.83	1 756.83	1 756.83	3.66
	GEN FREQ Mobil(min)	-	1 976.05	1 884.41	1 792.76	1 701.11	1 837.17	1 745.52	1 653.87	1 562.22	13.20
	GEN FREQ Vento(min)	-	1 799.69	1 816.46	1 833.22	1 849.98	1 688.29	1 705.05	1 721.81	1 738.58	12.78
	GEN FREQ Termico(min)	-	1 827.52	1 827.52	1 827.52	1 827.52	1 709.49	1 709.49	1 709.49	1 709.49	11.18
SLE - RARE	GEN RARA Mobil(max)	-	1 804.33	2 033.88	2 263.43	2 492.98	1 815.21	2 044.76	2 274.31	2 503.86	20.72
	GEN RARA Vento(max)	-	1 713.75	1 891.21	2 068.66	2 246.11	1 713.10	1 890.55	2 068.00	2 245.46	36.29
	GEN RARA Frenam(max)	-	1 985.42	2 076.66	2 167.89	2 259.13	1 699.50	1 790.74	1 881.97	1 973.21	27.10
	GEN RARA Termico(max)	-	1 757.18	1 900.15	2 043.12	2 186.08	1 778.14	1 921.10	2 064.07	2 207.03	21.52
	GEN RARA Mobil(min)	-	2 019.87	1 893.79	1 767.70	1 641.62	1 895.39	1 769.31	1 643.22	1 517.13	26.61
	GEN RARA Vento(min)	-	1 835.16	1 830.14	1 825.12	1 820.11	1 716.89	1 711.87	1 706.85	1 701.83	39.60
SLU - STR	GEN RARA Frenam(min)	-	2 106.83	2 015.59	1 924.36	1 833.12	1 703.29	1 612.05	1 520.82	1 429.58	38.24
	GEN RARA Termico(min)	-	1 895.20	1 855.70	1 816.19	1 776.69	1 755.32	1 715.82	1 676.32	1 636.81	26.65
	GEN SLU Mobil(max)	-	2 469.75	2 787.40	3 105.05	3 422.70	2 486.60	2 804.25	3 121.90	3 439.55	31.33
	GEN SLU Vento(max)	-	2 339.70	2 592.20	2 844.70	3 097.19	2 340.98	2 593.48	2 845.97	3 098.47	54.56
	GEN SLU Frenam(max)	-	2 725.86	2 849.03	2 972.19	3 095.36	2 342.03	2 465.19	2 588.36	2 711.53	36.38
	GEN SLU Termico(max)	-	2 407.34	2 608.11	2 808.87	3 009.64	2 434.55	2 635.31	2 836.08	3 036.84	32.38
	GEN SLU Mobil(min)	-	2 756.99	2 594.54	2 432.08	2 269.62	2 600.83	2 438.37	2 275.91	2 113.45	38.51
	GEN SLU Vento(min)	-	2 499.86	2 506.03	2 512.19	2 518.35	2 352.08	2 358.24	2 364.40	2 370.56	58.54
	GEN SLU Frenam(min)	-	2 886.02	2 762.85	2 639.69	2 516.52	2 353.13	2 229.96	2 106.79	1 983.62	50.50
	GEN SLU Termico(min)	-	2 587.44	2 541.87	2 496.30	2 450.73	2 413.73	2 368.16	2 322.59	2 277.02	38.28
SLV	GEN SLV Long(max)	1	643.52	726.21	808.91	891.61	1 774.00	1 856.69	1 939.39	2 022.08	200.13
	GEN SLV Long(max)	2	622.23	704.93	787.63	870.32	1 752.71	1 835.41	1 918.10	2 000.80	200.13
	GEN SLV Long(max)	3	659.25	731.46	803.66	875.87	1 789.73	1 861.94	1 934.14	2 006.35	189.55
	GEN SLV Long(max)	4	637.97	710.18	782.38	854.58	1 768.45	1 840.65	1 912.86	1 985.06	189.55
	GEN SLV Trasv(max)	1	761.76	1 037.34	1 312.91	1 588.49	1 075.43	1 351.01	1 626.58	1 902.16	238.48
	GEN SLV Trasv(max)	2	740.48	1 016.05	1 291.63	1 567.20	1 054.15	1 329.72	1 605.30	1 880.87	238.48
	GEN SLV Trasv(max)	3	787.99	1 063.56	1 339.14	1 614.71	1 049.20	1 324.78	1 600.35	1 875.93	232.59
	GEN SLV Trasv(max)	4	766.70	1 042.28	1 317.85	1 593.43	1 027.92	1 303.50	1 579.07	1 854.65	232.59
	GEN SLV Vert(max)	1	1 112.40	1 195.17	1 277.94	1 360.70	1 427.07	1 509.84	1 592.61	1 675.37	88.29
	GEN SLV Vert(max)	2	1 128.14	1 200.42	1 272.69	1 344.97	1 442.81	1 515.09	1 587.36	1 659.64	60.49
	GEN SLV Vert(max)	3	1 138.63	1 221.40	1 304.16	1 386.93	1 400.85	1 483.61	1 566.38	1 649.15	70.79
	GEN SLV Vert(max)	4	1 154.37	1 226.64	1 298.92	1 371.19	1 416.58	1 488.86	1 561.13	1 633.41	29.58
	GEN SLV Long(min)	1	2 027.59	1 955.39	1 883.19	1 810.98	769.40	697.19	624.99	552.79	201.53
	GEN SLV Long(min)	2	2 006.31	1 934.11	1 861.90	1 789.70	748.12	675.91	603.71	531.50	201.53
	GEN SLV Long(min)	3	2 043.33	1 960.64	1 877.94	1 795.24	785.14	702.44	619.74	537.05	211.52
	GEN SLV Long(min)	4	2 022.05	1 939.35	1 856.66	1 773.96	763.85	681.16	598.46	515.76	211.52
	GEN SLV Trasv(min)	1	1 898.86	1 623.29	1 347.71	1 072.14	1 509.93	1 234.35	958.78	683.20	233.49
	GEN SLV Trasv(min)	2	1 877.58	1 602.00	1 326.43	1 050.85	1 488.64	1 213.07	937.49	661.92	233.49
	GEN SLV Trasv(min)	3	1 925.09	1 649.51	1 373.94	1 098.36	1 483.70	1 208.12	932.55	656.97	241.50
	GEN SLV Trasv(min)	4	1 903.81	1 628.23	1 352.66	1 077.08	1 462.42	1 186.84	911.27	635.69	241.50
	GEN SLV Vert(min)	1	1 511.20	1 438.92	1 366.65	1 294.37	1 121.26	1 048.99	976.71	904.44	36.02
	GEN SLV Vert(min)	2	1 526.93	1 444.17	1 361.40	1 278.64	1 137.00	1 054.23	971.47	888.70	73.71
	GEN SLV Vert(min)	3	1 537.43	1 465.15	1 392.87	1 320.60	1 095.04	1 022.76	950.49	878.21	71.49
	GEN SLV Vert(min)	4	1 553.16	1 470.40	1 387.63	1 304.86	1 110.77	1 028.01	945.24	862.47	96.16

Nella tabella successiva sono riepilogati i valori massimi e minimi delle azioni agenti sui pali di fondazione (involuppati per le due pile):

MASSIMI / MINIMI	N _{Sd,max} [kN]	N _{Sd,min} [kN]	V _{Sd} [kN]
SLE - QUASI PERMANENTE	1 814.57	1 723.71	8.61
SLE - FREQUENTI	2 120.33	1 562.22	13.20
SLE - CARATTERISTICHE	2 503.86	1 429.58	39.60
SLU - STR	3 439.55	1 983.62	58.54
SLV	2 043.33	515.76	241.50

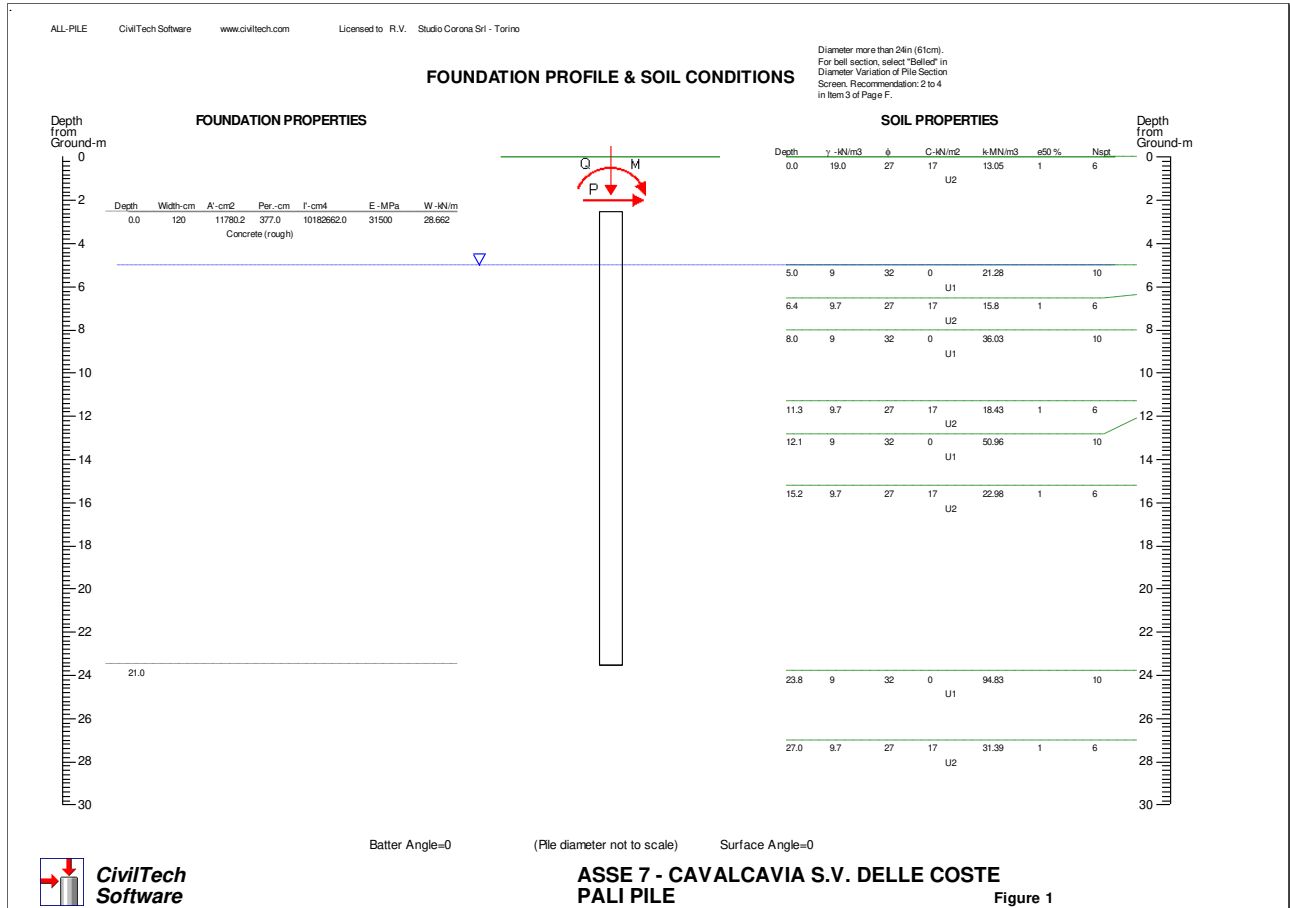
7.2 CALCOLO DELLE CARATTERISTICHE DI SOLLECITAZIONE E DEFORMAZIONE DEL PALO

Il calcolo delle caratteristiche di sollecitazione e deformazione del palo viene effettuato mediante il programma di calcolo "Allpile", vers. 7.12, CivilTech Software, Bellevue, WA USA.

La testa del palo risulta a circa 2 m di profondità dal p.c.

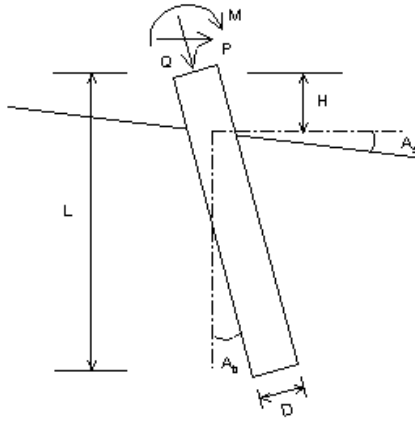
Seguono i diagrammi risultanti dalle analisi verticale e laterale del palo.

Si omettono i tabulati in quanto i risultati grafici del programma AllPile sono completamente esaustivi.



VERTICAL ANALYSIS

Figure 1



Loads:

Load Factor for Vertical Loads= 1.0
 Load Factor for Lateral Loads= 1.0
 Loads Supported by Pile Cap= 0 %
 Shear Condition: Static

Vertical Load, Q= 3439.6 -kN
 Shear Load, P= 241.5 -kN
 Slope Restrain St= 0.00 -cm/-cm

Profile:

Pile Length, L= 21.0 -m
 Top Height, H= -2.5 -m
 Slope Angle, As= 0
 Batter Angle, Ab= 0
 Fixed Head Condition

Drilled Shaft (dia >24 in. or 61 cm)

Soil Data:

Depth -m	Gamma -kN/m3	Phi	C -kN/m2	K -MN/m3	e50 or Dr %	Nspt
0	19.0	27	17	13.05	1	6
5	9	32	0	21.28	60	10
6.4	9.7	27	17	15.8	1	6
8	9	32	0	36.03	60	10
11.3	9.7	27	17	18.43	1	6
12.1	9	32	0	50.96	60	10
15.2	9.7	27	17	22.98	1	6
23.8	9	32	0	94.83	60	10
27	9.7	27	17	31.39	1	6

Pile Data:

Depth -m	Width -cm	Area -cm2	Per. -cm	I -cm4	E -MPa	Weight -kN/m
0.0	120	11780.2	377.0	10182662.0	1500	28.662
21.0						

Vertical capacity:

Weight above Ground= 0.00 Total Weight= 396.06-kN *Soil Weight is not included
 Side Resistance (Down)= 4799.680-kN Side Resistance (Up)= 3109.806-kN
 Tip Resistance (Down)= 3372.669-kN Tip Resistance (Up)= 0.000-kN
 Total Ultimate Capacity (Down)= 8172.349-kN Total Ultimate Capacity (Up)= 3505.863-kN
 Total Allowable Capacity (Down)= 3866.218-kN Total Allowable Capacity (Up)= 1876.917-kN
 OK! Qallow > Q

Settlement Calculation:

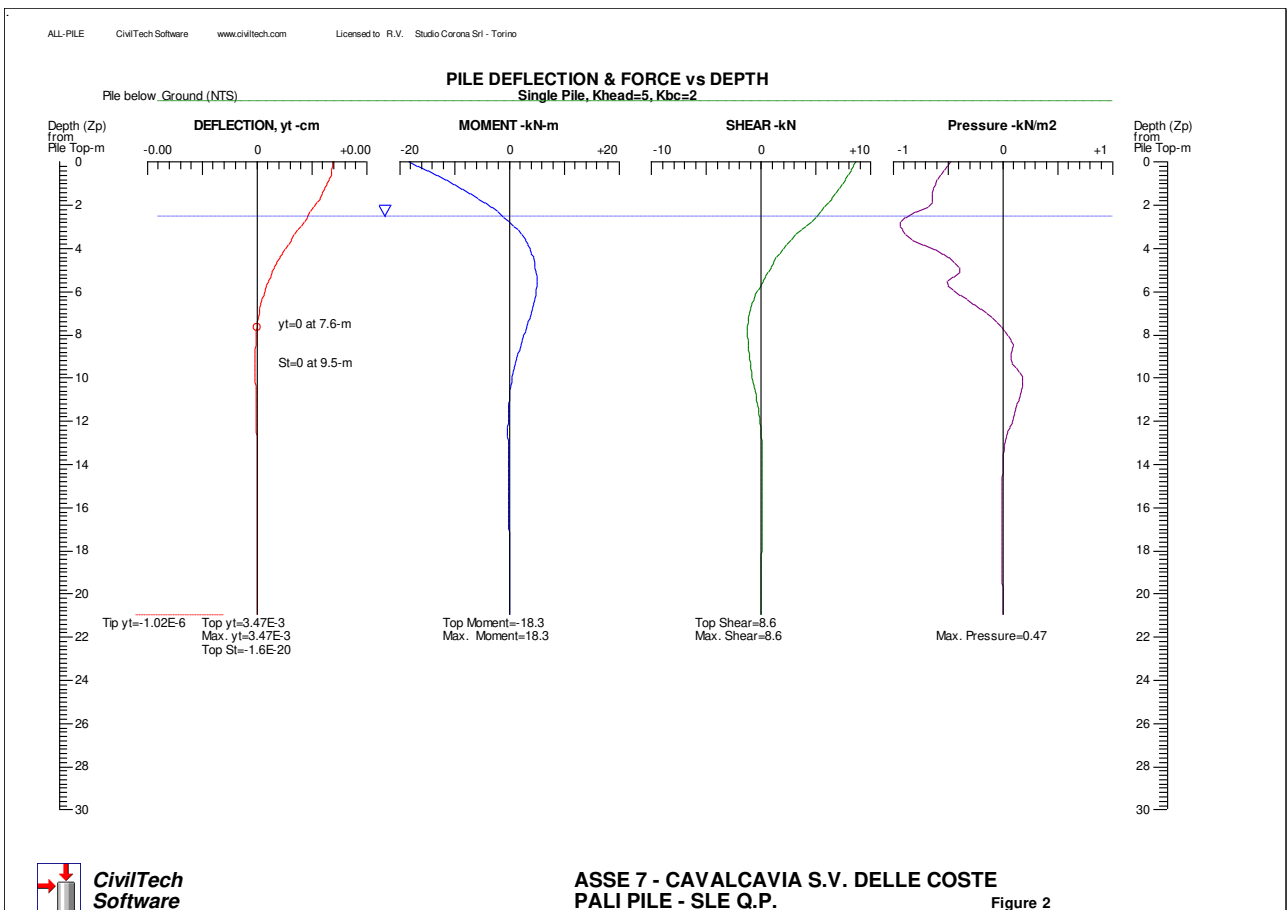
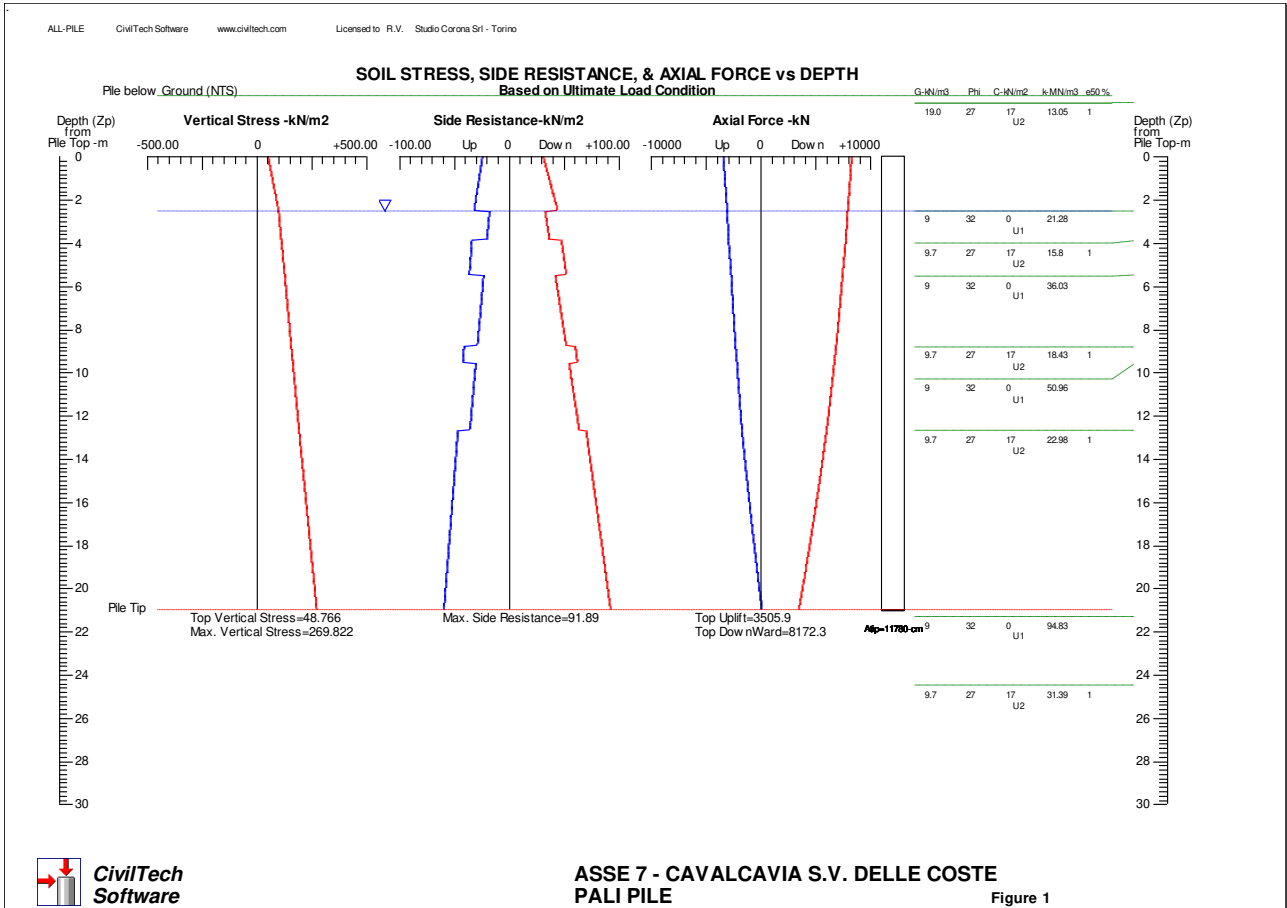
At Q= 3439.55-kN Settlement= 0.47020-cm
 At Xallow= 2.00-cm Qallow= 6074.23438-kN

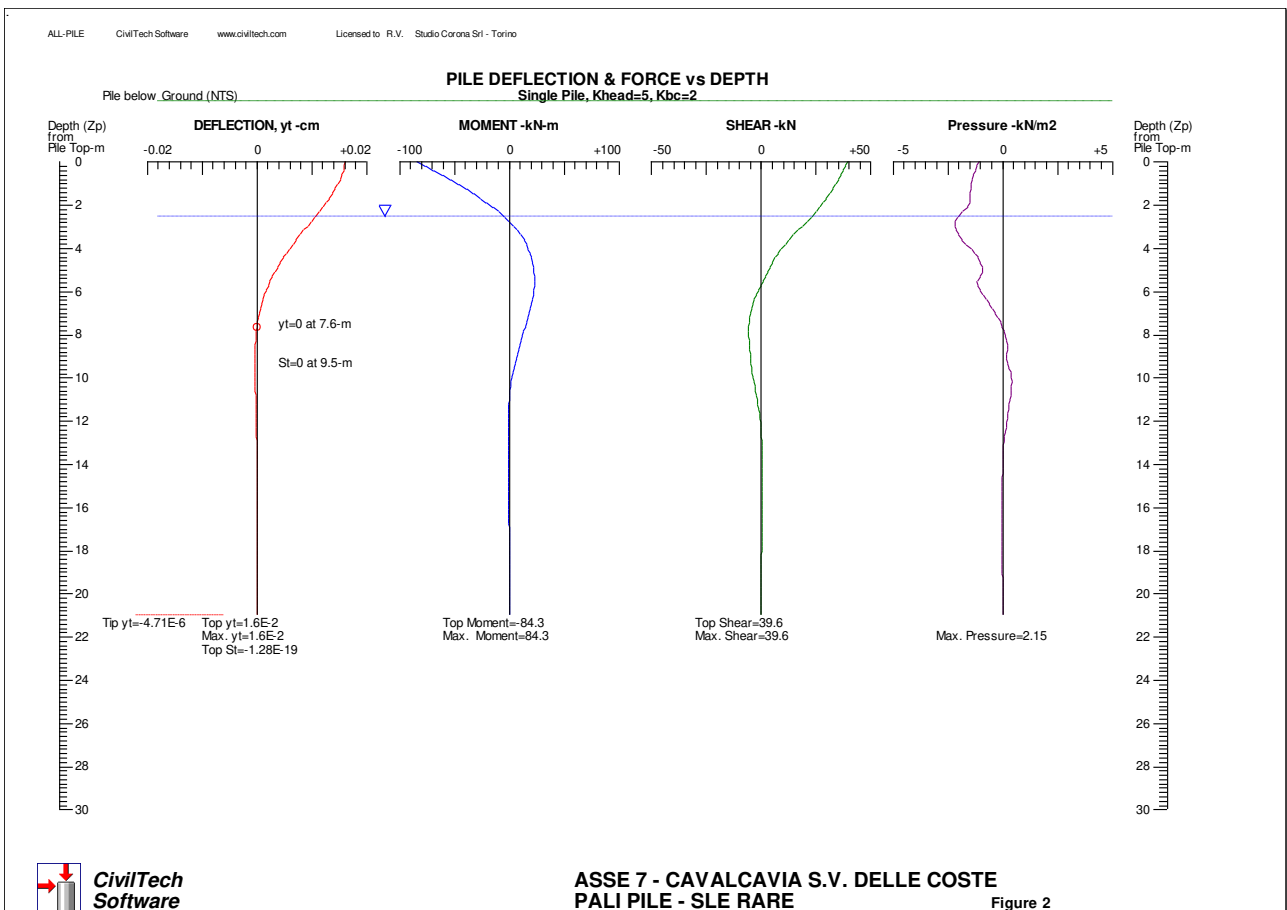
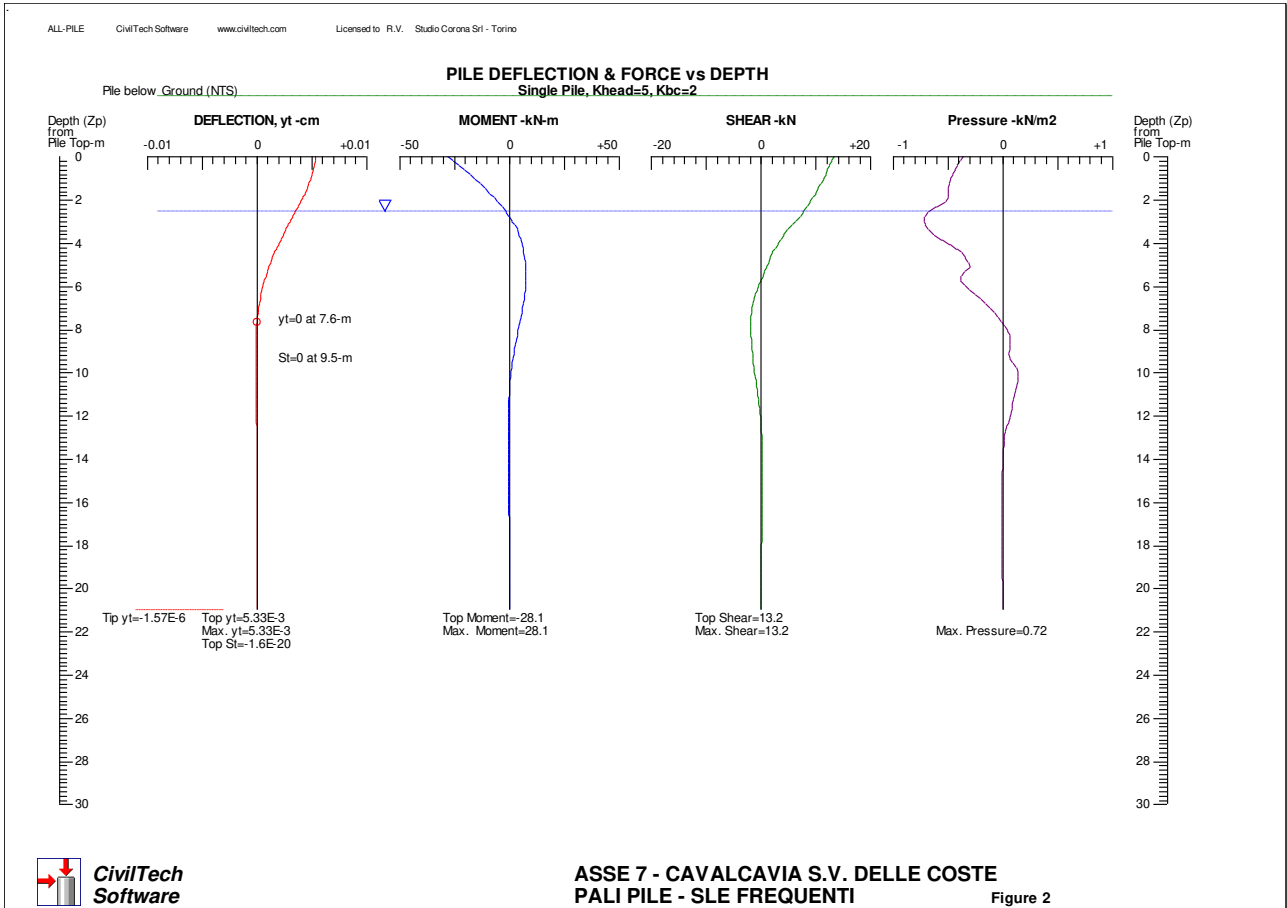
Note: If the program cannot find a result or the result exceeds the upper limit. The result will be displayed as 99999.

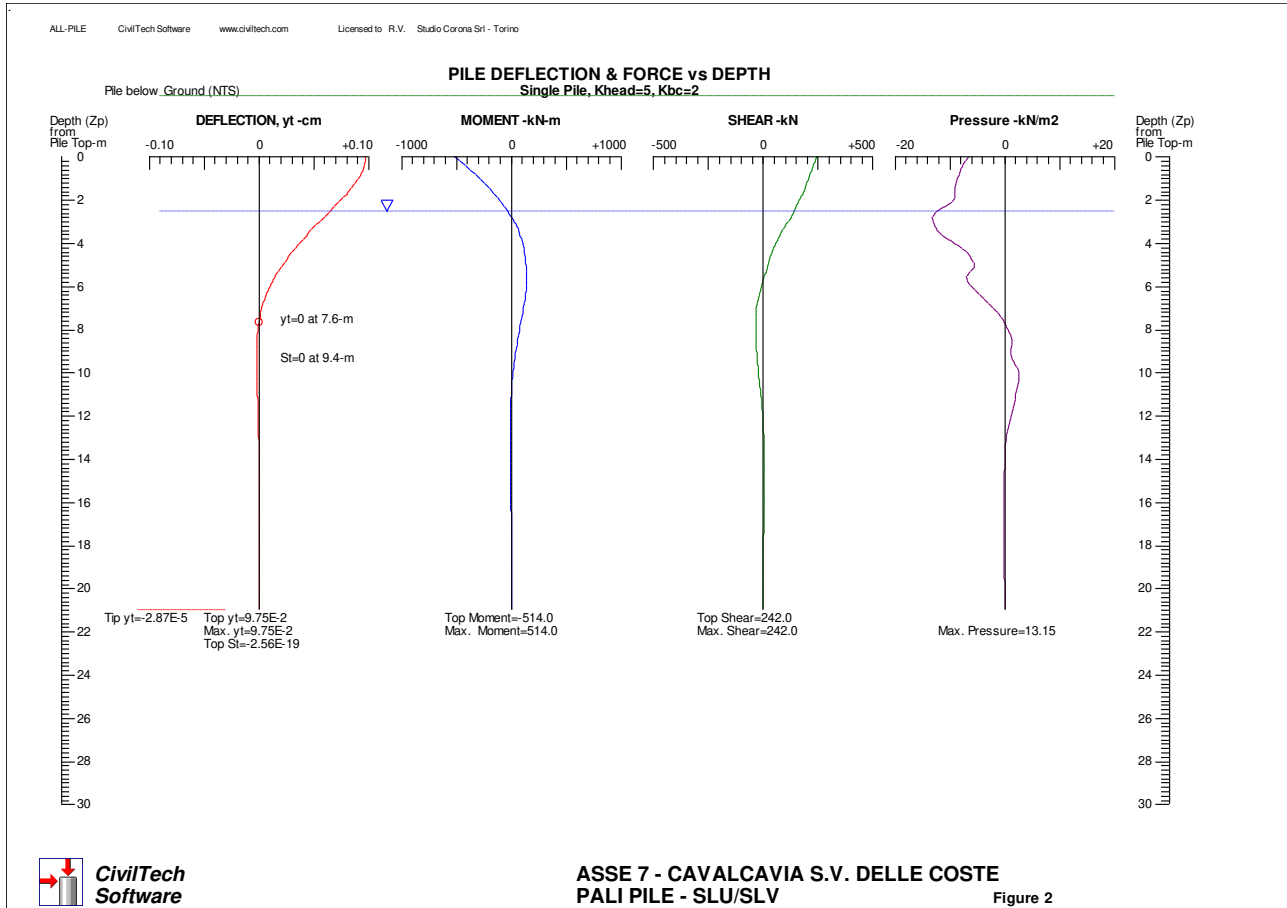


**CivilTech
Software**

**ASSE 7 - CAVALCAVIA S.V. DELLE COSTE
PALI PILE**







7.3 VERIFICA DEI PALI SOGGETTI A CARICO VERTICALE

La verifica viene svolta allo stato limite ultimo; in riferimento alle NTC 2008, si sceglie l'approccio 2, con le combinazioni A1/M1/R3 in cui si applicano i coefficienti parziali alle caratteristiche resistenti del palo:

- resistenza laterale in compressione: $\gamma_s = 1.15$
- resistenza alla base: $\gamma_b = 1.35$
- fattore di correlazione: $\xi_4 = 1.70$

Si ottiene:

- Sforzo verticale di progetto: $N_{sd} = 3439.6 \text{ kN}$
- Resistenza di progetto: $R_{sd} = 3866.2 \text{ kN}$ ($R_{sd} > N_{sd}$)
- Cedimento verticale: $DZ = 4.70 \text{ mm}$ (ammissibile)

7.4 PALI SOGGETTI A CARICO ORIZZONTALE - VERIFICA DI RESISTENZA DEL TERRENO

I coefficienti parziali (A1/M1/R3) risultano:

- resistenza laterale terreno: $\gamma_t = 1.30$
- fattore di correlazione: $\xi_4 = 1.70$

La resistenza di progetto del terreno si ottiene dalla formula:

$$R_{sd} = \alpha \frac{\lambda_p \times \sigma_v + 2 \times c' \times \sqrt{\lambda_p}}{\gamma_t \times \xi_3} \quad \text{in cui:}$$

$\alpha = 3$: coefficiente correttivo per tener conto dell'effetto arco

λ_p : coefficiente di spinta passiva

σ_v : pressione geostatica efficace

c' : coesione drenata

Segue il tabulato del calcolo svolto.

Il minimo coefficiente di sicurezza (resistenza / pressione) si ottiene a $Z_p = 0.00$ m e vale:

$$R_{sd} / P_d = 89.69 / 6.6 = 13.6 \quad (>1: \text{verificato})$$

7.5 VERIFICHE STRUTTURALI PALO

Si effettuano le verifiche a pressoflessione e taglio allo stato limite ultimo (verifiche di resistenza) e agli stati limite di esercizio (limitazione tensioni e fessurazione).

La sezione ha le seguenti caratteristiche:

- raggio: $r = 60 \text{ cm}$
- armature long.: $16 \text{ } \varnothing 24, r = 60 - 8 - 1.2 - 2.4/2 = 49.6 \text{ cm}$
- spirale: $\varnothing 12, \text{ passo } 20 \text{ cm.}$

7.5.1 VERIFICHE DI RESISTENZA ALLO STATO LIMITE ULTIMO

7.5.1.1 Massimo sforzo assiale

	Sollecitazioni	Resistenze		
Sforzo assiale:	$N_{Sd} = 3439.5 \text{ kN}$			
Momento flettente:	$M_{Sd} = 514 \text{ kN.m}$	$M_{Rd} = 2346 \text{ kN.m}$	→	Verificato: $M_{Rd} > M_{Sd}$
Sforzo tagliante:	$V_{Sd} = 242.0 \text{ kN}$	$V_{Rd} = 2880 \text{ kN}$	→	Verificato: $V_{Rd} > V_{Sd}$

7.5.1.2 Minimo sforzo assiale

	Sollecitazioni	Resistenze		
Sforzo assiale:	$N_{Sd} = 515.8 \text{ kN}$			
Momento flettente:	$M_{Sd} = 514 \text{ kN.m}$	$M_{Rd} = 1526 \text{ kN.m}$	→	Verificato: $M_{Rd} > M_{Sd}$
Sforzo tagliante:	$V_{Sd} = 242.0 \text{ kN}$	$V_{Rd} = 2272 \text{ kN}$	→	Verificato: $V_{Rd} > V_{Sd}$

7.5.2 VERIFICHE TENSIONALI ALLO STATO LIMITE DI ESERCIZIO – COMBINAZIONI RARE

7.5.2.1 Massimo sforzo assiale

	Sollecitazioni		
Sforzo assiale:	$N_{Sd} = 2504 \text{ kN}$		
Momento flettente:	$M_{Sd} = 84.3 \text{ kN.m}$		
Tensione massima cls.:	$s_c = 2.46 \text{ N/mm}^2$	→	Verificato: $s_c < s_1 = 15 \text{ N/mm}^2$
Tensione massima ferri:	$s_f = -24.85 \text{ N/mm}^2$	→	Verificato: $s_f < s_3 = 360 \text{ N/mm}^2$

Nota: sezione interamente reagente

7.5.2.2 Minimo sforzo assiale

	Sollecitazioni		
Sforzo assiale:	$N_{Sd} = 1430 \text{ kN}$		
Momento flettente:	$M_{Sd} = 84.3 \text{ kN.m}$		
Tensione massima cls.:	$s_c = 1.59 \text{ N/mm}^2$	→	Verificato: $s_c < s_1 = 15 \text{ N/mm}^2$
Tensione massima ferri:	$s_f = -11.85 \text{ N/mm}^2$	→	Verificato: $s_f < s_3 = 360 \text{ N/mm}^2$

Nota: sezione interamente reagente

7.5.3 VERIFICHE DI FESSURAZIONE

La sezione risulta interamente reagente per ogni combinazione di esercizio.

Si omettono le verifiche di fessurazione.

7.5.4 TABULATO DI CALCOLO

Segue tabulato di calcolo eseguito con il programma "RC-Sec", realizzato da GeoStru Software S.a.s., Lungomare snc, 89032 – Bianco (RC).

DATI GENERALI SEZIONE IN C.A.
NOME SEZIONE: SV COSTE PILE

Descrizione Sezione: CAVALCAVIA S.V. DELLE COSTE - PALI PILE
Metodo di calcolo resistenza: Stati Limite Ultimi
Tipologia sezione: Sezione generica
Normativa di riferimento: N.T.C.
Percorso sollecitazione: A Sforzo Norm. costante
Condizioni Ambientali: Poco aggressive
Riferimento Sforzi assegnati: Assi x,y principali d'inerzia
Riferimento alla sismicità: Zona non sismica
Posizione sezione nell'asta: In zona critica

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CONGLOMERATO - Classe: C25/30
Resis. compr. di calcolo fcd : 141.60 daN/cm²
Resis. compr. ridotta fcd': 70.80 daN/cm²
Def.unit. max resistenza ec2 : 0.0020
Def.unit. ultima ecu : 0.0035
Diagramma tensione-deformaz. : Parabola-Rettangolo
Modulo Elastico Normale Ec : 314750 daN/cm²
Coeff. di Poisson : 0.20
Resis. media a trazione fctm: 25.60 daN/cm²
Coeff. Omogen. S.L.E. : 15.0
Combinazioni Rare in Esercizio (Tens.Limite):
Sc Limite : 150.00 daN/cm²
Apert.Fess.Limite : Non prevista

ACCIAIO - Tipo: B450C
Resist. caratt. snervam. fyk: 4500.0 daN/cm²
Resist. caratt. rottura ftk: 4500.0 daN/cm²
Resist. snerv. di calcolo fyd: 3913.0 daN/cm²
Resist. ultima di calcolo ftd: 3913.0 daN/cm²
Deform. ultima di calcolo Epu: 0.068
Modulo Elastico Ef : 2100000 daN/cm²
Diagramma tensione-deformaz. : Bilineare finito
Coeff. Aderenza ist. $\beta_1 \cdot \beta_2$: 1.00 daN/cm²
Coeff. Aderenza diff. $\beta_1 \cdot \beta_2$: 0.50 daN/cm²
Comb.Rare Sf Limite : 3600.0 daN/cm²

CARATTERISTICHE DOMINI CONGLOMERATO

DOMINIO N° 1
Forma del Dominio: Circolare
Classe Conglomerato: C25/30

Raggio circonferenza: 60.00 cm
Ascissa X centro circ.: 0.00 cm
Ordinata Y centro circ.: 0.00 cm

DATI GENERAZIONI CIRCOLARI DI BARRE

- N.Gen. Numero assegnato alla singola generazione circolare di barre
- Xcentro Ascissa del centro della circonfer. lungo cui sono disposte le barre gen.
- Ycentro Ordinata del centro della circonfer. lungo cui sono disposte le barre gen.
- Raggio Raggio in cm della circonferenza lungo cui sono disposte le barre gen.
- N.Barre Numero di barre generate equidist. disposte lungo la circonfer.
- Diam. Diametro in mm della singola barra generata

N.Gen. Xcentro,cm Ycentro,cm Raggio,cm N.Barre Diam.Ø,mm

N.Gen.	Xcentro,cm	Ycentro,cm	Raggio,cm	N.Barre	Diam.Ø,mm
1	0.00	0.00	49.60	16	24

ST.LIM.ULTIMI - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

- N Sforzo normale in daN applicato nel Baric. (+ se di compressione)
- Mx Coppia concentrata in daNm applicata all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.
- My Coppia concentrata in daNm applicata all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.
- Vy Componente del Taglio [daN] parall. all'asse princ.d'inerzia y
- Vx Componente del Taglio [daN] parall. all'asse princ.d'inerzia x

N.Comb. N Mx My Vy Vx

N.Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	343955	51400	0	24200	0
2	51576	51400	0	24200	0

COMB. RARE (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

- N Sforzo normale in daN applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
- Mx Coppia concentrata in daNm applicata all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sez.
- My Coppia concentrata in daNm applicata all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.

N.Comb. N Mx My

N.Comb.	N	Mx	My
1	250386	8430	0
2	142958	8430	0

RISULTATI DEL CALCOLO

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 9.2 cm
Interferro netto minimo barre longitudinali: 17.0 cm
Copriferro netto minimo staffe: 8.0 cm

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - RISULTATI PRESSO-TENSO FLESSIONE

- Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
- N Sforzo normale assegnato [in daN] (positivo se di compressione)
- Mx Momento flettente assegnato [in daNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
- My Momento flettente assegnato [in daNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
- N ult Sforzo normale ultimo [in daN] nella sezione (positivo se di compress.)
- Mx ult Momento flettente ultimo [in daNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
- My ult Momento flettente ultimo [in daNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia

Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N ult,Mx ult,My ult) e (N,Mx,My)
Verifica positiva se tale rapporto risulta ≥ 1.000

N.Comb.	Ver	N	Mx	My	N ult	Mx ult	My ult	Mis.Sic.
1	S	343955	51400	0	343952	234652	0	4.565
2	S	51576	51400	0	51582	152595	0	2.969

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

ec max Deform. unit. massima del conglomerato a compressione
 ec 3/7 Deform. unit. del conglomerato nella fibra a 3/7 dell'altezza efficace
 Xc max Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
 Yc max Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
 ef min Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)
 Xf min Ascissa in cm della barra corrisp. a ef min (sistema rif. X,Y,O sez.)
 Yf min Ordinata in cm della barra corrisp. a ef min (sistema rif. X,Y,O sez.)
 ef max Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)
 Xf max Ascissa in cm della barra corrisp. a ef max (sistema rif. X,Y,O sez.)
 Yf max Ordinata in cm della barra corrisp. a ef max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N.Comb.	ec max	ec 3/7	Xc max	Yc max	ef min	Xf min	Yf min	ef max	Xf max	Yf max
1	0.00350	-0.00056	0.0	60.0	0.00268	0.0	49.6	-0.00516	0.0	-49.6
2	0.00350	-0.00333	0.0	60.0	0.00212	0.0	49.6	-0.01105	0.0	-49.6

POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

a Coeff. a nell'eq. dell'asse neutro $aX+bY+c=0$ nel rif. X,Y,O gen.
 b Coeff. b nell'eq. dell'asse neutro $aX+bY+c=0$ nel rif. X,Y,O gen.
 c Coeff. c nell'eq. dell'asse neutro $aX+bY+c=0$ nel rif. X,Y,O gen.
 x/d Rapp. di duttilità a rottura in presenza di sola fless.(travi)
 C.Rid. Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

N.Comb.	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	0.000079009	-0.001240513		
2	0.000000000	0.000132777	-0.004466643		

ARMATURE A TAGLIO

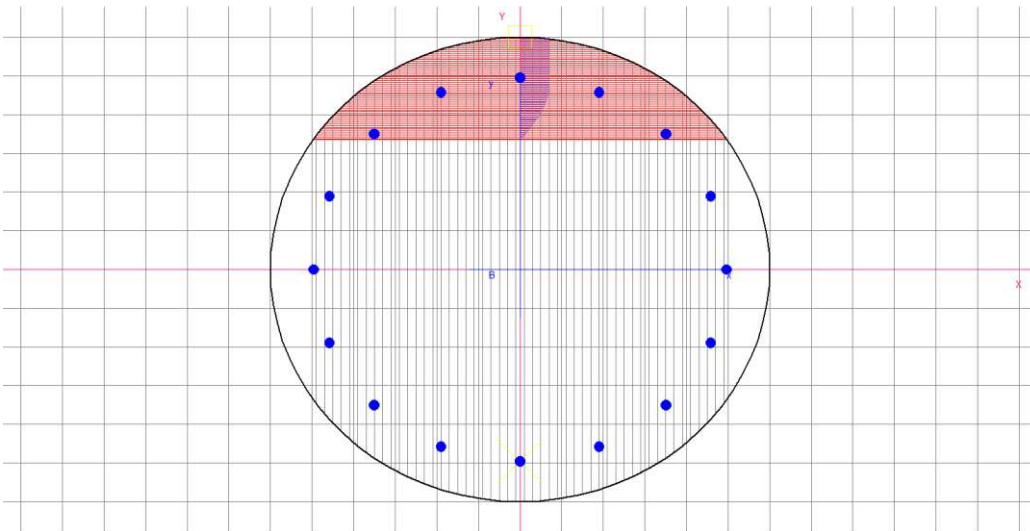
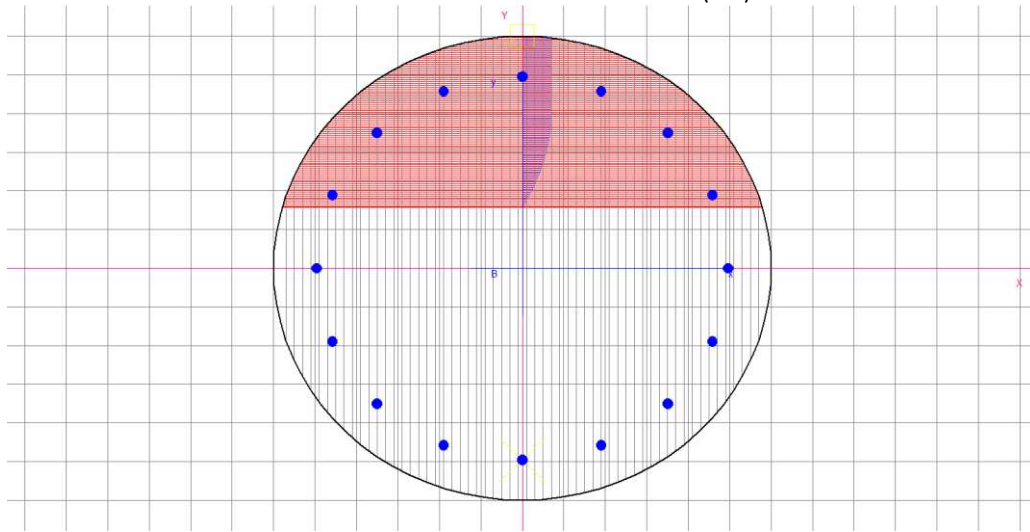
Diametro staffe: 12 mm
 Passo staffe: 20.0 cm [Passo massimo di normativa = 25.0 cm]
 N.Bracci staffe: 2

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - VERIFICHE A TAGLIO

Ver S = comb. verificata a taglio / N = comb. non verificata
 Vsdu Taglio agente [daN] = proiez. di V_x e V_y sulla normale all'asse neutro
 Vcd Taglio resistente ultimo [daN] lato conglomerato compresso
 Vwd Taglio resistente [daN] assorbito dalle staffe
 Dmed Altezza utile media pesata [cm] valutata lungo strisce ortog. all'asse neutro.
 Vengono prese nella media le strisce con almeno un estremo compresso.
 I pesi della media sono costituiti dalle stesse lunghezze delle strisce.
 bw Larghezza media resistente a taglio [cm] misurate parallel. all'asse neutro.
 E' data dal rapporto tra l'area delle sopradette strisce resistenti e Dmed.

Teta Angolo [gradi sessadec.] di inclinazione dei puntoni di conglomerato
 Acw Coefficiente maggiorativo della resistenza a taglio per compressione
 Ast Area staffe+legature strettam. necessarie a taglio per metro di pil.[cm²/m]
 A_Eff Area staffe+legature efficaci nella direzione del taglio di combinaz.[cm²/m]
 (Tra parentesi è indicata la quota dell'area relativa alle sole legature.
 L'area della legatura è ridotta col fattore L/d_max con L=lungh.legat.proietta-
 ta sulla direz. del taglio e d_max= massima altezza utile nella direz.del taglio)

N.Comb.	Ver	Vsdu	Vcd	Vwd	Dmed	bw	Teta	Acw	Ast	A_Eff
1	S	24200	287994	98014	98.4	109.6	21.80°	1.215	2.8	11.3(0.0)
2	S	24200	227209	101878	102.3	97.9	21.80°	1.032	2.7	11.3(0.0)



COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
 Sc max Massima tensione positiva di compressione nel conglomerato [daN/cm²]
 Xc max Ascissa in cm della fibra corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)
 Yc max Ordinata in cm della fibra corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)
 Sf min Minima tensione negativa di trazione nell'acciaio [daN/cm²]
 Xf min Ascissa in cm della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)
 Yf min Ordinata in cm della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)

- Ac eff. Area di conglomerato [cm²] in zona tesa considerata aderente alle barre
- D fess. Distanza calcolata tra le fessure espressa in mm
- K3 Coeff. di normativa dipendente dalla forma del diagramma delle tensioni
- Ap.fess. Apertura calcolata delle fessure espressa in mm

N.Comb. Ver Sc max Xc max Yc max Sf min Xf min Yf min Ac eff. D fess. K3 Ap.Fess.

1	S	24.6	0.0	0.0	249	0.0	-49.6	1482	0	0.139	0.000
2	S	15.9	0.0	0.0	119	0.0	-49.6	2743	0	0.175	0.000

