

**E78 GROSSETO - FANO**  
**Tratto Nodo di Arezzo – Selci – Lama (E45)**  
**Adeguamento a quattro corsie del tratto**  
**San Zeno – Arezzo – Palazzo del Pero, 1° lotto**

**PROGETTO DEFINITIVO**

**FI 508**

**ANAS - DIREZIONE PROGETTAZIONE E REALIZZAZIONE LAVORI**

<p><b>IL GEOLOGO</b></p> <p><i>Dott. Geol. Roberto Salucci</i> Ordine dei geologi della Regione Lazio n. 633</p>	<p><b>I PROGETTISTI SPECIALISTICI</b></p> <p><i>Ing. Ambrogio Signorelli</i> Ordine Ingegneri Provincia di Roma n. A35111</p>	<p><b>PROGETTAZIONE ATI:</b> (Mandataria) <b>GP INGENGNERIA</b> <i>GESTIONE PROGETTI INGENGNERIA srl</i></p> <p>(Mandante)</p> <p><b>cooprogetti</b></p> <p><b>engeko</b></p> <p><b>AIM</b> <i>Studio di Architettura e Ingegneria Moderna</i></p>
<p><b>COORDINATORE PER LA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE</b></p> <p><i>Arch. Santo Salvatore Vermiglio</i> Ordine Architetti Provincia di Reggio Calabria n. 1270</p>	<p><i>Ing. Moreno Panfili</i> Ordine Ingegneri Provincia di Perugia n. A2687</p> <p><i>Ing. Matteo Bordugo</i> Ordine Ingegneri Provincia di Pordenone n. 750A</p>	<p>(Mandante)</p> <p>(Mandante)</p>
<p><b>VISTO: IL RESP. DEL PROCEDIMENTO</b></p> <p><i>Ing. Francesco Pisani</i></p>	<p><i>Ing. Giuseppe Festa</i> Ordine Ingegneri Provincia di Roma n. 20629</p>	<p><b>IL PROGETTISTA RESPONSABILE DELL'INTEGRAZIONE DELLE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE. (DPR207/10 ART 15 COMMA 12):</b></p> <p><i>Dott. Ing. GIORGIO GUIDUCCI</i> ORDINE INGEGNERI ROMA N° 14035</p>
<p><b>VISTO: IL RESP. DEL PROGETTO</b></p> <p><i>Arch. Pianif. Marco Colazza</i></p>		

**OPERE D'ARTE MAGGIORI**  
**Asse principale**  
**VI.10 – Viadotto Scopetone**  
**Relazione di calcolo delle fondazioni**

<p><b>CODICE PROGETTO</b></p> <p>PROGETTO      LIV.PROG      ANNO</p>	<p><b>NOME FILE</b></p> <p>V01VI10GETRE01_B</p>	<p><b>REVISIONE</b></p>	<p><b>SCALA</b></p>
<p><b>DPFI508</b>    <b>D</b>    <b>23</b></p>	<p><b>CODICE ELAB.</b>    V01VI10GETRE01</p>	<p><b>B</b></p>	<p>-</p>
<p><b>D</b></p>			
<p><b>C</b></p>			
<p><b>B</b></p>	<p>Revisione a seguito Istruttoria n°U. 0016028.09-01-2024</p>	<p>Gennaio '24</p>	<p>Cassarini      Bordugo      Guiducci</p>
<p><b>A</b></p>	<p>Emissione</p>	<p>Agosto '23</p>	<p>Cassarini      Bordugo      Guiducci</p>
<p><b>REV.</b></p>	<p><b>DESCRIZIONE</b></p>	<p><b>DATA</b></p>	<p><b>REDATTO      VERIFICATO      APPROVATO</b></p>

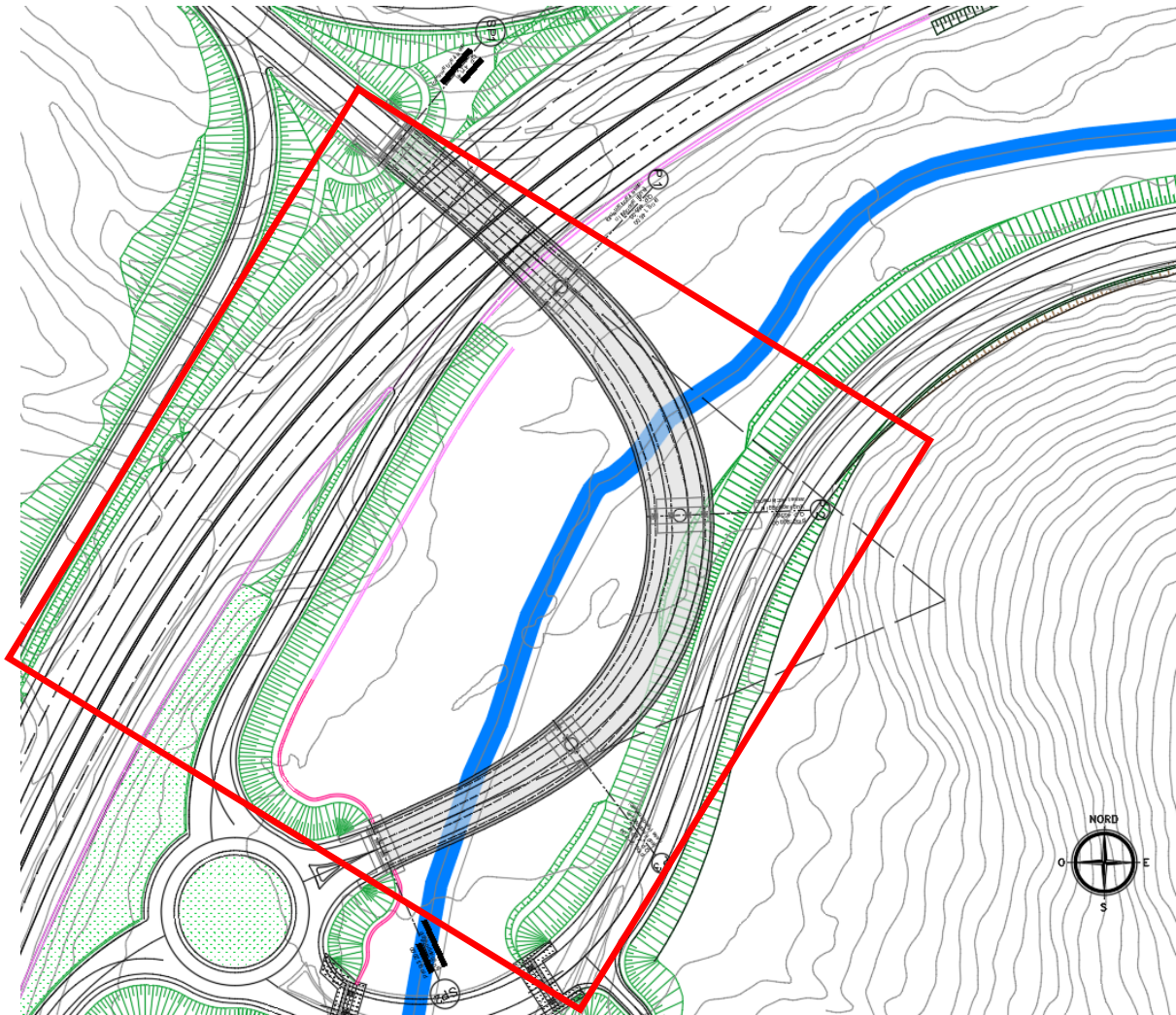
## INDICE

<b>1.</b>	<b><u>PREMESSA.....</u></b>	<b><u>2</u></b>
<b>2.</b>	<b><u>CARATTERISTICHE DEL TERRENO.....</u></b>	<b><u>5</u></b>
<b>3.</b>	<b><u>VERIFICA DI PORTANZA DEL PALO DI FONDAZIONE.....</u></b>	<b><u>7</u></b>
3.1.	PALO FONDAZIONE SPALLE .....	7
3.2.	PALO FONDAZIONE PILA .....	13
<b>4.</b>	<b><u>ACCETTABILITA' DEI RISULTATI (CAP.10.2 NTC2018) .....</u></b>	<b><u>18</u></b>

PROGETTAZIONE ATI:

## 1. PREMESSA

Nella presente relazione di calcolo viene descritta la procedura seguita per il progetto e la verifica degli elementi strutturali principali costituenti l'opera d'arte denominata "VI.10 - Viadotto Scopetone", ricadente nell'ambito della progettazione definitiva dell'intervento **E78 GROSSETO – FANO - TRATTO NODO DI AREZZO – SELCI – LAMA (E45) – PALAZZO DEL PERO – 1° LOTTO (FI508)**.



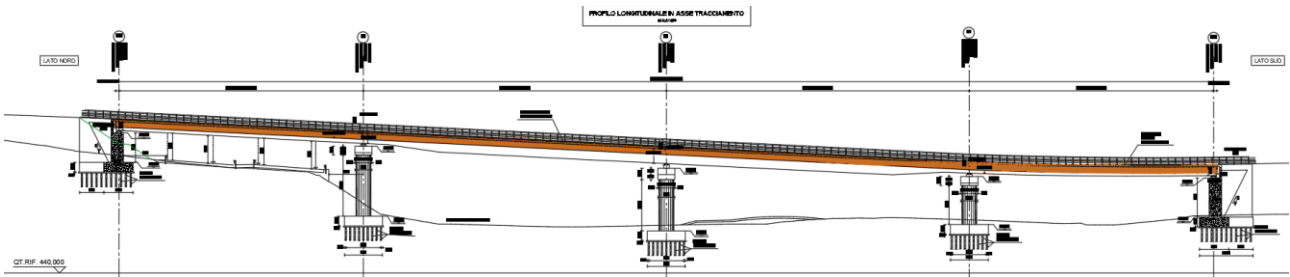
**Figura 1.1 Corografia**

L'opera d'arte è rappresentata da un viadotto costituito da 4 campate, con luce di calcolo pari a 50.00-62.00-62.00-50.00m, per uno sviluppo complessivo di 224.00m.

L'impalcato, in sezione mista acciaio – cls, è realizzato secondo uno schema statico di trave continua.

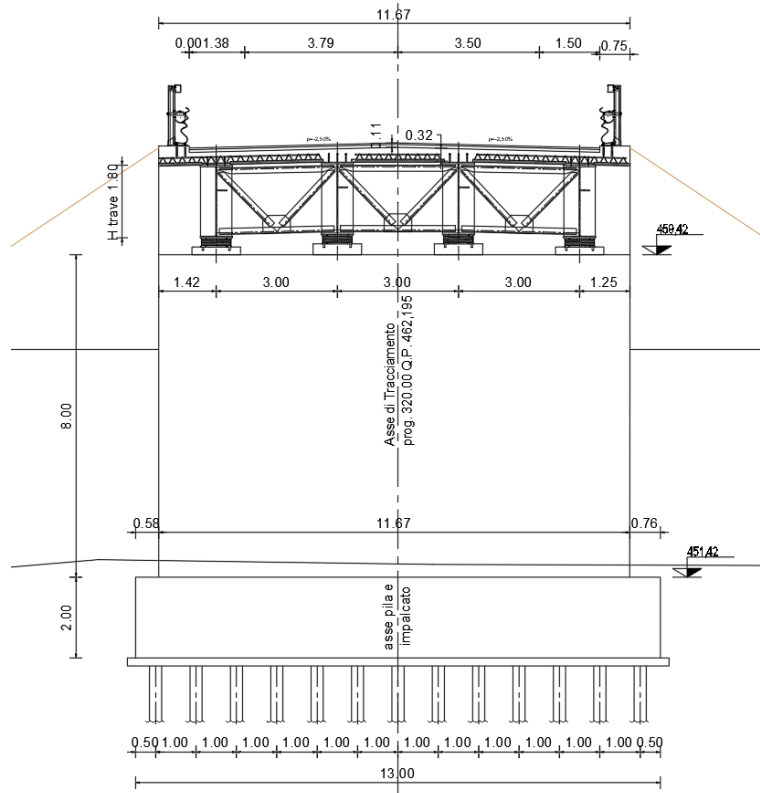
La sezione trasversale, di larghezza complessiva variabile da 11.67 a 13.28 m al netto del carter, è costituita da 4 travi in composizione saldata ad anima piena di altezza variabile pari a 1.80-3.00m, poste ad interasse variabile di 3.00-3.40m, collegate da traversi reticolari aventi un interasse medio di massimo 6.00m.

PROGETTAZIONE ATI:

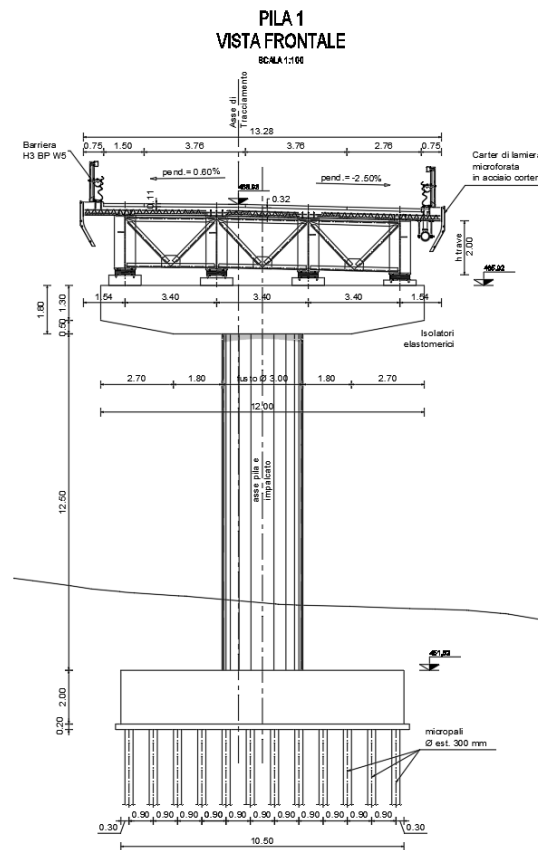


**SPALLA 2**  
**VISTA FRONTALE**

SCALA 1:100



PROGETTAZIONE ATI:



**Figura 1.2 Prospetto longitudinale e sezioni trasversali**

L'impalcato è costituito da una soletta in c.a. composta di lastre predalles e calcestruzzo gettato in opera per uno spessore complessivo pari a 25+7cm, resa collaborante con le travi principali per mezzo di connettori tipo Nelson; sono previsti, inoltre, dei controventi orizzontali (*attivi solo nella fase di varo della carpenteria metallica*) a livello di intradosso delle piattabande superiori delle travi principali.

Infine, l'impalcato è completato dalle opere di finitura e sicurezza quali binder, tappeto di usura e barriere del tipo H3 BP W5 ancorate su appositi cordoli laterali gettati sempre in opera.

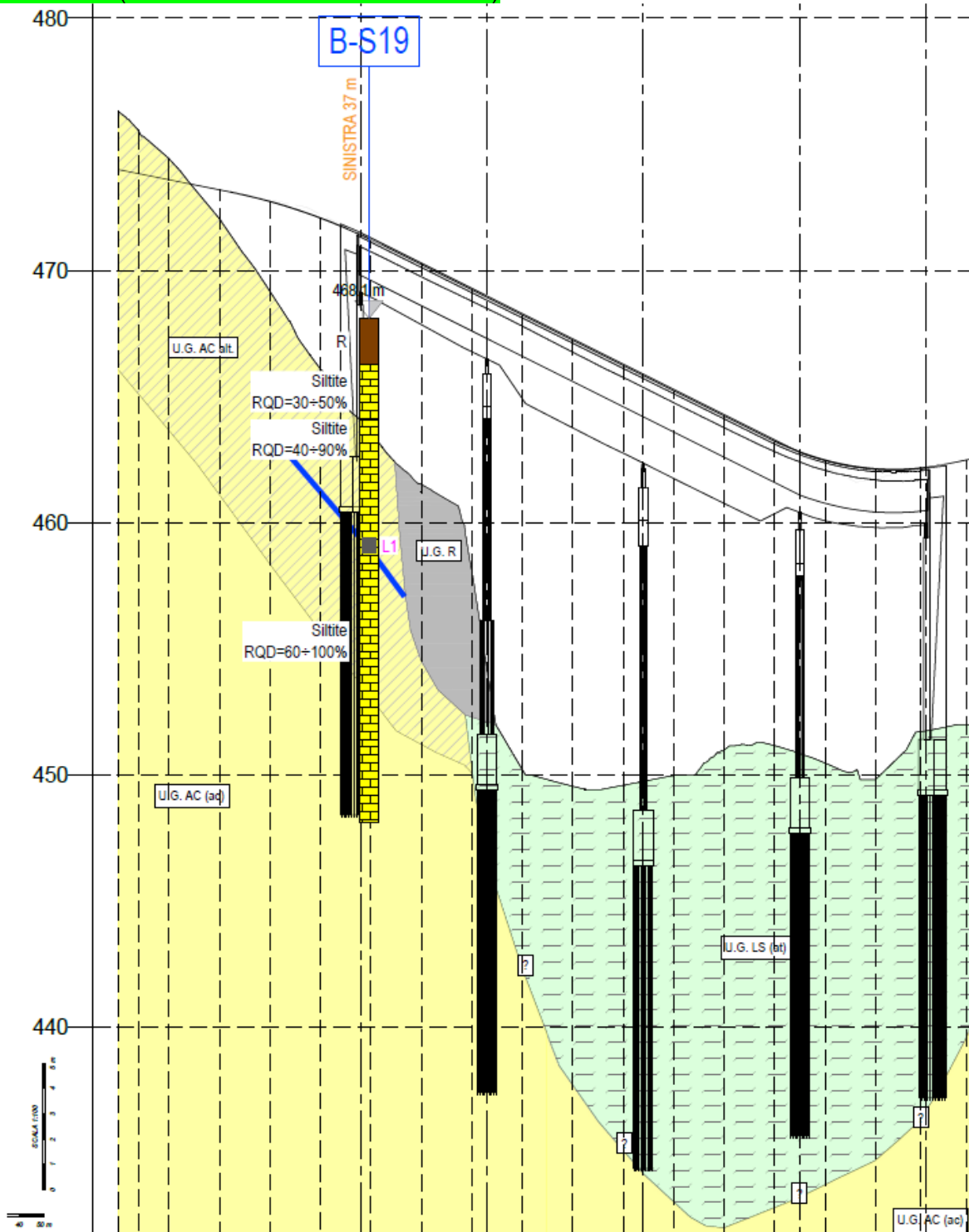
Le spalle e le pile sono realizzate in calcestruzzo armato gettato in opera e sono fondate su micropali di diametro Ø300mm.

Per quanto riguarda, invece, lo schema degli appoggi, al fine di limitare le azioni sismiche trasferite dall'impalcato alle sottostrutture, si è previsto l'utilizzo di isolatori elastomerici ad alto smorzamento viscoso equivalente.

## 2. CARATTERISTICHE DEL TERRENO

Per le caratteristiche fisico-meccaniche dei terreni in sito si è fatto riferimento al seguente modello geotecnico.


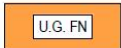
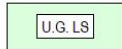
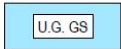
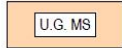
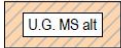
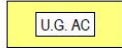
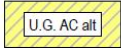
**Limi sabbiosi (valori minimi a favore di sicurezza)**



PROGETTAZIONE ATI:

# LEGENDA

## UNITA' GEOTECNICHE

	UNITA' GEOTECNICA RIPORTI		UNITA' GEOTECNICA FRANE
	UNITA' GEOTECNICA LIMI SABBIOSI		UNITA' GEOTECNICA GHIAIE SABBIOSE
	UNITA' GEOTECNICA MARNE DI SAN POLO (GSI=38+40, $\sigma_c=7+10$ )		UNITA' GEOTECNICA MARNE DI SAN POLO ALTERATA
	UNITA' GEOTECNICA ARENARIE DEL CERVAROLA (GSI=35+40, $\sigma_c=7+10$ )		UNITA' GEOTECNICA ARENARIE DEL CERVAROLA ALTERATA

Unità geotecnica	Unità geologica	$\gamma \gamma'$ ( $\text{kN/m}^3$ )	Variabilità parametri			Valori caratteristici			$q_s$ per micropali tipo IGU (kPa)	$V_s$ (m/s)	$G_0$ (MPa)	$\nu$ (-)	Valori di deformabilità di riferimento			
			$\phi'$ (°)	$c'$ (kPa)	$c_u$ (kPa)	$\phi'_k$ (°)	$c'_k$ (kPa)	$c_{u,k}$ (kPa)					$M_{fond. Dir.}$ (MPa)	$E_{fond. Dir.}$ (MPa)	$E_{fond. Prof.}$ (MPa)	$E_{substr.}$ (MPa)
R	r	20/10	26+35	0+10	-	35	0	-	100	200	80	0.25	-	20	30	-
FN	fn	19.5/9.5	20+30	0+10	-	20+26	0+5	-	60	100+200	20+80	0.30	-	6+10	9+15	-
LS	at	19.5/9.5	24+28	10+30	40+60	26	10	50	-	200+400	80+300	0.30	4+20	3+16	8+30	-
GS	at	19.5/9.5	27+32	0	-	30	0	-	100+150	200+400	80+300	0.30	-	10+15	15+22	-
MS alt	ms	19.5/9.5	24+32	10+80	-	28	10+50*	-	200+400	200+700	80+1000	0.20	-	20+240	25+300	-
MS	ms	23/13	24+32	80+200	-	28	100	-	400+600	700+1000	1100+2300	0.20	-	-	-	1100+1400
AC alt	ac	19.5/9.5	25+35	10+80	-	30	10+50*	-	200+400	200+700	80+1000	0.20	-	20+240	25+300	-
AC	ac	23/13	25+35	80+210	-	32	90	-	400+600	700+1000	1100+2300	0.20	-	-	-	1100+1400

\*Valore che incrementa con la profondità

Si adotta per il calcolo della portanza, a favore di sicurezza, il valore minimo per  $q_s = s = 70 \text{ Kpa} = 0.07 \text{ Mpa}$  di Limi sabbiosi.

Per Klaterale del micropalo si è assunto:

$$K_{lat} = K_{vert}/10 \cong 50 \text{ MN/mc}$$

$$K_{vert} = N_{sle} / D_z / A \cong 547 \text{ MN/mc}$$

Le fasi realizzative prevedono la realizzazione prima delle opere provv. e di fondazione a valle. Quindi ultimato il nuovo viadotto a valle si iniziano le lavorazioni provv. per eseguire le fondazioni a monte: tale successione di fasi consente di ridurre le reali interferenze e di considerare non più agenti i tiranti ed i micropali delle opere provv. a valle in fase di esecuzione delle opere a monte. Le geometrie sia in fase provv. sia in fase definitiva sono state verificate in tali presupposti.

Limi sabbiosi

$$\phi' = 24^\circ$$

$$c_u = 0$$

$$\gamma = 19.5 \text{ kN/m}^3$$

PROGETTAZIONE ATI:

### **3. VERIFICA DI PORTANZA DEL PALO DI FONDAZIONE**

Si effettua la verifica di portanza del micropalo di fondazione  $\phi 300\text{mm}$ ,  $L=12\text{m}$ , armato con un tubo  $\phi 219$  sp.10 maggiormente caricato.

#### **3.1. PALO FONDAZIONE SPALLE**

Per le spalle Il valore massimo dello sforzo normale di compressione risulta:

$$N_{\min} = 388.88 \times 1.35 = 525 \text{ kN} \quad \text{COMB. SLU} \qquad N_{\min} = 675 \text{ kN} \quad \text{COMB. SLV}$$

Facendo riferimento ai parametri dei terreni illustrati al cap.4 di questa relazione, si ottiene:

**SLU**



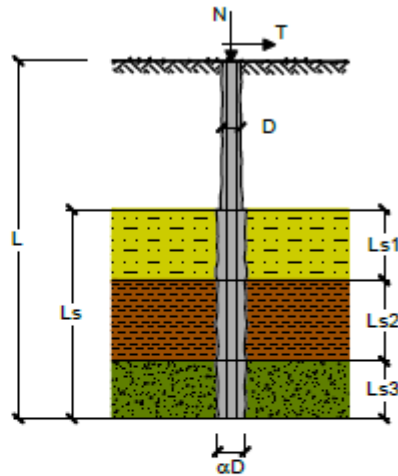
**CAPACITA' PORTANTE DI UN MICROPALO**

OPERA: 581\_Ver\_Micropali\_D300\_VI10\_SLU\_v1

**DATI DI INPUT:**

Sollecitazioni Agenti:

	Permanenti	Temporanee	Calcolo
N (kN)	388,88	0,00	524,99
T (kN)	5,55	0,00	7,49



coefficienti parziali			azioni		resistenza laterale		
Metodo di calcolo			permanenti	variabili	$\gamma_s$	$\gamma_{smax}$	
SLU	A1+M1+R1	<input type="radio"/>	1,30	1,50	1,00	1,00	
	A2+M1+R2	<input type="radio"/>	1,00	1,30	1,45	1,60	
	A1+M1+R3	<input type="radio"/>	1,30	1,50	1,15	1,25	
	SISMA	<input type="radio"/>	1,00	1,00	1,15	1,25	
DM88		<input type="radio"/>	1,00	1,00	1,00	1,00	
definiti dal progettista			<input checked="" type="radio"/>	1,35	1,35	1,15	1,25

n	1	2	3	4	5	7	≥10	DM88	prog.
$\xi_3$	1,70	1,65	1,60	1,55	1,50	1,45	1,40	1,00	1,00
$\xi_4$	1,70	1,55	1,48	1,42	1,34	1,28	1,21	1,00	1,00

**Caratteristiche del micropalo:**

Diametro di perforazione del micropalo (D): 0,3 (m)

Lunghezza del micropalo (L): 24,00 (m)

**Armatura:**

IPE     INP     HEA     HEB     HEM     Tubi     ALTRO  
                   

**ø219,1 x 10,0**

Area dell'armatura (A<sub>arm</sub>): 6569 (mm<sup>2</sup>)

Momento di inerzia della sezione di armatura (J<sub>arm</sub>): 3,598E+07 (mm<sup>4</sup>)

Modulo di resistenza della sezione di armatura (W<sub>arm</sub>): 328 475 (mm<sup>3</sup>)

Tipo di acciaio: S 355 (Fe 510)

Tensione di snervamento dell'acciaio ( $f_y$ ): 355 (N/mm<sup>2</sup>)

Coefficiente Parziale Acciaio  $\gamma_M$ : 1,05

Tensione ammissibile dell'acciaio ( $\sigma_{adm}$ ): 338 (N/mm<sup>2</sup>)

Modulo di elasticità dell'acciaio (E<sub>arm</sub>): 210 000 (N/mm<sup>2</sup>)

PROGETTAZIONE ATI:

Coefficiente di Reazione Laterale:

Coeff. di Winkler (k): 50,0 (MN/m<sup>3</sup>)

**CAPACITA' PORTANTE ESTERNA**

Capacità portante di fusto

$$Ql = \sum_i \pi \cdot Ds_i \cdot s_i \cdot \alpha_i$$

Tipo di Terreno	Spessore $s_i$ (m)	$\alpha$ (-)	$Ds_i = \alpha \cdot D$ (m)	$s_i$ media (MPa)	$s_i$ minima (MPa)	$s_i$ calcolo (MPa)	$Qs_i$ (kN)
	22,00	1,00	0,30	0,070	0,070	0,036	742,41
	0,00	0,00	0,00	0,000	0,000	0,000	0,00
	0,00	0,00	0,00	0,000	0,000	0,000	0,00

$Ls = 22,00$  (m)  $Ql = 742,41$  (kN)

Capacità portante di punta

$$Qp = \%Punta \cdot Ql \quad (\text{consigliato } 10-15\%)$$

% Punta  $Qp = 0,00$  (kN)

CARICO LIMITE DEL MICROPALO

$$Qlim = Qb + Ql$$

$Qlim = 742,41$  (kN)

COEFFICIENTE DI SICUREZZA

$$Fs = Qlim / N \quad (Fs > 1)$$

$Fs = 1,41$

CAPACITA' PORTANTE PER INSTABILITA' DELL'EQUILIBRIO ELASTICO

Reaz. Laterale per unità di lunghezza e di spostam.( $\beta$ ) ( $\beta = k \cdot D_{arm}$ ): 10,98 (N/mm<sup>2</sup>)

$$Pk = 2 \cdot (\beta \cdot E_{arm} \cdot J_{arm})^{0,5} \quad \eta = Pk / N \quad (\text{consigliato } \eta > 10)$$

$Pk = 18197,13$  (MN)  $\eta = 34,66$

VERIFICA ALLE FORZE ORIZZONTALI

Momento massimo per carichi orizzontali (M):  
 (Ipotesi di palo con testa impedita di ruotare)

$$M = T / (2 \cdot b)$$

$$b = \sqrt{\frac{k \cdot D}{4 \cdot E_{arm} \cdot J_{arm}}}$$

$b = 0,839$  (1/m)

Momento Massimo (M):

$M = 4,46$  (kN m)

VERIFICHE STRUTTURALI DEL MICROPALO

Acciaio S 355 (Fe 510)

Tensioni nel singolo micropalo

$$\sigma = N/A_{arm} \pm M/W_{arm}$$

$$\tau = 2 \cdot T/A_{arm}$$

$\sigma_{max} = 93,51$  (N/mm<sup>2</sup>)  $\sigma_{min} = 66,33$  (N/mm<sup>2</sup>)

$\tau = 2,28$  (N/mm<sup>2</sup>)

$$\sigma_{td} = (\sigma^2 + 3 \tau^2)^{0,5}$$

$\sigma_{td} = 93,59$  (N/mm<sup>2</sup>) verifica soddisfatta

**SLV**

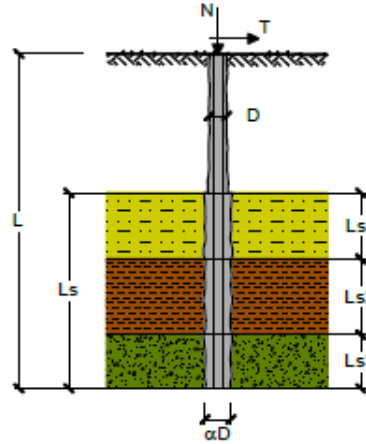
**CAPACITA' PORTANTE DI UN MICROPALO**

OPERA: 581\_Ver\_Micropali\_D300\_VI10\_SLV\_v1

**DATI DI INPUT:**

Sollecitazioni Agenti:

	Permanenti	Temporanee	Calcolo
N (kN)	675,00	0,00	675,00
T (kN)	153,00	0,00	153,00



coefficienti parziali			azioni		resistenza laterale	
Metodo di calcolo			permanenti	variabili	$T_a$	$T_{lateral}$
			$\gamma_G$	$\gamma_Q$		
SLV	A1+M1+R1	<input type="radio"/>	1,30	1,50	1,00	1,00
	A2+M1+R2	<input type="radio"/>	1,00	1,30	1,45	1,60
	A1+M1+R3	<input type="radio"/>	1,30	1,50	1,15	1,25
	SISMA	<input checked="" type="radio"/>	1,00	1,00	1,15	1,25
DM88		<input type="radio"/>	1,00	1,00	1,00	1,00
definiti dal progettista			1,35	1,35	1,15	1,25

n	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	DM88	prog.
$\xi_3$	1,70	1,65	1,60	1,55	1,50	1,45	1,40	1,00	1,00
$\xi_4$	1,70	1,55	1,48	1,42	1,34	1,28	1,21	1,00	1,00

**Caratteristiche del micropalo:**

Diametro di perforazione del micropalo (D): 0,3 (m)

Lunghezza del micropalo (L): 24,00 (m)

**Armatura:**

IPE   
 INP   
 HEA   
 HEB   
 HEM   
 Tubi   
 ALTRO

IPE 180    INP 160    HEA 300    HEB 160    HEM 200    **ø219,1 x 10,0**

**ø219,1 x 10,0**

Area dell'armatura (A<sub>arm</sub>): 6569 (mm<sup>2</sup>)

Momento di inerzia della sezione di armatura (J<sub>arm</sub>): 3,598E+07 (mm<sup>4</sup>)

Modulo di resistenza della sezione di armatura (W<sub>arm</sub>): 328 475 (mm<sup>3</sup>)

Tipo di acciaio: S 355 (Fe 510)

Tensione di snervamento dell'acciaio (f<sub>y</sub>): 355 (N/mm<sup>2</sup>)

Coefficiente Parziale Acciaio  $\gamma_w$ : 1,05

Tensione ammissibile dell'acciaio ( $\sigma_{am}$ ): 338 (N/mm<sup>2</sup>)

Modulo di elasticità dell'acciaio (E<sub>arm</sub>): 210 000 (N/mm<sup>2</sup>)

PROGETTAZIONE ATI:

Coefficiente di Reazione Laterale:

Coeff. di Winkler (k): 50,0 (MN/m<sup>3</sup>)

**CAPACITA' PORTANTE ESTERNA**

Capacità portante di fusto

$$Ql = \sum_i \pi \cdot Ds_i \cdot s_i \cdot \alpha s_i$$

Tipo di Terreno	Spessore $l_{s_i}$ (m)	$\alpha$ (-)	$Ds_i = \alpha \cdot D$ (m)	$s_i$ media (MPa)	$s_i$ minima (MPa)	$s_i$ calcolo (MPa)	$Qs_i$ (kN)
	22,00	1,00	0,30	0,070	0,070	0,036	742,41
	0,00	0,00	0,00	0,000	0,000	0,000	0,00
	0,00	0,00	0,00	0,000	0,000	0,000	0,00

$L_s = 22,00$  (m)  $Ql = 742,41$  (kN)

Capacità portante di punta

$$Qp = \%Punta \cdot Ql \quad (\text{consigliato } 10-15\%)$$

$\% Punta = 0\%$   $Qp = 0,00$  (kN)

**CARICO LIMITE DEL MICROPALO**

**COEFFICIENTE DI SICUREZZA**

$$Qlim = Qb + Ql$$

$$Fs = Qlim / N \quad (Fs > 1)$$

$Qlim = 742,41$  (kN)

$Fs = 1,10$

**CAPACITA' PORTANTE PER INSTABILITA' DELL'EQUILIBRIO ELASTICO**

Reaz. Laterale per unità di lunghezza e di spostam. ( $\beta$ ) ( $\beta = k \cdot D_{arm}$ ): 10,96 (N/mm<sup>3</sup>)

$$Pk = 2 \cdot (\beta \cdot E_{arm} \cdot J_{arm})^{0,5} \quad \eta = Pk / N \quad (\text{consigliato } \eta > 10)$$

$Pk = 18197,13$  (MN)  $\eta = 26,96$

**VERIFICA ALLE FORZE ORIZZONTALI**

Momento massimo per carichi orizzontali (M):  
 (ipotesi di palo con testa impedita di ruotare)

$$M = T / (2 \cdot b)$$

$$b = \sqrt[4]{\frac{k \cdot D}{4 \cdot E_{arm} \cdot J_{arm}}}$$

$b = 0,839$  (1/m)

Momento Massimo (M):

$M = 91,15$  (kN m)

**VERIFICHE STRUTTURALI DEL MICROPALO**

Acciaio S 355 (Fe 510)

Tensioni nel singolo micropalo

$$\sigma = N/A_{arm} \pm M/W_{arm}$$

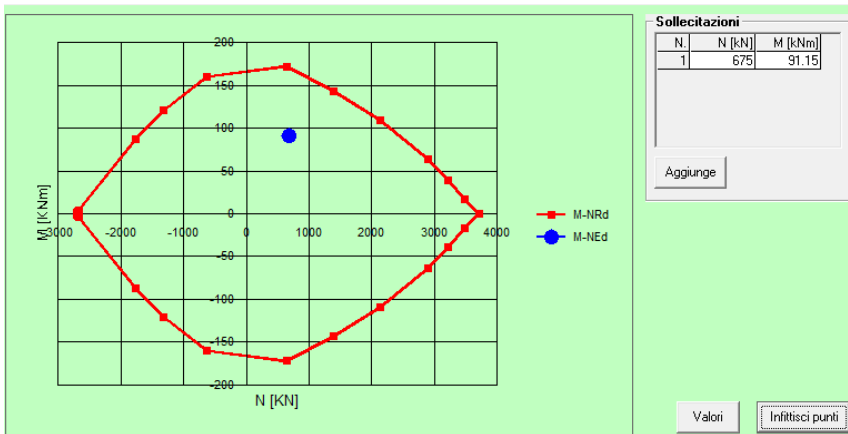
$$\tau = 2 \cdot T/A_{arm}$$

$\sigma_{max} = 380,24$  (N/mm<sup>2</sup>)  $\sigma_{min} = -174,73$  (N/mm<sup>2</sup>)

$\tau = 46,58$  (N/mm<sup>2</sup>)

$$\sigma_{M} = (\sigma^2 + 3 \tau^2)^{0,5}$$

$\sigma_{M} = 388,70$  (N/mm<sup>2</sup>) verifica non soddisfatta



Dominio di resistenza del micropalo Ø300

La verifica di portanza è, pertanto, soddisfatta.

PROGETTAZIONE ATI:

### **3.2. PALO FONDAZIONE PILA**

Per le pile Il valore massimo dello sforzo normale di compressione risulta:

$N_{min} = 417kN$       COMB. SLU                       $N_{min} = 726kN$       COMB. SLV

Facendo riferimento ai parametri dei terreni illustrati al cap.4 di questa relazione, si ottiene:

**SLU**

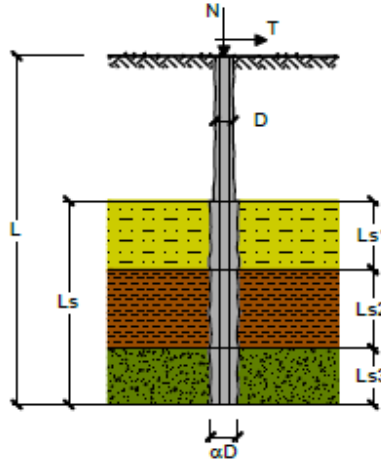
**CAPACITA' PORTANTE DI UN MICROPALO**

**OPERA:** 581\_Ver\_Micropali\_D300\_VI10\_SLU\_v1

**DATI DI INPUT:**

**Sollecitazioni Agenti:**

	Permanenti	Temporanee	Calcolo
<b>N (kN)</b>	308,89	0,00	417,00
<b>T (kN)</b>	4,44	0,00	6,00



coefficienti parziali			azioni		resistenza laterale		
Metodo di calcolo			permanenti	variabili	$\gamma_s$	$\gamma_{smax}$	
			$\gamma_G$	$\gamma_Q$			
SLU	A1+M1+R1	<input type="radio"/>	1,30	1,50	1,00	1,00	
	A2+M1+R2	<input type="radio"/>	1,00	1,30	1,45	1,60	
	A1+M1+R3	<input type="radio"/>	1,30	1,50	1,15	1,25	
	SISMA	<input type="radio"/>	1,00	1,00	1,15	1,25	
DM88		<input type="radio"/>	1,00	1,00	1,00	1,00	
definiti dal progettista			<input checked="" type="radio"/>	1,35	1,35	1,15	1,25

n	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	DM88	prog.
$\zeta_3$	1,70	1,65	1,60	1,55	1,50	1,45	1,40	1,00	1,00
$\zeta_4$	1,70	1,55	1,48	1,42	1,34	1,28	1,21	1,00	1,00

**Caratteristiche del micropalo:**

Diametro di perforazione del micropalo (D): 0,3 (m)

Lunghezza del micropalo (L): 24,00 (m)

**Armatura:**

IPE     INP     HEA     HEB     HEM     Tubi     ALTRO  
                   

**ø219,1 x 10,0**

Area dell'armatura (A<sub>arm</sub>): 6569 (mm<sup>2</sup>)

Momento di inerzia della sezione di armatura (J<sub>arm</sub>): 3,598E+07 (mm<sup>4</sup>)

Modulo di resistenza della sezione di armatura (W<sub>arm</sub>): 328 475 (mm<sup>3</sup>)

Tipo di acciaio: S 355 (Fe 510)

Tensione di snervamento dell'acciaio (f<sub>y</sub>): 355 (N/mm<sup>2</sup>)

Coefficiente Parziale Acciaio  $\gamma_M$ : 1,05

Tensione ammissibile dell'acciaio ( $\sigma_{lim}$ ): 338 (N/mm<sup>2</sup>)

Modulo di elasticità dell'acciaio (E<sub>arm</sub>): 210 000 (N/mm<sup>2</sup>)

Coefficiente di Reazione Laterale:

Coeff. di Winkler (k): 50,0 (MN/m<sup>3</sup>)

**CAPACITA' PORTANTE ESTERNA**

Capacità portante di fusto

$$Ql = \sum_i \pi \cdot Ds_i \cdot s_i \cdot Is_i$$

Tipo di Terreno	Spessore $Is_i$ (m)	$\alpha$ (-)	$Ds_i = \alpha \cdot D$ (m)	$s_i$ media (MPa)	$s_i$ minima (MPa)	$s_i$ calcolo (MPa)	$Qsi$ (kN)
	22,00	1,00	0,30	0,070	0,070	0,036	742,41
	0,00	0,00	0,00	0,000	0,000	0,000	0,00
	0,00	0,00	0,00	0,000	0,000	0,000	0,00

$Ls = 22,00$  (m)  $Ql = 742,41$  (kN)

Capacità portante di punta

$$Qp = \%Punta \cdot Ql \quad (\text{consigliato } 10-15\%)$$

$\% Punta = 0\%$   $Qp = 0,00$  (kN)

CARICO LIMITE DEL MICROPALO

COEFFICIENTE DI SICUREZZA

$$Qlim = Qb + Ql$$

$$Fs = Qlim / N \quad (Fs > 1)$$

$Qlim = 742,41$  (kN)

$Fs = 1,78$

CAPACITA' PORTANTE PER INSTABILITA' DELL'EQUILIBRIO ELASTICO

Reaz. Laterale per unità di lunghezza e di spostam. ( $\beta$ ) ( $\beta = k \cdot D_{arm}$ ): 10,96 (N/mm<sup>2</sup>)

$$Pk = 2 \cdot (\beta \cdot E_{arm} \cdot J_{arm})^{0,5}$$

$$\eta = Pk / N \quad (\text{consigliato } \eta > 10)$$

$Pk = 18197,13$  (MN)

$\eta = 43,64$

VERIFICA ALLE FORZE ORIZZONTALI

Momento massimo per carichi orizzontali (M):  
 (ipotesi di palo con testa impedita di ruotare)

$$M = T / (2 \cdot b)$$

$$b = \sqrt[4]{\frac{k \cdot D}{4 \cdot E_{arm} \cdot J_{arm}}}$$

$b = 0,839$  (1/m)

Momento Massimo (M):

$M = 3,57$  (kN m)

VERIFICHE STRUTTURALI DEL MICROPALO

Acciaio S 355 (Fe 510)

Tensioni nel singolo micropalo

$$\sigma = N/A_{arm} \pm M/W_{arm}$$

$$\tau = 2 \cdot T/A_{arm}$$

$\sigma_{max} = 74,36$  (N/mm<sup>2</sup>)

$\sigma_{min} = 52,60$  (N/mm<sup>2</sup>)

$\tau = 1,83$  (N/mm<sup>2</sup>)

$$\sigma_{td} = (\sigma^2 + 3 \tau^2)^{0,5}$$

$\sigma_{td} = 74,43$  (N/mm<sup>2</sup>)

verifica soddisfatta



**SLV**

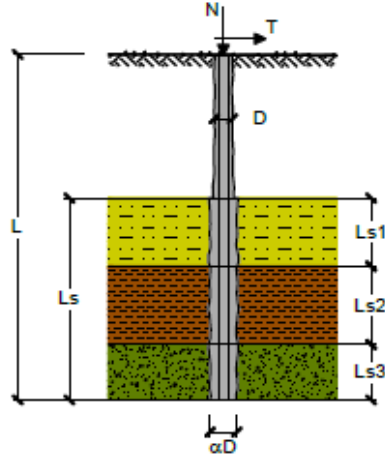
**CAPACITA' PORTANTE DI UN MICROPALO**

OPERA: 581\_Ver\_Micropali\_D300\_VI10\_SLV\_v1

**DATI DI INPUT:**

Sollecitazioni Agenti:

	Permanenti	Temporanee	Calcolo
N (kN)	726,00	0,00	726,00
T (kN)	40,00	0,00	40,00



coefficienti parziali			azioni		resistenza laterale	
Metodo di calcolo			permanenti	variabili	$\gamma_a$	$\gamma_{a,rez}$
SLU	A1+M1+R1	<input type="radio"/>	1,30	1,50	1,00	1,00
	A2+M1+R2	<input type="radio"/>	1,00	1,30	1,45	1,60
	A1+M1+R3	<input type="radio"/>	1,30	1,50	1,15	1,25
	SISMA	<input checked="" type="radio"/>	1,00	1,00	1,15	1,25
DM88		<input type="radio"/>	1,00	1,00	1,00	1,00
definiti dal progettista					<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
		<input type="radio"/>	1,35	1,35	1,15	1,25

n	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	DM88	prog.
$\xi_3$	1,70	1,65	1,60	1,55	1,50	1,45	1,40	1,00	1,00
$\xi_4$	1,70	1,55	1,48	1,42	1,34	1,28	1,21	1,00	1,00

**Caratteristiche del micropalo:**

Diametro di perforazione del micropalo (D): 0,3 (m)

Lunghezza del micropalo (L): 24,00 (m)

**Armatura:**

IPE   
 INP   
 HEA   
 HEB   
 HEM   
 Tubi   
 ALTRO

IPE 180    INP 160    HEA 300    HEB 160    HEM 200    **ø219,1 x 10,0**

**ø219,1 x 10,0**

Area dell'armatura (A<sub>arm</sub>): 6569 (mm<sup>2</sup>)

Momento di inerzia della sezione di armatura (J<sub>arm</sub>): 3,598E+07 (mm<sup>4</sup>)

Modulo di resistenza della sezione di armatura (W<sub>arm</sub>): 328 475 (mm<sup>3</sup>)

Tipo di acciaio: S 355 (Fe 510)

Tensione di snervamento dell'acciaio (f<sub>y</sub>): 355 (N/mm<sup>2</sup>)

Coefficiente Parziale Acciaio  $\gamma_M$ : 1,05

Tensione ammissibile dell'acciaio ( $\sigma_{adm}$ ): 338 (N/mm<sup>2</sup>)

Modulo di elasticità dell'acciaio (E<sub>arm</sub>): 210 000 (N/mm<sup>2</sup>)

PROGETTAZIONE ATI:

**Coefficiente di Reazione Laterale:**

Coeff. di Winkler (k): 50,0 (MN/m<sup>3</sup>)

**CAPACITA' PORTANTE ESTERNA**

**Capacità portante di fusto**

$$Ql = \sum_i \pi \cdot Ds_i \cdot s_i \cdot ls_i$$

Tipo di Terreno	Spessore $ls_i$ (m)	$\alpha$ (-)	$Ds_i = \alpha \cdot D$ (m)	$s_i$ media (MPa)	$s_i$ minima (MPa)	$s_i$ calcolo (MPa)	$Qsi$ (kN)
	22,00	1,00	0,30	0,070	0,070	0,036	742,41
	0,00	0,00	0,00	0,000	0,000	0,000	0,00
	0,00	0,00	0,00	0,000	0,000	0,000	0,00

$Ls = 22,00$  (m)  $Ql = 742,41$  (kN)

**Capacità portante di punta**

$Qp = \%Punta \cdot Ql$  (consigliato 10-15%)

$\% Punta = 0\%$   $Qp = 0,00$  (kN)

**CARICO LIMITE DEL MICROPALO**

**COEFFICIENTE DI SICUREZZA**

$Qlim = Qb + Ql$   $Fs = Qlim / N$  (Fs > 1)

$Qlim = 742,41$  (kN)  $Fs = 1,02$

**CAPACITA' PORTANTE PER INSTABILITA' DELL'EQUILIBRIO ELASTICO**

Reaz. Laterale per unità di lunghezza e di spostam.( $\beta$ ) ( $\beta = k \cdot D_{arm}$ ): 10,96 (N/mm<sup>3</sup>)

$Pk = 2 \cdot (\beta \cdot Earm \cdot Jarm)^{0,5}$   $\eta = Pk / N$  (consigliato  $\eta > 10$ )

$Pk = 18197,13$  (MN)  $\eta = 25,06$

**VERIFICA ALLE FORZE ORIZZONTALI**

Momento massimo per carichi orizzontali (M):  
 (ipotesi di palo con testa impedita di ruotare)

$$M = T / (2 \cdot b)$$

$$b = \sqrt{\frac{k \cdot D}{4 \cdot Earm \cdot Jarm}}$$

$b = 0,839$  (1/m)

Momento Massimo (M):

$M = 23,83$  (kN m)

**VERIFICHE STRUTTURALI DEL MICROPALO**

Acciaio S 355 (Fe 510)

Tensioni nel singolo micropalo

$\sigma = N / Aarm \pm M / Warm$

$r = 2 \cdot T / Aarm$

$\sigma_{max} = 183,06$  (N/mm<sup>2</sup>)  $\sigma_{mh} = 37,97$  (N/mm<sup>2</sup>)

$r = 12,18$  (N/mm<sup>2</sup>)

$\sigma_M = (\sigma^2 + 3 \cdot r^2)^{0,5}$

$\sigma_M = 184,27$  (N/mm<sup>2</sup>) verifica soddisfatta

La verifica di portanza è, pertanto, soddisfatta.

#### **4. ACCETTABILITA' DEI RISULTATI (CAP.10.2 NTC2018)**

##### **Verifica dei risultati**

Nel corso della progettazione sono state effettuate continue validazioni dei valori delle sollecitazioni, nei diversi elementi strutturali, emersi dal calcolo e delle verifiche condotte dal post processore del programma MIDAS CIVIL 2020 ver.3.2: tali calcolazioni di controllo sono state condotte con metodi consolidati della scienza delle costruzioni o con l'ausilio di altri software o fogli di calcolo.

##### **Giudizio motivato di accettabilità**

Dalle verifiche effettuate e sopra descritte appare evidente l'accettabilità dei risultati ottenuti, in quanto i valori qui determinati risultano sovrapponibili a quelli emersi dal calcolo effettuato con l'ausilio del software.