



Settore Lavori Pubblici

INTERVENTO DI RIQUALIFICAZIONE DELLA S.P.59 "GARDIZZA"
NEI COMUNI DI CONSELICE E LUGO

CUP : J94E17000370001

PROGETTO DEFINITIVO-ESECUTIVO

IMPORTO € 3.000.000,00

Table with 2 columns: Presidente (Michele De Pascale) and Consigliere Delegato (Nicola Pasi). Includes Dirigente responsabile del Settore: Ing. Paolo Nobile.

RESPONSABILE UNICO DEL PROCEDIMENTO: Ing. Paolo Nobile
PROGETTISTA : Ing. Giuseppe Colarossi
PROGETTISTA STRUTTURE: Ing. Ivan Missiroli
Firme: (documenti firmati digitalmente)

Table with 6 columns: Rev., Descrizione, IM, GC, PN, Data. Row 0: EMISSIONE, mar.2019.

TITOLO ELABORATO:

PONTE SU CANALE FOSSATONE
RELAZIONE SULLE FONDAZIONI

Table with 5 columns: Elaborato num: 6.2, Revisione: 000, Scala: VARIE, Nome file:

Si premettono le principali risultanze della indagine geologico-tecnica.

Area in esame

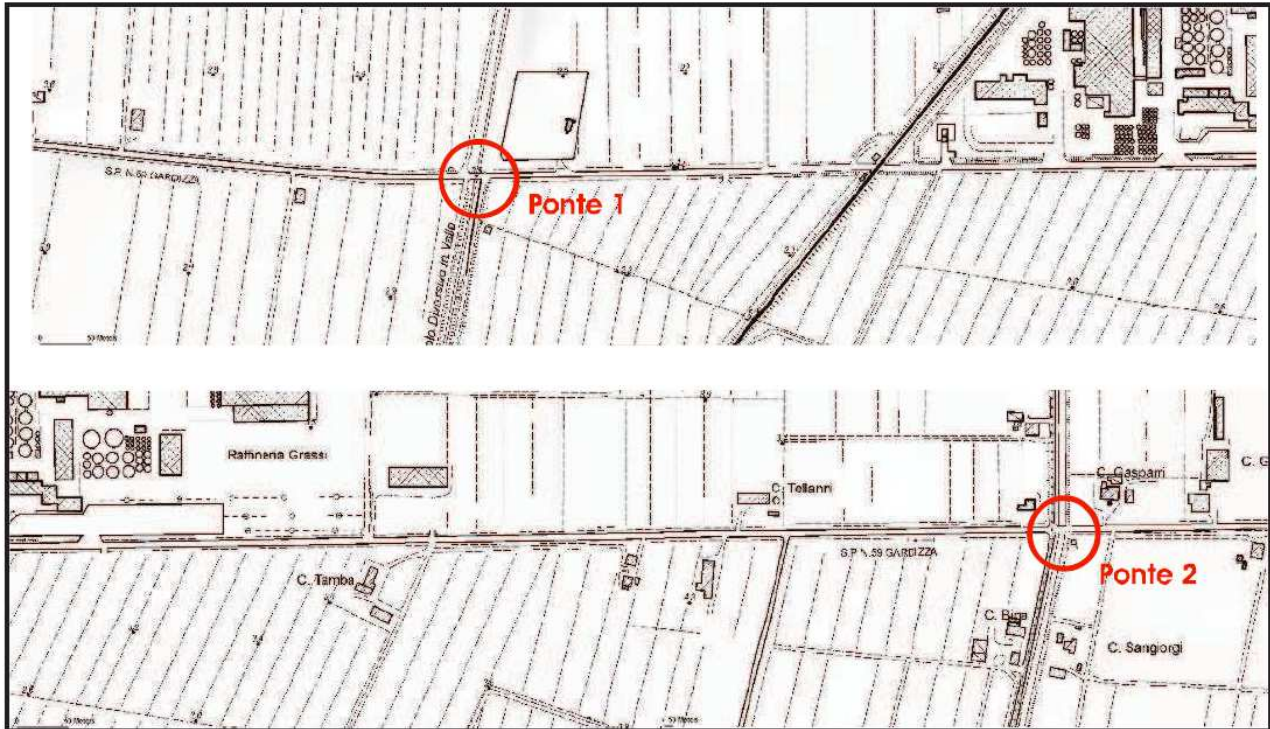


Fig. 1. – Stralcio di CTR regione E/R relativo all'area in esame

Legenda :

PONTE 1 COME INDICATO IN REL GEOL = DIVERSIVO

PONTE 2 COME INDICATO IN REL GEOL = FOSSATONE

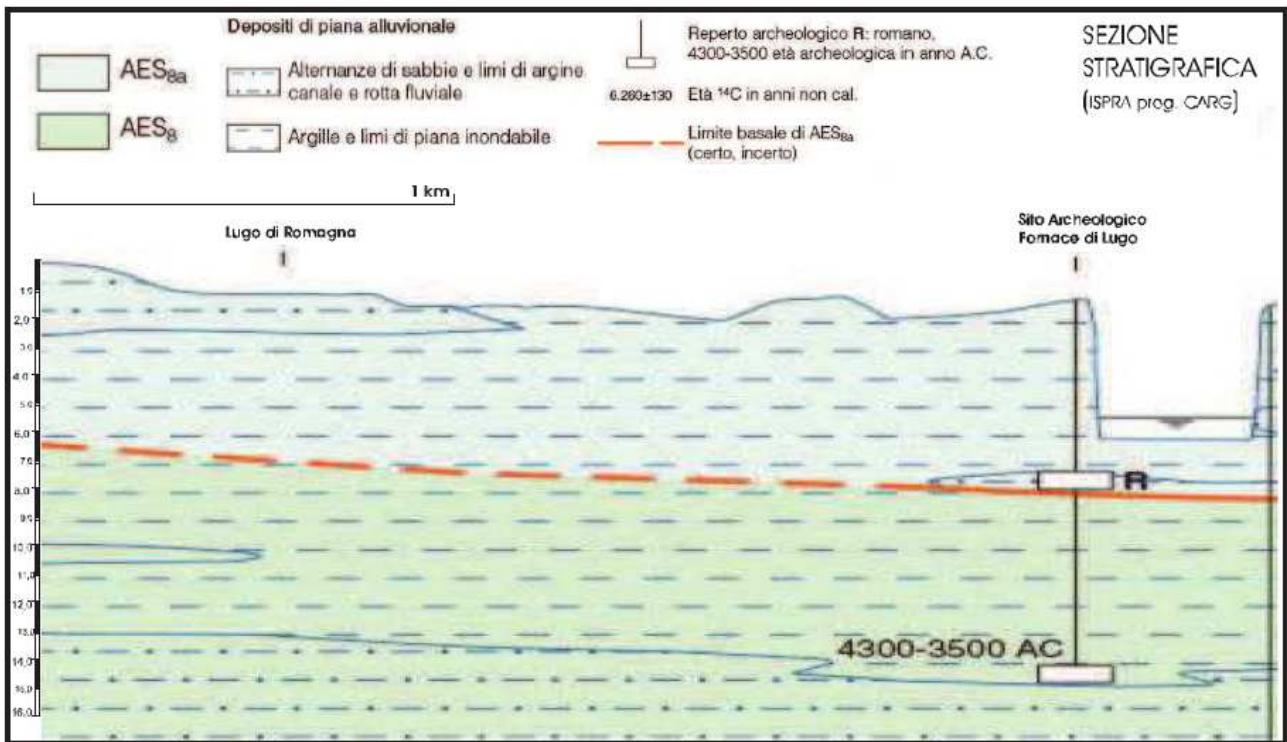


Fig. 4. – stratigrafia subsistema AS8-AS8a nei primi 20 metri dell'area in oggetto

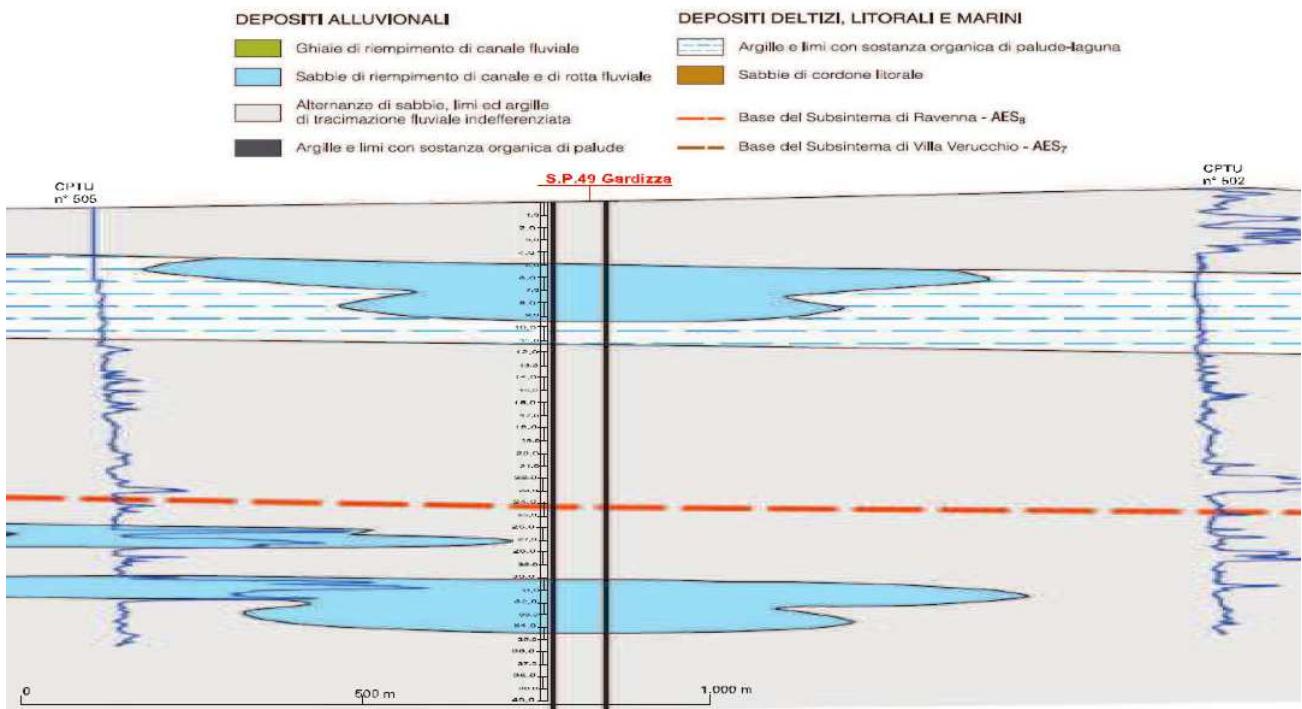
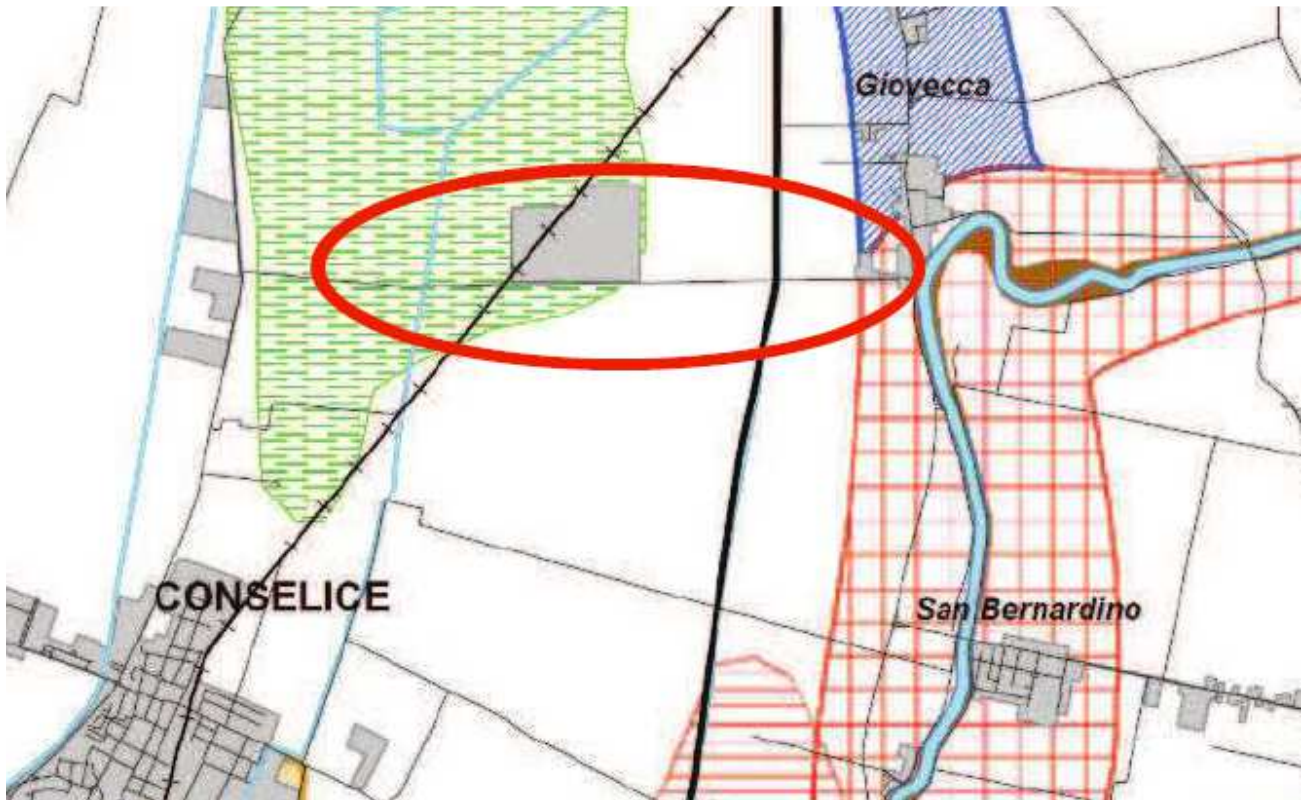


Fig. 5. – stratigrafia profonda sez. n. 080



Segue la stratigrafia rilevata con la indicazione, per ognuno dei 2 ponti, della stratigrafia di riferimento

**ZONA PONTE 1:**

Spessore ml.	LITOLOGIA	Peso Yt daN/mc	Resistenza alla rottura Rpm daN/cm <sup>q</sup>	Coesione caratteristica ck daN/cm <sup>q</sup>	Angolo attrito caratteristico gradi	Modulo di Winkler daN/cm <sup>c</sup>
1,50-2,00	Terreno rimaneggiato	-	-	-	-	
13,0-14,0	Argilla limosa poco sabbiosa	1.660-1.680	4-6	0,20-0,30	10°-12°	1-2
4,00-5,00	Argilla limoso- sabbiosa	1.750-1.770	12-15	0,60-0,70	12°-16°	3-4
fino a m. 36	Sabbia-limosa	1.840-1.860	15-40	0,15-0,25	28°-32°	6-7
	Intercalata Argilla limosa	1.800-1.820	15-20	0,70-0,85	14°-18°	5-6

legenda

PONTE 1 COME INDICATO IN REL GEOL = DIVERSIVO

PONTE 2 COME INDICATO IN REL GEOL = FOSSATONE

## ZONA PONTE 2:

Spessore ml.	LITOLOGIA	Peso Yt daN/mc	Resistenza alla rottura Rpm daN/cm <sup>2</sup>	Coesione caratteristica ck daN/cm <sup>2</sup>	Angolo attrito caratteristico gradi	Modulo di Winkler daN/cm <sup>2</sup>
1,00-1,50	Terreno rimaneggiato	-	-	-	-	
1,50-2,00	Argilla limosa poco consistente	1.660-1.680	5-6	0,25-0,30	10°-12°	1-2
3,00-3,50	Limi sabbioso- argillosi	1740-1.780	10-15	0,35-0,40	22°-24°	3-4
7,00-8,00	Argilla limoso- sabbiosa	1.68-1.700	5-7	0,25-0,35	11°-14°	2-3
fino a m. 37	Sabbia-limosa	1.840-1.860	15-40	0,15-0,25	28°-32°	6-7
	Intercalata Argilla limosa	1.800-1.820	15-20	0,70-0,85	14°-18°	5-6

legenda

PONTE 1 COME INDICATO IN REL GEOL = DIVERSIVO

PONTE 2 COME INDICATO IN REL GEOL = FOSSATONE

LIQUEFAZIONE :

La natura litologica e granulometrica argilloso-limoso-sabbiosa dei litotipi interessati dal bulbo di carico, l'omogeneità e il grado di addensamento dei terreni alluvionali posti nei primi 20 metri profondità che presentano al loro interno la falda freatica, **esclude la possibilità di liquefazione** in caso di evento sismico come dimostrato nella verifica allegata.

TIPO DI SOTTOSUOLO

**D.** *Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m. caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Velocità Equivalente compresi tra 100 m/s e 180 m/s.*

CONCLUSIONI:

IN BASE ALLE CARATTERISTICHE DEL SOTTOSUOLO ED ALLA STRATIGRAFIA RILEVATA, VISTO IL TIPO DI OPERA IN PROGETTO (PONTE) , TENUTO CONTO DEL TIPO DI CARICO ( ELEVATA PERCENTUALE DI VEICOLI PESANTI IN TRANSITO) , SI SONO ADOTTATE FONDAZIONI PROFONDE SU PALI

LA VERIFICA DEI PALI E' STATA SVOLTA IN ACCORDO ALLE DIRETTIVE DELLE NTC 2018

ADOTTANDO VALORI MINIMI PRUDENZIALI TRA QUELLI INDICATI DAL GEOLOGO PER LE CARATTERISTICHE

DEL TERRENO ( GAMMA, C, FI)

LE CALCOLAZIONI SONO RIPORTATE IN RDC.

### Nel caso in esame del PONTE SUL CANALE FOSSATONE :

Si riporta nuovamente uno stralcio tratto dalla relazione geologica del Dott. Geologo Andreatta Giancarlo da cui si evincono la stratigrafia del terreno nonché i parametri meccanici.

#### **ZONA PONTE 2:**

Spessore ml.	LITOLOGIA	Peso Yt daN/mc	Resistenza alla rottura Rpm daN/cm <sup>2</sup>	Coesione caratteristica ck daN/cm <sup>2</sup>	Angolo attrito caratteristico gradi	Modulo di Winkler daN/cm <sup>2</sup>
1,00-1,50	Terreno rimaneggiato	-	-	-	-	
1,50-2,00	Argilla limosa poco consistente	1.660-1.680	5-6	0,25-0,30	10°-12°	1-2
3,00-3,50	Limi sabbioso- argillosi	1740-1.780	10-15	0,35-0,40	22°-24°	3-4
7,00-8,00	Argilla limoso- sabbiosa	1.68-1.700	5-7	0,25-0,35	11°-14°	2-3
fino a m. 37	Sabbia-limosa	1.840-1.860	15-40	0,15-0,25	28°-32°	6-7
	Intercalata Argilla limosa	1.800-1.820	15-20	0,70-0,85	14°-18°	5-6

Vista l'opera in esame (ponte e carichi permanenti e mobili) e vista la stratigrafia dei terreni :

Si è deciso di progettare fondazioni profonde su pali.

Sulla base dei parametri geotecnici sopra descritti, adottando cautelativamente i parametri più cautelativi del range di parametri che caratterizzano gli strati si è ricavato il carico limite verticale e orizzontale per i pali.



# CALCOLO DEL CARICO LIMITE VERTICALE

INPUT CELLE colore

CALCOLO PORTATA PALO TRIVELLATO METODO ANGELI  
CON BASE IN TERRENO INCOERENTE

TITOLO DEL LAVORO

calcolo della portata di pali con base in terreno incoerente metodo STORICO  
 $P_u = P_b + P_l - W$

Pu = portata utile profondita' riferite alla superficie del terreno = 0,00  
 Pb = portata di base profondita' testa palo .....= 2.00 metri nb DARE  
 Pl = portata laterale profondita' base palo .....= 25.00 metri VALORI  
 W = peso proprio del palo immerso profondita' della falda.....= 2.00 metri POSITIVI  
 RL = RESISTENZA LATERALE UNITARIA ; RL= F NELLE SABBIE ; RL=CA NELLE ARGILLE  
 CA = alfa \* Cu ( resistenza laterale unitaria per adesione palo terreno ) nelle argille  
 F = ko \* Pv \* tang(Fi) resistenza laterale unitaria per attrito palo terreno nelle sabbie  
 Pv = pressione litostatica efficace Ko(nc)= 1- sin (Fi)  
 d = diametro del palo in metri OCR = grado di sovraconsolidaz Ko(oc)= ko(nc) - OCR^0,5

portata laterale fare coincidere uno strato con la quota della falda eventuale

strato	h spessore	Cu	Alfa	Fi ang. attr	Ko	RL	h * RL	Gamma *	Gamma * h	P'vo_a meta'_strato	
da mt	a mt	kg/cm2	-	deg	'	t/mq	t/m	ton/mc	ton/mq	ton/mq	
0.00	2.00	2.00	0.00	0.00	0.0	---	0.00	0.00	1.850	3.70	1.85
2.00	3.00	1.00	0.25	1.00	0.0	---	2.50	2.50	0.750	0.75	4.08
3.00	5.50	2.50	0.40	0.86	0.0	---	3.44	8.60	0.850	2.13	5.51
5.50	16.00	10.50	0.25	1.00	0.0	---	2.50	26.25	0.900	9.45	11.30
16.00	25.00	9.00	0.75	0.56	0.0	---	4.20	37.80	0.900	8.10	20.08

somma ( Hi \* Rli)= 75.15 P\_vo\_base 24.13 ton/mq

PL = pigreco \* d \* somma(Hi \* Rli) / F F\_later = coefficiente di sicurezza = 2.5 sulla portata laterale  
 diametro del palo ipotesi .....= mt 0.60 0.80 1.00  
 RESISTENZA LATERALE LIMITE = TON 141.7 188.9 236.1 P\_L\_LIM  
 da cui, introducendo il coeff. di sicurezza scelto= 2.5 otteniamo PORTATA LATERALE = ton 56.7 75.5 94.4 ammissibile

F\_base=c\_sic\_portata\_base= 3.0 portata di base su terreno incoerente  $P_b = A * (9 Cu + Nq * P'vo) / F_base$

Nq\_alla base del palo = ..... 1 coesione alla base del palo =Cu = ton/mq 5.50 > 9\*Cu= 49.5  
 > Nq \* P'vo = 24.125 diametro del palo ipotesi .....= mt 0.60 0.80 1.00  
 Area palo = mq ..... 0.28 0.50 0.79  
 talvolta si realizza un allargamento della base palo--- rapporto area di base / area del fusto= 1.00 1.00 1.00  
 area di base del palo = ..... mq 0.28 0.50 0.79  
 P'vo ton/mq pressione litostatica efficace alla base = 24.13 24.13 24.13  
 > Nq \* P'vo = ton/mq 24.125 24.125 24.125  
 > 9 \* Cu = ton/mq 49.50 49.50 49.50  
 PORTATA DI BASE LIMITE = TON 20.8 37.0 57.8 P\_B\_LIM  
 da cui, introducendo il coeff. di sicurezza scelto= 3.0 otteniamo PORTATA DI BASE = ton 6.9 12.3 19.3 ammissibile

in conclusione, sommando portata laterale e di base, per i vari tipi di diametro d=mt 0.60 0.80 1.00  
 ton Pb+PL = 63.6 87.9 113.7 ammissibile'LORDA'...  
 pero' debbo detrarre il W = peso palo - peso terreno asportato ..... 3.6 6.5 10.1 A CUI DETRARRE pp\_palo  
 infine ton PORTATA UTILE = PL + Pb - w\*= 60.0 81.4 103.6 ammissibile  
 PALO DI DIAMETRO metri 0.60 0.80 1.00

memo 'calcolo fatto secondo metodo convenzionale antecedente l'introduzione delle NTC'  
 con coefficiente di sicurezza sulla portata laterale = 2.5  
 con coefficiente di sicurezza sulla portata di base = 3.0

quelle appena calcolate erano le 'portate (P) del palo' calcolate con il metodo tradizionale, sia PORTATE\_LIMITE che PORTATE\_AMMISSIBILI

### passiamo ora al calcolo delle resistenze (Rd\_palo) secondo ntc 2018

come noto

le portate limite ( laterale e di base ) vanno calcolate con i metodi tradizionali

PER CIASCUNA DELLE VERTICALI INDAGATE ( IN CUI HO UNA PROVA...

SE I RISULTATI DELLE VARIE VERTICALI INDAGATE SONO SIMILI si puo' fare il calcolo sulla base di un profilo medio ed assumere i valori calcolati come media

titolo : PALO TRIVELLATO DIAMETRO mt ..... 0.80 con base su terreno incoerente

NEL NOSTRO CASO

la tabella fornita dalle ntc 2008 e' la seguente , a seconda del numero di verticali indagate

Tab 6.4.IV

NR.verticali indagate

2

nr.verticali indagate	1	2	3	4	5	7	10	per cui i coeff da usare sono :
coeffic $\zeta_3$	1.70	1.65	1.60	1.56	1.50	1.45	1.40	$\zeta_3$ 1.65
coeffic $\zeta_4$	1.70	1.55	1.48	1.42	1.34	1.28	1.21	$\zeta_4$ 1.55

nota: con una sola verticale indagata, le portate limite coincidono ...

dal calcolo precedente (tradizionale) fatto ricordiamo le portate limite ottenute :

(vedi sopra... per il diametro di palo scelto...)

P\_lim\_media = ..... PL + PB = 188.9 + 37.0 = 225.87494 ton applicando il coeffic  $\zeta_3$  = P\_lim\_media\_ridotta st. 136.9  
 P\_lim\_minima = ..... PL + PB = 188.9 + 37.0 = 225.87494 ton applicando il coeffic  $\zeta_4$  = P\_lim\_minima\_ridotta st. 145.7

per cui il coefficiente riduttivo da utilizzare e'

1.65

INFINE > Resistenza\_caratt= R\_ck\_palo = 114.5 + 22.4 = 136.9 TON

'caratteristica'

<<<

R\_ck\_PALO

VEDIAMO LA RESISTENZA DI PROGETTO del palo Rd\_palo= Rd per brevit'

ricordiamo la tabella 6.4.II delle ntc 08

resistenza simbolo	PALI INFISSI -----			PALI TRIVELLATI -----			PALI ad ELICA CONTINUA -----		
	R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3
laterale $\gamma_S$	1.00	1.45	1.15	1.00	1.45	1.15	1.00	1.45	1.15
base $\gamma_B$	1.00	1.45	1.15	1.00	1.70	1.35	1.00	1.60	1.30

TIPO 1 =PALO INFISSO

DI 2 =PALO TRIVELLATO

PALO 3 =PALO ELICA CONTINUA

SCELTA DEL TIPO DI PALO ( 1,2,3... =

2

E' STAO ADOTTATO UN PALO .....

TRIVELLATO

VEDIAMO LA Rd CON I DUE 'APPROCCI' SECONDO ntc 18

APPROCCIO 2

vedi TAB

valori da usare per R3	PALO
$\gamma_S$ 1.15	TRIVELLATO
$\gamma_B$ 1.35	

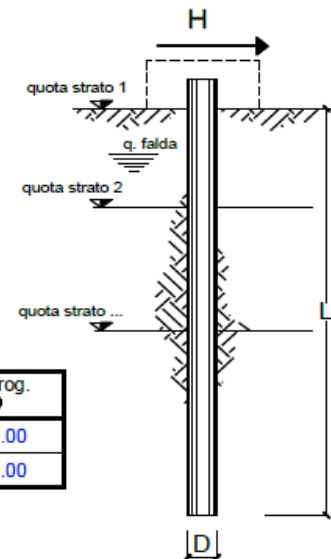
Rd= ton 99.5 + 16.6 = 116.1 ton Rd\_palo in approccio 2

tale valore va confrontato con quello 'SOLLECITANTE' ottenuto dal calcolo in cui, per un edificio i carichi perm strutturali vanno moltiplicati x 1,30 e i carichi perm.non strutt e i carichi variabili vanno moltiplicati per 1,50

Q lim, pali APPROCCIO 2 = 116,1 ton

# CALCOLO DEL CARICO LIMITE ORIZZONTALE

coefficienti parziali			A		M		R
Metodo di calcolo			permanenti	variabili	$\gamma_{\varphi'}$	$\gamma_{cu}$	$\gamma_T$
			$\gamma_G$	$\gamma_Q$			
SLU	A1+M1+R1	○	1.30	1.50	1.00	1.00	1.00
	A2+M1+R2	○	1.00	1.30	1.00	1.00	1.60
	A1+M1+R3	○	1.30	1.50	1.00	1.00	1.30
	SISMA	●	1.00	1.00	1.00	1.00	1.30
DM88			1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
definiti dal progettista			1.30	1.50	1.25	1.40	1.00



n	1	2	3	4	5	7	$\geq 10$	T.A.	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

strati terreno	descrizione	quote (m)	$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	$\gamma'$ (kN/m <sup>3</sup> )	$\varphi$ (°)	Parametri medi		Parametri minimi		
						$k_p$	$c_u$ (kPa)	$\varphi$ (°)	$k_p$	$c_u$ (kPa)
p.c.=strato 1		2.00	18.5	8.5		1.00	0		1.00	0
<input checked="" type="checkbox"/> strato 2		14.50	18.5	8.5		1.00	25		1.00	25
<input checked="" type="checkbox"/> strato 3		16.00	18.5	8.5		1.00	50		1.00	50
<input checked="" type="checkbox"/> strato 4		17.00	18.5	8.5		1.00	100		1.00	100
<input checked="" type="checkbox"/> strato 5		23.00	18.5	8.5		1.00	75		1.00	75
<input type="checkbox"/> strato 6						1.00			1.00	

Quota falda 2 (m)  
 Diametro del palo  $D$  0.80 (m)  
 Lunghezza del palo  $L$  23.00 (m)  
 Momento di plasticizzazione palo  $M_y$  501.07 (kNm)  
 Step di calcolo 0.01 (m)

- palo impedito di ruotare
- palo libero

	<u>H medio</u>		<u>H minimo</u>	
Palo lungo	423.9 (kN)		423.9 (kN)	
Palo intermedio	1540.8 (kN)		1540.8 (kN)	
Palo corto	3925.8 (kN)		3925.8 (kN)	
	$H_{med}$ 423.9 (kN)	Palo lungo	$H_{min}$ 423.9 (kN)	Palo lungo
	$H_k = \text{Min}(H_{med}/\xi_3 ; R_{min}/\xi_4)$		256.91 (kN)	
	$H_d = H_k/\gamma_T$		197.62 (kN)	

Si ricava dunque un **carico limite orizzontale** pari a: 19,7 ton =  $H_{RD}$