

Progetto esecutivo di installazione di impianto tecnologico di radiotelecomunicazioni per telefonia cellulare

Sistema
5G700/UMTS900/LTE1800/UMTS2100/LTE2600

“RELAZIONE GEOTECNICA”

IL PROGETTISTA



IL D.L. (per presa visione)

.....

Codice Sito	SV17053_002
Nome Sito	LAIGUEGLIA OVEST
Indirizzo	VIA NOVARA 20
Comune	LAIGUEGLIA
Provincia	SAVONA
Data documento	11/09/2020
Versione doc.	1.1

Il richiedente



Iliad Italia S.p.A.

Il Progettista

T&C

Tecnologia e Costruzioni srl

Ing. Pierluigi Losa

Viale Dante 49/4 16039 Sestri Levante (GE)

Tel fax 0185 43290

e-mail: info@tecnologiaecostruzioni.it

PEC: tecnologiaecostruzioni@pec.it

SOMMARIO

1. INTRODUZIONE	3
1.1 GENERALITÀ	3
1.2 IDENTIFICAZIONE SITO DI INSTALLAZIONE	4
1.3 CARICHI	4
2. NORMATIVA E DOCUMENTI DI RIFERIMENTO	4
3. DATI GEOLOGICI	5
4. CARICHI DI PROGETTO	7
5. AZIONE SUI MICROPALI	8
6. CAPACITÀ PORTANTE MICROPALI	10
7. CONCLUSIONI	12

Il richiedente



Il Progettista

T&C

Tecnologia e Costruzioni srl

Ing. Pierluigi Losa

Viale Dante 49/4 16039 Sestri Levante (GE)

Tel fax 0185 43290

e-mail: info@tecnologiaecostruzioni.it

PEC: tecnologiaecostruzioni@pec.it

1. INTRODUZIONE

1.1 GENERALITÀ

Oggetto della presente relazione geotecnica è la definizione, alla luce di specifiche indagini geologiche, del comportamento meccanico del volume di terreno influenzato, direttamente o indirettamente, dalla messa in opera della nuova stazione ILIAD.

In particolare le opere strutturali riguardano la costruzione delle opere di fondazione di un palo metallico per supporto di antenne per telecomunicazioni.

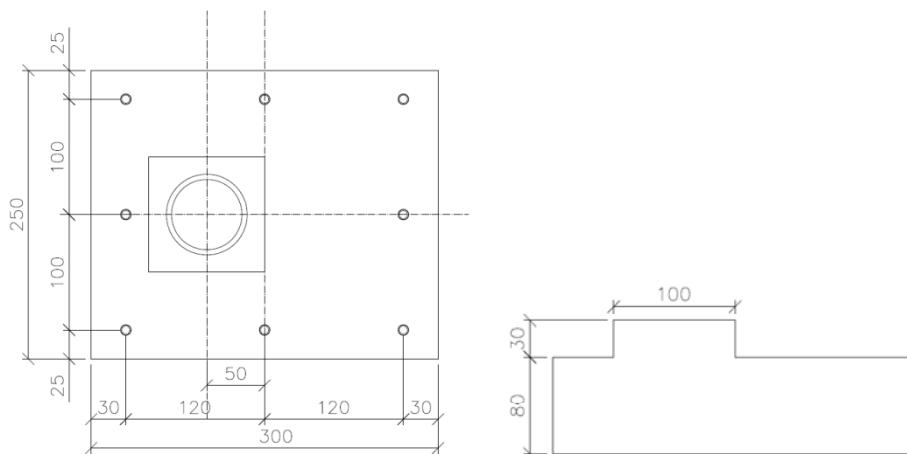
Nel seguito saranno illustrati i calcoli geotecnici per la definizione della portata limite del terreno di fondazione a partire dalle caratteristiche meccaniche riportate nella relazione geologica.

La struttura che si andrà a realizzare è un palo per telecomunicazioni di altezza pari a 9 metri, di tipo tubolare flangiato.

Mediante l'esecuzione di ulteriori indagini dirette, descritte nella relazione geologica, è stato possibile ricavare i dati sulla stratigrafia che caratterizza il versante nonché i parametri geotecnici delle coltri di copertura. Analizzando la stratigrafia ricavata e le problematiche riguardanti i muri di sostegno, si è deciso di adottare una soluzione di tipo speciale in modo da garantire la stabilità dell'opera e del versante sulla quale insiste.

Si ritiene che tale soluzione consente di evitare l'esecuzione delle verifiche di stabilità del versante, infatti mediante la tipologia di fondazione prevista si riducono in modo rilevante gli scavi necessari, tanto da essere solo superficiali e non interferire con i muri/terrazzamenti a monte e a valle dello scavo. Inoltre l'esecuzione di una fondazione di tipo indiretto permette di trasferire le sollecitazioni allo strato di roccia conglomeratica sana, con migliori caratteristiche geomeccaniche, e di non gravare sul muro sottostante.

La fondazione è costituita da un getto di cls a blocco unico avente dimensioni 2.50x3.00x0.80 m atto a trasferire le sollecitazioni dalla struttura ad una corona di 8 micropali di lunghezza 10.0 m (diametro 125 mm con armatura metallica costituita da un tubo in acciaio di dimensione $\phi 88.9 \times 10$ mm) posti ai vertici ed in mezzzeria come nello schema seguente.



Si prevede un rialzo, fuori terra, di 30cm del blocco di fondazione in corrispondenza del palo, con dimensione in pianta 1.00x1.00m in modo da permettere l'annegamento dei tirafondi che prevedono una lunghezza di ancoraggio pari a 1.10m.

Prima del getto della fondazione si appronterà uno strato di magrone avente 10 cm di spessore.

Il richiedente



Iliad Italia S.p.A.



Il Progettista

T&C

Tecnologia e Costruzioni srl

Ing. Pierluigi Losa

Viale Dante 49/4 16039 Sestri Levante (GE)

Tel fax 0185 43290

e-mail: info@tecnologiaecostruzioni.it

PEC: tecnologiaecostruzioni@pec.it

1.2 IDENTIFICAZIONE SITO DI INSTALLAZIONE

Il sito dove è installata la struttura è situato nel comune di Laigueglia (SV), in Via Novara 20.

Latitudine **43.974531 N**
Longitudine **8.158039 E**
Altitudine **43 m slm**

1.3 CARICHI

I carichi di progetto sono costituiti da:

- Pesi propri strutturali (G_1) e non strutturali (G_2)
- Azione del vento sulla struttura, le antenne e gli accessori (Q_w)
- Azione del vento sul manicotto di ghiaccio ($Q_{1,ice}$) e relativo peso ($Q_{2,ice}$)
- Azioni sismiche (E)

2. NORMATIVA E DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

Legge 1086 del 5 novembre 1971 "Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio, normale e precompresso, ed a struttura metallica".

Legge 64 del 2 febbraio 1974 "Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche"

DM 17 gennaio 2018 "Aggiornamento delle norme tecniche per le costruzioni" pubblicato sul S.O. della Gazzetta Ufficiale del 20 Febbraio 2018

Circolare 21 gennaio 2019 n. 7 del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti (G.U. 11 febbraio 2019 n. 35 – Suppl. Ord.): "Istruzioni per l'applicazione dell' <<Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni">> di cui al D.M. 17 gennaio 2018".

UNI EN 1990 Maggio 2004 "Eurocodice – Criteri generali di progettazione strutturale"

UNI EN 1991-1-4 del Maggio 2010 "Eurocodice 1 – Azioni sulle strutture –
Parte 1-4: Azioni in generale – Azioni del vento"

UNI EN 1993-1-3 dell' Agosto 2005 "Eurocodice 3 – Progettazione delle strutture in acciaio –
Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici"

UNI EN 1993-1-8 dell' Agosto 2005 "Eurocodice 3 – Progettazione delle strutture in acciaio –
Parte 1-8: Progettazione dei collegamenti"

UNI EN 1993-3-1 del Gennaio 2007 "Eurocodice 3 – Progettazione delle strutture in acciaio –
Parte 3-1: Torri pali e ciminiere – Torri e Pali"

UNI EN 1998-1 del Marzo 2005 "Eurocodice 8 – Progettazione delle strutture per la resistenza sismica
Parte 1: Regole generali, azioni sismiche e regole per gli edifici"

Relazione geologica - Dott. Geol Maco Vaccarezza - 15/11/2019

Relazione di calcolo struttura in carpenteria metallica palo flangiato speciale PFS H=6m+Pennone
H=3m - CML - Ing. Pietro Giulianelli - 05/11/2019

Report Campagna geognostica - Dott. Geol Maco Vaccarezza - 10/08/2020

Il richiedente



Il Progettista

T&C

Tecnologia e Costruzioni srl

Ing. Pierluigi Losa

Viale Dante 49/4 16039 Sestri Levante (GE)

Tel fax 0185 43290

e-mail: info@tecnologiaecostruzioni.it

PEC: tecnologiaecostruzioni@pec.it

3. DATI GEOLOGICI

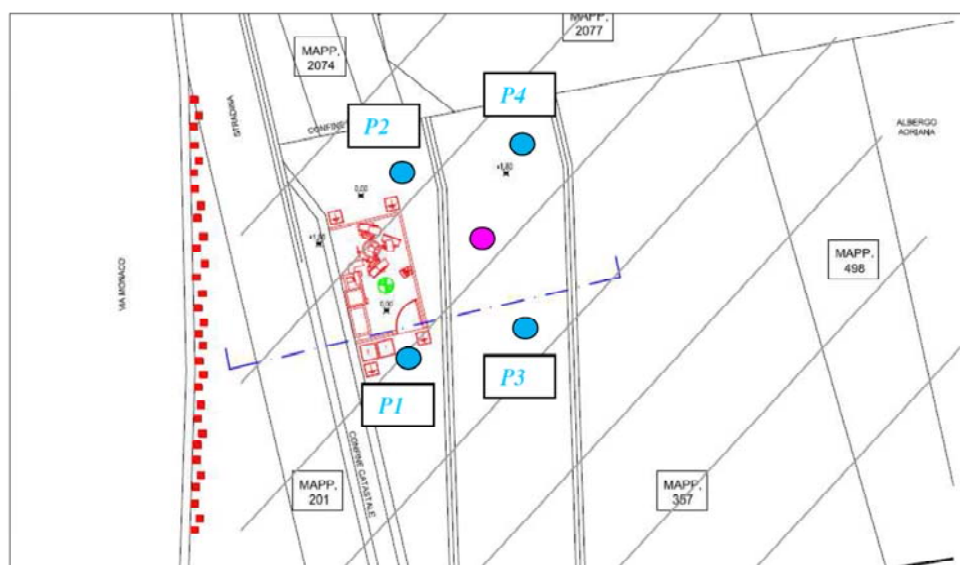
Dalla analisi dell'indagine geologica eseguita dal Dott. Geol Marco VACCAREZZA si evince che i terreni di fondazione sono costituiti da coperture sciolte caratterizzate da una coltre eluvio-colluviale.

Le coltri di copertura presentano uno spessore che può subire però delle variazioni specie in concomitanza di accumuli di origine paleofranosa e/o di riporti effettuati a seguito dei terrazzamenti eseguiti dall'uomo.

I parametri che caratterizzano la coltre superficiale, secondo un'analisi visuale correlata con valori bibliografici, sono riassunti nella tabella sottostante:

Angolo di attrito effettivo di picco: 28°
Coesione effettiva: 0.0 kPa
Peso di volume unitario: 18 kN/m^3

Inoltre sono state eseguite le indagini nei seguenti punti:



- Prove Penetrometriche Medio-Leggere
- Indagine Sismica H.V.S.R.

dove si è riscontrato il rifiuto dell'infissione della punta nelle prove penetrometriche alle seguenti profondità:

- ✓ P1: 4.40m.
- ✓ P2: 4.40m.
- ✓ P3: 3.00m.
- ✓ P4: 3.00m.

e sono stati determinati i seguenti parametri degli strati superiori al substrato roccioso:

Il richiedente



Iliad Italia S.p.A.



Il Progettista

T&C

Tecnologia e Costruzioni srl

Ing. Pierluigi Losa

Viale Dante 49/4 16039 Sestri Levante (GE)

Tel fax 0185 43290

e-mail: info@tecnologiaecontruzioni.it

PEC: tecnologiaecontruzioni@pec.it

PROVA PENETROMETRICA P1

Descrizione livello	Profondità livello (m)	Nspt	ϕ'	γ_d	γ_{sat}	Dr
Riporti	p.c. – 3.20	12	30	1.52	1.94	38
Substrato molto alterato	3.20 – 4.40	27	35	1.66	2.03	60

PROVA PENETROMETRICA P2

Descrizione livello	Profondità livello (m)	Nspt	ϕ'	γ_d	γ_{sat}	Dr
Riporti	p.c. – 3.20	14	31	1.53	1.96	41
Substrato molto alterato	3.20 – 4.40	26	34	1.65	2.03	59

PROVA PENETROMETRICA P3

Descrizione livello	Profondità livello (m)	Nspt	ϕ'	γ_d	γ_{sat}	Dr
Riporti	p.c. – 3.20	5	28	1.41	1.88	18
Substrato molto alterato	3.20 – 4.40	22	33	1.61	2.00	53

PROVA PENETROMETRICA P4

Descrizione livello	Profondità livello (m)	Nspt	ϕ'	γ_d	γ_{sat}	Dr
Riporti	p.c. – 3.20	6	28	1.43	1.89	21
Substrato molto alterato	3.20 – 4.40	21	33	1.61	2.00	51

Per il dimensionamento dei micropali si sono adottati i parametri geotecnici relativi all'ammasso roccioso.

Pertanto si è assunto:

- Peso specifico 25 kN/m³
- Angolo attrito interno 31°
- Coesione 0,26 Mpa

Il richiedente



Iliad Italia S.p.A.

Il Progettista

T&C

Tecnologia e Costruzioni srl

Ing. Pierluigi Losa

Viale Dante 49/4 16039 Sestri Levante (GE)

Tel fax 0185 43290

e-mail: info@tecnologiaecostruzioni.it

PEC: tecnologiaecostruzioni@pec.it

4. CARICHI DI PROGETTO

Dalla relazione di calcolo del palo si ricavano le seguenti azioni alla base:

COMBINAZIONE	Momento	Sforzo Normale	Taglio
	[daNm]	[daN]	[daN]
SLU/STR (A1)	24420	2994	2953
SLU/EQU	24420	2692	2953
SLU/GEO (A2)	21160	2499	2559
SLV/SISMA	13540	2096	1622

Con riferimento a quanto riportato sopra sono state valutate le seguenti combinazioni di carico per la verifica della fondazione, secondo le due direzioni del vento prescritte dalla normativa.

- SLU di tipo strutturale (A1):

		M	T (kN)	N _{min}	N _{max}
		kNm	kN	kN	kN
Combinazione STR	0°	244.20	29.53	20.96	29.94
	45°	244.20	29.53	20.96	29.94

- SLU di equilibrio come corpo rigido

		M	T (kN)	N _{min}	N _{max}
		kNm	kN	kN	kN
Combinazione EQU	0°	244.20	29.53	18.86	26.92
	45°	244.20	29.53	18.86	26.92

- SLU di tipo geotecnico (A2):

		M	T (kN)	N _{min}	N _{max}
		kNm	kN	kN	kN
Combinazione GEO	0°	211.60	25.59	20.96	24.99
	45°	211.60	25.59	20.96	24.99

Il richiedente



Il Progettista

T&C

Tecnologia e Costruzioni srl

Ing. Pierluigi Losa

Viale Dante 49/4 16039 Sestri Levante (GE)

Tel fax 0185 43290

e-mail: info@tecnologiaecostruzioni.it

PEC: tecnologiaecostruzioni@pec.it

5. AZIONE SUI MICROPALI

Con riferimento alla combinazione di calcolo STR (A1) con vento diagonale, si calcola la massima sollecitazione di trazione e di compressione sul singolo palo.

STR 45°	NED, max	29.94	kN
	NED, min	20.96	kN
	V _{ED}	29.53	kN
	M _{ED}	244.20	kNm

Dimensioni Platea inferiore (m)	2.50	3.00	0.80
Dimensione Blocco superiore (m)	1.00	1.00	0.30
Volume plinto (mc)	6.30		
Peso plinto (kN)	157.50		

Nel calcolo si tiene conto del momento dovuto al trasporto del taglio alla base del blocco di fondazione, alto 0.8+0.3=1.1m.

Azione di compressione:

Verifica C.A. S.L.U. - File: Sollecitazione Micropali-Compressione

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?

Titolo: Azione Micropali- Compressione

N° barre 8 Zoom

N°	As [cm²]	x [cm]	y [cm]
4	0.01	120	-100
5	0.01	120	0
6	0.01	120	100
7	0.01	0	100
8	0.01	-120	100

Tipo Sezione: Solo barre

Coord.

Sollecitazioni S.L.U. Metodo n

N_{Ed} 0 29.94 kN

M_{Ed} 0 195.64 kNm

M_{yEd} 0 195.64

P.to applicazione N

Centro Baricentro cls

Coord.[cm] xN -50 yN 0

Metodo di calcolo

Metodo n

Verifica

Materiali

B450C C25/30

ε_{su} 67.5 ‰ ε_{c2} 2 ‰

f_{yd} 391.3 N/mm² ε_{cu} 3.5 ‰

E_s 200000 N/mm² f_{cd} 14.17

E_s/E_c 15 f_{cc}/f_{cd} 0.8

ε_{syd} 1.957 ‰ σ_{c,adm} 9.75

σ_{s,adm} 255 N/mm² τ_{co} 0.6

τ_{c1} 1.829

σ_{sMax} 53957 N/mm²

σ_{sMin} -61442 N/mm²

ε_s 269.8 ‰

Il richiedente

iliad

telebit
Iliad Italia S.p.A.

Il Progettista

T&C

Tecnologia e Costruzioni srl

Ing. Pierluigi Losa

Viale Dante 49/4 16039 Sestri Levante (GE)

Tel fax 0185 43290

e-mail: info@tecnologiaecostruzioni.it

PEC: tecnologiaecostruzioni@pec.it

Azione di trazione:

Verifica C.A. S.L.U. - File: Sollecitazione Micropali-Trazione

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?

Titolo: **Azione Micropali- Trazione**

N° barre: **8** Zoom

N°	As [cm²]	x [cm]	y [cm]
1	0.01	-120	0
2	0.01	-120	-100
3	0.01	0	-100
4	0.01	120	-100
5	0.01	120	0
6	0.01	120	100

Tipo Sezione: **Solo barre**

Coord.

Sollecitazioni: S.L.U. Metodo n

N_{Ed}: **0** 20.96 kN
M_{Ed}: **0** 195.64 kNm
M_{xEd}: **0** 195.64
M_{yEd}: **0**

P.to applicazione N: ☒ Centro ☐ Baricentro cls
☒ Coord.[cm] xN: **-50** yN: **0**

Metodo di calcolo: ☒ Metodo n

Materiali: **B450C** **C25/30**

ε_{su}: **67.5** ‰ ε_{c2}: **2** ‰
f_{yd}: **391.3** N/mm² ε_{cu}: **3.5** ‰
E_s: **200'000** N/mm² f_{cd}: **14.17** ‰
E_s/E_c: **15** f_{cc}/f_{cd}: **0.8** ?
ε_{syd}: **1.957** ‰ σ_{c,adm}: **9.75**
σ_{s,adm}: **255** N/mm² τ_{co}: **0.6**
τ_{c1}: **1.829**

σ_{sMax}: **55'703** N/mm²
σ_{sMin}: **-60'943** N/mm²
ε_s: **278.5** ‰

Verifica

Quindi si hanno le seguenti azioni:

Massima Compressione in testa al micropalo	C _{ED} =	87.03	kN
Massima Trazione in testa al micropalo	T _{ED} =	-36.02	kN

Per il calcolo della massima azione di compressione si è tenuto in conto del peso del blocco in c.a. amplificato per 1,3 e della massima N_{ED}.

Per il calcolo della massima azione di trazione si è tenuto in conto del peso del blocco in c.a. non amplificato e della minima N_{ED}.

6. CAPACITÀ PORTANTE MICROPALI

La capacità portante dei micropali è calcolata come somma della portata laterale per attrito e della portata alla base o "di punta". Quest'ultimo contributo non viene tenuto in conto nelle verifiche di seguito.

$$R = R_l + R_b = q_l A_l + q_b A_b$$

Dove:

A_l è la superficie laterale del palo infissa nel terreno

A_b è la superficie della sezione trasversale del palo

q_l è la portata laterale per unità di superficie

q_b è la portata di punta per unità di superficie

Nel caso in esame i micropali, di tipo trivellato e con riempimento a gravità, avranno sezione circolare di diametro 125 mm. e saranno infissi nel terreno per 10 metri.

L'armatura metallica sarà costituita da tubo in acciaio S235JR di diametro 88,9 mm e spessore 10 mm. Pertanto:

$$A_l = 0,125 \times 10 \times 3,14 = 3,93 \text{ m}^2$$

$$A_b = 0,125^2 \times 3,14 / 4 = 0,012 \text{ m}^2$$

Per la determinazione delle portate per unità di superficie si utilizzano le seguenti equazioni:

$$q_l = \sum_{i=1}^n [\sigma_{v0i} \cdot k \cdot \tan(\delta_i)] + c_u \cdot \alpha \quad q_b = q_u \cdot \eta$$

Dove, per ognuno degli n strati in cui è schematizzato il terreno, i parametri sopra esposti assumono il seguente significato:

σ_{v0} sforzo verticale nel terreno in mezz'ora allo strato considerato dovuto al peso del terreno sovrastante

k costante di spinta a riposo assunta, per pali trivellati, pari a 0,63

δ angolo di attrito tra palo e terreno assunto pari a $0,7\phi$ con ϕ angolo di attrito interno del terreno

c_u coesione non drenata

α coefficiente riduttivo dipendente dal metodo di installazione del palo assunto prudenzialmente pari a 0.35

q_u compressione uniassiale

η fattore amplificativo assunto prudenzialmente pari a 1

Nella tabella seguente è riportato il calcolo tabellare delle portate utilizzando l'APPROCCIO 2 (A1+M1+R3)

Il richiedente

iliad

telebit
Iliad Italia S.p.A.

Il Progettista

T&C

Tecnologia e Costruzioni srl

Ing. Pierluigi Losa

Viale Dante 49/4 16039 Sestri Levante (GE)

Tel fax 0185 43290

e-mail: info@tecnologiaecostruzioni.it

PEC: tecnologiaecostruzioni@pec.it

PORTATA LATERALE													
profondità	altezza concio	Peso terreno	ϕ terreno	δ	k	β	σ_{v0}	α	C_u	Diametro palo	$R_{l,1}$	$R_{l,2}$	R_l
m	m	kN/mc	°	°			kN/mq		kN/mq	m	kN/m	kN/m	kN
1	1	18	28	19.6	0.63	0.22	9	0.35	0	0.125	0.79	0.00	0.79
2	1	18	28	19.6	0.63	0.22	27	0.35	0	0.125	2.38	0.00	2.38
3	1	18	28	19.6	0.63	0.22	45	0.35	0	0.125	3.96	0.00	3.96
4.4	1.4	18	28	19.6	0.63	0.22	66.6	0.35	0	0.125	5.87	0.00	8.21
5	0.6	25	31	21.7	0.63	0.25	86.7	0.35	206	0.125	8.54	28.31	22.11
6	1	25	31	21.7	0.63	0.25	106.7	0.35	206	0.125	10.50	28.31	38.82
7	1	25	31	21.7	0.63	0.25	131.7	0.35	206	0.125	12.97	28.31	41.28
8	1	25	31	21.7	0.63	0.25	156.7	0.35	206	0.125	15.43	28.31	43.74
9	1	25	31	21.7	0.63	0.25	181.7	0.35	206	0.125	17.89	28.31	46.20
10	1	25	31	21.7	0.63	0.25	206.7	0.35	206	0.125	20.35	28.31	48.66
													256.17

I valori caratteristici delle portate si ottengono dividendo i valori sopra ottenuti per il coefficiente di correlazione ξ che nel caso in esame vale 1,7, non considerando a favore di sicurezza la portata di punta. Pertanto:

Portata caratteristica palo - Laterale	$R_{c,k, l}$	151	kN
Portata caratteristica palo - Punta	$R_{c,k, p}$	0	kN

Per ottenere i valori di progetto è necessario dividere i valori caratteristici per i coefficienti parziali di sicurezza che per pali trivellati valgono (R_3):

Portata di base	1,35
Portata laterale in compressione	1,15
Portata laterale in trazione	1,25

Quindi si ottiene quanto segue:

Portata di progetto - Trazione	$R_{t,d}$	121	kN
Portata di progetto - Compressione	$R_{c,d}$	131	kN

VERIFICA PALO	n. pali per plinto	Volume palo	Peso palo	T_{ED}	C_{ED}	Check T	Check C
		mc.	kN	kN	kN		
	1	0.10	2.36	34	89	0.28	0.68

Il richiedente   Iliad Italia S.p.A.		Il Progettista T&C Tecnologia e Costruzioni srl Ing. Pierluigi Losa Viale Dante 49/4 16039 Sestri Levante (GE) Tel fax 0185 43290 e-mail: info@tecnologiaecostruzioni.it PEC: tecnologiaecostruzioni@pec.it
---	--	--

7. CONCLUSIONI

Alla luce delle risultanze dell'indagine geologica redatta dalla Dott. Geol. Marco VACCAREZZA, si è stimata la capacità portante del terreno secondo le combinazioni di calcolo e le metodologie indicate nel DM17/01/2018.

La fondazione proposta, di tipo indiretto su micropali trivellati, è in grado di assicurare la stabilità della struttura ad essa ancorata con adeguato coefficiente di sicurezza.

Le pressioni e trazioni massime sul terreno sono compatibili con quelle ammissibili, infatti la capacità portante dei micropali vale:

APPROCCIO 2:
COMBINAZIONE UNICA (A1+M1+R3)

Portata di progetto - Trazione	Rt,d	234	kN
Portata di progetto - Compressione	Rc,d	254	kN

Il richiedente



Il Progettista

T&C

Tecnologia e Costruzioni srl

Ing. Pierluigi Losa

Viale Dante 49/4 16039 Sestri Levante (GE)

Tel fax 0185 43290

e-mail: info@tecnologiaecostruzioni.it

PEC: tecnologiaecostruzioni@pec.it