

COMUNI DI BORGIA E SAN FLORO

PROVINCIA CATANZARO



PROGETTO DEFINITIVO PARCO EOLICO "E90"

Elaborato:E90_AMB_R08

Scala:-

Data:19/05/2023

RELAZIONE GEOTECNICA

COMMITTENTE:

ENERGIA LEVANTE s.r.l.
Via Luca Gaurico – Regus Eur - Cap 00143 ROMA
P.IVA 10240591007 - REA RM1219825 - energialevantesrl@legalmail.it
SOCIETA' DEL GRUPPO



www.sserenewables.com Tel +39 0654832107

PROFESSIONISTA:

Ing. Rosario Mattace



Rosario Mattace

N°REVISIONE	DATAREVISIONE	ELABORATO	CONTROLLATO	APPROVATO	NOTE
	19/05/2023			Ing.Mercurio	

E' vietata la copia anche parziale del presente elaborato

INDICE	
1 PREMESSA.....	3
2 INQUADRAMENTO GEOLOGICO DELL'AREA SU CUI INSISTONO GLI AEROGENERATORI.....	7
2.1 INQUADRAMENTO GEOLOGICO DELL'AREA SU CUI INSISTE LA STAZIONE ELETTRICA DI TRASFORMAZIONE.....	8
3 PIANO DELLE INDAGINI EFFETTUATO	9
4 NORMATIVA DI RIFERIMENTO.....	13
5 DESCRIZIONE DELLE INDAGINI EFFETTUATE	14
5.1 PROVA PENETROMETRICA SUPER PESANTE (DPSH).....	14
5.2 PROVA MASW ATTIVA (MULTICHANNEL ANALYSIS OF SURFACE WAVES).....	14
6 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEL SITO AEROGENERATORI	16
6.1 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEL SITO DELLA STAZIONE ELETTRICA DI TRASFORMAZIONE.....	16
7 VERIFICHE ESEGUITE	17
8 STATI LIMITE DI TIPO GEOTECNICO PLINTO SU PALI SLU.....	18
8.1 METODOLOGIA DI CALCOLO.....	21
8.2 TABULATI DI CALCOLO.....	23
8.3 RAPPRESENTAZIONE GRAFICA DEI RISULTATI NUMERICI.....	28
9 DIMENSIONAMENTO FONDAZIONE DELLA CABINA DI RACCOLTA E CONTROL ROOM.....	32
9.1 CABINA DI RACCOLTA.....	32
9.1.1 COLLASSO PER CARICO LIMITE DELL'INSIEME FONDAZIONE TERRENO.....	33
9.2 CONTROL ROOM.....	33
9.2.1 COLLASSO PER CARICO LIMITE DELL'INSIEME FONDAZIONE TERRENO	34
10 PORTANZA FONDAZIONE DELLA STAZIONE ELETTRICA DI TRASFORMAZIONE ...	35
10.1 COLLASSO PER CARICO LIMITE DELL'INSIEME FONDAZIONE TERRENO.....	36
10.2 VERIFICA PORTANZA PLATEA DI FONDAZIONE APPARECCHIATURE ELETTROMECCANICHE.....	36
11 INFORMAZIONI GENERALI SULL'ELABORAZIONE E GIUDIZIO MOTIVATO DI ACCETTABILITÀ DEI RISULTATI.....	37

1 PREMESSA

Lo scopo della presente relazione è la caratterizzazione geotecnica dei terreni interessati dalle opere in progetto per determinare la tipologia di fondazione da adottare per gli aerogeneratori del parco eolico e per i manufatti come la cabina di raccolta, la control room e la Stazione Elettrica di trasformazione

L'intero progetto, costituito dalle sue componenti principali quali gli aerogeneratori, il cavidotto interrato, la cabina di raccolta, la SET utente, il cavo AT 150kV di connessione alla RTN e lo stallo di connessione della centrale Terna denominata MAIDA ricade in un territorio posto in provincia di Catanzaro:

- Gli aerogeneratori del parco eolico e la cabina di raccolta in progetto sono ubicati nel territorio del Comune di Borgia (6 Aerogeneratori) rispettivamente in località Lignatarello(E1,E10), località Canonicato-Giardinello(E3,E4,E6) e località Timpone Sansone(E6, E7) e nel territorio del comune di San Floro (4 Aerogeneratori) rispettivamente in località Lignatarello(E2,E10) e località Timpone Sansone(E8,E9).
- La parte iniziale del cavidotto ricade nel territorio del comune di Borgia e prosegue nei territori dei comuni di(elencati in successione):San Floro, Girifalco, San Floro(nuovamente), Cortale e Maida.
- La SET utente, il cavidotto AT e la Centrale Terna denominata Maida ricadono nel territorio del comune di Maida.

La tabella che segue riporta le coordinate con sistema di riferimento WGS84 dei punti in cui sono posizionate gli aerogeneratori in progetto ed i rispettivi dati catastali:

Componente Impianto eolico	WGS84 Coordinata Est (m)	WGS84 Coordinata Nord (m)	Comune	Identificativi catastali
E1	635425	4300774	Borgia	Foglio 5 Particella 60
E2	634882	4301110	San Floro	Foglio 6 Particella 322
E3	635698	4298918	Borgia	Foglio 17 Particella 21
E4	636456	4298884	Borgia	Foglio 17 Particella 26 e 14
E5	634981	4298812	Borgia	Foglio 16 Particella 1
E6	634438	4299785	Borgia	Foglio 4 Particella 29
E7	634025	4299452	Borgia	Foglio 14 Particella 61
E8	633350	4300035	San Floro	Foglio 13 Particella 80
E9	634108	4300289	San Floro	Foglio 6 Particella 37
E10	634493	4300678	San Floro	Foglio 6 Particella 49
Cabina di raccolta e control room	633738	4300027	Borgia	Foglio 4 Particella 22
SET Utente	627316	4303509	Maida	Foglio 49 Particella 98; 101

Tab.1-Coordinate geografiche e dati catastali



Fig.1-Ubicazione degli aerogeneratori sulla Carta geografica della Calabria

La stralcio del Quadro Territoriale Regionale Paesaggistico (Q.T.R.P.) individua geograficamente in Provincia di Catanzaro le opere che costituiscono l'impianto eolico in progetto.

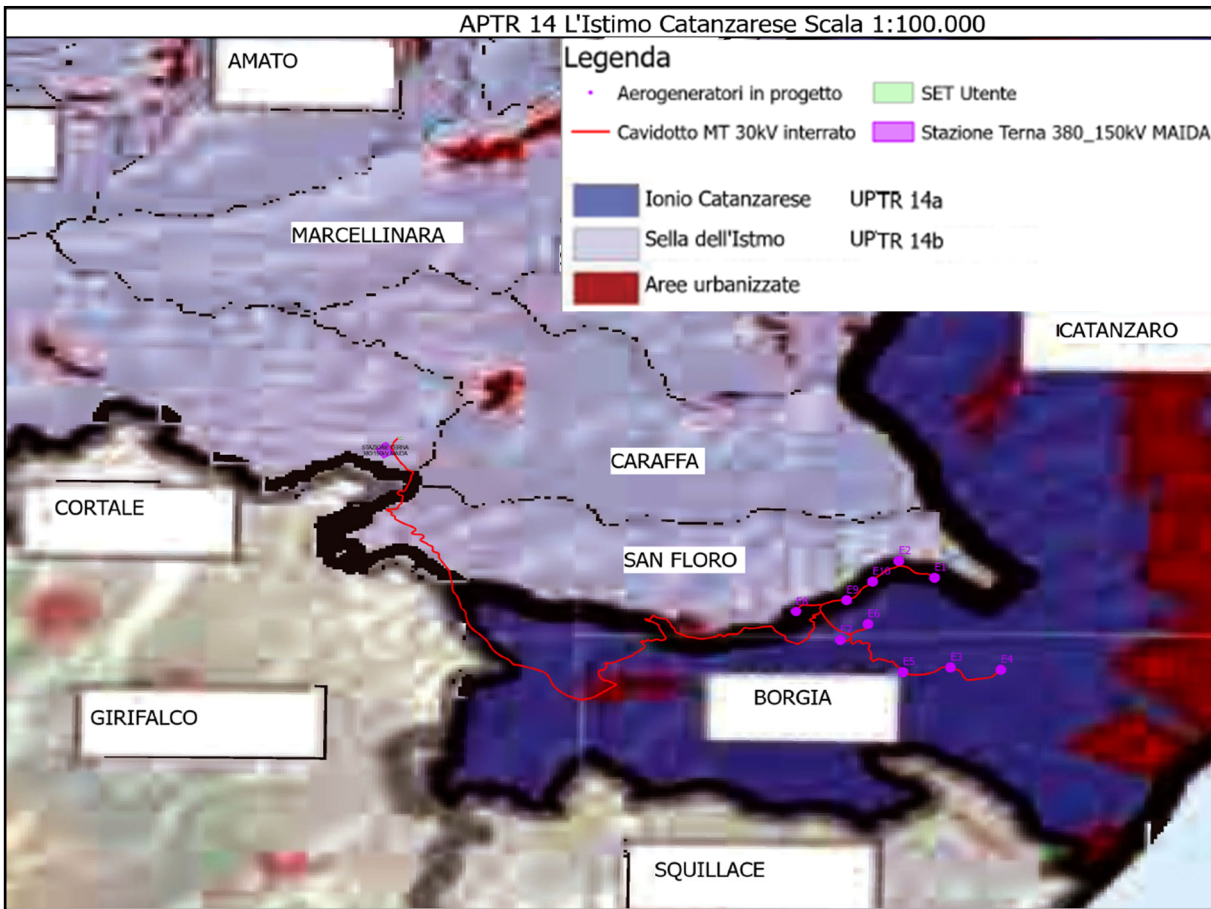


Fig.2-Stralcio Q.T.R.P. Calabria



Fig.3-Stralcio Fogli IGM n.242 IV S.O. e n.242 III N.O.

Nelle pagine seguenti è riportata la rappresentazione su Carta Tecnica Regionale delle opere permanenti (in fase di esercizio) che costituiscono l'impianto eolico.

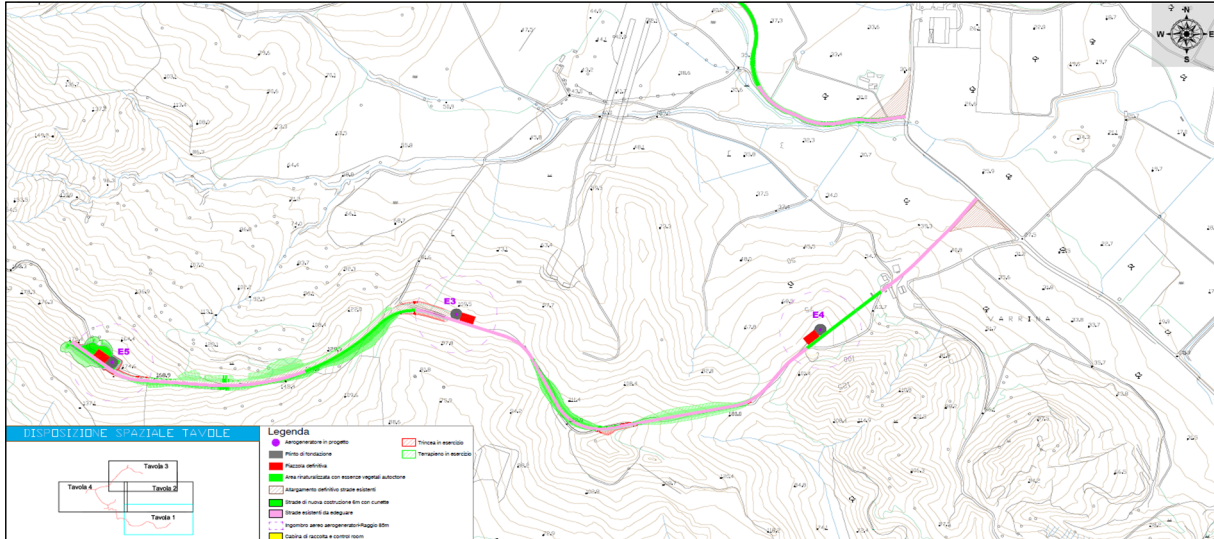


Fig.4-Stralcio Carta Tecnica regionale

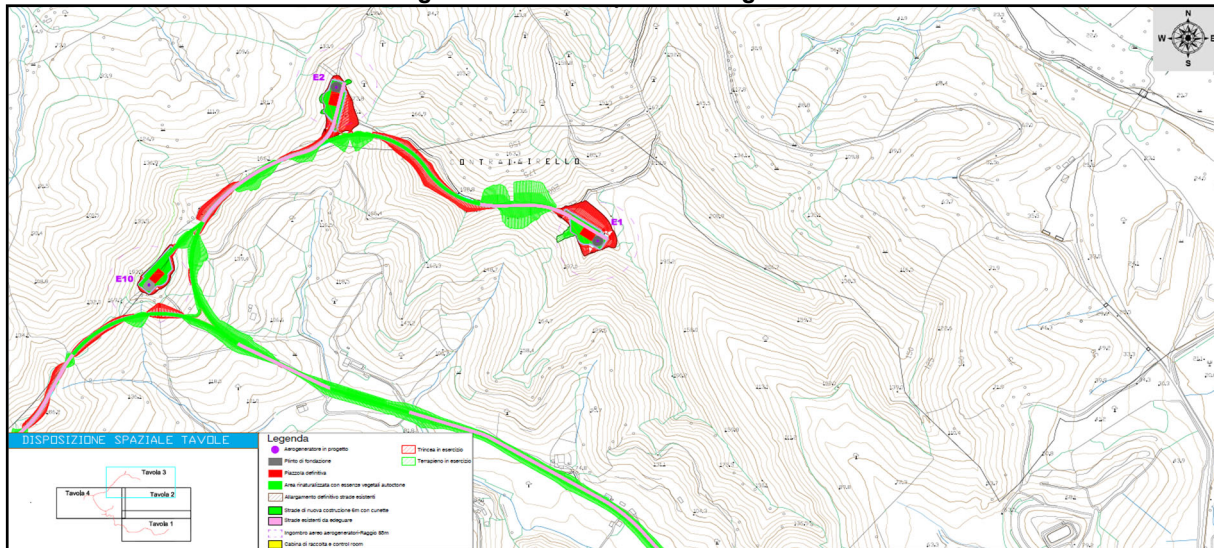


Fig.5-Stralcio Carta Tecnica regionale

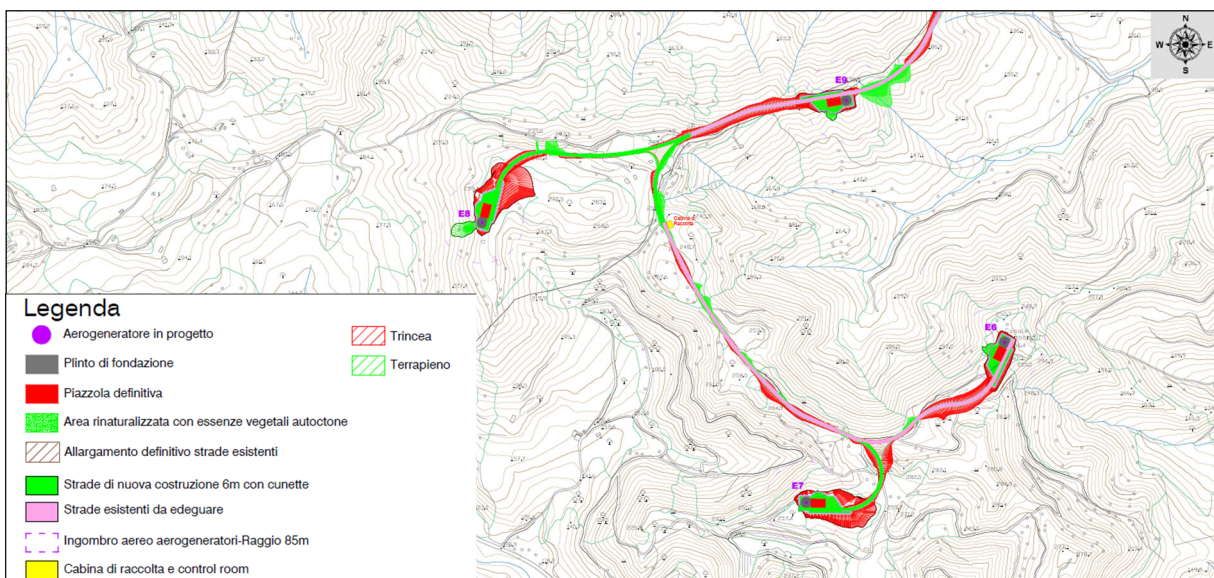


Fig.6-Stralcio Carta Tecnica regionale

2 INQUADRAMENTO GEOLOGICO DELL'AREA SU CUI INSISTONO GLI AEROGENERATORI

La Carta geologica della Calabria, di cui si riporta uno stralcio, definisce le litologie affioranti nell'area in esame come.

- **DEPOSITI OLOCENICI:** Sono rappresentati dai sedimenti fluviali, dune e sabbie eoliche, detriti di frana e da depositi di conoide.
- **DEPOSITI PLEISTOCENICI TERRAZZATI:** Sono stati distinti in depositi continentali e depositi marini.
 “Depositati terrazzati continentali ” I depositi terrazzati d’origine continentale sono costituiti da conglomerati con ciottoli cristallini in una matrice sabbiosa grossolana intercalati da livelli sabbiosi.
 “Depositati terrazzati marini ” I depositi terrazzati d ’origine marina comprendono conglomerati di facies deltizia e sabbie talora fossilifere intercalate da orizzonti ghiaiosi e conglomeratici.
- **COLTRI D’ALTERAZIONE PLEISTOCENICHE:** Comprendono conglomerati e sabbie residuali corrispondenti all’orizzonte d’alterazione degli gneiss dell’Unità di Polia Copanello. Lo spessore è dell’ordine dei metri.

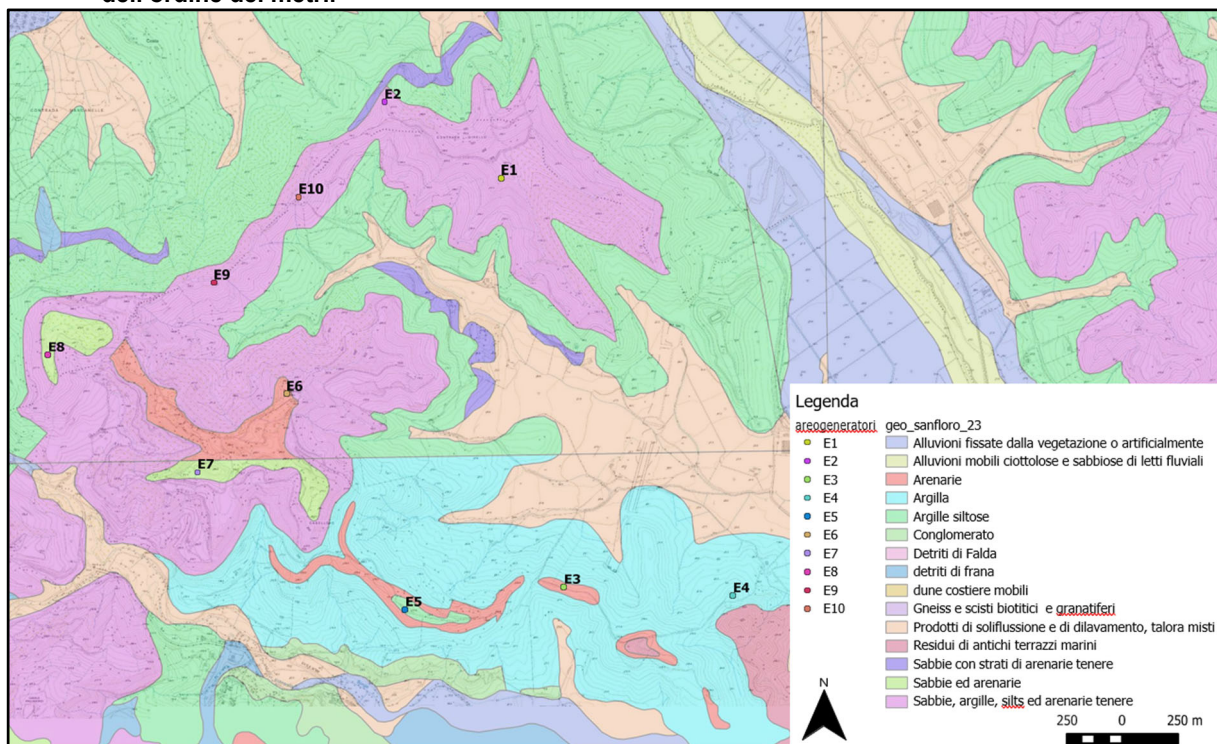


Fig.7-Stralcio Carta Geologica aerogeneratori

Sulla base dei risultati ottenuti dalle prove effettuate sull'area di progetto degli aerogeneratori si sono desunti i seguenti parametri meccanici del terreno. (si veda Relazione Geologica per approfondimenti).

Spessore	Litologia	PuvS	Cu	Mo	Fi
1.20	Terreno Vegetale	-	-	-	-
1.20 - 15.00	Arenaria	2.10	-	80	32/34°
4.00 - 15	Argille	1.90	0.80	110	24/26°

Tab.2-Parametri meccanici terreno aerogeneratori

2.1 INQUADRAMENTO GEOLOGICO DELL'AREA SU CUI INSISTE LA STAZIONE ELETTRICA DI TRASFORMAZIONE

Sulla base dei risultati ottenuti dalla prova penetrometrica effettuata sull'area di progetto della stazione si sono desunti i seguenti parametri meccanici del terreno. (si veda Relazione Geologica per approfondimenti).

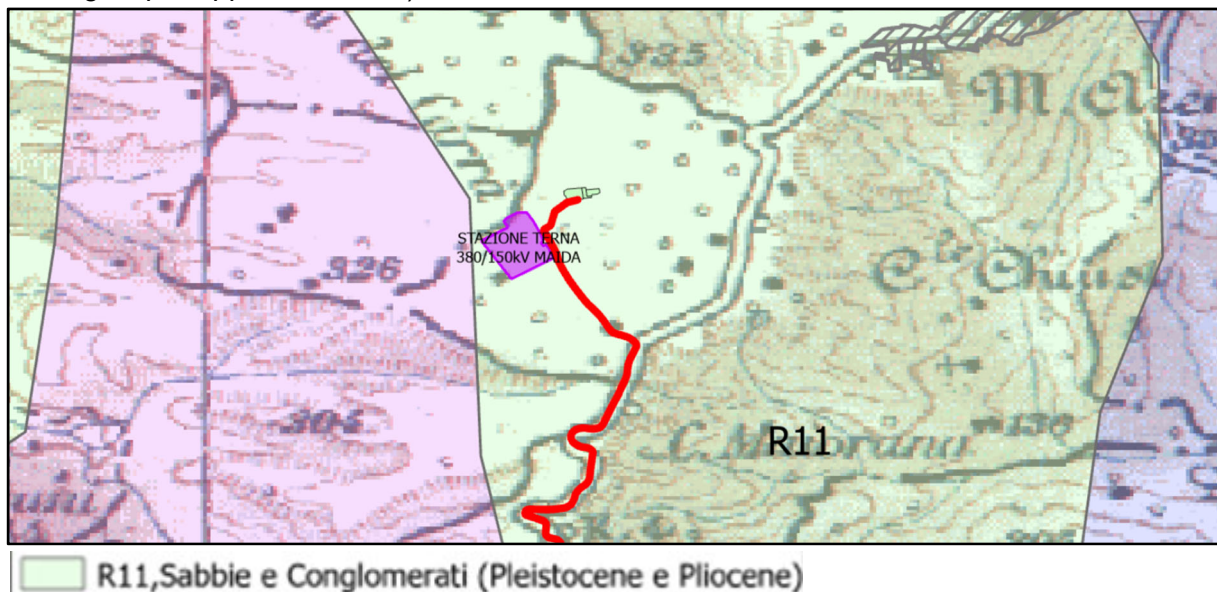


Fig.8-Stralcio Carta Geologica stazione elettrica di trasformazione

Spessore	Litologia	PuvS	Cu	Mo	Fi
0.60 - 0.80	Terreno Vegetale	-	-	-	-
2.90 – 3.80	Conglomerati e saabbie	2.10	-	80	30/32°
10.40 – 10.60	Argille	1.90	0.80	110	24/26°

Tab.3-Parametri meccanici terreno stazione elettrica di trasformazione

3 PIANO DELLE INDAGINI EFFETTUATO

Per verificare in dettaglio le caratteristiche geologico tecniche dei terreni oggetto dell'intervento, oltre che all'esecuzione di un accurato rilievo geologico di superficie mediante sopralluoghi e rilevamenti di dettaglio sia nelle immediate vicinanze delle aree di intervento che sul territorio circostante, è stata eseguita una campagna geognostica articolata secondo i seguenti punti:

- esecuzione di n. 6 prove penetrometriche super pesanti (DPSH);
- esecuzione di n. 3 profili sismici con la tecnica MASW;

Le indagini geologiche e geotecniche così articolate hanno fornito le seguenti informazioni sull'area

indagata:

- origine e natura dei litotipi;
- caratteristiche morfologiche;
- caratteristiche idrologiche e idrogeologiche;
- caratteristiche geotecniche del terreno interessato dalle realizzazioni in progetto.

Il presente lavoro presenta i risultati relativamente ai seguenti argomenti:

- analisi e descrizione della situazione geo litologica e morfologica generale;
- determinazione della natura litologica e delle caratteristiche fisico-meccaniche dei terreni del sottosuolo investigato.

Le indagini, la cui ubicazione è riportata sulle Tavole sottostanti grafica sono state commissionate dal soggetto proponente ENERGIA LEVANTE srl ed eseguite dallo studio di Geologia Mattace.

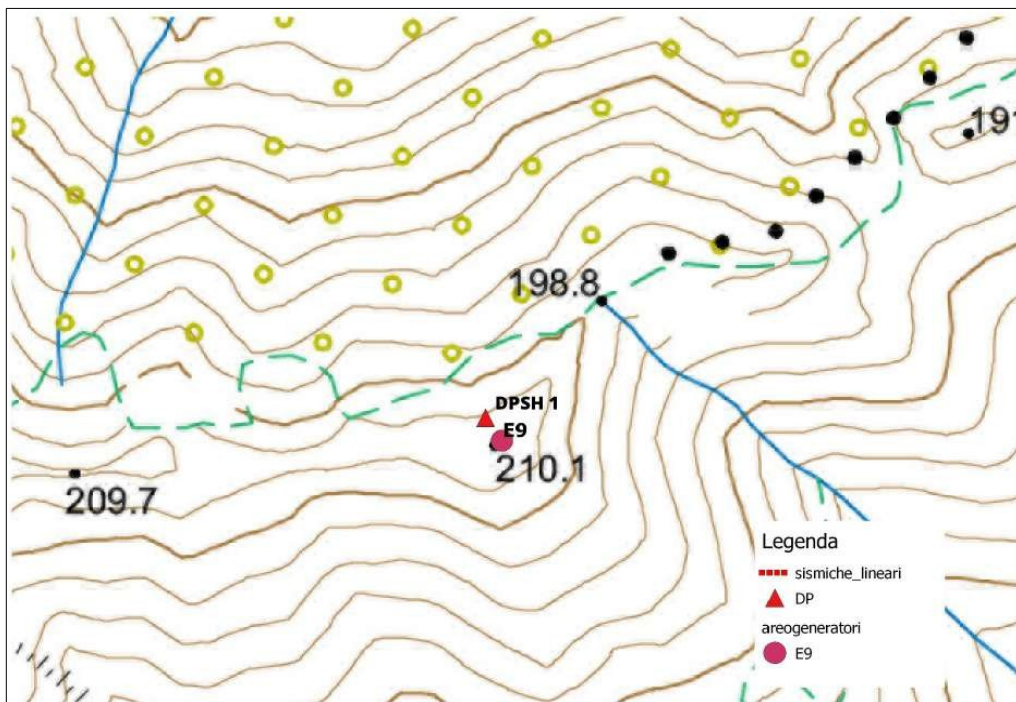


Fig.9- Ubicazione delle prove effettuate

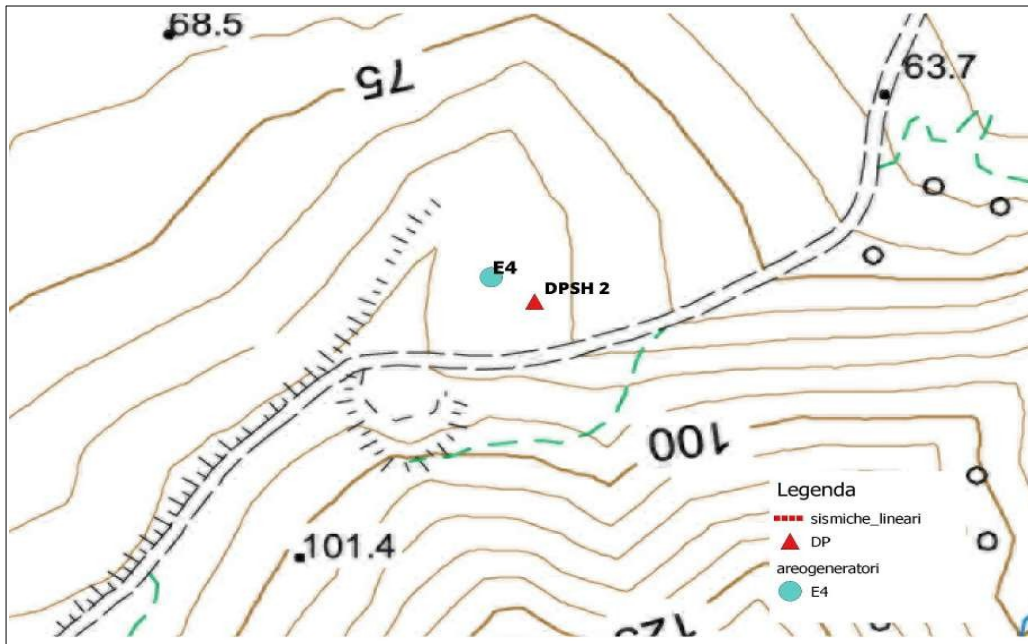


Fig.10- Ubicazione delle prove effettuate

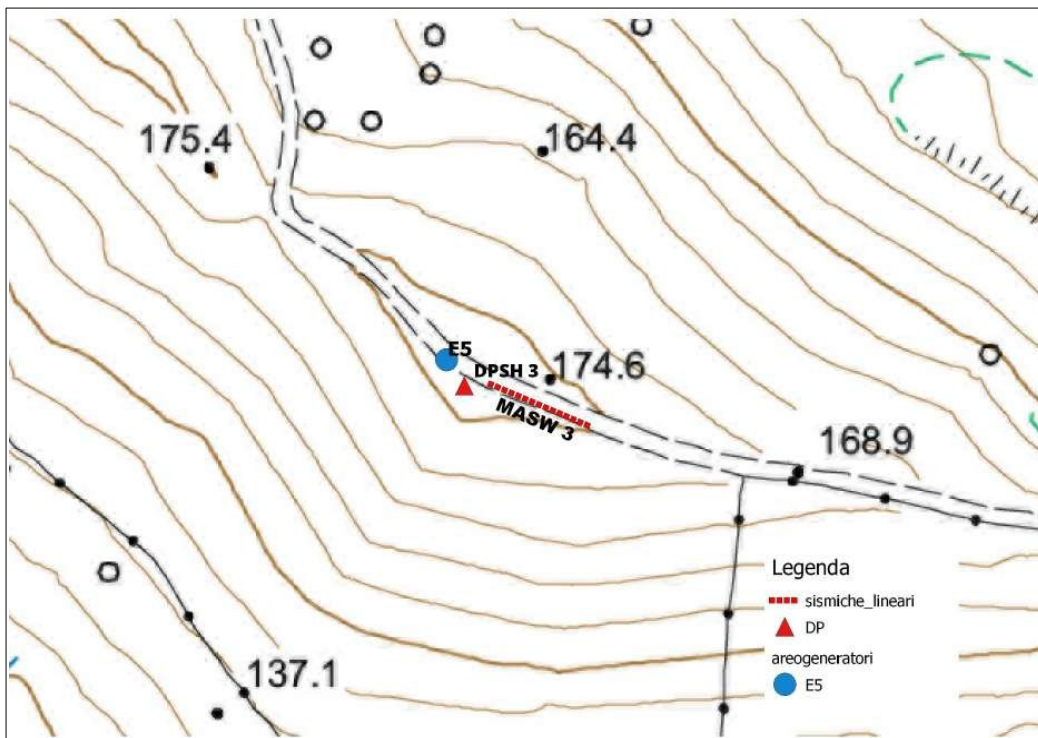


Fig.11- Ubicazione delle prove effettuate

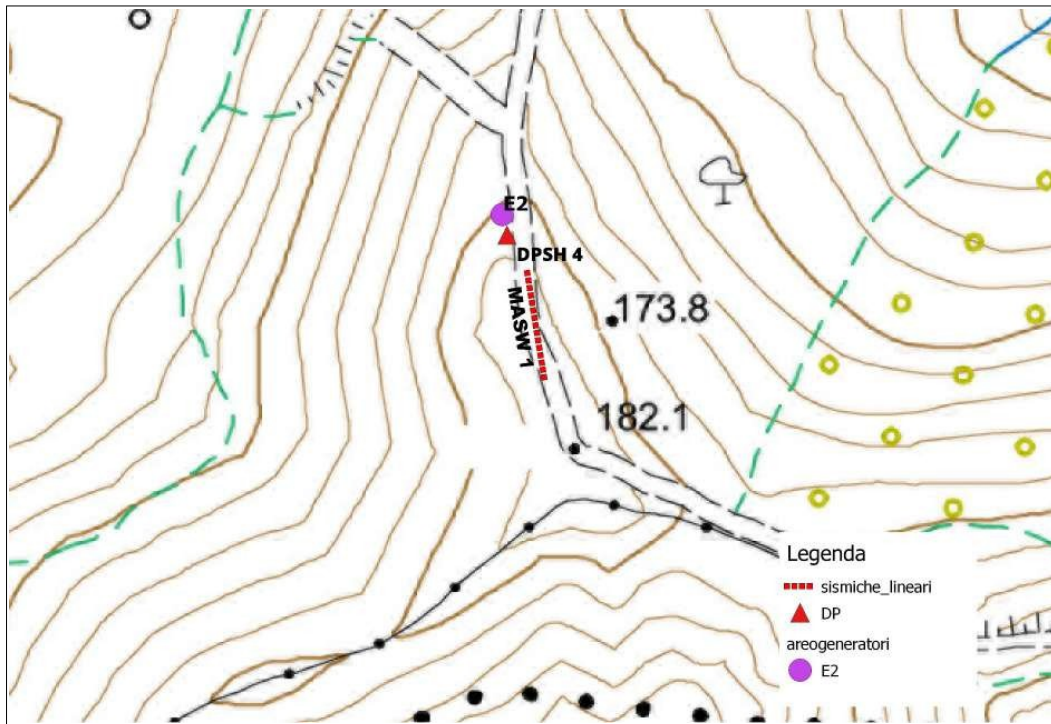


Fig.12- Ubicazione delle prove effettuate

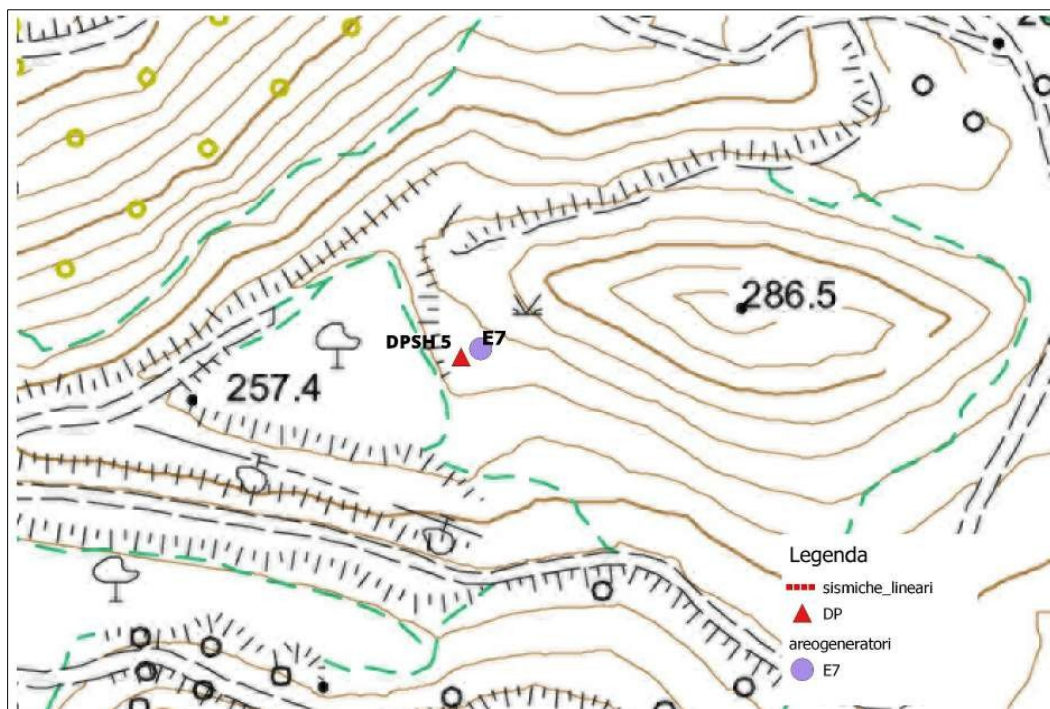


Fig.13- Ubicazione delle prove effettuate

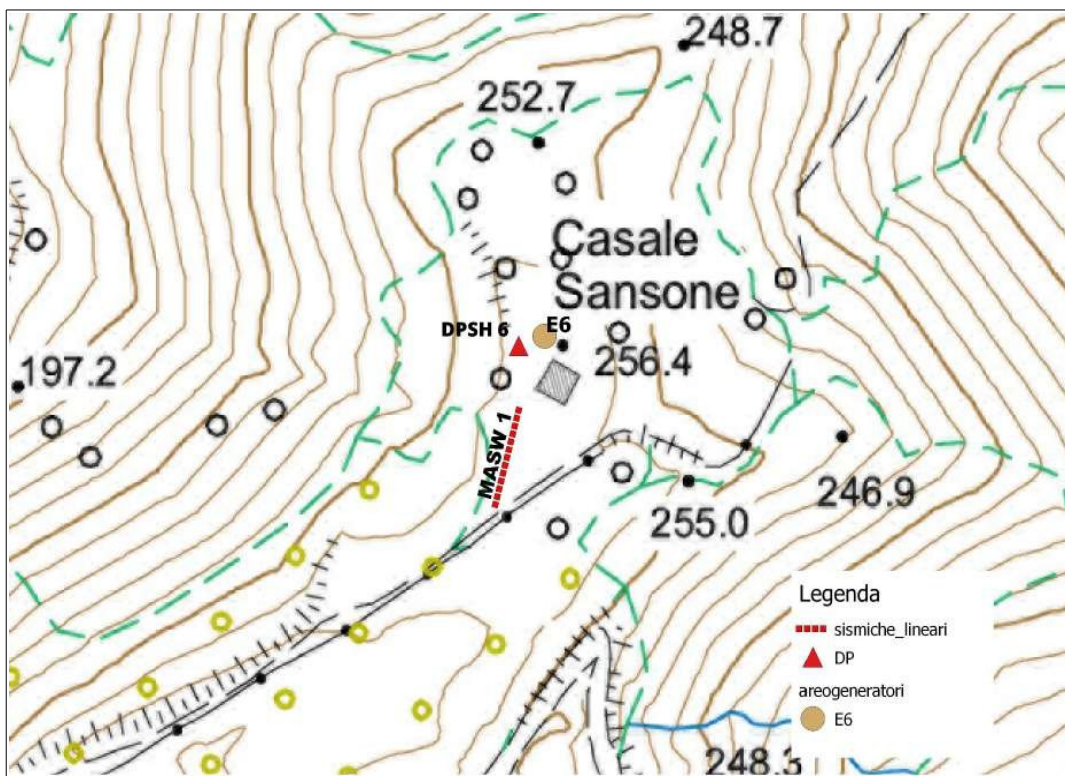


Fig.14- Ubicazione delle prove effettuate

4 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

La stesura della seguente relazione è stata eseguita in ottemperanza alle disposizioni contenute nelle normative di riferimento elencate di seguito:

- “Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l’esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazioni”. D.M. 11 Marzo 1988;
- Istruzioni relative alle “Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l’esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione”. Circ. Min. LL.PP. n° 30483, 24 Settembre 1988;
- AGI: raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche, Giugno 1977;
- D.M. 05/02/1998 - Individuazione dei rifiuti non pericolosi sottoposti alle procedure semplificate di recupero ai sensi degli articoli 31 e 33 del decreto legislativo 5 febbraio 1997, n. 22 (modificato ed integrato ai sensi del D.M. 05/04/2006 n. 186);
- D.Lgs. 152 del 03/04/2006 – Norme in materia ambientale.
- Delibera di Giunta regionale n. 394 del 30/06/2009 – Adozione del Piano di Tutela delle Acque.
- Approvazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni”. D.M. 14 gennaio 2008 (pubblicate sulla Gazzetta Ufficiale n. 29 del 4 febbraio 2008, Supplemento ordinario n.30).
- CIRCOLARE 2 febbraio 2009, n. 617 Istruzioni per l'applicazione delle «Nuove norme tecniche per le costruzioni» di cui al decreto ministeriale 14 gennaio 2008.(GU n. 47 del 26-2-2009 - Suppl. Ordinario n.27).
- Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni approvato con Decreto Ministeriale del 17.01.2018 pubblicato sulla Gazzetta Ufficiale n. 42 del 20.02.2018, Supplemento Ordinario n.8;

5 DESCRIZIONE DELLE INDAGINI EFFETTUATE

5.1 PROVA PENETROMETRICA SUPER PESANTE (DPSH)

La prova penetrometrica dinamica consiste nell'infingere nel terreno una punta conica di dimensioni standard misurando il numero di colpi N necessari per l'infissione di 20 cm nel terreno.

Elementi caratteristici del penetrometro dinamico sono i seguenti:

- peso massa battente M
- altezza libera caduta H
- punta conica: diametro base cono D, area base A (angolo di apertura α)
- presenza o meno del rivestimento esterno (fanghi bentonitici).

Con riferimento alla classificazione ISSMFE (1988) dei diversi tipi di penetrometri dinamici si rileva la seguente suddivisione in quattro classi (in base al peso M della massa battente):

Tipo	Sigla di riferimento	peso della massa M (kg)	prof.max indagine battente (m)
Leggero	DPL (Light)	$M \leq 10$	8
Medio	DPM (Medium)	$10 < M < 40$	20-25
Pesante	DPH (Heavy)	$40 \leq M < 60$	25
Super pesante (Super Heavy)	DPSH	$M \geq 60$	25

Tab.4-Tipologie penetrometri

Il penetrometro utilizzato nella presente indagine è il: DINAMICO SUPER PESANTE (DPSH secondo la classifica ISSMFE) massa battente $M = 63.5$ kg, altezza di caduta $H = 0.75$ m, avanzamento $\delta = 20$ cm, punta conica ($\alpha=60-90^\circ$), diametro D 50.5 mm, area base cono $A=20$ cm² rivestimento / fango bentonitico:talora previsto;

In letteratura esistono numerose correlazioni, consolidate e fortemente sperimentate, per ricavare i parametri geotecnici dei terreni investigati sulla base dal valore N_{spt} ottenuto dalla prova penetrometrica. Per ulteriori approfondimenti si rimanda al capitolo n.4 della Relazione Geologica.

5.2 PROVA MASW ATTIVA (MULTICHANNEL ANALISYS OF SURFACE WAVES)

La tecnica MASW venne introdotta per la prima volta nell'ambito della comunità geofisica e geotecnica agli inizi del 1999. La Multichannel Analysis of Surface Waves è un metodo sismico mediante il quale è possibile costruire un profilo di velocità delle onde di taglio (V_s) in relazione alla profondità (V_s versus profondità), attraverso l'analisi delle onde superficiali tipo Rayleigh (onde R). Tale tecnica permette quindi di ottemperare a quanto previsto dalla nuova normativa che prevede che per la definizione dell'azione sismica si possa far riferimento ad un approccio semplificato che si basa sull'individuazione di categorie di sottosuolo di riferimento. Vengono pertanto definite le seguenti categorie di sottosuolo:

A – Formazioni litoidi o suoli omogenei molto rigidi caratterizzati da valori di V_{S30} superiori a 800 m/s, comprendenti eventuali strati di alterazione superficiali di spessore massimo pari a 3 m.

B – Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà

meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s;

C - Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente 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 180 m/s e 360 m/s.

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 e 180 m/s.

E – Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D con profondità del substrato non superiore a 30 m.

6 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEL SITO AEROGENERATORI

Le prove in situ e le indagini di laboratorio effettuate hanno permesso di definire il modello geotecnico del sito che è composto, già ricordato, da tre litologie secondo lo schema riportato in tabella:

Spessore	Litologia	PuvS	Cu	Mo	Fi
1.20	Terreno Vegetale	-	-	-	-
1.20 - 15.00	Arenaria	2.10	-	80	32/34°
4.00 - 15	Argille	1.90	0.80	110	24/26°

Tab. 5- Unità litotecniche

Ulteriori caratteristiche dell'area in esame:

- **Assenza di acqua sotterranea**
- **Sottosuolo di classe C** - Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 metri, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.
- **Categoria Topografica T1 per gli aerogeneratori E3,E4 ed E5**
L'area è caratterizzata da un buon grado di stabilità infatti, ad eccezione di piccoli fenomeni di dilavamento, non presentano indizi di fenomeni gravitativi incipienti o in atto, come tra l'altro evidenziato dalla cartografia sul rischio da frana del Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico dell'Autorità di Bacino della Regione.
- **Categoria Topografica T4 per gli aerogeneratori E1,E2,E6,E7,E8,E9 ed E10**
Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$

6.1 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEL SITO DELLA STAZIONE ELETTRICA DI TRASFORMAZIONE

Le prove in situ e le indagini di laboratorio effettuate hanno permesso di definire il modello geotecnico del sito che è composto da tre litologie secondo lo schema riportato in tabella:

Spessore	Litologia	PuvS	Cu	Mo	Fi
0.60 - 0.80	Terreno Vegetale	-	-	-	-
2.90 - 3.80	Conglomerati e saabbie	2.10	-	80	30/32°
10.40 - 10.60	Argille	1.90	0.80	110	24/26°

Tab. 6- Unità litotecniche

Ulteriori caratteristiche dell'area in esame:

- **Assenza di acqua sotterranea**
- **Sottosuolo di classe C** - Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti, con profondità del substrato superiori a

30 metri, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.

- **Categoria Topografica T1**

L'area è pianeggiante e caratterizzata da un buon grado di stabilità infatti.

7 VERIFICHE ESEGUITE

Le verifiche Allo Stato limite Ultimo (SLU) di tipo geotecnico(GEO) eseguite sono le seguenti:

- Collasso per carico limite dell'insieme fondazione-terreno
- Valutazione delle tensioni

Il sistema di riferimento Il sistema di riferimento locale è costituito da una terna destra di assi cartesiani ortogonali che ha l'asse X e l'asse Y giacente nel piano e l'asse Z in direzione verso il basso:

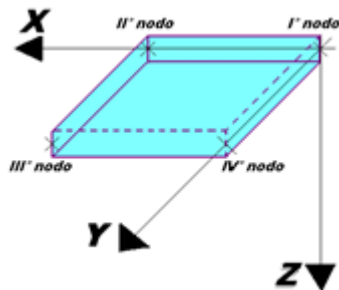


Fig.15-Sistema di riferimento

- **Carichi e reazioni vincolari**

P Peso delle componenti

$N=F_z$ Carico verticale positivo verso il basso

$T_x=F_x$ Forza orizzontale in direzione X positiva nel verso delle X crescenti.

$T_y=F_y$ Forza orizzontale in direzione Y positiva nel verso delle Y crescenti.

M_x Momento con asse vettore parallelo all'asse X positivo antiorario.

M_y Momento con asse vettore parallelo all'asse Y positivo antiorario.

- **Sollecitazioni**

M_x Momento flettente X con asse vettore parallelo all'asse Y (positivo se tende le fibre inferiori).

M_y Momento flettente Y con asse vettore parallelo all'asse X (positivo se tende le fibre inferiori).

8 STATI LIMITE DI TIPO GEOTECNICO PLINTO SU PALI SLU

Per garantire la portanza delle fondazioni saranno utilizzati 24 pali trivellati fino alla profondità di trenta metri e di diametro pari a 120cm.

Come evidenziato dalla Relazione geologica, che costituisce un allegato alla presente Relazione di calcolo preliminare, la sostanziale omogeneità delle stratigrafie del terreno per i siti di installazione degli aerogeneratori produce l'effetto di rendere valida la trattazione che segue per tutti gli aerogeneratori presenti, con l'avvertenza di tenere in conto che questo è solo un calcolo preliminare di massima che andrà poi approfondito e rielaborato per ciascuno dei 10 siti di installazione.

Per il calcolo in questo paragrafo si è fatto uso del software strutturale CDS prodotto dalla STS di Sant'agata Li Battiati (CT) numero di licenza n.21295.

Lo scopo della trattazione che segue è quello di verificare la lunghezza ed il numero di pali richiesti per la struttura in esame.

Saranno dunque eseguite le sole verifiche SLU di tipo geotecnico necessarie a quantificare il numero e la lunghezza di pali di fondazioni rimandando alla progettazione esecutiva le verifiche SLU di tipo strutturale (cfr.6.4.3.1 NTC2018) necessarie a definire nel dettaglio l'armatura dei pali.

La struttura viene schematizzata come anelli concentrici con altezza variabile crescente verso il centro con sotto i pali di fondazione secondo la disposizione di figura n.

▪ DIMENSIONI PLINTO

Le dimensioni del plinto, che ha forma di un tronco di cono, sono riportate in figura n.1:

Base circolare $R1=24,00m$

Sommità circolare $R2=6,00m$

Altezza minore $h1=0,40m$

Altezza maggiore $h2=2,75m$

Altezza sommità circolare $h3=0,70m$

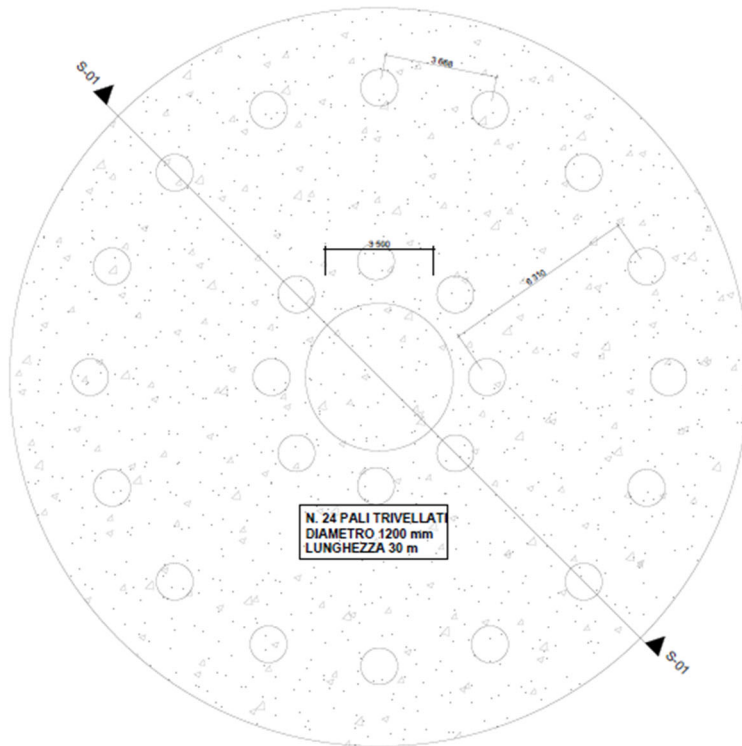
STRATIGRAFIA PLINTI																	
Plin N.ro	Q.t.v. (m)	Q.t.d. (m)	Q.falda (m)	Incl Grd	Kw kg/cm ²	Num Str	Sp.str. (m)	Peso Sp kg/m ³	F _i ' (Grd)	C' kg/cm ²	Cu kg/cm ²	Mod.El. kg/cm ²	Poisson	Coeff. Lambe	Gr.Sovr (%)	Mod.Ed. kg/cm ²	
	1,50	0,00		0		1	1,00	1900	20,00	0,00	0,00	50,00	0,20	0,00	1	50,00	
						2	2,50	1860	32,00	0,00	0,00	800,00	0,20	0,00	1	80,00	
						3		1990	24,00	0,90	2,70	200,00	0,20	0,00	3	110,00	

Tab.7

DATI GENERALI			
COEFFICIENTI PARZIALI GEOTECNICA			
	TABELLA M1		TABELLA M2
Tangente Resist. Taglio	1,00		
Peso Specifico	1,00		
Coesione Efficace (c'k)	1,00		
Resist. a taglio NON drenata (cuk)	1,00		
Tipo Approccio	Combinazione Unica: (A1+M1+R3)		
Tipo di fondazione	Su Pali Trivellati		
	COEFFICIENTE R1	COEFFICIENTE R2	COEFFICIENTE R3
Capacità Portante			2,30

Tab.8

PARTICOLARE FONDAZIONE SU PALI Scala 1:100



SEZIONE S-01 PARTICOLARE FONDAZIONE SU PALI Scala 1:100

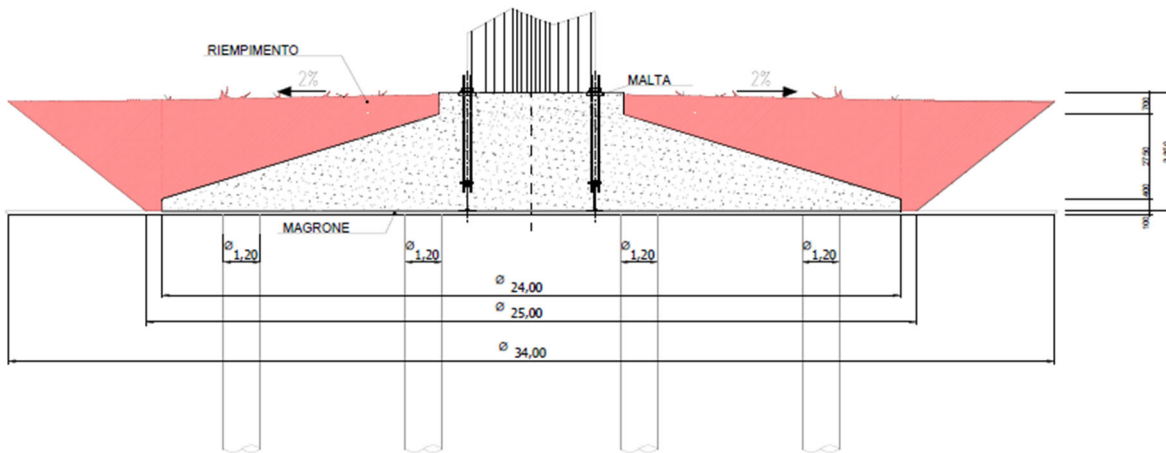


Fig.16-Tipico fondazione su pali trivellati

8.1 METODOLOGIA DI CALCOLO

▪ CAPACITÀ PORTANTE DI FONDAZIONI SU PALI

Il carico ultimo del palo a compressione risulta:

$$Q_{lim} = Q_{punta} + Q_{later} - P_{palo} - P_{attr_neg}$$

Q_{punta}: RESISTENZA ALLA PUNTA

- In terreni coesivi in condizioni non drenate:

$$Q_{punta} = (C_{up} \times N_c + \sigma_v) \times A_p \times R_c$$

essendo

C_{up} = coesione non drenata terreno alla quota della punta

N_c = coeff. di capacità portante = 9

σ_v = tensione verticale totale in punta

A_p = area della punta del palo

R_c = coeff. di *Meyerhof* per le argille S/C

$$R_c = \frac{D+1}{2D+1} \quad \text{per pali trivellati} \quad R_c = \frac{D+0,5}{2D} \quad \text{per pali infissi}$$

D = diametro del palo

- In terreni coesivi in condizioni drenate (secondo *Vesic*):

$$Q_{punta} = (\mu \times \sigma_v' \times N_q + c' \times N_c) \times A_p$$

essendo

$$\mu = \frac{1+2(1-\sin\phi')}{3}$$

$$N_q = \frac{3}{3-\sin\phi'} \exp \left[\left(\left(\frac{\pi}{2} - \phi' \right) \tan \phi' \right) \tan^2 \left(\frac{\pi}{4} + \frac{\phi'}{2} \right) \times I_{rr}^{\frac{4\sin\phi'}{3(1+\sin\phi')}} \right]$$

I_{rr} = indice di rigidezza ridotta

$$I_{rr} \approx I_r = \text{indice di rigidezza} = \frac{G}{c' + \sigma_v' \tan \phi'}$$

G = modulo elastico di taglio

σ_v' = tensione verticale efficace in punta

$$N_c = (N_q - 1) \cot \phi'$$

- In terreni incoerenti (secondo *Berezantzev*):

$$Q_{punta} = \sigma_v' \times \alpha_q \times N_q \times A_p$$

essendo

α_q = coeff. di riduzione per effetto silos in funzione di L/D

N_q = calcolato con φ* secondo *Kishida*:

$$\phi^* = \phi' - 3^\circ$$

per pali trivellati

L = lunghezza del palo

Patr_neg: CARICO DA ATTRITO NEGATIVO

Patr_neg = 0 in terreni coesivi in condizioni non drenate
Patr_neg = $As \times \beta \times \sigma'_m$ in terreni incoerenti o coesivi in condizioni drenate

essendo

β = coeff. di *Lambe*

σ'_m = pressione verticale efficace media lungo lo strato deformabile

Il carico ammissibile risulta pari a:

$$Q_{amm} = \left(\frac{Q_{punta}}{\mu_P} + \frac{Q_{later} - P_{palo} - Patr_neg}{\mu_L} \right) \times E_g$$

dove:

μ_P = coefficiente di sicurezza del palo per resistenza di punta

μ_L = coefficiente di sicurezza del palo per resistenza laterale

E_g = coefficiente di efficienza dei pali in gruppo:

- in terreni coesivi:

a) per plinti rettangolari (secondo *Converse-La Barre*):

$$E_g = 1 - \arctan \frac{D}{i} \cdot \frac{(n-1)m + (m-1)n}{90mn}$$

con

m = numero delle file dei pali nel gruppo

n = numero di pali per ciascuna fila

i = interasse fra i pali

- in terreni incoerenti:

$E_g = 2/3$ per pali trivellati

8.2 TABULATI DI CALCOLO

1) SPECIFICHE CAMPI TABULATI DI CALCOLO PALI IN CONDIZIONI DRENATE:

Si riporta di seguito la spiegazione delle sigle usate nella tabella di stampa della portanza delle fondazioni su pali in condizioni drenate.

Palo	: Numero del palo
Quota	: Quote significative del palo (testa, strati e punta)
StrNro	: Numero dello strato
SgmEff	: Tensione efficace alla quota attuale
CoeffKs	: Coefficiente di spinta laterale lungo lo strato
CoeffAttr.	: Coefficiente di attrito laterale lungo lo strato
Fi rid.	: Attrito terreno alla punta del palo
Rig.rid.	: Indice di rigidezza ridotta
AlfaQBerez	: Coefficiente di riduzione di Nq secondo Berentzanzev
EtaVVesic	: Coefficiente di riduzione di Nq secondo Vesic
CoeffNq	: Coefficiente di capacità portante
CoeffNc	: Coefficiente di capacità portante
QultPu	: Portanza ultima alla punta
QultLa	: Portanza ultima laterale
Peso	: Peso proprio del palo
Qneg	: Carico perso per attrito negativo
Eff.	: Coefficiente di efficienza della palificata
QlimCmp	: Portanza limite per compressione
QlimTrz	: Portanza limite per trazione
Comb.	: Numero di combinazione per la quale è stata eseguita la verifica
Qpalo	: Massimo sforzo agente sul palo. Se la portanza non verifica a trazione o compressione riporta il relativo valore di esercizio di trazione o compressione
Status Verif	: OK oppure NOVERIF a seconda che il carico di esercizio sia inferiore o superiore alla relativa portanza ammissibile di trazione o compressione

PORTANZA PALI IN CONDIZIONI DRENATE																					
PORTANZA PALI IN CONDIZIONI DRENATE																					
Plin N.ro	Quot m	St Nr	SgmEf t/mq	Coeff Ks	Coeff Attr	Fi* rid.	Rig. rid.	AlfaQ Berez	EtaV Vesic	Coeff. Nq	Coeff. Nc	QultP (t)	QultL (t)	Peso (t)	Qneg (t)	Eff.	QlimCmp (t)	QlimTrz (t)	Comb.	QPalo (t)	Status Verif.
1	2,5	1	4,8	0,658	0,36																
	2,5	1	4,8	0,658	0,36																
	5,0	2	9,4	0,470	0,62																
	32,3	3	63,7	0,593	0,45	21,0	25	0,000	0,761	11,83	28,21	550,5	596,2	84,26	0,00	1,00	852,98	544,37	A1/7	111,64	OK
2	2,5	1	4,8	0,658	0,36																
	2,5	1	4,8	0,658	0,36																
	5,0	2	9,4	0,470	0,62																
	32,3	3	63,7	0,593	0,45	21,0	25	0,000	0,761	11,83	28,21	550,5	596,2	84,26	0,00	1,00	852,98	544,37	A1/7	152,40	OK
3	2,5	1	4,8	0,658	0,36																
	2,5	1	4,8	0,658	0,36																
	5,0	2	9,4	0,470	0,62																
	32,3	3	63,7	0,593	0,45	21,0	25	0,000	0,761	11,83	28,21	550,5	596,2	84,26	0,00	1,00	852,98	544,37	A1/5	251,44	OK
4	2,5	1	4,8	0,658	0,36																
	2,5	1	4,8	0,658	0,36																
	5,0	2	9,4	0,470	0,62																
	32,3	3	63,7	0,593	0,45	21,0	25	0,000	0,761	11,83	28,21	550,5	596,2	84,26	0,00	1,00	852,98	544,37	A1/3	349,50	OK
5	2,5	1	4,8	0,658	0,36																
	2,5	1	4,8	0,658	0,36																
	5,0	2	9,4	0,470	0,62																
	32,3	3	63,7	0,593	0,45	21,0	25	0,000	0,761	11,83	28,21	550,5	596,2	84,26	0,00	1,00	852,98	544,37	A1/3	386,48	OK
6	2,5	1	4,8	0,658	0,36																
	2,5	1	4,8	0,658	0,36																
	5,0	2	9,4	0,470	0,62																
	32,3	3	63,7	0,593	0,45	21,0	25	0,000	0,761	11,83	28,21	550,5	596,2	84,26	0,00	1,00	852,98	544,37	A1/9	345,67	OK
7	2,5	1	4,8	0,658	0,36																
	2,5	1	4,8	0,658	0,36																
	5,0	2	9,4	0,470	0,62																

PORTANZA PALI IN CONDIZIONI DRENATE																					
PORTANZA PALI IN CONDIZIONI DRENATE																					
Plin N.ro	Quot m	St Nr	SgmEf t/mq	Coeff Ks	Coef Attr	Fi° rid.	Rig. rid.	AlfaQ Berez	EtaV Vesic	Coeff. Nq	Coeff. Nc	QultP (t)	QultL (t)	Peso (t)	Qneg (t)	Eff.	QlimCmp (t)	QlimTrz (t)	Comb.	QPalo (t)	Status Verif.
	32,3	3	63,7	0,593	0,45	21,0	25	0,000	0,761	11,83	28,21	550,5	596,2	84,26	0,00	1,00	852,98	544,37	A1/9	249,45	OK
8	2,5	1	4,8	0,658	0,36																
	2,5	1	4,8	0,658	0,36																
	5,0	2	9,4	0,470	0,62																
	32,3	3	63,7	0,593	0,45	21,0	25	0,000	0,761	11,83	28,21	550,5	596,2	84,26	0,00	1,00	852,98	544,37	A1/7	152,64	OK
9	1,2	1	2,3	0,658	0,36																
	1,2	1	2,3	0,658	0,36																
	3,7	2	6,9	0,470	0,62																
	31,0	3	61,3	0,593	0,45	21,0	26	0,000	0,761	11,95	28,52	541,3	552,7	84,26	0,00	1,00	808,33	509,56	A1/7	-16,31	OK
10	1,2	1	2,3	0,658	0,36																
	1,2	1	2,3	0,658	0,36																
	3,7	2	6,9	0,470	0,62																
	31,0	3	61,3	0,593	0,45	21,0	26	0,000	0,761	11,95	28,52	541,3	552,7	84,26	0,00	1,00	808,33	509,56	A1/7	-8,76	OK
11	1,2	1	2,3	0,658	0,36																
	1,2	1	2,3	0,658	0,36																
	3,7	2	6,9	0,470	0,62																
	31,0	3	61,3	0,593	0,45	21,0	26	0,000	0,761	11,95	28,52	541,3	552,7	84,26	0,00	1,00	808,33	509,56	A1/7	14,01	OK
12	1,2	1	2,3	0,658	0,36																
	1,2	1	2,3	0,658	0,36																
	3,7	2	6,9	0,470	0,62																
	31,0	3	61,3	0,593	0,45	21,0	26	0,000	0,761	11,95	28,52	541,3	552,7	84,26	0,00	1,00	808,33	509,56	A1/5	51,23	OK
13	1,2	1	2,3	0,658	0,36																
	1,2	1	2,3	0,658	0,36																
	3,7	2	6,9	0,470	0,62																
	31,0	3	61,3	0,593	0,45	21,0	26	0,000	0,761	11,95	28,52	541,3	552,7	84,26	0,00	1,00	808,33	509,56	A1/5	93,18	OK
14	1,2	1	2,3	0,658	0,36																
	1,2	1	2,3	0,658	0,36																
	3,7	2	6,9	0,470	0,62																
	31,0	3	61,3	0,593	0,45	21,0	26	0,000	0,761	11,95	28,52	541,3	552,7	84,26	0,00	1,00	808,33	509,56	A1/3	135,06	OK
15	1,2	1	2,3	0,658	0,36																
	1,2	1	2,3	0,658	0,36																
	3,7	2	6,9	0,470	0,62																
	31,0	3	61,3	0,593	0,45	21,0	26	0,000	0,761	11,95	28,52	541,3	552,7	84,26	0,00	1,00	808,33	509,56	A1/3	171,91	OK
16	1,2	1	2,3	0,658	0,36																
	1,2	1	2,3	0,658	0,36																
	3,7	2	6,9	0,470	0,62																
	31,0	3	61,3	0,593	0,45	21,0	26	0,000	0,761	11,95	28,52	541,3	552,7	84,26	0,00	1,00	808,33	509,56	A1/3	197,26	OK
17	1,2	1	2,3	0,658	0,36																
	1,2	1	2,3	0,658	0,36																
	3,7	2	6,9	0,470	0,62																
	31,0	3	61,3	0,593	0,45	21,0	26	0,000	0,761	11,95	28,52	541,3	552,7	84,26	0,00	1,00	808,33	509,56	A1/3	207,25	OK
18	1,2	1	2,3	0,658	0,36																
	1,2	1	2,3	0,658	0,36																
	3,7	2	6,9	0,470	0,62																
	31,0	3	61,3	0,593	0,45	21,0	26	0,000	0,761	11,95	28,52	541,3	552,7	84,26	0,00	1,00	808,33	509,56	A1/9	199,74	OK
19	1,2	1	2,3	0,658	0,36																
	1,2	1	2,3	0,658	0,36																
	3,7	2	6,9	0,470	0,62																
	31,0	3	61,3	0,593	0,45	21,0	26	0,000	0,761	11,95	28,52	541,3	552,7	84,26	0,00	1,00	808,33	509,56	A1/9	175,88	OK
20	1,2	1	2,3	0,658	0,36																
	1,2	1	2,3	0,658	0,36																
	3,7	2	6,9	0,470	0,62																
	31,0	3	61,3	0,593	0,45	21,0	26	0,000	0,761	11,95	28,52	541,3	552,7	84,26	0,00	1,00	808,33	509,56	A1/9	138,50	OK
21	1,2	1	2,3	0,658	0,36																
	1,2	1	2,3	0,658	0,36																
	3,7	2	6,9	0,470	0,62																
	31,0	3	61,3	0,593	0,45	21,0	26	0,000	0,761	11,95	28,52	541,3	552,7	84,26	0,00	1,00	808,33	509,56	A1/9	93,68	OK
22	1,2	1	2,3	0,658	0,36																
	1,2	1	2,3	0,658	0,36																
	3,7	2	6,9	0,470	0,62																
	31,0	3	61,3	0,593	0,45	21,0	26	0,000	0,761	11,95	28,52	541,3	552,7	84,26	0,00	1,00	808,33	509,56	A1/9	49,73	OK
23	1,2	1	2,3	0,658	0,36																
	1,2	1	2,3	0,658	0,36																
	3,7	2	6,9	0,470	0,62																
	31,0	3	61,3	0,593	0,45	21,0	26	0,000	0,761	11,95	28,52	541,3	552,7	84,26	0,00	1,00	808,33	509,56	A1/7	15,30	OK
24	1,2	1	2,3	0,658	0,36																
	1,2	1	2,3	0,658	0,36																
	3,7	2	6,9	0,470	0,62																
	31,0	3	61,3	0,593	0,45	21,0	26	0,000	0,761	11,95	28,52	541,3	552,7	84,26	0,00	1,00	808,33	509,56	A1/7	-7,72	OK

Tab.9-Portanza condizioni drenate

2) SPECIFICHE CAMPI TABULATI DI CALCOLO PALI IN CONDIZIONI NON DRENATE:

Si riporta di seguito la spiegazione delle sigle usate nella tabella di stampa della portanza delle fondazioni su pali in condizioni non drenate.

Plinto	: Numero del plinto
Quota	: Quote significative del palo (testa, strati e punta)
StrNro	: Numero dello strato
SgmTot	: Pressione totale alla quota attuale
AlfaC	: Coefficiente di riduzione della coesione lungo lo strato
Coeff.Nq	: Coefficiente di capacità portante
Coeff.Nc	: Coefficiente di capacità portante
QultPun	: Portanza ultima alla punta
QultLat	: Portanza ultima laterale
Peso	: Peso proprio del palo
EfPal	: Coefficiente di efficienza della palificata
QlimCmp	: Portanza limite per compressione
QlimTrz	: Portanza limite per trazione
Comb.	: Numero di combinazione per la quale è stata eseguita la verifica
QPalo	: Massimo sforzo agente sul palo. Se la portanza non verifica a trazione o compressione riporta il relativo valore di esercizio di trazione o compressione.
Status Verif.	: OK oppure NOVERIF a seconda che il carico di esercizio sia inferiore o superiore alla relativa portanza ammissibile di trazione o compressione

PORTANZA PALI IN CONDIZIONI NON DRENATE															
PORTANZA PALI IN CONDIZIONI NON DRENATE															
Plint N.ro	Quota m	Strat Nro	SgmTot t/mq	AlfaC	Coeff. Nq	Coeff. Nc	QultPun (t)	QultLat (t)	Peso (t)	EfPal	QlimCmp (t)	QlimTrz (t)	Comb.	QPalo (t)	Status Verif.
1	2,50	1	4,75	0,700											
	2,50	1	4,75	0,700											
	5,00	2	9,40	0,700											
	32,30	3	63,73	0,350	1,00	9,00	132,04	572,11	84,26	1,00	522,03	525,09	A1/7	111,64	OK
2	2,50	1	4,75	0,700											
	2,50	1	4,75	0,700											
	5,00	2	9,40	0,700											
	32,30	3	63,73	0,350	1,00	9,00	132,04	572,11	84,26	1,00	522,03	525,09	A1/7	152,40	OK
3	2,50	1	4,75	0,700											
	2,50	1	4,75	0,700											
	5,00	2	9,40	0,700											
	32,30	3	63,73	0,350	1,00	9,00	132,04	572,11	84,26	1,00	522,03	525,09	A1/5	251,44	OK
4	2,50	1	4,75	0,700											
	2,50	1	4,75	0,700											
	5,00	2	9,40	0,700											
	32,30	3	63,73	0,350	1,00	9,00	132,04	572,11	84,26	1,00	522,03	525,09	A1/3	349,50	OK
5	2,50	1	4,75	0,700											
	2,50	1	4,75	0,700											
	5,00	2	9,40	0,700											
	32,30	3	63,73	0,350	1,00	9,00	132,04	572,11	84,26	1,00	522,03	525,09	A1/3	386,48	OK
6	2,50	1	4,75	0,700											
	2,50	1	4,75	0,700											
	5,00	2	9,40	0,700											
	32,30	3	63,73	0,350	1,00	9,00	132,04	572,11	84,26	1,00	522,03	525,09	A1/9	345,67	OK
7	2,50	1	4,75	0,700											
	2,50	1	4,75	0,700											
	5,00	2	9,40	0,700											
	32,30	3	63,73	0,350	1,00	9,00	132,04	572,11	84,26	1,00	522,03	525,09	A1/9	249,45	OK
8	2,50	1	4,75	0,700											
	2,50	1	4,75	0,700											
	5,00	2	9,40	0,700											
	32,30	3	63,73	0,350	1,00	9,00	132,04	572,11	84,26	1,00	522,03	525,09	A1/7	152,64	OK
9	1,20	1	2,28	0,700											
	1,20	1	2,28	0,700											
	3,70	2	6,93	0,700											
	31,00	3	61,26	0,350	1,00	9,00	130,97	572,11	84,26	1,00	521,24	525,09	A1/7	-16,31	OK

PORTANZA PALI IN CONDIZIONI NON DRENATE																
PORTANZA PALI IN CONDIZIONI NON DRENATE																
Plint N.ro	Quota m	Strat Nro	SgmTot t/mq	AlfaC	Coeff. Nq	Coeff. Nc	QultPun (t)	QultLat (t)	Peso (t)	EfPal	QlimCmp (t)	QlimTrz (t)	Comb.	QPalo (t)	Status Verif.	
10	1,20	1	2,28	0,700												
	1,20	1	2,28	0,700												
	3,70	2	6,93	0,700												
	31,00	3	61,26	0,350	1,00	9,00	130,97	572,11	84,26	1,00	521,24	525,09	A1/7	-8,76	OK	
11	1,20	1	2,28	0,700												
	1,20	1	2,28	0,700												
	3,70	2	6,93	0,700												
	31,00	3	61,26	0,350	1,00	9,00	130,97	572,11	84,26	1,00	521,24	525,09	A1/7	14,01	OK	
12	1,20	1	2,28	0,700												
	1,20	1	2,28	0,700												
	3,70	2	6,93	0,700												
	31,00	3	61,26	0,350	1,00	9,00	130,97	572,11	84,26	1,00	521,24	525,09	A1/5	51,23	OK	
13	1,20	1	2,28	0,700												
	1,20	1	2,28	0,700												
	3,70	2	6,93	0,700												
	31,00	3	61,26	0,350	1,00	9,00	130,97	572,11	84,26	1,00	521,24	525,09	A1/5	93,18	OK	
14	1,20	1	2,28	0,700												
	1,20	1	2,28	0,700												
	3,70	2	6,93	0,700												
	31,00	3	61,26	0,350	1,00	9,00	130,97	572,11	84,26	1,00	521,24	525,09	A1/3	135,06	OK	
15	1,20	1	2,28	0,700												
	1,20	1	2,28	0,700												
	3,70	2	6,93	0,700												
	31,00	3	61,26	0,350	1,00	9,00	130,97	572,11	84,26	1,00	521,24	525,09	A1/3	171,91	OK	
16	1,20	1	2,28	0,700												
	1,20	1	2,28	0,700												
	3,70	2	6,93	0,700												
	31,00	3	61,26	0,350	1,00	9,00	130,97	572,11	84,26	1,00	521,24	525,09	A1/3	197,26	OK	
17	1,20	1	2,28	0,700												
	1,20	1	2,28	0,700												
	3,70	2	6,93	0,700												
	31,00	3	61,26	0,350	1,00	9,00	130,97	572,11	84,26	1,00	521,24	525,09	A1/3	207,25	OK	
18	1,20	1	2,28	0,700												
	1,20	1	2,28	0,700												
	3,70	2	6,93	0,700												
	31,00	3	61,26	0,350	1,00	9,00	130,97	572,11	84,26	1,00	521,24	525,09	A1/9	199,74	OK	
19	1,20	1	2,28	0,700												
	1,20	1	2,28	0,700												
	3,70	2	6,93	0,700												
	31,00	3	61,26	0,350	1,00	9,00	130,97	572,11	84,26	1,00	521,24	525,09	A1/9	175,88	OK	
20	1,20	1	2,28	0,700												
	1,20	1	2,28	0,700												
	3,70	2	6,93	0,700												
	31,00	3	61,26	0,350	1,00	9,00	130,97	572,11	84,26	1,00	521,24	525,09	A1/9	138,50	OK	
21	1,20	1	2,28	0,700												
	1,20	1	2,28	0,700												
	3,70	2	6,93	0,700												
	31,00	3	61,26	0,350	1,00	9,00	130,97	572,11	84,26	1,00	521,24	525,09	A1/9	93,68	OK	
22	1,20	1	2,28	0,700												
	1,20	1	2,28	0,700												
	3,70	2	6,93	0,700												
	31,00	3	61,26	0,350	1,00	9,00	130,97	572,11	84,26	1,00	521,24	525,09	A1/9	49,73	OK	
23	1,20	1	2,28	0,700												
	1,20	1	2,28	0,700												
	3,70	2	6,93	0,700												
	31,00	3	61,26	0,350	1,00	9,00	130,97	572,11	84,26	1,00	521,24	525,09	A1/7	15,30	OK	
24	1,20	1	2,28	0,700												
	1,20	1	2,28	0,700												
	3,70	2	6,93	0,700												
	31,00	3	61,26	0,350	1,00	9,00	130,97	572,11	84,26	1,00	521,24	525,09	A1/7	-7,72	OK	

Tab.10-Portanza condizioni non drenate

3) SPECIFICHE CAMPI TABULATI DI CALCOLO PALI CARICO ORTOGONALE:

Si riporta di seguito la spiegazione delle sigle usate sia nella tabella di stampa della verifica della portanza dei pali al carico ortogonale:

- Filo N.** : *Filo fisso di riferimento.*
- Int.** : *Interasse minimo tra i pali (per alcune tipologie può risultare inferiore al valore assegnato come input).*
- Cmbort** : *Combinazione di carico più gravosa per la verifica alla portanza per carico ortogonale. La mancanza di questo dato e di quelli seguenti indica che non si è eseguito questo tipo di verifica.*
- Q** : *Carico ortogonale massimo.*
- CoeffGrupp** : *Coefficiente di riduzione della portata ortogonale per pali disposti in gruppo.*
- Qlim** : *Carico ortogonale limite, pari al carico ortogonale massimo moltiplicato per il coefficiente di gruppo.*
- Qeser** : *Carico ortogonale di esercizio agente in testa al palo più sollecitato del plinto.*
- CoeffSicur** : *Coefficiente di sicurezza per la portanza ortogonale del palo, pari al rapporto tra il carico limite e il carico ortogonale di esercizio.*
- Verifica** : *Indicazione soddisfacimento delle verifiche di portanza.*

PORTANZA PALI A CARICO ORTOGONALE																	
PORTANZA PALI A CARICO ORTOGONALE									PORTANZA PALI A CARICO ORTOGONALE								
Filo N.	Int. cm	Comb.	Q t	Coeff Grupp	Qlim t	Qeser. t	Coeff Sicur	Verifica	Filo N.	Int. cm	Comb.	Q t	Coeff Grupp	Qlim t	Qeser. t	Coeff Sicur	Verifica
66		A1/1	4717,062	1,00	3628,51	0,00	999,90	OK	68		A1/1	4717,063	1,00	3628,51	0,00	999,90	OK
70		A1/1	4717,063	1,00	3628,51	0,00	999,90	OK	72		A1/1	4717,063	1,00	3628,51	0,00	999,90	OK
74		A1/1	4717,063	1,00	3628,51	0,00	999,90	OK	76		A1/1	4717,063	1,00	3628,51	0,00	999,90	OK
78		A1/1	4717,063	1,00	3628,51	0,00	999,90	OK	80		A1/1	4717,063	1,00	3628,51	0,00	999,90	OK
162		A1/1	4717,063	1,00	3628,51	0,00	999,90	OK	163		A1/1	4717,063	1,00	3628,51	0,00	999,90	OK
164		A1/1	4717,063	1,00	3628,51	0,00	999,90	OK	165		A1/1	4717,063	1,00	3628,51	0,00	999,90	OK
166		A1/1	4717,063	1,00	3628,51	0,00	999,90	OK	167		A1/1	4717,063	1,00	3628,51	0,00	999,90	OK
168		A1/1	4717,063	1,00	3628,51	0,00	999,90	OK	169		A1/1	4717,063	1,00	3628,51	0,00	999,90	OK
170		A1/1	4717,063	1,00	3628,51	0,00	999,90	OK	171		A1/1	4717,063	1,00	3628,51	0,00	999,90	OK
172		A1/1	4717,063	1,00	3628,51	0,00	999,90	OK	173		A1/1	4717,063	1,00	3628,51	0,00	999,90	OK
174		A1/1	4717,063	1,00	3628,51	0,00	999,90	OK	175		A1/1	4717,063	1,00	3628,51	0,00	999,90	OK
176		A1/1	4717,063	1,00	3628,51	0,00	999,90	OK	177		A1/1	4717,063	1,00	3628,51	0,00	999,90	OK

Tab.11-Portanza a carico ortogonale

8.3 RAPPRESENTAZIONE GRAFICA DEI RISULTATI NUMERICI

RAPPRESENTAZIONI GRAFICHE OUTPUT STRUTTURA

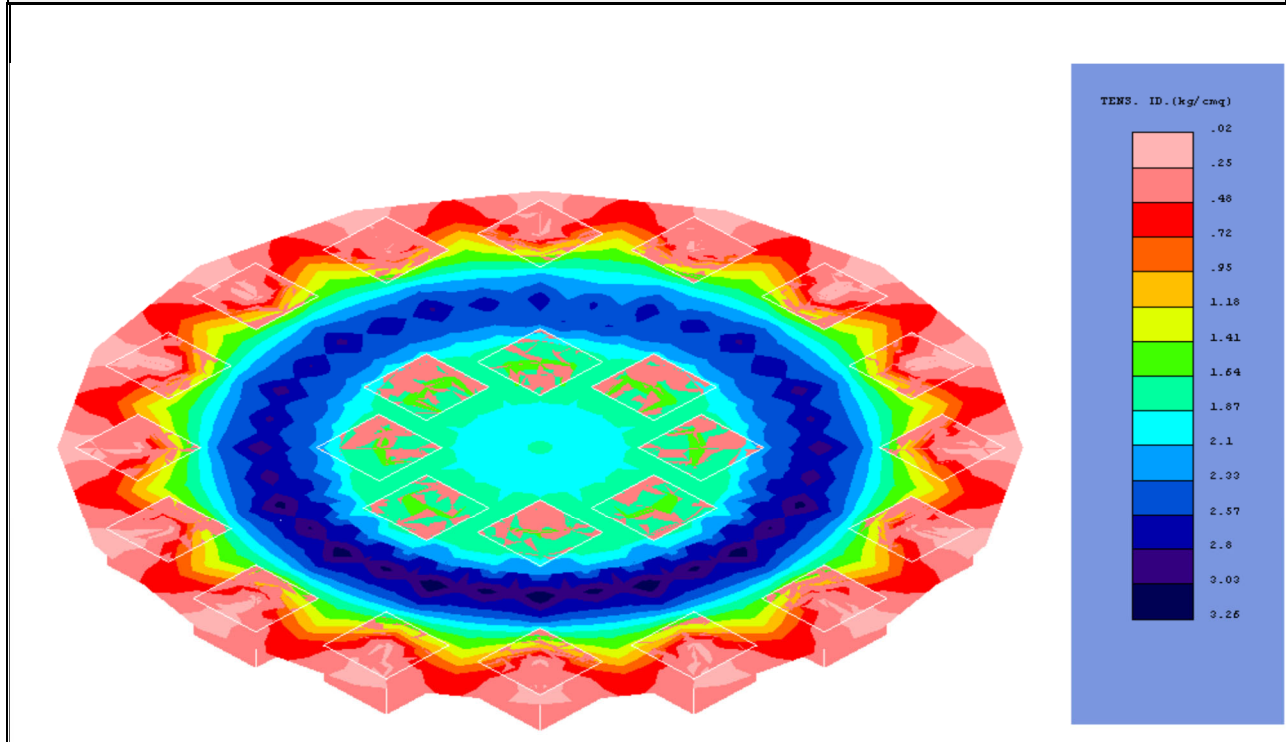
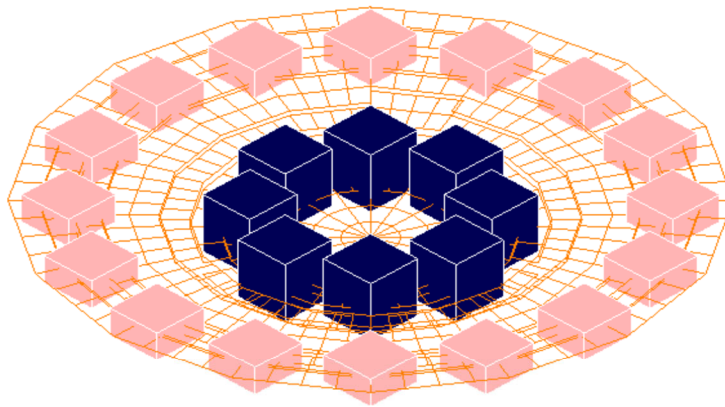
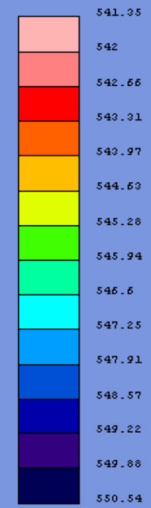


Fig. 17 TENSIONE IDEALE PIASTRA DI FONDAZIONE

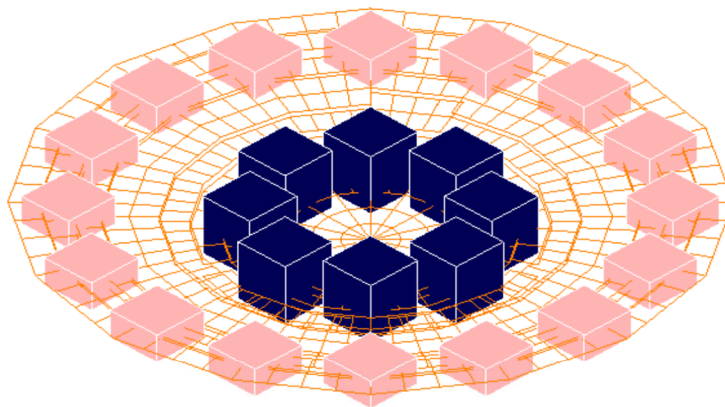
RAPPRESENTAZIONI GRAFICHE OUTPUT STRUTTURA



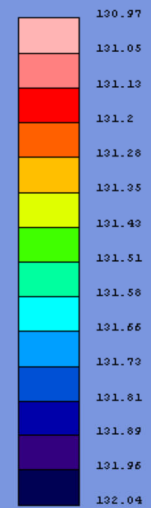
CAR.LIMITE DI PUNTA(σ)
Condiz. drenate



CAR.LIMITE DI PUNTA CONDIZ. DRENATE



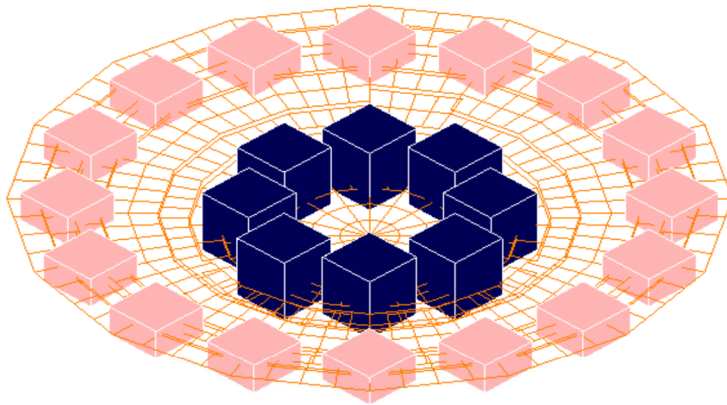
CAR.LIMITE DI PUNTA(σ)
Condiz. non drenate



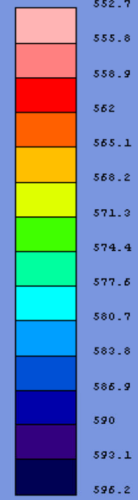
CAR.LIMITE DI PUNTA CONDIZ. NON DRENATE

Fig. 18 Carico Limite azione assiale

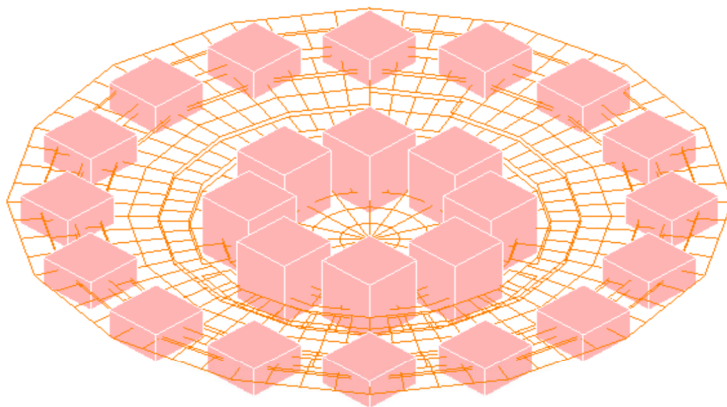
RAPPRESENTAZIONI GRAFICHE OUTPUT STRUTTURA



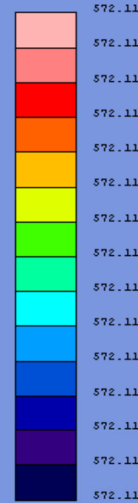
CAR.LIMITE LATERALE(t)
Condiz. drenate



CAR.LIMITE LATERALE CONDIZ. DRENATE



CAR.LIMITE LATERALE(t)
Condiz. non drenate



CAR.LIMITE LATERALE CONDIZ. NON DRENATE

Fig. 19 Carico Limite laterale

RAPPRESENTAZIONI GRAFICHE OUTPUT STRUTTURA

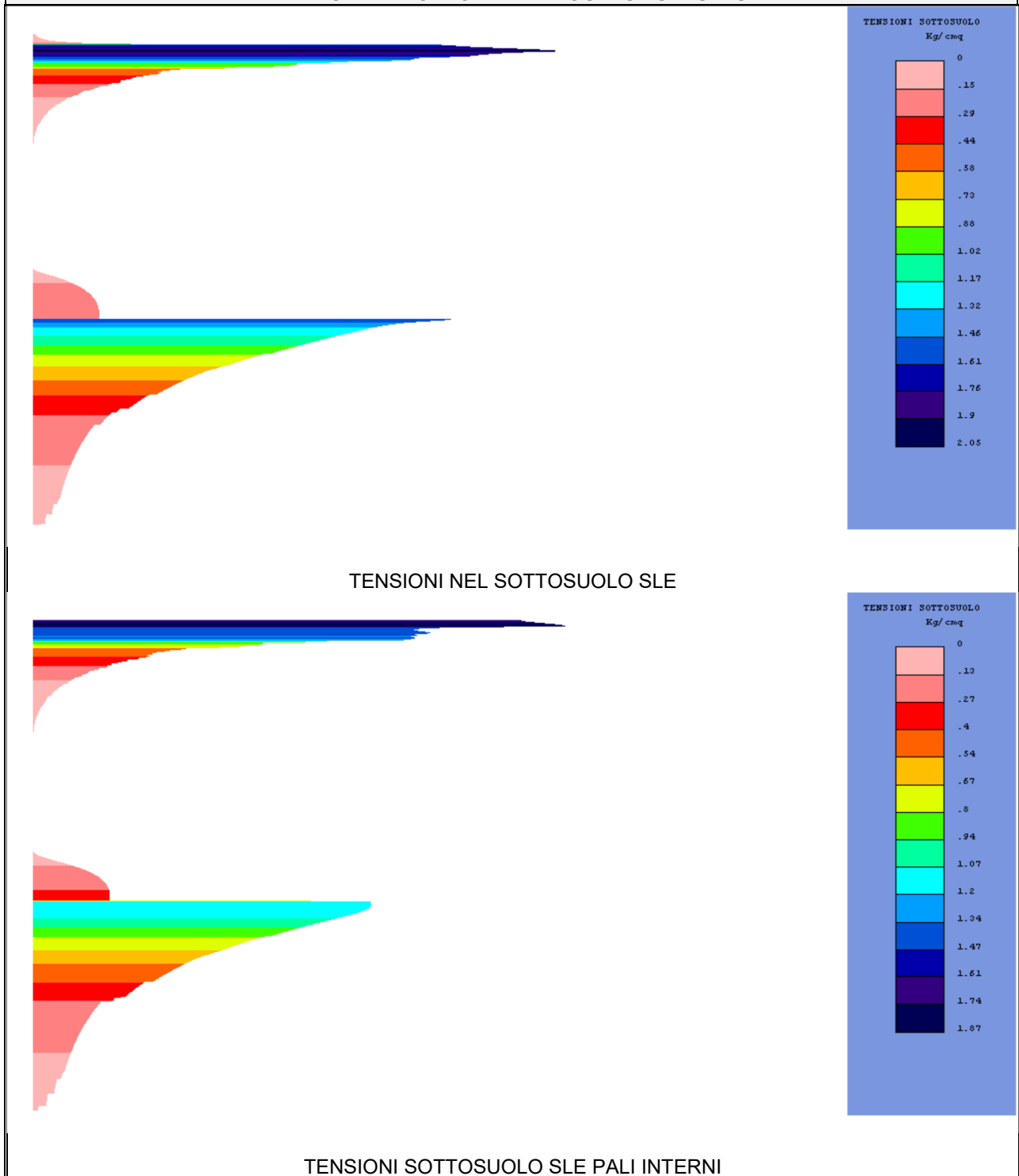


Fig. 20 Stato tensionale del terreno

9 DIMENSIONAMENTO FONDAZIONE DELLA CABINA DI RACCOLTA E CONTROL ROOM.

La Cabina di Raccolta e la Control room sono state collocate all'interno di una recinzione a pianta quadrata di dimensioni 15X15 metri.

La Cabina di Raccolta ha dimensioni 8,08X2,38 metri mentre la Control room ha dimensioni 6,08X2,38 metri come si evince dalla Tavola ELT05 che è parte integrante del presente elaborato, entrambe le strutture sono prefabbricate in c.a.v..

In questa fase verrà dimensionate le platee di fondazione degli edifici descritti al capoverso precedente; mentre i calcoli relativi alle strutture in elevazioni saranno sottoposti ad approvazione in occasione della presentazione del progetto esecutivo.

La platee di fondazione di altezza complessiva pari ad un metro saranno poggiate sotto la coltre di terreno vegetale che come si evince dalla Relazione Geologica ha uno spessore di 70cm, mentre l'estradosso sarà posto in alto rispetto al piano campagna di 30 cm.

9.1 CABINA DI RACCOLTA

Per il calcolo della portanza della platea si procede propedeuticamente alla definizione dei pesi agenti sulla struttura

Peso proprio Cabina di Raccolta	
Peso specifico pannelli perimetrali in c.a.v	2500kg/m ³
Superficie locale Cabina di Raccolta	S=8,08*2,38=19,23m ²
Peso pannello H=3,05m; L1=8,08m;s=0,15m	P1=2500*3,05*8,08*0,15=9241,50kg
Peso pannello H=3,05m; L2=2,38m;s=0,15m	P1=2500*3,05*2,38*0,15=2722,12kg
Peso solaio inferiore L1=8,08m;L2=2,308;s=0,15	P1=2500*8,08*2,38*0,15=7211,40kg
Peso proprio Totale struttura	PT=9241,5*2+2722,12*2+7211,4*2=38350,05kg

Tab.12-Peso proprio Cabina di Raccolta

Peso permanente ed accidentale Cabina di Raccolta	
Carico permanente mobili e strumenti interni	Pperm=100kg/m ²
Carico accidentale folla	Pfolla=200kg/m ²
Carico accidentale neve	Pneve=60kg/m ²

Tab.13

Determinazione dell'Azione Sismica SLV(si veda capitolo 11)	
$S(T)=ag*S*F0*(Tc/T)/q$	0,864/q
Periodo proprio approssimato della struttura (7.3.3.2.NTC2018)	$T=C1*H^{3/4}=0,075*3,05^{3/4}=0,17s$
Fattore di struttura $q=1,1*3$	$q=3,3$
$S(0,17)=0,617/3,3$	$S(0,17)=0,261g$
Fsismica agente sul solaio superiore Fsis: $Fsis=0,187*(PT+Pperm*S+Pfolla*S)$	$Fsis=0,261*(38350,05+100*19,23+200*19,23)$ $Fsis=11515,07kg$

Tab.14

- **Azioni agenti sulla platea di Fondazione**

Determinazione dell'Azione Sismica SLV(si veda capitolo 11)	
Azione assiale $N=(38350,05+100*19,23)*1,3+200*19,23*1,5$	N=58123,97kg
Azione Tagliante T=Fs	T=11515,07kg
Momento flettente M=11515,07*3,05	M=35121,00kg*m

Tab.15

9.1.1 COLLASSO PER CARICO LIMITE DELL'INSIEME FONDAZIONE TERRENO

- Calcolo in condizioni drenate per terreno a grana grossa.

Lo sforzo massimo agente sulla fondazione è pari a:

$$q_{max} = N/S + 6 * M / L^2 * L^1 = 58123,97 / (19,23) + 6 * 35121 / (2,38 * 8,08^2) = 0,44 \text{ kg/cm}^2$$

Applicando la formula di Terzaghi si determina il valore del carico limite (si trascura, a favore di sicurezza, il peso del terreno attorno al plinto) per lo strato di calcareniti su cui sarà poggiata la platea:

$$N_y = 30 \text{ per angolo d'attrito } \phi = 32^\circ$$

$N_c = 0$ per coesione posta cautelativamente pari $c = 0$ per lo strato di sabbie arenacee

$$y = 1860 \text{ kg/m}^3 \quad \text{peso specifico sabbie arenacee}$$

$$q_{LIM} = 1/2 * L^2 * y * N_y = 0,5 * 8,08 * 1860 * 30 = 22,54 \text{ kg/cm}^2$$

$$F_s = 22,54 / 0,44 > 2,3 \text{ (}\gamma_R\text{) VERIFICATA}$$

9.2 CONTROL ROOM

Per il calcolo della portanza del plinto si procede propedeuticamente alla definizione dei pesi agenti sulla struttura

Peso proprio Control Room	
Peso specifico pannelli perimentrali in c.a.v	2500kg/m ³
Superficie locale Control Room	S=6,08*2,38=14,47m ²
Peso pannello H=3,05m; L1=6,08m;s=0,15m	P1=2500*3,05*6,08*0,15=6954,0kg
Peso pannello H=3,05m; L2=2,38m;s=0,15m	P1=2500*3,05*2,38*0,15=2722,12kg
Peso solaio inferiore L1=6,08m;L2=2,308m;s=0,15m	P1=2500*6,08*2,38*0,15=5426,40kg
Peso proprio Totale struttura	PT=6954*2+2722,12*2+5426,4*2=30205,05kg

Tab.16-Peso proprio Control room

Peso permanente ed accidentale Cabina di Raccolta	
Carico permanente mobili e strumenti interni	Pperm=100kg/m ²

Carico accidentale folla	Pfolla=200kg/m ²
Carico accidentale neve	Pneve=60kg/m ²

Tab.17

Determinazione dell'Azione Sismica SLV(si veda capitolo 11)	
$S(T)=ag*S*F0*(Tc/T)/q$	0,864/q
Periodo proprio approssimato della struttura (7.3.3.2.NTC2018)	$T=C1*H^{3/4}=0,075*3,05^{3/4}=0,17s$
Fattore di struttura $q=1,1*3$	$q=3,3$
$S(0,17)=0,617/3,3$	$S(0,17)=0,261g$
F sismica agente sul solaio superiore Fsis: $Fsis=0,187*(PT+Pperm*S+Pfolla*S)$	$Fsis=0,261*(30205,05+100*14,47+200*14,47)$ $Fsis=9016,51kg$

Tab.18

▪ **Azioni agenti sulla platea di Fondazione**

Determinazione dell'Azione Sismica SLV(si veda capitolo 11)	
Azione assiale $N=(30205,05+100*14,47)*1,3+200*14,47*1,5$	N=45488,67kg
Azione Tagliante T=Fsis	T=9016,51kg
Momento flettente M=9016,51*3,05	M=27500,38kg*m

Tab.19

9.2.1 COLLASSO PER CARICO LIMITE DELL'INSIEME FONDAZIONE TERRENO

▪ **Calcolo in condizioni drenate per terreno a grana grossa.**

Lo sforzo massimo agente sulla fondazione è pari a:

$$q_{max}=N/S+6*M/L2*L1^2=45488,67/(14,47)+6*27500,38/2,38*6,08^2=0,50kg/cm^2$$

Applicando la formula di Terzaghi si determina il valore del carico limite (si trascura, a favore di sicurezza, il peso del terreno attorno al plinto) per lo strato di calcareniti su cui sarà poggiata la platea:

$$Ny=30 \text{ per angolo d'attrito } \phi=32^\circ$$

$$Nc=0 \text{ per coesione posta cautelativamente pari } c=0 \text{ per lo strato di calcareniti.}$$

$$y=1860kg/m^3 \quad \text{peso specifico calcareniti}$$

$$qLIM = 1/2*L2*y*Ny=0,5*6,08*1860*30=16,96kg/cm^2$$

$$Fs=16,96/0,50 > 2,3\gamma R \text{ VERIFICATA}$$

10 PORTANZA FONDAZIONE DELLA STAZIONE ELETTRICA DI TRASFORMAZIONE

La stazione elettrica lato utente è costituita da:

- 1) Un prefabbricato 20,80 x 4,60 m ed altezza massima fuori terra di circa 2,60 m, e sarà destinato a contenere i quadri di comando e controllo della stazione.
- 2) Una platea di fondazione su cui saranno imbullonati tramite piastre in acciaio le apparecchiature elettromeccaniche.

- Verifica platea fabbricato. Si assume una fondazione di altezza H=60cm

Peso proprio Stazione elettrica	
Peso specifico pannelli perimetrali in c.a.v	2500kg/m ³
Superficie locale Cabina di Raccolta	S=20,80*4,60=95,68m ²
Peso pannello H=2,60m; L1=20,80m;s=0,15m	P1=2500*2,60*20,80*0,15=20280,00kg
Peso pannello H=2,60m; L2=4,60m;s=0,15m	P1=2500*2,60*4,60*0,15=4485,00kg
Peso solaio inferiore L1=20,80m;L2=4,60;s=0,15	P1=2500*20,80*4,60*0,15=35880,00kg
Peso proprio Totale struttura	PT==121290,00kg

Tab.20-Peso proprio Locale Tecnico stazione elettrica

Peso permanente ed accidentale Stazione elettrica	
Carico permanente mobili e strumenti interni	Pperm=100kg/m ²
Carico accidentale folla	Pfolla=200kg/m ²
Carico accidentale neve	Pneve=60kg/m ²

Tab.21

Determinazione dell'Azione Sismica SLV(si veda capitolo 11)	
$S(T)=ag*S*F0*(Tc/T)/q$	0,641/q
Periodo proprio approssimato della struttura (7.3.3.2.NTC2018)	$T=C1*H^{3/4}=0,075*3,40^{3/4}=0,187s$
Fattore di struttura q=1,1*3	q=3,3
$S(0,187)=0,641/3,3$	$S(0,187)=0,194g$
Fsismica agente sul solaio superiore Fsis: $Fsis=0,187*(PT+Pperm*S+Pfolla*S)$	$Fsis=0,194*(121290+100*95,68+200*95,68)$ $Fsis=29098,84kg$

Tab.22

- Azioni agenti sulla platea di Fondazione

Determinazione dell'Azione Sismica SLV (si veda capitolo 11)	
Azione assiale $N=(121290+100*95,68)*1,3+200*95,68*1,5$	$N=198819,40\text{kg}$
Azione Tagliante $T=F_{sis}$	$T=29098,84\text{kg}$
Momento flettente $M=29098,84*2,90$	$M=75656,97\text{kg}\cdot\text{m}$

Tab.23

10.1 COLLASSO PER CARICO LIMITE DELL'INSIEME FONDAZIONE TERRENO

- Calcolo in condizioni drenate per terreno a grana grossa.

Lo sforzo massimo agente sulla fondazione è pari a:

$$q_{\max} = N/S + 6 \cdot M/L^2 \cdot L^1 = 198819,40 / (95,68) + 6 \cdot 75656,97 / (4,60 \cdot 20,80^2) = 0,23 \text{kg/cm}^2$$

Applicando la formula di Terzaghi si determina il valore del carico limite (si trascura, a favore di sicurezza, il peso del terreno attorno al plinto) per lo strato di arenarie su cui sarà poggiata la platea:

$$N_y = 25 \text{ per angolo d'attrito } \phi = 32^\circ$$

$N_c = 0$ per coesione posta cautelativamente pari $c = 0$ per lo strato di arenarie

$$y = 1860 \text{kg/m}^3 \quad \text{peso specifico arenarie}$$

$$q_{LIM} = 1/2 \cdot L^2 \cdot y \cdot N_y = 0,5 \cdot 20,80 \cdot 1860 \cdot 25 = 48,36 \text{kg/cm}^2$$

$$F_s = 48,36 / 0,23 > 2,3 \quad (\gamma_R) \text{ VERIFICATA}$$

10.2 VERIFICA PORTANZA PLATEA DI FONDAZIONE APPARECCHIATURE ELETTROMECCANICHE

- Verifica platea fabbricato. Si assume una fondazione di altezza $H = 50\text{cm}$

Peso proprio apparecchiature elettromeccaniche	
Trasformatore 150/30kV	61400kg
Scaricatori di sovratensione	50kg cadauno
Interruttore tripolare	1900kg incluso il sostegno
TV induttivo	610kg
Sezionatore tripolare	120kg per le tre linee
Colonnino partenza cavi	50kg

Tab.24-Peso proprio apparecchiature elettromeccaniche

La tabella n.24 evidenzia che i pesi delle opere elettromeccaniche sono molto esigui.

Fa' eccezione il trasformatore il cui peso è distribuito su quattro pilastri in acciaio imbullonati alla platea di fondazione.

La superficie di platea di influenza del trasformatore è pari a $S = 13,85 \cdot 7,2 = 99,72 \text{mq}$

Pertanto lo sforzo sul terreno è pari a $q = 61400 / 99,72 = 0,061 \text{kg/cm}^2$ che è un valore ampiamente sostenibile dall'interazione fondazione terreno per questo tipo di arenarie.

11 INFORMAZIONI GENERALI SULL'ELABORAZIONE E GIUDIZIO MOTIVATO DI ACCETTABILITÀ DEI RISULTATI

L'elaborato è stato strutturato, nella esposizione dei contenuti, in modo da rispondere a quanto prescritto dalla normativa vigente (D.M.14/01/2008 ed NTC2018), riportando nello specifico i punti di seguito riassunti.

- descrizione dell'opera;
- individuazione vita nominale dell'opera progettata;
- stati limite adottati;
- tipo di analisi strutturale condotta e motivazioni (lineare, non lineare, statica, dinamica);
- origine e caratteristiche dei codici di calcolo utilizzati.

I modelli di calcolo adottati sono da ritenersi appropriati in quanto non sono state riscontrate labilità e le reazioni vincolari equilibrano i carichi applicati.

Nel caso della verifica della fondazione su pali, le sollecitazioni fornite dal solutore, per le combinazioni di carico indicate nel tabulato di verifica del CDSWin, sono state validate effettuando gli equilibri alla rotazione e traslazione delle dette travi, secondo quanto meglio descritto nel calcolo semplificato, allegato alla presente relazione.

Si sono infine eseguite inoltre le verifiche di tali elementi strutturali con metodologie semplificate e, confrontandole con le analoghe verifiche prodotte in automatico dal programma, si è così potuto riscontrare la congruenza di tali risultati con i valori riportati dal software.

Si è inoltre verificato che tutte le funzioni di controllo ed autodiagnostica del software abbiano dato tutte esito positivo.

Da quanto sopra esposto si può quindi affermare che il calcolo è andato a buon fine e che il modello di calcolo utilizzato è risultato essere rappresentativo della realtà fisica, anche in funzione delle modalità e sequenze costruttive.