



REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA
COMUNE DI DECIMOPUTZU
Provincia del Sud Sardegna (SU)



PROGETTO DEFINITIVO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO
AGROVOLTAICO AVANZATO DENOMINATO DECIMOPUTZU

Loc. "Mitza Canna" e "Coddu Serra Gureu", Decimoputzu (SU) - 08020, Sardegna, Italia

Potenza Nominale: Impianto FV 18'589,22 kWp -- Sistema di accumulo 8,25 MW

	<p>Committente - Sviluppo progetto FV:</p> <p>Apollo Decimoputzu S.r.l. Viale della Stazione n. 7 - 39100 Bolzano (BZ) P.IVA 03168500217, PEC: apollodecimoputzu@legalmail.it</p>	<p>Gruppo di lavoro - VIA (La SIA S.p.A.)</p> <p>Riccardo Sacconi - Ingegnere Civile Antonio Dedoni - Ingegnere Idraulico Alberto Mossa - Archeologo Simone Manconi - Geologo Francesco Paolo Pinchera - Biologo</p> <p>Progettazione Agronomica (La SIA S.p.A.)</p> <p>Agr. Franco Milito - Agronomo Agr. Rita Bosi - Agronomo Agr. Stefano Atzeni - Agronomo</p> <p>Progettazione Elettrica</p> <p>Ing. Silvio Matta - Ing. Elettrico</p>
	<p>Coordinamento Progettisti</p> <p>Innova Service S.r.l. Via Santa Margherita n. 4 - 09124 Cagliari (CA) P.IVA 03379940921, PEC: innovaserviceca@pec.it</p>	
	<p>Coordinamento gruppo di lavoro VIA</p> <p>La SIA S.p.a. Viale Luigi Schiavonetti n. 286 - Roma (RM) P.IVA 08207411003, PEC: direzione.lasia@pec.it</p>	

Elaborato

RELAZIONE DI PREDIMENSIONAMENTO DELLE STRUTTURE DI FONDAZIONE

Codice elaborato REL_SP_STRUT			Scala -	Formato A4
REV.	DATA	ESEGUITO	VERIFICATO	APPROVATO
00	Gennaio 2024	Ing. Riccardo Sacconi	Innova Service S.r.l.	Apollo Decimoputzu S.r.l.

Note

INDICE

1. PREMESSA.....	2
2. INQUADRAMENTO DEL PROGETTO IN RELAZIONE AGLI STRUMENTI DI PIANIFICAZIONE TERRITORIALE ED AI VINCOLI AMBIENTALI.....	2
2.1 <i>Inquadramento geologico regionale</i>	4
2.2 <i>Inquadramento geologico locale</i>	7
2.2.1 <i>Stratigrafia</i>	8
3. DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO PROGETTUALE.....	9
4. CARATTERISTICHE PRINCIPALI.....	10
5. INQUADRAMENTO NORMATIVO	13
6. CALCOLO DELLE AZIONI	14
Calcolo di neve e pressione del vento	14
Calcolo azione del vento da applicare in Fondazione	15
Verifica della Fondazione su micropali in acciaio	17

1. PREMESSA

La presente relazione è relativa al progetto di realizzazione di un impianto di produzione di energia elettrica da fonte fotovoltaica della potenza di 18644,6 kW nel territorio del Comune di Decimoputzu (SU), in località "Mitza Canna" e "Coddu Serra Gureu"; e delle relative opere di connessione, ricadenti anch'esse nel territorio del comune di Ittiri.

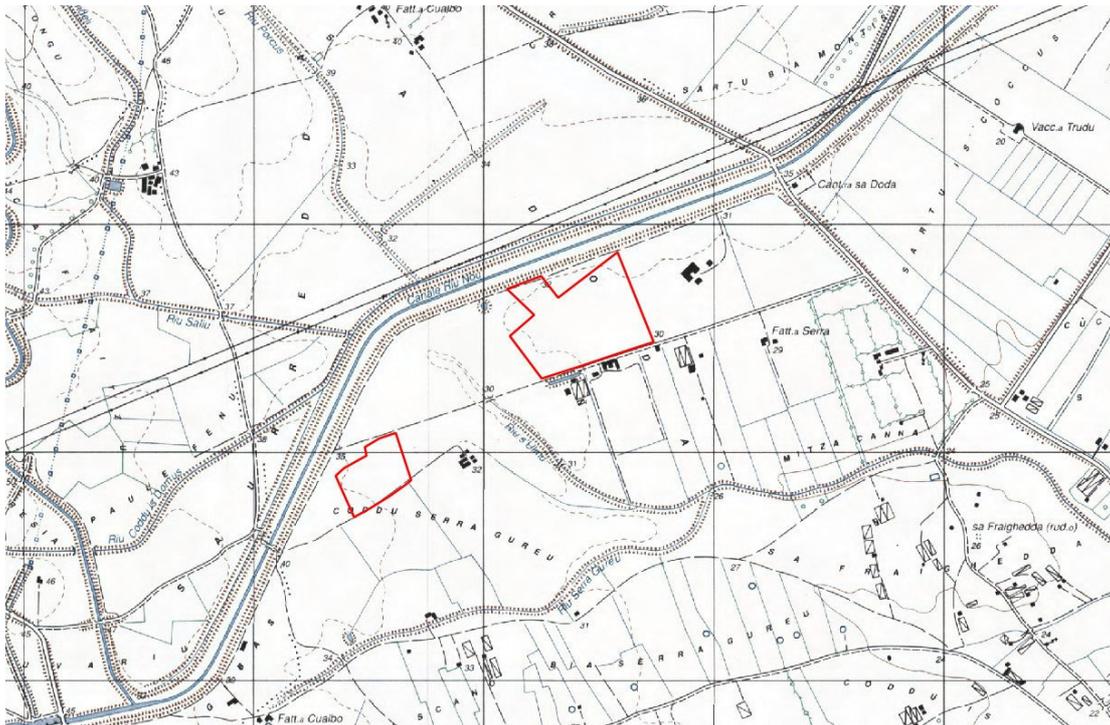
2. INQUADRAMENTO DEL PROGETTO IN RELAZIONE AGLI STRUMENTI DI PIANIFICAZIONE TERRITORIALE ED AI VINCOLI AMBIENTALI

Viene di seguito esposta la caratterizzazione localizzativa - territoriale del sito sul quale è previsto l'impianto e la rispondenza dello stesso alle indicazioni urbanistiche comunali, provinciali e regionali. Da tali dati risulta evidente la bontà dei siti scelti e la compatibilità degli stessi con le opere a progetto, fermo restando l'obbligo di ripristino dello stato dei luoghi a seguito di dismissione dell'impianto. L'area interessata ricade interamente nel territorio del comune di Decimoputzu provincia di Sud Sardegna, in località denominata "Mitza Canna" e "Coddu Serra Gureu".



Il sito oggetto di intervento è ubicato nella zona agricola del Comune di Decimoputzu (SU), in località "Coddu Sera Gureu", all'interno di un sito facilmente accessibile da qualunque mezzo di lavoro.

Nell'eseguire i lavori relativi all'ubicazione, alla caratterizzazione geologica, geomorfologica, geotecnica ed idrogeologica, si è fatto riferimento alla seguente cartografia:



IGM25000



INQUADRAMENTO GEOLOGICO

2.1 *Inquadramento geologico regionale*

L'ossatura della Sardegna è caratterizzata da un basamento Paleozoico e da coperture tardoerciniche, mesozoiche, e cenozoiche (paleogeniche, oligo-mioceniche e plio-plestoceniche) differenti per ambiente e significato geodinamico.

Il basamento Paleozoico è costituito da metamorfiti intruse da unità plutoniche di composizione prevalentemente granitoide (Carmignani et al., 1991 e riferimenti). Questo basamento rappresenta un frammento della catena ercinica sudeuropea, originata dalla collisione fra i margini continentali Armoricano e di Gondwana (Carmignani et al., 1992); esso è caratterizzato da un marcato aumento del grado metamorfico da SW a NE (Di Simplicio et al., 1974; Franceschelli et al., 1982). Procedendo da SW a NE, la catena ercinica della Sardegna è stata storicamente divisa in tre principali zone: esterna, a falde di ricoprimento e assiale (Carmignani et al., 1982; 1986 cum bibl.).

Le sequenze metamorfiche del basamento paleozoico sono caratterizzate da metamorfismo progrado di tipo Barroviano dalla zona esterna (facies degli scisti verdi) a quella assiale (facies anfibolitica). Durante le fasi postcollisionali, caratterizzate dal collasso e dall'esumazione dell'edificio a falde di ricoprimento, tutto il basamento metamorfico è stato iniettato da una serie di plutoni ad affinità calcicalina composizionalmente variabili da granodioriti a leucograniti, con quantità accessorie di rocce gabbroidi e tonalitiche, costituenti nell'insieme il batolite sardo. L'età di messa in posto è riferibile ad un intervallo temporale 310-300 Ma (Di Simplicio et al., 1974; Secchi et al., 1991; Di Vincenzo et al., 1992). Età radiometriche leggermente più recenti e riferibili a 286 Ma, sono state ottenute con il metodo Ar/Ar su plutoniti granitiche affioranti nel Sàrrabus meridionale (Sardegna sud-orientale; Dini et al., 2005).

Tutto il batolite è attraversato da uno sciame di filoni ad andamento variabile a seconda della regione. Esso è dominato da rocce basiche ("lamprofiri" Auct.) e francamente granitiche riferibili ad un intervallo di tempo compreso fra 290 ± 10 e 230 ± 10 Ma sulla base di numerosi dati radiometrici Ar-Ar e Rb-Sr (Vaccaro et al., 1991). Coperture tardo-erciniche. Durante le fasi estensionali della tettonica tardo-ercinica, si sviluppano dei bacini, colmati, in seguito, da successioni vulcaniche di stirpe orogenica e sedimentarie note in letteratura come "coperture tardo-erciniche". Tali coperture comprendono depositi dei bacini carbonifero-permiani sviluppatisi durante la fase distensiva post-collisionale, contemporaneamente all'esumazione della catena e alla messa in posto del batolite e di buona parte del suo corteo filoniano (Carmignani et al., 1991).

Tali successioni giacciono in netta discordanza angolare sul basamento metamorfico in diversi settori dell'Isola. Questa attività vulcanica è generalmente considerata come la parte finale del ciclo intrusivo tardo-ercinico (Bralia et al., 1981 e riferimenti).

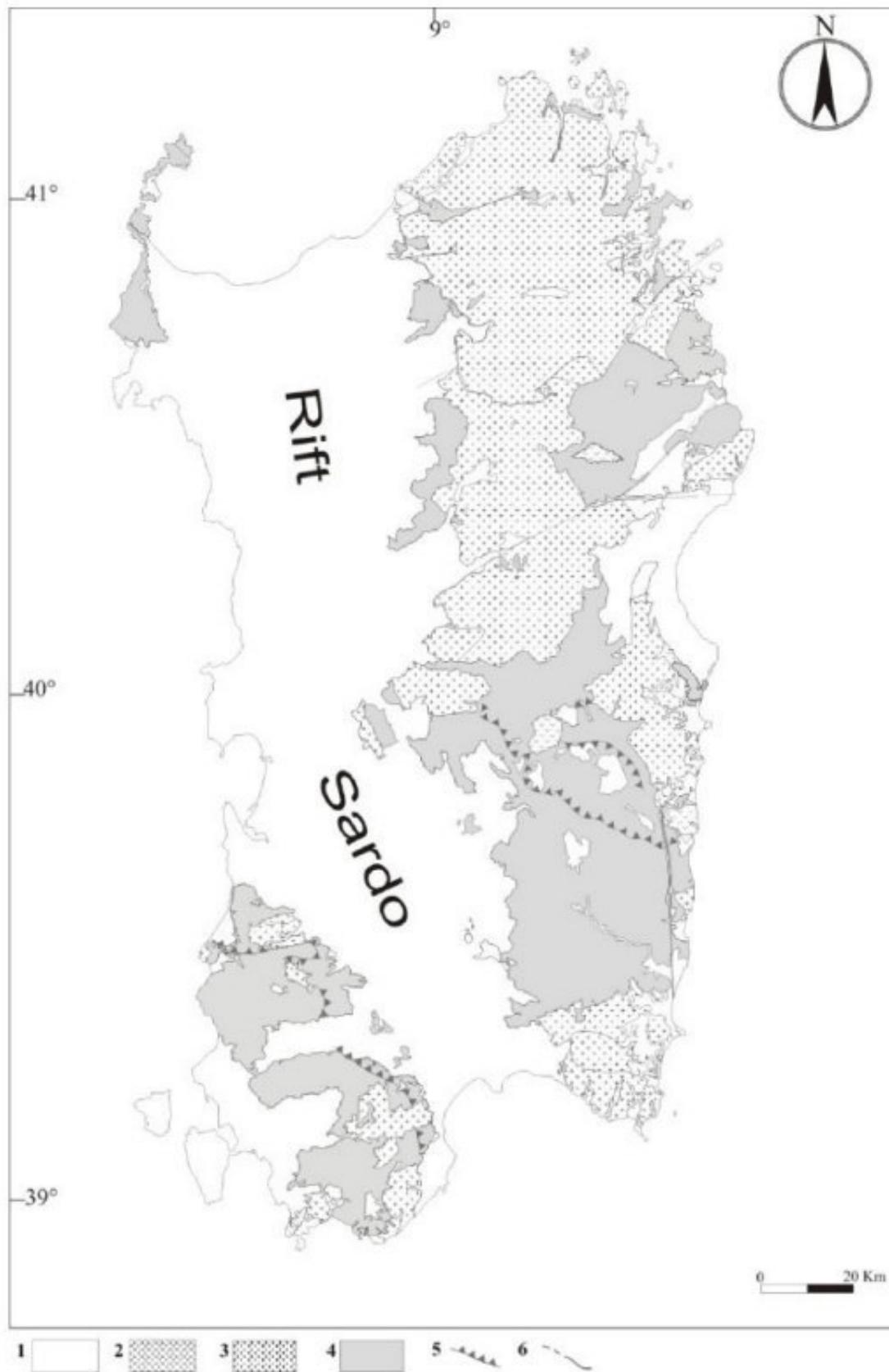


Fig.: Schema geologico semplificato del basamento paleozoico della Sardegna. (1) Coperture post-paleozoiche. (2) coperture vulcanosedimentarie tardo-erciniche; 3-4 basamento paleozoico; (3) granitoidi; (4) basamento metamorfico. Altri simboli: (5) accavallamenti principali; (6) faglie. Da Carmignani et al. (1991), modificato.

Le coperture mesozoiche sono rappresentate da successioni dominate da rocce carbonatiche di ambiente prevalentemente marino. Esse superano complessivamente i 1000 m di spessore ed affiorano diffusamente nella Sardegna orientale, nella Nurra meridionale, e nel Sulcis. Affioramenti più o meno discontinui di rocce mesozoiche caratterizzano il Sarcidano e la Barbagia (regione dei tacchi). Le coperture paleogeniche affiorano diffusamente nel Sulcis e nel Cixerri e in maniera discontinua nella Sardegna centrale. Esse raggiungono localmente i 400 m di spessore e sono costituite da sedimenti terrigeni di ambiente marino e continentale. Nel Sulcis, contengono potenti intercalazioni di carbone ("lignifero" Auct.). Tettonicamente, sono riferibili alla chiusura eoligocenica dei Pirenei ad ovest e delle Alpi occidentali che proseguivano a est del paleo blocco Sardo-Corso.

Coperture oligo-mioceniche. La porzione occidentale della Sardegna è dominata da coperture sedimentarie e vulcaniche orogeniche oligo-mioceniche che colmano il cosiddetto Rift sardo (Cherchi & Montadert, 1982; Fig. 2.2/B). Le sequenze del Rift, potenti sino a 1 000 m, affiorano diffusamente dal Logudoro-Meilogu sino alle estreme propaggini del Campidano meridionale e costituiscono uno dei tratti geologici e geomorfologici più importanti dell'Isola. Le successioni orogeniche affiorano nella Sardegna sudoccidentale (Sulcis) fuori dal Rift principale e costituiscono la zona vulcanica sudoccidentale nella zoneografia proposta da Lecca et al. (1997).

Nell'insieme, il Rift sardo è colmato da imponenti successioni vulcaniche e sedimentarie costituite da rocce andesitiche, ignimbriti e sedimenti prevalentemente di ambiente marino. Le successioni del Sulcis, poste fuori dal Rift, appaiono piuttosto caratteristiche. Esse nella porzione terminale contengono, infatti, successioni peralcaline (comenditi) leggermente più recenti rispetto alle successioni del Rift principale; non si osservano inoltre sequenze marine post-vulcaniche ampiamente diffuse nella Sardegna meridionale (Campidano meridionale) e nord-occidentale (Logudoro-Meilogu).

Le successioni vulcaniche sono nell'insieme riferibili all'intervallo temporale 27-15 Ma sulla base di numerosi dati radiometrici K/Ar, Rb/Sr e Ar/Ar (Morra et al., 1994; Lecca et al., 1997 e riferimenti). Sulla base dei dati stratigrafici e tettonici, Lecca et al. (1997) successivamente Sau et al. (2005) distinguono due fasi di Rift (Fig. 2.2B). Un quadro stratigrafico moderno è anche fornito da Assorgia et al. (1997). Le coperture vulcaniche anorogeniche.

Le fasi di apertura del Tirreno contribuiscono alla riattivazione del Rift sardo e all'instaurarsi di un vulcanismo anorogenico. Dal punto di vista tettonico, tale riattivazione non è però omogenea.

La Sardegna meridionale e centrale è dominata da processi di subsidenza, che originano ad esempio il graben del Campidano, mentre quella settentrionale è caratterizzata da innalzamenti isostatici e basculamento dei principali blocchi tettonici, che innescano fasi erosionali. Il ciclo vulcanico anorogenico plio-pleistocenico è caratterizzato da talora estesi espandimenti di rocce prevalentemente basiche ad affinità alcalina, transizionale e subalcalina (Beccaluva et al., 1987).

Esse costituiscono gli altopiani di Abbasanta, Paulilatino ed altri minori espandimenti nel Meilogu e nella Sardegna meridionale (giare). Complessi centrali sono invece rappresentati dal Montiferru e dal M.te Arci ai bordi settentrionali della fossa campidanese.

2.2 Inquadramento geologico locale

L'area d'intervento costituisce la parte arginale della fascia di inondazione del Rio Flumini Mannu, in un contesto geologico di tipo alluvionale, caratterizzato dalla prevalenza di litotipi incoerenti prevalentemente limoso-sabbiosi con interclusi ciottoli millimetrici, talora centimetrici e abbondante matrice argillosa.

In particolare, queste litologie si rinvencono con tessitura di tipo limoso-sabbiosa soprattutto in questa zona, che naturalmente risente direttamente delle condizioni di deflusso degli ulteriori elementi idrici che vengono drenati proprio dal Rio Mannu.

Le litologie presenti sono riconducibili alle sequenze deposizionali del Pleistocene -Olocene che caratterizzano nel Complesso tutta la piana alluvionale del Rio Mannu e dei relativi affluenti minori.

La presenza di termini prevalentemente sabbioso-limosi in abbondante matrice argillosa deriva dal fatto che in corrispondenza di questa specifica zona, i processi deposizionali sono avvenuti con tenori di energia fluviale piuttosto blandi, collegati per lo più a condizioni di trasporto di materiale in sospensione.

Questi terreni si presentano con interdigitazioni di altre litologie più sabbiose -ghiaiose corrispondenti alle condizioni di deflusso del reticolo minore, che in questa zona si presenta piuttosto variegato, con diversi elementi idrici che si intersecano tra di loro, a formare un vero e proprio reticolo di canali.

La Sardegna è classicamente divisa in tre grossi complessi geologici, che affiorano distintamente in tutta la regione per estensioni circa equivalenti: il basamento metamorfico ercinico, il complesso magmatico tardo- paleozoico e le successioni vulcano-sedimentarie tardo-paleozoiche, mesozoiche e cenozoiche.

Sulla base delle caratteristiche litostratigrafiche dell'area e in funzione dei dati rilevati in sito la successione litologica interessata dalle opere risulta essere così costituita dall'alto verso il basso:

- Sequenza deposizionale alluvionale, debolmente pedogenizzata in superficie, costituita da depositi caotici di sabbie ghiaiose prevalenti in matrice argilloso – limosa, con interclusi ciottoli prevalentemente silico-clastici eterometrici più o meno abbondanti, da mediamente a molto consistente in profondità (0.00 m – 2.00 m) (Olocene);
- Sequenza deposizionale alluvionale antica costituita da alternanze di livelli conglomeratici , sabbiosi e argillosi avente uno spessore di circa 125 m (Pleistocene);
- Substrato marnoso-arenaceo di consistenza coesiva (> 125 m) (Miocene inferiore-Medio);

Di seguito viene riportata la stratigrafia di un pozzo eseguito in corrispondenza dell'area d'intervento con la successione litologica riportata fino a una profondità di 140 m dal p.d.c, dalla quale si evince che lo spessore complessivo della successione deposizionale alluvionale supera i 125 m di spessore complessivo.

Relativamente alle condizioni topografiche, l'area d'intervento è inquadrabile in categoria T1, ovvero "Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione $i \leq 15^\circ$ ".

Per quanto attiene la definizione delle categorie di sottosuolo, ai sensi del D.M. 17/01/2018, l'area d'intervento corrisponde a quei settori ove il substrato roccioso risulta sistemato a profondità maggiore di 30 m con successione litologica costituita da ghiaie e sabbie, riconducibile quindi ad un categoria di sottosuolo prevalente di tipo "C" ovvero: "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."

2.2.1 Stratigrafia

Dalla relazione Geologica redatta dalla Dott. Simone Manconi ci troviamo sottosuoli appartenenti alla categoria "C" ovvero: "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."

- *Coltre deposizionale alluvionale, mediamente pedogenizzata in superficie, costituita da sabbie e ghiaie in matrice limo argillosa, frammiste ad elementi ciottolosi millimetrici, talora decimetrici, in matrice sabbiosa – limosa da mediamente a molto consistente (0,00 ÷ 2,00 metri dal piano di campagna):*

Peso di Volume naturale γ_n : 1690 Kg/m³

Peso di Volume saturo γ_s : 1720 Kg/m³

Angolo di Attrito Φ : 26.00°

Coesione **C**: 0,10 Kg/cm²

Modulo di compressibilità Elastica **Ey**: 120.00 Kg/cm²

Modulo di compressibilità Edometrica **Ed**: 110 Kg/cm²

- *Sequenza deposizionale conglomeratica costituita da alternanze di sabbie, ghiaie ed argille, riconducibili al Pleistocene (alluvioni antiche terrazzate) (2,00 ÷ 125.00 metri dal piano di campagna):*

Peso di Volume naturale γ : 2340 Kg/m³

Peso di Volume saturo γ : 2410 Kg/m³

Angolo di Attrito Φ : 34.00°

Coesione **C**: 0,10 Kg/cm²

Modulo di compressibilità Elastica **Ey**: 300.00 Kg/cm²

Modulo di compressibilità Edometrica **Ed**: 320.00 Kg/cm²

3. DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO PROGETTUALE

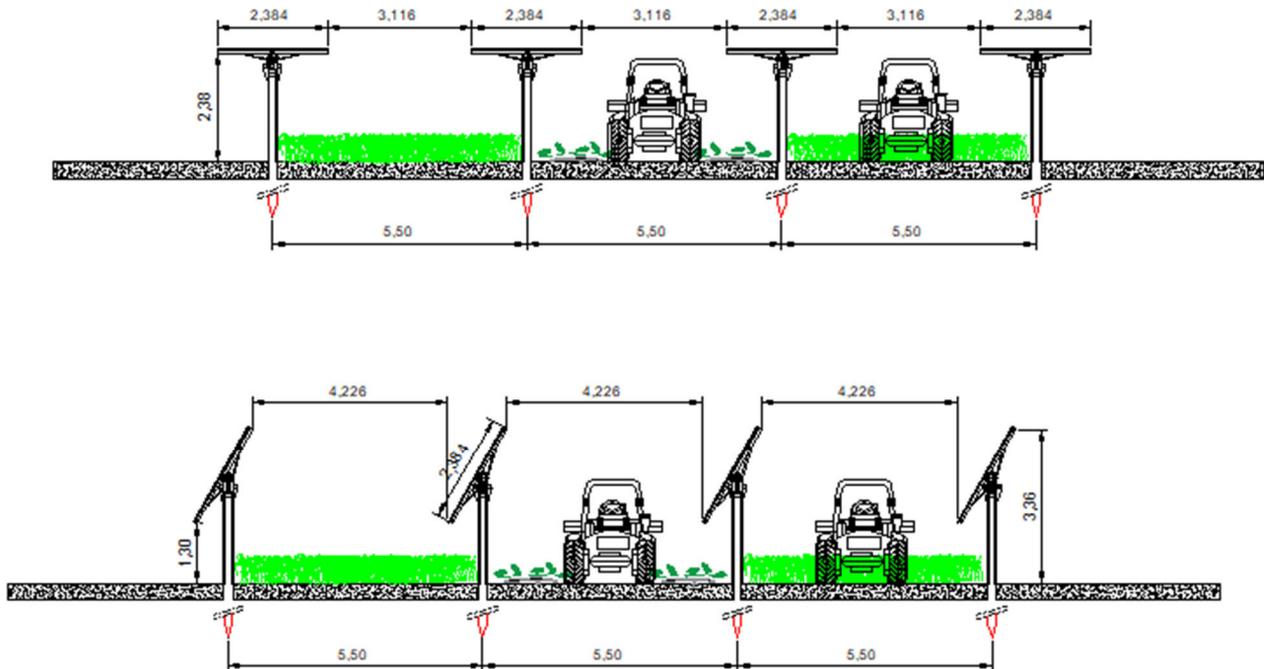
La realizzazione dell'impianto sarà eseguita mediante l'installazione di moduli fotovoltaici a terra installati su sistema ad inseguimento monoassiale che raggiunge +/- 55°G di inclinazione rispetto al piano di calpestio sfruttando interamente un rapporto di copertura non superiore al 50% della superficie totale. Il fissaggio della struttura di sostegno dei moduli al terreno avverrà a mezzo di un sistema di fissaggio del tipo a infissione con battipalo nel terreno e quindi amovibile in maniera tale da non degradare, modificare o compromettere in qualunque modo il terreno utilizzato per l'installazione e facilitarne lo smantellamento o l'ammmodernamento in periodi successivi senza l'effettuazione di opere di demolizione scavi o riporti. Il movimento dei moduli avviene durante l'arco della giornata con piccolissime variazioni di posizione che ad una prima osservazione darà l'impressione che l'impianto risulti fermo.

L'impianto in progetto, del tipo ad inseguimento monoassiale (inseguitori di rotolamento), prevede l'installazione di strutture di supporto dei moduli fotovoltaici (realizzate in materiale metallico), disposte in direzione Nord-Sud su file parallele ed opportunamente spaziate tra loro (interasse di 5.50 m), per ridurre gli effetti degli ombreggiamenti.

Le strutture di supporto sono costituite fondamentalmente da tre componenti:

- 1) I pali in acciaio zincato, direttamente infissi nel terreno;
- 2) La struttura porta moduli girevole, montata sulla testa dei pali, composta da profilati in alluminio, sulla quale vengono posate due file parallele di moduli fotovoltaici;
- 3) L'inseguitore solare monoassiale, necessario per la rotazione della struttura porta moduli.

L'inseguitore è costituito essenzialmente da un motore elettrico che tramite un'asta collegata al profilato centrale della struttura di supporto, permette di ruotare la struttura durante la giornata, posizionando i pannelli nella perfetta angolazione per minimizzare la deviazione dall'ortogonalità dei raggi solari incidenti, ed ottenere per ogni cella un surplus di energia fotovoltaica generata.



L'inseguitore solare serve ad ottimizzare la produzione elettrica dell'effetto fotovoltaico (il silicio cristallino risulta molto sensibile al grado di incidenza della luce che ne colpisce la superficie) ed utilizza la tecnica del backtracking, per evitare fenomeni di ombreggiamento a ridosso dell'alba e del tramonto. In pratica nelle prime ore della giornata e prima del tramonto i moduli non sono orientati in posizione ottimale rispetto alla direzione dei raggi solari, ma hanno un'inclinazione minore (tracciamento invertito). Con questa tecnica si ottiene una maggiore produzione energetica dell'impianto fotovoltaico, perché il beneficio associato all'annullamento dell'ombreggiamento è superiore alla mancata produzione dovuta al non perfetto allineamento dei moduli rispetto alla direzione dei raggi solari.

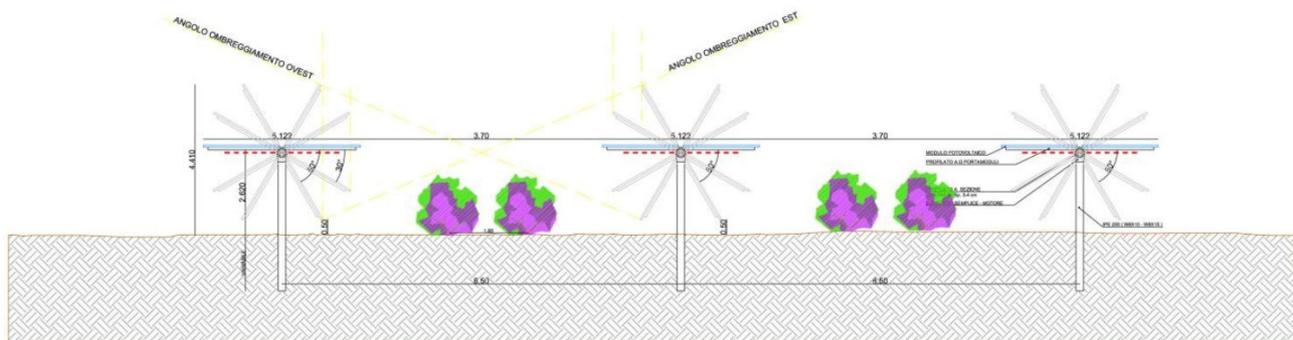


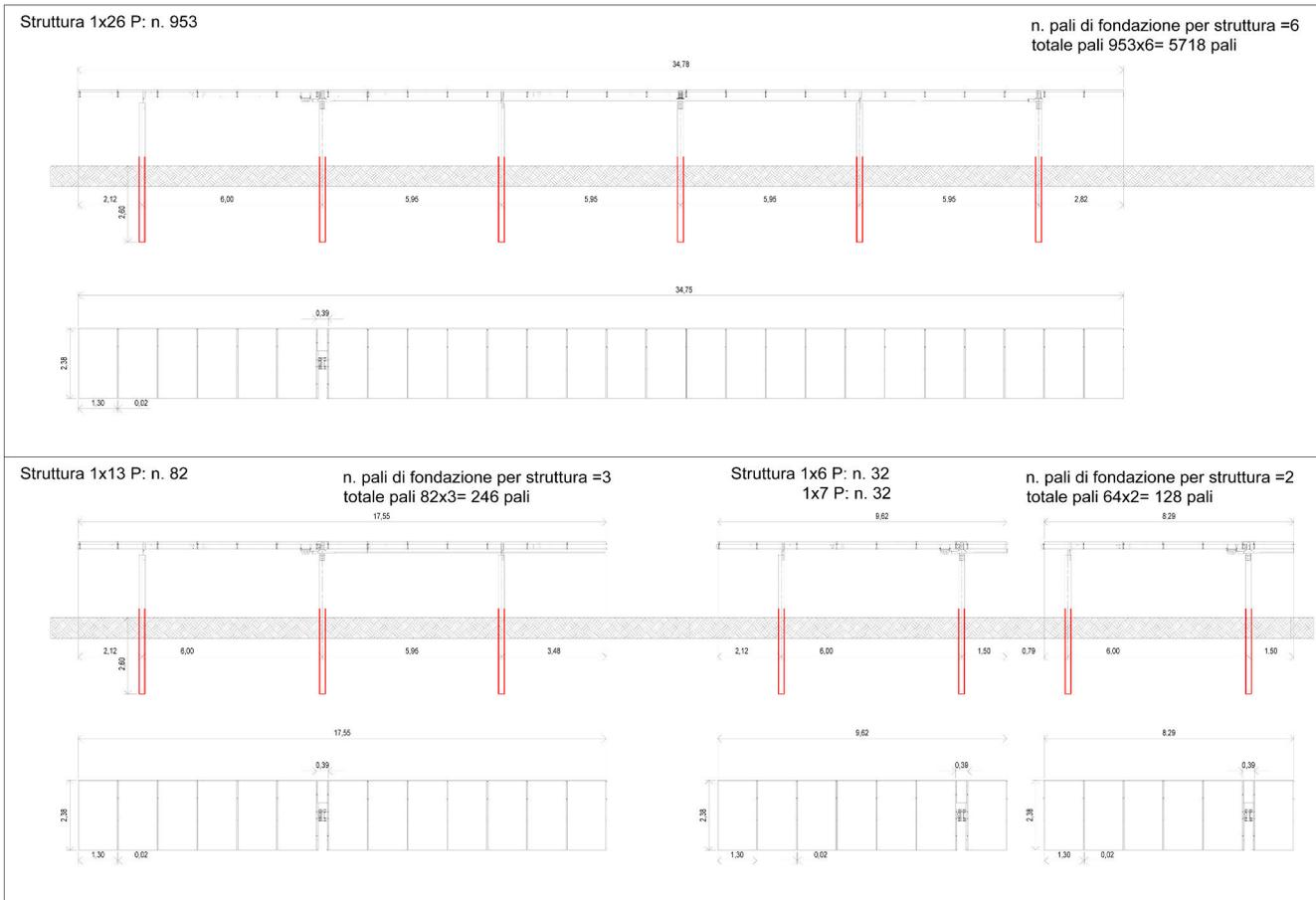
Fig. – Dettaglio trasversale struttura

L'altezza dei pali di sostegno è stata fissata in modo tale che lo spazio libero tra il piano campagna ed i moduli, alla massima inclinazione, sia superiore a 1,3 m, per agevolare la fruizione del suolo per le attività agricole. Di conseguenza, l'altezza massima raggiunta dai moduli è di 3,36 m. La larghezza in sezione delle suddette strade è variabile da 3,12 a 4,23 m, pertanto i mezzi utilizzati nelle fasi di cantiere e di manutenzione e in fase di sfruttamento agricolo del fondo potranno operare senza alcuna difficoltà. La tipologia di struttura prescelta, considerata la distanza tra le strutture gli ingombri e l'altezza del montante principale si presta ad una perfetta integrazione impianto tra impianto fotovoltaico ed attività agricole.

4. CARATTERISTICHE PRINCIPALI

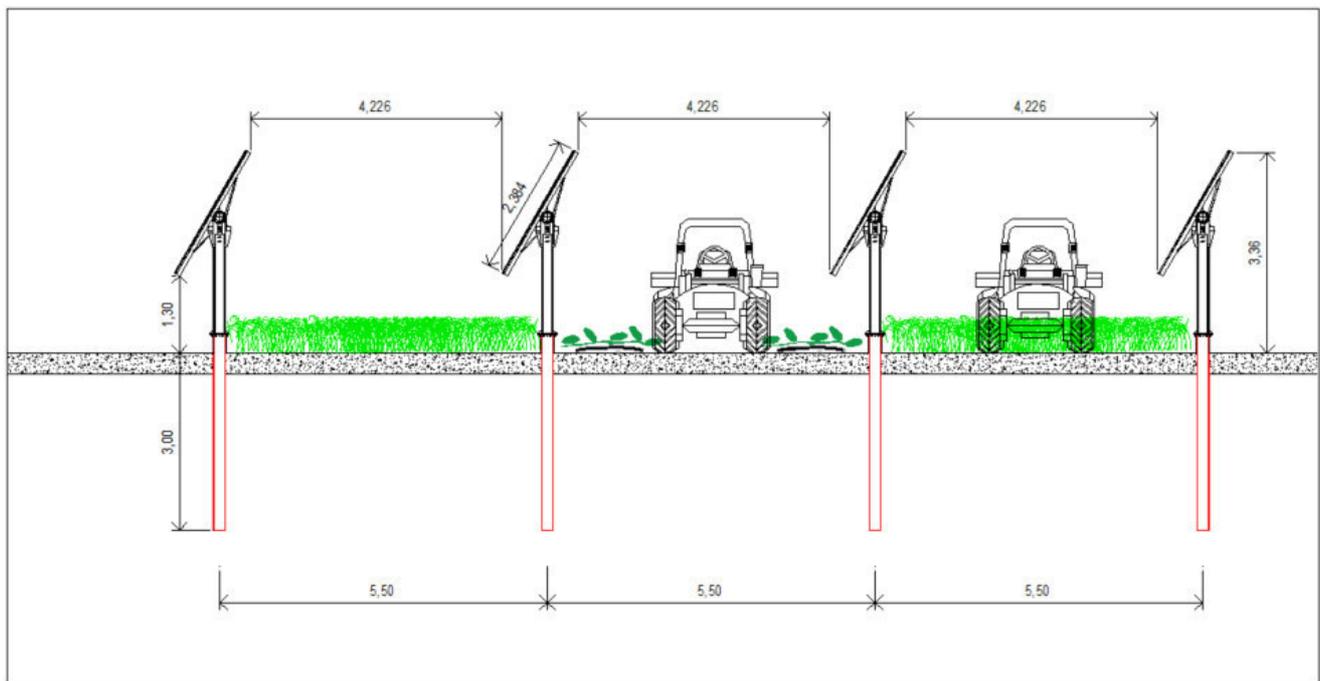
La struttura del tracker TRJ è completamente adattabile in base alle dimensioni del pannello fotovoltaico, alle condizioni geotecniche del sito specifico e alla quantità di spazio di installazione disponibile. La configurazione elettrica delle stringhe (x moduli per stringa) verrà raggiunta utilizzando la seguente configurazione di tabella dell'inseguitore con moduli fotovoltaici disponibile in verticale: per ogni x stringa PV, proponiamo Tracker Monoassiale tipo 1P. Nelle quattro configurazioni:

TRACKER monoassiale tipo 1P



Struttura 1x26, 1x13, 1x7 e 1x6 moduli fotovoltaici in verticale per sfruttare al meglio l'area a disposizione.

Per maggiori dettagli si rimanda alla tavola "TAV_TEC_01 – STRUT".



Il sistema di supporto dei moduli fotovoltaici prevede, come opera di fondazione, sostegni verticali conficcati direttamente nel terreno ad una profondità di 2,60 metri ed interasse di 5,5 metri circa.

I moduli fotovoltaici saranno fissati alla struttura di supporto attraverso delle grappe adatte, come richiesto dal manuale di installazione dei moduli.



5. INQUADRAMENTO NORMATIVO

- Legge 64/1974 "Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche". Indicazioni progettuali per le nuove costruzioni in zone sismiche a cura del Ministero per la Ricerca scientifica - Roma 1981.
- Decreto Ministero Infrastrutture Trasporti 17 gennaio 2018 "Norme tecniche per le Costruzioni"
- Circolare 21 gennaio 2019 n. 7 del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti "Istruzioni per l'applicazione delle 'Norme Tecniche delle Costruzioni' di cui al D.M. 17 gennaio 2018"

6. CALCOLO DELLE AZIONI

Di seguito viene riportato il calcolo dell'azione da vento (azione dominante) gravante sull'impianto fotovoltaico e che dovrà essere sostenuta dalla struttura di fondazione.

Il singolo pannello relativo all'impianto fotovoltaico è di dimensioni pari a circa 1,30m x 2,40m. Il carico generato dai moduli e dalla struttura di sostegno dell'impianto fotovoltaico è pari a:

$$P_{\text{impianto}} = n \cdot P_{\text{pannelli}} \times P_{\text{pan+sostegno}} = 30 \times 100 \text{kg} = 3000 \text{ kg}$$

L'azione del vento di seguito riportata è stata considerata agente sui moduli con una inclinazione pari a 30°

Calcolo di neve e pressione del vento

LOCALIZZAZIONE DELL'INTERVENTO

Ubicazione:

Località	DECIMOPUTZU
Provincia	SUD SARDEGNA
Regione	SARDEGNA
Latitudine	39,33600 N
Longitudine	8,91700 E
Altitudine s.l.m.	17,0 m

CALCOLO DELLE AZIONI DELLA NEVE E DEL VENTO

Normativa di riferimento:

D.M. 17 gennaio 2018 - NORME TECNICHE PER LE COSTRUZIONI

Cap. 3 - AZIONI SULLE COSTRUZIONI - Par. 3.3 e 3.4

Circolare n.7 - 21 gennaio 2019 C.S.LL.PP.

NEVE

Il carico della neve sulle coperture è calcolato in relazione ai seguenti parametri:

Zona: macro area derivante dalla suddivisione del territorio nazionale;

Esp.: zona topografica di esposizione al vento;

Ce: coefficiente di esposizione al vento;

TR: periodo di ritorno di progetto espresso in anni;

as: altitudine del sito;

qsk: valore caratteristico del carico della neve al suolo (per Tr = 50 anni);

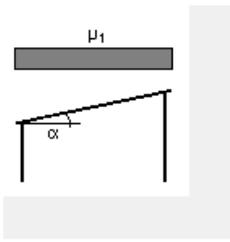
Zona	Esposizione	Ce	TR	as	qsk
III	Zona normale	1,00	50 anni	17 m	60,00

Copertura ad una falda:

Angolo di inclinazione della falda $\alpha = 30,0^\circ$

$$\mu_1 = 0,80 \Rightarrow Q_1 = 48 \text{ daN/mq}$$

Schema di carico:



VENTO

La velocità del vento è calcolata in relazione ai seguenti parametri:

Zona: macro area derivante dalla suddivisione del territorio nazionale (NTC - Tab. 3.3.I);

Vb,0: velocità base della zona (NTC - Tab. 3.3.I);

a0: altitudine base della zona (NTC - Tab. 3.3.I);

ks: parametro in funzione della zona in cui sorge la costruzione (NTC - Tab. 3.3.I);

as: altitudine del sito;

TR: periodo di ritorno di progetto espresso in anni;

Vb: velocità di riferimento calcolata come segue:

$$Vb = Vb,0 \text{ per } as \leq a0$$

$$Vb = Vb,0 (1 + ks ((as / a0) - 1)) \text{ per } a0 < as \leq 1500 \text{ m}$$

per $as > 1500 \text{ m}$ vanno ricavati da opportuna documentazione o da indagini comprovate

Tali valori non dovranno essere minori di quelli previsti per $as = 1500 \text{ m}$

Cr: coefficiente di ritorno in funzione del periodo di ritorno TR

Vr: velocità di riferimento riferita al periodo di ritorno TR

Zona	Vb,0	a0	ks	as	TR	Vb	Cr	Vr
5	28 m/s	750 m	0,40	17 m	50 anni	28,00 m/s	1,000	28,00 m/s

Pressione cinetica di riferimento, $qr = \rho Vr^2 / 2 = 49 \text{ daN/mq}$

dove: ρ è la densità dell'aria (assunta convenzionalmente costante = 1,25 kg/mc)

Esposizione:

Da cui i parametri della tabella 3.3.II delle NTC

Kr	z0	z min
0,20	0,10 m	5 m

Classe di rugosità del terreno: C (NTC - Tab. 3.3.III)

Aree con ostacoli diffusi (alberi, case, muri, recinzioni...); aree con rugosità non riconducibile alle classi A, B, D

L'azione del vento sulle costruzioni è determinata dai seguenti parametri:

Cp: coefficiente di pressione;

Cd: coefficiente dinamico;

Ct: coefficiente di topografia;

Ce: coefficiente di esposizione (funzione di z, z0 e Ct);

z: altezza sul suolo.

Cp	Cd	Ct	Ce	z
1,00	1,00	1,00	1,71	3,00 m

Pressione del vento

$$p = qr Ce Cp Cd = 84 \text{ daN/mq}$$

Calcolo azione del vento da applicare in Fondazione

La pressione del vento calcolata precedentemente ha portato alla determinazione delle

sollecitazioni più gravose da applicare in fondazione,

Considerando l'area di influenza di un singolo palo pari a 3m di lunghezza, secondo le combinazioni di carico amplificate previste dal D.M. 17 Gennaio 2018, considerando l'azione del vento applicata, nel caso di specie, ad una tettoia a falda singola secondo il paragrafo C3.3.8.2.1 della Circolare 21 gennaio 2019 n. 7:

AZIONI CARATTERISTICHE (ESTRADOSSO FONDAZIONE)		
N [kg]	V [kg]	M [kgm]
1200,00	1450,87	2321,40

Verifica della Fondazione su micropali in acciaio

- Micropali con tubolare in acciaio con infissione a secco

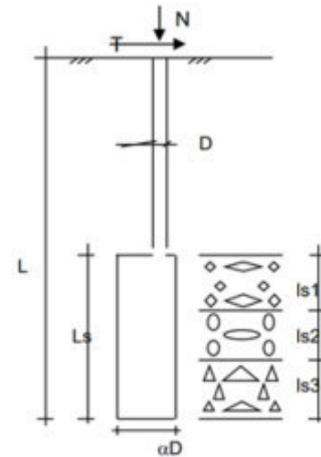
CAPACITA' PORTANTE DI UN MICROPALO

OPERA: DECIMOPUTZU

DATI DI INPUT:

Sollecitazioni Agenti:

	Permanenti	Temporanee	Calcolo
N (kN)	12,00	0,00	12,00
T (kN)	29,00	0,00	29,00



coefficienti parziali	azioni		proprietà del terreno	
	permanenti γ_g	temporanee variabili γ_g	ξ	γ_s
Metodo di calcolo				
Stato limite ultimo <input type="radio"/>	1,00	1,30	1,50	1,30
Tensioni ammissibili <input type="radio"/>	1,00	1,00	1,00	1,00
definiti dall'utente <input checked="" type="radio"/>	1,00	1,50	1,00	1,30

Caratteristiche del micropalo:

Diametro di perforazione del micropalo (D): 0,18 (m)

Lunghezza del micropalo (L): 2,60 (m)

Armatura:

Diametro dell'armatura (Darm): 193,0 (mm)

Spessore dell'armatura (Sarm): 8,0 (mm)

Modulo di elasticità dell'acciaio costituente l'armatura (Earm): 210.000 (N/mm²)

Area dell'armatura (Aarm): 4650 (mm²)

Momento di inerzia della sezione di armatura (Jarm): 1,993E+07 (mm⁴)

Modulo di resistenza della sezione di armatura (Warm): 206.514 (mm³)

Tipo di acciaio

Tensione di snervamento dell'acciaio (fy): 355 (N/mm²)

Tensione ammissibile dell'acciaio (σ_{amm}): 240 (N/mm²)

Malta di iniezione:

Res. compressione monoassiale malta di iniezione (σ_{malta}): 0 (N/mm²)

Coefficiente di Reazione Laterale:

Coeff. di Winkler (k): 1,0 (MN/m³)

CAPACITA' PORTANTE ESTERNA

Capacità portante di fusto

$$Ql = \sum_i \pi \cdot D_{si} \cdot s_i \cdot l_{si}$$

Tipo di Terreno	Spessore (l _{si}) (m)	α (-)	D _{si} = α · D (m)	s _i caratt. (MPa)	s _i calcolo (MPa)	Q _{si} (kN)
DEPOSITI ALLUVIONALI	2,00	1,60	0,29	0,200	0,154	278,39
DEPOSITI CONGLOMERATI	2,00	2,40	0,43	0,250	0,192	521,99
	0,00	0,00	0,00	0,000	0,000	0,00

L_s = 4,00 (m) Q_l = 800,38 (kN)

Capacità portante di punta

$$Q_p = 0,15 \cdot Q_l$$

Q_p = 120,06 (kN)

CARICO LIMITE DEL MICROPALO

COEFFICIENTE DI SICUREZZA

$$Q_{lim} = Q_b + Q_l$$

$$F_s = Q_{lim} / N \quad (F_s > 1)$$

Q_{lim} = 920,44 (kN)

F_s = 76,70

CAPACITA' PORTANTE PER INSTABILITA' DELL'EQUILIBRIO ELASTICO

Reaz. Laterale per unità di lunghezza e di spostam. (β) (β = k · D_{arm}):

0,19 (N/mm²)

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

$$\eta = P_k / N \quad (\eta > 10)$$

P_k = 1797,45 (MN)

η = 149,79

VERIFICA ALLE FORZE ORIZZONTALI

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

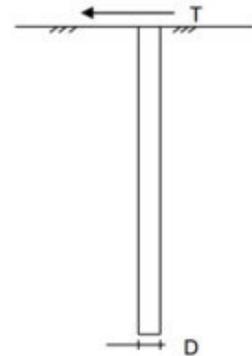
$$M = T / (2 \cdot b)$$

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

b = 0,322 (1/m)

Momento Massimo (M):

M = 45,03 (kN m)



VERIFICHE STRUTTURALI DEL MICROPALO

Acciaio Fe 510

Tensioni nel singolo micropalo

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

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

σ_{max} = 220,62 (N/mm²)

σ_{min} = -215,46 (N/mm²)

τ = 12,47 (N/mm²)

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

σ_{id} = 221,68 (N/mm²)