

SCALA N.A.	SEDE PROGETTO CAGLIARI		FORMATO A4	
REV.	DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO
00	02/10/2023	Ing. R. Sacconi	Innova Service S.r.l. Arch. G. R. Porpiglia	DS Italia 13 S.r.l.
DATA 02/10/2023	TIPO DI EMISSIONE Prima Emissione			
Committente- Sviluppo progetto FV: DS Italia 13 S.r.l. Via del Plebiscito n. 112 - Roma (RM) P.IVA 16380561007 		Studio di progettazione: LA SIA S.p.A. Viale L. Schiavonetti, 28600173-Roma (RM) P.IVA 08207411003 		
PROGETTO Progetto definitivo per la realizzazione di un impianto agrivoltaico denominato "Ittiri" della potenza di picco di 22.371,3 kWp e potenza di immissione di 18.010,0 kW e delle relative opere di connessione alla RTN nel comune di Ittiri (SS)				
TITOLO ELABORATO		RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURALE DIMENSIONAMENTO PRELIMINARE		
Coordinamento Progettisti: INNOVA SERVICE S.r.l. Via Santa Margherita, 4 - 09124 Cagliari (CA) P.IVA 03379940921, PEC: innovaserviceca@pec.it				
GRUPPO DI LAVORO: per INNOVA SERVICE S.r.l. Giorgio Roberto Porpiglia - Architetto Silvio Matta - Ingegnere Elettrico Aurora Melis - Geometra Antonio Dedoni - Ingegnere Idraulico Marta Camba - Geologo per La SIA S.p.A. Riccardo Sacconi - Ingegnere Civile Stefano Cherchi - Archeologo Franco Milito - Agronomo Francesco Paolo Pinchera - Biologo Rita Bosi - Dottore Agronomo				
NOME ELABORATO REL_SP_STRUT			REV 00	

INDICE

1. PREMESSA	3
2. INQUADRAMENTO DEL PROGETTO IN RELAZIONE AGLI STRUMENTI DI PIANIFICAZIONE TERRITORIALE ED AI VINCOLI AMBIENTALI	3
3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO.....	4
3.1 Inquadramento geologico regionale	4
3.2 Inquadramento geologico locale	7
3.2.1 Stratigrafia	9
4. DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO PROGETTUALE	10
5. CARATTERISTICHE PRINCIPALI.....	12
6. INQUADRAMENTO NORMATIVO	15
7. CALCOLO DELLE AZIONI	16
Calcolo pressione del vento	16
Calcolo azione del vento da applicare in Fondazione	17
Verifica della Fondazione su micropali in acciaio	18

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 **22.371,3 kW** nel territorio del Comune di Ittiri (SS), in località “**Coros-Monte Callistro**”; 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 Ittiri provincia di Sassari, in località denominata “Coros-Monte Callistro”.



La posizione del centro abitato di Ittiri è dislocata nella parte a Ovest-Nord-Ovest rispetto all'intervento proposto. Il territorio comunale di Ittiri si estende su una superficie di 111,56 Km² con una popolazione residente di circa 8.097 abitanti e una densità di 72,6 ab./Km². Confina a nord con i comuni di Usini e Ossi, a nord-ovest col comune di Uri, a nord-est con quello di Florinas, a sud con il comune di Romana, a sud-est coi comuni di Banari, Bessude e Thiesi, a sud-ovest con Villanova Monteleone e Putifigari. Dista 18 km da Sassari, 28 da Alghero, 36 da Porto Torres.

3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO

3.1 *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).

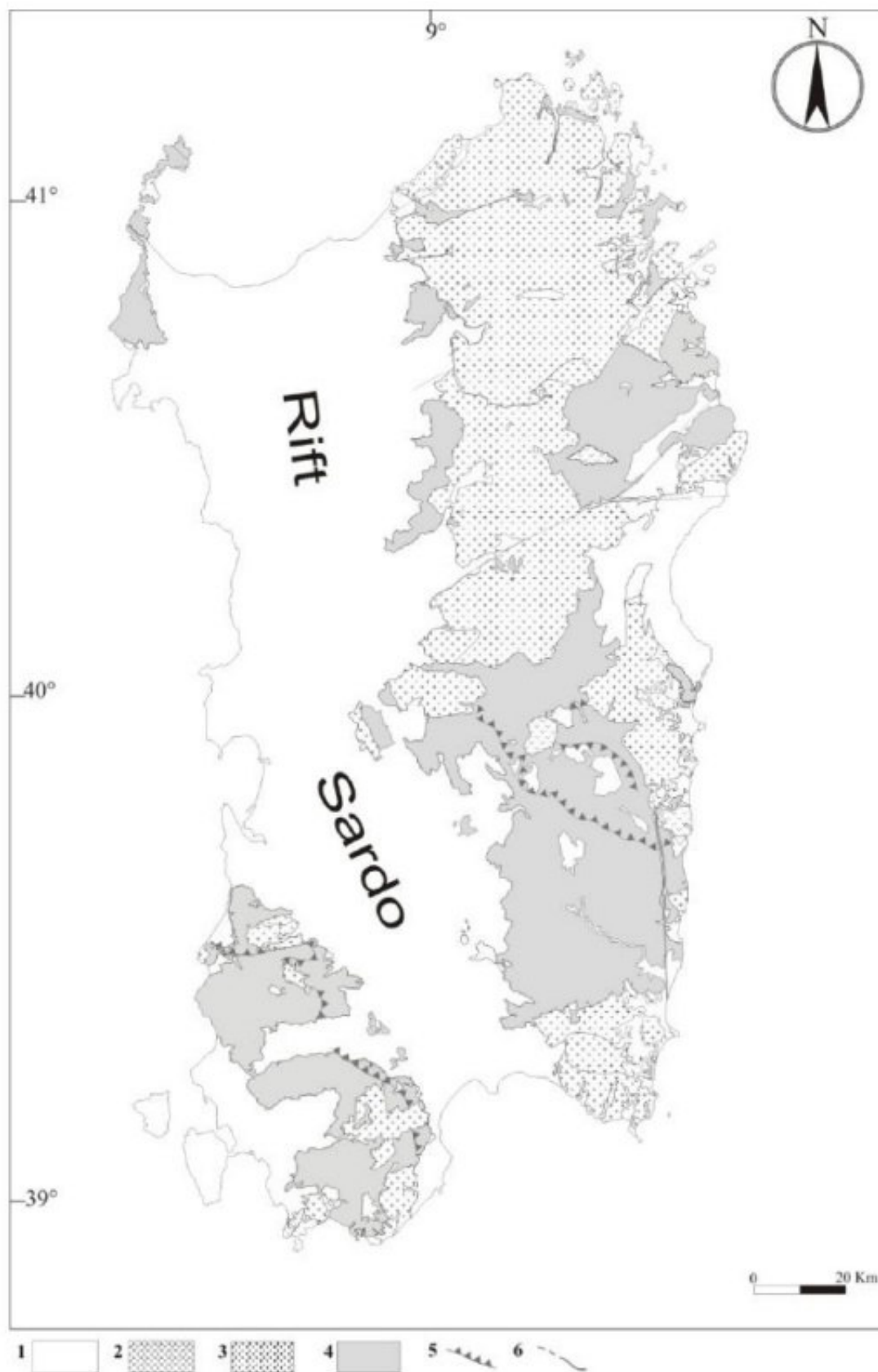


Fig.: Schema geologico semplificato del basamento paleozoico della Sardegna. (1) Coperture post-paleozoiche. (2) coperture vulcanosedimentarie tardo-erciniche; 3-4 basamento paleozoico; (3) granitoidi;

(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 ("lignitifero" 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.

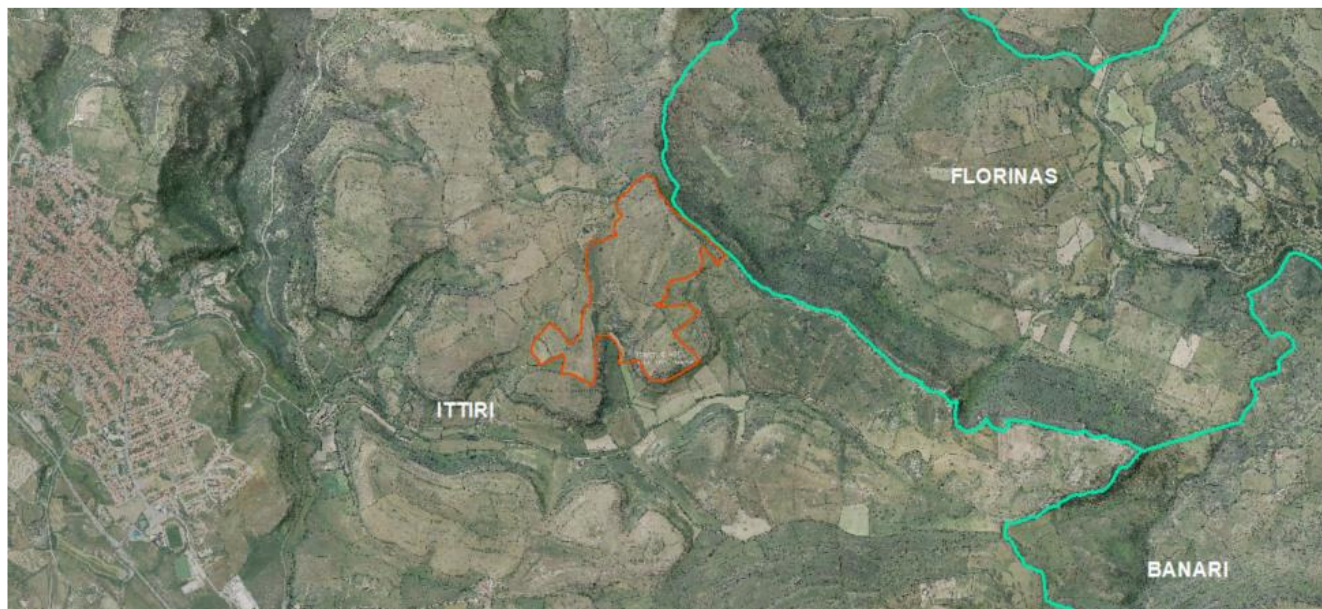
Le fasi di apertura del Tirreno contribuiscono alla riattivazione del Rift sardo e all'instaurarsi di un vulcanismo anorogenico. Dal punto di vista tettonico, tale riattivazione non è però omogenea.

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.

3.2 Inquadramento geologico locale

Ittiri è un comune della provincia di Sassari, facente parte della regione storica del Coros nel Logudoro. È collocata su un altipiano a 450 metri sul livello del mare e, il territorio è morfologicamente caratterizzato da altipiani costituiti da rocce prevalentemente trachitiche e basaltiche. Confina con il comune di Bessude, Banari, Florinas, Ossi, Putifigari, Thiesi, Uri, Usini e Villanova Monteleone.



Nello specifico, si riporta l'inquadramento cartografico dell'area oggetto di intervento:

- I.G.M. Serie 25 foglio 479 I "Ittiri"
- CTR – scala 1:10000 – sez. 479040 "Diga 'E su Bidighinzu"; sez. 459160 "Monte Corona 'e teula"
- Carta Geologica d'Italia – scala 1:100.000 – foglio 193 "Bonorva"
- Carta Geologica d'Italia – scala 1:50.000 – foglio 479 "Ittiri"

Coordinate dell'area interessata dal progetto (WGS 84):

Latitudine Nord 40° 29.531'N

Latitudine Sud 40° 28.981'N

Longitudine Est 8° 52.939'E

Longitudine Ovest 8° 51.745'E

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.

La formazione della Sardegna (superficie di 24.098 km²) è strettamente legata ai movimenti compressivi tra Africa ed Europa. Questi due blocchi continentali si sono ripetutamente avvicinati, scontrati e allontanati negli ultimi 400 milioni di anni.

L'isola rappresenta una microplacca continentale con uno spessore crostale variabile dai 25 ai 35 km ed una litosfera spessa circa 80 km. Essa è posta tra due bacini con una struttura crostale di tipo oceanico (Bacino Ligure- Provenzale che cominciò ad aprirsi circa 30 Ma e Bacino Tirrenico) caratterizzati da uno spessore crostale inferiore ai 10 km.

L'attuale posizione del blocco sardo-corso è frutto di una serie di progressivi movimenti di deriva e rotazione connessi alla progressiva subduzione di crosta oceanica chiamata Oceano Tetide al di sotto dell' Europa.

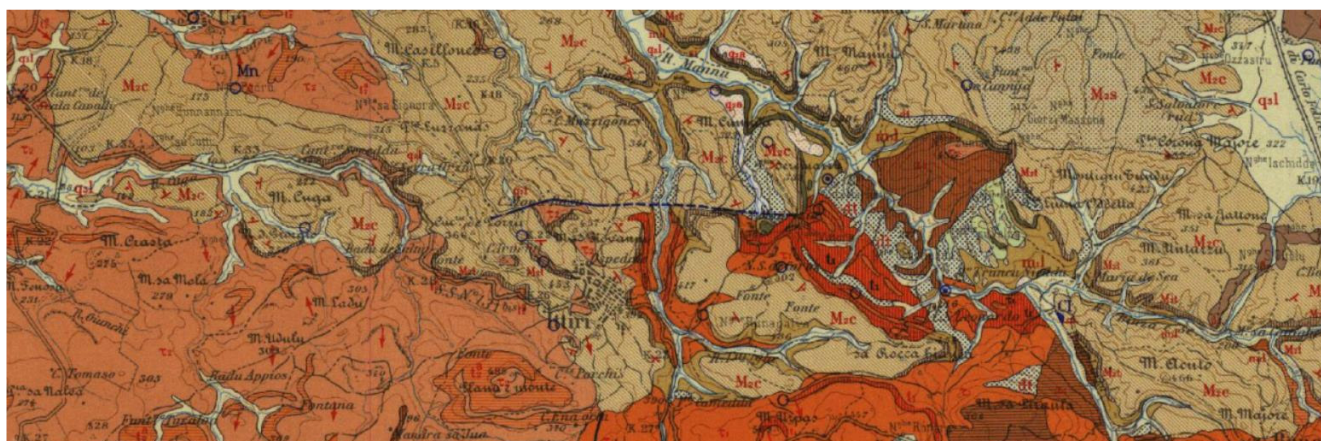
La storia collisionale Varisica ha prodotto tre differenti zone distinte dal punto di vista strutturale:

- "Zona a falde Esterne" a foreland "thrusts-and-folds" belt formata da rocce metasedimentarie con età variabile da Ediacarian superiore (550Ma) a Carbonifero inferiore (340Ma) che affiora nella zona sud occidentale dell'isola.

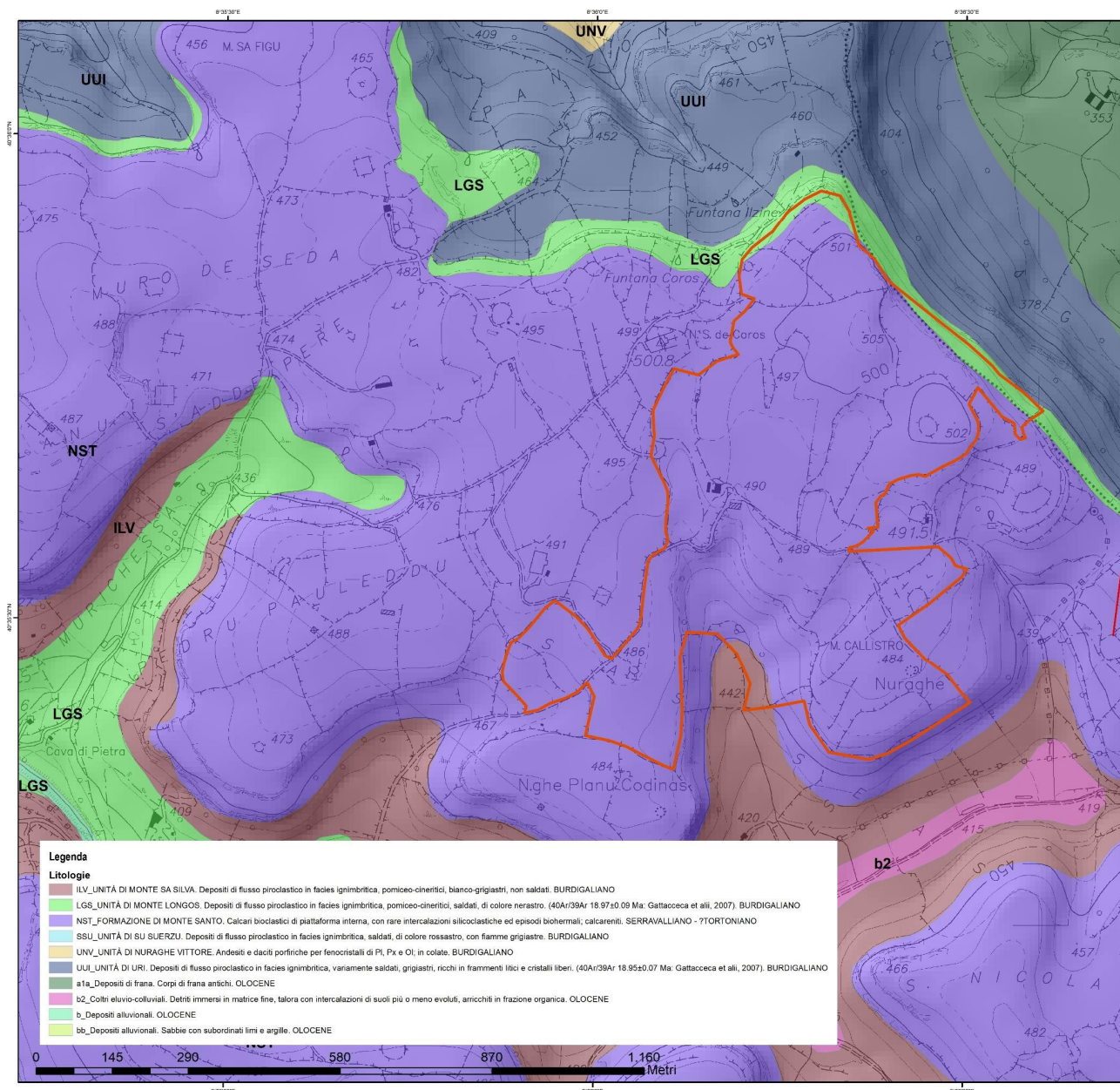
Il metamorfismo è di grado molto basso Anchimetamorfismo al limite con la diagenesi.

- "Zona a falde Interne" un settore della Sardegna centrale con vergenza sud ovest costituito da metamorfiti paleozoiche in facies scisti verdi di origine sedimentaria e da una suite vulcanica di età ordoviciana anch'essa metamorfosata in condizioni di basso grado

- "Zona Assiale" (Northern Sardinia and Southern Corsica) caratterizzata da rocce metamorfiche di medio e alto grado con migmatiti e grandi intrusioni granitiche tardo varisiche (320- 280Ma).



L'area interessata dal progetto si trova in prossimità della zona assiale esterne.



3.2.1 Stratigrafia

Dalla relazione Geologica redatta dalla Dott.ssa Geol. Marta Camba ci troviamo sottosuoli appartenenti alla categoria B: " Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fine molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s."

ITTIRI	Peso di volume	Angolo di Attrito	Resistenza a compressione	Coesione
Metri dal p.c	T/m3	°	T/m2	Kg/cm2
0.00-1.00	1,7 -1,9	28-32	800-2000	0
-1.00-5.00	1,9-2,2	30-34	1000-4000	0

4. DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO PROGETTUALE

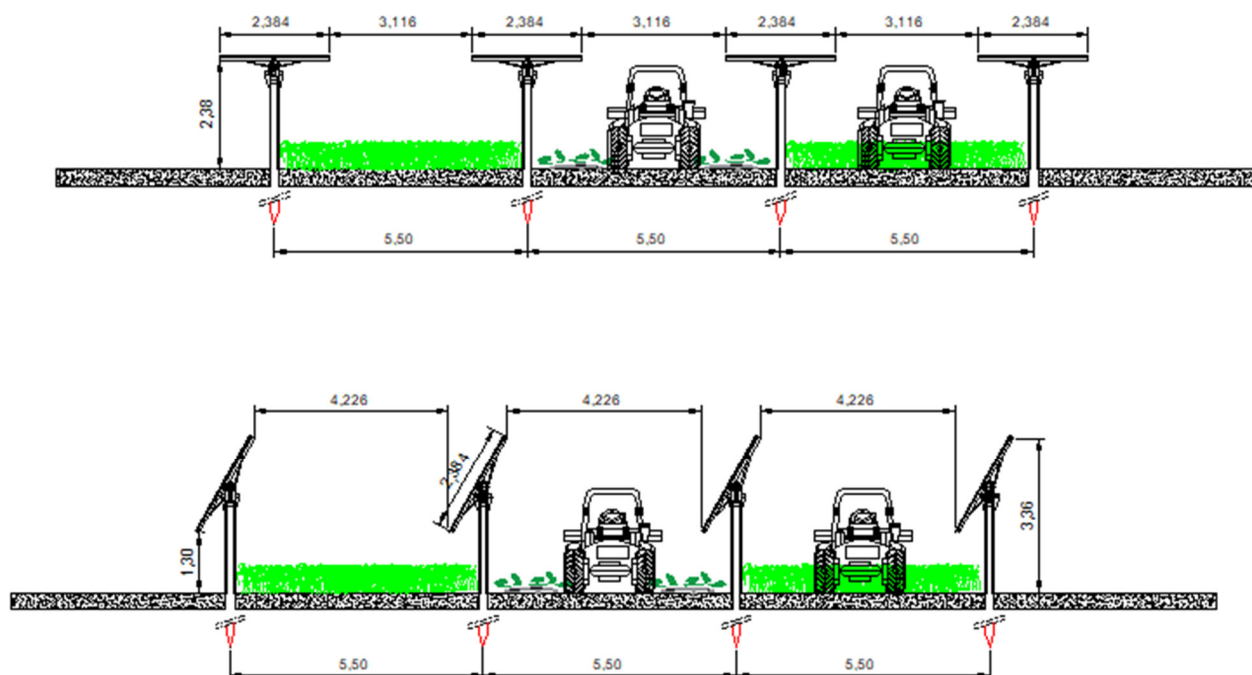
La realizzazione dell'impianto sarà eseguita mediante l'installazione di moduli fotovoltaici a terra installati su sistema ad inseguimento monoassiale che raggiunge $\pm 60^\circ$ di inclinazione rispetto al piano di calpestio sfruttando interamente un rapporto di copertura non superiore al 50% della 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'ammodernamento 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 rollio), 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.

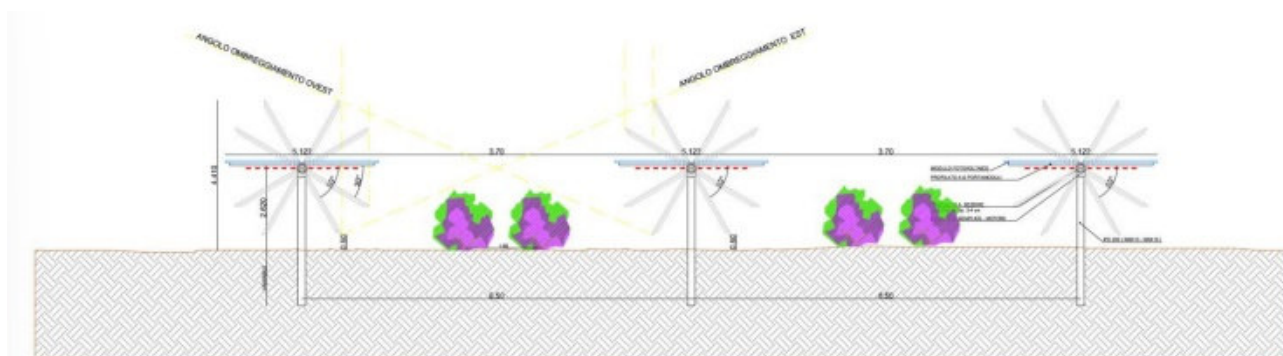


Fig. – Dettaglio trasversale struttura

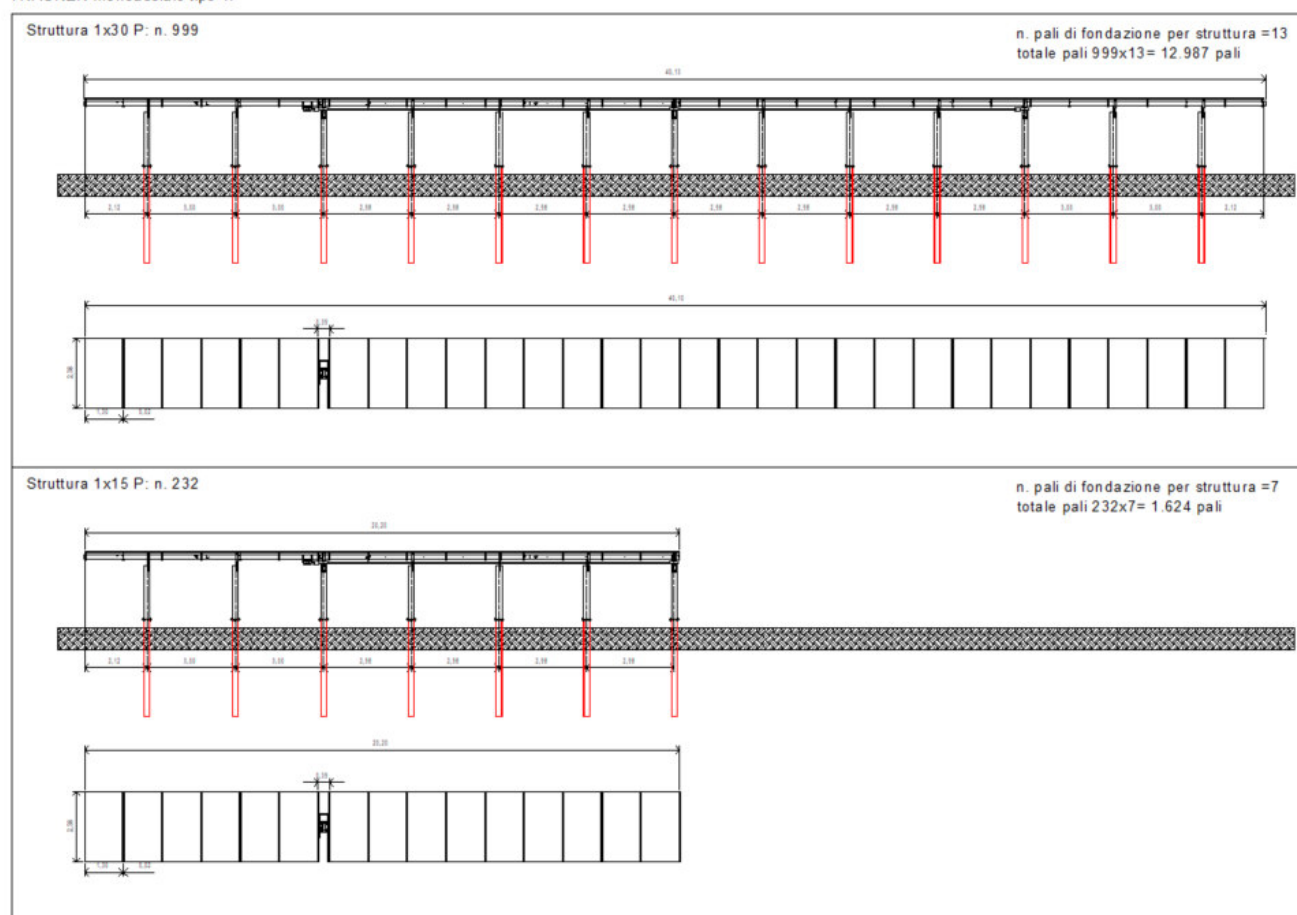
L'altezza dei pali di sostegno è stata fissata in modo tale che lo spazio libero tra il piano campagna ed i moduli, alla massima inclinazione, sia superiore a 1,3 m, per agevolare la fruizione del suolo per le attività agricole. Di conseguenza, l'altezza massima raggiunta dai moduli è di 3,36 m. La larghezza 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.

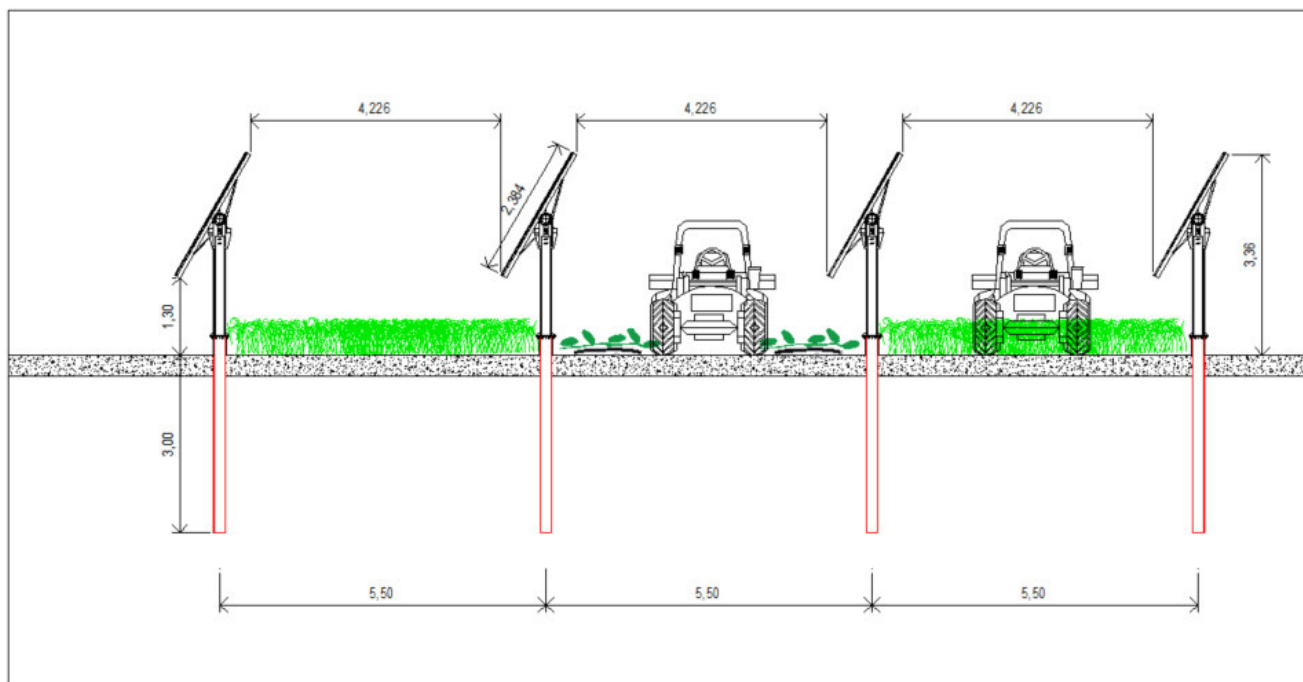
5. CARATTERISTICHE PRINCIPALI

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 due configurazioni:

Struttura 1x30 e 1 x15 moduli fotovoltaici in verticale per sfruttare al meglio l'area a disposizione.

TRACKER monoassiale tipo 1P





Il sistema di supporto dei moduli fotovoltaici prevede, come opera di fondazione, sostegni verticali conficcati direttamente nel terreno ad una profondità di 3,00 metri ed interasse di 2,98metri.

Visti i risultati delle indagini geologiche che rilevano il banco roccioso a poca profondità (vedi relazione geologica allegata) provvederà ad effettuare dei fori a misura con il martello fondo-foro, ed il successivo reinterro del terreno frammentato estratto con l'inserimento del sostegno verticale con la macchina batti-palo. I pali infissi nel terreno saranno in acciaio galvanizzato a caldo. La struttura metallica di montaggio dei moduli fv sarà fissata alla fila di pali. L'intelaiatura, che comprenderà una trave maestra e altre trasversali, sarà in alluminio. Tale intelaiatura sarà fissata ai pali per mezzo di ganci ed asole.

Tutti i componenti di fissaggio saranno realizzati in acciaio puro.

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



6. 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"

7. 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:

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

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

Calcolo pressione del vento

La pressione del vento, calcolata secondo il D.M. 17/01/2018 "Norme tecniche per le costruzioni", e 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" di seguito riportata in forma sintetica nella tabella seguente ed evidenziata dal riquadro rosso:

<i>Nome Sito</i>	ITTIRI (SS)
Geografia	
<i>Località</i>	ITTIRI (SS)
<i>Comune</i>	ITTIRI (SS)
<i>Provincia</i>	Sassari
<i>Regione</i>	Sardegna Occidentale
<i>Alt.sito a_s [m] non superiore a</i>	500
<i>Dist.mare [km]</i>	25
<i>Latitudine Nord</i>	40.59464
<i>Longitudine Est</i>	8.60493
<i>Tr [anni]</i>	200
Vento (cfr Cap 3.3 DM 17/01/18)	
<i>Zona Vento</i>	6
<i>Classe di rugosità terreno</i>	D
<i>a_0 [m]</i>	500
<i>$v_{b,0}$ [m/s]</i>	28
<i>k_s</i>	0.360
<i>$v_r = v_{b(T_R)} [m/s]$</i>	30.13454216
<i>V_b [km/h]</i>	108
<i>Cat.exp.sito</i>	II
<i>k_r</i>	0.19
<i>z_0 [m]</i>	0.05
<i>z_{min} [m]</i>	4
<i>C_t</i>	1
<i>κ</i>	0.52
<i>Ψ_{ice}</i>	0.5
<i>$q_b [N/mq] = 1.25/2 v_r^2 =$</i>	567.56
<i>$q_b [kg/mq] =$</i>	57.87

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]
600.00	2600.00	1210.00

Verifica della Fondazione su micropali in acciaio

- Micropali con tubolare in acciaio con infissione a secco

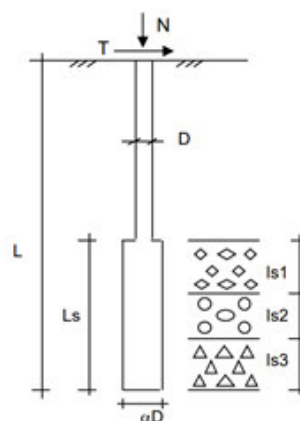
CAPACITA' PORTANTE DI UN MICROPALO

OPERA: ITTIRI

DATI DI INPUT:

Sollecitazioni Agenti:

	Permanenti	Temporanee	Calcolo
N (kN)	6,00	0,00	6,00
T (kN)	26,00	0,00	26,00



coefficienti parziali Metodo di calcolo	azioni		proprietà del terreno	
	permanenti γ_g	temporanee variabili γ_q	ξ	γ_s
Stato limite ultimo ☐	1,00	1,30	1,50	1,30
Tensioni ammissibili ☐	1,00	1,00	1,00	1,00
definiti dall'utente ☒	1,00	1,50	1,00	1,30

Caratteristiche del micropalo:

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

Lunghezza del micropalo (L): 3,00 (m)

Armatura:

Diametro dell'armatura (Darm): 193,7 (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): 4667 (mm²)

Momento di inerzia della sezione di armatura (Jarm): 2,016E+07 (mm⁴)

Modulo di resistenza della sezione di armatura (Warm): 208.109 (mm³)

Tipo di acciaio

Tensione di snervamento dell'acciaio (fy): 275 (N/mm²)

Tensione ammissibile dell'acciaio (σ_{amm}): 190 (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/m²)

CAPACITA' PORTANTE ESTERNA

Capacità portante di fusto

$$Ql = \sum_i \pi \cdot Dsi \cdot si \cdot lsi$$

Tipo di Terreno	Spessore (lsi)	α	$Dsi = \alpha \cdot D$	si caratt.	si calcolo	Qsi
	(m)	(-)	(m)	(MPa)	(MPa)	(kN)
Roccia	5,00	2,00	0,36	0,300	0,231	1304,97
	0,00	0,00	0,00	0,000	0,000	0,00
	0,00	0,00	0,00	0,000	0,000	0,00

$$Ls = 5,00 \quad (m) \quad Ql = 1304,97 \quad (kN)$$

Capacità portante di punta

$$Qp = 0,15 \cdot Ql$$

$$Qp = 195,75 \quad (kN)$$

CARICO LIMITE DEL MICROPALO

COEFFICIENTE DI SICUREZZA

$$Qlim = Qb + Ql$$

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

$$Qlim = 1500,71 \quad (kN)$$

$$Fs = 250,12$$

CAPACITA' PORTANTE PER INSTABILITA' DELL'EQUILIBRIO ELASTICO

Reaz. Laterale per unità di lunghezza e di spostam. (β) ($\beta = k \cdot D_{arm}$):

$$0,19 \quad (N/mm^2)$$

$$Pk = 2 \cdot (\beta \cdot Earm \cdot Jarm)^{0,5}$$

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

$$Pk = 1810,92 \quad (MN)$$

$$\eta = 301,82$$

VERIFICA ALLE FORZE ORIZZONTALI

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

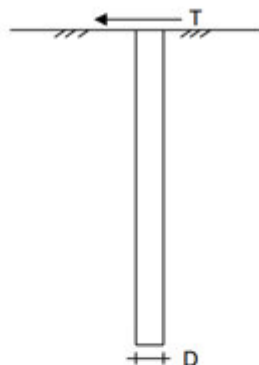
$$M = T / (2 \cdot b)$$

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

$$b = 0,321 \quad (1/m)$$

Momento Massimo (M):

$$M = 40,48 \quad (kN \cdot m)$$



VERIFICHE STRUTTURALI DEL MICROPALO

Acciaio Fe 430

Tensioni nel singolo micropalo

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

$$\tau = 2 \cdot T/Aarm$$

$$\sigma_{max} = 195,82 \quad (N/mm^2)$$

$$\sigma_{min} = -193,25 \quad (N/mm^2)$$

$$\tau = 11,14 \quad (N/mm^2)$$

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

$$\sigma_{td} = 196,77 \quad (N/mm^2)$$