

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.	SKI 40 S.r.l.
DATA 02/10/2023	TIPO DI EMISSIONE Prima Emissione			
Proponente - Sviluppo progetto FV: SKI 40 S.r.l. Via Caradosso n. 9 - Milano (MI) P.IVA 11584400961 		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 “Mogoro Agrisolare” della potenza di picco di 65.902,20 kW + BESS, ubicato nel comune di Mogoro (OR), e relative opere di connessione alla RTN				
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		per La SIA S.p.A. Riccardo Sacconi - Ingegnere Civile Antonio Dedoni - Ingegnere Idraulico Alberto Mossa - Archeologo Simone Manconi - Geologo Franco Milito - Agronomo Francesco Paolo Pinchera - Biologo Rita Bosi - 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 <i>Inquadramento geologico regionale</i>	4
3.2 <i>Inquadramento geologico locale</i>	7
3.2.1 <i>Stratigrafia</i>	12
4. DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO PROGETTUALE.....	12
5. CARATTERISTICHE PRINCIPALI.....	15
6. INQUADRAMENTO NORMATIVO	16
7. CALCOLO DELLE AZIONI	17
Calcolo pressione del vento	17
LOCALIZZAZIONE DELL'INTERVENTO	17
CALCOLO DELLE AZIONI DELLA NEVE E DEL VENTO	17
NEVE 17	
VENTO18	
Calcolo azione del vento da applicare in Fondazione	19
Verifica della Fondazione su micropali in acciaio	20

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 picco di **65.902,2 kW** nel territorio del Comune di Mogoro (OR), in località “*Perdiana*”; e delle relative opere di connessione.

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 dall'impianto agrivoltaico ricade nel territorio del comune di Mogoro provincia di Oristano, in località denominata “Perdiana”.



La posizione del centro abitato di Mogoro è dislocata nella parte a Nord rispetto all'intervento proposto. Il territorio comunale di Mogoro si estende su una superficie di 48,94 Km² con una popolazione residente di circa 4300 abitanti e una densità di 84,9 ab./Km². Ubicato nell'estrema porzione meridionale della provincia di Oristano, confina con Masullas a nord, con Gonnostramatza e Collinas ad est, con Sardara a sud-est, con Pabillonis a sud, con S. Nicolò d'Arcidano a sud-ovest ed infine con Uras ad occidente.

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).

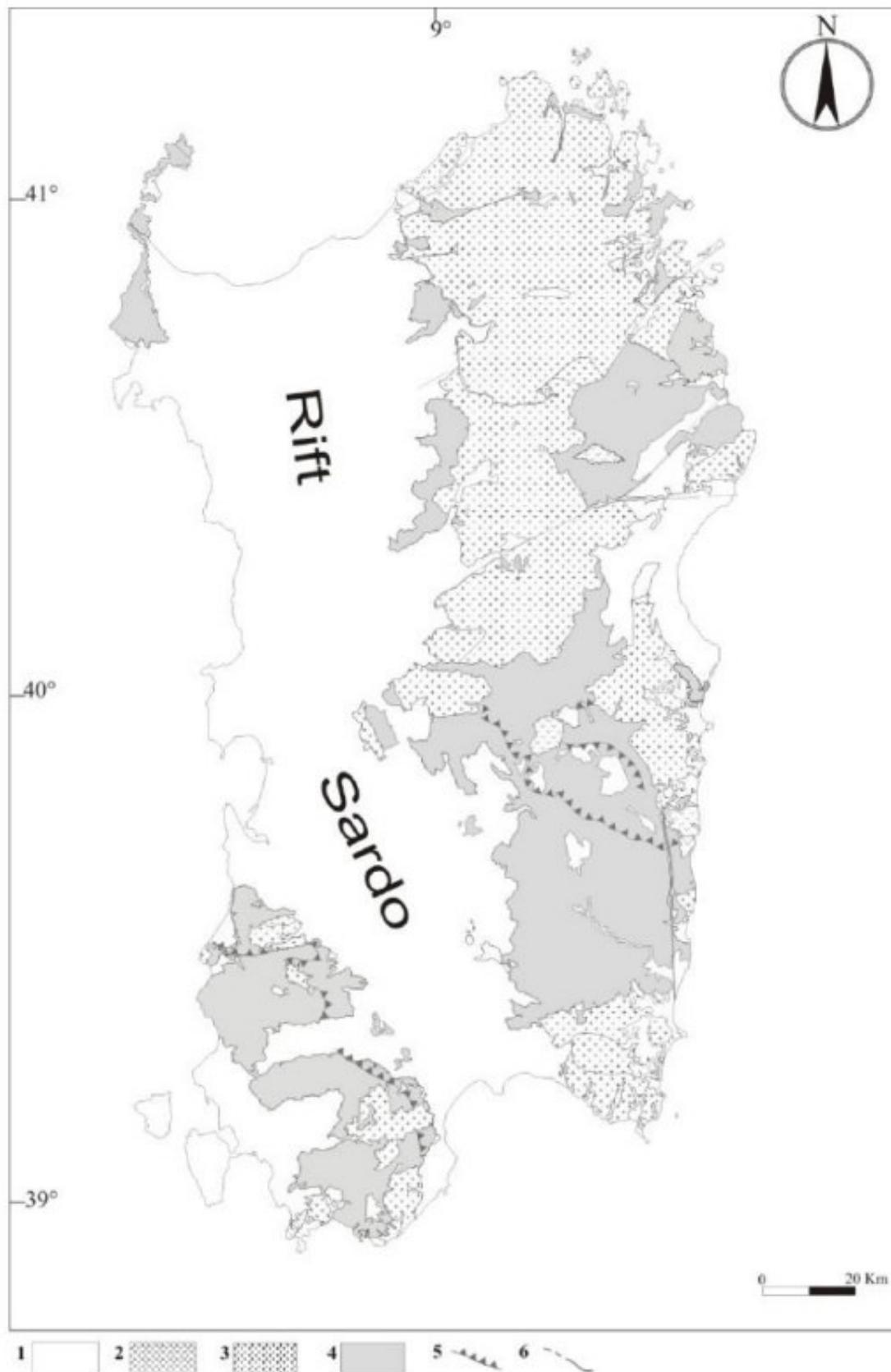


Fig.: Schema geologico semplificato del basamento paleozoico della Sardegna. (1) Coperture post-paleozoiche. (2) coperture vulcanosedimentarie tardo-erciniche; 3-4 basamento paleozoico; (3) granitoidi;

(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 Sarco-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).

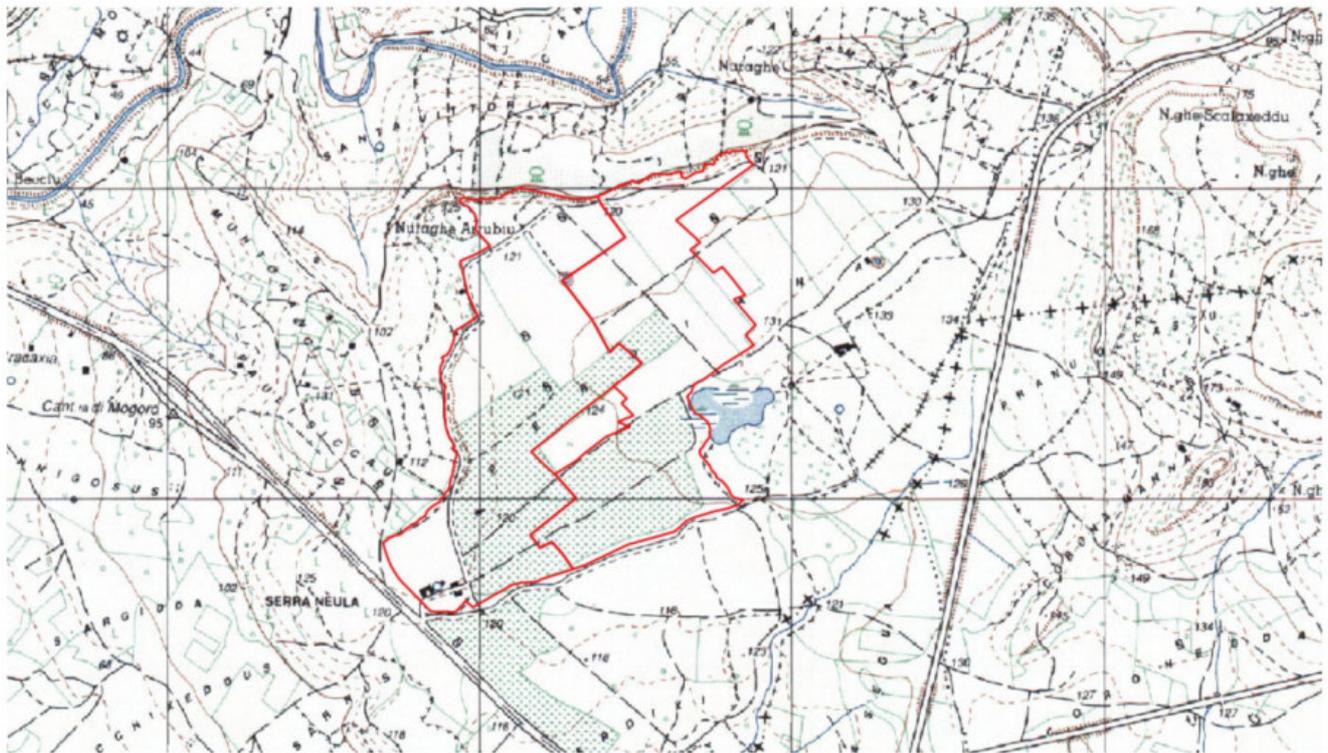
Esse costituiscono gli altopiani di Abbasanta, Paulilatino ed altri minori espandimenti nel Meilogu e nella Sardegna meridionale (giare). Complessi centrali sono invece rappresentati dal Montiferru e dal M.te Arci ai bordi settentrionali della fossa campidanese.

3.2 *Inquadramento geologico locale*

Il sito oggetto di intervento è ubicato nella zona agricola del Comune di Mogoro (OR), in località “Perdiana”, 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:

- Foglio n. 539 “Mogoro”, dell’I.G.M.I. (scala 1:50.000);
- Foglio n. 539, sez. III “Mogoro”, dell’I.G.M.I. (scala 1:25.000);
- Foglio n. 539 sez. 100 “Mogoro”, CTR (scala 1:10.000);
- Foglio n. 539 sez. 140 “Sardara”, CTR (scala 1:10.000);
- Cartografia catastale (1:2.000);
- Ortofoto Digitali Georeferenziate (1:10.000);
- PUC di Mogoro (1:10.000);
- Piano di Assetto Idrogeologico – Regione Sardegna (Approvato con Decreto Presidente Regione Sardegna n. 67 del 10.07.2006 e s.m.i.);
- Piano Stralcio delle fasce Fluviali - Regione Sardegna (Approvato con Deliberazione Comitato Istituzionale n. 2 del 17.12.2015);
- Piano di gestione del Rischio Alluvioni (P.G.R.A. 2017– I° Ciclo di pianificazione) -Regione Sardegna - Approvato con Deliberazione Comitato Istituzionale n. 2 del 15.03.2016 e s.m.i. e con Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri del 27/10/2016, pubblicato sulla Gazzetta ufficiale serie n. 30 del 06/02/2017 e s.m.i.
- Piano di Gestione del rischio alluvioni (P.G.R.A. 2019) – Regione Sardegna – Scenari di
- intervento strategico e coordinato;
- Piano di Gestione del rischio alluvioni (P.G.R.A. 2021 – II° ciclo di pianificazione) – Regione Sardegna- Deliberazione Comitato Istituzionale n° 1 del 14 del 21.12.2021;
- Reticolo idrografico regionale e fasce di prima tutela Art. 30 ter NA PAI.



Inquadramento cartografia IGM 25000

L'apparato vulcanico del Monte Arci, ben visibile dalle fotografie aeree costituisce un rilievo di forma irregolare, allungato secondo una forma pseudo-ellittica secondo un asse N-S per una lunghezza di circa 30 Km e secondo un asse minore E-W per circa 10 Km.

Le cime più importanti sono rappresentate da dei Neck Basaltici, che rappresentano delle morfologie vulcaniche prodotte dalla solidificazione del magma all'interno del camino vulcanico, le quali vengono a giorno per erosione del camino vulcanico esterno.

Le vette più importanti corrispondono ai Neck di P.ta Sa Trebina Longa (812.00 m slm), P.ta Sa Trebina Lada (795.00 m slm) e P.ta Su Corongiu de Sioza (463.00 m slm).

L'acronimo "Trebina" deriva dal fatto che queste tre vette rocciose risultano disposte sotto forma di treppiede da qui deriva il nome locale di "Sa Trebina".

Da un punto di vista strutturale, il Monte Arci risulta sistemato nel margine Nord-Orientale della Fossa del campidano, e risulta allineato lungo le faglie normali che separano il Graben del Campidano dall'alto strutturale della Marmilla.

Il Monte Arci, così come tutti gli apparti vulcanici del Plio-Quaternario si riallacciano a movimenti tettonici transtensivi riconducibili alla formazione del Graben del Campidano e in linea generale dall'apertura del mar Tirreno.

I prodotti vulcanici del Monte Arci poggiano su lave basaltiche a pillow, prodotte in ambiente subacqueo, intercalati a sedimenti marini (prevalente mente argille e sabbie) riferibili al Miocene Inferiore (Acquitano e Burdigaliano), sui quali poggiano breccie epiclastiche depositate in ambiente poco profondo.

L'allineamento del Monte Arci rispetto al Graben del Campidano e la sua collocazione lungo una delle faglie dirette che bordano il Campidano Nord-Orientale suggeriscono la presenza di un

sistema di alimentazione che sfrutta la faglia come sistema preferenziale per la risalita del magma.

Nonostante il magma possa essersi sviluppato lungo un allineamento preferenziale dovuto alla presenza di faglie, indubbiamente il modello di alimentazione del Monte Arci è stato di tipo policentrico, cioè il prodotto dell'impilamento di prodotti vulcanici emessi da centri eruttivi distinti, ciascuno di essi caratterizzato da attività centrale, dove questa attività si contrappone all'attività fissurale, caratterizzata invece dall'emissione di prodotti lungo una direzione preferenziale di faglia.

La morfologia del Monte Arci tuttavia risulta essere completamente diversa tra il lato occidentale e il lato orientale del massiccio vulcanico.

Il limite occidentale dell'edificio corrisponde con la principale rottura di pendio alla base del vulcano, laddove i depositi vulcanici di raccordano con la piana del Campidano ad una quota di circa 100.00 m slm. Il limite orientale è rappresentato dalla scarpata morfologica determinata dall'erosione selettiva delle vulcaniti e le sottostanti rocce sedimentarie mioceniche, dando luogo ad un profilo a gradoni. In tutto il massiccio vulcanico sono stati riconosciuti diversi sistemi di faglie, aventi direzione NE-SW. ENE-WSW ed E-W, diffusi soprattutto nel settore centro-orientale.

Il risultato del vulcanismo del Monte Arci è costituito da prodotti effusivi prevalenti e in minor parte da prodotti piroclastici. Per la gran parte, tutti i prodotti effusivi del monte Arci risultano sistemati lungo la piana del campidano, al di sotto dei sedimenti alluvionali plio-quadernari e attuali. Gli elementi più particolari che contraddistinguono il Monte Arci oltre le trebine, sono rappresentati dalle colate laviche ossidianacee e i giacimenti di perlite.

I prodotti vulcanici che costituiscono l'edificio del monte Arci sono a carattere prevalentemente acido e intermedio ad affinità alcalina (rioliti e daciti compresi prodotti intermedi tra i due) e in minor parte da magmi basici e trachiti. La composizione dei magmi prodotti dal Monte Arci rappresenta un'eccezione nel quadro del vulcanismo plio-pleistoceno della Sardegna, laddove prevalgono i magmi basici ad affinità alcalina (Basalti e Trachibasalti).

Nel complesso, la petrogenesi dell'apparato vulcanico del Monte Arci può essere suddivisa in quattro fasi distinte caratterizzate da prodotti chimicamente e petrograficamente differenti: una prima fase caratterizzata dall'emissione di lave riolitiche, affioranti prevalentemente nel settore centro- occidentale, una seconda fase caratterizzata dall'emissione di colate laviche andesitiche e dacitiche, affioranti principalmente nel settore settentrionale e lungo le scarpate che costituiscono il limite orientale dell'edificio, una terza fase caratterizzata dall'emissione di colate laviche e prodotti piroclastici a composizione trachitica affioranti nel settore centro-meridionale e infine un'ultima fase caratterizzata dall'emissione di lave basaltiche ad affinità alcalina e subalcalina e di andesiti basaltiche.



Inquadramento geologico area intervento

Nella fattispecie l'area d'intervento risulta costituita da un substrato sub-affiorante di rocce vulcaniche effusive dell'apparato vulcanico del Monte Arci. Trattasi di rocce basaltiche subalcaline, dell'unità di Cuccuru Aspru, ricoperte da una coltre di terreno avente spessore metrico, generalmente limo-argilloso di colore bruno scuro, con interclusi clasti e ciottoli di rocce basaltiche in forma di blocchi

e trovanti decimetrici, talora metrici.

In particolare, questa coltre detritica si sviluppa soprattutto nella parte bassa dell'area, a ridosso della S.S. 131, laddove l'accumulo sedimentario e il trasporto gravitativo ha permesso la formazione di queste litologie.

E' pertanto ovvio che a quote più elevate, questo spessore diminuisca fino a sparire del tutto, con presenza del substrato basaltico affiorante.

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:

- Livello pedogenizzato superficiale a forte componente limo-argillosa con interclusi rari ciottoli millimetrici, molto consistente (0.00 m – 0.15 m) (Olocene);
- Materiale a forte componente limo-argillosa con interclusi rari ciottoli millimetrici, con interclusi blocchi eterometrici di roccia basaltica (0.15 m – 0.50 m) (Pleistocene-Olocene);
- Substrato roccioso vulcanico basaltico compreso livello di alterazione superficiale (> 30 m)
- (Pliocene-Pleistocene);

Relativamente alle condizioni topografiche come definite dal D.M. 17/01/2018, l'area d'intervento è inquadrabile in **categoria T1**, ovvero "Pendii o rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$ " Per quanto attiene la definizione delle categorie di sottosuolo ai sensi del D.M. 17/01/2018, l'area d'intervento è caratterizzata dalla presenza del substrato roccioso basaltico sub affiorante corrispondente ad una **categoria di sottosuolo di tipo "B"** ovvero: "Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina 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."

3.2.1 Stratigrafia

Dalla relazione Geologica redatta dal Dott. Geol. Simone Manconi 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."

Nel complesso, il modello geotecnico generale presente nel sito può essere così rappresentato:

- Livello pedogenizzato superficiale a forte componente limo-argillosa con interclusi rari ciottoli millimetrici, molto consistente (0.00 m-0.15 m);
 - Peso di Volume naturale γ_d : 1940 Kg/m³
 - Peso di Volume saturo γ_s : 2050 Kg/m³
 - Angolo di Attrito Φ : 23,99°
 - Coesione C: 0.38 Kg/cm²
 - Modulo di compressibilità Edometrica Ed: 181.00 Kg/cm²
 - Modulo di compressibilità Elastica Ey: 450.00 Kg/cm²
- Materiale a forte componente limo-argillosa con interclusi rari ciottoli millimetrici, con interclusi blocchi eterometrici di roccia basaltica (0.15 m-0.30 m);
 - Peso di Volume naturale γ_d : 1930 Kg/m³
 - Peso di Volume saturo γ_s : 2050 Kg/m³
 - Angolo di Attrito Φ : 24,29°
 - Coesione C: 0.38 Kg/cm²
 - Modulo di compressibilità Edometrica Ed: 234.00 Kg/cm²
 - Modulo di compressibilità Elastica Ey: 570.00 Kg/cm²
- Substrato roccioso vulcanico basaltico (> 0.30 m);
 - Peso di Volume naturale γ_d : 2480 Kg/m³
 - Peso di Volume saturo γ_s : 2560 Kg/m³
 - Angolo di Attrito Φ : 45,00°
 - Coesione C: 1.0 Kg/cm²
 - Modulo di compressibilità Edometrica Ed: 1000.00 Kg/cm²
 - Modulo di compressibilità Elastica Ey: 1000.00 Kg/cm²

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 +/- 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'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 8.50 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.

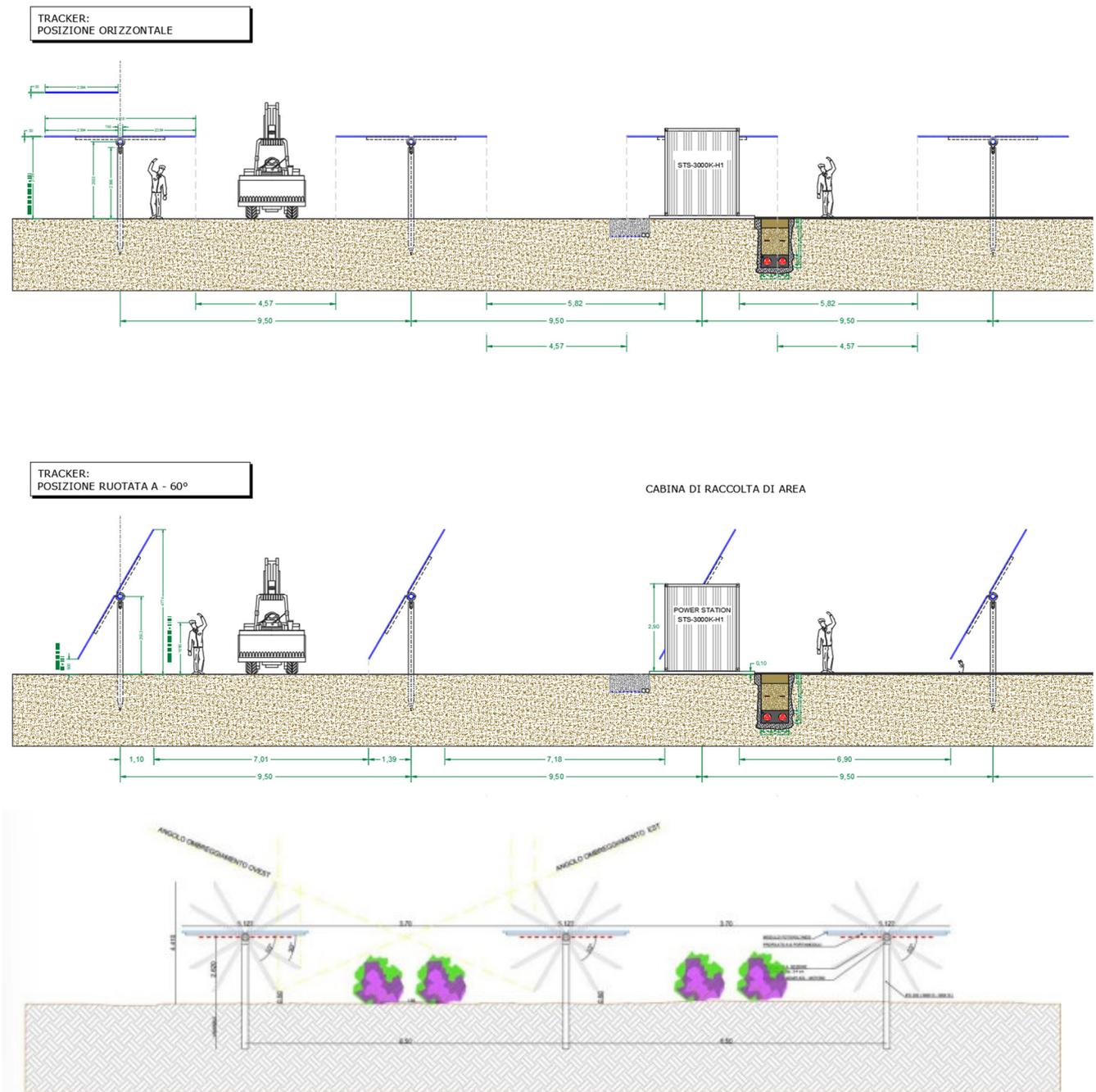


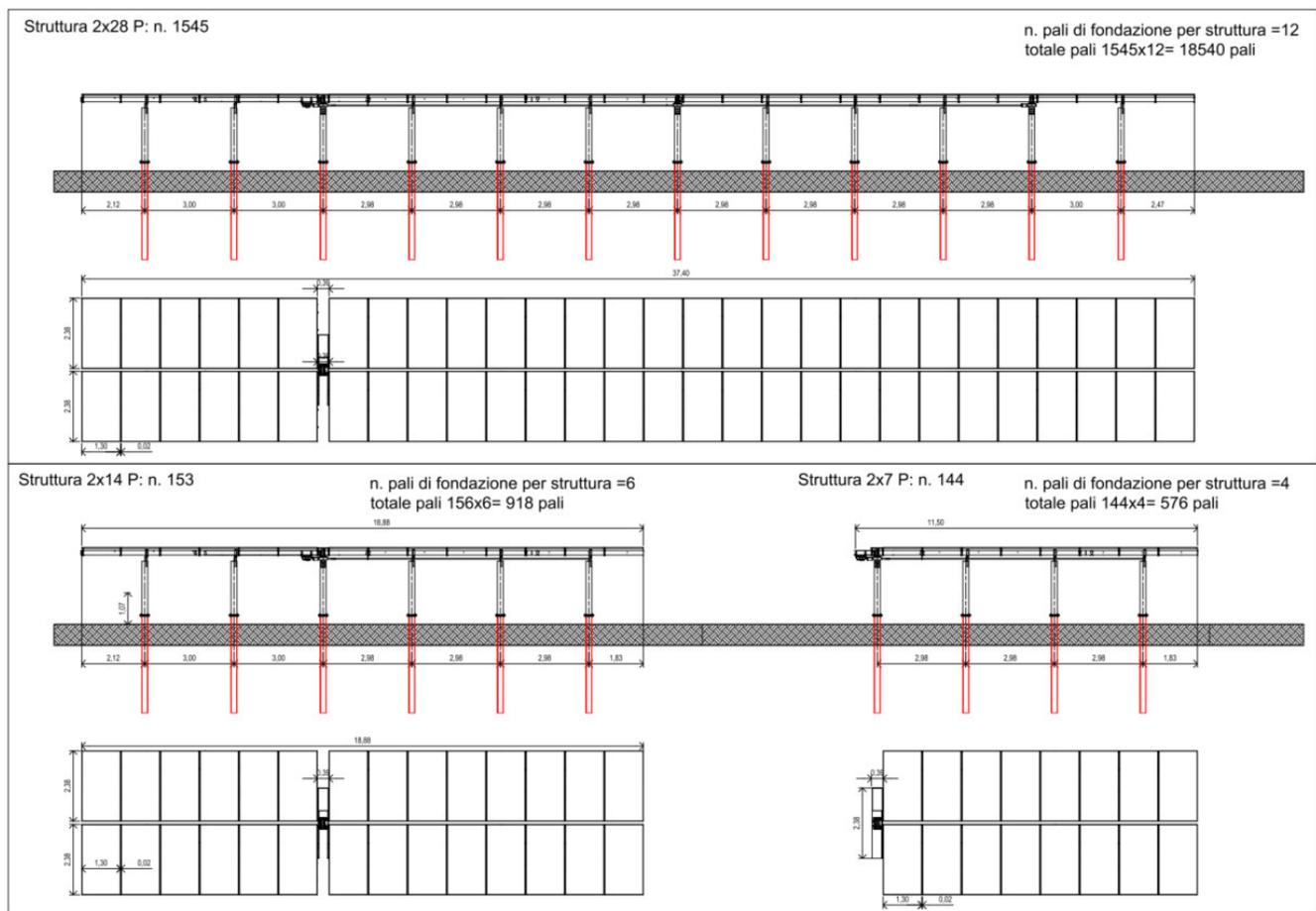
Fig. – Dettaglio trasversale struttura

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 0,5 m, per agevolare la fruizione del suolo per le attività agricole. Di conseguenza, l'altezza massima raggiunta dai moduli è di 4,77 m. La larghezza in sezione delle suddette strade è variabile da 3,12 a 4,57 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 2P. Nelle due configurazioni:

Struttura 2x28, 2 x14 e 2x7 moduli fotovoltaici in verticale per sfruttare al meglio l'area a disposizione.



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:

$$P_{\text{impianto}} = n_{\text{pannelli}} \times P_{\text{pan+sostegno}} = 28 \times 100 \text{kg} = 2800 \text{ kg}$$

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:

LOCALIZZAZIONE DELL'INTERVENTO

Ubicazione:

Località	MOGORO
Provincia	ORISTANO
Regione	SARDEGNA
Latitudine	39,68400 N
Longitudine	8,77900 E
Altitudine s.l.m.	132,0 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;

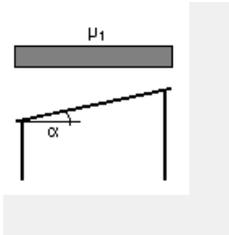
qsk: valore caratteristico del carico della neve al suolo (per Tr = 50 anni);

Zona	Esposizione	Ce	TR	as	qsk
III	Zona normale	1,00	50 anni	132 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);

$V_{b,0}$: velocità base della zona (NTC - Tab. 3.3.I);

a_0 : altitudine base della zona (NTC - Tab. 3.3.I);

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

a_s : altitudine del sito;

TR: periodo di ritorno di progetto espresso in anni;

V_b : velocità di riferimento calcolata come segue:

$$V_b = V_{b,0} \text{ per } a_s \leq a_0$$

$$V_b = V_{b,0} (1 + k_s ((a_s / a_0) - 1)) \text{ per } a_0 < a_s \leq 1500 \text{ m}$$

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

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

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

V_r : velocità di riferimento riferita al periodo di ritorno TR

Zona	$V_{b,0}$	a_0	k_s	a_s	TR	V_b	C_r	V_r
6	28 m/s	500 m	0,36	132 m	50 anni	28,00 m/s	1,000	28,00 m/s

Pressione cinetica di riferimento, $q_r = r V_r^2 / 2 = 49 \text{ daN/mq}$

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

Esposizione: Cat. II - Entroterra fino a 30 km dal mare

Da cui i parametri della tabella 3.3.II delle NTC

K_r	z_0	z_{min}
0,19	0,05 m	4 m

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

Aree prive di ostacoli o con al di più rari ostacoli isolati (aperta campagna, aeroporti, aree agricole, zone paludose o sabbiose, superfici innevate o ghiacciate, mare, laghi,..)

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	1,80	4,00 m

Pressione del vento

$$p = q_r C_e C_p C_d = 88 \text{ daN/mq}$$

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 un'area di influenza pari a $3 \times 5 = 15 \text{mq}$ ed un coefficiente maggiorativo pari a 1,2,

AZIONI CARATTERISTICHE (ESTRADOSSO FONDAZIONE)		
N [kg]	V [kg]	M [kgm]
720,00	3168,00	1694,88

Verifica della Fondazione su micropali in acciaio

- Micropali con tubolare in acciaio con infissione a secco

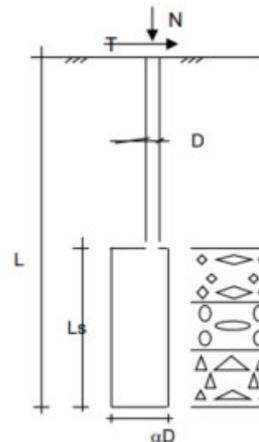
CAPACITA' PORTANTE DI UN MICROPALO

OPERA: **MOGORO**

DATI DI INPUT:

Sollecitazioni Agenti:

	Permanenti	Temporanee	Calcolo
N (kN)	7,20	0,00	7,20
T (kN)	31,68	0,00	31,68



coefficienti parziali	azioni		proprietà del terreno	
	permanenti γ_g	temporanee variabili γ_q	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):	3,00	(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/mm ²)
Area dell'armatura (Aarm):	4650	(mm ²)
Momento di inerzia della sezione di armatura (Jarm):	1,993E+07	(mm ⁴)
Modulo di resistenza della sezione di armatura (Warm):	206.514	(mm ³)
Tipo di acciaio	Fe 430	
Tensione di snervamento dell'acciaio (fy):	275	(N/mm ²)
Tensione ammissibile dell'acciaio (σ_{amm}):	190	(N/mm ²)
Malta di iniezione:		
Res. compressione monoassiale malta di iniezione (σ_{malta}):	0	(N/mm ²)
Coefficiente di Reazione Laterale:		
Coeff. di Winkler (k):	1,0	(MN/m ³)

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)
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

L_s = 5,00 (m) Q_l = 1304,97 (kN)

Capacità portante di punta

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

Q_p = 195,75 (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} = 1500,71 (kN)

F_s = 208,43

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 = 249,65

VERIFICA ALLE FORZE ORIZZONTALI

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

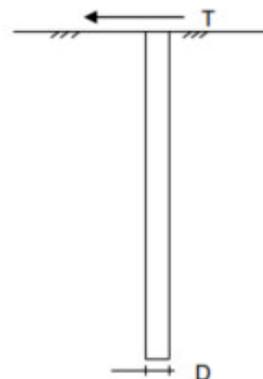
$$M = T / (2 \cdot b)$$

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

b = 0,322 (1/m)

Momento Massimo (M):

M = 49,19 (kN m)



VERIFICHE STRUTTURALI DEL MICROPALO

Acciaio Fe 430

Tensioni nel singolo micropalo

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

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

σ_{max} = 239,74 (N/mm²)

σ_{min} = -236,64 (N/mm²)

τ = 13,63 (N/mm²)

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

σ_{id} = 240,90 (N/mm²)