

REALIZZAZIONE IMPIANTO AGRIVOLTAICO A TERRA DA 57,60 MW SU TRACKER DI TIPO AD INSEGUIMENTO MONOASSIALE

“MARRUBIU” COMUNE DI MARRUBIU (OR)

RELAZIONE GEOLOGICA-GEOTECNICA

Committente: IBERDROLA RENOVABLES ITALIA SPA

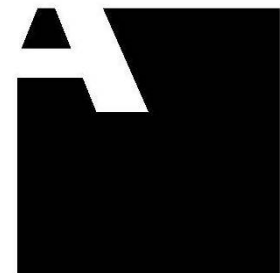


Località: COMUNE DI MARRUBIU (OR)

Cagliari, 06/2024

STUDIO ALCHEMIST

Via Isola Pantelleria 12 - 09126 Cagliari (CA)

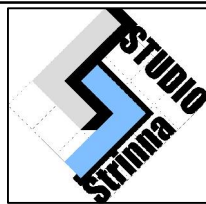


COMUNE DI MARRUBIU

(Prov. di Oristano)

REALIZZAZIONE IMPIANTO AGRIVOLTAICO A TERRA DA 57,60 MW SU TRACKER DI TIPO AD INSEGUIMENTO MONOASSIALE DENOMINATO "MARRUBIU" - COMUNE DI MARRUBIU (OR)

RELAZIONE GEOLOGIA - GEOTECNICA



Studio Tecnico Geologico

Servizi & Consulenze - Dott. Mario STRINNA

Sede legale : Viale Diaz, 48 - 09125 CAGLIARI - Tel.Fax 070.303083

Portatile +39 328.7906284 - E-mail studiostrinna@gmail.com - mariostrinna@libero.it

PEC mariostrinna@epcc.epap.it - web: www.mariostrinna.com

Committente:



IBERDROLA RENOVBLES ITALIA SPA

Oggetto:

RELAZIONE GEOLOGICA - GEOTECNICA

Data:

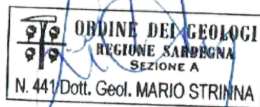
06/2024

Scala:

Geologo [O.R.C. n. 441 - Sez. A]

Dott. Mario STRINNA

Collaboratore:



Aggiornamenti:

Tavola:

File: mario/geologia/2024/Impianto Agrivoltaico Marrubiu Or

Committente: IBERDROLA RENEVABLES ITALIA SPA

Progetto: Impianto Agrivoltaico da 57,60 MW Tipo AD Inseguimento monoassiale denominato MARRUBIU – Comune di Marrubiu (OR)

Il Geologo: Dott. Mario STRINNA - **ORG** 441 Sez. A

Relazione geologica e geotecnica

COMUNE DI MARRUBIU

(Prov. di Oristano)

RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA REALIZZAZIONE IMPIANTO AGRIVOLTAICO A TERRA DA 57,60 MW SU TRACKER DI TIPO AD INSEGUIMENTO MONOASSIALE DENOMINATO "MARRUBIU" - COMUNE DI MARRUBIU (OR)



COMMITTENTE



IBERDROLA RENEVABLES ITALIA SPA

GEOLOGO [SEZ. A]

Dott. Mario STRINNA



La presente relazione non può essere né copiata né riprodotta, anche parzialmente, se non con il consenso del professionista incaricato, previa autorizzazione scritta. Eventuali mancanze saranno punite ai sensi di legge (Art.2578 C.C. - L.22.4.1941 N.6331)

This report can be neither copied nor reproduced, even partially, except with the consent of the professional person in charge, prior written permission. Any deficiencies will be punished according to the law (Art.2578 CC - L.22.4.1941 N.6331)



Viale Diaz n. 48 09125 Cagliari T/F 070.303083 Portatile +39 3287906284
Assicurazione professionale (LLOYD'S) geologi certificato n. GK22B0201D32M5ALB

INDICE

RELAZIONE GEOLOGICA	pag. 3
A. PREMESSA	pag. 3
B. INQUADRAMENTO AEREO E GEOGRAFICO	pag. 4
C. BREVE DESCRIZIONE DEL PROGETTO	pag. 8
1. CARATTERI GEOLOGICI E STRATIGRAFICI DELL'AREA VASTA	pag. 13
1.1 - Successione vulcano sedimentaria Plio-Pleistocenica	pag. 15
1.2 - Depositi Quaternari Pleistocenici e Olocenici	pag. 17
1.2.1 - Depositi Quaternari Olocenici	pag. 18
1.3 - Caratteristiche geomorfologiche del territorio	pag. 19
1.4 - Idrologia superficiale e sotterranea	pag. 21
1.5 - Inquadramento climatico generale	pag. 23
1.5.1 - Influenza della Piovosità sulla Propensione al Dissesto	pag. 23
1.6 – Geologia di contesto dell'area sensibile	pag. 25
1.7 – Caratteristiche pedologiche generali	pag. 28
1.8 – Pericolosità geologica	pag. 28
1.8.1 - Pericolosità Idrogeologica	pag. 29
1.8.1.1 - Progetto P.S.F.F	pag. 30
1.8.1.2 - Progetto I.F.F.I	pag. 30
1.8.2 - Pericolosità sismica	pag. 31
1.8.2.1 - Dati sismici sul sito (spettri di risposta)	pag. 36
1.9 - Modello geologico del sottosuolo – Sezione stratigrafica	pag. 37
RELAZIONE GEOTECNICA	pag. 40
2. CONSIDERAZIONI GEOTECNICHE DI CONTESTO	pag. 40
2.1 - Stima dei parametri geotecnici	pag. 42
2.2 - Verifica degli SL secondo le NTC 2018	pag. 43
2.2.1 – Ipotesi A] fondazione su palo infisso (Tracker)	pag. 45
2.2.1.1 – Cedimenti	pag. 47
2.3 – Considerazioni sulla scavabilità e tenuta dei fronti di scavo	pag. 48
3. CONCLUSIONI	pag. 50
Appendice	
- Inquadramento Geologico sc 1:10.000	pag. 59
- Carta delle Permeabilità sc 1:10.000	pag. 60
- Carta geologica – Cavidotto connessione sc 1:40.000	pag. 61
- Carta delle Permeabilità – Cavidotto connessione sc 1:40.000	pag. 62

RELAZIONE GEOLOGICA

Competenze professionali: la redazione relazione geologica (L. 9.07.1908, n. 445; D.P.R. 7.01.1956 n. 164; L. 25.11.1962, n. 1684; L. 2.02.1974 n. 64; D. LL. PP. 15.05.1985; D.M. LL. PP. del 12.12.1985; D.M. 11.3.1988; L. R. 7.06.1989, n. 30; D.M. 04.05.1990; D.P.R. 10.09.1990, n. 285; D.P.C.M. 29.09.1998; D.P.R. 6.06.2001, n. 380; D.Lgs 12.04.2006, n. 163 e ss. mm. ii.; D. Lgs 3.04.2006, n. 152; D.M. 14.01.2008; Ord. P.C.M. del 20.03.2003 n. 3274; PRESIDENZA DEL CONSIGLIO DEI MINISTRI DIPARTIMENTO DELLA PROTEZIONE CIVILE D. 21.10.2003; D. Ass. LL.PP. 21.02.005 n. 3 - Esecutività della Del. di G.R. n. 54/33 del 30.12.2004, Del. G.R.15/31 2004) è nella piena ed esclusiva competenza del geologo [Consiglio di Stato (V Sezione giurisdizionale) Decisione 4 maggio 1995, n°701]. Il divieto di subappalto della relazione geologica è sancito dalla Determinazione n. 3 del 27.02.2002 dell'Autorità per la Vigilanza sui Contratti Pubblici di Lavori, Servizi e Forniture. Sull'obbligatorietà dell'acquisizione della relazione geologica come elaborato di progetto (punto B.5. DM 11.3.1988 "I risultati delle indagini devono essere oggetto di apposite relazioni, parte integrante del progetto") si è espresso il Consiglio di Stato sezione VI con sentenza 5666/2009. Codice dei contratti pubblici, d. lgs. 31 marzo 2023 n. 36.

A. PREMESSA

Per lo studio dei terreni interessati dal progetto di un impianto Agrivoltaico avanzato da realizzarsi all'esterno del contesto urbano di Marrubiu, verso NNE, nella località Masongius, raggiungibile percorrendo la SS 130 in direzione di Oristano con svolta a destra in direzione di Sant'Anna, è stato richiesto un accertamento geologico e geotecnico, con particolare riferimento alla caratterizzazione lito-stratigrafica e idrogeologica dei terreni che insistono nell'areale come substrato di appoggio delle fondazioni su palo infisso (tracker) dove dovrà essere realizzato l'impianto Agrivoltaico, con particolare riferimento alla:

- Ricostruzione dell'assetto litostratigrafico del sedime di intervento sulla base di specifici studi geologici pregressi svolti sul territorio sensibile correlabile (*Geotest srl: Tiria, Comuni di Marrubiu, Arborea, Santa Giusta*), al fine di definire la sequenza dei terreni;

- Problematica geotecnica connessa all'interazione opera-geologia locale;

Tale lavoro è stato eseguito in ottemperanza del D.M. 11.03.1988 (Norme Tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione). Le indagini in ottemperanza alle norme fissate dall'A.N.I.S.I.G. (Ass. Naz. Imprese Specializzate in Indagini Geognostiche). Testo integrato con la Circ. LL.PP. 24 Settembre 1988 n. 30483 (punto A3): istruzioni riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione, Circolare n. 218/24/3 del 09.01.1996 e n. 617 del 02.02.2009 – OPCM n. 3274 del 20.03.2003 - Nuove N.T.C. 2018 (§ 2.6 - 6.2.2; § 3.2 - 3.2.2 - § 7.11.3) sulle costruzioni e Circolare esplicativa 617/2009. Norme di Attuazione PAI della Sardegna: Artt. 24/25 (studi di compatibilità idraulica - geologica e geotecnica) - Testo Coordinato agg. 2022. Allegato E/F (criteri per la predisposizione degli studi di compatibilità idraulica, geologica e geotecnica di cui all'art. 24/25 delle NdA. del PAI), secondo le seguenti fasi:



- Sopralluogo nell'area in esame ed esame critico della situazione attuale;
- Stesura di una relazione geologica sulla base delle conoscenze dei luoghi litologici per esperienze pregresse svolte dallo scrivente sull'areale sensibile correlabile, il tutto supportato da osservazioni dirette di tagli stradali e non, ed evidenze litologiche di superfici esposte in affioramento nel settore oggetto di analisi. Nello specifico si rilevano nel contesto esaminato: a) Depositi Pleistocenici dell'area continentale - Litofacies nel subsistema di Portoscuso (PVM2a): ghiaie alluvionali terrazzate da medie a grossolane, con subordinate sabbie – Pleistocene sup; b) Sedimenti alluvionali (bb): depositi alluvionali sabbiosi, con subordinati limi e argille – Olocene; c) Sedimenti alluvionali (ba): depositi alluvionali ghiaiosi da grossolani a medi – Olocene.

B. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO E AEREO

L'area interessata dallo studio, prossima all'alto morfologico del Monte Arci costituito da vulcaniti effusive del Plio-Pleistocene, con forma aspra e accidentata, è situata all'esterno del Comune di

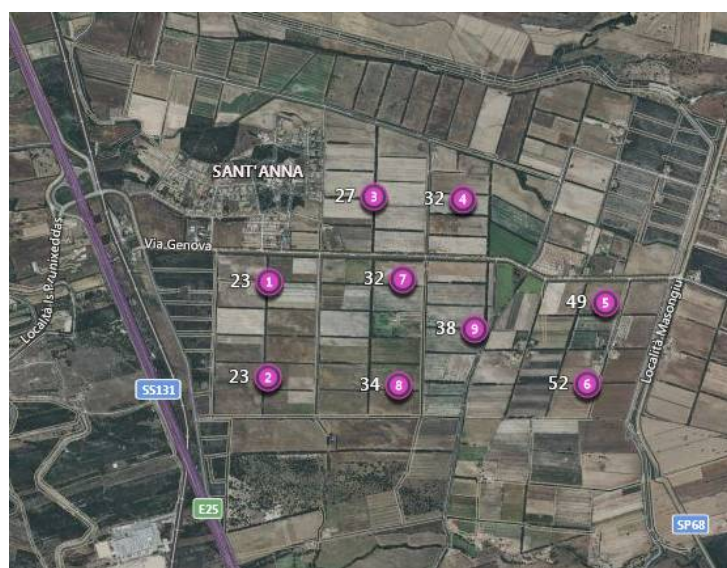


Figura 1 – Vista aerea - areale sensibile (estratto Geostru Maps)

Marrubiu, più precisamente a NNE, nella località Masongius. Morfologicamente trattasi di un territorio essenzialmente sub - pianeggiante, debolmente ondulato, degradante verso WSW in direzione della SS131 e contestualmente il tessuto urbano di Marrubiu. Le quote s.l.m.m. sono variabile da un minimo di circa +23m ad un massimo di circa +50m, con pendenze medie inferiori al 2/3%.

Corograficamente è inquadrabile nei seguenti Fogli Regionali:

- I.G.M. Foglio 528 Sez. II° Quadrante (Oristano) e Foglio 529 Sez. III°

Quadrante (Villaurbana), alla scala 1:25.000;

- C.T.R. Foglio 528 – 160 (Sant'Anna) e Foglio 529 – 130 (Tiria Alta), alla scala 1:10.000.

Coordinate km Gauss Boaga areale sensibile (Fuso 32):

- **X** = 1471020.7532 longitudine **E**
- **Y** = 4406156.1220latitudine **N**

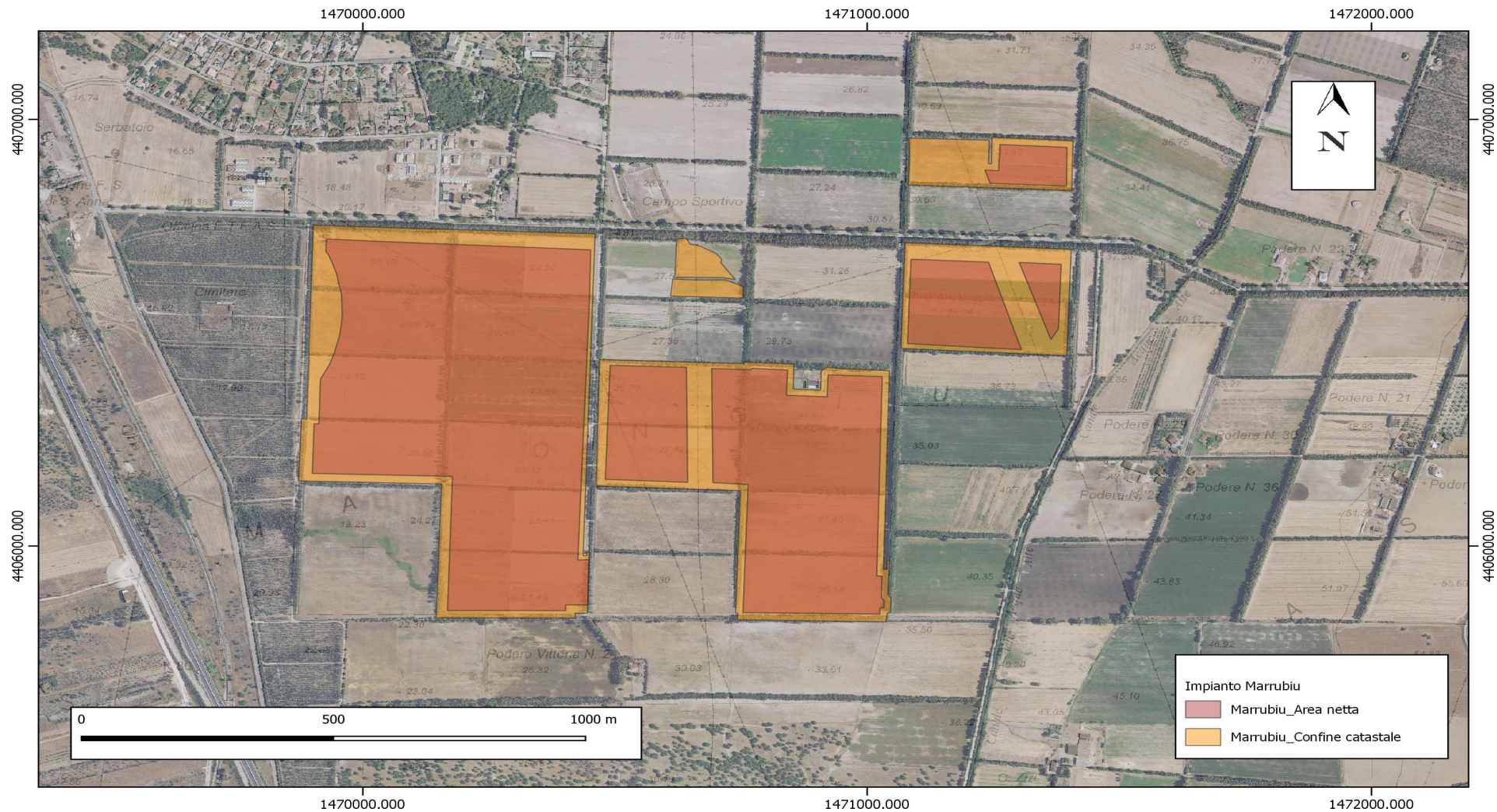
Committente: IBERDROLA RENEWABLES ITALIA SPA

Progetto: Impianto Agrivoltaico da 57,60 MW Tipo AD Inseguimento monoassiale denominato MARRUBIU – Comune di Marrubiu (OR)

Il Geologo: Dott. Mario STRINNA - ORG 441 Sez. A

Relazione geologica e geotecnica

INQUADRAMENTO AEREO
SU BASE CTR FOGLIO 528 - 160 (SANT'ANNA) - FOGLIO 529 - 130 (TIRIA ALTA)
SCALA 1:10.000



Viale Diaz n. 48 09125 Cagliari T/F 070.303083 Portatile +39 3287906284
Assicurazione professionale (LLOYD'S) geologi certificato n. GK22B0201D32M5ALB

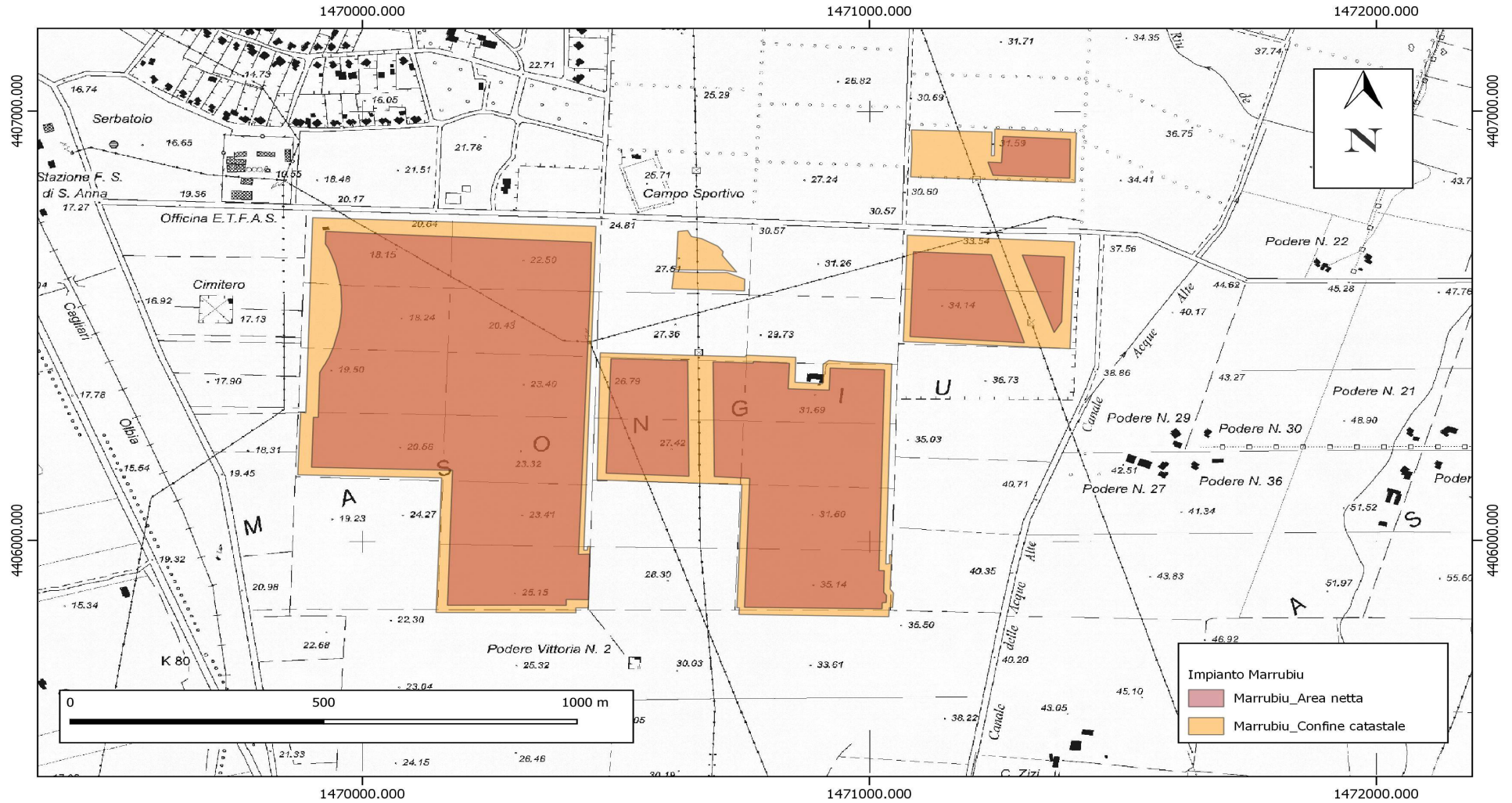
Committente: IBERDROLA RENEVABLES ITALIA SPA

Progetto: Impianto Agrivoltaico da 57,60 MW Tipo AD Inseguimento monoassiale denominato MARRUBIU – Comune di Marrubiu (OR)

Il Geologo: Dott. Mario STRINNA - ORG 441 Sez. A

Relazione geologica e geotecnica

INQUADRAMENTO CARTOGRAFICO REGIONALE
SU BASE CTR FOGLIO 528 - 160 (SANT'ANNA) - FOGLIO 529 - 130 (TIRIA ALTA)
SCALA 1:10.000



Viale Diaz n. 48 09125 Cagliari T/F 070.303083 Portatile +39 3287906284
Assicurazione professionale (LLOYD'S) geologi certificato n. GK22B0201D32M5ALB

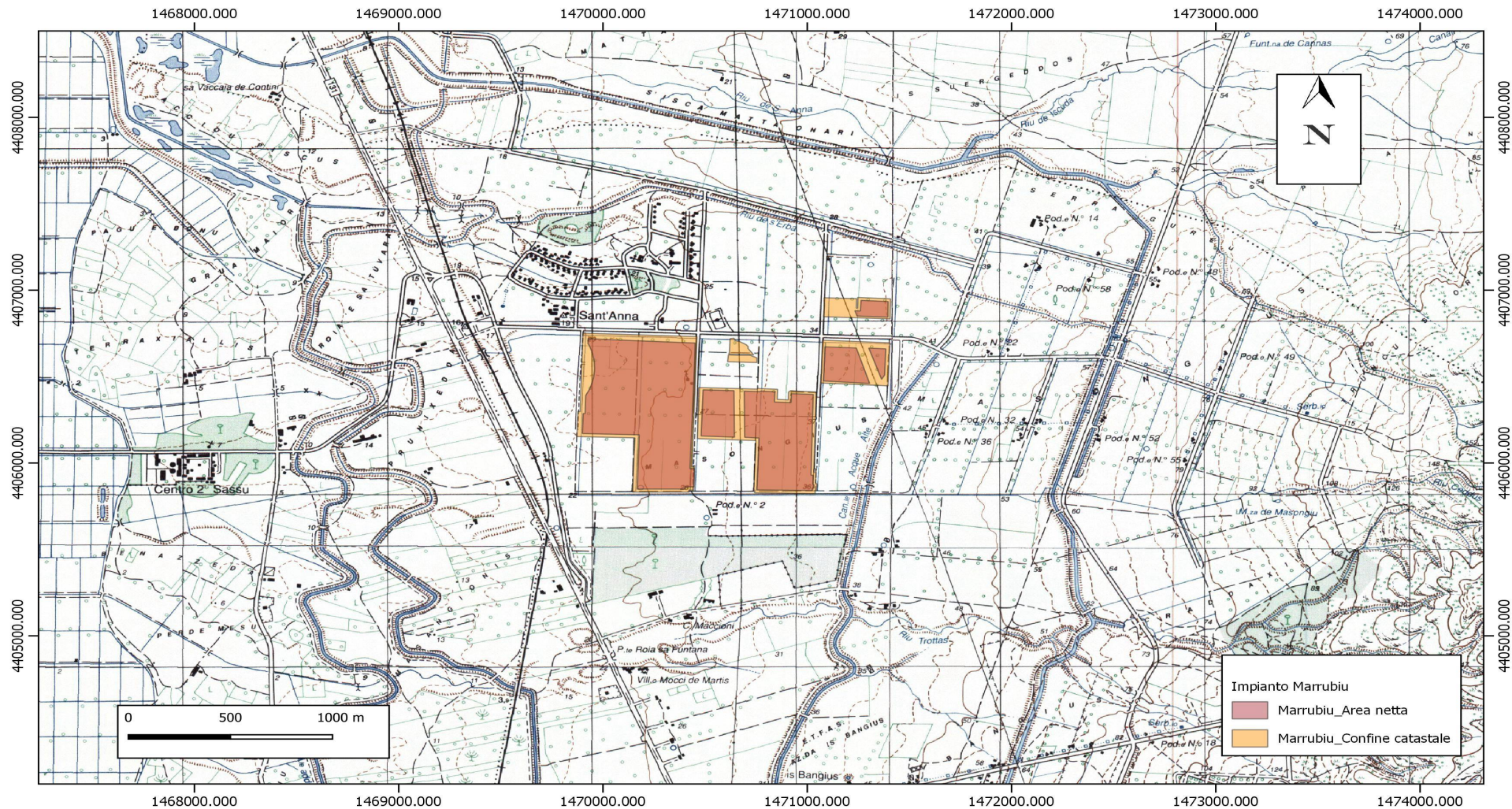
Committente: IBERDROLA RENEVABLES ITALIA SPA

Progetto: Impianto Agrivoltaico da 57,60 MW Tipo AD Inseguimento monoassiale denominato MARRUBIU – Comune di Marrubiu (OR)

Il Geologo: Dott. Mario STRINNA - ORG 441 Sez. A

Relazione geologica e geotecnica

INQUADRAMENTO CARTOGRAFICO REGIONALE
SU BASE IGM FOGLIO 528 SEZ. II° QUADRANTE (ORISTANO) - FOGLIO 529 SEZ. III° QUADRANTE (VILLAURBANA)
SCALA 1:25.000



Viale Diaz n. 48 09125 Cagliari T/F 070.303083 Portatile +39 3287906284
Assicurazione professionale (LLOYD'S) geologi certificato n. GK22B0201D32M5ALB

C. BREVE DESCRIZIONE DEL PROGETTO

La presente fa parte del progetto esecutivo REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO DA 57,60MW – SU TRACKER DI TIPO AD INSEGUIMENTO MONOASSIALE DENOMINATO “MARRUBIU” – COMUNE DI MARRUBIU (OR). La società proponente del progetto è IBERDROLA RENEVABLES ITALIA SPA che da anni si occupa dello sviluppo di impianti da fonte rinnovabile e della gestione delle attività di generazione di energia da fonti rinnovabili.

Inquadramento territoriale

L'area di intervento è ubicata all'interno di terreni siti nel Comune di Marrubiu in prossimità della frazione di Sant'Anna. Dal punto di vista topografico, l'area in esame risulta inclusa nella cartografia catastale:

- Fig. 1 del Comune di Marrubiu, particelle 190, 198, 200, 204, 205, 229, 235, 1060, 1064, 237, 992, 755, 239, 765, 764, 752, 743, 223, 744, 254, 241, 243, 1059, 1061, 1062, 1063, 742, 731, 760, 761, 769, 770, 1410, 1411, 225, 202, 196, 192, 194, 188, 197, 199, 206, 208, 754, 753, 210, 207, 189, 218, 1102, 203, 201, 1058, 1057;
- Fig. 2 del Comune di Marrubiu, particelle 661, 663, 240, 608, 235, 378, 385, 658, 664, 610;
- Fig. 6 del Comune di Marrubiu, particelle 212, 214.

I terreni localizzati nella ZONA AGRICOLA E2 e in ZONA DI TUTELA H, anche in relazione all'estensione, composizione e localizzazione dei terreni del comune di Marrubiu, secondo quanto documentano i Certificato di Destinazione Urbanistica (CDU).



Figura 2 - Posizionamento impianto su ortofoto

Il sito interessato alla realizzazione dell'impianto, si trova ad un'altitudine media di circa 30 m s.l.m. e ricopre un'area lorda di 81,77 ha. L'intervento contempla la realizzazione di un impianto agrivoltaico di potenza nominale in immissione pari a 57.597,12 KWp di picco per la produzione di energia elettrica posato sul terreno livellato mediante l'installazione di inseguitori solari. Il passaggio all'interno dell'area è possibile sia lungo i confini, in quanto è stata definita una distanza di 14 metri, sia all'interno dell'area in

quanto la distanza tra i pannelli di un tracker e quelli del tracker immediatamente più prossimo è di 5,2 m. Sono state previste delle strade per facilitare la percorrenza del sito, una che percorre l'intero perimetro dell'impianto, e le rispettive in corrispondenza delle cabine di campo. È stata calcolata la superficie coperta totale:

- Canadian da 720 W pari a 2,384 m x 1,303 m si hanno delle superfici coperte di 173,96 m² per le strutture da 28x2 moduli e da 86,98 m² per le strutture da 14x2 moduli.

I moduli Canadian Solar sono 1.411 da 28x2 (245.457,56) e 35 da 14x2 (3.043,25 m²), per un totale di 248.500,81 m² coperti su una superficie totale del lotto è di circa 81,77 ha.

Tecnologia Agrivoltaica

Un impianto agrivoltaico è costituito da un insieme di apparecchiature che consentono di trasformare direttamente l'energia solare in energia elettrica. Gli impianti per la produzione di energia elettrica mediante tecnologia fotovoltaica presentano significativi vantaggi, tra i quali:

- assenza di qualsiasi tipo di emissioni inquinanti;
- risparmio dei combustibili fossili;
- estrema affidabilità in quanto non vi sono parti in movimento (vita utile superiore a 25 anni);
- minimi costi di manutenzione;
- modularità del sistema.

Gli impianti agrivoltaici possono essere suddivisi in:

- impianti autonomi funzionanti in isola detti "stand-alone";
- impianti collegati in parallelo alla rete elettrica pubblica, detti "grid connected".

Nella fattispecie, un impianto agrivoltaico connesso alla rete del Gestore è, in linea di principio, costituito dai seguenti componenti:

- Modulo fotovoltaico (o Pannello solare): capta la radiazione solare durante il giorno e la trasforma in energia elettrica in corrente continua;
- Inverter: trasforma l'energia elettrica da corrente continua a corrente alternata rendendola idonea alle esigenze della rete elettrica a monte e delle utenze a valle (es. stabilizzazione di tensione, sincronia delle forme d'onda di tensione e corrente, ecc.);
- Misuratori di energia: servono a controllare e contabilizzare la quantità di energia elettrica prodotta e scambiata con la rete.

Nel nostro caso la tipologia dell'impianto agrivoltaico è la seguente:

- inseguitori monoassiali (detti anche "tracker"), ossia strutture poste con asse longitudinale Nord-Sud e angolo di rotazione Est-Ovest fino a $\pm 60^\circ$, che consentono quindi di seguire il sole nell'arco della giornata.

Rispetto alle strutture fisse, i tracker consentono di captare molta più energia solare nelle ore mattutine e pomeridiane in cui il sole è più basso, andando complessivamente a massimizzare la

producibilità dell'impianto a parità di potenza installata e occupazione del suolo, in certe condizioni di latitudine e conformazione del sito.

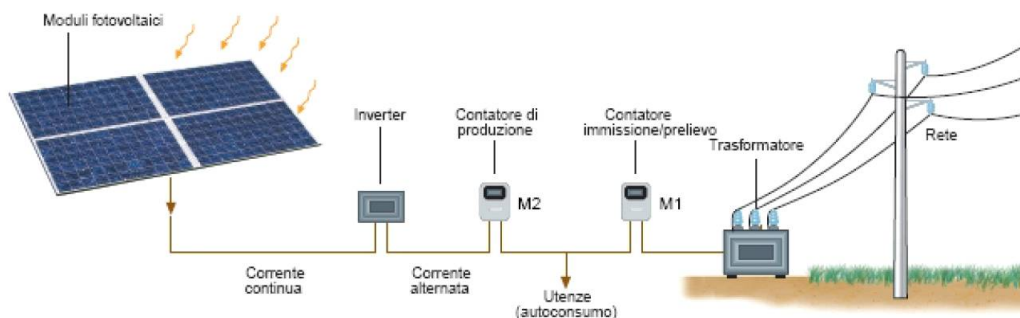


Figura 3 – Grafico sistema fotovoltaico

L'agrivoltaico è un sistema costituito da un impianto fotovoltaico posizionato su un terreno che viene utilizzato allo stesso tempo per attività agricole o per l'allevamento. In sintesi, l'impianto fotovoltaico viene integrato con soluzioni agro/zootecniche con l'obiettivo di mantenere la produzione di energia rinnovabile quale attività prevalente. Si prevede una piantumazione delle specie nelle aree libere dell'impianto in cui non insistono i moduli fotovoltaici, nei corridoi tra le file delle strutture di sostegno degli inseguitori monoassiali e lungo le aree perimetrali e nelle fasce di rispetto. L'agrivoltaico comprende anche l'integrazione delle attività zootecniche come per esempio il pascolo di ovini.

Inoltre l'impianto in progetto, così come è stato ideato ed articolato, ricade entro la categoria degli impianti agri-voltaici normati ai sensi dell'articolo 31 del D.L. 77/2021, come convertito con la L. 108/2021 e del nuovo D.L. del 15 maggio 2024, n. 63. L'impianto sarà dotato di un sistema di monitoraggio a sostegno dell'attività agricola che consentirà di verificare l'impatto sulle colture, sulla produttività agricola per le diverse tipologie di colture e in definitiva sulla continuità dell'attività dell'azienda coinvolta, proprio come prevede la suddetta legge n.108/2021.

Impianto Agrivoltaico da 57,60kW

L'impianto sarà costituito da 79.996 moduli fotovoltaici da 720 W di tipo bifacciale, organizzati in stringhe e collegati in serie tramite 17 Power Station (di TIPO 1 da 3200/3000 kVA) posizionate in maniera baricentrica rispetto alle strutture di supporto dei pannelli. La tipologia e la configurazione delle strutture fotovoltaiche è caratterizzata da 1411 tracker a pali infissi da 28x2 Portrait e 35 tracker da 14x2 Portrait, disposti con rotazione +/- 55° in direzione Nord-Sud.

I moduli fotovoltaici costituenti l'impianto andranno posizionati a terra come individuato nell'elaborato Planimetria Generale Impianto (da progetto). Il criterio di posizionamento si è basato sull'utilizzo di strutture tipo tracker ad inseguimento solare, su pali. Le strutture sono concepite per ottenere un irraggiamento massimo per più ore possibili.

Nel presente progetto si utilizzeranno dei moduli fotovoltaici tipo Canadian Solar N-type Bifacial TOPCon Technology CS7N-720TB-AG da 720 W, tra i più recenti disponibili in commercio, le cui caratteristiche di massima sono riportate nelle schede tecniche allegate.

I moduli Canadian Solar sono costituiti da 132 celle, incapsulate tra due strati di EVA e protetti da entrambi i lati da una lastra di vetro temperato di 2.0 mm.

La cornice di fissaggio è caratterizzata da robusti profilati di alluminio anodizzato di colore chiaro e per le terminazioni elettriche è presente una scatola di collegamento a tenuta stagna, dotata di connettori (collegabili a) T6 o MC4-EVO2 o MC4-EVO2A, cavo: 2 x 1 m / 4 mm². I moduli presentano inoltre diodi di bypass.

Strutture di sostegno dei moduli fotovoltaici:

La struttura di fissaggio di tipo TRACKER monoassiale sarà orientata con asse NORD/SUD come indicato nelle tavole grafiche e con inseguimento solare EST-OVEST. L'inseguitore solare è un dispositivo che funziona mediante un sistema automatico e meccanico che permette di orientare i pannelli fotovoltaici rispetto ai raggi del sole seguendone il suo percorso apparente.

L'inseguitore solare fotovoltaico quindi ha lo scopo di inseguire i raggi del sole e di massimizzare al contempo l'efficienza dell'intero sistema di pannelli solari. Grazie all'inseguitore è possibile durante la giornata mantenere in modo costante il punto di fuoco che viene generato dal sole. L'allineamento con i raggi solari permette dunque di ottenere una maggiore efficienza per la conversione in energia elettrica a parità di superficie. Il movimento degli inseguitori è garantito da appositi motori fissati direttamente alla struttura di tipo monofase che attraverso un sistema di riduttori e paranchi assicurano il movimento delle vele da est ad ovest. L'altezza delle strutture permetterà comunque l'uso dei terreni sottostanti come prato-pascolo ed eventualmente potrà essere conciliato con l'attività di produzione di energia anche l'apicoltura tramite il posizionamento di arnie.

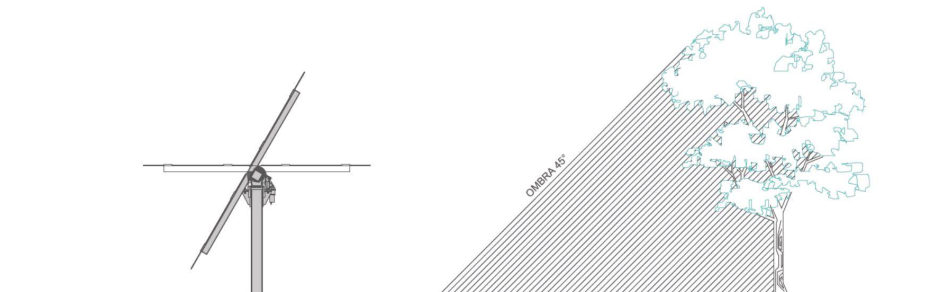


Figura 4 - Posizionamento Tracker, adeguata distanza dai fattori di ombreggiamento

Fasi costruttive dell'impianto e opere civili

Il piano di lavoro prevede di seguire questa sequenza di operazioni per realizzare dell'opera:

- preparazione del terreno: pulizia del terreno e preparazione del piano per la disposizione della struttura che ospiterà i moduli e le cabine;
- realizzazione delle recinzioni;
- Scavi e posa dei cavidotti: Scavi a sezione ristretta per la posa dei cavidotti e installazione dei pozzetti di raccolta.
- Installazione delle strutture portanti (tracker): Inserimento dei pali di supporto nel terreno per sostenere le strutture portanti.
- Posa dei basamenti delle cabine prefabbricate degli allacci alle reti tecnologici
- Montaggio e cablaggio dei moduli e delle cabine (incluso il gruppo inverter/trasformatori).
- Installazione dei quadri di campo.
- Allestimento delle cabine: Incluso il posizionamento dei quadri ausiliari, dei quadri BT e dei quadri MT.
- Costruzione della sottostazione Utente interna all'area di progetto;
- Montaggio e collegamento dell'Illuminazione esterna, telecamere, e sistema antintrusione
- Posa della linea di connessione alla rete RTN;
- Verifiche elettriche e collaudi intermedi e finali.

Per gli edifici e i locali, si preferiranno materiali leggeri, innovativi e rimovibili quando possibile. Il materiale scavato per i cavidotti sarà riutilizzato. Dato il periodo stimato 6 mesi per la realizzazione e il coinvolgimento di diverse imprese e maestranze, sarà necessario un cantiere completo di strutture di supporto come locali spogliatoio, mensa, direzione lavori e servizi igienici.

Le opere civili da realizzare saranno di lievissima entità e consisteranno in:

- realizzazione di piattaforma di fondazione per il posizionamento delle cabine elettriche;
- realizzazione di recinzione mediante pali infissi e rete metallica;
- scavi a sezione ristretta e pozzetti.

Bilancio scavi e riporti

All'interno del sito il bilancio tra scavi e riporti sarà pari a zero, in quanto le strutture di supporto tipo TRACKER hanno i sostegni infissi nel terreno. Gli scavi in esubero derivati dallo splanteamento verranno ridistribuiti nel sito ed utilizzati di supporto alla piantumazione.

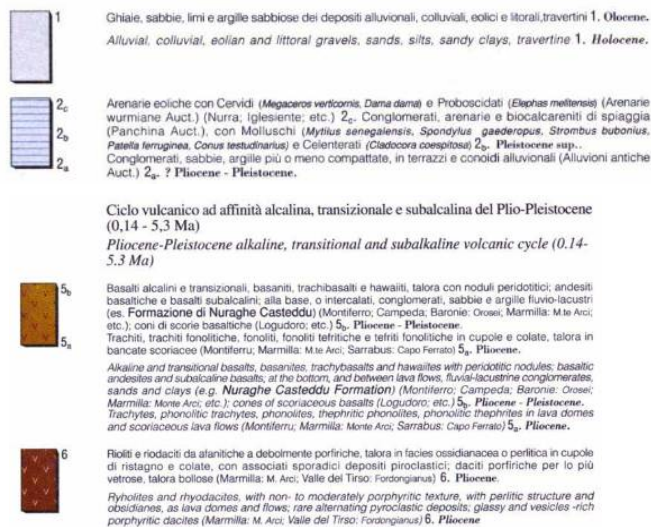
1. CARATTERI GEOLOGICI E STRATIGRAFICI DELL'AREA VASTA

L'area del presente studio ricade in prossimità della parte orientale dell'esteso Stagno di Santa Giusta, nel settore centrale del Golfo di Oristano, a ESE della penisola del Sinis.



Figura 5 - Estratta da “Carta Geologica della Sardegna – Carmignani et Altrii” sc 1:200.000

DEPOSITI QUATERNARI QUATERNARY DEPOSITS



Dal punto di vista geologico il Golfo di Oristano è limitato tra due piattaforme basaltiche, quelle di Capo San Marco a nord e Capo Frasca a sud, mentre la parte centrale è occupata dalla pianura del Campidano, formatasi dal riempimento della fossa tettonica omonima, originata tra il Pliocene medio e il Pleistocene (*Pecorini e Pomesano Cherchi, 1969*) dallo sprofondamento della Rift Sardo, con materiali detritici provenienti dallo smantellamento delle terre emerse attigue (*Pecorini, 1980*). Questa parte del graben è limitata a nord dalla successione vulcano-sedimentaria miocenica (Assorgia et al., 1978) e dalla sequenza vulcanica del settore meridionale del Montiferru (Deriu 1962; Assorgia et al., 1976), a est dal complesso vulcanico del M. Arci; a nord-ovest dall'Horst del Sinis (Pala et al., 1982; Casula et al., 2001). Il territorio, è costituito interamente da terreni sedimentari e vulcanici che si sono formati nel lasso di tempo che va dall'Oligocene all'attuale.

I principali eventi strutturali, che caratterizzano il Golfo di Oristano sono riconducibili essenzialmente alla fase di rifting Sardo, tra l'Oligocene superiore e il Burdigaliano inferiore, ed alla formazione del Graben del Campidano nel Plio-Pleistocene (Casula, Cherchi, 2001). Il basamento paleozoico sardo, dislocato da tali eventi geodinamici affiora soltanto nell'isola di Mal Di Ventre (*Di Gregorio, 1976*). Quest'ultima, costituita da graniti ercinici, rappresenta la cima affiorante dal mare di una ben più vasta piattaforma granitica sottomarina. Infatti, nel Terziario, tra l'Eocene e l'Oligocene, il massiccio sardo-corso distaccatosi dal margine continentale europeo, fu interessato da intensi sconvolgimenti tettonici con formazione di una vasta depressione tettonica allungata da nord a sud fra il Golfo dell'Asinara e quello di Cagliari, poi colmata dai sedimenti della trasgressione miocenica e vulcaniti terziarie. Il substrato geologico del Golfo di Oristano è costituito da una successione di terreni e rocce della serie marina miocenica, rappresentata da argille, marne e calcari su cui poggiano, localmente, gli espandimenti basaltici del Plio-Pleistocene ben visibili a est dell'area, nei territori collinari confinanti a est con Villaurbana.

Le formazioni quaternarie sono particolarmente estese e rappresentative in tutto l'areale esterno del Golfo di Oristano, in cui svariati depositi si sovrappongono dando luogo a una grande variazione di facies, che vanno dal marino al continentale con tutte le sfumature intermedie. In sintesi, si possono distinguere: depositi marini pleistocenici, come la "Panchina Tirreniana", i "Calcari a cardium"; depositi eolici, depositi fluviali con alluvioni terrazzate antiche e recenti. La Panchina, affiorante lungo la zona costiera, è caratterizzata dal basso in alto da conglomerato poligenico, al quale seguono arenarie cementate con frammenti conchigliari ricoperte da una crosta calcarea più o meno arrossata. Intorno agli stagni costieri nella penisola del Sinis e nel golfo di Oristano, affiorano i "calcari a cardium", rappresentando antichi stagni quaternari (*Pomesano Cherchi, 1969*). Particolarmente sviluppate, sono le facies sedimentarie antiche, rappresentate da ghiaie e arenarie del Pleistocene superiore (periodo wurmiano), ben cementate a tipica stratificazione incrociata, sia da dune eoliche più recenti

limitate alle zone costiere (es. litorale di Torre Grande). Entro e sopra le sedimentazioni pleistoceniche sfuma la grande conoide alluvionale del fiume Tirso, al quale si deve, fin dal Quaternario antico, la colmata del Campidano di Oristano. Il cono di deiezione più antico è stato terrazzato come pure le alluvioni degli altri corsi d'acqua che sboccano nel Golfo di Oristano, con successione sommersione marina degli alvei (*Pomesano Cherchi, 1968*).

La formazione degli stagni costieri è invece legata alle oscillazioni del livello del mare durante il Quaternario, responsabili sia della migrazione dei sistemi di spiaggia sia delle divagazioni ed esondazioni fluviali nell'entroterra. L'attuale stagno di Santa Giusta occupa, infatti, una depressione di origine fluviale, una paleovalle incisa durante il MIS 2 (Last Glacial Maximum), circa 75.000 anni fa, quando il mare si collocava a circa meno 120 metri rispetto al livello attuale, successivamente colmata dai depositi sedimentari marini dell'ultima trasgressione olocenica (MIS 1) e soprattutto da recenti apporti terrigeni. Lo stesso vale per il fiume Tirso, che con alluvioni sabbiose, limoso-argillose e ciottolose, ha colmato durante l'Olocene l'antica paleovalle scavata nel MIS 2 (periodo wurmiano), determinando la formazione dell'attuale pianura costiera e alluvionale del Campidano di Oristano. In sintesi i terreni affioranti nell'area vasta, secondo quanto riportato dall'ISPRA - Carta Geologica 1:50.000, sono rappresentati da:

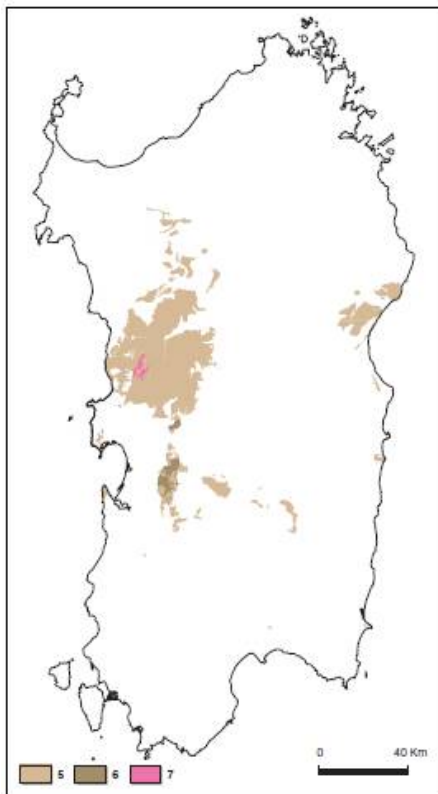
- Formazioni della successione vulcano-sedimentaria Plio-Pleistocene;
- Depositi sedimentari antichi Pleistocenici dell'area continentale - interesse;
- Sedimenti alluvionali Olocenici bb/ba - interesse.

1.1 - Successione vulcano sedimentaria Plio-Pleistocenica

La dinamica estensionale che ha interessato la Sardegna e il Tirreno nel Pliocene e Pleistocene trova riscontro in un ciclo vulcanico. Tale ciclo vulcanico è noto nella letteratura come "post-elveziano" (VARDABASSO, 1937). Si tratta di prodotti ascrivibili ad un vulcanismo intraplacca, costituiti essenzialmente da lave basaltiche, da alcaline ad alcaline-transizionali e subalcaline (5) talvolta associati a differenziati più evoluti (BECCALUVA et alii, 1985). Le manifestazioni vulcaniche inizialmente hanno interessato la Sardegna sud-orientale (Capo Ferrato, nel Sarrabus: 5,0-5,3 Ma), per poi estendersi in altri settori dell'Isola come la Planargia (Montiferro: 3,9-1,6 Ma), la Marmilla (M. Arci: 3,7-2,8 Ma), le aree centro-meridionali (3,8-1,7 Ma) ed infine le aree settentrionali dove, nel Logudoro-Mejlogu, si registra l'attività vulcanica più recente, compresa tra 0,9 e 0,14 Ma (BECCALUVA et alii, 1985, con bibliografia).

I caratteri giaciturali delle vulcaniti plio-pleistoceniche riflettono un'attività essenzialmente fessurale, legata a direttrici tettoniche con orientazione sub-meridiana o anche NE-SW, lungo le quali si allineano colate di modeste dimensioni associate a piccoli conici di Scorie, modesti edifici isolati e plateaux basaltici di discreta estensione (es. Marmilla). In due casi il vulcanismo pliocenico ha dato luogo ad apparati

vulcanici complessi: il M. Arci, un imponente rilievo di forma ellittica allungata secondo faglie a direzione NW-SE (direzione “campidanese”) (ASSORGIA et alii, 1981), che si eleva sul margine nord-orientale della Fossa del Campidano fino ad oltre 800 m di quota, e il Montiferro, un massiccio vulcanico che



Ubicazione degli affioramenti di Basalti alcalini e transizionali (5), rioliti e riodaciti (6) e fonoliti (7) del ciclo vulcanico ad affinità alcalina, transizionale e subalcalina del Plio-Pleistocene.

supera i 1000 m di quota e si trova all'incrocio tra le faglie dell'alto Campidano e la Faglia del Marghine ad andamento NE-SW (BECCALUVA et alii, 1976; VERNIA et alii, 1977). Tradizionalmente nello studio del vulcanismo plio-pleistocenico sardo sono stati privilegiati i due massici vulcanici di M. Arci e del Montiferro. Il Montiferro occupa una vasta area della Sardegna centro-occidentale; è un complesso vulcanico caratterizzato da importanti centri di emissione come il M. S. Antonio che costituisce un esempio di vulcano scudo. I numerosi studi (DERIU et alii, 1974; GALLO et alii, 1974; ASSORGIA et alii, 1981) convergono nel delinearvi una successione di eventi eruttivi che dal basso verso l'alto è sintetizzabile come di seguito: a) effusioni di basaniti analcitiche confinate nella parte occidentale del complesso; a queste manifestazioni effusive segue un periodo di stasi accompagnato da un probabile sollevamento e da attiva erosione testimoniata da un forte spessore di conglomerati continentali che affiora nelle aree periferiche del complesso; b) fonoliti tefritiche in lave confinate nella parte centrale; c) duomi e flussi di trachiti fonolitiche e fonoliti; d) lave basaltiche alcaline; e)

lave basaltiche e basanitiche che rappresentano i prodotti più recenti. Il complesso vulcanico del M. Arci si colloca all'intersezione di faglie ad andamento N-S e NNW - SSE; alimentato da un'attività in gran parte fessurale, è costituito da un'associazione complessa di rocce basiche e acide in cupole di ristagno, colate e rari depositi piroclastici. Si tratta di termini molto evoluti che arrivano fino a composizioni riolitiche. Le facies ossidiane e perlitiche di queste ultime hanno consentito, accanto ai metodi di geocronologia isotopica, datazioni col metodo delle tracce di fissione. Nelle caratteristiche del M. Arci si rileva una successione vulcanica caratterizzata da effusioni acide alla base e progressivamente più basiche verso l'alto, fino alla comparsa di basalti alcalini. MONTANINI et alii (1994) distinguono quattro fasi principali di attività caratterizzate dai seguenti prodotti effusivi: a) fase 1: lave felsiche rappresentate da rioliti in facies ossidiane e perlitiche e, in alcuni casi, porfirica (6); b) fase 2: daciti e andesiti a struttura porfirica. Nelle daciti sono comuni noduli femici con caratteristiche di cumulo; c) fase 3: trachiti quarzo-normative in flussi lavici e subordinati accumuli piroclastici, associate a modeste quantità di

trachiandesiti; d) fase 4: lave femiche da sub-alcaline a debolmente alcaline, rappresentate da basalti e andesiti basaltiche. Associati ai prodotti effusivi plio-pleistocenici si rinvengono numerosi filoni e neck (7) che rispecchiano, generalmente, le composizioni delle lave finora considerate. Nel Montiferro i filoni tagliano le unità fonolitiche, hanno composizione femica alcalina (trachibasalti, hawaii) ed età comprese tra 2 e 3 Ma. Nel M. Arci i filoni hanno la composizione di basalti sub-alcilini ed età intorno a 3 Ma. La loro età varia tra 1,8 e 3 Ma, la composizione è generalmente trachibasaltica e in un caso tristanitica. Alla base delle colate basaltiche, ed intercalate ad esse, affiorano dei sedimenti di ambiente fluvio-lacustre attribuiti nella Sardegna orientale alla Formazione di Nuraghe Casteddu (DIENI & MASSARI, 1973). Si tratta di depositi alluvionali sabbiosi e argillosi o ghiaiosi sciolti, con granulometria variabile, ben stratificati, derivati dallo smantellamento di graniti, scisti e filoni di età ercinica. In genere l'appoggio dei depositi sottostanti le colate basaltiche è direttamente sul basamento ercinico, solo raramente poggiano su sedimenti terziari. DIENI & MASSARI (1973) attribuiscono questa formazione al periodo interglaciale Donau-Gunz in base ai rapporti stratigrafici e alla determinazione di associazioni palinologiche.

La successione vulcano-sedimentaria plio-pleistocenica appartenente al vulcanico del M. Arci, è distinguibile come:

- Unità di Monte Mola (ULA): lave intermedie indifferenziate grigie e grigio verdastre, porfiriche per fenocristalli di Pl, Opx, Cpx, Sa, Bt, talvolta con abbondanti inclusi femici, in potenti colate con alla base livelli vitrofirici e ossidianacei.
- Apparato di Cuccuru Aspru (UCU): basalti subalcilini generalmente ipocristallini da afirici a porfirici per fenocristalli di Pl, Opx, Cpx, Ol, in colate. Basalti da alcalini a transizionali generalmente olocristallini.

1.2 - Depositi Quaternari Pleistocenici e Olocenici

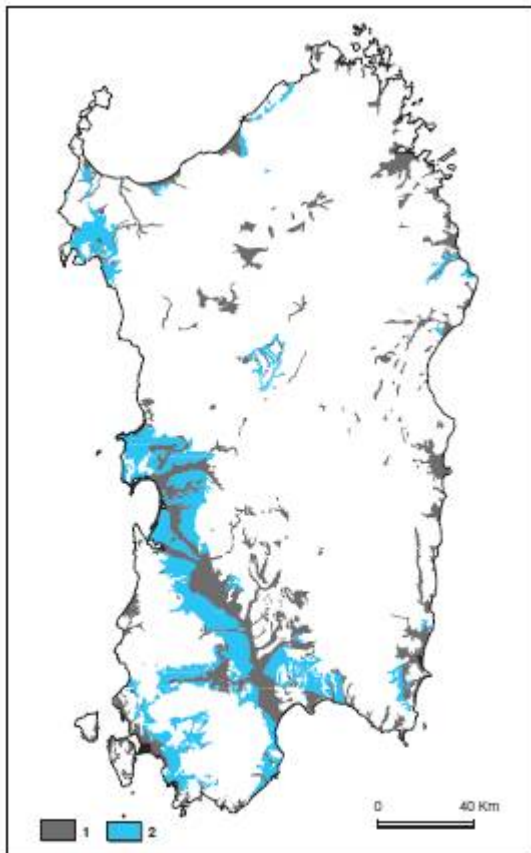
Il Quaternario è rappresentato in gran parte da depositi in facies continentale, mentre i subordinati depositi marini danno luogo ad affioramenti discontinui e di debole spessore e vengono attribuiti al Tirreniano, essendo gli unici che forniscano una sicura datazione in base al contenuto paleontologico. Per quanto riguarda l'età dei depositi continentali, questa è in genere definita solo in base ai rapporti con quelli marini tirreniani.

Il Quaternario antico (Pleistocene) è rappresentato principalmente dalle "Alluvioni antiche" Auct. (2a), diffuse in tutta l'Isola, ma in particolare nella piana del Campidano e in Nurra. Si tratta prevalentemente di sedimenti fluviali di conoide e di piana alluvionale, rappresentati da conglomerati, ghiaie e sabbie più o meno costipate, spesso con abbondante matrice siltoso-argillosa arrossata e variamente ferrettizzate.

Particolarmente evidente è la conoide del Fiume Tirso, nel Campidano di Oristano, di cui si può ancora riconoscere l'originario cono di deiezione, attualmente terrazzato, il cui apice è stato individuato



da VARDABASSO (1956) alla fuoriscita del corso d'acqua dalle gole basaltiche di Villanova Truschedu.



Ubicazione degli affioramenti quaternari di ghiaie, sabbie ed argille oloceniche (1), di "Alluvioni antiche" Auct. (2a), "Panchina tirreniana" Auct. (2b) e Arenarie eoliche würrmiane (2c).

Questi depositi alluvionali antichi, che ricoprono i termini delle successioni paleozoica, mesozoica e cenozoica, si raccordano lateralmente ai depositi di versante pedemontani. Nelle aree pedemontane di raccordo tra i rilievi e le pianure si estendono i depositi detritici dei glacis di accumulo, talora potenti alcune decine di metri, anch'essi reinciati e terrazzati. Si tratta di materiale clastico grossolano, con elementi spigolosi o solo debolmente smussati, di dimensioni mediamente da centimetriche a decimetriche, con abbondante matrice argilloso-ferruginosa arrossata. La loro deposizione si fa risalire all'azione del ruscellamento diffuso in condizioni climatiche fredde e umide corrispondenti ai periodi glaciali del Pleistocene. Sui pediment (o glacis di erosione) modellati per lo più sulle rocce cristalline paleozoiche, i depositi detritici da ruscellamento risultano invece assai discontinui e di esiguo spessore (da pochi decimetri a qualche metro). A questi depositi pedemontani vanno pure associati detriti di versante di probabile origine crioclastica riconducibili anch'essi ai sistemi morfo-climatici di tipo periglaciale.

La successione sedimentaria Pleistocenica, è distinguibile come:

- Subsistema di Portoscuso (PVM2a): si tratta di ghiaie e sabbie alluvionali terrazzate, il cui spessore massimo raggiunge 35 m, affioranti nei terrazzi che delimitano la pianura alluvionale del Tirso; arenarie eoliche con resti ossei di vertebrati, molluschi polmonati, intercalazioni di detriti rimaneggiati, colluvi e paleosuoli, con spessore massimo di 20 m.

1.2.1 - Depositi Quaternari Olocenici

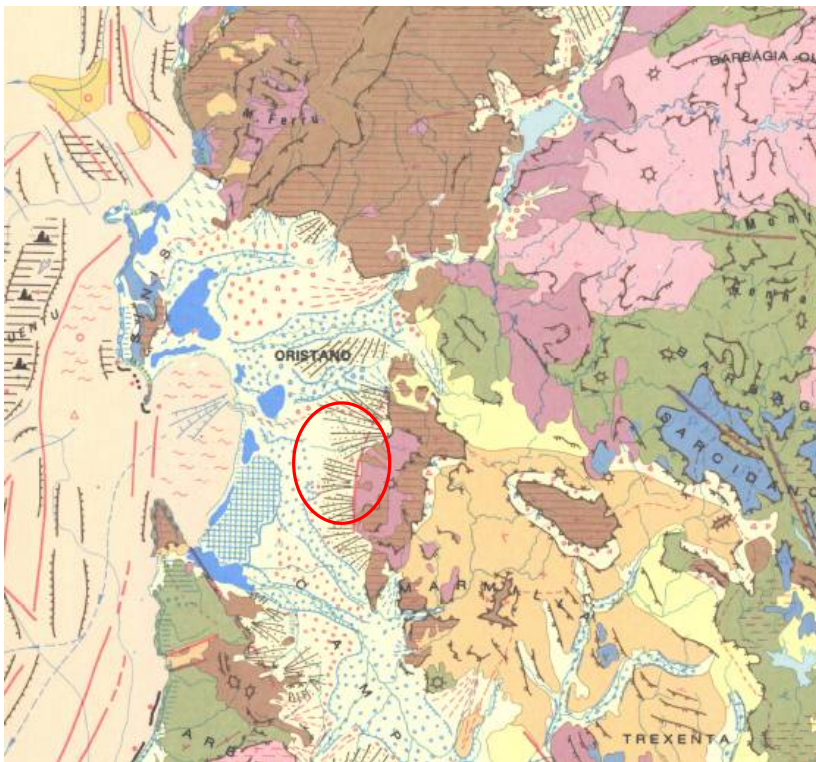
I depositi Olocenici sono caratterizzati da depositi alluvionali terrazzati e non, di versante e coltri eluvio-colluviali, è distinguibili come:

- Depositi antropici (h1r): materiali di riporto e aree bonificate. Sono localizzati soprattutto in prossimità delle aree di valle, verso la costa;
- Depositi alluvionali terrazzati (bna): ghiaie medio-fini di rocce paleozoiche e vulcaniti terziarie, sabbie quarzose alternate a limi sabbiosi. Lo spessore massimo è circa 5 m; si trovano vicino ai corsi d'acqua e nella piana alluvionale del Tirso;

- Depositi alluvionali (b): sabbie con subordinati limi e argille. Rappresento i terreni di copertura della pianura alluvionale-costiera del Tirso. Le alluvioni recenti occupano la reincisione delle formazioni alluvionali antiche e si rinvergono essenzialmente lungo la piana alluvionale del Tirso e di pochi altri torrenti in aree strette ed allungate generalmente subpianeggianti o in taluni casi depresse. Si tratta in genere di depositi sabbiosi e ciottolosi dei letti di piena attuali, ben classati con frequenti orizzonti limosi e argillosi.
- Coltri eluvio-colluviali (b2): detriti immersi in matrice sabbioso-siltosa, talora con intercalazioni di suoli più o meno evoluti. Sono localizzati al di sotto degli alti morfologici presenti;
- Depositi di versante (a): accumuli detritici di clasti angolosi, talora parzialmente cementati (affiorano soprattutto verso monte).

1.3 - Caratteristiche geomorfologiche del territorio

L'assetto geomorfologico-strutturale di un territorio è la risultante dell'azione di forze esogene ed



endogene, responsabili dell'erosione e del modellamento delle superfici e di quegli antichi spostamenti tettonici a scala Regionale. La superficie terrestre è il risultato dell'interferenza di più processi geodinamici, che si manifestano con forme del rilievo differenti, in funzione dell'assetto geologico strutturale, dell'intensità e tipologia del processo geomorfologico prevalente.

La conformazione geomorfologica della zona costiera in esame, che si affaccia nel Golfo di Oristano, è di origine relativamente recente, poiché connessa all'impostazione tettonica strutturale plio-pleistocenica (Pecorini e Pomesano Cherchi, 1969) della

fossa tettonica del Campidano. In particolare, l'area sensibile ricade a sud della zona di Tiria, a est dell'estesa superficie stagnale di Cabras. Quest'ultima occupa una vasta depressione separata dal mare dallo Stagno di Mistras e da una lingua di terra litologicamente costituita da arenarie del Tirreniano.

Tale settore costiero è stato influenzato sia dall'interazione tra le fasi marine trasgressivo-regressive succedutesi nel Quaternario sia dai fiumi (fiume Tirso, rio Mare e Foghe, rio Tanui), che hanno dato luogo, attraverso la sedimentazione ed erosione ad un paesaggio morfologicamente piatto e uniforme, interrotto da aree depresse. Dopo la fase di vulcanesimo plio-pleistocenico del Monte Arci e Montiferru, quest'area è stata colmata da depositi quaternari alluvionali, palustri, marini ed eolici. L'area sensibile si colloca nella zona di transizione tra l'ambiente marino litorale e continentale, per cui è facile capire come l'assetto litostratigrafico locale sia sensibilmente variabile, dal punto di vista sedimentologico per l'azione combinata tra le variazioni del livello del mare e le dinamiche fluviali, determinanti nella formazione dell'attuale pianura costiera. Quest'ultima è caratterizzata da una morfologia prevalentemente tabulare e sub-pianeggiante nella quale spiccano la dorsale basaltica, smembrata in piccoli pianori ed i piccoli rilievi isolati, modellati nelle rocce oligo-mioceniche. L'assenza di una rete idrografica ben sviluppata, con fiumi o torrenti a regime perenne, costituisce una delle peculiarità della penisola. Infatti, le piccole incisioni torrentizie, in periodi caratterizzati da condizioni climatiche differenti, hanno avuto un ruolo importante, insieme alle variazioni del livello del mare, nel modellamento della regione, determinando l'inversione di rilievo dell'espansione basaltica. Il Campidano di Oristano, una vasta pianura alluvionale e costiera, attraversata dal tratto terminale del Tirso e dei suoi affluenti, costituita da superfici pianeggianti o debolmente ondulate, modellate nei depositi alluvionali, che degradano dolcemente verso il mare, rese meno monotone dalla presenza di superfici terrazzate, lagune, stagni e piccole paludi. Verso l'entroterra (Campidano di Oristano) i depositi alluvionali sono spesso terrazzati. In tale contesto, è stata fondamentale l'azione morfogenetica del fiume del Tirso, che ha modellato la bassa pianura alluvionale, per il basso gradiente topografico. Questa è la regione che limita il Campidano a Nord-Ovest, inizia con i rilievi immediatamente orientali di Palmas Arborea, è limitata dal M. Arci a sud, dal Grighine a nord e si spinge sino al Sarcidano. L'Arborea è caratterizzata da rocce dure quali il complesso del Grighine, da altipiani basaltici perfettamente orizzontali o inclinati, oltre che da colline di notevoli dimensioni. Nel complesso l'andamento dei versanti appare abbastanza regolare, disturbato soltanto da qualche piccolo spuntone roccioso.

Il nostro areale è il risultato della progressiva colmata della fossa tettonica terziaria, operata, in fasi diverse, dalle alluvioni antiche e recenti del fiume Tirso e degli altri corsi minori e dai coni di deiezione alla base dei rilievi che bordano la valle. Presenta pendenze deboli e dislivelli poco significativi, ed è caratterizzato da forme piatte, poco articolate, talora depresse, appena movimentate nel settore orientale dalle incisioni che interessano le basse colline bordanti le prime propaggini del Monte Arci. Nel complesso, l'intera area denota modeste forme con quote variabili da 23/25mt a 45/50m. Tenuto conto della scarsa energia del rilievo i processi morfogenetici più significativi sono quelli fluviali e di dilavamento dei versanti, nonché quelli relativi all'attività antropica.

1.4 - Idrologia superficiale e sotterranea

Il territorio Comunale di Marrubiu appartiene all'U.I.O. (Unità Idrografica Omogenea - PTA) del Mannu



Figura 7 - U.I.O. del Mannu di Pabillonis – Logoro (P.T.A)

di Pabillonis – Mogoro: sub bacino 2 del Tirso. L'U.I.O. del Mannu di Pabillonis – Mogoro ha un'estensione di circa 1710,25 Km². Essa comprende oltre ai due bacini principali, quello del Flumini Mannu di Pabillonis e quello del Riu Mogoro Diversivo, una serie di bacini costieri che interessano la costa sud - occidentale della Sardegna a partire dal Golfo di Oristano sino ad arrivare a Capo Pecora, nel comune di Buggerru. La U.I.O. è delimitata a sud dalle pendici settentrionali del massiccio del Linas-Marganai, a nord e a est dalla fossa del Campidano, mentre a ovest troviamo la fascia costiera. Le quote variano da 0 m s.l.m. nelle aree costiere ai 1236 m s.l.m. di Punta Perda de Sa Mesa nel massiccio del Linas.

I corsi d'acqua principali, da cui prendono il nome gli omonimi bacini sono: 1) Il Flumini Mannu di Pabillonis, che ha origine sulle colline ad est di Sardara e sfocia nello stagno di S. Giovanni; 2) Il Riu Mogoro Diversivo, che ha le sue sorgenti nelle pendici meridionali del Monte Arci, e sfocia anch'esso nella parte meridionale del Golfo d'Oristano nella complessa area umida degli stagni. Altri corsi d'acqua del 1° ordine sono, oltre al Rio Mannu di Fluminimaggiore, il Rio Naracauli e il Rio Piscinas che drenano le aree minerarie dismesse dell'Arburese – Guspinese. Inoltre si segnala l'importanza del Riu Merd'e Cani che drena le acque provenienti dalle pendici settentrionali del Monte Arci e finisce il suo corso in un'area umida, quella dello Stagno di Santa Giusta. Tra i rilievi e la pianura affiorano estesamente le rocce sedimentarie del Pleistocene, il cui reticolo idrico si presenta angolato, con un'asta principale e sulla quale si innestano ortogonalmente i rami secondari. Nella parte settentrionale dell'unità, quella relativa al bacino del Riu Mogoro Diversivo, si ha una prevalenza di litologie databili tra l'Eocene e l'Olocene. Il settore più orientale del bacino è occupato dai depositi marini di arenarie e marne mioceniche e da sedimenti continentali miocenici di conglomerati e arenarie con banchi di selce e livelli tufitici. Tale area è caratterizzata da morfologia collinare.

Nella parte centrale del bacino sorge il rilievo del Monte Arci, formatosi durante le eruzioni post-mioceniche, che hanno dato luogo all'apparato vulcanico di maggiori dimensioni della Sardegna. Le lave sono costituite da espandimenti ignimbrici di rioliti, riodaciti, daciti porfiriche vetrose e bollose del Pliocene e sono sormontati da basalti alcalini e transizionali, andesiti basaltiche, trachiti e fonoliti del

Plio-Pleistocene. Le lave più acide sono profondamente incise e danno origine a rilievi accidentati, mentre quelle basaltiche assumono una giacitura tabulare.

Un gradino morfologico separa il versante occidentale del rilievo dalla pianura sedimentaria quaternaria, costituita da depositi eolici pleistocenici e da alluvioni oloceniche.

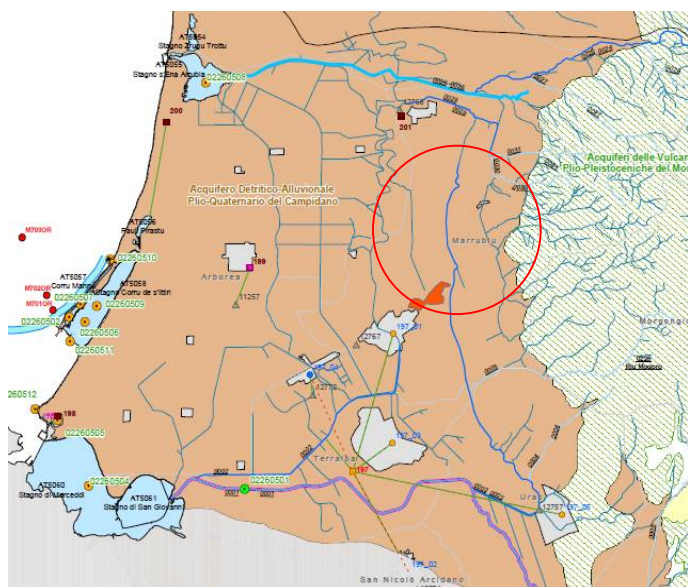


Figura 8 – Complessi acquiferi – Tav. 05_03B_UIO Mannu di Pabillonis - Mogoro

I complessi acquiferi sotterranei principali, costituiti da una o più Unità con caratteristiche idrogeologiche sostanzialmente omogenee, che interessano il territorio della U.I.O. del Mannu di Pabillonis – Mogoro sono:

- Acquifero delle Vulcaniti Plio-Pleistoceniche del M. Arci: la permeabilità complessiva per fessurazione varia da medio-bassa a bassa; localmente, in corrispondenza di facies fessurate, vescicolari e cavernose, permeabilità per fessurazione e subordinatamente per porosità medio-alta.

- Acquifero Detritico-Alluvionale Plio-Quaternario del Campidano: si suddivide nell'Unità Detritico-Carbonatica Quaternaria e nell'Unità delle Alluvioni Plio-Quaternarie. La permeabilità per porosità complessiva è medio-bassa; localmente medio-alta nei livelli a matrice più grossolana e, nelle facies carbonatiche, anche per fessurazione.

I terreni, in base alle caratteristiche geolitologiche, con particolare riferimento alla capacità d'assorbimento possono essere suddivisi in differenti classi di permeabilità, secondo i valori indicati nella tabella, in classi omogenee:

Grado di permeabilità	Valore di k (m/s)
alto	superiore a 10^{-3}
medio	$10^{-3} - 10^{-5}$
basso	$10^{-5} - 10^{-7}$
molto basso	$10^{-7} - 10^{-9}$
impermeabile	minore di 10^{-9}

- **Classe 1** → Permeabilità alta/medio alta permeabilità, localmente medio bassa: depositi di versante (talora parzialmente cementati), di frana e colluviali del Quaternario Olocenico, depositi antropici, depositi lagunari sabbiosi.

Vi appartengono quei terreni a buona circolazione idrica. Sono costituiti prevalentemente da coperture detritiche di versante e/o di frana e da coltri eluvio-colluviali allo stato sciolto o semicoerente. La permeabilità è medio-alta in corrispondenza di sedimenti ciottoloso-sabbiosi poco costipati, localmente bassa in corrispondenza dei depositi colluviali detritici in abbondante matrice siltoso-argillosa [$10^{-5} \leq K_{m/s} \leq 10^{-2}$]. Il materiale di riporto, costituito da livelli eterogenei e diversamente addensati, prevalentemente sabbioso-ghiaiosi limosi con ciottolame, presenta una permeabilità per porosità variabile, da medio-bassa a bassa.

- **Classe 2** → Permeabilità medio-alta / bassa permeabilità: sedimenti alluvionali e/o terrazzati (bn, b), le ghiaie e sabbie alluvionali terrazzate (PVM) a clasti di rocce paleozoiche, le arenarie eoliche, i conglomerati a ciottoli e arenarie.

Vi appartengono i sedimenti a matrice arenacea-sabbiosa, le arenarie da grossolane a siltose, presentano permeabilità media, dovuta essenzialmente alla porosità interstiziale dei sedimenti e localmente bassa subordinatamente alla circolazione idrica per fratture, nei livelli cementati [$10^{-7} \leq K_{m/s} \leq 10^{-3}$].

- **Classe 3** → Permeabilità bassa / scarsa: litologie vulcaniche del Terziario/Quaternario.

Vi appartengono i tipi litoidi coerenti, come i basalti diversamente fratturati soprattutto lungo le cornici dei plateaux, scarsamente permeabili. L'alto grado di impermeabilità è dato dalla compattezza della roccia e/o sedimento che, localmente a seguito della fessurazione, consente una bassa permeabilità alle acque meteoriche [$10^{-9} \leq K_{m/s} \leq 10^{-7}$].

Nota: sulla base delle condizioni topografiche e litostratigrafiche e della relativa vicinanza dell'area in esame con punti di ricerca idrica presenti nel Portale *ISPRA 464/84 Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale*, informazioni relative a studi o indagini nel sottosuolo nazionale, per scopi di ricerca idrica o per opere di ingegneria civile, le falde freatiche di interesse si collocano ad una profondità media variabile da – 26m/36m → 45m all'interno di un Plio Pleistocenico - Olocenico ghiaioso sabbioso in matrice coesiva, a – 76m/80m e oltre all'interno di vulcaniti di colore bruno con alternanze di livelli scoriacei alterati coesivi di colore rossastro, in aree distanti in linea d'aria circa 1300/1500m dal sito in esame.

1.5 - Inquadramento climatico generale

L'area in esame ricade nella Sardegna centro-occidentale e mostra caratteristiche topografiche, pluviometriche e termometriche riferibili alla macro-area costiera del golfo di Oristano. I caratteri climatici del territorio sono definiti da principali parametri meteorologici, quali temperatura, piovosità e ventosità. A tal fine sono state acquisite le serie storiche dei dati pluvio-termometrici ed anemometrici rilevati nelle stazioni meteorologiche ricadenti nel territorio in esame ed in quelle ubicate nel suo intorno. Per la definizione del regime termico dell'area in studio sono state elaborate le osservazioni giornaliere medie rilevate (Annali Idrologici serie RAS) dal 1991 al 2012 nella stazione meteorologica riportata nella Tabella dei dati termometrici e pluviometrici, in particolare quella di Oristano (Or).

Temperature e Precipitazioni

Di seguito si riportano in Tabella, le temperature medie mensili ed annua.

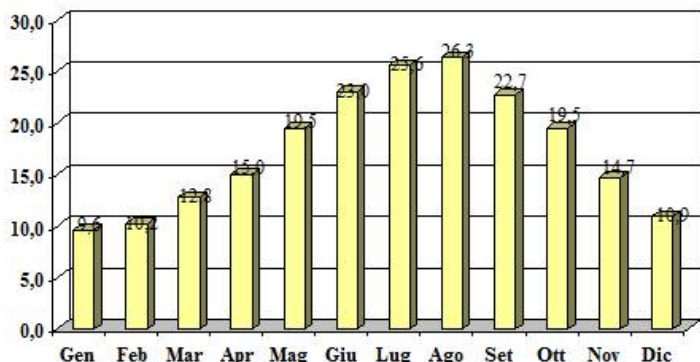


Dalla tabella e dal relativo compendio grafico si evince che la temperatura media annua è di 17,5 °C,

Luglio e Agosto sono i mesi più caldi (Tm pari a 25,6° e 26,3°C), Gennaio e Febbraio sono i più freddi (Tm pari a 9,6°C e 10,2°C). Le precipitazioni rilevate nella stazione di Oristano, in tabella riportano le precipitazioni medie mensili ed annua (in mm).

I dati in Tabella indicano che la precipitazione media annua è di 535 mm. Il mese più piovoso è Novembre con 95 mm e Dicembre con 80 mm; quelli più aridi sono Luglio con 3.0 mm e Agosto con 9.0mm.

TEMPERATURE MEDIE MENSILI



PRECIPITAZIONI MEDIE MENSILI

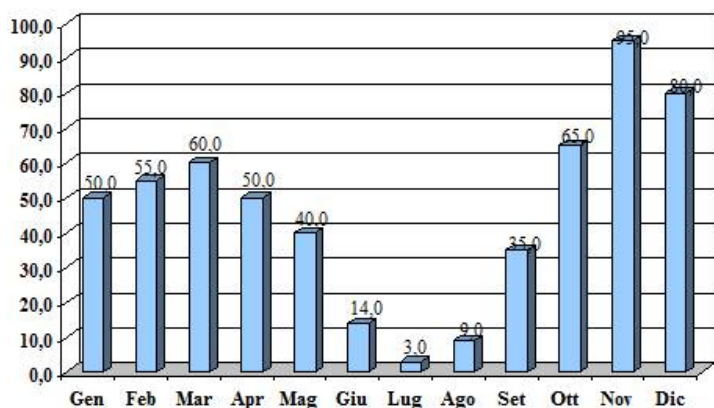


DIAGRAMMA OMBROTERMICO

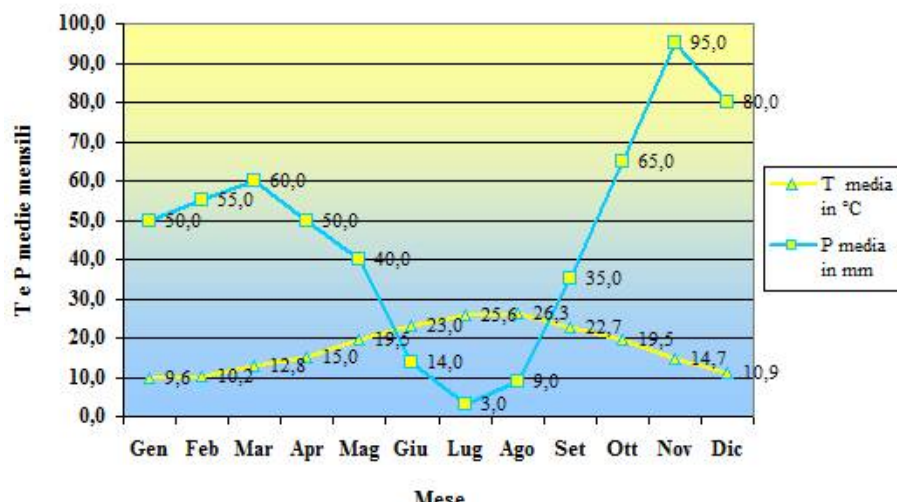


Diagramma Ombrotermico

I Valori di temperatura e di precipitazione medi mensili consentono di ricostruire il diagramma che riproduce il regime termopluviometrico medio annuo. Infatti, riportando in ascisse i 12 mesi e in ordinate i corrispondenti valori medi mensili di T e P si può schematizzare il loro andamento nel corso dell'anno.

L'andamento delle curve consente di affermare che nei mesi estivi di Luglio e Agosto, dove le temperature medie mensili raggiungono il valore massimo di 25,6°C e 26,3°C, si riscontrano minimi di piovosità (rispettivamente 3.0 mm e 9.0mm), mentre nei mesi di Novembre e Dicembre, dove le temperature medie mensili oscillano tra 14.7 °C e 10.9 °C, si

raggiungono le piovosità più elevate (rispettivamente 95.0 mm e 80.0 mm).

L'area è caratterizzata da un'elevata ventosità. I venti dominanti sono quelli provenienti dal IV quadrante (maestrale e di ponente), che spesso raggiungono e superano la velocità di 25 m/s, e quelli provenienti dal II e III quadrante (scirocco e libeccio). Nella stazione di Oristano il vento dominante è rappresentato dal ponente. Questo vento, con il 20% della frequenza, raggiunge sovente velocità intorno ai 25 m/s. Il grecale mostra una frequenza del 15% con velocità generalmente non superiori ai 25 m/s, ed il maestrale con una frequenza intorno al 13%, raggiunge e supera la velocità di 25 m/s. Il vento meno frequente è lo scirocco, che però talvolta raggiunge e supera i 25 m/s. Le giornate di calma di vento rappresentano il 20,42% del totale. Nel periodo invernale risultano nettamente prevalenti i venti del I e IV quadrante con particolare frequenza per il ponente, il maestrale ed il grecale. Nel periodo estivo prevale nettamente il ponente con il maestrale con subordinato libeccio.

Tipo di Clima: nel settore esaminato i valori medi di temperatura e precipitazione sono caratteristici di un clima di tipo mediterraneo semiarido con moderato surplus idrico durante la stagione invernale ed accentuato deficit idrico nella stagione estiva. Infatti, la temperatura media annua è prossima 17,5° C, la temperatura media del mese più freddo è compresa tra 9,6° e 10,2°C, da 2 a 3 mesi l'anno la media mensile è pari o superiore a 20°C (Giugno, Luglio, Agosto, Settembre con Tm pari a 23,6°C, 25,6°C, 26,3°C, 22,7°C) e le precipitazioni medie annue sono comprese tra 400 e 600 mm annui (Pm/annua = 536 mm). Secondo la classificazione climatica di Thornthwaite, si tratta di un clima mesotermico, B2, sub-arido, con eccedenza idrica invernale da moderata e scarsa.

1.5.1 - Influenza della Piovosità sulla Propensione al Dissesto

Le variazioni climatiche, gli effetti della temperatura combinata alle precipitazioni, provocano il degrado e il disfacimento delle rocce e la conseguente produzioni di detriti sciolti e instabili. Secondo quanto riportato nelle Linee Guida del PAI, i dati bibliografici indicano la piovosità media annua come fattore predisponente al dissesto, secondo la seguente tabella (Influenza della piovosità media annua

Propensione al Dissesto	
mm/a	Zona
> 1600	sicuramente franosa
1600 - 1300	probabilmente franosa
1300 - 1000	mediamente franosa
1000 - 700	raramente franosa
<700	non franosa

sulla propensione al dissesto). La precipitazione media annua paria a 536 mm consente di inserire il territorio Comunale di Mogoro in quelle aree "non franose", ovvero in quelle aree in cui i valori di precipitazione e la loro intensità hanno in genere una bassa influenza sulla stabilità dei versanti.

1.6 – Geologia di contesto dell'area sensibile

Il sito interessato alla realizzazione dell'impianto Agrivoltaico da 57,60 MW denominato *Marrubiu*, in prossimità della frazione di Sant'Anna, ricopre un'area lorda di 81,77 Ha, situata all'interno del territorio Comunale di Marrubiu, nella località Masongius ai piedi del Monte Arci.



Il territorio, morfologicamente sub pianeggiante con giacitura quasi tabulare, è costituito da una copertura quaternaria terrazzata alluvionale antica e recente del Tirso, in particolare presenta deboli pendenze e dislivelli poco significativi, ed è caratterizzato da forme piatte, soventemente da depresse a movimentate/accidentate soprattutto nel settore orientale, che interessano le basse colline bordanti le propaggini del Monte Arci. Nella nostra area possiamo distinguere 3 unità differenti di paesaggio:

Paesaggio delle vulcaniti del Monte Arci: rilevabile nella zona orientale, e comprende una parte del complesso vulcanico del Monte Arci. Il margine occidentale della zona è segnato da una struttura tettonica che ne disloca, ribassandola, una parte importante, oggi giacente sotto i sedimenti della conoide che si sviluppa a partire dalla zona di Tiria.

Paesaggio delle alluvioni antiche e delle conoidi di deiezione: lo rileviamo nella zona orientale e comprende le alluvioni terrazzate antiche che appaiono sopraelevate rispetto al resto della piana di base, con un andamento movimentato a pendenze accentuate. I processi fluviali hanno influenzato i

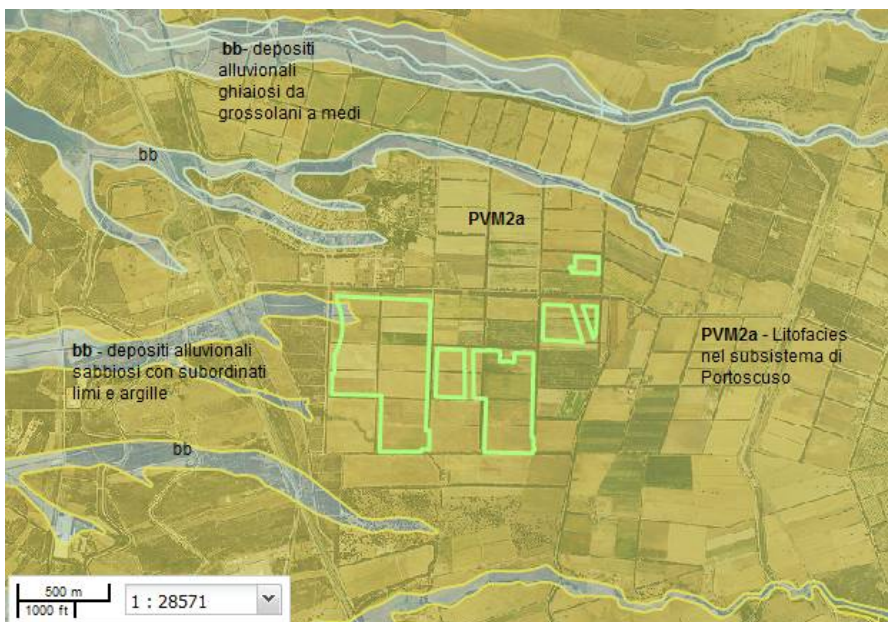


Figura 9 – Inquadramento geologico di contesto – Estratto da Sardegna Geoportale Mappe

caratteri dei sedimenti alluvionali, originando durante i periodi climatici caratterizzati da elevata piovosità (Villafranchiano – MISS 1/2) depositi ciottoloso-sabbiosi molto potenti, con elementi litoidi provenienti da rocce paleozoiche della valle del Tirso.

Paesaggio delle alluvioni recenti: Le alluvioni recenti sono caratterizzate da sabbie con ghiaie in una matrice argillosa, e rappresentano gli ultimi depositi dei processi morfogenetici dei

letti di piena attuali, la cui estensione è da porre in relazione con le fasi erosive, successive alla messa in posto delle alluvioni antiche, che hanno prodotto l'incisione dell'attuale alveo. Si rilevano solchi di ruscellamento concentrato che interessano sia le zone più acclivi, sia le zone con profonde incisioni nel corpo della conoide e alluvioni antiche a causa della significativa pendenza dei versanti, con presenza di litologie tenere di facile asportazione.

Sulla base della cartografia esistente e dalla letteratura (Carta geologica della Sardegna Areali.2008.Shp - ISPRA - Progetto CARG – Sardegna Geoportale) e del rilievo di campagna, sono riportate le unità geolitologiche riscontrate nel territorio ascritte al Vulcanico del M. Arci ed ai depositi Pleistocenici - Olocenici dell'area continentale.

Le Formazioni affioranti sono quindi riconducibili alle seguenti litologie, che partendo dal basso verso l'alto:

CENOZOICO – QUATERNARIO (esterne)

- UNITÀ DI MONTE MOLA – ULA: Lave intermedie indifferenziate grigie e grigioverdastre; porfiriche per fenocristalli di Pl, Opx, Cpx, Sa, Bt, talora con abbondanti inclusi femici; in potenti colate con alla base locali livelli vitrofirici e ossidianace. PLIO – PLEISTOCENE

Le lave di Monte Mola costituiscono lo zoccolo del sistema dei pianori di Pranu Terra, Pranixeddu e Filixirdis. Esse costituiscono il termine stratigrafico più antico presente nel territorio Comunale.

- UNITÀ DI GENNA SPINA - GPA: Rioliti e riolaciti, da afiriche a porfiriche per fenocristalli di Pl, Opx, Cpx, Bt, Sa e per fenocristalli di Sa, Bt e P, in potenti colate, talvolta con livelli perlitico – ossidianacei - PLIO – PLEISTOCENE;
- UNITÀ DI CUCCURU ASPRU – UCU: Basalti subalcalini generalmente ipocristallini da afirici a porfirici per fenocristalli di Pl, Opx, Cpx, Ol; in colate. Basalti da alcalini a transizionali, generalmente olocristallini, da subafirici a porfirici per fenocristalli di Pl, Ol, Cpx. PLIO – PLEISTOCENE

QUATERNARIO ANTICO E RECENTE (interesse)

- Litofacies nel Subsistema di Portoscuso (SINTEMA DI PORTOVESME) – PVM2a: Ghiaie alluvionali terrazzate da medie a grossolane, con subordinate sabbie. PLEISTOCENE SUP.

Le alluvioni antiche sono la testimonianza di un reticolo idrografico sovente non coerente con quello attuale, prodottosi per la deposizione progressiva di una spessa coltre di detriti alluvionali, fluviali e palustri, depositisi al variare del livello marino di base, in stretta correlazione con l'andamento climatico del Quaternario. Nell'area studiata le alluvioni antiche si appoggiano ai rilievi miocenici spingendosi talora fino a quote molto elevate.

- Depositi alluvionali – ba: ghiaie da grossolane a medie, Olocene. Si presentano da poco a mediamente cementati e scarsamente ossidati, con grado di alterazione medio-elevato, formati da elementi grossolani (ciottoli e massi) eterometrici e poligenici in matrice sabbioso-limosa e cemento limoso-argilloso; bb: sabbie con subordinati limi e argille. Presenti anche ghiaie subarrotondate ad elementi di rocce paleozoiche e vulcaniti. OLOCENE

1.7 – Caratteristiche pedologiche generali

Il settore esaminato risulta estremamente composito sotto l'aspetto litologico e morfologico e di conseguenza anche dal punto di vista pedologico. I suoli verranno descritti nell'ambito dei grandi paesaggi litomorfologici, che identificano per una data area un'associazione di suoli in relazione ai litotipi più comuni e alle condizioni morfologiche variabili. Sulla base dell'analisi cartografica (Carta dei Suoli

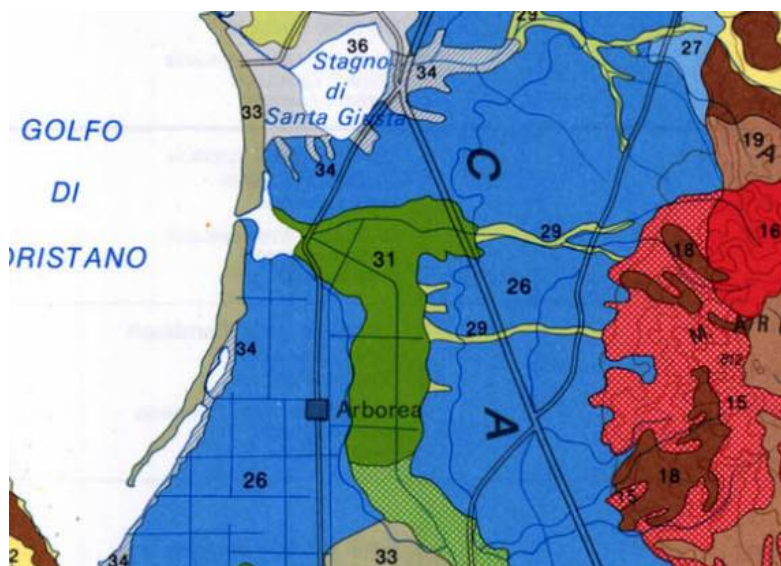


Figura 10 – Estratto da Carta dei Suoli della Sardegna, A. Aru, P. Baldaccini, A. Vacca; 1989

della Sardegna, A. Aru, P. Baldaccini, A. Vacca; 1989) e conoscenza dei luoghi si possono identificare le seguenti unità podologiche affioranti nel sito è riconducibili all'unità 26:

UNITA' 26 → Paesaggi su alluvioni e su conglomerati del Pleistocene - Olocene

Questi paesaggi presentano suoli estremamente eterogenei, in rapporto ai caratteri del substrato, alla morfologia ed all'età delle coperture. L'unità 26 caratterizza i suoli impostati sui depositi alluvionali pleistocenici (Subsistema di

Portovesme) e olocenici hanno subito processi di eluviazione e illuviazione determinando accumuli d'argilla negli orizzonti profondi. La presenza di orizzonti argillici con noduli di ferro e screziature dovute a processi di ossido-riduzione e chimici in questi suoli testimonia una pedogenesi molto lunga, avvenuta sotto l'influenza di climi diversi da quelli attuali. L'evoluzione dei suoli è molto spinta con formazione di profili A-Bt-C, A-Btg-C, tessitura franco-sabbioso-argillosa, permeabilità bassa, pH da subacido a neutro, capacità di scambio cationico bassa e grado di saturazione in basi da basso a medio (associazione di Typic, Ultic ed Aquic Palexeralfs). In genere, questi suoli presentano un'evoluzione modesta con profilo A-C e subordinatamente profilo A-BW-C, in corrispondenza delle alluvioni meno recenti e sono caratterizzati da una profondità notevole, spesso superiore ai 100 cm e da una tessitura molto variabile; appartengono prevalentemente ai Typic, Vertic e Aquic Xerofluvents. Nel settore studiato si hanno suoli ghiaiosi o ghiaioso-sabbiosi e suoli sabbioso-limoso-argillosi, sino ad argillosi.

1.8 – Pericolosità geologica

L'insieme dei fenomeni geologici e dei loro effetti su una determinata zona rappresenta quella che si definisce la pericolosità geologica, che comprende i fenomeni naturali quali ad esempio le frane, le alluvioni, i terremoti, le eruzioni vulcaniche ect. Nella fattispecie in questione, il quadro normativo di riferimento della Regione Sardegna disciplina la pericolosità idrogeologica e la pericolosità sismica.

1.8.1 - Pericolosità Idrogeologica

In riferimento al rischio idrogeologico la Regione Sardegna ha elaborato dei piani cui bisogna rapportarsi per qualsiasi opera e/o intervento da realizzarsi.

- *Il Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.), elaborato dalla Regione Sardegna ai sensi della L. 18.05.1989 n. 183 e dalla L. 03.08.1998 n. 267, approvato con D.P.G.R. n. 67 del 10.07.2006 e aggiornato con D.P.G.R. 148 del 26.10.2012, è lo strumento conoscitivo, normativo e tecnico-operativo mediante il quale sono pianificate e programmate le azioni e le norme d'uso finalizzate alla conservazione, alla difesa ed alla valorizzazione del suolo, alla prevenzione del rischio idrogeologico, sulla base delle caratteristiche fisiche ed ambientali del territorio interessato.*
- *Il Piano Stralcio delle Fasce Fluviali (P.S.F.F.) approvato definitivamente dal Comitato istituzionale con Delibera n.2 del 17.12.2015, è lo strumento conoscitivo, normativo e tecnico-operativo, mediante il quale sono pianificate e programmate le azioni e le norme d'uso riguardanti le fasce fluviali; costituisce un approfondimento ed una integrazione del Piano di Assetto Idrogeologico (P.A.I.)*
- *Il Piano di Gestione del Rischio di Alluvione (PGRA): il Piano è redatto in ottemperanza alle previsioni del D.Lgs. 23 febbraio 2010, n.49 avente a oggetto "Attuazione della direttiva 2007/60/CE relativa alla valutazione e alla gestione del rischio di alluvioni". Oltre ai riferimenti normativi, sono stati redatti a livello nazionale e comunitario numerosi documenti tecnici che riportano linee guida e indirizzi applicativi finalizzati a supportare le Autorità di Bacino nella redazione dei Piani di gestione del rischio di alluvione.*

Sulla base di quanto disposto dalla normativa P.A.I per il Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico della Sardegna "Allegato E/F" (criteri per la predisposizione degli studi di compatibilità idraulica e geologica-geotecnica di cui agli articoli 24/25 delle norme di attuazione del PAI Titolo III cap. I), si è proceduto a verificare se nell'area è presente questo tipo di vincolo. Dall'osservazione diretta della perimetrazione Regionale delle aree a pericolosità idraulica e frana (Hi e Hg), sub bacino 2 del Tirso, si evince che il sito interessato dagli interventi previsti in progetto, si trova in un'area (PAI/PGRA/PSFF Rev. Dic. 2023) a pericolosità da frana (Hg) e pericolosità idraulica (Hi) assente. Si precisa che una minima parte dell'area esterna, in prossimità del Rio De S'Erba, è interessata da pericolosità idraulica (Hi1 → Hi4), senza interessare l'area netta dove insistono le strutture.

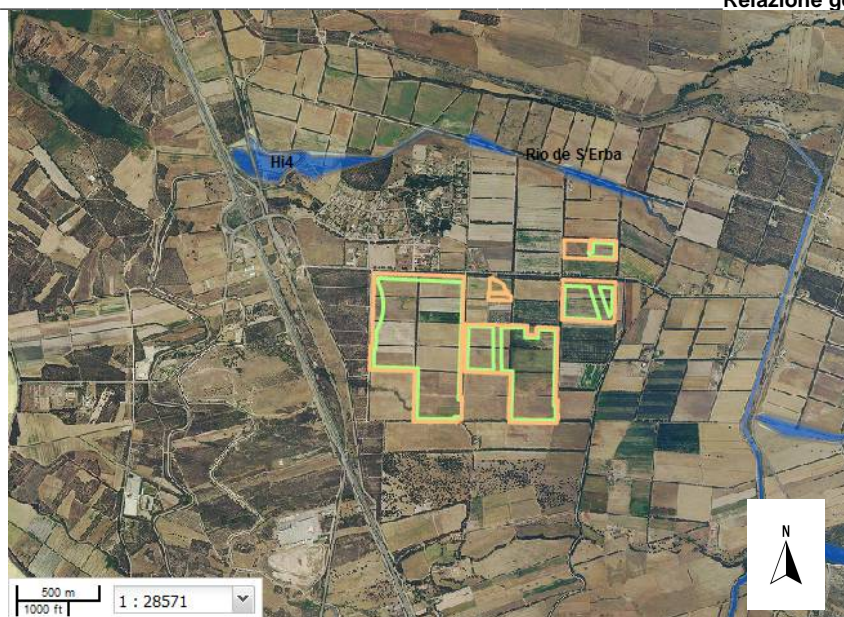


Figura 11 - Mappa della pericolosità idraulica PAI/PSFF/PGRA rev. Dic. 2023

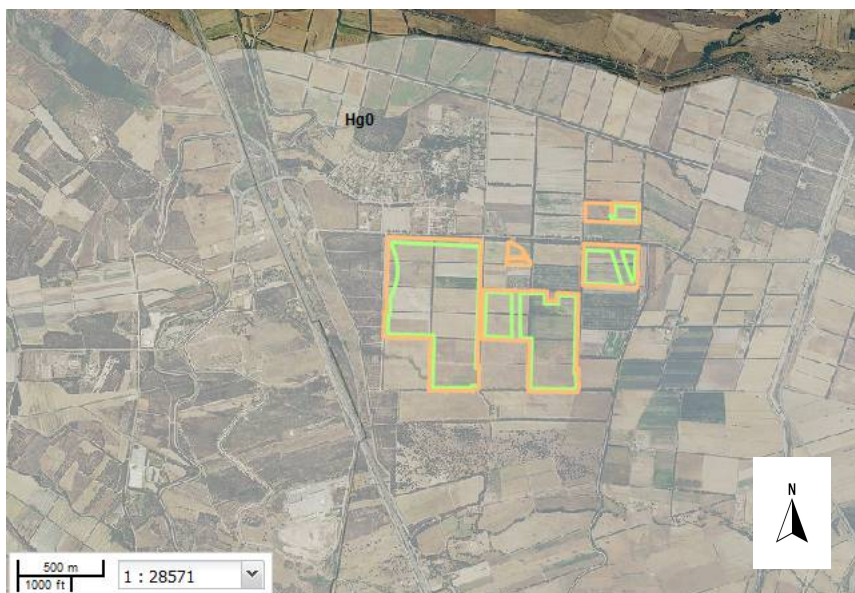


Figura 12 - Mappa della pericolosità geomorfologica PAI/PSFF/PGRA rev. Dic. 2023

1.8.1.1 - Progetto P.S.F.F

Da una analisi del Piano Stralcio delle Fasce Fluviali (PAI/PGRA/PSFF Rev. Dic. 2023) relativo all'area in esame, non sono emersi per l'area esaminata rischi compatibili con i corsi d'acqua in funzione della sicurezza idraulica.

1.8.1.2 - Progetto I.F.F.I

Da una analisi dell'Inventario dei Fenomeni Franosi in Sardegna (IFFI) relativo all'area in esame, non sono emersi per l'area esaminata rischi compatibili con eventi franosi.

In sintesi, a oggi, nell'area esaminata, non sono stati rilevati fenomeni morfogenetici attivi riconducibili o predisponenti a situazioni di rischio legate alla situazione geologica e geomorfologica del paesaggio in cui esso si colloca; l'opera in progetto per la sua tipologia non può essere essa stessa motivo di rischio, fatte salve le normali prescrizioni progettuali.

1.8.2 - Pericolosità sismica

Per ridurre gli effetti del terremoto, l'azione dello Stato si è manifestata attraverso la Classificazione Sismica del Territorio, che si basa sull'intensità e frequenza dei terremoti del passato, e l'applicazione di speciali norme tecniche per le costruzioni (NTC) nelle zone classificate sismiche. Ai fini della caratterizzazione del territorio o di porzioni di esso è pertanto importante individuare l'appartenenza di ciascun comune o porzione di esso ad una delle zone sismiche definite sulla base del valore massimo del parametro di pericolosità sismica valutato all'interno dell'area considerata.

Quadro Normativo e Caratterizzazione Sismica del Territorio

La legislazione antisismica italiana, sino al 2003 classificava il territorio nazionale in tre categorie sismiche. I Decreti Ministeriali emanati dal Ministero dei Lavori Pubblici tra il 1981 ed il 1984 avevano classificato complessivamente 2.965 comuni italiani su di un totale di 8.102, corrispondente al 45% della superficie del territorio nazionale nel quale risiede il 40% della popolazione.

Decreti fino al 1984	GdL 1998	Classificazione e 2003
S=12	Prima categoria	zona 1
S=9	Seconda categoria	zona 2
S=6	terza categoria	zona 3
non classificato	N.C.	zona 4

Nei Decreti emessi fino al 1984 la sismicità fu definita attraverso il "grado di sismicità" S; nella proposta di riclassificazione del GdL del 1998 si utilizzarono 3 categorie sismiche più una categoria di Comuni Non Classificati (NC).

La corrispondenza fra le diverse definizioni succedutesi nel tempo è sintetizzata in tabella. Nella Classificazione 2003 la sismicità fu definita da quattro zone omogenee numerate da 1 a 4. I criteri di classificazione sismica del territorio nazionale contenuti nell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003, furono basati sugli studi e le elaborazioni relative alla pericolosità sismica del territorio, ossia sull'analisi della probabilità che il territorio fosse interessato in un certo periodo (generalmente 50 anni) da un evento che superava una determinata soglia di intensità o magnitudo. L'Ordinanza n. 3274 del 20 marzo 2003 della Presidenza del Consiglio dei Ministri "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica", affidò alle Regioni l'individuazione, la formazione e l'aggiornamento dell'elenco delle zone sismiche dando in questo modo attuazione al D. Lgs. 112/1998 ed in particolare agli articoli 93 comma 1g e 94 comma 2a, indicanti la ripartizione tra Stato e Regioni delle competenze in materia di riduzione del rischio sismico. L'Ordinanza, allineando il sistema

normativo per le costruzioni in zona sismica al sistema dei codici europei (EC8), consentì la razionalizzazione del processo d'individuazione delle zone sismiche.

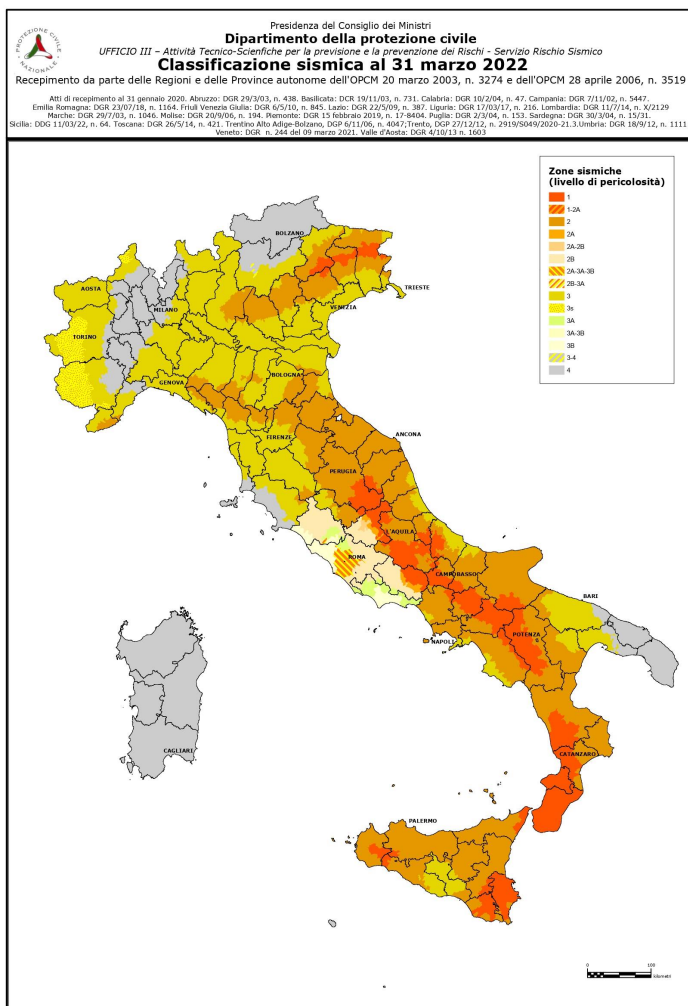
L'allegato 1 di tale Ordinanza, il cui aggiornamento dello studio di pericolosità di riferimento nazionale (Gruppo di Lavoro, 2004) previsto dall'O.P.C.M. 3274/03 fu adottato con l' dall'O.P.C.M. n. 3519 del 28 aprile 2006, stabilì che le zone sismiche erano individuate da 4 valori dell'accelerazione orizzontale di picco del suolo [ag] con probabilità di superamento del 10% in 50 anni. In particolare le "Norme tecniche" indicarono 4 valori di accelerazioni orizzontali (ag/g) di ancoraggio dello spettro di risposta elastico e le norme progettuali e costruttive da applicare; pertanto la sismicità fu definita mediante zone omogenee

numerata da 1 a 4 in ordine crescente di pericolosità.

- **Zona 1** - È la zona più pericolosa, dove possono verificarsi forti terremoti. Comprende 708 Comuni o porzioni di essi per i quali $[ag/g] \geq 0,25g$.
- **Zona 2** - Nei 2.345 Comuni o porzioni di essi per i quali $0,25g > [ag/g] \geq 0,15g$ possono verificarsi terremoti abbastanza forti.
- **Zona 3** - Nei 1.560 Comuni o porzioni di essi per i quali $0,15g > [ag/g] \geq 0,05g$ possono essere soggetti a scuotimenti modesti.
- **Zona 4** - È la meno pericolosa. Nei 3.488 Comuni o porzioni di essi per i quali $[ag/g] < 0,05g$ le possibilità di danni sismici sono basse.

Nella Carta della Zonazione Sismica del territorio nazionale (2003-2004) e nella Classificazione Sismica dei Comuni Italiani (OPCM 3274 20/03/2003 Allegato A), il Comune di Marrubiu ricadeva in zona 4. Per la presenza di alcuni errori ed imprecisioni nel testo dell'Ordinanza 3274 furono emendate dalla successiva Ordinanza 3316 del 2 ottobre

2003 "Modifiche ed integrazioni al testo dell'Ordinanza 3274". L'Ordinanza 3431, pubblicata sulla G.U. del 10 maggio 2005, apportò inoltre ulteriori modifiche, integrazioni e, a volte, semplificazioni all'Ordinanza 3274 del 2003, ne prorogò di ulteriori 3 mesi il periodo sperimentale di applicazione e traslò l'entrata in vigore, a carattere vincolante delle nuove norme sismiche al 8 agosto 2005 (adottato con l'Ordinanza del presidente del Consiglio dei Ministri n. 3519 del 28 Aprile 2006). Il periodo di proroga



fu ulteriormente esteso da Ordinanze successive fino all'emanazione del "Testo Unitario per la Normativa Tecnica sulle Costruzioni (Testo Unico)" del 23 settembre 2005.

L'Ordinanza 3274 del 20 marzo 2003 non entrò mai in vigore come norma vincolante, ma il suo impianto generale fu tuttavia confermato dalle norme successive. Il DM 14/09/2005 "Testo Unitario per la Normativa Tecnica sulle Costruzioni", pubblicato sulla Gazzetta Ufficiale del 23 settembre 2005, che rappresentò la legge di riferimento per l'ingegneria civile, identificò i livelli di sicurezza e le prestazioni delle costruzioni, unificando sia le norme relative al comportamento e alla resistenza dei materiali e delle strutture sia quelle relative alla definizione delle azioni e dei loro effetti. Più specificamente per l'analisi sismica il decreto riprese la caratterizzazione delle azioni con l'impostazione generale introdotta dalle Ordinanze 3274 e 3431. Le procedure operative di dettaglio descritte in queste ultime erano da intendersi solo come suggerimenti esemplificativi e non come imposizioni prescrittive. In particolare ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto il D.M. 14 settembre 2005 prescrisse "la necessità di valutare l'influenza delle condizioni litologiche e morfologiche locali sulle caratteristiche del moto del suolo in superficie, mediante studi specifici di risposta sismica locale". Qualora tali valori non fossero disponibili, poteva essere utilizzata "la classificazione basata sulla stima dei valori della velocità media delle onde sismiche di taglio V_s o il numero medio di colpi NSPT ottenuti in una prova penetrometrica dinamica ovvero sulla coesione non drenata media C_u ". Nella mappa della pericolosità sismica del territorio nazionale 2005, edita dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, il Comune di Marrubiu come l'intero territorio isolano, non presentò alcuna variazione: tutti i Comuni furono inseriti nella classe 4. L'O.P.C.M. 3274 del 20 marzo 2003 al comma 2.1. "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica", dispone che "In zona 4 è lasciata facoltà alle singole regioni di introdurre o meno l'obbligo della progettazione antisismica", confermando quanto prescritto nelle precedenti ordinanze.

Il D.G.R. 15/31 del 30 marzo 2004, stabilisce di recepire in via transitoria, fino a nuova determinazione conseguente all'aggiornamento della nuova mappa di rischi sismico nazionale, la classificazione sismica dei Comuni della Sardegna, così come riportato nell'allegato A dell'O.P.C.M. 3274 del 20 marzo 2003 in cui tutti i Comuni isolani sono inseriti in zona 4 rimane in vigore il D.G.R. 15/31 del 30 marzo 2004, che consente per i Comuni della Sardegna la "non introduzione dell'obbligo della progettazione antisismica. Per meglio adattare le norme alle caratteristiche di sismicità, nel rispetto degli indirizzi e criteri stabiliti a livello nazionale, alcune Regioni hanno classificato il territorio nelle quattro zone proposte, altre Regioni hanno classificato diversamente il proprio territorio, ad esempio adottando solo tre zone e introducendo, in alcuni casi, delle sottozone. Qualunque sia stata la scelta regionale, a ciascuna zona o sottozona è attribuito un valore di pericolosità di base, espressa in termini di accelerazione massima su suolo rigido (a_g). Tale valore di pericolosità di base non ha però influenza sulla progettazione. Le Norme Tecniche per le Costruzioni (Decreto Ministeriale del 14 gennaio 2008),

che sostituiscono quelle approvate con D.M. del 14 settembre 2005, hanno, infatti, modificato il ruolo che la classificazione sismica aveva ai fini progettuali: per ciascuna zona – e quindi territorio comunale – precedentemente veniva fornito un valore di accelerazione di picco e quindi di spettro di risposta elastico da utilizzare per il calcolo delle azioni sismiche.

Dal 1 luglio 2009 con l'entrata in vigore delle Norme Tecniche per le Costruzioni del 2008, per ogni costruzione ci si deve riferire ad una accelerazione di riferimento "propria" individuata sulla base delle coordinate geografiche dell'area di progetto e in funzione della vita nominale dell'opera. Un valore di pericolosità di base, dunque, definito per ogni punto del territorio nazionale, su una maglia quadrata di 5 km di lato, indipendentemente dai confini amministrativi comunali.

Va precisato che, in seguito a tale classificazione, tutte le regioni italiane (compresa la Sardegna) risultano a rischio sismico. In tutto il territorio nazionale vige quindi l'obbligo di progettare le nuove costruzioni e intervenire sulle esistenti con il metodo di calcolo semiprobabilistico agli stati limite e tenendo conto dell'azione sismica. Limitatamente alle costruzioni ordinarie presenti nei siti ricadenti in zona 4, per le costruzioni di tipo 1 e 2 e di classe d'uso I e II, la norma consente l'utilizzo della "vecchia" metodologia di calcolo alle tensioni ammissibili di cui al D.M. 16 gennaio 1996, ma obbliga comunque a tenere conto dell'azione sismica con l'assunzione di un grado di sismicità convenzionale $S=5$.

La Classificazione Sismica (Zona Sismica di Appartenenza del Comune) rimane utile solo per la gestione della pianificazione e per il controllo del territorio da parte degli Enti preposti. L'entrata in vigore della revisione della norma NTC08, nel 2018, segna il definitivo abbandono della metodologia delle tensioni ammissibili: dal 22/03/2018, con l'entrata in vigore delle NTC08 non sarà più possibile utilizzare questa metodologia, neanche per le ex-zone 4, a favore del metodo semiprobabilistico agli Stati Limite. Inoltre nella norma NTC2018 sparisce ogni riferimento alla classificazione in zone sismiche, un refuso di stampa contenuto nelle NTC08 che contrastava fortemente con la metodologia della norma e con il calcolo a nodi degli scuotimenti attesi.

a) Pericolosità Sismica Locale

L'obiettivo delle Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC) nella progettazione di nuove strutture è il controllo del livello di danneggiamento della costruzione a fronte dei terremoti che possono verificarsi nel sito. L'azione sismica di progetto è definita dalla "pericolosità sismica di base" del sito di costruzione descritta dalla probabilità che, in un fissato intervallo (periodo di riferimento "VR" espresso in anni), in detto sito si verifichi un evento sismico di entità almeno pari ad un valore prefissato; la probabilità è denominata "Probabilità di eccedenza o di superamento nel periodo di riferimento PVR".

La *pericolosità sismica* è definita in termini di:

- accelerazione orizzontale massima attesa "ag" in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido (categoria A - NTC), con superficie topografica orizzontale (categoria T1);



- ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente $S_e(T)$, con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza PVR nel periodo di riferimento VR.

Ai fini delle NTC le forme spettrali sono definite, per ciascuna delle probabilità di superamento nel periodo di riferimento PVR, a partire dai valori dei seguenti parametri sul sito di riferimento rigido orizzontale:

- a_g - accelerazione orizzontale massima al sito;
- F_0 - valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale.
- T_c^* - periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Poiché le probabilità PVR di superamento nel periodo di riferimento VR variano al variare dello stato limite considerato, nelle verifiche devono essere presi in considerazione tutti i meccanismi di stato limite ultimo e di esercizio. In particolare, sono da valutare gli Stati Limite di Esercizio SLO (Stato Limite di Operatività) e SLD (Stato Limite di Danno) e gli Stati Limite Ultimi SLV (Stato Limite di salvaguardia della Vita) e SLC (Stato Limite di prevenzione del Collasso).

Per la determinazione di a_g (accelerazione orizzontale massima attesa su sito di riferimento rigido) è indispensabile conoscere le *coordinate geografiche decimali dell'opera da verificare*. Si determina, quindi, la maglia di riferimento con l'ausilio delle tabelle dei parametri spettrali fornite dal ministero e, sulla base della maglia interessata, si determinano i valori di riferimento del punto come media pesata dei valori nei vertici della maglia moltiplicati per le distanze dal punto: si ottengono in tal modo tre valori: a_g ($g/10$), F_0 e T_c^* → [definiscono le forme spettrali]. I valori di a_g , F_0 e T_c^* per gli “stati limite di esercizio”, SLO e SLD, e per gli “stati limite ultimi”, SLC e SLD, sono calcolati con interpolazione basata sulle distanze, per maglie di riferimento rappresentative dell'intera area nella quale dovrà essere realizzata la nuova struttura e utilizzando la classe d'uso I (*Presenza occasionale di persone, edifici agricoli*).

b) Categorie di Sottosuolo

Per identificare la categoria di sottosuolo (§ 3.2.2. NTC 2018) finalizzata alla definizione dell'azione sismica di progetto, qualora le condizioni stratigrafiche e le proprietà dei terreni siano chiaramente riconducibili alle categorie definite nella Tab. 3.2.II, si può fare riferimento a un approccio semplificato che si basa sulla classificazione del sottosuolo in funzione dei valori della velocità di propagazione delle onde di taglio, V_s . I valori di V_s eq possono essere ottenuti mediante specifiche prove oppure, con giustificata motivazione e limitatamente all'approccio semplificato, sono valutati tramite relazioni empiriche di comprovata affidabilità con i risultati di altre prove in sito, quali ad esempio le prove penetrometriche dinamiche per i terreni a grana grossa e le prove penetrometriche statiche. Per velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio si intende la media pesata delle velocità delle onde S negli strati nei primi metri di profondità dal piano di posa della fondazione, dove per le fondazioni

superficiali è riferita al piano di posa delle stesse: secondo lo schema presente nell'Ordinanza (NTC 2018) si tratta di un suolo appartenente alla classe C (*Situazioni geologiche simili conducono solitamente a categoria di tipo C con profondità del substrato superiore ai 30m. L'analisi stratigrafica delle ricerche idriche ha confermato un alluvionale con profondità rilevante. Per le fondazioni superficiali, la profondità del substrato è riferita al piano di imposta delle stesse, mentre per le fondazioni su pali è riferita alla testa dei pali.*)

Di seguito si riportano le categorie di sottosuolo di riferimento (Tab. 3.2.II - NTC 2018).

Tab. 3.2.II – Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato.	
Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
C	<i>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</i>

c) Condizione Topografica

Il moto generato da un terremoto, oltre che dalle caratteristiche stratigrafiche dei depositi di terreno e degli ammassi rocciosi e dalle proprietà fisiche e meccaniche dei materiali che li costituiscono, dipende dalle caratteristiche topografiche del sito. Nel caso specifico la superficie interessata dall'opera in progetto rientra nella Categoria topografia T1 – (Tab. 3.2.III - §.3.2.2 NTC 2018 di seguito riportata) per la quale la normativa (§ 7.11.3.3 delle NTC 2008) prevede che “Gli effetti topografici possono essere trascurati” poiché presentano “un'inclinazione media inferiore a 15°”.

CATEGORIE TOPOGRAFICHE	
Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$

Classe d'uso	I	II	III	IV
Coefficiente C_u	0,7	1,0	1,5	2,0

	TIPI DI COSTRUZIONE	Valori minimi di V_N (anni)
1	Costruzioni temporanee e provvisorie	10
2	Costruzioni con livelli di prestazioni ordinarie	50
3	Costruzioni con livelli di prestazioni elevate	100

1.8.2.1 - Dati sismici sul sito (spettri di risposta)

Dati sulla costruzione:

- Classe d'uso: I
- Vita Nominale: 50 anni



- Coefficiente d'uso: 0.700000
- Vita di riferimento: 35.000000 anni

Dati sull'area SENSIBILE:

- $X = 1471020.7532$ longitudine **E**
- $Y = 4406156.1220$ latitudine **N**

STATO LIMITE DI ESERCIZIO (S.L.E)

- Dati sulla costruzione (SLO) Probabilità di superamento nella vita di riferimento: 0.810000 (SLO)
Periodo di ritorno: 30.00 (anni): Valori finali calcolati: $ag = 0.0182$ g □ $Fo = 2.6265$ □ $Tc^* = 0.1699$ sec
- Dati sulla costruzione (SLD) Probabilità di superamento nella vita di riferimento: 0.630000 (SLD)
Periodo di ritorno: 35.20 (anni): Valori finali calcolati: $ag = 0.0193$ g □ $Fo = 2.6259$ □ $Tc^* = 0.1752$ sec

STATO LIMITE ULTIMO (S.L.U)

- Dati sulla costruzione (SLV) Probabilità di superamento nella vita di riferimento: 0.100000 (SLV)
Periodo di ritorno: 332.19 (anni): Valori finali calcolati: $ag = 0.0368$ g □ $Fo = 2.7591$ □ $Tc^* = 0.2775$ sec
- Dati sulla costruzione (SLC) Probabilità di superamento nella vita di riferimento: 0.050000 (SLC)
Periodo di ritorno: 682.35 (anni): Valori finali calcolati: $ag = 0.0434$ g □ $Fo = 2.8000$ □ $Tc^* = 0.3061$ sec

1.9 - Modello geologico del sottosuolo – Sezione stratigrafica

Il modello geologico definisce, sulla base di un rilevamento tecnico, i caratteri dei materiali direttamente interessati dall'interazione tra il sito di progetto e l'opera, o le opere oggetto della progettazione. La caratterizzazione e modellazione geologica del sito di progetto è contenuta nella relazione geologica che è parte integrante del progetto. L'unità fondamentale di un modello geologico è l'unità litologica. Sulla base delle evidenze litologiche rilevate nel corso del rilievo di superficie, e dall'osservazione di stratigrafie di pozzi esistenti nell'areale, si può asserire che l'area presenta la seguente successione suddivisa in "Unità", riportata nella sezione stratigrafica di riferimento:

UNITA' A → Copertura recente detritica sabbiosa ghiaiosa, frammista a suolo bruno nocciola, dello spessore di circa 0.50m/1.0m → 1.50m, con un contenuto variabile di matrice fine generalmente limosa argillosa, con dispersi ciottoli e ciottoletti di egual natura del substrato vulcanico.

UNITA' B → Alluvionale terrazzato - Litofacies nel Subsistema di Portoscuso (SINTEMA DI PORTOVESME) – PVM2a: Ghiaie da medie a grossolane, con subordinate sabbie, con presenza di livelli suborizzontali sabbiosi limosi argillosi, con dispersi elementi clastici subarrotondati di rocce più antiche.

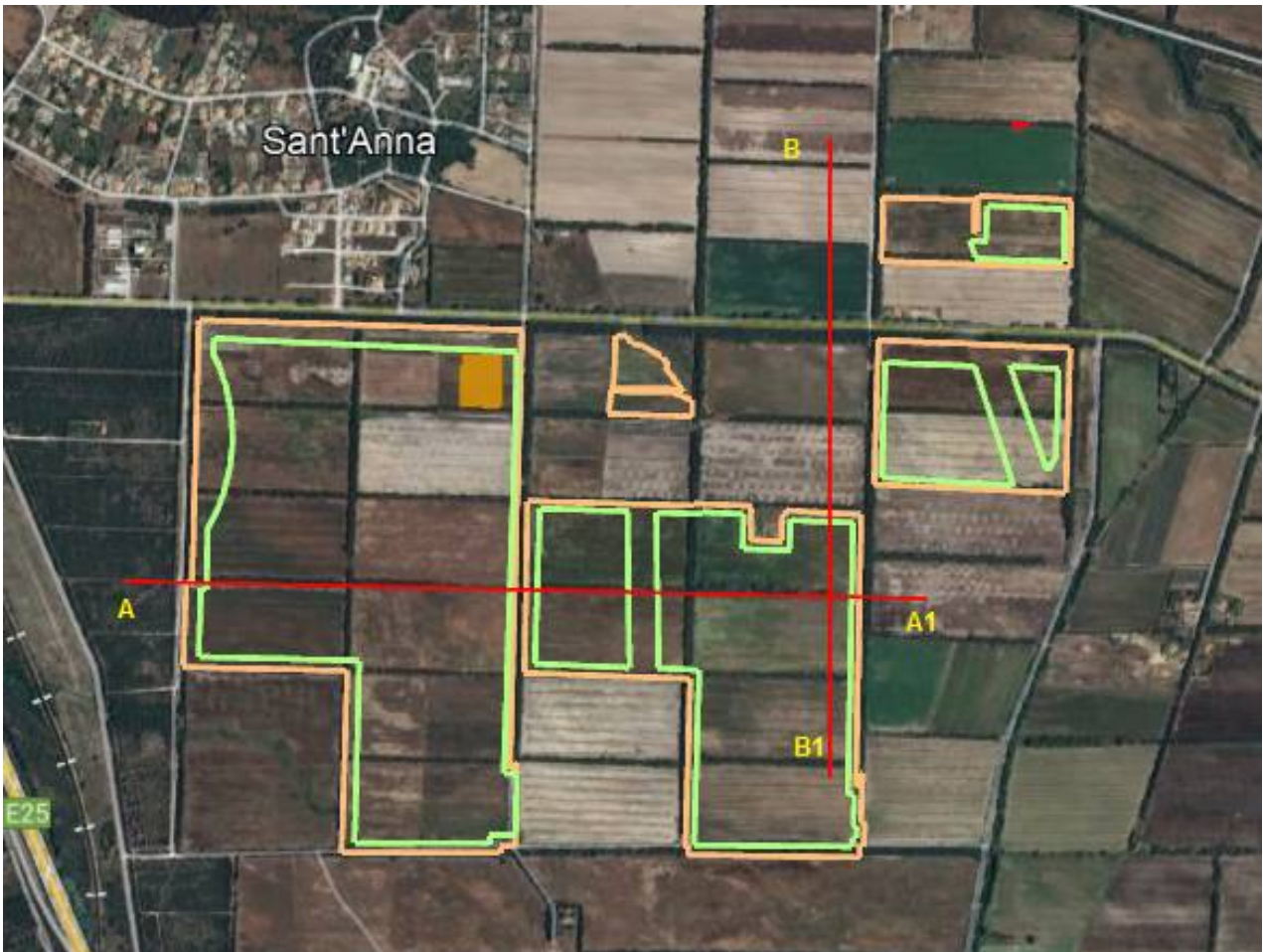


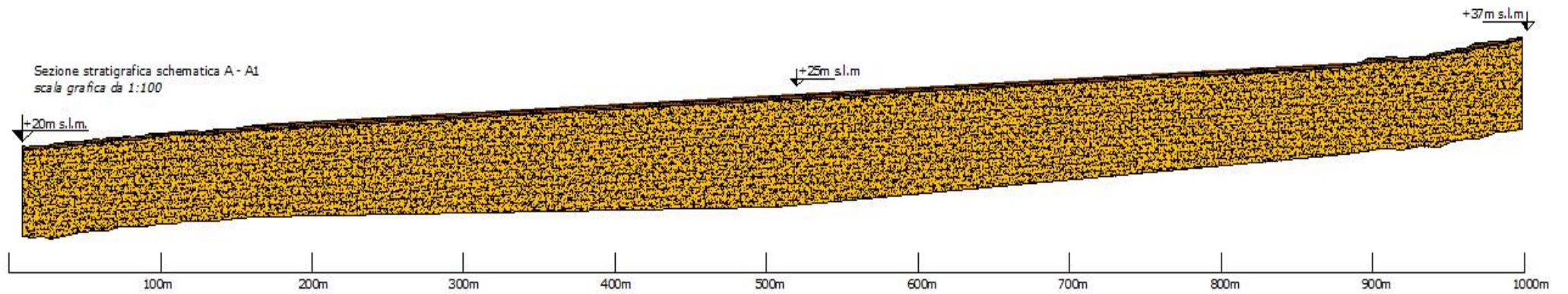
Figura 13 – Linee di sezione stratigrafica *tipo* A-A1 + B-B1 (da Google Earth Pro)

Committente: IBERDROLA RENEVABLES ITALIA SPA

Progetto: Impianto Agrivoltaico da 57,60 MW Tipo AD Inseguimento monoassiale denominato MARRUBIU – Comune di Marrubiu (OR)

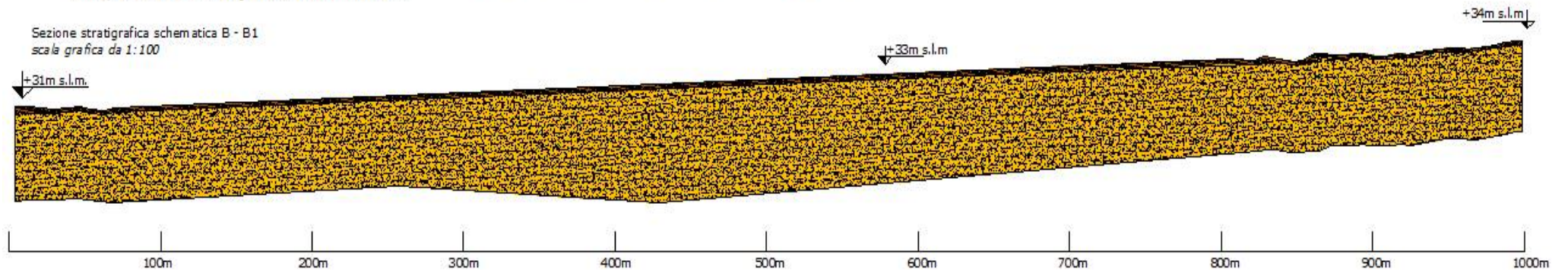
Il Geologo: Dott. Mario STRINNA - ORG 441 Sez. A

Relazione geologica e geotecnica



UNITA' A : Copertura recente detritica sabbiosa ghiaiosa, frammistata a suolo bruno nocciola, dello spessore di circa 0.50m/1.0m/1.50m, con un contenuto variabile di matrice fine generalmente limosa argillosa, con dispersi ciottoli e ciottoletti di egual natura del substrato vulcanico.

UNITA' B : Alluvionale terrazzato - Litofacies nel Subsystema di Portoscuso - PVM2a: Ghiaie da medie a grossolane, con subordinate sabbie, con presenza di livelli suborizzontali sabbiosi limosi argillosi, con dispersi elementi dastici subarrotondati di rocce più antiche.



RELAZIONE GEOTECNICA

Competenze professionali: la redazione relazione geotecnica come riportato all'art. 41, comma 1, lett. e), del citato D.P.R., dispone che formano oggetto dell'attività professionale degli iscritti nella sezione A dell'Albo dei geologi "le indagini e la relazione geotecnica". La competenza del geologo è stata inoltre riconosciuta dal Consiglio di Stato (V Sezione giurisdizionale) Decisione 4 maggio 1995, n°701 e dal Consiglio di Stato, IV Sezione n. 1473 del 12.03.2009. Le competenze degli ingegneri in materia di geotecnica sono circoscritte ai soli iscritti alla sezione A dell'Albo, settore "ingegneria civile ed ambientale", ai sensi dell'art. 46, comma 1, lett. a) [Parere del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti Ufficio Legislativo prot. n. 1849/500 del 24.07.2002]

Tale lavoro è stato eseguito in ottemperanza del D.M. 11.03.1988 (Norme Tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione). Le indagini seguono in ottemperanza alle norme fissate dall'A.N.I.S.I.G. (Ass. Naz. Imprese Specializzate in Indagini Geognostiche). Testo integrato con la Circ. LL.PP. 24 Settembre 1988 n. 30483 (punto A3): istruzioni riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione, Circolare n. 218/24/3 del 09.01.1996 e n. 617 del 02.02.2009 – OPCM n. 3274 del 20.03.2003 - N.T.C. 2008 sulle costruzioni, agg. NTC 2018 sulle costruzioni (§ 2.6 - § 3.2. ÷ 3.2.2. - § 7.11.3.), secondo le seguenti fasi:

- Sopralluogo nell'area in esame ed esame critico della situazione attuale;
- Ricostruzione dell'assetto litostratigrafico del sedime di intervento sulla base di specifici studi geologici pregressi svolti sul territorio sensibile correlabile (*Geotest srl: Tiria, Comuni di Marrubiu, Arborea, Santa Giusta*), al fine di definire la sequenza dei terreni;
- Problematica geotecnica connessa all'interazione opera-geologia locale;
- Stesura di una relazione geotecnica sulla base delle conoscenze dei luoghi litologici per esperienze pregresse svolte dallo scrivente sull'areale sensibile correlabile, il tutto supportato da osservazioni dirette di tagli stradali e non, ed evidenze litologiche di superfici esposte in affioramento nel settore oggetto di analisi. Nello specifico si rilevano nel contesto esaminato: a) Depositi Pleistocenici dell'area continentale - Litofacies nel subsistema di Portoscuso (PVM2a): ghiaie alluvionali terrazzate da medie a grossolane, con subordinate sabbie – Pleistocene sup; b) Sedimenti alluvionali (bb): depositi alluvionali sabbiosi, con subordinati limi e argille – Olocene; c) Sedimenti alluvionali (ba): depositi alluvionali ghiaiosi da grossolani a medi – Olocene.

2. CONSIDERAZIONI GEOTECNICHE DI CONTESTO

L'analisi dell'area sensibile conferma una situazione geomorfologica locale stabile, essendo il progetto ubicato in una zona sub pianeggiante, ondulata, leggermente degradante verso ENE-WSW, e una condizione litologica e geostrutturale piuttosto definita con ottima caratterizzazione meccanica del



substrato appartenente al distretto vulcanico di Monte Arci, di natura basaltica subalcalina (UCU), riolitica e riodacitica in potenti colate (GPA), Plio – Pleistocenica, affiorante soprattutto verso Est nelle zone di Truncu Is Forrus. Allo stesso è associata la presenza di una copertura antica (PVM) quaternaria a giacitura sub orizzontale e omogenea di materiale alluvionale terrazzato ghiaioso da medio a grossolano, con subordinate sabbie, con presenza di livelli suborizzontali sabbiosi limosi argillosi, con dispersi elementi clastici subarrotondati di rocce più antiche. Le uniformità locali di compattazione, la maggiore o minore presenza del legante (limo ed argilla), la presenza (%) o meno di elementi più grossi (clasti, ciottolate e ghiaia), influenzano la condizione geotecnica generale propria di questi strati, dello spessore maggiore di 20 metri. Questa disomogeneità, è congruente alla tipica variabilità litologica dei depositi di ambiente alluvionale, funzione del contesto territoriale proprio dell'area con basso gradiente topografico ed alta energia del mezzo. A chiudere il tutto, al tetto, una copertura recente detritica sabbiosa ghiaiosa, frammista a suolo colore bruno nocciola, dello spessore di circa 0.50m/1.0m → 1.50m, con un contenuto variabile di matrice fine generalmente limosa argillosa, con dispersi ciottoli e ciottoletti di egual natura del substrato vulcanico.

Le opere previste in progetto non comporteranno scavi importanti per la posa delle fondazioni, né sbancamenti, né determineranno una modificazione nell'equilibrio morfologico dell'area d'intervento. Più precisamente le strutture verranno realizzate mediante infissione di un palo (tracker a pali infissi) del diametro massimo di 20cm, con incastro di punta massimo a -2.0m da p.c..

Nel nostro contesto specifico, si andrà ad interessare con lo scavo per la realizzazione delle fondazioni su palo infisso (Tracker), sempre all'interno di una stessa litologia detritica alluvionale olocenica e/o alluvionale terrazzata antica (b/PVM2a).

Allo stato attuale, l'area di progetto inserita in un paesaggio morfologico sub pianeggiante, non è interessata da processi gravitativi, vista la modesta pendenza né da fenomeni di erosione idrica concentrata. Pertanto, i processi morfogenetici attivi si limitano a fenomeni di dilavamento diffuso lungo le aree di compenetrazione, durante i periodi intensamente piovosi, ed a localizzata sedimentazione eluvio-colluviale. I depositi detritici di copertura eluvio-colluviali e/o alluvionali antichi sono costituiti da detrito eterometrico con classi granulometriche ricomprese nelle sabbie e ghiaie, con un contenuto variabile di matrice fine generalmente limosa argillosa, con dispersi ciottoli e ciottoletti di egual natura del substrato vulcanico; si presentano in genere incoerenti, talvolta a debole cementazione, e stabilizzati in condizioni di equilibrio statico.

In sintesi: sono di seguito rappresentate le tipologie di terreni descritti in relazione geologica e che possono essere raggruppati, a partire dal basso, secondo il seguente criterio geomeccanico:

- Apparato vulcanico del Monte Arci (non rilevabile): UCU → Unità di Cuccuru Aspru → Basalti subalcalini ÷ GPA → Unità di Genna Spina → Rioliti e Riodaciti - (NSPT \geq 50/100);

- Terreni costituenti le coperture Quaternarie recenti (interesse) – Depositi detritici eluvio colluviali e/o alluvionali (bb/ba) ($10/12 \leq \text{NSPT} \leq 12/15$).
- Depositi alluvionali terrazzati Pleistocenici (PVM2a) (interesse): ghiaie da medie a grossolane con subordinate sabbie limose argillose con ciottolotti e/o livelli ciottolosi in matrice limosa sabbiosa sovrastante livelli di argille limose verdastre addensate, passanti a sabbiose medio fini in profondità. In questo contesto si evidenzia una sedimentazione di alluvioni fini, che si manifesta con livelli limosi da argillosi a debolmente sabbiosi, a cui si alternano livelli conglomeratici di debole spessore a diverso grado di addensamento e consistenza, non solo per il diverso contenuto nella frazione argillosa - limosa, ma anche per l'inclusione di elementi clastici, il cui ordine di grandezza varia dalle ghiaie fini ai ciottoli e ciottolotti ($\text{NSPT} \geq 20/30$).

2.1 - Stima dei parametri geotecnici

Nota la costituzione geostrutturale del sito, per la determinazione specifica della portanza del terreno e del suo carico limite è stata ritenuta sufficiente la caratterizzazione puntuale dei materiali situati poco al di sotto del piano campagna su cui sarà intestato direttamente il palo (Tracker) a supporto dei pannelli fotovoltaici previsti in progetto. Lo stesso graverà inizialmente su di un terreno quaternario recente Olocenico costituito depositi detritici eluvio colluviali frammisti a suolo e/o alluvionale (Unità A), il tutto poggiante su di un alluvionale antico terrazzato Plio-Pleistocenico (Unità B).

Le caratteristiche geomeccaniche, utili alla determinazione del carico limite e della generale idoneità del terreno riguardo all'opera d'intervento, sono state ricavate da esperienze lavorative eseguite in aree limitrofe litologicamente omogenee e correlabili, supportato dall'osservazione diretta di superficie litologiche esposte in affioramento dei luoghi litologici nel settore oggetto di analisi.

Le considerazioni che seguono hanno tenuto conto della correlazione esistente tra la formula di "Parry" e i valori rilevati dalle prove dinamiche discontinue N/SPT $\rightarrow R_{\text{terreno}} = 30\text{Nspt} / F_s$ coefficiente di sicurezza. I parametri geotecnici delle unità litostratigrafiche che insistono per la maggiore al piano di fondazione sono indicati nelle tabelle seguenti:

UNITA' A \rightarrow Copertura recente detritica sabbiosa ghiaiosa, frammista a suolo bruno nocciola, dello spessore di circa 0.50m/1.0m \rightarrow 1.50m, con un contenuto variabile di matrice fine generalmente limosa argillosa, con dispersi ciottoli e ciottolotti di egual natura del substrato vulcanico.

Peso di volume naturale (γ_n)	17,85 KN/m ³
Peso di volume saturo (γ_w)	18,90 KN/m ³
Angolo di attrito interno (ϕ)	28° (Road Bridge Specification)
Coesione c_{nd}	19,61 ÷ 29,41 KN/m ²
Modulo Elastico (E)	9414,38 KN/m ² (Schmertmann)

Relazione geologica e geotecnica

Modulo Edometrico (M)	9661,51 KN/m ² (Menzebach e Malcev)
N/SPT	12
Resistenza terreno Rt	1,17 daN/cm ²
Winkler (Kg/cm ³) $Q = 0.5 \text{ Kg/cm}^2$	3,12
Caratteristiche strato	moderatamente addensato

Nota: i parametri geotecnici sono stati calcolati con un valore medio di N/SPT di 12 in quanto trattasi di depositi disomogenei per la stessa natura sedimentaria deposizionale

UNITA' B → Alluvionale terrazzato - Litofacies nel Subsistema di Portoscuso (SINTEMA DI PORTOVESME) – PVM2a: Ghiaie da medie a grossolane, con subordinate sabbie, con presenza di livelli suborizzontali sabbiosi limosi argillosi, con dispersi elementi clastici subarrotondati di rocce più antiche vulcaniche.

Peso di volume naturale (γ_n)	18,33 KN/m ³
Peso di volume saturo (γ_w)	19,50 KN/m ³
Angolo di attrito interno (ϕ)	30° ± 2
Coesione c_d	19,61 ÷ 29,42 KN/m ²
Modulo Elastico (E)	33832,94 KN/m ² (D'Appolonia et Alii.)
Modulo Edometrico (M)	24222,42 KN/m ² (Menzebach e Malcev)
N/SPT	20
Resistenza terreno Rt	1,96 daN/cm ²
Winkler (Kg/cm ³) $Q = 0.5 \text{ Kg/cm}^2$	5,26
Caratteristiche strato	da addensato a molto addensato

Nota: i parametri geotecnici sono stati calcolati con un valore medio di N/SPT di 20 in quanto trattasi di depositi disomogenei per la stessa natura sedimentaria deposizionale

2.2 - Verifica degli SL secondo le NTC 2018

Premessa: Nelle Norme Tecniche per le Costruzioni (N.T.C 2008) la verifica di sicurezza nei confronti degli stati limite ultimi (S.L.U) di resistenza, si ottiene con il "Metodo semiprobabilistico dei Coefficienti parziali" di sicurezza tramite la disequazione: $E_d \leq R_d$, dove E_d è il valore di progetto (risultante della combinazione delle azioni agenti sulle costruzioni), R_d è la resistenza di progetto del terreno, che equivale al carico limite calcolato con il metodo delle tensioni ammissibili (D.M.11/03/88) ridotto di un certo coefficiente parziale (γ_R). Il valore di progetto si ottiene con una combinazione delle azioni sulle costruzioni e di coefficienti parziali, che tiene conto del massimo carico d'esercizio trasmesso sulla fondazione, dato da $N = G + Q$, che è la somma dei carichi permanenti sfavorevoli (G) e dei carichi variabili sfavorevoli (Q). La combinazione delle azioni è funzione del tipo di calcolo, se finalizzato agli stati limite ultimi (SLU) o agli stati limite d'esercizio (SLE). Nelle verifiche nei confronti degli stati limite ultimi (SLU) si possono adottare 2 metodi:



- Il primo metodo tiene conto di 2 combinazioni:

- **Strutturale (STR):** è lo stato limite di resistenza della struttura e riguarda gli elementi di fondazione e di sostegno del terreno; è definito dalla combinazione $A_1+M_1+R_1$;
- **Geotecnico (GEO):** è lo stato limite di resistenza del terreno, si utilizza per il dimensionamento geotecnico delle opere di fondazione e di sostegno che interagiscono con il terreno; è definito dalla combinazione $A_2+M_2+R_2$;

Il secondo metodo si basa su di una combinazione unica, che considera sia gli stati limite ultimi strutturali che geotecnici, definita da $A_1+M_1+R_3$.

Le combinazioni sono formate da gruppi di coefficienti parziali γ con:

- A = coefficienti parziali per le azioni, γ_F ;
- M = coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno, γ_M (resistenza dei materiali);
- R = coefficienti parziali per le verifiche agli stati limite ultimi delle fondazioni superficiali γ_R (resistenza globale del sistema)

Con le nuove Norme Tecniche per le Costruzioni (N.T.C 2018) le verifiche di sicurezza relative agli stati limite ultimi (SLU) e le analisi relative alle condizioni di esercizio (SLE) devono essere effettuate nel rispetto dei principi e delle procedure indicate al § 2.6. Per ogni stato limite per perdita di equilibrio (EQU), come definito al §2.6.1, deve essere rispettata la condizione: $E_{inst,d} \leq E_{stb,d}$ dove $E_{inst,d}$ è il valore di progetto dell'azione instabilizzante, $E_{stb,d}$ è il valore di progetto dell'azione stabilizzante. La verifica della suddetta condizione deve essere eseguita impiegando come fattori parziali per le azioni i valori γ_F riportati nella colonna EQU della tabella 6.2.1. Per ogni stato limite ultimo che preveda il raggiungimento della resistenza di un elemento strutturale (STR) o del terreno (GEO), come definiti al § 2.6.1, deve essere rispettata la condizione: $E_d \leq R_d$ [§ 6.2.1] essendo E_d il valore di progetto dell'azione o dell'effetto dell'azione, definito dalle relazioni [6.2.2a] o [6.2.2b]. Effetto delle azioni e resistenza di progetto sono espresse nelle [6.2.2a] e [6.2.3] rispettivamente in funzione delle azioni di progetto γF_k , dei parametri geotecnici di progetto $X_k/\gamma M$ e dei parametri geometrici di progetto a_d . Il coefficiente parziale di sicurezza γ_R opera direttamente sulla resistenza del sistema. L'effetto delle azioni di progetto può anche essere valutato direttamente con i valori caratteristici delle azioni come indicato dalla [6.2.2b] con $\gamma E = \gamma F$. In accordo a quanto stabilito al §2.6.1, la verifica della condizione [6.2.1] deve essere effettuata impiegando diverse combinazioni di gruppi di coefficienti parziali, rispettivamente definiti per le azioni (A1 e A2), per i parametri geotecnici (M1 e M2) e per le resistenze (R1, R2 e R3). I diversi gruppi di coefficienti di sicurezza parziali sono scelti nell'ambito di due approcci progettuali distinti e alternativi.

Nel primo approccio progettuale (Approccio 1) le verifiche si eseguono con due diverse combinazioni di gruppi di coefficienti ognuna delle quali può essere critica per differenti aspetti dello stesso progetto.

Nel secondo approccio progettuale (Approccio 2) le verifiche si eseguono con un'unica combinazione di gruppi di coefficienti.

La verifica della stabilità globale deve essere effettuata secondo quanto previsto nel capitolo 6.8 secondo la combinazione 2 dell'approccio 1 tenendo conto dei coefficienti parziali delle tabelle 6.2.1 e 6.2II per le azioni e i parametri geotecnici, e nella tabella 6.8.1 per le resistenze globali. Per la verifica della capacità portante secondo le N.T.C 2018 è stato scelto il secondo metodo con la combinazione unica $[A_1+M_1+R_3]$ in condizioni drenate (piano di infissione): la verifica è stata svolta per un palo (Tracker) del diametro di 20cm, con incastro di punta a massimo -2.0m da p.c..

2.2.1 – [ipotesi A] fondazione su palo infisso (Tracker)

DATI GENERALI

Normativa	NTC 2018
Diametro della fondazione	0.2 m
Profondità piano di posa	2.0 m

SISMA

Accelerazione massima (amax/g)	0.003
Effetto sismico secondo NTC:	Cascone Maugeri
Fattore di comportamento [q]	3
Periodo fondamentale vibrazione [T]	0.194
Coefficiente intensità sismico terreno [Khk]	0.0006
Coefficiente intensità sismico struttura [Khi]	0.0073

Coefficienti sismici [N.T.C.]

Dati generali

Tipo opera:	2 - Opere ordinarie
Classe d'uso:	Classe I
Vita nominale:	50,0 [anni]
Vita di riferimento:	35,0 [anni]

Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo:	C
Categoria topografica:	T1

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s ²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	30.0	0.0182	2.6265	0.1699
S.L.D.	35.0	0.0193	2.6259	0.1752
S.L.V.	332.0	0.0368	2.7591	0.2775
S.L.C.	682.0	0.0434	2.8	0.3061

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera: Stabilità dei pendii e Fondazioni

S.L. Stato limite	amax [m/s ²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0.0273	0.2	0.0006	0.0003
S.L.D.	0.029	0.2	0.0006	0.0003
S.L.V.	0.0552	0.2	0.0011	0.0006
S.L.C.	0.0651	0.2	0.0013	0.0007



STRATIGRAFIA TERRENO

Spessor e strato [m]	Peso unità di volume [kN/m ³]	Peso unità di volume saturo [kN/m ³]	Angolo di attrito [°]	Coesione [kN/m ²]	Coesione non drenata [kN/m ²]	Modulo Elastico [kN/m ²]	Modulo Edometrico [kN/m ²]	Poisson	Descrizione
1.0	17.85	18.9	28.0	9.81	19.61	9414.38	9661.51	0.3	Unità A
6.0	18.33	19.5	30.0	9.81	29.42	33832.94	24222.42	0.3	Unità B

Carichi di progetto agenti sulla fondazione

Nr.	Nome combinazione	Pressione normale di progetto [kN/m ²]	N [kN]	Mx [kN·m]	My [kN·m]	Hx [kN]	Hy [kN]	Tipo
1	A1+M1+R3	98,06 - ipotesi	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	Progetto
2	SISMA	98,06	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	Progetto
3	S.L.E.	98,06	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	Servizio
4	S.L.D.	98,06	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	Servizio

Sisma + Coeff. parziali parametri geotecnici terreno + Resistenze

Nr	Correzione Sismica	Tangente angolo di resistenza al taglio	Coesione efficace	Coesione non drenata	Peso Unità volume in fondazione	Peso unità volume copertura	Coef. Rid. Capacità portante verticale	Coef. Rid. Capacità portante orizzontale
1	No	1	1	1	1	1	2,3	1,1
2	Si	1	1	1	1	1	1,8	1,1
3	No	1	1	1	1	1	1	1
4	No	1	1	1	1	1	1	1

CARICO LIMITE FONDAZIONE COMBINAZIONE... A1+M1+R3

Autore: TERZAGHI (1955)

- Carico limite [Qult] 553.91 kN/m²
- Resistenza di progetto [Rd] 307.73 kN/m²
- Tensione [Ed] 184.64 kN/m² (ipotesi di verifica cedimenti 98,06 KN/m²)
- Fattore sicurezza [Fs = Qult/Ed] 3,0

COEFFICIENTE DI SOTTOFONDAZIONE BOWLES (1982)

Costante di Winkler 22156.55 kN/m³

Autore: TERZAGHI (1955) (Condizione drenata)

Fattore [Nq]	8.4
Fattore [Nc]	19.12
Fattore [Ng]	5.88
Fattore forma [Sc]	1.3
Fattore forma [Sg]	0.6
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	1.0

Carico limite	554.08 kN/m ²
Resistenza di progetto	240.91 kN/m ²

Autore: TERZAGHI (1955) (Condizione drenata)

Fattore [Nq]	8.4
Fattore [Nc]	19.12
Fattore [Ng]	5.88

SISMA



Fattore forma [Sc]	1.3
Fattore forma [Sg]	0.6
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	0.97
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	1.0

=====

Carico limite	553.91 kN/m ²
Resistenza di progetto	307.73 kN/m ²

2.2.1.1 – CEDIMENTI

CEDIMENTI PER OGNI STRATO

*Cedimento edometrico calcolato con: Metodo consolidazione monodimensionale di Terzaghi

Pressione normale di progetto	98,06 kN/m ² - ipotesi di verifica
Cedimento dopo T anni	15.0
Distanza	0.03m
Angolo	55.85 °
Cedimento totale	0.004 cm

Z: Profondità media dello strato; Dp: Incremento di tensione; Wc: Cedimento consolidazione; Ws: Cedimento secondario; Wt: Cedimento totale.

Strato	Z (m)	Tensione (kN/m ²)	Dp (kN/m ²)	Metodo	Wc (cm)	Ws (cm)	Wt (cm)
2	4.5	82.005	0.19	Edometrico	0.0039	--	0.0039

CEDIMENTI ELASTICI

Pressione normale di progetto	98,06 kN/m ² - ipotesi di verifica
Minimi Trascurabili	

CEDIMENTI BURLAND E BURBIDGE

Pressione normale di progetto	98,06 kN/m ² - ipotesi di verifica
Tempo	15.0
Profondità significativa Zi (m)	2
Media dei valori di Nsp _t all'interno di Zi	20
Fattore di forma fs	1
Fattore strato compressibile fh	1
Fattore tempo ft	1.44
Indice di compressibilità	0.026
Cedimento	0.888 mm

VERIFICA A LIQUEFAZIONE - Metodo del C.N.R. - GNDT Da Seed e Idriss

Svo: Pressione totale di confinamento; S'vo: Pressione efficace di confinamento; T: Tensione tangenziale ciclica; R: Resistenza terreno alla liquefazione; Fs: Coefficiente di sicurezza

Livello non liquefacibile



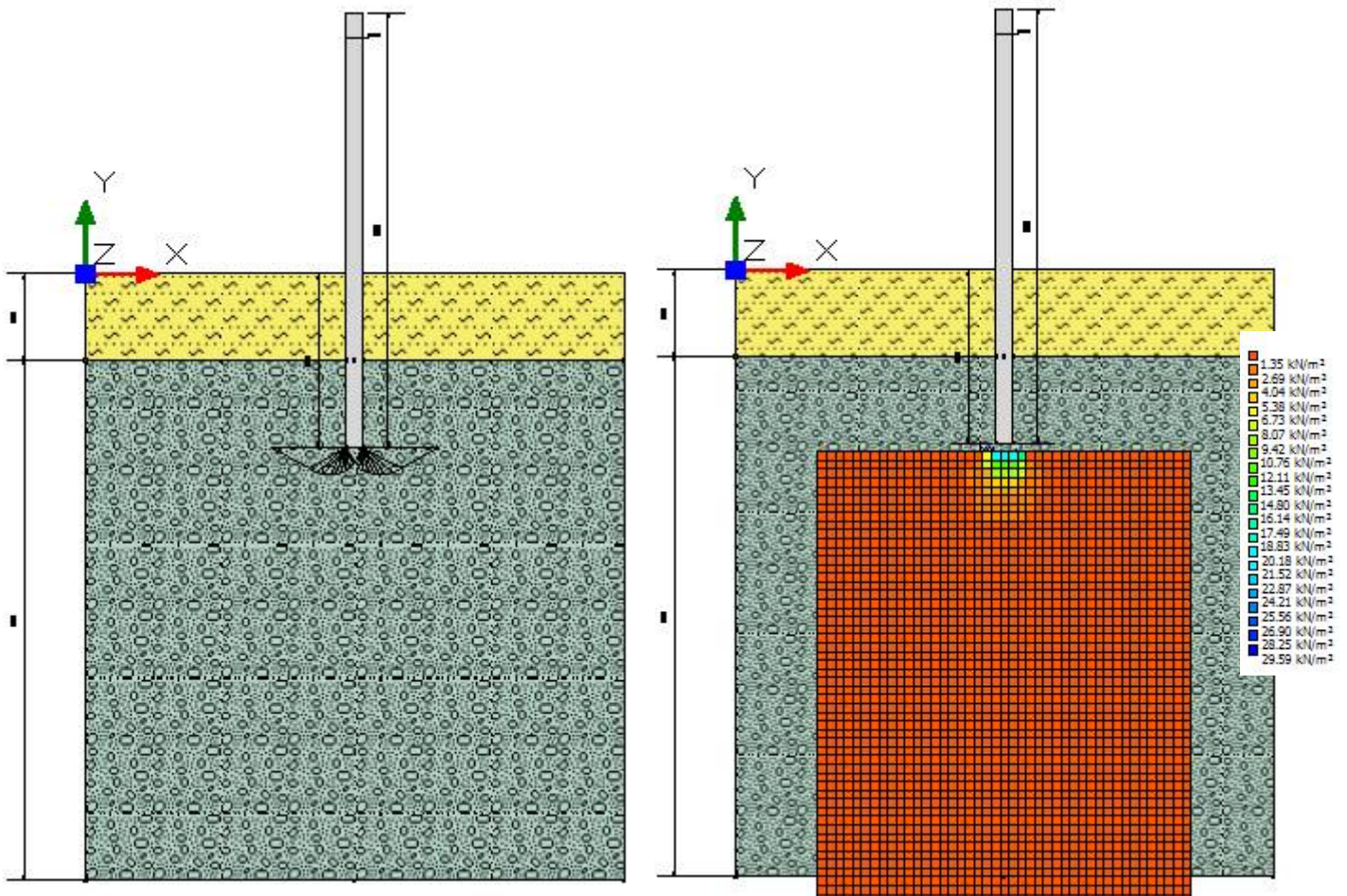


Fig. 14 - Cuneo di intrusione + bulbo sviluppo delle pressioni Boussinesq (ipotesi di verifica 98,06 KN/m²)

2.3 – Considerazioni sulla scavabilità e tenuta di fronti di scavo

L'area è costituita da sedimenti alluvionali terrazzati antichi e recenti, costituiti da ghiaie sabbiose in matrice fine limosa argillosa, con ferrettizzazione della matrice, diversamente addensati, frammiste ad elementi clastici sub arrotondati di rocce vulcaniche del substrato.

In funzione di quanto sopra esposto, i terreni vista la minima profondità di escavazione saranno facilmente asportabili, se necessario in quanto il sistema è ad infissione, con il semplice uso di un escavatore dotato di singola benna nei livelli più superficiali interessati da altre opere presenti in progetto (cabine, trincee cavidotti, etc). Nota: in presenza di materiali resistenti all'infissione, non escludere di utilizzare sondaggi corti a distruzione per l'intestamento del palo in acciaio sul terreno.

La capacità della parete di scavo di autosostenersi in assenza di opere di stabilizzazione dipende dalle caratteristiche fisico-meccaniche del terreno interessato. E' infatti possibile dare allo scavo un'inclinazione (inclinazione di sicurezza) tale per cui essa risulti stabile nel breve periodo senza che vi sia pericolo di crollo. La stabilità nei livelli alluvionali Pleistocenici - Olocenici diversamente addensati,

essendo materiali a comportamento attrattivo in matrice fine coesiva è legata, indipendentemente dall'altezza dello scavo, al valore dell'angolo di attrito interno del materiale.

Il fattore di sicurezza (FS) di una parete di scavo viene definito come $FS = \tan \varphi / \tan \beta$, dove φ = angolo di attrito interno del materiale e β = inclinazione della parete di scavo, per cui lo scavo può essere considerato stabile, in assenza di significative variazioni delle condizioni al contorno, per valori di FS maggiori o uguali a 1. Nel nostro caso, avendo le coperture Quaternarie Pleistoceniche - Oloceniche un φ medio di circa 28° , per lavorare in condizioni di sicurezza, si potrà tener conto di un'inclinazione della parete di scavo min. di circa 27° . Per questi terreni, si può verificare l'altezza critica di scavo, che è l'altezza massima alla quale una scarpata verticale è stabile per un certo periodo di tempo senza bisogno di sostegni. Nel nostro caso, considerando i seguenti parametri geotecnici accorpabili per uniformità litologiche locali (riconducibili ad un unico livello A) $\rightarrow c_u = 19.61 \text{ KN/m}^2 - \gamma_n = 18.33 \text{ KN/m}^3$ e utilizzando la seguente relazione: $H_c = 4 c / \gamma_n$ si ottiene un'altezza critica di scavo $H_c = \sim 4.27\text{m}$. Tenendo conto delle "tensioni di trazione" di altezza (y), che si generano in seguito allo scavo, ed in presenza di eventuale acqua a breve profondità legata alla stagionalità del periodo, il valore dell'altezza critica (H_c) (Terzaghi) risulta ridotto per $y = H_c/2 \rightarrow H_c' = \sim 2.10\text{m}$

Si consiglia, comunque, in presenza di materiali granulari in matrice coesiva, di eseguire l'apertura del terreno, in condizioni di sicurezza, con una maggiore larghezza della base e una minore pendenza della parete di scavo, per abbattere l'incidenza di eventuali crolli, a causa dei fenomeni di rilassamento per diminuzione della spinta litostatica delle terre, conseguente lo sbancamento. Generalmente, per profondità di scavo superiori a 1.0/1.5mt, trattandosi di materiali granulari non coerenti (D.lgs 81/2008), si consiglia di provvedere ad armare provvisoriamente i fronti di scavo. Da non dimenticare che, se si dovesse decidere di impiantare il cantiere durante il periodo invernale o comunque in previsione di eventi pluviometrici importanti, sarà opportuno predisporre degli adeguati sistemi di allontanamento sia delle acque superficiali dal fondo dello scavo, sia da quelle (eventuali) di debole faldina idrica se risalita per incremento idrico al contatto tra l'alluvionale di copertura e il substrato più resistente.

3. CONCLUSIONI

In conformità a quanto fin qui esposto si possono trarre le seguenti conclusioni:

- Dalle conoscenze di carattere geologico, morfologico e idrogeologico, l'area in esame, situata all'interno del territorio Comunale di Marrubiu nella località Masongius, è costituita da una copertura quaternaria terrazzata alluvionale antica e recente del Tirso, caratterizzata da forme piatte, sovente da depresse a movimentate soprattutto nel settore orientale che interessano le basse colline bordanti le propaggini del Monte Arci. Gli interventi in progetto, sono ricompresi in un'area lorda di circa 111,37 Ha. Litologicamente è interessato da terreni sedimentari quaternari a giacitura orizzontale e omogenea, moderatamente ondulato, di materiale alluvionale terrazzato antico (PVM) e/o detritico eluvio-colluviale e/o alluvionale recente Olocenico (bb/ba), costituito essenzialmente da livelli ghiaiosi sabbiosi, a grana medio grossa, diversamente addensati e consistenti, con intercalazione di livelli limoso argillosi diversamente distribuiti, con dispersi elementi clastici di rocce antiche, conglomeratici nelle parti cementate, per uno spessore superiore ai 20m. Sono riconducibili ad un sistema di conoide e di piana alluvionale, i cui rapporti laterali sono caratterizzati da interdigitazione. Le tipologie di terreni descritti in relazione sono stati raggruppati secondo il seguente criterio geomeccanico:

- UNITÀ DI MONTE MOLA – ULA: Lave intermedie indifferenziate grigie e grigioverdastre; porfiriche per fenocristalli di PI, Opx, Cpx, Sa, Bt, talora con abbondanti inclusi femici; in potenti colate con alla base locali livelli vitrofirici e ossidianace. PLIO – PLEISTOCENE
- UNITÀ DI CUCCURU ASPRU – UCU: Basalti subalcalini generalmente ipocristallini da afirici a porfirici per fenocristalli di PI, Opx, Cpx, Ol; in colate. Basalti da alcalini a transizionali, generalmente olocristallini, da subafirici a porfirici per fenocristalli di PI, Ol, Cpx. PLIO – PLEISTOCENE

Le lave di Cuccuru Aspru costituiscono le effusioni di copertura del pianoro originariamente posto a Nord dell'Arci ed oggi smembrato in numerose parti dall'erosione dei rii Florissa e Tumboi.

QUATERNARIO ANTICO E RECENTE

- Litofacies nel Subsistema di Portoscuso (SINTEMA DI PORTOVESME) – PVM2a: Ghiaie alluvionali terrazzate da medie a grossolane, con subordinate sabbie. PLEISTOCENE SUP.
Le alluvioni antiche sono la testimonianza di un reticolo idrografico sovente non coerente con quello attuale, prodottosi per la deposizione progressiva di una spessa coltre di detriti alluvionali, fluviali e palustri, depositisi al variare del livello marino di base, in stretta correlazione con l'andamento climatico del Quaternario.
- Sedimenti alluvionali – b: depositi alluvionali terrazzati ghiaiosi con subordinate sabbie e/o depositi alluvionali ghiaiosi da grossolani a medi e/o coltri detritiche eluvio colluviali immerse in matrice fine, talvolta con intercalazione di suoli più o meno evoluti – Olocene.



Dal punto di vista del loro comportamento geomeccanico, presentano caratteristiche variabili da litologia incoerente nei termini più attrattivi a dura/coerente nei termini più litoidi, presenti soprattutto ad oriente dell'area in esame verso la zona collinare. Essi, presentano negli strati superficiali, dove sono presenti i livelli sabbiosi-ghiaiosi e/o ghiaiosi sabbioso in matrice fine coesiva, con intercalazioni di livelli sabbiosi limosi argillosi, discrete caratteristiche meccaniche, andando verso valori concretamente superiori con la profondità, dove è maggiore la presenza di livelli duri cementati, o aumento della frazione clastica.

- Nell'area d'interesse non sono stati rilevati fenomeni franosi in atto né segni che ne lascino presagire l'occorrenza; non è stata riscontrata la presenza d'alcun elemento tettonico attivo, quali faglie o dislocazioni in genere, che possa favorire l'innescarsi di dissesti di qualsiasi natura e provocare ripercussioni sulla stabilità delle opere in progetto. Essa, inoltre, non è interessata da fenomeni di subsidenza, né sono stati rilevati altri fenomeni morfogenetici attivi in grado di influire in maniera significativa sulla stabilità dell'area. In considerazione delle caratteristiche tecniche dei terreni unitamente ai valori di pendenza su cui giacciono, l'area rimane caratterizzata da buone condizioni di stabilità. Le caratteristiche geotecniche dei terreni di fondazione analizzati in situ, unitamente ai valori di pendenza su cui giacciono le litologie, evidenziano la compatibilità degli stessi in funzione delle opere da realizzare.
- I terreni, in base alle caratteristiche geolitologiche, con particolare riferimento alla capacità d'assorbimento possono essere suddivisi in differenti classi di permeabilità, secondo i valori indicati nella tabella, in classi omogenee:

Grado di permeabilità	Valore di k (m/s)
alto	superiore a 10^{-3}
medio	$10^{-3} - 10^{-5}$
basso	$10^{-5} - 10^{-7}$
molto basso	$10^{-7} - 10^{-9}$
impermeabile	minore di 10^{-9}

Classe 1 → medio-alta permeabilità (Quaternario Olocenico)

Si tratta di terreni a buona circolazione idrica, costituiti prevalentemente da coperture alluvionali allo stato sciolto o semicoerente. La permeabilità per porosità è generalmente alta in corrispondenza di livelli ciottoloso-sabbiosi in prossimità degli alvei dei corsi d'acqua, localmente media in corrispondenza dei materiali clastici a matrice fine (argille, limi) [$10^{-2} \geq K \geq 10^{-4}$]

Classe 2 → medio-bassa permeabilità (Alluvioni antiche Pleistoceniche - PVM2a)



Vi rientrano le alluvioni antiche di conoide alluvionale, terrazzate, costituite da livelli sabbioso-ghiaiosi, ciottolosi, conglomeratici, con intercalazioni limo-sabbioso-argillose, ben costipate e talora ferrettizzate. La permeabilità per porosità è generalmente bassa per la presenza di livelli da molto compatti sino a cementati, localmente media in corrispondenza dei livelli a maggiore componente sabbioso-arenacea [$10^{-4} \geq K \geq 10^{-7}$]

Classe 3 → bassa permeabilità (litologie vulcaniche del Terziario/Quaternario) (esterne)

Vi rientrano i materiali semicoerenti, duri e litoidi, complessivamente impermeabili per porosità, e grado di permeabilità per fessurazione secondaria da scarsa a bassa [$10^{-7} \geq K \geq 10^{-9}$]

Nota: sulla base delle condizioni topografiche e litostratigrafiche e della relativa vicinanza dell'area in esame con punti di ricerca idrica presenti nel Portale ISPRA 464/84 Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale, informazioni relative a studi o indagini nel sottosuolo nazionale, per scopi di ricerca idrica o per opere di ingegneria civile, la soggiacenza della falda superficiale si colloca raramente entro i -10.0m e l'andamento dei deflussi segue, in linea di massima la morfologia superficiale. Le falde freatiche di interesse si collocano ad una profondità media variabile da – 26m/36m → 45m all'interno di un Plio Pleistocenico - Olocenico ghiaioso sabbioso in matrice coesiva, a – 76m/80m e oltre all'interno di vulcaniti di colore bruno con alternanze di livelli scoriacei alterati coesivi di colore rossastro, in aree distanti in linea d'aria circa 1300/1500m dal sito in esame.

- Il Comune di Marrubiu, sulla base di quanto disposto dalla normativa P.A.I per il Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico della Sardegna "Allegato E/F" (criteri per la predisposizione degli studi di compatibilità idraulica e geologica-geotecnica di cui agli articoli 24/25 delle norme di attuazione del PAI Titolo III cap. I), si è proceduto a verificare se nell'area è presente questo tipo di vincolo. Dall'osservazione diretta della perimetrazione Regionale delle aree a pericolosità idraulica e frana (Hi e Hg), sub bacino 2 del Tirso, si evince che il sito interessato dagli interventi previsti in progetto, si trova in un'area (PAI/PGRA/PSFF Rev. Dic. 2023) a pericolosità da frana (Hg) e pericolosità idraulica (Hi) assente. Si precisa che una minima parte dell'area, in prossimità del Rio De S'Erba, è lambita da pericolosità idraulica (Hi1 → Hi4), senza interessare l'area netta dove insistono le strutture. Da una analisi del Piano Stralcio delle Fasce Fluviali (PSFF) non sono emersi per l'area esaminata rischi compatibili con i corsi d'acqua in funzione della sicurezza idraulica. Da una analisi dell'Inventario dei Fenomeni Franosi in Sardegna (IFFI) non sono emersi per l'area esaminata rischi compatibili con eventi franosi.
- Pericolosità Sismica Locale: la pericolosità sismica è definita in termini di:
 - accelerazione orizzontale massima attesa "ag" in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido (categoria A - NTC), con superficie topografica orizzontale (categoria T1);

- ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente $S_e(T)$, con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza PVR nel periodo di riferimento VR.

Ai fini delle NTC le forme spettrali sono definite, per ciascuna delle probabilità di superamento nel periodo di riferimento PVR, a partire dai valori dei seguenti parametri sul sito di riferimento rigido orizzontale:

- a_g - accelerazione orizzontale massima al sito;
- F_0 - valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale.
- T_c^* - periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Poiché le probabilità PVR di superamento nel periodo di riferimento VR variano al variare dello stato limite considerato, nelle verifiche devono essere presi in considerazione tutti i meccanismi di stato limite ultimo e di esercizio. In particolare, sono da valutare gli Stati Limite di Esercizio SLO (Stato Limite di Operatività) e SLD (Stato Limite di Danno) e gli Stati Limite Ultimi SLV (Stato Limite di salvaguardia della Vita) e SLC (Stato Limite di prevenzione del Collasso).

Per la determinazione di a_g (accelerazione orizzontale massima attesa su sito di riferimento rigido) è indispensabile conoscere le *coordinate geografiche decimali dell'opera da verificare*. Si determina, quindi, la maglia di riferimento con l'ausilio delle tabelle dei parametri spettrali fornite dal ministero e, sulla base della maglia interessata, si determinano i valori di riferimento del punto come media pesata dei valori nei vertici della maglia moltiplicati per le distanze dal punto: si ottengono in tal modo tre valori: a_g (g/10), F_0 e T_c^* → [definiscono le forme spettrali]. I valori di a_g , F_0 e T_c^* per gli “stati limite di esercizio”, SLO e SLD, e per gli “stati limite ultimi”, SLC e SLD, sono calcolati con interpolazione basata sulle distanze, per maglie di riferimento rappresentative dell'intera area nella quale dovrà essere realizzata la nuova struttura e utilizzando la classe d'uso I (*Presenza occasionale di persone, edifici agricoli*).

Categorie di Sottosuolo

Per identificare la categoria di sottosuolo (§ 3.2.2. NTC 2018) finalizzata alla definizione dell'azione sismica di progetto, qualora le condizioni stratigrafiche e le proprietà dei terreni siano chiaramente riconducibili alle categorie definite nella Tab. 3.2.II, si può fare riferimento a un approccio semplificato che si basa sulla classificazione del sottosuolo in funzione dei valori della velocità di propagazione delle onde di taglio, V_s . I valori di V_s eq possono essere ottenuti mediante specifiche prove oppure, con giustificata motivazione e limitatamente all'approccio semplificato, sono valutati tramite relazioni empiriche di comprovata affidabilità con i risultati di altre prove in sito, quali ad esempio le prove penetrometriche dinamiche per i terreni a grana grossa e le prove penetrometriche statiche. Per velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio si intende la media pesata delle velocità delle onde S negli strati nei primi metri di profondità dal piano di posa della fondazione, dove per le fondazioni superficiali è riferita al piano di posa delle stesse: secondo lo schema presente

nell'Ordinanza (NTC 2018) si tratta di un suolo appartenente alla classe C (*Situazioni geologiche simili conducono solitamente a categoria di tipo C con profondità del substrato superiore ai 30m. L'analisi stratigrafica delle ricerche idriche ha confermato un alluvionale con profondità rilevante. Per le fondazioni superficiali, la profondità del substrato è riferita al piano di imposta delle stesse, mentre per le fondazioni su pali è riferita alla testa dei pali.*)

Di seguito si riportano le categorie di sottosuolo di riferimento (Tab. 3.2.II - NTC 2018).

Tab. 3.2.II – Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato.	
Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
C	<i>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</i>

Condizione Topografica

Il moto generato da un terremoto, oltre che dalle caratteristiche stratigrafiche dei depositi di terreno e degli ammassi rocciosi e dalle proprietà fisiche e meccaniche dei materiali che li costituiscono, dipende dalle caratteristiche topografiche del sito. Nel caso specifico la superficie interessata dall'opera in progetto rientra nella Categoria topografia T1 – (Tab. 3.2.III - §.3.2.2 NTC 2018 di seguito riportata) per la quale la normativa (§ 7.11.3.3 delle NTC 2008) prevede che “Gli effetti topografici possono essere trascurati” poiché presentano “un'inclinazione media inferiore a 15°”.

CATEGORIE TOPOGRAFICHE	
Categoria Caratteristiche della superficie topografica	
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$

Classe d'uso	I	II	III	IV
Coefficiente C_u	0,7	1,0	1,5	2,0

	TIPI DI COSTRUZIONE	Valori minimi di V_N (anni)
1	Costruzioni temporanee e provvisorie	10
2	Costruzioni con livelli di prestazioni ordinarie	50
3	Costruzioni con livelli di prestazioni elevate	100

Dati sismici sul sito (spettri di risposta)

Dati sulla costruzione:

- Classe d'uso: I
- Vita Nominale: 50 anni



- Coefficiente d'uso: 0.700000
- Vita di riferimento: 35.000000 anni

Dati sull'area SENSIBILE:

- **X** = 1471020.7532 longitudine **E**
- **Y** = 4406156.1220 latitudine **N**

STATO LIMITE DI ESERCIZIO (S.L.E)

- Dati sulla costruzione (SLO) Probabilità di superamento nella vita di riferimento: 0.810000 (SLO)
Periodo di ritorno: 30.00 (anni): Valori finali calcolati: $ag = 0.0182 \text{ g}$ □ $Fo = 2.6265$ □ $Tc^* = 0.1699 \text{ sec}$
- Dati sulla costruzione (SLD) Probabilità di superamento nella vita di riferimento: 0.630000 (SLD)
Periodo di ritorno: 35.20 (anni): Valori finali calcolati: $ag = 0.0193 \text{ g}$ □ $Fo = 2.6259$ □ $Tc^* = 0.1752 \text{ sec}$

STATO LIMITE ULTIMO (S.L.U)

- Dati sulla costruzione (SLV) Probabilità di superamento nella vita di riferimento: 0.100000 (SLV)
Periodo di ritorno: 332.19 (anni): Valori finali calcolati: $ag = 0.0368 \text{ g}$ □ $Fo = 2.7591$ □ $Tc^* = 0.2775 \text{ sec}$
- Dati sulla costruzione (SLC) Probabilità di superamento nella vita di riferimento: 0.050000 (SLC)
Periodo di ritorno: 682.35 (anni): Valori finali calcolati: $ag = 0.0434 \text{ g}$ □ $Fo = 2.8000$ □ $Tc^* = 0.3061 \text{ sec}$

- Le caratteristiche geomeccaniche, utili alla determinazione del carico limite e della generale idoneità del terreno riguardo all'opera in progetto, sono state ricavate da esperienze lavorative pregresse eseguite in aree limitrofe, litologicamente omogenee correlabili, oltre da osservazioni dirette dei luoghi litologici su superfici esposte, e materiale bibliografico e miscelanee. Le considerazioni che seguono hanno tenuto conto della correlazione esistente tra la formula di "Parry" e i valori rilevati dalle prove dinamiche discontinue N/SPT → $R_{\text{terreno}} = 30N_{\text{spt}} / F_s$ coefficiente di sicurezza. I parametri geotecnici delle unità litostratigrafiche che insistono per la maggiore al piano di fondazione sono indicati nelle tabelle seguenti:

UNITA' A → Copertura recente detritica sabbiosa ghiaiosa, frammista a suolo bruno nocciola, dello spessore di circa 0.50m/1.0m → 1.50m, con un contenuto variabile di matrice fine generalmente limosa argillosa, con dispersi ciottoli e ciottoletti di egual natura del substrato vulcanico.

Peso di volume naturale (γ_n)	17,85 KN/m ³
Peso di volume saturo (γ_w)	18,90 KN/m ³



Committente: IBERDROLA RENEWABLES ITALIA SPA

Progetto: Impianto Agrivoltaico da 57,60 MW Tipo AD Inseguimento monoassiale denominato MARRUBIU – Comune di Marrubiu (OR)

Il Geologo: Dott. Mario STRINNA - **ORG** 441 Sez. A

Relazione geologica e geotecnica

Angolo di attrito interno (φ)	28° (Road Bridge Specification)
Coesione c_{nd}	19,61 ÷ 29,41 KN/m ²
Modulo Elastico (E)	9414,38 KN/m ² (Schmertmann)
Modulo Edometrico (M)	9661,51 KN/m ² (Menzebach e Malcev)
N/SPT	12
Resistenza terreno R_t	1,17 daN/cm ²
Winkler (Kg/cm ³) $Q = 0.5 \text{ Kg/cm}^2$	3,12
Caratteristiche strato	moderatamente addensato

Nota: i parametri geotecnici sono stati calcolati con un valore medio di N/SPT di 12 in quanto trattasi di depositi disomogenei per la stessa natura sedimentaria deposizionale

UNITA' B → Alluvionale terrazzato - Litofacies nel Subsistema di Portoscuso (SINTEMA DI PORTOVESME) – PVM2a: Ghiaie da medie a grossolane, con subordinate sabbie, con presenza di livelli suborizzontali sabbiosi limosi argillosi, con dispersi elementi clastici subarrotondati di rocce più antiche vulcaniche.

Peso di volume naturale (γ_n)	18,33 KN/m ³
Peso di volume saturo (γ_w)	19,50 KN/m ³
Angolo di attrito interno (φ)	30° ± 2
Coesione c_{nd}	19,61 ÷ 29,42 KN/m ²
Modulo Elastico (E)	33832,94 KN/m ² (D'Appolonia et Alii.)
Modulo Edometrico (M)	24222,42 KN/m ² (Menzebach e Malcev)
N/SPT	20
Resistenza terreno R_t	1,96 daN/cm ²
Winkler (Kg/cm ³) $Q = 0.5 \text{ Kg/cm}^2$	5,26
Caratteristiche strato	da addensato a molto addensato

Nota: i parametri geotecnici sono stati calcolati con un valore medio di N/SPT di 20 in quanto trattasi di depositi disomogenei per la stessa natura sedimentaria deposizionale

- Per la verifica della capacità portante secondo le N.T.C 2018 è stato scelto il secondo metodo con la combinazione unica [A₁+M₁+R₃] in condizioni drenate (piano di infissione): la verifica è stata svolta per un palo (Tracker) del diametro massimo di 20cm, con incastro di punta a massimo -2.0m da p.c.:
- Combinazione A1+M1+R3 - TERZAGHI (1955) – condizione drenata: Il valore minimo del carico limite ultimo $Q_{ult} = 553.91 \text{ kN/m}^2$, con una resistenza di progetto (R_d) = 307.73 KN/m², con una Tensione (E_d) 184.64 kN/m² - Ipotesi di verifica (cedimenti) pari a 98,06 KN/m²;
 - I Cedimenti Elastici relativi al substrato di terreno interessato dal sovraccarico, si attesterebbero minimi trascurabili, in corrispondenza di una pressione normale di progetto pari a 98,06 KN/m² (ipotesi di verifica);



- I Cedimenti secondo Burland e Burbidge relativi al substrato di terreno interessato dal sovraccarico, si attesterebbero a valori inferiori al centimetro (0,88mm), in corrispondenza di una pressione normale di progetto pari a 98,06 KN/m² (ipotesi di verifica);
 - I Cedimenti per ogni strato (Wt) relativi al substrato di terreno interessato dal sovraccarico, si attesterebbero a valori decisamente inferiori al centimetro (0.004cm), in corrispondenza di una pressione normale di progetto pari a 98,06 KN/m² (ipotesi di verifica);
 - I terreni presenti nell'area in oggetto non sono suscettibili al fenomeno di liquefazione in seguito a sollecitazioni dinamiche, in considerazione delle caratteristiche granulometriche, nonché dell'assenza di una vera e propria falda nei primi metri dal piano campagna - Metodo del C.N.R. - GNDT Da Seed e Idriss.
- Scavabilità e tenuta dei fronti di scavo: l'area è costituita da sedimenti alluvionali terrazzati antichi e recenti, costituiti da ghiaie sabbiose in matrice fine limosa argillosa, con ferrettizzazione della matrice, diversamente addensati, frammiste ad elementi clastici sub arrotondati di rocce vulcaniche del substrato. In funzione di quanto sopra esposto, i terreni vista la minima profondità di escavazione saranno facilmente asportabili, se necessario in quanto il sistema è ad infissione, con il semplice uso di un escavatore dotato di singola benna nei livelli più superficiali interessati da altre opere presenti in progetto (cabine, trincee caviodotti, etc). Nota: in presenza di materiali resistenti all'infissione, non escludere di utilizzare sondaggi corti a distruzione per l'intestamento del palo in acciaio sul terreno. La capacità della parete di scavo di autosostenersi in assenza di opere di stabilizzazione dipende dalle caratteristiche fisico-meccaniche del terreno interessato. La stabilità nei livelli alluvionali Pleistocenici - Olocenici diversamente addensati, essendo materiali a comportamento attrattivo in matrice fine coesiva è legata, indipendentemente dall'altezza dello scavo, al valore dell'angolo di attrito interno del materiale. I fattore di sicurezza (FS) di una parete di scavo viene definito come $FS = \frac{\tan \phi}{\tan \beta}$, dove ϕ = angolo di attrito interno del materiale e β = inclinazione della parete di scavo, per cui lo scavo può essere considerato stabile, in assenza di significative variazioni delle condizioni al contorno, per valori di FS maggiori o uguali a 1. Nel nostro caso, avendo le coperture Quaternarie Pleistoceniche - Oloceniche un ϕ medio di circa 28°, per lavorare in condizioni di sicurezza, si potrà tener conto di un'inclinazione della parete di scavo min. di circa 27°. Per questi terreni, si può verificare l'altezza critica di scavo, che è l'altezza massima alla quale una scarpata verticale è stabile per un certo periodo di tempo senza bisogno di sostegni. Nel nostro caso, considerando i seguenti parametri geotecnici accorpabili per uniformità litologiche locali (riconducibili ad un unico livello A) → $c_u = 19.61 \text{ KN/m}^2$ - $\gamma_n = 18.33 \text{ KN/m}^3$ e utilizzando la seguente relazione: $H_c = 4 \frac{c}{\gamma_n}$ si ottiene un'altezza critica di scavo $H_c = \sim 4.27\text{m}$. Tenendo conto delle "tensioni di trazione" di altezza (y), che si generano in seguito allo scavo, ed in presenza di eventuale acqua a breve profondità legata alla

stagionalità del periodo, il valore dell'altezza critica (**Hc**) (Terzaghi) risulta ridotto per $y = Hc/2 \rightarrow Hc' = \sim 2.10m$

Si consiglia, comunque, in presenza di materiali granulari in matrice coesiva, di eseguire l'apertura del terreno, in condizioni di sicurezza, con una maggiore larghezza della base e una minore pendenza della parete di scavo, per abbattere l'incidenza di eventuali crolli, a causa dei fenomeni di rilassamento per diminuzione della spinta litostatica delle terre, conseguente lo sbancamento. Generalmente, per profondità di scavo superiori a 1.0/1.5mt, trattandosi di materiali granulari non coerenti (D.lgs 81/2008), si consiglia di provvedere ad armare provvisoriamente i fronti di scavo. Da non dimenticare che, se si dovesse decidere di impiantare il cantiere durante il periodo invernale o comunque in previsione di eventi pluviometrici importanti, sarà opportuno predisporre degli adeguati sistemi di allontanamento sia delle acque superficiali dal fondo dello scavo, sia da quelle (eventuali) di debole faldina idrica se risalita per incremento idrico al contatto tra l'alluvionale di copertura e il substrato più resistente.

- L'area, che ospiterà l'opera in progetto, non evidenzia ostacoli di:
- Natura geologica, idrogeologica o morfologica che impediscano l'utilizzazione prevista dal progetto, a meno delle normali prescrizioni ingegneristiche;
 - Turbamento alle caratteristiche morfologiche del paesaggio. La stratigrafia, tipica dei terreni locali analizzati in situ, evidenzia la compatibilità della stessa in funzione delle opere (interventi) da realizzarsi, a supporto del progetto di "Impianto Agrivoltaico da 57,60 MW con inseguitori monoassiali (Tracker)".
 - Natura geotecnica che impedisca l'utilizzazione prevista dal progetto a meno delle normali prescrizioni ingegneristiche. Il progettista, verificata la compatibilità degli interventi previsti con la stessa natura del terreno, secondo le esigenze di progetto e di sue considerazioni di prudenza, potrà intervenire per avere l'opera finita a regola d'arte.

Cagliari lì Giugno 2024



GEOLOGO [sez. A]

Dott. Mario STRINNA

La presente relazione non può essere né copiata né riprodotta, anche parzialmente, se non con il consenso del professionista incaricato, previa autorizzazione scritta. Eventuali mancanze saranno punite ai sensi di legge (Art.2578 C.C. - L.22.4.1941 N.6331)

This report can be neither copied nor reproduced, even partially, except with the consent of the professional person in charge, prior written permission. Any deficiencies will be punished according to the law (Art.2578 CC - L.22.4.1941 N.63)



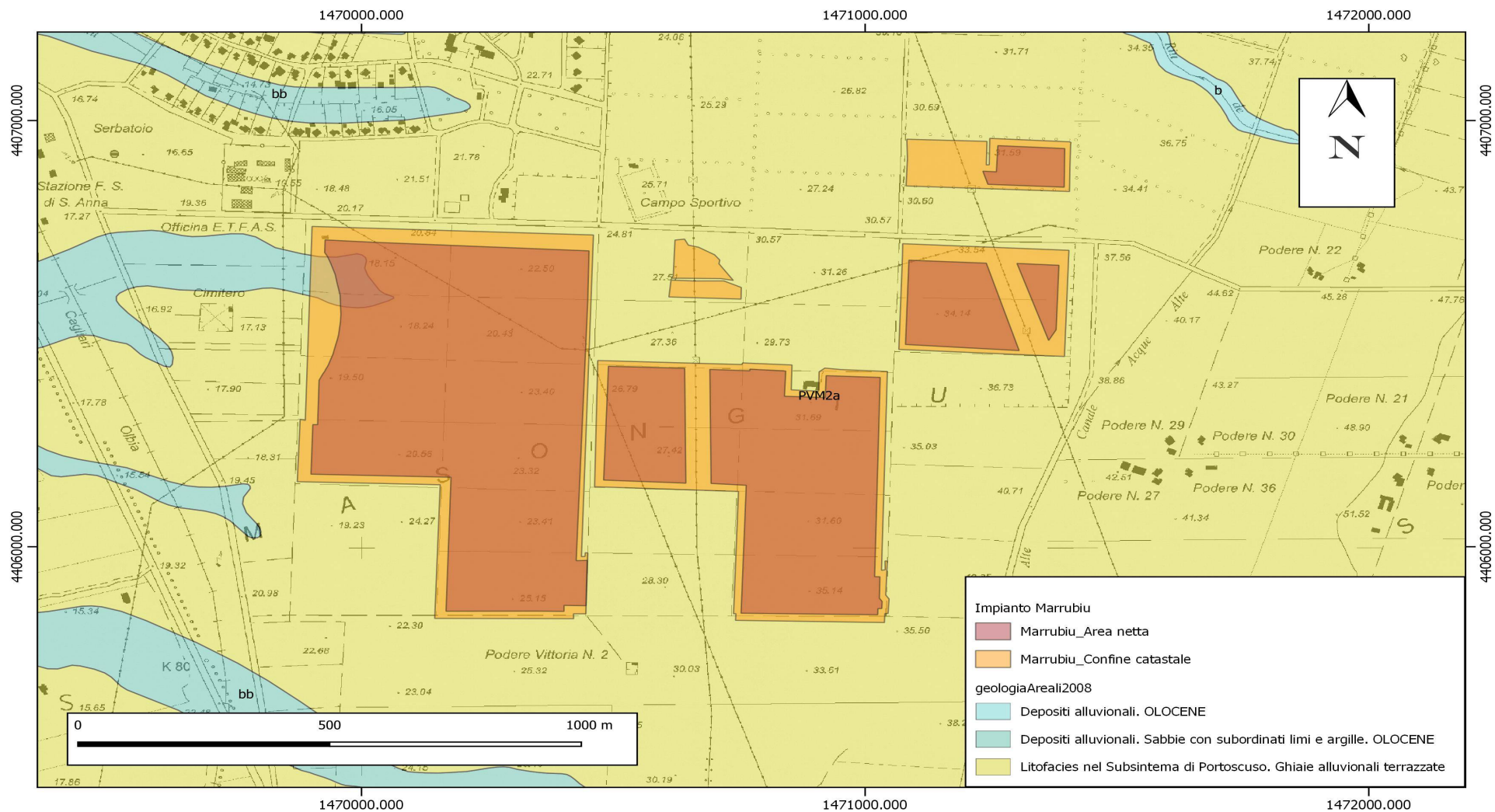
Committente: IBERDROLA RENEVABLES ITALIA SPA

Progetto: Impianto Agrivoltaico da 57,60 MW Tipo AD Inseguimento monoassiale denominato MARRUBIU – Comune di Marrubiu (OR)

Il Geologo: Dott. Mario STRINNA - ORG 441 Sez. A

Relazione geologica e geotecnica

INQUADRAMENTO GEOLOGICO SU BASE CTR FOGLIO 528 - 160 (SANT'ANNA) - FOGLIO 529 - 130 (TIRIA ALTA) SCALA 1:10.000



Viale Diaz n. 48 09125 Cagliari T/F 070.303083 Portatile +39 3287906284
Assicurazione professionale (LLOYD'S) geologi certificato n. GK22B0201D32M5ALB

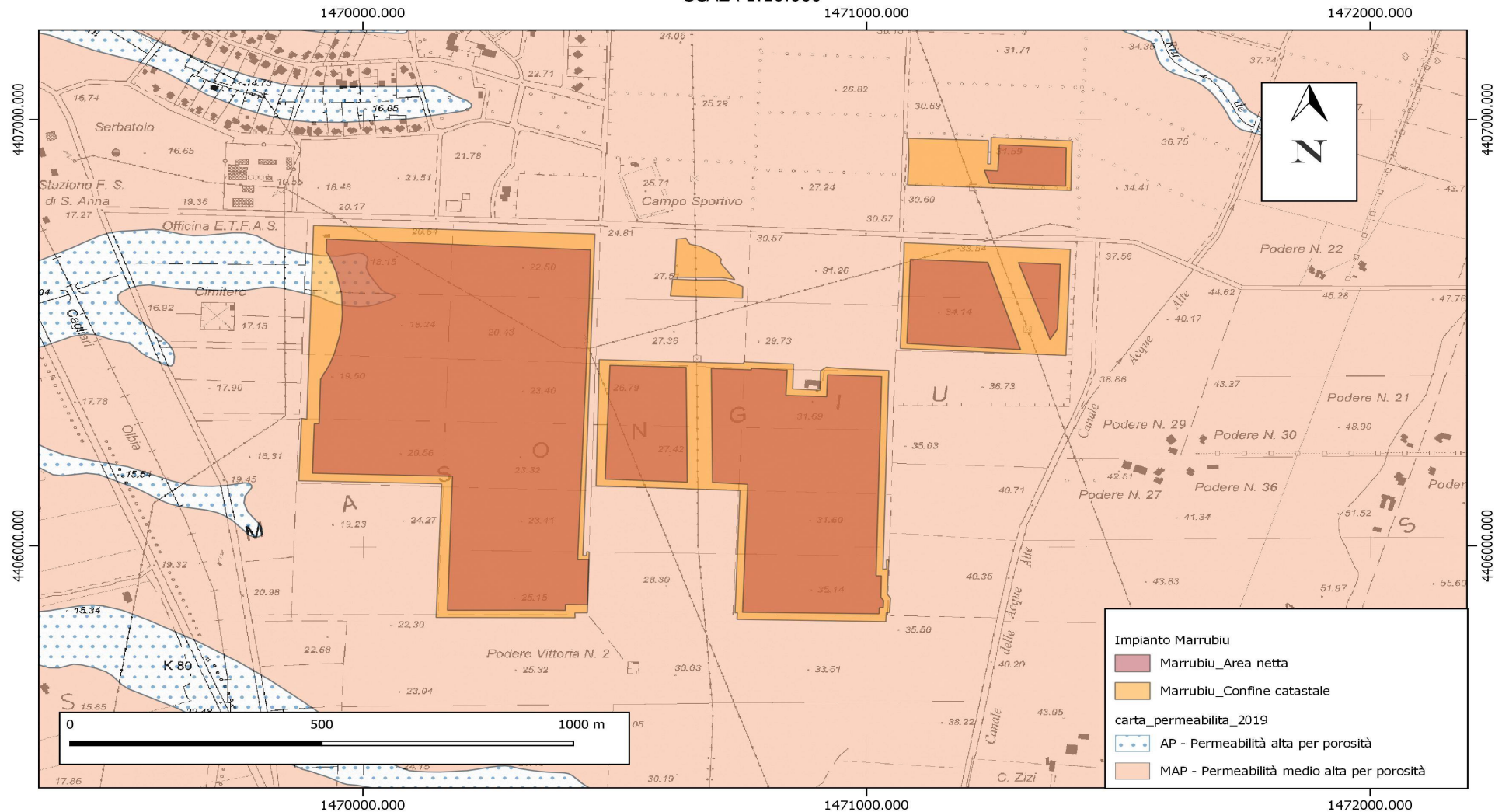
Committente: IBERDROLA RENEVABLES ITALIA SPA

Progetto: Impianto Agrivoltaico da 57,60 MW Tipo AD Inseguimento monoassiale denominato MARRUBIU – Comune di Marrubiu (OR)

Il Geologo: Dott. Mario STRINNA - ORG 441 Sez. A

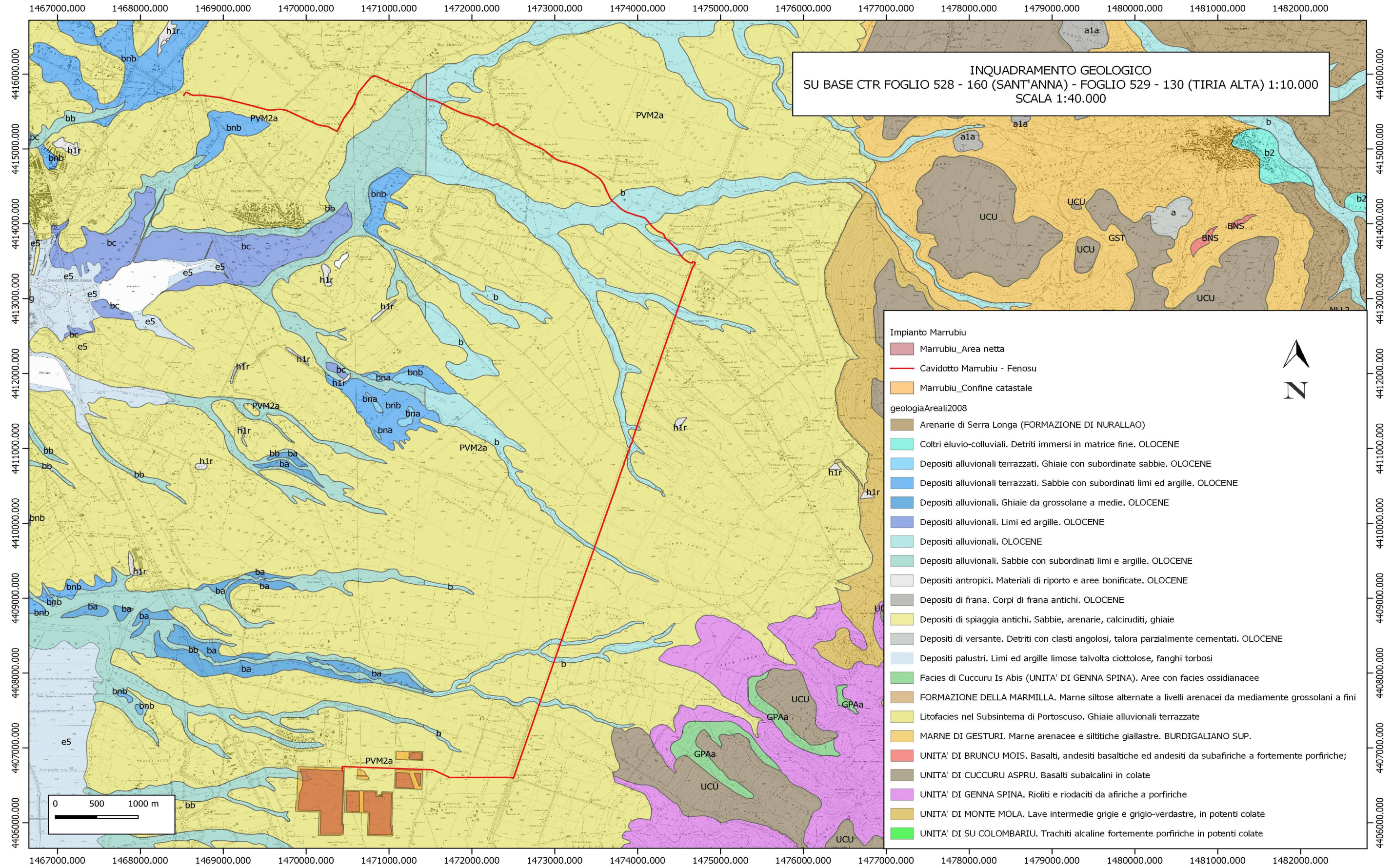
Relazione geologica e geotecnica

CARTA DELLE PERMEABILITA' SU BASE CTR FOGLIO 528 - 160 (SANT'ANNA) - FOGLIO 529 - 130 (TIRIA ALTA) SCALA 1:10.000



Viale Diaz n. 48 09125 Cagliari T/F 070.303083 Portatile +39 3287906284
Assicurazione professionale (LLOYD'S) geologi certificato n. GK22B0201D32M5ALB

Relazione geologica e geotecnica



Relazione geologica e geotecnica

