

REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA



Provincia del Sud Sardegna
COMUNE DI SILIQUA COMUNE DI VALLERMOSA



TITOLO
TITLE

VALUTAZIONI ED AUTORIZZAZIONI AMBIENTALI

PROGETTO DEFINITIVO

DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO AVANZATO DENOMINATO "NYX"
E DELLE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE

PROGETTAZIONE
ENGINEERING

Sviluppatore:

ENERGETICA  AGROLUX s.r.l.

Gruppo di progettazione:

Studio Ing. Valeria Medici

COMMITTENTE
CLIENT

 NYX S.R.L.

 GREENCELLS
GROUP

OGGETTO
OBJECT

RELAZIONE GEOLOGICA

REL

RS03

DATA / DATE

MAGGIO 2024

AUTORE/CREATOR

M.S.

CONTROLLO/EDIT

V.M.

APPR

G.C.

REV

00

COMUNE DI SILIQUA

(Prov. del Sud Sardegna)

**REALIZZAZIONE IMPIANTO AGRIVOLTAICO
DA 37.764 KWP (33.125 KW IN IMMISSIONE) CON INSEGUITORI MONOASSIALI (TRACKER) -
COMUNE DI SILIQUA (SU)**

RELAZIONE GEOLOGIA



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@epec.epap.it - web: www.mariostrinna.com

Committente:

NYX s.r.l.
proprietà del gruppo Greencells

Oggetto:

RELAZIONE GEOLOGICA

Data:

06/2024

Scala:

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

Dott. Mario STRINNA

Collaboratore:



Aggiornamenti:

Tavola:

File: mario/geologia/2024/Impianto Agrivoltaico Siliqua SU

Committente: NYX s.r.l.- proprietà del gruppo Greencells

Progetto: Impianto agrivoltaico da 37.764 kwp (33.125 kw in immissione) con inseguitori monoassiali (tracker) – Comune di Siliqua (SU)

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

Relazione geologica

COMUNE DI SILIQUA

(Prov. Sud Sardegna)

RELAZIONE GEOLOGICA

REALIZZAZIONE IMPIANTO AGRIVOLTAICO
DA 37.764 KWP (33.125 KW IN IMMISSIONE) CON INSEGUITORI MONOASSIALI
(TRACKER) - COMUNE DI SILIQUA (SU)



COMMITTENTE

NYX s.r.l.

proprietà del gruppo Greencells



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 – Inquadramento tettonico	pag. 18
1.2 – Lineamenti geomorfologici	pag. 19
1.3 – Sistema podologico generale	pag. 21
1.4 - Settore di interesse (geologia di contesto)	pag. 22
1.4.1 – Successione vulcano sedimentaria Terziaria	pag. 24
1.4.2 - Complesso metamorfico ercinico in facies degli scisti verdi e anchimetamorfico	pag. 24
1.4.3 - Depositi Quaternari Pleistocenici e Olocenici	pag. 24
1.5 – Inquadramento climatico generale	pag. 26
1.6 - Idrogeologia e idrologia superficiale	pag. 28
1.7 – Pericolosità geologica	pag. 31
1.7.1 - Pericolosità Idrogeologica	pag. 31
1.7.1.1 - Progetto P.S.F.F	pag. 32
1.7.1.2 - Progetto I.F.F.I	pag. 32
1.7.2 - Pericolosità sismica	pag. 33
1.7.2.1 - Dati sismici sul sito (spettri di risposta)	pag. 38
1.8 - Modello geologico del sottosuolo – Sezione stratigrafica	pag. 39
2. CONCLUSIONI	pag. 42
Appendice	
- Inquadramento Geologico sc 1:10.000	pag. 48
- Carta delle Permeabilità sc 1:10.000	pag. 49

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 Siliqua, in località Tanca di Berlingheri, percorrendo la SS 130 in direzione di Siliqua con svolta a destra in direzione di Vallermosa, successivamente SP89 tramite strade interpoderali ad essa connesse, 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, 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: ricerche idriche Siliqua, Comune di Vallermosa, Comune di Musei*), 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 ed evidenze litologiche esposte in affioramento nel settore oggetto di analisi. Nello specifico si rilevano nel contesto esaminato: a) Distretto vulcanico di Siliqua – Piroclastici di Siliqua (SQA): depositi di flusso piroclastico, debolmente cementati, grossolanamente cementati, costituiti da clasti angolosi da metrici a centimetrici, di lava – Oligocene Miocene; b) Unità Tettonica dell'Arburese – Arenarie di San Vito (SVI): alternanze da decimetriche a metriche di metarenarie medio fini, metasiltiti laminate, micacee grigiastre, intercalazione di metaconglomerati poligenici; c) Depositi Pleistocenici dell'area continentale - Litofacies nel subsistema di Portoscuso (PVM2a): ghiaie alluvionali terrazzate con subordinate sabbie – Pleistocene sup; d) Sedimenti alluvionali (bna): depositi alluvionali terrazzati ghiaiosi con subordinate sabbie – Olocene; e) Sedimenti alluvionali (ba): depositi alluvionali ghiaiosi da grossolani a medi – Olocene; f) Sedimenti legati alla gravità (b2): coltri eluvio colluviali detritici immersi in matrice fine, talvolta con suoli più o meno evoluti.

B. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO E AEREO

L'area interessata dallo studio è situata all'esterno del Comune di Siliqua, più precisamente a NW

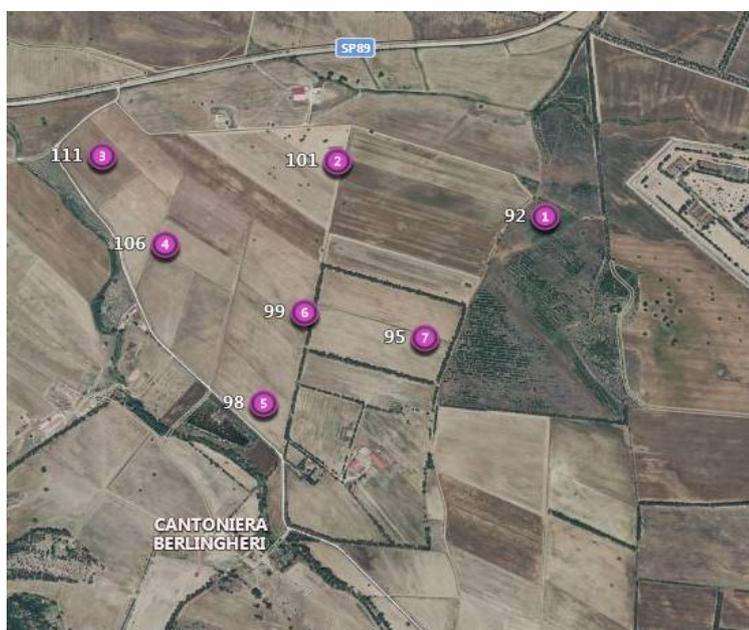


Figura 1 – Vista aerea - areale sensibile [fonte Geostru Maps]

dello stesso tessuto urbano. Morfologicamente trattasi di un territorio essenzialmente sub - pianeggiante, debolmente ondulato, la cui quota s.l.m.m. è variabile da un minimo di circa +92m/95m ad un massimo di circa +100m/110m, debolmente degradante verso sud in direzione della SS130.

Corograficamente è inquadrabile nei seguenti Fogli Regionali:

- I.G.M. Foglio 556 Sez. IV° Quadrante (Vallermosa) alla scala 1:25.000;
- C.T.R. Foglio 556 – 060 (Siliqua) alla scala 1:10.000.

Coordinate km Gauss Boaga areale sensibile (Fuso 32):

- X = 1480467.6560 longitudine E
- Y = 4353711.3980 latitudine N



Committente: NYX s.r.l.- proprietà del gruppo Greencells

Progetto: Impianto agrivoltaico da 37.764 kwp (33.125 kw in immissione) con inseguitori monoassiali (tracker) – Comune di Siliqua (SU)

Il Geologo: Dott. Mario STRINNA - ORG 441

Relazione geologica

INQUADRAMENTO AEREO
SU BASE CTR FOGLIO 556 - 060 (SILIQUA)
SCALA 1:10.000



NYX AREA IMPIANTO

 NYX_Impianto Siliqua.kml

0 500 1000 m



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

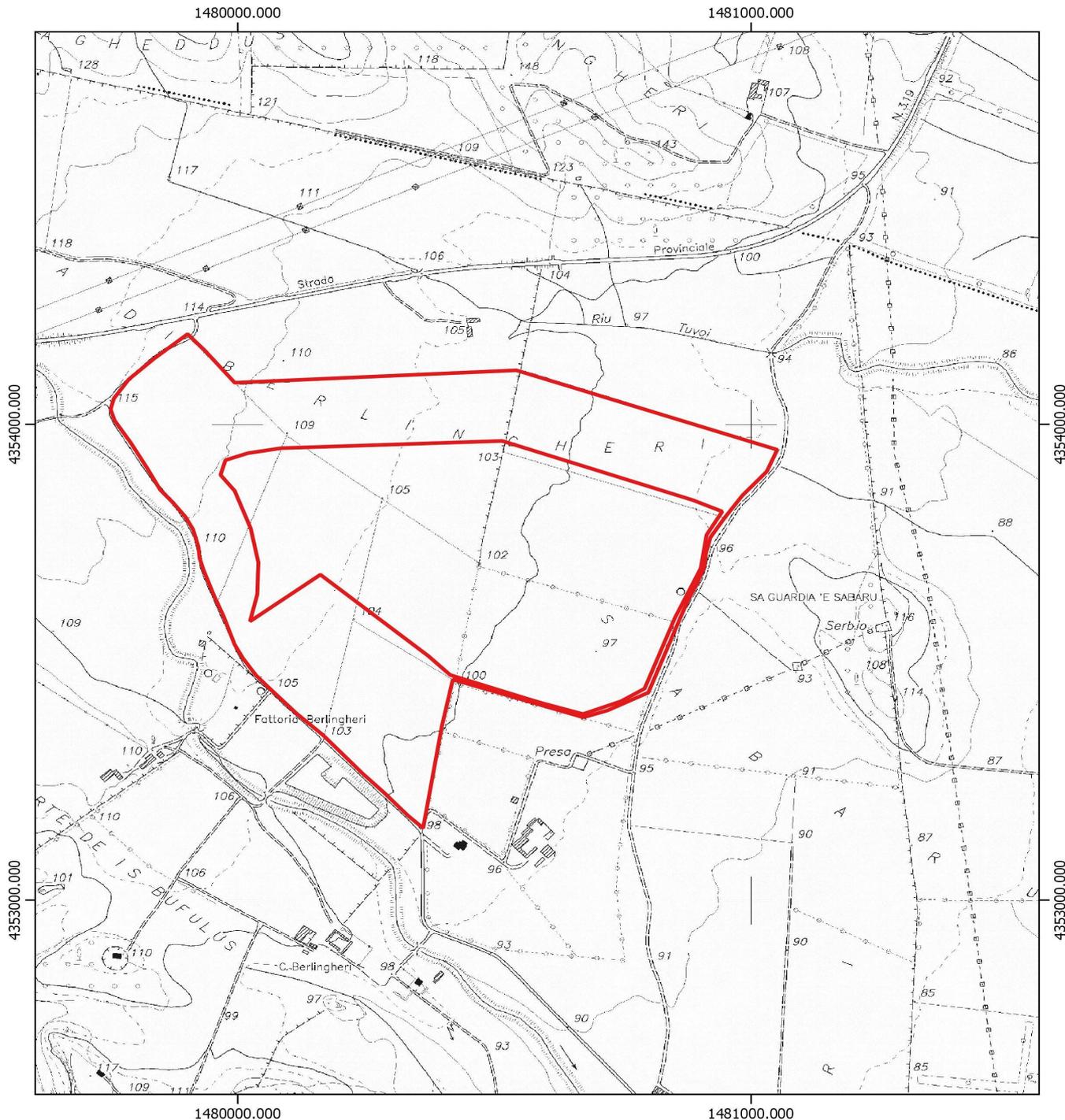
Committente: NYX s.r.l.- proprietà del gruppo Greencells

Progetto: Impianto agrivoltaico da 37.764 kwp (33.125 kw in immissione) con inseguitori monoassiali (tracker) – Comune di Siliqua (SU)

Il Geologo: Dott. Mario STRINNA - ORG 441

Relazione geologica

INQUADRAMENTO CARTOGRAFICO REGIONALE
SU BASE CTR FOGLIO 556 - 060 (SILIQUA)
SCALA 1:10.000



NYX AREA IMPIANTO

 NYX_Impianto Siliqua.kml

0 500 1000 m



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

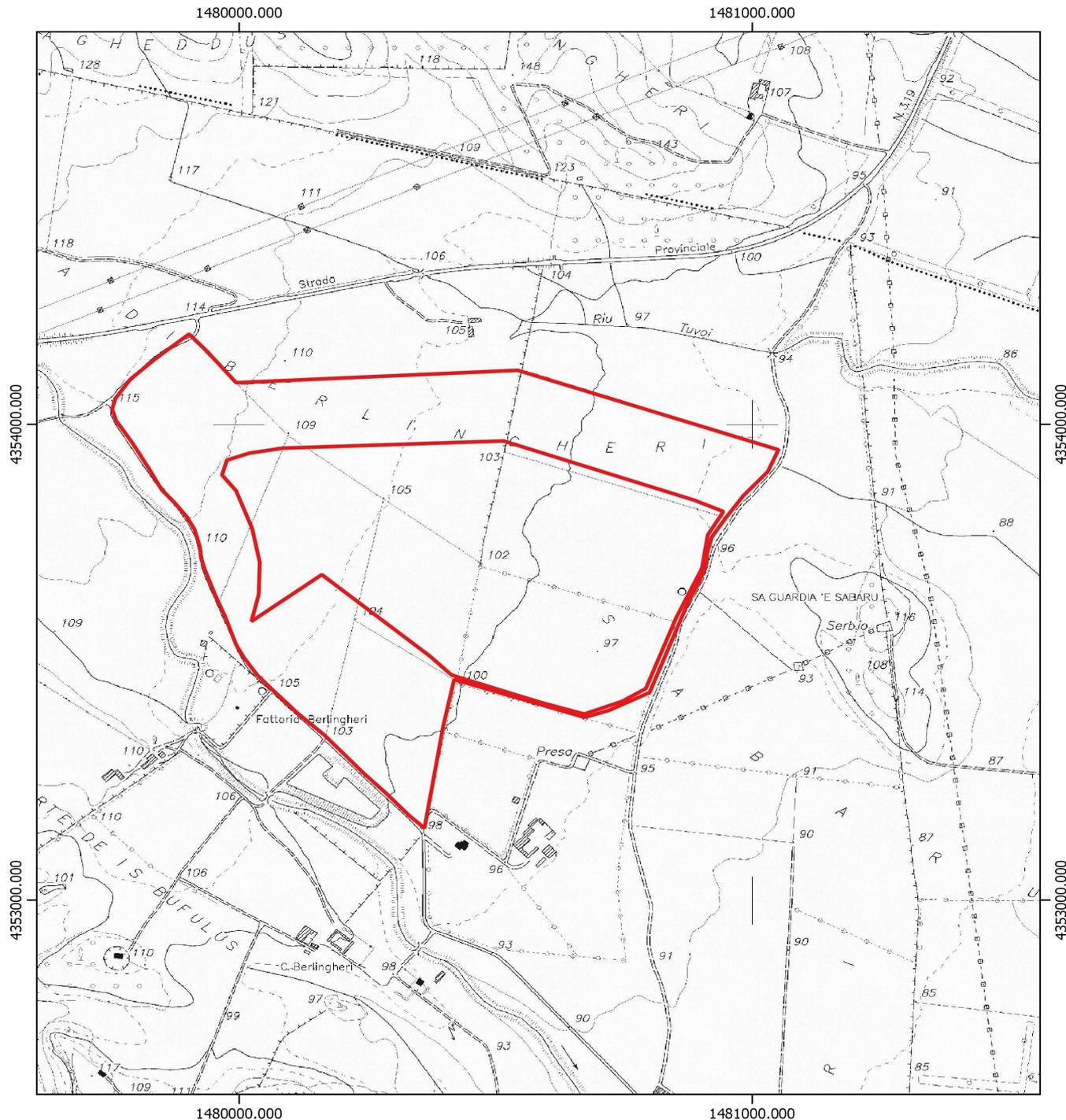
Committente: NYX s.r.l.- proprietà del gruppo Greencells

Progetto: Impianto agrivoltaico da 37.764 kwp (33.125 kw in immissione) con inseguitori monoassiali (tracker) – Comune di Siliqua (SU)

Il Geologo: Dott. Mario STRINNA - ORG 441

Relazione geologica

INQUADRAMENTO CARTOGRAFICO REGIONALE
SU BASE CTR FOGLIO 556 - 060 (SILIQUA)
SCALA 1:10.000



NYX AREA IMPIANTO

 NYX_Impianto Siliqua.kml

0 500 1000 m



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

Il progetto consiste in un impianto agrivoltaico avanzato sito nelle aree agricole dei comuni di Siliqua e di Vallermosa, Provincia del Sud Sardegna.

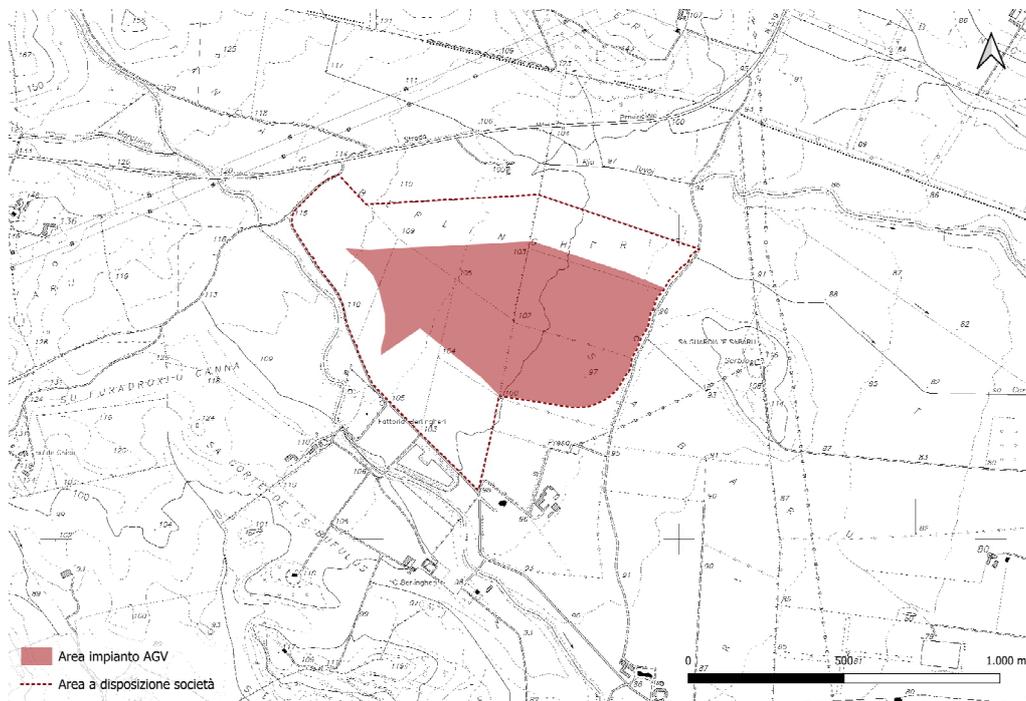


Figura 2 - Planimetria area occupata dall'impianto AGV (agrivoltaico)

La società proponente NYX srl, proprietà del gruppo Greencells, nasce con l'intento di sviluppare energie rinnovabili e nello specifico sistemi solari fotovoltaici ma allo stesso tempo intraprendere iniziative agricole di concerto sia con imprese leader nel settore che con imprese locali. I lotti su cui verrà realizzato l'impianto agrivoltaico sono individuati al Catasto dei Terreni del Comune di Siliqua come di seguito riportato. Comune di Siliqua Foglio 112 mappale 39- 66- 67- 69- 70- 71- 72- 82- 90- 92. I lotti su cui insisterà la Stazione Elettrica del Gestore di rete (Terna) sono individuati al Catasto dei Terreni del Comune di Vallermosa - Foglio 412 mappali 5- 53- 54.

In riferimento ai parametri urbanistici di progetto, i lotti a disposizione della società proponente possiedono superficie catastale pari a circa 741.000 mq, mentre la superficie recintata dedicata alla protezione delle strutture fotovoltaiche avrà un'estensione pari a circa 350.000 mq. L'area nella quale insisterà l'impianto agrivoltaico in progetto è classificata come "E2 – Agricola principale".

La Committente intende realizzare nel territorio dei Comuni di Siliqua e Vallermosa (SU), Località Tanca di Berlingheri, un impianto agrivoltaico da 37.764 kWp (33.125 kW in immissione) con inseguitori monoassiali (tracker), comprensivo delle relative opere di connessione in MT alla RTN.

Le opere progettuali da realizzare, si possono così sintetizzare:

- Impianto agrivoltaico ad inseguimento monoassiale, della potenza complessiva installata di 37.764 kWp;
- Cavidotto interrato, in cavo 36 kV, per il collegamento dell'impianto allo stallo Utente, di lunghezza pari a circa 2,9 km, da realizzarsi nei comuni di Siliqua e Vallermosa;
- Nuovo stallo arrivo produttore a 36 kV che dovrà essere realizzato nella sezione a 150 kV della nuova Stazione Elettrica 220/150/36 kV della RTN di Vallermosa, di proprietà del gestore di rete.

L'impianto in progetto, del tipo ad inseguimento monoassiale (inseguitori di rollio), prevede l'installazione di strutture di supporto dei moduli fotovoltaici (realizzate in materiale metallico), disposte in direzione Nord-Sud su file parallele ed opportunamente spaziate tra loro (interasse di 8,00 m), per ridurre gli effetti degli ombreggiamenti. I moduli ruotano sull'asse da Est a Ovest, seguendo l'andamento giornaliero del sole. L'angolo massimo di rotazione dei moduli di progetto è di +/- 60°. L'altezza dell'asse di rotazione dal suolo è pari a 3,45 m. L'impianto sarà costituito da:

- 56.364 moduli fotovoltaici di potenza unitaria paria a 670 Wp, installati su strutture di sostegno in acciaio di tipo mobile (inseguitori), con relativi motori elettrici per la movimentazione. Le strutture saranno ancorate al suolo tramite paletti in acciaio direttamente infissi nel terreno evitando qualsiasi struttura in calcestruzzo, riducendo sia i movimenti di terra (scavi e rinterri) che le opere di ripristino conseguenti. È previsto in particolare che siano installati 922 inseguitori che sostengono 56 moduli e 169 inseguitori che sostengono 28 moduli;
- 5 cabinati (Shelter) preassemblati in stabilimento dal fornitore e contenenti il gruppo conversione/trasformazione da 3.125 kVA;
- 7 cabinati (Shelter) preassemblati in stabilimento dal fornitore e contenenti il gruppo conversione/trasformazione da 2.500 kVA;
- Una Cabina di Raccolta (CdR FV) per la raccolta dell'energia prodotta dall'impianto;
- Tutta la rete BT, ovvero dei cavi BT in c.c. (cavi solari) e relativa quadristica elettrica (quadri di parallelo stringhe), dei cavi BT in c.a. e relativa quadristica elettrica di comando, protezione e controllo;
- Il cavidotto interrato MT, per il trasferimento dell'energia prodotta dall'impianto agrivoltaico (raccolta nella CdS) verso la SE del Gestore di Rete.

Il progetto prevede la realizzazione dell'opera mediante la seguente sequenza di operazioni:

Pulizia del terreno e preparazione del piano di posa della strutture porta moduli e delle cabine;

Realizzazione delle recinzioni;

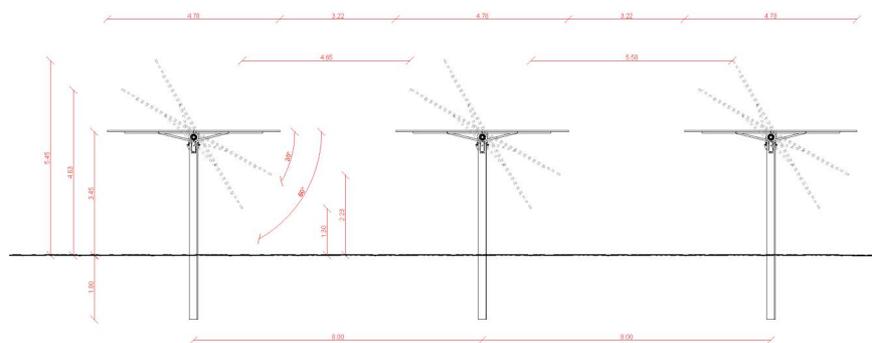
- Realizzazione scavi a sezione ristretta per la posa dei cavidotti e posa dei pozzetti di raccolta;



include un algoritmo di backtracking per evitare ombre reciproche tra file adiacenti. Da un punto di vista strutturale il tracker è realizzato in acciaio da costruzione in conformità agli Eurocodici, con maggior parte dei componenti zincati a caldo. I tracker possono resistere fino a velocità del vento di 55 km/h, ed avviano la procedura di sicurezza (ruotando fin all'angolo di sicurezza) quando le raffiche di vento hanno velocità superiore a 50 km/h. L'angolo di sicurezza non è zero (posizione orizzontale) ma un angolo diverso da zero, per evitare instabilità dinamico ovvero particolari oscillazioni che potrebbero danneggiare i moduli ed il tracker stesso.

Per quanto attiene le fondazioni i tracker saranno fissati al terreno tramite pali infissi direttamente "battuti" nel terreno. La profondità standard di infissione è di 1,5 m, tuttavia in fase esecutiva in base alle caratteristiche del terreno ed ai calcoli strutturali tale valore potrebbe subire modifiche che tuttavia si prevede siano non eccessive. La scelta di questo tipo di inseguitore evita l'utilizzo di cemento e minimizza i movimenti terra per la loro installazione.

Le strutture di supporto dei moduli fotovoltaici saranno costituite da inseguitori (tracker) monoassiali, ovvero strutture di sostegno mobili che nell'arco della giornata "inseguono" il movimento del sole orientando i moduli fotovoltaici su di essi installati da est a ovest, con range di rotazione completo del tracker da est a ovest pari a 120° ($-60^\circ/+60^\circ$). I moduli fotovoltaici saranno installati sull'inseguitore su due file con configurazione 2V-portrait (verticale rispetto l'asse di rotazione del tracker). La loro installazione avverrà mediante infissione diretta nel terreno, con l'ausilio di opportuna macchina battipalo; i pali di sostegno raggiungeranno una profondità minima di 1,8 m dal piano campagna e saranno poi sottoposti a idonee prove di resistenza allo sfilaggio.



In linea generale le cabine elettriche svolgono la funzione di edifici tecnici adibiti a locali per la posa dei quadri, degli inverter, del trasformatore, delle apparecchiature di telecontrollo, di consegna e misura.

Nel caso in oggetto la Cabina di Raccolta sarà a struttura monoblocco del tipo prefabbricato, composta da n° 2 vani atti a contenere le apparecchiature elettriche: il quadro generale in BT, il Quadro MT per l'arrivo e la partenza delle linee in cavo e gli organi di comando e protezione MT contenuti negli appositi scomparti, come rappresentato negli elaborati grafici costituenti il progetto. La cabina, sarà a struttura prefabbricata (tuttavia in fase di progettazione esecutiva si potrà optare per una struttura gettata

in opera), che pertanto non necessita di fondazioni in cemento, fatta eccezione per la base di supporto della cabina stessa che sarà costituita da una platea in cemento dello spessore di 30 cm ed armata con rete elettrosaldata 20x20 \varnothing 10.



Nelle cabine è prevista una fondazione prefabbricata in c.a.v. interrata, costituita da una o più vasche in c.a. unite e di dimensioni uguali a quelle esterne del box e di altezza variabile da 60 cm fino a 100 cm a seconda della tipologia impiegata. Per l'entrata e l'uscita dei cavi vengono predisposti nella parete della vasca dei fori a frattura prestabilita, idonei ad accogliere le tubazioni in PVC contenenti i cavi; gli stessi fori appositamente flangiati possono ospitare dei passa cavi a tenuta stagna; entrambe le soluzioni garantiscono comunque un grado di protezione contro le infiltrazioni anche in presenza di falde acquifere. Il materiale di risulta dello scavo, sarà destinato al riutilizzo o al conferimento in idonea discarica. Nel caso di progetto è prevista l'installazione di n°1 Cabina di Raccolta (CdR) di ingombro massimo pari a (L, H, p) 20,00 x 3,10 x 2,50 m.

Piano colturale definito per l'impianto agrivoltaico; contemporaneamente all'installazione dell'impianto agrivoltaico, sarà realizzata quindi la fascia arborea perimetrale che presenterà una superficie pari a 1,10 ha circa. Si tratterà di corbezzolo, arbusto sempreverde e molto ramificato, tipico della macchia mediterranea, con la particolarità che non richiede particolari costi di gestione e manutenzione, costituito solo da un filare su una lunghezza pari a circa 4.100 m (equivalente ai perimetri delle aree interessate dall'impianto AGV). Per il primo anno di crescita, l'irrigazione verrà eseguita tramite autobotte, al fine di un accrescimento rapido. Per quanto riguarda l'intera superficie occupata dall'impianto, questa continuerà ad essere coltivata a foraggere, per un totale di 38 ha circa (le superfici indicate sono quelle calcolate al netto delle varie fasce di rispetto, le viabilità perimetrali e le piazzole di servizio in cui saranno posizionati gli inverter). Questo tipo di colture non richiedono, per loro natura, grandi apporti idrici, pertanto si potrà proseguire con lo sfruttamento dei pozzi presenti e con i sistemi di irrigazione presenti, prevedendone un potenziamento.

1. CARATTERI GEOLOGICI E STRATIGRAFICI DELL'AREA VASTA

L'area interessata, è costituita da litologie ascrivibili al Paleozoico, Terziario sino al Quaternario antico e recente (Pleistocene -Olocene). La fossa del Campidano, in cui è inserita la zona studiata, durante il Quaternario è stata ampiamente interessata dal trasporto e deposizione di enormi quantità di materiale asportati ed incisi in periodi successivi.

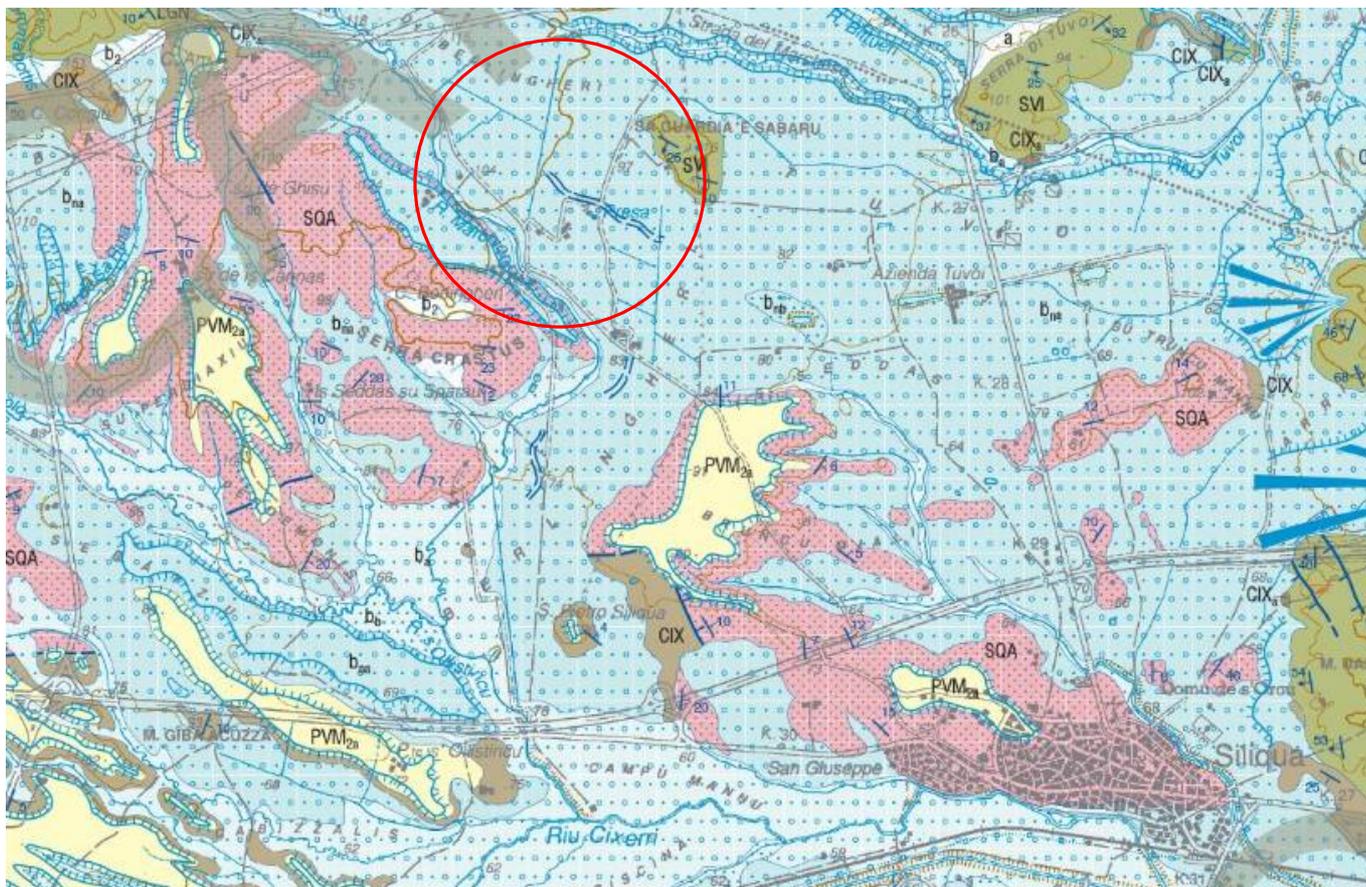


Figura 3 - Estratta da "Carta Geologica d'Italia" Foglio Assemini 556 – ISPRA da rilevamenti geologici sc 1:10.000

Legenda:

SQA - Distretto vulcanico di Siliqua – depositi di flusso piroclastico, debolmente cementati, grossolanamente cementati, costituiti da clasti angolosi da metrici a centimetrici, di lava – Oligocene Miocene;

CIX - Successione sedimentaria paleogenica: Formazione del Cixerri: argille siltose rossastre, arenarie quarzose feldspatiche, conglomerati eterometrici e poligenici – Terziario Eocene – Oligocene

PVM2a - Depositi Pleistocenici dell'area continentale - Litofacies nel subsistema di Portoscuso: ghiaie alluvionali terrazzate con subordinate sabbie – Pleistocene sup

bna - Sedimenti alluvionali: depositi alluvionali terrazzati ghiaiosi con subordinate sabbie – Olocene

ba - Sedimenti alluvionali: depositi alluvionali ghiaiosi da grossolani a medi – Olocene

b2 - Sedimenti legati alla gravità: coltri eluvio colluviali detritici immersi in matrice fine, talvolta con suoli più o meno evoluti.



I depositi ascrivibili al periodo Terziario rilevati nell'area cartografata in esame, sono costituiti esclusivamente dalla successione vulcano sedimentaria e successione paleogenica della Sardegna sud-occidentale, in particolare:

- Piroclastiti di Siliqua (SQA) Oligocene Miocene – depositi di flusso piroclastico;
- Arenarie di San Vito (SVI): alternanze irregolari di metarenarie medi fini, metasiltiti ondulate e incrociate, e metasiltiti di colore grigiastro, intercalazione di metamicroconglomerati poligenici;

I depositi sedimentari ascrivibili al Quaternario antico e recente rilevati nell'area cartografata sono costituiti esclusivamente da sedimenti di facies continentale, in particolare:

- Litofacie nel subsistema di Portoscuso (Sistema di Portovesme) (PVM2a): ghiaie alluvionali terrazzate da medie a grossolane, con subordinate sabbie - Pleistocene;
- Depositi alluvionali terrazzati (bna): ghiaie con subordinate sabbie - Olocene. Sono costituiti da elementi eterometrici in matrice argilloso-sabbiosa e cemento argilloso, con grado di addensamento da medio a elevato, grado di ossidazione medio, stato di alterazione medio, cementazione da media a elevata;
- 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;
- Depositi di versante costituenti una vasta coltre detritica, formati da elementi poligenici ed eterometrici con grado di elaborazione da assente a scarso, in matrice sabbioso-limosa e cemento argilloso, grado di addensamento da medio a elevato, grado di ossidazione medio e alterazione degli elementi clastici moderata;
- I terreni di copertura di origine eluvio-colluviale (b2) – Olocene;

Una dettagliata ricostruzione della successione stratigrafica paleozoica è realizzabile solo nel Complesso metamorfico ercinico in facies degli scisti verdi e anchimetamorfico della Sardegna centrale e meridionale. In queste aree è possibile definire la successione del margine passivo cambriano, il ciclo magmatico ordoviciano e l'evoluzione del margine passivo siluriano-devoniano. A partire dall'unità più antica, rappresentata dall'unità tettonica dell'Arburese (BARCA et alii, 1982a), essa fa parte delle Falde esterne ed è rappresentata da un complesso sedimentario di basso grado metamorfico. Affiora nella parte sud-occidentale per un'estensione di circa 60/65 km², tramite un sovrascorrimento di importanza regionale (fronte delle Falde esterne) sopra i terreni della Zona esterna dell'Iglesiente-Sulcis. A questa unità tettonica sono riferibili gran parte degli affioramenti storicamente attribuiti al "Postgothlandiano" Auct. (TARICCO, 1922; 1926; V ARDABASSO, 1941; S ALVADORI & ZUFFARDI, 1954; V AI & COCOZZA, 1974), ma successivamente correlati con le arenarie di San Vito (SVI) del Sarrabus

(CALVINO, 1961) sulla base del rinvenimento di acritarchi dell'Ordoviciano Inferiore (BARCA et alii, 1982a; 1984).

In Sardegna durante la fine del Terziario e per tutto il Quaternario, si sono manifestati movimenti tettonici disgiuntivi. Importanti fasi erosive hanno agito durante i periodi di continentalità, la cui dinamica è riconoscibile attraverso paleo-superfici e successioni stratigrafiche, quanto nelle morfologie residue attuali.

La trasgressione Oligo-Miocenica è stata preceduta da una fase tettonica distensiva post-ercinica e dalle prime manifestazioni calcoalcaline (Coulon et al. 1974; Savelli, 1975). La trasgressione ha avuto inizio nell'oligocene superiore e si è attuata su di un substrato tettonizzato, costituito da sedimenti continentali paleogenici (Formazione del Cixerri, Pecorini & Pomesano Cherchi, 1969) e localmente da terreni paleozoici. Nella Sardegna meridionale, a partire dal Miocene medio, la sedimentazione marina si è attuata, in condizioni di stasi vulcanica, fino al Messiniano evaporitico, in un bacino debolmente subsidente, che interessava tutta la fascia mediana dell'isola. Gli ultimi sedimenti marini miocenici sono costituiti da strati marnosi-siltosi. Questa successione si evolve rapidamente verso facies lagunari con frequenti emersioni ed erosioni, seguita dalle facies evaporitiche che precedono la completa emersione. Gli strati pliocenici trasgressivi, discordanti sul messiniano, sono costituiti da argille siltose a ricche macrofaune (Cherchi & Martini, in stampa). L'inizio del disseccamento nel mediterraneo e la trasgressione pliocenica sono datati rispettivamente 5,5 e 5 m.a. (Van Couvering et al., 1976).

E' importante puntualizzare questi dati, per inquadrare i fenomeni erosionali, tettonici e vulcanici manifestatisi in questo intervallo. La sedimentazione marina pliocenica è stata di breve durata. Gli strati più recenti sono riferibili alla parte basale della zona, anche sé, la presenza di una superficie di erosione, fa presupporre che in realtà non rappresentino gli ultimi livelli depositi. Sugli strati erosi del pliocene inferiore giace in discordanza la formazione di Samassi (Pecorini & Pomesano Cherchi, 1969), che consiste di sedimenti clastici continentali molto potenti, argillosi marnosi-ciottolosi, a giacitura caotica, di ambiente fluviale, derivati dal rimaneggiamento dei depositi miocenici e pliocenici preesistenti sulle sponde del Graben. In tutta la fossa del Campidano, presenta uno spessore medio di 450 – 550 m.; è presente in affioramento lungo il bordo orientale da Cagliari fino alla soglia di Sardara. La "Formazione di Samassi" è considerata sintettonica, in quanto caratterizza l'evoluzione paleogeografia della Fossa del Campidano di età Plio-Pleistocenica; rappresenta il risultato di un rapido incremento nell'energia del rilievo, con conseguente instaurarsi di una intensa erosione e di un accumulo veloce di sedimenti nella stessa. Durante il Quaternario, il graben del Campidano viene colmato da sedimenti alluvionali, fluviali, detrito di falda, etcc, che sono andati ricoprendo la Formazione di Samassi, la serie vulcano-sedimentaria oligo-miocenica e le vulcaniti plio-pleistoceniche. I materiali alluvionali quaternari, depositi a più riprese nel Campidano, sono costituiti da alternanze ciottoloso-sabbiose e limo-argillose, per

spessori che arrivano fino a 200 m nella fossa. Per quanto riguarda una datazione attendibile dei vari depositi quaternari, essa può essere indicata, nella maggior parte dei casi, soltanto là dove è possibile definire i loro rapporti con il Tirreniano marino, che è l'unica formazione quaternaria della Sardegna datata in base ai reperti paleontologici. Le principali conoscenze stratigrafiche sul Campidano meridionale sono relative allo studio del pozzo "Campidano 1 - Villasor" (Pecorini e Pomesano Cherchi, 1969) ed hanno evidenziato la presenza di una copertura alluvionale quaternaria sulla Formazione di Samassi, soprastante a sua volta la successione marnoso-arenacea del Miocene. Il Quaternario antico è rappresentato dalle "Alluvioni antiche terrazzate" (Pleistocene): si tratta di sedimenti fluviali di conoide e di piana alluvionale, costituiti da conglomerati, ghiaie, sabbie, spesso con abbondante matrice siltoso-argillosa arrossata, reinciati in più ordini di terrazzi in relazione alle diverse fasi morfogenetiche, connesse alle oscillazioni climatiche pleistoceniche.

Il Quaternario recente (Olocene) è contraddistinto da coltri eluvio-colluviali, da alluvioni recenti di fondovalle e di piana, da depositi sabbiosi e palustri in aree della piana ormai bonificate. Gli studi precedenti sulla regione campidanese sono sempre stati finalizzati alle conoscenze geologico-strutturali e stratigrafiche della fossa tettonica (Vardabasso, 1958; Montaldo, 1959; Cherchi, Casula et al., 2001). Solo "Seuffert" (1970) si è interessato dell'assetto geomorfologico del graben del Campidano, affrontando il problema della forma e della genesi dei piani pedemontani, valutando i principali fattori morfogenetici ed i processi connessi, che ne hanno determinato il suo modellamento. La conseguenza più importante dei movimenti tettonici distensivi plio-pleistocenici è stata lo sprofondamento del graben del Campidano e per contro il sollevamento delle aree limitrofe, che furono interessate da intensi processi di erosione areale e lineare, con approfondimento delle valli e conseguente ringiovanimento del rilievo. L'assetto morfologico del Campidano appare chiaramente influenzato da fattori strutturali (tettonici e vulcanici), che hanno condizionato i fenomeni di denudazione e soprattutto i processi fluviali dei corsi d'acqua provenienti dai rilievi attigui al graben. In entrambi i lati del Campidano è stata riscontrata la presenza di più ordini di piani o di conoidi alluvionali, anche terrazzati. La loro genesi è da imputare principalmente alle variazioni climatiche Quaternarie. Infatti, in Sardegna, in concomitanza con i periodi glaciali ed interglaciali, si verificò rispettivamente una diminuzione ed un aumento nel regime delle precipitazioni, che favorì l'alternanza di processi erosivi superficiali e lineari e quindi di fasi morfogenetiche, responsabili della formazione dei piani pedemontani e della loro incisione.

L'area in esame, prevalentemente pianeggiante, è situata nel settore orientale della valle del Rio Cixerri, ed è costituita quasi totalmente da depositi Quaternari di origine alluvionale appartenenti al periodo "Quaternario Olocenico". Molti autori hanno riconosciuto entro questi depositi la presenza di più terrazzi legati alla differente evoluzione tettonica essenzialmente per frattura durante il Terziario e probabilmente anche durante lo stesso Quaternario. Fin dal secolo scorso (La Marmora, 1857) è noto

che il Campidano sia una fossa tettonica; tuttavia, ancora oggi non esiste una rappresentazione cartografica di dettaglio della sua struttura. Il principale elemento tettonico della struttura del Campidano meridionale è rappresentato dalla grande faglia che separa, anche morfologicamente, la pianura delle colline di Serrenti-Monastir. La sua direzione è pressoché NNW-SSE. Come mostra chiaramente il pozzo “Campidano 1” (Villasor), il rigetto somma ad almeno 1500 mt., per il susseguirsi probabilmente di una serie di dislocazioni a gradinata sul fianco Orientale della fossa fino alla valle del “Flumini Mannu”.

Questa generazione di terrazzi deve la sua origine, principalmente a processi morfogenetici legati al clima (erosione superficiale), infatti, per l'Olocene a seconda delle variazioni climatiche si ebbero le seguenti successioni di eventi:

- Erosione lineare nell'Olocene antico;
- Accumulo di materiali fini;
- Erosione lineare, recente (O. Seuffert, 1970).

Tutto ciò ha portato alla formazione di incisioni vallive interrotte, pochi metri sopra il livello dell'alveo attuale del Rio di monte, da un terrazzo di accumulo costituito da un deposito di materiali fini di potenza variabile da 0.5m a 2.0 metri. Sulla quantità di materiale alluvionale trasportato e deposto entro la valle del Cixerri nel Plio-Quaternario hanno influito le variazioni del livello di base dei corsi d'acqua verificatasi durante le glaciazioni quaternarie ed i movimenti neotettonici. Le deviazioni di corso subite, nell'ultimo interglaciale, dal Cixerri come pure la contemporanea deviazione del Flumini Mannu nel Campidano meridionale sono manifestazioni di questa tettonica. Importante sottolineare che il corso d'acqua che ha contribuito e contribuisce all'apporto terrigeno nella valle è il Rio Cixerri e il Rio Mannu.

Bacino del Cixerri: Il rilievo del bacino del Cixerri si presenta come una successione a gradinata di generazioni di “glacis” sovrapposti. Di regola, vi si trovano tre generazioni di piani (terrazzi) pedemontani e precisamente un glacis di copertura con altri due terrazzi incassati nel primo o antistanti a quello. E' possibile che esista anche una quarta generazione di glacis che dovrebbe trovare posto tra il glacis di copertura e gli altri due sottostanti. Il “glacis” più antico, cioè quello più alto (glacis di copertura), è caratterizzato da materiale ben arrotondato e sta quindi tra il Terziario recente e il Quaternario antico.

Gli altri due, estesi, terrazzi incassati nel “glacis” anzidetto o posti a valle del medesimo, a differenza del “glacis” di copertura contengono materiali particolarmente spigolosi, inquadabili nel Quaternario medio e recente (Riss e Wurm). Tutti i “glacis e terrazzi” del bacino del Cixerri, sono da considerarsi prevalentemente come “glacis” d'erosione la cui coltre detritica non supera lo spessore di 1/3 metri. Infine, l'abbassamento della base di erosione ha fatto sì che vi sia stata un'erosione risalente dal Cixerri e dai suoi principali affluenti entro i “glacis” e addirittura entro i corpi montuosi stessi con formazione di valli profondamente incise.

Da notare un fenomeno morfologico che ha interessato la nostra area anche se non direttamente: lo spostamento del corso del Cixerri avvenuto almeno una volta, ma molto probabilmente ripetutosi una



seconda volta. Tutta una serie di indizi confermano quanto detto. Il primo indizio è dato dal cambiamento di direzione del fiume all'altezza del paese di Siliqua. Qui il fiume piega verso SE e taglia, la catena di rocce vulcaniche. Da notare, a questo proposito, che il Cixerri, nel primo tratto (Est-Ovest) del suo corso, scorre in un alveo largo e poco profondo con numerose ramificazioni mentre nel corso basso (NW-SE) l'alveo è molto più stretto, e la sua azione erosiva è oggi intensificata.

1.1 – Inquadramento Tettonico generale

L'assetto strutturale è dominato dalla depressione tettonica di età Pliocene - Pleistocene Inferiore su cui è impostata l'attuale pianura del Campidano; a questa fanno da cornice rilievi collinari e montuosi,

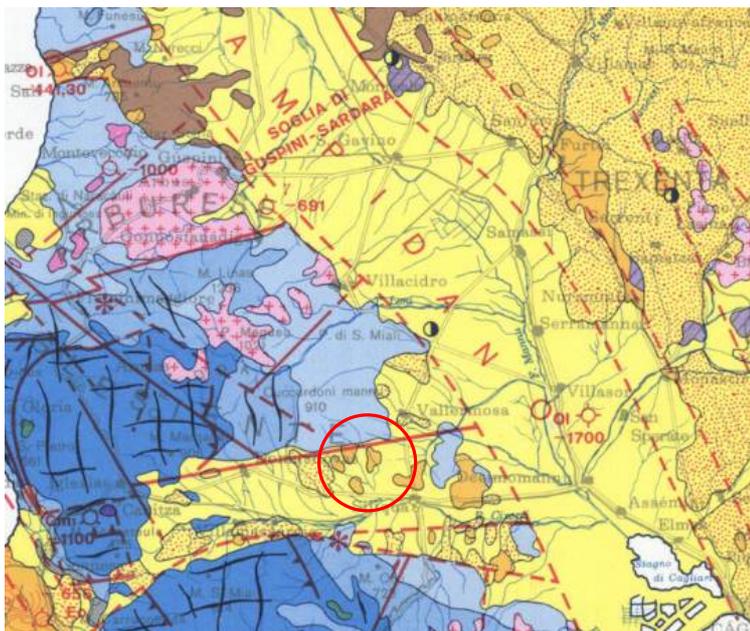


Figura 4 – Estratto dallo schema stratigrafico - strutturale della Sardegna sc 1:500.000 (T. Cocozza)

costituiti in prevalenza da basamento metamorfico paleozoico e granitoidi tardo-paleozoici, e da litotipi sedimentari e vulcanici terziari. Elementi strutturali caratteristici nel basamento metamorfico paleozoico sono le finestre tettoniche della Valle di Aletzia e Gutturu de Terra, gli affioramenti alloctoni dell'Unità tettonica del Gerrei (Falde esterne) nell'area del Castello di Monreale e il sovrascorrimento dell'Unità tettonica dell'Arburese (Falde esterne) sulla Zona esterna autoctona dell'Iglesiente-Sulcis.

Sebbene gli attuali lineamenti fisiografici principali siano dettati dalla tettonica cenozoica, la maggiore impronta deformativa si rinviene nelle rocce epimetamorfiche paleozoiche a seguito degli eventi tettonometamorfici dell'orogenesi ercinica e, in subordine, dei movimenti "eocaledoniani" della "Fase sarda" Auct.

La struttura ercinica evidenziata è data da una intensa tettonica polifasica di tipo duttile che origina principalmente pieghe con assi di direzione circa N/S e importanti sovrascorrimenti, seguita da una fase con pieghe a direzione assiale variabile, faglie inverse e/o trascorrenti e thrusts. La fase deformativa con assi circa N/S è considerata quella principale ed è correlabile con la messa in posto dell'Unità tettonica dell'Arburese (BARCA et alii, 1982a; 1982b; "Falde esterne") sull'Unità tettonica dell'Iglesiente-Sulcis (Zona esterna" della catena). A questa fase deformativa principale sono attribuite la formazione progressiva di strutture plicative complesse ed una diffusa scistosità. I maggiori eventi strutturali della Sardegna meridionale sono riferiti alla fase di rifting, datata Oligocene superiore - Burdigaliano inferiore, seguita dalla formazione del graben campidanese nel Pliocene (G. Casula, A. Cerchi, 2001).

L'attività esplorativa e le indagini sismiche hanno permesso di definire la struttura geologica della piana del Campidano, che è la parte più profonda del Rift Sardo. Il Campidano è un graben, che si trova impostato tra gli horst paleozoici del Sulcis-Iglesiente e del Sarrabus-Gerrei ed è bordato sia ad est che ad ovest da faglie normali principali, associate a sistemi di faglie sintetiche ed antitetiche sub-parallele. Il

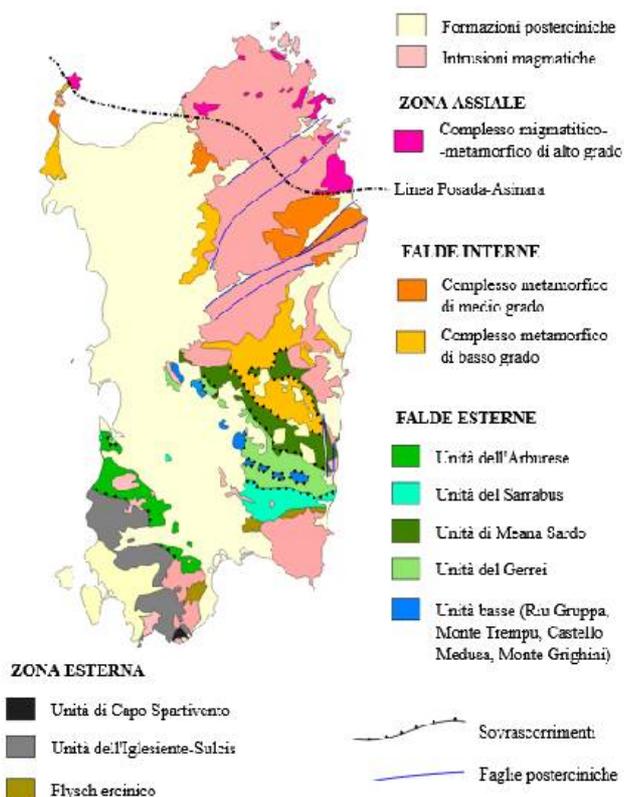


Figura 5 – Estratto da carta del Basamento Varisco della Sardegna

griben campidanese, caratterizzato da un'orientazione NNW-SSE, si è sovrapposto nella parte meridionale del "Rift Sardo" Oligo-Miocenico, a sua volta sviluppatosi su preesistenti discontinuità strutturali del basamento paleozoico. Recenti studi su strutture tardo-paleozoiche (Elter, Musumeci, Pertusati, 1990; Di Vincenzo, Grezzo, Sartia, 1993) rilevano, nel basamento, faglie ben sviluppate in direzione WNW-ESE e ENE-WSW. Queste direzioni sono state mantenute dagli eventi tettonici del Terziario e del Plio-Quaternario (G. Casula, A. Cherchi et al., 2001). L'attività tettonica Plio-Quaternaria (probabilmente coeva all'estensione del Mar Tirreno), a cui si deve la genesi del graben, non ha fatto altro che riattivare le faglie ereditate dai precedenti stadi deformativi e innescare movimenti verticali lungo tali strutture, controllando la deposizione e le aree subsidenti. Nel complesso le discontinuità strutturali plioceniche sono ben documentate, ovviamente, quando interessano la Formazione di Samassi o la parte più alta della serie miocenica. Le discontinuità tettoniche in formazioni geologiche più antiche, come la "Formazione del Cixerri", le vulcaniti e i sedimenti dell'Oligocene-Miocene inferiore, invece, non sono databili con precisione, in quanto sono connesse all'origine e alla subsidenza della Fossa Sarda. Tutte le discontinuità o faglie che interessano il graben campidanese presentano in prevalenza direzioni NW/SE o N/S e sono note come "faglie campidanesi" (Fanucci et altri, 1977).

1.2 – Lineamenti geomorfologici

L'area ricade nella regione del Medio Campidano e la sua geomorfologia è fortemente influenzata dal contesto geolitologico e strutturale che ha interagito con gli effetti dei cambiamenti climatici quaternari.

Il Campidano è un graben (PECORINI & POMESANO CHERCHI, 1969; CASULA et alii, 2001) la cui formazione viene riferita al Pliocene Medio-Superiore-?Pleistocene per la presenza di oltre 500 m di

sedimenti continentali contenenti foraminiferi rimaneggiati dai sottostanti sedimenti del Miocene e del Pliocene Inferiore marino. Si tratterebbe di un graben asimmetrico con la master fault ubicata sul bordo sud-occidentale e faglie antitetiche di minor importanza sul bordo nord-orientale. I caratteri salienti della morfologia sono dati dai depositi alluvionali, che appartengono a due grandi cicli morfogenetici, il più

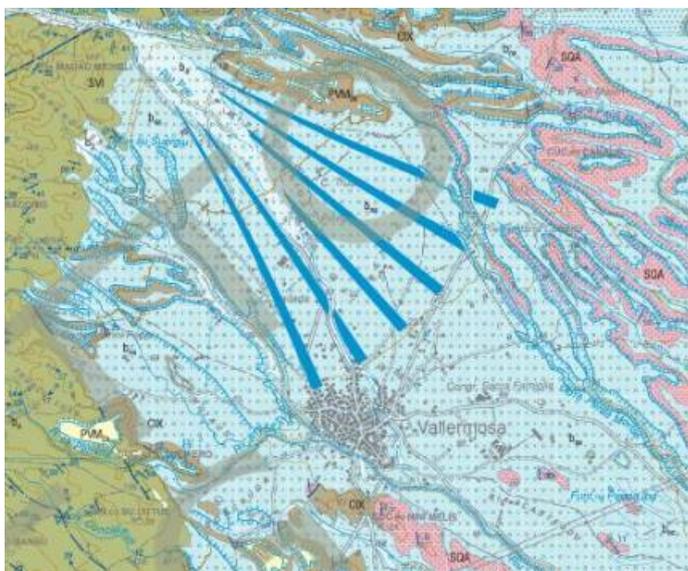


Figura 6 – Esempio di conoide alluvionale – estratto da ISPRA Progetto CARG

processi di incisione che hanno condotto al loro terrazzamento. I processi erosivi sono stati particolarmente intensi nelle parti apicali, dove le scarpate raggiungono varie decine di metri di altezza.



Figura 8 – Estratto da carta geomorfologia della Sardegna marina e continentale – Lecca et Altrii

limitato bacino idrografico che le alimenta. È verosimile che queste conoidi fossero alimentate da corsi d'acqua più importanti, interessati poi da fenomeni di cattura durante il Tardiglaciale. La paleovalle che alimentava la conoide più settentrionale passava ai piedi del M. Porceddu, dove è visibile una ampia sella. La conoide più meridionale era alimentata da una valle che passava a S del M. Atziadei, dove

antico riferibile al Pleistocene superiore ed il più recente all'Olocene. Dai versanti che delimitavano il Campidano, durante il Pleistocene superiore, si sono originate estese conoidi alluvionali coalescenti. La loro morfologia era caratterizzata da una più elevata acclività nei pressi del versante e da una progressiva diminuzione della stessa nella parte distale fino a generare conoidi con profilo concavo. Sulla loro superficie le irregolarità topografiche dovute alla presenza di canali distributori sono state in genere livellate dai processi erosivi. Tutte queste conoidi sono state interessate da importanti

Questi processi hanno però interessato anche le parti distali che si presentano anch'esse terrazzate ed è probabile che spessori considerevoli siano preservati sepolti nel sottosuolo della pianura. L'erosione che ha interessato la parte apicale delle conoidi ha certamente rimodellato anche i versanti. In particolare, la parte apicale di due delle più estese conoidi del versante settentrionale (nei pressi di Serrenti) risulta più elevata dei versanti e le dimensioni non sono giustificate dall'attuale

sono ancora conservati estesi lembi terrazzati a quote elevate sul fondovalle. Le morfologie dei depositi di pianura legati alle dinamiche oloceniche sono state sovente cancellate dagli interventi antropici. Nel settore in corrispondenza dei rilievi paleozoici sono state messe in evidenza alcune morfologie di rilevante interesse paesaggistico (geositi o monumenti geologici, BARCA & DI GREGORIO, 1999).

Il territorio di Siliqua presenta una netta suddivisione fra la zona prevalentemente montuosa e collinare con la zona pianeggiante, questa suddivisione segue una direzione preferenziale NW/SE a debole pendenza e coincidente con l'originaria funzione di drenaggio delle acque di scorrimento superficiale provenienti dal settore montano. La zona interessata dall'intervento ricade nel settore di raccordo fra la zona collinare e la zona pianeggiante. Questa zona è caratterizzata dalla presenza della fascia detritico-alluvionale proveniente dall'erosione pleistocenica del settore montano. Questi depositi sono erosi dai corsi d'acqua principali e secondari che formano una serie di valli e vallecole che drenano il flusso idrico proveniente dai versanti verso la pianura. Questo tipo di morfologia ha dato origine ad un tipo di paesaggio sub-pianeggiante a debole pendenza, media di 10/15%, ma in alcuni tratti prossimi al 45%, in cui si è potuta sviluppare l'attività agricola e l'uomo ha agito come fattore di modellamento alterandone spesso la dinamica naturale.

1.3 – Sistema podologico generale

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. Per quanto riguarda la loro classificazione verrà utilizzata la SOIL SURVEY STAFF (1998), elaborata dal Soil Conservation Service degli USA. La complessità geologico-stratigrafica e morfologica di questo settore si rispecchia in un paesaggio variegato, caratterizzato da suoli diversamente evoluti, con orizzonti di profondità variabile che saranno interessati parzialmente o completamente dalle opere in

Figura 7 – Estratto da Carta dei Suoli della Sardegna, A. Aru, P. Baldaccini, A. Vacca; 1989

progetto.

Sulla base dell'analisi cartografica (Carta dei Suoli della Sardegna, A. Aru, P. Baldaccini, A. Vacca; 1989) e conoscenza dei luoghi si possono identificare le seguenti unità pedologiche:

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.

UNITA' 25 → Paesaggi su argille, conglomerati, arenarie, dell'Eocene, Oligocene e Miocene

Questi depositi affiorano con forme arrotondate, dai fianchi poco ripidi. Per la natura dei substrati e per gli aspetti geomorfologici trattasi di suoli predominanti Typic e Lithic Xerorthents, Typic e Lithic Xerochrepts. Le caratteristiche di profondità sono da poco a profondi, a tessitura da franco sabbiosa a franco sabbiosa - argillosa, con permeabilità da permeabili a mediamente permeabili, a erodibilità elevata. Presentano una limitazione all'uso legata a scarsa profondità, eccesso di scheletro e carbonati, drenaggio lento.

1.4 - Settore di interesse (geologia di contesto)

Il sito interessato alla realizzazione dell'impianto Agrivoltaico avanzato da 37.764 kWp (33.125 kW in immissione) con inseguitori monoassiali (tracker), è sito nelle aree agricole dei comuni di Siliqua e di Vallermosa, Provincia del Sud Sardegna, con superficie catastale pari a circa 741.000 mq, mentre la superficie recintata dedicata alla protezione delle strutture fotovoltaiche avrà un'estensione pari a circa 350.000 mq, nella località Tanca di Berlingheri. Ricadiamo in un contesto morfologico-ambientale di piana alluvionale interna che si estende sino alle propaggini del massiccio montuoso del Sulcis-Iglesiente. L'ossatura geologica del territorio è caratterizzata da litologie piroclastiche di flusso debolmente cementate appartenenti alla successione sedimentaria vulcanica oligo-miocenica della



“Zona delle Falde Esterne” e alla “Zona Esterna dell’Iglesiente-Sulcis”, contornata da depositi quaternari sia Pleistocenici che Olocenici. Materiali piroclastici fanno da substrato a quasi la totalità dell’areale, anche se la presenza del sistema di Portovesme Pleistocenico ghiaioso sabbioso terrazzato, e alluvionale nel interrompe la continuità.

Questo settore, è riconducibile ad un sistema di conoide e di piana alluvionale, i cui rapporti laterali sono caratterizzati da interdigitazione. Si tratta di ghiaie a stratificazione incrociata, alternati a ghiaie a stratificazione piano-parallela per la migrazione di barre deposte da corsi d’acqua con aumentata sinuosità e con elevato carico solido. Localmente sono presenti livelli sabbiosi a stratificazione piano-parallela o incrociata concava e sottili livelli pedogenizzati di suoli poco sviluppati. Le caratteristiche

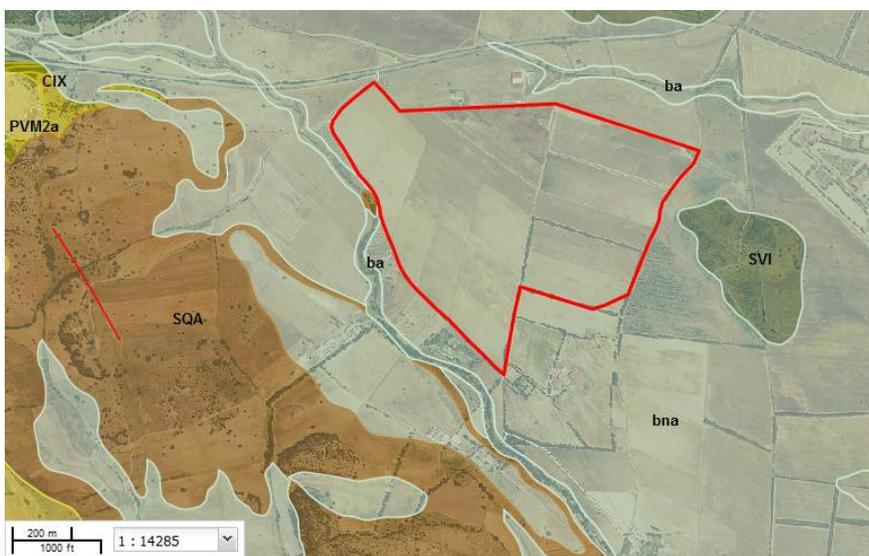


Figura 8 - Inquadramento geologico generale areale impianto - fonte Sardegna Geoportale

- SQA - Successione vulcano sedimentaria Terziaria
- SVI – Unità Tettonica dell’Arburese
- PVM2a – Depositi quaternari Pleistocenici
- bna - Depositi quaternari alluvionali terrazzati Olocenici
- ba - Depositi quaternari alluvionali Olocenici
- b2 – Depositi eluvio colluviali Olocenici

principali, dal punto di vista della geomorfologia dell’area sono date dai depositi alluvionali, che appartengono a due grandi cicli morfogenetici, il più antico riferibile al Pleistocene superiore ed il più recente all’Olocene. Dai versanti che delimitavano l’areale in grande, durante il Pleistocene superiore, si sono originate estese conoidi alluvionali coalescenti. La loro morfologia è caratterizzata da una più elevata acclività nei pressi del versante e da una progressiva diminuzione della stessa nella parte distale fino a

generare conoidi con profilo concavo. Sulla loro superficie le irregolarità topografiche dovute alla presenza di canali distributori sono state in genere livellate dai processi erosivi. Tutte queste conoidi sono state interessate da importanti processi di incisione che hanno condotto al loro terrazzamento. I processi erosivi sono stati particolarmente intensi nelle parti apicali, dove le scarpate raggiungono varie decine di metri di altezza. Questi processi hanno però interessato anche le parti distali che si presentano anch’esse terrazzate ed è probabile che spessori considerevoli siano preservati sepolti nel sottosuolo della pianura. L’erosione che ha interessato la parte apicale delle conoidi ha rimodellato anche i versanti. È verosimile che queste conoidi fossero alimentate da corsi d’acqua più importanti, interessati poi da

fenomeni di cattura durante il Tardiglaciale. La paleovalle che alimentava la conoide più settentrionale passava ai piedi del M. Porceddu, dove è visibile una ampia sella. La conoide più meridionale era alimentata da una valle che passava a sud del M. Atziadei, dove sono ancora conservati estesi lembi terrazzati a quote elevate sul fondovalle. Le morfologie dei depositi di pianura legati alle dinamiche oloceniche sono state sovente cancellate dagli interventi antropici.

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

1.4.1 – Successione vulcano sedimentaria Terziaria

Piroclastiti di Siliqua (SQA) Oligocene Miocene: affiorano nella nostra area e nel settore di Siliqua. Piccoli affioramenti sono presenti lungo la S.S.130. Morfologicamente formano colline che si elevano di poche decine di metri sulla pianura circostante. Si tratta di alternanze di depositi di flusso piroclastico ed epiclastiti (arenarie vulcanoclastiche più o meno conglomeratiche). I depositi piroclastici formano unità deposizionali di flusso, spesse in alcuni casi 2-3 m, costituite da clasti da angolosi equidimensionali a subarrotondati di lava microvescicolata andesitica e rarissimi clasti di metamorfiti immersi in una matrice cineritica ricca di cristalli. I clasti hanno dimensioni variabili da pochi centimetri a 1 m. La porzione epiclastica è costituita da strati decimetrici di arenarie grossolane alternate ad arenarie fini. Esse sono costituite da granuli di quarzo e cristalli di plagioclasio, biotite e anfibolo. Spesso sono presenti clasti subarrotondati di lave andesitiche. L'unico affioramento che offra una sezione abbastanza chiara di una parte delle piroclastiti di Siliqua è esposto in prossimità della località Su Truncu de Is Tanas.

1.4.2 - Complesso metamorfico ercinico in facies degli scisti verdi e anchimetamorfico - Successione pre-Ordoviciano medio delle Falde Esterne

Arenarie di S. Vito (SVI): potente successione terrigena, affiora estesamente in tutte le Falde esterne, dal Sarrabus al Sarcidano, dal Sulcis orientale all'Arburese e nel Goceano (Unità di Ozieri: OGGIANO, 1994). I metasedimenti rappresentano i termini più antichi affioranti. La base della successione non affiora, mentre il contatto con la sovrastante successione vulcano-sedimentaria ordoviciano è stratigrafico ed è quasi ovunque marcato da un caratteristico livello di metaconglomerati (Conglomerato di Rio Ceraxa: BARCA & MAXIA, 1982). La successione è costituita da metarenarie micacee, quarziti e, più raramente, metarenarie feldspatiche e metagrovacche, di colore variabile dal grigioverdastro al grigio scuro. Queste metareniti formano regolari alternanze, da centimetriche a metriche, con metasiltiti e metapeliti grigio-verdastre e nere. Le quarziti grossolane grigio-chiare, massive e in spesse bancate, sono associate a metaconglomerati minuti, più raramente grossolani, in livelli di pochi metri di spessore ed in lenti, costituiti prevalentemente da clasti di quarzo e di originarie quarzo-areniti e arenarie.

1.4.3 - Depositi Quaternari Pleistocenici e Olocenici

I depositi continentali del Quaternario costituiscono i corpi sedimentari di raccordo tra i rilievi montuosi e la fascia detritica alluvionale terrazzata di fondovalle in prossimità del Rio Cixerri, formando coltri di spessore variabile da pochi decimetri sino a diverse decine di metri. La loro genesi, trattandosi essenzialmente di facies alluvionali di conoide e di piana è ascrivibile ai cicli morfogenetici legati alle oscillazioni climatiche avvenute in particolare dall'ultimo periodo glaciale del Pleistocene superiore (Würm) all'Olocene. Il contatto con il sottostante substrato terziario è segnato da una coltre detritica di alterazione eluviale derivata dal disfacimento in sito del substrato piroclastico. I terreni della copertura Quaternaria, Pleistocenici e Olocenici, caratterizzano con grande continuità la zona pedemontana e la piana del Rio Cixerri. Le formazioni litostratigrafiche affioranti sono rappresentate da:

Subsistema di Portoscuso (PVM2a): Comprende depositi di facies alluvionale e detrito di versante. I sedimenti alluvionali pleistocenici derivano dall'appiattimento morfogenetico di conoidi alluvionali deposte dai corsi d'acqua allo sbocco delle valli, che hanno inciso le propaggini orientali dei rilievi del Sulcis. Molti autori hanno riconosciuto entro questi depositi la presenza di più ordini di terrazzi, legati all'evoluzione geomorfologica conseguente le variazioni climatiche del Pleistocene-Olocene, che hanno visto l'alternarsi di fasi d'intensa erosione e fasi di accumulo dei sedimenti (O.Seuffert, 1970). Si tratta di ghiaie alluvionali, poligeniche, con subordinate sabbie e ghiaie, più raramente da blocchi a spigoli subangolosi. Essi presentano strutture incrociate concave in genere piatte e di limitata ampiezza. Questi sedimenti, debolmente cementati o incoerenti, ma ben addensati, sono stati reinciati e terrazzati, permettendo il successivo deposito di sedimenti alluvionali recenti (olocenici) ed attuali che marcano il reticolo idrografico recente ed attuale delle fasce prospicienti la zona costiera. Alle pendici dei versanti, i terreni pleistocenici sono rappresentati da falde di detrito grossolane a litologia breccioide o da sabbie di arenizzazione granitica. Sono incoerenti, o dotati di una lieve diagenizzazione, costituiti essenzialmente dall'accumulo caotico di clasti eterometrici debolmente gradati, la cui composizione rispecchia i litotipi granitoidi dei rilievi al contorno. Si tratta di depositi che sono stati in larga parte erosi durante l'approfondimento delle valli post-glaciali e, per questo motivo, talora affiorano in aree limitate o sono presenti sotto le coperture oloceniche.

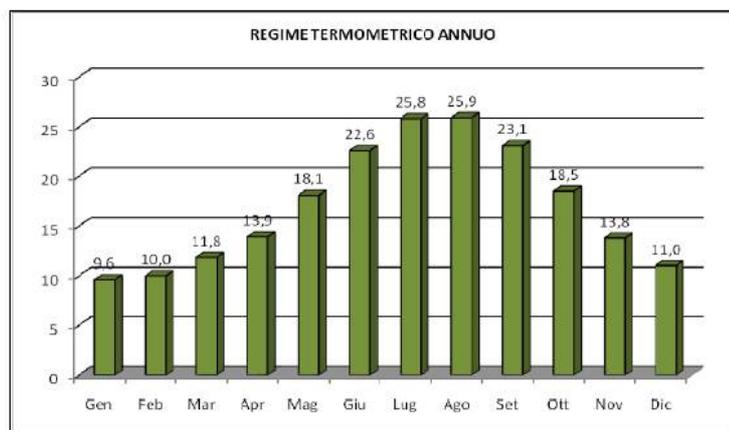
Deposito alluvionali terrazzati (bna_nb): Le alluvioni recenti costituiscono lembi di piccole piane alluvionali intersecate dai corsi d'acqua attuali; si rinvengono ai lati degli alvei attivi o dei tratti d'alveo regimati e non interessati dalle dinamiche fluviali in atto nel letto ordinario, fatta eccezione per fenomeni alluvionali durante eventi idrometrici eccezionali. Si tratta di depositi alluvionali grossolani, a ciottoli poligenici, con limitate lenti e livelli di sabbie e ghiaie fini a stratificazione incrociata, sciolti o poco cementati ed in genere clasto-sostenuti con matrice sabbiosa. Queste alluvioni, più o meno terrazzate, sono ubicate poco al di sopra dei fondovalle attuali. Sono costituiti in genere da ghiaie grossolane con

lenti e livelli di sabbie e di ghiaie fini (bna), a stratificazione incrociata concava e ghiaie massive a supporto di matrice, in prossimità dei versanti. La natura litologica dei clasti è rappresentata da metamorfiti paleozoiche e da rocce vulcano-sedimentarie terziarie. Talvolta i depositi alluvionali sono costituiti da sabbie medio-fini (bnb) di composizione quarzoso-feldspatica, a stratificazione incrociata concava (St).

Depositi dei letti fluviali attuali (ba): sono in genere grossolani (ghiaie prevalenti), con rare intercalazioni di lenti sabbiose, e caratterizzati da stratificazione a livelli piano-paralleli o incrociata concava molto piatta; sono legati ai corsi d'acqua attuali caratterizzati da regime torrentizio, con forti alternanze stagionali. In prossimità dei versanti montuosi, esterni, i sedimenti all'interno degli alvei possono essere anche molto grossolani e localmente sono presenti affioramenti di substrato consistente.

1.5 – Inquadramento climatico generale

Il clima della Sardegna viene generalmente classificato come “Mediterraneo Interno”, caratterizzato da inverni miti e relativamente piovosi ed estati secche e calde. Da un punto di vista più generale, il Mediterraneo può essere considerato come una fascia di transizione tra le zone tropicali, dove le



stagioni sono definite in accordo alla quantità di pioggia, e le zone temperate, dove le stagioni sono caratterizzate dalle variazioni di temperatura. Di conseguenza si ha a che fare con grandi variazioni interstagionali di precipitazione accompagnate da variazioni di temperatura, senza che però le une e le altre raggiungano i valori estremi tipici delle due aree climatiche (Servizio Agrometeorologico Regionale per la Sardegna SAR).

Stazione di misura: Villacidro		Anno idrologico Medio 1922-1992											
		Moduli Termometrici in °C											
	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic	Anno
N. Oss.	41	41	42	42	42	42	42	42	42	42	42	41	40
Media	9,6	10,0	11,8	13,9	18,1	22,6	25,8	25,9	23,1	18,5	13,8	11,0	17,1
Dev. St.	1,8	1,9	1,5	1,3	1,4	1,5	1,7	1,3	1,4	1,3	1,5	1,5	0,9

In linea generale l'analisi delle variazioni delle medie mensili di temperatura e di precipitazione permette di individuare due stagioni climatiche tipiche delle regioni

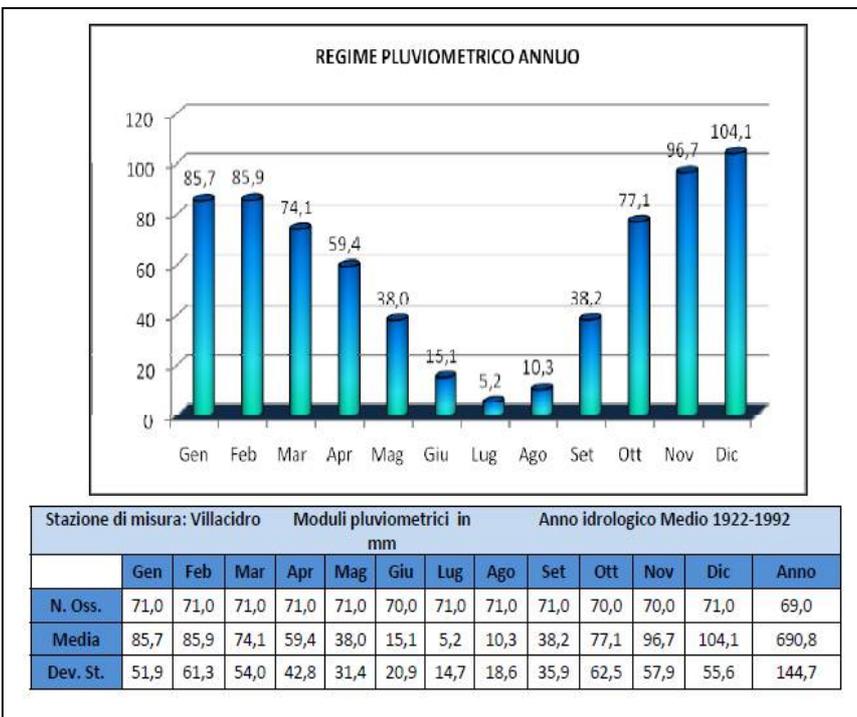
mediterranee: da Ottobre ad Aprile e da Maggio a Settembre. I periodi di transizione sono identificati rispettivamente con i mesi di Marzo-Aprile e Settembre-Novembre. Le temperature medie risultano sostanzialmente costanti nel periodo estivo Luglio - Agosto e nel periodo invernale Dicembre - Febbraio.

Le precipitazioni invece hanno un massimo cumulato nel mese di Dicembre, mentre Luglio ed Agosto risultano i mesi più secchi. Durante il periodo piovoso, che va dall'autunno alla primavera, la Sardegna è prevalentemente interessata da aree cicloniche di provenienza atlantica che determinano nell'isola

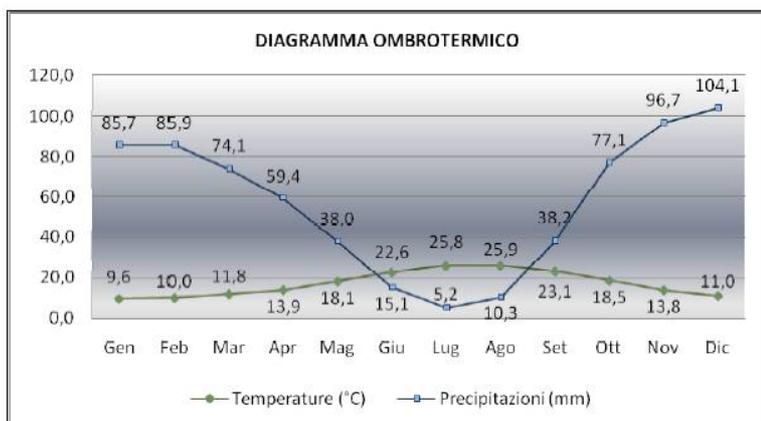


ripetute precipitazioni. Esse rappresentano, soprattutto nelle zone occidentali, più direttamente esposte,

la componente normale delle precipitazioni. Per la definizione delle caratteristiche climatiche che possono influenzare i fattori ambientali a scala locale, è stato effettuato un inquadramento generale del settore circostante il sito di interesse, a tal proposito sono stati utilizzati i dati misurati nella stazione di Villacidro (dati SISS). I dati di temperatura relativi alla stazione di misura di Villacidro si riferiscono ad un periodo di osservazione 1922-1992. In Tabella sono sintetizzate le temperature medie mensili ed annua,



il numero di osservazioni e la deviazione standard. I dati riportati ed il relativo compendio grafico indicano una temperatura media annua di 17,1°C; Luglio e Agosto, con Tm pari 25,8°C e 25,9 °C, come mesi più caldi e Gennaio e Febbraio (rispettivamente con Tm pari a 9,6 °C e 10,0 °C) come mesi più freddi. Le precipitazioni relative alla stazione di Villacidro si riferiscono ad un periodo di osservazione compreso tra il 1922 e 1992. In Tabella sono riportate le precipitazioni medie mensili ed annua (in mm) il numero di osservazioni e la deviazione standard. Dalla Tabella e dal relativo compendio grafico si evince che nella territorio di Villacidro la precipitazione media annua è di 690,9 mm. In generale i mesi più piovosi sono Novembre, con 96,7 mm e Dicembre con 104,1 mm, mentre quelli più aridi sono Luglio e Agosto, rispettivamente con 5,2 mm e 10,3 mm.



▪ Diagramma Ombrotermico

I Valori di temperatura e di precipitazione medi mensili consentono di ricostruire il diagramma che riproduce il regime termo-pluviometrico 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. Dall'analisi del grafico si



evince che nei mesi estivi di Luglio e Agosto, dove le temperature medie mensili raggiungono il valore massimo di 25,8 e 25,9 °C, si riscontrano minimi di piovosità (rispettivamente 5,2 mm e 10,3 mm), mentre nei mesi di Novembre e Dicembre, dove le temperature medie mensili oscillano tra i 13,8°C e gli 11,0°C, si raggiungono le piovosità più elevate (rispettivamente 96,7 mm e 104,1 mm).

Tipo di clima: nel settore esaminato i valori medi di temperatura e precipitazione sono caratteristici di un clima di tipo Temperato-Caldo con precipitazioni abbondanti: la temperatura media annua deve essere compresa tra 15° e 16,9° C (Tm = 17,1 °C), la temperatura media del mese più freddo è compresa tra 6,5° e 9,9° C (Tm Gennaio = 9,6 °C), da tre a quattro mesi con la temperatura pari o superiore a 20° C (Giugno, Luglio, Agosto e settembre >20°C). Le precipitazioni medie annue tra 500 e 800 mm (Pm/annua = 690,8 mm).

1.6 - Idrogeologia e idrologia superficiale

Dal punto di vista idrografico il settore in esame rientra nell'Unità Idrografica Omogenea (U.I.O.) del Flumini Mannu_Cagliari_Cixerri, con un'estensione superficiale di 3.566 Km². Essa comprende, oltre ai bacini principali del Flumini Mannu e del Cixerri, aventi un'estensione rispettivamente di circa 1779,46 e



Figura 9 – Rappresentazione U.I.O del Fumini Mannu – Cixerri (PTA Regione Sardegna)

618,14 km², una serie di bacini minori costieri della costa meridionale della Sardegna, che si sviluppano lungo il Golfo di Cagliari, da Capo Spartivento a Capo Carbonara. È delimitata a nord dall'altopiano del Sarcidano, a est dal massiccio del Sarrabus – Gerrei, a ovest dai massicci dell'Iglesiente e del Sulcis e a sud dal Golfo di Cagliari. L'altimetria varia con quote che vanno dai 0m (s.l.m.) nelle aree costiere ai 1154 m (s.l.m.) in corrispondenza del Monte Linas, la quota più elevata della provincia di Cagliari. Dal punto di vista idrografico superficiale sono presenti nel nostro contesto una serie di aste fluviali che si dipartono dall'asse morfologico NW > SE di monte, in

direzione ad esempio delle aree di Serra Crastus (119m), Su Furadroxiu Canna (131m), Punta Madau Serrenti (198m), Su Dragumannu (242m). Da punto di vista idrogeologico, i complessi acquiferi costituiti da una o più unità Idrogeologiche omogenee che caratterizzano il territorio, nell'ambito dell'unità idrografica omogenea di appartenenza, sono i seguenti:

- **Acquifero Detritico-Alluvionale Plio-Quaternario:** si tratta di depositi alluvionali terrazzati, conglomeratici, arenacei, argillosi, a permeabilità per porosità complessivamente medio-bassa nelle coltri ben costipate, localmente medio-alta nei livelli a matrice più grossolana.

Il complesso alluvionale quaternario, caratterizzante l'assetto stratigrafico dell'area di studio, è una diretta conseguenza dei movimenti neotettonici distensivi plio-pleistocenici, che hanno condizionato, unitamente alle oscillazioni eustatiche e climatiche, l'evoluzione paleogeografica del graben campidanese, e soprattutto del sistema idrografico.

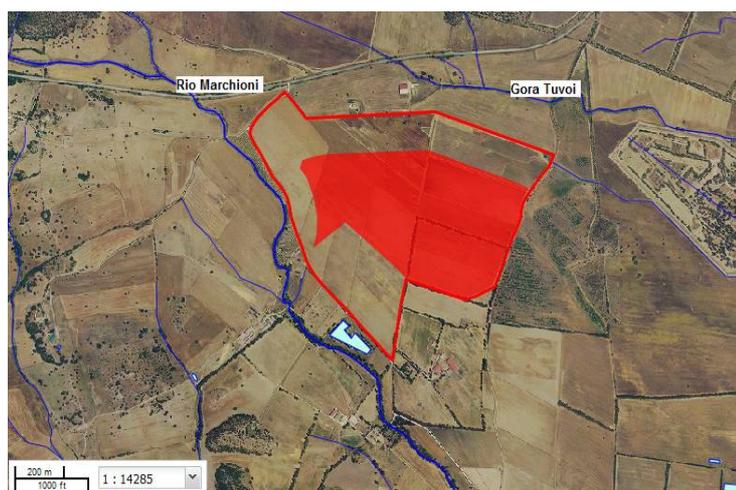


Figura 10 – Corsi d'acqua presenti nel contesto esaminato – da Sardegna geoportale Idrografia

Le numerose variazioni quaternarie del livello di base degli alvei dei corsi d'acqua principali (Flumini Mannu, Cixerri) con una serie di innalzamenti e sprofondamenti, hanno determinato l'alternarsi di successive fasi morfogenetiche di accumulo, incisione e terrazzamento, rielaborando i sedimenti fluviali antichi dei glacis e delle grandi conoidi alluvionali del rio Cixerri e del rio S. Lucia, sino a definire una potente successione alluvionale distinta in alluvioni antiche pleistoceniche e in alluvioni più

recenti oloceniche. L'alternanza di sedimenti a differente composizione granulometrica, grado d'addensamento e di consistenza, tipica dei sedimenti di bacino alluvionale, determina, localmente, variazioni di permeabilità.

L'areale è occupato nel settore orientale dalla porzione terminale del bacino del Flumini Mannu, mentre la restante area è interessata da buona parte del bacino del Rio Cixerri. Il Flumini Mannu percorre questa area con direzione N-S per un tratto di 20 km circa, scorrendo dentro argini artificiali tra i depositi alluvionali terrazzati del Campidano. Il Rio Cixerri, scorre con direzione ovest est, un tempo il più importante affluente del Flumini Mannu, è diventato corso d'acqua autonomo dopo che, a seguito dei lavori di bonifica nello Stagno di Santa Gilla, il suo alveo canalizzato è stato dotato di una foce indipendente. A S dell'abitato di Siliqua il Rio Cixerri riceve dalla destra idrografica il Rio de su Casteddu, un corso d'acqua che nasce dal M. Is Caravius e percorre con direzione S-N 19,2 km.

Sulla base della permeabilità, le litologie sono classificabili in:

- **Alta permeabilità:** depositi alluvionali (b), coltri eluvio-colluviali (b2), depositi di versante (a), depositi alluvionali terrazzati (bn), Sintema di Portovesme (PVM);
- **Bassa permeabilità:** piroclastici di Siliqua (SQA), formazione del Cixerri (CIX), Arenarie di San Vito (SVI).

Nella valle del Cixerri l'acquifero principale è costituito dai depositi alluvionali olocenici e dalle conoidi terrazzate del Pleistocene superiore soprattutto alla base dei rilievi dove queste hanno granulometria grossolana. Le potenze di questi depositi sono solitamente ridotte. La formazione del Cixerri è caratterizzata da permeabilità praticamente nulla, nella valle omonima rappresenta il substrato impermeabile degli acquiferi alluvionali quaternari.

La permeabilità è una proprietà caratteristica delle terre/rocce ed esprime l'attitudine delle stesse a lasciarsi attraversare dall'acqua. Essa quindi si manifesta con la capacità di assorbire le acque piovane e di far defluire le acque sotterranee. Poiché il terreno non è un corpo omogeneo, è intuibile che all'interno dello stesso varino sia le caratteristiche chimico-fisiche, che le proprietà idrogeologiche. Vista la possibile disomogeneità dei depositi alluvionali, la permeabilità, non è rappresentata da un unico valore del coefficiente "K" in m/s ma da un intervallo di questo.

Geologicamente nell'area affiorano terreni quaternari di facies fluviale rappresentati da alluvioni antiche pleistoceniche e da alluvioni più recenti terrazzate (oloceniche), costituiti essenzialmente da alternanze di livelli conglomeratici poligenici ed eterometrici, ghiaie stratificate con intercalazioni di sabbie e limi/argille, oltre terreni vulcanici di flusso piroclastico. La distinzione tra le formazioni alluvionali è legata alle caratteristiche morfometriche della frazione grossolana, al grado di compattazione, al contenuto e alla ferrettizzazione della matrice fine. I terreni rilevati, in base alle caratteristiche geolitologiche, con particolare riferimento alla capacità d'assorbimento possono essere suddivisi in:

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-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 (Piroclastici, Cixerri, Arenarie di San Vito)

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

Età Geologica	Grado di permeabilità relativa				Litologia
	AP	MP	BP	SP	
Olocene Depositi alluvionali e detritici					<i>Depositi alluvionali recenti contenenti livelli di ghiaie e sabbie da sciolti a semicoerenti</i>
Pleistocene - Olocene Alluvioni antiche terrazzate					<i>Depositi alluvionale, costituiti da conglomerati poligenici e ghiaie stratificate, terrazzati</i>
Terziario Piroclastiti di Siliqua					<i>Piroclastiti, Arenarie di San Vito, Cixerri</i>

Nell'area di progetto, 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. La distribuzione dei pozzi per lo più impostati nelle coltri alluvionali quaternarie non è omogenea. Altre zone di alimentazione sono presumibili alla base dei versanti, lungo il contatto tra i sedimenti quaternari e le altre litologie a permeabilità medio-bassa più antiche. Dall'analisi delle perforazioni per acqua censite dall'ISPRA (<http://portalesgi.isprambiente.it/>), si rilevano nell'areale esaminato pozzi con falde sui depositi metarenacei a circa -40m/-60m per distanze inferiori ai 1000m e/o distante meno di 2Km in linea d'aria sulle alluvioni pleistoceniche antiche a - 27.0m e/o alluvionali a contatto con il substrato vulcanico non inferiori ai -20m.

1.7 – 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.

1.7.1 - 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.

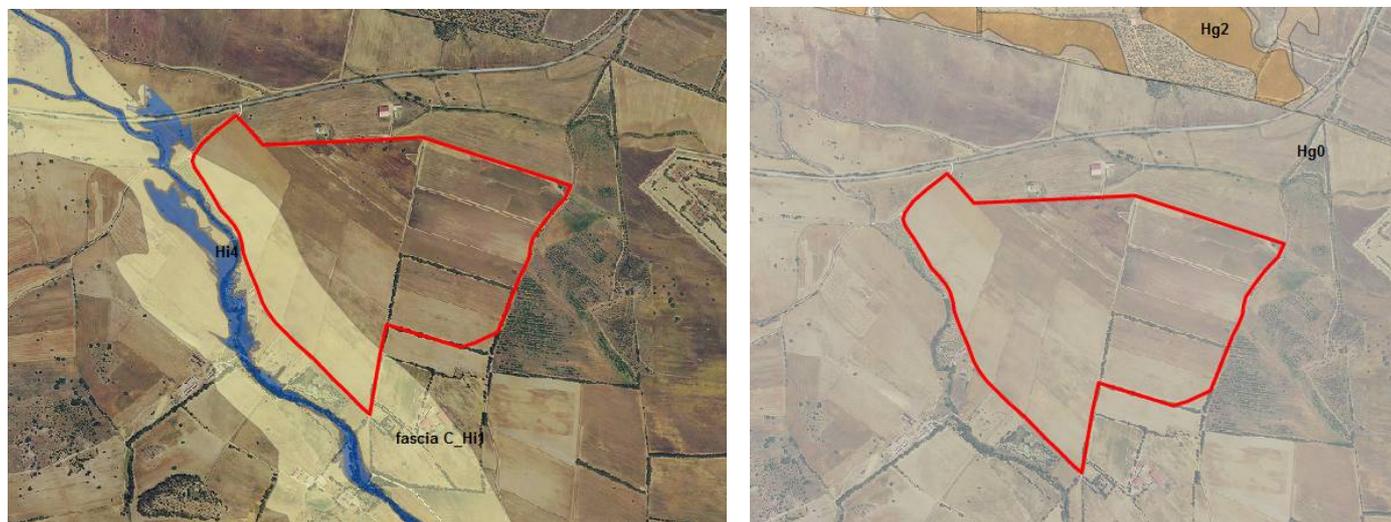
- *Il Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.), elaborato dalla Regione Sardegna ai sensi della L. 18.05.1989 n. 183 e dalla L. 03.08.1998 n. 267, approvato con D.P.G.R. n. 67 del 10.07.2006 e aggiornato con D.P.G.R. 148 del 26.10.2012, è lo strumento conoscitivo, normativo e tecnico-operativo 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.

Il Comune di Siliqua è ricompreso all'interno del bacino unico della Sardegna, Flumini Manni di Cagliari e Cixerri, così come individuato dal P.A.I. Sardegna e dal P.S.F.F. Sardegna.

Nella fattispecie il sito oggetto di intervento ricade nella cartografia attualmente disponibile on-line e consultabile tramite la piattaforma "Sardegna Geoportale", in un'area a pericolosità idraulica Hi (C_Hi1 – Hi4 lambita), con assenza di pericolosità geomorfologia Hg (Hg0).



Figg. 11 - Mappa della pericolosità idraulica e geomorfologia PAI/PSFF/PGRA rev. Dic. 2023

1.7.1.1 - Progetto P.S.F.F

Da una analisi del Piano Stralcio delle Fasce Fluviali (PSFF), sono emersi per l'area esaminata rischi bassi compatibili con i corsi d'acqua in funzione della sicurezza idraulica (fascia C – Hi1_Hi4 lambita).

1.7.1.2 - Progetto I.F.F.I

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

1.7.2 - 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.

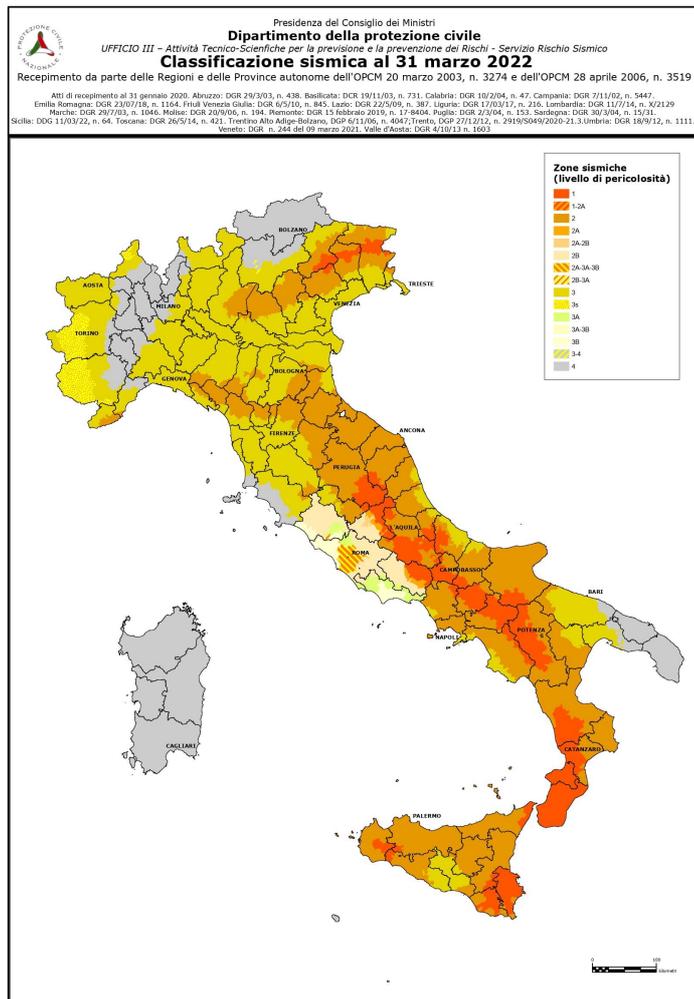
Quadro Normativo e Caratterizzazione Sismica del Territorio

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	Classificazioni 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 numerate 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 Siliqua 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 Vs o il numero medio di colpi NSPT ottenuti in una prova penetrometrica dinamica ovvero sulla coesione non drenata media Cu". Nella mappa della pericolosità sismica del territorio nazionale 2005, edita dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, il Comune di Siliqua 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 sottozone è attribuito un valore di pericolosità di base, espressa in termini di accelerazione massima su suolo rigido (ag). 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 $Se(T)$, 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, VS. 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 similari 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

1.7.2.1 - 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** = 1480467.6560 longitudine **E**
- **Y** = 4353711.3980 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: $ag = 0.0127 \text{ g}$ □ $Fo = 2.5776$ □ $Tc^* = 0.1400$ sec
- Dati sulla costruzione (SLD) Probabilità di superamento nella vita di riferimento: 0.630000 (SLD)
Periodo di ritorno: 35.20 (anni): Valori finali calcolati: $ag = 0.0140 \text{ g}$ □ $Fo = 2.5689$ □ $Tc^* = 0.1430$ 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: $ag = 0.0388 \text{ g}$ □ $Fo = 2.4973$ □ $Tc^* = 0.2881$ sec
- Dati sulla costruzione (SLC) Probabilità di superamento nella vita di riferimento: 0.050000 (SLC)
Periodo di ritorno: 682.35 (anni): Valori finali calcolati: $ag = 0.0494 \text{ g}$ □ $Fo = 2.5289$ □ $Tc^* = 0.3247$ sec

1.8 - 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, si può asserire che l'area presenta la seguente successione suddivisa in "Unità", riportata nella sezione stratigrafica di riferimento:

UNITA' A → Depositi di copertura alluvionali, frammisti asuolo bruno di debole spessore, a ghiaie grossolane con lenti e livelli di sabbie e di ghiaie fini, a stratificazione incrociata concava e ghiaie massive a supporto di matrice, in prossimità dei versanti. La natura litologica dei clasti è rappresentata da metamorfiti paleozoiche e da rocce vulcano-sedimentarie terziarie.

Unità B → Alternanze di depositi di flusso piroclastico ed epiclastiti (arenarie vulcanoclastiche più o meno conglomeratiche), costituite da clasti da angolosi equidimensionali a subarrotondati di lava microvescicolata andesitica e rarissimi clasti di metamorfiti immersi in una matrice cineritica ricca di cristalli. I clasti hanno dimensioni variabili da pochi centimetri a 1 m.

Unità C → Potente successione terrigena. La successione è costituita da metarenarie micacee, quarziti e, più raramente, metarenarie feldspatiche e metagrovacche, di colore variabile dal grigioverastro al grigio scuro. Queste metareniti formano regolari alternanze, da centimetriche a metriche, con metasiltiti

e metapeliti grigio-verdastre e nere.



Figura 12 – Linea di sezione stratigrafica A/A1 (Google Earth)

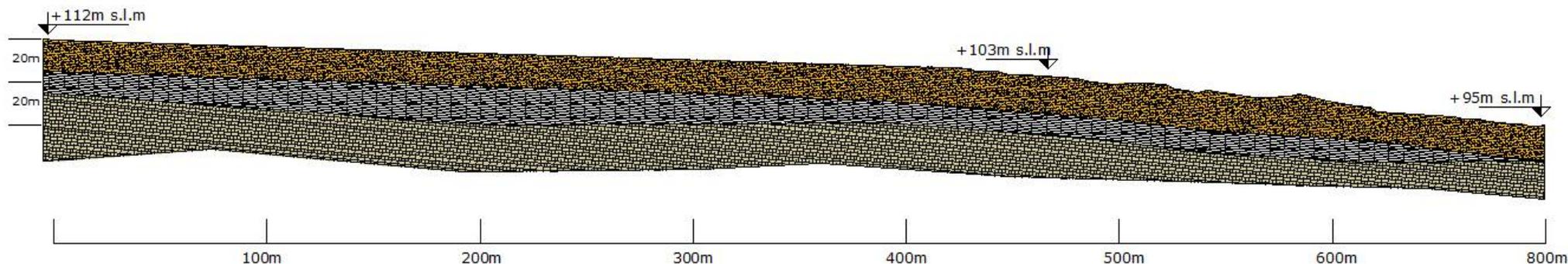
Committente: NYX s.r.l.- proprietà del gruppo Greencells

Progetto: Impianto agrivoltaico da 37.764 kwp (33.125 kw in immissione) con inseguitori monoassiali (tracker) – Comune di Siliqua (SU)

Il Geologo: Dott. Mario STRINNA - ORG 441

Relazione geologica

Sezione stratigrafica schematica A - A1
scala grafica da 1:100



 **UNITA' A** : Depositi di copertura alluvionali, frammentati a suolo bruno di debole spessore, a ghiaie grossolane con lenti e livelli di sabbie e di ghiaie fini, a stratificazione incrociata concava e ghiaie massive a supporto di matrice, in prossimità dei versanti. La natura litologica dei clasti è rappresentata da metamorfiti paleozoiche e da rocce vulcano-sedimentarie terziarie

 **UNITA' B** : Alternanze di depositi di flusso piroclastico ed epiclastiti (arenarie vulcanoclastiche più o meno conglomeratiche), costituite da clasti da angolosi equidimensionali a subarrotondati di lava microvescicolata andesitica e rarissimi clasti di metamorfiti immersi in una matrice cineritica ricca di cristalli. I clasti hanno dimensioni variabili da pochi centimetri a 1 m.

 **UNITA' C** : Potente successione terrigena. Metarenarie micacee, quarziti e, più raramente, metarenarie feldspatiche e metagrovacche, di colore variabile dal grigio verdastro al grigio scuro. Le metareniti formano regolari alternanze, da centimetriche a metriche, con metasiltiti e metapeliti grigio-verdastre e nere. Le quarziti grossolane grigio-chiare, massive e in spesse bancate, sono associate a metaconglomerati minuti, più raramente grossolani, in livelli di pochi metri di spessore ed in lenti, costituiti prevalentemente da clasti di quarzo e di originarie quarzo-areniti e arenarie.



2. CONCLUSIONI

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

- Gli interventi in progetto, sono ricompresi in un'area catastale pari a circa 741.000 mq, con superficie recintata dedicata alla protezione delle strutture fotovoltaiche pari a circa 350.000 mq, all'interno dei confini amministrativi del Comune di Siliqua. Litologicamente è interessato da terreni sedimentari quaternari a giacitura sub orizzontale e omogenea di materiale alluvionale terrazzato antico e recente (bna_nb) e/o detritico alluvionale (ba) e/o eluvio-colluviale, costituito essenzialmente da livelli ghiaiosi sabbiosi alluvionali terrazzati, a grana medio grossa, diversamente addensati e consistenti, intercalati a livelli limo-argillosi, per uno spessore stimato inferiore a circa 15/20m, conglomeratici nelle parti cementate, in matrice fine coesiva diversamente distribuita. Essi ricoprono i sedimenti ghiaiosi pleistocenici del Sistema di Portovesme (PVM2a) quando non affiorano. Sono riconducibili ad un sistema di conoide e di piana alluvionale, i cui rapporti laterali sono caratterizzati da interdigitazione. Si tratta di depositi alluvionali terrazzati Olocenici (bna), costituiti da sedimenti ghiaiosi sabbiosi, diversamente addensati e consistenti, intercalati a livelli limo-argillosi, per uno spessore stimato superiore ai 10m. Ad essi si contornano, per erosione antica delle superfici, a sedimenti paleogenici della formazione del Cixerri (CIX) oltre l'unità vulcanica piroclastica di Siliqua (SQA) e tettonica terrigena metarenacea delle Arenarie di San Vito (SVI), che rappresenta il substrato sub affiorante e/o affiorante in grande dell'areale soprattutto verso NNW/ENE. Le tipologie di terreni descritti in relazione sono stati raggruppati secondo il seguente criterio geomeccanico:
- Complesso metamorfico ercinico in facies degli scisti verdi - Successione pre-Ordoviciano medio delle Falde Esterne - Arenarie di S. Vito (SVI): potente successione terrigena di metarenarie micacee, quarziti e, più raramente, metarenarie feldspatiche e metagrovacche, di colore variabile dal grigioverdastro al grigio scuro. In regolari alternanze da centimetriche a metriche, con metasiltiti e metapeliti grigio-verdastre e nere. Le quarziti grossolane grigio-chiare, massive e in spesse bancate, sono associate a metaconglomerati minuti, più raramente grossolani, in livelli di pochi metri di spessore ed in lenti, costituiti prevalentemente da clasti di quarzo e di originarie quarzo-areniti e arenarie.
- Complesso vulcanico di flusso piroclastico (SQA): arenarie vulcanoclastiche più o meno conglomeratiche, costituite da clasti da angolosi equidimensionali a subarrotondati di lava microvescicolata andesitica e rarissimi clasti di metamorfiti immersi in una matrice cineritica ricca di cristalli;
- Depositi Pleistocenici dell'area continentale: litofacies nel subsistema di Portoscuso PVM2a → ghiaie alluvionali terrazzate con subordinate sabbie – Pleistocene sup;



- Successione sedimentaria paleogenica: Formazione del Cixerri CIX → argille siltose rossastre, arenarie quarzose feldspatiche, conglomerati eterometrici e poligenici – Terziario Eocene – Oligocene;
 - bna → depositi alluvionali terrazzati ghiaiosi con subordinate sabbie – Olocene;
 - ba → depositi alluvionali ghiaiosi da grossolani a medi – Olocene;
 - b2 → coltri detritiche eluvio colluviali immerse in matrice fine, talvolta con intercalazione di suoli più o meno evoluti – Olocene.
- 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.
- I terreni rilevati, in base alle caratteristiche geolitologiche, con particolare riferimento alla capacità d'assorbimento (tab. 1) possono essere suddivisi in:

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-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 (Piroclastici, Cixerri, Arenarie di San Vito)

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

- Nell'area di progetto, 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. La distribuzione dei pozzi per lo più impostati nelle coltri alluvionali quaternarie non è omogenea. Altre zone di alimentazione sono presumibili alla base dei versanti, lungo il contatto tra i sedimenti quaternari e le altre litologie a permeabilità medio-bassa più antiche. Dall'analisi delle perforazioni per acqua censite dall'ISPRA (<http://portalesgi.isprambiente.it/>), si rilevano nell'areale esaminato pozzi con falde sui depositi metarenacei a circa -40m/-60m per distanze inferiori ai 1000m e/o distante meno di 2Km in linea d'aria sulle alluvioni pleistoceniche antiche a - 27.0m e/o alluvionali a contatto con il substrato vulcanico non inferiori ai -20m.
- Il Comune di Siliqua è ricompreso all'interno del bacino unico della Sardegna, Flumini Manni di Cagliari e Cixerri, così come individuato dal P.A.I. Sardegna e dal P.S.F.F. Sardegna. Nella fattispecie il sito oggetto di intervento ricade nella cartografia attualmente disponibile on-line e consultabile tramite la piattaforma "Sardegna Geoportale", in un'area a pericolosità idraulica Hi (C_Hi1 – Hi4 lambita), con assenza di pericolosità geomorfologia Hg (Hg0). 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 Se(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:
 - ag - accelerazione orizzontale massima al sito;
 - F₀ - 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.I valori di ag, F₀ 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, VS. 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: 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

Committente: NYX s.r.l.- proprietà del gruppo Greencells

Progetto: Impianto agrivoltaico da 37.764 kwp (33.125 kw in immissione) con inseguitori monoassiali (tracker) – Comune di Siliqua (SU)

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

Relazione geologica

2	Costruzioni con livelli di prestazioni ordinarie	50
3	Costruzioni con livelli di prestazioni elevate	100

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** = 1480467.6560 longitudine **E**
- **Y** = 4353711.3980 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: $ag = 0.0127 \text{ g}$ □ $Fo = 2.5776$ □ $Tc^* = 0.1400 \text{ sec}$
- Dati sulla costruzione (SLD) Probabilità di superamento nella vita di riferimento: 0.630000 (SLD)
Periodo di ritorno: 35.20 (anni): Valori finali calcolati: $ag = 0.0140 \text{ g}$ □ $Fo = 2.5689$ □ $Tc^* = 0.1430 \text{ sec}$

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: $ag = 0.0388 \text{ g}$ □ $Fo = 2.4973$ □ $Tc^* = 0.2881 \text{ sec}$
 - Dati sulla costruzione (SLC) Probabilità di superamento nella vita di riferimento: 0.050000 (SLC)
Periodo di ritorno: 682.35 (anni): Valori finali calcolati: $ag = 0.0494 \text{ g}$ □ $Fo = 2.5289$ □ $Tc^* = 0.3247 \text{ sec}$
- 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. L'unità fondamentale di un modello geologico è l'unità litologica. Sulla base delle evidenze litologiche rilevate nel corso del rilievo di superficie, si può asserire che l'area in esame presenta la seguente successione suddivisa in "Unità", riportate nella sezione stratigrafica di riferimento:



UNITA' A → Depositi di copertura alluvionali, frammisti asuolo bruno di debole spessore, a ghiaie grossolane con lenti e livelli di sabbie e di ghiaie fini, a stratificazione incrociata concava e ghiaie massive a supporto di matrice, in prossimità dei versanti. La natura litologica dei clasti è rappresentata da metamorfiti paleozoiche e da rocce vulcano-sedimentarie terziarie.

Substrato) Unità B → Alternanze di depositi di flusso piroclastico ed epiclastiti (arenarie vulcanoclastiche più o meno conglomeratiche), costituite da clasti da angolosi equidimensionali a subarrotondati di lava microvescicolata andesitica e rarissimi clasti di metamorfiti immersi in una matrice cineritica ricca di cristalli. I clasti hanno dimensioni variabili da pochi centimetri a 1 m.

Substrato) Unità C → Potente successione terrigena. La successione è costituita da metarenarie micacee, quarziti e, più raramente, metarenarie feldspatiche e metagrovacche, di colore variabile dal grigioverdastro al grigio scuro. Queste metareniti formano regolari alternanze, da centimetriche a metriche, con metasiltiti e metapeliti grigio-verdastre e nere.

- 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 37.764 KWp 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.6331)



CARTA DELLE PERMEABILITA'
SU BASE CTR FOGLIO 556 - 060 (SILIQUA)
SCALA 1:10.000

