

RELAZIONE GEOLOGICA E GEOMORFOLOGICA

**Realizzazione di un Parco Agrivoltaico Avanzato
di potenza nominale pari a 52 MWp
denominato "MACOMER 5" sito nel
Comune di Macomer e Borore (NU)**

Località "Badde Petrosa"

PROPONENTE:



Energia Pulita Italiana 6 s.r.l.

<i>Rev00</i>		Data ultima elaborazione: 05/08/2022	
Redatto	Formattato	Verificato	Approvato
<i>Dott. Geol. Chiara Amato</i>		<i>Dott. Agr. P. Vasta</i>	ENERLAND ITALIA s.r.l.
Codice Elaborato		Oggetto	
MAC5-IAR10		STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE	

TEAM ENERLAND:

Dott. Agr. Patrick VASTA
Ing. Annamaria PALMISANO
Dott.ssa Nausica RUSSO
Dott.ssa Ilaria CASTAGNETTI

Ing. Emanuele CANTERINO
Dott. Claudio BERTOLLO
Dott. Guglielmo QUADRIO

GRUPPO DI LAVORO:

Dott. Rosario PIGNATELLO
Ing. Fabio Massimo CALDERARO
Ing. Vincenzo BUTTAFUOCO
Ing. Gianluca VICINO
Arch. Rosella APA

Dott. Biol. Agnese Elena Maria CARDACI
Dott. Agr. Gaetano GIANINO
Dott. Geol. Chiara AMATO
Ing. Graziella TORRISI

Indice generale

1. PREMESSA.....	2
2. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO	3
3. INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO	4
3.1. VINCOLISTICA DA DOCUMENTAZIONE PAI.....	5
4. INQUADRAMENTO GEOLOGICO	8
4.1. SUCCESSIONE LITOSTRATIGRAFICA	9
5. IDROGRAFIA E IDROGEOLOGIA	11
6. QUADRO TETTONICO-STRUTTURALE	14
7. SISMICITÀ DELL'AREA	17
7.1. CLASSIFICAZIONE SISMICA	19
8. CENNI SULLE CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DEI TERRENI AFFIORANTI.....	20
9. CONCLUSIONI	21
Bibliografia e sitografia.....	23

Allegati Cartografici

- Carta Geomorfologica
- Carta Geologica

1. PREMESSA

Il presente studio geologico è stato condotto su incarico ricevuto dalla società ENERLAND ITALIA al fine di valutare l' idoneità di un' area progettuale costituita da diversi lotti di terreno appartenenti ai Comuni di Macomer (NU) e Borore (NU) per la realizzazione di un parco agrivoltaico avanzato di potenza nominale pari a 52 MWp denominato "MACOMER 5" (Fig. 1).

Tale studio ha lo scopo di inquadrare le aree d' interesse sotto il profilo morfologico e strutturale, geo-litologico, idrogeologico e sismico, ottenendo indicazioni utili alla scelta delle più consone soluzioni progettuali da adottare per garantire la stabilità dell' opera.



Fig. 1: Aree di progetto su base ortofoto.

2. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

Geograficamente l'intera area di interesse progettuale si colloca nel settore centro-occidentale della Sardegna, all'interno dei territori comunali di Macomer e Borore (NU), in località Badde Petrosa. In linea d'aria il sito dista circa 4 km SW dalle prime case del Comune di Macomer, circa 3,5 km ad Ovest dal Comune di Borore, meno di 1 km Ovest dalla Strada Statale-131 e più di 2 km NW dalla Strada Provinciale-77 (le distanze sono state misurate considerando i lotti di terreno più prossimi a ciascun elemento di riferimento).

L'area progettuale ha un'estensione complessiva di 87,35 ha e si sviluppa tra una quota minima di 444 m s.l.m. ed una quota massima di 502 m s.l.m..

Nella cartografia dell'Istituto Geografico Militare in scala 1:25.000 l'intera area di progetto rientra nella Tavoleta I-SO denominata "Borore" del Foglio 206 (Fig. 2); nella Carta Tecnica Regionale in scala 1:10.000 il sito rientra nel Foglio 498130 "Monte Sant'Antonio" e nel Foglio 498140 "Borore".

Coordinate geografiche (WGS84), riferite ad un punto centrale rispetto all'area considerata:

LAT. 40°12'49" N – LONG. 8°44'39" E

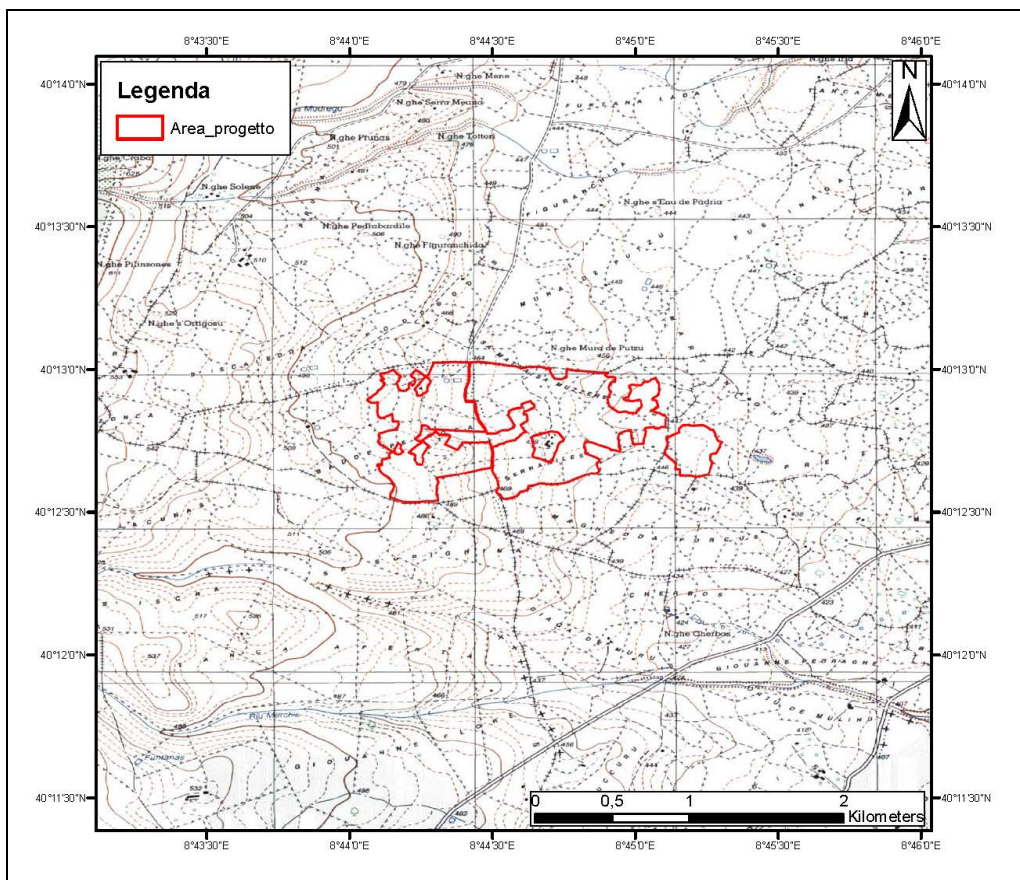


Fig. 2: Ubicazione delle aree di progetto nello stralcio delle Tavolette IGM, in scala 1:25.000.

3. INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO

L'intera area progettuale rientra nei territori dei Comuni di Macomer e Borore, collocati nel settore centro-occidentale della Sardegna. Il paesaggio è qui caratterizzato prevalentemente da vaste zone pianeggianti e altopiani basaltici con lievi morfologie ondulate, solcate da profonde incisioni che vanno a delineare delle forre entro le quali scorrono i corsi d'acqua per la maggior parte a carattere torrentizio. L'assetto geomorfologico risulta quindi governato dalla combinazione della natura litologica dei terreni presenti, dei fenomeni geo-tettonici, dell'azione erosiva degli agenti atmosferici e, soprattutto, dell'opera di dilavamento delle acque superficiali.

Il sito di interesse progettuale, collocato a SW del centro abitato di Macomer e ad Ovest di Borore, a più ampia scala, si inserisce in un'area di pianura solcata dalle incisioni di diversi corsi d'acqua; si estende per 87,35 ha totali, si sviluppa tra una quota minima di 444 m s.l.m. ed una quota massima di 502 m s.l.m. e mostra lineamenti pianeggianti (Figg. 3,4);



Fig. 3: Lineamenti morfologici pianeggianti dei terreni progettuale.



Fig. 4: Lineamenti morfologici pianeggianti dei terreni progettuali.

3.1. VINCOLISTICA DA DOCUMENTAZIONE PAI

Sulla base della documentazione P.A.I. – Piano Stralcio per l’Assetto Idrogeologico¹, il territorio dei Comuni di Macomer e Borore, entro i quali si colloca il sito di progetto, rientra nel Sub-Bacino idrografico del Tirso (n.2) e nel Sub-Bacino idrografico del Coghinas-Mannu-Temo (n.3); stando a tale documentazione si evince come entro il territorio di tali Sub-Bacini i rilievi presentano processi di versante attivi, soprattutto nelle aree poste su versanti in roccia parzialmente denudati. I vari fenomeni franosi sono influenzati dai processi di degradazione ed alterazione meteorica, dai processi di dinamica fluviale, oltre che dalle modificazioni dell’uso del suolo e dall’attività antropica.

Secondo gli studi e i censimenti effettuati dal Progetto I.F.F.I. – Inventario dei Fenomeni Franosi in Italia², la tipologia di dissesto più diffusa è classificabile come crolli/ribaltamento, riguardante

¹ Piano Territoriale di Settore, strumento conoscitivo, normativo e tecnico-operativo mediante il quale sono pianificate e programmate le azioni, gli interventi e le norme d’uso riguardanti la difesa del rischio idrogeologico; redatto ai sensi dell’art. 17 della L.183/89, dell’art. 1 del D.L. 180/98, convertito con modificazioni dalla L. 267/98, e dell’art. 1 bis del D.L. 279/2000, convertito con modificazioni dalla L.365/2000

² Studio con lo scopo principale di fornire un quadro sinottico ed omogeneo sulla distribuzione dei fenomeni franosi sull’intero territorio nazionale e di offrire uno strumento conoscitivo ai fini della valutazione del rischio da frana, della programmazione degli interventi di difesa del suolo e della pianificazione territoriale a scala nazionale e locale.

soprattutto i pendii scoscesi in rocce magmatiche e calcaree; a seguire si ritrovano i fenomeni di scivolamento rotazionale/traslato, riguardanti principalmente i terreni metamorfici e le coperture detritiche; inoltre, importante in quanto altrettanto diffusa, soprattutto per le compagini intrusive, si dimostra il fenomeno della franosità relitta, la quale può essere fattore predisponente e motivo di riattivazioni di grande magnitudo in condizioni di piovosità estremamente intense, come in precedenza accaduto. Al di là delle caratteristiche predisponenti geologiche e strutturali del territorio, la causa dell'instabilità geomorfologica è da ricercare in parte anche nelle condizioni di uso del territorio, soprattutto in relazione agli interventi antropici.

Dalla consultazione delle carte tematiche P.A.I.-Sardegna, consultabili dal "Sardegna Geoportale - Sardegna Mappe", in corrispondenza della ristretta area interessata dal progetto non sono presenti dissesti di alcuna natura (Agg. 2018); pertanto nessun settore del sito progettuale rientra in zone a Pericolosità Geomorfologica (Fig. 5).

Dal punto di vista idraulico, dagli studi riportati nella documentazione P.A.I, si evince come le principali cause di esondazione sono da ricercare nell'interazione tra infrastrutture e reticolo idrografico, unitamente ad una scarsa manutenzione fluviale; inoltre, la necessità di reperire risorse idriche superficiali da tutti i corsi d'acqua disponibili ha portato alla costruzione di numerosissimi invasi artificiali che hanno completamente modificato il regime idrografico. Complessivamente si può affermare che le cause di pericolosità idraulica sono essenzialmente indotte da fattori legati ad un non attento uso del territorio.

Dalla consultazione delle carte tematiche P.A.I.-Sardegna, consultabili dal "Sardegna Geoportale - Sardegna Mappe", nessun settore dell'area interessata dal progetto rientra in zone a Pericolosità Idraulica (Agg. 2020) (Fig. 6).

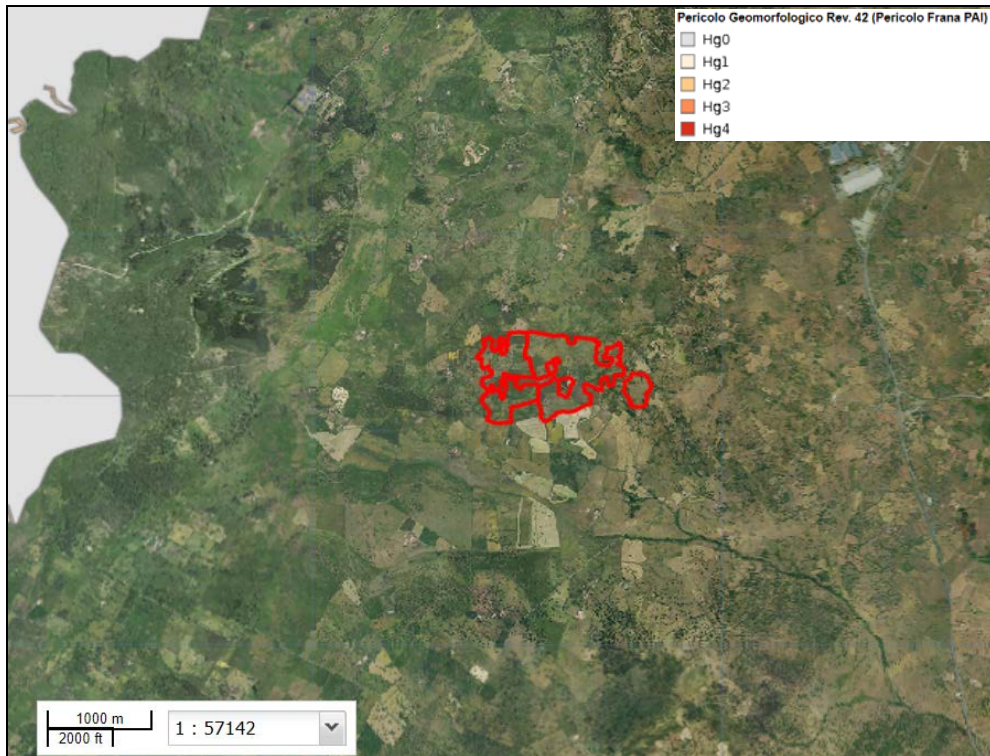


Fig. 5: Immagine estratta dal “Sardegna Geoportale” relativa alla Pericolosità Geomorfologica del PAI – Piano Assetto Idrogeologico (31.01.2018), su base Ortofoto. In rosso i poligoni di progetto.

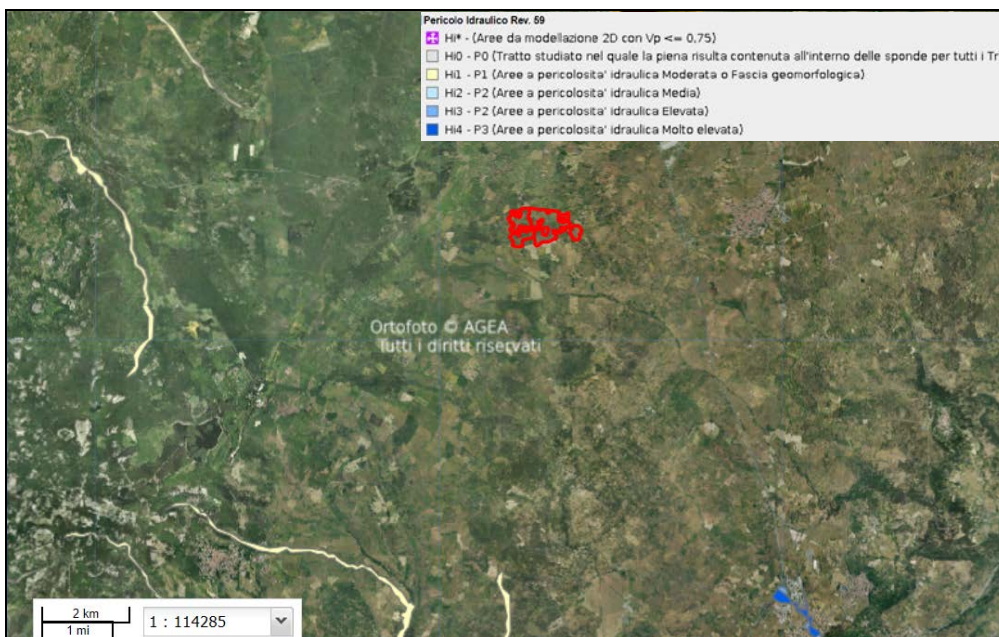


Fig. 6: Immagine estratta dal “Sardegna Geoportale” relativa alla Pericolosità Idraulica del PAI – Piano Assetto Idrogeologico (2020), su base Ortofoto. In rosso i poligoni di progetto.

4.1. SUCCESSIONE LITOSTRATIGRAFICA

Secondo dati di letteratura, i termini geologici riscontrati nell'area di studio possono essere attribuiti ai basalti della "Sub-Unità di Dualchi" (*Plio-Pleistocene*).

Tale sub-unità, appartenente al *Ciclo vulcanico ad affinità alcalina, transizionale e subalcalina del Plio-Pleistocene*, relativa ai Basalti della Campeda-Planargia, è costituita da colate andesitiche-basaltiche e basaltiche debolmente alcaline e alcalini, olocristalline, porfiriche con fenocristalli di Olivina, Plagioclasio, Pirosseni e rari xenocristalli quarzosi; trachibasalti e trachibasalti debolmente alcalini, da olocristallini ad ipocristallini, variamente porfirici per fenocristalli di Plagioclasio, Olivina, Clinopirosseno e Biotite, con rari xenocristalli quarzosi e noduli peridotitici e gabbrici (Figg. 8, 9, 10a-b).

Per una precisa ricostruzione della successione dei terreni ivi presenti si rimanda ad eventuali indagini in situ.



Fig. 8: Terreni lavici presenti nelle aree progettuali.



Fig. 9: Terreni lavici presenti nelle aree progettuali.

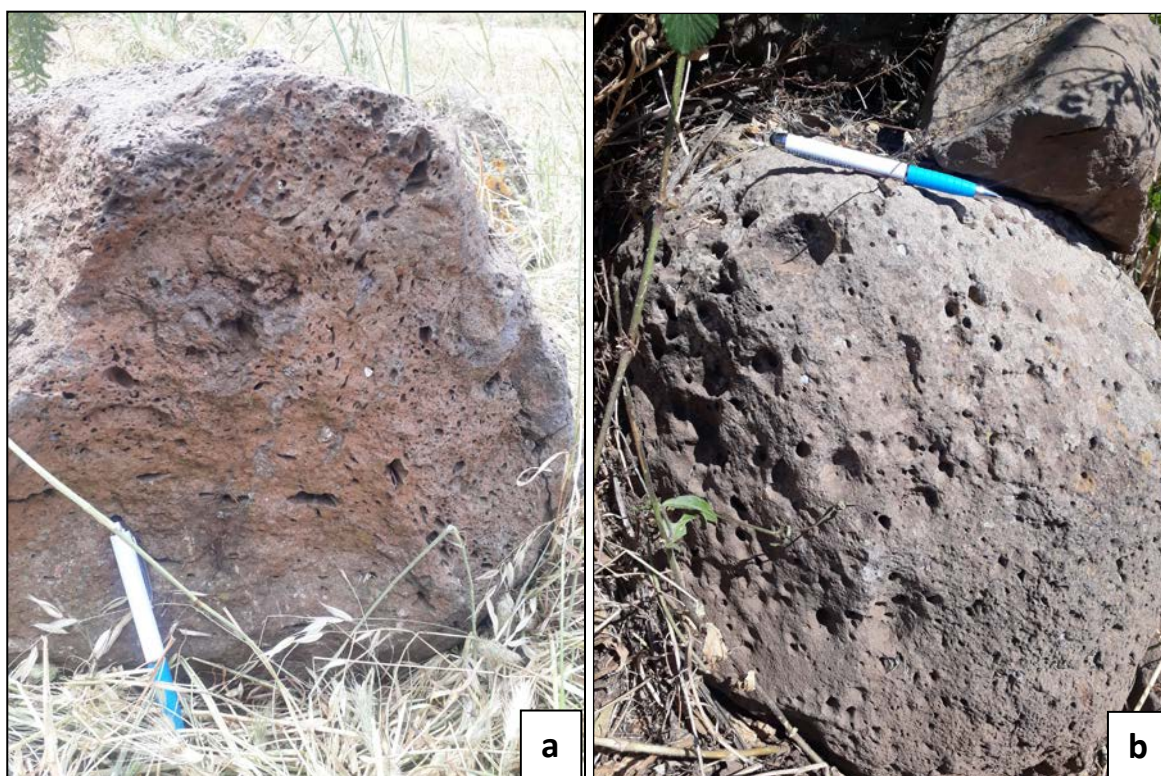


Fig. 10a-b: Blocchi lavici eterometrici presenti entro i campi progettuali.

5. IDROGRAFIA E IDROGEOLOGIA

Il territorio della Sardegna viene considerato un bacino unico idrografico, suddiviso sulla base di studi di settore (SISS, Piano Acque) in sette sub-bacini ognuno caratterizzato da generali omogeneità geomorfologiche, geografiche, idrologiche. Il territorio comunale di Macomer rientra nel Sub-Bacino idrografico del Tirso e nel Sub-Bacino idrografico del Coghinas-Mannu-Temo, il territorio comunale di Borore rientra nel Sub-Bacino idrografico del Tirso; in questi territori scorrono numerosi rii il cui regime ha un carattere prevalentemente torrentizio.

Per quanto concerne il Sub-Bacino idrografico del Tirso, tale fiume, insieme al Flumendosa, rappresenta la maggiore risorsa idrica superficiale della regione. Tra i suoi diversi affluenti il più importante in sinistra è il Fiume Taloro che confluisce direttamente nel lago Omodeo ed è interessato da importanti opere di invaso ad uso plurimo; il secondo più importante, anch'esso in sinistra, è il Rio Araxixi, denominato anche Rio Flumineddu di Allai e Rio Massari, a valle del Lago Omodeo e in corrispondenza del nuovo lago della diga Cantoniera. Sempre in sinistra vi sono poi il Rio Mannu di Benetutti, il Rio Liscoi-Badu Ozzastru e il Rio Mannu di Simaxis, mentre in destra vi è il Rio Murtazzolu poco a monte del Lago Omodeo.

Riguardo al Sub-Bacino idrografico del Coghinas-Mannu-Temo i fiumi principali sono il Rio Mannu di Porto Torres, il Rio Minore che si congiunge al Mannu in sponda sinistra, il Rio Carrabusu affluente dalla sinistra idrografica, il Rio Mascari affluente in sponda destra nel tratto mediano, il Fiume Coghinas con i suoi numerosi affluenti e il Fiume Temo, unico caso in Sardegna ad essere navigabile con piccole imbarcazioni prima dello sbocco in mare tramite un ampio estuario, esso riceve il contributo da diversi affluenti quali il Rio Sa Entale in destra idrografica e il Rio Ponte Enas in sinistra. In entrambi i sub-bacini è presente inoltre una ricca serie di rii minori.

Restringendo l'analisi al sito di interesse progettuale, i corsi d'acqua principali presenti nell'area in studio sono il Rio Mene che, con direzione circa W-E, scorre a poco più di 1,2 km a Nord dai lotti di progetto e il Rio Siddo, anch'esso con direzione circa W-E, distante poco più di 1,3 km a Sud (Fig. 11).

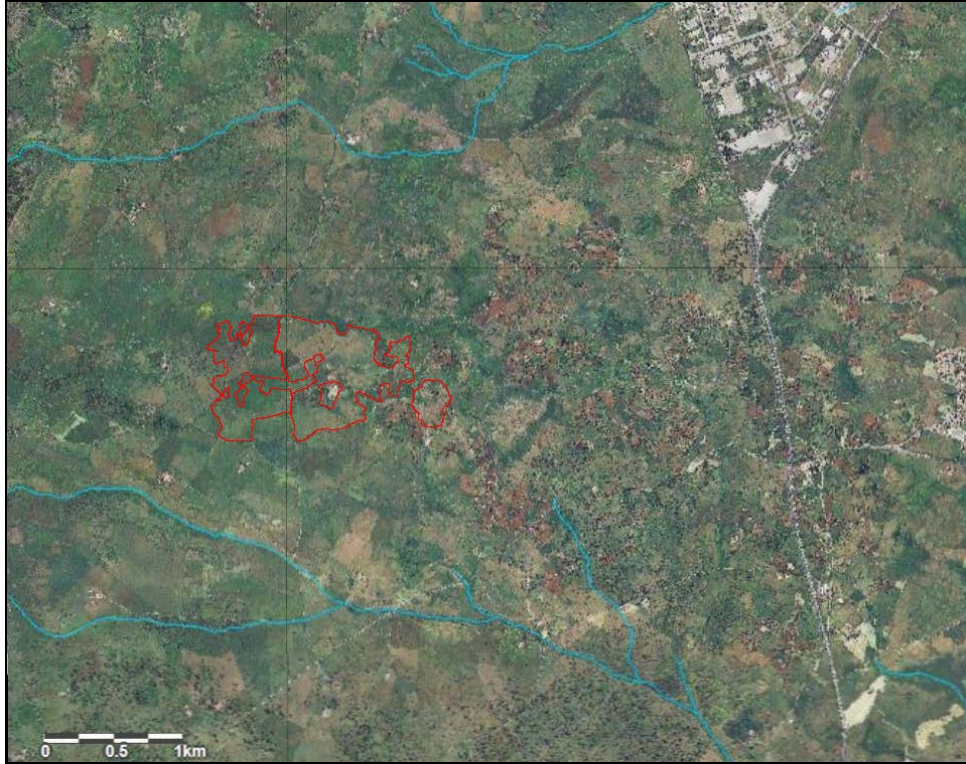
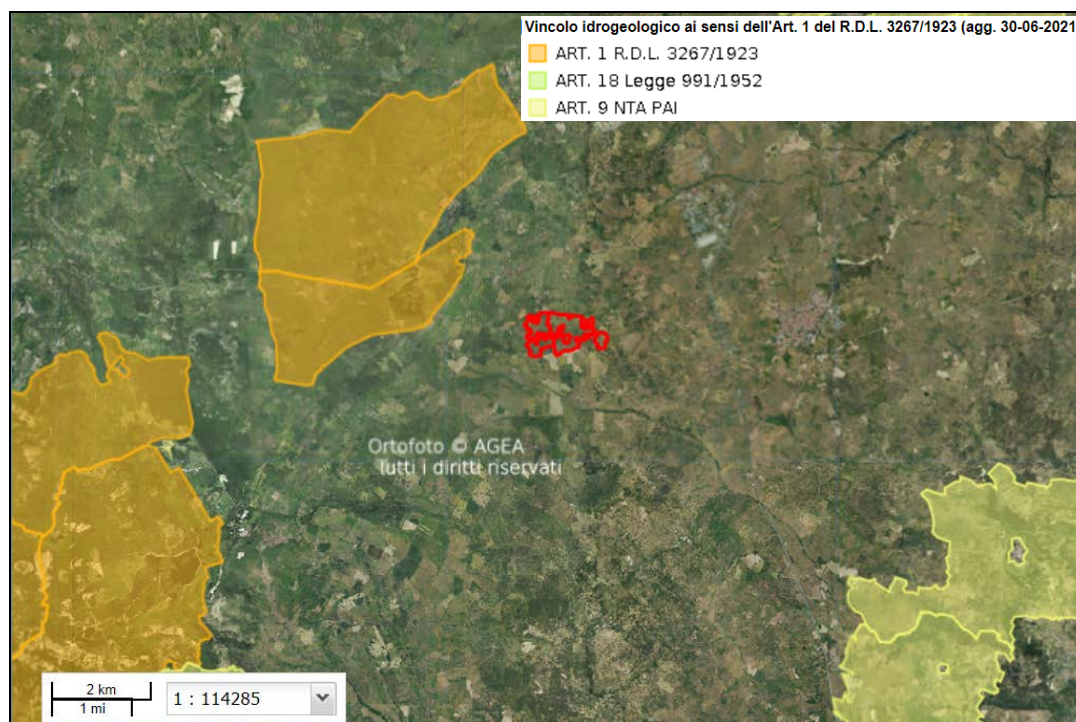


Fig. 11: Immagine estratta dal visualizzatore del Geoportale Nazionale – Ministero dell’ambiente. In rosso il poligono delle aree di progetto.

Per quanto riguarda la circolazione delle acque sotterranee essa è strettamente influenzata dalla natura dei litotipi presenti in quanto ne determina il tipo ed il grado di permeabilità. I terreni vulcanici, ad esempio, principalmente presenti in tale settore della Sardegna, possono mostrare una permeabilità primaria, legata alla porosità, e/o una permeabilità secondaria, data dall’entità di fessurazione; locali interruzioni della permeabilità si verificano quando la roccia è massiva oppure in corrispondenza di porzioni scoriacee alterate, in relazione alla presenza di settori fortemente argillificati. A tali terreni, pertanto, è possibile attribuire un livello di Permeabilità medio e possono essere sede di falde acquifere profonde.

Ciò considerato, nell’area di progetto, salvo le possibili eterogeneità nella distribuzione dei terreni ivi presenti e la relativa presenza di piccole falde sospese e/o a carattere stagionale a varie profondità, si può escludere che la presenza di falde acquifere di notevole interesse possa interferire con le opere in progetto.

Come mostra la figura 12 sotto riportata, inoltre, si può notare come nessun settore dell'area di progetto ricade all'interno di una zona sottoposta a "vincolo idrogeologico" (vincolo derivante dai seguenti articoli di Legge: Art. 1 del R.D.L. 3267/23; Art. 18 del L. n° 991/52; Art. 9 delle Norme Tecniche di Attuazione del PAI).



*Fig. 12: Immagine estratta dal "Sardegna Geoportale" relativa al Vincolo Idrogeologico (2021), su base Ortofoto.
 In rosso i poligoni di progetto.*

6. QUADRO TETTONICO-STRUTTURALE

L'assetto tettonico-strutturale della zona considerata va inquadrato necessariamente all'interno di un contesto più ampio; la Sardegna, difatti, riflette una storia geologica molto articolata, che testimonia, in maniera più o meno completa, alcuni dei grandi eventi geodinamici a partire da più di 300 milioni di anni fa (Ercinico, Tetideo ed Alpino s.l.). La storia tettonica della Sardegna passa attraverso subduzione di crosta oceanica, successiva collisione continentale e ispessimento crostale (Fig. 13e), a cui si sovrappone l'evoluzione post-collisionale con il collasso gravitativo del cuneo orogenico (Fig. 13f).

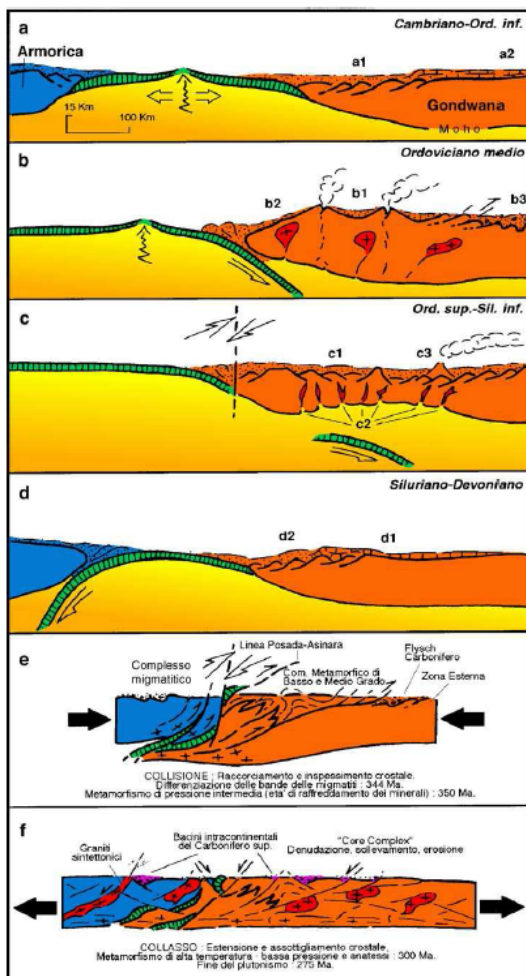


Fig. 13: Schema dell'evoluzione geodinamica del Basamento ercinico sardo: (a) Cambriano-Ordoviciano inferiore; (b) Ordoviciano medio; (c) Ordoviciano superiore-Siluriano inferiore; (d) Siluriano-Devoniano; (e) Carbonifero inferiore; (f) Carbonifero superiore-Permiano.

(Carmignani L., et all., *Geologia della Sardegna – Tettonica delle Coperture Post-erciniche*).

Dall'orogenesi Ercinica all'inizio del Cenozoico la Sardegna è stata interessata da diverse deformazioni di modesta entità; l'evoluzione tettonica più importante è da riferire principalmente alla tettonica terziaria e quaternaria. I maggiori lineamenti morfostutturali dell'isola derivano difatti dalle deformazioni compressive e distensive oligomioceniche, connesse rispettivamente con margine collisionale della Corsica nord-orientale e con l'apertura del Bacino Balearico e del Bacino del Mar Tirreno. Nell'Oligocene-Miocene, attraverso un movimento rotazionale antiorario di 30°-35°, la Sardegna insieme alla Corsica (Blocco Sardo-Corso) si stacca dal margine meridionale della Placca Europea di appartenenza assumendo la posizione attuale; l'apertura del Bacino Balearico (Miocene inf.) ne va a definire il margine occidentale mentre l'apertura successiva del Bacino del Mar Tirreno (tardo Miocene) ne va a definire il margine orientale (Fig. 14).

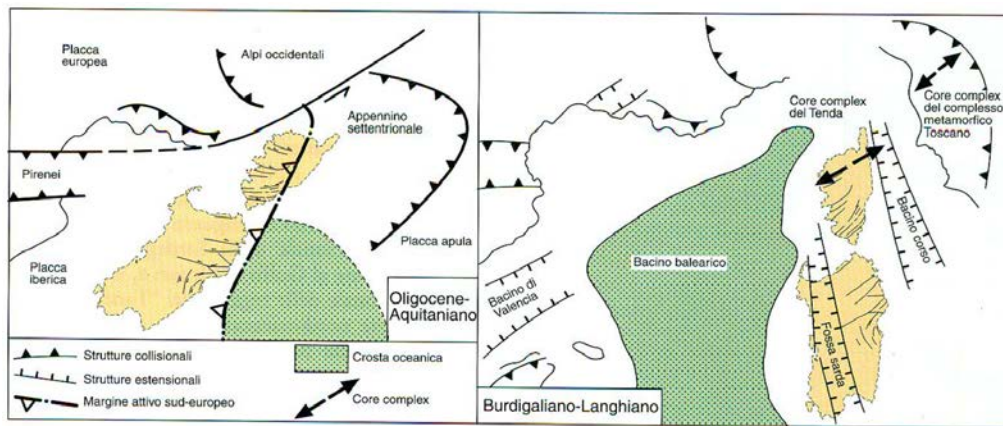


Fig. 14: Ricostruzione geodinamica della Sardegna e della Corsica, (a) all'Oligocene sup.-Aquitaniiano; (b) al Burdigaliano-Langhiano. (Carmignani L., et all.. Geologia della Sardegna – Tettonica delle Coperture Post-erciniche).

Gli elementi strutturali principali derivanti da tali eventi tettonici, oltre alla strutturazione di fosse tettoniche (Golfo di Palmas e del Campidano con le sue prosecuzioni a mare, golfi di Oristano e Cagliari) e di bacini (Fossa sarda Auct.), sono rappresentati da faglie trascorrenti NE-SW, concentrati nella Sardegna centro-settentrionale (Fig. 15), e da diverse faglie dirette a basso ed alto angolo che vanno a delimitare strutture di horst e graben.

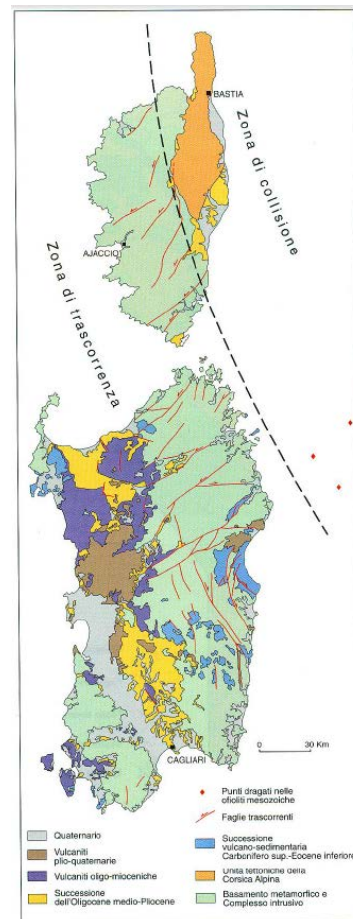


Fig. 15: Schema strutturale mostrandone i principali lineamenti della tettonica trascorrente terziaria in Sardegna e in Corsica. (Carmignani L., et all.. Geologia della Sardegna – Tettonica delle Coperture Post-erciniche).

Restringendo l'analisi all'area di progetto, in essa non si rilevano strutture di particolare rilievo morfostrutturale se non i lineamenti che hanno portato all'attuale conformazione; dalla figura 16, di seguito riportata, estratta dal GeoMapView del Progetto ITHACA dell'ISPRA (catalogo delle faglie capaci in Italia, sul Portale del Servizio Geologico d'Italia), si evince che nel ristretto sito di interesse non si riscontra la presenza di faglie o altre strutture tettoniche rilevanti.

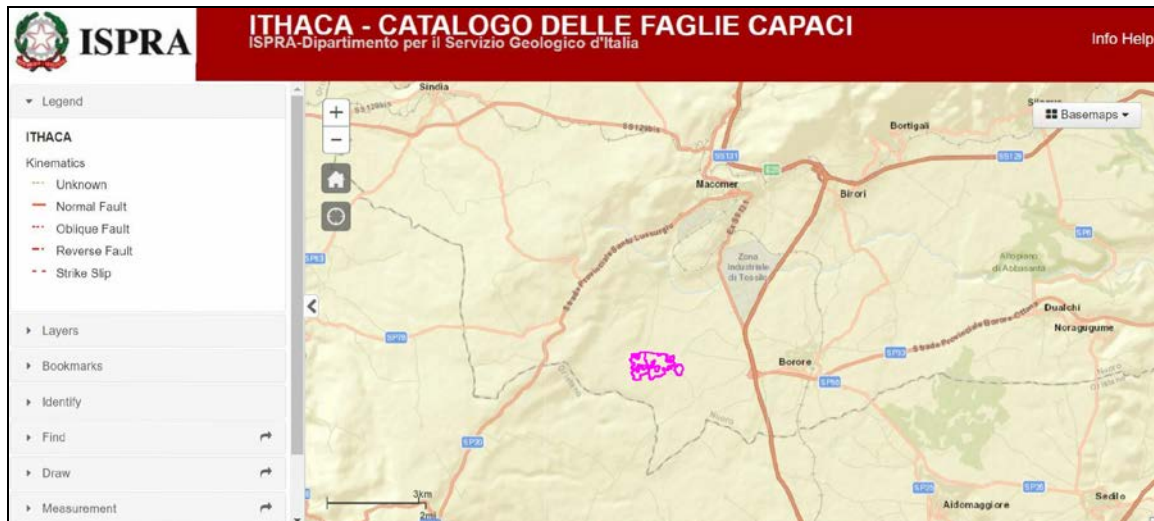


Fig. 16: Immagine estratta dal GeoMapView Ithaca - ISPRA. In viola i poligoni delle aree di progetto.

7. SISMICITÀ DELL'AREA

Secondo il Decreto Ministeriale del 17.01.2018, entrato in vigore dal 22 marzo 2018 (NTC 18), riguardante "l'Aggiornamento delle Norme Tecniche per le costruzioni", nella fase preliminare di progetto bisogna tener conto di un quadro sismico a livello comunale.

Per l'analisi della storia sismica della zona di interesse sono stati presi in considerazione i dati acquisiti dai cataloghi ufficiali dal sito degli INGV, in particolare il Catalogo Parametrico dei terremoti italiani (CPTI15), riferitosi al database macrosismico (DBMI15) che fornisce una gamma di dati relativi alla intensità macrosismica dei terremoti che interessano le aree in esame, con Intensità massima maggiore o uguale a 5 in una finestra temporale 1000-2020. Dalla ricerca condotta è emerso che nella storia sismica dei Comuni di Macomer e Borore (NU) non sono stati registrati eventi sismici di particolare importanza (Fig. 17-19). Unico evento segnato è quello avvenuto il 26 Aprile 2000 con epicentro nel Tirreno centrale ed una Magnitudo di 4.77, avvertito a Macomer con una Intensità al sito pari a 3 (scala MCS) e non percepito a Borore. Tale evento si manifestò con due scosse immediatamente consecutive avvertite nitidamente dalla popolazione di Olbia e della costa orientale sarda, ben percepita fu anche a Sassari, Nuoro e Cagliari, i danni ai centri abitati furono comunque di lieve entità (Fig. 20).

Gli scarsi eventi sismici registrati sono conseguenza del fatto che "la Sardegna è un'isola considerata ferma da diversi milioni di anni dal punto di vista dell'evoluzione geologica; il territorio non è direttamente interessato da una tettonica attiva e i rari terremoti che avvengono in genere si verificano lungo le coste, dove sono presenti delle antiche faglie che, ogni tanto, possono dar luogo a eventi sismici"³

Negli anni più recenti altri terremoti sono stati registrati nel territorio in esame, non riportati nell'elenco in quanto di minore entità.

Macomer	
PlaceID	IT_68488
Coordinate (lat, lon)	40.265, 8.779
Comune (ISTAT 2015)	Macomer
Provincia	Nuoro
Regione	Sardegna
Numero di eventi riportati	1

Effetti	In occasione del terremoto del								
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	Io Mw
3	2000	04	26	13	37	4	Tirreno centrale	265	4.77

Fig. 17: Eventi sismici significativi per il Comune di Macomer dal database DBMI15.

³ Carlo Meletti, Direttore della Sezione di Pisa dell'INGV.

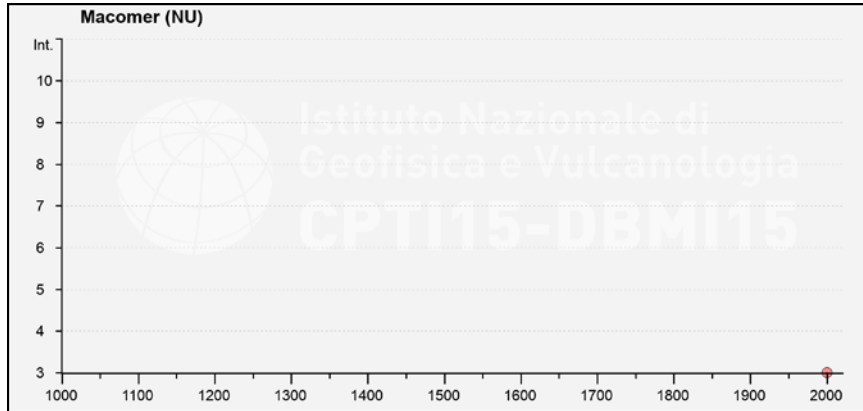


Fig. 18: Diagramma intensità-tempo preso dai cataloghi ufficiali DBMI15 relativo agli eventi sismici storici significativi per il Comune di Macomer.

Borore	
PlaceID	IT_68427
Coordinate (lat, lon)	40.215, 8.803
Comune (ISTAT 2015)	Borore
Provincia	Nuoro
Regione	Sardegna
Numero di eventi riportati	1

Effetti		In occasione del terremoto del						
Int.	Anno Me Gi Ho Mi Se	Area epicentrale			NMDP	Io	Mw	
NF	2000 04 26 13 37 4	Tirreno centrale			265		4.77	

Fig. 19: Eventi sismici significativi per il Comune di Borore dal database DBMI15.

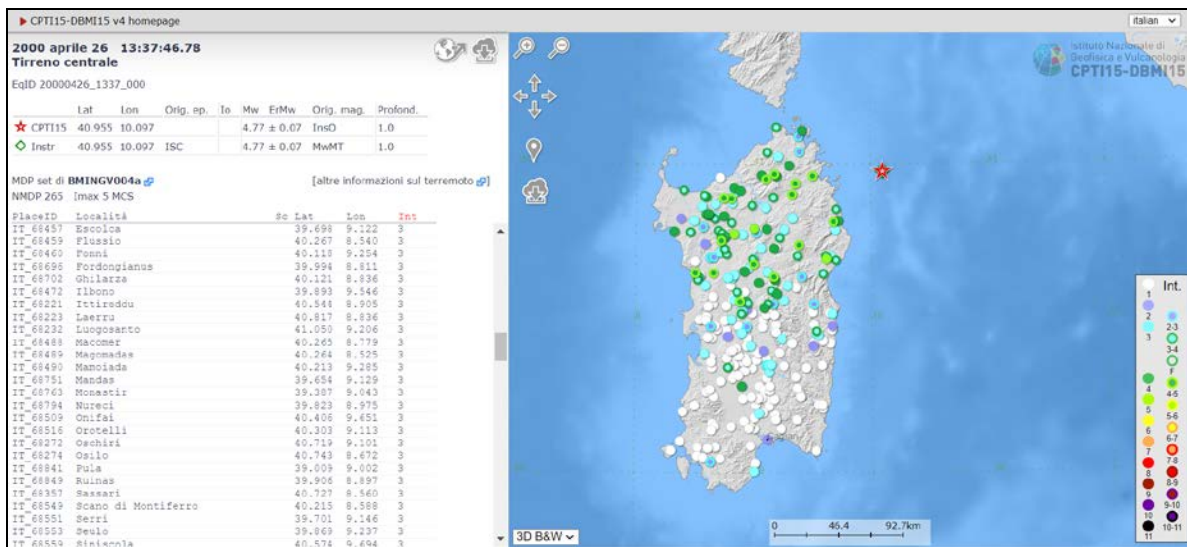


Fig. 20: Macrosismica del terremoto del 26 Aprile 2000, inquadramento dal Catalogo Macrosismico Italiano, https://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15/eq/20000426_1337_000

7.1. CLASSIFICAZIONE SISMICA

La pericolosità sismica è intesa come lo scuotimento del suolo atteso in un dato sito con una certa probabilità di eccedenza in un dato intervallo di tempo, più semplicemente è la probabilità che in un dato sito ed in un dato intervallo di tempo si verifichi uno scuotimento di un certo valore. L'analisi va basata sulla definizione di vari elementi di input (cataloghi dei terremoti, zone sorgente, ecc.) e di diversi parametri di riferimento (scuotimento in accelerazione o spostamento, tipo di suolo, ecc.). Con l'Ordinanza P.C.M. 3274/2003 (GU n.108 dell'8 maggio 2003) sul territorio nazionale italiano si avvia un processo per stimare la pericolosità sismica secondo dati, metodi e approcci condivisi a livello internazionale; da questo progetto si ottiene la "Mappa di Pericolosità Sismica 2004" (MPS04; Ordinanza P.C.M. 3519/2006, All.1b), la quale, in termini probabilistici, descrive la pericolosità sismica attraverso il parametro dell'accelerazione massima attesa con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni su suolo rigido e pianeggiante. Tale documento avrebbe così costituito la base per l'aggiornamento dell'assegnazione dei Comuni alle diverse zone sismiche. I criteri per l'aggiornamento della mappa di pericolosità sismica sono stati definiti nell'Ordinanza del P.C.M. n. 3519/2006, che ha suddiviso l'intero territorio nazionale italiano in quattro zone sismiche sulla base del valore dell'accelerazione orizzontale massima (a_g) con una probabilità del 10% di essere superata in 50 anni, su suolo rigido o pianeggiante.

Sulla base dell'aspetto strutturale e sismologico, secondo la classificazione sismica indicata nell'Ordinanza P.C.M. n. 3274/2003, aggiornata con la Delibera della Giunta Regionale della Sardegna n. 15/31 del 30.03.2004, i Comuni di Macomer (NU) e Borore (NU) vengono inseriti in "zona sismica 4", zona con la pericolosità sismica molto bassa dove le possibilità di danni sismici sono basse (Tab. 1).

Zona	Accelerazione con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni (a_g)	Accelerazione orizzontale massima convenzionale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico (a_g)
1	$0,25 < a_g \leq 0,35g$	0,35g
2	$0,15 < a_g \leq 0,25g$	0,25g
3	$0,05 < a_g \leq 0,15g$	0,15g
4	$\leq 0,05g$	0,05g

Tabella 1

8. CENNI SULLE CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DEI TERRENI AFFIORANTI

Le aree in studio sono ubicate prevalentemente su terreni attribuibili alle vulcaniti della Sub-Unità di Dualchi, le quali si presentano lapidei, fratturate e in parte alterate soprattutto nelle parti esposte agli agenti atmosferici.

Il comportamento meccanico delle rocce laviche viene in parte influenzato dai sistemi di discontinuità presenti in esse, in quanto vanno ad interromperne la continuità fisica diminuendone le proprietà geomeccaniche; inoltre, le caratteristiche tecniche tendono ad essere più scadenti anche in corrispondenza dei livelli scoriacei che si ritrovano tra le diverse colate, in quanto si presentano meno compatte e spesso argillificate. Da un punto di vista geomeccanico le diverse facies petrografiche che compongono la serie basaltica non mostrano sostanziali differenze.

Di seguito vengono, dunque, riportati i parametri generali dei termini lavici ricavati da dati di letteratura e reperibili on-line:

- peso specifico apparente $\gamma = 19 \div 21 \text{ kN/m}^3$;
- angolo di attrito interno $\varphi = 35^\circ \div 40^\circ$.

Per la caratterizzazione dei parametri geotecnici dei terreni di interesse si rimanda ad indagini in situ e analisi di laboratorio prima dell'inizio della fase esecutiva dei lavori.

9. CONCLUSIONI

Sulla base degli elementi raccolti mediante tale studio si può riassumere quanto segue:

- Geograficamente le aree interessate dal progetto si collocano nel settore centro-occidentale della Sardegna, all'interno dei territori dei Comuni di Macomer e Borore (NU). Secondo la cartografia in scala 1:25.000 dell'IGM tali aree rientrano nella Tavoleta I-SO denominata "Borore" del Foglio 206; nella carta CTR in scala 1:10.000 si ritrovano nel Foglio 498130 "Monte Sant'Antonio" e nel Foglio 498140 "Borore".
- Dal punto di vista geomorfologico la zona entro la quale si ritrovano i lotti progettuali mostra una morfologia pianeggiante solcata dalle incisioni di diversi corsi d'acqua; nello specifico l'intera area progettuale ha un'estensione complessiva di 87,35 ha, i diversi lotti di progetto si sviluppano tra una quota minima di 444 m s.l.m. ed una quota massima di 502 m s.l.m. e presentano lineamenti pianeggianti.

Dalla consultazione della cartografia del PAI è stato possibile verificare che nessun settore dell'area di progetto ricade in zone entro le quali vengono perimetrate aree a Pericolosità Idrogeologica.

- I terreni prevalentemente affioranti nella ristretta area di progetto sono attribuibili ai basalti e vulcaniti della "Sub-Unità di Dualchi" (Plio-Pleistocene).
- Idrograficamente la zona ove si colloca il sito di progetto si mostra solcata da diversi corsi d'acqua, tra i principali vi sono il Rio Mene che, con direzione circa W-E, scorre a poco più di 1,2 km a Nord dai lotti di progetto e il Riu Siddu, anch'esso con direzione circa W-E, che scorre a poco più di 1,3 km a Sud.

Dal punto di vista idrogeologico, considerata la permeabilità media dei terreni ivi presenti, si può escludere che la presenza di falde acquifere di particolare importanza possa interferire con le opere in progetto; non si può comunque escludere la presenza di piccole falde sospese e/o a carattere stagionale di scarso interesse a profondità inferiori.

Nessun settore dell'area di progetto, inoltre, ricade all'interno di zone sottoposte a "Vincolo Idrogeologico"

- Dalla consultazione del Progetto ITHACA dell'ISPRA (catalogo delle faglie capaci in Italia, sul Portale del Servizio Geologico d'Italia) nel ristretto sito d'interesse non vengono individuate strutture tettoniche di particolare rilievo.
- Dall'analisi della sismicità, secondo la classificazione sismica indicata nell'Ordinanza P.C.M. n. 3274/2003, aggiornata con la Delibera della Giunta Regionale della Sardegna n.

15/31 del 30.03.2004, i Comuni di Macomer (NU) e Borore (NU) vengono inseriti in “zona sismica 4”, zona con la pericolosità sismica molto bassa dove le possibilità di danni sismici sono basse.

- Per la caratterizzazione geotecnica dei terreni di interesse sono stati proposti i parametri geotecnici generali, reperibili on-line ed in letteratura, relativi ai termini lavici. Per approfondimenti relativi alla verifica delle caratteristiche geotecniche dei terreni e alla ricostruzione dei loro rapporti stratigrafici si rimanda a ulteriori indagini in situ e di laboratorio in fase esecutiva.

A conclusione di tale studio si evince come l’area di interesse progettuale non presenti particolari problematiche che potrebbero compromettere la realizzazione e la funzionalità dell’opera in progetto.

I lotti progettuali risultano totalmente esterni alle aree perimetrate dal PAI a Rischio e Pericolosità Idrogeologica; inoltre, nessuno di essi ricade all’interno di aree soggette a vincolo idrogeologico.

Considerata la morfologia pianeggiante dei campi progettuali, sarebbe convenevole la pianificazione di un adeguato studio idraulico per la regimazione delle acque superficiali.

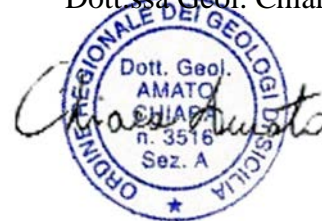
La realizzazione dell’opera in questione, comunque, è tale da non determinare condizioni di instabilità in quanto non modificherà negativamente le condizioni ed i processi geomorfologici della zona, sia in fase di cantiere che di esercizio.

Pertanto, dal punto di vista geologico, nel rispetto delle raccomandazioni riportate in tale studio si può affermare che l’area in esame può essere dichiarata idonea alla realizzazione del parco agrivoltaico in progetto.

Nicolosi, 05/08/2022

Il Tecnico

Dott.ssa Geol. Chiara Amato



Bibliografia e sitografia

- AA. VV. (Luglio 2004) – Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.) Bacino Unico Regionale – Relazione Generale. Regione Autonoma della Sardegna, Assessorato Lavori Pubblici.
- AA. VV. (Settembre 2005) – Progetto IFFI Regione Sardegna. Regione Autonoma della Sardegna, Assessorato della Difesa e dell'Ambiente, Servizio Protezione civile, Tutela del suolo e Politiche forestali.
- AA. VV. (2021) – Piano di gestione del rischio di alluvioni (PGRA) - secondo ciclo di pianificazione – Relazione generale. Regione Autonoma della Sardegna. Presidenza, Autorità di Bacino Regionale della Sardegna.
- AA. VV. (Novembre 2015) – Piano di gestione del SIC – “Altopiano Campeda” ITB021101 – Studio generale.
- Carmignani L., et all.. Carta Geologica della Sardegna, scala 1:200.000. Regione Autonoma della Sardegna. Servizio Geologico Nazionale.
- AA. VV.. Piano Comunale di Protezione Civile – Sezione 2 - Relazione generale (rev011).
- Carmignani L., et all.. Carta Geologica della Sardegna, scala 1:200.000. Regione Autonoma della Sardegna. Servizio Geologico Nazionale.
- Carmignani L., et all.. (1997). Carta Geologica della Sardegna - Note illustrative della Carta Geologica della Sardegna a scala 1:200.000. Regione Autonoma della Sardegna. Servizio Geologico Nazionale.
- Carmignani L., et all.. Geologia della Sardegna – Tettonica delle Coperture Post-erciniche. https://www.isprambiente.gov.it/files2017/pubblicazioni/periodici-tecnici/memorie-descrittive-della-carta-geologica-ditalia/volume-60/memdes_60_coperture_post_erciniche_6.pdf
- ITHACA Working Group (2019). ITHACA (Italy HAZard from CApable faulting), A database of active capable faults of the Italian territory. Version December 2019. ISPRA Geological Survey of Italy. Web Portal. <http://sgi2.isprambiente.it/ithacaweb/Mappatura.aspx>
- Locati M., Camassi R., Rovida A., Ercolani E., Bernardini F., Castelli V., Caracciolo C.H., Tertulliani A., Rossi A., Azzaro R., D'Amico S., Antonucci A. (2022). Database Macrosismico Italiano (DBMI15), versione 4.0. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV). <https://doi.org/10.13127/DBMI/DBMI15.4>
- Stucchi M., Meletti C., Montaldo V., Akinci A., Faccioli E., Gasperini P., Malagnini L., Valensise G. (2004). Pericolosità sismica di riferimento per il territorio nazionale MPS04 [Data set]. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV). <https://doi.org/10.13127/sh/mps04/ag>