



Nora Ventu S.r.l.

Relazione Geologica

Progetto Preliminare per la Realizzazione di un Parco Eolico Offshore - Cagliari - Nora Energia 1

Doc. No. P0025305-4-SAS-H10 Rev.0 - Aprile 2022

Rev.	Descrizione	Preparato da	Controllato da	Approvato da	Data
0	Prima Emissione	MCC/RP	FRZ	AGNMU	04/04/2022

Tutti i diritti, traduzione inclusa, sono riservati. Nessuna parte di questo documento può essere divulgata a terzi, per scopi diversi da quelli originali, senza il permesso scritto di RINA Consulting S.p.A.

INDICE

	Pag.
LISTA DELLE TABELLE	2
LISTA DELLE FIGURE	2
1 PREMESSA	4
2 SCOPO DEL LAVORO	5
3 AREA A MARE	6
3.1 INQUADRAMENTO GEOLOGICO-STRUTTURALE	6
3.1.1 Tettonica e Sismicità	7
3.1.2 Maremoti Generati da Sismi	10
3.2 INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO	11
3.3 ASSETTO MORFO-BATIMETRICO	14
3.3.1 Dati Disponibili	14
3.3.2 Batimetria	14
3.3.3 Morfologia	16
3.3.4 Assetto Litostratigrafico	17
3.3.5 Campionamenti In-Situ	18
4 AREA A TERRA	19
4.1 INQUADRAMENTO GEOLOGICO	20
4.2 INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO E IDROGRAFICO	24
4.3 INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO	29
4.4 TETTONICA E SISMICITA'	32
4.5 INQUADRAMENTO TETTONICO	32
4.6 SISMICITA' STORICA	33
4.7 CLASSIFICAZIONE SISMICA	34
4.8 CARATTERISTICHE GEOLOGICHE E STRATIGRAFICHE LOCALI	35
5 CONCLUSIONI	38
REFERENZE	39

LISTA DELLE TABELLE

Table 4.1:	Dati Climatici – Sarroch	29
------------	--------------------------	----

LISTA DELLE FIGURE

Figura 1.1:	Sito di interesse	4
Figura 3.1:	Assetto geodinamico del Mediterraneo Centrale (modificata da Ref. [3])	6
Figura 3.2:	Modelli Sismotettonici Esistenti	8
Figura 3.3:	Catalogo dei Terremoti Italiani dall'anno 1000 al 2019	9
Figura 3.4:	Mappa classificazione sismica sul territorio italiano (Ref. [17])	10
Figura 3.5:	NEAM Probabilistic Tsunami Hazard Model 2018 (Refs.[19] & [20])	10
Figura 3.6:	Schema Morfostrutturale del Golfo di Cagliari (Ref. [21])	11
Figura 3.7:	Carta Geomorfologica della Piattaforma e della Scarpata Continentale Antistante il Golfo di Cagliari (modificato da Ref. [8])	12
Figura 3.8:	Carta Geomorfologica della Piattaforma e della Scarpata Continentale della Sardegna Meridionale. Il riquadro blu indica, in marinera approssimata, l'area destinata al parco eolico (modificato da Ref. [10])	12
Figura 3.9:	DTM e batimetria dell'area marina di interesse (dati: EMODNet)	15
Figura 3.10:	Carta delle pendenze dell'area marina di interesse (dati: EMODNet)	15
Figura 3.11:	Profilo lungo il cavidotto A-B	15
Figura 3.12:	Elementi morfobatimetrici presenti nel sito. I rettangoli neri indicano i Fogli Progetto Magic F60 (Cagliari), F61 (Tavolara) F62 (Toro Vacca) (Ref. [30])	16
Figura 3.13:	Substrato nell'area di studio (fonte: EMODNet Geology Ref. [29])	18
Figura 4.1:	Localizzazione approdo dei cavidotti (inquadramento e dettaglio)	19
Figura 4.2:	Tracciato a terra dei cavidotti fino alle stazioni terna (O)	20
Figura 4.3:	Principali complessi geologici della Sardegna meridionale (Ref. [1]) (zona approdo o e area tracciato a terra □)	21
Figura 4.4:	Carta Geologica dell'area di approdo (da Carta Geologica d'Italia, scala 1:50'000) (Sito: o)	22
Figura 4.5:	Carta Geologica dell'area del tracciato a terra (da Carta Geologica d'Italia, scala 1:100'000) (tracciato a terra □)	23
Figura 4.6:	Carta Geologica della seconda parte tracciato a terra verso stazione Terna di Selargius	24
Figura 4.7:	Pericolo Frana (Iffi) localizzazione del sito di progetto (O).	25
Figura 4.8:	Rischio geomorfologico e idraulico (PAI) (Fonte: Geoportale Regione Sardegna) e localizzazione del sito di progetto (O).	25
Figura 4.9:	Pericolosità da fenomeni franosi e esondazioni del tracciato a terra (Progetto Iffi)	26
Figura 4.10:	Idrografia Superficiale, U.I.O. di Cixerri e localizzazione del sito di progetto (O).	27
Figura 4.11:	Sottobacini Idrografici nell'area di approdo (B) (O Area di Approdo)	28
Figura 4.12:	Idrografia Superficiale, U.I.O. di Flumini Mannu e localizzazione dell'area del tracciato (O).	29
Figura 4.13:	Complessi Acquiferi presenti nella U.I.O. Cixerri e Flamini Mannu (PTA)	30
Figura 4.14:	Carta delle Permeabilità (Fonte: Geoportale Regione Sardegna)	31
Figura 4.15:	Mappa delle Sorgenti Sismogenetiche nell'intorno della Sardegna (Ref. [12]) (zona approdo o e area tracciato a terra □)	32
Figura 4.16:	Mappa delle faglie 'Capaci': A nell'Area di progetto (zona approdo o e area tracciato a terra □), B nel primo tratto di tracciato a terra.	33
Figura 4.17:	Magnitudo dei Terremoti nell'intorno dell'area di progetto estratti dal database CPTI15 (INGV) (zona approdo o e area tracciato a terra □)	33

Figura 4.18:	Intensità massime dei Terremoti Risentiti a nell'area vasta di progetto, estratte dal CPTI15 (zona approdo o e area tracciato a terra □)	34
Figura 4.19:	Carta delle Accelerazioni Massime del Suolo (INGV) (zona approdo o e area tracciato a terra □)	35
Figura 4.20:	Area di Approdo con Localizzazione della Sottostazione e traccia cavidotti.	36
Figura 4.21:	Area della Sottostazione	36
Figura 4.22:	Spiaggia interessata dall'approdo a terra dei cavidotti di progetto	37
Figura 4.23:	Area retrostante la spiaggia dell'approdo	37

1 PREMESSA

La presente relazione è stata commissionata da Nora Ventu S.r.l. (la Committente), Società controllata dal partenariato di Falck Renewables Spa, operatore internazionale nel campo delle energie rinnovabili, attivo nello sviluppo, nella progettazione, realizzazione e gestione di impianti di produzione di energia pulita da fonte eolica e solare e presente in 13 Paesi, e BlueFloat Energy, uno sviluppatore internazionale di progetti offshore con un'esperienza unica nella tecnologia galleggiante.

La Committente è intenzionata a realizzare un parco eolico offshore composto da 53 aerogeneratori, per una taglia totale di 795 MW, individuato tra il comune di Sant'Antioco ed il comune di Santa Margherita di Pula, in particolare nello specchio di mare nel Canale di Sardegna a sud ovest del Golfo di Cagliari.

Nel dettaglio la scelta di tale sito è stata effettuata tenendo conto della risorsa eolica potenzialmente disponibile, della distanza dalla costa, della profondità, della conformazione del fondale, dei possibili nodi di connessione alla Rete di Trasmissione Nazionale (RTN) gestita da Terna S.p.A. e, non da ultimo, minimizzando/evitando il più possibile le aree di maggior interferenza a livello ambientale. In questa zona il fondale ha una profondità molto variabile e in particolare l'area scelta per l'installazione delle turbine varia dai 150 m ai 550 m circa.

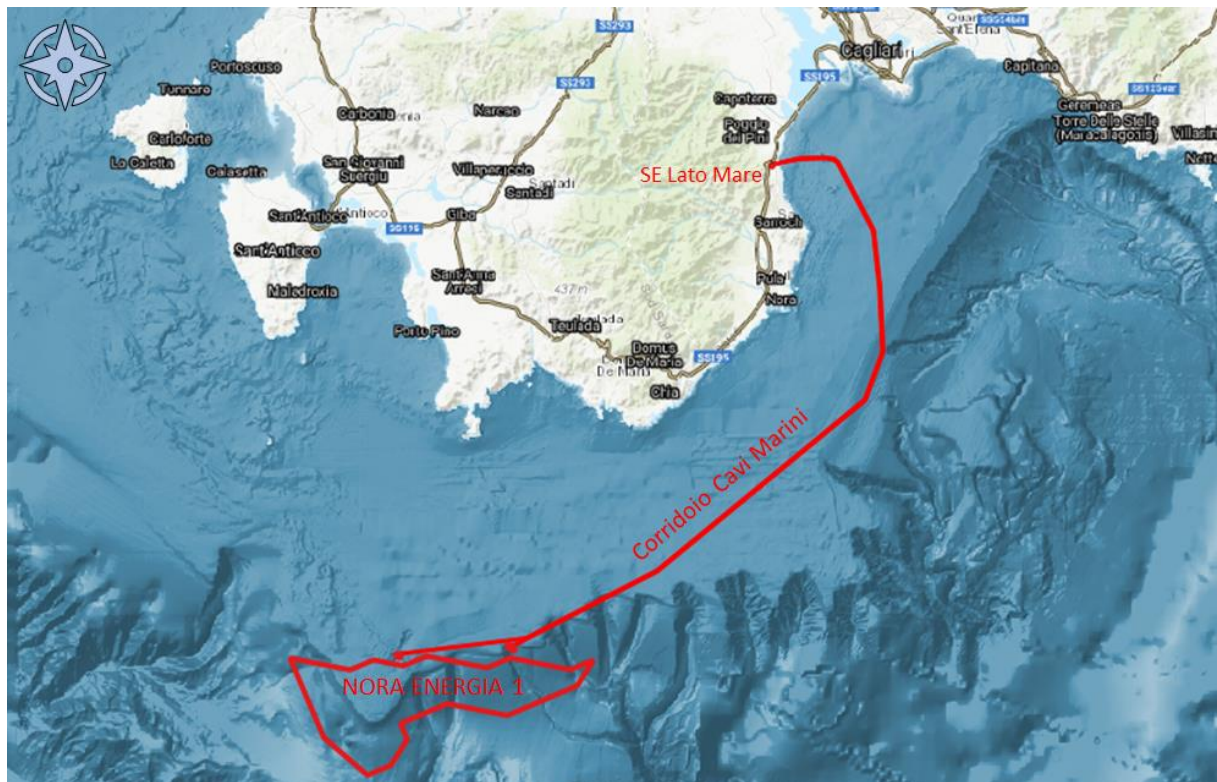


Figura 1.1: Sito di interesse

2 SCOPO DEL LAVORO

Nella presente relazione vengono descritte in via preliminare le caratteristiche geologiche sia delle aree a mare che a terra dove saranno posizionate le opere costituenti il parco eolico offshore di tipo floating.

L'analisi effettuata si basa su indagini geologiche e idrogeologiche preliminari, basate su dati bibliografici, rilevamenti geologici di inquadramento, risultati disponibili di indagini in sito e su osservazioni geologiche e geomorfologiche dirette in sito. Vengono illustrati e caratterizzati gli aspetti strutturali, geomorfologici e litostratigrafici del territorio in esame, fornendo un quadro a larga scala delle aree oggetto di indagine, caratterizzandole secondo la normativa vigente.

Quest'analisi preliminare dovrà essere seguita da campagne di indagini geofisiche e geotecniche di dettaglio in sito.

3 AREA A MARE

3.1 INQUADRAMENTO GEOLOGICO-STRUTTURALE

Dal punto di vista geodinamico la Sardegna rappresenta un frammento dell'Europa staccatosi durante la rotazione del blocco sardo-corso avvenuto nel Terziario in concomitanza con la formazione degli Appennini.

La Corsica e la Sardegna (chiamate dal punto di vista geodinamico Blocco sardo-corso) erano allineate alla costa dell'attuale Spagna fino a 30 Ma (milioni di anni fa). Da quel momento iniziò ad aprirsi il Mediterraneo occidentale. Tra l'Oligocene e l'Aquitano (Miocene), la Sardegna è stata coinvolta nel sistema di rifting che ha interessato tutta l'Europa occidentale (European Rift System) tra 21 Ma e 18 Ma fa, come conseguenza della convergenza tra Africa ed Europa. Il Blocco sardo-corso ruotò in direzione antioraria, con una velocità di circa in 4-5 cm/anno, fino ad arrivare nell'attuale posizione circa 14 milioni di anni fa (Ref. [1]). Tale periodo (Oligo-Miocene) fu caratterizzato da un'intensa attività tettonica e importante vulcanismo attivo di tipo calco-alcalino.

Il sito proposto si inquadra sul margine continentale della Sardegna meridionale, tra il Tirreno Meridionale settore Ovest (i.e. parte del cavidotto di collegamento verso terra) e il Canale di Sardegna (i.e parte del cavidotto e area del parco eolico) (Figura 3.1:).

La formazione del margine sud-occidentale sardo, di tipo divergente, è iniziata a partire dall'Oligocene-Miocene inferiore in seguito alla formazione del bacino del Mediterraneo occidentale, generato dalla subduzione verso N-NW delle placche Africana e Apula/Adria sotto alla placca Europea (Ref. [2]).

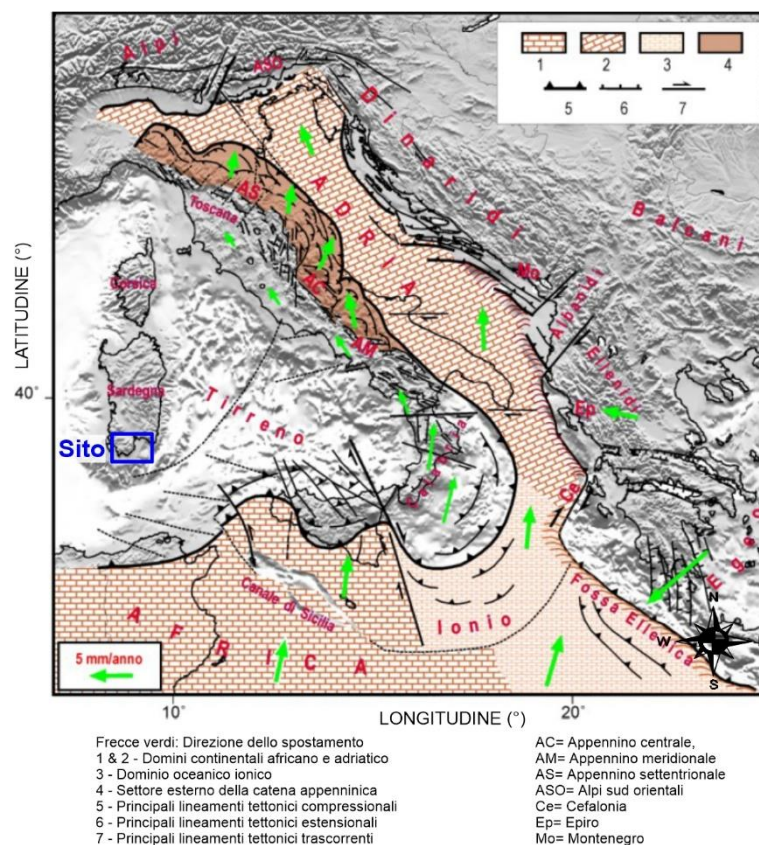


Figura 3.1: Assetto geodinamico del Mediterraneo Centrale (modificata da Ref. [3])

Dal Miocene inferiore, lungo il margine occidentale sardo si sviluppa un imponente prisma sedimentario progradante verso W, che poggia in discordanza sui depositi vulcanosedimentari di età aquitaniana e troncato superiormente dalla superficie di erosione messiniana (Refs. [3]; [4]).

Tra il tardo Miocene (10 milioni di anni fa) ed il Quaternario l'attività tettonica si è spostata verso Est; il margine sardo ha subito una segmentazione conseguente al regime estensionale collegato con l'apertura del bacino del Mar Tirreno e alla formazione dell'Appennino.

Nel Pliocene medio superiore sino al Pleistocene, l'apertura del bacino del Campidano, uno stretto graben sovrainposto alla più estesa fossa sarda, con orientazione NW-SE, ha portato all'attuale strutturazione del margine, caratterizzato da faglie dirette listriche e faglie trascorrenti, orientate NW-SE e NNE-SSW (Refs. [5]; [6]; [7]). Questi eventi estensionali hanno dato luogo ad un ciclo vulcanico Plio-quaternario lungo tutta l'isola che ha generato lave basaltiche da alcaline a sub-alcaline.

L'area di studio si trova nel margine continentale meridionale sardo. Tale settore è caratterizzato da un sistema deposizionale sottomarino controllato dalla tettonica distensiva pliocenica suddiviso in diversi bacini marginali (Ref. [9]), nei quali pervengono i contributi sedimentari dei vari segmenti di piattaforma continentale di due regimi deformativi (Ref. [10]). La struttura del margine, evidenziata in numerosi profili sismici acquisiti a partire dagli anni '70, è caratterizzata dalla sovrapposizione di due regimi successivi di deformazione. Il più antico corrispondente ad una fase compressiva di ispessimento crostale durante l'Oligocene – Miocene, contemporaneamente alla rotazione del blocco Sardo – Corso ed all'apertura del bacino Algero – Provenzale (Ref. [11]).

La fase deformativa più recente (Pliocene) è associata alla fase di rifting tirrenico, durante la quale si è avuta una tettonica distensiva con la migrazione verso est dell'Arco Calabro e la formazione degli Appennini meridionali, che ha portato ad un leggero assottigliamento della crosta terrestre, avvenuta prima della crisi messiniana. Tra Pliocene e Quaternario, circa tra 4 e 2 milioni di anni fa, avvenne lo sprofondamento del semi-graben del Campidano.

I caratteri morfostrutturali che controllano il bacino di Campidano meridionale condizionano l'assetto della piattaforma continentale antistante Cagliari. Infatti, il settore meridionale del Rift sardo, con la struttura del Graben del Campidano, prosegue in mare nel Golfo di Cagliari, sia sulla piattaforma continentale che nelle zone a maggiore pendenza. In questa area, la morfologia mostra lineamenti tettonici importanti che seguono la tettonica regionale. In particolare, il ciglio della piattaforma è orientato parallelamente ad un importante lineamento tettonico disposto a N130°, che porta all'esposizione di un versante di faglia ben definito ($> 40^\circ$) (Figura 3.6) (Ref. [8]).

3.1.1 Tettonica e Sismicità

La sismicità dell'area in corrispondenza del sito viene qui presentata per mezzo di potenziali modelli di sorgenti sismogenetiche e della distribuzione dei terremoti storici nell'area circostante.

I modelli di sorgenti sismogenetiche mostrati in Figura 3.2 includono:

- ✓ DISS (Database of Individual Seismogenic Sources, DISS Version 3.3.0; <http://diss.rm.ingv.it/dissGM/> dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (Ref. [12]);
- ✓ Seismic Hazard Harmonization in Europe (SHARE) model (Ref. [13]);
- ✓ ZS9 –Modello per l'Italia (Ref.[14]);
- ✓ Santulin et al. (2017) (Ref. [15]).

La scarsa sismicità della regione ha una spiegazione geologica, in quanto l'intero Blocco sardo-corso è tra le aree più tranquille del bacino mediterraneo ed è considerato stabile negli ultimi 7 milioni di anni. Nel tempo sono stati pochi i terremoti hanno interessato l'isola ed anch'essi sono stati generalmente di bassa intensità. I rari eventi si verificano in Sardegna sono legati all'attività delle faglie che bordano il Blocco sardo-corso sui vari lati, soprattutto su quello orientale e su quello meridionale (Ref. [16]).

A causa delle caratteristiche del basamento sardo, le onde sismiche sono trasmesse a grande distanza ma senza subire una forte attenuazione, pertanto terremoti anche di magnitudo non molto elevata vengono avvertiti su un'area molto vasta.

Come mostrano i modelli presentati in Figura 3.2, l'area di studio non ricade all'interno di sorgenti sismogenetiche individuali e composite e non presenta quindi faglie, inoltre in base ai cataloghi dei terremoti storici, non è stata soggetta ad eventi sismici importanti.

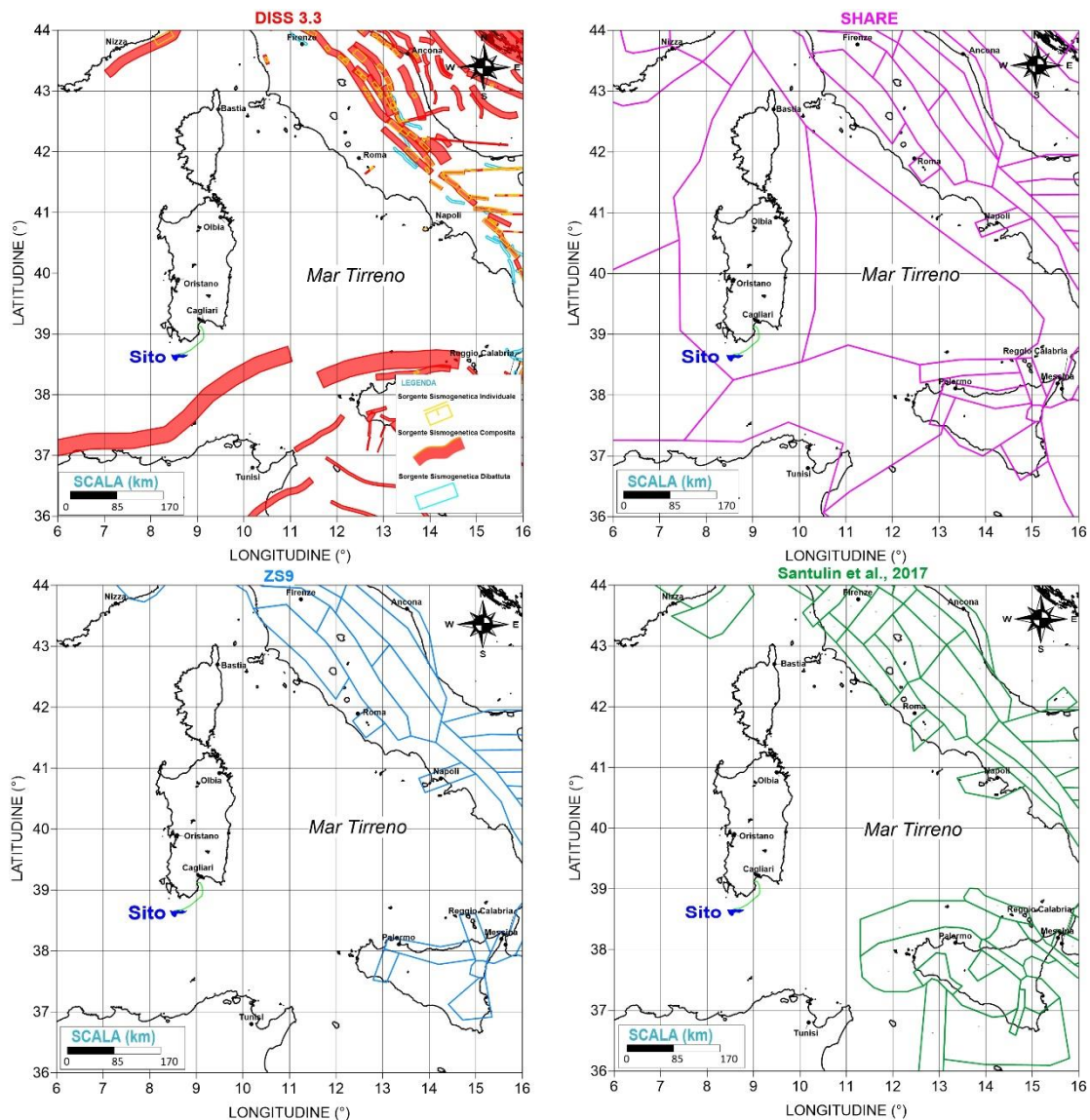


Figura 3.2: Modelli Sismotettonici Esistenti

La Figura 3.3 presenta la distribuzione e la magnitudo dei terremoti in base principalmente al catalogo nazionale italiano CPTI15, considerato il catalogo più aggiornato per il territorio italiano, redatto e rivisto dal Gruppo di lavoro CPTI 2015 dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV) per eliminare gli eventi fittizi e multipli (Ref. [18]). Questo catalogo riporta dati parametrici omogenei, sia macrosismici sia strumentali, relativi ai terremoti con intensità massima (I_{max}) ≥ 5 o con magnitudo (M_W) ≥ 4.0 d'interesse relativi al territorio italiano nella finestra temporale 1000-2019. Il catalogo riporta un evento di $M_W=4.3$ nella Sardegna meridionale, in corrispondenza del prolungamento a mare di una importante faglia orientata NW-SE, che segna il limite occidentale della fossa tettonica del Campidano. Un altro evento, avente magnitudo $M_W=5.4$, è avvenuto nell'agosto 1977 nel Canale di Sardegna circa 50 km a sud-ovest del sito.

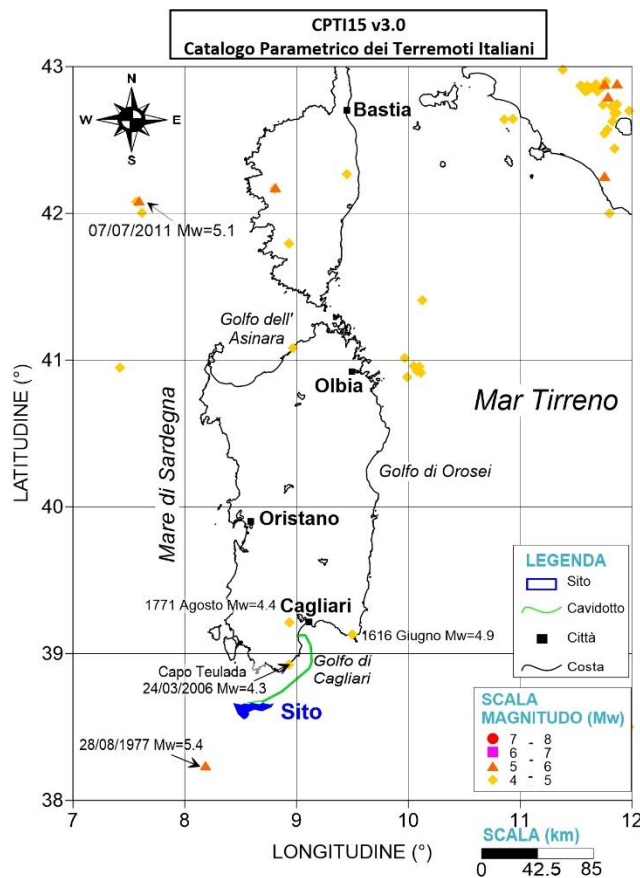


Figura 3.3: Catalogo dei Terremoti Italiani dall'anno 1000 al 2019

In conformità all'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri 3274 del 2003, con la quale si stabiliscono i nuovi criteri per la classificazione sismica del territorio italiano, l'area della Sardegna (sia nel settore offshore che onshore) è classificata come Zona 4 ($ag \leq 0.05$), in quanto la probabilità che capiti un terremoto è molto bassa (Figura 3.4).

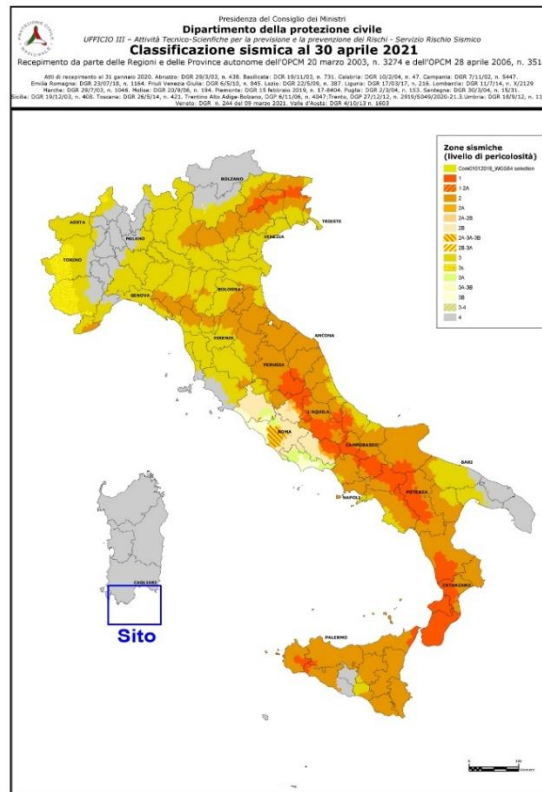


Figura 3.4: Mappa classificazione sismica sul territorio italiano (Ref. [17])

3.1.2 Maremoti Generati da Sismi

La Figura 3.5 mostra le curve di pericolosità da tsunami generati da terremoti nel sito per un periodo di ritorno di 2500 anni. Tale modello è stato prodotto nell’ambito del recente Progetto Europeo TSUMAPS-NEAM (Refs.[19], [20]).

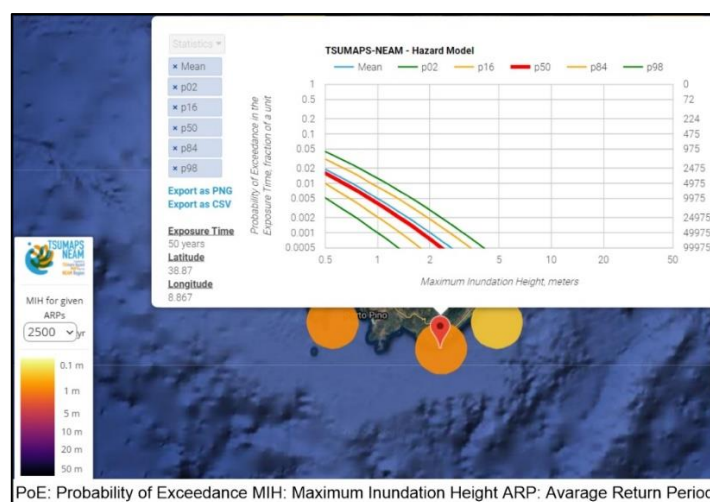


Figura 3.5: NEAM Probabilistic Tsunami Hazard Model 2018 (Refs.[19] & [20])

3.2 INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO

Dal punto di vista geomorfologico, il sito interessato dal progetto per il parco eolico offshore si trova nel margine continentale della Sardegna meridionale.

L'assetto morfostrutturale del margine meridionale è articolato da valli e seamounts isolati (Figura 3.6).

Il bacino di Cagliari costituisce la parte più interna del sistema sedimentario dell'intero margine, delimitato e controllato dai blocchi tettonici del margine continentale della Sardegna meridionale con direzione del rigetto circa NS e NNO – SSE.

Il limite del bacino è dato dal Canale di Sardegna che nella parte settentrionale mostra una morfologia acclive e articolata a causa del basculamento di blocchi sommersi, che delimitano dei bacini marginali. Il più importante di questi blocchi è il Seamount Ichnusa (Figura 3.6), che risale fino ad una quota di -140 m ed è costituito da metamorfiti paleozoiche e litologie granitiche, con coperture vulcaniche e sedimentarie post – paleozoiche (Ref. [21]). Un altro importante blocco sottomarino presente nell'area è Su Banghittu (Figura 3.6) (Ref. [22]). Tali horst chiudono a sud il Rift oligo-miocenico della Sardegna meridionale, riattivato durante il Plio-Quaternario da movimenti estensionali correlati con l'apertura del Tirreno meridionale (Ref. [9]).

Sotto il profilo evolutivo si distinguono due stili differenti: sulla cima del monte sottomarino di Su Banghittu si è conservata una piattaforma residuale (Figura 3.7), anegata da sedimentazione essenzialmente carbonatico - bioclastica a seguito del suo isolamento dal sistema terrigeno (Ref. [9]), mentre i pendii dei rilievi strutturali del Monte Ichnusa, Su Banghittu e Horst del Sarrabus (Figura 3.7) sono ricoperti da un drappo emipelagico e da torbiditi distali fini. L'area di depocentro del bacino profondo è interessata da una sedimentazione in prevalenza torbiditica alternata a depositi emipelagici, che ha portato all'aggradazione di uno spesso complesso di channel-levee (Ref. [9]).

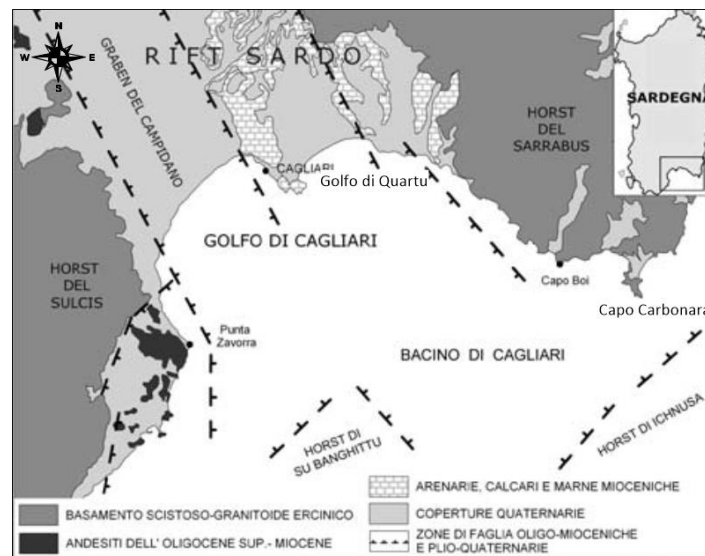


Figura 3.6: Schema Morfostrutturale del Golfo di Cagliari (Ref. [21])

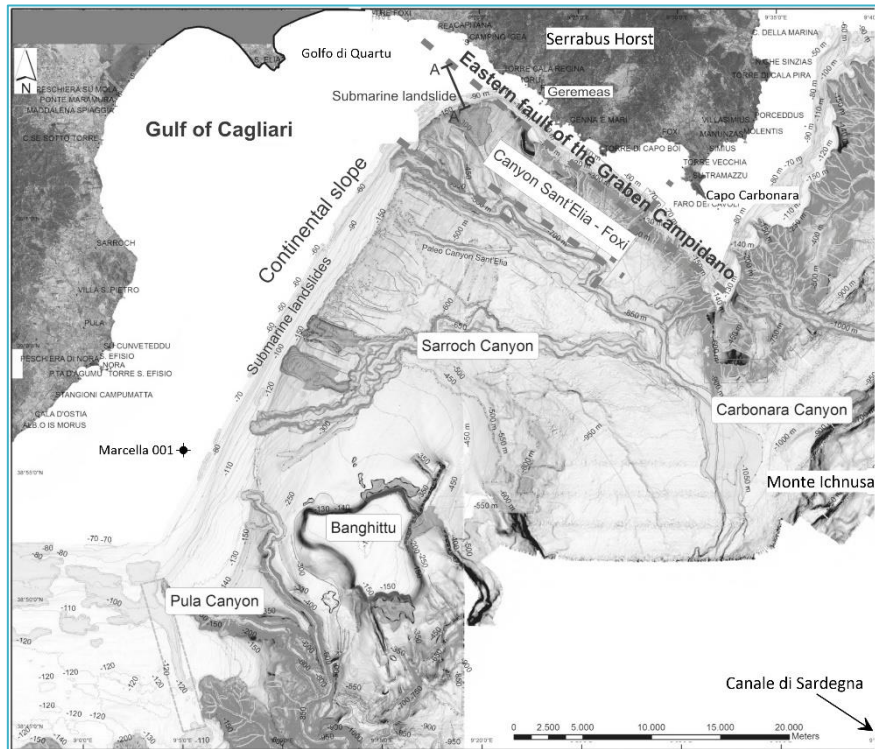


Figura 3.7: Carta Geomorfologica della Piattaforma e della Scarpata Continentale Antistante il Golfo di Cagliari (modificato da Ref. [8])

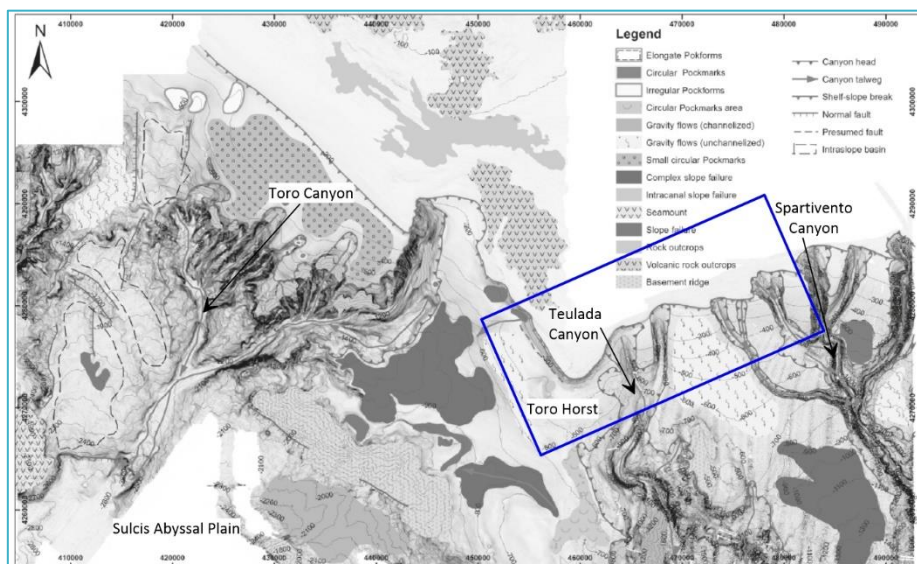


Figura 3.8: Carta Geomorfologica della Piattaforma e della Scarpata Continentale della Sardegna Meridionale. Il riquadro blu indica, in maniera approssimata, l'area destinata al parco eolico (modificato da Ref. [10])

I caratteri morfostrutturali che controllano il Campidano meridionale condizionano l'assetto della piattaforma continentale antistante la città di Cagliari (Ref. [22]).

Le differenze morfologiche presenti sulla terra emersa sono riscontrabili anche sulla piattaforma continentale adiacente (Figura 3.7), la quale mostra un andamento regolare nell'area del Golfo di Quartu, mentre lungo la costa compresa tra il Golfo di Quartu e Capo Carbonara la sua larghezza si riduce a sole 1-2 miglia (Ref. [23]).

In corrispondenza del ciglio della piattaforma sono stati rilevati in continuità corpi sedimentari interpretabili quali Terrazzi Deposizionali Sommersi riferibili all'ultimo stazionamento basso del livello del mare a -120 m, stage isotopico 2. Il terrazzo principale si sviluppa per circa 8 miglia, mentre la sua estensione perpendicolare alla costa si riduce a soli 200- 300 in corrispondenza delle testate del canyon attivo di S. Elia (Ref. [23])

In corrispondenza del settore orientale del Golfo di Cagliari, la piattaforma continentale ha un'estensione media di 6 miglia ed un ciglio netto rilevabile fino alla profondità di -75 m, inciso dalle testate del canyon Foxi, all'estremo orientale, e dal canyon S. Elia nella zona centrale; le testate di quest'ultimo si presentano in arretramento attivo, nette ed incise direttamente nel substrato, mentre verso Ovest il ciglio, meno netto e più profondo, intorno ai -120 m è caratterizzato da sedimenti fini in progradazione (Ref. [24]).

La piattaforma distale del Golfo di Cagliari è sede di un importante prisma con accrezione progradante nella scarpata superiore; in quest'area i sedimenti in accumulo sono costituiti da limitati apporti terrigeni silicoclastici della Sardegna meridionale e da un'importante componente bioclastica prodotta all'interno della stessa piattaforma, inoltre, alla riduzione di energia trattiva delle correnti di fondo si associa la deposizione di sedimenti fini rappresentati da limi e limi argillosi (Refs. [25] & [26]).

La piattaforma intermedia è dominata dall'accrescimento sedimentario legato alla produttività carbonatica della biocenosi a Posidonia oceanica, mentre, in parte di essa e nella porzione più prossimale, sono interessate da morfologie erosive sepolte interpretabili quali paleovalle fluviali, il cui livello di base è rappresentato dalla linea di riva dello stazionamento basso wurmiano, stage 2.

In piattaforma continentale esterna sono esposti sistemi deposizionali litorali relitti, dovuti alla trasgressione versiliana, stage 1, in facies di beach-rock arenaceo-conglomeratiche, interpretabili quali linee di riva sommerse, con associate depressioni di retrospiaggia colmate da sedimenti fini, cui può essere attribuito il significato di paleolaguna. La giacitura in "bancate" debolmente inclinate verso il largo, tipica di questi affioramenti, riprende i caratteri giaciturali del corpo sedimentario di spiaggia; le strutture sedimentarie rappresentate sono quelle tipiche di ambiente litorale (es. laminazione piano-parallela, cuneiforme, sigmoidale ed inclinata) (Ref. [27]).

La scarpata continentale della Sardegna meridionale è incisa da un reticolo di canyon sottomarine e numerosi canyon e canali tributari; il ciglio si trova alla profondità media di circa -125 m per risalire a quote inferiori in corrispondenza dell'arretramento per erosione regressiva delle testate dei canyons (Figura 3.7 e Figura 3.8) (Ref. [24]).

In scarpata superiore sono riconoscibili tracce di movimenti gravitativi e flussi torbiditici non canalizzati che interessano le coperture a sedimenti plio-quadernari e che danno luogo ad accumuli di base di pendio (Figura 3.8).

Nella zona distale delle valli sottomarine si estendono corpi sedimentari a conoide batiale, al raccordo con la piana batiale sardo-algerina.

3.3 ASSETTO MORFO-BATIMETRICO

3.3.1 Dati Disponibili

I dati di seguito mostrati sono stati acquisiti e resi disponibili online nell'ambito di:

- ✓ EMODNet (European Marine Observation and Data Network) Bathymetry and coastline (<https://portal.emodnet-bathymetry.eu/> risoluzione cella da 1/8 * 1/8 a 1/16 * 1/16 arc minutes) (Ref. [28]);
- ✓ EMODNet (European Marine Observation and Data Network) geology (<https://www.emodnet-geology.eu/map-viewer/>) (Ref. [29]);
- ✓ Progetto MaGIC - Marine Geohazards along the Italian Coasts (http://www.protezionecivile.gov.it/media-comunicazione/dossier/dettaglio/-/asset_publisher/default/content/progetto-magic). Il progetto ha permesso l'acquisizione di dati batimetrici ad alta risoluzione dei fondali marini antistanti le coste, lungo gran parte delle piattaforme esterne e le scarpate continentali italiane. Il fine del progetto è stata la produzione di 72 carte, a scala 1:50.000, con la mappatura degli elementi di pericolosità presenti nei fondali dei mari italiani. Sul portale, oltre ai dati batimetrici, è disponibile e scaricabile la mappatura dei principali lineamenti morfo-batimetrici (per l'area in oggetto fare riferimento ai Fogli 60 "Cagliari", 61 "Teulada" e 62 "Toro Vacca"; Ref. [30]).

I dati relativi al Foglio 60 "Cagliari", 61 "Teulada" e 62 "Toro Vacca", che coprono sia l'area del sito che il cavidotto, sono stati acquisiti durante delle campagne oceanografiche, effettuate con la N/O Universitatis tra il 2009 e il 2010 (Ref. [30]).

Durante queste campagne sono stati acquisiti:

- ✓ dati morfobatimetrici mediante il multibeam modello SeaBat 8160 (50 kHz);
- ✓ dati sismici a riflessione monocanale ad alta risoluzione mediante sorgente GeoChirp II HM della GeoAcoustic.

Sulla base delle elaborazioni dei dati morfobatimetrici è stato restituito un DTM con griglia pari a 10 metri per i fondali di piattaforma esterna e di scarpata superiore sino alla profondità massima raggiunta. Nel complesso i dati morfobatimetrici acquisiti nell'ambito del progetto MAGIC nell'area sono stati definiti di buona qualità, idonea alla definizione dei principali elementi morfobatimetrici presenti, con particolare riferimento alla caratterizzazione dei processi di instabilità gravitativa.

Contestualmente al rilevamento dei dati morfobatimetrici sono stati acquisiti dati sismici a riflessione monocanale ad alta risoluzione mediante sistema GeoChirp II HM della GeoAcoustic, che però risultano non disponibili.

Nell'area in esame sono presenti anche dati del rilevamento sismico riconoscitivo realizzato da varie compagnie petrolifere, effettuati nelle varie zone del sottofondo marino sardo e il pozzo esplorativo "Marcella 001" sito sulla piattaforma continentale, a circa 8 km a SE di Nora (Figura 3.7) (Progetto ViDEPI, Ref. [31]).

Al fine di analizzare e caratterizzare nel dettaglio l'area di interesse, il corridoio di collegamento tra gli aerogeneratori e il collegamento tra questi e la terraferma, nelle successive fasi dovranno essere realizzate una serie di campagne di rilievo ad hoc durante le quali effettuare il rilievo batimorfologico di dettaglio del fondale attraverso strumenti geofisici (e.g., multibeam, side scan sonar, sub-bottom profiler).

3.3.2 Batimetria

Il sito interessato dal progetto per il parco eolico offshore si colloca nel Mar Tirreno meridionale settore Ovest e il canale di Sardegna (Figura 3.7). Nel dettaglio, esso è costituito da una zona destinata al parco eolico, avente un'area di circa 175 km², e da un corridoio destinato al cavidotto di circa 88 km di raccordo con la terraferma.

Il settore destinato al campo eolico si trova a un minimo di 24 km a largo della costa meridionale sarda e presenta profondità che vanno da circa 146 m a 580 m (Figura 3.9). Le pendenze medie sulla piattaforma sono <1°, mentre aumentano in corrispondenza del ciglio della piattaforma (19°) e lungo la scarpata con valori >20° cui corrispondono le testate dei canyon di Spartivento e di Teulada (Figura 3.10).

Lungo il cavidotto di collegamento tra terra e l'area destinata al parco eolico (rispettivamente A e B in Figura 3.11), le pendenze sono generalmente molto basse (1°) fino al ciglio della piattaforma continentale, situato a circa -170 m. In corrispondenza delle testate del canyon di Spartivento i valori aumentano fino a raggiungere 10°-12°.

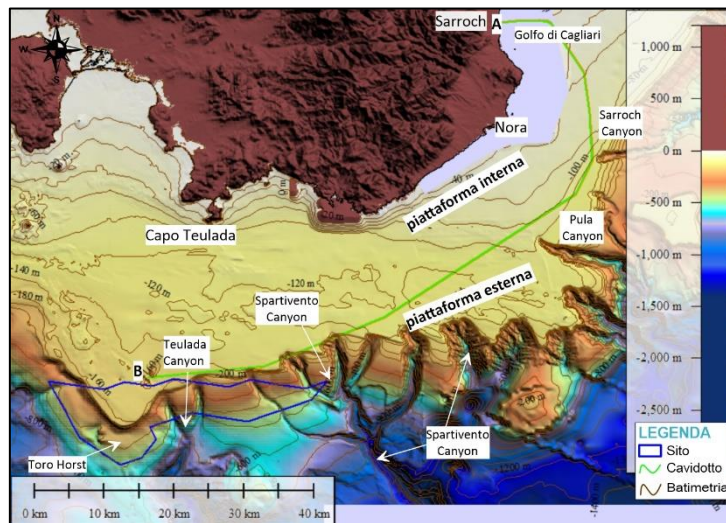


Figura 3.9: DTM e batimetria dell'area marina di interesse (dati: EMODNet)

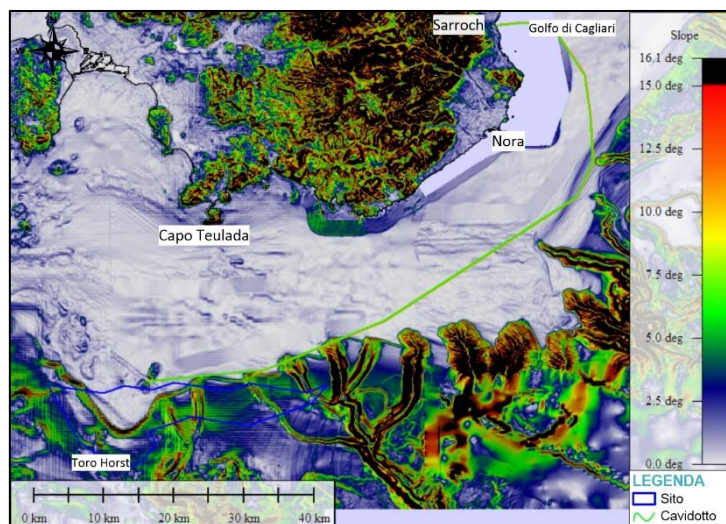


Figura 3.10: Carta delle pendenze dell'area marina di interesse (dati: EMODNet)

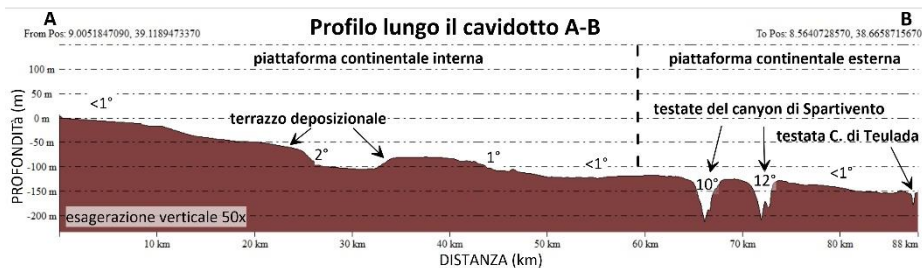


Figura 3.11: Profilo lungo il cavidotto A-B

3.3.3 Morfologia

Il sito proposto si sviluppa sul margine continentale della Sardegna meridionale, tra il dominio della piattaforma continentale e la scarpata continentale superiore.

L'area proposta per il sito OWF è coperta da dati morfobatimetrici acquisiti durante il progetto MaGIC (Marine Geohazards along the Italian Coasts – Foglio 60-Cagliari, Foglio 61-Teulada & F62-Toro Vacca - 2008-2012 - Ref.[30]) (Figura 3.12). La qualità dei dati batimetrici finali è buona ed ha consentito l'identificazione dei principali elementi morfobatimetrici rilevanti in tutta l'area (Figura 3.12). Solo alcune porzioni della piattaforma continentale risultano non coperte dall'interpretazione.

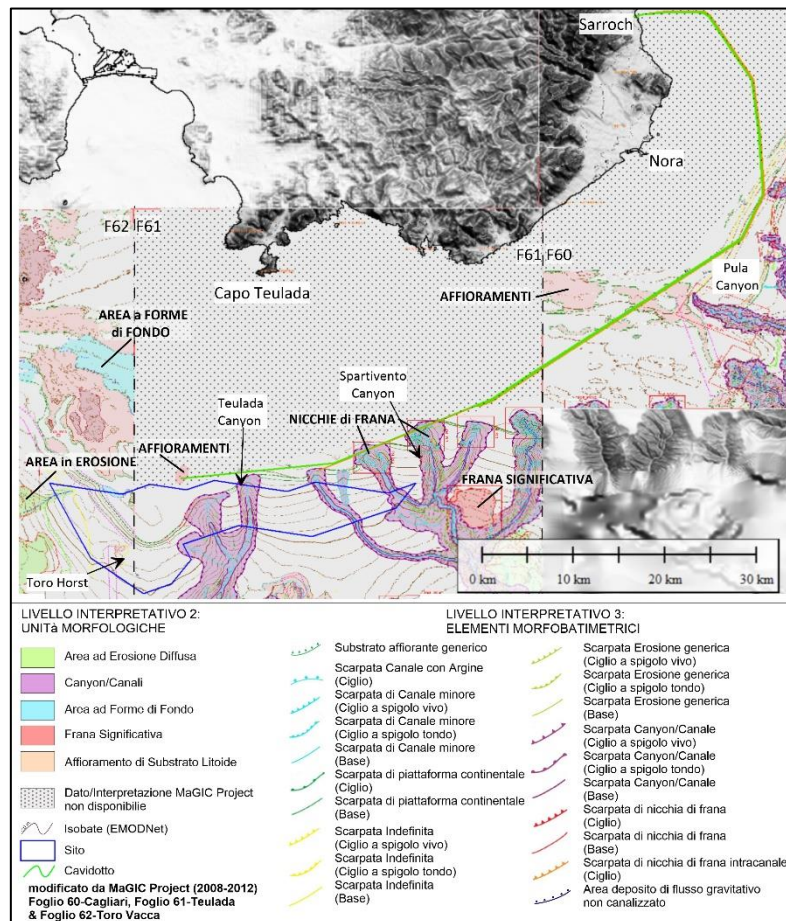


Figura 3.12: Elementi morfobatimetrici presenti nel sito. I rettangoli neri indicano i Fogli Progetto Magic F60 (Cagliari), F61 (Tavolara) F62 (Toro Vacca) (Ref. [30])

Dal punto di vista morfologico, il sito proposto si trova lungo la scarpata superiore e centrale.

I principali elementi morfologici della scarpata continentale sono i sistemi di canyon di Sarroch, Pula, Spartivento e Teulada (Figura 3.7). Le testate di questi ultimi due sono attraversate dal cavidotto, inoltre la testata del canyon di Teulada è nel sito OWF. Questi sistemi di canyon incidono la scarpata continentale e permettono il transito dei contributi sedimentari dei vari segmenti di piattaforma continentale verso i settori più profondi, dove si estendono corpi sedimentari a conoide batiale, al raccordo con la piana batiale sardo-algerina (Ref. [30]).

Il Canyon Spartivento si estende per circa 200 km² e rappresenta la porzione più occidentale di un importante sistema di canyon che incide la scarpata meridionale della Sardegna. La sua area di testata è caratterizzata da 5 canali tributati, 3 dei quali in prossimità del cavidotto, a evidente controllo tettonico e morfologia a "cavolfiore" che alla profondità di 1200 metri confluiscono in un unico canale ad orientamento NW-SE sino alla piana abissale. Le

single testate mostrano tendenza evolutiva retrogressiva con indentazione del ciglio della piattaforma continentale sino alla quota di -120 metri.

Il Canyon di Teulada si estende per circa 220 km²; in scarpata superiore è definito dalla presenza di tre canali nastriformi principali che incidono la sequenza plio-quadernaria sino ad interessare il bordo della piattaforma continentale alla profondità di -150 metri. I tre canali mostrano profilo trasversale ad "U" e confluiscono nell'asta principale del canyon alla profondità di -780 metri. Lungo la scarpata superiore sono riconoscibili processi gravitativi e flussi torbidity non canalizzati che interessano le coperture a sedimenti plio-quadernari e che danno luogo ad accumuli di base di pendio.

Le aree di scarpata continentale esterne ai sistemi di canyon presentano pendenza media di circa 4°, sono dominate dalla presenza di sedimenti prevalentemente fini (fanghi a *Orbulina Universa*) e solo localmente sono rilevabili affioramenti rocciosi di modesta estensione.

Gli elementi morfologici descritti per i due canyon portano ad interpretare questi sistemi come attualmente attivi, in quanto probabilmente alimentati da materiale sedimentario trasportato da correnti lungo costa. Processi gravitativi in corrispondenza della zona di testata e processi erosivi (mass wasting) lungo i fianchi non possono essere esclusi (Ref. [30]).

Non può essere quindi esclusa una variazione nel tempo del ciglio della piattaforma con eventuale arretramento verso costa.

Il settore più occidentale del OWF è situato sul Toro Horst, un alto strutturale che si raccorda con la piattaforma continentale. In corrispondenza del bordo sono stati rilevati in continuità corpi sedimentari interpretabili quali Terrazzi Deposizionali Sommersi.

La piattaforma continentale è dominata da morfologia quasi completamente planare e presenta debole pendenza (circa 1-2°) verso sud. Il ciglio della piattaforma è rilevabile a profondità variabile da -120 m per il settore orientale a -180 m per quello più occidentale ed è caratterizzato da profilo arrotondato, fatta eccezione per i settori interessati dall'erosione retrogressiva delle testate dei canyon.

Gli elementi morfobatimetrici principali presenti nella piattaforma continentale sono rappresentati da forme di fondo legate a processi di erosione e rimobilizzazione del sedimento ad opera di correnti lungo costa (longshore and offshore currents; shallow-water contour currents) (Figura 3.12). Alcune porzioni della piattaforma sono caratterizzate da estesi affioramenti di substrato litoide. In particolare, lungo il cavidotto, a profondità comprese tra circa 80 e 110 m, sono stati identificati affioramenti di substrato.

Inoltre, in corrispondenza del ciglio della scarpata continentale (Figura 3.11), il cavidotto attraversa un settore interessato da nicchie di distacco al ciglio prodotte dall'arretramento della testata del canyon di Spartivento (Figura 3.12). Allo stato attuale, il ciglio della piattaforma, originariamente posto alla profondità di circa -150 metri, mostra un arretramento di circa 1500 m ed è situato a -135 metri.

La parte terminale del cavidotto è sita in prossimità di alcune strutture più rilevate, possibilmente dovute ad affioramenti del substrato.

3.3.4 Assetto Litostratigrafico

La successione stratigrafica caratteristica dei fondali marini a largo della costa meridionale sarda è caratterizzata da un elevato spessore di depositi fini pliocenico-quadernari.

I dati di EMODNet Geology (Ref. [29]) nel Golfo di Cagliari indicano la presenza di diverse tipologie di depositi, da sabbie a limi, a substrato grossolano. Non sono noti né gli spessori di questi sedimenti, né la profondità del basamento su cui poggiano.

La sedimentazione attuale della piattaforma sembra essere rappresentata da sabbie, sabbie ghiaiose e ghiaie sabbiose, costituite in prevalenza da quarzo, pirosseni e magnetite, e bioclasti calcarei.

Affioramenti di substrato litoide, localmente ricoperto da debolissimi spessori di sedimenti olocenici, possono essere presenti sulla piattaforma continentale e al ciglio.

In corrispondenza della piattaforma continentale, nella zona a sud del Golfo di Cagliari, è presente il pozzo esplorativo AGIP/ENI "Marcella 001" (Figura 3.7), i cui dati sono resi disponibili al pubblico grazie al progetto ViDEPI. La profondità delle carote acquisite e classificate risulta però ben maggiore di quella di interesse per la scelta dei sistemi di ancoraggio. Tale sondaggio appare di fatto eseguito a distruzione di nucleo fino a una profondità di circa 75m dal fondo.

Allo stato attuale delle conoscenze, non si hanno informazioni dettagliate relative all'area proposta per il sito o prove eseguite direttamente sui terreni che saranno interessati dalle strutture.

Questi sedimenti andrebbero investigati prima di tutto con una campagna di indagine geofisica, tramite rilievi sismici del fondale e, successivamente, tramite una campagna geotecnica.

Al fine di determinare i parametri geotecnici caratteristici del sito sono necessarie rilievi di dettaglio tramite una campagna di indagini geotecnica con campionamenti in sito e prove geotecniche.

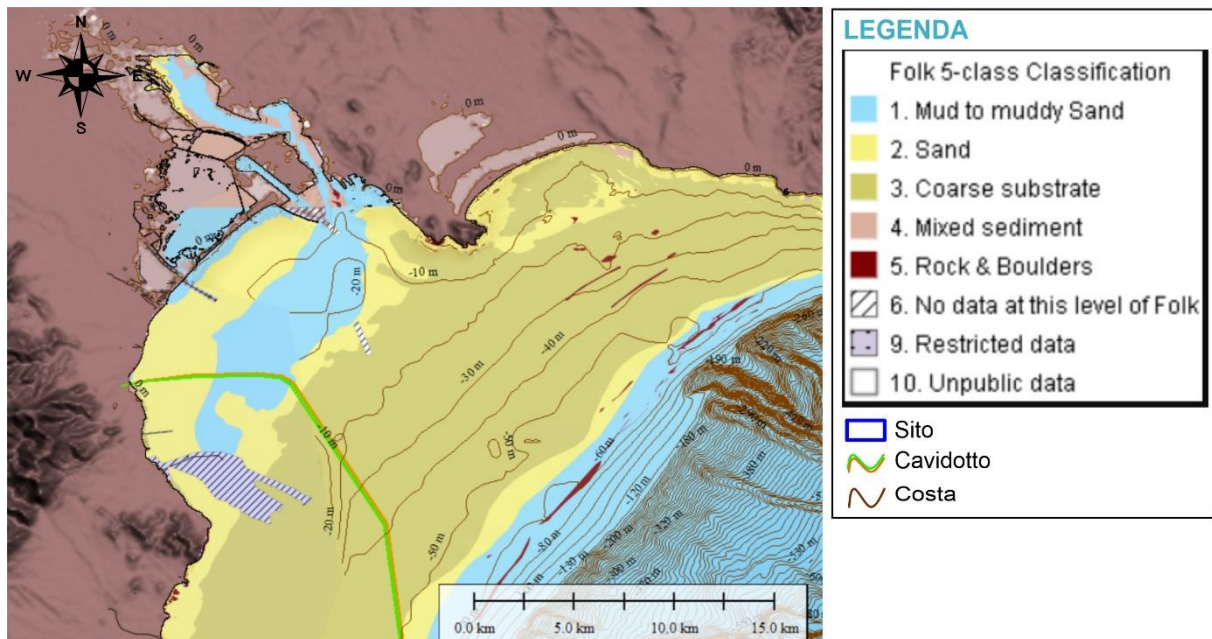


Figura 3.13: Substrato nell'area di studio (fonte: EMODNet Geology Ref. [29])

3.3.5 Campionamenti In-Situ

Durante le campagne esplorative effettuate a partire dagli anni 60 sono stati raccolti campioni superficiali e carote. Tali dati sono stati oggetto di diverse pubblicazioni a cui si è fatto riferimento per l'interpretazione.

4 AREA A TERRA

Il progetto prevede la realizzazione dell'approdo dei cavidotti nella costa sud-occidentale della Sardegna, nel Comune di Sarroch (Figura 4.1), in provincia di Cagliari.

La Figura 4.2 mostra il tracciato dei cavidotti dall'approdo presso Sarroch fino alle stazioni Terna di Macchiareddu (Rumianca) e Selargius. Il primo tratto del tracciato, per circa 300 m, si sviluppa perpendicolarmente alla costa in un'area a debole pendenza, fino alla statale S.S. N. 195 tra la località Torre degli Ulivi e Sarroch, poco oltre la deviazione con la variante interna della statale verso Sarroch. In tale fascia costiera verrà posizionato un locale tecnico, presumibilmente prefabbricato, di dimensioni circa 200 m², in quanto il progetto prevede uno stadio di sezionamento nelle immediate vicinanze del *junction pit*. Successivamente il percorso dei cavidotti seguirà linee viarie esistenti, fino alle due stazioni Terna per una lunghezza complessiva di circa 42 km.



Figura 4.1: Localizzazione approdo dei cavidotti (inquadramento e dettaglio)

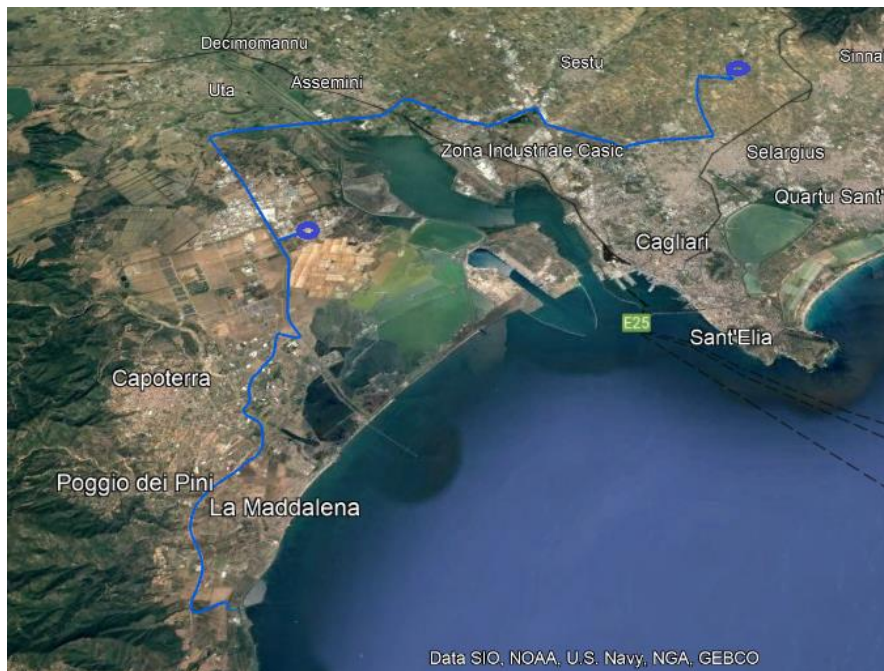


Figura 4.2: Tracciato a terra dei cavidotti fino alle stazioni terna (O)

Il presente documento costituisce la relazione geologica a corredo del progetto, al fine di fornire gli input preliminari geologici, geomorfologici e idrogeologici necessari con riferimento a quanto previsto dal Decreto Ministeriale (DM) 14-01-2008 'Norme Tecniche di Costruzione', pubblicato nel S.O. della G.U. n.30 del 4 febbraio 2008, dalla successiva Circ. Min. LL.PP. 02/02/2009 n. 617, pubblicata nella G.U. n.47 del 26 febbraio 2009, e dal Decreto 17 gennaio 2018 Aggiornamento delle 'Norme Tecniche per le Costruzioni' al fine di valutare la compatibilità dell'opera con le caratteristiche geologiche, idrogeologiche e sismiche del sito.

Sulla base dell'analisi della bibliografia esistente e dei sopralluoghi effettuati in sito in data 2 Febbraio 2022, il presente documento riporta l'inquadramento geologico (Sezione 4.1), geomorfologico e idrografico (Sezione 4.2) e idrogeologico (Sezione 4.3), l'inquadramento degli aspetti di tettonica e sismicità (Sezione 4.4) ed un'analisi delle caratteristiche geologico-stratigrafiche locali (Sezione 4.5).

4.1 INQUADRAMENTO GEOLOGICO

Dal punto di vista geologico, l'area di approdo interessa i depositi quaternari, come il percorso del tracciato dei cavidotti a terra fino alla stazione Terna di Macchiareddu. La prosecuzione del percorso del tracciato a terra fino alla stazione Terna di Selargius ricade invece sia nei depositi quaternari che nelle coperture post-erciniche del Miocene (Figura 4.3).

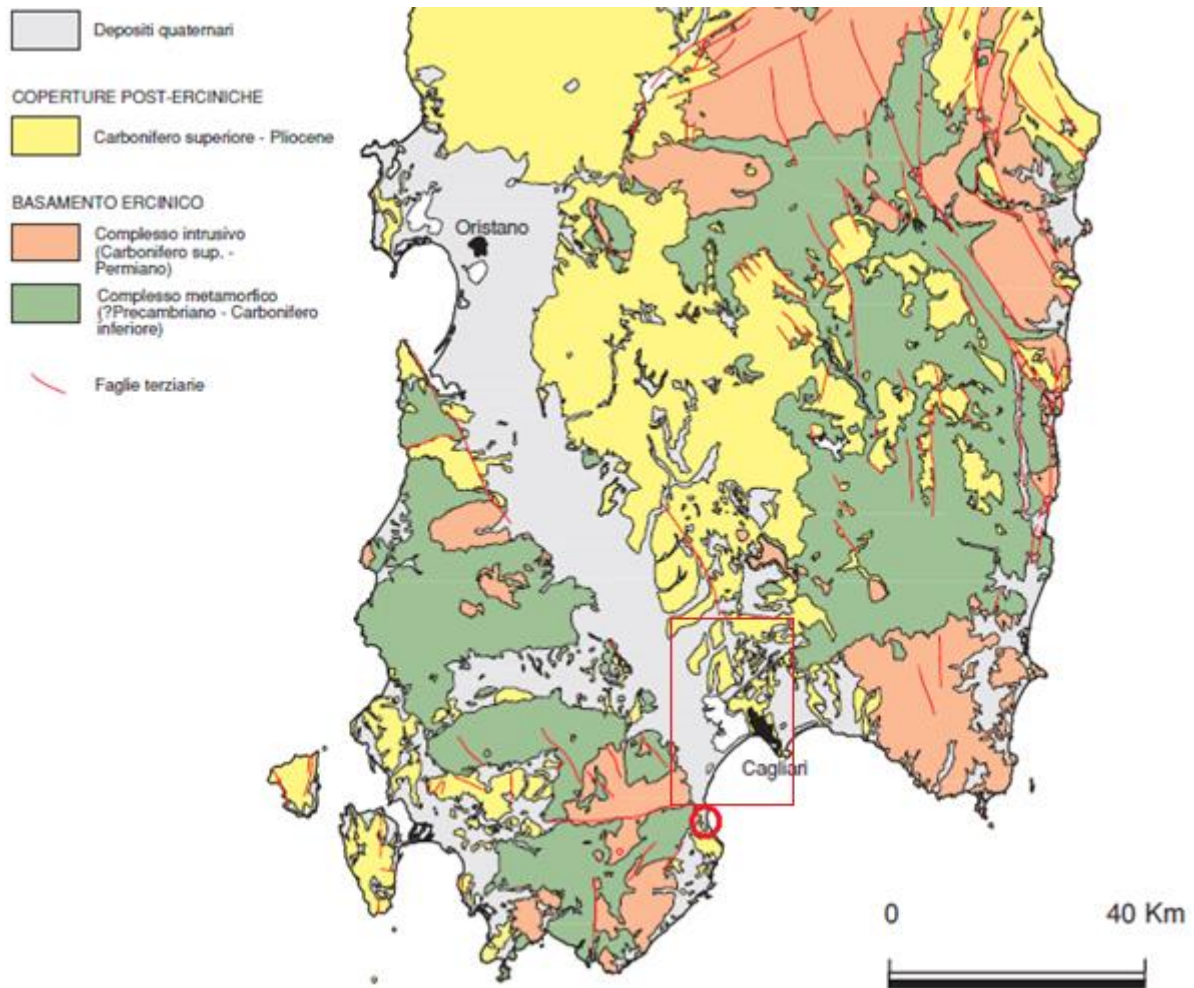


Figura 4.3: Principali complessi geologici della Sardegna meridionale (Ref. [1]) (zona approdo ● e area tracciato a terra □)

In riferimento alla carta geologica (Foglio n. 566 "Pula") alla Scala 1: 50'000 della Carta Geologica d'Italia (Ref.[32]) (Figura 4.4), l'area individuata per l'approdo è caratterizzata da affioramenti di depositi pleistocenici del "Sistema di Portoscuso" (**PVM2a**), appartenente al 'Sistema di Portovesme', costituiti da ghiaie alluvionali terrazzate da medie a grossolane, a stratificazione da planare a incrociata concava, con subordinate sabbie e ghiaia a stratificazione incrociata concave, detriti di versante e brecce a clasti mediamente grossolani a spigoli angolosi.



Depositi alluvionali
Ghiaie prevalenti (b_1); sabbie prevalenti (b_2); limi ed argille prevalenti (b_3).
Spessore da 1 fino a 3-4 m.
OLOCENE - ATTUALE

Coltri eluvio-colluviali
Sabbia e silti mescolati con detriti grossolani, talora con intercalazioni di suoli più o meno evoluti e arricchiti in frazione organica, talora con molluschi polmonati (*Helix cf. aperta*).
OLOCENE

DEPOSITI PLEISTOCENICI

SINTEMA DI PORTOVESME
Subsistema di Portoscuso
Ghiaie alluvionali terrazzate da medie a grossolane, a stratificazione da planare a incrociata concava, con subordinate sabbie e ghiaie a stratificazione incrociata planare, detriti di versante e breccie a ciasti medianamente grossolani a spigoli angulosi (PVM_{2a}). Depositi sabbiosi eolici in genere ben classati, fortemente bioturbati, con concrezioni calcaree in noduli e tubuli verticali (rizoforme) (PVM_{2b}). Depositi detritici e colluvi rossastri, con faune continentali a gasteropodi polmonati (*Helix cf. aperta*; *Rumina cf. decollata*; *Pomatias elegans*) (PVM_{2c}). Spessore fino a 8-10 m.
Subsistema di Calamosca ("Panchina tirreniana" *Auct.*)
Conglomerati e arenarie litorali a cemento carbonatico, con malacofauna a molluschi (*Persistrombus latus* Gmelin = *Strombus bubonius* Lamarck, *Conus textudinarius*, *Patella ferruginea*, *Mytilus senegalensis*, *Spondylus gaederopus*, *Astrea rugosa*, *Cantharus viverratus*, *Euthria cornea*, etc.) e coralli (*Cladocora caespitosa*). Sabbie con strutture tidali bidirezionali a spina di pesce, con scarsi molluschi (*Venus multilamelia*) (PVM_1). (Tirreniano-MIS 5e). Spessore fino a 2-3 m.
PLEISTOCENE SUP.

Figura 4.4: Carta Geologica dell'area di approdo (da Carta Geologica d'Italia, scala 1:50'000) (Sito: ○)

In riferimento alla carta geologica (Foglio n. 234 "Cagliari") alla Scala 1: 100'000 della Carta Geologica d'Italia (Ref. [33]) (Figura 4.5), il percorso del tracciato a terra fino alla stazione Terna di Macchiareddu ricade nei depositi quaternari continentali costituiti principalmente da ghiaie alluvionali terrazzate da medie a grossolane con subordinate sabbie. La prosecuzione del percorso del tracciato a terra fino alla stazione Terna di Selargius ricade invece sia nei depositi quaternari continentali che nelle marne sabbiose conglomeratiche e le facies calcaree organogene del Miocene.

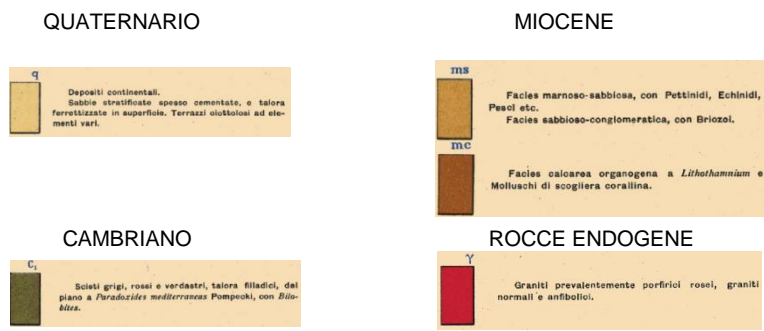
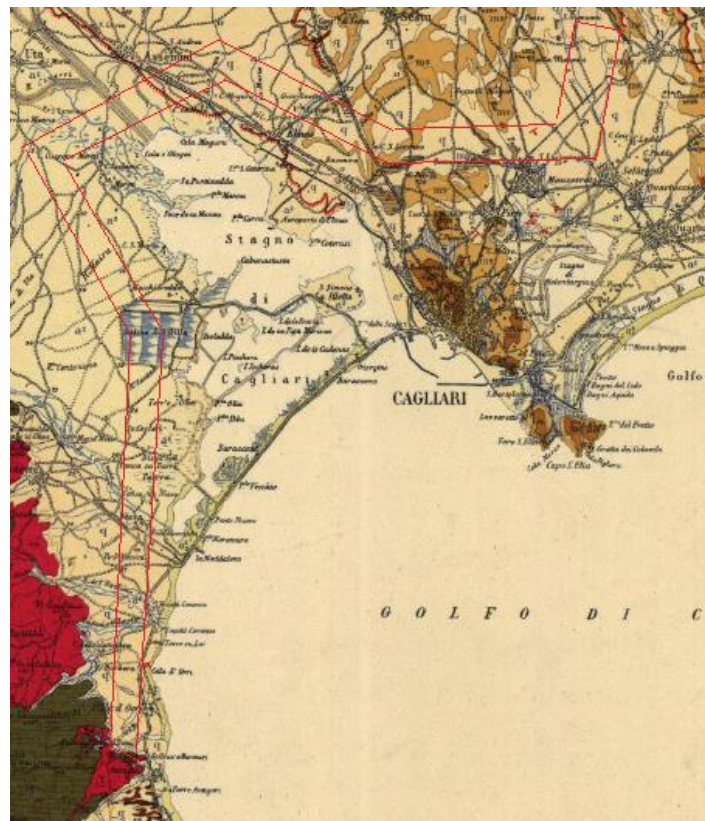


Figura 4.5: Carta Geologica dell'area del tracciato a terra (da Carta Geologica d'Italia, scala 1:100'000) (tracciato a terra □)

Più in dettaglio, per quel che riguarda il tracciato a terra fino ad Elmas, attraverso il terminale Terna di Macchiareddu (Rumianca), il progetto interesserà solo inizialmente i depositi quaternari continentali (PVM_{2a}) costituiti da ghiaie alluvionali terrazzate da medie a grossolane, a stratificazione da planare a incrociata concava, con subordinate sabbie e ghiaia a stratificazione incrociata concave, detriti di versante e breccie a clasti mediamente grossolani a spigoli angolosi, per poi proseguire con i depositi alluvionali terrazzati (Bna): ghiaie 'grossolane prevalenti, con lenti e livelli di sabbie e ghiaie a stratificazione incrociata

Successivamente, dal centro di Elmas fino alla stazione Terna di Selargius il cavidotto interesserà più formazioni in particolare (Figura 4.6):

- ✓ Depositi alluvionali terrazzati (Bna) dell'Olocene: ghiaie 'grossolane prevalenti, con lenti e livelli di sabbie e ghiaie a stratificazione incrociata;
- ✓ Marne di Gesturi (GST) del Miocene: marne arenacee silicee giallastre, con intercalazioni di arenarie e calcari;

- ✓ Arenarie di Pirro (ADP) del Miocene: arenarie, arenarie marnose e/o siltose e siltiti grigio verdastre, calcareniti giallastre.

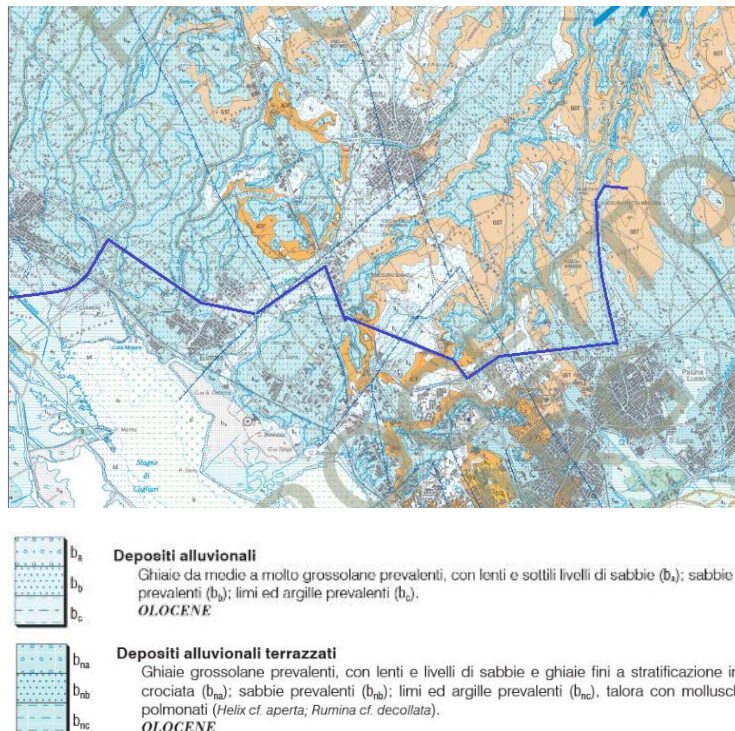


Figura 4.6: Carta Geologica della seconda parte tracciato a terra verso stazione Terna di Selargius

4.2 INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO E IDROGRAFICO

La zona prevista per l'approdo è localizzata in un tratto costiero circa pianeggiante per circa 300 m dal mare (tra 0 - 12 m di quota s.l.m.) circa 5 km a nord di Sarroch.

Per quanto riguarda l'uso del suolo, l'area di approdo non è edificata ed è caratterizzata da zone con vegetazione arbustiva e/o erbacea, coltivazioni e zone con vegetazione rada.

Il tracciato del cavidotto fino alle stazioni Terna di Macchiareddu e Selargius segue la viabilità ordinaria nella piana ad ovest di Cagliari poco urbanizzata e industriale circostante lo Stagno di Cagliari.

Principalmente l'intero tracciato attraversa depositi terrazzati sedimentari quaternari.

In termini di pericolosità da frana, l'inventario dei Fenomeni Franosi in Italia (IFFI; <https://www.progettoiffi.isprambiente.it/inventario/>) non riporta alcuna perimetrazione di fenomeni franosi nell'area vasta di approdo (Figura 4.7).

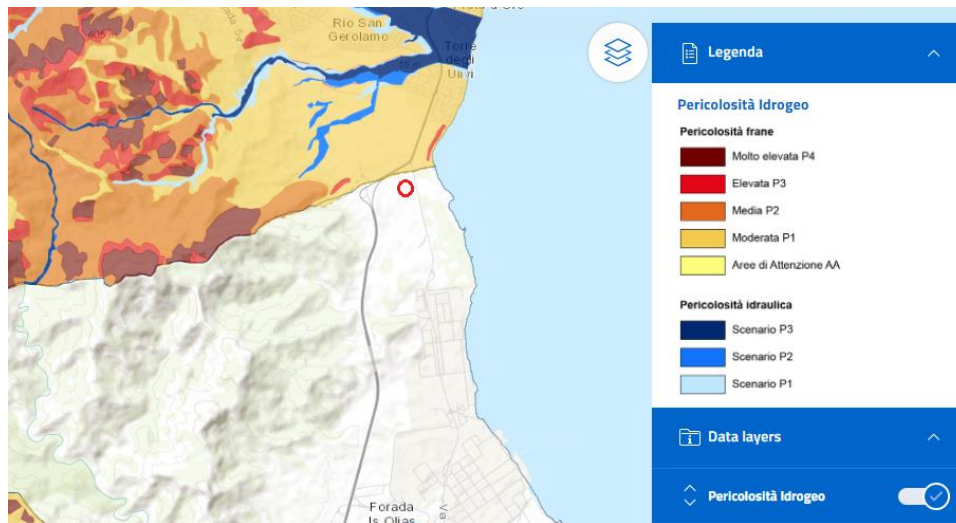


Figura 4.7: Pericolo Frana (Iffi) localizzazione del sito di progetto (O).

Sempre riguardo l'area di approdo, le informazioni contenute nei livelli cartografici relativi alla pericolosità da frana e rischio alluvioni del Piano di Assetto Idrogeologico del bacino unico regionale (aggiornamento 31-01-2018), disponibili al Geoportale della Regione Sardegna¹ (Ref. [34]), indicano che il progetto non ricade in zone classificate a pericolosità frana e rischio alluvioni (Figura 4.8).

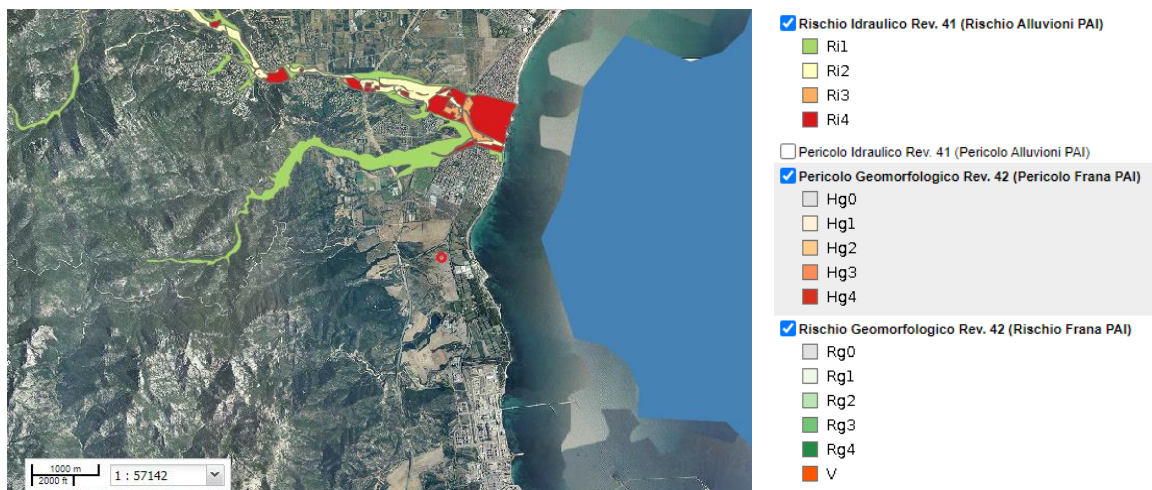


Figura 4.8: Rischio geomorfologico e idraulico (PAI) (Fonte: Geoportale Regione Sardegna) e localizzazione del sito di progetto (O).

Riguardo il tracciato a terra, sempre in termini di pericolosità geomorfologica e da esondazioni, l'inventario del progetto Iffi (IFFI; <https://www.progettoiffi.isprambiente.it/inventario/>) riporta solo alcune perimetrazioni denominate di 'attenzione ai fenomeni di instabilità' nel primo tratto di tracciato a sud di Capoterra, e alcune aree di pericolo esondazione in corrispondenza dello Stagno di Cagliari (Figura 4.9).

¹ <https://www.sardegnegeoportale.it/webgis2/sardegnamappe/?map=pai>

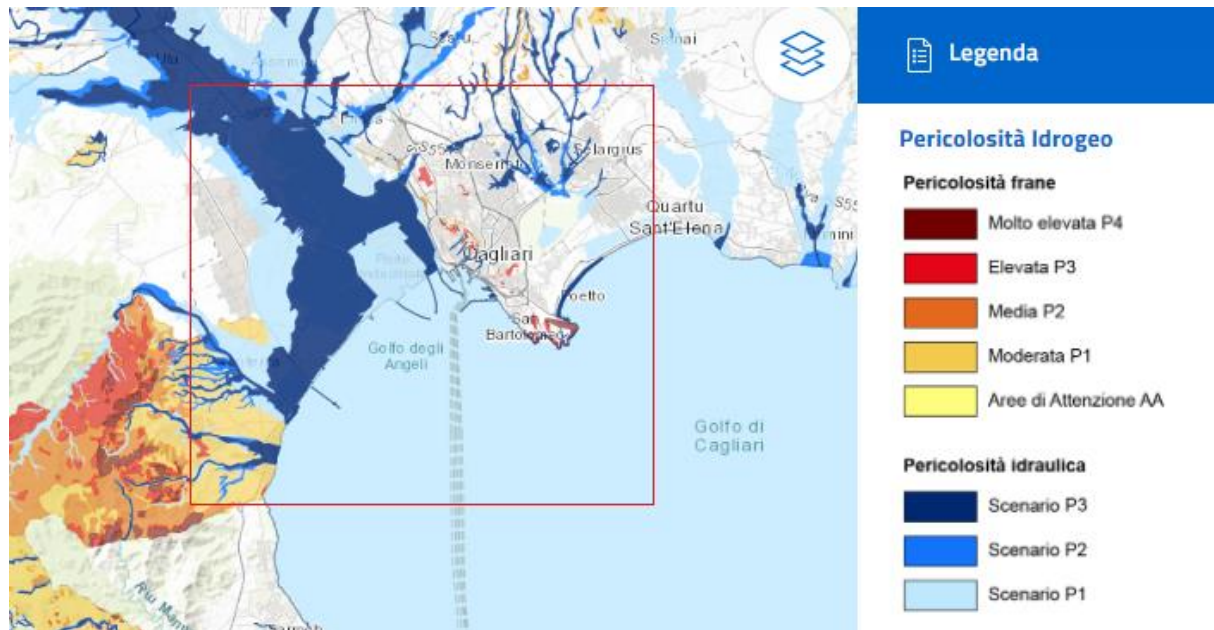


Figura 4.9: Pericolosità da fenomeni franosi e esondazioni del tracciato a terra (Progetto Iffi)

In relazione agli aspetti di idrografici, in generale la Sardegna è caratterizzata dalla quasi totale assenza di corsi d'acqua perenni, la maggior parte dei quali sono a carattere stagionale ed hanno regime torrentizio, con una notevole variazione dei deflussi durante l'anno legati ad una alimentazione esclusivamente pluviale. Sono considerati fiumi perenni il Tirso, il Flumedosa, il Coghinias, il Cedrino, il Liscia ed il Temo, ma anche questi, pur avendo deflussi presenti tutto l'anno, sono soggetti a forti variazioni tra le portate minime e massime.

In base alle Unità Idrografiche Omogenee (U.I.O.)² definite dal Piano di Tutela delle Acque (PTA) della Regione Sardegna (Ref. [35]), l'area di progetto ricade nella U.I.O. Cixerri (Figura 4.10).

² Le U.I.O. accorpano bacini idrografici minori per caratteristiche geomorfologiche idrografiche ed idrologiche omogenee.



Figura 4.10: Idrografia Superficiale, U.I.O. di Cixerri e localizzazione del sito di progetto (O).

L'U.I.O. Cixerri è molto vasta, comprendendo nel suo territorio i bacini afferenti la piana del fiume Cixerri tra Siliqua ed Iglesias, a Nord ed i bacini dei corsi idrici che attraversano la fascia costiera di Capoterra, Sarroch e Pula a Sud.

Tra i sottobacini si citano i seguenti due che interessano la zona vasta circostante l'area di approdo (Figura 4.11):

- ✓ Il bacino del **Riu S. Gerolamo** (Stagno di Poggio dei Pini: Cod. 0299, bacino sotteso circa 36,44 km²) posto 2km a nord del sito della sottostazione;
- ✓ Il bacino della **Vallada del Flamini Rinu** (Cod. 0299, bacino sotteso circa 5,43 km²) posto 1,5 km a sud del sito della sottostazione.

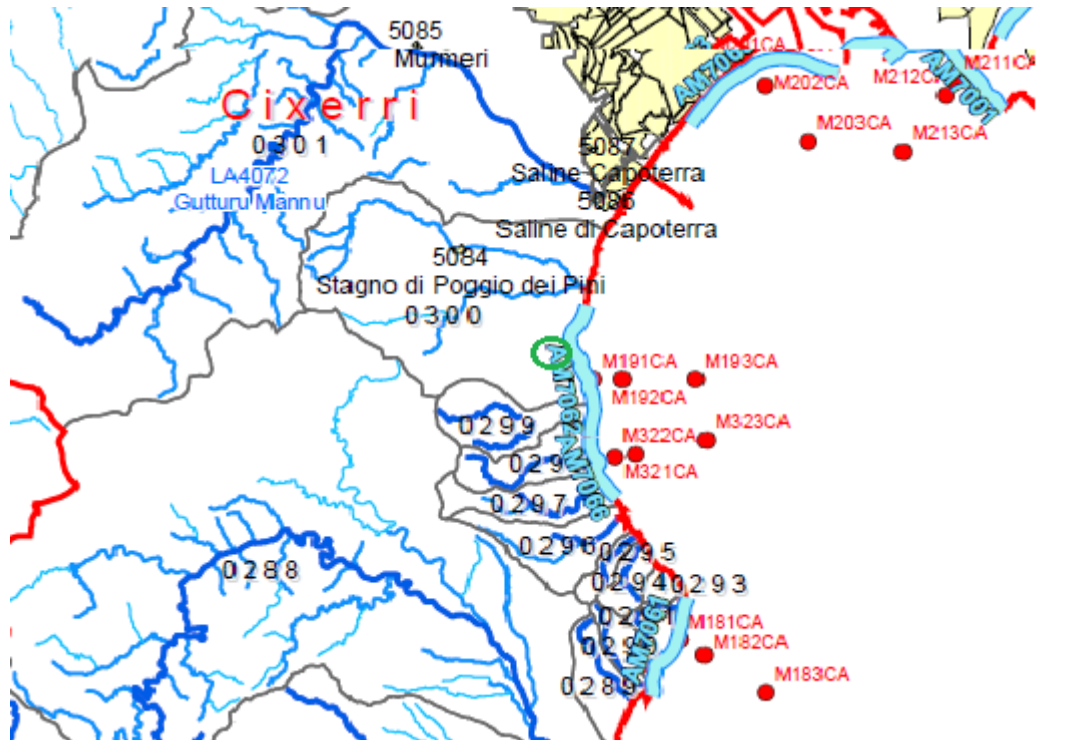


Figura 4.11: Sottobacini Idrografici nell'area di approdo (B) (O Area di Approdo)

In base alle Unità Idrografiche Omogenee (U.I.O.)³ definite dal Piano di Tutela delle Acque (PTA) della Regione Sardegna (Ref. [35]), il tracciato a terra del cavidotto attraversa invece la **U.I.O. Flumini Mannu** (Figura 4.12).

³ Le U.I.O. accorpano bacini idrografici minori per caratteristiche geomorfologiche idrografiche ed idrologiche omogenee.



Figura 4.12: Idrografia Superficiale, U.I.O. di Flumini Mannu e localizzazione dell'area del tracciato (O).

Anche L'U.I.O. Flumini Mannu è molto vasta. Il Flumini Mannu è il quarto fiume della Sardegna per ampiezza di bacino e con una lunghezza dell'asta principale di circa 96 km, rappresenta il più importante fiume della Sardegna Meridionale. Il suo corso, che si svolge in direzione NE-SO, ha origine da molti rami sorgentiferi dall'altipiano calcareo del Sarcidano, si sviluppa attraverso la Marmilla e, costituitosi in un unico corso, sbocca nella piana del Campidano sfociando in prossimità di Cagliari nelle acque dello Stagno di S. Gilla. Il Flumini Mannu di Cagliari si differenzia notevolmente dagli altri corsi d'acqua dell'Isola per i caratteri topografici del suo bacino imbrifero. L'asta principale per quasi metà del suo sviluppo si svolge in pianura, al contrario della maggior parte dei corsi d'acqua sardi aventi come caratteristica la brevità del corso pianeggiante rispetto a quello montano.

4.3 INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO

In termini di precipitazioni, nell'area di Sarroch si ha una piovosità media annuale di 407 mm e una differenza di piovosità tra il mese più secco e il mese più piovoso pari a 64 mm. Il mese più secco è Luglio con una media di 2 mm di pioggia, mentre il mese di Novembre è il mese con maggiori precipitazioni (media di 66 mm). Le temperature medie variano di circa 16 °C durante l'anno. La

	Gennaio	Febbraio	Marzo	Aprile	Maggio	Giugno	Luglio	Agosto	Settembre	Ottobre	Novembre	Dicembre
Medie Temperatura (°C)	9.6	9.4	11.5	14	17.6	22.3	25.2	25.3	21.8	18.7	14	10.8
Temperatura minima (°C)	7.1	6.7	8.3	10.4	13.6	17.4	20.2	20.6	18.3	15.8	11.7	8.5
Temperatura massima (°C)	12.3	12.5	15.2	18	21.9	27.1	30.3	30.3	25.8	22.2	16.7	13.5
Precipitazioni (mm)	39	38	42	44	32	9	2	6	28	47	66	54
Umidità(%)	77%	74%	72%	70%	65%	56%	54%	56%	65%	73%	76%	76%
Giorni di pioggia (g.)	5	6	5	6	4	1	0	1	3	5	7	7
Ore di sole (ore)	6.1	7.0	8.4	10.1	11.5	12.9	12.9	11.9	10.0	8.2	6.9	6.1

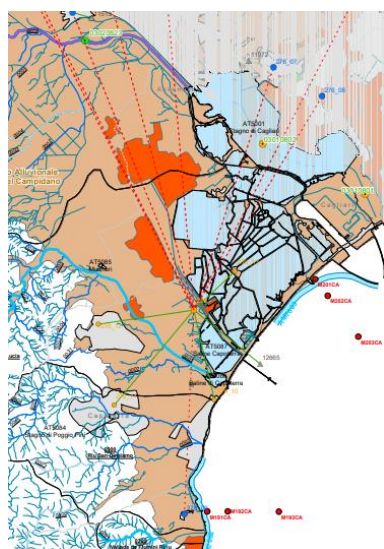
riassume i dati climatici disponibili per il territorio di Sarroch (dati da: <https://it.climate-data.org/>).

Table 4.1: Dati Climatici – Sarroch

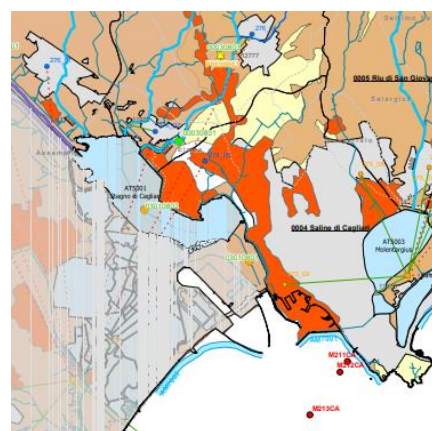
	Gennaio	Febbraio	Marzo	Aprile	Maggio	Giugno	Luglio	Agosto	Settembre	Ottobre	Novembre	Dicembre
Medie Temperatura (°C)	9.6	9.4	11.5	14	17.6	22.3	25.2	25.3	21.8	18.7	14	10.8
Temperatura minima (°C)	7.1	6.7	8.3	10.4	13.6	17.4	20.2	20.6	18.3	15.8	11.7	8.5
Temperatura massima (°C)	12.3	12.5	15.2	18	21.9	27.1	30.3	30.3	25.8	22.2	16.7	13.5
Precipitazioni (mm)	39	38	42	44	32	9	2	6	28	47	66	54
Umidità(%)	77%	74%	72%	70%	65%	56%	54%	56%	65%	73%	78%	76%
Giorni di pioggia (g.)	5	6	5	6	4	1	0	1	3	5	7	7
Ore di sole (ore)	6.1	7.0	8.4	10.1	11.5	12.9	12.9	11.9	10.0	8.2	6.9	6.1

La Sardegna ha pesanti problemi d'approvvigionamento idrico non potendo contare su importanti complessi acquiferi. L'isola, infatti, è in gran parte costituita da rocce cristalline e vulcaniti, in genere poco permeabili per fratturazione. Fanno eccezione alcune ristrette aree lungo la costa orientale e nella zona sud-occidentale dove acquiferi carbonatici alimentano qualche sorgente di non grande portata, con acque di scarsa qualità per la interazione dei relativi acquiferi con importanti giacimenti di solfuri misti. Nelle aree di pianura (il Campidano e l'Oristanese, la Pianura del Fiume Cixerri, il Bacino del Sulcis e le piccole aree costiere) sussistono, invece, risorse idriche sotterranee in acquiferi liberi fluenti in depositi alluvionali, a prevalente alimentazione fluviale.

Secondo la perimetrazione degli acquiferi definita dal PTA che interessano il territorio della U.I.O. di Cixerri e Flumini-Mannu, il tracciato occidentale del cavidotto ricade all'interno dell'Acquifero Detritico Alluvionale Quaternario di Capoterra-Pula (Figura 4.13A), mentre quello orientale all'interno dell'Acquifero Detritico Alluvionale Quaternario del Campidano (Figura 4.13B) entrambi classificati a vulnerabilità intrinseca "alta".



A



B

Legenda

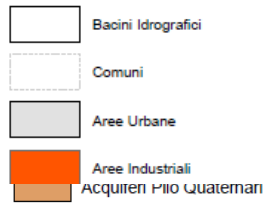
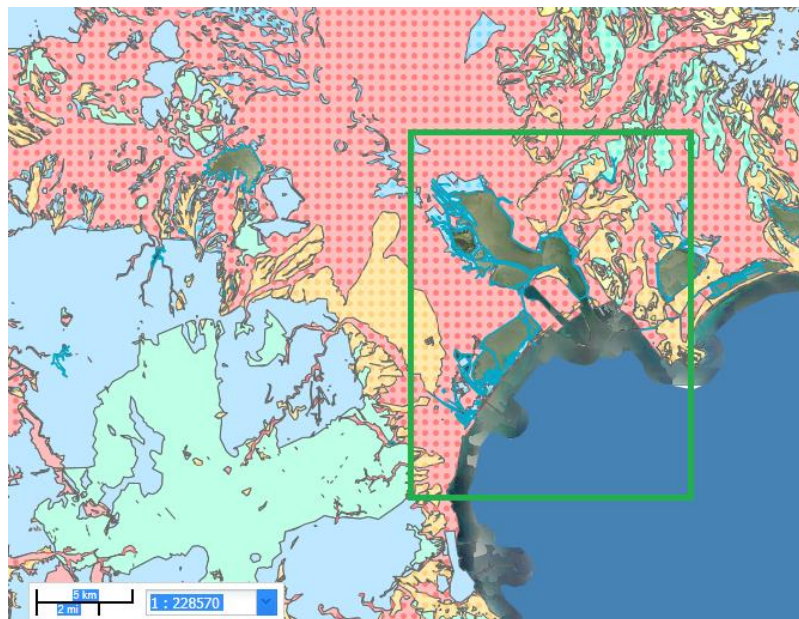


Figura 4.13: Complessi Acquiferi presenti nella U.I.O. Cixerri e Flamini Mannu (PTA)

La Figura seguente (Figura 4.14) riporta uno stralcio della *carta della permeabilità* (estratto dal Geoportale della Regione Sardegna)⁴, sviluppata da ARPAS sulla base della Carta Geologica di base della Sardegna in scala 1:25'000. Le formazioni della Sardegna sono state raggruppate per affinità e suddivise in 5 classi di permeabilità: B Bassa, MB Medio Bassa, M Media, MA Medio Alta e A Alta. All'interno di ciascuna sottoclasse, sono state distinte inoltre le 3 tipologie di permeabilità: P per porosità, F per fratturazione, giunti di strato etc. e CF per carsismo e fratturazione, giunti di strato etc. Sono state così ottenute 15 classi di permeabilità con le varie combinazioni dei dati dei due livelli.

Nella fascia di territorio attraversata dal tracciato, la carta riporta per la maggior parte la simbologia di terreni di "permeabilità medio alta per porosità", associata ai depositi terrazzati quaternari. Le zone secondarie con la simbologia di terreni di "permeabilità media per porosità" corrispondono principalmente ai ricoprimenti di depositi alluvionali olocenici.



Legenda

⁴ <https://www.sardegnegeoportale.it/webgis2/sardegnamappe/?map=mappetematiche>

- BF: Permeabilità bassa per fratturazione
- BP: Permeabilità bassa per porosità
- MBF: Permeabilità medio bassa per fratturazione
- MBP: Permeabilità medio bassa per porosità
- MF: Permeabilità media per fratturazione
- MCF: Permeabilità media per carsismo e fratturazione
- MP: Permeabilità media per porosità
- MAF: Permeabilità medio alta per fratturazione
- MACF: Permeabilità medio alta per carsismo e fratturazione
- MAP: Permeabilità medio alta per porosità
- ACF: Permeabilità alta per carsismo e fratturazione
- AP: Permeabilità alta per porosità
- Lg: Laghi e canali

Figura 4.14: Carta delle Permeabilità (Fonte: Geoportale Regione Sardegna)

4.4 TETTONICA E SISMICITA'

Nel presente capitolo vengono analizzati, sulla base della bibliografia esistente e dei dati in rete, gli aspetti relativi alla sismotettonica ed alla sismicità del sito in oggetto.

4.5 INQUADRAMENTO TETTONICO

Dal catalogo delle sorgenti sismogenetiche italiane (Database of Individual Seismogenic Sources, DISS Version 3.3.0; <http://diss.rm.ingv.it/diss/>) dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV), l'area di studio non ricade all'interno di strutture sismogenetiche singole (ISS) o composite (CSS) (Ref. [12]). In base alla mappa di inquadramento sotto riportata (Figura 4.15), si evidenzia che la struttura sismogenetica più prossima all'area di studio si sviluppa circa 110 km a sud del sito ed è la CSS classificata come DZCS002 "Northern Africa Offshore East". Tale struttura è la porzione orientale del fronte di spinta in immersione verso sud della struttura al largo situato tra Algeri e Bejaia.

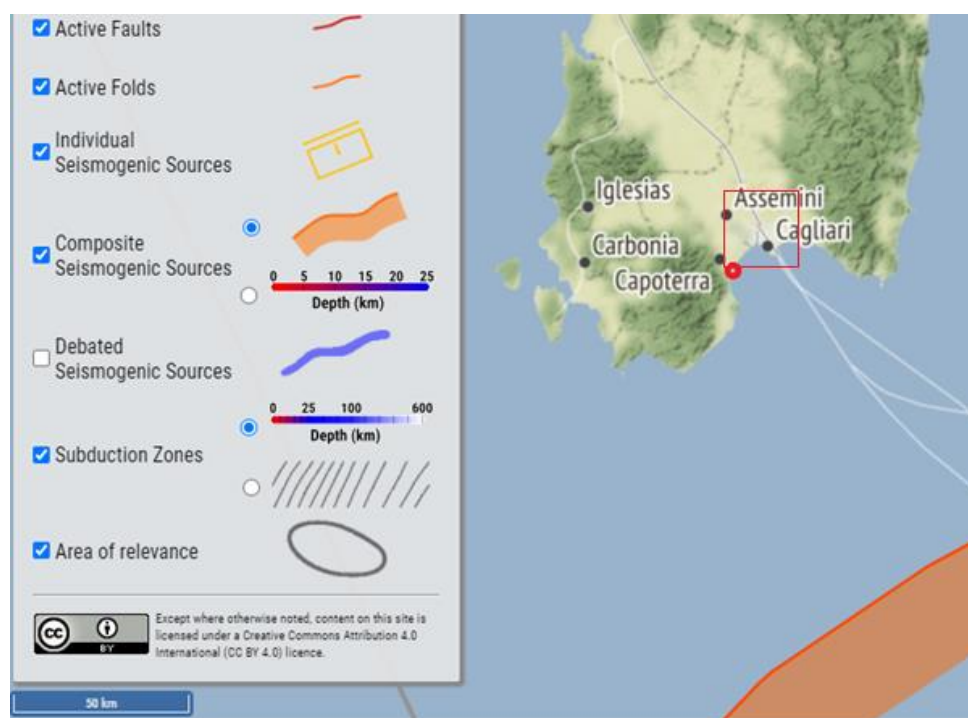
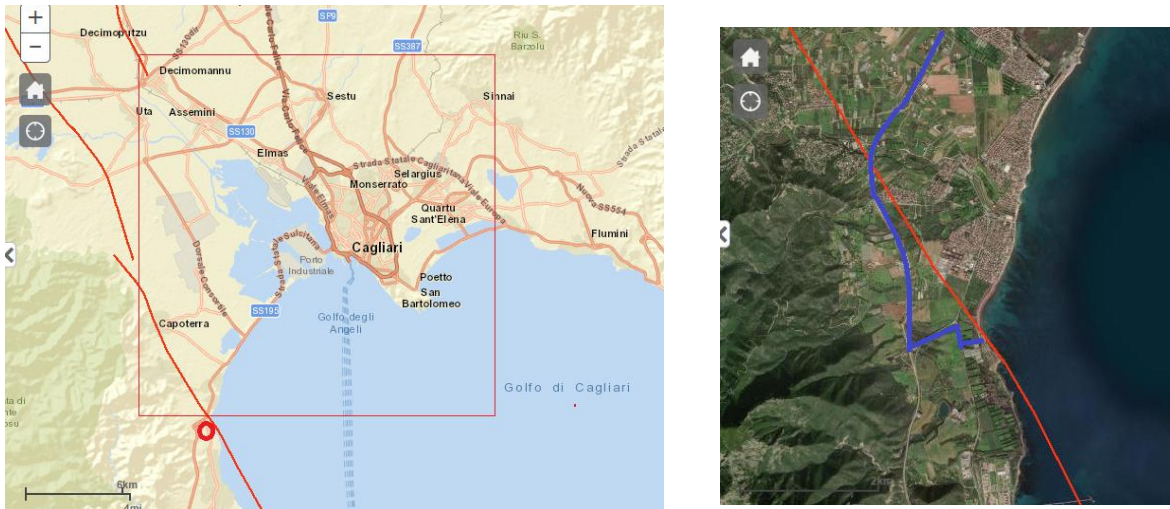


Figura 4.15: Mappa delle Sorgenti Sismogenetiche nell'intorno della Sardegna (Ref. [12]) (zona approdo ● e area tracciato a terra □)

Riguardo l'aspetto tettonico, l'elenco delle faglie attive e capaci del catalogo del Progetto Ithaca⁵ in continuo aggiornamento da parte di SGI - ISPRA, riporta una faglia 'capace' in corrispondenza dell'area di approdo e prima parte del percorso a terra (Figura 4.16 A e B). Come 'faglia capace' si indica il caso di faglia in grado di dislocare e/o deformare la superficie topografica, in occasione di eventi sismici di magnitudo, in genere, medio-elevata.

⁵ ITHACA = ITaly HAZard from CApable faults (2019).



A

B

Figura 4.16: Mappa delle faglie 'Capaci': A nell'Area di progetto (zona approdo ● e area tracciato a terra □), B nel primo tratto di tracciato a terra.

La faglia, identificata con il codice 94189 'Saroch1', corrisponde ad una faglia diretta con direzione Nord Nord-Ovest Sud Sud-Est, che delimita il margine sud-occidentale del Campidano Graben, bacino tettonico originato dallo sprofondamento della porzione meridionale della Fossa Sarda o Rift Sardo. La faglia è riportata in parte da Casula et al. (Ref. [36] e in parte da Carg 1:50.000 Foglio 566 Pula (Ref. [32]), ma la qualità degli studi e la affidabilità della sua interpretazione è classificata bassa.

4.6 SISMICITA' STORICA

La mappa della sismicità dei terremoti registrati strumentalmente dal 1985 estratta dal Catalogo INGV 'CPT115' (Ref. [18]) (Figura 4.17) non evidenzia una sismicità significativa nell'immediato intorno del sito. Il terremoto più prossimo all'area di progetto è il terremoto del 17 Agosto 1771 di Magnitudo calcolata MW pari a 4.43 nel Campidano occidentale a circa 12 chilometri nord-ovest dell'area di approdo.



Figura 4.17: Magnitudo dei Terremoti nell'intorno dell'area di progetto estratti dal database CPT115 (INGV) (zona approdo ● e area tracciato a terra □)

La figura seguente (Figura 4.18) riporta la sismicità in un cerchio di 40 km di raggio dall'area di approdo estratto dal catalogo parametrico dei terremoti italiani (CPTI15) in termini di intensità massima risentita (<https://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15/>). Il CPTI15 fornisce dati parametrici omogenei, sia macrosismici, sia strumentali, relativi ai terremoti con intensità massima risentita ($I_{max} \geq 5$ o magnitudo momento ($M_w \geq 4.0$ d'interesse per l'Italia nella finestra temporale 1000-2014. L'area non riporta intensità risentite o osservazioni macrosismiche nel passato.



Figura 4.18: Intensità massime dei Terremoti Risentiti a nell'area vasta di progetto, estratte dal CPTI15 (zona approdo  e area tracciato a terra )

4.7 CLASSIFICAZIONE SISMICA

Riguardo la pericolosità sismica, l'area di progetto, sulla base dell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3519/2006, è caratterizzata da pericolosità sismica molto bassa dove i terremoti possono verificarsi con valori di accelerazione (a_g) $< 0.025g$ espressi con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni riferiti al substrato rigido caratterizzato da $V_s > 800m/s$ (Figura 4.19). Tali valori di a_g permettono di classificare i comuni intorno a Cagliari in Zona Sismica 4 ($a_g \leq 0,05 g$): zona con pericolosità sismica molto bassa dove le possibilità di danni sismici sono basse.

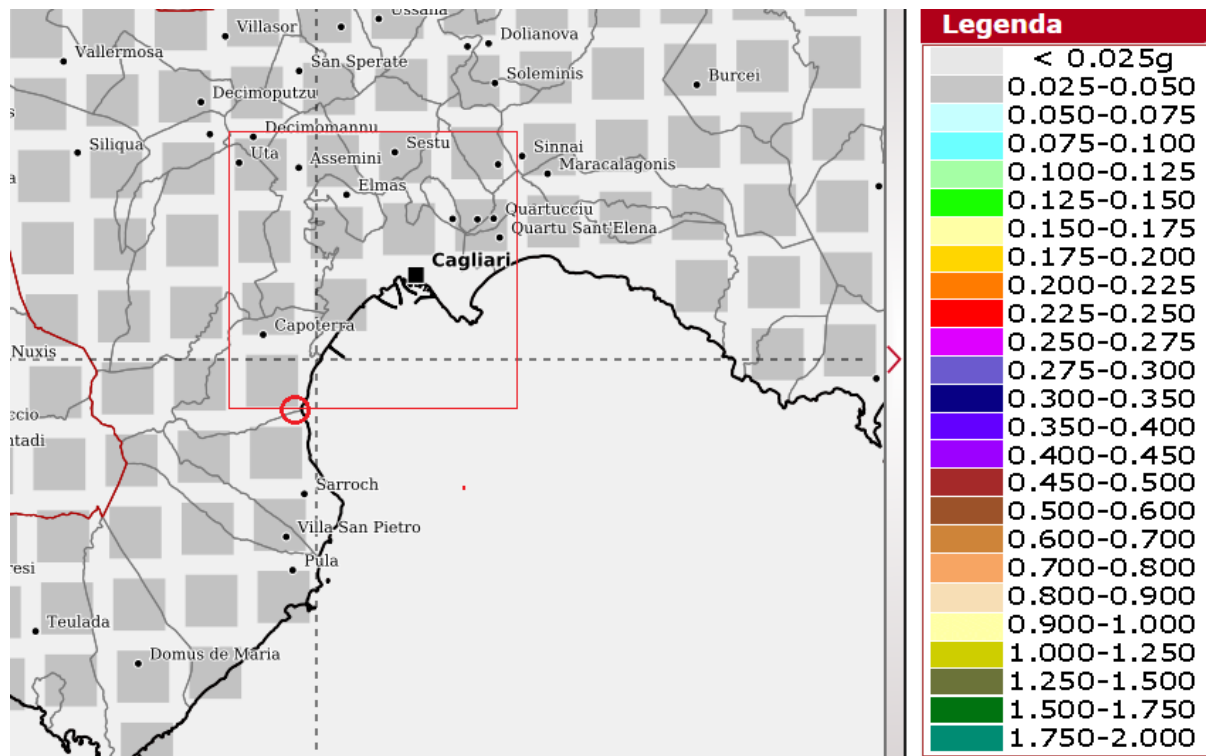


Figura 4.19: Carta delle Accelerazioni Massime del Suolo (INGV) (zona approdo ○ e area tracciato a terra □)

4.8 CARATTERISTICHE GEOLOGICHE E STRATIGRAFICHE LOCALI

Il seguente paragrafo riassume le caratteristiche geologiche, stratigrafiche e geomorfologiche locali, considerando il sopralluogo in sito effettuato in data 2 Febbraio 2022 nell'area dell'approdo e lungo il percorso preliminarmente previsto a terra per i cavidotti fino alle due stazioni Terna, tenendo conto delle informazioni di inquadramento geologico, geomorfologico e idrogeologico descritte nei precedenti paragrafi.

L'approdo a mare ed il cavidotto di collegamento alla sottostazione sono ubicati in una piana costiera, leggermente degradante da una quota di circa 12m s.l.m. della sottostazione alla spiaggia (Figura 4.20). L'intera area non presenta criticità di carattere geomorfologico o idrogeologico.



— Limiti pianoro area di progetto ● Sottostazione — Traccia progetto cavidotti

Figura 4.20: Area di Approdo con Localizzazione della Sottostazione e traccia cavidotti.

L'area della sottostazione, posta su un versante leggermente pendente a monte della SS195, presenta una morfologia leggermente ondulata, caratterizzata da terreno coltivato (Figura 4.21). Non sono evidenti affioramenti nell'immediato intorno; sotto lo strato di terreno vegetale, in base alle informazioni bibliografiche disponibili (si veda par. 4.1) sono presenti alcune decine di metri di spessore di depositi ghiaioso-sabbiosi.



Figura 4.21: Area della Sottostazione

Il tracciato a terra di collegamento dal mare alla sottostazione attraversa per circa 300m una piana costiera coltivata.

La seguente Figura 4.22 mostra la spiaggia di approdo mare dei cavidotti, mentre la Figura 4.23 la zona immediatamente retrostante la spiaggia. Durante i periodi piovosi la zona retrostante la spiaggia può presentare zone di allagamento e ristagno d'acqua



Figura 4.22: Spiaggia interessata dall'approdo a terra dei cavidotti di progetto



Figura 4.23: Area retrostante la spiaggia dell'approdo

Riguardo il tracciato a terra dall'approdo fino alle stazioni Terna di Macchiareddu e Selargius, quantunque la cartografia dell'inventario del progetto Iffi in termini di pericolosità geomorfologica e da esondazioni (<https://www.progettoiffi.isprambiente.it/inventario/>) riporti solo alcune perimetrazioni di sola attenzione ai fenomeni di instabilità nel primo tratto di tracciato a sud di Capoterra e l'attraversamento di alcune aree di pericolo esondazione, il sopralluogo non ha rilevato problemi lungo il percorso in quanto i cavidotti seguono tratti di strada statale e provinciali in pianura.

5 CONCLUSIONI

La definizione del contesto geologico nel quale si sviluppa l'area in studio ha permesso di dedurre che:

- ✓ Il sito offshore, alla scala di risoluzione dei dati disponibili, presenta alcune criticità legate a processi morfodinamici e di mass wasting atti ad interferire con le opere di cui in progetto;
- ✓ Gli elementi morfologici descritti per i due canyon di Teulada e Spartivento portano ad interpretare questi sistemi come potenzialmente attivi, in quanto probabilmente alimentati da materiale sedimentario trasportato da correnti lungo costa, nicchie di distacco in corrispondenza della zona di testata e da fenomeni di mass wasting lungo i fianchi;
- ✓ Non può essere esclusa una variazione nel tempo del ciglio della piattaforma, con eventuale arretramento verso costa, in corrispondenza delle testate dei canyon. Questa deve essere valutata ai fini di minimizzare le problematiche lungo il tracciato del cavidotto in corrispondenza delle zone di testata;
- ✓ Non possono essere esclusi fenomeni di instabilità lungo i fianchi dei canyon con l'eventuale formazione di flussi di detrito/torbidity, che dovrebbero essere valutati con studi specifici all'interno dell'area di OWF;
- ✓ Si segnala la presenza di substrato affiorante e sub-affiorante lungo il percorso del cavidotto e in corrispondenza della sua parte di raccordo con l'area destinata al sito;
- ✓ La caratterizzazione del substrato e dei sedimenti affioranti nell'area interessata dal parco eolico risulta generica ai fini della progettazione.

Ai fini del progetto, la conoscenza del sito dove verranno allocate le turbine del parco e lungo il cavidotto di collegamento con la sottostazione a terra dovrebbe essere implementata con indagini dirette e indirette di dettaglio.

Tali operazioni dovrebbero includere come minimo le seguenti indagini offshore:

- ✓ Multibeam Echosounder: per identificare con scala di dettaglio maggiore le caratteristiche morfobatimetriche del fondale marino e definire l'attività o meno dei processi morfosedimentari presenti;
- ✓ Sidescan Sonar: per individuare le caratteristiche dei fondali marini tra cui i sedimenti presenti sul fondale marino, la mappatura degli habitat, la presenza di detriti, relitti, residui dell'attività di pesca etc.;
- ✓ Sub-bottom Profiler: per identificare e caratterizzare la stratigrafia superficiale dei sedimenti e l'eventuale presenza di altri elementi di pericolosità quali ad esempio risalite di gas o presenza di depressioni legate a pockmarks;
- ✓ Campagna di indagini in sito con prelievo di campioni del fondale e analisi di laboratorio, per redigere un quadro completo del sito in esame con conseguente definizione delle caratteristiche geotecniche dell'area necessarie in fase di progettazione esecutiva.
- ✓ Per quanto riguarda le opere a terra, il survey geologico non ha evidenziato criticità per il progetto di realizzazione della stazione di consegna e del cavidotto. Il cavidotto segue tratti di strada statale e provinciali in pianura. Si segnala, tuttavia, che la cartografia dell'inventario del progetto Iffi in termini di pericolosità geomorfologica e da esondazioni (<https://www.progettoiffi.isprambiente.it/inventario/>) riporti solo alcune perimetrazioni di sola attenzione ai fenomeni di instabilità nel primo tratto di tracciato a sud di Capoterra e l'attraversamento di alcune aree di pericolo esondazione.

MCC/RP/FRZ/AGNMU:irepa

REFERENZE

- [1] Carmignani, L., G. Oggiano, S. Barca, P. Conti, I. Salvadori, A. Eltrudis, A. Funedda, S. Pasci, 2001, "Geologia della Sardegna: Note illustrative della Carta geologica della Sardegna a scala 1: 200.000", ISPRA, Memorie descrittive della Carta Geologica d'Italia, Vol. 60/2001.
- [2] Réhault, J.P., G. Boillot e A. Mauffret, 1984, "The Western Mediterranean Basin Geological Evolution", Marine Geology, Vol. 55, pp. 447-477.
- [3] Lecca L., 2000, "La Piattaforma Continentale Miocenico-quadernaria del Margine Occidentale Sardo: Blocco Diagramma Sezionato", Rendiconti Seminario Facoltà di Scienze Università di Cagliari, Vol 70, No. 1, pp. 49-70.
- [4] Sage, F., G. Von Gronefeld, J. Déverchère, V. Gaullier, A. Maillard e C. Gorini, 2005, "Seismic Evidence for Messinian Detrital Deposits at the Western Sardinia Margin, Northwestern Mediterranean", Marine and Petroleum Geology, Vol. 22, pp. 757-773.
- [5] Fais, S., E.E. Klingele e L. Lecca, 1996, "Oligo-Miocene Half Graben Structure in Western Sardinian Shelf (Western Mediterranean): Reflexion Seismic and Aeromagnetic Data Comparison", Marine Geology, Vol. 133, pp. 203-222.
- [6] Thomas, B., L. Lecca e M. Gennesseaux, 1988, "La Structure de la Marge Occidentale de la Sardaigne et la Fragmentation de l'île au Cénozoïque", Marine Geology, Vol. 83, pp. 31-41.
- [7] Casula, G., A. Cherchi, L. Montadert, M. Murru e E. Sarria, 2001, "The Cenozoic Graben System of Sardinia (Italy): Geodynamic Evolution from New Seismic and Field Data", Marine and Petroleum Geology., Vol. 18, pp. 863-888.
- [8] Meleddu A., G. Deiana, E.M Paliaga, S. Todde, P.E Orrù, 2016, "Continental Shelf and Slope Geomorphology: Marine Slumping And Hyperpycnal Flows (Sardinian Southern Continental Margin, Italy)", Geografia Fisica e Dinamica Quaternaria, Vol. 39, pp.183-192.
- [9] Lecca, L., V. Panizza, S. Pisano, 1998, "The Sedimentary Framework of Cagliari Basin: a Plio-Quaternary Rift Basin in The Southern Sardinia Margin", Il Quaternario, Vol. 11(2), pp.301 – 318.
- [10] Deiana, G., A. Meleddu, E.M. Paliaga, S. Todde, P.E. Orrù, 2016, "Continental slope geomorphology: Landslides and pockforms of Southern Sardinian Margin (Italy)", Geografia Fisica e Dinamica Quaternaria, Vol. 39., pp.129-136.
- [11] Mascle G. H., P. Tricard, L. Torelli, J.P. Boullin, F. Rolfo, H. Lapierre, P. Monie', S. Depardon, J. Mascle, D. Peis, 2001, "Evolution of the Sardinian Channel (Western Mediterranean): New Constraints from a Diving Survey on Cornacya Seamount of SE Sardinia, Marine geology, Vol. 179, pp.179 – 202.
- [12] DISS Working Group, 2021, "Database of Individual Seismogenic Sources (DISS), Version 3.0.0: A Compilation of Potential Sources for Earthquakes Larger than M 5.5 in Italy and Surrounding Areas", Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV). <https://doi.org/10.6092/ingv.it-diss3.0.03.0>
- [13] Arvidsson, R. e G. Grunthal, 2010, "Compilation of Existing Regional and National Seismic Sources", SHARE Project Deliverable D3.1, 19pp.
- [14] Meletti, C., F. Galadini, G. Valensise, M. Stucchi, R. Basili, S. Barba, G. Vannucci e E. Boschi, 2008, "A Seismic Source Zone Model for the Seismic Hazard Assessment of the Italian Territory", Tectonophysics, Vol. 450, pp. 85-108.
- [15] Santulin, M., A. Tamaro, A. Rebez, D. Slejko, F. Sani, L. Martelli, M. Bonini, G. Corti, M.E. Poli, A. Zanferrari, A. Marchesini, M. Busetti, M. Dal Cin, D. Spallrossa, S. Barani, D. Scafidi, G. Barreca e C. Monaco, 2017, "Seismogenic Zonation as a Branch of the Logic Tree for the New Italian Seismic Hazard Map-MPS16: A Preliminary Outline", Bollettino di Geofisica Teorica e Applicata, Vol. 58, pp. 313-342.
- [16] Meletti, C., R.D. Camassi e V. Castelli, 2020, "La Sismicità Storica dell'Isola Senza Terremoti", Quaderni di Geofisica INGV, Vo. 163, pp. 1-160, <https://doi.org/10.13127/qdg/163>
- [17] Dipartimento della Protezione Civile, 2021, "Classificazione Sismica al 30 Aprile 2021", <https://rischi.protezionecivile.gov.it/static/e7312a649afd22a33cab15408e16ccbd/mappa-classificazione-sismica-aprile-2021-provincia.pdf>

- [18] Rovida, A., M. Locati, R. Camassi, B. Lolli e P. Gasperini, 2016, "The 2015 Version of the Parametric Catalogue of Italian Earthquakes (CPTI15)", Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, doi: <http://doi.org/10.6092/INGV.IT-CPTI15>.
- [19] Basili, R., B. Brizuela, A. Herrero et al., 2021, "The Making of the NEAM Tsunami Hazard Model 2018 (NEAMTHM18)", *Frontiers in Earth Science*, Vol. 8, Doi:10.3389/feart.2020.616594.
- [20] EMTC, 2014, Italian Tsunami Effects Database / Euro Mediterranean Tsunami Catalogue v2, https://tsunamiarchive.ingv.it/emtc.2.0/index_it.php
- [21] Rovere, M., M. Bo, J. Alessi, C. Paoli, N. Villani, P. Vassallo, C. Fiori, N. Roccatagliata, 2016 "Seamounts and Seamount-Like Structures of the Tyrrhenian Sea" In book: Atlas of the Mediterranean seamounts and seamount-like structures (pp.111-184) Publisher: IUCN, Gland, Switzerland and Málaga, Spain Editors: Maurizio Würtz, Marzia Rovere.
- [22] Fanucci F., G. Fierro, A. Ulzega, M. Genness, J.P. Rehault, L. Viaris De Lesegno, 1976, "The Continental Shelf of Sardinia: Structure and Sedimentary Characteristics", *Bollettino Società Geologica Italiana*, Vol. 95, pp.1201-1217.
- [23] APAT, 2004 "Atlante dei terrazzi deposizionali sommersi", Memorie descrittive della Carta Geologica d'Italia, Vol. 58/2004.
- [24] Ulzega A., F. Leone & P. Orru, 1986, "Geomorphology of Submerged Late Quaternary Shorelines on the S Sardinian Continental Shelf", *Journal of Coastal Research*, pp.73-82.
- [25] Lecca, L., V. Panizza, S. Pisano, 1998, "The sedimentary framework of Cagliari Basin: a Plio-Quaternary underfed rift basin in the Southern Sardinia Margin", *Il Quaternario*, Vol.11-2, pp1-19.
- [26] Lecca, L., S. Muro, M. Cossellu, M. Pau, 2005, "I Sedimenti Terrigeno-Carbonatici Attuali della Piattaforma Continentale del Golfo di Cagliari", *Il Quaternario*, Vol. 18, pp.201-221.
- [27] Orrù, P.E., F. Antonioli, K. Lambeck, V. Verrubbi, 2004, "Holocene sea level change of the Cagliari", *Quaternaria Nova*, Vol. 8, pp.193-212.
- [28] EMODNet (European Marine Observation and Data Network), 2021, Bathymetry and Coastline, <https://portal.emodnet-bathymetry.eu/>
- [29] EMODNet (European Marine Observation and Data Network), 2021, Geology, <https://www.emodnet-geology.eu/map-viewer/>
- [30] Dipartimento Protezione Civile, 2020, "Note a Compendio del Foglio 60 "Cagliari", del Foglio 61 "Teulada" e del Foglio 62 "Toro Vacca", Portale: <https://github.com/pcm-dpc/MaGIC>.
- [31] Progetto Visibilità dei dati afferenti all'attività di esplorazione petrolifera in Italia (V.I.D.E.P.I.), <https://www.videpi.com/>
- [32] ISPRA-SGI, 2017, Carta Geologica d'Italia Foglio 566 " Pula", Scala 1:50:000.
- [33] ISPRA-SGI, 1951, Carta Geologica d'Italia Foglio 234 "Cagliari" Sc. 1:100:000.
- [34] Autorità di Bacino (AdB), 2018, "Regionale della Sardegna. Piano stralcio di bacino per l'assetto idrogeologico (PAI) approvato con Decreto del Presidente della Regione Sardegna n.67 del 10.07.2006, e s.m.i".
- [35] Regione Autonoma della Sardegna (RAS), 2006, "Piano di Tutela delle Acque (PTA). Piano Stralcio di Settore del Piano di Piano di Bacino. Linee Generali – Relazione di Sintesi e Cartografia correlate"; <https://www.regione.sardegna.it/index.php?xsl=510&s=149030&v=2&c=8376&t=1&tb=8374&st=13>
- [36] G. Casula, A. Cherchi, L. Montadert, M. Murru, E. Sarria, 2001, "The Cenozoic graben system of Sardinia (Italy): geodynamic evolution from new seismic and field data", *Marine and Petroleum Geology*, Volume 18, Issue 7, pp.863-888, [https://doi.org/10.1016/S0264-8172\(01\)00023-X](https://doi.org/10.1016/S0264-8172(01)00023-X).



RINA Consulting S.p.A. | Società soggetta a direzione e coordinamento amministrativo e finanziario del socio unico RINA S.p.A.
Via Cecchi, 6 - 16129 GENOVA | P. +39 010 31961 | rinaconsulting@rina.org | www.rina.org
C.F./P. IVA/R.I. Genova N. 03476550102 | Cap. Soc. € 20.000.000,00 i.v.