



Minervia Vento S.r.l.

Relazione Geologica

Progetto preliminare per la realizzazione di un parco eolico offshore - Catanzaro - Minervia Energia

Doc. No. P0025305-3-H10-CTZ Rev.00 - Novembre 2021

Rev.	Descrizione	Preparato da	Controllato da	Approvato da	Data
00	Prima Emissione	MCC/RP	FRZ	OZ	30/11/2021

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 SISMICITA'	6
3.1.2 MAREMOTI GENERATI DA TERREMOTO	9
3.2 INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO	11
3.3 ASSETTO MORFO-BATIMETRICO	12
3.3.1 DATI DISPONIBILI	12
3.3.2 BATIMETRIA	12
3.3.3 MORFOLOGIA	14
3.3.4 PERICOLOSITÀ GEOMORFOLOGICA	16
3.3.5 ASSETTO LITOSTRATIGRAFICO	16
3.3.6 CAMPIONAMENTI IN SITU	17
4 AREA A TERRA	18
4.1 INQUADRAMENTO GEOLOGICO	18
4.2 INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO E IDROGRAFICO	22
4.3 INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO	27
4.4 TETTONICA E SISMICITA'	30
4.4.1 SORGENTI SISMOGENETICHE E TETTONICA	30
4.4.2 SISMICITA'	32
4.5 CARATTERISTICHE GEOLOGICHE E STRATIGRAFICHE LOCALI	34
4.5.1 AREA SOTTOSTAZIONE	35
4.5.2 AREA PERCORSO TERRESTRE CAVIDOTTI	37
5 CONCLUSIONI	42
REFERENZE	43

LISTA DELLE TABELLE

Tabella 4.1: Dati Climatici – Botricello	27
--	----

LISTA DELLE FIGURE

Figura 1-1: Sito di interesse	4
Figura 3-1 Isocrone della base della serie neogenico-quadernaria nel Bacino di Crotona e aree circostanti (intervallo 200 ms, tempi doppi) (modificata da Ref. [2]).	6
Figura 3-2: Modelli Sismotettonici Esistenti	7
Figura 3-3: Catalogo dei Terremoti Storici (magnitudo)	8
Figura 3-4: Catalogo dei Terremoti Storici (profondità)	8
Figura 3-5: Mappa pericolosità sismica sul territorio italiano (Ref. [8])	9
Figura 3-6: Morfobatimetria dell'area interessata dallo tsunami del 1832 (Ref. [9]) con epicentri dei sismi dal 1981 al 2002 (catalogo CSI- INGV-CNT) e principali lineamenti tettonici noti in letteratura	10
Figura 3-7: NEAM Probabilistic Tsunami Hazard Model 2018 (Ref. [10])	10
Figura 3-8: Il modello 3D del margine calabro ionico mostra i principali lineamenti morfologici dei settori di Bovalino-Siderno, Punta Stilo e Golfo di Squillace. Dal modello risulta evidente la relazione tra gli elementi tettonici attivi dell'Arco Calabro e i lineamenti erosivi-gravitativi principali. In blu l'area del sito proposto (modificata da Ref. [11])	11
Figura 3-9: DTM dell'area marina e cavidotto A-B (dati: MaGIC Project & EMODNet)	13
Figura 3-10: Carta delle pendenze dell'area marina e cavidotto (dati: MaGIC Project & EMODNet)	13
Figura 3-11: Profilo A-B lungo il cavidotto	13
Figura 3-12: Elementi morfobatimetrici conosciuti dell'area del Golfo di Squillace	15
Figura 3-13: Elementi morfobatimetrici presenti nel sito	15
Figura 3-14: Classificazione del substrato nell'area di interesse (fonte: EMODNet Geology)	17
Figura 4-1: Localizzazione del sito (sottostazione e cavidotti dal punto di spiaggiamento) (immagine Google Earth) 18	
Figura 4-2: Inquadramento Geo-Strutturale di area vasta (Ref. [15] (Sito O)	19
Figura 4-3: Carta Geologica dell'area vasta (da Carta Geologica d'Italia, scala 1:100'000) (Sito: O)	20
Figura 4-4: Carta Litologica dell'area vasta (da PTCP Prov. Catanzaro, scala 1:50'000) (Sito: O)	21
Figura 4-5: Carta Altimetrica (da PTCP Prov. Catanzaro) (Sito O)	23
Figura 4-6: Sistemi naturali della piana circostante il dito (Sito O)	24
Figura 4-7: Carta Rischio Idrologico Frane (P.T.C.P. Provincia Catanzaro) (Sito O)	25
Figura 4-8: Fenomeni Franosi perimetrati nell'Inventario IFFI	25
Figura 4-9: Stralcio Tavola Rischio Idraulico (PSAI-RI)	26
Figura 4-10: Stralcio Tavole Pericolo Erosione Costiera (PSEC)	26
Figura 4-11: Domini Idrogeologici nell'area di Catanzaro (Sito O)	27
Figura 4-12: Stralcio Mappa Idrogeologica Italia Meridionale (Ref. [20]) (Sito O)	28
Figura 4-13: Grado di permeabilità dei Complessi Idrogeologici (Sito O)	29
Figura 4-14: Mappa delle Sorgenti Sismogenetiche nell'Area circostante l'area della substazione (O) (Ref. [3]) 30	
Figura 4-15: Estratto carta sismotettonica della provincia di Catanzaro (Sito O)	31
Figura 4-16: Mappa delle faglie 'Capaci' nell'Area circostante il sito della substazione (SGI - ISPRA, 2018) (O Sito) 31	
Figura 4-17: Magnitudo dei Terremoti estratti dal database CPT115 (INGV) (O)	32
Figura 4-18: Intensità massima Risentita dei Terremoti in un Raggio pari a 30 km dal sito, estratti dal CPT115	33
Figura 4-19: Intensità massime dei Terremoti Risentiti a Catanzaro Lido, estratte dal CPT115	33

Figura 4-20:	Carta delle Accelerazioni Massime del Suolo (Sito INGV) (O Sito)	34
Figura 4-21:	Analisi di disaggregazione per definizione terremoto dominante dell'area	34
Figura 4-22:	Mappa di Localizzazione della Sottostazione e traccia cavidotti	35
Figura 4-23:	Area della sottostazione	35
Figura 4-24:	Campi coltivati attraversati dal percorso cavi mare-sottostazione	36
Figura 4-25:	Localizzazione dei 2 Pozzi Profondi (Banca Dati ISPRA)	36
Figura 4-26:	Scheda Indagine Pozzo per Acqua 175291 (Banca Dati ISPRA)	37
Figura 4-27:	Formazioni geologiche attraversate dal cavidotto	38
Figura 4-28:	Confronto percorso cavidotto (A) e aree segnalate a pericolosità da Iffi (B) per mostrare transito lungo la SS19b ai margini di due aree segnalate a pericolosità frana	39
Figura 4-29:	Transito lungo i margini di area segnalata a pericolosità frana lungo la SS19b presso Barone	39
Figura 4-30:	Fratturazione/ribassamenti del bordo stradale lungo la SS49	40
Figura 4-31:	Sistemazione del tratto stradella della SS49 all'ingresso di Caraffa	40
Figura 4-32:	Area del terminale di Carrà	41
Figura 4-33:	Depositi quaternari [q] presso l'area terminale di Carrà	41

1 PREMESSA

La presente relazione è stata commissionata da Minervia Vento 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 45 aerogeneratori, per una taglia totale di 675 MW, individuato tra il Comune di Belcastro e località La Petrizia in provincia di Catanzaro, in particolare nello specchio di mare del Golfo di Squillace.

Nel dettaglio la scelta di tale sito è stata effettuata tenendo conto della risorsa eolica potenzialmente disponibile, della distanza dalla costa, 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 600 m ai 1100 m.

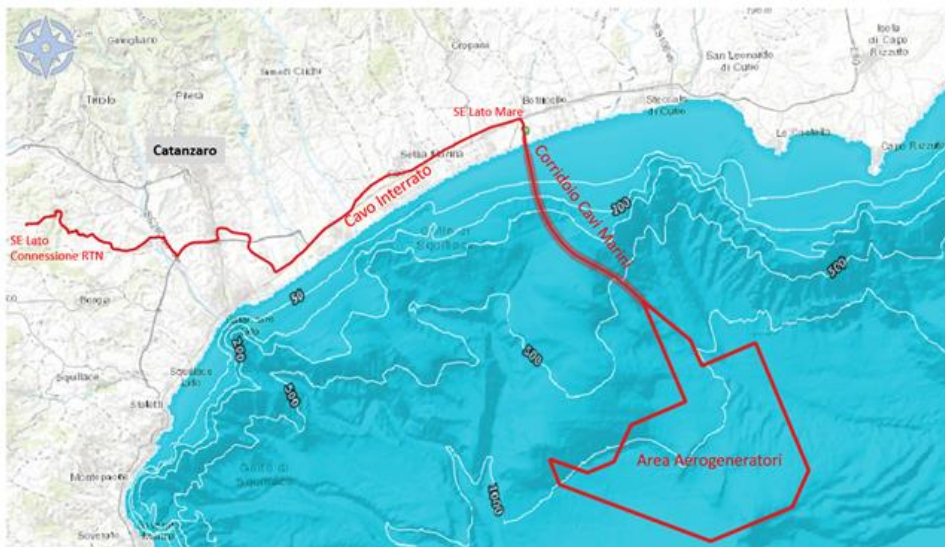


Figura 1-1: Sito di interesse

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

Il sito proposto si inquadra nel Mar Ionio, più precisamente nel Golfo Di Squillace, marcata rientranza della costa della Calabria ionica limitato a N dal Promontorio di Capo Rizzuto, la cui evoluzione geologica Neogenica è connessa con la migrazione verso SE dell'Arco Calabro e del prisma di accrezione.

La zona è caratterizzata da una depressione tettonica colmata da sedimenti marini terrigeni del Pliocene e Pleistocene inferiore, successivamente interessata dal sollevamento dell'intero Arco Calabro durante il Pleistocene medio e superiore.

La sequenza sedimentaria neogenica del bacino (con potenza massima di oltre 3 sec) mostra, al di sopra del substrato deformato della catena e del prisma d'accrezione più antico, un potente livello di depositi terrigeni del Miocene medio-superiore, seguito da una serie evaporitica completa con fenomeni di diapirismo (Figura 3-1). La serie terrigena Plio-pleistocenica, (potenza max. circa 2 sec) presenta una importante discordanza in prossimità della costa, mentre non sono visibili, in piattaforma, discordanze collegate al glacioeustatismo del Pleistocene superiore, presenti in vasti tratti dei margini mediterranei.

A mare, il bacino si prolunga in strutture attive in compressione, sotto forma di sovrascorrimenti (thrust) segmentati da faglie di trasferimento (tear fault), con marcata espressione morfologica. Il limite meridionale è costituito dal sistema di faglie transtensive E-O a cui si deve l'orientamento del bacino di Crotona (Ref. [1]), che lo limitano rispetto agli alti strutturali di Punta Stilo e di Riace. Il versante N del bacino stesso è assai meno netto e strutturalmente complesso: strutture transtensive si associano a transpressioni, diapirismo e locali collassi (Ref. [2]; Figura 3-1), con tettonica disarmonica nei diversi livelli di copertura, dovuta principalmente a scollamenti in corrispondenza delle evaporiti.

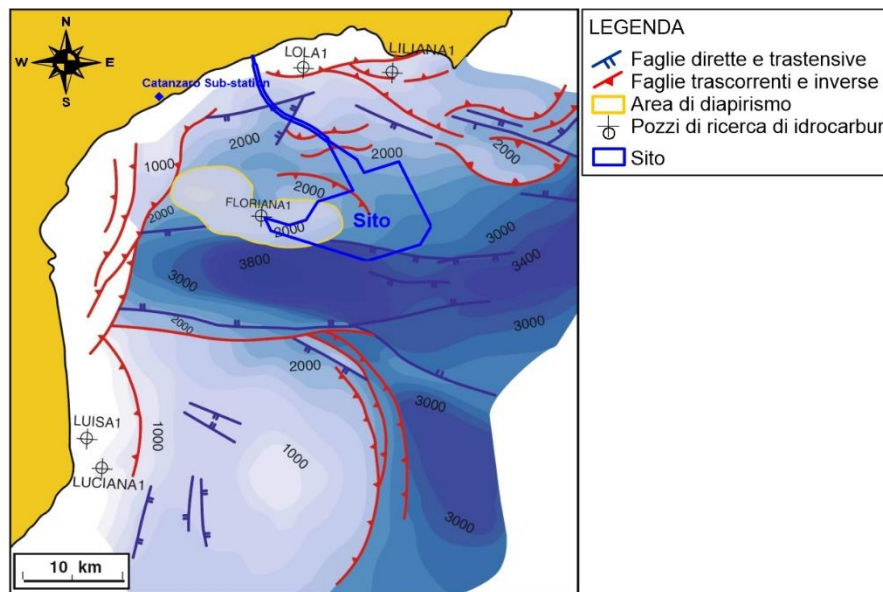


Figura 3-1 Isochrone della base della serie neogenico-quadernaria nel Bacino di Crotona e aree circostanti (intervallo 200 ms, tempi doppi) (modificata da Ref. [2]).

3.1.1 TETTONICA E SISMICITA'

Nel contesto di una regione ad alta sismicità, l'area proposta per il sito si presenta come una tra le più attive e ricche di faglie capaci sia a terra che a mare (Figura 3-2). Numerosi eventi, anche di magnitudo compresa tra 3 e 4, sono stati registrati a mare in corrispondenza del Golfo di Squillace (Figura 3-3). Tra gli ultimi eventi registrati nel Golfo, solo alcuni hanno profondità tale (70-150 km) da poter essere sicuramente relazionati con la subduzione ionica. Gli altri hanno profondità crostali tipiche o intermedie (Figura 3-4). La tettonica crostale recente ed in atto viene interpretata come riattivazione di strutture preesistenti, legata al sollevamento dell'Arco Calabro, con

meccanismi normali. Non mancano, però, terremoti caratterizzati da meccanismi focali transtensivi e transpressivi, correlati a una zona dalla strutturazione complessa.

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 3.2.0; <http://diss.rm.ingv.it/dissGM/> dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (Ref. [3]);
- ✓ Seismic Hazard Harmonization in Europe (SHARE) model (Ref. [4]);
- ✓ ZS9 –Modello per l'Italia (Ref.[5]);
- ✓ Santulin et al. (2017) (Ref. [6]).

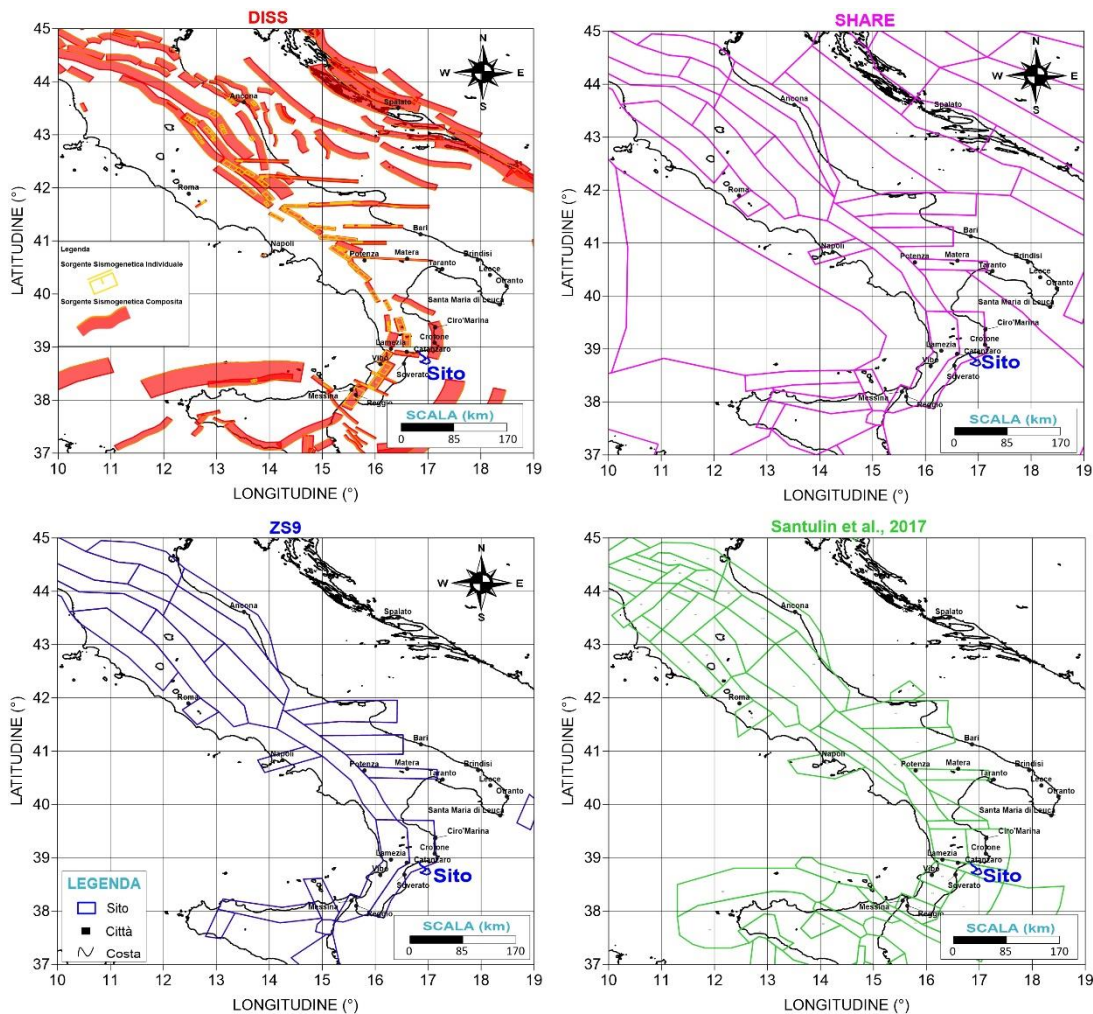


Figura 3-2: Modelli Sismotettonici Esistenti

La Figura 3-3 e Figura 3-4 presentano la distribuzione, la magnitudo e la profondità dei terremoti in base principalmente al catalogo nazionale italiano CPT15, considerato il catalogo più aggiornato per il territorio italiano, attentamente rivisto dall'INGV per eliminare gli eventi fittizi e multipli (Ref. [7]).

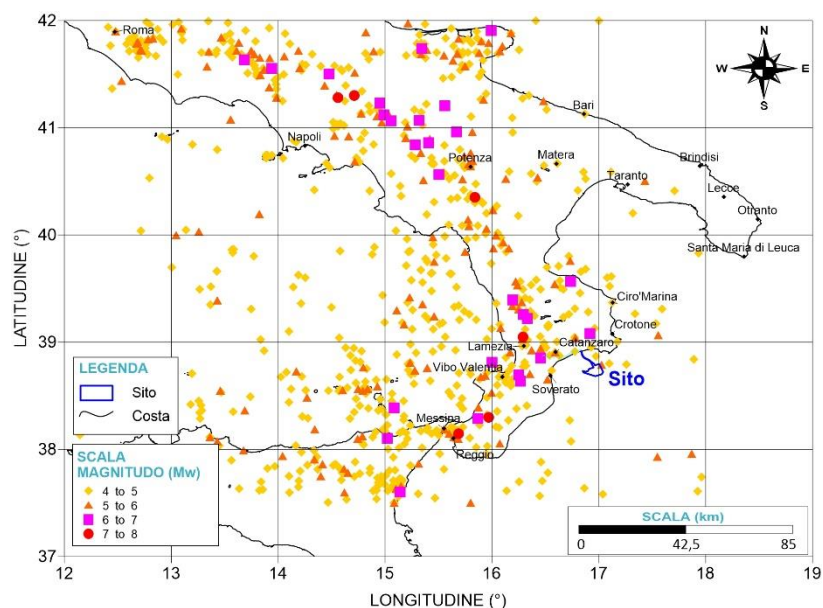


Figura 3-3: Catalogo dei Terremoti Storici (magnitudo)

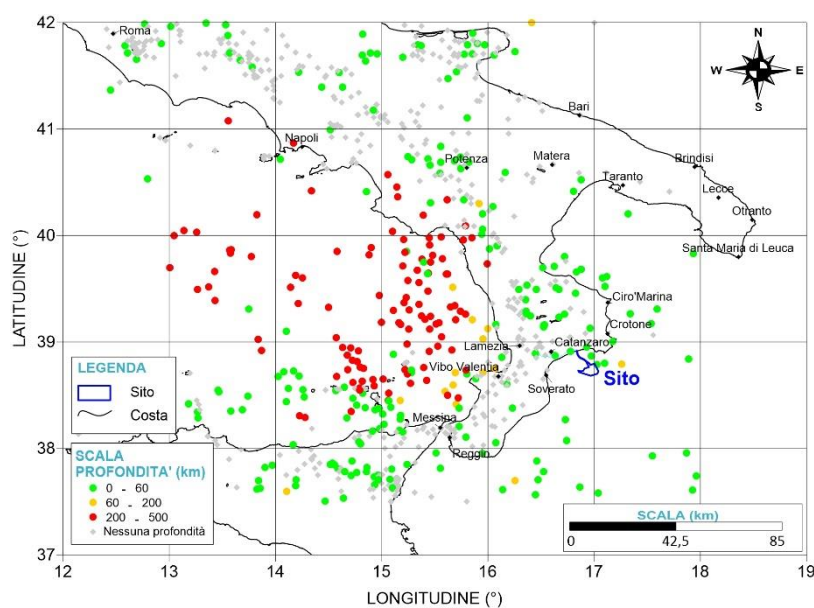


Figura 3-4: Catalogo dei Terremoti Storici (profondità)

Come mostra il catalogo delle sorgenti sismogenetiche italiane (Ref. [3]), l'area di studio ricade all'interno di sorgenti sismogenetiche individuali e composite orientate circa E-W, inoltre in base ai cataloghi dei terremoti storici, è stata soggetta ad eventi sismici importanti.

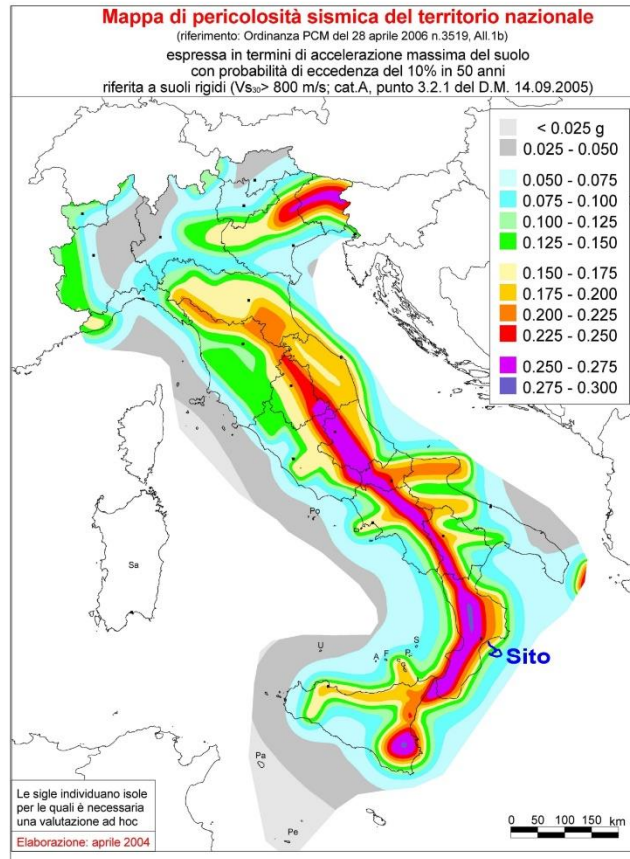


Figura 3-5: Mappa pericolosità sismica sul territorio italiano (Ref. [8])

L'area proposta è caratterizzata da sismicità media, che diminuisce allontanandosi dalla costa ($0.100 < a_g \leq 0.125$).

Nella parte più prossima alla costa si ha un'accelerazione massima fino a circa $0.20g$ per un periodo di ritorno di 475 anni (Figura 3-5). Complessivamente l'area può essere classificata in zona 2 ($0.15 < a_g \leq 0.25$), che indica che in questa zona forti terremoti sono possibili.

3.1.2 MAREMOTI GENERATI DA TERREMOTO

I dati storici su quest'area riguardano uno tsunami verificatosi l'8 marzo 1832. Questo colpì un'ampia area costiera da Catanzaro Marina a Steccato, con massima esondazione a Magliacane, proprio in corrispondenza della testata del canyon di Botricello (Figura 3-6). Il fenomeno (intensità 3) innescato da un sisma con epicentro a terra (magnitudo 6.5, intensità 9.5,) ha generato un'onda di tsunami dell'altezza di circa 20 metri, ad un miglio dalla costa, inondando di seguito 1/2 miglio di area costiera (Ref. [9]).

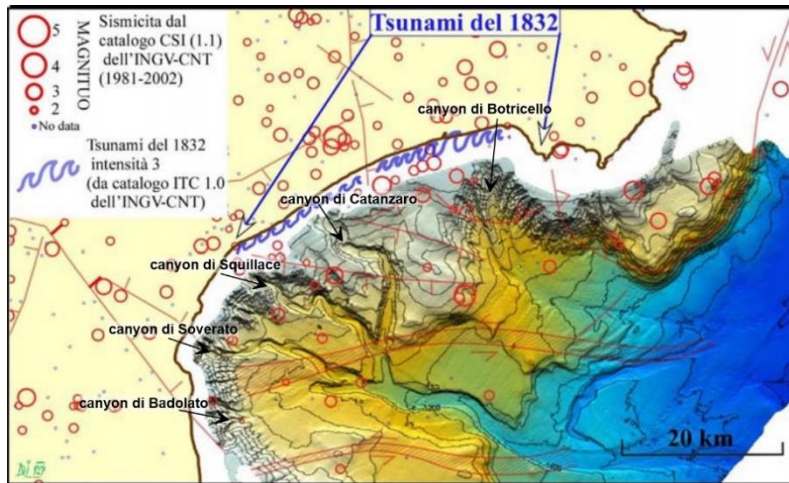


Figura 3-6: Morfobatimetria dell'area interessata dallo tsunami del 1832 (Ref. [9]) con epicentri dei sismi dal 1981 al 2002 (catalogo CSI- INGV-CNT) e principali lineamenti tettonici noti in letteratura

La Figura 3-7 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 (Ref. [10]).

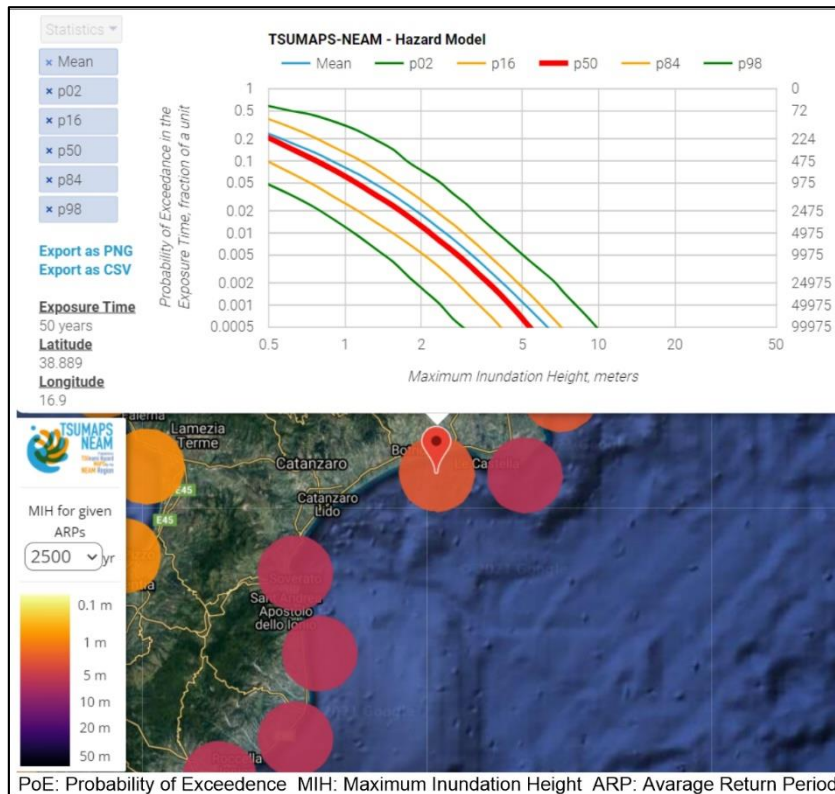


Figura 3-7: NEAM Probabilistic Tsunami Hazard Model 2018 (Ref. [10])

3.2 INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO

Da un punto di vista geomorfologico l'area si estende sulla piattaforma e lungo la scarpata continentale ionica superiore.

La sismica a riflessione delinea un quadro del bacino di Squillace che comporta una evoluzione in più fasi, mediante l'attivazione di strutture diverse nel tempo. I dati acquisiti di recente (Progetti CROP e MESC) mostrano un bacino Mio-Pliocenico in cui esisteva un depocentro poco accentuato, interessato anche da corpi terrigeni pre-messiniani. Nel Pleistocene la zona assiale si approfondisce ben più delle zone laterali che subiscono deformazioni, creando un depocentro marcato che viene poi completamente colmato sino al momento in cui (Tardo Pleistocene-attuale) l'erosione lo intacca scavando canali importanti. Sulla scarpata il depocentro si sdoppia e le deformazioni della sequenza Mio-Pliocenica si fanno più evidenti, così come gli effetti dei processi erosivi.

In sintesi, l'area inizia l'evoluzione che porterà all'assetto morfologico attuale nel Miocene mediosuperiore.

Nel Messiniano l'area del Bacino comincia a differenziarsi dalla zona continentale, con una sequenza evaporitica contenente un livello salino di non trascurabile spessore, in grado di produrre fenomeni di diapirismo (Figura 3-1).

Nelle prime fasi esiste un bacino di avansarco embrionale collegato con le aree di sedimentazione di Crotona, Catanzaro e Squillace dalle quali comincia lentamente a differenziarsi per effetto di una subsidenza differenziale. La situazione perdura sino al Pliocene sup. - Pleistocene inf.; successivamente si riattivano numerose strutture con effetti diversi e si produce un disaccoppiamento definitivo tra l'area costiera in sollevamento (con tasso di 0.8–0.9 mm/anno nel Plio-Quaternario - (Ref. [12]) e il bacino con marcata subsidenza, anche nelle aree deformate in compressione o transpressione.

La subsidenza viene temporaneamente compensata dall'apporto terrigeno, ma di recente (Pleistocene superiore-Olocene), iniziano ad assumere importanza processi morfodinamici di erosione e di dissesto gravitativo, importanti e rapidi, che possono essere relazionati ad una nuova movimentazione tettonica di tutta l'area. Infatti, il sollevamento regionale determina un aumento delle pendenze e l'inasprimento della topografia. Questi fattori hanno portato a una maggiore erosione con conseguente aumento dell'apporto sedimentario che ha contribuito ad accelerare significativamente l'attivarsi di processi gravitativi lungo la scarpata.

La piattaforma, di tipica costruzione sedimentaria, è costituita da una successione progradante di livelli pleistocenici deformati, tagliati dalla superficie erosiva flandriana (Olocene). Si tratta del residuo di una colmata sedimentaria ben più estesa verso il largo, ridotta e, in certi punti, praticamente obliterata dall'erosione retrogressiva; quest'ultima diffusa e canalizzata, giunge a interessare lo stesso litorale. Ben sviluppato, laddove non intaccato dall'erosione retrogressiva, è invece il corpo di alto stazionamento recente ed attuale del livello marino (HST).

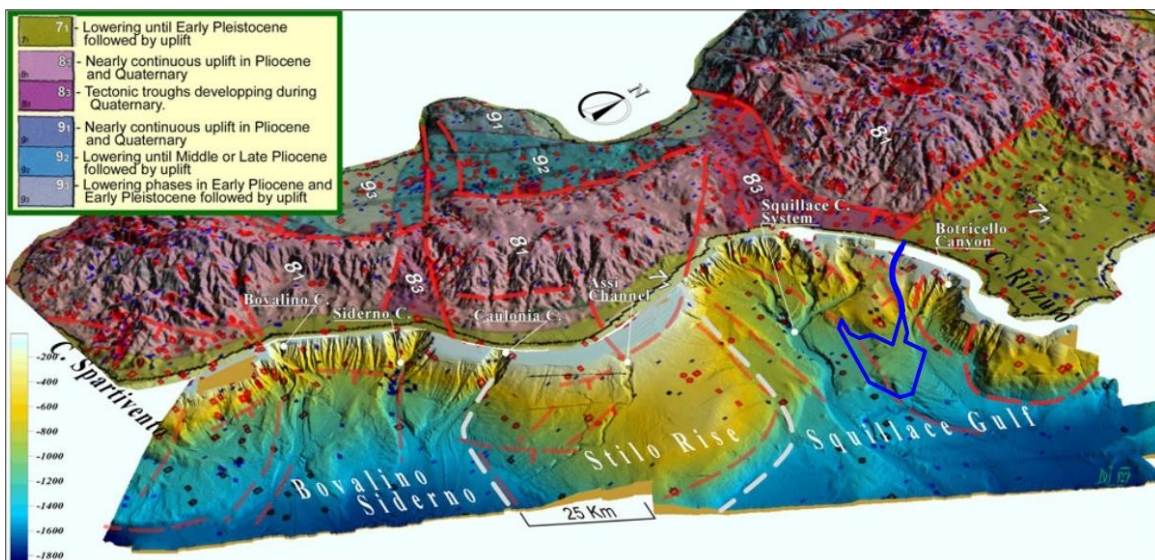


Figura 3-8: Il modello 3D del margine calabro ionico mostra i principali lineamenti morfologici dei settori di Bovalino-Siderno, Punta Stilo e Golfo di Squillace. Dal modello risulta evidente la relazione tra gli elementi tettonici attivi dell'Arco Calabro e i lineamenti erosivi-gravitativi principali. In blu l'area del sito proposto (modificata da Ref. [12])

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);
- ✓ EMODNet (European Marine Observation and Data Network) geology (<https://www.emodnet-geology.eu/map-viewer/>);
- ✓ 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 (risoluzione cella da 50 m a 100 m) è disponibile e scaricabile la mappatura dei principali lineamenti morfo-batimetrici;
- ✓ Progetto MaGIC - Marine Geohazards along the Italian Coasts (http://www.protezionecivile.gov.it/media-comunicazione/dossier/dettaglio/-/asset_publisher/default/content/progetto-magic). L'area è stata investigata per mezzo di profili sismici a riflessione sub-bottom profiler acquisiti durante il progetto, ma solo poche immagini delle linee di sismica sono disponibili.

Al fine di analizzare e caratterizzare nel dettaglio le aree di interesse, i corridoi 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 trova nel Golfo di Squillace, Mar Ionio.

L'area proposta si estende per circa 115 km² nel settore antistante la fascia costiera ionica calabrese in corrispondenza di Catanzaro, ad una distanza minima dalla linea di costa di circa 12 km. Questo settore presenta profondità che vanno da circa 675 m a 1155 m (Figura 3-9).

Lungo il cavidotto di collegamento a terra e nell'area destinata al parco eolico, le pendenze medie sono <3° dalla costa fino al ciglio della piattaforma, situato a circa 130 m di profondità, mentre crescono rapidamente e raggiungono valori >15° a partire dal ciglio della scarpata (4°), lungo il canale di Serre (9°) e in corrispondenza della testata e dei fianchi del canyon di Botricello (Figura 3-10, Figura 3-11 e Figura 3-12).

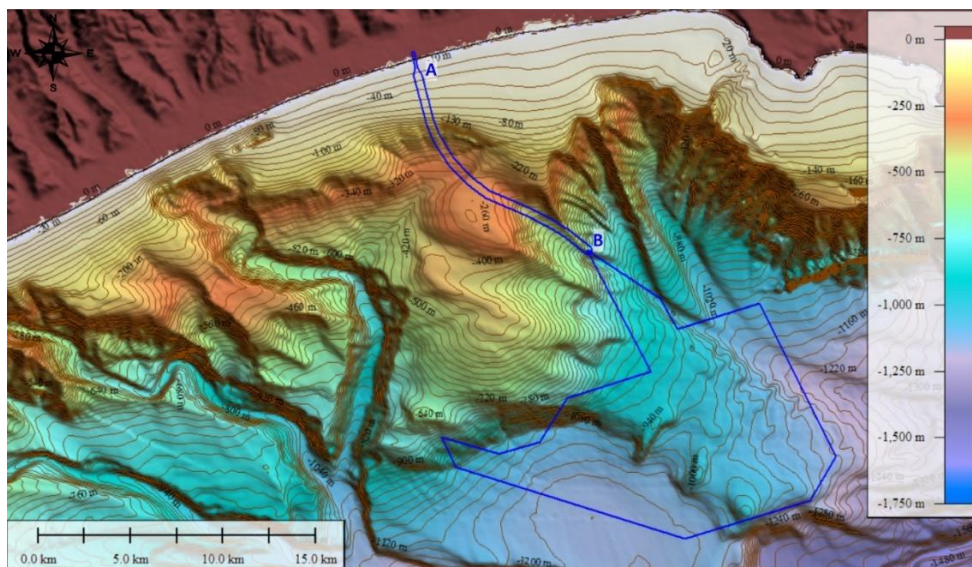


Figura 3-9: DTM dell'area marina e cavidotto A-B (dati: MaGIC Project & EMODNet)

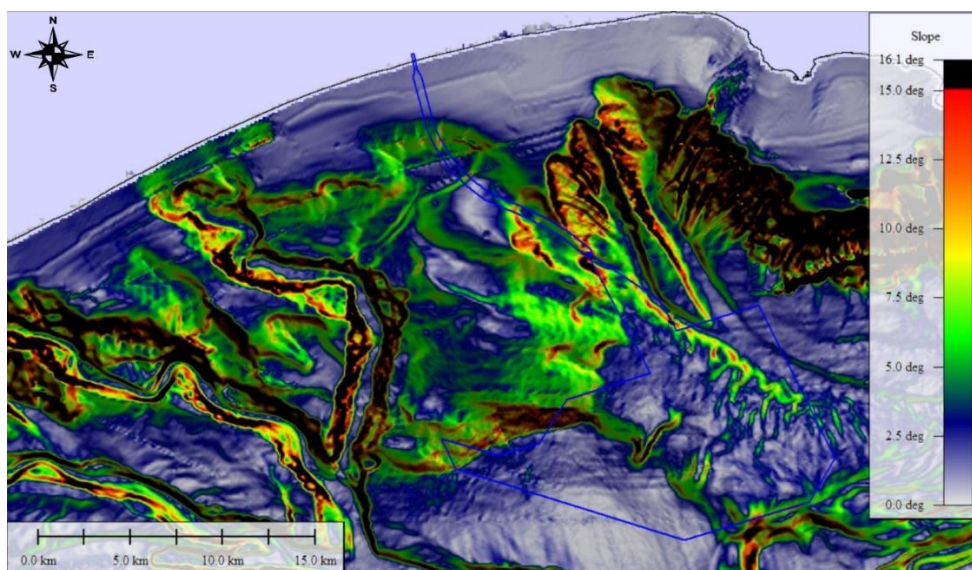


Figura 3-10: Carta delle pendenze dell'area marina e cavidotto (dati: MaGIC Project & EMODNet)

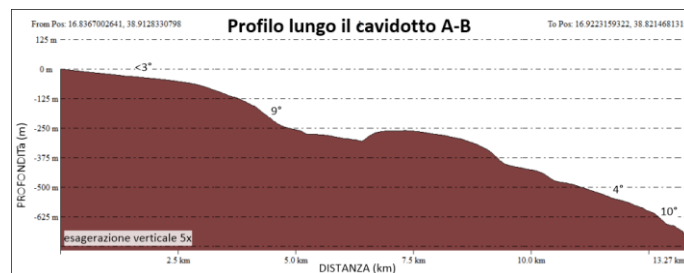


Figura 3-11: Profilo A-B lungo il cavidotto

3.3.3 MORFOLOGIA

Il sito proposto si sviluppa tra il dominio della piattaforma continentale ionica calabra, il ciglio 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 38-Catanzaro - 2008-2012 (Ref. [11]) (Figura 3-13). Tali dati sono stati acquisiti principalmente con due strumenti diversi: 1) ecoscandaglio Reson 8111 per le zone meno profonde fino a circa 500 m; 2) ecoscandaglio Reson 8150 per profondità maggiori. Il DTM finale è il risultato dell'elaborazione dei singoli insiemi di dati e della loro successiva integrazione tramite il software CARIS HIPS and SIPS 7.0. La qualità dei dati batimetrici finali è buona ed adeguata ad ottenere un DTM con una risoluzione di 20 m in scarpata e di 5 m nelle aree di piattaforma tale che ha consentito l'identificazione dei principali elementi morfobatimetrici rilevanti in tutta l'area.

Il Golfo di Squillace è caratterizzato da una piattaforma continentale molto ristretta e da una scarpata acclive. L'elemento morfologico principale è dato dalla presenza del complesso sistema del Canyon di Squillace, che è considerato attivo (Ref. [12]).

La testata del canyon di Squillace si presenta infatti in continuità con il fiume Corace, il che lo rende possibile canale drenante sia dei carichi solidi di piena del fiume che dei sedimenti costieri.

La testata del canyon di Squillace è organizzata in sei distinti rami minori che, da Ovest ad Est, comprendono: il Canyon di Badolato, il Canyon di Soverato, il Canyon di Copanello, il Canyon di Squillace, il Canyon di Catanzaro e il Canale di Serre (Figura 3-12 e Figura 3-13). Questi confluiscono nel thalweg (asse) del canyon principale. Ciascuno dei rami minori è a sua volta alimentato da multiple testate con attività più o meno retrogradanti, alcune delle quali mostrano evidenti forme embrionali (Canale di Serre). Le testate sono generalmente a forma arrotondata (cosiddetta "a cavolfiore") con incisioni, canali erosivi di tipo dendritico e con un numero notevole di nicchie di distacco di frane, anche intra-canale. I fianchi di questi canyon si presentano fortemente incisi, sono alti fino a circa 300 m dall'asse e hanno pendenze $>15^\circ$. I canali minori sono caratterizzati da thalweg a V, indicativo di attività, e da cigli con bordi a spigolo vivo, e talvolta sono separati tra loro da creste e orli di scarpate di erosione.

I principali lineamenti morfologici che interessano il sito sono il Canale di Serre e il canyon di Botricello (Figura 3-11 e Figura 3-12). Queste raggiungono una distanza minima di 2.7 km dalla costa (a 40 m di profondità) e sono tra di loro separati da un rialzo morfologico. Il rialzo morfologico è caratterizzato da canali generalmente senza erosione attiva (fondo arrotondato e cigli con bordo a spigolo arrotondato). Nella sua parte terminale presenta delle forme di fondo che sono state interpretate come possibile effetto di movimenti gravitativi dovuti a risalite diapiriche (Refs. [14] e [15]).

Il Canyon di Botricello presenta dimensioni minori rispetto a quello di Squillace ed è composto da due testate con morfologia a "cavolfiore allungato" costituita da due ramificazioni allungate e parallele che suggeriscono un possibile controllo tettonico del canyon stesso (Figura 3-12). La testata del canale principale mostra erosione retrogressiva, avvicinandosi alla costa, mentre quella del canale secondario sta intaccando, con bordi "vivi" un settore di piattaforma in precedenza progradante. Inoltre l'area è stata soggetta ad attività sismica che, nel 1832 ha generato uno tsunami (Sec. 3.1.2). La parte terminale dei due canyon principali mostra dei thalweg con letto arrotondato e cigli con bordi arrotondati, mentre la zona di fondale che li separa presenta delle incisioni/canali minori ed alcune nicchie di distacco.

In generale, tutto il sistema influenza la dispersione di sedimento costiero che, in corrispondenza delle testate, si incanala e viene trasferito a profondità maggiori.

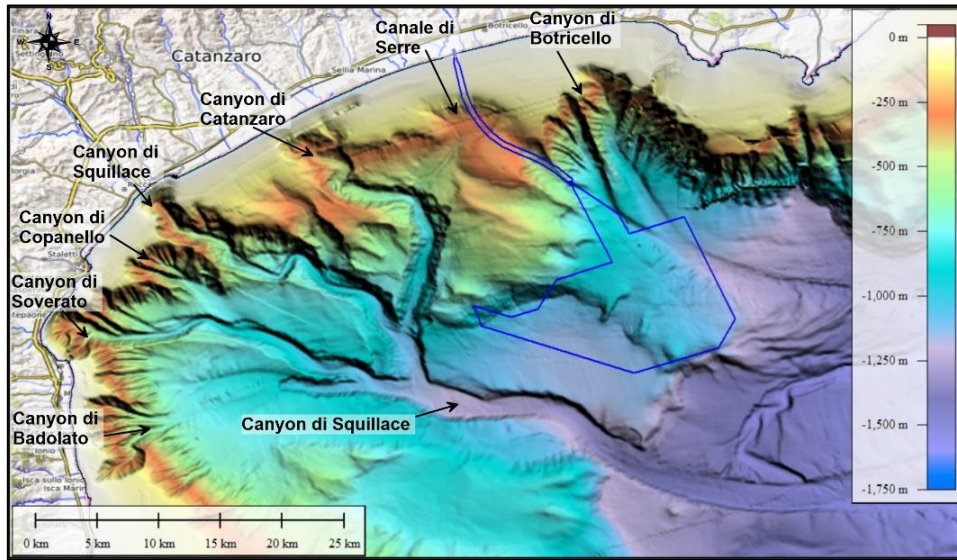
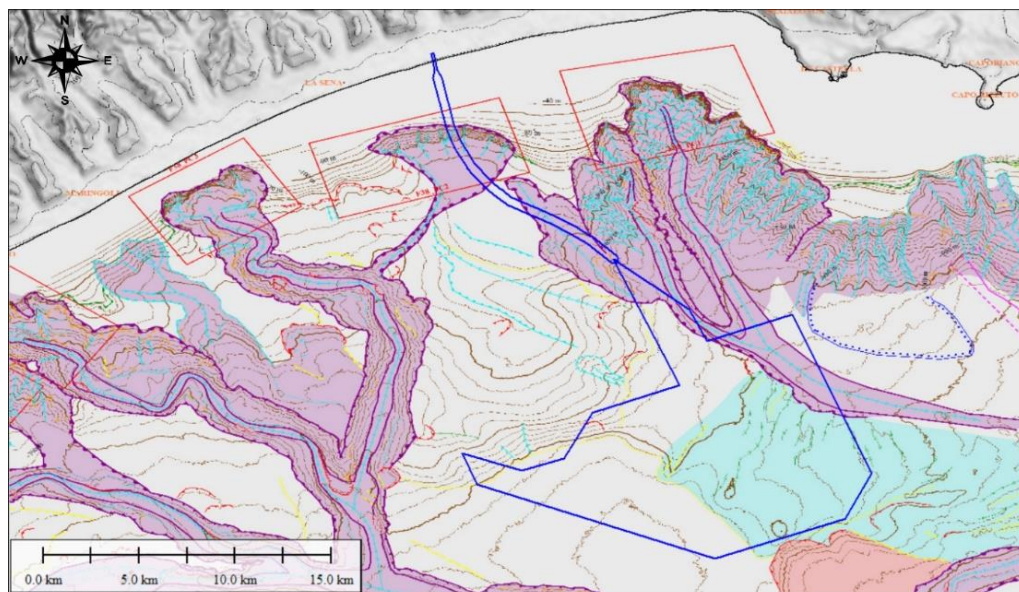


Figura 3-12: Elementi morfobatimetrici conosciuti dell'area del Golfo di Squillace



LIVELLO INTERPRETATIVO 2: UNITÀ MORFOLOGICHE		LIVELLO INTERPRETATIVO 3: ELEMENTI MORFOBATIMETRICI	
	Canyon/Canali		Substrato affiorante generico
	Area ad Forme di Fondo		Scarpata Canale con Argine (Ciglio)
	Frana significativa		Scarpata di Canale minore (Ciglio a spigolo vivo)
	Isobate (EMODNet)		Scarpata di Canale minore (Ciglio a spigolo tondo)
	modified after MaGIC Project (2008-2012) FOGLIO 38-Catanzaro		Scarpata di Canale minore (Base)
			Scarpata di piattaforma continentale (Ciglio)
			Scarpata di piattaforma continentale (Base)
			Scarpata Indefinita (Ciglio a spigolo vivo)
			Scarpata Indefinita (Ciglio a spigolo tondo)
			Scarpata Indefinita (Base)
			Scarpata Erosione generica (Ciglio a spigolo vivo)
			Scarpata Erosione generica (Ciglio a spigolo tondo)
			Scarpata Erosione generica (Base)
			Scarpata Canyon/Canale (Ciglio a spigolo vivo)
			Scarpata Canyon/Canale (Ciglio a spigolo tondo)
			Scarpata Canyon/Canale (Base)
			Scarpata di nicchia di frana (Ciglio)
			Scarpata di nicchia di frana (Base)
			Scarpata di nicchia di frana intracanalale (Ciglio)
			Area deposito di flusso gravitativo non canalizzato

Figura 3-13: Elementi morfobatimetrici presenti nel sito (Ref. [11])

In base a questa mappatura (Figura 3-13), l'area del Golfo di Squillace è caratterizzata da erosione costiera incipiente.

In termini di pericolosità, l'area è esposta ad erosione retrogressiva delle testate dei canyon, che porta a processi di instabilità gravitativa sia sulla piattaforma, dove il carico sedimentario è significativo, che lungo le scarpate acclivi e lungo i fianchi dei canyon. Localmente l'instabilità è stata associata alla risalita di gas presente nei sedimenti e a faglie superficiali che tagliano i depositi Pleistocenici e Olocenici. La presenza di gas/fluidi nei sedimenti può influire sulle proprietà meccaniche e deve essere valutata con indagini in sito (eg. sismica e campionamenti).

L'assenza di un deposito di frana alla base della scarpata suggerisce che il processo possa essere stato in più fasi e caratterizzato da numerosi eventi di flussi di detrito e/o correnti di torbida, piuttosto che da una frana a larga scala (Ref. [12]).

3.3.4 PERICOLOSITÀ GEOMORFOLOGICA

Considerando l'assetto geomorfologico del Golfo di Squillace, possibili fattori di rischio a cui l'area destinata al parco eolico può essere esposta sono:

- ✓ Erosione retrogressiva delle testate dei canyons, in particolare del Canale di Serre e del Canyon di Botricello, situate a poche centinaia di metri dalla linea di costa. L'attività erosiva marcata potrebbe comportare importanti interazioni con la costa di Soverato/Catanzaro/Botricello e un progressivo allargamento delle zone di testata, con ampliamento anche laterale dei vari sistemi canyon/canale;
- ✓ Possibili fenomeni di instabilità gravitativa costiera, dove il carico sedimentario è significativo;
- ✓ Possibili fenomeni di instabilità gravitativa lungo le scarpate più acclivi e lungo i fianchi dei canyons. I principali fattori di innesco sono: l'input sismico, eventi meteo-marini importanti che generano un flusso di acqua/sedimenti da terra e un accumulo di sedimenti che alterano le condizioni di stabilità. Localmente l'instabilità è stata anche associata alla risalita di gas presente nei sedimenti;
- ✓ Alla risoluzione disponibile del dato, non possono essere escluse forme di fondo erosivo-deposizionali minori.

3.3.5 ASSETTO LITOSTRATIGRAFICO

I dati di EMODNet Geology nell'area di interesse indicano la presenza di depositi del Quaternario.

Allo stato attuale delle conoscenze, il substrato relativo all'area proposta per il sito sembrerebbe caratterizzato lungo la fascia costiera, fino a circa 130 m di profondità, dalla presenza di sabbie (Figura 3-14). A profondità maggiori si troverebbero sedimenti più fini, da limosi ad argillosi (fonte: EMODNet Geology) (Figura 3-14).

Non sono noti né gli spessori di questi sedimenti, né la profondità del basamento su cui poggiano, che andrebbero investigati con una campagna di indagine geofisica, tramite rilievi sismici del fondale.

Ad oggi non si hanno a disposizione indagini o prove eseguite direttamente sui terreni che saranno interessati dalle strutture. Al fine di determinare i parametri geotecnici caratteristici del sito sono necessarie rilievi di dettaglio, campionamenti in sito e prove geotecniche.

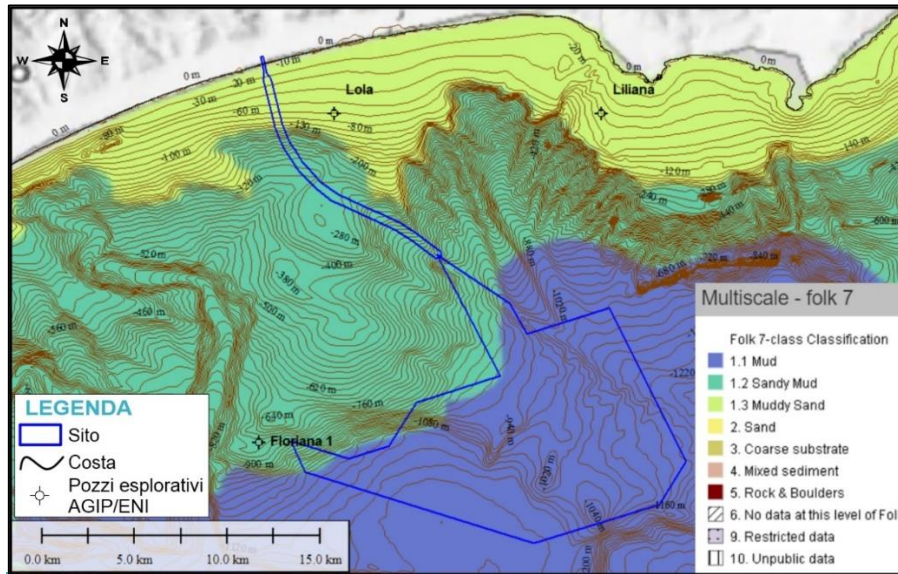


Figura 3-14: Classificazione del substrato nell'area di interesse (fonte: EMODNet Geology)

3.3.6 CAMPIONAMENTI IN SITU

Nella zona del Golfo di Squillace sono presenti dei pozzi esplorativi AGIP/ENI (Figura 3-14), i cui dati sono resi disponibili al pubblico grazie al progetto ViDEPI (<https://www.videpi.com/videpi/videpi.asp>). Le profondità delle carote acquisite e classificate risultano però provenienti da profondità ben maggiori di quelle di interesse per la scelta dei sistemi di ancoraggio. Tali sondaggi appaiono di fatto eseguiti a distruzione di nucleo fino ad una data profondità dal fondale, variabile tra 30 m vicino a costa a 300 m nella zona più profonda.

Allo stato attuale dunque non risultano disponibili campionamenti in-situ per l'area e le profondità di interesse.

4 AREA A TERRA

Il progetto prevede la realizzazione della sottostazione elettrica in Provincia di Catanzaro, a circa 12 km a S-E dal Capoluogo di Provincia e 2 km a E-NE dell'abitato di Simeri Mare. Le aree oggetto della presente relazione geologica si collocano interamente nel territorio comunale di Botricello. I territori comunali confinanti più prossimi sono Cropani a Ovest e Nord Ovest.

La Figura 4-1 mostra la localizzazione di dettaglio della sottostazione, la cui localizzazione è prevista un'area pianeggiante a circa 530 m dalla costa, e la traccia dei cavidotti di collegamento all'impianto offshore a partire dal punto di spiaggiamento.

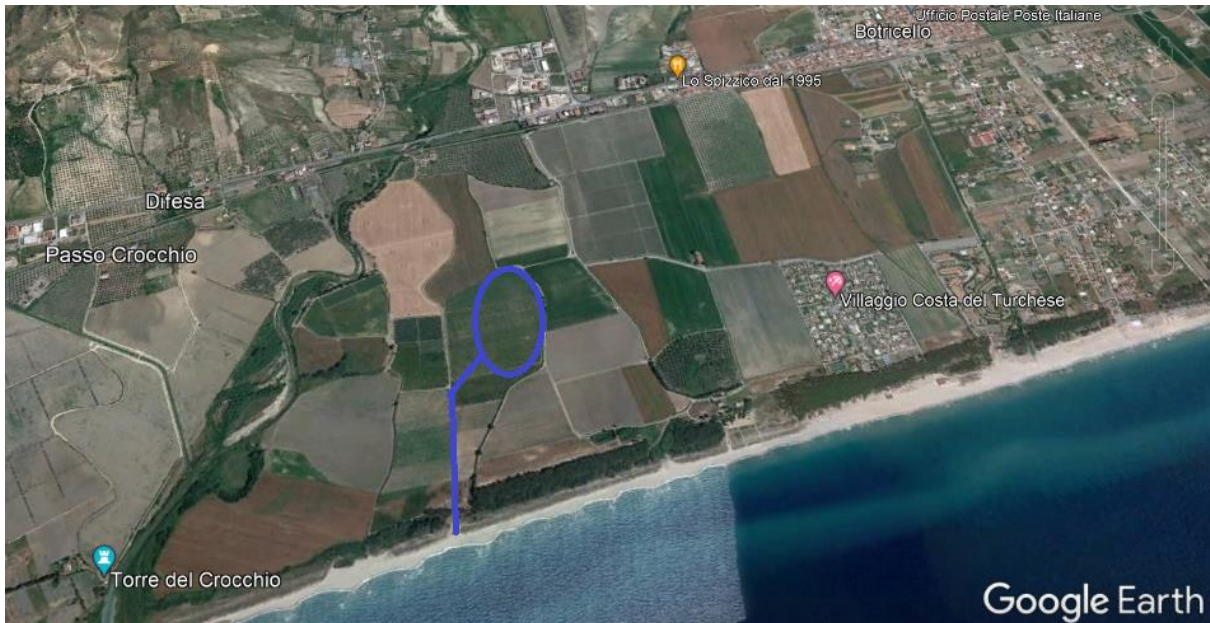


Figura 4-1: Localizzazione del sito (sottostazione e cavidotti dal punto di spiaggiamento) (immagine Google Earth)

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 del sopralluogo effettuato in sito il 27/10/2021, 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, il territorio della provincia di Catanzaro ricade nel contesto geologico regionale dell'**Arco calabro-peloritano**, un'ampia porzione d'origine alpina dalla caratteristica forma ad arco, interposta tra la catena magrebide (ad andamento E-O) e l'Appennino meridionale (ad andamento NO-SE). Strutturalmente esso rappresenta un *thrust-system* prodotto dalla sovrapposizione, tra il Cretaceo superiore ed il Paleogene, di una serie di unità cristallino-metamorfiche paleozoiche derivanti dalla deformazione di domini continentali ed oceanici.

Successivamente alla sua strutturazione, l'Arco calabro-peloritano è stato interessato da un'intensa **fase tettonica post-orogena estensionale**, iniziata dal Pliocene Superiore e tutt'ora in atto. L'estensione ha prodotto un'ampia

zona di rift con faglie che hanno frammentato l'Arco calabro peloritano in bacini sedimentari marini, disposti sia parallelamente che trasversalmente rispetto alla direzione dell'Arco, ed in blocchi sollevati.

I sistemi di faglie ad andamento trasversale della zona di rift siculo-calabra rivestono un ruolo particolarmente importante nell'area in esame, in quanto individuano la depressione tettonica che corrisponde al **Graben di Catanzaro**. Il *graben* è colmato da depositi plio-quadernari ed è interposto tra due *horst* costituiti da unità cristallino-metamorfiche paleozoiche appartenenti all'Arco calabro-peloritano rappresentati, rispettivamente, dalle propaggini più meridionali dell'Altopiano della Sila e da quelle più settentrionali del Massiccio delle Serre (Figura 4-2).

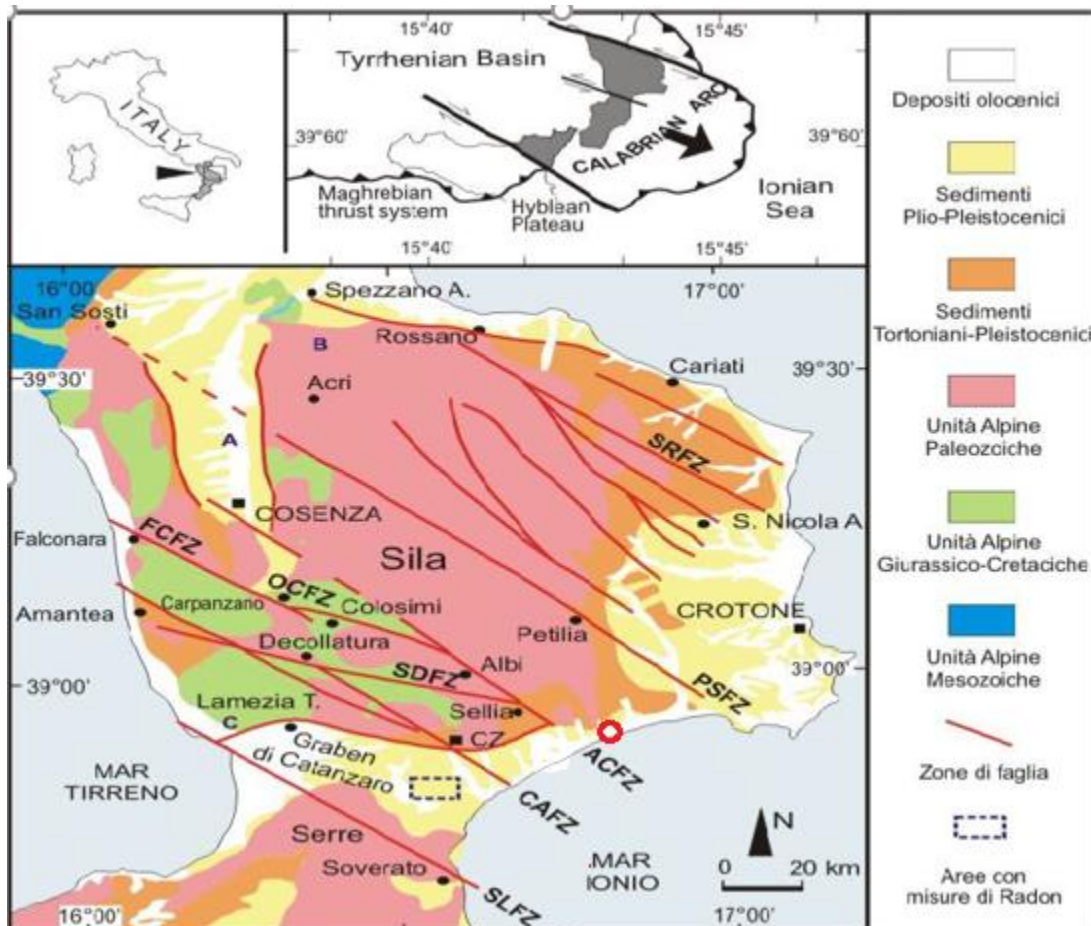


Figura 4-2: Inquadramento Geo-Strutturale di area vasta (Ref. [16] (Sito O))

In riferimento alla carta geologica (Foglio n. 242 "Catanzaro") alla Scala 1:100'000 della Carta Geologica d'Italia (Ref. [17]) (Figura 4-3), le aree **interessate** dalle opere a terra oggetto della presente relazione (sottostazione e cavidotti di collegamento all'impianto offshore a partire dal punto di spiaggiamento previsto sulla costa) ricadono interamente nelle **"Alluvioni" recenti (alvei di fiumi e torrenti, spiagge)**. A monte del tracciato ferroviario e stradale parallelo alla costa, in corrispondenza dei **primi rilievi collinari**, affiorano principalmente **"Argille azzurre. Sabbie e conglomerati intercalati alle argille" del Pliocene Medio (P2a)**, **"Ghiaie, sabbie ed arenarie tenere" del Quaternario (q)** e **"Calcarei concrezionati silicei e calcari solfiferi" del Pliocene Inferiore (m_s)** mentre le alluvioni recenti affiorano in prossimità dei corsi d'acqua.

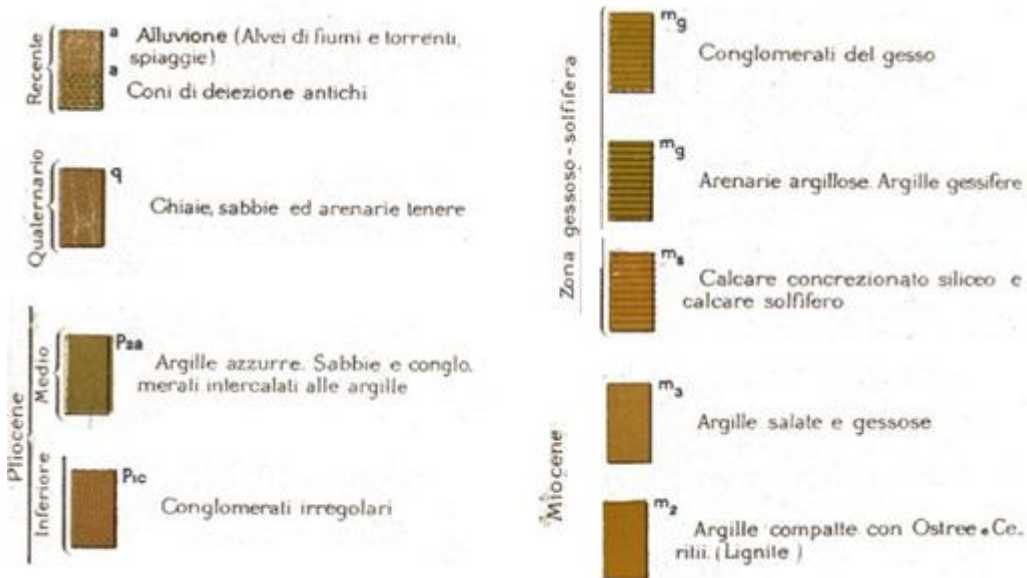


Figura 4-3: Carta Geologica dell'area vasta (da Carta Geologica d'Italia, scala 1:100'000) (Sito: ○)

La Figura 4-4 riporta uno stralcio della Carta Litologica¹ (Carta 0.6.2., scala 1:50'000) sviluppata nell'ambito del P.T.C.P. della Provincia di Catanzaro (Ref. [18]) per l'area vasta di progetto.

¹ Come indicato nella Relazione Generale del P.T.C.P i tipi litologici sono stati in gran parte derivati dalla Carta Geologica della Calabria in scala 1:25'000 del 1967.

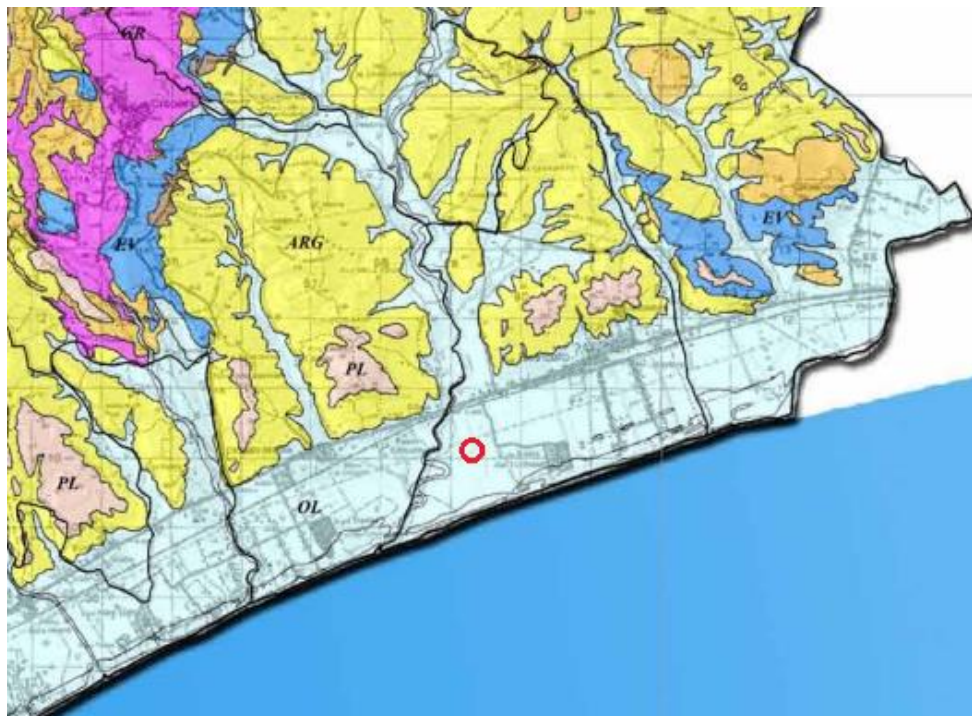


Figura 4-4: Carta Litologica dell'area vasta (da PTCP Prov. Catanzaro, scala 1:50'000) (Sito: ○)

L'area proposta per le opere a terra ricade sui **Depositi Olocenici (OL)**, rappresentati da "alluvioni mobili dei letti fluviali; alluvioni fissate dalla vegetazione; prodotti di soliflussione e dilavamento; dune e sabbie eoliche mobili e stabilizzate".

Spostandosi verso le zone collinari retrostanti la costa affiorano:

- ✓ **Depositi Pleistocenici Terrazzati (PL)** che comprendono depositi continentali e depositi marini. I depositi terrazzati d'origine continentale sono costituiti da conglomerati bruno-rossastri con ciottoli cristallini in una matrice sabbiosa grossolana intercalati da livelli sabbiosi. I depositi terrazzati d'origine marina comprendono conglomerati di facies deltizia e sabbie talora fossilifere intercalate da orizzonti ghiaiosi e conglomeratici.
- ✓ **Sedimenti del Miocene Sup. (Tortoniano) - Pliocene (ARG, AS, CGL, EV)**. Sono stati qui raggruppati sia i depositi terrigeni del Miocene superiore-Pliocene inferiore sia i depositi del Pliocene medio-superiore di riempimento del *Graben* di Catanzaro, che sono rappresentati dai litotipi seguenti:

- **“Depositi prevalentemente argillosi” (ARG).** Comprende depositi infra-pliocenici rappresentati da argille siltose da grigio chiare a brune con intercalazioni sabbiose, siltose e marnose e depositi alto-miocenici rappresentati da argille sabbiose e siltose di colore prevalentemente grigio con lenti di gesso e con intercalazioni sabbioso-arenacee.
- **“Depositi prevalentemente sabbiosi ed arenacei” (AS).** Comprende depositi del Pliocene medio-superiore rappresentati da sabbie brune a grana da media a fine con intercalazioni frequentemente siltose e raramente conglomeratiche, localmente fossilifere ed a stratificazione incrociata, da depositi alto-miocenici rappresentati da arenarie a cemento calcareo e sabbie a grana da fine a grossolana con intercalazioni di argille e silt e con occasionali sottili orizzonti di gesso e di calcare.
- **“Depositi prevalentemente conglomeratici” (CGL).** Comprende depositi del Pliocene medio-superiore rappresentati da conglomerati ben costipati e cementati a ciottoli arrotondati di rocce ignee e metamorfiche con orizzonti sabbiosi e da depositi altiocenici rappresentati da conglomerati rossi e bruni con ciottoli poco arrotondati e mal classati di rocce cristalline e calcaree, immersi in una matrice sabbiosa grossolana e localmente argillosa, caratterizzati nelle porzioni sommitali da blocchi di gesso di dimensioni rilevanti.
- **“Rocce evaporitiche e bioclastiche” (EV).** Comprende litotipi del Miocene superiore rappresentati da calcari evaporitici vacuolari di colore biancastro e gessi macrocristallini massicci intercalati da sottilissimi livelli di sabbie fini.

4.2 INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO E IDROGRAFICO

In merito agli aspetti geomorfologici di area vasta, la Carta Altimetrica estratta dal P.T.C.P. della Provincia di Catanzaro (Figura 4-5), mostra che l'area del Golfo di Squillace è caratterizzata da un'ampia fascia costiera con quote non superiori ai 100 m, con alle spalle rilievi collinari che si attestano in gran parte tra i 100 e i 300 m di altitudine fino ai 500 m.

Queste classi altimetriche caratterizzano anche la morfostruttura del *Graben* (o fossa) di Catanzaro che si estende trasversalmente in direzione ONO-ESE e delimita i due *Horst* dei massicci dalla Sila a nord e delle Serre a sud, con i loro versanti degradanti verso il graben.

L'area in cui è prevista la collocazione della sottostazione elettrica è situata in una zona costiera pianeggiante (cerchio rosso in Figura 4-5), ad una quota di circa 4 m s.l.m. e a circa 600 metri dalla linea di costa.

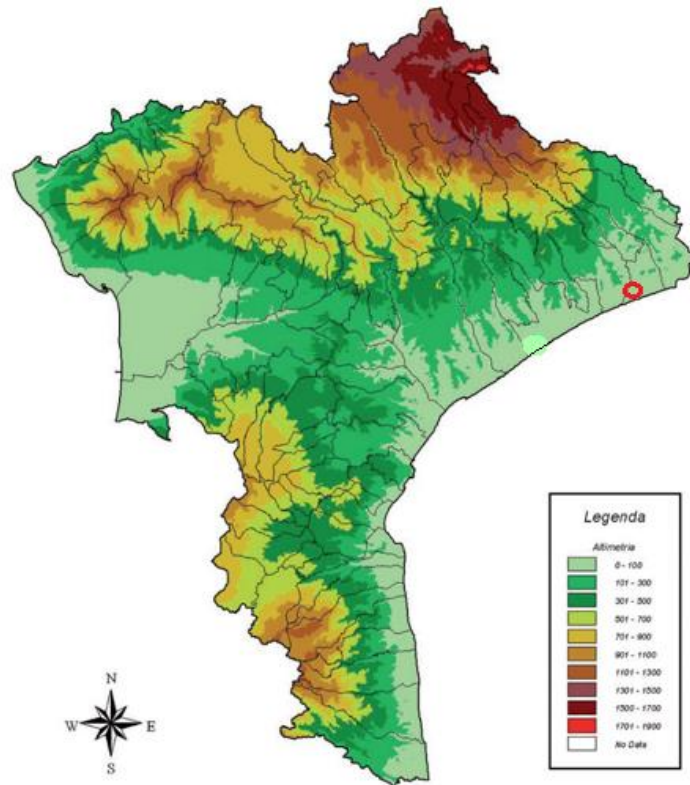


Figura 4-5: Carta Altimetrica (da PTCP Prov. Catanzaro) (Sito 0)

Nel contesto morfologico ora descritto, l'idrografia superficiale è caratterizzata da torrenti e fiumare² che provengono dai rilievi montuosi a nord ed a sud della fossa di Catanzaro, e il cui reticolo risente sia dei deboli gradienti del rilievo locale, sia del controllo strutturale. I corsi d'acqua principali, con i bacini maggiormente estesi, provengono da nord (Sila).

Il Torrente Crocchio è il corso idrico più vicino che scorre a circa 650 ad ovest del sito. Esso proviene dalla Sila Piccola e si snoda per 38 km attraverso delle gole strette e profonde che determinano varie pozze, la più suggestiva delle quali, detta «Pozza dell'Inferno», origina dopo una cascata di 6 metri di altezza. Giunto infine in pianura, il Crocchio sfocia nel Golfo di Squillace, nel territorio comunale di Cropani, in località Torre del Crocchio. Nei pressi della foce, il Crocchio riceve a sinistra il suo unico affluente, il Nasari. Come i principali fiumi della piana di Catanzaro Lido, il Torrente Crocchio presenta caratteri di transizione verso le fiumare (Figura 4-5).

² Le fiumare, talora impetuose, sono per gran parte dell'anno completamente asciutte, data la mancanza di precipitazioni. Il loro letto è molto largo e ciottoloso, evidenziando la forte azione erosiva e di trasporto sviluppata nei momenti di piena.

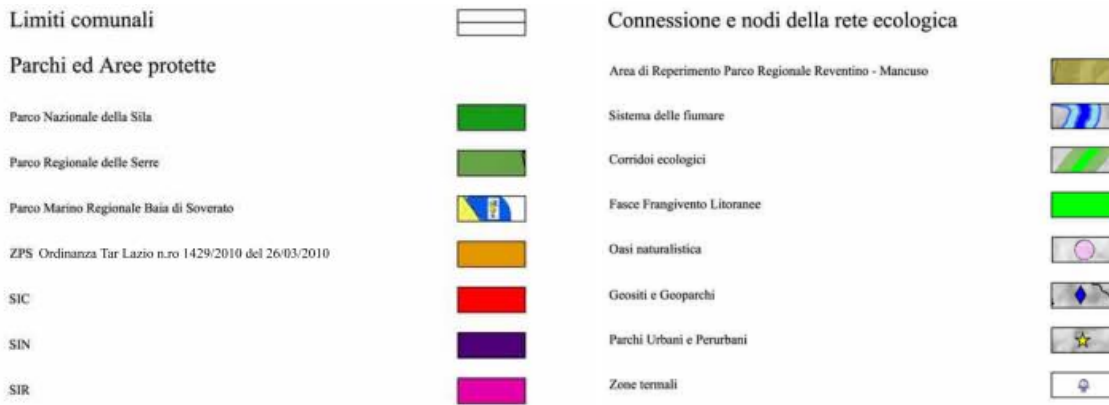
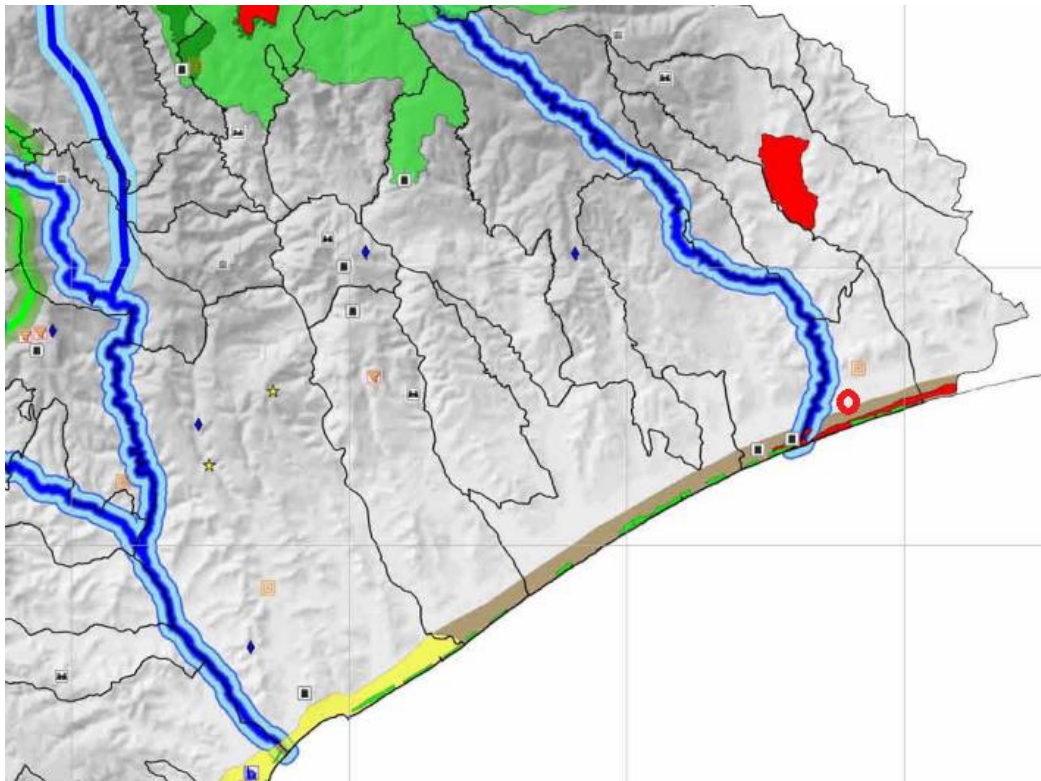


Figura 4-6: Sistemi naturali della piana circostante il dito (Sito 0)

Riguardo il rischio geomorfologico, il rischio idraulico, e il rischio di erosione costiera, è stata consultata la cartografia tematica associata al Piano Stralcio di Bacino della *Unit of Management* (UoM) Regionale Calabria e Interregionale Lao (ex *ADB Reg. Calabria*)³ (Ref. [19]), e la Carta Rischio Idrologico Frane del P.T.C.P. della Provincia di Catanzaro (Ref. [18]) (Figura 4-57). I contenuti dei suddetti documenti recepiscono le indicazioni contenute nel PAI Nazionale.

³ <http://www.distrettoappenninomeridionale.it/index.php/elaborati-di-piano-menu/ex-adb-calabria-menu>

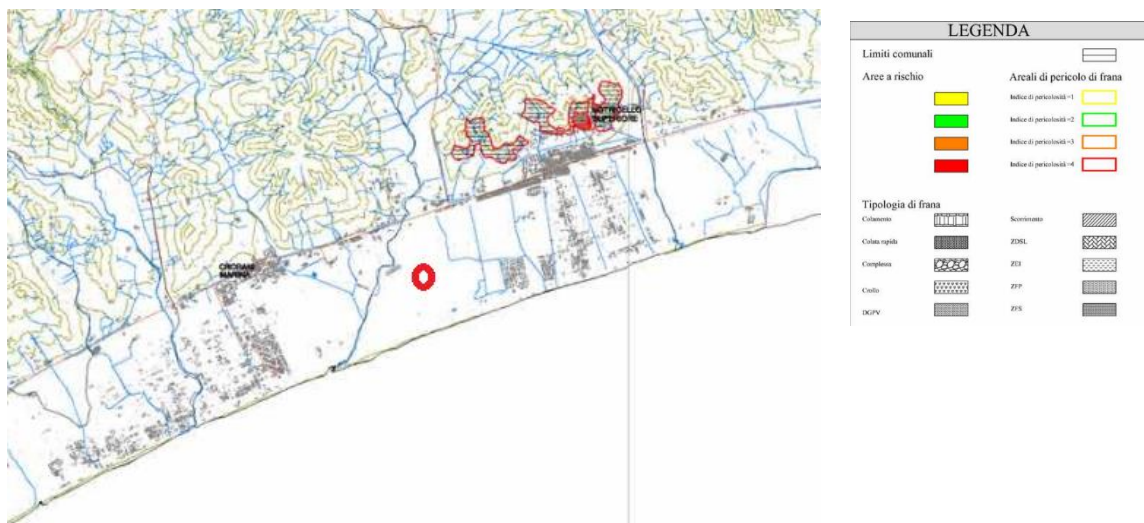


Figura 4-7: Carta Rischio Idrologico Frane (P.T.C.P. Provincia Catanzaro) (Sito 0)

Una visione d’insieme dei fenomeni franosi perimetrati nell’area del sito è riportata in Figura 4-8, che riporta le informazioni estratte dall’Inventario dei Fenomeni Franosi in Italia (ISPRA [4]) (Ref. [20]) in cui, consistentemente alle informazioni riportate precedentemente, le instabilità sono limitate principalmente alle zone prossime ai centri abitati di Botricello e Cropani.

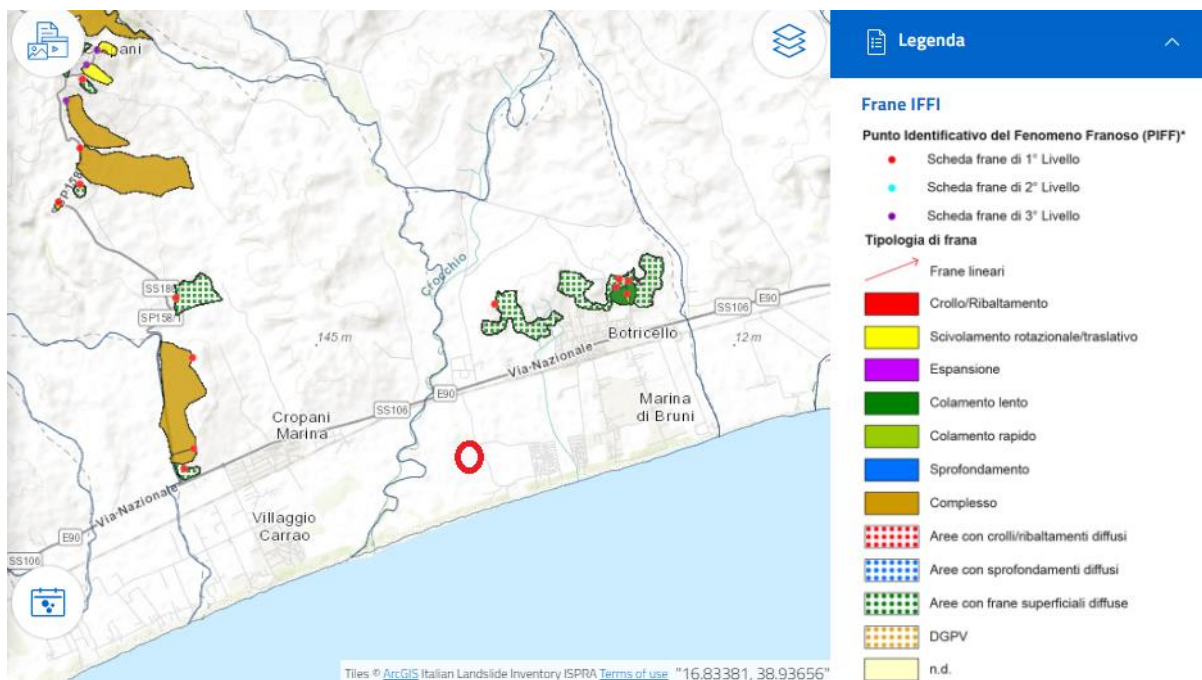


Figura 4-8: Fenomeni Franosi perimetrati nell’Inventario IFFI

⁴ <https://www.progettoiffi.isprambiente.it/inventario/>

In merito al rischio idraulico, le opere a progetto distano circa 500m dall'area perimetrata a rischio idraulico in corrispondenza del Torrente Crocchio (Figura 4-9).

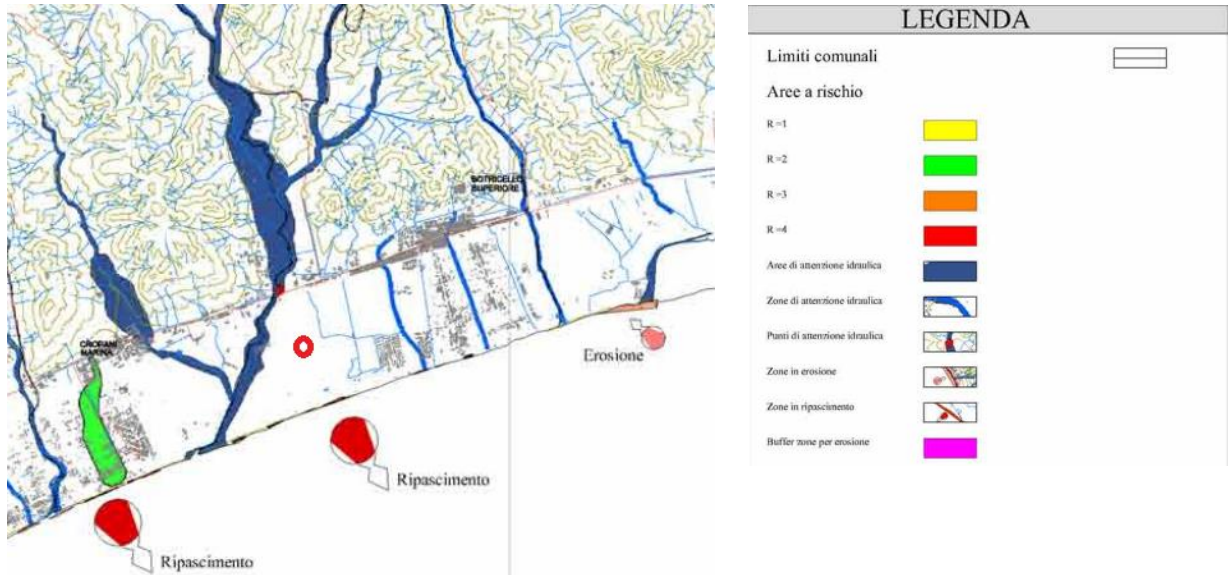


Figura 4-9: Stralcio Tavola Rischio Idraulico (PSAI-RI)

Riguardo alla erosione costiera, la carta della pericolosità riportate nel Piano di Bacino dell'Autorità di Bacino mostra che la spiaggia in corrispondenza del sito presenta pericolosità elevata alla erosione (Figura 4-10).



Figura 4-10: Stralcio Tavole Pericolo Erosione Costiera (PSEC)

4.3 INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO

Il Comune di Botricello, dove si collocano le aree oggetto della presente relazione geologica, è caratterizzato da una piovosità media annuale pari a 786 mm e da una differenza di piovosità tra il mese più secco e il mese più piovoso pari a 73 mm. Il mese più secco è agosto con una media di 24 mm di pioggia, mentre a novembre si registrano le maggiori precipitazioni (media di 97 mm). La temperatura media è di 17.1 °C. La Tabella 4.1 riassume i dati climatici disponibili per il territorio di Botricello (dati da: <https://it.climate-data.org/>).

	Gennaio	Febbraio	Marzo	Aprile	Maggio	Giugno	Luglio	Agosto	Settembre	Ottobre	Novembre	Dicembre
Medie Temperatura (°C)	9.1	9.3	11.7	14.5	18.9	23.8	26.6	26.6	22.1	18.2	14.1	10.4
Temperatura minima (°C)	6	5.8	7.8	10.1	14	18.6	21.4	21.7	18.1	14.7	10.9	7.4
Temperatura massima (°C)	12.7	13.1	16	18.9	23.4	28.4	31.3	31.5	26.5	22.3	17.7	13.9
Precipitazioni (mm)	86	85	80	67	48	28	25	24	63	88	97	95
Umidità(%)	75%	73%	70%	68%	63%	55%	52%	53%	64%	73%	76%	76%
Giorni di pioggia (g.)	8	8	8	9	7	5	4	4	7	7	8	9
Ore di sole (ore)	6.0	6.7	8.1	9.5	11.1	12.3	12.4	11.6	9.4	7.8	6.4	6.0

Tabella 4.1: Dati Climatici – Botricello

Nell’area vasta di Catanzaro prevalgono tre principali domini idrogeologici ⁵ (Figura 4-11) (Ref. [21]):

- ✓ Complessi Idrogeologici alluvionale ed epiclastico continentale (Quaternario) dove ricadono le opere a terra oggetto della presente relazione geologica;
- ✓ Complessi idrogeologici terrigeni e molassici tardo-orogeni (Miocene sup. Pliocene)
- ✓ Complessi idrogeologici cristallino metamorfici dell’Arco Calabro (Paleozoico).

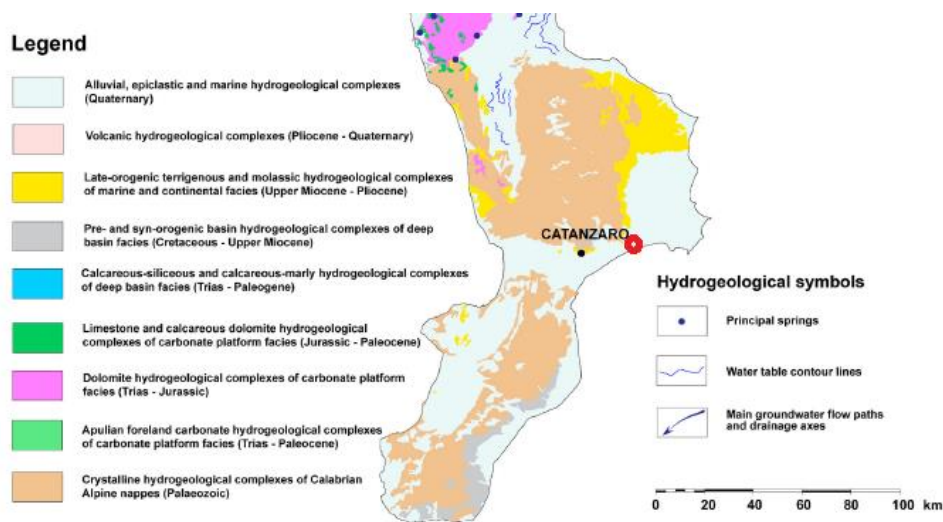


Figura 4-11: Domini Idrogeologici nell’area di Catanzaro (Sito 0)

In merito alla tipologia di complessi idrogeologici presenti nell’intorno del progetto, e alle loro caratteristiche (tipologia e grado di permeabilità), si riporta in Figura 4-12 lo Stralcio della Mappa Idrogeologica alla Scala 1:300'000, “Hydrogeology of Continental Southern Italy” Map III – Calabrian Peloritian Arc”, prodotta nell’ambito del Programma Europeo INTERREG IIC (Ref. [21]).

⁵ Principali raggruppamenti di complessi idrogeologici.

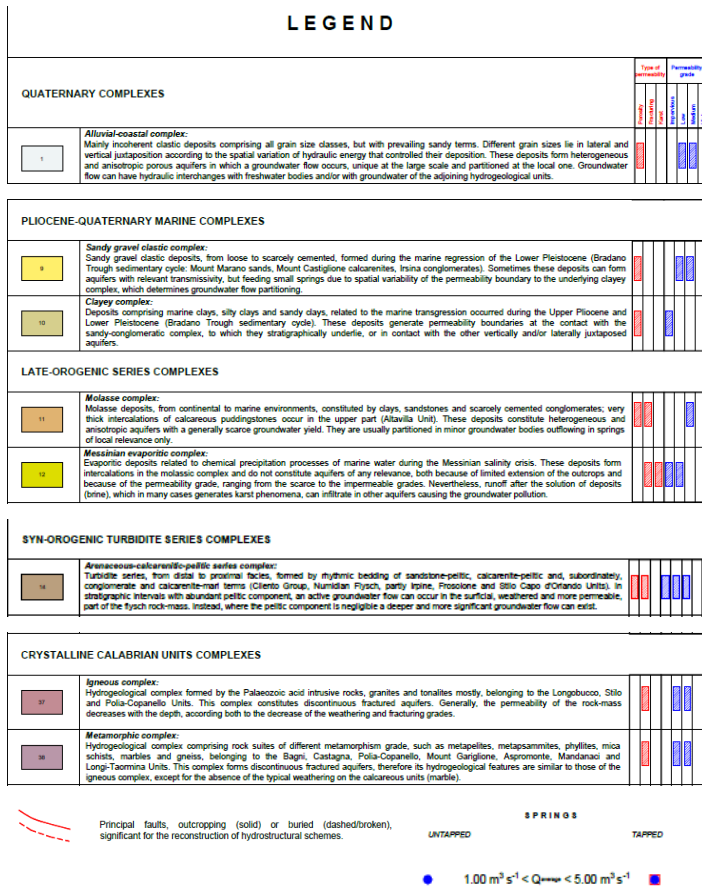
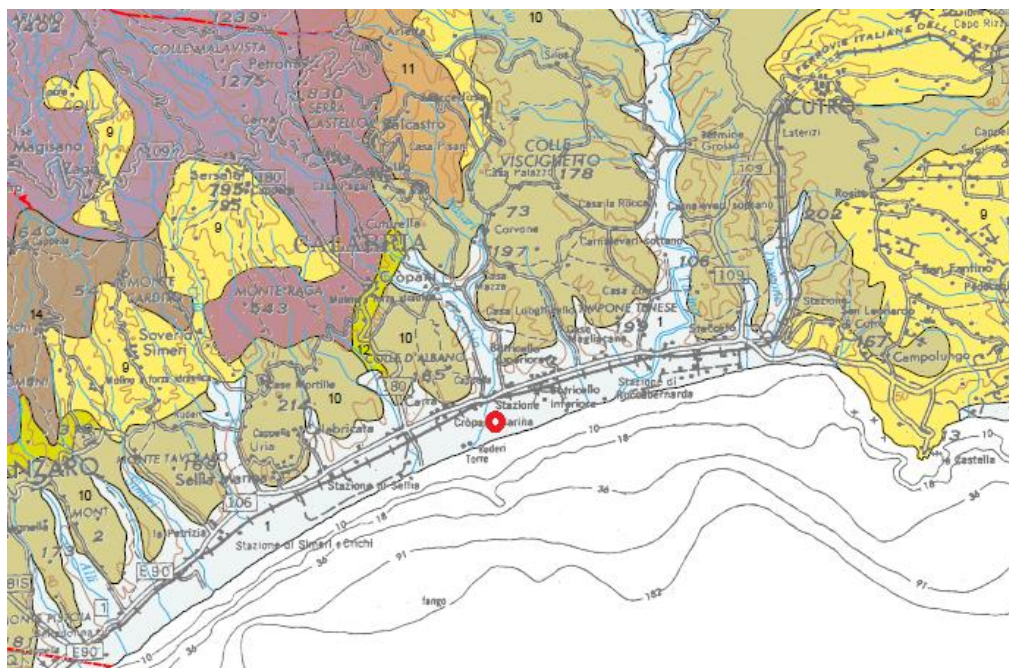


Figura 4-12: Stralcio Mappa Idrogeologica Italia Meridionale (Ref. [21]) (Sito 0)

L'area di progetto ricade in **complessi acquiferi costieri alluvionali Quaternari (1)**, depositi incoerenti clastici a prevalente natura sabbiosa. Questi depositi formano acquiferi porosi caratterizzati da eterogeneità e anisotropia, e con permeabilità medio-bassa per porosità. In questi ambiti idrogeologici, la circolazione idrica sotterranea, per la presenza di livelli meno permeabili intercalati ai terreni acquiferi, è spesso rappresentata a scala locale dalla presenza di più falde sovrapposte, da libere a confinate. Invece, a scala globale il comportamento di queste falde idriche è assimilabile a quello di un unico corpo idrico sotterraneo.

Nelle zone collinari immediatamente retrostanti la zona di progetto, prevalgono **Complessi Argillosi (10)** che fungono da corpi impermeabili delimitanti acquiferi in formazioni sabbiose e conglomeratiche. Altri complessi affioranti (serie torbiditiche ed evaporitiche) sono associati a permeabilità medio-bassa o nulla ed in parte associata a fessurazione.

La carta idrogeologica non riporta per l'area in esame la presenza di sorgenti significative (ad eccezione di una, di portata tra 1-5 m³/s, prossima a Catanzaro) né riporta isopieze e direzioni principali del flusso di falda (vista la scala della carta vengono indicati solo flussi di importanza regionale).

La Figura 4-13 riassume schematicamente le caratteristiche di permeabilità dei complessi acquiferi, evidenziando, in generale la presenza di complessi a permeabilità media lungo la zona costiera ($K 10^{-4} - 10^{-6}$ m/s) e ed estese aree di affioramento di complessi impermeabili.

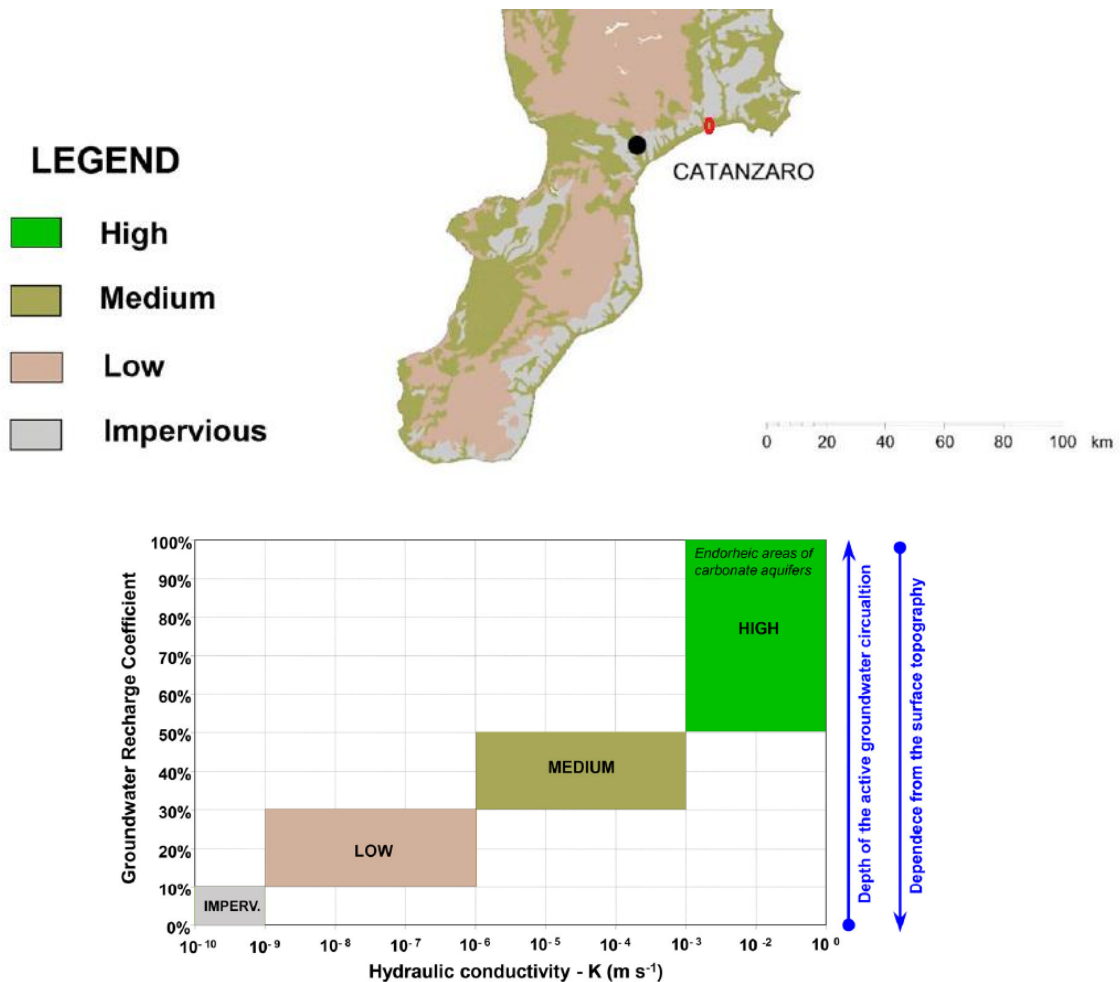


Figura 4-13: Grado di permeabilità dei Complessi Idrogeologici (Sito 0)

4.4 TETTONICA E SISMICITA'

4.4.1 SORGENTI SISMOGENETICHE E TETTONICA

Dal catalogo delle sorgenti sismo-genetiche italiane (Database of Individual Seismogenic Sources, DISS Version 3.2.1; <http://diss.rm.ingv.it/diss/> dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV), l'area della sub-stazione a terra non ricade all'interno di strutture sismo-genetiche singole (ISS) o composita (CSS) (Ref. [3]) (Figura 4-14).

La struttura sismo-genetica più prossima all'area di studio si sviluppa a circa 10 km Ovest, è la CSS classificata come ITCS068 "Caraffa Squillace Gulf". Tale struttura è posta a cavallo tra la Calabria centro-meridionale (nei pressi della città di Catanzaro), fiancheggiata dalla spalla meridionale del massiccio della Sila e dalla faglia di Lamezia-Catanzaro (a nord) e dai monti delle Serre, e il promontorio di Capo Vaticano a sud. Questa sorgente è una faglia quasi verticale, con immersione a S, laterale sinistra, parte del sistema di scorrimento che seziona e fa avanzare l'arco calabrese centrale e meridionale verso SE.

I cataloghi storici mostrano una notevole concentrazione di terremoti dannosi nell'area vasta del sito. In particolare, questa regione è stata interessata, da nord a sud, dai seguenti eventi: 27 marzo 1638 (Mw 7.0, Calabria), 28 marzo 1783 (Mw 6.9, Calabria), 4 aprile 1626 (Mw 6.1, Girifalco), 1 marzo 1783 (Mw 5.9, Calabria Centrale), e dell'8 settembre 1905 (Mw 7.1, Calabria).

La ISS più vicina è la struttura n. ITIS067 'Aulla', a circa 20km dal sito ed è rappresentata da una faglia normale immergente verso N. La geometria si basa su osservazioni geologiche e geomorfologiche nel bacino della Lunigiana.

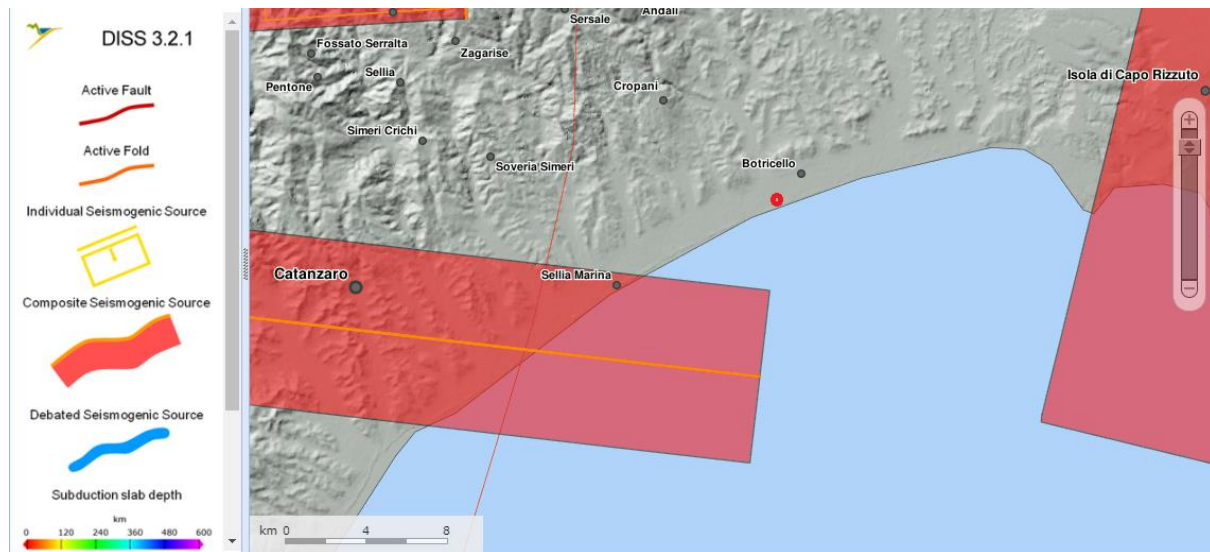


Figura 4-14: Mappa delle Sorgenti Sismo-genetiche nell'Area circostante l'area della substazione (O) (Ref. [3])

Riguardo l'aspetto tettonico, dalla carta tettonica della Provincia di Catanzaro (2012) (Figura 4-15) l'area di progetto non risulta interessata da faglie.

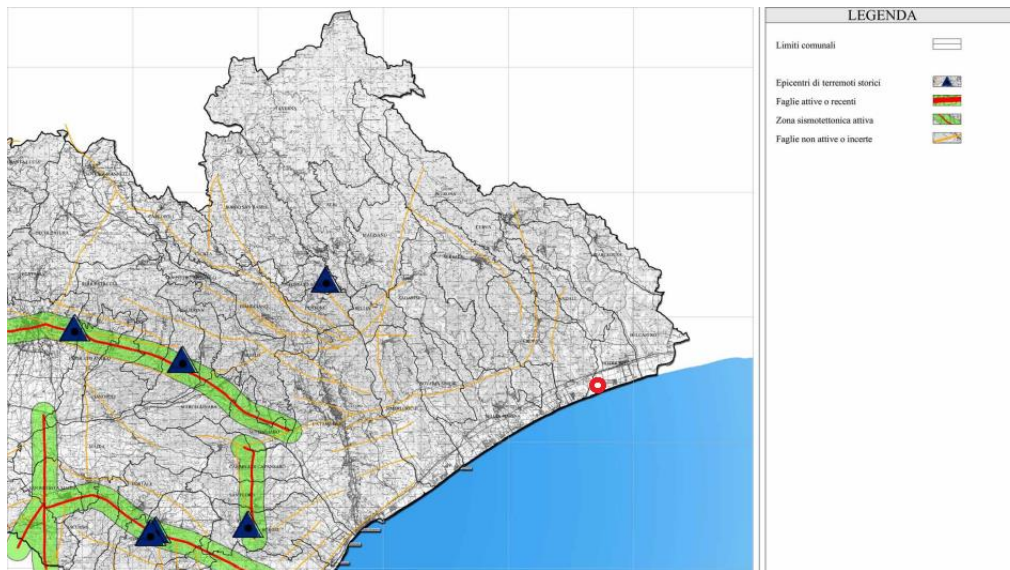


Figura 4-15: Estratto carta sismotettonica della provincia di Catanzaro (Sito O)

Anche l'elenco delle faglie attive e capaci del catalogo del Progetto Ithaca [6] in continuo aggiornamento da parte di SGI - ISPRA (<http://www.isprambiente.gov.it/it/progetti/suolo-e-territorio-1/ithaca-catalogo-delle-faglie-capaci>) non riporta faglie capaci in corrispondenza del sito della sub-stazione. 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. La faglia attiva e capace più prossima dista circa 4km ad ovest del sito ed è la faglia denominata 'Cropani' (Figura 4-16) con andamento Nord- Sud. Questa faglia normale subverticale con immersione verso est è stata considerata attiva fino al tardo Pleistocene.



Figura 4-16: Mappa delle faglie 'Capaci' nell'Area circostante il sito della substatione (SGI - ISPRA, 2018) (O Sito)

6 ITHACA = ITaly HAZard from CAPable faults

4.4.2 SISMICITA'

4.4.2.1 SISMICITÀ STORICA

La mappa della sismicità dei terremoti registrati strumentalmente dal 1985 estratta dal Catalogo INGV 'CPTI15' (Ref. [8]) (Figura 4-17) non evidenzia una sismicità elevata nell'area del sito. Al terremoto del 26 Maggio 1996 a circa 10 km ovest del sito è stata stimata una Magnitudo M_w pari a 4.25, mentre al terremoto del 17 Aprile 204 a circa 10 km est del sito è stata stimata una Magnitudo M_w pari a 4.21. I terremoti significativi del 21 Marzo 1744 (Sila piccola M_w 5.74) e del 8 Marzo 1833 (Crotonese M_w 6.65) entrambi posti a nord del sito, distano rispettivamente circa 18 e 21 km.

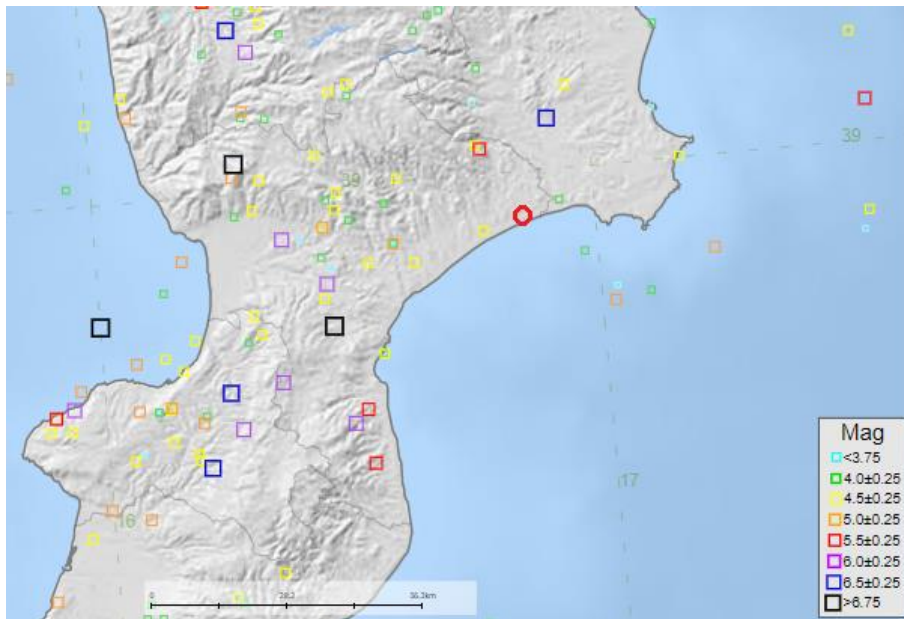


Figura 4-17: Magnitudo dei Terremoti estratti dal database CPTI15 (INGV) (O)

La figura seguente (Figura 4-18) riporta l'intensità massima risentita in un cerchio di 70 km di raggio dal sito dal catalogo parametrico dei terremoti italiani (CPTI15) (<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) ≥ 4.0 d'interesse per l'Italia nella finestra temporale 1000-2014.

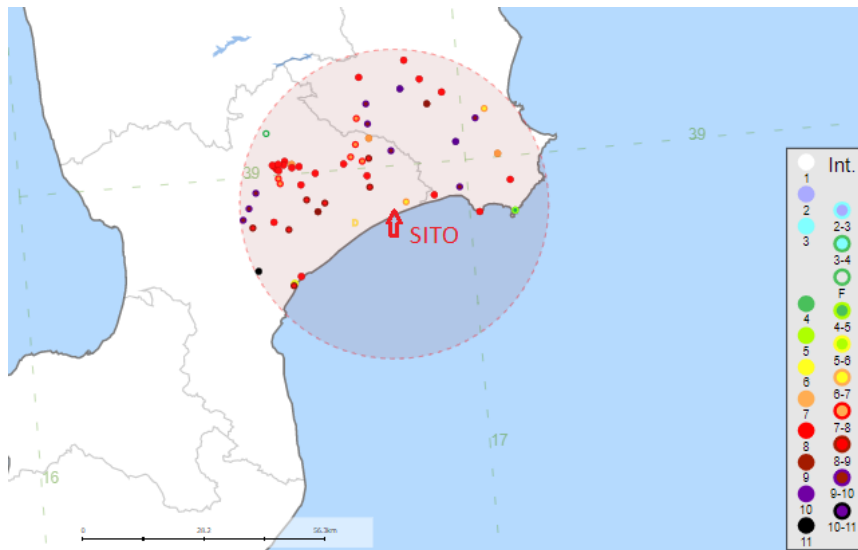


Figura 4-18: Intensità massima Risentita dei Terremoti in un Raggio pari a 30 km dal sito, estratti dal CPTI15

Per i soli eventi relativi a Catanzaro Marina a 20 Km ad ovest del sito vicino a Botricello (numero di terremoti risentiti EQs = 8) estratti da CPTI15 la intensità massima (Imax) è pari a 8 riferibile al terremoto del 1783 come visibile dalla sequenza temporale delle massime intensità riportata nel grafico sottostante (Figura 4-19).

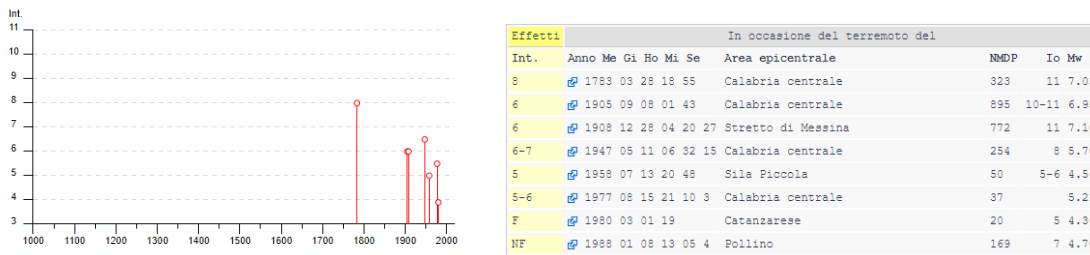


Figura 4-19: Intensità massime dei Terremoti Risentiti a Catanzaro Lido, estratte dal CPTI15

4.4.2.2 CLASSIFICAZIONE SISMICA

Riguardo la pericolosità sismica, l'area di progetto ricade in un'area caratterizzata da una pericolosità moderata. Il comune di Botricello è classificato in Zona Sismica 2 (tra 0.15g e 0.25 g), con pericolosità sismica media dove possono verificarsi forti terremoti.

La carta INGV (Ref. [22]) mostra valori di accelerazione (ag) tra 0.150 e 0.25 g espressi con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni riferiti al substrato rigido caratterizzato da Vs>800m/s (Figura 4-20).

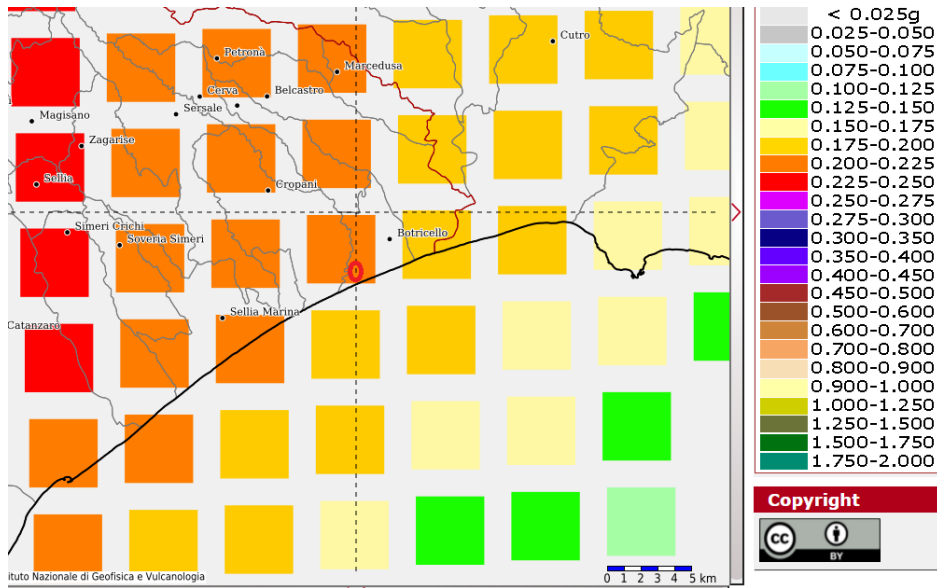


Figura 4-20: Carta delle Accelerazioni Massime del Suolo (Sito INGV) (O Sito)

L'analisi di disaggregazione derivata dall' INGV (Ref. [22]) ha permesso di identificare come terremoto dominante lo scenario di pericolosità sismica dell'area un sisma di Magnitudo 5.53 ad una distanza di 10,7 km (Figura 4-21).

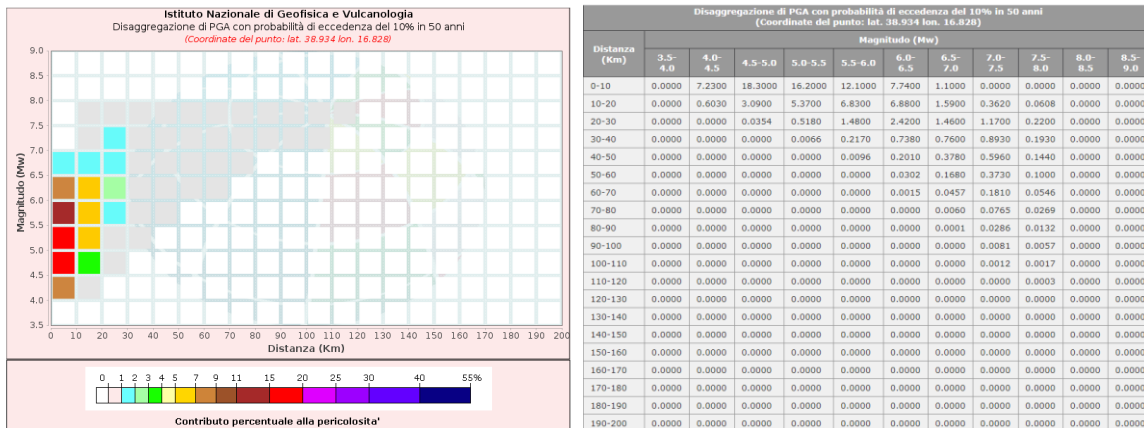


Figura 4-21: Analisi di disaggregazione per definizione terremoto dominante dell'area

4.5 CARATTERISTICHE GEOLOGICHE E STRATIGRAFICHE LOCALI

Il seguente paragrafo riassume le caratteristiche geologiche, stratigrafiche e geomorfologiche locali, considerando il sopralluogo in sito effettuato in data 27/10/2021 nell'area della sottostazione e lungo il percorso a terra del cavo a 150kV dalla sub-stazione al terminale di Carrà, tenendo conto delle informazioni di inquadramento geologico, geomorfologico e idrogeologico descritte nei precedenti paragrafi e di dati stratigrafici locali, ove disponibili. Sono inoltre riassunte le principali criticità geologiche per ogni area.

4.5.1 AREA SOTTOSTAZIONE

4.5.1.1 AREA SOTTOSTAZIONE

L'area in cui è prevista la collocazione della sottostazione elettrica è una zona pianeggiante, ad una quota di circa 4 m s.l.m. e a circa 550 metri dal mare (Figura 4-22).



Figura 4-22: Mappa di Localizzazione della Sottostazione e traccia cavidotti

L'area della stazione non presenta criticità: è costituita da una vasta area coltivata (Figura 4-23). Sotto lo strato di terreno vegetale, in base ai dati stratigrafici più prossimi disponibili (si veda 4.5.2) sono presenti alcune decine di metri di spessore di depositi sabbiosi.

A circa 600 m ad ovest della sottostazione, scorre il Torrente Crocchio sfociante in mare con direzione NE-SO.



Figura 4-23: Area della sottostazione

Dalle osservazioni effettuate durante il sopralluogo lungo il percorso mare-sottostazione non si riscontrano particolari criticità: la traccia dei cavidotti di circa 550m di lunghezza si sviluppa lungo un sentiero sterrato attraverso campi coltivati. Una ristretta fascia di pineta è presente ad est del tracciato in zona retrostante la spiaggia (Figura 4-24).



Figura 4-24: Campi coltivati attraversati dal percorso cavi mare-sottostazione

Le aree proposte per il progetto di approdo non sono state caratterizzate attraverso indagini geognostiche per la caratterizzazione stratigrafica del sottosuolo. Non sono inoltre presenti nell'area vasta circostante il sito indagini geognostiche nella Banca dati ISPRA "Archivio Indagini nel Sottosuolo (Legge 464/84)" [7] (Ref. [23]) che raccoglie informazioni relative a studi o indagini nel sottosuolo nazionale, per scopi di ricerca idrica o per opere di ingegneria civile.

Dall'analisi della banca dati, i dati stratigrafici disponibili più in prossimità del sito (Figura 4-25), nella medesima condizione geomorfologica di fascia costiera, sono relativi ad un pozzo per acqua ubicato nel Comune di Sellia Marina, perforato fino a 42 m da p.c. realizzato nel 1995 a circa 10 km Ovest del sito e a distanza di 740 m dalla linea di costa (cod. 175291);



Figura 4-25: Localizzazione dei 2 Pozzi Profondi (Banca Dati ISPRA)

⁷ <https://www.isprambiente.gov.it/it/banche-dati/banche-dati-folder/suolo-e-territorio/dati-geognostici-e-geofisici>

La stratigrafia del sondaggio (Figura 4-26) indica presenza di circa 35 m di depositi sabbiosi e depositi sabbiosi più argilla da 35 m da p.c. a fondo foro. Nello strato sabbioso sono riportate 2 falde acquifere, di cui la prima a 10 m da p.c. (quota p.c. sul l.m. 15 m).

ISPRRA		Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale			
Archivio nazionale delle indagini nel sottosuolo (Legge 464/1984)					
Dati generali		Ubicazione indicativa dell'area d'indagine			
Codice: 175291 Regione: CALABRIA Provincia: CATANZARO Comune: SELLIA MARINA Tipologia: PERFORAZIONE Opera: POZZO PER ACQUA Profondità (m): 42,00 Quota pc slm (m): 15,00 Anno realizzazione: 1995 Numero diametri: 1 Presenza acqua: SI Portata massima (l/s): 4,000 Portata esercizio (l/s): 4,000 Numero falde: 2 Numero filtri: 2 Numero piezometrie: 1 Stratigrafia: SI Certificazione(*): NO Numero strati: 2 Longitudine WGS84 (dd): 16,740181 Latitudine WGS84 (dd): 38,887569 Longitudine WGS84 (dms): 16° 44' 24,66" E Latitudine WGS84 (dms): 38° 53' 15,26" N (*): Indica la presenza di un professionista nella compilazione della stratigrafia					
DIAMETRI PERFORAZIONE					
Progr	Da profondità (m)	A profondità (m)	Lunghezza (m)	Diametro (mm)	
1	0,00	42,00	42,00	320	
FALDE ACQUIFERE					
Progr	Da profondità (m)	A profondità (m)	Lunghezza (m)		
2	25,00	30,00	5,00		
1	10,00	20,00	10,00		
POSIZIONE FILTRI					
Progr	Da profondità (m)	A profondità (m)	Lunghezza (m)	Diametro (mm)	
1	10,00	20,00	10,00	210	
2	25,00	30,00	5,00	210	
MISURE PIEZOMETRICHE					
Data rilevamento	Livello statico (m)	Livello dinamico (m)	Abbassamento (m)	Portata (l/s)	
feb/1995	5,00	25,00	20,00	4,000	
STRATIGRAFIA					
Progr	Da profondità (m)	A profondità (m)	Spessore (m)	Età geologica	Descrizione litologica
1	0,00	35,00	35,00		DEPOSITI SABBIOSI
2	35,00	42,00	7,00		DEPOSITI SABBIOSI PIU' ARGILLA

ISPRRA - Copyright 2018

Figura 4-26: Scheda Indagine Pozzo per Acqua 175291 (Banca Dati ISPRRA)

4.5.2 AREA PERCORSO TERRESTRE CAVIDOTTI

Per quanto riguarda il percorso a terra del cavo a 150kV dalla sub-stazione al terminale di Carrà, la figura seguente (Figura 4-27) mette a confronto la planimetria con la carta geologica dell'area (Ref. [17]). La figura mostra che le trincee per la posa del cavo interesseranno i primi strati di affioramento o copertura di formazioni caratterizzate principalmente dalle seguenti litologie, muovendosi dalla substazione di Botricello al terminale di Carrà:

- ✓ “Alluvioni” [A] (Olocene), sabbie dalla sub-stazione di Borticello a Catanzaro Lido;
- ✓ “Argille azzurre” [P2a] (Pliocene medio), argille, sabbie e conglomerati intercalate da argille da Catanzaro Lido a Caraffa;
- ✓ “Depositati quaternari” [q] (Quaternario), ghiaie e sabbie ed arenarie tenere da Caraffa al terminale di Carrà.

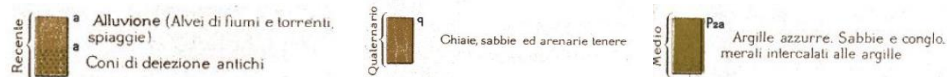
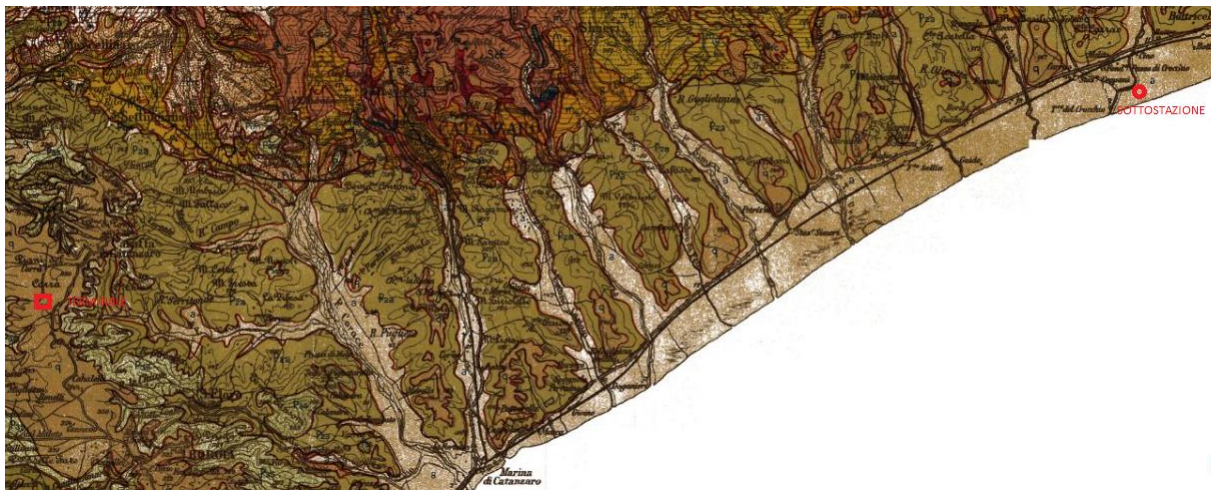
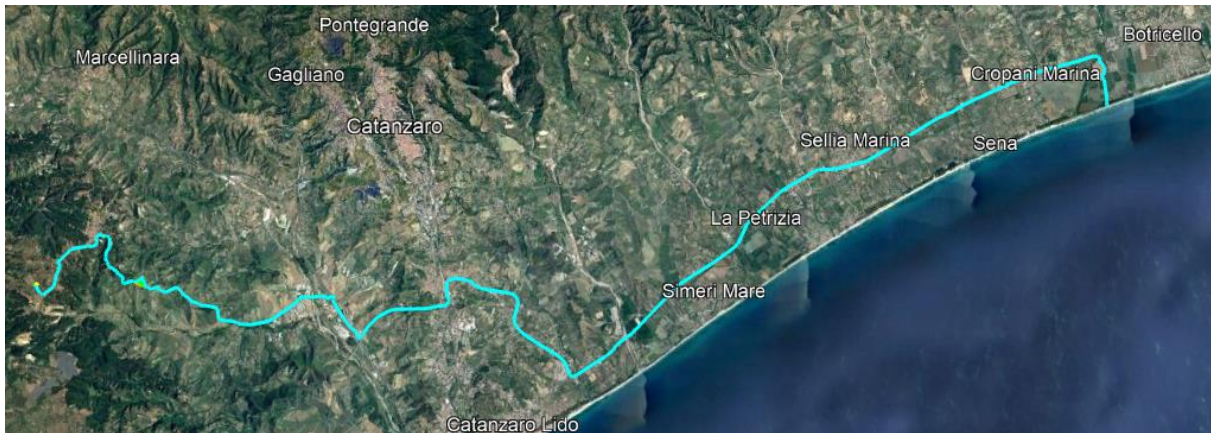


Figura 4-27: Formazioni geologiche attraversate dal cavidotto

Per quel che riguarda eventuali criticità, non si rilevano problemi lungo il percorso dalla sub-stazione di Botricello all'incrocio della strada provinciale SP46 con la strada provinciale SP49 tra Catanzaro Lido e Caraffa in quanto i cavidotti seguono tratti di strada statale e provinciali e per la maggior parte in pianura. In alcuni tratti le strade corrono lungo i margini di aree cartografate dal Progetto IFFI come aree a pericolosità frane come la strada provinciale SS19b in prossimità dell'abitato di Barone a Nord di Catanzaro Lido e presso il centro abitato Le Croci (Figura 4-28 A e B), ma i tratti di strada in questione sono molto lontani dai versanti geomorfologicamente instabili, come visibile esempio in Figura 4-29.



Figura 4-28: Confronto percorso cavidotto (A) e aree segnalate a pericolosità da Iffi (B) per mostrare transito lungo la SS19b ai margini di due aree segnalate a pericolosità frana



Figura 4-29: Transito lungo i margini di area segnalata a pericolosità frana lungo la SS19b presso Barone

Dall'incrocio della strada provinciale SP46 con la strada provinciale SP49 tra Catanzaro Lido e Caraffa e il centro di abitato di Caraffa, si rilevano solo alcune fratturazioni/ribassamenti del bordo stradale, presumibilmente da associare al transito di mezzi pesanti in questa provinciale tra Caraffa e Catanzaro (Figura 4-30). In corrispondenza dell'accesso al paese di Caraffa la strada provinciale è stata oggetto di una sistemazione per prevenire l'instabilità del tratto stradale (Figura 4-31).

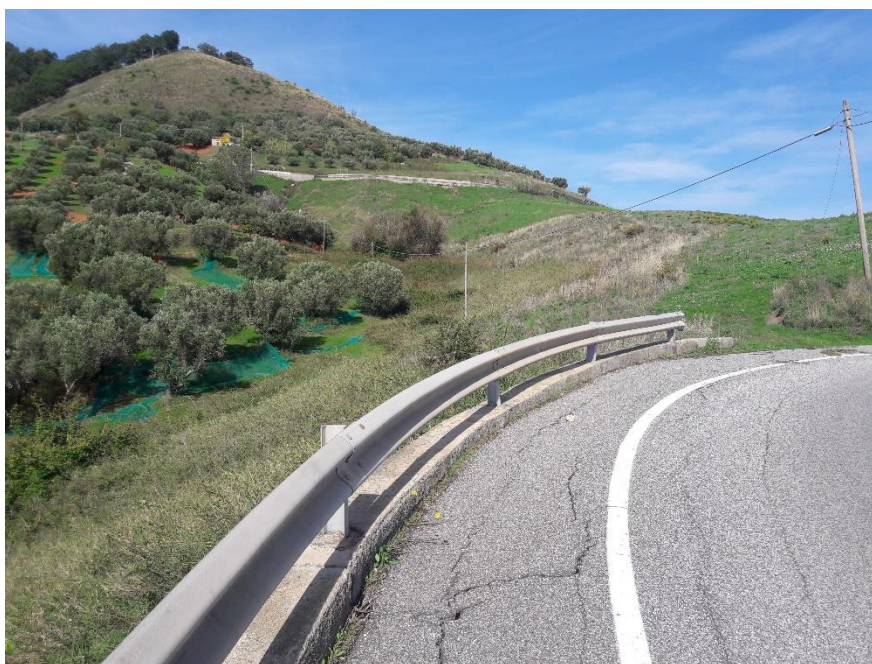


Figura 4-30: Fratturazione/ribassamenti del bordo stradale lungo la SS49



Figura 4-31: Sistemazione del tratto stradella della SS49 all'ingresso di Caraffa

Nessuna criticità nel tratto finale tra Caraffa e il Terminale di Carrà.

Il terminale di Carrà si estenderà in una area pianeggiante (Figura 4-32) il cui sottosuolo è formato dalla formazione ghiaiosa sabbiosa e d arenarie tenere dei Depositi quaternari (Figura 4-33).



Figura 4-32: Area del terminale di Carrà



Figura 4-33: Depositi quaternari [q] presso l'area terminale di Carrà

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, mostra delle criticità a livello regionale legate a possibili processi morfodinamici e sismo-tettonici atti ad interferire con le opere di cui in progetto e che vanno meglio definiti e caratterizzati al sito da indagini e studi di dettaglio;
- ✓ La caratterizzazione del substrato e dei sedimenti affioranti nell'area interessata dal parco eolico risulta generica ai fini della progettazione;
- ✓ Le opere a terra non presentano criticità di rilievo.

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, faglie superficiali;
- ✓ 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, i dati e riferimenti consultati e il survey geologico non hanno evidenziato criticità per il progetto di realizzazione sia della stazione di consegna che del cavidotto, in particolare:

- ✓ l'area della sotto-stazione presso Botricello interessa una vasta area coltivata. Sotto lo strato di terreno vegetale, in base ai dati stratigrafici più prossimi disponibili sono presenti alcune decine di metri di spessore di depositi sabbiosi;
- ✓ il percorso dalla sub-stazione di Botricello all'incrocio della strada provinciale SP46 con la strada provinciale SP49 tra Catanzaro Lido e Caraffa seguono tratti di strada statale e provinciali e per la maggior parte in pianura;
- ✓ dall'incrocio della strada provinciale SP46 con la strada provinciale SP49 e il centro di abitato di Caraffa, si rilevano solo alcune fratturazioni/ribassamenti del bordo stradale, presumibilmente da associare al transito di mezzi pesanti in questa provinciale tra Caraffa e Catanzaro;
- ✓ il terminale di Carrà si estenderà in una area pianeggiante il cui sottosuolo è formato dalla formazione quaternaria di ghiaie sabbie ed arenarie tenere

Per queste opere a terra si propone una campagna geognostica al fine di determinare le proprietà fisiche, ambientali, chimiche e meccaniche dei terreni con lo scopo di progettare le fondazioni e di caratterizzare le rocce e terre di scavo ai sensi del D.Lgs.152/2006 e ss.mm.ii., Parte IV, Allegato 5, Tabella 1, Colonna A e Colonna B.

Si propone inoltre un'indagine georadar lungo tutto il percorso previsto per il posizionamento del cavidotto al fine di individuare e risolvere eventuali interferenze fisiche non conoscibili a priori.

MCC/RP/FRZ/OZ:sc

REFERENZE

- [1] Merlini S., G. Cantarella, C. Doglioni C., 2000, "On the seismic profile Crop M5 in the Ionian Sea", *Bollettino Società Geologica Italiana*, 119, 227-236
- [2] Del Ben, A., C. Barnaba, A. Taboga, 2008, "Strike-slip systems as the main tectonic features in the Plio-Quaternary kinematics of the Calabrian Arc" *Marine Geophysical Researches*, 29, 1-12, Doi: 10.1007/s11001-007-9041-6.
- [3] DISS Working Group, 2018, "Database of Individual Seismogenic Sources (DISS), Version 3.2.1: A Compilation of Potential Sources for Earthquakes Larger than M 5.5 in Italy and Surrounding Areas", <http://diss.rm.ingv.it/diss/>, Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia; DOI:10.6092/INGV.IT-DISS3.2.1.
- [4] Arvidsson R. e G. Grunthal, 2010, "Compilation of Existing Regional and National Seismic Sources", SHARE Project Deliverable D3.1, 19pp.
- [5] 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.
- [6] Santulin, M., A. Tamaro, A. Rebez, D. Slejko, F. Sani, L. Martelli, M. Bonini, G. Corti, M.E. Poli, A. Zanferrari, A. Marchesini, M. Buseti, 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.
- [7] Rovida, A., M. Locati, R. Camassi, B. Lolli e P. Gasperini, 2016, "The 2015 Version of the Parametric Catalogue of Italian Earthquakes (CPT115)", Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, doi: <http://doi.org/10.6092/INGV.IT-CPT115>.
- [8] Gruppo di Lavoro MPS, 2004, "Redazione della Mappa di Pericolosità Sismica prevista dall'Ordinanza PCM del 20 Marzo 2003, n. 3274, All. ", Rapporto conclusivo per il Dipartimento della Protezione Civile, Aprile 2004, Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV), Milano-Roma, Italia, disponibile a <http://zonesismiche.mi.ingv.it/>. (ultimo accesso Dicembre 2019), 163 pp.
- [9] Tinti S., A. Maramai, L. Graziani, 2007, "The Italian Tsunami Catalogue (ITC), Version 2", http://web1.ingv.it:8080/portale_ingv/servizi-e-risorse/cartella-banche-dati/catalogotsunami/Catalogo-degli-tsunami-italiani.
- [10] EMTC, 2014, Italian Tsunami Effects Database / Euro Mediterranean Tsunami Catalogue v2, https://tsunamiarchive.ingv.it/emtc.2.0/index_it.php
- [11] Dipartimento Protezione Civile, 2020, "Note Illustrative del Foglio F38 "Catanzaro", <https://github.com/pcm-dpc/MaGIC>
- [12] Morelli, D., A. Cuppari, & E. Colizza, & F. Fanucci, 2011, "Geomorphic setting and geohazard-related features along the Ionian Calabrian margin between Capo Spartivento and Capo Rizzuto (Italy)", *Marine Geophysical Researches*, 32,139-149, Doi: 10.1007/s11001-011-9130-4.
- [13] 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.
- [14] Ceramicola S., D.Civile, A. Caburlotto, A. Cova, D. Cotterle, P. Diviaco, M. Caffau, D. Praeg, D. Accettella, E. Collizza, S. Critelli, A. Cuppari, F. Dominici, F. Fanucci, D. Morelli, F. Muto, C. Romano, R. Ramella, 2009, "Features of Mass-Wasting along the Submarine Slopes of the Ionian Calabrian Margin", International Conference on Seafloor Mapping for Geohazard Assessment, 11-13 May 2009, Ischia (Na), Italy; in *Rendiconti Online della Società Geologica Italiana* (Editors: Chiocci F.L., Ridente D., Casalbore D., Bosman A.), Vol. 7, pp. 87-89 (http://www.socgeol.it/318/Rendiconti_on_line.html).

- [15] Ceramicola S., A.Caburlotto, M.Coste, A.Cova, S.Migeon, E. Forlin, D. Praeg, P. Diviaco, D. Cotterle, R. Romeo, L. Facchin, D. Civile, R. Ramella, S. Critelli, F. Fanucci, F. L.Chiocci, 2010, "Seabed Features in Relation to Geohazards on the Ionian Calabrian Margin: Results from the MAGIC Project", 39th CIESM Congress, 10-14 May 2010, Venice, Italy.
- [16] Agenzia Regionale per la Protezione dell'Ambiente della Calabria (ARPCAL), 2012, La carta del Rischio Radon di Catanzaro e Crotone, CI_REV0 31.12.12.
- [17] Istituto superiore per la Protezione e la Ricerca ambientale (ISPRA) – Dipartimento per il Servizio Geologico d'Italia (SGI), Carta Geologica d'Italia Foglio 242 "Catanzaro" Sc. 1:100:000; http://sgi.isprambiente.it/geologia100k/mostra_foglio.aspx?numero_foglio=242
- [18] Amministrazione Provinciale di Catanzaro, Piano di Coordinamento Territoriale Provinciale (P.T.C.P.) di Catanzaro, approvato con Delibera Consiglio Provinciale N°5 del 20 febbraio 2012. <https://www.provincia.catanzaro.it/index.php/2-amministrazione-provinciale/31-servizio-urbanistica>
- [19] Piano Stralcio di Bacino della Unit of Management (UoM) Regionale Calabria e Interregionale Lao (ex AdB Reg. Calabria. <http://www.distrettoappenninomeridionale.it/index.php/elaborati-di-piano-menu/ex-adb-calabria-menu>.
- [20] ISPRA, Progetto IFF Progetto IFFI (Inventario dei Fenomeni Franosi in Italia) <https://www.isprambiente.gov.it/it/progetti/cartella-progetti-in-corso/suolo-e-territorio-1/iffi-inventario-dei-fenomeni-franosi-in-italia> ISPRA "Archivio Indagini nel Sottosuolo (Legge 464/84)". <https://www.isprambiente.gov.it/it/banche-dati/banche-dati-folder/suolo-e-territorio/dati-geognostici-e-geofisici>
- [21] De Vita A., V. Allocca, F. Celico, S. Fabbrocino, M. Cesaria, G. Monacelli, I. Musilli, V. Piscopo, A. Scalise, G. Summa, G. Tranfaglia e P. Celico, 2018, "Hydrogeology of Continental Southern Italy" journal of Maps, <https://doi.org/10.1080/17445647.2018.1454352>
- [22] Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV), 2008, 'Mappe interattive di Pericolosità Sismica' (Progetto DPC-INGV-S1)
- [23] ISPRA "Archivio Indagini nel Sottosuolo (Legge 464/84)". <https://www.isprambiente.gov.it/it/banche-dati/banche-dati-folder/suolo-e-territorio/dati-geognostici-e-geofisi>.



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.