



Kailia Energia S.r.l.

Progetto Preliminare per la Realizzazione di un Parco Eolico Offshore - Brindisi - Kailia Energia

Relazione Geologica

Doc. No. P0025305-1-H10-BRD Rev.00 - Luglio 2021

Rev.	Descrizione	Preparato da	Controllato da	Approvato da	Data
00	Prima Emissione	MCC/RP	FRZ	OZ S.Sadowski/R.Zacone	30/07/2021

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 BRINDISI KAILIA ENERGIA	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	9
3.2 INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO	10
3.3 ASSETTO MORFO-BATIMETRICO	11
3.3.1 Dati Disponibili	11
3.3.2 Batimetria	11
3.3.3 Morfologia	13
3.3.4 Assetto Litostratigrafico	15
3.3.5 Campionamenti In Situ	15
3.3.6 Altre Caratteristiche dei Fondali	16
4 AREA A TERRA	17
4.1 INQUADRAMENTO GEOLOGICO	18
4.2 INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO E IDROGRAFICO	21
4.3 INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO	22
4.4 TETTONICA E SISMICITA'	28
4.4.1 Sorgenti Sismogenetiche e Tettonica	28
4.4.2 Sismicità	28
4.5 CARATTERISTICHE GEOLOGICHE E STRATIGRAFICHE LOCALI	31
4.5.1 Osservazioni Geologiche e Geomorfologiche Locali	31
4.5.2 Considerazioni Relative al Sottosuolo e alla Stratigrafia Locale	33
5 CONCLUSIONI	37
REFERENZE	38

LISTA DELLE TABELLE

Tabella 4-1: Dati Climatici – Brindisi	23
--	----

LISTA DELLE FIGURE

Figura 1-1: Sito di interesse	4
Figura 3-1: Geomorfologia della regione Apula e delle tre province sedimentarie presenti sulla piattaforma continentale apula (Ref. [10]). Sono riportati i dati rilevati presso le stazioni anemometriche di Termoli, Brindisi e Santa Maria di Leuca (Ref. [11])	6
Figura 3-2: Modelli Sismotettonici Esistenti	7
Figura 3-3: Catalogo dei Terremoti Storici	8
Figura 3-4: Mappa pericolosità sismica sul territorio italiano (Ref. [17])	9
Figura 3-5: NEAM Probabilistic Tsunami Hazard Model 2018 (Ref. [20])	10
Figura 3-6: DTM e batimetria dell'area marina di interesse (dati: MaGIC Project & EMODNet)	12
Figura 3-7: Carta delle pendenze dell'area marina di interesse (dati: MaGIC Project & EMODNet)	12
Figura 3-8: Elementi morfobatimetrici presenti nel sito	13
Figura 3-9: Dettaglio dell'area, caratterizzata da canali minori e forme di fondo	14
Figura 3-10: Batimetria 3D di un settore della piattaforma in cui si evidenzia un esteso campo di dune e barcane con andamento NO-SE confinato tra due zone di affioramento di substrato (fonte: MaGIC Project)	14
Figura 3-11: Classificazione del substrato nell'area di interesse (fonte: EMODNet Geology)	15
Figura 3-12: Schema semplificato della circolazione profonda in Adriatico. In blu le acque dense nord Adriatiche, in rosso le acque levantine intermedie e in verde le acque dense Adriatiche (fonte: Magic Project)	16
Figura 4-1: Localizzazione del sito (sottostazione e traccia cavidotto dal punto di spiaggiamento)	17
Figura 4-2: Carta Geo-Strutturale della Piana di Brindisi (Ref. [28])	18
Figura 4-3: Sezione Geologica (Sez. 1) passante in prossimità del sito (Fonte: Ref. [28])	19
Figura 4-4: Carta Geologica dell'area vasta (da Carta Geologica d'Italia, scala 1:100'000)	20
Figura 4-5: Carta Idrogeomorfologica (Ref. [25])	21
Figura 4-6: Pericolosità geomorfologica, idraulica e rischio (Ref. [24])	22
Figura 4-7: Stralcio Mappa delle precipitazioni medie annue della Provincia di Brindisi (Ref. [26]), Sito: O	23
Figura 4-8: Stralcio Carta della Permeabilità della Provincia di Brindisi (Ref. [26]), Sito: O	24
Figura 4-9: Distribuzione del Coefficiente di Permeabilità dell'acquifero Carbonatico Profondo (Ref. [28]) Sito: O	25
Figura 4-10: Piezometria dell'Acquifero Profondo (Ref. [28]) Sito: O	26
Figura 4-11: Stratigrafia e carotaggio termo-salinometrico Pozzo W2 localizzato in località Cerano, in prossimità del sito (Fonte: Ref. [28])	27
Figura 4-15: Intensità Massime dei Terremoti Risentiti a Brindisi, estratte dal CPTI15	30
Figura 4-17: Analisi di disaggregazione per definizione terremoto dominante dell'area	31
Figura 4-18: Area di Pianoro con Localizzazione della Sottostazione (cerchio giallo) e traccia cavidotti preliminare (linea gialla) e del progetto (linea verde). Sono indicati i punti di vista fotografici richiamati nel testo.	31
Figura 4-19: Altipiano Costiero nell'area di sviluppo del progetto (punti di vista 2 e 3 in carta)	32

Figura 4-20:	Coltivazioni Presenti nell'area (punti di vista 4 e 8 in carta)	32
Figura 4-21:	Tipologia di falesia antistante la sottostazione e verso il punto di approdo (punti di vista 6 e 5 in carta)	33
Figura 4-22:	Indicazione di Pericolo smottamento falesia e crollo della sede stradale costiera immediatamente a sud del centro produttivo (punti di vista 9 e 10 in carta)	33
Figura 4-23:	Localizzazione dei 2 Pozzi Profondi (Banca Dati ISPRA)	34
Figura 4-24:	Scheda Indagine Piezometro 198407 (Banca Dati ISPRA)	35
Figura 4-25:	Scheda Indagine Piezometro 198405 (Banca Dati ISPRA)	36

1 PREMESSA BRINDISI KAILIA ENERGIA

La presente relazione è stata commissionata da Kailia Energia S.r.l. (la Committente), operatore internazionale nel campo delle energie rinnovabili, attivo nello sviluppo, nella progettazione, realizzazione e gestione di impianti di produzione di energia pulita.

La Committente è intenzionata a realizzare un parco eolico offshore composto da 98 aerogeneratori, per una taglia totale di 1176 MW, di fronte alla costa nord-orientale della Regione Puglia, in particolare nello specchio di mare antistante la città di Brindisi.

Questo sito è stato individuato basandosi su uno studio di prefattibilità eseguito da SENER Ingeniería y Sistemas S.A. sotto incarico della Committente.

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.

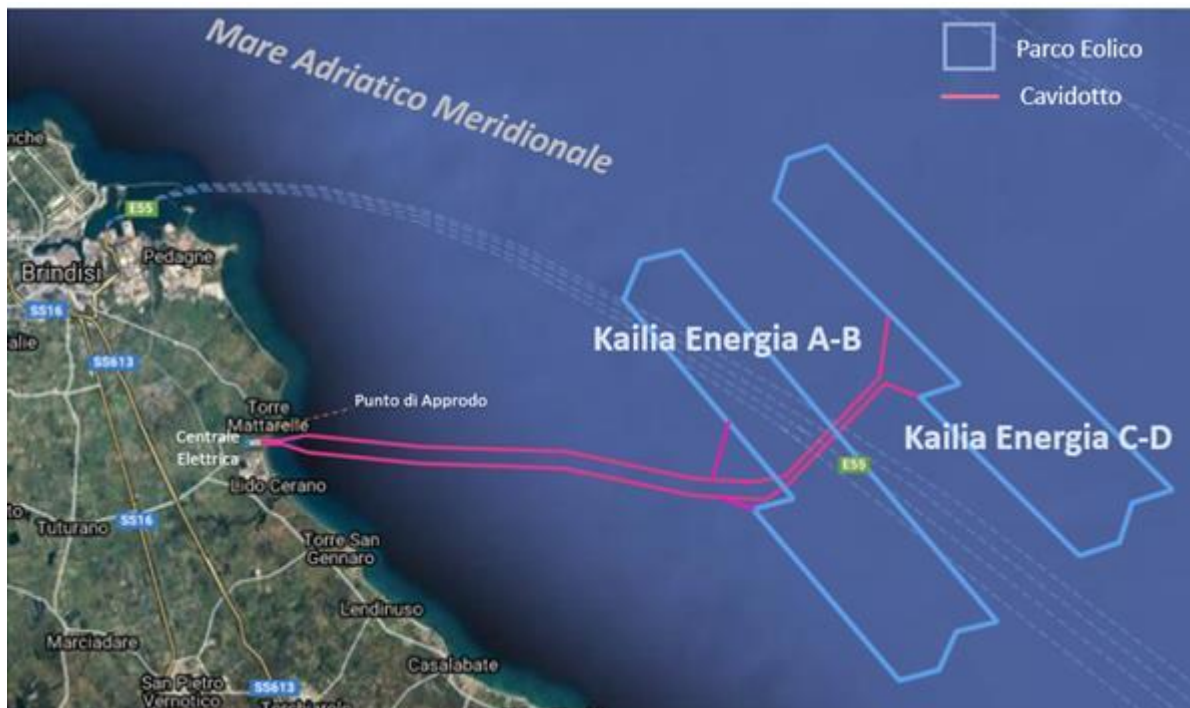


Figura 1-1: Sito di interesse

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 mare Adriatico fa parte del dominio di avampaese relativamente indeformato delle catene appenninica a Ovest e dinarico/ellenica a Est, che si fronteggiano con vergenza opposta sui due lati del bacino e che rappresentano il limite fra la placca africana e quella europea.

Il contesto geologico strutturale del bacino di avampaese adriatico è il risultato di una evoluzione geologica di lungo termine che include la transizione da un margine passivo, durante il Mesozoico inferiore, ad un dominio di avampaese collisionale durante la messa in posto delle catene Alpina-Appenninica, Dinaride ed Ellenica (da Eocene–Oligocene a Plio-Pleistocene; Ref. [1]).

I principali elementi strutturali che caratterizzano l'attuale bacino di avampaese adriatico sono stati riattivati frequentemente durante le fasi collisionale e post-collisionale nel Mesozoico e nel Cenozoico. In particolare, le faglie estensionali del Mesozoico inferiore sono state riattivate come strutture compressive e trascorrenti durante il tardo Cenozoico (Refs. [2], [3] e [4]). Alcune di queste strutture erano originariamente delle faglie perimetrali che separavano la piattaforma carbonatica dai bacini adiacenti nel Giurassico superiore (Refs. [1], [3] e [5]).

L'assetto strutturale è inoltre influenzato dalla costruzione del margine durante il Plio-Quaternario, quando diversi episodi di progradazione si sono verificati in risposta al sollevamento tettonico e alle variazioni del livello del mare.

Nel Pleistocene Medio-Superiore, la progradazione lungo il margine di piattaforma è avvenuta tramite la deposizione di quattro sequenze deposizionali composte essenzialmente da unità regressive (Refs. [6], [7] e [8]). Tali sequenze deposizionali registrano l'abbondanza di segnali glacio-eustatici lungo il margine adriatico sud-occidentale. La geometria deposizionale di queste sequenze è influenzata da tassi locali di deformazione e dal sollevamento tettonico regionale (Ref. [9]).

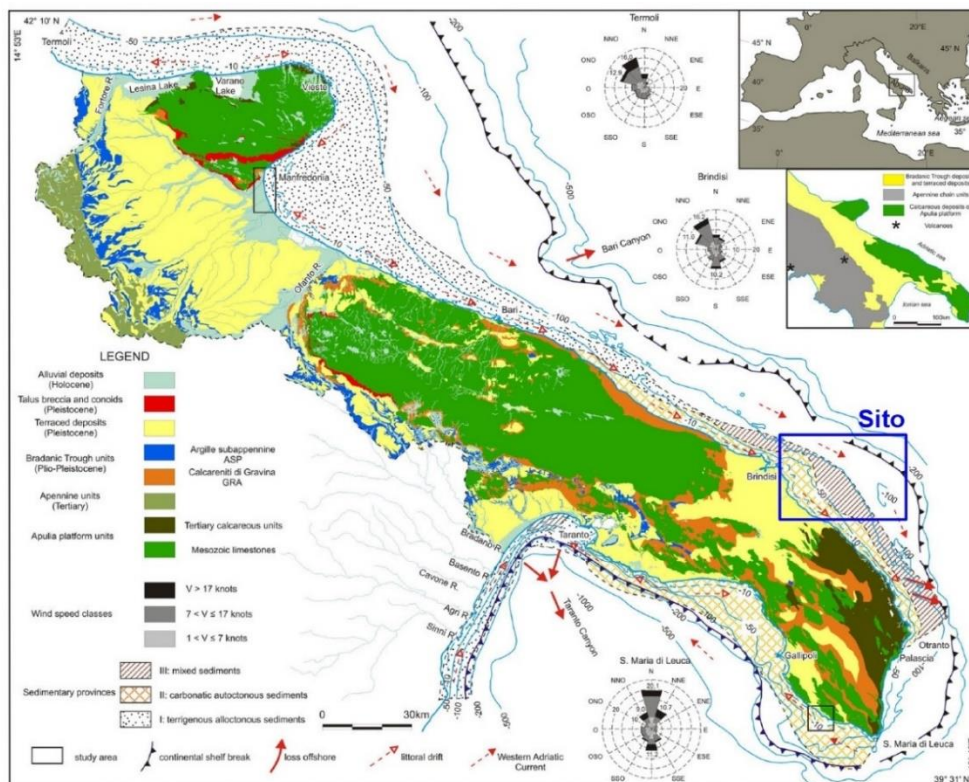


Figura 3-1: Geomorfologia della regione Apula e delle tre province sedimentarie presenti sulla piattaforma continentale apula (Ref. [10]). Sono riportati i dati rilevati presso le stazioni anemometriche di Termoli, Brindisi e Santa Maria di Leuca (Ref. [11])

3.1.1 Tettonica e Sismicità

L'attività lungo il limite fra la placca africana e quella europea è testimoniata dalla sismicità ai margini del Mar Adriatico e si concentra principalmente lungo le catene montuose; tuttavia, è stata riscontrata anche una sismicità che si colloca all'interno del Mar Adriatico, in prossimità del promontorio del Gargano e lontano dai fronti delle catene e più a Sud, nel Canale di Otranto.

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. [12]);
- ✓ Seismic Hazard Harmonization in Europe (SHARE) model (Ref. [13]);
- ✓ ZS9 –Modello per l'Italia (Ref. [14]);
- ✓ Santulin et al. (2017) (Ref. [15]).

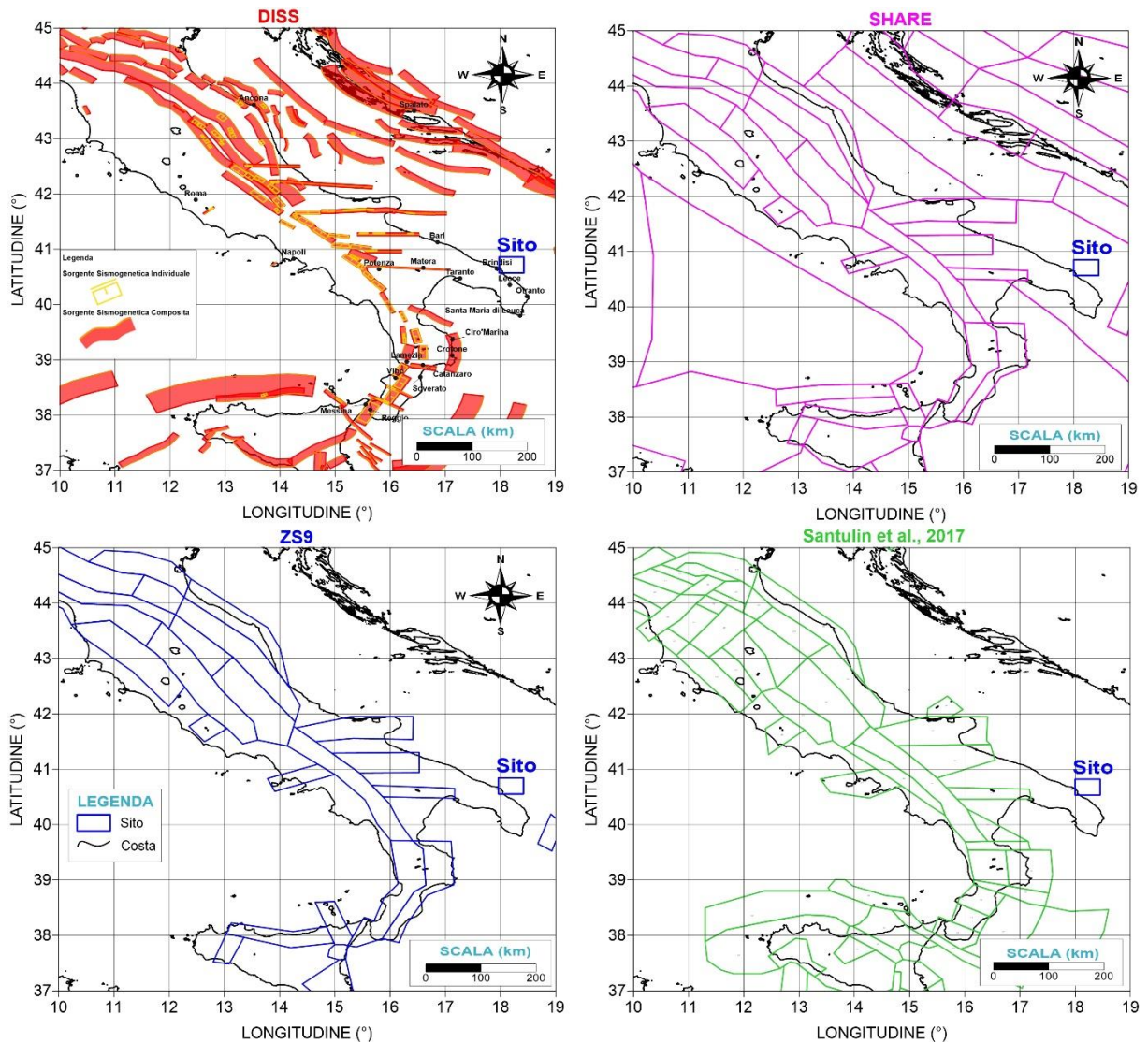


Figura 3-2: Modelli Sismotettonici Esistenti

La Figura 3-4 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, attentamente rivisto dall'INGV per eliminare gli eventi fittizi e multipli (Ref. [16]).

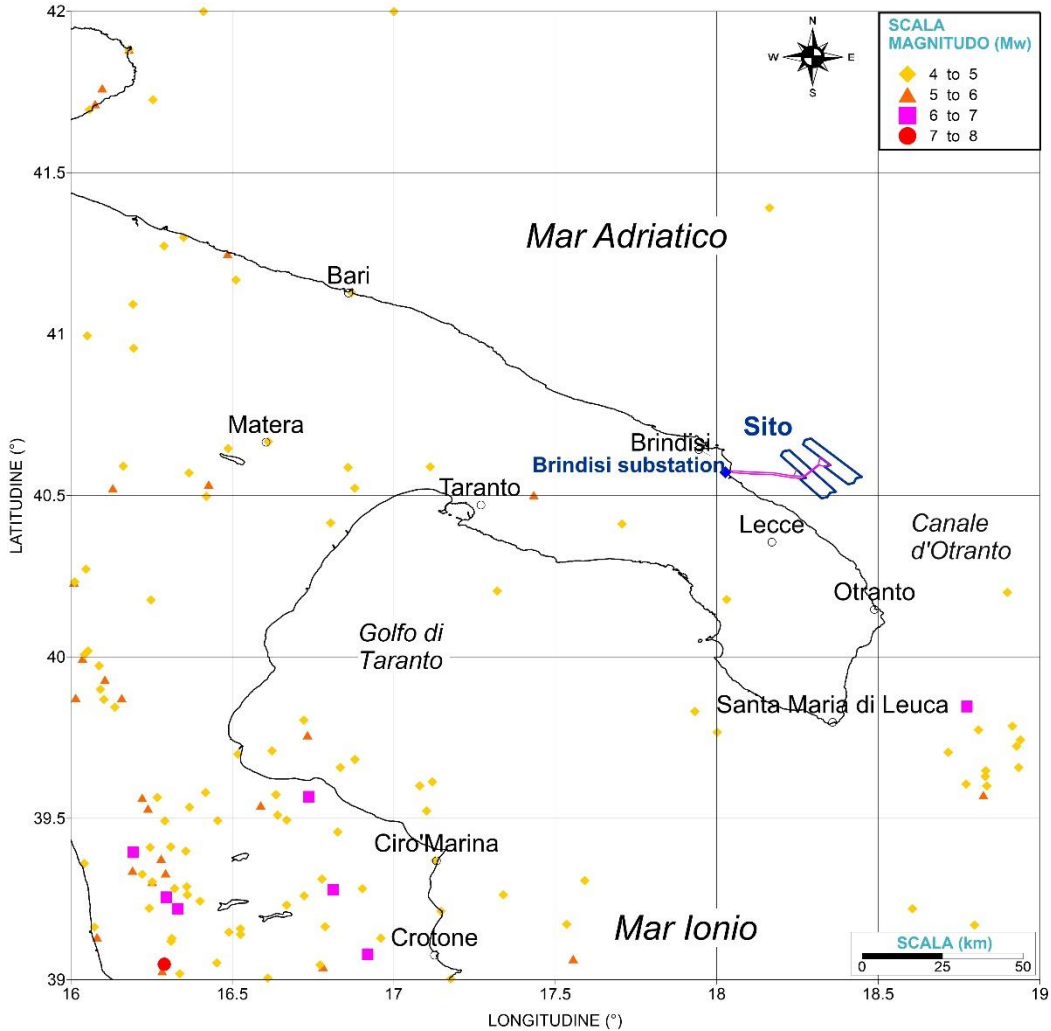


Figura 3-3: Catalogo dei Terremoti Storici

Come mostra il catalogo delle sorgenti sismogenetiche italiane (Ref. [12]), 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.

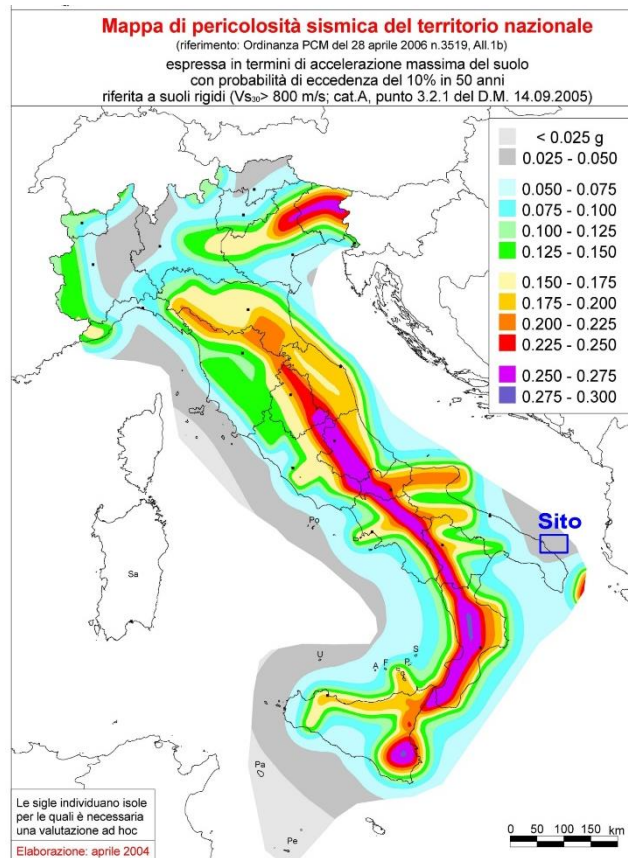


Figura 3-4: Mappa pericolosità sismica sul territorio italiano (Ref. [17])

Complessivamente l'area proposta è caratterizzata da bassa sismicità e un'accelerazione massima compresa tra 0.025 – 0.050g per un periodo di ritorno di 475 anni (Figura 3-4). L'area può essere quindi classificata come zona 4 ($a_g \leq 0.05$) sia nel settore offshore che onshore.

3.1.2 Maremoti Generati da Sismi

Le coste adriatiche della Puglia si estendono per circa 500 km e possono esser colpite, in ragione sia dell'estensione che della posizione, da maremoti indotti da sismi locali (come p.e. l'evento di Capitanata del 1627) o da sorgenti lontane, come quelle site nell'area adriatica e lungo l'arco ellenico occidentale a sud del Canale di Otranto (Ref. [18]).

Il catalogo dei maremoti storici per l'area Euro-Mediterranea ((Ref. [19]) mostra che la Puglia è stata colpita da maremoti locali (es. 1627 e 1743), da maremoti regionali (es. 1667, 1920, 1948 e 1979) e da tsunami generati in aree più remote (365 d.C.) (Ref. [18]).

In particolare, l'area di Brindisi fu colpita da un maremoto nel 1743. Questo si generò a seguito del terremoto del 20 febbraio del 1743 con epicentro nel mar Ionio settentrionale, a circa 50 chilometri dalle coste del Salento e ricordato come terremoto di Nardò, nome della località in cui causò maggior distruzione.

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 (Ref. [20]).

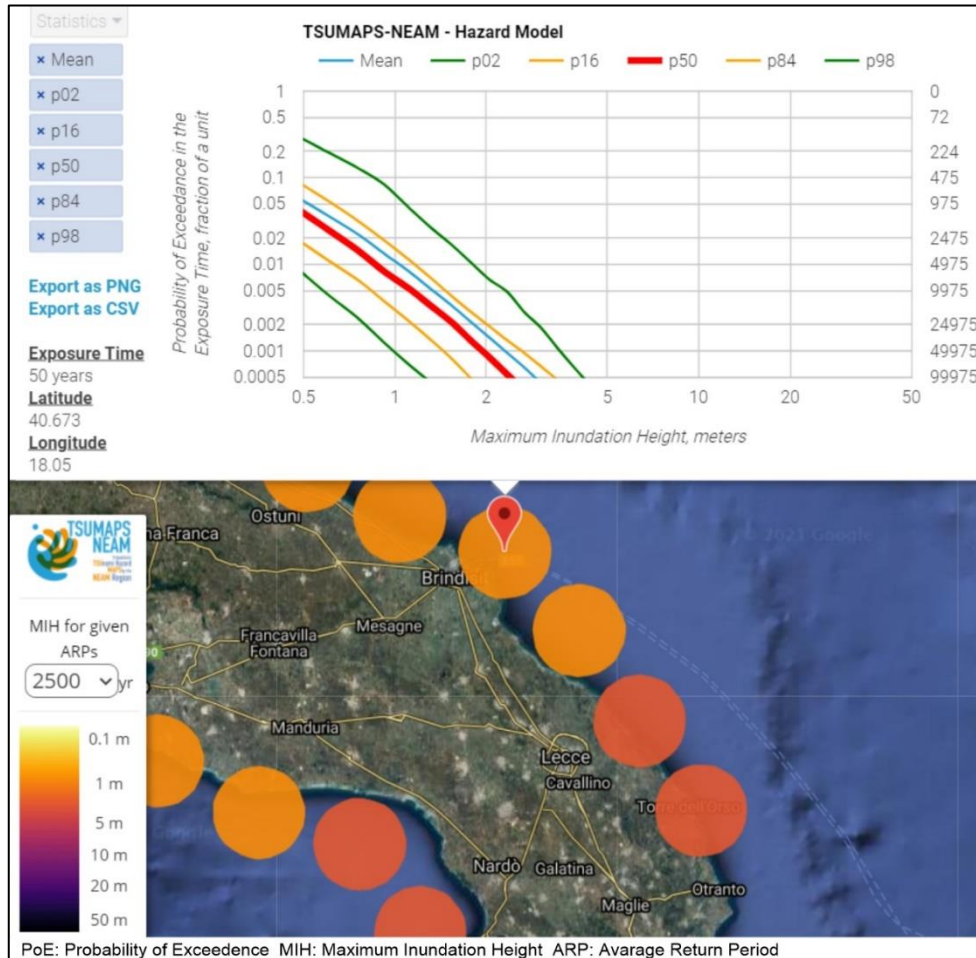


Figura 3-5: NEAM Probabilistic Tsunami Hazard Model 2018 (Ref. [20])

3.2 INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO

Da un punto di vista geomorfologico l'area si estende sulla piattaforma continentale adriatica.

L'area di piattaforma offshore compresa tra Brindisi e Lecce presenta una struttura morfologica e tettonica stratigrafica che riflette a grandi linee l'andamento delle aree emerse, ovvero è caratterizzata da un potente substrato calcareo mesozoico non affiorante ("Calcare di Altamura"), in quanto dislocato nel sottosuolo da sistemi di faglie dirette con direzione NW-SE. La profondità di dislocamento, generalmente crescente da ovest verso est, conferisce una struttura a "gradini" con approfondimento progressivo del substrato calcareo dalla zona costiera verso il margine esterno della piattaforma continentale.

Generalmente la crescente profondità di dislocamento del basamento mesozoico è accompagnata da un incremento dello spessore dei sedimenti di copertura, i quali, almeno in prossimità della costa, sono verosimilmente costituiti da una successione di depositi detritico organogeni del Pleistocene inf. ("Calcarene di Gravina"), sormontati da una formazione terrigena sempre del Pleistocene inf. ("Argille Subappennine") e dai più recenti depositi di terrazzo di età tardo Pleistocenica ("Deposit Marini Terrazzati").

Il margine della piattaforma adriatica meridionale è costituito da una ripida e complessa scarpata continentale e si estende per circa 400 Km dall'isola di Pelagosa fino al Canale di Otranto. Questo margine è caratterizzato da frane sottomarine pleistoceniche, con scarpate che raggiungono circa 10 km di lunghezza lungo il ciglio della piattaforma (esempio: frana di Gondola), un sistema di faglie attive (la fascia deformativa di Gondola), il Canyon di Bari (il principale condotto sedimentario attivo sin dall'ultimo intervallo glaciale) (Ref. [21]) e un insieme di canyon e di canali minori relativamente poco incisi e lineari, nella porzione più meridionale della scarpata (Figura 3-1).

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.

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 Mar Adriatico meridionale (**Error! Reference source not found.**).

L'area proposta si estende per circa 134 km² nel settore antistante la fascia costiera adriatica pugliese tra Brindisi e Frigole (LE), ad una distanza minima dalla linea di costa di circa 9 km. Questo settore presenta profondità che vanno da circa 80 m a 125 m. Le pendenze medie sono comprese tra 0.5° e 3° (Figura 3-7), con un massimo di circa 3.5° cui corrispondono delle aree caratterizzate da forme di fondo erosivo-deposizionali.

Nel dettaglio il sito è costituito da due zone destinate al parco eolico separate da un corridoio centrale libero ai fini della navigazione e da un corridoio destinato al cavidotto di 27 km. Le aree sono rispettivamente di circa 67 km² (Kailia Energia A-B) e 67 km² (Kailia Energia C-D).

Il corridoio destinato al cavidotto si sviluppa per 20 km dalla sottostazione a terra, sita lungo il tratto di costa 10 km a sud della città di Brindisi, fino all'area Kailia Energia A-B e prosegue per altri 7 km fino a connettersi con il sito Kailia Energia C-D, raggiungendo una lunghezza complessiva di circa 27 km. Esso presenta larghezze variabili, da 100 m in prossimità della costa, a oltre 3 km alla connessione con le due aree.

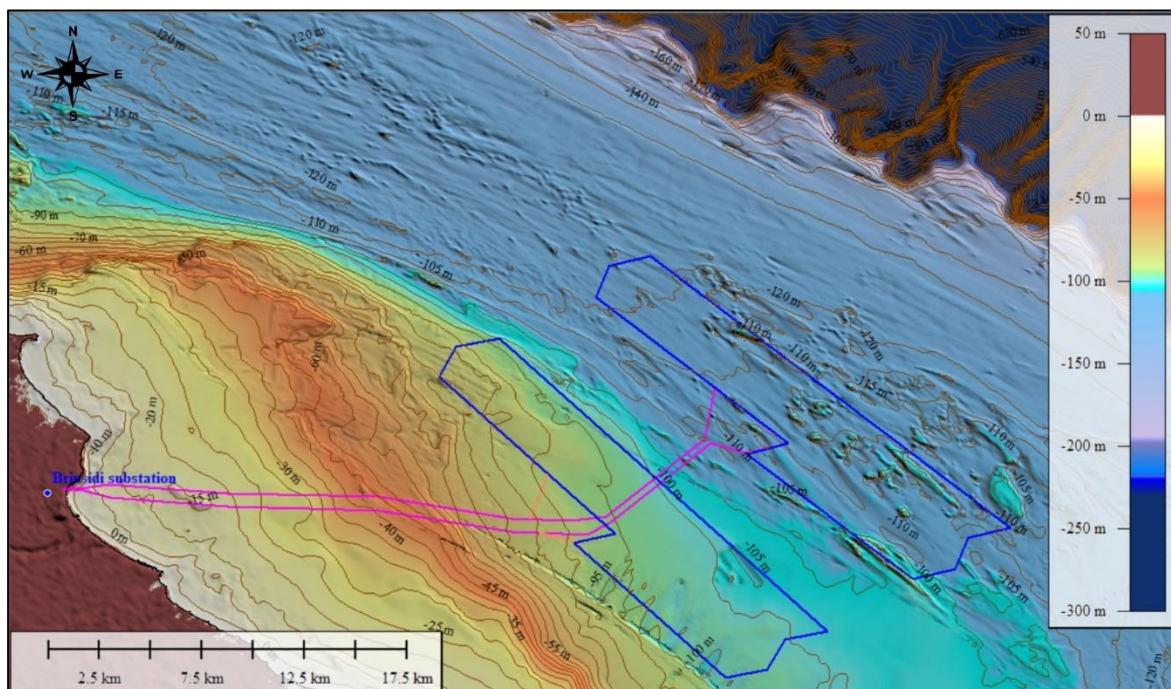


Figura 3-6: DTM e batimetria dell'area marina di interesse (dati: MaGIC Project & EMODNet)

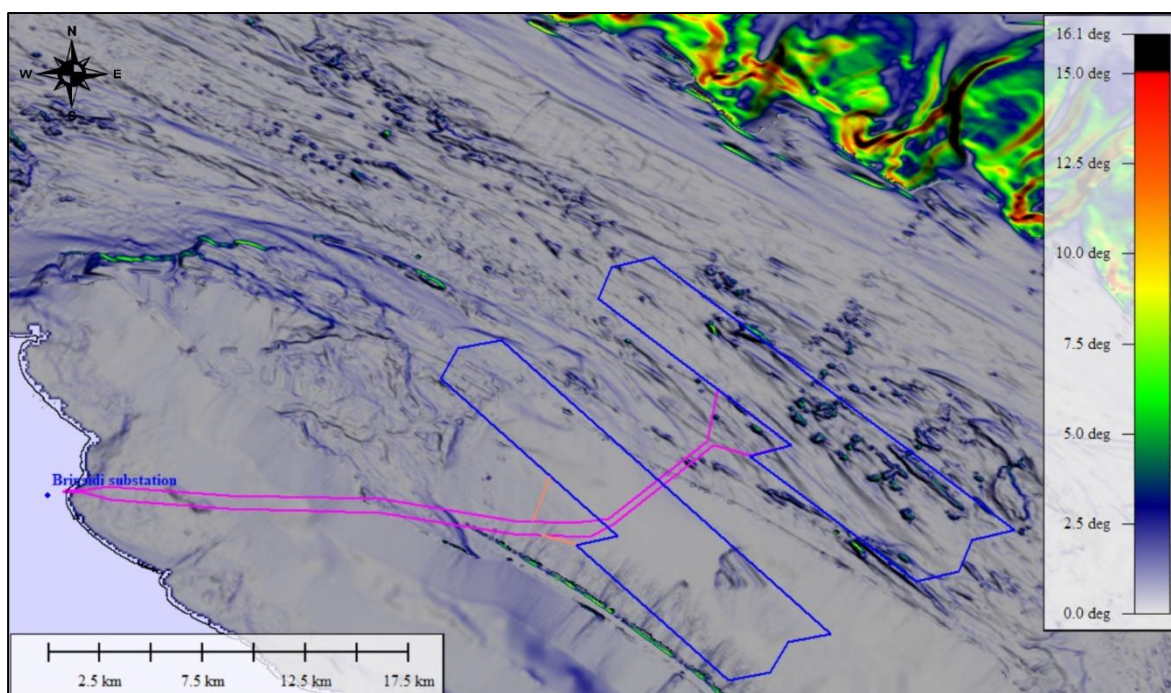


Figura 3-7: Carta delle pendenze dell'area marina di interesse (dati: MaGIC Project & EMODNet)

3.3.3 Morfologia

Il sito proposto si sviluppa sul dominio della piattaforma continentale adriatica.

Buona parte dell'area proposta per il sito OWF è coperta da dati morfobatimetrici acquisiti durante il progetto MaGIC (Marine Geohazards along the Italian Coasts – Fogli 49 e 50 – 2008-2012). Tali dati sono stati acquisiti con due strumenti diversi: 1) EM3002 DUAL Kongsberg nell'area di piattaforma interna; 2) EM710 Kongsberg nell'area di piattaforma esterna e parte della scarpata. 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 (Figura 3-8).

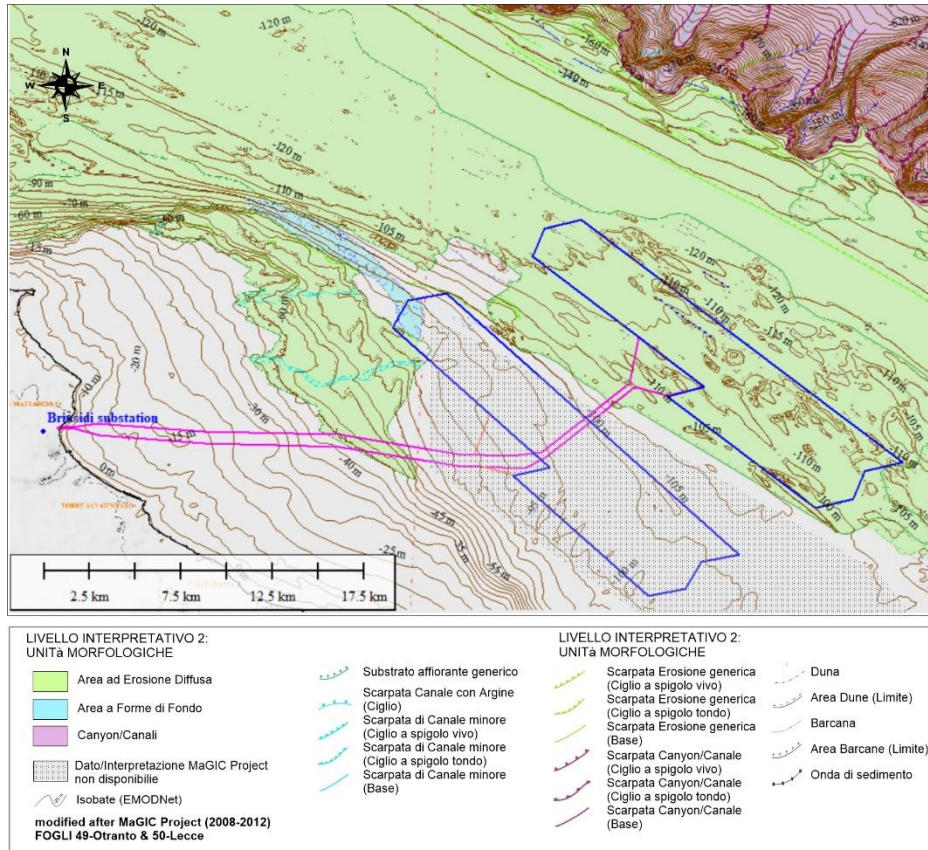


Figura 3-8: Elementi morfobatimetrici presenti nel sito

In base a questa mappatura, le due aree proposte risultano essere per lo più interessate da un substrato affiorante generico con locale presenza di "relitti erosivi". Infatti, il rilievo si mostra localmente accidentato per la presenza di rilievi isolati di forma tondeggiante o allungati in creste di lunghezza variabile da 0,5 m a 12 km e altezza di 5-15 m, con direzione E-W e NW-SE.

Anche la porzione di piattaforma prossima alla costa (ca. 8 km), tra circa 50-85 m di profondità, è stata cartografata come "substrato affiorante generico". Questa porzione risulta delimitata da scarpate erosive che raggiungono i 20 m di altezza. In quest'area di substrato affiorante prossimo alla costa, sono state identificate delle "scarpate di canale minore" con direzione circa E-W (Figura 3-9). Le scarpate hanno un'altezza media di 3 m. I canali presentano sinuosità bassa e larghezza di circa 250-300 m e potrebbero essere associati a incisioni di origine fluviale che hanno eroso un substrato più duro e non sono state riempite successivamente di sedimenti.

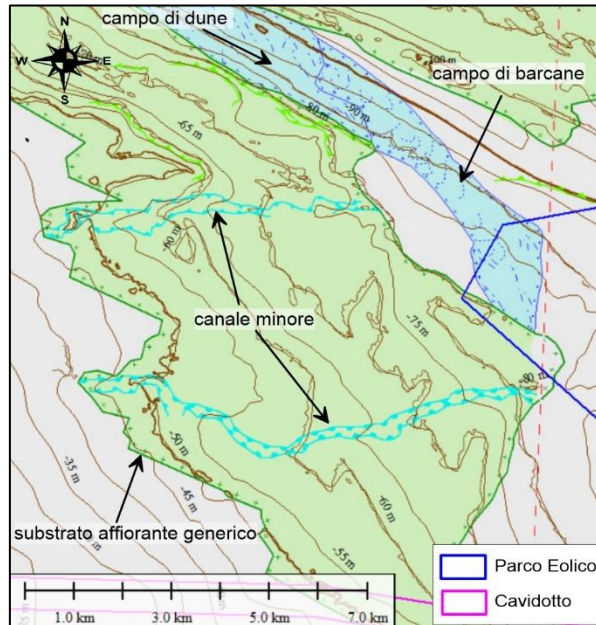


Figura 3-9: Dettaglio dell'area, caratterizzata da canali minori e forme di fondo

Nell'area a NW di Kailia Energia A-B sono state mappate due distinte aree adiacenti caratterizzate da forme di fondo:

- ✓ un campo di dune di circa 5 km², confinato tra due aree di substrato affiorante, è caratterizzato dalla presenza di una trentina di dune ben definite con direzione dell'asse NO-SE. Le dune hanno lunghezza variabile da 300 a 700 m e altezza da 1 a 2 m;
- ✓ un campo di barcane, dune a forma di mezza luna, di circa 5 km² in cui sono presenti depositi con direzione dell'asse variabile da E-O a N-S e altezza media di 1 m, e che parzialmente rientra nell'area A-B.

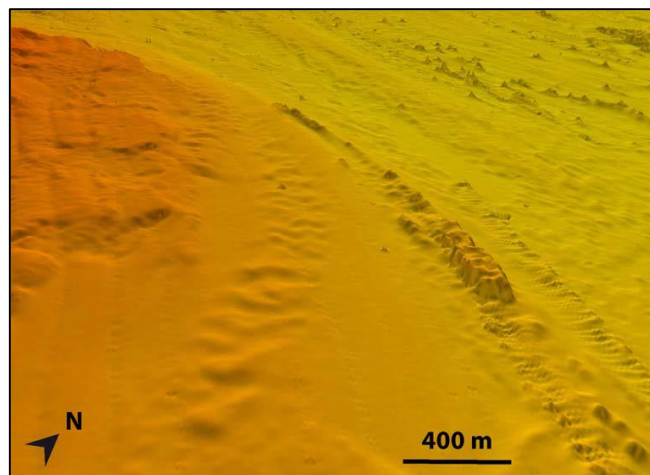


Figura 3-10: Batimetria 3D di un settore della piattaforma in cui si evidenzia un esteso campo di dune e barcane con andamento NO-SE confinato tra due zone di affioramento di substrato (fonte: MaGIC Project)

In corrispondenza nell'area Kailia Energia C-D è riportata la presenza di cordoni di onde di sedimenti, che potrebbero essere attivi e subire delle modifiche nel tempo.

3.3.4 Assetto Litostratigrafico

La successione stratigrafica caratteristica dei fondali marini a largo della costa pugliese adriatica è caratterizzata da un elevato spessore di depositi fini pliocenico-quadernari, direttamente a contatto con il substrato Miocenico (a marne dominanti) e Cretacico (a prevalenza calcareo-dolomitica).

I dati di EMODNet Geology nell'area di interesse indicano la presenza di depositi dal Pliocene al Quaternario.

Lo spessore della coltre pliocenico-quadernaria cresce allontanandosi da costa (dove risulta minimo), mentre verso il mare aperto può arrivare a 400 m (Ref. [22]).

Allo stato attuale delle conoscenze, l'area proposta per il sito sembrerebbe caratterizzata dalla presenza di sabbia fino a circa 80 m di profondità e sedimenti più fini, da limosi-argillosi fino ad argille, a profondità maggiori (fonte: EMODNet Geology) (Figura 3-11). Non sono noti né gli spessori di questi sedimenti, né la profondità del basamento su cui poggiano, né tantomeno si possono escludere inclusioni di sabbie. Questi sedimenti andrebbero investigati con una campagna di indagine geofisica, tramite rilievi sismici del fondale. Affioramenti rocciosi sono presenti in corrispondenza di alcuni tratti di costa, ma la loro estensione a mare non è chiara.

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.

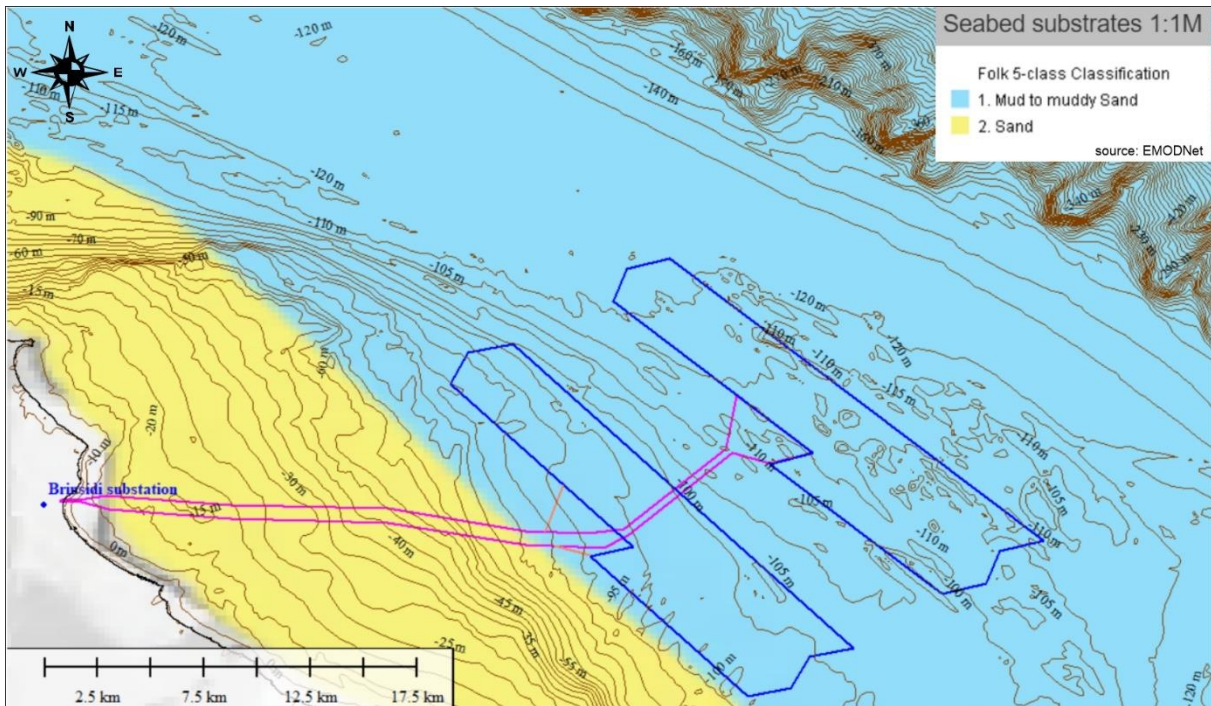


Figura 3-11: Classificazione del substrato nell'area di interesse (fonte: EMODNet Geology)

3.3.5 Campionamenti In Situ

Non sono disponibili campionamenti in sito.

3.3.6 Altre Caratteristiche dei Fondali

Dopo la fine dell'ultimo intervallo di stazionamento basso del livello marino nel nord Adriatico la piattaforma viene progressivamente annegata in risposta all'innalzamento eustatico. Il progressivo annegamento rende la regione nord adriatica una piattaforma continentale poco profonda e uno dei siti chiave in Mediterraneo di formazione di acque dense (NAdDW) attraverso il forzato raffreddamento legato ai venti di bora. Le acque dense che si formano attraverso questo processo si muovono verso sud lungo il lato occidentale dell'Adriatico e raggiungono la scarpata sud adriatica attraverso la quale scendono trasversalmente con velocità che raggiungono i 70 cm/sec (Ref. [23]), impattando il fondale e generando una miriade di forme deposizionali ed erosive.

Tutte queste strutture contribuiscono a rimodellare il margine interagendo con strutture preesistenti.

La scarpata continentale dell'Adriatico meridionale è anche interessata dall'attività delle masse d'acqua levantine (LIW) che provengono dal Mediterraneo orientale, procedono verso nord lungo il fianco albanese e verso il Canale d'Otranto lungo il fianco italiano. (Figura 3-12).

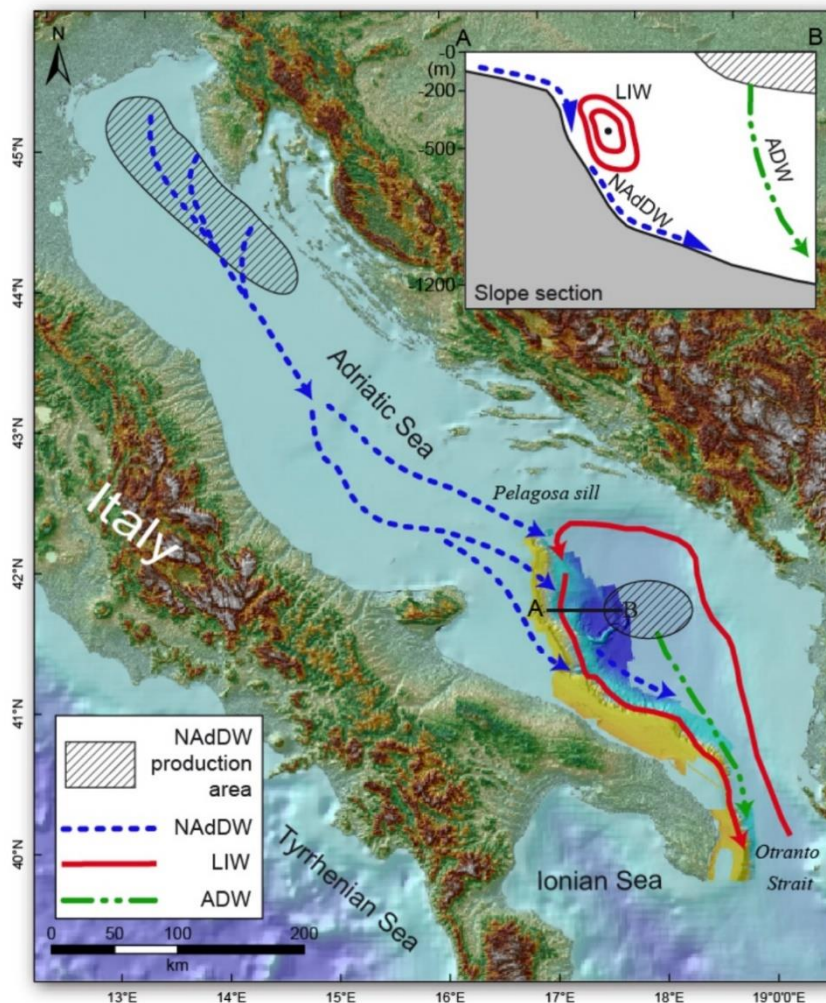
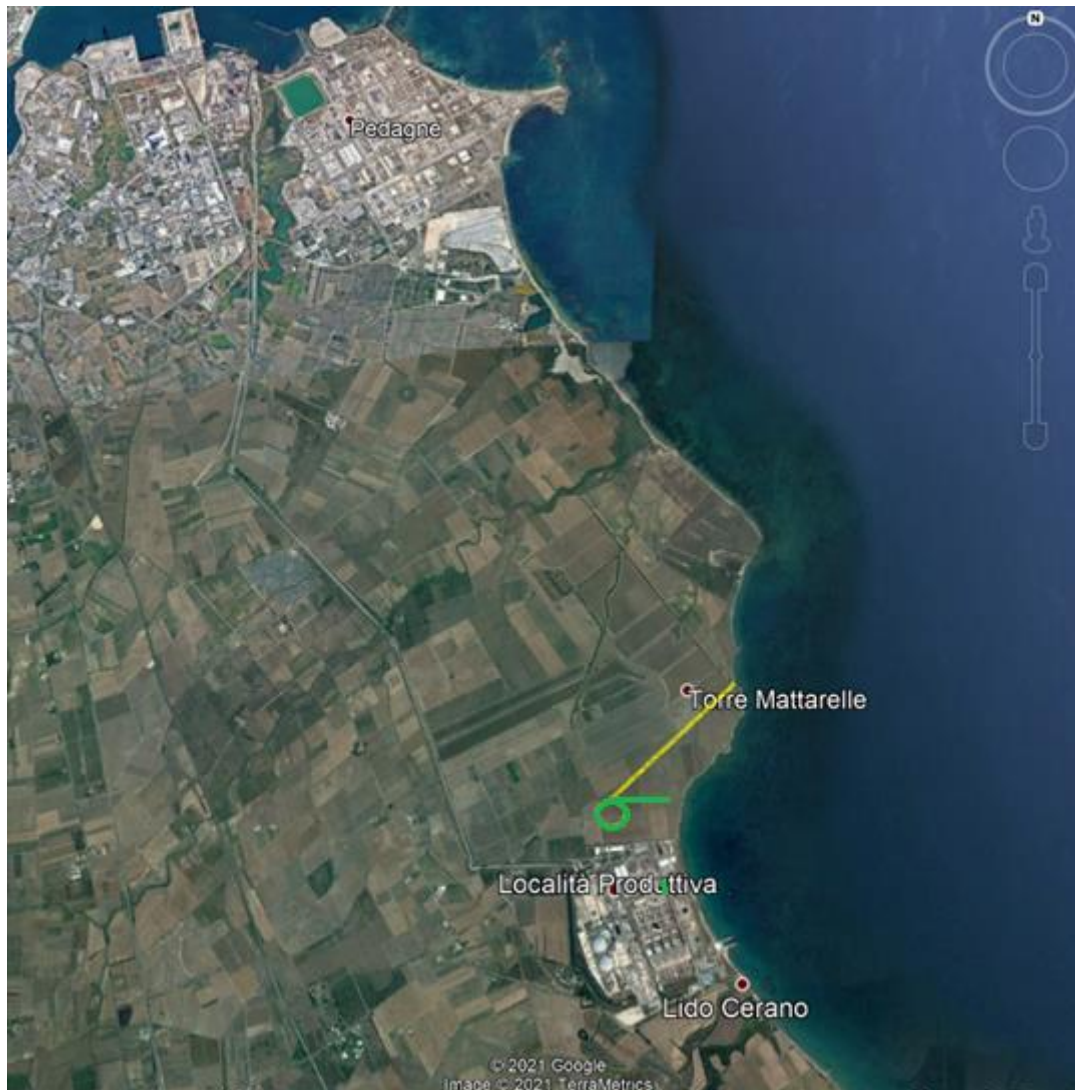


Figura 3-12: Schema semplificato della circolazione profonda in Adriatico. In blu le acque dense nord Adriatiche, in rosso le acque levantine intermedie e in verde le acque dense Adriatiche (fonte: Magic Project)

4 AREA A TERRA

Il progetto prevede la realizzazione della sottostazione in prossimità del centro produttivo (Centrale Termoelettrica Enel) a Sud di Brindisi. La Figura 4-1 mostra la localizzazione della sottostazione, la traccia preliminarmente prevista dei cavidotti di collegamento all'impianto offshore a partire dal punto di spiaggiamento (per una lunghezza di circa 1700 m) e di quello definito dal presente progetto.

Le aree oggetto della presente relazione geologica si collocano interamente nel territorio comunale di Brindisi.



○ Sottostazione e — Traccia cavidotto progetto — Traccia cavidotto preliminare

Figura 4-1: Localizzazione del sito (sottostazione e traccia cavidotto dal punto di spiaggiamento)

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 15 giugno 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, la pianura brindisina è costituita da successioni rocciose sedimentarie, di età Pliocenico-Quaternaria, prevalentemente di natura calcarenitica e sabbiosa e in parte anche argillosa, che poggiano sulla comune ossatura regionale costituita dalle rocce calcareo- dolomitiche del basamento mesozoico (Ref. [30]). In base alla Carta Geo-Strutturale della Piana di Brindisi (Ref.[28]) (Figura 4-2), l'area di progetto ricade sui "Depositi Marini Terrazzati", di età Pleistocene Medio-Superiore, che ricoprono gran parte della Piana, prevalentemente costituito da sabbie compatte.



Figura 4-2: Carta Geo-Strutturale della Piana di Brindisi (Ref. [28])

I rapporti stratigrafici tra le formazioni caratterizzanti la Piana di Brindisi sono bene evidenziate nella sezione Sez.1 dalla Carta Geo-Strutturale (Ref.[28]) (Figura 4-3) che passa in prossimità del sito in esame (freccia rossa: proiezione del sito sulla sezione).

Il substrato carbonatico mesozoico nella Piana di Brindisi, rappresentato quasi esclusivamente dalla Formazione del “*Calcarea di Altamura*”, è costituito prevalentemente da calcari micritici bianchi a grana fine e media, ben litificati e stratificati, con ricorrenti strutture biogeniche. Il tetto del substrato carbonatico mesozoico si approfondisce progressivamente dalla Murgia verso la Piana di Brindisi e raggiunge, nella parte terminale antistante il litorale, quote abbondantemente inferiori a quella medio-marina.

In trasgressione su queste rocce carbonatiche mesozoiche affiorano i depositi calcarenitici e calciruditi bioclastici di ambiente litorale, ascrivibili alla formazione delle “*Calcareniti di Gravina*” (Pliocene Sup.-Pleistocene inf.), per le quali sono riportati spessori massimi intorno ai 30 m.

In continuità di sedimentazione su quest’ultima formazione poggiano le “*Argille subappennine*”, essenzialmente riscontrate in profondità (non affioranti), rappresentate da argille limose, argille sabbiose ed argille marnose di color grigio-azzurro, talora giallastre, con orizzonti e lenti sabbiose. Nella Piana di Brindisi le Argille subappennine presentano spessori alquanto variabili che aumentano procedendo sia da Ovest verso Est che da Sud verso Nord. Lungo la costa, ad esempio, lo spessore passa da circa 20 m a 45 m, muovendosi dall’area di Cerano (prossima al sito di progetto) fino al Porto di Brindisi.

I “*Depositi marini terrazzati*”, di età Pleistocene medio-superiore, sovrastano le Calcareniti e/o le Argille Subappennine, e affiorano estesamente nella Piana di Brindisi (e nell’area di progetto) con spessori variabili da qualche decimetro fino a circa 20 m e legati a diversi e brevi cicli sedimentari trasgressivo-regressivi.

Mentre nel corso del Pleistocene medio, nella Piana di Brindisi, si accumulavano, intercalati a fasi di emersione, depositi marini sabbioso argillosi, a partire dal Pleistocene superiore, l’area in esame fu caratterizzata da stabilità o, localmente, da relativa blanda subsidenza. Lungo la fascia costiera sono presenti depositi recenti e attuali, litoranei ed alluvionali (indicati in azzurro in Figura 4-2), che ricoprono localmente i depositi pleistocenici (Ref.[28]).

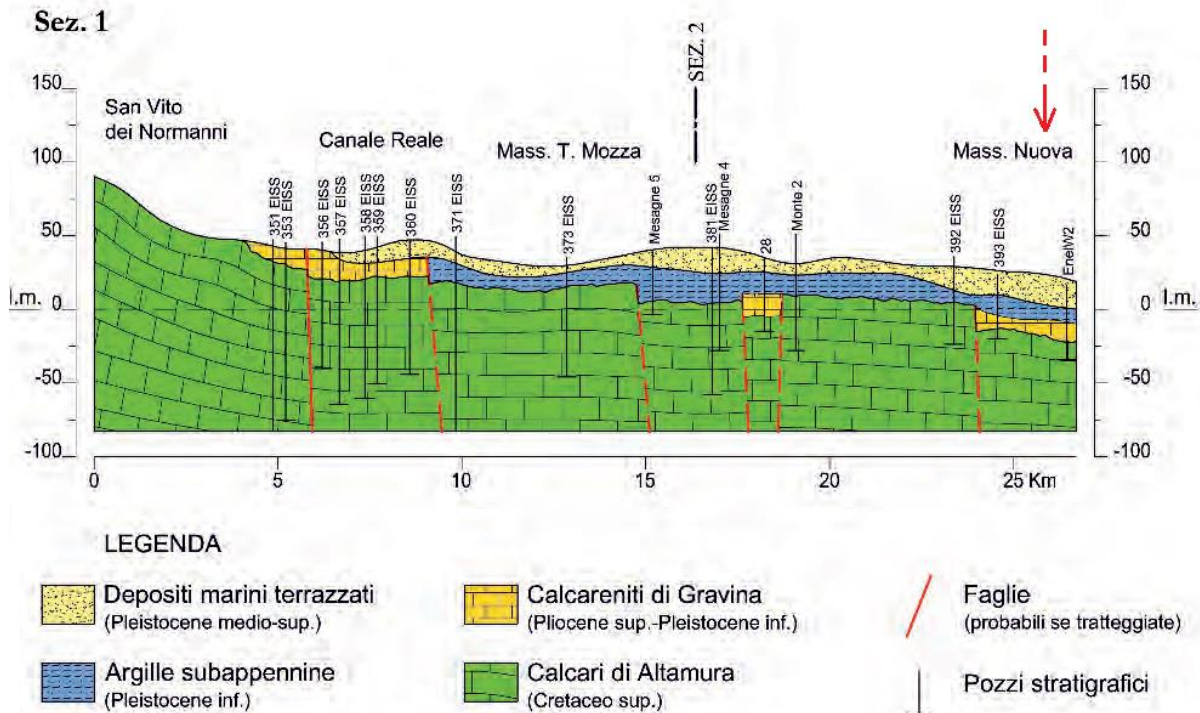
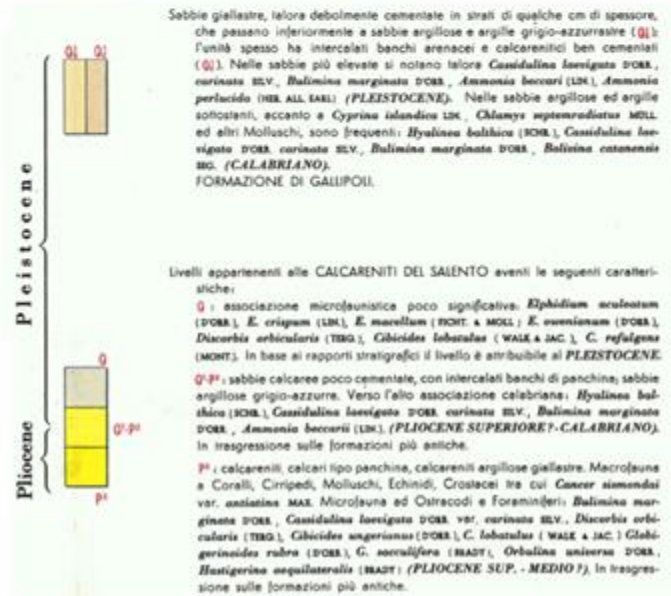
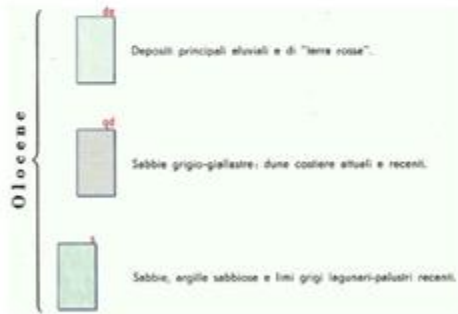


Figura 4-3: Sezione Geologica (Sez. 1) passante in prossimità del sito (Fonte: Ref. [28])

In riferimento alla carta geologica (Foglio n. 204 “Lecce”) alla Scala 1:100’000 della Carta Geologica d’Italia (Ref [27] (Figura 4-4), la formazione geologica del Pleistocene Med-Sup. affiorante nell’area del sito, sopra indicata come “*Depositi Marini Terrazzati*” (Ref. [28]), viene qui denominata “*Formazione di Gallipoli*”, descritta come formata

da sabbie giallastre, talora debolmente cementate che passano inferiormente a sabbie argillose e argille grigio-azzurrastre. L'unità ha spesso intercalati banchi arenacei e calcarenitici ben cementati. Gran parte delle opere a terra del progetto attraversano questa formazione; solo la parte terminale del tracciato preliminarmente previsto dei cavidotti, verso Torre Materelle, attraversa una fascia costiera caratterizzata dalla presenza di sabbie, argille sabbiose e limi grigi lagunari-palustri recenti (Olocenici), concordemente a quanto riportato anche nella Carta Geo-Strutturale della Piana di Brindisi (Ref. [28] Figura 4-2).



○ Sottostazione — Cavidotti

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

4.2 INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO E IDROGRAFICO

Dal punto di vista geomorfologico, l'area di progetto è sita nella parte meridionale della piana di Brindisi, a circa 10 km a sud del capoluogo, in una zona di pianoro retrostante la costa, ad una quota di circa 17m s.l.m. e a circa 500 metri dal mare.

Il territorio di progetto, da un punto di vista dei lineamenti geomorfologici generali, ricade nell'Ambito di Paesaggio n.9 "Campagna Brindisina", come classificato nel Piano Paesaggistico Territoriale Regionale (PPTR; approvato 2015, e con successivi aggiornamenti). L'area è caratterizzata da un bassopiano irriguo con ampie superfici a seminativo, vigneto e oliveto. Il bassopiano è compreso tra i rialti terrazzati delle Murge a nord-ovest e le deboli alture del Salento settentrionale a sud.

L'ambito di Paesaggio brindisino si caratterizza, oltre che per la quasi totale assenza di pendenze significative e di forme morfologiche degne di significatività, per l'intensa antropizzazione agricola del territorio e per la presenza di zone umide costiere. Nella zona brindisina ove i terreni del substrato sono nel complesso meno permeabili di quelli della zona leccese, sono diffusamente presenti reticoli di canali, spesso ramificati e associati a consistenti interventi di bonifica, realizzati nel tempo per favorire il deflusso delle piovane. Infatti, la natura litologica del substrato, essenzialmente di tipo sabbioso-argilloso, in grado di limitare fortemente l'infiltrazione delle acque piovane e conseguentemente di aumentarne le aliquote di deflusso, e la morfologia naturale del territorio, privo di significative pendenze, hanno reso necessaria la diffusa regimazione idraulica delle acque al fine di assicurarne il deflusso ed evitare quindi la formazione di acquitrini (Ref. [30]).

Nel dettaglio, la seguente mappa (Figura 4-5) mostra uno stralcio per l'area vasta di progetto dal Foglio 496 "Squinzano" della *Carta Idrogeomorfologica della Regione Puglia* (scala 1:25'000), sviluppata dalla Autorità di bacino della Regione Puglia (Ref. [25]) quale parte integrante del quadro conoscitivo del nuovo PPTR.



Figura 4-5: Carta Idrogeomorfologica (Ref. [25])

Dall'analisi della mappa idrogeomorfologica emerge che:

- ✓ Nell'area vasta circostante il progetto non sono mappate forme carsiche (grotte naturali, voragini, doline, inghiottitoi);

- ✓ La costa in prossimità del progetto è rappresentata da falesie, con un orlo di scarpata che delimita forme semispianate all'interno;
- ✓ Non sono presenti corsi d'acqua significativi. I corsi idrici superficiali segnalati più prossimi al sito sono classificati corsi d'acqua episodici, rappresentati da: (i) il *Canale delle Chianche* posto ad una distanza di circa 500 m ad ovest dell'area in esame (ii) un canale senza nome posto a circa 250 m a sud del sito, (iii) alcuni corsi d'acqua "obliterati" posti in corrispondenza della località produttiva a sud del sito; (iv) un canale senza nome posto a nord di Torre Mattarelle, in prossimità dell'ultimo tratto della traccia dei cavidotti verso la zona di spiaggiamento.
- ✓ Sono indicate forme geomorfologiche di modellamento di corso d'acqua in particolare ripe di erosione in alcuni tratti del canale delle Chianche, come pure nel Canale il Sied, localizzato a sud dell'area produttiva e sfociante a Lido Cerano. In questa località è presente una sorgente prossima alla costa, la sola mappata nell'intorno del progetto.

Riguardo il rischio geomorfologico e idraulico, i documenti di riferimento consultati appartengono alla cartografia tematica associata al Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI) dell'AdBP approvato con delibera n°39 del Comitato Istituzionale il 30 Novembre 2005 e s.m.i. (Ref. [24]), in particolare:

- ✓ Carta della pericolosità geomorfologica;
- ✓ Carta della pericolosità idraulica;
- ✓ Carta del rischio.

Questi elaborati grafici aggiornati al 2019 non mostrano alcuna evidenza di pericolosità geomorfologica, idraulica o di rischio in geologico nell'area del sito. Solo lungo la zona costiera è indicato un livello elevato di pericolosità geomorfologica (Figura 4-6), dovuta alla potenziale instabilità della falesia per caratteristiche litologiche ed esposizione agli agenti esterni.



Figura 4-6: Pericolosità geomorfologica, idraulica e rischio (Ref. [24])

4.3 INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO

In termini di precipitazioni, nell'area di Brindisi si ha una piovosità media annuale di 628 mm e una differenza di piovosità tra il mese più secco e il mese più piovoso pari a 77 mm. I mesi più secchi sono Luglio e Agosto con una media di 15 mm di pioggia ciascuno, mentre il mese di Novembre è il mese con maggiori precipitazioni (media di 92 mm). Le temperature medie variano di 17.7 °C durante l'anno. La Tabella 4-1 riporta i dati climatici disponibili per il territorio di Brindisi (dati da: <https://it.climate-data.org/>).

	Gennaio	Febbraio	Marzo	Aprile	Maggio	Giugno	Luglio	Agosto	Settembre	Ottobre	Novembre	Dicembre
Medie Temperatura (°C)	9.2	9.6	12	15	19.3	24.2	28.8	28.8	22.4	18.3	14.3	10.6
Temperatura minima (°C)	6.2	6.3	8.2	10.8	14.6	19.2	21.8	22	18.7	15	11.3	7.8
Temperatura massima (°C)	12.4	13	15.9	19.4	24	29	31.8	31.9	26.8	22.1	17.6	13.6
Precipitazioni (mm)	68	60	62	53	38	20	15	15	57	76	92	74
Umidità(%)	78%	73%	72%	69%	64%	57%	54%	57%	67%	76%	77%	77%
Giorni di pioggia (g.)	7	7	6	6	4	3	2	2	5	6	7	8

Tabella 4-1: Dati Climatici – Brindisi

La seguente mappa estratta dal Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale (PTCP) adottato (Ref. [26]) mostra la distribuzione areale delle precipitazioni medie annuali in ambito provinciale. L'area di progetto ricade nella fascia di piovosità 600-650 mm che caratterizza la maggior parte del territorio comunale mentre un settore a N-NE del comune è caratterizzato da precipitazioni medie annuali inferiori (550-600 mm).

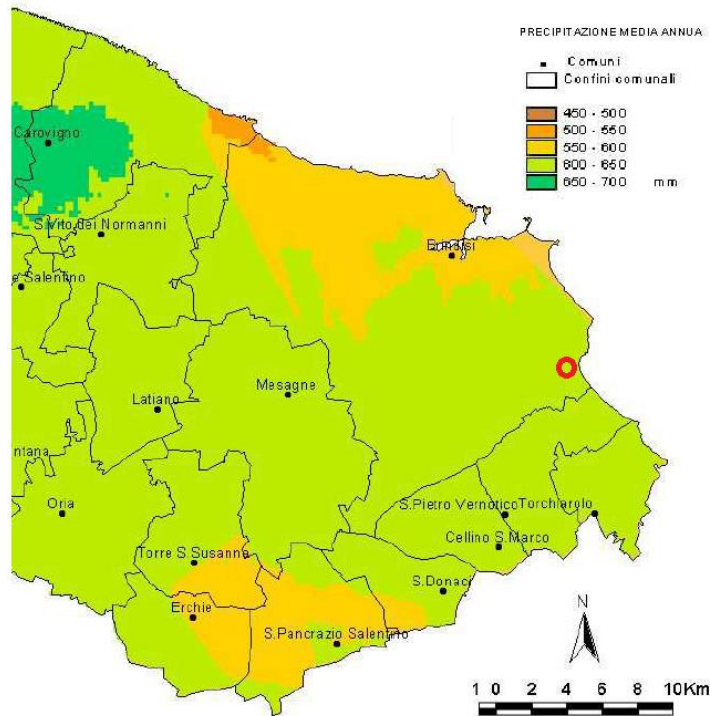


Figura 4-7: Stralcio Mappa delle precipitazioni medie annuali della Provincia di Brindisi (Ref. [26]),
Sito: 

In termini di permeabilità, come in indicato nella seguente mappa estratta dal PTCP adottato (Ref [26]), il deposito terrazzato marino pleistocenico (Formazione di Gallipoli) sui cui è localizzato il sito di Progetto, e che forma il substrato della piana dei Brindisi con spessori variabili fino a circa 20 m, rappresenta un substrato scarsamente permeabile. Le rocce calcareo-dolomitiche formanti il basamento dell'area presentano invece un grado di permeabilità secondaria elevato (sebbene variabile in funzione dello stato di fratturazione e carsismo), le calcareniti presentano una permeabilità medio-alta, mentre le argille grigio azzurre sono terreni praticamente impermeabili, caratterizzati da valori del coefficiente di permeabilità inferiori a 10^{-11} m/s.

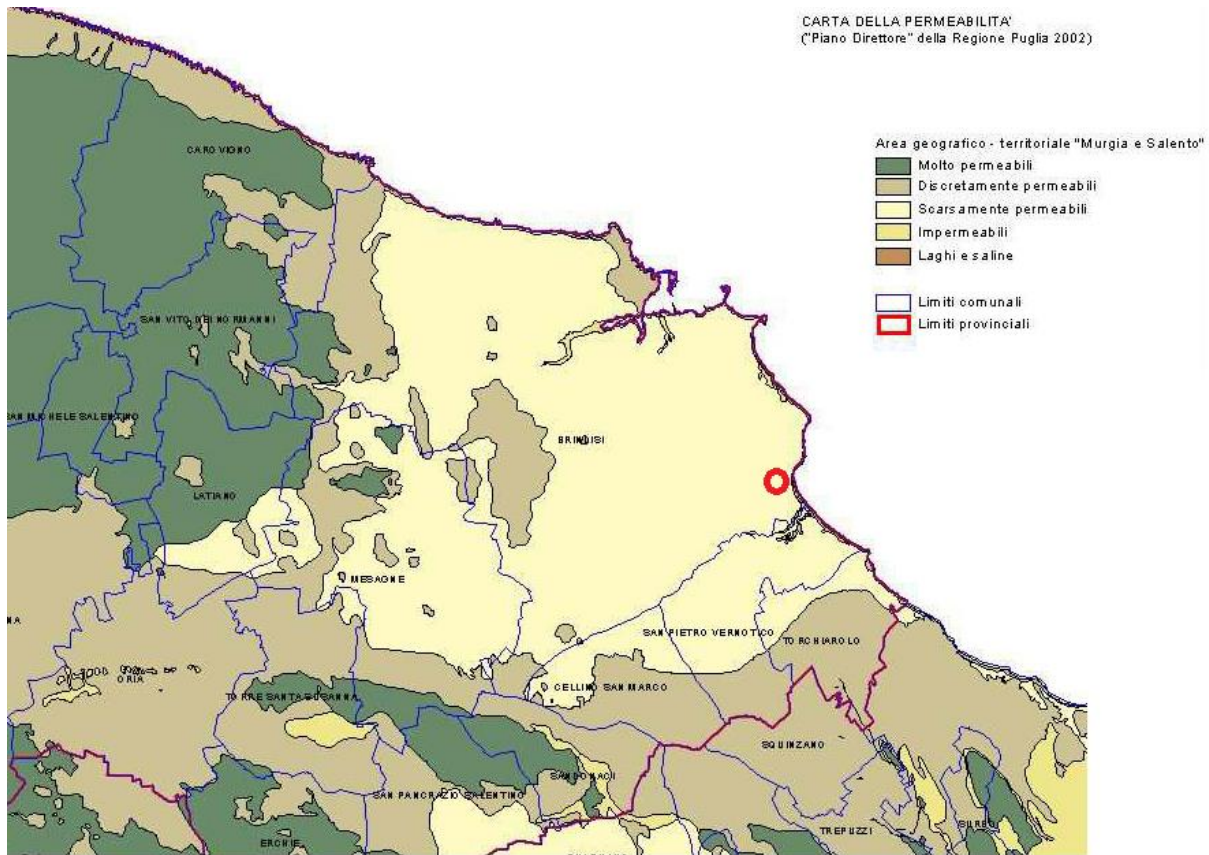


Figura 4-8: Stralcio Carta della Permeabilità della Provincia di Brindisi (Ref. [26]), Sito: **O**

Dal punto di vista idrogeologico l'area in esame è caratterizzata dalla presenza di due sistemi acquiferi (Ref. [26]):

- ✓ L'"*acquifero superiore*", ubicato in corrispondenza dei depositi calcarenitico-sabbiosi, costituisce l'unità idrogeologica della falda superficiale brindisina caratteristica dell'area in esame. La falda superficiale, delimitata inferiormente dalle argille grigio-azzurre pleistoceniche, presenta spessori generalmente variabili tra i 15 e i 20 m ed è caratterizzata da valori di soggiacenza piuttosto modesti (ove presente si rinviene di norma a pochi metri dal piano campagna). Pur essendo la sua portata piuttosto limitata, ad essa attingono numerosi pozzi per uso agricolo e domestico;
- ✓ L'"*acquifero di base*", costituisce l'unità idrogeologica ubicata in corrispondenza dei calcari cretacei: altamente permeabile, in quanto intensamente fratturato ed interessato da fenomeni carsici, è sede di una estesa falda che risulta essere sostenuta dall'acqua marina di invasione continentale.

L'acquifero profondo si sviluppa principalmente nel basamento calcareo mesozoico, permeabile per fessurazione e carsismo, e subordinatamente (lì dove presenti e poco compatti) nei depositi appartenenti alla sovrastante Formazione delle Calcareniti di Gravina. Si tratta dunque di un acquifero localmente passante a due strati a differente permeabilità, con i depositi calcarenitici generalmente a permeabilità ridotta rispetto ai calcari di base. Nell'area di progetto il coefficiente di permeabilità stimato per l'acquifero profondo ("di base") è compreso tra 10^{-3} e 10^{-2} cm/s (Figura 4-9).

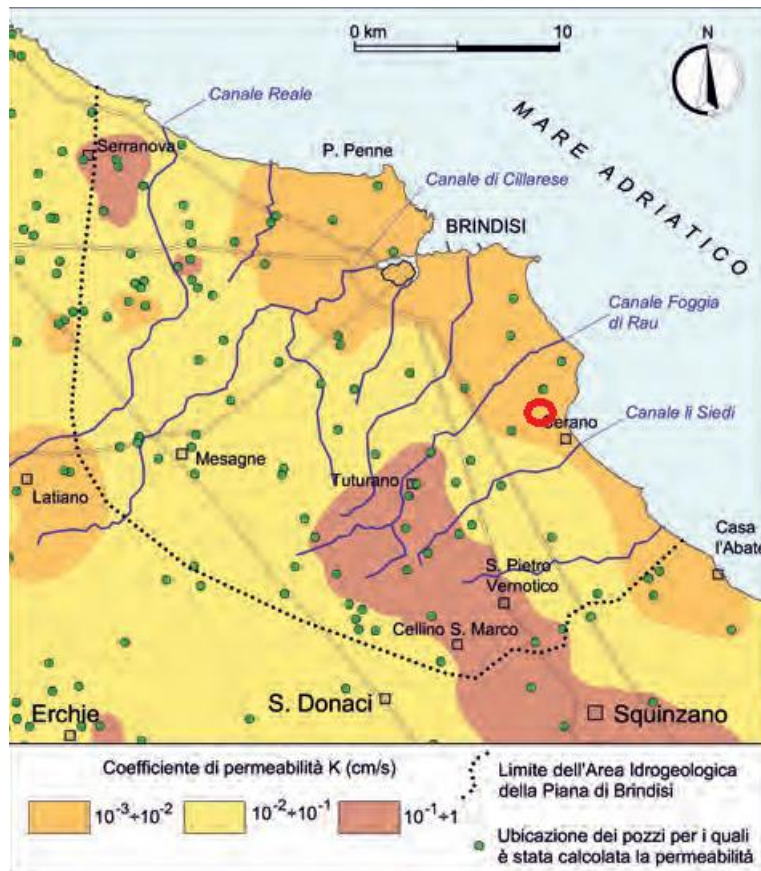


Figura 4-9: Distribuzione del Coefficiente di Permeabilità dell'acquifero Carbonatico Profondo (Ref. [28]) Sito: **○**

Dalla mappa piezometrica in Figura 4-10, il livello piezometrico medio della falda profonda nell'area di progetto risulta pari a circa 2 m sul livello del mare, corrispondente ad una profondità di circa 15 m dal p.c..

La falda di base, come risulta anche dalla stratigrafia del Pozzo W2 (Figura 4-11) localizzato in località Cerano, in prossimità del sito (localizzazione del pozzo in Figura 4-10), è limitata a tetto dalle argille pleistoceniche e ospitata nel calcareo cretaceo (e anche nelle sovrastanti calcareniti a minore permeabilità); il tetto dell'acquifero risulta a circa 12 m sotto il livello medio marino.

Poiché, come anticipato nell'inquadramento geologico, presso costa il tetto del substrato carbonatico mesozoico raggiunge quote abbondantemente inferiori a quella medio-marina, l'acquifero risulta invaso, già a partire dalla sommità, da acqua salmastra appartenente alla "zona di transizione" acqua dolce-acqua di mare. Il profilo di salinità riportato per il già citato Pozzo W2 (Figura 4-11) indica per la falda profonda un livello di salinità pari a 4 g/l. La Figura 4-10 riporta anche una distribuzione dei valori di salinità dell'acquifero profondo verso l'interno, le zone costiere in cui l'acquifero è totalmente permeato con acqua di mare, e anche la fascia costiera in cui il tetto della formazione carbonatica cretacea si trova sotto il livello del mare (zona in cui ricade il sito di progetto).

Nella Piana di Brindisi l'alimentazione diretta della falda profonda da parte delle acque meteoriche è da ritenersi nulla, se si fa eccezione per una piccola aliquota di acque meteoriche che si infiltrano negli affioramenti calcarei ad Est del Canale Reale (Figura 4-2); ciò a causa dell'estesa presenza della Formazione delle Argille subappennine al top dell'acquifero. Le precipitazioni medie annue che insistono nell'area di progetto (550-600 mm) rappresentano dunque, al netto dell'evapotraspirazione e del ruscellamento superficiale, l'alimentazione del solo acquifero superficiale.

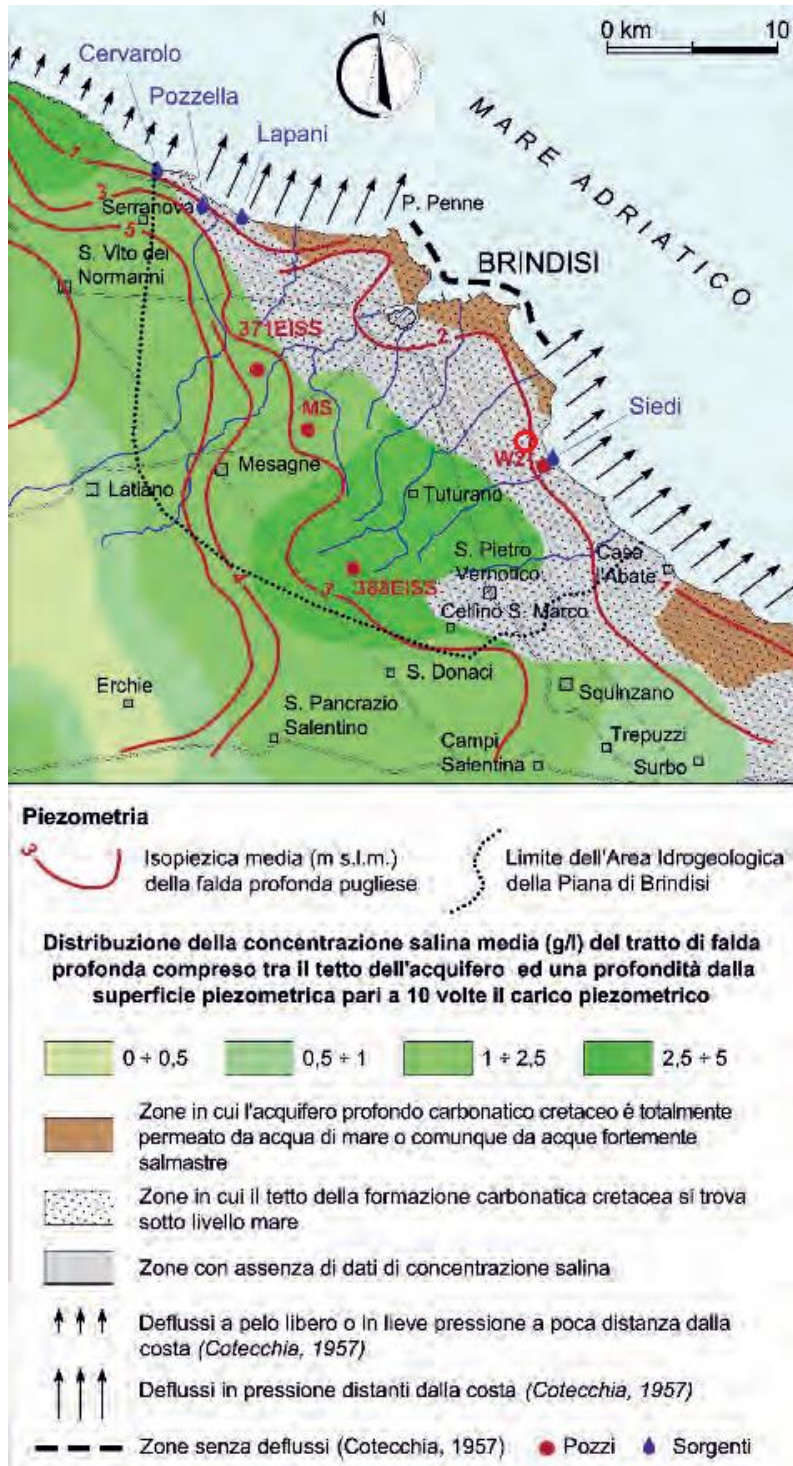


Figura 4-10: Piezometria dell'Acquifero Profondo (Ref. [28]) Sito: ○

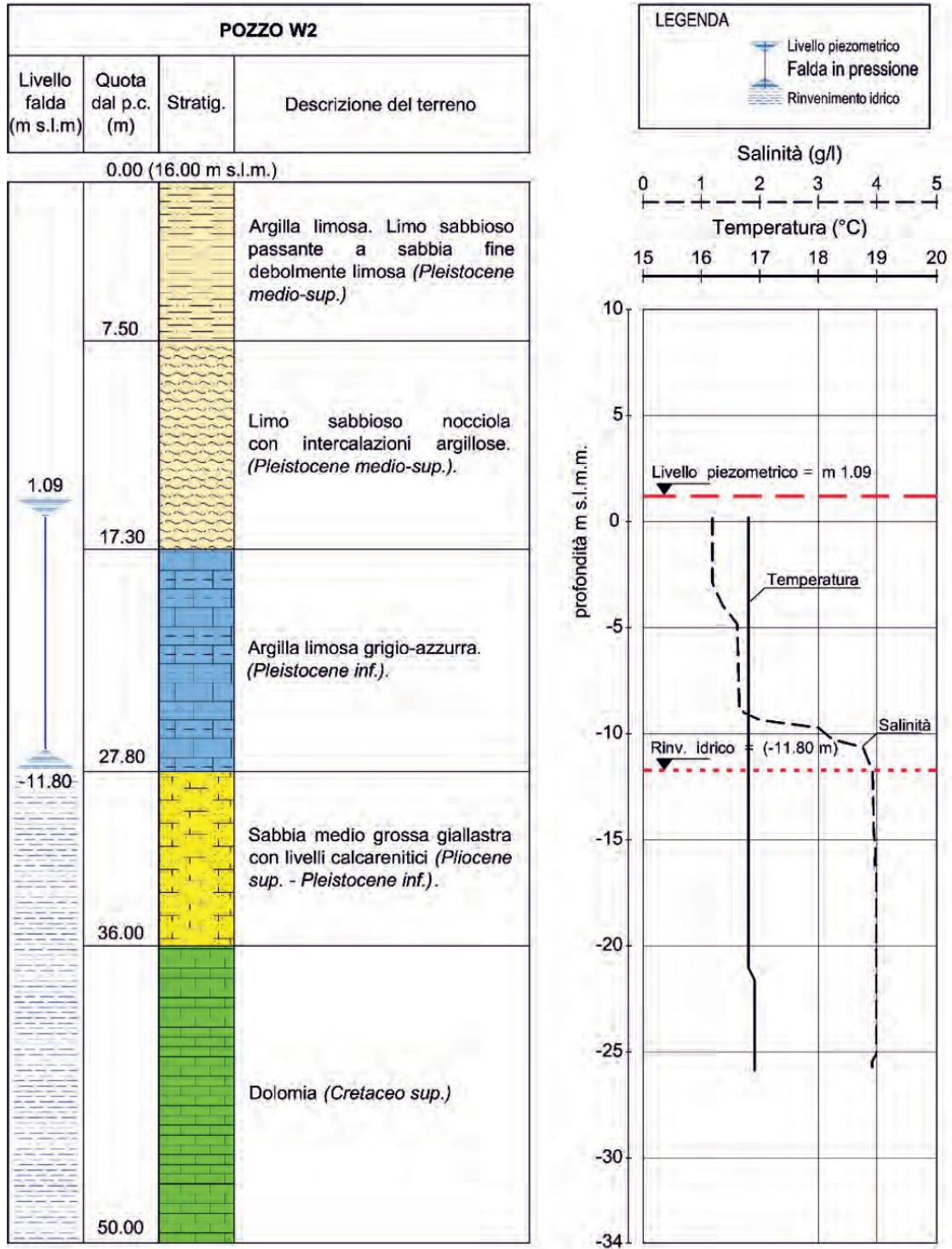


Figura 4-11: Stratigrafia e carotaggio termo-salinometrico Pozzo W2 localizzato in località Cerano, in prossimità del sito (Fonte: Ref. [28])

4.4 TETTONICA E SISMICITA'

4.4.1 Sorgenti Sismogenetiche e Tettonica

Dal catalogo delle sorgenti sismogenetiche 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'intera penisola salentina non ricade all'interno di una struttura sismogenetiche singole (ISS) e una composta (CSS) (Ref. [12]) (Figura 4-12).

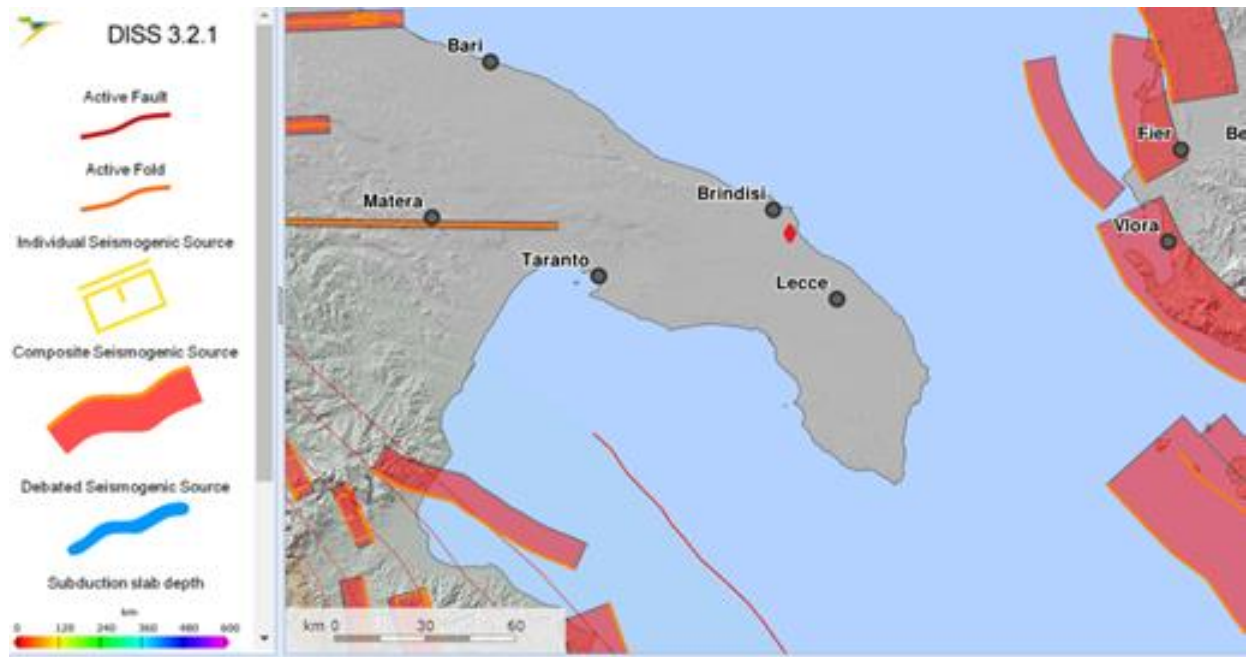


Figura 4-12: Mappa delle Sorgenti Sismogenetiche nell'Area circostante la penisola salentina (♦ Sito) (Ref. [12])

Riguardo l'aspetto tettonico, anche l'elenco delle faglie attive e capaci del catalogo del Progetto Ithaca [1] in continuo aggiornamento da parte di SGI - ISPRA (<http://www.isprambiente.gov.it/progetti/suolo-e-territorio-1/ithaca-catalogo-delle-faglie-capaci>) non riporta faglie capaci in tutta la Penisola Salentina. 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.

4.4.2 Sismicità

4.4.2.1 SISMICITA' STORICA

La mappa della sismicità dei terremoti registrati strumentalmente dal 1985 estratta dal Catalogo INGV 'CPT115' (Ref. [31]) (Figura 4-13) non evidenzia una particolare sismicità nell'area del sito. Al terremoto storico del 1710 più prossimo all'area di progetto (33km) è stata stimata una Magnitudo pari a 4.2.

¹ ITHACA = ITaly HAZard from CAPable faults

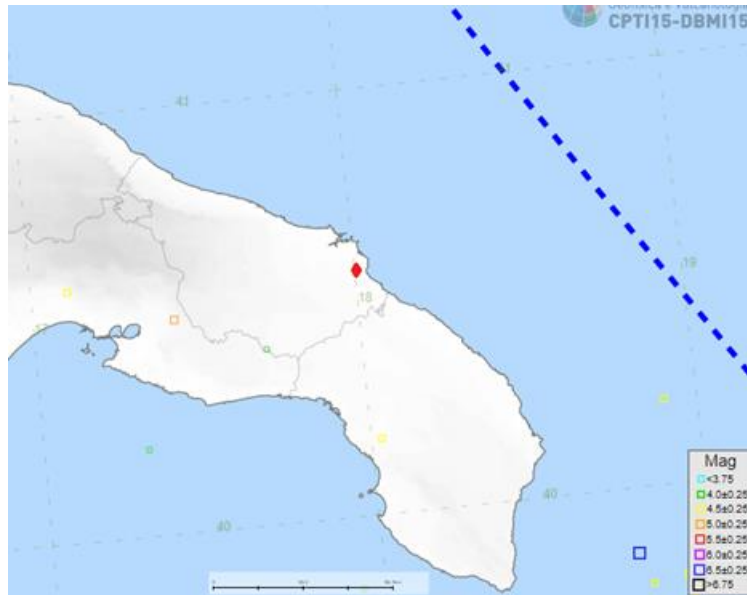


Figura 4-13: Magnitudo dei Terremoti estratti dal database CPIT15 (INGV) (Sito)

La figura seguente (Figura 4-14) riporta la massima intensità sismica risentita in un cerchio di 50 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}) ≥ 5 o magnitudo momento (M_w) ≥ 4.0 d'interesse per l'Italia nella finestra temporale 1000-2014.

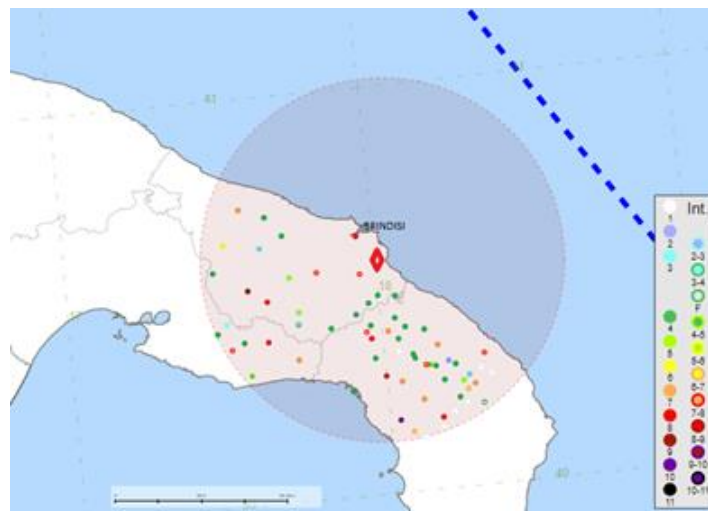


Figura 4-14: Intensità Massima Risentita dei Terremoti in un Raggio pari a 50 km dal sito, estratti dal CPTI15 (Sito)

Per i soli eventi relativi a Brindisi (numero di terremoti risentiti EQs = 22) estratti da CPTI15 la intensità massima (I_{max}) è pari a 8 riferibile al terremoto del 1743 come visibile dalla sequenza temporale delle massime intensità riportata nel grafico sottostante (Figura 4-15).

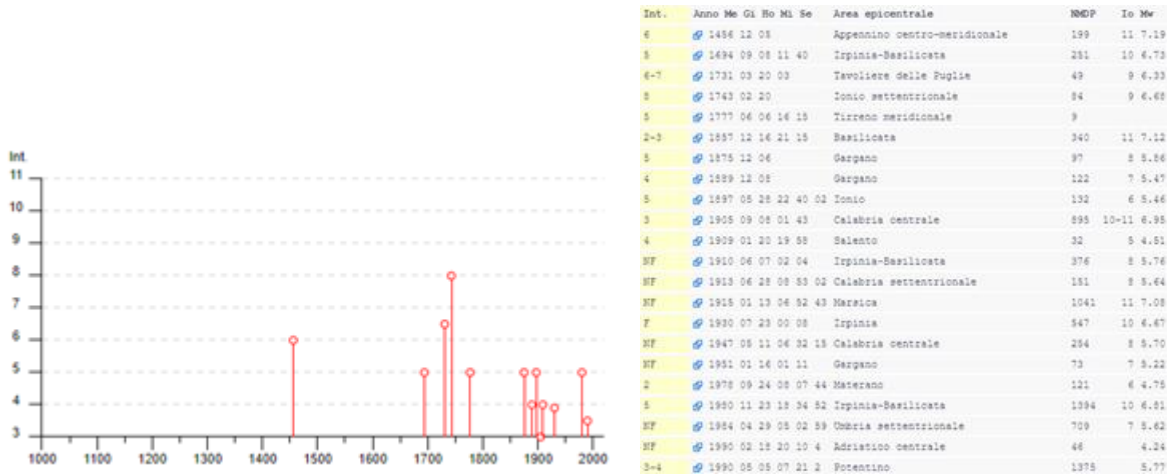


Figura 4-15: Intensità Massime dei Terremoti Risentiti a Brindisi, estratte dal CPT115

4.4.2.2 CLASSIFICAZIONE SISMICA

Riguardo la pericolosità sismica, l'area di progetto ricade in un'area caratterizzata da pericolosità bassa. Il comune di Brindisi è classificato in Zona Sismica 4 (ag <0.05g), zona con pericolosità sismica molto bassa, dove le possibilità di danni sismici sono basse.

La carta INGV mostra valori di accelerazione (ag) tra 0.025 e 0.050 g espressi con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni riferiti al substrato rigido caratterizzato da Vs>800m/s (Figura 4-16).

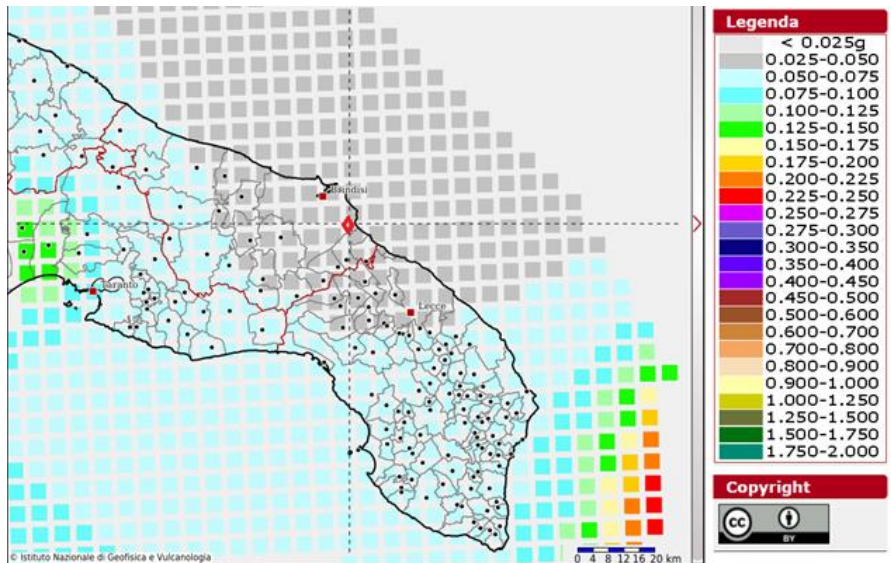


Figura 4-16: Carta delle Accelerazioni Massime del Suolo (Sito INGV) (♦ Sito)

L'analisi di disaggregazione derivata dall' INGV (Ref. [32]) ha permesso di identificare come terremoto dominante lo scenario di pericolosità sismica dell'area un sisma di Magnitudo 6,44 ad una distanza di 139 km (Figura 4-17).

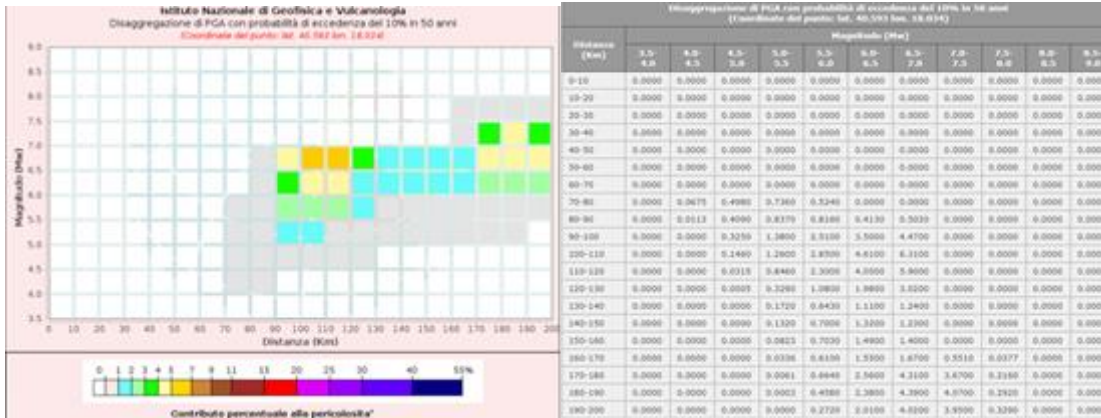


Figura 4-17: Analisi di disaggregazione per definizione terremoto dominante dell'area

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 15/06/2021 nell'area della sottostazione e lungo il percorso preliminarmente previsto a terra per i cavidotti, fino al punto di spiaggiamento, e 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 sia per l'area della sottostazione che per la traccia definita dal progetto per i cavidotti a terra dal punto di spiaggiamento a terra alla sottostazione.

4.5.1 Osservazioni Geologiche e Geomorfologiche Locali

4.5.1.1 AREA SOTTOSTAZIONE

Il pianoro su cui è prevista la collocazione della sottostazione elettrica è situato in una zona di altipiano retrostante la costa, ad una quota di circa 17m s.l.m. e a circa 500 metri dal mare (Figura 4-18).

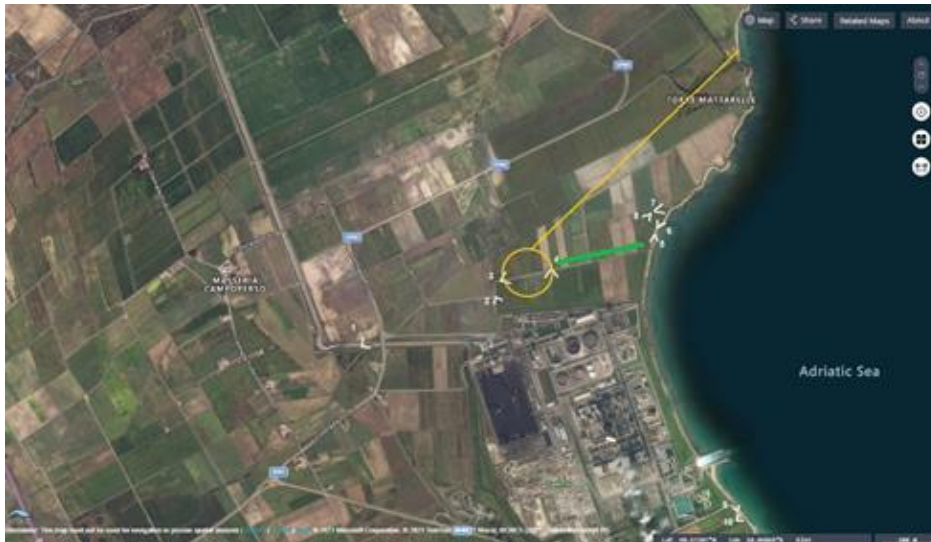


Figura 4-18: Area di Pianoro con Localizzazione della Sottostazione (cerchio giallo) e traccia cavidotti preliminare (linea gialla) e del progetto (linea verde). Sono indicati i punti di vista fotografici richiamati nel testo.



Figura 4-19: Altipiano Costiero nell'area di sviluppo del progetto (punti di vista 2 e 3 in carta)

L'area della stazione non presenta criticità fondazionali: è un campo coltivato piano su substrato formato da sabbia addensata (Deposito Marino terrazzato del Pleistocene) (Figure 4-19 e 4-20). In base ai dati stratigrafici disponibili (si veda par. 4.5.2) sotto lo strato di sabbie, all'incirca di 8 m di spessore, è presente un banco argilloso spesso circa 15 m, con sottostanti calcareniti e calcari.



Figura 4-20: Coltivazioni Presenti nell'area (punti di vista 4 e 8 in carta)

4.5.1.2 AREA TRACCIATO CAVIDOTTI

La zona costiera tra stazione e l'approdo presenta una falesia di diversi metri di altezza costituita da sabbia compattata come il substrato della stazione (Figura 4-21).

Nel tratto di costa in corrispondenza del punto di approdo della traccia definita di progetto si segnala una prima interruzione della continuità della falesia determinata da un breve corso d'acqua episodico perpendicolare alla costa, segnalato anche nella carta idrogeomorfologica (sezione 4.2), che si distingue in sito come una incisione naturale nella piana.



Figura 4-21: Tipologia di falesia antistante la sottostazione e verso il punto di approdo (punti di vista 6 e 5 in carta)

Nella traccia preliminare del cavidotto lo spiaggiamento era localizzato in corrispondenza del ribassamento o addolcimento dell'acclività della falesia naturale a nord di Torre Mattarelle.

Con riferimento alla stabilità di pareti in fase di taglio, scavi o trincee dell'approdo è necessario tenere conto della debolezza di questa sabbia solo molto addensata, ma non cementata. Infatti, viste le caratteristiche litologiche e la facile erodibilità da parte dell'azione marina, questo tratto di costa è caratterizzato da condizioni di precaria stabilità.

L'alta falesia sabbioso-limosa ha subito, negli ultimi decenni, continui e vistosi arretramenti causati da progressivi crolli; la Figura 4-22 mostra, ad esempio, un crollo recente della stradale avvenuto in un punto panoramico costiero immediatamente a sud del centro produttivo.



Figura 4-22: Indicazione di Pericolo smottamento falesia e crollo della sede stradale costiera immediatamente a sud del centro produttivo (punti di vista 9 e 10 in carta)

4.5.2 Considerazioni Relative al Sottosuolo e alla Stratigrafia Locale

Indagini geognostiche pregresse prossime alla zona di progetto sono rese disponibili dalla Banca dati ISPRA "Archivio Indagini nel Sottosuolo (Legge 464/84)" [2] che raccoglie informazioni relative a studi o indagini nel sottosuolo nazionale, per scopi di ricerca idrica o per opere di ingegneria civile (Ref.[29]) Dall'analisi della banca dati, sono disponibili dati stratigrafici relativi a due pozzi profondi (40 m da p.c.), realizzati nel 1997 da ENEL e

² <https://www.isprambiente.gov.it/it/banche-dati/banche-dati-folder/suolo-e-territorio/dati-geognostici-e-geofisici>

ubicati in prossimità l'uno dell'altro all'interno centro produttivo, ad una distanza di circa 1-1.2 km a sud dell'area di progetto e a circa 1 km dalla costa (Figura 4-23) [3].



Figura 4-23: Localizzazione dei 2 Pozzi Profondi (Banca Dati ISPRA)




Le stratigrafie dei due sondaggi, attrezzati a piezometro (Figura 4-24 e Figura 4-25), indicano (confermando le caratteristiche stratigrafiche riportate nella sezione geologica riportata nel capitolo di inquadramento):

- ✓ Sabbia fine prevalente fino a 8-8.2 m di profondità, con intercalato un livello poco potente (circa 50 cm) di calcarenite;
- ✓ Argille, per uno spessore di circa 15 m, a partire da circa 8-8.50 m di profondità;
- ✓ Calcareniti, per uno spessore di circa 12-13 m, a partire da circa 24 m di profondità (con alla base circa 1 m di argille)
- ✓ Calcare/calcare dolomitico dai 38 m da p.c..

Come riportato nelle schede indagine, durante la perforazione dei pozzi sono state rinvenute, in conformità al quadro idrogeologico presentato, due falde distinte:

- ✓ una falda superficiale, contenuta nelle sabbie fini superficiali (dai 3 ai 9 m) e delimitate alla base dal potente banco di argille;
- ✓ una falda una falda più profonda in pressione (dai 16 ai 40 m) che interessa i livelli dei calcari mesozoici e delle calcareniti sovrastanti.

³ Localizzazione riportata in mappa sulla base delle coordinate WGS84 presenti sulle schede indagine disponibili ai seguenti link:
[http://sgi2.isprambiente.it/indagini/scheda_indagine.aspx?Codice=198407;](http://sgi2.isprambiente.it/indagini/scheda_indagine.aspx?Codice=198407)
http://sgi2.isprambiente.it/indagini/scheda_indagine.aspx?Codice=198405

 		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: 198407 Regione: PUGLIA Provincia: BRINDISI Comune: BRINDISI Tipologia: PERFORAZIONE Opera: PIEZOMETRO Profondità (m): 40,00 Quota pc slm (m): 17,00 Anno realizzazione: 1997 Numero diametri: 1 Presenza acqua: SI Portata massima (l/s): ND Portata esercizio (l/s): ND Numero falde: 2 Numero filtri: 0 Numero piezometrie: 0 Stratigrafia: SI Certificazione(*): NO Numero strati: 7 Longitudine WGS84 (dd): 18,025131 Latitudine WGS84 (dd): 40,562339 Longitudine WGS84 (dms): 18° 01' 30.48" E Latitudine WGS84 (dms): 40° 33' 44.42" 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	40,00	40,00	101	
FALDE ACQUIFERE					
Progr	Da profondità (m)	A profondità (m)	Lunghezza (m)		
1	3,00	9,00	6,00		
2	16,00	40,00	24,00		
STRATIGRAFIA					
Progr	Da profondità (m)	A profondità (m)	Spessore (m)	Età geologica	Descrizione litologica
1	0,00	7,00	7,00		SABBIA FINE GIALLOGNOLA CON INTERCALATI NODULI TENACI
2	7,00	7,50	0,50		CALCARENITE A GRANA FINE TENACE
3	7,50	8,50	1,00		SABBIA FINE GIALLOGNOLA
4	8,50	24,00	15,50		ARGILLA GRIGIO - AZZURRA
5	24,00	37,00	13,00		CALCARENITE PSEUDOCOERENTE BIANCASTRA
6	37,00	38,00	1,00		ARGILLA GIALLOVERDASTRA
7	38,00	40,00	2,00		CALCARE

ISPRA - Copyright 2018

Figura 4-24: Scheda Indagine Piezometro 198407 (Banca Dati ISPRA)

		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: 198405 Regione: PUGLIA Provincia: BRINDISI Comune: BRINDISI Tipologia: PERFORAZIONE Opera: PIEZOMETRO Profondità (m): 40,00 Quota pc slm (m): 17,00 Anno realizzazione: 1997 Numero diametri: 1 Presenza acqua: SI Portata massima (l/s): ND Portata esercizio (l/s): ND Numero falde: 2 Numero filtri: 0 Numero piezometrie: 1 Stratigrafia: SI Certificazione(*): NO Numero strati: 11 Longitudine WGS84 (dd): 18,024850 Latitudine WGS84 (dd): 40,562061 Longitudine WGS84 (dms): 18° 01' 29.47" E Latitudine WGS84 (dms): 40° 33' 43.42" 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	40,00	40,00	101	
FALDE ACQUIFERE					
Progr	Da profondità (m)	A profondità (m)	Lunghezza (m)		
1	3,00	9,00	6,00		
2	16,00	40,00	24,00		
MISURE PIEZOMETRICHE					
Data rilevamento	Livello statico (m)	Livello dinamico (m)	Abbassamento (m)	Portata (l/s)	
mag/1997	16,10	ND	ND	ND	
STRATIGRAFIA					
Progr	Da profondità (m)	A profondità (m)	Spessore (m)	Età geologica	Descrizione litologica
1	0,00	1,80	1,80		SABBIA FINE MARRONCINO DEBOLMENTE ARGILLOSA
2	1,80	3,50	1,70		SABBIA FINE GIALLOGNOLA CON INTERCALATI LIVELLETTI TENACI
3	3,50	4,30	0,80		NODULI POLIDIMENSIONALI TENACI
4	4,30	6,50	2,20		SABBIA FINE GIALLOGNOLA MEDIAMENTE ADDENSATA
5	6,50	6,90	0,40		CALCARENITE A GRANA FINE TENACE
6	6,90	8,20	1,30		SABBIA MEDIO - FINE GRIGIO - GIALLASTRA
7	8,20	23,00	14,80		ARGILLA GRIGIO - AZZURRA
8	23,00	24,00	1,00		ARGILLA GIALLO - VERDASTRA
9	24,00	36,30	12,30		CALCARENITE PSEUDOCOERENTE BIANCASTRA CON LIVELLI DECIMETRICI TENACI
10	36,30	38,00	1,70		ARGILLA GIALLASTRA CON INCLUSIONI LITOIDI
11	38,00	40,00	2,00		CALCARE DOLOMITICO

ISPRA - Copyright 2018

Figura 4-25: Scheda Indagine Piezometro 198405 (Banca Dati ISPRA)

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, non presenta criticità legate a processi morfodinamici o tettonici atti ad interferire con le opere di cui in progetto;
- ✓ La caratterizzazione del substrato e dei sedimenti affioranti nell'area interessata dal parco eolico risulta generica ai fini della progettazione.
- ✓ Il sito a terra non presenta criticità

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;
- ✓ 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 della stazione di consegna e del cavidotto: il progetto interessa aree piane coltivate su un substrato formato da sabbia molto addensata.

La zona costiera presenta una falesia alta diversi metri di sabbia compattata come il substrato della stazione e del cavidotto a terra. Per le caratteristiche litologiche, la falesia appare di precaria stabilità e facilmente erodibile dalla azione marina.

Per queste aree 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] Morelli, D., 2002, "Evoluzione Tettonico-Stratigrafica del Margine Adriatico Compreso tra il Promontorio del Gargano e Brindisi", *Memorie della Società Geologica Italiana*, Vol. Spec. 57, pp. 343–353.
- [2] Finetti, I., 1984, "Struttura ed Evoluzione della Micro-Placca Adriatica", *Bollettino di Oceanologia Teorica e Applicata*, Vol. 2, pp. 115-123.
- [3] Colantoni, P., M. Tramontana, R. Tedeschi, 1990, "Contributo alla Conoscenza dell'Avampaese Apulo: Struttura del Golfo di Manfredonia (Adriatico Meridionale)", *Giornale di Geologia*, Vol. 52 (1–2), pp. 19–32.
- [4] Argnani, A., P. Favali, F. Frugoni, M. Gasperini, M. Ligi, M. Marani, G. Mattiotti, G. Mele, 1993, "Foreland Deformational Pattern in the Southern Adriatic Sea", *Annali di Geofisica*, Vol. 36, pp. 229–247.
- [5] Ortolani, F. & S. Pagliuca, 1987, "Tettonica Transpressiva nel Gargano e Rapporti con le Catene Appenninica e Dinarica", *Memorie della Società Geologica Italiana*, Vol. 38, pp. 205–224.
- [6] Trincardi, F. & A. Correggiari, , 2000, "Quaternary Forced-Regression Deposits in the Adriatic Basin and the Record of Composite Sea-Level Cycles", In: Hunt, D., Gawthorpe, R. (Eds.), *Depositional Response to Forced Regression*. Geological Society Special Publication, Vol. 172, pp. 245–269.
- [7] Ridente, D. & F. Trincardi, 2002a, "Eustatic and tectonic Control on Deposition and Lateral Variability of Quaternary Regressive Sequences in the Adriatic Basin (Italy)", *Marine Geology*, Vol. 184, pp. 273-293.
- [8] Ridente, D. & F. Trincardi, 2002b, "Late Pleistocene Depositional Cycles and Syn-Sedimentary Tectonics on the Central and South Adriatic Shelf", *Memorie della Società Geologica Italiana*, Vol. 57.
- [9] Ridente, D., F. Fogliani, Minisini D., Trincardi F., Verdicchio G., 2007, "Shelf-edge Erosion, Sediment Failure and Inception of Bari Canyon on the South-Western Adriatic Margin (Central Mediterranean)", *Marine Geology*, Vol. 246, pp. 193-207.
- [10] Viel M., V. Damiani & M. Setti, 1986, "Caratteristiche Granulometriche e Composizione Mineralogica dei Sedimenti della Piattaforma Pugliese" In: Viel M and Zurlini G (eds) *Indagini ambientale del sistema marino costiero della regione Puglia*. Roma: ENEA, pp. 27–147.
- [11] De Santis, V. & M. Caldara, 2015, "The 5.5-4.5 kyr climatic transition as recorded by the sedimentation pattern of coastal deposits of the Apulia region, southern Italy", *The Holocene*. Vol. 25. Doi:10.1177/0959683615584207.
- [12] 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.
- [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. 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.

- [16] 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>.
- [17] 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.
- [18] Pagnoni, G., Armigliato, A., Tinti, S. , 2016 , "Studio di pericolosità da maremoti generati da terremoto per la costa adriatica della Puglia", 35 Convegno Nazionale del Gruppo Nazionale di Geofisica della Terra Solida Lecce 2016.
- [19] EMTC, 2014, Italian Tsunami Effects Database / Euro Mediterranean Tsunami Catalogue v2, https://tsunamiarchive.ingv.it/emtc.2.0/index_it.php
- [20] 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.
- [21] Trincardi, F., F. Fogliani, G. Verdicchio, A. Asioli, A. Correggiari, D. Minisini, A. Piva, A. Remia, D. Ridente, M. Taviani, 2007, "The impact of cascading currents on the Bari Canyon System, SW-Adriatic Margin (Central Mediterranean)", *Marine Geology*, Vol. 246, pp. 208-230.
- [22] Colantoni, P., M. Preti, B. Villani, 1990, "Sistema deposizionale e linea di riva olocenica sommersi in Adriatico e al largo di Ravenna", *Giornale di Geologia*, Vol. 52, pp. 1-18.
- [23] Turchetto, M., A. Boldrin, L. Langone, S. Misericocchi, T. Tesi, F. Fogliani, 2007, "Particle Transport in the Bari Canyon (Southern Adriatic Sea)", *Marine Geology*, Vol. 246, pp. 231-247, Doi:10.1016/j.margeo.2007.02.007.
- [24] Autorità di Bacino della Puglia (AdBP), 2005, Piano di Bacino Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI) approvato con delibera n°39 del Comitato Istituzionale il 30 Novembre 2005 e successive modifiche (Webgis dell'AdB Puglia: http://93.51.158.165/gis/map_default.html)
- [25] Autorità di Bacino della Puglia (AdBP), 2009, Carta Idrogeomorfologica della Regione Puglia
- [26] Provincia di Brindisi, 2013, PTCP adottato ai sensi e per gli effetti della L.R. 20/01 art. 7 comma 6. Deliberazione Commissario Straordinario con poteri del Consiglio n. 2 del 06/02/2013. (<http://sit.provincia.brindisi.it/ptcp/elaborati-del-ptcp/ptcp-adottato>)
- [27] ISPRA-SGI, 1968, Carta Geologica d'Italia Foglio 204 "Lecce" Sc. 1:100:000; http://sgi.isprambiente.it/geologia100k/mostra_foglio.aspx?numero_foglio=204
- [28] ISPRA, 2014, Memorie descrittive della Carta Geologica d'Italia Vol 92.: 'Le acque sotterranee e l'intrusione marina in Puglia: dalla ricerca all'emergenza nella salvaguardia della risorsa'. (<https://www.isprambiente.gov.it/it/pubblicazioni/periodici-tecnici/memorie-descrittive-della-carta-geologica-ditalia/le-acque-sotterranee-e-lintrusione-marina-in-puglia-dalla-ricerca-allemergenza-nella-salvaguardia-della-risorsa>)
- [29] 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>
- [30] Regione Puglia, 2015, Piano Paesaggistico Territoriale Regionale (PPTR), approvato con DGR delibera n. 176 del 16 febbraio 2015, con successive modifiche ed integrazioni (aggiornato alla DGR n. 574 del 21/04/2020) http://www.sit.puglia.it/portal/portale_pianificazione_regionale/Piano%20Paesaggistico%20Territoriale

- [31] Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV), 2016, 'ISIDe working group (2016) version 1.0, DOI: 10.13127/ISIDe'
- [32] Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV), 2008, 'Mappe interattive di Pericolosità Sismica' (Progetto DPC-INGV-S1)



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.