

Comune di
Brindisi

Regione Puglia



Provincia di
Brindisi



Committente:



TAIGETE SOL S.R.L.
VIA MERCATO 3/5 CAP 20121 MILANO (MI)
c.f. 12502490969



Titolo del Progetto:

**Progetto per la realizzazione e l'esercizio di un impianto agrifotovoltaico
dotato di accumulo denominato "Bardi"**

Documento:	PROGETTO DEFINITIVO	Codice Pratica:	58LXIS7	N° Tavola:	B
Elaborato:	RELAZIONE GEOLOGICA	SCALA:	N.D.		
		FOGLIO:	1 di 1		
		FORMATO:	A4		

Nome file: **58LXIS7_ Relazione_Geologica_B.pdf**

Progettazione:



NEW DEVELOPMENTS S.r.l.
Piazza Europa, 14
87100 Cosenza (CS)

il geologo:



dott. Geol. Dario Fischetto

Rev:	Data Revisione	Descrizione Revisione	Redatto	Controllato	Approvato
00	01/08/2022	PRIMA EMISSIONE	DF	NewDev	CSC

INDICE

1. PREMESSA	3
2. RIFERIMENTI NORMATIVI.....	4
3. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO DELL'AREA INVESTIGATA.....	5
4. INQUADRAMENTO GEOLITOLOGICO E MORFOLOGICO	8
4.1 ASSETTO GEOLOGICO.....	8
4.2 ASSETTO GEOLOGICO LOCALE	12
4.3 ASSETTO MORFOLOGICO LOCALE.....	12
5. IDROGRAFIA ED IDROGEOLOGIA DELL'AREA INDAGATA	14
5.1 LINEAMENTI IDROGEOLOGICI REGIONALE	14
5.2 LINEAMENTI IDROGRAFICI DELL'AREA INDAGATA.....	15
5.3 LINEAMENTI IDROGEOLOGICI DELL'AREA INDAGATA	16
6. PERICOLOSITA' GEOLOGICHE, ASSETTO IDROGEOLOGICO ED IDROGRAFICO.....	19
6.1 VALUTAZIONE PERICOLOSITA' IDRAULICA E GEOMORFOLOGICA	20
6.2 VALUTAZIONE VINCOLO IDROGRAFICO	20
6.3 VALUTAZIONE PERICOLOSITA' E RISCHIO ALLUVIONI.....	21
7. COMPATIBILITA' DELLE PREVISIONI PROGETTUALI CON LE CODIZIONI GEOMORFOLOGICHE DEL TERRITORIO	22
7.1 IMPIANTO FOTOVOLTAICO	22
7.2 OPERE DI CONNESSIONE (ELETTRDOTTO INTERRATO)	23
7.3 CABINA DI CONSEGNA/SOTTOSTAZIONE.....	23
7.4 CONCLUSIONI.....	24
8. INDAGINI GEOGNOSTICHE	25
9. DEFINIZIONE CATEGORIE DI SOTTOSUOLO, CONDIZIONI TOPOGRAFICHE E PARAMETRI SISMICI LOCALI	26

9.1 DEFINIZIONE CATEGORIA DI SOTTOSUOLO	29
9.1.1 Determinazione categoria di sottosuolo locale	30
9.1.1.1 INDAGINE N° 1.....	33
9.1.1.2 INDAGINE N° 2.....	35
9.2 CONDIZIONI TOPOGRAFICHE	38
9.2.1 Definizione condizioni topografiche locali	38
9.3 PARAMETRI E COEFFICIENTI SISMICI LOCALI	39
10. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEI DEPOSITI INDAGATI.....	40
10.1 DINAMIC PROBING SUPER HEAVY (DPSH)	40
11. PARAMETRI GEOTECNICI MODELLO GEOTECNICO DEPOSITI INDAGATI	47
12. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE	48

1. PREMESSA

La **NEW DEVELOPMENTS S.R.L.** con sede in Cosenza (CS) alla P.zza Europa civ. 14, ha affidato allo scrivente Geologo dott. Dario Fischetto, iscritto all'Ordine Regionale dei Geologi di Puglia con il n° 475 con studio in Brindisi (BR) al Corso Garibaldi civ. 27, l'incarico di effettuare uno studio geologico-geotecnico sui terreni ubicati nel territorio comunale di Brindisi (BR) in località "Bardi Nuovi" sui terreni censiti al foglio di mappa n° 183 particella n° 198 e 218, che saranno interessati dalla realizzazione di un **impianto agrivoltaico dotato di accumulo denominato "Bardi"** proposto dalla **Taigete Sol S.r.l.**

Lo studio dell'area che sarà interessata dai lavori in oggetto, secondo quanto previsto dal D.M. 14.01.2008 "Norme Tecniche per le Costruzioni" come aggiornate dal D.M. 17 gennaio 2018 "Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni", è finalizzato alla definizione:

- a. della caratterizzazione e modellazione geologica al fine della ricostruzione dei caratteri litologici, stratigrafici, strutturali, idrogeologici, geomorfologici e, più in generale, di pericolosità geologica del territorio indagato onde verificare la fattibilità tecnica delle opere in progetto;
- b. della caratterizzazione fisico-meccanica dei terreni indagati, definire il modello geotecnico e la categoria sismica di sottosuolo ed i parametri e coefficienti sismici locali.

L'indagine, svolta in conformità alle normative tecniche vigenti, è stata articolata nelle seguenti fasi di studio:

- raccolta e consultazione della documentazione geologica e geomorfologica esistente relativa a studi ed analisi effettuate nella stessa area, in aree limitrofe o in situazioni del tutto analoghe;
- raccolta ed analisi accurata della cartografia dell'area;
- rilievi di superficie, effettuati allo scopo di definire le forme e l'estensione delle strutture di superficie e di descrivere l'idrografia superficiale (Rilievo geomorfologico), di riconoscere l'estensione areale ed i limiti dei litotipi presenti nell'area (Rilievo geolitologico), di individuare eventuali strutture di tipo fragile e di tipo duttile (Rilievo geologico - strutturale);
- campagna di indagine di prospezione geologica e sismica dei terreni realizzata dallo scrivente per mezzo di:
 - ✓ n° 4 **Prove Penetrometriche Dinamiche Super Pesanti (DYNAMIC PROBING SUPER HEAVY)**
 - ✓ n° 2 stendimenti sismici in onda S a tecnica **MASW (Multi-channel Analysis of Surface Waves)**,
 - ✓ n° 2 stendimenti sismici in onda S a tecnica **RE.MI. (Refraction Microtremor)**,eseguite dallo scrivente all'interno della sagoma di ingombro del campo agrivoltaico;
- elaborazione dei dati e stesura della presente relazione geologico – tecnica.

La proponente, con la presente e con quanto altro dovesse rendersi necessario, intende adempiere alle prescrizioni legislative in vigore secondo la prassi corrente.

2. RIFERIMENTI NORMATIVI

- D.M. 17 gennaio 2018 "Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni".
- Circolare 21 gennaio 2019 , n. 7 C.S.LL.PP. Istruzioni per l'applicazione dell'«Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni"» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018.
- D.M. 14.01.2008 – "Norme Tecniche per le Costruzioni".
- D.M. 11.03.1988 - "Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione", applicabile per le costruzioni di tipo 1 e 2 e Classe d'uso I e II, limitatamente a siti ricadenti in Zona 4 (CAPITOLO 2.7 del D.M. 14.01.2008).
- Legge Regionale 9 dicembre 2002, n. 19 "Istituzione dell'Autorità di bacino della Puglia"
- Piano di Bacino Stralcio Assetto Idrogeologico (PAI) approvato dal Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino con delibera n° 39 della seduta del 30.11.2005 e relative Norme Tecniche di Attuazione
- D.M. 25 ottobre 2016 "Disciplina dell'attribuzione e del trasferimento alle Autorità di bacino distrettuali del personale e delle risorse strumentali, ivi comprese le sedi, e finanziarie delle Autorità di bacino, di cui alla legge 18 maggio 1989, n. 183.

3. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO DELL'AREA INVESTIGATA

L'area oggetto dell'intervento in progetto, ubicata nel territorio comunale di Brindisi (BR) in località "Bardi Nuovi" sui terreni censiti al foglio di mappa n° 183 particella n° 198 e 218, è cartografata a cavallo del I quadrante del foglio n° 203 della Carta Geologica d'Italia scala 1:100.000 denominata "BRINDISI, più precisamente nella tavoletta, scala 1:25.000, S.E. denominata "TUTURANO" (Fig. 3.1 seguente),

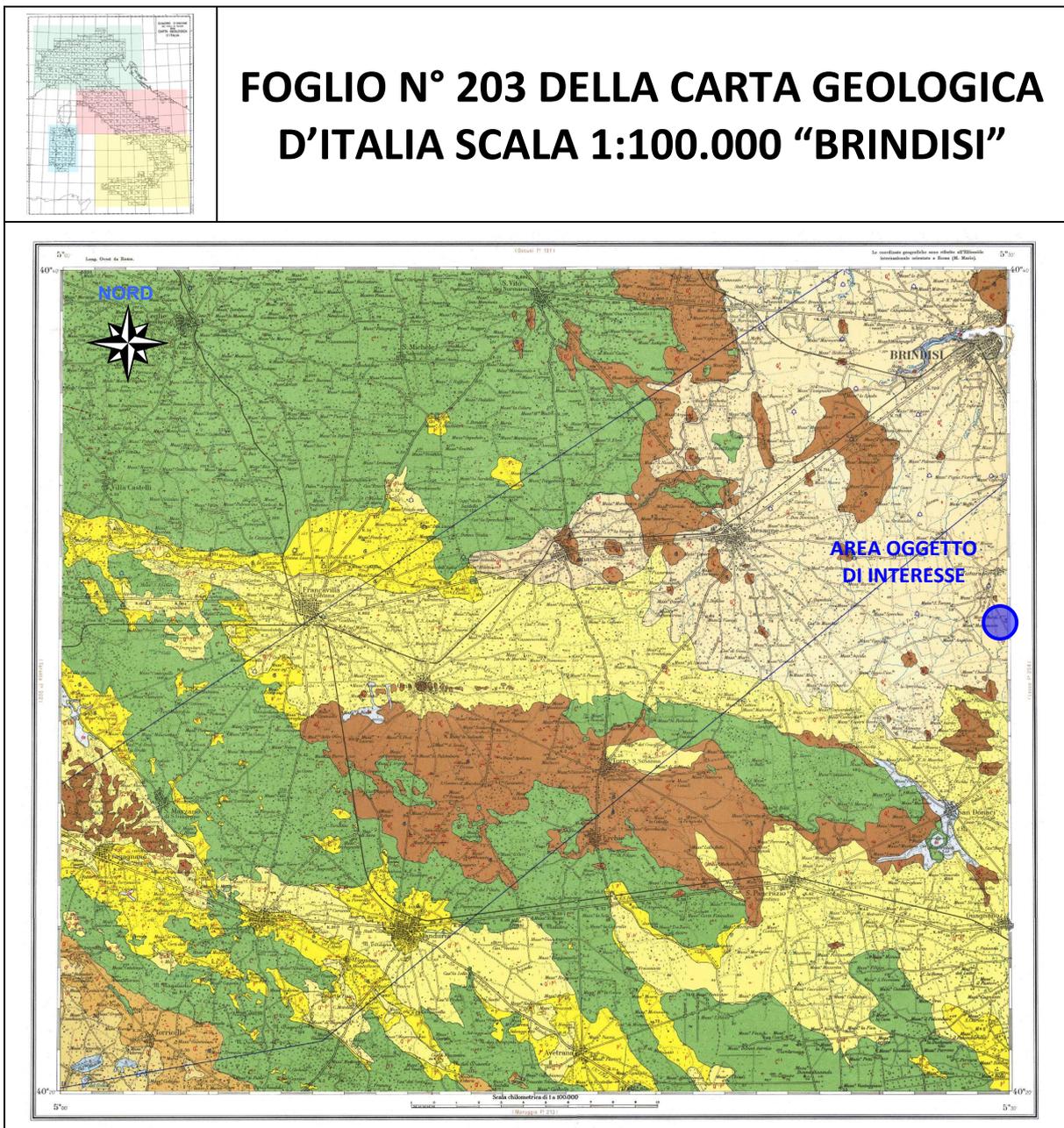


FIG. 3.1: Ubicazione dell'area indagata

e del IV quadrante del foglio n° 204 della Carta Geologica d'Italia scala 1:100.000 denominata "LECCE", tavoletta I.G.M. scala 1:25.000, S.O. denominata "Stazione di Tuturano" (Fig. 3.2 seguente) (Tav. 1

Ortofoto dell'area oggetto dell'intervento progettuale e Tav. 2 "Corografia dell'area indagata" allegate in calce alla presente relazione).



FIG. 3.2: Ubicazione dell'area indagata

LEGENDA:



Depositi eluviali principali e di "terra rossa".



Sabbie, sabbie argillose e limi grigi lagunari-palustri recenti.



Sabbie argillose giallastre, talora debolmente cementate, in strati di qualche cm. di spessore, che passano inferiormente a sabbie argillose e argille grigio-azzurre (q₁¹); spesso l'unità ha intercalati banchi arenacei e calcarenitici ben cementati (q₁²). Nelle sabbie più elevate si notano talora *Cassidulina laevigata* D'ORB., *carinata* SILV., *Bulimina marginata* D'ORB., *Ammonia beccarii* (LIN.), *Ammonia perlucida* (HER. ALL. EARL.) (PLEISTOCENE). Nelle sabbie argillose ed argille sottostanti, accanto a *Arctica islandica* (LIN.), *Chlamys septemradiata* MULL. ed altri molluschi, sono frequenti: *Hyalinea balthica* (SCHR.), *Cassidulina laevigata* D'ORB., *carinata* SILV., *Bulimina marginata* D'ORB., *Bolivina catanensis* SEG. (CALABRIANO). FORMAZIONE DI GALLIPOLI.



(q₁²) Calcareniti e calcari tipo panchina, con ricca fauna non indicativa a *Elphidium crispum* (LIN.), *Bulimina marginata* D'ORB., *Cassidulina laevigata* D'ORB. var. *carinata* SILV., *Uvigerina peregrina* CUSH., *Sphaeroidina bulloides* D'ORB., *Cibicides boueanus* (D'ORB.), *Cibicides floridanus* (CUSH.) In trasgressione su (q₁¹), oppure sulle formazioni cretetiche. In base ai rapporti stratigrafici, questo livello è attribuibile al Pleistocene.

Livelli appartenenti alle CALCARENITI DEL SALENTO, aventi le seguenti caratteristiche:



(q₁¹-p₁¹) Sabbie calcaree poco cementate, con intercalati banchi di panchina; sabbie argillose grigio-azzurre. Verso l'alto associazione calabriana: *Hyalinea balthica* (SCHR.), *Cassidulina laevigata* D'ORB. var. *carinata* SILV., *Bulimina marginata* D'ORB., *Ammonia beccarii* (LIN.) (CALABRIANO-PLIOCENE SUP.?). In trasgressione sulle formazioni più antiche.



(p₁¹) Calcareniti, calcari tipo panchina, calcareniti argillose giallastre. Macrofauna a Coralli, Cirripedi, Molluschi, Echinidi, Crostacei tra cui *Cancer siamondai* MEY. var. *antistana* MAX. Microfauna ad Ostracodi e Foraminiferi: *Bulimina marginata* D'ORB., *Cassidulina laevigata* D'ORB. var. *carinata* SILV., *Discorbis orbicularis* (TERQ.), *Cibicides ungerianus* (D'ORB.), *C. lobatulus* (WALK. e JAC.), *Globigerinoides ruber* (D'ORB.), *G. sacculifer* (BRADY), *Orbulina universa* D'ORB., *Hastigerina aequilateralis* (BRADY) (PLIOCENE SUP.-MEDIO?). In trasgressione sulle formazioni più antiche.

(q₁²) Calcari bioclastici ben cementati ricchi di fossili non indicativi: *Elphidium complanatum* (D'ORB.), *E. crispum* (LIN.), *Discorbis orbicularis* (TERQ.), *Ammonia beccarii* (LIN.), *Cibicides floridanus* (CUSH.). In trasgressione su (p₁¹) oppure sul Cretacico. In base ai rapporti stratigrafici, questo livello è attribuibile al Pleistocene.

Calcari dolomitici e dolomie grigio-nocciola, a frattura irregolare, calcari grigio-chiaro. Microfossili non molto frequenti: *Thaumatoporella* sp., *Præglabotrucana stephani stephani* (GAND.), *P. stephani turbinata* (REICH.), *Rotalipora appenninica appenninica* (RENZ), *R. cf. reicheli* (MORN.), *Nummolucina* sp. (CENOMANIANO SUP. e forse TURONIANO). DOLOMIE DI GALATINA con passaggio graduale al CALCARE DI ALTAMURA (verso Nord e verso Ovest).

micritici, talora detritici, calcari dolomitici e dolomie, organizzati in strati dello spessore variabile dal decimetro a qualche metro. L'ambiente deposizionale dei *Calcari di Altamura* corrisponde alla zona interna di una piattaforma carbonatica (laguna) caratterizzata da debole energia idrodinamica.

Questa formazione cretacea affiora diffusamente a NO della "Piana di Brindisi", ove presenta un grado di fratturazione e carsismo variabile, maggiormente intenso in corrispondenza dei principali lineamenti tettonici che dislocano il settore pugliese di esame.

Infine, la successione carbonatica cretacea è sede della cosiddetta falda profonda abbondantemente sfruttata.

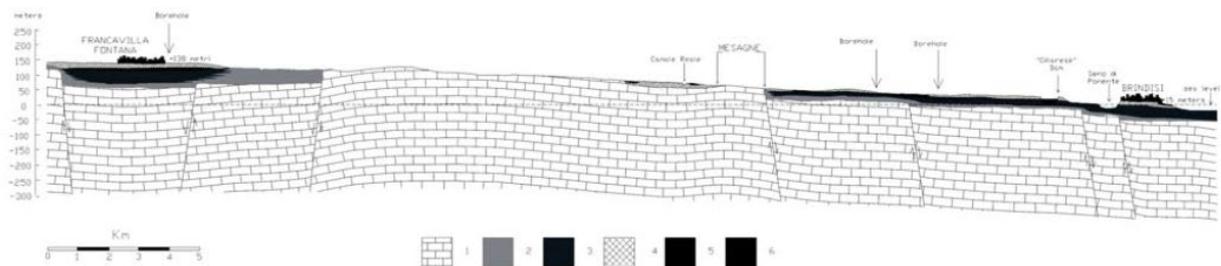


Figura 4.2: Sezione geologica

Legenda: 1) Calcari di Altamura (Cretaceo); 2) Calcareni di Gravina (Pliocene sup. Pleistocene inf.); 3) Argille Subappennine (Calabriano); 4) Depositi marini terrazzati (Pleistocene medio – sup.); 5) Calcareni (Pleistocene medio – sup.); 6) Falda superficiale

In trasgressione sulla formazione carbonatica mesozoica, poggiano i termini inferiori del ciclo sedimentario della "Fossa Bradanica", ascrivibili alle *Calcareni di Gravina* (Pliocene–Pleistocene inf.; Figs. 4.1, 4.2 e 4.3). Esse sono formate da livelli calcarenitici e calciruditi con orizzonti a diverso contenuto fossilifero, che presentano un grado di diagenesi variabile, passando da litotipi compatti e porosi, noti come "tufi", a litotipi non litificati localmente definiti "tufine". Gli strati, orizzontali o con rara pendenza in direzione NNE, presentano degli spessori variabili da 40 cm a 2 m, talora separati tra loro da livelli riferibili a probabili regressioni marine.

In continuità di sedimentazione, in quasi tutta l'area indagata (Fig. 4.3), sono presenti banchi non stratificati di argille grigio-azzurre (*Argille subappenniniche*; Pleistocene inf.) caratterizzati da intercalazioni di marne e/o sabbie calcaree. Incrementi di sabbia si rinvengono al letto ed al tetto di questa formazione. Il tetto delle *Argille subappenniniche*, spesso localizzato sopra il livello del mare, raggiunge, invece, profondità comprese tra 10 ÷ 20 m sotto il l.m.m. nell'area oggetto di esame e lungo quasi tutta la fascia costiera attorno alla città di Brindisi. In particolare, nel territorio esaminato, questa formazione geologica costituisce il deposito sedimentario più rilevante della "Piana di Brindisi" che tende a livellare la Piana stessa. Con spessori variabili da punto a punto della Piana di Brindisi, raggiunge i 45-50 mt nella zona di Capo Bianco lungo la linea di costa mentre tende a ridursi verso l'entroterra.

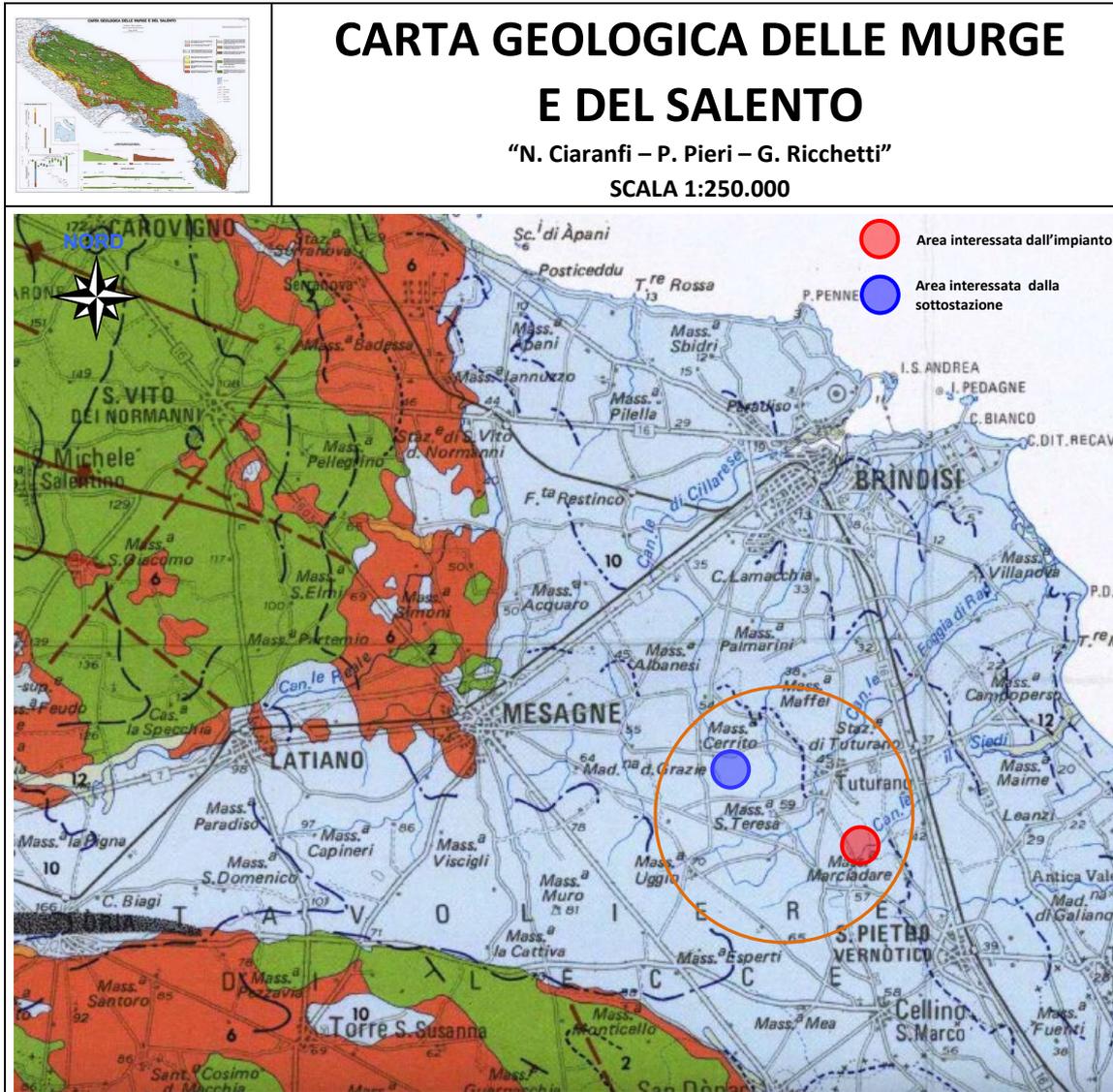
Sulle *Argille subappenniniche* giacciono i *Depositi marini terrazzati* (Pleistocene; Fig. 4.1, 4.2 e 4.3) definiti dall'alternanza di livelli sabbiosi e di calcare organogeno riferibili a brevi cicli sedimentari post-calabrianiani in seguito a regressione marina. I loro spessori sono limitati, comunque non eccedenti i 20 ÷

25 m. Essi presentano giaciture sub-orizzontali e trasgressive su distinte superfici di abrasione poste a quote differenti. Queste superfici di terrazzamento sono incise sia nelle formazioni del Ciclo Bradanico sia negli stessi *Depositi marini terrazzati*. Con riferimento ai depositi marini pleistocenici, nell'intorno di Brindisi, in letteratura sono state distinte due facies principali: la prima, affiorante a sud di Brindisi, è costituita da sabbie calcaree talora argillose passanti verso il basso ad argille grigio-azzurrognole, debolmente cementate, con intercalazioni di calcare tipo "panchina"; la seconda facies, affiorante diffusamente nella piana attorno alla città di Brindisi ed a nord della stessa, è costituita da sabbie argillose e argille grigio-azzurre, con intercalazioni di banchi calcarenitici e arenacei bioclastici.

In particolare, secondo quanto emerso dall'indagine eseguita, la prima facies è data da un'alternanza dei livelli sabbiosi e di calcare organogeno, depositatasi in un ambiente di tipo neritico-sublitorale. Essa è sede di una falda freatica che solo localmente può assumere portate significative e che il più delle volte si presenta molto scarsa o, addirittura, come semplici essudazioni. Nella porzione superiore, questa facies è costituita essenzialmente da una sabbia giallastra a grana piuttosto grossolana, indistintamente stratificata ed inglobante noduli arenacei eterometrici. Al di sotto di questa porzione sabbiosa, sono presenti banchi arenacei, spessi da 5 a 15 cm, fortemente fratturati con intercalazioni di sabbia fine, giallastra, monogranulare, dello spessore medio di 20-30 cm. Il deposito si presenta piuttosto tenace poiché i vari componenti granulometrici sono legati da un abbondante cemento calcitico e la frazione pelitica è essenzialmente costituita da minerali pesanti quali il quarzo ed i feldspati. La porzione inferiore della facies in esame è definita da bancate, leggermente più potenti, di un calcare arenaceo a grana molto fine, lastrificato ed anisotropicamente fessurato, con contenuto in sabbia variabile da strato a strato ed assenza di macrofossili. Questo calcare arenaceo risulta essere piuttosto tenace anche se è maggiore la frazione pelitica, costituita da minerali argillosi, ed è minore la percentuale di cemento di origine calcitica.

La seconda facies dei depositi marini, è rappresentata essenzialmente da terreni sciolti, costituiti da limi più o meno argillosi di colore prevalentemente marrone, sabbie più o meno limose di colore rossastro o giallognolo con frequenti inclusioni di noduli lapidei arenacei dalle dimensioni di una ghiaia.

Infine, sui *Depositi marini terrazzati* affiorano, localmente e con spessori esigui, i *Depositi recenti ed attuali* (alluvionali e costieri; Fig. 4.1, 4.2 e 4.3). Essi sono costituiti da limi argillosi e/o sabbiosi, giallastri o nerastri, con intercalazioni di sostanze organiche che rappresentano il riempimento delle lagune e degli stagni costieri formatisi all'interno dei cordoni litorali, nonché da sabbie fluviali e di duna. I depositi alluvionali caratterizzano tutta la costa più meridionale del territorio di Brindisi là dove, appunto, si rinvengono aree umide.



LEGENDA:

- 10 Complesso di depositi di spiaggia e di piana costiera, riferibili a numerose unità litostratigrafiche terrazzate in vari ordini collegate a distinte fasi eustatico – tettoniche: sabbie, conglomerati, calcareniti e calcari coralgali. PLEISTOCENE MEDIO-SUPERIORE.
- 2 Calcarea di Altamura: successione carbonatica di piattaforma interna caratterizzata da ripetute sequenze cicliche di mare sottile (tidale, lagunare), con sedimentazione compensata da subsidenza; micriti e dolomicriti ad alche, calcareniti a foraminiferi e frequenti livelli con rudiste. CRETACEO.
- 6 Calcareniti di Gravina: depositi calcarenitici e calciruditi in facies litorale, con foraminiferi, alghe, molluschi ed echini. PLEISTOCENE MEDIO-INFERIORE.

Figura 4.3: Carta geologica dell'area indagata (Carta geologica delle Murge e del Salento "Ciaranfi N. – Pieri P. – Ricchetti G.")

Schematizzando pertanto la stratigrafia locale si può affermare che al di sotto di una più o meno spessa copertura vegetale di terreno alterato, si evidenziano condizioni geologiche piuttosto semplici ed uniformi; nelle sue linee essenziali lo schema stratigrafico dell'area indagata, può essere distinta, in ordine cronologico dalla più antica alla più recente, come segue:

- a. Calcarea di Altamura (Cretacico sup.: Turoniano sup. - Maastrichtiano)
- b. Calcareniti di Gravina (Pleistocene sup. – Pleistocene inf.)
- c. Argille subappenniniche (Pleistocene inf.)

- d. Depositi marini terrazzati (Pleistocene medio-superiore)
 - d1. Alternanza di livelli sabbiosi e di calcare organogeno definito "Panchina"
 - d2. Sabbie e limi più o meno argillosi
- e. Depositi recenti ed attuali (alluvionali e costieri)

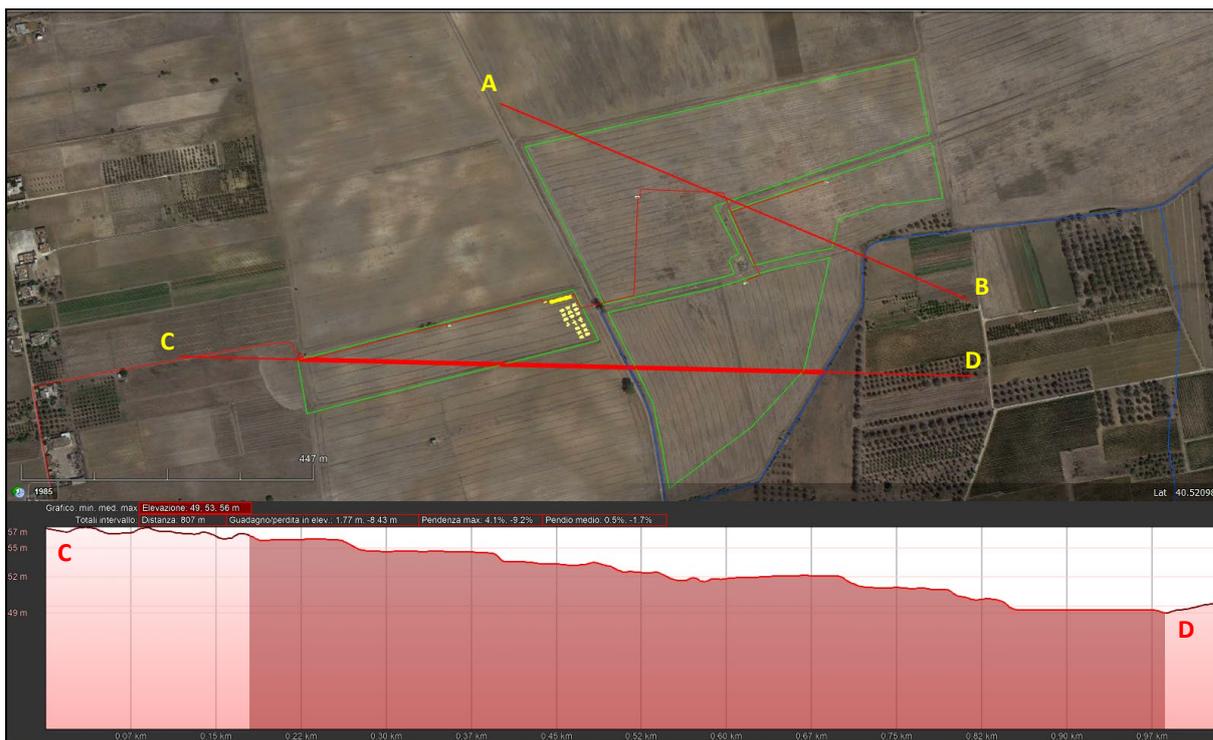
4.2 ASSETTO GEOLOGICO LOCALE

L'area oggetto di interesse progettuale, al di sotto di una più o meno spessa copertura vegetale di terreno alterato, è caratterizzata dalla presenza in affioramento dei "depositi marini terrazzati", formazione costituita dall'alternanza di livelli sabbiosi e di calcare organogeno (Tav. 3 "Carta degli elementi geostrutturali dell'area oggetto dell'intervento progettuale: litologia del substrato" estratta dal internet del SIT Puglia ed allegata in calce alla presente relazione.

4.3 ASSETTO MORFOLOGICO LOCALE

Dal punto di vista morfologico l'area oggetto dell'intervento progettuale, ubicata ad una quota topografica compresa tra 56,00 ÷ 49,00 mt s.l.m.m., si presenta generalmente pianeggiante e caratterizzata da deboli pendenze (media compresa tra 0,5 ÷ - 1,7 %) alle volte poco apprezzabili nella direzione del reticolo idrografico.





Dai rilievi di superficie eseguiti si evince come l'area in oggetto non mostri evidenze geologiche, strutturali e geomorfologiche che lascino intendere alla presenza di aree di instabilità morfologica e/o possibili forme dovute a fenomeni carsici di qualche interesse (cavit , ...).

5. IDROGRAFIA ED IDROGEOLOGIA DELL'AREA INDAGATA

5.1 LINEAMENTI IDROGEOLOGICI REGIONALE

I caratteri litologici delle diverse formazioni, le loro giaciture ed i relativi rapporti di posizione, fanno sì che in Puglia la circolazione idrica sotterranea si espliciti attraverso di due distinti sistemi la cui interazione tende a variare da luogo a luogo.

Il primo, più profondo, come falda di base o profonda è rappresentato dalla falda carsica circolante nel basamento carbonatico mesozoico, fortemente fratturato e carsificato; il secondo, rinvenibile nei depositi della copertura post-cretacea è costituito da una serie di falde superficiali, che si rinvencono a profondità ridotte dal piano campagna, ovunque la presenza di livelli impermeabili vada a costituire uno sbarramento a letto.

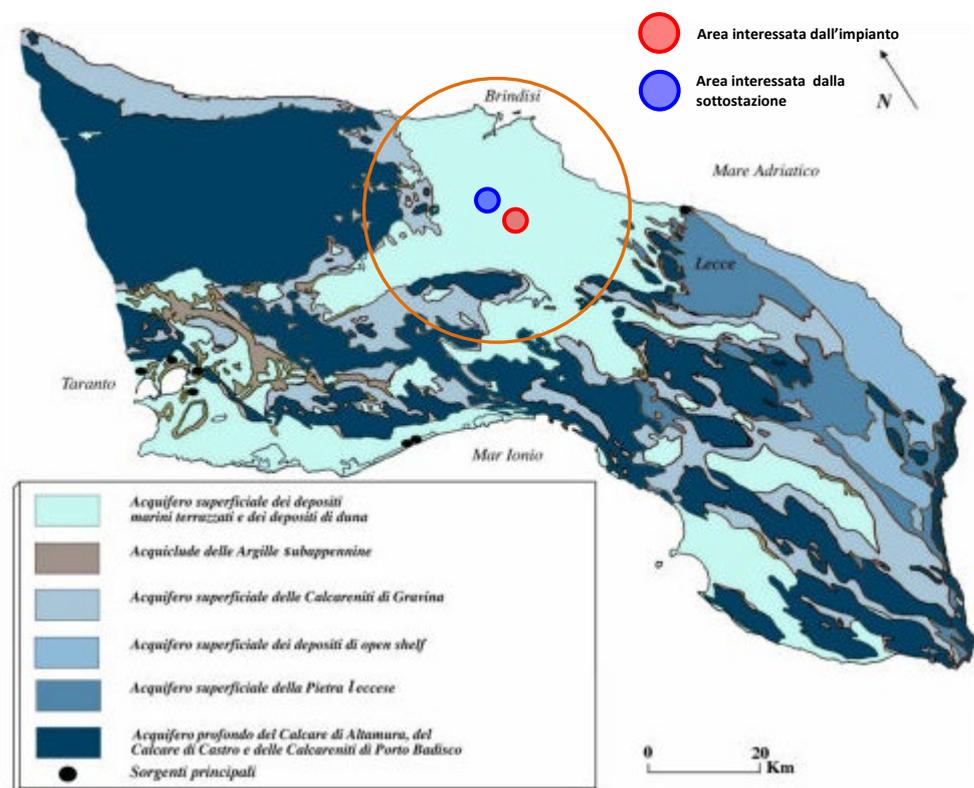


Fig. 5.1: Carta della permeabilità e delle principali manifestazioni sorgentizie costiere del Salento

Le acque dolci della falda profonda, invece, sono sostenute alla base dalle acque marine di invasione continentale, dalle quali sono separate da una fascia idrica di transizione, la zona di diffusione, caratterizzata da un rapido incremento verticale del contenuto salino; naturalmente, essendo l'equilibrio fra queste acque legato al carico idraulico delle acque dolci, lo spessore di queste ultime si riduce man mano che ci si avvicina alla linea di costa, fino ad annullarsi completamente.

Nell'ambito della falda profonda sono inoltre individuabili tre distinte unità idrogeologiche; la garganica, la murgiana e la salentina. In particolare, queste ultime due sono in contiguità laterale tra di loro lungo l'allineamento Taranto-Brindisi attraverso il quale, in virtù dei differenti carichi idraulici, si concretizza un forte sversamento di acque sotterranee dall'unità murgiana in quella salentina; nell'unità

idrogeologica murgiana, infatti, si riscontrano sempre carichi idraulici molto alti, anche oltre i 50 metri, ed una circolazione prevalentemente in pressione, mentre in tutto il Salento si hanno carichi modesti, mai superiori ai 4 metri, con una circolazione usualmente a pelo libero.

5.2 LINEAMENTI IDROGRAFICI DELL'AREA INDAGATA

L'area in oggetto rappresenta la zona settentrionale della "Piana di Brindisi" (nota anche come Conca di Brindisi), una vasta depressione di origine tettonica distensiva delle rocce carbonatiche mesozoiche che, dall'entroterra intorno a Francavilla Fontana, si apre verso il mare Adriatico; tale depressione, a "gradinata", è stata colmata dai depositi del "Ciclo della Fossa Bradanica" e dai "Depositati marini" terrazzati (Ciaranfi et al, 1992), il cui assetto stratigrafico e le cui caratteristiche litologiche ne condizionano la circolazione idrica superficiale e sotterranea.

Essa si colloca nel sistema morfoclimatico temperato con regime pluviometrico di tipo mediterraneo-marittimo caratterizzato da un periodo di massima piovosità compreso tra ottobre e marzo (con massimi in novembre e dicembre) e da un periodo di magra compreso tra aprile e settembre (con minimi in luglio e agosto).

Il fenomeno carsico, i caratteri di permeabilità delle formazioni presenti, nonché quelle delle precipitazioni meteoriche non favoriscono il regolare deflusso delle acque di origine meteorica verso il mare per via superficiale portando ad un modesto sviluppo della rete idrografica caratterizzata per lo più dalla presenza di una serie di canali più o meno profondi che a loro volta hanno disegnato un reticolo idrografico oramai appena accennato a causa dell'intenso sfruttamento agricolo e della forte urbanizzazione che ha cancellato o ha mascherato molto di quello che può essere significativo dal punto di vista morfologico; in particolare, come da Tav. 4 "*Carta degli elementi idrogeomorfologici*" estratta dal sito internet del SIT Puglia ed allegata in calce alla presente, l'area oggetto dell'intervento progettuale è interessato in adiacenza dalla presenza del Canale il Siedi, un corso d'acqua episodico di modeste dimensioni.



5.3 LINEAMENTI IDROGEOLOGICI DELL'AREA INDAGATA

Il modesto sviluppo della rete idrografica sopradescritta, si contrappone ad un più accentuato afflusso al sistema idrico sotterraneo, le cui caratteristiche dipendono delle proprietà geolitologiche dei depositi e delle loro caratteristiche di permeabilità, in funzione delle quali gli stessi depositi possono essere suddivise in tre gruppi:

- a. **impermeabili** a cui appartengono i terreni affioranti costituiti da argille e limi, presenti seppur fino a modeste profondità, in maniera quasi omogenea su tutto il territorio comunale ed in particolar modo in quello indagato (coefficiente di permeabilità compreso tra $10^{-7} \div 10^{-9}$ cm/s);
- b. **permeabili per porosità** a cui appartengono i terreni più superficiali quali le sabbie, i limi e i depositi calcarenitici, il cui grado di permeabilità aumenta all'aumentare della componente sabbiosa costituente il deposito e rappresentano i depositi utilizzati per lo smaltimento delle acque meteoriche (coefficiente di permeabilità compreso tra $1 \cdot 10^{-4} \div 1 \cdot 10^{-6}$ cm/s);
- c. **permeabili per fessurazione**, a cui appartengono le rocce permeabili del complesso carbonatico, la formazione mesozoica calcarea che, costituente l'acquifero sotterraneo, è caratterizzato dalla presenza di fratture, piani di stratificazione e condotti carsici dovuti all'allargamento di fratture e giunti di strato che conferiscono al deposito in oggetto un'elevata permeabilità che varia sia verticalmente che lateralmente al variare della natura litologica ed al relativo grado di carnificazione (coefficiente di permeabilità compreso tra $10^{-1} \div 10^{-2}$ cm/sec).

Si illustrano di seguito i caratteri fondamentali della circolazione idrica avente parte nei calcari del cretacico (di seguito "Acquifero profondo") e nei Depositi marini terrazzati del Pleistocene medio-superiore (di seguito "Acquifero superficiale").

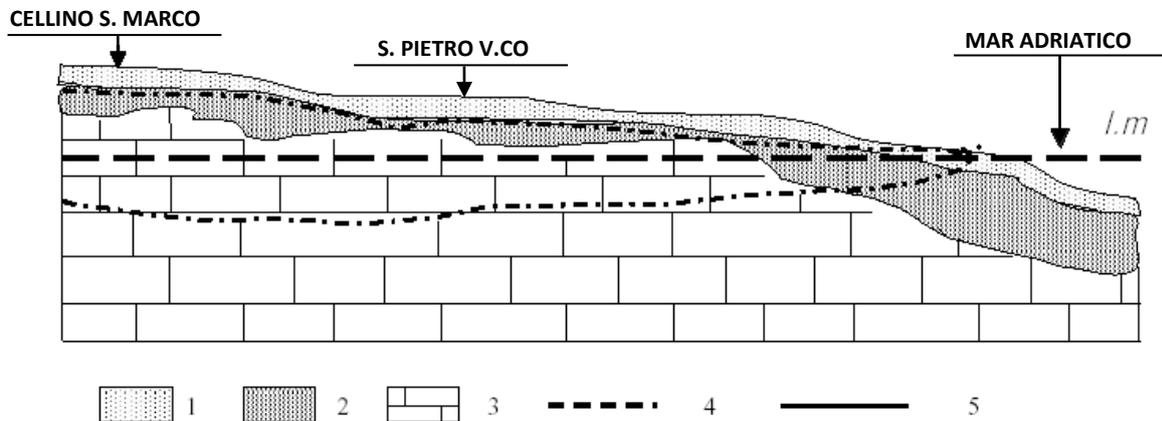
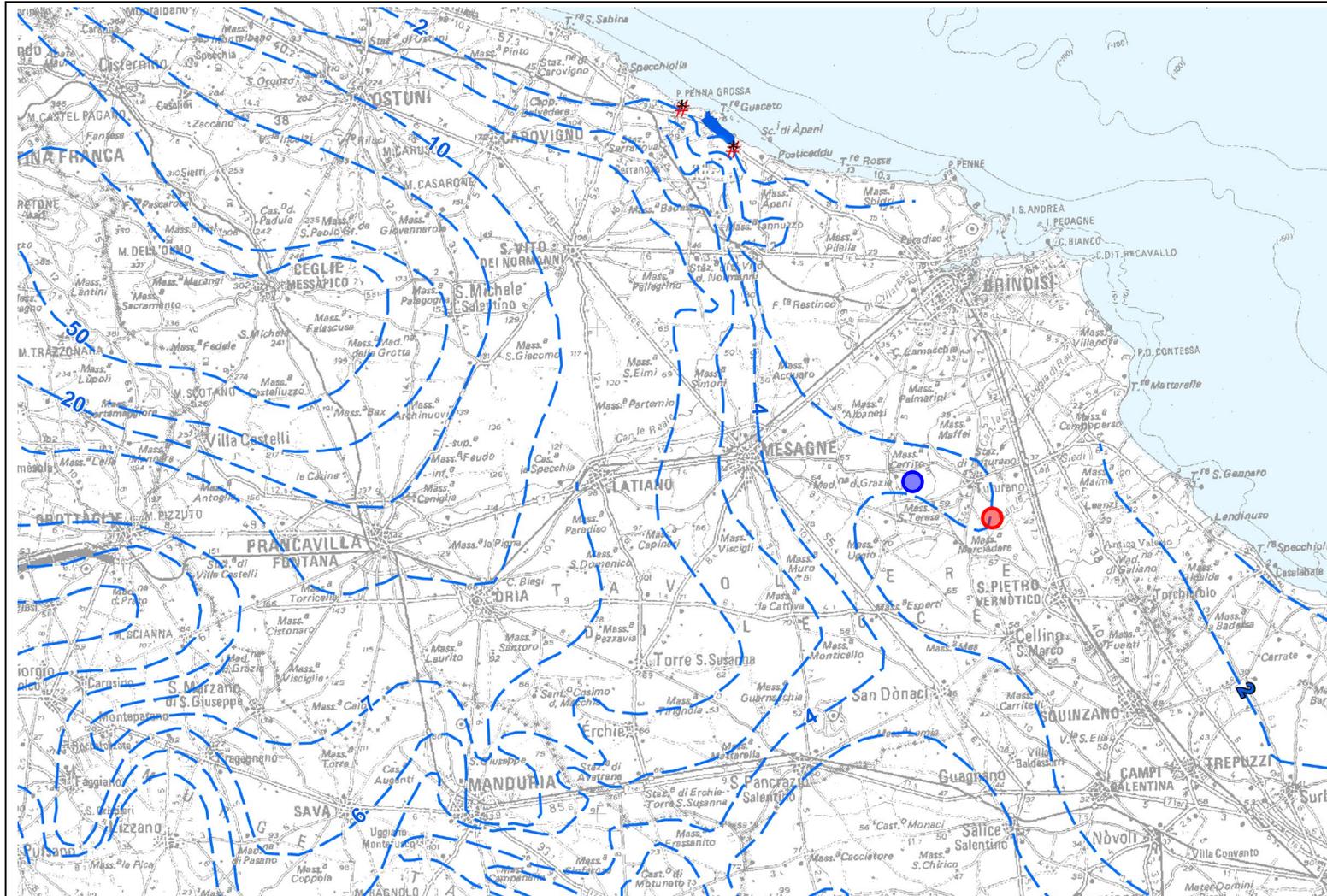


Fig. 5.2: Schizzo mostrante la situazione delle falde superficiali e profonde

1 – Sabbie più o meno limose, talora debolmente cementate; 2 – Calcareni biancastre tipo panchina; 3 – Calcari e dolomie permeabili per fessurazione e carsismo; 4 – Traccia della superficie freatica della falda superficiale e profonda; 5 – Livello medio del mare

In virtù dei caratteri geologico-strutturali e litostratigrafici la zona oggetto di studio ospita due ben distinti ambienti idrogeologici tra loro separati da un orizzonte impermeabile (formazione argillosa calabriana altrimenti dette argille subappenniniche):

- un primo presente nei "Depositi marini terrazzati" calcarenitico-sabbiosi in cui ha sede una falda idrica localmente indicata come falda superficiale che alimentata direttamente dagli eventi pluviali a ciclo stagionale ricadenti nell'area di interesse, circola a pelo libero nei periodi piovosi anche con portate importanti a profondità variabile a seconda della stagione, a profondità tra 7,00 ÷ 9,00 mt al p.c.;
- un secondo, che trovando alimentazione in un vasto bacino idrografico che è quello dei massicci calcarei di portata più consistente rinvenibile in pressione nell'ammasso carbonatico ad una profondità di circa 45 ÷ 50 mt dal p.c. (Fig. 5.5).



 <p>REGIONE PUGLIA COMMISSARIO DELEGATO PER L'EMERGENZA AMBIENTALE PRESIDENTI DELLA REGIONE PUGLIA <i>(Ordinanza del Ministro del Interno n. 3184 del 22/03/2002)</i></p>	
	
<p>PIANO DI TUTELA DELLE ACQUE DELLA REGIONE PUGLIA</p>	
<p>Elaborato: Tav. 6.2</p> <p>Scala: 1 : 200.000</p> <p>Revisione: 00</p>	<p>Titolo: DISTRIBUZIONE MEDIA DEI CARICHI PIEZOMETRICI DEGLI ACQUIFERI CARSIICI DELLA MURGIA A E DEL SALENTO</p> <p>Redatto da: SOGESID S.p.A.</p> <p>Data: novembre 2005</p>

Legenda

-  isopiezica (m s.l.m.)
-  Area interessata dalla sottostazione
-  Area interessata dall'impianto

Fig. 5.3: Estratto Tav. 6.2 "Distribuzione media dei carichi piezometrici degli acquiferi carsici della murgia e del Salento" del Piano di tutela delle acque della Regione Puglia - Isofreatiche dell'acquifero profondo

6. PERICOLOSITA' GEOLOGICHE, ASSETTO IDROGEOLOGICO ED IDROGRAFICO

Con deliberazione del comitato istituzionale n. 39 del 30 novembre 2005, la Regione Puglia ha adottato il Piano di Bacino stralcio per l'Assetto Idrogeologico dell'Autorità di Bacino della Puglia (PAI), finalizzato al miglioramento delle condizioni di regime idraulico e della stabilità geomorfologia, necessario a ridurre gli attuali livelli di pericolosità e a consentire uno sviluppo sostenibile del territorio nel rispetto degli assetti naturali, della loro tendenza evolutiva e delle potenzialità d'uso.

Il PAI costituisce Piano Stralcio del Piano di Bacino, ai sensi dall'articolo 17 comma 6 ter della Legge 18 maggio 1989, n. 183, ed è lo strumento conoscitivo, normativo e tecnico-operativo mediante il quale sono pianificate e programmate le azioni e le norme d'uso finalizzate alla conservazione, alla difesa e alla valorizzazione del suolo ricadente nel territorio di competenza dell'Autorità di Bacino della Puglia.

Le finalità del Piano sono:

- a) la definizione del quadro della pericolosità idrogeologica in relazione ai fenomeni di esondazione e di dissesto dei versanti;
- b) la definizione degli interventi per la disciplina, il controllo, la salvaguardia, la regolarizzazione dei corsi d'acqua e la sistemazione dei versanti e delle aree instabili a protezione degli abitati e delle infrastrutture, indirizzando l'uso di modalità di intervento che privilegino la valorizzazione ed il recupero delle caratteristiche naturali del territorio;
- c) l'individuazione, la salvaguardia e la valorizzazione delle aree di pertinenza fluviale;
- d) la manutenzione, il completamento e l'integrazione dei sistemi di protezione esistenti;
- e) la definizione degli interventi per la protezione e la regolazione dei corsi d'acqua;
- f) la definizione di nuovi sistemi di protezione e difesa idrogeologica, ad integrazione di quelli esistenti, con funzioni di controllo dell'evoluzione dei fenomeni di dissesto e di esondazione, in relazione al livello di riduzione del rischio da conseguire.

Come riportato all'Art. 1 comma 6 del Piano, nei programmi di previsione e prevenzione e nei piani di emergenza per la difesa delle popolazioni e del loro territorio ai sensi della legge 24 febbraio 1992 n. 225 si dovrà tener conto delle aree a pericolosità idraulica e a pericolosità geomorfologica considerate rispettivamente ai titoli II e III del presente Piano.

Premesso quanto sopra, al fine di effettuare una valutazione complessiva della pericolosità geomorfologia, idraulica e del rischio di alluvioni, interessante l'area oggetto di interesse, è stata effettuata:

1. l'analisi della cartografia allegata al **Piano di bacino stralcio assetto idrogeologico (P.A.I.)** della Regione Puglia in cui l'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Meridionale Sede Puglia ha individuato le aree esposte a pericolosità geomorfologia e idraulica e pertanto a rischio,
2. l'analisi della **Carta Idro-geomorfologica della Regione Puglia allegata al Piano di bacino stralcio assetto idrogeologico (P.A.I.)** della Regione Puglia in cui l'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Meridionale Sede Puglia, al fine della salvaguardia dei corsi d'acqua, della

limitazione del rischio idraulico e per consentire il libero deflusso delle acque, ha individuato il reticolo idrografico in tutto il territorio di competenza, nonché l'insieme degli alvei fluviali in modellamento attivo e le aree golenali, ove vige il divieto assoluto di edificabilità,

3. l'analisi delle mappe della pericolosità e del rischio di alluvioni allegata al **Piano di Gestione del Rischio delle Alluvioni (PGRA)** della Regione Puglia elaborato dall'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Meridionale Sede Puglia, quale strumento con cui valutare e gestire il rischio alluvioni per ridurre gli impatti negativi per la salute umana, l'ambiente, il patrimonio culturale e le attività economiche;

di cui alle *Tavv. 4 – 4.1 – 4.2 "Carta degli elementi idrogeomorfologici"*, *Tavv. 5 – 5.1 – 5.2 "Carta delle aree a pericolosità Idraulica e Geomorfologica"* e *Tavv. 6 – 6.1 – 6.2 "Carta delle aree a pericolosità di alluvioni allegata al Piano di Gestione del Rischio delle Alluvioni (PGRA)"*, queste ultime estratte dal sito internet dell'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Meridionale <https://www.distrettoappenninomeridionale.it> allegata in calce alla presente relazione.

6.1 VALUTAZIONE PERICOLOSITA' IDRAULICA E GEOMORFOLOGICA

Dall'analisi della cartografia allegata al **Piano di bacino stralcio assetto idrogeologico (P.A.I.)**, della Regione Puglia si evidenzia come l'area interessata dalle opere in progetto **non ricade**, neanche parzialmente:

- in aree identificate e perimetrate a pericolosità idraulica (Art. 7 – 8 – 9 NTA);
- in aree identificate e perimetrate a pericolosità geomorfologica (Art. 13 – 14 – 15 NTA).

6.2 VALUTAZIONE VINCOLO IDROGRAFICO

Dall'analisi della **Carta Idro-geomorfologica della Regione Puglia allegata al Piano di bacino stralcio assetto idrogeologico (P.A.I.)** della Regione Puglia si evidenzia come:

- a. l'area interessata dalla realizzazione del campo agrivoltaico **ricade**:
 - a meno di 75 mt da tratti di reticolo idrografici, in alveo in modellamento attivo ed area golenale (Art. 6 NTA);
 - a meno di 150 mt da tratti di reticolo idrografici, nell'ambito della fascia di pertinenza fluviale (Art. 10 NTA);

ma essendo il reticolo idrografico stato oggetto verifica di compatibilità idrologica ed idraulica che ha portata l'ADB a delimitare le effettive aree a pericolosità idraulica come da Tavv. 5 – 5.1 – 5.2 allegate in calce alla presente, detta area si può ritenere libera da vincoli idraulici.

- b. L'area interessata dal tracciato delle opere di connessione fino alla più vicina cabina di consegna (elettrdotto interrato) **ricade in più punti**:
 - a meno di 75 mt da tratti di reticolo idrografici, in alveo in modellamento attivo ed area golenale (Art. 6 NTA);

- a meno di 150 mt da tratti di reticolo idrografici, nell'ambito della fascia di pertinenza fluviale (Art. 10 NTA).

Ai fini della determinazione delle fasce di rispetto di cui ai puti sopra riportati si precisa che:

- ✓ ai sensi del comma 8 dell'art. 6 "Alveo fluviale in modellamento attivo ed aree golenali" delle Norme Tecniche di Attuazione del **Piano di bacino stralcio assetto idrogeologico (P.A.I.)** della Regione Puglia più volte richiamato:
 - quando il reticolo idrografico e l'alveo in modellamento attivo e le aree golenali non sono arealmente individuate nella cartografia allegata al P.A.I. e le condizioni morfologiche non ne consentano la loro individuazione, le norme si applicano alla porzione di terreno a distanza planimetrica, sia in destra che in sinistra, dall'asse del corso d'acqua, non inferiore a 75 m;
- ✓ ai sensi del comma 3 dell'art. 10 "Disciplina delle fasce di pertinenza fluviale" delle stesse Norme Tecniche di Attuazione:
 - quando la fascia di pertinenza fluviale non è arealmente individuata nelle cartografie al P.A.I., le norme si applicano alla porzione di terreno, sia in destra che in sinistra, contermina all'area golenale, come individuata all'art. 6 comma 8, di ampiezza comunque non inferiore a 75 m.

6.3 VALUTAZIONE PERICOLOSITA' E RISCHIO ALLUVIONI

Dall'analisi delle mappe della pericolosità e del rischio di alluvioni allegate al **Piano di Gestione del Rischio delle Alluvioni (PGR)** della Regione Puglia si evidenzia come, tanto l'area interessata dal campo agrivoltaico quanto quella interessata dal tracciato delle opere di connessione fino alla più vicina cabina di consegna (elettrdotto interrato), non ricadono, neanche parzialmente in aree identificate a pericolosità e rischio di alluvioni.

- e. l'intervento non prevede la realizzazione di opere che possano modificare negativamente in maniera significativa il grado di permeabilità e le modalità di risposta agli eventi meteorici del suolo, considerando inoltre che la viabilità di servizio sarà realizzata a raso (a filo terreno) e con materiale drenante (misto granulare stabilizzato);
- f. la recinzione, continua lungo il perimetro dell'area d'impianto sarà a maglia larga in acciaio zincato, di altezza complessiva massima di circa 220 cm con pali di sezione 60x60 mm disposti a interassi regolari di circa 2 m infissi direttamente nel terreno fino alla profondità massima di 1,00 m dal piano campagna.

7.2 OPERE DI CONNESSIONE (ELETTRDOTTO INTERRATO)

Considerando che i cavidotti per la distribuzione delle linee elettriche saranno totalmente interrati in scavi a sezione ristretta con una profondità variabile tra 0.60 e 1.25 cm, dette opere:

- non prevedono alcuna rimodulazione della topografia dell'area e quindi alterazioni morfologiche del territorio in oggetto;
- saranno tali di non creare impedimenti al deflusso di eventuali piene e/o ostacoli al normale libero deflusso delle acque di ruscellamento ed inoltre, per modalità realizzative, non concorreranno ad una riduzione dei volumi di invaso di libera inondazione;
- non modificheranno negativamente il grado di permeabilità e le modalità di risposta agli eventi meteorici del suolo dei terreni interessati.

Nei punti in cui detti cavidotti intersecheranno reticoli idrografici la società proponente adotterà quale soluzione progettuale per l'attraversamento dell'area e/o reticolo in oggetto la tecnologia no DIG (no-digging ovvero "senza scavo"), adottando la metodologia TOC (Trivellazione Orizzontale Controllata):

1. per un'ampiezza non inferiore all'area identificata come esondabile a seguito di eventuale studio idraulico,
2. per un'ampiezza non inferiore a 150 mt in sx e dx idraulica del reticolo in oggetto laddove dette aree non siano state oggetto di studio idraulico,

al fine di non interferire con la fascia di pertinenza fluviale dei reticoli idrografici in oggetto.

7.3 CABINA DI CONSEGNA/SOTTOSTAZIONE

Premesso che le opere in oggetto saranno realizzate in aree già in parte attrezzate da sottostazioni preesistenti e sarà comunque di proprietà Terna s.p.a, l'intervento in oggetto non prevede alcuna rimodulazione della topografia dell'area e quindi alterazioni morfologiche del territorio in oggetto.

7.4 CONCLUSIONI

Premesso quanto riportato ai paragrafi precedenti, considerando inoltre che dai rilievi di superficie eseguiti si evince come le aree in oggetto non mostrino evidenze strutturali che lascino intendere alla presenza di aree di instabilità morfologica e/o possibili forme dovute a fenomeni carsici di qualche interesse, **è possibile affermare come l'intervento in progetto, adottando i criteri costruttivi sopra sintetizzati e puntualmente descritti nella documentazione progettuale scritto-grafica redatta dalla proponente a cui si fa esplicito rimando per i maggiori approfondimenti, possa essere considerato del tutto compatibile con le condizioni idro-geomorfologiche del territorio interessato.**

8. INDAGINI GEOGNOSTICHE

Per la definizione dei caratteri litologici, stratigrafici, strutturali, la caratterizzazione fisico-meccanica, l'individuazione della categoria sismica di sottosuolo e dei parametri e coefficienti sismici locali dei depositi oggetto dell'intervento in progetto, è stata eseguita dallo scrivente una campagna di indagine di prospezione geologica e sismica (D.M. 17 gennaio 2018 "Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni"), per mezzo di:

- ✓ n° 4 Prove Penetrometriche Dinamiche Super Pesanti (**DYNAMIC PROBING SUPER HEAVY**)
 - ✓ n° 2 stendimenti sismici in onda S a tecnica **MASW (Multi-channel Analysis of Surface Waves)**,
 - ✓ n° 2 stendimenti sismici in onda S a tecnica **RE.MI. (Refraction Microtremor)**,
- eseguite dallo scrivente all'interno della sagoma di ingombro del campo agrivoltaico ed ubicate come da *Tav. 7 Ubicazione indagini eseguite* riportata in calce alla presente di cui si riporta stralcio.



Fig. 8.1 Ubicazione delle indagini geognostiche di riferimento (stralcio Tav. 7)

9. DEFINIZIONE CATEGORIE DI SOTTOSUOLO, CONDIZIONI TOPOGRAFICHE E PARAMETRI SISMICI LOCALI

L'attuale normativa sismica si fonda sull'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n° 3274 del 20.03.2003 pubblicata sulla G.U. n° 105 del 08.05.2003 recante "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per la costruzione in zone sismiche".

L'O.P.C.M. n° 3274/2003 rappresenta un primo tentativo di allineamento della normativa italiana con quella europea dato che esso si ispira completamente all'Eurocodice 8.

In prima fase di applicazione dell'ordinanza e fino alla formale individuazione e riclassificazione delle zone sismiche delle singole regioni, tale ordinanza, individua 4 nuove zone sismiche da 1 (maggiore pericolo) a 4 (minore pericolo) nelle quali suddivide l'intero territorio nazionale in relazione all'intensità e frequenza dei terremoti del passato.

A differenza della precedente classificazione, con l'O.P.C.M. n° 3274/2003, sparisce il territorio "non classificato", e viene introdotta la zona 4.

Secondo tale provvedimento legislativo, tutti i comuni italiani sono stati classificati in 4 categorie principali, indicative del loro rischio sismico, calcolato in base al PGA, Peak Ground Acceleration, cioè il valore di accelerazione massima del suolo (picco di accelerazione al suolo) misurata nel corso di un terremoto o attesa in un determinato sito che tiene conto dell'influenza degli eventuali effetti di amplificazione del moto sismico dovuti alle caratteristiche del sottosuolo o alla topografia.

Zona 1 (identificata nella carta della "Classificazione sismica del territorio nazionale" con il colore **ROSSO**): Sismicità alta

Identifica la zona più pericolosa dove "possono verificarsi fortissimi terremoti" (PGA oltre 0,25 g).

Zona 2 (identificata nella carta della "Classificazione sismica del territorio nazionale" con il colore **ARANCIONE**): Sismicità medio-alta

In questa zona possono verificarsi forti terremoti (PGA fra 0,15 e 0,25 g).

Zona 3 (identificata nella carta della "Classificazione sismica del territorio nazionale" con il colore **GIALLO**): Sismicità medio-bassa

In questa zona possono verificarsi forti terremoti ma rari (PGA fra 0,05 e 0,15 g).

Zona 4 (identificata nella carta della "Classificazione sismica del territorio nazionale" con il colore **GRIGIO**): Sismicità bassa

È la zona meno pericolosa (PGA inferiore a 0,05 g).

L'O.P.C.M. n° 3274/2003 attribuisce alle singole regioni la facoltà di introdurre o meno l'obbligo della progettazione antisismica in opere da edificare in zona 4 ad eccezione delle tipologie di edifici ed opere strategiche e rilevanti ai fini di protezione civile e del collasso degli stessi ove sussiste comunque l'obbligo di progettazione antisismica anche in zona 4.

In seguito con Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n° 3519 del 28 aprile 2006, è stato adottato un aggiornamento dello studio di pericolosità di riferimento nazionale, fornendo alle Regioni uno strumento aggiornato per la classificazione del proprio territorio, introducendo degli intervalli di accelerazione (ag), con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni, da attribuire alle 4 zone sismiche.

Nel rispetto degli indirizzi e criteri stabiliti a livello nazionale, alcune Regioni hanno classificato il territorio nelle quattro zone proposte, altre Regioni hanno classificato diversamente il proprio territorio, ad esempio adottando solo tre zone (zona 1, 2 e 3) e introducendo, in alcuni casi, delle sottozone per meglio adattare le norme alle caratteristiche di sismicità.

La Regione Puglia, con Deliberazione di Giunta n° 153 del 02.03.2004 pubblicata sul B.U.R.P. n° 33 del 18.03.2004, in recepimento della previgente normativa statale ha, provveduto alla classificazione sismica dell'intero territorio pugliese, elencando i comuni ricadenti nelle zone sismiche 1, 2, 3 e 4, nonché individuando le tipologie di edifici di interesse strategico e delle opere infrastrutturali la cui funzionalità, durante gli eventi sismici assumeva rilievo fondamentale per le finalità di protezione civile, nonché degli edifici e delle opere infrastrutturali che potevano assumere rilevanza in relazione alle conseguenze di un eventuale collasso, così come distinti negli elenchi "A" e "B", allegati alla medesima delibera n° 153/04. Contestualmente, stabiliva, "sino ad eventuale diversa determinazione" l'insussistenza dell'obbligo "della progettazione antisismica per gli edifici e le opere da realizzare sul territorio pugliese classificato in zona sismica 4", eccezion fatta per gli edifici di interesse strategico e/o rilevanti di cui ai suddetti elenchi "A" e "B", per i quali erano immediatamente applicabili i disposti normativi introdotti dalla citata O.P.C.M. n° 3274/03 e s.m.i., di cui all'O.P.C.M. n° 3316/03.

A seguito dell'anticipazione alla data dell'01.07.2009 dell'entrata in vigore delle Norme Tecniche, approvate con D.M. 14.01.2008, in conseguenza degli eventi sismici avvenuti in Abruzzo, al fine di meglio tutelare la pubblica e privata incolumità, la Regione Puglia con D.G.R. n. 1626 del 15 settembre 2009 ha ritenuto opportuno l'estensione dell'obbligo della progettazione antisismica anche per le costruzioni private da realizzare in zona sismica classificata "4", modificando quanto precedentemente previsto, nella fattispecie, dalla succitata delibera di G.R. n° 153/04. Pertanto, per tutte le tipologie di fabbricati ricadenti in siti classificati come zona sismica 4, il riferimento normativo è da ricondursi al disposto di cui al cap. 2 punto 2.7 delle Norme Tecniche di cui al D.M. 14.01.2008 come aggiornate dal D.M. 17 gennaio 2018 "Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni", nonché al capitolo C7 della relativa circolare esplicativa ministeriale 02 febbraio 2009 n° 617.

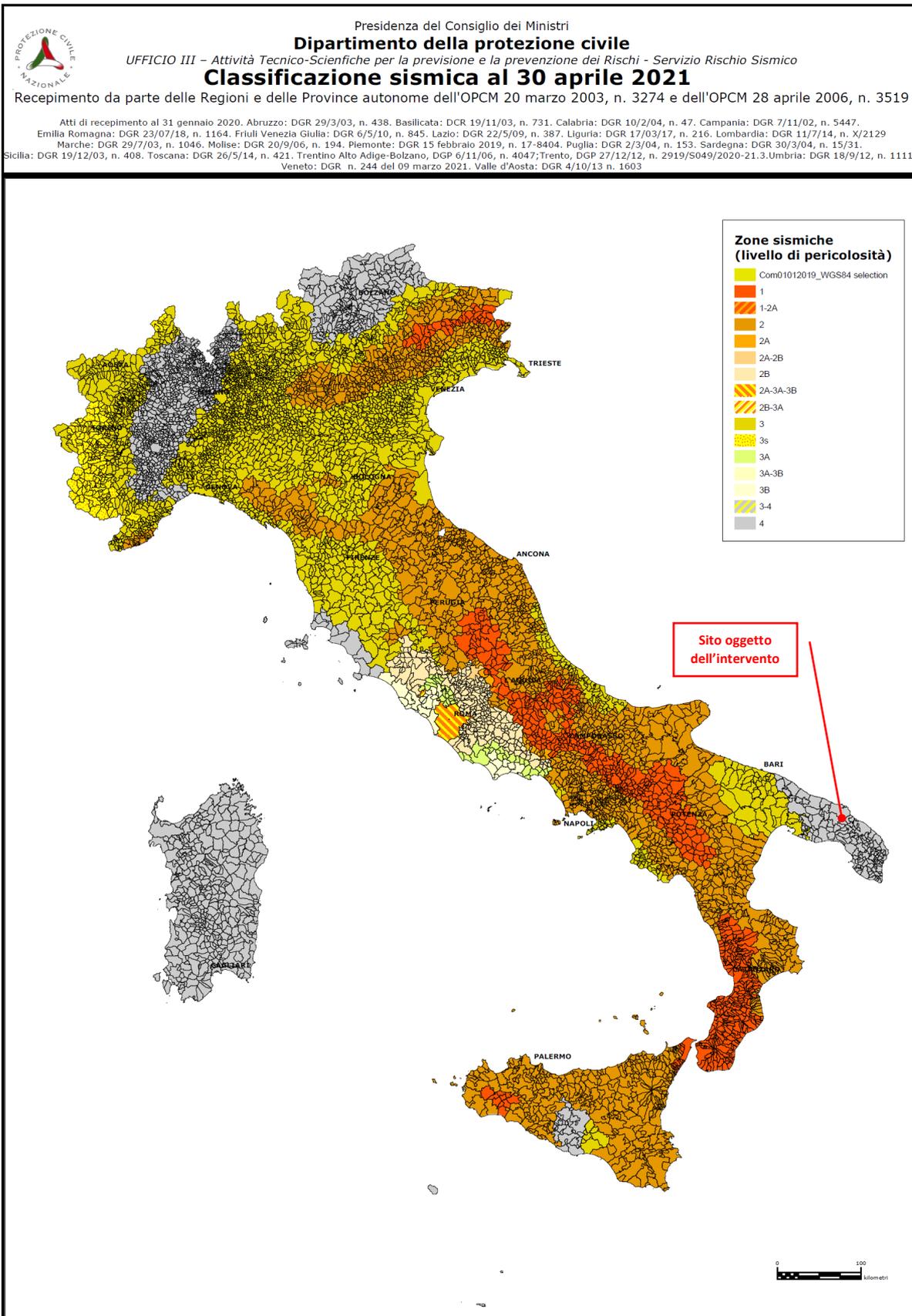


Fig. 9.1 Classificazione sismica del territorio del territorio nazionale
 (<http://www.protezionecivile.gov.it/attivita-rischi/rischio-sismico/attivita/classificazione-sismica>)

9.1 DEFINIZIONE CATEGORIA DI SOTTOSUOLO

In ottemperanza a quanto prescritto dal D.M. 14.01.2008 "Norme Tecniche per le Costruzioni" come aggiornate dal D.M. 17 gennaio 2018 "Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni", ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, si rende necessario valutare l'effetto della risposta sismica locale mediante specifiche analisi da eseguire con le modalità indicate nel § 7.11.3 del D.M. 17 gennaio 2018 (NTC 2018).

In alternativa, qualora le condizioni stratigrafiche e le proprietà dei terreni siano chiaramente riconducibili alle categorie definite nella Tab. 3.2.II di cui al D.M. 17 gennaio 2018 come sotto riportata, si può fare riferimento a un approccio semplificato che si basa sulla classificazione del sottosuolo in funzione dei valori della velocità di propagazione delle onde di taglio, VS.

Tabella 3.2.II – Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato

CATEGORIA	DESCRIZIONE
A	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.
B	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.
C	Depositati di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.
D	Depositati di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.
E	Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.

Fatta salva la necessità della caratterizzazione geotecnica dei terreni nel volume significativo (si intende la parte di sottosuolo influenzata, direttamente o indirettamente, dalla costruzione del manufatto e che influenza il manufatto stesso), ai fini della identificazione della categoria di sottosuolo, la classificazione del sottosuolo si effettua in base alle condizioni stratigrafiche ed ai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio $V_{S,eq}$ (in m/s), definita dalla seguente espressione

$$V_{S,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{S,i}}}$$

dove:

h_i = spessore dell'i-esimo strato;

$V_{S,i}$ = velocità delle onde di taglio nell'i-esimo strato;

N = numero di strati;

H = profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da VS non inferiore a 800 m/s.

Per le fondazioni superficiali, la profondità del substrato è riferita al piano di imposta delle stesse, mentre per le fondazioni su pali è riferita alla testa dei pali. Nel caso di opere di sostegno di terreni naturali, la profondità è riferita alla testa dell'opera. Per muri di sostegno di terrapieni, la profondità è riferita al piano di imposta della fondazione.

Per depositi con profondità H del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio $V_{s,eq}$ è definita dal parametro $V_{s,30}$, ottenuto ponendo $H=30$ m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.

Il profilo delle velocità equivalenti di propagazione delle onde di taglio $V_{s,eq}$ risulta necessario per:

- valutare l'azione sismica di progetto al livello delle fondazioni di qualunque struttura;
- valutare il rischio di liquefazione del terreno in sito;
- valutare rischi di instabilità dei pendii e/o delle opere di sostegno;
- valutare i cedimenti dei rilevati stradali, delle opere di sostegno, delle fondazioni degli edifici;
- valutare la trasmissione delle vibrazioni generate dai treni, dalle macchine vibranti, dalle esplosioni in superficie o in sotterraneo, dal traffico veicolare.

Le azioni sismiche delle cinque categorie di sottosuolo descritte nella tabella 3.2. Il sopra riportata, sono definite al § 3.2.3 delle NTC 2018.

Per qualsiasi condizione di sottosuolo non classificabile nelle categorie precedenti, è necessario predisporre specifiche analisi di risposta locale per la definizione delle azioni sismiche.

9.1.1 Determinazione categoria di sottosuolo locale

Per la definizione della categoria di sottosuolo, come anticipato al capitolo precedente, ci si è riferiti alle risultanze di una campagna di indagine di prospezione sismica dei terreni a mezzo di **N° 2 indagini sismiche con metodologia Re.Mi. (Refraction Microtremor)** e **N° 2 indagini sismiche con metodologia MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves)** eseguite con sismografo DoReMi RS232 a 12 canali e 16 bit della SARA Electronic Instruments con geofoni a 4.5 Hz, attraverso uno stendimento di 44,00 mt con distanza geofonica pari a 4,00 mt, elaborate per mezzo del software MASW ver. 4.1.0.0.

L'**analisi sismica** di sito, effettuata tramite l'utilizzo di antenne sismiche e metodologie **Re.Mi. (Refraction Microtremor)** e **MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves)**, consente di determinare il profilo di rigidità del sito (velocità delle onde di taglio S) tramite la misura di velocità di propagazione delle onde di superficie (onde di Rayleigh) ed un successivo processo di inversione. Le sorgenti sismiche sono rappresentate da una sorgente sismica passiva "rumori ambientali", o microtremori, costantemente generati da disturbi naturali o artificiali per la prova con metodologie **Re.Mi. (Refraction Microtremor)** e da una sorgente sismica attiva, quale una mazza del peso di 5 kg battente verticalmente su una piastra circolare in acciaio del diametro di 220 mm, per la prova con metodologie **MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves)**.

Le metodologie sopra riportate permettono altresì di definire il parametro V_{seq} utile per la classificazione dei terreni nelle categorie di suolo da utilizzare in seguito per la progettazione delle costruzioni secondo la normativa antisismica.

L'elaborazione del segnale consiste nell'operare una trasformata bidimensionale "slowness-frequency" (p-f), che analizza l'energia di propagazione del rumore in entrambe le direzioni (orizzontale e verticale) della linea sismica, e nel rappresentarne poi lo spettro di potenza su un grafico p-f (Fig. 9.2).

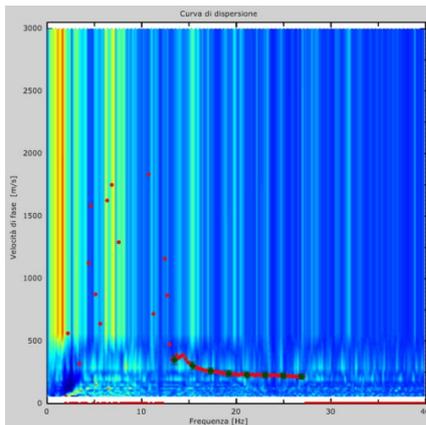


Fig. 9.2: Esempio di spettro di potenza p-f con picking.

Nell'immagine, riportata sopra, sono evidenziati gli andamenti che possiedono sia una spiccata coerenza di fase che una potenza rilevante, e ciò consente un riconoscimento visivo delle onde di Rayleigh in quanto queste presentano un carattere dispersivo rispetto a quelle riconducibili ad altre modalità e tipi d'onda.

Sullo spettro di frequenza è eseguito un "picking" (soprassegno con quadratini neri) attribuendo ad un certo numero di punti una o più slowness (inverso della velocità di fase) per alcune frequenze (Fig. 9.2).

Tali valori poi sono riportati su di un diagramma periodo-velocità di fase (Fig. 9.3) per l'analisi della curva di dispersione e l'ottimizzazione di un modello interpretativo.

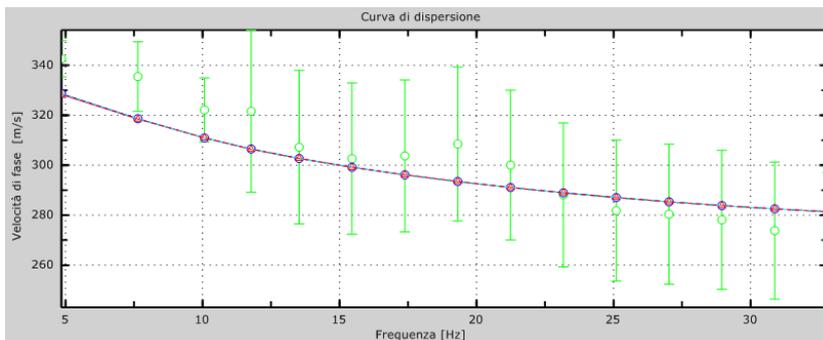


Fig. 9.3: Esempio di diagramma periodo-velocità di fase estratto dalla prova Re.Mi.

Variando la geometria del modello interpretativo ed i valori di velocità delle onde "S" si modifica automaticamente la curva calcolata di dispersione, rappresentata con il colore magenta nella figura 3; si consegue un buon fitting con i valori sperimentali e si assume tale modello come interpretativo.

Lo studio dello spettro di potenza permette in definitiva la ricostruzione di un modello sismico monodimensionale del sottosuolo, con le velocità delle onde di superficie "S" (esprese in m/s) e la profondità (espressa in metri).

Si riporta di seguito la documentazione fotografica e la restituzione grafica delle risultanze dell'indagine in oggetto.

9.1.1.1 INDAGINE N° 1

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



Fig. 9.4.1: Documentazione fotografica Indagini Sismiche Re.Mi.-MASW

RESTITUZIONE GRAFICA INDAGINE RE.MI. - MASW

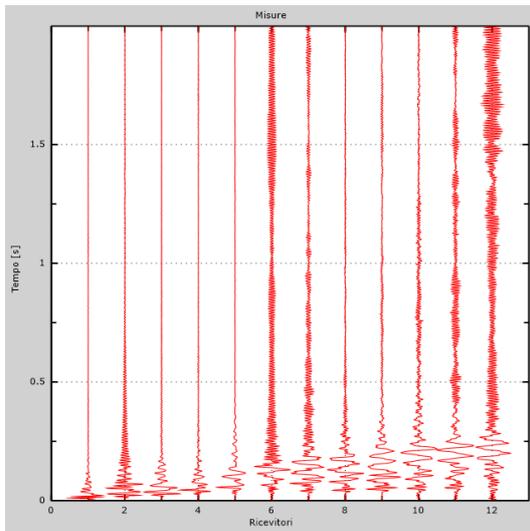


Fig. 9.5.1 Tracce sperimentali MASW

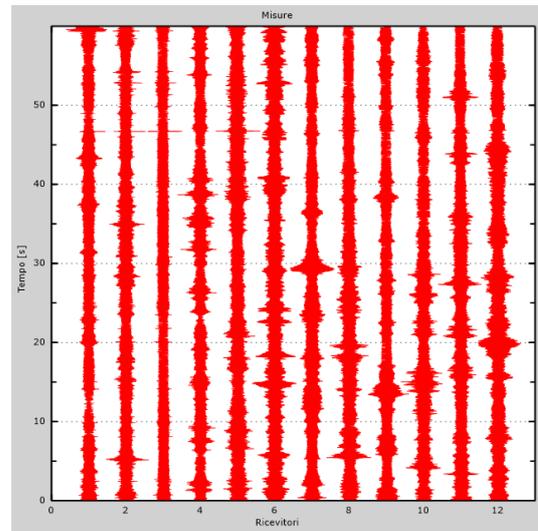


Fig. 9.6.1 Tracce sperimentali RE.MI

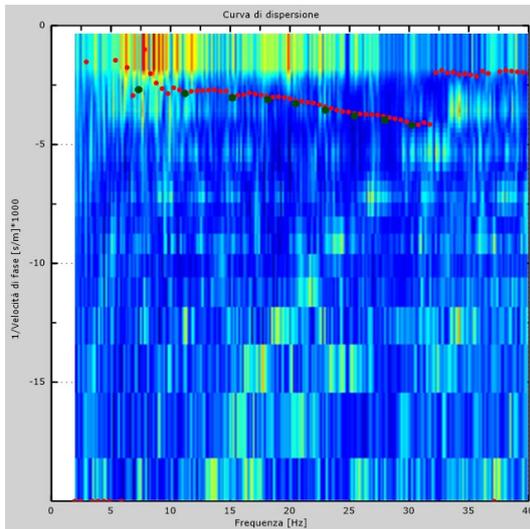


Fig. 9.7.1 Curva di dispersione nel piano f-p

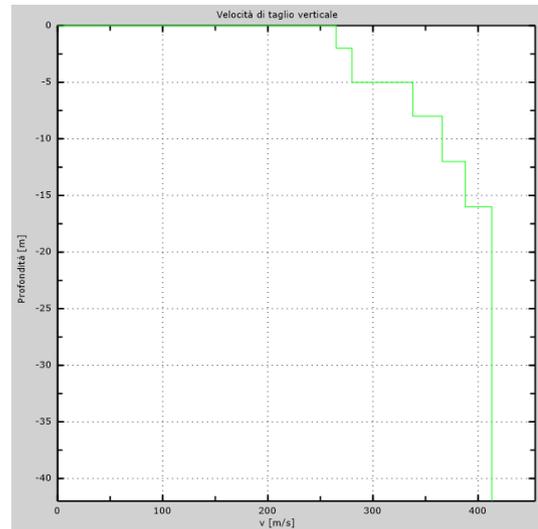


Fig. 9.8.1 Profilo Vs numerico

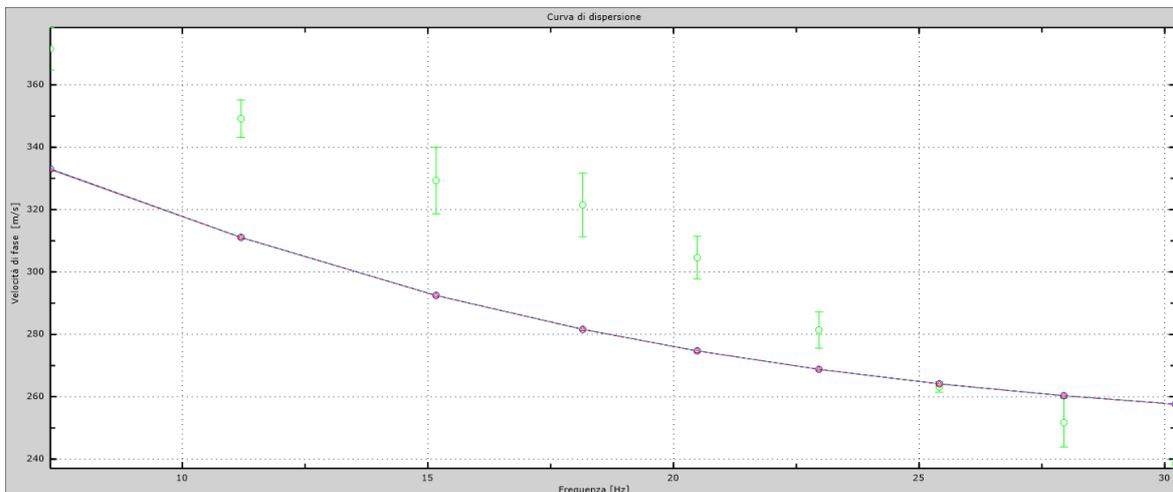


Fig. 9.9.1 Velocità numeriche – punti sperimentali (verde), modi di Rayleigh (ciano), curva apparente (blu), curva numerica (rosso)

Dall'analisi sismica in sito effettuata tramite la metodologia **Re.Mi. (Refraction Microtremor)** e **MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves)** di cui sopra ci si è ricavati un valore di V_{S30} , che considerando che nell'area di studio la profondità del substrato è superiore a 30 m, coincide con la velocità equivalente delle onde di taglio $V_{s,eq}$, sulla base della quale è possibile classificare il sottosuolo di fondazione come segue:

Tabella: Classificazione della categoria di sottosuolo

V_{Seq} (m/s)	Descrizione	Stima categoria sottosuolo
364,00	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.	B

9.1.1.2 INDAGINE N° 2

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

Tav. B	Relazione geologica	35 di 51
--------	---------------------	----------



Fig. 9.4.2: Documentazione fotografica Indagini Sismiche Re.Mi.-MASW

RESTITUZIONE GRAFICA INDAGINE RE.MI. - MASW

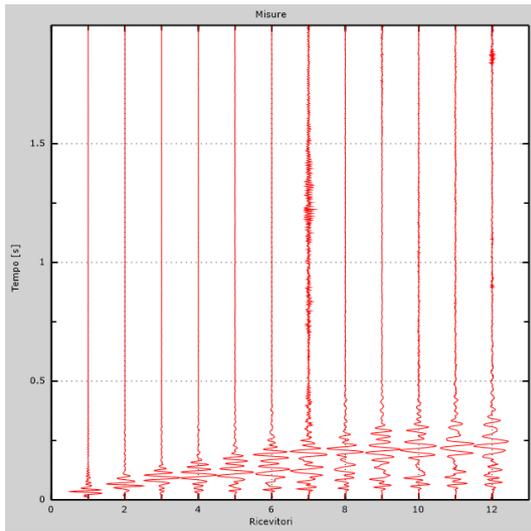


Fig. 9.5.2 Tracce sperimentali MASW

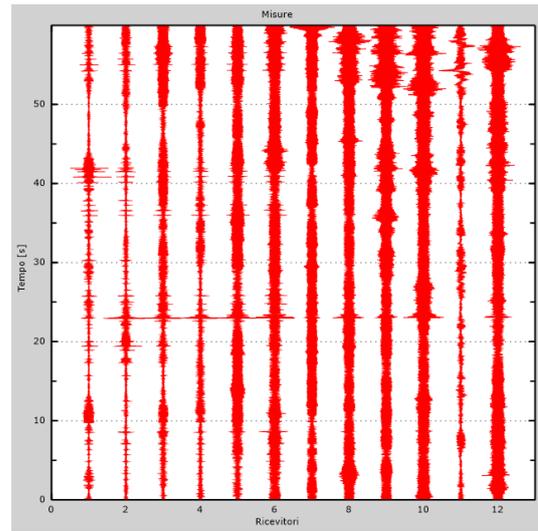


Fig. 9.6.2 Tracce sperimentali RE.MI

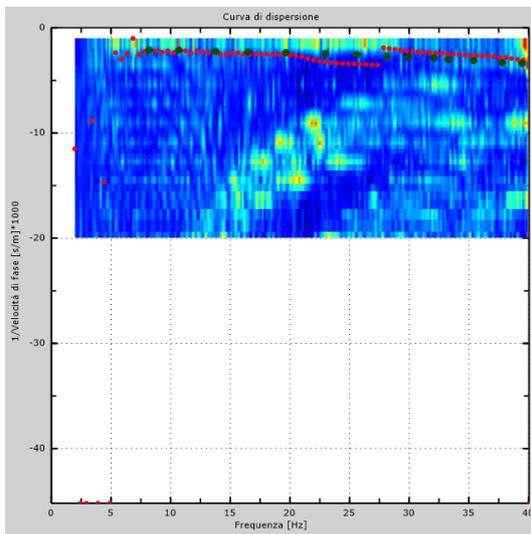


Fig. 9.7.2 Curva di dispersione nel piano f-p

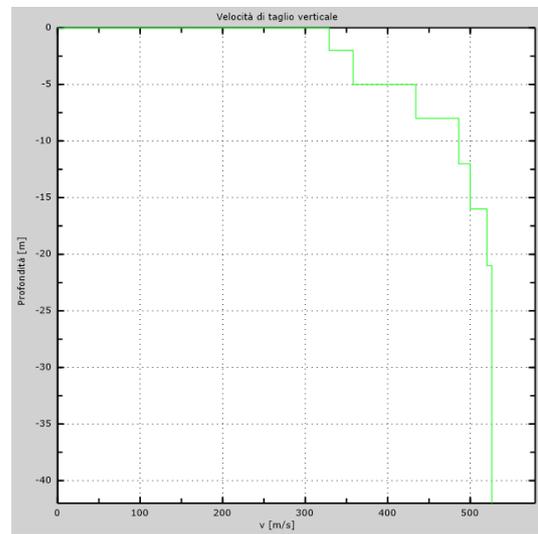


Fig. 9.8.2 Profilo Vs numerico

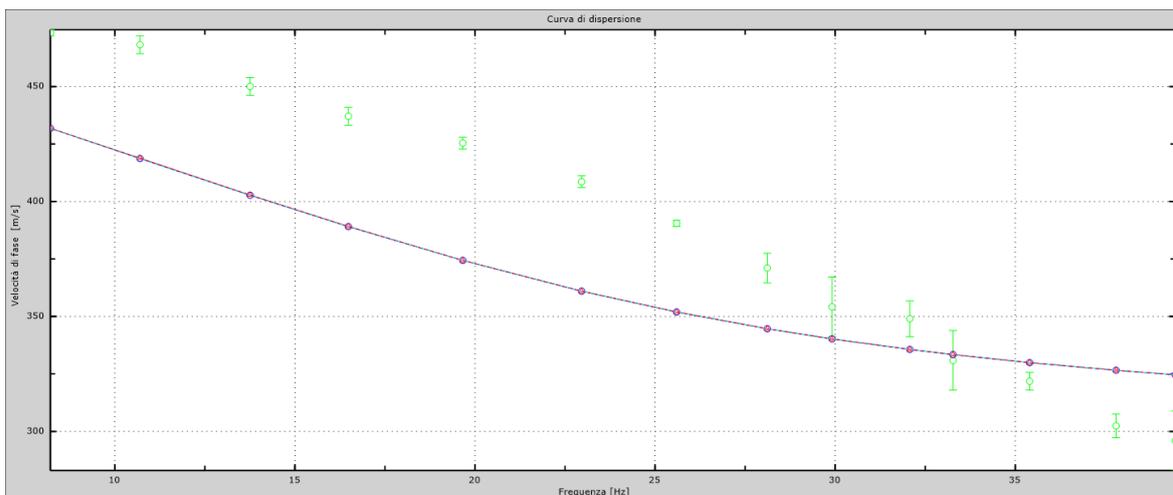


Fig. 9.9.2 Velocità numeriche – punti sperimentali (verde), modi di Rayleigh (ciano), curva apparente (blu), curva numerica (rosso)

Dall'analisi sismica in sito effettuata tramite la metodologia **Re.Mi. (Refraction Microtremor)** e **MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves)** di cui sopra ci si è ricavati un valore di V_{S30} , che considerando che nell'area di studio la profondità del substrato è superiore a 30 m, coincide con la velocità equivalente delle onde di taglio $V_{s,eq}$, sulla base della quale è possibile classificare il sottosuolo di fondazione come segue:

Tabella: Classificazione della categoria di sottosuolo

V_{Seq} (m/s)	Descrizione	Stima categoria sottosuolo
466,00	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.	B

9.2 CONDIZIONI TOPOGRAFICHE

9.2.1 Definizione condizioni topografiche locali

Per condizioni topografiche complesse è necessario predisporre specifiche analisi di risposta sismica locale. Per configurazioni superficiali semplici si può adottare la seguente classificazione (Tab. 3.2.III - NTC-2018):

Tabella 3.2.III – Categorie topografiche

CATEGORIA	CARATTERISTICHE DELLA SUPERFICIE TOPOGRAFICA
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$

Trovandoci in condizioni superficiali semplici sulla base di quanto sopra esposto, è possibile classificare le condizioni topografiche dell'area indagata come rientranti nella categoria **T1** "Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$ ".

9.3 PARAMETRI E COEFFICIENTI SISMICI LOCALI

Sulla base delle considerazioni esposte nei capitoli precedenti sono state determinati, attraverso l'utilizzo del software con **GeoStru PS Parametri sismici v. 1.5** (disponibile sul sito internet <https://geoapp.eu/parametrisismici2018/>), i parametri e coefficienti sismici associato a ciascuno stato limite secondo le NTC 2018 e la Circolare Ministeriale n. 7 del 21.01.2019, come di seguito riportati.

PARAMETRO	VALORE
Tipo di costruzione (Tab. 2.4.I NTC-2018)	2. Costruzioni con livelli di prestazioni ordinari
Vita nominale di progetto (V_N) (Tab. 2.4.I NTC-2018)	Valore minimo $V_N = 50$ anni
Classe d'uso dell'opera (§ 2.4.2 NTC-2018)	Classe II - Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali,...
Coefficiente d'uso (§ 2.4.2 NTC-2018, Tab. 2.4.II)	$C_U = 1,0$
Categoria di sottosuolo (§ 3.2.2 NTC-2018 Tab. 3.2.II)	C ($V_{s,eq} = 364 - 466$ m/s)
Categoria topografica (§ 3.2.2 NTC-2018 Tab. 3.2.III)	T1
Periodo di riferimento per l'azione sismica (§ 2.4.3 NTC-2018 Tab. 2.4.II)	$V_R = V_N \cdot C_U = 50$ anni
Classificazione sismica (Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n°3274/03 come recepita dalla Regione Puglia con DGR n. 153 del 02.03.2004)	Comune di Brindisi (BR) – ZONA 4
Coordinate geografiche del sito espresse in WGS84	Latitudine: 40. 520299° Longitudine: 17. 953435°
Punti della maglia	1 2
	3 4

PARAMETRI SISMICI:

STATO LIMITE	Probabilità di superamento (%)	T_R [anni]	a_g [g]	F_0 [-]	T_c^* [s]
SLO	81	30	0,014	2,330	0,154
SLD	63	50	0,019	2,318	0,211
SLV	10	475	0,047	2,485	0,459
SLC	5	975	0,057	2,577	0,521

SLO = Stato Limite di Operatività - SLD = Stato Limite di Danno - SLV = Stato Limite di salvaguardia della Vita - SLC = Stato Limite di prevenzione del Collasso - T_R = Tempo di ritorno - a_g = accelerazione orizzontale massima del terreno - F_0 = valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale - T_c^* = periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

COEFFICIENTI SISMICI:

STATO LIMITE	S_S [-]	C_c [-]	S_T [-]	K_h [-]	K_v [-]	A_{max} [m/s ²]	Beta [-]
SLO	1,200	1,600	1,000	0,003	0,002	0,164	0,180
SLD	1,200	1,500	1,000	0,004	0,002	0,221	0,180
SLV	1,200	1,290	1,000	0,010	0,005	0,549	0,180
SLC	1,200	1,250	1,000	0,012	0,006	0,676	0,180

S_S = coefficiente di amplificazione stratigrafica - S_T = coefficiente di amplificazione topografica - C_c = coefficiente funzione della categoria di sottosuolo - K_h = Coefficiente sismico orizzontale - K_v = Coefficiente sismico verticale - A_{max} = Accelerazione orizzontale massima attesa - Beta = Coefficiente di riduzione per A_{max} .

Trovandoci nelle condizioni in cui l'accelerazione massima attesa al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) risulta minore di 0,1g, il sito in oggetto rientra tra quelli per i quali è prevista l'esclusione dalla verifica a liquefazione.

10. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEI DEPOSITI INDAGATI

10.1 DINAMIC PROBING SUPER HEAVY (DPSH)

Per la definizione delle caratteristiche geotecniche dei depositi indagati, come anticipato al capitolo 7, è stata eseguita una campagna di indagine di prospezione geologica dei terreni a mezzo di **N° 4 Prove Penetrometriche Dinamiche Superpesanti** (Dynamic Probing Super Heavy) all'interno della sagoma di ingombro delle opere in progetto.

La prova penetrometrica dinamica consiste nel misurare la resistenza alla penetrazione di una punta conica, infissa per battitura nel terreno, per mezzo di un idoneo dispositivo di percussione, secondo una procedura standardizzata.

Le prove in sito sono state effettuate utilizzando un penetrometro dinamico modello DPSH63 della GEO DEEP DRILL, con attrezzatura superpesante, DPSH (peso massa battente $M \geq 60$ kg), eseguite secondo lo standard DIN 4094 (la prova consiste nell'infiggere la punta conica nel terreno, per tratti consecutivi di 20 cm, misurando il numero di colpi N20 necessari).

Caratteristiche Tecniche-Strumentali Sonda: DPSH63-73 GEO DEEP DRILL	
Rif. Norme	DIN 4094
Peso Massa battente	63,5 Kg
Altezza di caduta libera	0,75 m
Peso sistema di battuta	8 Kg
Diametro punta conica	50,46 mm
Area di base punta	20 cm ²
Lunghezza delle aste	1 m
Peso aste a metro	6,3 Kg/m
Profondità giunzione prima asta	0,80 m
Avanzamento punta	0,20 m
Numero colpi per punta	N(20)
Rivestimento/fanghi	No
Angolo di apertura punta	60°



La resistenza opposta dal terreno alla punta conica viene correlata alle caratteristiche fisico-meccaniche e portanti del terreno, consentendo inoltre di riconoscere, con buona approssimazione, la stratigrafia del sottosuolo; il tutto fino alla profondità a cui la resistenza del terreno è tale da non permetterne più l'infissione (rigetto della punta).

Per il riconoscimento ed il calcolo delle più significative caratteristiche fisico-meccaniche del terreno di fondazione, sono state elaborate le norme relative al penetrometro superpesante medio italiano usato per le prove (DPSH63 della GEO DEEP DRILL).

Correlazione con Nspt

Poiché la prova penetrometrica standard (SPT) rappresenta, ad oggi, uno dei mezzi più diffusi ed economici per ricavare informazioni dal sottosuolo, la maggior parte delle correlazioni esistenti riguardano i valori del numero di colpi Nspt ottenuto con la suddetta prova, pertanto si presenta la necessità di riportare il numero di colpi di una prova dinamica con Nspt. Il passaggio viene dato da:

$$NSPT = \beta_t \cdot N$$

Dove:

$$\beta_t = \frac{Q}{Q_{SPT}}$$

in cui Q è l'energia specifica per colpo e Qspt è quella riferita alla prova SPT.

L'energia specifica per colpo viene calcolata come segue:

$$Q = \frac{M^2 \cdot H}{A \cdot \delta \cdot (M + M')}$$

Dove:

- M = peso massa battente.
- M' = peso aste.
- H = altezza di caduta.
- A = area base punta conica.
- D = passo di avanzamento.

Attraverso la nota "Formula degli Olandesi", di seguito riportata, ci si ricava la resistenza dinamica alla punta (altrimenti detta resistenza di rottura dinamica alla punta) (Rpd), parametro caratteristico dello stato di addensamento di un terreno incoerente e della consistenza di un terreno coesivo.

$$Rpd = \frac{M^2 \cdot H}{[A \cdot e \cdot (M + P)]} = \frac{M^2 \cdot H \cdot N}{[A \cdot \delta \cdot (M + P)]}$$

Dove:

- Rpd = resistenza dinamica punta;
- A = sezione della punta conica;
- e = infissione media per colpo (20 / N) = 20/N cm (con N corrispondente al n° di colpi per ogni approfondimento di 20 cm);
- M = peso massa battente (maglio)
- H = altezza caduta massa battente;
- P = peso totale aste e sistema battuta.

La resistenza dinamica alla punta (Rpd) è correlata alla pressione ammissibile specifica sull'interstrato (Qad altrimenti detta portanza) (con effetto di riduzione energia per svergolamento aste o no) calcolata

secondo le note elaborazioni proposte da Herminier, applicando un coefficiente di sicurezza (generalmente = $20 \div 22$) che corrisponde ad un coefficiente di sicurezza standard delle fondazioni pari a 4, con una geometria fondale standard di larghezza pari a 1 m ed immersione $d = 1$ m.

$$Q_{ad} = \frac{R_{pd}}{[20 \div 22]}$$

Dall'elaborazione delle risultanze delle prove penetrometriche dinamiche, attraverso l'utilizzo del software Dynamic Probing versione 2022.27.5.1090 ci si è ricavati i principali parametri fisico meccanici che caratterizzano il modello geotecnico dei depositi indagati, di cui al capitolo 10.

Si riportano di seguito le risultanze delle indagini eseguite.

DINAMIC PROBING SUPER HEAVY (DPSH n° 1)Strumento utilizzato: **DPSH63-73 GEO DEEP DRILL (superpesante)**Prova eseguita in data: **13/03/2019**Profondità prova: **6,00 mt**Falda: **non rilevata**Certificato **Nr. 1 del 20/03/2021**Codice commessa nr. **30/2019GT CANADIAN-10A**Tipo elaborazione nr. colpi **Medio**

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm ²)	Res. dinamica (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)
0.20	2	0.855	16.61	19.44	0.83	0.97
0.40	7	0.851	57.87	68.02	2.89	3.40
0.60	6	0.847	49.39	58.31	2.47	2.92
0.80	7	0.843	57.37	68.02	2.87	3.40
1.00	8	0.840	60.39	71.92	3.02	3.60
1.20	7	0.836	52.63	62.93	2.63	3.15
1.40	8	0.833	59.90	71.92	2.99	3.60
1.60	7	0.830	52.20	62.93	2.61	3.15
1.80	6	0.826	44.57	53.94	2.23	2.70
2.00	8	0.823	55.08	66.91	2.75	3.35
2.20	5	0.820	34.29	41.82	1.71	2.09
2.40	6	0.817	41.00	50.18	2.05	2.51
2.60	6	0.814	40.86	50.18	2.04	2.51
2.80	6	0.811	40.72	50.18	2.04	2.51
3.00	6	0.809	37.94	46.91	1.90	2.35
3.20	9	0.806	56.72	70.37	2.84	3.52
3.40	9	0.803	56.53	70.37	2.83	3.52
3.60	11	0.801	68.88	86.00	3.44	4.30
3.80	25	0.698	136.51	195.46	6.83	9.77
4.00	23	0.696	117.51	168.83	5.88	8.44
4.20	21	0.694	106.93	154.15	5.35	7.71
4.40	18	0.741	97.96	132.12	4.90	6.61
4.60	14	0.739	75.97	102.76	3.80	5.14
4.80	22	0.687	110.96	161.49	5.55	8.07
5.00	12	0.785	65.16	83.01	3.26	4.15
5.20	18	0.733	91.27	124.51	4.56	6.23
5.40	18	0.731	91.02	124.51	4.55	6.23
5.60	23	0.679	108.05	159.10	5.40	7.95
5.80	18	0.727	90.55	124.51	4.53	6.23
6.00	14	0.725	66.43	91.56	3.32	4.58



DINAMIC PROBING SUPER HEAVY (DPSH n° 2)Strumento utilizzato: **DPSH63-73 GEO DEEP DRILL (superpesante)**Prova eseguita in data: **18/03/2021**Profondità prova: **6,00 mt**Falda: **non rilevata**Certificato **Nr. 2 del 20/03/2021**Codice commessa nr. **30/2019GT CANADIAN-10A**Tipo elaborazione nr. colpi **Medio**

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm ²)	Res. dinamica (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)
0.20	2	0.855	16.61	19.44	0.83	0.97
0.40	5	0.851	41.34	48.59	2.07	2.43
0.60	5	0.847	41.16	48.59	2.06	2.43
0.80	6	0.843	49.17	58.31	2.46	2.92
1.00	13	0.790	92.30	116.87	4.61	5.84
1.20	11	0.836	82.70	98.89	4.13	4.94
1.40	8	0.833	59.90	71.92	2.99	3.60
1.60	8	0.830	59.66	71.92	2.98	3.60
1.80	7	0.826	52.00	62.93	2.60	3.15
2.00	6	0.823	41.31	50.18	2.07	2.51
2.20	6	0.820	41.15	50.18	2.06	2.51
2.40	6	0.817	41.00	50.18	2.05	2.51
2.60	6	0.814	40.86	50.18	2.04	2.51
2.80	7	0.811	47.50	58.54	2.38	2.93
3.00	6	0.809	37.94	46.91	1.90	2.35
3.20	8	0.806	50.41	62.55	2.52	3.13
3.40	8	0.803	50.25	62.55	2.51	3.13
3.60	10	0.801	62.62	78.18	3.13	3.91
3.80	12	0.798	74.91	93.82	3.75	4.69
4.00	11	0.796	64.27	80.74	3.21	4.04
4.20	12	0.794	69.91	88.08	3.50	4.40
4.40	14	0.741	76.19	102.76	3.81	5.14
4.60	12	0.789	69.52	88.08	3.48	4.40
4.80	11	0.787	63.55	80.74	3.18	4.04
5.00	22	0.685	104.25	152.18	5.21	7.61
5.20	15	0.733	76.05	103.76	3.80	5.19
5.40	12	0.781	64.83	83.01	3.24	4.15
5.60	10	0.779	53.89	69.17	2.69	3.46
5.80	11	0.777	59.14	76.09	2.96	3.80
6.00	12	0.775	60.86	78.48	3.04	3.92



DINAMIC PROBING SUPER HEAVY (DPSH n° 3)

Strumento utilizzato: **DPSH63-73 GEO DEEP DRILL (superpesante)**
 Prova eseguita in data: **13/03/2019**
 Profondità prova: **6,00 mt**
 Falda: **non rilevata**
 Certificato **Nr. 3 del 20/03/2021**
 Codice commessa nr. **30/2019GT CANADIAN-10B**
 Tipo elaborazione nr. colpi **Medio**

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm ²)	Res. dinamica (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)
0.20	2	0.855	16.61	19.44	0.83	0.97
0.40	7	0.851	57.87	68.02	2.89	3.40
0.60	6	0.847	49.39	58.31	2.47	2.92
0.80	7	0.843	57.37	68.02	2.87	3.40
1.00	8	0.840	60.39	71.92	3.02	3.60
1.20	7	0.836	52.63	62.93	2.63	3.15
1.40	8	0.833	59.90	71.92	2.99	3.60
1.60	7	0.830	52.20	62.93	2.61	3.15
1.80	6	0.826	44.57	53.94	2.23	2.70
2.00	8	0.823	55.08	66.91	2.75	3.35
2.20	5	0.820	34.29	41.82	1.71	2.09
2.40	6	0.817	41.00	50.18	2.05	2.51
2.60	6	0.814	40.86	50.18	2.04	2.51
2.80	6	0.811	40.72	50.18	2.04	2.51
3.00	6	0.809	37.94	46.91	1.90	2.35
3.20	9	0.806	56.72	70.37	2.84	3.52
3.40	9	0.803	56.53	70.37	2.83	3.52
3.60	11	0.801	68.88	86.00	3.44	4.30
3.80	25	0.698	136.51	195.46	6.83	9.77
4.00	23	0.696	117.51	168.83	5.88	8.44
4.20	21	0.694	106.93	154.15	5.35	7.71
4.40	18	0.741	97.96	132.12	4.90	6.61
4.60	14	0.739	75.97	102.76	3.80	5.14
4.80	22	0.687	110.96	161.49	5.55	8.07
5.00	12	0.785	65.16	83.01	3.26	4.15
5.20	18	0.733	91.27	124.51	4.56	6.23
5.40	18	0.731	91.02	124.51	4.55	6.23
5.60	23	0.679	108.05	159.10	5.40	7.95
5.80	18	0.727	90.55	124.51	4.53	6.23
6.00	14	0.725	66.43	91.56	3.32	4.58



DINAMIC PROBING SUPER HEAVY (DPSH n° 4)Strumento utilizzato: **DPSH63-73 GEO DEEP DRILL (superpesante)**Prova eseguita in data: **18/03/2021**Profondità prova: **6,00 mt**Falda: **non rilevata**Certificato **Nr. 4 del 20/03/2021**Codice commessa nr. **30/2019GT CANADIAN-10B**Tipo elaborazione nr. colpi **Medio**

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm ²)	Res. dinamica (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)
0.20	2	0.855	16.61	19.44	0.83	0.97
0.40	2	0.851	16.54	19.44	0.83	0.97
0.60	3	0.847	24.69	29.15	1.23	1.46
0.80	4	0.843	32.78	38.87	1.64	1.94
1.00	7	0.840	52.84	62.93	2.64	3.15
1.20	6	0.836	45.11	53.94	2.26	2.70
1.40	6	0.833	44.92	53.94	2.25	2.70
1.60	8	0.830	59.66	71.92	2.98	3.60
1.80	7	0.826	52.00	62.93	2.60	3.15
2.00	7	0.823	48.19	58.54	2.41	2.93
2.20	6	0.820	41.15	50.18	2.06	2.51
2.40	6	0.817	41.00	50.18	2.05	2.51
2.60	6	0.814	40.86	50.18	2.04	2.51
2.80	5	0.811	33.93	41.82	1.70	2.09
3.00	5	0.809	31.61	39.09	1.58	1.95
3.20	6	0.806	37.81	46.91	1.89	2.35
3.40	6	0.803	37.69	46.91	1.88	2.35
3.60	8	0.801	50.09	62.55	2.50	3.13
3.80	9	0.798	56.18	70.37	2.81	3.52
4.00	10	0.796	58.43	73.40	2.92	3.67
4.20	11	0.794	64.09	80.74	3.20	4.04
4.40	13	0.741	70.75	95.42	3.54	4.77
4.60	12	0.789	69.52	88.08	3.48	4.40
4.80	14	0.737	75.75	102.76	3.79	5.14
5.00	10	0.785	54.30	69.17	2.72	3.46
5.20	11	0.783	59.58	76.09	2.98	3.80
5.40	10	0.781	54.03	69.17	2.70	3.46
5.60	12	0.779	64.67	83.01	3.23	4.15
5.80	12	0.777	64.52	83.01	3.23	4.15
6.00	16	0.725	75.92	104.64	3.80	5.23



11. PARAMETRI GEOTECNICI MODELLO GEOTECNICO DEPOSITI INDAGATI

Sulla base delle indagini di cui ai paragrafi precedenti, sono stati definiti i principali parametri fisico meccanici che caratterizzano il modello geotecnico dei depositi indagati; *a tal proposito si tenga presente come l'area oggetto di indagine sia interessata, a profondità con spessore e consistenza variabile, dalla presenza di trovanti e livelli da arenacei a calcarei che in relazione alla loro non uniformità, non vengono presi in considerazione nella definizione dei parametri di seguito riportati:*

LITOLOGIA (ORIZZONTE)	PROFONDITA' dal P.C. (mt)	PARAMETRI GEOTECNICI	CORRELAZIONE	VALORE
TERRENO VEGETALE (ORIZZONTE 1)	0,00 ÷ 0,60	=	=	=
DEPOSITO SABBIOSO LIMOSO POCO ADDENSATO (ORIZZONTE 2)	0,60 ÷ 3,60	Coesione (C)	[Terzaghi-Peck]	0,0 (Kg/cmq)
		Angolo di attrito	[Sowers (1961)]	28°
		Modulo Elastico (di Young)	[Schmertmann (1978)]	49,50 Kg/cm ²
		Modulo Edometrico	[Menzenbach e Malcev]	66,85 (Kg/cm ²)
		Modulo di Poisson	A.G.I.	0,34
		Classificazione AGI (1977)	AGI (1977)	POCO ADDENSATO
		Peso unità di volume naturale (γ)	[Terzaghi-Peck 1948-1967]	1,45 (t/mc)
		Peso unità di volume saturo (γ_s)	[Terzaghi-Peck 1948-1967]	1,91 (t/mc)
		Coefficiente spinta a Riposo $K_0 = \sigma_h / \sigma_v$	[Navfac 1971-1982]	1,70
Falda profondità dal p.c.	=	NON RILEVATA		
DEPOSITO SABBIOSO DEBOLMENTE LIMOSO CON LA PRESENZA DI TROVANTI E LIVELLI ARENITICI DA MODERATAMENTE ADDENSATA AD ADDENSATA (ORIZZONTE 3)	3,60 ÷ 6,00	Coesione (C)	[Terzaghi-Peck]	0 (Kg/cm ²)
		Angolo di attrito	[Sowers (1961)]	30°
		Modulo Elastico (di Young)	[Schmertmann (1978)]	94,60 (Kg/cm ²)
		Modulo Edometrico	[Menzenbach e Malcev]	106,28 (Kg/cm ²)
		Modulo di Poisson	A.G.I.	0,32
		Classificazione AGI (1977)	AGI (1977)	DA MODERATAMENTE AD ADDENSATO
		Peso unità di volume naturale (γ)	[Terzaghi-Peck 1948-1967]	1,54 (t/mc)
		Peso unità di volume saturo (γ_s)	[Terzaghi-Peck 1948-1967]	1,96 (t/mc)
		Coefficiente spinta a Riposo $K_0 = \sigma_h / \sigma_v$	[Navfac 1971-1982]	3,19
Falda superficiale dal p.c.	=	NON RILEVATA		

12. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Il presente studio è stato finalizzato alla definizione:

1. della caratterizzazione e modellazione geologica al fine della ricostruzione dei caratteri litologici, stratigrafici, strutturali, idrogeologici, geomorfologici e, più in generale, di pericolosità geologica del territorio indagato onde verificare la fattibilità tecnica delle opere in progetto;
2. della caratterizzazione fisico-meccanica, del modello geotecnico e della categoria sismica di sottosuolo ed i parametri e coefficienti sismici locali, secondo quanto previsto dal D.M. 14.01.2008 "Norme Tecniche per le Costruzioni" come aggiornate dal D.M. 17 gennaio 2018 "Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni";

dei terreni ubicati nel territorio comunale di Brindisi (BR) in località "Bardi Nuovi" sui terreni censiti al foglio di mappa n° 183 particella n° 198 e 218, che saranno interessati dalla realizzazione di un **impianto agrivoltaico dotato di accumulo denominato "Bardi"** proposto dalla **Taigete Sol S.r.l.**

L'indagine, svolta in conformità alle normative tecniche vigenti, è stata articolata nelle seguenti fasi di studio:

- raccolta e consultazione della documentazione geologica e geomorfologica esistente relativa a studi ed analisi effettuate nella stessa area, in aree limitrofe o in situazioni del tutto analoghe;
- raccolta ed analisi accurata della cartografia dell'area;
- rilievi di superficie, effettuati allo scopo di definire le forme e l'estensione delle strutture di superficie e di descrivere l'idrografia superficiale (Rilievo geomorfologico), di riconoscere l'estensione areale ed i limiti dei litotipi presenti nell'area (Rilievo geolitologico), di individuare eventuali strutture di tipo fragile e di tipo duttile (Rilievo geologico - strutturale);
- campagna di indagine di prospezione geologica e sismica dei terreni realizzata dallo scrivente per mezzo di:
 - ✓ n° 4 Prove Penetrometriche Dinamiche Super Pesanti (DYNAMIC PROBING SUPER HEAVY)
 - ✓ n° 2 stendimenti sismici in onda S a tecnica MASW (Multi-channel Analysis of Surface Waves),
 - ✓ n° 2 stendimenti sismici in onda S a tecnica RE.MI. (Refraction Microtremor),
 eseguite dallo scrivente all'interno della sagoma di ingombro del campo agrivoltaico;
- elaborazione dei dati e stesura della presente relazione geologico – tecnica.

In virtù di quanto sopra si attesta che:

1. l'area interessata dalle opere in progetto:
 - a. dall'analisi della cartografia allegata al **Piano di bacino stralcio assetto idrogeologico (P.A.I.)**, della Regione Puglia si evidenzia come tanto l'area interessata dal campo agrivoltaico quanto quella interessata dal tracciato delle opere di connessione fino alla più vicina cabina di consegna (elettrodotto interrato), **non ricadono**, neanche parzialmente:
 - in aree identificate e perimetrate a pericolosità idraulica (Art. 7 – 8 – 9 NTA);

Tav. B	Relazione geologica	48 di 51
--------	---------------------	----------

- in aree identificate e perimetrare a pericolosità geomorfologica (Art. 13 – 14 – 15 NTA).
- b. dall'analisi della **Carta Idro-geomorfologica della Regione Puglia allegata al Piano di bacino stralcio assetto idrogeologico (P.A.I.)** della Regione Puglia si evidenzia come:
- ✓ l'area interessata dalla realizzazione del campo agrivoltaico **ricade**:
 - a meno di 75 mt da tratti di reticolo idrografici, in alveo in modellamento attivo ed area golenale (Art. 6 NTA);
 - a meno di 150 mt da tratti di reticolo idrografici, nell'ambito della fascia di pertinenza fluviale (Art. 10 NTA);
- ma essendo il reticolo idrografico stato oggetto verifica di compatibilità idrologica ed idraulica che ha portata l'ADB a delimitare le effettive aree a pericolosità idraulica come da Tavv. 5 – 5.1 – 5.2 allegate in calce alla presente, detta area si può ritenere libera da vincoli idraulici.**
- ✓ L'area interessata dal tracciato delle opere di connessione fino alla più vicina cabina di consegna (elettrdotto interrato) **ricade in più punti**:
 - a meno di 75 mt da tratti di reticolo idrografici, in alveo in modellamento attivo ed area golenale (Art. 6 NTA);
 - a meno di 150 mt da tratti di reticolo idrografici, nell'ambito della fascia di pertinenza fluviale (Art. 10 NTA).

In riferimento a quanto sopra, si rimanda alle soluzioni tecniche previste dalle opere in progetto come sintetizzate al paragrafo 7.2 e descritte nella documentazione progettuale scritto-grafica redatta dalla proponente, a cui si fa esplicito rimando per maggiori approfondimenti

- c. Dall'analisi delle mappe della pericolosità e del rischio di alluvioni allegate al **Piano di Gestione del Rischio delle Alluvioni (PGRA)** della Regione Puglia si evidenzia come, tanto l'area interessata dal campo agrivoltaico quanto quella interessata dal tracciato delle opere di connessione fino alla più vicina cabina di consegna (elettrdotto interrato), **non ricadono**, neanche parzialmente in aree identificate a pericolosità e rischio di alluvioni.
2. L'area indagata risulta interessata dalla presenza di una falda superficiale che circola a pelo libero, il cui il livello statico si attesta ad oggi a profondità superiore ai 5,00 mt dal p.c.;
 3. Sulla base del valore della velocità equivalente $V_{s,eq}$ di propagazione delle onde di taglio ricavata dall'**analisi sismica** in sito è possibile classificare il sottosuolo di fondazione di categoria **B** ($V_{s,eq} = 364 - 466$ m/s).
 4. Che l'intervento in progetto, adottando i criteri costruttivi sintetizzati al capitolo 7, come puntualmente descritti nella documentazione progettuale scritto-grafica redatta dalla proponente a cui si fa esplicito rimando per i maggiori approfondimenti, possa essere considerato del tutto compatibile con le condizioni geomorfologiche del territorio interessato.

5. Le condizioni topografiche dell'area indagata fanno sì che la stessa rientri nella categoria **T1** "Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$ ".
6. Sulla base delle premesse riportate al capitolo 9.3 considerando che l'area oggetto di studio è similmente classificata come zona 4, i parametri e coefficienti sismici locali sono sintetizzati nelle tabelle seguenti:

PARAMETRI SISMICI:

STATO LIMITE	Probabilità di superamento (%)	T_R [anni]	a_g [g]	F_0 [-]	T_c^* [s]
SLO	81	30	0,014	2,330	0,154
SLD	63	50	0,019	2,318	0,211
SLV	10	475	0,047	2,485	0,459
SLC	5	975	0,057	2,577	0,521

SLO = Stato Limite di Operatività - SLD = Stato Limite di Danno - SLV = Stato Limite di salvaguardia della Vita - SLC = Stato Limite di prevenzione del Collasso - T_R = Tempo di ritorno - a_g = accelerazione orizzontale massima del terreno - F_0 = valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale - T_c^* = periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

COEFFICIENTI SISMICI:

STATO LIMITE	S_s [-]	C_c [-]	S_T [-]	K_h [-]	K_v [-]	A_{max} [m/s ²]	Beta [-]
SLO	1,200	1,600	1,000	0,003	0,002	0,164	0,180
SLD	1,200	1,500	1,000	0,004	0,002	0,221	0,180
SLV	1,200	1,290	1,000	0,010	0,005	0,549	0,180
SLC	1,200	1,250	1,000	0,012	0,006	0,676	0,180

S_s = coefficiente di amplificazione stratigrafica - S_T = coefficiente di amplificazione topografica - C_c = coefficiente funzione della categoria di sottosuolo - K_h = Coefficiente sismico orizzontale - K_v = Coefficiente sismico verticale - A_{max} = Accelerazione orizzontale massima attesa - Beta = Coefficiente di riduzione per A_{max} .

Trovandoci nelle condizioni in cui l'accelerazione massima attesa al piano campagna (a_g) in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) risulta minore di 0,1g, il sito in oggetto rientra tra quelli per i quali è prevista l'esclusione dalla verifica a liquefazione.

7. Ai fini di una corretta progettazione strutturale, si riporta di seguito la tabella di sintesi dei principali parametri fisico-meccanici che caratterizzano il modello geotecnico dei depositi indagati.

LITOLOGIA (ORIZZONTE)	PROFONDITA' dal P.C. (mt)	PARAMETRI GEOTECNICI	CORRELAZIONE	VALORE
TERRENO VEGETALE (ORIZZONTE 1)	0,00 ÷ 0,60	=	=	=
DEPOSITO SABBIOSO LIMOSO POCO ADDENSATO (ORIZZONTE 2)	0,60 ÷ 3,60	Coesione (C)	[Terzaghi-Peck]	0,0 (Kg/cmq)
		Angolo di attrito	[Sowers (1961)]	28°
		Modulo Elastico (di Young)	[Schmertmann (1978)]	49,50 Kg/cmq)
		Modulo Edometrico	[Menzenbach e Malcev]	66,85 (Kg/cmq)
		Modulo di Poisson	A.G.I.	0,34
		Classificazione AGI (1977)	AGI (1977)	POCO ADDENSATO
		Peso unità di volume naturale (γ)	[Terzaghi-Peck 1948-1967]	1,45 (t/mc)
		Peso unità di volume saturo (γ_s)	[Terzaghi-Peck 1948-1967]	1,91 (t/mc)
		Coefficiente spinta a Riposo $K_0 = \sigma_{H0} / \sigma_{V0}$	[Navfac 1971-1982]	1,70
Falda profondità dal p.c.	=	NON RILEVATA		
DEPOSITO SABBIOSO	3,60 ÷ 6,00	Coesione (C)	[Terzaghi-Peck]	0 (Kg/cmq)

LITOLOGIA (ORIZZONTE)	PROFONDITA' dal P.C. (mt)	PARAMETRI GEOTECNICI	CORRELAZIONE	VALORE
DEBOLMENTE LIMOSO CON LA PRESENZA DI TROVANTI E LIVELLI ARENITICI DA MODERATAMENTE ADDENSATA AD ADDENSATA (ORIZZONTE 3)		Angolo di attrito	[Sowers (1961)]	30°
		Modulo Elastico (di Young)	[Schmertmann (1978)]	94,60 (Kg/cm ²)
		Modulo Edometrico	[Menzenbach e Malcev]	106,28 (Kg/cm ²)
		Modulo di Poisson	A.G.I.	0,32
		Classificazione AGI (1977)	AGI (1977)	DA MODERATAMENTE AD ADDENSATO
		Peso unità di volume naturale (γ)	[Terzaghi-Peck 1948-1967]	1,54 (t/mc)
		Peso unità di volume saturo (γ_s)	[Terzaghi-Peck 1948-1967]	1,96 (t/mc)
		Coefficiente spinta a Riposo $K_0 = \sigma_H / \sigma_V$	[Navfac 1971-1982]	3,19
		Falda superficiale dal p.c.	=	NON RILEVATA

In conclusione, in relazione alle caratteristiche delle opere in progetto al fine di garantire la buona tenuta statica delle stesse ed evitare il verificarsi di cedimenti differenziali del terreno di fondazione non compatibili con la capacità di resistenza delle strutture in elevazione, si può ipotizzare la realizzazione di fondazioni dirette attestate a profondità superiore ad 0,60 mt dall'attuale p.c., adottando i parametri geotecnici sopra richiamati, utilizzando una categoria sismica di sottosuolo di tipo B e considerando la presenza di una falda superficiale che circola a pelo libero, il cui il livello statico si attesta ad oggi a profondità superiore ai 5,00 mt dal p.c.

Dovendo sempre supporre un certo grado di imprevedibilità, caratteristica propria delle formazioni geologiche, si rimanda comunque al progettista e/o direttore dei lavori l'onere di verificare, in fase esecutiva, la rispondenza tra quanto previsto e quanto effettivamente riscontrato, differendo in caso contrario le soluzioni progettuali sulla scorta di ulteriori approfondimenti.

Tanto si doveva in espletamento dell'incarico affidatomi.

Brindisi, li 02.09.2022

IL TECNICO
(Timbro e firma)

Geologo dott. Dario FISCHETTO