



REGIONE BASILICATA
 PROVINCIA DI MATERA
 COMUNE DI GROTTOLE



AUTORIZZAZIONE UNICA EX D.Lgs 387/2003

INSTALLAZIONE DI UN IMPIANTO DI PRODUZIONE DI ENERGIA DA FONTE SOLARE DENOMINATO "GROTTOLE 3" DI POTENZA IN IMMISSIONE PARI A 20.000,00 kW E POTENZA DI PICCO PARI A 19.996,99 kW

Codice pratica: 202100420



Codice elaborato

Commissa	Livello prog.	Tipologia	Progressivo
SE220	PD	R	004
DATA		SCALA	
Novembre 2021		-	

Titolo elaborato

A.2-Relazione geologica

REVISIONI

REV.	DATA	DESCRIZIONE	ESEGUITO	VERIFICATO	APPROVATO

Progettazione:



STUDIO ENERGY SRL
 Via delle Comunicazioni n. 4
 75100 Matera
 C.F. e P.IVA 01175590775

Tecnici:

Coordinatore:
 Geol. Roberto Tommaselli

Collaboratrice:
 Geol. Giusy Dimola



Il Proponente:



REN 184 S.R.L.
 Salita di Santa Caterina, 2/ISC.B - 16123 Genova (GE)
 C.F./P.IVA 02686820990

LEGALE RAPPRESENTANTE

SOMMARIO

1.	PREMESSA.....	2
1.1.	INQUADRAMENTO NORMATIVO	3
2.	INQUADRAMENTO GEOLOGICO	5
2.1.	ELEMENTI DI GEOLOGIA REGIONALE.....	5
3.	MODELLO GEOLOGICO SITO DI PROGETTO.....	12
4.	GEOMORFOLOGIA E IDROGEOLOGIA.....	16
4.1.	ELEMENTI GEOMORFOLOGICI ED IDROGEOLOGIA.....	16
4.1.1.	ELEMENTI GEOMORFOLOGICI DEL SITO.....	16
4.1.2.	CONFORMITÀ CON PIANO STRALCIO ADB BASILICATA	17
4.1.3.	IDROGRAFIA ED IDROGEOLOGIA	20
5.	CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA	22
6.	CARATTERIZZAZIONE SISMICA	26
6.1.	PREMESSA	26
6.2.	STORIA SISMICA DEL SITO.....	28
6.3.	CARATTERIZZAZIONE SISMICA SITO DI PROGETTO	29
6.4.	RISPOSTA SIMICA LOCALE (RSL)	32
6.4.1.	ANALISI GENERALE DA NORMATIVA.....	32
6.4.2.	CALCOLO FATTORI AMPLIFICAZIONE SISMICA FA, FV	34
6.5.	CARTA DELLA MICROZONAZIONE SISMICA.....	37
6.6.	VERIFICA RISCHIO LIQUEFAZIONE	38
7.	CARTA DI SINTESI DELLA PERICOLOSITÀ E CRITICITÀ GEOLOGICA E GEOMORFOLOGICA	41
8.	CONCLUSIONI	43

Allegati:

- Certificati analisi geotecniche di laboratorio;
- Relazione prospezioni sismiche.

 Il tecnico: Geol. Roberto Tommaselli Ordine Geologi di Basilicata n.273	Proponente:	REN 184 S.R.L.					
	Titolo:	Installazione di un impianto di produzione di energia da fonte solare denominato "Grottole 3" di potenza in immissione pari a 20.000,00 kw e potenza di picco pari a 19.996,99 kw- Comune di Grottole					
	Data:	Novembre 2021	Elaborato	R.2	Rev.	0.0	Pag. 1 di 44

1. PREMESSA

Il presente studio geologico è a corredo di un progetto per l'installazione di un impianto di produzione di energia da fonte solare denominato "Grottole 3" di potenza in immissione pari a 20.000,00 kw e potenza di picco pari a 19.996,99 kw da realizzare in agro del Comune di Grottole (MT), della Soc. proponente REN 184 S.R.L. di Genova, che ha fornito incarico dell'intero progetto a Studio Energy S.r.L. di Matera, che si è avvalsa dello scrivente con regolare incarico professionale per la redazione dello studio in oggetto.

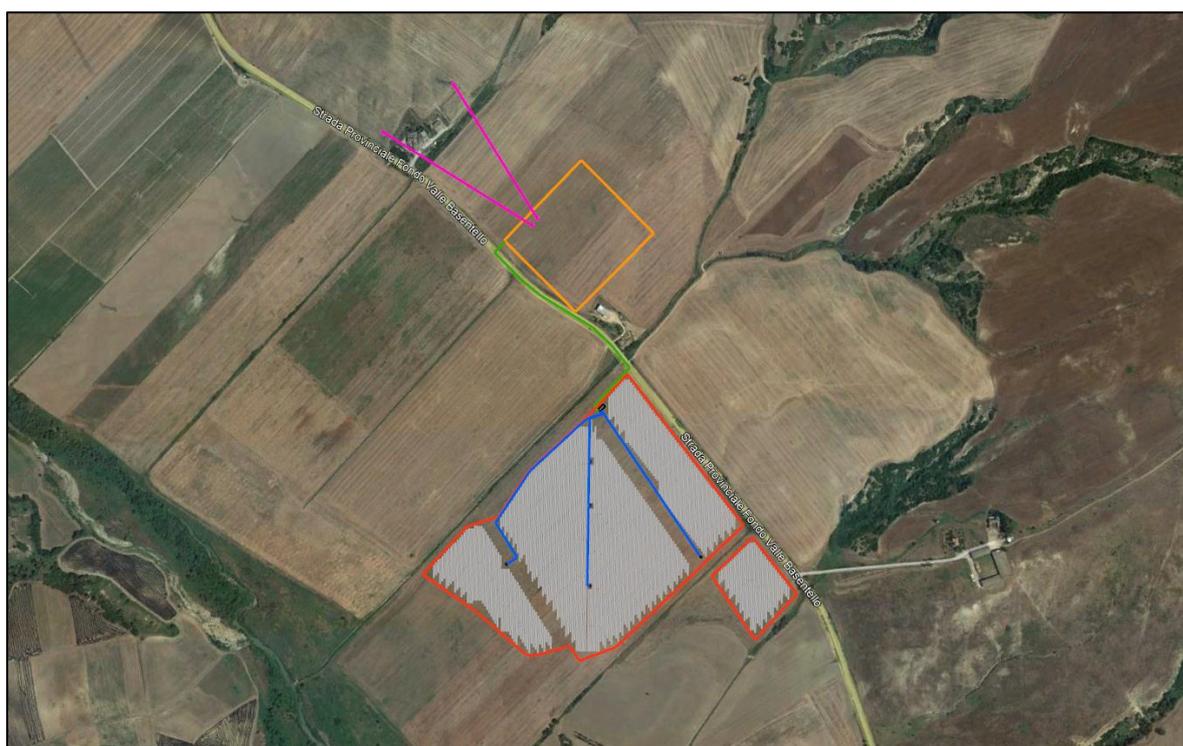


Figura 1 – Area impianto su foto google.

Il presente studio volto a definire il modello geologico-geotecnico del sottosuolo, illustra e caratterizza gli aspetti stratigrafici, strutturali, idrogeologici, geomorfologici, litotecnici e fisici, con lo scopo di valutare la compatibilità geologica del sito con quanto previsto in progetto, in conformità con quanto previsto dalla normativa tecnica vigente.

In seguito alla pubblicazione dell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003 ed alla Deliberazione della Giunta Regionale di Basilicata n.731 del 19 novembre 2003, che ha aggiornato la classificazione sismica del territorio regionale, il Comune di Grottole

 Il tecnico: Geol. Roberto Tommaselli Ordine Geologi di Basilicata n.273	Proponente:	REN 184 S.R.L.					
	Titolo:	Installazione di un impianto di produzione di energia da fonte solare denominato "Grottole 3" di potenza in immissione pari a 20.000,00 kw e potenza di picco pari a 19.996,99 kw- Comune di Grottole					
	Data:	Novembre 2021	Elaborato	R.2	Rev.	0.0	Pag. 2 di 44

viene classificato come zona 3 "Zona con pericolosità sismica bassa, che può essere soggetta a scuotimenti modesti". Tale condizione a reso necessario caratterizzare sismicamente l'area.

Le informazioni sui caratteri litologico-stratigrafici del sottosuolo e le principali caratteristiche geologiche, morfologiche ed idrogeologiche sono state acquisite mediante ricognizioni di superficie condotte nella zona interessata ed in quelle limitrofe, confrontando i dati acquisiti con quelli desunti dalla bibliografia, dalla cartografia ufficiale. Ai fini di una adeguata conoscenza dei terreni interessati, in questa fase di studio è stato eseguito n.1 sondaggio geognostico con relativo campionamento dei terreni per successive analisi geotecniche, ed è stata effettuata una campagna di indagini sismiche per classificare sismicamente il sito secondo la normativa vigente (N.T.C. 2018).

1.1.INQUADRAMENTO NORMATIVO

Normativa nazionale

- R.D. del 30.12.1923 n.3267 Riordino e riforma della legislazione in materia di boschi e terreni montani;
- R.D. del 16.05.1926 n.1126 Approvazione del regolamento per l'applicazione del regio decreto 30 dicembre 1923, n.3267, concernente il riordino e la riforma della legislazione in materia di boschi e di terreni montani;
- D.M. LL. PP. del 14.01.2008 - Testo Unico - Norme Tecniche per le Costruzioni;
- Circolare del C.S. LL. PP. n.617 del 02.02.2009 - Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche per le Costruzioni;
- Decreto del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti 17/01/2018 - Norme Tecniche per le Costruzioni 2018;
- Circolare Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti n.7 del 21/01/2019, - Istruzioni per l'applicazione dell'«Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni"»;
- L.R. n.38 del 06.08.1997 - Norme per l'esercizio delle funzioni regionali in materia di difesa del territorio dal rischio sismico;
- L. R n.23 del 11/08/1999 - Legge Urbanistica Regionale;
- Delibera Regionale n°26 del 05/12/2001 dell'Autorità Interregionale di Bacino della Basilicata e succ. integr. e mod.;
- L.R. n.9 del 07/06/2011 Disposizioni Urgenti in Materia di Microzonazione Sismica;

 Il tecnico: Geol. Roberto Tommaselli Ordine Geologi di Basilicata n.273	Proponente:	REN 184 S.R.L.					
	Titolo:	Installazione di un impianto di produzione di energia da fonte solare denominato "Grottole 3" di potenza in immissione pari a 20.000,00 kw e potenza di picco pari a 19.996,99 kw- Comune di Grottole					
	Data:	Novembre 2021	Elaborato	R.2	Rev.	0.0	Pag. 3 di 44

- N.d.A. (Norme di Attuazione) - novembre 2014 (agg.2015) - Piano Stralcio per la Difesa dal Rischio Idrogeologico - Autorità di Bacino della Basilicata;
- Ds n.540 del 13/10/2020 Adozione misure di salvaguardia – Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Meridionale.

 Il tecnico: Geol. Roberto Tommaselli Ordine Geologi di Basilicata n.273	Proponente:	REN 184 S.R.L.					
	Titolo:	Installazione di un impianto di produzione di energia da fonte solare denominato "Grottole 3" di potenza in immissione pari a 20.000,00 kw e potenza di picco pari a 19.996,99 kw- Comune di Grottole					
	Data:	Novembre 2021	Elaborato	R.2	Rev.	0.0	Pag. 4 di 44

2. INQUADRAMENTO GEOLOGICO

2.1.ELEMENTI DI GEOLOGIA REGIONALE

Cartograficamente l'area di studio ricade nel settore nord-occidentale della Tavoletta I.G.M. in scala 1:25.000 I NE "Grottole" del Foglio n. 200 "Tricarico" della Carta d'Italia.



Figura 2 – Stralcio I.G.M. con ubicazione dell'area di progetto

Per conoscere le condizioni nelle quali si trovano i terreni in esame, si espongono alcuni cenni sui caratteri geologici della Fossa Bradanica in cui tale area ricade.

Nell'Italia meridionale, nel settore che comprende la Campania, la Basilicata e la Puglia, sono presenti tre unità strutturali: la catena sud-appenninica, l'avanfossa adriatica meridionale (Fossa Bradanica) e l'avampaese apulo (Fig.3).

L'area in esame fa parte della porzione meridionale della Fossa Bradanica nel retroterra ionico. La Fossa Bradanica, definita per la prima volta da MIGLIORINI (1937) costituisce una vasta depressione, di età plio-pleistocenica, allungata da NO a SE, dal Fiume Fortore al Golfo di Taranto, compresa tra l'Appennino meridionale ad occidente e le Murge ad oriente; in questa zona affiorano estesamente depositi pliocenici e quaternari, in prevalenza argillosi, che mostrano struttura tabulare (RICCHETTI, 1981).

Il basamento dell'avanfossa è costituito da una potente successione di calcari mesozoici. Questi affiorano nell'intera area pugliese (Gargano, Murge e Salento) formando l'avampaese apulo. Le

 Il tecnico: Geol. Roberto Tommaselli Ordine Geologi di Basilicata n.273	Proponente:	REN 184 S.R.L.					
	Titolo:	Installazione di un impianto di produzione di energia da fonte solare denominato "Grottole 3" di potenza in immissione pari a 20.000,00 kw e potenza di picco pari a 19.996,99 kw- Comune di Grottole					
	Data:	Novembre 2021	Elaborato	R.2	Rev.	0.0	Pag. 5 di 44

formazioni geologiche dell'avampaese sono riferibili al Gruppo dei calcari delle Murge cui appartiene il Calcare di Bari (Cenomaniano – Turroniano) ed il Calcare di Altamura (Coniaciano – Maastrichtiano sup.). La successione cretacea affiorante è costituita da calcari e dolomie, che nel complesso formano una monoclinale immersa a SSO, complicata da pieghe ad ampio raggio e interessata da importanti faglie a direzione OSO – ESE (CIARANFI et alii, 1979).

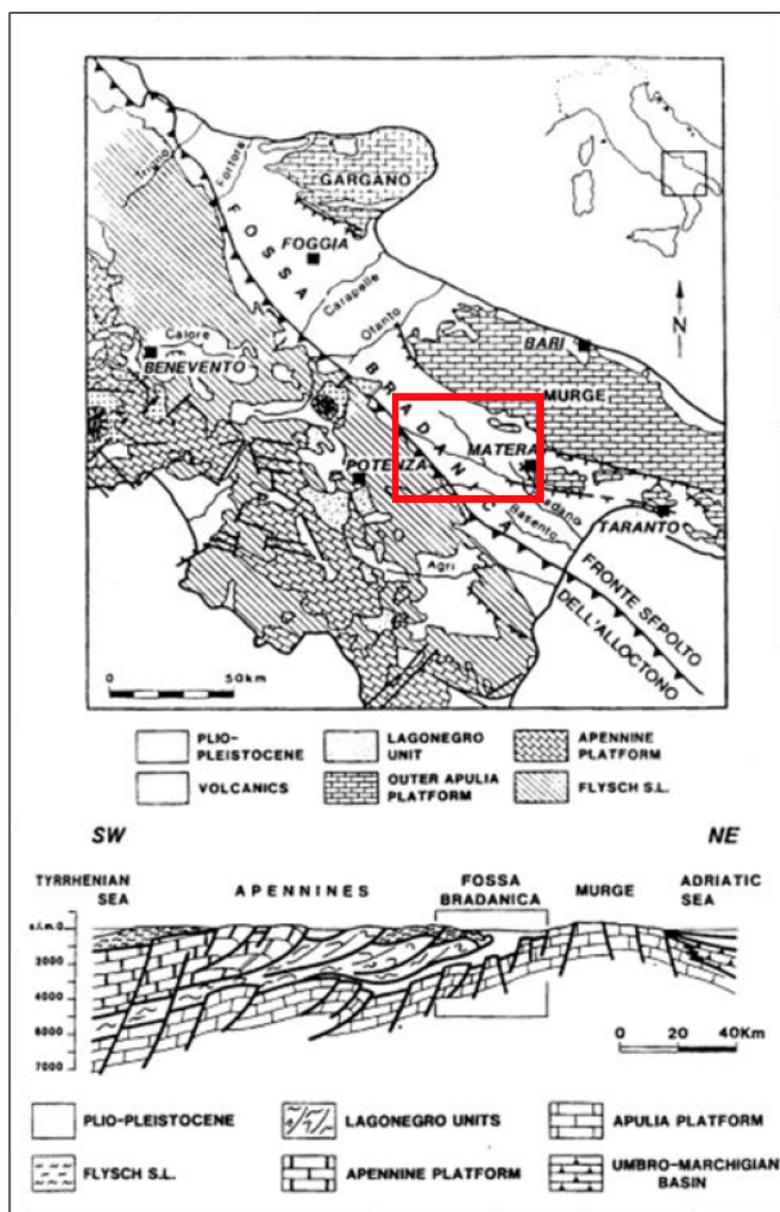


Figura 3 – Carta geologica schematica e sezione geologica attraverso l'Appennino meridionale e la Fossa bradanica, da Sella et al. (1988) in Società Geologica Italiana (1994)

 Il tecnico: Geol. Roberto Tommaselli Ordine Geologi di Basilicata n.273	Proponente:	REN 184 S.R.L.					
	Titolo:	Installazione di un impianto di produzione di energia da fonte solare denominato "Grottole 3" di potenza in immissione pari a 20.000,00 kw e potenza di picco pari a 19.996,99 kw- Comune di Grottole					
	Data:	Novembre 2021	Elaborato	R.2	Rev.	0.0	Pag. 6 di 44

Il sottosuolo della Fossa è caratterizzato, in particolare sul margine appenninico, dalla presenza, sui calcari mesozoici, di depositi trasgressivi eo-oligocenici costituiti da calcareniti, di ambiente neritico-costiero, associate a lave e piroclastiti basiche con spessori a volte superiori a 200 metri (RICCHETTI, 1981).

In vaste aree dell'avanfossa, sia su depositi mesozoici che su quelli eo-oligocenici, giacciono in trasgressione sedimenti calcarenitici di età neogenica, costituiti da calcareniti organogene, calcareniti marnose, gessi, anidriti e dolomie. Lo spessore complessivo di tali sedimenti calcarenitici è di massimo 600 metri.

In trasgressione sui depositi miocenici e sui calcari di base sono presenti depositi terrigeni depositatisi nel Pliocene inferiore aventi spessore non superiore a 200 metri.

Tali sedimenti rappresentano il ciclo sedimentario più antico e sono costituiti in affioramento, da una sequenza di sabbie e di argille siltose azzurre con lenti di conglomerato sabbioso, parautoctone in quanto sono state trasportate verso est solidalmente con la coltre alloctona, e nel sottosuolo da marne ed argille sabbiose, autoctone in quanto poggianti direttamente sul basamento carbonatico dell'avampaese (CIARANFI et al., 1979) (Fig.4).

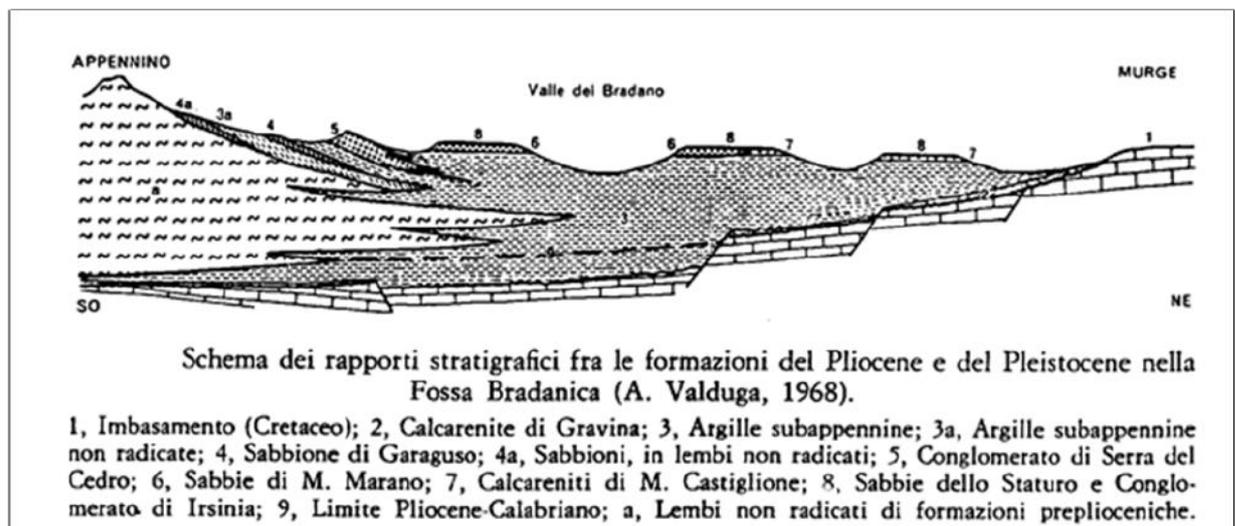


Figura 4 - Quadro stratigrafico della Fossa Bradanica, ricavato a conclusione dei lavori per la II edizione della Carta Geologica d'Italia (Valduga, 1973) in Pieri et al. (1996).

Il secondo ciclo sedimentario di riempimento della Fossa Bradanica è separato dal primo da una lacuna stratigrafica. In tale ciclo, si è avuto una trasgressione di sedimenti terrigeni di età compresa tra il Pliocene medio ed il Pleistocene inferiore. I depositi del secondo ciclo sono costituiti dalle Argille subappennine, rappresentate da argille marnose e siltose con intercalazioni

 Il tecnico: Geol. Roberto Tommaselli Ordine Geologi di Basilicata n.273	Proponente:	REN 184 S.R.L.					
	Titolo:	Installazione di un impianto di produzione di energia da fonte solare denominato "Grottole 3" di potenza in immissione pari a 20.000,00 kw e potenza di picco pari a 19.996,99 kw- Comune di Grottole					
	Data:	Novembre 2021	Elaborato	R.2	Rev.	0.0	Pag. 7 di 44

di sabbie, aventi spessore variabile da decine di metri a circa 3000 metri passando dal margine murciano a quello appenninico. In particolare sul margine appenninico le argille passano lateralmente a sabbie a grana grossa contenenti conglomerati poligenici, Sabbioni di Garaguso, mentre sul lato murciano a calcareniti organogene, Calcareniti di Gravina. In successione stratigrafica sulle argille marnose-siltose vi sono depositate sabbie e arenarie con intercalazioni di conglomerati poligenici (Sabbie di Monte Marano), affioranti nella parte appenninica e assiale della Fossa Bradanica e di spessore non superiore a 100 metri, in cui sono presenti, in prossimità della piattaforma apula, calcareniti grossolane con spessore di circa 30 metri (Calcareniti di Monte Castiglione).

A chiusura del ciclo sedimentario della Fossa Bradanica affiorano, nelle parti più elevate topograficamente i conglomerati poligenici contenenti lenti di sabbie, aventi spessore massimo di 50 metri (Conglomerato di Irsina).

I depositi del secondo ciclo poggianti sulla coltre alloctona sono neoautoctoni; quelli sottostanti la coltre e quelli direttamente trasgressivi sul substrato carbonatico dell'avampaese sono autoctoni (CIARANFI et al., 1979). Intercalata con forma di cuneo nelle successioni terrigene medioplioceniche - infrapleistoceniche giace una coltre di terreni alloctoni di provenienza appenninica e di età prevalentemente miocenica. Lo spessore di tale coltre, determinata da dati di profondità derivanti da ricerche per idrocarburi (AGIP Mineraria), è dell'ordine di 3000 metri. Nell'entroterra dell'arco ionico, infine, affiorano estesamente depositi terrazzati sabbioso-conglomeratici, trasgressivi sui depositi argillosi pio-pleistocenici, riferiti a sette brevi cicli sedimentari di età da siciliana a versiliana; tali depositi, che mostrano spessori esigui, poggiano su superfici di abrasione poste a quote progressivamente decrescenti verso il Mar Ionio (RICCHETTI, 1981). Questi terrazzi marini, come riportato nella Carta Geologica d'Italia, sono compresi tra 392 m a 28-15 m s.l.m., e si sono formati, dopo il colmamento dell'avanfossa, durante la fase di definitiva emersione dell'avanfossa stessa (Fig. 5).

 Il tecnico: Geol. Roberto Tommaselli Ordine Geologi di Basilicata n.273	Proponente:	REN 184 S.R.L.					
	Titolo:	Installazione di un impianto di produzione di energia da fonte solare denominato "Grottole 3" di potenza in immissione pari a 20.000,00 kw e potenza di picco pari a 19.996,99 kw- Comune di Grottole					
	Data:	Novembre 2021	Elaborato	R.2	Rev.	0.0	Pag. 8 di 44

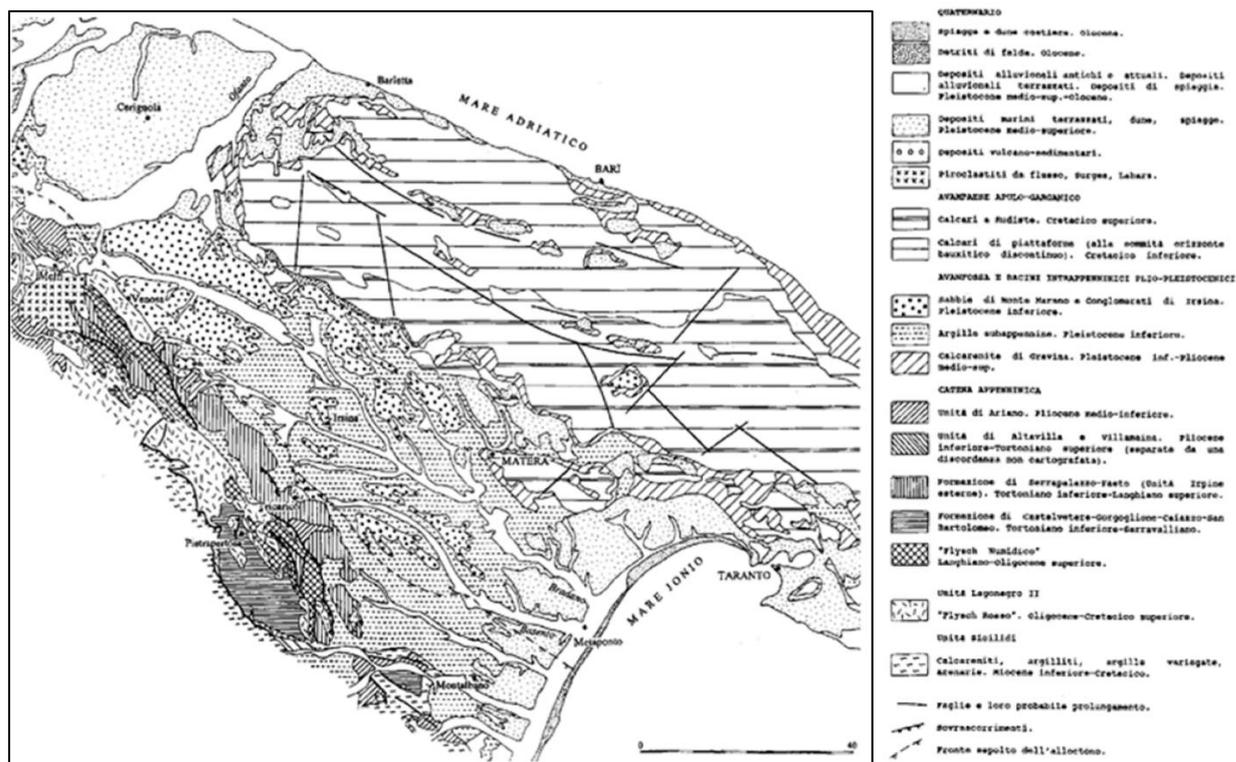


Figura 5 - Carta geologica schematica della Fossa bradanica (in Società Geologica d'Italia, 1994).

Studi recenti sui depositi terrazzati indicano un numero variabile da otto (NEBOIT, 1975) ad undici (BRÜCKNER, 1980). Secondo quest'ultimo sono riconoscibili undici terrazzi morfologici costituitisi in seguito a sette cicli sedimentari; inoltre lo stesso autore pone il terrazzo più antico e più elevato ad una quota di 492 m s.l.m. I terrazzi, inoltre, nel loro complesso risultano inclinati verso Est per effetto del sollevamento più marcato sul lato appenninico.

In generale i depositi terrazzati sono essenzialmente conglomeratici in prossimità dell'Appennino, sabbioso-ghiaiosi e subordinatamente limosi nella zona compresa tra il Fiume Sinni ed il Fiume Bradano, calcarenitici e localmente ghiaiosi nella zona a N-E del Fiume Bradano. La natura litologica di tali depositi dipende soprattutto dalla natura del substrato e dalla granulometria degli apporti fluviali (COTECCHIA et alii, 1967).

Sull'evoluzione neotettonica della Fossa Bradanica CIARANFI et alii (1979) asseriscono che all'inizio del Pliocene un abbassamento del substrato carbonatico provocò una ingressione marina e la formazione di un bacino subsidente con sedimentazione terrigena con apporti appenninici; l'abbassamento fu determinato da una serie di faglie ad andamento appenninico, prodottesi nel substrato calcareo. In tale periodo inizia la messa in posto della coltre alloctona.

 Il tecnico: Geol. Roberto Tommaselli Ordine Geologi di Basilicata n.273	Proponente:	REN 184 S.R.L.					
	Titolo:	Installazione di un impianto di produzione di energia da fonte solare denominato "Grottole 3" di potenza in immissione pari a 20.000,00 kw e potenza di picco pari a 19.996,99 kw- Comune di Grottole					
	Data:	Novembre 2021	Elaborato	R.2	Rev.	0.0	Pag. 9 di 44

Nel Pliocene medio si è avuto un sollevamento con emersione di tutta l'area. Dal Pliocene medio al Pleistocene inferiore si è avuto un abbassamento del substrato carbonatico con conseguente migrazione del bacino e della linea di costa verso NE; il bacino fu caratterizzato da notevole subsidenza con sedimentazione terrigena e dalla "colata" per gravità di masse alloctone di origine appenninica. Verso la fine del Pleistocene inferiore, a causa di un sollevamento a scala regionale, si è avuta una emersione dell'area; tale sollevamento è stato particolarmente intenso sul lato appenninico ed è stato accompagnato da riattivazioni di faglie e formazione di nuove dislocazioni.

Il sollevamento è avvenuto in più fasi ed ha determinato stasi nella generale regressione del mare. In particolare, a partire dal Pleistocene medio-superiore, si verifica la deposizione di sedimenti ghiaioso-sabbiosi di ambienti costieri progradanti verso SE, a formare i Depositi marini terrazzati.

Studi recenti (PIERI et alii, 1996) hanno determinato che la Fossa Bradanica, al passaggio tra il Pliocene superiore e il Pleistocene inferiore presentava oltre che una marcata asimmetria trasversale anche una spiccata asimmetria assiale. In senso assiale è possibile distinguere un settore settentrionale ed uno centromeridionale. Nel primo, in cui il fronte dell'alloctono converge con il gradino strutturale delle "faglie assiali" dell'avampaese murgiano, il bacino presentava profondità e ampiezza modeste e trasversalmente una diminuzione di profondità da ovest verso est.

Nel secondo settore assume i caratteri di un solco allungato in senso appenninico, con asimmetria trasversale evidente passando dalla profonda area depocentrale verso il ripiano premurgiano (Fig. 6).

 Il tecnico: Geol. Roberto Tommaselli Ordine Geologi di Basilicata n.273	Proponente:	REN 184 S.R.L.					
	Titolo:	Installazione di un impianto di produzione di energia da fonte solare denominato "Grottole 3" di potenza in immissione pari a 20.000,00 kw e potenza di picco pari a 19.996,99 kw- Comune di Grottole					
	Data:	Novembre 2021	Elaborato	R.2	Rev.	0.0	Pag. 10 di 44

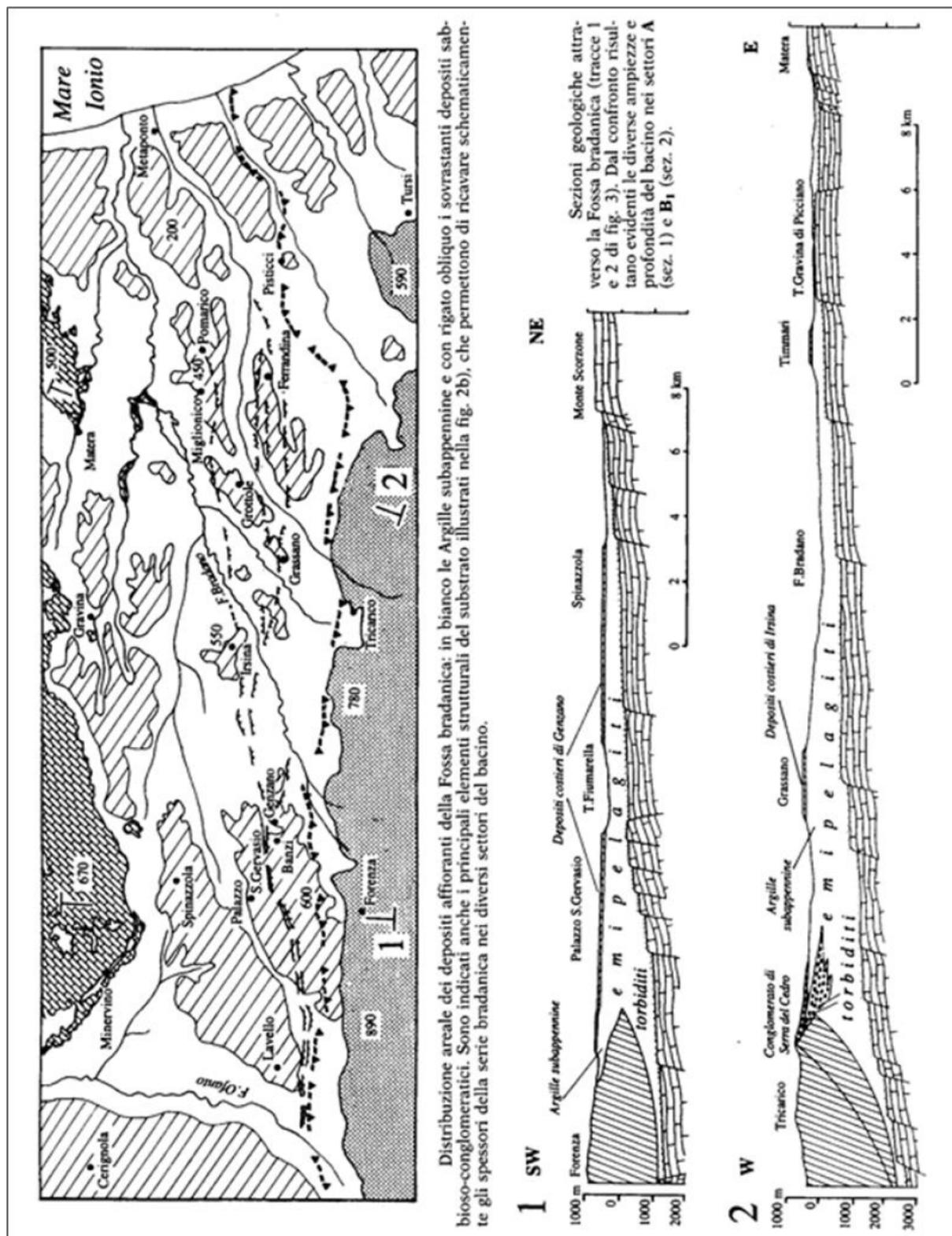


Figura 6 - Carta e sezioni geologiche della Fossa Bradanica (Pieri *et al.* 1996)

 Il tecnico: Geol. Roberto Tommaselli Ordine Geologi di Basilicata n.273	Proponente:	REN 184 S.R.L.					
	Titolo:	Installazione di un impianto di produzione di energia da fonte solare denominato "Grottole 3" di potenza in immissione pari a 20.000,00 kw e potenza di picco pari a 19.996,99 kw- Comune di Grottole					
	Data:	Novembre 2021	Elaborato	R.2	Rev.	0.0	Pag. 11 di 44

3. MODELLO GEOLOGICO SITO DI PROGETTO

Il sito oggetto del seguente lavoro è ubicato a circa 6,5 km a nord, nord-ovest dall'abitato di Grottole. Cartograficamente tale zona ricade nel settore nord orientale della carta geologica d'Italia in scala 1:100.000 Foglio n. 200 "Tricarico" al limite con il Foglio n.188 "Gravina" della Carta d'Italia.

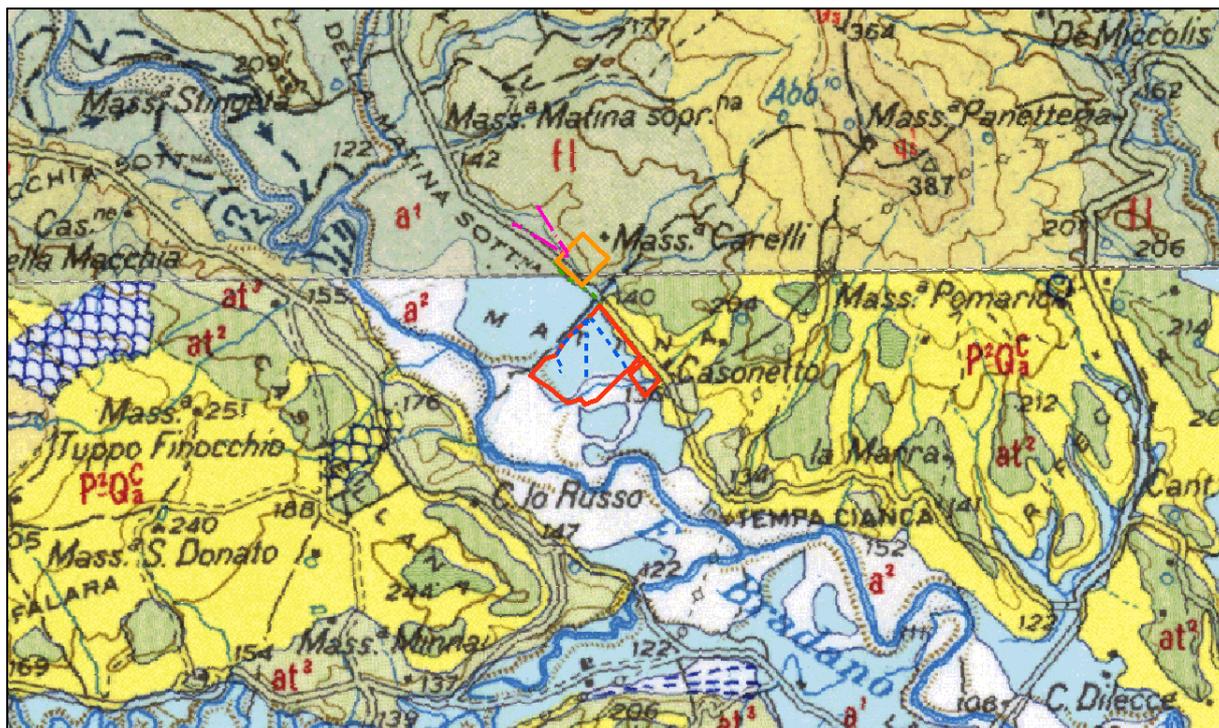


Figura 7 – Stralcio del Foglio n. 200 "Tricarico" con ubicazione area progetto

L'area qui considerata è posta nella parte orientale del versante ionico ed è parte integrante della Fossa Bradanica: vi affiorano quasi ovunque le formazioni argillose, arenacee o conglomeratiche deposte nel Plio-Pleistocene fino al colmamento della Fossa medesima.

Inoltre vi affiorano depositi continentali e alluvionali. Queste formazioni della Fossa Bradanica mostrano una giacitura sub-orizzontale o leggermente inclinata a NE.

Dati geologici di profondità fanno comunque ritenere che durante la sedimentazione della serie plio-pleistocenica, masse scompagnate o caoticizzate di formazioni appenniniche siano colate verso l'interno della Fossa e che la stessa loro copertura pliocenica sia poi stata interessata da più limitati movimenti in tale direzione.

 Il tecnico: Geol. Roberto Tommaselli Ordine Geologi di Basilicata n.273	Proponente:	REN 184 S.R.L.					
	Titolo:	Installazione di un impianto di produzione di energia da fonte solare denominato "Grottole 3" di potenza in immissione pari a 20.000,00 kw e potenza di picco pari a 19.996,99 kw- Comune di Grottole					
	Data:	Novembre 2021	Elaborato	R.2	Rev.	0.0	Pag. 12 di 44

Nelle aree topograficamente più basse affiorano i depositi alluvionali recenti. Questi sono sedimenti continentali tardo-olocenici costituenti il prodotto deposizionale di più eventi alluvionali verificatisi periodicamente in quest'area a causa delle tracimazioni degli argini delle acque di piena del corso d'acqua.

Dal punto di vista litologico presentano i caratteri dei terreni costituiti da sabbie ciottoli, incisi dagli alvei fluviali attuali.

Dall'alto verso il basso si hanno:

Depositi Continentali del Quaternario

- Deposito alluvionale attuale: ghiaie, sabbie e limi argillosi costituenti l'alveo di piena e di magra in corso di formazione e dei principali corsi d'acqua.
- Deposito alluvionale recente: ghiaie, sabbie e limi lungo i principali corsi d'acqua, costituenti localmente l'alveo di piena. Le varie litofacies sono differenziate dai caratteri tessiturali prevalenti.
- Alluvioni terrazzate di ambiente fluvio-lacustre: siltiti più o meno argillose, con lenti conglomeratiche di colore grigiastro.
- Deposito alluvionale terrazzato: ghiaie, sabbie, limi argillosi e suolo agrario, particolarmente sviluppati lungo le sponde delle maggiori aste fluviali. Costituiscono superfici pianeggianti, localmente inclinate, terrazzate in più ordini. Sono stati differenziati i caratteri tessiturali prevalenti. Lo spessore varia da pochi metri fino ad alcune decine di metri.

Depositi della Fossa Bradanica

In successione del primo termine dei depositi della Fossa Bradanica (Argille Subappennine) su cui poggiano in concordanza stratigrafica le Sabbie di Monte Marano, Sabbie dello Staturò e Conglomerato di Irsina.

Argille Subappennine

La formazione delle argille subappennine (Azzaroli *et alii*, 1968b), corrispondente alle Argille azzurre di cantelli (1960) e ricchetti (1965; 1967), e alle Argille di Gravina di azzaroli *et alii* (1968a; 1968b) è stata istituita alla fine degli anni '60, a seguito dei lavori di aggiornamento della Carta Geologica d'Italia in scala 1:100.000 (Valduga, 1973); Affiora per buona parte dell'area in oggetto, è ubicata nella zona centrale della Fossa bradanica. Si tratta della parte affiorante (localmente spessa circa 400 metri) della porzione emipelagica post-torbiditica della

 Il tecnico: Geol. Roberto Tommaselli Ordine Geologi di Basilicata n.273	Proponente:	REN 184 S.R.L.					
	Titolo:	Installazione di un impianto di produzione di energia da fonte solare denominato "Grottole 3" di potenza in immissione pari a 20.000,00 kw e potenza di picco pari a 19.996,99 kw- Comune di Grottole					
	Data:	Novembre 2021	Elaborato	R.2	Rev.	0.0	Pag. 13 di 44

successione di riempimento della Fossa bradanica che, in base a dati di profondità, raggiunge fino al substrato del bacino uno spessore di almeno 2.000 metri e possiede un'età compresa fra il Pliocene inferiore e l'Emiliano (Balduzzi *et alii*, 1982a; Casnedi *et alii*, 1982).

La formazione è rappresentata da argille siltose, silt argillosi e, a luoghi, da silt sabbiosi di colore grigio-azzurro, con intercalazioni sabbiose o, più raramente, conglomeratiche. L'assetto è sostanzialmente monoclinale con immersione prevalente degli strati verso NE e inclinazioni variabili da suborizzontali fino a un massimo di circa 10°-15°. Solo in corrispondenza di alcuni lineamenti tettonici si osserva un andamento differente, con immersioni a NO o verso i quadranti meridionali. La formazione si presenta in strati di spessore variabile da pochi centimetri a oltre un metro; a luoghi si osservano strati gradati normalmente, spesso caratterizzati dalla presenza di strutture quali lamine piano-parallele o *ripple*. Frequentemente una diffusa bioturbazione caratterizza i depositi argillosi. Localmente si rinvengono superfici erosive evidenziate da resti vegetali, detrito bioclastico o macrofossili interi, prevalentemente lamellibranchi e gasteropodi. L'ambiente in cui si sedimentavano le argille subappennine è riferibile ad una rampa, cioè un pendio deposizionale (attualmente non più ampio di 15 chilometri) a debole inclinazione (attualmente di circa 1°) che collegava le aree a sedimentazione paralicca con le aree bacinali (Tropeano *et alii*, 2002).

Sabbie di Monte Marano

La formazione delle Sabbie di M. Marano è costituita da depositi di natura calcareo-quarzosa sabbiosi e arenacei a grana medio-fine o sabbioso-conglomeratici di colore variabile dal grigio-giallastro al giallo ocraceo che poggiano in contatto stratigrafico per alternanza sulle Argille Subappennine.

Tale formazione mostra caratteri di facies di mare sottile con evoluzione da ambiente di piattaforma-transizione a shoreface, in basso, verso ambienti di avanspiaggia ghiaiosa o sabbiosa in alto. All'interno della formazione, nella parte alta, si rinvengono corpi conglomeratici cuneiformi prevalentemente progradazionali e attribuibili a sistemi deltizi intercalati a facies prevalentemente sabbiose della stessa formazione. Essi si presentano spesso con base erosiva che a luoghi raggiunge le Argille Subappennine.

A luoghi si osserva la stratigrafia che viene evidenziata da sottili letti cementati con spessori nell'ordine del centimetro.

 Il tecnico: Geol. Roberto Tommaselli Ordine Geologi di Basilicata n.273	Proponente:	REN 184 S.R.L.					
	Titolo:	Installazione di un impianto di produzione di energia da fonte solare denominato "Grottole 3" di potenza in immissione pari a 20.000,00 kw e potenza di picco pari a 19.996,99 kw- Comune di Grottole					
	Data:	Novembre 2021	Elaborato	R.2	Rev.	0.0	Pag. 14 di 44

Sabbie dello Staturò

La Formazione delle sabbie dello Staturò se pure di spessori modesti di circa 2/3 metri, si osservano alle quote più alte dei rilievi, (abitati di Grottole e Grassano). Si tratta di depositi sabbiosi quarzoso-micacei debolmente limosi a grana fine, ricchi di matrice terroso-argillosa rosso-bruna e di livelli carboniosi e croste manganesifere. Sono discontinui e poggianti in discordanza sui depositi della Formazione di Monte Marano lungo superfici di erosione irregolari. I caratteri di facies sono riferibili ad ambienti continentali di tipo alluvionale o retrodunale.

 Il tecnico: Geol. Roberto Tommaselli Ordine Geologi di Basilicata n.273	Proponente:	REN 184 S.R.L.					
	Titolo:	Installazione di un impianto di produzione di energia da fonte solare denominato "Grottole 3" di potenza in immissione pari a 20.000,00 kw e potenza di picco pari a 19.996,99 kw- Comune di Grottole					
	Data:	Novembre 2021	Elaborato	R.2	Rev.	0.0	Pag. 15 di 44

4. GEOMORFOLOGIA E IDROGEOLOGIA

4.1. ELEMENTI GEOMORFOLOGICI ED IDROGEOLOGIA

4.1.1. ELEMENTI GEOMORFOLOGICI DEL SITO

La litologia prevalente influenza la morfologia dell'area; infatti il paesaggio è quello tipico delle colline interne della Fossa Bradanica: rilievi dolci con pendenze medie in cui si riconoscono nei fianchi dei versanti elementi di natura calanchiva, la cui genesi è legata a diversi fattori in particolare il ruscellamento delle acque.

La zona oggetto di studio è caratterizzata da una serie di rilievi a sommità tabulare separati dalla valle del Fiume Bradano. Le sommità piatte dei rilievi corrispondono a lembi residui di una piana costiera pleistocenica corrispondente al tetto del conglomerato di Irsina. Queste superfici non sono perfettamente orizzontali, bensì inclinate leggermente a NE.

Sui versanti di questi rilievi affiorano estesamente le Argille subappennine e sulle parti più elevate si notano i termini regressivi della locale successione stratigrafica, cioè le Sabbie di Monte Marano e il Conglomerato di Irsina (abitati di Grottole e Grassano).

I versanti così si presentano come una superficie spezzata in tre segmenti con differenti inclinazioni in funzione delle caratteristiche meccaniche e strutturali dei litotipi su cui ciascun tratto è modellato. Infatti i rilievi più elevati hanno sommità pianeggiante, limitata da un gradino subverticale (affioramento di residue placche del Conglomerato di Irsina); a questo gradino segue un tratto leggermente meno inclinato (affioramento delle Sabbie di Monte Marano in giacitura sub orizzontale) ed infine segue il tratto con pendenza più bassa (affioramento delle Argille Subappennine). Inoltre i versanti sono caratterizzati, anche, da processi denudativi in corso rappresentati su estese superfici da solchi di ruscellamento e da calanchi di forme a vario grado di evoluzione.

Da quanto noto in letteratura, l'azione erosiva che porta alla formazione dei calanchi è innescata dall'azione combinata dal sole e dall'acqua piovana. Il primo agisce sulle argille surriscaldandole e provocandone lo screpolamento con formazione di fessure, mentre la seconda si infiltra nelle precedenti fratture provocando la disgregazione con conseguente erosione.

L'area in esame è ubicata in prossimità della SP65 "Fondo Valle Basentello", con quote di circa 136 m.s.l.m. nella zona più a monte, sino a quote medie di circa 120 m.s.l.m., caratterizzata da una morfologia sub-pianeggiante con lieve pendenza ~1/3°.

 Il tecnico: Geol. Roberto Tommaselli Ordine Geologi di Basilicata n.273	Proponente:	REN 184 S.R.L.					
	Titolo:	Installazione di un impianto di produzione di energia da fonte solare denominato "Grottole 3" di potenza in immissione pari a 20.000,00 kw e potenza di picco pari a 19.996,99 kw- Comune di Grottole					
	Data:	Novembre 2021	Elaborato	R.2	Rev.	0.0	Pag. 16 di 44

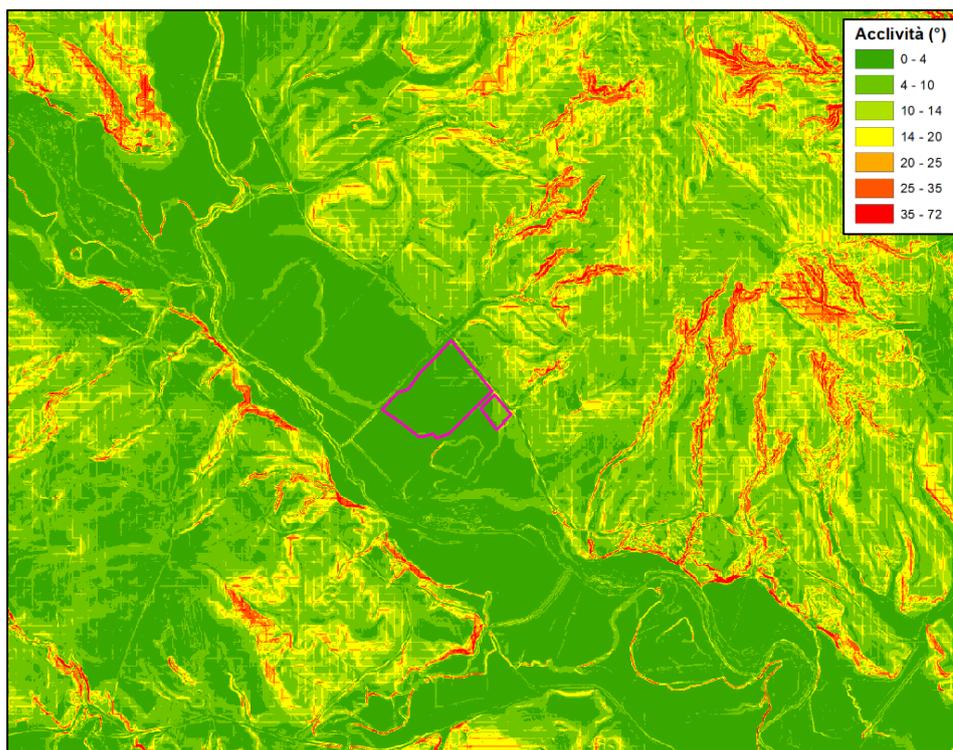


Figura 8 - Elaborato gis delle acclività dell'area da DTM Regione Basilicata

I versanti che scendono verso la valle del Fiume Bradano e di un suo affluente destro il Torrente Bilioso, presentano solchi ed incisioni, tipiche forme calanchive dei terreni di natura argillosa, con pendenze non molto elevate. Nelle zone di versante e dove affiorano le argille sono presenti fenomeni di dissesto superficiale, rappresentati sia da creep e piccoli smottamenti e sia da veri e propri movimenti franosi. Si tratta di movimenti di massa, tipici delle aree argillose, che comunque sono di modesta entità e posti a distanza dall'area in esame.

Per quanto riguarda la stabilità dei terreni dell'area, considerando che la stessa è posta in una zona sub-pianeggiante, dal rilevamento geo-morfologico effettuato, non si è rilevata la presenza di movimenti franosi che possano inficiare la stabilità dell'opera in progetto.

4.1.2. CONFORMITÀ CON PIANO STRALCIO ADB BASILICATA

Il Piano Stralcio per la Difesa dal Rischio Idrogeologico dell'Autorità Interregionale di Bacino della Basilicata (P.A.I.), ha valore di Piano Territoriale di Settore ed è lo strumento conoscitivo, normativo e tecnico-operativo mediante il quale sono pianificate e programmate le azioni e le norme d'uso riguardanti la difesa dal rischio idraulico e idrogeologico del territorio in cui ricade l'opera in oggetto. Nello specifico nel presente elaborato si fa riferimento a quanto riportato nel

 Il tecnico: Geol. Roberto Tommaselli Ordine Geologi di Basilicata n.273	Proponente:	REN 184 S.R.L.					
	Titolo:	Installazione di un impianto di produzione di energia da fonte solare denominato "Grottole 3" di potenza in immissione pari a 20.000,00 kw e potenza di picco pari a 19.996,99 kw- Comune di Grottole					
	Data:	Novembre 2021	Elaborato	R.2	Rev.	0.0	Pag. 17 di 44

Titolo IV delle Norme Tecniche inerente alle aree di versante. Il Piano considera la pericolosità idrogeologica relativa alle aree instabili o che presentano un'elevata possibilità di essere direttamente coinvolte dall'evento calamitoso e dall'evoluzione dello stesso. Il rischio idrogeologico, correlato ai livelli di pericolosità registrati o stimati nelle singole porzioni di territorio, è la misura del danno arrecabile dagli eventi calamitosi in una determinata area. Il rischio totale è espresso dal prodotto della pericolosità (probabilità di accadimento) moltiplicato il valore degli elementi a rischio moltiplicato per la vulnerabilità.

L'area oggetto dell'intervento non presenta interferenze con il Piano stralcio dell'Autorità di Bacino ne con il Piano Rischio Alluvioni.



Figura 9 – Stralcio aree a rischio frana A.d.B. Basilicata (da RSDI Regione Basilicata)

Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni (PGRA)

La Direttiva 2007/60/CE del 23 ottobre 2007 individua il quadro dell'azione comunitaria per la valutazione e la gestione dei rischi di alluvione e per la predisposizione del Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni (PGRA). Il Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni (PGRA), a partire dalle caratteristiche del bacino idrografico interessato riguarda tutti gli aspetti della gestione del rischio di alluvioni. Il PGRA individua gli obiettivi di gestione del rischio di alluvioni ed il sistema di misure di tipo strutturale e non strutturale, in cui le azioni di mitigazioni dei rischi connessi alle esondazioni dei corsi d'acqua, alle mareggiate e più in generale al deflusso delle acque, si interfacciano con le forme di urbanizzazione e infrastrutturazione del territorio, con le attività economiche, con l'insieme dei sistemi ambientali, paesaggistici e con il patrimonio storico-culturale. L'ambito territoriale di riferimento è quello dei Distretti Idrografici, individuati in Italia

 Il tecnico: Geol. Roberto Tommaselli Ordine Geologi di Basilicata n.273	Proponente:	REN 184 S.R.L.						
	Titolo:	Installazione di un impianto di produzione di energia da fonte solare denominato "Grottole 3" di potenza in immissione pari a 20.000,00 kw e potenza di picco pari a 19.996,99 kw- Comune di Grottole						
	Data:	Novembre 2021	Elaborato	R.2	Rev.	0.0	Pag. 18 di 44	

dal D.Lgs 152/2006 (art. 64); quello dell'AdB della Basilicata ricade nel Distretto Idrografico dell'Appennino Meridionale.

Le Mappe della pericolosità da alluvioni individua le aree geografiche che potrebbero essere interessate da alluvioni secondo tre scenari di pericolosità idraulica:

1. alluvioni rare di estrema intensità – tempi di ritorno degli eventi alluvionali fino a 500 anni dall'evento (bassa probabilità di accadimento - Livello di Pericolosità P1);
2. alluvioni poco frequenti: tempo di ritorno degli eventi alluvionali fra 100 e 200 anni (media probabilità di accadimento - Livello di Pericolosità P2);
3. alluvioni frequenti: tempo di ritorno degli eventi alluvionali fra 20 e 50 anni (elevata probabilità di accadimento- Livello di Pericolosità P3).

L'area in oggetto non interferisce con il PGRA, di seguito gli stralci con l'ubicazione del sito di Progetto conforme al DS n.540 del 13.10.2020 dell'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Meridionale.

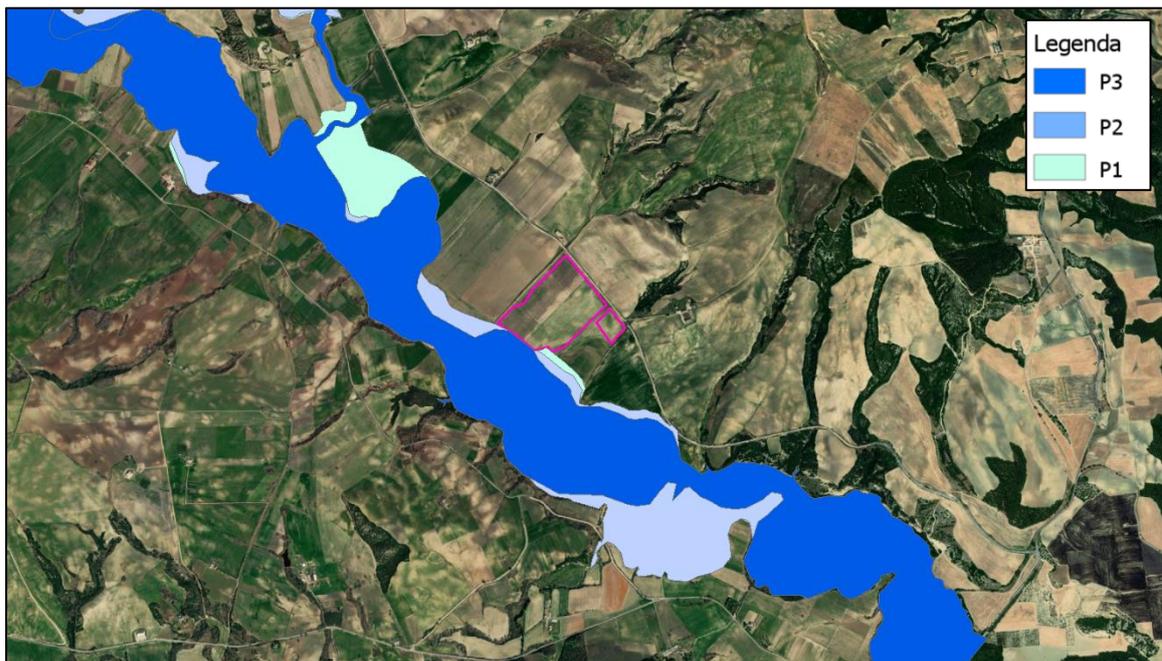


Figura 10 – Stralcio carta della pericolosità idraulica (da Distretto dell'Appennino meridionale)

 Il tecnico: Geol. Roberto Tommaselli Ordine Geologi di Basilicata n.273	Proponente:	REN 184 S.R.L.					
	Titolo:	Installazione di un impianto di produzione di energia da fonte solare denominato "Grottole 3" di potenza in immissione pari a 20.000,00 kw e potenza di picco pari a 19.996,99 kw- Comune di Grottole					
	Data:	Novembre 2021	Elaborato	R.2	Rev.	0.0	Pag. 19 di 44

4.1.3. IDROGRAFIA ED IDROGEOLOGIA

L'attuale rete idrografica, presente nella zona oggetto di studio, è composta a nord dal tratto medio della valle del Fiume Bradano e da una serie di incisioni lungo i versanti, ed a sud dal Torrente Bilioso, affluente destro del Fiume Bradano. Il reticolo idrografico inciso profondamente nella successione plioplestocenica presenta un aspetto dendritico.

Il bacino del Bradano ha una superficie di circa 3000 kmq ed è compreso tra il bacino del fiume Ofanto a nord-ovest, i bacini di corsi d'acqua regionali della Puglia con foce nel Mar Adriatico e nel Mar Jonio a nord-est e ad est, ed il bacino del fiume Basento a sud.

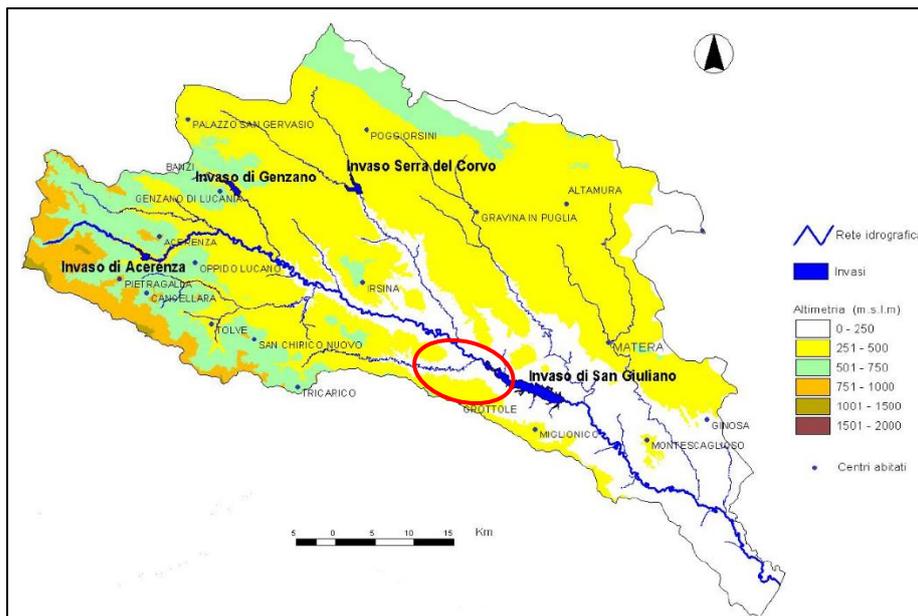


Figura 11 – Bacino idrografico Fiume Bradano (da A.d.B. Basilicata)

Il fiume Bradano si origina dalla confluenza di impluvi provenienti dalle propaggini nord-orientali di Monte Tontolo e di Madonna del Carmine, e dalle propaggini settentrionali di Monte S. Angelo. Il corso d'acqua ha una lunghezza di 116 km e si sviluppa quasi del tutto in territorio lucano, tranne che per un modesto tratto, in prossimità della foce, che ricade in territorio pugliese.

Nel tratto montano riceve il contributo del torrente Bradanello in sinistra idrografica e, all'altezza dell'invaso di Aderenza, il Torrente Rosso in destra idrografica.

Nel tratto a valle della diga di Acerenza il fiume Bradano riceve dapprima le acque del torrente Fiumarella (il cui contributo è regolato dall'invaso di Acerenza) e della Fiumarella in sinistra idrografica, poi quello della Fiumara di Tolve in sinistra e quindi del torrente Percopo in destra.

 Il tecnico: Geol. Roberto Tommaselli Ordine Geologi di Basilicata n.273	Proponente:	REN 184 S.R.L.					
	Titolo:	Installazione di un impianto di produzione di energia da fonte solare denominato "Grottole 3" di potenza in immissione pari a 20.000,00 kw e potenza di picco pari a 19.996,99 kw- Comune di Grottole					
	Data:	Novembre 2021	Elaborato	R.2	Rev.	0.0	Pag. 20 di 44

Poco a monte della Diga di San Giuliano il Bradano accoglie gli apporti del torrente Basentello (regolati dall'invaso di Serra del Corvo) in sinistra idrografica e del torrente Bilioso in destra.

A valle della Diga di San Giuliano il Bradano riceve il contributo del Torrente Gravina e quindi del Torrente Fiumicello in sinistra idrografica. Nel tratto compreso tra la confluenza con il torrente Fiumarella e l'invaso di San Giuliano il corso del Bradano in alcuni tratti assume l'aspetto di fiumara, in altri presenta un andamento meandriforme.

A valle della diga di San Giuliano il Bradano defluisce in una profonda fossa calcarea, (gravina), per poi riacquistare, all'altezza di Montescaglioso, le caratteristiche di un alveo sovralluvionato.

Acque sotterranee:

Quasi del tutto inesistenti risultano nella zona le acque sotterranee. Le caratteristiche stratigrafico-strutturali e il bassissimo grado di permeabilità della successione costituita dalle argille grigio-azzurre presenti per uno spessore di alcune centinaia di metri, determinano infatti condizioni sfavorevoli all'esistenza di una falda idrica al suo interno. Tale argille costituiscono la formazione impermeabile di base delle piccole falde acquifere contenute nei terreni sovrastanti stratigraficamente, come le sabbie gialle "Sabbie di Monte Marano" o come il Conglomerato di Irsina. Piccoli ed effimeri livelli idrici possono instaurarsi nei depositi terrazzati presenti sui versanti, trattasi di falde sospese in cui i livelli sono strettamente connessi con l'andamento stagionale delle precipitazioni meteoriche. Una falda legata alla subalvea del Fiume Bradano è da segnalarsi nelle alluvioni recenti ed è profonda circa 3.00 - 6.00 mt dal p.c.

Le acque di precipitazione che raggiungono il suolo vengono ripartite in ordine alla permeabilità dei terreni affioranti. In merito al grado di permeabilità dei diversi litotipi presenti possono essere così suddivisi in base al grado e tipo di permeabilità:

- Terreni con grado di permeabilità da medio a medio-alto di tipo primaria per porosità:
a questo gruppo sono stati associati i depositi alluvionali recenti ed attuali e depositi alluvionali terrazzati;
- Terreni con medio grado di permeabilità di tipo primaria per porosità:
a questo gruppo appartengono i terreni attribuibili ai depositi delle sabbie di M. Marano;
- Terreni praticamente impermeabili. Sono i terreni argillosi e limo argillosi appartenenti alla Formazione delle Argille Subappennine. Queste presentano una live permeabilità nella parte alta della formazione per porosità, ove risultano più alterate e con presenza di sottili livelli sabbiosi.

 Il tecnico: Geol. Roberto Tommaselli Ordine Geologi di Basilicata n.273	Proponente:	REN 184 S.R.L.					
	Titolo:	Installazione di un impianto di produzione di energia da fonte solare denominato "Grottole 3" di potenza in immissione pari a 20.000,00 kw e potenza di picco pari a 19.996,99 kw- Comune di Grottole					
	Data:	Novembre 2021	Elaborato	R.2	Rev.	0.0	Pag. 21 di 44

5. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

Al fine di definire puntualmente la stratigrafia del sito di progetto e di caratterizzare geotecnicamente e sismicamente i terreni di sedime, è stata condotta una campagna di indagini, ove è stato realizzato n.1 sondaggio geognostico a carotaggio continuo della profondità di 10.0 metri e n.1 indagine sismiche con metodologia MASW per la classificazione sismica del suolo di fondazione.

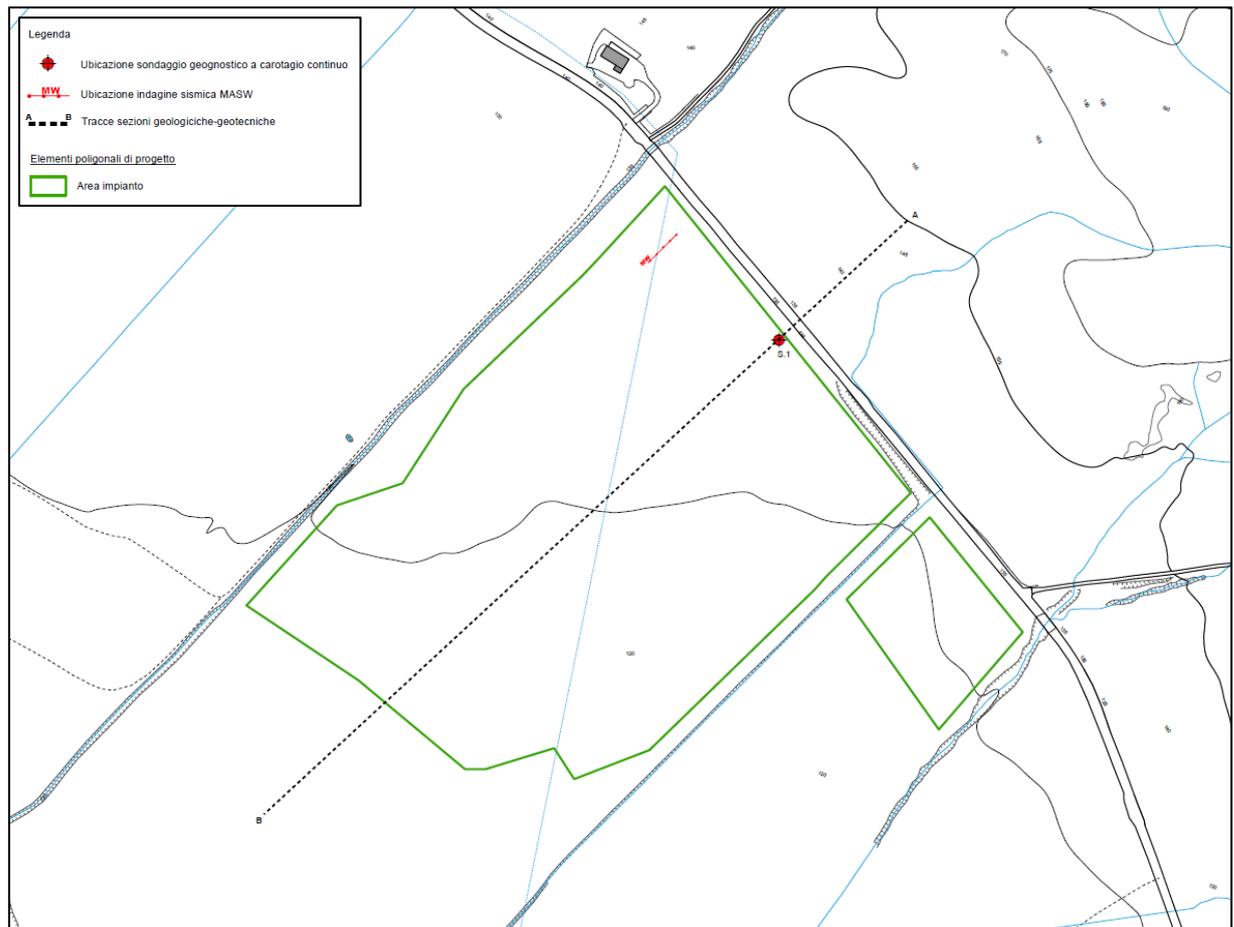


Figura 12 – stralcio carta ubicazioni indagini

Con riferimento alla planimetria delle indagini in allegato (elaborato A.12.a.7), nello specifico, sono state realizzate le seguenti indagini:

- n.1 sondaggio geognostici a carotaggio continuo della profondità ciascuno di 10.0 metri dal PC; nell'esecuzione del sondaggio è stato prelevato n.1 campione indisturbato per successive analisi geotecniche di laboratorio;

 Il tecnico: Geol. Roberto Tommaselli Ordine Geologi di Basilicata n.273	Proponente:	REN 184 S.R.L.					
	Titolo:	Installazione di un impianto di produzione di energia da fonte solare denominato "Grottole 3" di potenza in immissione pari a 20.000,00 kw e potenza di picco pari a 19.996,99 kw- Comune di Grottole					
	Data:	Novembre 2021	Elaborato	R.2	Rev.	0.0	Pag. 22 di 44

- n.1 indagine sismica con metodologia MASW per la classificazione sismica del suolo di fondazione;

Le analisi geotecniche presso laboratorio certificato (Laborgeo S.r.l. di Matera).

Le analisi geotecniche di laboratorio condotte sono di seguito sintetizzate.

proprietà fisiche:

- Determinazione del contenuto d'acqua allo stato naturale (ASTM D2216);
- Determinazione della massa volumica allo stato naturale mediante fustella tarata (BS1377T15/e);
- Determinazione del peso specifico dei granuli (media di almeno due misurazioni) (ASTM D854);
- Analisi granulometrica - Per vagliatura per via secca con un massimo di 8 vagli (ASTM D422) e Analisi granulometrica per sedimentazione con areometro (ASTM D422);
- Limiti di Atterberg.

Per la determinazione delle caratteristiche meccaniche dei terreni sono state condotte le seguenti analisi:

- n.1 Prova di taglio diretto consolidata drenata con velocità di deformazione stabilita in base ai valori Cd calcolati in fase di consolidazione (procedura standard 3 provini) (ASTM D3080), compreso il calcolo e la preparazione del diagramma cedimento-tempo relativi alla fase di consolidazione (ASTM D3080).

Nelle pagine seguenti si riportano le stratigrafie dei sondaggi geognostici con relative foto su ubicazione e cassette catalogatrici.

 Il tecnico: Geol. Roberto Tommaselli Ordine Geologi di Basilicata n.273	Proponente:	REN 184 S.R.L.					
	Titolo:	Installazione di un impianto di produzione di energia da fonte solare denominato "Grottole 3" di potenza in immissione pari a 20.000,00 kw e potenza di picco pari a 19.996,99 kw- Comune di Grottole					
	Data:	Novembre 2021	Elaborato	R.2	Rev.	0.0	Pag. 23 di 44

Committente Studio Energy S.r.L. - Matera		Quota P.C. 134.0 m.s.l.m.		Profondità -10.0 mt dal P.C.		Operatore Tecnopali S.r.l.		Pagina 1/1			
Sigla S.1		Coordinate UTM WGS84 fuso 33 N= 4502434.51; E= 618597.61		Inizio Esecuzione 06/05/2021		Termine Esecuzione 06/05/2021					
Oggetto: Impianto di produzione di energia da fonte solare denominato Grottole 3 - Comune di Grottole						Tipo Carotaggio Carotaggio continuo		Responsabile Geol. R. Tommaselli			
Scala (mt)	Litologia	Descrizione	Quota	% Carotaggio	S.P.T.	Campioni	Metodo Perforazi.	Metodo Stabilizzaz.	Falda	Altre	Piezometro
1		Terreno vegetale di colore marrone scuro	2.00	%C=80							
2		Limo con argilla debolmente sabbioso di colore avana-marroncino con concrezioni biancastre. Presenza di sottili livelli ed intercalazioni di limi sabbiosi avana giallastri.	4.50	%C=85		4.00 S 4.50					
3		Argille con limo di colore grigio-azzurro	3.50	%C=90							
4											
5											
6											
7											
8											
9											
10							(CS) 10.00				
11											
12											
13											
14											
15											

Figura 13 – Stratigrafia sondaggio geognostico S.1

 Il tecnico: Geol. Roberto Tommaselli Ordine Geologi di Basilicata n.273	Proponente:	REN 184 S.R.L.						
	Titolo:	Installazione di un impianto di produzione di energia da fonte solare denominato "Grottole 3" di potenza in immissione pari a 20.000,00 kw e potenza di picco pari a 19.996,99 kw- Comune di Grottole						
	Data:	Novembre 2021	Elaborato	R.2	Rev.	0.0	Pag. 24 di 44	

Sondaggio a carotaggio continuo S.1
 Data: 06/05/2021
 Quota: 134,0 m.s.l.m.
 Profondità raggiunta dal PC: -10.0 metri



Foto 1 – Ubicazione sondaggio geognostico S.1



Foto 2 – Sondaggio S1 da 0.00 a 5.00 metri



Foto 3 - Sondaggio S1 da 5.00 a 10.00 metri

Al fine di una valutazione sulle opere fondali i parametri geotecnici da utilizzare nei calcoli, escludendo lo spessore di terreno vegetazionale e/o riporto sono:

- Peso di volume $\gamma = 19,40 \text{ kN/m}^3$
- Peso di volume saturo $\gamma_{\text{Sat}} = 20,10 \text{ kN/m}^3$
- Contenuto acqua naturale $W = 18,90\%$
- Indice di plasticità $I_p = 12,90\%$
- Coesione $C = 26,3 \text{ kPa}$
- Angolo di attrito $\phi = 23,5^\circ$

Per una visione di dettaglio dei parametri geotecnici si rimanda ai certificati di laboratorio in allegato.

In ultimo si evidenzia che nel sito direttamente interessato dalla progettazione, non si segnalano livelli piezometrici prossimi al piano campagna che possono interferire con l'opera.

 Il tecnico: Geol. Roberto Tommaselli Ordine Geologi di Basilicata n.273	Proponente:	REN 184 S.R.L.					
	Titolo:	Installazione di un impianto di produzione di energia da fonte solare denominato "Grottole 3" di potenza in immissione pari a 20.000,00 kw e potenza di picco pari a 19.996,99 kw- Comune di Grottole					
	Data:	Novembre 2021	Elaborato	R.2	Rev.	0.0	Pag. 25 di 44

6. CARATTERIZZAZIONE SISMICA

6.1. PREMESSA

Sulla base della normativa sismica che fa riferimento alla Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n.3274 del 20.3.2003 ed in particolare le N.T.C.2018, di seguito sono esaminati i caratteri di sismicità della zona direttamente interessata dal progetto.

La Regione Basilicata con Deliberazione del Consiglio Regionale n. 731 del 19.11.2003 in attuazione dell'OPCM 3274 del 2003, ha classificato sismicamente i comuni regionali, ponendo il Comune di Grottole in zona sismica 3 (*Zona con pericolosità sismica bassa, che può essere soggetta a scuotimenti modesti*).

I criteri per l'aggiornamento della mappa di pericolosità sismica sono stati definiti nell'Ordinanza del PCM n. 3519/2006, che ha suddiviso l'intero territorio nazionale in quattro zone sismiche sulla base del valore dell'accelerazione orizzontale massima (a_g) su suolo rigido o pianeggiante, che ha una probabilità del 10% di essere superata in 50 anni. Già con l'entrata in vigore delle NTC 2008, attualmente N.T.C. 2018 è stata realizzata una mappa della pericolosità sismica che copre l'intero territorio nazionale. Dall'analisi di tale mappa messa a disposizione dall'INGV si evince che l'area in studio rientrante nel Comune di Grottole è caratterizzata da una accelerazione orizzontale al bedrock calcolata con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni compresa tra $0,150 a_g(g)$ e $0,175 a_g(g)$.

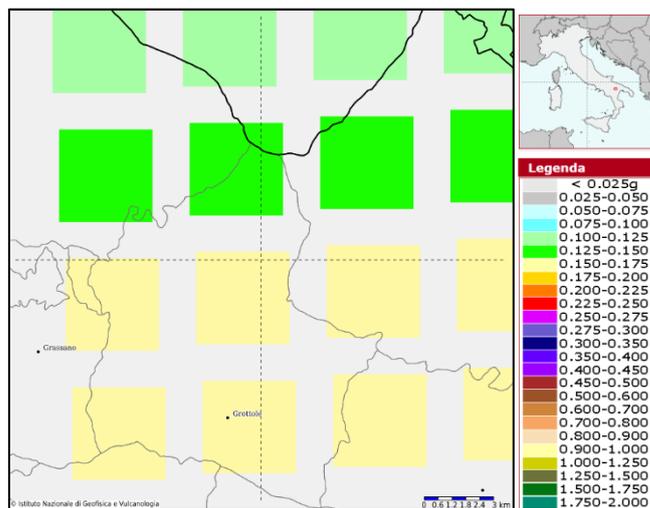


Figura 14 - Valori di pericolosità sismica espressi in termini di accelerazione massima del suolo con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni riferita a suoli rigidi ($V_{s30} > 800$ m/s cat.). Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia.

 Il tecnico: Geol. Roberto Tommaselli Ordine Geologi di Basilicata n.273	Proponente:	REN 184 S.R.L.					
	Titolo:	Installazione di un impianto di produzione di energia da fonte solare denominato "Grottole 3" di potenza in immissione pari a 20.000,00 kw e potenza di picco pari a 19.996,99 kw- Comune di Grottole					
	Data:	Novembre 2021	Elaborato	R.2	Rev.	0.0	Pag. 26 di 44

Tale discretizzazione sismica del territorio nazionale è stata recepita anche dalle NTC 2018. La normativa vigente prevede la verifica diretta della Risposta Sismica Locale con relativa identificazione dei parametri spettrali caratteristici del sito in studio, ovvero da la possibilità di eseguire una analisi semplificata utilizzando spettri di risposta sismica sintetici legati a specifiche categorie di suolo elencate nella tabella 1, legati alle caratteristiche topografiche del sito secondo quanto inserito in tabella 2.

Classe	Descrizione
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi</i> 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	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti</i> , 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	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti</i> 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	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti</i> , 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	<i>Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D</i> , con profondità del substrato non superiore a 30 m.

Tabella 1 - Classi di suolo (TAB 3.2.II NTC 2018)

Categorie topografiche	Categoria Caratteristiche della superficie topografica
T1	<i>Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$</i>
T2	<i>Pendii con inclinazione media $i > 15$</i>
T3	<i>Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$</i>
T4	<i>Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$</i>

Tabella 2 - Categorie topografiche (TAB 3.2.III NTC 2018)

 Il tecnico: Geol. Roberto Tommaselli Ordine Geologi di Basilicata n.273	Proponente:	REN 184 S.R.L.					
	Titolo:	Installazione di un impianto di produzione di energia da fonte solare denominato "Grottole 3" di potenza in immissione pari a 20.000,00 kw e potenza di picco pari a 19.996,99 kw- Comune di Grottole					
	Data:	Novembre 2021	Elaborato	R.2	Rev.	0.0	Pag. 27 di 44

6.2.STORIA SISMICA DEL SITO

Il terremoto è uno dei fenomeni che possono contribuire a innescare episodi di dissesto nel tessuto urbano, risulta necessario un esame puntuale della storia sismica di sito, per verificare se in passato si sono avuti effetti di danneggiamento nell'areale di studio. L'agro del Comune di Grottole appare interessato da alcuni eventi sismici. Attraverso la consultazione del Database Macrosismico Italiano DBMI15 messo a disposizione dall'INGV è stato possibile individuare gli eventi sismici che hanno interessato l'agro comunale a partire dall'anno 1000 fino al 2000. Dalla consultazione si osserva la presenza di un evento sismico significativo con intensità di MCS 8 avvenuto dall'area epicentrale denominata "Basilicata", come quella del 1857. Meritano di essere citati eventi con MCS 6-7, quelli del 1980 area epicentrale "Irpinia Basilicata" e 1990 area epicentrale denominata "Potentino".

Effetti	In occasione del terremoto del								
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	Io Mw
8	1857	12	16	21	15		Basilicata	340	11 7.12
6-7	1885	12	24	10	50		Basilicata	7	6-7 5.09
4	1887	12	03	03	45		Calabria settentrionale	142	8 5.55
NF	1905	09	08	01	43		Calabria centrale	895	10-11 6.95
5-6	1930	07	23	00	08		Irpinia	547	10 6.67
5-6	1956	01	09	00	44		Materano	45	6 4.72
NF	1963	02	13	12	45		Potentino	31	7 5.19
5-6	1978	09	24	08	07	4	Materano	121	6 4.75
6-7	1980	11	23	18	34	5	Irpinia-Basilicata	1394	10 6.81
6-7	1990	05	05	07	21	2	Potentino	1375	5.77
5-6	1990	08	28	19	02	5	Potentino	84	4.21
4	1991	04	18	19	24	0	Piana di Metaponto	26	4.13
5-6	1991	05	26	12	25	5	Potentino	597	7 5.08
3	1996	04	03	13	04	3	Irpinia	557	6 4.90
NF	2006	05	29	02	20	0	Gargano	384	4.64
NF	2006	06	22	19	34	5	Costa calabro settentrionale	161	4.70

Figura 15 - Storia sismica abitato di Grottole da INGV

 Il tecnico: Geol. Roberto Tommaselli Ordine Geologi di Basilicata n.273	Proponente:	REN 184 S.R.L.					
	Titolo:	Installazione di un impianto di produzione di energia da fonte solare denominato "Grottole 3" di potenza in immissione pari a 20.000,00 kw e potenza di picco pari a 19.996,99 kw- Comune di Grottole					
	Data:	Novembre 2021	Elaborato	R.2	Rev.	0.0	Pag. 28 di 44

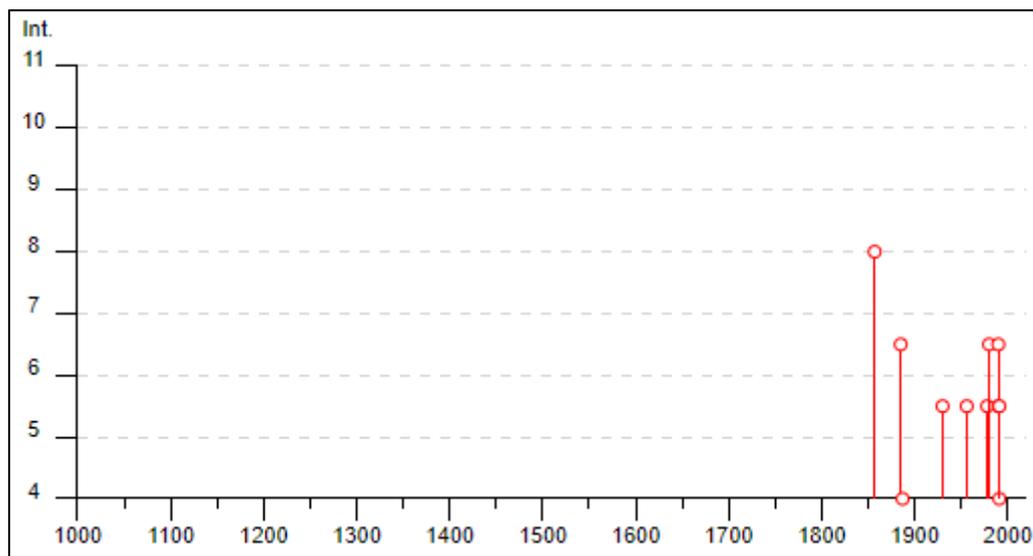


Figura 16 – Diagramma schematico storia sismica abitato di Grottole da INGV

6.3. CARATTERIZZAZIONE SISMICA SITO DI PROGETTO

Per la caratterizzazione di un sito, il D.M. 14/01/2008 prevedeva la determinazione della V_{s30} , dall'entrata in vigore delle nuove N.T.C./2018 (D.M. 17 gennaio 2018), ai fini della identificazione della categoria di sottosuolo di fondazione, la classificazione può effettuarsi in base ai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio entro i primi 30 m di profondità dal piano di posa delle fondazioni.

La velocità equivalente delle onde di taglio è definita dalla seguente espressione:

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

Dove:

- h_i : spessore (in metri) 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 V_S non inferiore a 800 m/s.

Le categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato sono definite riportate in tabella.

 Il tecnico: Geol. Roberto Tommaselli Ordine Geologi di Basilicata n.273	Proponente:	REN 184 S.R.L.					
	Titolo:	Installazione di un impianto di produzione di energia da fonte solare denominato "Grottole 3" di potenza in immissione pari a 20.000,00 kw e potenza di picco pari a 19.996,99 kw- Comune di Grottole					
	Data:	Novembre 2021	Elaborato	R.2	Rev.	0.0	Pag. 29 di 44

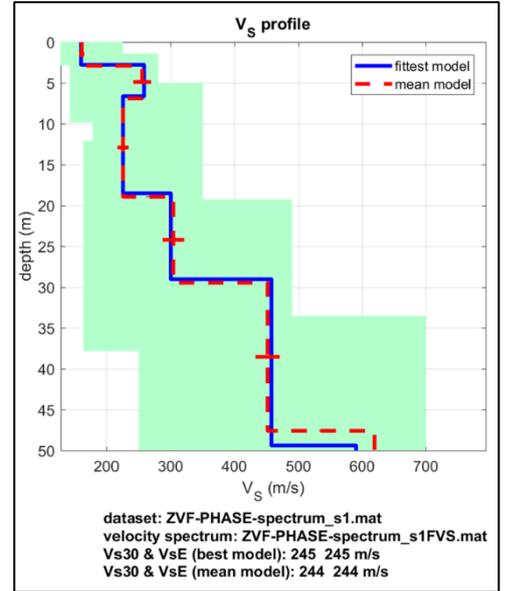
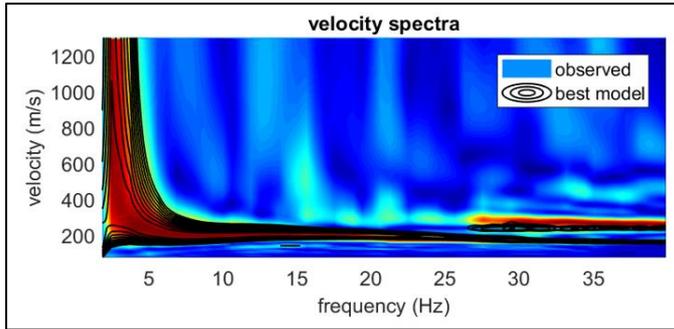
Classe	Descrizione
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi</i> caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti</i> , caratterizzata 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	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti</i> 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	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti</i> , 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	<i>Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D</i> , con profondità del substrato non superiore a 30 m.

Nel caso in esame, al fine di ottenere il dato della $V_{s,eq}$ è stato eseguito sul sito n.1 indagine sismica con metodologia MASW. Questa tipologia di indagine permette di stimare la velocità equivalente delle onde S relativamente al volume di suolo sotteso dallo stendimento realizzato, analizzando la velocità delle onde di Rayleigh.

L'indagine MASW in oggetto è stata condotta, utilizzando 24 geofoni da 4,5 Hz con distanza intergeofonica di 2,00 m per una lunghezza pari a 46,0 m ed una distanza di scoppio dal primo geofono pari a 10,0 m. L'analisi dei dati ha consentito di stimare un valore di circa 245.0 m/s, ciò porta a classificare il suolo di fondazione come suolo di categoria **C** (*Depositi 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.*).

 Il tecnico: Geol. Roberto Tommaselli Ordine Geologi di Basilicata n.273	Proponente:	REN 184 S.R.L.					
	Titolo:	Installazione di un impianto di produzione di energia da fonte solare denominato "Grottole 3" di potenza in immissione pari a 20.000,00 kw e potenza di picco pari a 19.996,99 kw- Comune di Grottole					
	Data:	Novembre 2021	Elaborato	R.2	Rev.	0.0	Pag. 30 di 44

MASW n.1



Spettro di velocità e curva di dispersione individuata MASW 1 Profilo delle velocità delle onde S MASW 1



Foto 4 - ubicazione indagine sismica MASW 1

Profondità dal piano campagna (m)	Spessore del sismostrato (m)	Velocità onde S (m/s)
2,8	2,8	160
6,6	3,8	258
18,5	11,9	225
29	10,5	300
49,3	20,3	458
50	0,7	591

L'analisi dei dati ha consentito di stimare un valore di V_{Seq} , per i primi 30 m dal piano campagna, pari a **245 m/s**.

 Il tecnico: Geol. Roberto Tommaselli Ordine Geologi di Basilicata n.273	Proponente:	REN 184 S.R.L.					
	Titolo:	Installazione di un impianto di produzione di energia da fonte solare denominato "Grottole 3" di potenza in immissione pari a 20.000,00 kw e potenza di picco pari a 19.996,99 kw- Comune di Grottole					
	Data:	Novembre 2021	Elaborato	R.2	Rev.	0.0	Pag. 31 di 44

6.4. RISPOSTA SIMICA LOCALE (RSL)

Lo studio di risposta sismica locale consiste nel descrivere il comportamento di un sito in condizioni dinamiche e nel valutare se e in quale misura un sito è suscettibile di amplificazione sismica. L'amplificazione sismica di un sito dipende da molteplici fattori legati essenzialmente alle caratteristiche stratigrafiche, geotecniche e sismiche di un sito e alla capacità dello stesso di smorzare l'energia sismica o di intrappolarla e dunque amplificarla. L'effetto di amplificazione sismica si ottiene quando un terreno soffice con bassa velocità di propagazione delle onde sismiche è posto al di sopra di un terreno rigido (bedrock), caratterizzato da una velocità di propagazione delle onde sismiche maggiore di 800 m/s (NTC 2018). Ovviamente vanno considerate a corredo anche gli spessori dei terreni e le loro caratteristiche geotecniche.

Per la redazione della R.S.L. per il sito in oggetto, a seguito di quanto emerso dallo studio geologico, si può asserire che le condizioni di sito consentono un approccio semplificato dell'analisi.

6.4.1. ANALISI GENERALE DA NORMATIVA

L'area di progetto è stata individuata attraverso le seguenti coordinate ED50: latitudine: 40,662576; longitudine: 16,400936. Di seguito si riportano i parametri caratteristici del sito:

Zona sismica	Zona 3	
Vita nominale della struttura	50 anni	
Classe d'uso	I – Presenza occasionale di persone, edifici agricoli.	
Coefficiente C_u	0,7	
Periodo di riferimento per l'azione sismica – $V_R = V_N * C_u$	50 anni	
Categoria suolo di fondazione	C ($V_{seq} = 245$ m/s)	
Categoria topografica	T1 (pianeggianti e subpianeggianti)	

Tabella 1 - Parametri caratteristici del sito di progetto

Il D.Lgs. 11/01/2008 "Norme Tecniche per le Costruzioni" prevede la verifica della sicurezza e delle prestazioni di tutte le strutture agli Stati Limite durante la propria Vita Nominale.

Gli Stati Limite da valutare sono:

SLU Stato Limite Ultimo – che ha un carattere irreversibile

SLE Stato Limite di Esercizio – che può avere carattere sia reversibile che irreversibile.

In presenza di una azione sismica gli Stati Limite da considerare sono:

per lo Stato Limite Ultimo SLU

<p>Il tecnico: Geol. Roberto Tommaselli Ordine Geologi di Basilicata n.273</p>	Proponente:	REN 184 S.R.L.					
	Titolo:	Installazione di un impianto di produzione di energia da fonte solare denominato "Grottole 3" di potenza in immissione pari a 20.000,00 kw e potenza di picco pari a 19.996,99 kw- Comune di Grottole					
	Data:	Novembre 2021	Elaborato	R.2	Rev.	0.0	Pag. 32 di 44

- SLV - Stato Limite di salvaguardia della Vita
- SLC - Stato Limite di prevenzione del Collasso

per lo Stato Limite di Esercizio SLE

- SLO – Stato Limite di Operatività
- SLD - Stato Limite del Danno

Le probabilità di superamento nel periodo di riferimento PVR, cui riferirsi per individuare l'azione sismica agente in ciascuno degli stati limite considerati, sono riportate nella Tabella sottostante.

Stati Limite	PVR: Probabilità di superamento nel periodo di riferimento VR	
Stati limite di esercizio	SLO	81%
	SLD	63%
Stati limite ultimi	SLV	10%
	SLC	5%

Tabella 2 - Stati limite e probabilità di superamento

Di seguito sono forniti i dati e i grafici inerenti la Pericolosità Sismica del Sito nonché i parametri sismici normativi:

T_R [anni]	a_g [g]	F_o [-]	T_{c^*} [s]
30	0,040	2,489	0,287
50	0,054	2,506	0,313
72	0,065	2,502	0,324
101	0,079	2,426	0,332
140	0,091	2,453	0,339
201	0,106	2,475	0,342
475	0,149	2,500	0,351
975	0,189	2,547	0,357
2475	0,249	2,595	0,363

Tabella 3 - Individuazione dei parametri a_g , F_o e T_{c^*} per differenti periodi di ritorno (T_R)

 Il tecnico: Geol. Roberto Tommaselli Ordine Geologi di Basilicata n.273	Proponente:	REN 184 S.R.L.					
	Titolo:	Installazione di un impianto di produzione di energia da fonte solare denominato "Grottole 3" di potenza in immissione pari a 20.000,00 kw e potenza di picco pari a 19.996,99 kw- Comune di Grottole					
	Data:	Novembre 2021	Elaborato	R.2	Rev.	0.0	Pag. 33 di 44

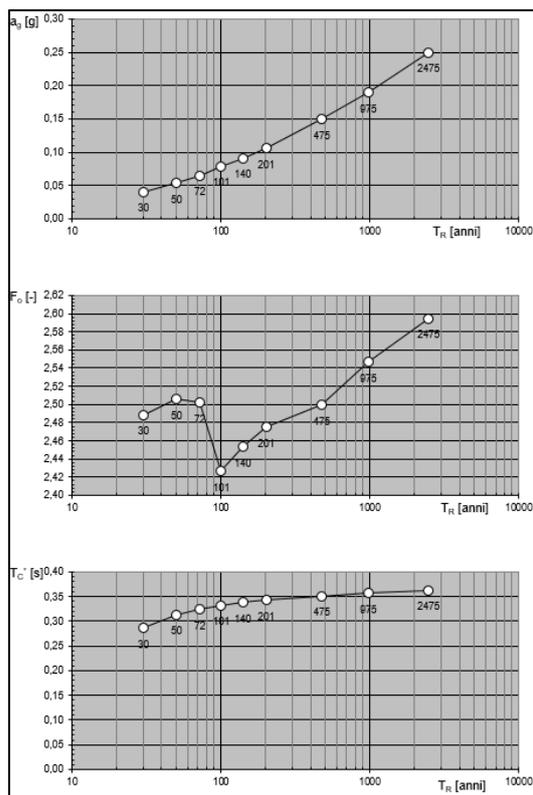


Figura 16 - Distribuzione dei parametri a_g , F_o e T_{c^*} per differenti periodi di ritorno (TR) elaborati mediante il programma Excel "Spettri-NTC (ver. 1.0.3).

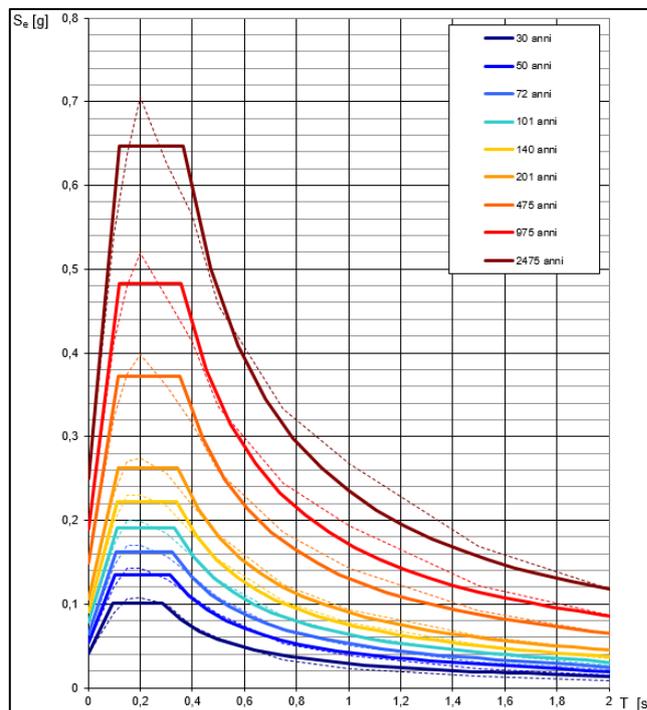


Figura 17 - Spettri di risposta elastica per differenti periodi di ritorno (TR) elaborati mediante il programma Excel "Spettri-NTC (ver. 1.0.3). Si evidenzia che con linea continua si rappresentano gli spettri di Normativa, con linea tratteggiata gli spettri del progetto S1-INGV da cui sono derivati.

6.4.2. CALCOLO FATTORI AMPLIFICAZIONE SISMICA FA, FV

Lo studio di Risposta Sismica Locale consiste nel descrivere il comportamento di un sito in condizioni dinamiche e nel valutare se e in quale misura un sito è suscettibile di amplificazione sismica. L'amplificazione sismica di un sito dipende da molteplici fattori legati essenzialmente alle caratteristiche stratigrafiche, geotecniche e sismiche di un sito e alla capacità dello stesso di smorzare l'energia sismica o di intrappolarla e dunque amplificarla. L'effetto di amplificazione sismica si ottiene quando un terreno soffice con bassa velocità di propagazione delle onde sismiche è posto al di sopra di un terreno rigido (bedrock), caratterizzato da una velocità di propagazione delle onde sismiche maggiore di 800 m/s (NTC 2018). Ovviamente vanno considerate a corredo anche gli spessori dei terreni e le loro caratteristiche geotecniche.

Per il sito in studio è stata seguita una analisi di II Livello attraverso l'utilizzo degli abachi, utilizzando la procedura indicata da "indirizzi e criteri per la microzonazione sismica (Parte III, Par. 3.2.4)". In riferimento alla L.R. n.9 del 7 giugno 2011, nella quale si stabiliscono i parametri

 Il tecnico: Geol. Roberto Tommaselli Ordine Geologi di Basilicata n.273	Proponente:	REN 184 S.R.L.					
	Titolo:	Installazione di un impianto di produzione di energia da fonte solare denominato "Grottole 3" di potenza in immissione pari a 20.000,00 kw e potenza di picco pari a 19.996,99 kw- Comune di Grottole					
	Data:	Novembre 2021	Elaborato	R.2	Rev.	0.0	Pag. 34 di 44

di accelerazione di picco e la coppia magnitudo distanza relativa ai singoli Comuni della regione Basilicata (All.1 L.R. 9 7/5/2011), per il Comune di Grottole sono stati definiti i seguenti parametri: Zona sismica 3; PGA 0,149g; Magnitudo 5,04; distanza 10,4 Km.

La procedura di calcolo dei fattori di amplificazione sismica FA (fattore di amplificazione in termine di accelerazione del moto sismico) ed FV (fattore di amplificazione in termine di velocità del moto sismico) è stato effettuato attraverso l'utilizzo degli abachi. La scelta del giusto abaco è stata effettuata considerando i seguenti parametri di input:

- 1) Il modello sismostratigrafico è stato ricostruito attraverso l'esecuzione di una indagine geofisica MASW. La sismostratigrafia ottenuta dalle indagini MASW ha permesso di stimare la sismostratigrafia fino a 30 m dal P.C. definendo un valore di V_{s30} pari a 245 m/s. Considerando la regolarità con cui la velocità delle onde S aumenta con la profondità, è stato possibile stimare la profondità del bedrock ($V_s = 800$ m/s) mantenendo costante la linea di tendenza ottenuta interpolando i valori dei punti di ginocchio riscontrati nell'indagine MASW.

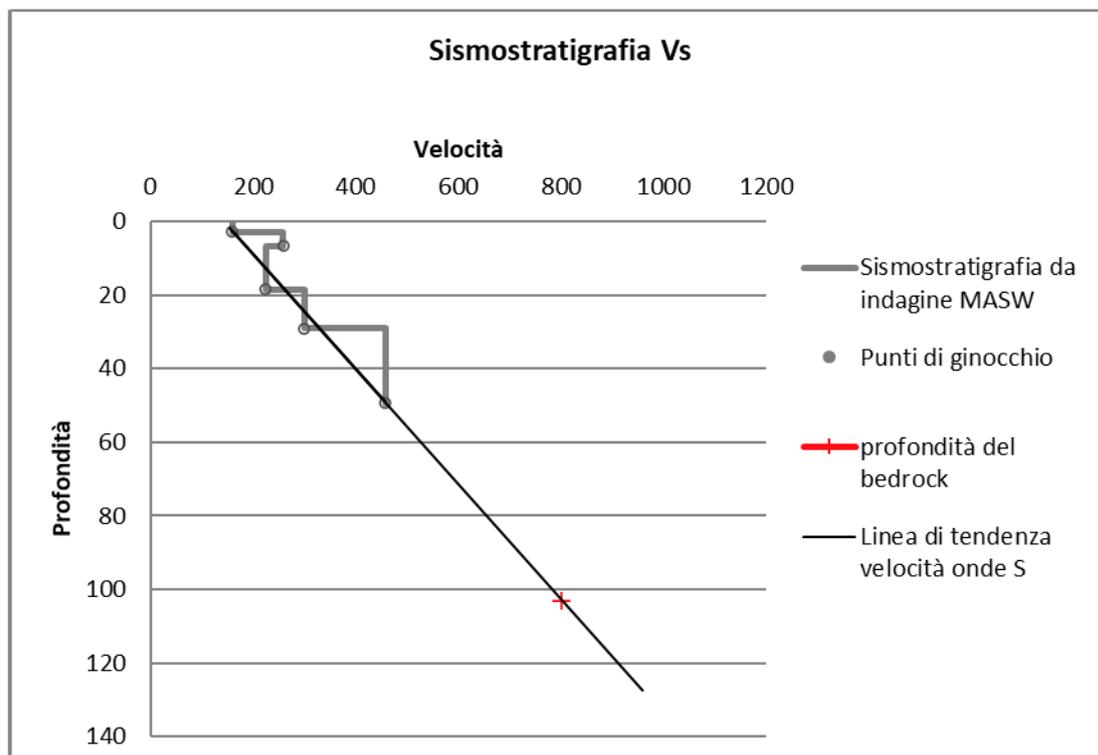


Figura 18- Rappresentazione grafica della stima della profondità del bedrock

L'analisi dei dati, così eseguita ha determinato un valore della profondità del bedrock pari a 103 m dal P.C.

 Il tecnico: Geol. Roberto Tommaselli Ordine Geologi di Basilicata n.273	Proponente:	REN 184 S.R.L.					
	Titolo:	Installazione di un impianto di produzione di energia da fonte solare denominato "Grottole 3" di potenza in immissione pari a 20.000,00 kw e potenza di picco pari a 19.996,99 kw- Comune di Grottole					
	Data:	Novembre 2021	Elaborato	R.2	Rev.	0.0	Pag. 35 di 44

Fattore di amplificazione		Tipo di terreno		a_g (g)		Profilo di velocità					
FV		Argilla		0.18g		Lineare pendenza intermedia					
		V_{op} (m/s)									
		150	200	250	300	350	400	450	500	600	700
H	5	1.18	1.09	1.04	1.03	1.02	1.01	1.01	1.01	1.00	1.00
	10	2.32	1.54	1.18	1.11	1.08	1.05	1.03	1.02	1.01	1.00
	15	2.99	2.13	1.61	1.29	1.16	1.11	1.07	1.05	1.02	1.01
	20	3.15	2.56	1.93	1.56	1.32	1.18	1.13	1.09	1.04	1.01
	25	3.05	2.76	2.23	1.78	1.49	1.30	1.19	1.13	1.06	1.02
	30	-	2.75	2.38	1.97	1.64	1.42	1.28	1.18	1.08	1.03
	35	-	2.70	2.49	2.06	1.74	1.52	1.35	1.23	1.10	1.03
	40	-	2.65	2.45	2.15	1.82	1.59	1.41	1.27	1.12	1.04
	50	-	2.45	2.39	2.17	1.94	1.71	1.52	1.37	1.17	1.05
	60	-	2.41	2.29	2.12	1.91	1.74	1.58	1.43	1.20	1.06
	70	-	2.20	2.16	2.06	1.89	1.72	1.56	1.43	1.21	1.08
	80	-	2.07	2.14	1.97	1.85	1.69	1.56	1.44	1.22	1.09
	90	-	2.06	2.01	1.92	1.77	1.66	1.54	1.43	1.23	1.09
	100	-	2.03	1.93	1.89	1.73	1.61	1.51	1.41	1.23	1.09
	110	-	1.98	1.92	1.82	1.70	1.58	1.48	1.38	1.22	1.09
	120	-	1.97	1.91	1.75	1.67	1.55	1.45	1.37	1.21	1.08
130	-	1.94	1.87	1.73	1.63	1.53	1.43	1.34	1.19	1.06	
140	-	1.88	1.83	1.74	1.59	1.50	1.40	1.32	1.18	1.05	
150	-	1.83	1.80	1.72	1.54	1.46	1.39	1.30	1.17	1.04	

Figura 20 - abaco utilizzato per la determinazione di FV

In conclusione i valori di amplificazione sismica per l'area in oggetto sono:

- FA = 1,33
- FV = 1,61

6.5. CARTA DELLA MICROZONAZIONE SISMICA

Data la tipologia degli obiettivi prefissi dal presente studio geologico (variante al Regolamento Urbanistico), è stato necessario elaborare una carta della zonazione sismica del sito di progetto (All. A.12.a.24).

La conoscenza stratigrafica acquisita durante lo studio, e la campagna di indagini sismiche condotte puntualmente in sito, con l'ausilio di dati bibliografici dell'area, hanno permesso di poter fare una valutazione sulle zone omogenee in prospettiva sismica.

Col fine di uniformare quanto più possibile il presente lavoro agli standard normativi, si è utilizzata la classificazione delle microzone omogenee in prospettiva sismica (carta delle MOPS) riportate negli "Standard di Rappresentazione e Archiviazione Informatica" del Servizio Sismico Nazionale.

 Il tecnico: Geol. Roberto Tommaselli Ordine Geologi di Basilicata n.273	Proponente:	REN 184 S.R.L.					
	Titolo:	Installazione di un impianto di produzione di energia da fonte solare denominato "Grottole 3" di potenza in immissione pari a 20.000,00 kw e potenza di picco pari a 19.996,99 kw- Comune di Grottole					
	Data:	Novembre 2021	Elaborato	R.2	Rev.	0.0	Pag. 37 di 44



Figura 21 - standard legenda per la carta delle MOPS

Con riferimento al sito in oggetto, data la natura litologico stratigrafica l'area è classificabile come zona *stabile suscettibile di amplificazioni locali*, ove affiorano limi con argille, che presentano spessori di oltre 30 metri dal P.C..

Non sono presenti sul sito forme morfologiche di superficie che possano influire.

In ultimo sono stati riportati i valori di amplificazione sismica locali calcolati nel presente studio (FA = 1,33; FV = 1,61).

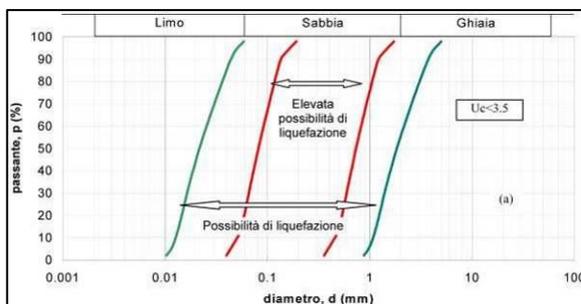
6.6.VERIFICA RISCHIO LIQUEFAZIONE

In terreni saturi sabbiosi sollecitati in condizioni non drenate da azioni cicliche dinamiche, possono essere soggette al rischio liquefazione. Con tale termine si comprende una serie di fenomeni associati alla perdita di resistenza al taglio o ad accumulo di deformazioni plastiche.

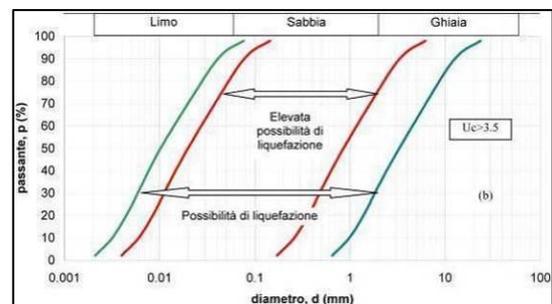
 Il tecnico: Geol. Roberto Tommaselli Ordine Geologi di Basilicata n.273	Proponente:	REN 184 S.R.L.					
	Titolo:	Installazione di un impianto di produzione di energia da fonte solare denominato "Grottole 3" di potenza in immissione pari a 20.000,00 kw e potenza di picco pari a 19.996,99 kw- Comune di Grottole					
	Data:	Novembre 2021	Elaborato	R.2	Rev.	0.0	Pag. 38 di 44

L'avvenuta liquefazione si manifesta, in presenza di manufatti, attraverso la perdita di capacità portante e/o lo sviluppo di elevati cedimenti e rotazioni. Con riferimento alla normativa vigente (NTC 2018), la verifica a liquefazione può essere omessa quando si manifesti almeno una delle seguenti circostanze:

1. accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di 0,1g;
2. profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;
3. depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata $(N_1)_{60} > 30$ oppure $q_{c1N} > 180$ dove $(N_1)_{60}$ è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (Standard Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e q_{c1N} è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (Cone Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa;
4. distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nel grafico a), nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c < 3.5$ e nel grafico b) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c > 3.5$.



a)



b)

Quando la condizione 1 non risulti soddisfatta, le indagini geotecniche devono essere finalizzate almeno alla determinazione dei parametri necessari per la verifica delle condizioni 2, 3 e 4.

Con riferimento specifico alle condizioni geologiche del sito di progetto, si può asserire quanto segue:

- a) non sono presenti livelli piezometrici nei primi 15 metri dal piano campagna;

 Il tecnico: Geol. Roberto Tommaselli Ordine Geologi di Basilicata n.273	Proponente:	REN 184 S.R.L.					
	Titolo:	Installazione di un impianto di produzione di energia da fonte solare denominato "Grottole 3" di potenza in immissione pari a 20.000,00 kw e potenza di picco pari a 19.996,99 kw- Comune di Grottole					
	Data:	Novembre 2021	Elaborato	R.2	Rev.	0.0	Pag. 39 di 44

b) al disotto dello spessore di limo con argilla debolmente sabbioso riscontrato nell'esecuzione dei sondaggi geognostici, sono presenti terreni argillosi per spessori di oltre 50.0 metri.

In considerazione della natura litologica riscontrata, si può ritenere assente il rischio alla liquefazione in caso di forte evento sismico.

 Il tecnico: Geol. Roberto Tommaselli Ordine Geologi di Basilicata n.273	Proponente:	REN 184 S.R.L.					
	Titolo:	Installazione di un impianto di produzione di energia da fonte solare denominato "Grottole 3" di potenza in immissione pari a 20.000,00 kw e potenza di picco pari a 19.996,99 kw- Comune di Grottole					
	Data:	Novembre 2021	Elaborato	R.2	Rev.	0.0	Pag. 40 di 44

7. CARTA DI SINTESI DELLA PERICOLOSITÀ E CRITICITÀ GEOLOGICA E GEOMORFOLOGICA

In conformità a quanto previsto dalla normativa Regionale (nell'Allegato "B" della L.R. n.23 del 11/08/1999 "Legge Urbanistica Regionale") per il presente studio geologico a corredo di Varianti a Regolamenti Urbanistici, è stata redatta la carta di sintesi della pericolosità e criticità geologica e geomorfologica dell'area in oggetto.

Questo importante tematismo è basato sulla suddivisione in 4 livelli di criticità, ogni livello è distinto in due categorie a secondo si tratti di aree pianeggianti o di versante.

Le classi previste sono di seguito riportate.

I - Aree non critiche

Ia) aree di pianura (aree non esondabili ed esenti da criticità idrauliche o idrologiche)

Ib) aree su versante (esenti da problematiche di stabilità)

II - Aree con criticità puntuali e moderate

IIa) aree di pianura (aree non esondabili, con fenomeni di erosione localizzati)

IIb) aree su versante (globalmente stabili, con modesti fenomeni di instabilità puntuale)

III - Aree con criticità di livello medio e diffuso

IIIa) aree di pianura (aree esondabili per piene straordinarie e/o con fenomeni di erosione diffusa)

IIIb) area su versante (versanti in stabilità precaria)

IV - Aree con criticità di livello elevato sia puntuale che diffuso

IVa) aree di pianura (aree esondabili per piene ordinarie e/o con fenomeni erosivi intensi)

IVb) aree su versante (con erosione attiva a danno dei litorali e/o delle coste rocciose)

 Il tecnico: Geol. Roberto Tommaselli Ordine Geologi di Basilicata n.273	Proponente:	REN 184 S.R.L.					
	Titolo:	Installazione di un impianto di produzione di energia da fonte solare denominato "Grottole 3" di potenza in immissione pari a 20.000,00 kw e potenza di picco pari a 19.996,99 kw- Comune di Grottole					
	Data:	Novembre 2021	Elaborato	R.2	Rev.	0.0	Pag. 41 di 44

Dopo l'esame dei caratteri litologici, morfologici, idrogeologici, geotecnici, sismici e di stabilità globale del sito, si procede all'analisi della situazione geo-morfologica generale. La rappresentazione grafica dell'analisi critica deriva dai risultati degli studi eseguiti, è riportata nella Carta di Sintesi della Pericolosità e Criticità Geologica e Geomorfologica (vedi allegato A.a.12.23).

Tale carta deriva dalla sovrapposizione degli elaborati di base e tematici precedentemente descritti e riporta la classificazione del territorio in classi riferite alle esigenze e/o possibilità di tutela, uso e trasformabilità in funzione delle criticità e delle problematiche geologiche e geomorfologiche, includendo i rischi conseguenti riscontrati durante le analisi.

Area impianto

L'intera area in cui ricade l'impianto in oggetto rientra integralmente in zone di versante nella categoria Ia.

Ia - *aree non esondabili ed esenti da criticità idrauliche o idrologiche. (Area utilizzabile)*

È caratterizzata da Limi argillosi, avana nei primi 5 metri seguiti da argille con limo di colore grigio-azzurro, con buone caratteristiche geomeccaniche.

Non si evidenziano fenomeni di instabilità in atto e potenziali, neanche di tipo puntuale.

L'area è idonea ed utilizzabile ai fini del progetto proposto.

 Il tecnico: Geol. Roberto Tommaselli Ordine Geologi di Basilicata n.273	Proponente:	REN 184 S.R.L.					
	Titolo:	Installazione di un impianto di produzione di energia da fonte solare denominato "Grottole 3" di potenza in immissione pari a 20.000,00 kw e potenza di picco pari a 19.996,99 kw- Comune di Grottole					
	Data:	Novembre 2021	Elaborato	R.2	Rev.	0.0	Pag. 42 di 44

8. CONCLUSIONI

L'oggetto del presente studio è stato quello di fornire un quadro completo delle caratteristiche geologiche, morfologiche, idrogeologiche, geotecniche e sismiche a corredo dalla progettazione per l'installazione di un impianto di produzione di energia da fonte solare denominato "Grottole 3" di potenza in immissione pari a 20.000,00 kw e potenza di picco pari a 19.996,99 kw da realizzare in agro del Comune di Grottole (MT).

Dalle risultanze ottenute, sulla base degli elementi a disposizione, considerando quanto scaturito dal rilevamento geologico di superficie e dall'analisi geotecnica e sismica condotta, si ritiene l'area geologicamente idonea e compatibile con quanto previsto in progetto.

Con riferimento alle aree a rischio individuate dall'Autorità Interregionale di Bacino della Basilicata l'area di Progetto non presenta interferenze con aree a Pericolosità Idraulica ne Geomorfologica; non vi sono manifestazioni di dissesto ne in atto ne potenziali.

Al fine del calcolo sulle fondazioni delle diverse strutture, i parametri geotecnici da utilizzare, escludendo eventuali spessori di terreno vegetazionale e/o riporto sono:

- Peso di volume $\gamma = 19,40 \text{ kN/m}^3$
- Peso di volume saturo $\gamma_{\text{Sat}} = 20,10 \text{ kN/m}^3$
- Contenuto acqua naturale $W = 18,90\%$
- Indice di plasticità $I_p = 12,90\%$
- Coesione $C = 26,3 \text{ kPa}$
- Angolo di attrito $\phi = 23,5^\circ$

Nel sito direttamente interessato dalla progettazione, non si segnalano livelli piezometrici prossimi al piano campagna che possono interferire con l'opera.

Come già accennato in precedenza, il sito ricade nel territorio del Comune di Grottole, che risulta classificato come zona a rischio sismico 3.

Con riferimento a quanto già descritto in precedenza, il valore di $V_{s,eq}$ da considerare è di 245.0 m/s, ciò porta a classificare il suolo di fondazione come suolo di categoria **C** (*Depositi 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.*). Ai sensi della L.R. n.23 del 11/08/1999 "Legge Urbanistica Regionale" e alla L.R. n.9 del

 Il tecnico: Geol. Roberto Tommaselli Ordine Geologi di Basilicata n.273	Proponente:	REN 184 S.R.L.					
	Titolo:	Installazione di un impianto di produzione di energia da fonte solare denominato "Grottole 3" di potenza in immissione pari a 20.000,00 kw e potenza di picco pari a 19.996,99 kw- Comune di Grottole					
	Data:	Novembre 2021	Elaborato	R.2	Rev.	0.0	Pag. 43 di 44

07/06/2011 "Disposizioni Urgenti in Materia di Microzonazione Sismica", e facendo riferimento a quanto riportato negli "Indirizzi e Criteri Generali per gli Studi di Microzonazione Sismica", è stato effettuato uno studio di Microzonazione Sismica. L'analisi della Risposta Sismica Locale ha consentito di determinare i valori di amplificazione del sito che sono risultati FA = 1,33 e FV = 1,61. Per una visione di dettaglio si rimanda al paragrafo 6.4.2.

Dall'analisi delle indagini e delle osservazioni sopra descritte, si è potuta realizzare la "Carta di Sintesi della Pericolosità e Criticità Geologica e Geomorfologica", così come descritto nell'Allegato "B" della L.R. n.23 del 11/08/1999 "Legge Urbanistica Regionale".

Con riferimento alla carta in allegato l'area di impianto interessata dalla realizzazione dell'impianto è classificata **Ia** - *aree non esondabili ed esenti da criticità idrauliche o idrologiche. (Area utilizzabile)*.

Matera Novembre 2021

Il geologo
Geol. Roberto Tommaselli

Allegati:

- Certificati analisi geotecniche di laboratorio;
- Relazione prospezioni sismiche.

 Il tecnico: Geol. Roberto Tommaselli Ordine Geologi di Basilicata n.273	Proponente:	REN 184 S.R.L.					
	Titolo:	Installazione di un impianto di produzione di energia da fonte solare denominato "Grottole 3" di potenza in immissione pari a 20.000,00 kw e potenza di picco pari a 19.996,99 kw- Comune di Grottole					
	Data:	Novembre 2021	Elaborato	R.2	Rev.	0.0	Pag. 44 di 44

Prove geotecniche su terre e rocce



Prove per marcatura CE



Indagini geofisiche



Monitoraggio inclinometrico



Laborgeo s.r.l.
Via Dei Mestieri n° 16 – 75100 MATERA
Tel. 0835.387641 - E-mail: laborgeo@tin.it

LABORGEO

UNI EN ISO 9001:2015

Art. 59 DPR 380/2001 – Circ. 7618/STC – C.S.L.P.

Decreto 0000073 del 09.04.2020 Settore "A" e "B"

Prove di laboratorio su Terre, Rocce e Aggregati

IMPIANTO FOTOVOLTAICO DENOMINATO "GROTTOLE 3"

Committente:
STUDIO ENERGY SRL

Verbale di accettazione n° 123T/2021 del 11.05.2021

Certificati emessi dal n° 2226T/2021 al n° 2231T/2021

COMMITTENTE:	STUDIO ENERGY SRL		
RIFERIMENTO:	IMPIANTO FOTOVOLTAICO DENOMINATO GROTTOLE 3		
SONDAGGIO:	G3	CAMPIONE:	1
		PROFONDITA': m	4.00 - 4.40

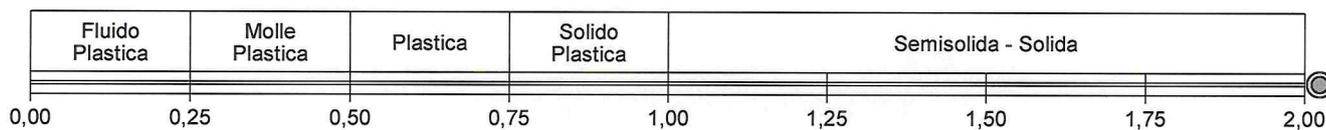
CLASSIFICA BASATA SULLA GRANULOMETRIA

Classifica A.G.I.	Limo con argilla debolmente sabbioso
-------------------	--------------------------------------

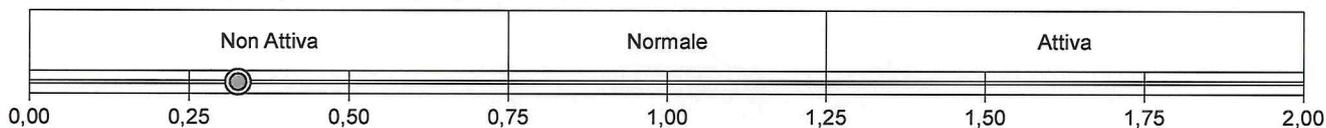
CLASSIFICHE BASATE SUI LIMITI DI CONSISTENZA

Abaco di plasticità di Casagrande	MI o OI - Limi inorganici o argille e limi organici a media compressibilità
-----------------------------------	---

I.C. = Indice di consistenza = $(LL - W_n) / IP = 2,14$

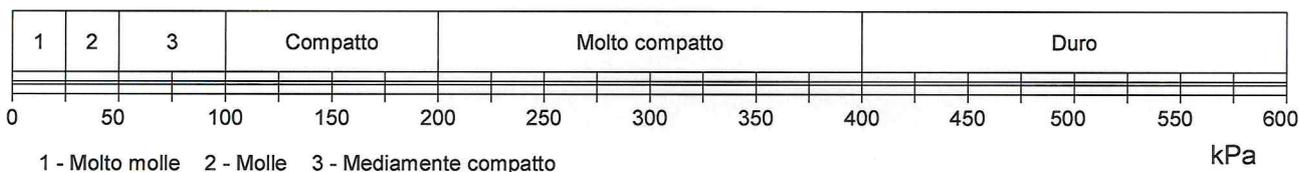


A = Attività (Skempton) = IP / CF (clay fraction) = 0,33



CLASSIFICA BASATA SULLA COESIONE NON DRENATA

Coesione non drenata = 0 kPa

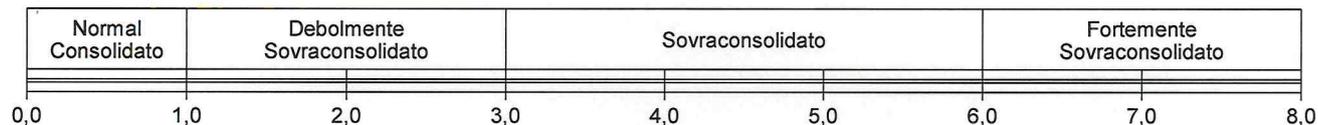


CLASSIFICA BASATA SULLA PRECONSOLIDAZIONE

Pressione del campione in sito = 0,0kPa

Pressione di preconsolidazione [da Prova Edometrica] = 0,0kPa

O.C.R. (Over Consolidation Ratio) = 0,00



Argilla di colore marrone - bruno

CERTIFICATO DI PROVA N°: 02226 Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 01/06/21	Inizio analisi: 13/05/21
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: VA122T-21 del 12.05.21	Apertura campione: 12.05.21	Fine analisi: 14/05/21

COMMITTENTE: STUDIO ENERGY SRL		
RIFERIMENTO: IMPIANTO FOTOVOLTAICO DENOMINATO GROTTOLE 3		
SONDAGGIO: G3	CAMPIONE: 1	PROFONDITA': m 4.00 - 4.40

CONTENUTO D'ACQUA ALLO STATO NATURALE

Modalità di prova: Norma ASTM D 2216

Wn = contenuto d'acqua allo stato naturale = 18,9 %

Struttura del materiale:

Omogeneo
 Stratificato
 Caotico

Temperatura di essiccazione: 110 °C

Argilla di colore marrone - bruno



CERTIFICATO DI PROVA N°: 02227	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 01/06/21	Inizio analisi: 13/05/21
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: VA122T-21 del 12.05.21		Apertura campione: 12.05.21	Fine analisi: 13/05/21

COMMITTENTE: STUDIO ENERGY SRL			
RIFERIMENTO: IMPIANTO FOTOVOLTAICO DENOMINATO GROTTOLE 3			
SONDAGGIO: G3	CAMPIONE: 1	PROFONDITA': m	4.00 - 4.40

PESO DI VOLUME ALLO STATO NATURALE

Modalità di prova: Norma BS 1377 T 15/E

Determinazione eseguita mediante fustella tarata

Peso di volume allo stato naturale = 19,4 kN/m³

Argilla di colore marrone - bruno

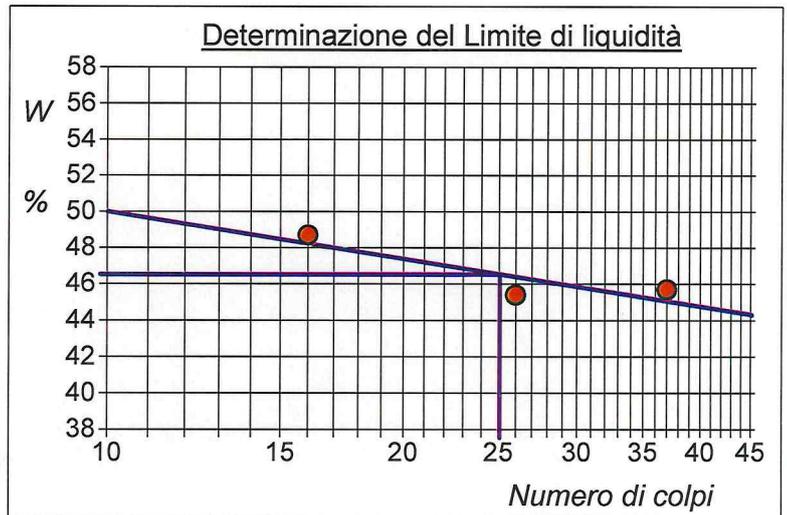


CERTIFICATO DI PROVA N°: 02229	Allegato 1	DATA DI EMISSIONE: 01/06/21	Inizio analisi: 25/05/21
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: VA122T-21 del 12.05.21		Apertura campione: 12.05.21	Fine analisi: 26/05/21
COMMITTENTE: STUDIO ENERGY SRL			
RIFERIMENTO: IMPIANTO FOTOVOLTAICO DENOMINATO GROTTOLE 3			
SONDAGGIO: G3	CAMPIONE: 1	PROFONDITA': m 4.00 - 4.40	

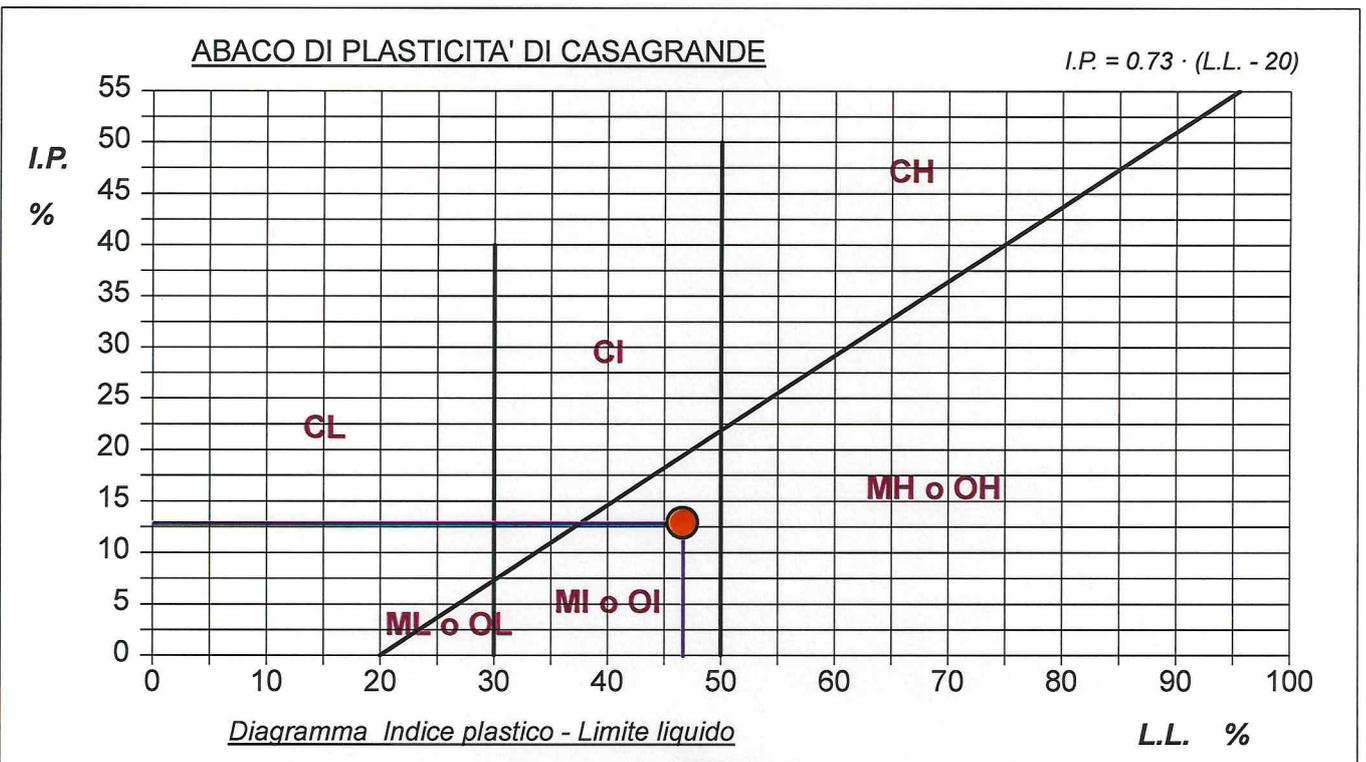
ABACO DI CASAGRANDE

Modalità di prova: Norma ASTM D 4318

Limite di liquidità	46,6	%
Limite di plasticità	33,7	%
Indice di plasticità	12,9	%
Indice di consistenza	2,14	
Passante al set. n° 40	SI	



C - Argille inorganiche	L - Bassa compressibilità
<u>M - Limi inorganici</u>	<u>I - Media compressibilità</u>
<u>O - Argille e limi organici</u>	H - Alta compressibilità



Argilla di colore marrone - bruno



CERTIFICATO DI PROVA N°: 02230	Allegato 1	DATA DI EMISSIONE: 01/06/21	Inizio analisi: 25/05/21
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: VA122T-21 del 12.05.21		Apertura campione: 12.05.21	Fine analisi: 26/05/21

COMMITTENTE: STUDIO ENERGY SRL			
RIFERIMENTO: IMPIANTO FOTOVOLTAICO DENOMINATO GROTTOLE 3			
SONDAGGIO: G3	CAMPIONE: 1	PROFONDITA': m	4.00 - 4.40

CLASSIFICAZIONE DEL TERRENO

Classificazione secondo: CNR-UNI 10006/00

ANALISI GRANULOMETRICA

Passante setaccio 10 (2 mm)	100,0	%
Passante setaccio 40 (0.42 mm)	99,8	%
Passante setaccio 200 (0.075 mm)	94,7	%

LIMITI DI CONSISTENZA

Limite di liquidità	46,6	%
Limite di plasticità	33,7	%
Indice di plasticità	12,9	%

CLASSIFICAZIONE DEL TERRENO: A7-5

INDICE DI GRUPPO: 10

Tipi usuali dei materiali principali:

Argille fortemente compressibili mediamente plastiche

Argilla di colore marrone - bruno

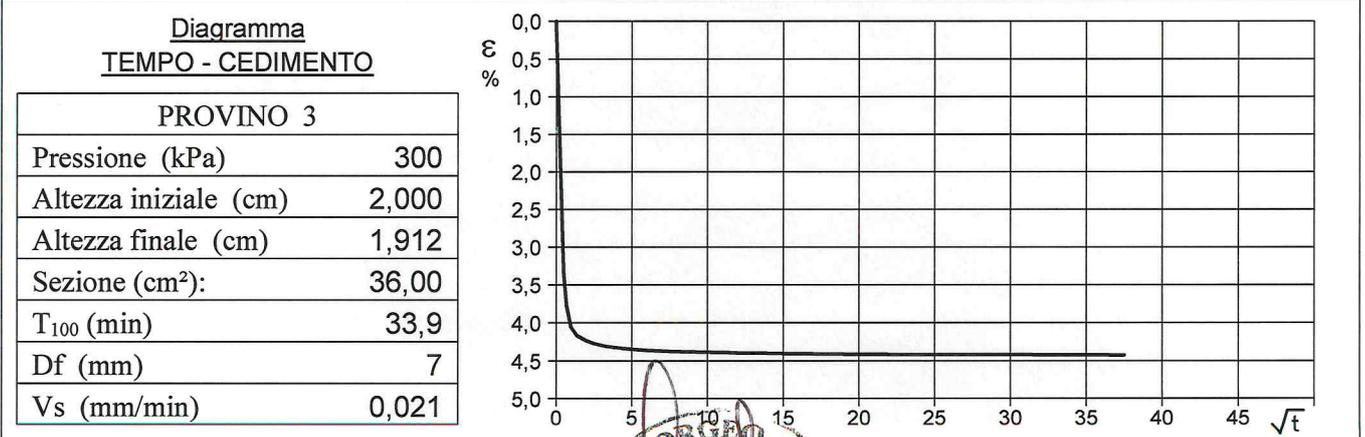
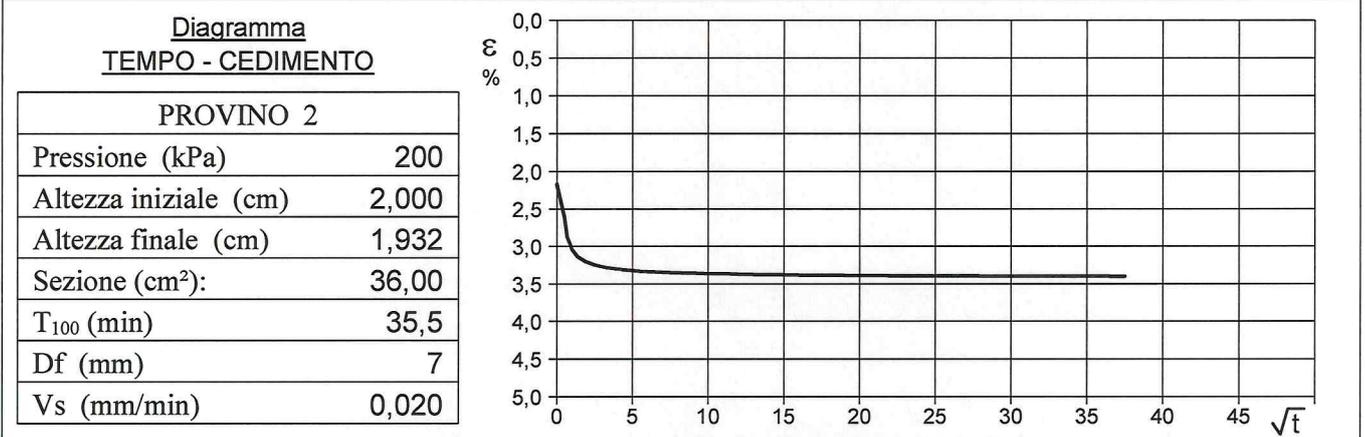
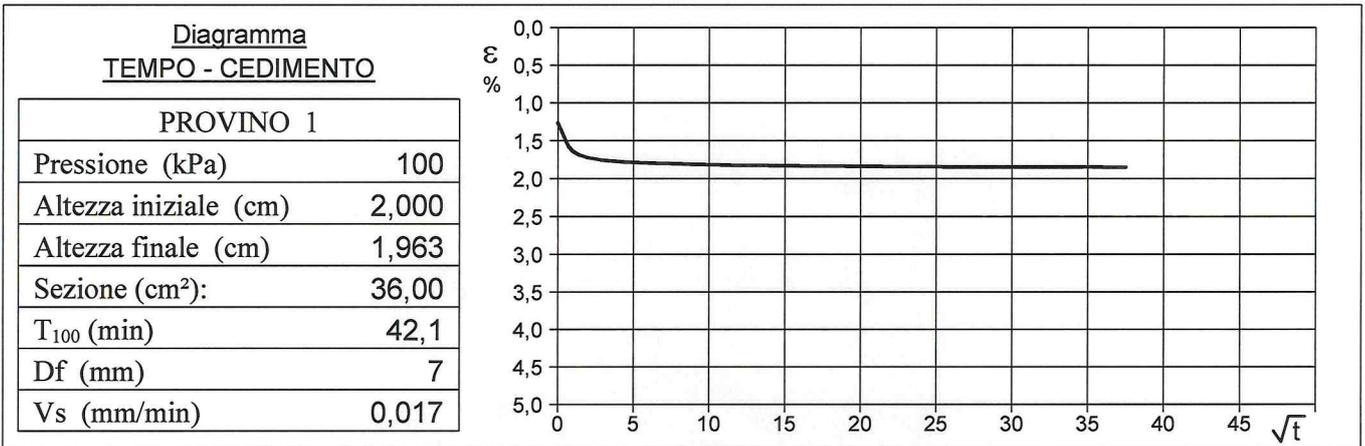


CERTIFICATO DI PROVA N°: 02231	Pagina 3/4	DATA DI EMISSIONE: 01/06/21	Inizio analisi: 26/05/21
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: VA122T-21 del 12.05.21		Apertura campione: 12.05.21	Fine analisi: 28/05/21

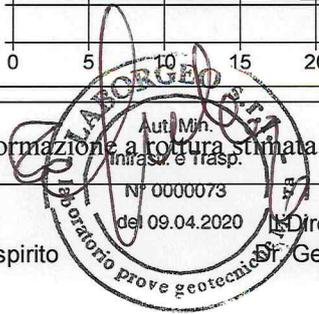
COMMITTENTE: STUDIO ENERGY SRL			
RIFERIMENTO: IMPIANTO FOTOVOLTAICO DENOMINATO GROTTOLE 3			
SONDAGGIO: G3	CAMPIONE: 1	PROFONDITA': m 4.00 - 4.40	

PROVA DI TAGLIO DIRETTO - FASE DI CONSOLIDAZIONE

Modalità di prova: Norma ASTM D 3080



$V_s = \text{Velocità stimata di prova}$
 $D_f = \text{Deformazione a rottura stimata}$
 $t_f = 10 \times T_{100}$
 $V_s = D_f / t_f$



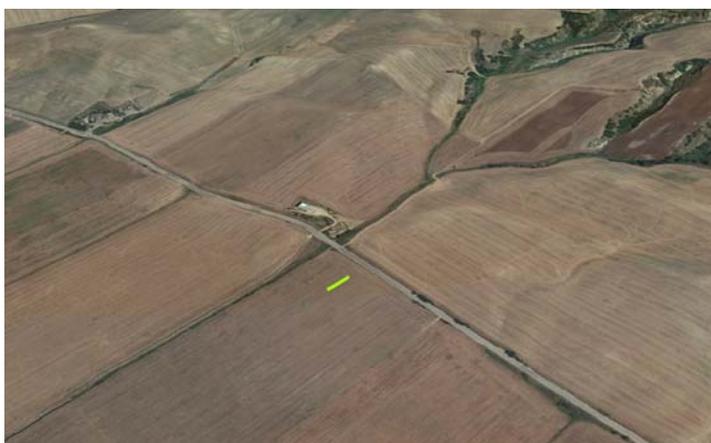


REGIONE BASILICATA
COMUNE DI GROTTOLE



PROVINCIA DI MATERA

INSTALLAZIONE DI UN IMPIANTO DI PRODUZIONE DI ENERGIA DA FONTE SOLARE DENOMINATO "GROTTOLE 3" DI POTENZA IN IMMISSIONE PARI A 20.000,00 KW E POTENZA DI PICCO PARI A 19.996,99 KW



ELABORATO

RELAZIONE DI FINE CAMPAGNA
INDAGINE MASW

COMMITTENTE:

Studio Energy s.r.l.
Via delle Comunicazioni snc
Matera

IL TECNICO:

Geol. Vincenzo DOTTORINI

DATA:

NOVEMBRE 2021



Via San Francesco - Parco Valentino C/3
74011 - Castellaneta (TA)
P.IVA 03031400736
Tel. 328/4710530 - 3203372247
m-mail: geosolutionsrl@gmail.com
PEC: geosolutionsrl@pec.it

SOMMARIO

1. PREMESSA	2
2. PROSPEZIONE SISMICA ATTIVA CON METODOLOGIA MASW	3
2.1. METODOLOGIA DI INDAGINE	3
2.2. INTERPRETAZIONE DEI DATI ACQUISITI	7

1. PREMESSA

L'indagine sismica eseguita nel presente lavoro è stata commissionata dalla ditta STUDIO ENERGY di Matera, nell'ambito dei lavori per la "*INSTALLAZIONE DI UN IMPIANTO DI PRODUZIONE DI ENERGIA DA FONTE SOLARE DENOMINATO "GROTTOLE 3" DI POTENZA IN IMMISSIONE PARI A 20.000,00 KW E POTENZA DI PICCO PARI A 19.996,99 KW*" in agro del Comune di Grottole (MT).

La campagna d'indagini, secondo quanto commissionato, è stata realizzata attraverso l'esecuzione di n. 1 indagine sismica attiva tipo MASW.

La campagna geofisica è stata eseguita in data 26/10/2021.

Di seguito si riporta la foto aerea con l'ubicazione dell'indagine.



Fig 1 - Ubicazione indagini MASW

2. PROSPEZIONE SISMICA ATTIVA CON METODOLOGIA MASW

2.1. METODOLOGIA DI INDAGINE

Ai fini della identificazione della categoria di suolo di fondazione, la classificazione può effettuarsi in base ai valori della velocità equivalente ($V_{s,eq}$) di propagazione delle onde di taglio entro i primi 30 m di profondità dal piano di posa delle fondazioni (DM 18/01/2018 Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni).

La velocità equivalente delle onde di taglio $V_{s,eq}$ è definita dall'espressione:

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

dove:

- h_i spessore (in metri) dell' i -esimo strato;
- $V_{s,i}$ velocità delle onde di taglio nell' i -esimo strato;
- N numero di strati compresi nei primi 30 m di profondità;
- H profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da V_s non inferiore a 800 m/s.

In base ai valori che si ottengono si individuano 5 classi di terreno, A, B, C, D e E ad ognuna delle quali è associato un determinato spettro di risposta elastico (Tab.1).

Classe	Descrizione
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi</i> 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	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti</i> , 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	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti</i> 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	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti</i> , 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	<i>Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D</i> , con profondità del substrato non superiore a 30 m.

Tabella 1 – Classi di suolo

L'indagine sismica MASW permette, di stimare la velocità equivalente delle onde S relativamente al volume di suolo sotteso dallo stendimento realizzato, analizzando la velocità delle onde di Rayleigh.

Infatti le onde superficiali di Rayleigh si trasmettono sulla superficie della crosta terrestre con una velocità leggermente inferiore a quella delle onde S con rapporto VR/VS pari a circa 0,92.

Esse sono il risultato dell'interferenza tra le onde di pressione (P) e le onde di taglio (S).

La natura dispersiva di queste onde fa sì che le onde ad alta frequenza si propagano negli strati più superficiali, mentre quelle a bassa frequenza si propagano negli strati più profondi.

Il metodo MASW è un metodo attivo e per la sua esecuzione è necessario eseguire uno o più scoppi ad uno dei vertici di uno stendimento lineare di geofoni, in modo da produrre un'onda che si propagerà nel suolo con una sua velocità di fase in un range di frequenze comprese tra 2 Hz e 70 Hz.

L'elaborazione dei dati sperimentali in un'indagine MASW si sviluppa in due momenti: in un primo momento, partendo dallo spettro di velocità si effettua il calcolo della curva di dispersione sperimentale, successivamente si effettua un

processo di inversione, ossia si calcola la velocità di fase numerica che fitta (approssima) meglio quella sperimentale (Fig 2).

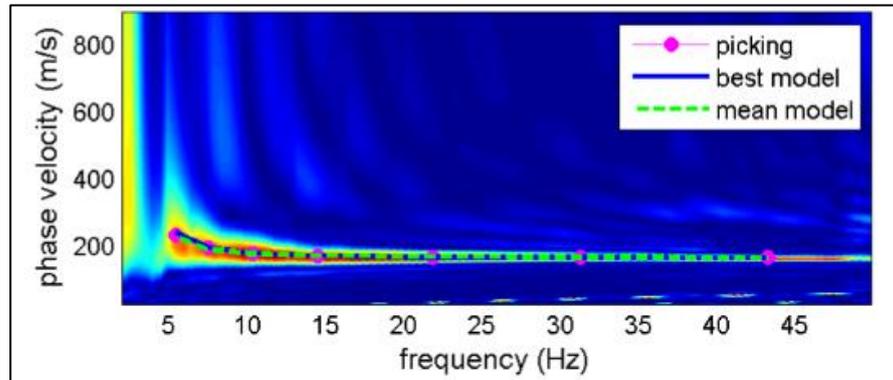


Fig 2 - Spettro delle velocità e curva di dispersione

Questo processo si esegue attraverso un sistema di prove trial and error nel quale, modificando opportunamente i parametri a contorno, si minimizza l'errore e dunque si ottiene la migliore sovrapposizione tra le due curve a confronto (Fig 2) avvicinandosi il più possibile al valore reale.

In definitiva l'indagine, permette di ricavare il profilo delle velocità delle onde S per i primi 30 m dal piano campagna (Fig 3).

La registrazione in campagna è stata eseguita con un sismografo M.A.E. Mod. Sysmatrack con risoluzione a 24 bit, come sensori di misura si è utilizzato un set di 24 geofoni da 4.5 Hz, il tempo di acquisizione è stato di 2 secondi con intervallo di campionamento di 1 millisecondo per un totale di 2000 campioni acquisiti.

Per una più corretta analisi dei dati sono stati effettuati 4 scoppi per lato dello stendimento e dei rispettivi quartetti si è effettuato uno stack, ossia una media punto per punto di tutte le acquisizioni, in modo da rendere più robusto il dataset da elaborare.

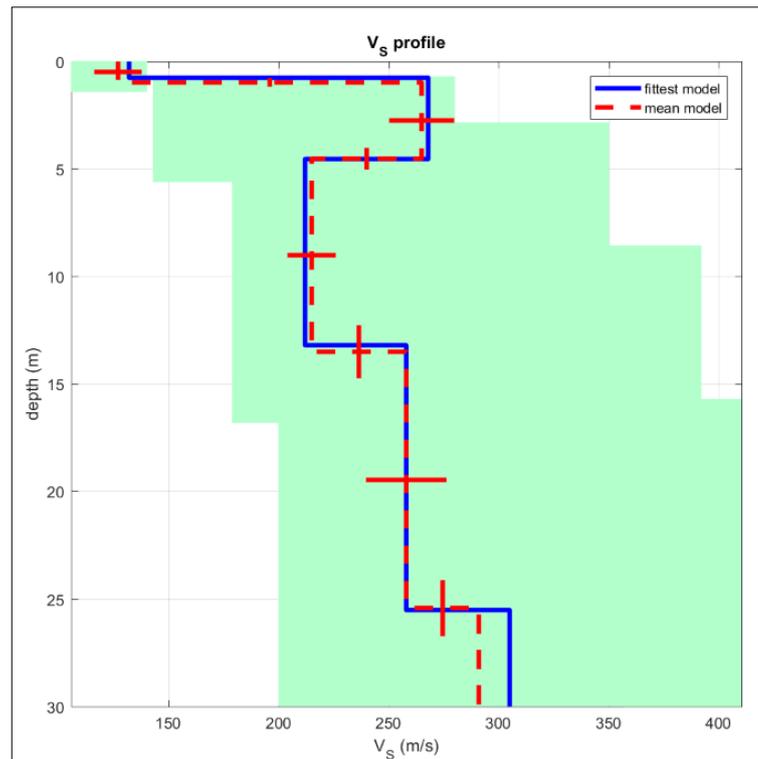


Fig 3 - Esempio di profilo verticale della velocità delle onde S

L'analisi dei dati registrati in campagna, è stata eseguita con il software di inversione WinMASW (Ver. 2018 Academy) della Eliosoft.

Questo software, oltre al metodo di inversione classico descritto in precedenza, permette di effettuare una inversione dei dati attraverso un metodo definito FVS (Full Velocity Spectrum). Tale metodo a differenza di quanto visto in precedenza permette di analizzare tutto lo spettro e non solamente il picco massimo dello spettro. In questo modo si minimizza la soggettività della interpretazione dovuta alla fase di picking dello spettro.

Per l'indagine MASW effettuata in questa campagna si è preferito utilizzare questa metodologia di inversione.

2.2.INTERPRETAZIONE DEI DATI ACQUISITI

L'indagine MASW è stata eseguita, utilizzando 24 geofoni da 4,5 Hz con distanza intergeofonica di 2,00 m per una lunghezza pari a 46,0 m ed una distanza di scoppio dal primo geofono pari a 10,0 m.

Il centro dello stendimento sismico è ubicato nel seguente punto di coordinate WGS 84 UTM 33 N:

Lat: 4502524.444 m N,

Long: 618482.896 m E

In fase di elaborazione sono stati considerati 24 geofoni, ed un tempo di acquisizione di 0,8 secondi (Fig 4), esclusivamente per snellire la fase di calcolo senza alterare in nessuna maniera il calcolo dello spettro di velocità (Dal Moro – 2014 – Surface Wave Analysis for near surface application).

Lo spettro è stato analizzato tra 3 Hz e 40 Hz.

Di seguito si riportano le risultanze dell'indagine eseguita:

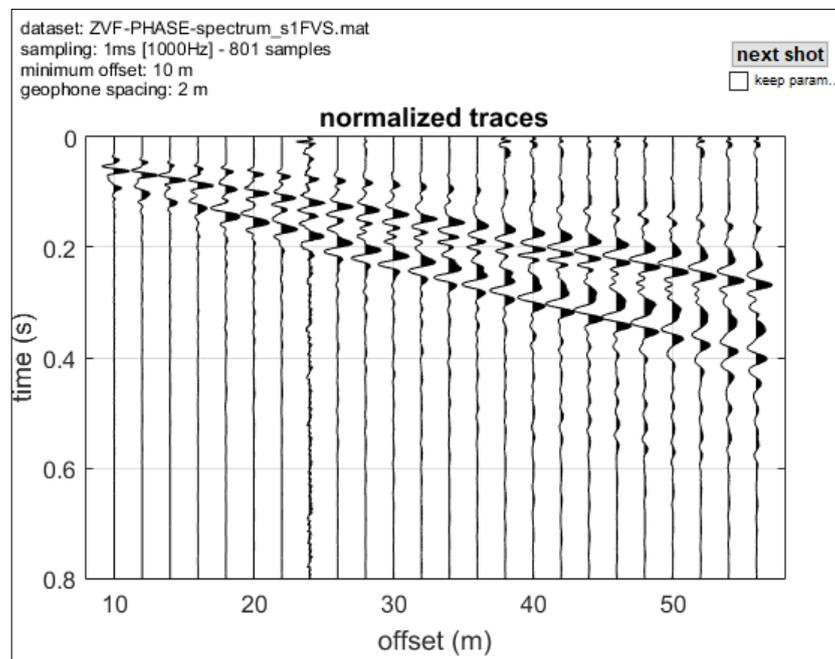


Fig 4 - Dataset di acquisizione

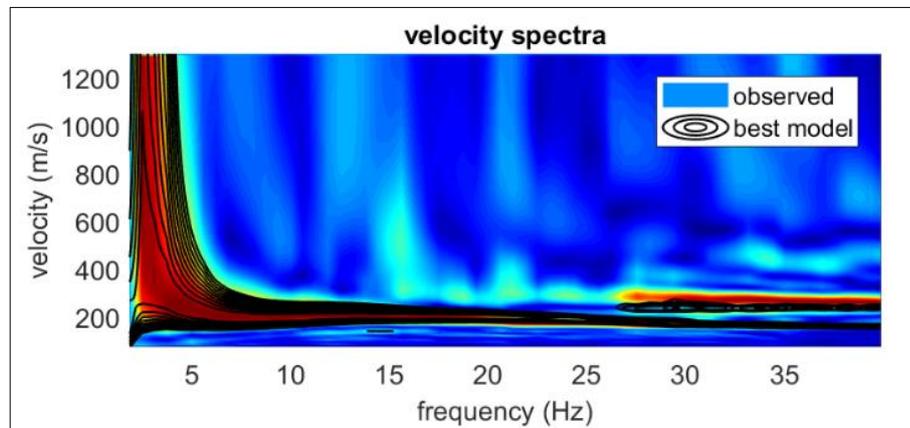


Fig 5 - Spettro di velocità e curva di dispersione individuata

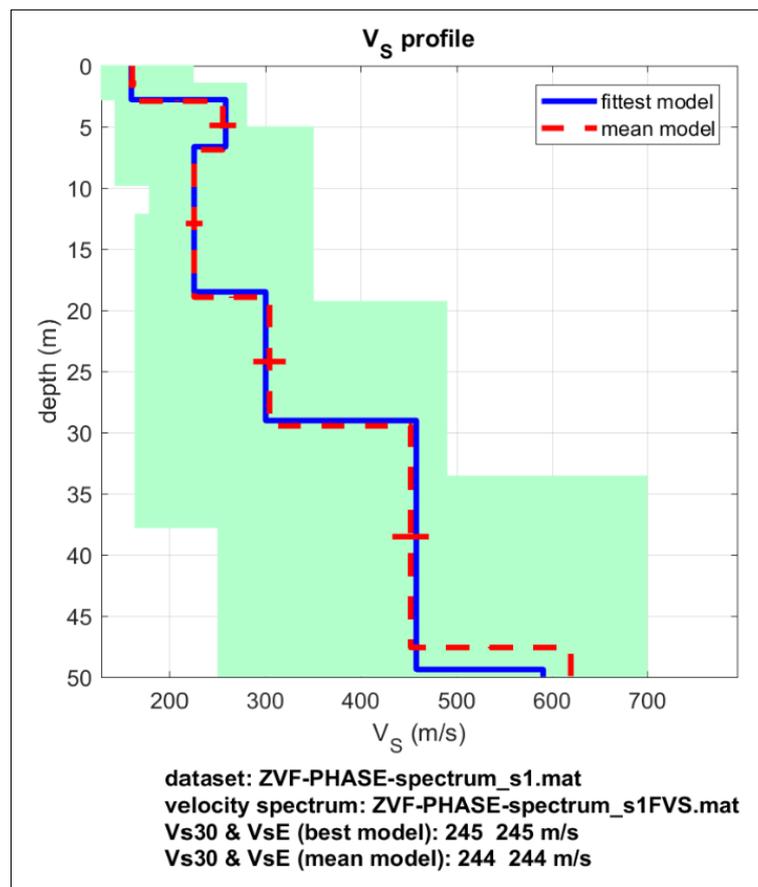


Fig 6 - Profilo delle velocità delle onde S

La curva di dispersione individuata (Fig 5) ha trovato un best fitting nel modello sismostratigrafico riportato in Fig 6.

Di seguito si riporta il dettaglio del profilo di velocità delle onde S.

Profondità dal piano campagna (m)	Spessore del sismostrato (m)	Velocità onde S (m/s)
2,8	2,8	160
6,6	3,8	258
18,5	11,9	225
29,0	10,5	300
49,3	20,3	458
50,0	0,7,	591

Tab. 2 – sismostratigrafia delle onde S

L'analisi dei dati è stata spinta fino alla profondità di -50 m dal P.C. per poter permettere una stima della profondità del bedrock, che sicuramente è posto ad una profondità molto elevata rispetto al p.c.

Il calcolo del valore di V_{seq} è stato eseguito considerando i per i primi 30 m dal piano campagna ed è risultato pari a **245 m/s**. Considerando il profilo di velocità delle onde di taglio ottenuto, il suolo di fondazione è inserito nella categoria **C**.



Fig 7 - Esecuzione indagine MASW (Lato sud-ovest)



Fig 8 - Esecuzione indagine MASW 1 (Lato nord-est)

Novembre 2021

Il Tecnico

Geol. Vincenzo Dottorini

