

REGIONE BASILICATA



COMUNE DI TITO



**PARCO AGRO FOTOVOLTAICO IN LOCALITA' SERRA LA SPINA
IN AGRO DI TITO (PZ)**

POTENZA 19.972,68 MW

ELABORATO

A.2

RELAZIONE GEOLOGICA

PROPONENTE

**ALABASTRO NEW ENERGY SRL
VIA DELLE MEDAGLIE D'ORO 50 - 00136 ROMA**

IL GEOLOGO

Dr. Giancristiano Franchino



DATA: MARZO 2022

Rev n°

PREMESSA

Su incarico della società ALBATROS NEW ENERGY s.r.l. lo scrivente ha redatto il presente studio geologico per la realizzazione di un parco agro-fotovoltaico della potenza complessiva di 19.972,68 Kw in località Serra Spina del comune di Tito, in ottemperanza alle seguenti normative:

762

L.R. n. 9 del 07/06/2011 “Disposizioni urgenti in materia di Microzonazione Sismica”.

L.R. 11.8.99 n.23 "Tutela, governo ed uso del territorio”.

D.M. 14.01.2018 – Aggiornamento delle “Norme Tecniche per le costruzioni”.

“NTA del Piano Stralcio per l’Assetto Idrogeologico vigente dell’Autorità di Bacino Distrettuale dell’Appennino Meridionale”.

Il piano delle indagini geognostiche ha previsto l’esecuzione di indagini sismiche masw e la consultazione di prove geotecniche di laboratorio eseguite in adiacenza delle aree di interesse.

ALLEGATI – TAVOLE GRAFICHE IN SCALA 1:2000:

- Planimetria con ubicazione delle indagini geognostiche (Elaborato A.12.a.7).
- Carta Geologica (Elaborato A.12.a.8).
- Carta Geomorfologica (Elaborato A.12.a.9).
- Carta Idrogeologica (Elaborato A.12.a.10).
- Sezione Geologica (Elaborato A.12.a.11).
- Corografia dei bacini idrografici (Elaborato A.12.a.12).
- Carta di microzonazione sismica di secondo livello (A.2.1)
- Carta di sintesi della criticità e pericolosità geologica e geomorfologica (elaborato A.2.2).



DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO ED UBICAZIONE GEOGRAFICA

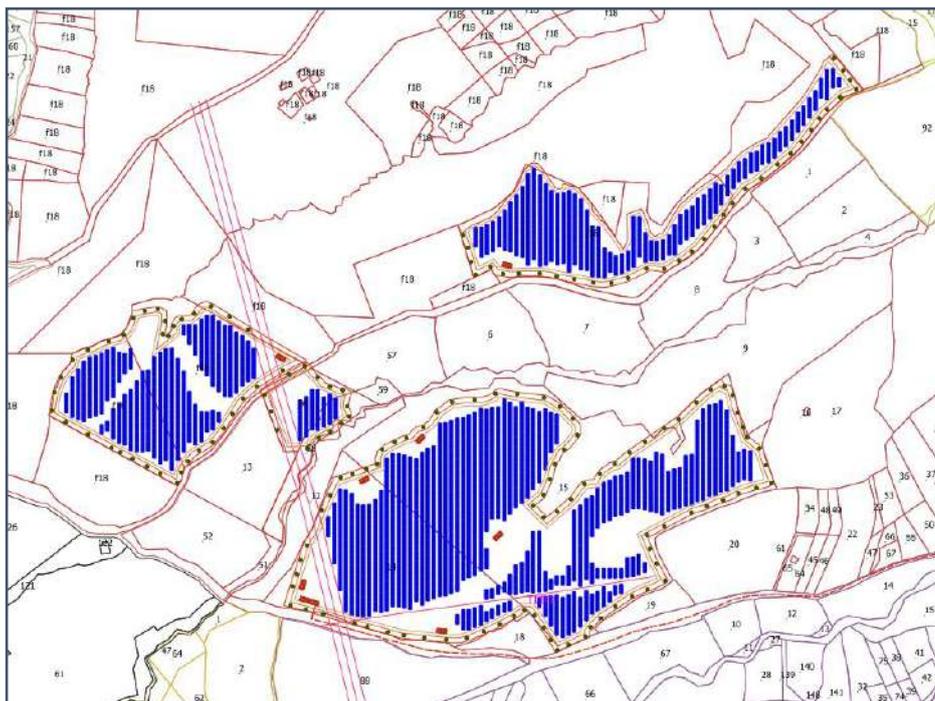
Il progetto prevede la realizzazione di un Impianto agro-fotovoltaico della potenza nominale pari a 19.972,68 KW da installarsi su terreni siti nel territorio del Comune di Tito (Pz), segnatamente ad ovest dell'abitato omonimo.



INQUADRAMENTO ORTOFOTO AREA IMPIANTO FV

Catastralmente il parco agro-fotovoltaico rientra nel foglio 18 particelle 44-46-51-79 e nel foglio 29 particelle 9-14-15.

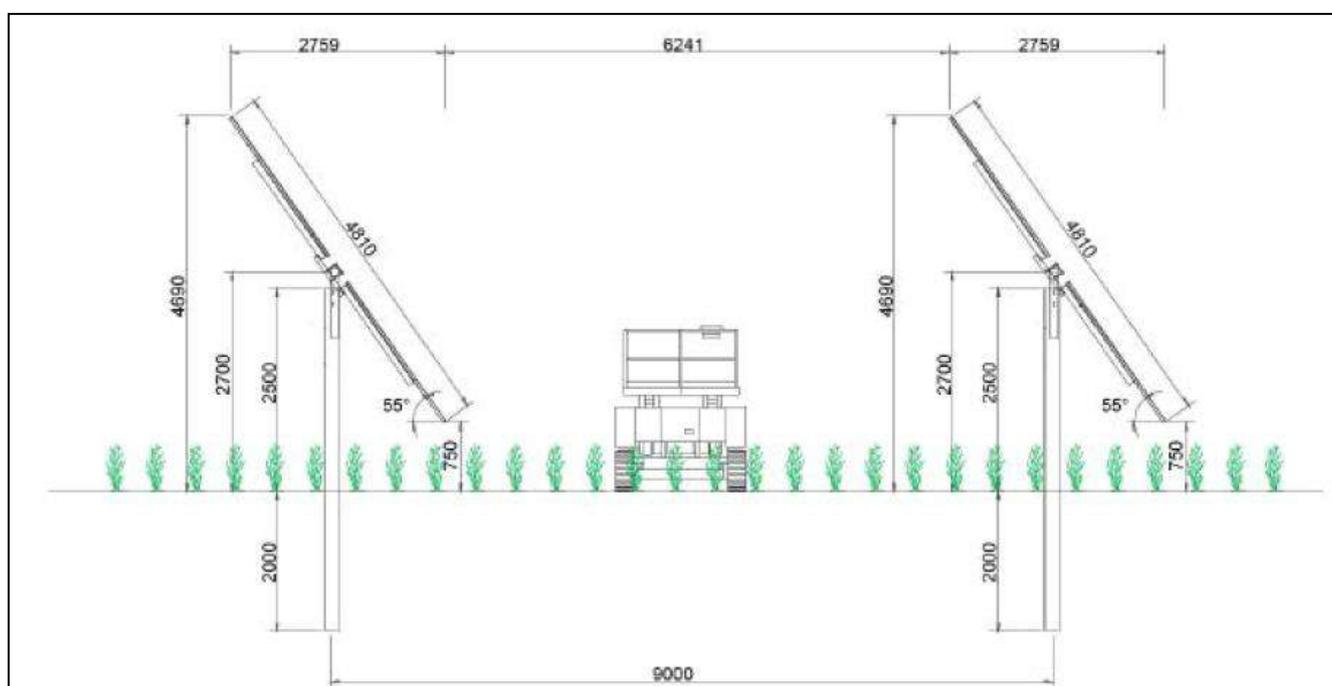
La Stazione Terna esistente è ubicata nel territorio di Picerno nel foglio 51 particelle 303.



INQUADRAMENTO CATASTALE AREA IMPIANTO FV

Come riportato nella relazione tecnica il progetto prevede la realizzazione di un campo fotovoltaico; il parco, suddiviso in tre sottocampi è composto da 1239 strutture in acciaio ad inseguimento solare (tracker) comandate da un azionamento lineare controllato da un programma astronomico per il supporto dei moduli, ciascuna alloggiante 26 moduli fotovoltaici disposti in orizzontale su doppia fila da 13. Per l'installazione dei pannelli non sono previsti scavi in quanto le strutture di supporto dei moduli fotovoltaici saranno fissate al terreno attraverso dei pali pilastri di fondazione e montanti di movimento in acciaio zincati a caldo con forma ad omega ed infissi nel sottosuolo con battipali fino alla profondità di 2,00 m dal piano campagna.

2



L'impianto sarà costituito da:

32.214 moduli in mono policristallino della JOLYWOOD, JW-HD156N da 595 Wp per una potenza complessiva in corrente continua di di 19.987,240 KWp;

80 inverter da 250 KW – SG250HX New della SUNGROW SUPPLY CO. LTD;

8 cabine di campo (suddivise in n. 1 cabina P57 di Trasformaione e Protezione + n. 1 cabina P 44 di parallel inverter);

cabine di impianto (sezionamento), che svolge anche le funzioni di cabina ausiliari;

1 cabina di consegna;

-cavidotto interrato in MT (20kV) di collegamento tra le cabine di campo e cabina d'impianto, da quest'ultima fino alla SSE – Stazione di Utanza ubicata nel territorio di Picerno;

SSE - Stazione di Utanza per l'elevazione della tensione di consegna da 20 kV a 150kV ubicata di fianco alla Stazione Elettrica Terna "Picerno" esistente.

La stazione di Utanza è ubicata al Foglio 25 particelle 602-603.

Il cavidotto di connessione interrato in uscita dalla cabina di consegna alla SSE avrà una lunghezza di 5.7 chilometri.

Per accedere ai luoghi si utilizzeranno le strade interpoderali esistenti; le piste saranno dotate di opere di drenaggio tali da recepire le acque provenienti da monte e smaltirle nel canale naturale recettore più vicino, evitando in tal modo fenomeni per ruscellamento superficiale.

Gli scavi previsti per il cavidotto saranno di dimensioni contenute e non influiranno minimamente sulla stabilità geomorfologica del sito di interesse, priva di movimenti franosi.

L'energia elettrica prodotta sarà immessa nella rete di trasmissione nazionale RTN con allaccio in Media Tensione (MT).

La suddivisione in tre sottocampi principali dell'impianto Fotovoltaico è stata effettuata sulla base delle disponibilità delle stesse e il progetto di configurazione stringhe per i diversi Campi ha tenuto conto del miglioramento delle performance di produzione elettrica, la riduzione delle distanze di collegamento tra le stringhe, la semplificazione delle operazioni di manutenzione e di ricerca guasto.

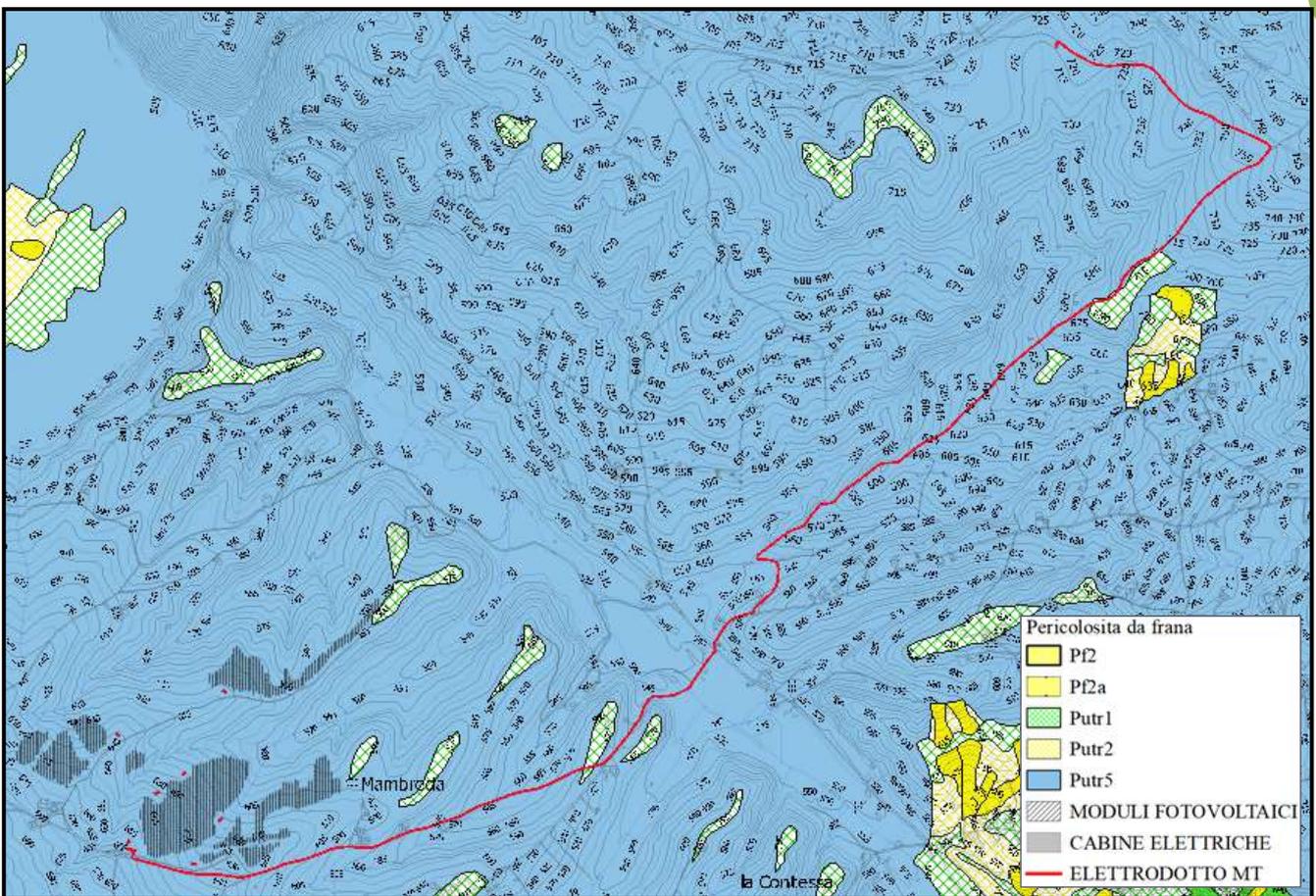
La viabilità comunale di contesto risulta sufficiente per le finalità dell'intervento, pertanto non sarà necessario realizzare nuove viabilità ma solo due brevi piste in misto granulare stabilizzato per il collegamento locale dei cancelli di ingresso dei vari Campi Fotovoltaici alla viabilità comunale esistente.

VERIFICA DI CONFORMITA' AL PIANO STRALCIO DELL'AUTORITÀ DI BACINO DISTRETTUALE DELL'APPENNINO MERIDIONALE

L'areale di interesse è perimetrato nel territorio di competenza dell'ex Autorità del Bacino interregionale del Fiume Sele ed in quello della Basilicata.

Dalla consultazione delle Tavole del Piano Stralcio vigente per l'assetto idrogeologico (Delibera del Comitato Istituzionale n. 22 del 02.08.2016), il sito rientra in un areale classificato a rischio potenziale Rutr_5 e pericolosità potenziale Putr_5 disciplinate dall'Art. 37 delle Norme di Attuazione del PSAI.

4



ESTRATTO DELLA CARTA DELLA PERICOLOSITA' DA FRANA PSAI VIGENTE

ARTICOLO 37 - Disciplina delle aree da approfondire R_utr5/P_utr5: nelle aree classificate R_utr5 e P_utr5, è consentito qualunque intervento previsto dallo strumento urbanistico comunale o da altra pianificazione sovraordinata. Gli interventi, fatta eccezione per quelli disciplinati ai sensi dell'articolo 3, lett. a), b) e c) del D.P.R. 6 giugno 2001 n. 380, devono essere corredati da uno studio geologico di dettaglio asseverato da tecnico abilitato.

Detto studio dovrà attestare la compatibilità dell'intervento a farsi rispetto all'assetto idro-geo-

morfologico dell'area di interesse.

2. Ove nelle predette aree R_utr5 e P_utr5 dallo studio di dettaglio si rivelino fenomeni di franosità, il relativo livello di pericolosità e rischio dovrà essere definito sulla base di uno studio di compatibilità geologica da redigersi con i contenuti di cui all'articolo 51 ed in conformità degli indirizzi e delle indicazioni di cui all'allegato H rispetto al bacino idrografico di riferimento e si applicherà la normativa di cui ai precedenti Titoli III e IV con conseguente richiesta di parere nei casi previsti dalla citata normativa.

5

Per lo studio geologico di dettaglio sono state investigate le zone circostanti per verificare se vi fossero condizioni tali da creare dissesti che avrebbero interferito con l'area di interesse progettuale; si può facilmente appurare che l'area di studio è priva di elementi riconducibili a forme di dissesto attive o quiescenti, da monte non esistono le condizioni fisiche affinché si verificino movimenti gravitativi tali da influire sulle condizioni di stabilità dell'intera zona.

L'elaborato Carta Inventario delle frane non è riportato in quanto in tutto l'ambito morfologico significativo e per un vasto areale non si riscontrano fenomeni franosi di alcun tipo.

per quanto riguarda le aree occupate dal parco fotovoltaico si ha quanto segue:

AREA PARCO FOTOVOLTAICO – CABINE LETTRICHE DI CAMPO:

Contesto geologico: il contesto geologico per il parco fotovoltaico e le cabine elettriche di campo è quello delle Unità argillose con subunità delle Argille policrome (UASc) UNITÀ ARGILLITICA (FLYSCH GALESTRINO).

Contesto geomorfologico: è quello di un settore di versante regolare caratterizzato da poche incisioni con sigla F_VR.

Distretto litologico: corrisponde alle unità strutturalmente complesse a dominante argillosa.

L'unità territoriale di riferimento (UTR) corrisponde a settore di versante regolare caratterizzato da poche incisioni - area di bacino caratterizzato da reticolo idrografico gerarchizzato - su Unità strutturalmente complessa a dominante argillosa.

AREE CAVIDOTTO – STAZIONE ELETTRICA UTENTE:

Per quanto riguarda il cavidotto di connessione e la Stazione elettrica Utente si ha:

Il Distretto litologico è quello delle unità sabbioso-conglomeratiche plio-pleistoceniche.

Il contesto litologico è quello delle successioni terrigene e litologicamente si tratta di depositi sabbiosi con conglomerati.

Unità territoriale di riferimento è quello è quello dei ripiani morfologici e crinali a debole - pendenza.

L'ambito morfologico è quello dei ripiani e crinali su unità sabbioso-conglomeratica plio-pleistocenica.

Dal punto di vista degli elementi geomorfologici si tratta di dei ripiani morfologici e crinali a debole pendenza.

A parere dello scrivente le aree di studio sono prive di elementi riconducibili a frane attive o quiescenti, non esistono le condizioni fisiche affinché si verificano movimenti gravitativi tali da influire sulle condizioni di stabilità dell'intera zona.

Si ribadisce che per tale intervento e per la classe di rischio iniziale ed attesa non è richiesto alcun parere da parte dell'Autorità di bacino distrettuale dell'Appennino meridionale e non si è proceduto ad uno Studio di compatibilità geologica in quanto non sono presenti movimenti franosi ai sensi delle NTA del PSAI ma si è eseguito lo Studio geologico di dettaglio.



INQUADRAMENTO GEOLOGICO-REGIONALE

La cartografia Geologica ufficiale in cui rientra il territorio in esame è il Foglio geologico 199 Potenza alla scala 1:100.000 e rientra in un'area posta dal punto di vista geologico- regionale nella zona assiale della catena appenninica meridionale.

Il rilevamento geologico di campagna unitamente ai dati derivanti dalla campagna geognostica effettuata per il presente lavoro, e la consultazione della stratigrafia di un sondaggio a carotaggio eseguito dallo scrivente in terreni analoghi a quelli del substrato della zona di intervento ha permesso di distinguere la seguente unità litostratigrafiche:

7

Depositi sabbioso-conglomeratici

Questa unità litostratigrafica è composta da sabbie a grana media e fine siltose di colore giallastro ben stratificate, addensate e a luoghi cementate con lenti di conglomerati e intercalazioni di limi argillosi.

Tale litofacies sedimentaria appartiene all'Unità dei Bacini Pliocenici Intrappenninici e rientra nel Su-persistema di Ariano Irpino che nella zona in esame si distingue come "Subsistema di Potenza", formato da quattro principali litofaciés, caratterizzate da rapporti parzialmente eteropici.

In particolare tali litologie interessano le aree occupate dal tracciato del cavidotto di connessione interrato, segnatamente si tratta di una litofaciés sabbiosa costituita da sabbie a grana media e fine e sabbie siltose di colore grigio-azzurro o giallastro per alterazione, ben stratificate, a luoghi cementate, con sporadici livelli lenticolari di microconglomerati e intercalazioni di limi argillosi e calcareniti bioclastiche ed appartengono al Subsistema di Potenza.

Lenti di microconglomerati di poco spessore affiorano soprattutto nella parte alta della formazione.

Unità argilloso-marnosa

È costituita da un'alternanza in strati e banchi di marne calcaree e calcari marnosi, calciluliti

grigio-azzurrognole, marne, argille marnoso-siltose e calcari marnosi.

Si rinvencono anche argille policrome a struttura scagliettata.

Generalmente nella parte superiore della formazione, ma talora per tutta la sua estensione verticale, è presente una facies marnosa con livelli di arenarie.

Lo spessore complessivo riportato nella letteratura scientifica è valutabile in 250 m.

Tali litologie sono ascrivibili alla Formazione del Flysch Galestrino.

CARATTERISTICHE GEOMORFOLOGICHE

Lo studio dei caratteri geomorfologici è stato esteso ad una zona più ampia rispetto alle effettive dimensioni delle aree che ospiteranno le opere in progetto.

L'area oggetto della presente relazione si ubica a Sud rispetto all'abitato di Picerno e ad nord-ovest dell'abitato di Tito in località Serra Spina e Campi Di Donei su superfici poco acclivi come è ben visibile nelle foto che seguono:

Il principale carattere morfologico delle aree comprese nell'area di interesse è quello di versanti poco acclivi con ruscelli caratterizzati da alvei secchi per gran parte dell'anno.

Di seguito verranno descritte le caratteristiche morfologiche delle aree occupate dalle opere a cominciare dal parco fotovoltaico con le cabine elettriche al suo interno.

PARCO FOTOVOLTAICO – CABINE ELETTRICHE

Nel complesso l'area occupata dai sottocampi fotovoltaici presenta un paesaggio con pendenze abbastanza contenute che variano da sub-pianeggianti a declivi con pendenze medie del 10-12%.

La quota altimetrica media dei siti occupati dai moduli fotovoltaici varia da 650 m s.l.m. a 580 m s.l.m.

Gli interventi previsti in progetto non implicano interazioni con i terreni costituenti il substrato, in quanto si tratta dell'appoggio di strutture leggere costituite da pannelli fotovoltaici fissati su supporti metallici infissi nel terreno, che possono essere ritenuti ininfluenti sulla stabilità dell'area.

Gli scarichi generati dalle strutture di supporto dei pannelli fotovoltaici sono certamente da considerarsi trascurabili rispetto ai sistemi di forza che determinano le condizioni di equilibrio dei versanti.

Quindi in considerazione della tipologia di intervento e delle strutture proprie dell'impianto di progetto si può affermare che non sono previste opere strutturali capaci di incidere significativamente sull'equilibrio del substrato.



Alla luce di queste considerazioni si evince che le lavorazioni previste non si ripercuotono sulla stabilità generale dei versanti.

Lungo i versanti in studio sono presenti delle linee di deflusso a carattere torrentizio, sottocampi risultano topograficamente ubicati a quote altimetriche superiori a quelle degli alvei e mai interferiscono con il libero deflusso delle acque di questi fossi che tra l'altro sono nella zona di testata.

Il cavidotto di connessione tra i campi fotovoltaici e la stazione elettrica già realizzata prevede l'interramento di un cavidotto MT lungo strade esistenti.

10

Lungo il suo tracciato insiste su versanti morfologicamente stabili con bassa acclività e non interferisce con aree in frana.



FOTO DELLE AREE DI INTERESSE PROGETTUALE



CARATTERISTICHE IDROLOGICHE ED IDROGEOLOGICHE

Il reticolo idrografico superficiale dell'area è rappresentato da corsi d'acqua a regime stagionale con portate che sono molto variabili nel corso dell'anno con un deflusso dipendente dagli eventi piovosi e dalla loro intensità con incrementi delle portate nei mesi piovosi e con alvei secchi nei periodi soprattutto estivi.

I relativi sottobacini idrografici mostrano un pattern idrografico dei tipo convergente e subdendritico.

La permeabilità dei litotipi di natura argilloso-limosa si può considerare bassa in quanto, anche se dotati di porosità primaria, sono impermeabili a causa delle ridottissime dimensioni dei pori nei quali l'acqua viene fissata come acqua di ritenzione; ne deriva una circolazione nulla o trascurabile, anche nei livelli a prevalenza limosa o sabbiosa in quanto si tratta di sabbie fini con argilla.

Al complesso argilloso-limoso si attribuisce una permeabilità pari a $K = 10^{-8} - 10^{-9}$ m/s.



INTERFERENZE TRA LE OPERE ED IL RETICOLO IDROGRAFICO SUPERFICIALE

Le interferenze rilevate con per le opere in progetto riguardano la realizzazione del cavidotto MT di collegamento tra le cabine interne ai campi e la Stazione Terna ubicata nel comune di Picerno (**A.12.a.21 PLANIMETRIE CON INDIVIDUAZIONE DELLE INTERFERENZE**).

Le interferenze significative rilevate riguardano l'attraversamento trasversale di corsi d'acqua in n° 5 punti del cavidotto di connessione.

Sono state studiate delle soluzioni tecniche specifiche per il loro superamento di seguito sintetizzate, per il dettaglio si rinvia all'elaborato grafico "**A.12.a.21 (a, b) – PLANIMETRIE CON INDIVIDUAZIONE DELLE INTERFERENZE**".

Il cavidotto per l'interconnessione dei Campi Fotovoltaici sarà posato in esterno alle Aree di ubicazione dei moduli, per buona parte lungo la "Strada Comunale Picerno-Tito".

In fase di progettazione si è scelto un tracciato della linea interrata MT che interferisce il meno possibile con il reticolo idrografico esistente, ricalcando la viabilità stradale esistente.

Tuttavia, il cavidotto di interconnessione MT interessa in più punti alcuni corsi d'acqua torrentizi.

Alcuni attraversamenti riguardano piccoli corsi d'acqua dove si utilizzerà lo staffaggio laterale del cavidotto al ponticello esistente.

L'interferenza più significativa riguarda l'attraversamento del cavidotto sulla Fiumara di Tito che viene superata con la tecnica TOC (Trivellazione Orizzontale Controllata), posando le linee elettriche in sub-alveo e prevedendo i punti di infissione del cavo all'esterno della fascia di rispetto di 150 metri dal confine dell'alveo.

Lungo le sezioni ove il cavidotto segue parallelamente le linee di impluvio l'opera verrà posata in opera sempre a quote superiori tali da assicurare la sicurezza nei confronti di fenomeni di esondazione.

PARCO FOTOVOLTAICO

Si evidenzia che la fascia di rispetto per tutte le opere presenti, calcolata dal confine degli alvei di fossi di ruscellamento presenti nei terreni così come riportato negli elaborati grafici allegati è pari ad almeno 10 metri.

Le opere che costituiscono i moduli fotovoltaici installati al suolo, la viabilità di accesso interna ai Campi Fotovoltaici, i cavidotti interni interrati per il collegamento dei sottocampi, sono posizionate in corrispondenza di aree spartiacque ad una quota altimetrica superiore rispetto alle aste del reticolo idrografico con deflusso effimero, pertanto si può affermare che non viene a crearsi alcun tipo di interferenza idraulica.

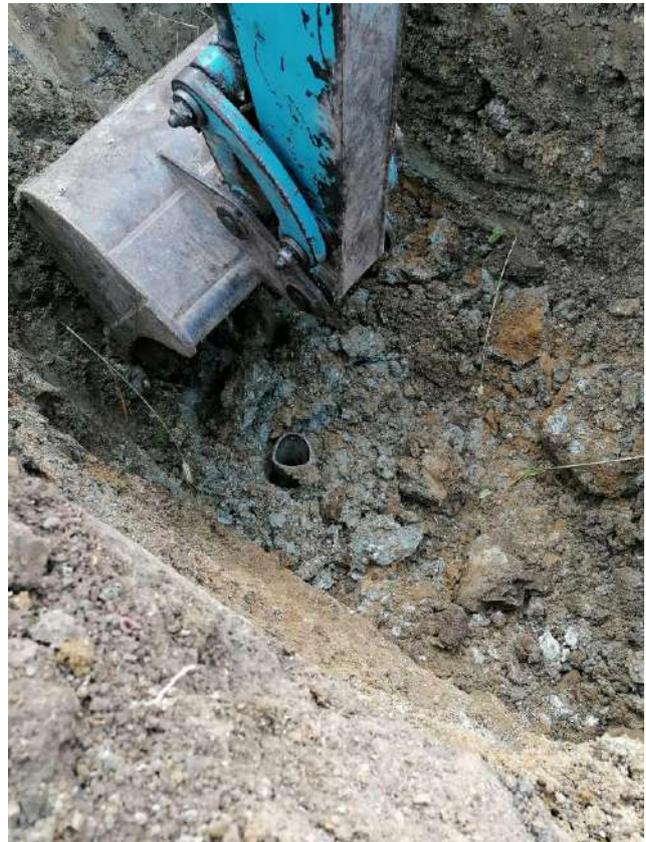


INDAGINI GEOGNOSTICHE

Allo scopo di verificare la locale stratigrafia del sottosuolo di interesse progettuale è stata eseguita una trincea esplorativa con escavatore meccanico fino alla profondità di circa 4 metri, nel corso del quale si è provveduto anche al prelievo mediante fustella di un campione di terreno indisturbato alla profondità di 1.70 m fino ad 1.90 metri; il campione è stato oggetto di analisi e prove presso il laboratorio geotecnica Laborgeo s.r.l. con sede in Matera.

La profondità di prelievo è stata "tarata" in funzione del volume significativo del terreno delle opere in progetto.

la trincea esplorativa ha messo in evidenza una successione litostratigrafica argilloso-marnosa di colore variabile dal grigiastro all'avana al color grigio-azzurro; a più altezze stratigrafiche sono intercalati livelli di natura calcareo-marnosa al di sotto di una copertura pedogenetica dello spessore di circa 1.00 metri.



TRINCEA ESPLORATIVA CON PRELIEVO CAMPIONE

COMMITTENTE:		
RIFERIMENTO: Indagini geotecniche in C.da Pisciole nel Comune di Tito (PZ)		
SONDAGGIO: 1	CAMPIONE: 1	PROFONDITA': m 1.70 - 1.90

MODULO RIASSUNTIVO

CARATTERISTICHE FISICHE

Umidità naturale	15,9	%
Peso di volume	19,0	kN/m ³
Peso di volume secco	16,4	kN/m ³
Peso di volume saturo	20,2	kN/m ³
Peso specifico	26,7	kN/m ³
Indice dei vuoti	0,629	
Porosità	38,6	%
Grado di saturazione	68,9	%
Limite di liquidità	39,4	%
Limite di plasticità	24,3	%
Indice di plasticità	15,1	%
Indice di consistenza	1,56	
Passante al set. n° 40	SI	
Limite di ritiro		%
CNR-UNI 10006/00	A6	I.G. = 10

ANALISI GRANULOMETRICA

Ghiaia	5,3	%
Sabbia	17,5	%
Limo	50,9	%
Argilla	26,3	%
D 10		mm
D 50	0,017565	mm
D 60	0,029719	mm
D 90	1,794954	mm
Passante set. 10	90,5	%
Passante set. 42	83,8	%
Passante set. 200	77,2	%

PERMEABILITA'

Coefficiente k	cm/sec
----------------	--------

COMPRESSIONE

σ	kPa	σ Rim	kPa
c_u	kPa	c_u Rim	kPa

TAGLIO DIRETTO

Prova consolidata-lenta			
c'	17,9	kPa	ϕ' 22,1 °
c' Res		kPa	ϕ' Res °

COMPRESSIONE TRIASSIALE

C.D.	c_d	kPa	ϕ_d °
C.U.	c'_{cu}	kPa	ϕ'_{cu} °
	c_{cu}	kPa	ϕ_{cu} °
U.U.	c_u	kPa	ϕ_u °

PROVA EDOMETRICA

σ kPa	E kPa	C_v cm ² /sec	k cm/sec

Argilla debolmente ghiaiosa di colore grigio - marrone

PROVE GEOTECNICHE DI LABORATORIO - CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

In accordo al programma di indagini previsto e compatibilmente alle effettive proprietà litotecniche dei materiali, sono stati determinati i parametri fisico-meccanici di identificazione e di resistenza meccanica. segnatamente sul campione sono state eseguite l'analisi granulometrica, le prove di identificazione dei terreni e la prova di taglio diretto per ricavarne i valori di resistenza meccanica.

Le risultanze di laboratorio mostrano che dal punto di vista della granulometria si tratta di terreni definiti prevalentemente come “limo con argilla sabbioso debolmente ghiaioso”.

15

Per quanto riguarda i Limiti di Atterberg per il campione C1 il valore del limite liquido è pari al 39,4% ed il limite plastico pari al 24.3%.

L'indice plastico $I_p = 15.1$ pertanto il terreno è classificabile come terreno poco plastico; l'indice di consistenza I_c è risultato essere pari a 1.89 che permette di classificarlo come terreni a consistenza solida.

Per quanto riguarda le caratteristiche di resistenza meccanica in condizioni a lungo termine si tratta di terreni fini che mostrano un comportamento a taglio governato sia dall'attrito interno sia dalla coesione, infatti si ha un valore di $\phi' = 22,1^\circ$ e $C' = 17.9$ KPa.

Dal punto di vista litostratigrafico è stata individuata un'unità geotecnica principale prevalentemente di tipo limoso-argillosa di colore grigio scuro ed azzurrino.

I certificati delle prove geotecniche di laboratorio sono allegati in coda alla presente relazione geologica.

INDAGINI SISMICHE MASW

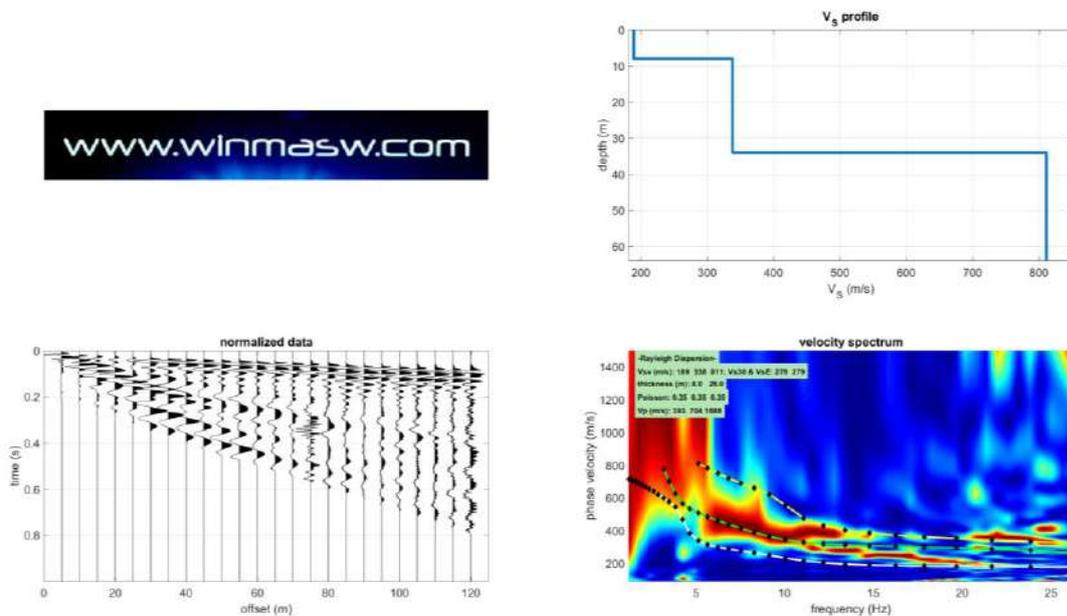
Per valutare l'andamento delle velocità delle onde di taglio (V_s) superficiali con la profondità ed il profilo V_s , sono state analizzate le “*onde superficiali di Rayleigh*” tramite la metodologia masw; una metodologia di tipo attivo in quanto le onde superficiali sono generate dalle interazioni sulla superficie libera delle onde di volume, ottenute da energizzazioni artificiali con massa battente; utilizzando una stesa di geofoni verticali a bassa frequenza si registrano le onde di Rayleigh, caratterizzate da velocità di propagazione correlabile alla rigidezza della parte di terreno interessata dalla propagazione delle onde e quindi risalire al profilo verticale della velocità delle onde di taglio; dall'elaborazione dei dati acquisiti è stato ricavato il profilo verticale delle velocità delle onde di Superficie V_s .

Dall'inversione della curva di dispersione determinata tramite software Win-Masw si ottiene il modello medio del profilo di velocità delle onde di taglio.

SIGLA MASW	LUNGHEZZA BASE SISMICA	TIPO DI ONDE SISMICHE	TIPO DI SOTTOSUOLO (NTC/018)
MASW1	115 m	Rayleigh	C
MASW2	115 m	Rayleigh	B

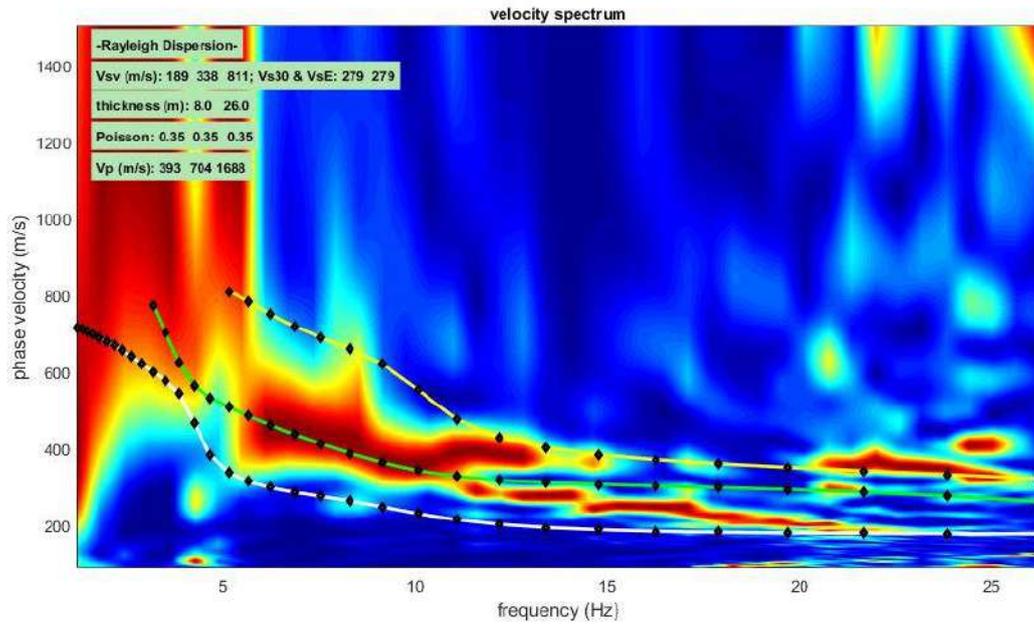
MASW 1

La Masw 1 ha restituito il seguente profilo verticale della V_s :

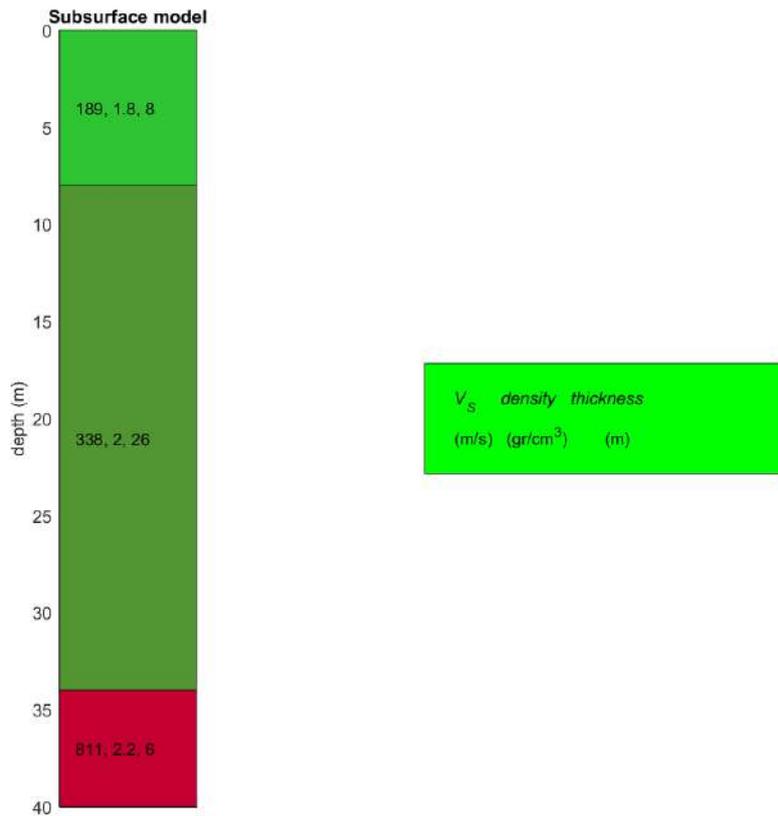


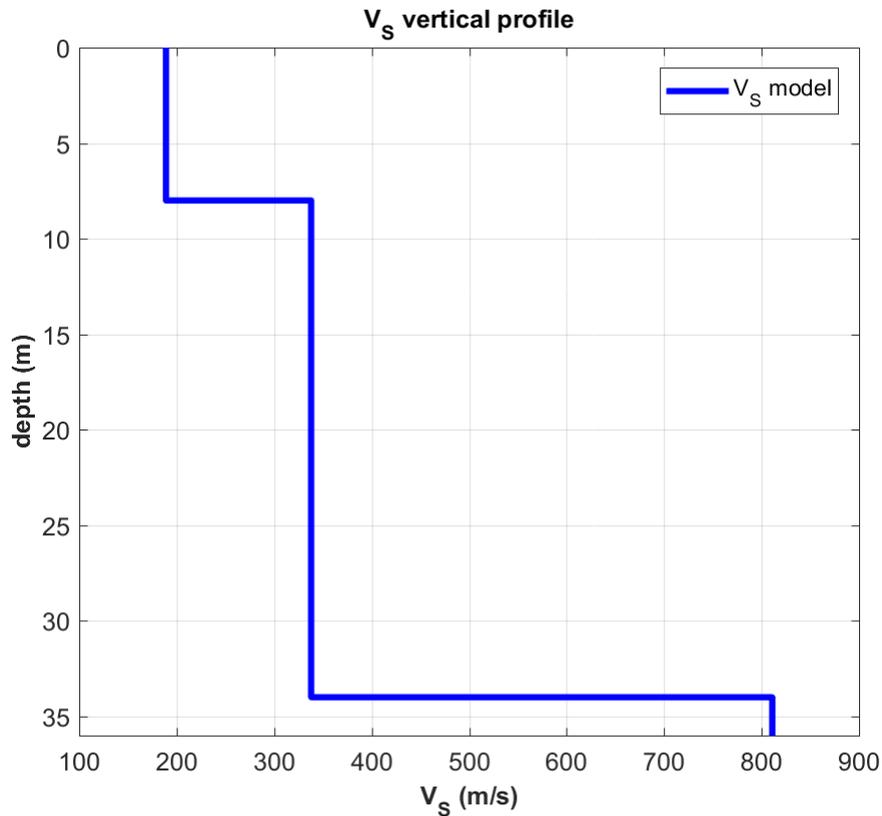
INVERSIONE DELLA CURVA DI DISPERSIONE DETERMINATA TRAMITE ANALISI DEI DATI MASW. SPETTRO OSSERVATO, CURVE DI DISPERSIONE PICCATE E CURVE DEL MODELLO INDIVIDUATO DALL'INVERSIONE. SULLA DESTRA IL PROFILO VERTICALE V_s IDENTIFICATO.





PROFILO Vs





Analyzing Phase velocities

Considered dispersion curve: **Picerno_masw_1.cdp**

Analysis: **Rayleigh Waves**

Subsurface Model

V_s (m/s): 189 338 811

Thickness (m): 8.0, 26.0

Density (gr/cm³) (approximate values): 1.83 1.97 2.18

Shear modulus (MPa) (approximate values): 65 225 1435

Analysis: Rayleigh Waves

Approximate values for V_p and Poisson (please, see manual)

V_p (m/s): 393 704 1688

Poisson: 0.35 0.35 0.35

V_{sEq} (m/s): 279



PERICOLOSITÀ SISMICA DI SITO

Coefficiente di smorzamento viscoso ξ : 5 %

Fattore di alterazione dello spettro elastico $\eta = [10 / (5 + \xi)]^{(1/2)}$: 1.000

Categoria sottosuolo: C

Categoria topografica:

T1: Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media minore o uguale a 15°

Stabilità di pendii e fondazioni

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0.017	0.023	0.089	0.111
kv	0.009	0.012	0.044	0.055
amax [m/s ²]	0.851	1.137	3.113	3.870
Beta	0.200	0.200	0.280	0.280

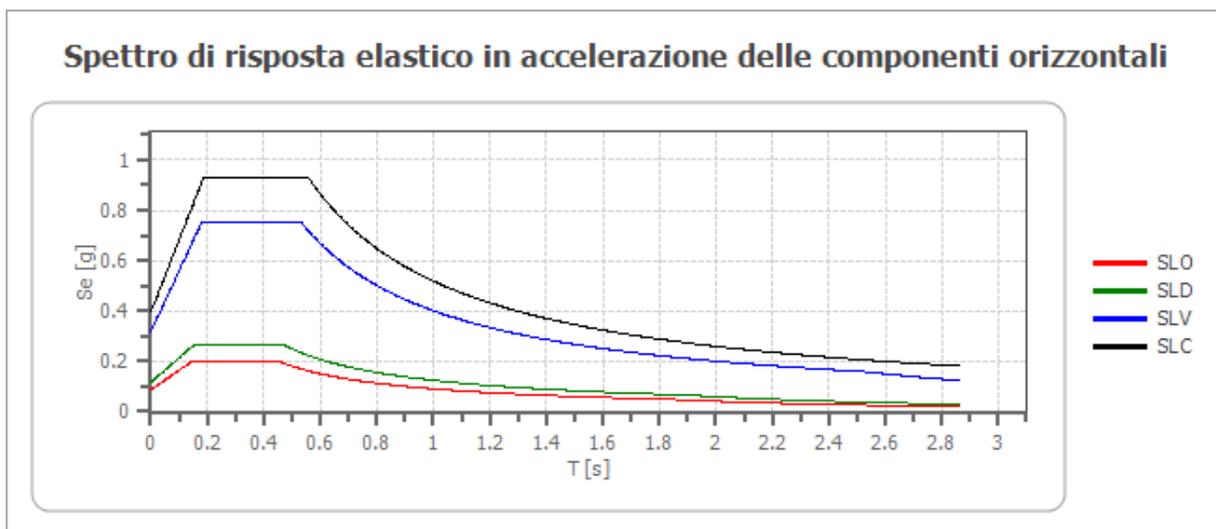
Muri di sostegno

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	--	0.055	0.121	--
kv	--	0.027	0.060	--
amax [m/s ²]	0.851	1.137	3.113	3.870
Beta	--	0.470	0.380	--

Fronti di scavo e rilevati

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	--	0.055	0.121	--
kv	--	0.027	0.060	--
amax [m/s ²]	0.851	1.137	3.113	3.870
Beta	--	0.470	0.380	--

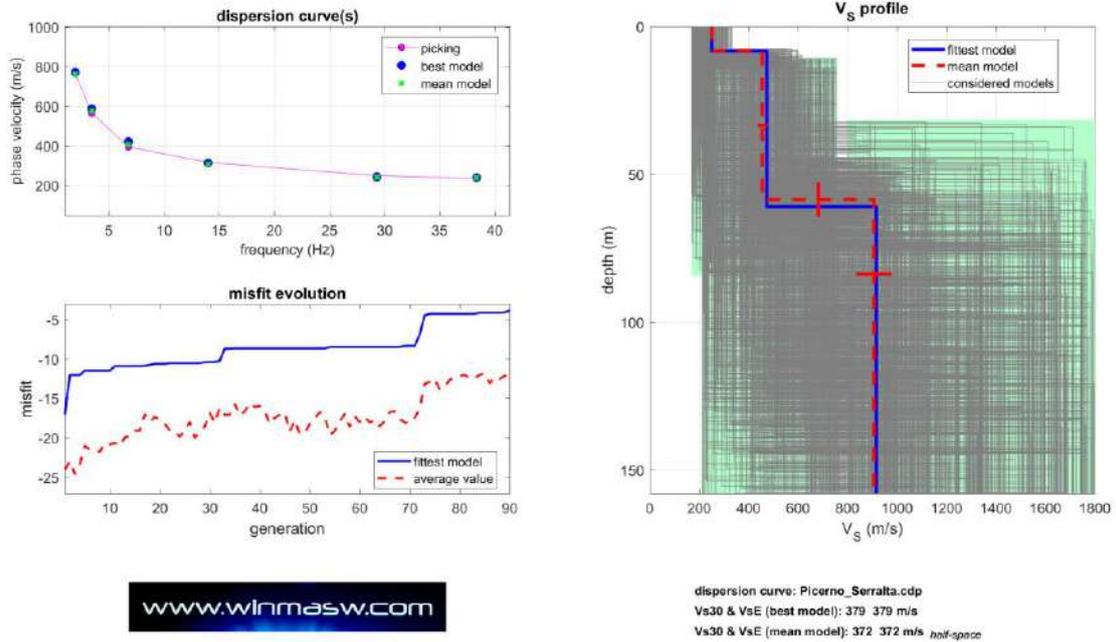
SPETTRO DI RISPOSTA ELASTICO IN ACCELERAZIONE DELLE COMPONENTI ORIZZONTALI



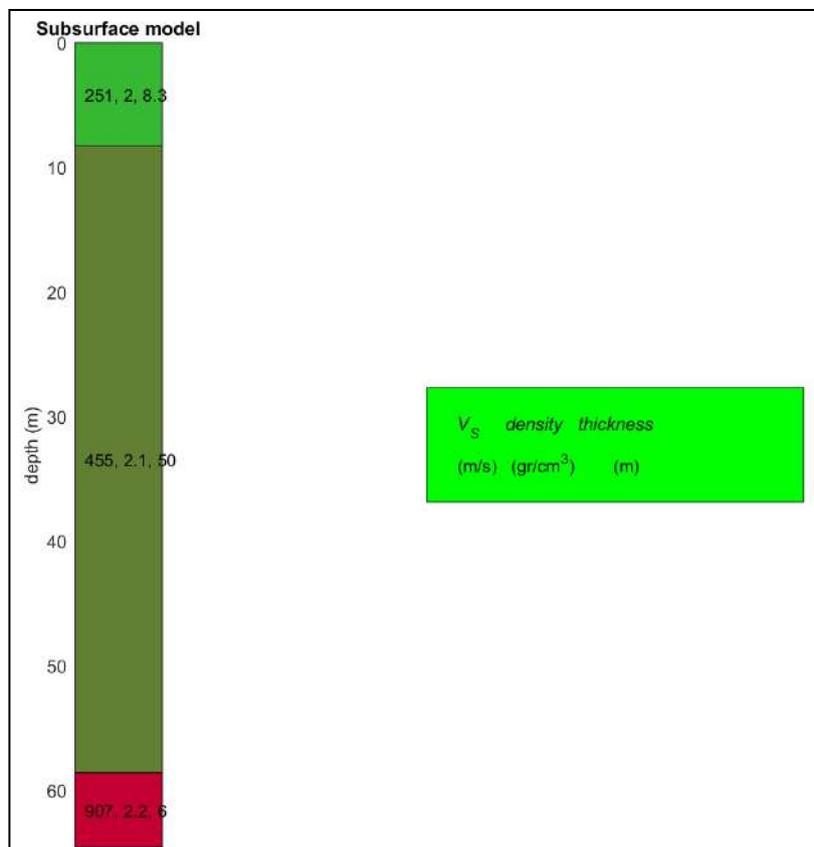
	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	η [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(TB) [g]
SLO	1.0	0.058	2.336	0.279	1.500	1.600	1.000	1.500	1.000	0.149	0.446	1.831	0.087	0.203
SLD	1.0	0.077	2.307	0.299	1.500	1.560	1.000	1.500	1.000	0.155	0.466	1.909	0.116	0.268
SLV	1.0	0.232	2.359	0.367	1.370	1.460	1.000	1.370	1.000	0.179	0.536	2.527	0.317	0.749
SLC	1.0	0.316	2.352	0.391	1.250	1.430	1.000	1.250	1.000	0.186	0.559	2.863	0.395	0.928

SISMICA MASW 2

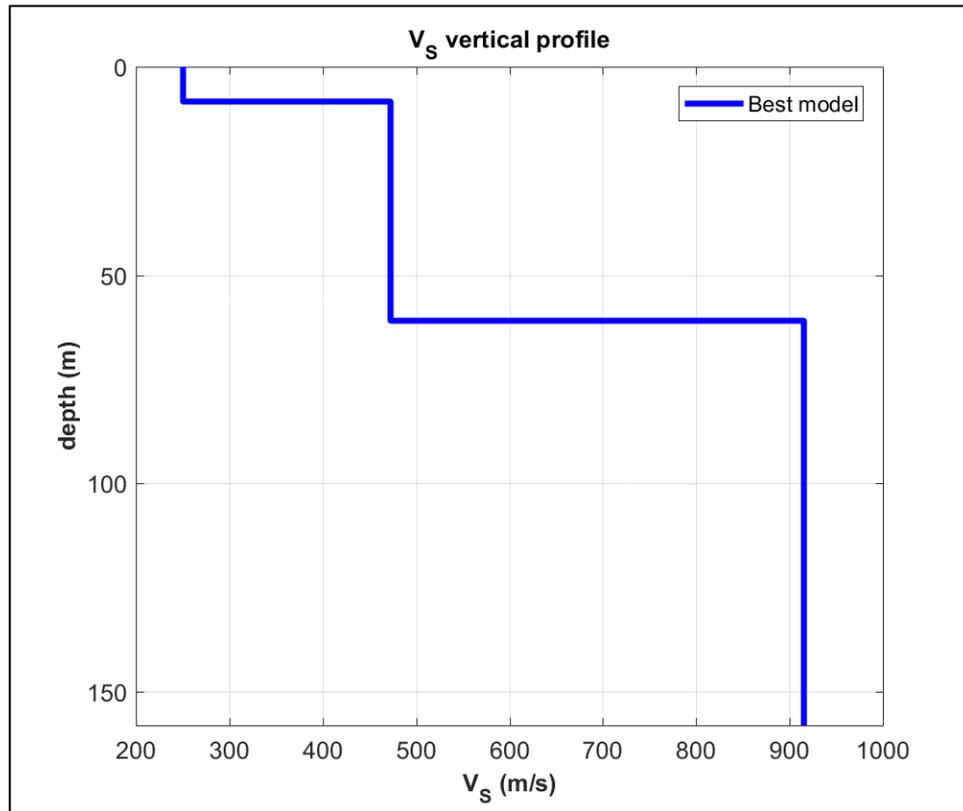
La Masw 2 eseguita per un altro impianto interessante gli stessi terreni del tracciato del cavidotto ha restituito il seguente profilo verticale della Vs:



INVERSIONE DELLA CURVA DI DISPERSIONE DETERMINATA TRAMITE ANALISI DEI DATI MASW. SPETTRO OSSERVATO, CURVE DI DISPERSIONE PICCATE E CURVE DEL MODELLO INDIVIDUATO DALL'INVERSIONE. SULLA DESTRA IL PROFILO VERTICALE VS IDENTIFICATO.



PROFILO V_s



Analyzing Phase velocities

Considered dispersion curve: Picerno_Serralta.cdp

Analysis: Rayleigh Waves

Subsurface Model

V_s (m/s): 251, 455, 907

Standard deviations (m/s): 2, 20, 72

Thickness (m): 8.3, 50.3

Standard deviations (m/s): 0.3, 5.9

Density (gr/cm³) (approximate values): 2.01 2.08 2.21

Shear modulus (MPa) (approximate values): 127 431 1817

Approximate values for V_p and Poisson (please, see manual)

V_p (m/s): 832 1115 1888

Poisson: 0.45 0.40 0.35

V_{sE} q(m/s): 372



PERICOLOSITÀ SISMICA E SISMICITÀ STORICA DEL SITO

Di seguito sono descritti i risultati ottenuti per quel che concerne la determinazione dell'azione sismica per il sito ubicato nel territorio comunale di Tito ed il metodo utilizzato.

L'azione sismica è stata calcolata, in virtù delle indagini eseguite e consultate, in termini di spettri di risposta elastico.

In particolare, una volta effettuato l'inquadramento geologico del sito, è stato necessario determinare i valori di una serie di parametri e coefficienti che sono serviti in seguito per la definizione dell'azione sismica e in particolare, degli spettri di risposta così come richiesto dalle procedure di progetto previste dal tecnico incaricato.

L'azione sismica utilizzata per la verifica nel sito in esame è stata definita in ottemperanza a quanto stabilito dalla N.T.C. 2018 considerando la pericolosità sismica locale così come prevista dalla mappa fornita nella O.P.C.M. 3519 del 2006.

Dai risultati sulle caratteristiche strutturali dell'area si vince che il territorio di Tito è compreso nelle principali strutture sismogenetiche dell'Appennino Meridionale.

Per stabilire la forza massima di tali terremoti è stata fatta una ricerca storica sugli effetti nei centri abitati, circostanti l'area, dei più significativi terremoti che, in epoca storica, hanno avuto l'epicentro ubicato in Molise, Campania e Lucania.

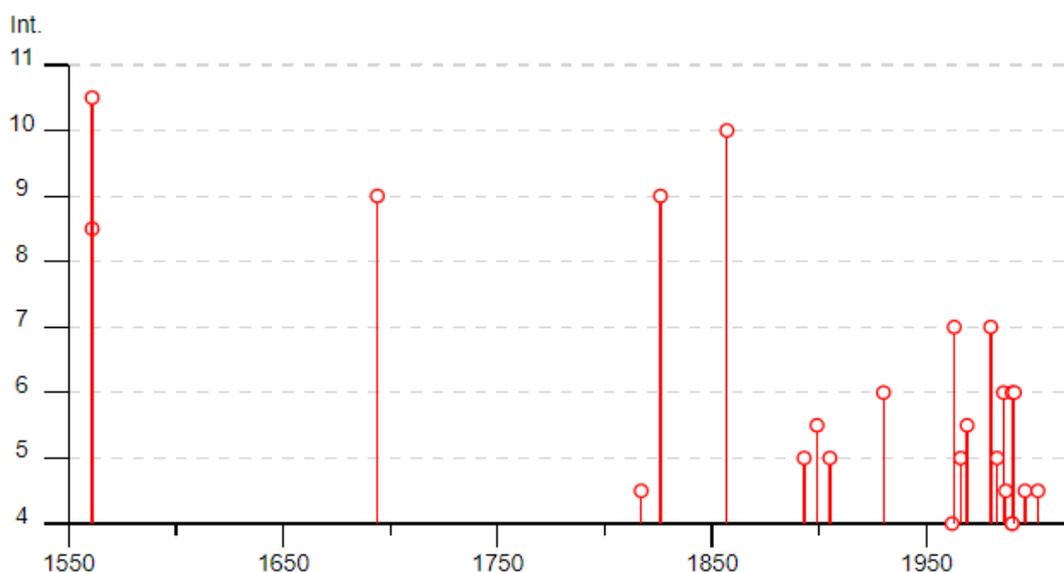
Il Comune di Tito è stato interessato da un'attività sismica, sia per eventi sismici di risentimento sia per sismi ivi avvenuti.

Dal database macrosismico italiano "DBMI11" (2011) redatto dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV), relativo alle osservazioni macrosismiche di terremoti di aree italiane al di sopra della soglia del danno, emerge quanto esposto nella tabella seguente, nella quale viene visualizzata la storia sismica di Tito comprensivo dei dati parametrici omogenei, sia macrosismici che strumentali, relativi ai terremoti con intensità massima ≥ 5 o magnitudo ≥ 4 , nella finestra temporale compresa tra l'anno 1000 ed il 2014.



Seismic history of	Tito				
PlaceID	IT_63340				
Coordinates (lat, lon)	40.582, 15.675				
Municipality (ISTAT 2015)	Tito				
Province	Potenza				
Region	Basilicata				
No. of reported earthquakes	38				
Intensity	Year Mo Da Ho Mi Se	Epicentral area	NMDP	Io	Mw
8-9	1561 07 31 19 45	Vallo di Diano	22	9	6,34
10-11	1561 08 19 15 50	Vallo di Diano	32	10	6,72
9	1694 09 08 11 40	Irpinia-Basilicata	251	10	6,73
4-5	1817 04 17	Potentino	7	4-5	3,97
9	1826 02 01 16	Potentino	18	8	5,74
10	1857 12 16 21 15	Basilicata	340	11	7,12
5	1893 01 25	Vallo di Diano	134	7	5,15
NF	1895 07 19 09 45	Appennino lucano	23	5	4,21
5-6	1899 10 02 14 17	Polla	22	5-6	4,64
5	1905 06 29 19 49	Brienza	22	5-6	4,14
3	1905 09 08 01 43	Calabria centrale	895	10-11	6,95
6	1930 07 23 00 08	Irpinia	547	10	6,67
2	1957 05 03 03 29 34.00	Potentino	36	5	4,09
4	1962 08 21 18 19	Irpinia	562	9	6,15
7	1963 02 13 12 45	Potentino	31	7	5,19
5	1966 10 04 04 51 51.00	Potentino	15	5	4,16
5-6	1969 11 14 06 48 07.00	Potentino	34	5	4,62
NF	1978 09 24 08 07 44.00	Materano	121	6	4,75
7	1980 11 23 18 34 52.00	Irpinia-Basilicata	1394	10	6,81
5	1983 02 02 08 14 16.00	Potentino	42	5	4,35
6	1986 07 23 08 19 50.87	Potentino	48	6	4,61
3	1987 01 28 05 33 21.76	Potentino	62	5	4,54
4-5	1987 09 01 00 04 40.51	Potentino	4	4-5	4,05
3	1989 05 29 11 19 10.75	Appennino lucano	77	5	4,34
6	1990 05 05 07 21 29.61	Potentino	1375		5,77
4	1990 08 26 13 41 24.38	Potentino	26	6	4,03
4	1990 08 28 19 02 52.35	Potentino	84		4,21
6	1991 05 26 12 25 59.42	Potentino	597	7	5,08
3	1991 06 06 06 34 38.02	Potentino	25	5	3,37
2-3	1993 08 16 06 40 40.69	Appennino campano-lucano	22	5	3,67
4-5	1996 04 03 13 04 34.98	Irpinia	557	6	4,9
NF	1996 07 16 12 46 14.75	Irpinia	37	5	3,45
3	1998 04 26 05 38 05.59	Potentino	67	4-5	3,76
4-5	2002 04 18 20 56 48.67	Appennino lucano	164	5	4,34
NF	2002 04 21 23 39 49.84	Appennino Lucano	31	4	3,17
NF	2004 02 23 19 48 45.19	Appennino lucano	107	4-5	3,82
NF	2004 02 24 05 21 26.53	Appennino lucano	140	5	4,21
NF	2006 05 29 02 20 06.26	Gargano	384		4,64

DIAGRAMMA DELLA STORIA SISMICA DI TITO



PRINCIPALI EVENTI SISMICI DAL 1550 AL 2019 CON I>4

L'indagine storica, sui terremoti più importanti, ha evidenziato che i sismi si sono succeduti dal 1561 ad oggi sono stati diversi e con diversa intensità; alcuni di essi sono stati solo percepiti dalla popolazione creando panico ma senza provocare danni; altri hanno provocato danni rilevanti e/o vittime, come quelli degli anni: 1694, 1826, 1857, 1980; inoltre il comune di Tito è ubicato entro la distanza di 10 km da località dove si sono verificati numerosi eventi sismici che vanno da un minimo di 27 a Satriano di Lucania, a 47 a Picerno, 28 a Pignola.

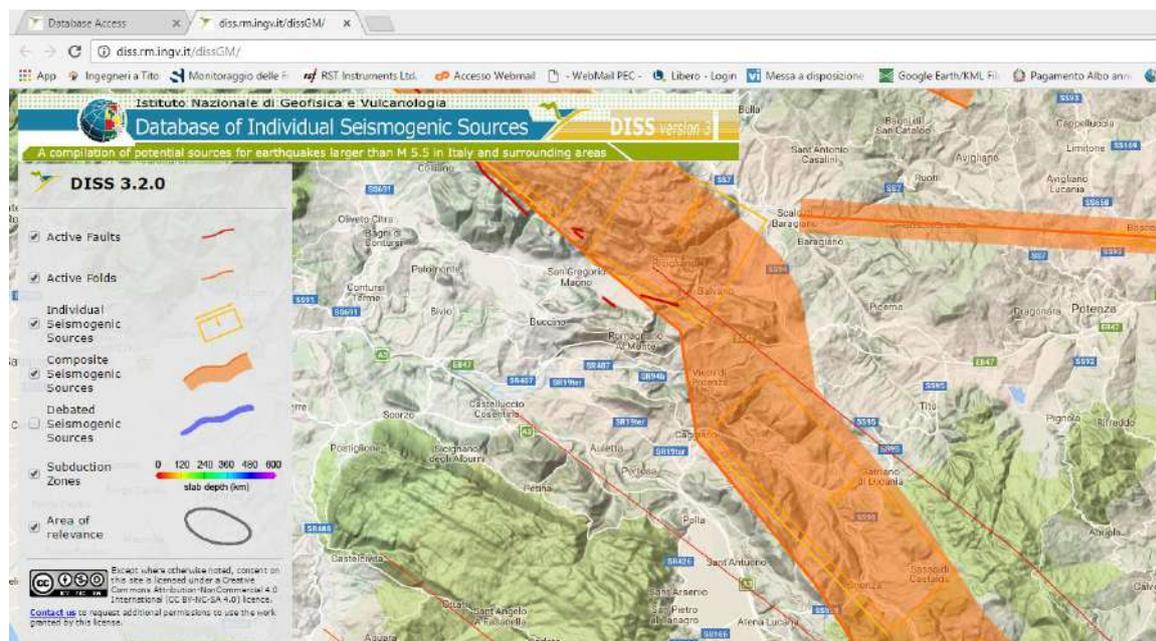
L'area di studio si inquadra all'interno della unità geodinamica nota come Catena appenninica; è noto come tale unità sia stata caratterizzata da una sismicità recente ed attuale, a volte responsabile delle morfologie aspre che caratterizzano questi luoghi. Le principali faglie sismogenetiche rilevate nel settore in studio sono state ottenute attraverso la consultazione del Database of Individual Seismogenic Sources (DISS) edito dall'Istituto Nazionale di Vulcanologia e Geofisica (INGV). Nella fattispecie, alcuni elementi corrispondono a strutture orientate NNW-SSE e NW-SE, a vergenza tirrenica e con componenti sia di tipo *dip-slip* che *strike-slip*.

Come si evince dalla cartografia geologica in scala 1:100.000 nell'areale di stretto interesse non insistono elementi strutturali di particolare rilevanza, fatta eccezione per superfici di thrust

profondi, responsabili della strutturazione tettonica dell'edificio a falde.

La figura mostra la presenza di fasce a ridosso di strutture tettoniche ritenute attive e sismogenetiche (fasce in arancione).

Questi elementi rappresentano strutture affette da un certo grado di incertezza, ma che comunque sono state proposte in letteratura come potenziali fonti sismogenetiche.



Schermate tratte dal sito INGV relative all'applicazione DISS (Database of Individual Seismogenic Sources) e relativo al settore in studio.

CLASSIFICAZIONE SISMICA AI SENSI DELLA L.R. 9/2011

Secondo la zonazione sismica della L.R. 9/2011 e s.m.i. il comune di Tito è classificato in zona

1b con un valore di PGA pari a 0.275g come riportato nella tabella di sintesi seguente:

Zona sismica OPCM 3274	Nuova zonazione sismica	PGA subzona (g)	Magnitudo	Distanza (Km)
1	1b	0.275	5,8	5

Classificazione della categoria di sottosuolo:

Le misure sismiche eseguite hanno consentito di ottenere il profilo di velocità delle onde di taglio (V_s).

La descrizione stratigrafica è congruente con quella prevista dalla tab. 3.2.II delle NTC 2018, pertanto il sito in esame rientra nella categoria di sottosuolo "C" e di tipo "C".

Classificazione delle condizioni topografiche:

La categoria topografica è la T1, a cui corrisponde un valore del coefficiente di amplificazione topografica ST pari a 1.0.

PARAMETRI SISMICI DI RIFERIMENTO

Il Decreto Ministeriale 14 gennaio 2008 “Norme Tecniche per le Costruzioni” e l’aggiornamento delle Norme Tecniche per Costruzioni D.M. 17/01/2018 raccoglie in forma unitaria le regole che disciplinano la progettazione, l’esecuzione e il collaudo delle costruzioni, al fine di garantire, per stabiliti livelli di sicurezza, la pubblica incolumità.

25

Le azioni sismiche di progetto, in base alle quali si valutano i diversi stati limite considerati, si definiscono dalla “pericolosità sismica di base” del sito di costruzione.

I dati di pericolosità sismica prodotti e messi in rete dall’Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV), costituiscono l’elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche.

La pericolosità sismica di un sito è descritta dalla probabilità che in un fissato periodo avvenga un evento sismico di entità almeno pari a un valore prefissata e rappresenta la frequenza e la forza dei terremoti che interessano un dato territorio, ovvero dalla sua sismicità.

Viene definita come la probabilità che in una data area ed in un certo intervallo di tempo si verifichi un terremoto che superi una soglia di intensità, magnitudo o accelerazione di picco (Pga) di nostro interesse.

Per la determinazione dei valori della pericolosità sismica, il territorio nazionale è stato suddiviso in molteplici griglie aventi passo di 0.05°, come ben visibile nelle figure seguenti dove è riportata la mappa della Basilicata con i valori di pericolosità sismica (dall’Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia).

La pericolosità sismica è definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa ag in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido; i parametri sismici calcolati per il sito con GeoStru PS <http://www.geostru.com/geoapp/Parametri-Sismici.aspx> sono quelli riportati

di seguito dovei valori di ag , F_0 , T_c^* definiscono le forme spettrali.

Nelle Norme Tecniche per le Costruzioni, tale periodo, espresso in anni, è denominato “periodo di riferimento” V_R e la probabilità è denominata “probabilità di eccedenza o di superamento nel periodo di riferimento” RVP .

Ai fini della determinazione delle azioni sismiche di progetto nei modi previsti dalle NTC, la pericolosità sismica del territorio nazionale è definita convenzionalmente facendo riferimento a un sito rigido (di categoria A) con superficie topografica orizzontale in condizioni di campo libero, cioè in assenza di manufatti.

26

PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE

Vita nominale (V_n): 50 [anni]
 Classe d'uso: II
 Coefficiente d'uso (C_u): 1
 Periodo di riferimento (V_r): 50 [anni]

Periodo di ritorno (T_r) SLO: 30 [anni]
 Periodo di ritorno (T_r) SLD: 50 [anni]
 Periodo di ritorno (T_r) SLV: 475 [anni]
 Periodo di ritorno (T_r) SLC: 975 [anni]

Tipo di interpolazione: Media ponderata

Coordinate geografiche del punto

Latitudine (WGS84): 40.6135979 [°]
 Longitudine (WGS84): 15.7195568 [°]
 Latitudine (ED50): 40.6145897 [°]
 Longitudine (ED50): 15.7203932 [°]

Coordinate dei punti della maglia elementare del reticolo di riferimento che contiene il sito e valori della distanza rispetto al punto in esame

Punto	ID	Latitudine (ED50) [°]	Longitudine (ED50) [°]	Distanza [m]
1	34110	40.614080	15.663320	4817.83
2	34111	40.612800	15.729140	764.68
3	33889	40.662770	15.730880	5429.92
4	33888	40.664060	15.665010	7217.78

Parametri di pericolosità sismica per TR diversi da quelli previsti nelle NTC, per i nodi della maglia elementare del reticolo di riferimento

Punto 1

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0.059	2.359	0.275
SLD	50	0.079	2.329	0.293
	72	0.096	2.310	0.318
	101	0.115	2.315	0.325
	140	0.136	2.305	0.335
	201	0.164	2.307	0.342
SLV	475	0.247	2.315	0.369
SLC	975	0.340	2.316	0.386
	2475	0.478	2.429	0.426

Punto 2

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0.058	2.331	0.279
SLD	50	0.078	2.304	0.297
	72	0.094	2.308	0.319
	101	0.112	2.309	0.327
	140	0.130	2.345	0.336
	201	0.154	2.378	0.341
SLV	475	0.232	2.354	0.366
SLC	975	0.316	2.353	0.387
	2475	0.456	2.346	0.422

Punto 3

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0.056	2.337	0.283
SLD	50	0.074	2.300	0.313
	72	0.090	2.317	0.327
	101	0.106	2.331	0.335
	140	0.125	2.341	0.343
	201	0.147	2.379	0.348
SLV	475	0.209	2.470	0.368
SLC	975	0.284	2.412	0.411
	2475	0.407	2.402	0.421

Punto 4

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0.057	2.348	0.279
SLD	50	0.077	2.310	0.299
	72	0.093	2.316	0.323
	101	0.110	2.332	0.331
	140	0.129	2.345	0.342
	201	0.156	2.332	0.348
SLV	475	0.235	2.323	0.370
SLC	975	0.321	2.310	0.408
	2475	0.458	2.379	0.424

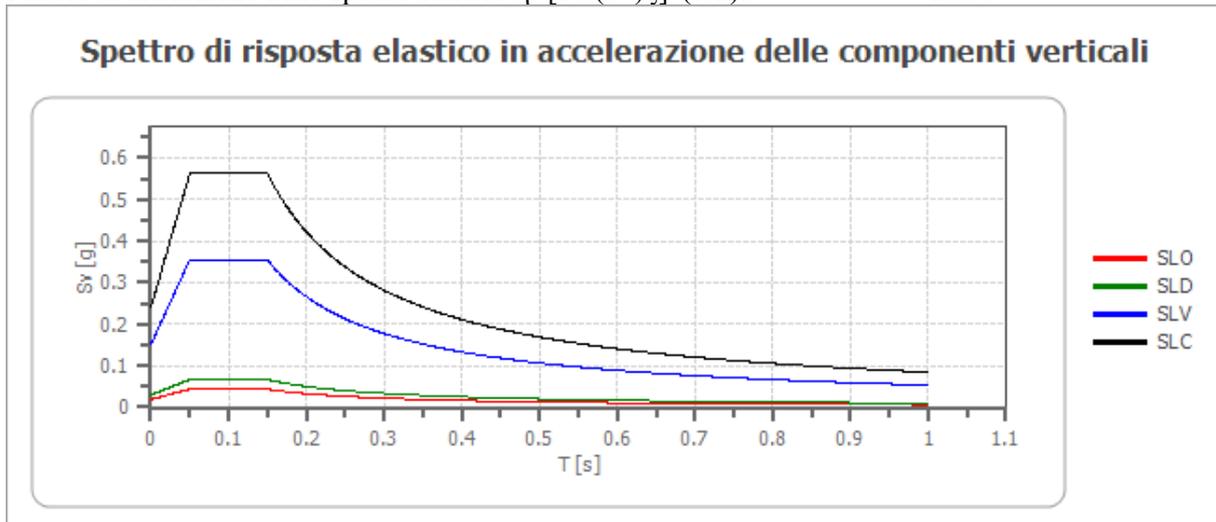
Punto d'indagine

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0.058	2.336	0.279
SLD	50	0.077	2.307	0.299
SLV	475	0.232	2.359	0.367
SLC	975	0.316	2.352	0.391



SPETTRO DI RISPOSTA ELASTICO IN ACCELERAZIONE DELLE COMPONENTI VERTICALI

Coefficiente di smorzamento viscoso ξ : 5 %
 Fattore di alterazione dello spettro elastico $\eta = [10/(5+\xi)]^{(1/2)}$: 1.000



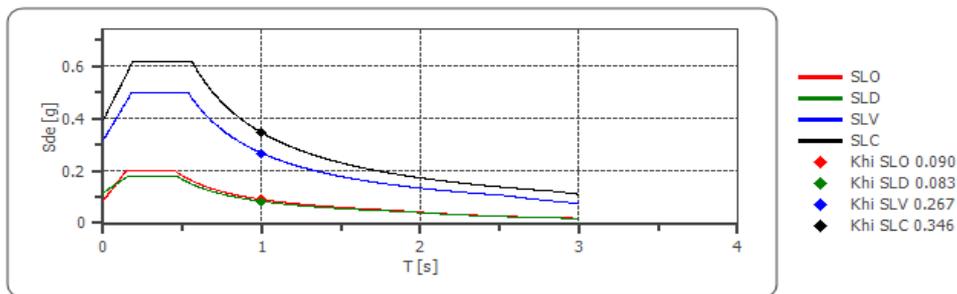
	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	η [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(TB) [g]
SLO	1.0	0.058	2.336	0.279	1	1.600	1.000	1.000	1.000	0.050	0.150	1.000	0.019	0.044
SLD	1.0	0.077	2.307	0.299	1	1.560	1.000	1.000	1.000	0.050	0.150	1.000	0.029	0.067
SLV	1.0	0.232	2.359	0.367	1	1.460	1.000	1.000	1.000	0.050	0.150	1.000	0.151	0.355
SLC	1.0	0.316	2.352	0.391	1	1.430	1.000	1.000	1.000	0.050	0.150	1.000	0.240	0.563

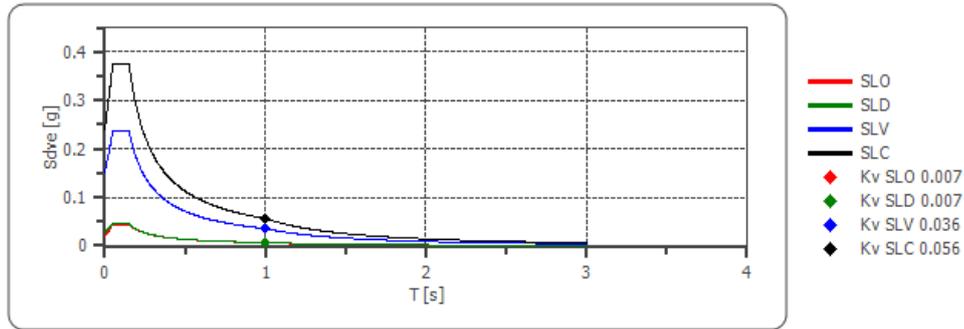
Spettro di progetto

Fattore di struttura spettro orizzontale q : 1.50
 Fattore di struttura spettro verticale q : 1.50
 Periodo fondamentale T : 1.00 [s]

	SLO	SLD	SLV	SLC
$k_{hi} = S_{de}(T)$ Orizzontale [g]	0.090	0.083	0.267	0.346
$k_v = S_{dve}(T)$ Verticale [g]	0.007	0.007	0.036	0.056

Spettro di progetto delle componenti orizzontali



Spettro di progetto delle componenti verticali


	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	q [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Sd(0) [g]	Sd(T B) [g]
SLO orizzontale	1.0	0.058	2.336	0.279	1.500	1.600	1.000	1.500	1.000	0.149	0.446	1.831	0.087	0.203
SLO verticale	1.0	0.058	2.336	0.279	1.500	1.600	1.000	1.000	1.000	0.050	0.150	1.000	0.019	0.044
SLD orizzontale	1.0	0.077	2.307	0.299	1.500	1.560	1.000	1.500	1.500	0.155	0.466	1.909	0.116	0.178
SLD verticale	1.0	0.077	2.307	0.299	1.500	1.560	1.000	1.000	1.500	0.050	0.150	1.000	0.029	0.045
SLV orizzontale	1.0	0.232	2.359	0.367	1.370	1.460	1.000	1.370	1.500	0.179	0.536	2.527	0.317	0.499
SLV verticale	1.0	0.232	2.359	0.367	1.370	1.460	1.000	1.000	1.500	0.050	0.150	1.000	0.151	0.237
SLC orizzontale	1.0	0.316	2.352	0.391	1.250	1.430	1.000	1.250	1.500	0.186	0.559	2.863	0.395	0.619
SLC verticale	1.0	0.316	2.352	0.391	1.250	1.430	1.000	1.000	1.500	0.050	0.150	1.000	0.240	0.376



MICROZONAZIONE SISMICA

La microzonazione sismica è volta ad individuare gli strumenti necessari ed utili a prevedere e a mitigare, attraverso idonei criteri d'uso del territorio, gli effetti sismici in una zona di dimensioni locali.

Secondo la zonazione sismica della L.R. 9/2011 allegato A e s.m.i. il comune di Tito è classificato in zona 1b con un valore di PGA pari a 0.275g come riportato nella tabella seguente:

31

Zona sismica OPCM 3274	Nuova zonazione sismica	PGA subzona (g)	Magnitudo	Distanza (Km)
1	1b	0.275	5.8	5

Da un'analisi delle caratteristiche geologiche, geomorfologiche, geotecniche e sismiche, riportate sia nei capitoli precedenti e negli elaborati allegati al presente studio, i siti prescelti per l'impianto fotovoltaico rientrano in "Zona Stabile Suscettibile di amplificazione locale", dove sono attese amplificazioni del moto sismico come effetto della natura litostratigrafica e morfologica locale.

Da una valutazione dei criteri di poter utilizzare l'approccio semplificato per lo studio di microzonazione sismica mediante gli abachi non è possibile applicarlo, pertanto è stato condotto lo studio di Risposta sismica locale.

Sono state distinte due zone stabili suscettibili di amplificazione distinte come zona 1 e zona 2, rispettivamente coincidente con l'area del parco fotovoltaico e del tracciato del cavidotto di connessione più la stazione elettrica utente.

ZONA 1

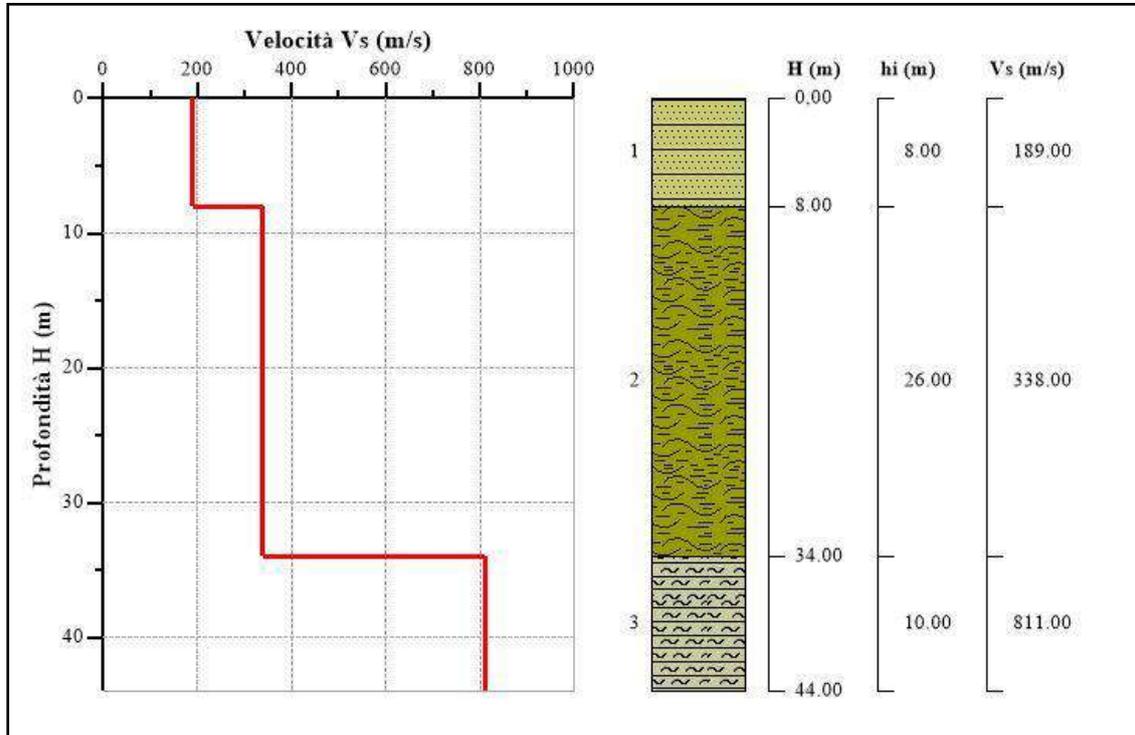
Dall'analisi delle velocità delle onde S misurate mediante gli stendimenti sismici MASW il bedrock sismico dalle masw è stato rilevato alla profondità di 34 m dal piano campagna nelle litologie argillose.

Dall'analisi dello spettro normalizzato ottenuto dallo studio della RSL con il software Geostru RSL si evince un'amplificazione in termini di accelerazione massima con il fattore di

amplificazione FA che è risultato pari a $FA = 1,51$.

Riassumendo quindi si è ottenuto:

FA	1,51
FV	1.05



ZONA 2

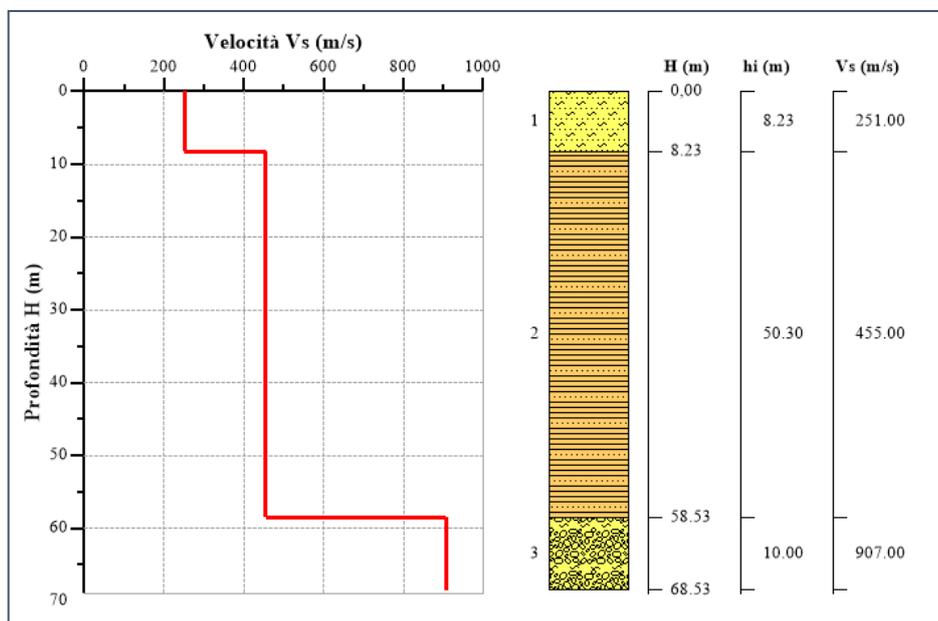
Dall'analisi delle velocità delle onde S misurate mediante gli stendimenti sismici MASW il bedrock sismico dalle masw è stato rilevato alla profondità di 50 m dal piano campagna.

Dall'analisi dello spettro normalizzato ottenuto dallo studio della RSL con il software Geostru RSL si evince un'amplificazione in termini di accelerazione massima con il fattore di amplificazione FA che è risultato pari a $FA = 1,65$.

Riassumendo quindi si è ottenuto:

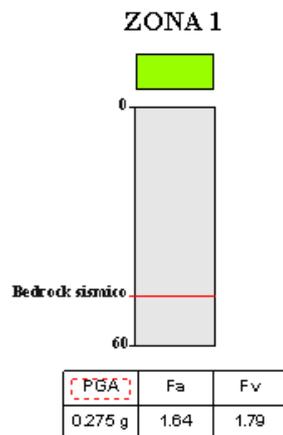
FA	1,65
FV	1,79

33



PROFILO Vs - SISMOSTRATIGRAFIA

ZONA STABILE SUSCETTIBILE DI AMPLIFICAZIONE



Terreni granulari costituiti da sabbie addensate e da conglomerati in profondità; bedrock sismico alla profondità di 50 metri.

PROCEDURA DI CALCOLO PARAMETRI DI AMPLIFICAZIONE

La procedura di calcolo adoperata da RSL per la valutazione della funzione di trasferimento presuppone come base di partenza uno o più accelerogrammi, od uno spettro di risposta in accelerazione, e la conoscenza della stratigrafia del sito attraverso i seguenti parametri geotecnici per ogni strato:

- peso per unità di volume;
- velocità di propagazione delle onde di taglio;
- coefficiente di spinta laterale;
- modulo di taglio iniziale (opzionale);
- spessore;
- indice di plasticità.

La non linearità del calcolo è introdotta dalla dipendenza del modulo di deformazione al taglio e del coefficiente di smorzamento viscoso dalla deformazione.

Schematicamente la procedura è riassumibile nel seguente modo:

1. Valutazione dello spettro di Fourier dell'accelerogramma (omessa nel caso si debba analizzare uno spettro);
2. Ricerca di un errore relativo piccolo seguendo la procedura di:
 - 2.1. Stima della funzione di trasferimento;
 - 2.2. Valutazione della deformazione indotta in ciascuno strato;
 - 2.3. Correzione del modulo di deformazione al taglio e del coefficiente di smorzamento viscoso per ogni strato;

Le operazioni 2.1, 2.2 e 2.3 sono ripetute fino a quando la differenza di deformazione tra un'iterazione e la precedente non rimane al di sotto di una soglia ritenuta accettabile;

3. Trasformazione inversa di Fourier dello spettro precedentemente calcolato ed opportunamente pesato per mezzo della funzione di trasferimento calcolata.

Attraverso questa procedura è possibile “trasferire” l'accelerogramma dal bedrock in superficie. La deformazione per ciascuno strato viene corretta sulla base del rapporto fra deformazione effettiva e massima come suggerito dalla letteratura scientifica, ovvero

$$\frac{\gamma_{eff}}{\gamma_{max}} = \frac{M - 1}{10}$$

dove M rappresenta la magnitudo del sisma.

Per la valutazione della funzione di trasferimento, RSL considera un suolo variamente stratificato composto da N strati orizzontali di cui l' N -esimo è il letto di roccia (bedrock). Ponendo come ipotesi che ciascuno strato si

comporti come un solido di Kelvin-Voigt $\left[\tau = G\gamma + \eta \frac{\partial \gamma(z, t)}{\partial z \partial t} \right]$, la propagazione delle onde di taglio che attraversano gli strati verticalmente può essere definita dall'equazione dell'onda:

$$\rho \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = G \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} + \eta \frac{\partial^3 u}{\partial z^2 \partial t} \quad (1)$$

dove: u rappresenta lo spostamento; t il tempo; ρ la densità; G il modulo di deformazione al taglio; η la viscosità. Per onde armoniche lo spostamento può essere scritto come:

$$u(z, t) = U(z) e^{i\omega t} \quad (2)$$

che sostituita nella (1) pone

$$(G + i\omega\eta) \frac{d^2 U}{dz^2} = \rho \omega^2 U \quad (3)$$

dove ω rappresenta la frequenza angolare. La (3) può essere riscritta come

$$G^* \frac{d^2 U}{dz^2} = \rho \omega^2 U \quad (4)$$

avendo posto $G^* = G + i\omega\eta$, ovvero il modulo di deformazione al taglio *complesso*. Questo può essere ulteriormente riscritto come

$$G^* = G(1 + 2i\xi) \quad (5)$$

avendo posto

$$\eta = \frac{2G}{\omega} \xi \quad (6)$$

dove ξ rappresenta il coefficiente di smorzamento viscoso. Ciò posto, e fatta convenzione che l'apice * indica la natura complessa della variabili in gioco, la soluzione dell'equazione generica dell'onda è la seguente:

$$u(z, t) = Ee^{i(\omega t + k^* z)} + Fe^{i(\omega t - k^* z)} \quad (7)$$

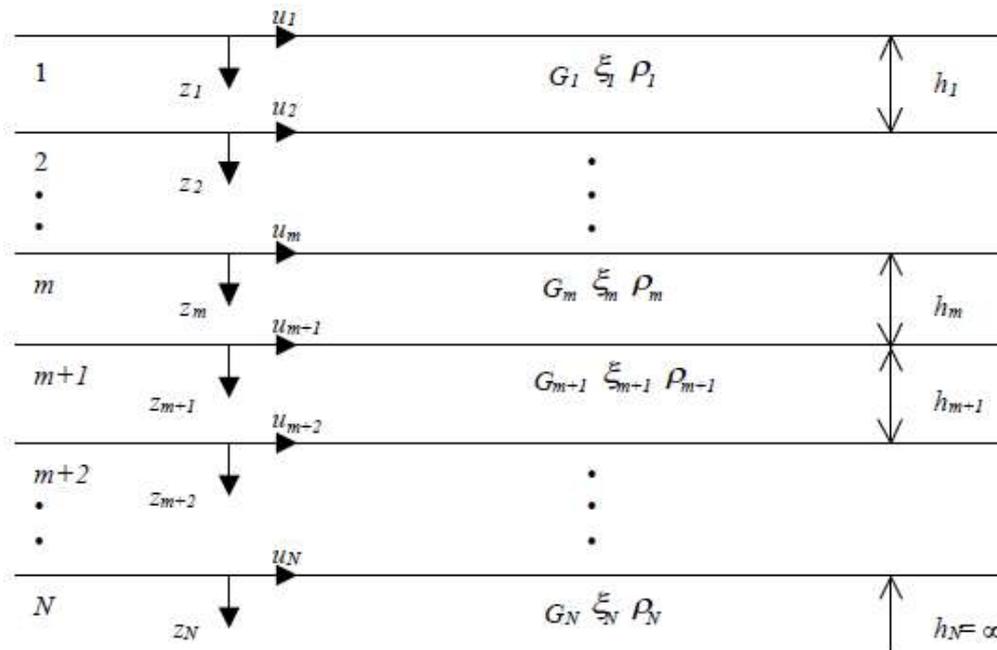


Figura 1: Esempio di stratigrafia per riferimento.

dove E e F dipendono dalle condizioni al contorno e rappresentano l'ampiezza d'onda che viaggia rispettivamente verso l'alto (-z) e verso il basso (+z), mentre k^* rappresenta il numero d'onda complesso dato dalla seguente espressione:

$$k^* = \omega \sqrt{\frac{\rho}{G^*}} \quad (8)$$

Il taglio invece è dato da:

$$\tau(z, t) = G^* \frac{dU}{dz} e^{i\omega t} = ik^* G^* [Ee^{i(\omega t + k^* z)} + Fe^{i(\omega t - k^* z)}] e^{i\omega t} \quad (9)$$

Per il generico strato m di spessore h_m gli spostamenti, rispettivamente in sommità ($z = 0$) ed al fondo ($z = h_m$), sono:

$$u_m(0, t) = (E_m + F_m) e^{i\omega t} \quad (10)$$

$$u_m(h_m, t) = (E_m e^{ik_m^* h_m} + F_m e^{-ik_m^* h_m}) e^{i\omega t} \quad (11)$$

Poiché deve essere rispettata la congruenza sullo spostamento all'interfaccia tra gli strati, ovvero lo spostamento in sommità ad uno strato deve essere uguale allo spostamento sul fondo di quello immediatamente sopra, se ne deduce che:

$$u_m(z = h_m, t) = u_{m+1}(z = 0, t) \quad (12)$$

Usando la (10), (11) e la (12), ne consegue che

$$E_{m+1} + F_{m+1} = E_m e^{ik_m^* h_m} + F_m e^{-ik_m^* h_m} \quad (13)$$

Il taglio in sommità ed al fondo dell' m -esimo strato è dato da:

$$\tau_m(0, t) = ik_m^* G_m^* [E_m - F_m] e^{i\omega t} \quad (14)$$

$$\tau_m(h_m, t) = ik_m^* G_m^* [E_m e^{ik_m^* h_m} - F_m e^{-ik_m^* h_m}] e^{i\omega t} \quad (15)$$

Poiché fra uno strato e l'altro il taglio deve essere continuo si ha

$$\tau_m(z = h_m, t) = \tau_{m+1}(z = 0, t) \quad (16)$$

ovvero

$$E_{m+1} - F_{m+1} = \frac{k_m^* G_m^*}{k_{m+1}^* G_{m+1}^*} (E_m e^{ik_m^* h_m} - F_m e^{-ik_m^* h_m}) \quad (17)$$

Sommando la (13) alla (17) e sottraendo la (17) alla (13) si ottiene

$$E_{m+1} = \frac{1}{2} E_m (1 + \alpha_m^*) e^{ik_m^* h_m} + \frac{1}{2} F_m (1 - \alpha_m^*) e^{-ik_m^* h_m} \quad (18)$$

$$F_{m+1} = \frac{1}{2} E_m (1 - \alpha_m^*) e^{ik_m^* h_m} + \frac{1}{2} F_m (1 + \alpha_m^*) e^{-ik_m^* h_m} \quad (19)$$

dove α_m^* rappresenta il coefficiente di impedenza complesso al contorno tra gli strati m ed $m+1$, ed è dato dalla seguente espressione:

$$\alpha_m^* = \frac{k_{m+1}^* G_{m+1}^*}{k_m^* G_m^*} \quad (20)$$

Poiché in superficie il taglio è nullo,

$$\tau_1(0, t) = ik_1^* G_1^* [E_1 - F_1] e^{i\omega t} = 0$$

si deduce che $E_1 = F_1$.

Le equazioni (18) e (19) possono essere successivamente applicate agli strati successivi da 2 ad m . La funzione di trasferimento A_{mn} che lega gli spostamenti in sommità degli strati m ed n è definita dalla seguente espressione:

$$A_{mn} = \frac{u_m}{u_n} = \frac{E_m + F_m}{E_n + F_n} \quad (21)$$

A_{mn} rappresenta la funzione di trasferimento, ovvero la funzione che mette in relazione il modulo della deformazione tra i punti m e n .

In pratica lo stato deformativo di una stratigrafia rimane definito una volta nota la deformazione di un suo qualsiasi punto. Inoltre, poiché la velocità e l'accelerazione sono legati allo spostamento,

$$\dot{u}(z, t) = \frac{\partial u}{\partial t} = i\omega u(z, t) \quad \ddot{u}(z, t) = \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = -\omega^2 u(z, t) \quad (22)$$

La funzione di trasferimento A_{mn} può essere espressa anche in funzione delle velocità e dell'accelerazione al tetto degli strati n ed m :

$$A_{mn}(\omega) = \frac{u_m}{u_n} = \frac{\dot{u}_m}{\dot{u}_n} = \frac{\ddot{u}_m}{\ddot{u}_n} = \frac{E_m + F_m}{E_n + F_n} \quad (23)$$

La deformazione tangenziale rimane definita alla profondità z e al tempo t dalla relazione:

$$\gamma(z, t) = \frac{\partial u}{\partial z} = ik^* (E e^{ik^* z} - F e^{-ik^* z}) e^{i\omega t} \quad (24)$$

E la corrispondente tensione tangenziale, dalla seguente espressione:

$$\tau(z, t) = G^* \gamma(z, t) \quad (25)$$

Ai fini di una corretta interpretazione del problema della risposta sismica locale, risulta utile riprodurre la rappresentazione schematica di Figura 2 in cui è riportata la terminologia utilizzata per lo studio del moto sismico di un deposito che poggia su un basamento roccioso.

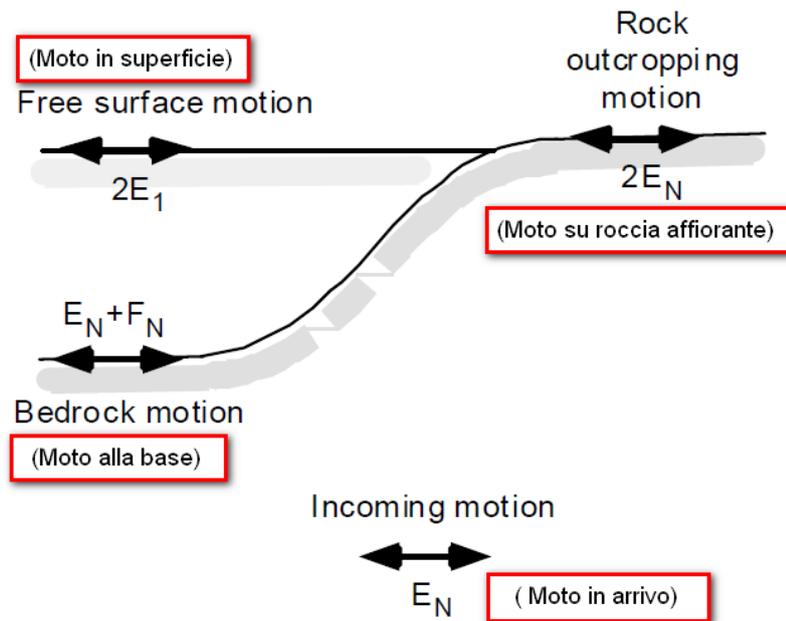


Figura 2: Schema di riferimento e terminologia utilizzata.

Le onde di taglio si propagano verticalmente attraverso il bedrock con ampiezza pari ad E_N ; al tetto del bedrock, sotto il deposito degli strati di terreno, il moto ha un'ampiezza pari a $E_N + F_N$. Sulla roccia affiorante, poiché le tensioni tangenziali sono nulle ($E_N = F_N$), il moto avrà ampiezza pari a $2E_N$. La funzione di trasferimento dal bedrock al bedrock-affiorante è la seguente:

$$A_{NN}(\omega) = \frac{2E_N}{E_N + F_N} \tag{26}$$

A è non lineare poiché G è funzione di γ . Nella procedura di calcolo infatti, da una stima iniziale del modulo di deformazione al taglio, si ottiene la tensione ipotizzando un legame lineare, per poi ottenere un nuovo valore di γ . Grazie a questo valore aggiornato si valuta un nuovo modulo G così da ripetere la procedura fino a quando la differenza tra la deformazione aggiornata e quella ottenuta dalla precedente iterazione viene ritenuta accettabile. Il modello per $G(\gamma)$ adoperato è quello suggerito da Ishibashi e Zhang (1993) che tiene conto degli effetti della pressione di confinamento e dell'indice di plasticità:

$$G = G_{max} \cdot K(\gamma, PI) (\sigma'_m)^{m(\gamma, PI) - m_0} \tag{24}$$

$$K(\gamma, PI) = 0.5 \left\{ 1 + \tanh \left[\ln \left(\frac{0.000102 + n(PI)}{\gamma} \right)^{0.492} \right] \right\} \tag{25}$$

$$m(\gamma, PI) - m_0 = 0.272 \left\{ 1 - \tanh \left[\ln \left(\frac{0.000556}{\gamma} \right)^{0.4} \right] \right\} \exp(-0.0145 PI^{1.3}) \tag{26}$$

$$n(PI) = \begin{cases} 0.0 & \text{per } PI = 0 \\ 3.37 \times 10^{-6} PI^{1.404} & \text{per } 0 < PI \leq 15 \\ 7.0 \times 10^{-7} PI^{1.976} & \text{per } 15 < PI \leq 70 \\ 2.7 \times 10^{-5} PI^{1.115} & \text{per } PI > 70 \end{cases} \tag{27}$$

dove G_{max} è dato dalla relazione

$$G_{max} = \rho V_s^2 \tag{28}$$

dove ρ è la densità del terreno e V_s la velocità di propagazione delle onde di taglio nello stesso. La (28) fornisce il valore iniziale di G per la prima iterazione.

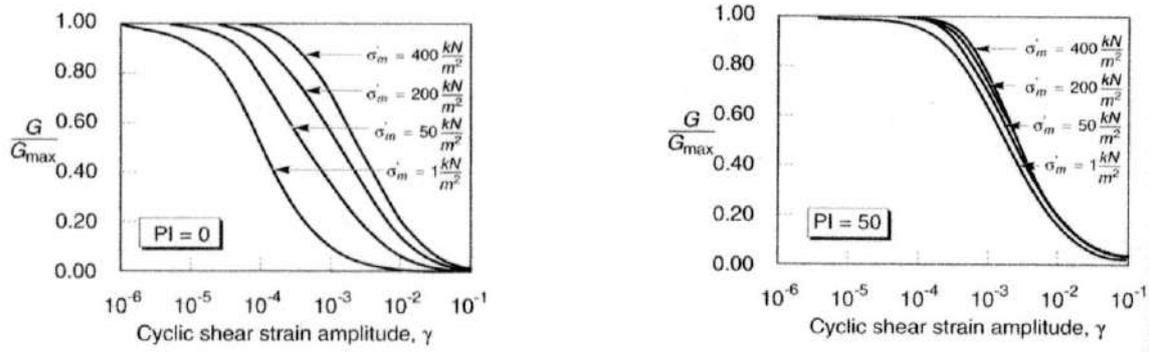
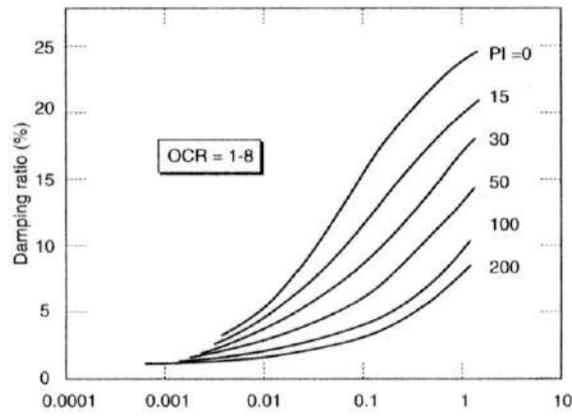


Figura 2: Influenza della pressione di confinamento e della plasticità sul modulo di deformazione al taglio.

Per quanto riguarda invece il coefficiente di smorzamento viscoso ξ , in conseguenza del modello introdotto dalla (24) si ha:

$$\xi = 0.333 \frac{1 + \exp(-0.0145 PI^{2.8})}{2} \left[0.586 \left(\frac{G}{G_{max}} \right)^2 - 1.547 \frac{G}{G_{max}} + 1 \right] \quad (29)$$

da cui si deduce che anche ξ deve essere ricalcolato ad ogni iterazione.



ZONA 1**Terreni**

Vucetic & Dorby (1991) PI=15

Deformazione %	G/Gmax	Deformazione %	Smorzamento %
0.0001	1.000	0.0001	1.097
0.0002	1.000	0.0002	1.163
0.0005	1.000	0.0005	1.287
0.001	0.992	0.001	1.578
0.002	0.965	0.002	2.076
0.005	0.898	0.005	3.239
0.010	0.818	0.010	4.568
0.020	0.719	0.020	6.312
0.050	0.549	0.050	9.136
0.100	0.408	0.100	11.550
0.200	0.287	0.200	14.200
0.500	0.158	0.500	17.690
1.000	0.096	1.000	19.980
2.000	0.055	2.000	22.140
5.000	0.028	5.000	24.340
10.000	0.014	10.000	25.660

39

Stratigrafia

n.	Descrizione	Profondità [m]	Spessore [m]	Terreno	Gmax [MPa]	Peso unità vol. [kN/m ³]	Vs [m/s]	Tensione verticale [kPa]
1	argille marnose	--	8.0	Vucetic & Dorby (1991) PI=15	69.18	19.0	189.0	76.0
2	argille marnose	8.0	26.0	Vucetic & Dorby (1991) PI=15	221.27	19.0	338.0	399.0
3	argille con calcari marnosi	oo	--	Smorzamento costante	1307.40	19.5	811.0	646.0

Strato rilevamento accelerogramma: 3 Affiorante

Elaborazione

Numero di iterazioni 50

Rapporto tra deformazione a taglio effettiva e deformazione massima 0.5

Tipo di modulo elastico Shake

Massimo errore percentuale di convergenza --

Fattori di amplificazione ICMS 2018

Tai	0.180 [s]
Tvi	6.200 [s]
Tao	0.210 [s]
Tvo	6.200 [s]
Sami	40.904 [m/s ²]
Svmi	4.765 [m/s]
Samo	61.984 [m/s ²]
Svmo	5.013 [m/s]
Fa	1.515 [-]
Fv	1.052 [-]
TB	0.169 [s]
TC	0.508 [s]
TD	10.246 [s]
SA(0)	2.161 [g]
SA(TB)	6.318 [g]



Spettro medio di risposta elastico

Periodo [s]	Accelerazione [g]								
0.00	2.4068	0.26	6.6295	0.52	2.5020	0.98	1.3445	2.25	0.8806
0.01	2.4068	0.27	6.0237	0.53	2.4483	1.00	1.3618	2.30	0.8458
0.02	2.4471	0.28	5.9448	0.54	2.3916	1.05	1.3097	2.35	0.7951
0.03	2.5436	0.29	6.0300	0.55	2.3281	1.10	1.1561	2.40	0.7250
0.04	2.7372	0.30	5.8740	0.56	2.2762	1.15	1.1409	2.50	0.6232
0.05	2.8461	0.31	5.8796	0.57	2.2441	1.20	1.1030	2.60	0.5810
0.06	3.0673	0.32	6.1136	0.58	2.2245	1.25	0.9356	2.70	0.5831
0.07	3.1179	0.33	6.1006	0.60	2.2386	1.30	0.8280	2.80	0.6064
0.08	3.2478	0.34	5.6133	0.62	2.2844	1.35	0.7683	2.90	0.6178
0.09	3.9878	0.35	5.1393	0.64	2.3201	1.40	0.7796	3.00	0.6235
0.10	4.2215	0.36	4.5148	0.66	2.2132	1.45	0.7674	3.10	0.6310
0.11	4.4452	0.37	4.0590	0.68	2.0735	1.50	0.7016	3.20	0.6737
0.12	4.7392	0.38	3.7653	0.70	1.9148	1.55	0.6291	3.30	0.6768
0.13	5.0144	0.39	3.6590	0.72	1.8111	1.60	0.6265	3.40	0.6441
0.14	5.0018	0.40	3.5072	0.74	1.7411	1.65	0.6409	3.50	0.5774
0.15	5.7105	0.41	3.4492	0.76	1.6238	1.70	0.6870	3.60	0.5025
0.16	6.4760	0.42	3.3624	0.78	1.4911	1.75	0.7061	3.70	0.4564
0.17	6.3850	0.43	3.2452	0.80	1.3671	1.80	0.6933	3.80	0.4227
0.18	7.5486	0.44	3.1409	0.82	1.2865	1.85	0.6670	3.90	0.3952
0.19	8.2687	0.45	3.0249	0.84	1.2413	1.90	0.7220	4.00	0.3769
0.20	8.1116	0.46	2.9251	0.86	1.1819	1.95	0.7811		
0.21	7.2912	0.47	2.8938	0.88	1.1168	2.00	0.8308		
0.22	7.2104	0.48	2.8249	0.90	1.1567	2.05	0.8797		
0.23	7.1392	0.49	2.7596	0.92	1.2108	2.10	0.9211		
0.24	7.2963	0.50	2.6783	0.94	1.2891	2.15	0.9369		
0.25	7.0586	0.51	2.5703	0.96	1.3300	2.20	0.9205		

Confronto spettro normativa

Tipo di spettro: Spettro di risposta elastico

	Operatività SLO Cat. A	Danno SLD Cat. A	Salvaguardi a vita SLV Cat. A	Prev. collasso SLC Cat. A	Operatività SLO Cat. C	Danno SLD Cat. C	Salvaguardi a vita SLV Cat. C	Prev. collasso SLC Cat. C
Tr [anni]	30	35	332	682	30	35	332	682
ag [g]	0.058	0.063	0.207	0.289	0.058	0.063	0.207	0.289
Fo	2.369	2.358	2.313	2.312	2.369	2.358	2.313	2.312
Tc* [s]	0.276	0.282	0.359	0.381	0.276	0.282	0.359	0.381
Ss	1.00	1.00	1.00	1.00	1.50	1.50	1.41	1.30
St	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Cc	1.00	1.00	1.00	1.00	1.61	1.59	1.47	1.44
TB [s]	0.092	0.094	0.120	0.127	0.148	0.150	0.176	0.183
TC [s]	0.276	0.282	0.359	0.381	0.443	0.450	0.529	0.550
TD [s]	1.832	1.852	2.428	2.756	1.832	1.852	2.428	2.756
Se(0) [g]	0.058	0.063	0.207	0.289	0.087	0.094	0.292	0.375
Se(TB) [g]	0.137	0.149	0.479	0.668	0.206	0.223	0.676	0.868



ZONA 2

Idriss (1990) Sand (Seed and Idriss 1970)

Deformazione %	G/Gmax	Deformazione %	Smorzamento %
0.0001	1.000	0.0001	0.240
0.0003	1.000	0.0003	0.420
0.001	0.990	0.001	0.800
0.003	0.960	0.003	1.400
0.010	0.850	0.010	2.800
0.030	0.640	0.030	5.100
0.100	0.370	0.100	9.800
0.300	0.180	0.300	15.500
1.000	0.080	1.000	21.000
3.000	0.050	3.000	25.000
10.000	0.035	10.000	28.000

Stratigrafia

n.	Descrizione	Profondità [m]	Spessore [m]	Terreno	Gmax [MPa]	Peso unità vol. [kN/m ³]	Vs [m/s]	Tensione verticale [kPa]
1	Sabbie giallastre	--	8.3	Idriss (1990) Sand (Seed and Idriss 1970)	122.02	19.0	251.0	78.9
2	Sabbie con conglomerati	8.3	50.3	Idriss (1990) Sand (Seed and Idriss 1970)	431.40	20.0	460.0	660.7
3	Conglomerati cementati	oo	--	Smorzamento costante	1714.73	21.0	895.0	1163.7

Strato rilevamento accelerogramma: 3 Affiorante

Elaborazione

Numero di iterazioni 50

Rapporto tra deformazione a taglio effettiva e deformazione massima 0.5

Tipo di modulo elastico Shake

Massimo errore percentuale di convergenza 3.54 E-06

Fattori di amplificazione ICMS 2018

Tai	0.190 [s]
Tvi	1.500 [s]
Tao	0.200 [s]
Tvo	0.680 [s]
Sami	6.564 [m/s ²]
Svmi	0.468 [m/s]
Samo	10.857 [m/s ²]
Svmo	0.840 [m/s]
Fa	1.654 [-]
Fv	1.796 [-]
TB	0.162 [s]
TC	0.486 [s]
TD	3.159 [s]
SA(0)	0.390 [g]
SA(TB)	1.107 [g]

Spettro medio di risposta elastico

Realizzazione ed esercizio impianto fotovoltaico in c.da Serra Spina - TITO (PZ)

Periodo [s]	Accelerazione [g]								
0.00	0.4340	0.26	1.0345	0.52	0.8544	0.98	0.4228	2.25	0.1044
0.01	0.4340	0.27	0.9310	0.53	0.8371	1.00	0.4078	2.30	0.0991
0.02	0.4353	0.28	0.8771	0.54	0.8085	1.05	0.3782	2.35	0.0943
0.03	0.4432	0.29	0.8523	0.55	0.8012	1.10	0.3461	2.40	0.0899
0.04	0.4748	0.30	0.8445	0.56	0.7937	1.15	0.3181	2.50	0.0825
0.05	0.5506	0.31	0.8541	0.57	0.7993	1.20	0.3136	2.60	0.0774
0.06	0.6014	0.32	0.8376	0.58	0.8093	1.25	0.3011	2.70	0.0699
0.07	0.6102	0.33	0.8138	0.60	0.8101	1.30	0.2816	2.80	0.0650
0.08	0.6420	0.34	0.8045	0.62	0.8410	1.35	0.2625	2.90	0.0624
0.09	0.7466	0.35	0.7946	0.64	0.8610	1.40	0.2618	3.00	0.0601
0.10	0.7923	0.36	0.8059	0.66	0.8474	1.45	0.2600	3.10	0.0585
0.11	0.8300	0.37	0.8224	0.68	0.8275	1.50	0.2511	3.20	0.0565
0.12	0.9069	0.38	0.8435	0.70	0.7958	1.55	0.2321	3.30	0.0552
0.13	0.9307	0.39	0.8509	0.72	0.7503	1.60	0.2054	3.40	0.0535
0.14	1.0439	0.40	0.8335	0.74	0.6930	1.65	0.1860	3.50	0.0523
0.15	1.1032	0.41	0.8055	0.76	0.6486	1.70	0.1723	3.60	0.0519
0.16	1.2239	0.42	0.7928	0.78	0.6232	1.75	0.1627	3.70	0.0505
0.17	1.2354	0.43	0.8119	0.80	0.6041	1.80	0.1535	3.80	0.0488
0.18	1.3534	0.44	0.8238	0.82	0.6033	1.85	0.1454	3.90	0.0463
0.19	1.4116	0.45	0.8428	0.84	0.5859	1.90	0.1388	4.00	0.0445

CARTA DI SINTESI DELLA PERICOLOSITÀ E CRITICITÀ GEOLOGICA E GEOMORFOLOGICA

In conformità alla L.R. 23/99 e del suo Regolamento di Attuazione è stata redatta la “*Carta di Sintesi della Pericolosità e Criticità Geologica e Geomorfológica*” che deriva dalla sovrapposizione analitica e critica dei vari tematismi geologici prodotti.

L'area interessata dalle strutture di progetto è stata classificata per il livello di criticità geologica e pericolosità geomorfologica come di seguito riportato:

I AREE NON CRITICHE

Ib – AREE SU VERSANTE ESENTE DA PROBLEMATICHE DI STABILITÀ

Queste aree ubicate su versanti con acclività < 15°, non esondabile ed esenti da criticità idrauliche ed idrologiche.

Le classi Ib sono caratterizzate da unità argilloso-marnose in sinistra idraulica della Fiumara di Tito e da unità sabbioso-conglomeratico sul versante in destra idraulica; si presentano stabili ed esenti da problematiche geologico-tecniche relative alle opere in progetto.

Le strutture dell'impianto vanno ad interessare la parte più superficiale del terreno fino ad una profondità massima di infissione dei puntali metallici dei fotovoltaici pari a 2.00 m.

Si esprime la fattibilità geologica e geomorfologica per l'impianto fotovoltaico in progetto.

IV AREE CON CRITICITÀ DI LIVELLO MEDIO E DIFFUSO

IVb Queste aree corrispondono alle incisioni naturali presenti a carattere torrentizio interferenti con i cavidotti in uscita dai campi fotovoltaici.

Il superamento di tali interferenze viene superata con la tecnica *Toc* in corrispondenza della Fiumara di Tito dove il cavo è posato al di sotto dell'alveo in modo da non creare ostacolo al libero deflusso delle acque e con lo staffaggio laterale della canalina portacavi lateralmente alle spalle lato valle dei ponticelli esistenti.

I moduli fotovoltaici sono collocati al di fuori degli alvei ad una distanza di sicurezza non inferiore a 10 m dal limite catastale dell'alveo.



MODELLO GEOLOGICO DEL SOTTOSUOLO

L'area del parco fotovoltaico è caratterizzata da un'unica unità litotecnica argilloso-marnosa appartenente alla Formazione del Flysch Galestrino.

Per la quantificazione dei parametri fisici e di resistenza meccanica, oltre alle indagini eseguite si è fatto riferimento alla prova geotecnica di laboratorio condotta sul campione prelevato con la trincea esplorativa.

Per quanto detto sopra si ritengono come valori “caratteristici” cioè come stima ragionata e cautelativa del valore del parametro nello stato limite considerato, i seguenti dati:

44

Strato	γ_n (KN/m³)	C' (KPa)	Φ (°)
substrato argilloso-marnoso	19.00	18	22



VALUTAZIONI TECNICHE CONCLUSIVE

Il presente studio ha preso in considerazione le caratteristiche geologiche, geomorfologiche, ed idrogeologiche di un'area localizzata nel territorio comunale di Tito (PZ) in contrada Serra Spina dove la società richiedente vuole realizzare un impianto fotovoltaico.

Sia l'area occupata dal fotovoltaico sia quelle attraversate dai cavidotti si presentano come aree morfologicamente stabili.

Per le fondazioni dell'impianto fotovoltaico non sono previsti nè opere di sbancamento nè fondazioni in calcestruzzo, in quanto la struttura dei moduli sarà sostenuta da puntali metallici infissi nel terreno con macchina battipali fino ad una profondità di 2.00 m.

Le cabine elettriche da installare sono costituite da strutture in cemento prefabbricate di dimensioni modeste e di forma regolare, tipologia monoblocco fondate su di un basamento di appoggio (chiamato vasca) anch'esso prefabbricato e posato ad una profondità di 0.60 m dal piano campagna.

Alla luce delle osservazioni eseguite in campo e di tutti gli elementi analizzati e riportati nel presente Studio geologico lo scrivente conferma la fattibilità degli interventi in progetto in quanto si tratta di strutture leggere infisse in superficie nel terreno ininfluenti come carico agente sui versanti.

Inoltre nell'areale indagato non vi sono interferenze delle opere in progetto con la falda acquifera e altre opere di captazione idrica.



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

INDAGINI GEOTECNICHE IN C.DA PISCILO, NEL COMUNE DI TITO (PZ)

Verbale di accettazione n° 234T/2021 del 22.07.2021

Certificati emessi dal n° 4104T/2021 al n° 4109T/2021

COMMITTENTE:		
RIFERIMENTO: Indagini geotecniche in C.da Pisciolò nel Comune di Tito (PZ)		
SONDAGGIO: 1	CAMPIONE: 1	PROFONDITA': m 1.70 - 1.90

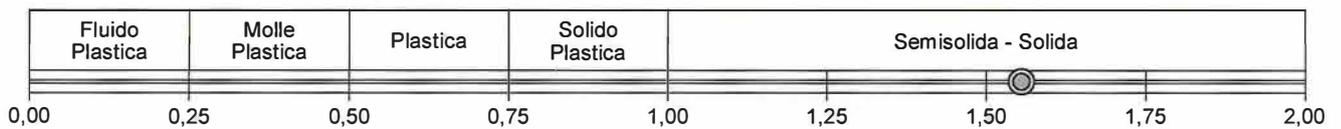
CLASSIFICA BASATA SULLA GRANULOMETRIA

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

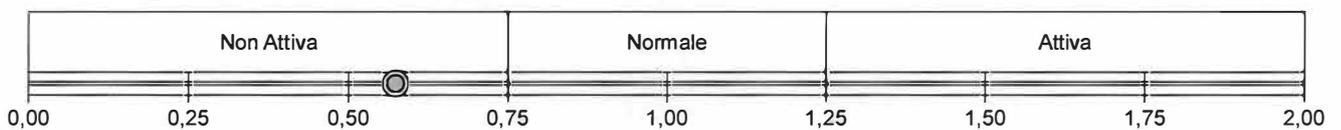
CLASSIFICHE BASATE SUI LIMITI DI CONSISTENZA

Abaco di plasticità di Casagrande	Cl - Argille inorganiche a media compressibilità
--	--

I.C. = Indice di consistenza = (LL - Wn) / IP = 1,56



A = Attività (Skempton) = IP / CF (clay fraction) = 0,57



CLASSIFICA BASATA SULLA COESIONE NON DRENATA

Coesione non drenata = 0 kPa	
	<p>1 - Molto molle 2 - Molle 3 - Mediamente compatto</p>

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 debolmente ghiaiosa di colore grigio - marrone
--

CERTIFICATO DI PROVA N°: 04104	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 05/08/21	Inizio analisi: 26/07/21
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: VA231T-21 del 22.07.21		Apertura campione: 22.07.21	Fine analisi: 27/07/21

COMMITTENTE:			
RIFERIMENTO: Indagini geotecniche in C.da Piscuolo nel Comune di Tito (PZ)			
SONDAGGIO: 1	CAMPIONE: 1	PROFONDITA': m 1.70 - 1.90	

CONTENUTO D'ACQUA ALLO STATO NATURALE

Modalità di prova: Norma ASTM D 2216

Wn = contenuto d'acqua allo stato naturale = 15,9 %

Struttura del materiale:

Omogeneo
 Stratificato
 Caotico

Temperatura di essiccazione: 110 °C

Argilla debolmente ghiaiosa di colore grigio - marrone



CERTIFICATO DI PROVA N°: 04105	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 05/08/21	Inizio analisi: 26/07/21
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°:VA231T-21		Apertura campione: 22.07.21	Fine analisi: 26/07/21

COMMITTENTE:			
RIFERIMENTO: Indagini geotecniche in C.da Pisciole nel Comune di Tito (PZ)			
SONDAGGIO: 1	CAMPIONE: 1	PROFONDITA': m 1.70 - 1.90	

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 = 19,0 kN/m³

Argilla debolmente ghiaiosa di colore grigio - marrone



CERTIFICATO DI PROVA N°: 04106	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 05/08/21	Inizio analisi: 29/07/21
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: VA231T-21 del 22.07.21		Apertura campione: 22.07.21	Fine analisi: 30/07/21

COMMITTENTE:			
RIFERIMENTO: Indagini geotecniche in C.da Pisciole nel Comune di Tito (PZ)			
SONDAGGIO: 1	CAMPIONE: 1	PROFONDITA': m	1.70 - 1.90

PESO SPECIFICO DEI GRANULI

Modalità di prova: Norma ASTM D 854

γ_s = Peso specifico dei granuli (media delle due misure) (kN/m³) = 26,7 kN/m³

γ_{sc} = Peso specifico dei granuli corretto a 20° (kN/m³) = 26,7 kN/m³

Metodo: A B

Capacità del picnometro: 100 ml

Temperatura di prova: 20,0 °C

Argilla debolmente ghiaiosa di colore grigio - marrone



CERTIFICATO DI PROVA N°: 04107	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 05/08/21	Inizio analisi: 30/07/21
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: VA231T-21 del 22.07.21		Apertura campione: 22.07.21	Fine analisi: 31/07/21

COMMITTENTE:			
RIFERIMENTO: Indagini geotecniche in C.da Pisciole nel Comune di Tito (PZ)			
SONDAGGIO: 1	CAMPIONE: 1	PROFONDITA': m 1.70 - 1.90	

LIMITI DI CONSISTENZA LIQUIDO E PLASTICO

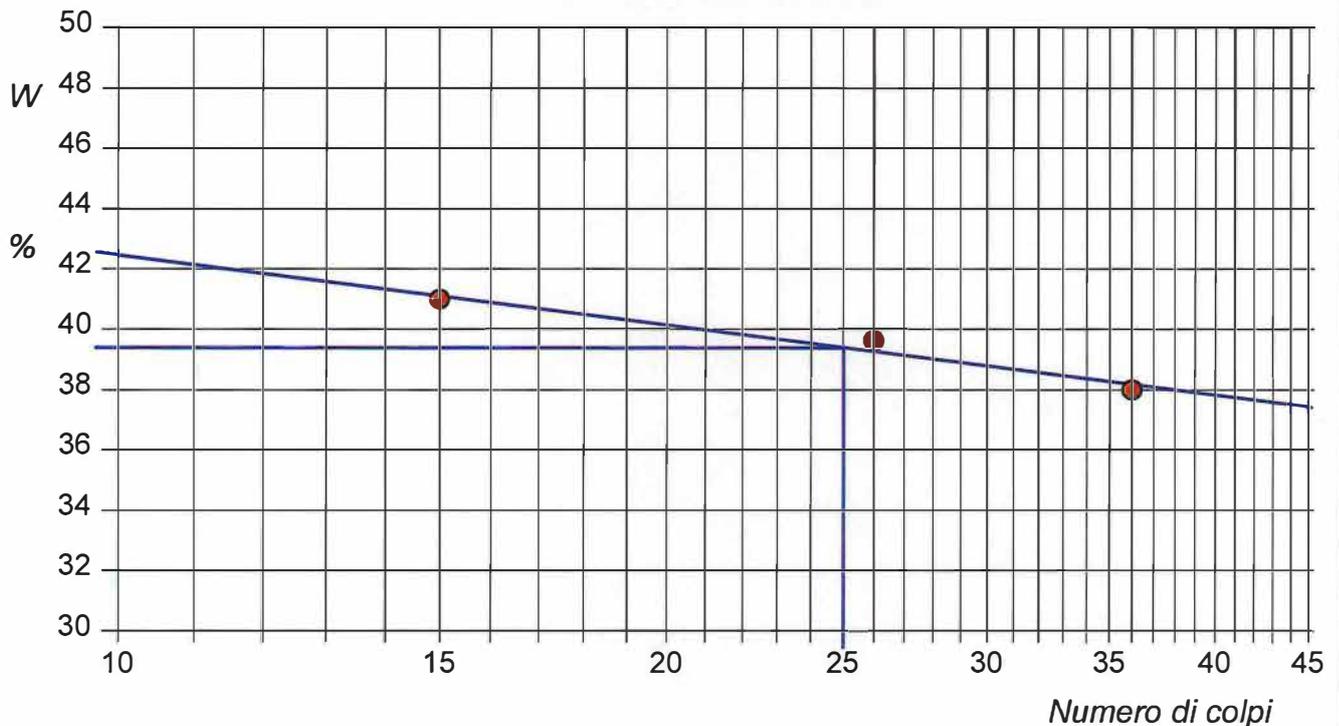
Modalità di prova: Norma ASTM D 4318

Limite di liquidità	39,4 %
Limite di plasticità	24,3 %
Indice di plasticità	15,1 %

La prova è stata eseguita sulla frazione granulometrica passante al setaccio n° 40 (0.42 mm)

LIMITE DI LIQUIDITA'					LIMITE DI PLASTICITA'		
Numero di colpi	15	26	36		Umidità (%)	24,3	24,2
Umidità (%)	41,0	39,6	38,0		Umidità media	24,3	

Determinazione del Limite di liquidità



Argilla debolmente ghiaiosa di colore grigio - marrone

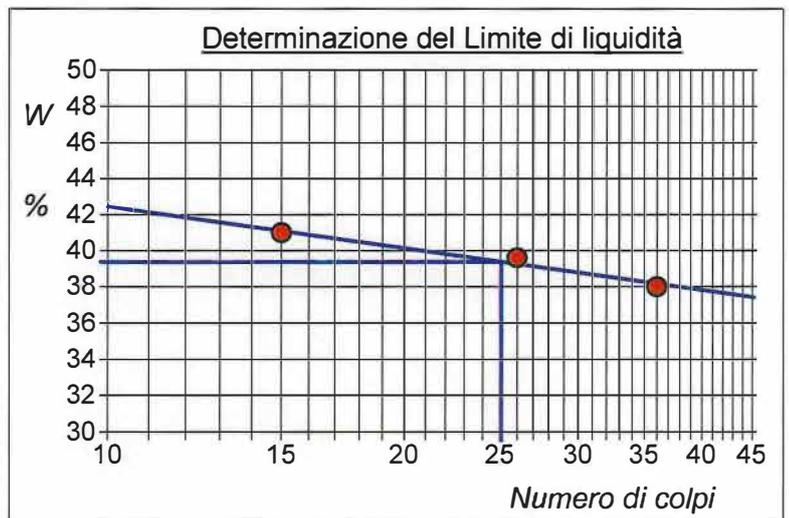


CERTIFICATO DI PROVA N°: 04107	Allegato 1	DATA DI EMISSIONE: 05/08/21	Inizio analisi: 30/07/21
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: VA231T-21 del 22.07.21		Apertura campione: 22.07.21	Fine analisi: 31/07/21
COMMITTENTE:			
RIFERIMENTO: Indagini geotecniche in C.da Pisciole nel Comune di Tito (PZ)			
SONDAGGIO: 1	CAMPIONE: 1	PROFONDITA': m 1.70 - 1.90	

ABACO DI CASAGRANDE

Modalità di prova: Norma ASTM D 4318

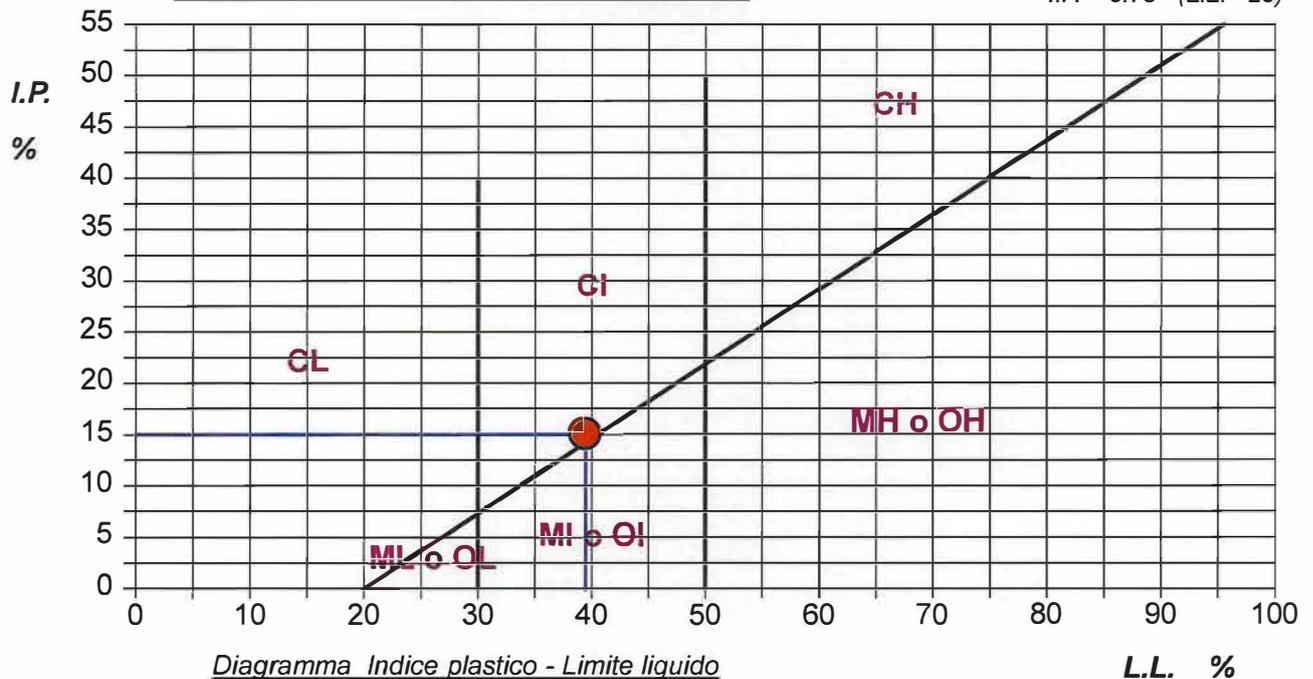
Limite di liquidità	39,4	%
Limite di plasticità	24,3	%
Indice di plasticità	15,1	%
Indice di consistenza	1,56	
Passante al set. n° 40	SI	



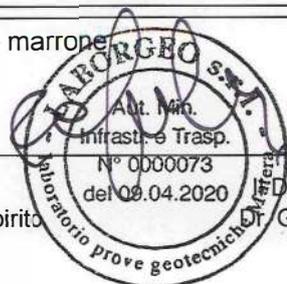
C - Argille inorganiche	L - Bassa compressibilità
M - Limi inorganici	I - Media compressibilità
O - Argille e limi organici	H - Alta compressibilità

ABACO DI PLASTICITA' DI CASAGRANDE

$$I.P. = 0.73 \cdot (L.L. - 20)$$



Argilla debolmente ghiaiosa di colore grigio - marrone



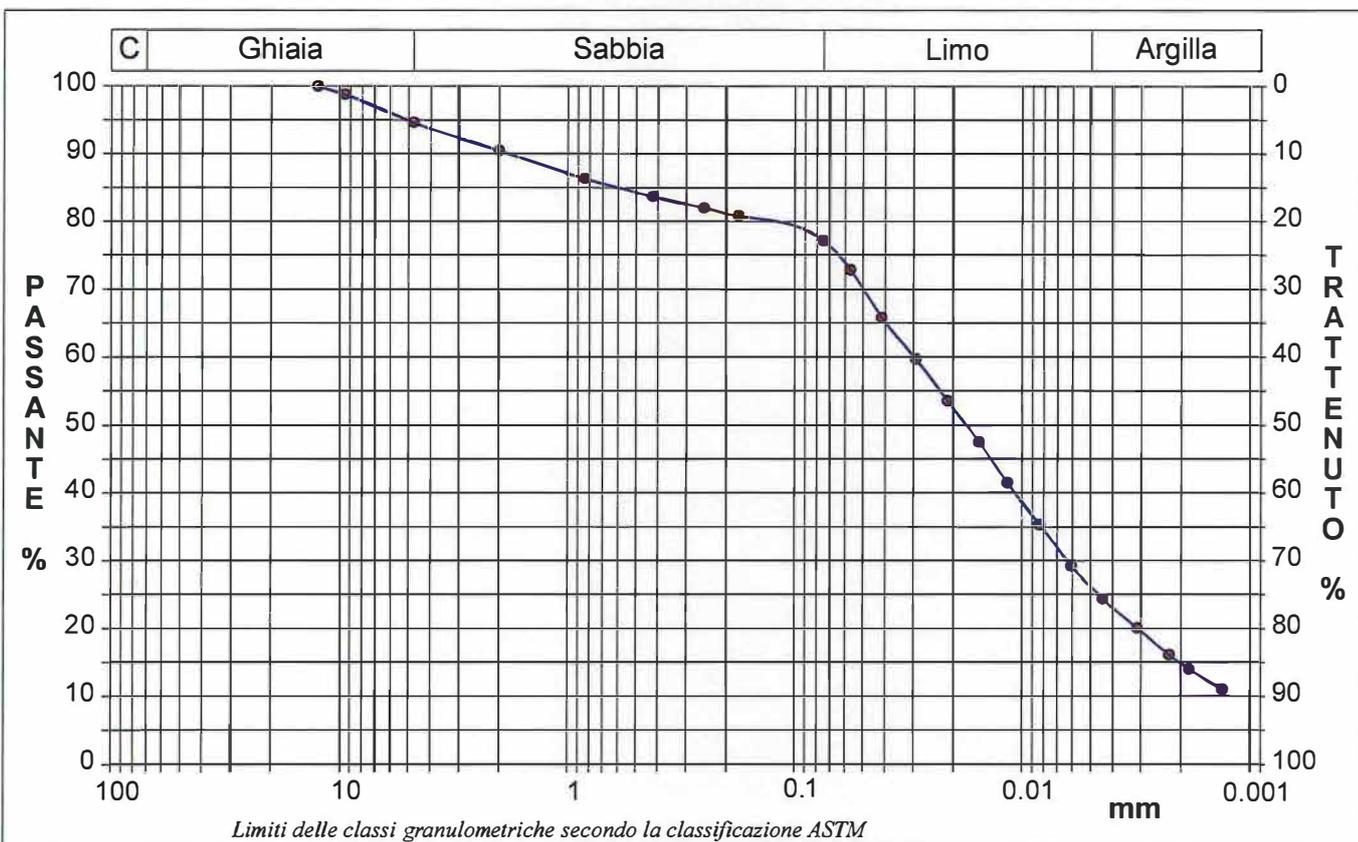
CERTIFICATO DI PROVA N°: 04108	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 05/08/21	Inizio analisi: 29/07/21
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: VA231T-21 del 22.07.21		Apertura campione: 22.07.21	Fine analisi: 30/07/21

COMMITTENTE:			
RIFERIMENTO: Indagini geotecniche in C.da Pisciole nel Comune di Tito (PZ)			
SONDAGGIO: 1	CAMPIONE: 1	PROFONDITA': m 1.70 - 1.90	

ANALISI GRANULOMETRICA

Modalità di prova: Norma ASTM D 422

Ghiaia	5,3 %	Passante setaccio 10 (2 mm)	90,5 %	D10	---	mm
Sabbia	17,5 %	Passante setaccio 40 (0.42 mm)	83,8 %	D30	0,00629	mm
Limo	50,9 %	Passante setaccio 200 (0.075 mm)	77,2 %	D50	0,01756	mm
Argilla	26,3 %			D60	0,02972	mm
Coefficiente di uniformità ---		Coefficiente di curvatura ---		D90	1,79495	mm



Diametro mm	Passante %								
12,5000	100,00	0,4200	83,77	0,0415	65,87	0,0084	35,37	0,0018	14,03
9,5200	98,78	0,2500	81,95	0,0293	59,77	0,0061	29,27	0,0013	10,98
4,7500	94,69	0,1770	80,87	0,0213	53,67	0,0044	24,40		
2,0000	90,52	0,0750	77,18	0,0155	47,57	0,0031	20,13		
0,8410	86,38	0,0569	72,88	0,0116	41,47	0,0023	16,16		

Argilla debolmente ghiaiosa di colore grigio - marrone



CERTIFICATO DI PROVA N°: 04108	Allegato 1	DATA DI EMISSIONE: 05/08/21	Inizio analisi: 29/07/21
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: VA231T-21	del 22.07.21	Apertura campione: 22.07.21	Fine analisi: 30/07/21

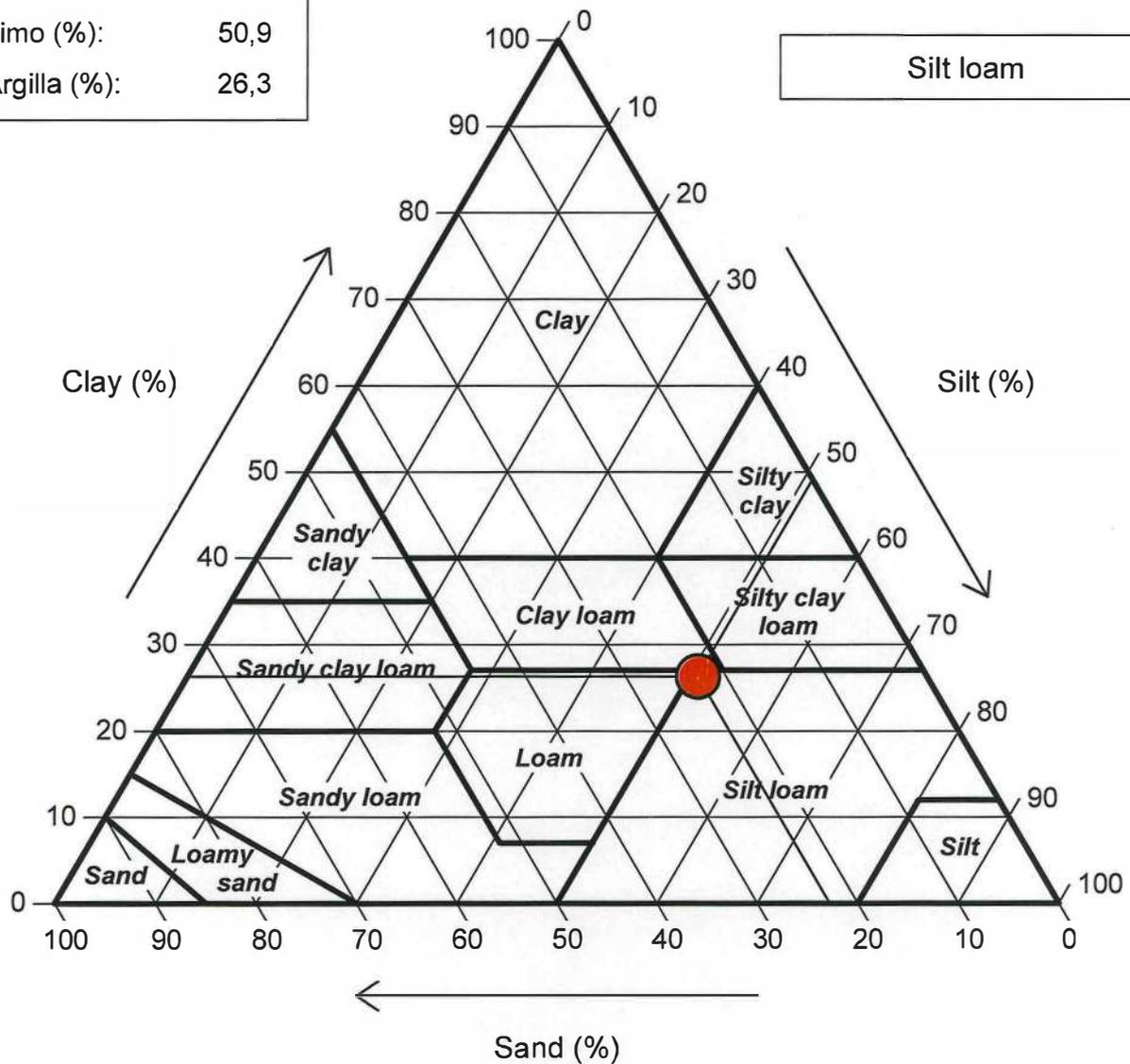
COMMITTENTE:			
RIFERIMENTO: Indagini geotecniche in C.da Pisciole nel Comune di Tito (PZ)			
SONDAGGIO: 1	CAMPIONE: 1	PROFONDITA': m	1.70 - 1.90

ANALISI GRANULOMETRICA - GRAFICO TRIANGOLARE

Modalità di prova: Norma ASTM D 422

Sabbia (%):	22,8
Limo (%):	50,9
Argilla (%):	26,3

Diagramma U.S.D.A.



Argilla debolmente ghiaiosa di colore grigio - marrone



CERTIFICATO DI PROVA N°: 04108	Allegato 1	DATA DI EMISSIONE: 05/08/21	Inizio analisi: 29/07/21
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: VA231T-21	del 22.07.21	Apertura campione: 22.07.21	Fine analisi: 30/07/21

COMMITTENTE:			
RIFERIMENTO: Indagini geotecniche in C.da Pisciole nel Comune di Tito (PZ)			
SONDAGGIO: 1	CAMPIONE: 1	PROFONDITA': m 1.70 - 1.90	

CLASSIFICAZIONE DEL TERRENO

Classificazione secondo: CNR-UNI 10006/00

ANALISI GRANULOMETRICA

Passante setaccio 10 (2 mm)	90,5	%
Passante setaccio 40 (0.42 mm)	83,8	%
Passante setaccio 200 (0.075 mm)	77,2	%

LIMITI DI CONSISTENZA

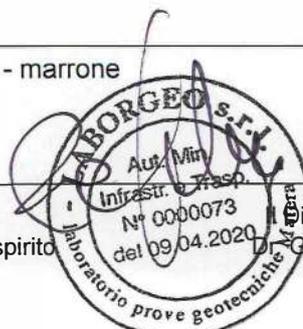
Limite di liquidità	39,4	%
Limite di plasticità	24,3	%
Indice di plasticità	15,1	%

CLASSIFICAZIONE DEL TERRENO: A6

INDICE DI GRUPPO: 10

Tipi usuali dei materiali principali:
Argille poco compressibili

Argilla debolmente ghiaiosa di colore grigio - marrone



CERTIFICATO DI PROVA N°: 04109	Pagina 1/4	DATA DI EMISSIONE: 05/08/21	Inizio analisi: 26/07/21
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: VA231T-21 del 22.07.21		Apertura campione: 22.07.21	Fine analisi: 29/07/21

COMMITTENTE:			
RIFERIMENTO: Indagini geotecniche in C.da Pisciole nel Comune di Tito (PZ)			
SONDAGGIO: 1	CAMPIONE: 1	PROFONDITA': m 1.70 - 1.90	

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Modalità di prova: Norma ASTM D 3080

Provino n°:	1	2	3			
Condizione del provino:	Indisturbato	Indisturbato	Indisturbato			
Pressione verticale (kPa):	100	200	300			
Tensione a rottura (kPa):	59	98	141			
Deformazione orizzontale e verticale a rottura (mm):	1,43	0,04	1,75	0,07	2,28	0,09
Umidità iniziale e umidità finale (%):	15,5	16,5	16,1	17,3	16,6	17,6
Peso di volume iniziale e finale (kN/m³):	18,9	19,1	19,0	19,2	19,0	19,2
Grado di saturazione iniziale e finale (%):	66,9	71,6	69,6	74,7	70,7	74,8

DIAGRAMMA

Tensione - Pressione verticale

Coesione: 17,9 kPa
 Angolo di attrito interno: 22,1 °

Tipo di prova: Consolidata - lenta
 Velocità di deformazione: 0,002 mm / min
 Tempo di consolidazione (ore): 24

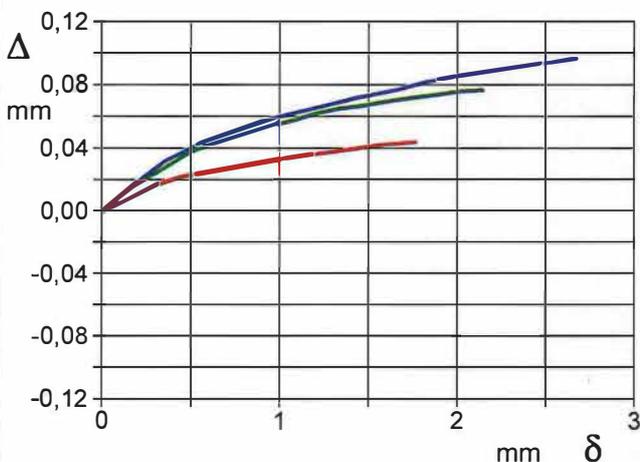
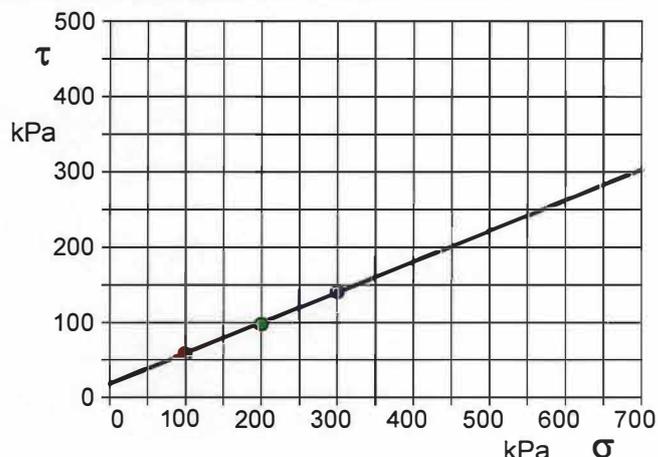


DIAGRAMMA Deform. vert. - Deform. orizz.

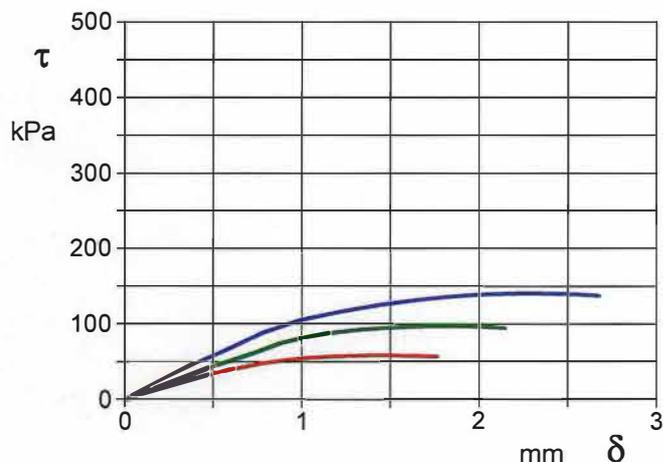


DIAGRAMMA Tensione - Deformaz. orizz.

Argilla debolmente ghiaiosa di colore grigio - marrone

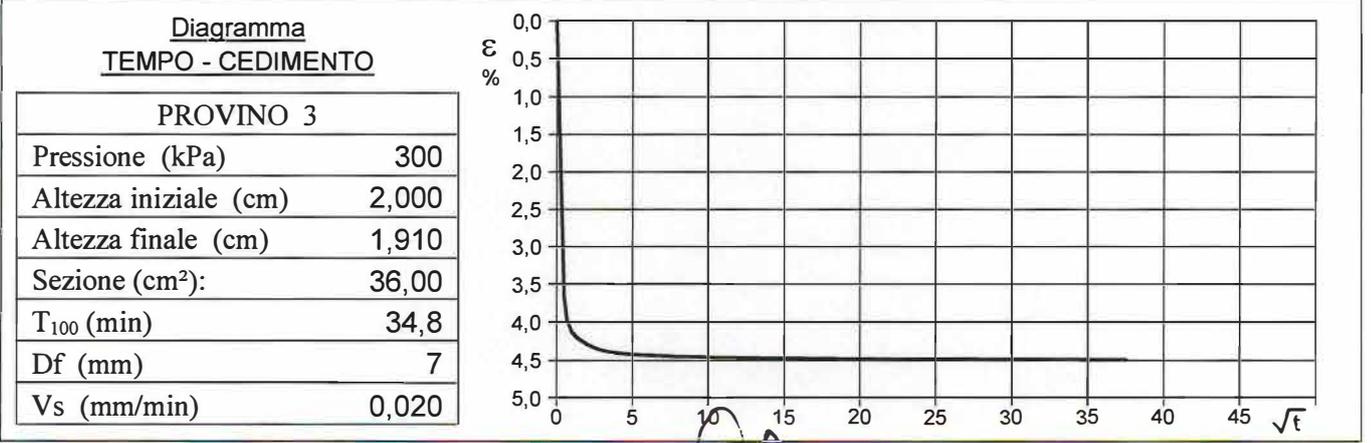
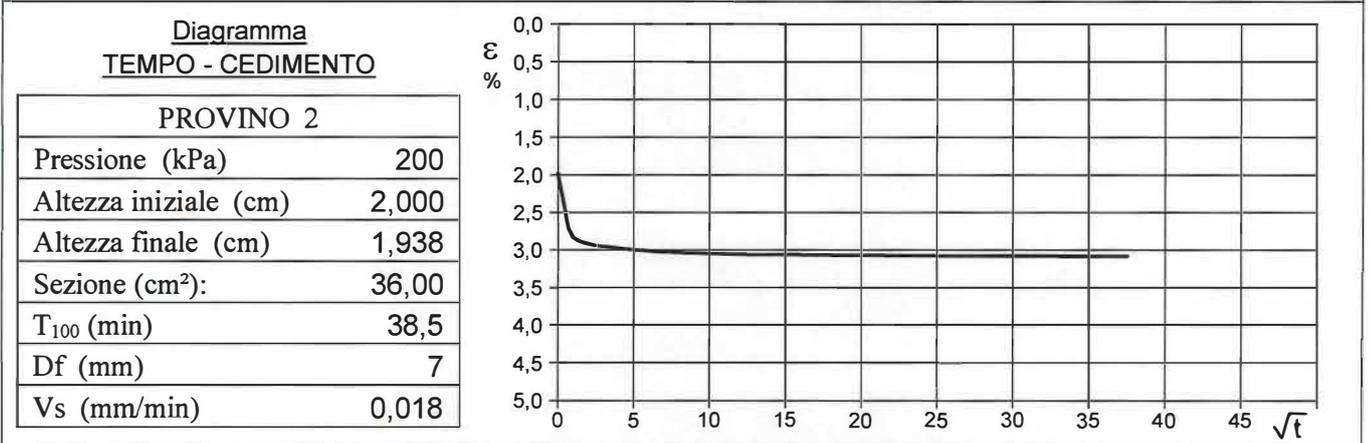
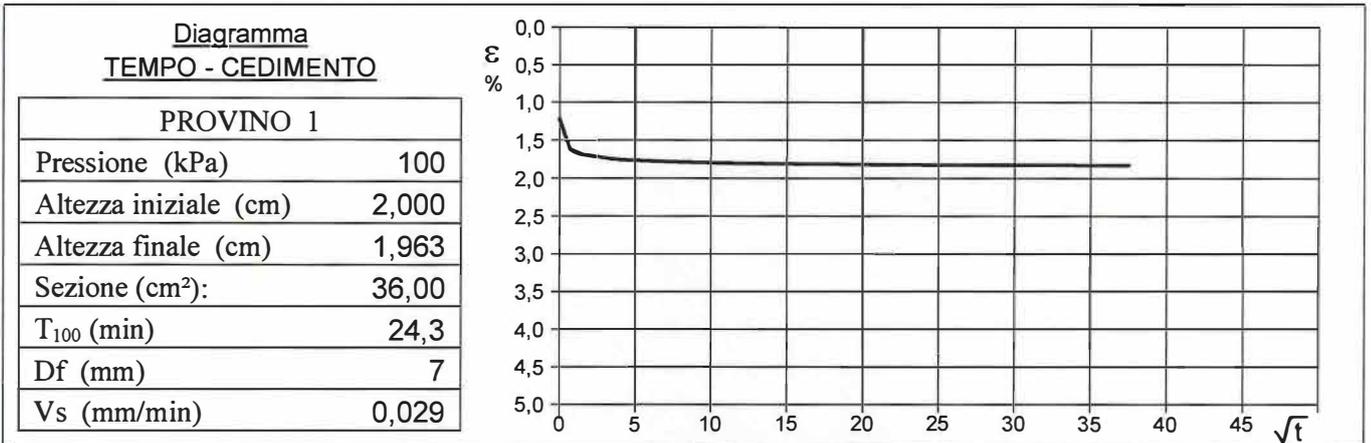


CERTIFICATO DI PROVA N°: 04109	Pagina 3/4	DATA DI EMISSIONE: 05/08/21	Inizio analisi: 26/07/21
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: VA231T-21 del 22.07.21		Apertura campione: 22.07.21	Fine analisi: 29/07/21

COMMITTENTE:			
RIFERIMENTO: Indagini geotecniche in C.da Pisciole nel Comune di Tito (PZ)			
SONDAGGIO: 1	CAMPIONE: 1	PROFONDITA': m 1.70 - 1.90	

PROVA DI TAGLIO DIRETTO - FASE DI CONSOLIDAZIONE

Modalità di prova: Norma ASTM D 3080



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



