



**REGIONE CAMPANIA
PROVINCIA DI CASERTA
COMUNE DI CANCELLO ED ARNONE**






**PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO
DENOMINATO "LA FOSSA" DELLA POTENZA DI 43.410 kWp - 40.000 KVA**



StarEnergia srl
sede legale Via Francesco Giordani n. 42
800122 Napoli
P.IVA 05769401216 PEC: starenergia@pec.it

**Relazione Geologica, di Caratterizzazione Geotecnica
e di Compatibilità Sismica**

PROGETTISTI	PROPONENTE	SCALA
 <p>Geol. V.E. Iervolino Via Trofa, 5 Ottaviano cell: 3203539199 vittorioemanuel@iervolino.com</p>  	<p align="center">Nova Energia s.r.l. sede legale Via F. Giordani n. 42 800122 Napoli Tel.+39 081 060 7743 Fax +39 081 060 7876 C.F. e P.IVA 09898841219 PEC: novaenergia@pecdita.com</p>	<p align="center">TAVOLA</p> <p align="center">RDS-01</p>

Redazione e coordinamento: ing. Roberto Caldara

Rev:	Data: 02/03/2022	Note :

Sommario

1	PREMESSA	3
2	CENNI SULL'OPERA DA REALIZZARE	5
3	INQUADRAMENTO TERRITORIALE E GEOMORFOLOGIA	9
4	GEOLOGIA	10
5	GEOTECNICA	14
5.1	Indagini Geognostiche realizzate	14
5.1.1	Analisi di Laboratorio	18
6	IDROGEOLOGIA	19
7	DISSESTO IDROGEOLOGICO	20
8	COMPATIBILITÀ SISMICA	22
8.1	Sismicità Storica	22
8.2	Sorgenti Sismiche di Progetto	23
8.2.1	Progetto DISS	24
8.2.2	Progetto ITHACA	25
8.3	Pericolosità Sismica di Base	26
8.3.1	Indagine Sismica Masw Realizzata	27
8.4	Pericolosità Sismica di Base Area di Studio	28
8.4.1	Curva di pericolosità	30
8.4.2	Spettri a pericolosità uniforme	31
8.4.3	Grafico di Disaggregazione	32
9	VERIFICHE A LIQUEFAZIONE	33

Allegati

Certificati indagini geognostiche in situ e in laboratorio
Tavole Cartografiche

1 Premessa

Nova Energia srl intende realizzare un campo fotovoltaico nel comune di Canello ed Arnone di 55,4ha ed ha commissionato la presente Relazione Geologica, di Caratterizzazione Geotecnica e di compatibilità Sismica allo scrivente geol. V.E. Iervolino, iscritto all'Ordine dei Geologi della Regione Campania con n° 2392.

Questo lavoro si basa su indagini geognostiche eseguite in situ e nello specifico sono state realizzate in data 19/07/2021 n°1 prova penetrometrica statica CPT con il prelievo di un campione per le opportune analisi di laboratorio e n°1 prova sismica MASW. Nell'immediato intorno sono state trovate delle cassette di un sondaggio fatto a 25m di profondità, ed è stato quindi possibile ricavare un'accurata stratigrafia dei terreni di fondazione.

Pertanto, citando testualmente la normativa vigente (NTC2018), in questo studio specialistico sono state dettagliate << sulla base di specifici rilievi ed indagini geognostiche in situ e in laboratorio), l'identificazione delle formazioni presenti, lo studio dei tipi litologici, la struttura e i caratteri fisici del sottosuolo >> oltre che illustrati e caratterizzati gli aspetti stratigrafici, strutturali, idrogeologici, geomorfologici e sismici nonché i conseguenti livelli di pericolosità geologica (6.2.1 NTC 2018).

Il lavoro in oggetto si basa su:

Topografia

- Carta Topografia dell'Istituto Geografico Militare 1:25.000 - Foglio 172 III-SE "Casal di Principe" (1957);
- Carta Tecnica Regionale 1 : 5.000 (2004-2005);
- Modello Digitale del Terreno TintItaly a 10m di risoluzione INGV (2012).

Geologia ed Idrogeologia

- Carta Geologica d'Italia 1:100.000 Foglio n°172 "Caserta" (1971);
- Carta Idrogeologica "Appennino Meridionale e Gargano" della Carta Idrogeologica dell'Italia Meridionale 1:250.000 dell'Agenzia per la Protezione dell'Ambiente e per i Servizi Tecnici e il Dipartimento di Geofisica e Vulcanologia dell'Università di Napoli Federico II (2007);

Dissesto Idrogeologico

- Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico dell'Ex Autorità di Bacino Liri Garigliano e Volturno (2016);
- Inventario Fenomeni Franosi in Italia - Progetto IFFI (ISPRA, Inventario Fenomeni Franosi, 2007);

Sismicità

- Mappa di Pericolosità Sismica del Territorio Nazionale (INGV, Mappa di pericolosità sismica, 2019);
- Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani CPTI v3.0 dal 1000 al 2019 – (2021) (Rovida A., Locati M., Camassi R., Lolli, B., Gasperini P., Antonucci A. 2021. Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani (CPTI15), versione 3.0 Ist. Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV). <https://doi.org/10.13127/CPTI/CPTI15.3>);
- Catalogo delle Sorgenti Sismogenetiche Italiane (DISS) (INGV, Database of Individual Seismogenic Sources, 2015);

Indagini Geognostiche Realizzate (il 19/07/2021)

- N° 1 prova penetrometrica statica, spinta fino a 5m di profondità dal piano campagna, con il prelievo di un campione per le seguenti analisi di laboratorio: proprietà fisiche, analisi granulometrica per setacciatura e sedimentazione, prova di taglio diretto, prova edometrica;
- N° 1 prova sismica MASW

Questo lavoro segue la normativa vigente regionale e nazionale in materia di geologia e geotecnica (NTC2018), di dissesto idrogeologico (PAI – EX AdB Liri Garigliano e Volturno) e sismica (Pericolosità Sismica – INGV 2004-2006 / Catalogo delle Sorgenti Sismogenetiche Italiane – INGV 2015).

2 Cenni sull'Opera da Realizzare

La proposta progettuale prevede la realizzazione di una centrale di produzione elettrica, con una superficie complessiva di progetto pari a 55,4 ha circa. L'impianto sarà composto da moduli bifacciali posizionati su tracker mono assiali orientati asse Nord-Sud con sistema intelligente di rotazione al sole, finalizzato alla massimizzazione della efficienza ed alla riduzione dell'utilizzo del suolo. L'intera centrale di produzione sarà connessa ad un nodo della RTN sulla linea preesistente Garigliano ST – Patria a 380kV, (AAT), attraverso una Stazione Elettrica costruenda “Canello380” AAT/AT, 380/150 kV, da collegare in entra – esce, che realizzerà il punto di connessione di questa centrale, secondo il preventivo di connessione, con soluzione tecnica di connessione, STMG, 202100413, attraverso la realizzazione di una Sotto Stazione Elettrica, SSE, da collegare in antenna a 150 kV, alla Canello 380. Tale punto di connessione sarà bidirezionale, poiché gli inseguitori solari saranno essi stessi degli utilizzatori passivi della rete elettrica (sono dotati di motori elettrici o attuatori).

Saranno realizzate strutture di supporto dei moduli, inseguitori solari mono assiali, in acciaio zincato a caldo ed ancorate al terreno tramite infissione diretta ad una profondità idonea a contrastare l'azione del vento/neve e sisma. Non saranno utilizzate fondazioni in cemento armato. Il generatore fotovoltaico è stato progettato e configurato sulla base dei moduli fotovoltaici da 670 Wp cristallini bifacciali.

La centrale fotovoltaica in oggetto avrà una potenza di picco pari a circa 43.410 kWp / 40.000 kVA in immissione, ed è prevista oltre all'installazione di strutture fotovoltaiche, la realizzazione di opere ed infrastrutture connesse alla sua messa in esercizio come da STMG:

- Preventivo di connessione 202100413 realizzazione Sotto Stazione Elettrica, SSE, di consegna collegata in antenna a 150 kV su una nuova Stazione Elettrica, SE a 380/150 kV della RTN da collegare in entra – esce alla linea RTN a 380 kV “Garigliano ST – Patria”. Il punto di Connessione e la Stazione Elettrica, come nel progetto di connessione.

L'inseguitore solare mono assiale, (tracker) definisce il piano inclinato di appoggio di moduli fotovoltaici bifacciali, (generatore elementare, composto da celle di materiale semiconduttore che grazie all'effetto fotovoltaico trasformano l'energia solare luminosa dei fotoni in tensione elettrica continua che applicata ad un carico elettrico genera una

corrente elettrica continua). L'energia prodotta dal generatore elementare, in corrente continua viene poi trasformata in corrente alternata dai gruppi di inversione, che, dopo elevazione (trasformatori), comando e controllo, viene consegnata poi alla rete elettrica preesistente, nel caso specifico verso la Sotto Stazione Elettrica, propria, AT/MT in adiacenza alla "Canello 380" e quindi risalirà sulla linea AAT, dorsale principale della RTN esistente Garigliano ST - Patria.

Occorre poi tenere in conto che, nel sito, bisogna:

- lasciare adeguati spazi di manovra lateralmente ai filari, per le esigenze di manutenzione e movimentazione di materiali e persone nella fase di costruzione ed esercizio;
- prevedere delle aree libere lungo i confini dell'impianto;
- prevedere adeguati spazi per i locali del gruppo di conversione dell'energia e per la cabina di consegna \ raccolta.
- I moduli fotovoltaici, montati sugli inseguitori, e le componenti visibili dell'impianto (cabine prefabbricate per componenti elettrici, apparecchiature ausiliarie, ecc.) avranno un'altezza massima rispetto al piano campagna che si aggirerà intorno ai 2,5 – 3 m. I componenti principali dell'impianto fotovoltaico denominato "La Fossa" sono:
 - Moduli contenenti le celle di materiale semiconduttore ed i relativi inseguitori solari;
 - Gli inverter, dispositivi la cui funzione è trasformare la corrente elettrica continua generata dai moduli in corrente alternata;
 - I quadri elettrici e i cavi elettrici di collegamento;
 - I contatori per misurare l'energia elettrica prodotta dall' impianto, uno o più contatori per la misura degli auto-consumi di centrale e un contatore per la misura dell'energia ceduta alla rete;
 - Un trasformatore BT/MT per ogni power station e i quadri di protezione e distribuzione in media tensione;
 - Cavidotti in media tensione MT;
 - Cabine elettriche di sottocampo, e di consegna.

I cavi elettrici saranno in parte esterni (cavi in aria graffettati alle strutture di supporto per la corrente continua, cavi in tubo interrato per la sezione in corrente continua) e in parte interni alle cabine (cavi in tubo in aria per la sezione in corrente alternata a bassa tensione e a media tensione) ed in parte interrati.

Sarà realizzato un impianto di terra per la protezione dai contatti indiretti e le possibili influenze da eventi elettrici sensibili quali fulmini al quale saranno collegate tutte le strutture metalliche di sostegno e le armature dei prefabbricati oltre che tutte le masse dei componenti di classe I.

Da un punto di vista elettrico, più moduli fotovoltaici, generatori elementari, vengono collegati in serie a formare una stringa elettrica (su un unico inseguitore); più stringhe verranno collegate in parallelo nei quadri di parallelo stringhe nel campo fotovoltaico stesso, e da questi all'inverter / Power Station, al trasformatore BT/MT ed alla cabina di vettoriamento, dalla quale si realizza la connessione alla SSE di connessione, attraverso una linea elettrica interrata in MT, ed in cui vi sarà l'elevazione alla AT.

Quindi, l'intera centrale di produzione, tramite realizzazione di una nuova Sotto Stazione Elettrica di elevazione e connessione alla R.T.N., produrrà energia che risale alla Stazione Elettrica "Cancellò 380" ovvero alla Linea Garigliano St - Patria.

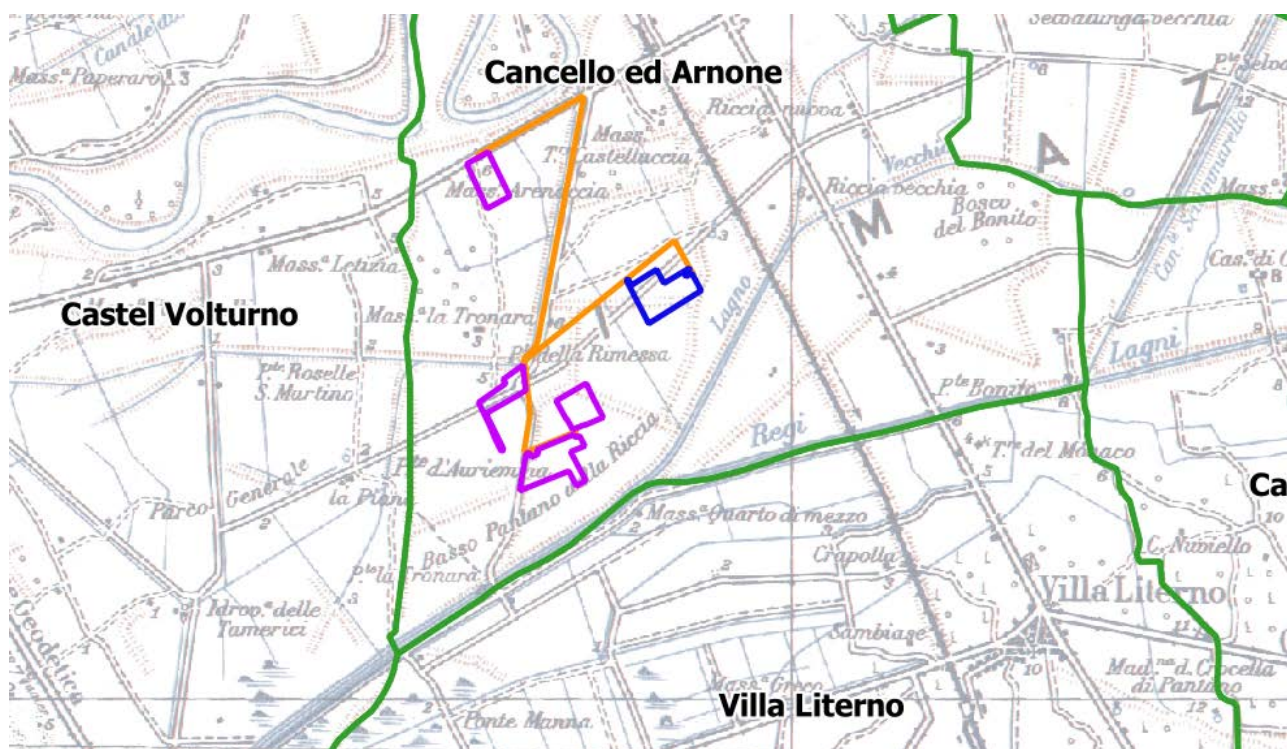
L'impianto con i tracker, avendo un maggior irraggiamento sui moduli già alle prime ore del mattino fino alle ore pomeridiane, avrà una produzione maggiore di energia rispetto ad un impianto a strutture fisse ed anche una produzione istantanea più alta.

La maggior produzione degli inseguitori rispetto alle strutture fisse varia mediamente da un + 20% ad un +25-28% (dedotti già i consumi degli attuatori), in funzione delle caratteristiche, climatiche, morfologiche e topografiche del sito dove viene installato l'impianto. Si riporta di seguito il grafico giornaliero di confronto della produzione tra i due tipi di impianti (fisso e ad inseguitore).

Dal punto di vista costruttivo l'impianto con i tracker 2P (2 Portrait) mono assiali è molto simile ad un impianto fisso con struttura mono-palo. La rotazione è assicurata da cuscinetti brevettati autolubrificanti, quindi privi di manutenzione, e da un (motore con) attuatore elettrico lineare senza olio (azionato elettricamente mediante trasmissione a vite senza fine, non idraulicamente). La struttura è bilanciata cioè è disegnata in modo che il baricentro della parte rotante, moduli inclusi, sia situato lungo l'asse di rotazione della stessa per cui il motore non deve fare sforzi per il movimento giornaliero, ma solo

orientare la struttura di contenimento dei moduli verso il sole e quindi il motore è di piccola potenza e consuma pochissimo (0.016 kWh/giorno per ogni fila). L'orientamento corretto per massimizzare la produzione è assicurato da un orologio astronomico con algoritmo matematico che conoscendo la posizione GPS del tracker, per ogni giorno dell'anno e per ogni ora del giorno, ricava l'angolo ottimale. L'algoritmo è dotato anche della strategia di backtracking che in caso di sole basso (mattina e sera) fa ruotare i moduli in modo da evitare gli ombreggiamenti di una fila rispetto alla seguente o alla precedente, tale strategia può essere settata individualmente su ogni fila ed affinata in fase di attivazione, in modo da avere un miglioramento netto delle prestazioni del sistema.

Nella figura in basso il layout dell'impianto fotovoltaico su Carta Topografica IGM 1:100.000.

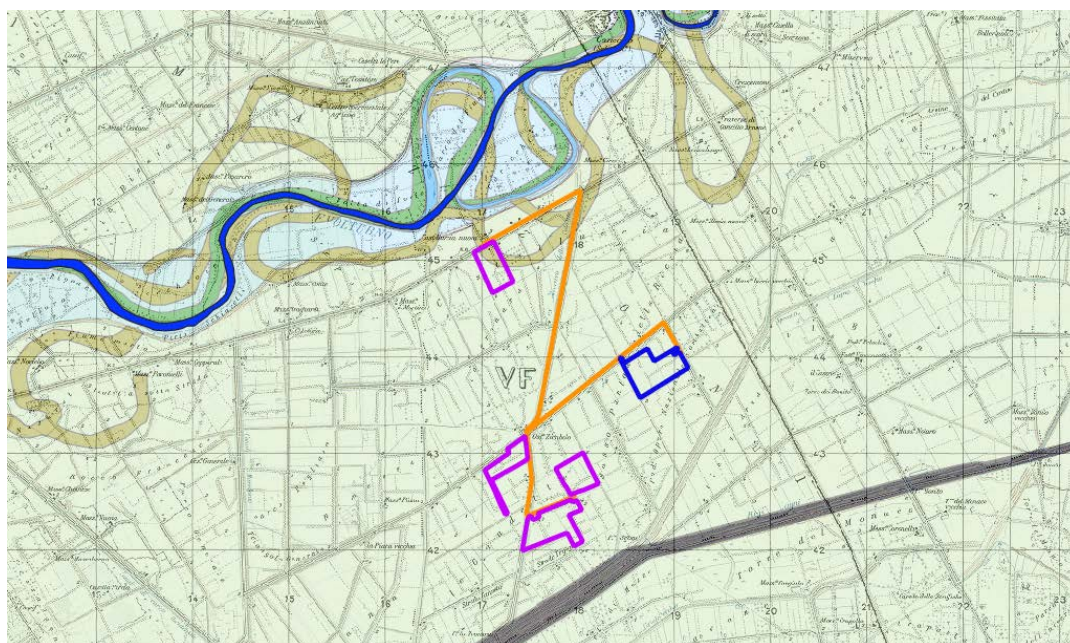


3 Inquadramento Territoriale e Geomorfologia

L'impianto fotovoltaico rientra nella porzione meridionale del comune di Canello ed Arnone ed è formato da 4 lotti distaccati, uno poco distante della piana alluvionale del Fiume Volturmo, in località Castelluccia e la restante parte in località Le Gaudelle, con un cavidotto interrato che verrà posato su strada esistente che li collega alla stazione elettrica denominata Canello 380 in località Basso Pantano della Riccia.

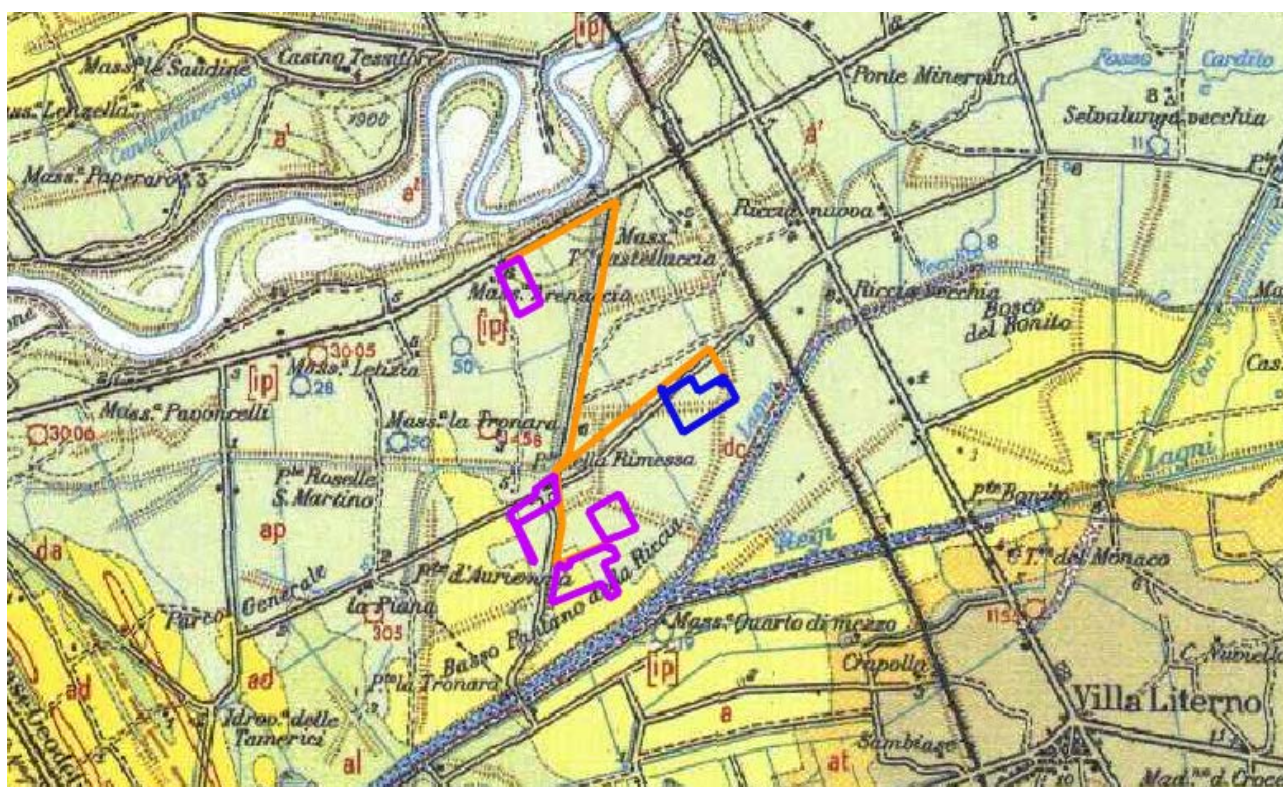
Il sito rientra nella piana alluvionale del Fiume Volturmo, caratterizzata da pendenze del tutto trascurabili e un'altimetria che si attesta sui 3m sul livello del mare.

Nella carta geomorfologica prodotta, in stralcio nella figura in basso, viene cartografata l'ampia piana alluvionale del fiume Volturmo, distinguendo l'area distale a pendenza trascurabile dove si colloca la zona oggetto di studio, priva di forme morfologiche degne di note, dall'area prossimale del corso d'acqua del Fiume Volturmo, che ha subito già solo negli ultimi 65 anni notevoli modifiche al suo corso verso il mare. In dettaglio è stato cartografato l'attuale andamento fluviale, tramite fotointerpretazione di ortofoto satellitari dalla traccia dello stesso prima da Carta Topografica IGM 1:25.000 (1957) e poi da Carta Geologica del Servizio Geologico Nazionale (1961).



4 Geologia

Prendendo a riferimento la Carta Geologica d'Italia 1:100.000 Foglio 172 "Caserta", in stralcio nella figura che segue, l'area di studio (in viola) rientra nel settore centrale della Piana Campana, in cui affiorano terreni umiferi scuri e di colmata del basso Volturno ascrivibili a terreni limosi ed argillo-limosi grigio e verdognoli con sottostanti lapilli pomicei ed intercalazioni di torba, lenti arenitiche, terre nere ed alluvioni recenti.



Nei dintorni della zona di studio, in un rudere abbandonato, sono stati recuperati i resti di un sondaggio geognostico spinto fino a 25m di profondità dal piano campagna: cassette catalogatrici in ottimo stato di conservazione che hanno permesso di descrivere con estremo dettaglio la seguente successione stratigrafica:

- 0 – 7m limi argillosi grigiastri, ricchi di concrezioni calcaree e figure di ossidoriduzione a testimoniare ristagni idrici a vari livelli.
- 7m – 11 sabbia finissima omogenea grigio verdastra con abbondanti screziature rossastre
- 11 – 18m alternanza di sabbie fini e limi debolmente sabbiosi grigio verdastri
- 18 – 25m livello torboso nero-rossastro.

Segue colonna stratigrafica di dettaglio realizzata dallo Scrivente in data 12/03/2021.

Riferimento: Campo Fotovoltaico Bosco Cammino										Sondaggio: S1			
Località: Santa Maria la Fossa - Grazzanise										Quota: 8m			
Impresa esecutrice:										Data: imprecisato			
Coordinate: 425120 4544976										Redattore: geol. V.E. Iervolino			
Perforazione:													
o	R	A	Pz	metri	LITOLOGIA	Campioni	RP	VT	Prel. %	SPT	RQD %	prof	DESCRIZIONE
mm	v	f	s	bat.					0-100	S.P.T.	N	0-100	m
				1									Argilla limosa grigia ricca di concrezioni calcaree e concentrazioni di Fe-Mn
				2									
				3									
				4									
				5									
				6									
				7								7.0	
				8									Sabbia finissima omogenea grigio - verdastra con abbondanti screziature arancioni.
				9									
				10									
				11								11.0	
				12									Sabbia limosa
				13									
				14									
				15									
				16								16.0	
				17									Alternanza di sabbia fine omogenea e limo grigio verdastro
				18									
				18								18.0	
				19									Torba, nerastra rossastra
				20									
				21									
				22									
				23									
				24									
				25								25.0	

Nelle figure che seguono le cassette catalogatrici del sondaggio a 25m recuperato nella zona di studio, dove sono evidenti le litologie sondate, le caratteristiche cromatiche dei vari orizzonti, le screziature rossastre molto evidenti a circa 13m di profondità dal piano campagna e il caratteristico aspetto del materiale torboso, da 18m di profondità e fino a fondo foro.

Le cassette catalogatrici sono organizzate per ordinare i terreni sondati per una larghezza di 1 metro e suddivise in 5 scomparti (per una lunghezza totale di 5m).

da 0 a 10m



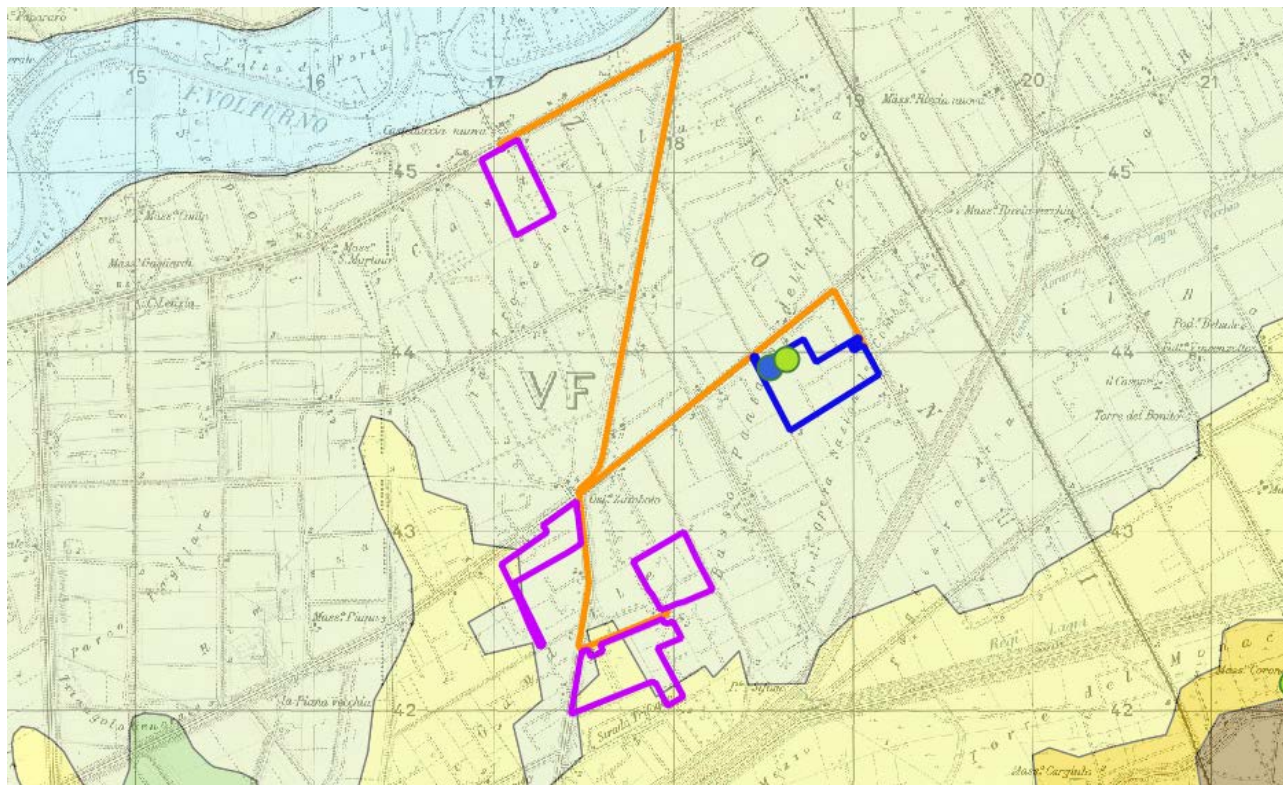
Da 10 A 20M



Da 20 a 25m



Alla luce di tutte le indagini geognostiche disponibili e realizzate (meglio dettagliate nel capitolo successivo) è stata realizzata la carta geolitologica, in stralcio nella figura che segue e allegata come tavola cartografica in formato A1, che evidenzia per la zona di studio (in viola) la presenza di terreni argillosi e argillosi limosi.



5 Geotecnica

5.1 Indagini Geognostiche realizzate

Per la caratterizzazione tecnica dei terreni di fondazione sono state realizzate indagini geotecniche sito-specifiche, come prescritto dalle Norme Tecniche per le Costruzioni 2018 ed in dettaglio:

- n° 1 prova penetrometrica statica CPT, spinta fino a 5m di profondità dal piano campagna (19/07/2021), nelle coordinate UTM Coordinate UTM: 418409 ; 4543745
- n° 1 prova sismica masw (19/07/2021);



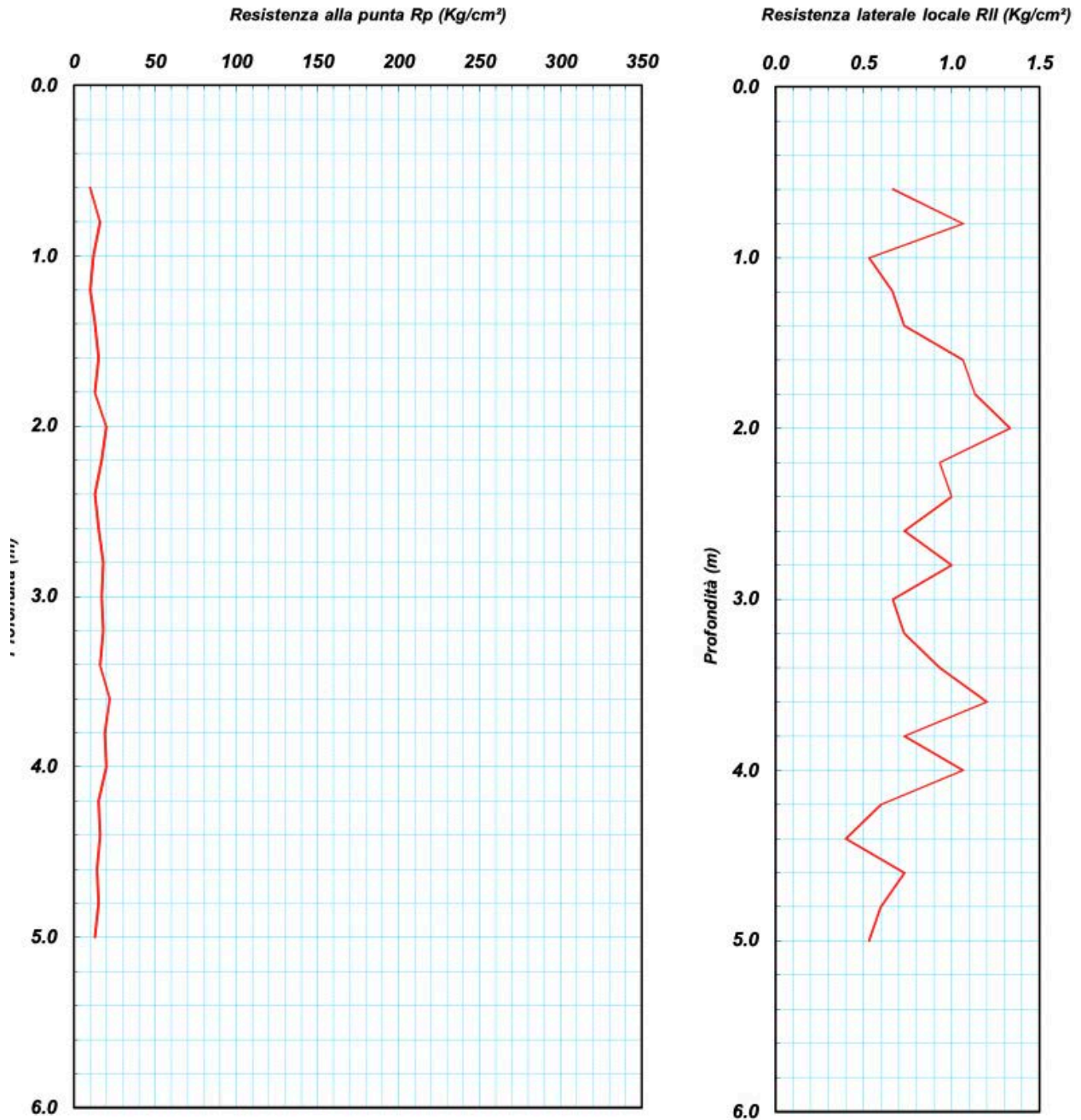
in foto prova penetrometrica CPT eseguita il 19/07/2021



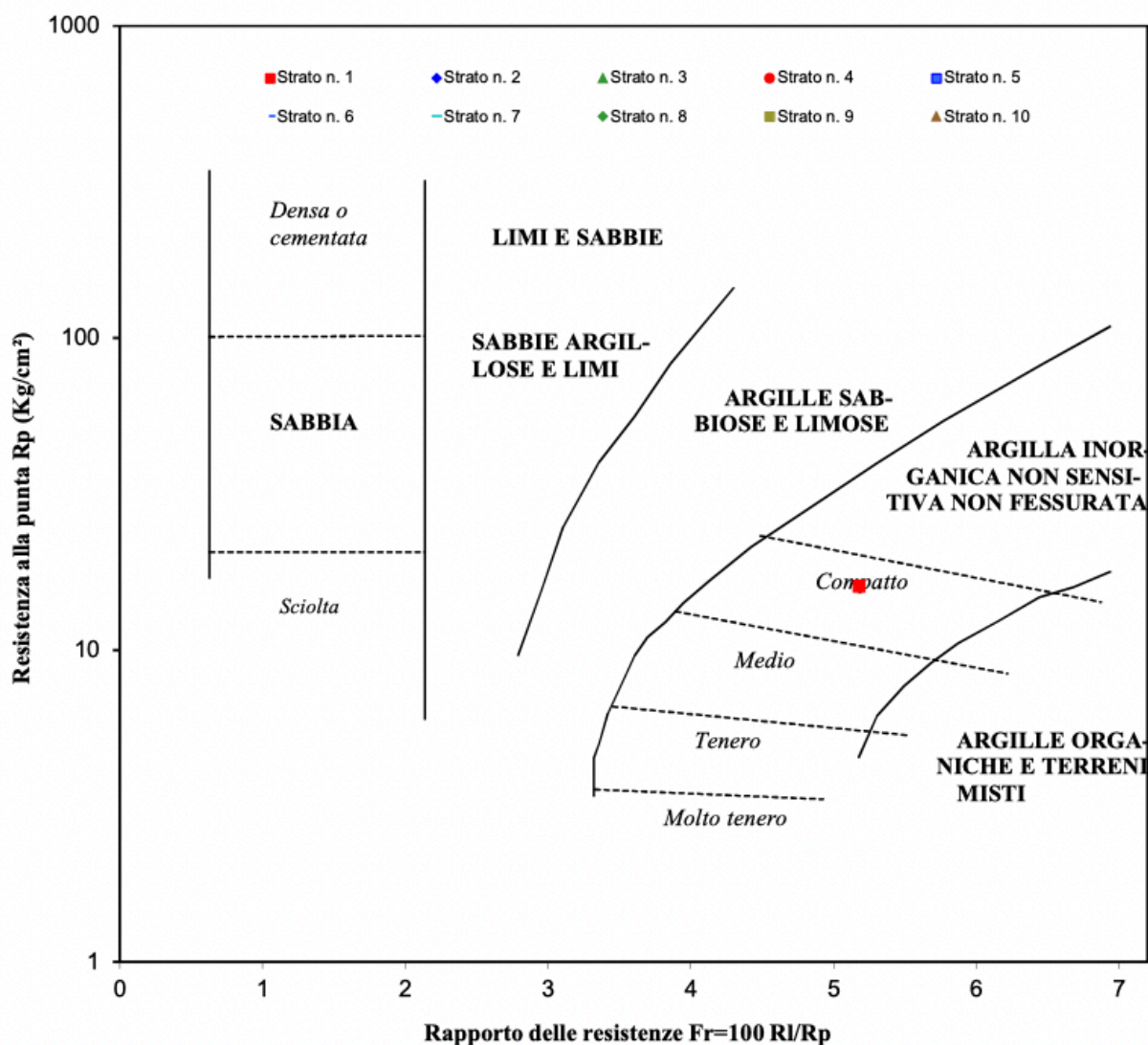
in foto prova penetrometrica CPT eseguita il 19/07/2021



Di seguito elaborazione della CPT realizzata:



CLASSIFICAZIONE DEI TERRENI SECONDO IL METODO DI SCHMERTMANN



PARAMETRI GEOTECNICI

Strato (n)	Profond. da a (m)	Peso di vol. γ_n (g/cm ³)	Media R_p (Kg/cm ²)	Media R_{II} (Kg/cm ²)	Media R_p/R_{II} (-)	Attrito interno (gradi)	Coesione non drenata (Kg/cm ²)	Densità relativa (%)	Modulo edometrico (Kg/cm ²)	Definizione della litologia
1	0.0 - 5.0	1.60	16.00	0.83	19.3	25	0.69	9	48	Argille e limi argill.

5.1.1 Analisi di Laboratorio

Durante la prova penetrometrica statica CPT è stato prelevato un campione a 1m di profondità dal piano campagna ed eseguite le seguenti analisi di laboratorio:

- definizione delle proprietà fisiche
- analisi granulometrica
- prova di taglio diretto

Di seguito i risultati delle prove geotecniche di laboratorio.

Caratteristiche Fisiche

Peso specifico del terreno γ_s	25,07 KN/m ³
Peso dell'unità di volume γ	18,05 KN/m ³
Contenuto d'acqua W	88,36%
Peso secco dell'unità di volume γ_d	9,58 KN/m ³
Indice di porosità e	1,62
Porosità n	0,62
Grado di saturazione S	1,40
Peso dell'unità di volume immerso in acqua γ'	5,83
Peso dell'unità di volume saturo d'acqua γ_{sat}	15,64
Contenuto d'acqua W_{sat}	63,23

Analisi Granulometrica

Argilla con limo

Taglio Diretto

Angolo di attrito φ	19°
Coesione c	0,033 Mpa

6 Idrogeologia

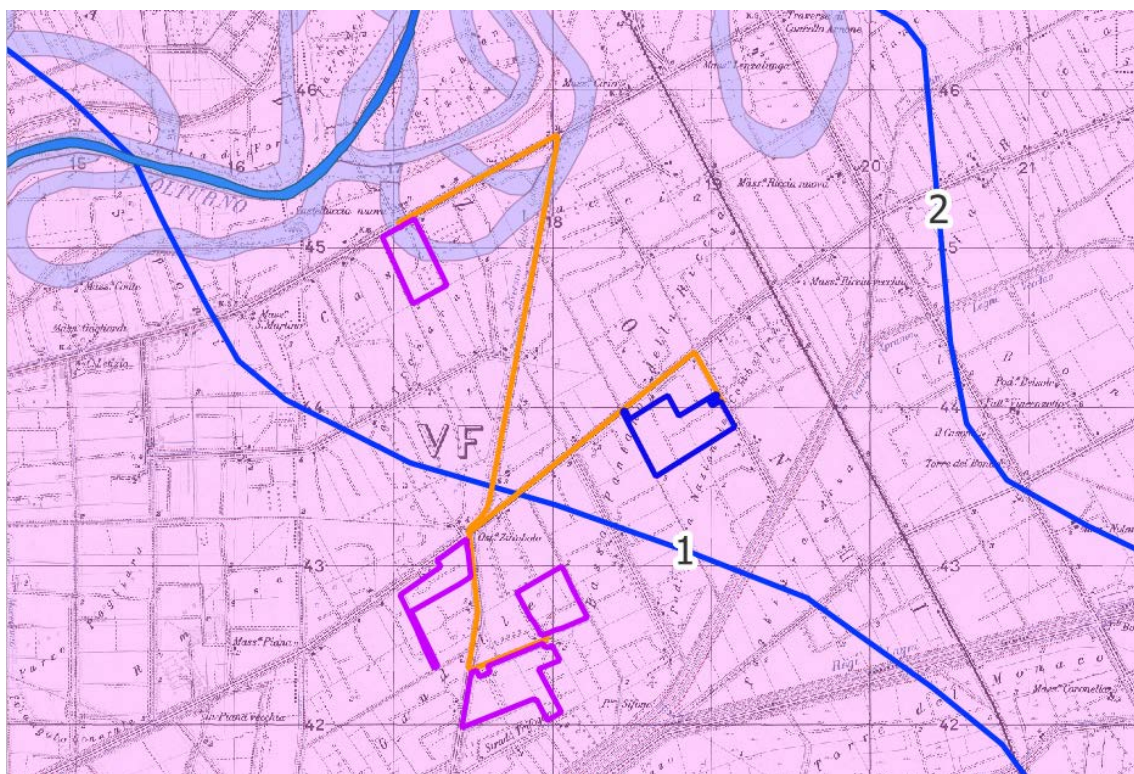
Prendendo a riferimento la Carta idrogeologica “Appennino Meridionale e Gargano” della Carta Idrogeologica dell’Italia Meridionale Carta Idrogeologica 1:250.000 dell’Agenzia per la Protezione dell’Ambiente e per i Servizi Tecnici e il Dipartimento di Geofisica e Vulcanologia dell’Università di Napoli Federico II (2007), la zona di studio (in viola nella figura che segue) rientra:

COMPLESSI DEI DEPOSITI VULCANICI PLIO – QUATERNARI

Complesso delle piroclastiti da caduta Depositi incoerenti costituiti in gran parte da pomici e ceneri derivanti dall’attività esplosiva dei centri eruttivi campani e subordinatamente del Vulture. Per la giustapposizione laterale e verticale di termini granulometricamente differenti, costituiscono acquiferi eterogenei ed anisotropi la cui trasmissività è generalmente bassa.

Tipo di Permeabilità: Porosità

Grado di Permeabilità: Scarso - Medio



7 Dissesto Idrogeologico

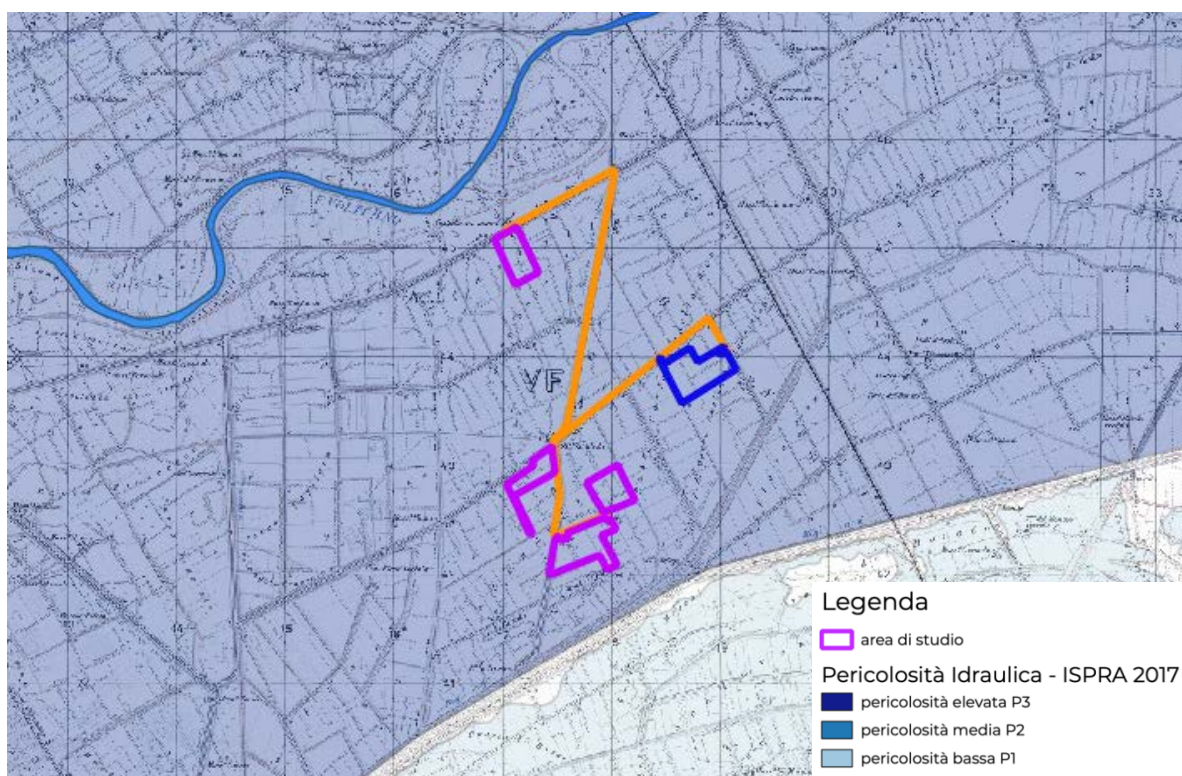
Estratto dal Portale Regionale "Difesa Suolo Regione Campania"

Il "dissesto idrogeologico", come definito all'art.54 del D.Lgs. 152/06, è "la condizione che caratterizza aree ove processi naturali o antropici, relativi alla dinamica dei corpi idrici, del suolo o dei versanti, determinano condizioni di rischio sul territorio".

Nella Regione Campania le aree con tali caratteristiche sono numerose e l'esposizione al rischio geologico-idraulico costituisce un problema di grande rilevanza sociale, sia per il numero di vittime, che per i danni prodotti alle abitazioni, alle industrie e alle infrastrutture. La Campania è un territorio geologicamente "giovane" e pertanto soggetto a intensi processi morfogenetici che ne modellano in modo sostanziale il paesaggio. I frequenti fenomeni di dissesto idrogeologico sono una diretta conseguenza dell'estrema eterogeneità degli assetti geologico-strutturali, geomorfologici, idrogeologici e geologico-tecnici e di un'ampia gamma di condizioni microclimatiche differenti anche in aree limitrofe o apparentemente simili. In conseguenza di tale naturale predisposizione, il dissesto si manifesta nella nostra regione con molteplici combinazioni e modalità: frane (crolli, ribaltamenti, scorrimenti, espansioni laterali, colamenti, debris e mud flow, movimenti complessi), esondazioni e dissesti morfologici di carattere torrentizio, trasporto di massa lungo le conoidi nelle zone montane e collinari, esondazioni e sprofondamenti nelle zone collinari e di pianura. Il rischio idrogeologico in Campania, tuttavia, è stato fortemente condizionato dall'azione dell'uomo e dalle continue modifiche del territorio che hanno, da un lato, incrementato la possibilità di accadimento dei fenomeni e, dall'altro, aumentato la presenza di beni e di persone nelle zone dove tali eventi erano possibili e si sono poi manifestati, a volte con effetti catastrofici. L'abbandono dei terreni montani, il continuo disboscamento, gli incendi boschivi, le numerose piste montane, l'uso di tecniche agricole invasive e poco rispettose dell'ambiente, l'estrazione incontrollata di fluidi dal sottosuolo, l'apertura di cave di prestito, la trasformazione degli alvei in strade, l'abusivismo edilizio, l'eccessiva espansione urbanistica con impermeabilizzazione dei suoli, l'occupazione di zone di pertinenza fluviale, il prelievo abusivo di inerti dagli alvei fluviali, la discarica abusiva di rifiuti in alveo, la mancata manutenzione dei versanti e dei corsi d'acqua, sono le principali concause che hanno sicuramente aggravato il dissesto del già fragile territorio campano.

In conseguenza dell'alto impatto causato dai tragici eventi di Sarno (maggio 1998), sono state quindi emanate norme (D.L. 11.06.98 n.180, convertito in Legge 03.08.98 n.267; D.L. 12.10.2000 n.279, convertito in Legge 11.12.2000 n.365) che hanno indotto una diversa politica di gestione del rischio idrogeologico, passando da una impostazione di base incentrata sulla riparazione dei danni e sull'erogazione di provvidenze, ad una cultura di previsione e prevenzione, diffusa a vari livelli, imperniata sull'individuazione delle condizioni di rischio e volta all'adozione di interventi finalizzati alla minimizzazione dell'impatto degli eventi.

A seguito di tali norme, sono state istituite per tutto il territorio nazionale Autorità di Bacino (AdB) che hanno elaborato i "Piani Stralcio per l'assetto idraulico ed idrogeologico" (PAI), a definire e cartografare il diverso livello di pericolosità da frana e da alluvione. AdB di riferimento per il territorio di nostro interesse è l'AdB Nazionale Liri, Garigliano e Volturno, oggi accorpata con molte altre nel Distretto Idrografico dell'Appennino Meridionale: non si evidenzia nessun livello di pericolosità da frana. Il territorio è pianeggiante e lontano da versanti collinari/montuosi da cui potrebbero innescarsi fenomeni franosi e rovinare a valle. Per contro la zona, per la vicinanza dal Fiume Volturno (4km) e dai Regi Lagni (0,9km) viene cartografata a pericolosità idraulica elevata P3.



8 Compatibilità Sismica

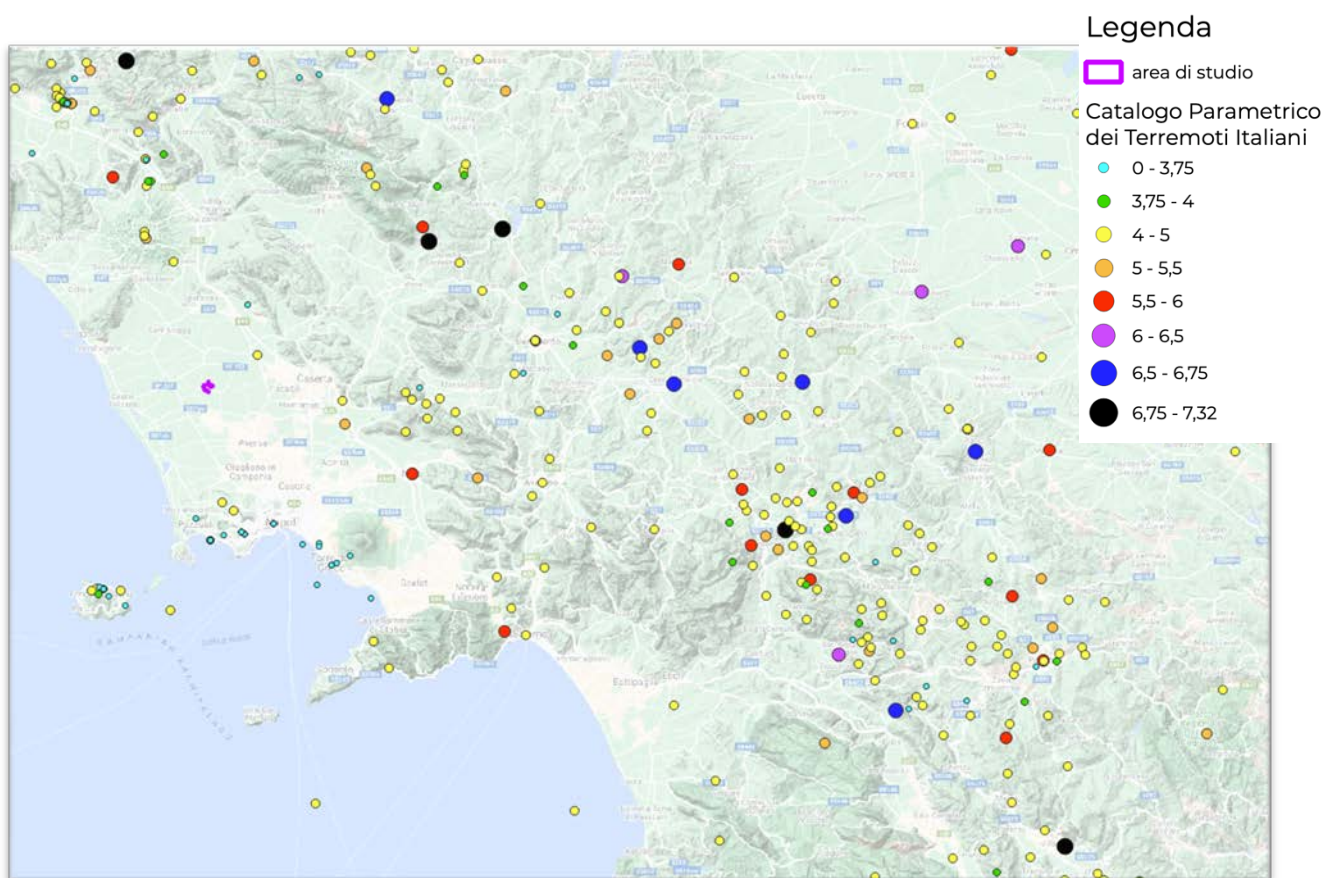
8.1 Sismicità Storica

Prendendo a riferimento il Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani CPTI v3.0 dal 1000 al 2019 – (Rovida A., Locati M., Camassi R., Lolli, B., Gasperini P., Antonucci A. 2021 – INGV) è possibile elencare nella tabella che segue tutti i terremoti storici che hanno colpito la Regione Campania con una magnitudo $\geq 5M_w$.

Anno	Mese	Giorno	Epicentro	Lat	Long	Mw
1456	12	5	Appennino centro-meridionale	41,302	14,711	7,19
1466	1	15	Irpinia-Basilicata	40,765	15,334	5,98
1499	12	5	Nola	40,926	14,529	5,56
1517	3	29	Irpinia	41,011	15,21	5,33
1561	7	31	Penisola sorrentina	40,685	14,717	5,56
1561	7	31	Vallo di Diano	40,65	15,389	6,34
1561	8	19	Vallo di Diano	40,563	15,505	6,72
1688	6	5	Sannio	41,283	14,561	7,06
1692	3	4	Irpinia	40,903	15,196	5,88
1702	3	14	Sannio-Irpinia	41,12	14,989	6,56
1732	11	29	Irpinia	41,064	15,059	6,75
1737	3	31	Monti di Avella	40,92	14,661	5,1
1741	8	6	Irpinia	41,049	14,97	5,44
1794	6	12	Irpinia	41,108	14,924	5,26
1853	4	9	Irpinia	40,818	15,215	5,6
1858	3	7	Campania meridionale	40,108	15,612	5,39
1893	1	25	Vallo di Diano	40,513	15,36	5,15
1905	11	26	Irpinia	41,134	15,028	5,18
1910	6	7	Irpinia-Basilicata	40,898	15,421	5,76
1930	7	23	Irpinia	41,068	15,318	6,67
1960	1	11	Roccamonfina	41,283	13,986	5,16
1962	8	21	Irpinia	41,158	15,065	5,34
1962	8	21	Irpinia	41,248	15,069	5,68
1962	8	21	Irpinia	41,23	14,953	6,15
1980	11	25	Irpinia-Basilicata	40,655	15,452	5,39
1980	11	23	Irpinia-Basilicata	40,842	15,283	6,81
1981	1	16	Irpinia-Basilicata	40,89	15,439	5,22
1982	8	15	Irpinia	40,832	15,244	5,32
2013	12	29	Matese	41,395	14,434	5,16

8.2 Sorgenti Sismiche di Progetto

Per il territorio campano la sismicità strumentale evidenzia una maggiore attività nell'area di catena rispetto alla fascia costiera tirrenica: basta semplicemente geolocalizzare tutti gli eventi sismici raccolti nel CPTI per evidenziare come questi terremoti vanno a disporsi in massima parte lungo la catena appenninica.



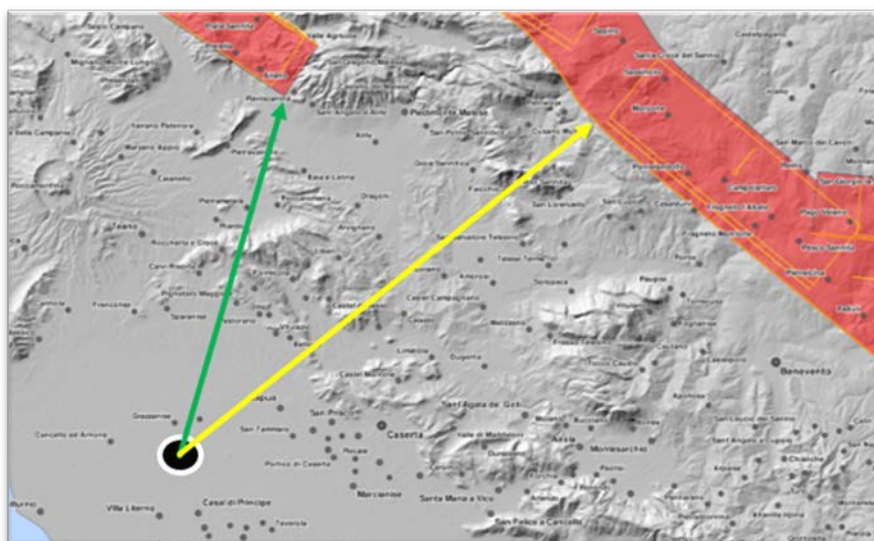
Di seguito vengono riportati i principali cataloghi e studi tematici sulle potenziali sorgenti sismogenetiche presenti nella dorsale appenninica campana ed in particolare: il progetto DISS e la banca dati ITHACA.

8.2.1 Progetto DISS

Il Database of Individual Seismogenetic Sources (DISS) (INGV, Database of Individual Seismogenetic Sources, 2015) è un database georeferenziato della INGV che raccoglie tutti i dati, i testi, la bibliografia e le prove della presenza di elementi tettonici, faglie, evidenze plaeosismologiche e sismiche, presenti sul territorio italiano. I dati sono stati elaborati in modo da individuare tre tipologie di sorgenti sismogenetiche:

- **Le sorgenti sismogenetiche individuali** hanno evidenze chiare, dati molto dettagliati, già individuate in letteratura, mappate in campagna e sono individuate in base a un set completo di caratteristiche: geometriche (direzione, immersione, lunghezza, larghezza e profondità), cinematiche (direzione di moto) e sismologiche (spostamento del singolo evento, magnitudine attesa, tasso di slip, intervallo di ricorrenza);
- **Le sorgenti sismogenetiche composite** sono regioni di forma allungata che contengono un non specificato numero di sorgenti lineari sismogenetiche che non possono essere individuate singolarmente, poiché non hanno un set caratteristico di evidenze geometriche, cinematiche e sismologiche e non sono associate con una specifica distribuzione di terremoti;
- **Le sorgenti sismogenetiche dubbie** sono faglie attive proposte in letteratura scientifica come potenziali sorgenti sismogenetiche ma che, con i dati a disposizione, non sono state ancora considerate abbastanza attendibili da poter essere inserite nel database.

Il comune di Cancellò ed Arnone dista circa 35km dalla sorgente sismogenetica composta di Venafro (in verde) e Miranda Apice (in giallo), caratterizzate rispettivamente da una magnitudine massima attesa di 6.5Mw.



8.2.2 Progetto ITHACA

Nel progetto ITaly HAZard from CAPable faults ((ISPRA, il Catalogo delle faglie capaci, 2011) vengono raccolti tutti i dati e le informazioni relative alle strutture tettoniche attive in Italia, in particolare ai processi tettonici che potrebbero generare rischi naturali. In ITHACA pertanto vengono raccolti i sistemi fagliativi attivi e capaci: faglie che potenzialmente possono creare deformazione in superficie. Nell'intorno di Canello ed Arnone è possibile evidenziare le seguenti faglie capaci:



Figura 1: Faglie capaci del progetto ITHACA

- 1) Faglia Capace 42303 "Volturno Plain"
 Segmentation: Single - Direzione Media: 120° - Dip Direction: SW - Media Affidabilità
- 2) Faglia Capace 42300 "Volturno Plain"
 Segmentation: Single - Direzione Media: 100° - Dip Direction: SSW - Media Affidabilità
- 3) Faglia Capace 42301 "Volturno Plain"
 Segmentation: Single - Direzione Media: 120° - Dip Direction: SW - Media Affidabilità
- 4) Faglia Capace 42302 "Volturno Plain"
 Segmentation: Single - Direzione Media: 100° - Dip Direction: SSW - Media Affidabilità
- 5) Faglia Capace 42200 "M.Massico"
 Segmentation: Single - Direzione Media: 45° - Dip Direction: SE - Media Affidabilità

8.3 Pericolosità Sismica di Base

La pericolosità sismica di base, cioè le caratteristiche del moto sismico atteso al sito di interesse per una determinata probabilità di superamento, si può ritenere definita quando vengono calcolati i seguenti parametri:

- a_g = accelerazione orizzontale massima;
- F_0 = valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- T_C^* = periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale

Da parametri vengono poi ricavati gli spettri di risposta elastica per ogni stato limite. Le NTC2018 mettono a disposizione nell'allegato B una tabella contenente i valori di a_g , F_0 , T_C^* per i 10751 punti del reticolo di riferimento del territorio nazionale continentale in funzione quindi delle coordinate geografiche e del tempo di riferimento: concettualmente si tratta di un enorme database in cui è possibile ricercare la maglia di riferimento che racchiude il punto di coordinate note.

La procedura viene finalizzata grazie a numerosi applicativi web che permettono questa ricerca in tempi rapidi (nel prosieguo viene preso a riferimento il portale "Parametri Sismici Geostru").

Trovati i tre parametri di riferimento, impostando successivamente ulteriori parametri di input (la classe d'uso dell'opera da realizzare, la vita nominale, la categoria di sottosuolo, la scelta dello stato limite di riferimento), si andranno a definire i coefficienti sismici utili per la futura progettazione dell'opera.

In ultimo la definizione della Magnitudo di Riferimento e della distanza epicentrale viene ricavata dal metodo della disaggregazione, prendendo a riferimento le Mappe Interattive della Pericolosità Sismica, messe a disposizione dall'INGV.

Di seguito la pericolosità sismica di base della zona di studio, ipotizzando una classe di edificio II (affollamento normale, assenza di funzioni pubbliche e sociali) e una vita nominale pari a 50.

8.3.1 Indagine Sismica Masw Realizzata

Per la caratterizzazione sismica dell'area è stata realizzata una prova sismica MASW in data 19/07/2021 con valori della $V_{s,eq}$ di 194m/s, facendo rientrare questi terreni nella categoria di sottosuolo C, definita dalle NTC2018 come << 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 >>.



8.4 Pericolosità Sismica di Base Area di Studio

Stati limite



Classe Edificio

II. Affollamento normale. Assenza di funz. pubbliche e sociali...



Vita Nominale

50



Interpolazione

Media ponderata

CU = 1

Stato Limite	Tr [anni]	a_g [g]	Fo	T_c^* [s]
Operatività (SLO)	30	0.040	2.404	0.283
Danno (SLD)	50	0.050	2.369	0.322
Salvaguardia vita (SLV)	475	0.107	2.565	0.427
Prevenzione collasso (SLC)	975	0.131	2.645	0.448
Periodo di riferimento per l'azione sismica:	50			

Coefficienti sismici



Tipo

Stabilità dei pendii e fondazioni

 Muri di sostegno che non sono in grado di subire spostamenti.

H (m)

us (m)



1



0.1



Cat. Sottosuolo

C



Cat. Topografica

T1

	SLO	SLD	SLV	SLC
SS Amplificazione stratigrafica	1,50	1,50	1,50	1,49
CC Coeff. funz categoria	1,59	1,53	1,39	1,37
ST Amplificazione topografica	1,00	1,00	1,00	1,00

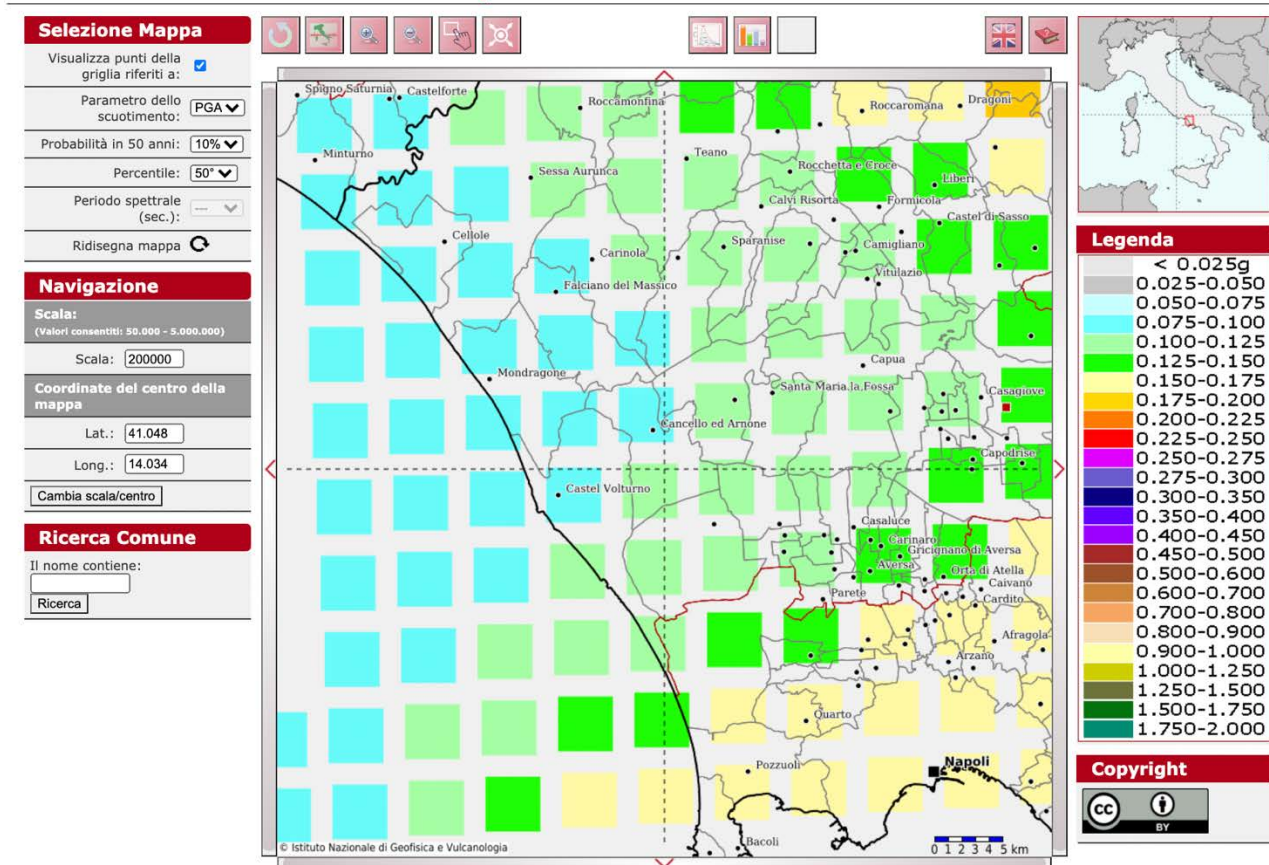
 Acc.ne massima attesa al sito [m/s²]


0.6

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0.012	0.015	0.039	0.047
kv	0.006	0.007	0.019	0.023
Amax [m/s ²]	0.584	0.733	1.578	1.907
Beta	0.200	0.200	0.240	0.240

Modello di pericolosità sismica del territorio nazionale MPS04-S1 (2004) Informazioni sul nodo con ID: 32089 - Latitudine: 41.083 - Longitudine: 14.154

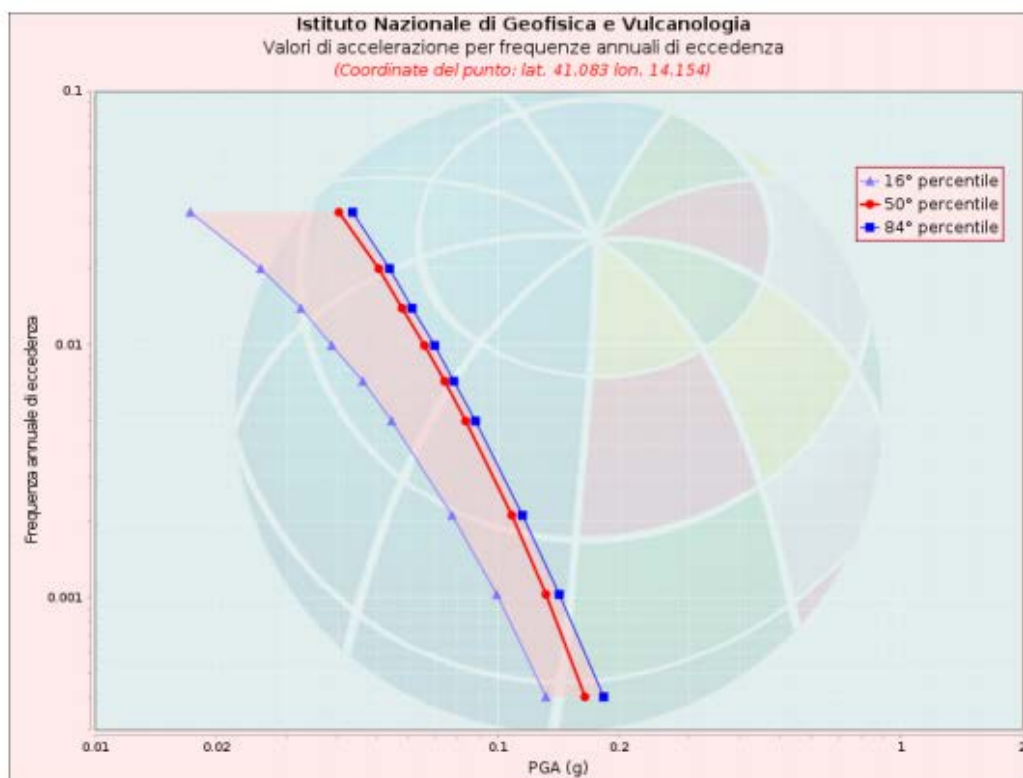
Modello di pericolosità sismica MPS04-S1



La mappa rappresenta il modello di pericolosità sismica per l'Italia e i diversi colori indicano il valore di scuotimento (PGA = Peak Ground Acceleration; accelerazione di picco del suolo, espressa in termini di g, l'accelerazione di gravità) atteso con una probabilità di eccedenza pari al 10% in 50 anni su suolo rigido (classe A, $V_{s30} > 800$ m/s) e pianeggiante. Le coordinate selezionate individuano un nodo della griglia di calcolo identificato con l'ID 32089 (posto al centro della mappa). Per ogni nodo della griglia sono disponibili numerosi parametri che descrivono la pericolosità sismica, riferita a diversi periodi di ritorno e diverse accelerazioni spettrali.

8.4.1 Curva di pericolosità

La pericolosità è l'insieme dei valori di scuotimento (in questo caso per la PGA) per diverse frequenze annuali di eccedenza (valore inverso del periodo di ritorno). La tabella riporta i valori mostrati nel grafico, relativi al valore mediano (50mo percentile) ed incertezza, espressa attraverso il 16° e l'84° percentile.

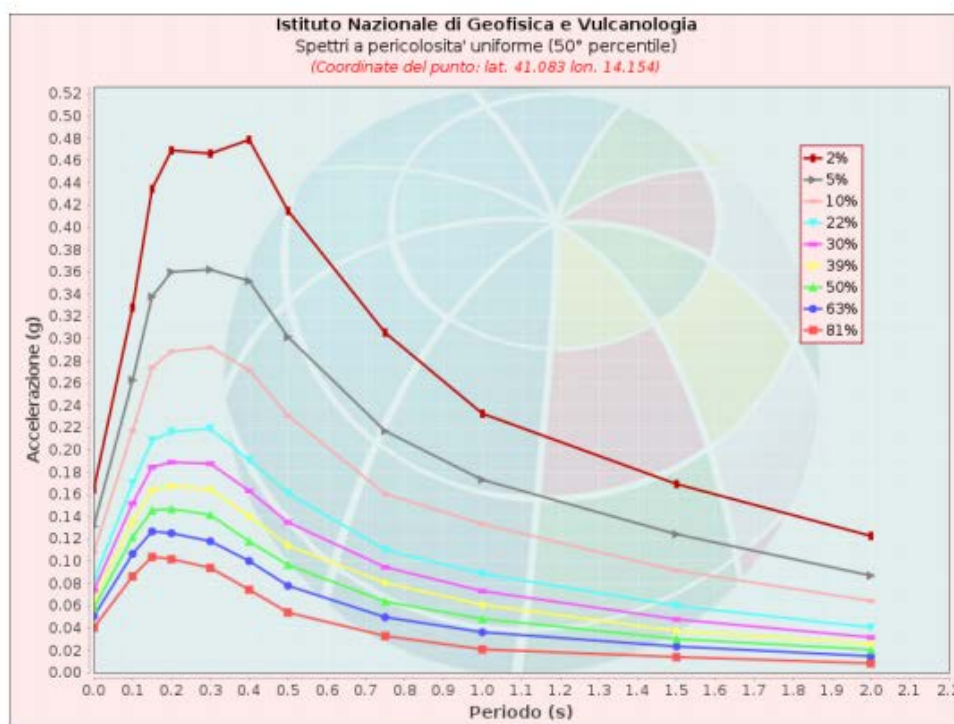


Valori di accelerazione per frequenze annuali di eccedenza			
Frequenza annuale di ecc.	PGA (g)		
	16° percentile	50° percentile	84° percentile
0.0004	0.132	0.165	0.183
0.0010	0.099	0.132	0.142
0.0021	0.077	0.108	0.115
0.0050	0.055	0.083	0.088
0.0071	0.046	0.074	0.078
0.0099	0.039	0.066	0.070
0.0139	0.033	0.058	0.061
0.0199	0.026	0.051	0.054
0.0332	0.017	0.040	0.044

Figura 2: Curva di Pericolosità

8.4.2 Spettri a pericolosità uniforme

Gli spettri indicano i valori di scuotimento calcolati per 11 periodi spettrali, compresi tra 0 e 2 secondi. La PGA corrisponde al periodo pari a 0 secondi. Il grafico è relativo alle stime mediane (50mo percentile) proposte dal modello di pericolosità. I diversi spettri nel grafico sono relativi a diverse probabilità di eccedenza (PoE) in 50 anni. La tabella riporta i valori mostrati nel grafico.



Spettri a pericolosità uniforme (50° percentile)											
PoE in 50 anni	Accelerazione (g)										
	Periodo (s)										
	0.0	0.1	0.15	0.2	0.3	0.4	0.5	0.75	1.0	1.5	2.0
2%	0.165	0.328	0.435	0.469	0.466	0.479	0.415	0.305	0.233	0.169	0.123
5%	0.132	0.263	0.338	0.360	0.362	0.352	0.302	0.217	0.173	0.124	0.087
10%	0.108	0.218	0.274	0.289	0.292	0.272	0.231	0.161	0.133	0.092	0.064
22%	0.083	0.170	0.209	0.216	0.219	0.191	0.161	0.110	0.089	0.060	0.041
30%	0.074	0.152	0.185	0.189	0.188	0.163	0.135	0.095	0.073	0.048	0.032
39%	0.066	0.136	0.164	0.168	0.165	0.141	0.114	0.081	0.061	0.038	0.026
50%	0.058	0.122	0.146	0.147	0.142	0.118	0.097	0.064	0.048	0.030	0.021
63%	0.051	0.107	0.127	0.125	0.118	0.100	0.078	0.050	0.036	0.024	0.015
81%	0.040	0.087	0.104	0.102	0.094	0.075	0.054	0.033	0.021	0.014	0.008

Figura 3: Spettri di pericolosità uniforme

8.4.3 Grafico di Disaggregazione

Il grafico rappresenta il contributo percentuale delle possibili coppie di valori di magnitudo-distanza epicentrale alla pericolosità del nodo, rappresentata in questo caso dal valore della PGA mediana, per una probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni. La tabella riporta i valori mostrati nel grafico ed i valori medi di magnitudo, distanza ed epsilon.

Dall'analisi del grafico si possono ricavare i seguenti dati di valori medi:

- Magnitudo: 6,41
- Distanza: 47km
- Epsilon: 1,51

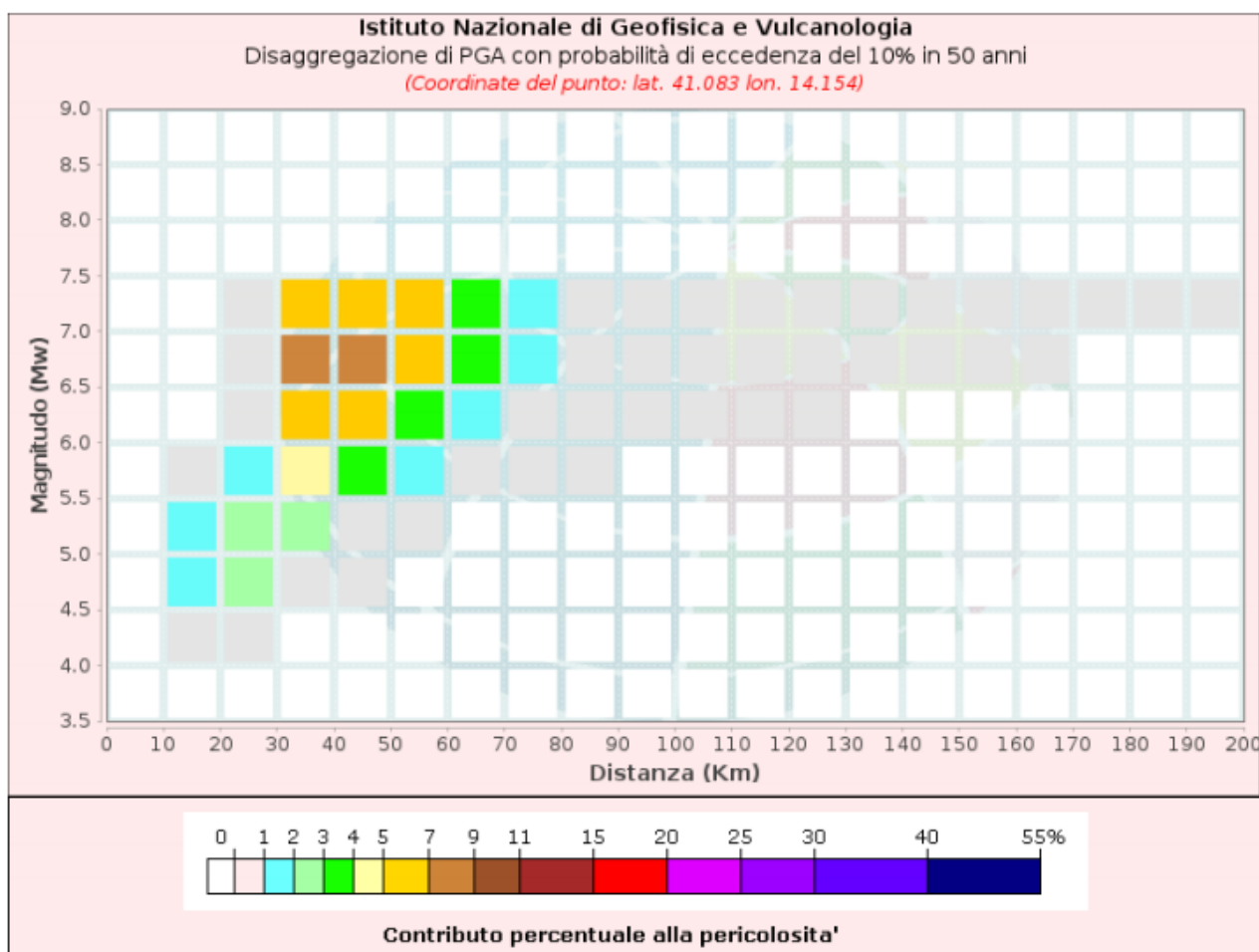


Figura 4: Grafico di Disaggregazione

9 Verifiche a Liquefazione

La liquefazione è definita come la trasformazione di un materiale granulare da solido al liquido in conseguenza dell'incremento dei pori e la riduzione della pressione verticale effettiva generata da rapide azioni cicliche in terreni granulari saturi. Quando sabbie sature e sciolte sono sottoposte a vibrazioni, principalmente indotte dalla propagazione delle onde di taglio provenienti dal basamento roccioso, esse tendono ad addensarsi. Tuttavia la durata dell'applicazione dello stress ciclico è così breve, rispetto al tempo necessario per il drenaggio, che nel terreno non si verifica un'immediata diminuzione di volume e quindi la pressione dei pori in eccesso aumenta progressivamente. La liquefazione ha inizio quando la pressione dei pori eguaglia la pressione totale e la pressione effettiva verticale sarà uguale a zero.

Dal punto delle forze all'aumentare della pressione dei pori si ha una riduzione della pressione effettiva del terreno e quindi una perdita di forza del terreno. Un tale stato è denominato "liquefazione iniziale", in cui le sabbie sciolte subiranno deformazioni illimitate senza mobilitare una resistenza significativa alle deformazioni.

Di conseguenza, le strutture sostenute sopra o all'interno del deposito liquefatto subiscono notevoli cedimenti ed inclinazioni; l'acqua scorrerà verso il piano di campagna creando bolle di sabbia.

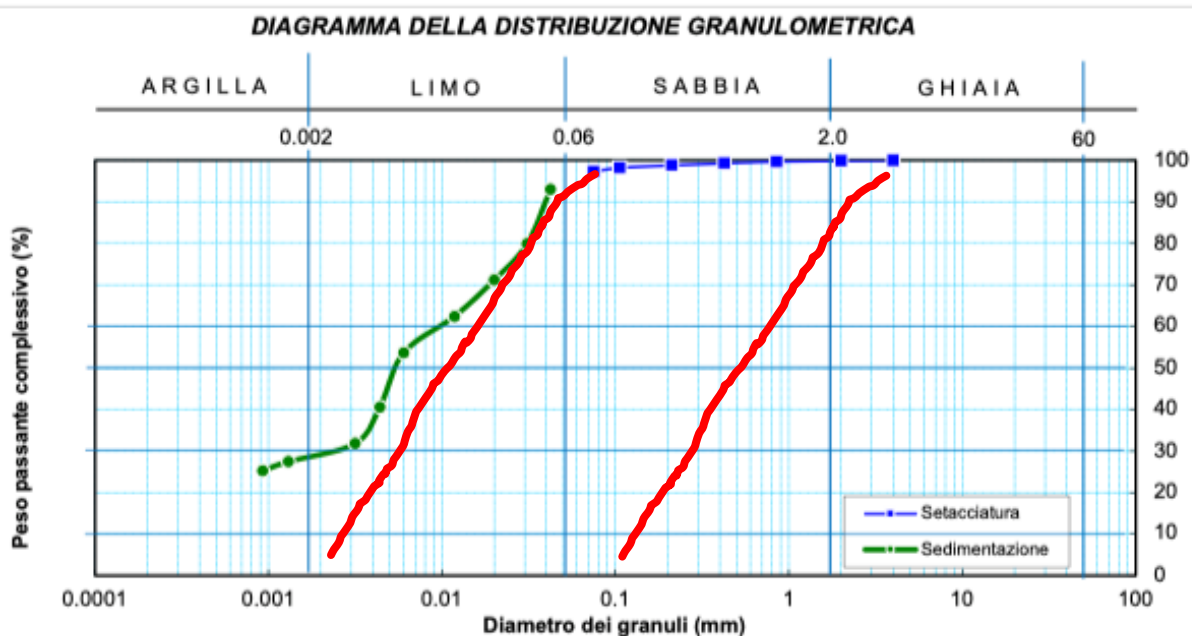
Nel Norme Tecniche per le Costruzioni 2018 vengono definite particolari condizioni geologico-tecniche tali da poter omettere la verifica a liquefazione ed in dettaglio:

1. eventi sismici attesi di magnitudo M inferiore a 5
L'area di studio dagli studi di disaggregazione eseguiti nel capitolo precedente, è caratterizzata da una $M_w = 6.41$, pertanto questa condizione non è soddisfatta per poter omettere la verifica alla liquefazione.
2. accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di $0,1 g$
L'area di studio, dagli studi di pericolosità sismica di base eseguiti nel capitolo precedente, presenta valori di a_g superiori a $0,1$, pertanto questa condizione non è soddisfatta per poter omettere la verifica alla liquefazione.
3. profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali

La zona di studio presenta una falda a circa 2m di profondità dal piano campagna, pertanto anche in questo caso la condizione non è soddisfatta per poter omettere la verifica a liquefazione

4. distribuzione granulometrica (in verde) esterna alle zone di possibile liquefazione (in rosso).

Analizzando l'analisi granulometrica eseguita sulla CPT 1 ad un metro di profondità dal piano campagna si evidenzia la presenza di terreni limosi con argilla, ben lontani dalla classe granulometrica delle sabbie liquefacibili. Pertanto questa condizione delle NTC2018 è soddisfatta, ci troviamo all'esterno delle zone di possibile liquefazione e pertanto la verifica a liquefazione non è necessaria.



Caserta 02/03/2022

Geol. Vittorio Emanuele Iervolino



Aut. Min. n. 154 del 19/04/11 esecuzione e certificazione di indagini geognostiche, prel. di campioni e prove in sito di cui all'art. 59 DPR. 380/01

PROVA PENETROMETRICA STATICA (C.P.T.)

(penetrometro Pagani TG63-200KN)

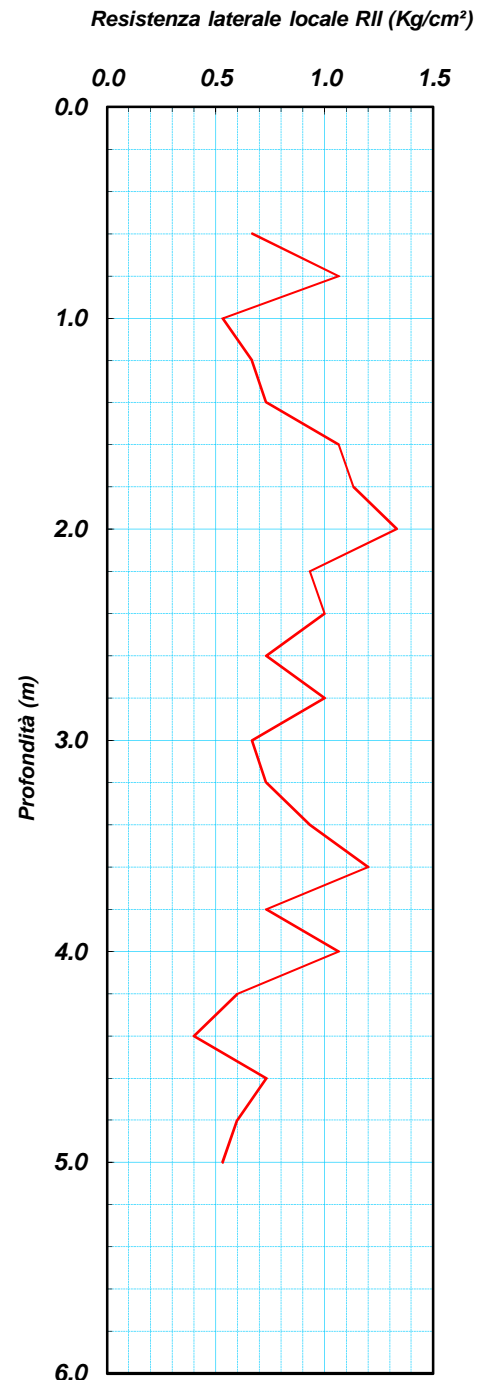
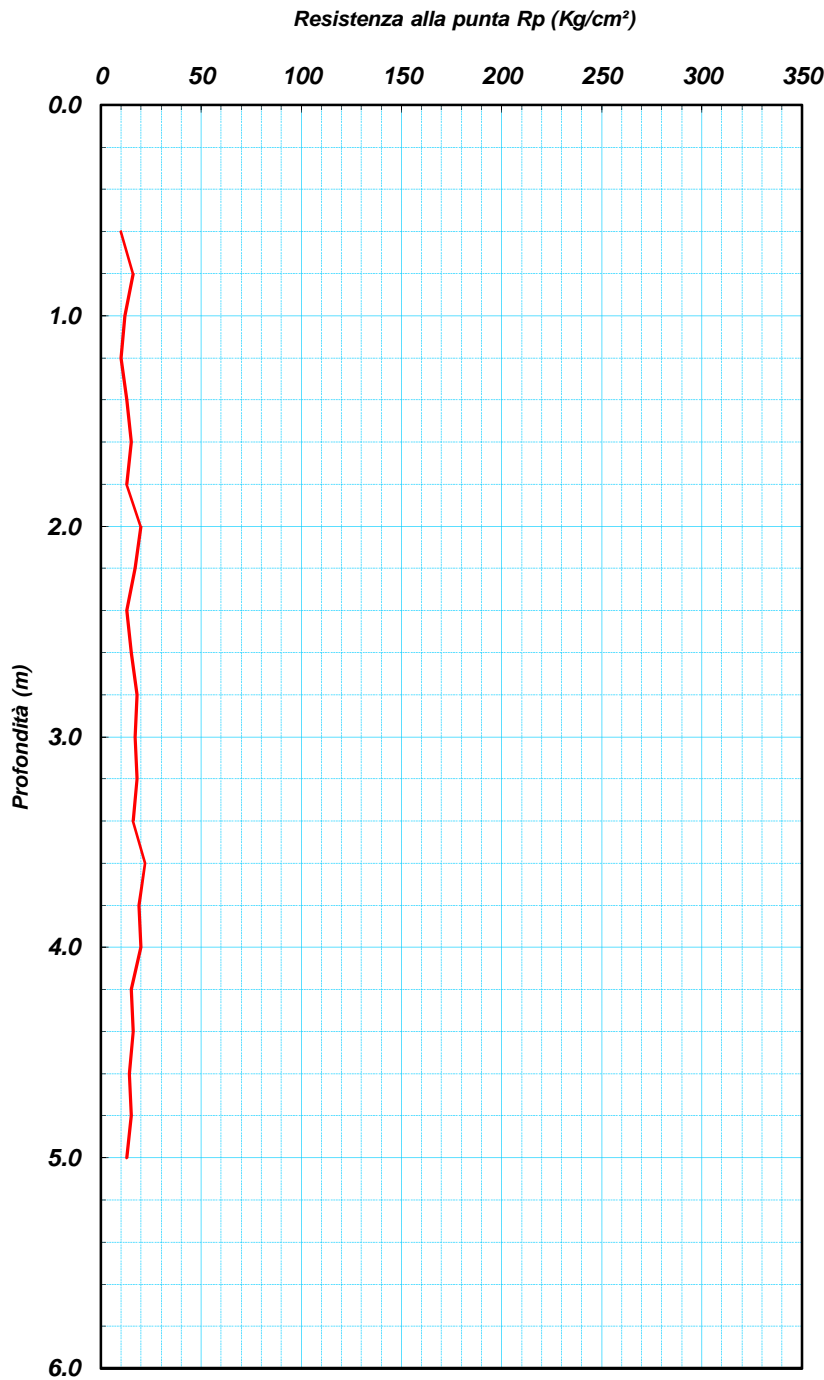
Committente: Star Energia

Id Int. 313 / 21

Cantiere: Progetto Bufala - Cancellò ed Arnone (CE) - SITO 1

Coordinate lat. e long.: N41.040850 / E14.029260 Data esecuz. prova: 19/07/2021

Prova (n): CPT 01 Certificato n° 0443/21 del 23/07/2021



IL RESPONSABILE DI SITO
IL RESPONSABILE DI SITO
Dott. Geol. Mauro Sammartino

IL DIRETTORE DEL LABORATORIO
Dott. Geol. Giuseppe Riello

Aut. Min. n. 154 del 19/04/11 esecuzione e certificazione di indagini geognostiche, prel. di campioni e prove in sito di cui all'art. 59 DPR. 380/01

PROVA PENETROMETRICA STATICA (C.P.T.)

(penetrometro Pagani TG63-200KN)

Committente: Star Energia

Id Int. 313 / 21

Cantiere: Progetto Bufala - Canello ed Arnone (CE) - SITO 1

Coordinate lat. e long.: N41.040850 / E14.029260 Data esecuz. prova: 19/07/2021

Prova (n): CPT 01 Certificato n° 0443/21 del 23/07/2021

VALORI MISURATI IN SITU CON PENETROMETRO STATICO DA 20 TONS

Prof. (m)	Rp (Kg/cm ²)	Rll (MPa)	Prof. (m)	Rp (Kg/cm ²)	Rll (MPa)	Prof. (m)	Rp (Kg/cm ²)	Rll (MPa)
0.6	10.0	0.98						
0.8	16.0	1.57						
1.0	12.0	1.18						
1.2	10.0	0.98						
1.4	13.0	1.27						
1.6	15.0	1.47						
1.8	13.0	1.27						
2.0	20.0	1.96						
2.2	17.0	1.67						
2.4	13.0	1.27						
2.6	15.0	1.47						
2.8	18.0	1.77						
3.0	17.0	1.67						
3.2	18.0	1.77						
3.4	16.0	1.57						
3.6	22.0	2.16						
3.8	19.0	1.86						
4.0	20.0	1.96						
4.2	15.0	1.47						
4.4	16.0	1.57						
4.6	14.0	1.37						
4.8	15.0	1.47						
5.0	13.0	1.27						

IL RESPONSABILE DI SITO
Dott. Geol. Mauro Sammartino
IL RESPONSABILE DI SITO

IL DIRETTORE DEL LABORATORIO
Dott. Geol. Giuseppe Riello



Aut. Min. n. 154 del 19/04/11 esecuzione e certificazione di indagini geonostiche, prel. di campioni e prove in sito di cui all'art. 59 DPR. 380/01 (Sondaggi, prelievo campioni, prove SPT, prove di permeabilità; prove penetrometriche: DPSH, CPT, CPTU; prove di carico su piastra; misura del peso di volume; CBR; perforazioni inclinate e orizzontali; monitoraggio e controlli)

PRELIEVO CAMPIONE INDISTURBATO

Standard utilizzato: AGI (1977) [Fustella a pareti sottili in acciaio inox L=60 cm; D=85 mm]

Committente: **Star Energia**

Id Int. 313 / 21

Cantiere: **Progetto Bufala - Cannello ed Arnone (CE) - SITO 1**

Coordinate lat. e long.: **N41.040850 / E14.029260** Data esecuz. prova: **19/07/2021**

Prova (n): CPT 01 Certificato n° **0443/21** del **23/07/2021**

CAMPIONE PRELEVATO CON CAMPIONATORE INFISSO DAL PENETROMETRO STATICO



Campionatore nella posizione di infissione a pressione



Particolare punta Campionatore nella posizione di infissione a pressione



Particolare fustella Campionatore nella posizione di prelievo a pressione

IL RESPONSABILE DI SITO
Dott. Geol. **Mauro Sammartino**

IL DIRETTORE DEL LABORATORIO
Dott. Geol. **Giuseppe Riello**



PROVA PENETROMETRICA STATICA (C.P.T.)

(penetrometro Pagani TG63-200KN)

Committente: Star Energia

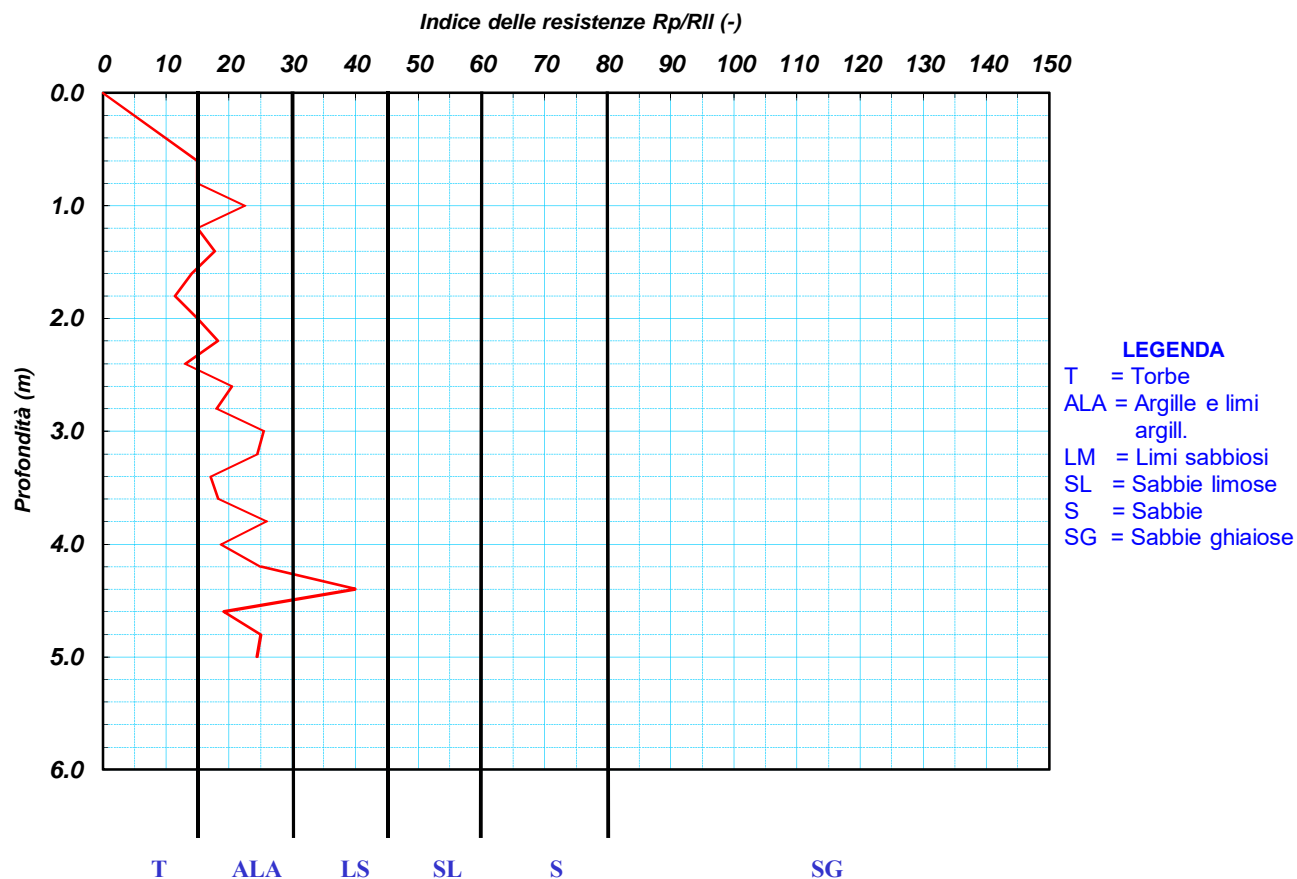
Cantiere: Progetto Bufala - Cannello ed Arnone (CE) - SITO 1

Coordinate lat. e long.: N41.040850 / E14.029260 Data esecuz. prova: 19/07/2021

Prova (n): CPT 01

PARAMETRI GEOTECNICI

Strato (n)	Profond. da (m)	Profond. a (m)	Peso di vol. γ_n (g/cm ³)	Media Rp (Kg/cm ²)	Media RII (Kg/cm ²)	Media Rp/RII (-)	Attrito interno (gradi)	Coesione non drenata (Kg/cm ²)	Densità relativa (%)	Modulo edometrico (Kg/cm ²)	Definizione della litologia
1	0.0	5.0	1.60	16.00	0.83	19.3	25	0.69	9	48	Argille e limi argill.



PROVA PENETROMETRICA STATICA (C.P.T.)

(penetrometro Pagani TG63-200KN)

Committente: Star Energia

Id Int. 313 / 21

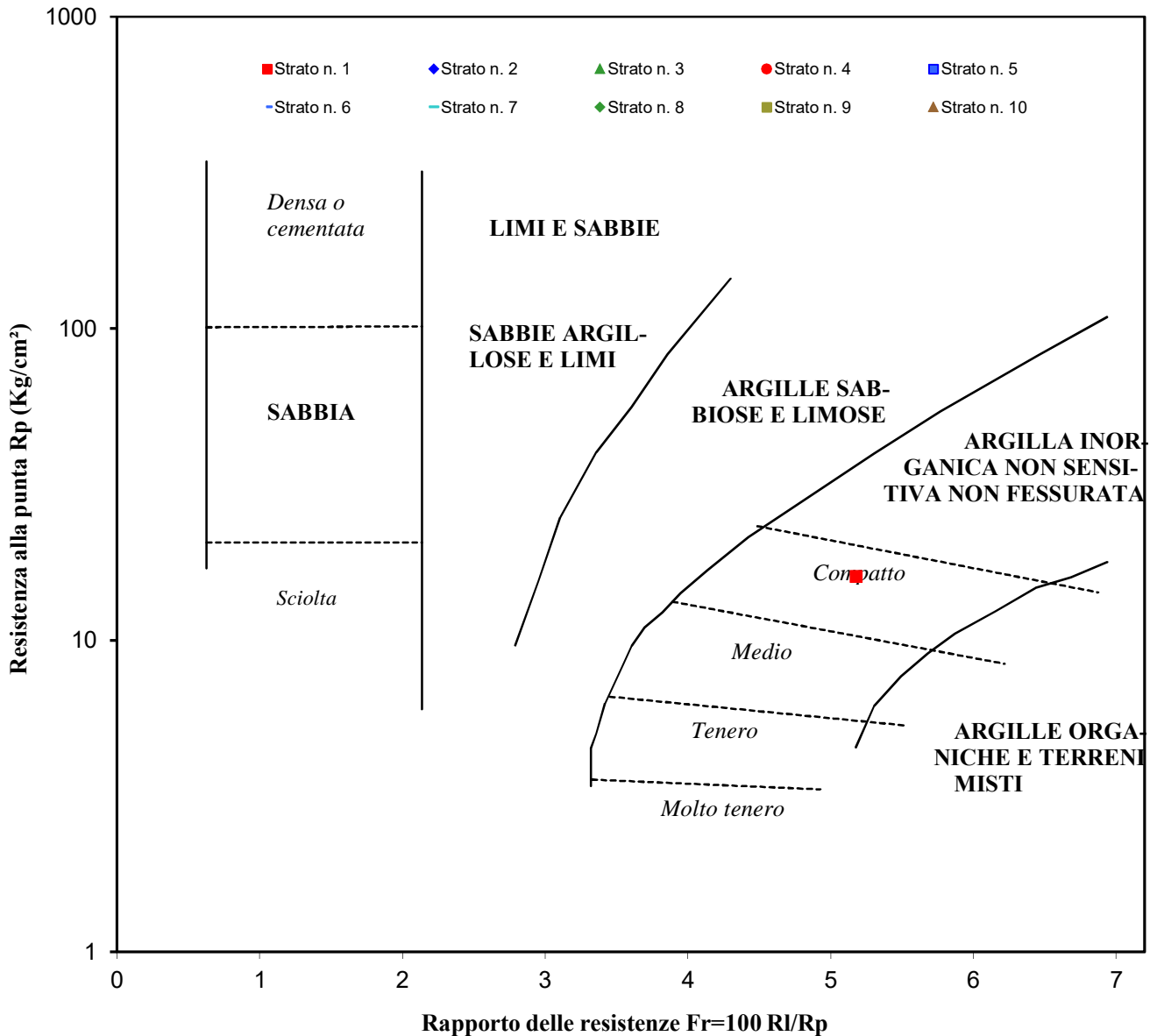
Cantiere: Progetto Bufala - Cannello ed Arnone (CE) - SITO 1

Coordinate lat. e long.: 41.04085C - 14.029260

Data esecuz. prova: 19/07/2021

Prova (n): CPT 01

CLASSIFICAZIONE DEI TERRENI SECONDO IL METODO DI SCHMERTMANN



Castel Morrone (CE), **23/07/2021**

Accettazione n: TER108/21 **Data ricevimento:** 19/07/21 **Data esecuzione prova:** 21/07/21

Committente: Iervolino V. Emanuele - Star Energia

Cantiere: Progetto Bufala - Cancellone Ed Arnone (CE) - Sito 1

Sondaggio: **CPT1** **Campione:** **C1 sito 1** **Profondità di prelievo (m):** **1.00 - 1.50**

IDENTIFICAZIONE DEL TERRENO

(ASTM D2488-00)

CARATTERI IDENTIFICATIVI

Contenitore: Fustella pareti sottili in ferro **Diametro (cm):** 8.50 **Lungh. (cm):** 15.20
Massa (Kg) 1.490 **Condizione del campione estruso:** Buone **Classe di qualità (AGI):** Q5

PROVE DI CONSISTENZA SPEDITIVE

Pocket Penetrometer Test (MPa): > 0.600 **Pocket Vane Test (MPa):** > 0.200

CARATTERISTICHE VISIVE

DESCRIZIONE DEL CAMPIONE

Materiale a granulometria argillosa. Consistente.

COLORE (Tavola di Munsell)

10YR marrone grigio scuro 4/2.

Foto campione

LO SPERIMENTATORE
Geom. Alfonso Casapulla

IL DIRETTORE DEL LABORATORIO
Dott. Geol. Antonio Petriccione



Castel Morrone (CE), **23/07/2021**

Certificato n. **01038/21**

Accettazione n: TER108/21 **Data ricevimento:** 19/07/21 **Data esecuzione prova:** 23/07/21

Committente: Iervolino V. Emanuele - Star Energia

Cantiere: Progetto Bufala - Cancellone Ed Arnone (CE) - Sito 1

Sondaggio: CPT1 **Campione:** C1 sito 1 **Profondità di prelievo (m):** 1.00 - 1.50

CARATTERISTICHE FISICHE DEL TERRENO

(CNR-UNI 10008-64 BS 1377/75 ASTM D854-83)

CONDIZIONI NATURALI

Peso specifico del terreno γ_s (KN/m³)	25.07
Peso dell'unità di volume (fustellamento) γ (KN/m³)	18.05
Peso dell'unità di volume (pesata idrostatica) γ (KN/m³)	
Contenuto d'acqua W (%)	88.36
Peso secco dell'unità di volume γ_d (KN/m³)	9.58
Indice di porosità e (-)	1.62
Porosità n (-)	0.62
Grado di saturazione S (-)	1.40

CONDIZIONI DI SATURAZIONE

Peso dell'unità di volume immerso in acqua γ' (KN/m³)	5.83
Peso dell'unità di volume saturo d'acqua γ_{sat} (KN/m³)	15.64
Contenuto d'acqua W_{sat} (%)	63.23

LO SPERIMENTATORE
Geom. Alfonso Casapulla

IL DIRETTORE DEL LABORATORIO
Dott. Geol. Antonio Petriccione



Castel Morrone (CE), **23/07/2021**

Certificato n. **01039/21**

Accettazione n: TER108/21 Data ricevimento: 19/07/21 Data esecuzione prova: 22/07/21

Committente: Iervolino V. Emanuele - Star Energia

Cantiere: Progetto Bufala - Cancellone Ed Arnone (CE) - Sito 1

Sondaggio: **CPT1** Campione: **C1 sito 1** Profondità di prelievo (m): **1.00 - 1.50**

ANALISI GRANULOMETRICA

(ASTM D421-D422-D2217)

VALORI DETERMINATI MEDIANTE SETACCIATURA

Vaglio ASTM (No)	5	10	20	40	70	140	200
Diametro granuli (mm)	4.000	2.000	0.850	0.425	0.212	0.106	0.075
Peso passante compl. (%)	99.66	99.18	99.05	98.94	98.80	98.56	98.40

VALORI DETERMINATI MEDIANTE SEDIMENTAZIONE

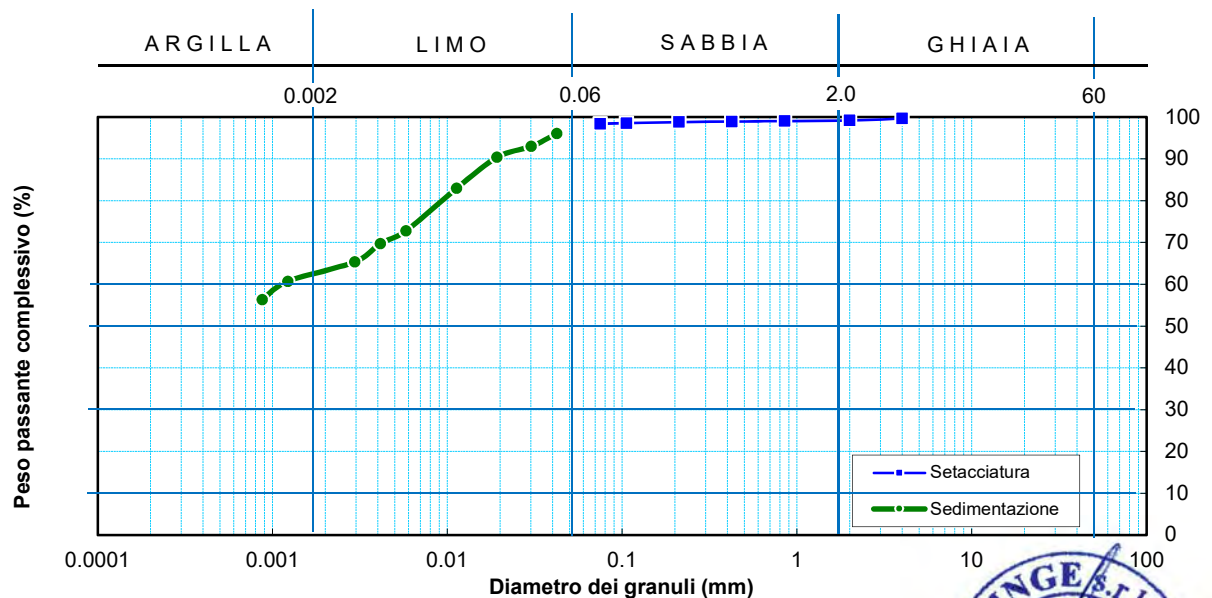
Diametro granuli (mm)	0.042	0.030	0.019	0.011	0.006	0.004	0.003	0.0012	0.0009
Peso passante compl. (%)	96.05	92.99	90.37	82.94	72.80	69.74	65.37	60.71	56.34

FRAZIONI GRANULOMETRICHE E PARAMETRI CORRELATI

Frazione argillosa < 0.002 mm (%)	62.81	Diametro efficace D_{10} (mm)	
Frazione limosa < 0.06 mm (%)	34.52	Diametro medio D_{30} (mm)	
Frazione < 0.074 mm (%)	98.40	Diametro medio D_{50} (mm)	
Frazione sabbiosa < 2 mm (%)	2.34	Diametro medio D_{60} (mm)	0.001164
Frazione ghiaiosa > 2 mm (%)	0.34	Coefficiente di uniformità C_u (-)	
		Coefficiente di curvatura C_c (-)	

Class. A.G.I. (1977): **argilla con limo.**

DIAGRAMMA DELLA DISTRIBUZIONE GRANULOMETRICA



LO SPERIMENTATORE
Geom. Alfonso Casapulla

IL DIRETTORE DEL LABORATORIO
Dott. Geol. Antonio Petriccione



Castel Morrone (CE), **23/07/2021**

Certificato n. **01040/21**

Accettazione n: TER108/21 Data ricevimento: 19/07/21 Data esecuzione prova: 21/07/21

Committente: Iervolino V. Emanuele - Star Energia

Cantiere: Progetto Bufala - Cancellone Ed Arnone (CE) - Sito 1

Sondaggio: **CPT1** Campione: **C1 sito 1** Profondità di prelievo (m): **1.00 - 1.50**

TAGLIO DIRETTO

(ASTM D 3080-98)

DIMENSIONI DEI PROVINI				VALORI A INIZIO CONSOLIDAZ.		PARAMETRI DELLA CONSOLIDAZIONE			
Prov. (n)	Lunghezza lato l (cm)	Altezza iniziale h (cm)	Area di base A _b (cm ²)	Peso di volume γ _i (KN/m ³)	Contenuto d'acqua w _i (%)	Durata consol. δt (ore)	Pressione di consolidazione σ _n (MPa)	Cedim. finale δh (mm)	Tempo T ₁₀₀ (min)
1	6.00	2.50	36.00	14.74	25.31	24.00	0.049	0.728	0.96
2	6.00	2.50	36.00	14.45	25.76	24.00	0.098	0.897	1.80
3	6.00	2.50	36.00	14.16	26.24	24.00	0.196	0.980	2.66

CONSOLIDAZIONE DEI PROVINI						VALORI A FINE CONSOLIDAZ.		
Provino n.1		Provino n.2		Provino n.3		Prov. (n)	Peso di volume γ _f (KN/m ³)	Contenuto d'acqua w _f (%)
Tempo t (min)	Cedim. δh (mm)	Tempo t (min)	Cedim. δh (mm)	Tempo t (min)	Cedim. δh (mm)			
0.1	0.61	0.1	0.69	0.1	0.70	1	16.66	37.52
0.25	0.62	0.25	0.70	0.25	0.72	2	16.28	36.59
0.4	0.69	0.4	0.77	0.4	0.78	3	15.84	35.62
0.5	0.71	0.5	0.80	0.5	0.81			
1	0.71	1	0.81	1	0.83			
2	0.72	2	0.82	2	0.85			
4	0.72	4	0.83	4	0.87			
8	0.72	8	0.84	8	0.88			
15	0.72	15	0.84	15	0.89			
30	0.72	30	0.85	30	0.90			
60	0.72	60	0.85	60	0.91			
120	0.72	120	0.86	120	0.91			
240	0.73	240	0.87	240	0.92			
480	0.73	480	0.88	480	0.94			
960	0.73	960	0.89	960	0.97			
1440	0.73	1440	0.90	1440	0.98			

CARATTERISTICHE DELLA PROVA			
Prov. (n)	Condizione del provino	Orientazione del provino (°)	Velocità di def. orizz. V _i (mm/min)
1	Indisturbato	n.d.	0.001
2	Indisturbato	n.d.	0.001
3	Indisturbato	n.d.	0.001

Note: Prova di taglio eseguita con la scatola di Casagrande.

LO SPERIMENTATORE
Geom. Alfonso Casapulla

IL DIRETTORE DEL LABORATORIO
Dott. Geol. Antonio Petriccione



Castel Morrone (CE), **23/07/2021**

Certificato n. **01040/21**

Accettazione n: TER108/21 **Data ricevimento:** 19/07/21 **Data esecuzione prova:** 21/07/21

Committente: Iervolino V. Emanuele - Star Energia

Cantiere: Progetto Bufala - Cancellone Ed Arnone (CE) - Sito 1

Sondaggio: CPT1 **Campione:** C1 sito 1 **Profondità di prelievo (m):** 1.00 - 1.50

TAGLIO DIRETTO

(ASTM D 3080-98)

DIAGRAMMA DELLA CONSOLIDAZIONE DEI PROVINI

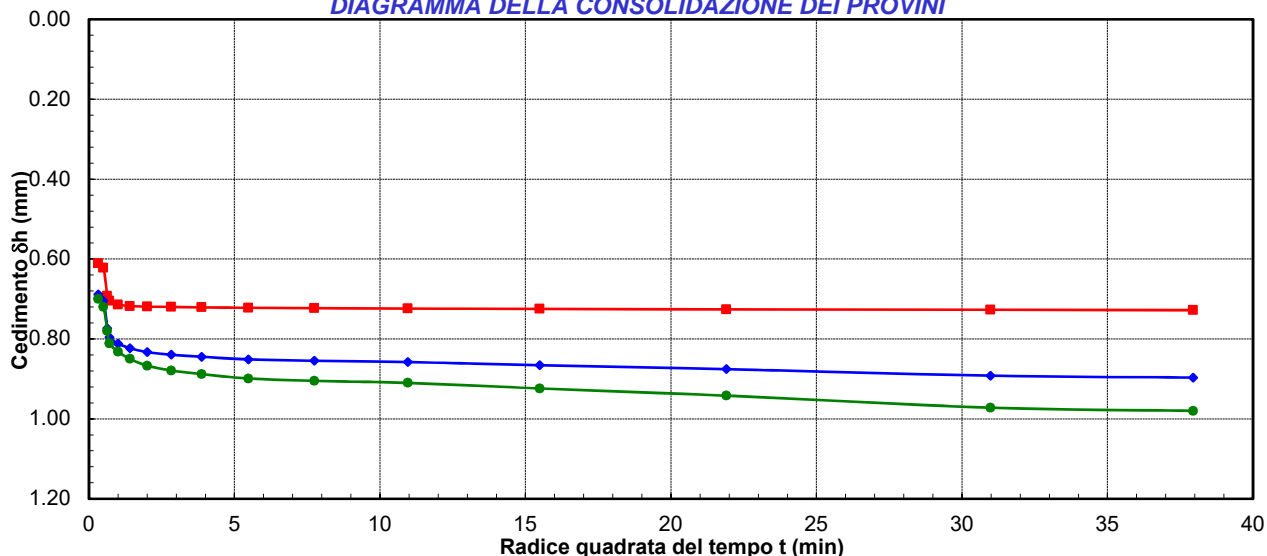
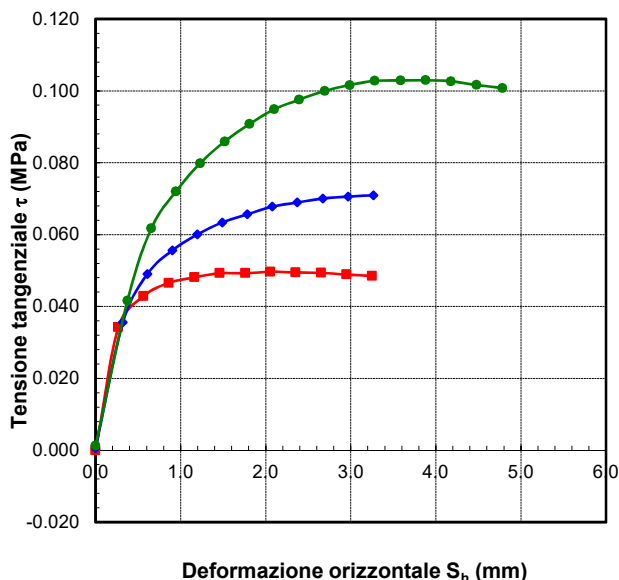
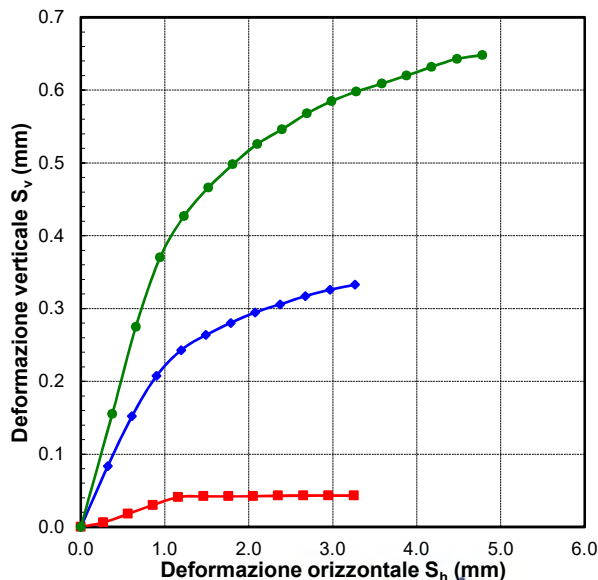


DIAGRAMMA DEFORMAZIONE-TENSIONE



LO SPERIMENTATORE
 Geom. Alfonso Casapulla

DIAGRAMMA DELLE DEFORMAZIONI



IL DIRETTORE DEL LABORATORIO
 Dott. Geol. Antonio Petriccione



Castel Morrone (CE), **23/07/2021**

Certificato n. **01040/21**

Accettazione n: TER108/21 Data ricevimento: 19/07/21 Data esecuzione prova: 21/07/21

Committente: Iervolino V. Emanuele - Star Energia

Cantiere: Progetto Bufala - Cancellone Ed Arnone (CE) - Sito 1

Sondaggio: **CPT1** Campione: **C1 sito 1** Profondità di prelievo (m): **1.00 - 1.50**

TAGLIO DIRETTO

(ASTM D 3080-98)

VALORI RILEVATI AI COMPARATORI DELLA MACCHINA DI TAGLIO - CONDIZIONI DI PICCO

Provino n.1 ■			Provino n.2 ◆			Provino n.3 ●		
Def. orizz. S _h (mm)	Def. vert. S _v (mm)	Tensione tangenziale τ (MPa)	Def. orizz. S _h (mm)	Def. vert. S _v (mm)	Tensione tangenziale τ (MPa)	Def. orizz. S _h (mm)	Def. vert. S _v (mm)	Tensione tangenziale τ (MPa)
0.00	0.00	0.000	0.00	0.00	0.001	0.00	0.00	0.001
0.27	0.01	0.034	0.32	0.08	0.036	0.37	0.16	0.042
0.56	0.02	0.043	0.61	0.15	0.049	0.66	0.28	0.062
0.86	0.03	0.047	0.90	0.21	0.056	0.94	0.37	0.072
1.16	0.04	0.048	1.20	0.24	0.060	1.23	0.43	0.080
1.46	0.04	0.049	1.49	0.26	0.063	1.52	0.47	0.086
1.76	0.04	0.049	1.78	0.28	0.066	1.81	0.50	0.091
2.05	0.04	0.050	2.08	0.29	0.068	2.10	0.53	0.095
2.35	0.04	0.049	2.37	0.31	0.069	2.39	0.55	0.098
2.65	0.04	0.049	2.67	0.32	0.070	2.69	0.57	0.100
2.95	0.04	0.049	2.97	0.33	0.071	2.99	0.59	0.102
3.25	0.04	0.049	3.27	0.33	0.071	3.28	0.60	0.103
						3.59	0.61	0.103
						3.88	0.62	0.103
						4.18	0.63	0.103
						4.48	0.64	0.102
						4.78	0.65	0.101

LO SPERIMENTATORE
Geom. Alfonso Casapulla

IL DIRETTORE DEL LABORATORIO
Dott. Geol. Antonio Petriccione



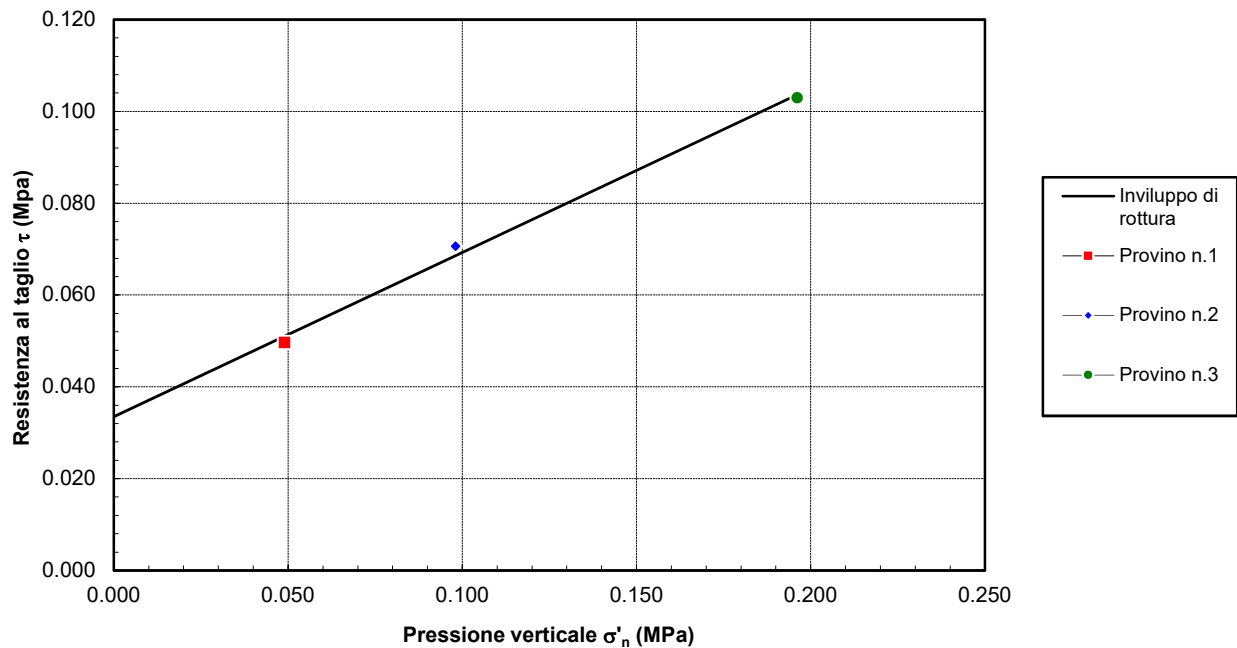
Sondaggio: **CPT1**Campione: **C1 sito 1**Profondità di prelievo (m): **1.00 - 1.50**

TAGLIO DIRETTO

CONDIZIONI DI PICCO

Provino (n)	Pressione verticale σ'_n (MPa)	Deformazione orizzontale S_{hf} (mm)	Deformazione verticale S_{vf} (mm)	Resistenza al taglio τ_f (MPa)
1 ■	0.049	2.05	0.04	0.050
2 ◆	0.098	2.97	0.33	0.071
3 ●	0.196	3.88	0.62	0.103

DIAGRAMMA DELL'INVILUPPO DI ROTTURA - CONDIZIONI DI PICCO



PARAMETRI DELL'INVILUPPO

Coeff. di determinaz.	Errore stand. sulla stima di c
r^2 (-)	s_v (-)
9.95E-01	2.60E-02

Angolo di attrito
 ϕ
(gradi)

19.67

Coesione intercetta
c
(Mpa)

0.033

PROVA SISMICA Vs,eq METODO MASW

Committente: Star Energia

Protocollo n.: 313/21

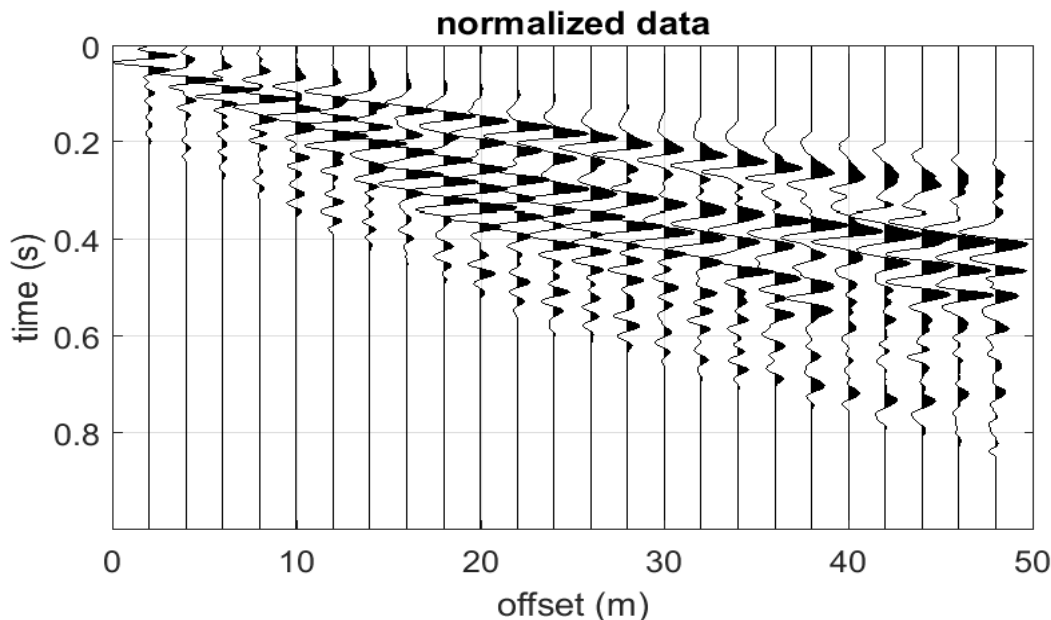
Cantiere: Progetto Bufala - Cancellò ed Arnone (CE) - SITO 1

Data esecuzione prova: 19/07/2021

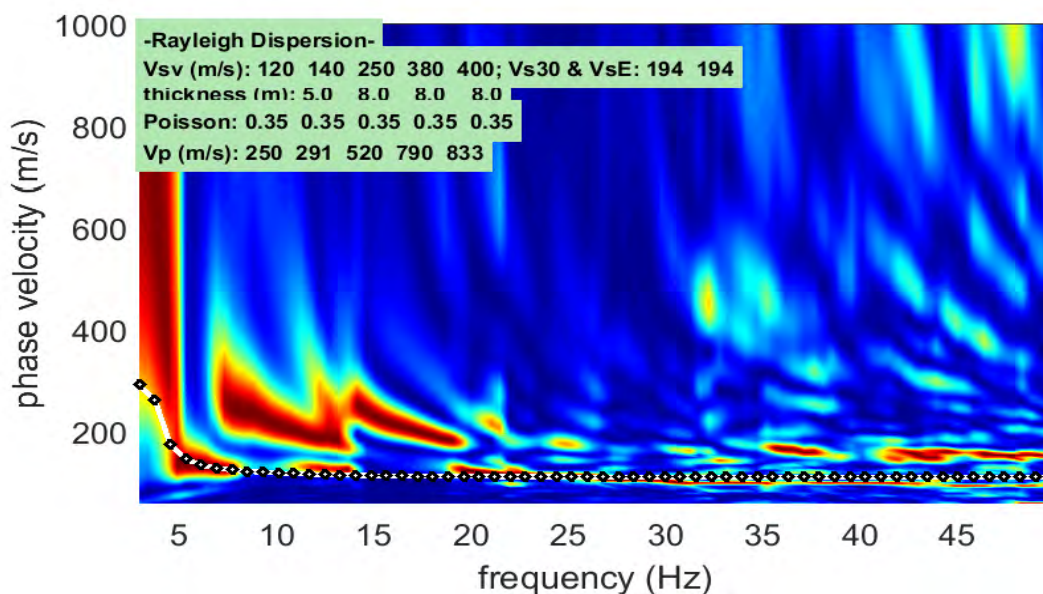
Prova MASW: M1

Data emissione certificato: 23/07/2021

Registrazione di campagna delle tracce



Analisi delle frequenze e curva di dispersione calcolata dal modello del terreno



IL RESPONSABILE DEL SETTORE

Dott. Geol. Carmencita Ventrone

INGE s.r.l.

Via Taverna Vecchia, 19
81020 Castel Morrone (CE)

Tel/Fax 0823399115 Cell. 3483850177 - 3486033921

PROVA SISMICA Vs,eq METODO MASW

Committente: Star Energia

Protocollo n.: 313/21

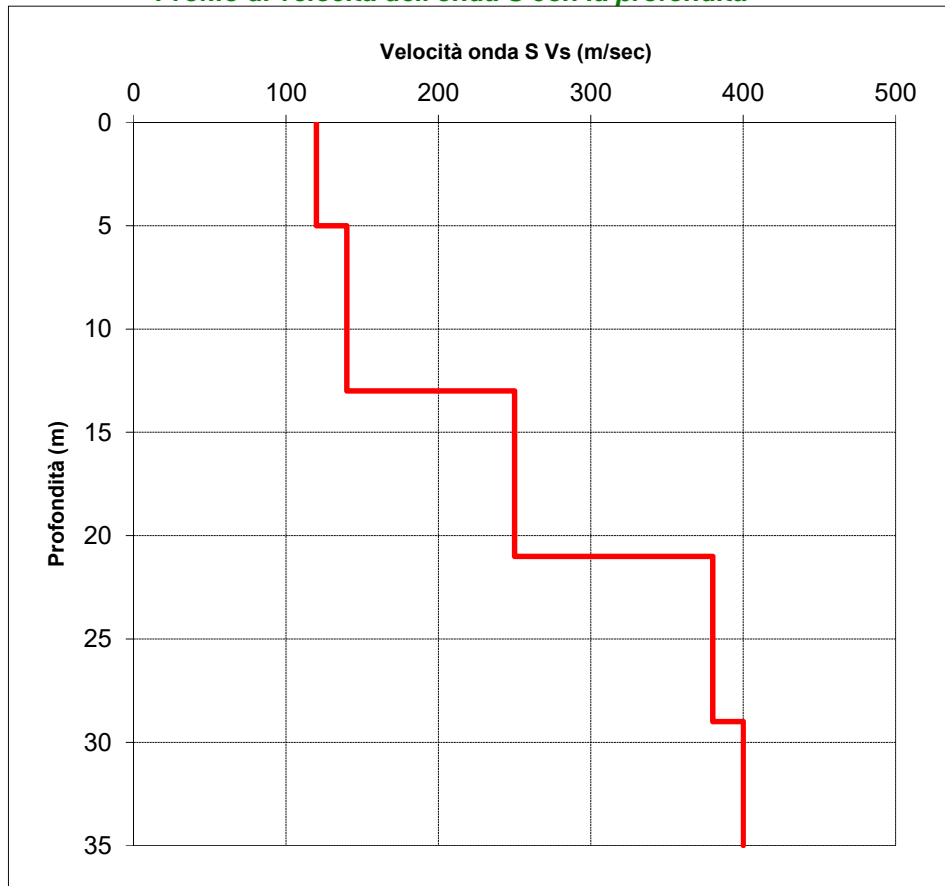
Cantiere: Progetto Bufala - Canello ed Arnone (CE) - SITO 1

Data esecuzione prova: 19/07/2021

Prova MASW: M1

Data emissione certificato: 23/07/2021

Profilo di velocità dell'onda S con la profondità



Calcolo del Vs,eq

Profondità (m)		Velocità	Spess/Veloc
Da	a	(m/sec)	Hi/Vi
0.00	5.00	120	0.0417
5.00	13.00	140	0.0571
13.00	21.00	250	0.0320
21.00	29.00	380	0.0211
29.00	35.00	400	0.0150

VALORE DI Vs,eq CALCOLATO (m/s)
194

Categoria di sottosuolo
C



IL RESPONSABILE DEL SETTORE
Dott. Geol. Carmencita Ventrone