



Regione Campania
 Provincia di Benevento
 Comune di Amorosi



Impianto FV "AMOROSI"

Potenza DC di impianto 28,327 MWp - potenza AC di immissione in RTN 23,445 MWp
 Integrato con l'Agricoltura
 con annesso Sistema di accumulo di energia a batterie
 Potenza 20,00 MW

Titolo:

RELAZIONE GEOTECNICA E SULLA MODELLAZIONE SISMICA

Numero documento:

Commessa						Fase	Tipo doc.	Prog. doc.				Rev.	
2	2	3	6	0	1	D	R	0	2	5	0	0	0

Committente:



SINERGIA GP12

SINERGIA GP12 S.R.L.
 CENTRO DIREZIONALE, IS. G1, SCC, INT 58
 80143 NAPOLI
 PEC: sinergia.gp12@pec.it
 Rappresentante, Sviluppatore e Coordinatore: ing. Filippo Mercorio



PROGETTO DEFINITIVO

Progettazione:



PROGETTO ENERGIA S.R.L.

Via Serra 6 83031 Ariano Irpino (AV)
 Tel. +39 0825 891313
 www.progettoenergia.biz - info@progettoenergia.biz

SERVIZI DI INGEGNERIA INTEGRATI
 INTEGRATED ENGINEERING SERVICES



Geologo:

Dott. Antonio Petriccione

Progettista:

Ing. Massimo Lo Russo



Sul presente documento sussiste il DIRITTO DI PROPRIETA'. Qualsiasi utilizzo non preventivamente autorizzato sarà perseguito ai sensi della normativa vigente

REVISIONI	N.	Data	Descrizione revisione	Redatto	Controllato	Approvato
	00	04.04.2022	EMISSIONE	A. PETRICCIONE	A. PETRICCIONE	M. LO RUSSO



SINERGIA GP12

RELAZIONE GEOTECNICA E SULLA MODELLAZIONE SISMICA

Impianto FV "AMOROSI"
Potenza DC di impianto 28,327 MWp - potenza AC di immissione in RTN 23,445 MWp
Integrato con l'Agricoltura
con annesso Sistema di accumulo di energia a batterie
Potenza 20,00 MW



Codifica Elaborato: 223601_D_R_0251 Rev. 00

INDICE

1	PREMESSA	3
1.1	SCOPO	3
1.2	UBICAZIONE E CARATTERISTICHE DELL'INTERVENTO	3
1.3	ARTICOLAZIONE DEL LAVORO.....	4
2	INQUADRAMENTO GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO E IDROGEOLOGICO GENERALE.....	4
2.1	GEOLOGICO E STRUTTURALE	4
2.2	GEOMORFOLOGICO e IDROGEOLOGICO	6
3	INDAGINI GEOGNOSTICHE	7
3.1	DEFINIZIONE DEL PIANO DI INDAGINI DA ESEGUIRE.....	7
3.2	DESCRIZIONE DELLE PENETROMETRICHE CPT ESEGUITE	7
3.3	PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE PESANTI DPSH.....	10
3.4	INDAGINE SISMICA MASW (MULTICHANNEL ANALYSIS OF SURFACE WAVES).....	13
4	MODELLIZZAZIONE GEOLOGICA.....	16
4.1	ANALISI GEOLOGICA E STRATIGRAFICA.....	16
5	MODELLAZIONE SISMICA	18
5.1	CLASSIFICAZIONE SISMICA	18
5.2	MASW (MULTICHANNEL ANALYSIS OF SURFACE WAVES).....	21
5.3	RISULTATI INDAGINE SISMICA MASW	21
5.4	ANALISI DEL SUOLO DI FONDAZIONE.....	22
5.5	CONDIZIONI TOPOGRAFICHE.....	23
5.6	STIMA DELLA PERICOLOSITA' SISMICA	24
5.6.1	Parametri Sismici	24
5.6.2	Pericolosità sismica di sito	26
6	MODELLAZIONE GEOTECNICA.....	30
6.1	INTERPRETAZIONE PROVE CPT.....	30
6.2	INTERPRETAZIONE PROVE PENETROMETRICHE (DPSH).....	31
6.3	MODELLO GEOTECNICO DEL SOTTOSUOLO E VALORI CARATTERISTICI ADOTTATI.....	33
6.4	STABILITÀ DELL'AREA.....	34
6.5	POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE	34
7	CONCLUSIONI.....	36

ALLEGATI:

- Stralcio topografico scala 1:25.000 area in esame
- Stralcio Carta Geologica d'Italia 1:100.000 (Scala di stampa 1:25.000)
- Stralcio Carta Scenari di Rischio Autorità di bacino Distrettuale dell'Appennino Meridionale 1:25.000
- Planimetria Ubicazione indagini geognostiche eseguite Scala 1:5.000
- Certificati prove penetrometriche statiche CPT
- Certificati prova penetrometrica dinamica pesante DPSH
- Elaborati indagine sismica Masw
- Report verifica a liquefazione

1 PREMESSA

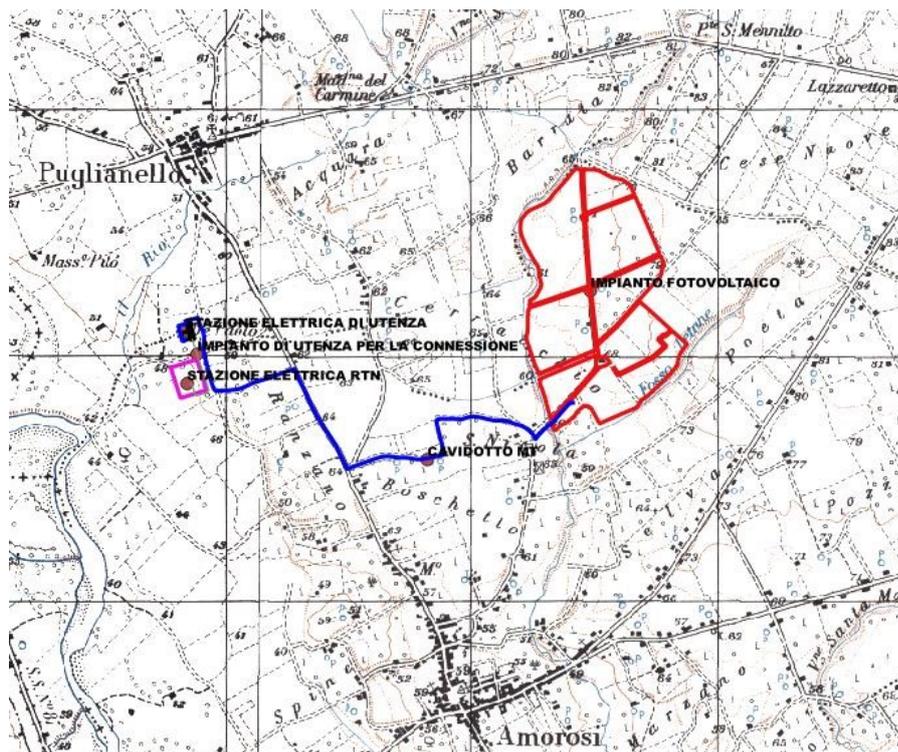
1.1 SCOPO

Il presente studio geotecnico e modellazione sismica è finalizzato all'ottenimento dei permessi necessari alla costruzione ed esercizio dell'Impianto Fotovoltaico integrato con l'Agricoltura, con potenza di picco 28,327 MWp e annesso sistema di accumulo di energia a batterie (nel seguito definito come BESS – Battery Energy Storage System), potenza 20,00 MWp, in località "Cerracchio" nel comune di Amorosi (BN), collegato alla Rete Elettrica Nazionale mediante connessione in antenna a 150 kV sulla sezione a 150 kV di una nuova Stazione Elettrica (SE) di Trasformazione della RTN a 380/150 kV, da realizzare in soluzione GIS, da inserire in entrata alla linea a 380 Kv "Benevento 2 – Presenzano" ubicata nel comune di Amorosi (BN).

1.2 UBICAZIONE E CARATTERISTICHE DELL'INTERVENTO

L'impianto fotovoltaico sarà ubicato nel comune di Amorosi (BN), in località "Cerracchio", ad una quota compresa tra i 55 e i 75 m sul livello del mare; collegato alla Rete Elettrica Nazionale mediante connessione in antenna a 150 kV sulla sezione a 150 kV di una nuova Stazione Elettrica (SE) di Trasformazione della RTN a 380/150 kV, ricadente nel comprensorio comunale stesso.

Di seguito si riporta lo stralcio IGM con l'ubicazione delle opere da realizzare.



Corografia di inquadramento delle opere in progetto

L'impianto fotovoltaico, il cavidotto MT, Stazione Elettrica di Utenza, l'impianto di utenza per la connessione e l'impianto di rete per la connessione risultano ubicati nel Comune di Amorosi (BN), all'interno di strade comunali e provinciali e sulle seguenti particelle catastali:

- Comune di Amorosi (BN) : Foglio 01, Particelle: 15-109-110-134-153-284; Foglio 02, Particella: 385; Foglio 03, Particelle: 1-2- 60-61-62-146-913-54-79-76-84-86-9-11-66-911-910-912-31-155;

Al parco fotovoltaico vi si accede tramite viabilità comunali e considerando la buona accessibilità al sito garantita dalla viabilità presente, per il raggiungimento dell'area destinata alla realizzazione dell'impianto fotovoltaico non sarà realizzata alcuna nuova

 SINERGIA GP12	RELAZIONE GEOTECNICA E SULLA MODELLAZIONE SISMICA Impianto FV "AMOROSI" <i>Potenza DC di impianto 28,327 MWp - potenza AC di immissione in RTN 23,445 MWp</i> <i>Integrato con l'Agricoltura</i> con annesso Sistema di accumulo di energia a batterie <i>Potenza 20,00 MW</i>	 PROGETTO ENERGIA
Codifica Elaborato: 223601_D_R_0251 Rev. 00		

viabilità.

Cartograficamente, l'area in oggetto ricade nei fogli della Carta Topografica Programmatica in scala 1:25.000, Tav. n.10 (Quadrante 173-IV) Tav. n. 9 (Quadrante 172-I).

Dal punto di vista geologico, invece, l'area in esame ricade nei fogli geologici n. 172 "Caserta" e 173 "Benevento" della Carta Geologica d'Italia scala 1:100.000.

L'area in esame rientra nel territorio di competenza dell'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Meridionale.

1.3 ARTICOLAZIONE DEL LAVORO

L'indagine è stata articolata, previa consultazione del progetto, nelle seguenti fasi:

1. Rilevamento delle caratteristiche geomorfologiche e geolitologiche di superficie integrato dalla lettura della carta geologica d'Italia fogli N°172 "Caserta" e 173 "Benevento" scala 1:100'000, fogli nei quali ricade cartograficamente l'area in esame.
2. Acquisizione di dati dal piano urbanistico comunale e da indagini eseguite in zona dallo scrivente.
3. Analisi della cartografia a corredo del piano stralcio per l'assetto idrogeologico (carta degli scenari di rischio)
4. Reperimento e analisi delle indagini e prove eseguite nelle aree immediatamente prospicienti a quella in studio.
5. Consultazione carte tematiche AdB Distrettuale dell'Appennino Meridionale
6. Esecuzione di una campagna di indagini geognostiche consistenti in n. 3 prove penetrometriche statiche CPT, n. 1 prova penetrometrica dinamica pesante DPSH e n. 1 indagine sismica di superficie di tipo Masw

2 INQUADRAMENTO GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO E IDROGEOLOGICO GENERALE

2.1 GEOLOGICO E STRUTTURALE

L'area in esame ricade nei Fogli 172 "Caserta" e 173 "Benevento" della cartografia geologica d'Italia scala 1:100.000 e geologicamente esso è parte di una conca tettonica collocata tra gli horst strutturali del Matese-M.Maggiore e del Taburno-Camposauro originatasi durante le fasi parossistiche dei movimenti orogenetici del Plio-Miocene e successivamente colmata da sedimenti in facies fluvio-lacustri, da prodotti piroclastici spesso rimaneggiati e da depositi travertinosi fitotermaali.

Ai primi sono ascrivibili conglomerati, ghiaie ciottolose, sabbie, limi ed argille con stratificazione spesso incrociata, collegati alla ciclica attività alluvionale dei periodi interglaciali del Quaternario;

ai secondi, con i quali i primi sono spesso alternati, sono attribuiti piroclastiti rimaneggiate, cineriti e tufi ignimbricitici, riconducibili all'attività prevalentemente esplosiva dei distretti vulcanici di Roccamonfina, dei Campi Flegrei e del Somma-Vesuvio;

ai terzi, non di rado anch'essi alternati sia ai primi che ai secondi, sono assegnati depositi di calcari concrezionari, poco coerenti o litoidi, a giacitura stratoide suborizzontale, di origine biochimica, conseguenti all'incessante attività carsica di dissoluzione e rideposizione di carbonati da parte di acque acide ipogee circolanti nell'ambito di litofacies calcaree.

Dalla consultazione dei fogli geologici N° 172 "Caserta" e 173 "Benevento" in scala 1:100.000, nel quale ricade l'intero impianto di in progetto, è emerso che le principali litologie che caratterizzano il sito in esame sono rappresentate da:

- Argille sabbiose, limi, sabbie scure con lapilli e pomici dilavate, lenti ciottolose (a).
- Tufi terrosi, incoerenti, da alterazione superficiale, sabbie e limi rimaneggiati (at).
- Depositi ciottolosi e sabbiosi delle alluvioni attuali e recenti: ghiaie e sabbie di fondovalle, di golena e di riempimento degli alvei abbandonati dei maggiori corsi d'acqua (f4).
- Ignimbrite trachifonolitica grigia (tufo grigio campano Auct.), con scorie e pomici nere e con cristalli di sanidino, poco coerente o sciolta nella parte superficiale "cinerazzo", autometamorfizzata, litoide e con pomici e scorie schiacciate, isorientate, in profondità (ti).



SINERGIA GP12

RELAZIONE GEOTECNICA E SULLA MODELLAZIONE SISMICA

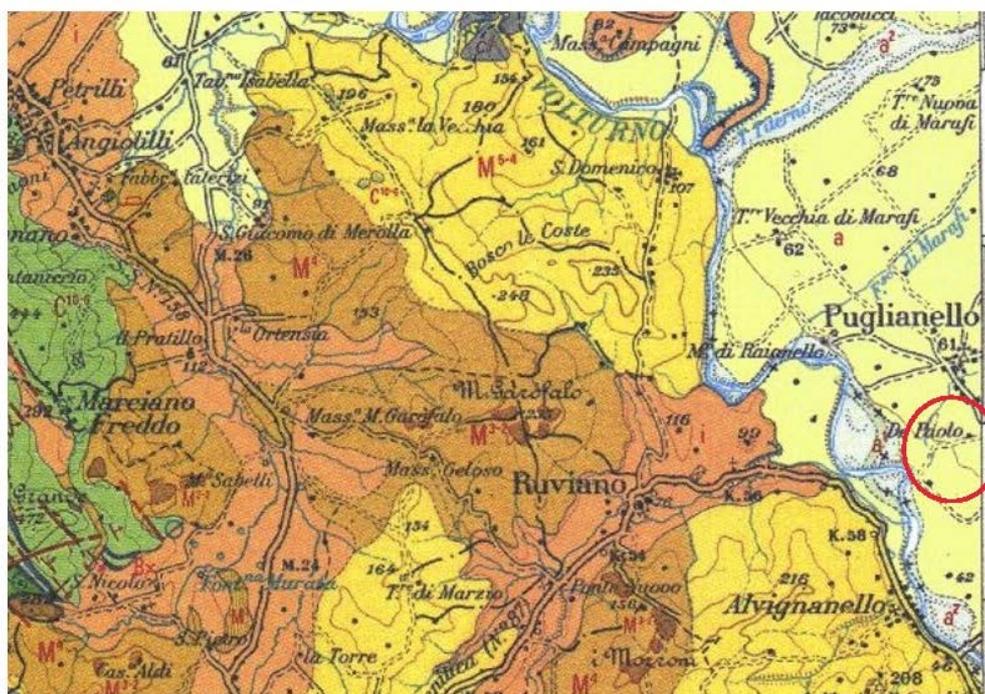
Impianto FV "AMOROSI"
Potenza DC di impianto 28,327 MWp - potenza AC di immissione in RTN 23,445 MWp
Integrato con l'Agricoltura
con annesso Sistema di accumulo di energia a batterie
Potenza 20,00 MW



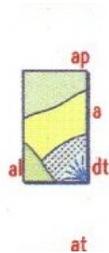
Codifica Elaborato: 223601_D_R_0251 Rev. 00

In particolare, gran parte dell'impianto fotovoltaico verrà realizzato in corrispondenza del complesso ignimbrítico, mentre le restanti parti verranno realizzate in corrispondenza del complesso alluvionale attuale e recente costituiti da depositi ciottolosi e sabbiosi, e in corrispondenza dei prodotti di alterazione dei tufi terrosi. Il cavidotto MT attraverserà principalmente i prodotti di alterazione dei tufi terrosi, incoerenti, costituiti da sabbie e limi rimaneggiati. Mentre la Stazione elettrica di Utenza e la Stazione elettrica RTN, verranno realizzate in corrispondenza dei depositi olocenici costituiti da argille sabbiose, limi, sabbie scure con lapilli e pomici dilavate e lenti ciottolose.

Di seguito si riportano gli stralci dei fogli delle carte geologiche prese in considerazione e la stratigrafia risultante da sondaggi a carotaggio continuo eseguiti nelle immediate vicinanze.

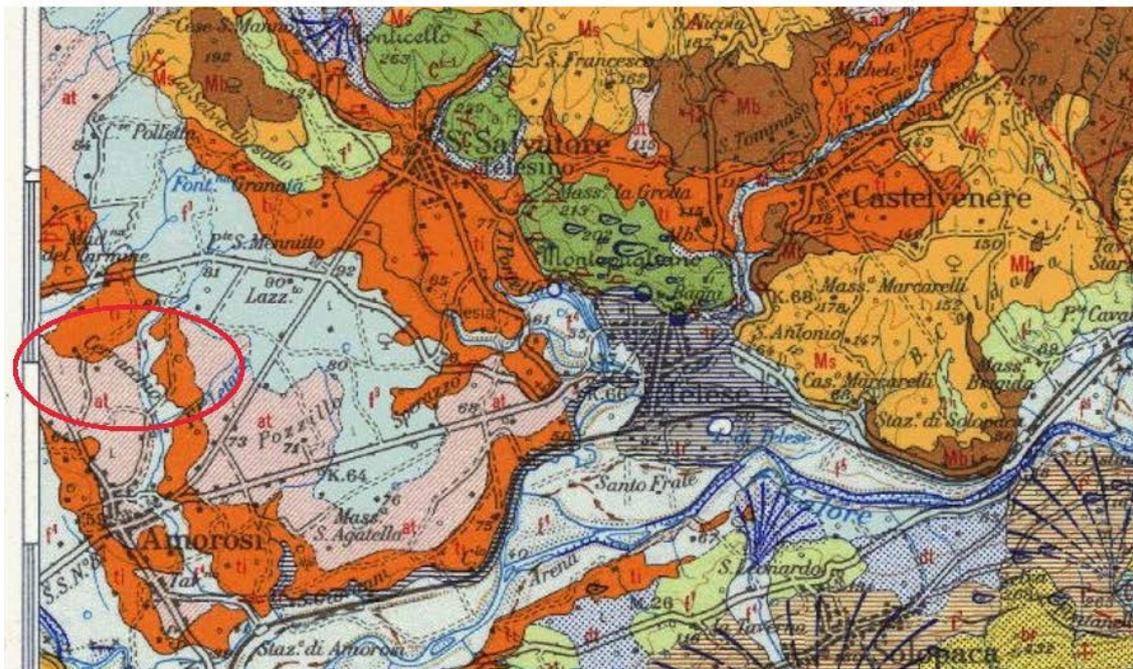


Stralcio Carta Geologica Scala 100.000 Foglio 172 – Caserta con indicazione area in esame

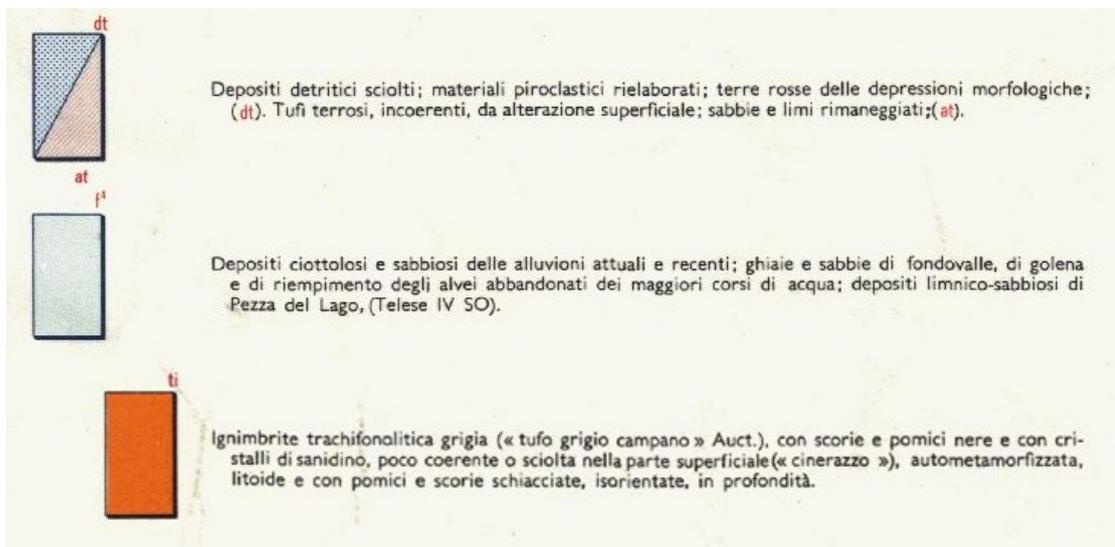


Terreni umiferi scuri e di colmata della bonifica del basso Volturno: terreni limosi ed argillo-limosi grigi e verdognoli della pianura (da 10 a 38 m di spessore), con sottostanti lapilli pomicei ed intercalazioni di torba in lenti allungate (Lagno Vecchio a SE di Cancellò, Pantano della Riccia, F. Savone), lenti arenitiche e di ciottolini (Grazzanise), terre nere ed alluvioni recenti di Pietramelara e Pietravairano (ap); argille sabbiose, limi, sabbie scure con lapilli e pomici dilavate, lenti ciottolose (a), ricoprenti, a Sud, depositi salmastri (al); detrito di falda sciolto o debolmente cementato e con di deiezione (dt).

Legenda Carta Geologica Scala 100.000 Foglio 172 – Caserta



Stralcio Carta Geologica Scala 100.000 Foglio 173 – Benevento con indicazione area in esame



Legenda Carta Geologica Scala 100.000 Foglio 173 – Benevento

2.2 GEOMORFOLOGICO e IDROGEOLOGICO

L'area investigata, dal punto di vista morfologico è suddivisibile in due "zone", delle quali la prima che confina ad ovest con la strada comunale S. Nicola, è compresa tra le quote di 55,00 e 75,00 metri s.l.m., è parte di una estesa pianura alluvionale ed è segnata da piccoli gradini morfologici, mentre la seconda, è contermina alla prima, confina a sud-est col Fosso Letane, occupa parte di un poco accentuato avvallamento ad "U" largo non più di 70-80 metri, al centro del quale scorre il Fosso Letane e costituisce il raccordo tra la suddetta incisione torrentizia e la "prima zona".

La "prima zona" presenta pendenze verso i quadranti orientali inferiori al 5%; il suo sottosuolo è costituito da alternanze di sedimenti alluvionali a grana fine (limi, argille e sabbie) con litotipi a granulometria più grossolana (sabbie ciottolose o conglomeratiche); essa non è interessata né da frane né da smottamenti sia antichi che recenti, né sono visibili macroscopici segni premonitori di tale

 SINERGIA GP12	RELAZIONE GEOTECNICA E SULLA MODELLAZIONE SISMICA Impianto FV "AMOROSI" <i>Potenza DC di impianto 28,327 MWp - potenza AC di immissione in RTN 23,445 MWp</i> <i>Integrato con l'Agricoltura</i> con annesso Sistema di accumulo di energia a batterie <i>Potenza 20,00 MW</i>	 PROGETTO ENERGIA
Codifica Elaborato: 223601_D_R_0251 Rev. 00		

fenomenologia.

La "seconda zona" presenta moderate pendenze verso sud-est ed è interessata da epidermici fenomeni di reptazione e/o ruscellamento dovuti alla non regimazione delle acque selvagge in prossimità del Fosso Letane; essa, per l'andamento mal definito delle sponde del torrente non disgiunto dal modesto assollamento dell'incisione, è facilmente alluvionabile.

Pertanto, finché non si provvederà a regimare l'asta torrentizia con opportune opere di ingegneria idraulica, resteranno in essere i pericoli paventati e, conseguentemente sarà inibita la completa fruibilità di tale zona.

L'idrografia dell'area è segnata da piccoli assollamenti e fossi iemali che, con andamento antimeridiano, drenano le acque meteoriche verso sud e verso est nel Fosso Letane; questo raccoglie, inoltre, piccole scaturigini d'interstrato con carattere stagionale emergenti più a monte.

L'asta torrentizia sottende un bacino imbrifero di circa tre chilometri quadrati, tranne che nei periodi di intensa piovosità quando ha carattere torrentizio, non pone problemi di straripamento.

L'idrogeologia è condizionata, per i primi 10-15 metri dall'alternanza di sedimenti limo-argillosi, a permeabilità medio-bassa, con litotipi sabbioso-ciottolosi, a permeabilità medio-alta, presenti nelle formazioni alluvionali attuali e recenti, mentre a profondità maggiori è dominata dalla falda di subalveo del fiume Volturno circolante nell'ambito delle facies ciottolose conglomeratiche antiche dotate di alta permeabilità primaria.

La piezometrica stagionale, presenta un andamento subparallelo e controllata alla superficie topografica, fluisce verso i quadranti meridionali, presentando marcate oscillazioni stagionali.

La falda idrica perenne, invece, ha sede nei sedimenti detritico-alluvionali a grossa pezzatura e fluisce verso i quadranti sud-occidentali.

3 INDAGINI GEOGNOSTICHE

3.1 DEFINIZIONE DEL PIANO DI INDAGINI DA ESEGUIRE

Considerata l'entità dell'intervento, le conoscenze geologiche pregresse e le indagini geognostiche eseguite dal sottoscritto in zone limitrofe all'area di interesse, per la caratterizzazione geotecnica e sismica dell'area in esame è stata eseguita la seguente campagna di indagini geognostiche e geofisiche consistente in:

- *N. 3 prove penetrometriche statiche CPT spinte a profondità variabili comprese tra 15.00 e 10.40 m dal piano campagna*
- *N. 1 prova penetrometrica dinamica pesante DPSH spinta alla profondità di 9.90m dal piano campagna*
- *N. 1 indagine sismica MASW*

3.2 DESCRIZIONE DELLE PENETROMETRICHE CPT ESEGUITE

Nel corso della campagna di indagini geognostiche sono state eseguite 3 prove penetrometriche statiche: CPT01, CPT03 e CPT 04, spinte rispettivamente alla profondità di 15.00, 11.20 e 10.40 metri di profondità dal piano campagna.

La prova CPT eseguita con il Penetrometro Statico Semovente Pluristandard da 20 tons della Pagani, determina la misura della resistenza alla penetrazione di una punta conica di dimensioni e caratteristiche standard, infissa a velocità costante nel terreno. Lo sforzo per la penetrazione viene applicato per mezzo di un dispositivo di spinta che agisce su una batteria di aste cave alla cui estremità inferiore è collegata la punta.

Fra i vari tipi di punte che solitamente vengono usate si è preferita la punta telescopica o punta Begemann. Questa possiede, dietro di sé, un manicotto opportunamente sagomato per evitare l'ingresso di terreno nell'intercapedine fra aste e tubi; viene inoltre usato un ulteriore manicotto scorrevole (friction jacket) che permette la misura della resistenza laterale locale (RII). Le dimensioni della



SINERGIA GP12

RELAZIONE GEOTECNICA E SULLA MODELLAZIONE SISMICA

Impianto FV "AMOROSI"
Potenza DC di impianto 28,327 MWp - potenza AC di immissione in RTN 23,445 MWp
Integrato con l'Agricoltura
con annesso Sistema di accumulo di energia a batterie
Potenza 20,00 MW



Codifica Elaborato: **223601_D_R_0251** Rev. 00

punta e del manicotto sono standardizzate e precisamente:

- Area trasversale della punta = 10 cm²
- Angolo di apertura del cono = 60°
- Superficie laterale del manicotto = 150 cm²

Sulle aste cave è applicato un anello allargatore allo scopo di diminuire l'attrito del terreno sulla batteria di aste e facilitare l'approfondimento a parità di spinta disponibile.



Prova Penetrometrica Statica CPT 01 – Impianto Fotovoltaico



SINERGIA GP12

RELAZIONE GEOTECNICA E SULLA MODELLAZIONE SISMICA

Impianto FV "AMOROSI"
Potenza DC di impianto 28,327 MWp - potenza AC di immissione in RTN 23,445 MWp
Integrato con l'Agricoltura
con annesso Sistema di accumulo di energia a batterie
Potenza 20,00 MW



Codifica Elaborato: 223601_D_R_0251 Rev. 00



Prova Penetrometrica Statica CPT 03 – Impianto Fotovoltaico



Prova Penetrometrica Statica CPT 04 – Impianto Fotovoltaico

IL DISPOSITIVO DI MISURA

Per il penetrometro meccanico il dispositivo di misura è costituito da una piastra di crico collegata ad un sistema di acquisizione dati di alta precisione con un errore massimo $< 0.2\%$ del valore di fondo scala. Su un display digitale viene visualizzata la pressione necessaria per l'infissione nel terreno sia della punta che della punta più il manicotto laterale.

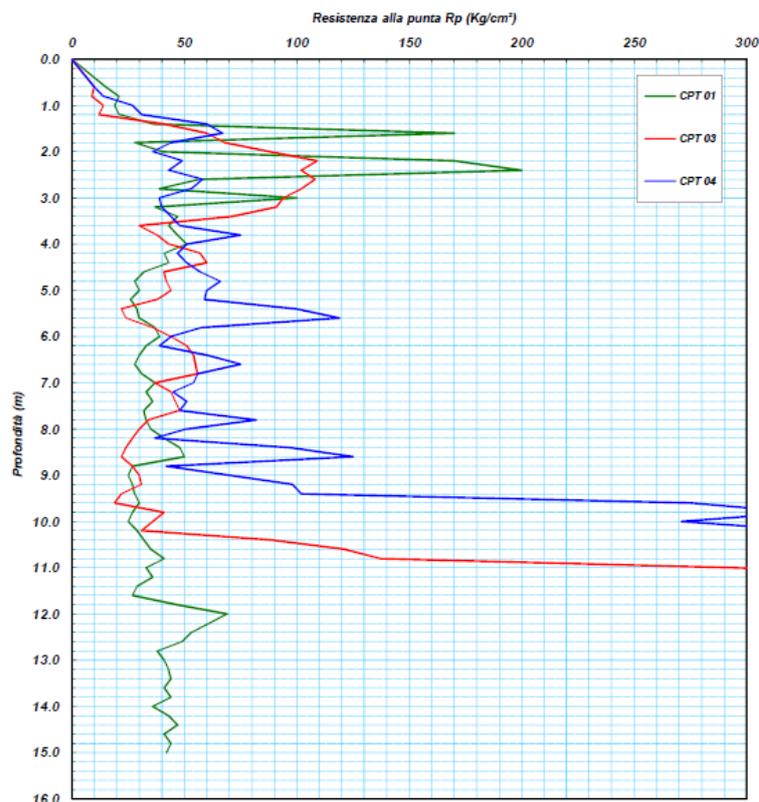


IL DISPOSITIVO DI SPINTA

Il dispositivo di spinta è costituito da un martinetto idraulico in grado di esercitare sulla batteria di aste cave una spinta di 20 tonnellate. La velocità con cui viene fatta penetrare la punta nel terreno è standard e precisamente di 2 cm/sec \pm 0.2. ed è indipendente dalla resi-stenza opposta dal terreno. Le misure di resistenza, come di norma, vengono annotate ogni 20 cm di penetrazione.

LA PROVA

Nel penetrometro meccanico la colonna di aste che fa avanzare la punta è protetta da una tubazione di rivestimento. L'esecuzione delle prove consente di ottenere valide informazioni ai fini della ricostruzione dei profili stratigrafici e geotecnici; infatti dal rapporto tra la resistenza laterale locale (Rll) e la resistenza all'avanzamento della punta (Rp) è possibile, mediante correlazione, risalire con una certa approssimazione alla natura dei terreni attraversati ed alle loro caratteristiche geotecniche quali angolo di attrito (ϕ), densità relativa (Dr), coesione (c) e modulo edometrico (Eed). In allegato, viene riportata l'elaborazione delle prove sia sotto forma di diagrammi che di tabulato dei valori rilevati alla centralina nonché quelli derivanti dall'elaborazione. Nel grafico che segue è riportato l'andamento della resistenza alla punta Rp con la profondità ed evidenzia una sensibile variabilità dei litotipi attraversati sino al raggiungimento del rifiuto strumentale per la CPT 03 e CPT 04, attestatosi rispettivamente alla profondità di 11.20 e 10.40 metri dal piano campagna.



Fuso della resistenza alla punta con la profondità delle tre prove CPT eseguite nella zona dell'impianto

3.3 PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE PESANTI DPSH

GENERALITA'

Unitamente alle prove penetrometriche statiche CPT sopradescritte è stata affiancata una prova penetrometrica dinamica pesante DPSH con lo scopo di verificare la continuità laterale delle litologie in esame.



SINERGIA GP12

RELAZIONE GEOTECNICA E SULLA MODELLAZIONE SISMICA

Impianto FV "AMOROSI"
Potenza DC di impianto 28,327 MWp - potenza AC di immissione in RTN 23,445 MWp
Integrato con l'Agricoltura
con annesso Sistema di accumulo di energia a batterie
Potenza 20,00 MW



Codifica Elaborato: **223601_D_R_0251** Rev. 00

Le prove penetrometriche dinamiche pesanti vengono eseguite con il Penetrometro Dinamico Pesante Pluristandard della Pagani TG 63-200 KN.



Prova Penetrometrica Dinamica Pesante DPSH 02 – Impianto Fotovoltaico

Esse consistono nella misura della resistenza alla penetrazione di una punta conica di dimensioni standard, infissa per battitura nel terreno, per mezzo di un idoneo dispositivo di percussione.

La prova fornisce una valutazione qualitativa e quantitativa del grado di addensamento e di consistenza dei terreni attraversati. Le informazioni fornite dalle prove sono di tipo continuo poiché le misure di resistenza alla penetrazione vengono eseguite durante tutta l'infissione.

Il campo di utilizzazione della prova è molto vasto, viene infatti eseguita in tutti i tipi di terreno sia coesivo che granulare (dalle argille alle ghiaie).

CARATTERISTICHE

La prova viene eseguita con attrezzatura e modalità standard EMILIA 30 appresso descritte:

- il maglio ha un peso $Q = 63.50$ Kg;
- l'altezza di caduta del maglio è costante ed è pari ad $H = 75$ cm;
- peso testa, guida, ecc. $q=15$ Kg
- lunghezza aste $L=1.00$ metri
- peso delle aste 6.00 Kg/m
- diametro delle aste $\phi=32$ mm
- angolo di apertura della punta $\phi=60^\circ$

- diametro della base della punta conica D=50.5 mm
- Area della punta 20 cm²
- la registrazione dei colpi N avviene ogni qual volta il gruppo di infissione ha un abbassamento nel terreno pari a 30 cm;
- Energia specifica del colpo 7.9375 Kg/cm²
- Coefficiente di correlazione con l'NSPT 1.01

INTERPRETAZIONE

Diagrammando su un grafico cartesiano il numero di colpi Nscpt in funzione della profondità, è possibile individuare strati caratterizzati da un numero di colpi pressoché simile determinando una stratigrafia geotecnica dei terreni attraversati.

Mediando i valori della resistenza all'avanzamento del gruppo di infissione, rilevati nell'ambito di ognuno degli strati così individuati, si possono ricavare le caratteristiche geotecniche dei terreni che li compongono. In particolare, attraverso opportune formule di correlazione (riportate nel paragrafo seguente), si ricavano una serie di parametri identificativi: la resistenza alla punta del penetrometro statico (Rp), la resistenza a rottura non drenata che, opportunamente correlata, permette di quantificare l'angolo di attrito interno medio (ϕ) e la coesione non drenata (Cu), il modulo edometrico (Eed) che fornisce le indicazioni sulla compressibilità dei terreni, la densità relativa (Dr) per la determinazione dello stato di addensamento dei terreni. Le caratteristiche geotecniche dei vari strati individuati vengono riportate, per ogni prova, in una tabella riassuntiva insieme al grafico e al listato del numero di colpi misurati ogni 30 cm.

Nel grafico che segue è riportato l'andamento del numero di colpi (n) in funzione della profondità.

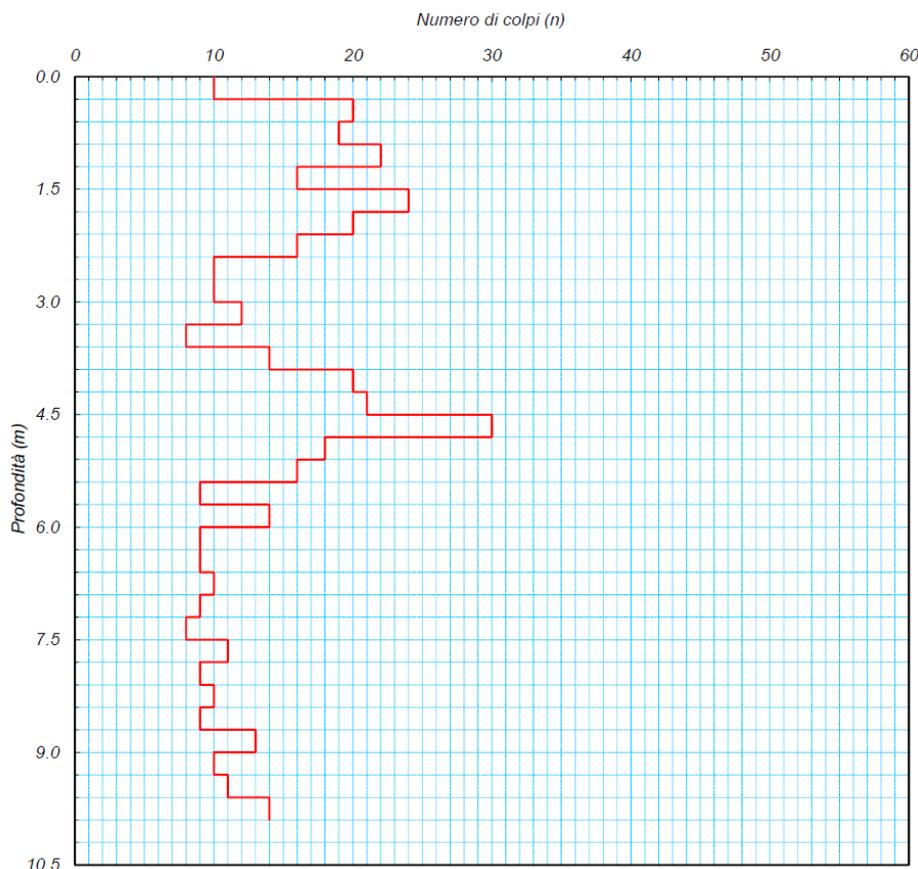


Grafico N.Colpi/ Profondità della prova DPSH02 eseguita nella zona dell'impianto

3.4 INDAGINE SISMICA MASW (MULTICHANNEL ANALYSIS OF SURFACE WAVES)

Nel corso della campagna di indagini geognostiche è stata eseguita un'indagine sismica di superficie di tipo M.A.S.W. (Multichannel Analysis of Surface Waves ovvero Analisi Multicanale delle onde superficiali di Rayleigh).

Tale indagine è stata condotta con il triplice scopo di individuare gli spessori dei litotipi caratterizzanti l'area, individuarne le caratteristiche sismostratigrafiche e di classificare sismicamente il suolo dell'area oggetto di studi per ottemperare alla normativa antisismica (D.M. 17/01/18).



Figura Errata. Nel documento non esiste testo dello stile specificato.-1 Indagine sismica di superficie Masw M1

ANALISI MULTICANALE DELLE ONDE SUPERFICIALI

Nella maggior parte delle indagini sismiche per le quali si utilizzano le onde compressive, più di due terzi dell'energia sismica totale generata viene trasmessa nella forma di onde di Rayleigh, la componente principale delle onde superficiali. Ipotizzando una variazione di velocità dei terreni in senso verticale, ciascuna componente di frequenza dell'onda superficiale ha una diversa velocità di propagazione (chiamata velocità di fase) che, a sua volta, corrisponde ad una diversa lunghezza d'onda per ciascuna frequenza che si propaga. Questa proprietà si chiama dispersione.

Sebbene le onde superficiali siano considerate rumore per le indagini sismiche che utilizzano le onde di corpo (riflessione e rifrazione), la loro proprietà dispersiva può essere utilizzata per studiare le proprietà elastiche dei terreni superficiali.

La costruzione di un profilo verticale di velocità delle onde di taglio (V_s), ottenuto dall'analisi delle onde piane della modalità fondamentale delle onde di Rayleigh è una delle pratiche più comuni per utilizzare le proprietà dispersive delle onde superficiali. Questo tipo di analisi fornisce i parametri fondamentali comunemente utilizzati per valutare la rigidità superficiale, una proprietà critica per molti studi geotecnici.

L'intera procedura per una MASW consiste di 4 passi fondamentali:

1. *Acquisizioni multicanale dei segnali sismici, generati da una sorgente energizzante artificiale (mazza battente su piastra o fucile sismico), lungo uno stendimento rettilineo di sorgentegeofoni;*

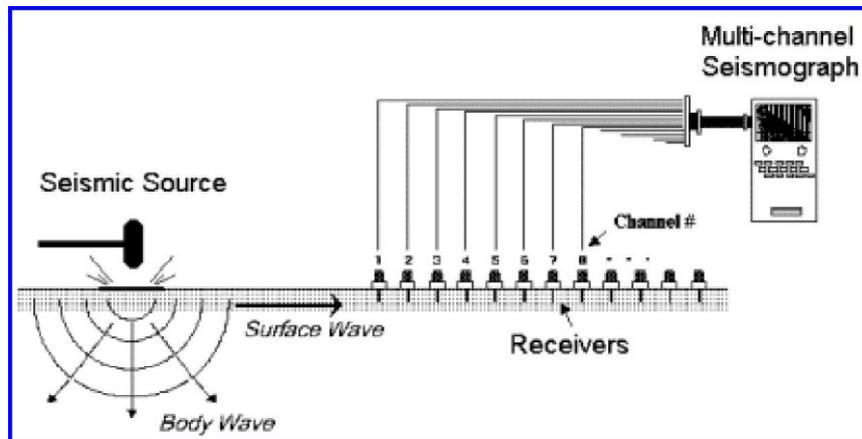


Figura Errore. Nel documento non esiste testo dello stile specificato.-2 Schema di acquisizione dei segnali sismici con metodo MASW.

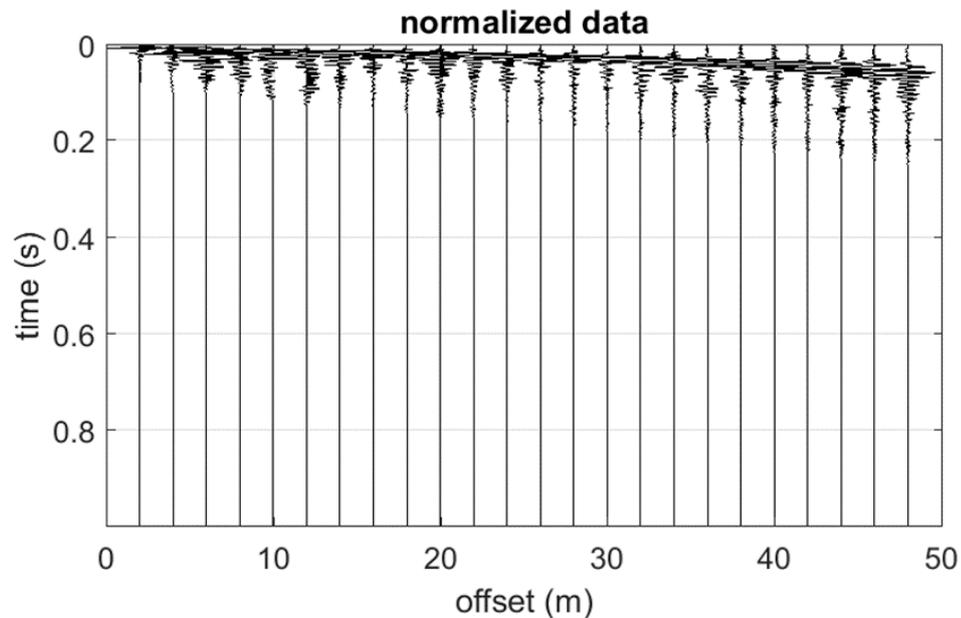


Figura Errore. Nel documento non esiste testo dello stile specificato.-3 Segnali sismici acquisiti dai geofoni lungo uno stendimento tipo.

2. Estrazione del modo fondamentale ed eventualmente, se presenti, dei modi superiori dalle curve di dispersione delle velocità di fase delle onde superficiali di Rayleigh;

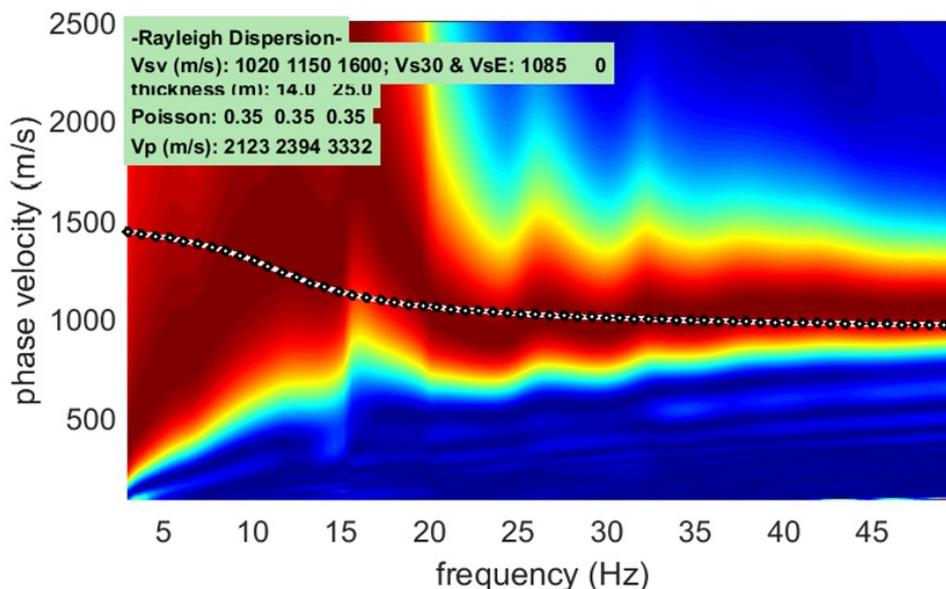
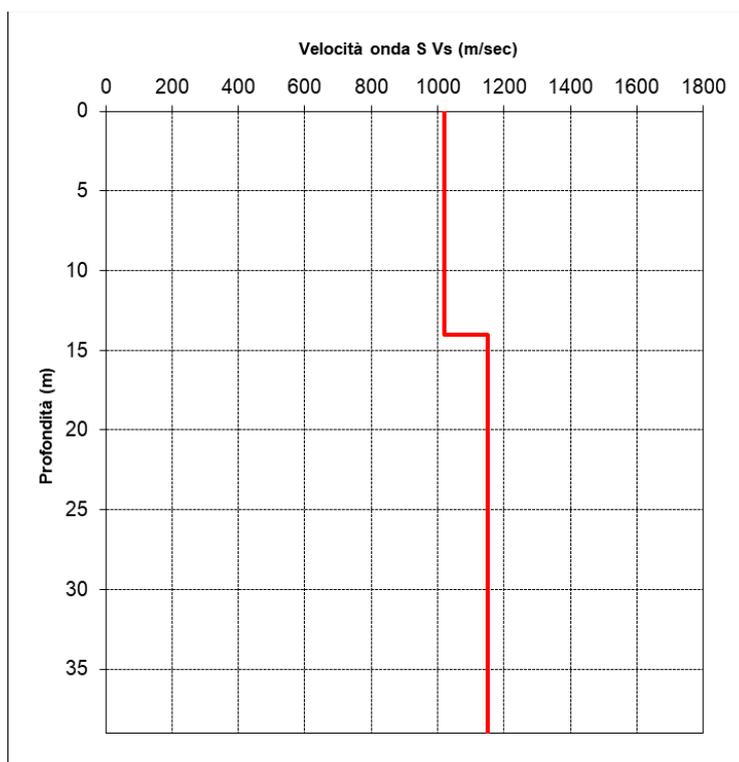


Figura **Errore**. Nel documento non esiste testo dello stile specificato.-4 Esempio di curva di dispersione: velocità di fase in funzione della frequenza delle onde superficiali di Rayleigh

3. Inversione delle curve di dispersione per ottenere profili verticali 1D delle Vs (un profilo verticale per ogni curva di dispersione, posizionato nel punto medio di ogni stendimento geofonico);
4. Ricostruzione di una sezione (modello 2D) delle Vs dei terreni con approccio multicanale (con almeno due acquisizioni dei segnali, ovvero due spostamenti lungo la linea dello stendimento).



 <p>SINERGIA GP12</p>	<p>RELAZIONE GEOTECNICA E SULLA MODELLAZIONE SISMICA</p> <p>Impianto FV "AMOROSI" Potenza DC di impianto 28,327 MWp - potenza AC di immissione in RTN 23,445 MWp Integrato con l'Agricoltura con annesso Sistema di accumulo di energia a batterie Potenza 20,00 MW</p>	 <p>PROGETTO ENERGIA</p>
<p>Codifica Elaborato: 223601_D_R_0251 Rev. 00</p>		

Figura Errore. Nel documento non esiste testo dello stile specificato.-5 Esempio di modello di velocità delle onde di taglio Vs ottenuto dalla curva di dispersione delle velocità di fase delle onde di Rayleigh attraverso l'inversione di un modello multistrato del terreno

STRUMENTAZIONE ADOPERATA

La strumentazione geosismica utilizzata comprende:

Sismografo Pasi 16S24P basato su un processore Windows XP con 24 canali di registrazione simultanea a 24 bit, con filtri passa basso, passa alto ed a taglio di frequenza, memorizzazione delle onde registrate su un disco rigido interno di 60 GB, possibilità di interfaccia con stampante, tastiera e mouse esterno.



Figura Errore. Nel documento non esiste testo dello stile specificato.-6 Sismografo Pasi 16S24

24 geofoni del tipo elettromagnetico a bobina mobile che consentono di convertire in segnali elettrici gli spostamenti che si verificano nel terreno, con risposta lineare a partire dalla frequenza di 4.5 Hz e relativo cavo di collegamento;



Figura Errore. Nel documento non esiste testo dello stile specificato.-7 Geofono

massa battente e cannoncino sismico per l'energizzazione del terreno;

DISPOSIZIONI E CARATTERISTICHE DELLO STENDIMENTO

Lo stendimento è stato eseguito disponendo 24 geofoni da 4.50 Hz ad una distanza di 2 metri uno dall'altro, per una lunghezza complessiva di 46 metri di stendimento. La sorgente energizzante è stata posta ad una distanza pari a 2 metri dal primo geofono. In prima analisi si esegue una energizzazione con piastra metallica impattata da una mazza da 10 kg, per la verifica della risposta dei terreni, dei guadagni da impostare sui vari canali e per verificare se le impostazioni relative al passo di campionamento, il tempo di registrazione, ecc. siano adeguate ai terreni presenti nel sottosuolo. Successivamente, l'energizzazione si esegue generalmente con l'ausilio di un fucile sismico che utilizza cartucce calibro 8 industriali; questo permette di avere un'energia nettamente superiore al rumore ambientale e rende più chiare e leggibili le tracce registrate.

4 MODELLIZZAZIONE GEOLOGICA

4.1 ANALISI GEOLOGICA E STRATIGRAFICA

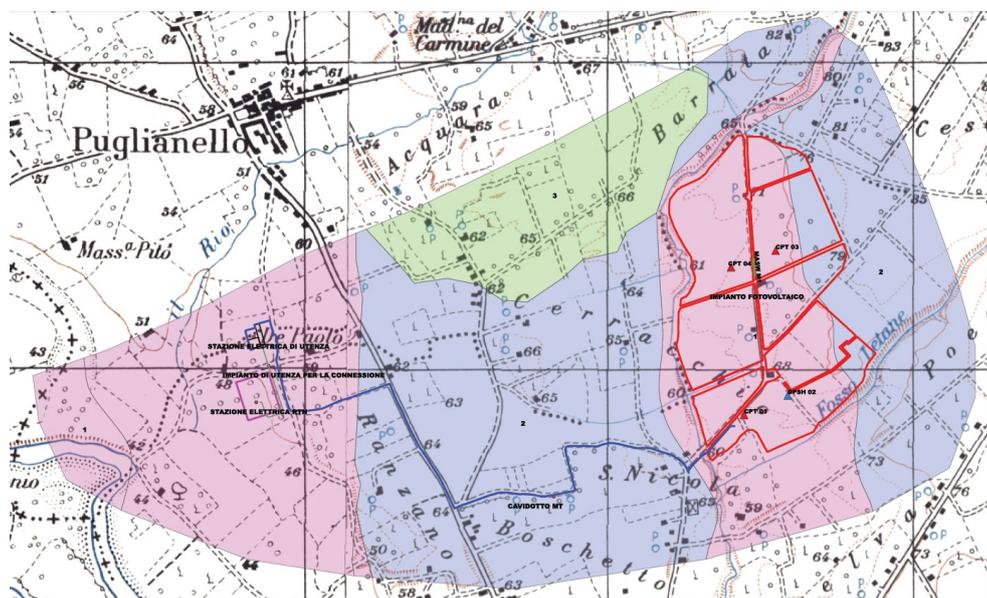
Per la caratterizzazione geologica puntuale dell'area che ospiterà l'impianto fotovoltaico e le opere connesse sono state consultate sia la carta geologica d'Italia in scala 1:100.00, sia alcune indagini dirette realizzate nelle aree limitrofe al lotto in esame, ma soprattutto è stato eseguito un rilevamento geologico di dettaglio attraverso il quale sono state cartografate i principali litotipi caratteristici del sito in esame.

In particolare, gran parte dell'impianto fotovoltaico verrà realizzato in corrispondenza del complesso alluvionale caratterizzato da depositi incoerenti per lo più sabbioso limosi, passanti a depositi ghiaioso sabbiosi con intercalazioni frequenti di livelli sabbioso limosi, mentre il cavidotto MT attraverserà principalmente i prodotti piroclastici rimaneggiati e argillificati, in deposizione secondaria.

Di seguito si riporta la stratigrafia dell'area che ospiterà l'Impianto Fotovoltaico, risultante dalla consultazione di sondaggi a carotaggio continuo eseguiti nelle immediate vicinanze dell'areale in studio e lo stralcio della carta geolitologica dell'area in esame, riportata anche in allegato alla scala 1:5.000.

- Terreno vegetale costituito da:
 - *limo sabbioso humificato;*
- Sedimenti alluvionali recenti, costituiti da:
 - *sabbie a granulometria variabile localmente arenacea, con limo, di colore grigio giallastro, da mediamente addensate a ben addensate della potenza non superiore ai 4.0 metri;*
 - *sabbie ciottolose con ghiaia poligenica ben addensate, localmente dilavate della potenza non superiore ai 5.0 metri.*
- Sedimenti alluvionali antichi, costituiti da:
 - *argille limose azzurre poco plastiche in top e a letto, dure nel corpo, in strati dello spessore medio di 5-6 metri;*
 - *ciottolame eterometrico poligenico in matrice sabbio-limosa grigiastra a luoghi prevalente, da bene addensata a localmente cementato, in banchi di altezza media contenuta entro i 4-5 metri.*

La potenza della formazione alluvionale antica supera i 20.00 metri.



Stralcio carta geolitologica area in esame



LITOLOGIE PRESENTI NELL'AREA IN ESAME

- 1 Sabbie limoso ghiaiose e ghiaie sabbiose con intercalazioni di livelli sabbioso limosi.
- 2 Piroclastiti limoso sabbiose, argillificate e rimaneggiate, con pomici millimetriche alterate.
- 3 Tufti tenere grigiastre con pomici e scorie eterometriche.

Legenda Carta Geolitologica

La situazione stratigrafica sopra descritta è stata confermata dalle risultanze della campagna di indagini eseguita, infatti, i valori di resistenza alla punta misurati sono tipici dei materiali alluvionali caratteristici dell'area in esame.

5 MODELLAZIONE SISMICA

5.1 CLASSIFICAZIONE SISMICA

Le norme per le costruzioni in zona sismica (Ordinanza del O.P.C.M. 3274 e Decreto 14 settembre 2005), avevano suddiviso il territorio nazionale in zone sismiche, ciascuna contrassegnata da un diverso valore del parametro a_g = accelerazione orizzontale massima convenzionale su suolo di categoria A. I valori convenzionali di a_g , espressi come frazione dell'accelerazione di gravità g , da adottare in ciascuna delle zone sismiche del territorio nazionale erano riferiti ad una probabilità di superamento del 10% in 50 anni ed assumono i valori riportati nella Tabella che segue:

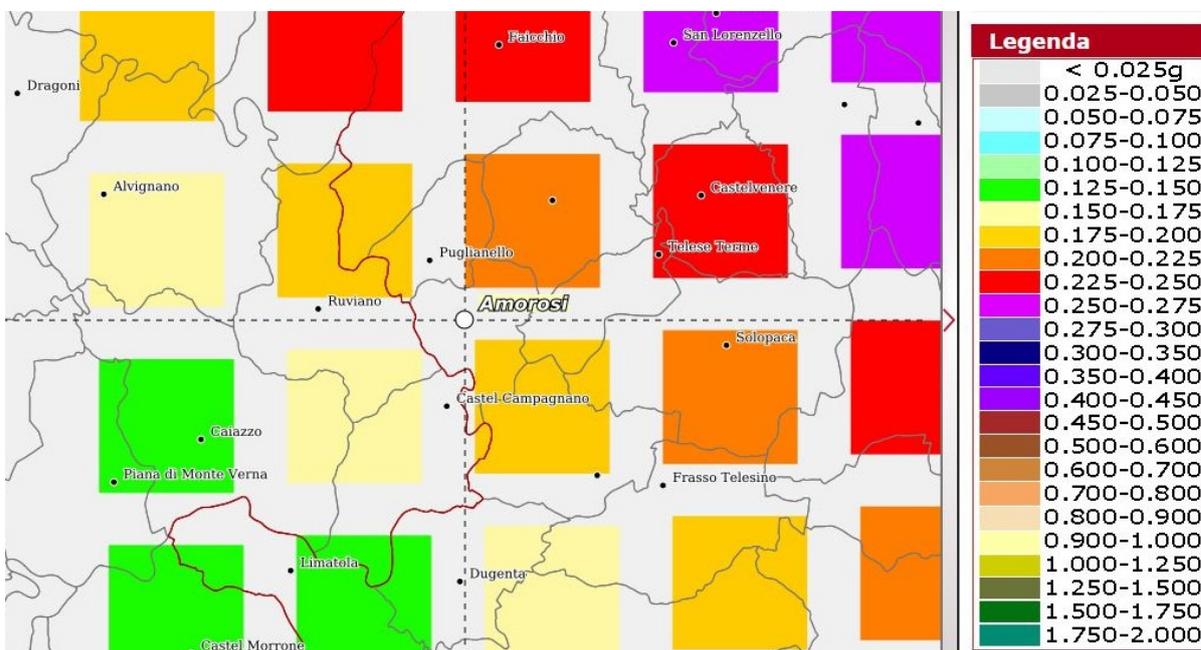
Zona	Valore di a_g
1	0.35 g
2	0.25 g
3	0.15 g
4	0.05 g

Il comune di Amorosi con D.G.R. n. 1626 del 15/09/2009 approvò l'aggiornamento della classifica sismica e venne classificato di **categoria 2**.

Con l'entrata in vigore del D.M. 17/01/2018 e ancor prima del D.M. 14/01/2008, la stima della pericolosità sismica viene definita mediante un approccio "sito dipendente" e non più tramite un criterio "zona dipendente". Quindi per la stima della pericolosità sismica di base, si determinano le coordinate geografiche del sito di interesse, si sceglie la maglia di riferimento, e si ricavano i valori dei parametri spettrali come media pesata dei valori corrispondenti ai vertici della maglia (forniti in allegato al D.M. 17.01.2018), moltiplicati per le distanze dal punto.

Le nuove Norme Tecniche per le costruzioni del 2008 forniscono, per l'intero territorio nazionale, i parametri da utilizzare per il calcolo dell'azione sismica. Tali parametri sono forniti in corrispondenza dei nodi, posti ad una distanza massima di 10 km, all'interno di un reticolo che copre l'intero territorio nazionale. I valori forniti di a_g , T_r , F_0 e T_c da utilizzare per la risposta sismica del sito sono riferiti al substrato, inteso come litotipo con $V_s > 800$ m/sec.

Tale griglia è costituita da 10.751 nodi (distanziati di non più di 10 km) e copre l'intero territorio nazionale ad esclusione delle isole (tranne Sicilia, Ischia, Procida e Capri) dove, con metodologia e convenzioni analoghe vengono forniti parametri spettrali costanti per tutto il territorio (tabella 2 nell'allegato B del D.M. 14 gennaio 2008).



Mapa di pericolosità sismica e relativa legenda per il comune di Amorosi

(<http://esse1-gis.mi.ingv.it/>)

Secondo la mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale, per il sito in esame l'accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico a_g varia tra 0.175 e 0.225 g espressa in termini di accelerazione massima del suolo con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni, riferita a suoli rigidi ($V_{s30} > 800$ m/s; cat. A, punto 3.2.1 del D.M. 14.09.2005).

La disaggregazione dei valori di a_g con la medesima probabilità di eccedenza, mostra come il contributo percentualmente maggiore alla pericolosità sismica di base nel territorio interessato dalla realizzazione dell'impianto fotovoltaico e della cabina di consegna sia determinato da sismi con **magnitudo massima pari a 5.99** con epicentri individuati ad una distanza media maggiore di 10.2 km.

L'azione sismica sulle costruzioni viene dunque valutata a partire dalla "pericolosità sismica di base", in condizioni ideali di sito di riferimento rigido, con superficie topografica orizzontale (categoria A nelle NTC). La "pericolosità sismica di base" costituisce l'elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche. Come anzi detto, essa, in un generico sito viene descritta in termini di valori di accelerazione orizzontale massima a_g e dei parametri che permettono di definire gli spettri di risposta ai sensi delle NTC, nelle condizioni di sito di riferimento rigido orizzontale, sopra definito, in corrispondenza dei punti di un reticolo (reticolo di riferimento) i cui nodi sono sufficientemente vicini fra loro, per diverse probabilità di superamento in 50 anni e/o diversi periodi di ritorno T_R ricadenti in un intervallo di riferimento compreso almeno tra 30 e 2475 anni, estremi inclusi.

L'azione sismica così individuata viene successivamente variata, nei modi precisati dalle NTC, per tener conto delle modifiche prodotte dalle condizioni locali stratigrafiche del sottosuolo effettivamente presente nel sito di costruzione e dalla morfologia della superficie. Tali modifiche caratterizzano la risposta sismica locale. Le azioni di progetto si ricavano, ai sensi delle NTC, dalle accelerazioni a_g e dalle relative forme spettrali. Le forme spettrali previste dalle NTC sono definite, su sito di riferimento rigido orizzontale, in funzione di tre parametri: a_g accelerazione orizzontale massima del terreno; F_0 valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale; T_c periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale. Per ciascun nodo del reticolo di riferimento e per ciascuno dei periodi di ritorno T_R considerati dalla pericolosità sismica, i tre parametri si ricavano riferendosi ai valori corrispondenti al 50esimo percentile ed attribuendo ad:

- a_g il valore previsto dalla pericolosità sismica,
- F_0 e T_c i valori ottenuti imponendo che le forme spettrali in accelerazione, velocità e spostamento, previste dalle NTC,

 SINERGIA GP12	RELAZIONE GEOTECNICA E SULLA MODELLAZIONE SISMICA Impianto FV "AMOROSI" <i>Potenza DC di impianto 28,327 MWp - potenza AC di immissione in RTN 23,445 MWp</i> <i>Integrato con l'Agricoltura</i> con annesso Sistema di accumulo di energia a batterie <i>Potenza 20,00 MW</i>	 PROGETTO ENERGIA
Codifica Elaborato: 223601_D_R_0251 Rev. 00		

scartino al minimo dalle corrispondenti forme spettrali previste dalla pericolosità sismica (la condizione di minimo è impostata operando ai minimi quadrati, su spettri di risposta normalizzati ad uno, per ciascun sito e ciascun periodo di ritorno).

Le forme spettrali previste dalle NTC sono caratterizzate da prescelte probabilità di superamento e vite di riferimento. A tal fine occorre fissare: la vita di riferimento V_R della costruzione, le probabilità di superamento nella vita di riferimento P_{VR} , associate a ciascuno degli stati limite considerati. Si possono così individuare, partendo dai dati di pericolosità sismica disponibili, le corrispondenti azioni sismiche.

Considerando che lo sviluppo complessivo dell'impianto fotovoltaico, e le opere minori appartengono alla categoria sismica C e alla categoria topografica T1, si riportano i valori di tali parametri ai vari stati limite previsti dalla normativa (SLO stato limite di operatività, SLD stato limite di danno, SLV stato limite di salvaguardia della vita, SLC stato limite di prevenzione del collasso), relativi all'area interessata dalla costruzione dell'impianto fotovoltaico e della cabina di consegna.

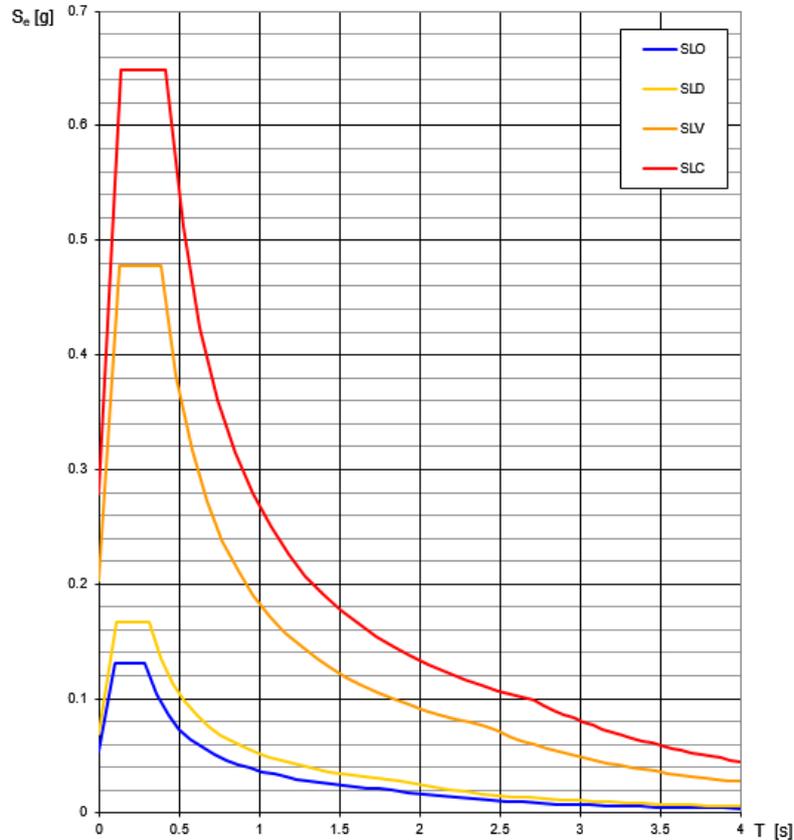
Valori dei parametri a_g , F_0 , T_C^* per i periodi di ritorno T_R associati a ciascuno SL

SLATO LIMITE	T_R [anni]	a_g [g]	F_0 [-]	T_C^* [s]
SLO	30	0.054	2.411	0.282
SLD	50	0.070	2.398	0.311
SLV	475	0.203	2.355	0.382
SLC	975	0.278	2.333	0.412

Gli stessi valori sono di seguito riportati sotto forma di grafico



Spettri di risposta elastici per i diversi Stati Limite



Grafici spettri di risposta per i diversi stati limite

5.2 MASW (MULTICHANNEL ANALYSIS OF SURFACE WAVES)

Per la caratterizzazione sismica dei materiali è stata eseguita n° 1 indagine sismica M.A.S.W. (Multichannel Analysis of Surface Waves ovvero Analisi Multicanale delle onde superficiali di Rayleigh) al fine di individuare gli spessori e le geometrie dei litotipi, le caratteristiche sismostratigrafiche degli stessi e classificare sismicamente il suolo come previsto dalla recente normativa antisismica (D.M. 17/01/18).

5.3 RISULTATI INDAGINE SISMICA MASW

I risultati del MASW M1, riportati negli allegati sia in forma numerica che grafica presentano velocità delle onde di taglio compatibili con le litologie presenti.

Il valore della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio, $V_{S,eq}$, è definito dall'espressione:

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

dove h_i e $V_{S,i}$ sono gli spessori e le velocità delle onde di taglio dei singoli strati e H è la profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da V_S non inferiore a 800 m/s. Quando la profondità H del substrato è superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio $V_{S,eq}$ è definita dal parametro $V_{S,30}$, ottenuto ponendo $H=30$ m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.

Per la prova MASW M1 il $V_{S,eq}$ calcolato a partire del piano campagna risulta pari a 295 m/s.



Profondità (m)		Velocità	Spess/Veloc
Da	a	(m/sec)	Hi/Vi
0.00	4.10	165	0.0248
4.10	10.10	245	0.0245
10.10	20.10	330	0.0303
20.10	35.00	450	0.0331

Tabella delle velocità rilevate dal MASW M1

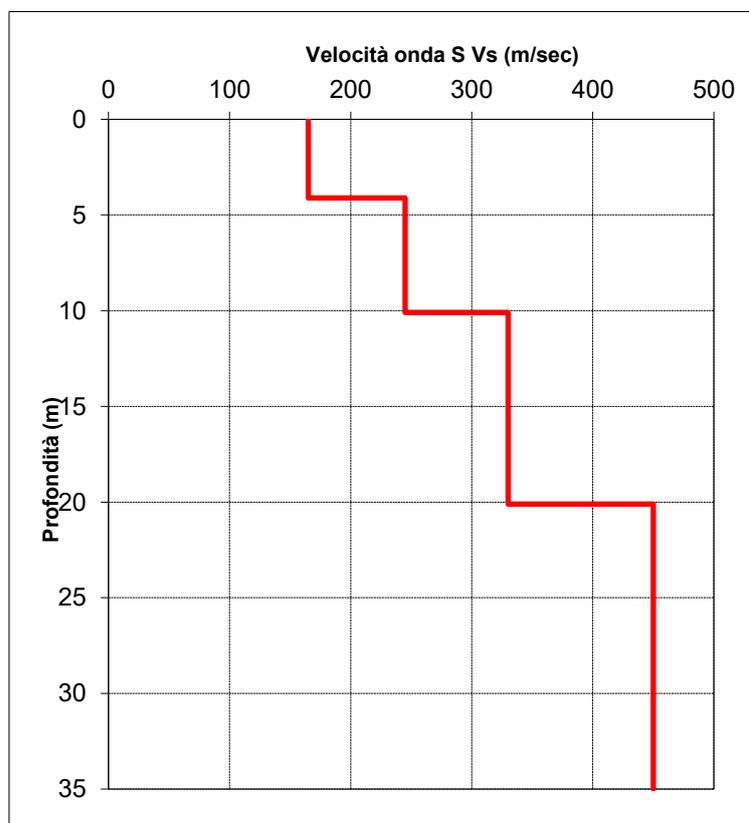


Grafico velocità-profondità dal MASW M1

5.4 ANALISI DEL SUOLO DI FONDAZIONE

Per la definizione della azione sismica di progetto, deve essere valutata l'influenza delle condizioni litologiche e morfologiche locali sulle caratteristiche del moto del suolo in superficie, mediante studi specifici di risposta sismica locale. Qualora, come nel caso in questione, tali studi non siano disponibili, si può utilizzare la classificazione dei terreni descritta nelle NTC 17 gennaio 2018 "Norme tecniche per le costruzioni". La classificazione può essere basata sulla stima dei valori della velocità equivalente delle onde di taglio $V_{S,eq}$.

Pertanto il valore del parametro $V_{S,eq}$ è stato calcolato con la formula seguente come previsto dalla norma:

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

Dall'analisi delle indagini è emerso che i terreni appartengono alla categoria di sottosuolo sismico C.



Tabella 3.2.II – Categorie di sottosuolo

Categoria	Descrizione
A	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.
B	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $N_{SPT,30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina).
C	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < N_{SPT,30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_{u,30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).
D	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 180 m/s (ovvero $N_{SPT,30} < 15$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina).
E	Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con $V_s > 800$ m/s).

Tabella 3.2.III – Categorie aggiuntive di sottosuolo.

Categoria	Descrizione
S1	Depositi di terreni caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 100 m/s (ovvero $10 < c_{u,30} < 20$ kPa), che includono uno strato di almeno 8 m di terreni a grana fina di bassa consistenza, oppure che includono almeno 3 m di torba o di argille altamente organiche.
S2	Depositi di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti.

Tabella 3.2.V – Espressioni di S_s e di C_c

Categoria sottosuolo	S_s	C_c
A	1,00	1,00
B	$1,00 \leq 1,40 - 0,40 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,20$	$1,10 \cdot (T_C^*)^{-0,20}$
C	$1,00 \leq 1,70 - 0,60 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,50$	$1,05 \cdot (T_C^*)^{-0,33}$
D	$0,90 \leq 2,40 - 1,50 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,80$	$1,25 \cdot (T_C^*)^{-0,50}$
E	$1,00 \leq 2,00 - 1,10 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,60$	$1,15 \cdot (T_C^*)^{-0,40}$

5.5 CONDIZIONI TOPOGRAFICHE

La norma citata, per la risposta sismica del sito, stabilisce 4 categorie, in relazione alle caratteristiche topografiche dell'area in esame. Per condizioni topografiche complesse è necessario predisporre specifiche analisi di risposta sismica locale, mentre per configurazioni superficiali semplici si può adottare la seguente classificazione:

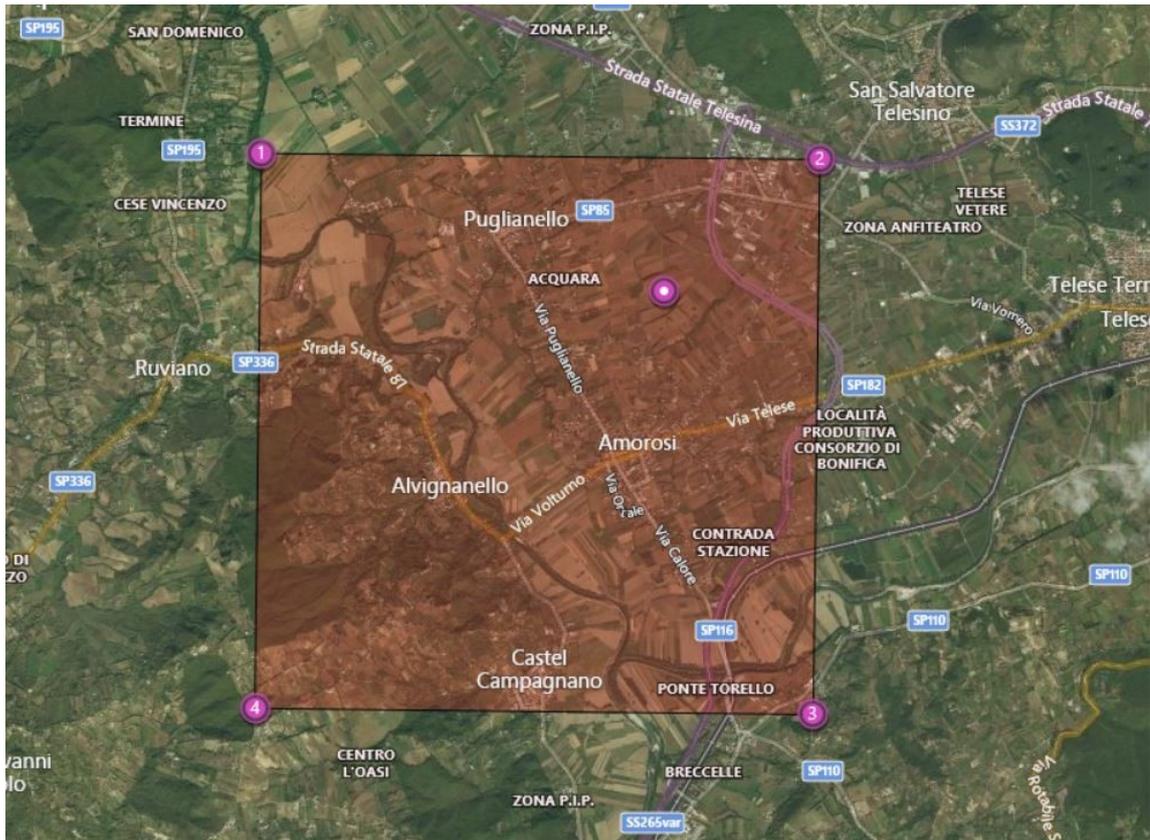
- T1 Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$
- T2 Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$
- T3 Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$
- T4 Rilievi con larghezza in cresta molto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

Le suesposte categorie topografiche si riferiscono a configurazioni geometriche prevalentemente bidimensionali, creste o dorsali allungate, e devono essere considerate nella definizione dell'azione sismica se presentano altezze maggiori di 30 m.

Il coefficiente topografico da adottare è quello relativo alla categoria T1 in quanto l'impianto fotovoltaico e le rispettive opere annesse ricadono in aree sa superficie pianeggiante caratterizzate da inclinazione media $i \leq 15^\circ$.

5.6 STIMA DELLA PERICOLOSITA' SISMICA

5.6.1 Parametri Sismici



Vita nominale (Vn):	50 [anni]
Classe d'uso:	II
Coefficiente d'uso (Cu):	1
Periodo di riferimento (Vr):	50 [anni]

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

Tipo di interpolazione: Media ponderata

Coordinate geografiche del punto

Latitudine (WGS84):	41.2178726 [°]
Longitudine (WGS84):	14.4680824 [°]
Latitudine (ED50):	41.2188644 [°]
Longitudine (ED50):	14.4689541 [°]

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	31427	41.231200	14.421020	4237.08
2	31428	41.230650	14.487430	2026.13
3	31650	41.180660	14.486640	4498.37
4	31649	41.181210	14.420250	5842.46

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	0.053	2.420	0.282
SLD	50	0.067	2.420	0.312
	72	0.079	2.450	0.327
	101	0.093	2.441	0.337
	140	0.108	2.451	0.347
	201	0.130	2.410	0.359
	475	0.193	2.376	0.385
SLV	475	0.193	2.376	0.385
SLC	975	0.267	2.322	0.415
	2475	0.379	2.393	0.433

Punto 2

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0.056	2.410	0.281
SLD	50	0.073	2.377	0.310
	72	0.087	2.391	0.321
	101	0.103	2.399	0.330
	140	0.122	2.377	0.340
	201	0.145	2.369	0.350
	475	0.221	2.325	0.374
SLV	475	0.221	2.325	0.374
SLC	975	0.301	2.321	0.404
	2475	0.425	2.434	0.429

Punto 3

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0.053	2.404	0.282
SLD	50	0.067	2.407	0.312
	72	0.079	2.438	0.327
	101	0.092	2.439	0.337
	140	0.107	2.455	0.348
	201	0.127	2.439	0.360
	475	0.187	2.384	0.386
SLV	475	0.187	2.384	0.386
SLC	975	0.257	2.340	0.418
	2475	0.365	2.390	0.435

Punto 4

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0.050	2.412	0.284
SLD	50	0.062	2.447	0.314
	72	0.073	2.459	0.332
	101	0.084	2.490	0.343
	140	0.097	2.499	0.356
	201	0.112	2.499	0.370
	475	0.164	2.418	0.415
SLV	475	0.164	2.418	0.415
SLC	975	0.220	2.413	0.433

	2475	0.317	2.384	0.449
--	------	-------	-------	-------

Punto d'indagine

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0.054	2.411	0.282
SLD	50	0.069	2.402	0.311
SLV	475	0.200	2.361	0.385
SLC	975	0.273	2.339	0.413

5.6.2 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°

Muri di sostegno NTC 2008

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0.015	0.019	0.068	0.112
kv	0.007	0.009	0.034	0.056
amax [m/s ²]	0.793	1.013	2.778	3.534
Beta	0.180	0.180	0.240	0.310

Muri di sostegno che non sono in grado di subire spostamenti

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0.081	0.103	0.283	0.360
kv	0.040	0.052	0.142	0.180
amax [m/s ²]	0.793	1.013	2.778	3.534
Beta	1.000	1.000	1.000	1.000

Paratie NTC 2008

 Altezza paratia (H): 3.0 [m]

 Spostamento ammissibile us: 0.015 [m]

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0.053	0.067	0.184	0.234
kv	--	--	--	--
amax [m/s ²]	0.793	1.013	2.778	3.534
Beta	0.650	0.650	0.650	0.650

Stabilità di pendii e fondazioni

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0.016	0.021	0.068	0.101
kv	0.008	0.010	0.034	0.050
amax [m/s ²]	0.793	1.013	2.778	3.534
Beta	0.200	0.200	0.240	0.280

Muri di sostegno NTC 2018

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	--	0.049	0.108	--
kv	--	0.024	0.054	--
amax [m/s ²]	0.793	1.013	2.778	3.534
Beta	--	0.470	0.380	--

Fronti di scavo e rilevati

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	--	0.049	0.108	--
kv	--	0.024	0.054	--
amax [m/s ²]	0.793	1.013	2.778	3.534
Beta	--	0.470	0.380	--



SINERGIA GP12

RELAZIONE GEOTECNICA E SULLA MODELLAZIONE SISMICA

Impianto FV "AMOROSI"
 Potenza DC di impianto 28,327 MWp - potenza AC di immissione in RTN 23,445 MWp
 Integrato con l'Agricoltura
 con annesso Sistema di accumulo di energia a batterie
 Potenza 20,00 MW



Codifica Elaborato: 223601_D_R_0251 Rev. 00

Paratie NTC 2018

Altezza paratia (H):

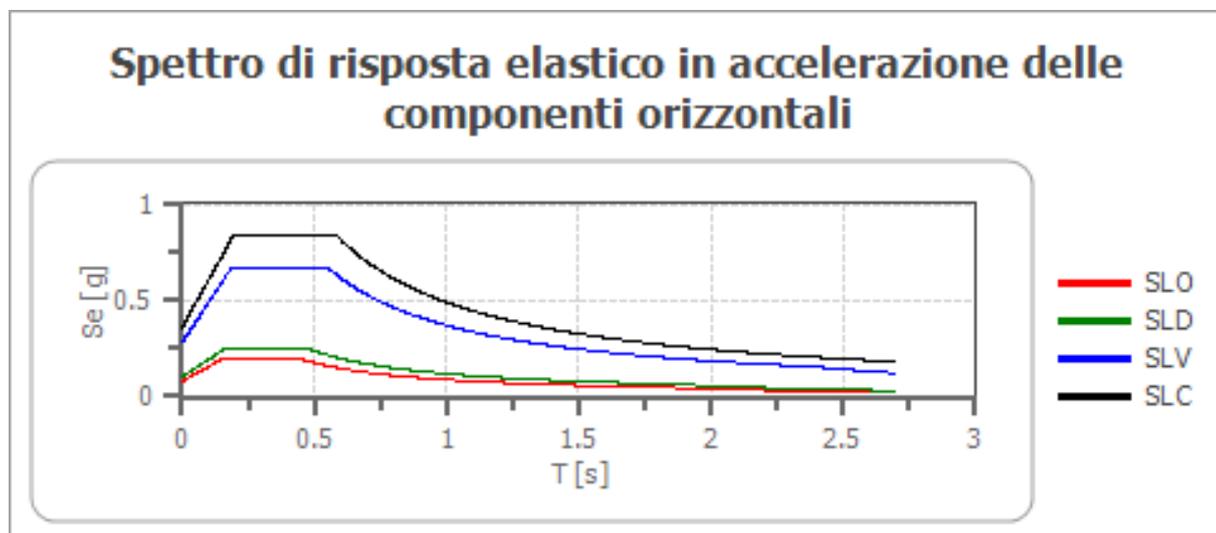
3.0 [m]

Spostamento ammissibile us:

0.015 [m]

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0.063	0.080	0.220	0.280
kv	--	--	--	--
amax [m/s ²]	0.793	1.013	2.778	3.534
Beta	0.776	0.776	0.776	0.776

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	0.054	2.411	0.282	1.500	1.600	1.000	1.500	1.000	0.150	0.451	1.816	0.081	0.195
SLD	1.0	0.069	2.402	0.311	1.500	1.540	1.000	1.500	1.000	0.160	0.480	1.875	0.103	0.248
SLV	1.0	0.200	2.361	0.385	1.420	1.440	1.000	1.420	1.000	0.185	0.554	2.398	0.283	0.669
SLC	1.0	0.273	2.339	0.413	1.320	1.410	1.000	1.320	1.000	0.194	0.583	2.692	0.360	0.843

Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti verticali

Coefficiente di smorzamento viscoso ξ:

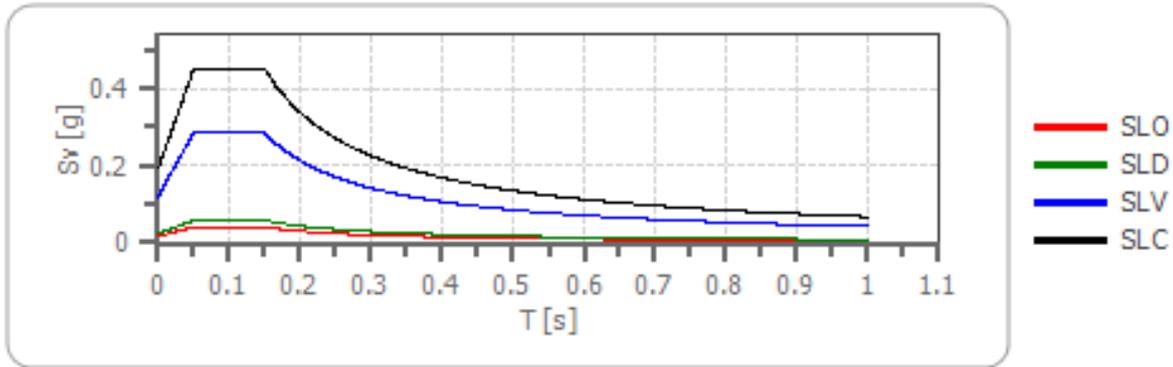
5 %

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

1.000



Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti verticali



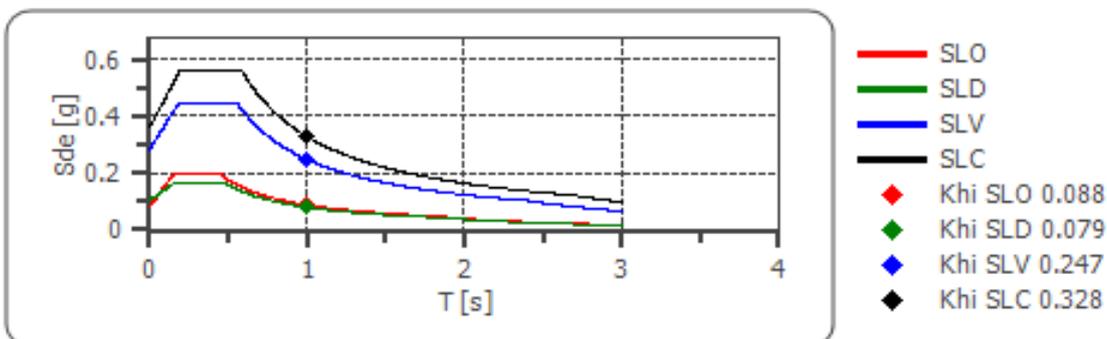
	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	η [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(TB) [g]
SLO	1.0	0.054	2.411	0.282	1	1.600	1.000	1.000	1.000	0.050	0.150	1.000	0.017	0.041
SLD	1.0	0.069	2.402	0.311	1	1.540	1.000	1.000	1.000	0.050	0.150	1.000	0.024	0.059
SLV	1.0	0.200	2.361	0.385	1	1.440	1.000	1.000	1.000	0.050	0.150	1.000	0.120	0.284
SLC	1.0	0.273	2.339	0.413	1	1.410	1.000	1.000	1.000	0.050	0.150	1.000	0.193	0.450

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]

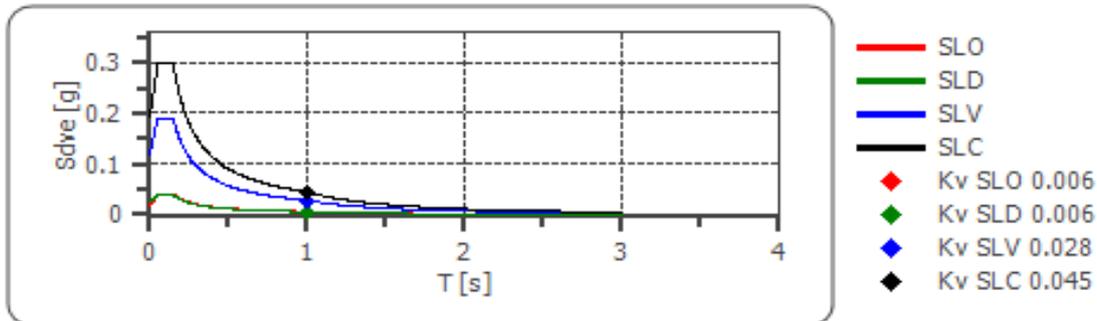
	SLO	SLD	SLV	SLC
k _{hi} = S _d e(T) Orizzontale [g]	0.088	0.079	0.247	0.328
k _v = S _d ve(T) Verticale [g]	0.006	0.006	0.028	0.045

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(TB) [g]
SLO orizzontale	1.0	0.054	2.411	0.282	1.500	1.600	1.000	1.500	1.000	0.150	0.451	1.816	0.081	0.195
SLO verticale	1.0	0.054	2.411	0.282	1.500	1.600	1.000	1.000	1.000	0.050	0.150	1.000	0.017	0.041
SLD orizzontale	1.0	0.069	2.402	0.311	1.500	1.540	1.000	1.500	1.500	0.160	0.480	1.875	0.103	0.165
SLD verticale	1.0	0.069	2.402	0.311	1.500	1.540	1.000	1.000	1.500	0.050	0.150	1.000	0.024	0.039
SLV orizzontale	1.0	0.200	2.361	0.385	1.420	1.440	1.000	1.420	1.500	0.185	0.554	2.398	0.283	0.446
SLV verticale	1.0	0.200	2.361	0.385	1.420	1.440	1.000	1.000	1.500	0.050	0.150	1.000	0.120	0.189
SLC orizzontale	1.0	0.273	2.339	0.413	1.320	1.410	1.000	1.320	1.500	0.194	0.583	2.692	0.360	0.562
SLC verticale	1.0	0.273	2.339	0.413	1.320	1.410	1.000	1.000	1.500	0.050	0.150	1.000	0.193	0.300



6 MODELLAZIONE GEOTECNICA

Dalle conoscenze geologiche del sottoscritto circa l'area in studio e in considerazione di ciò che prevede il progetto, per la caratterizzazione geotecnica del sottosuolo dell'area in esame è stata eseguita la seguente campagna di indagini geognostiche:

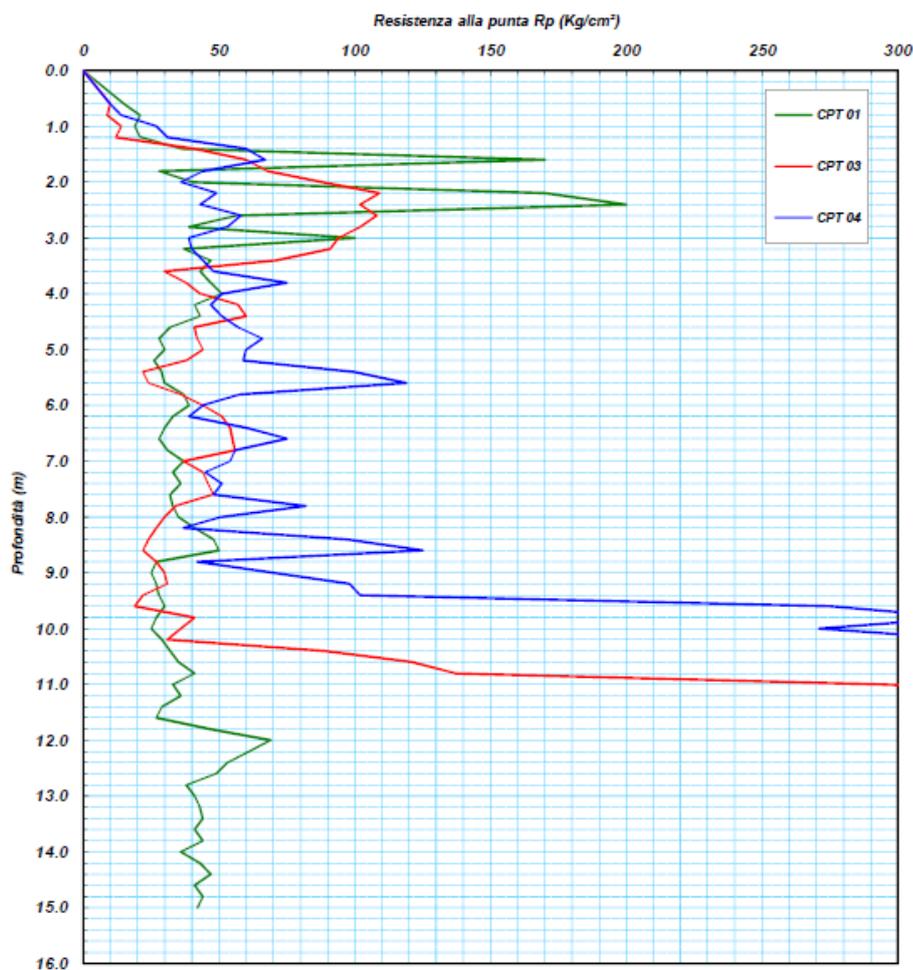
- n. 3 prove penetrometriche statiche CPT
- n. 1 prova penetrometrica dinamica pesante DPSH

6.1 INTERPRETAZIONE PROVE CPT

Riportando in grafico la Resistenza alla punta (R_p) in funzione della profondità, è possibile definire una stratigrafia geotecnica accorparendo gli strati caratterizzati da una resistenza alla punta più o meno simile.

Dal valore medio della resistenza all'avanzamento della punta conica, rilevato nell'ambito di ognuno degli strati individuati, per correlazione, si possono ricavare le caratteristiche geotecniche dei terreni che li compongono e dunque i parametri geotecnici identificativi presenti nell'area di sedime delle opere in progetto.

Di seguito si riporta il grafico della resistenza alla punta R_p /Profondità delle tre prove eseguite nella zona dell'impianto fotovoltaico.



Fuso della resistenza alla punta con la profondità delle tre prove CPT eseguite nella zona dell'impianto

Si riportano le tabelle dei parametri geotecnici ricavati:

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	1.2	1.80	19.00	1.60	11.9	29	0.85	38	57	Torbe
2	1.2	3.2	2.00	88.00	2.61	33.7	35	3.98	80	264	Limi sabbiosi
3	3.2	4.6	1.90	43.00	1.25	34.5	30	1.92	45	129	Limi sabbiosi
4	4.6	11.6	1.80	32.00	1.35	23.8	27	1.39	22	96	Argille e limi argill.
5	11.6	15.0	2.00	45.00	1.99	22.7	27	1.93	26	135	Argille e limi argill.

Tabella parametri geotecnici prova penetrometrica CPT 01

Prova (n): CPT 03
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	1.2	1.80	11.00	0.47	23.6	26	0.49	19	33	Argille e limi argill.
2	1.2	3.4	1.90	85.00	3.32	25.6	35	3.84	79	255	Limi sabbiosi
3	3.4	7.6	1.90	43.00	2.12	20.2	29	1.91	39	129	Argille e limi argill.
4	7.6	10.2	1.85	29.00	1.31	22.2	26	1.24	17	87	Argille e limi argill.
5	10.2	11.2	2.00	179.00	6.57	27.3	34	8.04	77	537	Limi sabbiosi

Tabella parametri geotecnici prova penetrometrica CPT 03

Prova (n): CPT 04
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	1.2	1.80	21.00	1.32	15.9	29	0.94	42	63	Argille e limi argill.
2	1.2	5.2	1.90	52.00	2.14	24.3	31	2.34	56	156	Argille e limi argill.
3	5.2	5.6	2.00	110.00	0.77	143.5	34	4.95	72	330	Sabbie ghiaiose
4	5.6	7.6	1.90	53.00	2.57	20.6	30	2.35	43	159	Argille e limi argill.
5	7.6	9.4	1.95	78.00	3.62	21.5	31	3.47	52	234	Argille e limi argill.
6	9.4	10.4	2.00	320.00	8.56	37.4	37	14.46	99	960	Limi sabbiosi

Tabella parametri geotecnici prova penetrometrica CPT 04

Le prove penetrometriche, di cui in allegato si riporta la planimetria con l'ubicazione, hanno evidenziato la presenza di materiali con caratteristiche geotecniche abbastanza omogenee sia in senso verticale che laterale e in generale mostrano materiali costituiti da sabbie limoso ghiaiose e ghiaie sabbiose con intercalazioni di livelli sabbioso limosi.

In particolare, le prove penetrometriche fanno registrare valori di resistenza alla punta molto variabili, da medi ad alti, quasi sempre superiori a 20 Kg/cm². Inoltre, vi è la presenza di tratti in cui la resistenza è abbastanza elevata, molto probabilmente in corrispondenza di strati ghiaioso sabbiosi più addensati.

6.2 INTERPRETAZIONE PROVE PENETROMETRICHE (DPSH)

Unitamente alle prove penetrometriche statiche CPT è stata affiancata una prova penetrometrica dinamica pesante DPSH con lo scopo di verificare la continuità laterale delle litologie in esame.

Essa è stata spinta sino alla profondità di 9.90 metri dal piano campagna.



SINERGIA GP12

RELAZIONE GEOTECNICA E SULLA MODELLAZIONE SISMICA

Impianto FV "AMOROSI"
Potenza DC di impianto 28,327 MWp - potenza AC di immissione in RTN 23,445 MWp
Integrato con l'Agricoltura
con annesso Sistema di accumulo di energia a batterie
Potenza 20,00 MW



Codifica Elaborato: 223601_D_R_0251 Rev. 00

Di seguito si riporta il grafico N.Colpi/Profondità della prova eseguita nella zona dell'impianto.

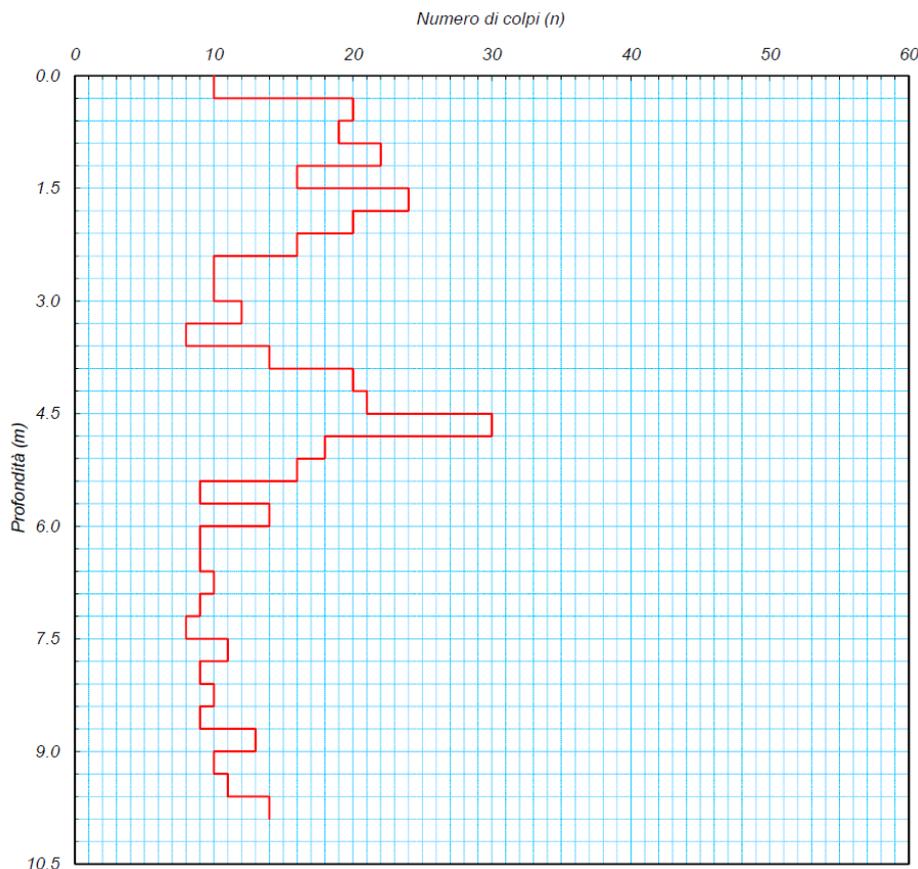


Grafico N.Colpi/ Profondità della prova DPSH02 eseguita nella zona dell'impianto

Come è possibile evincere dal grafico riportato, il valore del numero di colpi mostra inizialmente la presenza di termini litologici ben addensati dotati di un numero di colpi medio pari a 18, rinvenuto sino alla profondità di 5.40 m dal piano campagna.

Successivamente, a partire da tale quota, il valore del numero dei colpi diminuisce, denotando la presenza di depositi dotati di caratteristiche geomeccaniche medie.

Di seguito si riportano i parametri geotecnici rilevati dalla prova penetrometrica eseguita per la quale è stato misurato il numero dei colpi N in funzione della profondità; il peso di volume è stato attribuito sulla base delle prove di laboratorio eseguite sui campioni prelevati nel corso di alcuni sondaggi eseguiti nelle zone immediatamente limitrofe al sito in esame, per correlazione sono stati rilevati attrito interno, coesione non drenata, densità relativa, modulo edometrico e litologia.

**Prova (n): DPSH 02****STRATIGRAFIA INTERPRETATIVA****DATI GENERALI**

Strato (n)	1	2	3	4
Profondità iniziale (m)	0.00	2.40	3.90	5.40
Profondità finale (m)	2.40	3.90	5.40	9.90
Potenza dello strato (m)	2.40	1.50	1.50	4.50
Peso di volume attribuito (g/cm ³)	2.00	1.90	2.00	1.90
Pressione vert efficace (Kg/cm ²)	0.48	0.74	1.08	1.88
Media numero colpi (N)	18	12	21	10
Media resist. alla Punta (Kg/cm ²)	66.00	43.00	68.00	32.00

PARAMETRI GEOTECNICI TERRENI DI NATURA GRANULARE

Angolo di attrito (°)	35	33	36	32
Densità relativa (%)	75	61	81	55
Mod. di deformazione (Kg/cm ²)	198	129	204	96
Mod. taglio dinamico (Kg/cm ²)	132	192	305	472
Stato di addensamento	M	M	M	M

PARAMETRI GEOTECNICI TERRENI DI NATURA COESIVA

Coesione non dren. (Kg/cm ²)	3.28	2.11	3.35	1.51
Modulo edometrico (Kg/cm ²)	145.00	94.00	149.00	70.00
Grado di sovracons. OCR (-)	2.97	0.70	0.48	0.06
Mod. di taglio dinam. (t/m ²)	13'343	9'725	15'047	8'436
Stato di consistenza	M C	C	M C	C

LEGENDA**Terreni di natura granulare - Stato di addensamento**

M S=Molto sciolto, S=Sciolto, M=Medio, D=Denso, M D=Molto Denso

Terreni di natura coesiva - Stato di consistenza

M=Molle, T=Tenero, Med=Medio, C=Compatto, M C=Molto Compatto, D=Duro

Tabella parametri geotecnici prova penetrometrica DPSH 02

6.3 MODELLO GEOTECNICO DEL SOTTOSUOLO E VALORI CARATTERISTICI ADOTTATI

Dall'analisi del modello geologico e dalle indagini geotecniche in sito eseguite è stato possibile definire il modello geotecnico del sottosuolo.

Le aree di sedime sulle quali verranno ubicate le opere in progetto sostanzialmente sono riconducibili a sabbie limoso ghiaiose e ghiaie sabbiose con intercalazioni di livelli sabbioso limosi.

Dall'analisi delle indagini geognostiche reperite, si evidenzia che i materiali presenti nel sottosuolo sono costituiti prevalentemente da:

- limo sabbioso, sabbia con limo, da poco a mediamente addensata (**unità litotecnica 1**)
- ghiaia in matrice sabbiosa ben addensata, con intercalazioni di livelli sabbioso limosi addensati (**unità litotecnica 2**)
- sabbia limosa addensata con alternanze di livelli sabbioso-ghiaiosi mediamente addensati (**unità litotecnica 3**)
- sabbia con ghiaia ben addensata, talora alternata con sabbie limose addensate (**unità litotecnica 4**)

Le caratteristiche geotecniche di questi terreni possono essere sintetizzate come nella tabella che segue:

 SINERGIA GP12	RELAZIONE GEOTECNICA E SULLA MODELLAZIONE SISMICA Impianto FV "AMOROSI" Potenza DC di impianto 28,327 MWp - potenza AC di immissione in RTN 23,445 MWp Integrato con l'Agricoltura con annesso Sistema di accumulo di energia a batterie Potenza 20,00 MW	 PROGETTO ENERGIA
	Codifica Elaborato: 223601_D_R_0251 Rev. 00	

TABELLA PARAMETRI GEOTECNICI DEI TERRENI PRESENTI NEL SOTTOSUOLO AMOROSI								
Prof. della falda: ...4.00 ...m dal p.c.								
Profondità dal piano campagna. (m)		Descrizione litologica	Resistenza alla punta CPT	Peso di volume naturale	Peso di volume saturo	Angolo di attrito Picco	Coesione non drenata	Modulo edometrico
Da	a	(Formazione)	(Kg/cm ²)	g/cm ³	g/cm ³	(°)	Kg/cm ²	Kg/cm ²
0.00	1.20	limo sabbioso, sabbia con limo, da poco a mediamente addensata. (1)	20	1.60	1.70	26	0.50	30
1.20	3.60	ghiaia in matrice sabbiosa ben addensata, con intercalazioni di livelli sabbioso limosi addensati. (2)	50	1.90	2.00	31	2.00	130
3.60	12.00	sabbia limosa addensata con alternanze di livelli sabbioso-ghiaiosi mediamente addensati. (3)	30	1.70	1.80	27	1.20	90
12.00	15.00	sabbia con ghiaia ben addensata, talora alternata con sabbie limose addensate. (4)	40	1.80	1.90	29	1.60	100
Vs eq:.....295 m/sec Categoria di suolo C..... Categoria topografica:.....T1...								

Tabella parametri geotecnici medi

6.4 STABILITÀ DELL'AREA

Dal punto di vista della stabilità, considerando che essa è funzione delle caratteristiche geotecniche, litologiche, idrogeologiche e morfologiche dell'area, e in relazione a parametri quali la litologia, l'angolo di attrito interno, il contenuto d'acqua, la coesione, la giacitura dei terreni e, la pendenza dei versanti dove essi affiorano, è possibile asserire che l'area ove sorgerà l'impianto fotovoltaico e tutte le opere in progetto attualmente si presenta stabile.

6.5 POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE

Per liquefazione di un terreno si intende il quasi totale annullamento della sua resistenza al taglio con l'assunzione del comportamento meccanico caratteristico dei liquidi. Se si esprime la resistenza al taglio attraverso la relazione di Coulomb:

$$\tau = c + (\sigma_{v0} - u) \tan \varphi$$

dove:

c = coesione del terreno

σ_{v0} = pressione litostatica totale agente alla profondità d'indagine

u = pressione interstiziale dell'acqua

φ = angolo di resistenza al taglio del terreno,

È evidente che la grandezza "τ" si può annullare solo nel caso in cui siano verificate le condizioni:

a) c = 0;

b) ($\sigma_{v0} - u$) = 0;

(il caso $\varphi = 0$ non ha importanza pratica, perché può verificarsi solo in terreni coesivi in condizioni non drenate, dove però la condizione "c=0" non può ovviamente verificarsi).

La condizione a) vieta che il fenomeno della liquefazione possa verificarsi in terreni coesivi o incoerenti ma con una significativa



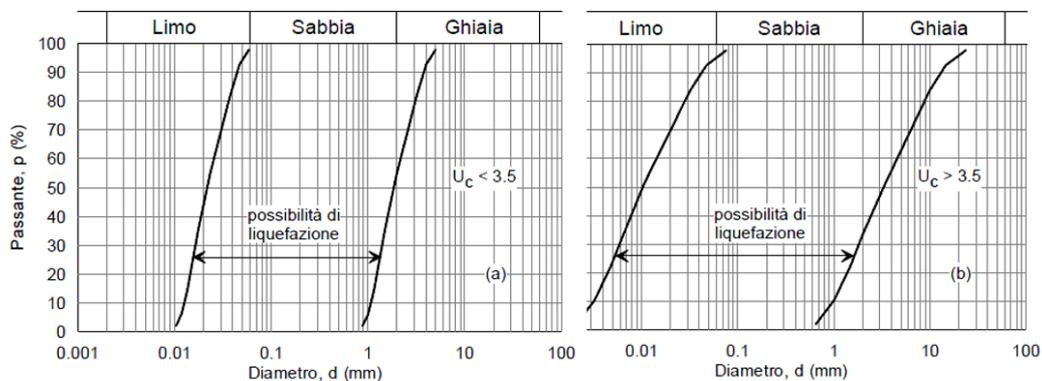
frazione argillosa o limosa plastica.

La condizione b) si verifica, quando la pressione interstiziale uguaglia la pressione totale esercitata ad una data profondità dalla colonna di terreno sovrastante e dagli eventuali sovraccarichi presenti in superficie ($\sigma_{v0} = u$). In definitiva il fenomeno della liquefazione si può manifestare preferibilmente in depositi sciolti non coesivi posti sotto falda, in seguito ad eventi che producono un forte aumento della pressione interstiziale dell'acqua.

I D.M. 17/01/2018 Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC 2018), richiede di effettuare la verifica a liquefazione nel caso in cui siano presenti, nel sottosuolo indagato, terreni granulari saturi (sabbie e sabbie limose) predisposti al fenomeno della liquefazione in caso di sisma.

Nelle stesse NTC è riportato che la verifica a liquefazione può essere omessa quando si manifesti almeno una delle seguenti circostanze:

- accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di 0,1g;
- profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;
- depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata $(N1)_{60} > 30$ oppure $qc_{1N} > 180$ dove $(N1)_{60}$ è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (Standard Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e qc_{1N} è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (Cone Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa;
- distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella figura che segue: (a) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c < 3,5$ e (b) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c > 3,5$.



Fusi granulometrici di terreni suscettibili di liquefazione

Alla luce di queste considerazioni, considerata la granulometria dei terreni principalmente sabbioso-limoso ghiaiosa che costituiscono il sottosuolo, e considerata la presenza della falda ad una profondità variabile compresa tra i 4.00 e i 5.00 metri dal locale piano campagna, si è proceduto alla verifica del potenziale a liquefazione dei terreni come impone la normativa vigente.

Dai dati delle indagini eseguite, è stato possibile eseguire la verifica con 4 metodi:

Metodo di Andrus e Stokoe (1998)

Metodo EC8 SPT

Metodo EC8 Vs

Metodo di Robertson Wride

Dalle analisi è emerso che il sito investigato risulta potenzialmente liquefacibile per cui, la progettazione delle opere a farsi, deve tenere conto che in caso di evento sismico possa verificarsi il fenomeno della liquefazione; i dettagli sono rilevabili nei Report allegati alla presente.

 SINERGIA GP12	RELAZIONE GEOTECNICA E SULLA MODELLAZIONE SISMICA Impianto FV "AMOROSI" <i>Potenza DC di impianto 28,327 MWp - potenza AC di immissione in RTN 23,445 MWp</i> <i>Integrato con l'Agricoltura</i> con annesso Sistema di accumulo di energia a batterie <i>Potenza 20,00 MW</i>	 PROGETTO ENERGIA
Codifica Elaborato: 223601_D_R_0251 Rev. 00		

7 CONCLUSIONI

La presente relazione è stata redatta su incarico della società Sinergia GP12, la quale mi ha incaricato di eseguire uno studio geologico finalizzato all'ottenimento dei permessi necessari alla costruzione ed esercizio dell'Impianto Fotovoltaico integrato con l'Agricoltura, con potenza di picco 28,327 MWp e annesso sistema di accumulo di energia a batterie (nel seguito definito come BESS – Battery Energy Storage System), potenza 20,00 MWp, in località "Cerracchio" nel comune di Amorosi (BN), collegato alla Rete Elettrica Nazionale mediante connessione in antenna a 150 kV sulla sezione a 150 kV di una nuova Stazione Elettrica (SE) di Trasformazione della RTN a 380/150 kV, da realizzare in soluzione GIS, da inserire in entra-esce alla linea a 380 Kv "Benevento 2 – Presenzano" ubicata nel comune di Amorosi (BN).

Cartograficamente, l'area in oggetto ricade nei fogli della Carta Topografica Programmatica in scala 1:25.000, Tav. n.10 (Quadrante 173-IV) Tav. n. 9 (Quadrante 172-I).

Dal punto di vista geologico, invece, l'area in esame ricade nei fogli geologici n. 172 "Caserta" e 173 "Benevento" della Carta Geologica d'Italia scala 1:100.000.

L'area in esame rientra nel territorio di competenza dell'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Meridionale.

Dall'analisi delle cartografie tematiche, dalle indagini dirette realizzate nelle aree limitrofe al lotto in esame, e soprattutto grazie al rilevamento geologico di dettaglio eseguito, sono stati cartografati i principali litotipi caratteristici del sito in esame.

In particolare, gran parte dell'impianto fotovoltaico verrà realizzato in corrispondenza del complesso alluvionale caratterizzato da depositi incoerenti per lo più sabbioso limosi, passanti a depositi ghiaioso sabbiosi con intercalazioni frequenti di livelli sabbioso limosi, mentre il cavidotto MT attraverserà principalmente i prodotti piroclastici rimaneggiati e argillificati, in deposizione secondaria. Per la caratterizzazione sismica dell'area interessata dalla realizzazione dell'impianto fotovoltaico e delle opere in progetto è stata eseguita un'indagine sismica di superficie di tipo Masw. Dall'interpretazione e dall'analisi dell'indagine è emerso che i terreni esaminati appartengono alla categoria di sottosuolo sismico C a alla categoria topografica T1.

La caratterizzazione geotecnica dei terreni è stata conseguita attraverso l'esecuzione di n. 3 prove penetrometriche statiche CPT e n. 1 prova penetrometrica dinamica DPSH, esse hanno evidenziato la presenza di materiali riconducibili a sabbie limose ghiaiose e ghiaie sabbiose con intercalazioni di livelli sabbioso limosi.

Dall'analisi delle indagini geognostiche reperite, si evidenzia che i materiali presenti nel sottosuolo sono costituiti prevalentemente da:

- limo sabbioso, sabbia con limo, da poco a mediamente addensata (*unità litotecnica 1*)
- ghiaia in matrice sabbiosa ben addensata, con intercalazioni di livelli sabbioso limosi addensati (*unità litotecnica 2*)
- sabbia limosa addensata con alternanze di livelli sabbioso-ghiaiosi mediamente addensati (*unità litotecnica 3*)
- sabbia con ghiaia ben addensata, talora alternata con sabbie limose addensate (*unità litotecnica 4*)

Le caratteristiche geotecniche di questi terreni possono essere sintetizzate come nella tabella che segue:

TABELLA PARAMETRI GEOTECNICI DEI TERRENI PRESENTI NEL SOTTOSUOLO AMOROSI								
Prof. della falda: ...4.00 m dal p.c.								
Profondità dal piano campagna. (m)		Descrizione litologica	Resistenza alla punta CPT	Peso di volume naturale	Peso di volume saturato	Angolo di attrito Picco	Coesione non drenata	Modulo edometrico
Da	a	(Formazione)	(Kg/cm ²)	g/cm ³	g/cm ³	(°)	Kg/cm ²	Kg/cm ²

TABELLA PARAMETRI GEOTECNICI DEI TERRENI PRESENTI NEL SOTTOSUOLO AMOROSI								
Prof. della falda: ...4.00 m dal p.c.								
Profondità dal piano campagna. (m)		Descrizione litologica	Resistenza alla punta CPT	Peso di volume naturale	Peso di volume saturo	Angolo di attrito Picco	Coesione non drenata	Modulo edometrico
0.00	1.20	limo sabbioso, sabbia con limo, da poco a mediamente addensata. (1)	20	1.60	1.70	26	0.50	30
1.20	3.60	ghiaia in matrice sabbiosa ben addensata, con intercalazioni di livelli sabbioso limosi addensati. (2)	50	1.90	2.00	31	2.00	130
3.60	12.00	sabbia limosa addensata con alternanze di livelli sabbioso-ghiaiosi mediamente addensati. (3)	30	1.70	1.80	27	1.20	90
12.00	15.00	sabbia con ghiaia ben addensata, talora alternata con sabbie limose addensate. (4)	40	1.80	1.90	29	1.60	100
Vs eq:.....295 m/sec Categoria di suolo C..... Categoria topografica:.....T1...								

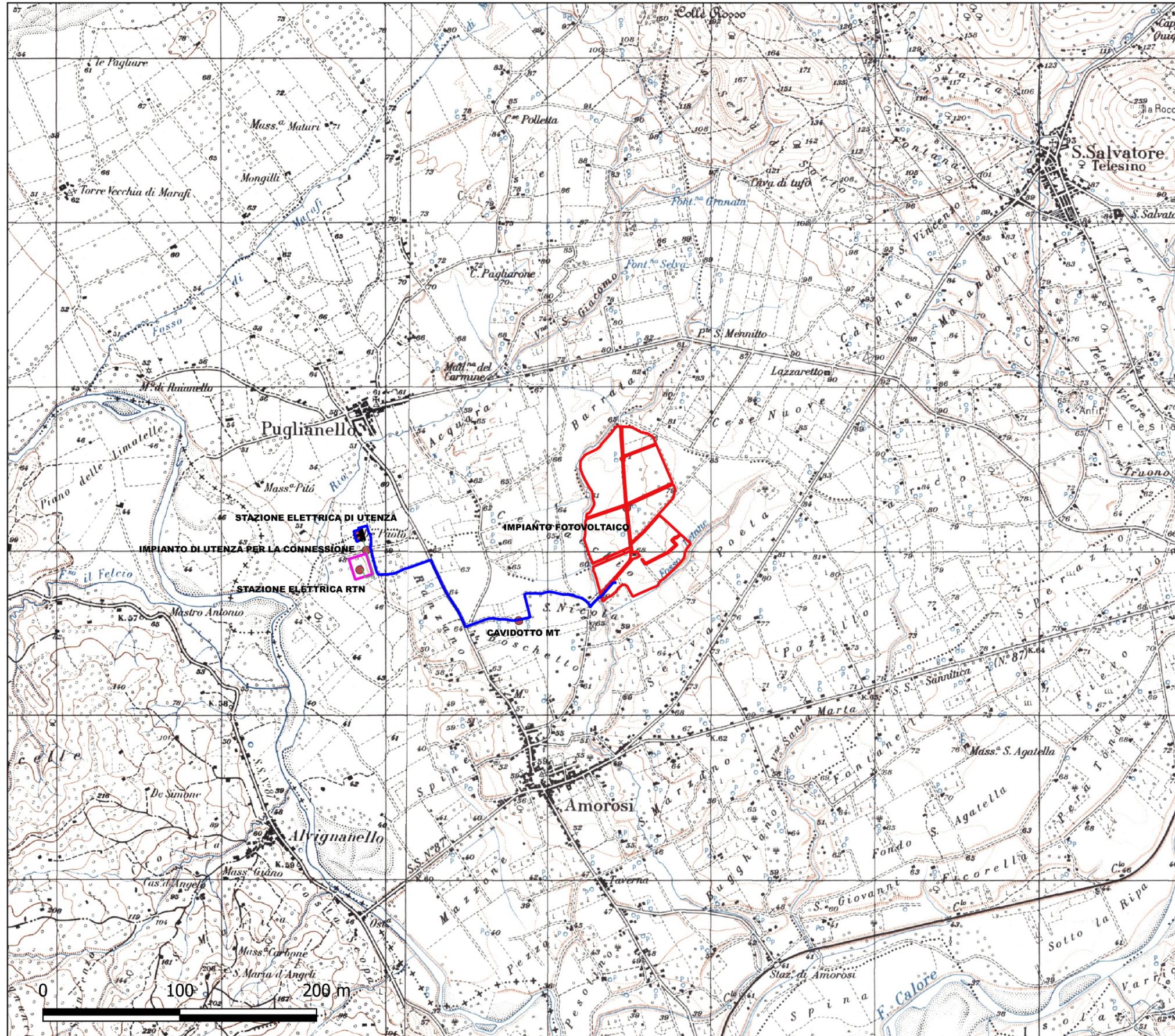
Dal punto di vista della stabilità, considerando che essa è funzione delle caratteristiche geotecniche, litologiche, idrogeologiche e morfologiche dell'area, e in relazione a parametri quali la litologia, l'angolo di attrito interno, il contenuto d'acqua, la coesione, la giacitura dei terreni e, la pendenza dei versanti dove essi affiorano, è possibile asserire che l'area ove sorgerà l'impianto fotovoltaico e tutte le opere in progetto attualmente si presenta stabile.

In definitiva vista la morfologia, la strutturazione geologica dell'area in studio, si può asserire che questi offrono sufficienti garanzie ai fini della loro utilizzazione e quindi, tenuto conto di tutte le indicazioni e prescrizioni riportate nella presente, non esiste alcuna controindicazione circa la fattibilità di quanto previsto nell'ipotesi progettuale.

Tanto dovevasi per l'incarico ricevuto.
 Castel Morrone 04/04/2022


 Il Geologo
 Dott. Antonio Petriccione
 Albo n. 895


STRALCIO IGM CON UBICAZIONE DELLE OPERE IN PROGETTO



**REGIONE CAMPANIA
STRALCIO IGM CON UBICAZIONE
DELLE OPERE IN PROGETTO**

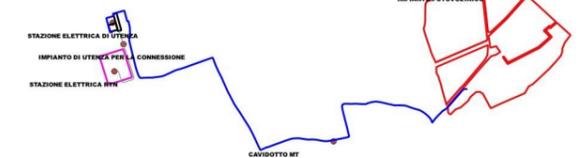
COMMITTENTE: SINERGIA GP 12

OGGETTO: IMPIANTO FOTOVOLTAICO (POTENZA DC 28,37 MWp) INTEGRATO CON L'AGRICOLTURA IN AGRO DEL COMUNE DI AMOROSI (BN)

STRALCIO IGM CON UBICAZIONE
DELLE OPERE IN PROGETTO

LEGENDA

Opere da realizzare



IL GEOLOGO
Dott. Antonio Petriccione

Scala 1:25.000

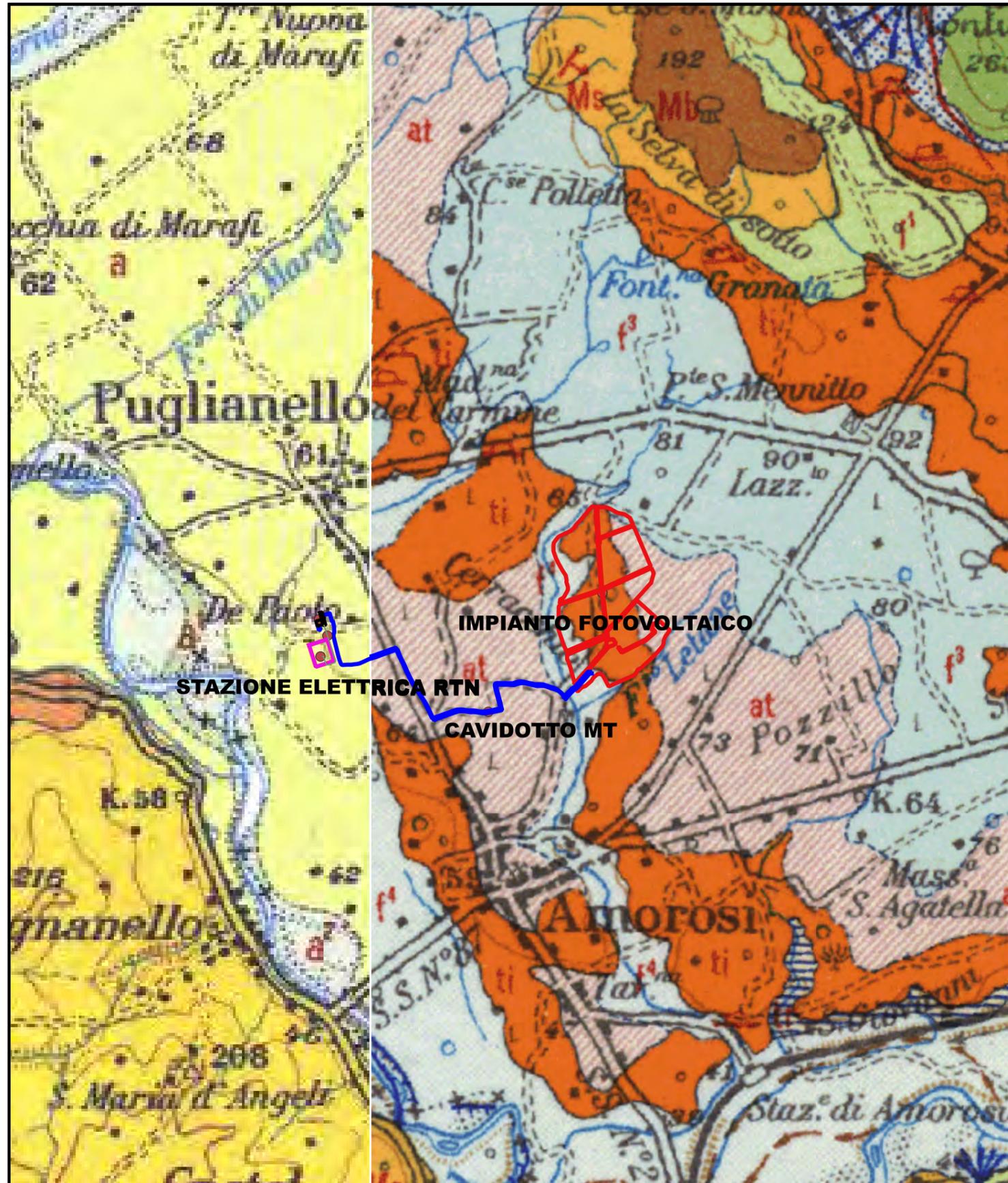
**STRALCIO CARTA GEOLOGICA D'ITALIA
 FOGLIO 172 CASERTA - FOGLIO 173 BENEVENTO**

**STRALCIO CARTA GEOLOGICA D'ITALIA
 FOGLI 172 E 173 - CASERTA E BENEVENTO**

COMMITTENTE: SINERGIA GP 12

OGGETTO: IMPIANTO FOTOVOLTAICO (POTENZA DC 28,37 MWp) INTEGRATO CON L'AGRICOLTURA IN AGRO DEL COMUNE DI AMOROSI (BN)

STRALCIO CARTA GEOLOGICA D'ITALIA
 CON UBICAZIONE DELLE OPERE IN
 PROGETTO



LEGENDA

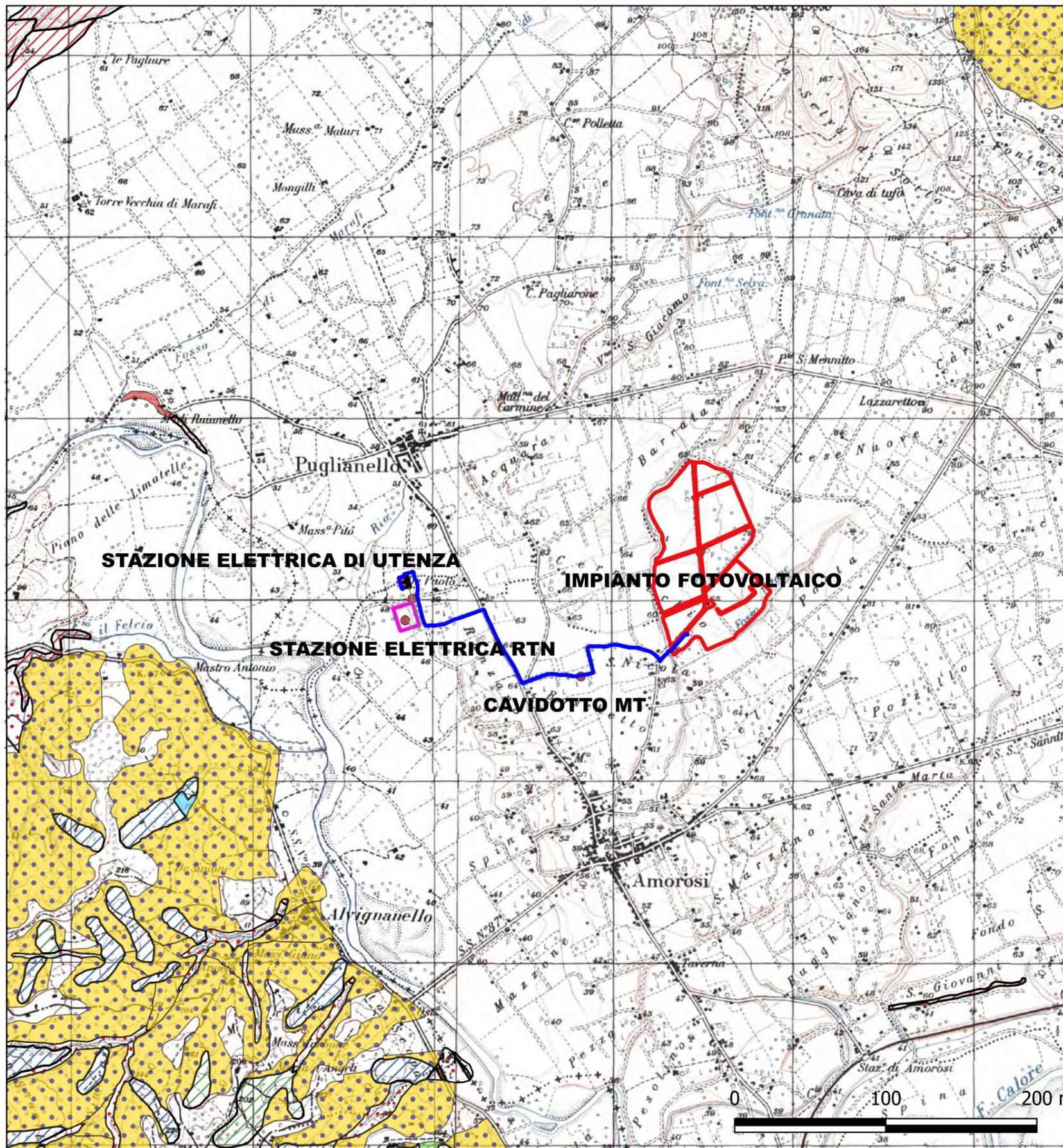
Opere da realizzare



IL GEOLOGO
 Dott. Antonio Petriccione

Scala di stampa
 1:25.000

STRALCIO CARTA SCENARI DI RISCHIO AdB DISTRETTUALE APPENNINO MERIDIONALE



**STRALCIO CARTA SCENARI DI RISCHIO AdB
 DISTRETTUALE APPENNINO MERIDIONALE**

COMMITTENTE: SINERGIA GP 12

OGGETTO: IMPIANTO FOTOVOLTAICO (POTENZA DC 28,37 MWp)
 INTEGRATO CON L'AGRICOLTURA IN AGRO DEL COMUNE DI AMOROSI (BN)

STRALCIO CARTA SCENARI DI RISCHIO
 CON UBICAZIONE DELLE OPERE IN PROGETTO

LEGENDA

IMPIANTO FOTOVOLTAICO AMOROSI

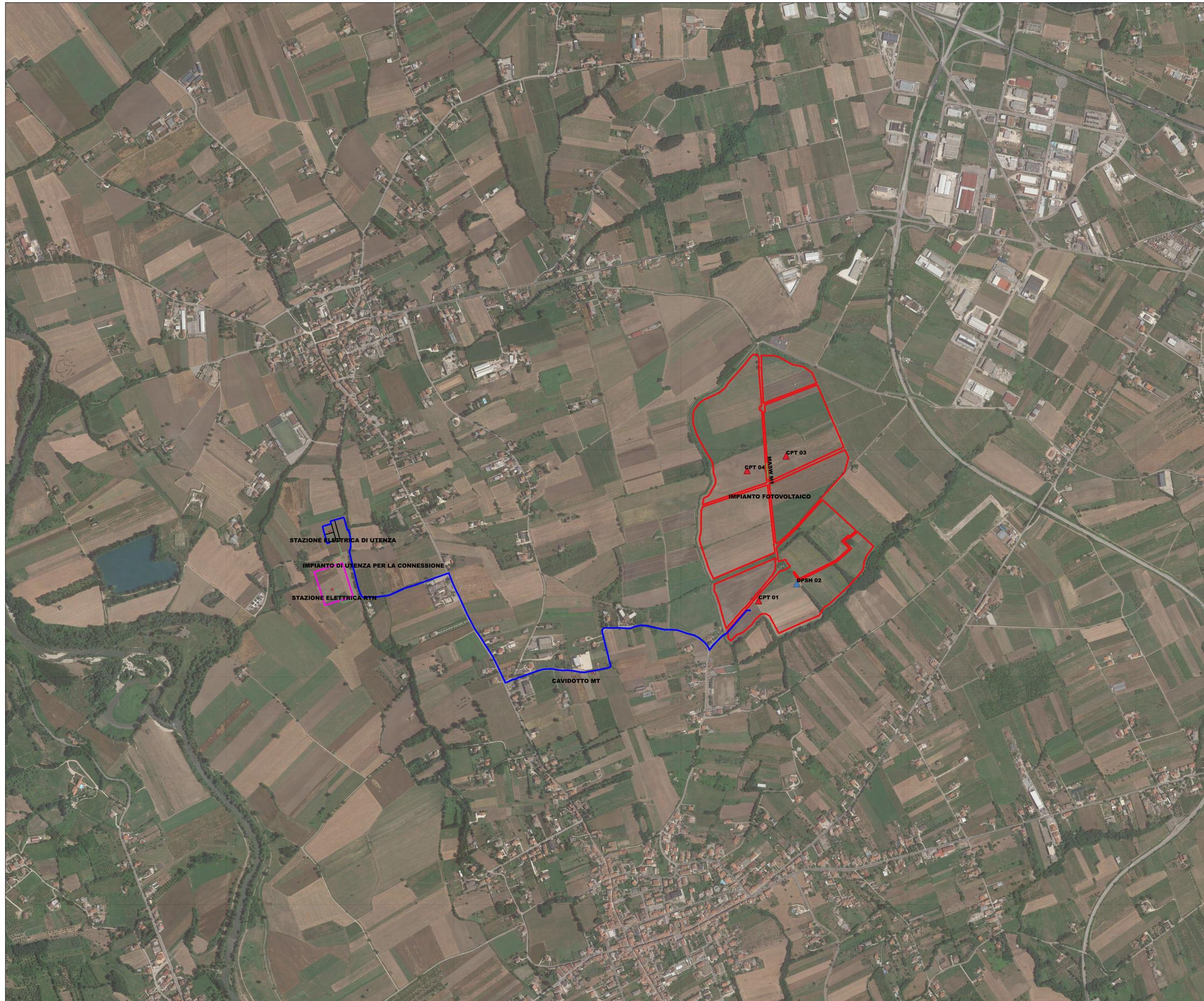
- R1 Area a rischio moderato
- R2 Area a rischio medio
- R3 Area a rischio elevato
- R4 Area a rischio molto elevato
- Area di moderata attenzione A1
- Area di media attenzione A2
- Area di medio-alta attenzione A3
- Area di alta attenzione A4
- Area di attenzione potenzialmente alta Apa
- Area a rischio potenzialmente alto Rpa
- Area di attenzione potenzialmente bassa Apb
- Area a rischio potenzialmente basso Rpb
- Area di possibili ampliamento dei fenomeni franosi cartografati all'interno C1



IL GEOLOGO
 Dott. Antonio Petriccione

Scala 1:25.000

STRALCIO ORTOFOTO CON UBICAZIONE INDAGINI GEOGNOSTICHE ESEGUITE



STRALCIO ORTOFOTO CON UBICAZIONE INDAGINI GEOGNOSTICHE ESEGUITE

COMMITTENTE: SINERGIA GP13

OGGETTO: IMPIANTO FOTOVOLTAICO (POTENZA DC 9,996 MWp)
INTEGRATO CON L'AGRICOLTURA IN AGRO DEL COMUNE DI DRAGONI (CE)

TAVOLA 4

STRALCIO ORTOFOTO CON UBICAZIONE DELLE OPERE IN PROGETTO E DELLE INDAGINI GEOGNOSTICHE ESEGUITE

LEGENDA

INDAGINI GEOGNOSTICHE

- ▲ Prova penetrometrica statica CPT
- ▲ Prova penetrometrica dinamica pesante DPSH
- Indagine sismica MASW

IMPIANTO FOTOVOLTAICO AMOROSI

- IMPIANTO FOTOVOLTAICO AMOROSI CAVIDOTTO_AT
- IMPIANTO FOTOVOLTAICO AMOROSI CAVIDOTTO_MT
- IMPIANTO FOTOVOLTAICO AMOROSI IMPIANTO_FOTOVOLTAICO
- IMPIANTO FOTOVOLTAICO AMOROSI STAZIONE_ELETTRICA_DI_UTENZA
- IMPIANTO FOTOVOLTAICO AMOROSI STAZIONE_ELETTRICA_RTN



IL GEOLOGO
Dott. Antonio Petriccione

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)

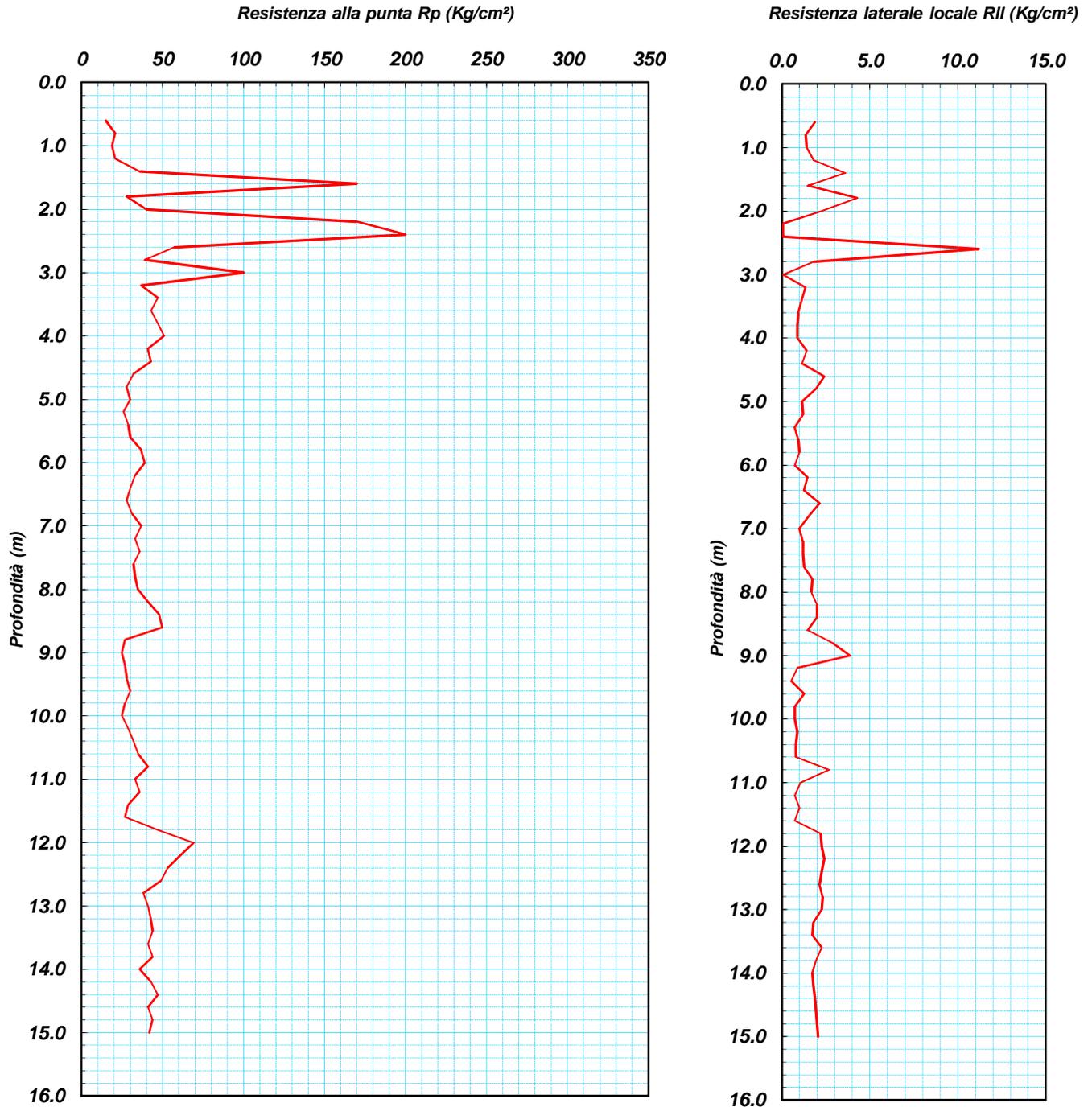
Committente: Sinergia GP12

Id Int. 142 / 22

Cantiere: Realizzazione di un Impianto Fotovoltaico Amorosi (BN)

Coordinate lat. e long.: N41.214060° / E14.467650° Data esecuz. prova: 31/03/2022

Prova (n): CPT 01 Certificato n° 0229/22 del 07/04/2022 Quota (m. slm):



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: Sinergia GP12

Id Int. 142 / 22

Cantiere: Realizzazione di un Impianto Fotovoltaico Amorosi (BN)

Coordinate lat. e long.: N41.214060° / E14.467650° Data esecuz. prova: 31/03/2022

Prova (n): CPT 01 Certificato n° 0229/22 del 07/04/2022 Quota (m. slm):

VALORI MISURATI IN SITU CON PENETROMETRO STATICO DA 20 TONS

Prof. (m)	Rp (Kg/cm ²)	Ril (MPa)	Prof. (m)	Rp (Kg/cm ²)	Ril (MPa)	Prof. (m)	Rp (Kg/cm ²)	Ril (MPa)	
0.6	15.0	1.47	1.9	0.18	8.4	48.0	4.71	2.0	0.20
0.8	21.0	2.06	1.3	0.13	8.6	50.0	4.90	1.5	0.14
1.0	19.0	1.86	1.4	0.14	8.8	27.0	2.65	2.9	0.28
1.2	21.0	2.06	1.8	0.18	9.0	25.0	2.45	3.9	0.38
1.4	36.0	3.53	3.6	0.35	9.2	27.0	2.65	0.9	0.08
1.6	170.0	16.67	1.5	0.14	9.4	28.0	2.75	0.5	0.05
1.8	28.0	2.75	4.3	0.42	9.6	30.0	2.94	1.3	0.12
2.0	40.0	3.92	2.3	0.22	9.8	27.0	2.65	0.7	0.07
2.2	170.0	16.67	0.1	0.01	10.0	25.0	2.45	0.7	0.07
2.4	200.0	19.61	0.1	0.01	10.2	29.0	2.84	0.9	0.08
2.6	57.0	5.59	11.2	1.10	10.4	32.0	3.14	0.8	0.08
2.8	39.0	3.82	1.8	0.18	10.6	35.0	3.43	0.8	0.08
3.0	100.0	9.81	0.1	0.01	10.8	41.0	4.02	2.7	0.26
3.2	37.0	3.63	1.3	0.13	11.0	33.0	3.24	1.1	0.10
3.4	47.0	4.61	1.1	0.11	11.2	36.0	3.53	0.7	0.07
3.6	43.0	4.22	0.9	0.09	11.4	29.0	2.84	1.0	0.10
3.8	47.0	4.61	0.9	0.08	11.6	27.0	2.65	0.7	0.07
4.0	51.0	5.00	0.9	0.08	11.8	47.0	4.61	2.2	0.22
4.2	41.0	4.02	1.4	0.14	12.0	69.0	6.77	2.3	0.22
4.4	43.0	4.22	1.1	0.11	12.2	61.0	5.98	2.4	0.24
4.6	32.0	3.14	2.4	0.24	12.4	53.0	5.20	2.3	0.22
4.8	28.0	2.75	1.9	0.19	12.6	49.0	4.81	2.1	0.21
5.0	30.0	2.94	1.1	0.11	12.8	38.0	3.73	2.3	0.23
5.2	26.0	2.55	1.2	0.12	13.0	41.0	4.02	2.3	0.22
5.4	29.0	2.84	0.7	0.07	13.2	43.0	4.22	1.8	0.18
5.6	30.0	2.94	0.9	0.09	13.4	44.0	4.32	1.7	0.17
5.8	37.0	3.63	1.0	0.10	13.6	41.0	4.02	2.3	0.22
6.0	39.0	3.82	0.7	0.07	13.8	44.0	4.32	1.9	0.19
6.2	33.0	3.24	1.5	0.14	14.0	36.0	3.53	1.7	0.17
6.4	30.0	2.94	1.3	0.12	14.2	43.0	4.22	1.8	0.18
6.6	28.0	2.75	2.1	0.21	14.4	47.0	4.61	1.9	0.18
6.8	31.0	3.04	1.5	0.15	14.6	41.0	4.02	1.9	0.19
7.0	37.0	3.63	1.0	0.10	14.8	44.0	4.32	2.0	0.20
7.2	33.0	3.24	1.2	0.12	15.0	42.0	4.12	2.1	0.20
7.4	36.0	3.53	1.2	0.12					
7.6	32.0	3.14	1.3	0.12					
7.8	33.0	3.24	1.7	0.17					
8.0	35.0	3.43	1.7	0.16					
8.2	41.0	4.02	2.0	0.20					

IL RESPONSABILE DI SITO
Dott. Geol. Maurizio S...


IL DIRETTORE DEL LABORATORIO
Dott. Geol. Giuseppe Rello


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)

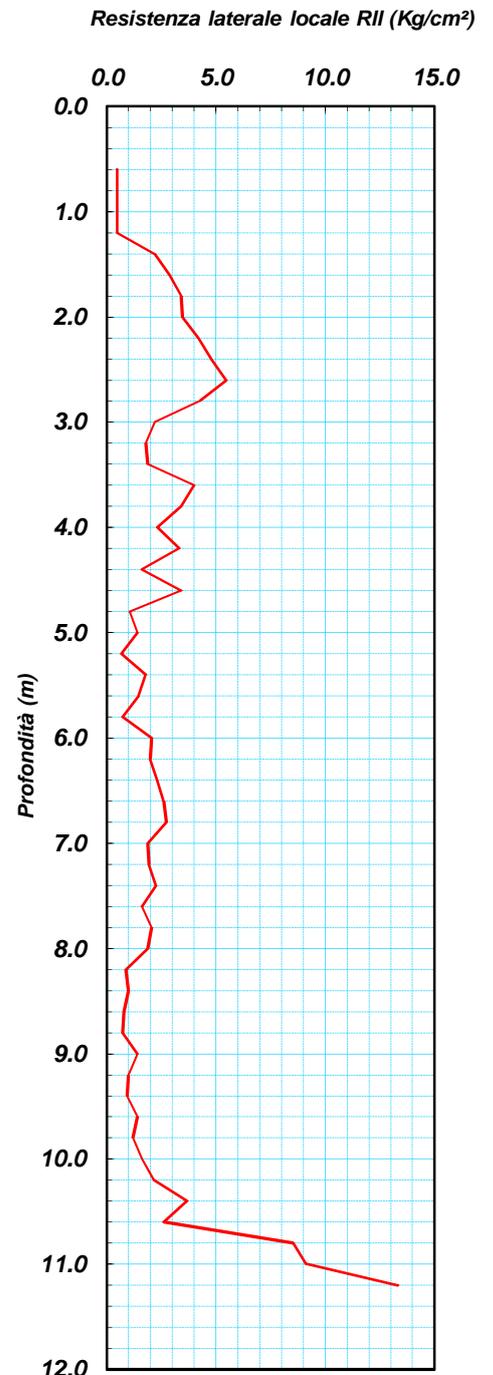
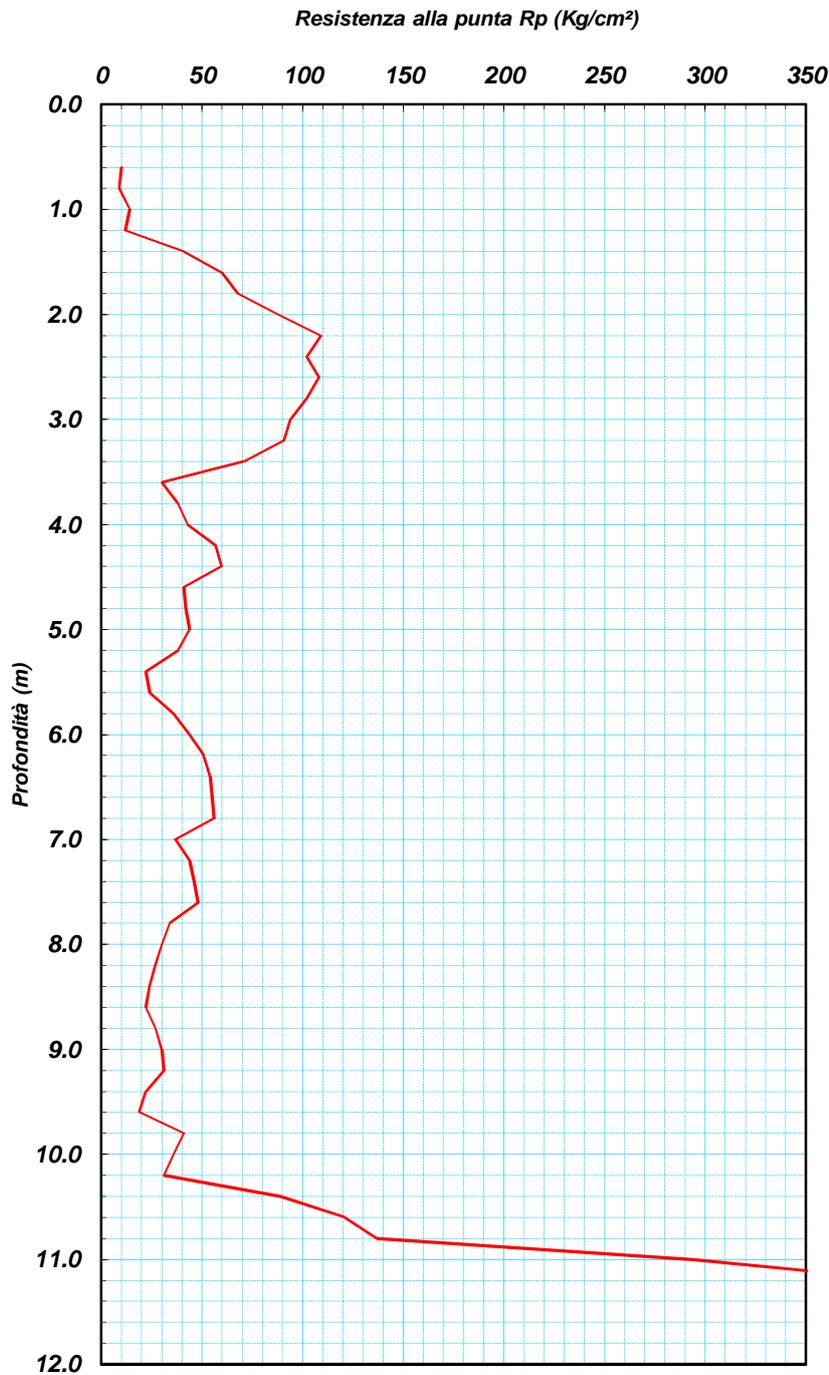
Committente: Sinergia GP12

Id Int. 142 / 22

Cantiere: Realizzazione di un Impianto Fotovoltaico Amorosi (BN)

Coordinate lat. e long.: N41.218570° / E14.468060° Data esecuz. prova: 31/03/2022

Prova (n): CPT 03 Certificato n° 0231/22 del 07/04/2022 Quota (m. slm):



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: Sinergia GP12

Id Int. 142 / 22

Cantiere: Realizzazione di un Impianto Fotovoltaico Amorosi (BN)

Coordinate lat. e long.: N41.218570° / E14.468060° Data esecuz. prova: 31/03/2022

Prova (n): CPT 03 Certificato n° 0231/22 del 07/04/2022 Quota (m. slm):

VALORI MISURATI IN SITU CON PENETROMETRO STATICO DA 20 TONS

Prof. (m)	Rp (Kg/cm ²)	Rp (MPa)	Ril (Kg/cm ²)	Ril (MPa)	Prof. (m)	Rp (Kg/cm ²)	Rp (MPa)	Ril (Kg/cm ²)	Ril (MPa)	Prof. (m)	Rp (Kg/cm ²)	Rp (MPa)	Ril (Kg/cm ²)	Ril (MPa)
0.6	10.0	0.98	0.5	0.05	8.4	24.0	2.35	1.0	0.10					
0.8	9.0	0.88	0.5	0.05	8.6	22.0	2.16	0.8	0.08					
1.0	14.0	1.37	0.5	0.05	8.8	27.0	2.65	0.7	0.07					
1.2	12.0	1.18	0.5	0.05	9.0	30.0	2.94	1.4	0.14					
1.4	41.0	4.02	2.2	0.22	9.2	31.0	3.04	1.0	0.10					
1.6	60.0	5.88	2.9	0.28	9.4	22.0	2.16	0.9	0.09					
1.8	68.0	6.67	3.4	0.33	9.6	19.0	1.86	1.4	0.14					
2.0	88.0	8.63	3.5	0.34	9.8	41.0	4.02	1.2	0.12					
2.2	109.0	10.69	4.2	0.41	10.0	36.0	3.53	1.6	0.16					
2.4	102.0	10.00	4.8	0.47	10.2	31.0	3.04	2.1	0.21					
2.6	108.0	10.59	5.5	0.54	10.4	89.0	8.73	3.7	0.36					
2.8	102.0	10.00	4.3	0.42	10.6	121.0	11.87	2.6	0.25					
3.0	94.0	9.22	2.2	0.22	10.8	137.0	13.44	8.5	0.84					
3.2	91.0	8.92	1.8	0.18	11.0	294.0	28.83	9.1	0.90					
3.4	71.0	6.96	1.9	0.18	11.2	400.0	39.23	13.3	1.31					
3.6	30.0	2.94	4.0	0.39										
3.8	38.0	3.73	3.4	0.33										
4.0	43.0	4.22	2.3	0.23										
4.2	57.0	5.59	3.3	0.33										
4.4	60.0	5.88	1.6	0.16										
4.6	41.0	4.02	3.4	0.33										
4.8	42.0	4.12	1.1	0.10										
5.0	44.0	4.32	1.4	0.14										
5.2	38.0	3.73	0.7	0.07										
5.4	22.0	2.16	1.8	0.18										
5.6	24.0	2.35	1.5	0.14										
5.8	36.0	3.53	0.7	0.07										
6.0	44.0	4.32	2.1	0.20										
6.2	51.0	5.00	2.0	0.20										
6.4	54.0	5.30	2.3	0.23										
6.6	55.0	5.39	2.6	0.25										
6.8	56.0	5.49	2.7	0.27										
7.0	37.0	3.63	1.9	0.18										
7.2	44.0	4.32	1.9	0.19										
7.4	46.0	4.51	2.3	0.22										
7.6	48.0	4.71	1.6	0.16										
7.8	34.0	3.33	2.1	0.20										
8.0	30.0	2.94	1.9	0.18										
8.2	27.0	2.65	0.8	0.08										

IL RESPONSABILE DI SITO
Dott. Geol. Mauro Sammartino

IL DIRETTORE DEL LABORATORIO
Dott. Geol. Giuseppe Riele



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)

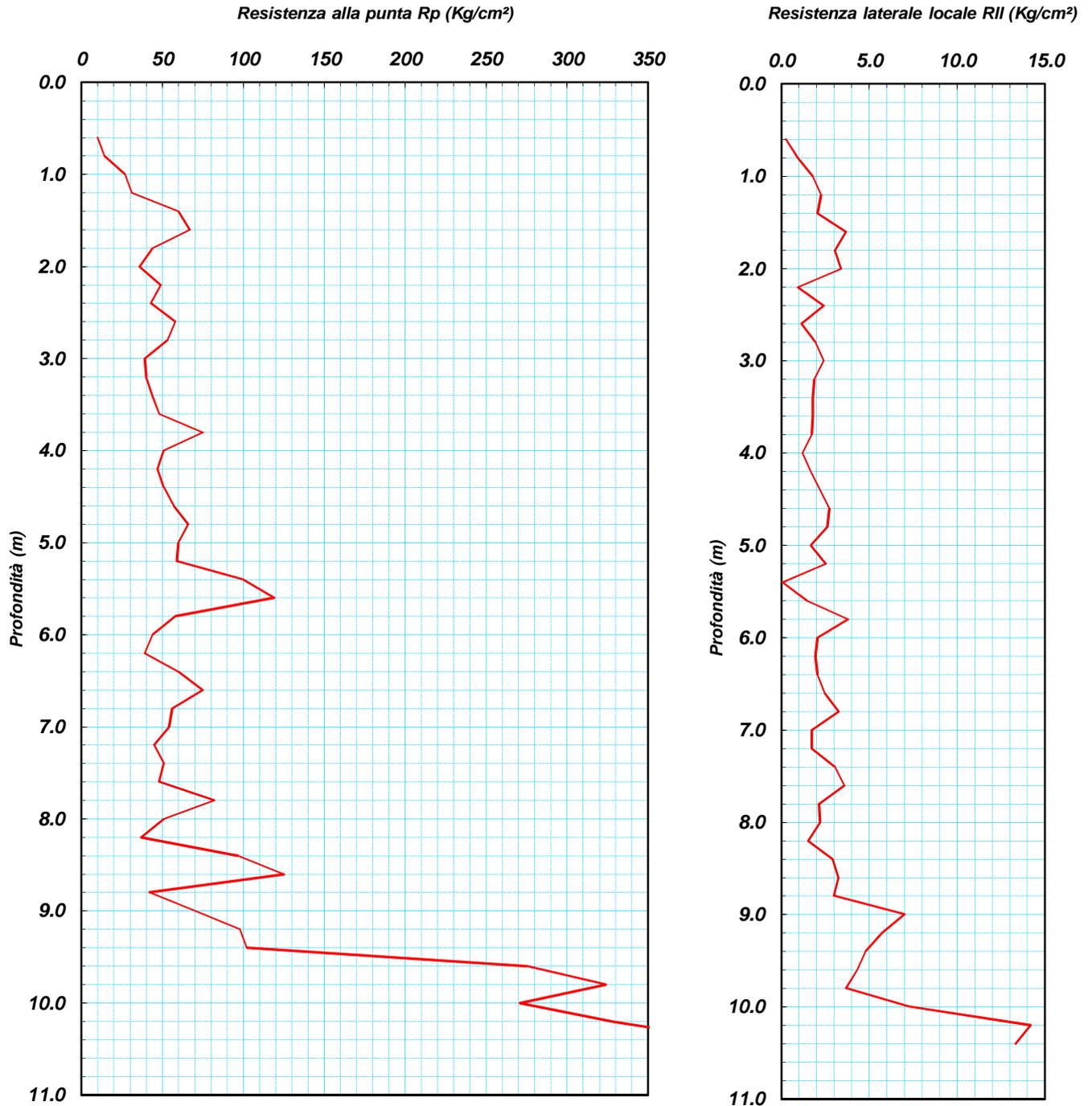
Committente: Sinergia GP12

Id Int. 142 / 22

Cantiere: Realizzazione di un Impianto Fotovoltaico Amorosi (BN)

Coordinate lat. e long.: N41.218420° / E14.467110° Data esecuz. prova: 31/03/2022

Prova (n): **CPT 04** Certificato n° 0232/22 del 07/04/2022 Quota (m. slm):



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: Sinergia GP12

Id Int. 142 / 22

Cantiere: Realizzazione di un Impianto Fotovoltaico Amorosi (BN)

Coordinate lat. e long.: N41.218420° / E14.467110° Data esecuz. prova: 31/03/2022

Prova (n): **CPT 04** Certificato n° **0232/22** del 07/04/2022 Quota (m. slm):

VALORI MISURATI IN SITU CON PENETROMETRO STATICO DA 20 TONS

Prof. (m)	Rp (Kg/cm ²)	Rp (MPa)	Ril (Kg/cm ²)	Ril (MPa)	Prof. (m)	Rp (Kg/cm ²)	Rp (MPa)	Ril (Kg/cm ²)	Ril (MPa)	Prof. (m)	Rp (Kg/cm ²)	Rp (MPa)	Ril (Kg/cm ²)	Ril (MPa)
0.6	10.0	0.98	0.3	0.03	8.4	97.0	9.51	2.9	0.29					
0.8	14.0	1.37	0.9	0.09	8.6	125.0	12.26	3.3	0.32					
1.0	27.0	2.65	1.8	0.18	8.8	42.0	4.12	3.0	0.29					
1.2	31.0	3.04	2.3	0.22	9.0	70.0	6.86	7.0	0.69					
1.4	60.0	5.88	2.1	0.20	9.2	98.0	9.61	5.7	0.56					
1.6	67.0	6.57	3.7	0.36	9.4	102.0	10.00	4.8	0.47					
1.8	44.0	4.32	3.1	0.30	9.6	275.0	26.97	4.3	0.42					
2.0	36.0	3.53	3.4	0.33	9.8	324.0	31.77	3.7	0.36					
2.2	49.0	4.81	0.9	0.09	10.0	271.0	26.58	7.3	0.71					
2.4	43.0	4.22	2.4	0.24	10.2	328.0	32.17	14.2	1.39					
2.6	58.0	5.69	1.1	0.11	10.4	400.0	39.23	13.3	1.31					
2.8	53.0	5.20	1.9	0.19										
3.0	39.0	3.82	2.4	0.24										
3.2	40.0	3.92	1.9	0.18										
3.4	44.0	4.32	1.8	0.18										
3.6	48.0	4.71	1.8	0.18										
3.8	75.0	7.36	1.7	0.17										
4.0	51.0	5.00	1.2	0.12										
4.2	47.0	4.61	1.7	0.16										
4.4	51.0	5.00	2.2	0.22										
4.6	57.0	5.59	2.7	0.27										
4.8	66.0	6.47	2.6	0.25										
5.0	60.0	5.88	1.7	0.16										
5.2	59.0	5.79	2.5	0.25										
5.4	100.0	9.81	0.1	0.01										
5.6	119.0	11.67	1.5	0.14										
5.8	58.0	5.69	3.8	0.37										
6.0	44.0	4.32	2.1	0.20										
6.2	39.0	3.82	1.9	0.19										
6.4	60.0	5.88	2.1	0.20										
6.6	75.0	7.36	2.5	0.24										
6.8	56.0	5.49	3.3	0.32										
7.0	54.0	5.30	1.7	0.17										
7.2	45.0	4.41	1.7	0.17										
7.4	51.0	5.00	3.1	0.30										
7.6	48.0	4.71	3.6	0.35										
7.8	82.0	8.04	2.1	0.21										
8.0	51.0	5.00	2.2	0.22										
8.2	37.0	3.63	1.5	0.15										

IL RESPONSABILE DEL 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 DINAMICA PESANTE (D.P.S.H.)

Standard utilizzato: **Emilia (30)** [peso maglio Kg 63.5, volata cm 75, area punta cmq 20, angolo di apertura della punta 60°]

Committente: Sinergia GP12

Id Int. 142 / 22

Cantiere: Realizzazione di un Impianto Fotovoltaico Amorosi (BN)

Coordinate lat. e long.: N41.214640° / E14.469340° Data esecuz. prova: 31/03/2022

Prova (n): **DPSH 02** Certificato n° **0230/22** del 07/04/2022

VALORI MISURATI IN SITU CON PENETROMETRO DINAMICO PESANTE

Prof. (m)	Colpi (N)								
0.30	10	9.30	10						
0.60	20	9.60	11						
0.90	19	9.90	14						
1.20	22								
1.50	16								
1.80	24								
2.10	20								
2.40	16								
2.70	10								
3.00	10								
3.30	12								
3.60	8								
3.90	14								
4.20	20								
4.50	21								
4.80	30								
5.10	18								
5.40	16								
5.70	9								
6.00	14								
6.30	9								
6.60	9								
6.90	10								
7.20	9								
7.50	8								
7.80	11								
8.10	9								
8.40	10								
8.70	9								
9.00	13								

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 geognostiche, prel. di campioni e prove in sito di cui all'art. 59 DPR. 380/01

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA PESANTE (D.P.S.H.)

Standard utilizzato: Emilia (30) [peso maglio Kg 63.5, volata cm 75, area punta cmq 20, angolo di apertura della punta 60°]

Committente: Sinergia GP12

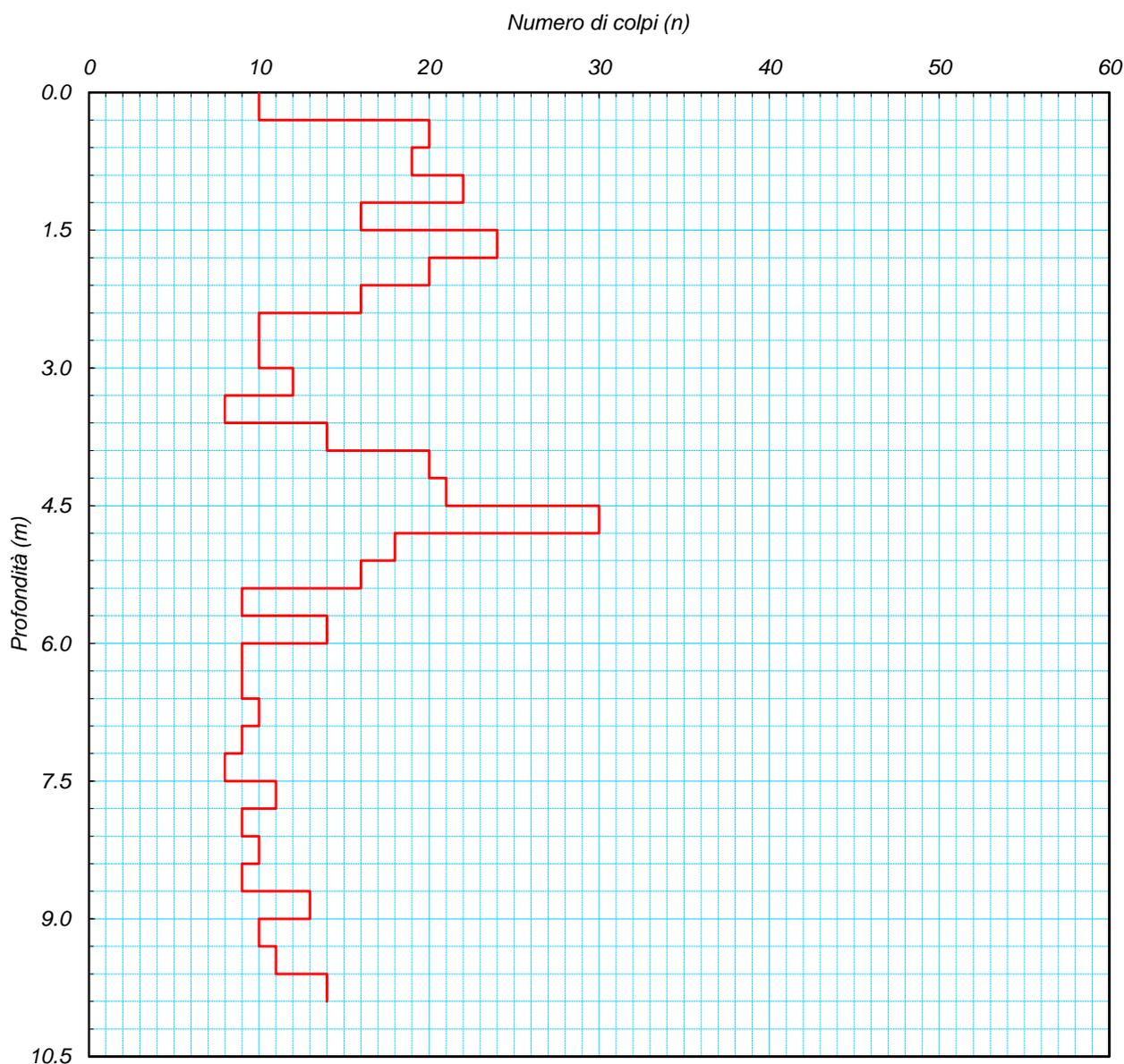
Id Int. 142 / 22

Cantiere: Realizzazione di un Impianto Fotovoltaico Amorosi (BN)

Coordinate lat. e long.: N41.214640° / E14.469340° Data eseguz. prova: 31/03/2022

Prova (n): **DPSH 02** Certificato n° **0230/22** del 07/04/2022

GRAFICO NUMERO DI COLPI



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

IL DIRETTORE DEL LABORATORIO
Dott. Geol. Giuseppe Riello

PROVA SISMICA Vs,eq METODO MASW

Committente: Sinergia GP12

Protocollo n.: 142/22

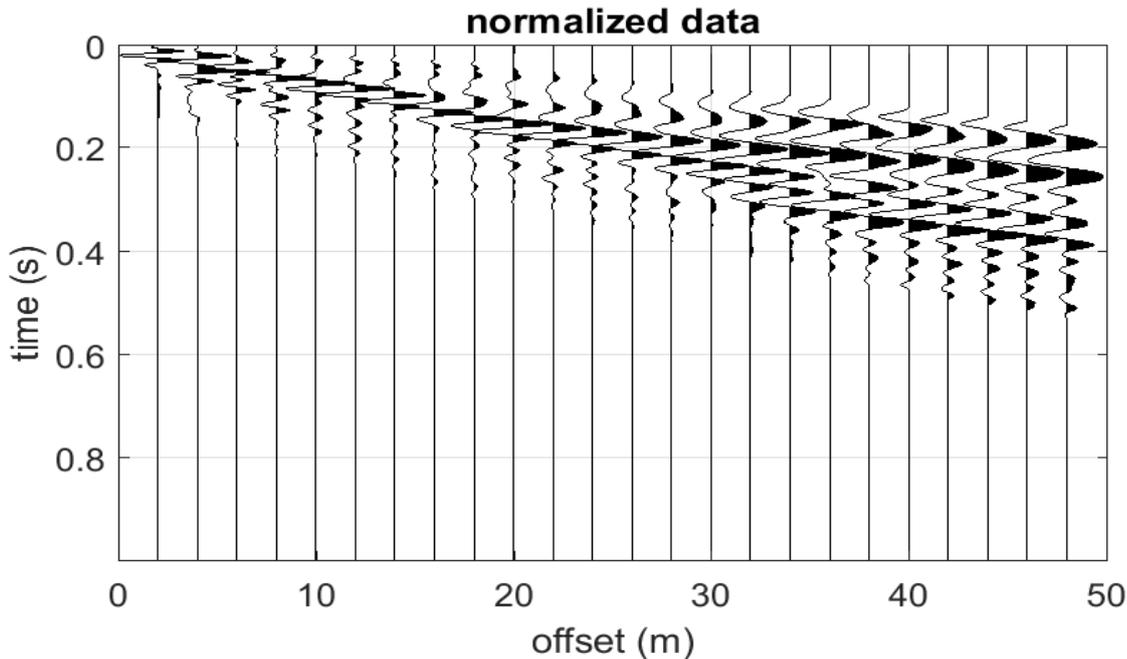
Cantiere: Realizzazione di un Impianto Fotovoltaico Amorosi (BN)

Data esecuzione prova: 31/03/2022

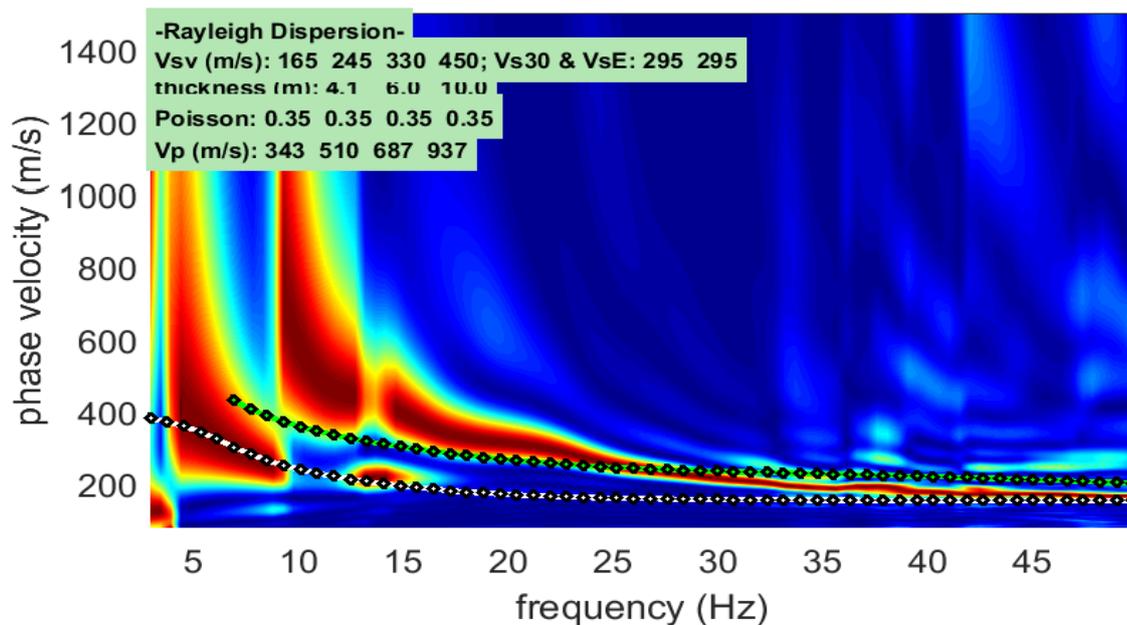
Prova MASW: M1

Data emissione certificato: 06/04/2022

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: Sinergia GP12

Protocollo n.: 142/22

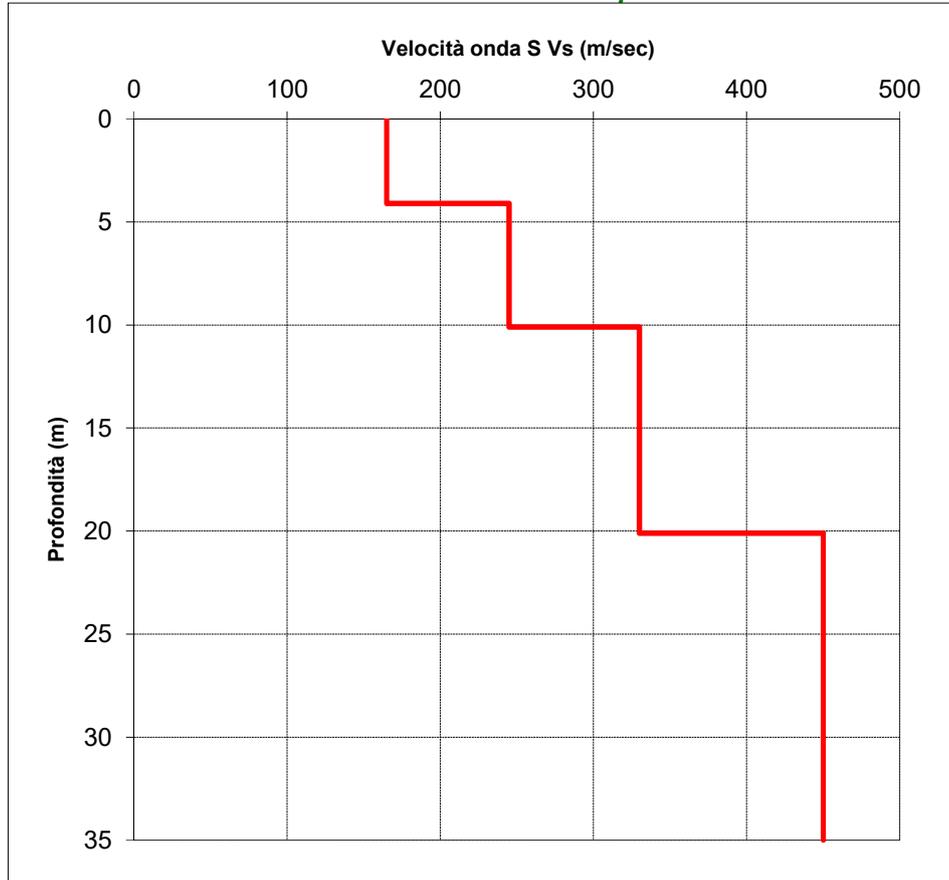
Cantiere: Realizzazione di un Impianto Fotovoltaico Amorosi (BN)

Data esecuzione prova: 31/03/2022

Prova MASW: M1

Data emissione certificato: 06/04/2022

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	4.10	165	0.0248
4.10	10.10	245	0.0245
10.10	20.10	330	0.0303
20.10	35.00	450	0.0331

VALORE DI Vs,eq CALCOLATO (m/s)
295

Categoria di sottosuolo
C



IL RESPONSABILE DEL SETTORE

Dott. Geol. Carmencita Ventrone

*REPORT VERIFICA A LIQUEFAZIONE
IMPIANTO FV AMOROSI*

METODO ANDRUS E STOKOE

Andrus e Stokoe (1998)

Il 'metodo di Andrus e Stokoe' è basato sulle misure provenienti da prove sismiche a rifrazione, (V_S). La velocità delle onde di taglio viene corretta dalla sovrappressione, usando l'equazione (Robertson et alii, 1992):

$$V_{S1} = V_S \left(\frac{Pa}{\sigma'_{vo}} \right)^{0,25}$$

dove

V_{S1} velocità delle onde di taglio corretta dalla sovrappressione;

V_S velocità delle onde di taglio misurate in situ;

Pa pressione atmosferica (circa 100 kPa);

σ'_{vo} pressione effettiva iniziale nelle stesse unità di misura della Pa .

Per il calcolo della resistenza alla liquefazione, Andrus e Stokoe hanno proposto la seguente relazione:

$$CRR = 0,03 \left(\frac{V_{S1}}{100} \right)^2 + 0,9 \left[\frac{1}{(V_{S1})_{cs} - V_{S1}} - \frac{1}{(V_{S1})_{cs}} \right]$$

dove la presenza di fini FC (%) interviene nel modello di calcolo tramite le seguenti indicazioni:

$(V_{S1})_{CS} = 220$ per $FC \leq 5\%$

$220 < (V_{S1})_{CS} \leq 200$ per $5\% < FC \leq 35\%$

$(V_{S1})_{CS} = 200$ per $FC > 35\%$

Il Rapporto di Tensione Ciclica per eventi sismici di magnitudo 7,5 (**CSR_{7,5}**) si determina dalla seguente espressione:

$$\frac{\tau_{av}}{\sigma'_{vo}} = CSR_{7,5} = 0,65 \frac{a_{max}}{g} \frac{\sigma_{vo}}{\sigma'_{vo}} r_d$$

dove a_{max} rappresenta l'accelerazione orizzontale massima attesa in superficie contenente gli effetti amplificativi di sito. Utilizzando le raccomandazioni del NCEER, per magnitudo diverse occorre introdurre il fattore correttivo **MSF** (*Magnitude Scaling Factor*) (vedi Tabella 1)

$$CSR = \frac{CSR_{7,5}}{MSF}$$

Tabella 1- Fattore di scala della magnitudo derivato da diversi ricercatori

Magnitudo	Seed H.B. & Idriss I.M. (1982)	Ambraseys N.N (1988).	NCEER (Seed R. B. et alii) (1997; 2003)
5,5	1,43	2,86	2,21
6,0	1,32	2,20	1,77
6,5	1,19	1,69	1,44
7,0	1,08	1,30	1,19
7,5	1,00	1,00	1,00
8,0	0,94	0,67	0,84

8,5

0,89

0,44

0,73

Per determinare il valore del coefficiente riduttivo r_d vengono utilizzate le formule raccomandate da un gruppo di esperti del **NCEER** (*National Center for Earthquake Engineering Research*):

per $z < 9,15$ m

$$r_d = 1,0 - 0,00765 z$$

per $9,15 \leq z < 23$ m

$$r_d = 1,174 - 0,00267 z$$

Il fattore di sicurezza alla liquefazione **FS** viene determinato dalla relazione:

$$FS = \frac{CRR}{CSR}$$

mentre l'indice e il rischio di liquefazione vengono calcolati con il metodo di **Iwasaki et alii** (1978; 1984).

DATI GENERALI

Data 07/04/2022
 Normativa: Norme Tecniche Costruzioni 2018, Decreto 17 Gen. 2018

Fattore sicurezza normativa 1.25

FALDA

Profondità falda idrica 4 m

DATI SISMICI

Accelerazione Bedrock 0.15

Tipo Suolo: C-Sabbie, ghiaie mediamente addensate, argille di media consistenza $V_{s30}=180-360$

Morfologia: T1-Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$

Coefficiente amplificazione stratigrafica (SS) 1.5
 Coefficiente amplificazione topografica (ST) 1
 Magnitudo momento sismico (Mw) 5.99
 Distanza epicentro 10.2 Km
 Peak ground acceleration (PGA) 0.225

PARAMETRI GEOTECNICI

Strato Nr	Descrizione	Quota iniziale (m)	Quota finale (m)	Peso unità volume (KN/mc)	Peso unità volume saturo (KN/mc)	Numero colpi medio (Nspt)	D50 granuli (mm)	Resistenza a qc (KPa)	Resistenza a attrito laterale fs (KPa)	Velocità onde di taglio Vs (m/s)
1	Limi sabbiosi e sabbie con limo	0	1.2	16	17	0	0	20	0	160
2	Ghiaie sabbioso limose	1.2	3.6	19	20	0	0	50	0	200
3	Sabbie limoso ghiaiose	3.6	12	17	18	0	0	30	0	280
4	Sabbie ghiaioso limose	12	15	18	19	0	0	40	0	400

Nr.	Frazione fine (%)	Validità
	0	Valido
	0	Valido
	0	Valido

Correzione per la magnitudo (MSF)

1.78

Nr.	Profondità dal p.c. (m)	Pressione litostatica totale (KPa)	Pressione verticale effettiva (KPa)	Velocità normalizzata Vs1 (m/s)	Valore critico di Vs1 (Vs1c) (m/s)	Coefficiente riduttivo (rd)	Resistenza alla liquefazione (CRR)	Sforzo di taglio normalizzato (CSR)	Coefficiente di sicurezza Fs	Suscettibilità di liquefazione	Indice di liquefazione	Rischio
1	4.20	75.200	73.239	302.673	220.000	0.968	0.260	0.082	3.18	Terreno non suscettibile e di liquefazione	0.00	Molto basso
2	4.40	78.800	74.877	301.003	220.000	0.966	0.257	0.084	3.07	Terreno non suscettibile e di liquefazione	0.00	Molto basso
3	4.60	82.400	76.516	299.378	220.000	0.965	0.253	0.085	2.97	Terreno non suscettibile e di liquefazione	0.00	Molto basso
4	4.80	86.000	78.155	297.796	220.000	0.963	0.250	0.087	2.87	Terreno non suscettibile e di liquefazione	0.00	Molto basso
5	5.00	89.600	79.793	296.256	220.000	0.962	0.247	0.089	2.79	Terreno non suscettibile e di liquefazione	0.00	Molto basso
6	5.20	93.200	81.432	294.754	220.000	0.960	0.245	0.090	2.70	Terreno non suscettibile e di liquefazione	0.00	Molto basso



7	5.40	96.800	83.071	293.289	220.000	0.959	0.242	0.092	2.63	Terreno non suscettibile e di liquefazione	0.00	Molto basso
8	5.60	100.400	84.709	291.860	220.000	0.957	0.239	0.093	2.56	Terreno non suscettibile e di liquefazione	0.00	Molto basso
9	5.80	104.000	86.348	290.466	220.000	0.956	0.236	0.095	2.50	Terreno non suscettibile e di liquefazione	0.00	Molto basso
10	6.00	107.600	87.987	289.104	220.000	0.954	0.234	0.096	2.43	Terreno non suscettibile e di liquefazione	0.00	Molto basso
11	6.20	111.200	89.625	287.773	220.000	0.953	0.231	0.097	2.38	Terreno non suscettibile e di liquefazione	0.00	Molto basso
12	6.40	114.800	91.264	286.473	220.000	0.951	0.229	0.098	2.32	Terreno non suscettibile e di liquefazione	0.00	Molto basso
13	6.60	118.400	92.903	285.201	220.000	0.950	0.226	0.100	2.27	Terreno non suscettibile e di liquefazione	0.00	Molto basso
14	6.80	122.000	94.541	283.957	220.000	0.948	0.224	0.101	2.22	Terreno non suscettibile e di liquefazione	0.00	Molto basso
15	7.00	125.600	96.180	282.740	220.000	0.946	0.221	0.102	2.18	Terreno non suscettibile e di liquefazione	0.00	Molto basso
16	7.20	129.200	97.819	281.548	220.000	0.945	0.219	0.103	2.13	Terreno non suscettibile e di liquefazione	0.00	Molto basso
17	7.40	132.800	99.457	280.381	220.000	0.943	0.217	0.104	2.09	Terreno non suscettibile e di liquefazione	0.00	Molto basso
18	7.60	136.400	101.096	279.238	220.000	0.942	0.215	0.105	2.05	Terreno non suscettibile e di liquefazione	0.00	Molto basso
19	7.80	140.000	102.735	278.118	220.000	0.940	0.212	0.105	2.02	Terreno non suscettibile e di liquefazione	0.00	Molto basso



20	8.00	143.600	104.373	277.020	220.000	0.939	0.210	0.106	1.98	Terreno non suscettibile e di liquefazione	0.00	Molto basso
21	8.20	147.200	106.012	275.943	220.000	0.937	0.208	0.107	1.95	Terreno non suscettibile e di liquefazione	0.00	Molto basso
22	8.40	150.800	107.651	274.887	220.000	0.936	0.206	0.108	1.91	Terreno non suscettibile e di liquefazione	0.00	Molto basso
23	8.60	154.400	109.289	273.851	220.000	0.934	0.204	0.109	1.88	Terreno non suscettibile e di liquefazione	0.00	Molto basso
24	8.80	158.000	110.928	272.834	220.000	0.933	0.202	0.109	1.85	Terreno non suscettibile e di liquefazione	0.00	Molto basso
25	9.00	161.600	112.567	271.835	220.000	0.931	0.200	0.110	1.82	Terreno non suscettibile e di liquefazione	0.00	Molto basso
26	9.20	165.200	114.205	270.855	220.000	0.928	0.198	0.110	1.80	Terreno non suscettibile e di liquefazione	0.00	Molto basso
27	9.40	168.800	115.844	269.892	220.000	0.923	0.196	0.111	1.78	Terreno non suscettibile e di liquefazione	0.00	Molto basso
28	9.60	172.400	117.483	268.946	220.000	0.918	0.195	0.111	1.76	Terreno non suscettibile e di liquefazione	0.00	Molto basso
29	9.80	176.000	119.121	268.016	220.000	0.912	0.193	0.111	1.74	Terreno non suscettibile e di liquefazione	0.00	Molto basso
30	10.00	179.600	120.760	267.102	220.000	0.907	0.191	0.111	1.72	Terreno non suscettibile e di liquefazione	0.00	Molto basso
31	10.20	183.200	122.399	266.204	220.000	0.902	0.189	0.111	1.70	Terreno non suscettibile e di liquefazione	0.00	Molto basso
32	10.40	186.800	124.037	265.320	220.000	0.896	0.187	0.111	1.69	Terreno non suscettibile e di	0.00	Molto basso



										liquefazione		
33	10.60	190.400	125.676	264.451	220.000	0.891	0.185	0.111	1.67	Terreno non suscettibile di liquefazione	0.00	Molto basso
34	10.80	194.000	127.315	263.596	220.000	0.886	0.184	0.111	1.66	Terreno non suscettibile di liquefazione	0.00	Molto basso
35	11.00	197.600	128.953	262.754	220.000	0.880	0.182	0.111	1.64	Terreno non suscettibile di liquefazione	0.00	Molto basso
36	11.20	201.200	130.592	261.926	220.000	0.875	0.180	0.111	1.63	Terreno non suscettibile di liquefazione	0.00	Molto basso
37	11.40	204.800	132.231	261.111	220.000	0.870	0.179	0.111	1.61	Terreno non suscettibile di liquefazione	0.00	Molto basso
38	11.60	208.400	133.870	260.308	220.000	0.864	0.177	0.111	1.60	Terreno non suscettibile di liquefazione	0.00	Molto basso
39	11.80	212.000	135.508	259.518	220.000	0.859	0.175	0.111	1.58	Terreno non suscettibile di liquefazione	0.00	Molto basso
40	12.00	215.600	137.147	258.739	220.000	0.854	0.174	0.110	1.57	Terreno non suscettibile di liquefazione	0.00	Molto basso
41	12.20	219.400	138.986	368.398	220.000	0.848	0.397	0.110	3.60	Terreno non suscettibile di liquefazione	0.00	Molto basso
42	12.40	223.200	140.824	367.190	220.000	0.843	0.394	0.110	3.59	Terreno non suscettibile di liquefazione	0.00	Molto basso
43	12.60	227.000	142.663	366.001	220.000	0.838	0.392	0.110	3.57	Terreno non suscettibile di liquefazione	0.00	Molto basso
44	12.80	230.800	144.502	364.831	220.000	0.832	0.389	0.109	3.56	Terreno non suscettibile di liquefazione	0.00	Molto basso
45	13.00	234.600	146.340	363.680	220.000	0.827	0.386	0.109	3.54	Terreno non suscettibile	0.00	Molto basso



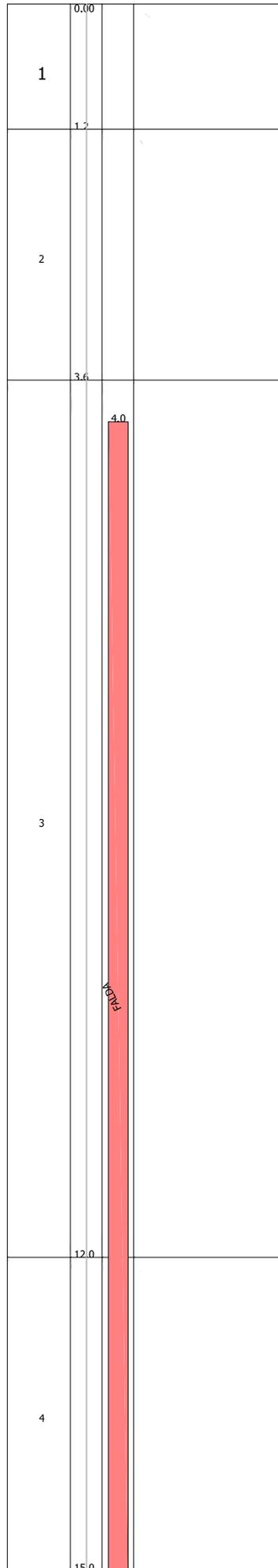
											e di liquefazio ne		
46	13.20	238.400	148.179	362.546	220.000	0.822	0.384	0.109	3.53	Terreno non suscttibil e di liquefazio ne	0.00	Molto basso	
47	13.40	242.200	150.018	361.430	220.000	0.816	0.381	0.108	3.52	Terreno non suscttibil e di liquefazio ne	0.00	Molto basso	
48	13.60	246.000	151.856	360.331	220.000	0.811	0.379	0.108	3.51	Terreno non suscttibil e di liquefazio ne	0.00	Molto basso	
49	13.80	249.800	153.695	359.249	220.000	0.806	0.377	0.108	3.50	Terreno non suscttibil e di liquefazio ne	0.00	Molto basso	
50	14.00	253.600	155.534	358.182	220.000	0.800	0.374	0.107	3.49	Terreno non suscttibil e di liquefazio ne	0.00	Molto basso	
51	14.20	257.400	157.372	357.131	220.000	0.795	0.372	0.107	3.48	Terreno non suscttibil e di liquefazio ne	0.00	Molto basso	
52	14.40	261.200	159.211	356.096	220.000	0.790	0.370	0.107	3.47	Terreno non suscttibil e di liquefazio ne	0.00	Molto basso	
53	14.60	265.000	161.050	355.075	220.000	0.784	0.367	0.106	3.46	Terreno non suscttibil e di liquefazio ne	0.00	Molto basso	
54	14.80	268.800	162.888	354.069	220.000	0.779	0.365	0.106	3.46	Terreno non suscttibil e di liquefazio ne	0.00	Molto basso	

IPL (Iwasaki)=0 Zcrit=20 m Rischio=Molto basso

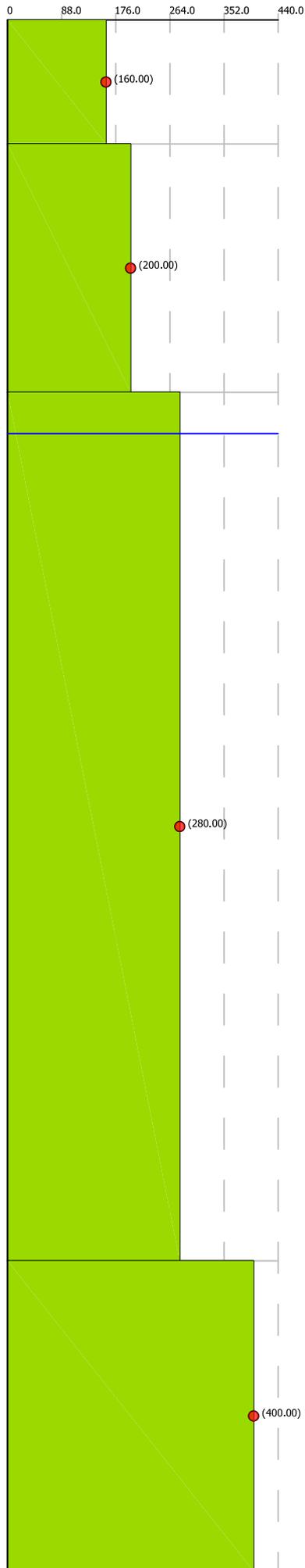


GRAFICO METODO ANDRUS E STOKOE

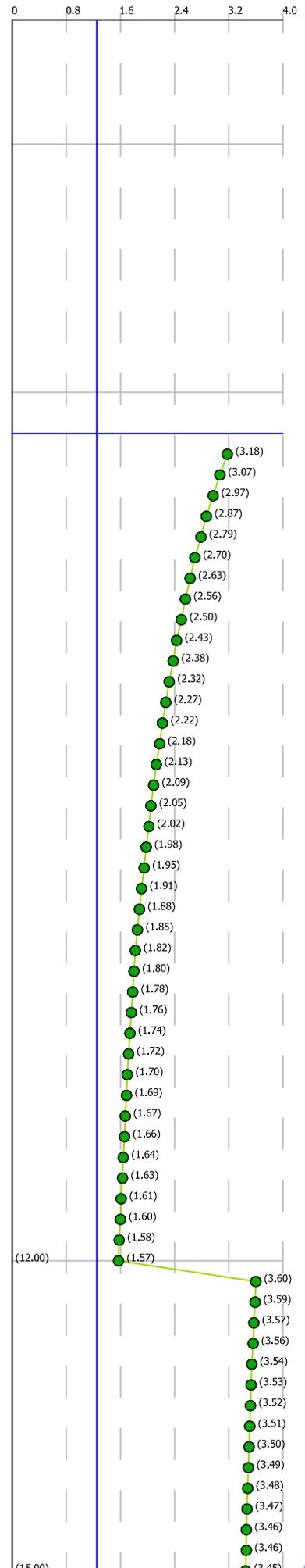
Colonna stratigrafica



Vs (m/s)



Fattore di sicurezza Fs



*REPORT VERIFICA A LIQUEFAZIONE
IMPIANTO FV AMOROSI*

METODO Eurocodice EC8-(CPT)

Metodo dell'Eurocodice 8 (ENV 1998-5)

Le indicazioni della normativa europea sono contenute al punto 4.1.3 a cui si aggiungono ulteriori indicazioni che si possono trovare nell'appendice B della parte 5 dell'Eurocodice 8 (ENV 1998-5).

Secondo tale normativa si può escludere pericolo di liquefazione per i terreni sabbiosi saturi che si trovano a profondità di 15 m o quando $a_g < 0,15$ e, contemporaneamente, il terreno soddisfi almeno una delle seguenti condizioni:

- contenuto in argilla superiore al 20%, con indice di plasticità > 10 ;
- contenuto di limo superiore al 10% e resistenza $N_{1,60} > 20$
- frazione fine trascurabile e resistenza $N_{1,60} > 25$

Quando nessuna delle precedenti condizioni è soddisfatta, *la suscettibilità a liquefazione deve essere verificata come minimo mediante i metodi generalmente accettati dall'ingegneria geotecnica, basati su correlazioni di campagna tra misure in situ e valori critici dello sforzo ciclico di taglio che hanno causato liquefazione durante terremoti passati.*

Lo sforzo ciclico di taglio **CSR** viene valutato con l'espressione semplificata:

$$CSR = 0,65 \frac{a_g}{g} S \frac{\sigma_{vo}}{\sigma'_{vo}} \frac{r_d}{MSF} \quad (8.0)$$

dove **S** è il coefficiente di profilo stratigrafico, definito come segue:

Tabella 1- Coefficienti di profilo stratigrafico

Categoria suolo	Spettri di Tipo 1 $S (M > 5,5)$	Spettri di Tipo 2 $S (M \leq 5,5)$
A	1,00	1,00
B	1,20	1,35
C	1,15	1,50
D	1,35	1,80
E	1,40	1,60

Il fattore di correzione della magnitudo **MSF** consigliato dalla normativa è quello di **Ambraseys** (Tabella 2).

Tabella 2- Fattore di scala della magnitudo derivato da diversi ricercatori

Magnitudo	Seed H.B. & Idriss I.M. (1982)	Ambraseys N.N (1988).	NCEER (Seed R. B. et alii) (1997; 2003)
5,5	1,43	2,86	2,21
6,0	1,32	2,20	1,77
6,5	1,19	1,69	1,44
7,0	1,08	1,30	1,19
7,5	1,00	1,00	1,00
8,0	0,94	0,67	0,84
8,5	0,89	0,44	0,73

Nel caso vengano utilizzati dati provenienti da prove **SPT** la resistenza alla liquefazione viene calcolata mediante la seguente relazione di **Blake, 1997**:

$$CRR = \frac{0,04844 - 0,004721(N_{1,60})_{cs} + 0,0006136[(N_{1,60})_{cs}]^2 - 0,00001673[(N_{1,60})_{cs}]^3}{1 - 0,1248(N_{1,60})_{cs} + 0,009578[(N_{1,60})_{cs}]^2 - 0,0003285[(N_{1,60})_{cs}]^3 + 0,000003714[(N_{1,60})_{cs}]^4} \quad (8.1)$$

Il valore di $N_{1,60}$ misurato in sabbie limose può essere trasformato in una resistenza equivalente $(N_{1,60})_{cs}$ dove con “cs” si indica “sabbie pulite”. Tale valore viene valutato con il metodo proposto da **Youd e Idriss (1997)** e raccomandato dal **NCEER**:

$$(N_{1,60})_{cs} = \alpha + \beta N_{1,60} \quad (8.2)$$

dove $N_{1,60}$ è la normalizzazione dei valori misurati dell'indice N_m (ridotti del 25% per profondità < 3 m) nella prova **SPT** rispetto ad una pressione efficace di confinamento di 100 KPa ed a un valore del rapporto tra l'energia di impatto e l'energia teorica di caduta libera pari al 60%, cioè:

$$N_{1,60} = C_N C_E N_m \quad (8.3a)$$

$$C_N = \left(\frac{100}{\sigma'_{vo}} \right)^{0,5} \quad (8.3b)$$

$$C_E = \frac{ER}{60} \quad (8.3c)$$

dove ER è pari al (rapporto dell'energia misurato rispetto al valore teorico) x 100 e dipende dal tipo di strumento utilizzato (Tabella 3).

Tabella 3- Rendimenti dei sistemi di infissione

Attrezzatura	C_E
Safety Hammer	0,7÷1,2
Donut Hammer (USA)	0,5÷1,0
Donut Hammer (Giappone)	1,1÷1,4
Automatic-Trip Hammer (Tipo Donut o Safety)	0,8÷1,4

I parametri α e β , invece, dipendono dalla frazione fine FC:

$\alpha = 0$	per $FC \leq 5\%$
$\alpha = \exp[1,76 - (190 / FC^2)]$	per $5\% < FC \leq 35\%$
$\alpha = 5$	per $FC > 35\%$
$\beta = 1,0$	per $FC \leq 5\%$
$\beta = [0,99 + (FC^{1,5} / 1000)]$	per $5\% < FC \leq 35\%$
$\beta = 1,2$	per $FC > 35\%$

Se invece si possiedono dati provenienti da una prova penetrometrica statica (**CPT**), i valori di resistenza alla punta misurati q_c devono essere normalizzati rispetto ad una pressione efficace di confinamento pari a 100 KPa e vanno calcolati tramite la seguente relazione:

$$q_{c1N} = \frac{q_c}{Pa} \left(\frac{Pa}{\sigma'_{vo}} \right)^n \quad (8.4)$$

Per poter tenere conto della eventuale presenza di fini, il software utilizza il metodo di Robertson e Wride. Poiché, come dimostrato, è possibile assumere:

$$\frac{(q_{c1N})_{cs}}{(N_{1,60})_{cs}} = 5 \quad (8.5)$$

come proposto dall'**EC8**, derivato $(N_{1,60})_{cs}$ dalla (5.3), si utilizza la (5.2) per il calcolo di **CRR**.

Quando invece si possiedono dati provenienti da prove sismiche di rifrazione, si calcola la velocità di propagazione normalizzata con la (4.9) e la resistenza alla liquefazione mediante la formula di Andrus e Stokoe (5.0):

DATI GENERALI

Data 07/04/2022
 Normativa: Norme Tecniche Costruzioni 2018, Decreto 17 Gen. 2018

Fattore sicurezza normativa 1.25

FALDA

Profondità falda idrica 4 m

DATI SISMICI

Accelerazione Bedrock 0.15

Tipo Suolo: C-Sabbie, ghiaie mediamente addensate, argille di media consistenza $V_{s30}=180-360$
 Morfologia: T1-Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$

Coefficiente amplificazione stratigrafica (SS) 1.5
 Coefficiente amplificazione topografica (ST) 1
 Magnitudo momento sismico (Mw) 5.99
 Distanza epicentro 10.2 Km
 Peak ground acceleration (PGA) 0.225

PARAMETRI GEOTECNICI

Strato Nr	Descrizione	Quota iniziale (m)	Quota finale (m)	Peso unità volume (KN/mc)	Peso unità volume saturo (KN/mc)	Numero colpi medio (Nspt)	D50 granuli (mm)	Resistenza a qc (KPa)	Resistenza a attrito laterale fs (KPa)	Velocità onde di taglio Vs (m/s)
1	Limi sabbiosi e sabbie con limo	0	1.2	16	17	0	0	20	0	160
2	Ghiaie sabbioso limose	1.2	3.6	19	20	0	0	50	0	200
3	Sabbie limoso ghiaiose	3.6	12	17	18	0	0	30	0	280
4	Sabbie ghiaioso limose	12	15	18	19	0	0	40	0	400

Strato Nr.	Frazione limosa (%)	Frazione argillosa (%)	Indice di plasticità (%)	Tipo Suolo	Validità
1-Limi sabbiosi e sabbie con limo	0	0		A-Formazioni litoidi o suoli omogenei molto rigidi Vs30>800	Valido
2-Ghiaie sabbioso limose	0	0		A-Formazioni litoidi o suoli omogenei molto rigidi Vs30>800	Valido
3-Sabbie limoso ghiaiose	0	0		A-Formazioni litoidi o suoli omogenei molto rigidi Vs30>800	Valido

Nr.	Profondità dal p.c. (m)	Pressione litostatica totale (KPa)	Pressione verticale effettiva (KPa)	Correzione per la pressione litostatica efficace (CN)	Resistenza alla punta corretta qc1 (bar)	Coefficient e riduttivo (rd)	Resistenza alla liquefazione e (CRR)	Sforzo di taglio normalizzato (CSR)	Coefficient e di sicurezza Fs	Suscettibilità di liquefazione	Probabilità di liquefazione (%)
1	4.20	75.200	73.239	1.169	0.351	0.968	0.049	0.056	0.862	Terreno suscettibile di liquefazione	36.426
2	4.40	78.800	74.877	1.156	0.347	0.966	0.049	0.058	0.841	Terreno suscettibile di liquefazione	38.214
3	4.60	82.400	76.516	1.143	0.343	0.965	0.049	0.059	0.822	Terreno suscettibile di liquefazione	39.914
4	4.80	86.000	78.155	1.131	0.339	0.963	0.049	0.060	0.804	Terreno suscettibile di liquefazione	41.530
5	5.00	89.600	79.793	1.119	0.336	0.962	0.049	0.062	0.788	Terreno suscettibile di liquefazione	43.064
6	5.20	93.200	81.432	1.108	0.332	0.960	0.049	0.063	0.773	Terreno suscettibile di liquefazione	44.520
7	5.40	96.800	83.071	1.097	0.329	0.959	0.049	0.064	0.759	Terreno suscettibile di liquefazione	45.901
8	5.60	100.400	84.709	1.087	0.326	0.957	0.049	0.065	0.746	Terreno suscettibile di liquefazione	47.212
9	5.80	104.000	86.348	1.076	0.323	0.956	0.049	0.066	0.734	Terreno suscettibile di liquefazione	48.457
10	6.00	107.600	87.987	1.066	0.320	0.954	0.049	0.067	0.723	Terreno suscettibile di liquefazione	49.638
11	6.20	111.200	89.625	1.056	0.317	0.953	0.049	0.068	0.713	Terreno	50.759



										suscettibile di liquefazione	
12	6.40	114.800	91.264	1.047	0.314	0.951	0.049	0.069	0.703	Terreno suscettibile di liquefazione	51.825
13	6.60	118.400	92.903	1.037	0.311	0.950	0.049	0.070	0.694	Terreno suscettibile di liquefazione	52.838
14	6.80	122.000	94.541	1.028	0.309	0.948	0.049	0.071	0.685	Terreno suscettibile di liquefazione	53.801
15	7.00	125.600	96.180	1.020	0.306	0.946	0.049	0.072	0.677	Terreno suscettibile di liquefazione	54.717
16	7.20	129.200	97.819	1.011	0.303	0.945	0.049	0.072	0.670	Terreno suscettibile di liquefazione	55.590
17	7.40	132.800	99.457	1.003	0.301	0.943	0.049	0.073	0.662	Terreno suscettibile di liquefazione	56.421
18	7.60	136.400	101.096	0.995	0.298	0.942	0.049	0.074	0.656	Terreno suscettibile di liquefazione	57.214
19	7.80	140.000	102.735	0.987	0.296	0.940	0.049	0.075	0.649	Terreno suscettibile di liquefazione	57.970
20	8.00	143.600	104.373	0.979	0.294	0.939	0.049	0.075	0.643	Terreno suscettibile di liquefazione	58.691
21	8.20	147.200	106.012	0.971	0.291	0.937	0.049	0.076	0.637	Terreno suscettibile di liquefazione	59.381
22	8.40	150.800	107.651	0.964	0.289	0.936	0.049	0.077	0.631	Terreno suscettibile di liquefazione	60.040
23	8.60	154.400	109.289	0.957	0.287	0.934	0.049	0.077	0.626	Terreno suscettibile di liquefazione	60.670
24	8.80	158.000	110.928	0.949	0.285	0.933	0.049	0.078	0.621	Terreno suscettibile di liquefazione	61.273
25	9.00	161.600	112.567	0.943	0.283	0.931	0.049	0.079	0.616	Terreno suscettibile di liquefazione	61.851
26	9.20	165.200	114.205	0.936	0.281	0.928	0.049	0.079	0.611	Terreno suscettibile di liquefazione	62.405
27	9.40	168.800	115.844	0.929	0.279	0.923	0.049	0.080	0.607	Terreno suscettibile di liquefazione	62.936
28	9.60	172.400	117.483	0.923	0.277	0.918	0.049	0.080	0.603	Terreno suscettibile di liquefazione	63.445
29	9.80	176.000	119.121	0.916	0.275	0.912	0.049	0.081	0.599	Terreno suscettibile di liquefazione	63.935
30	10.00	179.600	120.760	0.910	0.273	0.907	0.049	0.082	0.595	Terreno suscettibile di liquefazione	64.405
31	10.20	183.200	122.399	0.904	0.271	0.902	0.049	0.082	0.591	Terreno suscettibile di liquefazione	64.857
32	10.40	186.800	124.037	0.898	0.269	0.896	0.049	0.083	0.587	Terreno suscettibile di liquefazione	65.291
33	10.60	190.400	125.676	0.892	0.268	0.891	0.049	0.083	0.584	Terreno suscettibile di liquefazione	65.710
34	10.80	194.000	127.315	0.886	0.266	0.886	0.049	0.084	0.580	Terreno suscettibile di liquefazione	66.113
35	11.00	197.600	128.953	0.881	0.264	0.880	0.049	0.084	0.577	Terreno suscettibile di liquefazione	66.501
36	11.20	201.200	130.592	0.875	0.263	0.875	0.049	0.085	0.574	Terreno suscettibile di	66.876



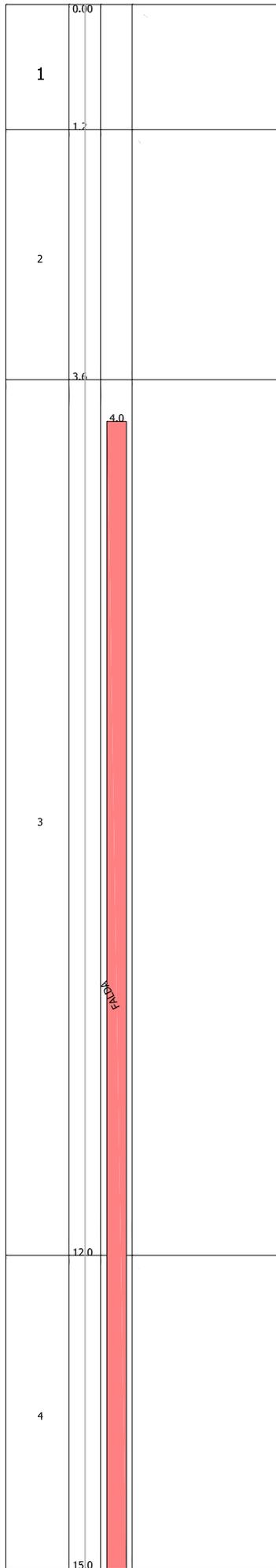
										liquefazione	
37	11.40	204.800	132.231	0.870	0.261	0.870	0.049	0.085	0.571	Terreno suscettibile di liquefazione	67.237
38	11.60	208.400	133.870	0.864	0.259	0.864	0.049	0.085	0.568	Terreno suscettibile di liquefazione	67.585
39	11.80	212.000	135.508	0.859	0.258	0.859	0.049	0.086	0.565	Terreno suscettibile di liquefazione	67.922
40	12.00	215.600	137.147	0.854	0.256	0.854	0.049	0.086	0.563	Terreno suscettibile di liquefazione	68.247
41	12.20	219.400	138.986	0.848	0.339	0.848	0.049	0.087	0.560	Terreno suscettibile di liquefazione	68.494
42	12.40	223.200	140.824	0.843	0.337	0.843	0.049	0.087	0.558	Terreno suscettibile di liquefazione	68.764
43	12.60	227.000	142.663	0.837	0.335	0.838	0.049	0.087	0.556	Terreno suscettibile di liquefazione	69.025
44	12.80	230.800	144.502	0.832	0.333	0.832	0.049	0.088	0.554	Terreno suscettibile di liquefazione	69.276
45	13.00	234.600	146.340	0.827	0.331	0.827	0.049	0.088	0.552	Terreno suscettibile di liquefazione	69.520
46	13.20	238.400	148.179	0.821	0.329	0.822	0.049	0.088	0.550	Terreno suscettibile di liquefazione	69.755
47	13.40	242.200	150.018	0.816	0.327	0.816	0.049	0.089	0.548	Terreno suscettibile di liquefazione	69.983
48	13.60	246.000	151.856	0.811	0.325	0.811	0.049	0.089	0.546	Terreno suscettibile di liquefazione	70.204
49	13.80	249.800	153.695	0.807	0.323	0.806	0.049	0.089	0.544	Terreno suscettibile di liquefazione	70.418
50	14.00	253.600	155.534	0.802	0.321	0.800	0.049	0.089	0.543	Terreno suscettibile di liquefazione	70.625
51	14.20	257.400	157.372	0.797	0.319	0.795	0.049	0.090	0.541	Terreno suscettibile di liquefazione	70.826
52	14.40	261.200	159.211	0.793	0.317	0.790	0.049	0.090	0.539	Terreno suscettibile di liquefazione	71.021
53	14.60	265.000	161.050	0.788	0.315	0.784	0.049	0.090	0.538	Terreno suscettibile di liquefazione	71.210
54	14.80	268.800	162.888	0.784	0.313	0.779	0.049	0.091	0.536	Terreno suscettibile di liquefazione	71.394

IPL (Iwasaki)=19.66 Zcrit=20 m Rischio=Molto alto

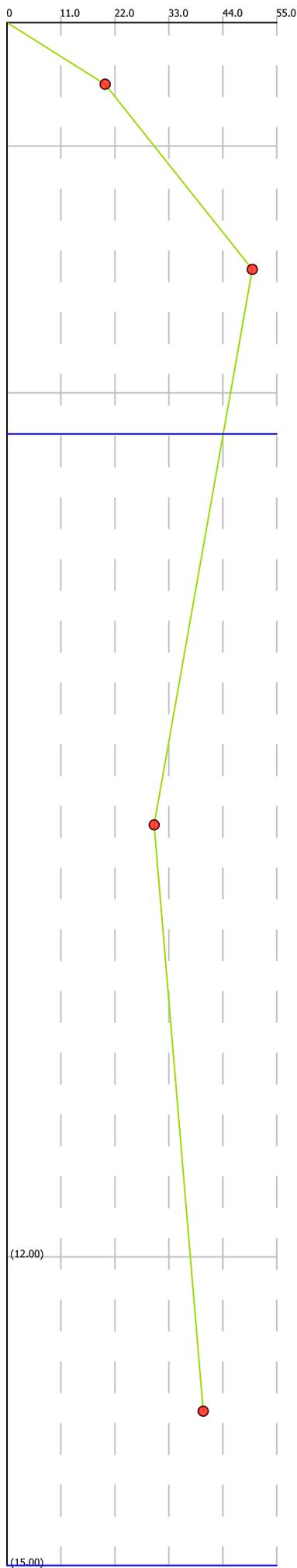


GRAFICO METODO EUROCODICE EC8-(CPT)

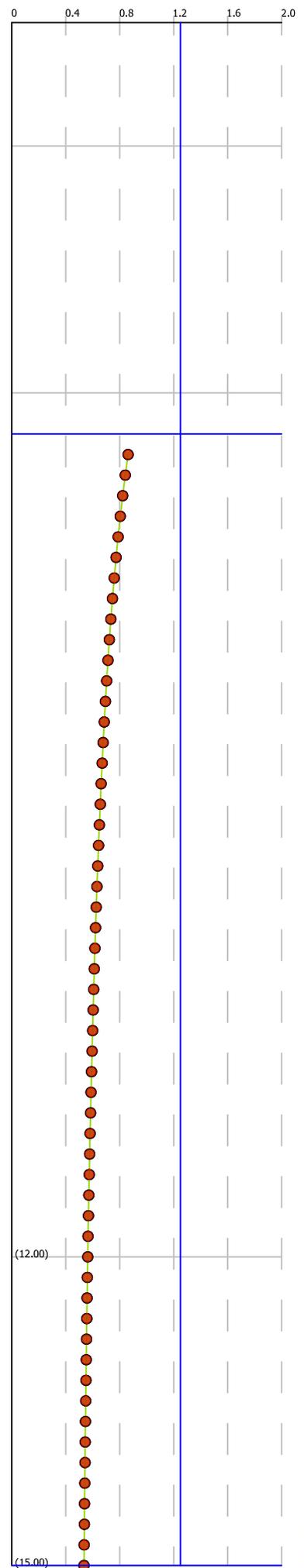
Colonna stratigrafica



Qc (kPa)



Fattore di sicurezza Fs



*REPORT VERIFICA A LIQUEFAZIONE
IMPIANTO FV AMOROSI*

METODO Eurocodice EC8-(Vs)

Metodo dell'Eurocodice 8 (ENV 1998-5)

Le indicazioni della normativa europea sono contenute al punto 4.1.3 a cui si aggiungono ulteriori indicazioni che si possono trovare nell'appendice B della parte 5 dell'Eurocodice 8 (ENV 1998-5).

Secondo tale normativa si può escludere pericolo di liquefazione per i terreni sabbiosi saturi che si trovano a profondità di 15 m o quando $a_g < 0,15$ e, contemporaneamente, il terreno soddisfi almeno una delle seguenti condizioni:

- contenuto in argilla superiore al 20%, con indice di plasticità > 10 ;
- contenuto di limo superiore al 10% e resistenza $N_{1,60} > 20$
- frazione fine trascurabile e resistenza $N_{1,60} > 25$

Quando nessuna delle precedenti condizioni è soddisfatta, *la suscettibilità a liquefazione deve essere verificata come minimo mediante i metodi generalmente accettati dall'ingegneria geotecnica, basati su correlazioni di campagna tra misure in situ e valori critici dello sforzo ciclico di taglio che hanno causato liquefazione durante terremoti passati.*

Lo sforzo ciclico di taglio **CSR** viene valutato con l'espressione semplificata:

$$CSR = 0,65 \frac{a_g}{g} S \frac{\sigma_{vo}}{\sigma'_{vo}} \frac{r_d}{MSF} \quad (8.0)$$

dove **S** è il coefficiente di profilo stratigrafico, definito come segue:

Tabella 1- Coefficienti di profilo stratigrafico

Categoria suolo	Spettri di Tipo 1 $S (M > 5,5)$	Spettri di Tipo 2 $S (M \leq 5,5)$
A	1,00	1,00
B	1,20	1,35
C	1,15	1,50
D	1,35	1,80
E	1,40	1,60

Il fattore di correzione della magnitudo **MSF** consigliato dalla normativa è quello di **Ambraseys** (Tabella 2).

Tabella 2- Fattore di scala della magnitudo derivato da diversi ricercatori

Magnitudo	Seed H.B. & Idriss I.M. (1982)	Ambraseys N.N (1988).	NCEER (Seed R. B. et alii) (1997; 2003)
5,5	1,43	2,86	2,21
6,0	1,32	2,20	1,77
6,5	1,19	1,69	1,44
7,0	1,08	1,30	1,19
7,5	1,00	1,00	1,00
8,0	0,94	0,67	0,84
8,5	0,89	0,44	0,73

Nel caso vengano utilizzati dati provenienti da prove **SPT** la resistenza alla liquefazione viene calcolata mediante la seguente relazione di **Blake, 1997**:

$$CRR = \frac{0,04844 - 0,004721(N_{1,60})_{cs} + 0,0006136[(N_{1,60})_{cs}]^2 - 0,00001673[(N_{1,60})_{cs}]^3}{1 - 0,1248(N_{1,60})_{cs} + 0,009578[(N_{1,60})_{cs}]^2 - 0,0003285[(N_{1,60})_{cs}]^3 + 0,000003714[(N_{1,60})_{cs}]^4} \quad (8.1)$$

Il valore di $N_{1,60}$ misurato in sabbie limose può essere trasformato in una resistenza equivalente $(N_{1,60})_{cs}$ dove con “cs” si indica “sabbie pulite”. Tale valore viene valutato con il metodo proposto da **Youd e Idriss (1997)** e raccomandato dal **NCEER**:

$$(N_{1,60})_{cs} = \alpha + \beta N_{1,60} \quad (8.2)$$

dove $N_{1,60}$ è la normalizzazione dei valori misurati dell'indice N_m (ridotti del 25% per profondità < 3 m) nella prova **SPT** rispetto ad una pressione efficace di confinamento di 100 KPa ed a un valore del rapporto tra l'energia di impatto e l'energia teorica di caduta libera pari al 60%, cioè:

$$N_{1,60} = C_N C_E N_m \quad (8.3a)$$

$$C_N = \left(\frac{100}{\sigma'_{vo}} \right)^{0,5} \quad (8.3b)$$

$$C_E = \frac{ER}{60} \quad (8.3c)$$

dove ER è pari al (rapporto dell'energia misurato rispetto al valore teorico) x 100 e dipende dal tipo di strumento utilizzato (Tabella 3).

Tabella 3- Rendimenti dei sistemi di infissione

Attrezzatura	C_E
Safety Hammer	0,7÷1,2
Donut Hammer (USA)	0,5÷1,0
Donut Hammer (Giappone)	1,1÷1,4
Automatic-Trip Hammer (Tipo Donut o Safety)	0,8÷1,4

I parametri α e β , invece, dipendono dalla frazione fine FC:

$\alpha = 0$	per $FC \leq 5\%$
$\alpha = \exp[1,76 - (190 / FC^2)]$	per $5\% < FC \leq 35\%$
$\alpha = 5$	per $FC > 35\%$
$\beta = 1,0$	per $FC \leq 5\%$
$\beta = [0,99 + (FC^{1,5} / 1000)]$	per $5\% < FC \leq 35\%$
$\beta = 1,2$	per $FC > 35\%$

Se invece si possiedono dati provenienti da una prova penetrometrica statica (**CPT**), i valori di resistenza alla punta misurati q_c devono essere normalizzati rispetto ad una pressione efficace di confinamento pari a 100 KPa e vanno calcolati tramite la seguente relazione:

$$q_{c1N} = \frac{q_c}{Pa} \left(\frac{Pa}{\sigma'_{vo}} \right)^n \quad (8.4)$$

Per poter tenere conto della eventuale presenza di fini, il software utilizza il metodo di Robertson e Wride. Poiché, come dimostrato, è possibile assumere:

$$\frac{(q_{c1N})_{cs}}{(N_{1,60})_{cs}} = 5 \quad (8.5)$$

come proposto dall'**EC8**, derivato $(N_{1,60})_{cs}$ dalla (5.3), si utilizza la (5.2) per il calcolo di **CRR**.

Quando invece si possiedono dati provenienti da prove sismiche di rifrazione, si calcola la velocità di propagazione normalizzata con la (4.9) e la resistenza alla liquefazione mediante la formula di Andrus e Stokoe (5.0):

DATI GENERALI

Data 07/04/2022
 Normativa: Norme Tecniche Costruzioni 2018, Decreto 17 Gen. 2018

Fattore sicurezza normativa 1.25

FALDA

Profondità falda idrica 4 m

DATI SISMICI

Accelerazione Bedrock 0.15

Tipo Suolo: C-Sabbie, ghiaie mediamente addensate, argille di media consistenza $V_{s30}=180-360$
 Morfologia: T1-Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$

Coefficiente amplificazione stratigrafica (SS) 1.5
 Coefficiente amplificazione topografica (ST) 1
 Magnitudo momento sismico (Mw) 5.99
 Distanza epicentro 10.2 Km
 Peak ground acceleration (PGA) 0.225

PARAMETRI GEOTECNICI

Strato Nr	Descrizione	Quota iniziale (m)	Quota finale (m)	Peso unità volume (KN/mc)	Peso unità volume saturo (KN/mc)	Numero colpi medio (Nspt)	D50 granuli (mm)	Resistenza qc (KPa)	Resistenza a attrito laterale fs (KPa)	Velocità onde di taglio Vs (m/s)
1	Limi sabbiosi e sabbie con limo	0	1.2	16	17	0	0	20	0	160
2	Ghiaie sabbioso limose	1.2	3.6	19	20	0	0	50	0	200
3	Sabbie limoso ghiaiose	3.6	12	17	18	0	0	30	0	280
4	Sabbie ghiaioso limose	12	15	18	19	0	0	40	0	400

Strato Nr.	Frazione limosa (%)	Frazione argillosa (%)	Indice di plasticità (%)	Tipo Suolo	Validità
1-Limi sabbiosi e sabbie con limo	0	0		A-Formazioni litoidi o suoli omogenei molto rigidi Vs30>800	Valido
2-Ghiaie sabbioso limose	0	0		A-Formazioni litoidi o suoli omogenei molto rigidi Vs30>800	Valido
3-Sabbie limoso ghiaiose	0	0		A-Formazioni litoidi o suoli omogenei molto rigidi Vs30>800	Valido

Nr.	Profondità dal p.c. (m)	Pressione litostatica totale (KPa)	Pressione verticale effettiva (KPa)	Velocità normalizzata Vs1 (m/s)	Valore critico di Vs1 (Vs1c) (m/s)	Coefficiente e riduttivo (rd)	Resistenza alla liquefazione e (CRR)	Sforzo di taglio normalizzato (CSR)	Coefficiente e di sicurezza Fs	Suscettibilità di liquefazione	Probabilità di liquefazione (%)
1	4.20	75.200	73.239	302.673	220.000	0.968	0.260	0.056	4.62	Terreno non suscettibile di liquefazione	0.314
2	4.40	78.800	74.877	301.003	220.000	0.966	0.257	0.058	4.45	Terreno non suscettibile di liquefazione	0.353
3	4.60	82.400	76.516	299.378	220.000	0.965	0.253	0.059	4.29	Terreno non suscettibile di liquefazione	0.393
4	4.80	86.000	78.155	297.796	220.000	0.963	0.250	0.060	4.15	Terreno non suscettibile di liquefazione	0.437
5	5.00	89.600	79.793	296.256	220.000	0.962	0.247	0.062	4.02	Terreno non suscettibile di liquefazione	0.482
6	5.20	93.200	81.432	294.754	220.000	0.960	0.245	0.063	3.90	Terreno non suscettibile di liquefazione	0.530
7	5.40	96.800	83.071	293.289	220.000	0.959	0.242	0.064	3.78	Terreno non suscettibile di liquefazione	0.581
8	5.60	100.400	84.709	291.860	220.000	0.957	0.239	0.065	3.68	Terreno non suscettibile di	0.634



										liquefazione	
9	5.80	104.000	86.348	290.466	220.000	0.956	0.236	0.066	3.58	Terreno non suscettibile di liquefazione	0.690
10	6.00	107.600	87.987	289.104	220.000	0.954	0.234	0.067	3.48	Terreno non suscettibile di liquefazione	0.748
11	6.20	111.200	89.625	287.773	220.000	0.953	0.231	0.068	3.40	Terreno non suscettibile di liquefazione	0.809
12	6.40	114.800	91.264	286.473	220.000	0.951	0.229	0.069	3.31	Terreno non suscettibile di liquefazione	0.873
13	6.60	118.400	92.903	285.201	220.000	0.950	0.226	0.070	3.24	Terreno non suscettibile di liquefazione	0.939
14	6.80	122.000	94.541	283.957	220.000	0.948	0.224	0.071	3.16	Terreno non suscettibile di liquefazione	1.008
15	7.00	125.600	96.180	282.740	220.000	0.946	0.221	0.072	3.09	Terreno non suscettibile di liquefazione	1.080
16	7.20	129.200	97.819	281.548	220.000	0.945	0.219	0.072	3.03	Terreno non suscettibile di liquefazione	1.155
17	7.40	132.800	99.457	280.381	220.000	0.943	0.217	0.073	2.96	Terreno non suscettibile di liquefazione	1.232
18	7.60	136.400	101.096	279.238	220.000	0.942	0.215	0.074	2.90	Terreno non suscettibile di liquefazione	1.312
19	7.80	140.000	102.735	278.118	220.000	0.940	0.212	0.075	2.84	Terreno non suscettibile di liquefazione	1.396
20	8.00	143.600	104.373	277.020	220.000	0.939	0.210	0.075	2.79	Terreno non suscettibile di liquefazione	1.482
21	8.20	147.200	106.012	275.943	220.000	0.937	0.208	0.076	2.74	Terreno non suscettibile di liquefazione	1.571
22	8.40	150.800	107.651	274.887	220.000	0.936	0.206	0.077	2.68	Terreno non suscettibile di liquefazione	1.664
23	8.60	154.400	109.289	273.851	220.000	0.934	0.204	0.077	2.64	Terreno non suscettibile di liquefazione	1.759
24	8.80	158.000	110.928	272.834	220.000	0.933	0.202	0.078	2.59	Terreno non suscettibile di liquefazione	1.858
25	9.00	161.600	112.567	271.835	220.000	0.931	0.200	0.079	2.54	Terreno non suscettibile di liquefazione	1.960
26	9.20	165.200	114.205	270.855	220.000	0.928	0.198	0.079	2.50	Terreno non suscettibile di liquefazione	2.066
27	9.40	168.800	115.844	269.892	220.000	0.923	0.196	0.080	2.46	Terreno non suscettibile di liquefazione	2.175
28	9.60	172.400	117.483	268.946	220.000	0.918	0.195	0.080	2.42	Terreno non suscettibile di liquefazione	2.287
29	9.80	176.000	119.121	268.016	220.000	0.912	0.193	0.081	2.38	Terreno non suscettibile di liquefazione	2.404
30	10.00	179.600	120.760	267.102	220.000	0.907	0.191	0.082	2.34	Terreno non suscettibile di liquefazione	2.524
31	10.20	183.200	122.399	266.204	220.000	0.902	0.189	0.082	2.30	Terreno non suscettibile di liquefazione	2.648
32	10.40	186.800	124.037	265.320	220.000	0.896	0.187	0.083	2.27	Terreno non suscettibile di liquefazione	2.776
33	10.60	190.400	125.676	264.451	220.000	0.891	0.185	0.083	2.23	Terreno non suscettibile di liquefazione	2.909



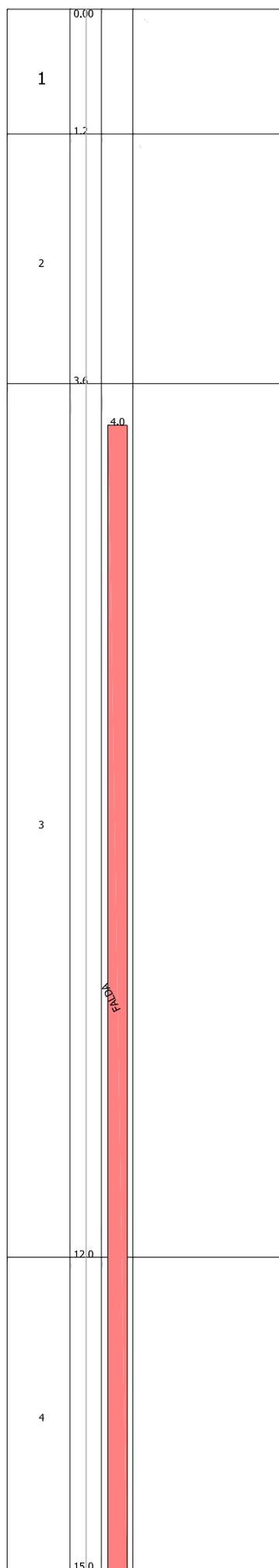
34	10.80	194.000	127.315	263.596	220.000	0.886	0.184	0.084	2.20	Terreno non suscettibile di liquefazione	3.045
35	11.00	197.600	128.953	262.754	220.000	0.880	0.182	0.084	2.17	Terreno non suscettibile di liquefazione	3.186
36	11.20	201.200	130.592	261.926	220.000	0.875	0.180	0.084	2.13	Terreno non suscettibile di liquefazione	3.332
37	11.40	204.800	132.231	261.111	220.000	0.870	0.179	0.085	2.10	Terreno non suscettibile di liquefazione	3.483
38	11.60	208.400	133.870	260.308	220.000	0.864	0.177	0.085	2.07	Terreno non suscettibile di liquefazione	3.639
39	11.80	212.000	135.508	259.518	220.000	0.859	0.175	0.086	2.04	Terreno non suscettibile di liquefazione	3.799
40	12.00	215.600	137.147	258.739	220.000	0.854	0.174	0.086	2.01	Terreno non suscettibile di liquefazione	3.966
41	12.20	219.400	138.986	368.398	220.000	0.848	0.397	0.087	4.59	Terreno non suscettibile di liquefazione	0.320
42	12.40	223.200	140.824	367.190	220.000	0.843	0.394	0.087	4.54	Terreno non suscettibile di liquefazione	0.331
43	12.60	227.000	142.663	366.001	220.000	0.838	0.392	0.087	4.49	Terreno non suscettibile di liquefazione	0.343
44	12.80	230.800	144.502	364.831	220.000	0.832	0.389	0.088	4.44	Terreno non suscettibile di liquefazione	0.354
45	13.00	234.600	146.340	363.680	220.000	0.827	0.386	0.088	4.40	Terreno non suscettibile di liquefazione	0.365
46	13.20	238.400	148.179	362.546	220.000	0.822	0.384	0.088	4.35	Terreno non suscettibile di liquefazione	0.377
47	13.40	242.200	150.018	361.430	220.000	0.816	0.381	0.089	4.31	Terreno non suscettibile di liquefazione	0.389
48	13.60	246.000	151.856	360.331	220.000	0.811	0.379	0.089	4.27	Terreno non suscettibile di liquefazione	0.401
49	13.80	249.800	153.695	359.249	220.000	0.806	0.377	0.089	4.23	Terreno non suscettibile di liquefazione	0.413
50	14.00	253.600	155.534	358.182	220.000	0.800	0.374	0.089	4.19	Terreno non suscettibile di liquefazione	0.425
51	14.20	257.400	157.372	357.131	220.000	0.795	0.372	0.090	4.15	Terreno non suscettibile di liquefazione	0.437
52	14.40	261.200	159.211	356.096	220.000	0.790	0.370	0.090	4.11	Terreno non suscettibile di liquefazione	0.450
53	14.60	265.000	161.050	355.075	220.000	0.784	0.367	0.090	4.07	Terreno non suscettibile di liquefazione	0.462
54	14.80	268.800	162.888	354.069	220.000	0.779	0.365	0.090	4.04	Terreno non suscettibile di liquefazione	0.475

IPL (Iwasaki)=0 Zcrit=20 m Rischio=Molto basso

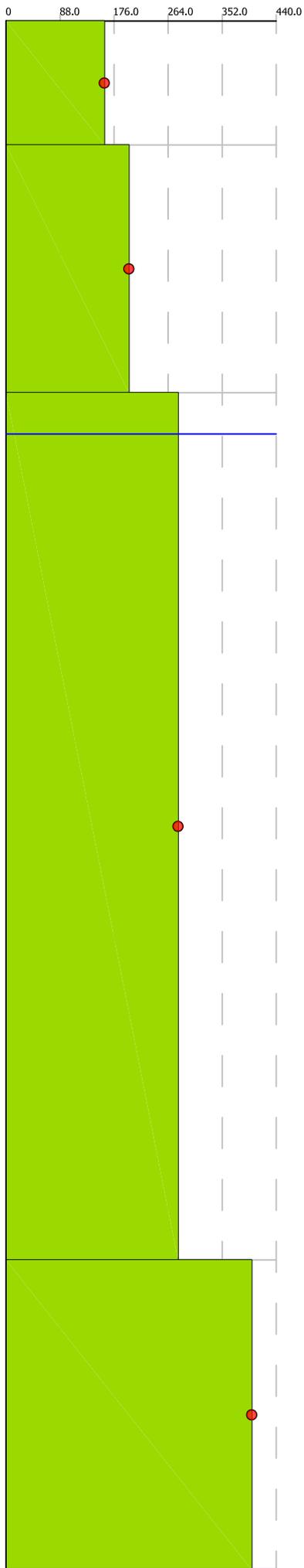


METODO EUROCODICE EC8-(Vs)

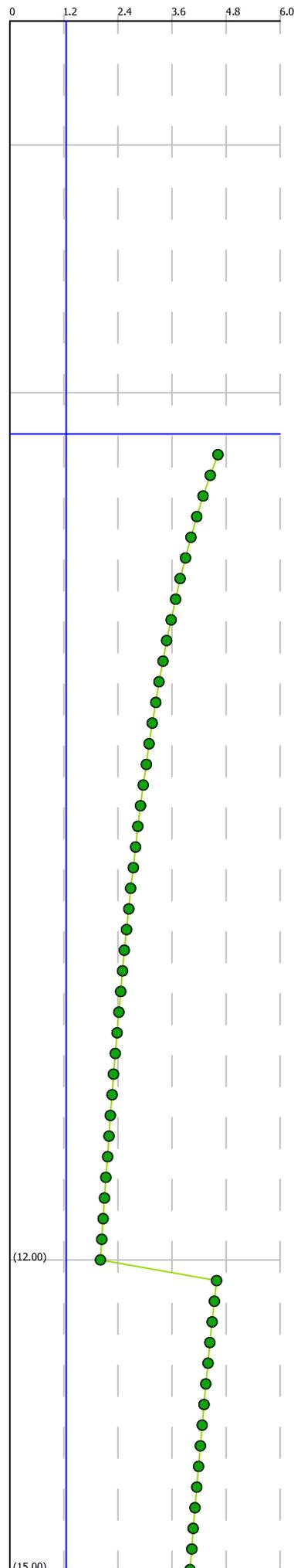
Colonna stratigrafica



Vs (m/s)



Fattore di sicurezza Fs



*REPORT VERIFICA A LIQUEFAZIONE
IMPIANTO FV AMOROSI*

METODO Robertson e Wride (1977)

Metodo di Robertson e Wride (1997)

Il 'metodo di Robertson e Wride' è basato sui risultati di prove CPT (*Cone Penetration Test*) ed utilizza l'indice di comportamento per il tipo di suolo I_C che viene calcolato mediante l'utilizzo della seguente formula:

$$I_c = \left[(3,47 - \log_{10} Q)^2 + (\log_{10} R_f + 1,22)^2 \right]^{0,5} \quad (5.0a)$$

$$Q = \frac{q_c - \sigma_{vo}}{Pa} \left(\frac{Pa}{\sigma'_{vo}} \right)^n \quad (5.0b)$$

$$R_f = \frac{f_s}{q_c - \sigma_{vo}} 100 \quad (5.0c)$$

dove:

q_c è la resistenza alla punta misurata

Pa è la tensione di riferimento (1 atmosfera) nelle stesse unità di σ'_{vo}

f_s è l'attrito del manicotto

n è un'esponente che dipende dal tipo di suolo.

Inizialmente si assume $n = 1$, come per un suolo argilloso e si procede al calcolo di I_C con la (5.0a).

Se $I_C > 2,6$ il suolo è probabilmente di tipo argilloso e l'analisi si ferma. Il terreno non si considera a rischio di liquefazione.

Se $I_C \leq 2,6$, vuol dire che l'ipotesi assunta è errata, il suolo è di natura granulare, Q verrà ricalcolato utilizzando la (5.0a) usando come esponente $n = 0,5$.

Se è ancora $I_C \leq 2,6$, significa che l'ipotesi è giusta e il suolo è probabilmente non plastico e granulare.

Se invece $I_C > 2,6$, vuol dire che l'ipotesi è di nuovo errata e il suolo è probabilmente limoso. Q deve essere nuovamente ricalcolato dalla (2.8b) ponendo $n = 0,75$.

Calcolato I_C , si procede con la correzione della resistenza alla punta misurata q_c mediante la seguente espressione:

$$q_{c1N} = \frac{q_c}{Pa} \left(\frac{Pa}{\sigma'_{vo}} \right)^n \quad (5.1)$$

Dove l'esponente di sforzo n è lo stesso utilizzato nel calcolo di I_C .

La correzione alla resistenza alla punta dovuta al contenuto di materiale fine viene determinata dalla seguente procedura:

Robertson e Wride classico

$$(q_{c1N})_{cs} = K_c q_{c1N} \quad (5.2a)$$

$$K_c = -0,403 I_c^4 + 5,581 I_c^3 - 21,63 I_c^2 + 33,75 I_c - 17,88 \quad (5.2b)$$

Robertson e Wride modificato

$$(q_{c1N})_{cs} = q_{c1N} + \Delta q_{c1N} \quad (5.3a)$$

$$\Delta q_{c1N} = \frac{K_c}{1 - K_c} q_{c1N} \quad (5.3b)$$

dove K_c dipende dal contenuto di fine, FC (%):

$$\begin{aligned} K_c &= 0 && \text{per } FC \leq 5 \\ K_c &= 0,0267(FC - 5) && \text{per } 5 < FC \leq 35 \\ K_c &= 0,8 && \text{per } FC > 35 \end{aligned}$$

FC (%) viene calcolato mediante l'espressione seguente:

$$FC (\%) = 1,75 (I_C)^{3,25} - 3,7 \quad (5.4)$$

La resistenza alla liquefazione per una magnitudo pari a 7,5 (**CRR_{7,5}**) si calcola con le espressioni seguenti:
se $(q_{c1N})_{cs} < 50$

$$CRR = 0,833 \left[\frac{(q_{c1N})_{cs}}{1000} \right] + 0,05 \quad (5.5)$$

se $50 \leq (q_{c1N})_{cs} < 160$

$$CRR = 93 \left[\frac{(q_{c1N})_{cs}}{1000} \right]^3 + 0,08 \quad (5.6)$$

Il Rapporto di Tensione Ciclica per eventi sismici di magnitudo 7,5 (**CSR_{7,5}**) si determina dalla seguente espressione:

$$\frac{\tau_{av}}{\sigma_{vo}} = CSR_{7,5} = 0,65 \frac{a_g}{g} \frac{\sigma_{vo}}{\sigma_{vo}} r_d \quad (5.7)$$

Per magnitudo diverse occorre introdurre il fattore correttivo **MSF** (*Magnitudo Scaling Factor*) come raccomandato dal **NCEER** (vedi Tabella 1)

$$CSR = \frac{CSR_{7,5}}{MSF} \quad (5.8)$$

Tabella 1- Fattore di scala della magnitudo derivato da diversi ricercatori

Magnitudo	Seed H.B. & Idriss I.M. (1982)	Ambraseys N.N (1988).	NCEER (Seed R. B. et alii) (1997; 2003)
5,5	1,43	2,86	2,21
6,0	1,32	2,20	1,77
6,5	1,19	1,69	1,44
7,0	1,08	1,30	1,19
7,5	1,00	1,00	1,00
8,0	0,94	0,67	0,84

8,5

0,89

0,44

0,73

Per determinare il valore del coefficiente riduttivo r_d vengono utilizzate le formule raccomandate da un gruppo di esperti del **NCEER** (*National Center for Earthquake Engineering Research*):

per $z < 9,15$ m

$$r_d = 1,0 - 0,00765 z \quad (5.9)$$

per $9,15 \leq z < 23$ m

$$r_d = 1,174 - 0,00267 z \quad (5.10)$$

Il fattore di sicurezza alla liquefazione **FS** viene determinato dalla relazione:

$$FS = \frac{CRR}{CSR} \quad (5.11)$$

mentre l'**indice e il rischio di liquefazione** vengono calcolati con il metodo di **Iwasaki et alii** (1978; 1984).

DATI GENERALI

Data 07/04/2022
 Normativa: Norme Tecniche Costruzioni 2018, Decreto 17 Gen. 2018

Fattore sicurezza normativa 1.25

FALDA

Profondità falda idrica 4 m

DATI SISMICI

Accelerazione Bedrock 0.15

Tipo Suolo: C-Sabbie, ghiaie mediamente addensate, argille di media consistenza $V_{s30}=180-360$

Morfologia: T1-Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$

Coefficiente amplificazione stratigrafica (SS)	1.5
Coefficiente amplificazione topografica (ST)	1
Magnitudo momento sismico (Mw)	5.99
Distanza epicentro	10.2 Km
Peak ground acceleration (PGA)	0.225

PARAMETRI GEOTECNICI

Strato Nr	Descrizione	Quota iniziale (m)	Quota finale (m)	Peso unità volume (KN/mc)	Peso unità volume saturo (KN/mc)	Numero colpi medio (Nspt)	D50 granuli (mm)	Resistenza qc (KPa)	Resistenza a attrito laterale fs (KPa)	Velocità onde di taglio Vs (m/s)
1	Limi sabbiosi e sabbie con limo	0	1.2	16	17	0	0	20	0	160
2	Ghiaie sabbioso limose	1.2	3.6	19	20	0	0	50	0	200
3	Sabbie limoso ghiaiose	3.6	12	17	18	0	0	30	0	280
4	Sabbie ghiaioso limose	12	15	18	19	0	0	40	0	400

Correzione per la magnitudo (MSF) 1.78

Nr.	Profondità dal p.c. (m)	Pressione litostatica totale (KPa)	Pressione verticale effettiva (KPa)	Resistenza alla punta normalizzata Q	Attrito laterale normalizzato F(%)	Indice di compattamento Ic	Correzione per la pressione litostatica efficace CQ	Resistenza alla punta corretta qc1 (KPa)	Coefficiente riduttivo (rd)	Resistenza alla liquefazione (CRR)	Sforzo di taglio normalizzato (CSR)	Coefficiente di sicurezza a Fs	Suscettibilità di liquefazione	Indice di liquefazione	Rischio
1	4.20	75.200	73.239	0.351	0.000	0.000	1.168503	-6.268	0.968	0.045	0.082	0.548	Terreno suscettibile di liquefazione	17.01	Molto alto
2	4.40	78.800	74.877	0.347	0.000	0.000	1.155646	-6.199	0.966	0.045	0.084	0.536	Terreno suscettibile di liquefazione	18.18	Molto alto
3	4.60	82.400	76.516	0.343	0.000	0.000	1.143204	-6.132	0.965	0.045	0.085	0.525	Terreno suscettibile di liquefazione	19.33	Molto alto
4	4.80	86.000	78.155	0.339	0.000	0.000	1.131156	-6.068	0.963	0.045	0.087	0.515	Terreno suscettibile di liquefazione	20.47	Molto alto
5	5.00	89.600	79.793	0.336	0.000	0.000	1.119481	-6.005	0.962	0.045	0.089	0.506	Terreno suscettibile di liquefazione	21.60	Molto alto
6	5.20	93.200	81.432	0.332	0.000	0.000	1.10816	-5.944	0.960	0.045	0.090	0.498	Terreno suscettibile di liquefazione	22.70	Molto alto
7	5.40	96.800	83.071	0.329	0.000	0.000	1.097175	-5.885	0.959	0.045	0.092	0.491	Terreno suscettibile di liquefazione	23.79	Molto alto
8	5.60	100.400	84.709	0.326	0.000	0.000	1.086511	-5.828	0.957	0.045	0.093	0.484	Terreno suscettibile di liquefazione	24.87	Molto alto
9	5.80	104.000	86.348	0.323	0.000	0.000	1.076152	-5.772	0.956	0.045	0.095	0.477	Terreno suscettibile di liquefazione	25.93	Molto alto
10	6.00	107.600	87.987	0.320	0.000	0.000	1.066084	-5.718	0.954	0.045	0.096	0.471	Terreno suscettibile di liquefazione	26.97	Molto alto
11	6.20	111.200	89.625	0.317	0.000	0.000	1.056293	-5.666	0.953	0.045	0.097	0.466	Terreno suscettibile di liquefazione	28.00	Molto alto
12	6.40	114.800	91.264	0.314	0.000	0.000	1.046767	-5.615	0.951	0.045	0.098	0.460	Terreno suscettibile di liquefazione	29.01	Molto alto
13	6.60	118.400	92.903	0.311	0.000	0.000	1.03749	-5.565	0.950	0.045	0.100	0.456	Terreno	30.00	Molto



							5						suscettibile di liquefazione		alto
14	6.80	122.000	94.541	0.309	0.000	0.000	1.028464	-5.517	0.948	0.045	0.101	0.451	Terreno suscettibile di liquefazione	30.98	Molto alto
15	7.00	125.600	96.180	0.306	0.000	0.000	1.019665	-5.469	0.946	0.045	0.102	0.447	Terreno suscettibile di liquefazione	31.94	Molto alto
16	7.20	129.200	97.819	0.303	0.000	0.000	1.011088	-5.423	0.945	0.045	0.103	0.443	Terreno suscettibile di liquefazione	32.89	Molto alto
17	7.40	132.800	99.457	0.301	0.000	0.000	1.002724	-5.379	0.943	0.046	0.104	0.439	Terreno suscettibile di liquefazione	33.82	Molto alto
18	7.60	136.400	101.096	0.298	0.000	0.000	0.9945644	-5.335	0.942	0.046	0.105	0.436	Terreno suscettibile di liquefazione	34.74	Molto alto
19	7.80	140.000	102.735	0.296	0.000	0.000	0.9866006	-5.292	0.940	0.046	0.105	0.432	Terreno suscettibile di liquefazione	35.64	Molto alto
20	8.00	143.600	104.373	0.294	0.000	0.000	0.9788251	-5.250	0.939	0.046	0.106	0.429	Terreno suscettibile di liquefazione	36.52	Molto alto
21	8.20	147.200	106.012	0.291	0.000	0.000	0.9712306	-5.210	0.937	0.046	0.107	0.426	Terreno suscettibile di liquefazione	37.39	Molto alto
22	8.40	150.800	107.651	0.289	0.000	0.000	0.9638102	-5.170	0.936	0.046	0.108	0.424	Terreno suscettibile di liquefazione	38.25	Molto alto
23	8.60	154.400	109.289	0.287	0.000	0.000	0.9565572	-5.131	0.934	0.046	0.109	0.421	Terreno suscettibile di liquefazione	39.08	Molto alto
24	8.80	158.000	110.928	0.285	0.000	0.000	0.9494656	-5.093	0.933	0.046	0.109	0.419	Terreno suscettibile di liquefazione	39.91	Molto alto
25	9.00	161.600	112.567	0.283	0.000	0.000	0.9425295	-5.056	0.931	0.046	0.110	0.416	Terreno suscettibile di liquefazione	40.71	Molto alto
26	9.20	165.200	114.205	0.281	0.000	0.000	0.9357432	-5.019	0.928	0.046	0.110	0.415	Terreno suscettibile di liquefazione	41.47	Molto alto
27	9.40	168.800	115.844	0.279	0.000	0.000	0.9291013	-4.984	0.923	0.046	0.111	0.414	Terreno suscettibile di liquefazione	42.12	Molto alto
28	9.60	172.400	117.483	0.277	0.000	0.000	0.9225988	-4.949	0.918	0.046	0.111	0.414	Terreno suscettibile di liquefazione	42.75	Molto alto
29	9.80	176.000	119.121	0.275	0.000	0.000	0.9162312	-4.915	0.912	0.046	0.111	0.414	Terreno suscettibile di liquefazione	43.37	Molto alto
30	10.00	179.600	120.760	0.273	0.000	0.000	0.9099935	-4.881	0.907	0.046	0.111	0.414	Terreno suscettibile di liquefazione	43.96	Molto alto
31	10.20	183.200	122.399	0.271	0.000	0.000	0.9038814	-4.848	0.902	0.046	0.111	0.414	Terreno suscettibile di liquefazione	44.54	Molto alto
32	10.40	186.800	124.037	0.269	0.000	0.000	0.897891	-4.816	0.896	0.046	0.111	0.414	Terreno suscettibile di liquefazione	45.09	Molto alto
33	10.60	190.400	125.676	0.268	0.000	0.000	0.892018	-4.785	0.891	0.046	0.111	0.414	Terreno suscettibile di liquefazione	45.63	Molto alto
34	10.80	194.000	127.315	0.266	0.000	0.000	0.8862588	-4.754	0.886	0.046	0.111	0.415	Terreno suscettibile di liquefazione	46.15	Molto alto
35	11.00	197.600	128.953	0.264	0.000	0.000	0.8806099	-4.724	0.880	0.046	0.111	0.415	Terreno suscettibile di liquefazione	46.65	Molto alto
36	11.20	201.200	130.592	0.263	0.000	0.000	0.8750674	-4.694	0.875	0.046	0.111	0.416	Terreno suscettibile di liquefazione	47.13	Molto alto
37	11.40	204.800	132.231	0.261	0.000	0.000	0.8696284	-4.665	0.870	0.046	0.111	0.416	Terreno suscettibile di liquefazione	47.59	Molto alto
38	11.60	208.400	133.870	0.259	0.000	0.000	0.8642895	-4.636	0.864	0.046	0.111	0.417	Terreno suscettibile di	48.04	Molto alto



													liquefazione		
39	11.80	212.000	135.508	0.258	0.000	0.000	0.8590478	-4.608	0.859	0.046	0.111	0.417	Terreno suscettibile di liquefazione	48.46	Molto alto
40	12.00	215.600	137.147	0.256	0.000	0.000	0.8539003	-4.580	0.854	0.046	0.110	0.418	Terreno suscettibile di liquefazione	48.86	Molto alto
41	12.20	219.400	138.986	0.339	0.000	0.000	0.8482332	-6.067	0.848	0.045	0.110	0.408	Terreno suscettibile di liquefazione	50.20	Molto alto
42	12.40	223.200	140.824	0.337	0.000	0.000	0.8426777	-6.027	0.843	0.045	0.110	0.409	Terreno suscettibile di liquefazione	50.55	Molto alto
43	12.60	227.000	142.663	0.335	0.000	0.000	0.8372297	-5.988	0.838	0.045	0.110	0.410	Terreno suscettibile di liquefazione	50.88	Molto alto
44	12.80	230.800	144.502	0.333	0.000	0.000	0.8318861	-5.950	0.832	0.045	0.109	0.412	Terreno suscettibile di liquefazione	51.19	Molto alto
45	13.00	234.600	146.340	0.331	0.000	0.000	0.8266435	-5.912	0.827	0.045	0.109	0.413	Terreno suscettibile di liquefazione	51.49	Molto alto
46	13.20	238.400	148.179	0.329	0.000	0.000	0.8214988	-5.875	0.822	0.045	0.109	0.415	Terreno suscettibile di liquefazione	51.76	Molto alto
47	13.40	242.200	150.018	0.327	0.000	0.000	0.816449	-5.839	0.816	0.045	0.108	0.416	Terreno suscettibile di liquefazione	52.02	Molto alto
48	13.60	246.000	151.856	0.325	0.000	0.000	0.8114911	-5.804	0.811	0.045	0.108	0.418	Terreno suscettibile di liquefazione	52.25	Molto alto
49	13.80	249.800	153.695	0.323	0.000	0.000	0.8066226	-5.769	0.806	0.045	0.108	0.420	Terreno suscettibile di liquefazione	52.47	Molto alto
50	14.00	253.600	155.534	0.321	0.000	0.000	0.8018406	-5.735	0.800	0.045	0.107	0.421	Terreno suscettibile di liquefazione	52.67	Molto alto
51	14.20	257.400	157.372	0.319	0.000	0.000	0.7971427	-5.701	0.795	0.045	0.107	0.423	Terreno suscettibile di liquefazione	52.85	Molto alto
52	14.40	261.200	159.211	0.317	0.000	0.000	0.7925264	-5.668	0.790	0.045	0.107	0.425	Terreno suscettibile di liquefazione	53.01	Molto alto
53	14.60	265.000	161.050	0.315	0.000	0.000	0.7879893	-5.636	0.784	0.045	0.106	0.427	Terreno suscettibile di liquefazione	53.15	Molto alto
54	14.80	268.800	162.888	0.313	0.000	0.000	0.7835293	-5.604	0.779	0.045	0.106	0.429	Terreno suscettibile di liquefazione	53.27	Molto alto

IPL (Iwasaki)=31.64 Zcrit=20 m Rischio=Molto alto



METODO Robertson e Wride (1997)

Colonna stratigrafica

