

**REGIONE
FRIULI - VENEZIA GIULIA**

COMUNE DI BICINICCO (UD)
COMUNE DI SANTA MARIA LA LONGA (UD)

ATLAS SOLAR 1 s.r.l.
Via Cino Del Duca, 5
20122 MILANO (MI)
P.IVA 03035010309

**PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO
AGRIVOLTAICO CON FOTOVOLTAICO AD INSEGUITORI MONOASSIALI
PER LA PRODUZIONE DI ENERGIA ELETTRICA, COMPRESIVO DI
IMPIANTO AGRICOLO CON ANNESSO APIARIO, SITO NEI COMUNI DI
BICINICCO (UD) E SANTA MARIA LA LONGA (UD), FORMATO DA DUE
SEZIONI CIASCUNO PER UNA POTENZA NOMINALE MASSIMA DI 6668 KW
E POTENZA IN A.C. DI 5860 KW, ALLA TENSIONE RETE DI 20 KV E DELLE
RELATIVE OPERE DI RETE RICADENTI NEI COMUNI DI BICINICCO (UD),
SANTA MARIA LA LONGA (UD) E PALMANOVA (UD)**

**PROGETTO DEFINITIVO DELL'IMPIANTO DI PRODUZIONE
COMPRESIVO DELLE OPERE DI RETE PER LA CONNESSIONE**

ELABORATO

RELAZIONE GEOLOGICA

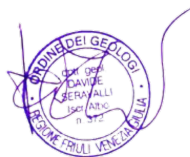
DATA: 20/10/2021

SCALA : -

aggiornamento : -

IL CONSULENTE

Geol. Davide SERAVALLI



Energy for the Future

Udine (UD) Via Andreuzzi n°12, CAP 33100
Partita IVA 02943070306
www.atlas-re.eu

| revisione | descrizione | data | DOC RS3.1 |
|-----------|---------------------|------------|----------------------|
| A | RELAZIONE GEOLOGICA | 20/10/2021 | |
| B | | | |
| C | | | |

Sommario

| | |
|-----------------------------------------------------------------------------|----|
| 1. INTRODUZIONE..... | 3 |
| 2. INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO..... | 5 |
| 3. IDROGRAFIA E FALDA FREATICA..... | 8 |
| 4. VINCOLO PAIR..... | 10 |
| 5. SISMICITÀ..... | 12 |
| DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITA' DI BASE E DEGLI EVENTI DI RIFERIMENTO | 14 |
| 6. COMPORTAMENTO SISMICO DEL TERRENO..... | 16 |
| 7. INDAGINI | 17 |
| INDAGINE HVSR..... | 17 |
| CENNI TEORICI SULLA TECNICA HVSR | 17 |
| STRUMENTAZIONE UTILIZZATA..... | 18 |
| ACQUISIZIONE DATI..... | 18 |
| SOFTWARE DI ELABORAZIONE DATI | 18 |
| ELABORAZIONE DATI..... | 18 |
| RISULTATI | 21 |
| SCAVI DI SAGGIO | 23 |
| INDAGINE ERT - TOMOGRAFIE ELETTRICHE..... | 23 |
| Specifiche tecniche della strumentazione utilizzata | 24 |
| Campagna di indagini..... | 24 |
| Cenni teorici..... | 25 |
| Elaborazione dei dati | 25 |
| Interpretazione dei dati | 26 |
| 8. INDICAZIONI GEOLOGICO TECNICHE..... | 32 |
| 9. PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE | 33 |
| 10. CONCLUSIONI | 37 |

1. INTRODUZIONE

Su incarico della committenza si redige la presente relazione geologica relativa ai terreni interessati dal progetto definitivo per la realizzazione di un impianto fotovoltaico.

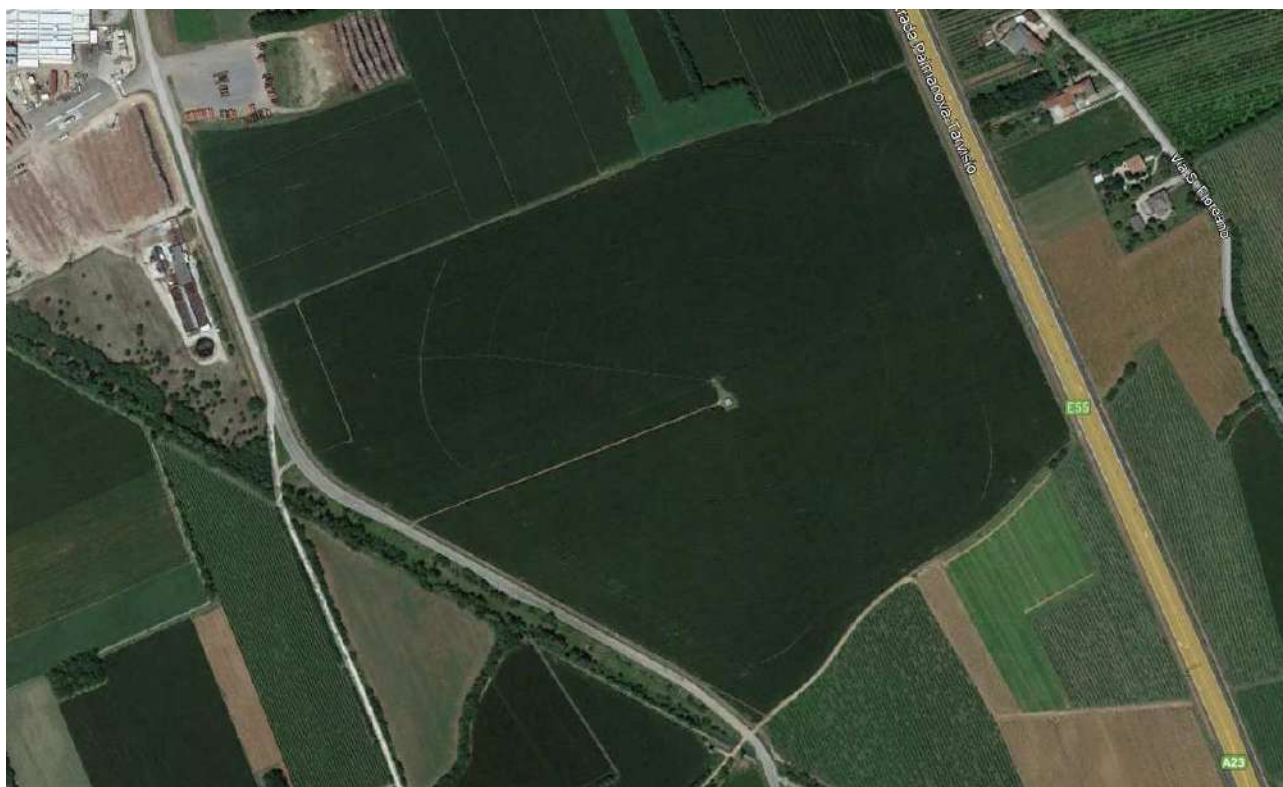
Il progetto prevede la realizzazione di un impianto fotovoltaico a terra, su un terreno agricolo situato a cavallo tra i comuni di Biciniccò e Santa Maria la Longa, poco più a sud della SP64. Inoltre è prevista la realizzazione di un cavidotto interrato per il collegamento dell'impianto fotovoltaico alla rete di distribuzione. Tale cavidotto andrà dalla zona di indagine fino a Palmanova.

Le situazioni tettonica e geologica della zona sono ben delineate; l'area di intervento si situa in un tratto di alta pianura friulana a monte della linea delle risorgive.

Per la redazione della presente relazione sono stati realizzati sopralluoghi e si è fatto riferimento ad informazioni bibliografiche. Inoltre tra ottobre e novembre 2021 lo scrivente ha effettuato una campagna di indagini geognostiche presso i terreni su cui sorgerà il campo fotovoltaico costituita da:

- Quattro scavi di saggio
- Un'indagine sismica HVSR
- Due tomografie elettriche – indagine ERT

Vista aerea dell'area di intervento



- D.M. 17/01/2018 Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni"
- D.M. 14/01/2008 recante "Nuove Norme tecniche per le costruzioni"
- Circolare 2 febbraio 2009, n° 617 recante "Istruzioni per l'applicazione delle "Nuove Norme tecniche per le costruzioni" di cui al decreto ministeriale 14 gennaio 2008
- Delibera del Consiglio Nazionale Geologi n. 111/2015 del 28 aprile 2015 - Raccomandazioni per la redazione della "relazione geologica ai sensi delle NTC" a cura del Centro Studi del Consiglio Nazionale dei Geologi.
- O.P.C.M. n° 3274 del 20/03/2003 e s.m.i., contenente "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e normative tecniche per la costruzione in zona sismica"
- Legge regionale FVG 16/2009 Norme per la costruzione in zona sismica e per la tutela fisica del territorio.
- Decreto Giunta Regionale del FVG n° 845/2010 del 06/05/2010 che definisce la classificazione sismica come richiesto dall'art 3, comma 2, lett a) della Legge Regionale 16/2009 "*classificazione delle zone sismiche e indicazione delle aree di alta e bassa sismicità*"

Fonti bibliografiche

- Catasto dei pozzi per acqua, Regione Autonoma Friuli – Venezia Giulia
- Carta Geologico-Tecnica – Foglio 087084 Biciniccio – Direzione centrale ambiente e lavori pubblici, Servizio Geologico
- Relazione geologica per la variante n.°15 al PRGC di Santa Maria la Longa – Geol. A. Masutto (2012)
- Carta delle isofreatiche durante le fasi di massima e minima altezza della falda – Geol. S. Stefanini e Geol. F. Giorgetti

2. INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO

L'area di indagine fa parte geograficamente della porzione meridionale dell'Alta Pianura Friulana, qualche chilometro a monte della fascia delle risorgive.

I territori comunali di Santa Maria la Longa e Bicinicco si collocano in un settore di pianura che ha preso origine dalla sedimentazione di depositi fluvio-glaciali più volte rimaneggiati dalle acque di fusione dei ghiacciai quaternari, e trasportati dalla corrente del torrente Torre in epoca post glaciale.

La situazione litologica rilevata è piuttosto omogenea.

Al di sotto della coltre di alterazione superficiale, spesso mediamente meno di un metro, sono presenti depositi alluvionali costituiti prevalentemente da ghiaie e sabbie con ciottoli. La frazione fine limoso argillosa è presente in percentuale variabile.

Superficialmente si osservano delle fasce sviluppate prevalentemente in direzione N-S, di terreni prevalentemente limoso sabbiosi alternati ad altri schiettamente ghiaiosi. Questa diversificazione si osserva fino alla profondità massima di due metri.

Oltre tale profondità prevalgono le ghiaie.

Nel novembre 2021 lo scrivente ha effettuato un sopralluogo con esecuzione di quattro scavi di saggio, la cui posizione indicativa è riportata nel capitolo dedicato alle indagini.

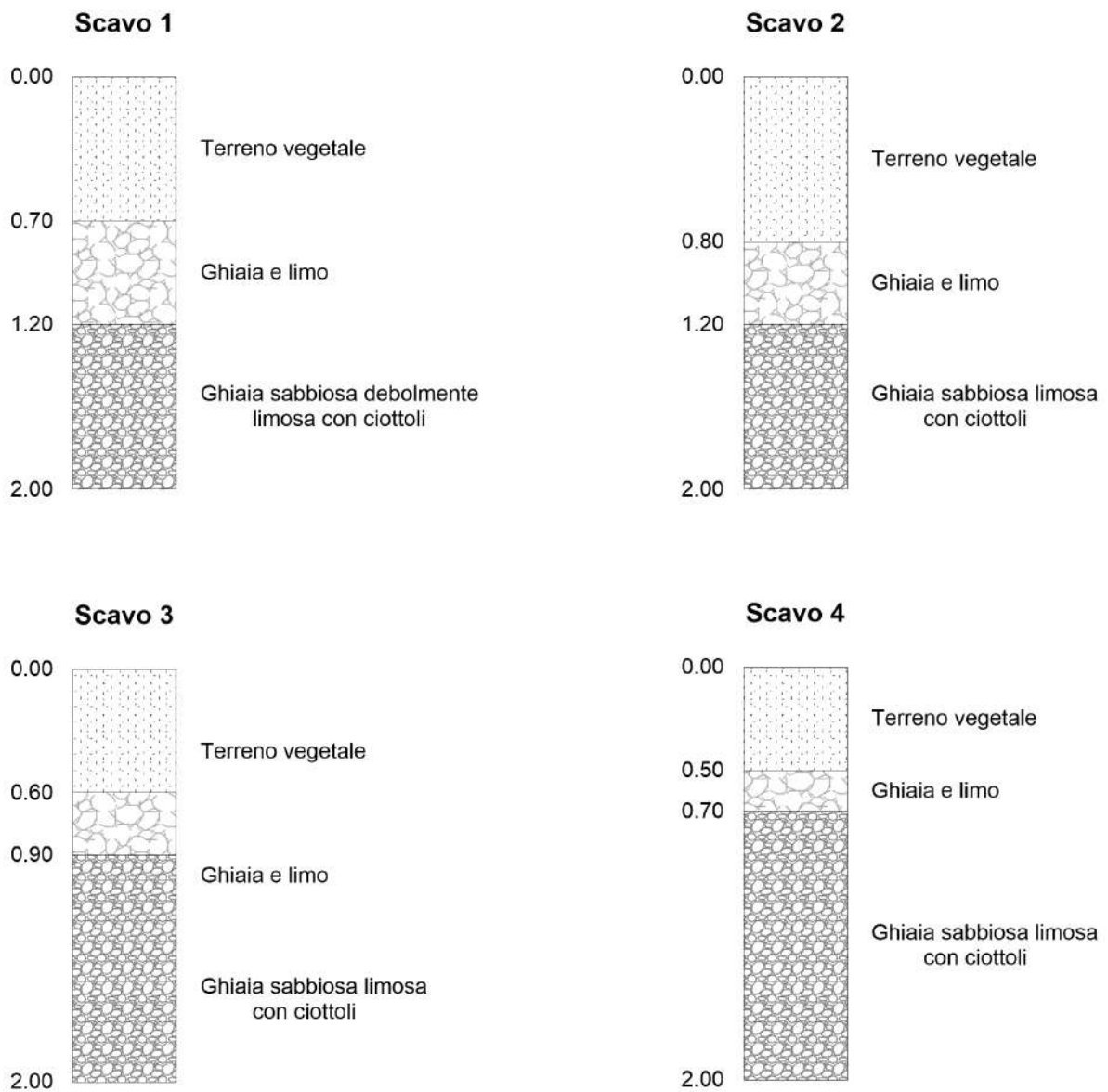
Gli scavi sono stati realizzati nelle porzioni di lotto in cui lo spessore della coltre di alterazione è maggiore, ovvero dove le operazioni di aratura non raggiungono il tetto delle ghiaie. Tali porzioni erano visibili al momento dell'esecuzione degli scavi in quanto i terreni erano incolti ed erano stati arati. Tali aree sono chiaramente visibili anche dalle foto satellitari:



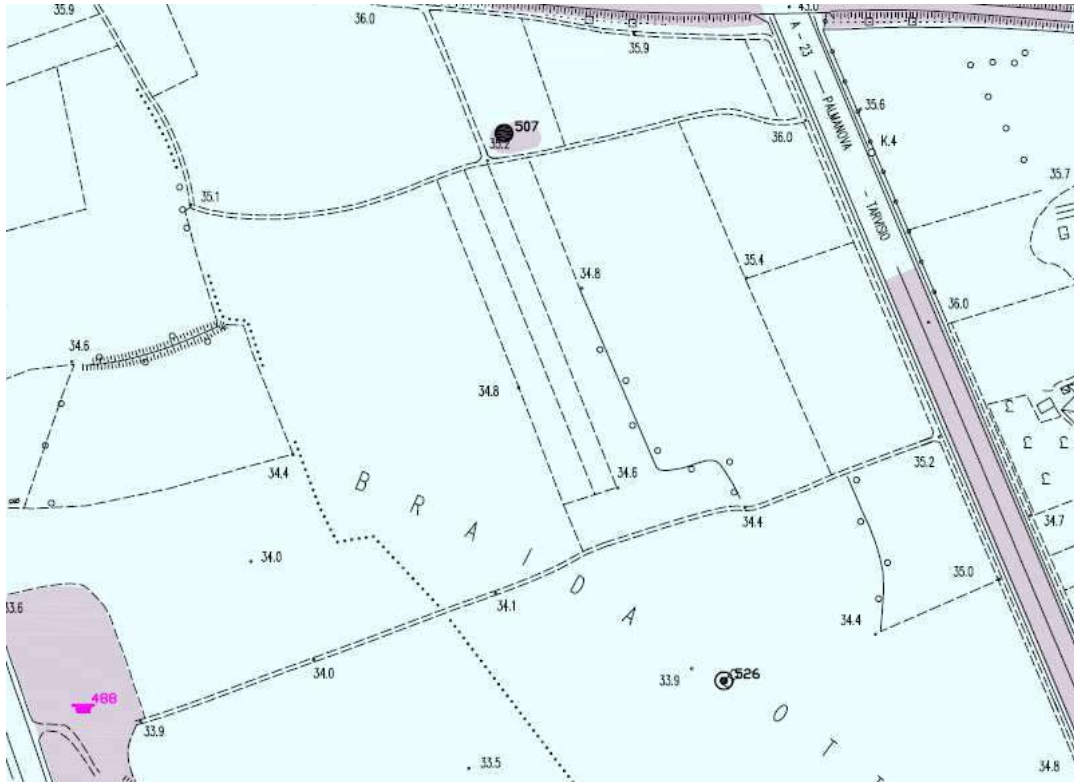
Gli scavi hanno individuato la presenza di una coltre vegetale potente in media 60-70 centimetri, cui sottostà uno strato di transizione costituito da ghiaia e limo fino alla profondità massima di 1.20 metri. Oltre tale quota prevalgono le ghiaie sabbiose limose con sparsi ciottoli.

Dalle tomografie elettriche è emerso che fino alla profondità di oltre 7 metri dal piano campagna la coltre alluvionale è omogenea.

Stratigrafia scavi di saggio



Estratto della carta geologica alla scala 1:5.000 – Servizio Geologico Regione FVG



TERRE CON STRATI DI LIMO E / O ARGILLA INFERIORI O UGUALI AL 10 %

3. IDROGRAFIA E FALDA FREATICA

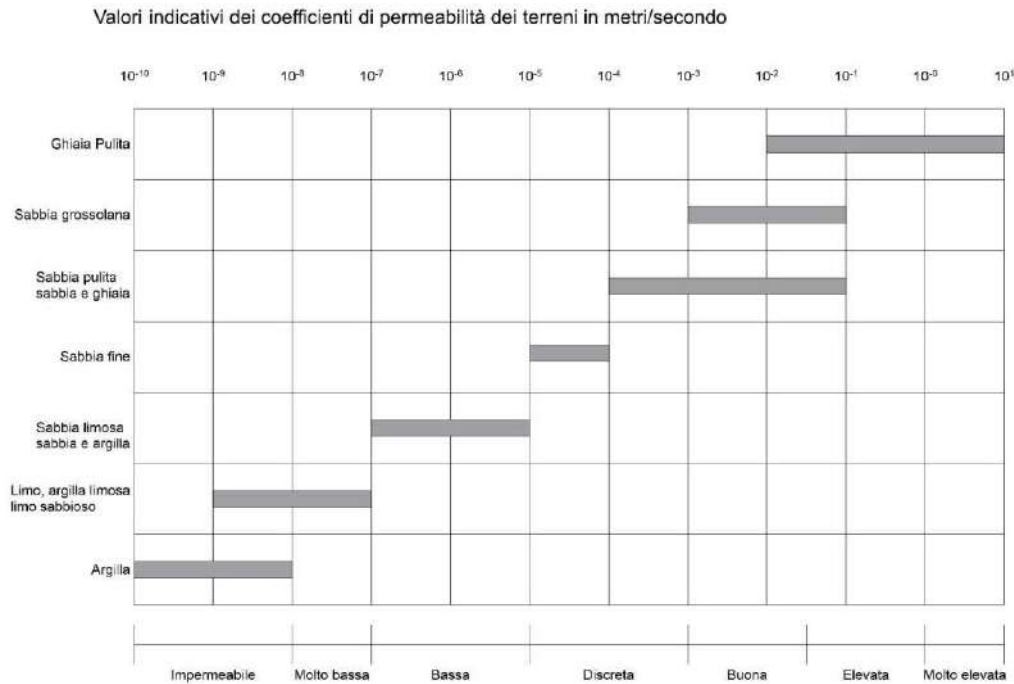
Le indicazioni inerenti la falda provengono dalla consultazione di dati bibliografici e da dati in possesso dallo scrivente.

L'area in cui verrà realizzato il campo fotovoltaico è posta tra i bacini idrografici del Cormor (posto ad ovest) e dell'Isonzo-Torre (ad est).

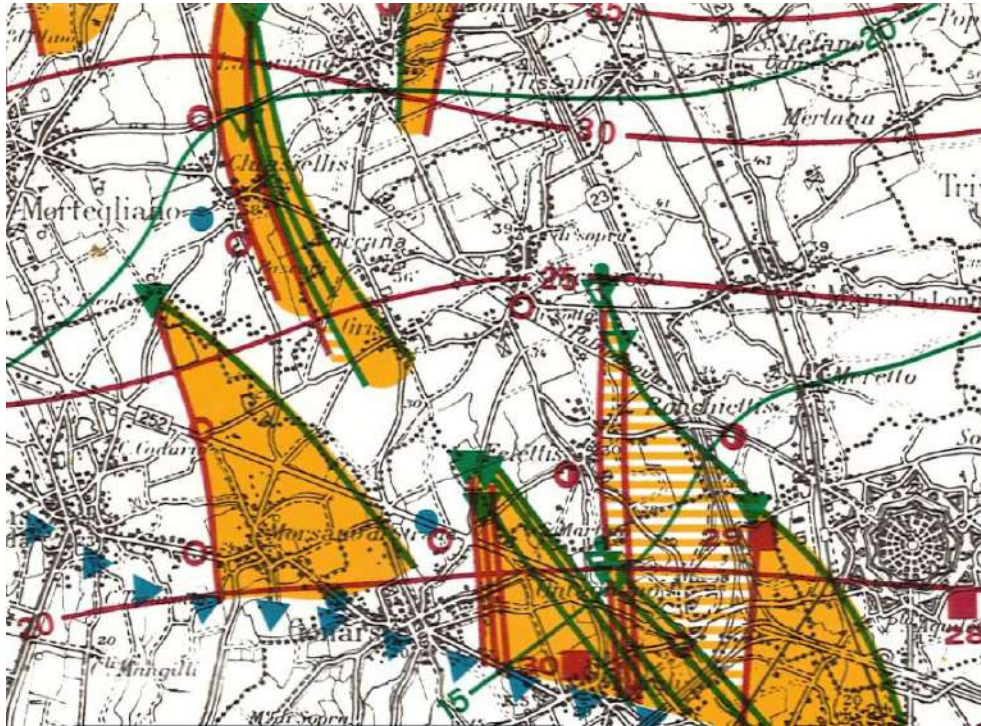
Il deflusso delle acque avviene verso sud, sia in fase di magra che di massimo impinguamento.

Tale falda oscilla di una decina di metri, con valori minimi di soggiacenza di circa 8 metri

Per quanto concerne la permeabilità dei terreni presso il campo fotovoltaico, secondo le granulometrie riscontrate durante gli scavi, si ritiene che essi abbiano permeabilità discreta, dell'ordine di 10^{-5} m/s.



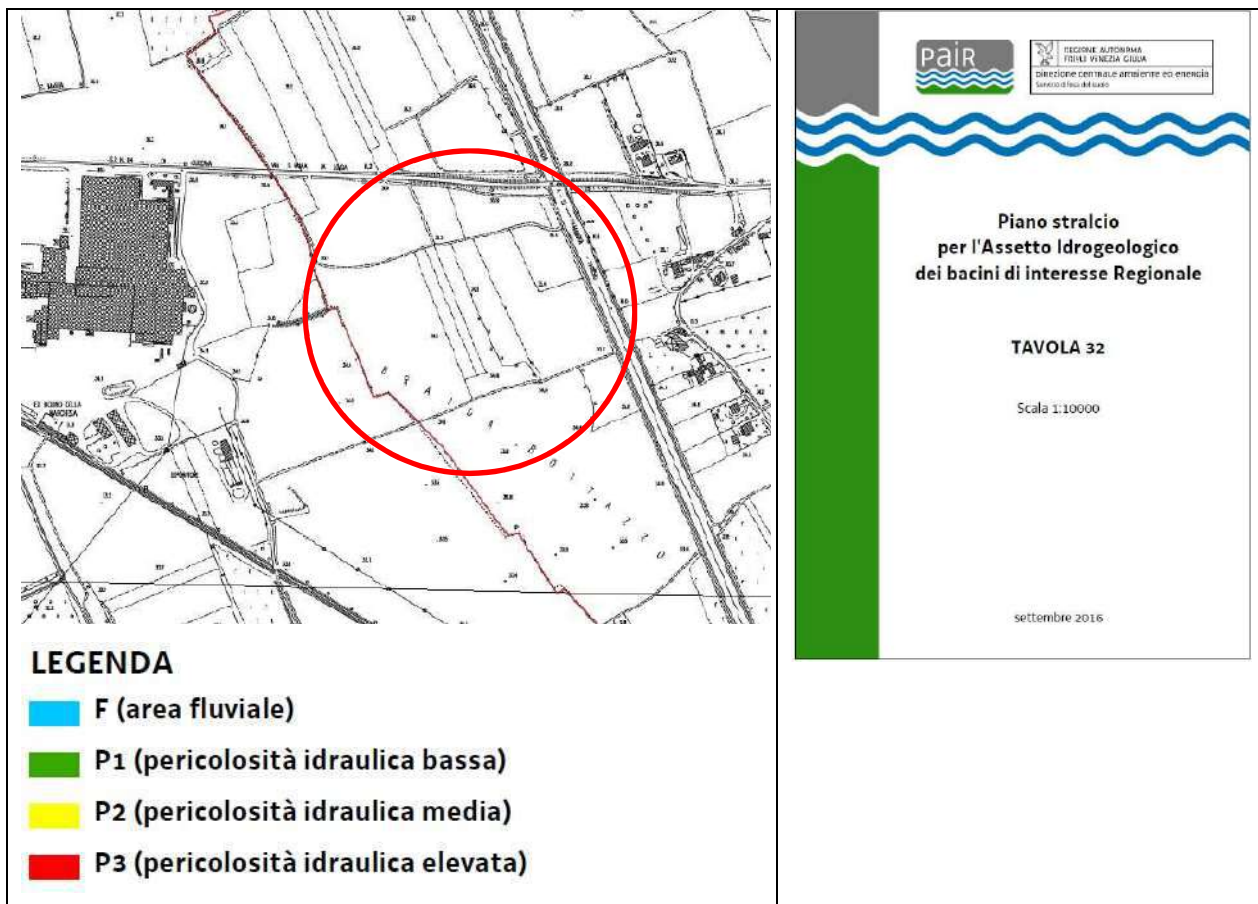
Estratto della Carta delle isofreatiche durante le fasi di massima e minima altezza della falda:



4. VINCOLO PAIR

Ai sensi della vigente normativa PAIR, l'area su cui sorgerà il campo fotovoltaico non è interessata da vincoli, sulla base della cartografia di riferimento scaricata dai siti istituzionali il giorno 09.11.2021 e di seguito riportata:

Pericolosità Idraulica:



Si riporta di seguito uno stralcio del Piano di Gestione del Rischio Alluvioni 2015-2021
Direttiva alluvioni 2007/60/CE:

Aree allagabili – Altezze idriche con scenario di media probabilità (Tempo di ritorno 100 anni)



Aree allagabili – Altezze idriche con scenario di media probabilità (Tempo di ritorno 300 anni)



5. SISMICITÀ

La stima della pericolosità legata ai terremoti ed alla fagliazione superficiale è un tema molto importante, specialmente in aree densamente popolate ed industrializzate come il territorio italiano. Di conseguenza la conoscenza approfondita e la corretta collocazione delle faglie capaci assume un ruolo chiave per la mitigazione del rischio. A questo scopo, il Servizio Geologico d'Italia - ISPRA ha sviluppato il progetto ITHACA (ITaly HAZard from CAPable faults), un database creato per la raccolta e la facile consultazione di tutte le informazioni disponibili riguardo le strutture tettoniche attive in Italia, con particolare attenzione ai processi tettonici che potrebbero generare rischi naturali. Il progetto si occupa in modo particolare delle faglie capaci, definite come faglie che potenzialmente possono creare deformazione in superficie.

Il catalogo è in continuo aggiornamento e non può considerarsi completo o definitivo, non rappresenta la totalità delle faglie capaci presenti sul territorio nazionale, ma solo quelle per le quali esiste uno studio e quindi un riferimento bibliografico; il dettaglio è funzione della qualità delle indagini che sono state effettuate e della scala alla quale è stato pubblicato il dato.



Faglie potenzialmente capaci all'interno del territorio nazionale (immagini tratte da Portale Servizio Geologico d'Italia – ISPRA Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale – Progetto ITHACA).

Secondo la consultazione del sito ITHACA l'area di indagine è interessata dalla faglia di Palmanova, che la attraversa secondo una direttrice SE-NW. Durante i rilievi in campagna non sono comunque state individuate morfologie riconducibili con la presenza di faglie attive ad andamento accertato.



Fault description

GENERAL IDENTIFICATION

| | |
|----------------------|-----------------------|
| Fault Code | 77510 |
| Fault Name | Palmanova |
| Region Name | Friuli Venezia Giulia |
| Tectonic Environment | PLATE BOUNDARY |
| System Name | Trieste-Udine |
| Synopsis | |
| Rank | Primary |

GEOMETRY AND KINEMATICS

| | |
|--------------------|----------------|
| Segmentation | Single Segment |
| Average Strike (°) | 120 |
| Dip (°) | Undefined |
| Dip Direction | NE |
| Fault Length (km) | 29.5 |
| Mapping Scale | 1:100000 |
| Fault Depth (m) | |
| Kinematics | Reverse |

ACTIVITY

| | |
|-------------------|---------------------|
| Surface Evidence | ND |
| Last Activity | Pleistocene generic |
| Applied Technique | Field studies |

DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITA' DI BASE E DEGLI EVENTI DI RIFERIMENTO

La pericolosità sismica è la stima quantitativa dello scuotimento del terreno dovuto a un evento sismico, in una determinata area. La pericolosità sismica può essere analizzata con metodi deterministici, assumendo un determinato terremoto di riferimento, o con metodi probabilistici, nei quali le incertezze dovute alla grandezza, alla localizzazione e al tempo di occorrenza del terremoto sono esplicitamente considerati. Tale stima include le analisi di pericolosità sismica di base e di pericolosità sismica locale.

La pericolosità sismica di base è la componente della pericolosità sismica dovuta alle caratteristiche sismologiche dell'area (tipo, dimensioni e profondità delle sorgenti sismiche, energia e frequenza dei terremoti). La pericolosità sismica di base calcola (generalmente in maniera probabilistica), per una certa regione e in un determinato periodo di tempo, i valori di parametri corrispondenti a prefissate probabilità di eccedenza. Tali parametri (velocità, accelerazione, intensità, ordinate spettrali) descrivono lo scuotimento prodotto dal terremoto in condizioni di suolo rigido e senza irregolarità morfologiche (terremoto di riferimento). La scala di studio è solitamente regionale. Una delle finalità di questi studi è la classificazione sismica a vasta scala del territorio, finalizzata alla programmazione delle attività di prevenzione e alla pianificazione dell'emergenza. Costituisce una base per la definizione del terremoto di riferimento per studi di microzonazione sismica. (ICMS- 2008).

Sul sito dell'INGV è stato possibile visualizzare e interrogare mappe probabilistiche della pericolosità sismica del territorio nazionale, espressa con diversi parametri dello scuotimento su una griglia regolare a passo 0.05°. Qui di seguito sono riportati i grafici relativi al nodo centrato all'interno del Comune di Bicinicco.

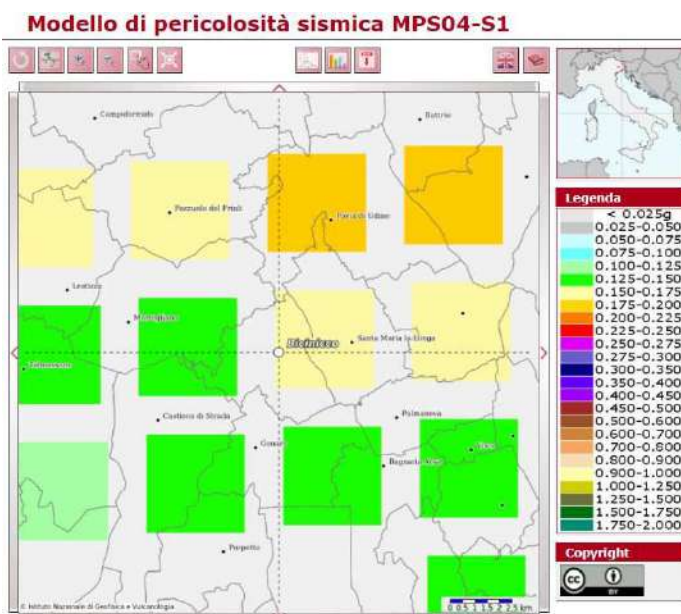


Fig. 1: Mappe interattive di pericolosità sismica – Valore di $a(g)$ per il Comune di Bicinicco (da sito INGV)

Le mappe in a(g) (accelerazione orizzontale massima del suolo, come definita dall'OPCM 3519/2006, corrispondente a quella che in ambito internazionale viene chiamata PGA) sono state calcolate per differenti probabilità di superamento in 50 anni (in totale 9, dal 2% all'81%). Per il Comune di Bicinicco il valore di a(g) calcolato per una probabilità di superamento del 10% in 50 anni è compreso tra 0.150g e 0.175g (Fig. 1).

L'analisi di disaggregazione è stata effettuata per il nodo ricadente sul capoluogo comunale, in quanto risulta quello più prossimo al sito di indagine (Fig. 2).

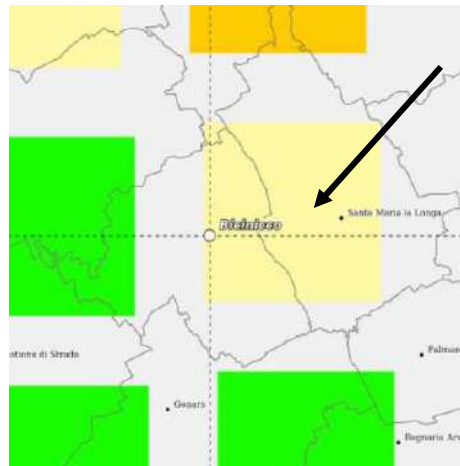
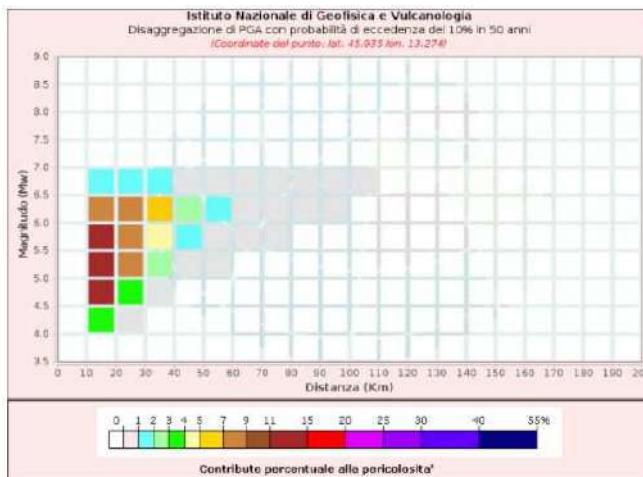


Fig 2: Nodo della griglia esaminato per la disaggregazione

Per il nodo selezionato, si osserva che il maggior contributo percentuale alla pericolosità dell'area è dato da sorgenti sismogenetiche poste tra i 0 e i 10 km di distanza e capaci di dar luogo a terremoti con magnitudo superiore a 4.5 (Fig.3).



| Distanza (Km) | Disaggregazione di PGA con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni (Coordinate del punto lat. 45.935 lon. 13.274) | | | | | | | | | | |
|---------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| | 5.5-6.0 | 4.9-5.5 | 4.5-5.0 | 5.0-5.5 | 5.5-6.0 | 6.0-6.5 | 6.5-7.0 | 7.0-7.5 | 7.5-8.0 | 8.0-8.5 | 8.5-9.0 |
| 0-10 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 10-20 | 0.0000 | 3.6500 | 11.7000 | 13.0000 | 11.3000 | 7.3900 | 1.1800 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 20-30 | 0.0000 | 0.4700 | 3.8000 | 7.2300 | 8.7000 | 8.1900 | 1.4200 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 30-40 | 0.0000 | 0.0000 | 0.2390 | 2.2400 | 4.2300 | 5.2300 | 1.0200 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 40-50 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.3080 | 1.6800 | 2.8100 | 0.6400 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 50-60 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0032 | 0.4710 | 1.3200 | 0.2430 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 60-70 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0638 | 0.4620 | 0.1380 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 70-80 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0007 | 0.0907 | 0.0368 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 80-90 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0223 | 0.0160 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 90-100 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0028 | 0.0062 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 100-110 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0001 | 0.0013 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 110-120 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 120-130 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 130-140 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 140-150 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 150-160 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 160-170 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 170-180 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 180-190 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 190-200 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |

| Valori Medi | | |
|-------------|----------|--------|
| Magnitudo | Distanza | Epilum |
| 5,6 | 23,4 | 1,45 |

Fig 3: Grafico e Tabella dei valori di disaggregazione per il Comune di Bicinicco (da INGV)

L'analisi della disaggregazione dei valori di a(g) riporta, per ogni nodo della griglia di calcolo, la valutazione del contributo percentuale alla stima di pericolosità fornito da tutte le possibili coppie di valori di magnitudo e distanza; questo tipo di analisi è utile nell'individuazione della sorgente sismogenetica che contribuisce maggiormente a produrre il valore di scuotimento stimato in termini probabilistici ed è utile in analisi di microzonazione.

6. COMPORTAMENTO SISMICO DEL TERRENO

In riferimento alla nuova classificazione sismica del territorio del Friuli Venezia Giulia (D.G.R. 845/2010) i comuni di **Bicinicco e Santa Maria la Longa** sono stati compresi tra le zone sismiche Zona 3.

- Sulla base dell'indagine sismica svolta, si classifica il sito come appartenente alla categoria B dei suoli fondazionali:

| Categoria di suolo | Tipo di suolo | V_{S30} (m/s) |
|--------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|
| A | <i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi</i> caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche più scadenti con spessore massimo pari a 3 metri | > 800 |
| B | <i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fine molto consistenti</i> caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da velocità equivalenti comprese tra 360 m/s e 800 m/s | 360-800 |
| C | <i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine mediamente consistenti</i> con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s | 180-360 |
| D | <i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fine scarsamente consistenti</i> , con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalenti compresi tra 100 m/s e 180 m/s | 100-180 |
| E | <i>Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 metri</i> | Come C e D con substrato con $V_{S30} > 800$ m/s |

- Valori dei parametri T_E e T_F :

| Categoria suolo | Categoria suolo | |
|------------------|-----------------|-------------|
| | T_E (s) | T_F (s) |
| A | 4.5 | 10.0 |
| B | 5.0 | 10.0 |
| C - D - E | 6.0 | 10.0 |

- Valori dei parametri dello spettro di risposta elastico della componente verticale:

| Categoria suolo | Categoria suolo | | | |
|--------------------------|-----------------|--------|--------|-------|
| | S_s | T_B | T_C | T_D |
| A - B - C - D - E | 1.0 | 0.05 s | 0.15 s | 1.0 s |

7. INDAGINI

INDAGINE HVSR

CENNI TEORICI SULLA TECNICA HVSR

La tecnica HVSR consiste nella misura passiva di rumore sismico ambientale (microtremori), ovvero di oscillazioni continue di piccola ampiezza originate dalla sovrapposizione di effetti generati sia da sorgenti naturali (perturbazioni meteorologiche a larga scala, vento, onde oceaniche,...) che da sorgenti antropiche (traffico, attività industriali,...), lungo tre assi ortogonali tra loro (N-S, E-W, U-D).

Le linee guida della tecnica per l'ottimizzazione del rilievo sono state illustrate dal progetto SESAME (Site EffectS assessment using Ambient Excitation).

Il risultato dell'indagine HVSR è un grafico frequenza-ampiezza del rapporto tra il moto delle particelle lungo le componenti orizzontali e il moto delle particelle lungo la componente verticale (H/V).

Ciascun picco non industriale nel grafico H/V corrisponde generalmente ad una variazione di impedenza acustica I tra due mezzi ($I=\rho v$, dove ρ è la densità del mezzo attraversato e v è la velocità di propagazione delle onde sismiche nello stesso). Generalmente, il picco HVSR di origine naturale è determinato da una depressione nello spettro di ampiezza della componente verticale rispetto alle componenti orizzontali; i picchi di natura industriale, invece, si presentano come picchi positivi, di diversa ampiezza, su tutte e tre le componenti.

Nell'esempio semplificato di un sistema omogeneo e isotropo a due strati, quando all'interfaccia tra i due mezzi il rapporto delle impedenze è significativo, si genera un picco sulla curva del rapporto spettrale H/V in corrispondenza della frequenza di risonanza del sito (f_0); tale frequenza dipende dalla profondità dell'interfaccia che genera il contrasto di impedenza (H) e dalla velocità media di propagazione delle onde di taglio (V_s) nello strato superficiale secondo la formula semplificata:

$$f_0 = V_s/4H$$

Da ciò ne consegue che, a parità di V_s dello strato più superficiale, maggiore è la frequenza del picco di risonanza del sito e minore è la profondità della discontinuità che lo genera all'interno del sottosuolo. Viceversa, l'assenza di picchi di risonanza significativi sulla curva del rapporto spettrale H/V, indica sostanziale omogeneità all'interno del sottosuolo; tale situazione si verifica o in siti su roccia o in siti in cui la velocità di propagazione delle onde di taglio aumenta gradualmente con la profondità, senza significative variazioni di impedenza all'interno dello stesso.

STRUMENTAZIONE UTILIZZATA

Le acquisizioni utili ad analizzare il rapporto spettrale H/V (HVSR) sono avvenute mediante sismografo triassiale denominato SR04HS Geobox, della ditta Sara Srl (Figura 1).



Figura 1: Strumentazione utilizzata per le misure di microtremore

ACQUISIZIONE DATI

La durata di acquisizione è stata di 30 minuti, con frequenza di campionamento pari a 100 Hz.

SOFTWARE DI ELABORAZIONE DATI

Per l'analisi dei dati HVSR si è adottato il software WinMASW Academy della ditta Eliosoft.

ELABORAZIONE DATI

L'elaborazione è stata condotta utilizzando i parametri riportati qui di seguito (Figura 2).

step#1 (optional) - decimate
64 Hz new frequency resample

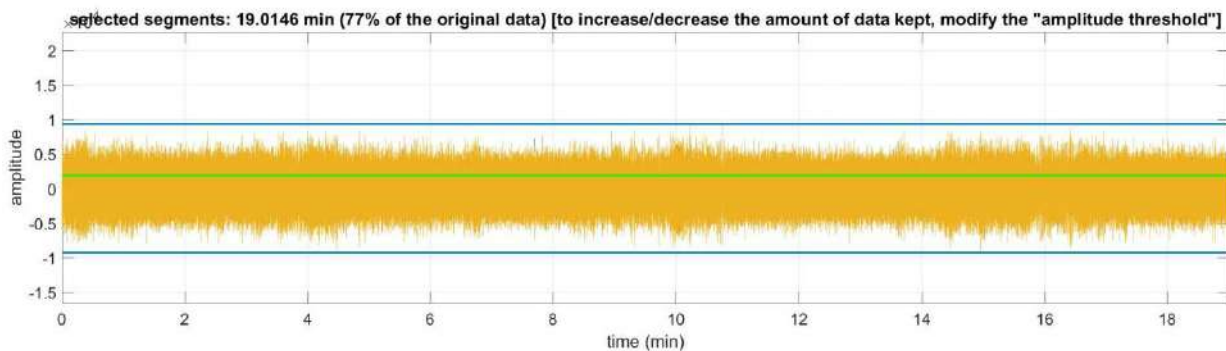
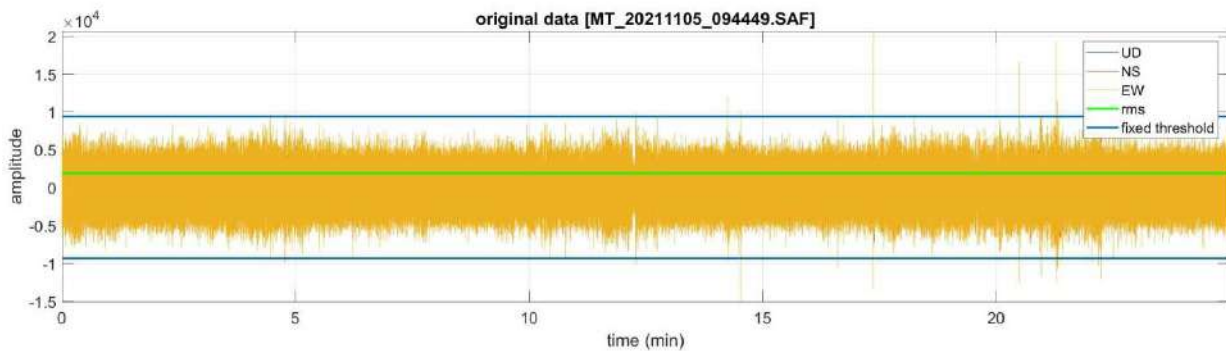
step#2 - H/V computation
remove events both Rad. & ... clean axes
20 window length (s) Min. freq.: 0.5Hz
5 tapering (%)
5 amplitude threshold test removal
3 HVSr threshold
15% spectral smoothing (triangular window)
2 detrending order no equalization
 Particle motion, all HVSrS, time lapse and video
 full output compute

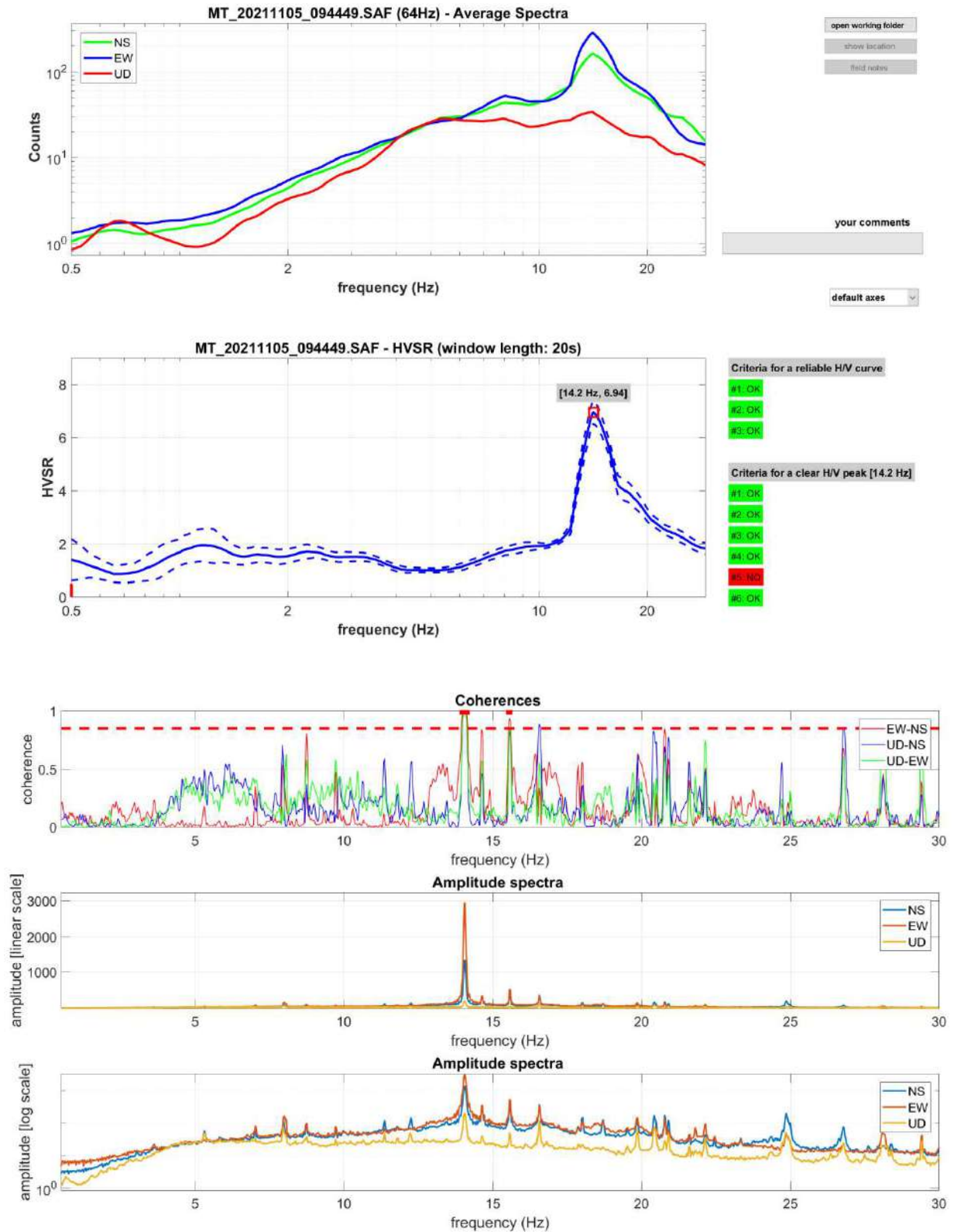
Figura 2: Parametri utilizzati nell'elaborazione

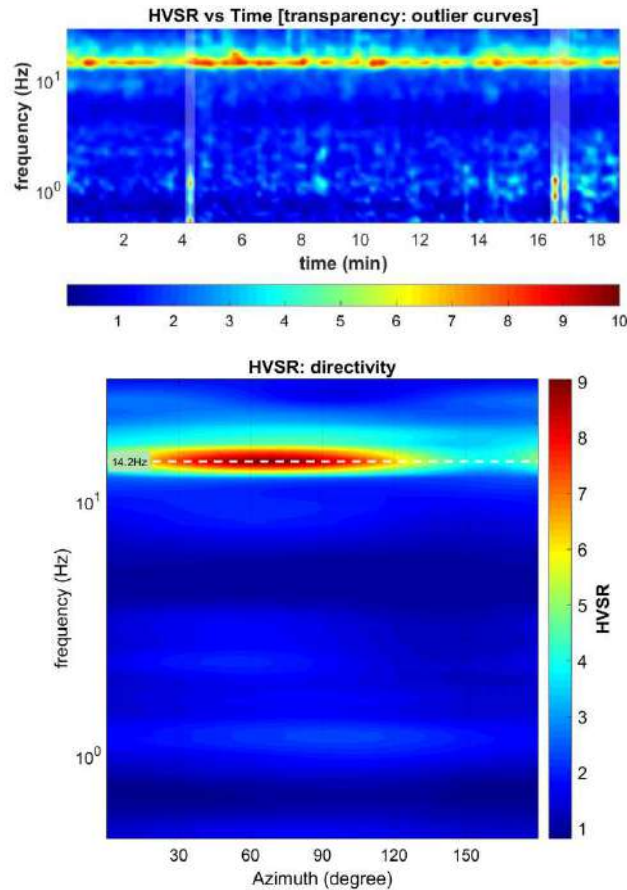
L'intervallo di analisi utilizzato è stato 0.5÷30 Hz.

Qui di seguito si riportano i grafici relativi alla misura effettuata che comprendono, nell'ordine:

- dati originali e soglie applicate per la rimozione di eventuali transienti;
- spettri singole componenti e rapporto spettrale H/V;
- funzioni di coerenza in funzione della frequenza e spettri di ampiezza in scala lineare e bilogarithmica;
- persistenza del segnale;
- direzionalità del segnale;







RISULTATI

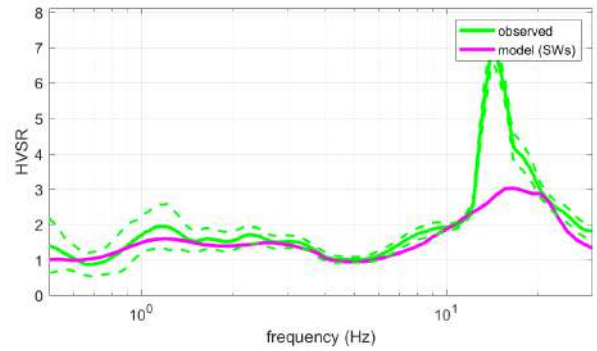
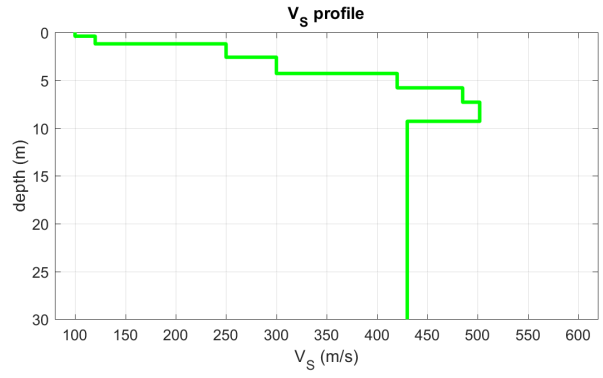
La curva H/V evidenzia un picco di chiara origine industriale (picco positivo in ampiezza su tutte e tre le componenti) alla frequenza di 14,2 Hz. Questo picco antropico maschera un presumibile picco litologico a frequenze di poco superiori, comunque al di sotto dei 20 Hz, e legato al contrasto di impedenza sismica superficiale tra il terreno vegetale e le ghiaie sottostanti.

Per frequenze inferiori a 14,2 Hz, la curva H/V si presenta ondulata, con alcuni massimi relativi, localizzati tra 1 e 4 Hz, legati a locali fenomeni di cementazione all'interno del complesso ghiaioso alluvionale.

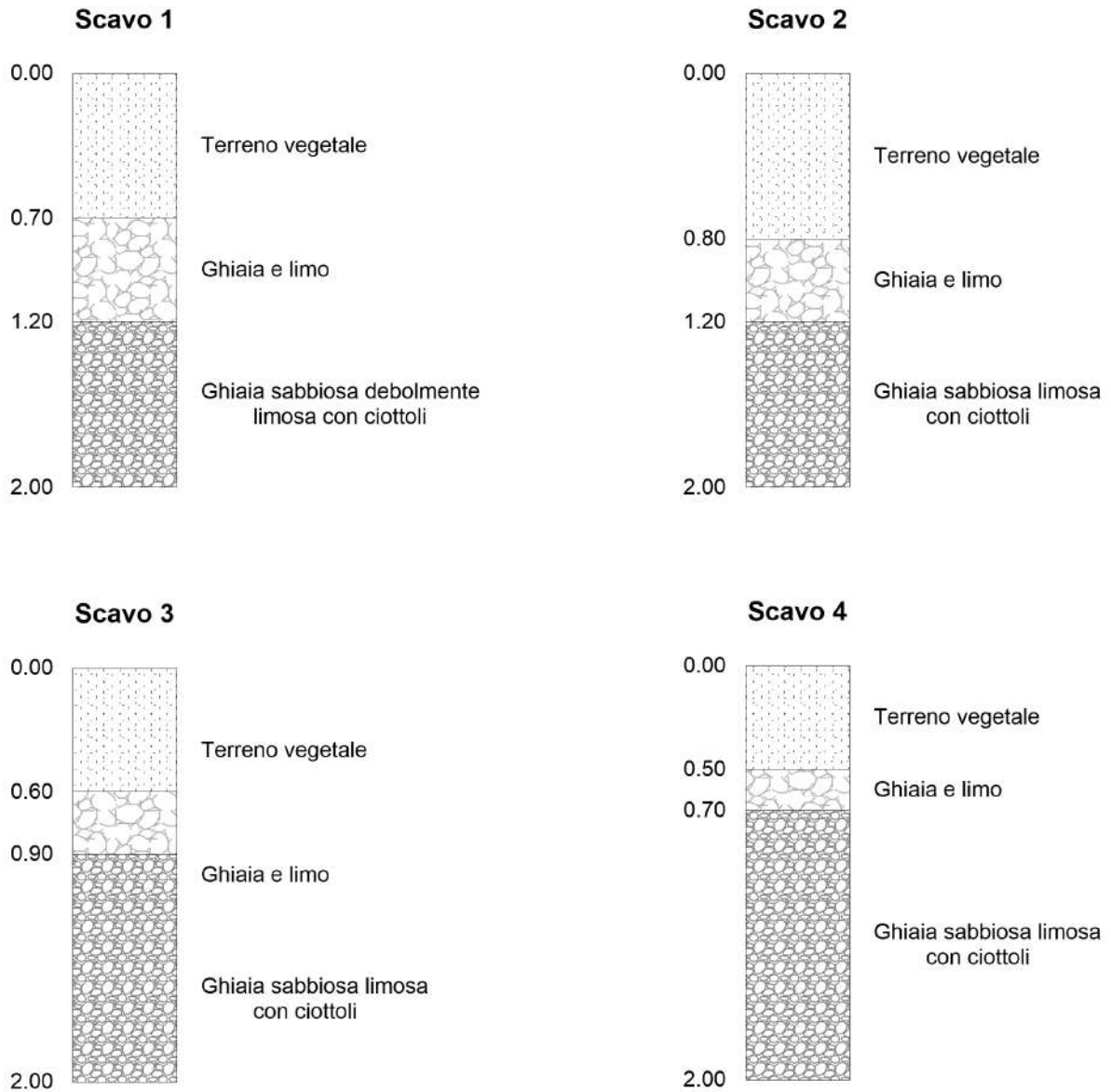
La velocità equivalente che risulta dalla modellazione della curva H/V è di 372 m/s e pertanto si può classificare il sito come appartenente alla categoria B dei suoli fondazionali, secondo le NTC 2018.

Vs model (Vs30 & VsE: 372 372 m/s)

| layer | Vs (m/s) | thickness (m) | depth (m) |
|-------|----------|---------------|-----------|
| 1 | 100 | 0.4000 | 0.4000 |
| 2 | 120 | 0.8000 | 1.2000 |
| 3 | 250 | 1.4000 | 2.6000 |
| 4 | 300 | 1.7000 | 4.3000 |
| 5 | 420 | 1.5000 | 5.8000 |
| 6 | 485 | 1.5000 | 7.3000 |
| 7 | 502 | 2 | 9.3000 |
| 8 | 430 | 25 | 34.3000 |
| 9 | 640 | 55 | 89.3000 |
| 10 | 710 | 100 | 189.3000 |
| 11 | 1070 | 100 | 289.3000 |
| 12 | 800 | 0 | 0 |



SCAVI DI SAGGIO



INDAGINE ERT – TOMOGRAFIE ELETTRICHE

Si riportano di seguito i dati salienti delle tomografie elettriche realizzate presso l'area di interesse:

| | |
|--------------|---------------------------------------|
| Tomografia 1 | Spaziatura tra gli elettrodi 3 metri |
| | Lunghezza totale stendimento 69 metri |
| | Elettrodo 1 verso sud |
| Tomografia 2 | Spaziatura tra gli elettrodi 3 metri |
| | Lunghezza totale stendimento 69 metri |
| | Elettrodo 1 verso sud |

Specifiche tecniche della strumentazione utilizzata

Lo strumento impiegato per la realizzazione delle prospezioni geofisiche è modello X612ME prodotto dalla MAE e consiste in un georesistivimetro digitale per la misura della resistività dei terreni con tecnica SEV o multielettrodo. La strumentazione integra al suo interno tutto il necessario per effettuare prospezione geoelettrica SEV o multielettrodo con 48 elettrodi.

Le caratteristiche tecniche dello strumento sono:

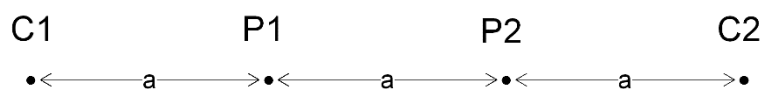
- Risoluzione scheda di acquisizione 24 bit
- Numero elettrodi gestiti senza box di espansione: 48
- Numero elettrodi gestiti con box di espansione: da 48 a 288
- Tensioni di uscita: da 50V a 800V (950V con generatore esterno opzionale)
- Potenza massima: 250W (600W con generatore esterno opzionale)
- Intensità massima corrente in uscita: 5 A a 50V
- Precisione della misura della corrente in uscita: $\pm 0,2\mu\text{A}$
- Tempo di immissione: impostabile a partire da 0,25 sec. (Visualizzazione grafica dell'onda impostata)
- Precisione della misura della misura di potenziale: $\pm 1,5\mu\text{V}$ nel range $\pm 25\text{V}$
- Formato dei dati: TSV, CSV, DAT
- Display: LCD 12.2" con touch-screen integrato optical bonding

Campagna di indagini

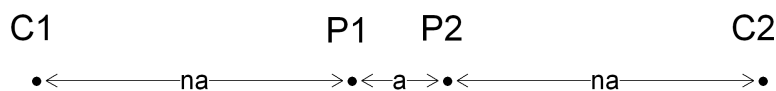
La campagna di indagini realizzata è costituita da due stendimenti, sui quali sono stati realizzati un array secondo la configurazione elettrodica Wenner Alpha ed uno secondo Wenner Schlumberger.

La corrente erogata durante le acquisizioni è pari a 160 mA con tensione massima di 800 V.

WENNER ALPHA



WENNER - SCHLUMBERGER



Cenni teorici

La tomografia elettrica di superficie si basa sull'acquisizione di un elevato numero di misure elettriche mediante un certo numero di elettrodi disposti ad intervalli regolari, lungo una superficie.

L'elaborazione del dato avviene mediante appositi software che si basano generalmente sul Metodo degli Elementi Finiti. Tale metodo prevede la suddivisione del sottosuolo in un numero finito di celle, al cui interno la resistività è uniforme ed incognita. Tali celle hanno generalmente forma quadrata o rettangolare, con dimensioni che dipendono dalla spaziatura tra gli elettrodi.

L'acquisizione in campagna consiste nell'immissione di corrente attraverso una coppia di elettrodi (AB) e di una misura della differenza di potenziale indotta mediante un'altra coppia di elettrodi (MN).

In modo automatico la strumentazione alterna gli elettrodi di energizzazione e di misura del differenziale di potenziale.

Il risultato finale è l'acquisizione di una maglia di punti di lettura lungo una sezione. Essendo noti l'intensità di corrente immessa e la differenza di potenziale indotta, è possibile per ogni punto determinare la resistività apparente.

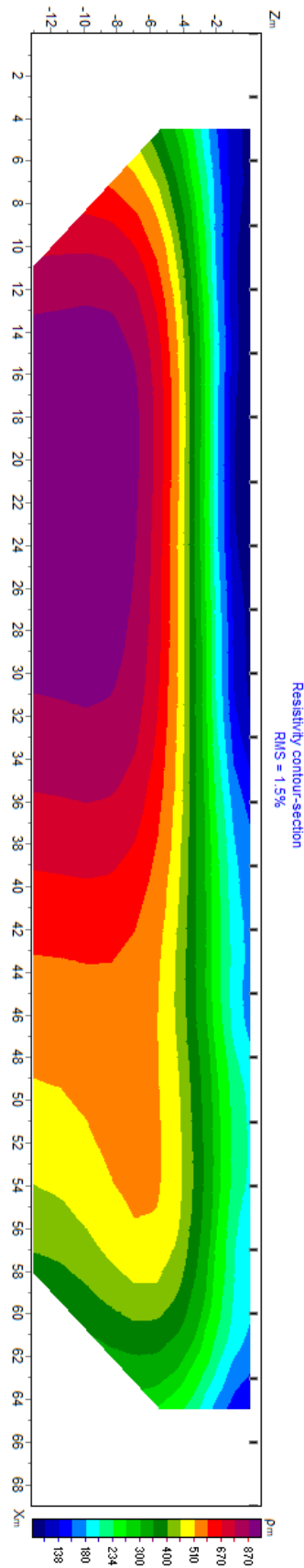
Elaborazione dei dati

L'elaborazione dei dati raccolti in campagna è stata effettuata mediante software ZONDRES2D della Zond Software del Dott. Alex Kaminsky.

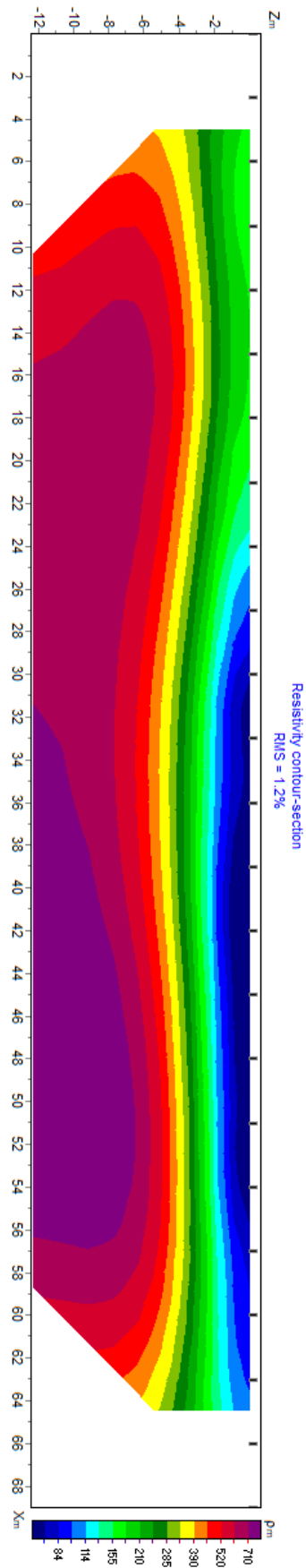
Tale software utilizza il Metodo dei Minimi Quadrati per convertire i valori di resistività apparente in una sezione. Il software permette inoltre la possibilità di modificare molteplici fattori da parte dell'operatore, al fine di individuare il modello che maggiormente rappresenta il substrato geologico dell'area indagata.

Interpretazione dei dati

Indagine numero 1



Indagine numero 2



Dall'interpretazione dei dati raccolti si osserva uno strato superficiale conduttivo, di spessore variabile (mediamente tra uno e due metri), che è rappresentato nelle tonalità del blu; questo strato è costituito dalla coltre di alterazione e dal sottostante strato di transizione. Al di sotto di questo strato sono presenti alluvioni la cui resistività è dell'ordine del migliaio di Ohm*metro, rappresentate prevalentemente da ghiaie e sabbie da limose a debolmente limose.

Certificati tomografie:

Tomografia elettrica 1

Tomografia elettrica 2

| | | | |
|------------------------|------------------------------|------------------------|------------------------------|
| Committente | Atlas RE | Committente | Atlas RE |
| Cantiere | Impianto fotovoltaico | Cantiere | Impianto fotovoltaico |
| Responsabile | Geol. Davide Seravalli | Responsabile | Geol. Davide Seravalli |
| Data acquisizione | 05.11.2021 | Data acquisizione | 05.11.2021 |
| ID linea | Tomo 1 | ID linea | Tomo 2 |
| Coordinate EI1 | Lat: 5087368 Long: 365719 | Coordinate EI1 | Lat: 5087349 Long: 365914 |
| Coordinate EI48 | Lat: 5087305 Long: 365747 | Coordinate EI48 | Lat: 5087286 Long: 365942 |
| N° elettrodi | 24 | N° elettrodi | 24 |
| Distanza elettrodi | 3.0m | Distanza elettrodi | 3.0m |
| Geometria acquisizione | Wenner Schlumberger | Geometria acquisizione | Wenner Schlumberger |
| N° quadrupoli | 112 | N° quadrupoli | 112 |
| Formato dati | .dat | Formato dati | .dat |
| | | | |

Dato letto in campagna:

Tomografia elettrica numero 1 - dato di campagna

| Misura | A | B | M | N | Resistività |
|--------|----|----|----|----|-------------|
| 1 | 1 | 4 | 2 | 3 | 150.48 |
| 2 | 2 | 5 | 3 | 4 | 154.23 |
| 3 | 3 | 6 | 4 | 5 | 148.2 |
| 4 | 4 | 7 | 5 | 6 | 156.31 |
| 5 | 5 | 8 | 6 | 7 | 153.06 |
| 6 | 6 | 9 | 7 | 8 | 153.06 |
| 7 | 7 | 10 | 8 | 9 | 154.49 |
| 8 | 8 | 11 | 9 | 10 | 164.55 |
| 9 | 9 | 12 | 10 | 11 | 170.25 |
| 10 | 10 | 13 | 11 | 12 | 177.49 |
| 11 | 11 | 14 | 12 | 13 | 194.45 |
| 12 | 12 | 15 | 13 | 14 | 214.98 |
| 13 | 13 | 16 | 14 | 15 | 214.43 |
| 14 | 14 | 17 | 15 | 16 | 235.14 |
| 15 | 15 | 18 | 16 | 17 | 223.81 |
| 16 | 16 | 19 | 17 | 18 | 247.21 |
| 17 | 17 | 20 | 18 | 19 | 247.05 |
| 18 | 18 | 21 | 19 | 20 | 229.82 |
| 19 | 19 | 22 | 20 | 21 | 221.48 |
| 20 | 20 | 23 | 21 | 22 | 197.94 |
| 21 | 21 | 24 | 22 | 23 | 170.64 |
| 22 | 1 | 6 | 3 | 4 | 220.65 |
| 23 | 2 | 7 | 4 | 5 | 215.97 |
| 24 | 3 | 8 | 5 | 6 | 232.15 |
| 25 | 4 | 9 | 6 | 7 | 235.89 |
| 26 | 5 | 10 | 7 | 8 | 234.45 |
| 27 | 6 | 11 | 8 | 9 | 233.9 |
| 28 | 7 | 12 | 9 | 10 | 252.03 |

| Misura | A | B | M | N | Resistività |
|--------|----|----|----|----|-------------|
| 29 | 8 | 13 | 10 | 11 | 256.58 |
| 30 | 9 | 14 | 11 | 12 | 249.35 |
| 31 | 10 | 15 | 12 | 13 | 273.56 |
| 32 | 11 | 16 | 13 | 14 | 292.57 |
| 33 | 12 | 17 | 14 | 15 | 294.87 |
| 34 | 13 | 18 | 15 | 16 | 296.07 |
| 35 | 14 | 19 | 16 | 17 | 281.07 |
| 36 | 15 | 20 | 17 | 18 | 313.19 |
| 37 | 16 | 21 | 18 | 19 | 306.7 |
| 38 | 17 | 22 | 19 | 20 | 275.46 |
| 39 | 18 | 23 | 20 | 21 | 270.32 |
| 40 | 19 | 24 | 21 | 22 | 263.75 |
| 41 | 1 | 8 | 4 | 5 | 268.93 |
| 42 | 2 | 9 | 5 | 6 | 289.8 |
| 43 | 3 | 10 | 6 | 7 | 293.41 |
| 44 | 4 | 11 | 7 | 8 | 293.53 |
| 45 | 5 | 12 | 8 | 9 | 296.19 |
| 46 | 6 | 13 | 9 | 10 | 315.33 |
| 47 | 7 | 14 | 10 | 11 | 317.01 |
| 48 | 8 | 15 | 11 | 12 | 306.21 |
| 49 | 9 | 16 | 12 | 13 | 324.66 |
| 50 | 10 | 17 | 13 | 14 | 354.73 |
| 51 | 11 | 18 | 14 | 15 | 338.56 |
| 52 | 12 | 19 | 15 | 16 | 329.99 |
| 53 | 13 | 20 | 16 | 17 | 308.34 |
| 54 | 14 | 21 | 17 | 18 | 342.57 |
| 55 | 15 | 22 | 18 | 19 | 331.91 |
| 56 | 16 | 23 | 19 | 20 | 303.69 |

| Misura | A | B | M | N | Resistività |
|--------|----|----|----|----|-------------|
| 57 | 17 | 24 | 20 | 21 | 304.04 |
| 58 | 1 | 10 | 5 | 6 | 335.25 |
| 59 | 2 | 11 | 6 | 7 | 335.22 |
| 60 | 3 | 12 | 7 | 8 | 335.46 |
| 61 | 4 | 13 | 8 | 9 | 339.24 |
| 62 | 5 | 14 | 9 | 10 | 355.44 |
| 63 | 6 | 15 | 10 | 11 | 358.96 |
| 64 | 7 | 16 | 11 | 12 | 345.22 |
| 65 | 8 | 17 | 12 | 13 | 371.04 |
| 66 | 9 | 18 | 13 | 14 | 385.45 |
| 67 | 10 | 19 | 14 | 15 | 366.75 |
| 68 | 11 | 20 | 15 | 16 | 360.32 |
| 69 | 12 | 21 | 16 | 17 | 326.96 |
| 70 | 13 | 22 | 17 | 18 | 355.88 |
| 71 | 14 | 23 | 18 | 19 | 352.43 |
| 72 | 15 | 24 | 19 | 20 | 331.91 |
| 73 | 1 | 12 | 6 | 7 | 370.76 |
| 74 | 2 | 13 | 7 | 8 | 365.4 |
| 75 | 3 | 14 | 8 | 9 | 362.88 |
| 76 | 4 | 15 | 9 | 10 | 382.97 |
| 77 | 5 | 16 | 10 | 11 | 384.6 |
| 78 | 6 | 17 | 11 | 12 | 375.29 |
| 79 | 7 | 18 | 12 | 13 | 395.62 |
| 80 | 8 | 19 | 13 | 14 | 410.09 |
| 81 | 9 | 20 | 14 | 15 | 387.24 |
| 82 | 10 | 21 | 15 | 16 | 379.64 |
| 83 | 11 | 22 | 16 | 17 | 343.1 |
| 84 | 12 | 23 | 17 | 18 | 371.67 |

| Misura | A | B | M | N | Resistività |
|--------|----|----|----|----|-------------|
| 85 | 13 | 24 | 18 | 19 | 370.93 |
| 86 | 1 | 14 | 7 | 8 | 384.2 |
| 87 | 2 | 15 | 8 | 9 | 378.18 |
| 88 | 3 | 16 | 9 | 10 | 397.2 |
| 89 | 4 | 17 | 10 | 11 | 405.73 |
| 90 | 5 | 18 | 11 | 12 | 387.31 |
| 91 | 6 | 19 | 12 | 13 | 409.02 |
| 92 | 7 | 20 | 13 | 14 | 428.52 |
| 93 | 8 | 21 | 14 | 15 | 403.67 |
| 94 | 9 | 22 | 15 | 16 | 390.4 |
| 95 | 10 | 23 | 16 | 17 | 356.79 |
| 96 | 11 | 24 | 17 | 18 | 395.1 |
| 97 | 1 | 16 | 8 | 9 | 389.56 |
| 98 | 2 | 17 | 9 | 10 | 409 |
| 99 | 3 | 18 | 10 | 11 | 410.16 |
| 100 | 4 | 19 | 11 | 12 | 394.38 |
| 101 | 5 | 20 | 12 | 13 | 417.48 |
| 102 | 6 | 21 | 13 | 14 | 437.4 |
| 103 | 7 | 22 | 14 | 15 | 413.56 |
| 104 | 8 | 23 | 15 | 16 | 405.21 |
| 105 | 9 | 24 | 16 | 17 | 371.83 |
| 106 | 1 | 18 | 9 | 10 | 412.87 |
| 107 | 2 | 19 | 10 | 11 | 410.59 |
| 108 | 3 | 20 | 11 | 12 | 396.67 |
| 109 | 4 | 21 | 12 | 13 | 421.38 |
| 110 | 5 | 22 | 13 | 14 | 439.96 |
| 111 | 6 | 23 | 14 | 15 | 421.79 |
| 112 | 7 | 24 | 15 | 16 | 420.03 |

Tomografia elettrica numero 2 - dato di campagna

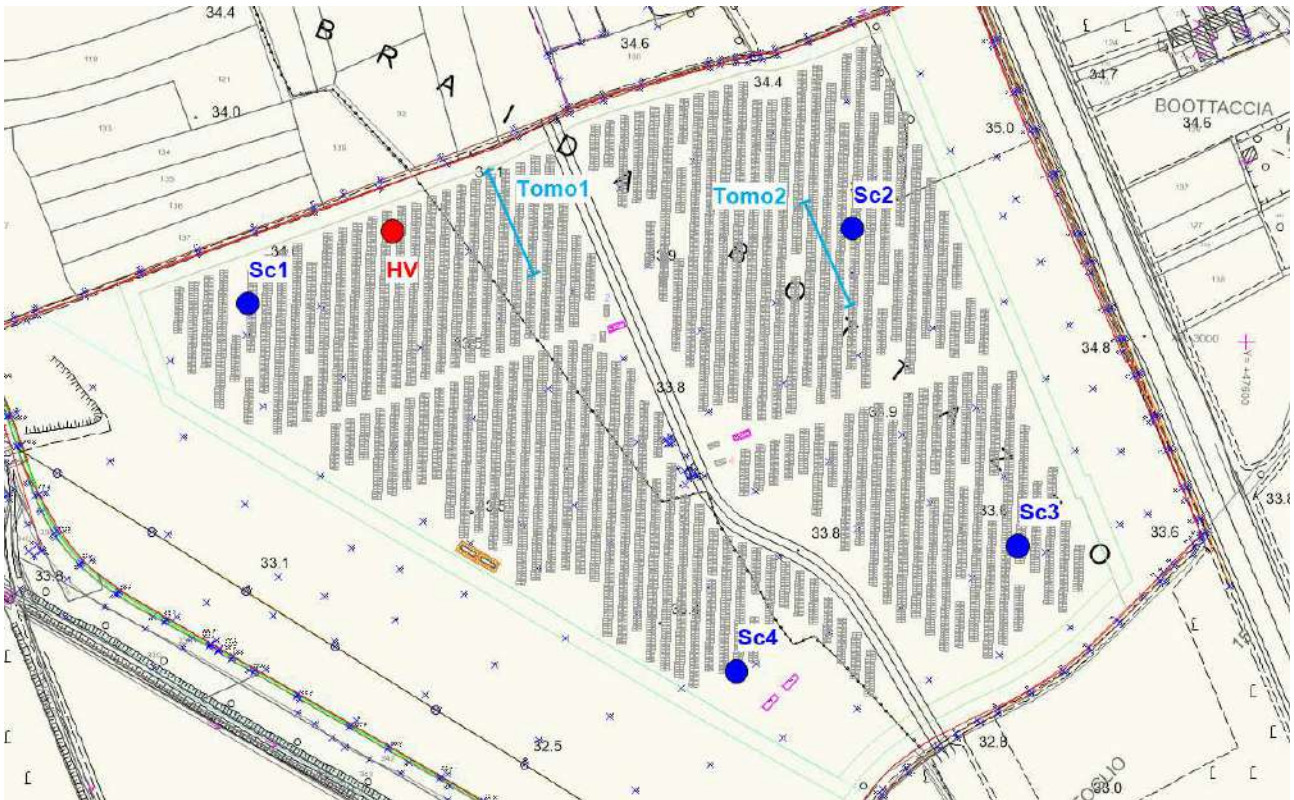
| Misura | A | B | M | N | Resistività |
|--------|----|----|----|----|-------------|
| 1 | 1 | 4 | 2 | 3 | 217.07 |
| 2 | 2 | 5 | 3 | 4 | 221.42 |
| 3 | 3 | 6 | 4 | 5 | 221.37 |
| 4 | 4 | 7 | 5 | 6 | 229.92 |
| 5 | 5 | 8 | 6 | 7 | 225.88 |
| 6 | 6 | 9 | 7 | 8 | 204.43 |
| 7 | 7 | 10 | 8 | 9 | 191.36 |
| 8 | 8 | 11 | 9 | 10 | 148.05 |
| 9 | 9 | 12 | 10 | 11 | 140.17 |
| 10 | 10 | 13 | 11 | 12 | 104.85 |
| 11 | 11 | 14 | 12 | 13 | 110.63 |
| 12 | 12 | 15 | 13 | 14 | 98.65 |
| 13 | 13 | 16 | 14 | 15 | 88.75 |
| 14 | 14 | 17 | 15 | 16 | 94.31 |
| 15 | 15 | 18 | 16 | 17 | 96.59 |
| 16 | 16 | 19 | 17 | 18 | 103.19 |
| 17 | 17 | 20 | 18 | 19 | 100.72 |
| 18 | 18 | 21 | 19 | 20 | 114.02 |
| 19 | 19 | 22 | 20 | 21 | 123.55 |
| 20 | 20 | 23 | 21 | 22 | 128.85 |
| 21 | 21 | 24 | 22 | 23 | 141.7 |
| 22 | 1 | 6 | 3 | 4 | 286.96 |
| 23 | 2 | 7 | 4 | 5 | 284.46 |
| 24 | 3 | 8 | 5 | 6 | 297.73 |
| 25 | 4 | 9 | 6 | 7 | 280.58 |
| 26 | 5 | 10 | 7 | 8 | 261.54 |
| 27 | 6 | 11 | 8 | 9 | 253.91 |
| 28 | 7 | 12 | 9 | 10 | 213.83 |

| Misura | A | B | M | N | Resistività |
|--------|----|----|----|----|-------------|
| 29 | 8 | 13 | 10 | 11 | 194.61 |
| 30 | 9 | 14 | 11 | 12 | 158.23 |
| 31 | 10 | 15 | 12 | 13 | 171.89 |
| 32 | 11 | 16 | 13 | 14 | 163.08 |
| 33 | 12 | 17 | 14 | 15 | 135.87 |
| 34 | 13 | 18 | 15 | 16 | 147.38 |
| 35 | 14 | 19 | 16 | 17 | 160.45 |
| 36 | 15 | 20 | 17 | 18 | 161.43 |
| 37 | 16 | 21 | 18 | 19 | 152.74 |
| 38 | 17 | 22 | 19 | 20 | 171.89 |
| 39 | 18 | 23 | 20 | 21 | 186.58 |
| 40 | 19 | 24 | 21 | 22 | 184.93 |
| 41 | 1 | 8 | 4 | 5 | 315.64 |
| 42 | 2 | 9 | 5 | 6 | 337.95 |
| 43 | 3 | 10 | 6 | 7 | 325.33 |
| 44 | 4 | 11 | 7 | 8 | 302.1 |
| 45 | 5 | 12 | 8 | 9 | 303.1 |
| 46 | 6 | 13 | 9 | 10 | 255.5 |
| 47 | 7 | 14 | 10 | 11 | 238.1 |
| 48 | 8 | 15 | 11 | 12 | 195.14 |
| 49 | 9 | 16 | 12 | 13 | 226.7 |
| 50 | 10 | 17 | 13 | 14 | 211.97 |
| 51 | 11 | 18 | 14 | 15 | 181.43 |
| 52 | 12 | 19 | 15 | 16 | 195.9 |
| 53 | 13 | 20 | 16 | 17 | 212.36 |
| 54 | 14 | 21 | 17 | 18 | 212.76 |
| 55 | 15 | 22 | 18 | 19 | 195.78 |
| 56 | 16 | 23 | 19 | 20 | 216.73 |

| Misura | A | B | M | N | Resistività |
|--------|----|----|----|----|-------------|
| 57 | 17 | 24 | 20 | 21 | 233.41 |
| 58 | 1 | 10 | 5 | 6 | 364.4 |
| 59 | 2 | 11 | 6 | 7 | 359.04 |
| 60 | 3 | 12 | 7 | 8 | 345.79 |
| 61 | 4 | 13 | 8 | 9 | 340.14 |
| 62 | 5 | 14 | 9 | 10 | 285.61 |
| 63 | 6 | 15 | 10 | 11 | 274.01 |
| 64 | 7 | 16 | 11 | 12 | 227.93 |
| 65 | 8 | 17 | 12 | 13 | 258.66 |
| 66 | 9 | 18 | 13 | 14 | 252.88 |
| 67 | 10 | 19 | 14 | 15 | 220.12 |
| 68 | 11 | 20 | 15 | 16 | 241.9 |
| 69 | 12 | 21 | 16 | 17 | 251.12 |
| 70 | 13 | 22 | 17 | 18 | 253.95 |
| 71 | 14 | 23 | 18 | 19 | 235.07 |
| 72 | 15 | 24 | 19 | 20 | 252.62 |
| 73 | 1 | 12 | 6 | 7 | 387.9 |
| 74 | 2 | 13 | 7 | 8 | 375.57 |
| 75 | 3 | 14 | 8 | 9 | 372.73 |
| 76 | 4 | 15 | 9 | 10 | 317.06 |
| 77 | 5 | 16 | 10 | 11 | 300.2 |
| 78 | 6 | 17 | 11 | 12 | 248.39 |
| 79 | 7 | 18 | 12 | 13 | 285.3 |
| 80 | 8 | 19 | 13 | 14 | 280.39 |
| 81 | 9 | 20 | 14 | 15 | 250.91 |
| 82 | 10 | 21 | 15 | 16 | 272.72 |
| 83 | 11 | 22 | 16 | 17 | 290.9 |
| 84 | 12 | 23 | 17 | 18 | 285.41 |

| Misura | A | B | M | N | Resistività |
|--------|----|----|----|----|-------------|
| 85 | 13 | 24 | 18 | 19 | 264.93 |
| 86 | 1 | 14 | 7 | 8 | 395 |
| 87 | 2 | 15 | 8 | 9 | 403 |
| 88 | 3 | 16 | 9 | 10 | 343.37 |
| 89 | 4 | 17 | 10 | 11 | 319.93 |
| 90 | 5 | 18 | 11 | 12 | 261.93 |
| 91 | 6 | 19 | 12 | 13 | 306.03 |
| 92 | 7 | 20 | 13 | 14 | 301.96 |
| 93 | 8 | 21 | 14 | 15 | 264.7 |
| 94 | 9 | 22 | 15 | 16 | 298.81 |
| 95 | 10 | 23 | 16 | 17 | 317.06 |
| 96 | 11 | 24 | 17 | 18 | 316.96 |
| 97 | 1 | 16 | 8 | 9 | 422.53 |
| 98 | 2 | 17 | 9 | 10 | 359.27 |
| 99 | 3 | 18 | 10 | 11 | 334.81 |
| 100 | 4 | 19 | 11 | 12 | 276.5 |
| 101 | 5 | 20 | 12 | 13 | 318.07 |
| 102 | 6 | 21 | 13 | 14 | 312.38 |
| 103 | 7 | 22 | 14 | 15 | 277.49 |
| 104 | 8 | 23 | 15 | 16 | 308.9 |
| 105 | 9 | 24 | 16 | 17 | 336.97 |
| 106 | 1 | 18 | 9 | 10 | 367.25 |
| 107 | 2 | 19 | 10 | 11 | 348.48 |
| 108 | 3 | 20 | 11 | 12 | 286.06 |
| 109 | 4 | 21 | 12 | 13 | 325.71 |
| 110 | 5 | 22 | 13 | 14 | 318.69 |
| 111 | 6 | 23 | 14 | 15 | 282.48 |
| 112 | 7 | 24 | 15 | 16 | 316.72 |

Posizione indicativa indagini: scavi (Sc), indagini ERT (Tomo) ed indagine HVSR (Hv)



Documentazione fotografica





Indagine HVSR



Scavo di saggio 1



Scavo di saggio 2



Scavo di saggio 2



Scavo di saggio 3



Scavo di saggio 4

8. INDICAZIONI GEOLOGICO TECNICHE

Dato il quadro geologico generale dell'area, visti i dati sul sottosuolo relativi alle indagini eseguite sui terreni e quanto emerso dal rilievo di superficie in campagna, si ritiene di poter schematizzare la struttura del sottosuolo, per i primi metri, nel seguente modo:

TERRENO VEGETALE spessore medio 60-70 centimetri
peso di volume (kN/mc) 16,50 – 17,00
angolo di attrito interno (gradi sess,) 25° - 26°
coesione (kN/mq) 0
permeabilità (m/s) 10^{-6} - 10^{-7}

GHIAIA E LIMO fino alla profondità media di 1.2 metri
peso di volume (kN/mc) 18,00 – 18,50
angolo di attrito interno (gradi sess,) 29° - 30°
coesione (kN/mq) 0
permeabilità (m/s) 10^{-7} - 10^{-8}

GHIAIA SABBIOSA LIMOSA CON CIOTTOLI oltre la profondità media di 1.2 metri dal p. c.
peso di volume (kN/mc) 18,50 – 19,00
angolo di attrito interno (gradi sess,) 31° - 32°
coesione (kN/mq) 0
permeabilità (cm/s) 10^{-4} – 10^{-5}

9. PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE

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): 45.9254570 [°]
 Longitudine (WGS84): 13.2698364 [°]
 Latitudine (ED50): 45.9263420 [°]
 Longitudine (ED50): 13.2708082 [°]

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 | 10541 | 45.934590 | 13.202590 | 5355.10 |
| 2 | 10542 | 45.934750 | 13.274350 | 974.09 |
| 3 | 10764 | 45.884740 | 13.274560 | 4635.16 |
| 4 | 10763 | 45.884590 | 13.202810 | 7016.90 |

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 | 0.044 | 2.505 | 0.239 |
| SLD | 50 | 0.057 | 2.486 | 0.265 |
| | 72 | 0.067 | 2.473 | 0.281 |
| | 101 | 0.077 | 2.458 | 0.295 |
| | 140 | 0.088 | 2.481 | 0.314 |
| | 201 | 0.102 | 2.485 | 0.327 |
| SLV | 475 | 0.146 | 2.490 | 0.349 |
| SLC | 975 | 0.188 | 2.570 | 0.360 |
| | 2475 | 0.259 | 2.617 | 0.378 |

Punto 2

| Stato limite | Tr [anni] | ag [g] | F0 [-] | Tc* [s] |
|--------------|--------------|-----------|-----------|------------|
| SLO | 30 | 0.045 | 2.491 | 0.238 |
| SLD | 50 | 0.058 | 2.485 | 0.264 |
| | 72 | 0.069 | 2.457 | 0.280 |
| | 101 | 0.080 | 2.458 | 0.293 |
| | 140 | 0.092 | 2.465 | 0.310 |
| | 201 | 0.109 | 2.446 | 0.321 |
| SLV | 475 | 0.155 | 2.478 | 0.341 |
| SLC | 975 | 0.203 | 2.543 | 0.353 |
| | 2475 | 0.285 | 2.561 | 0.369 |

Punto 3

| Stato limite | Tr [anni] | ag [g] | F0 [-] | Tc* [s] |
|--------------|--------------|-----------|-----------|------------|
| SLO | 30 | 0.040 | 2.554 | 0.239 |
| SLD | 50 | 0.053 | 2.512 | 0.263 |
| | 72 | 0.062 | 2.485 | 0.280 |
| | 101 | 0.072 | 2.470 | 0.294 |
| | 140 | 0.082 | 2.497 | 0.312 |
| | 201 | 0.095 | 2.516 | 0.326 |
| SLV | 475 | 0.135 | 2.502 | 0.350 |
| SLC | 975 | 0.175 | 2.555 | 0.362 |
| | 2475 | 0.240 | 2.628 | 0.375 |

Punto 4

| Stato limite | Tr [anni] | ag [g] | F0 [-] | Tc* [s] |
|--------------|--------------|-----------|-----------|------------|
| SLO | 30 | 0.039 | 2.573 | 0.240 |
| SLD | 50 | 0.050 | 2.539 | 0.266 |
| | 72 | 0.060 | 2.515 | 0.282 |
| | 101 | 0.070 | 2.478 | 0.296 |
| | 140 | 0.079 | 2.504 | 0.316 |
| | 201 | 0.091 | 2.528 | 0.331 |
| SLV | 475 | 0.128 | 2.501 | 0.359 |
| SLC | 975 | 0.164 | 2.576 | 0.372 |
| | 2475 | 0.221 | 2.665 | 0.385 |

Punto d'indagine

| Stato limite | Tr [anni] | ag [g] | F0 [-] | Tc* [s] |
|--------------|--------------|-----------|-----------|------------|
| SLO | 30 | 0.044 | 2.509 | 0.239 |
| SLD | 50 | 0.057 | 2.494 | 0.264 |
| SLV | 475 | 0.149 | 2.485 | 0.345 |
| SLC | 975 | 0.194 | 2.551 | 0.356 |

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: B

Categoria topografica:

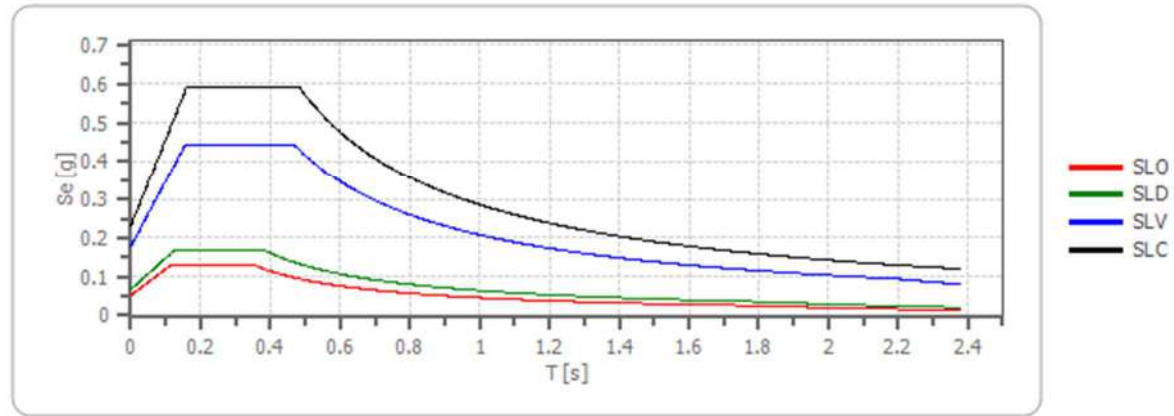
T1: Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media minore o uguale a 15°

Stabilità di pendii e fondazioni

| Coefficienti | SLO | SLD | SLV | SLC |
|--------------------------|-------|-------|-------|-------|
| kh | 0.010 | 0.014 | 0.043 | 0.056 |
| kv | 0.005 | 0.007 | 0.021 | 0.028 |
| amax [m/s ²] | 0.514 | 0.666 | 1.750 | 2.280 |
| Beta | 0.200 | 0.200 | 0.240 | 0.240 |

Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali

Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali



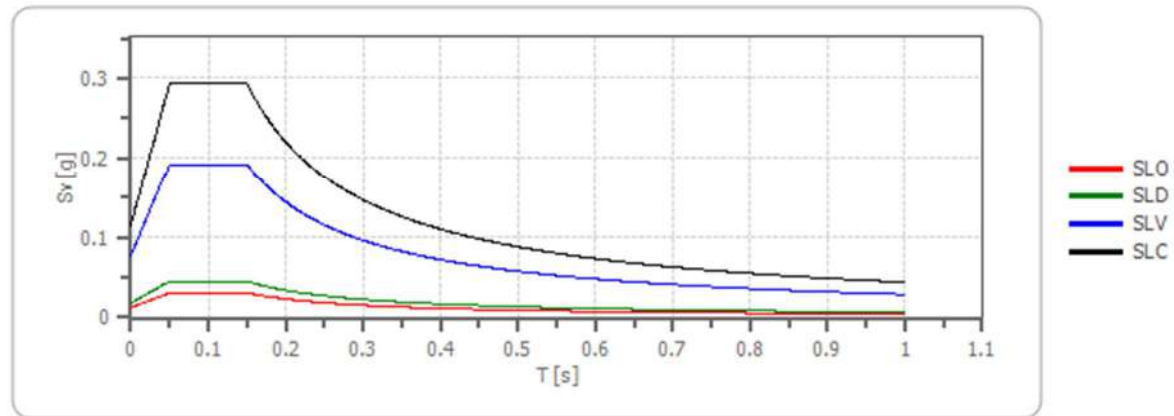
| | cu | ag [g] | F0 [-] | Tc* [s] | Ss [-] | Cc [-] | St [-] | S [-] | η [-] | TB [s] | TC [s] | TD [s] | Se(0) [g] | Se(TB) [g] |
|-----|-----|--------|--------|---------|--------|--------|--------|-------|------------|--------|--------|--------|-----------|------------|
| SLO | 1.0 | 0.044 | 2.509 | 0.239 | 1.200 | 1.460 | 1.000 | 1.200 | 1.000 | 0.116 | 0.349 | 1.775 | 0.052 | 0.132 |
| SLD | 1.0 | 0.057 | 2.494 | 0.264 | 1.200 | 1.440 | 1.000 | 1.200 | 1.000 | 0.127 | 0.380 | 1.826 | 0.068 | 0.169 |
| SLV | 1.0 | 0.149 | 2.485 | 0.345 | 1.200 | 1.360 | 1.000 | 1.200 | 1.000 | 0.156 | 0.469 | 2.195 | 0.178 | 0.443 |
| SLC | 1.0 | 0.194 | 2.551 | 0.356 | 1.200 | 1.350 | 1.000 | 1.200 | 1.000 | 0.160 | 0.481 | 2.375 | 0.232 | 0.593 |

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 | 0.044 | 2.509 | 0.239 | 1 | 1.460 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 0.050 | 0.150 | 1.000 | 0.012 | 0.031 |
| SLD | 1.0 | 0.057 | 2.494 | 0.264 | 1 | 1.440 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 0.050 | 0.150 | 1.000 | 0.018 | 0.045 |
| SLV | 1.0 | 0.149 | 2.485 | 0.345 | 1 | 1.360 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 0.050 | 0.150 | 1.000 | 0.077 | 0.192 |
| SLC | 1.0 | 0.194 | 2.551 | 0.356 | 1 | 1.350 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 0.050 | 0.150 | 1.000 | 0.115 | 0.294 |

Spettro di progetto

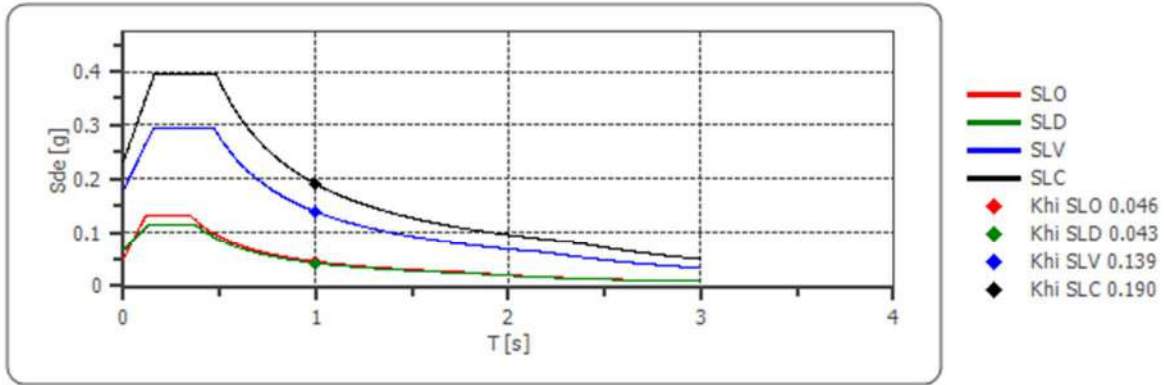
Fattore di struttura spettro orizzontale q: 1.50

Fattore di struttura spettro verticale q: 1.50

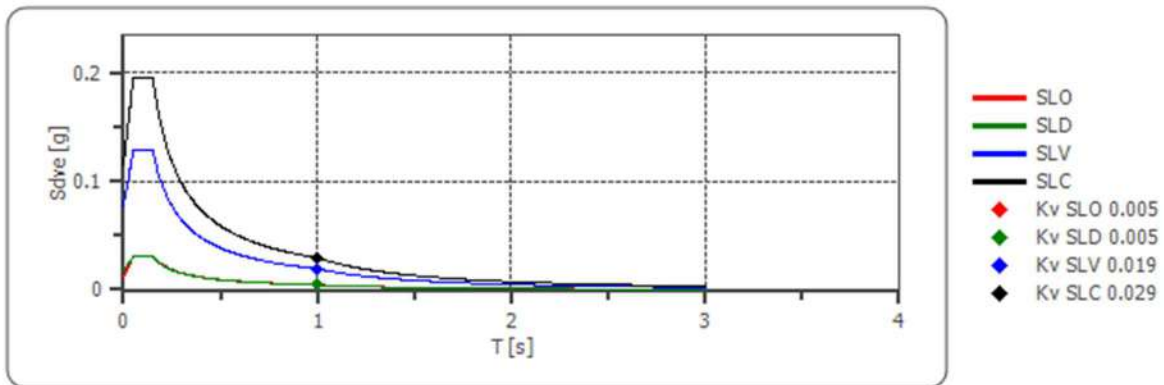
Periodo fondamentale T: 1.00 [s]

| | SLO | SLD | SLV | SLC |
|------------------------------|-------|-------|-------|-------|
| khi = Sde(T) Orizzontale [g] | 0.046 | 0.043 | 0.139 | 0.190 |
| kv = Sdve(T) Verticale [g] | 0.005 | 0.005 | 0.019 | 0.029 |

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 | 0.044 | 2.509 | 0.239 | 1.200 | 1.460 | 1.000 | 1.200 | 1.000 | 0.116 | 0.349 | 1.775 | 0.052 | 0.132 |
| SLO verticale | 1.0 | 0.044 | 2.509 | 0.239 | 1.200 | 1.460 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 0.050 | 0.150 | 1.000 | 0.012 | 0.031 |
| SLD orizzontale | 1.0 | 0.057 | 2.494 | 0.264 | 1.200 | 1.440 | 1.000 | 1.200 | 1.500 | 0.127 | 0.380 | 1.826 | 0.068 | 0.113 |
| SLD verticale | 1.0 | 0.057 | 2.494 | 0.264 | 1.200 | 1.440 | 1.000 | 1.000 | 1.500 | 0.050 | 0.150 | 1.000 | 0.018 | 0.030 |
| SLV orizzontale | 1.0 | 0.149 | 2.485 | 0.345 | 1.200 | 1.360 | 1.000 | 1.200 | 1.500 | 0.156 | 0.469 | 2.195 | 0.178 | 0.296 |
| SLV verticale | 1.0 | 0.149 | 2.485 | 0.345 | 1.200 | 1.360 | 1.000 | 1.000 | 1.500 | 0.050 | 0.150 | 1.000 | 0.077 | 0.128 |
| SLC orizzontale | 1.0 | 0.194 | 2.551 | 0.356 | 1.200 | 1.350 | 1.000 | 1.200 | 1.500 | 0.160 | 0.481 | 2.375 | 0.232 | 0.395 |
| SLC verticale | 1.0 | 0.194 | 2.551 | 0.356 | 1.200 | 1.350 | 1.000 | 1.000 | 1.500 | 0.050 | 0.150 | 1.000 | 0.115 | 0.196 |

10. CONCLUSIONI

Su incarico della committenza si redige la presente relazione geologica relativa ai terreni interessati dal progetto definitivo per la realizzazione di un impianto fotovoltaico.

Il progetto prevede la realizzazione di un impianto fotovoltaico a terra, su un terreno agricolo situato a cavallo dei comuni di Bicinicco e Santa Maria la Longa, poco più a sud della SP64. Inoltre è prevista la realizzazione di un cavidotto interrato per il collegamento dell'impianto fotovoltaico alla rete di distribuzione. Tale cavidotto andrà dalla zona di indagine fino a Palmanova.

Le situazioni tettonica e geologica della zona sono ben delineate; l'area di intervento si situa in un tratto di alta pianura friulana a monte della linea delle risorgive.

Per la redazione della presente relazione sono stati realizzati sopralluoghi e si è fatto riferimento ad informazioni bibliografiche. Inoltre tra ottobre e novembre 2021 lo scrivente ha effettuato una campagna di indagini geognostiche presso i terreni su cui sorgerà il campo fotovoltaico costituita da:

- Quattro scavi di saggio;
- Un'indagine sismica HVSR;
- Due tomografie elettriche – indagine ERT.

Sulla base dei rilievi svolti si ritiene lecito affermare quanto segue:

- Il campo fotovoltaico verrà realizzato a cavallo dei territori comunali di Bicinicco e Santa Maria la Longa;
- Entrambi i comuni ricadono in Zona sismica Z3;
- La classe topografica dei luoghi di intervento è T1;
- Il sito si classifica come appartenente alla categoria B dei suoli fondazionali;
- Il lotto non è vincolato ai sensi della vigente normativa PAIR;
- Secondo la consultazione del sito ITHACA l'area è interessata dalla faglia di Palmanova, che la attraversa secondo una direttrice SE-NW. Durante i rilievi in campagna non sono comunque state individuate morfologie riconducibili con la presenza di faglie attive ad andamento accertato;
- In questo settore pianeggiante la falda è posta a profondità minima di circa 8 metri;
- Le indagini hanno permesso di caratterizzare il sottosuolo; i terreni superficialmente sono caratterizzati da una coltre di alterazione spessa mediamente 60-70 centimetri costituita da limi

ed argille. Al di sotto è presente uno strato di transizione costituito da ghiaia e limo. Oltre la profondità di 1,2 metri dal piano campagna prevalgono le ghiaie sabbiose limose con ciottoli;

- Le fondazioni delle strutture potranno essere dimensionate sulla base delle informazioni fornite nel capitolo dedicato alle indicazioni geologico tecniche;

In fase di realizzazione degli scavi sarà comunque opportuno controllare congiuntamente con lo scrivente che la situazione geologica corrisponda a quella delineata su tutta la superficie d'intervento. Quest'operazione di controllo, in fase esecutiva, sarà attuata con riferimento soprattutto all'individuazione di piccole lenti superficiali di terreni rimaneggiati e finalizzata all'adozione degli opportuni accorgimenti tecnici eventualmente necessari.

Gemona del Friuli, 10 novembre 2021

Dott. Geol. Davide Seravalli

Allegati:

- All1: Corografia
- All2: Carta geolitologica
- All3: Carta della falda

