

PROGETTO

**IMPIANTO FOTOVOLTAICO DENOMINATO
"LAGNANO"
CON POTENZA PARI A 41,28 MWp
NEL COMUNE DI ASCOLI SATRIANO (FG)**

TITOLO

RELAZIONE GEOLOGICA E SISMICA

PROGETTISTA	PROPONENTE	VISTI		
 <p>PHEEDRA S.r.l. via Lago di Nemi n.90 74121 - Taranto Tel.: 099.7722302 Fax: 099.9870285 PEC: info@pec.pheedra.it e-mail: info@pheedra.it web: www.pheedra.it</p> <p>Commissa 21_25_PV_LGN Direttore Tecnico: Dott. Ing. Angelo Micolucci</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-top: 10px;"> <p style="text-align: center;">ORDINE INGEGNERI PROVINCIA TARANTO</p> <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 60%; border-right: 1px solid black; padding: 2px;"> <p>Dott. Ing. MICOLUCCI Angelo n° 1851</p> </td> <td style="width: 40%; padding: 2px;"> <p style="text-align: center;">Sezione A</p> <p>Settore: Civile Ambientale Industriale Infermazione</p> </td> </tr> </table> </div> <p>Consulenza Specialistica: Dott. Geol. Antonio Mattia Fusco</p> 	<p>Dott. Ing. MICOLUCCI Angelo n° 1851</p>	<p style="text-align: center;">Sezione A</p> <p>Settore: Civile Ambientale Industriale Infermazione</p>	<p>INERGIA SOLARE S.r.l.</p> <p>Sede legale e Amministrativa: Piazza Manifattura n.1 38068 Rovereto (TN) Tel.: 0464/620010 Fax: 0464/620011 PEC: direzione.inergiasolare@legalmail.it</p>	
<p>Dott. Ing. MICOLUCCI Angelo n° 1851</p>	<p style="text-align: center;">Sezione A</p> <p>Settore: Civile Ambientale Industriale Infermazione</p>			

PROGETTAZIONE

Scala	Formato Stampa	Cod.Elaborato	Rev.	Nome File	Foglio
-	A4	FV-LAG-CIV-REL-04	a	FV-LAG-CIV-REL-04_a - Relazione geologica e sismica.pdf	1

Rev.	Data	Descrizione	Elaborato	Controllato	Approvato
a	Gennaio 2023	Prima Emissione	A. Fusco	A.Corradetti	R.Cairolì

INDICE

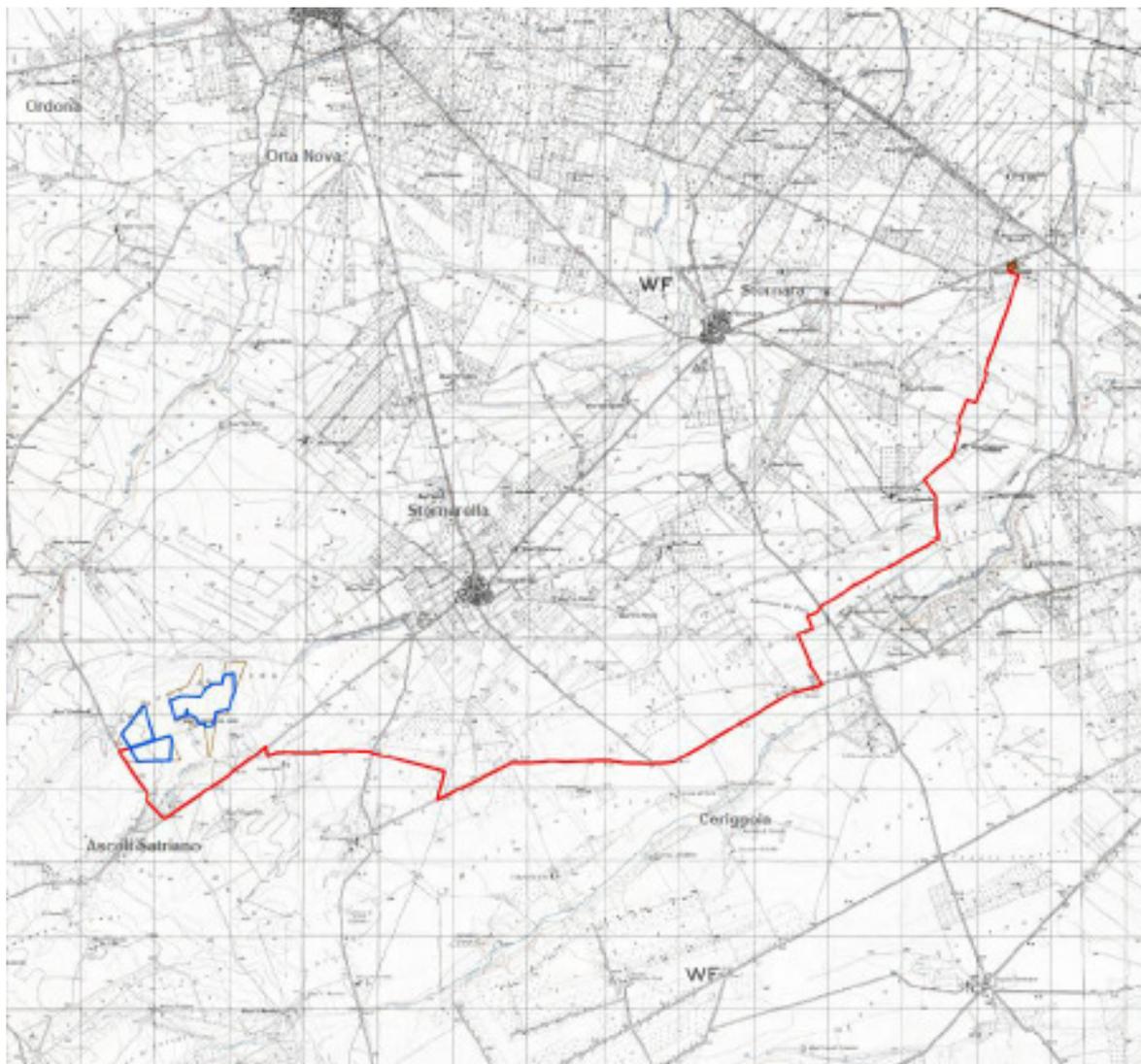
1. PREMESSA.....	3
2. CARATTERISTICHE GEOLOGICHE.....	6
3. SISMICITÀ DEL TERRITORIO.....	10
4. IDROGEOLOGIA.....	20
5. INDAGINI GEOGNOSTICHE E CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA.....	22
6. CONCLUSIONI.....	31

ALLEGATI:

- Stralcio della Carta Geologica d'Italia Foglio 175 (Cerignola);
- Legenda;
- ubicazione indagine sismica tipo MASW;
- ubicazione indagine sismica a rifrazione (sito 1);
- ubicazione indagine sismica a rifrazione (sito 2);
- ubicazione prova penetrometrica dinamica continua (sito 1);
- ubicazione prova penetrometrica dinamica continua (sito 2);

1. PREMESSA

Lo scrivente Dott. Antonio Mattia Fusco, iscritto all'Ordine dei Geologi Puglia al n.587, su incarico affidatogli dalla Società d'ingegneria – Pheedra s.r.l. per conto della società proponente ha eseguito il seguente studio nell'ambito del PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN **IMPIANTO FOTOVOLTAICO DENOMINATO "LAGNANO" CON POTENZA PARI A 41,28 MW_p NEL COMUNE DI ASCOLI SATRIANO (FG).**



INTERVENTI IN PROGETTO

-  Area impianto agrivoltaico in progetto
-  Cavidotto MT di progetto
-  Cabine elettriche di progetto
-  Area SSE
-  Confine catastale

Stralcio IGM con indicazione interventi in progetto

Nei paragrafi che seguono sarà illustrata la situazione litostratigrafica locale, con la definizione dell'origine e natura dei litotipi, il loro stato di alterazione e fratturazione e la loro degradabilità, nonché i lineamenti morfologici della zona. Lo studio geologico si è svolto in ottemperanza al D.M. del 11/03/1988, all'ordinanza del presidente del consiglio dei Ministri n°3274 del 20/03/2003 e alle disposizioni dettate dal nuovo Norme Tecniche sulle Costruzioni D.M. del 17/01/2018 al fine di ricostruire un modello geologico e geotecnico atto a fornire i caratteri stratigrafici, litologici del sito.

Per lo svolgimento di tale relazione, preliminarmente è stato effettuato un rilevamento geologico di dettaglio è stata consultata la cartografia dell'area e si è fatto riferimento alle informazioni di carattere bibliografico disponibile per la zona oggetto di studio.

L'area d'impianto è servita dalla viabilità esistente costituita da strade statali, provinciali, comunali e da strade interpoderali e sterrate.

L'area oggetto dell'intervento è un terreno agricolo sito in agro di Ascoli Satriano di circa 45 ha censito nel N.C.T. come segue:

- foglio di mappa n. 32 particelle nn. 4, 52, 180, 56, 57, 205, 206, 58, 54, 203, 202, 55, 201, 199, 67, 186, 185, 239, 238, 74, 182, 75, 183, 77, 237, 76, 28, 198.

Il tracciato del cavodotto (interno ed esterno) attraversa il territorio dell'agro di Ascoli Satriano interessando le strade provinciali n. 86, 88, 82, 83, 84 strade rurali e aree censite dal N.C.T. come segue:

- foglio di mappa n.32 particelle n.61, 56, 28 (Ascoli Satriano)
- foglio di mappa n.31 particelle n. 11, 321, 322, 12 (Ascoli Satriano)
- foglio di mappa n.54 particella n.1 (Ascoli Satriano)
- foglio di mappa n.334 particelle n.35, 38, 25 (Cerignola)
- foglio di mappa n.339 particelle n. 1, 98, 17, 18, 21, 24, 26, 31 (Cerignola)
- foglio di mappa n.325 particelle n. 94, 225, 43, 192 (Cerignola)
- foglio di mappa n.189 particelle n. 7 (Cerignola)
- foglio di mappa n.188 particelle n. 97, 98, 118, 119, 80, 27, 61, 112, 113, 28, 29, 31 (Cerignola)
- foglio di mappa n.187 particelle n. 6, 7 (Cerignola)
- foglio di mappa n.18 particelle n. 8, 34, 31 (Stornara)
- foglio di mappa n.20 particelle n. 20, 58 (Stornara)
- foglio di mappa n.19 particelle n. 27, 26, 15, 67, 30, 32 (Stornara)

- foglio di mappa n.182 particelle n. 12, 13, 2, 10, 7, 9, 18, 16 (Cerignola)
- foglio di mappa n.181A particelle n. 3 (Cerignola)
- foglio di mappa n.13 particelle n. 279, 231 (Stornara)

La sottostazione di trasformazione sarà realizzata nelle immediate vicinanze dell'area impianto all'interno del foglio n.13 particella n.233 del NCT del Comune di Stornara.

Inoltre come recepito dalla normativa, preliminarmente, il modello geologico di riferimento è stato validato e supportato da indagini specifiche di tipo indiretto infatti è stata condotta una campagna di indagini geognostiche sull'area sita nel Comune di ASCOLI SATRIANO.

Le indagini sono consistite in:

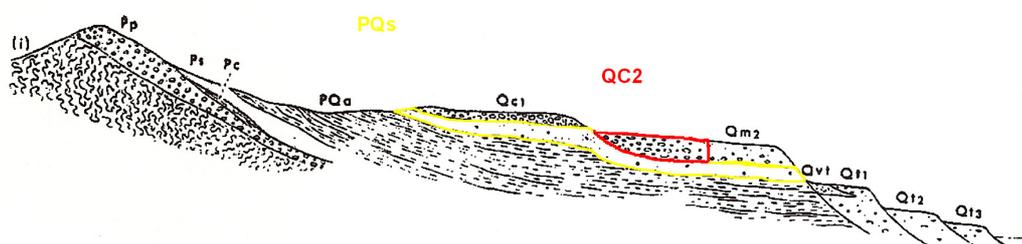
- N° 2 prove penetrometriche dinamiche continue;
- N° 2 profili sismici a rifrazione;
- N° 1 profilo sismico passivo, con metodologia Masw.

2. CARATTERISTICHE GEOLOGICHE

Nell'area in esame si possono individuare due blocchi riferibili cronologicamente ad altrettanti periodi; il primo, più antico, interessa la serie dei depositi preplioceni, mentre il secondo è caratterizzato dalla presenza della serie plio-pleistocenica che ricopre gran parte del Foglio 175 della Carta Geologica D'Italia ("Cerignola"). **Esso tra l'altro risulta essere il terreno fondale dell'intervento di progetto pertanto sarà descritto dettagliatamente. (di seguito si allega una schematizzazione dei rapporti stratigrafici).**

Si tratta complessivamente di una serie sabbiosa-argillosa con episodi conglomeratici alla base ed alla sommità, pertanto essa rappresenta un intero ed unico ciclo sedimentario anche se i termini più alti possono comprendere episodi secondari di variazioni eustatiche e di alluvionamento.

In particolare, **(Cfr. Schema rapporti stratigrafici)**, la successione stratigrafica dei luoghi si compone, dal basso verso l'alto, di termini riferibili alle seguenti unità:



SCHEMA DEI RAPPORTI STRATIGRAFICI TRA I VARI COMPLESSI DELLA SERIE PLIO-PLEISTOCENICA E RELATIVA NOMENCLATURA DERIVANTE DALLA CARTA GEOLOGICA

Qt₃ - Alluvioni terrazzate di fondovalle; Qt₂ - Terrazzi medi dell'Ofanto e del Carapelle (15 m. sull'alveo); Qt₁ - Terrazzi alti 90-100 m. sull'alveo attuale; Qvt - Tufo del Vulture; materiale vulcanico ciottoloso di ambiente fluvio-palustre; Qc₂ - Qm₂ - Complesso ciottoloso-sabbioso con molluschi di facies litorale (Siciliano?); Qc₁ - Conglomerati poligenici della sommità (fine Calabrian?); PQs - Sabbie con molluschi marini Calabrian in continuità di sedimentazione con PQa; PQa - Argille e argille marnose con associazioni di Bulimine, Bolivine, Cassiduline; Pc - Arenaria calcarea di facies garganica; Ps - Sabbie gialle con molluschi marini sovrapposte a Pp; Pp - Conglomerati basali plioceni in discordanza con (i) - (i) - Indifferenziato.

— Terreno di fondazione dell'intervento di progetto

- CONGLOMERATI POLIGENICI DI BASE, FORTEMENTE CEMENTATI (PP)

Sovrastante in discordanza sul complesso dei flysch, si ha una formazione conglomeratica ben distinta.

Si tratta di conglomerati poligenici fortemente cementati con matrice sabbiosa, a stratificazione a volte ben evidente, ma con spessore variabilissimo e quindi di difficile valutazione; si passa infatti da pochi metri ad una quarantina di metri di spessore nei pressi di Candela.

I ciottoli che compongono tale formazione sono in generale ben arrotondati e con dimensioni variabilissime (dai 5 ai 10 centimetri di diametro). ma la loro composizione è eterogenea: frammisti infatti agli elementi dei flysch (calcari, brecce calcaree, arenarie, ecc.) si rinvengono anche ciottoli di rocce eruttive.

- SABBIE DI COLORE GIALLO BRUNO CON LENTI CIOTTOLOSE, LOCALMENTE FOSSILIFERE (PS)

Un complesso sabbioso in generale a stratificazione scarsamente definita, di limitato spessore (30-40 metri) segue ai conglomerati superiormente, ma talora anche con passaggio laterale.

Si tratta di sabbie di colore giallo bruno con lenti ciottolose e con livelli di argille grigie, solo localmente per cemento calcareo-marnoso. In generale contengono resti di molluschi marini costituiti quasi sempre da modelli interni e di difficile determinazione.

- ARGILLE E ARGILLE MARNOSE GRIGIO-AZZURROGNOLE, LOCALMENTE SABBIOSE (PQa)

Quest'Unità costituisce la parte bassa della serie pleistocenica, essa si è sviluppata principalmente lungo una larga fascia che con direzione NO-SE, borda ad occidente il grande pianoro che si estende con lieve pendenza da Ascoli Satriano e Lavello verso il paese di Cerignola e fino al Mare Adriatico. Le argille affiorano anche a Nord di Ascoli Satriano e lungo il corso del Fiume Ofanto sotto la estesa copertura dei suoi depositi alluvionali. Da dati ottenuti da perforazioni per la ricerca di idrocarburi quest'Unità avrebbe una potenza di 1.500 metri.

- **SABBIE E SABBIE ARGILLOSE A VOLTE CON LIVELLI ARENACI GIALLASTRI E LENTI CIOTTOLOSE (PQS)**

In continuità di sedimentazione con le argille si hanno, in alto, sedimenti sabbiosi a volte fittamente stratificati con intercalazioni e lenti ciottolose verso la parte superiore della serie. Si tratta di sabbie più o meno argillose nelle quali la parte argillosa diminuisce progressivamente dal basso verso l'alto. Esse sono di colore generalmente giallastro ed hanno uno spessore di poco superiore a 50 metri. Estese zone da Ascoli Satriano a Lavello ed oltre, sono ricoperte da questi sedimenti sabbiosi; ciò è dovuto principalmente al fatto che l'azione erosiva dei numerosi ma modesti corsi d'acqua (*marane*), non è tale da raggiungere il complesso argilloso sottostante.

- **CONGLOMERATI POLIGENICI CON CIOTTOLI DI MEDIE E GRANDI DIMENSIONI: A VOLTE FORTEMENTE CEMENTATI E CON INTERCALAZIONI DI SABBIE E ARENARIE (QC₁)**

Questo termine della serie di cui si riscontrano i primi indizi nella parte alta del complesso **PQs** è costituito da depositi di ciottolame poligenico con ganga sabbiosa ad elementi arenaci e calcarei di dimensioni variabili dai 5 ai 30 cm.

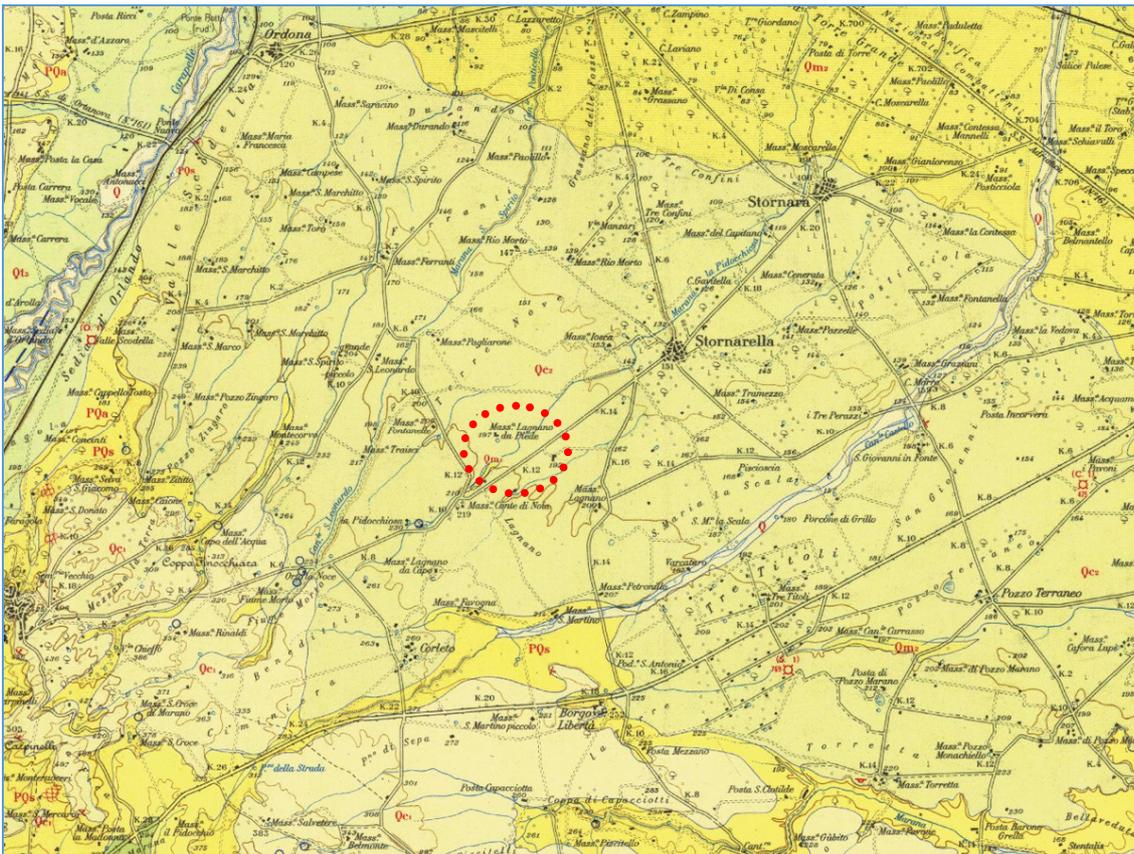
Tale formazione ciottolosa generalmente poco compatta, si presenta solo localmente fortemente cementata in puddinga. Essa costituisce la parte sommitale del pianoro morfologico Ascoli Satriano Lavello, inciso nel mezzo dal Fiume Ofanto e di quello di Castelluccio dei Sauri. Lo spessore varia da punto a punto ma generalmente si aggira sui 50 metri. Concrezioni e crostoni calcarei sono presentino a volte nella parte superiore della serie.

- **CIOTTOLAME INCOERENTE CON INTERCALAZIONI SABBIOSE (QC₂)**

Tale formazione risulta essere il terreno fondale dell'intervento di progetto, essa pur essendo costituita dagli stessi elementi arenacei e calcarei della formazione (QC₁) si differenzia da quest'ultima sia dal punto di vista tettonico che granulometrico.

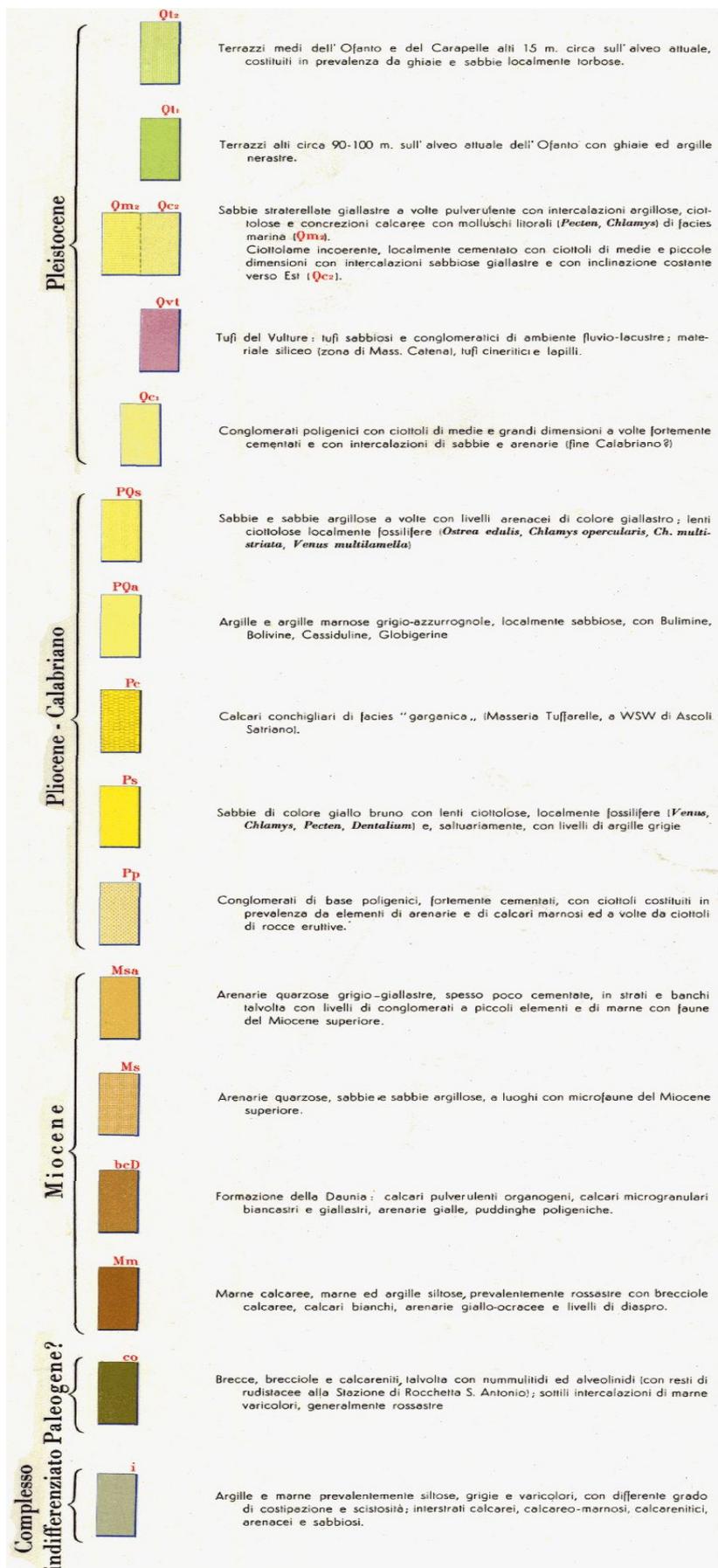
Tra i due complessi (**QC₁** e **QC₂**) infatti rinveniamo un gradino morfologico che si riscontra con un a certa costanza lungo la direttrice NO-SE fra il torrente Carapelle ed il fiume Ofanto. Anche la natura litologica risulta essere la stessa ma a differenza della formazione precedente si presenta molto incoerente con elementi e clasti di modeste dimensioni (10-15 cm) ed intercalazioni di sabbie finissime di colore giallo-oro.

STRALCIO DEL FOGLIO 175 DELLA CARTA GEOLOGICA D'ITALIA



UBICAZIONE AREE D'ESAME

LEGENDA



3. SISMICITÀ DEL TERRITORIO

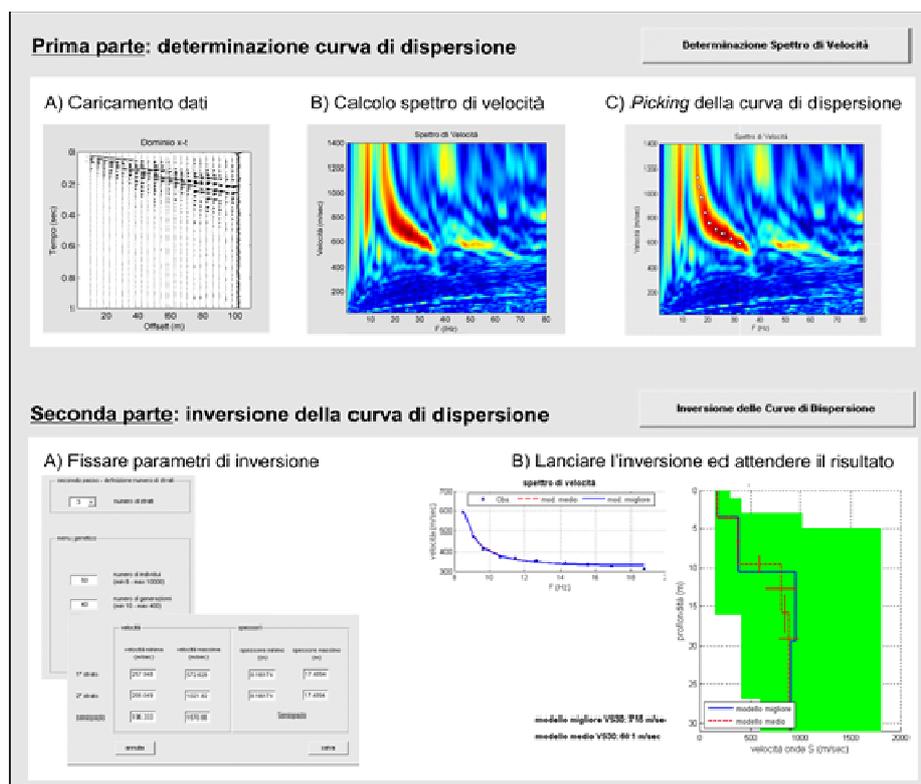
Per individuare la categoria sismica del suolo di fondazione è stata eseguita una indagine di sismica con metodologia MASW.

Il metodo MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) è una tecnica di indagine non invasiva (non è necessario eseguire perforazioni o scavi), che individua il profilo di velocità delle onde di taglio verticali V_s , basandosi sulla misura delle onde superficiali fatta in corrispondenza di diversi sensori (accelerometri o geofoni) posti sulla superficie del suolo.

Le onde superficiali di Rayleigh, durante la loro propagazione vengono registrate lungo lo stendimento di geofoni (da 4.5 Hz) e vengono successivamente analizzate attraverso complesse tecniche computazionali basate su un approccio di riconoscimento di modelli multistrato di terreno.

La metodologia per la realizzazione di una indagine sismica MASW prevede almeno i seguenti passi:

- Acquisizioni multicanale dei segnali sismici, generati da una sorgente energizzante artificiale (maglio battente su piastra in alluminio), lungo uno stendimento rettilineo di sorgente-geofoni
- Estrazione dei modi dalle curve di dispersione della velocità di fase delle onde superficiali di Rayleigh;
- Inversione delle curve di dispersione per ottenere profili verticali delle V_s .



3.1 Categorie di suolo di fondazione

Gli algoritmi genetici rappresentano un tipo di procedura di ottimizzazione appartenente alla classe degli algoritmi euristici (o anche global-search methods o soft computing).

Rispetto ai comuni metodi di inversione lineare basati su metodi del gradiente (matrice Jacobiana), queste tecniche di inversione offrono un'affidabilità del risultato di gran lunga superiore per precisione e completezza.

I comuni metodi lineari forniscono infatti soluzioni che dipendono pesantemente dal modello iniziale di partenza che l'utente deve necessariamente fornire. Per la natura del problema (inversione delle curve di dispersione), la grande quantità di minimi locali porta infatti ad attrarre il modello iniziale verso un minimo locale che può essere significativamente diverso da quello reale (o globale).

In altre parole, i metodi lineari richiedono che il modello di partenza sia già di per sé vicinissimo alla soluzione reale. In caso contrario il rischio è quello di fornire soluzioni erranee.

Gli algoritmi genetici (come altri analoghi) offrono invece un'esplorazione molto più ampia delle possibili soluzioni.

Le NTC18 effettuano la classificazione del sottosuolo in base alle condizioni stratigrafiche ed ai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio, **VS,eq (in m/s), definita dall'espressione:**

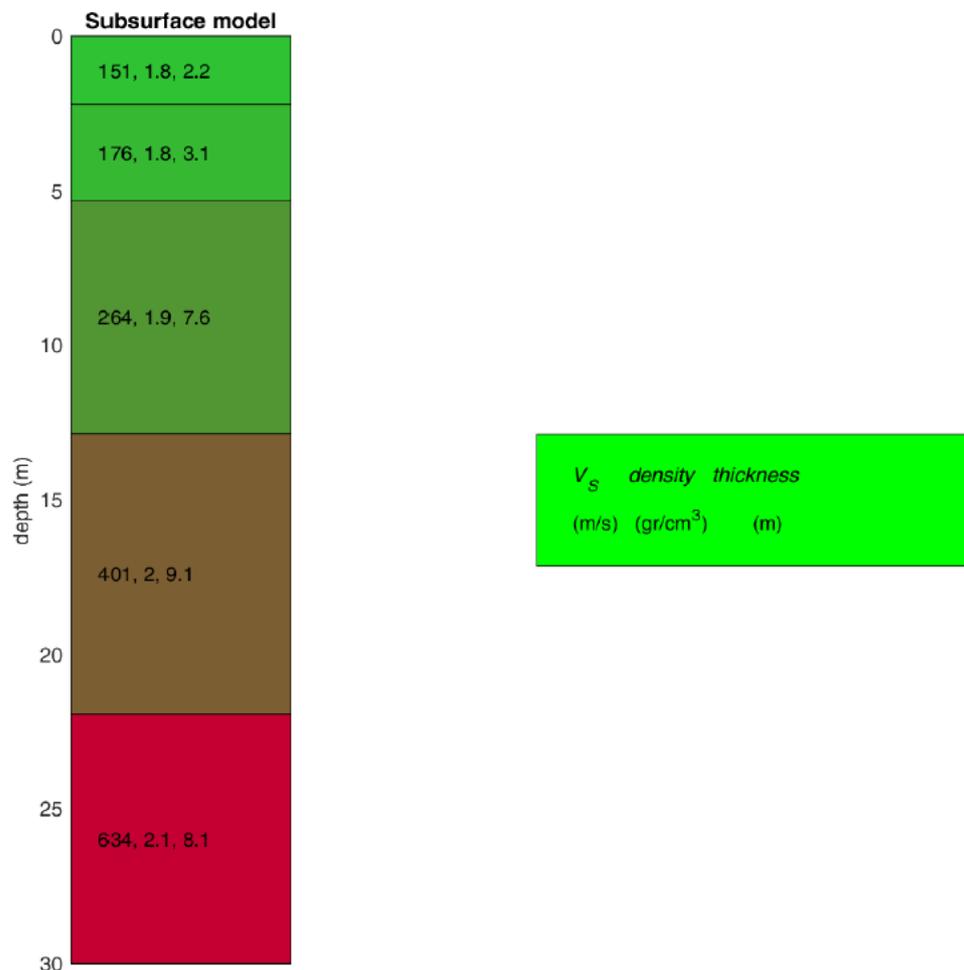
$$V_{Seq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{S,i}}}$$

Con: h_i spessore dell' i -esimo strato; $V_{S,i}$ velocità delle onde di taglio nell' i -esimo strato; N numero di strati; H profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da V_S non inferiore a 800 m/s.

MASW

Per depositi con profondità H del substrato 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.

Nel caso in esame la V_s , eq calcolata è pari a **312 m/sec** che fa rientrare il suolo di fondazione nella **categoria sismica C**.



Le categorie di sottosuolo individuate dal Decreto Ministeriale 17 Gennaio 2018, recante "Norme Tecniche per le costruzioni" sono le seguenti:

A) **Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi** caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.

B) **Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti**, caratterizzati da un

miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.

C) **Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti** con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.

D) **Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti**, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.

E) **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 m.

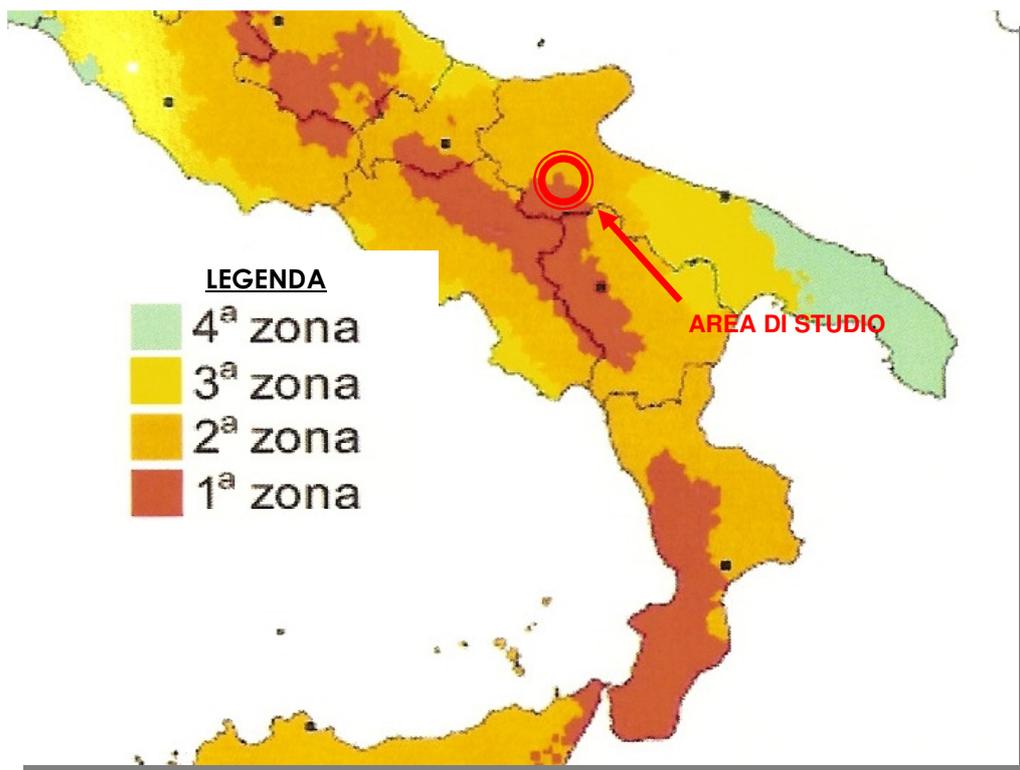
3.2 Calcolo dell'azione sismica

Zone sismiche

Ai fini dell'applicazione di queste norme, il territorio nazionale viene suddiviso in zone sismiche, ciascuna contrassegnata da un diverso valore del parametro a_g = accelerazione orizzontale massima su suolo di categoria A (definito al punto 3.1), con probabilità di superamento del 10% in 50 anni. I valori di a_g , espressi come frazione dell'accelerazione di gravità g , da adottare in ciascuna delle zone sismiche del territorio nazionale sono, salvo più accurate determinazioni, che possono portare a differenze comunque non superiori al 20% dell'accelerazione per le zone 1 e 2 e non superiori a 0.05g nelle altre zone:

Zona	Valore di a_g
1	0,35g
2	0,25g
3	0.15g
4	0,05g

Secondo la nuova classificazione sismica dei comuni italiani il territorio di **Ascoli Satriano**, rientra nelle "**Zone sismiche1**". (Cfr. Carta Zone Sismiche)



Descrizione dell'azione sismica

Il modello di riferimento per la descrizione del moto sismico in un punto della superficie del suolo è costituito dallo spettro di risposta elastico di cui al punto successivo. Qualora siano eseguite determinazioni più accurate del moto sismico atteso, è consentito utilizzare spettri specifici per il sito purché le ordinate di tali spettri non risultino in nessun punto del campo di periodi di interesse inferiori all'80% delle ordinate dello spettro elastico standard applicabile in relazione alla categoria di suolo.

Per applicazioni particolari, il moto del suolo può essere descritto mediante accelerogrammi.

Il moto orizzontale è considerato composto da due componenti ortogonali indipendenti, caratterizzate dallo stesso spettro di risposta.

In mancanza di documentata informazione specifica, la componente verticale del moto sismico si considera rappresentata da uno spettro di risposta elastico diverso da quello delle componenti orizzontali.

Spettro di risposta elastico

Lo spettro di risposta elastico è costituito da una forma spettrale (spettro normalizzato), considerata indipendente dal livello di sismicità, moltiplicata per il valore della accelerazione massima ($a_g S$) del terreno che caratterizza il sito.

Lo spettro di risposta elastico della componente orizzontale è definito dalle espressioni seguenti:

$$\begin{aligned} 0 \leq T < T_B & S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \left(1 + \frac{T}{T_B} \cdot (\eta \cdot 2,5 - 1) \right) \\ T_B \leq T < T_C & S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot 2,5 \\ T_C \leq T < T_D & S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot 2,5 \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right) \\ T_D \leq T & S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot 2,5 \cdot \left(\frac{T_C T_D}{T^2} \right) \end{aligned} \quad (3.2)$$

nelle quali S rappresenta il fattore che tiene conto del profilo stratigrafico del suolo di fondazione;

Per strutture con fattore di importanza $\gamma > 1$, erette sopra o in vicinanza di pendii con inclinazione $> 15^\circ$ e dislivello superiore a circa 30 metri, l'azione sismica dell'equazione (2.2) dovrà essere incrementata moltiplicandola per un coefficiente di amplificazione topografica S_t .

In assenza di studi specifici si potranno utilizzare per S_T i seguenti valori:

- a) $S_T = 1,2$ per siti in prossimità del ciglio superiore di pendii scoscesi isolati;
- b) $S_T = 1,4$ per siti prossimi alla sommità di profili topografici aventi larghezza in cresta molto inferiore alla larghezza alla base e pendenza media $>30^\circ$;
- c) $S_T = 1,2$ per siti del tipo b) ma con pendenza media inferiore.

Il prodotto $S \cdot S_T$ può essere assunto non superiore a 1.6.

η fattore che tiene conto di un coefficiente di smorzamento viscoso equivalente ξ diverso da 5 ($\eta=1$ per $\xi=5$), essendo ξ espresso in percentuale:

$$\eta = \sqrt{10/(5+\xi)} \geq 0,55; \quad 3.3$$

T periodo di vibrazione dell'oscillatore semplice;

T_B, T_C, T_D periodi che separano i diversi rami dello spettro, dipendenti dal profilo stratigrafico del suolo di fondazione.

I valori di T_B, T_C, T_D e S da assumere, salvo più accurate determinazioni, per le componenti orizzontali del moto e per le categorie di suolo di fondazione definite al punto 3.1, sono riportati nella Tabella 3.1.

Tabella 3.1-Valori dei parametri nelle espressioni (2.2) dello spettro di risposta elastico delle componenti orizzontali.

Categoria suolo	S	T_B	T_C	T_D
A	1,0	0,15	0,40	2,0
B, C, E	1,25	0,15	0,50	2,0
D	1,35	0,20	0,80	2,0

Lo spettro di risposta elastico della componente verticale è definito dalle espressioni seguenti:

$$\begin{aligned}
 0 \leq T < T_B & \quad S_{ve}(T) = 0,9a_g \cdot S \cdot \left(1 + \frac{T}{T_B} \cdot (\eta \cdot 3,0 - 1) \right) \\
 T_B \leq T < T_C & \quad S_{ve}(T) = 0,9a_g \cdot S \cdot \eta \cdot 3,0 \\
 T_C \leq T < T_D & \quad S_{ve}(T) = 0,9a_g \cdot S \cdot \eta \cdot 3,0 \left(\frac{T_C}{T} \right) \\
 T_D \leq T & \quad S_{ve}(T) = 0,9a_g \cdot S \cdot \eta \cdot 3,0 \cdot \left(\frac{T_C T_D}{T^2} \right)
 \end{aligned} \quad (3.4)$$

con i valori dei parametri che definiscono la forma spettrale riportati in tabella 3.2.

Tabella 3.2 - Valori dei parametri dello spettro di risposta elastico della componente verticale.

Categoria suolo	S	T _B	T _C	T _D
A, B, C, D, E	1,0	0,05	0,15	1,0

Lo spettro di risposta elastico dello spostamento potrà ottenersi per trasformazione diretta dello spettro di risposta elastico delle accelerazioni, usando la seguente espressione:

$$S_{D_e}(T) = S_e(T) \left(\frac{T}{2\pi} \right)^2 \quad (3.5)$$

Gli spettri sopra definiti potranno essere applicati per periodi di vibrazione che non eccedono 4,0 s. Per periodi superiori lo spettro dovrà essere definito da appositi studi.

Nei casi in cui non si possa valutare adeguatamente l'appartenenza del profilo stratigrafico del suolo di fondazione ad una delle categorie di cui al punto 2.1, ed escludendo comunque i profili di tipo S1 e S2, si adotterà in generale la categoria D o, in caso di incertezza di attribuzione tra due categorie, la condizione più cautelativa.

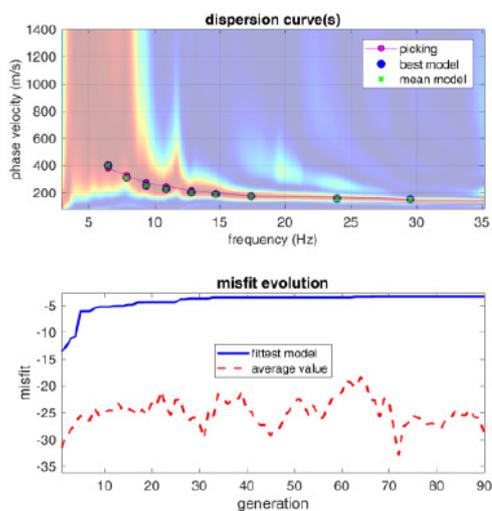
Spostamento e velocità del terreno

I valori dello spostamento e della velocità orizzontali massimi del suolo (d_g) e (v_g) sono dati dalle seguenti espressioni:

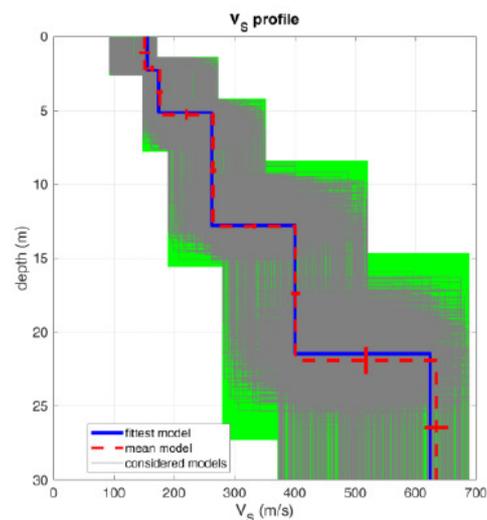
$$\begin{aligned} d_g &= 0,025 S T_C T_D a_g \\ (3.6) \\ v_g &= 0,16 S T_C a_g \end{aligned}$$

3.3 Azione sismica valutata secondo il D.M. 17 Gennaio 2018

Con D.M. 17 Gennaio 2018 è stato approvato il testo aggiornato delle Norme tecniche per le costruzioni. Le azioni sismiche di progetto, in base alle quali valutare il rispetto dei diversi stati limite considerati, si definiscono a partire dalla "pericolosità sismica di base" del sito di costruzione. Essa costituisce l'elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche. La pericolosità sismica è definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa a_g in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale (di categoria A), nonché di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente $S_e(T)$, con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza P_{VR} nel periodo di riferimento V_R . In alternativa è ammesso l'uso di accelerogrammi, purché correttamente commisurati alla pericolosità sismica del sito.



www.winmasw.com



dispersion curve:
Vs30 & VsE (best model): 313 313 m/s
Vs30 & VsE (mean model): 312 312 m/s

4. IDROGEOLOGIA

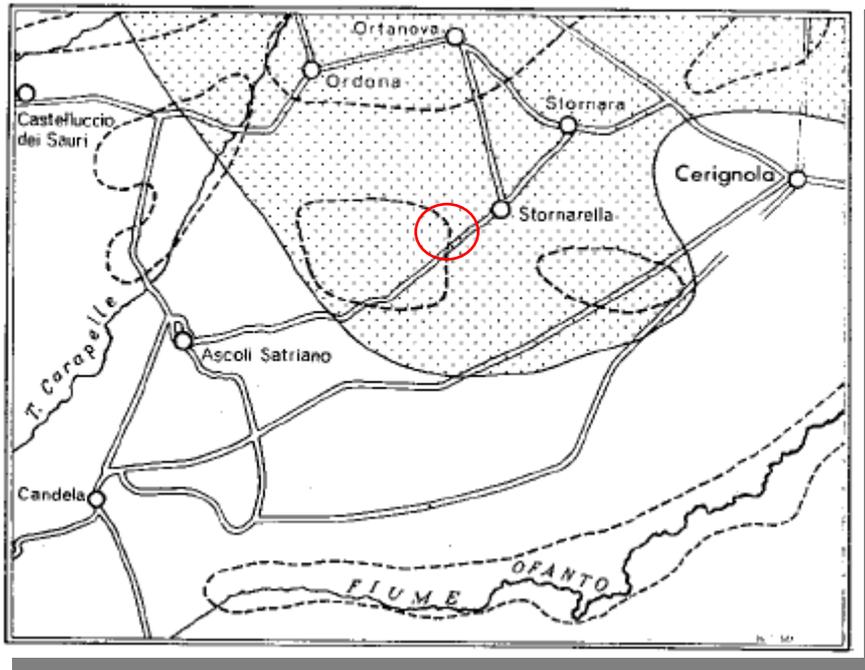
Idrologia superficiale

Nell'area di studio è abbastanza sviluppato lo scorrimento delle acque superficiali soprattutto nelle aree di catena e di avanfossa, costituite da depositi terrigeni caratterizzati da permeabilità medio basse. Nell'area del tavoliere i numerosi corsi d'acqua hanno tutti deflusso verso la costa adriatica con sbocchi in corrispondenza del Golfo di Manfredonia.

Falde sotterranee

L'unità Idrogeologica del Tavoliere è caratterizzata da un acquifero poroso superficiale, la cui circolazione idrica sotterranea ha come limite inferiore (letto) una formazione argillosa potente alcune centinaia di metri. La falda è localizzata nei depositi clastici di copertura delle argille plio-pleistoceniche. Il sistema acquifero è molto eterogeneo; lo spessore medio è dell'ordine di 30-60 metri. Il contenuto salino varia da 0,5g/l (nelle aree più interne) a 4 g/l in prossimità della costa infatti è solo nei pressi della costa che l'acquifero è abbastanza profondo da permettere l'intrusione marina. La falda circola a pelo libero e giace a 20-30 metri sotto il piano campagna con una superficie piezometrica (falda idrica superficiale) che si rinviene ad una quota massima di circa 200 m.s.l.m.

Nella parte media e bassa dell'Idrostruttura Tavoliere la falda è frazionata a più livelli e si rinviene in pressione; gli spessori maggiori dell'acquifero e la maggiore produttività si riscontrano laddove il substrato argilloso impermeabile è più depresso e forma dei veri e propri impluvi.



-  **Zone con acque Artesiane**
-  **Area d'esame**
-  **Perimetro delle zone con acque freatiche abbondanti**

Nella parte media e bassa dell'Idrostruttura Tavoliere la falda è frazionata a più livelli e si rinviene in pressione; gli spessori maggiori dell'acquifero e la maggiore produttività si riscontrano laddove il substrato argilloso impermeabile è più depresso e forma dei veri e propri impluvi.

Altro elemento positivo del territorio è da riconoscersi nell'accertamento che la maggior parte dei fontanili (abbeveratoi che nella quasi totalità sono alimentate da sorgenti) del comprensorio sono popolati da fauna di eccezionale qualità a confermare che queste possono essere considerate raccolte di acqua pura.

5. INDAGINI GEOGNOSTICHE E CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

La raccolta dei dati dei principali parametri geotecnici, si è basata sull'analisi proveniente dalla campagna d'indagine geognostica effettuata sul sito e costituita da una serie di indagini di tipo indiretto.

(Cfr. Foto aerea siti di studio)



Le indagini sono consistite in:

- N° 2 prove penetrometriche dinamiche continue;
- N° 2 profili sismici a rifrazione;
- N° 1 profilo sismico passivo, con metodologia Masw.

L'elaborazione delle stesse ha permesso di ricostruire il modello Geologico dell'area;

5.1 Prove penetrometrica dinamica continua (DPSH 1 – SITO 1)

Il sondaggio penetrometrico dinamico consiste nell'infiggere nel terreno una punta conica battendo sulle aste con un maglio a caduta libera e contando il numero di colpi necessari all'avanzamento della punta, di successive quantità costanti.

La prova è stata eseguita con un penetrometro TG 63-200 della PAGANI, le cui caratteristiche tecniche sono di seguito riportate:

- Maglio a caduta libera Kg 63.5
- Aste in acciaio speciale $\varnothing = 50.8$ mm; L = 100 cm; Kg = 4.6
- Punta conica della superficie 20.43 cm²;
- Altezza di caduta libera maglio 75 cm.

Dalla prova è stata ricostruita la seguente successione litostratigrafia:

- **da 0.00 m a 0.80 m** **Terreno Vegetale**
- **da 0.80 m a 3.20 m** **Sabbie Limose**
- **da 3.20 m a 4.60 m** **Ghiaie**

I parametri geotecnici delle **Sabbie limose passanti a ghiaie** dedotti dalla prova penetrometrica sono risultati i seguenti:

Densità relativa	(%)	82.47
Angolo di attrito	(°)	30.50
Modulo di Young	(kg/cmq)	250.89
Modulo edometrico	(kg/cmq)	61.20
Classificazione AGI		Moderatamente Addensato
Coesione	(kg/cmq)	0.24
Peso di volume	(gr/cmc)	1.56
Modulo di Poisson		0.32
Modulo di def. a taglio	(kg/cmq)	900.33

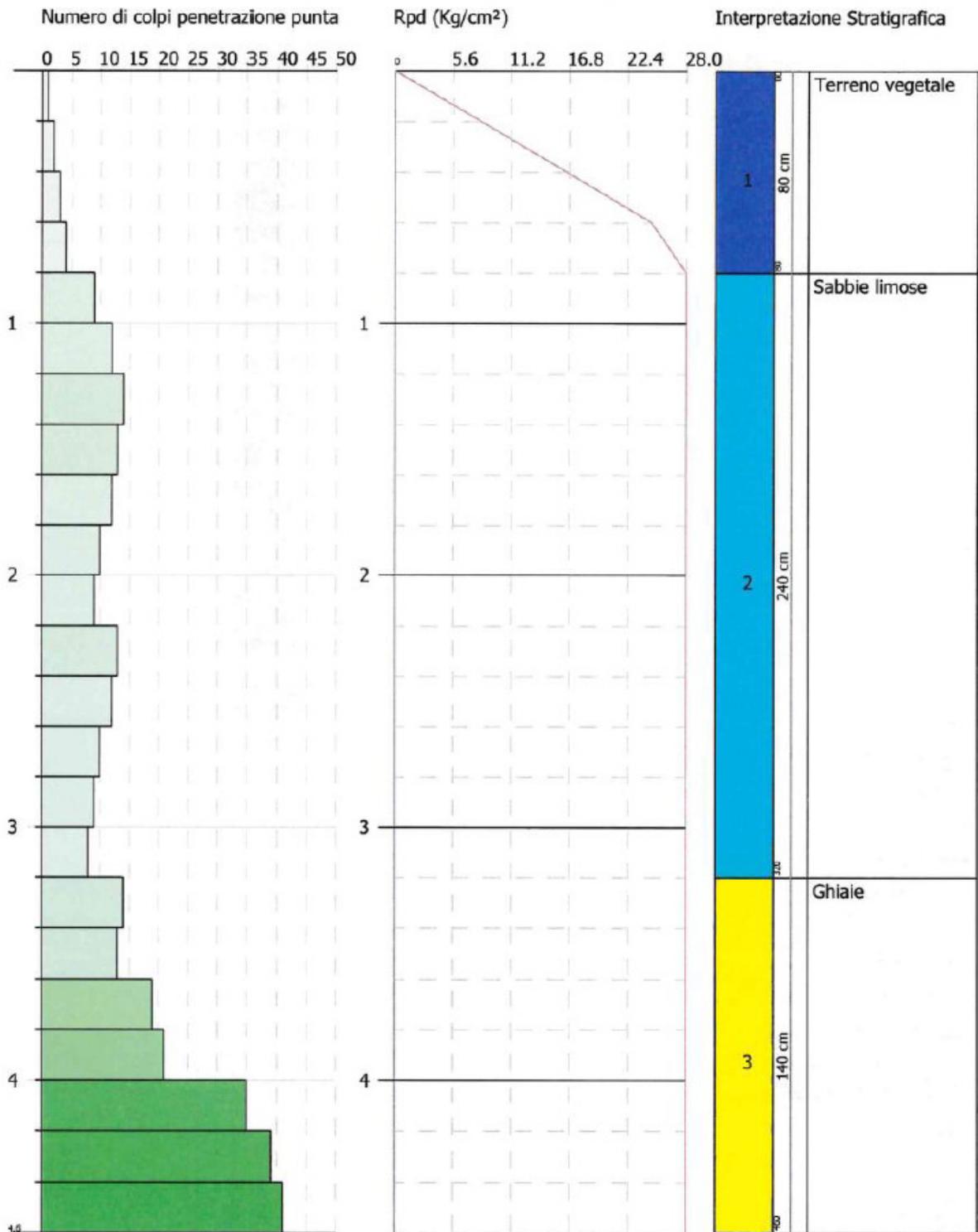
**PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO DENOMINATO "LAGNANO"
CON POTENZA PARI A 41,28 MWp NEL COMUNE DI ASCOLI SATRIANO (FG)**

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.1
Strumento utilizzato... DPSH (Dinamic Probing Super Heavy)

Committente:
Descrizione:
Localita':

20/02/2023

Scala 1:23



5.2 Profilo sismico a rifrazione (Sismica a rifrazione 1- SITO 1)

La sismica a rifrazione consiste nel provocare delle onde sismiche che si propagano nei terreni con velocità che dipendono dalle caratteristiche di elasticità degli stessi. In presenza di particolari strutture, possono essere rifratte e ritornare in superficie, dove, tramite appositi sensori (geofoni), posti a distanza nota dalla sorgente lungo la linea retta, si misurano i tempi di arrivo delle onde longitudinali (onde P), al fine di determinare la velocità (V_p) con cui tali onde coprono le distanze tra la sorgente ed i vari ricevitori.

I dati, così ottenuti, si riportano su diagrammi cartesiani aventi in ascissa le distanze e in ordinata i tempi dei primi arrivi dell'onda proveniente dalla sorgente. In questo modo si ottengono delle curve (dromocrone) che, in base ad una metodologia interpretativa basata essenzialmente sulla legge di Snell, ci permettono di determinare la velocità di propagazione delle onde e le costanti elastiche dei terreni attraversati.



Foto esecuzione indagini

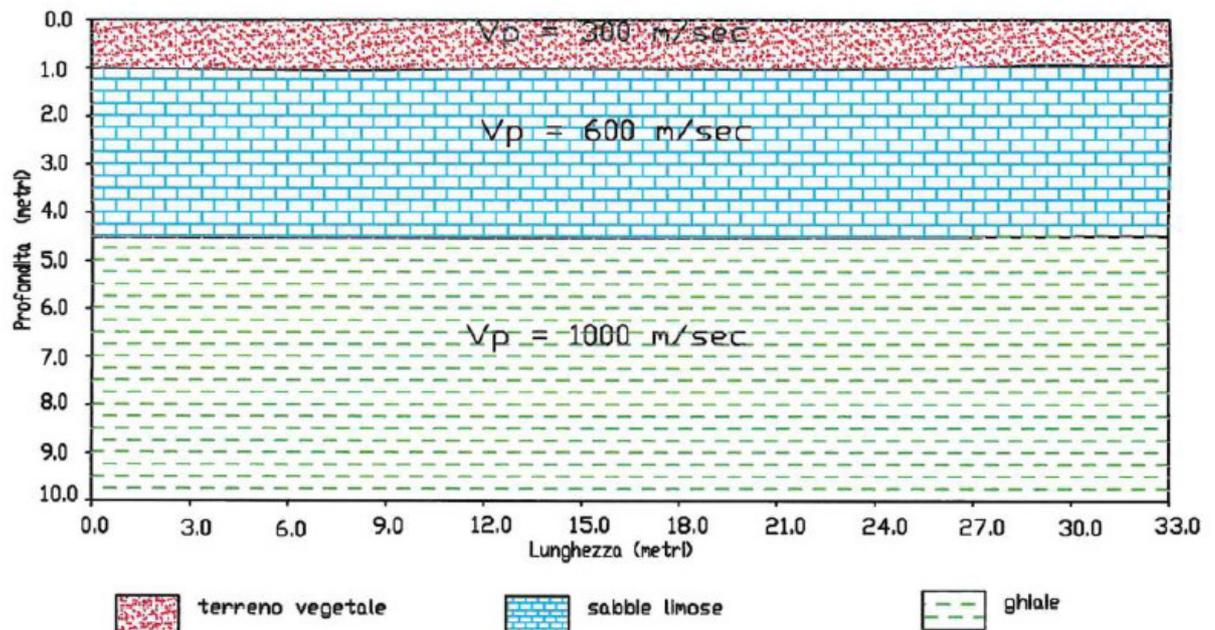
Il profilo sismico è stato eseguito adottando una distanza tra i geofoni di 3 metri. L'energizzazione è stata ottenuta utilizzando una mazza battente del peso di 5 kg che batte su una piastra rettangolare.

Le onde così generate sono state registrate con un sismografo a 12 canali della GEOMETRICS mod Geode, il quale consente di ottenere le misurazioni dei tempi di arrivo delle onde sismiche che si propagano nel sottosuolo.

L'interpretazione dei dati di campagna è stata eseguita tramite l'applicazione congiunta e computerizzata del metodo di Palmer e delle intercette.

Dal profilo sismico, eseguito per una lunghezza pari a 33 m, si individua un modello sismostratigrafico caratterizzato da tre sismostrati. In affioramento è presente il terreno vegetale, alla profondità di 1.00 metri si rileva il secondo sismostrato che con V_p di 600 m/sec è assimilabile a sabbia limosa. Il terzo sismostrato si rileva alla profondità di 4.50 metri e con V_p di 1000 m/sec è assimilabile a ghiaie

PROFILO SISMICO A RIFRAZIONE 1-1'
LOCALITÀ: Stornarella (FG)



5.3 Prova penetrometrica dinamica continua (DPSH 2 – SITO 2)

Il sondaggio penetrometrico dinamico consiste nell'infiggere nel terreno una punta conica battendo sulle aste con un maglio a caduta libera e contando il numero di colpi necessari all'avanzamento della punta, di successive quantità costanti.

La prova è stata eseguita con un penetrometro TG 63-200 della PAGANI, le cui caratteristiche tecniche sono di seguito riportate:

- Maglio a caduta libera Kg 63.5
- Aste in acciaio speciale $\varnothing = 50.8$ mm; L = 100 cm; Kg = 4.6
- Punta conica della superficie 20.43 cm²;
- Altezza di caduta libera maglio 75 cm.

Dalla prova è stata ricostruita la seguente successione litostratigrafia:

- **da 0.00 m a 0.80 m** **Terreno Vegetale**
- **da 0.80 m a 3.80 m** **Sabbie Limose**
- **da 3.80 m a 6.80 m** **Ghiaie**

I parametri geotecnici delle **Sabbie limose passanti a ghiaie** dedotti dalla prova penetrometrica sono risultati i seguenti:

Densità relativa	(%)	59
Angolo di attrito	(°)	26.50
Modulo di Young	(kg/cm ^q)	240.95
Modulo edometrico	(kg/cm ^q)	45.12
Classificazione AGI		Poco Addensato
Coesione	(kg/cm ^q)	0.29
Peso di volume	(gr/cmc)	1.46
Modulo di Poisson		0.34
Modulo di def. a taglio	(kg/cm ^q)	502.74

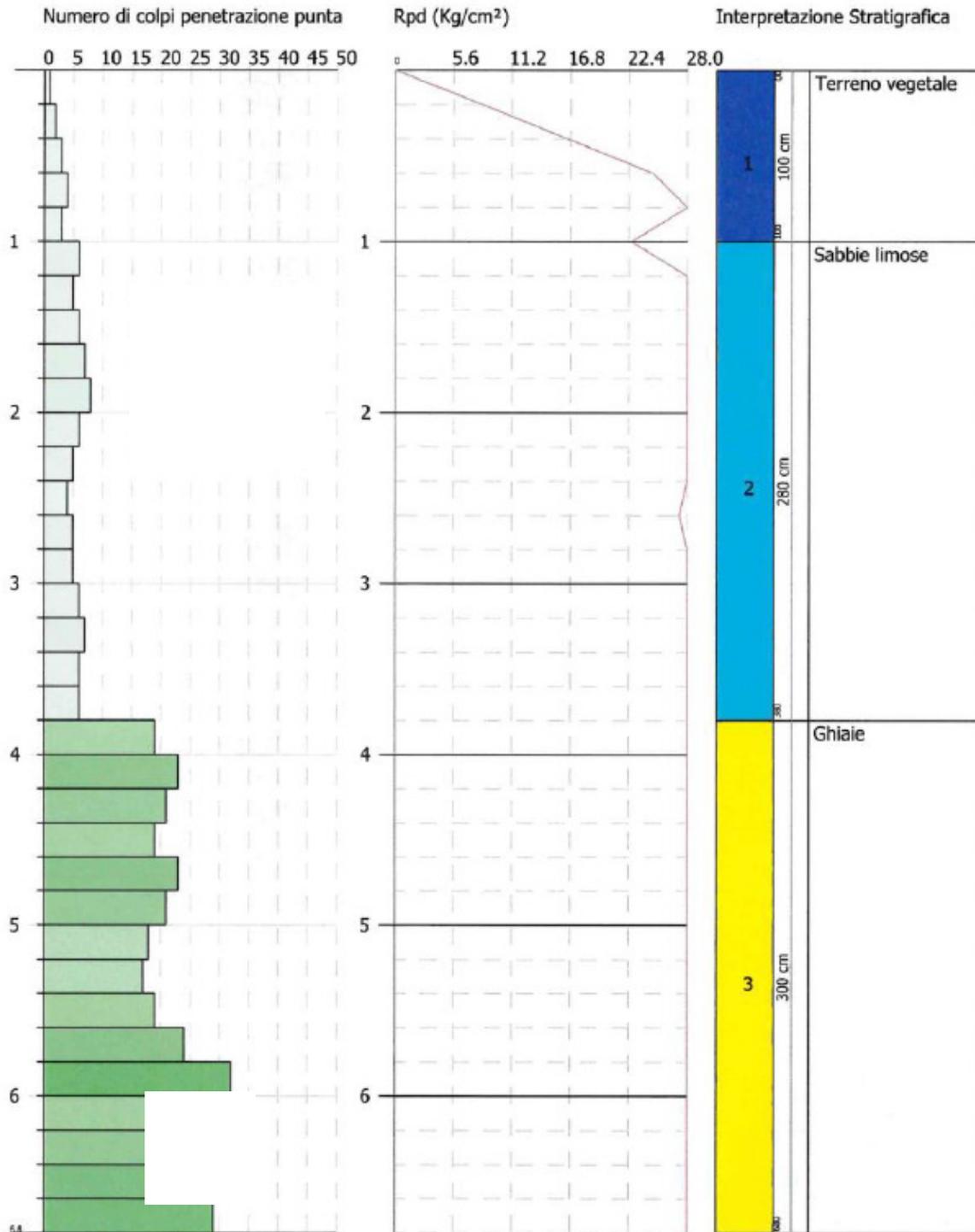
**PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO DENOMINATO "LAGNANO"
CON POTENZA PARI A 41,28 MWp NEL COMUNE DI ASCOLI SATRIANO (FG)**

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.2
Strumento utilizzato... DPSH (Dynamic Probing Super Heavy)

Committente:
Descrizione:
Localita':

20/02/2023

Scala 1:34



5.4 PROFILO SISMICO A RIFRAZIONE (SISMICA A RIFRAZIONE 2- SITO 2)

La sismica a rifrazione consiste nel provocare delle onde sismiche che si propagano nei terreni con velocità che dipendono dalle caratteristiche di elasticità degli stessi. In presenza di particolari strutture, possono essere rifratte e ritornare in superficie, dove, tramite appositi sensori (geofoni), posti a distanza nota dalla sorgente lungo la linea retta, si misurano i tempi di arrivo delle onde longitudinali (onde P), al fine di determinare la velocità (V_p) con cui tali onde coprono le distanze tra la sorgente ed i vari ricevitori.

I dati, così ottenuti, si riportano su diagrammi cartesiani aventi in ascissa le distanze e in ordinata i tempi dei primi arrivi dell'onda proveniente dalla sorgente. In questo modo si ottengono delle curve (dromocrone) che, in base ad una metodologia interpretativa basata essenzialmente sulla legge di Snell, ci permettono di determinare la velocità di propagazione delle onde e le costanti elastiche dei terreni attraversati.



Foto esecuzione indagini

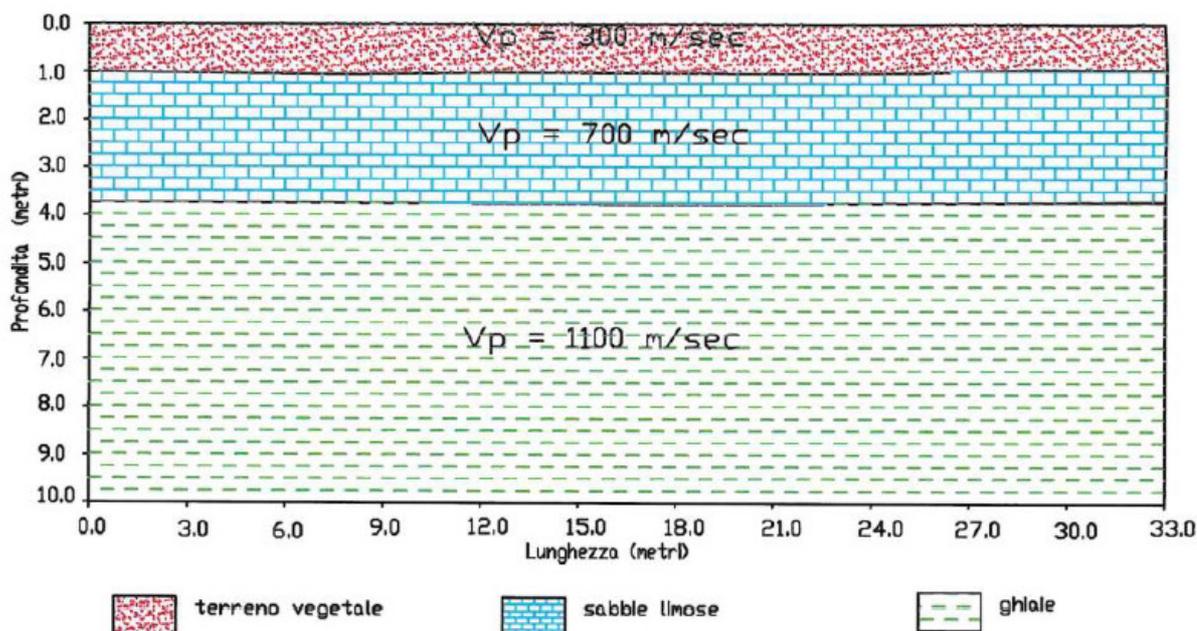
Il profilo sismico è stato eseguito adottando una distanza tra i geofoni di 3 metri. L'energizzazione è stata ottenuta utilizzando una mazza battente del peso di 5 kg che batte su una piastra rettangolare.

Le onde così generate sono state registrate con un sismografo a 12 canali della GEOMETRICS mod Geode, il quale consente di ottenere le misurazioni dei tempi di arrivo delle onde sismiche che si propagano nel sottosuolo.

L'interpretazione dei dati di campagna è stata eseguita tramite l'applicazione congiunta e computerizzata del metodo di Palmer e delle intercette.

Dal profilo sismico, eseguito di lunghezza pari a 33m, si individua un modello sismostratigrafico caratterizzato da tre sismostrati. Il primo è caratterizzato da una V_p di 300 m/sec fino ad una profondità di circa 1.0 m è associabile alla presenza di terreno vegetale. Il secondo sismostrato restituisce valori di velocità di 700 m/sec assimilabile a sabbie limose fino ad una profondità di 3.8 mt, ed infine il terzo sismostrato con valori di velocità di 1100 m/sec è assimilabile a ghiaie.

PROFILO SISMICO A RIFRAZIONE 2-2'
LOCALITA': Stornarella (FG)



6. CONCLUSIONI

Il presente studio è riferito ad un'area interessata da **PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO DENOMINATO "LAGNANO" CON POTENZA PARI A 41,28 MW_p NEL COMUNE DI ASCOLI SATRIANO (FG).DI ASCOLI SATRIANO IN LOCALITÀ FLAMIA**

L'area d'impianto è servita dalla viabilità esistente costituita da strade statali, provinciali, comunali e da strade interpoderali e sterrate.

L'area oggetto dell'intervento è un terreno agricolo sito in agro di Ascoli Satriano di circa 45 ha censito nel N.C.T. come segue:

• foglio di mappa n. 32 particelle nn. 4, 52, 180, 56, 57, 205, 206, 58, 54, 203, 202, 55, 201, 199, 67, 186, 185, 239, 238, 74, 182, 75, 183, 77, 237, 76, 28, 198.

Dal rilevamento geologico di dettaglio, dai dati bibliografici e dall'analisi di indagini geognostiche eseguite, sono stati riconosciuti affioramenti di materiale di origine alluvionale e residuale che si distingue in due zone morfologicamente differenti. Tale contesto geomorfologico favorisce l'accumularsi di tali terreni ricoprendo quasi per intero il bacino.

I dati acquisiti attraverso l'esecuzione della campagna di indagini geognostiche ha permesso di ricostruire un modello geologico adeguato alle esigenze ingegneristiche dei progettisti per ciò che concerne il terreno di fondazione interessato dalla posa in opera delle fondazioni delle opere previste in progetto.

Lo studio geologico si è svolto in ottemperanza al D.M. del 11/03/1988, all'ordinanza del presidente del consiglio dei Ministri n°3274 del 20/03/2003 e alle disposizioni dettate dal nuovo Norme Tecniche sulle Costruzioni D.M. del 17/01/2018 al fine di ricostruire un modello geologico e geotecnico. Le indagini eseguite hanno permesso di redigere un modello geologico e geotecnico e sismico medio per le aree interessate dal progetto.

Inoltre come recepito dalla normativa, preliminarmente, il modello geologico di riferimento è stato validato e supportato da indagini specifiche di tipo indiretto infatti è stata condotta una campagna di indagini geognostiche sull'area sita nel Comune di ASCOLI SATRIANO.

Le indagini sono consistite in:

- N° 2 prove penetrometriche dinamiche continue;
- N° 2 profili sismici a rifrazione;
- N° 1 profilo sismico passivo, con metodologia Masw.

Dalla prova è stata ricostruita la seguente successione litostratigrafia:

- **da 0.00 m a 0.80 m** **Terreno Vegetale**
- **da 0.80 m a 3.80 m** **Sabbie Limose**
- **da 3.80 m a 6.80 m** **Ghiaie**

I parametri geotecnici medi delle **Sabbie limose passanti a ghiaie** dedotti dalle indagini sono risultati i seguenti:

Densità relativa	(%)	59
Angolo di attrito	(°)	26.50
Modulo di Young	(kg/cmq)	240.95
Modulo edometrico	(kg/cmq)	45.12
Classificazione AGI		Poco Addensato
Coesione	(kg/cmq)	0.29
Peso di volume	(gr/cmc)	1.46
Modulo di Poisson		0.34
Modulo di def. a taglio	(kg/cmq)	502.74

Per quanto riguarda la risposta sismica locale del sito la V_{s30} è stata calcolata con la seguente espressione:

$$V_{Seq} = \frac{H}{\sum_i \frac{h_i}{V_{S,i}}}$$

Nel caso in esame la $V_{s, eq}$ calcolata è pari a **312 m/sec** che fa rientrare il suolo di fondazione nella **Categoria sismica C**.

Categoria C

Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.

Dal punto di vista idrogeologico, avendo la falda superficiale a circa 20 m di profondità dal piano campagna, non si ravvisano condizioni sfavorevoli o interazioni negative tra le opere di fondazione, le opere di connessione realizzate con il sistema TOC, e la falda freatica.

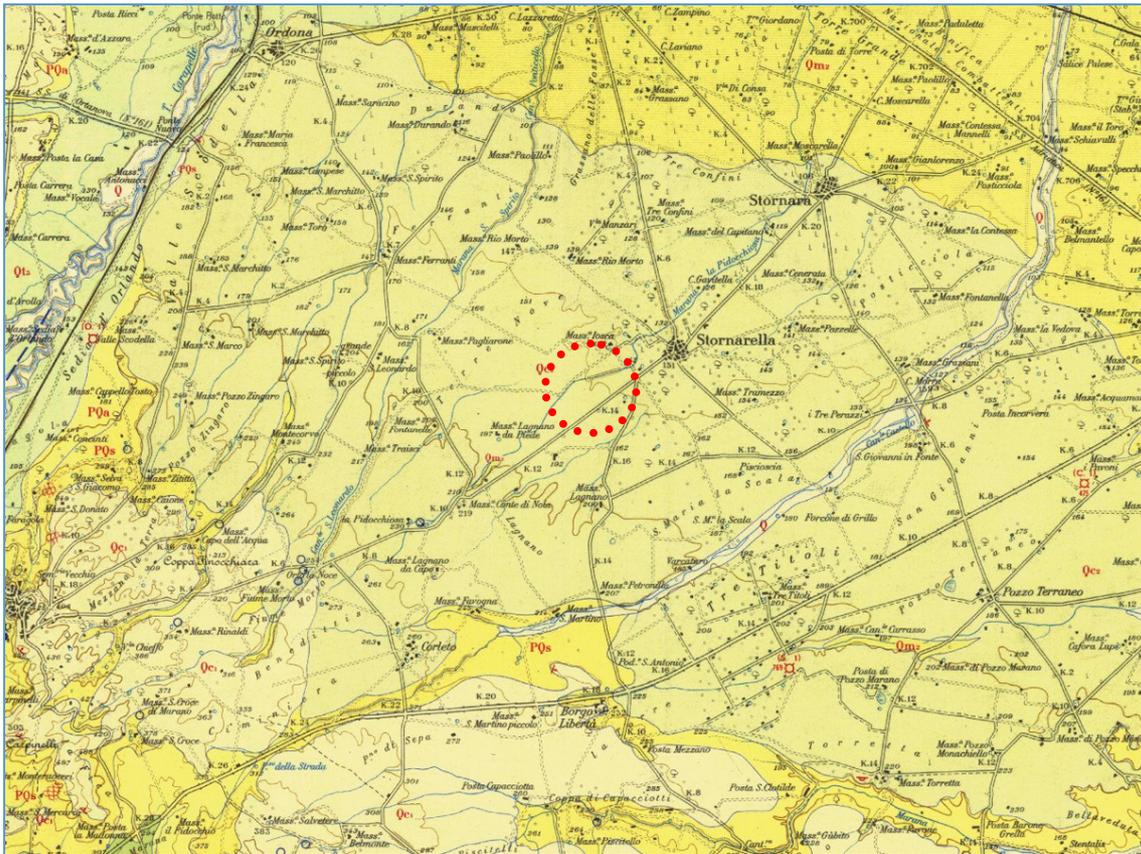
L'intervento è pertanto compatibile.

ALLEGATI:

- Stralcio della Carta Geologica d'Italia Foglio 175 (Cerignola);
- Legenda;
- ubicazione indagine sismica tipo MASW;
- ubicazione indagine sismica a rifrazione (sito 1);
- ubicazione indagine sismica a rifrazione (sito 2);
- ubicazione prova penetrometrica dinamica continua (sito 1);
- ubicazione prova penetrometrica dinamica continua (sito 2);

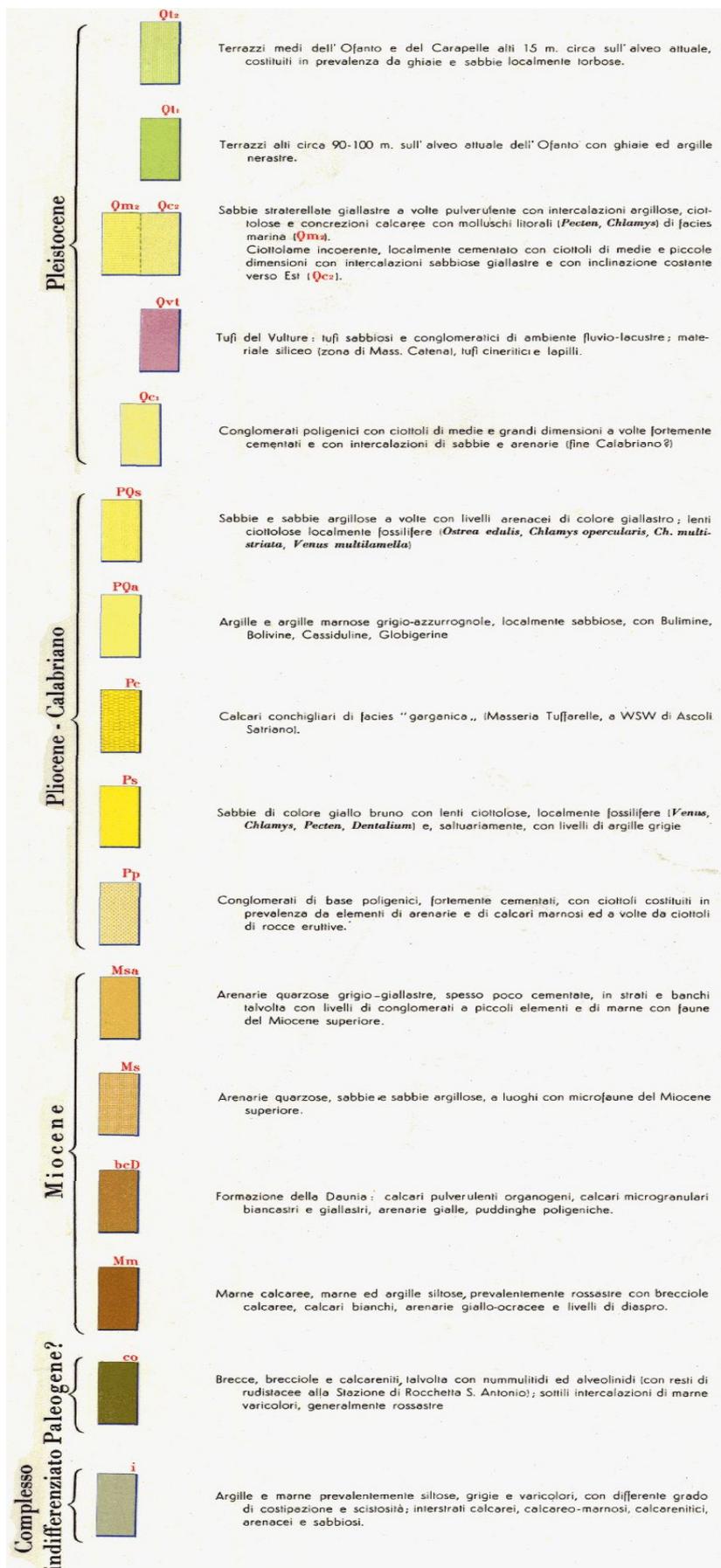
**PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO DENOMINATO "LAGNANO"
CON POTENZA PARI A 41,28 MW_p NEL COMUNE DI ASCOLI SATRIANO (FG)**

STRALCIO DELLA CARTA GEOLOGICA D'ITALIA FOGLIO 175 (CERIGNOLA)

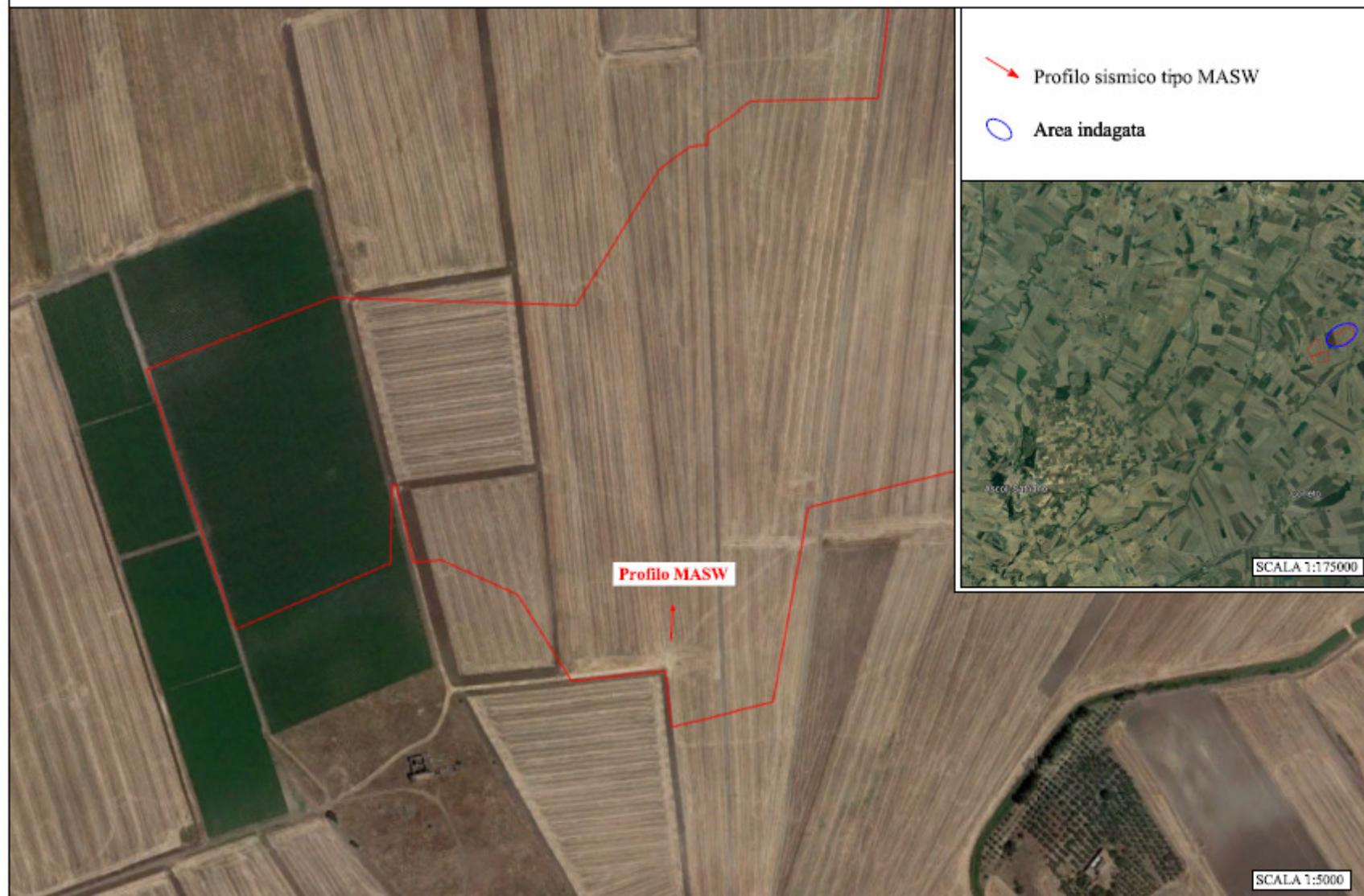


UBICAZIONE AREE D'ESAME

LEGENDA



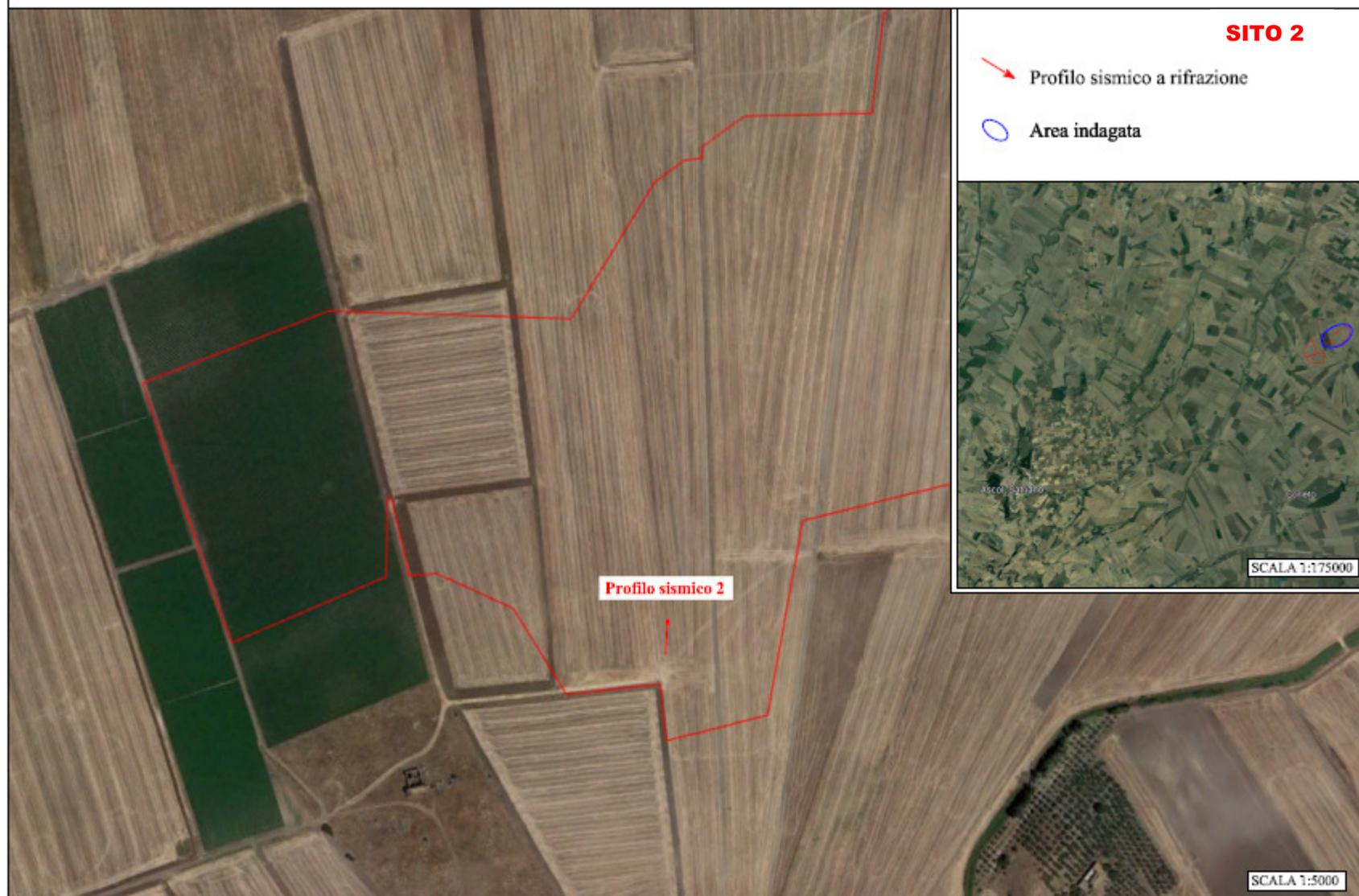
UBICAZIONE INDAGINE SISMICA TIPO MASW



UBICAZIONE INDAGINE SISMICA A RIFRAZIONE



UBICAZIONE INDAGINE SISMICA A RIFRAZIONE



UBICAZIONE PROVA PENETROMETRICA DINAMICA CONTINUA



UBICAZIONE PROVA PENETROMETRICA DINAMICA CONTINUA

