



REGIONE PUGLIA



COMUNE DI POGGIO  
IMPERIALE



COMUNE DI LESINA



COMUNE DI SAN PAOLO  
CIVITATE



COMUNE DI APRICENA

Nome Progetto / Projet Name

**IMPIANTO AGRIVOLTAICO,  
DENOMINATO POGGIO 4  
POTENZA INSTALLATA 14,99 MW  
CON PANNELLI SU SUPPORTO TRACKER  
AD ASSE ORIZZONTALE IN AGRO DI  
SAN PAOLO CIVITATE,  
E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE**

committente

GC POGGIO IMP 4

Titolo documento /Document title

Relazione geologica

Tavola /Pannel

Codice elaborato /Code processed

PG4\_REL\_GEO\_001

| 00 | 30/06/2022     | PROGETTO DEFINITIVO   | Preparato | Vagliato | Approvato |
|----|----------------|-----------------------|-----------|----------|-----------|
| N. | Data Revisione | Descrizione revisione |           |          |           |
|    |                |                       |           |          |           |

Specialista / Specialist

Dr. geol. Baldassarre Franco LA TESSA



Sviluppatore / Developer

RENEWABLE CONSULTING

Progettisti / Planner

RENEWABLE CONSULTING SRL

Nome file

Dimensione cartiglio

Scala

Relazione geologica

A4

---



## Studio di Geologia e Geotecnica

Dr. Geol. Baldassarre, Franco La Tessa - Via Marsala, 113 - Torremaggiore (FG)  
P.Iva 03018770713 –C.f. LTBDS68A23F537C Tel./fax 0882.601742-3929775853  
mail: francolatessa@hotmail.com PEC geollatessa@epap.sicurezzapostale.it



# COMUNE DI SAN PAOLO DI CIVITATE (FG)

## RELAZIONE GEOLOGICA

**OGGETTO: PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN "IMPIANTO AGRIVOLTAICO DENOMINATO POGGIO 4, POTENZA INSTALLATA 14,99 MW CON PANNELLI SU SUPPORTO TRACKER AD ASSE ORIZZONTALE IN AGRO DI POGGIO IMPERIALE, SAN PAOLO DI CIVITATE E LE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE**

**D.M. 17/01/2018 Norme tecniche per le costruzioni in zona sismica e s.m.i.. Circolare M. 21/01/2019, n.7 C.S.LL.PP. Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Meridionale Sede Puglia D.Lgs.152/2006 e s.m.i., Legge 221/2015, D.M. n. 294/2016 e DPCM 4 aprile 2018, PTA e PPTR Regione Puglia**

**SVILUPPATORE**  
**Renewable Consulting srl**  
Torremaggiore

Il Geologo

Baldassarre Franco La Tessa



**Informativa nel rispetto del Regolamento (UE) 2016/679 del Parlamento europeo e del Consiglio del 27 aprile 2016 Codice in materia di protezione dei dati personali**  
La informiamo che la comunicazione e il trattamento dei Suoi dati personali sono necessari per le operazioni di natura amministrativa nonché per adempiere a specifici obblighi di legge e di contratto. Il trattamento dei Suoi dati avverrà nel rispetto delle misure di sicurezza previste dal succitato regolamento a cura del "Dott. Geol. Baldassarre, Franco La Tessa". Le sarà possibile esercitare i suoi diritti tramite comunicazione scritta indirizzata a " Dott. Geol. Baldassarre, Franco La Tessa" indicando sulla busta o sul foglio la dicitura: "Inerente alla Privacy".

## INDICE

|   |        |
|---|--------|
| Premessa .....                          | pag.02 |
| Inquadramento geografico dell'area..... | pag.04 |
| Geologia Generale.....                  | pag.05 |
| Geomorfologia e Idrogeologia.....       | pag.13 |
| Tettonica .....                         | pag.17 |
| Vincoli Idrogeologici.....              | pag.19 |
| Indagini Geognostiche.....              | pag.20 |
| Sismica.....                            | pag.22 |
| Considerazioni conclusive.....          | pag.26 |
| Allegati.....                           | pag.29 |
| <i>Relazione sismica masw</i> .....     | pag.30 |

### Elaborati Grafici

1. Modello geotecnico con descrizione parametri geomeccanici
2. Planimetria catastale
3. Cartografia A.d.B. e PPTR sede Puglia
4. Carta della vulnerabilità degli acquiferi
5. Carta della ubicazione delle indagini
6. Carta idrogeologica e geomorfologica
7. Carta geologica
8. Sezione geolitologica
9. Elaborati prove
10. Report fotografico
11. Normativa di riferimento
12. Bibliografia

## **PREMESSA**

Con la presente relazione lo scrivente dr. geol. Baldassarre Franco La Tessa, riferisce sulla situazione geomorfologica, idrogeologica e sulle caratteristiche geo-meccaniche dei terreni interessati dal progetto per la realizzazione di un “impianto agrivoltaico denominato Poggio 4, potenza installata 14,99 MW con pannelli su supporto tracker ad asse orizzontale in agro di Poggio Imperiale, San Paolo di Civitate e le relative opere di connessione. Il progetto prevede inoltre la realizzazione di:

- Cabine di conversione e trasformazione dell’energia elettrica;
- Cabine di raccolta e monitoraggio;
- Rete elettrica interna a 1500 V tra i moduli fotovoltaici, e tra questi e le cabine di conversione trasformazione;
- Rete elettrica intera a 30 kV per il collegamento in entra-esci tra le varie cabine di conversione e trasformazione, e con le cabine di raccolta e monitoraggio;
- Rete elettrica interna a bassa tensione per l’alimentazione dei servizi ausiliari di centrale (controllo, illuminazione, forza motrice, ecc...);
- Rete elettrica esterna a 30 kV dalle cabine di raccolta e monitoraggio alla Sottostazione Elettrica AT/MT;
- Rete telematica interna di monitoraggio per il controllo dell’impianto fotovoltaico;
- N.1 Stazione Condominio;
- Collegamento tra la stazione di raccolta “SR -Condominio” e la futura stazione di Smistamento “CS Serracapriola”.
- Collegamento tra la “CS Serracapriola” fino alla stazione Terna di Rotello avverrà con cavidotti aerei.

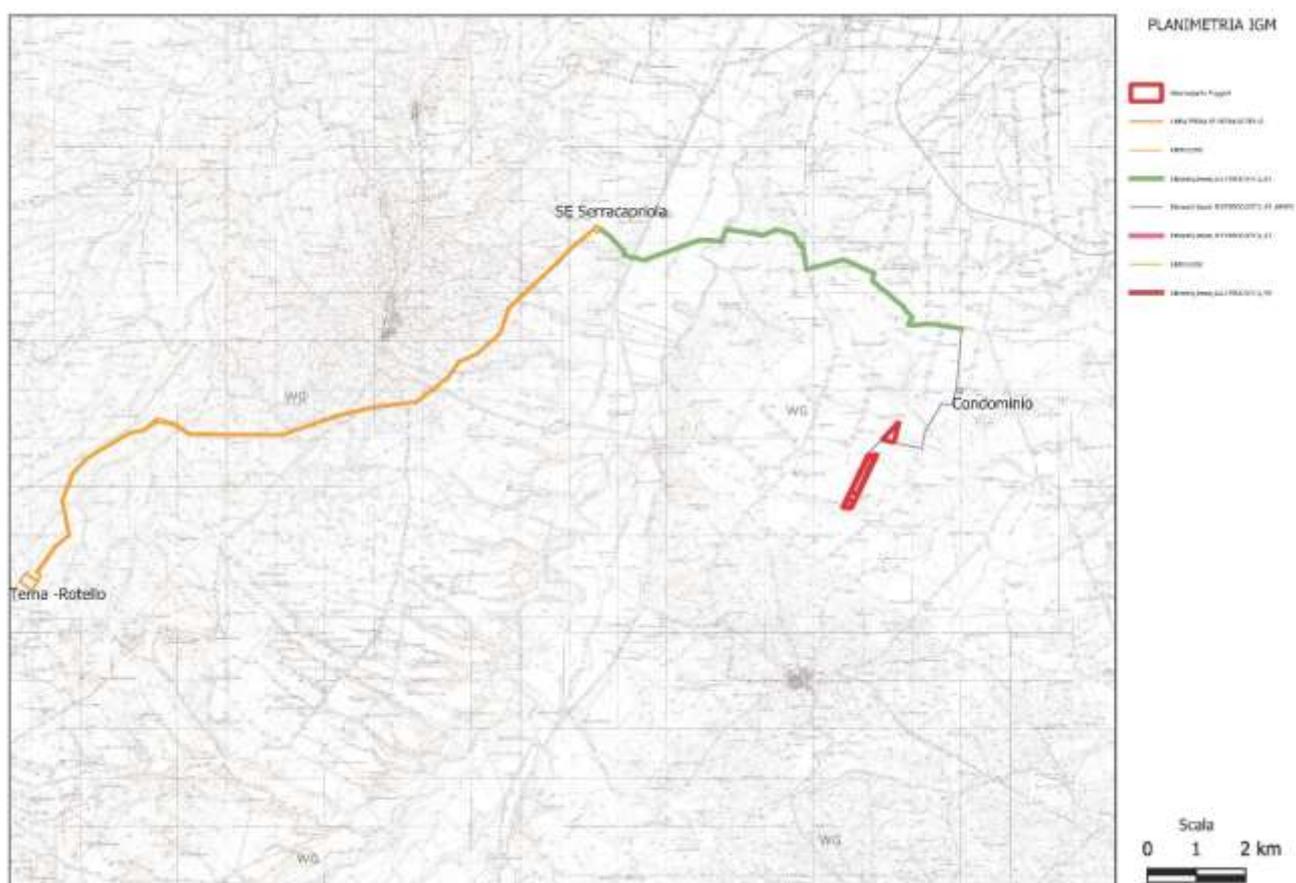
Lo studio è stato affrontato partendo dal censimento dei fenomeni morfologici e tettonici sulla base di opportuni rilievi sul terreno e sulla letteratura tecnico-scientifica già esistente al fine di cartografare le formazioni geologiche affioranti. E’ stata redatta una relazione in ottemperanza alla normativa vigente N.T.C. D.M. 17-01-2018 e e ss.mm.ii., al N.T.U. A. D. L.g.s. n.152/2006 e al PAI e alle relative misure di salvaguardia dell’Autorità di Bacino Distrettuale dell’Appennino Meridionale e ai sensi dell’art.12 del D.Lgs. n.387/2003 l’opera, rientrante negli impianti per la produzione di energia da fonti rinnovabili.

L'iniziativa è in linea con gli obiettivi del Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima (PNIEC), Dicembre 2019; con il quale l'Italia intende promuovere il Green New Deal per la decarbonizzazione dell'economia, inteso come un patto verde con le imprese e i cittadini, che consideri l'ambiente come motore economico del Paese.

L'impianto agrivoltaico Poggio 4, prevede la coltivazione del suolo sottostante, è costituito da moduli montati su inseguitori fotovoltaici monoassiali (tracker). L'impianto è incluso nel progetto denominato Agripuglia, che prevede la realizzazione di cinque sistemi agrivoltaici, con il coinvolgimento di più partner come Legambiente Puglia, CIA Agricoltori Italiani Capitanata, Università degli Studi di Foggia Dipartimento di Scienze Agrarie, Alimenti, Risorse Naturali e Ingegneria e la Diocesi di San Severo. La realizzazione dei cinque sistemi di agrivoltaico prevede le medesime caratteristiche tecniche; sono previste tre tipologie di struttura: ad una stringa (26 moduli), a due stringhe (52 moduli) e a quattro stringhe (78 moduli). Le strutture saranno disposte secondo file parallele, la cui distanza sarà di 5 m, in modo da ottenere una fascia di 3,73 m utile alla coltivazione. Tali moduli verranno installati su più appezzamenti di terreno che saranno contemporaneamente coltivati con differenti tipi di colture in modo da favorire la biodiversità e preservare la fertilità del suolo. Si intende corredare lo studio di tutte quelle deduzioni, non facilmente visualizzabili, utili a realizzare una conoscenza più approfondita sulla natura geologica dell'area e più in dettaglio sulla successione litostratigrafica del sottosuolo interessato e delle sue caratteristiche idrogeologiche e geomorfologiche al fine di valutare l'idoneità del sito e i successivi provvedimenti da adottare. La seguente relazione scaturisce da un'attenta ricognizione dell'area di progetto unitamente a quanto già noto della zona.

## INQUADRAMENTO GEOGRAFICO DELL'AREA

Il suolo sul quale sarà realizzato l'impianto agro-voltaico ricopre una superficie di circa 35 ettari. Esso ricade nei fogli 1:25.000 delle cartografie dell'Istituto Geografico Militare (IGM Vecchia Ed.) 155 II-NO (Coppa di Rose) anno:1957 serie 25v: ultima edizione e 155 II-NE (Apricena) anno:1957 serie 25v: ultima edizione.



## **GEOLOGIA GENERALE**

L'area oggetto di studio rientra nel Foglio 155 "San Severo" della Carta Geologica d'Italia in scala 1:100.000 edito dal Servizio Geologico d'Italia. Essa corrisponde alla zona di transizione tra il settore pedemontano subappenninico e il Tavoliere di Puglia ed è situata nella parte nord-orientale del foglio geologico.

La sottostante pianura del Tavoliere rappresenta, con i suoi 4600 Km<sup>2</sup>, la più estesa pianura alluvionale dopo la Pianura Padana un'area di basso strutturale, delimitata dal fiume Ofanto, dal torrente Cervaro, dall'Appennino e dal Golfo di Manfredonia.

Il Tavoliere di Puglia coincide con il tratto dell'Avanfossa adriatica delimitato dalla Catena appenninica e dall'Avampaese Apulo, più precisamente corrisponde all'area compresa fra i Monti della Daunia, il Promontorio del Gargano e l'Altopiano delle Murge.

La storia geologica di quest'area potrebbe essere così sintetizzata:

- formazione della piattaforma carbonatica mesozoico-paleogenica;
- frammentazione della piastra Apula con relativa individuazione dell'Avanfossa a partire dal Miocene;
- riempimento di questo bacino subsidente durante il Plio-Pleistocene;
- sollevamento regionale concomitante con oscillazioni glacio-eustatiche del livello del mare e conseguente importante fase di terrazzamento, mesopleistocenico-olocenica.

### ***Il substrato pre-pliocenico***

Il basamento, come pure l'ossatura dell'intera regione pugliese e dell'area di studio, è costituita da un potente spessore di sedimenti carbonatici prevalentemente di piattaforma di età mesozoica su cui localmente, in affioramento, trasgrediscono depositi calcarenitici paleogenici. Con l'avvento della tettonogenesi appenninico-dinarica a partire dal Miocene, la Piastra Apula assume il ruolo di Avampaese e contemporaneamente le sue parti

estreme diventano instabili. Quella più occidentale, con il progredire delle fasi di accavallamento delle unità appenniniche verso Est, viene coinvolta progressivamente da una segmentazione secondo l'allineamento nord ovest – sud est a costituire un esteso semigraben; in quest'area si individuerà l'Avanfossa appenninica. Tramonte (1955), utilizzando trivellazioni e prospezioni elettriche, riconobbe una struttura molto articolata e complicata costituita da numerosi *horst* e *graben* a Nord di Foggia e tra Cerignola e Borgo Moschella.

La “*Sintesi geopetrolifera della Fossa bradanica*” di SELLA *et alii* (1992) riporta nelle aree prossime all'Appennino una miriade di alti e bassi prevalentemente allungati da nord-ovest a sud-est.

La struttura del substrato carbonatico sembrerebbe corrispondere, per il Tavoliere meridionale, ad un generale *graben* allungato da sud-ovest a nord-est con una ulteriore sistemazione a gradoni diretti da nord-ovest a sud-est immergente verso l'Appennino, il tutto sempre complicato da strutture minori (vedi l'*horst* del Villaggio Ippocampo, -350 m; il *graben* di Torre Quarto, -550; l'*horst* di Mass. Pavone a sud-ovest di Cerignola, -325 m).

### ***La fossa plio-pleistocenica***

La parte occidentale della piattaforma carbonatica apula, a partire dal Miocene, sotto le spinte della Catena appenninica si sarebbe spezzettata assumendo il ruolo di Avanfossa della catena appenninica.

Il bacino pugliese, orientato grosso modo secondo una direzione comune nord-ovest – sud-est, ossia parallela a quella della catena appenninica, si sarebbe individuato a partire da nord ringiovanendosi procedendo verso sud, subendo poi una migrazione verso est. Nel corso del Pliocene inferiore la fossa, ormai delimitata fra l'Appennino e l'ancora integro Avampaese apulo-garganico, doveva avere una forma molto allungata e margini

subparalleli ravvicinati. La sedimentazione era di tipo pelitico, riferibile ad argille bacinali o a facies distali di corpi torbiditici provenienti da nord-ovest.

Nel Pliocene medio si incomincia ad individuare la Fossa bradanica s.s.. In essa, vengono richiamati, dalla Catena appenninica in rapido sollevamento, potenti colate gravitative, che, congiuntamente alle spinte appenniniche vanno a raccorciare la parte interna della stessa Avanfossa, colmandola. Verso l'esterno si hanno aree ove prevale la subsidenza caratterizzata da riempimenti torbiditici sabbioso-argillosi (sempre provenienti da nord-ovest) (Casnedi *et alii*, 1984). Di conseguenza il rapporto sabbie/argille diminuisce procedendo verso sud, mentre aumenta notevolmente in corrispondenza di aree a forte subsidenza, quali la Fossa di Candela.

Il modello proposto è quello cosiddetto delle “*conoidi confinate asimmetriche*” canalizzate nord nord ovest – sud sud est, parallelamente a faglie inverse sinsedimentarie dovute alla tettonica compressiva mesopliocenica.

Il Pliocene superiore segna il culmine della tettonica trasversale, che porterà alla separazione dell'Avanfossa in più bacini distinti. Difatti il sollevamento dell'Alto del Fortore, ipotizzato come si ricorderà da Casnedi (1992), ha separato il bacino molisano da quello pugliese. Questa struttura, trasversale alla Fossa, ne ha condizionato il riempimento; infatti, sui fianchi ribassati, si sono avuti abbondanti apporti clastici, interdigitati sul lato settentrionale con le torbiditi provenienti da nord- ovest, e sul lato meridionale, con le colate gravitative provenienti dal continente in sollevamento. L'alto strutturale è stato invece caratterizzato da sedimentazione ridotta costituita da argille di piattaforma e verso la costa da apparati deltizi. Va aggiunto che sempre nel corso del Pliocene superiore si sono attivate faglie est-ovest, allineate alla faglia trascorrente destrorsa del Gargano, che hanno suddiviso ulteriormente l'Alto del Fortore.

Analogamente il bacino pugliese risulta separato da quello lucano da un alto strutturale, la cosiddetta *Sella di Banzi*, caratterizzato da sedimentazione condensata.

A questa fase tettonica o forse anche prima e non al Pleistocene inferiore, come ritengono numerosi Autori, si deve fare risalire l'approfondimento del *graben* del Tavoliere meridionale.

Ne sono una prova i depositi mesopliocenici di ambiente litorale presenti sia sul bordo garganico meridionale (D'Alessandro *et alii*, 1979) che su quello murgiano nord-occidentale e le facies calcarenitiche più profonde riferibili al Pliocene superiore ritrovate sempre sul lato murgiano ofantino.

Inoltre, i depositi argillosi bacinali riscontrati in perforazione nella parte centrale della fossa (in località Alma Dannata, Zapponeta) riferiti alla *zona a Globorotalia puncticulata* o alla *zona a Discoaster tamalis* (Boenzi *et alii*, 1992), farebbero ritenere che la fase tettonica sia stata più antica oppure che l'individuazione del *graben* sia iniziata nel Pliocene medio nella parte centrale del Tavoliere meridionale, per poi subire un nuovo impulso nel Pliocene superiore.

Successivamente, nel corso del Pleistocene inferiore, si verifica il colmamento del bacino pugliese. I depositi del Ciclo della Fossa bradanica lungo il bordo appenninico, sono meglio conosciuti, dal basso verso l'alto, con i nomi formazionali di "Conglomerati e sabbie di Oppido Lucano", "Argille subappennine", "Sabbie di Monte Marano" e "Conglomerato di Irsina", mentre presso il bordo murgiano: "Biocalcarenite di Gravina", "Argille subappennine", "Sabbie di Monte Marano" e/o "Calcarenite di Monte Castiglione".

In affioramento, nel Tavoliere si ritrova quasi esclusivamente la parte alta della successione plio-pleistocenica, cioè le unità stratigrafiche regressive.

### ***I depositi terrazzati***

A partire da circa un milione di anni fa, in seguito alla progressiva attenuazione delle spinte appenniniche, al rilascio elastico della Piastra Apula (Mongelli & Ricchetti, 1979; Ricchetti & Mongelli, 1981) e alla compensazione isostatica del sistema Catena-

Avanfossa-Avampaese si è avuto un sollevamento regionale sicuramente tuttora in corso.

A questa tendenza generale, già di per sé polifasica, si sono sovrapposte oscillazioni del livello marino di tipo glacio-eustatico, interferendo e complicando ulteriormente il meccanismo di regressione. Il risultato è rappresentato da numerose e diverse unità litostratigrafiche corrispondenti a differenti stadi del livello marino riferibili a più cicli sedimentari marini e/o a fasi continentali di alluvionamento.

Per il Tavoliere, non è stato ancora possibile ricostruire un quadro completo delle varie fasi di terrazzamento, anche se sono state avanzate varie ipotesi di lavoro. Certamente influiscono negativamente:

- la scarsità di affioramenti;
- i dislivelli modesti fra le scarpate;
- le litologie poco differenziate dei depositi terrazzati e dei termini regressivi del Ciclo bradanico;
- le nuove tecniche colturali che hanno obliterato le forme del paesaggio.

I Rilevatori della Carta Geologica d'Italia (ultima edizione degli anni '70) hanno riconosciuto nel Tavoliere soltanto due ordini di terrazzi marini, caratterizzati da depositi prevalentemente ciottolosi e sabbiosi, questi ultimi limitatamente alla parte più bassa del secondo terrazzo.

Per quanto riguarda il Tavoliere centrale, lo studio delle fasi di terrazzamento è tuttora in corso.

Certamente in questo settore le difficoltà sono molteplici, essendo stata molto spinta l'erosione dei numerosi corsi d'acqua, al punto di lasciare soltanto strette dorsali come relitti delle originarie superfici terrazzate. Ciò nonostante sono stati individuati in maniera frammentaria, al tetto delle "Argille subappennine", lembi riferibili probabilmente a ben 16 spianate (Pennetta, 1988).

Nella cartografia ufficiale (F° 1:100.000 "Lucera", Jacobacci et al., 1967; Bonardi et al., 1988) e in alcuni recenti lavori Caldara e Pennetta (1993) questi depositi vengono riportati come marini e/o di transizione e solo per i depositi di fondo valle, recenti ed attuali, si fa espresso riferimento ad ambienti fluviali. Parea (1986) in un lavoro a carattere regionale, menziona l'area pedemontana del Tavoliere delle Puglie come la testimonianza di piane costiere in equilibrio con livelli di mare alto, intagliate dai fiumi nei periodi di mare basso. I nuovi rilevamenti geologici hanno evidenziato che, nell'area pedemontana dell'Appennino Dauno che rappresenta parte della porzione più interna ed elevata del Tavoliere delle Puglie, in erosione sulle Argille subappennine (localmente di età suprapliocenica), poggia un complesso di depositi ghiaiosi alluvionali (Supersistema del Tavoliere delle Puglie, Gallicchio et al., 2002) che affiorano in lembi residui e di spessore variabile da pochi metri ad un massimo di 10 m.

Questi depositi si rinvengono in corrispondenza di più paleosuperfici poste a differenti altezze sul livello del mare e sono delimitati a letto da superfici d'erosione inclinate da monte (O) verso valle (E); il substrato è rappresentato quasi ovunque dalle argille sabbiose supraplioceniche della Fossa bradanica (Argille subappennine); solo a luoghi, verso monte è rappresentato da unità appenniniche e verso valle da altri depositi alluvionali più antichi. Ogni superficie di erosione presenta alcuni caratteri geometrici peculiari; ciò ha permesso una attribuzione dei depositi alluvionali a 7 sistemi principali. La superficie di base di ogni singolo sistema è inclinata verso E e presenta angoli via via decrescenti da monte verso valle (da 2.6° a 0.5°); riportando tali angoli di inclinazione nelle ordinate di un grafico a dispersione (con la distanza dalla catena nelle ascisse), ogni sistema ricade in uno specifico campo ed i punti rappresentativi dei singoli sistemi sono approssimati da involucri di tipo logaritmico con un punto comune (localizzato nei pressi della testata dei bacini) e tratti meno inclinati ma ben distinti verso valle. Inoltre a parità di distanza dalla catena, i sistemi più antichi presentano angoli di inclinazione maggiori

rispetto ai sintemi più giovani e tale diminuzione di angolo presenta caratteri di grande regolarità: ad esempio nell'area ad O di Lucera negli alti morfologici solcati dal Torrente Motta Montecorvino si passa da angoli di  $1.24^\circ$  per il sintema più antico (Sintema di Monte Stillo) a  $1.07^\circ$  per il terrazzo relativamente più giovane (Sintema di Cava Petrilli) e via via a  $0.99^\circ$  (Sintema di Mass. Petraiolo),  $0.80^\circ$  (Sintema di Mass. S. Maria ),  $0.68^\circ$  (Sintema del Torrente Vulgano) e  $0.67^\circ$  (Sintema del Torrente Casanova). Per quanto riguarda le facies, i depositi dei singoli ordini presentano caratteri sedimentologici abbastanza simili: sono costituiti, per spessori complessivi medi di 5 m e massimi di 10 m, da ghiaie poligeniche ed eterometriche con granuli da qualche cm a blocchi di oltre 1 m (con embriciature prevalenti provenienti da O), associate ad intercalazioni lenticolari di sabbie grossolane. Da monte verso valle, le ghiaie mostrano: 1) un passaggio graduale a depositi sabbiosi o ghiaiosi con maggior presenza di lenti sabbiose; 2) aumento del grado di cassazione e diminuzione di matrice; 3) passaggio da corpi ghiaiosi non stratificati, massivi e privi di strutture sedimentarie a corpi sabbioso-ghiaiosi con accenni di stratificazione e rare forme erosive canalizzate orientate est - ovest. I caratteri delle facies dominanti sono riferibili alle facies Gm, Gms, Sh ed F di Miall (1978).

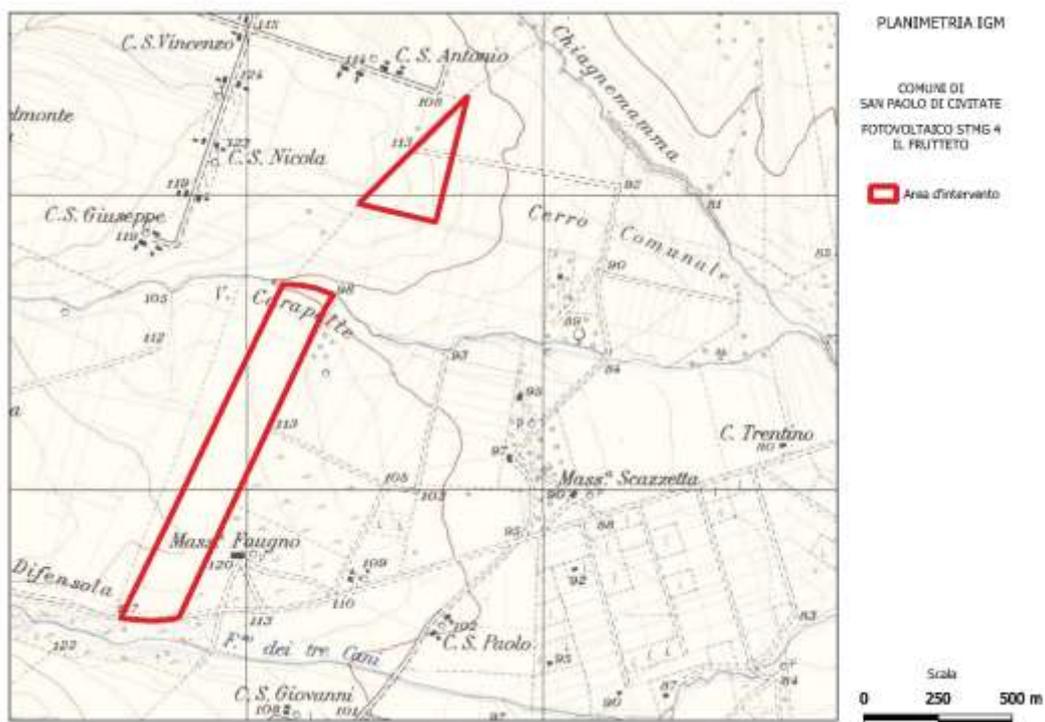
L'insieme dei caratteri sedimentologici e morfologici, l'ubicazione delle facies prossimali nei pressi della scarpata appenninica, l'inclinazione delle superfici di base permette di attribuire i depositi del Supersintema del Tavoliere delle Puglie ad ambienti di conoide alluvionale da prossimale a distale fino al passaggio con depositi alluvionali di tipo braided. Nell'ambito dei sette sintemi i sistemi deposizionali presentano un trend evolutivo retrogradazionale: dal sintema più antico a quello più recente la zona di passaggio dalle facies di conoide distale alle facies di tipo braided avviene via via in aree più prossime alla catena.

L'insieme dei dati raccolti indica che l'evoluzione sedimentaria pleistocenica del settore di avanfossa compreso nel Foglio 407 "San Bartolomeo in Galdo" è sostanzialmente

diversa da quella registrata nelle restanti parti della Fossa bradanica (Tropeano et al., 2002). Infatti, mentre in gran parte della Fossa bradanica (area lucana compresa fra Genzano di Lucania e la zona costiera metapontina e, più a nord, area pugliese da Ascoli Satriano a Barletta e dalla valle del Fiume Fortore fino alla fascia costiera di Lesina) sulla formazione delle Argille subappennine poggia una serie di depositi grossolani costieri (Depositati costieri regressivi, in Pieri et alii 1996) che testimonia il graduale ritiro del mare nel Pleistocene, nell'area studiata, sulle Argille subappennine (localmente di età suprapliocenica) poggiano in erosione i depositi continentali quaternari del Supersistema del Tavoliere delle Puglie. Quindi, prima della sedimentazione del Supersistema del Tavoliere delle Puglie, questo tratto di avanfossa è stato soggetto ad una fase di sollevamento, responsabile dell'erosione della parte più recente delle Argille subappennine (Pleistocene inferiore) e dei "Depositati costieri regressivi" ben rappresentati nelle restanti parti del Tavoliere. Tale fase di sollevamento è continuata per tutto il Pleistocene originando il terrazzamento dei depositi del Supersistema del Tavoliere delle Puglie. Non essendo stato possibile datare direttamente i depositi alluvionali, la loro età attribuita al Pleistocene medio e superiore è stata ipotizzata in base a considerazioni sull'evoluzione stratigrafica e tettonica della regione e dal fatto che in zone prossime all'area studiata si sono conservate sulle Argille subappennine del Pleistocene inferiore, lembi di "**Depositati costieri regressivi**", come ad esempio nella zona di San Paolo Civitate e Apricena, dove questi ultimi depositi si rinvengono alla sommità di piatti rilievi che raggiungono 200 m di quota.

## GEOMORFOLOGIA E IDROGEOLOGIA

L'area di intervento è situata nella zona a nord-est dell'abitato di San Paolo di Civitate, in prossimità della strada San Paolo di Civitate - Ripalta, con quote che oscillano tra 120 e 98 m s.l.m. Il suolo si presenta inclinato in direzione sud est con una pendenza media del 4%. L'area in esame rientra nel bacino idrografico del Torrente Candelaro caratterizzata da spianate e modesti rilievi leggermente inclinati verso nord ovest, che rappresentano lembi residui di più estese paleosuperfici sollevate a diverse altezze. Fra di esse si interpongono dei modesti fossi irrigui, canali e corsi d'acqua secondari (Vallone Carapelle e Fosso dei tre Cani e altri reticoli minori) che convogliano le acque nel "T. Candelaro".



I terreni interessati sono soggetti ad una percolazione acquifera legata essenzialmente alla porosità e caratterizzati da permeabilità primaria media in corrispondenza della frazione sabbioso-ghiaiosa-limoso e medio-bassa all'aumentare della frazione argillosa fino ad arrivare ai livelli impermeabili caratterizzati dalla presenza delle argille marnose grigio-azzurre. La risorsa idrica dei pozzi d'acqua è legata essenzialmente alla falda

acquifera delle formazioni sabbiose-ghiaiose trattenuta dalle sottostanti argille marnose grigio-azzurre. Le sommità delle colline, piatte, presenti in questo distretto, ove poggiano tali unità litologiche, costituiscono pertanto le zone di ricarica dei livelli acquiferi superficiali. Generalmente la circolazione idrica sotterranea avviene a circa 10 m di profondità rispetto al piano campagna e tende a subire delle notevoli oscillazioni stagionali con abbassamenti durante il periodo estivo e innalzamenti durante il periodo autunnale, con l'arrivo delle precipitazioni e con risalita fino a circa 6 metri dal p.c., in dipendenza degli spessori delle formazioni sabbioso-ghiaiose), sostenuta dalle sottostanti argille grigio-azzurre caratterizzate da una scarsissima permeabilità.

Attualmente nell'area d'intervento fino a 10 m dal p.c. il livello della falda freatica non è stato rilevato. L'aspetto della piovosità media annuale ha lo scopo di effettuare un primo inquadramento di massima, dal punto di vista pluviometrico, del bacino idrografico d'appartenenza. La zona in cui il Comune di Poggio Imperiale è posto, in linea di principio, è zona a "quantità di precipitazione annuale medio-bassa". A conferma di tale assunto si può consultare la carta delle isoiete medie annuali nel periodo 1921 – 1950, a cura del S.I.I., riportata in "Di Fidio, Fognature, Pirola", ove si riscontra l'appartenenza del sito ad una zona di precipitazione compresa fra i 600 e i 700 mm annui.



Inoltre si riporta la mappa delle isoiete relative all'intero territorio regionale, tratta da un rapporto dell'Archivio cartografico della Regione Puglia



Peraltro tale considerazione viene confermata dai dati pluviometrici relativi alle piogge mensili rilevate dal 1951 fino al mese di marzo 2020 nella stazione di interesse, la cui media annuale rispecchia appunto tale andamento. (fonte servizio idrografico Regione Puglia- Protezione Civile Regionale). La piovosità dell'area fa registrare valori di precipitazioni media annue comprese nel range 600-800 mm; l'infiltrazione efficace, in considerazione della natura permeabile dei terreni conglomeratici e della relativa bassa densità di drenaggio, oltre che delle modestissime pendenze, appare relativamente molto più elevata che nelle valli circostanti, ove risiedono depositi terrigeni a matrice limosa e argillosa dei depositi fluviali terrazzati. L'evapotraspirazione media annua è stimata intorno ai valori di 1000 mm; la temperatura media annua è di circa 15°C.

Per quanto riguarda l'esposizione dell'area al fenomeno della **desertificazione**, il valore dell'indice ESAI è pari a circa 1.64-1.76 (**Classe definita "Critica"** – fonte: Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale); si rammenta che esso è dato dalla combinazione degli indici di qualità ambientale (suolo, clima, vegetazione) e dell'indice di qualità della gestione, di sensibilità delle aree ESAS alla desertificazione e si inserisce nella seguente scala di valori:

<1.17: Aree non soggette e non sensibili - Classe: *non soggetta*;

1.17-1.22: Aree a rischio di desertificazione qualora si verificassero condizioni climatiche estreme o drastici cambiamenti nell'uso del suolo. Si tratta di terre abbandonate gestite in modo non corretto nel passato – Classe: *potenziale*;

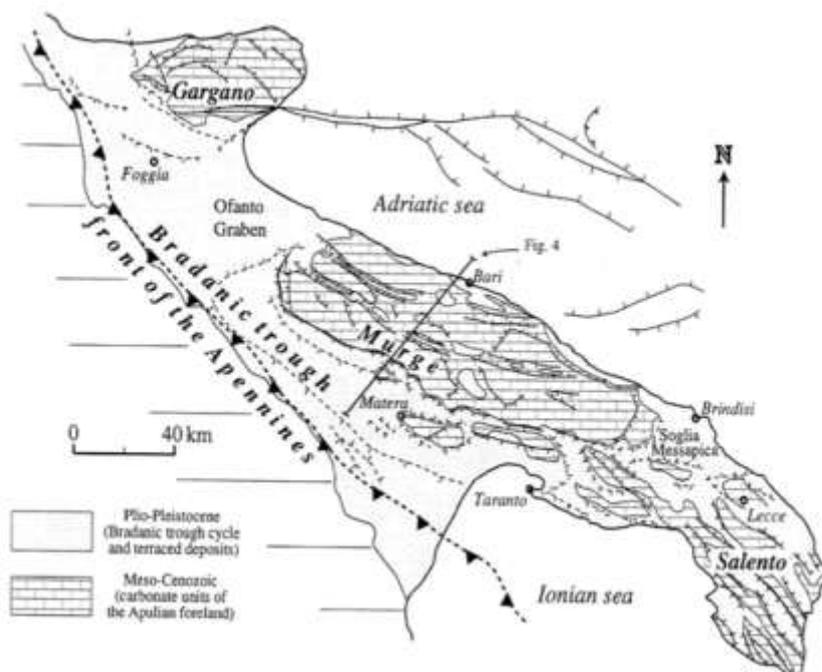
1.23-1.37: Aree limite, in cui qualsiasi alterazione degli equilibri tra risorse ambientali e attività umane può portare alla progressiva desertificazione del territorio. Ad esempio, il prolungarsi delle condizioni di siccità può portare alla riduzione della copertura vegetale e a successivi fenomeni di erosione – Classe: *fragile*;

> 1.38: Aree altamente degradate, caratterizzate da ingenti perdite di materiale sedimentario e in cui i fenomeni di erosione sono evidenti – Classe: *critica*.

Sulla base della natura delle litologie affioranti (*sabbie limose con ghiaie* con lenti di *crosta calcarea*) e sulla scorta delle osservazioni effettuate direttamente in loco sulle forme di erosione e di degradazione del suolo, si ritiene che l'area in esame sia scrivibile alla classe "*potenziale-fragile*" piuttosto che "*critica*": non sono stati osservati, difatti, fenomeni di erosione tali da fare ritenere il processo di desertificazione preponderante.

## TETTONICA

L'area, per il suo assetto morfo-strutturale, è collocata nel più ampio contesto geologico dell'Italia Meridionale, può essere suddivisa in 3 settori, allungati in senso appenninico (NWSE) e ciascuno appartenente ad una ben precisa unità stratigrafico-morfologico- strutturale. Procedendo dalla linea di costa adriatica verso l'interno, si riconoscono: il settore di avampaese, il settore di avanfossa, il settore di catena (fig. 1).



**Fig. 1 - Schema geologico della Puglia (da: Pieri et al., 1997)**

L'unità carbonatica apula mesozoica affiorante in corrispondenza dei rilievi delle Murge e del Gargano, costituisce il settore di avampaese.

A causa infatti di intensi sollevamenti prodottisi nel Miocene medio, che condussero all'emersione della quasi totalità delle rocce attualmente affioranti e al contemporaneo instaurarsi di una rete di faglie distensive (NO-SE e O-E) che favorivano lo sprofondamento delle regioni marginali del promontorio, la Murgia venne a costituire

un'isola separata dall'Appennino e dal Gargano da un'ampio braccio di mare in corrispondenza della Fossa Bradanica.

Le dislocazioni tettoniche che cominciarono a prodursi allorchè la piattaforma carbonatica apula andò a far parte del sistema geodinamico dell'orogenesi appenninica, subendone gli effetti smorzati, produssero profonde deformazioni strutturali.

Le attuali aree della Fossa Bradanica assunsero un'assetto strutturale di ampi Graben.

Le strutture plicative sono orientate in direzione NW-SE o WNW-ESE; le faglie in quelle WNW-ESE, EW, SW-NE e NS.

Importanti serie di faglie a gradinate sono presenti lungo il margine della Fossa Bradanica, la bassa valle dell'Ofanto e nel versante adriatico, compresa la faglia che corre in mare parallelamente alla costa.

Si tratta di faglie importanti a direzione EW, nonchè appenninica, e antiappenninica con notevoli rigetti che hanno dato luogo alla struttura a gradinata che prosegue in corrispondenza della Fossa Bradanica, del Tavoliere e nell'Adriatico.

La tettonica tardo-pliocenica e pleistocenica ha contribuito alla definizione dell'attuale assetto strutturale dell'area.

## **VINCOLI IDROGEOLOGICI**

In relazione alle norme tecniche di attuazione (NTA) dell'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Meridionale sede Puglia con deliberazione del Comitato Istituzionale n. 25 del 15/12/2004 e s.m.i., e al PPTR della Regione Puglia, parte dell'area in questione è sottoposta a vincolo idrogeologico PG1 ed è interessata da reticoli idrografici art. 6 e 10 delle NTA del PAI. (vedi stralcio cartografie in allegato AdB e PPTR). Vista la natura quasi pianeggiante del terreno si può affermare che l'intervento non influirà negativamente sui processi geomorfologici dell'area interessata dall'opera e dalle sue pertinenze e non determinerà nessuna condizione tale da compromettere l'incolumità delle persone o arrecare danni funzionali agli edifici, alle infrastrutture, alle attività socio-economiche e danni al patrimonio ambientale. Pertanto l'area in esame è da considerarsi stabile. In riferimento alla vulnerabilità dell'acquifero l'area è sottoposta ad elevata vulnerabilità (vedi cartografia PTCP in allegato). La formazione delle argille, marnose-azzurre di base, sostiene una falda acquifera piuttosto importante. La ricarica della falda è favorita dalla quasi mancanza di copertura impermeabile superficiale e dall'estesa superficie di affioramento della "roccia serbatoio" già dal piano di campagna. Queste caratteristiche devono tuttavia essere attentamente valutate ai fini della tutela della risorsa idrica. In particolare, la già citata mancanza di copertura impermeabile superficiale può determinare situazioni di elevata vulnerabilità. Accumuli o versamenti di sostanze tossiche o inquinanti sul terreno possono determinare situazioni di pericolo, in quanto queste sostanze possono raggiungere rapidamente la falda acquifera. Il territorio presenta una vocazione prevalentemente agricola con annesse zone artigianali e/o industriali come anche assi infrastrutturali ad elevata frequentazione come strade statali, autostrade e linee ferroviarie, che costituiscono un potenziale pericolo. In fase progettuale i tecnici dovranno prestare la massima attenzione per la salvaguardia della falda sottostante.

## **INDAGINI GEOGNOSTICHE**

Il progetto di un'opera di ingegneria richiede l'acquisizione di informazioni e dati di diversa natura (dati geometrici, caratteristiche dei materiali, etc.). Nel settore della geotecnica è necessario caratterizzare volta per volta, dal punto di vista fisico e meccanico, la parte di sottosuolo che influenza il comportamento dell'opera in progetto. I dati e le informazioni necessari a caratterizzare il sottosuolo devono essere acquisiti con indagini che vengono eseguiti al fine di raccogliere tutti gli elementi qualitativi e quantitativi occorrenti per il progetto dell'opera.

Poiché le situazioni naturali sono molto variabili, ogni opera richiede uno specifico programma di indagini geotecniche.

Gli elementi acquisiti per mezzo delle indagini (costituzione del sottosuolo, regime delle acque sotterranee, proprietà fisiche e meccaniche dei terreni, etc.) devono consentire di schematizzare la complessa situazione naturale, allo scopo di ricostruire un modello del sottosuolo per eseguire le elaborazioni ed i calcoli di progetto.

L'ampiezza dell'area da prendere in esame è in funzione della grandezza dell'opera da realizzare. Questa parte di terreno va a costituire il cosiddetto volume significativo.

Nell'area di progetto, allo scopo di conoscere in dettaglio la natura del sottosuolo, è stata condotta una prima serie di accertamenti superficiali sulla base del rilevamento geologico e, successivamente, è stata impostata una campagna di sondaggi geognostici attraverso prove in situ e per conformità litostratigrafica sono stati utilizzati i dati di sondaggi effettuati nelle vicinanze:

**N.2** Prove penetrometriche dinamiche.

**N.1** stendimenti sismici per misure con tecnica MASW di onde superficiali (Reyleigh) indotte per la determinazione di profili delle Vseq.;

- Il paragrafo 6.2.2 del DM 17.01.2018 “Norme tecniche per le costruzioni” e Circolare M. n. 7 del 21/01/2019 recita: *è responsabilità del progettista la definizione del piano delle indagini, la caratterizzazione e la modellazione geotecnica*”. In fase esecutiva qualora il progettista lo riterrà opportuno ai fini della caratterizzazione geotecnica è possibile integrare le indagini già fatte con ulteriori prove in accordo col progettista e la società committente. In caso contrario, il progettista potrà approvare ed utilizzare quanto eseguito. I risultati ottenuti dallo studio geologico del sito in esame sono finalizzati esclusivamente al progetto indicato in oggetto. Pertanto, eventuali varianti progettuali, attualmente non previste, che possano modificare l’equilibrio idro-geomorfologico del terreno dovranno essere esaminati e eventualmente concordati insieme col progettista con ulteriori e mirati studi.

**Attrezzature di proprietà e software con licenza d’uso utilizzati:** • Penetrometro dinamico da 30Kg- Penni30- **Compac srl** • Sistema Informatico con licenza d’uso per analisi penetrometrica Dinamica DPM versione 2.0.1 • Sismografo a 24 canali per sismica a rifrazione, riflessione e MASW- **PASI SRL** • Sistema Informatico con licenza d’uso per analisi sismica della **geo&soft International e WinMasw Pro Eliosoft** • Sistema Informatico con licenza d’uso per geotecnica, analisi di stabilità versanti e verifica a liquefazione **Aztec Informatica srl** • Sistema Informatico con licenza d’uso per cartografia geologica, sezioni geolitologiche, ecc..- **Programgeo** • elaborazioni cartografiche **Qgis open source**

## SISMICA

Tutto il territorio è caratterizzato da elevata sismicità. L'area nel passato ha risentito dei terremoti localizzati nell'Alto Tavoliere Pugliese, nel Gargano (faglia di Mattinata) e quello recente di San Giuliano di Puglia del 31/10/2002. Lo studio dei meccanismi focali suggerisce l'esistenza di movimenti disgiuntivi da porre in relazione con il sollevamento che interessa l'area dalla fine del Pleistocene. Con l'Ordinanza del PCM n. 3274 del 20/03/2003 e s.m.i., il territorio nazionale viene suddiviso in 4 zone sismiche, con valori di accelerazione orizzontale massima ( $a_g$ ) su suolo di categoria A (formazioni litoidi o suoli omogenei molto rigidi con valori di  $V_{s30}$  superiori a 800 m/s). Con il Decreto del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti del 17 gennaio 2018 pubblicato sulla G.U. - Supplemento ordinario alla "Gazzetta Ufficiale", n. 42 del 20 febbraio 2018 - Serie generale.), e la Circolare Ministeriale n.7 del 21/01/2019 del C.S. L.L. P.P., sono approvate le nuove Norme Tecniche per le Costruzioni che eliminano completamente la divisione in zone sismiche. Di conseguenza il metodo agli Stati Limite sarà applicato in tutta Italia e limitatamente alle zone caratterizzate da  $a_{gs} < 0.075$  si semplifica la verifica sismica richiedendo la sola verifica allo Stato Limite di salvaguardia della vita (SLV) con una combinazione di carichi semplificata. Per quanto riguarda la classificazione sismica del territorio italiano, secondo l'Ordinanza (O.P.C.M. 20.3.2003, n° 3274) "*Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica*" ed alle relative modifiche ed integrazioni, il comune è classificato come zona sismica "Zona 2" (V. Tab. 1 Zone Sismiche). Per la precedente classificazione II Categoria, grado di sismicità  $S=9$

Tab. 1 (Zone Sismiche)

| zona | accelerazione con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni $[a_g]$ | accelerazione orizzontale massima convenzionale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico $[a_g]$ |
|------|---|--|
| 1    | $0,25 < a_g \leq 0,35 \text{ g}$  | 0,35 g   |
| 2    | $0,15 < a_g \leq 0,25 \text{ g}$  | 0,25 g   |
| 3    | $0,05 < a_g \leq 0,15 \text{ g}$  | 0,15 g   |
| 4    | $\leq 0,05 \text{ g}$   | 0,05 g   |

In base alle Norme Tecniche per valutare l'azione sismica di riferimento non si parte più dalla zona sismica. La pericolosità sismica di base in un generico sito viene valutata in corrispondenza dei punti di un reticolo di riferimento sulla base delle sue coordinate. (V. Tab.2) per diverse probabilità di superamento in 50 anni e/o diversi periodi di ritorno TR. Le zone sismiche hanno significato da un punto di vista amministrativo. Le nuove Norme Tecniche per le Costruzioni, negli allegati A e B, descrivono la procedura da seguire per la definizione dell'azione sismica. Secondo gli allegati A e B l'azione sismica sulle costruzioni è valutata a partire da una "pericolosità sismica di base", in condizioni ideali di sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale (di categoria A nelle NTC). La pericolosità sismica di base costituisce l'elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche. L'azione sismica così individuata viene successivamente variata, nei modi chiaramente precisati dalle NTC, per tener conto delle modifiche prodotte dalle condizioni locali stratigrafiche del sottosuolo effettivamente presente nel sito di costruzione e dalla morfologia della superficie. Tali modifiche caratterizzano la risposta sismica locale. Allo stato attuale la pericolosità sismica su reticolo di riferimento nell'intervallo di riferimento è fornita dai dati pubblicati dall' INGV. Per i valori di  $a_g$ ,  $F_0$  e  $T_c^*$ , necessari per la determinazione delle azioni sismiche, si fa riferimento agli Allegati A e B al Decreto del Ministro delle Infrastrutture 14 gennaio 2008, pubblicato nel S.O. alla Gazzetta Ufficiale del 4 febbraio 2008, n.29, ed eventuali successivi aggiornamenti e modificazioni.

**Tab.2 Parametri sismici- Coordinate punto - Lat 41.778096°Long. 15.27676°**

| Parametri sismici | $T_R$<br>anni | $a_g$<br>m/s <sup>2</sup> | $F_o$        | $T^*_c$      |
|-------------------|---------------|---------------------------|--------------|--------------|
| SLO               | 30            | 0,559                     | 2,470        | 0,280        |
| SLD               | 50            | 0,739                     | 2,494        | 0,293        |
| <b>SLV</b>        | <b>475</b>    | <b>2,055</b>              | <b>2,450</b> | <b>0,330</b> |
| SLC               | 975           | 2,568                     | 2,442        | 0,346        |



Per valutare il rischio sismico locale e l'eventuale amplificazione dell'azione sismica attesa, essendo un suolo con **categoria di fondazione tipo B**, il coefficiente d'amplificazione stratigrafica è  **$S_s=1,20$**

Considerando che l'accelerazione sismica massima di progetto è data da:

$$A_{max} = a_g \times S = a_g \times S_s \times S_T,$$

essendo l'area pianeggiante il coefficiente di amplificazione topografica  **$S_T=1$**

$$A_{max} = 2,044 \times 1,2 \times 1 = 2,45 \text{ m/s}^2$$

Da dati scientifici rilevati dal CNR per il programma Geodinamica si è constatato che tutta l'area del Tavoliere e fino al Mare Adriatico dalla fine del Pleistocene è stata interessata da un sollevamento generale.

I movimenti, di natura disgiuntiva, sono avvenuti anche in tempi recenti. Si è constatato che i terremoti dal XV secolo sono di intensità decrescente.

Nella Tabella 2 sono indicati alcuni eventi sismici tra i più importanti:

Tab.2

| Zona Epicentrale | Data       | Ora   | Lat.    | Long.  | Intensità Epicentrali |
|------------------|------------|-------|---------|--------|-----------------------|
|                  |            |       |         |        |                       |
| Napoletano       | 05-12-1456 | 03.00 | 41° 31' | 14°31' | X MCS                 |
| Capitanata       | 30-07-1627 | 11.00 | 41°47'  | 15°18' | XI MCS                |
| Mattinata        | 10-08-1893 | 20.52 | 41°42'  | 16°04' | IX MCS                |
| Vinchiaturo      | 04-10-1913 | 18.26 | 41°29'  | 14°38' | VII MCS               |
| Irpinia          | 23-07-1930 | 00.08 | 41°04'  | 15°42' | X MCS                 |
| Ariano Irpino    | 21-08-1962 | 18.19 | 41°14'  | 14°58' | IX MCS                |
| Irpinia          | 23-11-1980 | 18.34 | 40°48'  | 15°22' | X MCS                 |

## **CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE**

Lo studio eseguito nell'area di lavoro ha fornito un quadro dettagliato e chiaro della situazione geologica, geomorfologica, idrogeologica e litostratigrafia dell'area in esame. Essendo tutto il territorio comunale inserito nelle aree sismiche si raccomanda di seguire scrupolosamente le norme relative alle zone sismiche.

In base ai dati rilevati è stato accertato che:

- Secondo la normativa vigente del Distretto idrografico dell'Appennino Meridionale sede della Puglia (PAI), del R.D.L.3267 del 30/12/1923 e del PPTR della Regione Puglia, parte dell'area in questione è sottoposta a vincolo idrogeologico ed è interessata da reticoli idrografici;
- nell'area non sono stati riscontrati elementi di morfologia superficiale, inoltre non vi sono contatti tettonici o altre discontinuità superficiali. Il terreno non presenta tagli o altre deformazioni né è soggetto a rapide modificazioni morfologiche causate da intense azioni erosive. L'unico tipo di pericolosità presente in tale area è quello dovuto ai processi di dilavamento, provocati da piogge particolarmente intense, per cui dovrà essere posta particolare attenzione alla regimazione delle acque dilavanti, affinché non ristagnino o non si spandano in modo da causare danni a persone o cose.

Il livello statico della falda idrica superficiale si attesta a circa 5/6 m dal p.c.;

- L'area di intervento, è soggetta a Rischio Sismico Medio-Alto con sequenza sismostratigrafica avente valori delle  $V_{seq}$ . Compresi nel range di  $300 \leq V_{seq} \leq 750$  a cui corrisponde un sottosuolo con categorie di fondazione fra il tipo C e B (D.M. 17/01/2018 Norme tecniche per le costruzioni in zona sismica e s.m.i.. Circolare M. 21/01/2019, n.7 C.S.LL.PP.. Le prove sismiche (Masw) effettuate in situ si trovano in perfetto accordo con altre prove sismiche eseguite nelle vicinanze. Il valore più basso

ottenuto dalle prove Masw è di circa:  **$V_{seq.} = 481 \text{ m/s}$** . Pertanto il sito in esame rientra nella **categoria di suolo di fondazione tipo B**;

E' bene evidenziare che dagli elaborati della prova sismica i terreni non presentano inversioni di velocità e sono caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità. Pertanto, dal punto di vista geotecnico, i terreni presentano delle caratteristiche geomeccaniche soddisfacenti.

- l'area è caratterizzata da ciottoli con sabbia, ghiaia, conglomerati e arenaria (Formazione dei conglomerati di Campomarino che sovrastano le Sabbie di Serracapriola);
- In fase di sbancamento si consiglia preventivamente la realizzazione di opere di sostegno con la duplice funzione di assicurare la stabilità delle strutture che si andranno a realizzare e di garantire condizioni di sicurezza alle maestranze durante le fasi di scavo e per sbancamenti con profondità > 2 m. E' consigliabile adottare un angolo di scarpa compreso fra 30° e 35°.
- *In riferimento al capitolo fattibilità di opere su grandi aree 6.12.1 - indagini specifiche del DM 2018 e s.m.i.*, lo studio geologico e geotecnico è stato esteso su tutta la zona di possibile influenza dell'intervento previsto, al fine di accertare eventuali fenomeni di incompatibilità con i terreni circostanti in termini di pericolosità geologica, stabilità dei versanti, erosione e subsidenza. Lo studio eseguito nell'area ha fornito un quadro dettagliato e chiaro della situazione geomorfologica, idrogeologica e geotecnica dell'area in esame e, pertanto, si può affermare quanto segue: l'area d'intervento non subirà, a lavori ultimati, modifiche di livellamento del terreno (morfologiche). Visti i risultati delle indagini eseguite si può affermare che l'intervento che si andrà realizzare non determinerà nessuna condizione di instabilità dell'area in esame ed anche delle aree limitrofe e non sussistono le condizioni per il verificarsi di dissesti; quindi l'area è da ritenersi stabile. Il sottoscritto, in accordo col progettista, si riserva la possibilità di

compiere ulteriori e definitive indagini al momento della realizzazione degli scavi qualora dovessero insorgere nuovi elementi attualmente non rilevabili.

- In fase esecutiva nell'area di progetto, per poter definire la caratterizzazione geotecnica, necessitano ulteriori sondaggi geognostici e ulteriori prove sismiche necessariamente sotto l'esclusiva direzione e supervisione del sottoscritto.

Si resta a disposizione per ogni chiarimento o approfondimento d'indagine in fase esecutiva

IL GEOLOGO

*Dott. Baldassarre, Franco La Tessa*

## ALLEGATI

## RELAZIONE SISMICA MASW

### per la definizione del profilo verticale $V_{s,eq}$ e parametro $V_{s,30}$

#### **Introduzione**

Al fine di caratterizzare la risposta sismica del sito in esame è stata eseguita una serie di prove sismiche tipo *MASW* (*Multi-channel Analysis of Surface Waves*, analisi della dispersione delle onde di Rayleigh da misure di sismica attiva utili a definire il profilo verticale della  $V_s$  (velocità di propagazione delle onde di taglio) e confrontante con prove eseguite nelle vicinanze. Nel loro insieme, le procedure adottate sono state eseguite in accordo alle norme tecniche per le costruzioni del D.M. 17 gennaio 2018 (ex DM 14/09/2005) e Circolare n.7 del 21/01/2019 del C.S. L.L. P.P.. Queste, in buona misura, fanno risalire la stima dell'effetto di sito alle caratteristiche del profilo di velocità delle onde di taglio ( $V_s$ ). La classificazione del sottosuolo si effettua in base ai valori della velocità equivalente  $V_{s,eq}$  definita mediante la media armonica dei valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio,  $V_{s,eq}$  (in m/s), definita dall'espressione:

$$V_{s,eq} = \frac{H}{\sum_{j=2}^N \frac{h_j}{V_{s,j}}} = \frac{\sum_{j=1}^N h_j}{\sum_{j=1}^N \frac{h_j}{V_{s,j}}}$$

NOTE:  
 $h_j$  spessore dell' $j$ -esimo strato;  
 $V_{s,j}$  velocità delle onde di taglio nell' $j$ -esimo strato;  
 $N$  numero di strati;  
 $H$  profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da rocce o terreno molto rigido, caratterizzato da  $V_s$  non inferiore a 800 m/s.

La velocità equivalente è ottenuta imponendo l'equivalenza tra i tempi di arrivo delle onde di taglio in un terreno omogeneo equivalente di spessore pari ad  $H$ . Dove  $H$  è la profondità del substrato definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido caratterizzato da valori di  $V_s$  non inferiori ad 800 m/s. 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 nell'equazione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità. Lo scopo della definizione adottata è quello di privilegiare il contributo degli strati più deformabili.

L'introduzione della  $V_{s,eq}$  unita alla modifica nella definizione delle categorie di sottosuolo si è resa necessaria al fine di includere nell'attuale testo normativo le configurazioni stratigrafiche che rimanevano escluse nelle NTC 2008 (ad esempio profili di tipo B con profondità del substrato inferiore a 30m).

## **Acquisizione ed elaborazione dati**

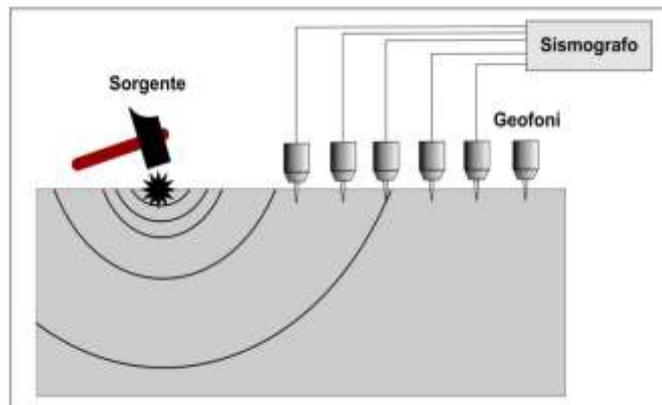
Strumentazione impiegata *Hardware*

L'acquisizione è avvenuta tramite sismografo a 24 canali (PASI) collegato a geofoni verticali equidistanti 2 metri offset minimo di 4 metri e frequenza propria di 4.5Hz. Stendimento sismico per l'acquisizione dati utili all'analisi delle onde di Rayleigh.

### *Software*

Per le analisi dei dati acquisiti si è adottato il software *winMASW4.7* ([www.eliosoft.it](http://www.eliosoft.it)).

Elaborazione- I dati *MASW* sono stati elaborati (determinazione spettro di velocità, identificazione curve di dispersione, inversione/modellazione di queste ultime) per ricostruire il profilo verticale della velocità delle onde di taglio (VS).



**Masw n.1**

Date: 30 7 2021

Time: 12 21

Dataset: renewable2.DAT

Mean model

Vs (m/s): 187, 305, 917

Standard deviations (m/s): 3, 13, 90

Thickness (m): 3.5, 6.8

Standard deviations (m/s): 0.2, 1.2

Density (gr/cm<sup>3</sup>) (approximate values): 1.84, 1.96, 2.23

Shear modulus (MPa) (approximate values): 64 182 1872

Analyzing Phase velocities

Considered dispersion curve: : renewable2.cdp

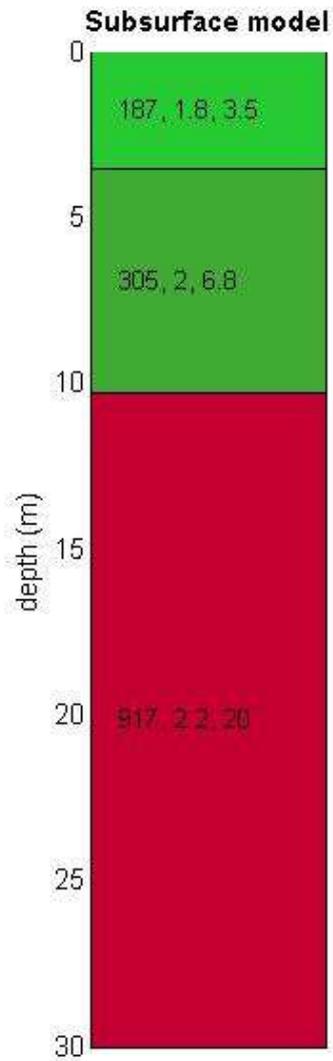
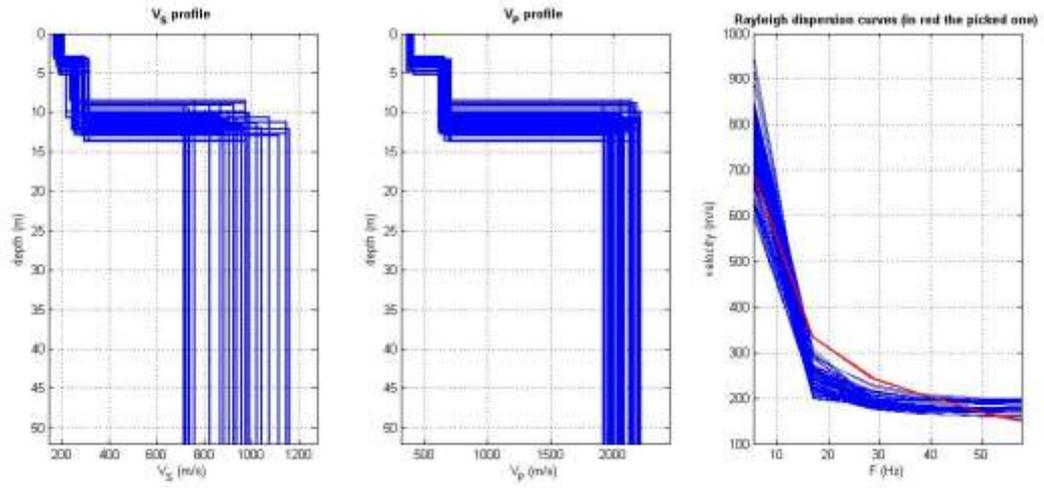
Analysis: Rayleigh Waves

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

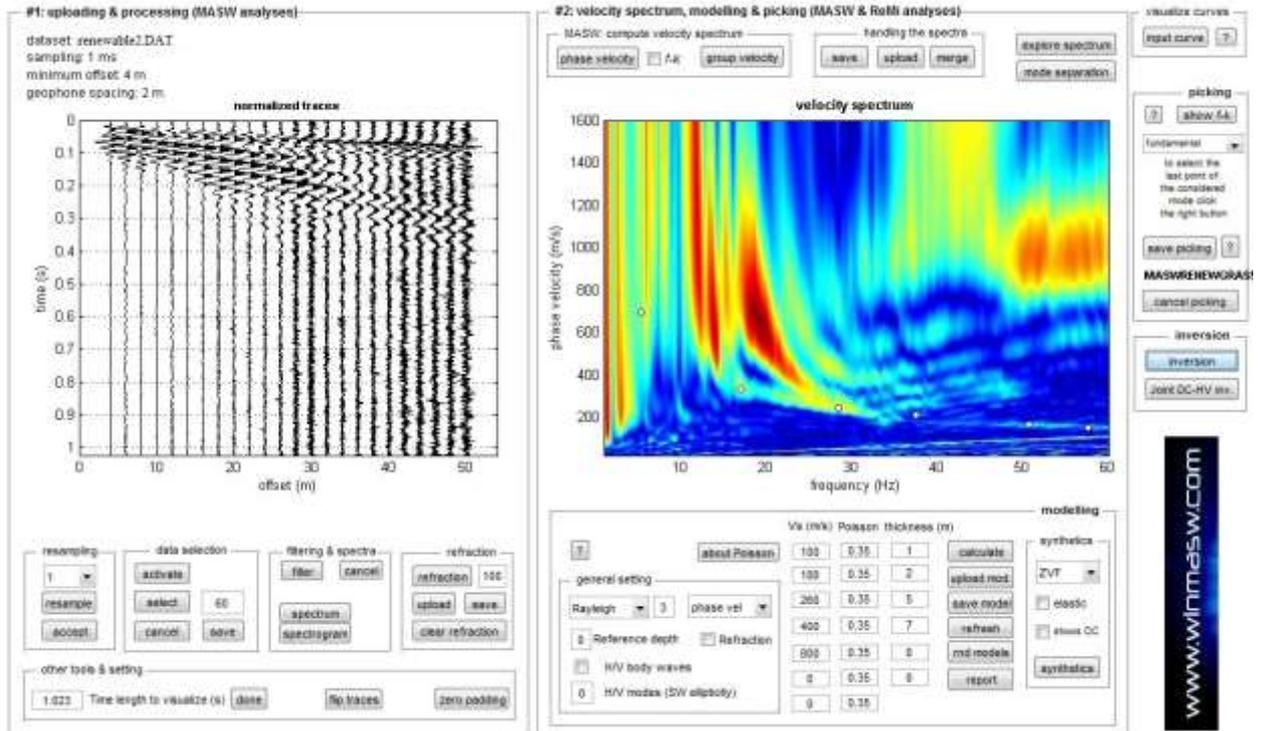
Vp (m/s): 412, 681, 2029

Poisson: 0.37 0.37 0.37

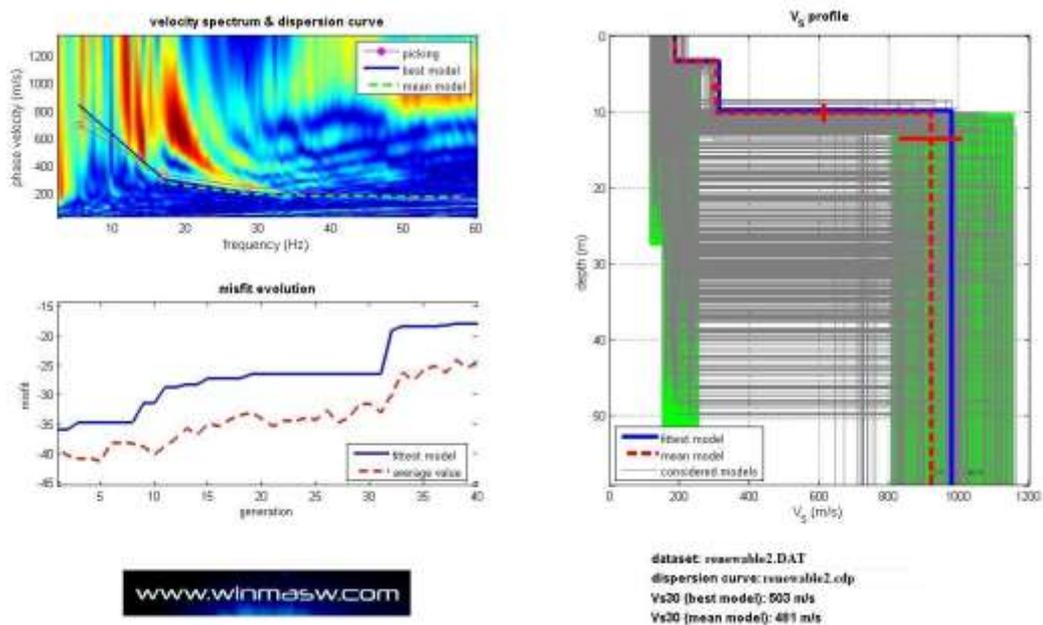
Vseq (m/s): 481



*V<sub>s</sub> density thickness*  
*(m/s) (gr/cm<sup>3</sup>) (m)*



Stendimento sismico - Sulla sinistra i dati di campagna e sulla destra lo spettro di velocità calcolato



Risultati dell'inversione della curva di dispersione determinata tramite analisi dei dati MASW. In alto a sinistra: spettro osservato, curve di dispersione *piccate* e curve del modello individuato dall'inversione. Sulla destra il profilo verticale VS identificato (modello "migliore" e medio sono tipicamente analoghi). In basso a sinistra l'evolversi del modello al passare delle "generazioni" (l'algoritmo utilizzato per l'inversione delle curve di dispersione appartiene alla classe degli *Algoritmi Genetici* - Dal Moro et al.,

Dalla normativa (modifiche del D.M. 14/09/2005 Norme Tecniche per le Costruzioni, emanate con D.M. Infrastrutture del 17/01/2018, pubblicato su Gazzetta Ufficiale Supplemento ordinario n° 42 del 20/02/2018) e Circolare n.7 del 21/01/2019 C.S.L.L.P.P.

**Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato.**

*Categoria*

*Caratteristiche della superficie topografica*

**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** - Depositati 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** - Depositati 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.

- **Per qualsiasi condizione di sottosuolo non classificabile nelle categorie precedenti, è necessario predisporre specifiche analisi di risposta locale per la definizione delle azioni sismiche.**

## **Conclusioni sismica masw**

L'analisi della dispersione delle onde di Rayleigh a partire da dati di sismica attiva (MASW) ha consentito di determinare il profilo verticale della VSeq (e del modulo di taglio) e di conseguenza, del parametro  $V_{s30}$ , prendendo come riferimento il piano campagna e **utilizzando il valore più basso pari a Vseq (481m/s)**. Rispetto le norme tecniche per le costruzioni (DM 17 gennaio 2018, Circolare 21/01/2019, n.7 C.S.LL.PP.) viste le caratteristiche litologiche il sito in esame rientra nella **categoria di fondazione tipo 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.*

*Riferimenti Dal Moro G., Pipan M. & Gabrielli P., 2007, *RayleighWaveDispersion Curve Inversion via GeneticAlgorithms and PosteriorProbabilityDensity Evaluation*, J. Appl. Geophysics, 61, 39-55 Park C. B., Miller R. D., & Xia J., 1999, *Multichannel analysis of surface waves*, Geophysics, 64, 3;*

Il Geologo  
Baldassarre Franco La Tessa

## **MODELLO STRATIGRAFICO E GEOTECNICO**

Sulla base delle risultanze precedentemente esposte e dei dati emersi dalle indagini sismiche e penetrometriche, è stato possibile individuare il seguente modello geotecnico relativo al volume significativo d'interesse dell'opera:

**1° strato litotecnico = *Terreno vegetale***

**H = fino a circa 1 m dal p.c.**

**2° strato litotecnico = Ciottoli in matrice sabbiosa sovrastante sabbia limosa argillosa giallastra con arenaria e crosta calcarea superficiale**

**H = fino a circa 35 m dal p.c.**

$\gamma_n = 18 \text{ kN/mc}$  (peso dell'unità di volume naturale);

$\gamma_{\text{sat}} = 19 \text{ kN/mc}$  (peso dell'unità di volume saturo);

$\varphi' = 27^\circ$  (angolo di attrito efficace);

$c' = 0,09 \text{ kg/cmq}$  (coesione efficace);

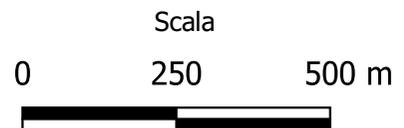
$\nu = 0,30$  (coeff. di Poisson)

$E_{\text{ed}} = 140 \text{ kg/cmq}$  (modulo edometrico)

$K_w = 2,1 \text{ kg/cm}$  costante di sottofondo (coefficiente di Winkler),

COMUNI DI  
SAN PAOLO DI CIVITATE  
FOTOVOLTAICO POGGIO 4

 Area d'intervento



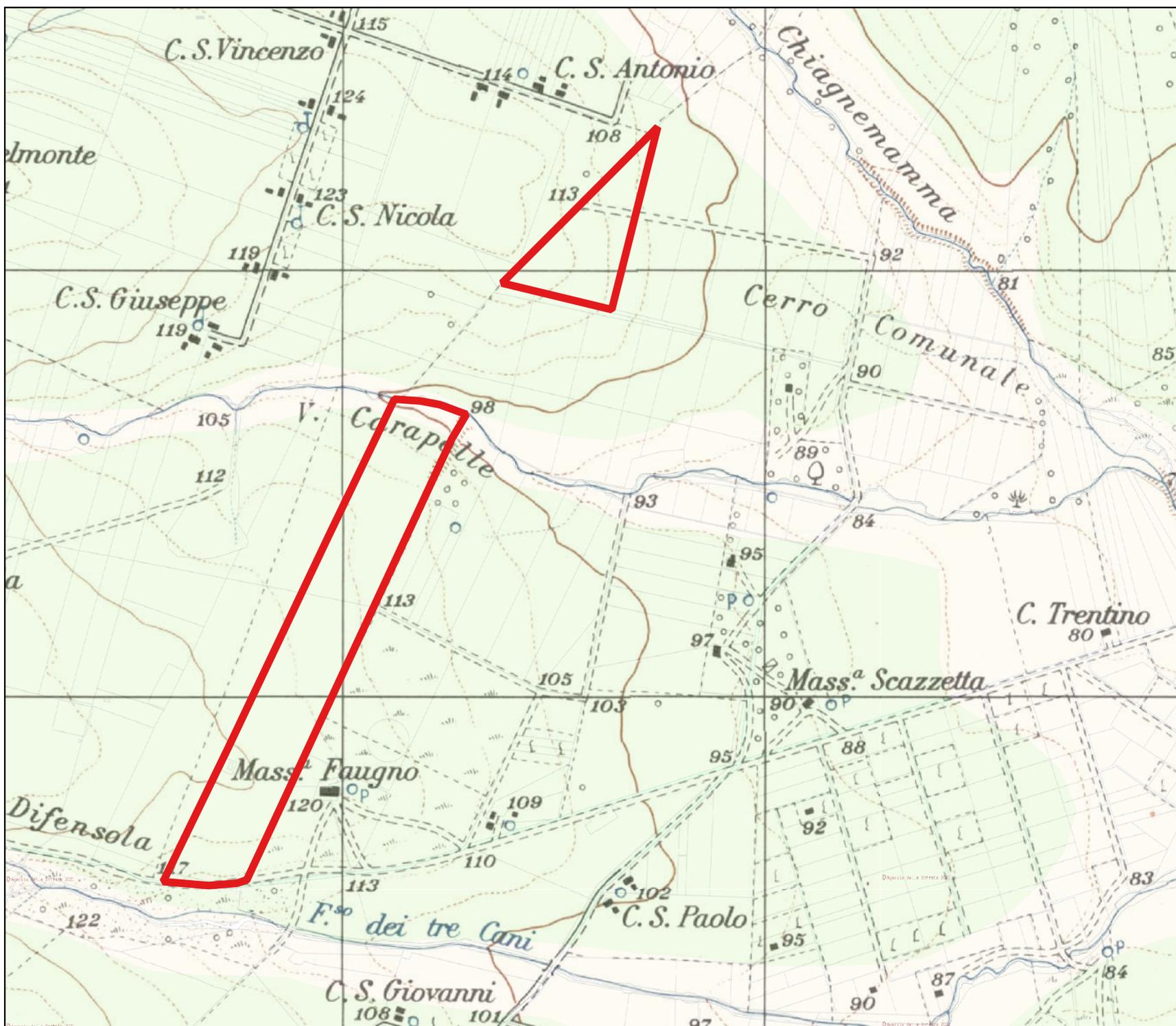
 Area d'intervento

pericolosità\_frane

-  PG3
-  PG2
-  PG1

Pericolosità Inondazione

-  AP
-  MP
-  BP

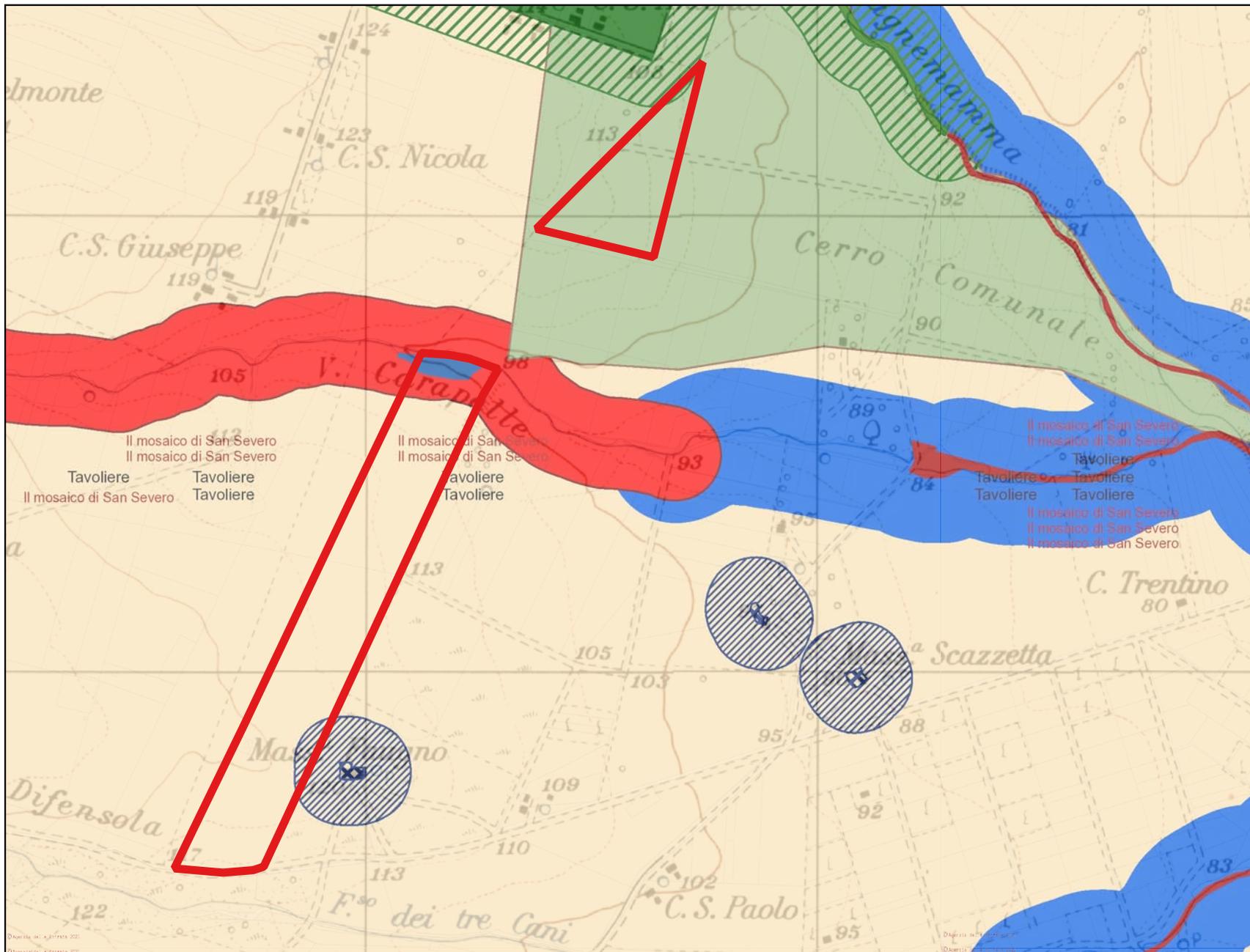


Scala

0 250 500 m



 Area d'intervento



- |   |  |   |   |  |
|---|--|---|---|--|
|  Confini Comunali  |  Versanti   |  Zone umide Ramsar                           |  ZPS   |  b - aree appartenenti alla rete dei tratturi |
|  Fiumi, torrenti e corsi d'acqua irrilevanti ai fini paesaggistici |  Territori costieri                               |  Aree di rispetto dei boschi                 |  SIC   |  Rete tratturi                                |
|  Lame e gravine  |  Aree contermini ai laghi                         |  Aree umide                                  |  SIC MARE  |  Siti storico culturali                       |
|  Doline  |  Fiumi e torrenti, acque pubbliche                |  Prati e pascoli naturali                    |  Aree di rispetto dei parchi e delle riserve regionali |  Zone interesse archeologico                  |
|  Geositi (fascia tutela)   |  Sorgenti   |  Formazioni arbustive in evoluzione naturale |  Immobili e aree di notevole interesse pubblico        |  Città consolidata                            |
|  Inghiottoi  |  Reticolo idrografico di connessione della R.E.R. |  Aree e riserve naturali marine              |  Zone gravate da usi civici                            |  |
|  Cordonii dunari   |  Vincolo idrogeologico                            |  Parchi nazionali e riserve naturali statali |  Zone di interesse archeologico                        |  |
|  Grotte  |  Boschi   |  Parchi e riserve naturali regionali         |  a - siti interessati da beni storico culturali        |  |

Ortofoto: riprese AGEA 2016

Scala

0 250 500 m





**Tavola A2 - Vulnerabilità degli acquiferi**



1,5km

1:50.000

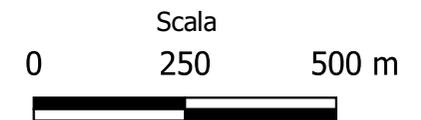
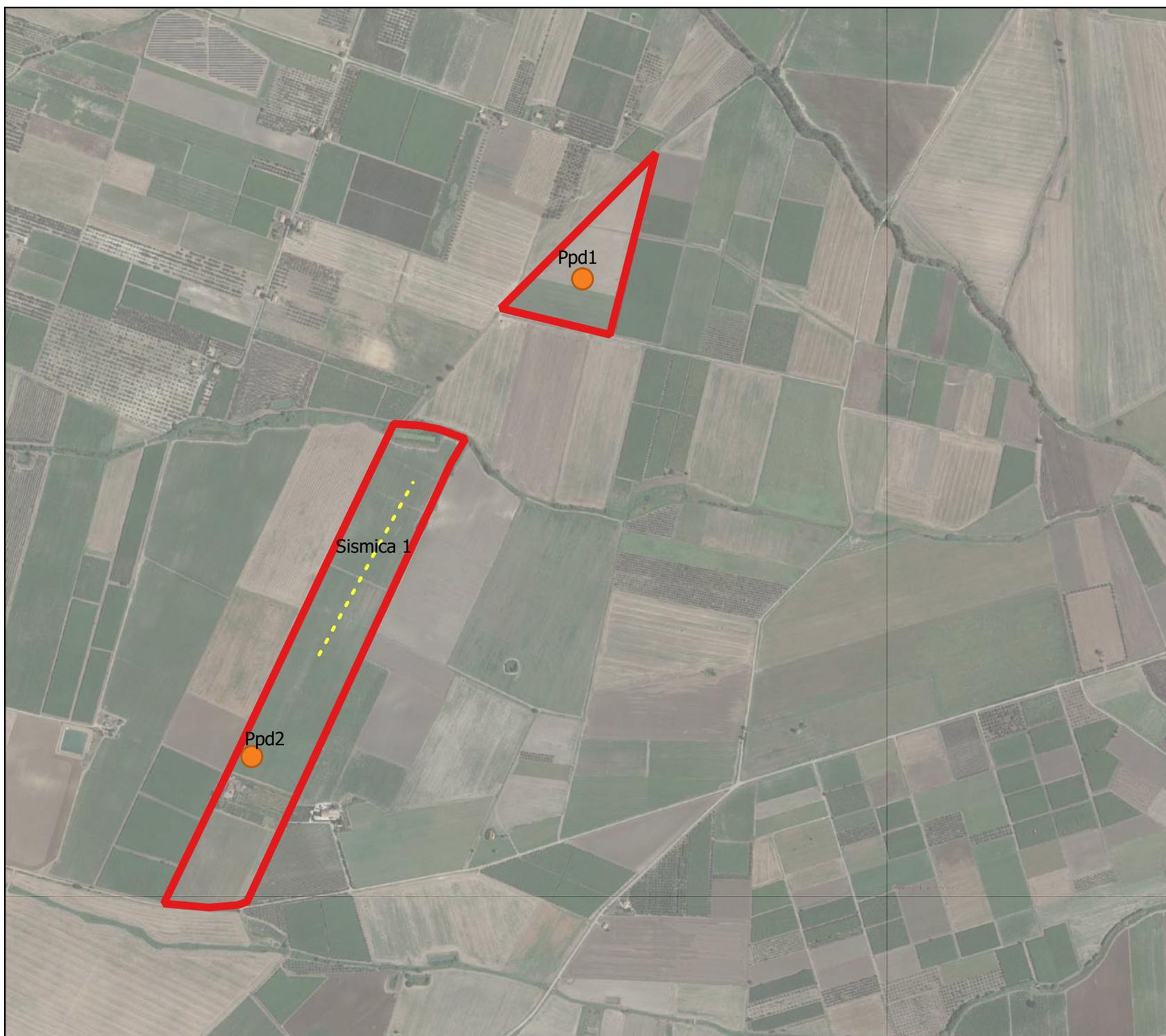
PLANIMETRIA UBICAZIONE  
INDAGINI

COMUNI DI  
SAN PAOLO DI CIVITATE  
FOTOVOLTAICO POGGIO 4

 Area d'intervento

 Prova penetrometrica dinamica

 Stendimento sismico



# CARTA IDROGEOLOGICA

COMUNI DI  
SAN PAOLO DI CIVITATE  
FOTOVOLTAICO POGGIO 4

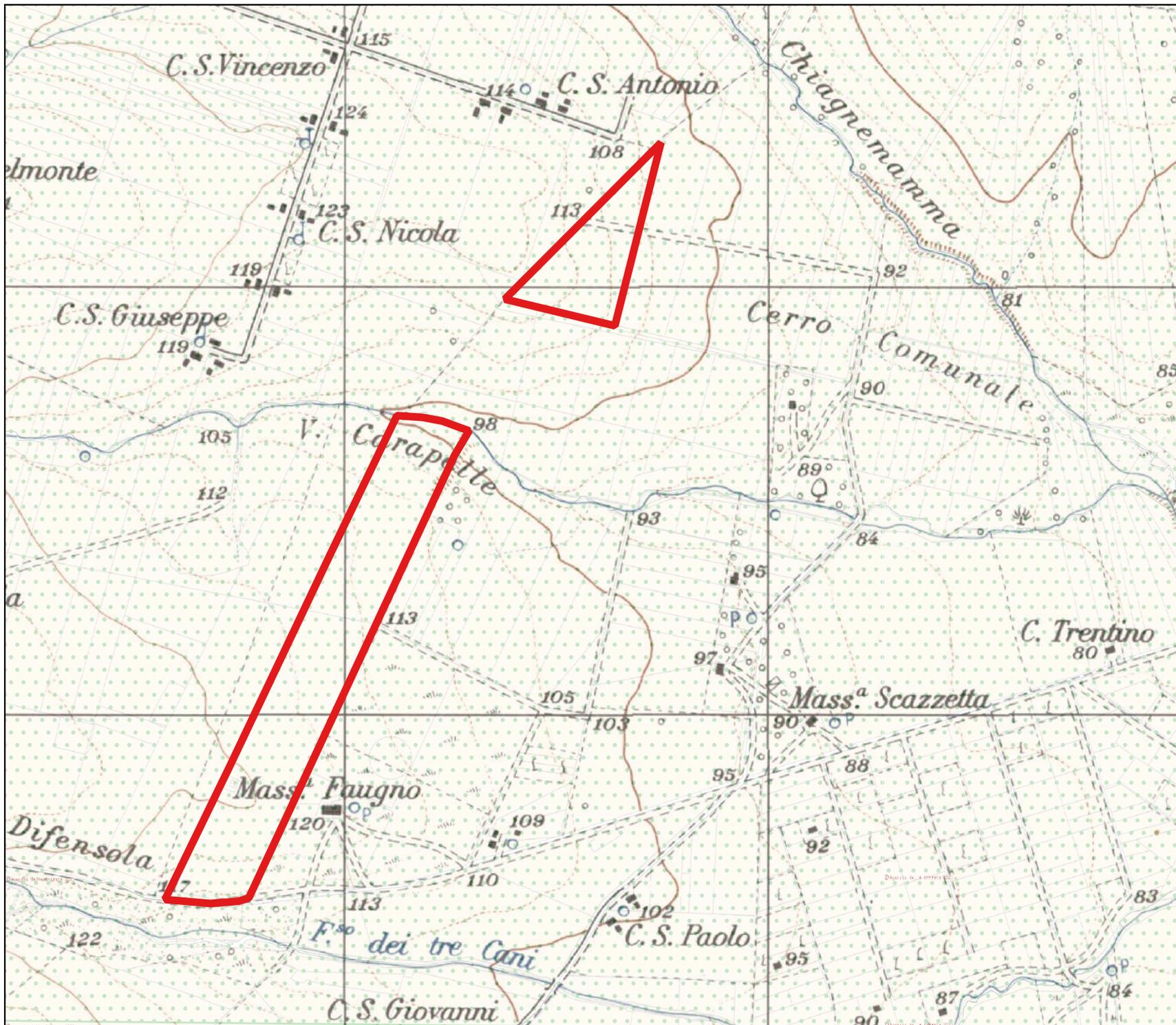
 Area d'intervento

 Deposito ghiaioso sabbioso

Deposito caratterizzato da ciottoli con ghiaia sabbia e conglomerati in matrice sabbiosa ascrivibile al Pleistocene inferiore. Costituiscono in genere acquiferi con buona trasmissività con portata di circa 1 l/s. Il tipo di permeabilità prevalente è per porosità e presentano un grado di permeabilità media

Scala

0 250 500 m





 Area a calanchi e forme similari

## **FORME DI MODELLAMENTO DI CORSO D'ACQUA**

### **Cigli e ripe**

 Ciglio di sponda

 Ripa di erosione

## **FORME ED ELEMENTI LEGATI ALL'IDROGRAFIA SUPERFICIALE**

### **Corsi d'acqua**

 Corso d'acqua

 Corso d'acqua episodico

 Corso d'acqua obliterato

 Corso d'acqua tombato

 **Recapito finale di bacino endoreico**

 **Sorgenti**

 **Canali lagunari**

## **BACINI IDRICI**

### **Bacini**

 Lago naturale

 Lago artificiale

 Laguna costiera

 Salina

 Stagno, acquitrino, zona palustre

## **FORME CARSIICHE**

 **Doline**

 **Grotte naturali**

 **Orlo di depressione carsica**

 **Voragini**

## **FORME ED ELEMENTI DI ORIGINE ANTROPICA**

### **Linee**

 Argine

 Traversa fluviale

 Opera di difesa costiera

### **Poligoni**

- |  |  |   |
|--|--|---|
|  Diga                            |  Opera ed infrastruttura portuale |  Discarica controllata |
|  Area di cava attiva             |  Cava abbandonata                 |  Cava riqualificata    |
|  Cava rinaturalizzata            |  Discarica di residui di cava     |  Miniera abbandonata   |
|  Discarica di residui di miniera |  |   |

### **SINGOLARITA DI INTERESSE PAESAGGISTICO**

-  Geositi

### **CTR**

-  Carta tecnica regionale

### **Cartografia di base**

STRALCIO CARTA GEOLOGICA  
FOGLIO 155 SAN SEVERO  
DELLA CARTA GEOLOGICA D'ITALIA

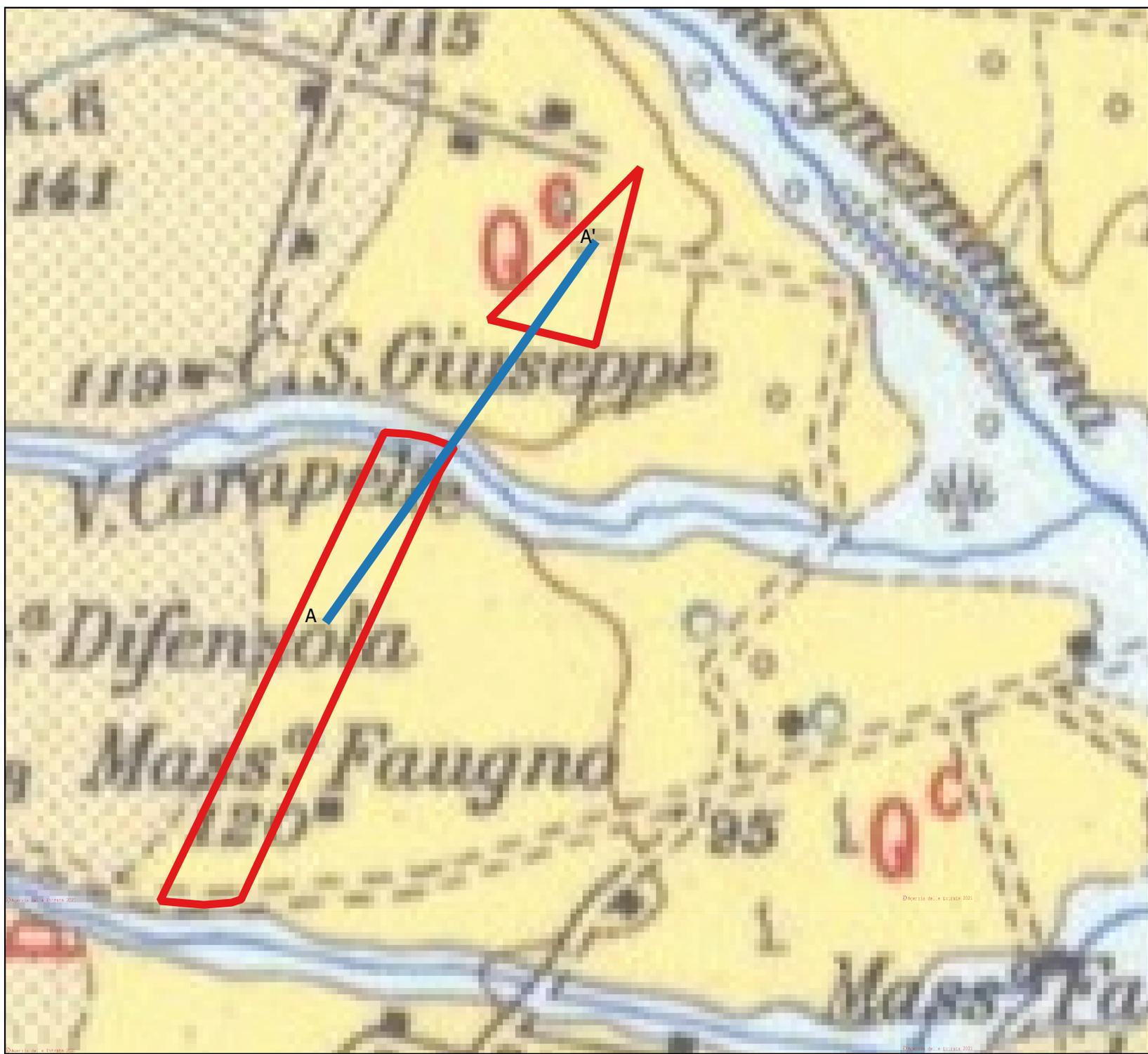
COMUNI DI  
SAN PAOLO DI CIVITATE  
FOTOVOLTAICO POGGIO 4

 Area d'intervento

-  **II'**  
Alluvioni prevalentemente limoso-argillose del IV ordine di terrazzi.
-  **III'**  
Alluvioni ghiaioso-sabbioso-argillose del III ordine di terrazzi.
-  **II''**  
Coperture fluviali (e lacustri) del II ordine di terrazzi: ghiaie più o meno cementate, sabbie, argille sabbiose, spesso ricoperte da "terre nere" ad alto tenore humico (paleosuolo forestale).
-  **II'**  
Coperture fluvio-lacustri dei pianali e del I ordine di terrazzi: ghiaie più o meno cementate, livelli lenticiformi travertinosi con impronte di piante e di gasteropodi, argille sabbiose, sabbie, calcari pulverulenti bianchi, ricoperti in generale da « terre nere » ad alto tenore humico (paleosuolo forestale).
-  **Q0**  
CONGLOMERATI DI CAMPOMARINO – Ghiaie e conglomerati di ambiente marino o continentale; non sempre chiaramente delimitabili dagli **POSTCALABRIANO-CALABRIANO TERMINALE**.
-  **Q'**  
SABBIE DI SERRACAPRIOLA – Sabbie giallastre, a grana più o meno grossa, più o meno cementate, a stratificazione spesso indistinta con intercalazioni lenticiformi di conglomerati grossolani e di argille; abbondante macrofauna a gasteropodi e lamellibranchi (*Ostrea*, *Pecten* ecc.); microfauna a *Bullimina marginata* (ORB.), *B. fusiformis* WILL., *Eponides* (*Trigulus granulatus* DI NAPOLI, *Ammonia beccarii* L., **CALABRIANO - PLOCIENE SUP.**).
-  **Q''**  
ARGILLE DI MONTESECCO – Argille marnose, siltoso-sabbiose, grigio-azzurre, con abbondante macrofauna a prevalenti lamellibranchi (*Chlamys opercularis* L., *C. flexuosa* POLI., *Glycymeris*, ecc.) e gasteropodi; microfauna, nella parte alta, a *Valvulineria bradyana* (ORB.), *Bullimina superba* SM., *B. catanensis* SICI, e *Bullimina elegans* D'ORB., nella parte inferiore, a *Globorotalia crassaformis* (GALL. e WISS.) e *G. scitula* (BRADY), **CALABRIANO I - PLOCIENE MEDIO**.
-  **M'**  
CALCARENITI DI APRICENA – Calcareniti biancastre e giallastre, organogene, a stratificazione non sempre netta (**M'**); alla base è frequente un orizzonte di breccie a cemento calcareo rossastro (**M2**); trasgressive sul Mesozoico del Gargano; microfauna a: *Orbulina suturalis* (MORNER), *MANNI G.*, *universa* D'ORB., *Globorotalia mayeri* CUSHP. ELL., *Globigerinoides triloba* (NEUSS), **SERRAVALLIANO**.

 A-A' Sezione geologica

Scala  
0 250 500 m

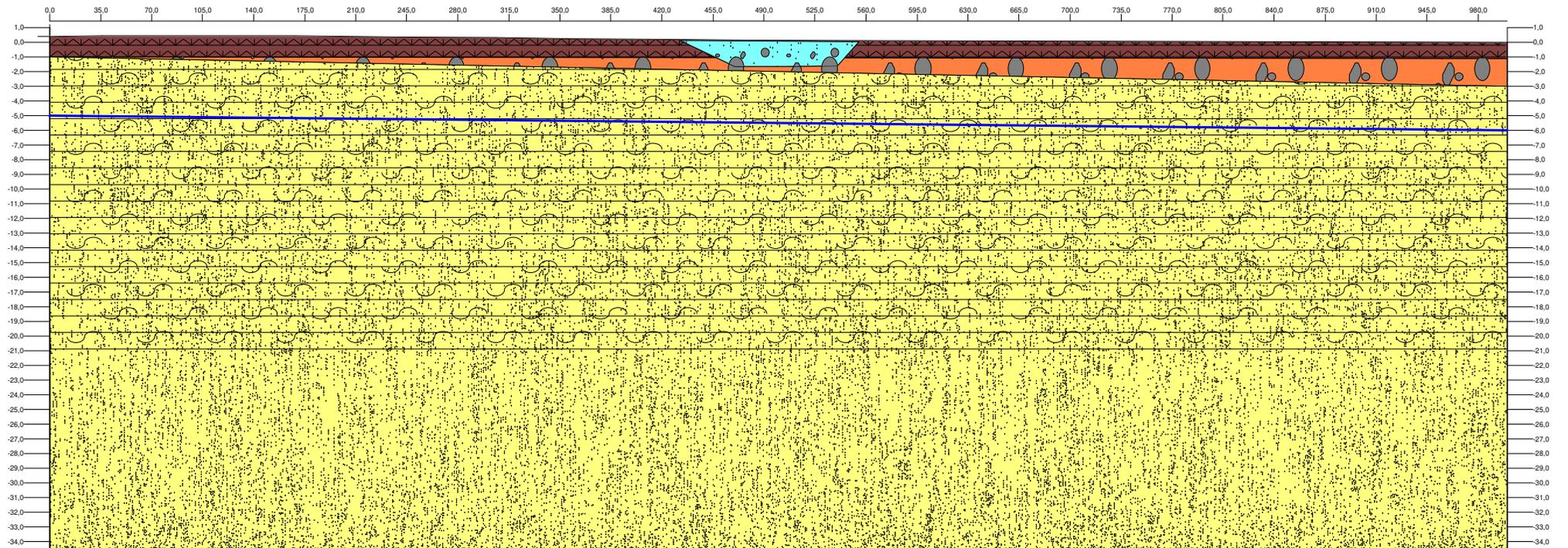


# SEZIONE GEOLITOLOGICA A - A'

## LEGENDA:

-  Terreno vegetale
-  Ciottoli con ghiaia e conglomerati
-  Sabbia limosa argillosa
-  Deposito alluvionale

Falda



# PROVA PENETROMETRICA DINAMICA n° 1

## GENERALITA'

|              |                          |                |                    |
|--------------|--------------------------|----------------|--------------------|
| Committente: | Renewable Consulting srl | Data:          | 30-3-2021          |
| Cantiere:    | Impianto FV              | Prof.tà prova: | 600 cm             |
| Località:    | San Paolo di Civitate    | Prof.tà falda: | Falda non rilevata |

## CARATTERISTICHE TECNICHE PENETROMETRO DINAMICO IMPIEGATO

### MODELLO

|                                |                          |
|--------------------------------|--------------------------|
| TIPO                           | DPM (medio)              |
| PESO MASSA BATTENTE            | M = kg 30                |
| ALTEZZA CADUTA LIBERA          | H = cm 20                |
| PESO SISTEMA DI BATTUTA        | Pp = kg 12               |
| DIAMETRO PUNTA CONICA          | D = mm 35,70             |
| AREA BASE PUNTA CONICA         | A = cmq 10,00            |
| ANGOLO APERTURA PUNTA          | $\alpha = 60^\circ$      |
| LUNGHEZZA ASTE                 | L = m 1,00               |
| PESO ASTE PER METRO            | P = kg 2,9               |
| LUNGHEZZA TRATTO DI INFISSIONE | $\delta = \text{cm } 10$ |

## RESISTENZA DINAMICA ALLA PUNTA $R_{pd}$ (Formula Olandese)

$$R_{pd} = M^2 H / A e (M + P + Pp) \quad [\text{kg/cm}^2]$$

M = Peso massa battente [kg]

A = Area base punta conica [cmq]

P = Peso aste per metro [kg/m]

H = Altezza caduta libera [cm]

e = Infissione per colpo =  $10/N$  [cm]

Pp = Peso sistema di battuta [kg]

## LEGENDA PARAMETRI GEOTECNICI

### Strati incoerenti

Dr = Densità relativa [%]

$\phi$  = Angolo attrito interno [°]

y = Peso di volume [t/mc]

M = Modulo di deformazione drenato [kg/cmq]

E = Modulo di deformazione di Young [kg/cmq]

Go = Modulo di deformazione di taglio [t/mq]

Vs = Velocità onde sismiche [m/s]

### Strati coesivi

Ic = Indice di consistenza

Cu = Coesione non drenata [t/mq]

y = Peso di volume [t/mc]

Ed = Modulo di deformazione non drenato [kg/cmq]

Go = Modulo dinamico di taglio [t/mq]

**Studio di Geologia Dr. Geol. Baldassarre Franco La Tessa**

Via Sammartino, 83 - Torremaggiore (FG) - Tel/Fax 0873 363035 - Cell. 347 0680812

**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA n° 1****Tabella valori di resistenza****GENERALITA'**

Committente: Renewable Consulting srl  
 Cantiere: Impianto FV  
 Località: San Paolo di Civitate

Data: 30-3-2021  
 Prof.tà prova: 600 cm  
 Prof.tà falda: Falda non rilevata

| <i>Prof. (cm)</i> | <i>Ndp</i> | <i>Ndp norm.</i> | <i>Rpd (kg/cmq)</i> | <i>aste</i> | <i>Prof. (cm)</i> | <i>Ndp</i> | <i>Ndp norm.</i> | <i>Rpd (kg/cmq)</i> | <i>aste</i> |
|-------------------|------------|------------------|---------------------|-------------|-------------------|------------|------------------|---------------------|-------------|
| da 0 a 10         | 3          | 19               | 12,03               | 1           | da 300 a 310      | 15         | 16               | 50,37               | 4           |
| da 10 a 20        | 3          | 13               | 12,03               | 1           | da 310 a 320      | 15         | 15               | 50,37               | 4           |
| da 20 a 30        | 4          | 14               | 16,04               | 1           | da 320 a 330      | 15         | 15               | 50,37               | 4           |
| da 30 a 40        | 4          | 12               | 16,04               | 1           | da 330 a 340      | 15         | 15               | 50,37               | 4           |
| da 40 a 50        | 4          | 11               | 16,04               | 1           | da 340 a 350      | 16         | 16               | 53,73               | 4           |
| da 50 a 60        | 5          | 12               | 20,04               | 1           | da 350 a 360      | 16         | 16               | 53,73               | 4           |
| da 60 a 70        | 4          | 9                | 16,04               | 1           | da 360 a 370      | 16         | 15               | 53,73               | 4           |
| da 70 a 80        | 4          | 8                | 16,04               | 1           | da 370 a 380      | 15         | 14               | 50,37               | 4           |
| da 80 a 90        | 5          | 10               | 20,04               | 1           | da 380 a 390      | 16         | 15               | 53,73               | 4           |
| da 90 a 100       | 5          | 9                | 18,83               | 2           | da 390 a 400      | 15         | 14               | 47,79               | 5           |
| da 100 a 110      | 9          | 17               | 33,89               | 2           | da 400 a 410      | 20         | 18               | 63,72               | 5           |
| da 110 a 120      | 10         | 18               | 37,66               | 2           | da 410 a 420      | 21         | 19               | 66,90               | 5           |
| da 120 a 130      | 10         | 17               | 37,66               | 2           | da 420 a 430      | 21         | 19               | 66,90               | 5           |
| da 130 a 140      | 12         | 19               | 45,19               | 2           | da 430 a 440      | 21         | 18               | 66,90               | 5           |
| da 140 a 150      | 11         | 17               | 41,42               | 2           | da 440 a 450      | 21         | 18               | 66,90               | 5           |
| da 150 a 160      | 12         | 18               | 45,19               | 2           | da 450 a 460      | 21         | 18               | 66,90               | 5           |
| da 160 a 170      | 12         | 17               | 45,19               | 2           | da 460 a 470      | 21         | 18               | 66,90               | 5           |
| da 170 a 180      | 12         | 17               | 45,19               | 2           | da 470 a 480      | 21         | 18               | 66,90               | 5           |
| da 180 a 190      | 12         | 16               | 45,19               | 2           | da 480 a 490      | 22         | 18               | 70,09               | 5           |
| da 190 a 200      | 12         | 16               | 42,60               | 3           | da 490 a 500      | 22         | 18               | 66,67               | 6           |
| da 200 a 210      | 12         | 16               | 42,60               | 3           | da 500 a 510      | 22         | 18               | 66,67               | 6           |
| da 210 a 220      | 14         | 18               | 49,70               | 3           | da 510 a 520      | 22         | 18               | 66,67               | 6           |
| da 220 a 230      | 14         | 17               | 49,70               | 3           | da 520 a 530      | 23         | 18               | 69,70               | 6           |
| da 230 a 240      | 15         | 18               | 53,25               | 3           | da 530 a 540      | 22         | 17               | 66,67               | 6           |
| da 240 a 250      | 14         | 17               | 49,70               | 3           | da 540 a 550      | 23         | 18               | 69,70               | 6           |
| da 250 a 260      | 15         | 17               | 53,25               | 3           | da 550 a 560      | 23         | 18               | 69,70               | 6           |
| da 260 a 270      | 15         | 17               | 53,25               | 3           | da 560 a 570      | 23         | 18               | 69,70               | 6           |
| da 270 a 280      | 15         | 17               | 53,25               | 3           | da 570 a 580      | 23         | 17               | 69,70               | 6           |
| da 280 a 290      | 18         | 20               | 63,91               | 3           | da 580 a 590      | 23         | 17               | 69,70               | 6           |
| da 290 a 300      | 16         | 17               | 53,73               | 4           | da 590 a 600      | 24         | 18               | 69,34               | 7           |

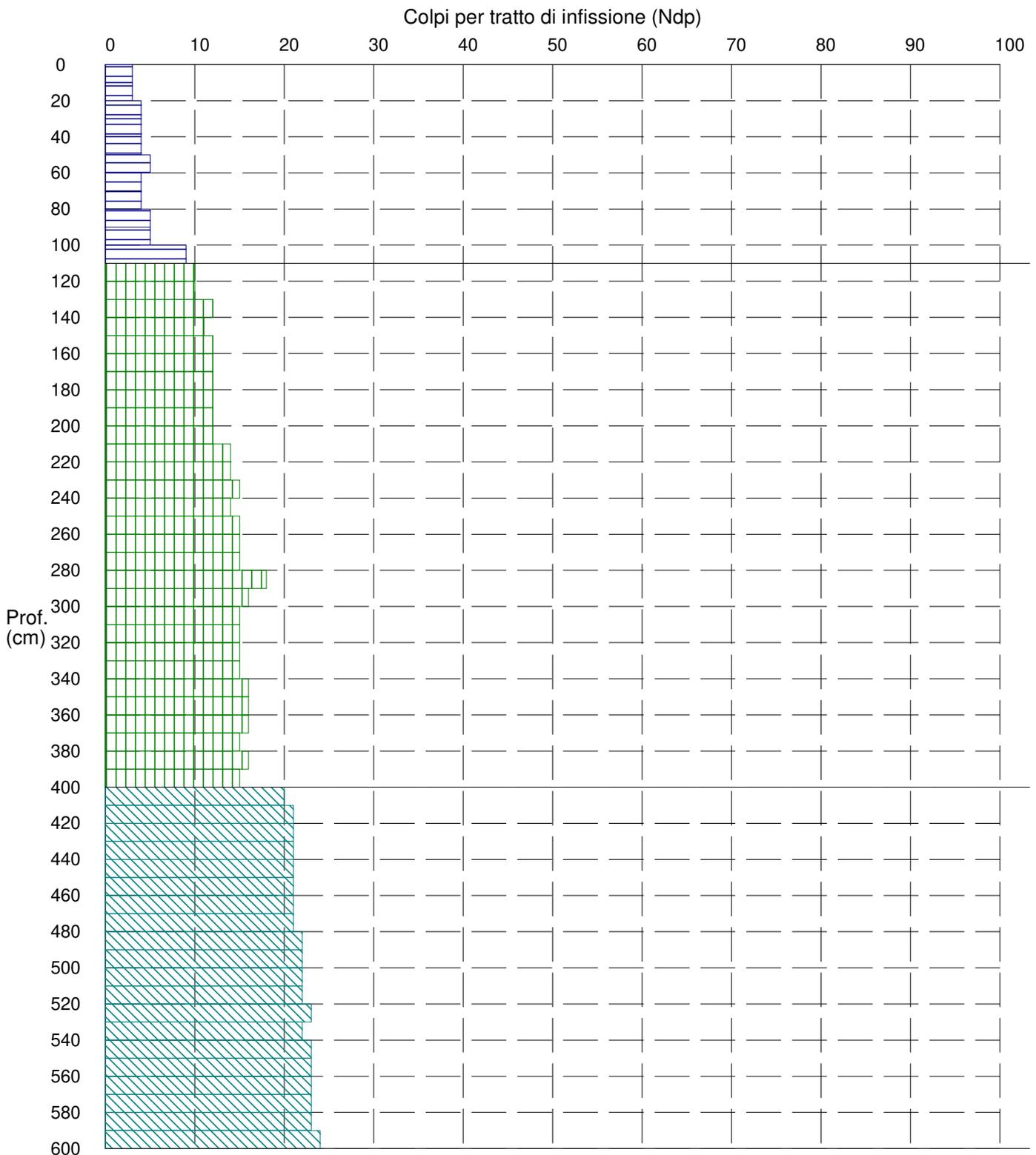
# PROVA PENETROMETRICA DINAMICA n° 1

## Grafico Ndp - Profondità

### GENERALITA'

Committente: Renewable Consulting srl  
 Cantiere: Impianto FV  
 Località: San Paolo di Civitate

Data: 30-3-2021  
 Prof.tà prova: 600 cm  
 Prof.tà falda: Falda non rilevata



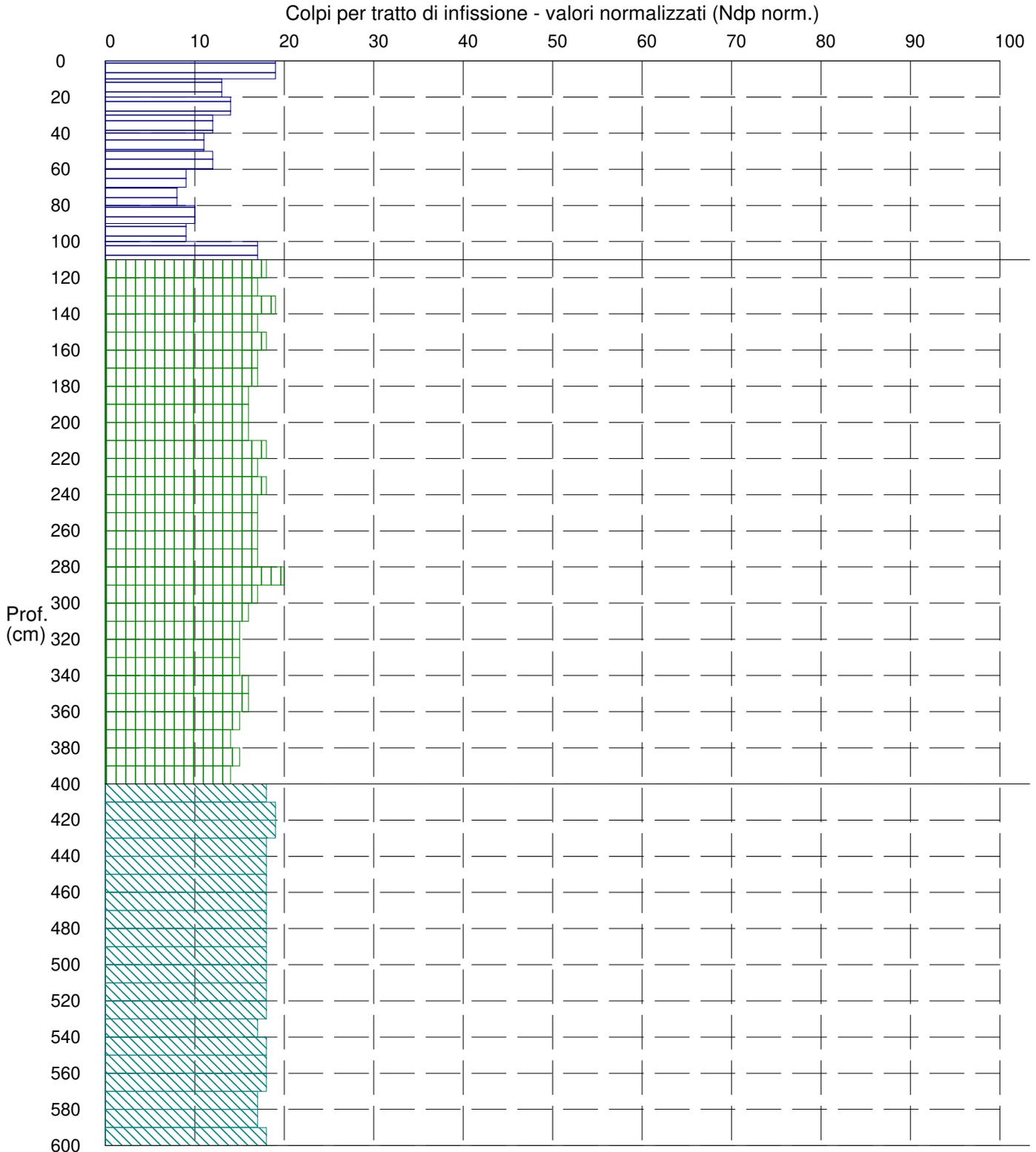
# PROVA PENETROMETRICA DINAMICA n° 1

## Grafico Ndp - Profondità (valori normalizzati)

### GENERALITA'

Committente: Renewable Consulting srl  
 Cantiere: Impianto FV  
 Località: San Paolo di Civitate

Data: 30-3-2021  
 Prof.tà prova: 600 cm  
 Prof.tà falda: Falda non rilevata



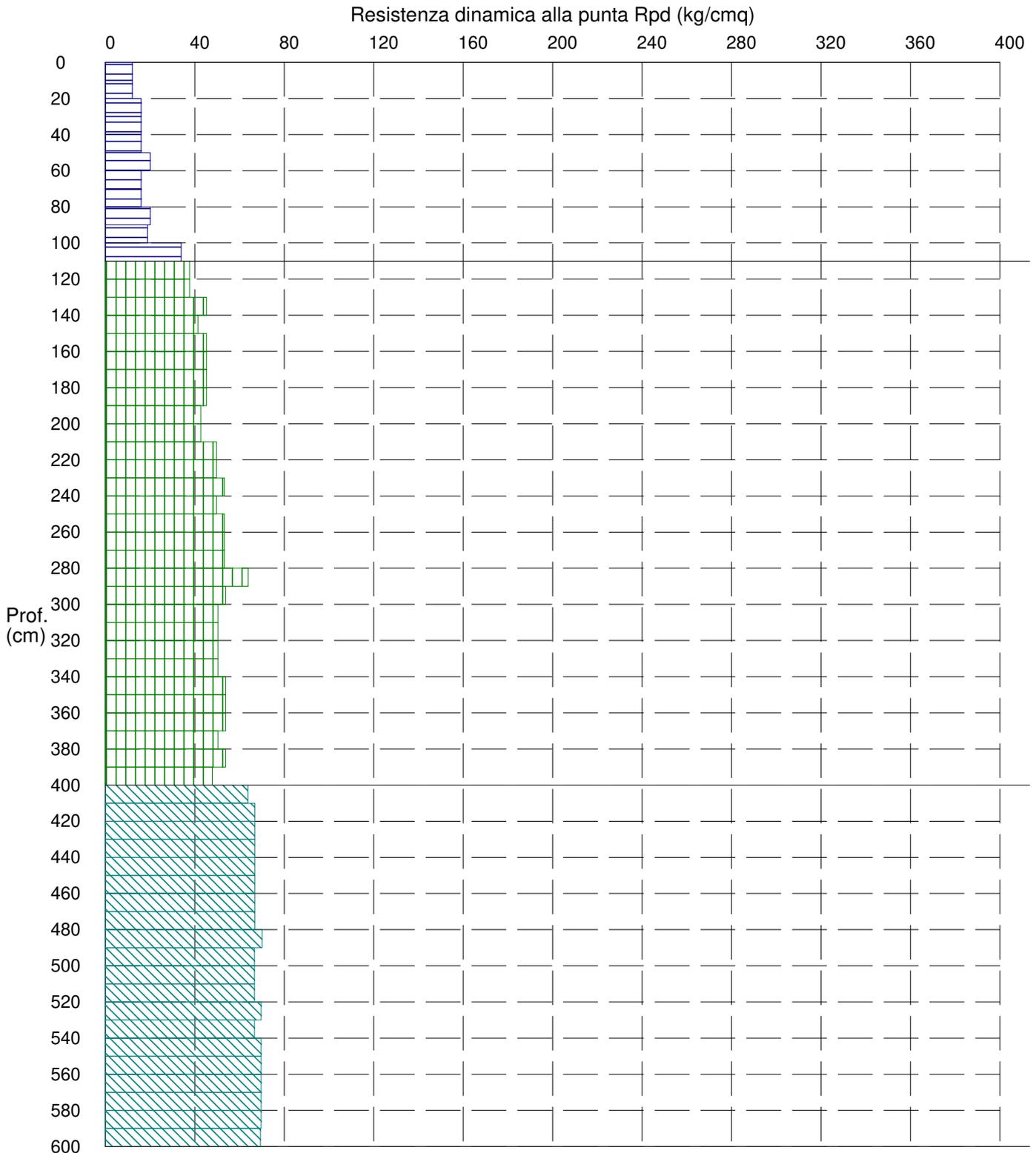
# PROVA PENETROMETRICA DINAMICA n° 1

## Grafico Rpd - Profondità

### GENERALITA'

Committente: Renewable Consulting srl  
 Cantiere: Impianto FV  
 Località: San Paolo di Civitate

Data: 30-3-2021  
 Prof.tà prova: 600 cm  
 Prof.tà falda: Falda non rilevata



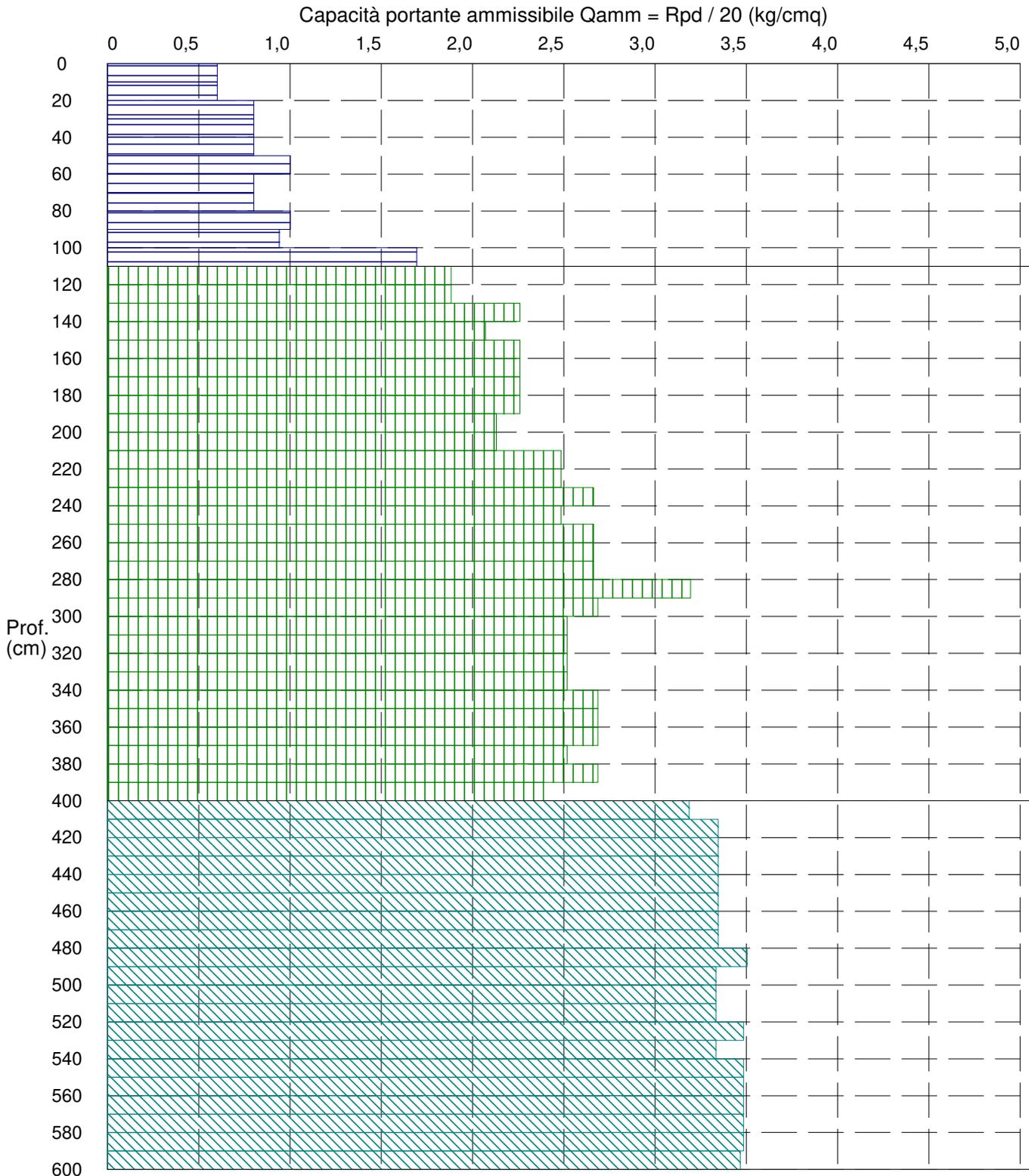
# PROVA PENETROMETRICA DINAMICA n° 1

## Grafico Qamm - Profondità

### GENERALITA'

Committente: Renewable Consulting srl  
 Cantiere: Impianto FV  
 Località: San Paolo di Civitate

Data: 30-3-2021  
 Prof.tà prova: 600 cm  
 Prof.tà falda: Falda non rilevata



**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA n° 1**

Elaborazione statistica e parametri geotecnici

**GENERALITA'**

Committente: Renewable Consulting srl  
 Cantiere: Impianto FV  
 Località: San Paolo di Civitate

Data: 30-3-2021  
 Prof.tà prova: 600 cm  
 Prof.tà falda: Falda non rilevata

**ELABORAZIONE STATISTICA**

| Strato n° | Profondità (m) | Parametro    | minimo | massimo | media | Nspt  |
|-----------|----------------|--------------|--------|---------|-------|-------|
| 1         | da 0,00 a 1,10 | Ndp          | -----  | -----   | ----- | ----- |
|           |                | Rpd (kg/cmq) | -----  | -----   | ----- |       |
| 2         | da 1,10 a 4,00 | Ndp          | 10     | 18      | 14,0  | 14,0  |
|           |                | Rpd (kg/cmq) | 37,7   | 63,9    | 49,0  |       |
| 3         | da 4,00 a 6,00 | Ndp          | 20     | 24      | 22,0  | 22,0  |
|           |                | Rpd (kg/cmq) | 63,7   | 70,1    | 67,8  |       |

**PARAMETRI GEOTECNICI**

| STRATO   | Prof. (m)   | INCOERENTE |            |          |          |          |           |          | COESIVO |           |          |           |           |
|----------|-------------|------------|------------|----------|----------|----------|-----------|----------|---------|-----------|----------|-----------|-----------|
|          |             | Dr (%)     | $\phi$ (°) | y (t/mc) | M kg/cmq | E kg/cmq | Go (t/mq) | Vs (m/s) | Ic (-)  | Cu kg/cmq | y (t/mc) | Ed kg/cmq | Go (t/mq) |
| <b>1</b> | <b>1,10</b> | -----      | -----      | -----    | -----    | -----    | -----     | -----    | -----   | -----     | -----    | -----     | -----     |
| <b>2</b> | <b>4,00</b> | 78,0       | 26,8       | 1,65     | 184,1    | 298,7    | 7749      | 162,1    | -----   | -----     | -----    | -----     | -----     |
| <b>3</b> | <b>6,00</b> | 90,5       | 26,6       | 1,83     | 115,7    | 86,7     | 11854     | 179,9    | -----   | -----     | -----    | -----     | -----     |

**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA n° 1**

Elaborazione statistica e parametri geotecnici

**GENERALITA'**

Committente: Renewable Consulting srl  
 Cantiere: Impianto FV  
 Località: San Paolo di Civitate

Data: 30-3-2021  
 Prof.tà prova: 600 cm  
 Prof.tà falda: Falda non rilevata

**ELABORAZIONE STATISTICA: VALORI NORMALIZZATI**

| Strato n° | Profondità (m) | Parametro    | minimo                        | massimo | media | Nspt  |
|-----------|----------------|--------------|-------------------------------|---------|-------|-------|
| 1         | da 0,00 a 1,10 | Ndp          | -----                         | -----   | ----- | ----- |
|           |                | Rpd (kg/cmq) | -----                         | -----   | ----- |       |
| 2         | da 1,10 a 4,00 | Ndp          | 14,196219330168267288378047,0 |         |       | 17,0  |
|           |                | Rpd (kg/cmq) | 37,7                          | 63,9    | 49,0  |       |
| 3         | da 4,00 a 6,00 | Ndp          | 17,69626390586745318444318,4  |         |       | 18,4  |
|           |                | Rpd (kg/cmq) | 63,7                          | 70,1    | 67,8  |       |

**PARAMETRI GEOTECNICI: VALORI NORMALIZZATI**

| STRATO   | Prof. (m)   | INCOERENTE |            |          |          |          |           |          | COESIVO |           |          |           |           |
|----------|-------------|------------|------------|----------|----------|----------|-----------|----------|---------|-----------|----------|-----------|-----------|
|          |             | Dr (%)     | $\phi$ (°) | y (t/mc) | M kg/cmq | E kg/cmq | Go (t/mq) | Vs (m/s) | Ic (-)  | Cu kg/cmq | y (t/mc) | Ed kg/cmq | Go (t/mq) |
| <b>1</b> | <b>1,10</b> | -----      | -----      | -----    | -----    | -----    | -----     | -----    | -----   | -----     | -----    | -----     | -----     |
| <b>2</b> | <b>4,00</b> | 100,0      | 32,9       | 2,30     | 710,0    | 714,0    | 49308     | 220,3    | -----   | -----     | -----    | -----     | -----     |
| <b>3</b> | <b>6,00</b> | 82,9       | 26,3       | 1,76     | 103,1    | 75,2     | 10039     | 174,5    | -----   | -----     | -----    | -----     | -----     |

# PROVA PENETROMETRICA DINAMICA n° 2

## GENERALITA'

|              |                          |                |                    |
|--------------|--------------------------|----------------|--------------------|
| Committente: | Renewable Consulting srl | Data:          | 30-5-2021          |
| Cantiere:    | Impianto FV              | Prof.tà prova: | 110 cm             |
| Località:    | San Paolo di Civitate    | Prof.tà falda: | Falda non rilevata |

## CARATTERISTICHE TECNICHE PENETROMETRO DINAMICO IMPIEGATO

### MODELLO

|                               |                          |
|-------------------------------|--------------------------|
| TIPO                          | DPM (medio)              |
| PESO MASSA BATTENTE           | M = kg 30                |
| ALTEZZA CADUTA LIBERA         | H = cm 20                |
| PESO SISTEMA DI BATTUTA       | Pp = kg 12               |
| DIAMETRO PUNTA CONICA         | D = mm 35,70             |
| AREA BASE PUNTA CONICA        | A = cmq 10,00            |
| ANGOLO APERTURA PUNTA         | $\alpha = 60^\circ$      |
| LUNGHEZZA ASTE                | L = m 1,00               |
| PESO ASTE PER METRO           | P = kg 2,9               |
| LUNGHEZZA TRATTO DI INFSSIONE | $\delta = \text{cm } 10$ |

## RESISTENZA DINAMICA ALLA PUNTA $R_{pd}$ (Formula Olandese)

$$R_{pd} = M^2 H / A e (M + P + Pp) \quad [\text{kg/cm}^2]$$

M = Peso massa battente [kg]

A = Area base punta conica [cmq]

P = Peso aste per metro [kg/m]

H = Altezza caduta libera [cm]

e = Infissione per colpo =  $10/N$  [cm]

Pp = Peso sistema di battuta [kg]

## LEGENDA PARAMETRI GEOTECNICI

### Strati incoerenti

Dr = Densità relativa [%]

$\phi$  = Angolo attrito interno [°]

y = Peso di volume [t/mc]

M = Modulo di deformazione drenato [kg/cmq]

E = Modulo di deformazione di Young [kg/cmq]

Go = Modulo di deformazione di taglio [t/mq]

Vs = Velocità onde sismiche [m/s]

### Strati coesivi

Ic = Indice di consistenza

Cu = Coesione non drenata [t/mq]

y = Peso di volume [t/mc]

Ed = Modulo di deformazione non drenato [kg/cmq]

Go = Modulo dinamico di taglio [t/mq]

**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA n° 2****Tabella valori di resistenza****GENERALITA'**

Committente: Renewable Consulting srl  
 Cantiere: Impianto FV  
 Località: San Paolo di Civitate

Data: 30-5-2021  
 Prof.tà prova: 110 cm  
 Prof.tà falda: Falda non rilevata

| <i>Prof. (cm)</i> | <i>Ndp</i> | <i>Ndp norm.</i> | <i>Rpd (kg/cmq)</i> | <i>aste</i> | <i>Prof. (cm)</i>   | <i>Ndp</i> | <i>Ndp norm.</i> | <i>Rpd (kg/cmq)</i> | <i>aste</i> |
|-------------------|------------|------------------|---------------------|-------------|---------------------|------------|------------------|---------------------|-------------|
| <i>da 0 a 10</i>  | 5          | 31               | 20,04               | 1           | <i>da 50 a 60</i>   | 5          | 12               | 20,04               | 1           |
| <i>da 10 a 20</i> | 4          | 17               | 16,04               | 1           | <i>da 60 a 70</i>   | 5          | 11               | 20,04               | 1           |
| <i>da 20 a 30</i> | 5          | 18               | 20,04               | 1           | <i>da 70 a 80</i>   | 5          | 11               | 20,04               | 1           |
| <i>da 30 a 40</i> | 5          | 15               | 20,04               | 1           | <i>da 80 a 90</i>   | 5          | 10               | 20,04               | 1           |
| <i>da 40 a 50</i> | 6          | 16               | 24,05               | 1           | <i>da 90 a 100</i>  | 20         | 39               | 75,31               | 2           |
|                   |            |                  |                     |             | <i>da 100 a 110</i> | 100        | 100              | 376,57              | 2           |

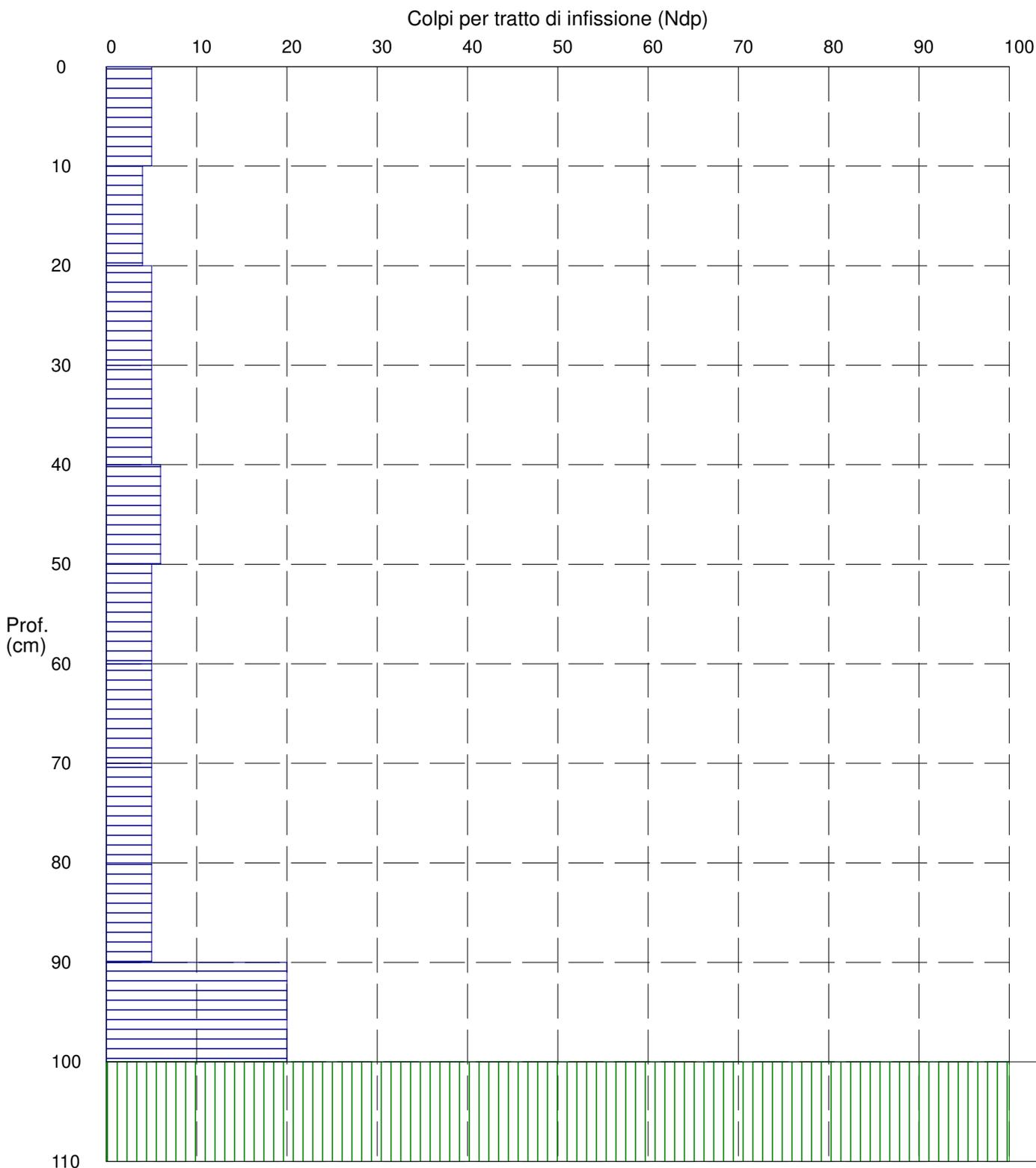
# PROVA PENETROMETRICA DINAMICA n° 2

## Grafico Ndp - Profondità

### GENERALITA'

Committente: Renewable Consulting srl  
Cantiere: Impianto FV  
Località: San Paolo di Civitate

Data: 30-5-2021  
Prof.tà prova: 110 cm  
Prof.tà falda: Falda non rilevata



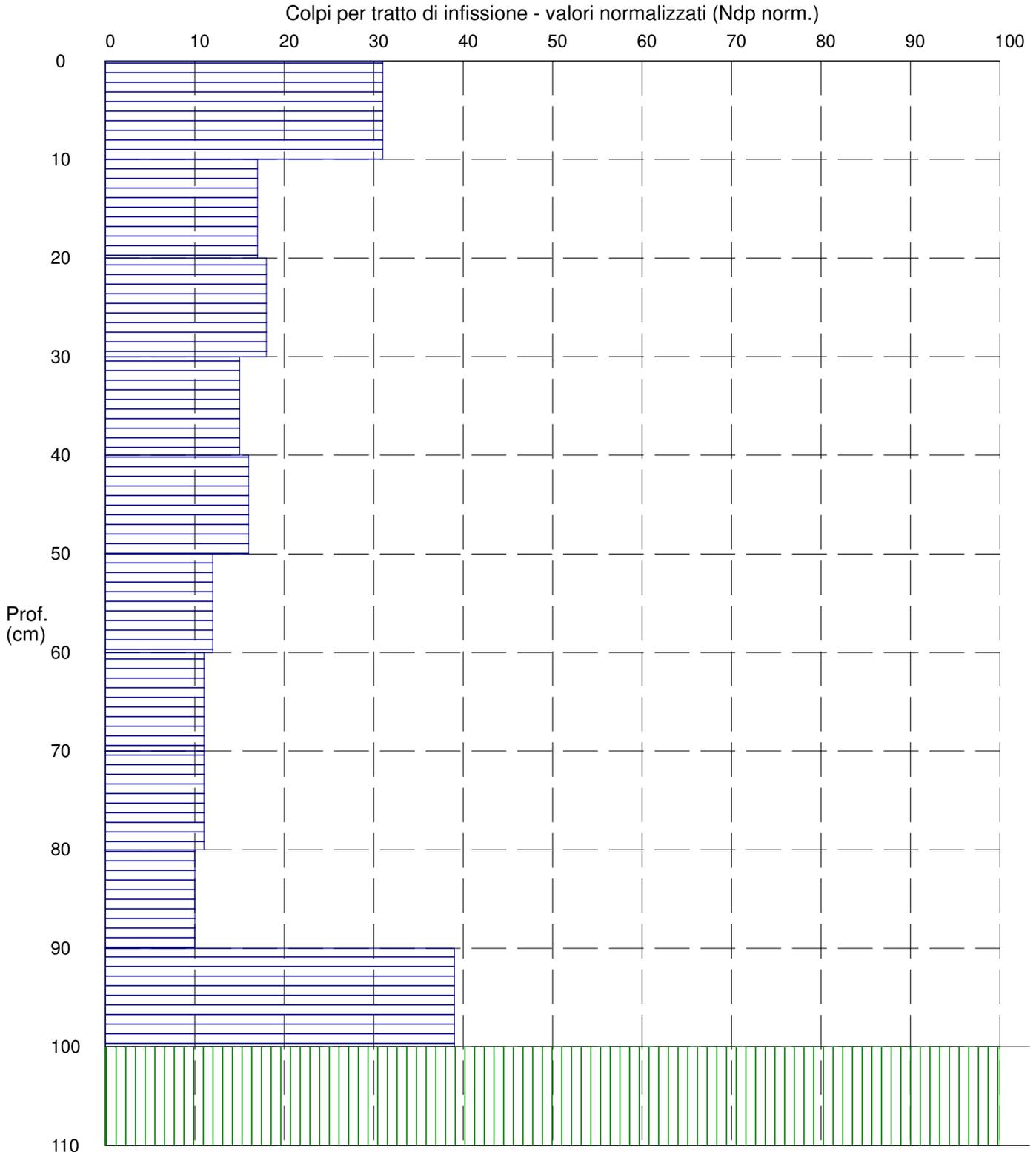
# PROVA PENETROMETRICA DINAMICA n° 2

## Grafico Ndp - Profondità (valori normalizzati)

### GENERALITA'

Committente: Renewable Consulting srl  
 Cantiere: Impianto FV  
 Località: San Paolo di Civitate

Data: 30-5-2021  
 Prof.tà prova: 110 cm  
 Prof.tà falda: Falda non rilevata



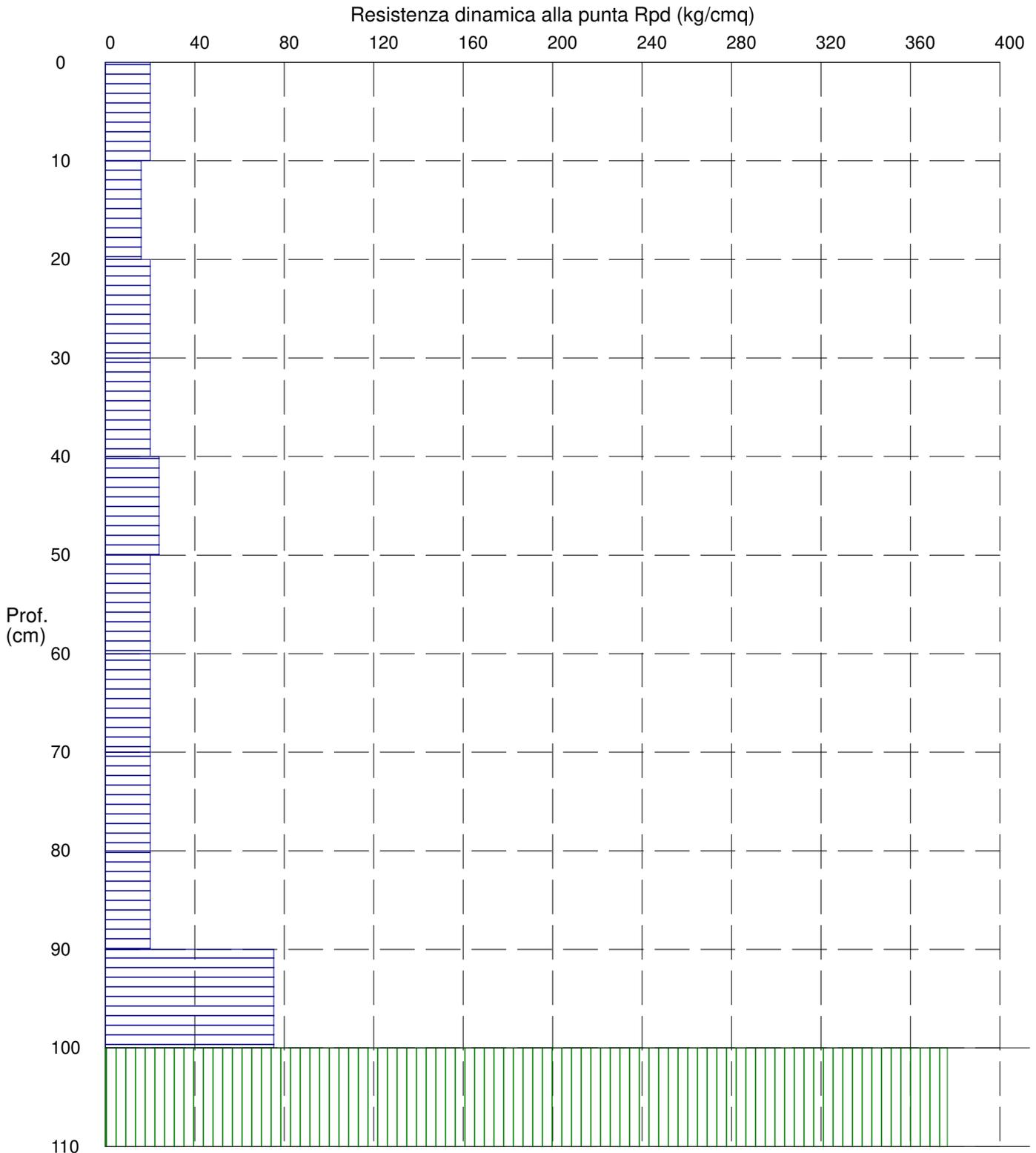
# PROVA PENETROMETRICA DINAMICA n° 2

## Grafico Rpd - Profondità

### GENERALITA'

Committente: Renewable Consulting srl  
Cantiere: Impianto FV  
Località: San Paolo di Civitate

Data: 30-5-2021  
Prof.tà prova: 110 cm  
Prof.tà falda: Falda non rilevata



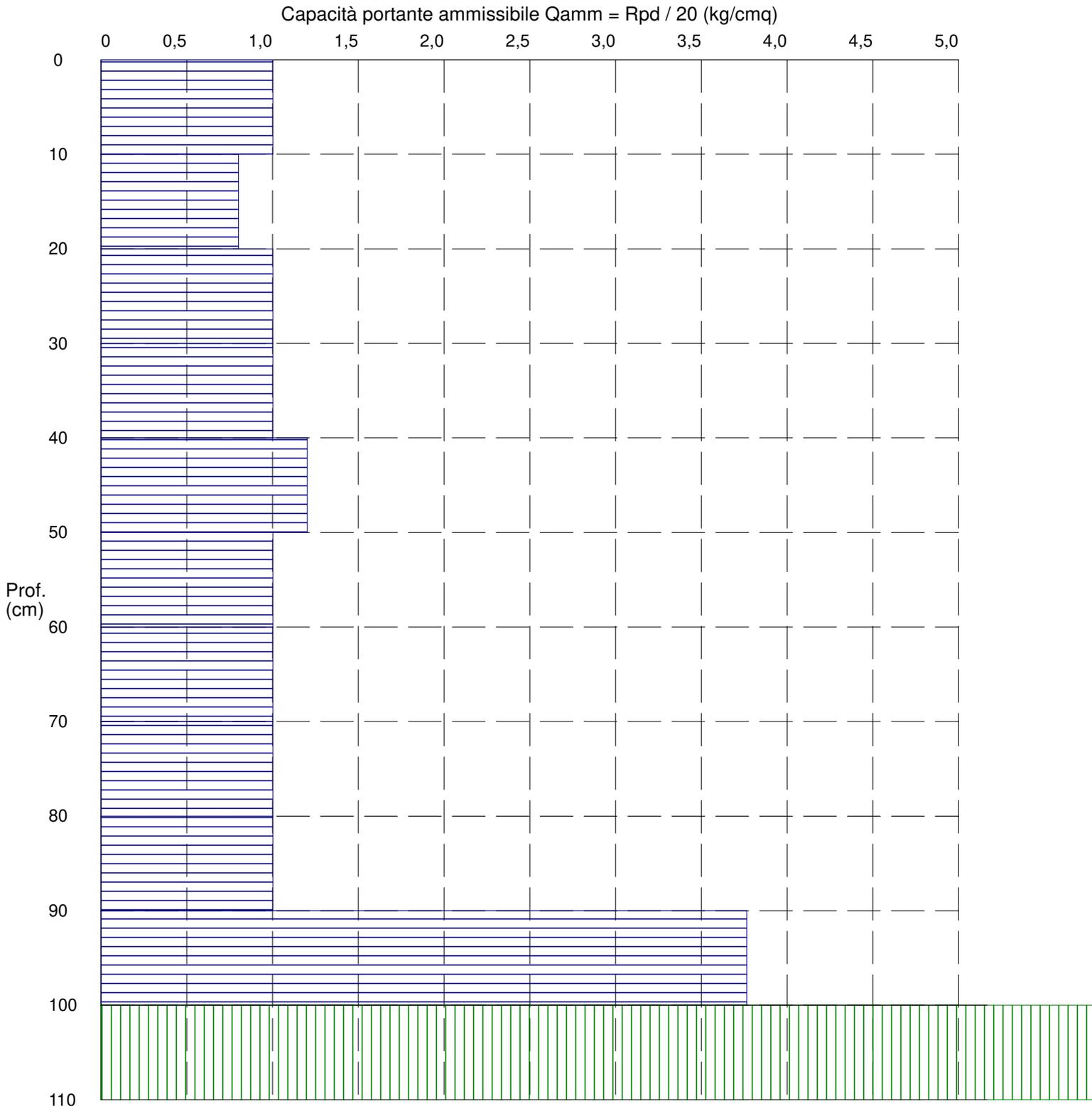
# PROVA PENETROMETRICA DINAMICA n° 2

## Grafico Qamm - Profondità

### GENERALITA'

Committente: Renewable Consulting srl  
 Cantiere: Impianto FV  
 Località: San Paolo di Civitate

Data: 30-5-2021  
 Prof.tà prova: 110 cm  
 Prof.tà falda: Falda non rilevata



**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA n° 2**

Elaborazione statistica e parametri geotecnici

**GENERALITA'**

Committente: Renewable Consulting srl  
 Cantiere: Impianto FV  
 Località: San Paolo di Civitate

Data: 30-5-2021  
 Prof.tà prova: 110 cm  
 Prof.tà falda: Falda non rilevata

**ELABORAZIONE STATISTICA**

| Strato n° | Profondità (m) | Parametro    | minimo | massimo | media | Nspt  |
|-----------|----------------|--------------|--------|---------|-------|-------|
| 1         | da 0,00 a 1,00 | Ndp          | -----  | -----   | ----- | ----- |
|           |                | Rpd (kg/cmq) | -----  | -----   | ----- |       |
| 2         | da 1,00 a 1,10 | Ndp          | 100    | 100     | 100,0 | 100,0 |
|           |                | Rpd (kg/cmq) | 376,6  | 376,6   | 376,6 |       |

**PARAMETRI GEOTECNICI**

| STRATO   | Prof. (m)   | INCOERENTE |            |          |          |          |           |          | COESIVO |           |          |           |           |
|----------|-------------|------------|------------|----------|----------|----------|-----------|----------|---------|-----------|----------|-----------|-----------|
|          |             | Dr (%)     | $\phi$ (°) | y (t/mc) | M kg/cmq | E kg/cmq | Go (t/mq) | Vs (m/s) | Ic (-)  | Cu kg/cmq | y (t/mc) | Ed kg/cmq | Go (t/mq) |
| <b>1</b> | <b>1,00</b> | -----      | -----      | -----    | -----    | -----    | -----     | -----    | -----   | -----     | -----    | -----     | -----     |
| <b>2</b> | <b>1,10</b> | 100,0      | 32,9       | 2,30     | 1084,0   | 962,0    | 49308     | 220,3    | -----   | -----     | -----    | -----     | -----     |

**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA n° 2**

Elaborazione statistica e parametri geotecnici

**GENERALITA'**

Committente: Renewable Consulting srl  
 Cantiere: Impianto FV  
 Località: San Paolo di Civitate

Data: 30-5-2021  
 Prof.tà prova: 110 cm  
 Prof.tà falda: Falda non rilevata

**ELABORAZIONE STATISTICA: VALORI NORMALIZZATI**

| Strato n° | Profondità (m) | Parametro    | minimo | massimo | media | Nspt  |
|-----------|----------------|--------------|--------|---------|-------|-------|
| 1         | da 0,00 a 1,00 | Ndp          | -----  | -----   | ----- | ----- |
|           |                | Rpd (kg/cmq) | -----  | -----   | ----- |       |
| 2         | da 1,00 a 1,10 | Ndp          | 100    | 100     | 100,0 | 100,0 |
|           |                | Rpd (kg/cmq) | 376,6  | 376,6   | 376,6 |       |

**PARAMETRI GEOTECNICI: VALORI NORMALIZZATI**

| STRATO   | Prof. (m)   | INCOERENTE |            |          |          |          |           |          | COESIVO |           |          |           |           |
|----------|-------------|------------|------------|----------|----------|----------|-----------|----------|---------|-----------|----------|-----------|-----------|
|          |             | Dr (%)     | $\phi$ (°) | y (t/mc) | M kg/cmq | E kg/cmq | Go (t/mq) | Vs (m/s) | Ic (-)  | Cu kg/cmq | y (t/mc) | Ed kg/cmq | Go (t/mq) |
| <b>1</b> | <b>1,00</b> | -----      | -----      | -----    | -----    | -----    | -----     | -----    | -----   | -----     | -----    | -----     | -----     |
| <b>2</b> | <b>1,10</b> | 100,0      | 32,8       | 2,30     | 1084,0   | 962,0    | 49308     | 220,3    | -----   | -----     | -----    | -----     | -----     |

## REPORT FOTOGRAFICO

### Particolare prova penetrometrica





Particolare stendimento sismico





Particolare ex cava di ghiaia



## **NORMATIVA DI RIFERIMENTO**

1. Legge n. 64 del 02.02.1974. *“Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche”*;
2. D.M. 11.03.1988 - *“Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri...”*;
3. Circolare Min. LL. PP. n. 30483 del 24.09.1988 - *“Norme di attuazione del D.M. 11.03.1988”*;
4. Circolare Ministero Lavori Pubblici 9 gennaio 1996 n. 218/24/3. Legge 2 febbraio 1974, n. 64. Decreto del Ministero dei Lavori Pubblici 11 marzo 1988. *“Istruzioni applicative per la redazione della relazione geologica e della relazione geotecnica”*;
5. Legge Regionale 9 dicembre 2002, n. 19 - *Istituzione dell’Autorità di bacino della Puglia*;
6. Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri 20 marzo 2003, n. 3274 – *“Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica”*;
7. Decreto Legislativo 22 gennaio 2004, n. 42 – *“Codice dei beni culturali e del paesaggio, ai sensi dell’articolo 10 Legge 6 luglio 2002, n. 137 e succ. mod. e integr.”*;
8. Autorità di Bacino della Puglia - Deliberazione del Comitato Istituzionale del 15.12.2004 - *“Adozione del Piano di Bacino della Puglia, stralcio “assetto idrogeologico” e delle relative misure di salvaguardia e NTA del PAI 30/11/2005*
9. D.Lgs. 152 del 3 aprile 2006 – *“Norme in Materia Ambientale”* e succ. mod. ed int.; 10. Deliberazione della Giunta Regionale n. 176 del 16/02/2015 – *Approvazione del Piano Paesaggistico Territoriale della Regione Puglia (PPTR)*;
11. Regolamento Regionale 11 marzo 2015, n. 9 – *“Norme per i terreni sottoposti a vincolo idrogeologico”*;
12. Decreto Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti 17 gennaio 2018 – *“Aggiornamento delle «Norme Tecniche per le Costruzioni”*;
13. Circolare 21 gennaio 2019 n.7 *“Istruzioni per l’applicazione dell’«Aggiornamento delle “Norme tecniche per le costruzioni”»* .
14. Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri 19 giugno 2019 – *“Approvazione di varianti al Piano stralcio assetto idrogeologico (PAI), assetto geomorfologico e assetto idraulico del territorio della ex Autorità di Bacino della Puglia”*.

## BIBLIOGRAFIA

- ACCORDI B., PALMIERI E.L.-PAROTTO M.- Il globo terrestre e la sua evoluzione- Zanichelli 1973-2008
- TERZAGHI K., PECK R.B. – Geotecnica- UTET-1967-1996
- LANCELLOTTA R. “*Geotecnica*” – Zanichelli 1987-1993
- GASPARINI P., MANTOVANI M.S.M.- Fisica della terra solida -Liguori Editori 1984
- LAMBE T. WILLIAM, WHITMAN ROBERT V. (1979) – “*Meccanica dei terreni*” – Dario Flaccovio Editore, 1997.
- PARRIAUX A.- Fondamenti di geologia per l'ingegneria- Dario Flaccovio Editore, 2013
- IPPOLITO F., NICOTERA P., LUCIANA P., CIVITA M., DE RISO R.- Geologia tecnica- ISEDI 1993
- BALDUZZI A., CASNEDI R., CRESCENTI U. & TONNA M. (1982) – “*Il Plio-Pleistocene del sottosuolo del bacino pugliese (Avanfossa Appenninica)*”. Geologia Romana, 21, 1- 28, 20 figg., 1984, Roma.
- BOENZI F. (1983) – “*Il quadro geografico-fisico in: Puglia, un mezzogiorno diverso*”. La Geografia nelle scuole, 28(2), 69-82, Officina, Trieste.
- A.MALATESTA, U.PERNO,G. STAMPANONI. (1969) - *Note illustrative alla Carta geologica d'Italia: F° 155 “San Severo”*. - Serv. Geol. d'Italia, 1-24, Roma
- BOSCHI, E. GUIDOBONI, E. FERRARI, G. MARIOTTI, D. VALENSISE, G. GASPERINI, P. (2000) – “*Catalogue of strong Italian earthquakes from 461 B.C. to 1997*”. Annali di Geofisica, 43, 609-868.
- BOWLES J. E. (1991) – Fondazioni, progetto e analisi – McGraw-Hill.
- CALDARA M. & PENNETTA L. (1993) – “*Nuovi dati per la conoscenza geologica e morfologica del Tavoliere di Puglia*”. Bonifica, 3, 25-42, 12 figg., Foggia.
- CASNEDI R. (1988) – “*La fossa Bradanica: origine, sedimentazione e migrazione*”. Mem. Soc. Geol. It. 41, 439-448, 7 figg., 1992, Roma.
- CASNEDI R., CRESCENTI U. & TONNA M. (1982) – “*Evoluzione della avanfossa adriatica meridionale nel Plio- Pleistocene, sulla base dei dati di sottosuolo*”. Mem. Soc. Geol. It., 24,243-260, 10 figg., 1984, Roma.
- CELICO P. (1986) – “*Prospezioni idrogeologiche*” Volume I e II, Liguori editore s.r.l.
- CHERUBINI (2000), (*Reliability evaluation of shallow foundation bearing capacity on c', phi' soils, Canadian Geotechnical Journal, 37, 264–269*).
- COTECCHIA V. (1956) – “*Gli aspetti idrogeologici del Tavoliere delle Puglie*”. L'Acqua, 11- 12, 168-180, 6 figg..
- COTECCHIA V. (2014) – “*Memorie descrittive della carta geologica d'Italia. Vol. 92: Le acque sotterranee e l'intrusione marina in Puglia: dalla ricerca all'emergenza nella salvaguardia della risorsa*”. ISPRA Serv. Geologico d'Italia,
- DEL GAUDIO V. – “*Elementi per la stima della pericolosità sismica in Puglia*”. Geologi e Territorio n. 2/2007.
- FACCIORUSSO J., MADIAI C., VANNUCCHI G. – “*Dispense di Geotecnica, cap. 4 Idraulica dei terreni*” – Università degli Studi di Firenze – Dipartimento di Ingegneria Civile e Ambiente.
- Database Macrosismico Italiano (DBMI15). Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV).
- MAGGIORE M., NUOVO G. & PAGIARULO P. (1996) – “*Caratteristiche idrogeologiche e principali differenze idrochimiche delle falde sotterranee del Tavoliere di Puglia*”. Mem. Soc. Geol. It., 51, 669-684, 12 figg., Roma.
- MORSILLI M. – “*Sintesi delle conoscenze geologiche e stratigrafiche del Promontorio del Gargano - Geologi e Territorio, n. 2/2016, pagg. 15-30.*
- PATACCA E., SCANDONE P. & MAZZA P. (2008) – *Oligocene migration path for Apulia macromammals: the Central-Adriatic bridge*. Boll. Soc. Geol. It, 127, 337-355.
- RICCHETTI G., CIARANFI N., LUPERTO SINNI E., MONGELLI F. & PIERI P. (1988) – “*Geodinamica ed evoluzione sedimentaria e tettonica dell'Avanpaese Apulo*”. Mem. Soc. Geol. It., 41 (I), 57-82, 15 figg., 1992, Roma.
- ZORZI L., REINA C., (1956) - “*Sulla presunta idrografia sotterranea profonda della capitanata*”. «Geotecnica» A. 3°, n. 1.