

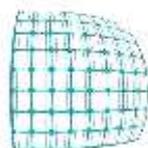


**REGIONE MOLISE
PROVINCIA DI CAMPOBASSO**



COMUNI DI S.GIULIANO DI PUGLIA, SANTA CROCE DI MAGLIANO, ROTELLO

**PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE NUOVA STAZIONE ELETTRICA 36Kv
IN ADERENZA ALLA SE "ROTELLO 380"**



STARENERGIA

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

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

| PROGETTISTI | PROPONENTE | SCALA |
|---|---|--------------------------------------|
| Il tecnico incaricato: Geol. Vittorio Iervolino  | STAR MOLISE s.r.l. sede legale Via F. Giordani n. 42 800122 Napoli Tel.+39 081 060 7743 Fax +39 081 060 7876 Rea - NA-1066126 - C.F. e P.IVA 09898851218 mail: starmolise@starenergia.com PEC: starmolise@pecditta.com Cod. Univoco 5RU082D | / TAVOLA GEO-01 |

Redazione e coordinamento: ing. Roberto Caldara

| Rev: | Data: | Note : |
|------|------------|--------|
| 00 | 12/12/2022 | |
| | | |



Sommario

| | | |
|------------|--|-----------|
| 1 | PREMESSA | 3 |
| 2 | INQUADRAMENTO TERRITORIALE E GEOMORFOLOGIA..... | 4 |
| 3 | GEOLOGIA..... | 7 |
| 4 | GEOTECNICA..... | 11 |
| 5 | IDROGEOLOGIA | 16 |
| 6 | DISSESTO IDROGEOLOGICO | 18 |
| 6.1 | Pericolosità da Frana e da valanga | 18 |
| 6.2 | Pericolosità Idraulica..... | 20 |
| 6.3 | Compatibilità Geologica | 22 |
| 7 | COMPATIBILITÀ SISMICA | 23 |
| 7.1 | Sismicità Storica | 23 |
| 7.2 | Sorgenti Sismiche di Progetto | 24 |
| 7.2.1 | Progetto DISS..... | 25 |
| 7.2.2 | Progetto ITHACA..... | 26 |
| 7.3 | Pericolosità Sismica di Base | 27 |
| 7.3.1 | Indagine sismica con metodologia MASW realizzata..... | 27 |
| 7.3.2 | Pericolosità Sismica | 34 |
| 7.3.3 | Curva di pericolosità | 35 |
| 7.3.4 | Spettri a pericolosità uniforme | 36 |
| 7.3.5 | Grafico di Disaggregazione | 37 |



1 Premessa

La STAR MOLISE S.r.l. con sede legale in Via F. Giordani n. 42, Napoli, intende realizzare una nuova Stazione Elettrica di produzione 36 kV, da collegare in antenna a 36 kV al futuro ampliamento della Stazione Elettrica di Trasformazione (SE) 380/150 kV della Rete di Trasmissione Nazionale (TRN) "Rotello", nel territorio comunale di Rotello (CB).

Il Proponente ha commissionato la presente Relazione Geologica, di Caratterizzazione Geotecnica e di Compatibilità Sismica allo scrivente geol. Vittorio Emanuele Iervolino, iscritto all'Ordine dei Geologi della Regione Campania con n° 2392.

La presente Relazione Tecnica si basa sulle seguenti indagini realizzate in sito il 10/12/2022:

- **Prova penetrometrica DPSH, spinta fino a 8m di profondità dal p.c.**
- **Prova sismica MASW**

oltre che a sopralluoghi e rilievi effettuati in loco e alla presa visione della seguente bibliografia tecnica:

Topografia

- Carta Topografia IGM 1:25.000 – Foglio 155 III NO (1957);
- Carta Tecnica Regionale 1: 10.000 (2012-2013);
- Modello Digitale del Terreno Tintaly - INGV (2012).

Geologia ed Idrogeologia

- Carta Geologica d'Italia 1:100.000 Foglio 155 "S. Severo" (1969);
- Carta Idrogeologica dell'Italia Meridionale 1:250.000 dell'Agenzia per la Protezione dell'Ambiente e per i Servizi Tecnici e il Dipartimento di Geofisica e Vulcanologia dell'Università di Napoli Federico II (2007);

Dissesto Idrogeologico

- Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.) – Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Meridionale – UoM Saccione;
- Inventario Fenomeni Franosi in Italia - Progetto IFFI (ISPRA, Inventario Fenomeni Franosi, 2007);

Sismicità

- Mappa di Pericolosità Sismica del Territorio Nazionale;
- Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani CPTI v4.0 dal 1000 al 2020 – (2022);
- Catalogo delle Sorgenti Sismogenetiche Italiane (DISS) (INGV, Database of Individual Seismogenic Sources, 2015);

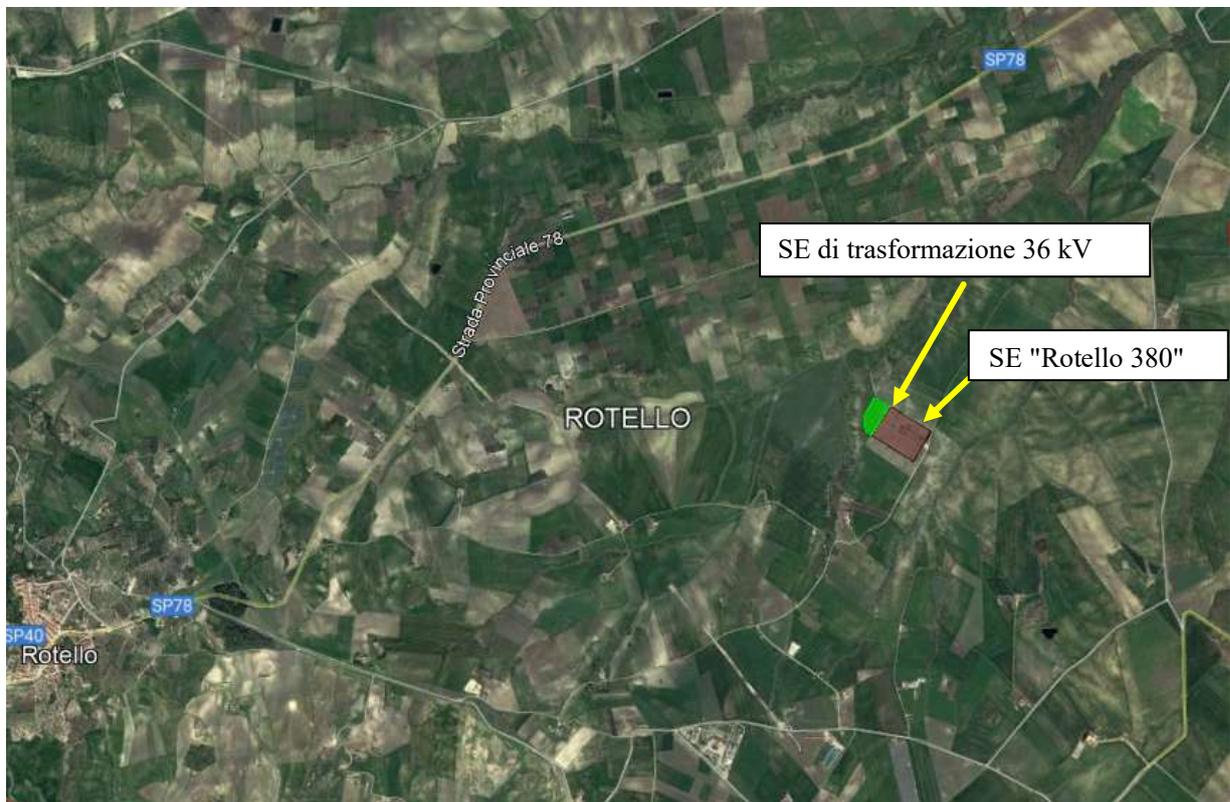
Questo lavoro segue la normativa vigente regionale e nazionale in materia di geologia e geotecnica (NTC2018), di dissesto idrogeologico (Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico dell'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Meridionale – UoM Saccione) e sismica (Pericolosità Sismica – INGV 2004-2006 / Catalogo delle Sorgenti Sismogenetiche Italiane – INGV 2015).

2 Inquadramento Territoriale e Geomorfologia

Il Progetto prevede la realizzazione di una nuova Stazione Elettrica di produzione 36 kV, da collegare in antenna a 36 kV alla Stazione Elettrica di Trasformazione (SE) 380/150 kV della Rete di Trasmissione Nazionale (TRN) "Rotello", nel territorio comunale di Rotello (CB), al fine di immettere l'energia prodotta dal Parco Fotovoltaico da 60 MW di produzione elettrica, integrato da un sistema di accumulo da 20 MW della Società Star Molise srl, sito nel Comune di San Giuliano di Puglia.

L'impianto in progettazione prevede la realizzazione di un edificio quadri 36 kV con dimensioni in pianta 71.30*14.40 m (superficie di circa 1030 mq) ed altezza complessiva fuori terra di 9.5 m e di chioschi per le apparecchiature elettriche realizzati in prefabbricato con pannellature coibentate con dimensioni 2.40*4.8 m (superficie di circa 11.5 mq ciascuno). Le fondazioni delle varie apparecchiature saranno realizzate in conglomerato cementizio armato.

Sono previsti movimenti di terra limitati allo scotico superficiale per eliminare il terreno vegetale e al modesto livellamento e, per la realizzazione delle opere, scavi a sezione obbligata con rinterro; mentre per la raccolta e lo smaltimento delle acque meteoriche sarà realizzato un sistema di drenaggio superficiale che convoglierà la totalità delle acque raccolte in vasche di prima pioggia per essere successivamente conferite ad un corpo ricettore compatibile con la normativa in materia di tutela delle acque.



Il sito di intervento ricade a circa 5 km ad est dell'abitato di Rotello, in adiacenza come detto alla RTN di Rotello esistente, come mostrato nella foto seguente derivata da ripresa drone, in località Piano della Fontana e ad una quota mediamente di 180 m s.l.m.m..



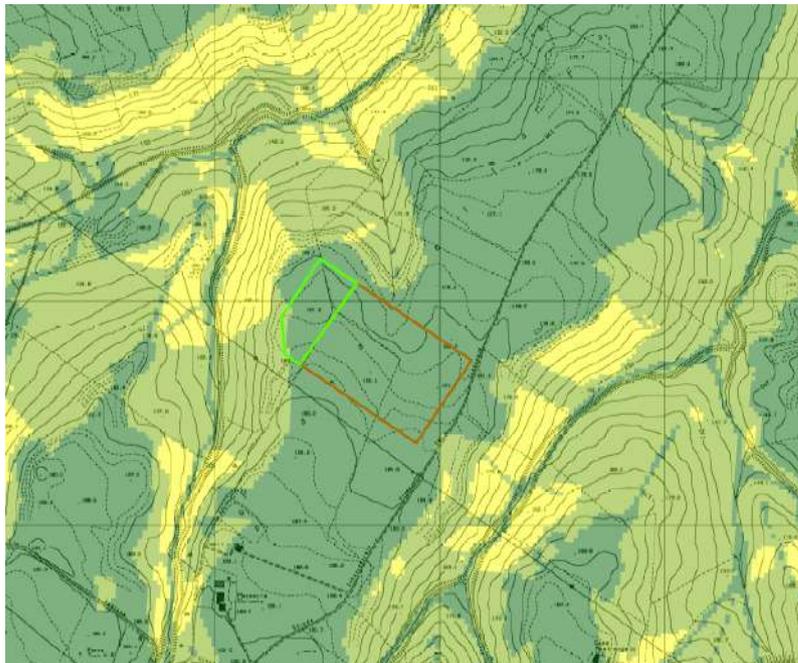
L'aspetto orografico dell'area in studio è rappresentato da basse colline, a morfologia mammellonare. Difatti, i profili trasversali e longitudinali dei rilievi collinari presentano andamento leggermente ondulato. Questa irregolarità topografica, tipica delle zone in cui affiorano depositi a componente prevalentemente argillosa e limo-argillosa e caratterizzati da una certa plasticità, si manifesta attraverso ampie svasature, numerose depressioni e rigonfiamenti, piccole scarpate che interrompono, talora, la continuità dei profili longitudinali.

Alla sommità di tali rilievi, si identificano delle superfici sub-pianeggianti allungate all'incirca con direzione SO-NE e debolmente immergenti verso nord e nord-est in cui possono rinvenirsi in affioramento depositi conglomeratici. Si tratta di relitti di antiche superfici terrazzate di origine alluvionale la cui messa in posto è da ricondurre alle variazioni glacio-eustatiche del livello del mare avvenute nel Pleistocene.

I rilievi collinari si presentano fortemente incisi, da un reticolo idrografico ben sviluppato ed a carattere dendritico. Difatti, la natura litologica dei terreni a prevalente componente fine che impedisce un rapido assorbimento delle acque meteoriche da parte del suolo, favorisce lo scorrimento superficiale delle stesse sui versanti e si instaura una circolazione idrica torrentizia e un reticolato idrografico molto ramificato con conseguente incisione dei pendii.

Come si evince dalla Carta delle Acclività (riportata in stralcio nella figura seguente), le acclività risultano in generale estremamente modeste, inferiori a 5° nelle aree terrazzate sommitali ove è per altro ubicata la SE in progetto. I pendii che fiancheggiano le incisioni torrentizie possono talora raggiungere acclività leggermente maggiori, in ogni caso non

superiori ai 15°, come si riscontra lungo i pendii del Torrente Mannara che scorre a nord-Ovest del sito di ubicazione della SE in progetto.

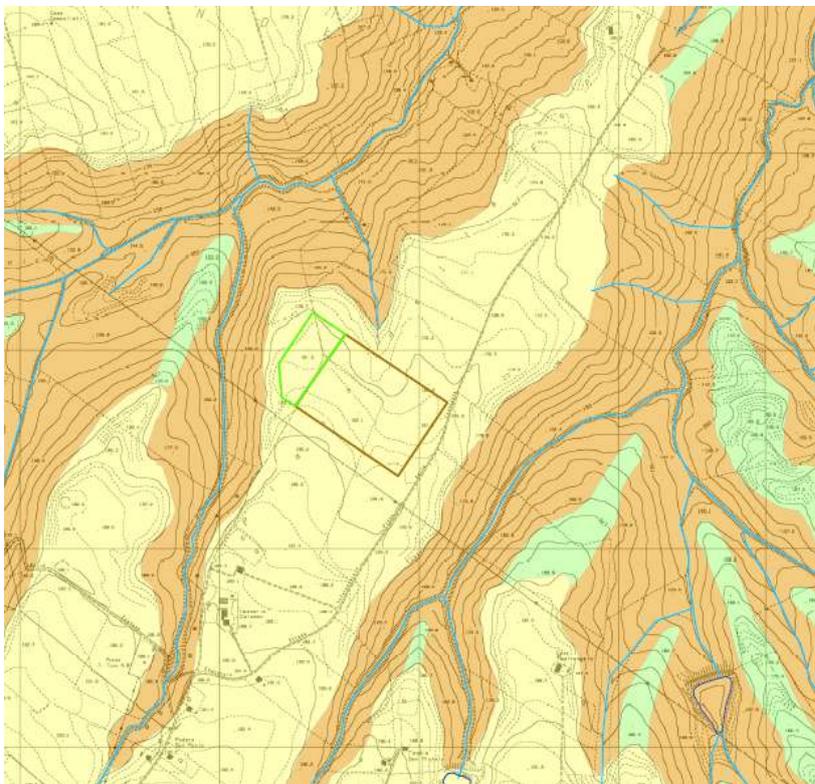
**Legenda**

- SE di trasformazione 36 kV
- SE "Rotello 380"

Acclività (°)

- 0 - 5
- 5 - 10
- 10 - 18
- 18 - 30
- 30 - 50

Nella Carta geomorfologica prodotta – in stralcio nella pagina che segue – sono stati cartografati i principali elementi morfologici che caratterizzano l'area in studio. Si rimanda all'allegato cartografico per una visione particolareggiata di tutti gli elementi morfologici cartografati.

**Legenda**

- SE di trasformazione 36 kV
- SE "Rotello 380"
- Relitto di terrazzo fluviale antico
- Rilievo collinare ad acclività medio bassa fortemente inciso
- Crinale o superficie sommitale a debole pendenza
- Incisione torrentizia
- Vasca e/o Stagno



3 Geologia

L'area in oggetto si colloca nella porzione più esterna della catena dell'Appennino Centro-Meridionale passante verso est all'Avampaese Adriatico.

L'attuale configurazione di questo settore dell'Italia centro-meridionale è il risultato della evoluzione paleogeografica e dei notevoli sconvolgimenti tettonici conseguenti all'orogenesi appenninica (Mio-Pleistocene), che hanno generato un sistema di scaglie tettoniche embricate costituite dalle unità stratigrafico-strutturali formatesi dai domini paleogeografici mesozoici (Unità della Piattaforma carbonatica laziale-abruzzese, Unità del Bacino molisano e Unità della Piattaforma Apula) che arrivano ad accavallarsi, con vergenza adriatica, sul margine sepolto dell'avampaese.

In particolare, l'area in esame ricade nella fascia di sovrapposizione tra i depositi del Bacino Molisano e quelli dell'Avanfossa adriatica.

Il Bacino Molisano corrisponde ad un ambiente di sedimentazione di mare aperto e relativamente profondo antistante la zona di scarpata (Paleogene-Miocene superiore), colmato da depositi torbiditici, le cosiddette "formazioni flyscioidi". Si tratta di flysch calcareo-marnosi, arenaceo-marnosi e marnoso-argillosi (costituenti, ad esempio, le dorsali dei M. Frentani e quelle di Trivento-Lucito) ed Argille Varicolori (affioranti ad esempio nell'alto bacino del Fiume Trigno e nell'alto e medio bacino del Fiume Biferno, o anche in aree limitate limitrofe alla costa adriatica).

Spostandosi verso Est, ovvero verso le zone esterne della Catena, si rinvencono i depositi dell'Avanfossa adriatica, corrispondente ad una profonda depressione allungata in senso NW-SE e caratterizzata da una notevole subsidenza (a partire dal Pliocene).

Nella Fossa si sono sedimentati materiali a prevalente costituzione argilloso-sabbiosa (come ad esempio le Argille grigio-azzurre del Plio-Pleistocene affioranti lungo fascia compresa tra Montenero-Guglionesi-Ururi ed il mare).

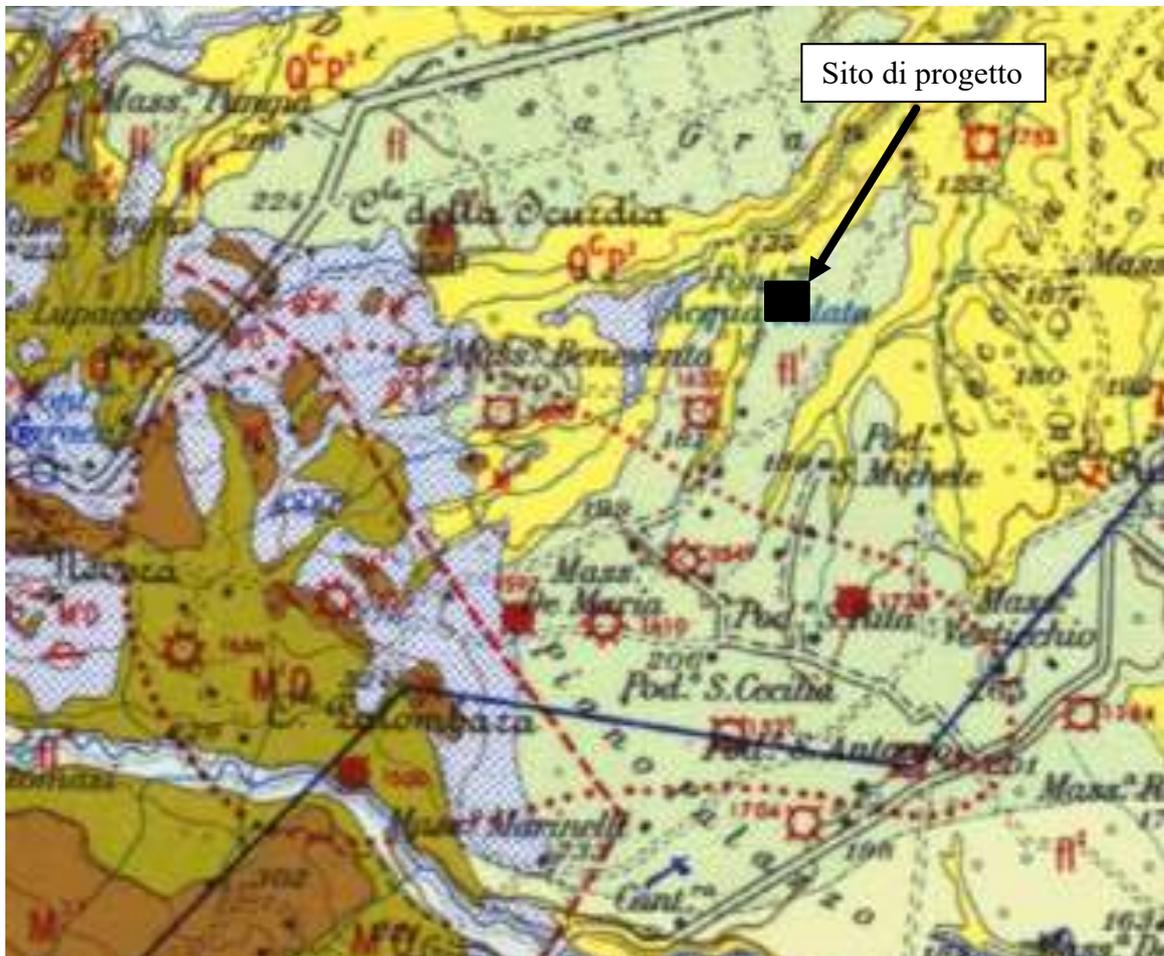
A partire dal Quaternario, il progressivo ritiro del mare ha favorito la deposizione di sedimenti di ambiente continentale, tra i quali depositi alluvionali antichi e recenti (riscontrabili principalmente lungo i bordi dei Fiumi Trigno, Biferno, Cigno, Fortore e Saccione e dei loro affluenti), depositi dunali e materiali di frana, mobilizzati da movimenti di versante antichi e recenti.

Più nel dettaglio e facendo riferimento alla Carta Geologica d'Italia in scala 1:100.000, Foglio 155 "S. Severo", in stralcio nella figura che segue, l'area estesa ad un intorno significativo è caratterizzata dalla seguente successione geologica (procedendo stratigraficamente dall'alto verso il basso):

- **dt.** Detrito di falda e frana (olocene);
- **fl².** Coperture fluviali (e lacustri) del II ordine di terrazzi: ghiaie più o meno cementate, sabbie, argille sabbiose, spesso ricoperte da "terre nere" al alto tenore humico (paleosuolo forestale) (Pleistocene);
- **fl¹.** Coperture fluvio-lacustri dei pianalti e del I ordine di terrazzi: ghiaie più o meno cementate, livelli lentiformi travertinosi con impronte di piante e di gasteropodi,

argille sabbiose, sabbie, calcari pulverulenti bianchi ricoperti in generale da "terre nere" al alto tenore humico (paleosuolo forestale) (Pleistocene);

- **Q^cP²**. Argille di Montesecco costituite da argille marnose, siltoso-sabbiose, grigio-azzurre, con abbondanti fossili (Calabriano - Pleistocene medio);
- **M³⁻⁴**. Formazione della Daunia costituita superiormente da calcari organogeni binchi litoidi, con intercalazioni di calcari bianchi pulverulenti e calcareniti compatte o fogliettate; nella parte media marne calcaree con lenti di selce bruna alternati con argille siltose e talora tripoli a radiolari; nella parte inferiore arenarie quarzose con intercalazioni di calcareniti alternati a marne argillose (Serravalliano, Langhiano, Aquitiano?);
- **M¹O**. Argilliti varicolori costituite da un complesso idifferenziato di arenarie con intercalazioni di calcareniti e argille verdi, alternanze di argilliti varicolori con strati di diaspri, di calcari e concrezioni manganesifere (Miocene inferiore - Oligocene).



Più nello specifico, la stratigrafia dell'area di impianto della Stazione Elettrica è stata definita sulla base di sopralluoghi e rilievi di campo integrati con le risultanze emerse dalle indagini in sito e mediante la consultazione di numerose fonti bibliografiche.

Dalla osservazione delle pareti di scavi realizzati nell'immediato intorno dell'area di interesse (foto seguente), è stato possibile descrivere i primi metri della successione

stratigrafica. Essa è costituita dall'alto verso il basso da uno spessore variabile, per lo più decimetrico, di *suolo vegetale* areato e ricco in elementi vegetali (frustoli, resti di radici), granulometricamente riconducibile alla sabbia e sabbia limosa con immersi ciottoli e ghiaie di varia pezzatura.

Al di sotto dello spessore superficiale di suolo, si rinvencono *depositi alluvionali antichi terrazzati*, connessi all'attività deposizionale dei Fiumi Saccione e Fortore e dei loro affluenti minori.

Tale unità è costituita da conglomerati scarsamente cementati con clasti arrotondati, eterogenei ed eterometrici, di diametro massimo di 35-40 cm in matrice da scarsa ad abbondante per lo più medio-grossolana. L'origine deposizionale di tale materiali, probabilmente connessa a più fasi di accumulo ed erosione, conferisce al deposito una certa variabilità latero-verticale dei singoli eventi deposizionali e pertanto possono talora rinvenirsi all'interno del deposito croste travertinose, straterelli di calcare bianco pulverulento e sottili intercalazioni sabbiose ed argillose.

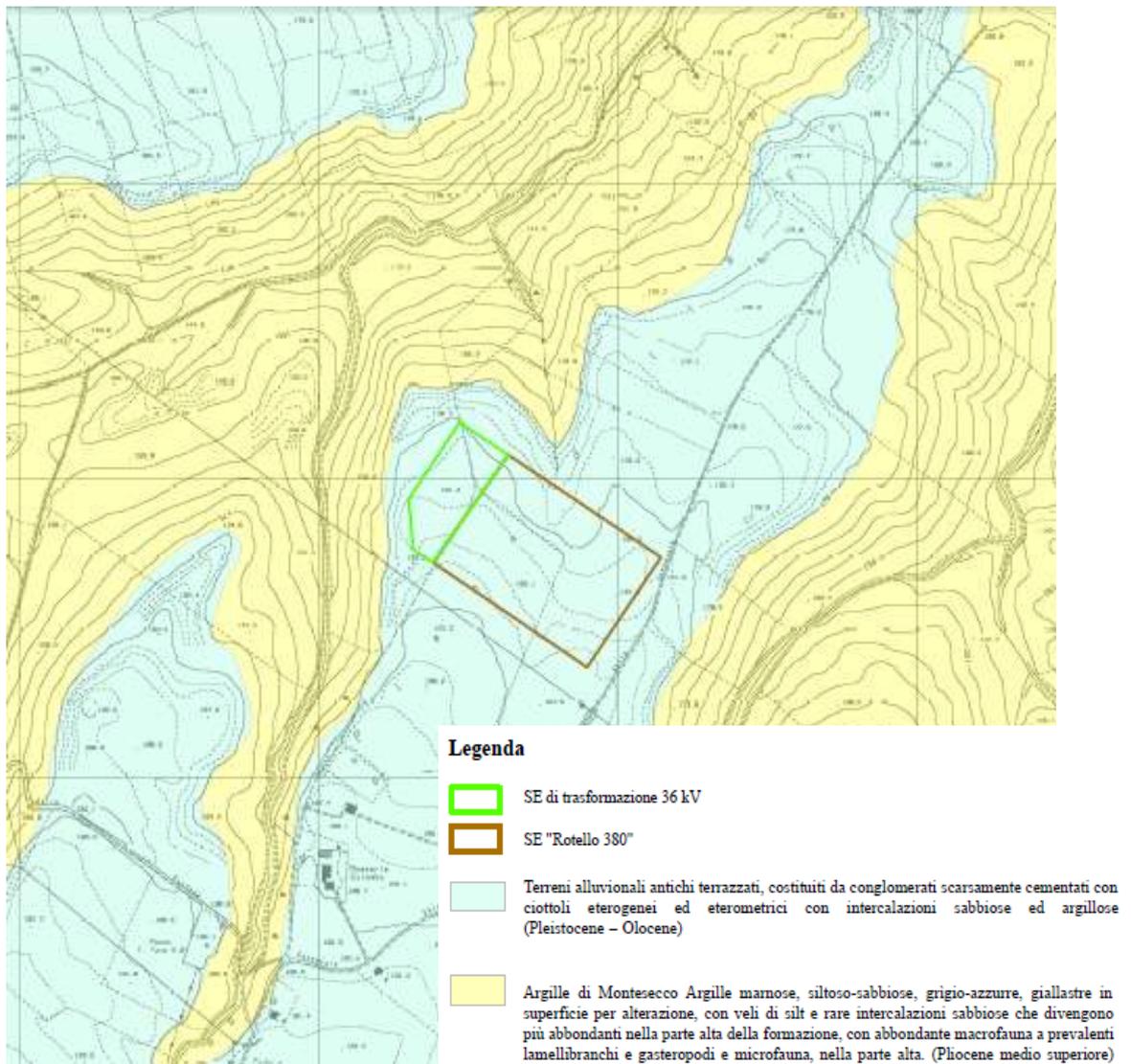
Tale orizzonte presenta nella porzione più superficiale una fascia di alterazione con spessore di circa 30 cm e uno spessore, valutato in corrispondenza dell'affioramento analizzato, di circa 2 m.



Alla base della locale successione stratigrafica affiorante, si rileva la formazione delle Argille di Montesecco, rinvenibile in affioramento in corrispondenza delle incisioni torrentizie dove l'azione erosiva delle acque incanalate ha asportato i depositi di copertura. Si tratta di depositi di genesi marina e composta di argille marnose e silto-sabbiose di colore grigio-azzurro, con abbondante macrofauna, con prevalenza di lamellibranchi e gasteropodi, e/o microfauna. Superficialmente possono presentarsi di colore giallastro per alterazione meteorica, con patine siltose e rare intercalazioni sabbiose che diventano più frequenti nel top della formazione, passando gradualmente alle sovrastanti formazioni. Lo spessore complessivo di tale formazione è difficilmente

valutabile in quanto il letto non è affiorante e per la rara presenza di un tetto netto, in ogni caso dati di perforazione profonda consentono di stimare la potenza complessiva della formazione nell'ordine di 500 m, nella zona fra Serracapriola e S. Paolo di Civitate.

Nella figura che segue nella prossima pagina, si riporta uno stralcio della carta geolitologica prodotta, a cui si rimanda per maggiori dettagli, nella quale sono rappresentati i depositi affioranti nell'area di interesse così come sopra descritti.



4 Geotecnica

Per la caratterizzazione geotecnica dei terreni di fondazione è stata realizzata una prova penetrometrica DPSH il 10/12/2022, scesa fino a 8,40m di profondità dal piano campagna.



Nella pagina che segue elaborazioni della prova con il software specialistico Geostru Dynamic Probing, per maggiori dettagli si rimanda ai report allegati.

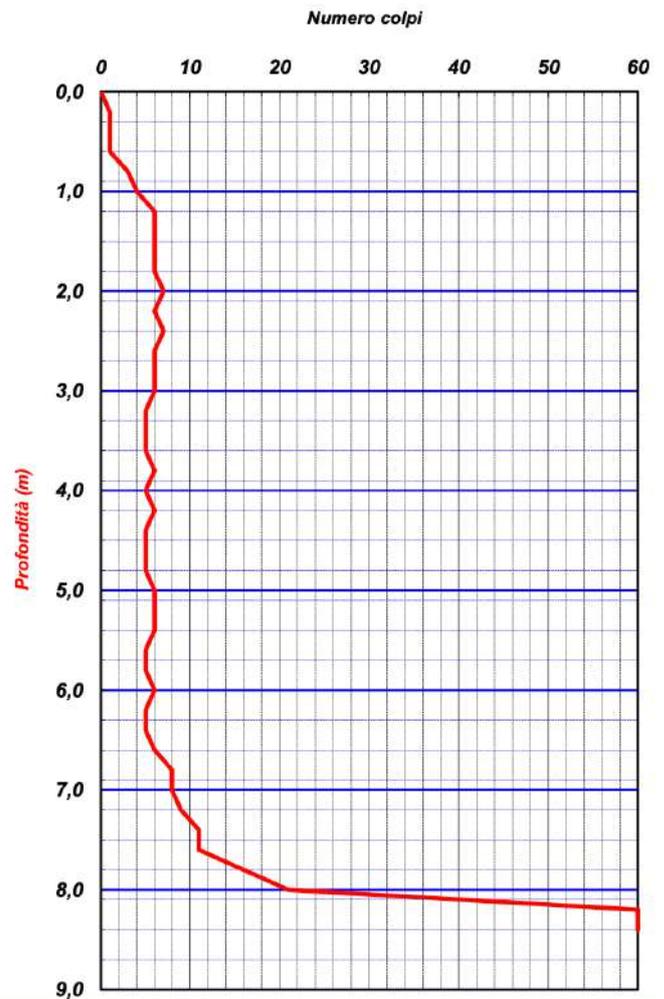


Indagini geognostiche e geofisiche – Consolidamenti – pali – micropali
 Via Aldo Moro, 2 - 81050 Pastorano (CE) - tel - fax 0823/879116 ; cell. 338/1534202
 E-Mail: igeo2004@virgilio.it – P.Iva : 01956710618
 ISO 9001:2015 QMS-05065959-19
 Attestazione SOA n. 5797/66/02 OS 20-B Class. I - Indagini Geognostiche
 valida fino al 21/01/2024 rilasciata da IMPRESOA SpA

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA PESANTE DPSH

| | | | | | |
|----------------------------|--|---------------------------|---------------------|----------------|------------|
| COMMITTENTE: | Star Molise s.r.l. | | | N° Certificato | 1430/22 |
| OGGETTO: | Progettazione definitiva per la connessione alla Rete di Trasmissione Nazionale (RTN) di una futura centrale elettrica di produzione 36 kV, di proprietà della STAR MOLISE S.r.l., da collegare in antenna a 36 kV al futuro ampliamento della Stazione Elettrica di Trasformazione (SE) 380/150 kV della RTN, in Rotello (CB) | | | Sigla Prova | DPSH 1 |
| LOCALITA': | Stazione Elettrica Terna, Contrada Cantalupo - Rotello (CB) | | | Data emissione | 10/12/2022 |
| MODELLO SONDA: TG63-200 KN | PESO ASTE: 6,5 Kg | APERTURA DELLA PUNTA: 90° | | Pagina | 1/1 |
| COORDINATE UTM33-WGS84: | Lat.: 41°45'32,8" N | | Long.: 15°4'10,7" E | | |
| DATA ESECUZIONE PROVA: | 10/12/2022 | campioni indisturbato (m) | | | |

| Prof. | num. Colpi |
|-------|------------|-------|------------|-------|------------|-------|------------|
| 0,00 | 0 | 8,20 | 60 | | | | |
| 0,20 | 1 | 8,40 | 60 | | | | |
| 0,40 | 1 | | | | | | |
| 0,60 | 1 | | | | | | |
| 0,80 | 3 | | | | | | |
| 1,00 | 4 | | | | | | |
| 1,20 | 6 | | | | | | |
| 1,40 | 6 | | | | | | |
| 1,60 | 6 | | | | | | |
| 1,80 | 6 | | | | | | |
| 2,00 | 7 | | | | | | |
| 2,20 | 6 | | | | | | |
| 2,40 | 7 | | | | | | |
| 2,60 | 6 | | | | | | |
| 2,80 | 6 | | | | | | |
| 3,00 | 6 | | | | | | |
| 3,20 | 5 | | | | | | |
| 3,40 | 5 | | | | | | |
| 3,60 | 5 | | | | | | |
| 3,80 | 6 | | | | | | |
| 4,00 | 5 | | | | | | |
| 4,20 | 6 | | | | | | |
| 4,40 | 5 | | | | | | |
| 4,60 | 5 | | | | | | |
| 4,80 | 5 | | | | | | |
| 5,00 | 6 | | | | | | |
| 5,20 | 6 | | | | | | |
| 5,40 | 6 | | | | | | |
| 5,60 | 5 | | | | | | |
| 5,80 | 5 | | | | | | |
| 6,00 | 6 | | | | | | |
| 6,20 | 5 | | | | | | |
| 6,40 | 5 | | | | | | |
| 6,60 | 6 | | | | | | |
| 6,80 | 8 | | | | | | |
| 7,00 | 8 | | | | | | |
| 7,20 | 9 | | | | | | |
| 7,40 | 11 | | | | | | |
| 7,60 | 11 | | | | | | |
| 7,80 | 16 | | | | | | |
| 8,00 | 21 | | | | | | |



LEGENDA

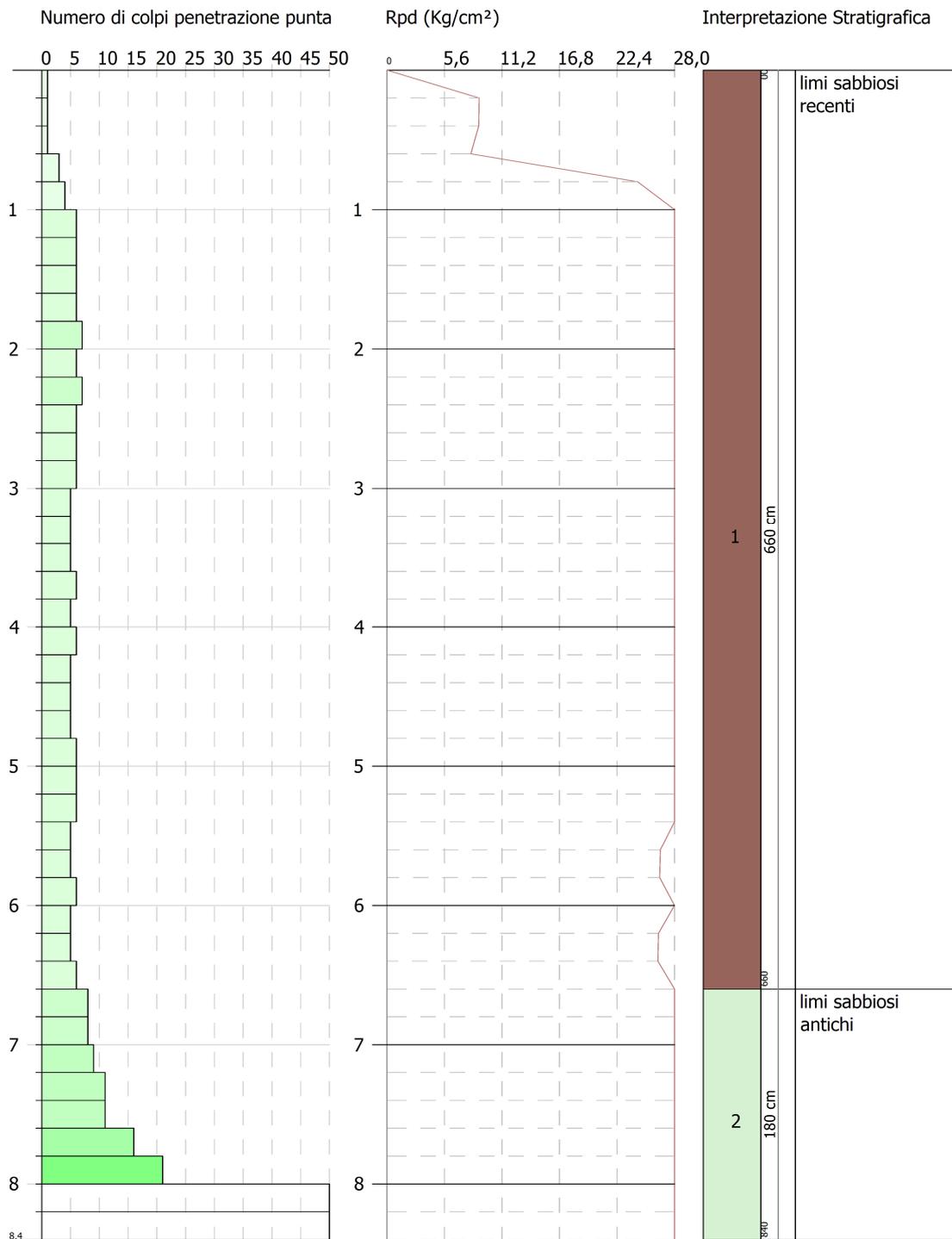
Prof. = profondità dal piano campagna (m)
 num. colpi. = numero di colpi

Il direttore tecnico
 Dott. Geol. Giuseppe D'Onofrio & C.
 Via Aldo Moro, 2 - PASTORANO (CE)
 Part.Iva E Cod. Fisc. 01056710618



Nella figura che segue schematizzazione semplificata dei terreni di fondazione. La prova è andata a rifiuto a circa 8m, molto probabilmente per la presenza di qualche ciottolo/masso troppo grosso per essere rotto dalla sonda penetrometrica.

Sostanzialmente, come chiaramente indicato nel capitolo sulla caratterizzazione geologica, siamo in presenza di depositi alluvionali: conglomerati di varie dimensioni in abbondante matrice fine di limi e sabbie più o meno grossolane.





| Prof. Strato (m) | NPD M | Rd (Kg/cm ²) | Tipo | Clay Fraction (%) | Peso unita' di volume (t/m ³) | Peso unita' di volume saturo (t/m ³) | Tensione efficace (Kg/cm ²) | Coeff. di correlaz. con Nspt | NSPT | Descrizione |
|------------------|-------|--------------------------|------------|-------------------|---|--|---|------------------------------|-------|-------------|
| 6,6 | 5,12 | 41,2 | Incoerente | 0 | 1,64 | 1,9 | 0,54 | 1,47 | 7,53 | 1 |
| 8,4 | 22,67 | 140,09 | Incoerente | 0 | 2,16 | 2,06 | 1,28 | 1,47 | 33,32 | 2 |

TERRENI INCOERENTI

Densita' relativa

| | NSPT | Prof. Strato (m) | Gibbs & Holtz 1957 | Meyerhof 1957 | Schultze & Menzenbach (1961) | Skempton 1986 |
|-----|-------|------------------|--------------------|---------------|------------------------------|---------------|
| [1] | 7,53 | 6,60 | 25,16 | 51,72 | 52,77 | 27,27 |
| [2] | 33,32 | 8,40 | 47,22 | 86,22 | 85,79 | 66,7 |

Angolo di resistenza al taglio

| | NSPT | Prof. Strato | Nspt corretto | Peck-Hanson | Meyerhof f (1956) | Sowers (1961) | Malcev (1964) | Meyerhof f (1965) | Schmertmann | Mitchell & Kati | Shioi-Fukuni | Japanese National | De Mello | Owasaki & |
|-----|-------|--------------|---------------|-------------|-------------------|---------------|---------------|-------------------|-------------|-----------------|--------------|-------------------|----------|-----------|
| [1] | 7,53 | 6,60 | 7,53 | 29,15 | 22,15 | 30,11 | 29,6 | 32,71 | 0 | <30 | 25,63 | 29,26 | 24,6 | 27,27 |
| [2] | 33,32 | 8,40 | 33,32 | 36,52 | 29,52 | 37,33 | 30,15 | 40,36 | 40,07 | 32-35 | 37,36 | 37 | 27,44 | 40,81 |

Modulo di Young (Kg/cm²)

| | NSPT | Prof. Strato (m) | Nspt corretto per presenza falda | Terzaghi | Schmertmann (1978) (Sabbie) | Schultze - Menzenbach (Sabbia ghiaiosa) | D'Appollonia ed altri 1970 (Sabbia) | Bowles (1982) Sabbia Media |
|-----|-------|------------------|----------------------------------|----------|-----------------------------|---|-------------------------------------|----------------------------|
| [1] | 7,53 | 6,60 | 7,53 | --- | 60,24 | --- | --- | --- |
| [2] | 33,32 | 8,40 | 33,32 | 412,02 | 266,56 | 393,88 | 429,90 | 241,60 |

Modulo Edometrico (Kg/cm²)

| | NSPT | Prof. Strato (m) | Nspt corretto per presenza falda | Buisman-Sanglerat (sabbie) | Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia) | Farrent 1963 | Menzenbach e Malcev (Sabbia media) |
|-----|-------|------------------|----------------------------------|----------------------------|-----------------------------------|--------------|------------------------------------|
| [1] | 7,53 | 6,60 | 7,53 | --- | 42,93 | 53,46 | 71,58 |
| [2] | 33,32 | 8,40 | 33,32 | 199,92 | 95,90 | 236,57 | 186,61 |



Classificazione AGI

| | NSPT | Prof. Strato (m) | Nspt corretto per presenza falda | Correlazione | Classificazione e AGI |
|-----|-------|------------------|----------------------------------|-------------------------|-----------------------|
| [1] | 7,53 | 6,60 | 7,53 | Classificazione e A.G.I | POCO ADDENSATO |
| [2] | 33,32 | 8,40 | 33,32 | Classificazione e A.G.I | ADDENSATO |

Peso unita' di volume

| | NSPT | Prof. Strato (m) | Nspt corretto per presenza falda | Correlazione | Peso Unità' di Volume (t/m ³) |
|-----|-------|------------------|----------------------------------|--------------------|---|
| [1] | 7,53 | 6,60 | 7,53 | Terzaghi-Peck 1948 | 1,45 |
| [2] | 33,32 | 8,40 | 33,32 | Terzaghi-Peck 1948 | 1,73 |

Peso unita' di volume saturo

| | NSPT | Prof. Strato (m) | Nspt corretto per presenza falda | Correlazione | Peso Unità' di Volume Saturo (t/m ³) |
|-----|-------|------------------|----------------------------------|--------------------|--|
| [1] | 7,53 | 6,60 | 7,53 | Terzaghi-Peck 1948 | 1,90 |
| [2] | 33,32 | 8,40 | 33,32 | Terzaghi-Peck 1948 | 2,07 |

Modulo di Poisson

| | NSPT | Prof. Strato (m) | Nspt corretto per presenza falda | Correlazione | Poisson |
|-----|-------|------------------|----------------------------------|--------------|---------|
| [1] | 7,53 | 6,60 | 7,53 | (A.G.I.) | 0,34 |
| [2] | 33,32 | 8,40 | 33,32 | (A.G.I.) | 0,29 |

Modulo di deformazione a taglio dinamico (Kg/cm²)

| | NSPT | Prof. Strato (m) | Nspt corretto per presenza falda | Ohsaki (Sabbie pulite) | Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982) |
|-----|-------|------------------|----------------------------------|------------------------|--|
| [1] | 7,53 | 6,60 | 7,53 | 433,61 | 429,17 |
| [2] | 33,32 | 8,40 | 33,32 | 1754,91 | 1064,84 |



5 Idrogeologia

L'idrogeologia dell'area è influenzata dalle caratteristiche dei terreni che la costituiscono, caratterizzati da estrema variabilità litologica e granulometrica.

Prendendo a riferimento la Carta idrogeologica "Appennino Meridionale e Gargano" della Carta Idrogeologica dell'Italia Meridionale Carta Idrogeologica 1:250.000 dell'Agenzia per la Protezione dell'Ambiente e per i Servizi Tecnici e il Dipartimento di Geofisica e Vulcanologia dell'Università di Napoli Federico II (2007), nell'intorno della zona di studio sono stati riconosciuti i seguenti complessi idrogeologici:

- ✓ *Complesso alluvionale*
- ✓ *Complesso argilloso*

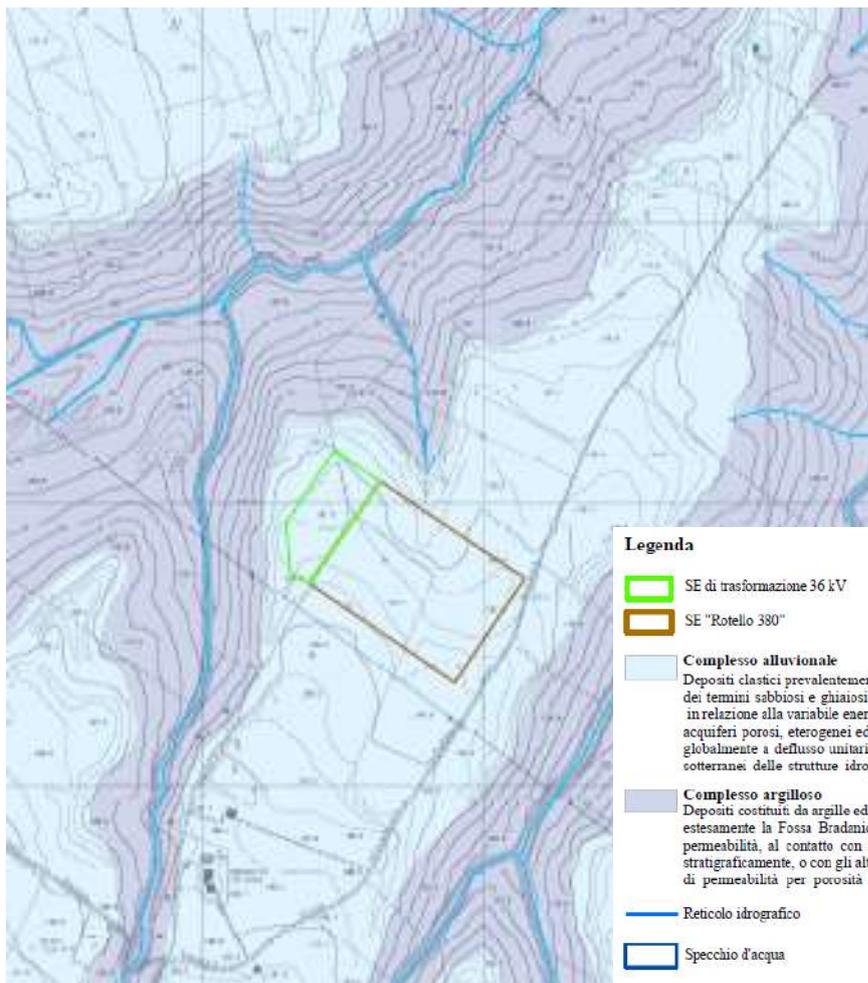
Il *Complesso alluvionale* è costituito da depositi clastici prevalentemente incoerenti costituiti da tutte le frazioni granulometriche, ma con prevalenza dei termini ghiaiosi e sabbiosi. Differenti granulometrie possono ritrovarsi in giustapposizione laterale e verticale, in relazione alla variabile energia del trasporto idraulico che ne ha determinato la deposizione. Costituiscono acquiferi porosi, eterogenei ed anisotropi; sono sede di falde idriche sotterranee, localmente autonome ma globalmente a deflusso unitario, che possono avere interscambi con i corpi idrici superficiali e/o con quelli sotterranei delle strutture idrogeologiche limitrofe. Permeabilità per porosità di grado da scarso a medio strettamente connesso con la variabilità granulometrica dei depositi.

Il *Complesso argilloso* è costituito da argille ed argille siltose e sabbiose marine ascrivibili alla trasgressione che ha interessato estesamente la Fossa Bradanica, tra il Pliocene superiore e il Pleistocene inferiore. Costituiscono limiti di permeabilità, al contatto con i depositi del complesso sabbioso-conglomeratico, al quale sono sottoposti stratigraficamente, o con gli altri acquiferi ai quali essi sono giustapposti verticalmente e/o lateralmente. Tipo di permeabilità per porosità e di grado impermeabili.

Per quanto suddetto, gli acquiferi più importanti sono presenti in corrispondenza dei complessi alluvionali prevalentemente conglomeratici, dove la circolazione idrica sotterranea, che si sviluppa essenzialmente in corrispondenza dei livelli relativamente più permeabili, tra i quali si può instaurare una comunicazione generando una circolazione per falde sovrapposte.

Falde di modeste dimensioni e a carattere marcatamente stagionale possono impostarsi nelle coltri superficiali di alterazione e nelle coperture detritiche. In corrispondenza di eventi meteorici di particolare intensità, tali materiali possono raggiungere la saturazione in quanto le acque di infiltrazione trovano un limite di permeabilità rappresentato dal basamento argilloso e come conseguenza generare delle falde sospese effimere.

Nella figura della pagina che segue si riporta uno stralcio della Carta idrogeologica allegata alla presente relazione tecnica, con rappresentazione dei complessi idrogeologici identificati.





6 Dissesto Idrogeologico

Il rischio idrogeologico è dovuto a particolari aspetti geologici e geomorfologici legati all'instabilità dei versanti o di corsi d'acqua, in seguito a particolari condizioni ambientali, meteorologiche e climatiche.

Il Piano di Assetto Idrogeologico (PAI) è finalizzato al miglioramento delle condizioni del regime idraulico e della stabilità geomorfologica necessario a ridurre i livelli di pericolosità e a consentire uno sviluppo sostenibile del territorio, nel rispetto degli assetti naturali, della loro tendenza evolutiva e delle potenzialità d'uso. Esso è finalizzato al raggiungimento della migliore relazione di compatibilità tra la naturale dinamica idrogeomorfologica di bacino e le aspettative di utilizzo del territorio, nel rispetto della tutela ambientale, della sicurezza delle popolazioni, degli insediamenti e delle infrastrutture.

Il *Piano di Bacino Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI)* dell'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Meridionale, riferito ai territori dell'ex Autorità di Bacino dei Fiumi Trigno, Biferno e Minori, Saccione e Fortore è stato approvato dal Comitato Tecnico nel dicembre 2004 ed adottato con Deliberazione del Comitato Istituzionale n. 99 del 29 settembre 2006.

L'area in esame, come detto precedentemente, ricade all'interno del Bacino Idrografico del Fiume Saccione ovvero dalla UoM Saccione.

Il Piano, sulla base delle conoscenze acquisite e dei principi generali contenuti nella normativa vigente, suddivide il territorio a diverso grado di pericolosità da frana e da alluvionamento.

6.1 Pericolosità da Frana e da valanga

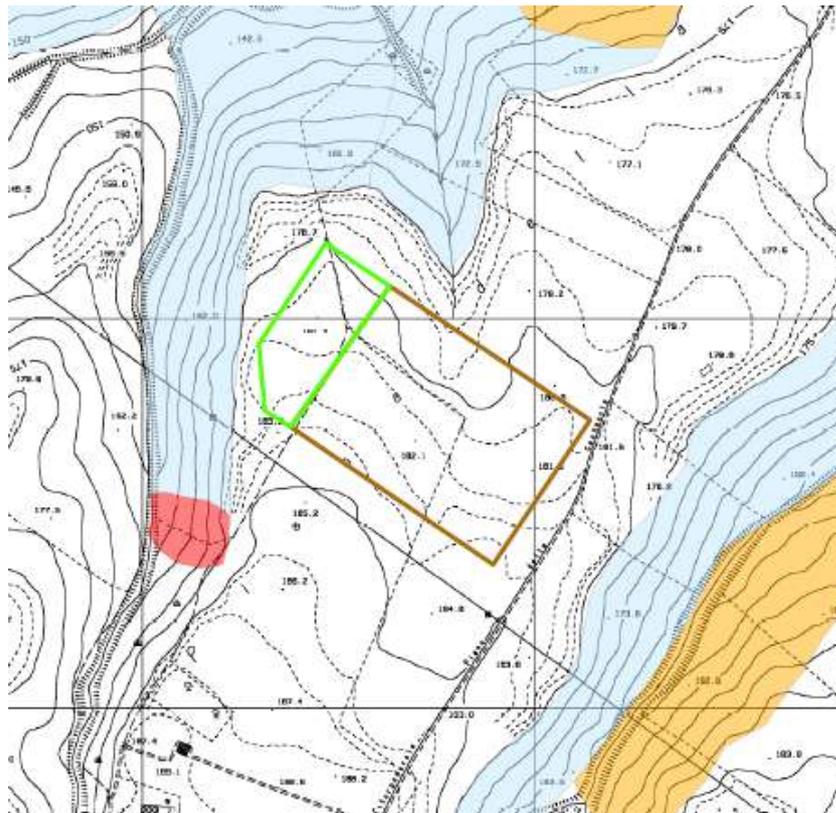
L'eterogeneità litologica dell'area del bacino idrografico di riferimento condiziona l'evoluzione del paesaggio dando forme morfologiche differenti e producendo diverse tipologie di frana, il cui rischio geomorfologico connesso è stato analizzato nell'ambito del PAI. Tale studio ha comportato l'acquisizione di informazioni sui dissesti attraverso la consultazione di diverse fonti bibliografiche e l'analisi storica della franosità del bacino, oltre che una perimetrazione degli eventi franosi basata su rilievi diretti in campo, pervenendo ad un inventario di oltre 3000 dissesti censiti, codificati e perimetrati nell'ambito del Piano.

La *Carta della pericolosità da frana e da valanga* rappresenta l'elaborato di sintesi della suddetta analisi, utile ai fini pianificatori in quanto descrive, in termini squisitamente probabilistici, la vocazione di un territorio al dissesto per frana. Pertanto, il PAI ha proceduto alla individuazione di quelle porzioni di territorio che per caratteristiche geologico-strutturali e le condizioni meteo-climatiche, è fortemente soggetto alla pericolosità geomorfologica per frana. Tali territori sono stati classificati secondo le seguenti classi:



- **Pf1 - PERTCOLOSTTÀ MODERATA:** appartengono a tale classe le aree a moderata pericolosità per frana, valutabile come tale sulla base dei caratteri fisici (litologia e caratteristiche geotecniche dei terreni, struttura e giacitura dei corpi geologici, processi di degradazione meteorica, dinamica geomorfologica in atto, etc.), vegetazionali e di uso del suolo, prive, al momento, di indicazioni morfologiche di fenomeni superficiali e/o profondi che possano riferirsi a movimenti gravitativi veri e propri. Appartengono a tale classe le aree di probabile evoluzione spaziale dei fenomeni censiti con stato di attività quiescente. Appartengono a tale classe di pericolosità tutti i fenomeni che non hanno alcuna possibilità di riattivarsi per effetto delle cause naturali originali (frane stabilizzate naturalmente).
- **Pf2 - PERTCOLOSTTÀ ELEVATA:** appartengono a tale classe le aree con elevata pericolosità da frana evidenziate dalla presenza di elementi distintivi del carattere di quiescenza e da indicatori geomorfologici diretti quali la presenza di corpi di frana preesistenti e di segni precursori di fenomeni gravitativi (ondulazioni, contropendenze, fratture di trazione, aperture anomale nei giunti di discontinuità, rigonfiamenti, etc.). Appartengono a tale classe le aree di probabile evoluzione spaziale dei fenomeni censiti con stato attivo. Rientrano in tale classe anche fenomeni di dissesto superficiali (soliflussi e/o deformazioni viscosi dei suoli per i quali è scontata l'attività continua nel tempo o, al più, il carattere stagionale) censite come frane s.s. anche se tali non possono considerarsi (Canuti & Esu, 1995; Cruden, 1991) e le frane sulle quali sono stati realizzati interventi di consolidamento (frane stabilizzate artificialmente). Appartengono a tale classe, inoltre, gli areali che, sulla base dei caratteri fisici (litologia e caratteristiche geotecniche dei terreni, struttura e giacitura dei corpi geologici, processi di degradazione meteorica, dinamica geomorfologica in atto, etc.), vegetazionali e di uso del suolo sono privi, al momento, di indicazioni morfologiche di fenomeni franosi superficiali e/o profondi ma che potrebbero evolvere attraverso fenomenologie di frana a cinematica rapida (crolli, ribaltamenti, debris flow). Tale ultima indicazione assume carattere cautelativo, volto a scongiurare l'insorgere di nuove condizioni di rischio e a mitigare quelle già esistenti.
- **Pf3 - PERTCOLOSTTÀ ESTREMAMENTE ELEVATA:** appartengono a tale classe le aree a pericolosità da frana estremamente elevata in cui sono presenti movimenti di massa attivi, con cinematismi e caratteri evolutivi che mirano o meno all'estensione areale del fenomeno (frane attive). Rientrano in tale classe anche le deformazioni gravitative profonde di versante (DGPV).

Nel caso specifico, il sito di intervento non ricade in area a pericolosità da frana, trovandosi a circa 25 m dall'area più prossima perimetrata a pericolosità moderata Pf1, come si evince dalla figura seguente.

**Legenda**

SE di trasformazione 36 kV

SE "Rotello 380"

Classi di pericolosità da frana

Pericolosità moderata

Pericolosità elevata

Pericolosità estremamente elevata

6.2 Pericolosità Idraulica

L'area in esame ricade all'interno del bacino del Saccione, caratterizzato dalla omonima asta principale, dai suoi affluenti minori.

Le caratteristiche litologiche prevalentemente fini e pertanto poco permeabili dei terreni caratterizzanti l'area in esame ed il suo sottosuolo, condizionano l'infiltrazione delle acque meteoriche favorendo lo sviluppo del reticolo idrografico esteso ed a carattere dendritico.

Per quanto riguarda la *Pericolosità Idraulica*, nell'ambito del PAI ha proceduto alla individuazione dei tratti del reticolo idraulico principale in cui la sezione idraulica non è sufficiente a smaltire la portata attesa, e quindi alla perimetrazione delle aree allagabili per diversi tempi di ritorno.

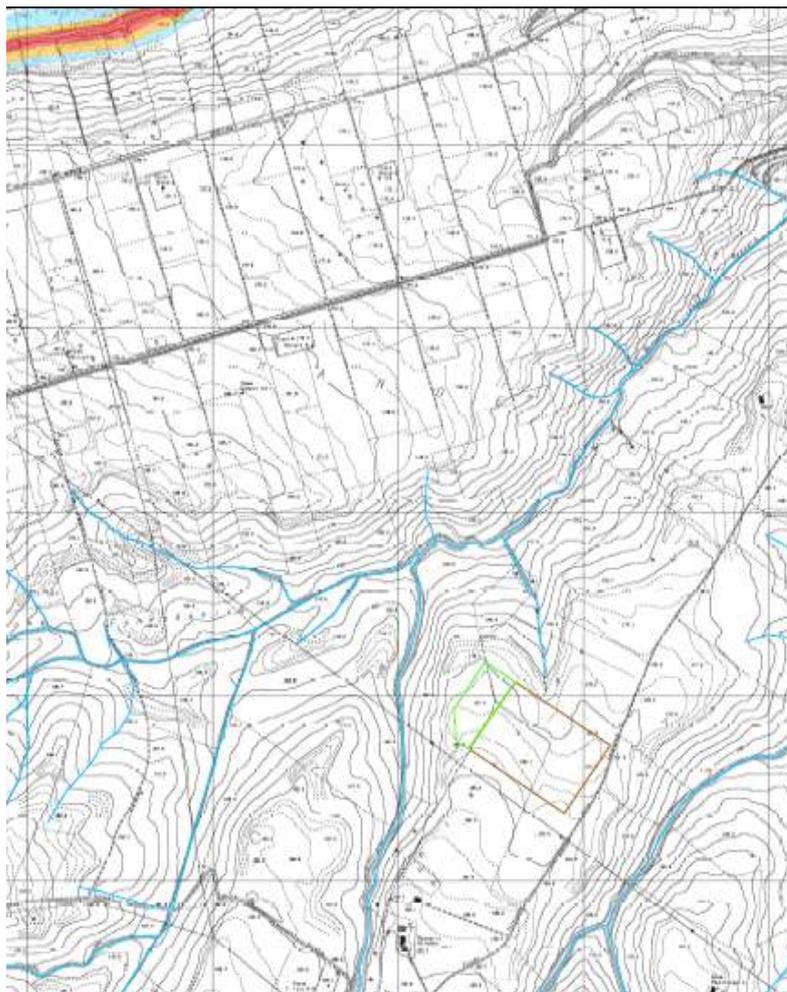
Il tracciamento delle aree inondabili è avvenuto sulla base dei livelli di piena stimati con la modellazione idrologica ed idraulica ha consentito di identificare le seguenti classi di pericolosità:

- **PII – AREE A PERICOLOSITÀ IDRAULICA BASSA:** comprende aree con tempo di ritorno dell'area inondabile, definito su base idraulica, compreso tra 200 anni e 500 anni e tipologia di aree, identificate su base geomorfologica, comprendenti alveo

attivo, aree golenale e alluvioni di fondovalle inserite nella dinamica fluviale di lungo periodo.

- **PI2 – AREE A PERICOLOSITÀ IDRAULICA MODERATA:** comprende aree con tempo di ritorno dell'area inondabile, definito su base idraulica, compreso tra 30 anni e 200 anni e tipologia di aree, identificate su base geomorfologica, comprendenti alveo attivo, aree golenale e alluvioni inserite nella dinamica fluviale di medio periodo.
- **PI3 - AREE A PERICOLOSITÀ IDRAULICA ELEVATA:** comprende aree con tempo di ritorno dell'area inondabile, definito su base idraulica, inferiore a 30 anni e tipologia di aree, identificate su base geomorfologica, comprendenti alveo attivo, aree golenale e alluvioni inserite nella dinamica fluviale di breve periodo.

Nel caso specifico, il sito di intervento è prossimo ad una modesta asta torrentizia, che scorre ad ovest dell'area in esame con direzione circa sud-nord, confluyente nel Torrente Mannara. Si tratta di una incisione a carattere stagionale, che come si evince dalla cartografia tematica prodotta nell'ambito del PAI, non risulta cartografata a pericolosità idraulica.



6.3 Compatibilità Geologica

Nel capitolo precedente sono state analizzate le interferenze delle opere da realizzare con le aree classificate a Pericolosità da Frana e a Pericolosità Idraulica del A.d.B. Distrettuale dell'Appennino Meridionale - UoM Saccione.

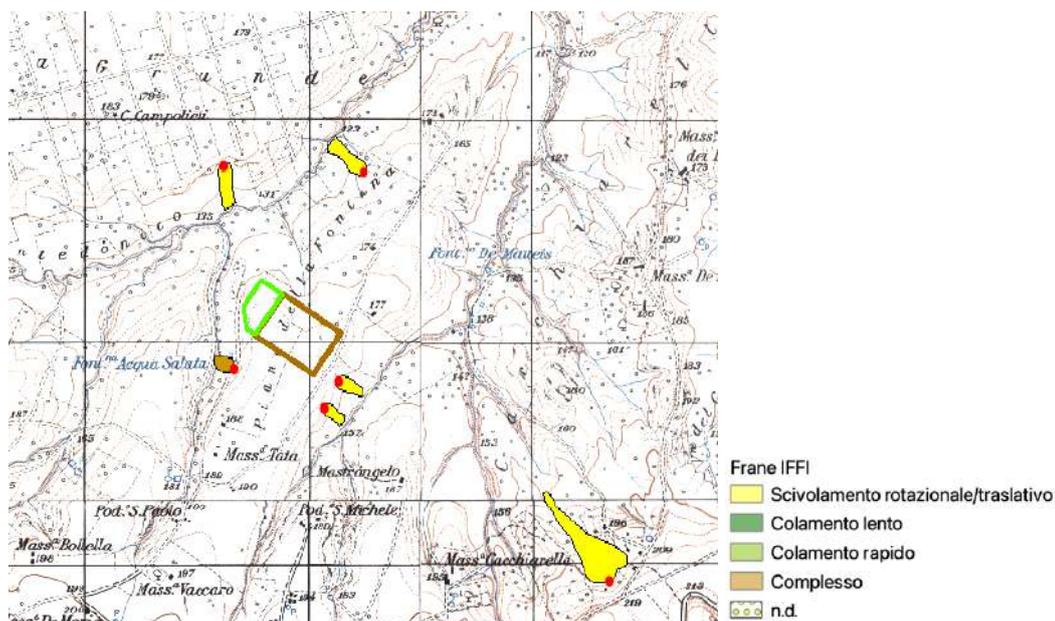
Come già descritto nel capitolo precedente, l'area in esame non rientra, o è prossima, a zone perimetrate a pericolosità idraulica, come si evince dalla cartografia del PAI dell'ex Autorità di Bacino dei Fiumi Trigno, Biferno e Minori, Saccione e Fortore allegata alla presente relazione. Pertanto, resta definita la piena compatibilità delle opere da realizzare

Per quanto concerne la franosità, il sito di intervento è ubicato su una superficie sub-pianeggiante riconducibile ad un relitto di terrazzo alluvionale antico, a quota media 180 m slmm con acclività <math><5^\circ</math> e pertanto non soggetta ad instabilità di versante. Essa è delimitata a nord e ovest da pendii relativamente più acclivi (acclività <math><15^\circ</math>), per i quali i rilievi effettuati non hanno evidenziato ad oggi criticità in atto o potenziali.

Ai sensi della cartografia annessa al PAI dell'ex Autorità di Bacino dei Fiumi Trigno, Biferno e Minori, Saccione e Fortore allegata alla presente relazione, l'area non rientra in zone cartografate a pericolosità da frana, ricadendo a circa 25 m di distanza dall'area a pericolosità da frana Pfl più vicina.

Prendendo invece a riferimento l'inventario fenomeni in Italia (Progetto IFFI), realizzato dall'ISPRA per fornire un quadro dettagliato sulla distribuzione dei fenomeni franosi sul territorio italiano, per la sola Regione Molise sono state censite 22.527 frane, in massima parte colamenti lenti, fenomeni complessi e scivolamenti in netta correlazione alle caratteristiche geolitologiche del territorio. Anche in questo caso, non viene individuato alcun fenomeno franoso prossimo al sito di progetto, come chiaramente indicato nello stralcio cartografico che segue.

Per quanto suddetto può definirsi la piena compatibilità delle opere da realizzare.





7 Compatibilità Sismica

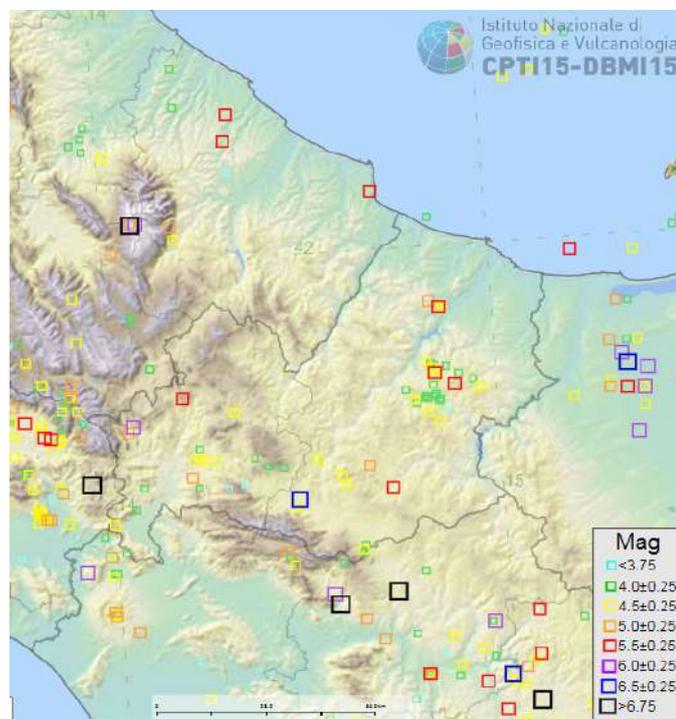
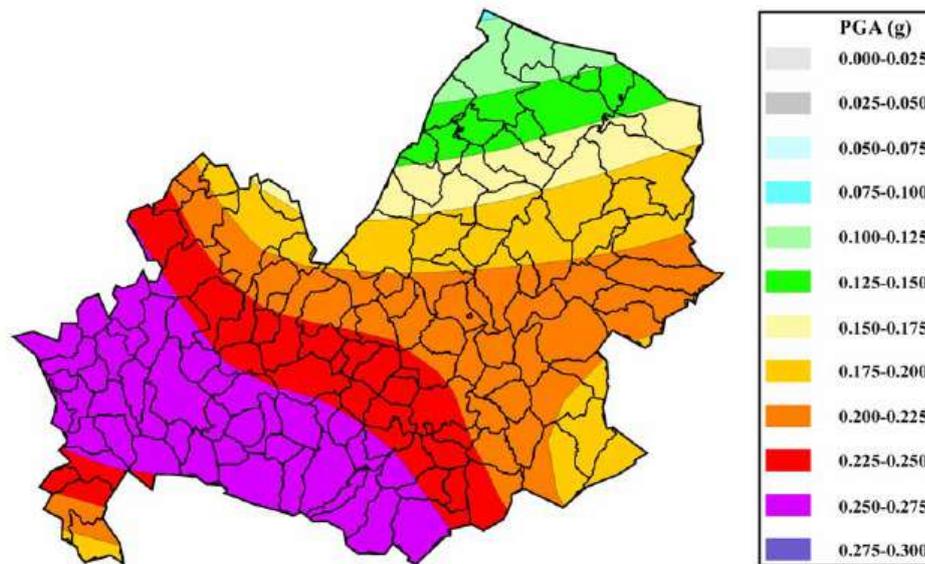
7.1 Sismicità Storica

Prendendo a riferimento il Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani CPTI v4.0 dal 1000 al 2020 – (Rovida A., Locati M., Camassi R., Lolli B., Gasperini P., Antonucci A. -2022. Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani (CPTI15), versione 4.0. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV). <https://doi.org/10.13127/CPTI/CPTI15.4>; Rovida A., Locati M., Camassi R., Lolli B., Gasperini P. (2020). The Italian earthquake catalogue CPTI15. Bulletin of Earthquake Engineering, 18(7), 2953-2984. <https://doi.org/10.1007/s10518-020-00818-y>) è possibile elencare nella tabella seguente i terremoti storici segnalati per il comune di Rotello.

| Effetti | In occasione del terremoto del | | | | | | | | | | |
|---------|--------------------------------|------|----|----|----|----|------------------|------------------------|------|-----|------|
| Int. | Anno | Me | Gi | Ho | Mi | Se | Area epicentrale | NMDP | Io | Mw | |
| 5 | 🔗 | 1980 | 11 | 23 | 18 | 34 | 5 | Irpinia-Basilicata | 1394 | 10 | 6.81 |
| 6 | 🔗 | 1962 | 08 | 21 | 18 | 19 | | Irpinia | 562 | 9 | 6.15 |
| 4 | 🔗 | 1984 | 05 | 07 | 17 | 50 | | Monti della Meta | 911 | 8 | 5.86 |
| 3 | 🔗 | 1990 | 05 | 05 | 07 | 21 | 2 | Potentino | 1375 | | 5.77 |
| 6 | 🔗 | 2002 | 10 | 31 | 10 | 32 | 5 | Molise | 51 | 7-8 | 5.74 |
| 3 | 🔗 | 1995 | 09 | 30 | 10 | 14 | 3 | Gargano | 145 | 6 | 5.15 |
| NF | 🔗 | 1991 | 05 | 26 | 12 | 25 | 5 | Potentino | 597 | 7 | 5.08 |
| NF | 🔗 | 1956 | 09 | 22 | 03 | 19 | 3 | Gargano | 57 | 6 | 4.64 |
| 4 | 🔗 | 2006 | 05 | 29 | 02 | 20 | 0 | Gargano | 384 | | 4.64 |
| 5-6 | 🔗 | 2002 | 11 | 12 | 09 | 27 | 4 | Molise | 174 | 5-6 | 4.57 |
| 4 | 🔗 | 2003 | 12 | 30 | 05 | 31 | 3 | Molise | 326 | 4-5 | 4.53 |
| NF | 🔗 | 1997 | 03 | 19 | 23 | 10 | 5 | Sannio-Matese | 284 | 6 | 4.52 |
| 3-4 | 🔗 | 2006 | 12 | 10 | 11 | 03 | 4 | Adriatico centrale | 54 | | 4.48 |
| 4-5 | 🔗 | 2003 | 06 | 01 | 15 | 45 | 1 | Molise | 501 | 5 | 4.44 |
| 4-5 | 🔗 | 1996 | 11 | 10 | 23 | 23 | 1 | Tavoliere delle Puglie | 55 | 5-6 | 4.35 |
| 3 | 🔗 | 1989 | 03 | 11 | 21 | 05 | | Gargano | 61 | 5 | 4.34 |
| NF | 🔗 | 2006 | 10 | 04 | 17 | 34 | 2 | Adriatico centrale | 98 | 4-5 | 4.30 |
| 3-4 | 🔗 | 2001 | 07 | 02 | 10 | 04 | 4 | Tavoliere delle Puglie | 60 | 5 | 4.26 |
| 3-4 | 🔗 | 2003 | 01 | 27 | 04 | 03 | 4 | Molise | 60 | 5 | 3.84 |
| 3-4 | 🔗 | 2005 | 03 | 01 | 05 | 41 | 3 | Molise | 136 | 4 | 3.68 |
| 3-4 | 🔗 | 2003 | 04 | 28 | 20 | 12 | 3 | Molise | 33 | 4-5 | 3.64 |

7.2 Sorgenti Sismiche di Progetto

La Regione Molise ricade in un'area caratterizzata da sismicità significativa, che in passato ha rilasciato terremoti di elevata magnitudo. Come si evince anche dalla mappa di pericolosità sismica regionale di seguito riportata, la sismicità strumentale evidenzia una maggiore attività nell'area di catena rispetto alla fascia costiera adriatica: basta semplicemente geolocalizzare tutti gli eventi sismici raccolti nel CPTI per evidenziare come questi terremoti vanno a disporsi in massima parte lungo la catena appenninica.



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

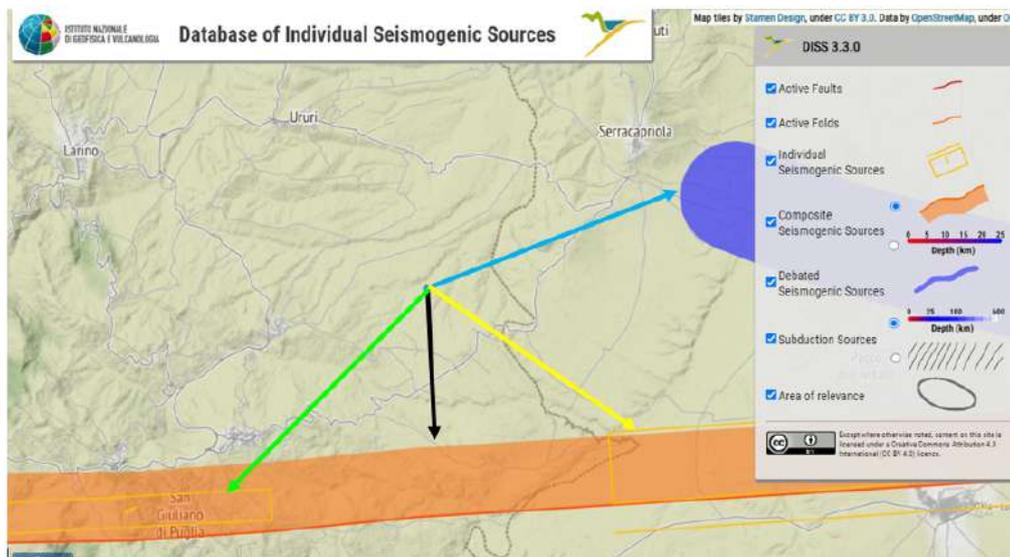
7.2.1 Progetto DISS

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

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

L'area in esame dista dalle sorgenti sismogenetiche più prossime circa:

- 25 km da Ripabottoni – San Severo, sorgente sismogenetica composita (in nero) – 7.1 Mw;
- 9 km da San Giuliano di Puglia, sorgente sismogenetica individuale (in verde) – 5.8 Mw
- 8 km da San Severo, sorgente sismogenetica individuale (in giallo) – 6.7 Mw
- 10 km da Apricena, sorgente, sismogenetica dubbia (in blu)

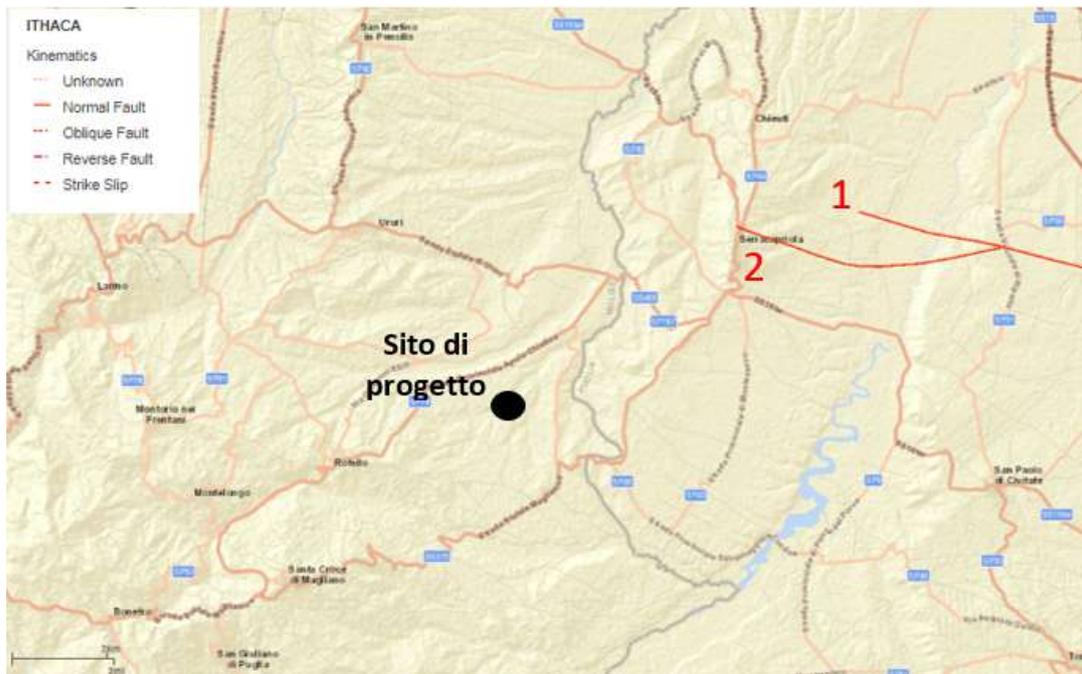


7.2.2 Progetto ITHACA

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

Nell'intorno dell'area di progetto è possibile evidenziare le seguenti faglie capaci:

- 1) Faglia Capace 44200 "Apricena"
Segmentation: Single - Direzione Media: 120°
- 2) Faglia Capace 44201 "Serracapriola"
Segmentation: Single - Direzione Media: 100°





7.3 Pericolosità Sismica di Base

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

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

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

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

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

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

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

7.3.1 Indagine sismica con metodologia MASW realizzata

Come detto, la pericolosità sismica di base di un'area di progetto viene espressa in funzione dell'accelerazione orizzontale massima a_g , nelle condizioni di sito di riferimento rigido orizzontale, con probabilità di superamento del 10% in 50 anni.

Le caratteristiche stratigrafiche e fisico-meccaniche del terreno attraversato dall'onda sismica possono però amplificare o ridurre localmente gli effetti del sisma sull'edificio.

Al fine di valutare gli effetti dell'amplificazione stratigrafica locale sul moto sismico, la normativa identifica, attraverso un approccio semplificato, cinque categorie di sottosuolo di riferimento (tabella 3.2.II, di cui al punto 3.2.2 Categorie di sottosuolo e condizioni topografiche, capitolo 3 Azioni sulle costruzioni del D.M. 17/01/2018), identificabili in base ai valori della velocità equivalente V_{Seq} di propagazione delle onde di taglio entro i primi metri di profondità.

| CATEGORIA | DESCRIZIONE |
|-----------|--|
| 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 spessori massimo pari a 3 metri. |
| B | Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fine molto consistenti , caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s. |
| C | Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine molto consistenti , con profondità del substrato superiori a 30 metri, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalenti compresi tra 180 m/s e 360 m/s. |
| D | Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fine scarsamente consistenti , con profondità del substrato superiori a 30 metri, 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 e D , con profondità del substrato non superiore a 30 m. |

Per la caratterizzazione sismica dell'area di progetto è stata realizzata una prova sismica con metodologia MASW il 10/12/2022 che ha restituito valori di $V_{seq} = 342\text{m/s}$ facendo rientrare i terreni di fondazione nella Categoria C.





Alla luce dell'indagine sismica realizzata in situ è possibile procedere ad una caratterizzazione sismica locale della zona di studio.

PERICOLOSITÀ SISMICA

Data: 10/12/2022

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

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

Tipo di interpolazione: Media ponderata

Coordinate geografiche del punto

Latitudine (WGS84): 41,7588615 [°]
Longitudine (WGS84): 15,0689716 [°]
Latitudine (ED50): 41,7598343 [°]
Longitudine (ED50): 15,0698376 [°]

Coordinate dei punti della maglia elementare del reticolo di riferimento che contiene il sito e valori della distanza rispetto al punto in esame

| Punto | ID | Latitudine (ED50) [°] | Longitudine (ED50) [°] | Distanza [m] |
|-------|-------|-----------------------------|------------------------------|-----------------|
| 1 | 28994 | 41,774670 | 15,032290 | 3523,92 |
| 2 | 28995 | 41,773750 | 15,099310 | 2892,86 |
| 3 | 29217 | 41,723760 | 15,098090 | 4646,08 |
| 4 | 29216 | 41,724680 | 15,031110 | 5060,19 |

Parametri di pericolosità sismica per TR diversi da quelli previsti nelle NTC, per i nodi della maglia elementare del reticolo di riferimento

Punto 1

| Stato limite | Tr [anni] | ag [g] | F0 [-] | Tc* [s] |
|--------------|--------------|-----------|-----------|------------|
| SLO | 30 | 0,056 | 2,444 | 0,286 |
| SLD | 50 | 0,075 | 2,455 | 0,302 |
| | 72 | 0,089 | 2,486 | 0,300 |
| | 101 | 0,105 | 2,497 | 0,315 |
| | 140 | 0,121 | 2,508 | 0,318 |
| | 201 | 0,142 | 2,505 | 0,325 |



| | | | | |
|-----|------|-------|-------|-------|
| SLV | 475 | 0,205 | 2,462 | 0,338 |
| SLC | 975 | 0,270 | 2,441 | 0,346 |
| | 2475 | 0,377 | 2,431 | 0,361 |

Punto 2

| Stato limite | Tr [anni] | ag [g] | F0 [-] | Tc* [s] |
|--------------|--------------|-----------|-----------|------------|
| SLO | 30 | 0,057 | 2,451 | 0,281 |
| SLD | 50 | 0,075 | 2,480 | 0,294 |
| | 72 | 0,090 | 2,489 | 0,299 |
| | 101 | 0,105 | 2,498 | 0,314 |
| | 140 | 0,121 | 2,508 | 0,317 |
| | 201 | 0,143 | 2,501 | 0,324 |
| SLV | 475 | 0,206 | 2,459 | 0,337 |
| SLC | 975 | 0,271 | 2,438 | 0,345 |
| | 2475 | 0,379 | 2,429 | 0,360 |

Punto 3

| Stato limite | Tr [anni] | ag [g] | F0 [-] | Tc* [s] |
|--------------|--------------|-----------|-----------|------------|
| SLO | 30 | 0,058 | 2,455 | 0,281 |
| SLD | 50 | 0,076 | 2,488 | 0,293 |
| | 72 | 0,092 | 2,486 | 0,299 |
| | 101 | 0,107 | 2,491 | 0,314 |
| | 140 | 0,124 | 2,503 | 0,319 |
| | 201 | 0,145 | 2,505 | 0,325 |
| SLV | 475 | 0,208 | 2,462 | 0,339 |
| SLC | 975 | 0,274 | 2,442 | 0,347 |
| | 2475 | 0,382 | 2,431 | 0,362 |

Punto 4

| Stato limite | Tr [anni] | ag [g] | F0 [-] | Tc* [s] |
|--------------|--------------|-----------|-----------|------------|
| SLO | 30 | 0,058 | 2,448 | 0,284 |
| SLD | 50 | 0,076 | 2,486 | 0,294 |
| | 72 | 0,092 | 2,484 | 0,300 |
| | 101 | 0,107 | 2,490 | 0,315 |
| | 140 | 0,124 | 2,503 | 0,320 |
| | 201 | 0,145 | 2,507 | 0,325 |
| SLV | 475 | 0,208 | 2,463 | 0,340 |
| SLC | 975 | 0,274 | 2,443 | 0,348 |
| | 2475 | 0,382 | 2,433 | 0,363 |

Punto d'indagine

| Stato limite | Tr [anni] | ag [g] | F0 [-] | Tc* [s] |
|--------------|--------------|-----------|-----------|------------|
| SLO | 30 | 0,057 | 2,449 | 0,283 |
| SLD | 50 | 0,075 | 2,476 | 0,296 |



| | | | | |
|-----|-----|-------|-------|-------|
| SLV | 475 | 0,206 | 2,461 | 0,338 |
| SLC | 975 | 0,272 | 2,441 | 0,346 |

PERICOLOSITÀ SISMICA DI SITO

Coefficiente di smorzamento viscoso ξ :

5 %

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

1,000

Categoria sottosuolo: C

Categoria topografica:

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

Muri di sostegno NTC 2008

| Coefficienti | SLO | SLD | SLV | SLC |
|--------------------------|-------|-------|-------|-------|
| kh | 0,015 | 0,020 | 0,090 | 0,110 |
| kv | 0,008 | 0,010 | 0,045 | 0,055 |
| amax [m/s ²] | 0,839 | 1,110 | 2,831 | 3,467 |
| Beta | 0,180 | 0,180 | 0,310 | 0,310 |

Paratie NTC 2008

Altezza paratia (H):

3,0 [m]

Spostamento ammissibile us:

0,015 [m]

| Coefficienti | SLO | SLD | SLV | SLC |
|--------------------------|-------|-------|-------|-------|
| kh | 0,056 | 0,074 | 0,188 | 0,230 |
| kv | -- | -- | -- | -- |
| amax [m/s ²] | 0,839 | 1,110 | 2,831 | 3,467 |
| Beta | 0,650 | 0,650 | 0,650 | 0,650 |

Stabilità di pendii e fondazioni

| Coefficienti | SLO | SLD | SLV | SLC |
|--------------------------|-------|-------|-------|-------|
| kh | 0,017 | 0,023 | 0,081 | 0,099 |
| kv | 0,009 | 0,011 | 0,040 | 0,050 |
| amax [m/s ²] | 0,839 | 1,110 | 2,831 | 3,467 |
| Beta | 0,200 | 0,200 | 0,280 | 0,280 |

Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali

| | cu | ag [g] | F0 [-] | Tc* [s] | Ss [-] | Cc [-] | St [-] | S [-] | η [-] | TB [s] | TC [s] | TD [s] | Se(0) [g] | Se(TB) [g] |
|----|-----|-----------|-----------|------------|-----------|-----------|-----------|----------|---------------|-----------|-----------|-----------|--------------|---------------|
| SL | 1,0 | 0,05 | 2,44 | 0,28 | 1,50 | 1,59 | 1,00 | 1,50 | 1,00 | 0,15 | 0,45 | 1,82 | 0,08 | 0,21 |
| O | | 7 | 9 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 8 | 6 | 0 |
| SL | 1,0 | 0,07 | 2,47 | 0,29 | 1,50 | 1,57 | 1,00 | 1,50 | 1,00 | 0,15 | 0,46 | 1,90 | 0,11 | 0,28 |
| D | | 5 | 6 | 6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 5 | 5 | 2 | 3 | 0 |
| SL | 1,0 | 0,20 | 2,46 | 0,33 | 1,40 | 1,50 | 1,00 | 1,40 | 1,00 | 0,16 | 0,50 | 2,42 | 0,28 | 0,71 |
| V | | 6 | 1 | 8 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 9 | 7 | 5 | 9 | 1 |
| SL | 1,0 | 0,27 | 2,44 | 0,34 | 1,30 | 1,49 | 1,00 | 1,30 | 1,00 | 0,17 | 0,51 | 2,68 | 0,35 | 0,86 |
| C | | 2 | 1 | 6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 6 | 8 | 4 | 3 |



Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti verticali

Coefficiente di smorzamento viscoso ξ : 5 %
Fattore di alterazione dello spettro elastico $\eta = [10/(5+\xi)]^{(1/2)}$: 1,000

| | cu | ag [g] | F0 [-] | Tc* [s] | Ss [-] | Cc [-] | St [-] | S [-] | η [-] | TB [s] | TC [s] | TD [s] | Se(0) [g] | Se(TB) [g] |
|---------|-----|-----------|-----------|------------|-----------|-----------|-----------|-----------|---------------|-----------|-----------|-----------|--------------|---------------|
| SL O | 1,0 | 0,05 7 | 2,44 9 | 0,28 3 | 1 | 1,59 0 | 1,00 0 | 1,00 0 | 1,00 0 | 0,05 0 | 0,15 0 | 1,00 0 | 0,01 8 | 0,04 5 |
| SL D | 1,0 | 0,07 5 | 2,47 6 | 0,29 6 | 1 | 1,57 0 | 1,00 0 | 1,00 0 | 1,00 0 | 0,05 0 | 0,15 0 | 1,00 0 | 0,02 8 | 0,06 9 |
| SL V | 1,0 | 0,20 6 | 2,46 1 | 0,33 8 | 1 | 1,50 0 | 1,00 0 | 1,00 0 | 1,00 0 | 0,05 0 | 0,15 0 | 1,00 0 | 0,12 6 | 0,31 1 |
| SL C | 1,0 | 0,27 2 | 2,44 1 | 0,34 6 | 1 | 1,49 0 | 1,00 0 | 1,00 0 | 1,00 0 | 0,05 0 | 0,15 0 | 1,00 0 | 0,19 1 | 0,46 7 |

Spettro di progetto

Fattore di struttura spettro orizzontale q: 1,50
Fattore di struttura spettro verticale q: 1,50
Periodo fondamentale T: 1,00 [s]

| | SLO | SLD | SLV | SLC |
|--|-------|-------|-------|-------|
| k _{hi} = S _{de} (T) Orizzontale [g] | 0,094 | 0,087 | 0,240 | 0,297 |
| k _v = S _{dve} (T) Verticale [g] | 0,007 | 0,007 | 0,031 | 0,047 |

| | cu | ag [g] | F0 [-] | Tc* [s] | Ss [-] | Cc [-] | St [-] | S [-] | q [-] | TB [s] | TC [s] | TD [s] | Sd(0) [g] | Sd(TB) [g] |
|--------------------------------|-----|-----------|-----------|------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|--------------|---------------|
| SL O oriz zont ale | 1,0 | 0,05 7 | 2,44 9 | 0,28 3 | 1,50 0 | 1,59 0 | 1,00 0 | 1,50 0 | 1,00 0 | 0,15 0 | 0,45 0 | 1,82 8 | 0,08 6 | 0,21 0 |
| SL O vert ical e | 1,0 | 0,05 7 | 2,44 9 | 0,28 3 | 1,50 0 | 1,59 0 | 1,00 0 | 1,00 0 | 1,00 0 | 0,05 0 | 0,15 0 | 1,00 0 | 0,01 8 | 0,04 5 |
| SL D | 1,0 | 0,07 5 | 2,47 6 | 0,29 6 | 1,50 0 | 1,57 0 | 1,00 0 | 1,50 0 | 1,50 0 | 0,15 5 | 0,46 5 | 1,90 2 | 0,11 3 | 0,18 7 |

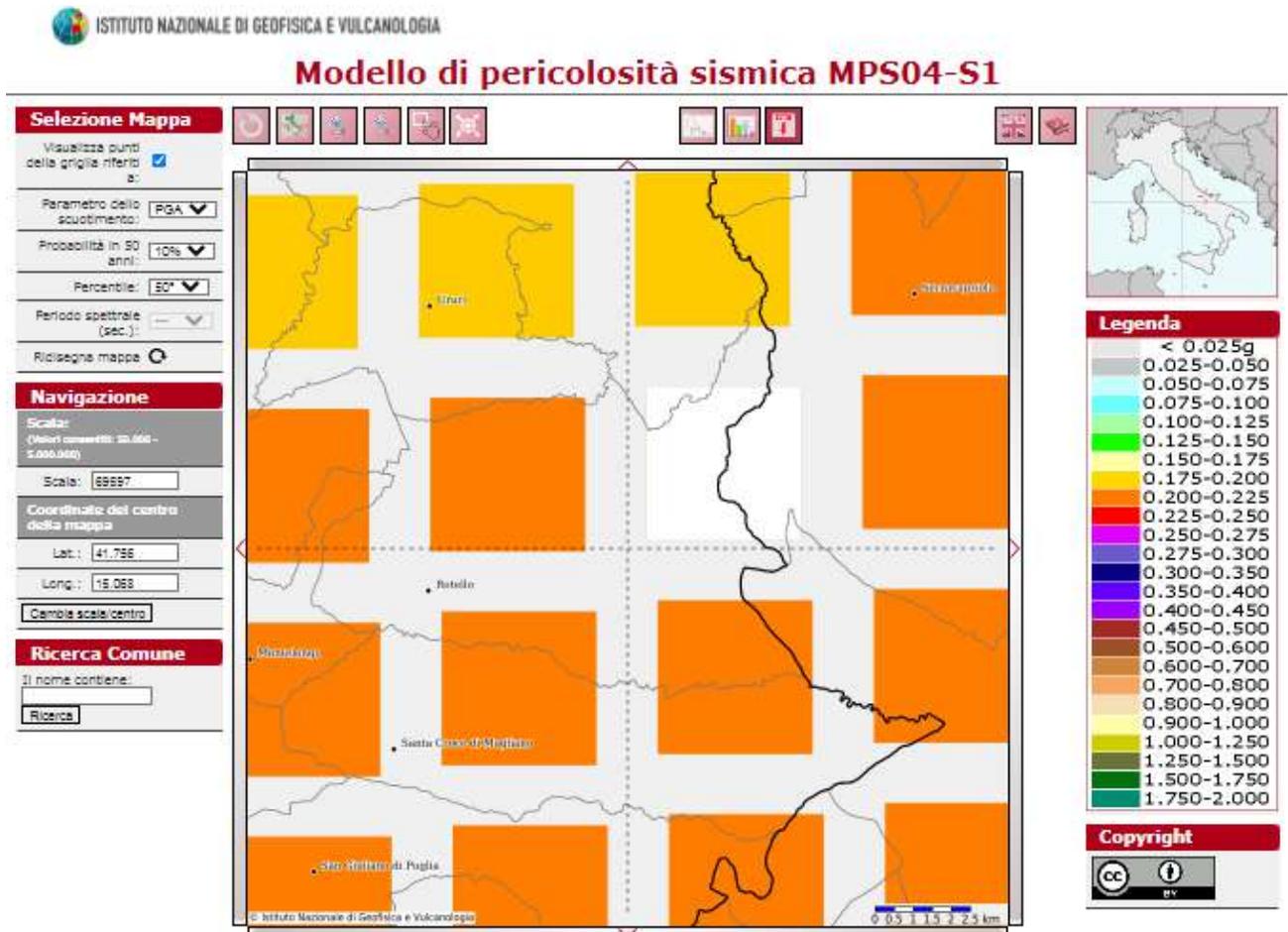


| | | | | | | | | | | | | | | |
|--------------------------------|-----|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| oriz zont ale | | | | | | | | | | | | | | |
| SL D vert ical e | 1,0 | 0,07 5 | 2,47 6 | 0,29 6 | 1,50 0 | 1,57 0 | 1,00 0 | 1,00 0 | 1,50 0 | 0,05 0 | 0,15 0 | 1,00 0 | 0,02 8 | 0,04 6 |
| SL V oriz zont ale | 1,0 | 0,20 6 | 2,46 1 | 0,33 8 | 1,40 0 | 1,50 0 | 1,00 0 | 1,40 0 | 1,50 0 | 0,16 9 | 0,50 7 | 2,42 5 | 0,28 9 | 0,47 4 |
| SL V vert ical e | 1,0 | 0,20 6 | 2,46 1 | 0,33 8 | 1,40 0 | 1,50 0 | 1,00 0 | 1,00 0 | 1,50 0 | 0,05 0 | 0,15 0 | 1,00 0 | 0,12 6 | 0,20 7 |
| SL C oriz zont ale | 1,0 | 0,27 2 | 2,44 1 | 0,34 6 | 1,30 0 | 1,49 0 | 1,00 0 | 1,30 0 | 1,50 0 | 0,17 2 | 0,51 6 | 2,68 8 | 0,35 4 | 0,57 5 |
| SL C vert ical e | 1,0 | 0,27 2 | 2,44 1 | 0,34 6 | 1,30 0 | 1,49 0 | 1,00 0 | 1,00 0 | 1,50 0 | 0,05 0 | 0,15 0 | 1,00 0 | 0,19 1 | 0,31 2 |

7.3.2 Pericolosità Sismica

Modello di pericolosità sismica del territorio nazionale MPS04-S1 (2004).

Informazioni sul nodo con ID: 28995 - Latitudine: 41.774- Longitudine: 15.099

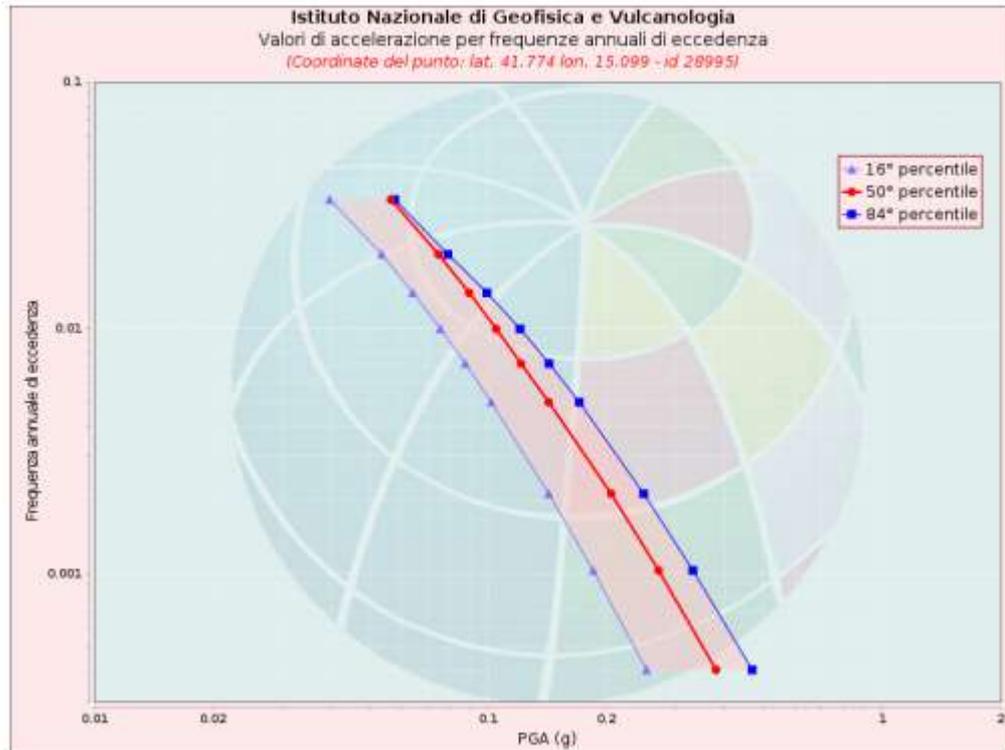


La mappa rappresenta il modello di pericolosità sismica per l'Italia e i diversi colori indicano il valore di scuotimento (PGA = Peak Ground Acceleration; accelerazione di picco del suolo, espressa in termini di g, l'accelerazione di gravità) atteso con una probabilità di eccedenza pari al 10% in 50 anni su suolo rigido (classe A, $V_{s30} > 800$ m/s) e pianeggiante. Le coordinate selezionate individuano un nodo della griglia di calcolo identificato con l'ID 28995 (posto al centro della mappa). Per ogni nodo della griglia sono disponibili numerosi parametri che descrivono la pericolosità sismica, riferita a diversi periodi di ritorno e diverse accelerazioni spettrali.



7.3.3 Curva di pericolosità

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

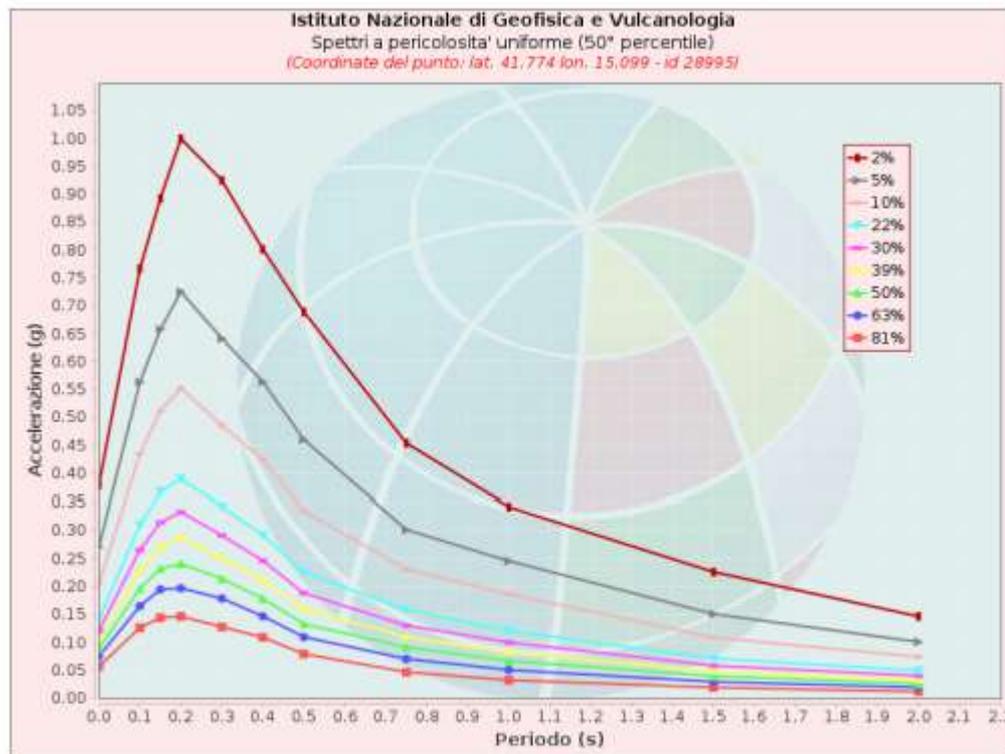


| Valori di accelerazione per frequenze annuali di eccedenza | | | |
|--|----------------|----------------|----------------|
| Frequenza annuale di ecc. | PGA (g) | | |
| | 16° percentile | 50° percentile | 84° percentile |
| 0.0004 | 0.253 | 0.379 | 0.469 |
| 0.0010 | 0.185 | 0.271 | 0.331 |
| 0.0021 | 0.143 | 0.206 | 0.249 |
| 0.0050 | 0.102 | 0.143 | 0.171 |
| 0.0071 | 0.088 | 0.121 | 0.143 |
| 0.0099 | 0.076 | 0.105 | 0.121 |
| 0.0139 | 0.064 | 0.090 | 0.099 |
| 0.0199 | 0.054 | 0.075 | 0.079 |
| 0.0332 | 0.040 | 0.057 | 0.058 |



7.3.4 Spettri a pericolosità uniforme

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

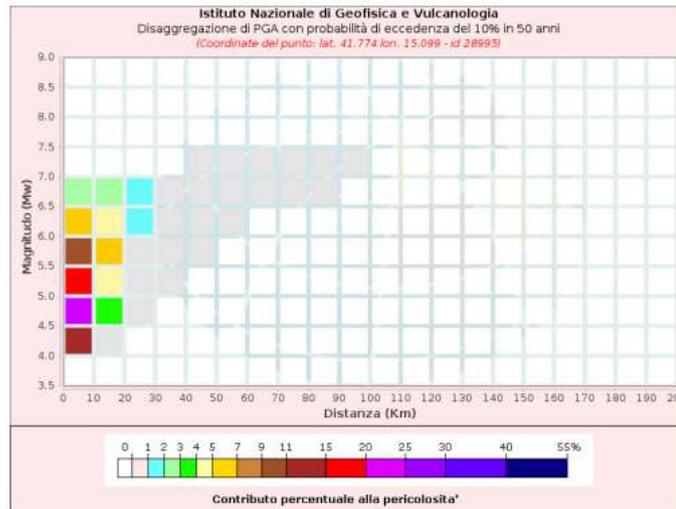


| Spettri a pericolosità uniforme (50° percentile) | | | | | | | | | | | |
|--|-------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| PoE | Accelerazione (g) | | | | | | | | | | |
| in 50 | Periodo (s) | | | | | | | | | | |
| anni | 0.0 | 0.1 | 0.15 | 0.2 | 0.3 | 0.4 | 0.5 | 0.75 | 1.0 | 1.5 | 2.0 |
| 2% | 0.379 | 0.767 | 0.893 | 1.000 | 0.925 | 0.802 | 0.689 | 0.454 | 0.342 | 0.226 | 0.147 |
| 5% | 0.271 | 0.563 | 0.658 | 0.725 | 0.642 | 0.564 | 0.460 | 0.302 | 0.246 | 0.151 | 0.101 |
| 10% | 0.206 | 0.435 | 0.512 | 0.553 | 0.485 | 0.424 | 0.335 | 0.231 | 0.187 | 0.109 | 0.074 |
| 22% | 0.143 | 0.310 | 0.367 | 0.390 | 0.342 | 0.292 | 0.225 | 0.158 | 0.120 | 0.071 | 0.049 |
| 30% | 0.121 | 0.266 | 0.315 | 0.334 | 0.292 | 0.247 | 0.188 | 0.130 | 0.100 | 0.058 | 0.040 |
| 39% | 0.105 | 0.230 | 0.272 | 0.288 | 0.251 | 0.212 | 0.160 | 0.110 | 0.082 | 0.049 | 0.032 |
| 50% | 0.090 | 0.196 | 0.232 | 0.241 | 0.214 | 0.178 | 0.133 | 0.092 | 0.067 | 0.039 | 0.026 |
| 63% | 0.075 | 0.165 | 0.195 | 0.197 | 0.179 | 0.147 | 0.110 | 0.070 | 0.051 | 0.029 | 0.019 |
| 81% | 0.057 | 0.126 | 0.144 | 0.147 | 0.128 | 0.109 | 0.079 | 0.047 | 0.032 | 0.019 | 0.012 |



7.3.5 Grafico di Disaggregazione

Il grafico rappresenta il contributo percentuale delle possibili coppie di valori di magnitudo-distanza epicentrale alla pericolosità del nodo, rappresentata in questo caso dal valore della PGA mediana, per una probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni. La tabella riporta i valori mostrati nel grafico ed i valori medi di magnitudo, distanza ed epsilon. Dall'analisi del grafico si possono ricavare i seguenti dati di valori medi: Magnitudo: 5.32 - Distanza: 8.28 km - Epsilon: 0.925.



Disaggregazione di PGA con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni

| Distanza in Km | Magnitudo | | | | | | | | | | |
|-------------------|-----------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| | 3.5-4.0 | 4.0-4.5 | 4.5-5.0 | 5.0-5.5 | 5.5-6.0 | 6.0-6.5 | 6.5-7.0 | 7.0-7.5 | 7.5-8.0 | 8.0-8.5 | 8.5-9.0 |
| 0-10 | 0.0000 | 11.3000 | 24.9000 | 18.0000 | 10.9000 | 5.6500 | 2.5500 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 10-20 | 0.0000 | 0.6250 | 3.2200 | 4.9700 | 5.2600 | 4.3400 | 2.9000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 20-30 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0087 | 0.3330 | 0.9010 | 1.1900 | 1.1400 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 30-40 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0003 | 0.0781 | 0.2420 | 0.3260 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 40-50 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0010 | 0.0501 | 0.1340 | 0.0361 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 50-60 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0099 | 0.2020 | 0.2710 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 60-70 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0918 | 0.2120 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 70-80 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0167 | 0.1150 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 80-90 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0003 | 0.0274 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 90-100 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0031 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 100-110 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 110-120 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 120-130 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 130-140 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 140-150 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 150-160 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 160-170 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 170-180 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 180-190 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 190-200 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |

Valori Medi: magnitudo = 5.32 ; distanza = 8.28 ; epsilon = 0.925

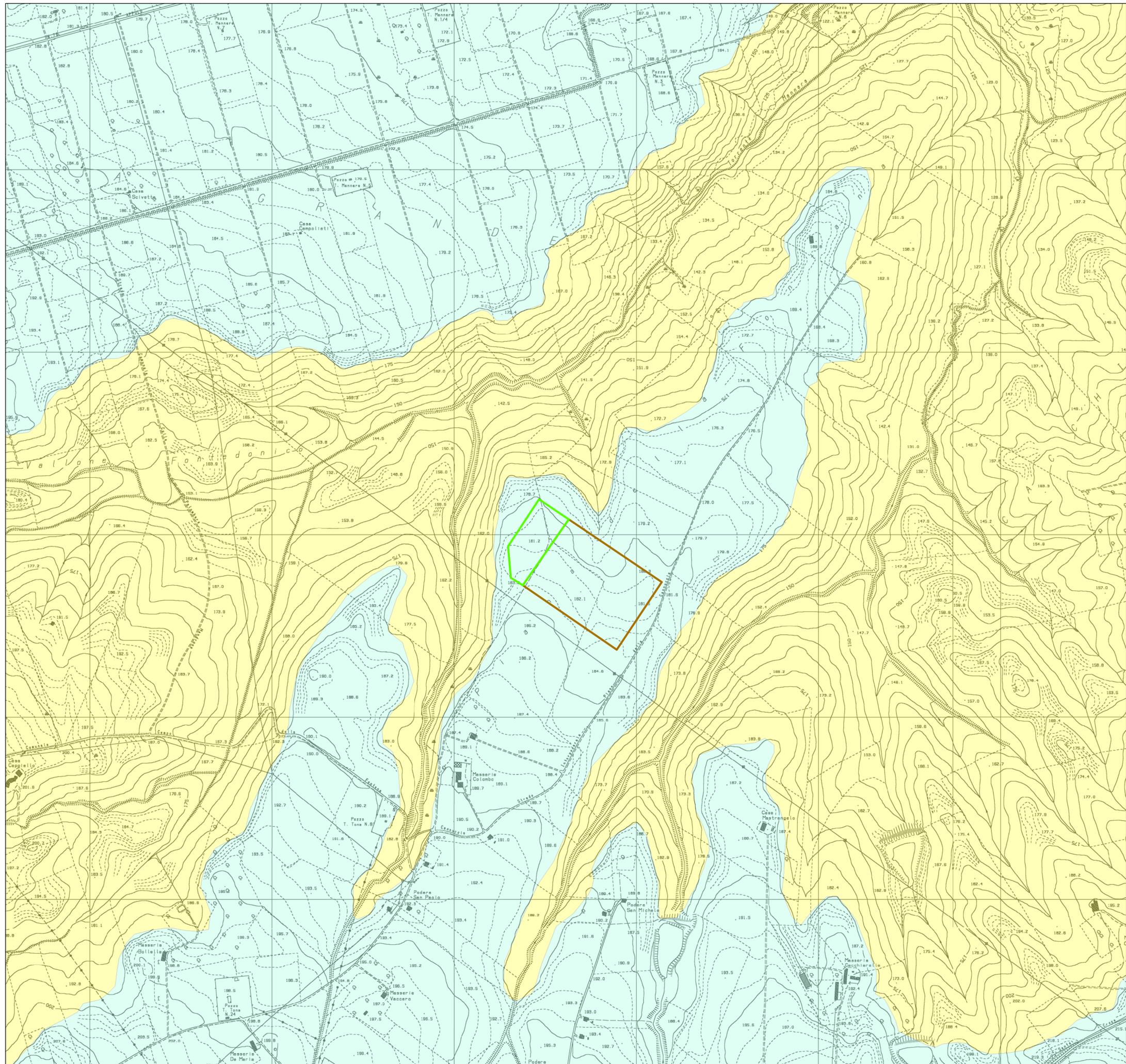
Caserta, 12 dicembre 2022



Geol. Vittorio Emanuele Iervolino

Legenda

- SE di trasformazione 36 kV
- SE "Rotello 380"
- Terreni alluvionali antichi terrazzati, costituiti da conglomerati scarsamente cementati con ciottoli eterogenei ed eterometrici con intercalazioni sabbiose ed argillose (Pleistocene - Olocene)
- Argille di Montesecco Argille marnose, siltoso-sabbiose, grigio-azzurre, giallastre in superficie per alterazione, con veli di silt e rare intercalazioni sabbiose che divengono più abbondanti nella parte alta della formazione, con abbondante macrofauna a prevalenti lamellibranchi e gasteropodi e microfauna, nella parte alta. (Pliocene medio superiore)



REGIONE MOLISE
PROVINCIA DI CAMPOBASSO
 COMUNI DI S.GIULIANO DI PUGLIA, SANTA CROCE DI MAGLIANO, ROTELLO

**PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE NUOVA STAZIONE ELETTRICA 36Kv
 IN ADERENZA ALLA SE "ROTELLO 380"**

STARENERGIA
StarEnergie srl
 sede legale Via Francesco Giordani n. 42
 800122 Napoli/IVA 05769401216 PEC: starenergia@pec.it

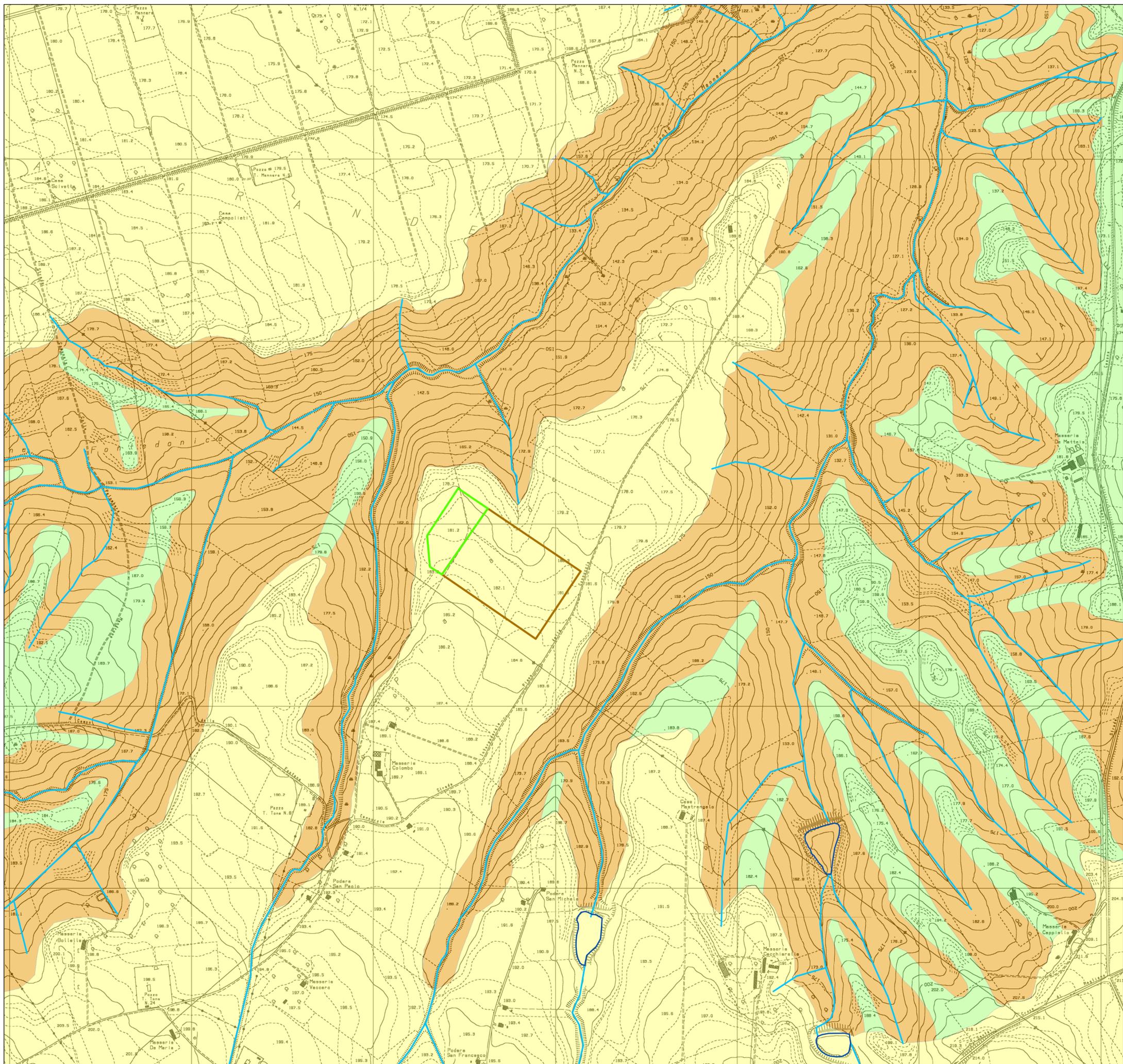
Carta geolitologica

| PROGETTISTI | PROPONENTE | SCALA |
|---|---|---------------|
| Il Tecnico incaricato: Geol. Vittorio Iervolino | STAR MOLISE s.r.l. <small>sede legale Via F. Giordani n. 42 800122 Napoli Tel. +39 081 060 7743 Fax +39 081 060 7876 Rea - NA-1096126 - C.F. e P.IVA 096936851218 mail: starmolise@starenergia.com PEC: starmolise@pecditta.com Cod. Univoco 5RU082D</small> | 1:5000 |
| | | TAVOLA |
| | | GEO-02 |

| Redazione e coordinamento: ing. Roberto Caldara | | |
|---|------------|-------|
| Rev. | Data: | Note: |
| 00 | 12/12/2022 | |

Legenda

-  SE di trasformazione 36 kV
-  SE "Rotello 380"
-  Relitto di terrazzo fluviale antico
-  Rilievo collinare ad acclività medio bassa fortemente inciso
-  Crinale o superficie sommitale a debole pendenza
-  Incisione torrentizia
-  Vasca e/o Stagno



REGIONE MOLISE
 PROVINCIA DI CAMPOBASSO
 COMUNI DI S.GIULIANO DI PUGLIA, SANTA CROCE DI MAGLIANO, ROTELLO

**PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE NUOVA STAZIONE ELETTRICA 36Kv
 IN ADERENZA ALLA SE "ROTELLO 380"**

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

Carta geomorfologica

| PROGETTISTI | PROPONENTE | SCALA |
|--|--|---------------|
| Il Tecnico incaricato: Geol. Vittorio Iervolino | STAR MOLISE s.r.l. sede legale Via F. Giordani n. 42 800122 Napoli Tel. +39 081 060 7743 Fax +39 081 060 7876 Rea - NA-1096126 - C.F. e P.IVA 09698851216 mail: starmolise@starenergia.com PEC: starmolise@pecditta.com Cod. Univoco 5RU082D | 1:5000 |
| | | TAVOLA |
| | | GEO-03 |

Redazione e coordinamento: ing. Roberto Caldara

| Rev. | Data: | Note: |
|------|------------|-------|
| 00 | 12/12/2022 | |

Legenda

 SE di trasformazione 36 kV

 SE "Rotello 380"

Acclività (°)

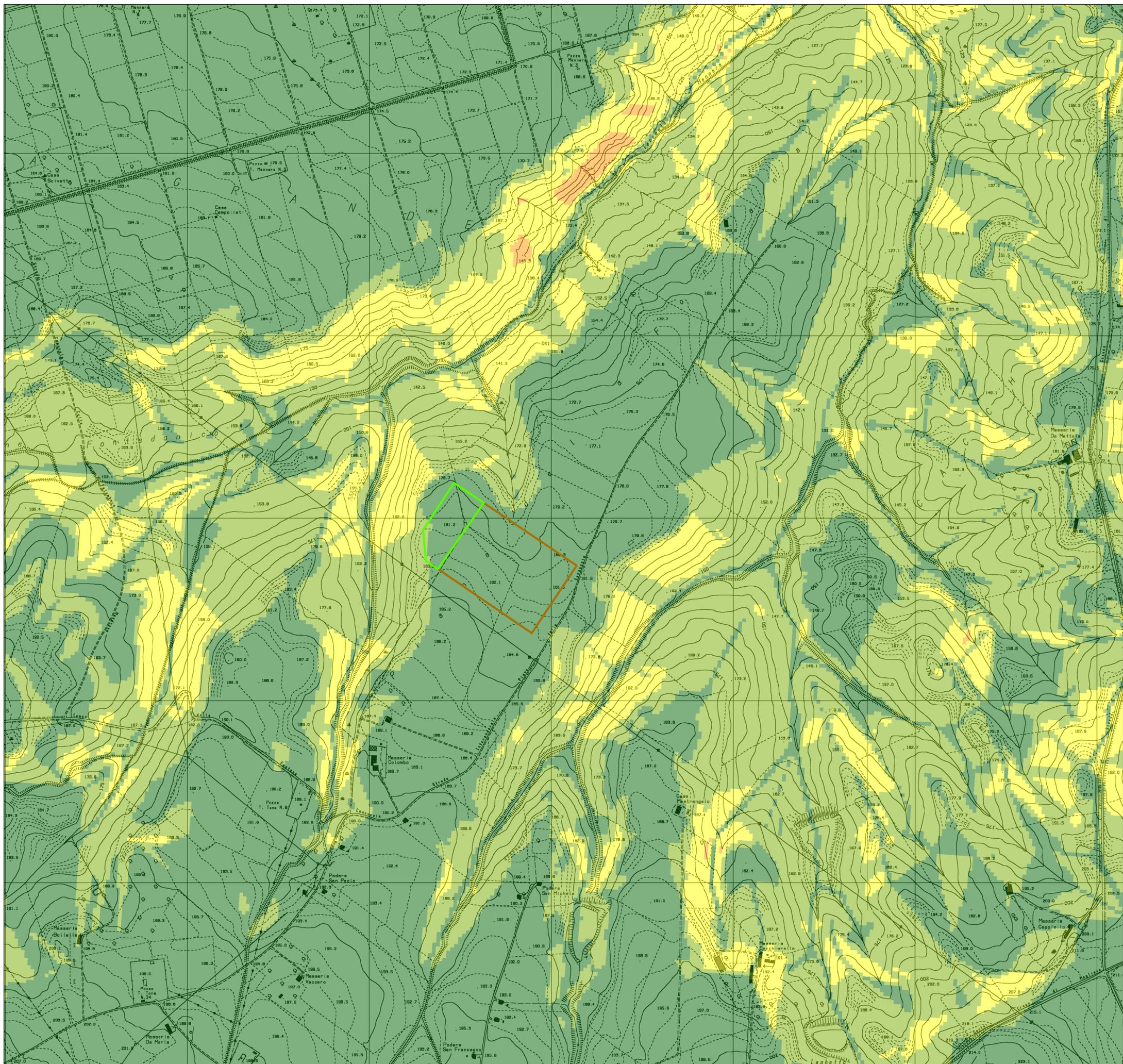
 0 - 5

 5 - 10

 10 - 18

 18 - 30

 30 - 50



REGIONE MOLISE
 PROVINCIA DI CAMPOBASSO
 COMUNI DI S.GIULIANO DI PUGLIA, SANTA CROCE DI MAGLIANO, ROTELLO

**PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE NUOVA STAZIONE ELETTRICA 36Kv
 IN ADERENZA ALLA SE "ROTELLO 380"**

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

Carta delle acclività

| PROGETTISTI | PROPONENTE | SCALA |
|--|--|---------------|
| Il Tecnico incaricato: Geol. Vittorio Iervolino | STAR MOLISE s.r.l. sede legale Via F. Giordani n. 42 800122 Napoli Tel. +39 081 060 7743 Fax +39 081 060 7876 Rea - NA-1096126 - C.F. e P.IVA 09698851216 mail: starmolise@starenergia.com PEC: starmolise@pecditta.com Cod. Univoco 5RU082D | 1:5000 |
| | | TAVOLA |
| | | GEO-04 |

Redazione e coordinamento: ing. Roberto Caldara

| Rev. | Data: | Note: |
|------|------------|-------|
| 00 | 12/12/2022 | |

Legenda

 SE di trasformazione 36 kV

 SE "Rotello 380"

Complesso alluvionale

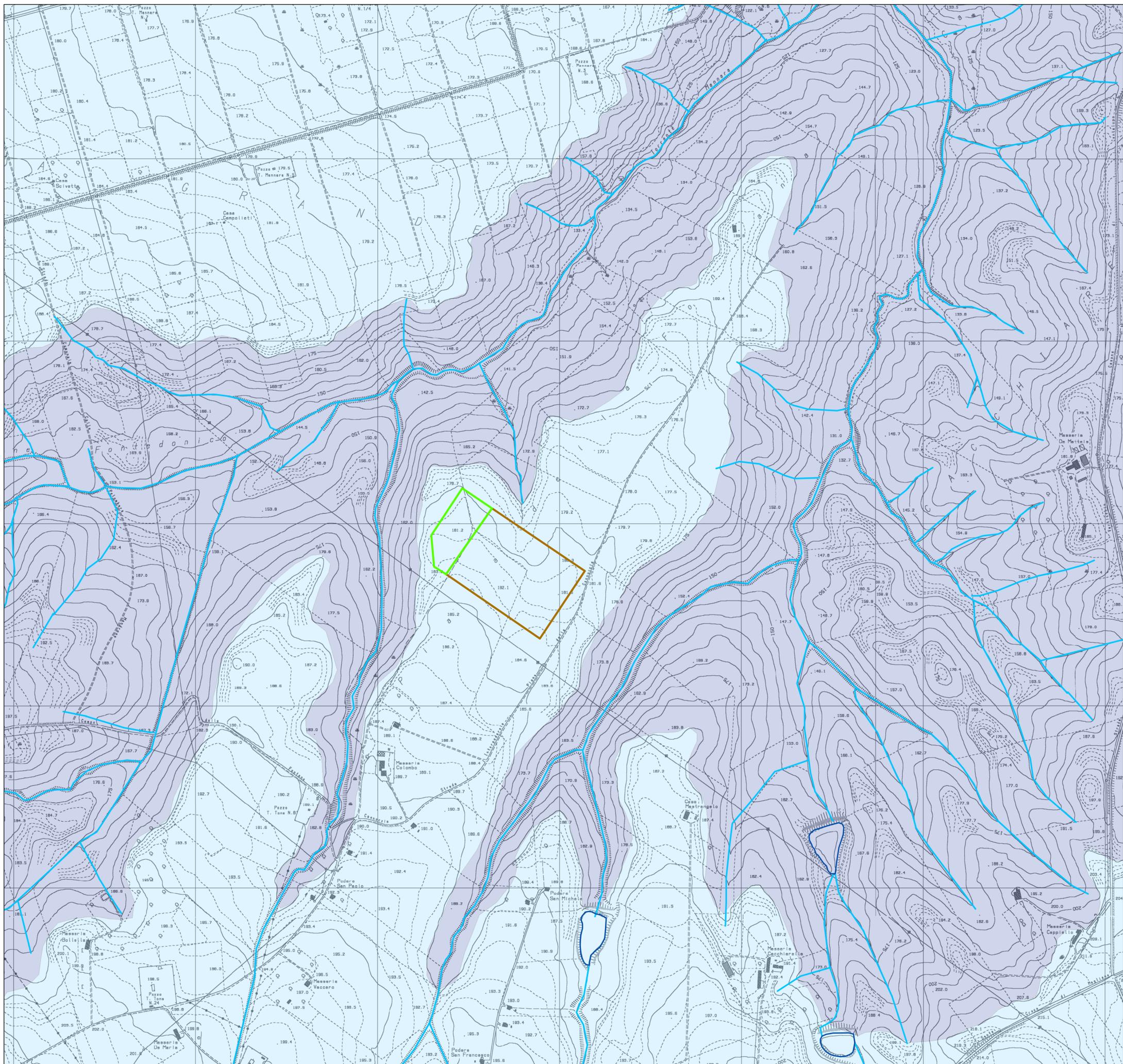
Depositi clastici prevalentemente incoerenti costituiti da tutte le frazioni granulometriche, ma con prevalenza dei termini sabbiosi e ghiaiosi. Differenti granulometrie si ritrovano in giustapposizione laterale e verticale, in relazione alla variabile energia del trasporto idraulico che ne ha determinato la deposizione. Costituiscono acquiferi porosi, eterogenei ed anisotropi; sono sede di falde idriche sotterranee, localmente autonome ma globalmente a deflusso unitario, che possono avere interscambi con i corpi idrici superficiali e/o con quelli sotterranei delle strutture idrogeologiche limitrofe. Permeabilità per porosità di grado da scarso a medio.

Complesso argilloso

Depositi costituiti da argille ed argille silteose e sabbiose marine ascrivibili alla trasgressione che ha interessato estesamente la Fossa Bradanica, tra il Pliocene superiore e il Pleistocene inferiore. Costituiscono limiti di permeabilità, al contatto con i depositi del complesso sabbioso-conglomeratico, al quale sono sottoposti stratigraficamente, o con gli altri acquiferi ai quali essi sono giustapposti verticalmente e/o lateralmente. Tipo di permeabilità per porosità e di grado impermeabili.

 Reticolo idrografico

 Specchio d'acqua



REGIONE MOLISE
 PROVINCIA DI CAMPOBASSO
 COMUNI DI S.GIULIANO DI PUGLIA, SANTA CROCE DI MAGLIANO, ROTELLO

**PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE NUOVA STAZIONE ELETTRICA 36Kv
 IN ADERENZA ALLA SE "ROTELLO 380"**

StarEnergie srl
 sede legale Via F. Giordani n. 42
 800122 Napoli I.VA 05769401216 PEC: starenergia@pec.it

Carta idrogeologica

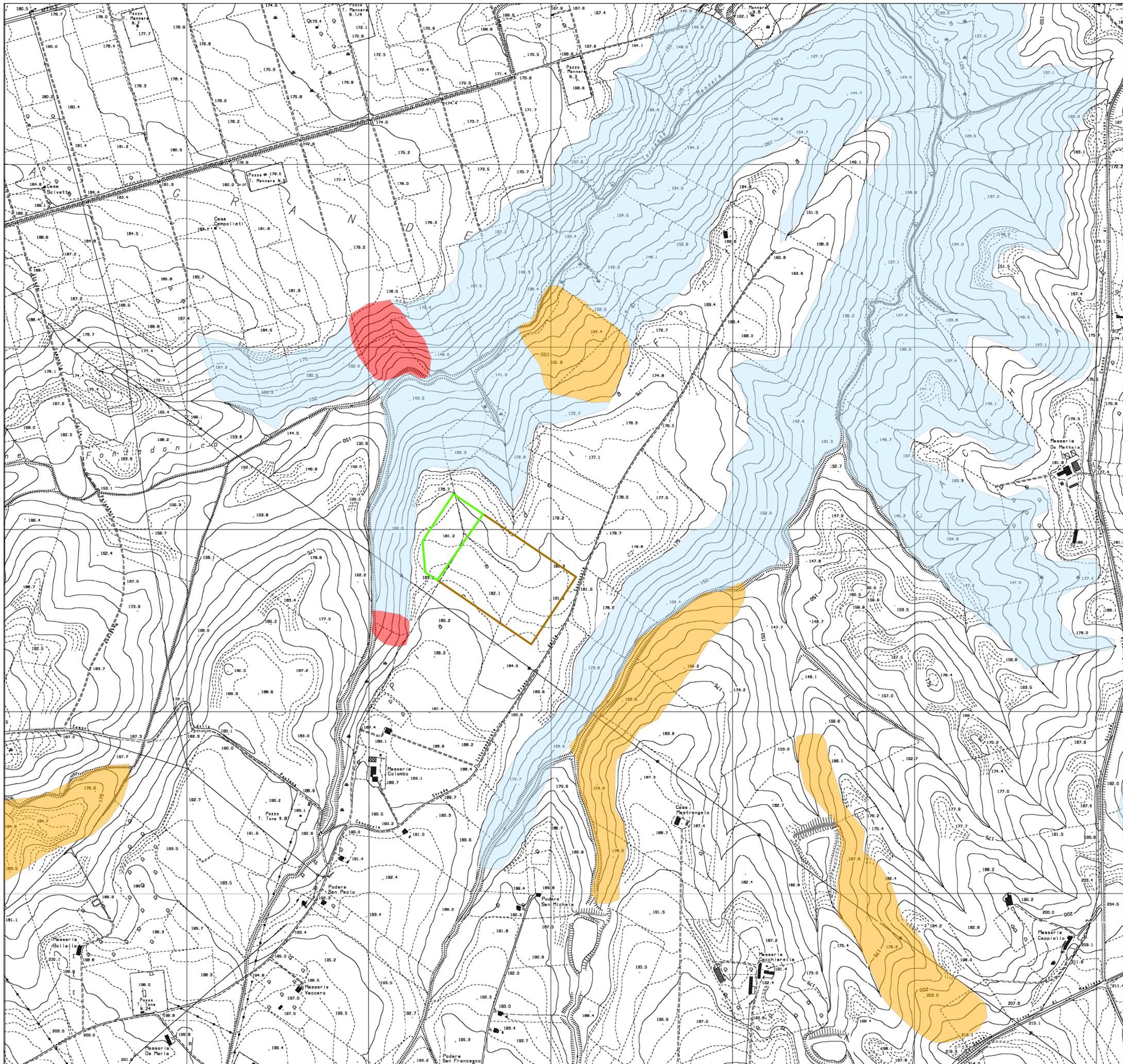
| PROGETTISTI | PROPONENTE | SCALA |
|--|--|---------------|
| Il Tecnico incaricato: Geol. Vittorio Iervolino | STAR MOLISE s.r.l. sede legale Via F. Giordani n. 42 800122 Napoli Tel. +39 081 060 7743 Fax +39 081 060 7876 Rea - NA-1096120 - C.F. e P.IVA 09698851218 mail: starmolise@starenergia.com PEC: starmolise@peciditta.com Cod. Univoco 5RU082D | 1:5000 |
| | | TAVOLA |
| | | GEO-05 |

Redazione e coordinamento: ing. Roberto Caldara

| Rev. | Data: | Note: |
|------|------------|-------|
| 00 | 12/12/2022 | |

Legenda

-  SE di trasformazione 36 kV
-  SE "Rotello 380"
- Classi di pericolosità da frana**
-  Pericolosità moderata
-  Pericolosità elevata
-  Pericolosità estremamente elevata



REGIONE MOLISE
 PROVINCIA DI CAMPOBASSO
 COMUNI DI S.GIULIANO DI PUGLIA, SANTA CROCE DI MAGLIANO, ROTELLO

**PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE NUOVA STAZIONE ELETTRICA 36kV
 IN ADERENZA ALLA SE "ROTELLO 380"**

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

Carta della pericolosità da frana e da valanga

| PROGETTISTI | PROPONENTE | SCALA |
|--|--|---------------|
| Il Tecnico incaricato: Geol. Vittorio Iervolino | STAR MOLISE s.r.l. sede legale Via F. Giordani n. 42 800122 Napoli Tel. +39 081 060 7743 Fax +39 081 060 7876 Rea - NA-1096126 - C.F. e P.IVA 09698851216 mail: starmolise@starenergia.com PEC: starmolise@pec.it Cod. Univoco 5RU082D | 1:5000 |
| | | TAVOLA |
| | | GEO-06 |

Redazione e coordinamento: ing. Roberto Caldara

| Rev. | Data | Note |
|------|------------|------|
| 00 | 12/12/2022 | |

Legenda

 SE di trasformazione 36 kV

 SE "Rotello 380"

Classi di pericolosità idraulica

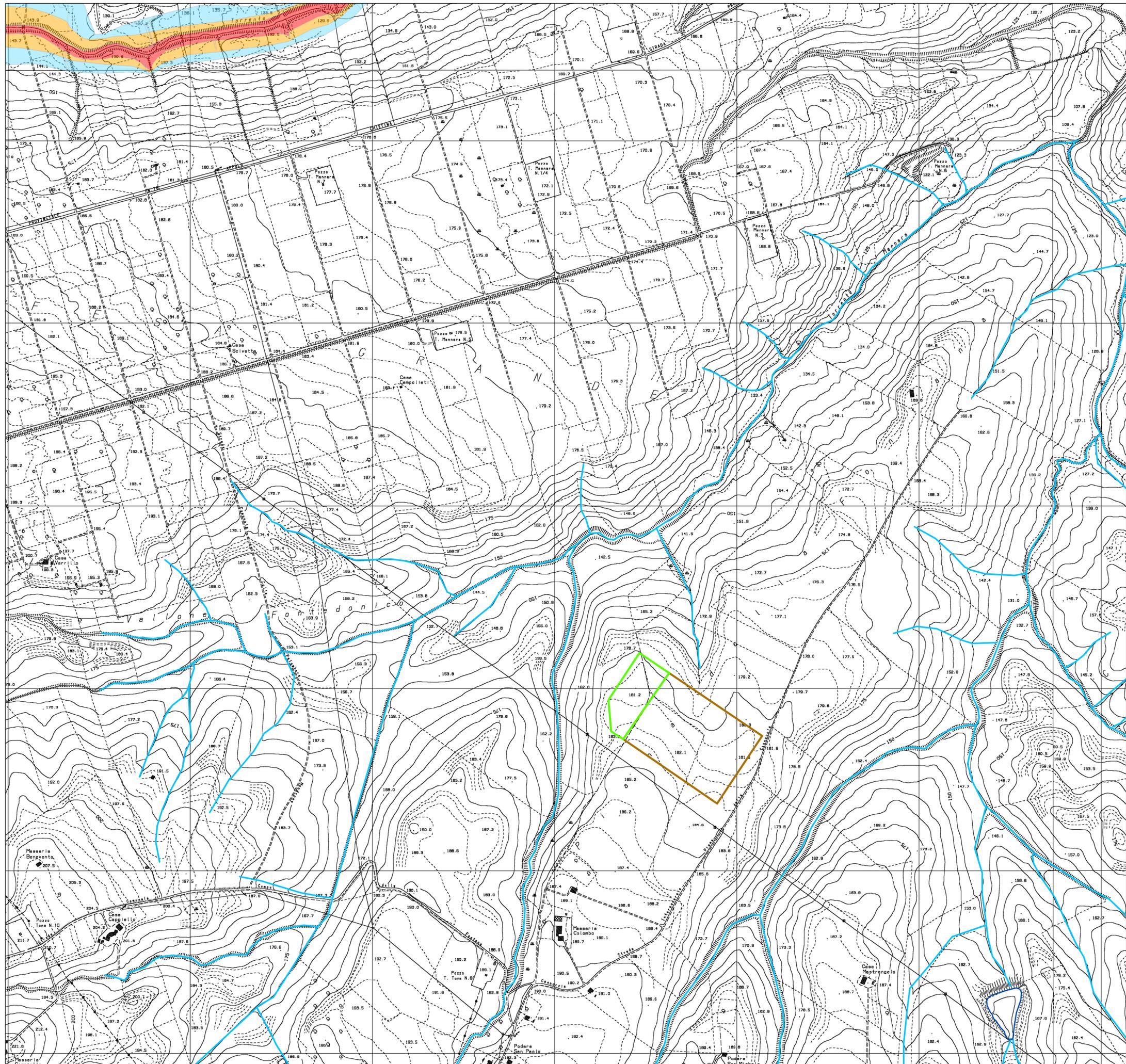
 PI1 Aree a pericolosità idraulica bassa

 PI2 Aree a pericolosità idraulica moderata

 PI3 Aree a pericolosità idraulica elevata

 Reticolo idrografico

 Specchio d'acqua



REGIONE MOLISE
 PROVINCIA DI CAMPOBASSO
 COMUNI DI S.GIULIANO DI PUGLIA, SANTA CROCE DI MAGLIANO, ROTELLO

**PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE NUOVA STAZIONE ELETTRICA 36Kv
 IN ADERENZA ALLA SE "ROTELLO 380"**

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

Carta della pericolosità idraulica

| PROGETTISTI | PROPONENTE | SCALA |
|---|--|---------------|
| Il Tecnico incaricato: Geol. Vittorio Iervolino | STAR MOLISE s.r.l. sede legale Via F. Giordani n. 42 800122 Napoli Tel. +39 081 060 7743 Fax +39 081 060 7876 Rea - NA-1086126 - C.F. e P.IVA 09698851218 mail: giarmolise@starenergia.com PEC: stamolise@pecditta.com Cod. Univoco 5RU082D | 1:5000 |
|  | | TAVOLA |
| | | GEO-07 |

Redazione e coordinamento: ing. Roberto Caldara

| Rev. | Data: | Note: |
|------|------------|-------|
| 00 | 12/12/2022 | |



Ditta esecutrice I. Geo. s.a.s.

RELAZIONE INDAGINI GEOGNOSTICHE

Committente:

Star Molise s.r.l.

Oggetto:

Progettazione definitiva per la connessione alla Rete di Trasmissione Nazionale (RTN) di una futura centrale elettrica di produzione 36 kV, di proprietà della STAR MOLISE S.r.l., da collegare in antenna a 36 kV al futuro ampliamento della Stazione Elettrica di Trasformazione (SE) 380/150 kV della RTN, in Rotello (CB)

Indagini Eseguite:

- ✓ **Prova penetrometrica dinamica (DPSH);**
- ✓ **Indagine geofisica MASW;**

I. Geo. s.a.s.

**Indagini geognostiche e geofisiche
Consolidamenti – pali – micropali**
Via Aldo Moro, 2 - 81050 Pastorano (CE)
tel 0823/879116; cell. 338/1534202
E-Mail: igeo2004@virgilio.it
Pec : igeo@pec.it
P.Iva : 01956710618

Pastorano (CE), li Dicembre 2022

Il direttore tecnico

**I.GEO S.a.s.
di D'ONOFRIO GIUSEPPE & C.
Via Aldo Moro 2 - PASTORANO (CE)
Part.Iva E Cod. Fisc. 01956710618**



Per incarico ricevuto dalla Società Star Molise s.r.l., è stata eseguita dalla ditta specializzata I.GEO s.a.s., nel mese di Dicembre 2022, una campagna di indagini geognostiche per la progettazione definitiva per la connessione alla Rete di Trasmissione Nazionale (RTN) di una futura centrale elettrica di produzione 36 kV, di proprietà della STAR MOLISE S.r.l., da collegare in antenna a 36 kV al futuro ampliamento della Stazione Elettrica di Trasformazione (SE) 380/150 kV della RTN, in Rotello (CB).

Gli interventi realizzati hanno previsto l'esecuzione delle attività di seguito indicate:

- Prova penetrometrica dinamica DPSH;
- Prova geofisica MASW;

Prove penetrometriche dinamiche (DPSH)

La prova penetrometrica dinamica consiste nell'infiggere nel terreno una punta conica per tratti consecutivi misurando il numero di colpi N necessari.

Le Prove Penetrometriche Dinamiche sono molto diffuse ed utilizzate nel territorio da geologi e geotecnici, data la loro semplicità esecutiva, economicità e rapidità di esecuzione.

La loro elaborazione, interpretazione e visualizzazione grafica consente di "catalogare e parametrizzare" il suolo attraversato, con un'immagine in continuo, che permette anche di avere un raffronto sulle consistenze dei vari livelli attraversati e una correlazione diretta con sondaggi geognostici per la caratterizzazione stratigrafica.

La sonda penetrometrica permette inoltre di riconoscere abbastanza precisamente lo spessore delle coltri sul substrato, la quota di eventuali falde e superfici di rottura sui pendii, e la consistenza in generale del terreno.

L'utilizzo dei dati, ricavati da correlazioni indirette e facendo riferimento a vari autori, dovrà comunque essere trattato con le opportune cautele e, possibilmente, dopo esperienze geologiche acquisite in zona.

Per il lavoro oggetto del presente studio, è stato utilizzato un penetrometro dinamico modello PAGANI TG 63-200 KN, come da foto al lato, avente le seguenti caratteristiche:



maglio di battuta da 63.5 Kg;

altezza di caduta = 0.75 m;

lunghezza aste = 1.00 m;



peso aste = 6.5 Kg;

diametro interno aste = 16 mm

diametro esterno aste = 32 mm

diametro punta conica = 50.5 mm

angolo di apertura punta = 90°;



Nel corso della prova sono stati rilevati, per ogni 20 cm di avanzamento delle aste, il numero dei colpi necessari per l'infissione della punta conica.

I valori registrati sono stati riportati in un diagramma profondità/numero di colpi: sulle ordinate sono state poste le profondità dal piano campagna, mentre sulle ascisse il numero di colpi registrati.

INDAGINE SISMICA (MASW)

La MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) è una tecnica di indagine non invasiva che consente la definizione del profilo di velocità delle onde di taglio verticali V_s , basandosi sulla misura delle onde superficiali fatta in corrispondenza di diversi sensori posti sulla superficie del suolo.

Il contributo predominante alle onde superficiali è dato dalle onde di Rayleigh, che si trasmettono con una velocità correlata alla rigidezza della porzione di terreno interessata dalla propagazione delle onde. In un mezzo stratificato le onde di Rayleigh sono dispersive, cioè onde con diverse lunghezze d'onda si propagano con diverse velocità di fase e velocità di gruppo o detto in maniera equivalente la velocità di fase (o di gruppo) apparente delle onde di Rayleigh dipende dalla frequenza di propagazione, cioè sono onde la cui velocità dipende dalla frequenza.

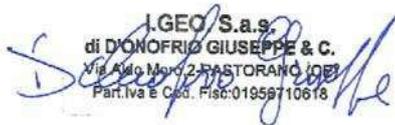
Nelle pagine successive vengono riportate le risultanze della prova penetrometrica e le risultanze dell'indagine geofisica MASW.

Pastorano (CE) lì Dicembre 2022

I.GEO. s.a.s.

Il Direttore Tecnico

I.GEO S.a.s.
di DONOFRIO GIUSEPPE & C.
Via Aldo Moro 2 - PASTORANO (CE)
Part. Iva & Coo. Fisc. 01958710618



Committente:

Star Molise s.r.l.

Oggetto:

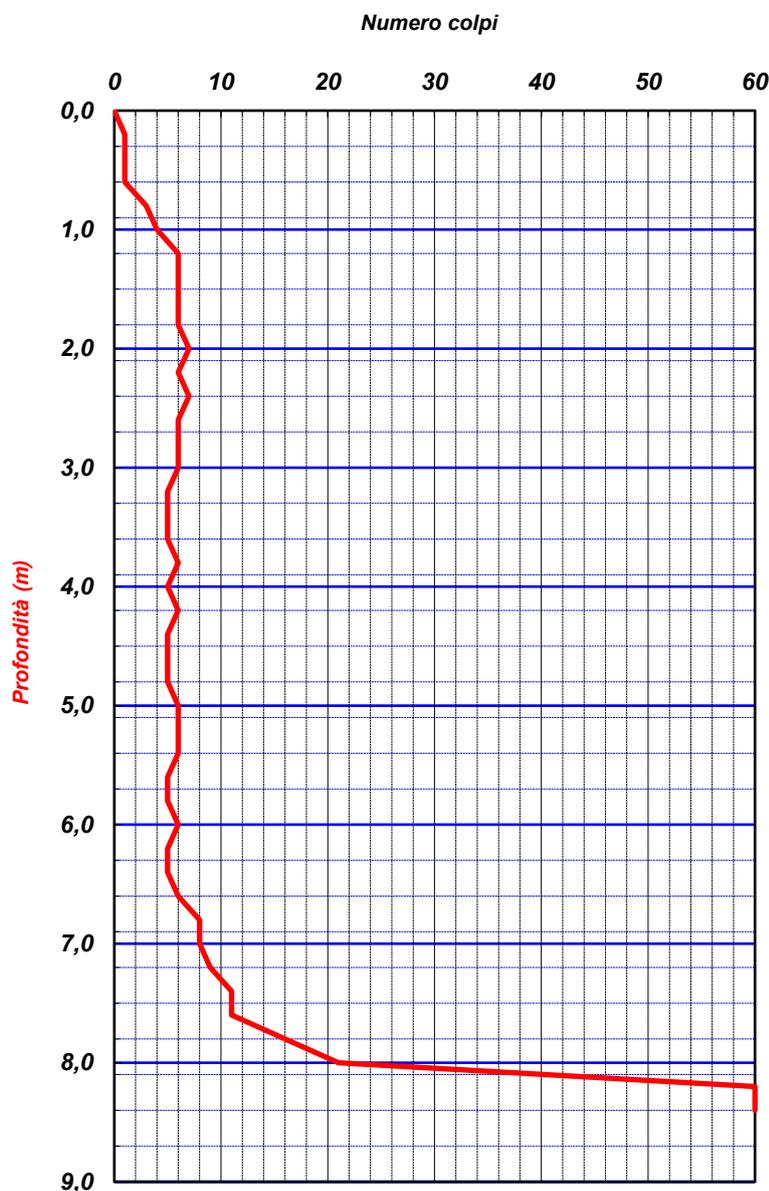
Progettazione definitiva per la connessione alla Rete di Trasmissione Nazionale (RTN) di una futura centrale elettrica di produzione 36 kV, di proprietà della STAR MOLISE S.r.l., da collegare in antenna a 36 kV al futuro ampliamento della Stazione Elettrica di Trasformazione (SE) 380/150 kV della RTN, in Rotello (CB)

**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA
(DPSH)**

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA PESANTE DPSH

| | | | | | |
|----------------------------|--|---------------------------|---------------------|----------------|------------|
| COMMITTENTE: | Star Molise s.r.l. | | | N° Certificato | 1430/22 |
| OGGETTO: | Progettazione definitiva per la connessione alla Rete di Trasmissione Nazionale (RTN) di una futura centrale elettrica di produzione 36 kV, di proprietà della STAR MOLISE S.r.l., da collegare in antenna a 36 kV al futuro ampliamento della Stazione Elettrica di Trasformazione (SE) 380/150 kV della RTN, in Rotello (CB) | | | | |
| LOCALITA': | Stazione Elettrica Terna, Contrada Cantalupo - Rotello (CB) | | | Sigla Prova | DPSH 1 |
| MODELLO SONDA: TG63-200 KN | PESO ASTE: 6,5 Kg | APERTURA DELLA PUNTA: 90° | | Data emissione | 10/12/2022 |
| COORDINATE UTM33-WGS84: | Lat.: 41°45'32,8" N | | Long.: 15°4'10,7" E | | |
| DATA ESECUZIONE PROVA: | 10/12/2022 | campione indisturbato (m) | | Pagina | 1/1 |

| Prof. | num. Colpi |
|-------|------------|-------|------------|-------|------------|-------|------------|
| 0,00 | 0 | 8,20 | 60 | | | | |
| 0,20 | 1 | 8,40 | 60 | | | | |
| 0,40 | 1 | | | | | | |
| 0,60 | 1 | | | | | | |
| 0,80 | 3 | | | | | | |
| 1,00 | 4 | | | | | | |
| 1,20 | 6 | | | | | | |
| 1,40 | 6 | | | | | | |
| 1,60 | 6 | | | | | | |
| 1,80 | 6 | | | | | | |
| 2,00 | 7 | | | | | | |
| 2,20 | 6 | | | | | | |
| 2,40 | 7 | | | | | | |
| 2,60 | 6 | | | | | | |
| 2,80 | 6 | | | | | | |
| 3,00 | 6 | | | | | | |
| 3,20 | 5 | | | | | | |
| 3,40 | 5 | | | | | | |
| 3,60 | 5 | | | | | | |
| 3,80 | 6 | | | | | | |
| 4,00 | 5 | | | | | | |
| 4,20 | 6 | | | | | | |
| 4,40 | 5 | | | | | | |
| 4,60 | 5 | | | | | | |
| 4,80 | 5 | | | | | | |
| 5,00 | 6 | | | | | | |
| 5,20 | 6 | | | | | | |
| 5,40 | 6 | | | | | | |
| 5,60 | 5 | | | | | | |
| 5,80 | 5 | | | | | | |
| 6,00 | 6 | | | | | | |
| 6,20 | 5 | | | | | | |
| 6,40 | 5 | | | | | | |
| 6,60 | 6 | | | | | | |
| 6,80 | 8 | | | | | | |
| 7,00 | 8 | | | | | | |
| 7,20 | 9 | | | | | | |
| 7,40 | 11 | | | | | | |
| 7,60 | 11 | | | | | | |
| 7,80 | 16 | | | | | | |
| 8,00 | 21 | | | | | | |



LEGENDA

Prof. = profondità dal piano campagna (m)
num. colpi. = numero di colpi

Il direttore tecnico
Dott. Geol. Giuseppe Donatelli
Via Aldo Moro, 2 - PASTORANO (CE)
Part. Iva e Cod. Fisc. 01956710618

Committente:

Star Molise s.r.l.

Oggetto:

Progettazione definitiva per la connessione alla Rete di Trasmissione Nazionale (RTN) di una futura centrale elettrica di produzione 36 kV, di proprietà della STAR MOLISE S.r.l., da collegare in antenna a 36 kV al futuro ampliamento della Stazione Elettrica di Trasformazione (SE) 380/150 kV della RTN, in Rotello (CB)

INDAGINE GEOFISICA MASW



Indagini geognostiche e geofisiche – Consolidamenti – Pali – Micropali
Via Aldo Moro, 2 - 81050 Pastorano (CE) - tel - fax 0823/879116; cell.
338/1534202

E-Mail: igeo2004@virgilio.it – P.IVA: 01956710618

ISO 9001:2015 QMS-05065959-19

Attestazione SOA n. 5797/66/02 OS 20-B Class. I - Indagini Geognostiche
valida fino al 21/01/2024 rilasciata da IMPRESOA SpA

CARATTERIZZAZIONE SISMICA DEL SUOLO

METODO MASW

(Multi-channel Analysis of Surface Waves)

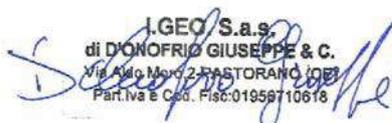
Committente: Star Molise s.r.l.

Oggetto: Progettazione definitiva per la connessione alla Rete di Trasmissione Nazionale (RTN) di una futura centrale elettrica di produzione 36 kV, di proprietà della STAR MOLISE S.r.l., da collegare in antenna a 36 kV al futuro ampliamento della Stazione Elettrica di Trasformazione (SE) 380/150 kV della RTN, in Rotello (CB)

Località: Stazione Elettrica Terna, Contrada Cantalupo - Rotello (CB)

Data: Dicembre 2022

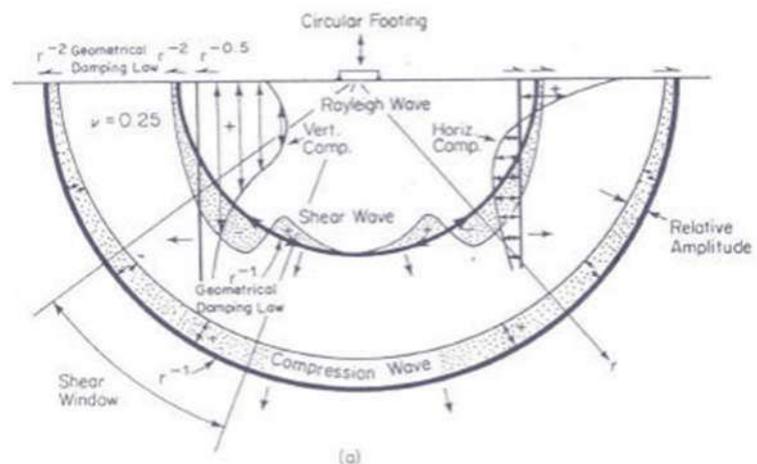
Il consulente


I.GEO S.a.s.
di D'ONOFRIO GIUSEPPE & C.
Via Aldo Moro 2 - PASTORANO (CE)
Part.Iva e Cod. Fisc. 01956710618

FONDAMENTI TEORICI DEL METODO MASW

Il metodo MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) è una tecnica di indagine non invasiva che individua il profilo di velocità delle onde di taglio verticali V_s , basandosi sulla misura delle onde superficiali fatta in corrispondenza di diversi sensori (accelerometri o geofoni) posti sulla superficie del suolo. Il contributo predominante alle onde superficiali è dato dalle onde di Rayleigh, che viaggiano con una velocità correlata alla rigidezza della porzione di terreno interessata dalla propagazione delle onde. In un mezzo stratificato le onde di Rayleigh sono dispersive, ossia onde con diverse lunghezze d'onda si propagano con diverse velocità di fase e velocità di gruppo (Achenbach, J.D., 1999, Aki, K. and Richards, P.G., 1980). La natura dispersiva delle onde superficiali è correlabile al fatto che onde ad alta frequenza con lunghezza d'onda corta si propagano negli strati più superficiali e quindi danno informazioni sulla parte più superficiale del suolo, invece onde a bassa frequenza si propagano negli strati più profondi e quindi interessano gli strati più profondi del suolo. Quando si energizza il sito in un punto della sua superficie libera si generano i diversi tipi di onde. Se la sorgente è perpendicolare alla superficie libera si generano onde appartenenti al piano verticale: onde P, onde SV, onde Rayleigh, onde rifratte. Se la sorgente è parallela alla superficie libera si generano onde appartenenti al piano orizzontale: onde SH, onde di Love. Nel metodo MASW si usano le sole onde di Rayleigh e si trascurano gli effetti dovuti alle onde P e SV. Sebbene una sorgente puntiforme verticale generi anche le onde P e le onde S oltre alle onde Rayleigh, intervengono due aspetti che rendono il contributo delle onde di Rayleigh prevalente sul contributo delle onde P e SV. Il primo aspetto è che le onde Rayleigh trasportano circa i due terzi dell'energia generata dalla sorgente. Il secondo aspetto è che allontanandosi dalla sorgente le onde di Rayleigh subiscono un'attenuazione geometrica inferiore rispetto alle onde P e SV, perchè le onde Rayleigh si propagano secondo fronti d'onda cilindrici, invece le onde P e SV si propagano secondo fronti d'onda sferici.

Fig. 1: Onde generate da una sorgente armonica verticale sulla superficie libera di un semispazio omogeneo e ripartizione dell'energia tra onde P, S e Rayleigh per coefficiente di Poisson $\nu=0,25$. (Richart et al., 1970).



Quando si misurano le onde superficiali lungo uno stendimento di ricevitori sulla superficie di un sito energizzato in un punto, si dispone del campo di moto, spostamenti o velocità o accelerazioni, nel dominio spazio-tempo. La perturbazione generata dalla energizzazione contiene al suo interno tutti i diversi modi o onde di Rayleigh, che formano un unico treno d'onda e non si sono ancora separati o dispersi. Affinché il fenomeno di dispersione dei diversi modi di Rayleigh abbia luogo occorre porsi ad una distanza sufficiente dalla sorgente. Quando si trasforma il campo di moto dal dominio spazio-tempo al dominio frequenza-numero d'onda oppure in maniera equivalente al dominio velocità di fase-frequenza per rappresentare la relazione di dispersione, allora si scopre che non è in genere possibile misurare separatamente le curve modali previste dalla teoria. Anziché ottenere le curve modali separate si ottiene un'unica curva denominata curva apparente o effettiva. La curva apparente o effettiva che si ottiene dalle tracce misurate in sito è il risultato dell'interazione tra tutti i modi di Rayleigh e lo stesso sistema di misura costituito dai ricevitori. La configurazione dei ricevitori nello stendimento può influenzare il valore che la curva di dispersione apparente assume a certe frequenze. Indipendentemente dal disturbo apportato dal sistema di misura, la curva apparente è comunque data dall'interazione dei diversi modi di Rayleigh. In funzione delle caratteristiche geometriche (spessori) e meccaniche (V_s , V_p , densità di massa) degli strati di terreno alcuni modi di Rayleigh possono risultare predominanti rispetto agli altri modi in certi intervalli di frequenza. Generalmente quando la rigidità degli strati aumenta gradualmente con la profondità il modo fondamentale di Rayleigh risulta predominante a tutte le frequenze.

Il metodo MASW consiste in tre fasi (Roma, 2002):

(1) la prima fase prevede il calcolo della velocità di fase (o curva di dispersione) apparente sperimentale,

(2) la seconda fase consiste nel calcolare la velocità di fase apparente numerica,

(3) la terza ed ultima fase consiste nell'individuazione del profilo di velocità delle onde di taglio verticali V_s , modificando opportunamente lo spessore H , le velocità delle onde di taglio V_s e di compressione V_p (o in maniera alternativa alle velocità V_p è possibile assegnare il coefficiente di Poisson ν), la densità di massa ρ degli strati che costituiscono il modello del suolo, fino a raggiungere una sovrapposizione ottimale tra la velocità di fase (o curva di dispersione) sperimentale e la velocità di fase (o curva di dispersione) numerica corrispondente al modello di suolo assegnato.

INDAGINI ESEGUITE

Su incarico e per conto del sig. Vincenzo Miele, in merito al progetto di abbattimento e ricostruzione con ampliamento del 35% di un fabbricato esistente e ubicato in Via Palazziello n° 102, nel territorio comunale di Volla (NA), è stata eseguita una campagna di indagine geofisica che ha previsto l'esecuzione di n° 1 MASW, al fine di comprendere i rapporti sismo-stratigrafici dei principali litotipi costituenti il sottosuolo dell'area di studio ottemperando a quanto previsto dal D. M. del 17 gennaio 2018.

L'indagine è stata eseguita utilizzando un acquisitore digitale multicanale della SARA Electronic Instruments S.r.l. di Perugia, modello DOREMI, con processore Pentium IV esterno, display VGA a colori in LCD-TFT 15". Computer portatile a supporto, trattamento del segnale a 16 bit, trattamento di dati Floating Point 32 bit, supporto di memorizzazione mediante Hard-Disk da 40 Gb, con funzione di incremento multiplo del segnale ed opzione per l'inversione di polarità, attivazione di filtri "passa alto", "passa basso" e "notch" in acquisizione o post-acquisizione; inoltre, i guadagni sono selezionabili da software manualmente per ogni canale o in modo automatico e le acquisizioni sono automaticamente registrate sullo strumento. Il trigger è dato da un geofono starter esterno, con possibilità di pre-trigger (0-10 ms). Sono stati utilizzati 24 ricevitori (geofoni) da 4,5 Hz capaci di misurare il campo di moto della direzione verticale, e come sorgente energizzante, una massa battente (martello) da 8 Kg battuta su una piastra metallica.



Fig.2 – Esempio di stendimento sismico MASW

METODOLOGIA OPERATIVA ED INTERPRETATIVA

Per quanto riguarda la metodologia operativa, il profilo MASW è stato eseguito utilizzando n° 24 geofoni allineati sul terreno con un'inter-distanza di 2 metri; i punti di scoppio sono stati posizionati ad una delle estremità del profilo a distanze di 2,00 m, 5,00 m e 8,00 m dal geofono n° 1. La scelta dei tre scoppi è stata effettuata per avere la certezza di generare la dispersione delle onde superficiali a prescindere dai differenti litotipi presenti nel sottosuolo dell'area investigata.

Per quanto riguarda, invece, la metodologia interpretativa, il software MASW 2007 consente di analizzare dati sismici (common-shot gathers acquisiti in campagna) in modo tale da poter ricavare il profilo verticale della V_s (velocità delle onde di taglio). Tale risultato è ottenuto tramite inversione delle curve di dispersione delle onde di Rayleigh, determinate tramite la tecnica MASW (Multi-channel Analysis of Surface Waves).

La procedura si sviluppa in quattro operazioni svolte in successione:

- **Fase 1:** inserimento della curva apparente di dispersione sperimentale del terreno o determinazione della stessa a partire dalle tracce misurate in sito
- **Fase 2:** simulazione numerica della curva apparente di dispersione del terreno a partire da un profilo di velocità delle onde di taglio V_s di primo tentativo (profilo iniziale)
- **Fase 3:** determinazione del profilo di velocità finale delle onde di taglio V_s , che rende ottimale la sovrapposizione della curva apparente di dispersione sperimentale e della curva apparente di dispersione simulata numericamente
- **Fase 4:** caratterizzazione geotecnica sismica e determinazione del tipo di suolo sulla base del profilo di velocità finale delle onde di taglio V_s .

Il software MASW è caratterizzato dai seguenti aspetti:

- Consente di considerare i modi superiori (fino a 50 modi) delle onde di Rayleigh.
- Consente di eseguire sia una ricerca manuale sia una ricerca automatica del profilo di velocità delle onde di taglio V_s .
- Consente di elaborare le tracce misurate per determinare la curva di dispersione sperimentale.
- Consente di calcolare la V_{seq} del sito esaminato.
- Consente di stimare un errore del profilo di velocità V_s sulla base del grado di incertezza dei dati misurati in sito.

- Consente di analizzare siti inversamente dispersivi con forti contrasti di rigidità tra i diversi strati di terreno e/o roccia.
- Consente di considerare l'influenza della falda.
- Consente di mantenere costanti le velocità V_s di alcuni strati e di variare le V_s degli altri strati del profilo stratigrafico.

Di seguito vengono riportate le risultanze dell'indagine eseguita.

VISUALIZZAZIONE FORMA D'ONDA

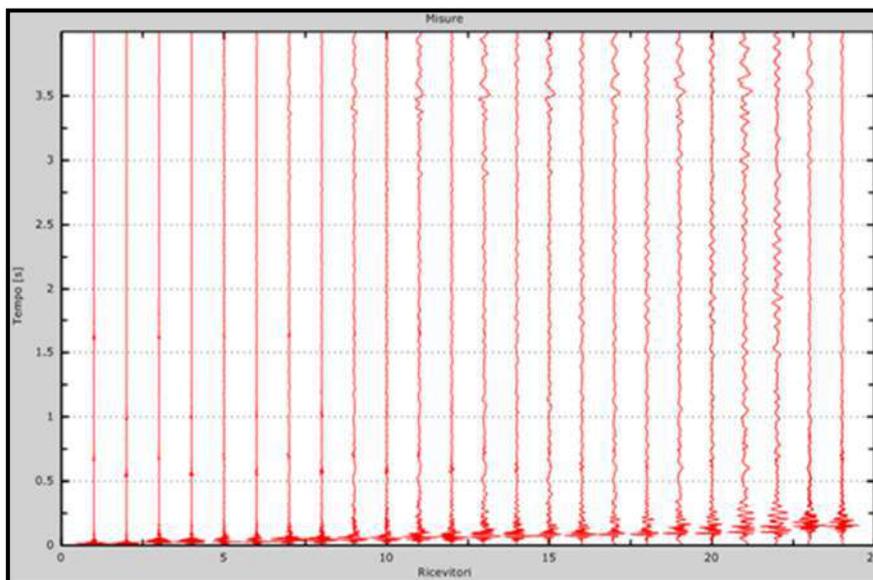


Fig.3 – Tracce acquisite in sito

VISUALIZZAZIONE SPETTRO F-K

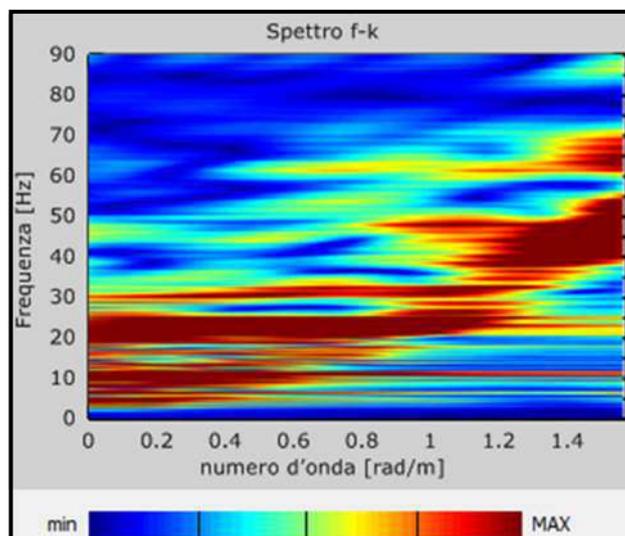


Fig.4 – Spettro f-k del segnale sismico acquisito

CURVA DI DISPERSIONE (CURVA MULTIMODALE: MODI DI RAYLEIGH-APPARENTE-EFFETTIVA)

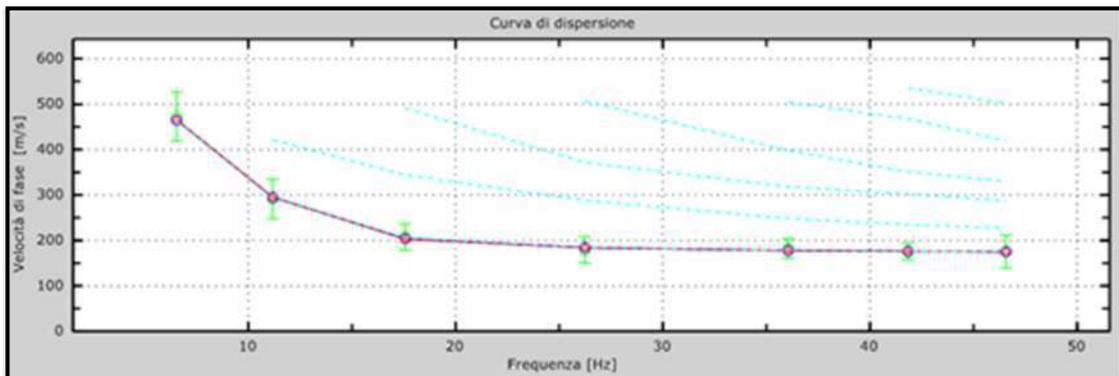


Fig.5 - Velocità numeriche :punti sperimentali (verde) - modi di Rayleigh (ciano)- curva apparente (blu)- curva numerica Figura (rossa)

Errore tra curva apparente e curva sperimentale: 2%

Errore tra curva effettiva e sperimentale: 2%

GRAFICO VELOCITA' V_s

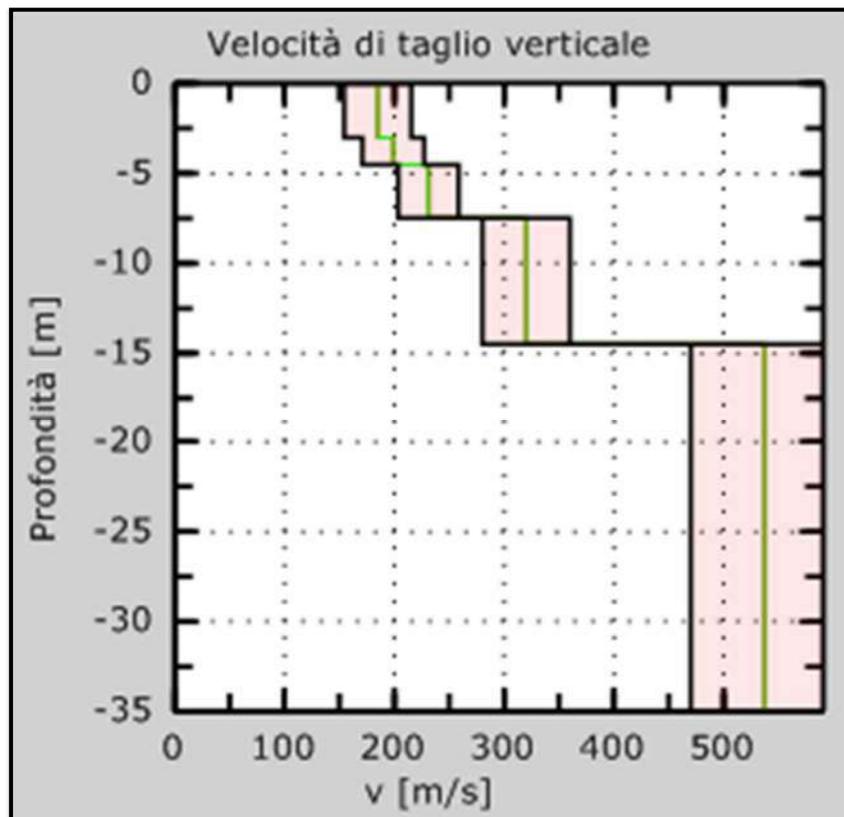


Fig.6 - Profilo di velocità V_s iniziale e finale rappresentati graficamente e riportate numericamente nella pagina successiva.

RISULTATI

Sono stati individuati *n.* 5 sismo-strati principali alle seguenti profondità e alle rispettive velocità delle onde S:

| strato | Descrizione | h [m] | z [m] | Densità [kg/m ³] | Falda | Poisson | Vs [m/s] | Vs fixed | Vs min [m/s] | Vs max [m/s] | Vp [m/s] | Alluvionale | Vs fin.[m/s] |
|--------|-------------|-------|-------|------------------------------|-------|---------|----------|----------|--------------|--------------|----------|-------------|--------------|
| 1 | | 3 | -3 | 1400 | NO | 0.40 | 185 | NO | 93 | 278 | 453 | NO | 185 |
| 2 | | 1.50 | -4.5 | 1400 | SI | 0.48 | 199 | NO | 100 | 299 | 1015 | NO | 199 |
| 3 | | 3 | -7.5 | 1400 | SI | 0.48 | 231 | NO | 116 | 347 | 1178 | NO | 231 |
| 4 | | 7 | -14.5 | 1500 | SI | 0.48 | 320 | NO | 160 | 480 | 1632 | NO | 320 |
| 5 | | 20.50 | -35 | 1600 | SI | 0.48 | 537 | NO | 269 | 806 | 2738 | NO | 537 |

Gli spessori rilevati e le relative velocità delle onde S hanno portato alla seguente determinazione della V_{sEQ} a partire dal piano di riferimento: $z = 0$

| | | | |
|-------------|------------------|-----|-----|
| $V_{sEQ} =$ | 30 | 342 | m/s |
| | $\Sigma h_i/V_i$ | | |

Categoria di suolo tipo: **C**

APPENDICE

Tipo di suolo

Tipo 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.

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 di valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.

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

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

Tipo 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.

Pastorano (CE), 10-12-2022

I.GEO S.a.s.
di D'ONOFRIO GIUSEPPE & C.
Via Aldo Moro 2, PASTORANO (CE)
Part.Iva e Cod. Fisc. 01959710618

Committente:

Star Molise s.r.l.

Oggetto:

Progettazione definitiva per la connessione alla Rete di Trasmissione Nazionale (RTN) di una futura centrale elettrica di produzione 36 kV, di proprietà della STAR MOLISE S.r.l., da collegare in antenna a 36 kV al futuro ampliamento della Stazione Elettrica di Trasformazione (SE) 380/150 kV della RTN, in Rotello (CB)

UBICAZIONE PLANIMETRICA INDAGINI

UBICAZIONE INDAGINI



Committente:

Star Molise s.r.l.

Oggetto:

Progettazione definitiva per la connessione alla Rete di Trasmissione Nazionale (RTN) di una futura centrale elettrica di produzione 36 kV, di proprietà della STAR MOLISE S.r.l., da collegare in antenna a 36 kV al futuro ampliamento della Stazione Elettrica di Trasformazione (SE) 380/150 kV della RTN, in Rotello (CB)

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



POSTAZIONE DPSH 1



POSTAZIONE MASW