

COMUNE DI

PROGETTO



ELABORATO

IDENTIFICAZIONE ELABORATO

LIV. PROG.	VERSIONE	TIPO DOC.	CODICE PROGETTO	CODICE ELABORATO	DATA	SCALA

REVISIONI

REV	DATA	AUTORE	DESCRIZIONE	VER.	APP.

PROGETTAZIONE




Maya Engineering S.r.l.

Via M. D'Azeglio 2, 70017, Putignano (BA)
T: +39 080 8937976 | E: info@maya-eng.com
CF e P.IVA 08365980724

GRUPPO DI LAVORO


SPAZIO RISERVATO AGLI ENTI

RICHIEDENTE

Documento:	Relazione Geologica						
Progetto:	PROGETTO DEFINITIVO PER LA COSTRUZIONE E L'ESERCIZIO DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO, DENOMINATO TAVERNOLA, AVENTE POTENZA NOMINALE DI 49,66 MWp, INTEGRATO CON SISTEMA DI ACCUMULO DI 10 MW, POTENZA IN IMMISSIONE RICHIESTA 55 MW, E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE ELETTRICA NAZIONALE						
Richiedente:	AMBRA SOLARE 7 S.R.L.	Data:	06/2023	Revisione:	1.0	Pag.:	1 / 30
Codice Progetto:	ITOPW004.071024			Cod. Documento:	ITOPW004.PD.01.REL.VIA2_2.RG		

SOMMARIO

1. PREMESSA.....	2
2. INQUADRAMENTO GEOLOGICO GENERALE.....	3
2.1 Inquadramento geologico.....	3
2.1 Formazioni Litologiche Affioranti	4
2.2 Assetto Tettonico Generale	6
2.3 Inquadramento Idrogeologico e Geomorfologico.....	6
3. ANALISI DEI VINCOLI AMBIENTALI E PAESAGGISTICI.....	8
3.1 Piano di Bacino Stralcio Assetto Idrogeologico	8
3.2 Vincoli SIC, ZPS e Aree Protette.....	10
3.3 Vincoli PPTR (Piano Paesaggistico Territoriale Regionale)	11
4. INDAGINI GEOGNOSTICHE IN SITU.....	13
4.1 Indagine geognostica diretta: sondaggio esplorativo	13
4.1.1 Sondaggio esplorativo S1.....	13
4.2 Indagine geognostica indiretta: prospezione sismica a rifrazione a Rifrazione (Onde P)	13
4.2.1 Acquisizione ed interpretazione dei dati	14
4.2.2 Stendimento ST01.....	15
4.3 Indagine geognostica indiretta: prospezione sismica MASW	17
4.3.1 Acquisizione ed interpretazione dei dati	17
4.3.2 Stendimento MASW01	18
4.4 Classificazione del sottosuolo di fondazione	21
4.5 Analisi geotecniche di laboratorio	21
5. MODELLO GEOLOGICO DEL SOTTOSUOLO.....	23
5.1 Caratterizzazione Elasto-Meccanica dei terreni di fondazione	23
6. PERICOLOSITA' SISMICA DI BASE.....	25
6.1 Pericolosità del sito	25
6.2 Strategia di progettazione	25
6.3 Azioni di progetto.....	26
7. CONCLUSIONI.....	27

Documento:	Relazione Geologica					
Progetto:	PROGETTO DEFINITIVO PER LA COSTRUZIONE E L'ESERCIZIO DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO, DENOMINATO TAVERNOLA, AVENTE POTENZA NOMINALE DI 49,66 MWp, INTEGRATO CON SISTEMA DI ACCUMULO DI 10 MW, POTENZA IN IMMISSIONE RICHIESTA 55 MW, E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE ELETTRICA NAZIONALE					
Richiedente:	AMBRA SOLARE 7 S.R.L.	Data:	06/2023	Revisione:	1.0	Pag.: 2 / 30
Codice Progetto:	ITOPW004.071024			Cod. Documento:	ITOPW004.PD.01.REL.VIA2_2.RG	

1. PREMESSA

Su incarico conferitomi dalla Società **MAYA Engineering S.r.l.**, con sede in Via San Girolamo n° 4-70017 Putignano (BA), è stato redatto il seguente studio geologico nell'ambito della realizzazione e dell'esercizio di un impianto agrivoltaico, denominato **TAVERNOLA**, avente potenza nominale di 49,66 MWp, integrato con sistema di accumulo di 10 MW, potenza in immissione richiesta 55 MW, e relative opere di connessione alla rete elettrica nazionale, ubicato nei comuni di Foggia e Manfredonia (FG).

Le aree destinatarie dello studio sono ubicate nella zona Nord-Est dell'ambito amministrativo del Comune di Foggia (FG) e prospicienti la SP n° 76, come riportato in allegato alla **Tavola A. 1 "Ubicazione Area di Intervento"**. In particolare sulle particelle interessate è prevista la posa in opera di pannelli fotovoltaici (montati ad un'altezza da terra sufficiente per consentire pratiche di coltivazione convenzionali sul terreno sottostante) per la produzione di energia elettrica, che verrà immessa successivamente nella rete di distribuzione nazionale, e delle relative opere di connessione ed infrastrutturali a supporto (cabine di trasformazioni, impianto di accumulo, elettrodotti, viabilità complementare).

Il presente studio, volto a definire le caratteristiche litologico-stratigrafiche, morfologiche, idrogeologiche e sismiche del sito, è stato condotto in osservanza della normativa tecnica vigente in materia e in particolare: DM 17 Gennaio 2018 (Aggiornamento delle "Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni"), Circolare 21 Gennaio 2019 n° 7 (Istruzioni per l'applicazione dell'Aggiornamento delle "Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni"), Circolare 2 Febbraio 2009 n° 617, prescrizioni AGI 1997, "Linee Guida per Indagini Geofisiche" redatte a cura dell'Associazione Società di Geofisica Italiana, OPCM 3274/03 e successive modifiche (DGR 153/04, OPCM 3519/06), nonché tenendo in debito conto le prescrizioni del Piano dell'Autorità di Bacino della Puglia, del Piano Paesaggistico Territoriale (PPTR), Piano di Tutela delle Acque (PTA) e dell'Ufficio Parchi e Riserve della Regione Puglia.

Sono state eseguite ricognizioni di superficie di dettaglio a scala ridotta per il riconoscimento degli aspetti litologico-stratigrafici delle unità affioranti e dei principali lineamenti morfologici ed idrogeologici delle aree ritenute significative ai fini progettuali. Sono state altresì tratte informazioni evinte da dati bibliografici e cartografici ufficiali, mentre le notizie e le informazioni di carattere geologico ed idrogeologico, sono state integrate investigando i terreni di sedime interagenti con le opere in progetto, mediante l'esecuzione di indagini geognostiche in situ, di tipo sia dirette che indirette, realizzando:

- **N° 1 Sondaggio Geognostico** a rotazione a carotaggio continuo spinto sino ad una profondità massima di -10,00 mt da pc;
- **N° 2 Prelievi di Campioni** indisturbati di terreno da sottoporre ad analisi geotecniche di laboratorio per la relativa caratterizzazione fisico-meccanica;
- **N° 1 Prospezione Sismica a Rifrazione** in onde P per la ricostruzione del modello sismostratigrafico del sottosuolo e la determinazione delle principali grandezze elasto-meccaniche dei terreni investigati;
- **N° 1 Prospezione Sismica MASW** (Multichannel Analysis of Surface Waves) in onde di Rayleigh per la caratterizzazione sismica e la definizione della categoria di sottosuolo come da normativa in materia antisismica vigente.

In seguito alle prove summenzionate e alla raccolta di tutti gli elementi necessari alla descrizione del sito da un punto di vista strettamente geologico, sono stati redatti i seguenti elaborati, analitici e cartografici, allegati alla presente relazione:

TAVOLA A. 1	UBICAZIONE AREA DI INTERVENTO	(SCALA 1: 25.000-1: 20.000)
TAVOLA A. 2	CARTA GEOLITOLOGICA	(SCALA 1: 25.000)
TAVOLA A. 3	CARTA IDROMORFOLOGICA	(SCALA 1: 25.000)
TAVOLA A. 4	UBICAZIONE INDAGINI IN SITU	(SCALA 1: 10.000)
TAVOLA A. 5	COLONNA STRATIGRAFICA	(SCALA 1: 100)
TAVOLA A. 6	SEZIONE STRATIGRAFICA INTERPRETATIVA-ONDE P	(SCALA 1: 200)
TAVOLA A. 7	ANALISI GEOTECNICHE DI LABORATORIO	(-)

Documento:	Relazione Geologica					
Progetto:	PROGETTO DEFINITIVO PER LA COSTRUZIONE E L'ESERCIZIO DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO, DENOMINATO TAVERNOLA, AVENTE POTENZA NOMINALE DI 49,66 MWp, INTEGRATO CON SISTEMA DI ACCUMULO DI 10 MW, POTENZA IN IMMISSIONE RICHIESTA 55 MW, E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE ELETTRICA NAZIONALE					
Richiedente:	AMBRA SOLARE 7 S.R.L.	Data:	06/2023	Revisione:	1.0	Pag.: 3 / 30
Codice Progetto:	ITOPW004.071024			Cod. Documento:	ITOPW004.PD.01.REL.VIA2_2.RG	

2. INQUADRAMENTO GEOLOGICO GENERALE

2.1 Inquadramento geologico

L'area interessata dal progetto è sita nella zona Nord-Est dell'ambito amministrativo del Comune di Foggia (FG) e ricade nel quadrante sud-occidentale del Foglio N° 164 "Foggia" (Figura 1) della Carta Geologica d'Italia in scala 1: 100.000, di cui viene riportato uno stralcio in Tavola A. 2 "Carta Geolitologica".



Figura 1: Foglio N° 164 "Foggia" della Carta Geologica d'Italia

Da un punto di vista geologico-strutturale, tale territorio è posto in corrispondenza della zona di transizione tra il settore pedemontano del promontorio Gargano e il Tavoliere di Puglia, così come si può osservare in Figura 2.

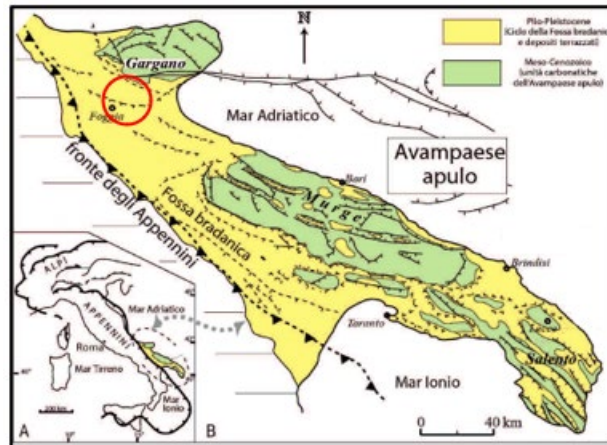



Figura 2: Carta geologica schematica della regione Puglia con indicata la distribuzione areale dei due principali gruppi di unità distinte nella carta geo-litologica (da PIERI et alii, 1997, modificata)

La pianura del Tavoliere di Puglia rappresenta una estesa pianura alluvionale definita da un'area di basso strutturale, delimitata dal fiume Ofanto, dal torrente Cervaro, dall'Appennino e dal Golfo di Manfredonia. Il Tavoliere di Puglia coincide con il tratto dell'Avanfossa adriatica delimitato dalla Catena appenninica e dall'Avampaese Apulo, più precisamente corrisponde all'area compresa fra i Monti della Daunia, il Promontorio del Gargano e l'Altopiano delle Murge. La storia geologica di quest'area può essere così sintetizzata:

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

Il basamento, come pure l'ossatura dell'intera regione pugliese e dell'area di studio, è costituita da un potente spessore di sedimenti carbonatici prevalentemente di piattaforma di età mesozoica su cui localmente, in affioramento, trasgrediscono depositi calcarenitici paleogenici. Con l'avvento della tettonogenesi appenninico-dinarica a partire dal Miocene, la Piastra Apula assume il ruolo di Avampaese e contemporaneamente le sue parti estreme diventano instabili. Quella più occidentale, con il progredire delle fasi di accavallamento delle unità appenniniche verso Est, viene coinvolta progressivamente da una segmentazione secondo l'allineamento Nord-Ovest Sud-Est a costituire un esteso semigraben; in quest'area si individuerà l'Avanfossa appenninica. La parte occidentale della piattaforma carbonatica apula, a partire dal

Documento:	Relazione Geologica						
Progetto:	PROGETTO DEFINITIVO PER LA COSTRUZIONE E L'ESERCIZIO DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO, DENOMINATO TAVERNOLA, AVENTE POTENZA NOMINALE DI 49,66 MWp, INTEGRATO CON SISTEMA DI ACCUMULO DI 10 MW, POTENZA IN IMMISSIONE RICHIESTA 55 MW, E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE ELETTRICA NAZIONALE						
Richiedente:	AMBRA SOLARE 7 S.R.L.	Data:	06/2023	Revisione:	1.0	Pag.:	4 / 30
Codice Progetto:	ITOPW004.071024			Cod. Documento:	ITOPW004.PD.01.REL.VIA2_2.RG		

Miocene, sotto le spinte della Catena appenninica si sarebbe spezzettata assumendo il ruolo di Avanfossa della catena appenninica. Il bacino pugliese, orientato grosso modo secondo una direzione comune Nord-Ovest Sud-Est, ossia parallela a quella della catena appenninica, si sarebbe individuato a partire da Nord ringiovanendosi procedendo verso Sud, subendo poi una migrazione verso Est.

Nel corso del Pliocene inferiore la fossa, ormai delimitata fra l'Appennino e l'ancora integro Avampaese apulo-garganico, doveva avere una forma molto allungata e margini subparalleli ravvicinati. La sedimentazione era di tipo pelitico, riferibile ad argille bacinali o a facies distali di corpi torbiditici provenienti da Nord-Ovest. Nel Pliocene medio si incomincia ad individuare la Fossa bradanica SS. In essa, vengono richiamati, dalla Catena appenninica in rapido sollevamento, potenti colate gravitative, che, congiuntamente alle spinte appenniniche vanno a raccordare la parte interna della stessa Avanfossa, colmandola. Verso l'esterno si hanno aree ove prevale la subsidenza caratterizzata da riempimenti torbiditici sabbioso-argillosi (sempre provenienti da Nord-ovest) (Casnedi *et alii*, 1984). Di conseguenza il rapporto sabbie/argille diminuisce procedendo verso sud, mentre aumenta notevolmente in corrispondenza di aree a forte subsidenza, quali la Fossa di Candela. Il modello proposto è quello cosiddetto delle "conoidi confinate asimmetriche" canalizzate Nord Nord-ovest Sud Sud-Est, parallelamente a faglie inverse sinsedimentarie dovute alla tettonica compressiva mesopliocenica. Il Pliocene superiore segna il culmine della tettonica trasversale, che porterà alla separazione dell'Avanfossa in più bacini distinti. Difatti il sollevamento dell'Alto del Fortore, ipotizzato come si ricorderà da Casnedi (1992), ha separato il bacino molisano da quello pugliese. Questa struttura, trasversale alla Fossa, ne ha condizionato il riempimento; infatti, sui fianchi ribassati, si sono avuti abbondanti apporti clastici, interdigitati sul lato settentrionale con le torbiditi provenienti da nord-ovest, e sul lato meridionale, con le colate gravitative provenienti dal continente in sollevamento. L'alto strutturale è stato invece caratterizzato da sedimentazione ridotta costituita da argille di piattaforma e verso la costa da apparati deltizi. Va aggiunto che sempre nel corso del Pliocene superiore si sono attivate faglie Est-Ovest, allineate alla faglia trascorrente destrorsa del Gargano, che hanno suddiviso ulteriormente l'Alto del Fortore. Analogamente il bacino pugliese risulta separato da quello lucano da un alto strutturale, la cosiddetta *Sella di Banzi*, caratterizzato da sedimentazione condensata. A questa fase tettonica o forse anche prima e non al Pleistocene inferiore, si deve fare risalire l'approfondimento del *graben* del Tavoliere meridionale. Ne sono una prova i depositi mesopliocenici di ambiente litorale presenti sia sul bordo garganico meridionale (D'Alessandro *et alii*, 1979) che su quello murgiano nord-occidentale e le facies calcarenitiche più profonde riferibili al Pliocene superiore ritrovate sempre sul lato murgiano ofantino. Inoltre, i depositi argillosi bacinali riscontrati in perforazione nella parte centrale della fossa (in località Alma Dannata, Zaponeta) riferiti alla *zona a Globorotalia puncticulata* o alla *zona a Discoaster tamalis* (Boenzi *et alii*, 1992), farebbero ritenere che la fase tettonica sia stata più antica oppure che l'individuazione del *graben* sia iniziata nel Pliocene medio nella parte centrale dei Tavoliere meridionale, per poi subire un nuovo impulso nel Pliocene superiore. Successivamente, nel corso del Pleistocene inferiore, si verifica il colmamento del bacino pugliese. I depositi del Ciclo della Fossa bradanica lungo il bordo appenninico, sono meglio conosciuti, dal basso verso l'alto, con i nomi formazionali di "Conglomerati e sabbie di Oppido Lucano", "Argille subappennine", "Sabbie di Monte Marano" e "Conglomerato di Irsina", mentre presso il bordo murgiano: "Biocalcarenite di Gravina", "Argille subappennine", "Sabbie di Monte Marano" e/o "Calcarenite di Monte Castiglione". In affioramento, nel Tavoliere si ritrova quasi esclusivamente la parte alta della successione plio-pleistocenica, cioè le unità stratigrafiche regressive.

A partire da circa un milione di anni fa, in seguito alla progressiva attenuazione delle spinte appenniniche, al rilascio elastico della Piastra Apula (Mongelli & Ricchetti, 1979; Ricchetti & Mongelli, 1981) e alla compensazione isostatica del sistema Catena-Avanfossa-Avampaese si è avuto un sollevamento regionale sicuramente tuttora in corso. A questa tendenza generale si sono sovrapposte oscillazioni del livello marino di tipo glacio-eustatico, interferendo e complicando ulteriormente il meccanismo di regressione. Il risultato è rappresentato da numerose e diverse unità litostratigrafiche corrispondenti a differenti stadi del livello marino riferibili a più cicli sedimentari marini e/o a fasi continentali di alluvionamento. Sono stati individuati in maniera frammentaria, al tetto delle "Argille subappennine", lembi riferibili probabilmente a ben 16 spianate (Pennetta, 1988). Questi depositi vengono riportati come marini e/o di transizione e solo per i depositi di fondo valle, recenti ed attuali, si fa espresso riferimento ad ambienti fluviali. Questi depositi si rinvengono in corrispondenza di più paleosuperfici poste a differenti altezze sul livello del mare e sono delimitati a letto da superfici d'erosione inclinate da monte (Ovest) verso valle (Est); il substrato è rappresentato quasi ovunque dalle argille sabbiose supraplioceniche della Fossa bradanica (Argille subappennine); solo a luoghi, verso monte è rappresentato da unità appenniniche e verso valle da altri depositi alluvionali più antichi.

Facendo riferimento al summenzionato Foglio n° 164 "Foggia" della Carta Geologica d'Italia a scala 1: 100.000 si osservano dal basso verso l'alto e in ordine cronologico e stratigrafico, le seguenti formazioni marine, nonché ai depositi continentali, quali:

- Alluvioni recenti ed attuali (Q);
- Alluvioni terrazzate (Q_{3t});
- Sabbie con faune litorale (Q_{2m}).
- Argille subappennine (PQ_a).

2.1 Formazioni Litologiche Affioranti

Con riferimento a dati bibliografici e studi inerenti alla stratigrafia e litologia del territorio comunale di Foggia (FG) e della zona oggetto di tale relazione, si può carpire uno schema organizzativo delle Unità Geologiche. Le *Argille subappennine* rappresenta il substrato sedimentario, di origine marina, su cui poggiano in discordanza tutte le unità più recenti quali le *Sabbie* con fauna litorale, anch'esse di origine marina e le *Alluvioni* (Terrazzate e Recenti) di origine continentale. Di seguito si riportano le caratteristiche litologico-tessiture-composizionali di dette unità.

- *Argille subappennine* (PQ_a): formazione costituita da limi argillosi e argille marnose grigio azzurrognole con sottili intercalazioni siltose e sabbiose più frequenti al tetto al passaggio con la sovrastante successione sabbiosa delle Sabbie ed Alluvioni. Caratterizzate da un

Documento:	Relazione Geologica						
Progetto:	PROGETTO DEFINITIVO PER LA COSTRUZIONE E L'ESERCIZIO DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO, DENOMINATO TAVERNOLA, AVENTE POTENZA NOMINALE DI 49,66 MWp, INTEGRATO CON SISTEMA DI ACCUMULO DI 10 MW, POTENZA IN IMMISSIONE RICHIESTA 55 MW, E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE ELETTRICA NAZIONALE						
Richiedente:	AMBRA SOLARE 7 S.R.L.	Data:	06/2023	Revisione:	1.0	Pag.:	5 / 30
Codice Progetto:	ITOPW004.071024			Cod. Documento:	ITOPW004.PD.01.REL.VIA2_2.RG		

elevato tenore di carbonati (fino al 40% ed oltre) che le rendono abbastanza dure e compatte. Durante la fase di deposizione hanno, infatti, probabilmente risentito di forti apporti di carbonati che hanno creato legami di cementazione fra le particelle influenzando la compressibilità del terreno. A luoghi è presente una parte più superficiale caratterizzata da una colorazione ocraceo-avano dovuta a fenomeni di alterazione fisico-chimica o per la presenza di sabbia, la quale si trova in misura quasi sempre al passaggio con la sovrastante formazione sabbiosa. A causa della dinamica geomorfologica che interessa i versanti la fascia di alterazione può essere assente o presentare uno spessore molto modesto. Lungo i versanti delle colline argillose è spesso presente una coltre di alterazione, di spessore variabile fino a qualche metro, interessata da modeste circolazioni di acque di infiltrazione e soggetta a fenomeni di lenta deformazione. Età ascrivibile al Calabriano-Pliocene.

- Sabbia con fauna litorale (Q²_m): La base della formazione è costituita da una superficie di discordanza sui calcari del Mesozoico, limitatamente all'area pedegarganica o in perforazione sulle argille subappennine. Il limite superiore coincide con la superficie topografica o è rappresentato da una superficie di discordanza che mette in contatto questa unità con le formazioni superiori. Si tratta di sabbie dal tipico colore fulvo-arancio o giallo ocra in cui si rinvencono livelli di sabbia fine o silt o argilla giallo ocra e, a volte, livelli di arenaria grossolana. La giacitura, messa in evidenza dai livelli a diversa granulometria e dagli strati di arenaria intercalati nelle sabbie, è sub-orizzontale. Negli scarsi affioramenti disponibili (esclusivamente trincee artificiali) è costante la presenza di una parte superiore fine, costituita quasi sempre da silt argillosi o argille di colore dal fulvo giallastro al marrone, ricche di noduli bianchi calcarei dovuti a precipitazione evaporitica. Gli spessori, desumibili dai dati di perforazione, sono di norma compresi fra 25 e 30 metri; il valore massimo, di 55 metri. L'ambiente di sedimentazione è marino infralitorale, più specificatamente di spiaggia sommersa; localmente, in perforazione, si trovano facies di transizione con associazione fossilifera riconducibile alle biocenosi attuali delle lagune eurialine ed euriterme. Questa unità è riferita sulla base di considerazioni stratigrafiche al Pleistocene medio-superiore? (Ciaranfi et alii, 2011).
- Alluvioni terrazzate (Q³): È costituita da depositi alluvionali dei torrenti Carapelle e Cervaro che passano, verso est, a depositi di mare poco profondo, rinvenuti solo in perforazione. La parte continentale, affiorante, di questa unità, forma il terrazzo alluvionale immediatamente superiore alla piana alluvionale attuale e recente da cui lo separa una scarpata bassa ma abbastanza ripida e continua. La base dell'unità è costituita da una superficie erosiva sulle sabbie sopradescritte. Il limite superiore coincide con la superficie topografica o è costituito da una superficie di erosione. Lo spessore massimo dell'unità è di circa 35 metri. La formazione è costituita da un ampio ventaglio di frazioni granulometriche: dalle sabbie, ai silt, alle argille, con occasionali intercalazioni ghiaiose; le sabbie possono presentarsi di colore giallastro e, a volte, cementate fino a formare strati di arenaria; i silt, le argille, ma anche a volte le stesse sabbie, variano dall'avana, al marrone, al grigio chiaro. Caratteristica comune è però la laminazione da piano-parallela ad ondulata, che interessa le componenti sabbiose e siltose. Nelle aree più interne si rinvencono facies più prossimali costituite prevalentemente da ghiaie con intercalazioni di sabbie e silt (località Passo Breccioso). Il tetto dell'unità è costituito da un paleosuolo sormontato da un livello di crosta calcarea evaporitica, straterellata e friabile, spesso al massimo 50 cm; non sono infrequenti però i casi in cui manchi uno o l'altro o ambedue questi elementi di chiusura. L'ambiente di sedimentazione della parte continentale dell'unità è quello di una piana alluvionale-deltizia, con frequenti fenomeni di esondazione ed *overbank*.
- Alluvioni recenti ed attuali (Q): Sotto questo nome sono stati raggruppati tutti i sedimenti che costituiscono la piana alluvionale più bassa. Il limite inferiore è costituito da una superficie di discordanza sulle alluvioni terrazzate e sulle sabbie con fauna litorale. Il limite superiore coincide con la superficie topografica o con la base dei depositi alluvionali attualmente in evoluzione. È costituita da depositi alluvionali passanti verso la costa a depositi di spiaggia sommersa. I depositi alluvionali sono costituiti prevalentemente da argille, sabbie e silt di colore dal bruno scuro, al grigio, al giallastro, spesso con lamine da piano-parallele ad ondulate, presenti soprattutto nei livelli sabbiosi e limosi; contengono fauna continentale rappresentata da gasteropodi terrestri. L'ambiente di sedimentazione è di piana alluvionale a bassa energia con episodi di *overbank*. Verso Est si passa a depositi di spiaggia sommersa costituiti da sabbie grigio chiaro da fini a grossolane, con intercalati livelli di ciottoli silicei di provenienza garganica.

In relazione alle litologie sopradescritte, il sottosuolo del sito d'indagine, per la porzione d'interesse delle opere, è caratterizzato da una superficiale strato di natura sabbioso-limoso, posto su di una potente successione di terreni limo-argillosi e argillo-limosi, che rappresentano il locale substrato.

Documento:	Relazione Geologica					
Progetto:	PROGETTO DEFINITIVO PER LA COSTRUZIONE E L'ESERCIZIO DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO, DENOMINATO TAVERNOLA, AVENTE POTENZA NOMINALE DI 49,66 MWp, INTEGRATO CON SISTEMA DI ACCUMULO DI 10 MW, POTENZA IN IMMISSIONE RICHIESTA 55 MW, E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE ELETTRICA NAZIONALE					
Richiedente:	AMBRA SOLARE 7 S.R.L.	Data:	06/2023	Revisione:	1.0	Pag.: 6 / 30
Codice Progetto:	ITOPW004.071024			Cod. Documento:	ITOPW004.PD.01.REL.VIA2_2.RG	

2.2 Assetto Tettonico Generale

L'area in esame, per il suo assetto morfo-strutturale, è collocata nel più ampio contesto geologico dell'Italia Meridionale, può essere suddivisa in 3 settori, allungati in senso appenninico (Nord-Ovest Sud-Est) e ciascuno appartenente ad una ben precisa unità stratigrafico-morfologico-strutturale. Procedendo dalla linea di costa adriatica verso l'interno, si riconoscono: il settore di Avampaese, il settore di Avanfossa, il settore di catena (**Figura 3**). L'unità carbonatica apula mesozoica affiorante in corrispondenza dei rilievi delle Murge e del Gargano, costituisce il settore di Avampaese. A causa infatti di intensi sollevamenti prodottisi nel Miocene medio, che condussero all'emersione della quasi totalità delle rocce attualmente affioranti e al contemporaneo instaurarsi di una rete di faglie distensive (Nord-Ovest-Sud-Est e Ovest-Est) che favorivano lo sprofondamento delle regioni marginali del promontorio, la Murgia venne a costituire un'isola separata dall'Appennino e dal Gargano da un ampio braccio di mare in corrispondenza della Fossa Bradanica.




Figura 3: Schema geologica della Regione Puglia (Pieri et al, 1997)

Le dislocazioni tettoniche che cominciarono a prodursi allorché la piattaforma carbonatica apula andò a far parte del sistema geodinamico dell'orogenesi appenninica, subendone gli effetti smorzati, produssero profonde deformazioni strutturali. Le attuali aree della Fossa Bradanica assunsero un assetto strutturale di ampi Graben. Le strutture plicative sono orientate in direzione Nord-Ovest-Sud-Est o Ovest-Nord-Ovest Est-Sud-Est; le faglie in quelle Ovest-Nord-Ovest Est-Sud-Est, Est-Ovest, Sud-Ovest Nord-Est e Nord-Est. Importanti serie di faglie a gradinate sono presenti lungo il margine della Fossa Bradanica, la bassa valle dell'Ofanto e nel versante adriatico, compresa la faglia che corre in mare parallelamente alla costa. Si tratta di faglie importanti a direzione Est-Ovest, nonché appenninica, e antiappenninica con notevoli rigetti che hanno dato luogo alla struttura a gradinata che prosegue in corrispondenza della Fossa Bradanica, del Tavoliere e nell'Adriatico. La tettonica tardo-pleiocenica e pleistocenica ha contribuito alla definizione dell'attuale assetto strutturale dell'area.

2.3 Inquadramento Idrogeologico e Geomorfologico

Il territorio dal punto di vista geologico corrisponde alla parte settentrionale della fossa Bradanica dove affiorano litotipi di diversa natura. Le unità sono costituite da depositi di riempimento di età Plio-Pleistocenica dell'Avanfossa appenninica e da depositi marini e alluvionali pleistoceniche superiore ed oloceniche. Per quanto riguarda l'idrologia superficiale essa è rappresentata da tre principali corsi d'acqua (Candelaro, Cervaro e Carapelle) ad andamento torrentizio e stagionale. Essi sono stati regimentati e sfruttati per buona parte del loro corso. La particolare situazione stratigrafica e strutturale porta a riconoscere tre unità acquifere principali situate a differenti profondità e si possono distinguere in carsiche, artesiane e freatiche. L'acquifero carsico profondo è costituito da calcari fratturati e carsificati del substrato prepliocenico dell'Avanfossa appenninica. L'esteso corpo idrico è collegato lateralmente alle falde del Gargano e delle Murge. La circolazione idrica è condizionata dalle numerose faglie che caratterizzano le direttrici di flusso. L'acquifero artesiano profondo è costituito da strati porosi di sabbie limose e ghiaie presenti a diverse profondità i livelli sono costituiti da corpi di forma lenticolare posti a profondità variabile tra i 150 e 500 metri dal piano campagna con spessore di poche decine di metri. L'acquifero freatico superficiale si rinviene nei depositi quaternari sabbioso ghiaioso ciottolosi permeabili intercalati da limo argilloso sabbiosi meno permeabili che ricoprono con continuità laterale la formazione sottostante delle argille azzurre subappenniniche. In generale i diversi livelli in cui l'acqua fluisce non costituiscono corpi separati ma danno luogo ad un unico corpo idrico interconnesso.

In linea generale, si può affermare che i sedimenti a granulometria grossolana che prevalgono verso monte costituiscono l'acquifero, mentre procedendo verso la costa aumentano i sedimenti limo argilloso sabbiosi che sono meno permeabili e quindi svolgono il ruolo di acquitardo. L'acquifero freatico superficiale circola in condizioni freatiche nella fascia pedemontana ed in pressione nella fascia medio bassa. Le caratteristiche del potenziale di alimentazione della falda sono strettamente legate a fattori di ordine morfologico e stratigrafico e sono variabili da zona a zona. Infatti le acque tendono ad accumularsi lì dove il tetto delle argille azzurre forma dei veri e propri impluvi oppure lì

Documento:	Relazione Geologica						
Progetto:	PROGETTO DEFINITIVO PER LA COSTRUZIONE E L'ESERCIZIO DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO, DENOMINATO TAVERNOLA, AVENTE POTENZA NOMINALE DI 49,66 MWp, INTEGRATO CON SISTEMA DI ACCUMULO DI 10 MW, POTENZA IN IMMISSIONE RICHIESTA 55 MW, E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE ELETTRICA NAZIONALE						
Richiedente:	AMBRA SOLARE 7 S.R.L.	Data:	06/2023	Revisione:	1.0	Pag.:	7 / 30
Codice Progetto:	ITOPW004.071024			Cod. Documento:	ITOPW004.PD.01.REL.VIA2_2.RG		

dove è maggiore lo spessore degli strati ghiaiosi. Un contributo importante circa le modalità di alimentazione della falda lo rivestono le precipitazioni stagionali. Oltre alle acque di infiltrazione per le precipitazioni anche i corsi d'acqua che solcano il tavoliere svolgono un ruolo importante cedono alla falda una buona parte delle loro portate di piena. Per concludere tutta la porzione del Tavoliere racchiusa tra il promontorio del Gargano, il Golfo di Manfredonia e il fiume Ofanto è interessata da acque freatiche dolci e da acque salmastre, distribuite in modo saltuario e di difficile delimitazione. Si può dire, grosso modo, che le acque dolci sono legate ai terreni sabbiosi e ciottolosi antichi, mentre le salmastre si riscontrano più facilmente nelle formazioni dell'olocene. La superficie freatica viene incontrata da pochi decimetri sotto il piano di campagna fino a profondità superiori ai 20 metri. Le acque artesiane sono generalmente dolci, con portate che variano dai 5 ai 70 l/s e sono comprese entro sedimenti clastici, limitati alla base dalle argille plioceniche e al tetto dai sedimenti argillosi quaternari. Le sorgenti sono distribuite in numero esiguo su un allineamento Nord-Sud, hanno portata minima e non rivestono notevole importanza.

Documento:	Relazione Geologica					
Progetto:	PROGETTO DEFINITIVO PER LA COSTRUZIONE E L'ESERCIZIO DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO, DENOMINATO TAVERNOLA, AVENTE POTENZA NOMINALE DI 49,66 MWp, INTEGRATO CON SISTEMA DI ACCUMULO DI 10 MW, POTENZA IN IMMISSIONE RICHIESTA 55 MW, E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE ELETTRICA NAZIONALE					
Richiedente:	AMBRA SOLARE 7 S.R.L.	Data:	06/2023	Revisione:	1.0	Pag.: 8 / 30
Codice Progetto:	ITOPW004.071024			Cod. Documento:	ITOPW004.PD.01.REL.VIA2_2.RG	

3. ANALISI DEI VINCOLI AMBIENTALI E PAESAGGISTICI

3.1 Piano di Bacino Stralcio Assetto Idrogeologico


L'Autorità di Bacino della Regione Puglia con la redazione del PAI (Piano di Bacino Stralcio per l'Assetto Idrogeologico), ha provveduto alla perimetrazione delle aree a pericolosità idraulica e geomorfologica ai fini di cartografare il Rischio associato. Il Piano, ai sensi dell'articolo 17 comma 6 ter della Legge 18 maggio 1989, n° 183, ha valore di piano territoriale di settore ed è lo strumento conoscitivo, normativo e tecnico-operativo mediante il quale sono pianificate e programmate le azioni e le norme d'uso finalizzate alla conservazione, alla difesa ed alla valorizzazione del suolo ricadente nel territorio di competenza dell'Autorità di Bacino della Puglia.

Finalità principale del PAI è perseguire il miglioramento delle condizioni di regime idraulico e la stabilità geomorfologica. Questo si è reso necessario al fine di consentire uno sviluppo sostenibile e ridurre la pericolosità associata al sito. Il PAI, quindi, ha una doppia valenza: conoscitiva e programmatica. E', infatti, in continuo aggiornamento e raccoglie e organizza il quadro conoscitivo sulla pericolosità idrogeologica in relazione a fenomeni di esondazione (assetto idraulico) e di dissesto dei versanti (assetto geomorfologico). L'aggiornamento del quadro sulla pericolosità idrogeologica può derivare dall'acquisizione di nuove conoscenze in ambito scientifico o dalla realizzazione di opere di mitigazione oltre che dagli studi e approfondimenti contenuti nei quadri conoscitivi dei Piani Urbanistici.

Dall'analisi della cartografia e dalle informazioni tratte dal WebGIS dell'Autorità di Bacino della Puglia (**Figura 4, 5 e 6**) le aree oggetto di studio non ricadono in zone classificate a pericolosità/rischio idraulico e/o geomorfologico, di conseguenza nelle aree non perimetrare (perimetri aggiornati il 19/11/2019) dal PAI sono consentiti tutti gli interventi previsti dagli strumenti di governo del territorio, purché siano realizzati in condizioni di sicurezza idraulica in relazione alla natura dell'intervento e dal contesto territoriale. Di seguito si riporta uno stralcio della carta della Pericolosità Geomorfologica, Idraulica e la Classe di Rischio in scala 1: 25.000 (adattata) redatta dalla stessa Autorità di Bacino della Puglia dove si può notare che sulle aree oggetto di intervento non ricade nessun vincolo di tale natura.



Figura 4: Pericolosità geomorfologica

Documento:	Relazione Geologica						
Progetto:	PROGETTO DEFINITIVO PER LA COSTRUZIONE E L'ESERCIZIO DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO, DENOMINATO TAVERNOLA, AVENTE POTENZA NOMINALE DI 49,66 MWp, INTEGRATO CON SISTEMA DI ACCUMULO DI 10 MW, POTENZA IN IMMISSIONE RICHIESTA 55 MW, E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE ELETTRICA NAZIONALE						
Richiedente:	AMBRA SOLARE 7 S.R.L.	Data:	06/2023	Revisione:	1.0	Pag.:	9 / 30
Codice Progetto:	ITOPW004.071024			Cod. Documento:	ITOPW004.PD.01.REL.VIA2_2.RG		

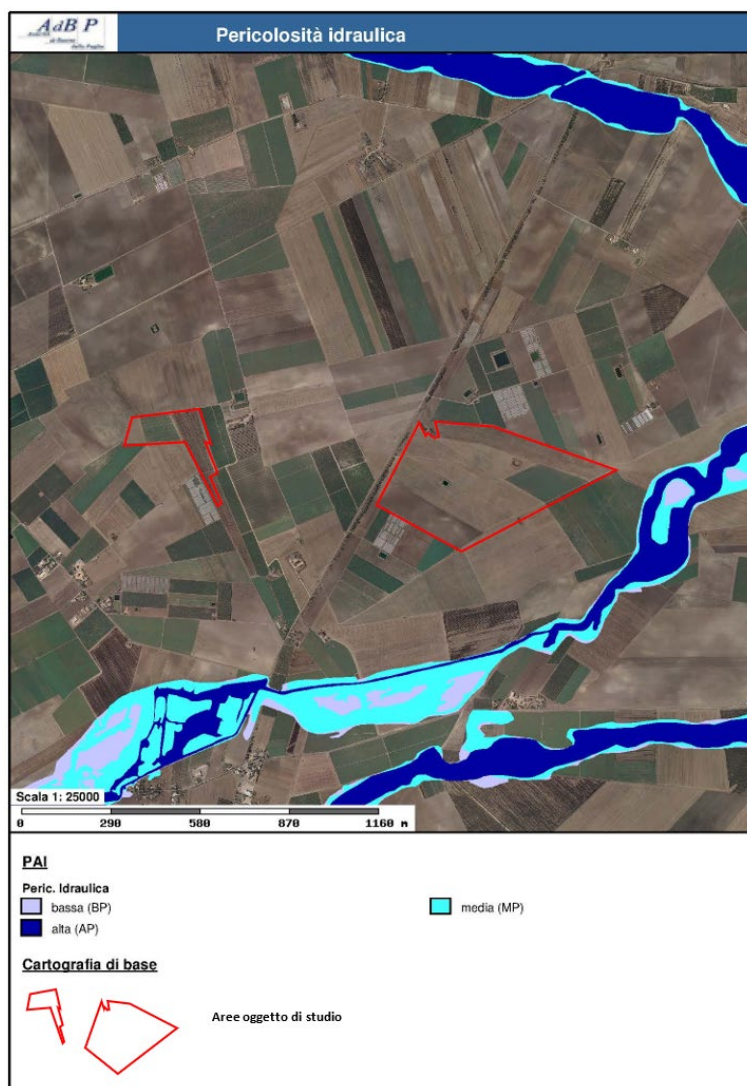


Figura 5: Pericolosità idraulica

Documento:	Relazione Geologica					
Progetto:	PROGETTO DEFINITIVO PER LA COSTRUZIONE E L'ESERCIZIO DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO, DENOMINATO TAVERNOLA, AVENTE POTENZA NOMINALE DI 49,66 MWp, INTEGRATO CON SISTEMA DI ACCUMULO DI 10 MW, POTENZA IN IMMISSIONE RICHIESTA 55 MW, E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE ELETTRICA NAZIONALE					
Richiedente:	AMBRA SOLARE 7 S.R.L.	Data:	06/2023	Revisione:	1.0	Pag.: 10 / 30
Codice Progetto:	ITOPW004.071024			Cod. Documento:	ITOPW004.PD.01.REL.VIA2_2.RG	



Figura 6: Rischio

3.2 Vincoli SIC, ZPS e Aree Protette

Con la LR 24 Luglio 1997 n°19, la Regione Puglia ha adeguato la propria legislazione alle norme ed ai principi della Legge Quadro 394/91 (Legge Quadro sulle Aree Naturali Protette). Tale legge, inoltre, demandava alle Regioni l'individuazione e l'istituzione dei parchi e delle riserve naturali di interesse regionale. A queste aree si aggiungono quelle proposte all'interno della rete "NATURA 2000" dove vengono individuati aree ZPS (Zone di Protezione Speciale) e aree SIC (Sito d'Importanza Comunitaria).

Dall'analisi della cartografia reperibile presso la Regione Puglia-Servizio Assetto del Territorio-Ufficio Parchi e Tutela della Biodiversità, si può notare come le aree in studio non ricadono in nessuna zona sottoposta a vincolo. Di seguito si riporta uno stralcio della carta delle aree SIC, ZPS e Aree Protette in scala 1: 32.000 (adattata) redatta dallo stesso Ufficio così come riportato in **Figura 7**.

Documento:	Relazione Geologica					
Progetto:	PROGETTO DEFINITIVO PER LA COSTRUZIONE E L'ESERCIZIO DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO, DENOMINATO TAVERNOLA, AVENTE POTENZA NOMINALE DI 49,66 MWp, INTEGRATO CON SISTEMA DI ACCUMULO DI 10 MW, POTENZA IN IMMISSIONE RICHIESTA 55 MW, E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE ELETTRICA NAZIONALE					
Richiedente:	AMBRA SOLARE 7 S.R.L.	Data:	06/2023	Revisione:	1.0	Pag.: 11 / 30
Codice Progetto:	ITOPW004.071024			Cod. Documento:	ITOPW004.PD.01.REL.VIA2_2.RG	



Figura 7: SIC, ZPS e Aree Protette

3.3 Vincoli PPTR (Piano Paesaggistico Territoriale Regionale)

Con delibera n° 176 del 16 febbraio 2015, pubblicata sul BURP n° 40 del 23 marzo 2015, la Giunta Regionale ha approvato il Piano Paesaggistico Territoriale della Regione Puglia (Piano). Tale piano paesaggistico ai sensi degli articoli 135 e 143 del Codice dei Beni Culturali e del Paesaggio (Codice), persegue le finalità di tutela e valorizzazione, nonché di recupero e riqualificazione dei paesaggi di Puglia in attuazione dell'art. 1 della LR 7 ottobre 2009, n° 20 "Norme per la pianificazione paesaggistica" e del DLgs 22 gennaio 2004, n° 42 "Codice dei Beni Culturali e del Paesaggio". In relazione ai contenuti di tale piano sia l'area che l'immobile oggetto dell'intervento edilizio non sono dichiarati di notevole interesse pubblico ai sensi dell'art. 136 del codice, né le aree sono tutelate per legge ai sensi dell'art 142 del Codice. Dall'analisi della cartografia (scala 1: 32.000 adattata) e dalle informazioni tratte dal WebGIS del Sistema Informativo Territoriale della Regione Puglia, parte della porzione Ovest del sito Est ricade negli Ulteriori Contesti Paesaggistici (UCP) diversi da quelli individuati all'art 134 del Codice (Figura 8).

Documento:	Relazione Geologica						
Progetto:	PROGETTO DEFINITIVO PER LA COSTRUZIONE E L'ESERCIZIO DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO, DENOMINATO TAVERNOLA, AVENTE POTENZA NOMINALE DI 49,66 MWp, INTEGRATO CON SISTEMA DI ACCUMULO DI 10 MW, POTENZA IN IMMISSIONE RICHIESTA 55 MW, E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE ELETTRICA NAZIONALE						
Richiedente:	AMBRA SOLARE 7 S.R.L.	Data:	06/2023	Revisione:	1.0	Pag.:	12 / 30
Codice Progetto:	ITOPW004.071024			Cod. Documento:	ITOPW004.PD.01.REL.VIA2_2.RG		




Figura 8: Beni Paesaggistici e Ulteriori Contesti Paesaggistici del PPTR

Gli Ulteriori Contesti Paesaggistici (UCP), sono quelli individuati dal Piano a norma dell'art 143, comma 1, lett e) del Codice. In particolare, gli UCP-Componenti Culturali e Insediative-sono rappresentati da (Figura 8):

- **Area di rispetto delle componenti culturali e insediative** (UCP-Componenti Culturali e Insediative): Consiste in una fascia di salvaguardia dal perimetro esterno dei siti di cui al precedente punto (Testimonianze della stratificazione insediativa) lettere a) e b), e delle zone di interesse archeologico di cui all'art 75, punto 3, finalizzata a garantire la tutela e la valorizzazione del contesto paesaggistico in cui tali beni sono ubicati. In particolare:
 - per le testimonianze della stratificazione insediativa di cui al precedente punto, lettera a) e per le zone di interesse archeologico di cui all'art 75, punto 3, prive di prescrizioni di tutela indiretta ai sensi dell'art. 45 del Codice, essa assume la profondità di 100 m se non diversamente cartografata nella tavola 6.3.1.
 - per le aree appartenenti alla rete dei tratturi di cui all'art 75 punto 3) essa assume la profondità di 100 metri per i tratturi reintegrati e la profondità di 30 metri per i tratturi non reintegrati.

Documento:	Relazione Geologica						
Progetto:	PROGETTO DEFINITIVO PER LA COSTRUZIONE E L'ESERCIZIO DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO, DENOMINATO TAVERNOLA, AVENTE POTENZA NOMINALE DI 49,66 MWp, INTEGRATO CON SISTEMA DI ACCUMULO DI 10 MW, POTENZA IN IMMISSIONE RICHIESTA 55 MW, E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE ELETTRICA NAZIONALE						
Richiedente:	AMBRA SOLARE 7 S.R.L.	Data:	06/2023	Revisione:	1.0	Pag.:	13 / 30
Codice Progetto:	ITOPW004.071024			Cod. Documento:	ITOPW004.PD.01.REL.VIA2_2.RG		

4. INDAGINI GEOGNOSTICHE IN SITU

Per la ricostruzione del modello geologico-stratigrafico del sito e la parametrizzazione geomeccanica del volume significativo di terreno relativo all'intervento si è fatto riferimento alle informazioni fornite dall'esecuzione di n 1 sondaggio a rotazione a carotaggio continuo, n 1 prospezione sismica a rifrazione in onde P e n 1 prospezione sismica MASW le cui posizioni sono riportate in allegato alla **Tavola A. 4 "Ubicazione Indagini in Situ"**. Le prove sono state realizzate all'interno dell'area Est su cui è prevista la realizzazione del parco fotovoltaico in un contesto subpianeggiante e, in accordo con la committenza, in maniera tale da investigare il terreno di sedime cercando un giusto compromesso tra la profondità massima di investigazione e gli spazi fisici a disposizione.

4.1 Indagine geognostica diretta: sondaggio esplorativo

Il piano di indagini in situ ha previsto la realizzazione di n 1 perforazione ad andamento verticale spinta sino ad una profondità massima di -10,00 mt da piano campagna. La colonna stratigrafica, e il relativo report fotografico, dei terreni attraversati è riportata in allegato alla **Tavola A. 5 "Colonna Stratigrafica"**. Di seguito in **Tabella 1** è riportata l'ubicazione plano-altimetrica del sondaggio nel sistema di riferimento UTM Datum WGS84 33T:

ID	Coordinata Est (mt)	Coordinata Nord (mt)	Quota slm (mt)
S1	558.317,62	4.593.974,87	30,76

Tabella 1: Coordinate piane ed altimetriche dell'ubicazione del sondaggio geognostico realizzato

4.1.1 Sondaggio esplorativo S1

Durante le operazioni di perforazione, spinte sino ad una profondità di -25,00 mt da piano campagna, sono stati incontrati i seguenti terreni: Da 0,00 a -1,10 mt da pc è presente un limo debolmente sabbioso di colore marroncino di media consistenza e media plasticità. La frazione sabbiosa si presenta con granulometria da fine a finissima;

Da -1,10 a -3,60 mt da pc è presente una sabbia debolmente limosa di colore nocciola-verdastro con buona consistenza e scarsa plasticità. La frazione sabbiosa si presenta con granulometria da media a fine. Si osservano venature calcigne di colore biancastro;

Da -3,60 a -10,00 mt da pc (fondo foro) è presente un limo con argilla di colore beige-verdastro con ottima consistenza e ottima plasticità. Si osservano venature e croste calcigne di colore biancastro.

Sono stati prelevati n 2 campioni indisturbati di terreno, denominati S1-C1 e S1-C2, alle profondità comprese rispettivamente tra -2,50 mt e -3,00 mt da pc e tra -7,50 mt e -8,00 mt da pc. La presenza di falda acquifera (misurazione eseguita 24h dopo la fine delle operazioni di perforazione) non è stata riscontrata. Tutte le cassette catalogatrici dei terreni attraversati durante le operazioni di perforazione sono state fotografate e conservate. Si riportano di seguito in **Tabella 2** le attività svolte durante le operazioni di trivellazione:

Sondaggio Geognostico ID	Data	Cassette			Campioni			SPT			Falda Acquifera (mt da pc)
		N.	da mt	a mt	N.	da mt	a mt	Prof. mt	Valori	N ₃₀	
S1	05/07/2022	1	0,00	5,00	1	2,50	3,00				Assente
		2	5,00	10,00	2	7,50	8,00				

Tabella 2: Schema riepilogativo delle attività svolte durante le operazioni di trivellazione

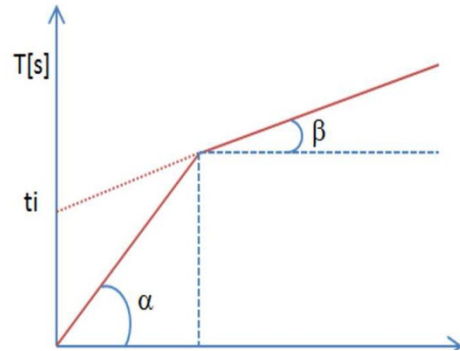
4.2 Indagine geognostica indiretta: prospezione sismica a rifrazione a Rifrazione (Onde P)

Le indagini di sismica a rifrazione (P e/o S), consentono di interpretare la stratigrafia del sottosuolo attraverso il principio fisico del fenomeno della rifrazione totale di un'onda sismica che incide su una discontinuità, individuata fra due corpi aventi proprietà meccaniche diverse (orizzonte rifrattorio). Altro scopo è quello di tarare e vincolare l'altro metodo di indagine (MASW) per tutto lo spessore investigato dall'indagine sismica, contribuendo a diminuire l'incertezza sulla determinazione delle velocità delle onde sismiche V_s. La condizione fondamentale per eseguire studi di sismica a rifrazione tradizionale e quella per cui la successione di strati da investigare sia caratterizzata da velocità sismiche crescenti all'aumentare della profondità. In questo modo si possono valutare fino a 4 o 5 orizzonti rifrattori differenti. Le prove si basano sulla misura dei tempi di percorso delle onde elastiche per le quali, ipotizzando le superfici di discontinuità estese rispetto alla lunghezza d'onda o, comunque, con deboli curvature, i fronti d'onda sono rappresentati mediante i relativi raggi sismici. L'analisi si avvale, poi, del principio di Fermat e della legge di Snell. Il principio di Fermat stabilisce che il raggio sismico percorre la distanza tra sorgente e rilevatore seguendo il percorso per cui il tempo di tragitto è minimo. Per tale principio, dato un piano che separa due mezzi con caratteristiche elastiche diverse, il raggio sismico è quello che si estende lungo un piano perpendicolare alla discontinuità contenente sia la sorgente che il ricevitore. La legge di Snell è una formula che descrive le modalità di rifrazione di un raggio sismico nella transizione tra due mezzi caratterizzati da diversa velocità di propagazione delle onde o, equivalentemente, da diversi indici di rifrazione. L'angolo formato tra la superficie di discontinuità e il

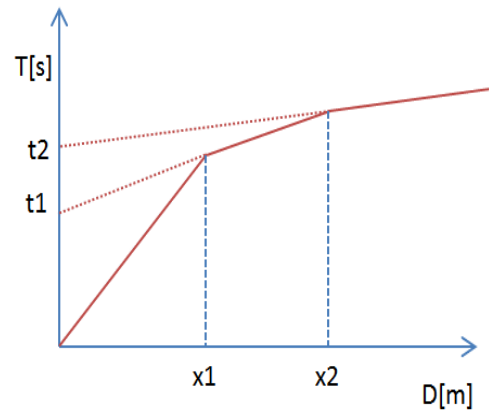
Documento:	Relazione Geologica						
Progetto:	PROGETTO DEFINITIVO PER LA COSTRUZIONE E L'ESERCIZIO DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO, DENOMINATO TAVERNOLA, AVENTE POTENZA NOMINALE DI 49,66 MWp, INTEGRATO CON SISTEMA DI ACCUMULO DI 10 MW, POTENZA IN IMMISSIONE RICHIESTA 55 MW, E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE ELETTRICA NAZIONALE						
Richiedente:	AMBRA SOLARE 7 S.R.L.	Data:	06/2023	Revisione:	1.0	Pag.:	14 / 30
Codice Progetto:	ITOPW004.071024			Cod. Documento:	ITOPW004.PD.01.REL.VIA2_2.RG		

raggio sismico è chiamato angolo di incidenza ϑ_i ; mentre quello formato tra il raggio rifratto e la superficie normale è detto angolo di rifrazione ϑ_r . La formula matematica è: $v_2 \sin\vartheta_i = v_1 \sin\vartheta_r$. Dove v_1 e v_2 sono le velocità dei due mezzi separati dalla superficie di discontinuità. Per $v_1 > v_2$ si ha che $\vartheta_i > \vartheta_r$, e la sismica a rifrazione non è attuabile poiché il raggio rifratto andrebbe ad inclinarsi verso il basso. Per $v_1 < v_2$ si ha che $\vartheta_i < \vartheta_r$, ed esiste un angolo limite d'incidenza per cui $\vartheta_i = 90^\circ$ ed il raggio rifratto viaggia parallelamente alla superficie di discontinuità. L'angolo limite è definito come: $\vartheta_i = \arcsin(v_1/v_2)$.

Il modo più semplice per analizzare i dati di rifrazione è quello di costruire un diagramma tempi-distanze in cui l'origine del sistema di riferimento è posto in corrispondenza della sorgente di generazione delle onde elastiche. In ascissa sono rappresentate le posizioni dei geofoni ed in ordinata i tempi dei primi arrivi. Ai geofoni più vicini alla sorgente giungono per primi gli impulsi che hanno seguito il percorso diretto in un tempo T dato dalla relazione: $T = x_i/v_1$, dove x_i è la distanza tra il punto di energizzazione e il punto di rilevazione. L'equazione precedente rappresenta una retta che passa per l'origine degli assi tempi-distanze e il suo coefficiente angolare consente di calcolare la velocità V_1 del primo mezzo come: $V_1 = 1/\tan\alpha$. I tempi di arrivo dei raggi rifratti, nel diagramma tempi-distanze, si dispongono secondo una retta che avrà pendenza minore di quella delle onde dirette.



La curva tempi-distanze tende ad avere un andamento regolare secondo una spezzata i cui vertici sono i chiamati *punti di ginocchio* e rappresentano, fisicamente, la condizione in cui si verifica l'arrivo contemporaneo delle onde dirette e rifratte. Per ciascuno di segmenti individuati si determina, dunque, il tempo di ritardo t_i che rappresenta la differenza tra il tempo che il raggio sismico impiega a percorrere un tratto alla velocità propria dello strato in cui si trasmette ed il tempo che impiegherebbe a viaggiare lungo la componente orizzontale di quel tratto alla massima velocità raggiunta in tutto il percorso di rifrazione. Graficamente il tempo di ritardo è dato dall'intersezione della retta che comprende un segmento della curva tempi-distanze con l'asse dei tempi. Infine, dalla conoscenza dei tempi t_i è possibile ricavare gli spessori dei rifrattori mediante la relazione:



$$h_{(i-1)} = \frac{V_{(i-1)}V_i}{2\sqrt{V_i^2 - V_{(i-1)}^2}} \left(t_i - \frac{2h_1\sqrt{V_i^2 - V_1^2}}{V_1V_i} - \dots - \frac{2h_{(i-2)}\sqrt{V_i^2 - V_{(i-2)}^2}}{V_1V_{(i-2)}} \right)$$

4.2.1 Acquisizione ed interpretazione dei dati

Le indagini sono state condotte utilizzando la seguente strumentazione:

- Sismografo con 24 canali, della ditta "PASI Srl" modello GEA24 con acquisizione computerizzata dei dati mediante laptop;
- Sorgente di energizzazione costituita da un maglio del peso di 10 Kg battente verticalmente su piastra rettangolare in alluminio posta direttamente sul piano campagna per la generazione prevalentemente di onde P e secondariamente di onde S_v ;
- n 12 geofoni verticali del tipo elettromagnetico a bobina mobile a massa sospesa, con frequenza di acquisizione pari a 4,5 Hz.

La distanza intergeofonica è stata posta pari a 3 mt, con punti di battuta A e B posti a 5 mt rispettivamente dal 1° e dal 12° geofono, in posizione esterna allo stendimento, la battuta C posta al centro dello stendimento (fra il 6° e il 7° geofono), mentre le altre due battute intermedie D ed E poste rispettivamente tra 3° e 4° geofono e tra il 9° e il 10° geofono come riportato in **Figura 9**:

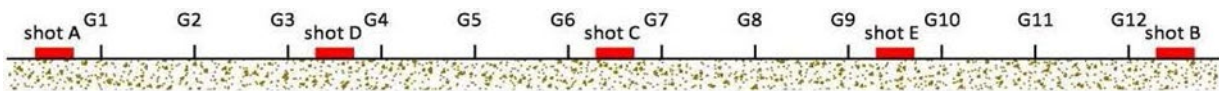



Figura 9: Configurazione geometrica dello stendimento sismico a rifrazione

In fase di acquisizione dei sismogrammi è stato applicato un filtro passa alto, con frequenza di taglio pari a 10 Hz, per una migliore ricezione dei segnali. L'elaborazione dei dati è stata eseguita secondo la procedura descritta schematicamente di seguito:

- Inserimento delle geometrie mediante il software EasyRefract (distanze fra geofoni e posizioni dei punti di scoppio);
- Applicazione di un filtro "low-pass" per la lettura ottimale dei primi arrivi eliminando le frequenze di disturbo;
- Picking dei primi arrivi;
- Definizione delle dromocrone;
- Calcolo dromocrone traslate;
- Definizione del modello sismostratigrafico.

Documento:	Relazione Geologica						
Progetto:	PROGETTO DEFINITIVO PER LA COSTRUZIONE E L'ESERCIZIO DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO, DENOMINATO TAVERNOLA, AVENTE POTENZA NOMINALE DI 49,66 MWp, INTEGRATO CON SISTEMA DI ACCUMULO DI 10 MW, POTENZA IN IMMISSIONE RICHIESTA 55 MW, E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE ELETTRICA NAZIONALE						
Richiedente:	AMBRA SOLARE 7 S.R.L.	Data:	06/2023	Revisione:	1.0	Pag.:	15 / 30
Codice Progetto:	ITOPW004.071024			Cod. Documento:	ITOPW004.PD.01.REL.VIA2_2.RG		

Bisogna precisare che, l'elaborazione dei dati di sismica a rifrazione rappresentano l'andamento dei sismostrati lungo la sezione corrispondente al profilo in superficie, ed il modello sismostratigrafico che ne deriva rappresenta l'interpretazione degli stessi sismostrati in funzione della geologia del sito, ottenuto correlando le velocità medie di ciascun sismostrato con i dati geologici noti e le loro velocità sismiche caratteristiche. Ai fini della corretta interpretazione dei risultati dell'indagine sismica è importante puntualizzare che:

- I sismostrati non sono necessariamente associabili a litotipi ben definiti, ma sono rappresentativi di livelli con simili caratteristiche elastiche, in cui le onde sismiche si propagano con la stessa velocità;
- La risoluzione del metodo è funzione della profondità d'indagine e la risoluzione diminuisce con la profondità: considerato uno strato di spessore h ubicato a profondità z dal piano campagna, in generale non è possibile individuare sismostrati in cui $h < 0,25 * z$;
- Nelle indagini superficiali, le onde di taglio, meno veloci, arrivano in un tempo successivo, per cui il segnale registrato sarà la risultante delle onde S con le onde P e quindi la lettura dei tempi di arrivo delle onde S può risultare meno precisa della lettura dei tempi di arrivo delle onde P;
- I terreni esaminati possono ricoprire un ampio campo delle velocità sismiche, in relazione alla presenza di materiale di riporto, di terreno vegetale e di acqua di falda nonché ai vari gradi di stratificazione, carsificazione e di fratturazione dell'ammasso roccioso.

Di seguito sono stati riportati, in **Tabella 3**, i valori di velocità delle onde sismiche di compressione P tipici di alcuni litotipi ricorrenti.

Litotipo	V _P (m/sec)	Litotipo	V _P (m/sec)
Areato superficiale	300-800	Calcere cristallino	5700-6400
Argille	1100-2900	Piroclastiti coerenti (tufo)	750-2450
Sabbia asciutta	200-1000	Piroclastiti incoerenti (pozzolana)	350-1000
Sabbie umida	600-1800	Arenaria	1400-4500
Terreni alluvionali sciolti	400-2100	Granito, Monzonite, Granodiorite, Gabbro, Diabase, Basalto	4000-6000
Acqua	1400-1500	Anidride	3500-5500
Calcere fratturato	700-4200	Gesso	1800-4000
Calcere compatto	2800-6400	Gneiss e scisti	3500-7500

Tabella 3: Valori di velocità tipiche delle onde di compressione P (da "Le indagini geofisiche per lo studio del sottosuolo" di Carrara-Rapolla-Roberti, "Il manuale del geologo" di Cassadio-Elmi)

4.2.2 Stendimento ST01

Lo stendimento è stato realizzato su terreno seminativo, senza variazioni altimetrica significative tra il primo e l'ultimo geofono, per una estensione totale della linea sismica pari a 33 mt, così come si può osservare in **Fotografia 10, 11, 12 e 13**. Per l'interpretazione litostratigrafica dell'indagine di sismica a rifrazione si faccia riferimento in allegato alla **Tavola A. 6 "Sezione Stratigrafica Interpretativa-Onde P"**.



Figura 10: Visione verso Nord-Est dello stendimento sismico ST01

Documento:	Relazione Geologica						
Progetto:	PROGETTO DEFINITIVO PER LA COSTRUZIONE E L'ESERCIZIO DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO, DENOMINATO TAVERNOLA, AVENTE POTENZA NOMINALE DI 49,66 MWp, INTEGRATO CON SISTEMA DI ACCUMULO DI 10 MW, POTENZA IN IMMISSIONE RICHIESTA 55 MW, E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE ELETTRICA NAZIONALE						
Richiedente:	AMBRA SOLARE 7 S.R.L.	Data:	06/2023	Revisione:	1.0	Pag.:	16 / 30
Codice Progetto:	ITOPW004.071024			Cod. Documento:	ITOPW004.PD.01.REL.VIA2_2.RG		



Figura 11: Visione verso Sud-Ovest dello stendimento sismico ST01




Figura 12: Sismografo PASI modello GEA24



Figura 13: Geofono verticale

Dai valori di velocità di propagazione delle onde P, è stato possibile ricavare la sismostruttura del sottosuolo investigato, identificando due sismostrati, ciascuno caratterizzato da un determinato valore medio di velocità delle onde di compressione. Assimilando tali valori di velocità di propagazione delle onde P alle litologie presenti nell'area, in prima analisi, è stato ricostruito il seguente assetto litostratigrafico, evidenziando come i relativi spessori subiscono delle leggere variazioni lungo la sezione sismica realizzata.

- 1) **Sismostrato A:** deposito di natura limoso-sabbiosa, poco consistente, caratterizzato da valori medi di velocità delle onde P pari a circa 400 m/sec per una profondità media di -1,60 mt da pc;
- 2) **Sismostrato B:** deposito di natura sabbioso-limosa, mediamente consistente, caratterizzato da valori medi di velocità delle onde P pari a circa 559 m/sec per una profondità media di -4,40 mt da pc;

Documento:	Relazione Geologica						
Progetto:	PROGETTO DEFINITIVO PER LA COSTRUZIONE E L'ESERCIZIO DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO, DENOMINATO TAVERNOLA, AVENTE POTENZA NOMINALE DI 49,66 MWp, INTEGRATO CON SISTEMA DI ACCUMULO DI 10 MW, POTENZA IN IMMISSIONE RICHIESTA 55 MW, E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE ELETTRICA NAZIONALE						
Richiedente:	AMBRA SOLARE 7 S.R.L.	Data:	06/2023	Revisione:	1.0	Pag.:	17 / 30
Codice Progetto:	ITOPW004.071024			Cod. Documento:	ITOPW004.PD.01.REL.VIA2_2.RG		

- 3) **Sismostrato C:** deposito di natura limoso-argillosa, molto consistente, caratterizzato da valori medi di velocità delle onde P pari a circa 1378 m/sec sino a fine indagine (-12,00≈ mt da pc).

4.3 Indagine geognostica indiretta: prospezione sismica MASW

Il metodo MASW (*Multichannel Analysis of Surface Waves*) è una tecnica di indagine non invasiva che permette di individuare il profilo di velocità delle onde di taglio V_s , sulla base della misura delle onde superficiali eseguita in corrispondenza di diversi sensori (geofoni nel caso specifico) posti sulla superficie del terreno. Il contributo predominante alle onde superficiali è dato dalle onde di Rayleigh, che viaggiano con una velocità correlata alla rigidità della porzione di terreno interessata dalla propagazione delle onde. In un mezzo stratificato le onde di Rayleigh sono di tipo dispersive (fenomeno della dispersione geometrica), cioè onde con diverse frequenze si propagano con diverse velocità di fase (o di gruppo) apparente (Achenbach, JD, 1999, Aki, K and Richards, PG, 1980) ovvero la velocità di fase (o di gruppo) apparente delle onde di Rayleigh dipende dalla frequenza di propagazione. La natura dispersiva delle onde superficiali è correlabile alla specificità che le onde ad alta frequenza hanno di propagarsi negli strati più superficiali, fornendo informazioni sulla parte più alta del terreno, mentre le onde a bassa frequenza, propagandosi negli strati più profondi, restituiscono indicazioni sulla parte più bassa del terreno. Il metodo MASW è di tipo attivo in quanto le onde superficiali sono generate in un punto sulla superficie del terreno (energizzazione con mazza battente parallelamente all'array) e misurate da un array lineare di geofoni. Il metodo attivo generalmente consente di ottenere una velocità di fase (o curva di dispersione) sperimentale apparente nel range di frequenze compreso tra 5÷10 Hz e 70÷100 Hz, quindi fornisce informazioni sulla parte più superficiale del terreno, generalmente compreso nei primi 30÷50 mt, in funzione della rigidità del terreno e della caratteristica della sorgente.

4.3.1 Acquisizione ed interpretazione dei dati

Per il caso in esame, è stato utilizzato un sismografo a 24 canali, della ditta "PASI Srl" modello GEA24 con acquisizione computerizzata dei dati e una sorgente ad impatto verticale per la generazione di onde Rayleigh rilevate da 12 geofoni aventi frequenza pari a 4,5 Hz con una spaziatura di 3 mt per una lunghezza totale dello stendimento pari a 33 mt considerando la stessa linea sismica utilizzata per l'acquisizione di sismica a rifrazione. Sono stati effettuate n 4 battute per l'acquisizione dei sismogrammi utilizzando degli offset minimi rispettivamente a -5 mt e -10 mt dal 1° geofono e +5 mt e +10 mt dal 12° geofono. L'intervallo di campionamento è stato pari a 1 ms (millisecondo) con un tempo di registrazione di 2 secondi. Lo schema organizzativo della prova è riportato in **Figura 10**, mentre per l'ubicazione del profilo sismico si faccia riferimento in allegato alla **Tavola A. 4 "Ubicazione Indagini in Situ"**. La procedura adottata per ricostruire la distribuzione delle onde di taglio nel terreno (V_s) può essere così descritta:

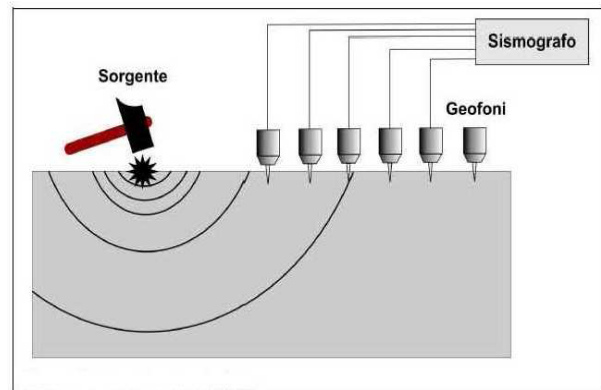


Figura 14: Schema realizzativo indagine MASW (Onde di Rayleigh)

- 1) Acquisizione dei sismogrammi contenenti le onde di superficie (onde di Rayleigh con componente verticale) per un intervallo di tempo sufficiente e un'adeguata frequenza di campionamento;
- 2) Processing dei sismogrammi acquisiti individuando le onde di superficie utili alla costruzione dello spettro di velocità ed individuazione delle curve di dispersione;
- 3) Inversione dei dati usando un modello di terreno che permetta di ricavare un profilo monodimensionale della velocità delle onde S ed ulteriori parametri in funzione della profondità compatibile con il contesto geologico in esame. Tale inversione avviene attraverso l'utilizzo di algoritmi genetici che rappresentano un tipo di procedura di ottimizzazione appartenente alla classe degli algoritmi euristici (o anche *global search methods* o *soft computing*).

Per il trattamento e l'analisi dei dati acquisiti in situ si è utilizzato il software "WinMASW 3C" release 7.1 della Eliosoft S.r.l.

Documento:	Relazione Geologica						
Progetto:	PROGETTO DEFINITIVO PER LA COSTRUZIONE E L'ESERCIZIO DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO, DENOMINATO TAVERNOLA, AVENTE POTENZA NOMINALE DI 49,66 MWp, INTEGRATO CON SISTEMA DI ACCUMULO DI 10 MW, POTENZA IN IMMISSIONE RICHIESTA 55 MW, E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE ELETTRICA NAZIONALE						
Richiedente:	AMBRA SOLARE 7 S.R.L.	Data:	06/2023	Revisione:	1.0	Pag.:	18 / 30
Codice Progetto:	ITOPW004.071024			Cod. Documento:	ITOPW004.PD.01.REL.VIA2_2.RG		

4.3.2 Stendimento MASW01

Considerando le n 4 acquisizioni realizzate per la prova, si è scelto di trattare il dataset che presentava un superiore rapporto segnale/rumore, di conseguenza, per la determinazione del profilo verticale della velocità media delle onde S si è selezionato il set di dati relativamente allo *shot* effettuato a +10 mt dal 12° geofono (**Figura 15**) per il quale è stato desunto il relativo spettro di velocità (**Figura 16**).

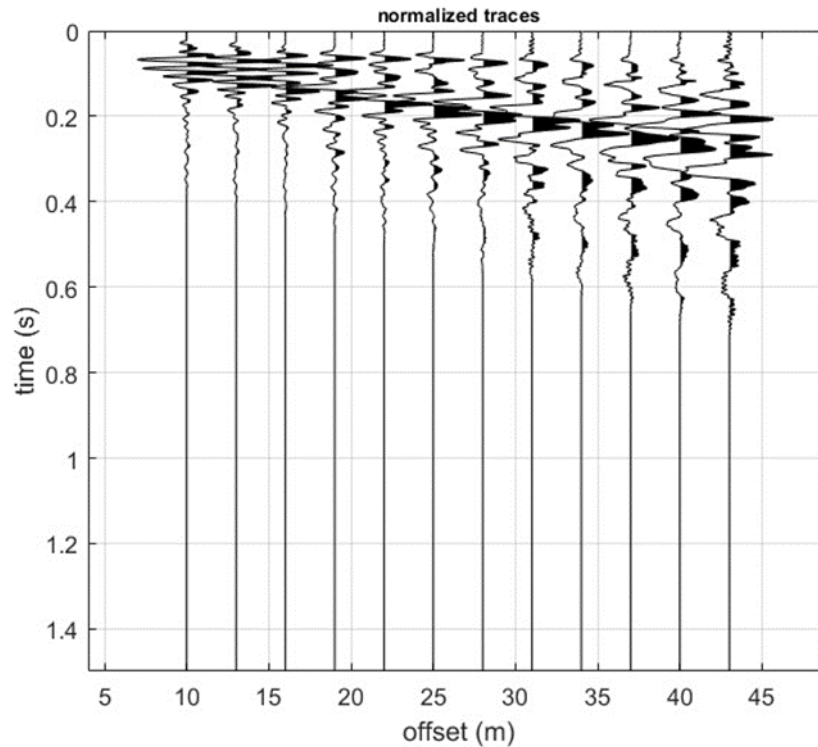


Figura 15: Tracce acquisite in situ ed utilizzate per la costruzione dello spettro di velocità

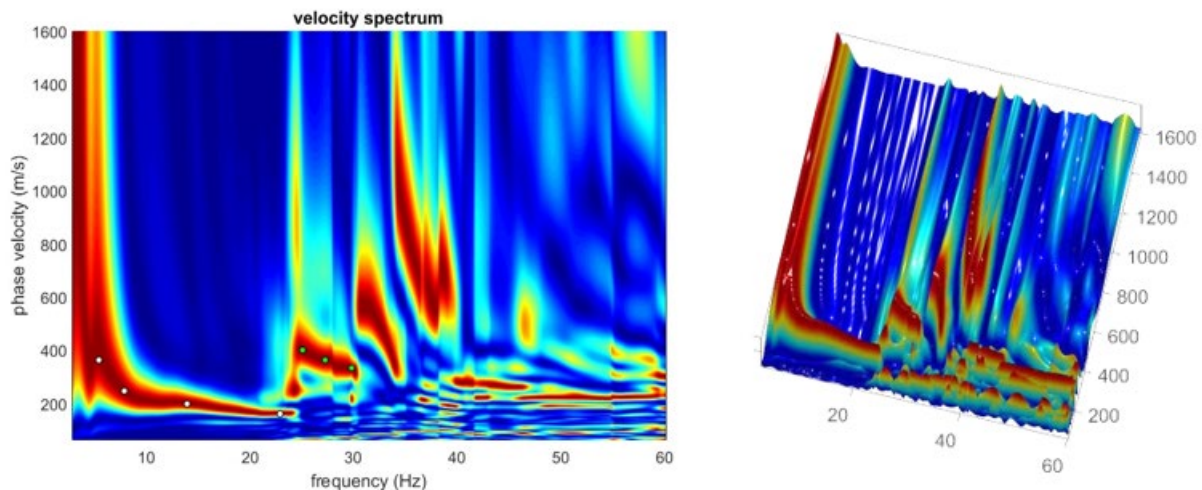


Figura 16: Spettro di velocità (visualizzazione 2D e 3D). In evidenza l'andamento del modo fondamentale (pallini bianchi) e del primo modo superiore (pallini verdi)

L'analisi dello spettro "frequenza-velocità di fase" ha consentito di ricostruire un modello sismico monodimensionale del sottosuolo, il quale risulta costituito dall'andamento della velocità delle onde di taglio V_s in funzione della profondità (**Figura 17**). Si precisa infine che il modello del sottosuolo, e di conseguenza anche l'inversione di velocità derivata, è stato ottenuto in corrispondenza del punto medio del profilo di acquisizione (circa 16,50 mt da inizio stendimento sismico). Di seguito si riporta lo spettro di velocità sul quale è stata riportata la curva di dispersione "piccata" (picking pallini fucsia), la curva di dispersione del "modello migliore" (pallini blu) e del "modello medio" (croci verdi),

Documento:	Relazione Geologica						
Progetto:	PROGETTO DEFINITIVO PER LA COSTRUZIONE E L'ESERCIZIO DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO, DENOMINATO TAVERNOLA, AVENTE POTENZA NOMINALE DI 49,66 MWp, INTEGRATO CON SISTEMA DI ACCUMULO DI 10 MW, POTENZA IN IMMISSIONE RICHIESTA 55 MW, E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE ELETTRICA NAZIONALE						
Richiedente:	AMBRA SOLARE 7 S.R.L.	Data:	06/2023	Revisione:	1.0	Pag.:	19 / 30
Codice Progetto:	ITOPW004.071024			Cod. Documento:	ITOPW004.PD.01.REL.VIA2_2.RG		

Figura 19, rispetto a tutti i modelli testati durante il processo di inversione, Figura 18. Viene riportato, inoltre, il grafico inerente al “misfit evolution” (disaccordo) e cioè la quantificazione di quanto si discosti un modello testato rispetto al dato osservato, Figura 20.

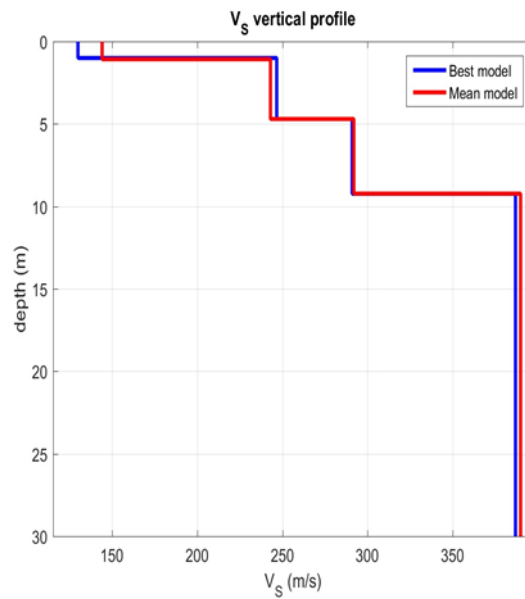


Figura 17: Profilo V_s , $v_{s, equ} = 326$ m/sec calcolato a partire dal piano campagna

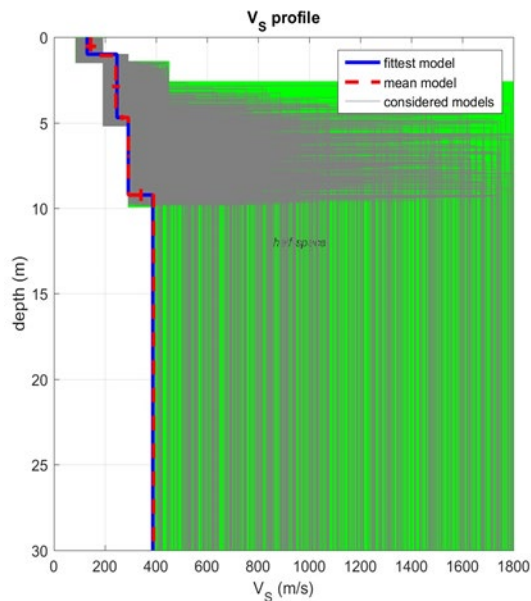


Figura 18: Modelli testati durante il processo di inversione

Documento:	Relazione Geologica						
Progetto:	PROGETTO DEFINITIVO PER LA COSTRUZIONE E L'ESERCIZIO DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO, DENOMINATO TAVERNOLA, AVENTE POTENZA NOMINALE DI 49,66 MWp, INTEGRATO CON SISTEMA DI ACCUMULO DI 10 MW, POTENZA IN IMMISSIONE RICHIESTA 55 MW, E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE ELETTRICA NAZIONALE						
Richiedente:	AMBRA SOLARE 7 S.R.L.	Data:	06/2023	Revisione:	1.0	Pag.:	20 / 30
Codice Progetto:	ITOPW004.071024			Cod. Documento:	ITOPW004.PD.01.REL.VIA2_2.RG		

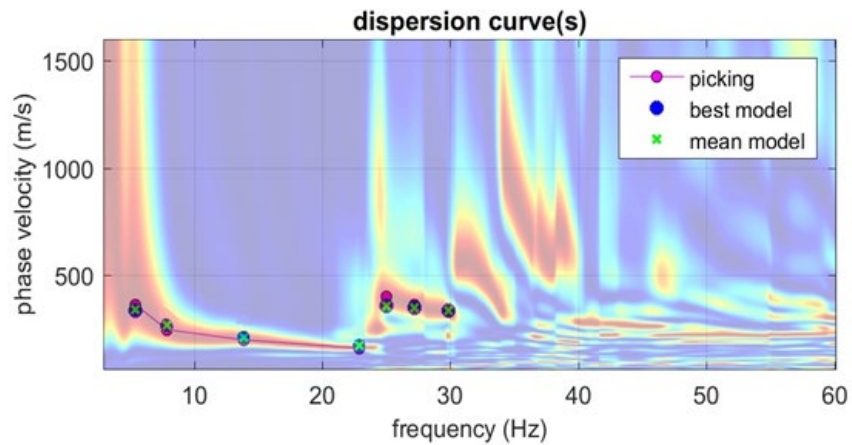


Figura 19: Curva di dispersione osservata (picking pallini fucsia) e curve di dispersione relative "best model" (pallini blu) e "mean model" (croci verdi)

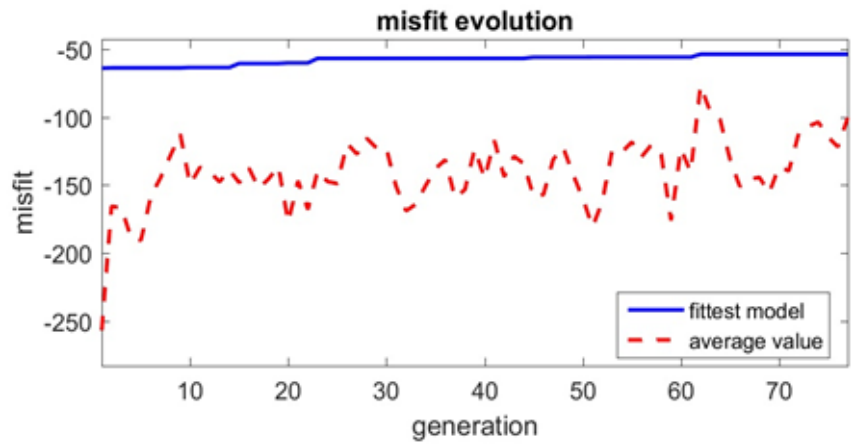



Figura 20: Evoluzione del misfit (disaccordo) al progredire dei modelli testati durante il processo di inversione

Documento:	Relazione Geologica						
Progetto:	PROGETTO DEFINITIVO PER LA COSTRUZIONE E L'ESERCIZIO DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO, DENOMINATO TAVERNOLA, AVENTE POTENZA NOMINALE DI 49,66 MWp, INTEGRATO CON SISTEMA DI ACCUMULO DI 10 MW, POTENZA IN IMMISSIONE RICHIESTA 55 MW, E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE ELETTRICA NAZIONALE						
Richiedente:	AMBRA SOLARE 7 S.R.L.	Data:	06/2023	Revisione:	1.0	Pag.:	21 / 30
Codice Progetto:	ITOPW004.071024			Cod. Documento:	ITOPW004.PD.01.REL.VIA2_2.RG		

4.4 Classificazione del sottosuolo di fondazione

Sulla base delle risultanze dell'indagine MASW condotta nell'area oggetto di studio, il sottosuolo di fondazione è stato classificato ai sensi delle normative che attualmente regolano il settore (Ordinanza della Presidenza del Consiglio dei Ministri n° 3274 del 20 marzo 2003, recepita dalla Regione Puglia nel marzo 2004 DGR Puglia n° 153, e dalle modifiche allo stesso portate dal Consiglio dei ministri con ordinanza n° 3431 del 03/05/2005, DM 17/01/2018). Si rammenta che le "Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni" individuano n 5 categorie di sottosuolo (**Tabella 4**) e precisamente:

Categoria 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
Categoria B	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s
Categoria C	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s
Categoria 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
Categoria 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

Tabella 4: Categorie di sottosuolo identificate dalle "Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni" (NTC/18)

L'indagine MASW ha consentito la stima dei valori delle velocità delle onde sismiche di taglio e, da queste, il calcolo della V_s equivalente risultante, applicando la seguente formula:

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

Con:


- h_i spessore (in mt) dell'i-esimo strato;
- $V_{s,i}$ velocità delle onde di taglio nell'i-esimo strato;
- N numero di strato;
- H profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da V_s non inferiori a 800 m/s.

Per lo stendimento MASW01 il valore di V_s equivalente calcolato pari a **326** m/sec, colloca i litotipi presenti nella **Categoria di sottosuolo C**: depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.

4.5 Analisi geotecniche di laboratorio


Per la caratterizzazione geotecnica dei terreni interessati dai lavori in oggetto, è stata condotta una campagna geognostica durante la quale sono stati prelevati n 2 campioni indisturbati di terreno, denominati **S1-C1** e **S1-C2**, da sottoporre ad analisi geotecniche di laboratorio per la definizione dei parametri fisico-meccanici. I relativi certificati sono riportati in **Tavola A. 7 "Analisi Geotecniche di Laboratorio"** ed ordinatamente i certificati attinenti al campione S1-C1 hanno numerazione progressiva dal n 2568 al n 2573, mentre i certificati attinenti al campione S1-C2 hanno numerazione progressiva dal n 2574 al n 2579. Dall'osservazione delle curve cumulative della granulometria, ottenute elaborando i dati delle analisi per setacciature e per sedimentazione, si può osservare che:

Il campione S1-C1 è definibile come un Limo con Argilla, difatti le percentuali ricavate delle singole frazioni granulari sono: Ghiaia 0,00%, Sabbia 2,60%, Limo 61,30%, Argilla 36,10% con un peso di volume naturale pari a 19,60 KN/m³. Secondo l'Abaco di Plasticità di Casagrande il campione è definito come Argille e Limi organici ad alta compressibilità (OH). La prova di taglio, effettuata in condizioni consolidate e drenate, evidenzia un valore di angolo di attrito pari a 23,7° ed un valore della coesione efficace pari a 18,00 KN/m².

Documento:	Relazione Geologica					
Progetto:	PROGETTO DEFINITIVO PER LA COSTRUZIONE E L'ESERCIZIO DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO, DENOMINATO TAVERNOLA, AVENTE POTENZA NOMINALE DI 49,66 MWp, INTEGRATO CON SISTEMA DI ACCUMULO DI 10 MW, POTENZA IN IMMISSIONE RICHIESTA 55 MW, E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE ELETTRICA NAZIONALE					
Richiedente:	AMBRA SOLARE 7 S.R.L.	Data:	06/2023	Revisione:	1.0	Pag.: 22 / 30
Codice Progetto:	ITOPW004.071024			Cod. Documento:	ITOPW004.PD.01.REL.VIA2_2.RG	

Il campione S1-C2 è definibile come un Limo con Argilla Sabbioso, difatti le percentuali ricavate delle singole frazioni granulari sono: Ghiaia 0,70%, Sabbia 14,80%, Limo 55,10%, Argilla 29,40% con un peso di volume naturale pari a 19,50 KN/m³. Secondo l'Abaco di Plasticità di Casagrande il campione è definito come Argille e Limi organici ad alta compressibilità (OH). La prova di taglio, effettuata in condizioni consolidate e drenate, evidenzia un valore di angolo di attrito pari a 24,8° ed un valore della coesione efficace pari a 20,20 KN/m².

Per quanto attiene le ulteriori caratteristiche fisiche-meccaniche dei campioni sin qui riportati e i relativi grafici sperimentali, si rimanda in allegato alla **Tavola A. 7 "Analisi Geotecniche di Laboratorio"**.

Documento:	Relazione Geologica						
Progetto:	PROGETTO DEFINITIVO PER LA COSTRUZIONE E L'ESERCIZIO DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO, DENOMINATO TAVERNOLA, AVENTE POTENZA NOMINALE DI 49,66 MWp, INTEGRATO CON SISTEMA DI ACCUMULO DI 10 MW, POTENZA IN IMMISSIONE RICHIESTA 55 MW, E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE ELETTRICA NAZIONALE						
Richiedente:	AMBRA SOLARE 7 S.R.L.	Data:	06/2023	Revisione:	1.0	Pag.:	23 / 30
Codice Progetto:	ITOPW004.071024			Cod. Documento:	ITOPW004.PD.01.REL.VIA2_2.RG		

5. MODELLO GEOLOGICO DEL SOTTOSUOLO

5.1 Caratterizzazione Elasto-Meccanica dei terreni di fondazione

Nell'ambito del volume significativo di terreno interessato dall'intervento è stato possibile riconoscere, sulla base delle indagini svolte, tre distinte unità litologiche (deposito superficiale, deposito sabbioso-limoso e deposito limoso-argilloso). Tale distinzione su base litostratigrafica assume rilevanza anche come distinzione in termini di omogeneità fisico-meccanica su base geotecnica e, al tal fine, sono stati determinati i valori dei principali parametri (medi), ottenuti dalle indagini in situ e dalle analisi di laboratorio, da utilizzare ai fini dei calcoli di portanza e deformabilità dei terreni interessati dalle opere. Per dette considerazioni sono state distinte le seguenti tre unità litotecniche:

- 1) Deposito superficiale di natura limo-sabbioso;
- 2) Deposito di natura sabbioso-limoso;
- 3) Deposito limoso-argilloso.

Di seguito viene fornita una descrizione parametrica dei tre orizzonti litotecnici sopraelencati e riassunti in **Tabella 5**.

1) Deposito superficiale:

$\gamma = 1,59 \text{ gr/cm}^3$ (peso di volume);	$G_0 = 27 \text{ MPa}$ (modulo di taglio _{dinamico});
$C' = 0,07 \text{ kg/cm}^2$ (coesione efficace);	$\mu = 0,44$ (coefficiente di Poisson)
$\varphi = 20,2^\circ$ (angolo d'attrito interno);	$M_0 = 219 \text{ MPa}$ (modulo di Bulk _{dinamico});
$V_p = 400 \text{ m/s}$ (velocità media onde P);	$\lambda = 201 \text{ MPa}$ (costante di Lamè);
$V_s = 130 \text{ m/s}$ (velocità media onde S);	$R = 206 \text{ ton/m}^2\text{s}$ (Rigidità sismica).
$E_y = 77 \text{ MPa}$ (modulo di Young _{dinamico});	$E_d = 288 \text{ MPa}$ (Modulo edometrico _{dinamico}).

2) Deposito sabbioso-limoso:

$\gamma = 1,99 \text{ gr/cm}^3$ (peso di volume);	$G_0 = 104 \text{ MPa}$ (modulo di taglio _{dinamico});
$C' = 0,18 \text{ kg/cm}^2$ (coesione efficace);	$\mu = 0,38$ (coefficiente di Poisson);
$\varphi = 23,7^\circ$ (angolo d'attrito);	$M_0 = 393 \text{ MPa}$ (modulo di Bulk _{dinamico});
$V_p = 559 \text{ m/s}$ (velocità media onde P);	$\lambda = 324 \text{ MPa}$ (costante di Lamè);
$V_s = 247 \text{ m/s}$ (velocità media onde S);	$R = 419 \text{ ton/m}^2\text{s}$ (Rigidità sismica).
$E_y = 286 \text{ MPa}$ (modulo di Young _{dinamico});	$E_d = 563 \text{ MPa}$ (Modulo edometrico _{dinamico}).

3) Deposito limoso-argilloso:

$\gamma = 1,98 \text{ gr/cm}^3$ (peso di volume);	$G_0 = 275 \text{ MPa}$ (modulo di taglio _{dinamico});
$C' = 0,23 \text{ kg/cm}^2$ (coesione efficace);	$\mu = 0,46$ (coefficiente di Poisson);
$\varphi = 22,9^\circ$ (angolo d'attrito);	$M_0 = 3450 \text{ MPa}$ (modulo di Bulk _{dinamico});
$V_p = 1378 \text{ m/s}$ (velocità media onde P);	$\lambda = 3266 \text{ MPa}$ (costante di Lamè);
$V_s = 370 \text{ m/s}$ (velocità media onde S);	$R = 743 \text{ ton/m}^2\text{s}$ (Rigidità sismica).
$E_y = 804 \text{ MPa}$ (modulo di Young _{dinamico});	$E_d = 3419 \text{ MPa}$ (Modulo edometrico _{dinamico}).

Si rammenta che le principali caratteristiche elasto-meccaniche delle unità litotecniche determinate devono essere intese come valori medi e che, i valori delle V_s , sono stati ricavati in modo indiretto dalla prova sismica MASW. Le determinazioni dei moduli elastici (**dinamici**), eseguite tramite metodologie sismiche, sono riferibili a volumi significativi di terreno in condizioni relativamente indisturbate a differenza delle prove geotecniche di laboratorio che, pur raggiungendo un elevato grado di sofisticazione ed affidabilità, soffrono della limitazione di essere puntuali cioè relative ad un modesto volume di roccia e/o terreno. I moduli elastici sismici ottenuti, possono essere correlati ai normali moduli statici attraverso un fattore di riduzione (ad es *Rzhevsky et alii*, 1971, $E_{din} = 8,3 * E_{stat} + 0,97$) semplicemente evidenziando che si riferiscono, in virtù delle energie movimentate dall'indagine e del conseguente basso livello di deformazione raggiunto, ad un modulo statico tangente iniziale.

Unità litotecnica	\bar{V}_p	\bar{V}_s	γ	μ	E_y	G_0	M_0	λ
Profondità media (mt da pc)	(m/sec)	(m/sec)	(gr/cm ³)		(MPa)	(MPa)	(MPa)	(MPa)



Documento:	Relazione Geologica							
Progetto:	PROGETTO DEFINITIVO PER LA COSTRUZIONE E L'ESERCIZIO DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO, DENOMINATO TAVERNOLA, AVENTE POTENZA NOMINALE DI 49,66 MWp, INTEGRATO CON SISTEMA DI ACCUMULO DI 10 MW, POTENZA IN IMMISSIONE RICHIESTA 55 MW, E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE ELETTRICA NAZIONALE							
Richiedente:	AMBRA SOLARE 7 S.R.L.	Data:	06/2023	Revisione:	1.0	Pag.:	24 / 30	
Codice Progetto:	ITOPW004.071024			Cod. Documento:	ITOPW004.PD.01.REL.VIA2_2.RG			

1) 0,00÷1,10	400	130	1,59	0,44	77	27	219	201
2) 1,10÷3,60	559	247	1,99	0,38	286	104	393	324
3) 3,60÷12,00	1378	370	1,98	0,46	804	275	3450	3266

Unità litotecnica Profondità media (mt da pc)	R (tonn/m ² s)	E _d (MPa)	φ°	C' KPa (Kg/cm ²)
1) 0,00÷1,10	206	288	20,2	7,2 (0,07)
2) 1,10÷3,60	419	563	23,7	18,0 (0,18)
3) 3,60÷12,00	743	3419	24,8	20,2 (0,21)

Tabella 5: Riepilogo delle caratteristiche elasto-meccaniche degli strati identificati dalle indagini geognostiche in situ

Con:

\bar{V}_p = velocità media onde di compressione;

\bar{V}_s = velocità media onde di taglio;

γ= Peso unità di volume naturale;

μ= coefficiente di Poisson;

E_y= modulo di Young;

G₀= modulo di taglio;

M₀= modulo di compressibilità volumetrica;


λ= coefficiente di Lamé;

R= rigidità sismica;

φ= angolo d'attrito;

C'= coesione efficace;

E_d= modulo edometrico.

Documento:	Relazione Geologica						
Progetto:	PROGETTO DEFINITIVO PER LA COSTRUZIONE E L'ESERCIZIO DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO, DENOMINATO TAVERNOLA, AVENTE POTENZA NOMINALE DI 49,66 MWp, INTEGRATO CON SISTEMA DI ACCUMULO DI 10 MW, POTENZA IN IMMISSIONE RICHIESTA 55 MW, E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE ELETTRICA NAZIONALE						
Richiedente:	AMBRA SOLARE 7 S.R.L.	Data:	06/2023	Revisione:	1.0	Pag.:	25 / 30
Codice Progetto:	ITOPW004.071024			Cod. Documento:	ITOPW004.PD.01.REL.VIA2_2.RG		

6. PERICOLOSITA' SISMICA DI BASE

6.1 Pericolosità del sito

Dall'entrata in vigore dell'Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni, per ogni costruzione ci si deve riferire ad una accelerazione di riferimento "propria" individuata sulla base delle coordinate geografiche dell'area di progetto e in funzione della vita nominale dell'opera. Un valore di pericolosità di base, dunque, definito per ogni punto del territorio nazionale, su una maglia quadrata di 5 km di lato, indipendentemente dai confini amministrativi comunali. La pericolosità sismica, intesa in senso probabilistico, è lo scuotimento del suolo atteso in un dato sito con una certa probabilità di eccedenza in un dato intervallo di tempo, ovvero la probabilità che un certo valore di scuotimento si verifichi in un dato intervallo di tempo. Questo tipo di stima si basa sulla definizione di una serie di elementi di input (quali catalogo dei terremoti, zone sorgente, relazione di attenuazione del moto del suolo, ecc.) e dei parametri di riferimento (per esempio: scuotimento in accelerazione o spostamento, tipo di suolo, finestra temporale, ecc.).

Per ciascuno dei nodi vengono forniti, per i 9 valori del periodo di ritorno (da 30 anni a 2475 anni), la stima dei seguenti parametri:

- a_g (espresso in $g/10$): Accelerazione orizzontale massima attesa al sito;
- F_0 (adimensionale): Valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- T_c^* (espresso in secondi): Periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Secondo quanto riportato nell'**Allegato A** (DM 14 Gennaio 2008), definite le coordinate del sito interessato dal progetto, è possibile il calcolo dei parametri spettrali (per uno dei tempi di ritorno forniti) tramite la media pesata con i 4 punti della griglia di accelerazione (tabella 1, **Allegato B**, DM 14 Gennaio 2008) in cui è compreso il sito in esame. Se il tempo di ritorno è diverso da uno dei 9 in tabella, sarà possibile ricavare tale parametro attraverso l'interpolazione dei valori dei due tempi di ritorno tra cui è compreso il tempo di ritorno cercato.

Le coordinate geografiche medie (Datum WGS 84) del sito in esame sono:

Latitudine: 41,493334° Nord;

Longitudine: 15,701966° Est.

Con identificativi ID dei nodi della griglia di riferimento: 30114, 30115, 30336, 30337.

Di seguito si propongono i valori di a_g , F_0 e T_c^* per i vari tempi di ritorno. Tali parametri sono stati calcolati mediante il foglio di calcolo pubblicato dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, attraverso una media ponderata dei valori posti ai vertici della maglia individuata nell'OPCM 3519 del 28 aprile 2006, Allegato B "Pericolosità sismica di riferimento per il territorio nazionale".


T_R (anni)	a_g (g)	F_0	T_c^* (sec)
30	0,047	2,449	0,291
50	0,059	2,509	0,319
72	0,070	2,518	0,330
101	0,081	2,568	0,341
140	0,092	2,578	0,351
201	0,105	2,585	0,360
475	0,145	2,572	0,394
975	0,186	2,545	0,421
2475	0,254	2,523	0,449

6.2 Strategia di progettazione

Una volta determinata la pericolosità di base del sito si passa alla scelta della strategia di progetto andando a considerare, per l'intervento in esame:

- **Classe d'Uso I** (Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli).
- **Una vita nominale** delle opere strutturali V_N pari a 50 anni (Tipi di Costruzioni 2: costruzioni con livelli di prestazione ordinari) definita come il numero di anni nel quale è previsto che l'opera, purché soggetta alla necessaria manutenzione, mantenga specifici livelli prestazionali.
- **Periodo di riferimento** per l'azione sismica V_R paria a 35 anni, che si ricava per ciascun tipo di costruzione, moltiplicando la vita nominale V_N per il coefficiente d'uso C_U ricavato dalla seguente tabella così come riportato nelle NTC18:

Classe d'uso	I	II	III	IV
Coefficiente C_U	0,7	1	1,5	2

Documento:	Relazione Geologica						
Progetto:	PROGETTO DEFINITIVO PER LA COSTRUZIONE E L'ESERCIZIO DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO, DENOMINATO TAVERNOLA, AVENTE POTENZA NOMINALE DI 49,66 MWp, INTEGRATO CON SISTEMA DI ACCUMULO DI 10 MW, POTENZA IN IMMISSIONE RICHIESTA 55 MW, E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE ELETTRICA NAZIONALE						
Richiedente:	AMBRA SOLARE 7 S.R.L.	Data:	06/2023	Revisione:	1.0	Pag.:	26 / 30
Codice Progetto:	ITOPW004.071024			Cod. Documento:	ITOPW004.PD.01.REL.VIA2_2.RG		

Si ricavano i seguenti valori dei parametri a , F_0 , T_c^* per il periodo di ritorno T_R associati a ciascun SL (Stato Limite):

STATO LIMITE	T_R (anni)	a_g (g)	F_0	T_c^* (sec)
SLO	30	0,047	2,449	0,291
SLD	35	0,050	2,467	0,299
SLV	332	0,127	2,577	0,378
SLC	682	0,165	2,557	0,406

6.3 Azioni di progetto

Ai fini della determinazione dell'azione sismica di progetto, i terreni presenti nell'area oggetto del presente studio, sono classificabili nella **Categoria C** (DM 17/01/2018) con $V_{s, equ}$ pari a 326 m/sec, così come esposto nel paragrafo 4.4 "Classificazione del Sottosuolo di Fondazione". In base alla categoria di sottosuolo determinato ed alle informazioni precedentemente assunte si hanno i seguenti parametri di amplificazione stratigrafica e topografica:

Considerando una inclinazione media del sito inferiore ai 15° (categoria topografica **T1**), si assume il coefficiente S_t (coefficiente di amplificazione topografiche del sito) pari a **1,00**. Il valore di, S_s (coefficiente di amplificazione stratigrafica), risulta essere pari a **1,50** per gli stati limite SLO, SLD e SLV e **1,45** per SLC.

Nelle NTC18 al § 7.2.5. si afferma che "In assenza di analisi specifiche della risposta sismica locale l'accelerazione massima attesa al sito può essere valutata con la relazione: $a_{max} = a_g \cdot S$ in cui S è il coefficiente che comprende l'effetto dell'amplificazione stratigrafica (S_s) e dell'amplificazione topografica (S_t), di cui al § 3.2.3.2, e a_g è l'accelerazione orizzontale massima per lo SLC su sito di riferimento rigido".


Definiti i parametri sismici relativi ai siti in oggetto si possono determinare i seguenti coefficienti sismici per ogni Stato Limite considerato:

	SLO		SLD		SLV		SLC	
Parametri sismici	S_s	1,50	S_s	1,50	S_s	1,50	S_s	1,45
	C_c	1,58	C_c	1,56	C_c	1,45	C_c	1,41
	S_t	1,00	S_t	1,00	S_t	1,00	S_t	1,00
Coefficienti sismici	Kh	0,014	Kh	0,015	Kh	0,046	Kh	0,057
	Kv	0,007	Kv	0,008	Kv	0,023	Kv	0,029
	A_{max} (m/s ²)	0,686	A_{max} (m/s ²)	0,738	A_{max} (m/s ²)	1,869	A_{max} (m/s ²)	2,341
	β_s	0,20	β_s	0,20	β_s	0,24	β_s	0,24

Con:

- $a_{max}(g) = a_g(g) \cdot S_s \cdot S_t$;
- $A_{max} = a_{max}(g) \cdot 9,81$ m/s²;
- C_c = coefficiente funzione della categoria di sottosuolo;
- $Kh = \beta_s \cdot a_{max}/g$;
- $Kv = 0,5 Kh$;
- β_s coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito i cui valori possono essere desunti, in relazione alla categoria di suolo di fondazione e dal valore di a_g , dalla seguente tabella:

	Categoria di suolo	
	A	B, C, D, E
	β_s	β_s
$0,2 < a_g \leq 0,4$	0,30	0,28
$0,1 < a_g \leq 0,2$	0,27	0,24
$a_g \leq 0,1$	0,20	0,20

Documento:	Relazione Geologica						
Progetto:	PROGETTO DEFINITIVO PER LA COSTRUZIONE E L'ESERCIZIO DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO, DENOMINATO TAVERNOLA, AVENTE POTENZA NOMINALE DI 49,66 MWp, INTEGRATO CON SISTEMA DI ACCUMULO DI 10 MW, POTENZA IN IMMISSIONE RICHIESTA 55 MW, E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE ELETTRICA NAZIONALE						
Richiedente:	AMBRA SOLARE 7 S.R.L.	Data:	06/2023	Revisione:	1.0	Pag.:	27 / 30
Codice Progetto:	ITOPW004.071024			Cod. Documento:	ITOPW004.PD.01.REL.VIA2_2.RG		

7. CONCLUSIONI

Lo studio geologico esposto nella presente relazione è stato condotto nell'ambito della realizzazione di un impianto agrivoltaico in agro di Foggia e Manfredonia (FG), denominato **TAVERNOLA**, sulla base di una campagna di indagini geognostiche (**Tavola A. 4 "Ubicazione Indagini in Situ"**), di tipo sia dirette che indirette, realizzate all'interno del presunto lotto di realizzazione delle opere, ubicato nella zona Nord-Est dell'ambito amministrativo del Comune di Foggia (FG) e prospicienti la SP n° 76, come riportato in allegato alla **Tavola A. 1 "Ubicazione Area di Intervento"**.

Da un punto di vista *geologico* l'area in studio ricade nel settore geodinamico del Tavoliere delle Puglie il quale rappresenta una estesa pianura alluvionale definita da un'area di basso strutturale. Tale contesto coincide con il tratto dell'Avanfossa adriatica delimitato dalla Catena appenninica e dall'Avampese Apulo, più precisamente corrisponde all'area compresa fra i Monti della Daunia, il Promontorio del Gargano e l'Altopiano delle Murge. Il basamento è costituito da un potente spessore di sedimenti carbonatici prevalentemente di piattaforma di età mesozoica su cui localmente, in affioramento, trasgrediscono depositi calcarenitici paleogenici. Nel corso del Pliocene si instaura una sedimentazione prettamente di tipo pelitico, riferibile ad argille bacinali o a facies distali di corpi torbiditici, per poi lasciare spazio, in epoca recente, a differenti stadi del livello marino riferibili a più cicli sedimentari marini e/o a fasi continentali di alluvionamento. Le indagini in situ (§ 4.1 "Indagine Geognostica Indiretta: Sondaggio Esplorativo e § 4.2 "Indagine Geognostica Indiretta: Prospezione Sismica a Rifrazione (Onde P)") hanno evidenziato una superficiale sequenza litostratigrafica caratterizzante la zona in esame (**Tavola A. 5 "Colonna Stratigrafica"** e **Tavola A. 6 "Sezione Stratigrafica Interpretativa-Onde P"**). Il sottosuolo, dall'alto verso il basso, è stato così ricostituito:

- Deposito di natura limosa debolmente sabbiosa, poco consistente, per una profondità media di circa -1,10 mt da pc;
- Deposito di natura sabbioso-limosa, mediamente consistente, per una profondità media di circa -3,60 mt da pc
- Deposito di natura limoso-argilloso, molto consistente, sino a fine indagine (-12,00 mt da pc).

Tale distinzione su base litostratigrafica assume rilevanza come distinzione in termini di omogeneità fisico-meccanica su base geotecnica. Considerando, infatti, le caratteristiche litologico-tessiturali, le indagini in situ e le analisi di laboratorio è stato possibile individuare e differenziare tre diverse unità litotecniche le cui parametrizzazioni sono riportate in § 5.1 "Caratterizzazione Elasto-Meccanica dei Terreni di Fondazione".

Per quanto concerne la prova sismica MASW (§ 4.3 "Indagine Geognostica Indiretta: Prospezione Sismica MASW") il modello sismostratigrafico che emerge dall'analisi dei dati presenta una buona corrispondenza con quello litostratigrafico. Per il sito investigato, il terreno di fondazione rientra tra quelli classificabili nella **Categoria C** ($V_{s, eq} = 326$ m/sec).


Per quel che riguarda l'*idrogeologia*, la particolare situazione stratigrafica e strutturale porta a riconoscere tre unità acquifere principali situate a differenti profondità e che possono essere distinte in carsiche, artesiane e freatiche. L'acquifero carsico profondo è costituito da calcari fratturati e carsificati del substrato prepliocenico dell'Avanfossa appenninica. L'acquifero artesiano profondo è costituito da strati porosi di sabbie limose e ghiaie presenti a diverse profondità i livelli sono costituiti da corpi di forma lenticolare posti a profondità variabile tra i 150 e 500 metri dal piano campagna con spessore di poche decine di metri. L'acquifero freatico superficiale si rinviene nei depositi quaternari sabbioso ghiaioso ciottolosi permeabili intercalati da limo-argilloso-sabbiosi meno permeabili che ricoprono con continuità laterale la formazione sottostante delle Argille subappennine. In riferimento ai lavori in oggetto e all'entità delle opere potrebbe verificarsi una interazione con il corpo freatico superficiale. Tale falda deve la sua sussistenza e alimentazione direttamente dagli apporti meteorici e il suo livello subisce, nel tempo, oscillazioni dipendenti dal regime pluviometrico, innalzandosi in occasione di precipitazioni intense e prolungate ed abbattendosi, invece, in circostanze di siccità protratta. Durante le operazioni di trivellazione e la successiva misurazione, eseguita 24h dopo la fine delle operazioni di perforazione, non è stata riscontrata la presenza di falda acquifera. Osservando l'idrografia superficiale (**Tavola A. 3 "Carta Idromorfologica"**) è possibile individuare le principali linee di deflusso preferenziali delle acque meteoriche, notando come la stesse tendano a convergere verso zone poste a quota topografica inferiore, circa +19 mt slm, individuate in direzione Nord-Est rispetto all'area in esame, che risulta essere posta ad una quota di circa +30 mt slm, verso un impluvio denominato Canale Propezio. Tale, area, per tanto, non risulta essere prossima o attraversata da compluvi naturali di acque meteoriche, ma in virtù delle sue caratteristiche morfologiche potrebbero verificarsi potenziali fenomeni di deflusso superficiali. Per ulteriori dettagli si faccia riferimento all'analisi idrologica ed idraulica a complemento della presente.

Per quanto attiene la *geomorfologia*, si osserva come l'area è posta ad una quota di circa +30 mt slm in un contesto subpianeggiante ed impostata su terreni di natura sabbioso-limosa dove non si rinvencono forme di dissesto o fenomeni di instabilità gravitativa in atto e/o quiescenti che possano evolvere sfavorevolmente in seguito alla realizzazione di quanto in progetto.

Per quello che attiene la presenza di *vincoli*, in riferimento alle perimetrazioni del Piano di Bacino Stralcio Assetto Idrogeologico (PAI) redatto dall'Autorità di Bacino della Puglia, nonché facendo riferimento all'Ufficio Parchi e Riserve della Regione Puglia, le aree in studio non ricadono in zone sottoposte a tali vincoli. È da sottolineare come parte della porzione Ovest del sito Est sia sottoposta a specifiche misure di salvaguardia e di utilizzazione da parte del vigente Piano Paesaggistico Territoriale della Regione Puglia (PPTR) poiché ricade negli Ulteriori Contesti Paesaggistici (UCP) quali:

- **Area di rispetto delle componenti culturali e insediative** (UCP-Componenti Culturali e Insediative).

La valutazione e l'interpretazione critica delle osservazioni pertinenti il complesso degli elementi oggettivi raccolti nel corso del sopralluogo consentono, in conformità alle disposizioni menzionate nella premessa ed alle considerazioni poco sopra richiamate, nonché considerando le

Documento:	Relazione Geologica						
Progetto:	PROGETTO DEFINITIVO PER LA COSTRUZIONE E L'ESERCIZIO DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO, DENOMINATO TAVERNOLA, AVENTE POTENZA NOMINALE DI 49,66 MWp, INTEGRATO CON SISTEMA DI ACCUMULO DI 10 MW, POTENZA IN IMMISSIONE RICHIESTA 55 MW, E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE ELETTRICA NAZIONALE						
Richiedente:	AMBRA SOLARE 7 S.R.L.	Data:	06/2023	Revisione:	1.0	Pag.:	28 / 30
Codice Progetto:	ITOPW004.071024			Cod. Documento:	ITOPW004.PD.01.REL.VIA2_2.RG		

risultanze emerse in fase di esecuzione delle indagini in situ, di esprimere **parere positivo di fattibilità geologica** generale per la realizzazione delle necessarie opere di messa in sicurezza dell'area. Alla luce di quanto fin qui riportato, si ritiene che ulteriori problematiche di carattere geologico non sussistono ed un eventuale loro insorgere sarà affrontato in fase esecutiva.


Noci (BA), Giugno 2023

Il Geologo

(Dr. Fedele Massimiliano COLUCCI)


Fedele Massimiliano Colucci



Documento:	Relazione Geologica						
Progetto:	PROGETTO DEFINITIVO PER LA COSTRUZIONE E L'ESERCIZIO DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO, DENOMINATO TAVERNOLA, AVENTE POTENZA NOMINALE DI 49,66 MWp, INTEGRATO CON SISTEMA DI ACCUMULO DI 10 MW, POTENZA IN IMMISSIONE RICHIESTA 55 MW, E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE ELETTRICA NAZIONALE						
Richiedente:	AMBRA SOLARE 7 S.R.L.	Data:	06/2023	Revisione:	1.0	Pag.:	29 / 30
Codice Progetto:	ITOPW004.071024		Cod. Documento:	ITOPW004.PD.01.REL.VIA2_2.RG			

INDICE DELLE FIGURE

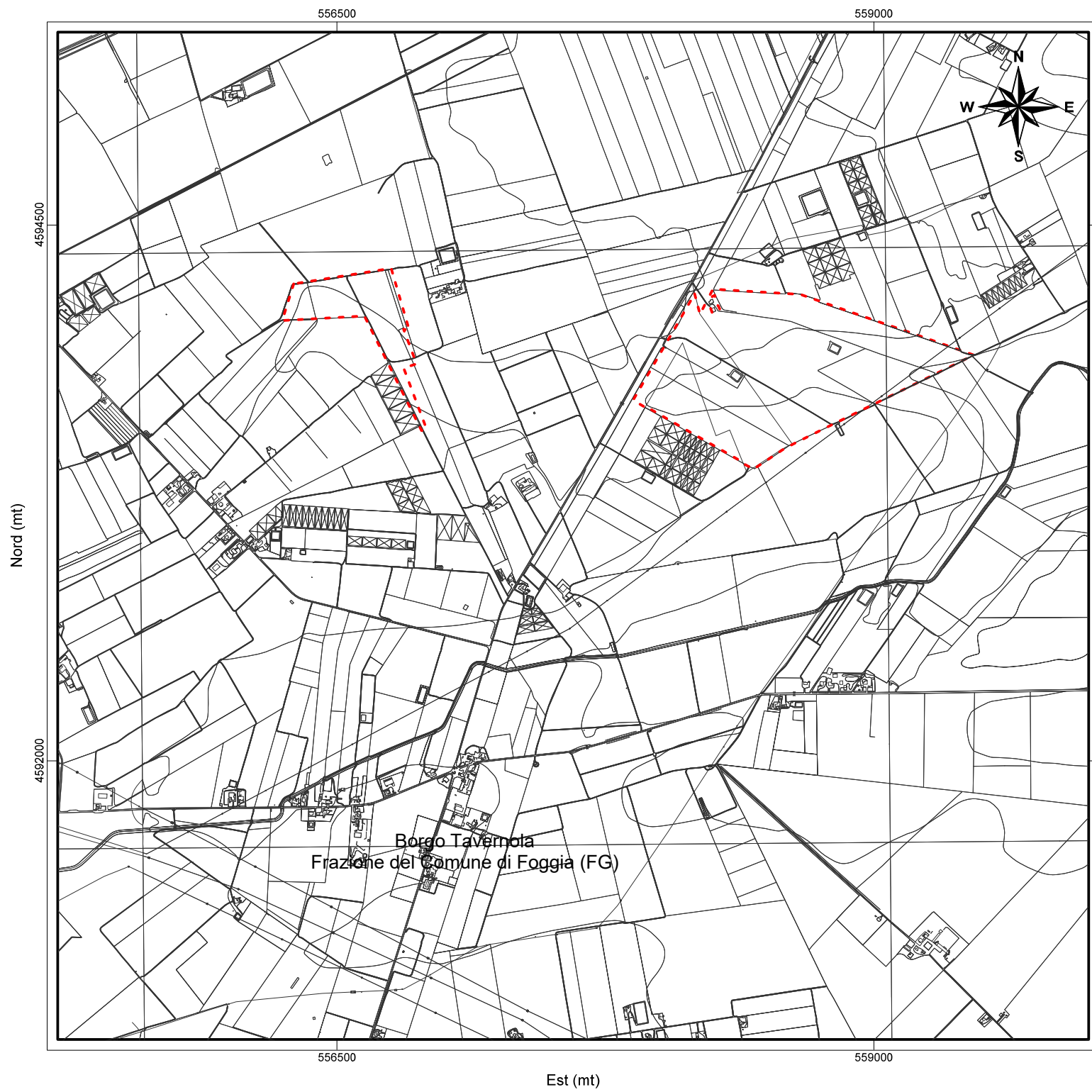
Figura 1: Foglio N° 164 “Foggia” della Carta Geologica d’Italia	3
Figura 2: Carta geologica schematica della regione Puglia con indicata la distribuzione areale dei due principali gruppi di unità distinti nella carta geo-litologica (da PIERI et alii, 1997, modificata).....	3
Figura 3: Schema geologica della Regione Puglia (Pieri et al, 1997)	6
Figura 4: Pericolosità geomorfologica.....	8
Figura 5: Pericolosità idraulica.....	9
Figura 6: Rischio.....	10
Figura 7: SIC, ZPS e Aree Protette.....	11
Figura 8: Beni Paesaggistici e Ulteriori Contesti Paesaggistici del PPTR.....	12
Figura 9: Configurazione geometrica dello stendimento sismico a rifrazione.....	14
Figura 10: Visione verso Nord-Est dello stendimento sismico ST01.....	15
Figura 11: Visione verso Sud-Ovest dello stendimento sismico ST01	16
Figura 12: Sismografo PASI modello GEA24	16
Figura 13: Geofono verticale	16
Figura 14: Schema realizzativo indagine MASW (Onde di Rayleigh)	17
Figura 15: Tracce acquisite in situ ed utilizzate per la costruzione dello spettro di velocità	18
Figura 16: Spettro di velocità (visualizzazione 2D e 3D). In evidenza l’andamento del modo fondamentale (pallini bianchi) e del primo modo superiore (pallini verdi).....	18
Figura 17: Profilo $V_{s, equ} = 326$ m/sec calcolato a partire dal piano campagna	19
Figura 18: Modelli testati durante il processo di inversione.....	19
Figura 19: Curva di dispersione osservata (picking pallini fucsia) e curve di dispersione relative “best model” (pallini blu) e “mean model” (croci verdi)	20
Figura 20: Evoluzione del misfit (disaccordo) al progredire dei modelli testati durante il processo di inversione	20

Documento:	Relazione Geologica					
Progetto:	PROGETTO DEFINITIVO PER LA COSTRUZIONE E L'ESERCIZIO DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO, DENOMINATO TAVERNOLA, AVENTE POTENZA NOMINALE DI 49,66 MWp, INTEGRATO CON SISTEMA DI ACCUMULO DI 10 MW, POTENZA IN IMMISSIONE RICHIESTA 55 MW, E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE ELETTRICA NAZIONALE					
Richiedente:	AMBRA SOLARE 7 S.R.L.	Data:	06/2023	Revisione:	1.0	Pag.: 30 / 30
Codice Progetto:	ITOPW004.071024		Cod. Documento:	ITOPW004.PD.01.REL.VIA2_2.RG		


INDICE DELLE TABELLE

Tabella 1: Coordinate piane ed altimetriche dell'ubicazione del sondaggio geognostico realizzato	13
Tabella 2: Schema riepilogativo delle attività svolte durante le operazioni di trivellazione	13
Tabella 3: Valori di velocità tipiche delle onde di compressione P (da "Le indagini geofisiche per lo studio del sottosuolo" di Carrara-Rapolla-Roberti, "Il manuale del geologo" di Cassadio-Elmi).....	15
Tabella 4: Categorie di sottosuolo identificate dalle "Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni" (NTC/18).....	21
Tabella 7: Riepilogo delle caratteristiche elasto-meccaniche degli strati identificati dalle indagini geognostiche in situ	24

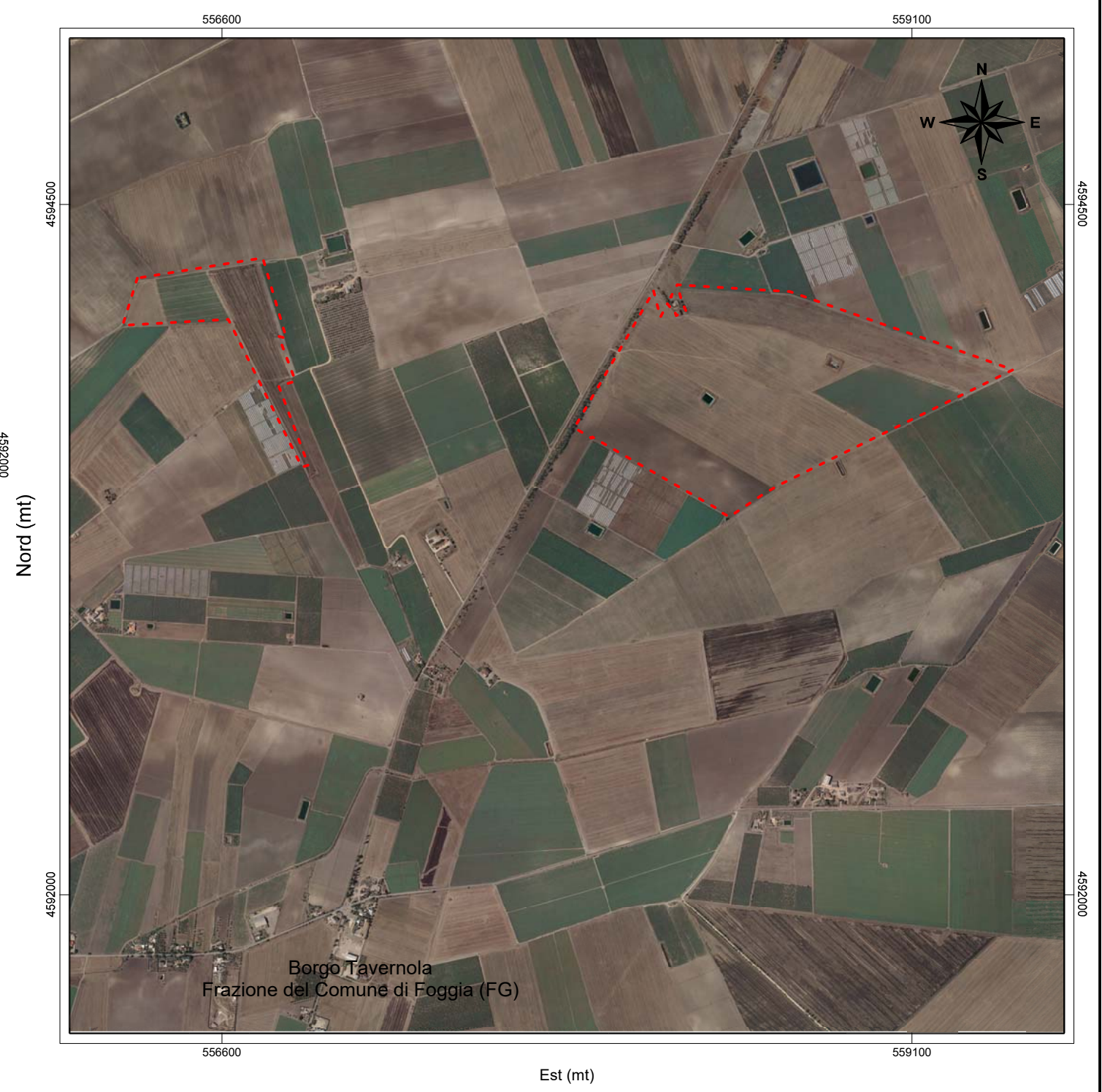
Tavola A. 1 "Ubicazione Area di Intervento"



Corografia
Scala 1: 25.000
0 mt 500 mt 1000 mt 1500 mt

Legenda
 Area impianto fotovoltaico

Sistema di riferimento: UTM WGS84 33T
Base cartografica: Carta Tecnica Regionale (SIT-Regione Puglia)



Stralcio aerofotogrammetrico
Scala 1: 20.000
0 mt 500 mt 1000 mt 1500 mt

Tavola A. 2 "Carta Geolitologica"

Legenda



Q Depositi alluvionali terrosi e ciottolosi recenti ed attuali
Olocene

Q³_t Alluvioni terzate recenti, poco superiori agli alvei attuali, di ciottoli, sabbie e subordinatamente argille sabbiose. Talora con crostoni calcarei evaporitici
Olocene

Q²_m Sabbie di colore giallastro, pulverulente, con concrezioni calcaree e molluschi marini di facies litorale. Quasi dovunque coperte da un crostone calcareo-sabbioso straterellato
Pleistocene

Sistema di riferimento: UTM WGS84 33T
Base cartografica: Carta Tecnica Regionale (SIT-Regione Puglia)

Scala 1: 25.000

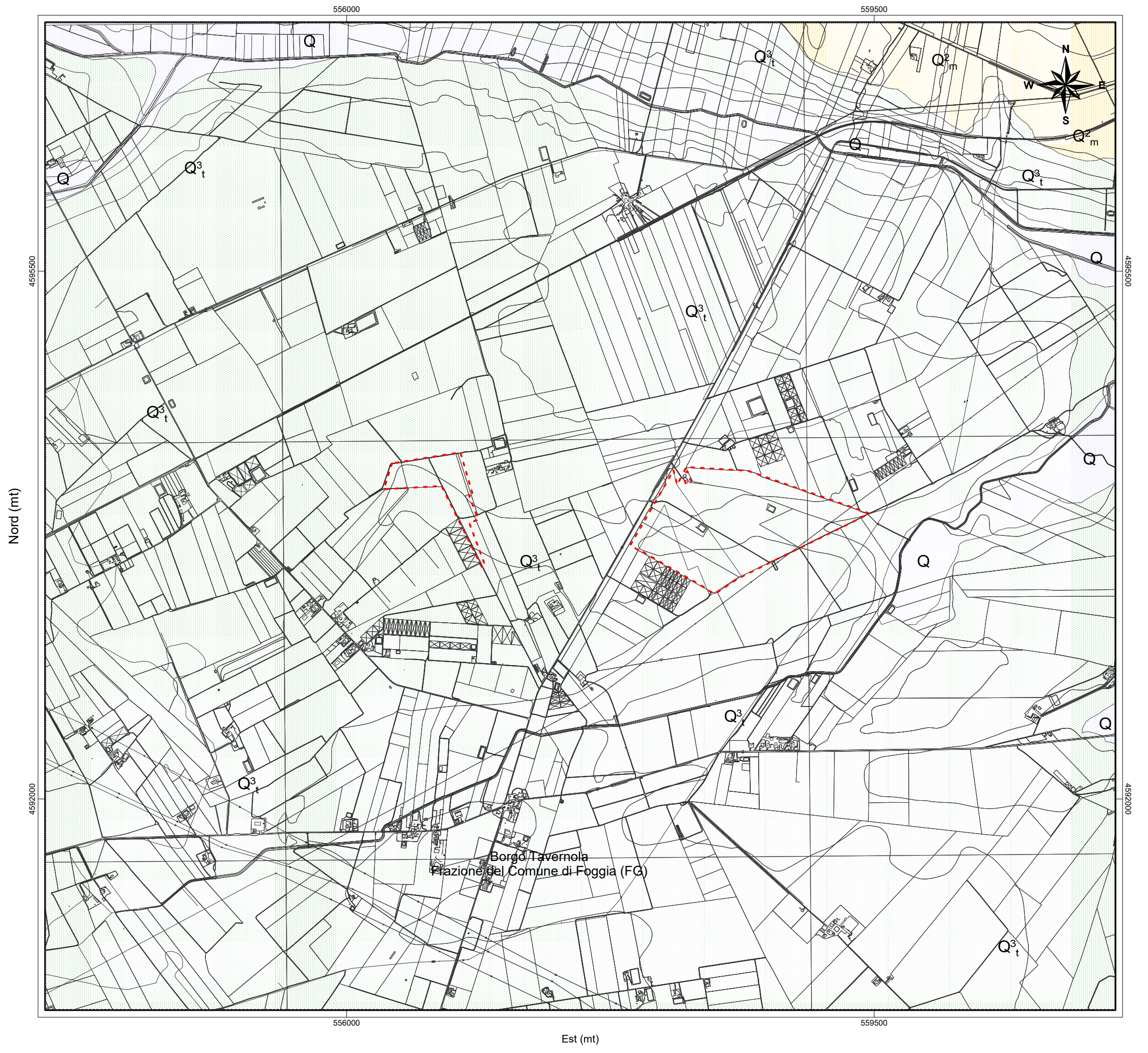






Tavola A. 3 "Carta Idromorfologica"

Legenda

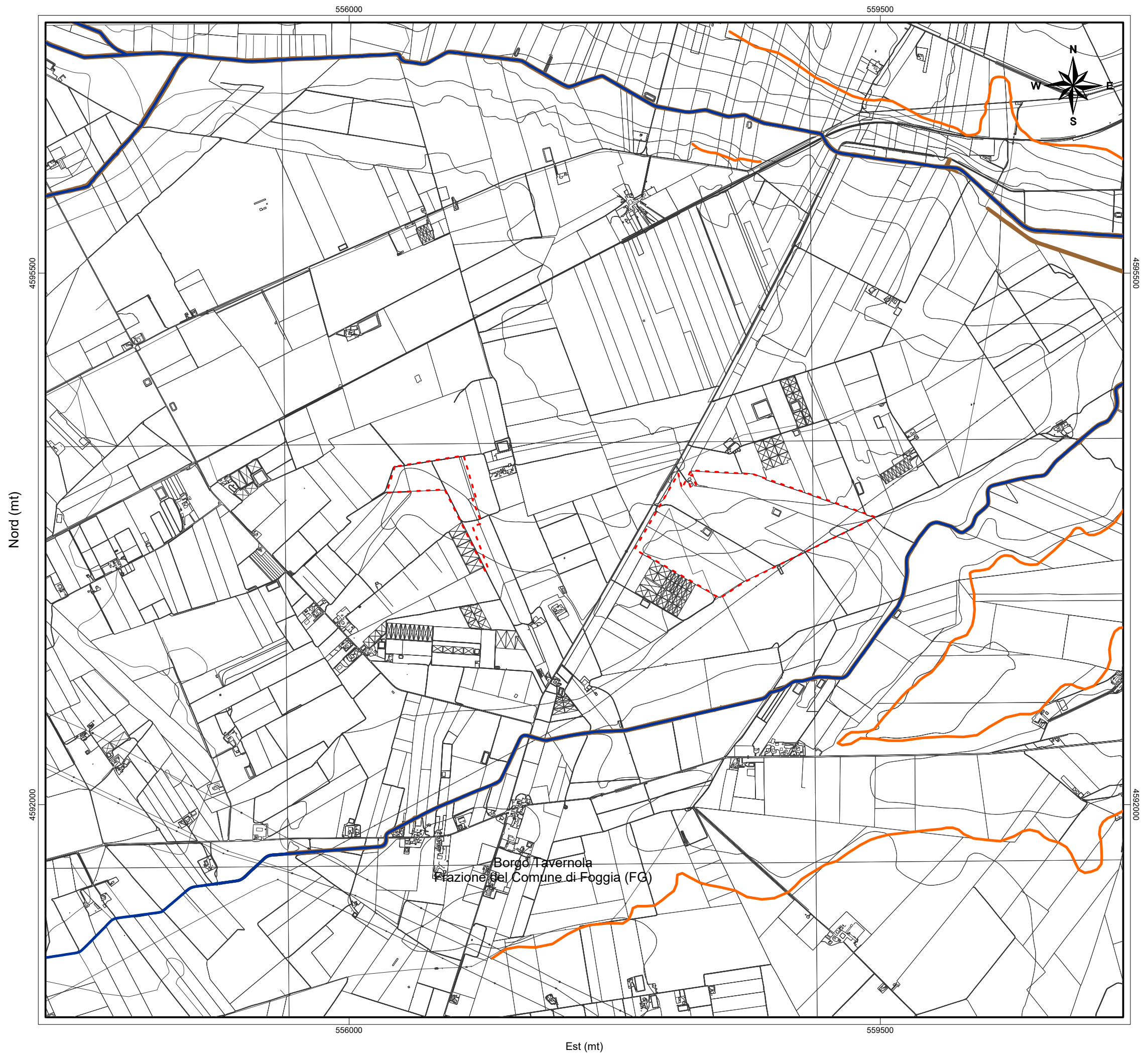
-  Area impianto fotovoltaico
-  Reticolo idrografico
-  Orlo di terrazzo morfologico
-  Ciglio di sponda fluviale

Sistema di riferimento: UTM WGS84 33T

Base cartografica: Carta Tecnica Regionale (SIT-Regione Puglia)

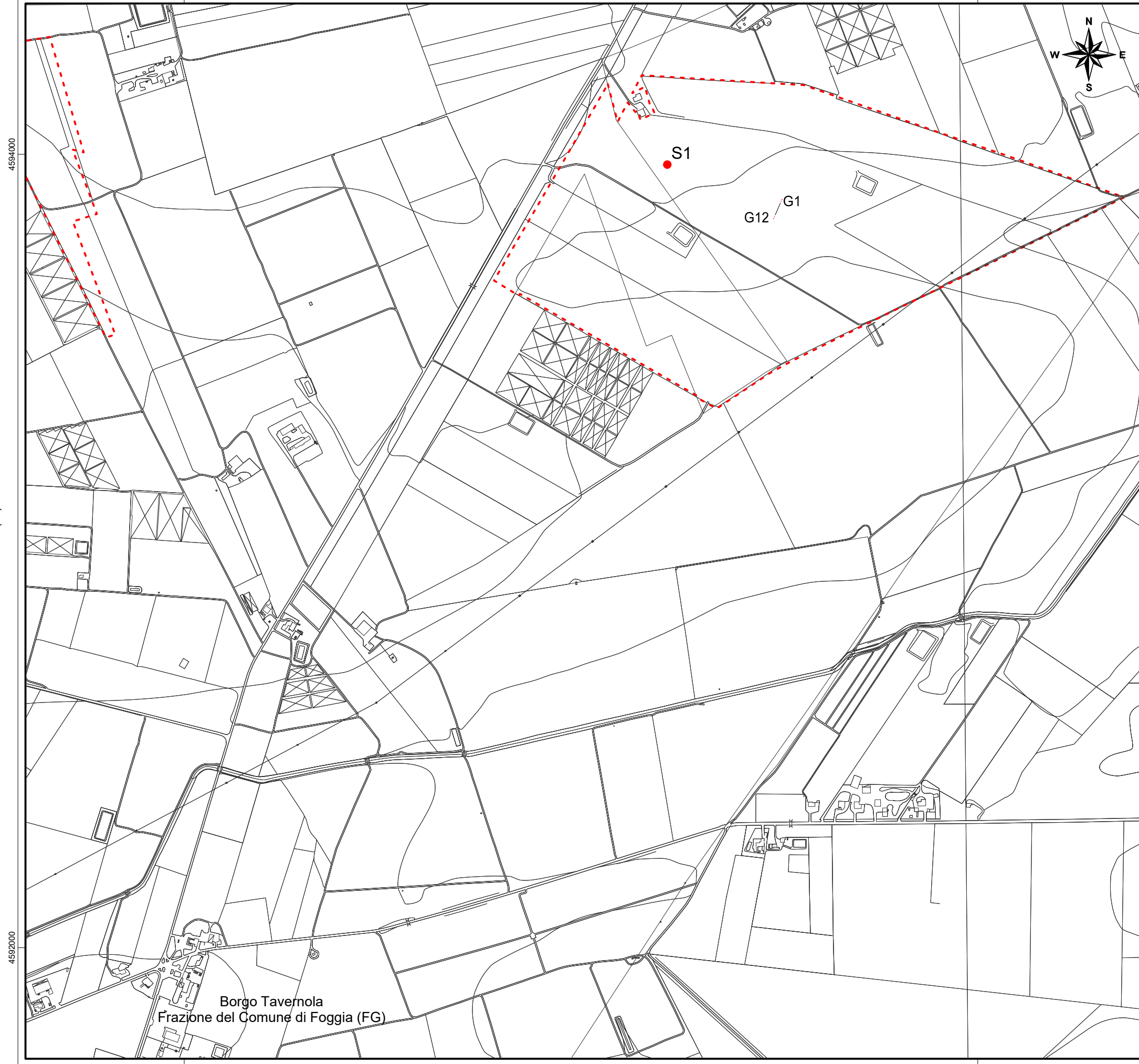
Scala 1: 25.000

0 mt 600 mt 1200 mt 1800 mt



557100






559100



Borgo Tavernola
Frazione del Comune di Foggia (FG)

Tavola A. 4 "Ubicazione Indagini in Situ"

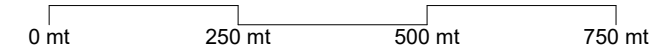
Legenda

-  Area impianto fotovoltaico
-  Sondaggio geognostico (-10,00 mt da pc)
-  Stendimento sismico (ST01= 33,00 ml)
-  Geofono
-  Battuta per indagine MASW

Sistema di riferimento: UTM WGS84 33T

Base cartografica: Carta Tecnica Regionale (SIT-Regione Puglia)

Scala 1: 10.000





SONDAGGIO SI

PERFORAZIONE A CAROTAGGIO CONTINUO

INDAGINI GEONOSTICHE-REALIZZAZIONE
PARCO FOTOVOLTAICO PRESSO IL BORGO
TAVERNOLA NEL COMUNE DI FOGGIA (FG)

Geol. F. M. COLUCCI

S.O.: Via De Giosa, 4 - 70015 NOCI (BA)
Tel/Fax (+39)080/2473484 - Cell. 338/4274387
P. IVA 07627640720 - www.geomodelling.it
e-mail: massimo.colucci76@gmail.com

COMMITTENTE: MAYA ENGINEERING SRLS

COORDINATE PIANE UTM WGS 84 33T

N = 4.593.974,87 E = 558.317,62

CAROTIERE CORONA	PROFONDITÀ M	POTENZA M	LITOLOGIA	DESCRIZIONE LITOLOGICA	PROFONDITÀ FALDA	CAMPIONI INDISTURBATI RIMANEGGIATI	S.P.T.	CAROTAGGIO	POCKET PENETROMETER TORE VANE	PROVE IN FORO	STRUMENTAZIONE IN FORO	CASSETTE
SEMPLICE WIDIA	1	1,10		Limo debolmente sabbioso di colore marroncino di media consistenza e media plasticità. La frazione sabbiosa si presenta con granulometria da fine a finissima								
	2	2,50		Sabbia debolmente limosa di colore nocciola-verdastro con buona consistenza e scarsa plasticità. La frazione sabbiosa si presenta con granulometria da media a fine. Si osservano venature calcigne di colore biancastro	A							1
	3		S		-2,50							
	4		S		-3,00							
	5	6,40		Limo con argilla di colore beige-verdastro con ottima consistenza e ottima plasticità. Si osservano venature e croste calcigne di colore biancastro	S							2
	6		E									
	7		N									
	8		T		-7,50							
	9		E		-8,00							
	10											

NB: IL FORO È STATO RIVESTITO CON TUBAZIONE PROVVISORIA DEL DIAMETRO DI 127 MM
PER UNA PROFONDITÀ DI -4,50 MT DA PC

FONDO FORO



Geol. F. M. COLUCCI

S.O.: Via De Giosa, 4 - 70015 NOCI (BA)
Tel/Fax (+39)080/2473484 - Cell. 338/4274387
P. IVA 07627640720 - www.geomodelling.it
e-mail: massimo.colucci76@gmail.com

SONDAGGIO S1

PERFORAZIONE A CAROTAGGIO CONTINUO

INDAGINI GEONOSTICHE-REALIZZAZIONE
PARCO FOTOVOLTAICO PRESSO IL BORGO
TAVERNOLA NEL COMUNE DI FOGGIA (FG)

COMMITTENTE: MAYA ENGINEERING SRLS



Postazione Sondaggio S1



Cassetta Catalogatrice n° 1 - da mt 0,00 a mt -5,00



Cassetta Catalogatrice n° 2 - da mt -5,00 a mt -10,00

Sezione Stratigrafica - Stendimento ST01 - Onde P

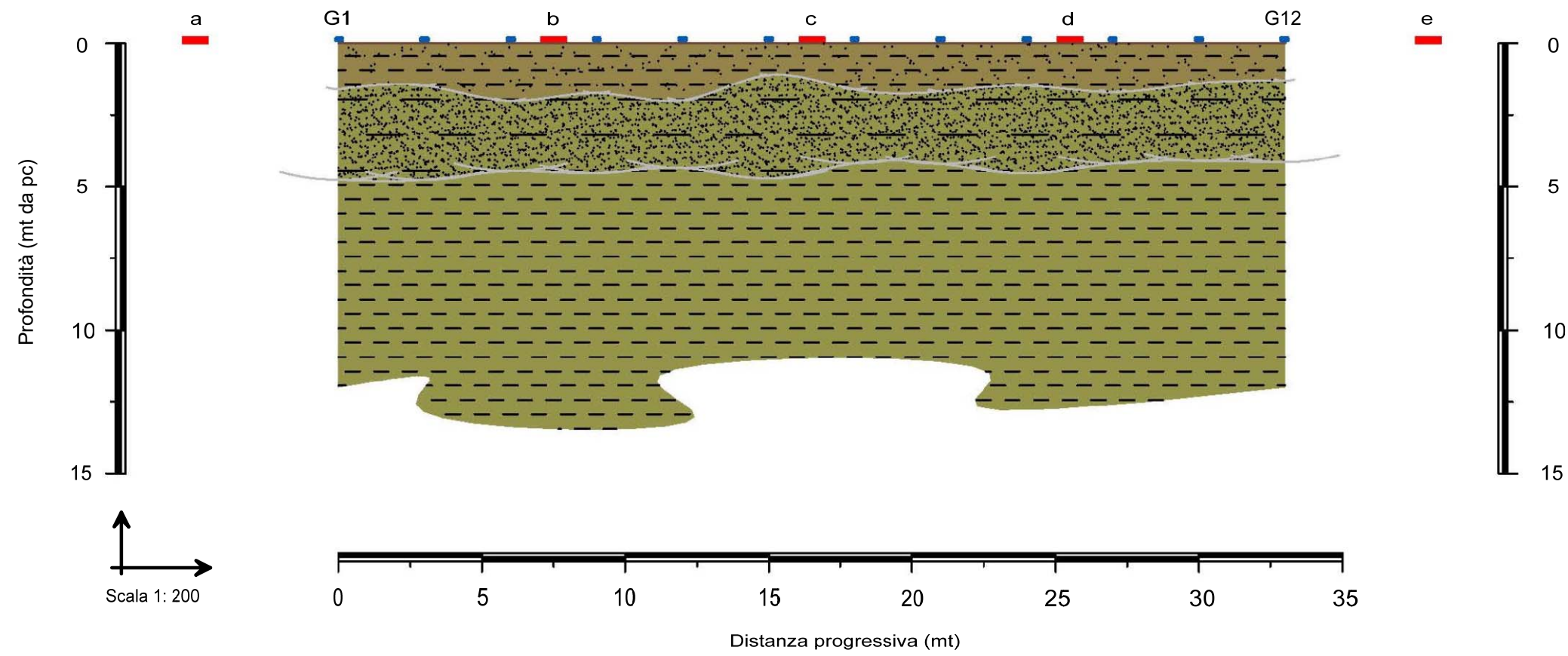





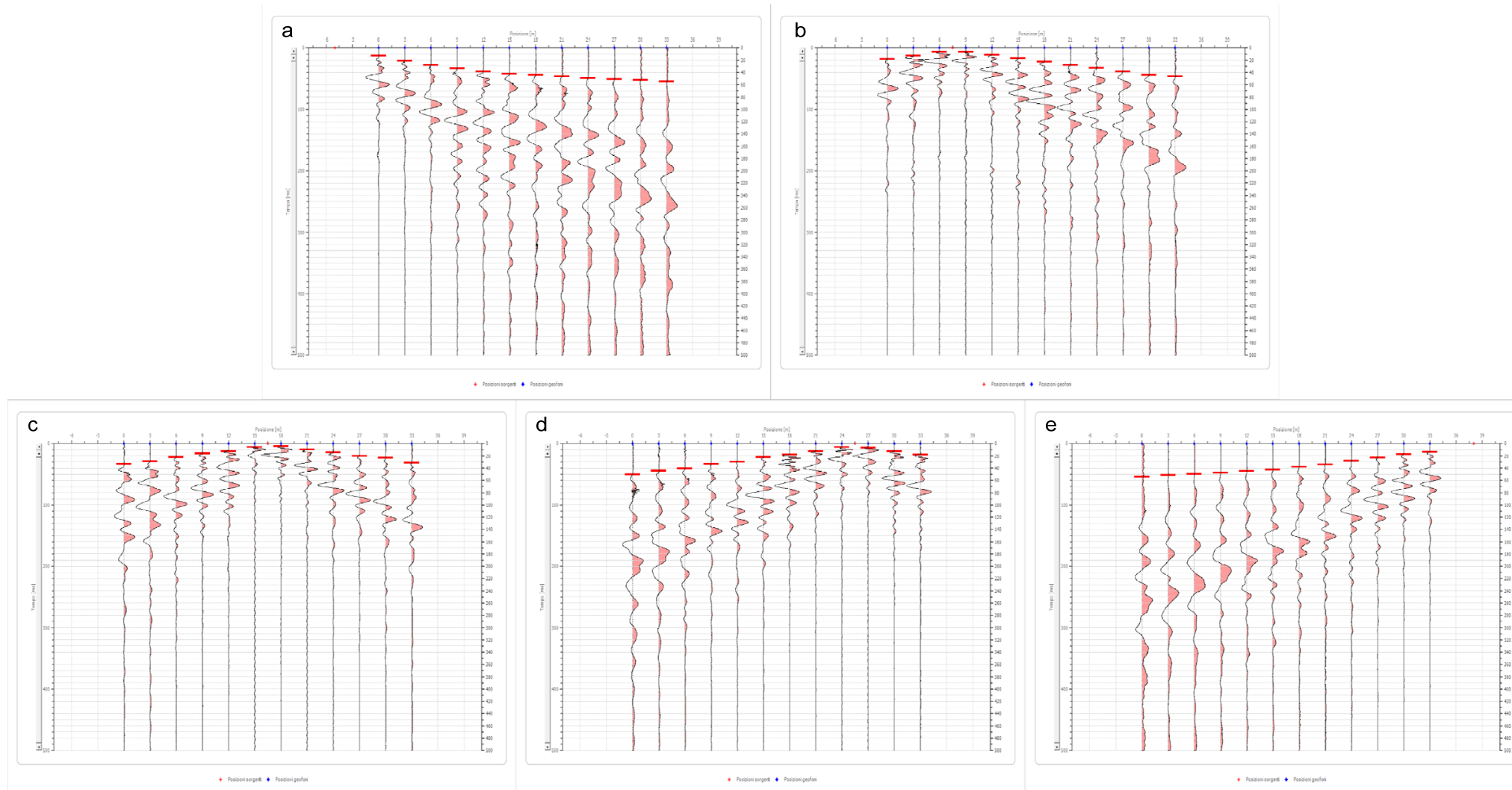


Tavola A. 6
"Sezione Stratigrafica Interpretativa-Onde P"
Stendimento ST01

Legenda

-  Deposito di natura limoso-sabbiosa, poco consistente
 $V_p = 400$ m/sec
-  Deposito di natura sabbioso-limosa, mediamente consistente
 $V_p = 559$ m/sec
-  Deposito di natura limoso-argillosa, molto consistente
 $V_p = 1378$ m/sec
-  Geofono
-  Punto di energizzazione

Sismogrammi Acquisiti in Situ - Picking Primi Arrivi



QUADRO RIASSUNTIVO E INTERPRETATIVO DELLE ANALISI GEOTECNICHE

Realizzazione di impianto agrivoltaico con accumulo e relative opere di connessione alla Rete Elettrica Nazionale - Tavernola (FG)

Sond.	Camp.	Profondità m	W %	γ_v KN/m ³	γ_d KN/m ³	γ_{sat} KN/m ³	γ_s KN/m ³	e	n %	Sr %	Ghiaia %	Sabbia %	Limo %	Argilla %	LL %	LP %	IP %	TG-CD c KN/m ² ϕ°	CNR-UNI 10006
1	1	2.50 - 3.00	14.50	19.60	17.20	20.70	26.80	0.563	36.00	70.40	0.00	2.60	61.30	36.10	62.2	38.1	24.1	18.00 - 23.7°	A7-5
1	2	7.50 - 8.00	16.30	19.50	16.80	20.40	26.50	0.581	36.80	75.90	0.70	14.80	55.10	29.40	55.6	35.0	20.6	20.20 - 24.8°	A7-5

Legenda:

W= Umidità naturale - γ_v = Peso di volume naturale - γ_d = Peso di volume secco - γ_s = Peso specifico - e= Indice dei vuoti - n= Porosità - Sr=Grado di saturazione - γ_{sat} =peso di volume saturo - L.L.= Limite liquido

L.P.= Limite plastico - L.R.= Limite di ritiro - IP= Indice plastico - c=Coesione - c_u =Coesione non drenata - ϕ° = Angolo di attrito interno P=Pressione sul provino - Ed= Modulo edometrico

COMMITTENTE: DR. GEOL. MASSIMILIANO COLUCCI		
RIFERIMENTO: Realizzazione di impianto agrivoltaico con accumulo e relative opere di connessione presso Tavernola (FG)		
SONDAGGIO: 1	CAMPIONE: 1	PROFONDITA': m 2.50 - 3.00

CARATTERISTICHE FISICHE

Umidità naturale	14,5	%
Peso di volume	19,6	kN/m ³
Peso di volume secco	17,2	kN/m ³
Peso di volume saturo	20,7	kN/m ³
Peso specifico	26,8	kN/m ³
Indice dei vuoti	0,563	
Porosità	36,0	%
Grado di saturazione	70,4	%
Limite di liquidità	62,2	%
Limite di plasticità	38,1	%
Indice di plasticità	24,1	%
Indice di consistenza	1,98	
Passante al set. n° 40	SI	
Limite di ritiro		%
CNR-UNI 10006/00	A7-5	I.G. = 18

ANALISI GRANULOMETRICA

Ghiaia		%
Sabbia	2,6	%
Limo	61,3	%
Argilla	36,1	%
D 10		mm
D 50	0,005380	mm
D 60	0,008545	mm
D 90	0,029488	mm
Passante set. 10	100,0	%
Passante set. 42	99,9	%
Passante set. 200	98,2	%

COMPRESSIONE

S	kPa
C_u	kPa
S_{Rim}	kPa
C_{u Rim}	kPa

TAGLIO DIRETTO

Prova consolidata-lenta		
c'	18,0	kPa
f'	23,7	°
c'_{Res}		kPa
f'_{Res}		°

PERMEABILITA'

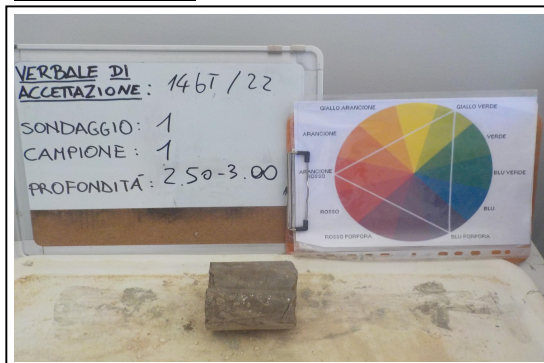
Coefficiente k	cm/sec
----------------	--------

COMPRESSIONE TRIASSIALE

C.D.	C_d	kPa	f_d	°
C.U.	C'_{cu}	kPa	f'_{cu}	°
	C_{cu}	kPa	f_{cu}	°
U.U.	C_u	kPa	f_u	°

PROVA EDOMETRICA

S kPa	E kPa	C_v cm ² /sec	k cm/sec

FOTOGRAFIA

OSSERVAZIONI

Limo con argilla di colore marrone - verdastro
Tipo di campione: Cilindrico Qualità del campione: Q 5

Posizione delle prove CF GR TD	cm	R _p kPa	VT kPa	cm	DESCRIZIONE DEL CAMPIONE
	0				Limo con argilla di colore marrone - verdastro
	10				
	20				
	30				
	40				
	50			50	

COMMITTENTE: DR. GEOL. MASSIMILIANO COLUCCI

RIFERIMENTO: Realizzazione di impianto agrivoltaico con accumulo e relative opere di connessione presso Tavernola (FG)

SONDAGGIO: 1

CAMPIONE: 1

PROFONDITA': m 2.50 - 3.00

CLASSIFICA BASATA SULLA GRANULOMETRIA

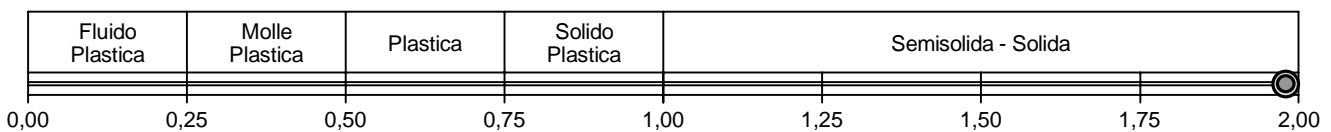
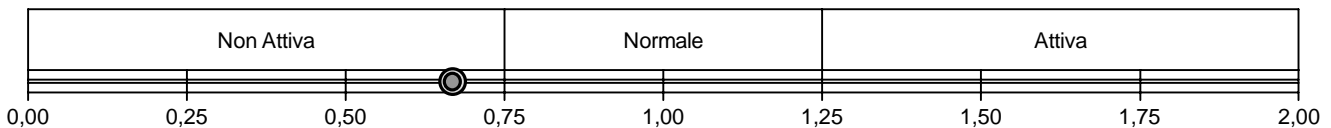
Classifica A.G.I.

Limo con argilla

CLASSIFICHE BASATE SUI LIMITI DI CONSISTENZA

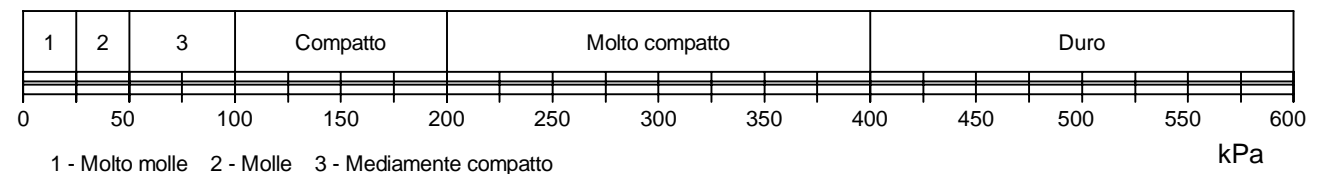
Abaco di plasticità di Casagrande

MH o OH - Limi inorganici o argille e limi organici ad alta compressibilità

 $I.C. = \text{Indice di consistenza} = (LL - W_n) / IP = 1,98$

 $A = \text{Attività (Skempton)} = IP / CF \text{ (clay fraction)} = 0,67$


CLASSIFICA BASATA SULLA COESIONE NON DRENATA

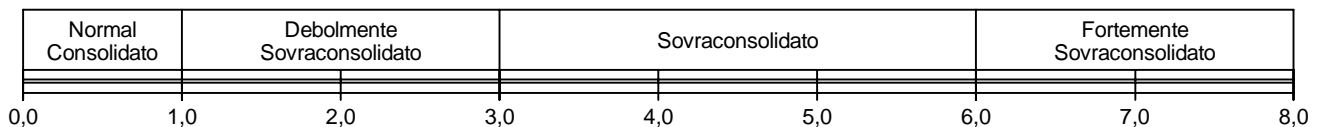
Coesione non drenata = 0 kPa



CLASSIFICA BASATA SULLA PRECONSOLIDAZIONE

Pressione del campione in sito = 0,0kPa

Pressione di preconsolidazione [da Prova Edometrica] = 0,0kPa

 $O.C.R. \text{ (Over Consolidation Ratio)} = 0,00$


Limo con argilla di colore marrone - verdastro

CERTIFICATO DI PROVA N°: 02568	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 13/07/22	Inizio analisi: 12/07/22
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: VA146T-22 del 08.07.22		Apertura campione: 08.07.22	Fine analisi: 13/07/22

COMMITTENTE: DR. GEOL. MASSIMILIANO COLUCCI			
RIFERIMENTO: Realizzazione di impianto agrivoltaico con accumulo e relative opere di connessione presso Tavernola (FG)			
SONDAGGIO: 1	CAMPIONE: 1	PROFONDITA': m	2.50 - 3.00

CONTENUTO D'ACQUA ALLO STATO NATURALE

Modalità di prova: Norma ASTM D 2216

W_n = contenuto d'acqua allo stato naturale = 14,5 %

Struttura del materiale:

Omogeneo
 Stratificato
 Caotico

Temperatura di essiccazione: 110 °C

Limo con argilla di colore marrone - verdastro

CERTIFICATO DI PROVA N°: 02569	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 13/07/22	Inizio analisi: 12/07/22
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: VA146T-22 del 08.07.22		Apertura campione: 08.07.22	Fine analisi: 12/07/22

COMMITTENTE: DR. GEOL. MASSIMILIANO COLUCCI			
RIFERIMENTO: Realizzazione di impianto agrivoltaico con accumulo e relative opere di connessione presso Tavernola (FG)			
SONDAGGIO: 1	CAMPIONE: 1	PROFONDITA': m	2.50 - 3.00

PESO DI VOLUME ALLO STATO NATURALE

Modalità di prova: Norma BS 1377 T 15/E

Determinazione eseguita mediante fustella tarata

Peso di volume allo stato naturale = 19,6 kN/m³

Limo con argilla di colore marrone - verdastro

CERTIFICATO DI PROVA N°: 02570	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 13/07/22	Inizio analisi: 12/07/22
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: VA146T-22 del 08.07.22		Apertura campione: 08.07.22	Fine analisi: 13/07/22

COMMITTENTE: DR. GEOL. MASSIMILIANO COLUCCI			
RIFERIMENTO: Realizzazione di impianto agrivoltaico con accumulo e relative opere di connessione presso Tavernola (FG)			
SONDAGGIO: 1	CAMPIONE: 1	PROFONDITA': m	2.50 - 3.00

PESO SPECIFICO DEI GRANULI

Modalità di prova: Norma ASTM D 854

G_s = Peso specifico dei granuli (media delle due misure) (kN/m³) = **26,8 kN/m³**

G_{sc} = Peso specifico dei granuli corretto a 20° (kN/m³) = **26,8 kN/m³**

Metodo: A B

Capacità del picnometro: 100 ml

Temperatura di prova: 23,0 °C

Limo con argilla di colore marrone - verdastro

CERTIFICATO DI PROVA N°: 02571	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 13/07/22	Inizio analisi: 12/07/22
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: VA146T-22 del 08.07.22		Apertura campione: 08.07.22	Fine analisi: 13/07/22

COMMITTENTE: DR. GEOL. MASSIMILIANO COLUCCI			
RIFERIMENTO: Realizzazione di impianto agrivoltaico con accumulo e relative opere di connessione presso Tavernola (FG)			
SONDAGGIO: 1	CAMPIONE: 1	PROFONDITA': m 2.50 - 3.00	

LIMITI DI CONSISTENZA LIQUIDO E PLASTICO

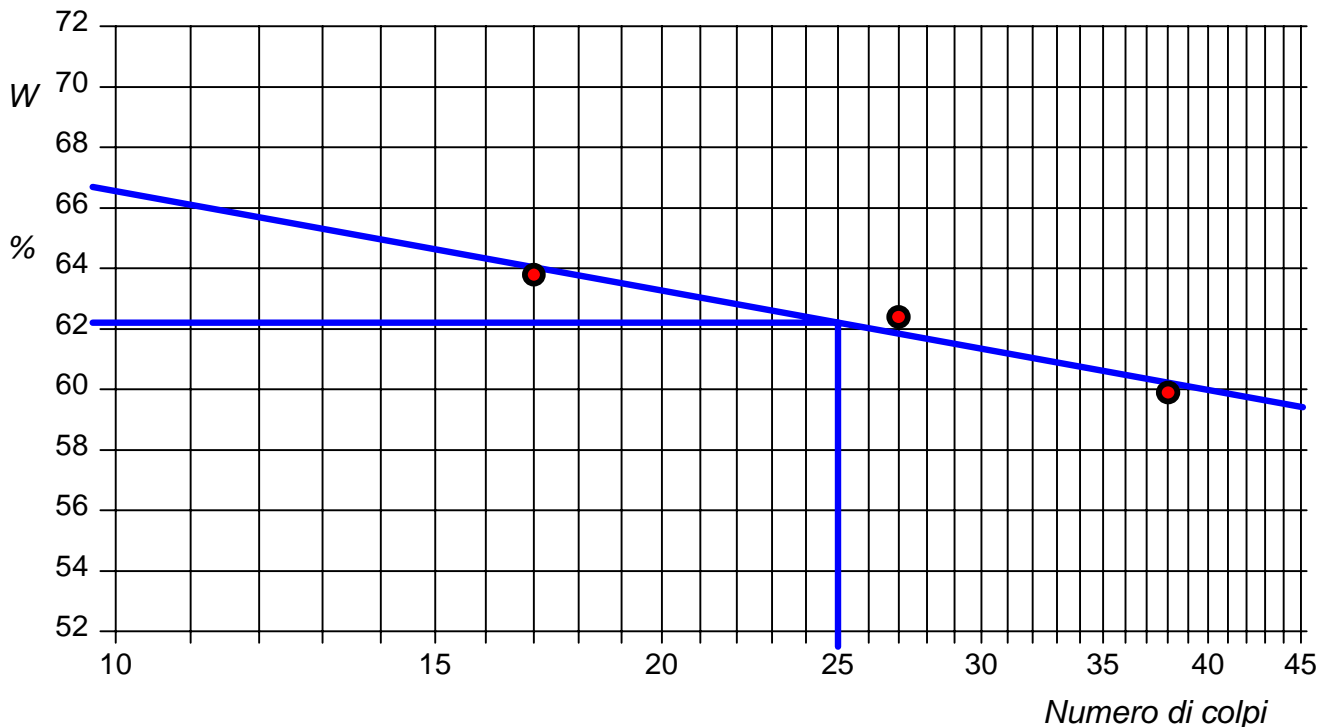
Modalità di prova: Norma ASTM D 4318

Limite di liquidità	62,2 %
Limite di plasticità	38,1 %
Indice di plasticità	24,1 %

La prova è stata eseguita sulla frazione granulometrica passante al setaccio n° 40 (0.42 mm)

LIMITE DI LIQUIDITA'					LIMITE DI PLASTICITA'		
Numero di colpi	17	27	38		Umidità (%)	38,3	37,9
Umidità (%)	63,8	62,4	59,9		Umidità media	38,1	

Determinazione del Limite di liquidità



Limo con argilla di colore marrone - verdastro

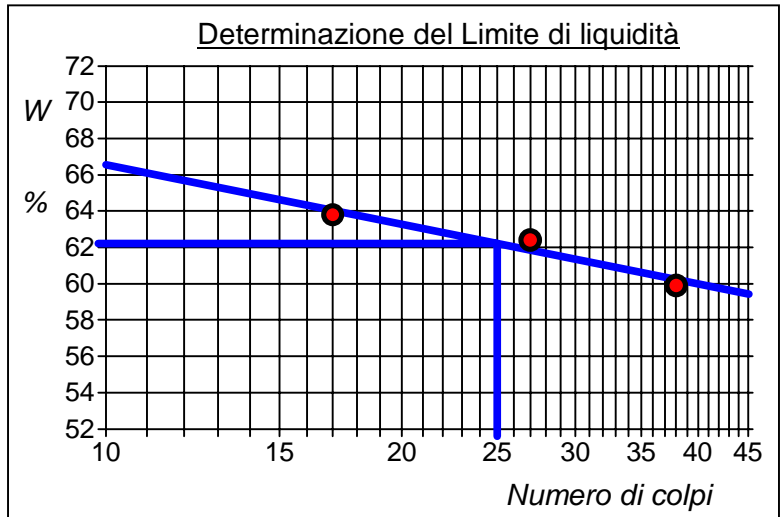
CERTIFICATO DI PROVA N°: 02571	Allegato 1	DATA DI EMISSIONE: 13/07/22	Inizio analisi: 12/07/22
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: VA146T-22 del 08.07.22		Apertura campione: 08.07.22	Fine analisi: 13/07/22

COMMITTENTE: DR. GEOL. MASSIMILIANO COLUCCI			
RIFERIMENTO: Realizzazione di impianto agrivoltaico con accumulo e relative opere di connessione presso Tavernola (FG)			
SONDAGGIO: 1	CAMPIONE: 1	PROFONDITA': m 2.50 - 3.00	

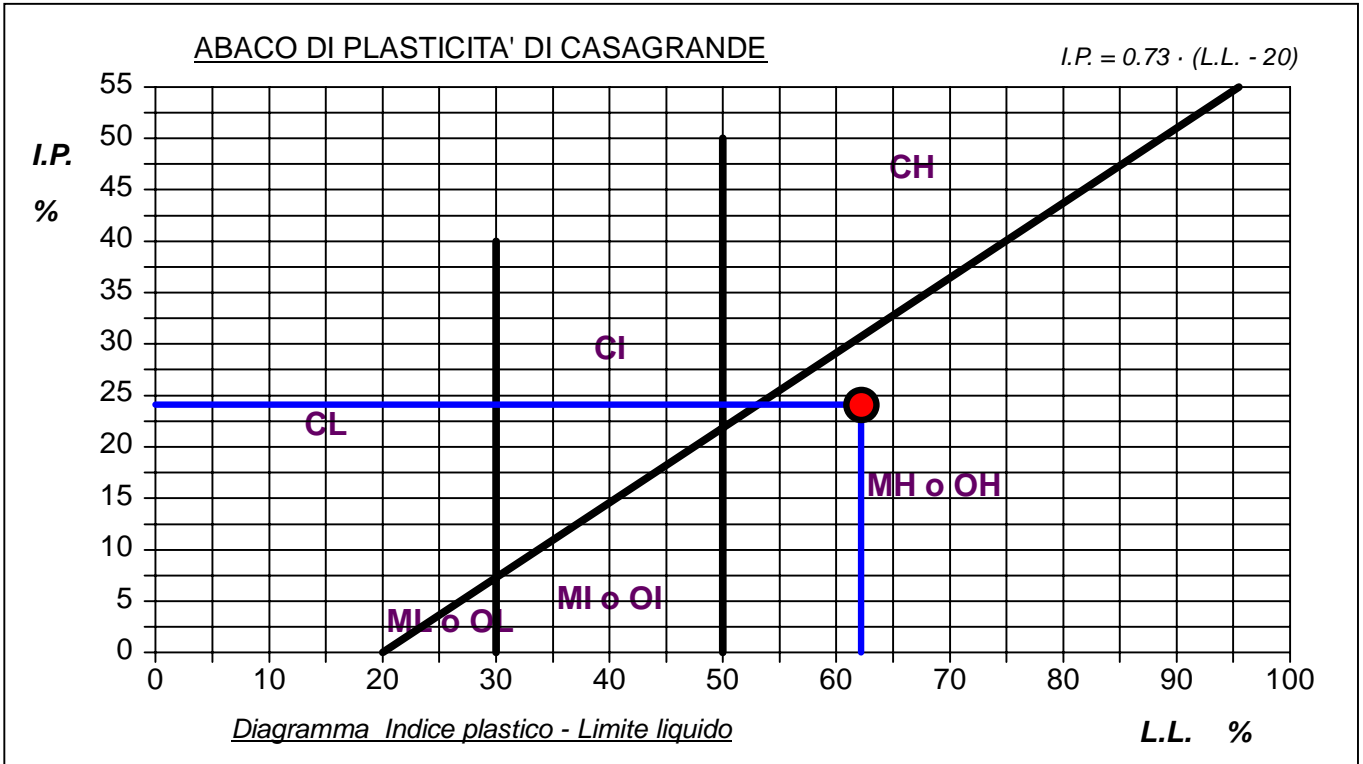
ABACO DI CASAGRANDE

Modalità di prova: Norma ASTM D 4318

Limite di liquidità	62,2	%
Limite di plasticità	38,1	%
Indice di plasticità	24,1	%
Indice di consistenza	1,98	
Passante al set. n° 40	SI	



C - Argille inorganiche	L - Bassa compressibilità
M - Limi inorganici	I - Media compressibilità
O - Argille e limi organici	H - Alta compressibilità



Limo con argilla di colore marrone - verdastro

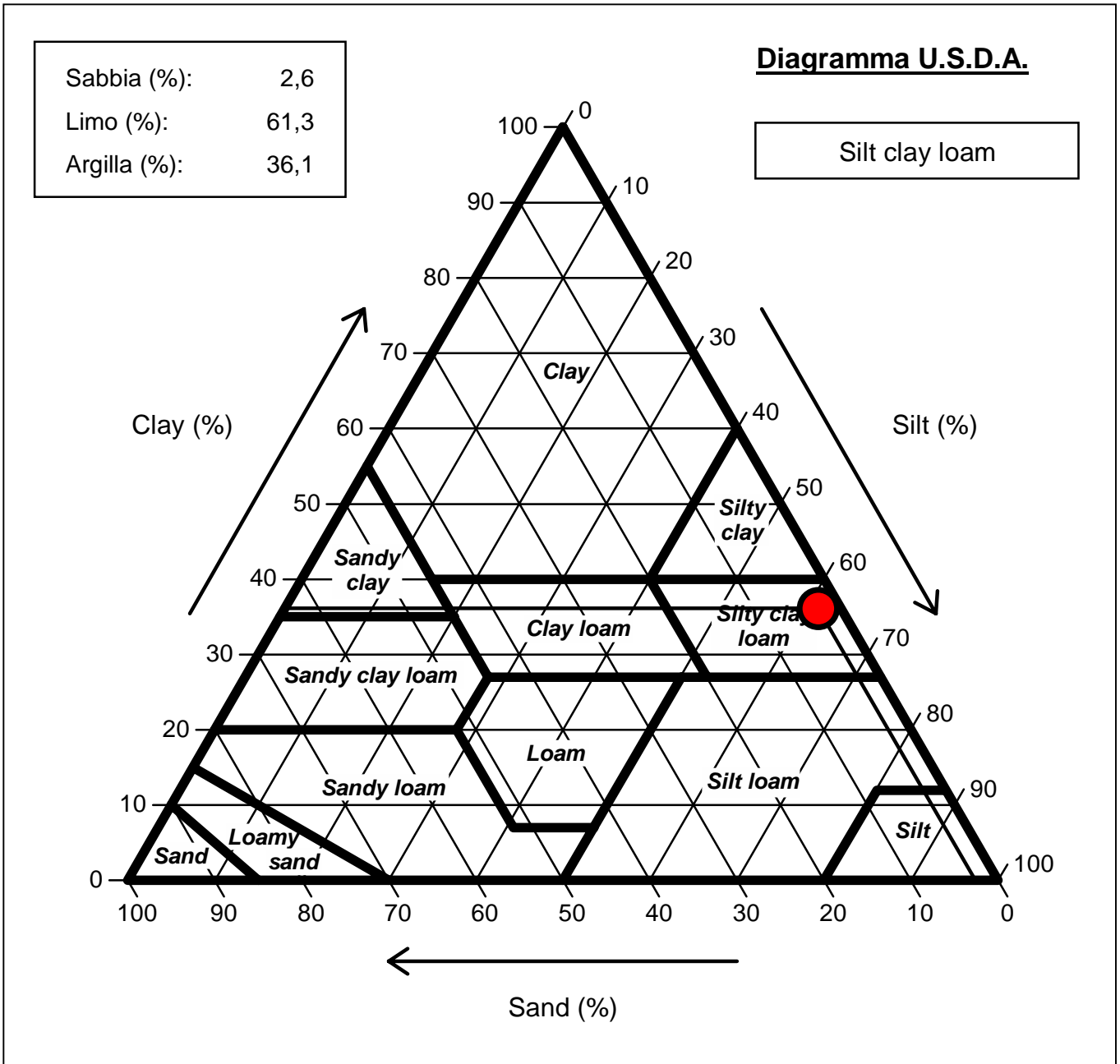


CERTIFICATO DI PROVA N°: 02572	Allegato 1	DATA DI EMISSIONE: 13/07/22	Inizio analisi: 12/07/22
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: VA146T-22 del 08.07.22		Apertura campione: 08.07.22	Fine analisi: 13/07/22

COMMITTENTE: DR. GEOL. MASSIMILIANO COLUCCI			
RIFERIMENTO: Realizzazione di impianto agrivoltaico con accumulo e relative opere di connessione presso Tavernola (FG)			
SONDAGGIO: 1	CAMPIONE: 1	PROFONDITA': m	2.50 - 3.00

ANALISI GRANULOMETRICA - GRAFICO TRIANGOLARE

Modalità di prova: Norma ASTM D422



Limo con argilla di colore marrone - verdastro



CERTIFICATO DI PROVA N°: 02573

Pagina 3/4

DATA DI EMISSIONE: 13/07/22

Inizio analisi: 11/07/22

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: VA146T-22 del 08.07.22

Apertura campione: 08.07.22

Fine analisi: 13/07/22

COMMITTENTE: DR. GEOL. MASSIMILIANO COLUCCI

RIFERIMENTO: Realizzazione di impianto agrivoltaico con accumulo e relative opere di connessione presso Tavernola (FG)

SONDAGGIO: 1

CAMPIONE: 1

PROFONDITA': m 2.50 - 3.00

PROVA DI TAGLIO DIRETTO - FASE DI CONSOLIDAZIONE

Modalità di prova: Norma ASTM D 3080

Diagramma TEMPO - CEDIMENTO

PROVINO 1

Pressione (kPa)	100
Altezza iniziale (cm)	2,000
Altezza finale (cm)	1,956
Sezione (cm ²):	36,00
T ₁₀₀ (min)	35,5
Df (mm)	7
Vs (mm/min)	0,020

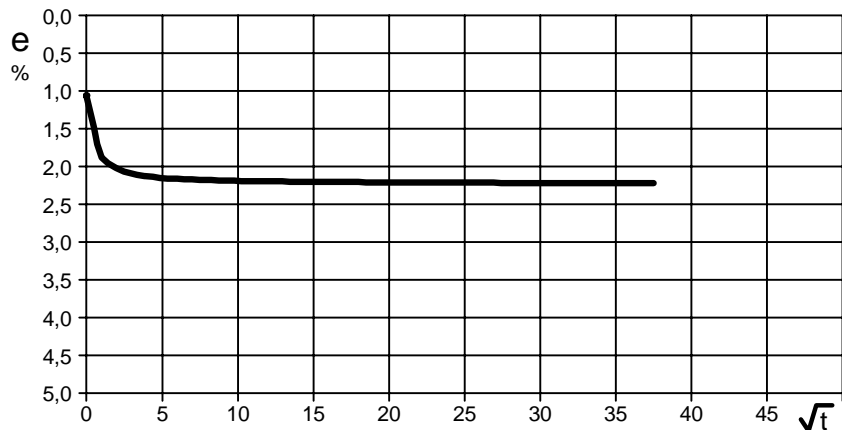


Diagramma TEMPO - CEDIMENTO

PROVINO 2

Pressione (kPa)	200
Altezza iniziale (cm)	2,000
Altezza finale (cm)	1,931
Sezione (cm ²):	36,00
T ₁₀₀ (min)	35,4
Df (mm)	7
Vs (mm/min)	0,020

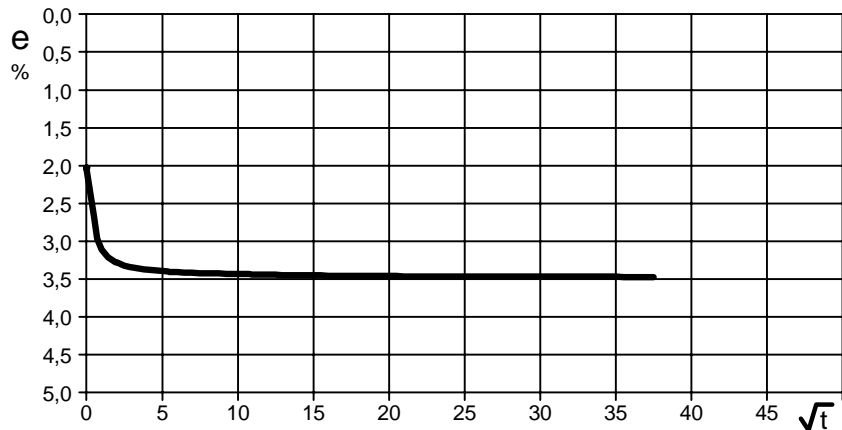
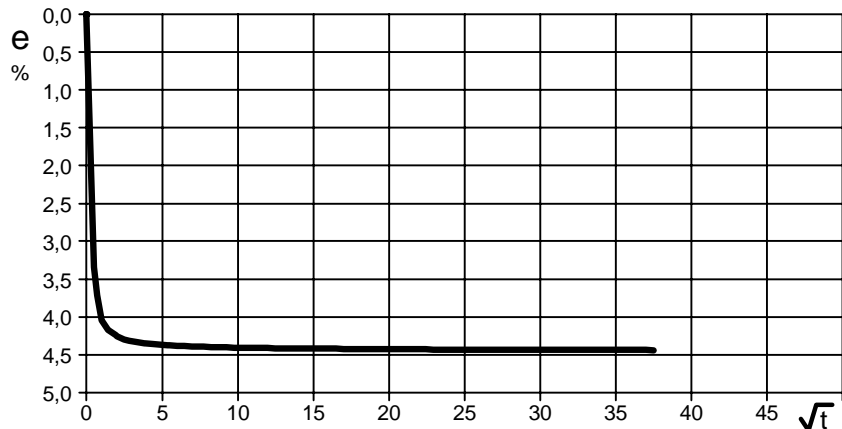


Diagramma TEMPO - CEDIMENTO

PROVINO 3

Pressione (kPa)	300
Altezza iniziale (cm)	2,000
Altezza finale (cm)	1,911
Sezione (cm ²):	36,00
T ₁₀₀ (min)	33,5
Df (mm)	7
Vs (mm/min)	0,021



Vs = Velocità stimata di prova Df = Deformazione a rottura stimata

 $tf = 10 \times T_{100}$
 $Vs = Df / tf$

COMMITTENTE: DR. GEOL. MASSIMILIANO COLUCCI

RIFERIMENTO: Realizzazione di impianto agrivoltaico con accumulo e relative opere di connessione presso Tavernola (FG)

SONDAGGIO: 1

CAMPIONE: 2

PROFONDITA': m 7.50 - 8.00

CLASSIFICA BASATA SULLA GRANULOMETRIA

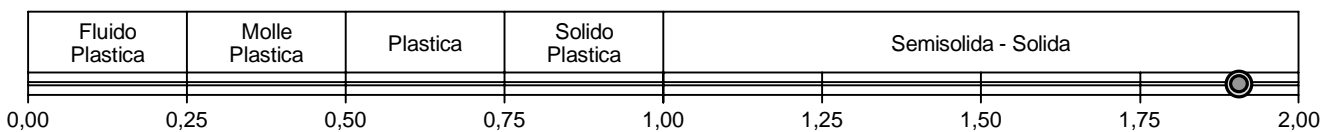
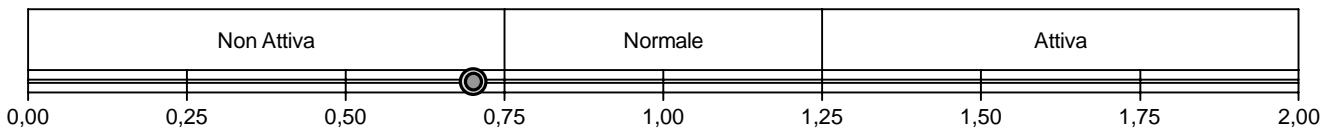
Classifica A.G.I.

Limo con argilla sabbioso

CLASSIFICHE BASATE SUI LIMITI DI CONSISTENZA

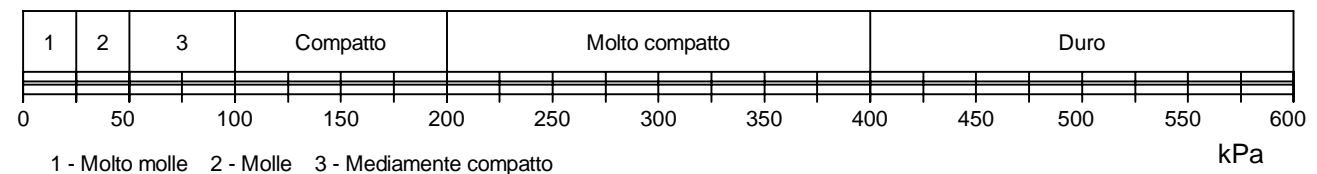
Abaco di plasticità di Casagrande

MH o OH - Limi inorganici o argille e limi organici ad alta compressibilità

 $I.C. = \text{Indice di consistenza} = (LL - W_n) / IP = 1,91$

 $A = \text{Attività (Skempton)} = IP / CF \text{ (clay fraction)} = 0,70$


CLASSIFICA BASATA SULLA COESIONE NON DRENATA

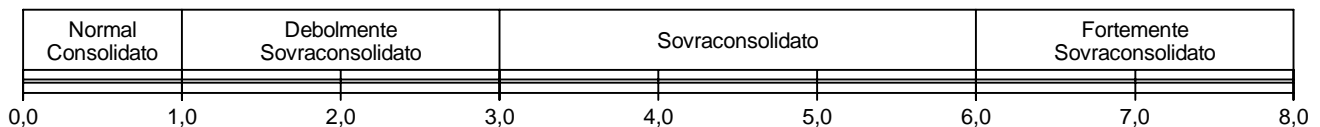
Coesione non drenata = 0 kPa



CLASSIFICA BASATA SULLA PRECONSOLIDAZIONE

Pressione del campione in sito = 0,0kPa

Pressione di preconsolidazione [da Prova Edometrica] = 0,0kPa

 $O.C.R. \text{ (Over Consolidation Ratio)} = 0,00$


Limo sabbioso con argilla di colore marrone

CERTIFICATO DI PROVA N°: 02574	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 13/07/22	Inizio analisi: 08/07/22
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: VA146T-22 del 08.07.22		Apertura campione: 08.07.22	Fine analisi: 09/07/22

COMMITTENTE: DR. GEOL. MASSIMILIANO COLUCCI			
RIFERIMENTO: Realizzazione di impianto agrivoltaico con accumulo e relative opere di connessione presso Tavernola (FG)			
SONDAGGIO: 1	CAMPIONE: 2	PROFONDITA': m	7.50 - 8.00

CONTENUTO D'ACQUA ALLO STATO NATURALE

Modalità di prova: Norma ASTM D 2216

W_n = contenuto d'acqua allo stato naturale = 16,3 %

Struttura del materiale:

Omogeneo
 Stratificato
 Caotico

Temperatura di essiccazione: 110 °C

Limo sabbioso con argilla di colore marrone

CERTIFICATO DI PROVA N°: 02575	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 13/07/22	Inizio analisi: 08/07/22
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: VA146T-22 del 08.07.22		Apertura campione: 08.07.22	Fine analisi: 08/07/22

COMMITTENTE: DR. GEOL. MASSIMILIANO COLUCCI			
RIFERIMENTO: Realizzazione di impianto agrivoltaico con accumulo e relative opere di connessione presso Tavernola (FG)			
SONDAGGIO: 1	CAMPIONE: 2	PROFONDITA': m	7.50 - 8.00

PESO DI VOLUME ALLO STATO NATURALE

Modalità di prova: Norma BS 1377 T 15/E

Determinazione eseguita mediante fustella tarata

Peso di volume allo stato naturale = 19,5 kN/m³

Limo sabbioso con argilla di colore marrone

CERTIFICATO DI PROVA N°: 02576	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 13/07/22	Inizio analisi: 11/07/22
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: VA146T-22 del 08.07.22		Apertura campione: 08.07.22	Fine analisi: 12/07/22

COMMITTENTE: DR. GEOL. MASSIMILIANO COLUCCI			
RIFERIMENTO: Realizzazione di impianto agrivoltaico con accumulo e relative opere di connessione presso Tavernola (FG)			
SONDAGGIO: 1	CAMPIONE: 2	PROFONDITA': m	7.50 - 8.00

PESO SPECIFICO DEI GRANULI

Modalità di prova: Norma ASTM D 854

G_s = Peso specifico dei granuli (media delle due misure) (kN/m³) = **26,5 kN/m³**

G_{sc} = Peso specifico dei granuli corretto a 20° (kN/m³) = **26,5 kN/m³**

Metodo: A B

Capacità del picnometro: 100 ml

Temperatura di prova: 23,0 °C

Limo sabbioso con argilla di colore marrone

CERTIFICATO DI PROVA N°: 02577	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 13/07/22	Inizio analisi: 12/07/22
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: VA146T-22 del 08.07.22		Apertura campione: 08.07.22	Fine analisi: 13/07/22

COMMITTENTE: DR. GEOL. MASSIMILIANO COLUCCI			
RIFERIMENTO: Realizzazione di impianto agrivoltaico con accumulo e relative opere di connessione presso Tavernola (FG)			
SONDAGGIO: 1	CAMPIONE: 2	PROFONDITA': m 7.50 - 8.00	

LIMITI DI CONSISTENZA LIQUIDO E PLASTICO

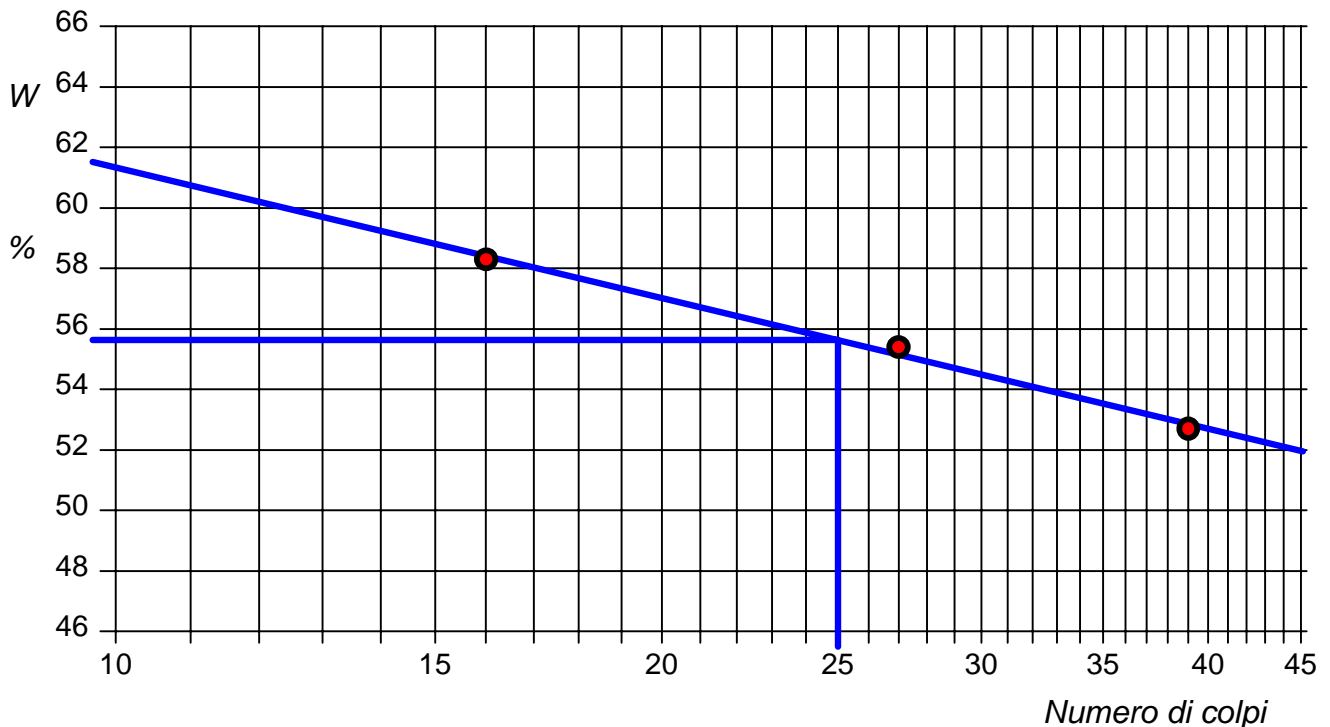
Modalità di prova: Norma ASTM D 4318

Limite di liquidità	55,6 %
Limite di plasticità	35,0 %
Indice di plasticità	20,6 %

La prova è stata eseguita sulla frazione granulometrica passante al setaccio n° 40 (0.42 mm)

LIMITE DI LIQUIDITA'					LIMITE DI PLASTICITA'		
Numero di colpi	16	27	39		Umidità (%)	35,4	34,6
Umidità (%)	58,3	55,4	52,7		Umidità media	35,0	

Determinazione del Limite di liquidità



Limo sabbioso con argilla di colore marrone

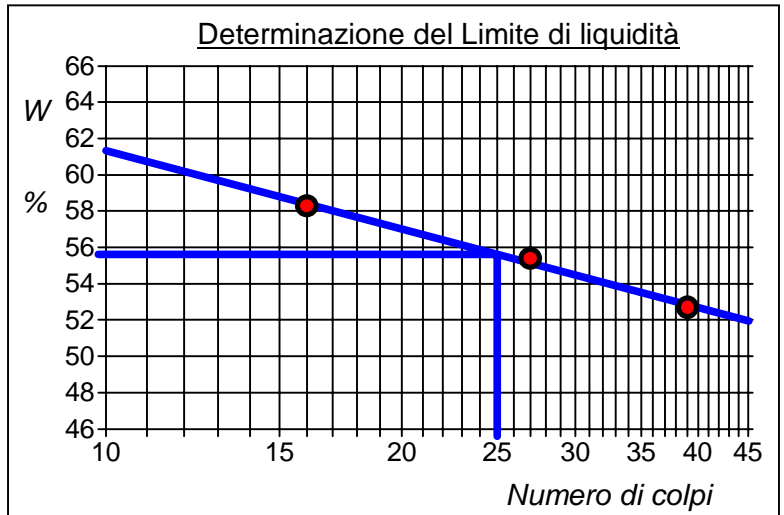
CERTIFICATO DI PROVA N°: 02577	Allegato 1	DATA DI EMISSIONE: 13/07/22	Inizio analisi: 12/07/22
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: VA146T-22 del 08.07.22		Apertura campione: 08.07.22	Fine analisi: 13/07/22

COMMITTENTE: DR. GEOL. MASSIMILIANO COLUCCI			
RIFERIMENTO: Realizzazione di impianto agrivoltaico con accumulo e relative opere di connessione presso Tavernola (FG)			
SONDAGGIO: 1	CAMPIONE: 2	PROFONDITA': m 7.50 - 8.00	

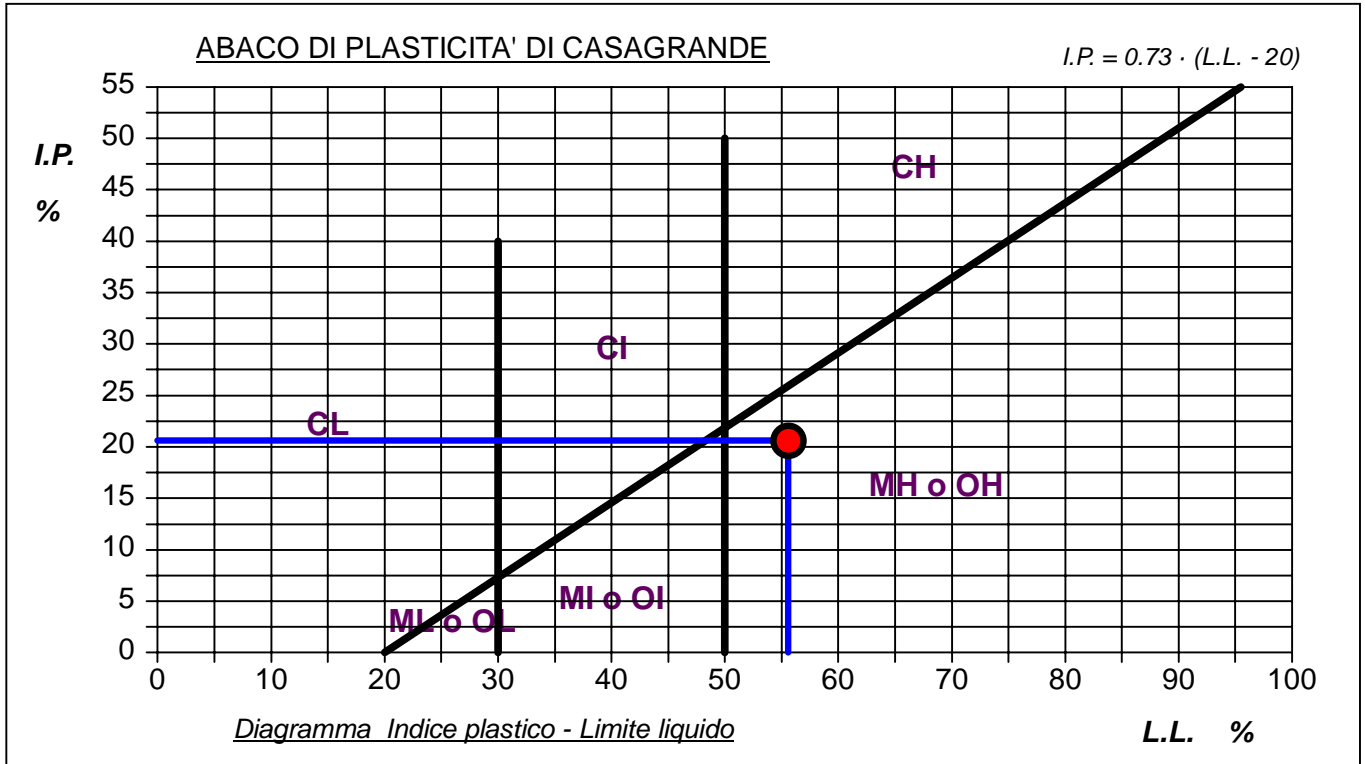
ABACO DI CASAGRANDE

Modalità di prova: Norma ASTM D 4318

Limite di liquidità	55,6	%
Limite di plasticità	35,0	%
Indice di plasticità	20,6	%
Indice di consistenza	1,91	
Passante al set. n° 40	SI	



C - Argille inorganiche	L - Bassa compressibilità
M - Limi inorganici	I - Media compressibilità
O - Argille e limi organici	H - Alta compressibilità



Limo sabbioso con argilla di colore marrone

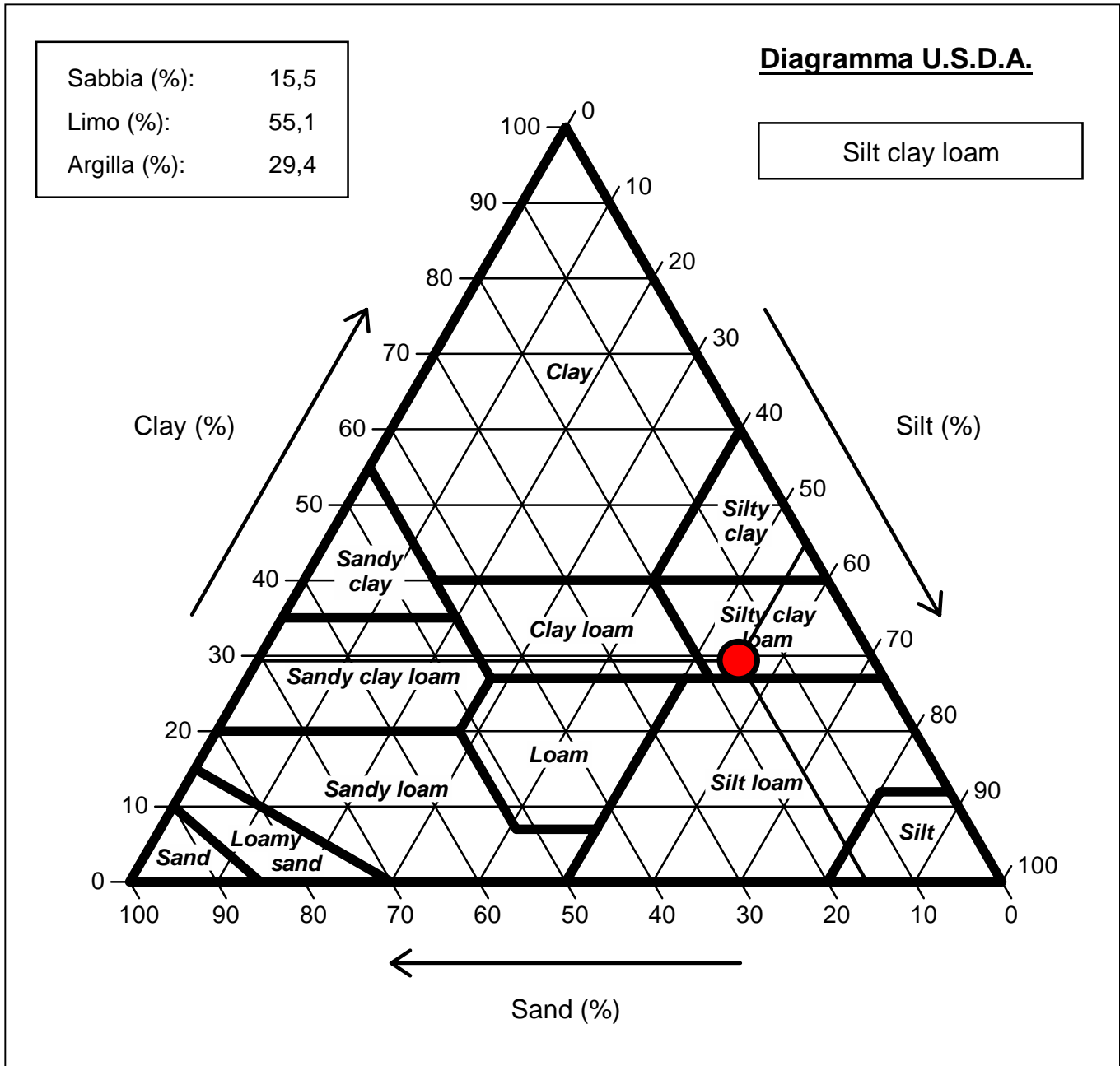


CERTIFICATO DI PROVA N°: 02578	Allegato 1	DATA DI EMISSIONE: 13/07/22	Inizio analisi: 12/07/22
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: VA146T-22 del 08.07.22		Apertura campione: 08.07.22	Fine analisi: 13/07/22

COMMITTENTE: DR. GEOL. MASSIMILIANO COLUCCI			
RIFERIMENTO: Realizzazione di impianto agrivoltaico con accumulo e relative opere di connessione presso Tavernola (FG)			
SONDAGGIO: 1	CAMPIONE: 2	PROFONDITA': m	7.50 - 8.00

ANALISI GRANULOMETRICA - GRAFICO TRIANGOLARE

Modalità di prova: Norma ASTM D422



Limo sabbioso con argilla di colore marrone



CERTIFICATO DI PROVA N°: 02579 Pagina 3/4

DATA DI EMISSIONE: 13/07/22

Inizio analisi: 11/07/22

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: VA146T-22 del 08.07.22

Apertura campione: 08.07.22

Fine analisi: 13/07/22

COMMITTENTE: DR. GEOL. MASSIMILIANO COLUCCI

RIFERIMENTO: Realizzazione di impianto agrivoltaico con accumulo e relative opere di connessione presso Tavernola (FG)

SONDAGGIO: 1

CAMPIONE: 2

PROFONDITA': m 7.50 - 8.00

PROVA DI TAGLIO DIRETTO - FASE DI CONSOLIDAZIONE

Modalità di prova: Norma ASTM D 3080

Diagramma TEMPO - CEDIMENTO

PROVINO 1

Pressione (kPa)	100
Altezza iniziale (cm)	2,000
Altezza finale (cm)	1,951
Sezione (cm ²):	36,00
T ₁₀₀ (min)	37,3
Df (mm)	7
Vs (mm/min)	0,019

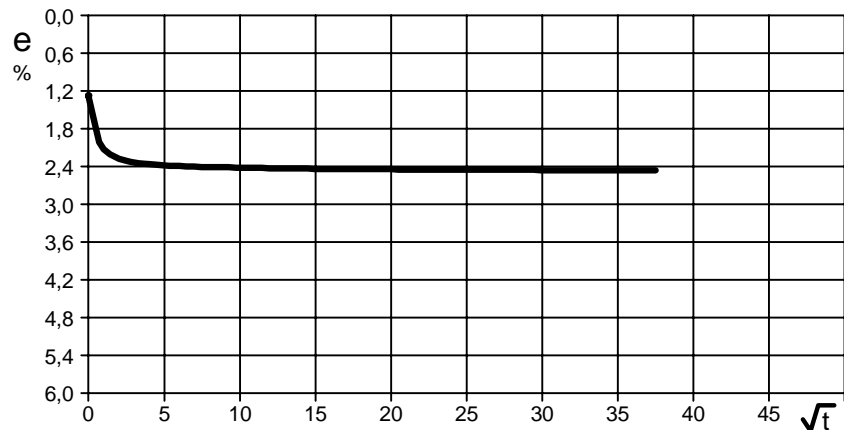


Diagramma TEMPO - CEDIMENTO

PROVINO 2

Pressione (kPa)	200
Altezza iniziale (cm)	2,000
Altezza finale (cm)	1,921
Sezione (cm ²):	36,00
T ₁₀₀ (min)	35,1
Df (mm)	7
Vs (mm/min)	0,020

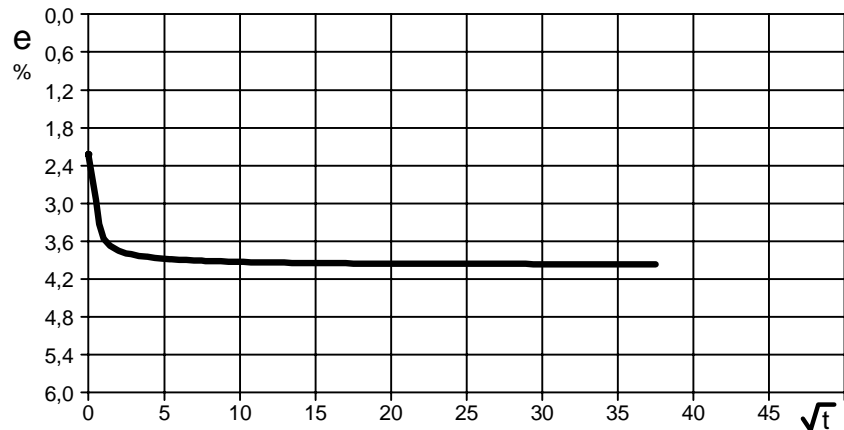
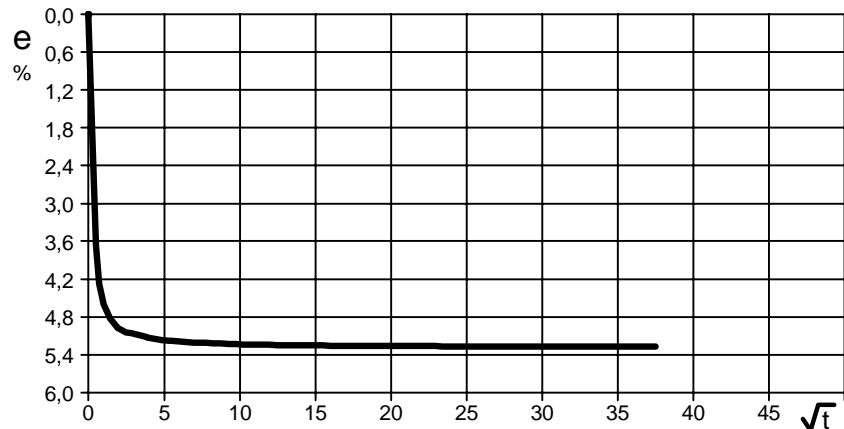


Diagramma TEMPO - CEDIMENTO

PROVINO 3

Pressione (kPa)	300
Altezza iniziale (cm)	2,000
Altezza finale (cm)	1,895
Sezione (cm ²):	36,00
T ₁₀₀ (min)	33,5
Df (mm)	7
Vs (mm/min)	0,021



Vs = Velocità stimata di prova Df = Deformazione a rottura stimata

 $tf = 10 \times T_{100}$
 $Vs = Df / tf$

