

ISTANZA VIA
Presentata al
Ministero della Transizione Ecologica
e al Ministero della Cultura
(Art. 23 del D. Lgs 152/2006 e ss. mm. ii
Art. 12 del D. Lgs. 387/03 e ss. mm. ii.)

PROGETTO

IMPIANTO AGRIVOLTAICO

POTENZA NOMINALE (DC) 15,48 MWp
POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 13,01 MW
Comune di Barbona (PD)

RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA

22-00062-IT-BARBONA_RS-R05


PROPONENTE:

TEP RENEWABLES (BARBONA PV) S.r.l.
Piazzale Giulio Douhet, 25 – CAP 00143 Roma (RM)
P. IVA e C.F. 16882221001 – REA RM - 1681814

GEOLOGO:

DOTT.SSA CONCETTA PEREZ
Ordine Regionale dei Geologi di Sicilia al n. 2733 sez. A


Data	Rev.	Tipo revisione	Redatto	Verificato	Approvato
12/2022	0	Prima emissione	C.P.	G.G.	G. Calzolari

	IMPIANTO AGRIVOLTAICO POTENZA NOMINALE (DC) 15,48 MWp - POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 13,01 MW Comune di Barbona (PD)	Rev.	0
	22-00062-IT-BARBONA_RS-R05 RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA	Pag.	2 di 53

INDICE

1	PREMESSA.....	3
1.1	DATI GENERALI DEL PROGETTO.....	5
2	STATO DI FATTO.....	5
2.1	LOCALIZZAZIONE IMPIANTO.....	5
2.1.1	<i>Inquadramento catastale impianto.....</i>	<i>6</i>
3	INQUADRAMENTO TOPOGRAFICO DELL'IMPIANTO.....	7
4	INQUADRAMENTO GEOLOGICO REGIONALE.....	10
4.1	ASSETTO GEOMORFOLOGICO – STRUTTURALE.....	10
4.2	CARATTERISTICHE LITOLOGICHE E STRATIGRAFIA NELL'AREA DI PROGETTO ...	13
5	LINEAMENTI CLIMATICI.....	14
5.1	SITUAZIONE CLIMATICA LOCALE.....	17
6	ELEMENTI GEOMORFOLOGICI E IDROGRAFIA SUPERFICIALE.....	17
7	CONSIDERAZIONI IDROGEOLOGICHE - AMBIENTALI.....	18
8	CARTA DEI DISSESTI E PERICOLOSITÀ IDRAULICA- REGIME VINCOLISTICO.....	21
9	OPERE DI REGIMAZIONE IDRAULICA.....	23
9.1	SISTEMA DI DRENAGGIO SUPERFICIALE DELL'AREA DI INTERVENTO.....	23
10	CONSIDERAZIONI IDRO-GEOMORFOLOGICHE E REGIME VINCOLISTICO RILEVATE SULLLE AREE ATTRAVERSATE DALLE OPERE DI CONNESSIONE.....	24
11	CARATTERIZZAZIONE GEOMECCANICA DEL TERRENO DI FONDAZIONE.....	26
12	INDAGINI GEOFISICHE DEL SOTTOSUOLO AI FINI DALL'AZIONE SISMICA DI PROGETTO.....	31
12.1	PREMESSA.....	31
12.2	NORMATIVA DI RIFERIMENTO E PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE.....	32
12.3	METODOLOGIA SISMICA ADOPERATA E STRUMENTAZIONE UTILIZZATA.....	34
12.4	ELABORATI SISMICI.....	36
12.5	CARATTERISTICHE SISMO-STRATIGRAFICHE LOCALI.....	45
12.6	CATEGORIA DI SOTTOSUOLO AI FINI DELLA DEFINIZIONE DELL'AZIONE SISMICA DI PROGETTO.....	47
12.7	CONSIDERAZIONI GEOSISMICHE CONCLUSIVE.....	49
13	CONSIDERAZIONI GEOLOGICO-TECNICHE CONCLUSIVE.....	51

- ALLEGATO 1: PROVE PENETROMETRICHE STATICHE ELETTRICHE C.P.T.E.

	IMPIANTO AGRIVOLTAICO POTENZA NOMINALE (DC) 15,48 MWp - POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 13,01 MW Comune di Barbona (PD)	Rev.	0
	22-00062-IT-BARBONA_RS-R05 RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA	Pag.	3 di 53

1 PREMESSA

La presente relazione espone i risultati dello studio geologico, geomorfologico, idrogeologico, geotecnico e geosismico sulla base dei risultati delle indagini effettuate in situ a supporto del progetto per la realizzazione di un impianto di generazione elettrica con utilizzo della fonte energetica rinnovabile solare attraverso la conversione fotovoltaica.

Il progetto prevede la realizzazione di un impianto solare fotovoltaico denominato "BARBONA PV", di potenza pari a 15,48 MWp in corrente alternata da installarsi in un terreno, di circa 32,02 ettari complessivi e una superficie recintata dedicata all'impianto di circa 27,06 ha, sito nel territorio Comunale di Barbona (PD) e relative opere di connessione alla Rete Elettrica Nazionale.

L'iniziativa progettuale mira a contribuire al soddisfacimento delle esigenze di Energia Verde e allo Sviluppo Sostenibile in quanto risponde pienamente ai requisiti di rinnovabilità, inesauribilità, assenza di emissioni inquinanti ed è riconosciuta, insieme ad altre fonti di energia rinnovabile, come preferibile ad altre forme, nella produzione di energia elettrica, inoltre la scelta operata da parte della Società proponente, di sfruttare l'energia solare per la produzione di energia elettrica optando per il regime agri-voltaico, consente di coniugare le esigenze energetiche da fonte energetica rinnovabile con quelle di minimizzazione della copertura del suolo, allorché tutte le aree lasciate libere dalle opere, saranno rese disponibili per fini agronomici. Il sistema agri-voltaico è dotato di un sistema di monitoraggio che consenta di verificare l'impatto sulle colture, il risparmio idrico, la produttività agricola per le diverse tipologie di colture e la continuità delle attività delle aziende agricole interessate

È importante sottolineare come la posa in opera di un sistema fotovoltaico non determini cambiamenti irreversibili del territorio inoltre, a parere della scrivente, il sito in oggetto ha delle caratteristiche, sia morfologiche che di esposizione, che lo possono far considerare parecchio idoneo per la destinazione d'uso al quale è chiamato.

L'area prescelta risulta ideale per la realizzazione di un impianto fotovoltaico grazie alle seguenti caratteristiche:

- Rispetto agli strumenti di tutela territoriale, in quanto l'intervento risulta sostanzialmente coerente con le previsioni urbanistiche, ambientali e paesaggistiche, sia pure condizionato all'ottenimento delle relative autorizzazioni;
- L'area di progetto identificata è libera da ostacoli e ciò permette all'impianto di beneficiare appieno dell'irraggiamento solare e di condizioni ottimali per la semplicità di installazione;
- Il sito è raggiungibile dalla viabilità già esistente, permettendo una semplificazione logistico-organizzativa dell'accessibilità durante la fase di cantiere, e della viabilità definitiva prevista per la gestione dell'impianto;
- Il sito risulta vicino alla cabina primaria, condizione che comporta una favorevole modalità di connessione alla RTN.

La tecnologia impiantistica prevede l'installazione di moduli fotovoltaici bifacciali su strutture metalliche in acciaio zincato mobili sospese (tracker) di tipo mono-assiale ancorate a terra mediante opere infrastrutturali e di fondazione che il progettista riterrà più idonee in base alle caratteristiche litologiche, geomeccaniche e sismiche del sottosuolo indagato, espone di seguito in questa relazione.

Catastalmente l'area ricade nelle particelle, come riportato negli elaborati grafici del progetto, censite presso il Catasto terreni del Comune di Bondeno: Foglio n° 11 – particelle: 1, 2, 3, 4, 5, 8, 10, 13, 14, 15, 18, 20, 24, 31, 146, 147, 148, 166, 168, 182, 183.

Le aree scelte per l'installazione del Progetto Agri-voltaico sono interamente contenute all'interno di aree di proprietà privata *Inquadramento Catastale Impianto* su cui TEP Renewables (BARBONA PV) S.r.l. ha stipulato con i proprietari un contratto preliminare di diritto di superficie e servitù come riportato nel Piano particellare e disponibilità "22-00062-IT-BARBONA_PG-R05".

	IMPIANTO AGRIVOLTAICO POTENZA NOMINALE (DC) 15,48 MWp - POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 13,01 MW Comune di Barbona (PD)	Rev.	0
	22-00062-IT-BARBONA_RS-R05 RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA	Pag.	4 di 53

Lo studio è stato commissionato alla sottoscritta Geologo Dr.ssa Concetta Pérez (O.R.G.S. n°2733 sez. A) dalla Soc. TEP RENEWABLES (Italia) S.r.l., la quale è una società del Gruppo TEP Renewables con sede legale in Gran Bretagna, ha uffici operativi in Italia, Cipro e USA, e sarà finalizzato alla ricostruzione dei rapporti stratigrafici tra le singole unità litotecniche costituenti il suolo di fondazione e alla loro caratterizzazione geotecnica e sismica secondo la nuova normativa vigente. Per l'espletamento dell'incarico sono stati effettuati dei preliminari sopralluoghi conoscitivi dei terreni interessati dall'installazione dell'impianto di generazione elettrica in progetto. Successivamente si è eseguito un attento rilevamento geologico di superficie, opportunamente esteso alle zone limitrofe, per inquadrare le stesse nel contesto geologico, geomorfologico e idrogeologico generale, nonché in quello litostratigrafico e strutturale, accertando se nel sito di progetto esistono caratteristiche geologico-geomorfologiche tali da garantire la stabilità dei manufatti da realizzare, in relazione soprattutto al mantenimento degli equilibri morfogenetici esistenti.


Scopo del presente lavoro è quello di individuare ed analizzare, l'assetto geologico, geomorfologico, idrogeologico, geotecnico e geosismico, dei terreni interessati dall'installazione dell'impianto di generazione elettrica, accertando se nel sito di progetto esistono caratteristiche geologico-tecniche tali da garantire la stabilità dei manufatti da realizzare.

A tutela della stabilità delle aree e del buon regime delle acque e per caratterizzare al meglio i terreni di fondazione, la scrivente ha effettuato dei rilevamenti nell'area in studio e in un suo ampio intorno supportato dai dati provenienti dalla campagna di indagini geognostiche di tipo geofisico, geoelettrico e geo-meccanico effettuate in situ, *nel dettaglio sono stati effettuati n° 4 prove di penetrometrica statica di tipo meccanica (C.P.T.E.), n. 4 sondaggi con tecnica sismica passiva a stazione singola "HVSr", eseguita con Tromografo elettronico digitale TROMINO® ENGINEERING*, al fine di caratterizzare la stratigrafia del sottosuolo, *ricostruire il modello geologico stratigrafico del volume di terreno interessato dalle fondazioni delle opere soprastanti da realizzare e individuare Discontinuità anomale all'interno della successione litostratigrafica sottostante*, misurare la frequenza di risonanza dei suoli senza limiti di profondità, nell'intervallo di interesse geotecnico e strutturale, per valutare la *risposta sismica del sito ed eventuali effetti di amplificazione sismica, stratigrafica e topografica, del moto in superficie e determinare il V_s_{eq}/V_{s30} per definire la categoria del suolo di fondazione, secondo quanto previsto nel D.M. 17 Gennaio 2018 relativo alle nuove "Norme Tecniche per le Costruzioni"*.

Lo studio Geologico-tecnico eseguito ha permesso di potere effettuare:

1. Rilevamento geologico di dettaglio, in scala 1: 25.000, al fine di ricostruire la successione litostratigrafica, la struttura, la giacitura e la natura dei litotipi che costituiscono, la suddetta area;
2. Indagine dell'assetto geomorfologico dell'area in studio al fine di potere accertare eventuali fenomeni di instabilità sia in atto che potenziali;
3. Valutazione delle caratteristiche idrogeologiche dei litotipi per accertare la eventuale presenza di falda freatica sotterranea che può comportare, variazioni delle caratteristiche geo-meccaniche dei terreni e risposte sismiche locali diversificate (es.: variazione di amplificazione sismica);
4. Analisi Geofisiche per identificare i parametri sismici e le frequenze del terreno di fondazione.
5. Considerazioni fisico-meccaniche del substrato per identificare i parametri geotecnici del terreno di fondazione.

Lo studio geologico del terreno è stato condotto essenzialmente mediante ricognizioni di superficie, avvalendosi dei dati raccolti durante il sopralluogo. I dati della stratigrafia locale sono stati desunti dall'osservazione diretta, su spaccati di terreno, sia naturali che artificiali, presenti in aree prossime a quella in studio e da quanto riportato nella letteratura geologica specifica in comparazione con il modello geo-stratigrafico ottenuto dai sondaggi sismici in fit congiunto con le prove penetrometriche C.P.T.E. effettuate in sito.

	IMPIANTO AGRIVOLTAICO POTENZA NOMINALE (DC) 15,48 MWp - POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 13,01 MW Comune di Barbona (PD)	Rev.	0
	22-00062-IT-BARBONA_RS-R05 RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA	Pag.	5 di 53

Per quanto concerne la caratterizzazione fisico-meccanica dei litotipi affioranti ci si è riferiti a valori desunti dalla letteratura geotecnica esistente in comparazione con i risultati ricavati dalle prove penetrometriche dinamiche, effettuate in sito e dall'esperienza della scrivente.

A seguito delle risultanze delle indagini svolte e sulla scorta delle conoscenze acquisite in luogo tramite rilevamento geologico-geomorfologico di superficie è stato possibile fornire al calcolista un quadro completo delle condizioni geologiche, geotecniche e geosismiche del terreno di sedime.

1.1 DATI GENERALI DEL PROGETTO

Nella tabella 1.1 sono riepilogate in forma sintetica le principali caratteristiche tecniche dell'impianto di progetto:

Tabella 1.1: Dati di progetto

ITEM	DESCRIZIONE
Richiedente	TEP RENEWABLES (BARBONA PV) S.R.L.
Luogo di installazione:	Comune di Barbona - provincia di Padova
Denominazione impianto:	BARBONA
Area lorda (ha)	32,02
Area utile (ha)	26,06
Dati catastali area di progetto:	Foglio n° 11 - particelle: 1, 2, 3, 4, 5, 8, 10, 13, 14, 15, 18, 20, 24, 31, 146, 147, 148, 166, 168, 182, 183.
Potenza di picco (MW _p):	15,48 MWp
Informazioni generali del sito:	Sito ben raggiungibile, caratterizzato da strade esistenti, idonee alle esigenze legate alla realizzazione dell'impianto e di facile accesso. La morfologia è piuttosto regolare.
Punto di Connessione:	alla RTN con cavidotto interrato
Tipo strutture di sostegno:	Strutture metalliche in acciaio zincato tipo Tracker mono-assiale
Inclinazione piano dei moduli:	da +55°/ - 55°
Azimuth di installazione:	0°
Slope max area utile	5%
N. Cabine di campo:	n. 6 Cabine distribuite nell'area interessata dall'impianto fotovoltaico
Coordinate sito:	Latitudine 45° 6'29.19"N; Longitudine 11°42'14.07"E Altitudine media del sito e di 9 m s.l.m.

2 STATO DI FATTO

2.1 LOCALIZZAZIONE IMPIANTO

L'area interessata dall'installazione dell'impianto si colloca all'interno della Pianura Padana, sita nel territorio comunale di Barbona in provincia di Padova, a circa 7 Km a nord-ovest di Rovigo.

L'area deputata all'installazione degli impianti fotovoltaici è adiacente alla S.P.8 e alla S.P.8d, è risulta essere adatta allo scopo avendo una buona esposizione ed essendo raggiungibile ed accessibile attraverso le vie di comunicazione esistenti.

	IMPIANTO AGRIVOLTAICO POTENZA NOMINALE (DC) 15,48 MWp - POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 13,01 MW Comune di Barbona (PD)	Rev.	0
	22-00062-IT-BARBONA_RS-R05 RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA	Pag.	6 di 53



Figura 2.1: Inquadramento territoriale riguardante l'intera area in cui insistono le opere- Fonte: Google Earth Pro

La rete stradale che interessa l'area di intervento è costituita da:

- Strada Provinciale 8 (SP8) che si estende a Est, nelle immediate vicinanze dell'area impianto;
- Strada Provinciale (d) (SP8d) che si estende a Nord, nelle immediate vicinanze dell'area impianto;
- Strada Provinciale 1 (SP1) che si estende a Sud, a circa 200 m dall'area impianto;
- Strade di viabilità comunale.

Attraverso la valutazione delle ombre si è cercato minimizzare e ove possibile eliminare l'effetto di ombreggiamento, così da garantire una perdita pressoché nulla del rendimento annuo in termini di produttività dell'impianto fotovoltaico in oggetto.

2.1.1 Inquadramento catastale impianto

In riferimento al Catasto Terreni del Comune di Barbona (PG), l'impianto occupa le aree di cui al Foglio n°11 sulle particelle indicate nella tabella seguente:

	IMPIANTO AGRIVOLTAICO POTENZA NOMINALE (DC) 15,48 MWp - POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 13,01 MW Comune di Barbona (PD)	Rev.	0
	22-00062-IT-BARBONA_RS-R05 RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA	Pag.	7 di 53

Tabella.1: Particelle catastali

FOGLIO	PARTICELLE
N° 11	n° 1, 2, 3, 4, 5, 8, 10, 13, 14, 15, 18, 20, 24, 31, 146, 147, 148, 166, 168, 182, 183.

Si riporta di seguito uno stralcio dell'inquadramento catastale Rif. "Inquadramento catastale impianto":



Figura 2.2: Inquadramento catastale impianto

3 INQUADRAMENTO TOPOGRAFICO DELL'IMPIANTO

L'area interessata dall'istallazione dell'impianto si colloca all'interno della Pianura Padana, sita nel territorio comunale di Barbona in provincia di Padova, a circa 7 Km a nord-ovest di Rovigo.

L'area utile interessata dall'impianto solare fotovoltaico denominato "BARBONA PV", di potenza pari di potenza pari a 15,48 MWp in corrente alternata da installarsi in un terreno, di circa 32,02 ettari complessivi e una superficie recintata dedicata all'impianto di circa 27,06 ha. I terreni risultano censite presso il Catasto terreni del Comune di Barbona al Foglio n° 11 – particelle: 1, 2, 3, 4, 5, 8, 10, 13, 14, 15, 18, 20, 24, 31, 146, 147, 148, 166, 168, 182, 183, a destinazione urbanistica - agricola.

L'area sede di intervento è identificata geograficamente dalle seguenti coordinate geografiche:

Le coordinate del sito sede dell'impianto sono:

- Latitudine 45° 6'29.19"N;
- Longitudine 11°42'14.07"E

	IMPIANTO AGRIVOLTAICO POTENZA NOMINALE (DC) 15,48 MWp - POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 13,01 MW Comune di Barbona (PD)	Rev. 0
	22-00062-IT-BARBONA_RS-R05 RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA	Pag. 8 di 53

- L'altitudine media del sito è di 9 m. s.l.m.



Figura 3.1: Ortofoto zona con identificazione dell'area di intervento

	IMPIANTO AGRIVOLTAICO POTENZA NOMINALE (DC) 15,48 MWp - POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 13,01 MW Comune di Barbona (PD)	Rev. 0
	22-00062-IT-BARBONA_RS-R05 RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA	Pag. 9 di 53

LAYOUT PRELIMINARE DI PROGETTO IMPIANTO FOTOVOLTAICO "BARBONA PV"













LEGENDA

ELEMENTI STATO DI FATTO


- | | | | |
|---|------------------------------|---|----------------------|
|  | AREA DISPONIBILITÀ CATASTALE |  | LINEA MEDIA TENSIONE |
|  | VIABILITÀ ESISTENTE |  | CANALE |

ELEMENTI STATO DI PROGETTO

- | | | | |
|---|-------------------------------|---|--------------------------------|
|  | TRACKER (16X2 MODULI) |  | LOCALE TECNICO TIPOLOGIA A |
|  | ACCESSO AREA IMPIANTO |  | LOCALE TECNICO TIPOLOGIA B |
|  | VIABILITÀ PERIMETRALE INTERNA |  | CABINA ELETTRICA POWER STATION |
|  | FASCIA DI MITIGAZIONE ESTERNA |  | UFFICIO, MAGAZZINO |
|  | CAVIDOTTO INTERRATO | | |
|  | RECINZIONE | | |

FASCE DI RISPETTO

- | | | | |
|---|---|---|--|
|  | FASCIA DI RISPETTO LINEA ELETTRICA MT ESISTENTE |  | FASCIA DI RISPETTO FIUMI, TORRENTI, CORSI D'ACQUA E RELATIVE SPONDE (10m-R.D. n.1775/1933) |
|  | FASCIA DI RISPETTO DEPURATORE - 100 m |  | FASCIA DI RISPETTO CIMITERO - 200 m |
|  | D.Lgs 42/2004, art. 142 - CENTRI STORICI | | |

	IMPIANTO AGRIVOLTAICO POTENZA NOMINALE (DC) 15,48 MWp - POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 13,01 MW Comune di Barbona (PD)	Rev.	0
	22-00062-IT-BARBONA_RS-R05 RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA	Pag.	10 di 53

4 INQUADRAMENTO GEOLOGICO REGIONALE

4.1 ASSETTO GEOMORFOLOGICO – STRUTTURALE

I terreni oggetto di studio in scala regionale si trovano nella Pianura Padana, una depressione tettonica formatasi fra le Alpi e gli Appennini quando tali catene montuose si sollevarono ed emersero dal mare in seguito a fenomeni orogenetici, e successivamente colmata da depositi di materiali sciolti di origine marina e fluvio-deltizia.

Dal punto di vista geologico – strutturale il bacino dell'attuale Pianura Padana tuttora subsidente, era compreso nel più ampio Bacino Padano – Adriatico, che corrisponde alla zona di subsidenza sin-orogenica e post-orogenica compresa tra le zone di sollevamento dell'Appennino e delle Alpi; strutturalmente è stato identificato a partire dal Trias come avanfossa delle catene montuose delle Alpi e degli Appennini originatasi dalla progressiva subduzione della placca Africana verso quella Europea con probabile subduzione della interposta micro-placca padano – adriatica soggetta ad un doppio fenomeno di compressione, al di sotto delle coltri appenniniche e sud alpine.

Nel sottosuolo si rinvengono alternanze di strati sabbiosi, talora ghiaiosi, permeabili con strati limoso – argillosi poco permeabili o impermeabili variamente ondulati. Tali depositi presentano spessori variabili con massimi e minimi distribuiti secondo l'andamento delle aree rilevate e depresse che ammantavano e colmavano durante la deposizione.

Il tetto del substrato roccioso, identificante il margine settentrionale sepolto della catena Appenninica, si incontra a partire dal piano campagna, a profondità variabili fra poco meno di 200 m e più di 2000 m. Esso appartiene alle formazioni di età Pre-Pliocenica ed è caratterizzato, dal punto di vista tettonico, da una fitta serie di anticlinali, faglie inverse e ricoprimenti con assi allungati secondo la direzione WNW-ESE.

Nel territorio di indagine i litotipi più recenti sono rappresentati da accumuli detritici disordinati e caotici in quello che era un golfo marino in subsidenza. Le rocce più antiche costituiscono una parte sepolta dell'Appennino; in particolare, l'area oggetto di studio insiste su una serie di pieghe anticlinali associate a faglie. Infatti, è noto attraverso le prospezioni del sottosuolo per ricerche di idrocarburi che l'arco delle pieghe ferraresi – romagnole, ora sepolte dalla coltre alluvionale, sono l'elemento strutturale più esterno dell'Appennino settentrionale. Lungo gli allineamenti tettonici, lo spessore dei depositi quaternari subisce una notevole riduzione, sino a poche decine di metri (80/90 m).

In termini generali ed in modo schematico possiamo individuare tre zone principali:

- "Zona delle pieghe pedeappenniniche", dal margine collinare alla Via Emilia, costituita da una successione di sinclinali ed anticlinali, con asse a vergenza appenninica, spesso fagliate e sovrascorse sul fianco Nord;
- "Zona della Sinclinale di Bologna-Bomporto-Reggio Emilia", dove i depositi quaternari raggiungono il loro massimo spessore per tutta la pianura Padana;
- "Zona della Dorsale Ferrarese", alto strutturale costituito da una serie di pieghe associate a faglie dove, talora, lo spessore del Quaternario si riduce a poche decine di metri. Questo andamento ad archi di pieghe del fronte sepolto dell'Appennino, di messa in posto sempre più recente, man mano si procede verso le aree più esterne e da correlarsi con il movimento di rotazione della catena in senso antiorario, che genera raccorciamenti crostali di crescente intensità spostandosi dai settori occidentali a quelli orientali testimonianza del graduale colmamento del bacino.

Da quanto qui brevemente esposto, risulta che la Pianura Padana, ed in particolare la Bassa Padana, è un'area geologicamente assai giovane sede di un continuo ed abbondante apporto di materiali terrigeni, cioè sabbie, limi ed argille.

	IMPIANTO AGRIVOLTAICO POTENZA NOMINALE (DC) 15,48 MWp - POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 13,01 MW Comune di Barbona (PD)	Rev.	0
	22-00062-IT-BARBONA_RS-R05 RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA	Pag.	11 di 53

Il territorio in esame dal punto di vista litostratigrafico è caratterizzato da depositi di origine alluvionale, ascrivibili al contesto deposizionale di “Argine, canale e rotta fluviale”, tale definizione paleogeografica deriva dalle caratteristiche tessiturali dei sedimenti meno profondi di origine Olocenica. Tali sedimenti sono la conseguenza della fase di accumulo detritico di tipo prevalentemente fluviale, contraddistinti da granulometrie eterogenee e da spessori notevolmente variabili sia verticalmente che arealmente.

Dal punto di vista geomorfologico nell’area Ferrarese sono riscontrabili diverse morfologie relitte attribuibili ad antichi apparati fluviali presenti nella zona la cui espressione odierna è rappresentata da paleoalvei, ovvero letti e argini fluviali non più attivi, conoidi di deiezione (ventagli di rotta) strutture legate alla rottura degli argini in occasione di eventi di piena e le “paleovalli”, ovvero le aree interfluviali depresse dove la sedimentazione era legata alla decantazione delle acque che invadevano tali aree durante le esondazioni dei corsi d’acqua.

La deposizione di tipo fluviale, avvenuta in modo non uniforme, ha avuto come conseguenza diretta una estrema eterogeneità granulometrica dei sedimenti, sia in senso verticale che areale, per cui l’assetto stratigrafico della zona risulta abbastanza complesso.

In epoca olocenica e storica l’area oggetto di studio era interessata da una fitta rete idrografica i cui corsi d’acqua erano liberi di espandere le proprie acque di piena nelle zone circostanti: nelle sponde naturali dell’alveo e nelle aree immediatamente circostanti (aree di più alta energia idrodinamica) erano depositati i materiali più grossolani trasportati in sospensione, mentre i sedimenti più fini si distribuivano lontano, nelle aree situate tra un alveo e l’altro (acque di esondazione caratterizzate da bassa energia di trasporto).

Nel territorio in esame si possono quindi distinguere entro i primi 20 m di profondità tre *ambienti morfologici - deposizionali* principali:


1. *Ambiente dei paleoalvei*, caratterizzato dalla presenza di corpi sabbiosi inclusi in macro-strati di terreni fini. Tali corpi sabbiosi, talvolta affioranti, spesso sepolti, si sviluppano linearmente seguendo i corsi degli alvei fluviali attivi o estinti; generalmente sono sormontati da decimetri di fanghi di chiusura dei canali.
2. *Ambiente dei bacini interfluviali*, costituito dalle aree di sedimentazione delle frazioni più fini. Tale ambiente è caratterizzato dalla prevalenza di argille inorganiche, argille limose, limi argillosi laminati, argille organiche, con frequenti intercalazioni torbose.
3. *Ambiente di transizione* dalle zone di paleoalveo a quelle dei bacini inter-fluviali, caratterizzato da alternanze di materiali fini e lenti sabbiose.

I depositi di epoca olocenica superficiali insistono su depositi sabbiosi di età fine- Pleistocene/primo-Olocene (ambienti di steppa-taiga glaciale di media pianura) diffusi con continuità in tutto il territorio comunale, più superficiali a nord, dove il tetto delle sabbie glaciali si trova tra i 18 m e i 25 m di profondità, più approfonditi a sud, dove il tetto si spinge fino ad oltre 30 m.

Gli ambienti morfologici - deposizionali descritti sono ben evidenziati nella Carta Geologica riportata qui di seguito. Le informazioni contenute nella carta sono sostanzialmente riferibili alla superficie; oltre alla caratterizzazione litologica dei depositi superficiali essa riporta la suddivisione in ambienti deposizionali. I materiali più grossolani (sabbie) si sono concentrati nelle aree di paleoalveo e nelle loro immediate vicinanze, mentre i terreni a grana fine si sono depositati nelle zone più distanti.

La distribuzione litologica dei sedimenti più superficiali (primi 1,20 cm dal piano campagna locale) è anch’essa legata alla dinamica delle divagazioni fluviali del reticolo idrografico che caratterizzava la zona.


Di seguito, vengono descritti i termini litologici affioranti nell’area in esame.

	IMPIANTO AGRIVOLTAICO POTENZA NOMINALE (DC) 15,48 MWp - POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 13,01 MW Comune di Barbona (PD)	Rev.	0
	22-00062-IT-BARBONA_RS-R05 RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA	Pag.	12 di 53

STRALCIO CARTA GEOLITOLOGICA



La situazione geologica superficiale desunta dal foglio 1:100.000 n°76 (http://193.206.192.231/carta_geologica_italia/nord.htm) vede presenza di terreni **"as"** (*argilloso-sabbiosi*), con argille tra il 40% ed il 60% in corrispondenza della fascia abitata lungo al Po (*verde chiaro-giallo*), poi **"a"**, con più del 60% di materiali argillosi (*verde chiaro*) nella zona agricola ad Est, e terreni **"Sa"** (*sabbioso-argillosi*) con argille tra il 25% ed il 40%, in corrispondenza della fascia più a NO verso Rovigo (*verde chiaro-azzurino*).

	IMPIANTO AGRIVOLTAICO POTENZA NOMINALE (DC) 15,48 MWp - POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 13,01 MW Comune di Barbona (PD)	Rev.	0
	22-00062-IT-BARBONA_RS-R05 RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA	Pag.	13 di 53

4.2 CARATTERISTICHE LITOLOGICHE E STRATIGRAFIA NELL'AREA DI PROGETTO

In un intorno significativo rispetto all'area interessata dall'impianto fotovoltaico in oggetto è stato eseguito un rilievo geologico di superficie finalizzato alla individuazione dei caratteri litologici, geomorfologici e strutturali dei terreni presenti, supportato dalle indagini geognostiche effettuate nell'area in esame. I dati ricavati dai sondaggi effettuati unitamente ai dati bibliografici esistenti hanno consentito, di redigere una Carta Geologica in scala 1: 25.000 (di seguito riportata) comprendente sia l'area interessata dall'impianto di fotovoltaico sia le aree attraversate dalla linea AT di collegamento dell'impianto alla RTN, e di definire i rapporti stratigrafico-strutturali intercorrenti tra le diverse formazioni affioranti.

Il rilevamento geologico di superficie, esteso ad un'area di circa 18 ettari, interessata dalle opere dell'impianto, cartografati alla scala 1/10.000, e l'elaborazione dei risultati scaturiti dalle indagini geognostiche effettuate sui luoghi di intervento ha portato al riconoscimento nell'area studiata, delle seguenti unità litostratigrafiche: di seguito si descrivono le caratteristiche litologiche, giaciture, strutturali e mineralogiche delle unità lito-geologiche rilevate in ciascuna sotto area, descritte dal livello litologico di copertura verso il basso, rappresentati nella colonna litostratigrafica di seguito allegata:

- *Depositi di copertura eluviale/colluviale terrosa*

In superficie è presente, con spessori modesti, una copertura di alterazione di aspetto terroso di origine agraria e/o detritico eluviale costituita da materiali a grana medio fina di natura limo sabbioso e argilla limosa. Lo spessore di questo strato di copertura, nell'intera area in esame, varia dell'ordine di 1,60- 1,80 m da p.c. presenta una consistenza media per fenomeni di essiccamento, tipico degli strati superficiali, con variazioni volumetriche a ciclo stagionale.


- *Depositi sedimentari fluviali (Pleistocene- Olocene)*

I terreni in esame, sono costituiti da depositi sedimentari fluviali. Si tratta di litotipi variabili lateralmente a causa di frequenti eteropie di facies, costituiti da sabbie, limi sabbiosi ed argille con intercalazioni torbose, provenienti da sedimenti alluvionali depositatesi in ambiente di bassa energia idrodinamica prevalentemente coesivi per i primi strati. (vedi colonne litostratigrafiche rilevate dalle prove penetrometriche C.P.T.E. a pag. 28 di questa relazione).

Nello specifico:

- Terreni alluvionali a prevalente tessitura limo argillosa: Si tratta di depositi alluvionali di tipo coesivo costituiti da oltre il 50% di limo e argilla dovuti alla deposizione dei materiali più fini nelle divagazioni. Questi terreni possono avere un grado di consolidazione variabile e quindi proprietà geotecniche eterogenee.

- Terreni alluvionali a prevalente tessitura sabbioso-limosa: Si tratta di depositi alluvionali dovuti all'esondazione fluviale, costituiti in genere da sabbie medie e fini con frazione limosa oppure limi sabbiosi calcarei. Generalmente questi depositi godono di caratteristiche geotecniche da mediocri a buone.

	IMPIANTO AGRIVOLTAICO POTENZA NOMINALE (DC) 15,48 MWp - POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 13,01 MW Comune di Barbona (PD)	Rev.	0
	22-00062-IT-BARBONA_RS-R05 RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA	Pag.	14 di 53

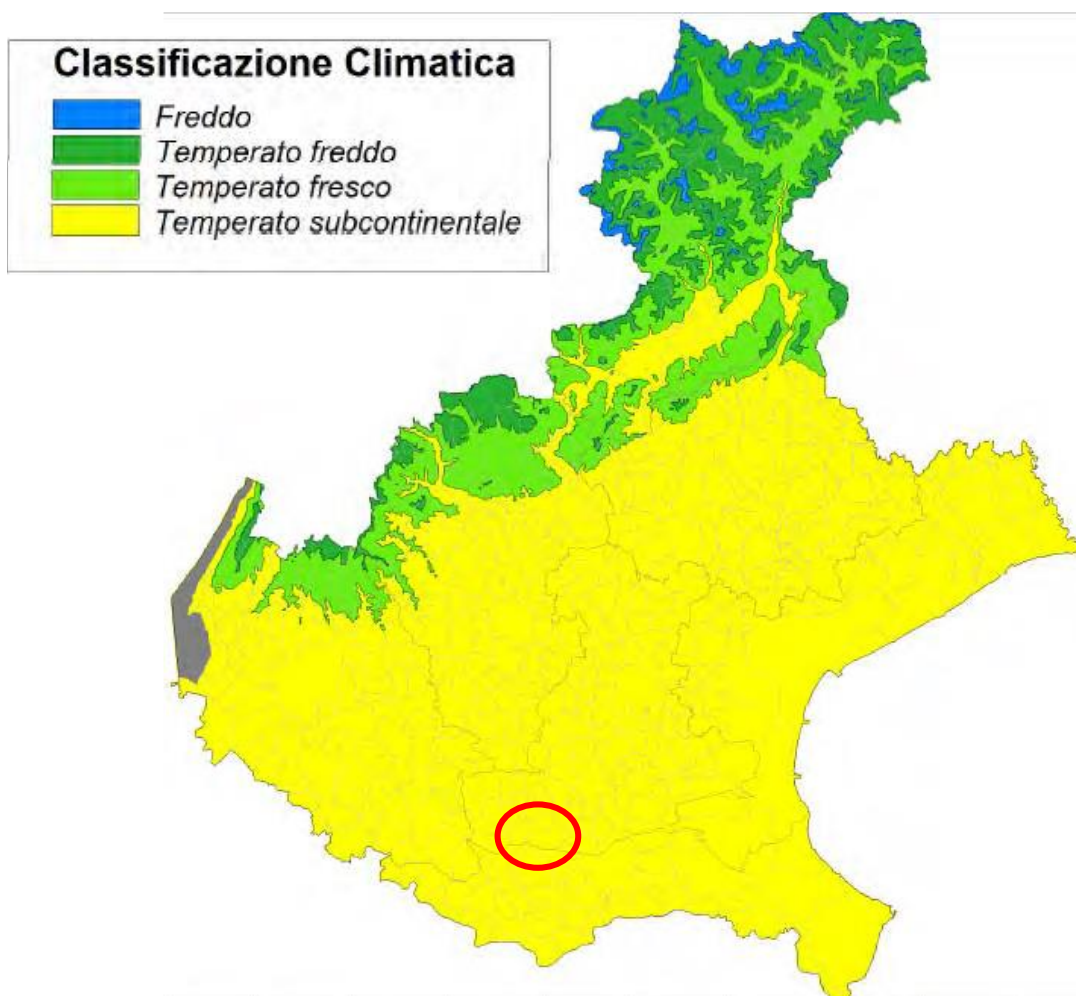
5 LINEAMENTI CLIMATICI

Per “**Clima**” si intende l’insieme delle condizioni meteorologiche medie (*almeno trentennali*) che caratterizzano gli strati bassi dell’atmosfera di una regione, influenzandone le componenti fisiche, biologiche e antropiche. Il clima, con i suoi molteplici aspetti e fenomeni, oltre ad avere contribuito alla formazione del paesaggio, ne influenza e ne condiziona la sua evoluzione, quindi, l’analisi degli elementi climatici è importante non solo per la caratterizzazione climatica di un’area, ma per valutare e prevedere la distribuzione e l’intensità dei fenomeni di alterazione esogena, le risorse idriche sul territorio. Il clima, inoltre, concorre alla formazione dei paesaggi naturali e antropizzati.

La regione Veneto presenta delle caratteristiche climatiche proprie, dovute alla sua particolare posizione geografica ed è influenzata in parte dall’azione mitigatrice del mar Adriatico, dalla presenza della catena Alpina e dalla continentalità dell’area centro-Europea.

Due sono le zone climatiche principali: quella **alpina**, con clima montano di tipo centro-europeo, e quella della **pianura padano veneta**, di tipo continentale.

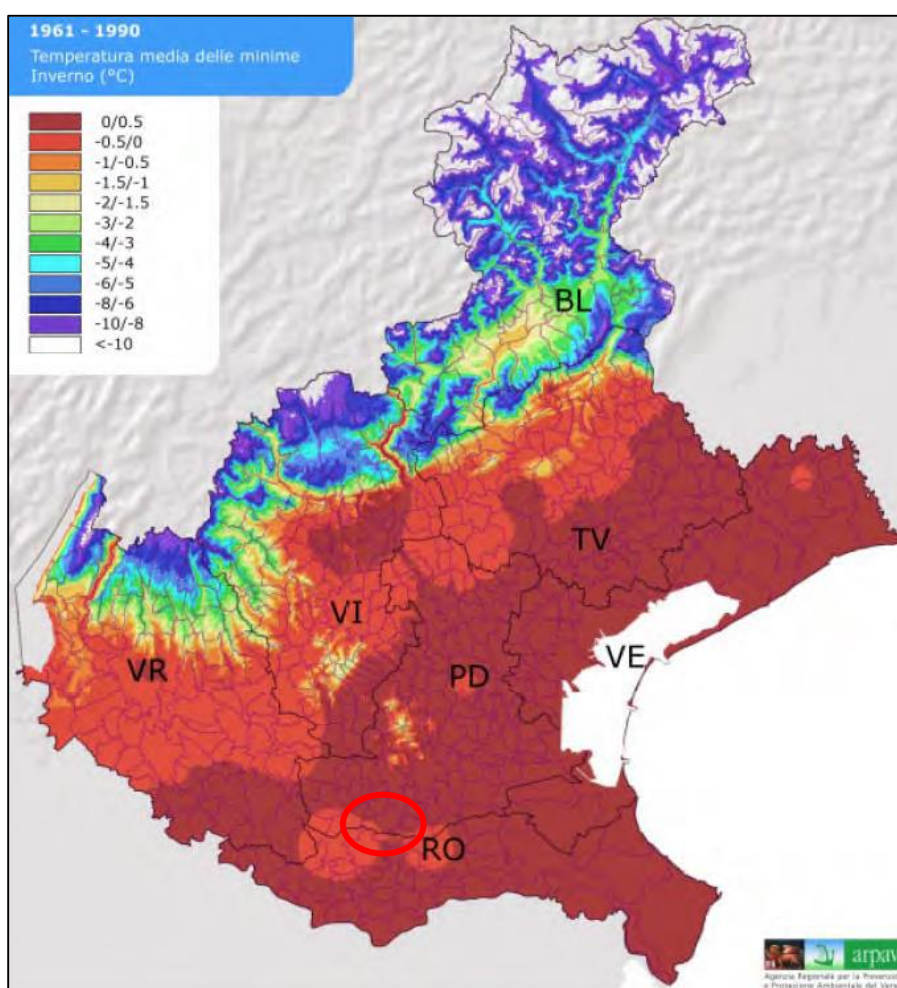
Un’ulteriore suddivisione del clima di pianura prevede anche altre due sub-regioni a clima più mite, una attorno al lago di Garda e una tipica della fascia litoranea costiera.



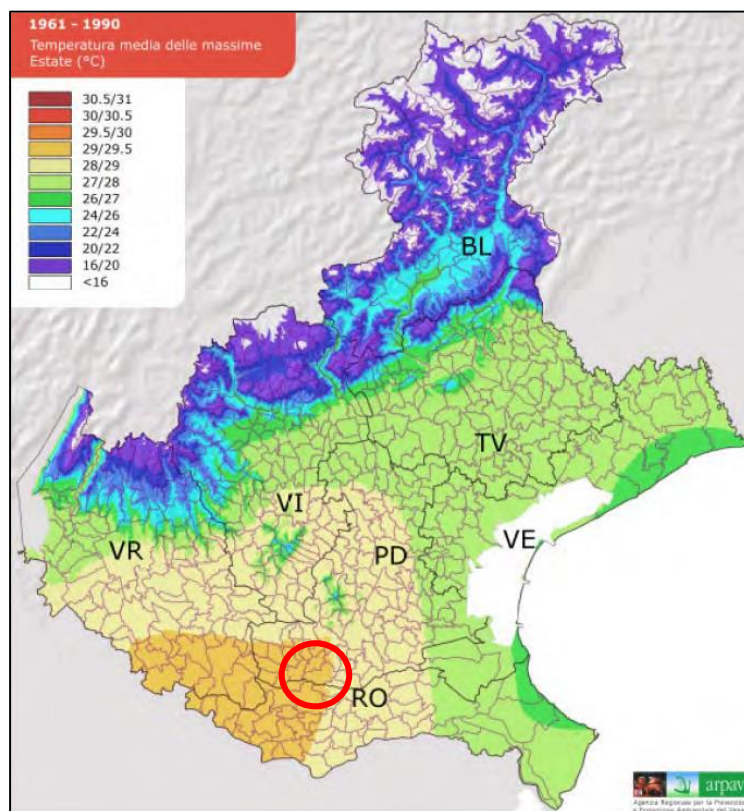
	IMPIANTO AGRIVOLTAICO POTENZA NOMINALE (DC) 15,48 MWp - POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 13,01 MW Comune di Barbona (PD)	Rev.	0
	22-00062-IT-BARBONA_RS-R05 RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA	Pag.	15 di 53

Secondo la classificazione dei climi di Köppen-Geiger, il clima della pianura è di tipo **Cfa**, definito come clima temperato sub continentale, con estati molto calde ed afose ed inverni rigidi. (**C** indica climi temperato caldi, con la temperatura media del mese più freddo tra 18°C e -3°C; **f** indica precipitazioni sufficienti in tutti i mesi; **a** indica la media del mese più caldo superiore a 22°C).

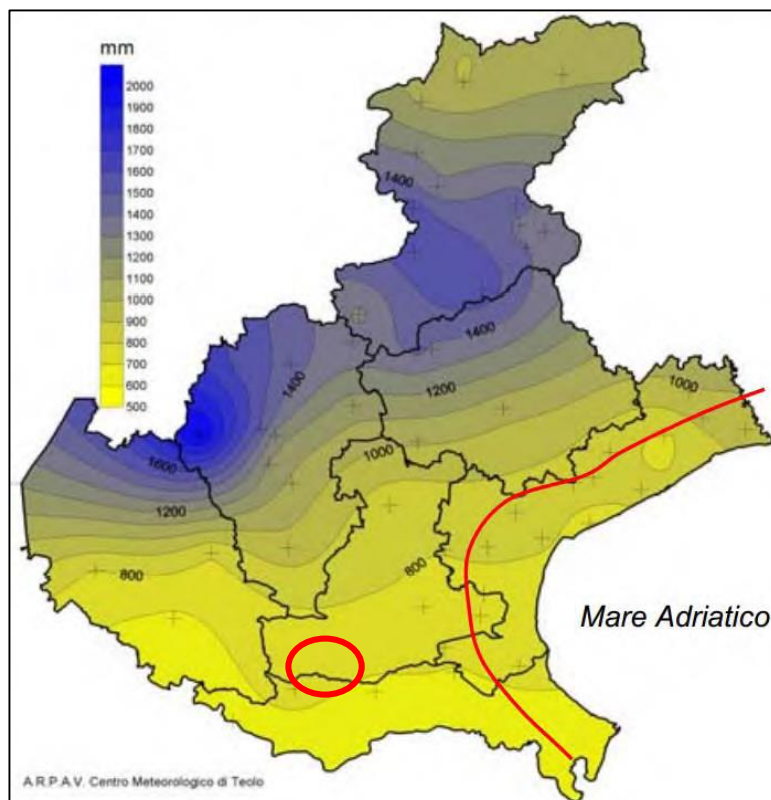
La circolazione atmosferica è limitata, con venti raramente impetuosi. In condizioni di tempo anticiclonico la massa d'aria che sovrasta la pianura veneta presenta condizioni di elevata stabilità o inversione termica al suolo, che si traducono in fenomeni stagionali quali foschie, nebbie, gelate, afa ed accumulo di inquinanti in vicinanza del suolo.




Serie climatica 1961-1990 (ARPAV 2011) – media delle TEMPERATURE minime invernali.



Serie climatica 1961-1990 (ARPAV 2011) – media delle TEMPERATURE massime estive.



Serie climatica 1971-2000 (ARPAV) – PRECIPITAZIONI medie annuali

	IMPIANTO AGRIVOLTAICO POTENZA NOMINALE (DC) 15,48 MWp - POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 13,01 MW Comune di Barbona (PD)	Rev.	0
	22-00062-IT-BARBONA_RS-R05 RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA	Pag.	17 di 53

5.1 SITUAZIONE CLIMATICA LOCALE

Il quadro che si estrapola dal sistema regionale è la seguente: Barbona presenta caratteristiche climatiche tipiche della pianura padana centrale, con inverni rigidi ed estati calde, con elevata umidità, frequenti nebbie invernali, piogge piuttosto limitate, ventosità ridotta e frequenti episodi temporaleschi estivi.

I venti prevalenti provengono soprattutto da direzione W e NE. La velocità del vento è modesta con valore medio annuo di circa 1,8 m/s.

Le temperature massime stagionali (*di luglio*) superano i 27°C, con regime continentale a debole circolazione, mentre le minime stagionali (*di gennaio*) si attestano intorno a 0°C; la temperatura media annua è di 13.2°C (cfr. *Atlante climatico Arpav 2011*).

La distribuzione delle precipitazioni è di tipo bimodale, con massimo relativo primaverile (*maggio*, 69.7 mm) ed assoluto autunnale (*ottobre*, 79.2 mm), mentre il minimo assoluto è invernale (*a gennaio*, 34.1 mm) e minimo relativo ad agosto, con una piovosità annua sul periodo considerato pari a **678.7** mm.

L'inverno è quindi la stagione mediamente più secca, mentre nelle stagioni intermedie prevalgono le perturbazioni atlantiche e mediterranee con eventi pluviometrici a volte importanti. In estate i fenomeni temporaleschi risultano frequenti, non di rado associati a grandine e, più raramente, a trombe d'aria.

6 ELEMENTI GEOMORFOLOGICI E IDROGRAFIA SUPERFICIALE

L'area in studio situata nel Comune di Barbona il quale rientra nel territorio del PATI DELL'ESTENSE.


Il territorio dell'estense rientra nella zona pianeggiante del territorio provinciale, di origine alluvionale, dove gli elementi geomorfologici predominanti sono in massima parte dovuti alle forme fluviali antiche ed attuali.

Sono, infatti, facilmente riconoscibili, dalla lettura dell'ortofoto e delle carte topografiche, i paleoalvei ed i dossi fluviali, testimonianze delle passate divagazioni dei corsi d'acqua nella pianura, quando ancora non erano imbrigliati entro gli argini, i canali di esondazione e le tracce di antiche esondazioni, a testimonianza che le difficoltà idrauliche che si riscontrano ancor oggi sono di antica data.

I comuni del territorio dell'estense sono caratterizzati dalla presenza di complessi sistemi di dossi fluviali sabbiosi con inframezzate aree deperesse limoso-argillose. Un'ampia depressione di questo tipo è ubicata a sud ovest dei Colli, delimitata da dossi convergenti verso est. In vicinanza del margine lagunare le depressioni sono dunque al di sotto del livello medio mare. Necessitano dunque di opere di bonifica per permettere lo scolo delle acque superficiali, oltre ad alte arginature che le proteggano dal rischio di allagamenti da parte di acque lagunari. Altre zone depresse sono presenti al margine dei Colli Euganei, sono il cosiddetto "depressioni peri-euganee" aree che sono state sede di minore sedimentazione da parte del fiume che andava costruendo la pianura, e che comunque risultano ora ribassate rispetto alla piana antistante.

Dal punto di vista strutturale, l'area dell'estense è interessata da una serie di discontinuità, fratture con spostamenti relativi da poco a molto marcati, grossomodo parallele e orientate in direzione NO-SE, appartenenti al Sistema Scledense.

Si tratta di faglie trascorrenti, caratterizzate da piani di faglia subverticali, che suddividono il substrato roccioso della pianura in blocchi indipendenti, basculanti e giacenti a profondità diverse, originando così una morfologia della Base del Quaternario a "gradoni", che la situa a profondità molto variabili dà luogo a luogo, ma mediamente sempre più profonde procedendo da nord verso sud.

	IMPIANTO AGRIVOLTAICO POTENZA NOMINALE (DC) 15,48 MWp - POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 13,01 MW Comune di Barbona (PD)	Rev.	0
	22-00062-IT-BARBONA_RS-R05 RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA	Pag.	18 di 53

L'assetto del territorio del Comune di Barbona risulta determinato dal Fiume Adige che lo attraversa perimetralmente a Sud da Ovest ad Est. Il paesaggio comunale è stato continuamente modificato e rimodellato dall'azione congiunta e sovrapposta del fiume suddetto

In dettaglio i terreni in studio interessati dall'impinto fotovoltaico presentano un paesaggio con immense distese pianeggianti tipico di ambiente deposizionale di bacino inter-fluviale costituita da depositi a tessitura fine come argille e limi più o meno argillosi talora di natura organica/torbosa tipici degli ambienti deposizionali a bassa energia che caratterizzano le aree inter-fluviali della pianura in esame.

Le caratteristiche di elevata erodibilità dei terreni, prevalentemente argillosi o argilloso-sabbiosi, spesso se alterati e degradati, unitamente ad altri fattori, quali l'acclività e l'azione degli agenti esogeni, contribuiscono allo stato di erosione diffusa, esponendo i terreni ad una azione di degradazione fisica e denudamento superficiale, laddove è scarsa la vegetazione.

L'area oggetto d'intervento progettuale rientra in una area a morfologia pianeggiante, ad una quota altimetrica media di circa 9 mt s.l.m.

Il rilievo geomorfologico dettagliato alle sole aree interessate dall'impianto fotovoltaico evidenzia aree caratterizzate da ampie zone a morfologia pianeggiante ad andamento regolare interrotte da canali e fossi di irrigazione, all'interno delle quali non si riscontrano fenomenologie particolari. Quindi attualmente l'area in studio, da un rilevamento geomorfologico di superficie, non risulta interessata da evidenti processi morfogenetici in atto, tali da comprometterne la stabilità.

7 CONSIDERAZIONI IDROGEOLOGICHE - AMBIENTALI


L'area in esame dal punto di vista idrografico rientra nel Bacino idrografico del Fiume Brenta Bacchiglione. (Fig. 7.2)

In epoca olocenica e storica l'area oggetto di studio era interessata da una fitta rete idrografica i cui corsi d'acqua erano liberi di espandere le proprie acque di piena nelle zone circostanti: nelle sponde naturali dell'alveo e nelle aree immediatamente circostanti (aree di più alta energia idrodinamica) erano depositati i materiali più grossolani trasportati in sospensione, mentre i sedimenti più fini si distribuivano lontano, nelle aree situate tra un alveo e l'altro (acque di esondazione caratterizzate da bassa energia di trasporto).

Il territorio comunale di Barbona è caratterizzato dall'alternanza (sia verticale che orizzontale) di materiali fini (limi e argille) e sabbie che crea un sistema multi-falde fortemente discontinuo ed eterogeneo. La falda freatica (che presso i tracciati dei paleoalvei più recenti assume una certa importanza) è a profondità variabile tra i -1 e i -4 m da p.c. In prossimità dei principali alvei attivi (Adige – Brenta) di alcuni canali consortili di primaria importanza nonché sul principale paleoalveo dell'Adige si riscontra una falda definibile di "sub alveo" che presenta una certa importanza dal punto di vista quantitativo ma solo ad uso locale.

In dettaglio nel sottosuolo in esame si rinvengono alternanze di strati sabbiosi, talora ghiaiosi, permeabili con strati limoso - argillosi poco permeabili o impermeabili variamente ondulati.

Prendendo in considerazione la natura geo-litologica dei terreni affioranti, pur tenendo conto dell'estrema variabilità che la permeabilità può presentare anche all'interno di una stessa unità litologica, si è cercato di definire tale parametro per le formazioni affioranti nell'area in studio. A tal fine il complesso idrogeologico affiorante nell'area in esame in base al tipo e al grado di permeabilità che possiede rientra nella classe dei "Terreni poco permeabili o impermeabili" caratterizzata da terreni essenzialmente plastici appartenenti alla facies pelitica-arenacea, costituita da argille sabbiose-siltose, ricoperte da argille torbiditiche, *presenta caratteristiche di bassa permeabilità con un coefficiente di permeabilità K valutabile tra 10^{-4} e 10^{-8} cm/s.*

	IMPIANTO AGRIVOLTAICO POTENZA NOMINALE (DC) 15,48 MWp - POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 13,01 MW Comune di Barbona (PD)	Rev.	0
	22-00062-IT-BARBONA_RS-R05 RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA	Pag.	19 di 53

Nel dettaglio possiamo caratterizzare la permeabilità dei terreni interessati dalle fondazioni dell'impianto di generazione elettrica da realizzare in:

Un primo livello più superficiale di copertura, di spessore circa 1,80 m (riporto pedogenizzato e Formazione eluviale rimaneggiata), a permeabilità medio-bassa con K valutabile $10^{-2} - 10^{-4}$; esso è granulometricamente ascrivibile nel campo delle sabbie argillose con ghiaie.

Il secondo livello stratigrafico più profondo presenta una permeabilità molto variabile da bassa a molto bassa con K valutabile 10^{-4} e 10^{-8} ; Granulometricamente il range di quest'ultimo varia dalle sabbie fini alle siltiti.


Al momento delle prove penetrometriche mediante freatimetro il livello statico della prima falda acquifera è stato registrato alla profondità di - 1,00 m dal piano campagna.

L'intervento progettatale verrà realizzato il più possibile in funzione della salvaguardia, della qualità e della tutela dell'ambiente mantenendo se non migliorando gli equilibri idro-geomorfologici attuali.

7.1 Permeabilità dei suoli

Nella tabella sottostante i vari litotipi individuati sono stati riclassificati sulla base delle classi di permeabilità previste dalle "Grafie regionali" e dalla "Carta Provinciale della permeabilità a fini urbanistici" (Provincia di Padova - G.Borella-M.Favaretti).

LITOTIPO	CLASSE DI PERMEABILITÀ (DGR 615/96)	INTERVALLO DI PERMEABILITÀ (M/S)
Terreni prevalentemente sabbiosi e sabbioso-limosi	Terreni da permeabili a mediamente a permeabili	$>10^{-5}$
Terreni eterogenei, variabili dalle argille alle sabbie prevalentemente limosi o fittamente stratificati.	Terreni da mediamente permeabili a poco permeabili	$10^{-5} - 10^{-8}$
Terreni prevalentemente argillosi e argillo-limosi	Terreni da poco permeabili ad impermeabili	$< 10^{-8}$

	IMPIANTO AGRIVOLTAICO POTENZA NOMINALE (DC) 15,48 MWp - POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 13,01 MW Comune di Barbona (PD)	Rev. 0
	22-00062-IT-BARBONA_RS-R05 RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA	Pag. 20 di 53

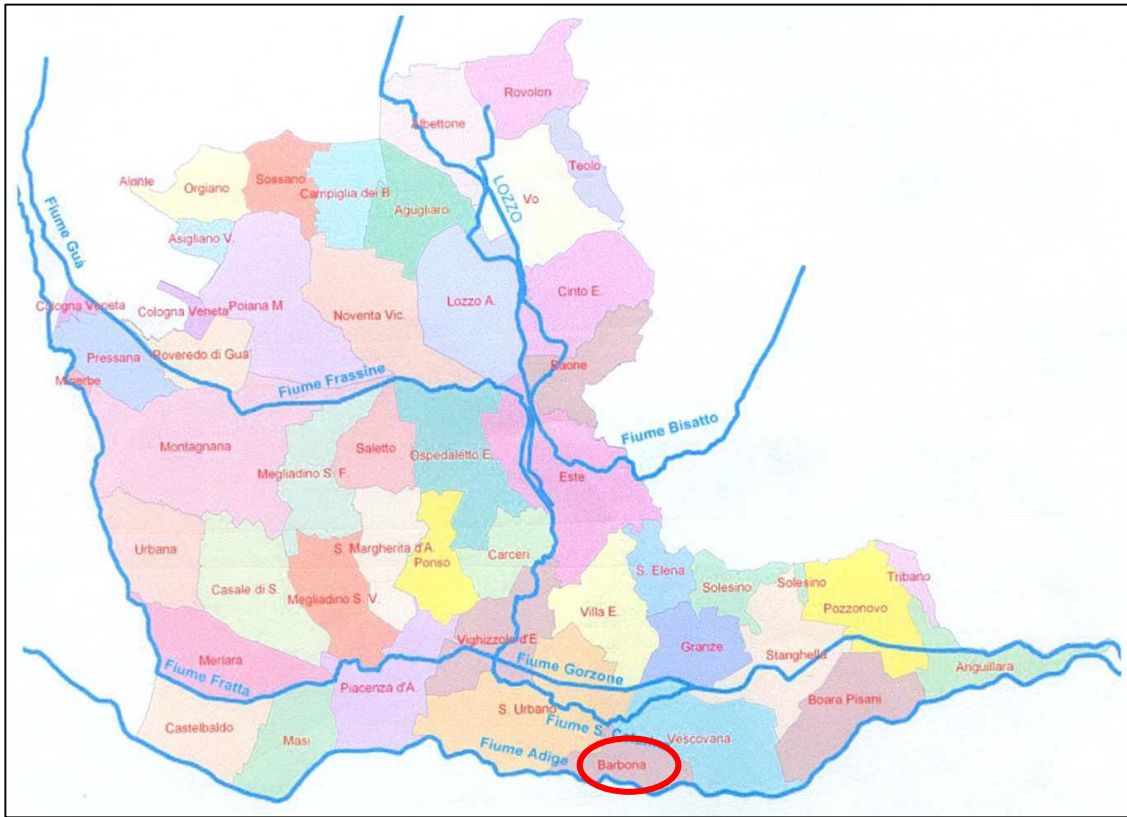


Figura 7.1 – Schema del sistema idrografico principale

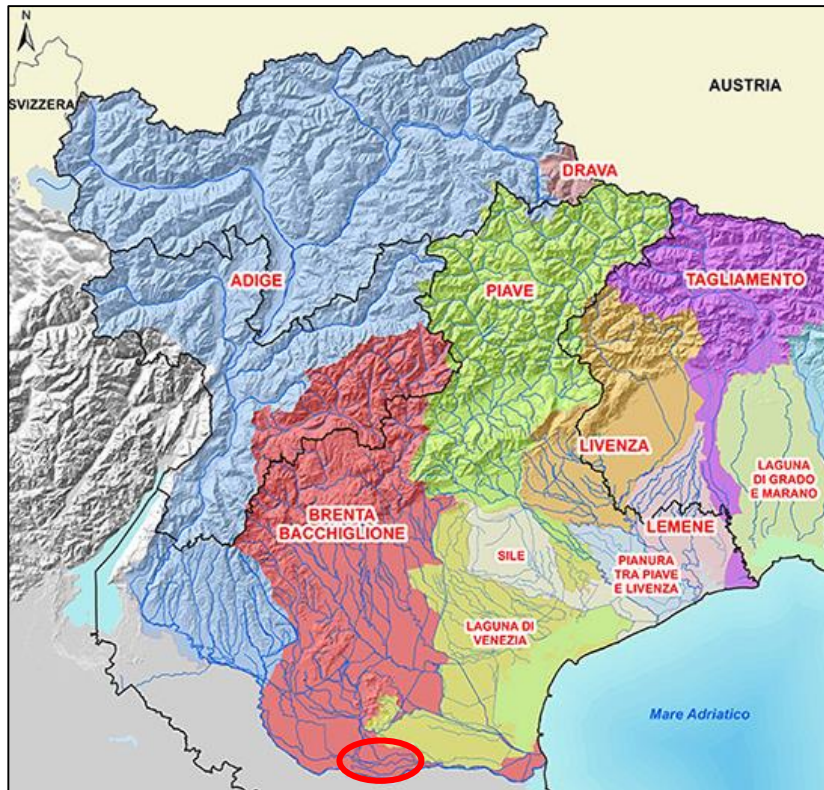



Figura 7.2 – Bacini idrografici della Regione Veneta

	IMPIANTO AGRIVOLTAICO POTENZA NOMINALE (DC) 15,48 MWp - POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 13,01 MW Comune di Barbona (PD)	Rev.	0
	22-00062-IT-BARBONA_RS-R05 RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA	Pag.	21 di 53

8 CARTA DEI DISSESTI E PERICOLOSITÀ IDRAULICA- REGIME VINCOLISTICO

Il Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico, di seguito denominato Piano Stralcio o Piano o P.A.I., redatto ai sensi dell'art. 17, comma 6 ter, della L. 183/89, dell'art. 1, comma 1, del D.L. 180/98, convertito con modificazioni dalla L. 267/98, e dall'art. 1 bis del D.L. 279/2000, convertito con modificazioni dalla L. 365/2000, 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, gli interventi e le norme d'uso riguardanti la difesa dal rischio idrogeologico del territorio veneto.

Con il P.A.I. viene così effettuata la perimetrazione delle aree a pericolosità e a rischio, in particolare, dove la vulnerabilità si connette a gravi pericoli per le persone, le strutture ed infrastrutture ed il patrimonio ambientale e vengono altresì definite le norme di salvaguardia.


Tutto ciò al fine di pervenire ad una puntuale definizione dei livelli di rischio e fornire criteri e indirizzi indispensabili per l'adozione di norme di prevenzione e per la realizzazione di interventi volti a mitigare od eliminare il rischio. Il Piano è suscettibile di aggiornamento a seguito di variazioni succedutesi nel tempo o a nuovi studi che dimostrino un diverso assetto del territorio, così come indicato nelle Norme di Attuazione.

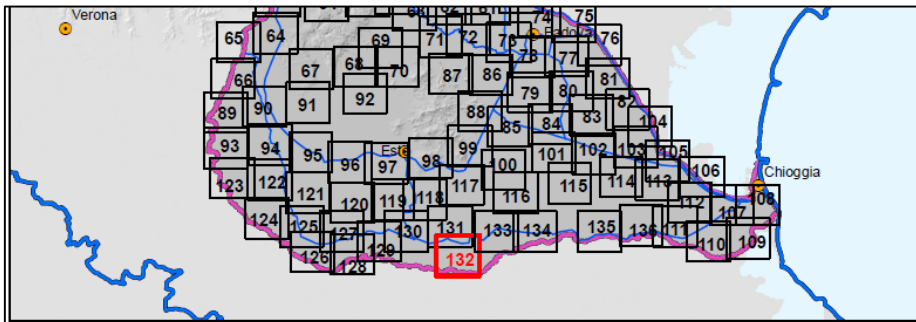
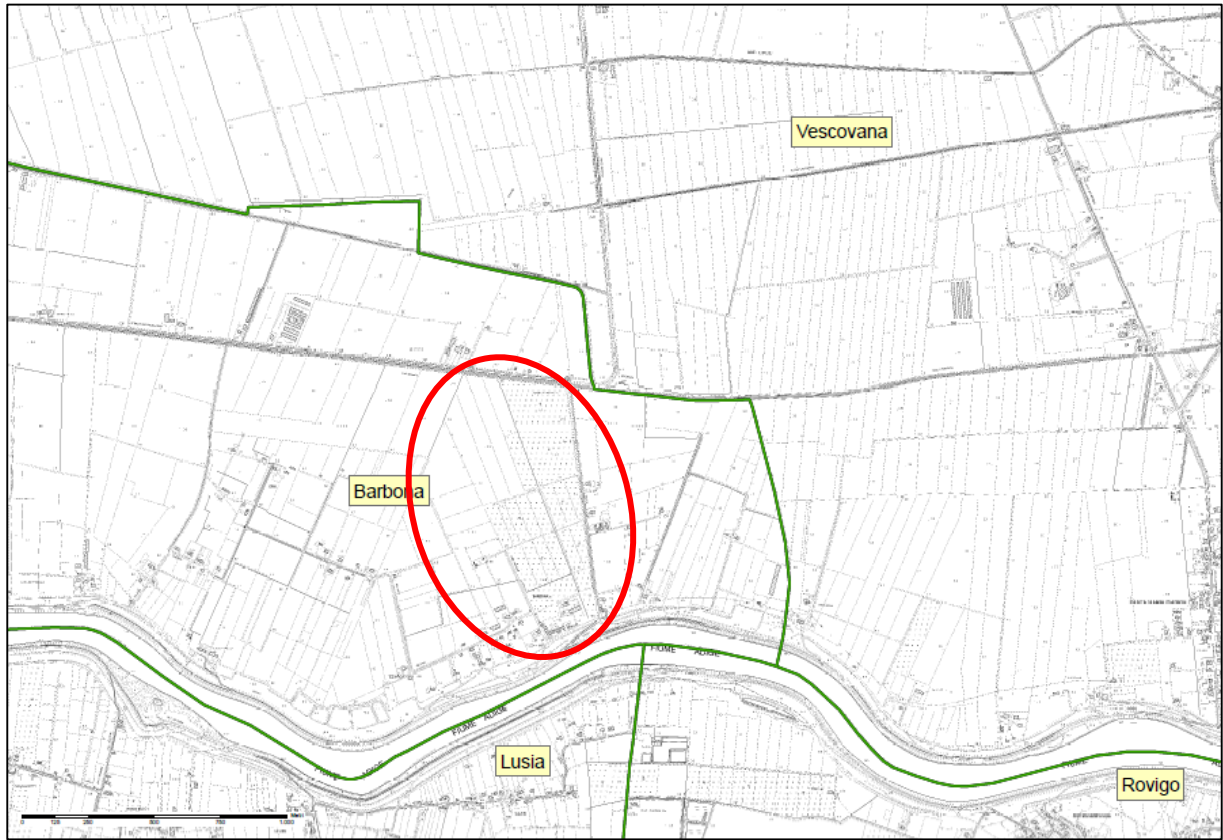
L'area in esame appartenente al territorio comunale di Barbona (PD) rientra nell'area territoriale del Bacino idrografico del Fiume Brenta-Bacchiglione. (Fig. 7.2)

Dalle carte riprodotte in tale studio e relativamente alla *Carta della Pericolosità Idraulica, tavola n° 132 del P.A.I. "Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico"* in cui ricadono tutti i terreni in esame, interessati dalle opere dell'impianto fotovoltaico, si osserva una morfologia tipicamente pianeggiante all'interno delle quali non si riscontrano fenomenologie particolari e non risulta essere interessata da rischio idraulico così come riportato dai rilievi effettuati dal vigente P.A.I. (Piano per l'Assetto Idrogeologico) della Regione Veneta, di seguito riportata in Figura 8.1.

L'intera area oggetto d'intervento è esclusa da zone soggette a vincolo paesaggistico.

L'area in esame è soggetta a Vincolo sismico ai sensi della Legge n. 64 del 2/02/1974; Oltre a quanto descritto ai punti precedenti, sull'area non gravano altri vincoli di natura storico architettonica, idrogeologica, o altri vincoli previsti dalla legge.

	IMPIANTO AGRIVOLTAICO POTENZA NOMINALE (DC) 15,48 MWp - POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 13,01 MW Comune di Barbora (PD)	Rev. 0
	22-00062-IT-BARBORA_RS-R05 RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA	Pag. 22 di 53




Autorità di Bacino
 DEI FUMI ISONZO, TAGLIAMENTO, LIVENZA, PIAVE, BRENTA-BACCHIGLIONE

**Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico
 del bacino idrografico
 del fiume Brenta-Bacchiglione**

D.Lgs. 152/2006

Carta della pericolosità idraulica
Tavola 132

Aggiornamento in esito a:
Decreto Segretariale n. 2 del 20/01/2014
Decreto Segretariale n. 8 del 30/01/2014

Rappresentazione su Carta Tecnica Regionale
 Gauss-Boaga fuso ovest
 Comitato Istituzionale del 9 novembre 2012 - D.P.C.M. del
 Redatto: Venezia, febbraio 2012 - Modificato: Venezia, gennaio 2014
 Elaborazioni a cura della Segreteria Tecnica dell'Autorità di Bacino













<p>PIANO ASSETTO IDROGEOLOGICO P.A.I. Perimetrazione e classi di pericolosità idraulica</p> <ul style="list-style-type: none">  F - Area Fluviale  P1 - Pericolosità idraulica moderata  P2 - Pericolosità idraulica media  P3 - Pericolosità idraulica elevata  P4 - Pericolosità idraulica molto elevata <p> Indicazione delle zone di pericolosità e di attenzione geologica*</p> <p> *cfr. cartografia geologica</p>	<p>ZONE DI ATTENZIONE IDRAULICA Quadro conoscitivo complementare al P.A.I.</p> <ul style="list-style-type: none">  Rotte arginali relative all'evento alluvionale 31 Ottobre - 2 Novembre 2010  <ul style="list-style-type: none"> - Piani Territoriali di Coordinamento Provinciali - Studi recenti dell'Autorità di Bacino - Aree allagate relative all'evento alluvionale 31 Ottobre - 2 Novembre 2010
<p>LIMITI AMMINISTRATIVI</p> <ul style="list-style-type: none">  Limite Comunale  Limite Regionale  Limite di Bacino 	

Figura 8.1 – Carta della pericolosità idraulica - P.A.I. -

	IMPIANTO AGRIVOLTAICO POTENZA NOMINALE (DC) 15,48 MWp - POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 13,01 MW Comune di Barbona (PD)	Rev.	0
	22-00062-IT-BARBONA_RS-R05 RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA	Pag.	23 di 53

9 OPERE DI REGIMAZIONE IDRAULICA

La durata dell'area di impianto e dell'impianto stesso dal punto di vista strutturale è garantita da un efficace sistema idraulico di allontanamento e drenaggio delle acque meteoriche.

Nell'area in esame verranno realizzati degli interventi che avranno due differenti linee di obiettivi:

1. mantenimento delle condizioni di "equilibrio idrogeologico" preesistenti (ante realizzazione del parco fotovoltaico denominato "BARBONA PV");
2. regimazione e controllo delle acque che defluiscono lungo la viabilità del parco fotovoltaico, attraverso la realizzazione di una adeguata rete drenante, volta a proteggere le opere civili presenti nell'area. Le acque defluenti dall'area di impianto verranno raccolte ed allontanate dalle opere idrauliche in progetto, che consistono principalmente in una risagomatura della superficie topografica e nella realizzazione di una rete di canalette in terra a cielo aperto per l'allontanamento rapido delle acque piovane, ed altre opere accessorie di natura idraulica che verranno realizzate in contropendenza per convogliare l'acqua di prima pioggia da un lato all'altro dell'impianto e convogliate lungo gli impluvi naturali presenti nell'area di progetto.

9.1 SISTEMA DI DRENAGGIO SUPERFICIALE DELL'AREA DI INTERVENTO

Il tracciato delle opere di regimazione è stato suggerito a partire dal layout dell'impianto fotovoltaico e dal modello tridimensionale del suolo, individuando le vie preferenziali di deflusso, gli impluvi (ed i solchi di erosione) interferenti con le opere in progetto nonché le caratteristiche plano-altimetriche delle aree di impianto.

Al fine di favorire il deflusso delle acque meteoriche e di ruscellamento superficiale è prevista una rete di allontanamento delle stesse, in leggera contropendenza, costituita da canalette drenanti in terra a cielo aperto scavate nel terreno naturale e rinverdite con recapito lungo gli impluvi naturali presenti nell'area di progetto. Le canalette saranno realizzate in scavo con una sezione di forma trapezio di larghezza e profondità variabile in funzione della portata di progetto e sponde inclinate di 30°.

In corrispondenza delle intersezioni con la viabilità si sono previsti dei tratti interrati composti da scatolati in c.a. carrabili o da tubazioni in HDPE carrabili.

Lo scopo delle canalette e dei condotti interrati è quello di permettere il deflusso e l'allontanamento delle acque meteoriche dall'intera superficie interessata dall'impianto di fotovoltaico. In dettaglio nei terreni in esame è presente già una rete di fossi irrigui collegati a un capofosso questi stessi possono essere utilizzati come fossi drenanti per l'allontanamento delle acque piovane.

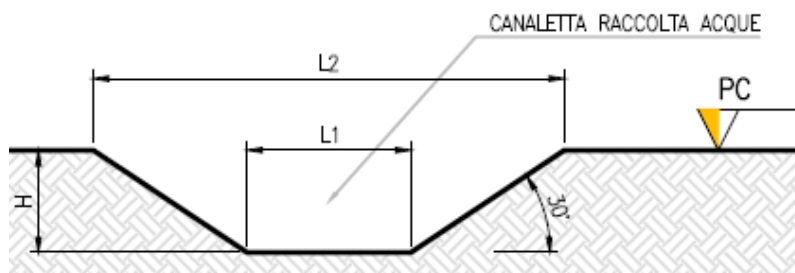


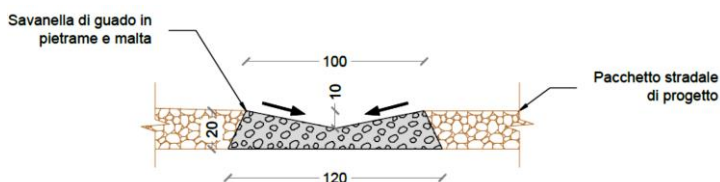
Figura 9.2 - Sezione "Tipo" canaletta di drenaggio realizzata in scavo

Gli scarichi della rete di drenaggio convergeranno ai ricettori esistenti.

	IMPIANTO AGRIVOLTAICO POTENZA NOMINALE (DC) 15,48 MWp - POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 13,01 MW Comune di Barbona (PD)	Rev.	0
	22-00062-IT-BARBONA_RS-R05 RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA	Pag.	24 di 53

In fase esecutiva, qualora ritenute necessarie, potranno realizzarsi opere di protezione stradale del tipo sottoelencato:

- **Savanelle di guado in pietrame e malta** per un attraversamento “a raso” della viabilità di progetto.



10 CONSIDERAZIONI IDRO-GEOMORFOGICHE E REGIME VINCOLISTICO RILEVATE SULLE AREE ATTRAVERSALE DALLE OPERE DI CONNESSIONE


L'opera in progetto prevede la realizzazione di un impianto per la produzione di energia elettrica da fonte solare fotovoltaica installato a terra della potenza di 15,48 MWp in corrente alternata. La tecnologia impiantistica prevede l'installazione di moduli fotovoltaici bifacciali su strutture mobili sospese (tracker) di tipo mono-assiale ancorate a terra mediante opere infrastrutturali e di fondazione che il progettista riterrà più idonee in base alle caratteristiche geomeccaniche e sismiche del sottosuolo indagato, esposte in questa relazione.

L'area interessata dall'impianto solare fotovoltaico denominato "BARBONA PV", da installarsi in un terreno, di circa 32,02 ettari complessivi e una superficie recintata dedicata all'impianto di circa 27,06 ha.

La rete stradale che interessa l'area di intervento è costituita da:

- Strada Provinciale 8 (S.P.8) che si estende a Est, nelle immediate vicinanze dell'area impianto;
- Strada Provinciale (d) (SP8d) che si estende a Nord, nelle immediate vicinanze dell'area impianto;
- Strada Provinciale 1 (S.P.1) che si estende a Sud, a circa 200 m dall'area impianto;
- Strade di viabilità comunale.

Dalla consultazione sugli elaborati geomorfologici P.A.I. (Piano per l'Assetto Idrogeologico) della Regione Veneto, sul sito di riferimento, relativamente alla *Carta della Pericolosità Idraulica, tavola n° 132 del P.A.I. "Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico"* in cui ricadono tutti i terreni in esame, interessati dalle opere dell'impianto fotovoltaico, si osserva una morfologia tipicamente pianeggiante all'interno delle quali non si riscontrano fenomenologie particolari e non risulta essere interessata da rischio idraulico così come riportato dai rilievi effettuati dal vigente P.A.I. (Piano per l'Assetto Idrogeologico) della Regione Veneta.

	IMPIANTO AGRIVOLTAICO POTENZA NOMINALE (DC) 15,48 MWp - POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 13,01 MW Comune di Barbona (PD)	Rev.	0
	22-00062-IT-BARBONA_RS-R05 RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA	Pag.	26 di 53

11 CARATTERIZZAZIONE GEOMECCANICA DEL TERRENO DI FONDAZIONE

I terreni, direttamente interessati dall'Impianto di fotovoltaico, sono caratterizzati da affioramenti di depositi composte da argille limose e limi sabbiosi provenienti da sedimenti alluvionali depositatesi in ambiente di bassa energia idrodinamica prevalentemente coesivi per i primi strati (come mostrano le prove CPTe svolte in situ).


Per la caratterizzazione geotecnica delle *Unità Litotecniche* riscontrate si è fatto ricorso, all'esperienza consolidata dello scrivente su morfologie e litologie analoghe ai terreni in oggetto e per avere preso visione di numerosi fronti di scavo e sezioni presenti nell'area di progetto comparati con i risultati acquisiti dalle prove penetrometriche statiche di tipo meccaniche (C.P.T.E.) in fit congiunto con le indagini di sismica passiva eseguite nell'area in studio, al fine di definire le caratteristiche litostratigrafiche e geotecniche del suolo di fondazione interessato dalle opere di progetto. Dall'elaborazione dei risultati scaturiti dalle indagini geognostiche effettuate sui luoghi e stato possibile ricostruire il profilo litostratigrafico e geotecnico del substrato (vedi colonna Litostratigrafica di seguito allegata) e quantificare le caratteristiche geo-meccaniche dei terreni attraversati suddividendoli ad intervalli a comportamento omogeneo per quanto riguarda la resistenza meccanica, per ogni intervallo vengono forniti i parametri geotecnici caratteristici ai sensi del D.M. del 17.01.2018, riferibili alla coesione, l'angolo di attrito interno ed al peso di volume, che il progettista dovrà tenere conto in sede di scelta di progetto:

- Per la successione litotecnica rilevata nell'intera interessata dalle fondazioni dell'impianto fotovoltaico, si possono stimare i seguenti parametri geotecnici riepilogativi, dopo avere asportato l'intera coltre superficiale di copertura alterata influenzata dalle variazioni meteorologiche stagionali dello spessore di circa 1,00 m:

Parametri geotecnici medi ricavate dalle prove C.P.T.E.

I dati riportati fanno riferimento ai valori minimi desunti dall'indagine eseguita, ridimensionati in funzione dell'indice di consistenza dei vari strati attraversati.

Profondità (m)	Angolo di attrito (Φ')	Composizione geotecnica	Coesione non drenata (cu) (K/Pa)	Peso unità di volume saturo (sat.) t/m ³
0,00 – 1,20: Materiali a grana medio-fine di natura argillo-limosa di media consistenza per fenomeni di essiccamento, tipico degli strati superficiali, con variazioni volumetriche a ciclo stagionale	0°	coesivo	91,00	2.00
1,20 - 2,90: Materiali a grana medio-fine costituita da argilla e limo a bassa consistenza	0°	coesivo	67,00	1.95
2,90 - 4,00: Materiali a grana medio-fine costituita da argilla - substrato mediamente consistente	0°	coesivo	62,00	1.90
4,00 - 6,50: Materiali a grana medio-fine costituita da limo sabbioso - substrato a bassa consistenza	24°	incoerente	0.00	2.10

	IMPIANTO AGRIVOLTAICO POTENZA NOMINALE (DC) 15,48 MWp - POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 13,01 MW Comune di Barbona (PD)		Rev.	0
	22-00062-IT-BARBONA_RS-R05 RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA		Pag.	27 di 53

6,50 - 8,50: Argilla con sabbia	0°	coesivo	49,00	1,85
8,50 - 9,10: Argilla limosa	0°	coesivo	35,00	1,80
9,10 - 10,00 Limo sabbioso	21°	incoerente	0,00	2,10

Vedi report prove penetrometriche dinamiche "Allegato 1", dove sono riportati le tabelle riepilogative delle prove P.CPT eseguite ed i relativi certificati¹.

Misura del livello dell'acqua entro il foro di prova

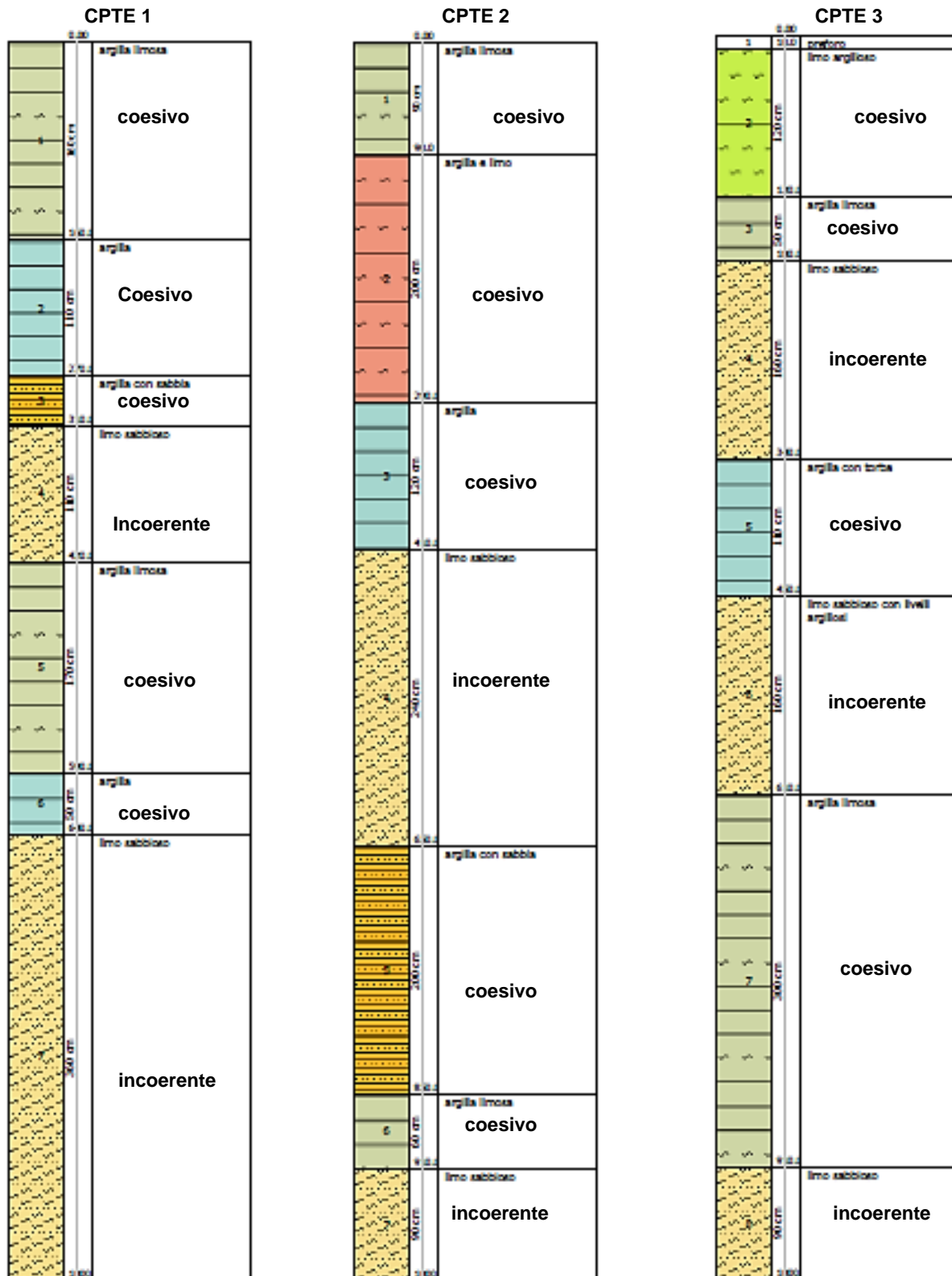
Al termine dell'esecuzione della prova penetrometrica si è proceduto a misurare la profondità dell'acqua dal piano campagna entro il foro di prova mediante freatimetro:


CPT 1 foro chiuso al di sopra del livello freatico alla profondità di 0,80 ml da p.c.

CPT 2 foro chiuso al di sopra del livello freatico alla profondità di 1,00 ml da p.c.

CPT 3 foro chiuso al di sopra del livello freatico alla profondità di 0,50 ml da p.c.

¹ Allegato 1



	IMPIANTO AGRIVOLTAICO POTENZA NOMINALE (DC) 15,48 MWp - POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 13,01 MW Comune di Barbona (PD)	Rev.	0
	22-00062-IT-BARBONA_RS-R05 RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA	Pag.	29 di 53

C.P.T.E. 1

Modulo Edometrico

	Prof. Strato (m)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	Tensione litostatica (KPa)	Tensione litostatica efficace (KPa)	Correlazione	Eed (Mpa)
Strato 1	1.60	1.022	0.07	15.6	15.6	Metodo generale del modulo Edometrico	4.4
Strato 2	2.70	0.395	0.02	41.9	41.9	Metodo generale del modulo Edometrico	2.3
Strato 3	3.10	0.832	0.02	56.3	56.3	Metodo generale del modulo Edometrico	3.9
Strato 5	5.90	0.682	0.04	97.9	97.9	Metodo generale del modulo Edometrico	3.4
Strato 6	6.40	0.49	0.01	119.1	119.1	Metodo generale del modulo Edometrico	2.7

Modulo di Young


	Prof. Strato (m)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	Tensione litostatica (KPa)	Tensione litostatica efficace (KPa)	Correlazione	Modulo di Young (Mpa)
Strato 4	4.20	1.972	0.02	70.7	70.7	ISOPT-1 1988	3.5
Strato 7	10.00	5.964	0.04	161.6	161.6	ISOPT-1 1988	9.6

QC: RESISTENZA ALLA PUNTA

C.P.T.E. 2

Modulo Edometrico

	Prof. Strato (m)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	Tensione litostatica (KPa)	Tensione litostatica efficace (KPa)	Correlazione	Eed (Mpa)
Strato 1	0.90	1.831	0.02	8.6	8.6	Metodo generale del modulo Edometrico	4.4
Strato 2	2.90	1.358	0.04	36.4	36.4	Metodo generale del modulo Edometrico	4.7
Strato 3	4.10	1.262	0.02	66.8	66.8	Metodo generale del modulo Edometrico	4.7
Strato 5	8.50	0.977	0.06	147.0	147.0	Metodo generale del modulo Edometrico	4.3
Strato 6	9.10	0.709	0.01	171.5	171.5	Metodo generale del modulo Edometrico	3.5

	IMPIANTO AGRIVOLTAICO POTENZA NOMINALE (DC) 15,48 MWp - POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 13,01 MW Comune di Barbona (PD)		Rev.	0
	22-00062-IT-BARBONA_RS-R05 RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA		Pag.	30 di 53

Modulo di Young

	Prof. Strato (m)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	Tensione litostatica (KPa)	Tensione litostatica efficace (KPa)	Correlazione	Modulo di Young (Mpa)
Strato 4	6.50	5.007	0.03	102.8	102.8	ISOPT-1 1988	7.8
Strato 7	10.00	3.791	0.06	185.9	185.9	ISOPT-1 1988	6.9

C.P.T.E. 3

Modulo Edometrico

	Prof. Strato (m)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	Tensione litostatica (KPa)	Tensione litostatica efficace (KPa)	Correlazione	Eed (Mpa)
Strato 2	1.30	2.46	0.04	13.3	13.3	Metodo generale del modulo Edometrico	4.9
Strato 3	1.80	0.703	0.02	29.7	29.7	Metodo generale del modulo Edometrico	3.5
Strato 5	4.50	0.626	0.00	74.7	74.7	Metodo generale del modulo Edometrico	3.2
Strato 7	9.10	0.701	0.02	142.1	142.1	Metodo generale del modulo Edometrico	3.5

Modulo di Young

	Prof. Strato (m)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	Tensione litostatica (KPa)	Tensione litostatica efficace (KPa)	Correlazione	Modulo di Young (Mpa)
Strato 4	3.40	2.09	0.01	49.8	49.8	ISOPT-1 1988	3.5
Strato 6	6.10	2.356	0.01	99.7	99.7	ISOPT-1 1988	4.29
Strato 8	10.00	1.33	0.02	177.2	177.2	ISOPT-1 1988	2.59

QC: RESISTENZA ALLA PUNTA

	IMPIANTO AGRIVOLTAICO POTENZA NOMINALE (DC) 15,48 MWp - POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 13,01 MW Comune di Barbona (PD)	Rev.	0
	22-00062-IT-BARBONA_RS-R05 RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA	Pag.	31 di 53

12 INDAGINI GEOFISICHE DEL SOTTOSUOLO AI FINI DALL'AZIONE SISMICA DI PROGETTO

12.1 PREMESSA

A supporto dello studio geologico, relativo all'intervento progettuale oggetto di questa Relazione sono state effettuate tre indagini geofisiche per la definizione dell'azione sismica di progetto e per analizzare il comportamento sismico del terreno di fondazione in conformità al D.M. 17.01.2018 Norme Tecniche per le Costruzioni.

Nella fattispecie sono state eseguite cinque acquisizioni sismiche, con l'impiego della tecnica di sismica passiva a stazione singola, per una finestra temporale di 20 minuti denominati - TR1 - TR2 - TR3 - TR4, la quale mette in luce le frequenze alle quali lo scuotimento del terreno viene amplificato per risonanza morfologica e stratigrafica.

L'analisi in situ, realizzata con **Tromografo** elettronico digitale TROMINO® ENGINEERING il quale, è un tipo particolare di sismometro creato per la misurazione del tremore sismico ambientale e delle frequenze di risonanza dei terreni, ha permesso attraverso le caratteristiche elastiche del terreno e le discontinuità sismiche presenti, legate alle variazioni litologiche, di determinare:

- il *rapporto spettrale H/V* (componenti orizzontali X-Y in rapporto alla verticale Z) del micro-tremore ambientale (sismica passiva) per la determinazione della frequenza fondamentale di risonanza del sottosuolo naturale e valutare la *risposta sismica del sito ed eventuali effetti di amplificazione sismica, topografica e stratigrafica locale, del moto in superficie*;
- *Profili vincolati di velocità delle onde di superficie (prossimi ad onde S)*
- *Ricostruzione del modello geologico stratigrafico, del volume di terreno interessato dalle fondazioni dell'opera soprastante*;
- *Stratigrafia del sottosuolo (e individuazione di sedimenti saturi d'acqua per, eventuale, presenza di falda freatica sotterranea che potrebbe, comportare variazioni delle caratteristiche geomeccaniche dei terreni e risposte sismiche locali diversificate es.: variazione di amplificazione del segnale sismico locale)*;
- *Discontinuità e cavità all'interno della roccia.*
- *Mappatura della profondità del bed rock con alta precisione.*
- *La velocità equivalente media ponderata delle onde di taglio "S" nei primi H m di spessore del substrato, "Vs_eq", in presenza di un vincolo ossia profondità dello strato riflettore, e la categoria di sottosuolo associata secondo quanto previsto nel D.M. 14/01/2008 relativo alle "Norme Tecniche per le Costruzioni" e Nuovi Aggiornamenti del 17/01/2018 e succ. modifiche ed integrazioni.*

Questo tipo di indagine ha lo scopo di fornire indicazioni preliminari sulla struttura del sottosuolo con costi e tempi ridotti, e solo successivamente alla luce dei risultati acquisiti, preventivare eventuali analisi di dettaglio con altre metodologie. Evitando sprechi economici per altre indagini inutili e invasivi. Inoltre, per la caratterizzazione sismica di un sito, secondo la Normativa sopra citata, la tecnica sismica passiva a stazione singola è verosimilmente quella che ha più aspetti positivi perché misura (e non "deriva" da altri N parametri) le frequenze di risonanza senza limiti di profondità nell'intervallo d'interesse geotecnico e strutturale e in modo molto rapido e non invasivo.

La restituzione dei dati, con relativa interpretazione del "profilo sismico", avvenuta attraverso il software "Grilla" è riportata in allegato alla presente. A seguito dell'analisi della prospezione sismica eseguita si riporta la classificazione della categoria di suolo di fondazione secondo quanto previsto nel D.M. 17/01/2018 relativo alle "Norme Tecniche per le Costruzioni" e il valore di picco di accelerazione al suolo del sito.

	IMPIANTO AGRIVOLTAICO POTENZA NOMINALE (DC) 15,48 MWp - POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 13,01 MW Comune di Barbona (PD)	Rev.	0
	22-00062-IT-BARBONA_RS-R05 RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA	Pag.	32 di 53

12.2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO E PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE

La nuova normativa tecnica per le costruzioni in zona sismica” – costituisce la nuova legge di riferimento per la progettazione di nuovi edifici soggetti ad azioni sismiche, nonché la valutazione della sicurezza e gli interventi di adeguamento sismico su edifici esistenti soggetti al medesimo tipo di azione.

Il territorio del Pati, dove è compreso il comune di Barbona, sulla base dell’O.P.C.M. 3274/2003, recepita dalla regione veneto, rientra nel novero dei comuni classificati a basso rischio sismico (classe 4). L’entrata in vigore del DM 14.09.2005 “Norme Tecniche per le costruzioni” e la successiva OPCM 28.04.2006, n. 3519 “Criteri generali per l’individuazione delle norme sismiche e per la formazione e l’aggiornamento degli elenchi delle medesime zone” stabilisce nuovi criteri per la definizione delle zone sismiche, con 12 diverse fasce di pericolosità sismica e con la conseguenza che i confini comunali non sono più coincidenti con un unico livello omogeneo di rischio.

L’entrata in vigore delle nuove “Norme Tecniche per le costruzioni” di cui al DM 14.1.2008 prolunga fino al 30 giugno.2009 la convivenza di tutte le norme citate comprese quelle riferite al DM 11.3.1988 e al DM 16.1.1996. Allo stato attuale si considera ancora valida la classificazione sismica di cui alla OPCM 3274/2003 ma ai fini del calcolo strutturale si prende a riferimento la proposta di zonizzazione, con le diverse fasce di pericolosità sismica, allegata alla OPCM 3519/06 (Fig.6).

Le nuove Norme Tecniche per le costruzioni hanno vigenza solo per gli edifici strategici di cui al D.P.C. del 21 ottobre 2003.

Per i comuni del Pati risulta una accelerazione massima al suolo compresa tra 0,050g e 0,075g, come indicato nella mappa sottostante, espressa in termini di accelerazione massima su suolo rigido *convenzionale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico (ag)*.

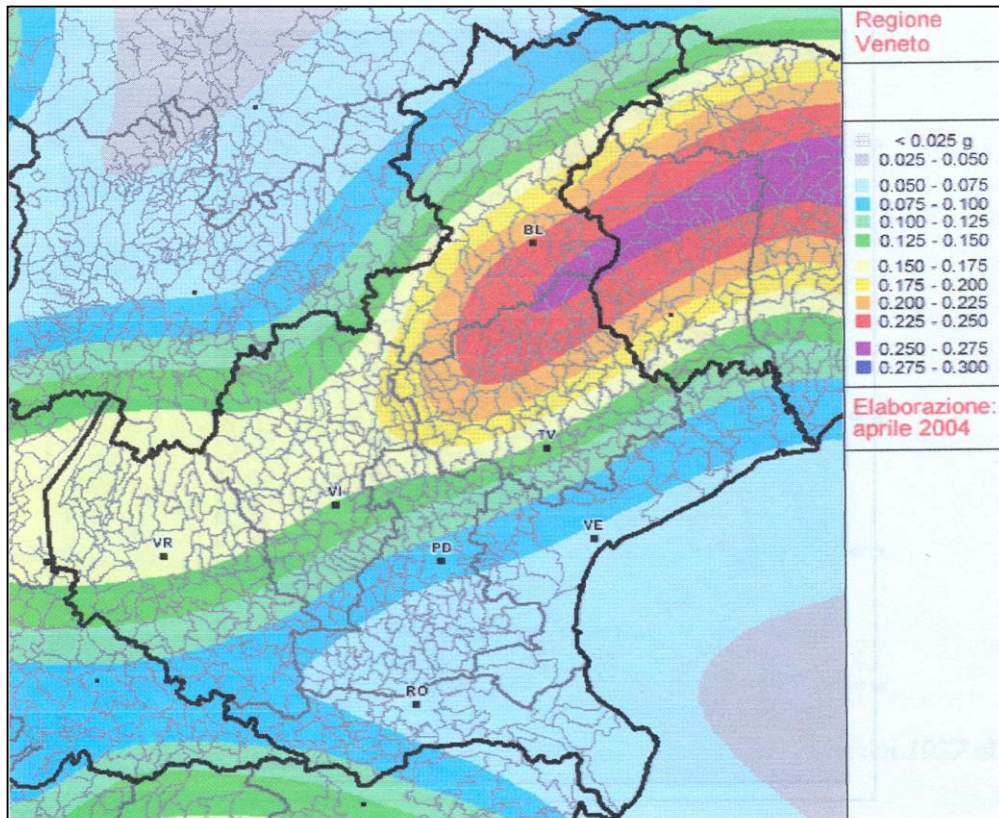


Fig. 12.1: Mappa di pericolosità sismica regionale

In ossequio alle direttive previste dallo stesso decreto D.M. 14 gennaio 2008 e nuovi aggiornamenti 17 gennaio 2018, sono state attenzionate le problematiche riguardanti il fattore pericolosità sismica

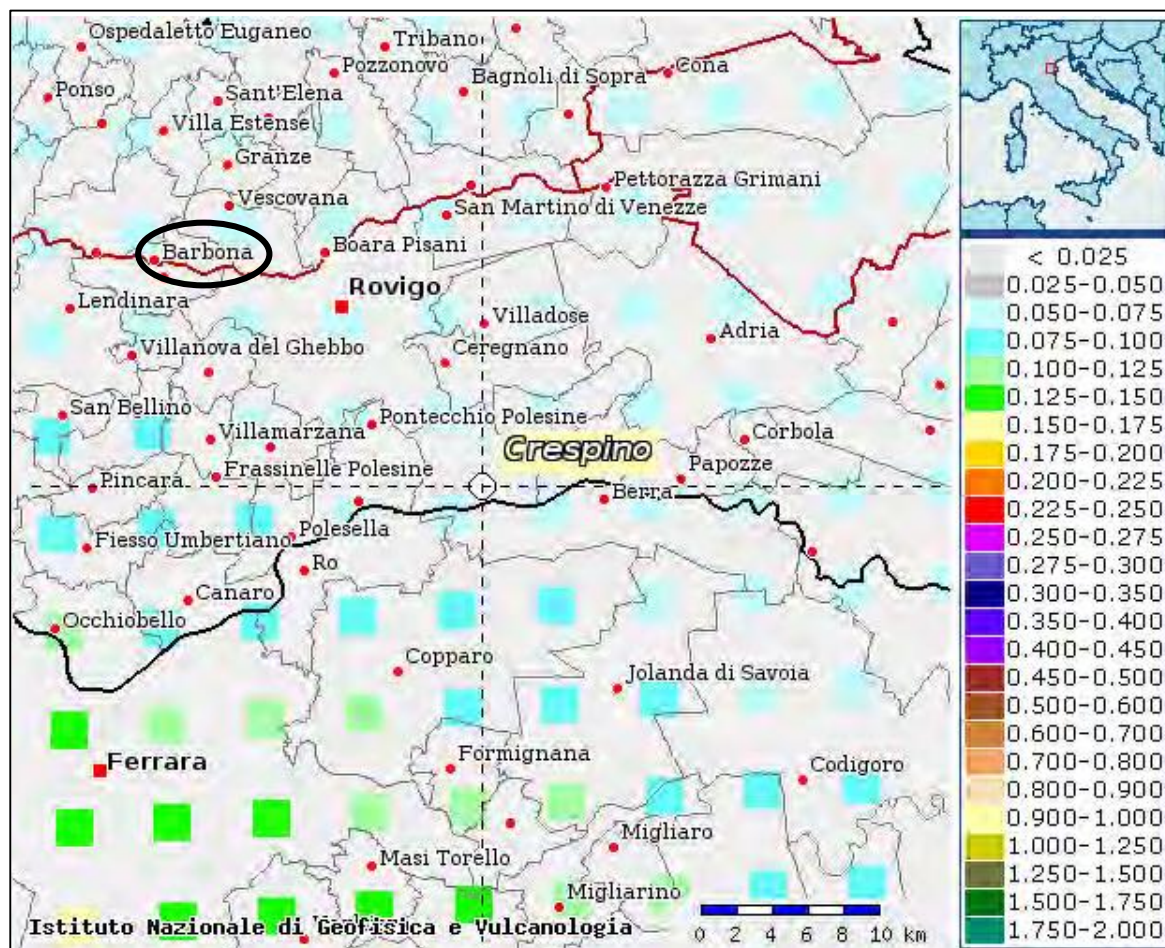
	IMPIANTO AGRIVOLTAICO POTENZA NOMINALE (DC) 15,48 MWp - POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 13,01 MW Comune di Barbona (PD)	Rev.	0
	22-00062-IT-BARBONA_RS-R05 RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA	Pag.	33 di 53


locale, che rappresenta il primo passo per la riduzione del rischio sismico. È necessario, tenere conto delle condizioni stratigrafiche del volume di terreno interessato dall'opera ed anche delle condizioni topografiche, poiché entrambi questi fattori concorrono a modificare l'azione sismica in superficie rispetto a quella attesa su un sito rigido con superficie orizzontale. Tali modifiche, in ampiezza, durata e contenuto in frequenza, sono il risultato della risposta sismica locale.

La pericolosità sismica, intesa come la misura dello scuotimento al suolo atteso in un dato sito, è legata, oltre che alle caratteristiche sismo-tettoniche dell'area e alla propagazione delle onde ed anche alle caratteristiche geologiche locali denominata "risposta sismica locale". Si denomina "risposta sismica locale" l'azione sismica quale emerge in "superficie" a seguito delle modifiche in ampiezza, durata e contenuto in frequenza subite trasmettendosi dal substrato rigido. È noto, infatti, che in occasione di eventi sismici di una certa rilevanza, si verificano effetti differenti connessi a particolari condizioni geologico-geomorfologiche detti effetti stratigrafici e topografici:

- **effetti stratigrafici**, legati alla successione stratigrafica, alle proprietà meccaniche dei terreni, alla geometria del contatto tra il substrato rigido e i terreni sovrastanti ed alla geometria dei contatti tra gli strati di terreno;
- **effetti topografici**, legati alla configurazione topografica del piano campagna.

La modifica delle caratteristiche del moto sismico per effetto della geometria superficiale del terreno va attribuita alla focalizzazione delle onde sismiche in prossimità della cresta dei rilievi a seguito dei fenomeni di riflessione delle onde sismiche ed all'interazione tra il campo d'onda incidente e quello rifratto. I fenomeni di amplificazione cresta-base aumentano in proporzione al rapporto tra l'altezza del rilievo e la sua larghezza. Questi effetti, producono danni anche molto diversificati su manufatti di caratteristiche strutturali analoghe, situati anche a breve distanza.



	IMPIANTO AGRIVOLTAICO POTENZA NOMINALE (DC) 15,48 MWp - POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 13,01 MW Comune di Barbona (PD)	Rev.	0
	22-00062-IT-BARBONA_RS-R05 RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA	Pag.	34 di 53

Le categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato sono definite in Tab. 3.2.II (A, B, C, D, E) della normativa vigente in materia antisismica NTC 2018. Per condizioni topografiche complesse è necessario predisporre specifiche analisi di risposta sismica locale, per configurazioni superficiali semplici si può adottare la classificazione definita in (Tab. 3.2.III – T1, T2, T3 T4) della normativa vigente in materia antisismica, vedi – Nuova Normativa Antisismica del 17/01/2018.


12.3 METODOLOGIA SISMICA ADOPERATA E STRUMENTAZIONE UTILIZZATA

Le indagini geosismiche sono state realizzate avvalendosi del metodo sismico che utilizza l'acquisizione del "rumore sismico" di fondo come funzione di eccitazione. Il rumore sismico, generato dai fenomeni atmosferici (onde oceaniche, vento) e dall'attività antropica, è presente ovunque sulla superficie terrestre, si chiama anche *micro-tremore* poiché riguarda oscillazioni molto più piccole di quelle indotte dai terremoti nel campo prossimo all'epicentro.

I micro-tremori sono solo in parte costituiti da onde di volume, P o S. In essi giocano un ruolo fondamentale le onde superficiali, che hanno velocità prossime a quella delle onde S (vedi ad es. Lachet e Bard, 1994), il che spiega la dipendenza di tutta la formulazione dalla velocità di queste ultime. Dai primi studi di "Kanai" (1957) in poi, diversi metodi sono stati proposti per estrarre l'informazione relativa al sottosuolo dal rumore sismico registrato in un sito. Tra questi, la tecnica che si è maggiormente consolidata nell'uso è quella dei "rapporti spettrali" tra le componenti del moto orizzontale e quella verticale ("Horizontal to Vertical Spectral Ratio", HVSR o H/V), proposta da "Nogoshi e Igarashi" (1970) e resa popolare da Nakamura (1989). Tale tecnica è universalmente riconosciuta come efficace nel fornire stime affidabili della "*frequenza fondamentale di risonanza*" del sottosuolo indagato ("Field e Jacob", 1993; "Lachet e Bard", 1994; "Lermo e Chavez-Garcia", 1993, 1994; "Bard", 1998; "Ibsvon Seht e Wohlenberg", 1999; "Fah et al.", 2001; solo per citarne alcune), così come è altrettanto riconosciuto che le ampiezze di detti rapporti spettrali H/V rappresentino un indicatore dell'amplificazione "minima" attesa al sito, in caso di terremoto. In altre parole, se consideriamo un terremoto composto di onde di volume (dominanti nella prima fase - primi secondi – dell'evento) e di onde di superficie (dominanti nella seconda fase del terremoto), l'amplificazione registrata con il micro-tremore coincide con quella attesa per il treno di onde di superficie del terremoto (il cosiddetto "sciame" del terremoto) mentre può essere inferiore a quella reale nei primi secondi del terremoto. Tale tecnica si fonda, infatti, su un segnale composto per la maggior parte da onde di superficie (Rayleigh e Love che sono quelle che provocano i maggiori danni nei terremoti a causa della loro ampiezza) e sfrutta la proprietà per cui la componente spettrale verticale (Rayleigh) si annulla in corrispondenza delle auto-frequenze dell'onda di volume SH questo è il motivo per cui si osserva un massimo nella curva H/V in corrispondenza di queste frequenze. Un suolo vibra con maggiore ampiezza a specifiche frequenze, per l'appunto di risonanza, non solo quando è eccitato da un terremoto ma anche quando è eccitato da un tremore di qualsiasi origine. Questo fa sì che la misura delle auto-frequenze dei terreni sia possibile ovunque ed in modo semplice, anche in assenza di terremoti.

Le misure di "micro-tremore sismico ambientale" sono state effettuate per mezzo di un *tromografo digitale portatile progettato per l'acquisizione del rumore sismico. Lo strumento (Tromino®Engy, Micromed SpA, 10 x 7 x 14 cm per 1 kg di peso)* è dotato di: sei canali connessi a tre sensori elettrodinamici (velocimetri) ad alta risoluzione disposti secondo tre direzioni ortogonali (N-S, E-W e verticalmente), più un canale per il segnale GPS e un canale analogico con trigger esterno per l'applicazione di sismica attiva.

I dati di rumore, amplificati e digitalizzati a 24 bit equivalenti, sono stati acquisiti alla frequenza di campionamento di 128 Hz e per una finestra temporale di 20 minuti su terreno naturale, lo strumento

	IMPIANTO AGRIVOLTAICO POTENZA NOMINALE (DC) 15,48 MWp - POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 13,01 MW Comune di Barbona (PD)	Rev.	0
	22-00062-IT-BARBONA_RS-R05 RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA	Pag.	35 di 53

è stato orientato in direzione Nord, le condizioni meteorologiche durante la misura: si presentava cielo sereno temperatura 29°C circa, vento 10 km/h S.E.

Lo strumento memorizza i dati in una scheda di memoria interna da 1 Gb, evitando così la presenza di qualsiasi cavo che possa introdurre rumore meccanico od elettronico.

TROMINO® ENGINEERING permette di misurare anche le vibrazioni potenzialmente dannose negli edifici e nelle strutture, analizzando il picco di velocità /o accelerazione per ogni frequenza a suolo e sui fabbricati, in quanto il *rapporto spettrale H/V* (componenti orizzontali X-Y in rapporto alla verticale Z) del micro tremore ambientale (sismica passiva) determina sia la frequenza di risonanza del terreno naturale che di quella di fabbricati e strutture, da cui derivare la presenza o meno della condizione di "doppia risonanza" indice di vulnerabilità sismica di un'opera.


Il TROMINO® ENGY in combinazione con un Sistema Trigger, comprensivo di cavo di lunghezza 50 metri, geofono con puntale verticale, frequenza propria 4.5 Hz, permette di effettuare la prova attiva di tipo ARRAY-MASW (usando un solo canale per volta) e sismica a rifrazione a piccola scala. Questa combinazione permette di effettuare un fit congiunto delle due prove, questo approccio misto di tecniche in array attiva e tecniche a stazione singola passiva si rivela ideale in quanto la prova in array fornisce il vincolo per il fit della prova H/V anche in assenza di sondaggi e la prova H/V permette di ottenere profili di sottosuolo in termini di Vs fino a profondità maggiori di quelle raggiungibili dalla sola prova in array attiva.

Una mappa bidimensionale (mappa 2-D) può essere costruita accostando e sovrapponendo più profili 1-D consecutivi ed utilizzando un contouring software.

Ubicazione indagini sismiche foto aerea *Fonte: Google Earth Pro*



Acquisizioni sismiche effettuate in situ, denominate: TR1-TR2-TR3- TR4

	IMPIANTO AGRIVOLTAICO POTENZA NOMINALE (DC) 15,48 MWp - POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 13,01 MW Comune di Barbona (PD)	Rev. 0
	22-00062-IT-BARBONA_RS-R05 RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA	Pag. 36 di 53

12.4 ELABORATI SISMICI

- TR1: FW BARBONA (PD)

TROMINO® *Grilla*
www.tromino.eu

Instrument: TEP-0200/01-12

Data format: 16 byte

Full scale [mV]: n.a.

Start recording: 24/11/22 11:48:31 End recording: 24/11/22 12:08:31

Channel labels NORTH SOUTH; EAST WEST; UP DOWN; north south; east west; up down

GPS location: 011°42.3538 E, 45°06.2633 N (2.9 m)

Satellite no.: 05

Trace length: 0h20'00". Analyzed 78% trace (manual window selection)

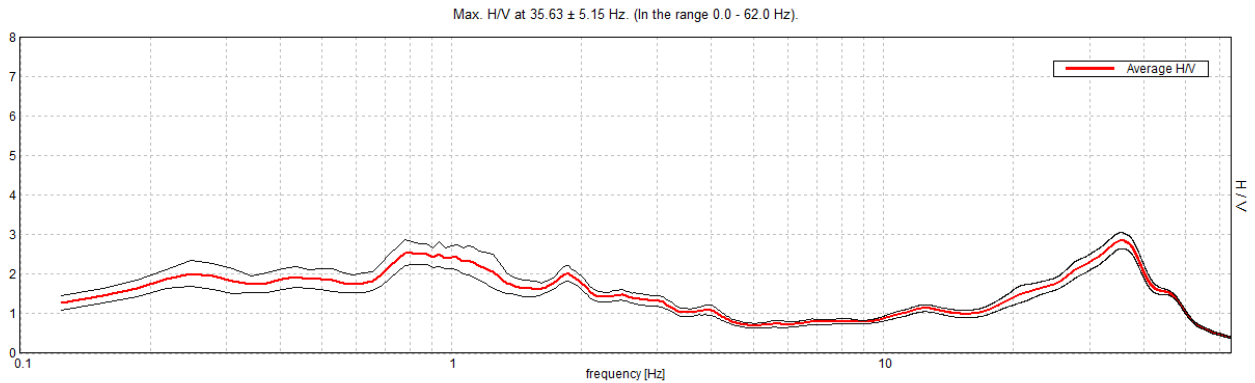
Sampling rate: 128 Hz

Window size: 20 s

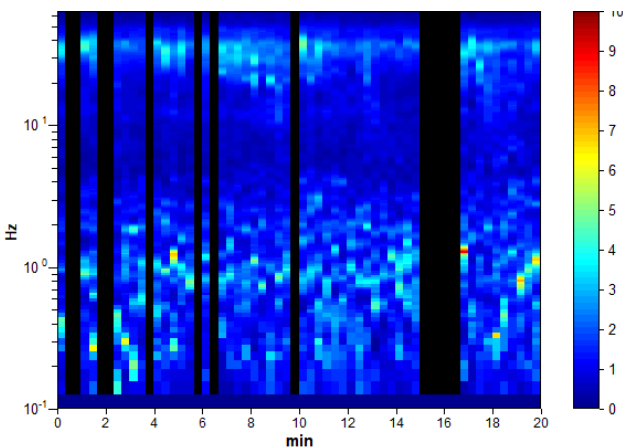
Smoothing type: Triangular window

Smoothing: 10%

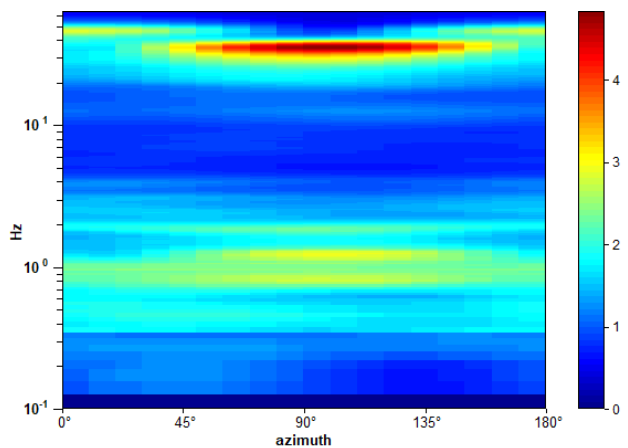
HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO



H/V TIME HISTORY

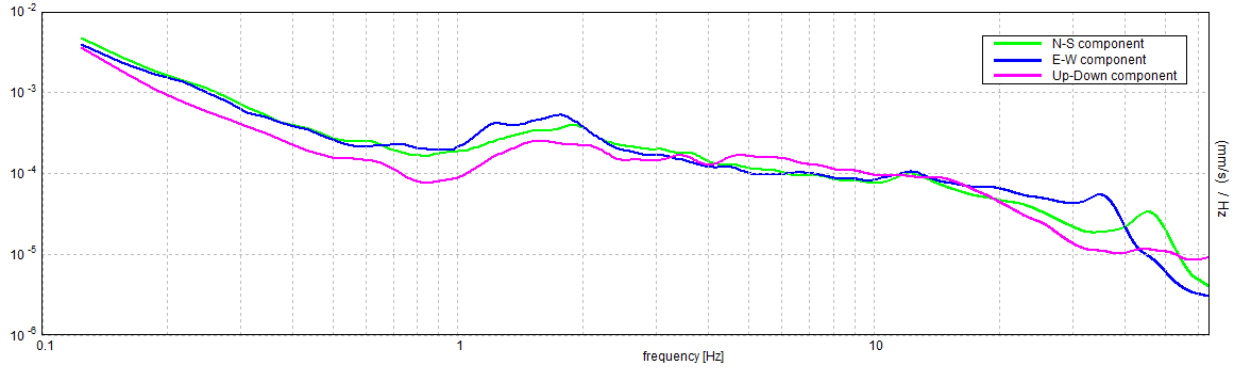


DIRECTIONAL H/V



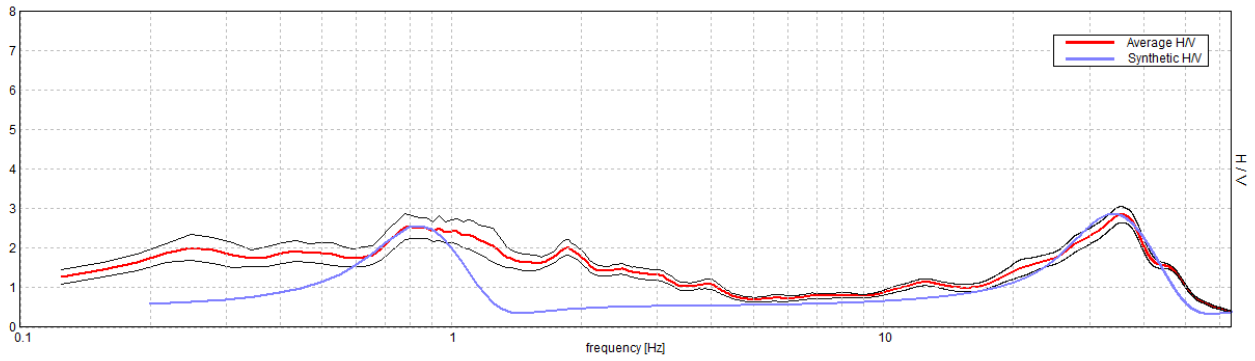
	IMPIANTO AGRIVOLTAICO POTENZA NOMINALE (DC) 15,48 MWp - POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 13,01 MW Comune di Barbona (PD)	Rev.	0
	22-00062-IT-BARBONA_RS-R05 RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA	Pag.	37 di 53

SINGLE COMPONENT SPECTRA




EXPERIMENTAL vs. SYNTHETIC H/V

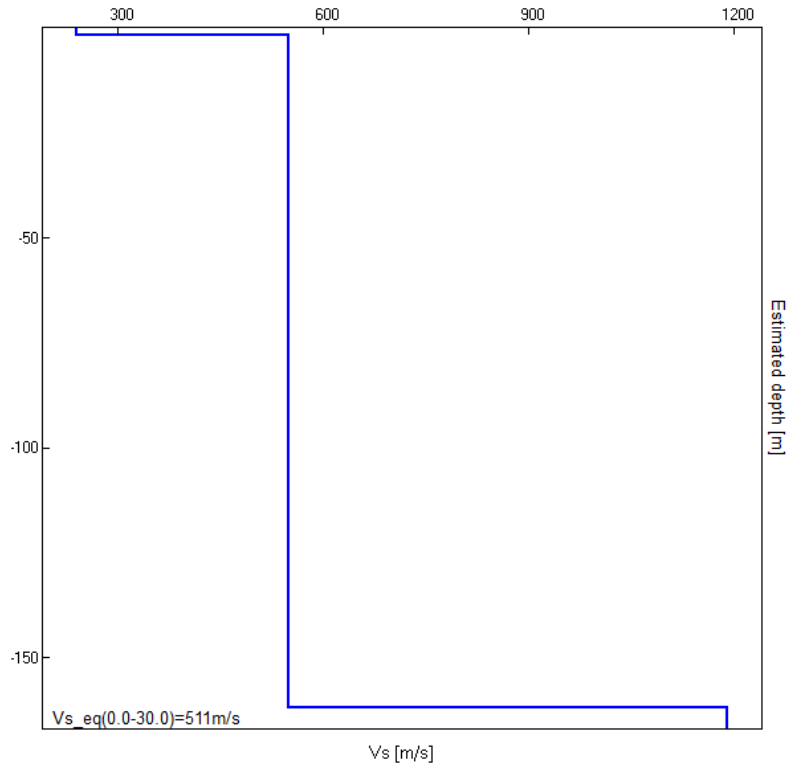
Max. H/V at 35.63 ± 5.15 Hz. (In the range 0.0 - 62.0 Hz).



Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
1.78	1.78	240	0.35
161.78	160.00	550	0.36
inf.	inf.	1190	0.42

Vs_eq (0.0-30.0) = 511 m/s


	IMPIANTO AGRIVOLTAICO POTENZA NOMINALE (DC) 15,48 MWp - POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 13,01 MW Comune di Barbona (PD)	Rev. 0
	22-00062-IT-BARBONA_RS-R05 RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA	Pag. 38 di 53



DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



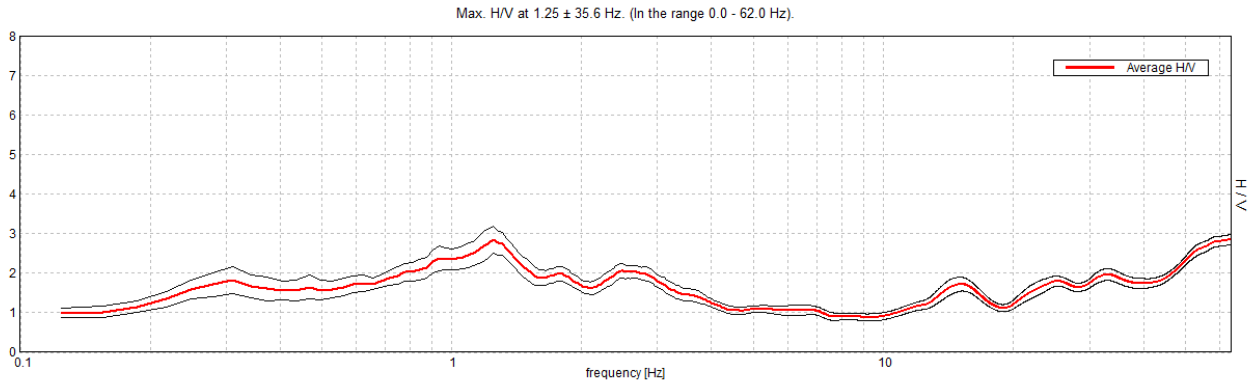
TR1: Acquisizione sismica effettuata nell'area interessata dall'impianto

	IMPIANTO AGRIVOLTAICO POTENZA NOMINALE (DC) 15,48 MWp - POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 13,01 MW Comune di Barbona (PD)	Rev. 0
	22-00062-IT-BARBONA_RS-R05 RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA	Pag. 39 di 53

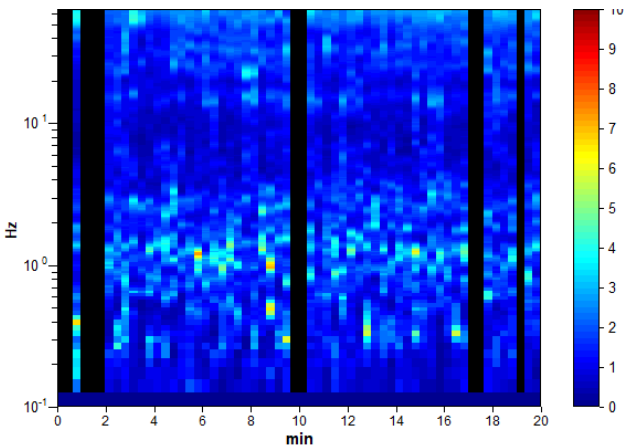
TR2: BARBONA (PD)

Instrument: TEP-0200/01-12
 Data format: 16 byte
 Full scale [mV]: n.a.
 Start recording: 24/11/22 13:25:43 End recording: 24/11/22 13:45:43
 Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST; UP DOWN; north south; east west; up down
GPS location: 011°42.0499 E, 45°06.6470 N (8.5 m)
 Satellite no.: 06
 Trace length: 0h20'00". Analyzed 83% trace (manual window selection)
 Sampling rate: 128 Hz
 Window size: 20 s
 Smoothing type: Triangular window
 Smoothing: 10%

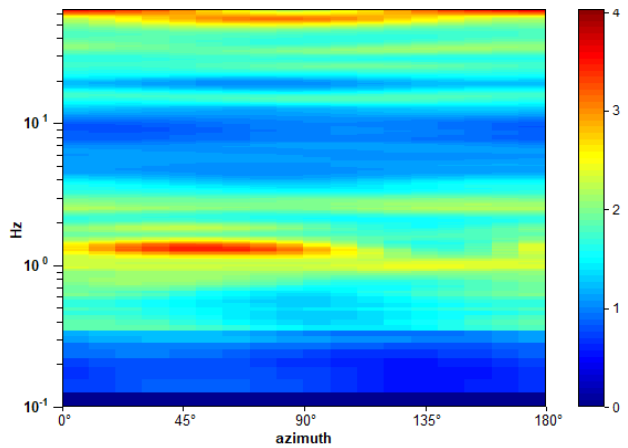
HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO




H/V TIME HISTORY

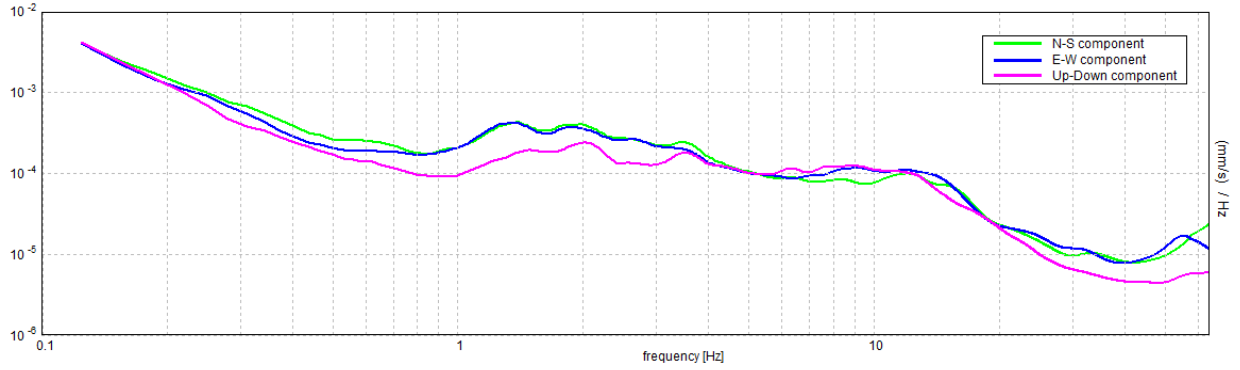


DIRECTIONAL H/V

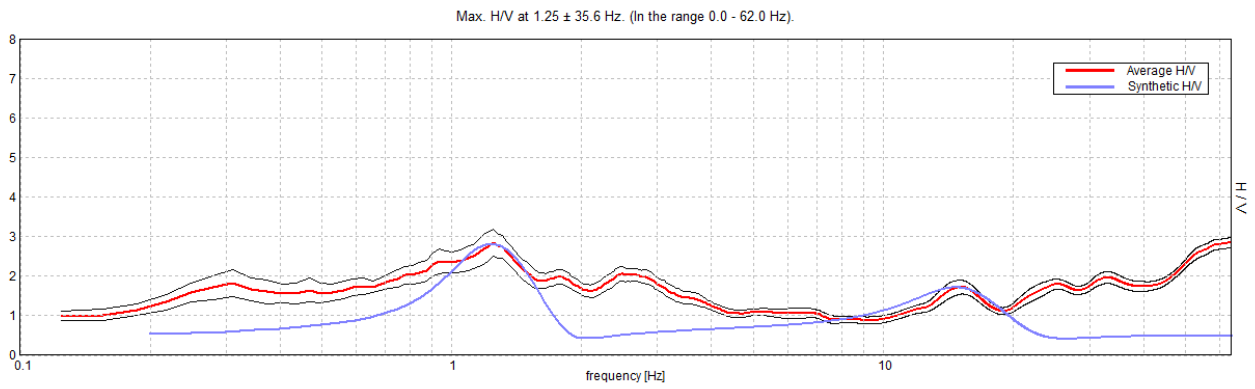


	IMPIANTO AGRIVOLTAICO POTENZA NOMINALE (DC) 15,48 MWp - POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 13,01 MW Comune di Barbona (PD)	Rev. 0
	22-00062-IT-BARBONA_RS-R05 RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA	Pag. 40 di 53

SINGLE COMPONENT SPECTRA




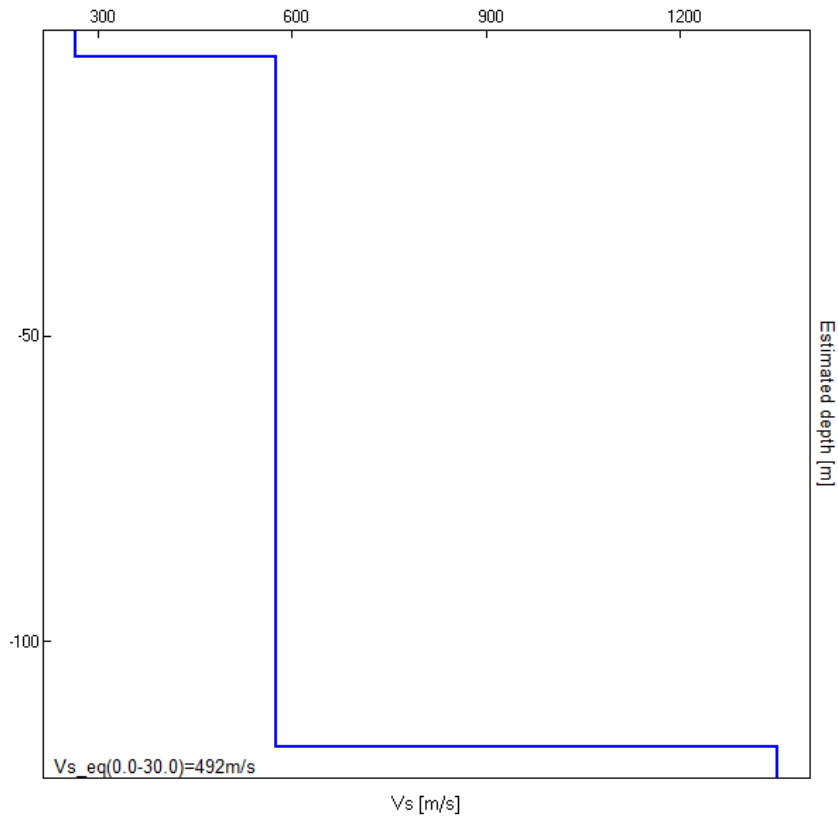
EXPERIMENTAL vs. SYNTHETIC H/V



Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
4.32	4.32	265	0.30
117.32	113.00	575	0.32
inf.	inf.	1351	0.38

Vs_eq (0.0-30.0) = 492 m/s


	IMPIANTO AGRIVOLTAICO POTENZA NOMINALE (DC) 15,48 MWp - POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 13,01 MW Comune di Barbona (PD)	Rev.	0
	22-00062-IT-BARBONA_RS-R05 RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA	Pag.	41 di 53



DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



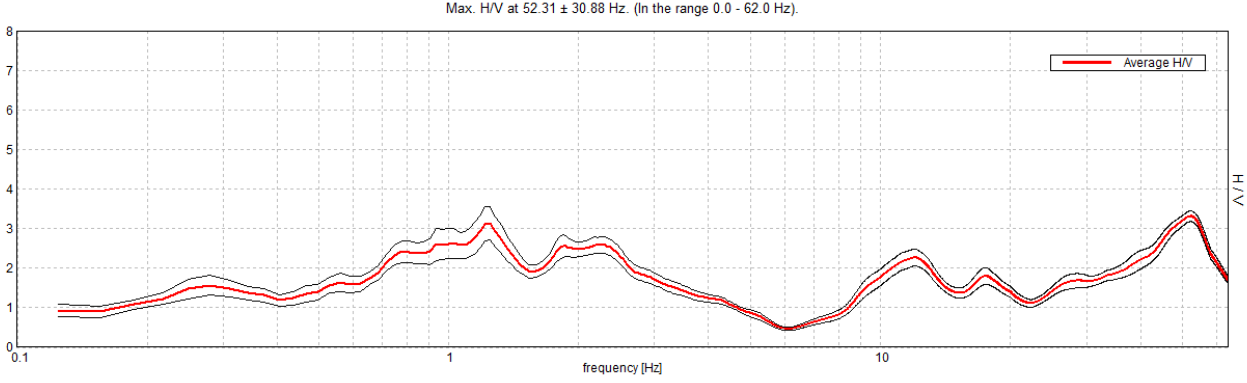
TR2: Acquisizione sismica effettuata nell'area interessata dall'impianto

	IMPIANTO AGRIVOLTAICO POTENZA NOMINALE (DC) 15,48 MWp - POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 13,01 MW Comune di Barbona (PD)	Rev. 0
	22-00062-IT-BARBONA_RS-R05 RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA	Pag. 42 di 53

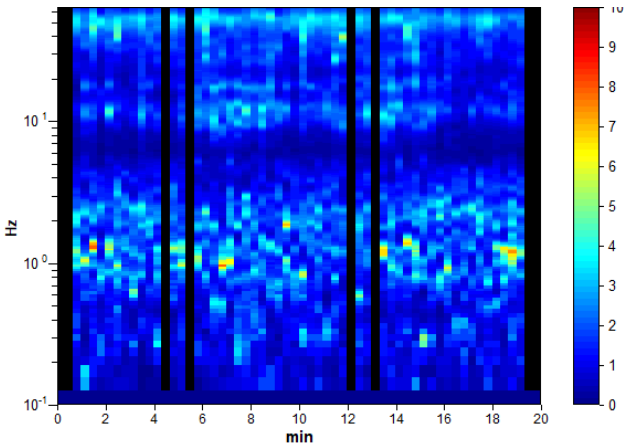
TR3 e TR4: BARBONA (PD)

Instrument: TEP-0200/01-12
 Data format: 16 byte
 Full scale [mV]: n.a.
 Start recording: 24/11/22 14:01:13 End recording: 24/11/22 14:21:13
 Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST; UP DOWN; north south; east west; up down
GPS location: 011°42.2526 E, 45°06.4768 N (4.1 m)
 Satellite no.: 05
 Trace length: 0h20'00". Analyzed 87% trace (manual window selection)
 Sampling rate: 128 Hz
 Window size: 20 s
 Smoothing type: Triangular window
 Smoothing: 10%

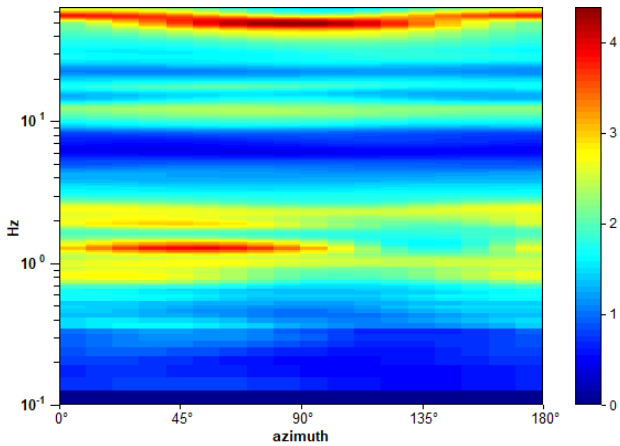
HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO




H/V TIME HISTORY

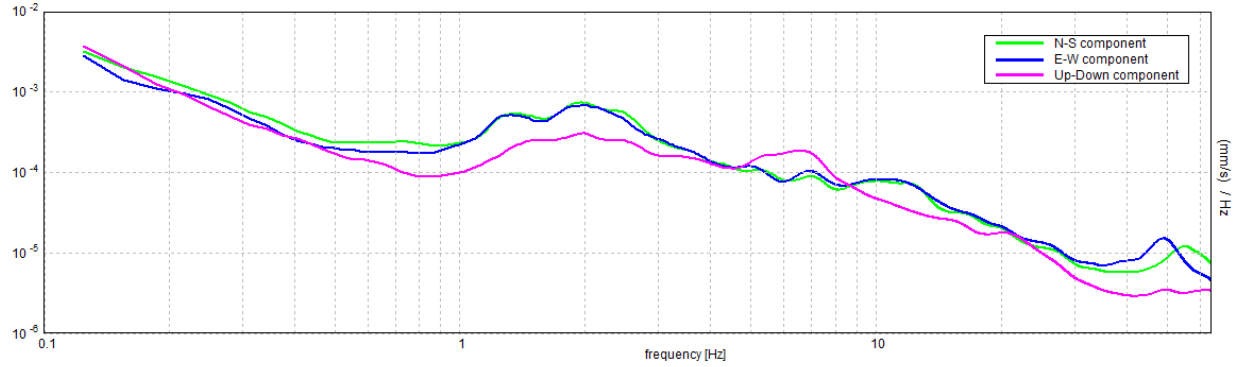


DIRECTIONAL H/V

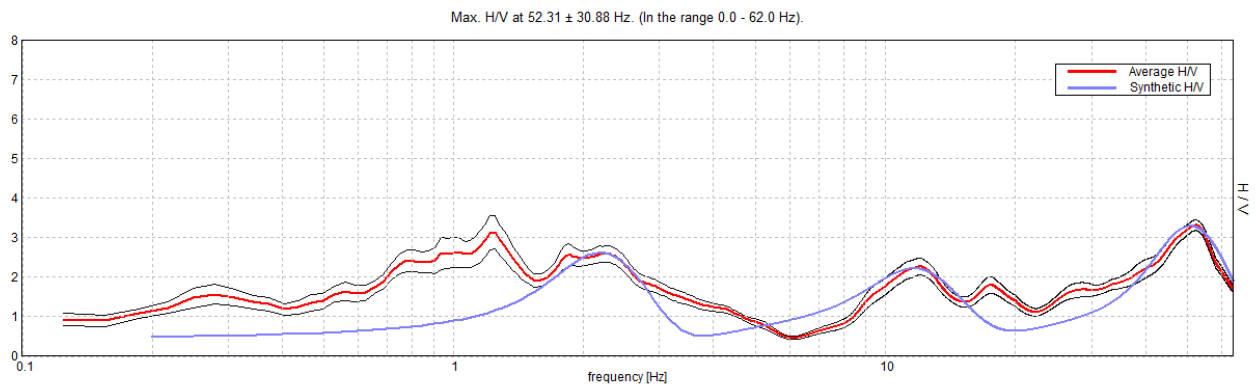


	IMPIANTO AGRIVOLTAICO POTENZA NOMINALE (DC) 15,48 MWp - POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 13,01 MW Comune di Barbona (PD)	Rev. 0
	22-00062-IT-BARBONA_RS-R05 RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA	Pag. 43 di 53

SINGLE COMPONENT SPECTRA




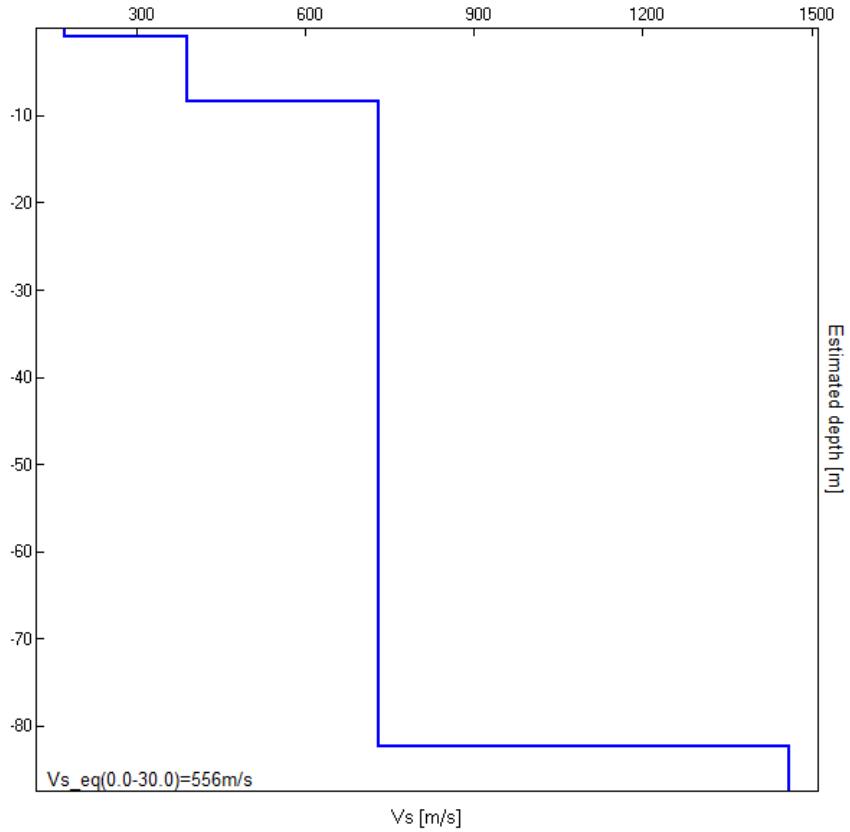
EXPERIMENTAL vs. SYNTHETIC H/V



Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
0.88	0.88	173	0.37
8.38	7.50	390	0.37
82.38	74.00	730	0.40
inf.	inf.	1460	0.40

Vs_eq (0.0-30.0) = 556 m/s

	IMPIANTO AGRIVOLTAICO POTENZA NOMINALE (DC) 15,48 MWp - POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 13,01 MW Comune di Barbona (PD)	Rev. 0
	22-00062-IT-BARBONA_RS-R05 RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA	Pag. 44 di 53



DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



TR3 e TR4: Acquisizione sismica effettuata nell'area interessata dall'impianto

	IMPIANTO AGRIVOLTAICO POTENZA NOMINALE (DC) 15,48 MWp - POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 13,01 MW Comune di Barbona (PD)	Rev.	0
	22-00062-IT-BARBONA_RS-R05 RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA	Pag.	45 di 53

TROMINO® Grilla
www.tromino.eu

12.5 CARATTERISTICHE SISMO-STRATIGRAFICHE LOCALI

Il modello, geologico stratigrafico, interpretativo fornito con le acquisizioni di sismica passiva denominate "TR1-TR2-TR3 e TR4", ha permesso di fornire una stima affidabile della "frequenza fondamentale di risonanza" del sottosuolo indagato e di localizzare ed evidenziare i fattori che rivestono grande importanza per la valutazione della risposta sismica locale quali: spessore delle coperture, delle coltri di alterazione e della profondità del bed-rock con alta precisione di seguito descritti:

TR1

La correlazione tra le unità sismo-stratigrafiche e litologie investigate è di seguito riassunta


Depth at the bottom of the layer [m]	Sismo-strati (modello litostratigrafico)	Vp [m/s]	Vs [m/s]	Poisson ratio	Y t/m ³
0.00 - 1.78	Argille limose di media consistenza	500	240	0.35	1.80
1.78 – 161.78	Livello stratigrafico costituito da limi sabbiosi passanti con la profondità a rocce sedimentarie tenere	1176	550	0.36	2.00
161.78 - inf.	Rocce stratificate a consistenza lapidea costituenti il bed-rock	3204	1190	0.42	2.20

La registrazione HVSR eseguita della durata 20 minuti mostra un chiaro picco del rapporto H/V a frequenza Max. **H/V at 35.63 ± 5.15 Hz** (in the range 0.0 - 62.0 Hz) e rientra nei criteri di validazione SESAME.

TR2

La correlazione tra le unità sismo-stratigrafiche e litologie investigate è di seguito riassunta

Depth at the bottom of the layer [m]	Sismo-strati (modello litostratigrafico)	Vp [m/s]	Vs [m/s]	Poisson ratio	Y t/m ³
0.00 - 4.32	Limi sabbiosi di media- buona consistenza	496	265	0.30	1.90
4.32 – 117.32	Livello stratigrafico costituito da limi sabbiosi passanti con la profondità a rocce sedimentarie tenere	1118	575	0.32	2.00
117.32 - inf.	Rocce stratificate a consistenza lapidea costituenti il bed-rock	3271	1351	0.38	2.20

	IMPIANTO AGRIVOLTAICO POTENZA NOMINALE (DC) 15,48 MWp - POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 13,01 MW Comune di Barbona (PD)	Rev.	0
	22-00062-IT-BARBONA_RS-R05 RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA	Pag.	46 di 53

La registrazione HVSR eseguita della durata 20 minuti mostra un chiaro picco del rapporto H/V a frequenza Max. **H/V at 1.25 ± 35.6 Hz** (in the range 0.0 - 62.0 Hz) e rientra nei criteri di validazione SESAME.

TR3 e TR4

La correlazione tra le unità sismo-stratigrafiche e litologie investigate è di seguito riassunta

Depth at the bottom of the layer [m]	Sismo-strati (modello litostratigrafico)	Vp [m/s]	Vs [m/s]	Poisson ratio	Y t/m ³
0.00 - 0.88	Argille con torba di scarsa consistenza	381	173	0.37	1.70
0.88 – 8.38	Livello stratigrafico costituito da sabbie e ghiaie	859	390	0.37	2.00
8.38 – 82.38	Rocce stratificate molto consistenti	1788	730	0.40	2.20
82.38 - inf.	Rocce stratificate a consistenza lapidea costituenti il bed-rock	3576	1460	0.40	2.20

La registrazione HVSR eseguita della durata 20 minuti mostra un chiaro picco del rapporto H/V a frequenza Max. **H/V at 52.31 ± 30.88 Hz** (in the range 0.0 - 62.0 Hz) e rientra nei criteri di validazione SESAME.


Il profilo stratigrafico che tali tecniche possono restituire, si basa sul concetto di contrasto d'impedenza cosicché per strato si intende un'unità distinta da quella di sopra e sottostante per un contrasto di impedenza, ossia per il diverso rapporto tra i prodotti della velocità delle onde sismiche di un mezzo per la densità del mezzo stesso. L'uso di algoritmi di calcolo, finalizzati ad una modellizzazione sintetica dello spettro H/V, permette d'associare ad ogni picco spettrale le possibili "variazioni" presenti nel sottosuolo in termini di spessori, profondità e velocità di propagazione delle onde di taglio. Ciascun picco nel grafico H/V corrisponde ad un livello stratigrafico (riflettore sismico) che presenta un contrasto d'impedenza rispetto al livello confinante; maggiore è il contrasto d'impedenza maggiore risulta l'ampiezza del picco amplificativo sebbene la relazione tra le due variabili non sia lineare.

I parametri sismici riportati nelle tabelle esprimono le seguenti caratteristiche:

- spessore strato espresso in (m)
- Vp: velocità delle onde longitudinali o di compressione P in (m/s)
- Vs: velocità delle onde di trasversali o di taglio S in (m/s)
- ν : modulo di rigidità, rapporto di Poisson
- Y: densità in t/m³
- f(i): frequenza rilevata in Hz

La conoscenza contemporanea delle velocità in situ delle onde P ed S consente di ricavare i moduli elastici dei terreni, i quali dipendono da rapporto esistente tra le due velocità in situ.

Infatti, il **coefficiente di Poisson**, dato dal rapporto tra la deformazione trasversale e longitudinale del materiale, fornisce un criterio di valutazione della elasticità o della plasticità di un litotipo che è legato al grado di litificazione, alla porosità e al grado di saturazione del litotipo stesso; pertanto, è legato strettamente agli stessi parametri da cui dipendono le velocità di propagazione delle onde nei mezzi.

	IMPIANTO AGRIVOLTAICO POTENZA NOMINALE (DC) 15,48 MWp - POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 13,01 MW Comune di Barbona (PD)	Rev.	0
	22-00062-IT-BARBONA_RS-R05 RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA	Pag.	47 di 53

12.6 CATEGORIA DI SOTTOSUOLO AI FINI DELLA DEFINIZIONE DELL’AZIONE SISMICA DI PROGETTO

Dalla individuazione della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio “Vs” generate in corrispondenza del punto di indagine è stato possibile determinare la velocità di propagazione media di tali onde entro i primi metri di terreno attraversato (Vs_eq); successivamente, attraverso questo parametro ed ai sensi della normativa vigente in materia antisismica, – Nuova Normativa Antisismica del 17/01/2018, è stato possibile effettuare la classificazione del sottosuolo, con il metodo della tecnica sismica passiva a stazione singola, la quale secondo la Normativa sopracitata è verosimilmente quella che ha più aspetti positivi perché misura (e non “deriva” da altri N parametri) le frequenze di risonanza senza limiti di profondità nell’intervallo di interesse geotecnico e strutturale e in modo molto rapido e non invasivo.

Di particolare importanza è a “*frequenza fondamentale di risonanza*” (fr) dello strato i-esimo relativa alle onde “S” è pari a:

$$fr = Vs \text{ i-esimo} / 4H \quad (1)$$

La “*frequenza fondamentale di risonanza*” è la prima frequenza naturale di vibrazione del deposito stratigrafico, per frequenza naturale fondamentale si intende la frequenza più bassa di tutte quindi la più profonda, è la frequenza a cui un sistema eccitato da un impulso vibra con maggiore ampiezza ed è il reciproco del periodo fondamentale.

L’analisi H/V permette pertanto di identificare i “*contrast di impedenza*” tra strati, la successiva determinazione della velocità delle “onde S” fino a profondità notevoli (ben oltre i 100 m di profondità) e strettamente dipendenti dallo spazio temporale di acquisizione; quindi l’elaborazione della Vs,eq, avviene attraverso una formulazione specifica adottando come punto di partenza la relazione (1) sopra riportata. Per i nostri scopi, la determinazione della velocità equivalente delle onde di taglio (onde S) entro i primi H metri di spessore ha permesso di definire il parametro Vs,eq e di poter altresì caratterizzare i terreni in esame ai sensi dell’*Ordinanza 3274 – Nuova Normativa Antisismica del 20/03/2003 e D.M. 14/01/2008 e nuovi aggiornamenti del 17/01/2018* e succ. mod. ed integrazioni. La determinazione dell’andamento dei valori delle onde di taglio entro i primi H metri di terreno è stata resa possibile dall’interpretazione congiunta del profilo H/V in comparazione con la curva degli spettri di ampiezza. *L’individuazione delle discontinuità è infatti resa possibile quando in corrispondenza dei valori di frequenza di risonanza caratteristici nella curva H/V si realizza contestualmente una inversione nella componente verticale dello spettro di ampiezza.* Successivamente avendo noti sia lo spessore degli strati (ricavati dai sondaggi penetrometrici effettuati in situ) che i relativi valori di propagazione delle onde di taglio è stato possibile dare una classificazione del sottosuolo determinando i valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio, Vs,eq (in m/s) nei primi H metri, attraverso la seguente espressione:

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

con:

hi spessore dell’i-esimo strato;

Vs,i velocità delle onde di taglio nell’i-esimo strato;

N numero di strati;

H profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da VS non inferiore a 800 m/s.

	IMPIANTO AGRIVOLTAICO POTENZA NOMINALE (DC) 15,48 MWp - POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 13,01 MW Comune di Barbona (PD)	Rev.	0
	22-00062-IT-BARBONA_RS-R05 RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA	Pag.	48 di 53

Per le fondazioni superficiali, la profondità del substrato è riferita al piano di imposta delle stesse, mentre per le fondazioni su pali è riferita alla testa dei pali. Nel caso di opere di sostegno di terreni naturali, la profondità è riferita alla testa dell'opera. Per muri di sostegno di terrapieni, la profondità è riferita al piano di imposta della fondazione.

Per depositi con profondità H del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio $V_{s,eq}$ è definita dal parametro V_{S30} , ottenuto ponendo $H=30$ m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità. La Velocità Equivalente è ottenuta imponendo l'equivalenza tra i tempi di arrivo delle onde di taglio in un terreno omogeneo equivalente, di spessore pari a 30 m.

Nella precedente espressione "hi" è " $V_{s,i}$ " indicano lo "spessore" (in m) e la "velocità delle onde di taglio dello strato i-esimo (in m/sec), per un totale di N strati presenti nei primi 30 metri superiori, si è ottenuto un "valore medio ponderato" della "velocità delle onde di taglio" nei primi trenta metri, partendo dal piano campagna, pari a: $V_{s,eq} = V_{s30} = TR1 = 511$ m/s, $TR2 = 492$ m/s, $TR3 = 556$ m/s $TR4 = 554$.

Riferendosi alla descrizione stratigrafica secondo la tabella riportata nel Testo Unitario riguardante le "Norme tecniche per le costruzioni", ("D.M. del 14 gennaio 2008" e nuovi aggiornamenti del 17 gennaio 2018"), si definisce la "Categoria del sottosuolo di fondazione" relativamente al piano campagna per le aree interessate dall'impianto fotovoltaico **come Categoria di "tipo B"** e cioè: - "Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti" con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s, così come previsto dalla normativa sopra menzionata.

TR1

$V_{s_eq} = V_{s30}$ (m/s)	
Al p.c.	511,00

TR2


$V_{s_eq} = V_{s30}$ (m/s)	
Al p.c.	492,00

TR3

$V_{s_eq} = V_{s30}$ (m/s)	
Al p.c.	556,00

TR4

$V_{s_eq} = V_{s30}$ (m/s)	
Al p.c.	554,00

	IMPIANTO AGRIVOLTAICO POTENZA NOMINALE (DC) 15,48 MWp - POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 13,01 MW Comune di Barbona (PD)	Rev.	0
	22-00062-IT-BARBONA_RS-R05 RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA	Pag.	49 di 53

12.7 CONSIDERAZIONI GEOSISMICHE CONCLUSIVE

Il modello interpretativo fornito con l'acquisizione **sismica passiva TR1,TR2,TR3,TR4**, ha consentito di caratterizzare: sismicamente l'area in studio, fornire una stima affidabile della "frequenza fondamentale di risonanza" del sottosuolo analizzato e di localizzare ed evidenziare i fattori che rivestono grande importanza per la valutazione della risposta sismica locale quali: spessore delle coperture, delle coltri di alterazione e della profondità del bed-rock con alta precisione, a permesso di ricostruire il modello geologico stratigrafico del volume di terreno interessato dall'impianto di fotovoltaico, creando un profilo Sismo-Stratigrafico del sottosuolo ampiamente descritto nel paragrafo precedente (12.4).

In osservanza al Nuovo NTC di cui al D.M. del 14 Gennaio 2008 e nuovi aggiornamenti del 17/01/2018, ai fini dell'azione sismica di progetto, la stima del valore del **$V_{s,eq} = Vs_{30}$** (*velocità media delle onde di taglio nei primi 30 metri*), relative alle acquisizioni di sismica passiva con tromografo risulta essere pari a: **TR1: $V_{s,eq} = Vs_{30} = 511$ m/s, TR2: $V_{s,eq} = 492$ m/s, TR3: $V_{s,eq} = 556$ m/s, TR3: $V_{s,eq} = 554$ m/s**, misurato al piano campagna, quindi ai sensi del D.M. 17/01/18 **la categoria del suolo di fondazione per l'intera area interessata dall'impianto fotovoltaico risulta come "Categoria di tipo B"** e cioè: - "Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti" con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s, così come previsto dalla sopra menzionata.

Tenendo conto delle condizioni topografiche e in assenza di specifiche analisi di risposta sismica locale, si utilizzano i valori del *coefficiente di amplificazione topografico ST* riportati nella Tab.3.2. V della vigente normativa NTC 2018, in funzione delle categorie topografiche definite nella Tab. § 3.2.II e dell'ubicazione dell'opera o dell'intervento.

Quindi in considerazione alle condizioni Topografiche di progetto, i lotti in esame sono caratterizzati da una morfologia sub-pianeggiante, facendo rientrare il sito nella **categoria Topografica T1** (pendii con inclinazione media $i \leq 15^\circ$) per la quale si ha un valore del *fattore di amplificazione topografica* pari a **ST 1,0** secondo l'**EC8** e come riportato nella Tab. 3.2.V. della – Nuova Normativa Antisismica 2018.


Per le componenti orizzontali del moto e per le categorie di sottosuolo di fondazione definite nella formula § 3.2.2 riportata nella Normativa NTC 2018, la forma spettrale su sottosuolo di categoria A è modificata attraverso il coefficiente stratigrafico SS, il coefficiente topografico ST e il coefficiente CC che modifica il valore del periodo TC. Dove nella formula 3.2.2 **S** è il coefficiente che tiene conto della categoria di sottosuolo e delle condizioni topografiche mediante la relazione seguente $S = SS \cdot ST$ - [3.2.3] essendo SS il coefficiente di amplificazione stratigrafica (vedi Tab. 3.2.IV) e ST il coefficiente di amplificazione topografica (vedi Tab. 3.2.V);

Per le categorie di sottosuolo **B, C, D** ed **E** i coefficienti SS e CC possono essere calcolati, in funzione dei valori di F_0 e T_c relativi al sottosuolo di categoria A, mediante le *espressioni di Ss* (coefficiente di amplificazione stratigrafica) e di *Cc* (coefficiente della categoria del sottosuolo) fornite nella Tab. 3.2.IV, nelle quali $g = 9,81$ m/s, è l'accelerazione di gravità e T_c è espresso in secondi.

Si riportano le espressioni per la categoria B rilevata nell'area in studio:

Tab. 3.2.IV – Espressioni di S_s e di C_c

Categoria sottosuolo	S_s	C_c
A	1,00	1,00
B	$1,00 \leq 1,40 - 0,40 \cdot F_0 \cdot \frac{a_E}{g} \leq 1,20$	$1,10 \cdot (T_c')^{-0,20}$


	IMPIANTO AGRIVOLTAICO POTENZA NOMINALE (DC) 15,48 MWp - POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 13,01 MW Comune di Barbona (PD)	Rev.	0
	22-00062-IT-BARBONA_RS-R05 RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA	Pag.	50 di 53

Le condizioni topografiche locali non mostrano situazioni tali da far variare in termini negativi la risposta sismica del sito e/o provocare amplificazioni dell'ampiezza e durata delle onde sismiche.

Nuove Norme Tecniche per la Costruzione D.M. 17 gennaio 2018 <i>Categoria Suolo di fondazione: "B"</i> <i>Categoria Topografica "T1"</i>

Termini Imerese, lì 21/12/2022

Il Tecnico: Dott.ssa Geol. Concetta Pérez

	IMPIANTO AGRIVOLTAICO POTENZA NOMINALE (DC) 15,48 MWp - POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 13,01 MW Comune di Barbona (PD)	Rev.	0
	22-00062-IT-BARBONA_RS-R05 RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA	Pag.	51 di 53

13 CONSIDERAZIONI GEOLOGICO-TECNICHE CONCLUSIVE

- *Indicazioni progettuali*

Esaminate le caratteristiche geomorfologiche, geologiche, idrogeologiche, statiche del luogo e valutate le condizioni geotecniche e sismiche del sottosuolo attraverso i risultati acquisiti dalla campagna di indagini geognostiche rilevate nell'area in studio, sita nel territorio comunale di Barbona (PD), si esprime parere favorevole all'esecuzione delle opere in progetto, alle condizioni e con l'adozione dei parametrici geotecnici e sismici sopra menzionati (parag. 11 -12).

Da quanto detto precedentemente si prescrivono i seguenti interventi:

- 1) Adozione della fondazione compatibile con le resistenze del terreno in posto;
- 2) Impostazione del piano di fondazione ad una profondità adeguata al raggiungimento del substrato competente costituito da argille limose/limi sabbiosi di media-buona consistenza;
- 3) Realizzazione di un opportuno drenaggio onde favorire e non alterare l'attuale deflusso superficiale il quale ha un ulteriore fondamentale scopo che è quello di proteggere le strutture fondiarie da eventuali infiltrazioni che potrebbero destabilizzarli con conseguente variazione della resistenza di attrito e di amplificazione del segnale sismico locale;

Particolare attenzione dovrà essere posta nella posa delle fondazioni, infatti, dovrà necessariamente essere asportata l'intera copertura di alterazione della sottostante formazione, ovvero quegli orizzonti litologici che sono largamente influenzati dalle variazioni meteorologiche stagionali e dunque soggetti ad alterazione ed a perdita di resistenza meccanica, fino ad appoggiare le strutture fondali sugli orizzonti più integri, dove si iniziano a rilevare buone caratteristiche fisico meccaniche *i cui valori nel dettaglio sono riportati nel capitolo precedente "11" e "12" dedicato alla geotecnica e alla geofisica, valori che l'ingegnere progettista potrà utilizzare per la scelta della fondazione più consona da adottare per le opere strutturali riguardanti l'intero parco fotovoltaico.*

Le prove sismiche eseguite in campagna hanno consentito di individuare sia la categoria del suolo di fondazione, *ai sensi delle nuove Norme Tecniche delle costruzioni D.M. 17/01/2018*, mediante la misura del $V_{s,eq}$ che la sismo-stratigrafia del sito. Nella fattispecie i valori delle V_s equivalenti ottenute fanno sì che il sottosuolo *di fondazione* dell'area *interessata dall'impianto fotovoltaico* possa essere *attribuita*, la categoria di tipo "tipo B".

Per maggiori dettagli sul comportamento sismico che caratterizza il terreno di fondazione, si rimanda alle conclusioni ampiamente riportate nel capitolo "12" dedicato alla geofisica, dove sono riportati i valori dei parametri sismici e le proprietà elastiche dei mezzi attraversati sul sito di riferimento che il progettista dovrà tenere conto in sede di scelta di progetto.

Al momento delle prove il livello statico della prima falda acquifera è stato registrato alla profondità di - 1,00 m dal piano campagna.

Opportuno seguire degli accorgimenti per la durata dell'intero impianto fotovoltaico ed in particolare che l'area dell'impianto vada opportunamente protetta con una leggera risagomatura della superficie topografica e *la realizzazione di un sistema di canalette drenanti* per l'allontanamento rapido delle acque piovane, ed altre opere accessorie di natura idraulica che verranno realizzate in contropendenza per convogliare l'acqua di prima pioggia da un lato all'altro dell'impianto e convogliate lungo l'impluvi naturali presenti all'interno dei lotti esaminati, prevedendo anche eventuali tubazioni di raccordo interrato. Le canalette saranno realizzate *in leggera contropendenza* in scavo di forma trapezoidale con una sezione variabile in funzione della portata di progetto. Tutte le opere di regimazione rientreranno nell'ambito dell'Ingegneria naturalistica.

I sopralluoghi eseguiti sull'area interessata dall'Impianto Fotovoltaico e sui terreni attraversati dalle opere di connessione, necessarie al collegamento alla Rete Elettrica Nazionale, non hanno

	IMPIANTO AGRIVOLTAICO POTENZA NOMINALE (DC) 15,48 MWp - POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 13,01 MW Comune di Barbona (PD)	Rev.	0
	22-00062-IT-BARBONA_RS-R05 RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA	Pag.	52 di 53

evidenziato, segni di dissesti o movimenti gravitativi in atto, in quanto si osserva come i caratteri morfologici dell'area sono caratterizzati da ampie zone a morfologia pianeggiante interrotte da canali drenanti all'interno delle quali non si riscontrano fenomenologie particolari. Quindi attualmente l'area in studio, da un rilevamento geomorfologico di superficie, non risulta interessata da evidenti processi morfogenetici in atto, tali da comprometterne la stabilità. Per quanto detto la superficie netta interessata dall'impianto agri-fotovoltaico non risulta essere mappata a pericolosità e rischio geomorfologico né a pericolosità e rischio idraulico, così come risulta secondo i rilievi del P.A.I. (Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico del Bacino idrografico del Fiume Brenta-Bacchiglione D.lgs. 152/2006) della Regione Veneta, vedi "*Carta della Pericolosità Idraulica, tavola n° 132 del P.A.I.*", riportata in questa relazione fig. 8.1.

Per quanto riguarda la linea di connessione in cavo interrato, considerato che il cavidotto da realizzare sarà posizionato sul fondo di uno scavo in trincea a profondità non inferiore a 1 m, per un buon funzionamento, si consiglia di sostituire il materiale rimosso dal fondo trincea con un tappeto drenante, creando un "letto di posa" con materiale arido di idonea pezzatura e spessore. Per il rinterro dello scavo e per il posizionamento del cavidotto, è opportuno che la granulometria del terreno utilizzato sia omogenea e media (quella delle sabbie), allo scopo di salvaguardare l'integrità della condotta ed evitare le problematiche connesse all'infiltrazione di acqua. Sarà necessario eseguire a regola d'arte la porzione terminale dello scavo (verso la superficie), realizzando la sede stradale in tutti i suoi strati per evitare dannose infiltrazioni d'acqua in corrispondenza della trincea di scavo.

L'area interessata dal progetto non presenta corpi idrici superficiali e sotterranei destinati all'emungimento per scopi potabili, a protezione dei rischi di inquinamento del suolo e del sottosuolo, di cui al DPR 236/88 e DL 152/99 e s.m. e i. e inoltre si esclude il rischio di inquinamento idrico durante la fase di cantiere.


Come già detto precedentemente nel paragrafo 9 esposto in questa Relazione, l'impianto fotovoltaico e le relative opere di connessione attraversano aree non soggette a vincoli ambientali o storico/artistici di alcun tipo.

- Conclusioni

A seguito delle risultanze delle indagini svolte e sulla scorta delle conoscenze acquisite in luogo tramite rilevamento geologico-geomorfologico di superficie è stato possibile valutare che gli interventi progettuali non costituiscono alcun turbamento all'equilibrio morfogenetico e idrogeologico dell'area, sia per quanto riguarda le acque di scorrimento superficiali che per quelle sotterranee né dissesti idro-geomorfologici in genere in quanto l'intervento progettuale verrà realizzato nel rispetto e in funzione della salvaguardia, della qualità e della tutela dell'ambiente e del paesaggio mantenendo se non migliorando gli equilibri idro-geomorfologici attuali, in quanto verranno realizzati, dove è necessario, opere di regimazione idraulica nell'ambito dell'Ingegneria naturalistica con la funzione di migliorare il deflusso delle acque superficiali e di prevenire fenomeni erosivi della coltre superficiale ad opera delle acque meteoriche.

Il sito in oggetto ha precise caratteristiche che lo identificano come ideale, in quanto le caratteristiche di esposizione dell'area interessata rientrano in quei parametri per cui è permesso tale sfruttamento. La valutazione e l'interpretazione critica delle osservazioni afferenti al complesso degli elementi oggettivi raccolti nel corso dei sopralluoghi consentono di esprimere parere di fattibilità geologica per la realizzazione degli interventi in progetto, se si attiene a quanto esposto nella presente relazione geologico-tecnica, nel pieno rispetto dei precedenti equilibri geologici.

Dalle argomentazioni sopra esposte, si conclude affermando la piena idoneità del sito, anche per ciò che concerne il possibile impatto dell'impianto sulle matrici ambientali considerate (morfologia, idrologia sotterranea e superficiale), come esplicitato nei precedenti paragrafi, ed anche la fase di

	IMPIANTO AGRIVOLTAICO POTENZA NOMINALE (DC) 15,48 MWp - POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 13,01 MW Comune di Barbona (PD)	Rev.	0
	22-00062-IT-BARBONA_RS-R05 RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA	Pag.	53 di 53

cantiere non produrrà alcun impatto in quanto al termine delle operazioni di installazione, tutte le aree verranno ripristinate.

In fase esecutiva la direzione lavori verificherà la congruenza delle caratteristiche litologiche del terreno in posto, con quelle attese in seguito alla schematizzazione effettuata nel presente documento.

Termini Imerese, lì 21/12/2022

Dott.ssa Geol. Concetta Pérez

Dott.ssa CONCETTA PEREZ

**BARBONA (RO)
NUOVO IMPIANTO FOTOVOLTAICO**

Report indagine geognostica

REVISIONE N° 00

DATA DI EMISSIONE: 26/11/2022

REDATTA DA: dott. A. Freddo geologo



APPROVATA DA: dott. E. Fornasiero ingegnere
Direttore Tecnico



Dott.ssa CONCETTA PEREZ

BARBONA (RO)
NUOVO IMPIANTO FOTOVOLTAICO
REPORT INDAGINE GEOGNOSTICA

INDICE

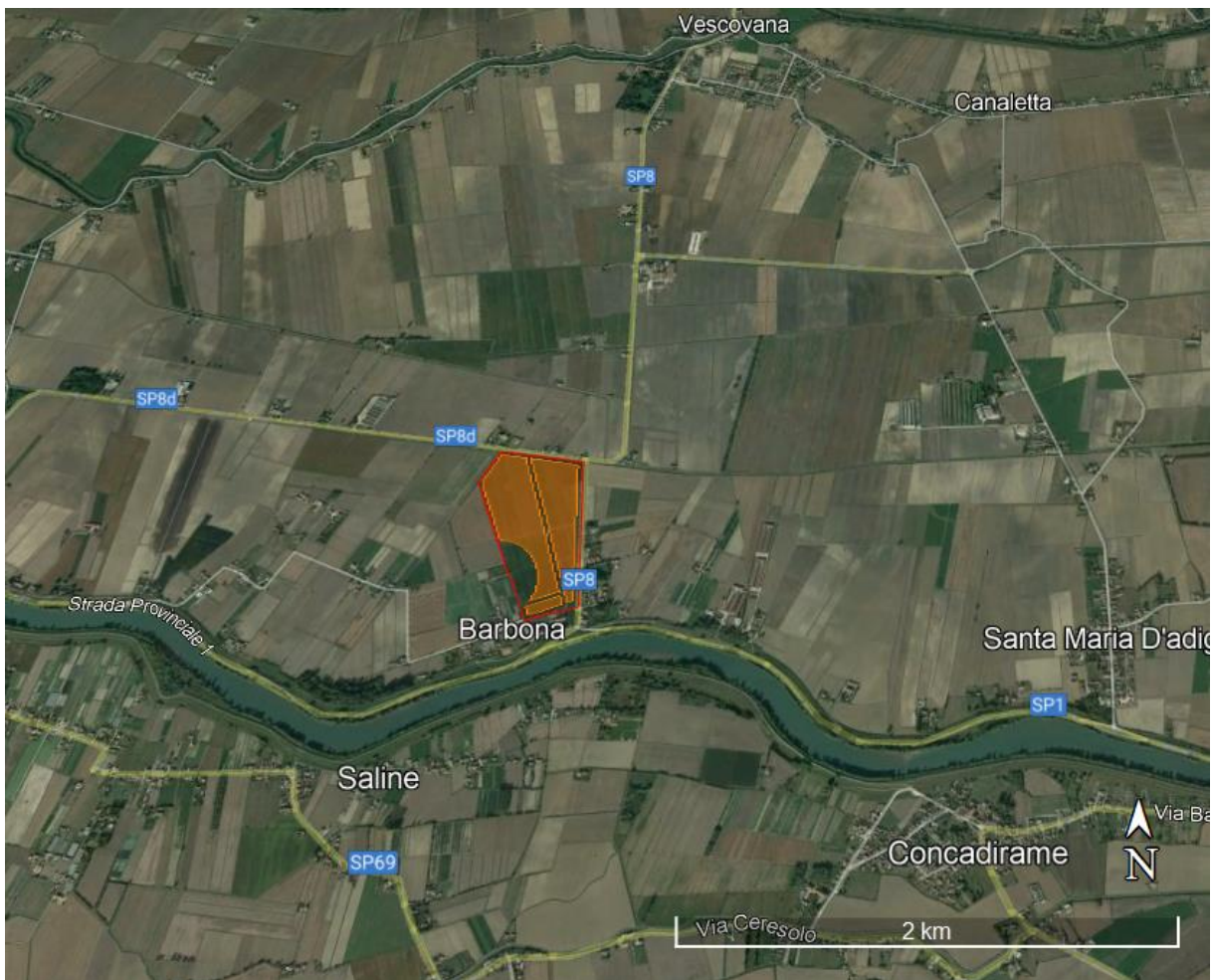
1. INTRODUZIONE
2. INDAGINE GEOGNOSTICA
 - 2.1 Prove penetrometriche statiche elettriche CPTE
 - 2.2 Misura del livello dell'acqua entro il foro di prova

TAVOLE TECNICHE

- N° 1 FOGLIO PLANIMETRICO
N° 3 FOGLIO INTERPRETATIVO DELLA PROVA CPTE

1. INTRODUZIONE

Su incarico della dottoressa Concetta Perez nella presente relazione si riportano i risultati ottenuti dall'indagine geognostica eseguita in Comune di Barbona (RO) in corrispondenza dei terreni sui quali è prevista la realizzazione di un nuovo impianto fotovoltaico.



Vista aerea del sito (Google Earth)

Finalità dell'indagine è l'individuazione delle caratteristiche litostratigrafiche e meccaniche del sottosuolo, a tale scopo sono state eseguite:

- N° 3 prove penetrometriche statiche elettriche CPTE;

2. INDAGINE GEOGNOSTICA

L'ubicazione delle prove, come riportato nella planimetria allegata, è stata scelta in accordo con la committente e compatibilmente alle effettive possibilità di accesso ai punti d'indagine.

2.1 Prove penetrometriche statiche elettriche CPTE

La prova penetrometrica statica CPTE (di tipo elettrico) consiste essenzialmente nella misura della resistenza alla penetrazione di una punta elettrica di dimensioni e caratteristiche standardizzate, infissa nel terreno a velocità costante di 2 cm/sec.

Secondo la Norma ASTM D-3441 La penetrazione viene effettuata tramite un dispositivo di spinta (penetrometro), opportunamente ancorato al suolo con coppie di coclee ad infissione, che agisce su una batteria di aste (aste coassiali cave), alla cui estremità è collegata la punta. Lo sforzo necessario per l'infissione è misurato per mezzo di celle di carico e trasferito elettronicamente alla centralina di acquisizione.

La punta conica è dotata di un manicotto sovrastante per la misura dell'attrito laterale.

Le resistenze specifiche **Qc** (Resistenza alla punta) e **Ql** (Resistenza laterale) vengono desunte sulla base dei valori specifici dell'area di base della punta e dell'area del manicotto di frizione laterale.

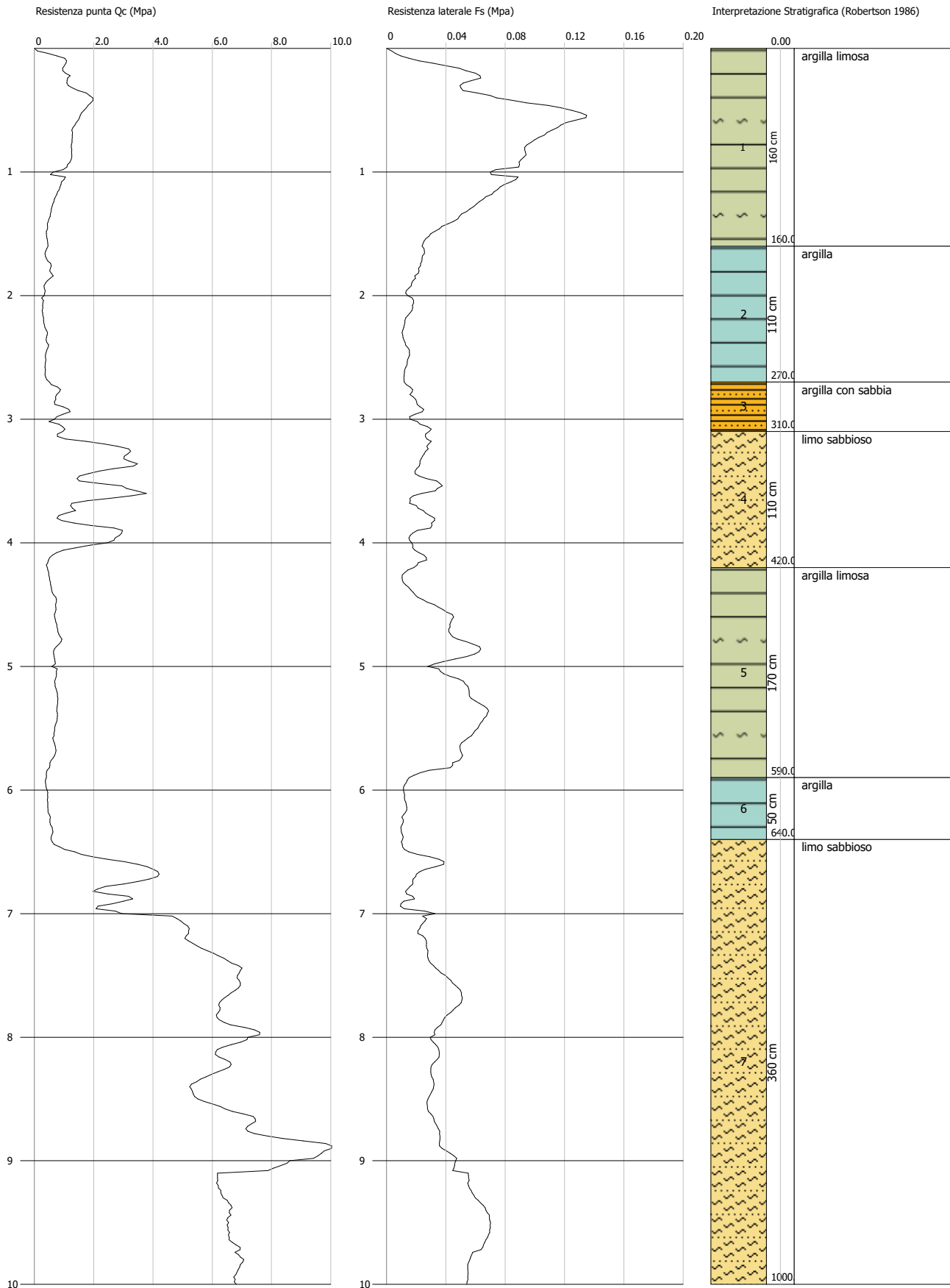
La loro elaborazione, interpretazione e visualizzazione grafica consente di "catalogare e parametrizzare" il suolo attraversato con un'immagine in continuo, che permette anche di avere un raffronto sulle consistenze dei vari livelli attraversati per la caratterizzazione stratigrafica. L'utilizzo dei dati dovrà comunque essere trattato con spirito critico e possibilmente, dopo esperienze geologiche acquisite in zona.

Probe CPTU - Piezocone CPTE1
 Strumento utilizzato TECNO PENTA TP CPL2IN

Committente: Dott.ssa Concetta Perez
 Cantiere: Barbona (Ro)
 Località: Piazza Aldo Moro

Data: 25/11/2022

Scala 1:45 - Qc: 1 cm=1.87 Mpa - Fs: 1 cm=0.04 Mpa



PROVA CPTE 1

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI

TERRENI COESIVI

Coesione non drenata

	Prof. Strato (m)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	Tensione litostatica (KPa)	Tensione litostatica efficace (KPa)	Correlazione	Cu (KPa)
Strato 1	1.60	1.022	0.07	15.6	15.6	Terzaghi	51.0
Strato 2	2.70	0.395	0.02	41.9	41.9	Terzaghi	19.6
Strato 3	3.10	0.832	0.02	56.3	56.3	Terzaghi	41.2
Strato 5	5.90	0.682	0.04	97.9	97.9	Terzaghi	34.3
Strato 6	6.40	0.49	0.01	119.1	119.1	Terzaghi	24.5

Modulo Edometrico

	Prof. Strato (m)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	Tensione litostatica (KPa)	Tensione litostatica efficace (KPa)	Correlazione	Eed (Mpa)
Strato 1	1.60	1.022	0.07	15.6	15.6	Metodo generale del modulo Edometrico	4.4
Strato 2	2.70	0.395	0.02	41.9	41.9	Metodo generale del modulo Edometrico	2.3
Strato 3	3.10	0.832	0.02	56.3	56.3	Metodo generale del modulo Edometrico	3.9
Strato 5	5.90	0.682	0.04	97.9	97.9	Metodo generale del modulo Edometrico	3.4
Strato 6	6.40	0.49	0.01	119.1	119.1	Metodo generale del modulo Edometrico	2.7

Grado di sovraconsolidazione

	Prof. Strato (m)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	Tensione litostatica (KPa)	Tensione litostatica efficace (KPa)	Correlazione	Ocr
Strato 1	1.60	1.022	0.07	15.6	15.6	Stress-History	1.52
Strato 2	2.70	0.395	0.02	41.9	41.9	Stress-History	<0.5
Strato 3	3.10	0.832	0.02	56.3	56.3	Stress-History	<0.5
Strato 5	5.90	0.682	0.04	97.9	97.9	Stress-History	<0.5
Strato 6	6.40	0.49	0.01	119.1	119.1	Stress-History	<0.5

Peso unità di volume

	Prof. Strato (m)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	Tensione litostatica (KPa)	Tensione litostatica efficace (KPa)	Correlazione	Peso unità di volume (KN/m³)
Strato 1	1.60	1.022	0.07	15.6	15.6	Meyerhof	18.2
Strato 2	2.70	0.395	0.02	41.9	41.9	Meyerhof	16.5
Strato 3	3.10	0.832	0.02	56.3	56.3	Meyerhof	17.8
Strato 5	5.90	0.682	0.04	97.9	97.9	Meyerhof	17.4
Strato 6	6.40	0.49	0.01	119.1	119.1	Meyerhof	16.6

Peso unità di volume saturo

	Prof. Strato (m)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	Tensione litostatica (KPa)	Tensione litostatica efficace (KPa)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (KN/m³)
Strato 1	1.60	1.022	0.07	15.6	15.6	Meyerhof	19.0
Strato 2	2.70	0.395	0.02	41.9	41.9	Meyerhof	17.3
Strato 3	3.10	0.832	0.02	56.3	56.3	Meyerhof	18.6
Strato 5	5.90	0.682	0.04	97.9	97.9	Meyerhof	18.1
Strato 6	6.40	0.49	0.01	119.1	119.1	Meyerhof	17.4

TERRENI INCOERENTI**Densità relativa**

	Prof. Strato (m)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	Tensione litostatica (KPa)	Tensione litostatica efficace (KPa)	Correlazione	Densità relativa (%)
Strato 4	4.20	1.972	0.02	70.7	70.7	Schmertman n	20.9
Strato 7	10.00	5.964	0.04	161.6	161.6	Schmertman n	39.1

Angolo di resistenza al taglio

	Prof. Strato (m)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	Tensione litostatica (KPa)	Tensione litostatica efficace (KPa)	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato 4	4.20	1.972	0.02	70.7	70.7	Koppejan	25.14
Strato 7	10.00	5.964	0.04	161.6	161.6	Koppejan	26.6

Modulo di Young

	Prof. Strato (m)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	Tensione litostatica (KPa)	Tensione litostatica efficace (KPa)	Correlazione	Modulo di Young (Mpa)
Strato 4	4.20	1.972	0.02	70.7	70.7	ISOPT-1 1988	3.5
Strato 7	10.00	5.964	0.04	161.6	161.6	ISOPT-1 1988	9.6

Grado di sovraconsolidazione

	Prof. Strato (m)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	Tensione litostatica (KPa)	Tensione litostatica efficace (KPa)	Correlazione	Ocr
Strato 4	4.20	1.972	0.02	70.7	70.7	Stress-History	0.0
Strato 7	10.00	5.964	0.04	161.6	161.6	Stress-History	0.0

Peso unità di volume

	Prof. Strato (m)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	Tensione litostatica (KPa)	Tensione litostatica efficace (KPa)	Correlazione	Peso unità di volume (KN/m³)
Strato 4	4.20	1.972	0.02	70.7	70.7	Meyerhof	18.6
Strato 7	10.00	5.964	0.04	161.6	161.6	Meyerhof	18.6

Peso unità di volume saturo

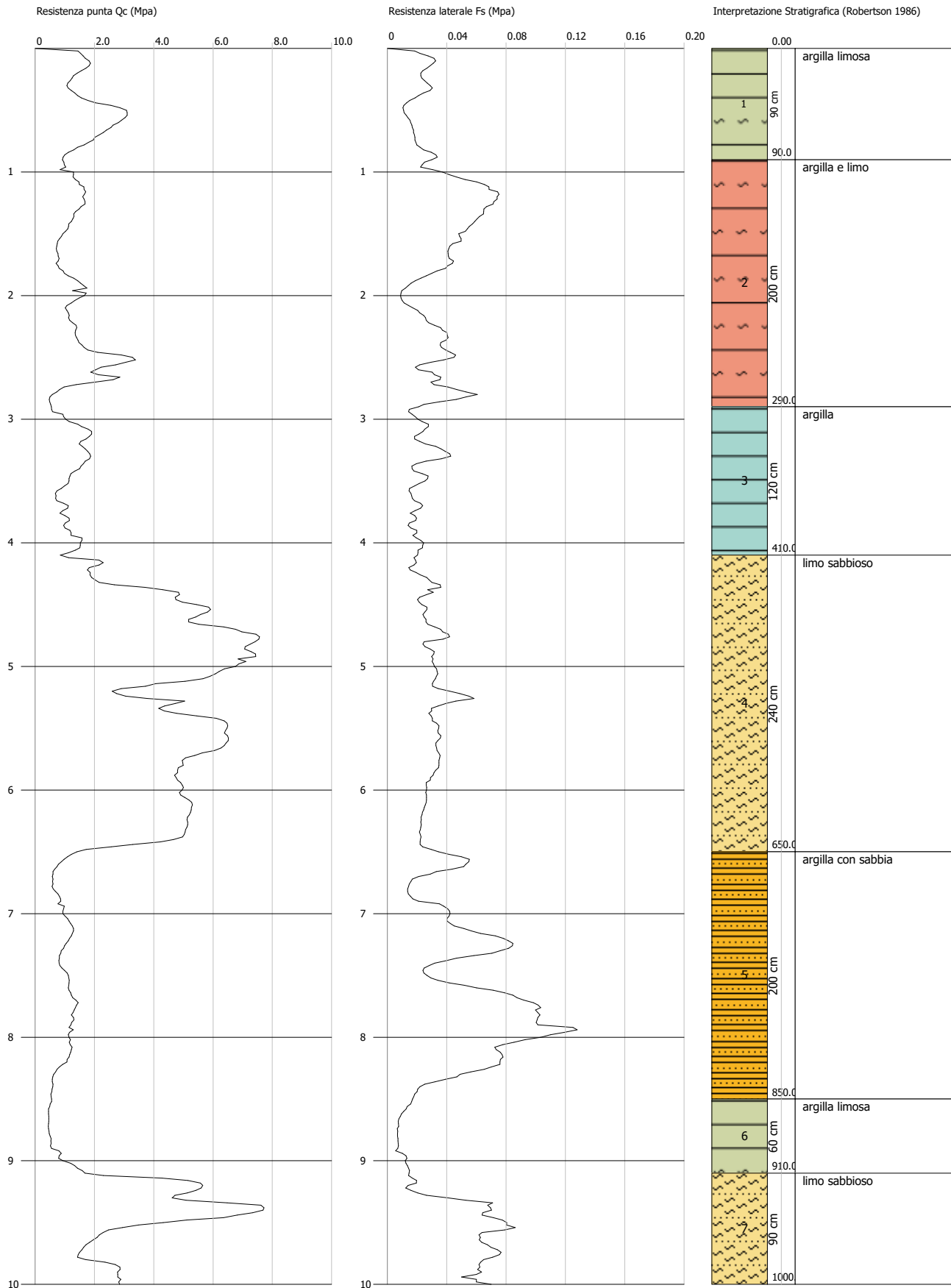
	Prof. Strato (m)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	Tensione litostatica (KPa)	Tensione litostatica efficace (KPa)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (KN/m³)
Strato 4	4.20	1.972	0.02	70.7	70.7	Meyerhof	21.6
Strato 7	10.00	5.964	0.04	161.6	161.6	Meyerhof	21.6

Probe CPTU - Piezocone CPTE2
 Strumento utilizzato TECNO PENTA TP CPL2IN

Committente: Dott.ssa Concetta Perez
 Cantiere: Barbona (Ro)
 Località: Piazza Aldo Moro

Data: 25/11/2022

Scala 1:45 - Qc: 1 cm=1.87 Mpa - Fs: 1 cm=0.04 Mpa



PROVA CPTE 2

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI

TERRENI COESIVI

Coesione non drenata

	Prof. Strato (m)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	Tensione litostatica (KPa)	Tensione litostatica efficace (KPa)	Correlazione	Cu (KPa)
Strato 1	0.90	1.831	0.02	8.6	8.6	Terzaghi	91.2
Strato 2	2.90	1.358	0.04	36.4	36.4	Terzaghi	67.7
Strato 3	4.10	1.262	0.02	66.8	66.8	Terzaghi	62.8
Strato 5	8.50	0.977	0.06	147.0	147.0	Terzaghi	49.0
Strato 6	9.10	0.709	0.01	171.5	171.5	Terzaghi	35.3

Modulo Edometrico

	Prof. Strato (m)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	Tensione litostatica (KPa)	Tensione litostatica efficace (KPa)	Correlazione	Eed (Mpa)
Strato 1	0.90	1.831	0.02	8.6	8.6	Metodo generale del modulo Edometrico	4.4
Strato 2	2.90	1.358	0.04	36.4	36.4	Metodo generale del modulo Edometrico	4.7
Strato 3	4.10	1.262	0.02	66.8	66.8	Metodo generale del modulo Edometrico	4.7
Strato 5	8.50	0.977	0.06	147.0	147.0	Metodo generale del modulo Edometrico	4.3
Strato 6	9.10	0.709	0.01	171.5	171.5	Metodo generale del modulo Edometrico	3.5

Grado di sovraconsolidazione

	Prof. Strato (m)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	Tensione litostatica (KPa)	Tensione litostatica efficace (KPa)	Correlazione	Ocr
Strato 1	0.90	1.831	0.02	8.6	8.6	Stress-History	4.94
Strato 2	2.90	1.358	0.04	36.4	36.4	Stress-History	0.87
Strato 3	4.10	1.262	0.02	66.8	66.8	Stress-History	<0.5
Strato 5	8.50	0.977	0.06	147.0	147.0	Stress-History	<0.5
Strato 6	9.10	0.709	0.01	171.5	171.5	Stress-History	<0.5

Peso unità di volume

	Prof. Strato (m)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	Tensione litostatica (KPa)	Tensione litostatica efficace (KPa)	Correlazione	Peso unità di volume (KN/m³)
Strato 1	0.90	1.831	0.02	8.6	8.6	Meyerhof	19.2
Strato 2	2.90	1.358	0.04	36.4	36.4	Meyerhof	18.7
Strato 3	4.10	1.262	0.02	66.8	66.8	Meyerhof	18.5
Strato 5	8.50	0.977	0.06	147.0	147.0	Meyerhof	17.9
Strato 6	9.10	0.709	0.01	171.5	171.5	Meyerhof	17.2

Peso unità di volume saturo

	Prof. Strato (m)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	Tensione litostatica (KPa)	Tensione litostatica efficace (KPa)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (KN/m³)
Strato 1	0.90	1.831	0.02		8.6	Meyerhof	20.0
Strato 2	2.90	1.358	0.04	36.4	36.4	Meyerhof	19.5
Strato 3	4.10	1.262	0.02	66.8	66.8	Meyerhof	19.3
Strato 5	8.50	0.977	0.06	147.0	147.0	Meyerhof	18.7
Strato 6	9.10	0.709	0.01	171.5	171.5	Meyerhof	18.0

TERRENI INCOERENTI**Densità relativa**

	Prof. Strato (m)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	Tensione litostatica (KPa)	Tensione litostatica efficace (KPa)	Correlazione	Densità relativa (%)
Strato 4	6.50	5.007	0.03	102.8	102.8	Schmertman	44.9
Strato 7	10.00	3.791	0.06	185.9	185.9	Schmertman	18.8

Angolo di resistenza al taglio

	Prof. Strato (m)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	Tensione litostatica (KPa)	Tensione litostatica efficace (KPa)	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato 4	6.50	5.007	0.03	102.8	102.8	Koppejan	26.05
Strato 7	10.00	3.791	0.06	185.9	185.9	Koppejan	21.51

Modulo di Young

	Prof. Strato (m)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	Tensione litostatica (KPa)	Tensione litostatica efficace (KPa)	Correlazione	Modulo di Young (Mpa)
Strato 4	6.50	5.007	0.03	102.8	102.8	ISOPT-1 1988	7.8
Strato 7	10.00	3.791	0.06	185.9	185.9	ISOPT-1 1988	6.9

Grado di sovraconsolidazione

	Prof. Strato (m)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	Tensione litostatica (KPa)	Tensione litostatica efficace (KPa)	Correlazione	Ocr
Strato 4	6.50	5.007	0.03	102.8	102.8	Stress-History	0.0
Strato 7	10.00	3.791	0.06	185.9	185.9	Stress-History	0.0

Peso unità di volume

	Prof. Strato (m)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	Tensione litostatica (KPa)	Tensione litostatica efficace (KPa)	Correlazione	Peso unità di volume (KN/m³)
Strato 4	6.50	5.007	0.03	102.8	102.8	Meyerhof	18.6
Strato 7	10.00	3.791	0.06	185.9	185.9	Meyerhof	18.6

Peso unità di volume saturo

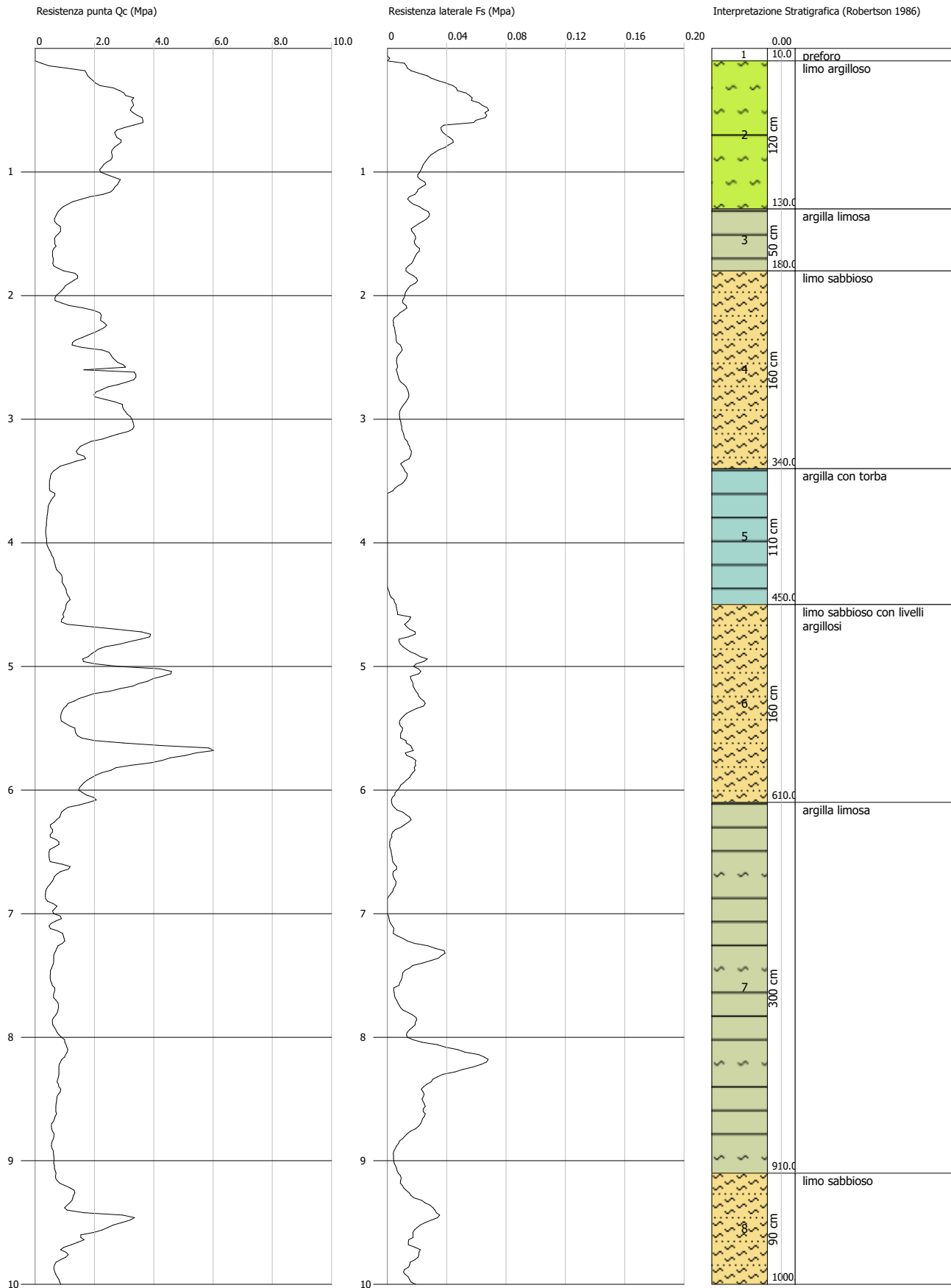
	Prof. Strato (m)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	Tensione litostatica (KPa)	Tensione litostatica efficace (KPa)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (KN/m³)
Strato 4	6.50	5.007	0.03	102.8	102.8	Meyerhof	21.6
Strato 7	10.00	3.791	0.06	185.9	185.9	Meyerhof	21.6

Probe CPTU - Piezocone CPTE3
 Strumento utilizzato TECNO PENTA TP CPL2IN

Committente: Dott.ssa Concetta Perez
 Cantiere: Barbona (Ro)
 Località: Piazza Aldo Moro

Data: 25/11/2022

Scala 1:45 - Qc: 1 cm=1.87 Mpa - Fs: 1 cm=0.04 Mpa



PROVA CPTE 3

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI

TERRENI COESIVI

Coesione non drenata

	Prof. Strato (m)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	Tensione litostatica (KPa)	Tensione litostatica efficace (KPa)	Correlazione	Cu (KPa)
Strato 2	1.30	2.46	0.04	13.3	13.3	Terzaghi	122.6
Strato 3	1.80	0.703	0.02	29.7	29.7	Terzaghi	35.3
Strato 5	4.50	0.626	0.00	74.7	74.7	Terzaghi	31.4
Strato 7	9.10	0.701	0.02	142.1	142.1	Terzaghi	35.3

Modulo Edometrico

	Prof. Strato (m)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	Tensione litostatica (KPa)	Tensione litostatica efficace (KPa)	Correlazione	Eed (Mpa)
Strato 2	1.30	2.46	0.04	13.3	13.3	Metodo generale del modulo Edometrico	4.9
Strato 3	1.80	0.703	0.02	29.7	29.7	Metodo generale del modulo Edometrico	3.5
Strato 5	4.50	0.626	0.00	74.7	74.7	Metodo generale del modulo Edometrico	3.2
Strato 7	9.10	0.701	0.02	142.1	142.1	Metodo generale del modulo Edometrico	3.5

Grado di sovraconsolidazione

	Prof. Strato (m)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	Tensione litostatica (KPa)	Tensione litostatica efficace (KPa)	Correlazione	Ocr
Strato 2	1.30	2.46	0.04	13.3	13.3	Stress-History	4.31
Strato 3	1.80	0.703	0.02	29.7	29.7	Stress-History	0.55
Strato 5	4.50	0.626	0.00	74.7	74.7	Stress-History	<0.5
Strato 7	9.10	0.701	0.02	142.1	142.1	Stress-History	<0.5

Peso unità di volume

	Prof. Strato (m)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	Tensione litostatica (KPa)	Tensione litostatica efficace (KPa)	Correlazione	Peso unità di volume (KN/m³)
Strato 2	1.30	2.46	0.04	13.3	13.3	Meyerhof	19.7
Strato 3	1.80	0.703	0.02	29.7	29.7	Meyerhof	17.6
Strato 5	4.50	0.626	0.00	74.7	74.7	Meyerhof	17.3
Strato 7	9.10	0.701	0.02	142.1	142.1	Meyerhof	17.3

Peso unità di volume saturo

	Prof. Strato (m)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	Tensione litostatica (KPa)	Tensione litostatica efficace (KPa)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (KN/m³)
Strato 2	1.30	2.46	0.04	13.3	13.3	Meyerhof	20.5
Strato 3	1.80	0.703	0.02	29.7	29.7	Meyerhof	18.4
Strato 5	4.50	0.626	0.00	74.7	74.7	Meyerhof	18.0
Strato 7	9.10	0.701	0.02	142.1	142.1	Meyerhof	18.1

TERRENI INCOERENTI**Densità relativa**

	Prof. Strato (m)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	Tensione litostatica (KPa)	Tensione litostatica efficace (KPa)	Correlazione	Densità relativa (%)
Strato 4	3.40	2.09	0.01	49.8	49.8	Schmertman n	32.38
Strato 6	6.10	2.356	0.01	99.7	99.7	Schmertman n	18.11
Strato 8	10.00	1.33	0.02	177.2	177.2	Schmertman n	5.0

Angolo di resistenza al taglio

	Prof. Strato (m)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	Tensione litostatica (KPa)	Tensione litostatica efficace (KPa)	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato 4	3.40	2.09	0.01	49.8	49.8	Koppejan	25.27
Strato 6	6.10	2.356	0.01	99.7	99.7	Koppejan	22.28
Strato 8	10.00	1.33	0.02	177.2	177.2	Meyerhof 1951	23.09

Modulo di Young

	Prof. Strato (m)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	Tensione litostatica (KPa)	Tensione litostatica efficace (KPa)	Correlazione	Modulo di Young (Mpa)
Strato 4	3.40	2.09	0.01	49.8	49.8	ISOPT-1 1988	3.5
Strato 6	6.10	2.356	0.01	99.7	99.7	ISOPT-1 1988	4.29
Strato 8	10.00	1.33	0.02	177.2	177.2	ISOPT-1 1988	2.59

Grado di sovraconsolidazione

	Prof. Strato (m)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	Tensione litostatica (KPa)	Tensione litostatica efficace (KPa)	Correlazione	Ocr
Strato 4	3.40	2.09	0.01	49.8	49.8	Stress-History	0.0
Strato 6	6.10	2.356	0.01	99.7	99.7	Stress-History	0.0
Strato 8	10.00	1.33	0.02	177.2	177.2	Stress-History	0.0

Peso unità di volume

	Prof. Strato (m)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	Tensione litostatica (KPa)	Tensione litostatica efficace (KPa)	Correlazione	Peso unità di volume (KN/m³)
Strato 4	3.40	2.09	0.01	49.8	49.8	Meyerhof	18.6
Strato 6	6.10	2.356	0.01	99.7	99.7	Meyerhof	18.6
Strato 8	10.00	1.33	0.02	177.2	177.2	Meyerhof	18.6

Peso unità di volume saturo

	Prof. Strato (m)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	Tensione litostatica (KPa)	Tensione litostatica efficace (KPa)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (KN/m³)
Strato 4	3.40	2.09	0.01	49.8	49.8	Meyerhof	21.6
Strato 6	6.10	2.356	0.01	99.7	99.7	Meyerhof	21.6
Strato 8	10.00	1.33	0.02	177.2	177.2	Meyerhof	21.6

2.2 Misura del livello dell'acqua entro il foro di prova

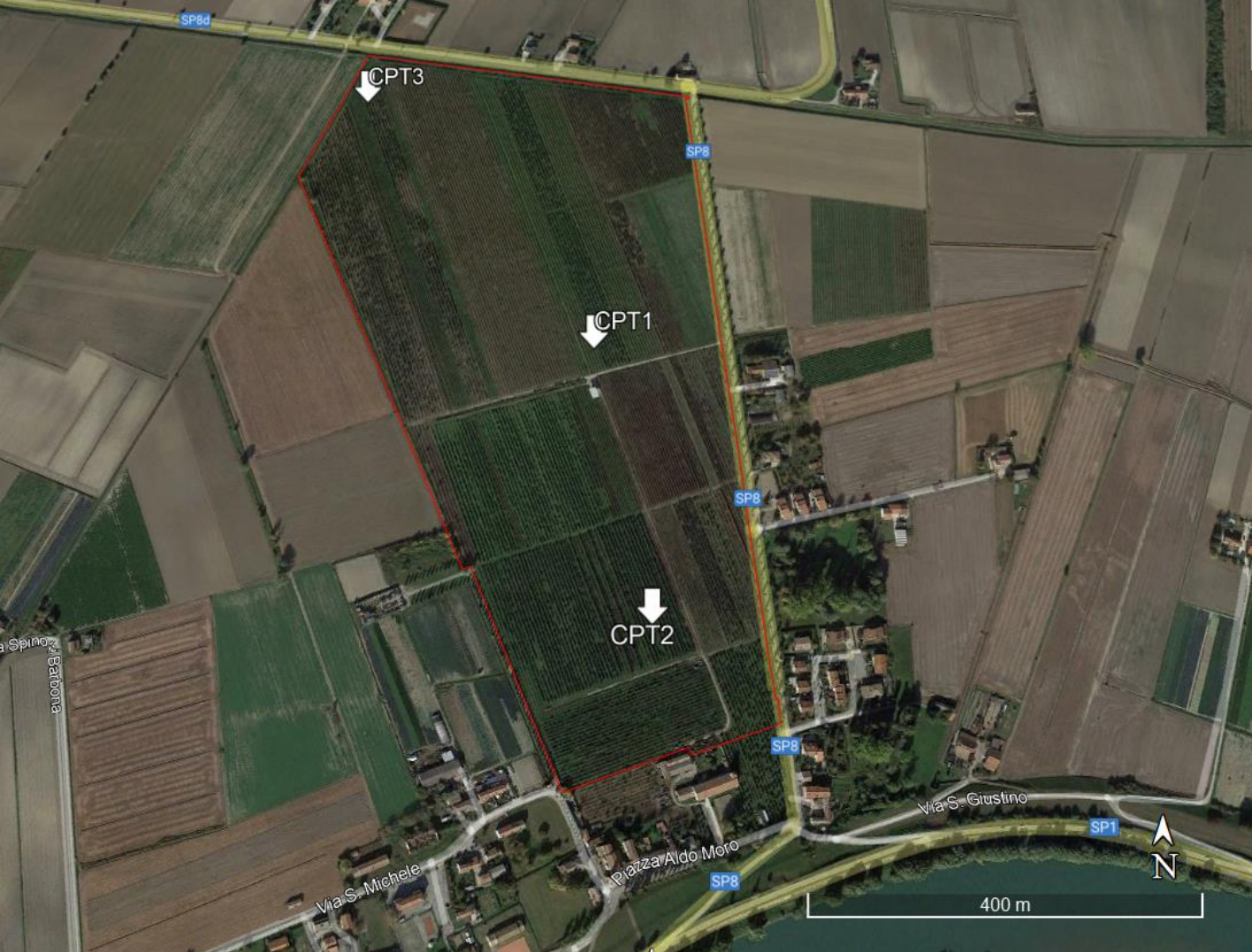
Al termine dell'esecuzione della prova penetrometrica si è proceduto a misurare la profondità dell'acqua dal piano campagna entro il foro di prova mediante freatometro:

CPT 1 foro chiuso al di sopra del livello freatico alla profondità di 0,80 ml da p.c.

CPT 2 foro chiuso al di sopra del livello freatico alla profondità di 1,00 ml da p.c.

CPT 3 foro chiuso al di sopra del livello freatico alla profondità di 0,50 ml da p.c.

TAVOLE TECNICHE



Ubicazione planimetrica delle indagini