

RELAZIONE TECNICA SPECIALISTICA – GEOLOGICA - IDROGEOLOGICA



PROGETTO DEFINITIVO

REALIZZAZIONE DI UN HUB DI RICERCA, SVILUPPO, PRODUZIONE, STOCCAGGIO, RICONVERSIONE E DISTRIBUZIONE DELL'IDROGENO, ALIMENTATO DA UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO DA 8,982 MWp E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RTN SITO NEL COMUNE DI SAN GIOVANNI IN PERSICETO (BO), LOCALITÀ SAN MATTEO DELLA DECIMA.

Committente:

TOZZIgreen

Tozzi Green S.p.A.
Via Brigata Ebraica, 50
48123 Mezzano (RA)
P.IVA 02132890399
R.E.A. n. RA-174504
Tel. (+39) 0544 525311
pec: tozzi.re@legalmail.it
mail: info@tozzigreen.com
web: www.tozzigreen.com

Progettista:

 **ambiente** s.p.a.
consulenza & ingegneria
esperienza per l'ambiente

ambiente s.p.a.
Via Frassina, 21, 54033
Carrara (MS)

Coordinamento di progetto:

 **ambiente** s.p.a.
consulenza & ingegneria
esperienza per l'ambiente

ambiente s.p.a.
Via Frassina, 21, 54033
Carrara (MS)

0	30/09/2021	Dott. M. Raspolli	Ing. F. Seni	Ing. M. Altemura	Prima emissione
REV.	DATA	REDATTO	CONTROLLATO	APPROVATO	DESCRIZIONE
Codice elaborato: P.2.1		Titolo elaborato: Relazione tecnica specialistica – Geologica - Idrogeologica			

INDICE

1. PREMESSA	4
1.1. Scopo del lavoro	4
1.2. Inquadramento territoriale	5
1.3. Descrizione degli interventi eseguiti	6
2. GEOLOGIA	6
3. GEOMORFOLOGIA	9
4. IDROGEOLOGIA	10
5. PERICOLOSITÀ TERRITORIALE	11
6. PERICOLOSITÀ SISMICA	14
6.1. Storia sismica del comune di San Giovanni in Persiceto.....	16
6.2. Microzonazione sismica del comune di San Giovanni in Persiceto.....	18
6.2.1. Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica (Livello 1)	19
6.2.2. Zona di attenzione per instabilità	20
6.2.3. Carta di microzonazione sismica di livello 2	21
7. INDAGINI GEOGNOSTICHE	23
7.1. Indagini eseguite	23
7.2. Descrizione delle stratigrafie riscontrate.....	24
7.3. Risultati delle indagini eseguite.....	25
7.4. Schema litologico e modello geologico tecnico	26
7.5. Risultati di laboratorio geotecnico	28
8. INDAGINE SISMICA.....	29
8.1. Metodologia utilizzata per l'analisi dei dati.....	29
8.2. Masw/Esac	30
8.2.1. Strumentazione utilizzata	31
8.2.2. Risultati ottenuti	33
8.3. Hvsr	35
8.4. Strumentazione utilizzata.....	36

8.5.	Risultati ottenuti	36
8.6.	Considerazioni conclusive sui risultati ottenuti	39
8.7.	Pericolosità sismica	40
9.	SUSCETTIBILITÀ ALLA LIQUEFAZIONE (PARAGRAFO 7.11.3.4.2 DEL DM 17/01/18)	41
9.1.	Esame delle circostanze per cui può essere omessa la verifica a liquefazione	43
	INDICE DELLE FIGURE	50
	INDICE DELLE TABELLE	52
	ELENCO ALLEGATI	53
	ALLEGATO 1 - TAVOLA INDAGINI	54
	ALLEGATO 2 - SONDAGGIO CAROTAGGIO CONTINUO	55
	ALLEGATO 3 - REPORT FOTOGRAFICO	56
	ALLEGATO 4 - RISULTATI INDAGINI	57

1. PREMESSA

La società Tozzi Green S.p.A., con sede in Mezzano (Ravenna) 48123, in Via Brigata Ebraica n.50 specializzata in soluzioni, servizi e progetti per lo sviluppo d'impianti e per la generazione di energia da fonti rinnovabili, è tra gli attori protagonisti del mercato della produzione di energia, con la sua storia scritta da tre generazioni della famiglia Tozzi, costruita su concretezza, precisione e serietà.

L'azienda ha in progetto di sviluppare un HUB che sia insieme punto di sviluppo, ottimizzazione e scale-up per Società che producono elettrolizzatori, celle a combustibile, impianti di stoccaggio e distribuzione di idrogeno. L'HUB, che dovrà funzionare in una modalità mista tra incubatore, fornitore di servizi e coworking, potrà essere punto di scambio e testing per idee nuove di start up ed università. Porterà aziende mature già affermate nel mercato a contatto con aziende che faranno il salto nell'arco di poco tempo, con start up, ricercatori e gruppi di interesse. Il progetto prevede pertanto la costruzione di un'area dotata sia delle caratteristiche di alimentazione green, che saranno garantite dal limitrofo impianto fotovoltaico della potenza di 8,982 MWp, sia delle caratteristiche necessarie per il testing e lo scale-up di tutte le tecnologie di produzione, stoccaggio, distribuzione e ri-trasformazione di idrogeno attualmente emergenti.

Il progetto è annoverabile tra i Progetti di cui al punto 2, lettera b) *"Impianti industriali non termici per la produzione di energia, vapore ed acqua calda con potenza complessiva superiore a 1MW"* dell'Allegato IV alla parte II del D.lgs. n. 152/2006 e ss.mm.ii., per i quali il decreto prevede lo snellimento dei procedimenti autorizzativi, il Proponente ha ritenuto tuttavia di sottoporre volontariamente l'iniziativa alla procedura di Valutazione d'Impatto Ambientale nell'ambito del Provvedimento Autorizzatorio Unico Regionale ai sensi dell'art. 27-bis del D.Lgs. 152/06 e s.m.i., recepito dalla Legge Regionale n.4/2018 agli articoli da 15 a 21 (di seguito il PAUR). Il PAUR comprende oltre al Provvedimento di VIA anche tutti i titoli necessari per la realizzazione e l'esercizio del progetto in argomento.

1.1. Scopo del lavoro

Il presente documento costituisce uno studio geologico redatto a supporto dell'intero progetto.

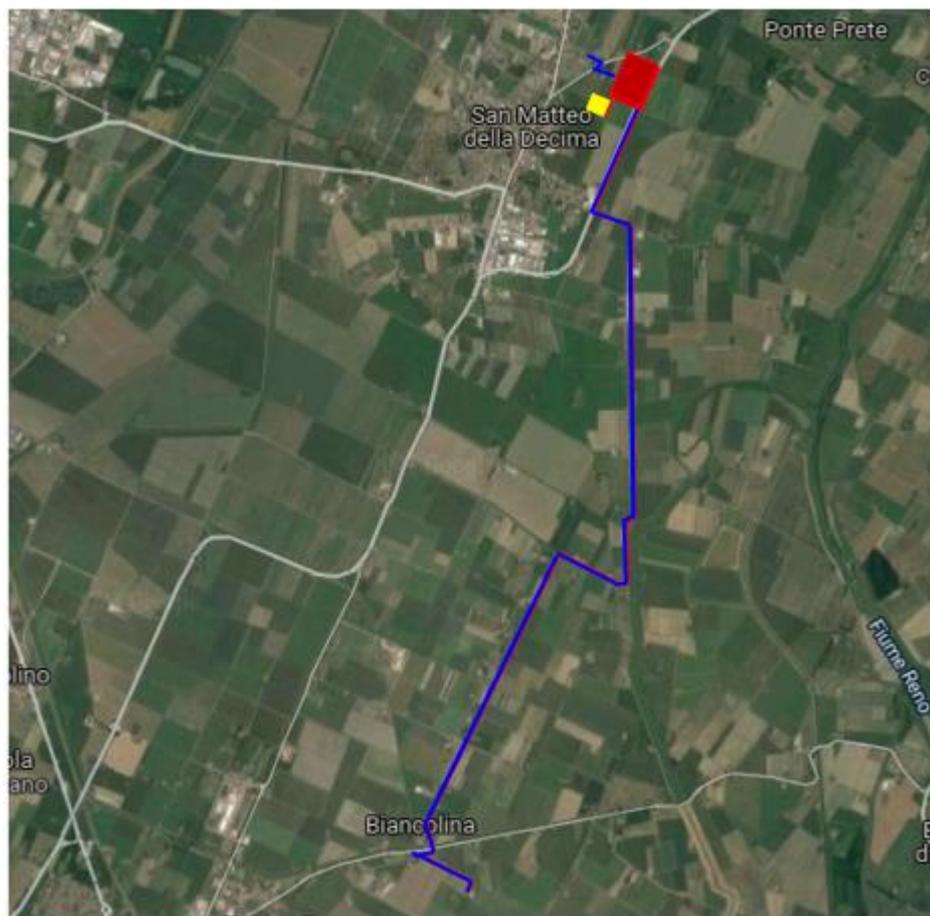


Figura 1. Ubicazione dell'area di impianto e delle opere di connessione

In figura sono riportate le due aree su cui saranno installati i manufatti di progetto che sono:
Area 1 evidenziata in rosso (11 Ha): pannelli fotovoltaici, palazzina uffici, elettrolizzatori ed i sistemi di accumulo di idrogeno, pensilina idrogeno.

Area 2 evidenziata in giallo (1,5 Ha): pannelli fotovoltaici.

Linea blu: opere di connessione alla linea elettrica

Di seguito sono riportate le caratteristiche geologiche, morfologiche, idrogeologiche, stratigrafiche dell'area in oggetto. Per la redazione del presente documento sono stati considerati i dati bibliografici (derivanti dalla ricca bibliografia geologica dell'area e da ricerche presso Enti ed Amministrazioni), idrogeologici, stratigrafici e geotecnici desunti da precedenti interventi eseguiti nel comprensorio. Nelle Figure 1 e 2 si rappresenta l'area di studio.

1.2. Inquadramento territoriale

L'area oggetto del presente studio ricade a Nord Est del centro abitato di San Giovanni in Persiceto precisamente a nord della frazione di San Matteo della Decima.



Figura 2. Inquadramento topografico

L'indagine è stata finalizzata alla definizione dell'inquadramento geologico e dei parametri geologici e sismici del sito e delle Norme Tecniche del PSC del Comune di San Giovanni in Persiceto, realizzato in forma unitaria con l'Associazione Intercomunale Terre d'acqua.

1.3. Descrizione degli interventi eseguiti

Le indagini realizzate a supporto del progetto hanno visto la realizzazione di:

- n. 1 sondaggi a carotaggio continuo spinti fino alla profondità di 15 m da p.c.;
- n. 1 piezometri per il controllo della soggiacenza della falda sotterranea;
- n.3 prove penetrometriche CPTU spinti a 15,0 m di profondità
- n.1 prova penetrometrica CPTU spinta a 20,0 m di profondità
- n.8 prova penetrometrica CPT spinta a 5,0 m di profondità
- prove di laboratorio geotecnico su 3 campioni di terreno indisturbato (prove edometriche);
- indagine sismica M.A.S.W. e ESARC

Le indagini sono state eseguite nei pressi delle strutture di progetto più importanti. I dati litologico e geotecnici ricavati da precedenti indagini effettuate in sito abbinati ai risultati della nuova campagna di indagine geognostica hanno consentito di definire al meglio le condizioni litostratigrafiche e geotecniche dei terreni in corrispondenza delle future strutture in elevazione.

2. GEOLOGIA

L'area oggetto del presente studio ricade nel Comune di San Giovanni in Persiceto precisamente a nord della frazione di San Matteo della Decima. L'area si colloca all'interno della Pianura Padana che rappresenta un bacino sedimentario compreso tra l'Appennino Settentrionale e le Alpi Meridionali in cui i sedimenti più recenti, in prevalenza olocenici, ricoprono un assetto strutturale e sedimentario complesso. Il contesto geodinamico è quello collisionale tra due blocchi continentali rappresentati

dalla zolla europea, o sardo-corsa, e dalla microplacca Adria o Apula o Adriatico - Padana, inizialmente connessa alla zolla africana, (BOCCALETTI et alii, 1980). A partire dall'Eocene medio il processo di sottoscorrimento della placca Adria al di sotto della zolla europea ha via via scomposto i vari domini paleogeografici meso-cenozoici mettendo in pila tra loro le varie successioni stratigrafiche, costruendo così la catena appenninica. La deformazione orogenica si è propagata in direzione dell'Avampaese padano-adriatico. I vari stadi di questa evoluzione sono solitamente raggruppati in fasi principali; tralasciando quelle più antiche che non hanno riscontri evidenti nel substrato della pianura, la tettonica di accrezione dell'Appennino settentrionale, contemporanea all'apertura del Mar Tirreno, interessa a partire dal Messiniano sino al Quaternario le zone esterne della catena e coinvolge l'area padana. Infatti a partire dalla fine del Miocene l'avanzata delle falde appenniniche induce sprofondamenti flessurali nell'antistante avampaese padano con il formarsi di un bacino subsidente: si sviluppa così al fronte della catena in surrezione l'avanfossa molassica padano-adriatica. Dopo l'abbassamento del livello del mare dovuto all'isolamento del Mediterraneo la ripresa della sedimentazione si svolge per lo più a ridosso del margine settentrionale dell'Appennino in una fascia che dal Piemonte meridionale giunge sino alle Marche. L'Appennino ormai emerso fornisce all'avanfossa abbondante detrito (DONDI & D'ANDREA, 1986; RICCI LUCCHI, 1984, BARTOLINI et alii, 1996), mentre con il Messiniano superiore la sedimentazione, per lo più torbida di ambiente marino e salmastro, si sviluppa in profondi bacini separati da alti strutturali. Con il Pliocene, il ristabilirsi del livello del mare porta ad una generale trasgressione. L'ultimo episodio di sedimentazione marina è rappresentato dalle "sabbie gialle" litorali, cioè da depositi sabbioso-ciottolosi di spiaggia che, grazie anche all'abbondante apporto sedimentario, migrano verso il centro della pianura e verso l'Adriatico. Alle sabbie gialle, ritenute di età pleistocenica inferiore-media, segue un nuovo ciclo sedimentario (Qc in RICCI LUCCHI et alii, 1982) e la sedimentazione si sviluppa in condizioni continentali o al massimo costiere, dominata ora dalla dinamica dei fiumi. Per la ricostruzione stratigrafica del sottosuolo della pianura bolognese si è fatto riferimento ai dati forniti Regione Emilia Romagna - Agip [1998]. Tali lavori sono stati eseguiti essenzialmente tramite correlazione su base litologica e geometrica di dati stratigrafici relativi a sondaggi esistenti e perforazioni a scopo principalmente idropotabile. Secondo quanto proposto da Regione Emilia Romagna - Agip, 1998, vengono distinte 3 sequenze deposizionali (denominate supersintemi secondo la terminologia U.B.S.U):

- 1) Supersintema del Pliocene medio-superiore;
- 2) Supersintema del Quaternario Marino (che in realtà incomincia già dal Pliocene superiore);
- 3) Supersintema Emiliano Romagnolo suddiviso in inferiore e superiore.

Queste tre Sequenze deposizionali corrispondono ai cicli trasgressivo-regressivi P2, Qm, e Qc cartografati in affioramento che costituiscono la risposta sedimentaria ad altrettante fasi tettoniche regionali. Il Supersistema del Quaternario marino viene suddiviso a sua volta in 4 subsintemi. In Figura 3 si riporta il profilo sismico interpretato della pianura Bolognese e Ferrarese desunto da

Regione Emilia Romagna - Agip, 1998, nel quale ben si evidenziano le unità stratigrafiche definite. Nel profilo il sistema Qm2 è stato accorpato al Qm1

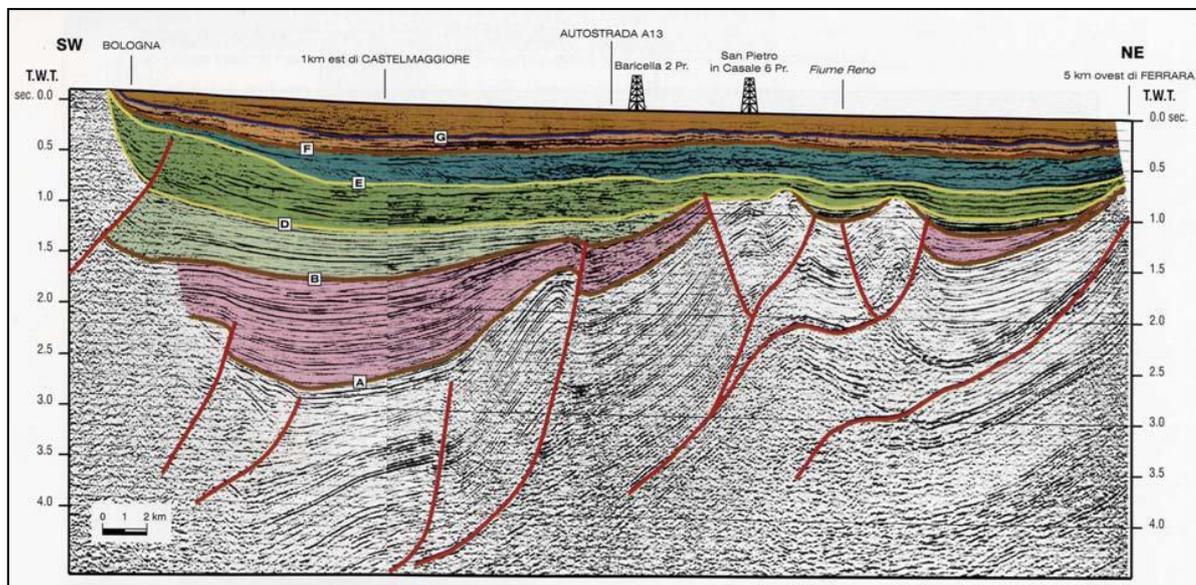


Figura 3. estratto carta geologica

La Carta Geologica in scala 1:10.000 redatta dal Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli della Regione Emilia Romagna di cui uno stralcio è rappresentato in Figura 4 individua coperture quaternarie attribuite al Subsistema di Ravenna (AES8) e in particolare all'Unità di Modena (AES8a).



AeS8a Sistema emiliano – romagnolo – subsistema di ravenna – unità di Modena

Unità costituita da ghiaie e ghiaie sabbiose o da sabbie con livelli e lenti di ghiaie ricoperte da una coltre limoso argillosa discontinua, in contesti di conoide alluvionale, canale fluviale e piana alluvionale intravalliva; da argille e limi, in contesti di piana inondabile; da alternanze di sabbie, limi ed argille, in contesti di piana deltizia; da sabbie prevalenti passanti ad argille e limi e localmente a sabbie ghiaiose, in contesti di piana litorale. Al tetto l'unità presenta localmente un suolo calcareo poco sviluppato di colore grigio-giallastro

Figura 4. estratto carta geologica da rer Regione Emilia Romagna

I sedimenti alluvionali del Subsistema di Ravenna (AES8) sono costituiti da depositi fluviali intravallivi e di piana alluvionale, di piana di sabbia litorale e, nel settore a mare, di prodelta e transizione alla piattaforma. Nella valle del F. Marecchia i depositi fluviali sono organizzati in 3 ordini di terrazzo con inclinazione media di 5-6 per mille. Il Subsistema contiene un'unità di rango gerarchico inferiore (AES8a) che, dove presente, ne costituisce il tetto stratigrafico. spessore massimo di 20-25 metri. L'età è fatta corrispondere al Pleistocene superiore – Olocene. I depositi attribuiti all'Unità di Modena (AES8a) sono costituiti da ghiaie, sabbie, limi ed argille di canale fluviale, argine e piana inondabile; sabbie e ghiaie di cordone litorale e di barra di foce; argille e limi di prodelta e di transizione alla piattaforma. Il limite superiore è sempre affiorante e coincidente con il piano topografico dato da un suolo calcareo di colore bruno olivastro e bruno grigiastro. L'unità include, concettualmente, i depositi fluviali in evoluzione b1 che però, in accordo con la tradizione della cartografia geologica preesistente, sono stati cartografati separatamente. Lo spessore massimo è di 3-4 metri. Confinano con i depositi alluvionali in evoluzione (b1) e si trovano lungo i margini fluviali sia del Fiume Marecchia che del torrente Uso. L'età dei depositi corrisponde all'Olocene. La litologia in corrispondenza dell'area indagata è costituita da argille limose e limi sabbiosi di piana alluvionale. Il quadro strutturale è definito da un complesso sistema di faglie profonde e sovrascorrimenti ubicato a nord-est del sito, in particolare in prossimità ad esso si evidenziano due faglie dirette profonde dedotte sub-parallele con direzione NW-SE; i sistemi sono inquadrabili nell'assetto strutturale appenninico. Dal punto di vista geomorfologico il sito risulta inserito in un territorio pianeggiante privo di fenomeni di dissesto, completamente urbanizzato e caratterizzato ad est dal corso del Fiume Reno che in questo tratto è arginato artificialmente e le cui acque risultano pensili rispetto al territorio circostante. Le quote topografiche si attestano attorno a 15,0 m s.l.m.m. Il centro abitato di Cento, in sinistra idrografica del Fiume Reno, si trova in una zona debolmente depressa tra i dossi corrispondenti agli argini del suddetto fiume a sud-est e del paleo-alveo di Via Reno Vecchio a nord-ovest.

3. GEOMORFOLOGIA

A grande scala, l'area in esame è caratterizzata dalla presenza di strisce rilevate, dette "dossi", corrispondenti ad alvei antichi od attuali pensili sulla pianura circostante e da zone morfologicamente depresse, dette "valli", all'interno delle quali l'acqua tenderebbe a ristagnare, se non allontanata dai canali di bonifica. I dossi e i paleodossi sono di forma generalmente allungata e sinuosa, poco rilevanti e dolcemente raccordanti alle superfici adiacenti. Con particolare riferimento alla cartografia prodotta, i dossi fluviali di maggiori dimensioni si riconoscono a nord, in territorio di Crevalcore, con sviluppo in direzione N-S parallelamente al confine comunale, a sud, lungo il corso del fiume Reno e del torrente Samoggia e Lavino. La distribuzione dei dossi e, più in generale, delle unità geomorfologiche degli argini naturali e dei bacini interfluviali ha condizionato e condiziona tuttora sia l'assetto idraulico di superficie che la distribuzione degli insediamenti antropici, soprattutto storici: le strutture rilevate (dossi), vere e proprie direttrici geomorfologiche, sono state infatti sede

preferenziale dello sviluppo insediativo e viario, a causa della migliore difesa dalle esondazioni e delle migliori condizioni geotecniche dei terreni; al contrario le aree depresse, specie nelle zone di vera e propria conca, sono state sede di paludi ed acquitrini fino alla avvenuta bonifica. In Figura 5 si riporta la zona di studio che si presenta pianeggiante in tutta l'area. Risulta essere esterna ad aree morfologicamente depresse e non sono stati riscontrati fenomeni di origine gravitativa capaci di compromettere gli interventi di progetto.

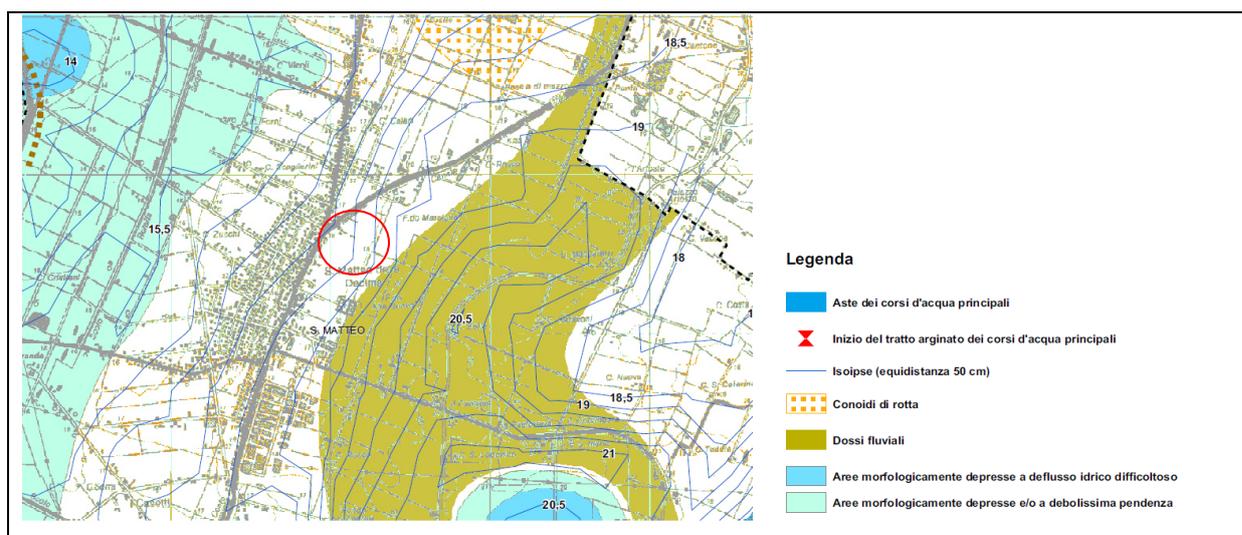


Figura 5. Estratto carta geomorfologica

4. IDROGEOLOGIA

La Pianura Padana è costituita da terre sciolte dovute all'azione di weathering e trasporto della catena alpina e appenninica. Nel momento in cui una catena montuosa inizia a sollevarsi hanno inizio i processi di erosione e smantellamento. Il prodotto del weathering subisce quindi un trasporto da parte di ghiacciai, torrenti, fiumi, aria. Gli agenti di trasporto non hanno nello spazio e nel tempo la medesima forza. Infatti, un torrente in prossimità della sorgente trasporta e mobilita clasti di dimensioni maggiori mentre in prossimità della foce si depositeranno materiali più fini. Analogamente un torrente, nei momenti di piena potrà trasportare per percorsi maggiori i clasti più grossi. A causa di questo processo il sottosuolo è formato da alternanze, sia verticali sia orizzontali, di sedimenti alluvionali di granulometria fine e grossolana. Questa situazione porta alla formazione di falde acquifere sovrapposte, alcune in interconnessione, altre isolate, situate all'interno degli strati a granulometria maggiore. La zona, a grande scala, è drenata a E dal Samoggia ed a W dal Panaro. Nella zona scorrono numerosi canali tra cui ricordiamo, lo Scolo Bergnana Superiore, Fossa Zucca, Scolo Piolino Superiore, lo Scolo Cavamento-Amola Superiore, lo Scolo Ronchetto, lo Scolo Grassello Superiore, il Canale San Giovanni e altri. Nell'area in esame la soggiacenza della falda superficiale è limitata ai primi metri dal piano di campagna, con forti variazioni stagionali e pluriennali come risposta al mutare delle condizioni meteo climatiche. Come si evidenzia dalla Figura 6 i dati pubblicati

indicano una soggiacenza intorno ai 2.5m dal locale piano campagna. Questo dato risulta confermato dalle indagini eseguite all'interno dell'area di intervento che hanno riscontrato la falda acquifera a circa 2,0m di profondità.

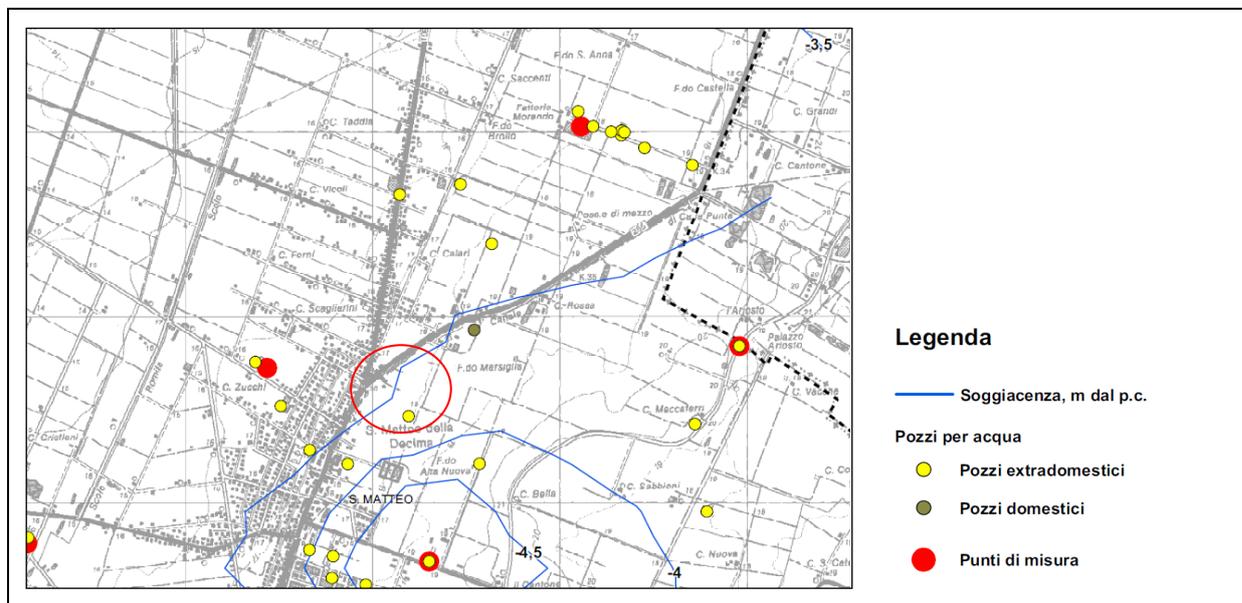


Figura 6. estratto carta idrogeologica

L'acquifero ritrovato ricade all'interno dell'acquifero denominato A1 che rappresenta l'acquifero più superficiale di geometria cuneiforme, presenta spessori variabili da 24- 28 m in prossimità del margine collinare a 65-70 m nelle zone più distali. Il rapporto $[(gh+sb)/tot]$ fra spessore cumulato delle ghiaie (gh) e lo spessore totale (tot) varia da 0.6 a 0.8 in corrispondenza del conoide del Fiume Reno. Lateralmente ad esso raggiunge rapidamente valori inferiori a 0.2. L'Acquifero A1 ospita un articolato complesso di falde superficiali. All'interno del sondaggio eseguito è stato posto un piezometro del diametro di 2", il rilievo della soggiacenza eseguito in data 07/07/2021 ha indicato una soggiacenza a 1,90 m di profondità. Dalla stratigrafia del sondaggio si ritiene che esista una falda acquifera superficiale che circola all'interno dei limi argillosi posti fino a 3,0 m di profondità con valori di permeabilità e trasmissività molto variabili e alimentato dai corsi d'acqua, ormai pensili, e dall'infiltrazione delle acque meteoriche.

5. PERICOLOSITÀ TERRITORIALE

La carta degli scenari della pericolosità idraulica estratta dall'autorità di bacino del Fiume PO all'interno del Piano di Gestione rischio alluvioni secondo ciclo dicembre 2019 indica che l'area di studio ricade in pericolosità "P3 elevata probabilità di inondazione". Uno stralcio dell'area è riportato nella figura successiva:

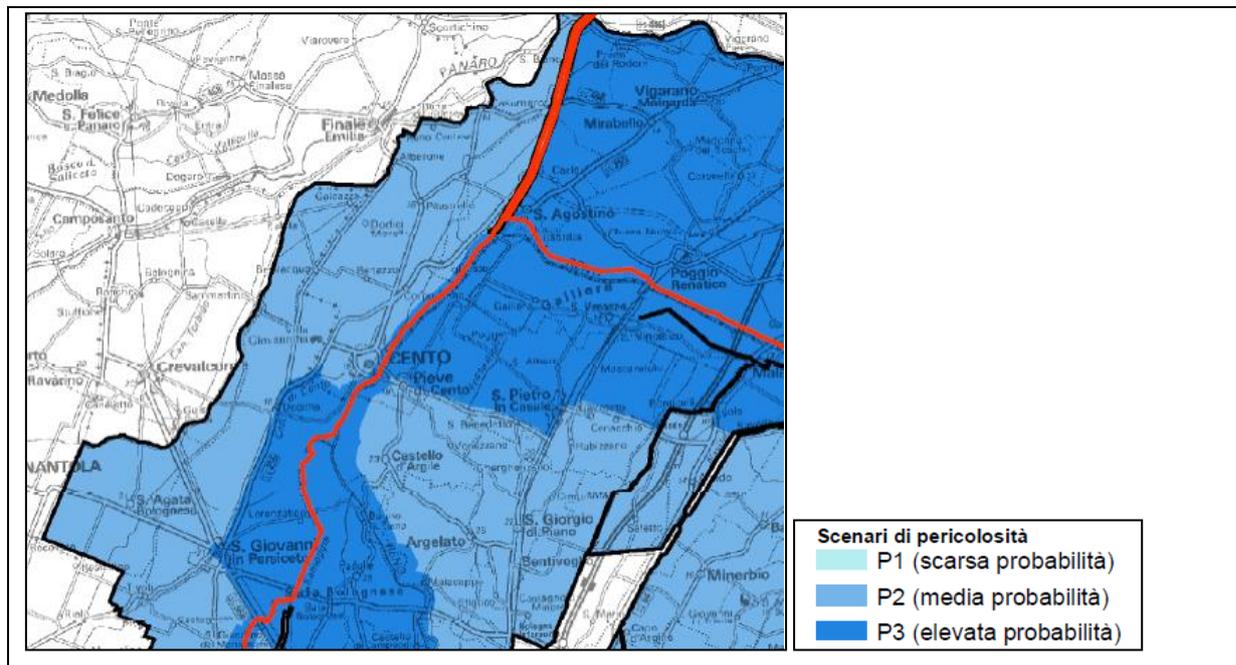


Figura 7. estratto Autorità di bacino del Fiume PO – PGRA secondo ciclo dicembre 2019

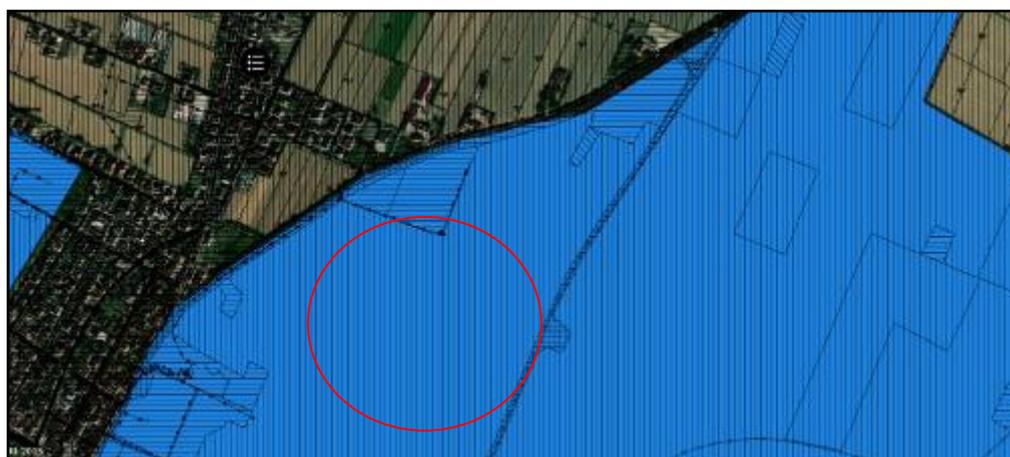


Figura 8. estratto Autorità di bacino del Fiume PO – PGRA secondo ciclo dicembre 2019 da Moka Direttiva Alluvioni

Il documento Aggiornamento e revisione delle mappe di pericolosità e del rischio di alluvione redatte ai sensi dell'art. 6 del D.lgs. 49/2010 attuativo della Dir. 2007/60/CE – II ciclo di gestione, relazione metodologica indica che nelle aree per le alluvioni di origine fluviale i tempi di ritorno utilizzati nelle modellazioni variano generalmente tra 10 anni e 50 anni per lo scenario di elevata probabilità, tra 100 anni e 200 anni per lo scenario di media probabilità e tra 200 anni e 500 anni per lo scenario di bassa probabilità.

La figura 9 mostra invece un estratto della carta dei tiranti per lo scenario P3. L'area di studio risulta appartenere alla classe 1

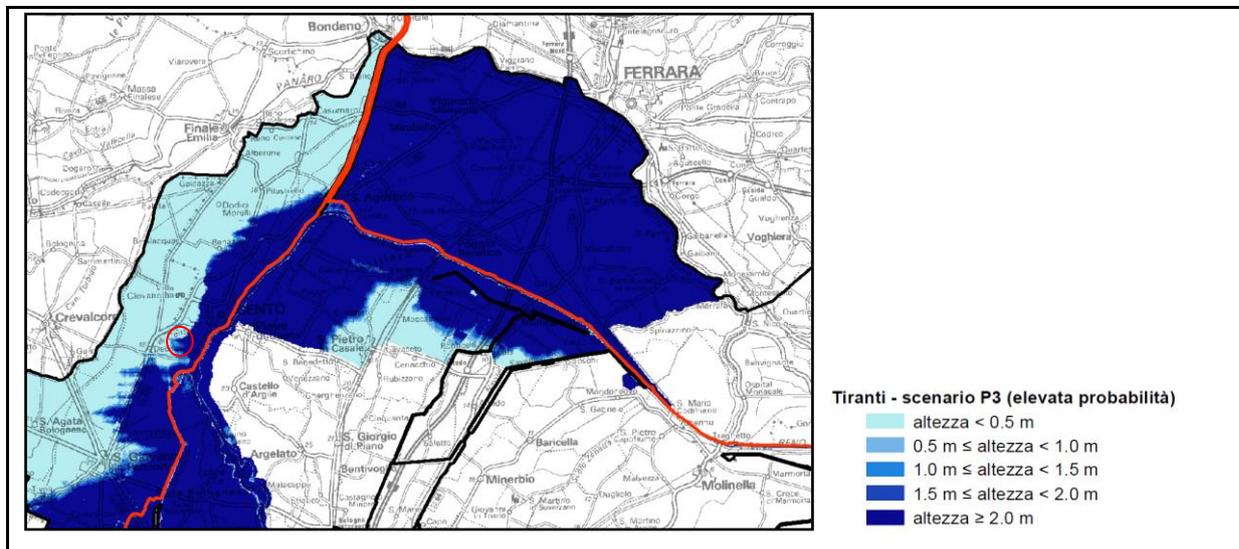


Figura 9. estratto Autorità di bacino del Fiume PO – PGRA secondo ciclo dicembre 2019

In figura 10 si riporta un estratto della tavola Qc.6/t7a pericolosità sismica locale estratto da PSC terre d'acqua in cui si vede che l'area in oggetto ricade all'interno della classe liquefazione molto probabile $F_s < 1$.

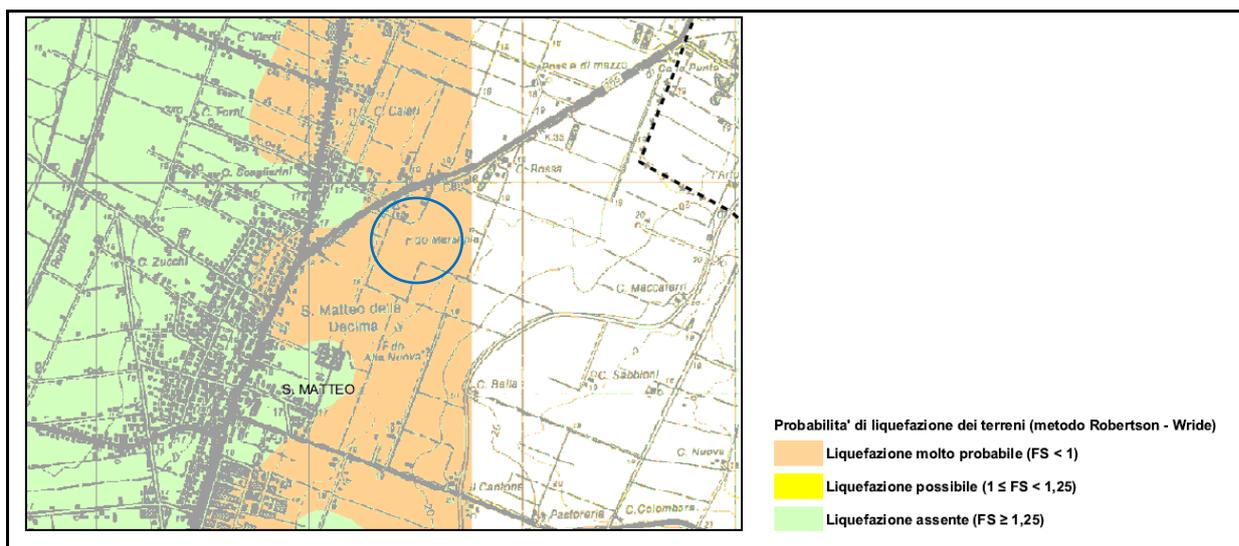


Figura 10. estratto tavola QC.6/t7a PSC terre d'acqua

In tavola successiva si presenta un estratto della tavola 2c "Rischio sismico: carta delle aree suscettibili di effetti locali" in cui l'area oggetto dell'intervento, ai sensi delle Norme di Attuazione del Piano di Coordinamento Provinciale – Variante in materia di riduzione del rischio sismico risulta essere

all'interno di una zona C: Area soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche e potenziali cedimenti.

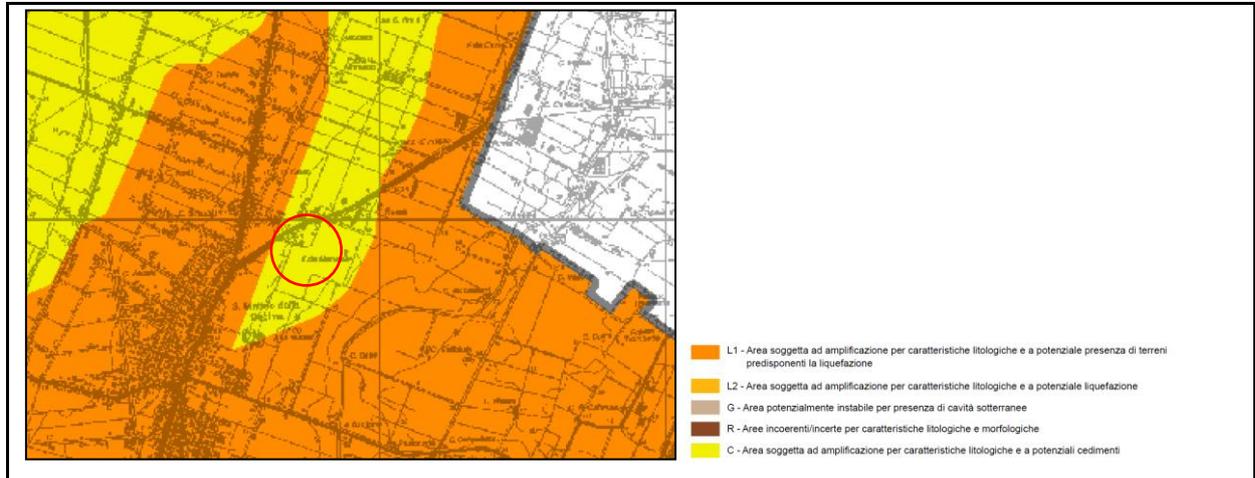


Figura 11. estratto carta delle aree suscettibili di effetti locali da piano territoriale di coordinamento provinciale

6. PERICOLOSITÀ SISMICA

Il territorio del Comune di San Giovanni in Persiceto, ai sensi dell'OPCM 3274/2003, è classificato come zona sismica di terza categoria. In base alla riclassificazione sismica della Regione Emilia Romagna, ai sensi dell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri 28 Aprile 2006, n° 3519, il Comune di San Giovanni in Persiceto rientra in Zona 3. Nella figura successiva si mostra la classificazione sismica dei Comune dell'Emilia Romagna (Allegato 2 del OPCM n°3519/2006).

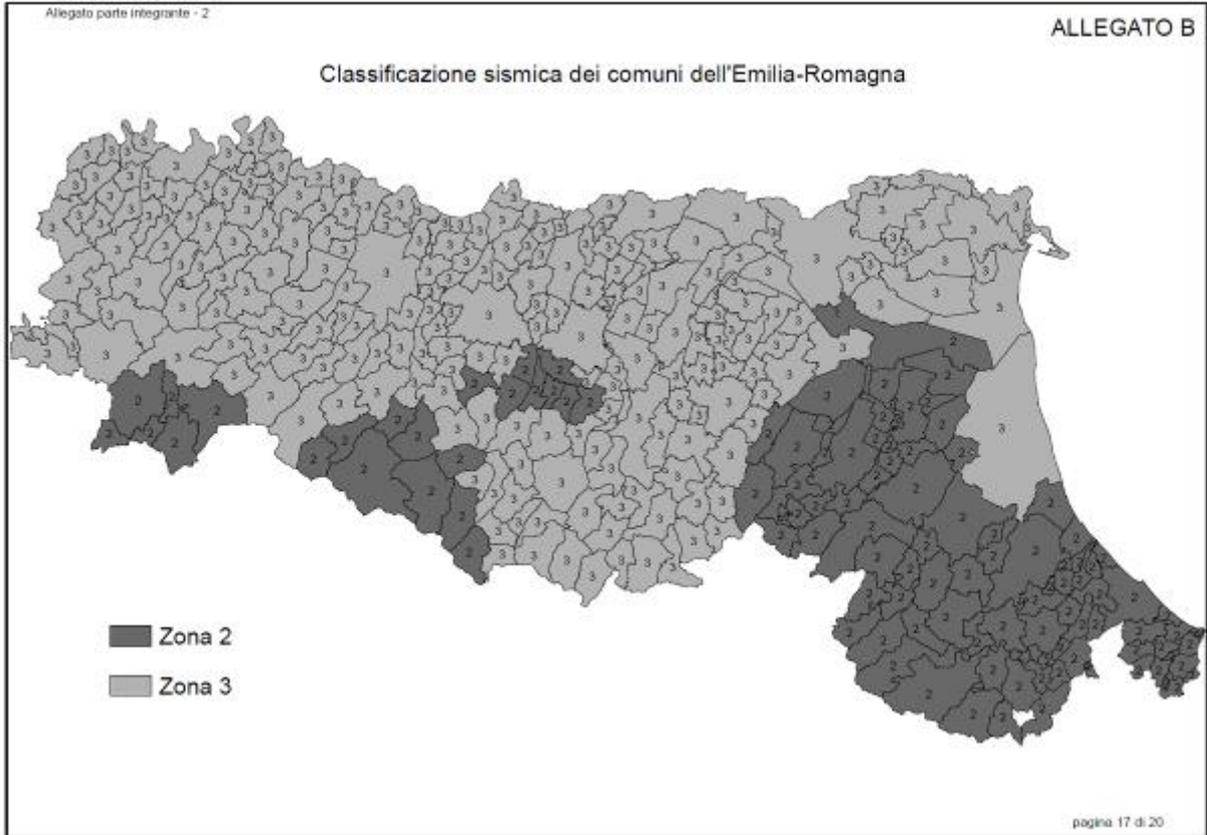
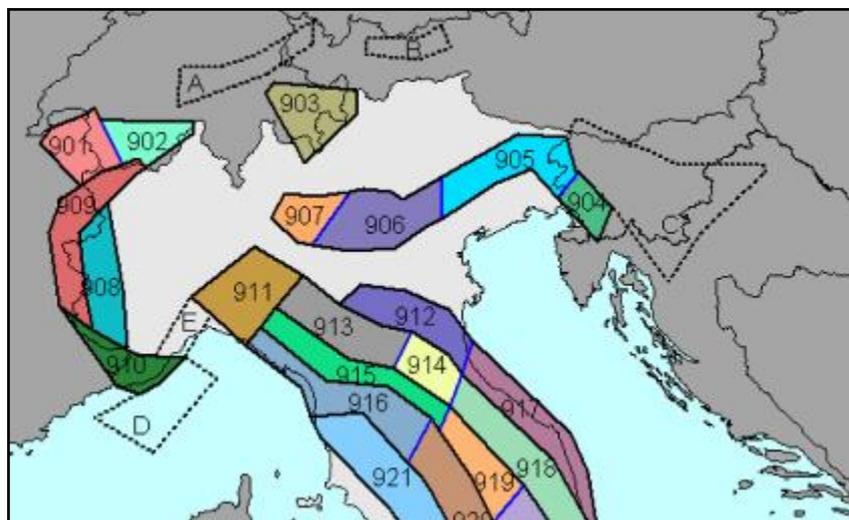


Figura 12. *Classificazione sismica della Emilia Romagna*

Sulla base della zonazione sismogenetica denominata ZS9 realizzata dall'INGV nel 2004 (Meletti e Valensise, 2004) contestualmente alla realizzazione della mappa della pericolosità sismica prevista dall'O.P.C.M. n. 3274 del 20 marzo 2003, il Comune di San Giovanni in Persiceto ricade all'interno della zona sismogenetica identificata con il valore 912.



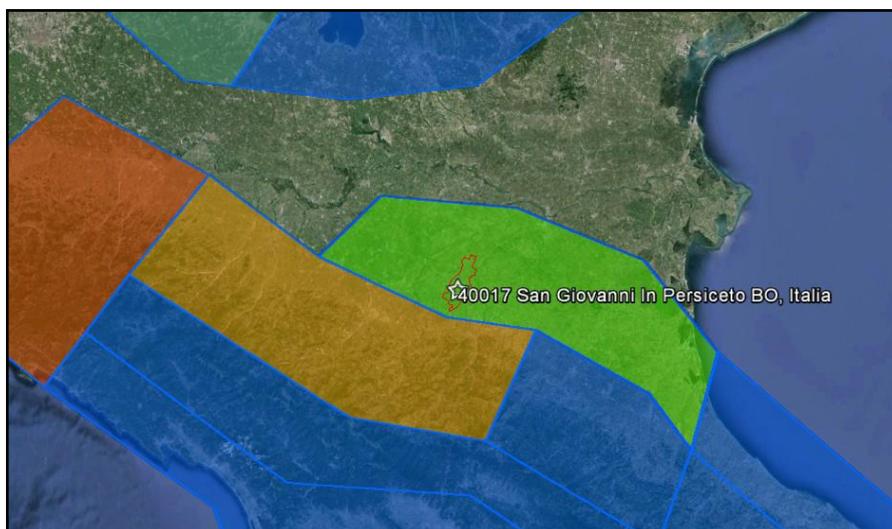


Figura 13. carta della zonazione sismogenetica (area Nord) ZS9

La zona sismogenetica 912 ricade all'interno dell'arco appenninico settentrionale che è stato riorganizzato secondo cinque fasce parallele longitudinali alla catena. L'arco è limitato, a Nord, da una zona (911, unione delle zone 25 e 26 di ZS4, opportunamente ristrette) che comprende il cosiddetto "arco di Pavia" e le strutture ad esso relative. In realtà, suppone che la funzione delle strutture comprese all'interno della 911 sia di "svincolo" cinematico del sistema supposto in migrazione (in accordo con quanto espresso, ad esempio, in Patacca et al., 1990). Lo smembramento di tale zona nelle diverse zone appenniniche longitudinali non avrebbe consentito la corretta valutazione della pericolosità nell'area da essa racchiusa, a fronte di una non trascurabile sismicità propria dell'area stessa. Procedendo dal Tirreno all'Adriatico, le zone-sorgente da 912 a 923, longitudinali rispetto all'asse della catena appenninica, modificano le precedenti zone da 27 a 55 di ZS4, sulla base di vedute aggiornate sulla fagliazione attiva e sulla geometria delle sorgenti sismogenetiche (si vedano ad esempio Boncio et al., 2000; Galadini et al., 2001 con la relativa bibliografia; la compilazione di Valensise e Pantosti, 2001).

6.1. Storia sismica del comune di San Giovanni in Persiceto

Sulla base del database denominato DBMI15 realizzato dall'INGV (Locati et alii, 2016) e contenente le osservazioni macrosismiche dei terremoti italiani utilizzate per la compilazione del catalogo parametrico CPTI15, è stato possibile ricostruire la storia sismica del comune di San Giovanni in Persiceto. In particolare in tale catalogo sono presenti 27 sismi visibile in figura 14 che hanno generato degli effetti macrosismici nel comune di interesse. Tali sismi sono riportati nella tabella seguente, dove Is ed Io sono le intensità macrosismiche osservate rispettivamente nel

comune in esame e nell'epicentro dell'evento ed espresse nella scala MCS ed Mw è la magnitudo momento dell'evento.

Il territorio comunale di San Giovanni in Persiceto è situato all'interno dell'area geologica denominata Dorsale Ferrarese: al di sotto delle spesse coltri di sedimenti sciolti alluvionali e presente un sistema roccioso, orogeneticamente legato alla catena appenninica, fagliato da diverse ed importanti linee sismotettoniche, la cui genesi è riconducibile alle forze compressive che da SO spingono verso NE. Tale zona rappresenta la porzione più esterna della fascia in compressione dell'arco appenninico settentrionale. Qui di lato vengono riportati i forti terremoti localizzati nel raggio di 60 km dal territorio dell'Associazione intercomunale delle Terre d'acqua bolognesi di cui San Giovanni in Persiceto fa parte. Mancano quelli avvenuti nel Maggio-Giugno 2012. Per la scelta della magnitudo massima da attribuire per le calcolazioni relative al potenziale di liquefazione, l'unico riferimento ufficiale è, a tutt'oggi, il Rapporto Conclusivo prodotto dall'INGV nell'ambito della Redazione della Mappa di Pericolosità Sismica; in tabella successiva vengono riportate le massime magnitudo per le diverse zone sismogenetiche individuate.

San Giovanni in Persiceto

PlaceID	IT_40181
Coordinate (lat, lon)	44.638, 11.187
Comune (ISTAT 2015)	San Giovanni in Persiceto
Provincia	Bologna
Regione	Emilia-Romagna
Numero di eventi riportati	27

Effetti										In occasione del terremoto del		
Int.	Anno	Me	Gi	Mo	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw		
6-7	1505	01	03	02			Bolognese	31	8	5.62		
F	1570	11	17	19	10		Ferrarese	58	7-8	5.44		
4-5	1881	01	24	16	14		Bolognese	38	7	5.22		
NF	1908	06	28	03	19		Finale Emilia	11	4-5	3.93		
NF	1908	07	10	02	13	35	Carnia	119	7-8	5.31		
5	1909	01	13	00	45		Emilia Romagna orientale	867	6-7	5.36		
3	1911	02	19	07	18	30	Forlivese	181	7	5.26		
6	1914	10	27	09	22		Lucchese	660	7	5.63		
4	1920	09	07	05	55	40	Garfagnana	750	10	6.53		
4-5	1929	04	10	05	44		Bolognese	87	6	5.05		
5	1929	04	20	01	10		Bolognese	109	7	5.36		
3	1971	07	15	01	33	23	Parmense	228	8	5.51		
3	1980	11	23	18	34	52	Irpinia-Basilicata	1394	10	6.81		
4	1983	11	09	16	29	52	Parmense	850	6-7	5.04		
NF	1984	04	29	05	02	59	Umbria settentrionale	709	7	5.62		
NF	1986	12	06	17	07	1	Ferrarese	604	6	4.43		
5	1987	05	02	20	43	5	Reggiano	802	6	4.71		
3	1988	03	15	12	03	1	Reggiano	160	6	4.57		
3	1992	04	17	11	59	0	Appennino bolognese	56	4-5	4.11		
5	1996	10	15	09	55	5	Pianura emiliana	135	7	5.38		
NF	1998	03	26	16	26	1	Appennino umbro-marchigiano	409		5.26		

Effetti										In occasione del terremoto del		
Int.	Anno	Me	Gi	Mo	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw		
3-4	2000	06	18	07	42	0	Pianura emiliana	304	5-6	4.40		
NF	2002	06	08	20	13	7	Frignano	115	4	4.23		
NF	2002	06	18	22	23	0	Frignano	186	4	4.30		
3-4	2003	09	14	21	42	5	Appennino bolognese	133	6	5.24		
5	2012	05	20	02	03	5	Pianura emiliana	53	7	6.09		
5	2012	05	29	07	00	0	Pianura emiliana	87	7-8	5.90		

Figura 14. sintesi della zona sismica del Comune di San Giovanni in Persiceto

6.2. Microzonazione sismica del comune di San Giovanni in Persiceto

Il Comune di San Giovanni in Persiceto si è dotato della Microzonazione Sismica (di seguito definita MS) che rappresenta la valutazione della pericolosità sismica locale attraverso l'individuazione di zone del territorio caratterizzate da comportamento sismico omogeneo. In sostanza, la MS individua e caratterizza le Zone stabili, le Zone stabili suscettibili di amplificazione locale del moto sismico e le Zone suscettibili di instabilità. È ormai noto che lo stesso evento sismico può provocare scuotimenti decisamente differenti a seconda degli spessori e delle qualità dei terreni posti a copertura del bedrock e delle caratteristiche morfologiche del sito. È, inoltre, riconosciuto che gli effetti di un terremoto variano col variare delle condizioni geologiche in cui esso si sviluppa. In funzione dei diversi

contesti e dei diversi obiettivi, gli studi di MS possono essere effettuati a vari livelli di approfondimento, con complessità e impegno crescenti, passando dal Livello 1 fino al Livello 3:

□ il Livello 1 è un livello propedeutico ai veri e propri studi di MS, in quanto consiste in una raccolta di dati preesistenti, elaborati per suddividere il territorio in microzone qualitativamente omogenee rispetto alle zone sopra descritte;

□ il Livello 2 si propone di quantificare l'effetto sismico proprio di ogni zona omogenea individuata nel Livello 1, utilizzando allo scopo ulteriori e mirate indagini, ove necessario, e definisce la Carta di Microzonazione Sismica;

□ il Livello 3 restituisce una Carta di Microzonazione Sismica con approfondimenti su tematiche o aree particolari

Il Comune di San Giovanni in Persiceto si è dotato di Certificato di conformità dello Studio di Microzonazione sismica di 2°livello.

6.2.1. Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica (Livello 1)

La Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica (MOPS) ha come finalità la suddivisione del territorio comunale nelle seguenti aree:

- Zone stabili
- Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali
- Zone di attenzione per instabilità

La MOPS è stata ricostruita alla scala 1:10.000 a partire dalla Carta geologico-tecnica precedentemente esposta, integrandone e rivedendone i contenuti. In sostanza, si noti che buona parte del territorio indagato è da considerarsi potenzialmente instabile e localmente stabile suscettibile di amplificazione. Infatti, è stato verificato che il moto sismico è modificabile rispetto a quello atteso in condizioni ideali di roccia rigida e pianeggiante in tutto il territorio comunale, a causa delle caratteristiche litostratigrafiche locali, ed è risultato potenzialmente liquefacibile nelle aree in cui si sono verificate tutte le condizioni predisponenti.

1) ZONE STABILI

Nel comune di San Giovanni in Persiceto non sono state individuate zone "stabili". In sostanza, si noti che l'intero territorio è considerabile come stabile suscettibile di amplificazione sismica e soggetto, in buona parte del territorio, a potenziale liquefazione.

2) ZONE STABILI SUSCETTIBILI DI AMPLIFICAZIONI LOCALI

Il comune San Giovanni in Persiceto risulterebbe "stabile suscettibile di amplificazioni locali" per il seguente motivo:

A. Stratigrafia e caratteristiche dei litotipi. Come evidenziato nella "Carta geologico - tecnica" e nelle considerazioni fin qui esposte, è stato accertato che le differenti risposte sismiche risultano correlate ai diversi ambienti geomorfologici ed in particolare alle differenze di rigidità presenti all'interno della copertura sedimentaria.

6.2.2. Zona di attenzione per instabilità

Buona parte del territorio di San Giovanni in Persiceto rientra nelle Zone di attenzione per instabilità in quanto potenzialmente soggette a fenomeni di liquefazione. Il fenomeno della liquefazione dei terreni durante i terremoti, interessa in genere i depositi sabbiosi e/o sabbioso-limosi sciolti sotto falda, a granulometria uniforme, normalmente consolidati e saturi. La liquefazione rientra tra gli effetti di sito dei terremoti, ovvero tra quel tipo di effetti dovuti all'interazione tra le onde sismiche e le condizioni geologiche locali. Le principali manifestazioni della liquefazione sono: oscillazioni, rotture, abbassamenti, sollevamenti e movimenti orizzontali del terreno, spostamento di masse fluide/collasso in pendii naturali o artificiali, perdita di capacità portante delle fondazioni, collasso di opere di sostegno e banchine. Esistono delle condizioni (fattori predisponenti) che rendono alcuni terreni suscettibili di liquefazione ma, affinché questo avvenga, l'azione sismica (fattore scatenante) deve essere tale che, durante lo scuotimento sismico, le sollecitazioni indotte nel terreno determinino un aumento delle pressioni interstiziali fino a eguagliare la pressione litostatica e la tensione di confinamento, annullando la resistenza al taglio e inducendo fenomeni di fluidificazione. Secondo le Linee Guida per la Microzonazione Sismica v.3.0 e la bozza relativa alla gestione del territorio in aree interessate da liquefazione, redatte della Protezione Civile, le zone di attenzione per liquefazione ZALQ1 sono le aree nelle quali si verificano le seguenti condizioni predisponenti

- presenza di limi sabbiosi, sabbie, sabbie limose, sabbie ghiaiose, sabbie argillose e ghiaie sabbiose;
- falda acquifera a una profondità media stagionale inferiore a 15 m dal p.c. locale;
- eventi sismici attesi di magnitudo Mw uguale o superiore a 5;
- accelerazione massima attesa di riferimento (ag) su ammassi rocciosi o terreni molto rigidi; pianeggianti e in free field uguale o superiore a 0.10 g, con periodo di ritorno di 475 anni (valore di ag utilizzato nella pericolosità di base).

La rappresentazione delle Zone di attenzione per liquefazione (ZALQ) prevede la sovrapposizione al colore della Zona stabile suscettibile di amplificazione di un retino grigio. Questa rappresentazione conserva le informazioni sulla litostratigrafia della microzona, permettendo, se gli approfondimenti del Livello 3 non confermano l'instabilità per liquefazione, di trattare la stessa microzona come Stabile

suscettibile di amplificazione e caratterizzarla secondo i parametri propri di questa zona. Per tale motivo si sono individuate le zone che possono rispondere in modo analogo durante una sollecitazione sismica. Tali zone sono state create considerando le caratteristiche litologiche e genetiche dei terreni della Carta geologico-technica CGT e le potenziali risposte sismiche locali dal punto di vista stratigrafico. In particolare, si è ritenuto opportuno suddividere i terreni limoso sabbiosi in due zone corrispondenti ai depositi recenti (Zona di attenzione per liquefazione 1 – depositi recenti a maggiore pericolosità; presenza dell'unità di Modena, sigla AES8a, di età post IV sec. d.C.) e a quelli pre-romani.

La Carta delle Microzone Omogenee in prospettiva sismica a corredo dello Studio di cui un estratto è in figura successiva inserisce l'area di studio in Zona 2, costituita da depositi granulari recenti più o meno addensati di origine fluviale a tessitura prevalentemente limo-sabbiosa, per uno spessore indicativo di 100 m e che poggia su un materiale prevalentemente granulare.

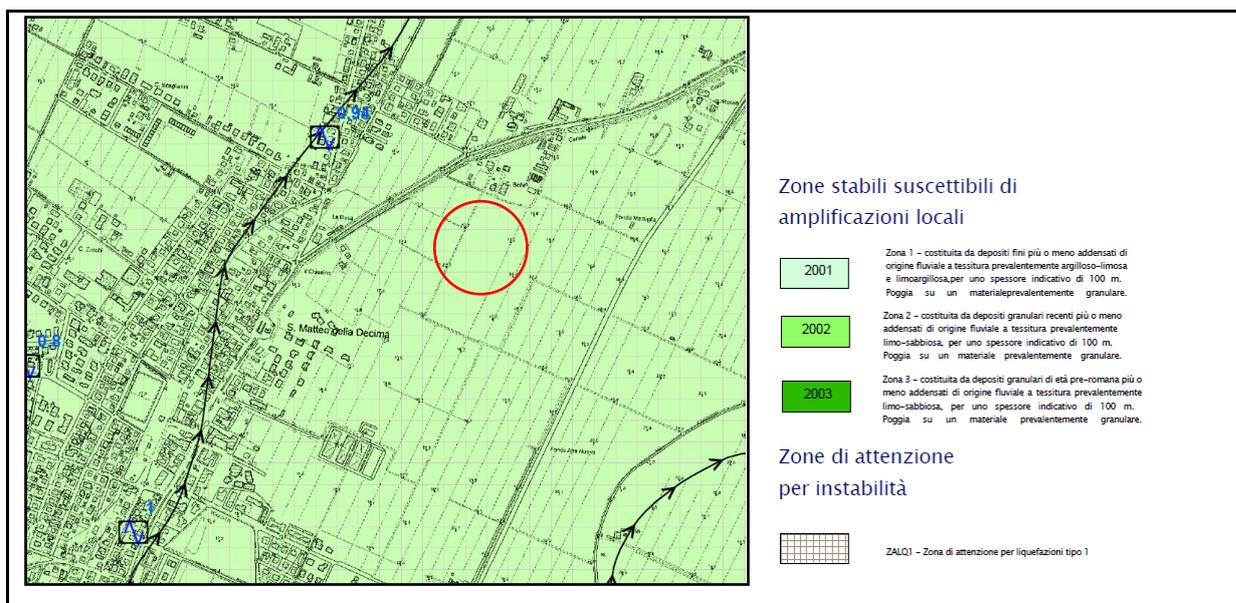


Figura 15. : carta delle Microzone Omogenee in prospettiva sismica (MS) del Comune di San Giovanni in Persiceto.

6.2.3. Carta di microzonazione sismica di livello 2

La Carta di microzonazione sismica di Livello 2 riporta i risultati delle analisi per la quantificazione numerica dell'amplificazione sismica locale nelle zone individuate nella Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (MOPS) del Livello 1. La Carta è stata costruita sulla base dei valori di amplificazione ottenuti per ciascuna zona attraverso l'uso degli abachi nazionali riportati negli ICMS (2008) e regionali presenti nell'Allegato A2. In particolare, tale carta è stata realizzata secondo la D.G.R. della Regione Emilia Romagna n°1919 del 2013 e gli standard di rappresentazione e archiviazione informatica della Protezione Civile versione 3.0 dell'ottobre 2013. Gli ICMS (2008)

definiscono, nell'ambito degli studi di Livello 2, una serie di abachi finalizzati all'individuazione di un valore che caratterizzi le microzone stabili suscettibili di amplificazioni locali in termini di fattori di amplificazione. Le amplificazioni, dovute ad effetti litostratigrafici, sono state espresse con un fattore numerico (FA e FV) da applicare alle ordinate spettrali a basso e alto periodo. I fattori di amplificazione sono stati ottenuti utilizzando le tabelle relative ad un valore di $a_g=0,18$, e una litologia argillosa e sabbiosa. Infine, le profondità H del bedrock geofisico (tetto delle ghiaie e $V_s = 400 - 500$ m/s) e le V_s equivalenti della copertura (V_{sH}), sono state estrapolate dai risultati ottenuti dalle prove geofisiche realizzate ex-novo.

In particolare, il territorio comunale è stato suddiviso in due aree per l'FA e uno all'FV alle quali è stato assegnato un range di amplificazione, come di seguito riportato:

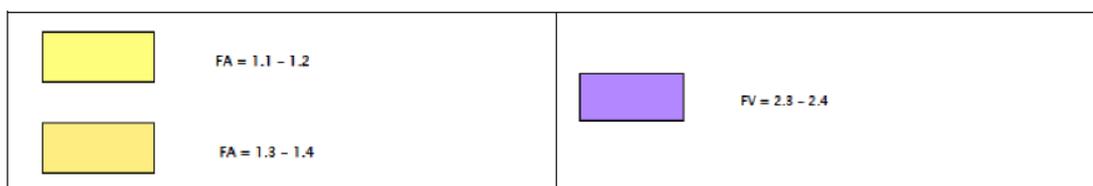


Figura 16. *legenda range di amplificazione microzonazione sismica di livello 2*

Un estratto della Carta delle Microzone Omogenee Livello 2 - FPGA è riportato in figura successiva e mostra che l'area si inserisce l'area in zona con $FPGA = 1,5 - 1,6$ e di attenzione per instabilità per liquefazione tipo 1.

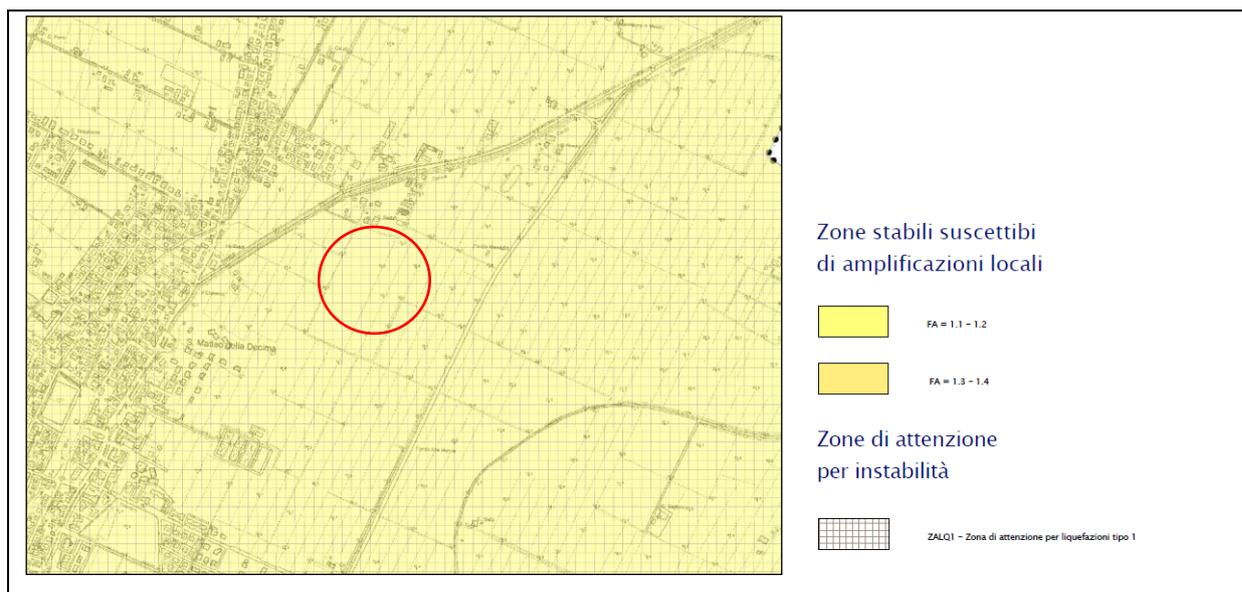


Figura 17. *Carta delle Microzone Omogenee Livello 2 - FPGA (MS) del Comune di San Giovanni in Persiceto.*

In base a tali osservazioni si può concludere che lo Studio di Microzonazione Sismica e in particolare l'esclusione del rischio di liquefazione nell'area di studio esclude ulteriori approfondimenti richiesti da studi di 3° livello.

7. INDAGINI GEOGNOSTICHE

7.1. Indagini eseguite

All'interno delle due aree sono state eseguite indagini geognostiche a supporto delle strutture di progetto. Nella prima area sono state eseguite:

- a supporto della nuova costruzione e delle pensiline idrogeno:
 - n.1 prova CPTU a 20 m di profondità;
 - n. 2 prove CPTU a 15m di profondità;
 - n. 1 sondaggio geognostico a 15 m con il prelievo di 3 campioni indisturbati;
 - indagine sismica MASW
- a supporto della installazione dei pannelli fotovoltaici:
 - n. 4 prove CPT a 5m di profondità;

Nella seconda area sono state eseguite a supporto della installazione dei pannelli fotovoltaici:

- n. 4 prove CPT a 5m di profondità.

I dati derivanti dalle perforazioni eseguite hanno permesso di sviluppare il modello geologico e geotecnico complessivo

In figura successiva si rappresentano le indagini eseguite.



Figura 18. sintesi indagini eseguite in sito

La stratigrafia dei sondaggi eseguiti indica una litologia simile con presenza di terreno di origine agraria per i primi 50/80cm cm seguito da terreni in matrice limo argillosa. All'interno del sondaggio sono stati prelevato n.3 campioni indisturbati a varie profondità; i risultati sono riepilogati nelle tabelle successive ed i certificati delle prove sono presentati in allegato.

7.2. Descrizione delle stratigrafie riscontrate

Sondaggio S1 (0,0-15,0m)

In allegato si presenta il log stratigrafico dei terreni investigati con il sondaggio S1; attraverso l'analisi visiva ed i certificati di laboratorio possiamo dire che i terreni sono principalmente limo argillosi su tutta la verticale investigata con all'interno terreni sabbiosi in percentuale minore con la profondità.

- da 0,0 a 0,50m : terreno agrario limo argilloso;
- da 0,50 a 3,80m : limo debolmente argilloso;
- da 3,80 a 8,50m : Argilla limosa grigia;
- da 8,50 a 13,0m : Argilla limosa grigia con tracce di torba;
- da 13,0 a 15,0m : Argilla limosa grigio-nocciola

In avanzamento del sondaggio sono stati prelevati n.3 campioni indisturbati alle profondità sotto indicate:

- campione indisturbato 1: profondità di prelievo 2,50 -3,0m;
- campione indisturbato 2: profondità di prelievo 8,00 -8,50m;
- campione indisturbato 3: profondità di prelievo 12,50 -13,00m;

I campioni prelevati sono stati sottoposti ad analisi granulometrica e prova edometrica. I risultati sono riepilogati nelle tabelle successive. I certificati di laboratorio sono allegati alla presente relazione.

7.3. Risultati delle indagini eseguite

La campagna di indagine ha visto la esecuzione di indagini CPTU e CPT all'interno delle due aree di progetto. Le CPTU sono state eseguite nei pressi delle strutture in elevazione (fabbricato e pensilina) le CPT sono state eseguite nelle aree dei pannelli fotovoltaici. Per l'esecuzione della prova penetrometrica è stato utilizzato un penetrometro statico da t. 20 di spinta con punta conica tipo Begemann per la lettura della resistenza alla punta q_c (R_p) e la resistenza all'attrito laterale locale f_s (R_l). Maggiori dettagli sulla strumentazione e le modalità di prova sono forniti nella scheda tecnica allegata.

La prova penetrometrica statica SCPTU (Standard Cone Penetration Test) viene realizzata infiggendo nel terreno, alla velocità di 2 cm/sec, la punta piezoelettrica normalizzata. La punta presenta alla sua estremità inferiore un cono avente un angolo al vertice di 60°, un diametro alla base di 36 mm e quindi un'area di base di 10 cm². Esso supporta lungo il suo stelo un manicotto d'attrito, la cui superficie laterale è di 150 cm². I valori degli sforzi di reazione che il suolo oppone alla penetrazione della punta, allo scorrimento del manicotto laterale e l'avanzamento dell'insieme punta più aste, vengono registrati ogni centimetro di avanzamento in profondità. La punta possiede sensori elettrici e trasduttori di pressione in grado di acquisire in continuo (una lettura ogni centimetro di approfondimento) la resistenza alla penetrazione q_c e f_s e l'andamento delle pressioni interstiziali dei pori nell'area intorno alla punta (U_2). La punta è dotata di dispositivo per la misurazione delle V_s . Ad ogni profondità di misura (x), i valori reali della resistenza alla penetrazione della punta " q_c " e dell'attrito laterale locale " f_s " possono essere calcolati tramite le seguenti formule:

$$q_c(x) = R_p(x) \text{ [kg/cm}^2\text{]}$$

dove:

$$AP \text{ (Area Punta)} = 10 \text{ cm}^2$$

$$AM \text{ (Area Manicotto Laterale)} = 150 \text{ cm}^2$$

$$f_s(x) = (R_l(x+1) - R_p(x+1)) \cdot (AP/AM) = (R_l(x+1) - R_p(x+1)) / 15.$$

La particolare punta utilizzata per la perforazione Friction Jacket Cone è servita a determinare, oltre al carico di rottura, anche la litologia dei terreni investigati: dal rapporto tra la resistenza penetrometrica alla punta e la resistenza laterale locale è infatti possibile risalire, attraverso l'esperienza di Begemann, modificata da Schmertmann (di seguito descritti), alla granulometria e, di

conseguenza, alla litologia dei terreni attraversati dall'indagine. In questo caso l'interpretazione stratigrafica.

7.4. Schema litologico e modello geologico tecnico

Sulla base dei risultati ottenuti dalle prove penetrometriche correlate con i terreni del sondaggio realizzato che hanno permesso una ispezione visiva dei terreni e con i risultati delle prove di laboratorio, si ritiene che l'area d'interesse sia omogenea con presenza di terreni coesivi in tutte le aree di studio. Per maggiore chiarezza abbiamo individuato due aree all'interno della zona 1

ZONA 1:

Area A: nuove costruzioni (fabbricato)

Area B: installazione di pannelli fotovoltaici

ZONA 2:

Area C: installazione di pannelli fotovoltaici

Area 1:

All'interno di quest'area saranno realizzati i nuovi edifici e saranno installati i pannelli fotovoltaici. Sono state realizzate prove penetrometriche a varie profondità ed un sondaggio a carotaggio continuo con l'installazione di un piezometro di monitoraggio delle acque sotterranee. Le prove CPTU ed il sondaggio sono state eseguite al di sotto dell'impronta delle nuove strutture di progetto le prove CPT nell'area di installazione dei pannelli fotovoltaici. I risultati delle prove hanno permesso la ricostruzione del modello geologico schematizzato in tabella successiva:

Profondità m dal p.c.	litologia	Qc Kg/cmq	γ t/mc	Cu _k Kg/cmq	Ø Gradi	Mo Kg/cmq
0,0 ÷ 1,20	Terreno agrario limoso	20	1,92	0,80	28	60
1,20 ÷ 2,80	Limo argilloso poco compatto debolmente sabbioso	7	1,89	0,40	23	32
2,80 ÷ 4,30	Limo argilloso debolmente sabbioso mediamente compatto	12	1,85	0,55	20	38
4,30 ÷ 11,10	Limo argilloso poco compatto	7	1,85	0,40	15	35
11,10 ÷ 13,00	Limo argilloso debolmente sabbioso mediamente compatta	12	1,85	0,66	-	46

13,00 ÷ 15,50	Argilla limosa debolmente sabbiosa compatta	16	1,85	0,80	15	45
15,50 ÷ 20,00	Argilla limosa mediamente compatta	13	11,85	0,65	-	45

Dove: γ = peso di volume naturale; C_{uk} : coesione non drenata ; ϕ = angolo di attrito; M_o = modulo edometrico

Tabella 1. CARATTERISTICHE GEOTECNICHE ZONA 1 AREA - A - DA PROVE CPTU

I risultati delle prove eseguite indicano la presenza di terreni poco compatti al di sotto del primo strato agrario fino a circa 2,50 metri di profondità per poi aumentare le caratteristiche geomeccaniche fino alla profondità di 4,30 da piano campagna. Oltre fino a 11,00m i risultati indicano terreni con basse caratteristiche geomeccaniche. Al di sotto le caratteristiche migliorano con la presenza di argille da mediamente compatte a compatte.

Profondità m dal p.c.	litologia	Q_c Kg/cmq	γ t/mc	C_{uk} Kg/cmq	ϕ gradi	M_o Kg/cmq
0,0 ÷ 1,2	Terreno agrario limoso	21	1,90	0,80	28	60
1,0 ÷ 2,60	Limo argilloso poco compatto debolmente sabbioso	11,0	1,85	0,50	24	43
2,60 ÷ 5,00	Limo argilloso debolmente sabbioso poco compatto	8,5	1,85	0,40	-	30

Dove: γ = peso di volume naturale; C_{uk} : coesione non drenata ; ϕ = angolo di attrito; M_o = modulo edometrico

Tabella 2. caratteristiche geotecniche ZONA 1 AREA - B da prove CPT

I risultati delle prove eseguite nelle aree dove saranno installati i pannelli solari indicano la presenza di terreni più compatti nei primi 2,50 metri rispetto ai precedenti per poi diminuire fino a fondo foro.

Profondità m dal p.c.	litologia	Q_c Kg/cmq	γ t/mc	C_{uk} Kg/cmq	ϕ gradi	M_o Kg/cmq
0,0 ÷ 1,0	Terreno agrario limoso	27	1,90	0,60	28	88
1,0 ÷ 1,60	Limo argilloso da poco a mediamente compatto debolmente sabbioso	12	1,87	0,45	-	45
1,60 ÷ 5,00	Limo argilloso debolmente sabbioso poco compatto	9	1,85	0,45	22	32

Dove: γ = peso di volume naturale; C_{uk} : coesione non drenata ; ϕ = angolo di attrito; M_o = modulo edometrico

Tabella 3. CARATTERISTICHE GEOTECNICHE ZONA 2 AREA – C DA PROVE CPT

I risultati delle prove eseguite in questa seconda area dove saranno installati i pannelli solari indicano la presenza di terreni più compatti fino a circa 1,60 di profondità per poi diminuire fino a fondo foro.

7.5. Risultati di laboratorio geotecnico

Durante il sondaggio eseguito sono stati campionati terreni a varie profondità per avere una chiara distribuzione delle caratteristiche geomeccaniche dei terreni di fondazione. Sulla base dei risultati delle analisi granulometriche complete eseguite sui campioni di materiale prelevati, si sono ottenute le percentuali in peso, riportate in Tabella 4, corrispondenti alle frazioni granulometriche, secondo il sistema di classificazione A.G.I

campione	SH1	SH3	SH4
Profondità di prelievo (m)	2,50 – 3,0	8,00 – 8,50	12,50 – 13,00
Limo	51%	51%	41%
Argilla	41%	39%	54%
Sabbia	8%	10%	5%

Tabella 4. RISULTATI DELLE PROVE GRANULOMETRICHE

Campione SH1 (profondità 2,5-3,0m)			
Gradini di carico	Valori di Cv	Valori di Ca	permeabilità
KPa	Cmq/sec	-	Cm/sec
49,035	$2,92 \cdot 10^{-4}$	$5,84 \cdot 10^{-6}$	$2,30 \cdot 10^{-8}$
98,07	$3,97 \cdot 10^{-4}$	$1,85 \cdot 10^{-5}$	$1,67 \cdot 10^{-8}$
196,14	$4,72 \cdot 10^{-4}$	$2,53 \cdot 10^{-5}$	$1,415 \cdot 10^{-8}$
392,28	$5,75 \cdot 10^{-4}$	$3,79 \cdot 10^{-5}$	$1,036 \cdot 10^{-8}$
784,56	$4,02 \cdot 10^{-4}$	$3,89 \cdot 10^{-5}$	$4,023 \cdot 10^{-9}$
1569,12	$5,11 \cdot 10^{-4}$	$3,89 \cdot 10^{-5}$	$2,939 \cdot 10^{-9}$

Campione SH2 (profondità 8,0-8,5m)			
Gradini di carico	Valori di Cv	Valori di Ca	permeabilità
KPa	Cmq/sec	-	Cm/sec
49,035	$6,45 \cdot 10^{-4}$	$5,84 \cdot 10^{-6}$	$4,44 \cdot 10^{-8}$
98,07	$5,84 \cdot 10^{-4}$	$2,53 \cdot 10^{-5}$	$3,56 \cdot 10^{-8}$
196,14	$5,99 \cdot 10^{-4}$	$3,11 \cdot 10^{-5}$	$2,367 \cdot 10^{-8}$
392,28	$6,64 \cdot 10^{-4}$	$2,53 \cdot 10^{-5}$	$1,312 \cdot 10^{-8}$

784,56	$5,98 \cdot 10^{-4}$	$2,53 \cdot 10^{-5}$	$5,984 \cdot 10^{-9}$
1569,12	$7,09 \cdot 10^{-4}$	$3,80 \cdot 10^{-5}$	$4,61 \cdot 10^{-9}$

Campione SH4 (profondità 12,5-13,0m)			
Gradini di carico	Valori di Cv	Valori di Ca	permeabilità
KPa	Cmq/sec	-	Cm/sec
49,035	-	-	-
98,07	-	-	-
196,14	$2,19 \cdot 10^{-4}$	$2,53 \cdot 10^{-5}$	$3,612 \cdot 10^{-9}$
392,28	$1,63 \cdot 10^{-4}$	$3,11 \cdot 10^{-5}$	$2,194 \cdot 10^{-9}$
784,56	$1,58 \cdot 10^{-4}$	$5,06 \cdot 10^{-5}$	$1,578 \cdot 10^{-9}$
1569,12	$1,44 \cdot 10^{-4}$	$2,34 \cdot 10^{-5}$	$7,733 \cdot 10^{-10}$

Tabella 5. RISULTATI DELLE PROVE GRANULOMETRICHE

I risultati riportati in tabella indicano che il coefficiente di compressione verticale Cv, sono estremamente bassi, per cui si ritiene che i terreni siano poco compressibili. In allegato sono riportati i rapporti di prova dei campioni sottoposti a prove edometrica.

8. INDAGINE SISMICA

Al fine di individuare la categoria sismica del sito e di investigare le caratteristiche del terreno in studio, è stato effettuato, a supporto del progetto, in corrispondenza dell'area oggetto dei lavori, uno studio geofisico tramite n.1 rilievo Esac, n.1 stendimento sismici MASW, ed un rilievo tromometrico (l'ubicazione delle indagini geofisiche eseguite è indicata nelle TAVOLA).

La prospezione geofisica è stata eseguita mediante le metodologie di seguito descritte.

8.1. Metodologia utilizzata per l'analisi dei dati

Per analizzare la risposta di sito e determinare la pericolosità sismica in base alla normativa vigente sono stati utilizzati distinti metodi geofisici:

- MASW/Esac - Tramite lo studio della dispersione delle onde superficiali si è determinato un primo modello monodimensionale del suolo tramite spessori e velocità;

- H/V - Si ricava lo spettro di risposta di sito.

→ SOFTWARE UTILIZZATO PER LA VISUALIZZAZIONE, L'ACQUISIZIONE, IL FILTRAGGIO E L'ELABORAZIONE DATI

Acquisizione dei dati

SISMOPC 1.0 - PASI AMBROGEO

Elaborazione e filtraggio

Visual Sunt 20	Wgeosoft-filtraggio dati (sismica a riflessione)
Seismic Unix	Software libero-filtraggio dati (sismica a riflessione)
WinMasw Pro	Eliosoft-elaborazione Masw-Remi-H/V-Attenuazione
Grilla	Tromino-H/V
Geopsy	Software Libero-H/V
Winsism 11.2	Wgeosoft-sismica a rifrazione
Rayfract	Intelligent re source-sismica a rifrazione
Modelli 1 D e rischio sismico	
Deep Soil	software libero-Risposta di sito modellazione 1D
Rexel	software libero-risposta di sito-terremoto di progetto
Shake 2000	Geo Motions-risposta di sito –modellazione 1D –liquefazione
Ciclic 1D	software libero-liquefazione

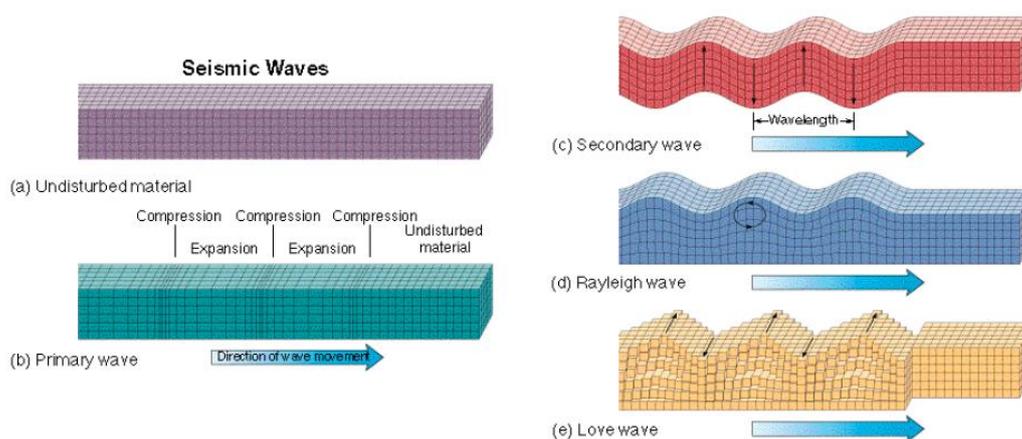


Figura 19. *Varie tipologie di onde sismiche*

8.2. Masw/Esac

La conoscenza dell'andamento nel primo sottosuolo della velocità di propagazione delle onde di taglio è, come noto, importante negli studi di microzonazione sismica dedicati alla stima di possibili effetti di sito, capaci di amplificare il moto del terreno durante un terremoto.

Negli ultimi anni hanno avuto ampio sviluppo tecniche geofisiche basate sull'analisi della propagazione delle onde superficiali ed, in particolare, delle onde di Rayleigh. Le proprietà dispersive di tali onde in mezzi stratificati, nonché la stretta relazione esistente tra la loro velocità di propagazione e quella delle onde di taglio, consentono di risalire al profilo di velocità delle onde S.

Il metodo di indagine attivo MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) è basato su una artificiale energizzazione sismica del suolo e sull'analisi spettrale delle onde superficiali presenti nel segnale (Nazarian e Stokoe, 1984; Park et al.,1999).

La curva di dispersione delle onde di Rayleigh rappresenta la variazione di velocità di fase che tali onde hanno al variare della frequenza. Tali valori di velocità sono intimamente legati alle proprietà meccaniche del mezzo in cui l'onda si propaga (velocità delle onde S, delle onde P e densità). Tuttavia, diversi studi hanno in realtà messo in evidenza che la velocità delle onde P e la densità sono parametri di second'ordine rispetto alle onde S nel determinare la velocità di fase delle onde di Rayleigh. Quindi, dato che le onde superficiali campionano una porzione di sottosuolo che cresce in funzione del periodo dell'onda e che la loro velocità di fase è fortemente condizionata in massima parte dalle velocità delle onde S dello strato campionato, la forma di questa curva è essenzialmente condizionata dalla struttura del sottosuolo ed in particolare dalle variazioni con la profondità delle velocità delle onde S.

Pertanto, utilizzando appositi formalismi è possibile stabilire una relazione (analiticamente complessa ma diretta) fra la forma della curva di dispersione e la velocità delle onde S nel sottosuolo. Tale relazione consente il calcolo di curve di dispersione teoriche a partire da modelli del sottosuolo a strati piano-paralleli.

L'operazione di inversione, quindi, consiste nella minimizzazione, attraverso una procedura iterativa, degli scarti tra i valori di velocità di fase sperimentali della curva di dispersione e quelli teorici relativi ad una serie di modelli di prova "velocità delle onde S - profondità".

A differenza del MASW, l'ESAC registra i rumori di fondo esistenti in natura: la sorgente in questo caso non è più il martello, ma ogni fonte di vibrazione o rumore. Il vantaggio dell'utilizzo di tale metodologia di indagine, è un segnale più ricco e con frequenze più basse, mentre lo svantaggio consiste nella scarsità della conoscenza circa la direzione da cui provengono le fonti di rumore registrate. Per tale motivo si dispongono i geofoni con array bidimensionale, detto appunto antenna sismica.

8.2.1. *Strumentazione utilizzata*

Sismografo Ambrogeo ECHO24-2010

Numero dei canali 12-24

A/D conversione 24 bit

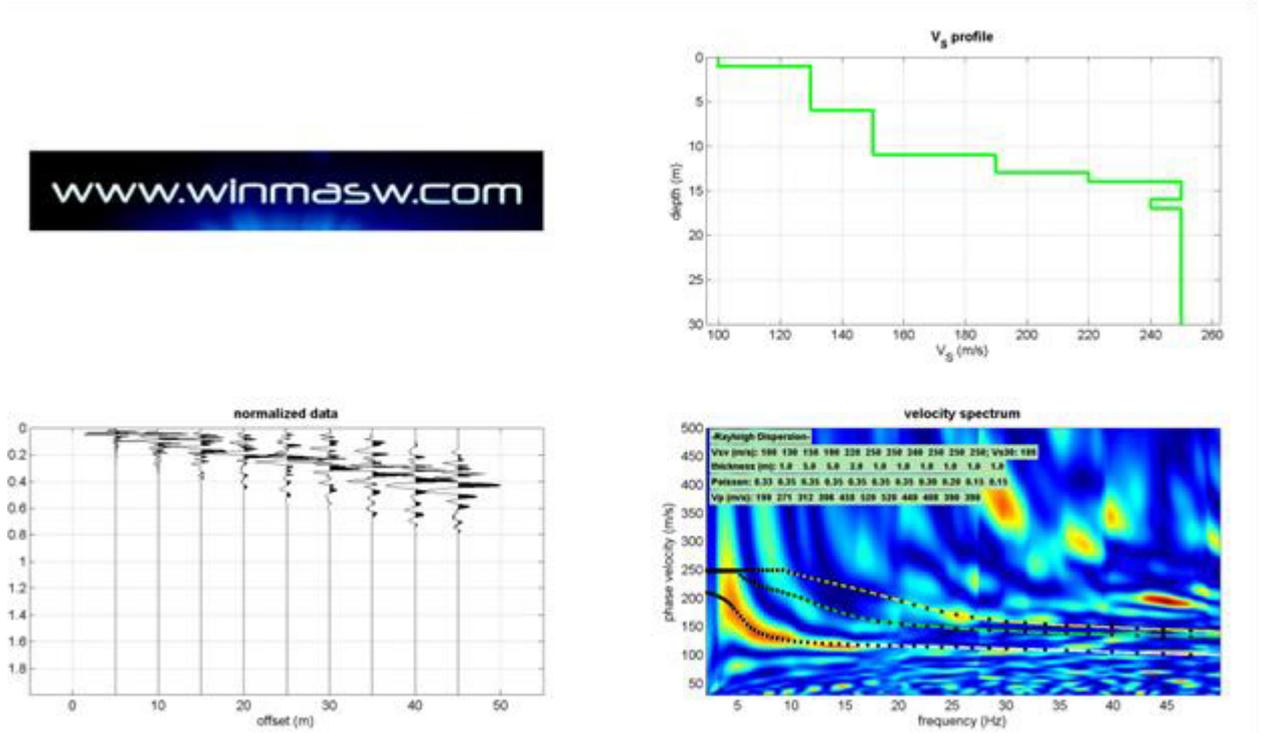
Geofoni da 4.5 hz verticali



Number of channels	24+1 with differential input
AD conversion	24 bits
Dynamic range	130dB@1ms PG=0dB 120dB@1ms PG=18dB
Cross talk	>90dB
Preamplify gain	0,6,12,18,24,30,36,42,48,54,60,66,72dB
Frequency response	0 to 6kHz (30KSPS) 0 to 4,8kHz (15KSPS) 0 to 3kHz (7,5KSPS) 0 to 1,5kHz (3,5KSPS) 0 to 800Hz (2KSPS) 0 to 400Hz (1KSPS)
Acquisition and display filter	Low Cut Out 10-15-25-35-50-70-100-140-200-280-400 Hz High Cut Out 32-64-125-250 Hz Notch 50-60-150-180 Hz
Sampling Interval	32,64,128,256,478,956us
Record Length	16000 samples
Stacking trigger accuracy	1/32 of sample interval
Distorsion (THD)	0,0004%
Max Input signal	5Vpp, 0dB
CMR	110dB (fCM = 60Hz fDATA = 30kSPS)
Noise	0,25uV, 2ms 36dB
Pre-trigger data	524ms@32us sample interval
Delay	0 to 15 sec @1kSPS (max 16000 samples)
Temperature range	-30°C +70°C
Power	12 Volt
Continuous recording	
Output format:	SEGY / SAF (SESAME ASCII FORMAT)

8.2.2. Risultati ottenuti

MASW



Mean model

Vs (m/s): 100, 130, 150, 190, 220, 250, 250, 240, 250, 250, 250

Thickness (m): 1.0, 5.0, 5.0, 2.0, 1.0, 1.0, 1.0, 1.0, 1.0, 1.0

Density (gr/cm3) (approximate values): 1.66 1.74 1.77 1.83 1.87 1.90 1.90 1.86 1.84 1.83 1.83

Seismic/Dynamic Shear modulus (MPa) (approximate values): 17 29 40 66 90 118 118 107 115

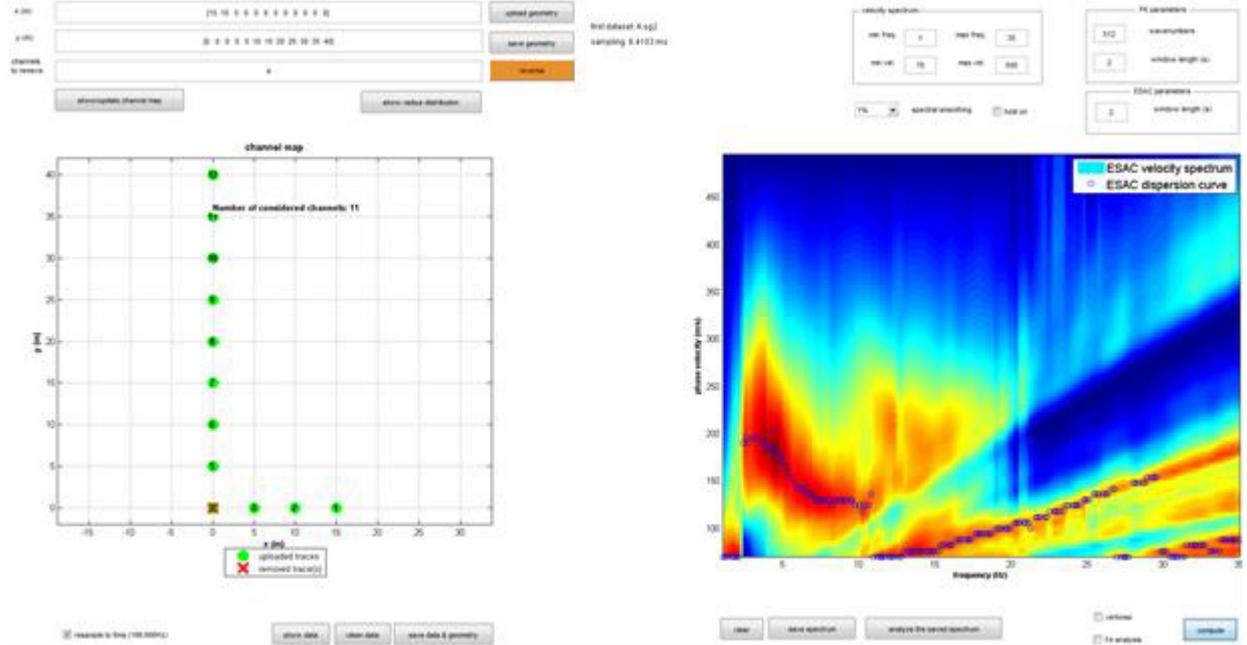
114 114

Vs30 (m/s): 186

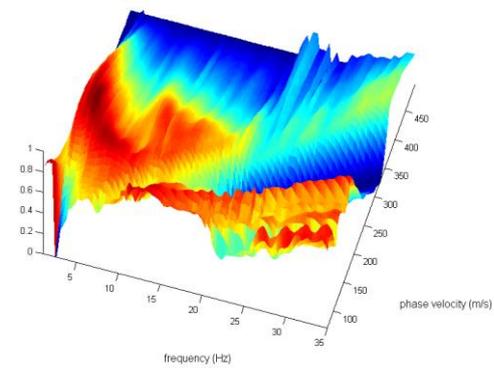
Realizzazione di un hub di ricerca, sviluppo, produzione, stoccaggio, riconversione e distribuzione dell'idrogeno, alimentato da un impianto fotovoltaico da 8,982 MWp e relative opere di connessione alla RTN.

RELAZIONE TECNICA SPECIALISTICA – GEOLOGICA - IDROGEOLOGICA

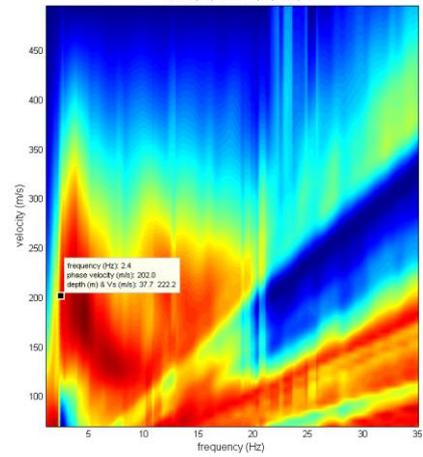
ESAC

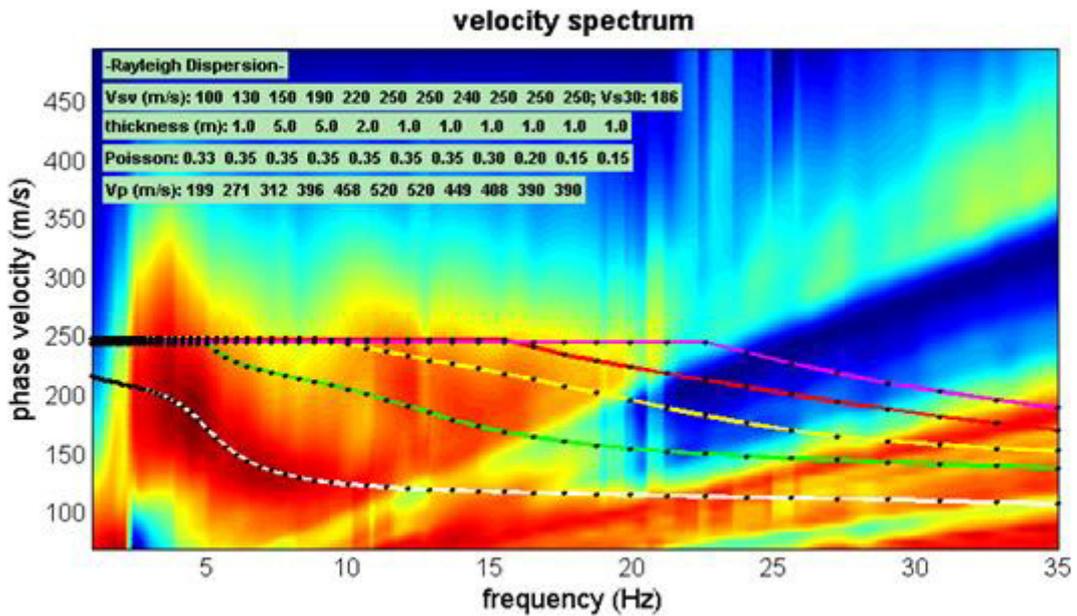
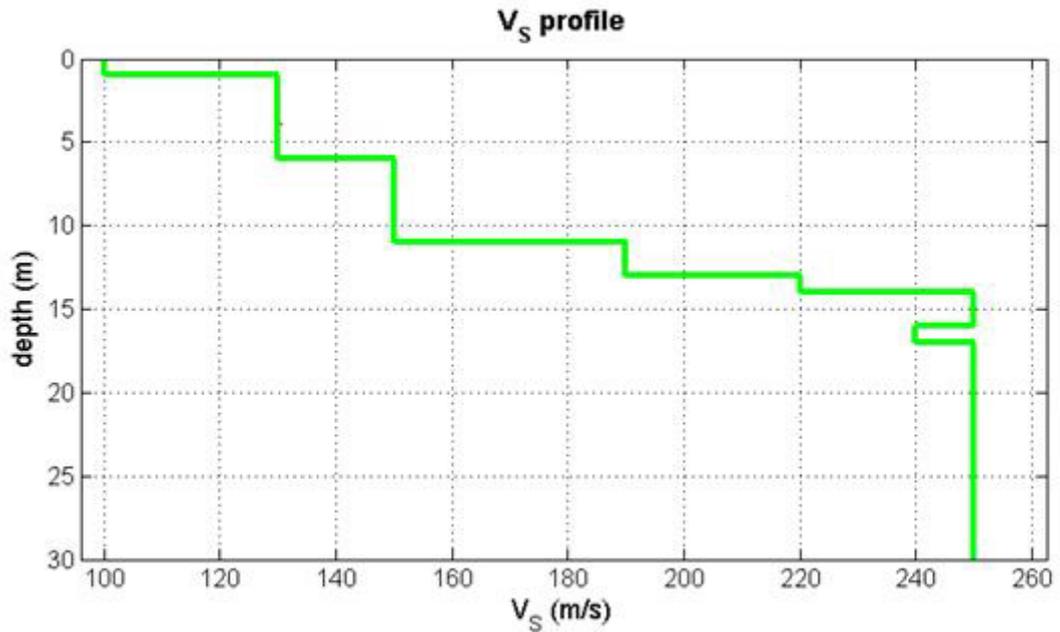


velocity spectrum (3D view)



velocity spectrum (explore)





8.3. Hvsr

La caratterizzazione sismica dei terreni tramite la tecnica di indagine sismica passiva HVSr (Horizontal to Vertical Spectral Ratio – Metodo di Nakamura) è finalizzata all'individuazione delle frequenze caratteristiche di risonanza di sito. Esse sono correlabili ai cambi litologici presenti sia all'interno della copertura che nell'ammasso roccioso.

Le basi teoriche dell'HVSR sono relativamente semplici in un sistema stratificato in cui i parametri variano solo con la profondità (1-D). Consideriamo un sistema dove gli strati si distinguono per diverse densità e velocità delle onde sismiche (V1 e V2). Un'onda che viaggia nel primo mezzo viene (parzialmente) riflessa dall'orizzonte che separa i due strati. L'onda così riflessa interferisce con quelle incidenti, sommandosi e raggiungendo le ampiezze massime (condizione di risonanza) quando la lunghezza dell'onda incidente (λ) è 4 volte (o suoi multipli dispari) lo spessore h del primo strato.

In altre parole la frequenza fondamentale di risonanza (f_r) dello strato 1 relativa alle onde P è pari a :

$$f_r = VP1/(4 h)$$

mentre quella relativa alle onde S è

$$f_r = VS1/(4 h)$$

Teoricamente questo effetto è sommabile cosicché la curva HVSR mostra come massimi relativi le frequenze di risonanza dei vari strati. Questo, insieme ad una stima delle velocità, è in grado di fornire previsioni sullo spessore h degli strati.

Questa informazione è per lo più contenuta nella componente verticale del moto ma la prassi di usare il rapporto tra gli spettri orizzontali e quello verticale, piuttosto che il solo spettro verticale, deriva dal fatto che il rapporto fornisce un'importante normalizzazione del segnale per a) il contenuto in frequenza, b) la risposta strumentale e c) l'ampiezza del segnale quando le registrazioni vengono effettuate in momenti con rumore di fondo più o meno alto.

8.4. Strumentazione utilizzata

Tromino Micromed



Number of channels	3+1 analog
Amplifiers	all channels with differential inputs
Noise	< 0.5 μ V r.m.s. @128 Hz sampling
Input impedance	10^6 Ohm
Frequency range	DC - 360 Hz
Sampling frequency	16384 Hz per channel
Oversampling frequency	32x, 64x, 128x
A/D conversion	\geq 24 bit equivalent
Max analog input	51.2 mV (781 nV/digit)

8.5. Risultati ottenuti

Il tromino è stato disposto mettendolo in bolla ed allineandolo con il nord geografico. Quindi è stata effettuata una registrazione del rumore di fondo per 30 minuti.

Strumento: TRZ-0135/01-11

Formato dati: 16 byte

Fondo scala [mV]: n.a.

Inizio registrazione: 14/06/01 09:54:41 Fine registrazione: 14/06/01 10:24:42

Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

Dato GPS non disponibile

Durata registrazione: 0h30'00". Analizzato 73% tracciato (selezione manuale)

Freq. campionamento: 128 Hz

Lunghezza finestre: 20 s

Tipo di lisciamento: Triangular window

Lisciamento: 10%

Sono qui di seguito riportati i risultati ottenuti.

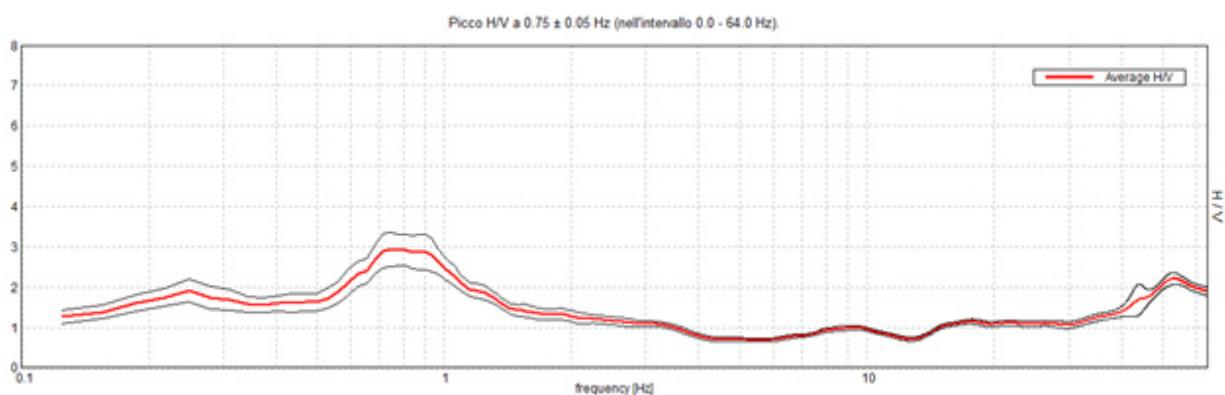
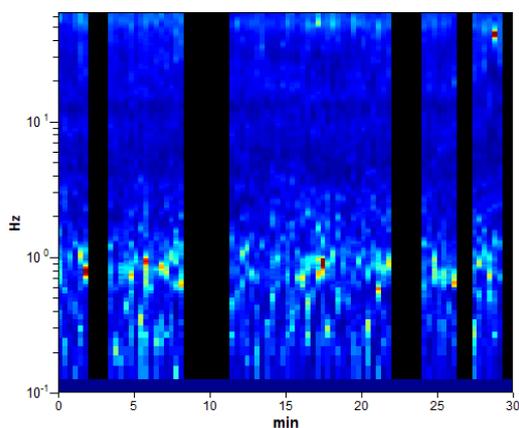
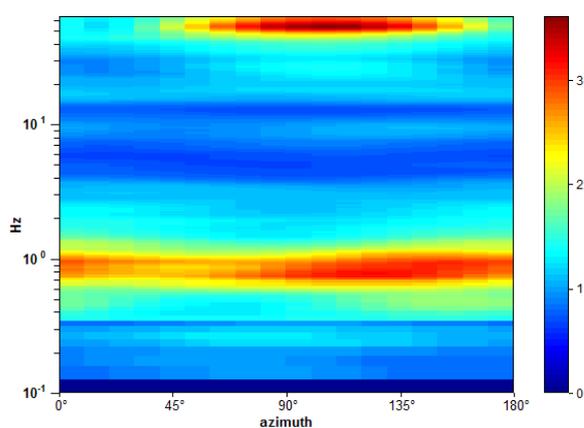


Figura 20. RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE

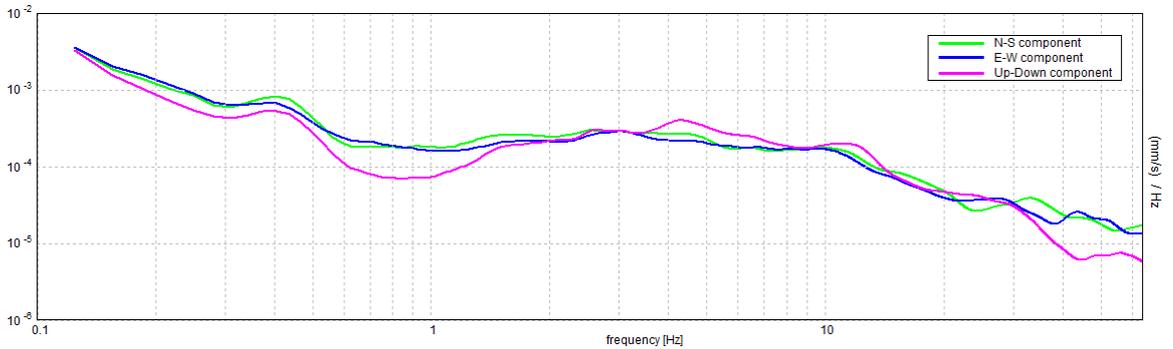
SERIE TEMPORALE H/V



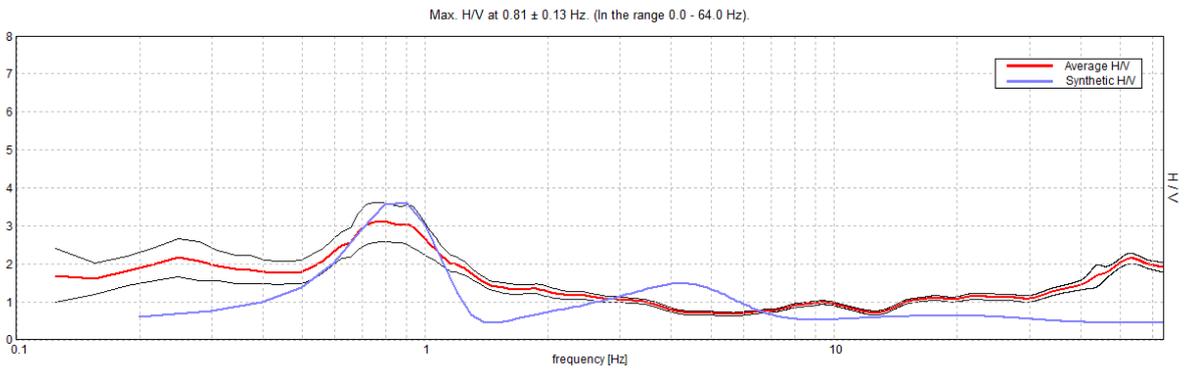
DIREZIONALITA' H/V



SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO



[Secondo le linee guida SESAME, 2005. Si raccomanda di leggere attentamente il manuale di Grilla prima di interpretare la tabella seguente].

Picco H/V a 0.75 ± 0.05 Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).

Criteri per una curva H/V affidabile [Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]			
$f_0 > 10 / L_w$	$0.75 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$990.0 > 200$	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Superato 0 volte su 37	OK	
Criteri per un picco H/V chiaro [Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]			
Esiste f^* in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^*) < A_0 / 2$			NO
Esiste f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	1.438 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$2.93 > 2$	OK	
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.06957 < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.05218 < 0.1125$	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.416 < 2.0$	OK	

Tabella 6. Criteri per risultati affidabili

L_w	lunghezza della finestra
n_w	numero di finestre usate nell'analisi
$n_c = L_w n_w f_0$	numero di cicli significativi
f	frequenza attuale
f_0	frequenza del picco H/V
σ_f	deviazione standard della frequenza del picco H/V
$\varepsilon(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
A_0	ampiezza della curva H/V alla frequenza f_0
$A_{H/V}(f)$	ampiezza della curva H/V alla frequenza f
f^-	frequenza tra $f_0/4$ e f_0 alla quale $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
f^+	frequenza tra f_0 e $4f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	deviazione standard di $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ è il fattore per il quale la curva $A_{H/V}(f)$ media deve essere moltiplicata o divisa
$\sigma_{\log H/V}(f)$	deviazione standard della funzione $\log A_{H/V}(f)$
$\theta(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Tabella 7. *Legenda*

Valori di soglia per σ_f e $\sigma_A(f_0)$					
Intervallo di freq. [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	$0.25 f_0$	$0.2 f_0$	$0.15 f_0$	$0.10 f_0$	$0.05 f_0$
$\theta(f_0)$ per $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ per $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

Tabella 8. *Valori di soglia*

8.6. Considerazioni conclusive sui risultati ottenuti

Dall'analisi sismica acquisita non è stato individuato un substrato sismico (formazione costituita da roccia o terreno molto rigido caratterizzata da V_s non inferiore a 800 m/sec) nei primi 30 m; il valore di V_{Seq} è risultato il seguente:

$$V_{Seq} = V_s 30 = 186 \text{ m/sec.}$$

Dall'analisi sismica effettuata è possibile classificare i terreni nella seguente categoria di sottosuolo:

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

8.7. Pericolosità sismica

In questo paragrafo, sulla base delle indagini svolte dei dati acquisiti, ai sensi del D.M. 17/01/18, viene determinata l'azione sismica mediante un approccio "sito dipendente" che prevede la stima dei parametri spettrali di progetto, facendo ricorso all'approccio semplificato con le informazioni derivanti dalla Tab.1 dell'Allegato B del D.M. medesimo, relative al "reticolo di riferimento".

La procedura di valutazione prevede:

- l'identificazione delle coordinate geografiche del sito;
- l'identificazione dei 4 nodi della griglia di riferimento più vicini al sito;
- la determinazione dei parametri spettrali (a_g , F_0 , T^*c) propri del sito in esame.

Per il sito di San Giovanni in Persiceto le coordinate nel sistema di riferimento ED50 Lat. 44,714423 e Long. 11,243345, ricadente entro l'area individuata dai quattro punti del reticolo di riferimento più vicini sono:



	ID nodi	Latitudine (°)	Longitudine (°)	Distanza (m)
1	15841	44,7136	11,2400	281,237
2	45842	44,7149	11,3102	5286,149
3	15620	44,7649	11,3085	7613,798
4	15619	44,7636	11,2381	5483,724

Figura 21. Ubicazione del sito rispetto ai nodi del reticolo di riferimento - Coordinate nodi di riferimento.

- Categoria di sottosuolo e condizioni topografiche

Dall'indagine geofisica effettuata, la velocità equivalente delle onde di taglio $V_{S,eq}$, ovvero la velocità delle onde di taglio nei primi 30 m V_{seq30} è risultata pari a 186 m/s e quindi il deposito di terreno ai sensi della TAB.3.2.II del DM 17/01/2018 può essere considerato appartenere alla categoria D

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

- Condizioni topografiche

Il sito può essere considerato appartenente alla categoria topografica T1 "superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i > 15^\circ$ " (Tab. 3.2.III del D.M. 17/01/2018) per superfici pianeggianti.

➤ Vita nominale e coefficiente d'uso

In relazione al tipo di intervento si assume una vita nominale della struttura pari a $V_n = 50$ anni (Tab. 2.4.I del D.M.17/01/2018 "costruzioni temporanee provvisorie") ed una classe d'uso II (Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche). da cui un coefficiente d'uso $C_u = 1$ (Tab. 2.4.II del D.M.17/01/2018) da cui il periodo di riferimento :

$$V_R = V_N \times C_u = 50$$

In tabella successiva si riepilogano sulla base delle disposizioni previste dalle "Norme Tecniche per le Costruzioni" (anno 2018) i seguenti parametri sismici:

Vita della struttura	
Vita Nominale dell'opera (Vn) <i>Tab. 2.4.I – Valori minimi della Vita nominale VN di progetto per i diversi tipi di costruzioni</i>	50 anni <i>Costruzioni con livelli di prestazioni elevati</i>
Classe d'uso <i>Tab. 2.4.II – Valori del coefficiente d'uso C</i>	II <i>Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche</i>
Coefficiente d'uso	Cu = 1
Periodo di riferimento per le azioni sismico strutturali (Vr)	Vr = Vn x Cu Vr= 50 anni
Caratteristiche sismiche del sito	
Categoria topografica <i>Tab. 3.2.III – Categorie topografiche Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \pm 15^\circ$</i>	T1
Coefficiente di amplificazione topografico <i>Tab. 3.2.V – Valori massimi del coefficiente di amplificazione topografica ST</i>	St = 1
Categoria suolo <i>Tab. 3.2.II – Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato</i>	D <i>CATEGORIA D: Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.</i>

Si rimanda al tecnico progettista la scelta di adottare il modello sismico proposto

9. SUSCETTIBILITÀ ALLA LIQUEFAZIONE (PARAGRAFO 7.11.3.4.2 DEL DM 17/01/18)

In questo paragrafo viene affrontata la verifica a liquefazione che può essere omessa quando si manifesti almeno una delle seguenti circostanze:

1. accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di 0,1g;

2. profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;

3. depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata $(N1)_{60} > 30$ oppure $qc_{1N} > 180$ dove $(N1)_{60}$ è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (Standard Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e qc_{1N} è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (Cone Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa;

4. distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella Fig. 20(a) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c < 3,5$ e in Fig. 20(b) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c > 3,5$.

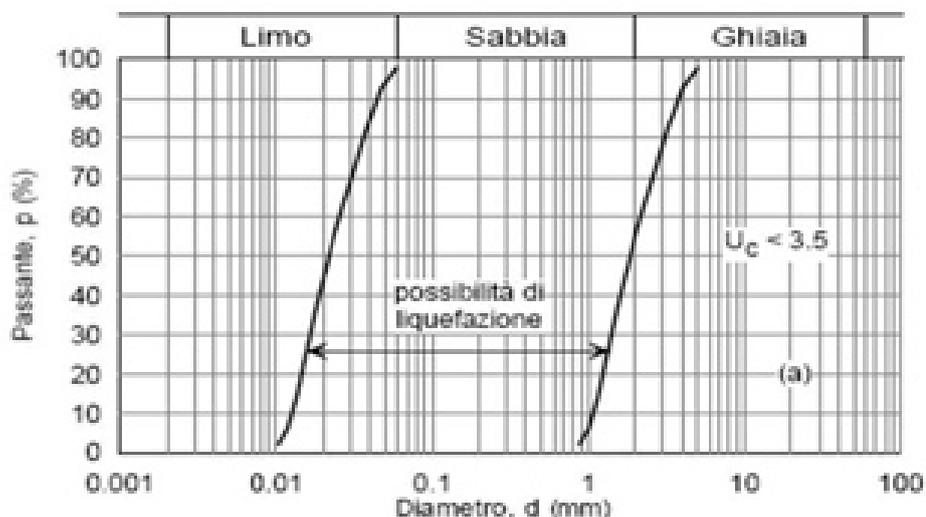


Figura 22. Terreni con coefficiente di uniformità $U_c < 3.5$

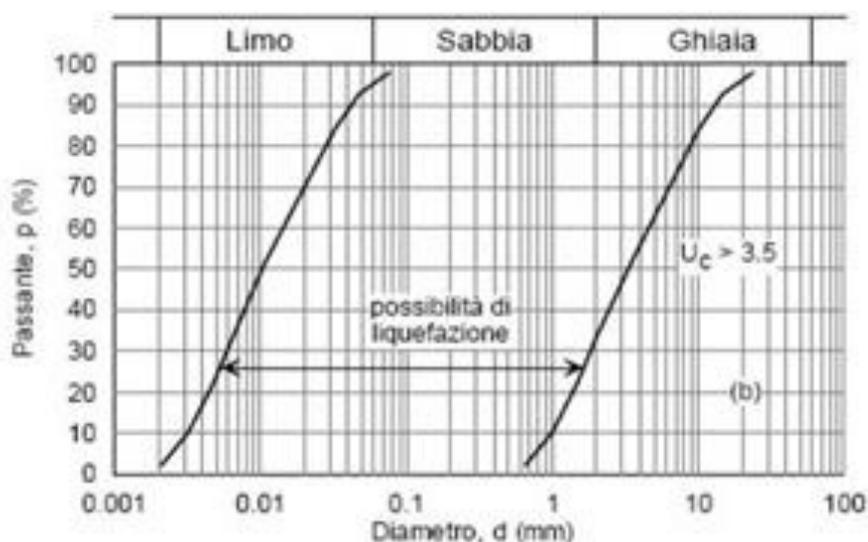


Figura 23. Terreni con coefficiente di uniformità $U_c > 3.5$

9.1. Esame delle circostanze per cui può essere omessa la verifica a liquefazione

In condizioni sismiche, il termine liquefazione indica tutti i fenomeni che danno luogo alla perdita di resistenza a taglio o ad accumulo di deformazioni plastiche in terreni incoerenti e saturi, sollecitati da azioni transitorie e ripetute che agiscono in condizioni non drenate (Kramer, 1996). Tali fenomeni sono legati allo sviluppo di sovrappressioni neutre che, se positive, causano una riduzione della tensione efficace media presente nel terreno e quindi una riduzione della resistenza a taglio. La riduzione della resistenza può rappresentare solo una condizione temporanea, seguita da un successivo recupero, o può indurre nel terreno una condizione di collasso generalizzata e definitiva. L'avvenuta liquefazione si manifesta in presenza di manufatti attraverso la perdita di capacità portante e/o lo sviluppo di elevati cedimenti e rotazioni.

Circostanza	Valori	Valori sito	Omissione verifica
Amax attesa	Amax < 0.1 g	0.161 g	NO
Profondità falda	Profondità < 15 m da p.c.	2 m	NO
Resistenza penetrometrica	(N ₁) ₆₀ > 30 o qc _{1N} > 180	< qc _{1N} > 180	No
Granulometria	Esterna ai diagrammi	Esterna	SI

Si ricorda che la verifica a liquefazione può essere omessa qualora si manifesti almeno una delle precedenti cinque circostanze, qui di seguito si procede all'analisi dettagliata di ciascuna di esse.

Durante l'esecuzione del sondaggio geognostico eseguito nell'area in studio, sono stati prelevati 4 campioni indisturbati di terreno, successivamente su tre di questi sono state eseguite analisi granulometriche delle quali se ne riportano di seguito i risultati.

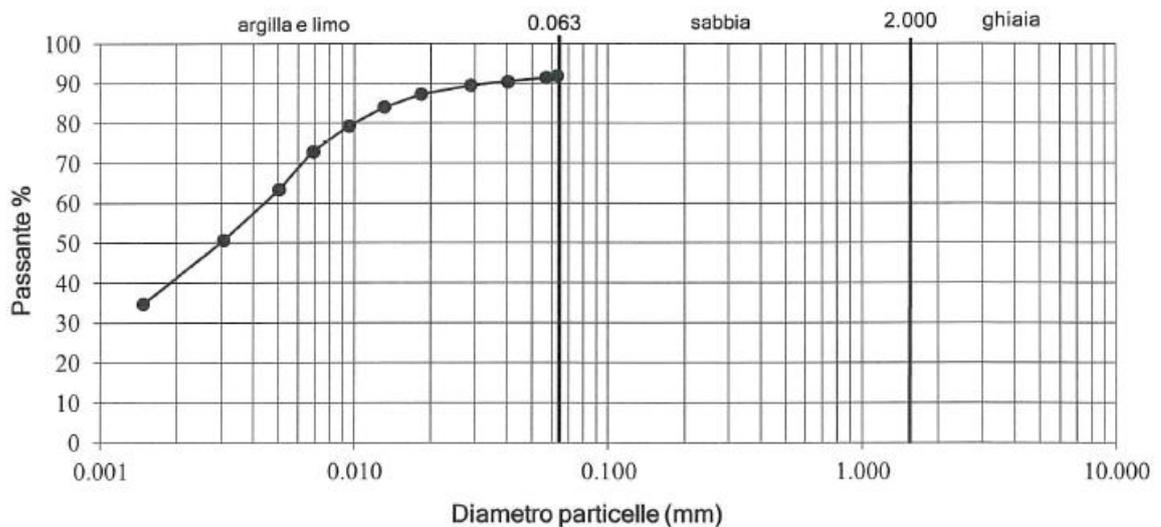
Campione Sh1 (2.5-3.0m)

Diametro (mm)	Passante (%)
0.063	92.00
0.0569	91.46
0.0404	90.49
0.0287	89.52
0.0183	87.28
0.0131	84.09
0.0095	79.30
0.0069	72.93
0.0051	63.38
0.0031	50.66
0.0015	34.77

Classificazione secondo norma AGI		
Sabbia	(2 - 0.063mm) :	8%
Limo	(0.063 - 0.002 mm) :	51%
Argilla	(< 0.002mm) :	41%

Trattenuto allo 0.063 mm :	8%
----------------------------	----

Umidità naturale W%	30.29
---------------------	-------



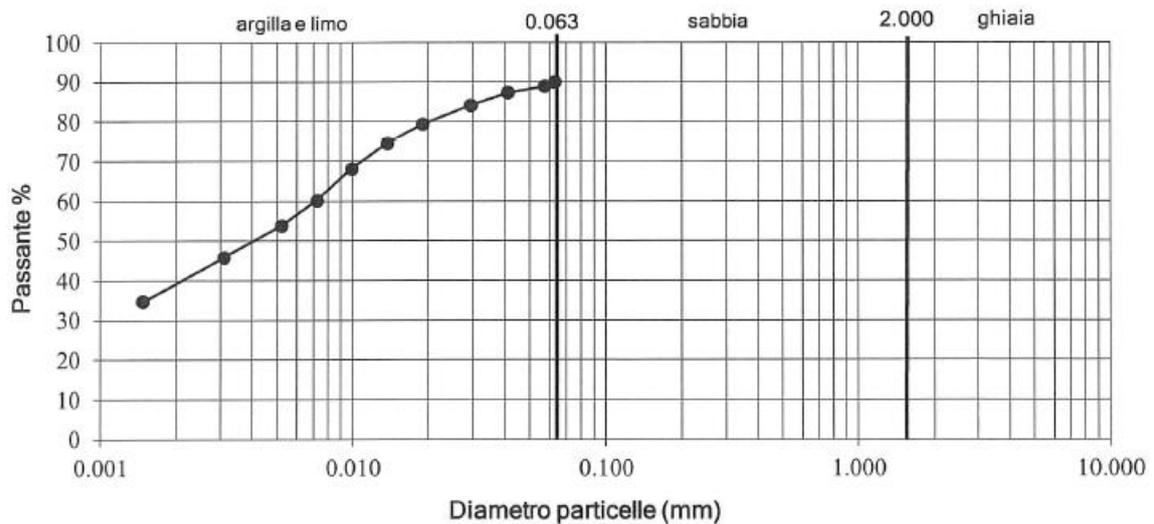
Campione Sh3 (8.00-8.50m)

Diametro (mm)	Passante (%)
0.063	90.00
0.0576	88.92
0.0410	87.31
0.0294	84.12
0.0190	79.33
0.0137	74.55
0.0099	68.18
0.0072	60.22
0.0052	53.85
0.0031	45.90
0.0015	34.77

Classificazione secondo norma AGI		
Sabbia	(2 - 0.063mm)	10%
Limo	(0.063 - 0.002 mm)	51%
Argilla	(< 0.002mm)	39%

Trattenuto allo 0.063 mm :	10%
----------------------------	-----

Umidità naturale W%	34.73
---------------------	-------



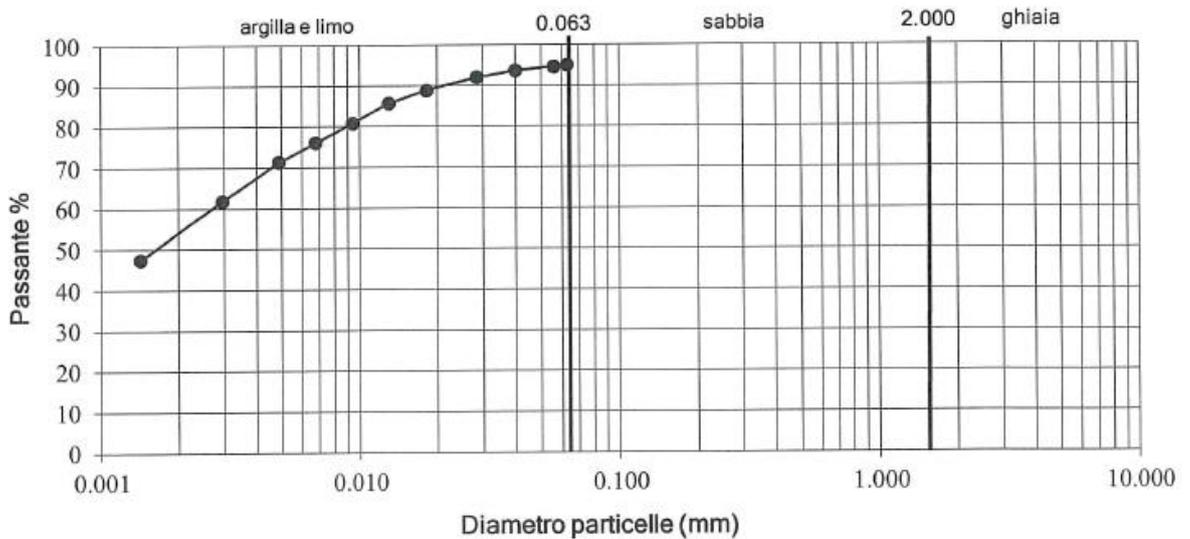
Campione Sh4 (12.50-13.00m)

Diametro (mm)	Passante (%)
0.063	95.00
0.0560	94.65
0.0398	93.67
0.0284	92.07
0.0182	88.87
0.0131	85.68
0.0094	80.89
0.0068	76.10
0.0049	71.32
0.0029	61.78
0.0014	47.47

Classificazione secondo norma AGI		
Sabbia	(2 - 0.063mm) :	5%
Limo	(0.063 - 0.002 mm) :	41%
Argilla	(< 0.002mm) :	54%

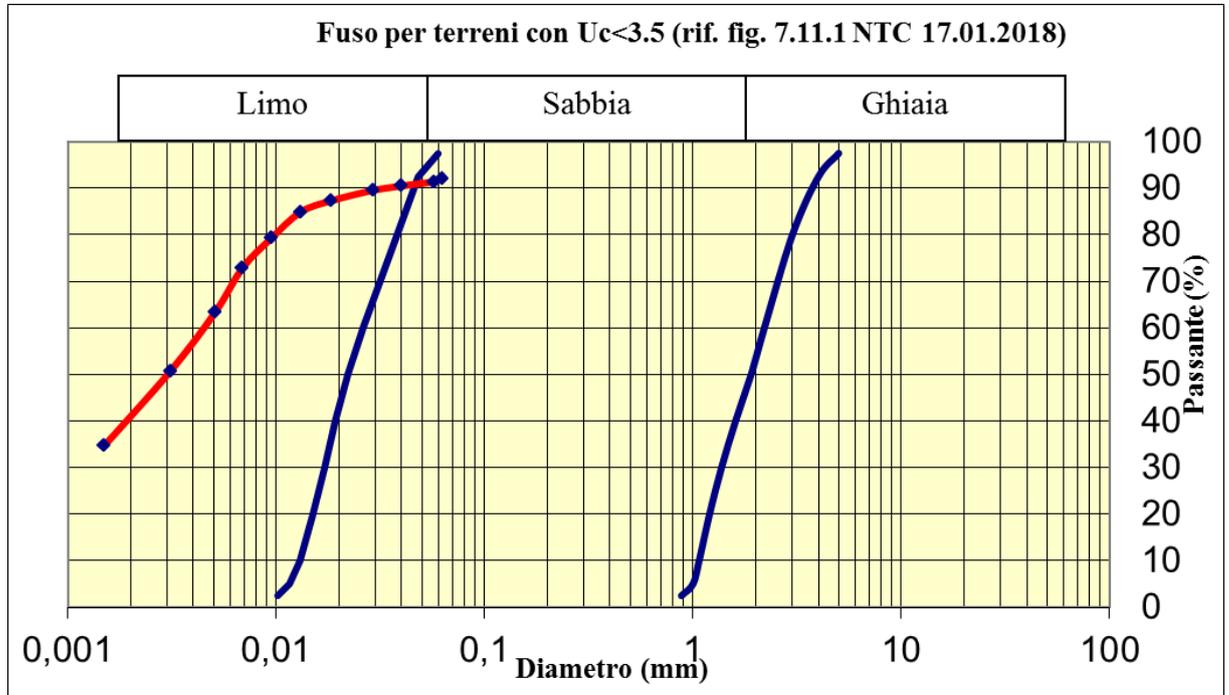
Trattenuto allo 0.063 mm :	5%
----------------------------	----

Umidità naturale W%	28.11
---------------------	-------

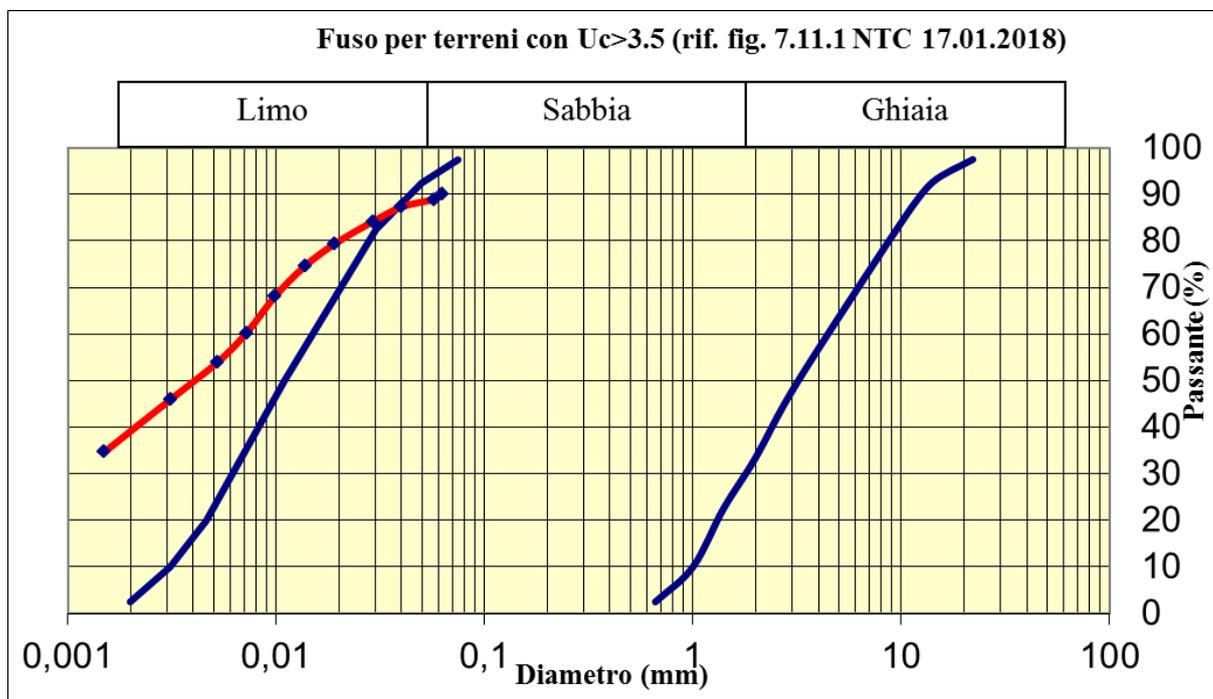


Successivamente si è provveduto a sovrapporre i risultati delle analisi granulometriche sono stati sovrapposti agli abachi delle NTC 18 ottenendo quanto di seguito riportato:

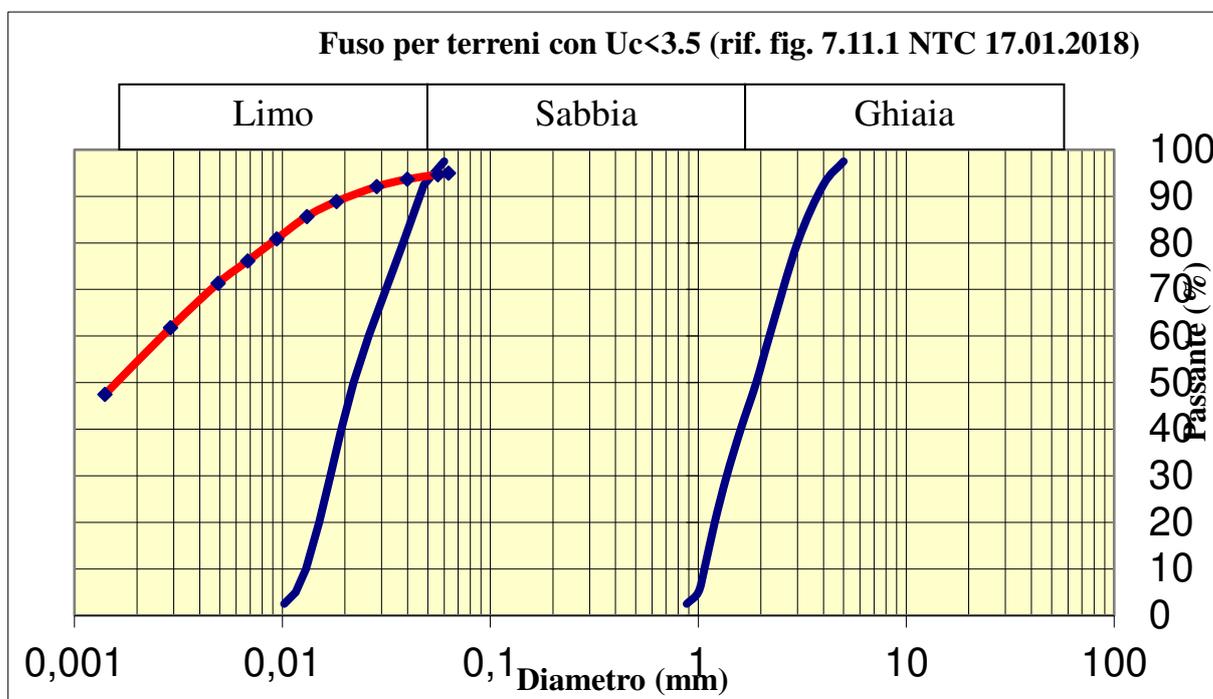
Successivamente si è provveduto a sovrapporre i risultati delle analisi granulometriche sono stati sovrapposti agli abachi delle NTC 18 ottenendo quanto di seguito riportato:



Campione Sh1 (2.5-3.0m)



Campione Sh3 (8.00-8.50m)



Campione Sh4 (12.50-13.00m)

La verifica a liquefazione viene omessa ai sensi del punto punto 4 in quanto, i terreni indagati risultano avere curve granulometriche esterne a quelle liquefacibili indicate dalle NTC 2018.

INDICE DELLE FIGURE

Figura 1.	Ubicazione dell'area di impianto e delle opere di connessione	5
Figura 2.	Inquadramento topografico	6
Figura 3.	Estratto carta geologica	8
Figura 4.	Estratto carta geologica da rer regione emilia romagna	8
Figura 5.	Estratto carta geomorfologica	10
Figura 6.	Estratto carta idrogeologica	11
Figura 7.	Estratto autorità di bacino del fiume po – pgra secondo ciclo dicembre 2019 12	
Figura 8.	Estratto autorità di bacino del fiume po – pgra secondo ciclo dicembre 2019 da moka direttiva alluvioni.....	12
Figura 9.	Estratto autorità di bacino del fiume po – pgra secondo ciclo dicembre 2019 13	
Figura 10.	Estratto tavola qc.6/t7a psc terre d'acqua	13
Figura 11.	Estratto carta delle aree suscettibili di effetti locali da piano territoriale di coordinamento provinciale	14
Figura 12.	Classificazione sismica della emilia romagna	15
Figura 13.	Carta della zonazione sismogenetica (area nord) zs9	16
Figura 14.	Sintesi della zona sismica del comune di san giovanni in persiceto.....	18
Figura 15.	: carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica (ms) del comune di san giovanni in persiceto.	21
Figura 16.	Legenda range di amplificazione microzonazione sismica di livello 2	22
Figura 17.	Carta delle microzone omogenee livello 2 - fpga (ms) del comune di san giovanni in persiceto.	22
Figura 18.	Sintesi indagini eseguite in sito	24
Figura 19.	Varie tipologie di onde sismiche	30
FIGURA 20.	RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE	37
FIGURA 21.	UBICAZIONE DEL SITO RISPETTO AI NODI DEL RETICOLO DI RIFERIMENTO - COORDINATE NODI DI RIFERIMENTO.	40

FIGURA 22. TERRENI CON COEFFICIENTE DI UNIFORMITÀ $UC < 3.5$	42
FIGURA 23. TERRENI CON COEFFICIENTE DI UNIFORMITÀ $UC > 3.5$	42

INDICE DELLE TABELLE

Tabella 1.	Caratteristiche geotecniche zona 1 area - a - da prove cptu.....	27
Tabella 2.	Caratteristiche geotecniche zona 1 area - b da prove cpt.....	27
Tabella 3.	Caratteristiche geotecniche zona 2 area - c da prove cpt	27
Tabella 4.	Risultati delle prove granulometriche	28
Tabella 5.	Risultati delle prove granulometriche	29
Tabella 6.	Criteri per risultati affidabili	38
Tabella 7.	Legenda.....	39
Tabella 8.	Valori di soglia	39

ELENCO ALLEGATI

Allegato 1 - Tavola indagini

Allegato 2 - Sondaggio carotaggio continuo

Allegato 3 - Report fotografico

Allegato 4 - Risultati indagini

ALLEGATO 1 - TAVOLA INDAGINI

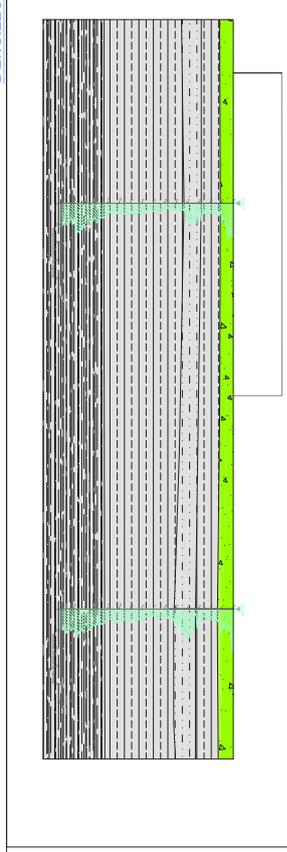


Planimetria 1:2000

LEGENDA

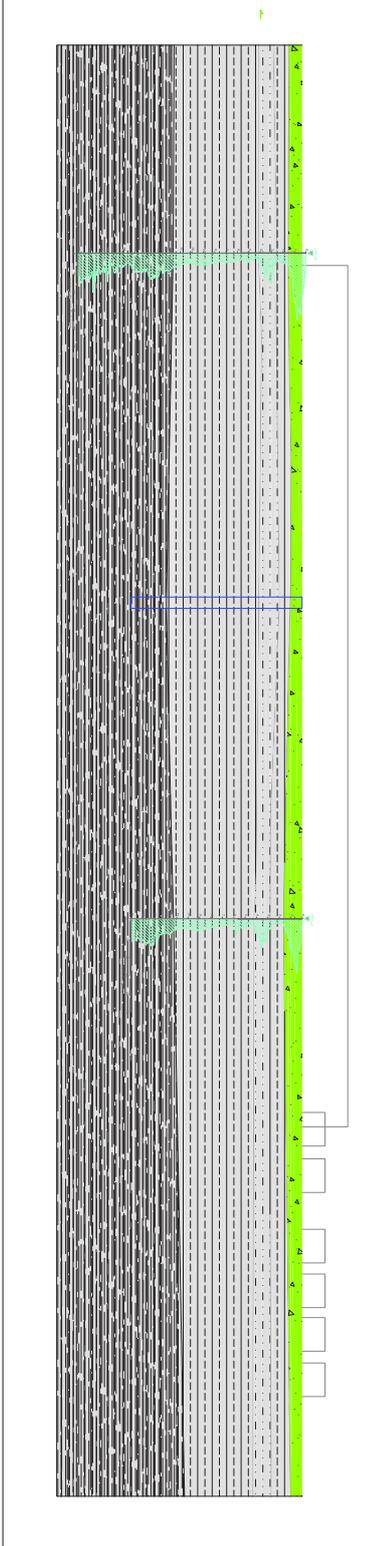
- Ingombro edifici
- CPT1 Prove penetrometriche statiche
- CPTU4 Prove penetrometriche statiche con piezometro
- S1 Sondaggio geognostico
- HV Sondaggio geognostico
- Sondaggio ESAC
- Sondaggio MASW
- Traccia della sezione

SEZIONE A



Sezione A 1:200

SEZIONE B



Sezione B 1:200

REALIZZAZIONE DI UN HUB DI RICERCA, SVILUPPO, PRODUZIONE, STOCCAGGIO, RICONVERSIONE E DISTRIBUZIONE DELL'IDROGENO, ALIMENTATO DA UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO DA 8,982 MWp E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RTN.

PROGETTAZIONE
CONLINE DI S. GIOVANNI IN FERRETO (BO), LOCALITA' SAN MATTEO DELLA DEGBIA
TRONTO DI TREVISO (TV)

PLANIMETRIA DELLE INDAGINI E SEZIONE LITOLOGICA

<p>COSELE (CANTONE) P.2.1 - Allegato 1</p> <p>COMUNITA' TOZZIgreen</p> <p>TOZZIgreen Tozzi Green S.p.A. Via S. Maria Maddalena, 10 - 31043 Montebelluna (TV) Tel. +39 0422 800001 - Fax +39 0422 800002 www.tozzienergy.com</p>	<p>REVISIONE 0</p>	<p>VOCE DEL P.2.1 - Allegato 1</p>	<p>TOTALE 1:2000</p>
<p>PROGETTISTA ambiente ambiente S.p.A. Via S. Maria Maddalena, 10 - 31043 Montebelluna (TV) Tel. +39 0422 800001 - Fax +39 0422 800002 www.ambiente.com</p>	<p>GOVERNAMENTO DI TREVISO</p> <p>ambiente ambiente S.p.A. Via S. Maria Maddalena, 10 - 31043 Montebelluna (TV) Tel. +39 0422 800001 - Fax +39 0422 800002 www.ambiente.com</p>		

ALLEGATO 2 - SONDAGGIO CAROTAGGIO CONTINUO

ALLEGATO 3 - REPORT FOTOGRAFICO

Tozzi Green Cassette catalogatrici sondaggio



Profondità 0,0-5,0 m



Profondità 5,0-10,0 m



Profondità 10,0- 15,0 m



ALLEGATO 4 - RISULTATI INDAGINI

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA LETTURE CAMPAGNA E VALORI TRASFORMATI	CPT	01
	Riferimento	084-2021

Committente AMBIENTE	U.M.: kg/cm²	Data esec. 15/06/2021
Cantiere IMPIANTO FOTOVOLTAICO TOZI GREEN	Pagina 1	Falda -2.00
Località SAN MATEO DELLA DECIMA	Elaborato	

H m	L1 -	L2 -	Lt -	qc kg/cm ²	fs kg/cm ²	F -	Rf %	H m	L1 -	L2 -	Lt -	qc kg/cm ²	fs kg/cm ²	F -	Rf %
0.20	0.0	0.0		0.00	1.20	0									
0.40	18.0	36.0		18.00	2.47	7	13.7								
0.60	44.0	81.0		44.00	1.20	37	2.7								
0.80	31.0	49.0		31.00	1.00	31	3.2								
1.00	16.0	31.0		16.00	1.33	12	8.3								
1.20	20.0	40.0		20.00	0.47	43	2.4								
1.40	12.0	19.0		12.00	0.40	30	3.3								
1.60	10.0	16.0		10.00	0.33	30	3.3								
1.80	11.0	16.0		11.00	0.47	23	4.3								
2.00	13.0	20.0		13.00	0.60	22	4.6								
2.20	13.0	22.0		13.00	0.47	28	3.6								
2.40	11.0	18.0		11.00	0.53	21	4.8								
2.60	8.0	16.0		8.00	0.53	15	6.6								
2.80	9.0	17.0		9.00	0.53	17	5.9								
3.00	8.0	16.0		8.00	0.60	13	7.5								
3.20	8.0	17.0		8.00	0.53	15	6.6								
3.40	11.0	19.0		11.00	0.53	21	4.8								
3.60	10.0	18.0		10.00	0.53	19	5.3								
3.80	8.0	16.0		8.00	0.53	15	6.6								
4.00	7.0	15.0		7.00	0.67	10	9.6								
4.20	6.0	16.0		6.00	0.73	8	12.2								
4.40	6.0	17.0		6.00	0.60	10	10.0								
4.60	8.0	17.0		8.00	0.60	13	7.5								
4.80	7.0	16.0		7.00	0.53	13	7.6								
5.00	11.0	19.0		11.00											

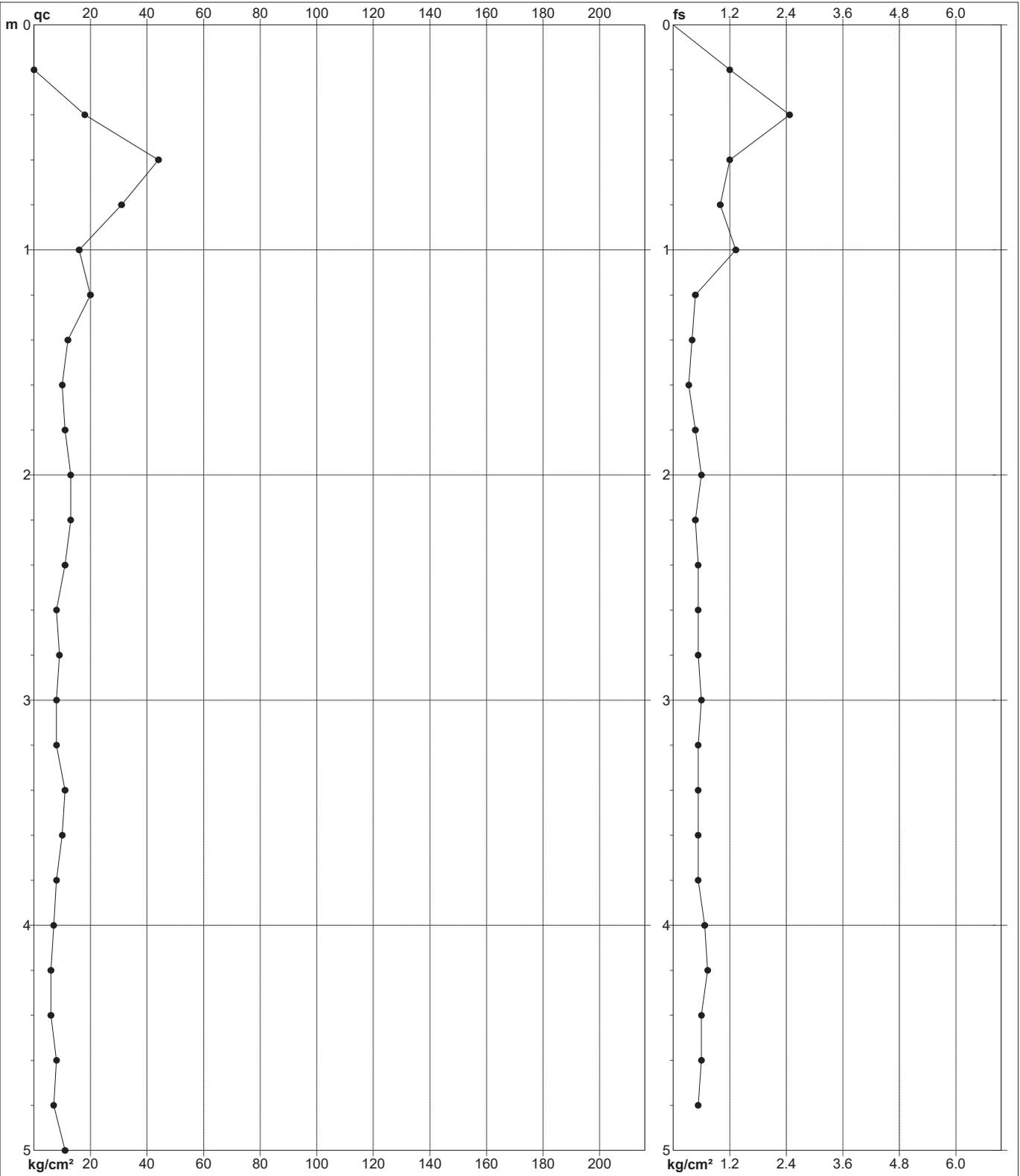
H = profondità
 L1 = prima lettura (punta)
 L2 = seconda lettura (punta + laterale)
 Lt = terza lettura (totale)
 CT = 10.00 costante di trasformazione
 qc = resistenza punta
 fs = resistenza laterale
 0.20 m sopra quota qc
 F = rapporto Begemann (qc / fs)
 Rf = rapporto Schmertmann (fs / qc)*100

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA
DIGRAMMI DI RESISTENZA E LITOLOGIA

CPT	01
Riferimento	084-2021

Committente **AMBIENTE**
 Cantiere **IMPIANTO FOTOVOLTAICO TOZI GREEN**
 Località **SAN MATEO DELLA DECIMA**

U.M.: **kg/cm²** Data esec. **15/06/2021**
 Scala: **1:25**
 Pagina **1**
 Elaborato Quota inizio:
 Falda **-2.00**



Penetrometro: TG63-200Stat	preforo m
Responsabile:	Corr.astine: kg/ml
Assistente:	Cod. tip:

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA LETTURE CAMPAGNA E VALORI TRASFORMATI	CPT	02
	Riferimento	084-2021

Committente AMBIENTE	U.M.: kg/cm²	Data esec. 15/06/2021
Cantiere IMPIANTO FOTOVOLTAICO TOZI GREEN	Pagina 1	Falda -2.00
Località SAN MATEO DELLA DECIMA	Elaborato	

H m	L1 -	L2 -	Lt -	qc kg/cm ²	fs kg/cm ²	F -	Rf %	H m	L1 -	L2 -	Lt -	qc kg/cm ²	fs kg/cm ²	F -	Rf %
0.20	0.0	0.0		0.00	0.53	0									
0.40	33.0	41.0		33.00	0.60	55	1.8								
0.60	31.0	40.0		31.00	1.00	31	3.2								
0.80	26.0	41.0		26.00	1.47	18	5.7								
1.00	16.0	38.0		16.00	1.27	13	7.9								
1.20	17.0	36.0		17.00	0.53	32	3.1								
1.40	8.0	16.0		8.00	0.53	15	6.6								
1.60	9.0	17.0		9.00	0.47	19	5.2								
1.80	11.0	18.0		11.00	0.33	33	3.0								
2.00	6.0	11.0		6.00	0.60	10	10.0								
2.20	4.0	13.0		4.00	0.40	10	10.0								
2.40	8.0	14.0		8.00	0.47	17	5.9								
2.60	8.0	15.0		8.00	0.40	20	5.0								
2.80	6.0	12.0		6.00	0.53	11	8.8								
3.00	5.0	13.0		5.00	0.47	11	9.4								
3.20	9.0	16.0		9.00	0.53	17	5.9								
3.40	8.0	16.0		8.00	0.40	20	5.0								
3.60	11.0	17.0		11.00	0.47	23	4.3								
3.80	11.0	18.0		11.00	0.60	18	5.5								
4.00	7.0	16.0		7.00	0.47	15	6.7								
4.20	8.0	15.0		8.00	0.33	24	4.1								
4.40	9.0	14.0		9.00	0.53	17	5.9								
4.60	8.0	16.0		8.00	0.53	15	6.6								
4.80	7.0	15.0		7.00	0.47	15	6.7								
5.00	7.0	14.0		7.00											

H = profondità
L1 = prima lettura (punta)
L2 = seconda lettura (punta + laterale)
Lt = terza lettura (totale)
CT = 10.00 costante di trasformazione

qc = resistenza punta
fs = resistenza laterale
0.20 m sopra quota qc
F = rapporto Begemann (qc / fs)
Rf = rapporto Schmertmann (fs / qc)*100

**PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA
DIGRAMMI DI RESISTENZA E LITOLOGIA**

CPT

02

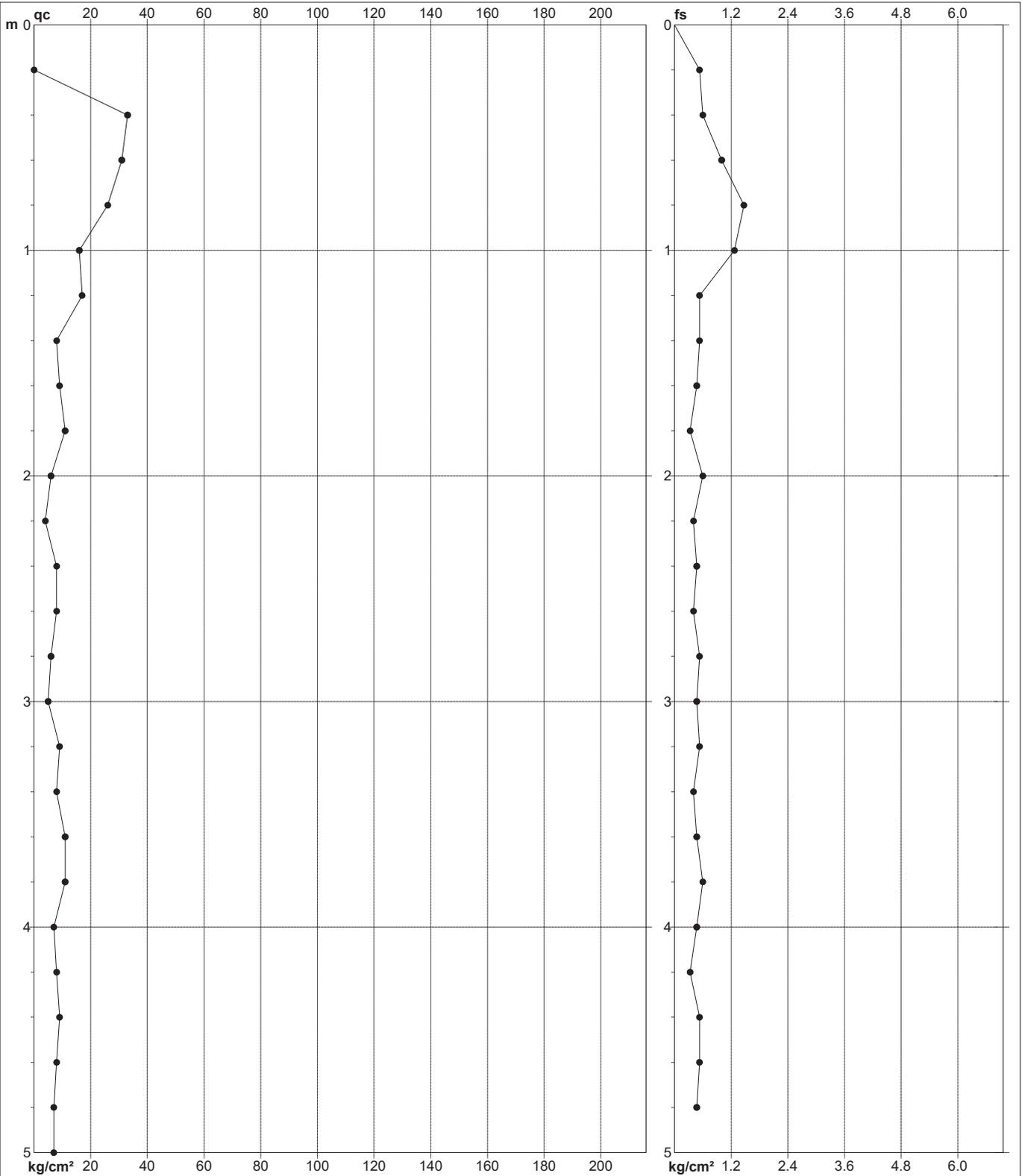
Riferimento

084-2021

Committente **AMBIENTE**
Cantiere **IMPIANTO FOTOVOLTAICO TOZI GREEN**
Località **SAN MATEO DELLA DECIMA**

U.M.: **kg/cm²**
Scala: 1:25
Pagina 1
Elaborato

Data esec. 15/06/2021
Quota inizio:
Falda -2.00



Penetrometro: TG63-200Stat
Responsabile:
Assistente:

preforo m
Corr.astine: kg/ml

Cod. tip:

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA LETTURE CAMPAGNA E VALORI TRASFORMATI	CPT	03
	Riferimento	084-2021

Committente AMBIENTE	U.M.: kg/cm²	Data esec. 15/06/2021
Cantiere IMPIANTO FOTOVOLTAICO TOZI GREEN	Pagina 1	Falda -2.00
Località SAN MATEO DELLA DECIMA	Elaborato	

H m	L1 -	L2 -	Lt -	qc kg/cm ²	fs kg/cm ²	F -	Rf %	H m	L1 -	L2 -	Lt -	qc kg/cm ²	fs kg/cm ²	F -	Rf %
0.20	0.0	0.0		0.00	2.07	0									
0.40	38.0	69.0		38.00	1.67	23	4.4								
0.60	31.0	56.0		31.00	1.53	20	4.9								
0.80	35.0	58.0		35.00	1.00	35	2.9								
1.00	25.0	40.0		25.00	1.47	17	5.9								
1.20	18.0	40.0		18.00	1.00	18	5.6								
1.40	15.0	30.0		15.00	1.13	13	7.5								
1.60	13.0	30.0		13.00	0.53	25	4.1								
1.80	12.0	20.0		12.00	0.47	26	3.9								
2.00	11.0	18.0		11.00	0.33	33	3.0								
2.20	11.0	16.0		11.00	0.33	33	3.0								
2.40	10.0	15.0		10.00	0.53	19	5.3								
2.60	11.0	19.0		11.00	0.40	28	3.6								
2.80	9.0	15.0		9.00	0.53	17	5.9								
3.00	8.0	16.0		8.00	0.47	17	5.9								
3.20	11.0	18.0		11.00	0.53	21	4.8								
3.40	8.0	16.0		8.00	0.53	15	6.6								
3.60	8.0	16.0		8.00	0.53	15	6.6								
3.80	7.0	15.0		7.00	0.60	12	8.6								
4.00	7.0	16.0		7.00	0.53	13	7.6								
4.20	10.0	18.0		10.00	0.53	19	5.3								
4.40	8.0	16.0		8.00	0.40	20	5.0								
4.60	11.0	17.0		11.00	0.53	21	4.8								
4.80	8.0	16.0		8.00	0.47	17	5.9								
5.00	5.0	12.0		5.00											

H = profondità
L1 = prima lettura (punta)
L2 = seconda lettura (punta + laterale)
Lt = terza lettura (totale)
CT = 10.00 costante di trasformazione

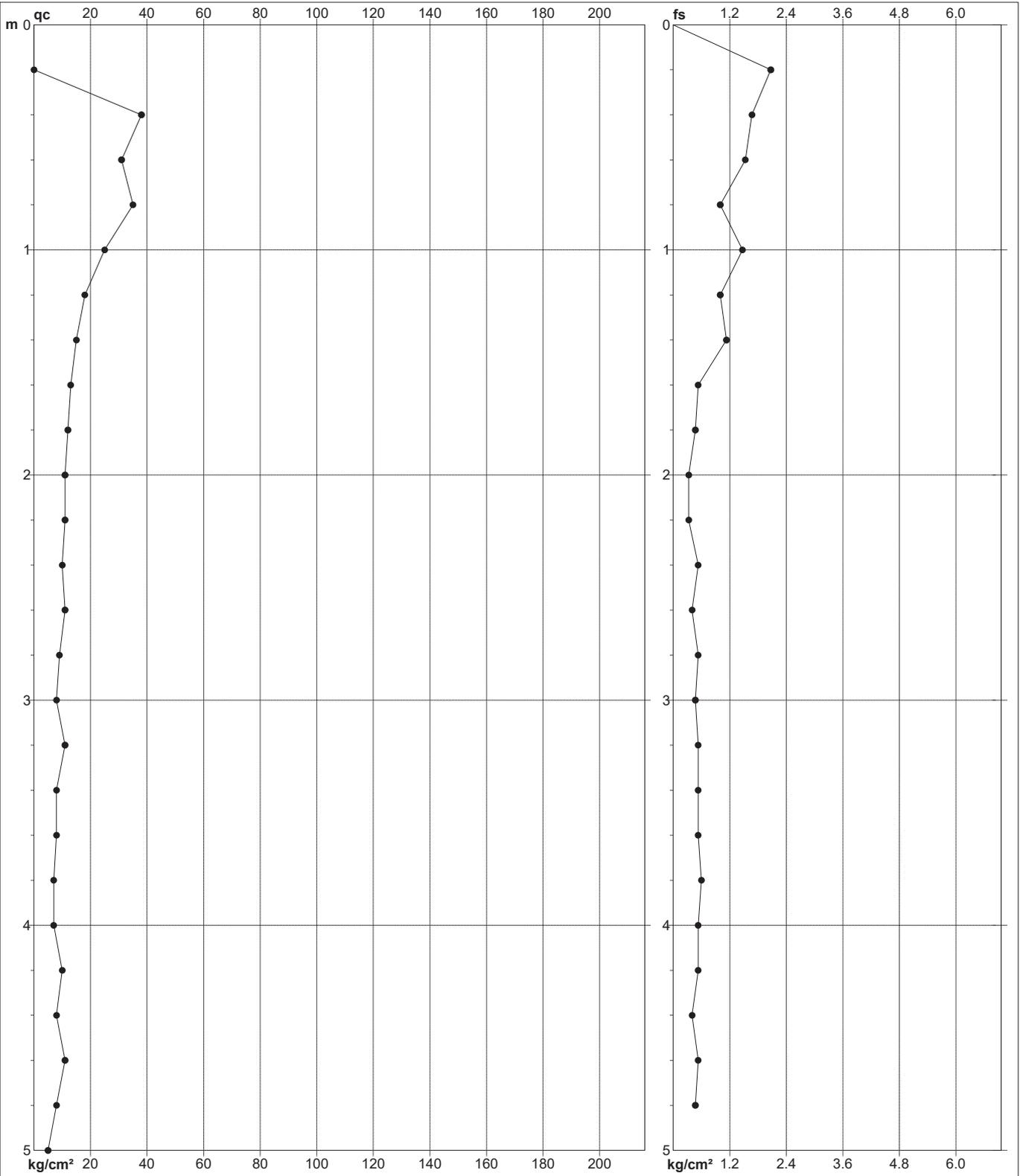
qc = resistenza punta
fs = resistenza laterale
0.20 m sopra quota qc
F = rapporto Begemann (qc / fs)
Rf = rapporto Schmertmann (fs / qc)*100

**PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA
DIGRAMMI DI RESISTENZA E LITOLOGIA**

CPT	03
Riferimento	084-2021

Committente **AMBIENTE**
 Cantiere **IMPIANTO FOTOVOLTAICO TOZI GREEN**
 Località **SAN MATEO DELLA DECIMA**

U.M.: **kg/cm²** Data eseg. **15/06/2021**
 Scala: **1:25**
 Pagina **1**
 Elaborato Quota inizio:
 Falda **-2.00**



Penetrometro: TG63-200Stat	preforo m
Responsabile:	Corr.astine: kg/ml
Assistente:	Cod. tip:

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA LETTURE CAMPAGNA E VALORI TRASFORMATI	CPT	08
	Riferimento	084-2021

Committente AMBIENTE	U.M.: kg/cm²	Data esec. 15/06/2021
Cantiere IMPIANTO FOTOVOLTAICO TOZI GREEN	Pagina 1	Falda -2.00
Località SAN MATEO DELLA DECIMA	Elaborato	

H m	L1 -	L2 -	Lt -	qc kg/cm ²	fs kg/cm ²	F -	Rf %	H m	L1 -	L2 -	Lt -	qc kg/cm ²	fs kg/cm ²	F -	Rf %
0.20	0.0	0.0		0.00	1.33	0									
0.40	40.0	60.0		40.00	1.87	21	4.7								
0.60	31.0	59.0		31.00	1.00	31	3.2								
0.80	24.0	39.0		24.00	1.00	24	4.2								
1.00	16.0	31.0		16.00	1.27	13	7.9								
1.20	15.0	34.0		15.00	1.60	9	10.7								
1.40	15.0	39.0		15.00	0.53	28	3.5								
1.60	10.0	18.0		10.00	0.53	19	5.3								
1.80	8.0	16.0		8.00	0.53	15	6.6								
2.00	9.0	17.0		9.00	0.93	10	10.3								
2.20	16.0	30.0		16.00	1.00	16	6.3								
2.40	15.0	30.0		15.00	0.53	28	3.5								
2.60	8.0	16.0		8.00	0.60	13	7.5								
2.80	8.0	17.0		8.00	0.60	13	7.5								
3.00	7.0	16.0		7.00	0.47	15	6.7								
3.20	11.0	18.0		11.00	0.53	21	4.8								
3.40	8.0	16.0		8.00	0.60	13	7.5								
3.60	9.0	18.0		9.00	0.53	17	5.9								
3.80	8.0	16.0		8.00	0.60	13	7.5								
4.00	8.0	17.0		8.00	0.60	13	7.5								
4.20	10.0	19.0		10.00	0.53	19	5.3								
4.40	8.0	16.0		8.00	0.67	12	8.4								
4.60	10.0	20.0		10.00	0.67	15	6.7								
4.80	11.0	21.0		11.00	0.53	21	4.8								
5.00	11.0	19.0		11.00											

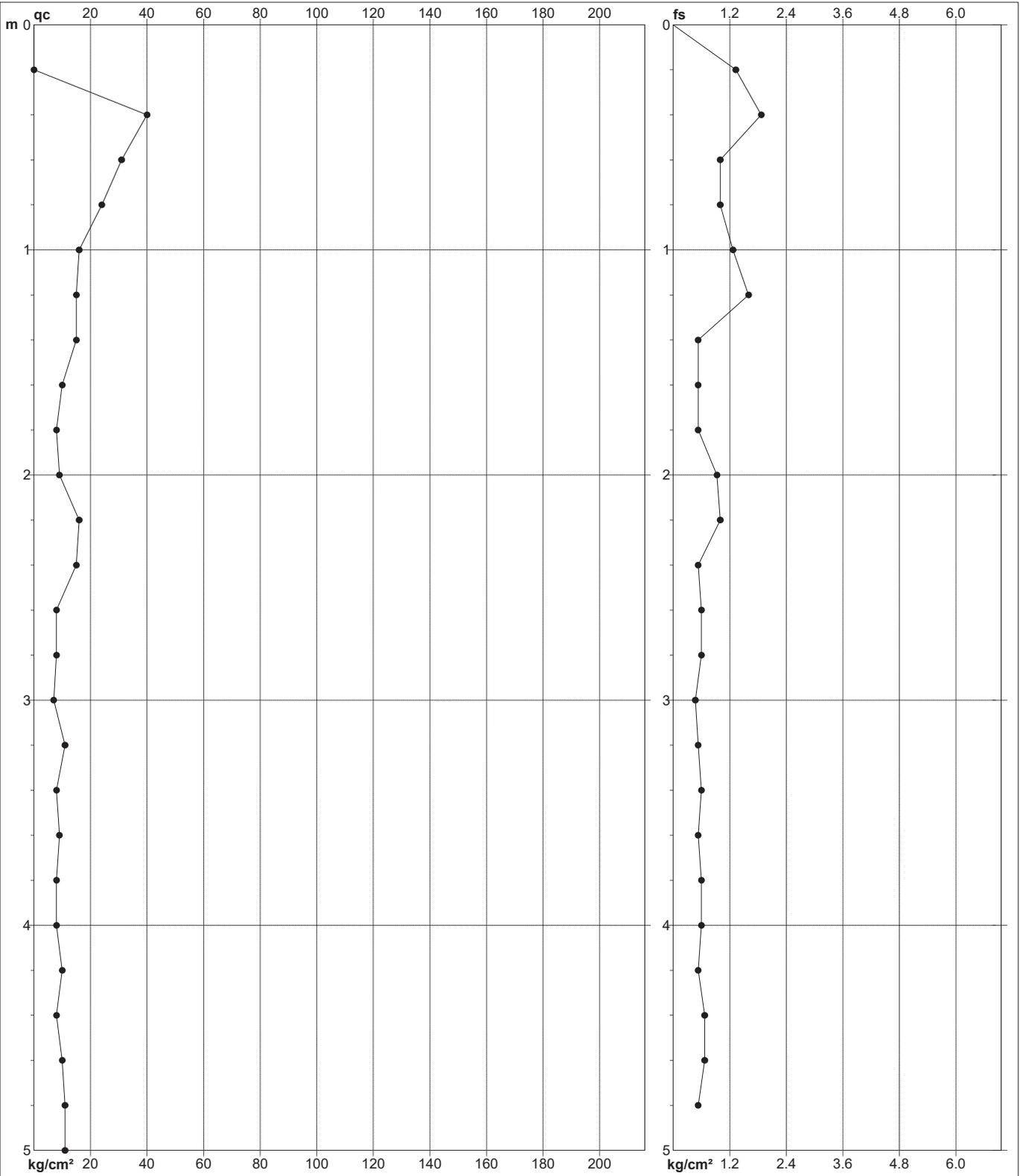
H = profondità
 L1 = prima lettura (punta)
 L2 = seconda lettura (punta + laterale)
 Lt = terza lettura (totale)
 CT = 10.00 costante di trasformazione
 qc = resistenza punta
 fs = resistenza laterale
 0.20 m sopra quota qc
 F = rapporto Begemann (qc / fs)
 Rf = rapporto Schmertmann (fs / qc)*100

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA
DIGRAMMI DI RESISTENZA E LITOLOGIA

CPT	08
Riferimento	084-2021

Committente **AMBIENTE**
 Cantiere **IMPIANTO FOTOVOLTAICO TOZI GREEN**
 Località **SAN MATEO DELLA DECIMA**

U.M.: **kg/cm²** Data esec. **15/06/2021**
 Scala: **1:25**
 Pagina **1**
 Elaborato Quota inizio:
 Falda **-2.00**



Penetrometro: TG63-200Stat	preforo m
Responsabile:	Corr.astine: kg/ml
Assistente:	Cod. tip:

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA LETTURE CAMPAGNA E VALORI TRASFORMATI	CPT	09
	Riferimento	084-2021

Committente AMBIENTE	U.M.: kg/cm²	Data esec. 15/06/2021
Cantiere IMPIANTO FOTOVOLTAICO TOZI GREEN	Pagina 1	Falda -2.00
Località SAN MATEO DELLA DECIMA	Elaborato	

H m	L1 -	L2 -	Lt -	qc kg/cm ²	fs kg/cm ²	F -	Rf %	H m	L1 -	L2 -	Lt -	qc kg/cm ²	fs kg/cm ²	F -	Rf %
0.20	0.0	0.0		0.00	2.67	0									
0.40	40.0	80.0		40.00	2.33	17	5.8								
0.60	36.0	71.0		36.00	0.60	60	1.7								
0.80	18.0	27.0		18.00	1.53	12	8.5								
1.00	31.0	54.0		31.00	1.00	31	3.2								
1.20	16.0	31.0		16.00	1.13	14	7.1								
1.40	17.0	34.0		17.00	0.60	28	3.5								
1.60	8.0	17.0		8.00	0.60	13	7.5								
1.80	10.0	19.0		10.00	0.53	19	5.3								
2.00	8.0	16.0		8.00	0.47	17	5.9								
2.20	11.0	18.0		11.00	0.60	18	5.5								
2.40	7.0	16.0		7.00	0.60	12	8.6								
2.60	8.0	17.0		8.00	0.73	11	9.1								
2.80	8.0	19.0		8.00	0.87	9	10.9								
3.00	16.0	29.0		16.00	0.53	30	3.3								
3.20	18.0	26.0		18.00	0.47	38	2.6								
3.40	8.0	15.0		8.00	0.40	20	5.0								
3.60	8.0	14.0		8.00	0.47	17	5.9								
3.80	7.0	14.0		7.00	0.60	12	8.6								
4.00	7.0	16.0		7.00	0.47	15	6.7								
4.20	11.0	18.0		11.00	0.60	18	5.5								
4.40	8.0	17.0		8.00	0.60	13	7.5								
4.60	9.0	18.0		9.00	0.67	13	7.4								
4.80	7.0	17.0		7.00	0.53	13	7.6								
5.00	7.0	15.0		7.00											

H = profondità
 L1 = prima lettura (punta)
 L2 = seconda lettura (punta + laterale)
 Lt = terza lettura (totale)
 CT = 10.00 costante di trasformazione

qc = resistenza punta
 fs = resistenza laterale
 0.20 m sopra quota qc
 F = rapporto Begemann (qc / fs)
 Rf = rapporto Schmertmann (fs / qc)*100

**PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA
DIGRAMMI DI RESISTENZA E LITOLOGIA**

CPT

09

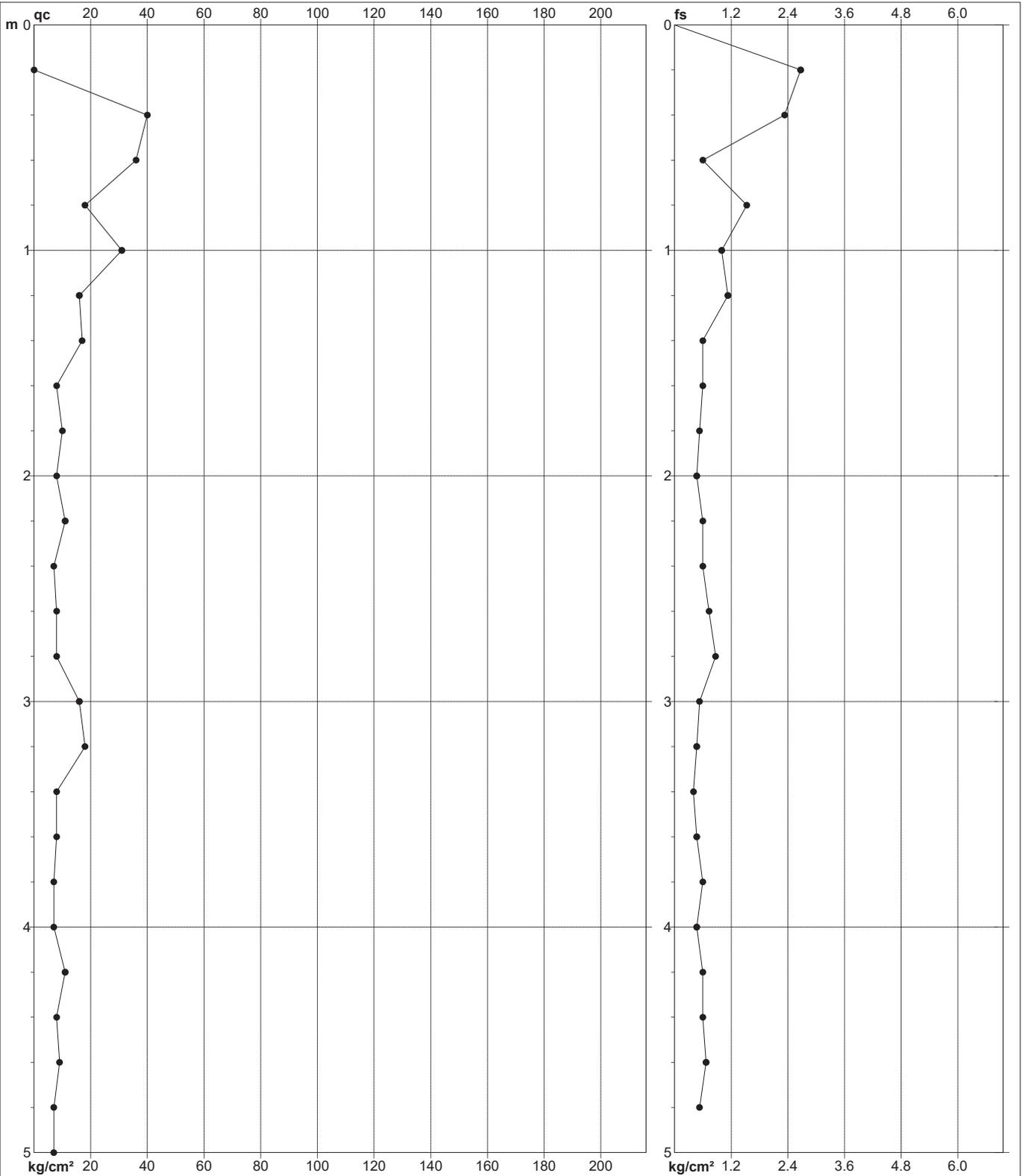
Riferimento

084-2021

Committente **AMBIENTE**
Cantiere **IMPIANTO FOTOVOLTAICO TOZI GREEN**
Località **SAN MATEO DELLA DECIMA**

U.M.: **kg/cm²**
Scala: 1:25
Pagina 1
Elaborato

Data esec. 15/06/2021
Quota inizio:
Falda -2.00



Penetrometro: TG63-200Stat
Responsabile:
Assistente:

preforo m
Corr.astine: kg/ml
Cod. tip:

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA LETTURE CAMPAGNA E VALORI TRASFORMATI	CPT	10
	Riferimento	084-2021

Committente AMBIENTE	U.M.: kg/cm²	Data esec. 15/06/2021
Cantiere IMPIANTO FOTOVOLTAICO TOZI GREEN	Pagina 1	Falda -2.00
Località SAN MATEO DELLA DECIMA	Elaborato	

H m	L1 -	L2 -	Lt -	qc kg/cm ²	fs kg/cm ²	F -	Rf %	H m	L1 -	L2 -	Lt -	qc kg/cm ²	fs kg/cm ²	F -	Rf %
0.20	0.0	0.0		0.00	1.87	0									
0.40	31.0	59.0		31.00	2.47	13	8.0								
0.60	41.0	78.0		41.00	1.27	32	3.1								
0.80	18.0	37.0		18.00	1.00	18	5.6								
1.00	16.0	31.0		16.00	0.53	30	3.3								
1.20	8.0	16.0		8.00	0.53	15	6.6								
1.40	9.0	17.0		9.00	0.67	13	7.4								
1.60	8.0	18.0		8.00	0.60	13	7.5								
1.80	12.0	21.0		12.00	1.40	9	11.7								
2.00	13.0	34.0		13.00	0.47	28	3.6								
2.20	11.0	18.0		11.00	0.47	23	4.3								
2.40	9.0	16.0		9.00	0.53	17	5.9								
2.60	9.0	17.0		9.00	0.20	45	2.2								
2.80	8.0	11.0		8.00	0.60	13	7.5								
3.00	8.0	17.0		8.00	0.60	13	7.5								
3.20	7.0	16.0		7.00	0.53	13	7.6								
3.40	8.0	16.0		8.00	0.47	17	5.9								
3.60	11.0	18.0		11.00	0.80	14	7.3								
3.80	7.0	19.0		7.00	0.53	13	7.6								
4.00	8.0	16.0		8.00	0.53	15	6.6								
4.20	11.0	19.0		11.00	0.60	18	5.5								
4.40	7.0	16.0		7.00	0.53	13	7.6								
4.60	8.0	16.0		8.00	0.53	15	6.6								
4.80	9.0	17.0		9.00	0.53	17	5.9								
5.00	8.0	16.0		8.00											

H = profondità
L1 = prima lettura (punta)
L2 = seconda lettura (punta + laterale)
Lt = terza lettura (totale)
CT = 10.00 costante di trasformazione

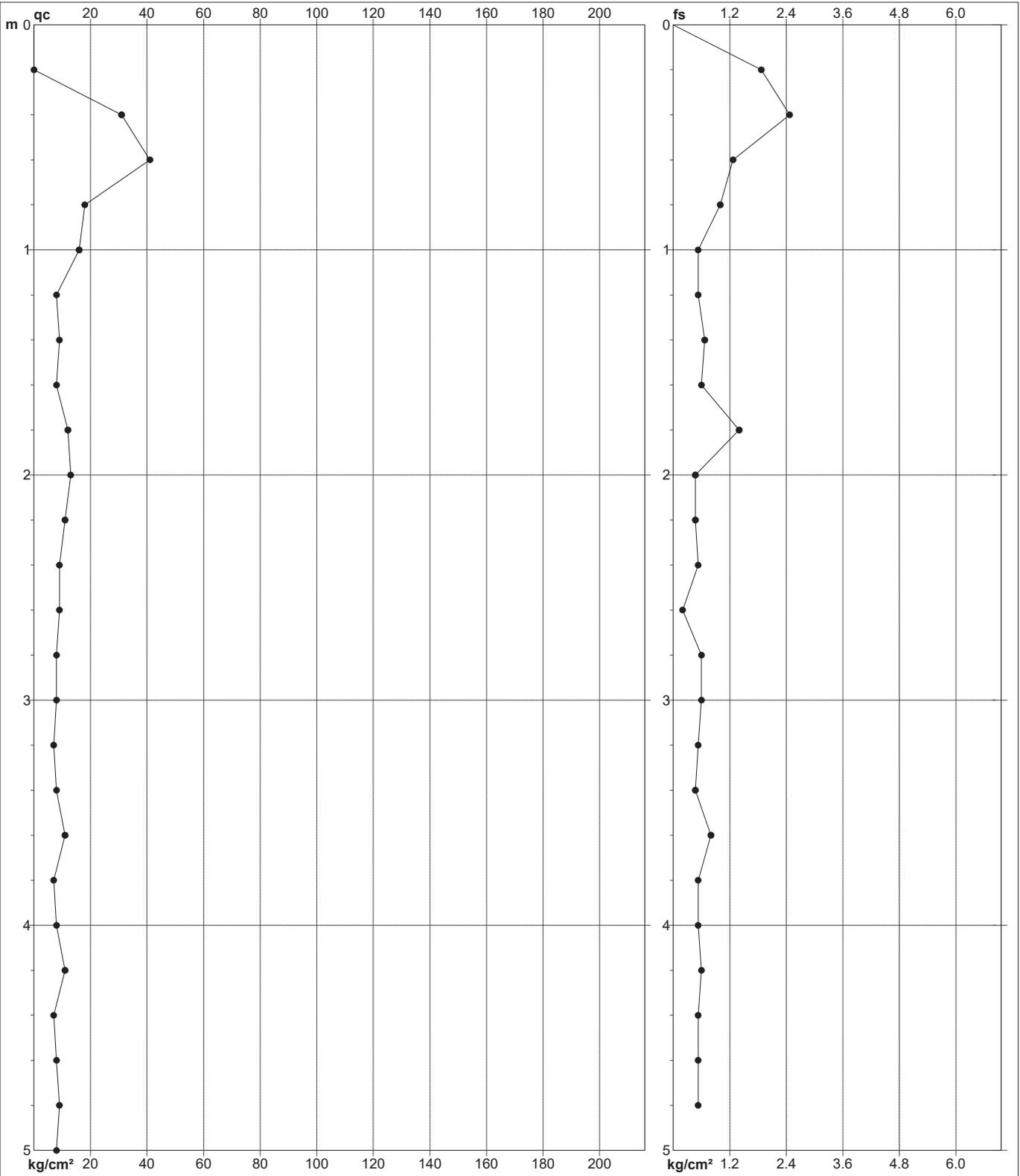
qc = resistenza punta
fs = resistenza laterale
0.20 m sopra quota qc
F = rapporto Begemann (qc / fs)
Rf = rapporto Schmertmann (fs / qc)*100

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA
DIGRAMMI DI RESISTENZA E LITOLOGIA

CPT	10
Riferimento	084-2021

Committente **AMBIENTE**
 Cantiere **IMPIANTO FOTOVOLTAICO TOZI GREEN**
 Località **SAN MATEO DELLA DECIMA**

U.M.: **kg/cm²** Data esec. **15/06/2021**
 Scala: **1:25**
 Pagina **1**
 Elaborato Quota inizio:
 Falda **-2.00**



Penetrometro: TG63-200Stat	preforo m
Responsabile:	Corr.astine: kg/ml
Assistente:	Cod. tip:

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA LETTURE CAMPAGNA E VALORI TRASFORMATI	CPT	11
	Riferimento	084-2021

Committente AMBIENTE	U.M.: kg/cm²	Data esec. 15/06/2021
Cantiere IMPIANTO FOTOVOLTAICO TOZI GREEN	Pagina 1	Falda -2.00
Località SAN MATTEO DELLA DECIMA	Elaborato	

H m	L1 -	L2 -	Lt -	qc kg/cm ²	fs kg/cm ²	F -	Rf %	H m	L1 -	L2 -	Lt -	qc kg/cm ²	fs kg/cm ²	F -	Rf %
0.20	0.0	0.0		0.00	0.87	0									
0.40	31.0	44.0		31.00	1.40	22	4.5								
0.60	60.0	81.0		60.00	1.00	60	1.7								
0.80	16.0	31.0		16.00	1.13	14	7.1								
1.00	17.0	34.0		17.00	0.47	36	2.8								
1.20	11.0	18.0		11.00	0.93	12	8.5								
1.40	17.0	31.0		17.00	1.00	17	5.9								
1.60	16.0	31.0		16.00	0.47	34	2.9								
1.80	11.0	18.0		11.00	0.60	18	5.5								
2.00	7.0	16.0		7.00	0.60	12	8.6								
2.20	8.0	17.0		8.00	0.60	13	7.5								
2.40	9.0	18.0		9.00	0.60	15	6.7								
2.60	11.0	20.0		11.00	0.53	21	4.8								
2.80	8.0	16.0		8.00	0.53	15	6.6								
3.00	7.0	15.0		7.00	0.47	15	6.7								
3.20	8.0	15.0		8.00	0.53	15	6.6								
3.40	8.0	16.0		8.00	0.67	12	8.4								
3.60	10.0	20.0		10.00	0.47	21	4.7								
3.80	11.0	18.0		11.00	1.00	11	9.1								
4.00	16.0	31.0		16.00	1.07	15	6.7								
4.20	15.0	31.0		15.00	0.47	32	3.1								
4.40	11.0	18.0		11.00	0.20	55	1.8								
4.60	6.0	9.0		6.00	0.53	11	8.8								
4.80	8.0	16.0		8.00	0.53	15	6.6								
5.00	9.0	17.0		9.00											

H = profondità
L1 = prima lettura (punta)
L2 = seconda lettura (punta + laterale)
Lt = terza lettura (totale)
CT = 10.00 costante di trasformazione

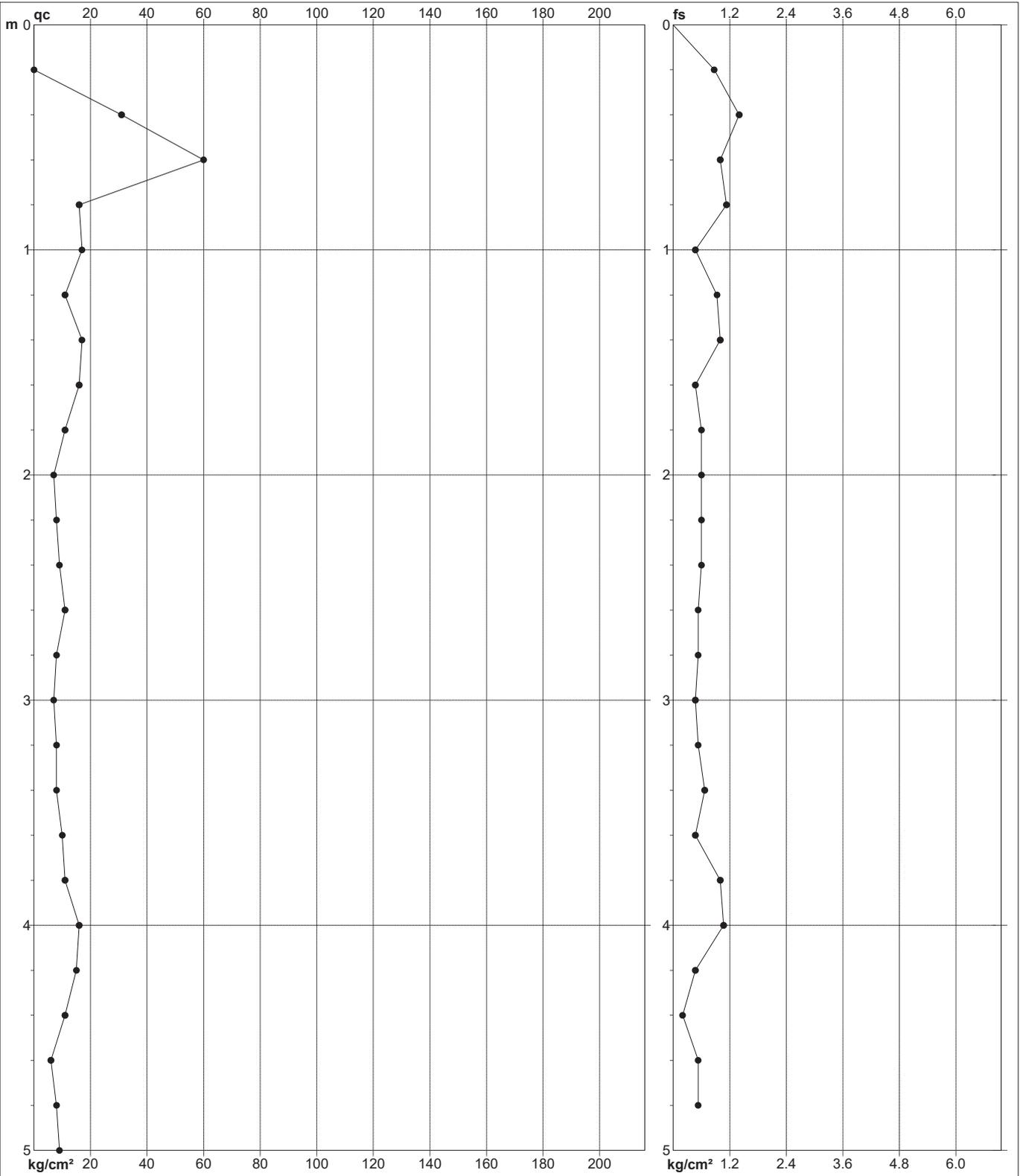
qc = resistenza punta
fs = resistenza laterale
0.20 m sopra quota qc
F = rapporto Begemann (qc / fs)
Rf = rapporto Schmertmann (fs / qc)*100

**PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA
DIGRAMMI DI RESISTENZA E LITOLOGIA**

CPT	11
Riferimento	084-2021

Committente **AMBIENTE**
 Cantiere **IMPIANTO FOTOVOLTAICO TOZI GREEN**
 Località **SAN MATTEO DELLA DECIMA**

U.M.: **kg/cm²** Data esec. **15/06/2021**
 Scala: **1:25**
 Pagina **1**
 Elaborato Quota inizio:
 Falda **-2.00**



Penetrometro: TG63-200Stat	preforo m
Responsabile:	Corr.astine: kg/ml
Assistente:	Cod. tip:

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA LETTURE CAMPAGNA E VALORI TRASFORMATI	CPT	12
	Riferimento	084-2021

Committente AMBIENTE	U.M.: kg/cm²	Data esec. 15/06/2021
Cantiere IMPIANTO FOTOVOLTAICO TOZI GREEN	Pagina 1	Falda -2.00
Località SAN MATTEO DELLA DECIMA	Elaborato	

H m	L1 -	L2 -	Lt -	qc kg/cm ²	fs kg/cm ²	F -	Rf %	H m	L1 -	L2 -	Lt -	qc kg/cm ²	fs kg/cm ²	F -	Rf %
0.20	0.0	0.0		0.00	1.80	0									
0.40	44.0	71.0		44.00	0.60	73	1.4								
0.60	31.0	40.0		31.00	1.53	20	4.9								
0.80	16.0	39.0		16.00	1.20	13	7.5								
1.00	18.0	36.0		18.00	0.53	34	2.9								
1.20	8.0	16.0		8.00	0.47	17	5.9								
1.40	9.0	16.0		9.00	0.47	19	5.2								
1.60	11.0	18.0		11.00	0.53	21	4.8								
1.80	8.0	16.0		8.00	1.00	8	12.5								
2.00	15.0	30.0		15.00	1.27	12	8.5								
2.20	15.0	34.0		15.00	0.60	25	4.0								
2.40	7.0	16.0		7.00	0.53	13	7.6								
2.60	8.0	16.0		8.00	1.07	7	13.4								
2.80	15.0	31.0		15.00	1.20	13	8.0								
3.00	16.0	34.0		16.00	0.53	30	3.3								
3.20	8.0	16.0		8.00	0.53	15	6.6								
3.40	9.0	17.0		9.00	0.60	15	6.7								
3.60	7.0	16.0		7.00	0.60	12	8.6								
3.80	8.0	17.0		8.00	0.53	15	6.6								
4.00	8.0	16.0		8.00	0.47	17	5.9								
4.20	11.0	18.0		11.00	0.53	21	4.8								
4.40	8.0	16.0		8.00	0.53	15	6.6								
4.60	9.0	17.0		9.00	0.53	17	5.9								
4.80	8.0	16.0		8.00	0.47	17	5.9								
5.00	8.0	15.0		8.00											

H = profondità
 L1 = prima lettura (punta)
 L2 = seconda lettura (punta + laterale)
 Lt = terza lettura (totale)
 CT = 10.00 costante di trasformazione

qc = resistenza punta
 fs = resistenza laterale
 0.20 m sopra quota qc
 F = rapporto Begemann (qc / fs)
 Rf = rapporto Schmertmann (fs / qc)*100

