

# IMPIANTO AGROVOLTAICO "TRIVIGNANO"

## E OPERE CONNESSE

POTENZA IMPIANTO 17,18 MWp - SISTEMA DI ACCUMULO 1,575 MW  
Comuni di Trivignano Udinese (UD) e Santa Maria la Longa (UD)

### PROPONENTE

FIRME E TIMBRI

#### EG NUOVA VITA S.R.L.

VIA DEI PELLEGRINI 22 MILANO (MI)  
P.IVA: 11616260961 PEC: egnuovavita@pec.it

#### EG Nuova Vita S.r.l.

Via dei Pellegrini, 22  
20122 Milano  
P. IVA/ C.F. 11616260961

### PROGETTAZIONE

#### DOTT. GEOL. ALESSANDRO BIGLIA

Via Giovanni Servais 126H, 10146 Torino (TO)  
P.IVA:08484730018 PEC: biglia@epap.sicurezza postale.it



### COORDINAMENTO PROGETTUALE

#### DOTT.SSA ELIANA SANTORO

Corso Svizzera 30, 10143 Torino (TO)  
P.IVA:03512740048 PEC: e.santoro@conafpec.it



### COLLABORATORI

### TITOLO ELABORATO

## RELAZIONE GEOLOGICA GEOTECNICA E SISMICA

LIVELLO PROGETTAZIONE	CODICE ELABORATO	FILENAME	RIFERIMENTO	DATA	SCALA
Definitivo	TRI-VIA-09	-	-	08.02.2022	--

### REVISIONI

REV.	DATA	DESCRIZIONE	ESEGUITO	VERIFICATO	APPROVATO
00	08.02.2022	-	DAB	DES	ENF



REGIONE FRIULI



COMUNE DI TRIVIGNANO UDINESE (UD)



COMUNE DI SANTA MARIA LA LONGA (UD)

# Relazione geologica geotecnica e sismica

1.	Premessa .....	2
2.	Ubicazione e morfologia dell'area di indagine .....	3
3.	Vincoli e quadro normativo .....	4
4.	Inquadramento geologico e geomorfologico.....	6
4.1	Determinazione del modello geologico (§ 6.2.1 NTC18)	8
5.	Caratterizzazione geotecnica preliminare dei depositi (§ 6.2.2 NTC18).....	11
6.	Il quadro idrogeologico .....	12
7.	Caratteri sismici dell'area d'indagine .....	15
7.1	Categorie di profilo stratigrafico del suolo di fondazione	15
7.2	Categorie di profilo topografico	16
7.3	Determinazione parametri di pericolosità sismica	17
7.4	Verifica alla liquefazione	18
8.	Valutazioni sul progetto e considerazioni conclusive.....	20

# 1. Premessa

La presente relazione geologica, sismica e geotecnica sui terreni viene redatta su commessa della Soc. EG NUOVA VITA S.R.L. - Via dei Pellegrini 22, 20122 Milano, quale supporto al progetto che prevede la realizzazione di un nuovo impianto fotovoltaico installato a terra in prossimità del borgo Clauiano, circa 1,6 km in direzione a Sud del Comune di Trivignano Udinese (UD).

La presente viene redatta al fine di verificare la compatibilità delle opere in progetto con le caratteristiche geologiche e geotecniche dei terreni e con le condizioni di pericolosità geomorfologica locali, in ottemperanza all'aggiornamento delle Norme Tecniche delle Costruzioni di cui al D.M. 17/01/2018.

Scopo dello studio è fornire ai Progettisti un inquadramento geologico, morfologico e idrogeologico dell'area sulla quale sorgerà l'impianto; verrà, poi, effettuata una caratterizzazione preliminare dei parametri geomeccanici e dei valori di permeabilità dei terreni di fondazione, al fine di fornire un supporto al dimensionamento delle opere di fondazione.

L'indagine geologico - tecnica è stata estesa ad un significativo intorno dell'area interessata dall'intervento con il preciso intento di definirne le potenzialità di fruizione in relazione all'assetto territoriale, verificando le condizioni di stabilità, l'eventuale presenza di elementi morfogenici dissestivi e lo stato di fatto, traendone le opportune valutazioni sulla compatibilità degli interventi con la situazione idrogeologica locale.

La verifica della compatibilità dell'intervento con l'assetto geologico e geotecnico dei terreni di fondazione 0è stata effettuata attraverso la visione diretta dell'assetto morfologico dei luoghi e della situazione litostratigrafia desumibile sia da fonti bibliografiche e cartografiche sia da indagini geognostiche realizzate in terreni simili e litologicamente assimilabili a quelli presenti nel sottosuolo del sito in esame.

## 2. Ubicazione e morfologia dell'area di indagine

Il sito in esame è ubicato in una vasta area pianeggiante, con debole pendenza verso Sud, posta a SE dell'abitato di Trivignano Udinese (UD) e ad Est della frazione Clauiano, in destra orografica del Fiume Torre.

Le quote sono intorno ai 34 m s.l.m. e la zona è a vocazione prettamente agricola e compresa tra il corso del Fiume Torre e quello della Roggia Milleacque.

Il sito è ricompreso nella porzione orientale dell'Alta Pianura Friulana, la quale è costituita dagli apporti fluvioglaciali e alluvionali del Fiume Tagliamento, dei Torrenti Torre e Natisone e del Fiume Isonzo. Si tratta di alluvioni grossolane accumulate nella fase di decrescita delle piene di fiumi e torrenti che sboccavano, in periodi successivi, nella pianura. Su questa superficie si è impostato l'attuale reticolo idrografico superficiale.

Il sito ha riscontro nelle seguenti tavole della cartografia ufficiale:

- Carta Tecnica Regionale, scala 1:5.000, elemento 088054;
- Tavoletta IGM scala 1:25000, foglio 088 NO Cormons;
- Carta Geologica d'Italia, scala 1:100.000, Foglio n. 40 "Palmanova".

### 3. Vincoli e quadro normativo

Dal punto di vista normativo si è fatto riferimento ai seguenti provvedimenti:

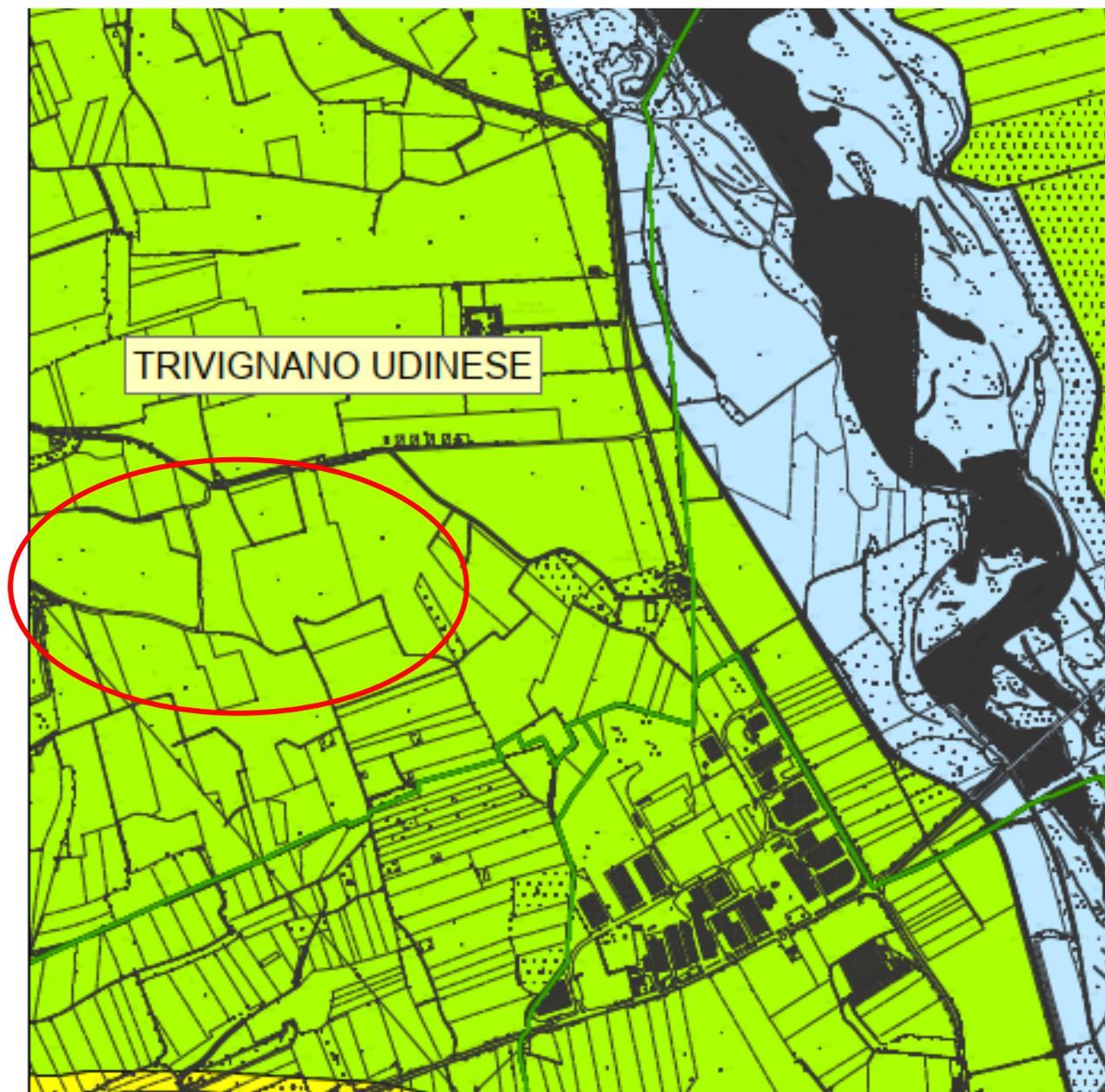
- D.M. 17 gennaio 2018: Aggiornamento Norme Tecniche sulle Costruzioni.
- Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI) – Interventi sulla rete idrografica e sui versanti – Norme di Attuazione - bacino del Fiume Isonzo;
- Piano Territoriale Paesistico della Regione Friuli Venezia Giulia;
- O.P.C.M. 20 marzo 2003, n. 3274 e s.m.i. – “Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica”.

Il sito in esame ricade in un settore non interessato dal vincolo idrogeologico di cui al Regio decreto 3267/1923 e alla Legge forestale regionale L.R. 9/2007, che disciplinano gli interventi di modificazione o trasformazione d'uso dei terreni ivi sottoposti.

L'area risulta al di fuori della perimetrazione delle Fasce Fluviali proposte dal P.A.I. e dalle aree esondabili evidenziate dal Piano Stralcio.

L'area di intervento ricade nella Area Fluviale dei fiumi Torre e Natisone come individuata dal PAI - Piano Stralcio per l'Assetto idrogeologico del bacino idrografico del fiume Isonzo, come aggiornato dal Decreto dirigenziale n. 17 del 12 febbraio 2018 dell'Autorità del Distretto delle Alpi Orientali.

Le opere in progetto ricadono in zone a pericolosità idraulica moderata P1 per cui non si prevedono scenari di rischio di carattere idraulico con acque a bassa od alta energia.



**PIANO ASSETTO IDROGEOLOGICO P.A.I.**

**Perimetrazione e classi di pericolosità idraulica**

-  F - Area Fluviale
-  P1 - Pericolosità idraulica moderata
-  P2 - Pericolosità idraulica media
-  P3 - Pericolosità idraulica elevata
-  P4 - Pericolosità idraulica molto elevata

Figura 1. Estratto dalla Carta della pericolosità idraulica di cui al Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico del bacino idrografico del fiume Isonzo (Tavola 30) 2018.

## 4. Inquadramento geologico e geomorfologico

L'area in cui si prevede la realizzazione dell'impianto fotovoltaico in progetto si sviluppa nel settore orientale dell'alta pianura alluvionale friulana.

La Pianura Friulana rappresenta, in linea generale, il lembo orientale della Pianura Padana, ma per le sue caratteristiche deve essere considerata semi - indipendente dalle vicissitudini di quest'ultima, essendo caratterizzata da maggiore acclività e da sedimenti, in genere, più grossolani. La sua elevazione va da poco meno di 300 m a 0 m, per un'estensione N-S di circa 80 km. La coltre di sedimenti che la costituiscono è quaternaria, con un basamento roccioso prequaternario che nell'area orientale si ritrova a pochi metri di profondità, verso ovest arriva a -250 m nel sottosuolo di Grado e a più di -600 m nei pressi di Latisana. Nel dettaglio, la Pianura Friulana è costituita da un potente strato di depositi fluvio-glaciali, fluviali e marini che presentano caratteristiche granulometriche diverse andando da monte al mare. Le alluvioni della fascia pedemontana, che costituiscono l'Alta pianura, sono grossolane con prevalenza di ghiaie, ghiaie e sabbie e rari conglomerati. Man mano che si scende verso sud la granulometria, mediamente, diminuisce ed i sedimenti sono via via meno permeabili. Le alluvioni della Bassa pianura (la parte di pianura posta a sud della Linea delle Risorgive che unisce Pordenone a ovest con Monfalcone a est) sono infatti costituite da frazioni granulometriche più fini (sabbie argillose, limi ed argille) alternate a sedimenti ghiaioso-sabbiosi spesso limosi.

L'alta pianura friulana orientale è stata originata dalla sedimentazione di abbondanti depositi fluvioglaciali e alluvionali operata dai maggiori sistemi fluviali del settore, dal fiume Tagliamento, dall'Isonzo, dal Torre, dal Natisone e dal Cormor.

La zona in esame è posta immediatamente ad Ovest del Fiume Torre, poco a valle della sua confluenza con il Natisone, in una zona essenzialmente pianeggiante o debolmente degradante verso Sud, con pendenze inferiori allo 0,3 %.

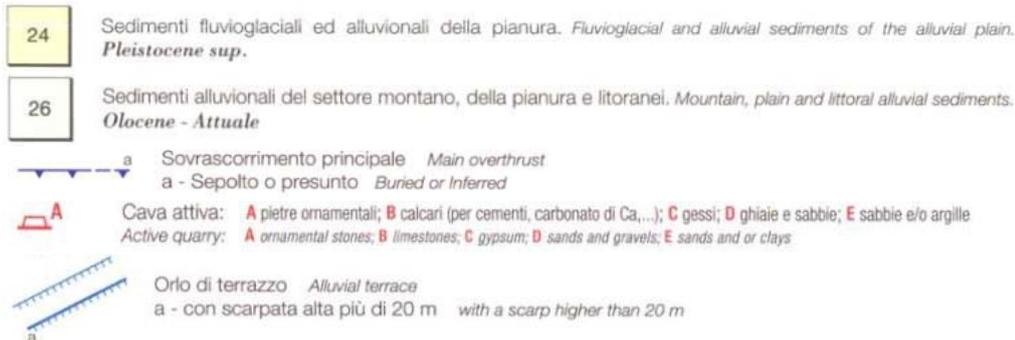


Figura 2. Stralcio della Carta Geologica del Friuli Venezia Giulia in scala 1:150.000 (qui in scala grafica).

Questa pianura ha preso origine, principalmente, dalla sedimentazione di depositi fluvio-glaciali del Pleistocene, più volte rimaneggiati da parte delle acque di fusione dei ghiacciai quaternari e trasportati dalla corrente del torrente Torre in epoca post-glaciale. La situazione litologica rilevata, al di sotto dello strato di alterazione superficiale, presenta caratteristiche piuttosto omogenee (ghiaie e sabbie limo argillose, con quest'ultime parti fini in percentuale inferiore al 25%).

Solo in superficie si nota una differenziazione litologica con lunghe fasce di terreni prevalentemente sabbiosi o limoso-sabbiosi che si alternano con fasce prevalentemente ghiaiose.

Al di sotto della profondità di 1,5÷2 m dal p.c. e fino ad almeno 20 m, viene rilevata la presenza uniforme di litotipi prevalentemente ghiaiosi.

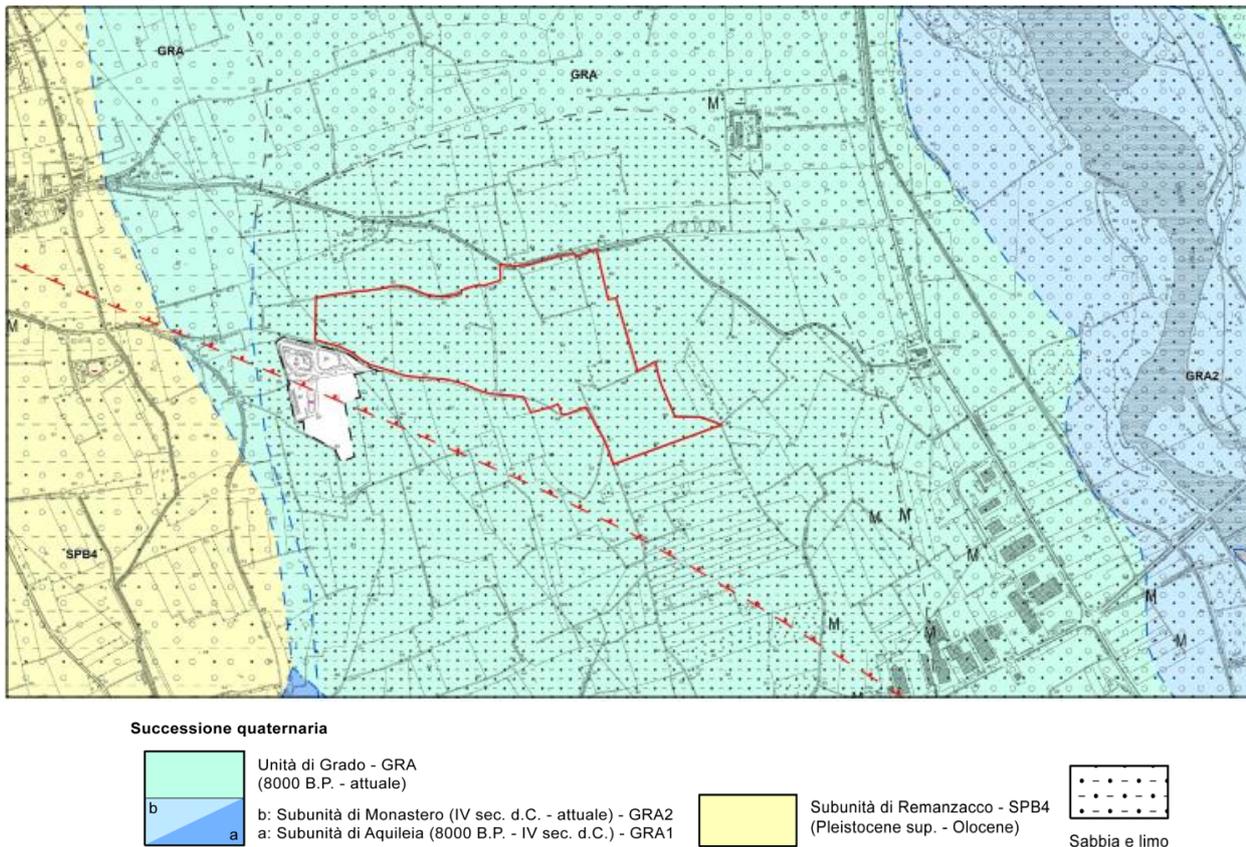


Figura 3. Stralcio della Carta di sintesi geologica GEO-CGT Foglio 088 - GORIZIA

Dal punto di vista granulometrico i sedimenti più recenti appartenenti alla Unità di Grado sono costituiti da ghiaie grossolane in matrice sabbiosa e da ghiaie sabbiose, con clasti arrotondati-subarrotondati e, a tratti, livelli o lenti sabbiose o sabbioso limose.

## 4.1 Determinazione del modello geologico (§ 6.2.1 NTC18)

Le litologie indicate per l'area in studio dalla letteratura specifica (Carta Geologica d'Italia, progetto CARG, Carta Geologica del Friuli Venezia Giulia, e Carta geologico tecnica della Regione FVG Foglio 088054 Trivignano Udinese) sono rappresentate da sedimenti prevalentemente ghiaiosi.

Come evidenziato nel paragrafo di inquadramento generale, l'Alta pianura, è infatti costituita da un potente materasso di depositi fluvio-glaciali e alluvionali. Si tratta di depositi solitamente grossolani con prevalenza di ghiaie, ghiaie e sabbie e, talvolta, conglomerati.

Al fine di addivenire ad una definizione dell'assetto litostratigrafico locale il più precisa possibile, nonostante il carattere non esecutivo della presente relazione geologica, sono state consultate le risultanze di numerose prove e indagini effettuate in terreni prossimi e litologicamente assimilabili a quelli in esame.

In particolare, nell'ambito della progettazione dell'aggiornamento delle fognature comunali di Trivignano Udinese del 2013, il dott. geol. Paolo Giovagnoli ha effettuato n. 2 prove penetrometriche DPM e un'indagine sismica HVSR a circa 500 m dal sito in esame.

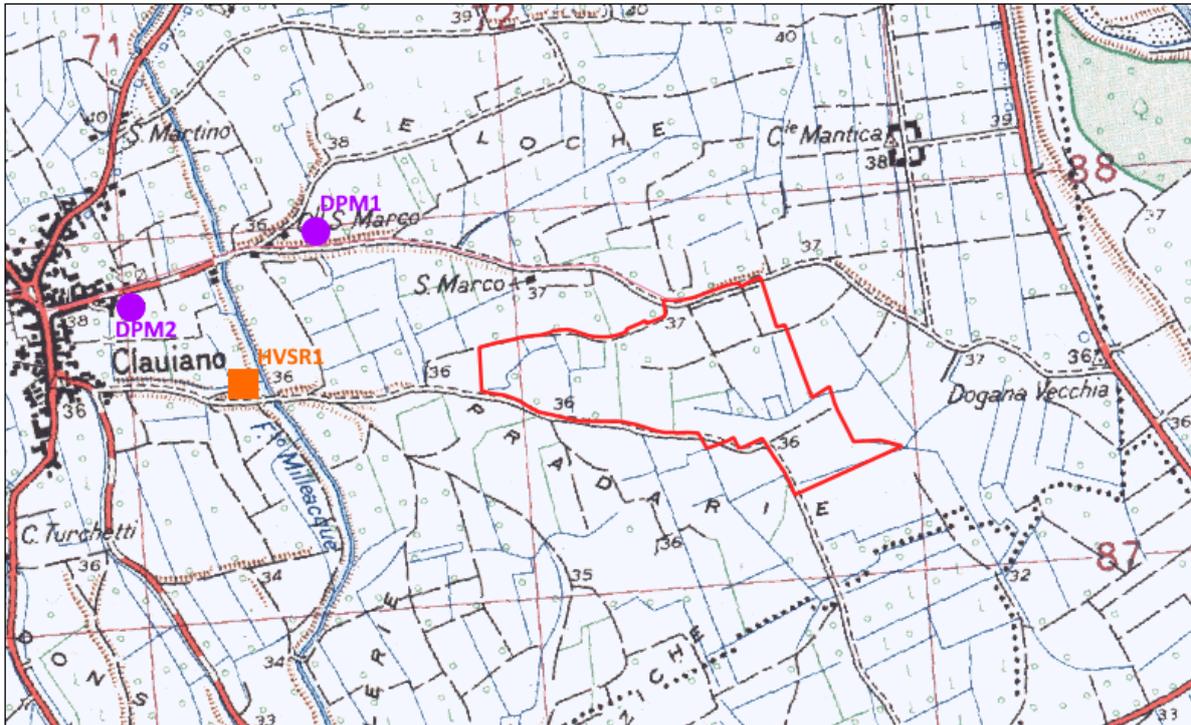


Figura 4. Ubicazione delle prove penetrometriche e dell'indagine sismica realizzate in prossimità dell'area in esame.

Le indagini geognostiche reperite, unitamente alle conoscenze pregresse del sito, hanno reso possibile la creazione di un modello geotecnico-stratigrafico composto da due livelli principali: uno di copertura caratterizzato da una scarsa resistenza all'infissione della punta penetrometrica, presente fino a 3 - 4 m di profondità, ed un secondo, identificato dal rifiuto alla penetrazione della punta e quindi riconducibile ad un substrato compatto e costituito da ghiaie e sabbie con ciottoli.

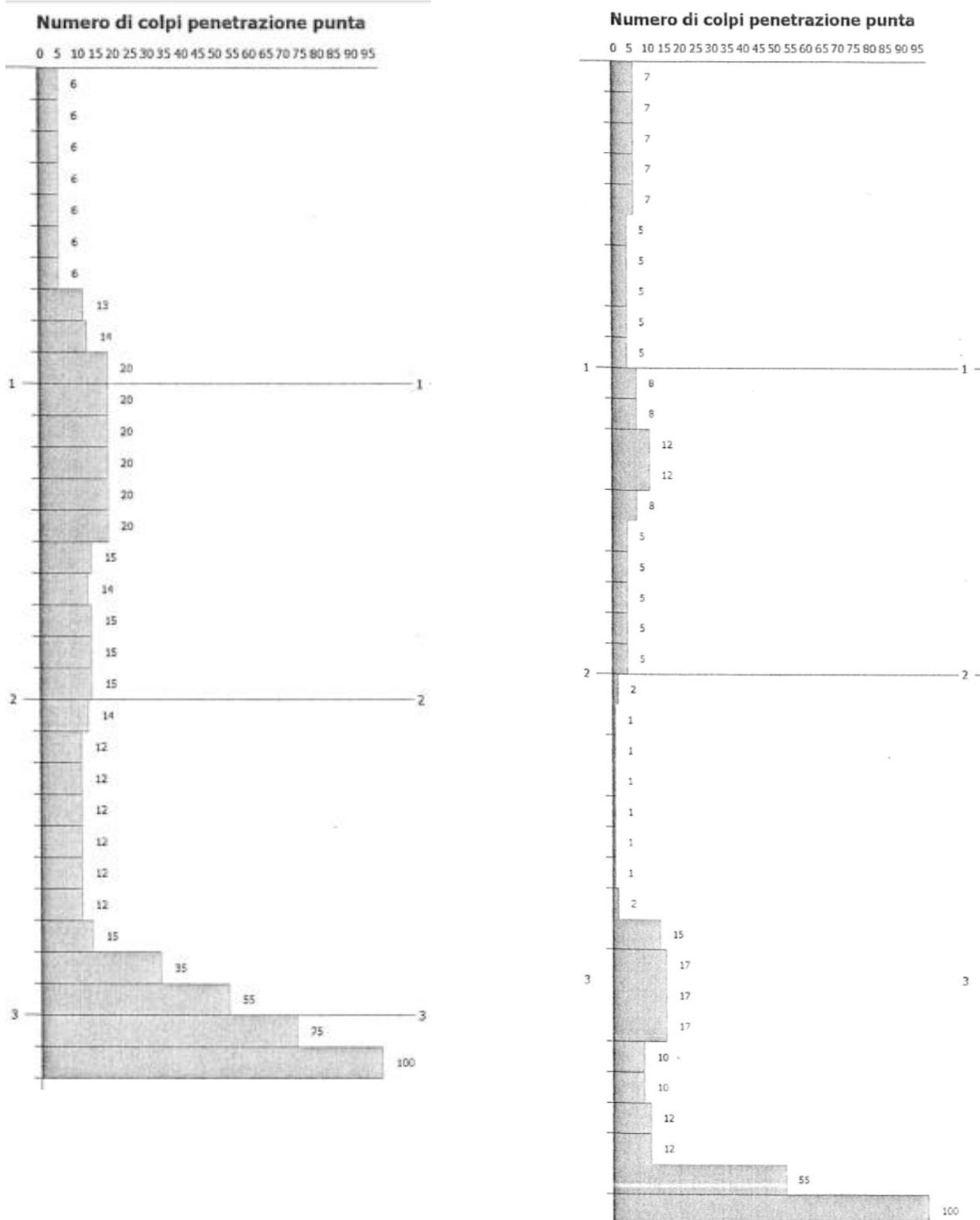


Figura 5. Grafici prove penetrometriche DPM 1 (a sinistra) e DPM 2 (a destra).

La campagna di indagini svolta e le conoscenze pregresse dell'area hanno permesso la ricostruzione di un **MODELLO GEOLOGICO** rappresentato dai seguenti orizzonti stratigrafici:

	Profondità da p.c.	Litotipo
<b>UNITÀ A</b>	0,00 – 2,90 m	Terreno vegetale e coltre di copertura prevalentemente limoso sabbioso argillosa, poco addensata
<b>UNITÀ B</b>	> 2,90 m	Depositi fluvio-glaciali ben addensati costituiti da ghiaie eterometriche sabbiose con ciottoli

## 5. Caratterizzazione geotecnica preliminare dei depositi (§ 6.2.2 NTC18)

Per la determinazione dei parametri geotecnici si è fatto riferimento a quanto riportato nel D.M. 17/01/2018, riportante le prescrizioni per le indagini da effettuarsi per la progettazione delle opere di fondazione.

In particolare, per la stima dei parametri sono state utilizzate le correlazioni empiriche esistenti in letteratura, attraverso le quali sono possibili stime attendibili delle caratteristiche dei terreni indagati sulla base del numero di colpi  $N_{SPT}$  calcolato dalle risultanze delle prove penetrometriche dinamiche reperite e realizzate a breve distanza dal sito in esame, utilizzando le correlazioni più consone alle tipologie di litotipi attraversate.

I risultati delle indagini e le relative correlazioni evidenziano, nel rispetto del Modello Geologico di cui al paragrafo precedente, una configurazione del sottosuolo costituita da due unità con caratteristiche geotecniche e geomeccaniche differenti.

Il **MODELLO GEOTECNICO** che ne scaturisce può essere quindi schematizzato come segue:

**Unità A:** Terreni di copertura: limi argilloso sabbiosi poco addensati -  $N_{DPL}$  medio pari a 6.

**Unità B:** Ghiaie sabbiose con livelli arenitici ( $N_{DPL} > 50$ ).

Ovviamente, come verrà meglio dettagliato nel seguito, il modello geotecnico qui proposto (così come quello geologico) dovrà essere confermato attraverso la realizzazione di indagini sito specifiche, pur confidando nella continuità laterale dei depositi e nella sostanziale omogeneità dell'area sotto il profilo deposizionale e, quindi, geologico tecnico.

Sulla base delle principali correlazioni in uso per le tipologie di terreni incontrate è stato possibile determinare i parametri geotecnici caratteristici, sulla base dei pochi dati attualmente disponibili.

Unità litologica	Litologia	Classificazione A.G.I.	VALORI CARATTERISTICI		
			$\gamma_k$ (kN/m <sup>3</sup> )	$\phi'_k$ (°)	$c_k$ (kN/m <sup>2</sup> )
1	Coltre superficiale limoso sabbiosa	Poco addensato	18,8	23	20
2	Depositi alluvionali ghiaioso sabbiosi	Moderatamente addensato / addensato	18,5	41	0

I valori caratteristici sopra riportati hanno, come detto, carattere indicativo in quanto estrapolati da un numero di indagini decisamente basso rispetto al volume di terreno che verrà coinvolto dalle opere in progetto.

I due tipi di terreno sono dotati di conducibilità idraulica nettamente diversa, il coefficiente di permeabilità  $k$  può essere stimato sull'ordine di  $10^{-5}$  cm/sec nel caso dei terreni limo argillosi/sabbiosi e sull'ordine di  $10^{-3}$  cm/sec nel caso dei terreni ghiaioso sabbiosi.

## 6. Il quadro idrogeologico

L'Alta Pianura, costituita come già descritto da una successione piuttosto eterogenea di depositi di origine fluvio-glaciale prevalentemente ghiaiosi e caratterizzati da valori di conducibilità idraulica anche molto elevati, è sede di un importante falda freatica, che viene costantemente alimentata sia dalle acque di precipitazione meteorica, sia da quelle in arrivo dai grandi corsi d'acqua qui presenti (Tagliamento, Isonzo, Torre, Natisone, Cellina e Meduna). Si tratta di alluvioni grossolane accumulate nella fase di decrescita delle piene di fiumi e torrenti che sboccavano, in periodi successivi, nella pianura. Su questa superficie si è impostato l'attuale reticolo idrografico superficiale.

La direzione del flusso idrico sotterraneo si mantiene, a scala regionale, sulla direttiva Nord - Sud caratteristica per questi settori di pianura.

L'acquifero, rilevabile a profondità relativamente elevata, è sostenuto dal substrato flyschoida a scarsa permeabilità, la cui morfologia condiziona in parte l'andamento dei deflussi idrici sotterranei.

L'area è caratterizzata dalla presenza di una falda di tipo freatico (indifferenziata) il cui deflusso avviene prevalentemente in direzione N-S, parallelamente al corso del Fiume Torre che, assieme al Natisone, contribuisce all'alimentazione della falda stessa, mediante le dispersioni idriche di subalveo.

Sotto il p.c. è presente una sola falda, ovvero la falda freatica principale, che è riconducibile alla falda regionale già oggetto dei rilievi ufficiali condotti dagli anni '70 ad oggi e, come si può notare dalle carte riportate nel seguito, nell'area in esame è possibile rinvenire la falda a quote comprese tra 15 e 22 m s.l.m., ovvero a profondità comprese tra 12 e 20 m dal locale p.c.

Per questo motivo è lecito escludere problemi di carattere idrogeologico connessi ad un'eventuale interazione dell'intervento progettuale con la falda sotterranea.

I documenti geologici e le stratigrafie dei numerosi pozzi locali redatte durante le perforazioni non hanno segnalato falde sospese, né queste risultano dai documenti visionati e dalle misure effettuate. Tuttavia, ciò non toglie che teoricamente, in occasione di eventi meteorici eccezionali, se ne possano formare alcune, limitate e di breve durata, comunque trascurabili ai fini del progetto in esame.

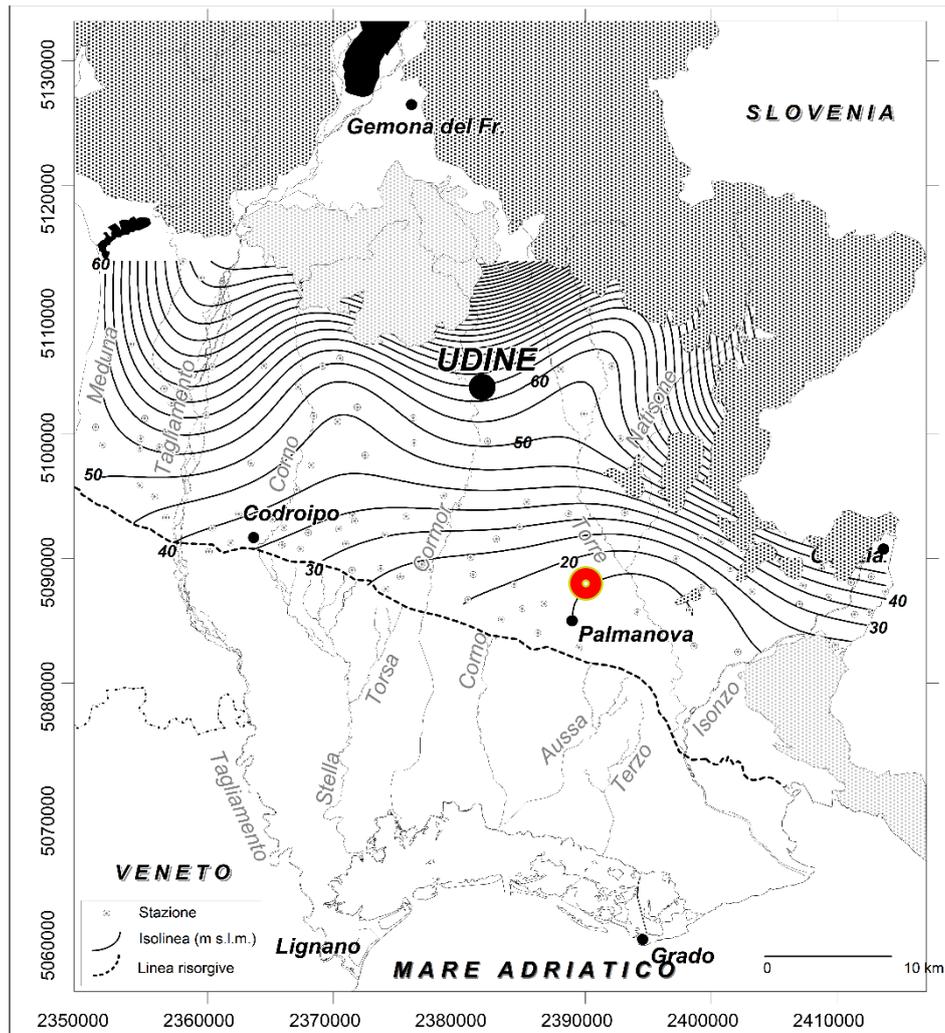
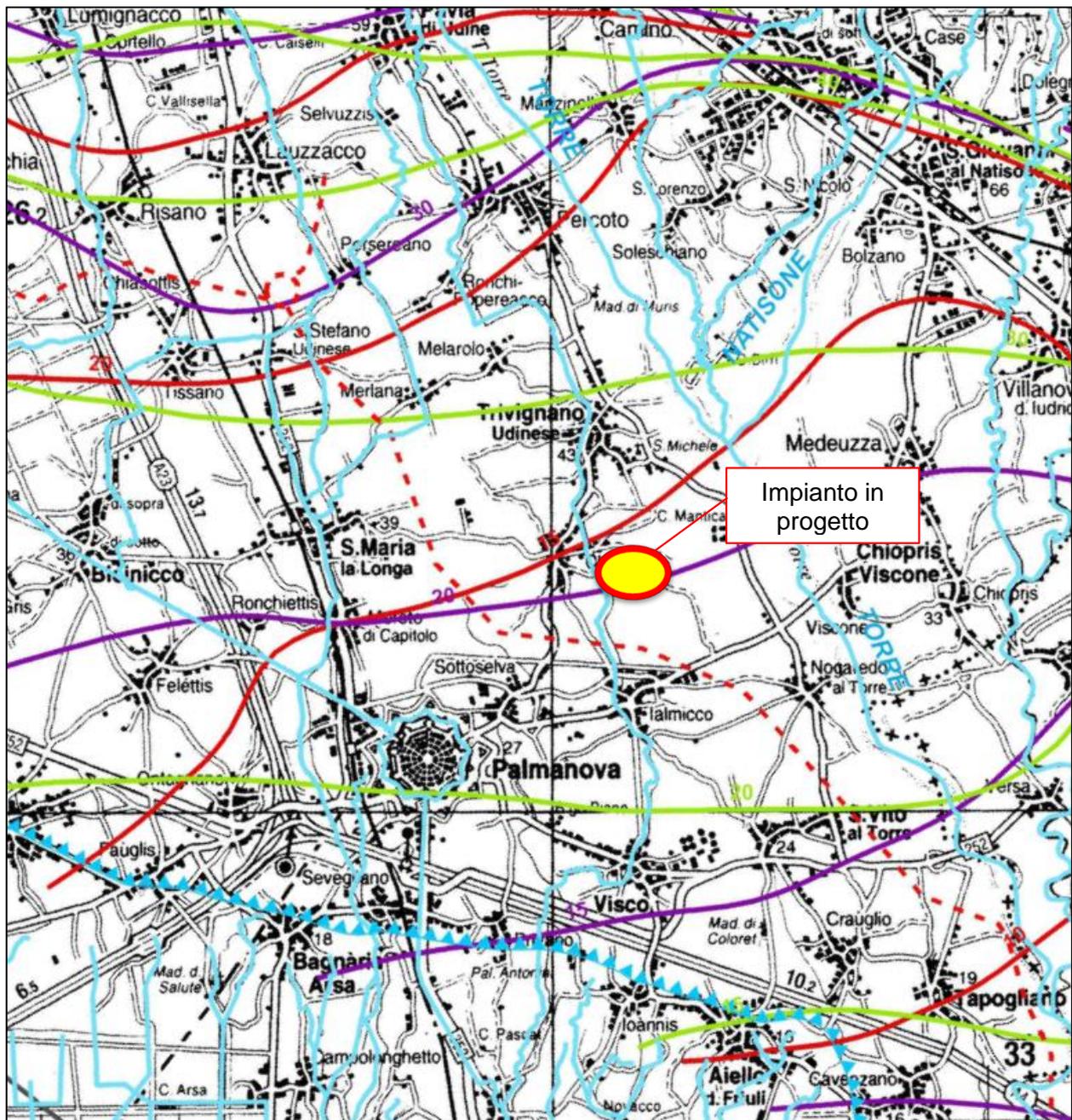


Figura 6. Carta dell'andamento freaticometrico (m s.l.m.) relativo alla falda dell'alta pianura.



- Isofreatiche del livello massimo (in metri sul livello del mare)
- Isofreatiche del livello medio (in metri sul livello del mare)
- Isofreatiche del livello minimo (in metri sul livello del mare)

Figura 7. Estratto della Carta Idrogeologica di Stefanini & Giorgetti (1996).

## 7. Caratteri sismici dell'area d'indagine

Il territorio regionale è inserito nella Catena Sudalpina orientale che è soggetta all'interazione tra la placca adriatica e quella europea con formazione di strutture tettoniche a pieghe sud-vergenti, faglie inverse e trascorrenti.

Il settore orientale della Regione, nel quale ricade l'area in esame, presenta un campo di sforzi più eterogeneo, con prevalenti faglie trascorrenti destre con direzione NW-SE in ambiente complessivamente distensivo, con sismicità bassa.

La complessità tettonica del settore in oggetto è evidenziata dalla presenza di sovrascorrimenti ad andamento NW-SE, tra cui si evidenziano quelli noti come Linea Udine-Buttrio a Nord e le Linee di Pozzuolo a SW; entrambe deformano i depositi quaternari formando modesti rilievi a Pasion di Prato, a Variano e a Pozzuolo del Friuli.

L'interferenza con le strutture dinariche trascorrenti determinano spesso la dislocazione delle precedenti. Solo alla Linea di Medea che limita a Sud il territorio in esame risulta sismogenica; può infatti originare terremoti con  $M \geq 6.2$ .

L'area indagata non risulta interessata da faglie tettoniche riconosciute sismicamente attive.

In base alla Delibera della Giunta Regionale n. 845 del 06/05/2010, il territorio del Comune di Trivignano Udinese è classificato "**Zona 3**" (a bassa sismicità).

### 7.1 Categorie di profilo stratigrafico del suolo di fondazione

Ai fini della definizione della azione sismica di progetto, come riportato nel D.M. delle Infrastrutture 17.01.2018, punto 3.2.2 "Categorie di sottosuolo e condizioni topografiche", si definiscono le seguenti categorie di profilo stratigrafico del suolo di fondazione (Tabella 3.2.II - le profondità si riferiscono al piano di posa delle fondazioni superficiali, oppure alla quota di testa dei pali nel caso di fondazioni speciali):

A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.</i>
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.</i>
C	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.</i>
D	<i>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>
E	<i>Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.</i>

Figura 8. Categorie Sottosuolo (Tabella 3.2.II DM 17/01/2018)

Nelle definizioni precedenti  $V_{s,eq}$  è la velocità media di propagazione delle onde di taglio e viene calcolata con la seguente espressione:

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

dove

- $h_i$ :** spessore (in m) delle onde di taglio dello strato i-esimo;
- $V_i$ :** velocità (in m/s) delle onde di taglio dello strato i-esimo;
- H:** profondità del substrato (definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da  $V_s$  non inferiore a 800 m/s).

Informazioni circa il valore di  **$V_{seq}$**  sono disponibili e rimandano a prove di sismica passiva eseguite a Clauiano che hanno restituito un valore di  $V_{s30}$  pari a 470 m/s (v. Figura 4).

Stando alle informazioni disponibili appare verosimile ascrivere il sottosuolo alla categoria “B”. All’interno di tale classe sono, infatti, considerate (D.M. 17/01/2018 – tab 3.2.II Categorie di sottosuoli) *rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o i terreni a grana fine molto consistenti caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 e 800 m/s.*

Tale indicazione trova peraltro conferma nei dati disponibili e provenienti dalle investigazioni geologiche e geotecniche che hanno evidenziato la presenza di terreni a tessitura francamente grossolana e con elevato grado di addensamento.

## 7.2 Categorie di profilo topografico

Le indicazioni fornite nel D.M. 17/01/2018 - punto 3.2.2 , evidenziano che la risposta sismica locale di un sito, oltre che dalle caratteristiche litostratigrafiche del sottosuolo, dipende anche dalla conformazione morfologica dei luoghi.

Pertanto, qualora le caratteristiche topografiche dei luoghi non risultino particolarmente complesse (caso nel quale è necessario prevedere una modellizzazione particolare del sito, necessaria per identificare correttamente le caratteristiche di risposta sismica locale), vengono individuate quattro diverse categorie topografiche, rappresentative di altrettante configurazioni superficiali semplici, riportate nella successiva tabella.

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
<b>T1</b>	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$
<b>T2</b>	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$
<b>T3</b>	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$
<b>T4</b>	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$

Figura 9. Categorie superficie topografica (Tabella 3.2.III DM 17/01/2018)

Come riportato nella vigente normativa, le categorie topografiche sopra espone si riferiscono a configurazioni geometriche prevalentemente bidimensionali, creste o dorsali allungate, e devono essere considerate nella definizione dell’azione sismica se di altezza maggiore di 30 m.

L’assetto morfologico dei luoghi non è caratterizzato da condizioni particolari per le quali siano prevedibili fenomeni di accelerazione locale delle onde sismiche. In virtù di quanto indicato nella vigente normativa per quanto attiene l’azione sismica di progetto è possibile ascrivere le

caratteristiche della superficie topografica alla categoria T1 (D.M. 17/01/2018 – tab 3.2.III – Caratteristiche topografiche): *superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media  $i < 15^\circ$ .*

## 7.3 Determinazione parametri di pericolosità sismica

Per la determinazione della pericolosità sismica il primo passo consiste nella determinazione di **ag** (accelerazione orizzontale massima attesa su sito di riferimento rigido). Per tale determinazione è necessario conoscere, come anticipato, le coordinate geografiche dell'opera da verificare. Si determina quindi la maglia di riferimento in base alle tabelle dei parametri spettrali fornite dal ministero e, sulla base della maglia interessata, si determinano i valori di riferimento del punto come media pesata dei valori nei vertici della maglia moltiplicati per le distanze dal punto.

Sito in esame:

- Latitudine: 45,930036
- Longitudine: 13,350351
- Classe: 2
- Vita nominale: 50

Siti di riferimento:

- Sito 1 ID: 10321      Lat: 45,9850    Lon: 13,3460    Distanza: 4,1362
- Sito 2 ID: 10320      Lat: 45,9850    Lon: 13,2740    Distanza: 6,6200
- Sito 3 ID: 10542      Lat: 45,9350    Lon: 13,2740    Distanza: 5,3837
- Sito 4 ID: 10543      Lat: 45,9350    Lon: 13,3460    Distanza: 1,4978

Parametri sismici:

- Categoria sottosuolo: B
- Categoria topografica: T1

Periodo di riferimento:

- 50 anni

Coefficiente cu:

- 1

Operatività (SLO):

Probabilità di superamento: 81 %  
 Tr: 30 [anni]  
 ag: 0,049 g  
 Fo: 2,474  
 Tc\*: 0,240 [s]

Danno (SLD):

Probabilità di superamento: 63 %  
 Tr: 50 [anni]  
 ag: 0,063 g  
 Fo: 2,473  
 Tc\*: 0,260 [s]

Salvaguardia della vita (SLV):

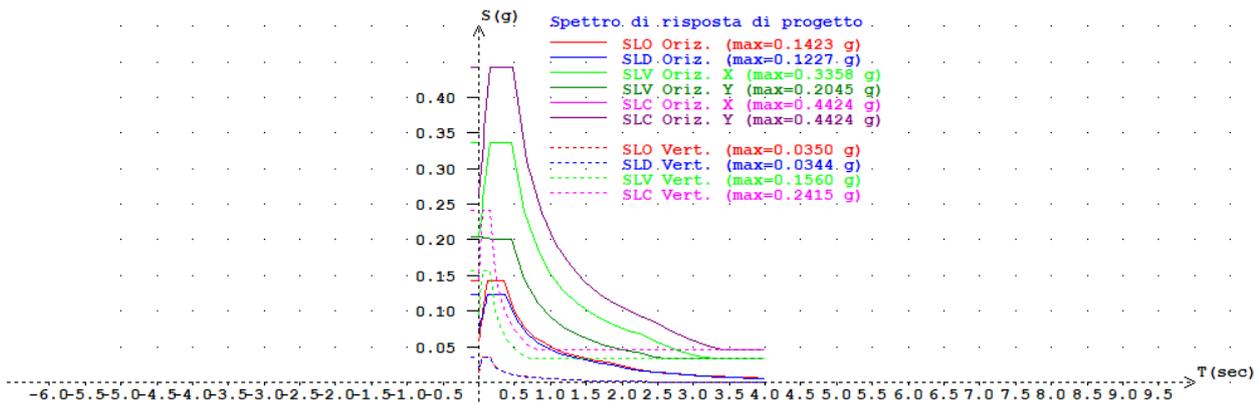
Probabilità di superamento: 10 %  
 Tr: 475 [anni]  
 ag: 0,173 g  
 Fo: 2,463  
 Tc\*: 0,331 [s]

Prevenzione dal collasso (SLC):

Probabilità di superamento: 5 %  
 Tr: 975 [anni]  
 ag: 0,229 g  
 Fo: 2,510  
 Tc\*: 0,348 [s]

Coefficienti Sismici:

SLO	SLD	SLV	SLC
Ss: 1,200	Ss: 1,200	Ss: 1,200	Ss: 1,174
Cc: 1,463	Cc: 1,440	Cc: 1,372	Cc: 1,359
St: 1,000	St: 1,000	St: 1,000	St: 1,000
TB: 0,117	TB: 0,125	TB: 0,152	TB: 0,158
TC: 0,351	TC: 0,374	TC: 0,455	TC: 0,473
TD: 1,792	TD: 1,848	TD: 2,282	TD: 2,501
Fv: 0,731	Fv: 0,832	Fv: 1,373	Fv: 1,608



## 7.4 Verifica alla liquefazione

Secondo quanto riportato al paragrafo 7.11.3.4.2 delle NTC 2018, “La verifica a liquefazione 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  $qc1N > 180$  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  $qc1N$  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 Figura 7.11.1(a) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità  $U_c < 3,5$  ed in Figura 7.11.1(b) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità  $U_c > 3,5$ .”

Sono state pertanto consultate le mappe di pericolosità sismica reperibili sul sito internet dell'INGV (Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia: <http://esse1-gis.mi.ingv.it>) al fine di verificare la sussistenza dei requisiti di omissione della verifica di cui al comma 1.

Si riporta nel seguito la mappa di pericolosità sismica relativa al territorio comunale di Trivignano Udinese (Figura 10).

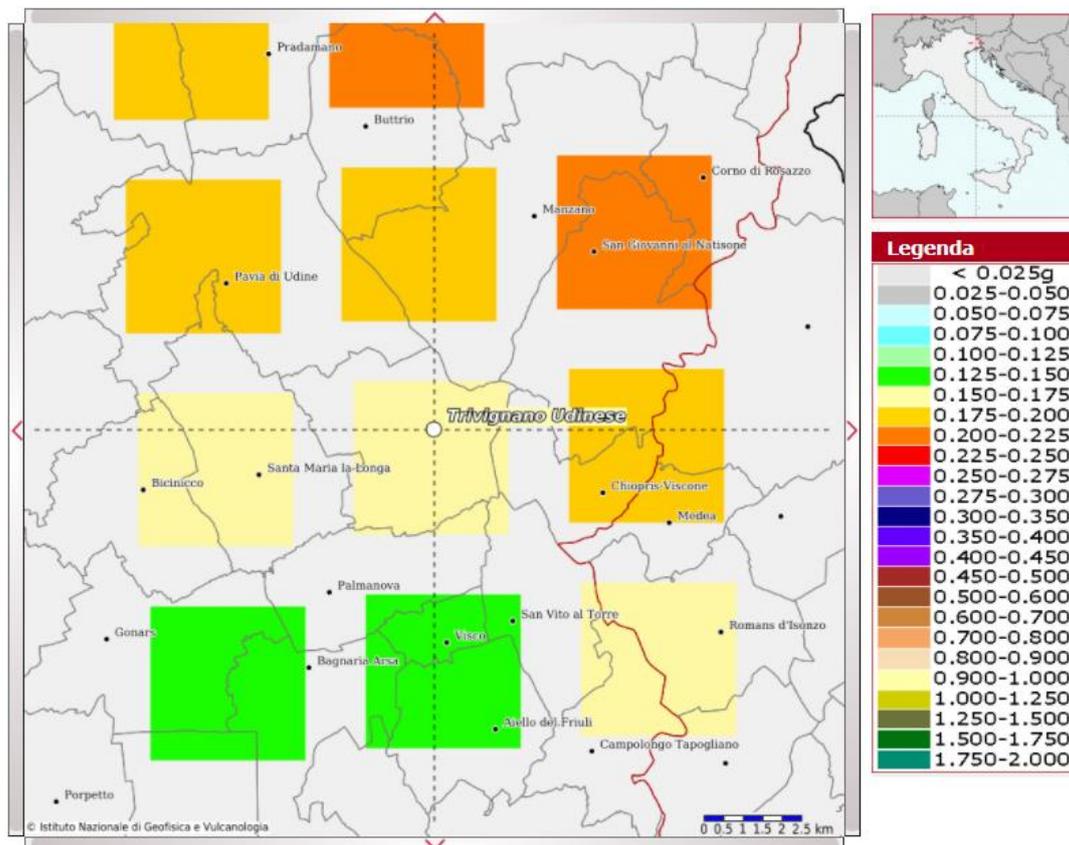


Figura 10. Mappa di pericolosità sismica per il comune in esame (<http://esse1-gis.mi.ingv.it>)

Dall'osservazione della mappa di pericolosità sismica, estratta dal sito web dell'Istituto Nazionale di Geofisica, si evince come le accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) siano comprese tra 0,150 e 0,175 g, ovvero superiori a 0,1g, per cui il caso in esame non rientra nelle circostanze di esclusione dalla verifica di cui al comma 1 del paragrafo 7.11.3.4.2 della vigente normativa.

Secondo quanto riportato al paragrafo 6, tuttavia, la falda si trova, in corrispondenza del sito in esame, sempre oltre i 15 m di profondità dal p.c., come descritto al comma 2 del paragrafo 7.11.3.4.2 delle NTC.

Il verificarsi della circostanza di cui al comma 2 ha quindi comportato **l'esclusione della verifica alla liquefazione** per i terreni interessati dalle opere in progetto.

## 8. Valutazioni sul progetto e considerazioni conclusive

In relazione al progetto che prevede la realizzazione di un impianto fotovoltaico nel Comune di Trivignano Udinese (UD), in un settore pressoché pianeggiante attualmente destinato all'uso agricolo, è stata effettuata un'indagine per caratterizzare l'area d'intervento dal punto di vista geologico, morfologico e idrogeologico.

L'indagine ha evidenziato i seguenti aspetti:

- Il sito è caratterizzato dalla presenza di depositi alluvionali e fluvio-glaciali la cui origine è essenzialmente dovuta all'attività del Fiume Torre.
- Gli studi eseguiti non hanno evidenziato la presenza, data la disposizione subpianeggiante o a moderata acclività, di processi di instabilità in atto o potenziali.
- L'osservazione della stratigrafia di alcune prove penetrometriche, effettuate a circa 500 m di distanza dal sito in esame su terreni analoghi e litologicamente assimilabili, ha messo in evidenza una stratigrafia piuttosto monotona, con prevalenti limi sabbiosi fino a circa 3 m di profondità cui seguono depositi prevalentemente ghiaiosi, con sabbie e ciottoli.
- In profondità potrebbero trovarsi orizzonti conglomeratici.
- Le opere in progetto ricadono in zone a pericolosità idraulica moderata P1 per cui non si prevedono scenari di rischio di carattere idraulico con acque a bassa od alta energia.
- In base alla suddivisione sismica del territorio nazionale proposta dall'O.P.C.M. 3274/2003 e s.m.i., il Comune di Trivignano Udinese è classificato in Zona 3.
- Le due differenti carte delle isofreatiche riportate al § 6 concordano nell'indicare, al di sotto dell'area in esame, la presenza della falda superficiale a profondità comprese tra 12 e 20 m dal locale p.c., consentendo quindi di escludere problemi di carattere idrogeologico connessi ad un'eventuale interazione dell'intervento progettuale con la falda sotterranea.
- La permeabilità dei depositi, sebbene non determinata mediante prove dirette in situ, deve essere considerata medio bassa per i terreni più superficiali (fino a circa 3 m di profondità), più elevata per i depositi ghiaiosi sottostanti.

Per avere un quadro sulle intenzioni progettuali sono state consultate planimetrie e sezioni di progetto e per fornire un quadro sotto i vari aspetti geologici s.l. sono stati esaminati dati derivanti dalla bibliografia tecnica ed i risultati di indagini svolte in terreni prossimi e litologicamente assimilabili a quelli in esame.

Sebbene, come osservabile dalle carte geologiche riportate, l'area in esame ricada in un contesto decisamente omogeneo sotto il profilo della tipologia e della distribuzione dei sedimenti, si suggerisce, tuttavia, a supporto della progettazione esecutiva delle strutture di fondazione, la realizzazione di una nuova campagna di indagini sito specifiche, volta a confermare o a raffinare i dati forniti in questa sede in merito all'assetto litostratigrafico ed ai modelli geologico e geotecnico qui definiti.

Tale campagna potrà prevedere, a titolo indicativo e non esaustivo, la realizzazione di sondaggi geognostici a carotaggio continuo, prove SPT in foro, prove penetrometriche dinamiche pesanti, analisi di laboratorio, indagini geofisiche di tipo elettrico (tomografia elettrica di resistività) e sismico.

Per quanto riguarda gli aspetti legati alle fondazioni, considerando le caratteristiche geomeccaniche dei terreni piuttosto scadenti, almeno nei primi metri di profondità, si consiglia di valutare l'eventualità

di utilizzare pali di ancoraggio o di fondazione che verrebbero quindi a sfruttare il maggior addensamento dei depositi con la profondità e le migliori caratteristiche dei depositi ghiaiosi.

Si raccomanda, inoltre, di effettuare una regimazione delle acque superficiali a monte o intorno al settore di interesse con canalette di raccolta, accanto alle fondazioni, al fine di convogliare le acque ruscellanti o comunque di origine meteorica in un idoneo ricettore; tale sistema consentirà di evitare il ristagno di acqua in superficie ed a vari livelli di profondità che potrebbero influire negativamente sulla stabilità delle opere in progetto.

Le opere in progetto fin qui descritte risultano, quindi, idonee, in quanto compatibili con l'equilibrio idrogeologico del territorio e con le caratteristiche geologiche e geomorfologiche del sito, nonché con quelle geotecniche dei terreni.

Si raccomanda tuttavia l'osservanza di alcune misure tecnico-esecutive volte soprattutto a tutelare le condizioni di stabilità locale sia in fase esecutiva che dopo la realizzazione degli interventi:

- gli scavi andranno eseguiti in totale sicurezza, provvedendo alla realizzazione di sostegni provvisori / definitivi per le scarpate di nuova formazione, adeguatamente dimensionati in funzione dei parametri geotecnici qui proposti. Tali sostegni provvisori dovranno essere in grado di contenere la frazione fine presente, nel caso in cui piogge intense ne diminuiscano la coesione.
- nel caso di periodi di pioggia, durante l'esecuzione degli scavi, si dovrà provvedere alla copertura degli scavi a pareti verticali con teli impermeabili;
- gli scavi temporanei risultano stabili per pendenze di 30° o per scavi verticali fino a 80 cm, oltre i quali sarà necessario ricorrere ad opere provvisoriale;
- le esigenze costruttive delle opere in progetto dovranno essere compatibili con i parametri geotecnici descritti nella presente o nella relazione esecutiva.

Il materiale di risulta degli scavi potrà essere riutilizzato per eseguire i riempimenti necessari, previa selezione e compattazione al fine di conseguire caratteristiche geotecniche adeguate, nonché per gli interventi di risagomatura e rimodellamento dell'area modificata, nel rispetto del D.lgs 152/06 e s.m.i. e D.M. 120 del 13/06/2017, così come lo smaltimento delle eventuali eccedenze.

Non essendo state ancora definite con precisione tipologia e dimensioni dell'apparato fondazionale e i carichi di progetto non sono stati eseguiti dettagliati calcoli delle resistenze del terreno e quindi non si è ancora giunti alla determinazione delle verifiche imposte dalla vigente normativa (N.T.C. 2018 § 6.2.3), che saranno effettuate da tecnico specializzato prima della fase esecutiva.

Durante gli scavi ed in fase esecutiva dovranno essere verificate le caratteristiche puntuali dei depositi, provvedendo ad adeguare, se del caso, le opere alle situazioni riscontrate, ai sensi del D.M. 17/01/2018.

Alla luce di quanto emerso dalle indagini svolte, si redige pertanto un parere favorevole per la fattibilità del progetto che prevede la realizzazione di un nuovo impianto fotovoltaico installato a terra in Comune di Trivignano Udinese (UD) per quanto attinente alle condizioni geologiche s.l. locali, ferma restando l'esigenza d'osservanza dei contenuti della presente.

Dott. Geol. Alessandro BIGLIA  
(n. 522 Ordine Regionale Geologi del Piemonte)

