

litologiche e di permeabilità dando origine ad una circolazione idrica a carattere locale con accumuli idrici modesti. Inoltre la frammentarietà tettonica delle serie litostratigrafiche rende i rapporti tra gli orizzonti permeabili ed impermeabili discontinui con conseguente dispersione in profondità delle acque. La presenza di livelli impermeabili alla base di livelli permeabili potrebbe dare origine a falde sospese legate alle precipitazioni meteoriche.

L'area oggetto di intervento, infine, rientra nelle competenze dell'**Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Centrale- Fiume Tevere.**

Detta area risulta **ESCLUSA** da qualsiasi perimetrazione di **PERICOLOSITA' ALLUVIONI** definita dai **Piani Stralcio di Assetto Idrogeologico dell'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Centrale- Fiume Tevere.**



4. GEOLOGIA E TETTONICA DEL TERRITORIO IN ESAME

La successione Umbro-Marchigiana presenta alla base, in un periodo che va dal Trias al Cretaceo Inferiore, una successione di dolomie e calcari variamente seliciferi.

Dalla Val di Chiara ad Orvieto, nel corso del Cretaceo medio si inizia a depositare la Scaglia Toscana sul tetto della Maiolica con lacune di estensione variabile e trasgressioni più o meno evidenti. Seguono e si intercalano livelli di calcari e brecce del Nummulitico che danno origine ai potenti accumuli di arenarie oligocenico-inframioceniche del Macigno, a cui si associano le lenti argilloso-calcaree-arenacee. Tali lenti argilloso-calcaree-arenacee si osservano anche al di sopra del Macigno e vi sono differenti ipotesi di sedimentazione in funzione della giacitura, ovvero associate ad una coltre alloctona o legate alla messa in posto di falde di ricoprimento.

Ad oriente della linea Alpe della Luna – M. Peglia al di sopra della Maiolica, in continuità sedimentaria si sono depositati gli Scisti a Fucoidi e le varie fasi della Scaglia dalla fine del Neocomiano fino all'Oligo-miocene. In successione vi sono i depositi clastici legati alla Formazione Marnoso-Arenacea.

I depositi pliocenici si osservano inizialmente con la sedimentazione di facies marine seguite da facies continentali. Le prime si osservano in corrispondenza delle Valli dei Torrenti Chiani e Paglia e la Val Tiberina. Le facies continentali lacustri e fluviali del Pliocene sup. e del Quaternario si osservano lungo la Valle del Fiume Tevere.

A SW di Orvieto vi è la presenza di lave e depositi piroclastici provenienti dai fenomeni magmatici dei Monti Vulsini nel corso del Pleistocene, dove le prime manifestazioni vulcaniche si verificarono come vulcani strato con morfologia appiattita o parzialmente distrutti dai successivi eventi vulcanico-tettonici.



LEGGENDA

- | | |
|--|--|
| <p>1) — Depositi quaternari e pliocenici continentali; sedimenti pliocenici marini;</p> <p>2) — Rocce vulcaniche (tufi, ignimbriti e lave);</p> <p>3) — « Complessi tosco-emiliani »</p> <p>4) — « flysch argilloso-calcareo-arenaceo » distinto, nel testo, con le sigle ci, ac e pv;</p> | <p>5) — Sedimenti marnoso-argilloso-arenacei (nima) con facies di transizione tra « macigno » e « formazione marnoso-arenacea »;</p> <p>6) — « Formazione marnoso-arenacea » e scisti varicolori intercalati, comprendente le unità bs, md, Sh, mar, ma_e, mag', mc, mb, av', mb', mas, aMV, mΔV;</p> <p>7) — « Macigno » e scisti varicolori intercalati, comprendenti le unità mgC, mgM, mg, mgu, nige, av', mag'', mag, nV;</p> <p>8) — Sedimenti prevalentemente marnosi (mam), laterali e/o di base al « macigno » o alla « formazione marnoso-arenacea »;</p> <p>9) — Gruppo delle formazioni in serie continua dal Trias superiore (« calcare cavernoso ») all'Oligocene-Miocene inferiore (« scaglia cinerea »).</p> |
|--|--|

Figura 12 – Carta Geologica schematica (Fonte: Foglio F.° 130 “ORVIETO”).



Dal punto di vista litologico, l'area in esame ricade su depositi plio-pleistocenici continentali ascrivibili sabbie rossastre e verdastre, argille sabbiose, depositi di selce e conglomerati costituiti da elementi poligenici dei terreni di base più antichi (v¹).

no stralcio della Carta Geologica in scala 1:100.000-Foglio 130 "Orvieto" è riportato di seguito di seguito in Figura 13.

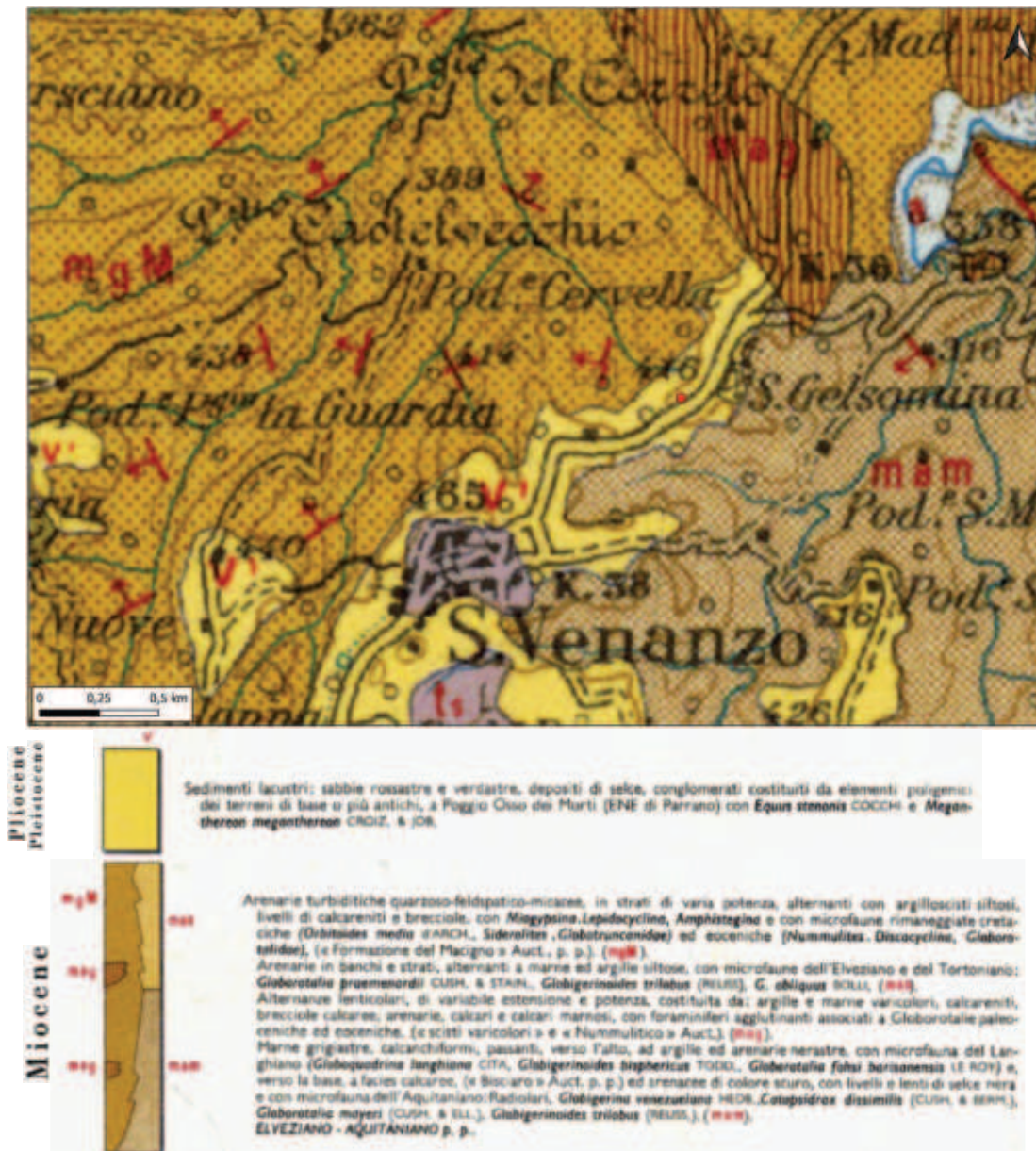


Fig. 13 - Stralcio della Geologica d'Italia – Foglio F.° 130 "ORVIETO".



5. CARATTERIZZAZIONE GEOLOGICA DI DETTAGLIO DELL'AREA

Per la ricostruzione delle caratteristiche **geologiche, geotecniche e geofisiche** di dettaglio del lotto interessato dal Progetto di cui in oggetto è stato eseguito un rilevamento geologico esteso anche ad aree limitrofe a quella d'interesse ed una campagna di indagini geotecniche in sito e geofisiche.

Le indagini geotecniche in sito sono consistite in:

- n° 01 prospezione penetrometrica dinamica super-pesante (DPSH),

Le indagini geofisiche in sito sono infine consistite in:

- n° 01 prospezione geofisica superficiale con metodologie di indagine denominata “sismica a rifrazione” e “tomografia sismica” eseguite mediante installazione di n° 01 stendimento sismico;
- n° 01 prospezione geofisica superficiale con metodologia di indagine “MASW”.



5.1 CARTA DELLE INDAGINI

Una corretta ubicazione delle indagini eseguite è riportata, di seguito, in *Figura 14*.



Fig. 14 - Ubicazione delle indagini geotecniche e geofisiche eseguite.



5.2 INDAGINI GEOTECNICHE IN SITO ESEGUITE

Prova Penetrometrica Dinamica DPSH

In questo paragrafo sono descritte le **indagini geotecniche in sito** effettuate nell'area di studio, consistite precisamente in:

- **n° 01** **prospezione penetrometrica dinamica super-pesante (DPSH)**, *denominata DPSH1, spinta fino ad una profondità pari a 8.40 m dal p.c., fino a raggiungere il rifiuto.*

Le **indagini geotecniche in sito** sono state eseguite, nel mese di LUGLIO 2024, dalla **Impresa GEOSECURE SRL**.

La **prova penetrometrica dinamica DPSH** (Dynamic Probing Super Heavy) consiste nella misura della resistenza alla penetrazione di una punta conica di dimensioni standard, infissa per battitura nel terreno, per mezzo di un idoneo dispositivo di percussione.

Viene registrato il numero di colpi necessari per l'infissione ogni 20 cm di affondamento.

L'attrezzatura è composta da una batteria di aste lunghe 1 metro con diametro di 32 mm, alla cui estremità inferiore è collegata una punta conica avente angolo di apertura di 60°, e da un maglio battente di 63.5 kg che viene fatto cadere da un'altezza di 75 cm.

La prova viene generalmente eseguita a partire dal piano campagna, ma in alcuni casi può essere anche condotta come proseguimento di una prova statica interrotta a causa di un livello ad elevata resistenza.



Le informazioni fornite dalle prove penetrometriche dinamiche sono di tipo continuo, poiché le misure di resistenza alla penetrazione vengono eseguite durante tutta l'infissione.

METODOLOGIA

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

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

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

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

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

Elementi caratteristici del penetrometro dinamico sono i seguenti:

- *peso massa battente M*
- *altezza libera caduta H*
- *punta conica: diametro base cono D , area base A (angolo di apertura α)*
- *avanzamento (penetrazione) d*
- *presenza o meno del rivestimento esterno (fanghi bentonitici).*

PAGINA 23 di 51

STUDIO TECNICO DI GEOLOGIA

GEOLOGO VINCENZO CORTESE

INDIRIZZO: VIA BARCELLONA N° 20 - 86021 BOJANO (CB)

TELEFONO: 0874/783120 FAX: 0874/773186 MOBILE: 328.6429991

E-MAIL: vincenzocortese@live.it



Con riferimento alla classificazione ISSMFE (1988) dei diversi tipi di **penetrometri dinamici** (vedi tabella più sotto riportata) si rileva una prima suddivisione in quattro classi (in base al peso M della massa battente):

- tipo **LEGGERO (DPL)**

- tipo **MEDIO (DPM)**

- tipo **PESANTE (DPH)**

- tipo **SUPERPESANTE (DPSH)**

Classificazione ISSMFE dei penetrometri dinamici:

Tipo	Sigla di riferimento	peso della massa M (kg)	prof.max indagine battente
Leggero	DPL (Light)	$M \leq 10$	8m
Medio	DPM (Medium)	$10 < M < 40$	20-25 m
Pesante	DPH (Heavy)	$40 \leq M < 60$	25 m
Super pesante (Super Heavy)	DPSH	$M \geq 60$	25 m

In Italia risultano attualmente in uso i seguenti tipi di penetrometri dinamici (non rientranti però nello Standard ISSMFE):

- **DINAMICO LEGGERO ITALIANO (DL-30)** (MEDIO secondo la classifica ISSMFE) massa battente $M = 30$ kg, altezza di caduta $H = 0.20$ m, avanzamento $d = 10$ cm, punta conica ($\alpha = 60-90^\circ$), diametro $D = 35.7$ mm, area base cono $A = 10$ cm² rivestimento / fango bentonitico: talora previsto.
- **DINAMICO LEGGERO ITALIANO (DL-20)** (MEDIO secondo la classifica ISSMFE) massa battente $M = 20$ kg, altezza di caduta $H = 0.20$ m, avanzamento $d = 10$ cm, punta conica ($\alpha = 60-90^\circ$), diametro $D = 35.7$ mm, area base cono $A = 10$ cm² rivestimento / fango bentonitico: talora previsto.



- **DINAMICO PESANTE ITALIANO (SUPERPESANTE secondo la classifica ISSMFE)**
massa battente $M = 73 \text{ kg}$, altezza di caduta $H = 0.75 \text{ m}$, avanzamento $d = 30 \text{ cm}$, punta conica ($\alpha = 60^\circ$), diametro $D = 50.8 \text{ mm}$, area base cono $A = 20.27 \text{ cm}^2$ rivestimento: previsto secondo precise indicazioni.
- **DINAMICO SUPERPESANTE DPSH (Tipo EMILIA)**
massa battente $M = 63.5 \text{ kg}$, altezza caduta $H = 0.75 \text{ m}$, avanzamento $d = 20\text{-}30 \text{ cm}$, punta conica ($\alpha = 90^\circ$) diametro $D = 50.5 - 51,0 \text{ mm}$, area base cono $A = 20,0 - 20,43 \text{ cm}^2$, rivestimento/fango bentonitico: talora previsto.

PENETROMETRO DINAMICO IN USO PER LA SEGUENTE INDAGINE

TG 63-200 EML .C Pagani

CARATTERISTICHE TECNICHE

Rif. Norme	DIN 4094
PESO MASSA BATTENTE : M	63,50 kg
ALTEZZA CADUTA LIBERA : H	0,75m
PESO SISTEMA BATTUTA : Ms	0,63 kg
DIAMETRO PUNTA CONICA: D	51,00 mm
AREA BASE PUNTA CONICA : A	20,43 cm ²
ANGOLO APERTURA PUNTA: α	90°
LUNGHEZZA DELLE ASTE: La	1,00m
PESO ASTE PER METRO: Ma	6,31 kg
PROF. GIUNZIONE 1°ASTA: Pl	0,40 m
AVANZAMENTO PUNTA : δ	0,20 m
NUMERO DI COLPI PUNTA: N= N(20)	Relativo ad un avanzamento di 20 cm
RIVESTIMENTO / FANGHI	NO
ENERGIA SPECIFICA x COLPO $Q = (MH) / (A \delta) = 11,65565 \text{ kg/cm}^2$ (prova SPT: $Q_{spt} = 7.83 \text{ kg/cm}^2$)	
COEFF. TEORICO DI ENERGIA $\beta = Q/Q_{spt} = 1,489$ (teoricamente: $N_{spt} = \beta \cdot N$)	

Specifiche tecniche del Penetrometro utilizzato in situ.

In ALLEGATO N. 1 sono riportati i certificati relativi alla prova eseguita.



5.3 INDAGINI GEOFISICHE ESEGUITE NELL'AREA DI STUDIO

Nell'area di studio è stata eseguita, una **campagna di indagini geofisiche in situ** risultata costituita, nello specifico, da:

- n° 01 prospezione geofisica superficiale con metodologie di indagine denominata “sismica a rifrazione” e “tomografia sismica” eseguite mediante installazione di n° 01 stendimento sismico;
- n° 01 prospezione geofisica superficiale con metodologia di indagine “MASW”.

Le **indagini geofisiche** sono state eseguite dalla **Ditta GEOSECURE SRL**, con sede in ROMA (RM) alla Via degli Scipioni, n° 268a, nel mese di LUGLIO 2024: nell'**ALLEGATO SISMICO (Allegato N. 2)** sono riportati gli elaborati relativi alle indagini geofisiche eseguite e la corretta ubicazione delle indagini stesse.

I risultati delle indagini geofisiche eseguite nell'area ed in particolar modo quelli provenienti dall'esecuzione delle prospezioni con metodologia di indagine “MASW” hanno permesso di classificare il suolo di fondazione del sito in esame: nel caso specifico si è ottenuto tale risultato:

- Vs Equivalente *M1* pari a **413 m/s per l'intervallo di sottosuolo calcolato dal p.c. a -32,00 mt = suolo categoria B.**

Calcolato, quindi, con la prospezione geofisica MASW il valore di V_{seq} valido è stato possibile classificare il terreno del sito di indagine, che rientra nella **categoria di tipo B**: tale sottosuolo è definito come “*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 fra 360 m/s e 800 m/s*”.



6. MODELLO GEOLOGICO VALIDO PER L'AREA DI STUDIO

La consultazione dei **dati di Letteratura** disponibili per l'area di studio, la **diretta osservazione di campo** ottenuta durante il **rilevamento geologico di dettaglio** effettuato sia direttamente nell'area di intervento che nelle zone adiacenti (al fine di ampliare la visione dei terreni affioranti e delle strutture geologiche presenti) e le **ricostruzioni lito-stratigrafiche** derivanti dalla lettura dei risultati provenienti dall'esecuzione della **campagna di indagini geofisiche in sito**, hanno consentito il raggiungimento di una sufficiente definizione del quadro litologico e stratigrafico del sottosuolo in esame.

Per il sito di specifico interesse è pertanto possibile definire il seguente **modello geologico di riferimento**:

PROFONDITA'	STRATIGRAFIA
DA 0,00 A 0,40 MT	TERRENO VEGETALE
DA 0,40 A 5,40 MT	SABBIE CON POSSIBILE COMPONENTE LIMOSA E PRESENZA DI SPORADICI INCLUSI CIOTTOLOSI, MODERATAMENTE ADDENSATO
DA 5,40 A 30,00 MT	SABBIA E GHIAIA IN MATRICE SABBIOSA, ADDENSATO. A MAGGIORI PROFONDITA' POSSIBILE PRESENZA DI ALTERNANZE DI ARENARIE, ARGILLOSCISTI, MARNE CALCAREE.



CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEL TERRENO DI FONDAZIONE

Dall'esecuzione della prospezione geotecnica in sito di tipo **DPSH** eseguita nell'area è stato possibile produrre la seguente tabella mostrante i parametri geotecnici fondamentali del terreno di fondazione e i parametri sismici ed elastici ricavati dall'esecuzione delle prospezioni geofisiche:

PROVA N.1

STRATOS STRATO	Spessore dello strato (m)	Nspt	Tipo	Dr %	Peso unità di volume (t/m ³)	Peso unità di volume saturo (t/m ³)	Angolo ϕ	Modulo di Poisson	Deformazione a taglio dinamico (Kg/cm ²)	Coefficiente spinta a Riposo KD	Mod. Edometrico E _{ed} (kg/cm ²)	Mod. Elastico di Young E _{el} (kg/cm ²)	Qc Resistenza alla punta (kg/cm ²)
1	DA METRI 0.00 A METRI 0.40	7	Incoerente	63.65	1.44	1.89	21.93	0.34	402.16	0.63	41.37	55.04	13.54
2	DA METRI 0.40 A METRI 5.40	13	Incoerente	67.59	1.52	1.95	23.8	0.33	607.55	0.60	54.78	76.59	26.60
3	DA METRI 5.40 A METRI 8.40	38	Incoerente	87.87	1.77	2.10	30.77	0.28	1148.48	0.49	104.92	157.14	75.42

Nella campagna di indagini eseguita non è stato previsto il prelievo di campioni.



7. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

La consultazione dei **dati diretti** acquisiti attraverso le indagini con le relative indagini di laboratorio e dai **dati di Letteratura** disponibili per l'area di studio, derivanti dalla consultazione dell'Archivio Nazionale delle indagini nel sottosuolo (Legge 464/1984), catalogate dal Dipartimento per il servizio geologico d'Italia ISPRA, si è potuto effettuare una **ricostruzione lito-stratigrafica** che hanno consentito di definire un quadro generico litologico e stratigrafico del sottosuolo in esame.

Per il sito d'interesse il **modello geologico di riferimento** può essere così definito:

- primo strato costituito da terreno vegetale;
- secondo strato costituito da sabbie con possibile componente limosa e presenza di sporadici inclusi ciottolosi, moderatamente addensato;
- terzo strato costituito da sabbia e ghiaia in matrice sabbiosa, addensato. A maggiori profondità possibile presenza di alternanze di arenarie, argilloscisti, marne calcaree.

Attraverso la consultazione dei **dati diretti** e dei **dati di letteratura** è stato possibile riportare gli intervalli entro cui sono compresi i parametri geotecnici fondamentali del terreno di fondazione suddivisi per strato, ottenuti dalla media dei dati ricavati dalle indagini eseguite (DPSH). I dati dello Strato 3 sono stati ricavati dai soli dati diretti ottenuti in campo.



<u>Strato 1</u> <i>Terreno vegetale</i>	<u>Strato 2</u> <i>sabbie con possibile componente limosa e presenza di sporadici inclusi ciottolosi, moderatamente addensato</i>	<u>Strato 3</u> <i>sabbia e ghiaia in matrice sabbiosa, addensato. A maggiori profondità possibile presenza di alternanze di arenarie, argilloscisti, marne calcaree</i>
Peso di Volume (γ) = 14.1 KN/m ³	Peso di volume (γ) = 14.9 KN/m ³	Peso di volume (γ) = 17.3 KN/m ³
Angolo di resistenza al taglio (ϕ) = 21°	Angolo di resistenza al taglio (ϕ) = 23°	Angolo di resistenza al taglio (ϕ) = 30°
Mod. Elastico di Young (E_{el}) = 55 Kg/cm ²	Mod. Elastico di Young (E_{el}) = 76.6 Kg/cm ²	Mod. Elastico di Young (E_{el}) = 157.1 Kg/cm ²
Mod. Edometrico (E_{ed}) = 41.3 kg/cm ²	Mod. Edometrico (E_{ed}) = 54.7 kg/cm ²	Mod. Edometrico (E_{ed}) = 104.9 kg/cm ²



8. MODELLAZIONE SISMICA DEL LOTTO INVESTIGATO

Definire i modelli di comportamento dei materiali superficiali (che possono costituire possibili piani di posa di sistemi fondali), in chiave sismica, significa trattare di una problematica di notevole interesse nell'ambito di ricerche di carattere geologico-tecnico e geofisico applicate all'Ingegneria.

Determinare il comportamento di un litotipo, vale a dire la risposta a sollecitazioni costanti o variabili nel tempo, significa definire la o le relazioni sforzo-deformazioni sue caratteristiche, tramite i Moduli Elastici.

L'assetto litostratigrafico locale del sito investigato, rappresenta, da questo punto di vista, una zona sismica di tipo 2, ovvero *“Zona con pericolosità sismica media dove possono verificarsi forti terremoti”*, secondo i criteri della mappa di **pericolosità sismica** definiti nell'Ordinanza del PCM n. 3519/2006, che ha suddiviso l'intero territorio nazionale in quattro zone sismiche sulla base del valore dell'**accelerazione orizzontale massima** (a_g) su suolo rigido o pianeggiante, che ha una probabilità del 10% di essere superata in 75 anni (a_g rappresenta l'indice di accelerazione con probabilità di superamento pari al 10% in 75 anni).

RIFERIMENTI VALIDI PER L'AREA ALLO STUDIO

Il sito in esame, sulla base della **Riclassificazione Sismica del Territorio Italiano** secondo l'**Ordinanza n° 3274** del 20 Marzo 2003 emanata dal **Presidente del Consiglio dei Ministri**, successivamente ripresa dal **D.M. 2018 “Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni”**, è compreso in **ZONA SISMICA 2**.

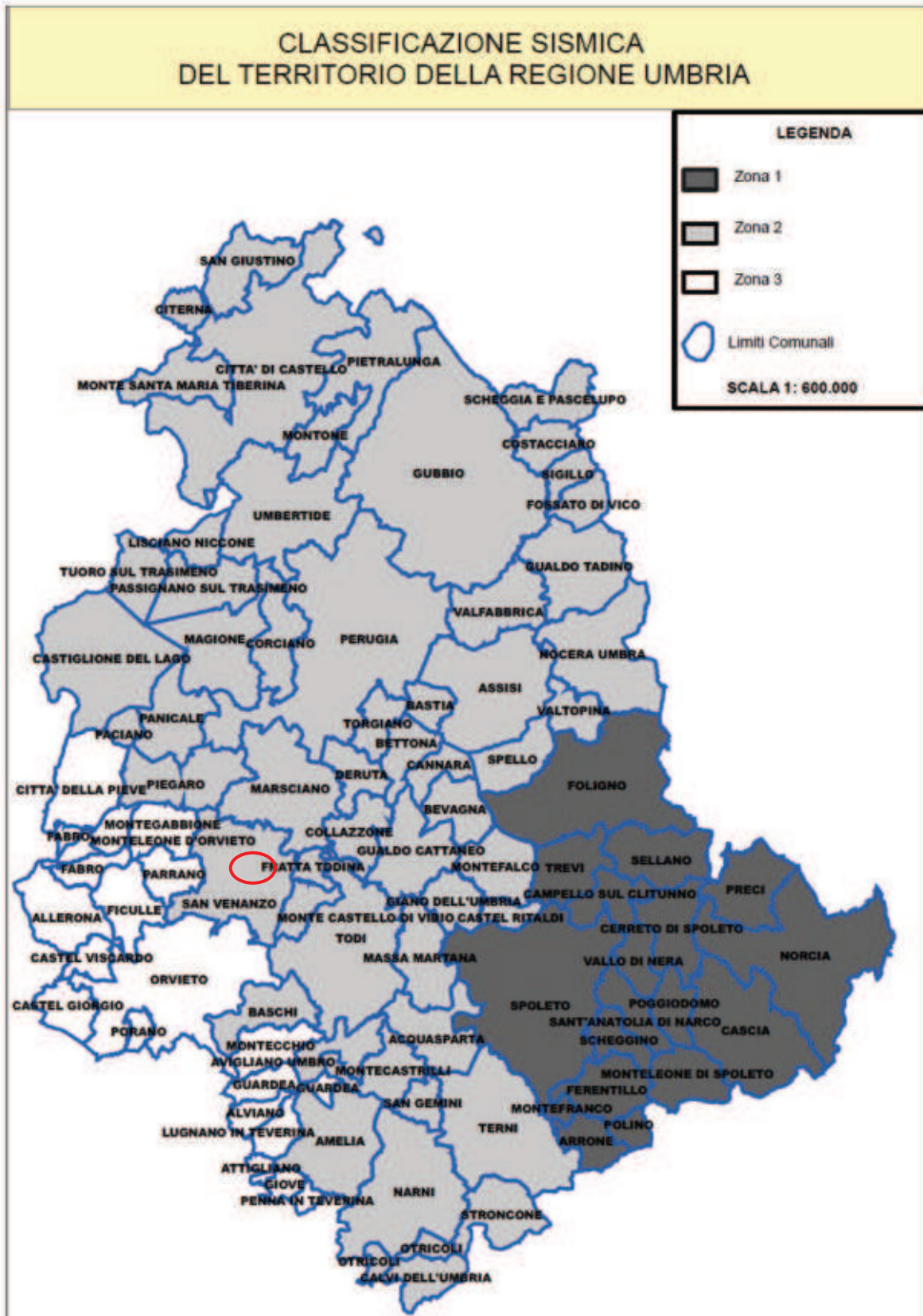


Fig. 15 - Classificazione sismica del territorio della Regione Umbria approvata con D.G.R. n. 1111 del 18-11-2012 (Fonte: <https://www.regione.umbria.it/>).



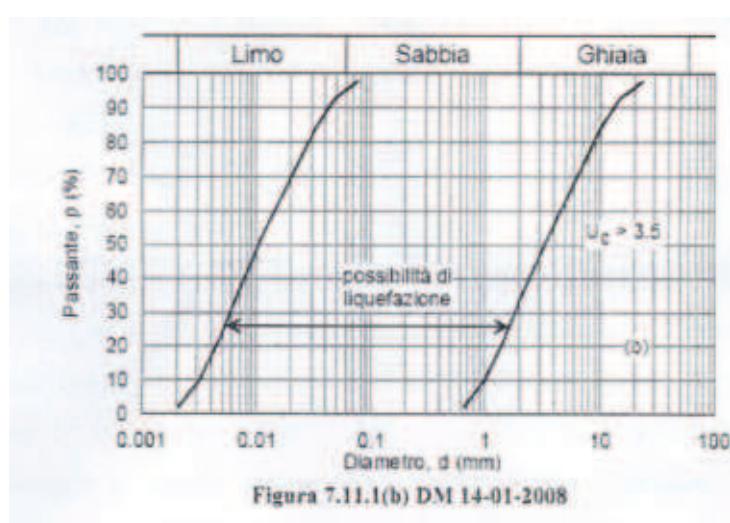
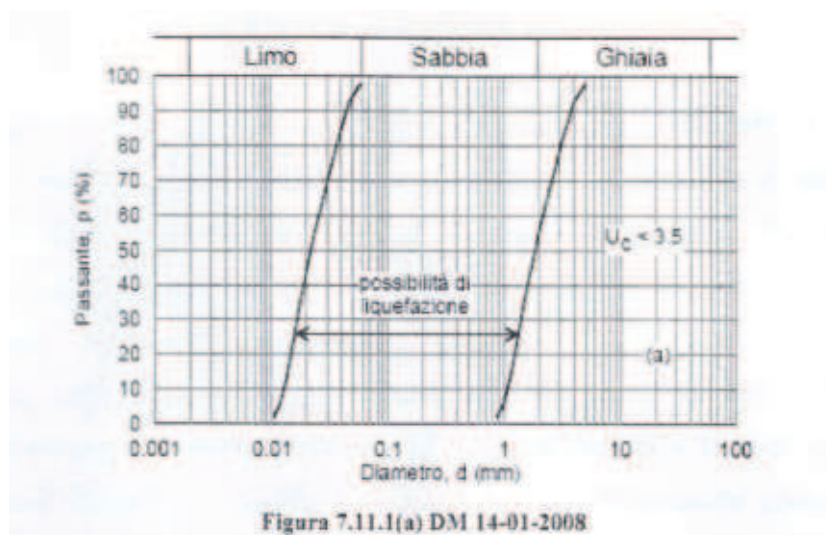
VALUTAZIONE DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE

Il fenomeno della liquefazione dinamica assume una particolare pericolosità in presenza di materiali granulari poco addensati saturi; il meccanismo di tale fenomeno dipende sia dalle caratteristiche relative al sisma (magnitudo, durata, distanza dall'epicentro, accelerazione massima al sito) che da quelle del terreno (distribuzione granulometrica, uniformità, saturazione, densità relativa, pressioni efficaci di confinamento, stato tensionale in situ iniziale, etc.). La previsione della pericolosità di liquefazione si basa, oltre che sui parametri del sisma atteso, sulla stima di un "potenziale di liquefazione" del terreno, il quale dipende da una serie di parametri geotecnici. Come riportato nel par.7.11.3.4.2 del DM 14-01-2008 e modificata nelle N.T.C. 2018 la verifica alla 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 $(Nl)_{60} > 30$ oppure $q_{clN} > 180$ dove $(Nl)_{60}$ è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (Standard Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100kPa e q_{clN} 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 nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c < 3,5$ ed in Figura nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c > 3,5$.



Nel caso specifico, è possibile affermare che non essendo stata individuata la presenza di una falda nel corso delle indagini eseguite, la verifica a liquefazione può essere omessa.



CLASSIFICAZIONE SISMICA DEL SUOLO DI FONDAZIONE

Riguardo alla classificazione sismica dei suoli di fondazione *in situ* prevista dalla Normativa in vigore (D.M. 17 Gennaio 2018, Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni), vengono identificate n° 5 classi (denominate rispettivamente A, B, C, D e E) ad ognuna delle quali è associato uno spettro di risposta elastico.

Lo schema indicativo di riferimento per la determinazione della classe del sito è il seguente:

CAT.	CARATTERISTICHE DELLA SUPERFICIE TOPOGRAFICA
A	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valore 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
B	<u>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</u>
C	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s
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 100m/s e 180 m/s
E	Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m



Per V_{seq} s'intende la media pesata delle velocità delle onde S negli strati fino a 30 metri di profondità dal piano di posa della fondazione.

Per il suolo di fondazione della zona di studio la V_{seq} mostra il seguente valore:

- V_s Equivalente $M1$ pari a **413 m/s per l'intervallo di sottosuolo calcolato dal p.c. a -32,00 mt = suolo categoria B.**

Calcolato, quindi, con la prospezione geofisica MASW il valore di V_{seq} valido è stato possibile classificare il terreno del sito di indagine, che rientra nella **categoria di tipo B**: tale sottosuolo è definito come *“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 fra 360 m/s e 800 m/s.”*.

STIMA DELLA PERICOLOSITA' SISMICA

Il **D.M. 17 gennaio 2018** (*Norme Tecniche per le Costruzioni in Zone Sismiche*) decreta che le azioni sismiche di progetto, in base alle quali valutare il rispetto dei diversi stati limite considerati, si definiscono a partire dalla **"pericolosità sismica di base"** del sito di costruzione.

Essa costituisce l'elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche.

La **pericolosità sismica** è definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa **ag** in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica



orizzontale (di categoria A), nonché di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente $S_e(T)$, con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza **PVR**, nel periodo di riferimento **VR**.

In alternativa è ammesso l'uso di accelerogrammi, purché correttamente commisurati alla pericolosità sismica del sito.

Ai fini della presente normativa le forme spettrali sono definite, per ciascuna delle probabilità di superamento nel periodo di riferimento **PVR**, a partire dai valori dei seguenti parametri su sito di riferimento rigido orizzontale:

- **ag**= accelerazione orizzontale massima al sito;
- **Fo** = valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale.
- **Tc***= periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Nella presente relazione, per il sito considerato, sono forniti valori di **ag**, **Fo** e **Tc*** necessari per la determinazione delle azioni sismiche.

Il "**range**" dei valori calcolati mette in evidenza che, il sottosuolo del sito in oggetto, risulta caratterizzato da valori della V_{seq} pari a **413 m/s** riconducibile alla Categoria di Suolo di tipo B.

Come anzi detto, il livello di sismicità di una specifica area viene caratterizzato attraverso lo spettro di risposta elastico.

Una volta individuate le coordinate del sito in oggetto sono state inserite nel programma



che, riferendosi ad una griglia di parametri spettrali di riferimento che copre tutto il territorio nazionale con passo di circa 15 Km per nodo, ha ricavato i valori di A_g , F_o e T_c^* riferiti al punto indicativo del sito in oggetto, in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale (di categoria A), ossia in assenza di effetti locali.

Questi parametri degli spettri di risposta come detto in precedenza sono relativi ad un sito privo di effetti al suolo, ossia senza effetti locali stratigrafici e topografici.

Per quanto riguarda l'amplificazione stratigrafica la norma individua due fattori di incremento S_s e C_c in funzione della **categoria di sottosuolo** di fondazione calcolata nel sito di realizzazione, mentre per quanto riguarda l'amplificazione topografica la norma individua quattro classi di variabilità assegnando a ciascuna un valore del coefficiente stratigrafico T_s .

Nelle *tabelle* successive vengono riportati i **range di variabilità dei coefficienti di amplificazione**:

Categoria topografica	Ubicazione dell'opera o dell'intervento	S_t
→ T1		1,0
T2	In corrispondenza della sommità del pendio	1,2
T3	In corrispondenza della cresta del rilievo	1,2
T4	In corrispondenza della cresta del rilievo	1,4

Tabella 1: Valori del Coefficiente di Amplificazione Topografica S_T per le diverse categorie topografiche.



Categoria sottosuolo	S_s	C_c
A	1.00	1.00
→ B	$1.00 \leq 1.40 - 0.40 \cdot F_s - \frac{a_g}{g} \leq 1.20$	$1.10 \cdot (T_c^*)^{-0.20}$
C	$1.00 \leq 1.70 - 0.60 \cdot F_s - \frac{a_g}{g} \leq 1.50$	$1.05 \cdot (T_c^*)^{-0.21}$
D	$0.90 \leq 2.40 - 1.50 \cdot F_s - \frac{a_g}{g} \leq 1.80$	$1.25 \cdot (T_c^*)^{-0.20}$
E	$1.00 \leq 2.00 - 1.10 \cdot F_s - \frac{a_g}{g} \leq 1.60$	$1.15 \cdot (T_c^*)^{-0.40}$

Tabella 2: Espressioni di calcolo dei coefficienti di Amplificazione Stratigrafica S_s e C_c per le diverse categorie di suolo.

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

Tabella 3: Categorie di amplificazione topografica.

Dalle analisi geologiche, geomorfologiche, geognostiche e geotecniche effettuate, si evince che, per il sito in oggetto, può essere ragionevolmente assegnata una categoria di amplificazione topografica di **tipo T1** ossia assimilabile a **Superficie pianeggiante, pendii e rilievi con inclinazione media $i < 15^\circ$** .

Il passo successivo consiste nella valutazione dell'**accelerazione massima attesa al sito (a_{max})**, che viene riportata di seguito nella seguente espressione:

$$a_{max} = a_g * S_s * S_t$$

L'accelerazione massima attesa **a_{max}** è fornita in m/s^2 (dal valore nominale di **$a_g(g)$**), accelerazione massima attesa al sito, si passa ad **$ag(m/s^2)$** moltiplicando per 9.81.



Infine, si passa alla determinazione del **Coefficiente Sismico orizzontale (Kh)** e **Coefficiente Sismico verticale (Kv)**, seguendo le seguenti relazioni:

- **Coefficiente sismico orizzontale $K_h = \beta S \cdot a_{max} / g$** (per fondazioni)
- **Coefficiente sismico verticale $K_v = 0.5 K_h$** (per fondazioni)

In definitiva l'analisi degli spettri di risposta è completata in funzione dell'incremento relativo alla **Classe d'uso della struttura in oggetto** e alla **Vita Nominale dell'opera**, ulteriormente incrementata con i **Coefficienti Stratigrafici e Topografici** di cui sopra e verificata agli **Stati Limiti** così come previsto da norma.

Nella **tabella** seguente sono riportati i valori dell'accelerazione del suolo orizzontale di picco a_g espressi in percentuale di g , riferiti ad ogni zona omogenea di riferimento, tali valori sono riferiti alle accelerazioni attese in seguito ad un evento sismico in siti su roccia o suolo molto rigido (*bedrock*) con $V_s > 800$ m/s.

Zona sismica (livello di pericolosità)	Accelerazione orizzontale massima con prob. di superamento pari al 10% in 50 anni (a_g/g)
<u>1 (alto)</u>	<u>$\geq 0,25$</u>
2 (medio)	$0,15 - 0,25$
3 (basso)	$0,05 - 0,15$
4 (minimo)	$< 0,05$

L'area in esame ricade per intero della **Zona Sismica 2.**



Si riportano di seguito, infine, i **Parametri Sismici fondamentali** validi per il sito in esame ed il **Report inerente gli spettri di risposta elastici in accelerazione** delle componenti orizzontali e verticali, calcolati con software dedicati.

Stati limite

Classe Edifica: III
 Iniziativa: pubblica e strategica importanti

Stato limite: CU = 2

Stato limite	Ti (anni)	As (g)	Fa	Ti (N)
Quantità (SLO)	48	0.076	2.543	0.277
Danno (SLO)	10	0.107	2.810	0.286
Sviluppo vita (SLO)	146	0.119	3.042	0.304
Prevalenza rischio (SLO)	1950	0.234	3.486	0.313

Probato ed approvato per l'adesso sito

Coefficienti sismici

Stato del sito: S

Car. Sismica: 5
 Car. Topografica: 11

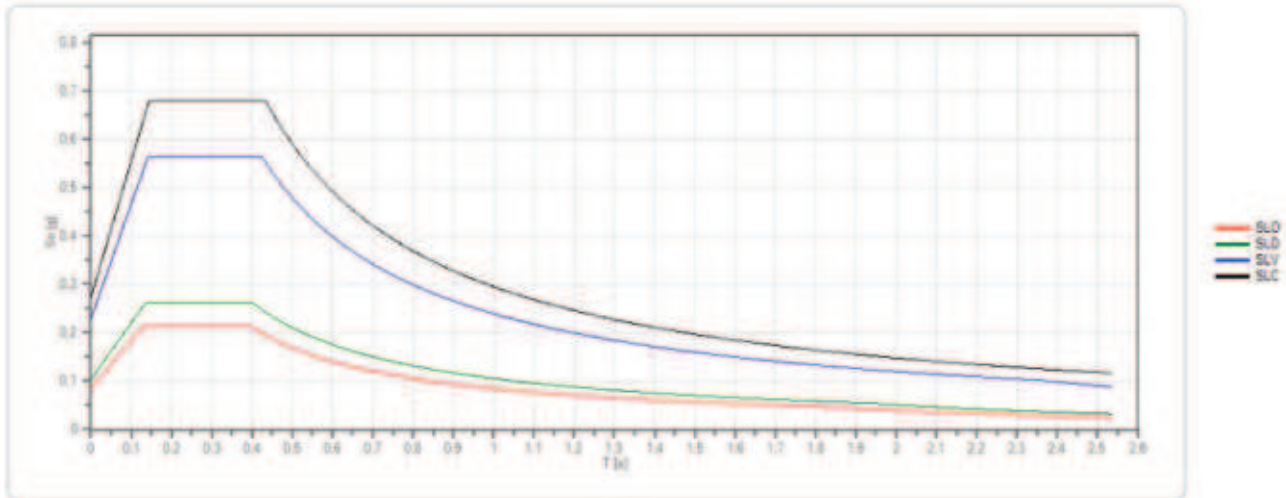
	SLO	SLO	SLO	SLO	SLO
SA Amplificazione sismologica	1.20	1.20	1.20	1.20	1.17
SC Coef. sito categoria	1.42	1.41	1.39	1.38	1.36
ST Amplificazione topografica	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

Coef. sismici: SLO, SLO, SLO, SLO, SLO

Coef. sismici	SLO	SLO	SLO	SLO	SLO
As	0.017	0.027	0.036	0.047	0.057
Fa	0.038	0.010	0.026	0.038	0.050
Ampl. (m/g)	0.026	0.019	0.026	0.035	0.045
Stato	0.200	0.200	0.240	0.280	0.280

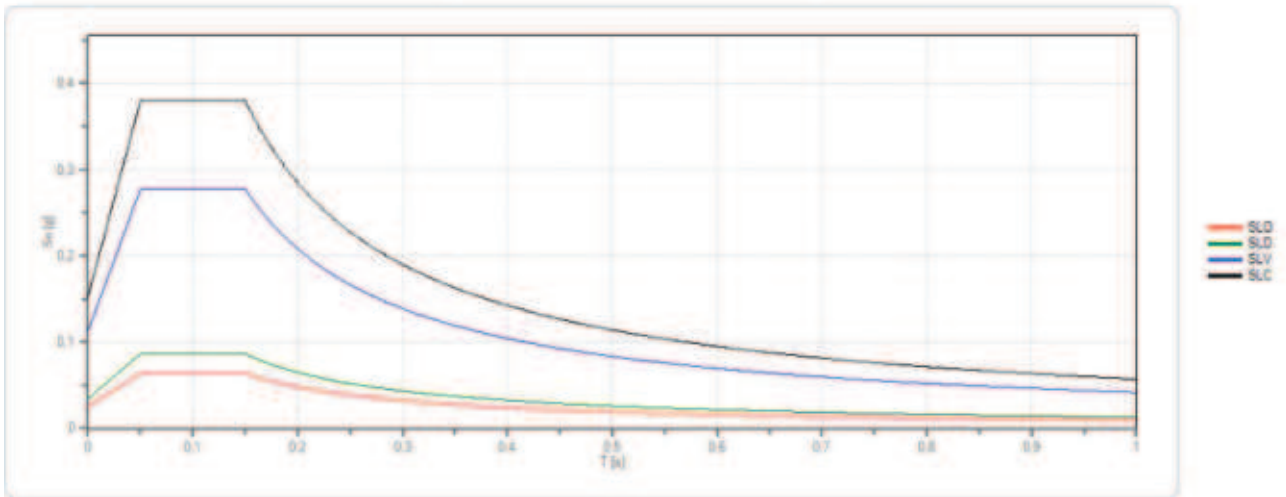


Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali



	cu	ag [g]	Fo	Tc* [s]	Ss	Cc	St	S	η	TB [s]	TC [s]	TD [s]
SLO	2	0.070	2.543	0.277	1.200	1.420	1.000	1.200	1.000	0.131	0.394	1.881
SLD	2	0.087	2.510	0.286	1.200	1.410	1.000	1.200	1.000	0.135	0.404	1.946
SLV	2	0.191	2.462	0.305	1.200	1.390	1.000	1.200	1.000	0.142	0.425	2.364
SLC	2	0.234	2.485	0.313	1.170	1.390	1.000	1.170	1.000	0.145	0.434	2.536

Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti verticali



	cu	ag [g]	Fo	Tc* [s]	Ss	Cc	St	S	η	TB [s]	TC [s]	TD [s]
SLO	2	0.070	2.543	0.277	1.000	1.420	1.000	1.000	1.000	0.050	0.150	1.000
SLD	2	0.087	2.510	0.286	1.000	1.410	1.000	1.000	1.000	0.050	0.150	1.000
SLV	2	0.191	2.462	0.305	1.000	1.390	1.000	1.000	1.000	0.050	0.150	1.000
SLC	2	0.234	2.485	0.313	1.000	1.390	1.000	1.000	1.000	0.050	0.150	1.000



Si riporta di seguito uno stralcio della Carta di Pericolosità Sismica Locale dell'area in esame.

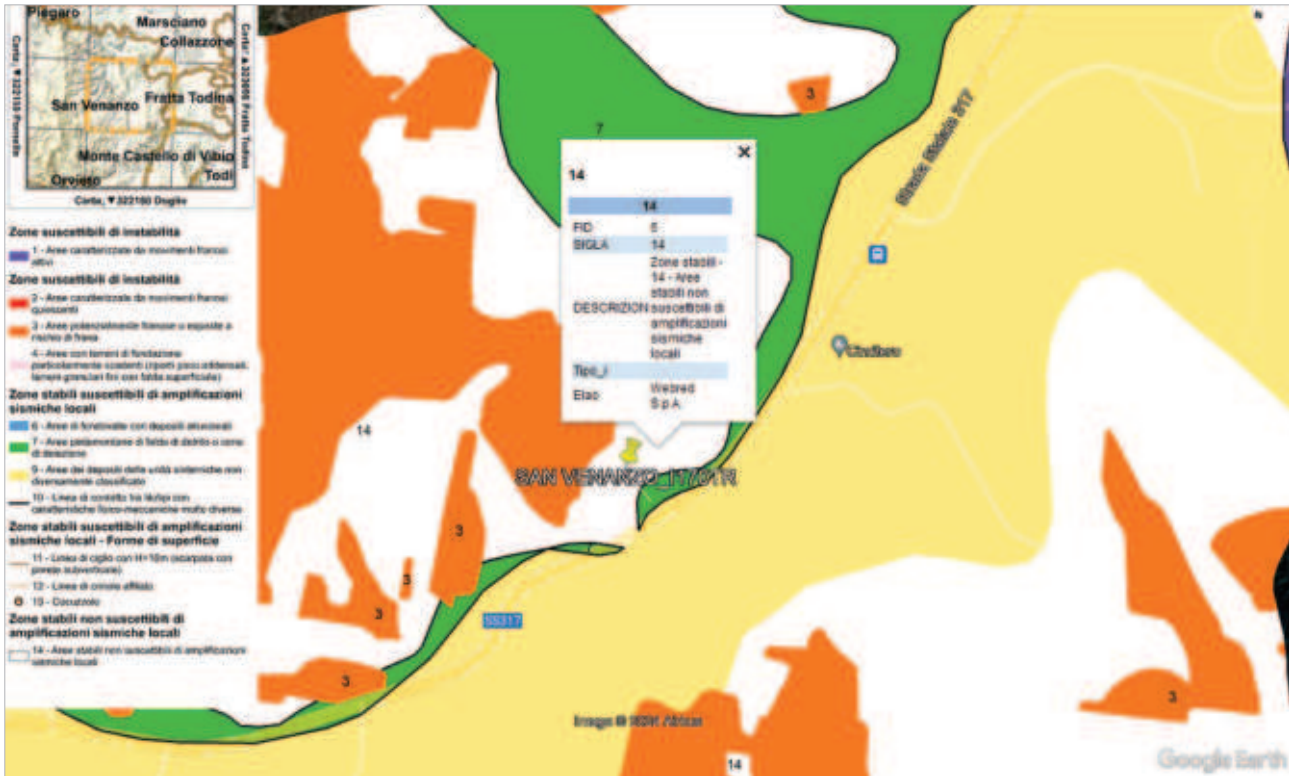


Fig. 16 - Carta di pericolosità sismica locale dell'Umbria in scala 1:10.000

(Fonte: <https://dati.regione.umbria.it/dataset/carta-di-pericolosita-sismica-locale-dell-umbria>).



9. CONCLUSIONI

Il sottoscritto:

- Geologo Vincenzo CORTESE, nato a Mugnano di Napoli (NA) il 28/12/1983 (C.F. **CRTVCN83T28F799C**) e residente in Bojano (CB) alla Via Gino di Biase n° 32, iscritto all'Albo Professionale dell'*Ordine dei Geologi della Regione Molise* al **n° 155** - sez. A "Geologi Specialisti";

con **STUDIO TECNICO DI GEOLOGIA** avente sede in BOJANO (CB) alla Via Barcellona n° 20, è stato incaricato da **TELEBIT S.P.A.** di eseguire uno studio di carattere geologico – tecnico nel tenimento di **SAN VENANZO (TR)** relativamente alla pratica denominata **“PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UNA STAZIONE RADIO BASE DENOMINATA I170TR NEL COMUNE DI SAN VENANZO (TR)”**.

E' stato effettuato un primo sopralluogo per constatare lo stato di fatto della zona di studio.

In seguito, sono stati compiuti ulteriori sopralluoghi, sia sull'area interessata dall'intervento che nelle aree adiacenti, allo scopo di ottenere una visione globale del territorio in cui si trova la zona interessata.

Il lavoro, nel rispetto delle **N.T.C. 2018**, ha avuto lo scopo di:

- *definire le condizioni morfologiche, idrogeologiche e tettoniche dell'area;*
- *valutare l'assetto litostratigrafico dell'area;*
- *definire la categoria sismica del sottosuolo secondo le Norme del D.M. 17 Gennaio 2018.*



Il lavoro stesso è altresì stato compilato in due fasi distinte e successive:

- nella prima fase è stata effettuata una analisi geomorfologica, idrogeologica, geologica e tettonica della zona in cui ricade l'area oggetto di studio;
- nella seconda fase è stato realizzato un rilevamento geologico di superficie esteso anche ad aree limitrofe a quella d'interesse ed è stata presenziata, diretta ed interpretata una campagna di indagini geotecniche e geofisiche in situ.

L'area interessata dalla presente indagine geologico-tecnica, risulta cartografata nel F.°130 "ORVIETO" della Carta Geologica d'Italia in scala 1:100.000. Tale area ricade nella Regione Umbria, ed è localizzata a NE del comune di San Venanzo (TR), in prossimità della Strada Statale 317 e del cimitero. La zona in cui ricade l'intervento è situata ad una quota di 409 m circa s.l.m.

Per quel che concerne la caratterizzazione geomorfologica di dettaglio del lotto oggetto del presente studio geologico-tecnico, è possibile affermare che l'area stessa sia collocata in una zona caratterizzata dall' assenza di fenomeni di dissesto geomorfologico di versante.

L'area oggetto di intervento, infine, rientra nelle competenze dell'**Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Centrale- Fiume Tevere**.

Detta area risulta ESCLUSA da qualsiasi perimetrazione di **PERICOLOSITA' FRANA definita dai Piani Stralcio di Assetto Idrogeologico dell'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Centrale- Fiume Tevere**. Come si evince dalla cartografia riportata, nei dintorni del sito vi è la presenza di frane da scorrimento, frane complesse ed aree in erosione o calanchive da inattive, a quiescenti, ad attive. Nello specifico a NW ed a SE, lungo i fianchi del rilievo, vi è la presenza di aree in erosione, che non interessano l'area in oggetto.



Detta area risulta **ESCLUSA** da qualsiasi perimetrazione di **PERICOLOSITA' ALLUVIONI** definita dai **Piani Stralcio di Assetto Idrogeologico dell'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Centrale- Fiume Tevere**.

La porzione di territorio di interesse ricade a NE del comune di San Venanzo (TR) ubicata in una zona di cresta morfologicamente sub-pianeggiante e leggermente digradante verso NW, da cui ha origine Fosso di Macinella, mentre a sud si osserva l'incisione denominata Boschetto. Complessivamente il sito risulta circondato da valli, incise ed attraversate da corsi d'acqua, che giungono nella valle del Nestore, attraversata dal F. Nestore che sfocia nel F. Tevere; lì dove vi è l'incrocio tra i due fiumi si passa da valle del Nestore a Valtiberina, originata dal F. Tevere, il quale presenta un andamento meandriforme.

Come si evince dalla cartografia riportata, nei dintorni del sito vi è la presenza di frane da scorrimento, frane complesse ed aree in erosione o calanchive da inattive, a quiescenti, ad attive. Nello specifico a NW ed a SE, lungo i fianchi del rilievo, vi è la presenza di aree in erosione, che non interessano l'area in oggetto.

Dal punto di vista litologico, l'area in esame ricade su depositi plio-pleistocenici continentali ascrivibili **sabbie rossastre e verdastre, argille sabbiose, depositi di selce e conglomerati costituiti da elementi poligenici** dei terreni di base più antichi (v¹).

L'idrografia superficiale risulta ben sviluppata, ma modesta ed il corso d'acqua principale è il Fiume Tevere, che insieme ai suoi affluenti, quali il Nera, il Chiascio, il Topino, il Paglia e al Nestore, che hanno contribuito a modellare l'attuale assetto geomorfologico regionale. In prossimità del sito vi è il passaggio di Torrente Calvana e Torrente Felsinone, i quali sfociano nel Fiume Nestore.



Relativamente agli **aspetti idrogeologici di dettaglio del territorio**, dall'esecuzione della prova penetrometrica dinamica eseguita in situ **non è stata rilevata la presenza di una falda superficiale**. La circolazione delle acque superficiali risente fortemente delle caratteristiche litologiche e di permeabilità dando origine ad una circolazione idrica a carattere locale con accumuli idrici modesti. Inoltre la frammentarietà tettonica delle serie litostratigrafiche rende i rapporti tra gli orizzonti permeabili ed impermeabili discontinui con conseguente dispersione in profondità delle acque. La presenza di livelli impermeabili alla base di livelli permeabili potrebbe dare origine a falde sospese legate alle precipitazioni meteoriche.

Per caratterizzare, a livello geologico, geotecnico e geofisico le litologie caratterizzanti l'area di studio, sono stati dapprima consultati tutti i dati di Letteratura a disposizione del redattore.

Per confrontare i dati di Letteratura alla situazione in esame e per caratterizzare a livello puntuale l'area, è stato eseguito, *in situ*, un rilevamento geologico di superficie esteso anche ad aree limitrofe a quella d'interesse ed una campagna di indagini geotecniche e geofisiche.

Per la ricostruzione delle caratteristiche geologiche, geotecniche e geofisiche di dettaglio del lotto interessato dal Progetto di cui in oggetto è stato eseguito un rilevamento geologico esteso anche ad aree limitrofe a quella d'interesse ed una campagna di indagini geotecniche e geofisiche in sito.

Le indagini geotecniche in sito sono consistite in:

- n° 01 prospezione penetrometrica dinamica super-pesante (DPSH).



Le **indagini geofisiche in sito** sono infine consistite in:

- n° 01 prospezione geofisica superficiale con metodologie di indagine denominata “sismica a rifrazione” e “tomografia sismica” eseguite mediante installazione di n° 01 stendimento sismico;
- n° 01 prospezione geofisica superficiale con metodologia di indagine “MASW”.

I risultati delle indagini geofisiche eseguite nell’area ed in particolar modo quelli provenienti dall’esecuzione della prospezione con metodologia di indagine “MASW” hanno permesso di classificare il suolo di fondazione del sito in esame: nel caso specifico si è ottenuto tale risultato:

- Vs Equivalente $M1$ pari a **413 m/s per l’intervallo di sottosuolo calcolato dal p.c. a -32,00 mt = suolo categoria B.**

Calcolato, quindi, con la prospezione geofisica MASW il valore di V_{seq} valido è stato possibile classificare il terreno del sito di indagine, che rientra nella **categoria di tipo B**: tale sottosuolo è definito come “*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 fra 360 m/s e 800 m/s*”.

E’ stata effettuata, infine, la **modellazione sismica** dell’area di studio.

Il sito in esame, sulla base della **Riclassificazione Sismica del Territorio Italiano** secondo l’**Ordinanza n° 3274** del 20 Marzo 2003 emanata dal **Presidente del Consiglio dei Ministri**, successivamente ripresa dal **D.M. 2018 “Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni”**, è compreso in **ZONA SISMICA 2**.



Gli elaborati numerici e grafici relativi alle indagini eseguite sono riportate negli allegati.

In particolare, trattasi di:

- ALLEGATO PROVE GEOTECNICHE IN SITU
- ALLEGATO SISMICO PROVE GEOFISICHE *IN SITU*

La documentazione fotografica delle indagini effettuate è riportata negli allegati.

IL GEOLOGO

Dott. Geol. Vincenzo CORTESE



ALLEGATO N. 1

PROVE GEOTECNICHE IN SITU E DI LABORATORIO

PAGINA 50 di 51

STUDIO TECNICO DI GEOLOGIA

GEOLOGO VINCENZO CORTESE

INDIRIZZO: VIA BARCELLONA N° 20 - 86021 BOJANO (CB)

TELEFONO: 0874/783120 FAX: 0874/773186 MOBILE: 328.6429991

E-MAIL: vincenzocortese@live.it



ALLEGATO N. 2

PROVE GEOFISICHE IN SITU

PAGINA 51 di 51

STUDIO TECNICO DI GEOLOGIA

GEOLOGO VINCENZO CORTESE

INDIRIZZO: VIA BARCELLONA N° 20 - 86021 BOJANO (CB)

TELEFONO: 0874/783120 FAX: 0874/773186 MOBILE: 328.6429991

E-MAIL: vincenzocortese@live.it