



STUDIO GEOLOGICO CALICETTI PAOLO

VIA LOMBARDIA 46, MONTALE DI CASTELNUOVO RANGONE, 41051 (MO)

CLCPLA85H14G393Q

Telefono: 3476656452

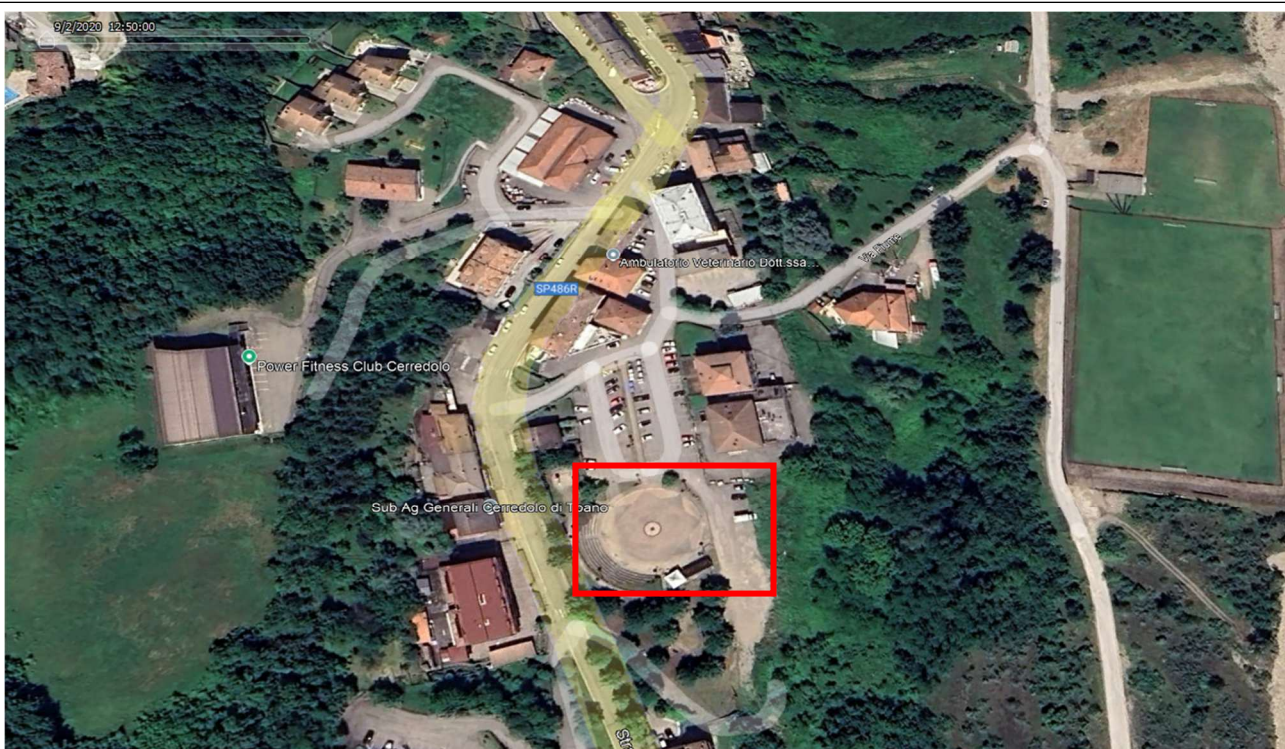
paolo.calicetti@gmail.com

paolo.calicetti@ecp.postecert.it

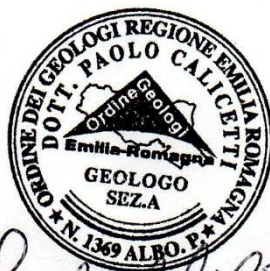
RELAZIONE GEOLOGICA, GEOTECNICA E SISMICA

OGGETTO: REALIZZAZIONE DI UNA NUOVA SALA POLIVALENTE PRESSO
L'AUDITORIUM DI CERREDOLO

LUOGO: Piazza Don Giulio Vincenzi, Cerredolo di Toano (RE)



Il tecnico: Calicetti Geol. Paolo



Paolo Calicetti

maggio 2025

Sommario

Sommario.....	1
1. Introduzione.....	3
2. Inquadramento dell'area	3
2.1 Inquadramento geografico	3
2.2 Inquadramento geologico	5
2.3 Caratteri geomorfologici	8
3. Realizzazione del progetto.....	11
4. Indagini di cantiere	12
4.1 Prova penetrometrica dinamica	14
5. Modello geotecnico e litologico del terreno.....	15
6. Sismicità dell'area	17
6.2 Fenomeni di amplificazione sismica	21
7. Indagini geofisiche	23
8. Analisi della risposta sismica locale	Errore. Il segnalibro non è definito.
8.1 Spettro di risposta per SLV	Errore. Il segnalibro non è definito.
9. Vincolo idrogeologico	24
10. Conclusioni.....	28
Tavola 1- Elaborazione dei dati di campagna delle prove penetrometriche	32
Tavola 2- Elaborazione acquisizione HVSR	36
Tavola 3- Elaborazione acquisizione Masw.....	Errore. Il segnalibro non è definito.

1. Introduzione

Il presente elaborato è redatto in ottemperanza D.M 17 gennaio 2018 “norme tecniche per le costruzioni”, pertanto il presente studio verrà suddiviso nelle seguenti sezioni: **relazione geologica** riguardante la caratterizzazione e modellazione geologica del sito (par. 6.2.1 D.M 17/01/2018); **relazione geotecnica** basata sulle indagini geognostiche eseguite, fornisce la caratterizzazione e la modellazione del volume significativo di terreno interessato (par. 6.2.1 D.M 17/01/2018; Relazione concernente la “**risposta sismica del sito**” (ai sensi del D.M 17/01/2018) ed inoltre all’ O.P.C.M. n. 3274/2003 e seguente DGR 1164 del 23/07/2018 (classificazione sismica del territorio); decreto Legislativo 3 aprile 2006, n. 152 "Norme in materia ambientale", art. 186 Terre e Rocce da Scavo e successivo DPR 120/2017.

Nel mese di maggio 2025 su incarico del Comune di Toano (RE) è stato redatto il presente documento finalizzato a determinare i parametri geotecnici e sismici del terreno relativi alla realizzazione di una nuova sala polivalente in località Cerredolo di Toano (RE). I parametri geotecnici, sismici e le considerazioni geologiche permetteranno di definire gli aspetti tecnici legati all’interazione opera-terreno e quindi a supporto della progettazione dell’opera.

2. Inquadramento dell’area

2.1 Inquadramento geografico

L’area oggetto d’indagine, vedi fig. 2.1.1 è situata in Piazza Don Giulio Vincenzi, laterale della SP 486 e si tratta di un sito attualmente occupato dall’Auditorium, in una posizione centrale rispetto all’abitato di Cerredolo e a nord est del Comune di Toano in provincia di Reggio Emilia, come consultabile nella seguente cartografia:

Elemento n° 218163 CERREDOLO alla scala 1:5.000 fig.2.1.2

Sezione n° 218160 SAN CASSIANO alla scala 1:10.000

Tavola n° 218 se CARPINETI in scala 1:25.000 fig. 2.1.3



Fig. 2.1.1- Area oggetto d'indagine.

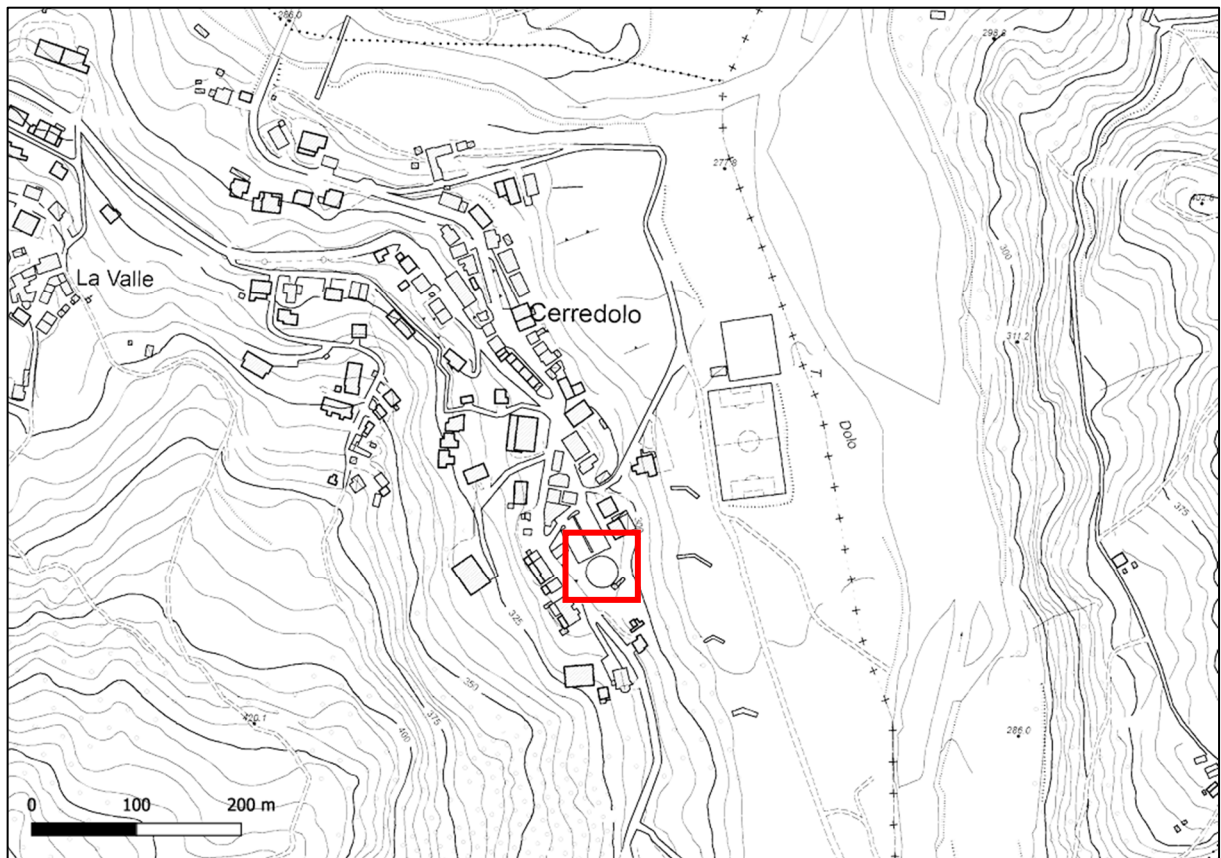


Fig. 2.1.2- Estratto da Elemento n° 218163 CERREDOLO alla scala 1:5.000

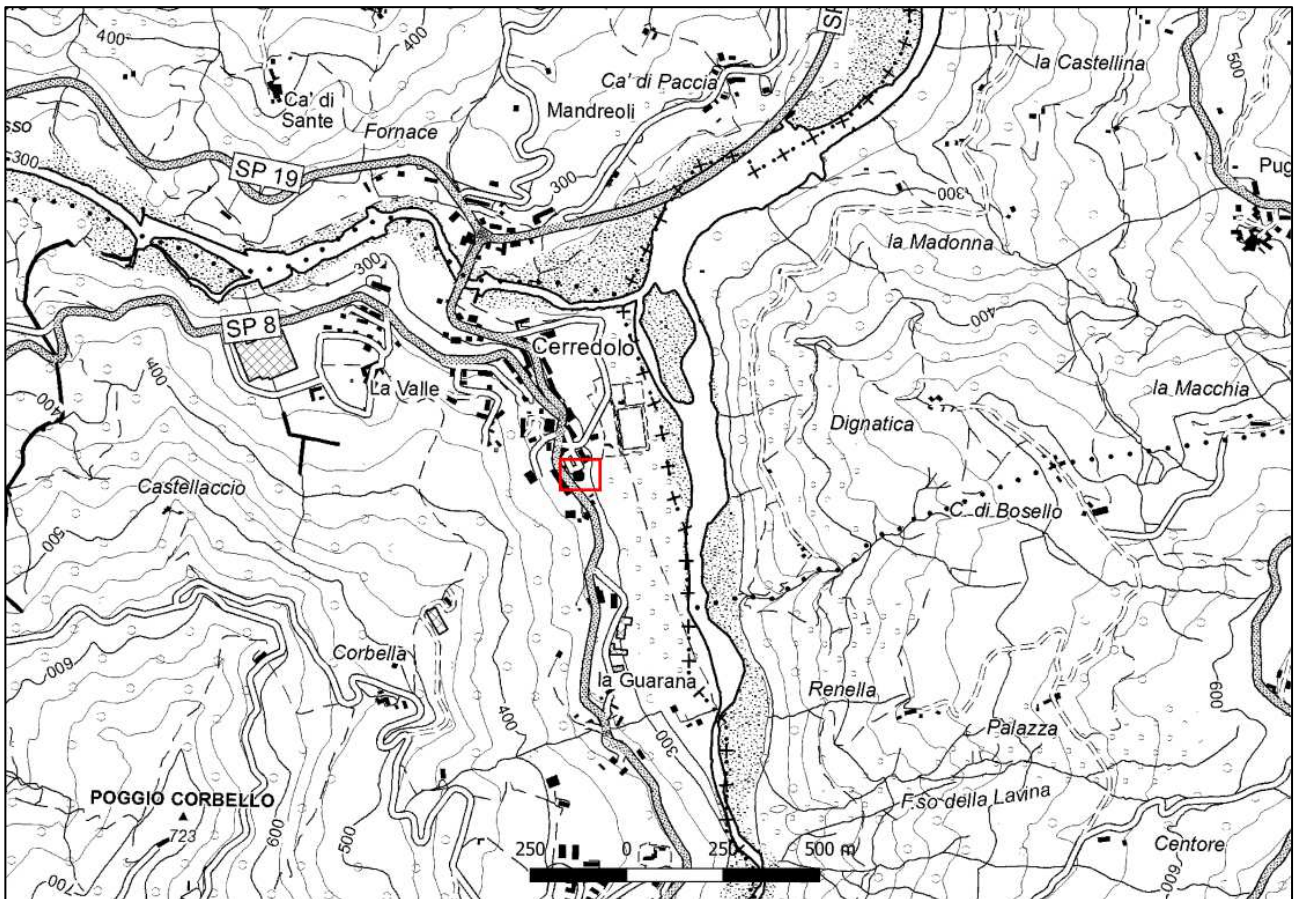


Fig. 2.1.3- Tavola n° 218 se CARPINETI in scala 1:25.000

2.2 Inquadramento geologico

L'area di studio (vedi cap.1.2), ricade all'interno dell'appennino medio- settentrionale ed è situata a 325 m s.l.m.

L'appennino settentrionale, costituito da unità tettoniche con vergenza orientale, ovvero senso di movimento da Ovest ad Est è dominato da litologie argilloso-marnose che muta poi in formazioni calcareo-dolomitiche nelle zone centrali e meridionali che impartiscono forme più aspre e maestose. Il limite occidentale della catena è legato allo sprofondamento post-orogenico recente del mar Tirreno, mentre quello orientale è sepolto dai depositi plio- quaternari delle avanfosse, per questo il margine orografico della catena viene a trovarsi anche qualche decina di km arretrato rispetto quella geologica. L'appennino è una catena a falde polifasica, sviluppatasi in un arco di tempo che va dal cretaceo fino all'attuale, in seguito alla collisione tra due blocchi continentali con il piano di subduzione rivolto verso S-W, la zolla Europa e la microplacca Adriatica inizialmente connessa alla zolla Africana. Il processo di collisione tra queste due zolle continentali è stato preceduto chiusura del paleo-oceano ligure-piemontese. La catena deriva così dalla complessa deformazione dei sedimenti deposti nei differenti domini paleogeografici. Il dominio ligure corrisponde in larga misura all'area oceanica, il dominio epiligure si imposta a partire dall'Eocene medio sulle unità liguri già tettonizzate, il dominio subligure sviluppato sulla crosta assottigliata africana adiacente alla zona oceanica e il dominio toscano-umbro appartenente alla zolla africana. Alla fine del processo deformativo, i sedimenti sono risultati traslati, sovrascorsi in modo complesso strutturati in unità ed elementi tettonici interessati da un trasporto

significativo rispetto al loro originario dominio di sedimentazione, oppure in successioni stratigrafiche interessate da un minor grado di alloctonia; le principali unità e successioni affioranti nel territorio indagato sono le Unità Liguri, Unità Subliguri, Successione Epiligure, Falda Toscana. La progressiva deformazione e l'emersione della catena proseguono fino al Quaternario. Lungo il bordo appenninico padano i sedimenti plio-Quaternari risultano piegati in corrispondenza del "Lineamento Frontale Appenninico" che rappresenta il punto di raccordo fra la catena in sollevamento e quella sepolta.

Le Unità Liguri, subliguri e la successione epiligure comprendono tutte quelle unità alloctone costituite da successioni pelagiche deposte su crosta oceanica e di transizione del paleo-oceano ligure-piemontese tra il Giurassico e l'Eocene medio (liguri). L'insieme di queste unità è sovrascorso sulle unità toscane e umbro-marchigiano-romagnole da ovest verso est prevalentemente durante le fasi mioceniche. La successione epiligure si è deposta in discordanza sulle unità Liguri, Subliguri e Sestola-Vidiciatico durante la migrazione verso est terminata nel Pliocene inferiore. Lo spessore della coltre alloctona non è omogeneo ma risente dei sollevamenti dovuti all'attività delle strutture attive e recenti, in particolare di quelle profonde.

Di seguito è riportata la carta geologica del sito e sono descritte in sintesi le formazioni geologiche e le coperture quaternarie affioranti nell'intorno dell'area di studio.

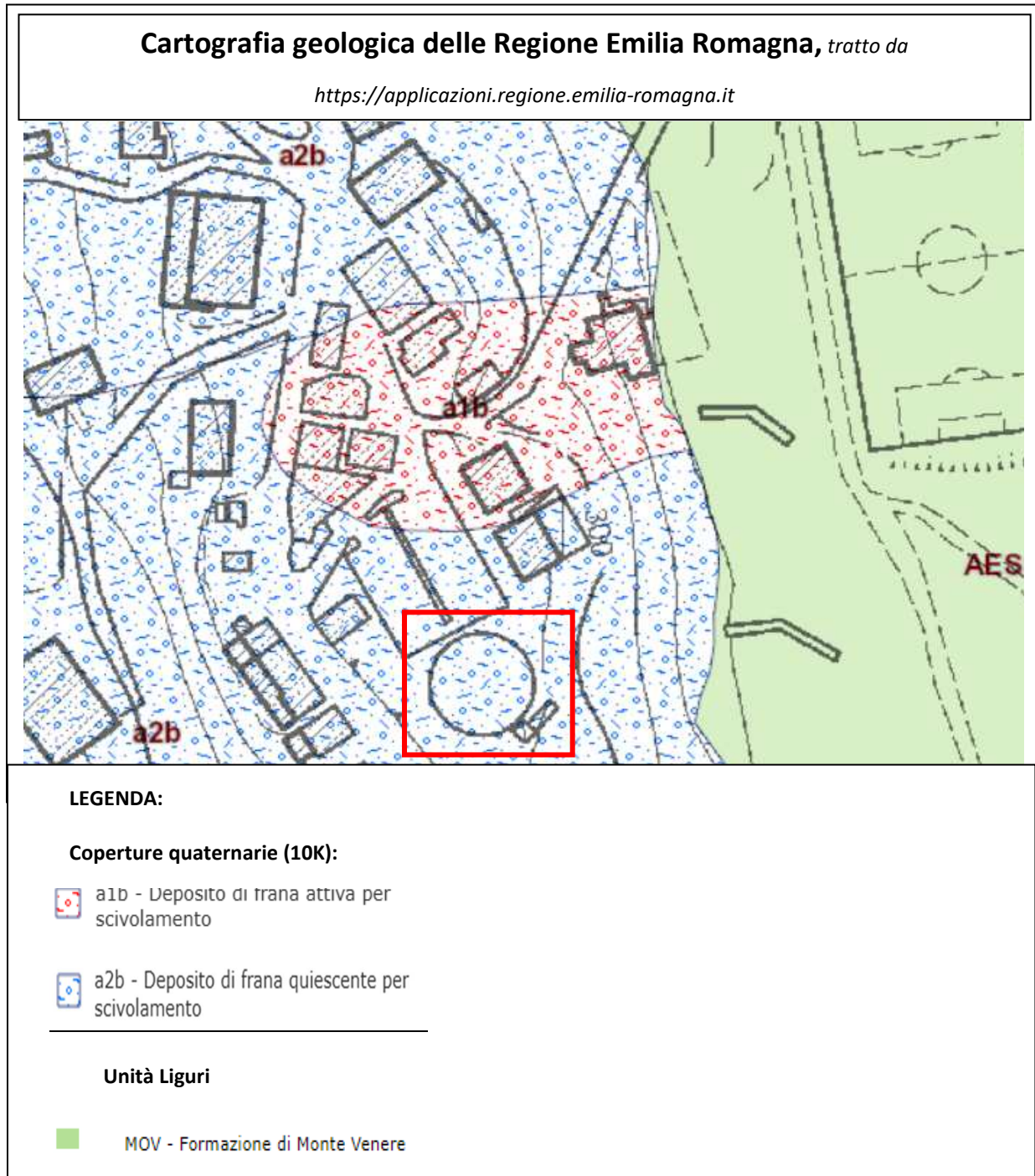


Fig. 2.2.1- Carta geologica R.E.R illustra la litologia presente nell'area oggetto d'indagine.

Depositi quaternari

a1b - Deposito di frana attiva per scivolamento

Deposito originato dal movimento verso la base del versante di una massa di terra o roccia, che avviene in gran parte lungo una superficie di rottura o entro una fascia, relativamente sottile, di intensa deformazione di taglio.

Deposito che ha manifestato evidenze di movimenti in atto nell'ultimo ciclo stagionale, o comunque in una recente attività segnalata da indizi evidenti (lesioni a manufatti, assente o scarsa vegetazione, terreno smosso). Sono incluse anche frane con movimento rilevabile solo attraverso monitoraggi, qualora esistenti.

a2b - Deposito di frana quiescente per scivolamento

Deposito originato dal movimento verso la base del versante di una massa di terra o roccia, che avviene in gran parte lungo una superficie di rottura o entro una fascia, relativamente sottile, di intensa deformazione di taglio.

Unità Liguri

MOV - Formazione di Monte Venere

Torbiditi arenaceo-marnose con base fine grigio-chiaro, in strati da medi a molto spessi, al tetto intervalli sottili o medi di argille scure o nerastre. Intercalazioni metriche di strati arenaceo-pelitici da sottili a spessi grigio brunastri, con rapporto A/P >1, a luoghi prevalenti sugli strati calcareomarnosi. Regolari intercalazioni di megatorbiditi calcareo-marnose in strati spessi fino a 15 m. Le areniti hanno composizione arcocosa e possono avere cementazione scarsa, specie quelle a grana più grossolana. Paleocorrenti con provenienza dai quadranti meridionali. Contatto inferiore non preservato. Nella parte alta della formazione è localmente presente la litofacies del Torrente Lucola (MOVa), costituita da torbiditi siltosomarnose in strati sottili. Torbiditi di ambiente marino profondo. Potenza fino a 600 m.

2.3 Caratteri geomorfologici

L'area oggetto d'indagine si trova a confine con il terrazzo fluviale del Torrente Dolo di valle e la ripida scarpata di ° che si sviluppa ad ovest. Nello specifico l'opera sarà realizzata su una superficie prevalentemente pianeggiante.

Per quanto riguarda l'idrografia l'area si trova in prossimità della confluenza tra il Fiume Secchia ed il Torrente Dolo rispetto al quale il sito si trova alla sinistra idrografica. L'azione erosiva dei corsi d'acqua ha influenzato notevolmente la morfologia dell'intera area costituita da coperture prevalentemente pelitiche creando profonde valli e ripide scarpate.

Come riportato nella precedente cartografia geologica in fig. 2.2.1, la struttura in oggetto ricade sulla Formazione geologica di Monte Venere, prevalentemente litoide ed è classificata come frana quiescente, così come indicato anche nell'estratto della tavola di PTCP 2010 a seguito riportata fig. 2.3.1.

L'area è soggetta al vincolo idrogeologico in riferimento alla seguente legislazione: Il R.D.L. 30 dicembre 1923, n. 3267; L.R. 3/1999, art. 150-3° comma. In particolare il R.D.L. 30 dicembre 1923 ed il successivo regolamento d'applicazione R.D.L. 16 maggio 1926, sottopongono a tutela le aree territoriali che per effetto di interventi quali, ad esempio, disboscamenti o movimenti di terreno "possono con danno pubblico subire denudazioni, perdere la stabilità o turbare il regime delle acque". Si fa inoltre riferimento alla "Delibera della Giunta Regionale - N.ro 2000/1117 - del 11/07/2000" concernente le procedure amministrative e le norme tecniche relative alla gestione del vincolo idrogeologico.

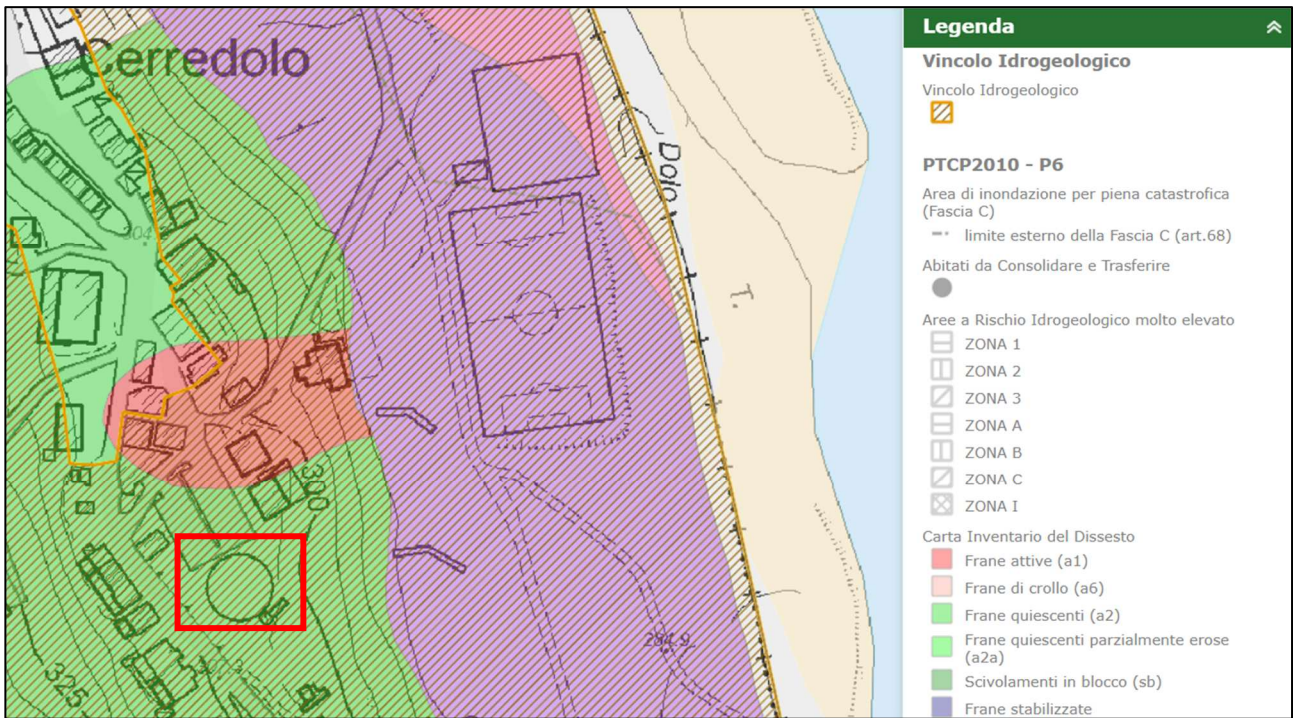


Fig. 2.3.1- La cartografia tratta dal PTCP 2010 illustra come l'area ricada in depositi di frana quiescente e sia soggetta a vincolo idrogeologico (tratteggiato).

A seguito si riportano gli episodi storici di riattivazione della frana quiescente in cui è ubicato il sito, tratti dall'archivio storico delle frane della Regione Emilia Romagna.

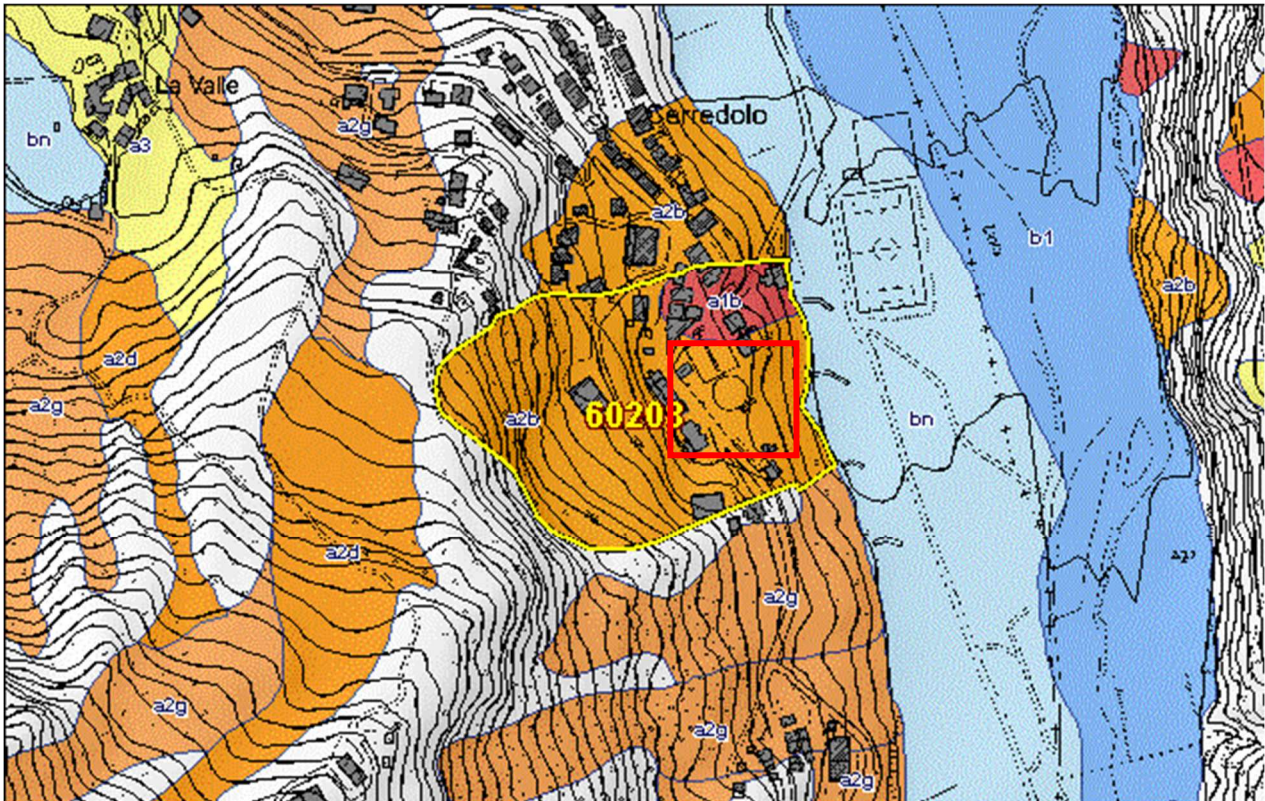
eventi di frana

Cerredolo

Inquadramento

- Superficie totale: **6.16** ettari
- Comune di TOANO - Provincia di Reggio nell'Emilia

Localizzazione frana storica e Carta del dissesto



LEGENDA:

- a1b - Deposito di frana attiva per scivolamento
- a2b - Deposito di frana quiescente per scivolamento
- b1 - Deposito alluvionale in evoluzione

2. Evento del 1941

- Data: **18-2/02/1941** [breve periodo certo (1-7gg)]
- Descrizione:

Versante in sinistra idrografica del T. Dolo, alla confluenza con il F. Secchia. Attivazione di ampia frana di scivolamento nell'ambito degli affioramenti dei "Flysch ad Elmintoidi Liguri". La zona di coronamento è situata sulla pendice di monte dell'abitato di Cerredolo, che viene interamente coinvolto e distrutto dal movimento franoso (con riferimento all' assetto attuale dalla Chiesa alla Piazza, e di alcuni edifici posti sullo sperone prospiciente la confluenza con il F. Secchia). Una rimobilizzazione del movimento causa l'ampliamento dell'area coinvolta, e la distruzione pressochè completa dell'abitato. A tutto il 1954 la frana si presenta ancora attiva, con copiosa presenza

di acqua nel sottosuolo, nonostante i lavori eseguiti lungo la sponda sinistra del Dolo ed ai piedi dell'abitato di Cerredolo, . L'area corrisponde ad una estesa frana quasi interamente quiescente, con un settore attivo che interessa parte dell'abitato. [Localizzazione: Verificata da documentazione tecnica]

- Dimensioni del fenomeno: **Frana sul versante del T. Dolo: L = 330 m circa, l = 350 m.**
- Cause innesco: **Precipitazioni dell'autunno 1940 - inverno 1941.**
- Danni e interventi: **Distruzione pressochè completa dell'abitato. Risultano crollati 20 edifici e altri 4 lesionati in modo grave. Sconvolgimento della viabilità locale e della Piazza del Mercato. Distruzione dell' acquedotto comunale. Interruzione di un tratto della Strada Statale n. 486. vari interventi: negli anni immediatamente successivi al 1941; negli anni 1952-1954**
- E' presente documentazione presso il Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli.

1. Evento del 1939

- Data: **maggio 1939** [precisione mensile]
- Descrizione:

Settore S dell'abitato attuale, denominato anche La Strada, posta lungo la strada provinciale Cerredolo - Toano, sulla sponda sinistra del T. Dolo. L'abitato sorge al piede dell'estremità del crinale spartiacque in corrispondenza della confluenza del T. Dolo con il F. Secchia. L'assetto dell'area, caratterizzato da numerose rotture di pendio delimitanti alcuni ripiani morfologici, evidenzia il ruolo svolto dai fenomeni gravitativi nel modellamento del versante. Il substrato, costituito dalle torbiditi calcareo-marnose della Formazione di Montevenere in giacitura rovesciata, è ricoperto da estesi depositi detritici e, sul fondovalle, da depositi alluvionali e terrazzati. Sulla base delle evidenze geomorfologiche è stato ipotizzato che la frana sia di tipo complesso con movimenti prevalenti per scorrimento rotazionale e traslativo (SCAI - Prov. di Reggio Emilia, scheda abitato n. 18). L'assetto del substrato ha svolto un ruolo determinante nell' innesco del dissesto (BERTOLINI, 1994). Le superfici di stratificazione, oltre a rappresentare potenziali superfici di rottura e scivolamento, fungono da vie preferenziali di drenaggio e infiltrazione delle acque superficiali. Una parte di esse risulta aperta in modo da costituire delle vie di libera circolazione delle acque che, alla base del versante (dislivello dalla sommità del rilievo circa 400 m), sono in grado di esercitare elevate pressioni interstiziali). L'importanza delle pressioni interstiziali è anche attestata dai racconti degli abitanti che ricordano forti e violente venute a giorno di acque dal sottosuolo durante la fase parossistica del movimento. Frana quiescente, con al suo interno un'area limitata, posta in corrispondenza del campo sportivo, interessata da una frana attiva.
- Cause innesco: **Precipitazioni della primavera 1939.**

3. Realizzazione del progetto

Il progetto consiste nella costruzione di una sala polivalente presso l'Auditorium di Cerredolo, Toano (RE).

4. Indagini di cantiere

Per la determinazione dei parametri geotecnici, geofisici e litologici del sito, sono state utilizzate due prove penetrometriche dinamiche DPSH con un penetrometro cingolato Pagani TG-63 200 KN (fig. 4.1, 4.2) ed un'indagine sismica di tipo passivo (fig. 4.3). In particolare sono state svolte le seguenti indagini:

DPSH n.1: 6,2; DPSH n.2: 4,6;

N. 1 acquisizione di sismica passiva

Questa soluzione ha portato alla definizione litologica e geotecnica del terreno e quindi alla suddivisione in spessori in base alle loro caratteristiche litotecniche e al loro grado di addensamento e consistenza; è stata definita la frequenza fondamentale del sito da cui è stata desunta la velocità di propagazione delle onde superficiali di taglio Vs dalla quale viene definita la sismostratigrafia, parametro che unito alle prove di tipo meccanico, contribuisce a dare informazioni sul grado d'addensamento litologico e sull'individuazione del bedrock sismico. L'ubicazione delle indagini meccaniche e dell'acquisizione sismica eseguita viene riportata in fig. 4.4. Le indagini utilizzate sono prossime all'area in cui sarà realizzato il progetto.

Nella tav.1 in allegato sono riportati i grafici e le tabelle riguardanti le prove penetrometriche eseguite, corredate dell'elaborazione geotecnica e litostratigrafica, in tav. 2 sono riportate le elaborazioni dell'acquisizione sismica.



Fig. 4.1- DPSH n°1



Fig. 4.2- DPSH n°2



Fig. 4.3- Acquisizione HVSR



Fig. 4.4- Ubicazione delle indagini

4.1 Prova penetrometrica dinamica

La prova penetrometrica dinamica consiste nell'infiggere nel terreno una punta conica (per tratti consecutivi) misurando il numero di colpi N necessari. Questo tipo di indagine è molto diffusa ed utilizzata data la sua semplicità esecutiva, economicità e rapidità di esecuzione. La sua 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. L'ubicazione delle prove è stata riportata precedentemente in fig. 4.3. A seguito viene riportata la tabella con le caratteristiche dello strumento sopra citato.

Caratteristiche penetrometro	Dinamico super pesante DPSH
Peso Massa battente	63,5Kg
Altezza di caduta libera	0,75m
Peso sistema di battuta	8Kg
Diametro punta conica	50,46 mm
Area di base punta	20cm ²

Lunghezza delle aste	1m
Peso aste a metro	6,3Kg/m
Profondità giunzione prima asta	0,80m
Avanzamento punta	0,20m
Numero colpi per punta	N(20)
Coeff. Correlazione	3,007
Rivestimento/fanghi	No
Angolo di apertura punta	90°

Tab. 4.1.1 Caratteristiche del penetrometro dinamico utilizzato.

5. Modello geotecnico e litologico del terreno

I risultati delle indagini svolte in campagna vengono utilizzati per ricreare un modello litologico e geotecnico presentato nella tabella a seguire. Dai parametri geotecnici sono infatti stati suddivisi diversi “spessori” di caratteristiche omogenee. Così come indicato nel paragrafo 6.2.2 delle NTC 2018, “per valore caratteristico di un parametro geotecnico deve intendersi una stima ragionata e cautelativa del valore del parametro per ogni stato limite considerato. I valori caratteristici delle proprietà fisiche e meccaniche da attribuire ai terreni devono essere dedotti dall’interpretazione dei risultati di specifiche prove di laboratorio su campioni rappresentativi di terreno e di prove e misure in sito”. Considerando che il valore caratteristico corrisponde ad una valutazione cautelativa del suddetto valore medio per i parametri più significativi, si riporta il valore calcolato tramite metodo statistico ovvero, in questi casi il valore caratteristico viene ricavato in maniera tale che la probabilità calcolata di valori più sfavorevoli, che determinano la manifestazione dello stato limite, non sia maggiore del 5%. Si consideri che la DPSH1 e la DPSH 5 sono state svolte a c.a -3 metri rispetto alle altre indagini.

<u>Profondità da P.C (m)</u>	<u>Descrizione materiale</u>	<u>Parametri</u>	
STRATO 1 P.C- 0,8 m	Terreno vegetale e argille debolmente limose poco consistenti.	RD	24,5 kg/cm²
		Cu	0,36 kg/cm²
		Cu_k	0,33 kg/cm²
		Ang. attrito	23,6°
		Ang. Attrito_k	-
		C'	0,04 kg/cm²
		NSPT	3,7
		ME	39,3 Kg/cm²
		ME_k	35 Kg/cm²
		Mod. young	36,8 Kg/cm²
		γ_d	17 kN/m³
		γ_s	19 kN/m³

		Mod. Poisson	0,33
		Kh	1 kg/cm ³
		Ko	2 kg/cm ³
STRATO 2 0,8-2,0 m da P.C	Argille limose molto consistenti	RD	103,6 kg/cm ²
		Cu	1,6 kg/cm ²
		Cu_k	0,84 kg/cm ²
		C'	0,16 kg/cm ²
		Ang. attrito	33°
		Ang. Attrito_k	-
		NSPT	16,7
		ME	166,7 Kg/cm ²
		ME_k	102 Kg/cm ²
		Mod. young	161,7 Kg/cm ²
		γ_d	20 kN/m ³
		γ_s	22 kN/m ³
		Mod. Poisson	0,30
		Kh	5 kg/cm ³
		Ko	8 kg/cm ³
STRATO 3 2,0- 4,2 m da P.C	Argille debolmente limose moderatamente consistenti	RD	23,6 kg/cm ²
		Cu	0,42 kg/cm ²
		Cu_k	0,35 kg/cm ²
		C'	0,04 kg/cm ²
		Ang. attrito	24,5°
		Ang. Attrito_k	-
		NSPT	4,3
		ME	45,5 Kg/cm ²
		ME_k	39,2 Kg/cm ²
		Mod. young	42,8 Kg/cm ²
		γ_d	17 kN/m ³
		γ_s	19 kN/m ³
		Mod. Poisson	0,29
		Kh	1,5 kg/cm ³
		Ko	3 kg/cm ³
STRATO 4 4,2- 6,2 m da P.C	Marne argillose molto consistenti	RD	79,8 kg/cm ²
		Cu	1,7 kg/cm ²
		Cu_k	0,86 kg/cm ²
		C'	0,17 kg/cm ²
		Ang. attrito	33°

	Ang. Attrito_k	-
	NSPT	16,8
	ME	172,7 Kg/cm²
	ME_k	81 Kg/cm²
	Mod. young	167,6 Kg/cm²
	γ_d	20 kN/m³
	γ_s	22 kN/m³
	Mod. Poisson	0,29
	Kh	5 kg/cm²
	Ko	8 kg/cm²
Legenda:	<i>γ_s, γ_d- Peso specifico saturo e drenato; RD- Resistenza dinamica; Cu, C'- coesione non drenata e drenata (Shertmann); Angolo d'attrito (De Mello); ME- Modulo edometrico, Kh coefficiente Winkler verticale, Ko coefficiente di Winkler orizzontale (Pozzati, Bowles); k indica il valore caratteristici del parametro dove è stato possibile calcolarlo.</i>	

Tab.1- Vengono riassunti i parametri geotecnici delle DPSH.

6. Sismicità dell'area

La sismicità di un territorio è strettamente legata al suo contesto tettonico strutturale, dunque alla presenza di strutture geologicamente "attive".

Per realizzare l'inquadramento sismotettonico della presente area sono stati utilizzati:

- CPTI15 – Catalogo Parametrico dei terremoti <http://emidius.mi.ingv.it/CPTI>,
- Carta sismotettonica dell'Emilia Romagna (scala 1:250.000, 2004) che riporta gli epicentri dei terremoti con Magnitudo M>4, le strutture attive e quelle potenzialmente "sismogenetiche" della catena appenninica, del suo margine e quelle correlate alle strutture del sottosuolo padano – adriatico.
- Macrozonazione sismogenetica "ZS9" prodotta dall'INGV (2004) SORGENTI SIMOGENETICHE.

I recenti studi sulla pericolosità sismica promossi dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV) hanno portato alla definizione di una nuova zonazione sismogenetica del territorio nazionale denominata "ZS9", che prevede l'individuazione di 36 "zone-sorgente", i cui limiti sono stati tracciati sulla base di informazioni tettoniche o geologico-strutturali e di differenti caratteristiche della sismicità, quali distribuzione spaziale e frequenza degli eventi, massima magnitudo rilasciata. Alla base di ogni stima di pericolosità di un territorio vi è quindi la conoscenza della sua storia sismica e della geologia strutturale locale.

La fascia di territorio in cui ricade il Comune di Toano si inserisce in un vasto contesto geodinamico caratterizzato da una tettonica di tipo compressivo, conseguenza della convergenza tra la placca africana che si muove verso nord-est e la placca euro-asiatica. Gli studi sulla pericolosità sismica promossi dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV) hanno portato alla definizione di una nuova zonazione sismogenetica del territorio nazionale denominata "ZS9" (Fig. 6), che prevede l'individuazione di 36 "zone-sorgente", i cui limiti sono stati tracciati sulla base di

informazioni tettoniche o geologico-strutturali e di differenti caratteristiche della sismicità, quali distribuzione spaziale e frequenza degli eventi, massima magnitudo rilasciata, ecc..

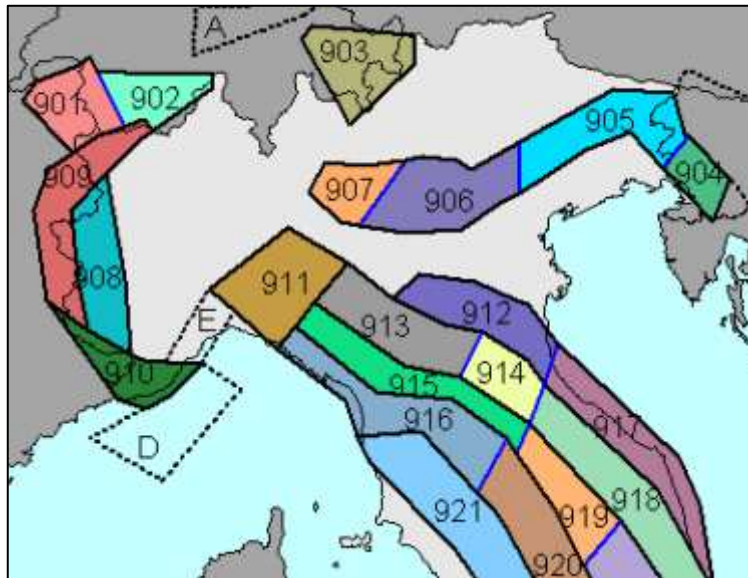
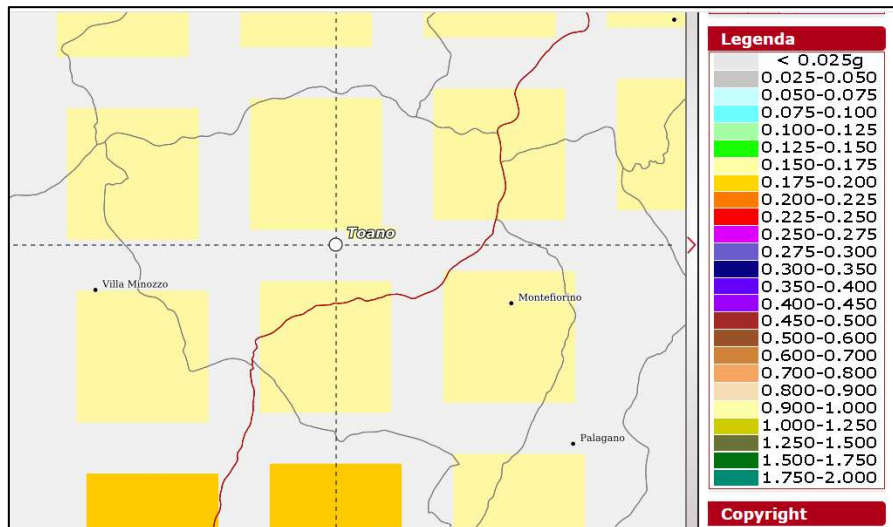


Fig.6.1- L'area ricade nella Zona 913 in riferimento alla macrozonazione ZS9.

Il territorio del Comune di Toano ricade nella zona sismogenetica "913", denominata "Appennino Emiliano". La ZSS 913 è caratterizzata da terremoti di magnitudo medio-bassa, originati da movimenti prevalentemente compressivi NW con meccanismi trascorrenti nelle zone di svincolo, che dissecano la continuità longitudinale delle strutture sepolte attive. Il maggior numero di terremoti che si verificano in questa zona, presenta il proprio ipocentro a profondità comprese tra 12 e 20 km e i valori di magnitudo massima previsti, sulla base dei meccanismi focali, sono pari a $M_w \max = 5,91$.

Dall'analisi della Mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale elaborata dall'INGV nel 2004 (Fig. 6a) si può osservare che il territorio del Comune di Toano si colloca in un areale, in cui si possono registrare valori di accelerazione massima del suolo pari a $0,150 \div 0,175$ g, con un tempo di ritorno (T_r) pari a circa 475 anni (probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni) in coerenza il DGR 2193 del 21 dicembre 2015, dove viene indicato per il Comune di Toano un valore di A_{ref} (g) di 0,162.



Come riportato in fig. 6b estratta dal sito dell'INGV DISS 3.3 l'area si trova su una fonte di subduzione (ITSD002). L'Arco Appenninico Settentrionale rappresenta l'interfaccia tra la catena appenninica nella placca superiore e la litosfera di Adria nella placca inferiore.

ITSD002 mette in contatto le unità Umbria-Marchigiane Meso-Cenozoiche sull'avantipiano adriatico (Lavecchia et al., 2003, 2007); ITSD002, nella sua parte più orientale, rappresenta il livello di distacco comune tra le rampe di spinta attualmente attive nell'offshore adriatico e nella Pianura Padana. La distribuzione dei terremoti da intermedi a profondi, la posizione di Moho dalla funzione del ricevitore e l'anisotropia del mantello al di sotto dell'arco appenninico settentrionale concorrono a suggerire un complesso processo di delaminazione crostale e sprofondamento della litosfera continentale di Adria (Giacomuzzi et al., 2012; Chiarabba et al., 2014, 2015; Piana Agostinetti e Faccenna, 2018). Questo processo è lateralmente discontinuo con una brusca interruzione a sud del 43° parallelo, dove la sismicità strumentale da intermedia a profonda è praticamente assente e la litosfera di Adria appare piatta (Chiarabba et al., 2015). Le variazioni della sismicità e della struttura del mantello superiore indicano un cambiamento nei processi tettonici dal ritiro della delaminazione nell'Appennino centrale al sottoplaccamento crostale nell'Appennino settentrionale (Chiarabba et al., 2014). Da un punto di vista sismotettonico, la geometria dell'interfaccia rappresentata da ITSD002 è intesa a catturare sia i terremoti associati all'interfaccia stessa, sia i terremoti localizzati all'interno dello spessore crostale della placca inferiore sottostante, per i quali non è possibile definire il geometria di una faglia sismogena. Sulla base dei dati sismologici e geofisici regionali, riteniamo che l'intervallo di profondità di 12-20 km su questa Sorgente sia quello in cui si verifica la maggior parte del momento sismico di rilascio.

I terremoti storici e strumentali che possono essere associati all'attività dell'Arco Appennino Settentrionale sono: 14 settembre 2003 Appennino Bolognese (Mw 5.2), 23 dicembre 2008 Parmense (Mw 5.4), 24 aprile 1741 Fabrianese (Mw 6.2), 12 marzo 1873 Appennino Marchigiano (Mw 5,9) (Rovida et al., 2021). I campi macrosismici di questi terremoti sono caratterizzati da ampie aree di feltro, che suggeriscono ipocentri piuttosto profondi, indicando un potenziale rilascio sismico su strutture più profonde (Sbarra et al., 2019).

Altri eventi sismici, come la Lunigiana del 26 marzo 2008 (Mw 4.2) e l'Appennino parmense del 27 gennaio 2012 (Mw 5), mostrano una profondità strumentale (72 km) suggerendo una localizzazione all'interno della piastra inferiore. Un ulteriore evento, l'Appennino Settentrionale del 25 ottobre 1972 (Mw 4.9), mostra una profondità ipocentrale prevista (45 km), compatibile con una faglia intra-solaio (Sbarra et al., 2019).

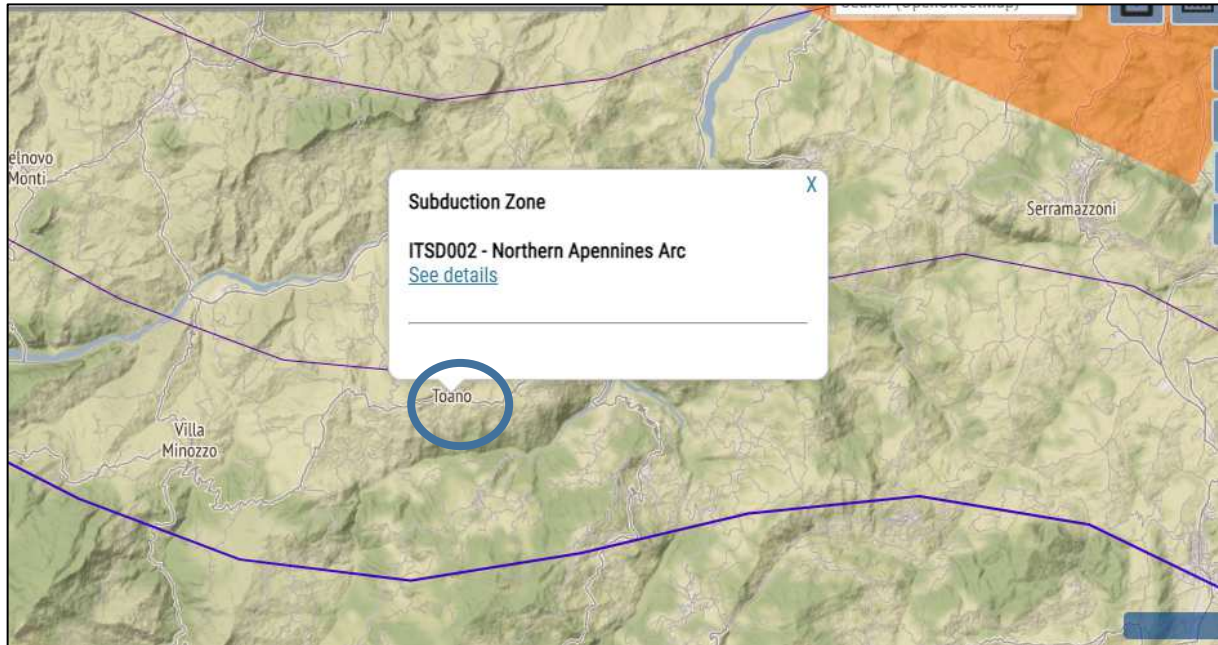


Fig.6b- L'area ricade su una sorgente sismogenica composta.

Storia sismica dell'area in esame

L'areale in cui ricade Toano presenta una sismicità propria di livello medio-basso, connessa all'attività del margine appenninico reggiano-modenese. Tale situazione è confermata dalla consultazione del Catalogo Parametrico dei Terremoti (PTI11) e relativo database macrosismico (DBMI11).

A seguito si riporta il diagramma dei principali report sismici di Toano (in termini di intensità macrosismiche).

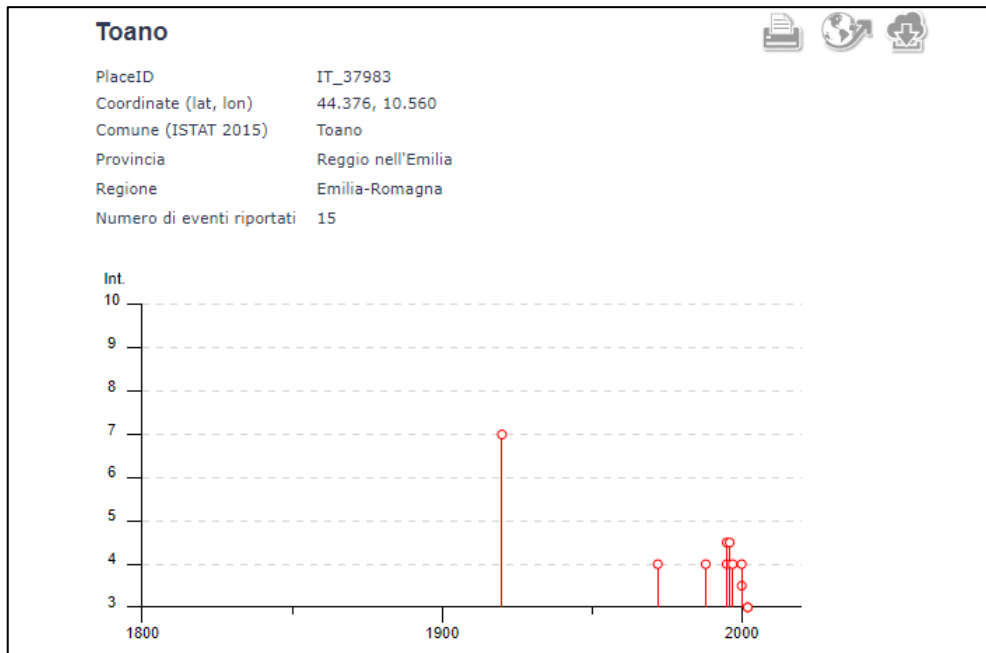
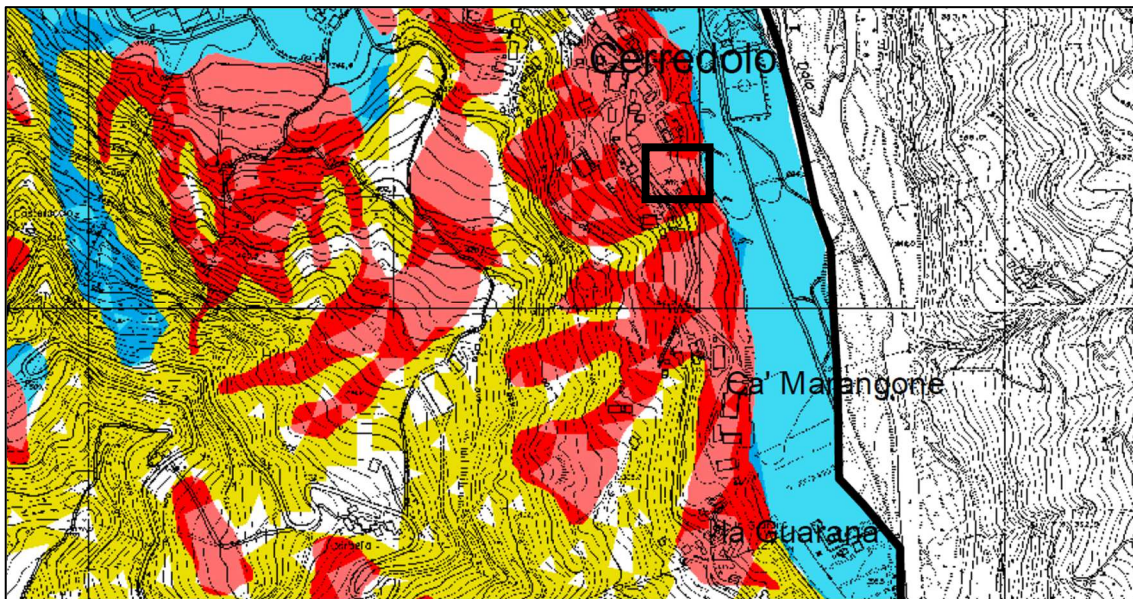


Fig.6b- Principali report sismici con I max 7.

In generale, le intensità macrosismiche al sito di maggior grado (tra cui 4 è il valore più ricorrente), sul territorio comunale, sono dovute a terremoti con epicentri localizzati in Garfagnana, nel Parmense e nel Pistoiese, registrati a partire dalla fine del XIX secolo ad oggi. Intensità al sito di grado < 4 sono dovute a terremoti con epicentri localizzati nel Frignano e, più in generale, nella fascia del crinale entro la quale ricade il territorio comunale stesso. Terremoti con epicentri geograficamente più lontani, rispetto al territorio comunale, non vanno oltre il limite regionale e si individuano nel Forlivese, nel Reggiano e nella Bassa Modenese.

6.2 Fenomeni di amplificazione sismica

A seguito si riportano gli estratti delle tavole degli approfondimenti sismici del PTCP di Reggio Emilia Tav.le 9a "Carta degli effetti attesi" e 9b "Carta dei livelli d'approfondimento" 218 SE del PTCP 2010 dove si evince, per il calcolo della Risposta Sismica Locale, di considerare l'amplificazione stratigrafica. Non si rende necessaria la valutazione della stabilità del versante in quanto non sono previsti sbancamenti significativi per la realizzazione dell'opera.



		EFFETTI ATTESI				
		AMPLIFICAZIONE STRATIGRAFICA	AMPLIFICAZIONE TOPOGRAFICA	INSTABILITA' DI VERSANTE	CEDIMENTI	LIOUEFAZIONE
CLASSI	A	X		X		
	B	X	X	X		
	C	X				
	D	X	X			
	E		X			
	F	X				X
	G	X			X (potenziale)	
	H					

Fig. 6.1.1- Carta degli effetti attesi tratta dalla Tav. 9a del PTCP del Comune di Toano

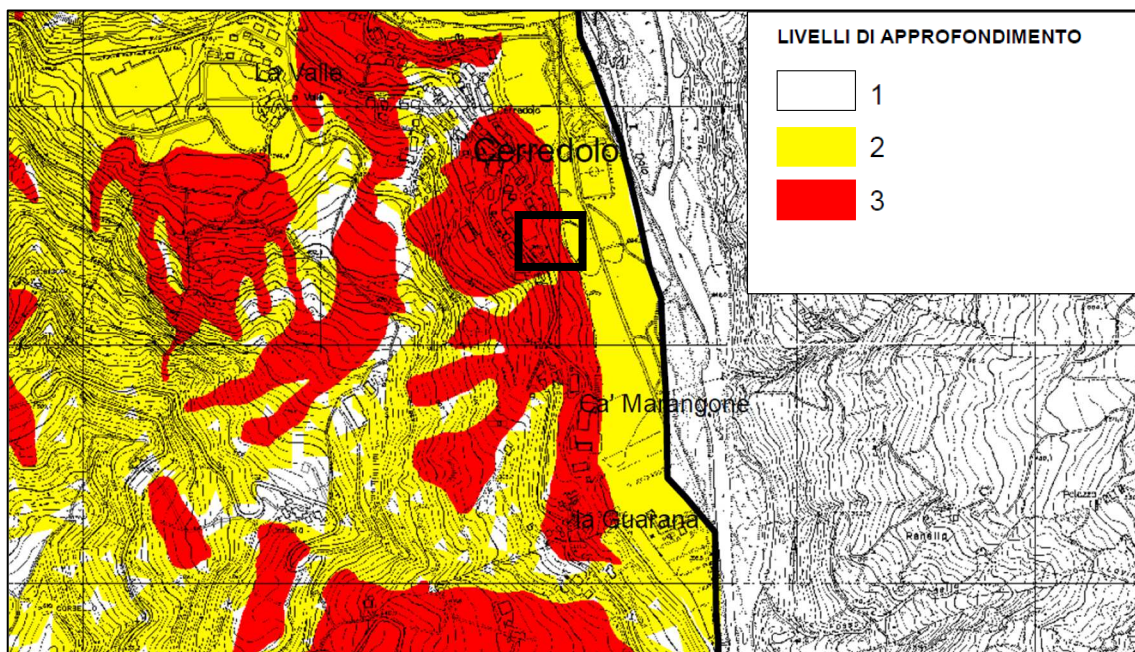


Fig. 6.1.2- Carta dei livelli di approfondimento sismico tratta dalla Tav. 9.b del PTCP del Comune di Toano

7. Indagini geofisiche

Come già accennato nei paragrafi precedenti, per la caratterizzazione sismostratigrafica è stata eseguita un'acquisizione passiva HVSR che, opportunamente tarata con le indagini dirette ha permesso di ottenere informazioni sulla velocità di propagazione delle onde di taglio nel terreno e risalire quindi alla categoria sismica del suolo.

7.1 Acquisizione HVSR

Il rilievo dei microtremori con il tomografo digitale "Tromino", vedi fig. 4.3 è stato eseguito in prossimità della struttura. Lo strumento utilizzato registra il rumore sismico ambientale presente nella superficie terrestre e generato da fenomeni atmosferici, dall'attività antropica e dall'attività dinamica terrestre.

I microtremori sono rappresentati da oscillazioni molto piccole (accelerazioni dell'ordine di $10-15 \text{ m/s}^2$), che, attraversando strati con caratteristiche differenti (in termini di densità e velocità di propagazione delle onde), subiscono fenomeni di rifrazione, riflessione, attenuazione e altri.

Questi fenomeni sono tali per cui un'onda che viaggia all'interno di un mezzo e viene riflessa da una superficie di discontinuità interferisce con le onde incidenti, sommandosi e raggiungendo le ampiezze massime quando la lunghezza d'onda incidente è pari a 4 volte lo spessore h dello strato (condizione di risonanza):

Relativamente alle onde S:

$$f_s = V_r / 4 h_1$$

f_r rappresenta la frequenza fondamentale dello strato, ossia la frequenza cui corrispondono le maggiori accelerazioni sismiche. Utilizzando la formula sopra esposta si evince che conoscendo la profondità di una discontinuità (trovata nelle prove penetrometriche) e la frequenza fondamentale del terreno in superficie (fornita dal tomografo) è possibile risalire alla velocità delle onde S del terreno.

Una volta ricavato il valore di V_s , è possibile ricostruire la stratigrafia dell'area e l'andamento delle discontinuità, se presenti. La tecnica HVSR consiste nella valutazione dei rapporti spettrali tra le componenti orizzontali e verticali del moto ed è in grado di fornire in buona approssimazione il contenuto in frequenza del segnale dei microtremori.

In questo caso è stato rilevato un picco di Frequenza a 5,3 HZ

$V_{seq} = 330,7 \text{ m/s}$

Vedi i dati riportati in allegati, tav. 2

8. Azione sismica di base al DM 17/01/2018

Secondo le NTC 2018 ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, l'effetto della risposta sismica locale si valuta mediante specifiche analisi, da eseguire con le modalità indicate nel § 7.11.3. In alternativa, qualora le

condizioni stratigrafiche e le proprietà dei terreni siano chiaramente riconducibili alle categorie definite nella Tab. 3.2.II, si può fare riferimento a un approccio semplificato che si basa sulla classificazione del sottosuolo in funzione dei valori della velocità di propagazione delle onde di taglio, VS. I valori dei parametri meccanici necessari per le analisi di risposta sismica locale o delle velocità VS per l'approccio semplificato costituiscono parte integrante della caratterizzazione geotecnica dei terreni compresi nel volume significativo, di cui al § 6.2.2. I valori di VS sono ottenuti mediante specifiche prove oppure, con giustificata motivazione e limitatamente all'approccio semplificato, sono valutati tramite relazioni empiriche di comprovata affidabilità con i risultati di altre prove in sito, quali ad esempio le prove penetrometriche dinamiche per i terreni a grana grossa e le prove penetrometriche statiche. La classificazione del sottosuolo si effettua in base alle condizioni stratigrafiche ed ai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio, VS,eq (in m/s), definita dall'espressione:

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

con: - hi spessore dell'i-esimo strato; - VS,i velocità delle onde di taglio nell'i-esimo strato; - N numero di strati; - H profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da VS non inferiore a 800 m/s.

Le categorie di sottosuolo di riferimento che permettono la classificazione del suolo secondo un approccio semplificato sono riportate nella tabella seguente in fig. 7.1 (Tab. 3.2.II NTC 18):

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
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>

Tab.2- Categorie di suolo da NTC 18 tab 3.2.II.

9. Azione sismica in superficie

Sulla base dei contenuti del D.M. 17/01/2018 "Norme Tecniche per le Costruzioni" per ogni costruzione deve essere riferita un'accelerazione di riferimento propria in funzione delle coordinate geografiche e della vita nominale

dell'opera. In questo caso è stato definito un parametro di accelerazione massima attesa a_g in relazione ad un tempo di riferimento T_R stimato di 475 anni (classe dell'edificio 2 e $C_u=1$). L'area oggetto d'indagine è identificata dalle seguenti coordinate geografiche (ED50): Latitudine: 44.402270°, Longitudine 10.619758° e presenta un parametro per SLV pari ad a_g attesa= 0.159 g vedi fig.9.1 a seguito.

L'accelerazione spettrale massima (A_{max}) è definita dalla relazione,

$$A_{max} = S \cdot a_g$$

dove a_g è l'accelerazione precedentemente individuata e riferita al *bedrock*,

mentre il coefficiente $S = S_s \cdot S_t$. Esso comprende gli effetti delle amplificazioni stratigrafica (S_s) e topografica (S_t).

Si calcola inizialmente il fattore stratigrafico S_s caratteristico dell'area secondo il NTC 2018 D.M. 17/01/2018 da cui, essendo in classe **C** si avrà:

Categoria sottosuolo	S_s	C_C
A	1,00	1,00
B	$1,00 \leq 1,40 - 0,40 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,20$	$1,10 \cdot (T_C)^{-0,20}$
C	$1,00 \leq 1,70 - 0,60 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,50$	$1,05 \cdot (T_C)^{-0,33}$
D	$0,90 \leq 2,40 - 1,50 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,80$	$1,25 \cdot (T_C)^{-0,50}$
E	$1,00 \leq 2,00 - 1,10 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,60$	$1,15 \cdot (T_C)^{-0,40}$

Tab. 3.2.IV NTC 2018

F_o = Fattore che quantifica l'amplificazione spettrale massima, su sito di riferimento rigido orizzontale, ed ha valore minimo pari a 2.2; per il sito oggetto di studio tale valore, calcolato mediante l'utilizzo di apposito software, risulta pari a **2,518**.

a_g/g = accelerazione orizzontale del sito, con tempo di ritorno pari a 475 anni/accelerazione di gravità;

S_s = Coefficiente di amplificazione stratigrafica o fattore stratigrafico per il sito oggetto di studio, calcolato tramite relazione tab. 3.2, risulta pari a **1.46**.

Successivamente, sulla base delle condizioni topografiche del sito studiato, si ricava il fattore topografico S_t dalla seguente tabella:

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 di un rilievo con pendenza media minore o uguale a 30°	1,2
T4	In corrispondenza della cresta di un rilievo con pendenza media maggiore di 30°	1,4

Tab. 3.2.V NTC 2018- valori massimi del coefficiente di amplificazione topografica S_t

Il sito in esame, avrà come categoria topografica T1 ovvero un fattore topografico S_t pari a 1.0.

In base a tali valori del fattore stratigrafico SS e del fattore topografico S_t si procede al calcolo dell'accelerazione massima orizzontale A_{max} :

$$A_{max} = S \cdot a_g = 1.46 \cdot 0.159 \text{ g} = 0,232 \text{ g}$$



Coefficienti sismici

Tipo: Stabilità dei pendii e fondazioni

Muri di sostegno che non sono in grado di subire spostamenti.

H (m): 1 us (m): 0.1

Cat. Sottosuolo: C

Cat. Topografica: T1

	SLO	SLD	SLV	SLC
SS Amplificazione stratigrafica	1,50	1,50	1,46	1,40
CC Coeff. funz categoria	1,66	1,63	1,58	1,56
ST Amplificazione topografica	1,00	1,00	1,00	1,00

Acc.ne massima attesa al sito [m/s²]: 0.6

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0.017	0.021	0.056	0.067
kv	0.008	0.010	0.028	0.034
Amax [m/s²]	0.821	1.020	2.277	2.745
Beta	0.200	0.200	0.240	0.240

Stati limite

Classe Edificio: II. Affollamento normale. Assenza di funz. pubbliche e sociali...

Vita Nominale: 50

Interpolazione: Media ponderata

CU = 1

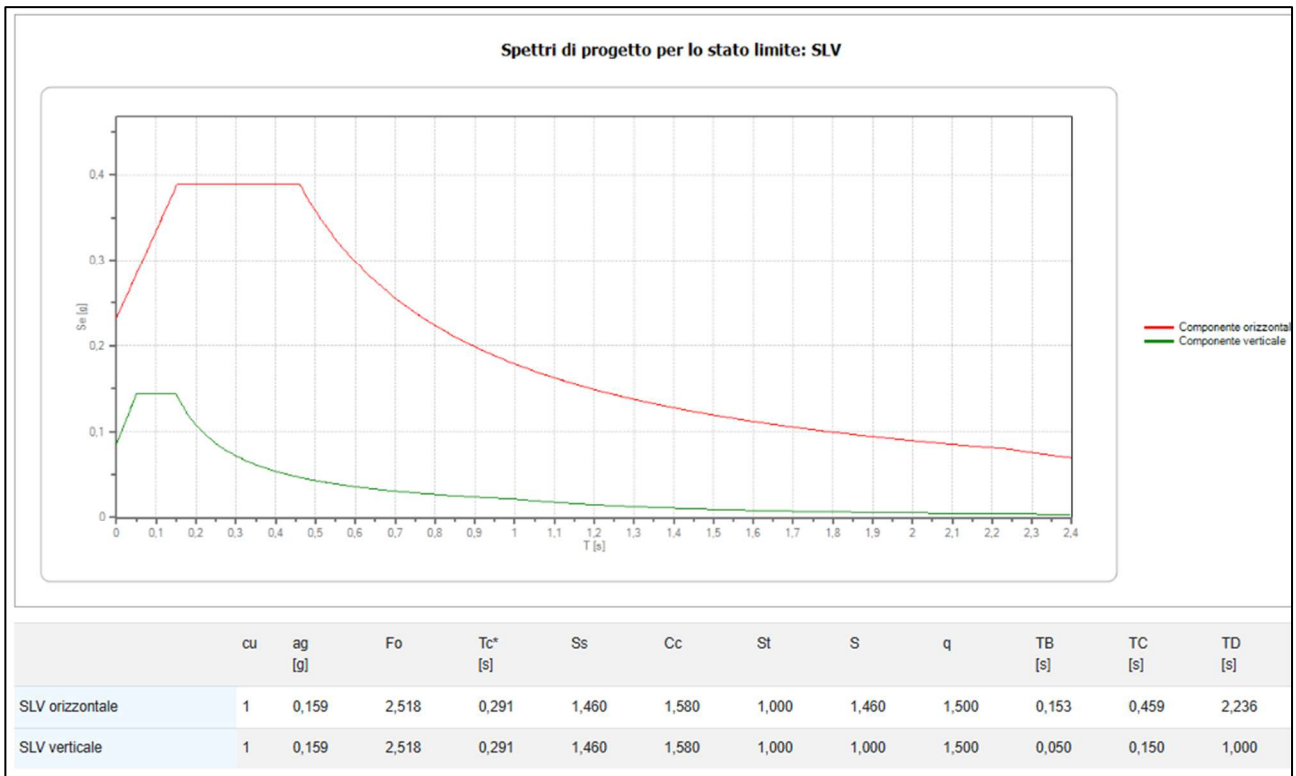
Stato Limite	Tr [anni]	a_g [g]	Fo	Tc' [s]
Operatività (SLO)	30	0.056	2.494	0.249
Danno (SLD)	50	0.069	2.488	0.262
Salvaguardia vita (SLV)	475	0.159	2.518	0.291
Prevenzione collasso (SLC)	975	0.200	2.527	0.299

Periodo di riferimento per l'azione sismica: 50

Fig.9.1-Individuazione del reticolo di riferimento per la determinazione dei parametri e coefficienti sismici.

10.1 Spettri di progetto elastici

Lo spettro di risposta elastico in accelerazione è espresso da una forma spettrale (spettro normalizzato) riferita ad uno smorzamento convenzionale del 5%, moltiplicata per il valore della accelerazione orizzontale massima a_g su sito di riferimento rigido orizzontale. Sia la forma spettrale che il valore di a_g variano al variare della probabilità di superamento nel periodo di riferimento PVR.



10. Stima della capacità portante

A seguito si riporta la stima della capacità portante ipotizzando di realizzare fondazioni superficiali posate a -1 metro dal p.c, vedi fig. 10.1. La verifica è stata svolta cautelativamente in condizioni non drenate.

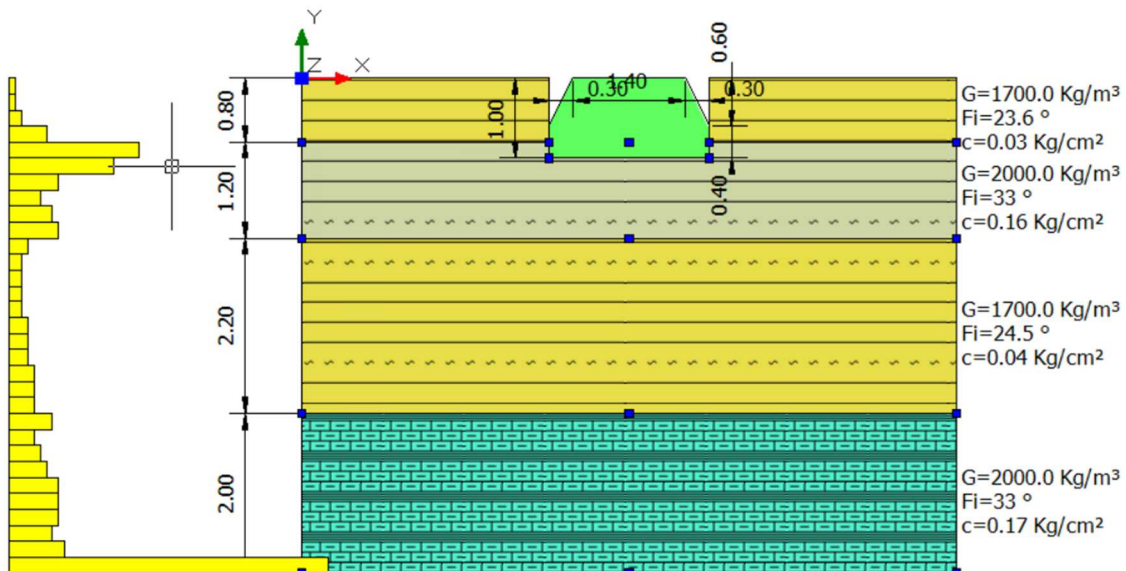


Fig.10.1-Modello litostratigrafico del terreno con fondazioni proposte

DATI GENERALI

Normativa	NTC_2018
Larghezza fondazione	2.0 m
Lunghezza fondazione	1.0 m
Profondità piano di posa	1.0 m

STRATIGRAFIA TERRENO

Spessore strato [m]	Peso unità di volume [Kg/m ³]	Peso unità di volume saturo [Kg/m ³]	Angolo di attrito [°]	Coesione [Kg/cm ²]	Coesione non drenata [Kg/cm ²]	Modulo Elastico [Kg/cm ²]	Modulo Edometrico [Kg/cm ²]	Poisson	Coeff. consolid. az. primaria [cmq/s]	Coeff. consolidazione secondaria	Descrizione
0.8	1700.0	1900.0	23.6	0.03	0.33	36.0	35.0	0.0	0.0	0.0	argilla debolmente limosa
1.2	2000.0	2200.0	33.0	0.16	0.84	161.0	102.0	0.0	0.0	0.0	argilla limosa
2.2	1700.0	1900.0	24.5	0.04	0.35	43.0	39.2	0.0	0.0	0.0	argilla debolmente limosa
2.0	2000.0	2200.0	33.0	0.17	0.86	167.0	81.0	0.0	0.0	0.0	marna argillosa

Carichi di progetto agenti sulla fondazione

Nr.	Nome combinazione	Pressione normale di progetto [Kg/cm ²]	N [Kg]	Mx [Kg·m]	My [Kg·m]	Hx [Kg]	Hy [Kg]	Tipo
1	A1+M1+R3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Progetto
2	S.L.E.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Servizio
3	S.L.D.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Servizio

Sisma + Coeff. parziali parametri geotecnici terreno + Resistenze

Nr	Correzione Sismica	Tangente angolo di resistenza al taglio	Coesione efficace	Coesione non drenata	Peso Unità volume in fondazione	Peso unità volume copertura	Coef. Rid. Capacità portante verticale	Coef. Rid. Capacità portante orizzontale
1	No	1	1	1	1	1	2.3	1.1
2	No	1	1	1	1	1	1	1
3	No	1	1	1	1	1	1	1

CARICO LIMITE FONDAZIONE COMBINAZIONE...A1+M1+R3

Autore: TERZAGHI (1955)

Carico limite [Qult]	6.42 Kg/cm ²
Resistenza di progetto [Rd]	2.79 Kg/cm ²
Fattore sicurezza [Fs=Qult/Ed]	--

COEFFICIENTE DI SOTTOFONDAZIONE BOWLES (1982)

Costante di Winkler	2.57 Kg/cm ³
---------------------	-------------------------

A1+M1+R3

Autore: TERZAGHI (1955) (Condizione non drenata)

=====

PARAMETRI GEOTECNICI DI CALCOLO

=====

Peso unità di volume	2000.0 Kg/m ³
Peso unità di volume saturo	2200.0 Kg/m ³
Angolo di attrito	0.0 °
Coesione	0.84 Kg/cm ²

=====

Fattore [Nq]	1.0
Fattore [Nc]	5.7
Fattore forma [Sc]	1.3
Fattore forma [Sg]	0.8
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	1.0

=====

Carico limite	6.42 Kg/cm ²
Resistenza di progetto	2.79 Kg/cm ²

=====

CEDIMENTI ELASTICI

=====

Pressione normale di progetto	0.8 Kg/cm ²
Spessore strato	1.0 m
Profondità substrato roccioso	32.0 m
Modulo Elastico	161.0 Kg/cm ²
Coefficiente di Poisson	0.25

=====

Coefficiente di influenza I1	0.14
Coefficiente di influenza I2	0.05
Coefficiente di influenza Is	0.18

=====

Cedimento al centro della fondazione **2.03 mm**

=====

Coefficiente di influenza I1	0.06
Coefficiente di influenza I2	0.05
Coefficiente di influenza Is	0.1
Cedimento al bordo	0.56 mm

11. Conclusioni

Come indicato nel capitolo 1, l'intervento riguarda la realizzazione di una nuova struttura presso l'auditorium di Cerredolo, nel Comune di Toano (RE).

Il presente elaborato ha come obiettivo quello di fornire i parametri geotecnici, litologici, sismici e le caratteristiche geologiche del terreno dell'area indagata a supporto di una corretta progettazione.

Così come indicato nel capitolo 4, per definire una sequenza stratigrafica e ottenere un modello del terreno con diversi spessori di caratteristiche geotecniche-litologiche proprie, sono state utilizzate indagini geognostiche limitrofe e dati di bibliografia.

Dalle indagini sismiche è poi stato possibile attribuire al sottosuolo la categoria sismica C.

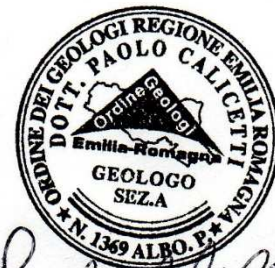
Per quanto riguarda la stratigrafia e la litologia dell'area, come indicato nel capitolo 5, dalle prove penetrometriche è stato possibile determinare intercalazioni argillo limose da poco a molto consistenti fino a c.a 4,2 m dal p.c e argille marnose molto consistenti fino alla profondità massima raggiunta di 6,2 metri dal p.c.

In cap. 10 si riporta una stima di capacità portante del terreno ipotizzando di realizzare fondazioni superficiali.

A seguito di quanto riportato si può quindi affermare che l'area sia idonea, da un punto di vista geologico alla realizzazione del progetto proposto.

Palagano, maggio 2025

Paolo Geol. Calicetti



Paolo Calicetti

Allegati

Tavola 1- Elaborazione dei dati di campagna delle prove penetrometriche

PROVA ... Nr.1

Strumento utilizzato... DPSH TG 63-200 PAGANI
 Prova eseguita in data 06/05/2025
 Profondita' prova 6,20 mt
 Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondita' (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm ²)	Res. dinamica (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)
0,20	1	0,855	8,98	10,51	0,45	0,53
0,40	1	0,851	8,94	10,51	0,45	0,53
0,60	2	0,847	16,34	19,29	0,82	0,96
0,80	6	0,843	48,80	57,86	2,44	2,89
1,00	21	0,740	149,81	202,51	7,49	10,13
1,20	17	0,786	128,90	163,94	6,44	8,20
1,40	8	0,833	64,25	77,15	3,21	3,86
1,60	5	0,830	36,96	44,55	1,85	2,23
1,80	7	0,826	51,54	62,38	2,58	3,12
2,00	8	0,823	58,68	71,29	2,93	3,56
2,20	3	0,820	21,92	26,73	1,10	1,34
2,40	2	0,817	14,56	17,82	0,73	0,89
2,60	2	0,814	13,49	16,56	0,67	0,83
2,80	2	0,811	13,44	16,56	0,67	0,83
3,00	2	0,809	13,39	16,56	0,67	0,83
3,20	3	0,806	20,03	24,85	1,00	1,24
3,40	3	0,803	19,96	24,85	1,00	1,24
3,60	3	0,801	18,59	23,21	0,93	1,16
3,80	4	0,798	24,70	30,94	1,24	1,55
4,00	4	0,796	24,63	30,94	1,23	1,55
4,20	4	0,794	24,56	30,94	1,23	1,55
4,40	7	0,791	42,86	54,15	2,14	2,71
4,60	4	0,789	22,91	29,03	1,15	1,45
4,80	5	0,787	28,56	36,28	1,43	1,81
5,00	6	0,785	34,18	43,54	1,71	2,18
5,20	8	0,783	45,46	58,06	2,27	2,90
5,40	8	0,781	45,34	58,06	2,27	2,90
5,60	8	0,779	42,60	54,67	2,13	2,73
5,80	7	0,777	37,18	47,84	1,86	2,39
6,00	9	0,775	47,70	61,51	2,38	3,08
6,20	52	0,574	203,89	355,37	10,19	17,77

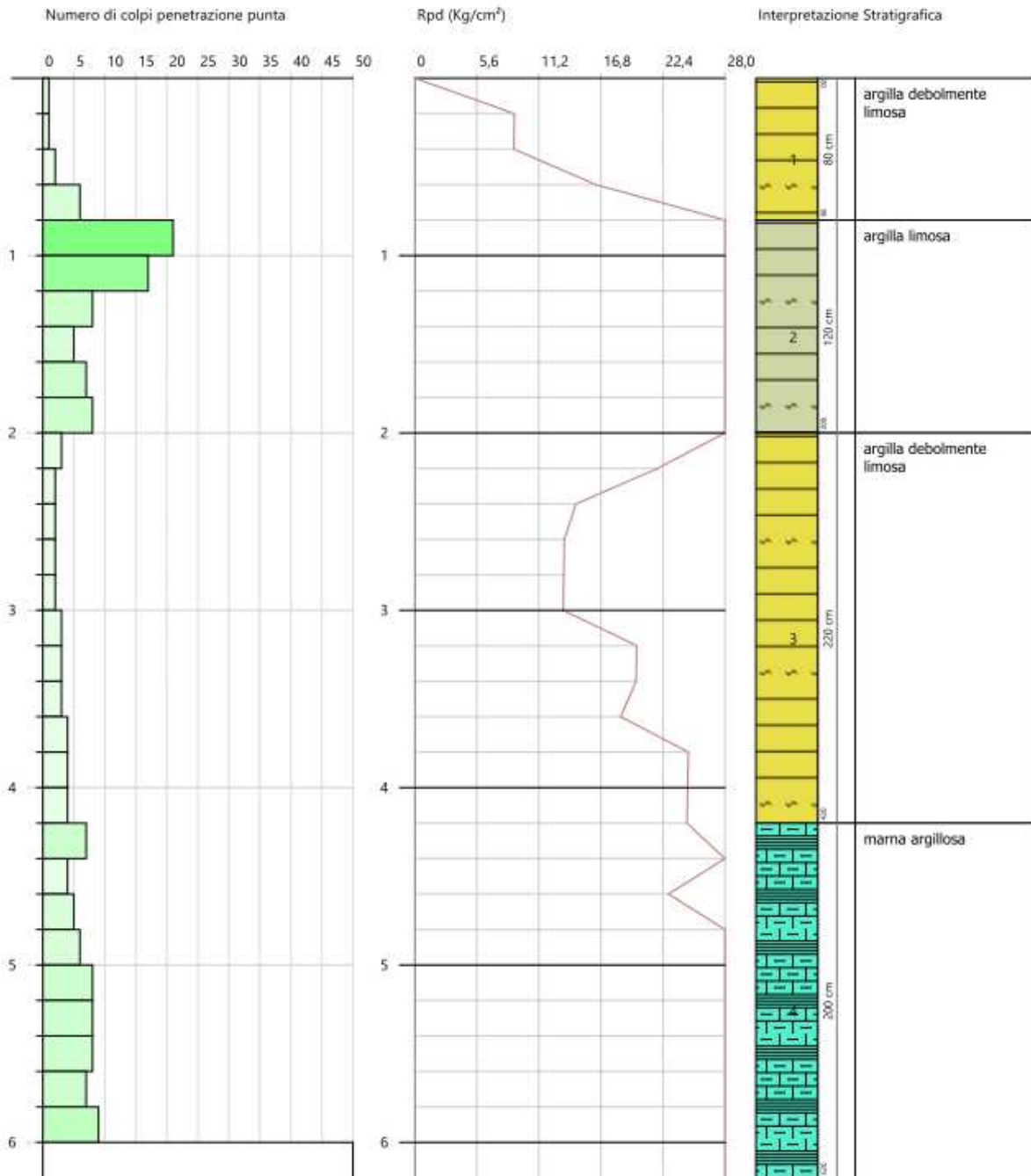
Prof. Strato (m)	Nspt	Tipo	Peso Unita' di Volume (t/m ³)	Peso Unita' di Volume Saturo	Angolo d'attrito Fi (°)	Coesione non drenata Cu	Modulo Edometrico (Kg/cm ²)	Modulo Elastico (Kg/cm ²)
0,8	3,68	Coesivo	1,68	1,87	0	0,36	39,33	36,8
2,0	16,17	Coesivo	2,08	2,29	0	1,6	166,72	161,7
4,2	4,28	Coesivo	1,72	1,87	0	0,42	45,45	42,8
6,2	16,76	Coesivo	2,08	2,29	0	1,66	172,73	167,6

Tav.1.1- Elaborazione dei parametri della DPSH 1

Committente: Comune di Toano
 Descrizione: Realizzazione di una nuova tettoia
 Località: Cerredolo di Toano

06/05/2025

Scala 1:35



Tav. 1.2- Colonna stratigrafica DPSH 1.

PROVA ... Nr.2

Strumento utilizzato... DPSH TG 63-200 PAGANI
 Prova eseguita in data 24/04/2025
 Profondita' prova 4,60 mt
 Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondita' (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm ²)	Res. dinamica (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)
0,20	2	0,855	17,96	21,01	0,90	1,05
0,40	2	0,851	17,88	21,01	0,89	1,05
0,60	4	0,847	32,67	38,57	1,63	1,93
0,80	4	0,843	32,53	38,57	1,63	1,93
1,00	3	0,840	24,29	28,93	1,21	1,45
1,20	6	0,836	48,39	57,86	2,42	2,89
1,40	3	0,833	24,10	28,93	1,20	1,45
1,60	3	0,830	22,18	26,73	1,11	1,34
1,80	3	0,826	22,09	26,73	1,10	1,34
2,00	3	0,823	22,01	26,73	1,10	1,34
2,20	3	0,820	21,92	26,73	1,10	1,34
2,40	3	0,817	21,84	26,73	1,09	1,34
2,60	3	0,814	20,23	24,85	1,01	1,24
2,80	9	0,811	60,48	74,54	3,02	3,73
3,00	7	0,809	46,88	57,97	2,34	2,90
3,20	9	0,806	60,08	74,54	3,00	3,73
3,40	10	0,803	66,54	82,82	3,33	4,14
3,60	13	0,751	75,51	100,56	3,78	5,03
3,80	8	0,798	49,41	61,88	2,47	3,09
4,00	11	0,796	67,73	85,09	3,39	4,25
4,20	10	0,794	61,40	77,36	3,07	3,87
4,40	12	0,791	73,47	92,83	3,67	4,64
4,60	50	0,589	213,80	362,85	10,69	18,14

Prof. Strato (m)	Nspt	Tipo	Peso Unita' di Volume (t/m ³)	Peso Unita' di Volume Saturo	Angolo d'attrito Fi (°)	Coesione non drenata Cu	Modulo Edometrico (Kg/cm ²)	Modulo Elastico (Kg/cm ²)
2,8	5,35	Coesivo	1,78	1,88	0	0,52	56,36	53,5
4,6	21,23	Coesivo	2,1	2,12	0	2,1	218,33	212,3

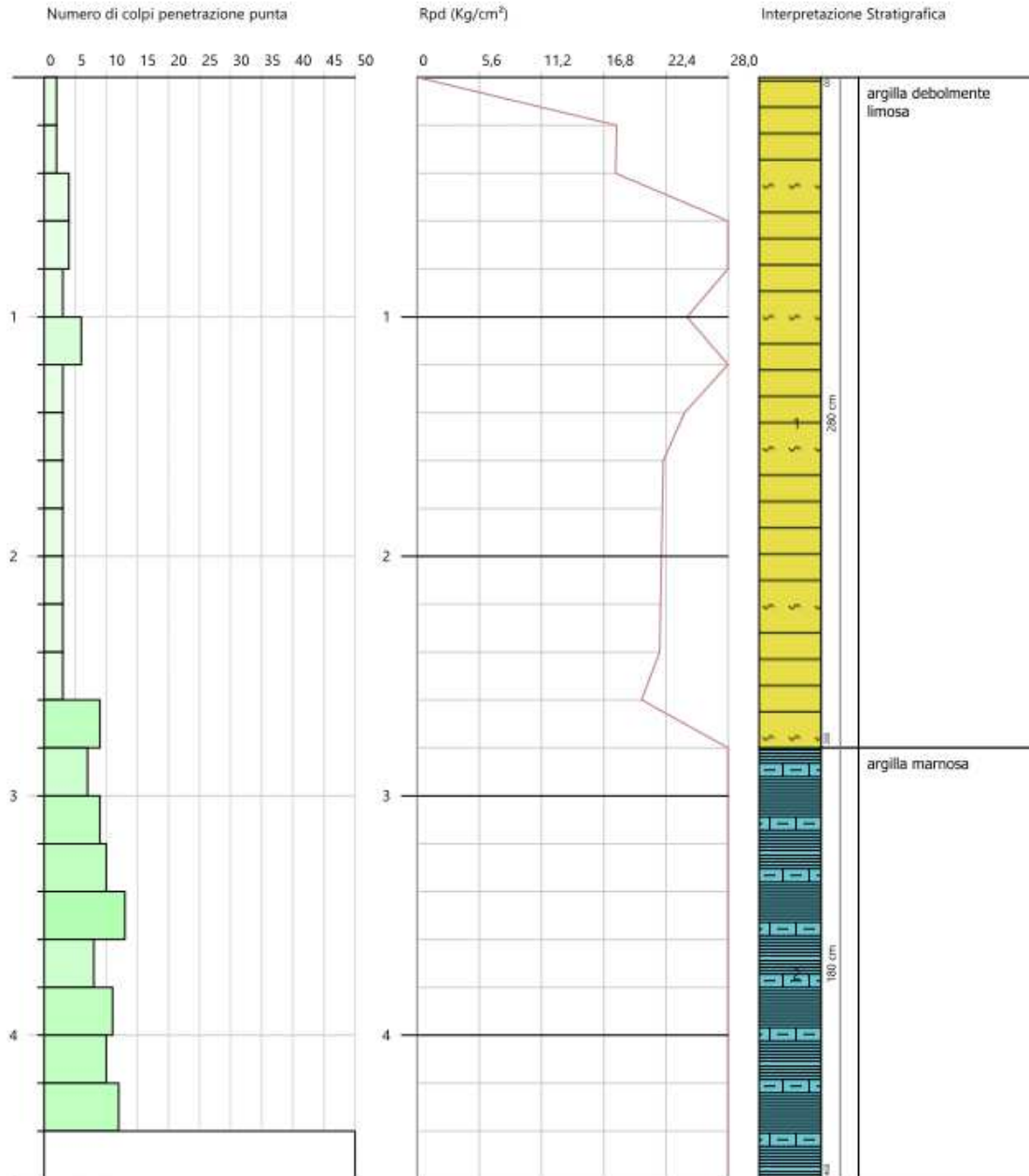
Tav.1.3- Elaborazione dei parametri della DPSH 2

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.2
 Strumento utilizzato... DPSH TG 63-200 PAGANI

Committente: Comune di Toano
 Descrizione: Realizzazione di una nuova tettoia
 Località: Cerredolo di Toano

24/04/2025

Scala 1:26



Tav. 1.4- Colonna stratigrafica DPSH 2

Tavola 2- Elaborazione acquisizione HVSR

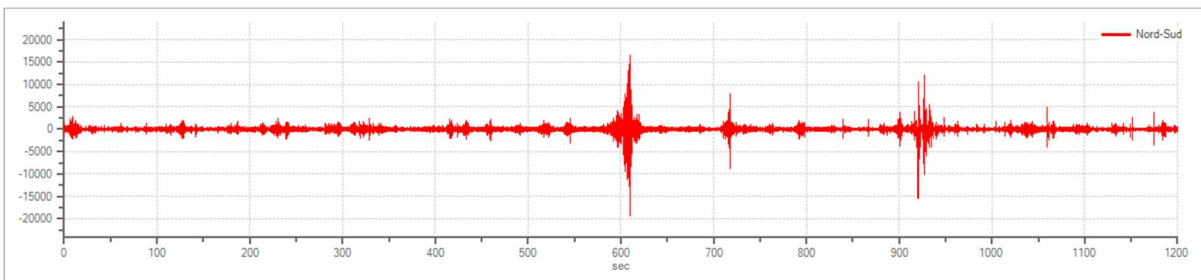
Dati generali

Località: Cerredolo, Toano (RE)- Realizzazione copertura Auditorium
Responsabile: Geol. Calicetti Paolo
Data: 06/05/2025

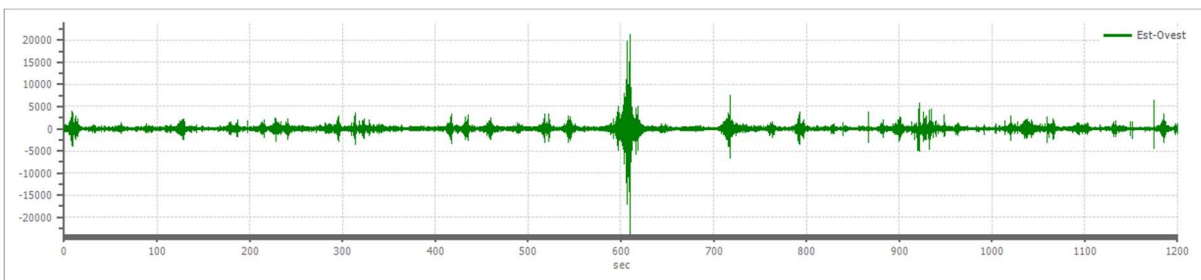
Tracce in input

Dati riepilogativi:
Numero tracce: 3
Durata registrazione: 1200 s
Frequenza di campionamento: 300.00 Hz
Numero campioni: 360000
Direzioni tracce: Nord-Sud; Est-Ovest; Verticale.

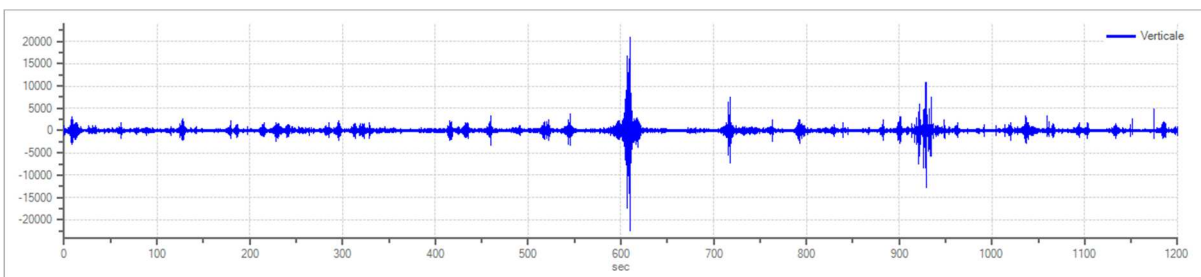
Grafici tracce:



Traccia in direzione Nord-Sud



Traccia in direzione Est-Ovest



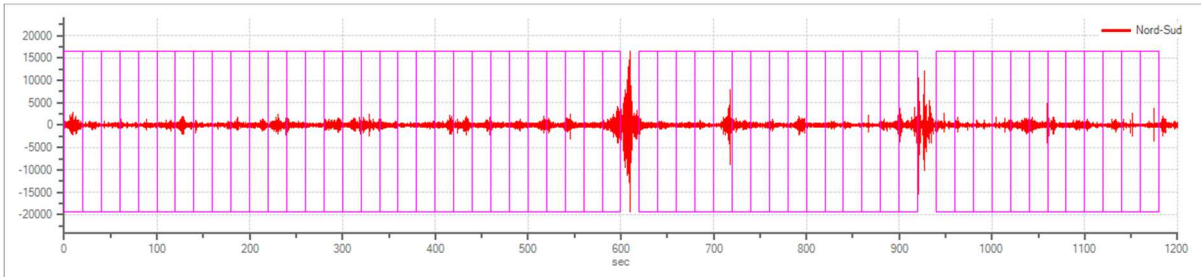
Traccia in direzione Verticale

Finestre selezionate

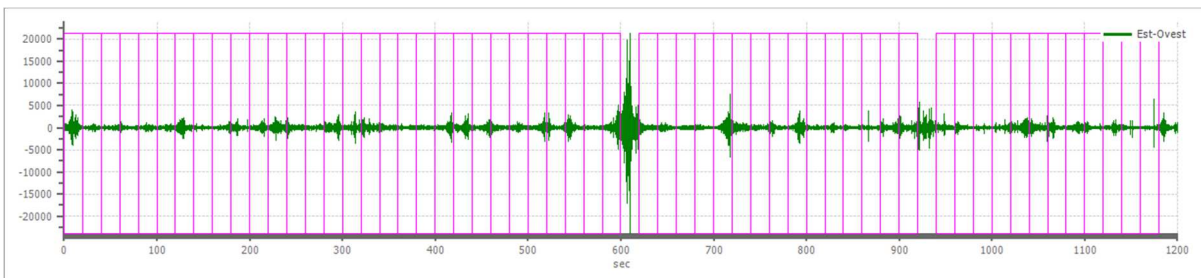
Dati riepilogativi:

Numero totale finestre selezionate: 57
Numero finestre incluse nel calcolo: 57
Dimensione temporale finestre: 20.000 s
Tipo di lisciamento: Triangolare proporzionale
Percentuale di lisciamento: 10.00 %

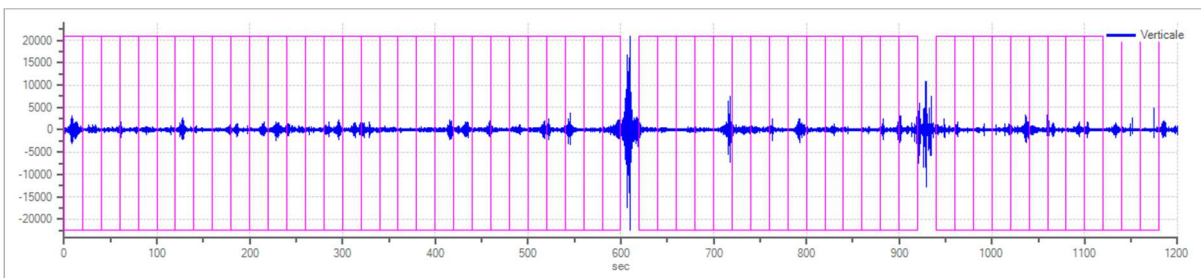
Grafici tracce con finestre selezionate:



Traccia e finestre selezionate in direzione Nord-Sud

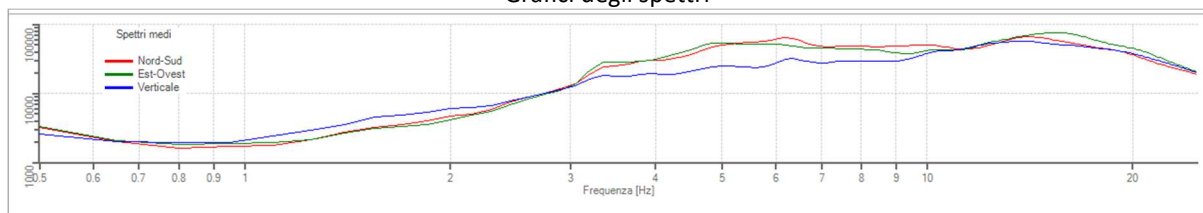


Traccia e finestre selezionate in direzione Est-Ovest



Traccia e finestre selezionate in direzione Verticale

Grafici degli spettri



Spettri medi nelle tre direzioni

Rapporto spettrale H/V

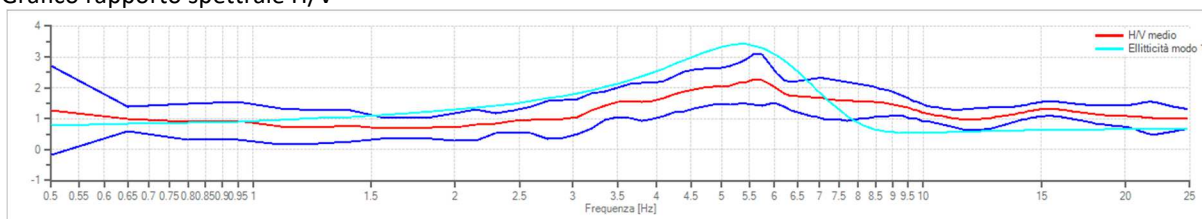
Dati riepilogativi:

Frequenza massima: 25.00 Hz
 Frequenza minima: 0.50 Hz
 Passo frequenze: 0.15 Hz
 Tipo lisciamento:: Triangolare proporzionale
 Percentuale di lisciamento: 10.00 %
 Tipo di somma direzionale: Media aritmetica

Risultati:

Frequenza del picco del rapporto H/V: 5.60 Hz \pm 0.36 Hz

Grafico rapporto spettrale H/V



Rapporto spettrale H/V e suo intervallo di fiducia

Verifiche SESAME:

Verifica	Esito
$f_0 > 10/l_w$	Ok
$n_c(f_0) > 200$	Ok
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5 \cdot f_0 < f < 2 \cdot f_0$ se $f_0 > 0.5H$	Ok
$\sigma_A(f) < 3$ per $0.5 \cdot f_0 < f < 2 \cdot f_0$ se $f_0 < 0.5H$	Ok
Tutti e tre i criteri devono essere verificati per ritenere l'acquisizione valida	
$\exists f^- \in [f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f^-) < A_0/2$	Ok
$\exists f^+ \in [f_0, 4 \cdot f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0/2$	Ok
$A_0 > 2$	Ok
$f_{picco}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	Ok
$\sigma_f < \varepsilon(f)$	Ok
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	Ok
Almeno 5/6 dei criteri dovrebbero essere verificati per ritenere chiaro il picco	

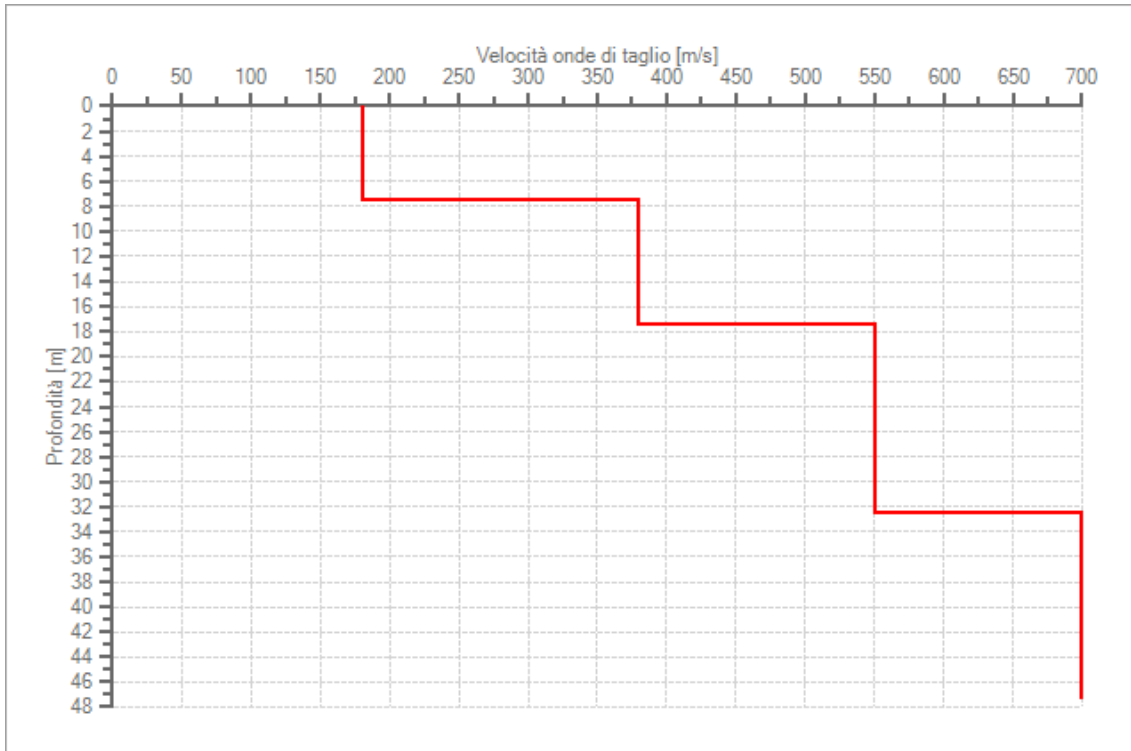
Modello stratigrafico

Numero strati: 4
 Frequenza del picco dell'ellitticità: 5.30 Hz
 Valore di disadattamento: -1.00
 Valore Vseq: 330.73 m/s

Dati della stratigrafia:

Strato	Profondità [m]	Spessore [m]	Peso per Unità di Vol. [kN/m ³]	Coeff. di Poisson	Velocità onde di taglio [m/s]
--------	----------------	--------------	---	-------------------	-------------------------------

1	0	7.5	18	0.3	180
2	7.5	10	19	0.3	380
3	17.5	15	22	0.3	550
4	32.5	15	22	0.3	700



Profilo delle velocità delle onde di taglio.