

ELABORATO  
RELAZIONE GEOLOGICA

RAPPORTO  
F.S.

NUMERO  
ST05



COMMITTENTE  
COMUNE DI TOANO  
Corso Trieste 65, 42010 Toano (RE)

RESPONSABILE UNICO DEL PROCEDIMENTO  
Geometra BONDI ERICA  
Corso Trieste 65 42010 Toano (RE)

PROGETTO  
RISTRUTTURAZIONE E RIUSO  
EX AMBULATORI COMUNALI  
(PROGETTO ESECUTIVO)

LUOGO  
CORSO TRIESTE, TOANO (F.54, P.793)

PRATICA  
195-24

FASE  
ESECUTIVA

DATA  
6/05/2024

GRUPPO DI LAVORO

## TOANO 24

PROGETTO ARCHITETTONICO  
E COORDINAMENTO  
GRUPPO SPECIALISTI

Architetto  
LUIGI MONTI  
Via M.K.Gandhi 22  
42123 Reggio Emilia  
0522 286842

IMPIANTI ELETTRICI

Perito industriale  
BAZZOLI CRISTIAN  
Via C.Monzani 1  
42035 Castelnovo ne'  
Monti (RE) 0522 572763

COORDINAMENTO SICUREZZA

Geometra  
BELLI SIMONE  
Via L'Oca 21/1  
42010 Cavola di Toano  
(RE) 339 1375517

IMPIANTI TERMIDRAULICI

Perito industriale  
CECCARDI CORRADO  
Via C.Monzani 1  
Via Brigata Reggio 24  
42124 Reggio Emilia

GEOLOGIA

GEOLOGO  
**CALICETTI  
PAOLO**  
Albo Professionale  
della Emilia Romagna n°1369  
Via Lombardia, 46  
41051 Castelnovo Rangone (MO)

STRUTTURE

Ingegnere  
DEL RIO SIMONE  
Via Fontanesi 18/b  
42035 Castelnovo ne' Monti  
(RE) 333 3099069



**STUDIO GEOLOGICO CALICETTI PAOLO**

VIA LOMBARDIA 46, CASTELNUOVO RANGONE, 41051 (MO)

CLCPLA85H14G393Q

**Telefono: 3476656452**

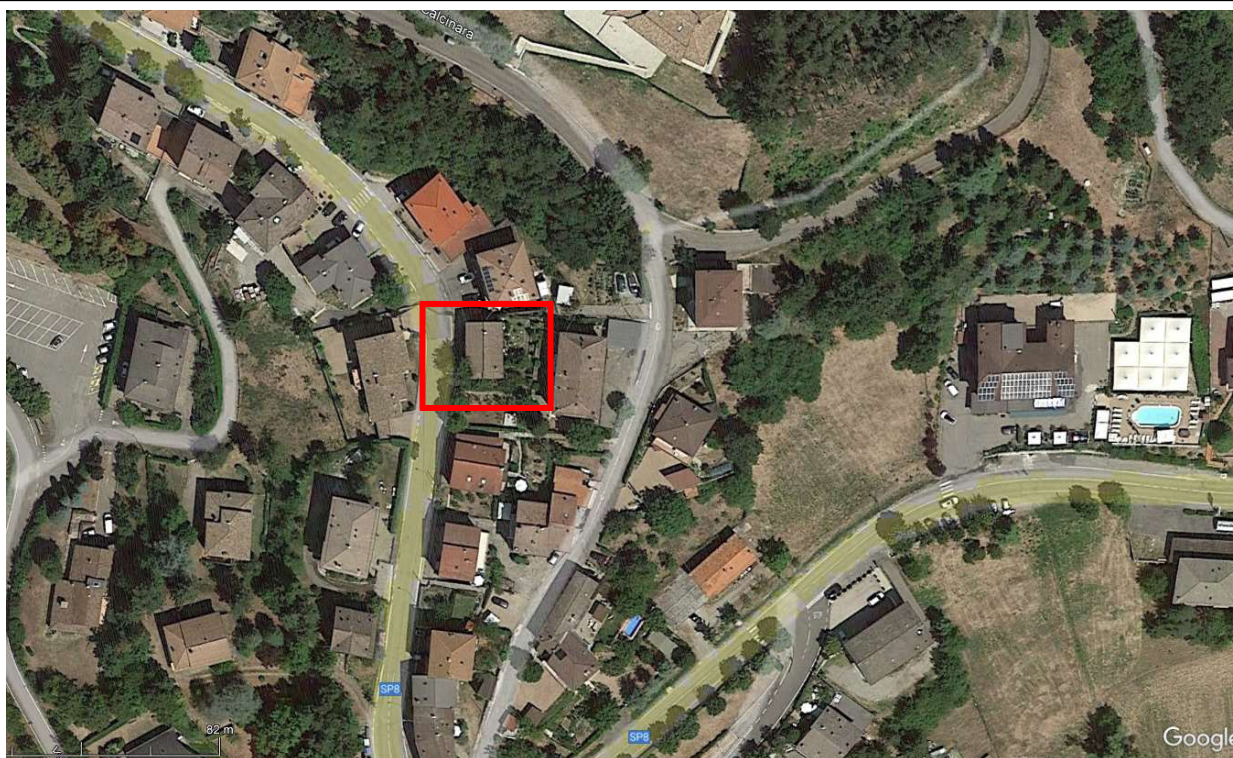
P.I 03533010363

E-mail: [paolo.calicetti@gmail.com](mailto:paolo.calicetti@gmail.com)

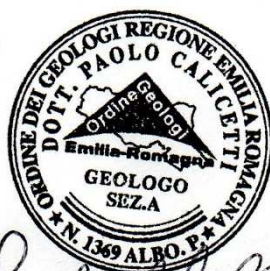
## RELAZIONE GEOLOGICA, GEOTECNICA E SISMICA

**OGGETTO:** RISTRUTTURAZIONE E RIUSO DEGLI EX AMBULATORI COMUNALI

**LUOGO:** Corso Trieste, Toano (RE)



Il tecnico: Calicetti Geol. Paolo



*Paolo Calicetti*

MAGGIO 2024

## Sommario

Sommario .....	1
1. Introduzione .....	3
2. Inquadramento dell'area.....	3
2.1 Inquadramento geografico.....	3
2.2 Inquadramento geologico e geomorfologico .....	5
3. Realizzazione del progetto .....	8
4. Indagini di cantiere .....	8
4.1 Prova penetrometrica dinamica .....	11
5. Modello geotecnico e litologico del terreno .....	12
6. Inquadramento sismico .....	13
6.1 Sismicità del territorio Comunale.....	18
6.2 Fenomeni di amplificazione sismica .....	19
7. Azione sismica di base al DM 17/01/2018 .....	20
8.Indagini geofisiche.....	22
9.Azione sismica in superficie.....	23
10. Vincolo idrogeologico .....	26
11. Stima della capacità portante.....	26
12. Conclusioni .....	29
Tavola 1- Elaborazione dei dati di campagna delle prove penetrometriche .....	32
Tavola 2- Elaborazione acquisizione HVSR .....	34

## 1. Introduzione

Il presente elaborato è redatto in ottemperanza al D.M 17 gennaio 2018 NTC, 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).

Nel mese di maggio 2024 su incarico del tecnico progettista e dell'amministrazione comunale di Toano è stato redatto il presente documento finalizzato a determinare i parametri geotecnici e sismici per le verifiche all'interazione opera-terreno riguardanti il progetto esecutivo per il riuso di una struttura esistente nel Comune di Toano. Il modello così ricreato permetterà di definire le linee progettuali in funzione alle condizioni litologiche e morfologiche dell'area in oggetto, mettendo in evidenza le eventuali criticità geologiche.

## 2. Inquadramento dell'area

### 2.1 Inquadramento geografico

L'area oggetto d'indagine, vedi fig. 2.1.1 è situata in Corso Trieste, nel Comune di Toano in provincia di Reggio Emilia. Il sito attualmente è costituito da dalla struttura che ospitava gli ambulatori medici del comune, ora in stato fatiscente, in un'area centrale del Comune a monte della S.P 8, come consultabile nella seguente cartografia:

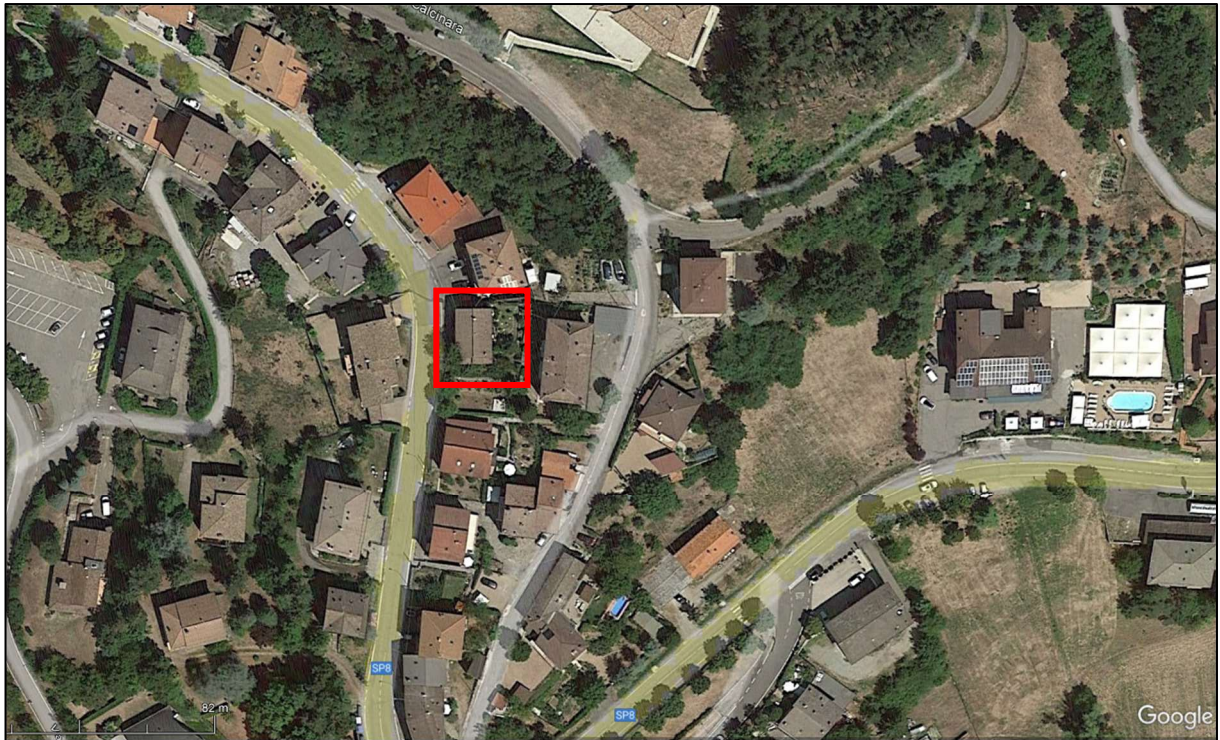
Elemento n° 235031 TOANO alla scala 1:5.000 fig.2.1.2

Sezione n° 235030 TOANO alla scala 1:10.000

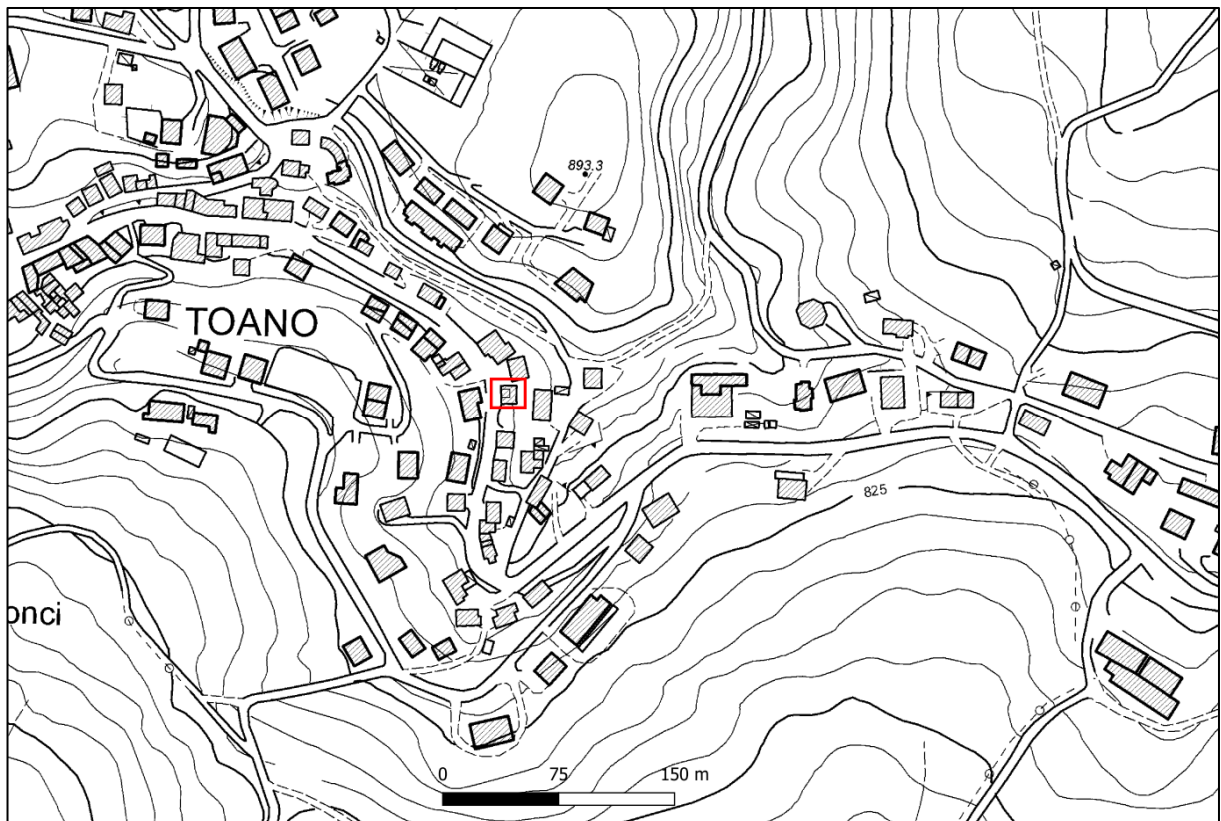
Tavola n° 235 ne MONTEFIORINO in scala 1:25.000 fig. 2.1.3

FG. 54; particella 62





*Fig. 2.1.1- Area oggetto d'indagine-ortofoto satellitare tratta da google earth.*



*Fig. 2.1.2- Elemento n° 235031 TOANO alla scala 1:5.000*

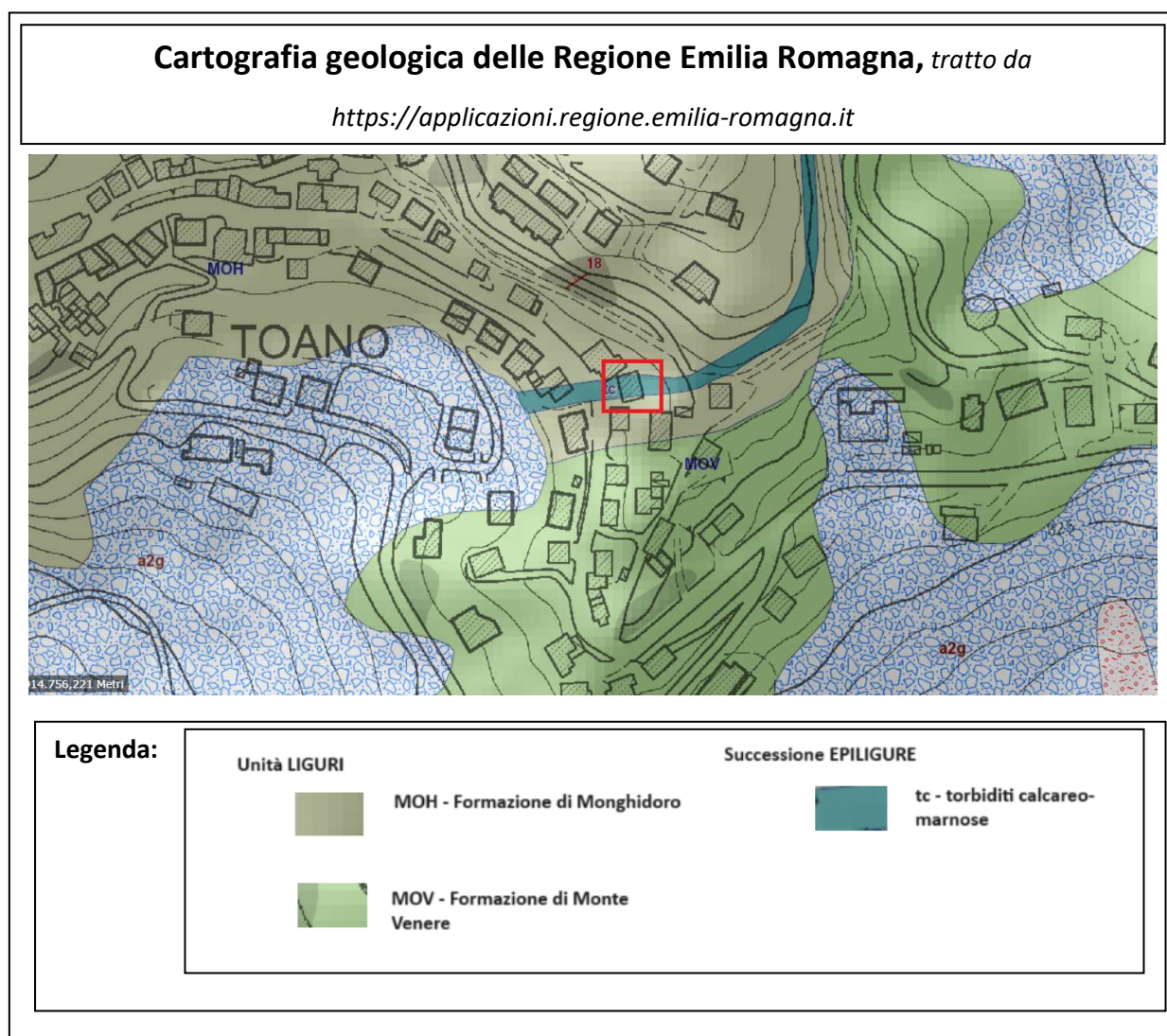
Per la caratterizzazione geologica del sito in esame si fa riferimento alla “Carta Geologica della Regione Emilia Romagna” di cui si riporta un estratto a seguito in fig. 2.2.1 alla scala 1:5.000. Dal punto di vista geologico sono presenti litologie appartenenti alle Unità Liguri ed Epiliguri in particolare:

Ammassi rocciosi strutturalmente ordinati costituiti da alternanze tra livelli lapidei (Es: arenarie cementate, calcareniti, calcilutiti ecc.) e livelli pelitici con livelli lapidei prevalenti: rapporto  $l/p > 3$

Ammassi rocciosi strutturalmente ordinati costituiti da alternanze tra livelli lapidei (Es: arenarie cementate, calcareniti, calcilutiti ecc.) e livelli pelitici con rapporto tra livelli lapidei e livelli pelitici  $3 > l/p > 1/3$

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 calcareo-marnosi. Regolari intercalazioni di megatorbiditi calcareo-marnose in strati spessi fino a 15 m. Le areniti hanno composizione arcossica 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 siltoso-marnose in strati sottili. Torbiditi di ambiente marino profondo. Potenza fino a 600 m.





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

Per quanto riguarda l'aspetto geomorfologico, l'area oggetto d'indagine è ubicata a mezza costa di un versante con declivio in direzione sud-ovest ad una quota compresa tra 850 m s.l.m.

Il sito si trova alla sinistra idrografica Torrente Dolo ed i principali rilievi sono M. Castello 944 m, M.Castagna 848 m, M. Croce 740 m.Dal sopralluogo effettuato dallo scrivente non sono stati individuati segni di cedimenti o scorrimenti imputabili a fenomeni gravitativi. L'assenza di frane attive o quiescenti viene confermata nella precedente cartografia geologica in fig. 2.2.1 e nell'estratto del PTCP 2010 della provincia di Reggio Emilia a seguito presentato in fig. 2.2.3.

L'area non è soggetta al vincolo idrogeologico, vedi estratto in fig. 2.2.3.



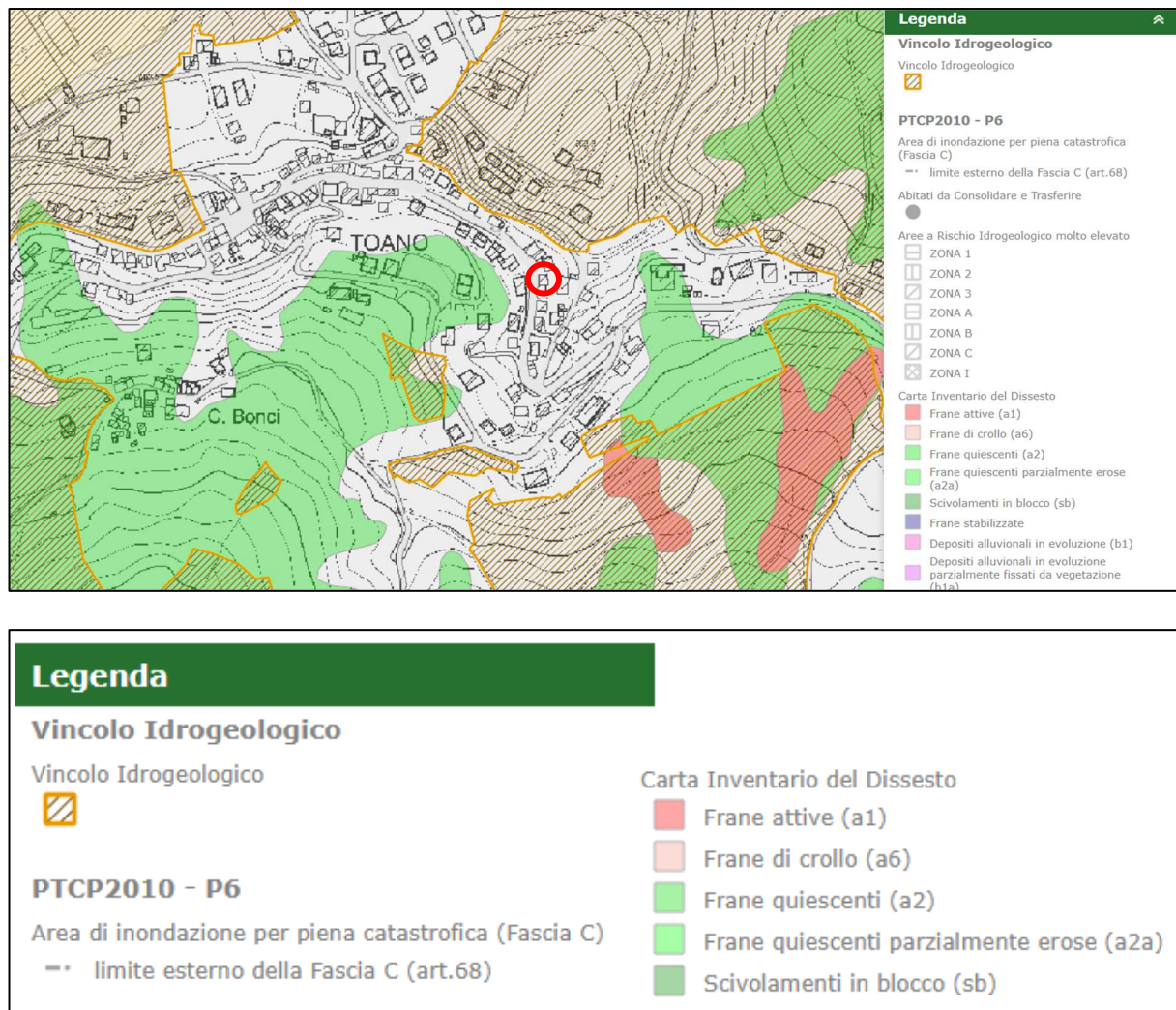


Fig. 2.2.3- La cartografia riporta come l'area non sia soggetta a vincolo idrogeologico e non sia interessata da fenomeni gravitativi.

### 3. Realizzazione del progetto

Il progetto consiste nella ristrutturazione e riuso della struttura che ospitava gli ex ambulatori comunali.

### 4. Indagini di cantiere

Per la determinazione dei parametri geotecnici, geofisici e litologici del sito, è stata eseguita una prova penetrometrica dinamica DPSH con un penetrometro cingolato Pagani TG-63 200KN (fig. 4.1) e un'indagine sismica di tipo passivo (fig. 4.2), in particolare:

DPSH N°1: - 3,2 m

N°1 prova sismica HVSR.

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 misurata la frequenza caratteristica del terreno dalla quale è stata derivata la velocità di propagazione delle onde superficiali di taglio  $V_{SEQ}$  necessaria per definire la classe sismica del sito, 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 viene riportata in fig. 4.3. Le indagini sono state effettuate in modo tale da avere una sezione rappresentativa del volume d'intervento. È stata individuata la presenza di acqua a -1,1 m di profondità nel foro della DPSH.

Nella tav.1 in allegato sono riportati i grafici e le tabelle riguardanti le prove penetrometriche eseguite, corredate dell'elaborazione geotecnica e litostratigrafica. Mentre nella tav. 2 viene riportata l'elaborazione sismica.



*Fig. 4.1- DPSH*





*Fig. 4.2- Acquisizione HVSR*



*Fig. 4.3- 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 <sup>2</sup>
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%.

<u>Profondità da P.C (m)</u>	<u>Descrizione materiale</u>	<u>Parametri</u>	
<b>P.C- 0,2</b>	<b>Pavimentazione</b>	-	-
<b><u>STRATO 1</u></b> <b>0,2-1,2 m</b>	<b>Argille debolmente limose moderatamente consistenti</b>	<b><u>RD</u></b>	<b>33,1 kg/cm<sup>2</sup></b>
		<b><u>Cu</u></b>	<b>0,48 kg/cm<sup>2</sup></b>
		<b><u>Cu<sub>k</sub></u></b>	<b>0,27 kg/cm<sup>2</sup></b>
		<b><u>Ang. attrito</u></b>	<b>24,6°</b>
		<b><u>Ang. Attrito<sub>k</sub></u></b>	<b>24°</b>
		<b><u>C'</u></b>	<b>0,5 kg/cm<sup>2</sup></b>
		<b><u>NSPT</u></b>	<b>4,9</b>
		<b><u>ME</u></b>	<b>51,7 Kg/cm<sup>2</sup></b>
		<b><u>ME<sub>k</sub></u></b>	<b>46,6 Kg/cm<sup>2</sup></b>
		<b><u>Mod. young</u></b>	<b>36 Kg/cm<sup>2</sup></b>
		<b><u>γ<sub>d</sub></u></b>	<b>20 kN/m<sup>3</sup> ≈ 2039 kg/m<sup>3</sup></b>
		<b><u>γ<sub>s</sub></u></b>	<b>22 kN/m<sup>3</sup> ≈ 2243 kg/m<sup>3</sup></b>
		<b><u>Mod. Poisson</u></b>	<b>0,30</b>
		<b><u>Kh</u></b>	<b>2 kg/cm<sup>3</sup></b>
		<b><u>Ko</u></b>	<b>4 kg/cm<sup>3</sup></b>
<b><u>STRATO 2</u></b> <b>-1,2-2,8 m</b>	<b>Argille limose molto consistenti</b>	<b><u>RD</u></b>	<b>97,8 kg/cm<sup>2</sup></b>
		<b><u>Cu</u></b>	<b>1,6 kg/cm<sup>2</sup></b>
		<b><u>Cu<sub>k</sub></u></b>	<b>0,88 kg/cm<sup>2</sup></b>
		<b><u>Ang. attrito</u></b>	<b>28,1°</b>
		<b><u>Ang. Attrito terra/muro</u></b>	<b>23,4°</b>
		<b><u>Ang. Attrito<sub>k</sub></u></b>	<b>27°</b>
		<b><u>C'</u></b>	<b>0,16 kg/cm<sup>2</sup></b>

		<u>NSPT</u>	16,1
		<u>ME</u>	166 Kg/cm <sup>2</sup>
		<u>ME<sub>k</sub></u>	106 Kg/cm <sup>2</sup>
		<u>Mod. young</u>	165 Kg/cm <sup>2</sup>
		<u>γ<sub>d</sub></u>	20 kN/m <sup>3</sup> ≈ 2039 kg/m <sup>3</sup>
		<u>γ<sub>s</sub></u>	22 kN/m <sup>3</sup> ≈ 2243 kg/m <sup>3</sup>
		<u>Mod. Poisson</u>	0,29
		<u>Kh</u>	4 kg/cm <sup>3</sup>
		<u>Ko</u>	8 kg/cm <sup>3</sup>
STRATO 3  -2,8- 3,2 m	Marne Argillose	<u>RD</u>	340 kg/cm <sup>2</sup>
		<u>Cu</u>	-
		<u>Ang. attrito</u>	33°
		<u>Ang. Attrito<sub>k</sub></u>	28°
		<u>C'</u>	-
		<u>NSPT</u>	60,3
		<u>ME</u>	616 Kg/cm <sup>2</sup>
		<u>ME<sub>k</sub></u>	106 Kg/cm <sup>2</sup>
		<u>Mod. young</u>	672 Kg/cm <sup>2</sup>
		<u>γ<sub>d</sub></u>	22 kN/m <sup>3</sup> ≈ 2243 kg/m <sup>3</sup>
		<u>γ<sub>s</sub></u>	24 kN/m <sup>3</sup> ≈ 2449 kg/m <sup>3</sup>
		<u>Mod. Poisson</u>	0,28
		<u>Kh</u>	10 kg/cm <sup>3</sup>
		<u>Ko</u>	12 kg/cm <sup>3</sup>
<b>Legenda:</b>	γ <sub>s</sub> , γ <sub>d</sub> - Peso specifico saturo e drenato; RD- Resistenza dinamica; Cu, C'- coesione non drenata e drenata (Schmertmanni); Angolo d'attrito (De Mello); ME- Modulo edometrico (Sanglerat); Mod. Young (Apollonia); Kh, Ko coefficiente Winkler verticale e orizzontale (Pozzati e Bowles); k indica il valore caratteristico del parametro dove è stato possibile calcolarlo.		

Tab.5- Vengono riassunti i parametri geotecnici delle DPSH.

## 6. Inquadramento sismico

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..

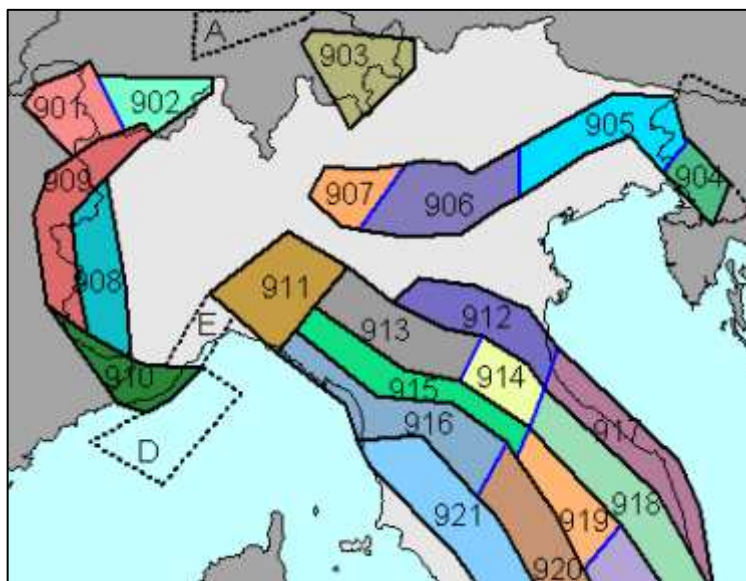


Fig.6- L’area ricade nella Zona 913 in riferimento alla macrozonazione ZS9.

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 con la tabella 2 dell'Allegato A4 della DAL n. 112 del 2.5.2007 e successivo aggiornamento DGR 2193 del 21 dicembre 2015, dove viene indicato per il Comune di Toano un valore di  $A_{ref}$  (g) di 0,162.

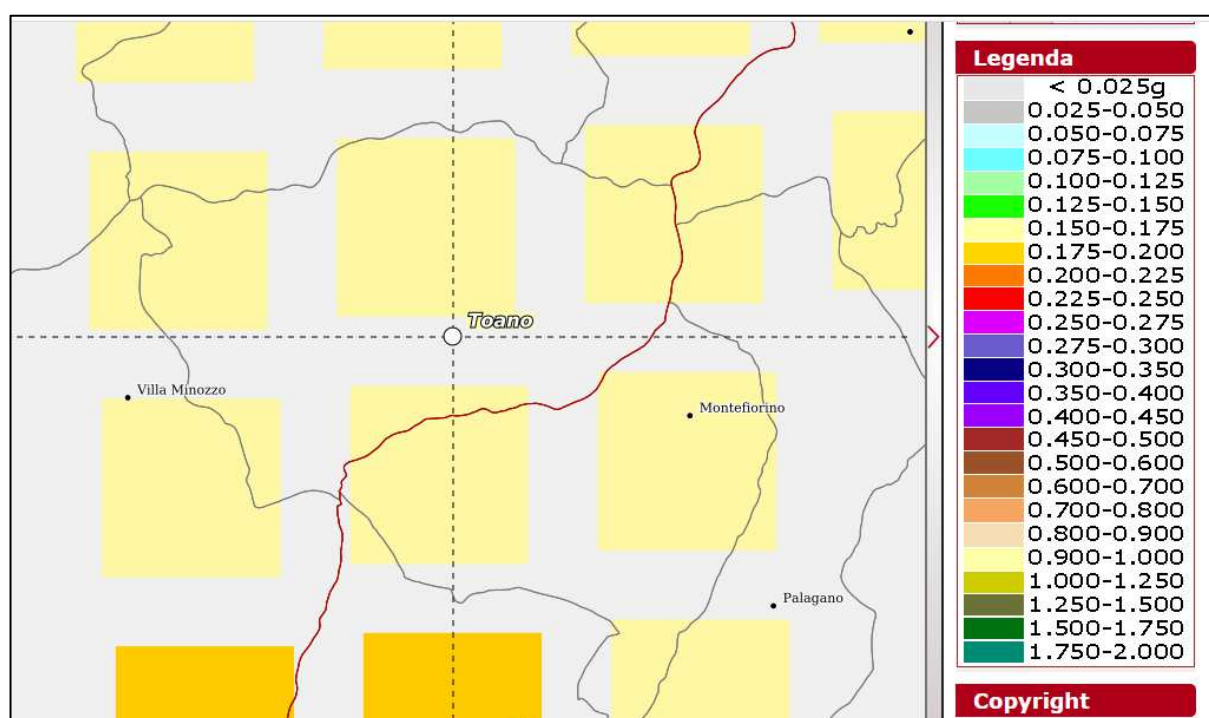


Fig.6a- Stralcio della Mappa di pericolosità sismica del Comune di Toano espressa in termini di  $a(g)$  per un tempo di ritorno di 475 anni.

Come riportato in fig. 6b tratta 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).

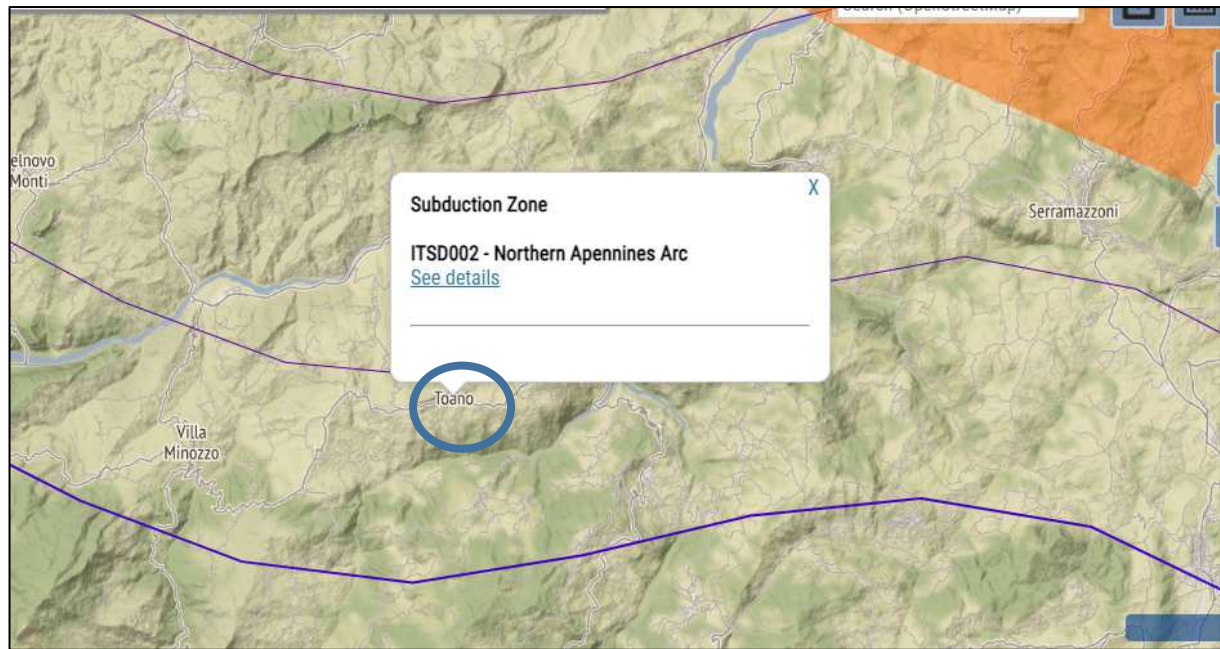
Da un punto di vista sismotettonico, la geometria dell'interfaccia rappresentata da ITSD002 è intesa a catturare sia i terremoti associati all'interfaccia stessa, sia i terremoti localizzati all'interno dello spessore crostale della placca inferiore sottostante, per i quali non è possibile definire la 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 composita.*

#### 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).

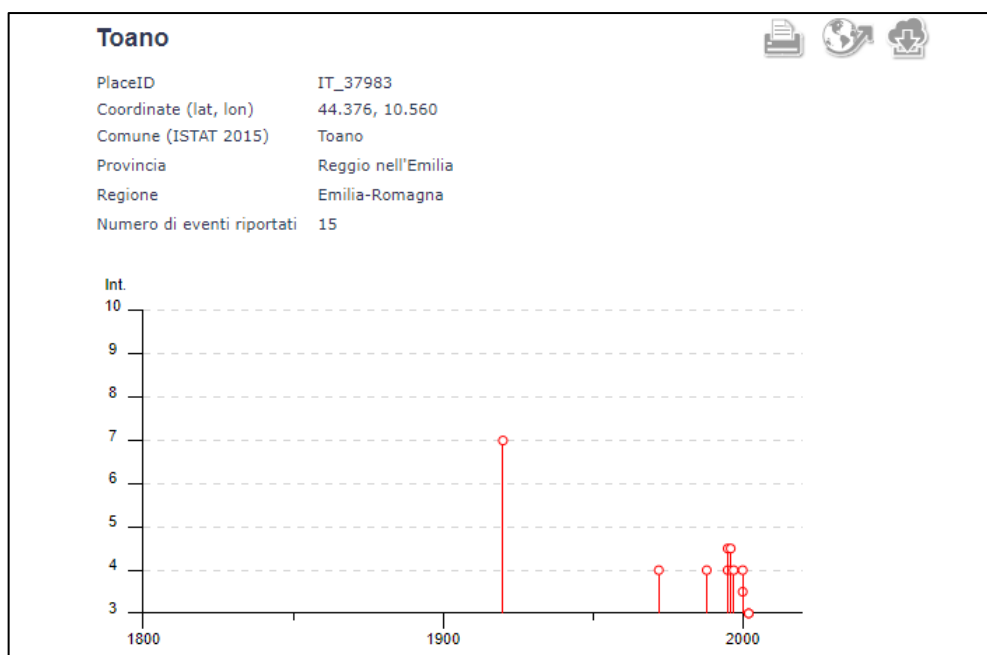


Fig.6b- Principali report sismici con I max 7.

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.

### 6.1 Sismicità del territorio Comunale

Per individuare la sismicità dell'area si è tenuto conto del DGR 1164 del 23/07/2018 "AGGIORNAMENTO DELLA CLASSIFICAZIONE SISMICA DI PRIMA APPLICAZIONE DEI COMUNI DELL'EMILIA-ROMAGNA".

L'area in esame è ubicata nel Comune di Toano che risulta essere classificato in classe di sismicità 2 come zona a media sismicità, secondo l'allegato A del citato DGR 1164 del 23/07/2018, vedi fig. 6.1.

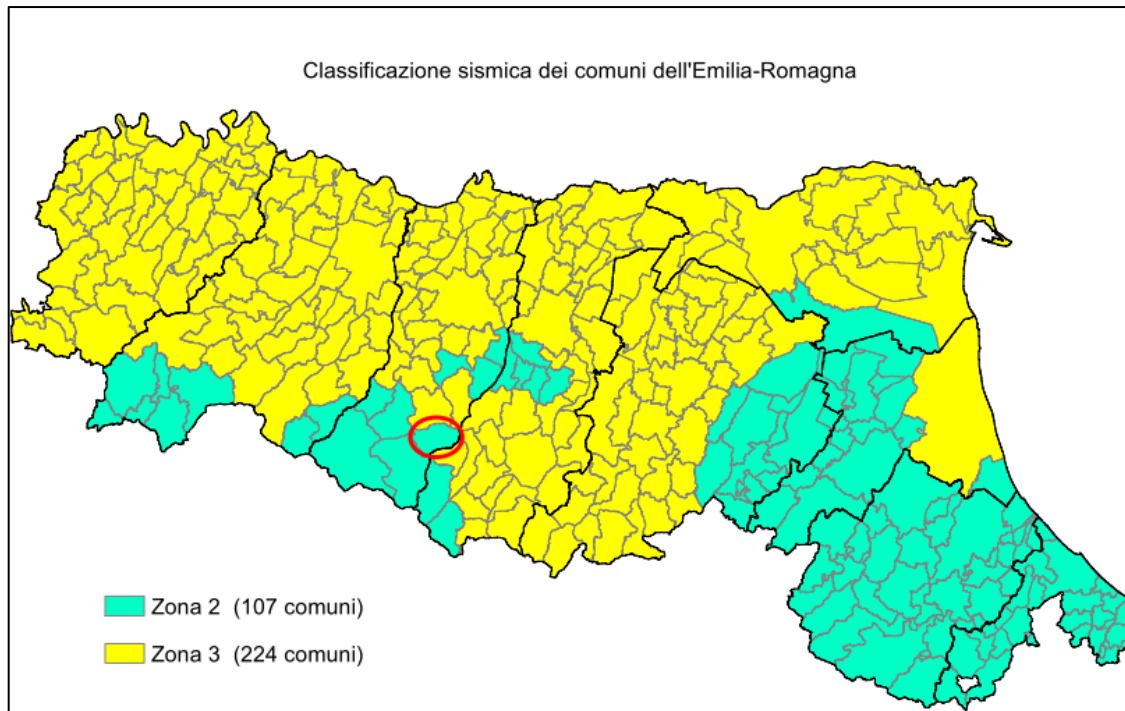
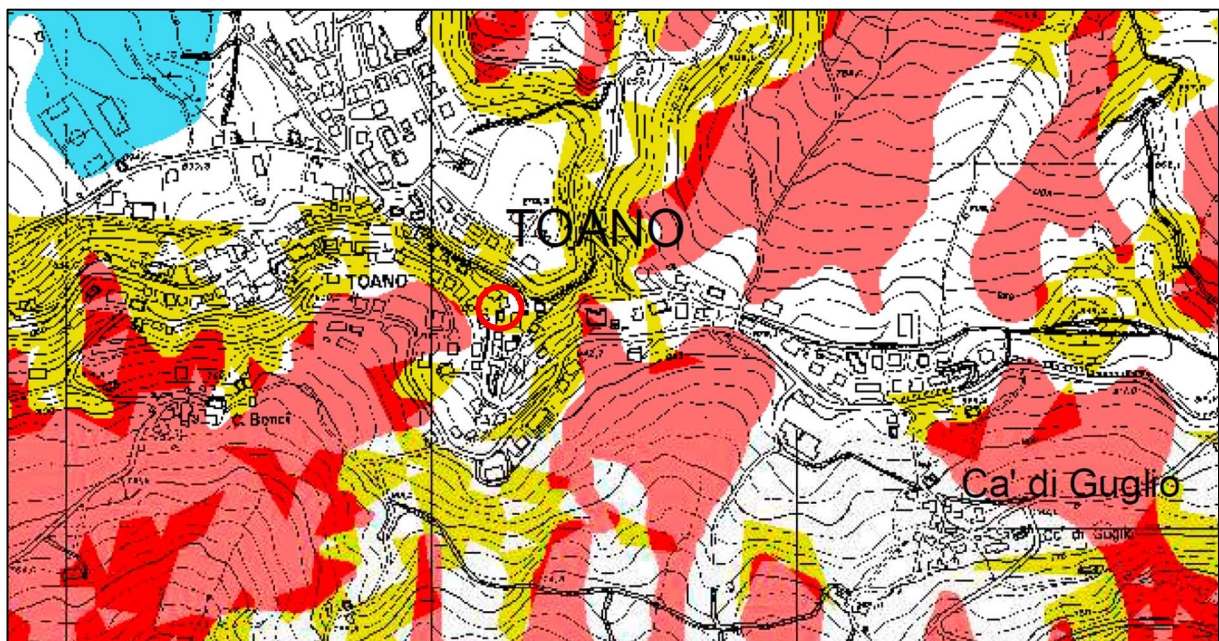


Fig. 6.1- Classe di sismicità dei comuni secondo DGR 1164 del 23/07/2018.

## 6.2 Fenomeni di amplificazione sismica

A seguito, in Fig. 6.2a e 6.2b si riporta un estratto della “Carta degli effetti attesi” e della “Carta dei livelli di approfondimento” del rischio sismico del PTCP della Provincia di Reggio Emilia.

Le condizioni del sito e gli strumenti urbanistici consentono un approfondimento di risposta sismica locale di secondo livello. Saranno considerate le amplificazioni stratigrafiche e topografiche.





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

Fig. 6.2a- Estratto dalla Tavola P9a 235 NE "Carta degli effetti attesi"

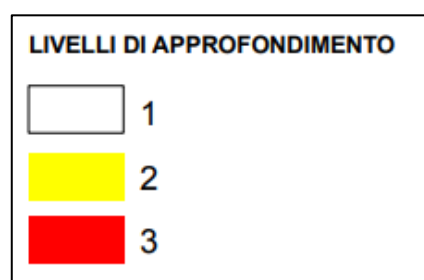
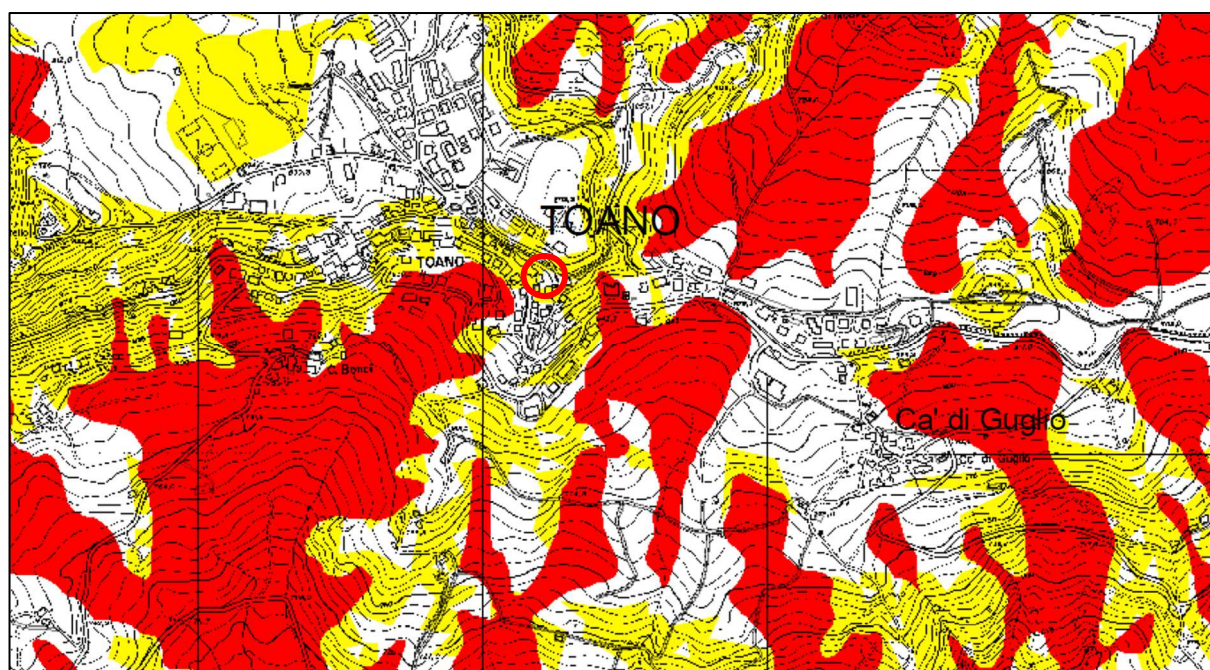


Fig. 6.2b- Estratto dalla Tavola P9b 235 NE "Carta dei livelli di approfondimento"

## 7. 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,  $V_S$ . I valori dei parametri meccanici necessari per le analisi di risposta sismica locale o delle velocità  $V_S$  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  $V_S$  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,  $V_{S,eq}$  (in m/s), definita dall'espressione:

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

con: -  $h_i$  spessore dell' $i$ -esimo strato; -  $V_{S,i}$  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  $V_S$  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.7.1 Categorie di suolo da NTC 18 tab 3.2.II

## 8. Indagini geofisiche

Come già accennato nei paragrafi precedenti, per la caratterizzazione sismostratigrafica è stata eseguita un'indagine sismica di tipo 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 DPSH. 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  $10^{-5}$  m/s<sup>2</sup>), 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 6,95 HZ**

*Dati della stratigrafia:*

Strato	Profondità [m]	Spessore [m]	Peso per Unità di Vol. [kN/m <sup>3</sup> ]	Coeff. di Poisson	Velocità onde di taglio [m/s]
1	0	3.5	17	0.3	170
2	3.5	4	20	0.3	220
3	7.5	12	22	0.3	440
4	19.5	15	24	0.3	590

5	34.5	15	24	0.3	690
---	------	----	----	-----	-----

$V_{S_{equivalente}} = 357,8 \text{ m/s}$

Vedi i dati riportati in allegati, tav. 2

Tenendo in considerazione la velocità di propagazione media delle onde Vs, possiamo catalogare l'area di studio come un **suolo di tipo C**. Vedi allegati in Tav. 2.

## 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 TR 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: 44.376521°, Longitudine 10.564609° e presenta un parametro per SLV pari ad  $a_g$  attesa = **0.162 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

**Fo** = 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 **2,531**.



$a_g/g$  = 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 10.1, risulta pari a **1.45**.

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 T2 ovvero un fattore topografico  $S_t$  **pari a 1.2**.

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

$$A_{max} = S \bullet a_g = 1.74 \bullet 0.162 \text{ g} = 0,281 \text{ g}$$

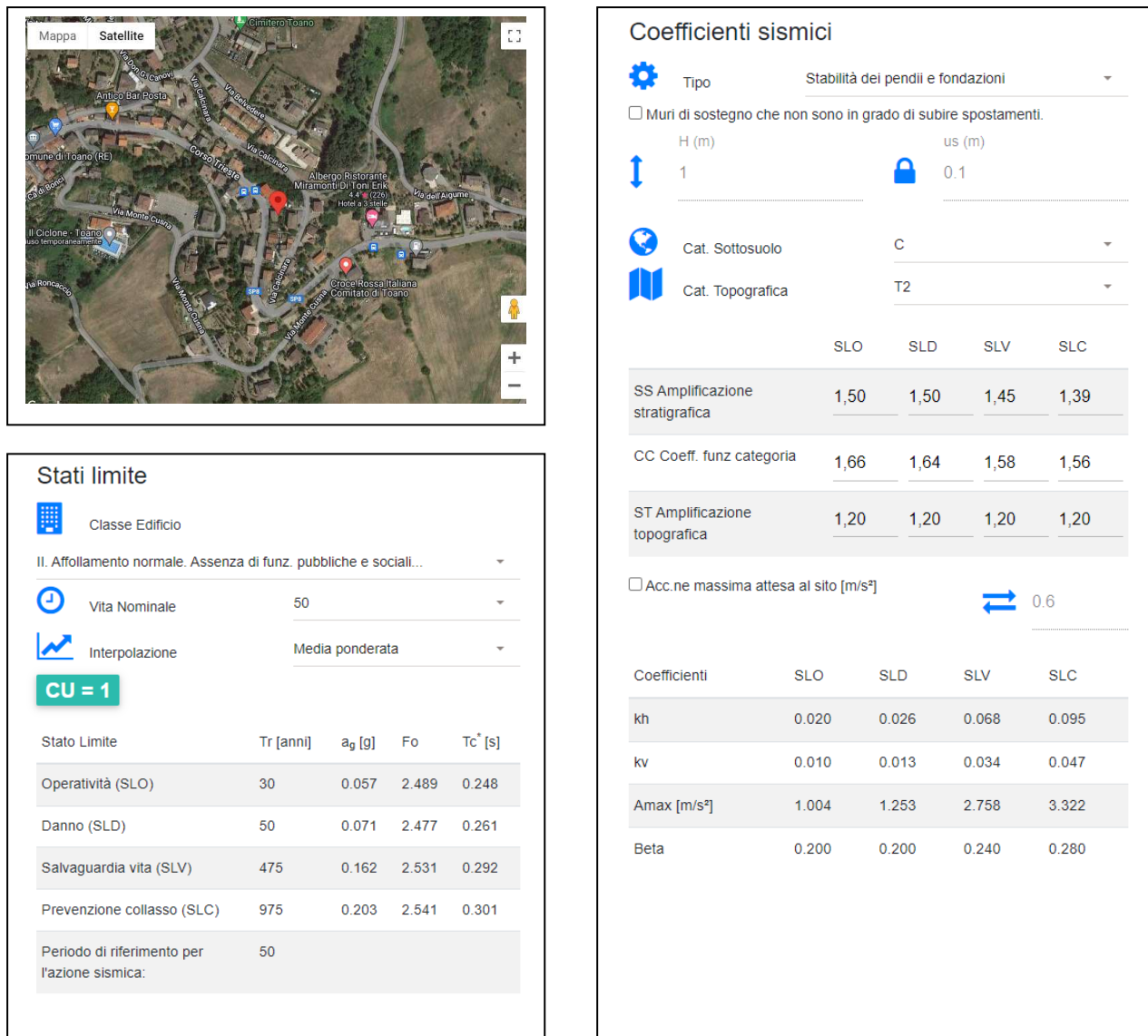
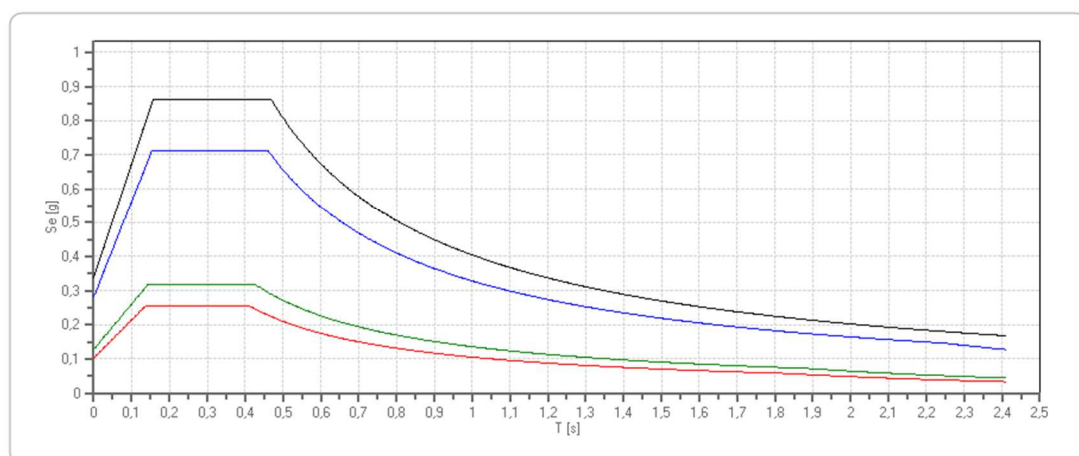


Fig.9.1-Individuazione del reticolo di riferimento per la determinazione dei parametri e coefficienti sismici.

## Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali



	cu	ag [g]	Fo	Tc* [s]	Ss	Cc	St	S	$\eta$	TB [s]	TC [s]	TD [s]
SLO	1	0,057	2,489	0,248	1,500	1,660	1,200	1,800	1,000	0,137	0,412	1,827
SLD	1	0,071	2,477	0,261	1,500	1,640	1,200	1,800	1,000	0,143	0,428	1,884
SLV	1	0,162	2,531	0,292	1,450	1,580	1,200	1,740	1,000	0,154	0,461	2,247
SLC	1	0,203	2,541	0,301	1,390	1,560	1,200	1,668	1,000	0,157	0,470	2,412

## 10. Vincolo idrogeologico

Come indicato nel capitolo 2, l'area oggetto d'indagine non è soggetta a 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.

## 11. Stima della capacità portante

A seguito si riporta la stima della capacità portante del terreno ipotizzando una fondazione nastriforme posata a -1,2 m di profondità ovvero sullo strato 2, vedi cap.5. il modello viene ipotizzato in condizioni dinamiche e, cautelativamente in condizioni non drenate.

In fig. 11.1 si riporta il modello litostratigrafico e la fondazione proposta.

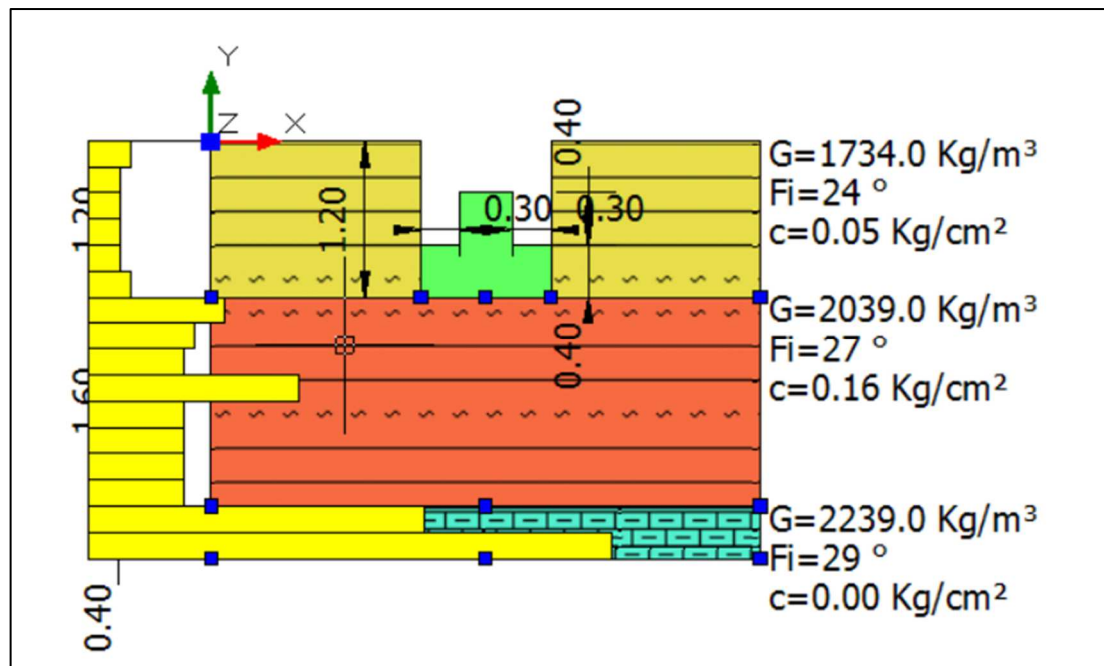


Fig. 11.1-Modello litostratigrafico con fondazione ipotizzata

## DATI GENERALI

Normativa	NTC_2018
Larghezza fondazione	1.0 m
Lunghezza fondazione	6.0 m
Profondità piano di posa	1.2 m
Altezza di incastro	0.8 m

## SISMA

Accelerazione massima (amax/g)	0.283
Effetto sismico secondo	NTC 2018

## Coefficienti sismici [N.T.C.]

## Dati generali

Tipo opera:	2 - Opere ordinarie
Classe d'uso:	Classe II
Vita nominale:	50.0 [anni]
Vita di riferimento:	50.0 [anni]

## Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo:	C
Categoria topografica:	T2

S.L.	TR	ag	F0	TC*
Stato limite	Tempo ritorno	[m/s²]	[-]	[s]



	[anni]			
S.L.O.	30.0	0.559	2.489	0.248
S.L.D.	50.0	0.696	2.477	0.261
S.L.V.	475.0	1.589	2.531	0.292
S.L.C.	975.0	1.991	2.541	0.301

**Coefficienti sismici orizzontali e verticali**

Opera: Stabilità dei pendii e Fondazioni

S.L. Stato limite	amax [m/s <sup>2</sup> ]	beta [-]	kh [-]	kv [-]
S.L.O.	1.0062	0.2	0.0205	0.0103
S.L.D.	1.2528	0.2	0.0256	0.0128
S.L.V.	2.7723	0.24	0.0679	0.0339
S.L.C.	3.3221	0.28	0.0949	0.0474

**STRATIGRAFIA TERRENO**

Spessor e strato [m]	Peso unità di volume [Kg/m <sup>3</sup> ]	Peso unità di volume saturato [Kg/m <sup>3</sup> ]	Angolo di attrito [°]	Coesion e [Kg/cm <sup>2</sup> ]	Coesion e non drenata [Kg/cm <sup>2</sup> ]	Modulo Elastico [Kg/cm <sup>2</sup> ]	Modulo Edomet rico [Kg/cm <sup>2</sup> ]	Poisson	Coeff. consolid az. primaria [cmq/s]	Coeff. consolid azione seconda ria	Descrizi one
1.2	1734.0	1933.0	24.0	0.05	0.27	36.0	46.6	0.34	0.0	0.0	argilla debolm ente limosa
1.6	2039.0	2243.0	27.0	0.16	0.88	165.0	106.0	0.32	0.0	0.0	argilla con limo
0.4	2239.0	2449.0	29.0	0.0	0.0	315.0	106.0	0.23	0.0	0.0	marna argillosa

**Carichi di progetto agenti sulla fondazione**

Nr.	Nome combinazio ne	Pressione normale di progetto [Kg/cm <sup>2</sup> ]	N [Kg]	Mx [Kg·m]	My [Kg·m]	Hx [Kg]	Hy [Kg]	Tipo
1	A1+M1+R3	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Progetto
2	SISMA	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Progetto
3	S.L.E.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Servizio
4	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. Ca pacità portante orizzontale
1	No	1	1	1	1	1	2.3	1.1
2	Si	1	1	1	1	1	1.8	1.1

3	No	1	1	1	1	1	1	1
4	No	1	1	1	1	1	1	1

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

Autore: TERZAGHI (1955)

Carico limite [Qult]	5.17 Kg/cm <sup>2</sup>
Resistenza di progetto[Rd]	2.25 Kg/cm <sup>2</sup>
Tensione [Ed]	1.0 Kg/cm <sup>2</sup>
Fattore sicurezza [Fs=Qult/Ed]	5.17
Condizione di verifica [Ed<=Rd]	Verificata

**COEFFICIENTE DI SOTTOFONDAZIONE BOWLES (1982)**

Costante di Winkler	2.07 Kg/cm <sup>3</sup>
---------------------	-------------------------

**A1+M1+R3**

Autore: TERZAGHI (1955) (Condizione non drenata)

=====

**PARAMETRI GEOTECNICI DI CALCOLO**

=====

Peso unità di volume	2039.0 Kg/m <sup>3</sup>
Peso unità di volume saturo	2243.0 Kg/m <sup>3</sup>
Angolo di attrito	0.0 °
Coesione	0.88 Kg/cm <sup>2</sup>

=====

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

=====

Carico limite	5.17 Kg/cm <sup>2</sup>
Resistenza di progetto	2.25 Kg/cm <sup>2</sup>

Condizione di verifica [Ed<=Rd]	Verificata
---------------------------------	------------

=====

## 12. Conclusioni

Come indicato nel capitolo 1, il presente elaborato riguarda la ristrutturazione per il riuso di un fabbricato dismesso nel Comune di Toano.

Il presente elaborato ha come obiettivo quello di fornire i parametri geotecnici, sismici e le caratteristiche geologiche dell'area per definire le scelte progettuali della struttura in funzione delle caratteristiche del terreno.

Così come indicato nel capitolo 4, per definire una sequenza stratigrafica e suddividere quindi il terreno in diversi spessori con caratteristiche geotecniche-litologiche proprie, sono state eseguite indagini geognostiche meccaniche e sismiche. Dalle indagini sismiche è stato possibile definire la velocità di propagazione delle  $V_{seq}$  nel sottosuolo definendone una categoria sismica di tipo C, vedi allegati in tav. 2 e cap. 8.

Come riportato nei capitoli 2 e 6 l'area è ubicata in un contesto geologico stabile, esterno a frane attive o quiescenti in una Formazione prevalentemente marnosa arenacea.

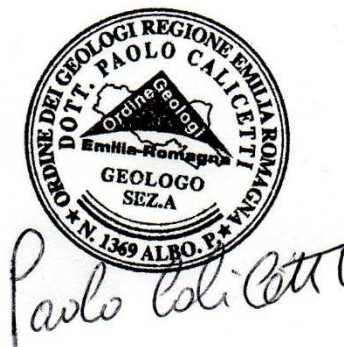
Come indicato nel capitolo 5, dalla prova penetrometrica è stato possibile determinare, al di sotto dei primi 20 cm di pavimentazione del camminamento un primo spessore dalla profondità di c.a 1,0 m di terreno argilloso moderatamente consistente, un secondo strato compreso tra 1,2 e 2,8 m di argille e limo consistenti fino a terminare la prova a "rifiuto" a 3,2 m sul tetto delle marne arenacee estremamente consistenti.

Non stata rilevata la presenza di una falda superficiale.

In capitolo 11 si presenta, al solo titolo informativo in quanto dovranno essere verificate le caratteristiche delle fondazioni attuali e definiti i carichi effettivi della struttura dal tecnico strutturista, una stima del calcolo della capacità portante del terreno ipotizzando la presenza di una fondazione nastriforme posata sullo spessore 2 a c.a 1,2 di profondità. La capacità portante del terreno risulta essere idonea alla tipologia di fabbricato esistente.

Montale, maggio 2024

Paolo Geol. 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 04/05/2024  
 Profondita' prova 3,20 mt  
 Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondita' (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm <sup>2</sup> )	Res. dinamica (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> )
0,20	4	0,855	35,92	42,03	1,80	2,10
0,40	3	0,851	26,82	31,52	1,34	1,58
0,60	3	0,847	24,50	28,93	1,23	1,45
0,80	3	0,843	24,40	28,93	1,22	1,45
1,00	3	0,840	24,29	28,93	1,21	1,45
1,20	4	0,836	32,26	38,57	1,61	1,93
1,40	13	0,783	98,14	125,36	4,91	6,27
1,60	10	0,830	73,92	89,11	3,70	4,46
1,80	9	0,826	66,27	80,20	3,31	4,01
2,00	20	0,773	137,79	178,22	6,89	8,91
2,20	9	0,820	65,77	80,20	3,29	4,01
2,40	9	0,817	65,53	80,20	3,28	4,01
2,60	9	0,814	60,69	74,54	3,03	3,73
2,80	9	0,811	60,48	74,54	3,02	3,73
3,00	32	0,659	174,56	265,01	8,73	13,25
3,20	50	0,606	250,94	414,08	12,55	20,70

## STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.1

Strato	Prof. (m)	NSPT	Tipo	Peso unita' di volume (t/m <sup>3</sup> )	Peso unita' di volume saturo (t/m <sup>3</sup> )	Angolo di resistenza al taglio (°)	Coesione non drenata (Kg/cm <sup>2</sup> )	Modulo Edometrico (Kg/cm <sup>2</sup> )	Modulo Elastico (Kg/cm <sup>2</sup> )	Modulo Poisson	Modulo di taglio G (Kg/cm <sup>2</sup> )	Velocita' onde di taglio (m/s)	Densita' relativa (%)
Strato (1) argilla debolmente limosa	0,00-1,20	4,90	Coesivo Incoerente	1,75	1,88	27,1	0,31	51,77	49,00	0,34	289,53	81,6	51,81
Strato (2) argilla con limo	1,20-2,80	16,17	Coesivo Incoerente	2,08	2,29	27,1	1,09	166,72	161,70	0,32	889,41	126,57	81,39
Strato (3) marna argillosa	2,80-3,20	60,27	Coesivo Incoerente	2,50	2,50	27,1	4,07	616,51	602,70	0,23	3063,43	171,86	100

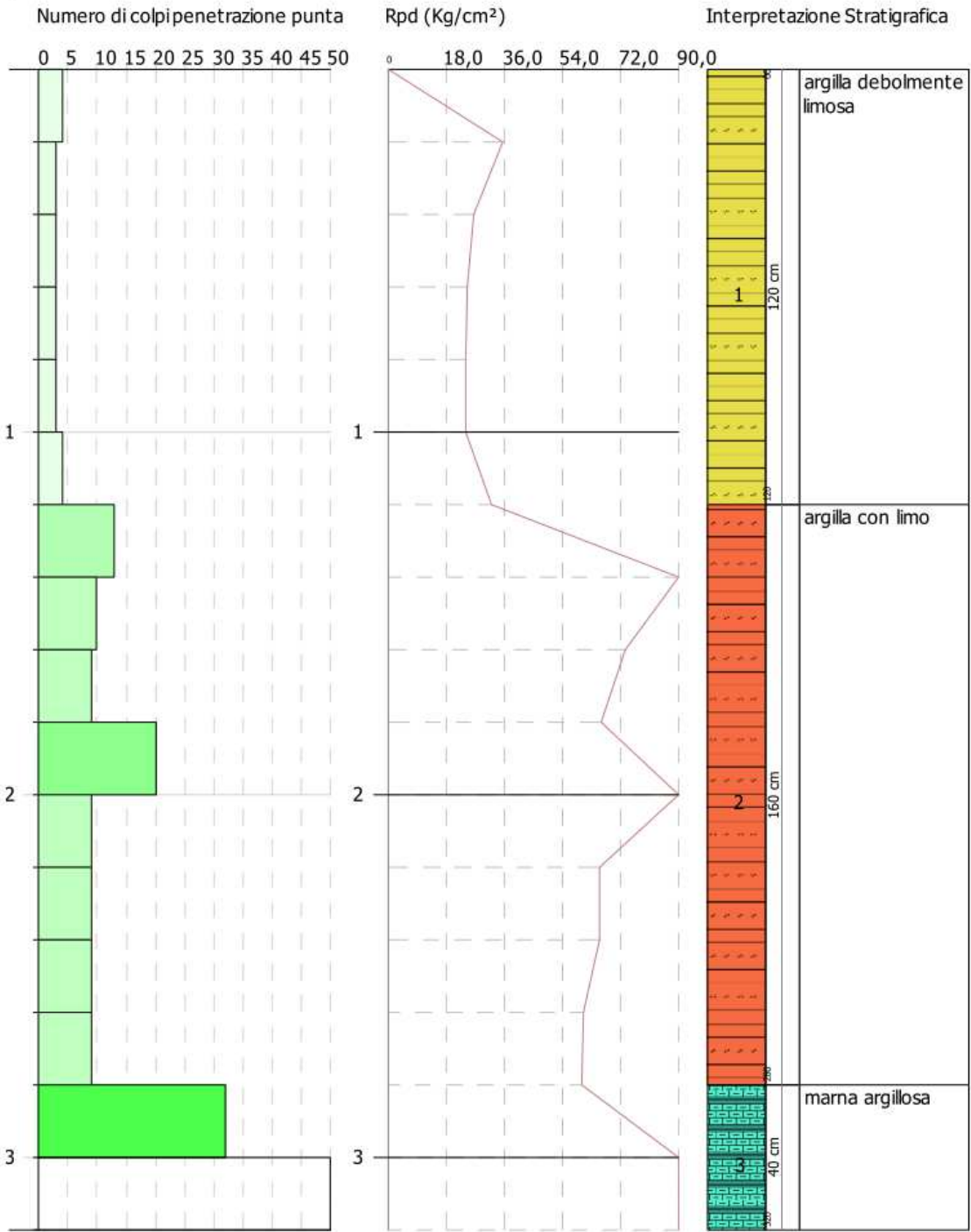
Tav.1.1- Elaborazione dei parametri della DPSH 1.

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.1  
Strumento utilizzato... DPSH TG 63-200 PAGANI

Committente: Comune di Toano  
Descrizione: Ristrutturazione ex ambulatori  
Localita': Corso Trieste-Toano

04/05/2024

Scala 1:16



Tav. 1.2- Colonna stratigrafica DPSH.



## Tavola 2- Elaborazione acquisizione HVSR

### Dati generali

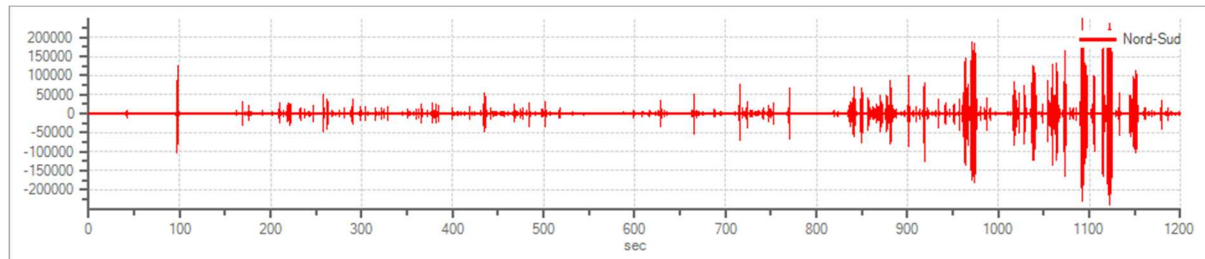
Località: Toano (RE)-  
Responsabile: Geol. Calicetti Paolo  
Data: 04/05/2024

### Tracce in input

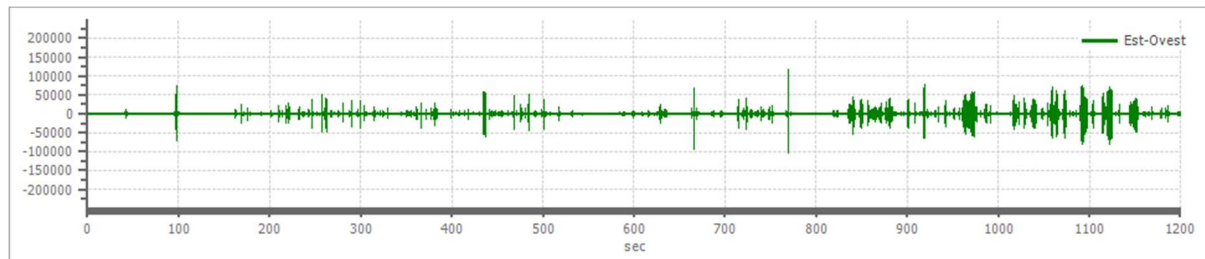
#### Dati riepilogativi:

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

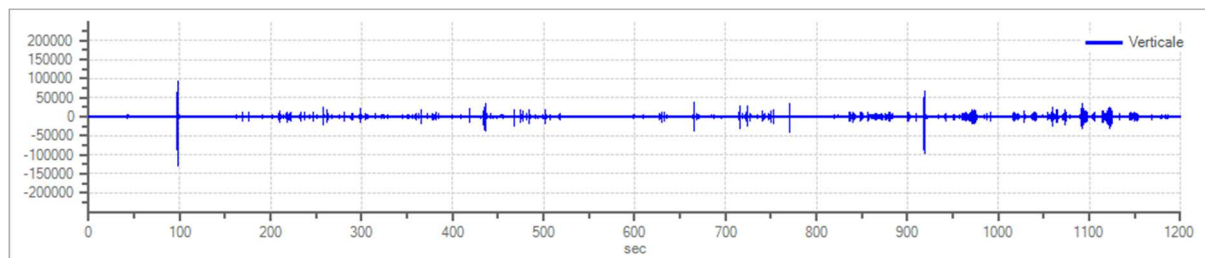
#### Grafici tracce:



Traccia in direzione Nord-Sud



Traccia in direzione Est-Ovest



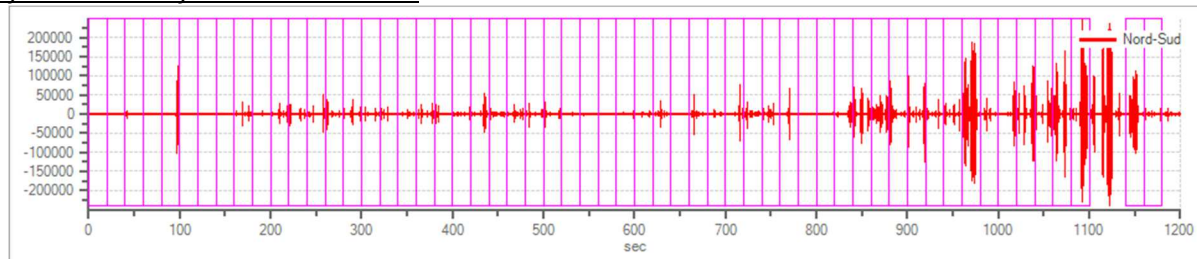
Traccia in direzione Verticale

### Finestre selezionate

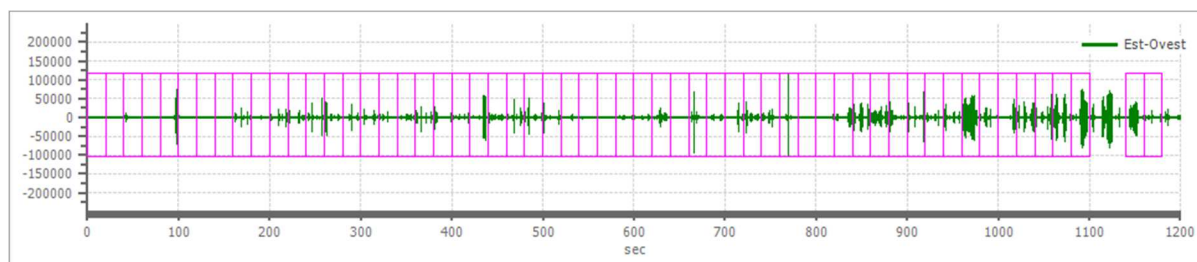
Dati riepilogativi:

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 %

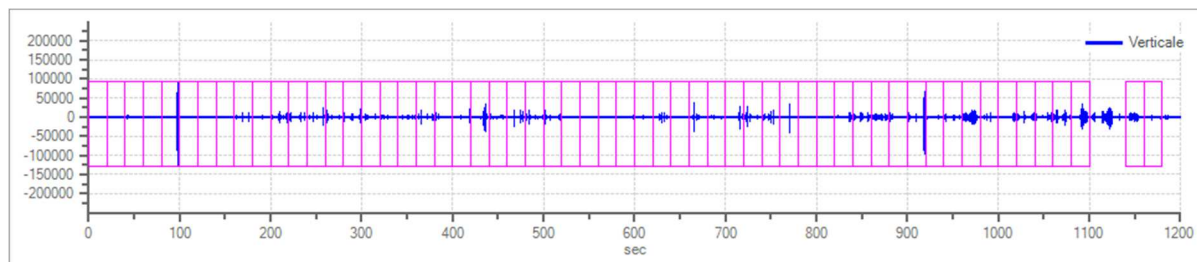
Grafici tracce con finestre selezionate:



Traccia e finestre selezionate in direzione Nord-Sud

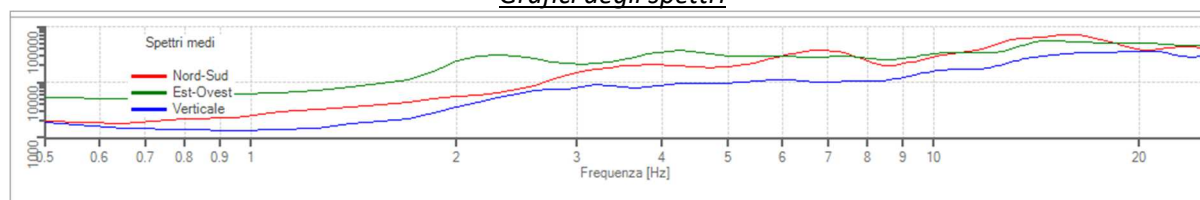


Traccia e finestre selezionate in direzione Est-Ovest



Traccia e finestre selezionate in direzione Verticale

Grafici degli spettri



Spettri medi nelle tre direzioni

**Rapporto spettrale H/V**

Dati riepilogativi:

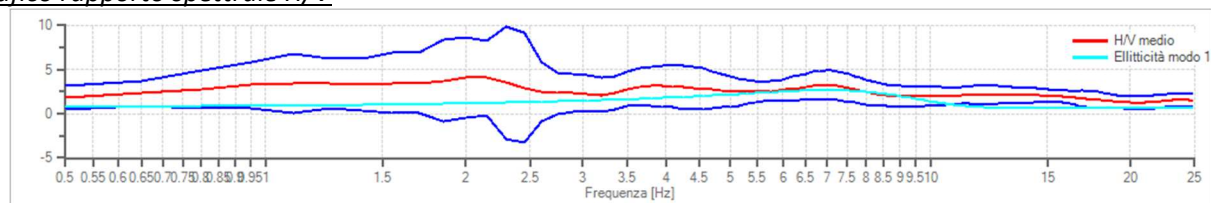
Frequenza massima: 25.00 Hz

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: 2.00 Hz  $\pm 1.09$  Hz

Grafico rapporto spettrale H/V



Rapporto spettrale H/V e suo intervallo di fiducia

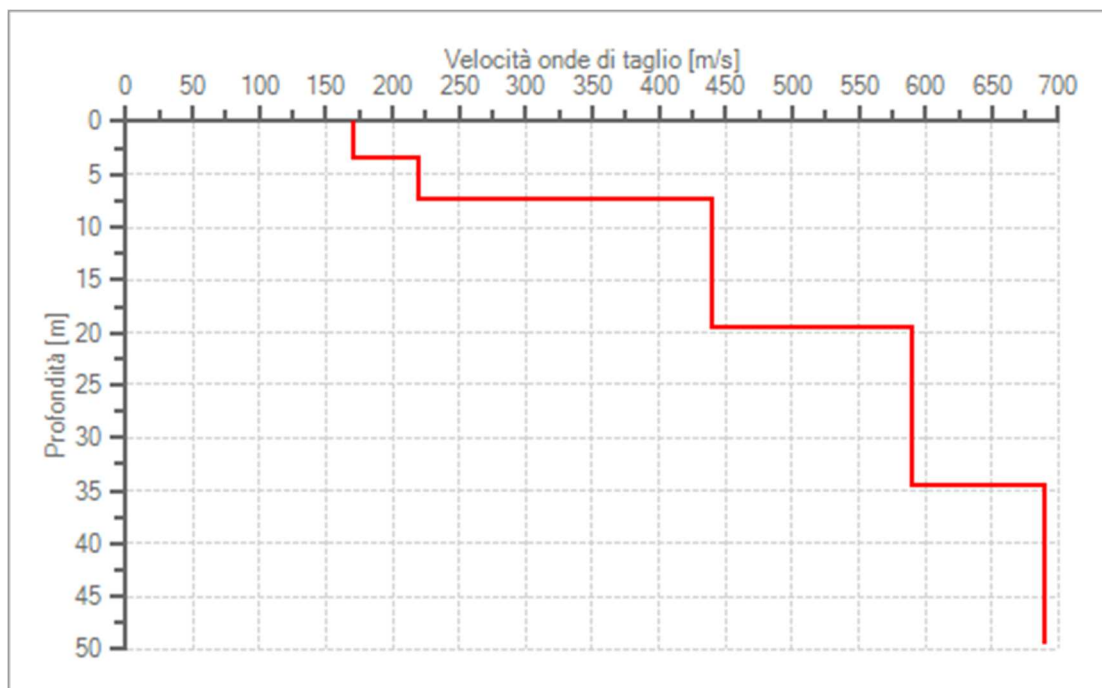
Verifiche SESAME:

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

**Modello stratigrafico**

Dati riepilogativi:

Numero strati: 5  
 Frequenza del picco dell'ellitticità: 6.95 Hz  
 Valore di disadattamento: -1.00  
 Valore Vseq: 357.83 m/s



Profilo delle velocità delle onde di taglio.