

STUDIO GEOLOGICO CALICETTI PAOLO

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

CLCPLA85H14G393Q

Telefono: 3476656452

P.I 03533010363

E-mail: paolo.calicetti@gmail.com

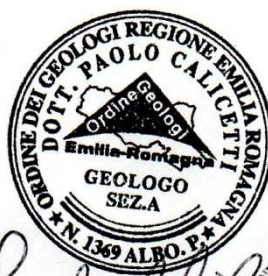
RELAZIONE GEOLOGICA

OGGETTO: REALIZZAZIONE DI UN TUNNEL AGRICOLO

LUOGO: Cento Croci, Palagano (MO).



Il tecnico: Calicetti Geol. Paolo



Paolo Calicetti

Sommario

Sommario	1
1. Introduzione	3
2. Inquadramento dell'area	3
2.1 <i>Inquadramento geografico</i>	3
2.2 <i>Inquadramento geologico</i>	5
2.3 <i>Caratteri geomorfologici e stato di fatto</i>	7
3. Ipotesi di progetto	8
4. Vincolo idrogeologico	8
5. Inquadramento sismico dell'area	9
5.1 Sismicità di base del territorio	12
5.2 Fenomeni di amplificazione sismica	14
6. Azione sismica di base al DM 17/01/2018	15
7. Indagini geofisiche	16
7.1 Acquisizione HVSR	16
8. Azione sismica in superficie	18
9.1 Spettri di progetto elastici	21
9. Conclusioni	21
Tavola 1- Elaborazione acquisizione HVSR	23

1. Introduzione

In ottemperanza al D.M 17 gennaio 2018, e in accordo con il tecnico progettista ed il proprietario dell'area è stata svolta la seguente **relazione geologica** riguardante la caratterizzazione e modellazione geologica e sismica del sito (par. 6.2.1 D.M 17/01/2018).

L'obiettivo di questo studio è di determinare eventuali criticità geologiche del sito in cui è stato deciso di installare una struttura agricola finalizzata a deposito attrezzi.

2. Inquadramento dell'area

2.1 Inquadramento geografico

L'area oggetto d'indagine, vedi fig. 2.1.1 è situata in località Cento Croci nel Comune di Palagano, a sud della frazione Boccassuolo. Il sito in oggetto si trova sul lato sud di via comunale Cento Croci in un'area verde, come consultabile nella seguente cartografia:

Elemento n° 235123 CASE GUIGLIA alla scala 1:5000 fig.2.1.2

Sezione n° 235120 BOCCASSUOLO alla scala 1:10.000

Tavola n° 235 SE PIEVEPELAGO in scala 1:25.000 fig. 2.1.3



Fig. 2.1.1- Area oggetto d'indagine.

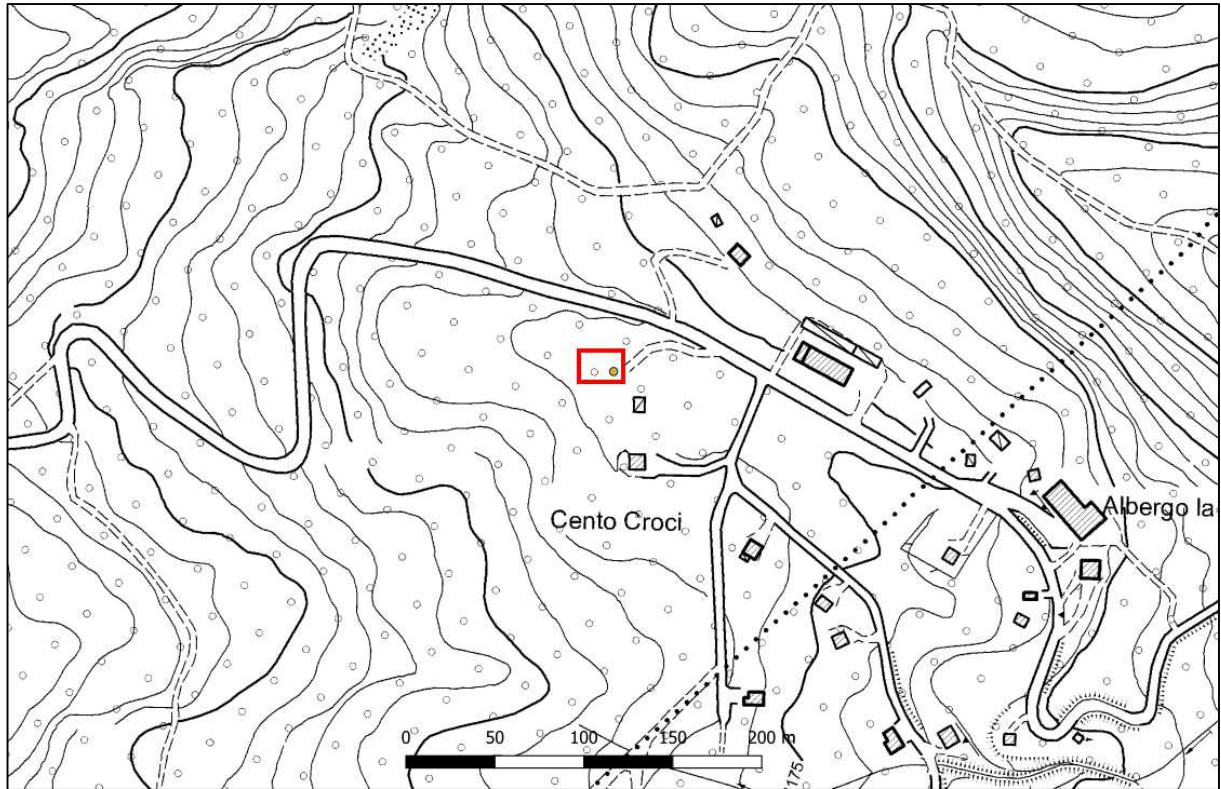


Fig. 2.1.2- Elemento n° 235123 CASE GUIGLIA alla scala 1:5000

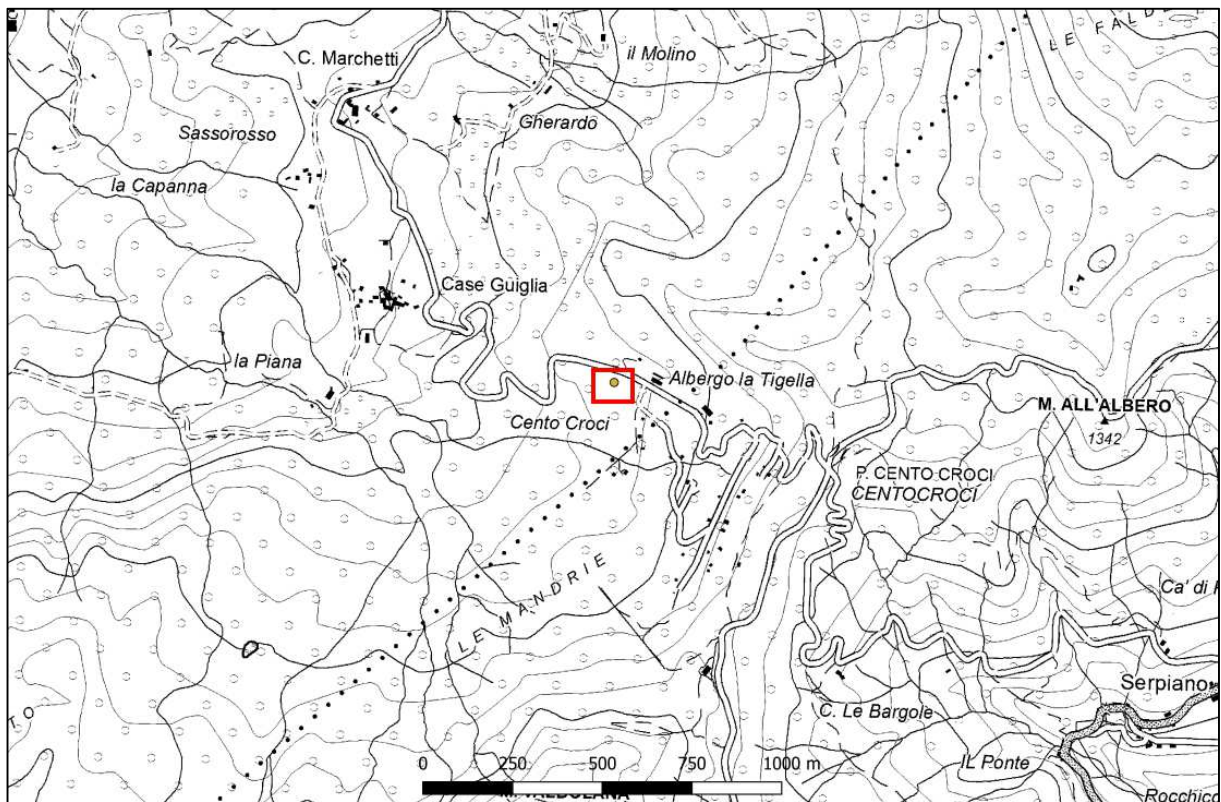


Fig. 2.1.3- Tavola n° 235 SE PIEVEPELAGO scala 1:25.000.

2.2 Inquadramento geologico

L'area di studio (vedi cap.2), ricade all'interno dell'appennino settentrionale medio modenese.

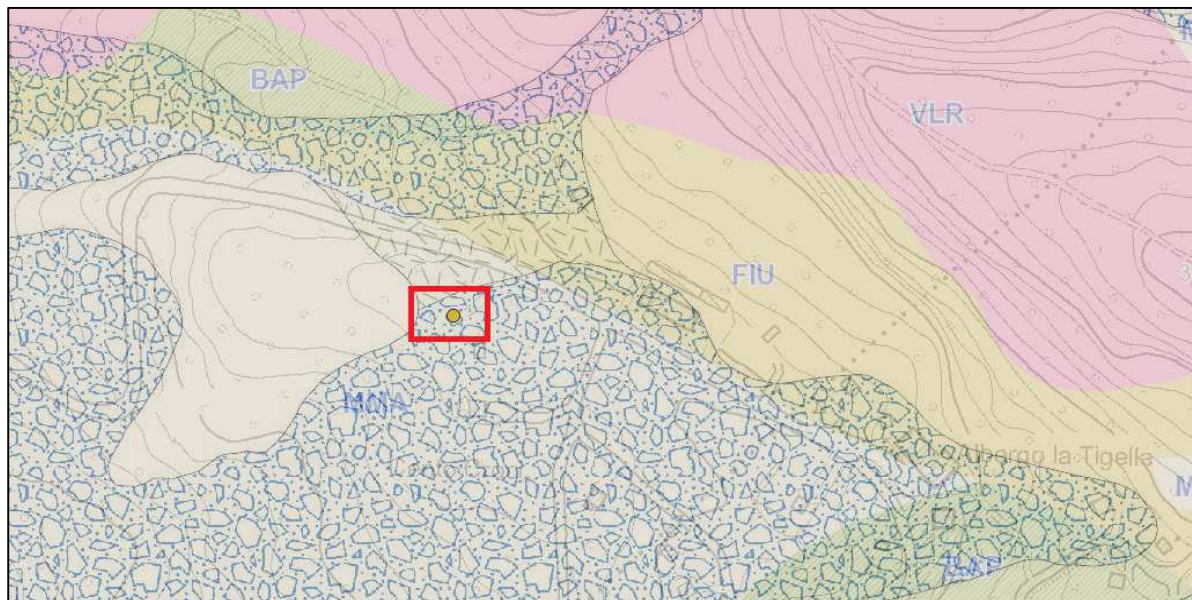
L'appennino settentrionale, costituito da unità tettoniche con vergenza orientale, ovvero senso di movimento da Ovest ad Est è dominato da litologie argilloso-marnose che muta poi in formazioni calcareo-dolomitiche nelle zone centrali e meridionali che impartiscono forme più aspre e maestose. Il limite occidentale della catena è legato allo sprofondamento post-orogenico recente del mar Tirreno, mentre quello orientale è sepolto dai depositi plio-quadernari 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 depositi 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.

Cartografia geologica delle Regione Emilia Romagna, tratto da

<https://applicazioni.regione.emilia-romagna.it>



Legenda:



a2g: deposito di frana quiescente complessa



a3: deposito di versante

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

COPERTURE QUATERNARIE

a3- Deposito di versante

Deposito di genesi incerta. Non si esclude che esso sia realmente attribuibile a una frana, tuttavia mancano, almeno in parte, i caratteri morfologici tipici delle frane stesse. Solo una indagine più approfondita potrebbe chiarire la natura dei processi che hanno generato l'accumulo e la sua attribuzione a altre categorie (oltre a depositi di frana anche, eolici, glaciali o periglaciali e soprattutto eluvio-colluviali). Generalmente l'accumulo è costituito da materiale prevalentemente fine, pelitico e/o sabbioso con inclusi lapidei più o meno abbondanti.

a2g - Deposito di frana quiescente complessa

Deposito messo in posto in seguito alla combinazione nello spazio e nel tempo di due o più tipi di movimento.

UNITÀ TOSCANE

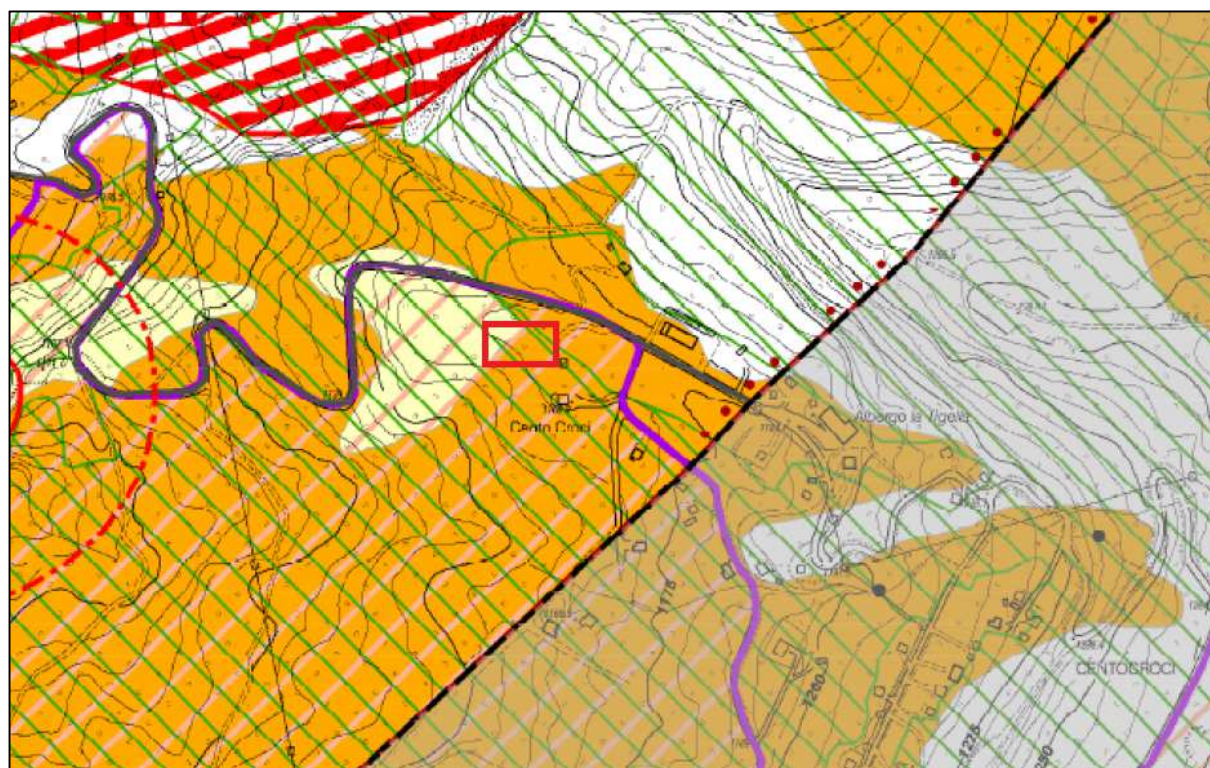
MMA - Marne di Marmoreto

Argille, argille marnose e argille siltose strutturalmente ordinate, stratificate, con eventuale rara presenza di livelli arenitici

2.3 Caratteri geomorfologici e stato di fatto

L'area oggetto d'indagine è situata a c.a 1075m s.l.m nella sponda idrografica destra del Torrente Dragone.

l'unità geologica che costituisce il versante, come riportato precedentemente è di tipo argillo-marnoso con importanti spessori di argille grigio-scuro e rare alternanze arenaceo-pelitiche. Dalla consultazione della cartografia tecnica Regionale vedi precedente fig. 2.2.1 e nelle tavole di PTCP vedi fig. 2.3.1, il sito viene classificato come deposito di frana quiescente complessa nella parte est e deposito di versante nella parte ovest.



Zone ed elementi caratterizzati da fenomeni di dissesto e instabilità	
	Aree interessate da frane attive (P.T.C.P. art.15)
	Aree interessate da frane quiescenti (P.T.C.P. art.15)
Zone ed elementi caratterizzati da potenziale instabilità	
	Aree potenzialmente instabili (P.T.C.P. art.16)

Lo spessore più superficiale del terreno presenta generalmente una litologia eterogenea poiché la sequenza limo-argillosa/ marnoso/arenacea tende ad essere alterata.

Si evidenzia in fig. 2.3.2, come l'area in oggetto sia pianeggiante (una pendenza inferiore al 4%)



Fig. 2.3.2- L'immagine mette in evidenza il profilo topografico dell'area.

3. Ipotesi di progetto

Il progetto consiste nella realizzazione di un ricovero attrezzi tipo tunnel con struttura in metallo e copertura con telo in plastica. La struttura in metallo sarà ancorata a new jersey in cls. Non saranno eseguite fondazioni o pavimentazioni in muratura e non saranno eseguiti sbancamenti di alcun tipo.

4. Vincolo idrogeologico

Come indicato in fig. 4.1, l'area oggetto d'indagine ricade in un'area 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".

L'intervento, come descritto nei capitoli precedenti non prevede alcun sbanco perché non sono previste fondazioni. L'area è sub pianeggiante e la superficie sarà perfezionata con la posa di uno spessore di ghiaietto drenante che permetterà il drenaggio delle acque. Si può quindi affermare che l'opera non andrà

in alcun modo a turbare il naturale regime delle acque e non andrà in nessun modo a compromettere la stabilità del versante.

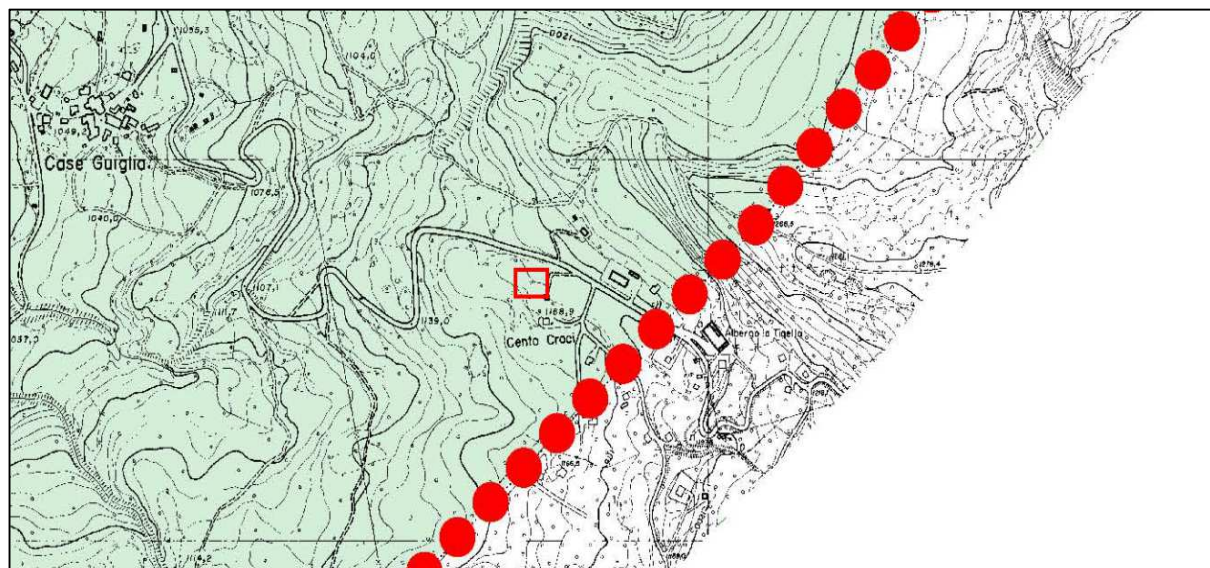


Fig. 4.1- L'area è soggetta a vincolo idrogeologico.

5. Inquadramento sismico dell'area

La fascia di territorio in cui ricade il Comune di Palagano 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. 2), 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.. Il territorio del Comune di Palagano 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 $M_{wmax} = 5,91$.

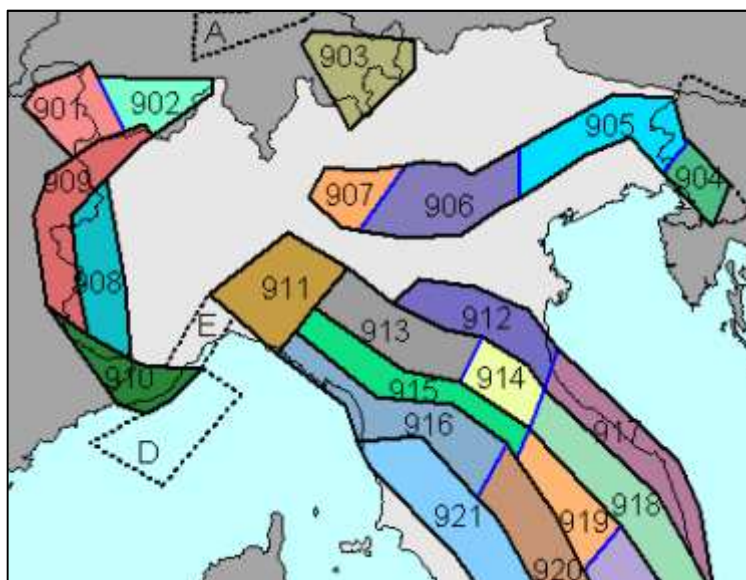


Fig.6- L'area ricade nella Zona 913 in riferimento alla macrozonazione ZS9.

La Carta Sismotettonica della Regione Emilia-Romagna attribuisce un significato per lo meno neotettonico ad alcune strutture trasversali presenti in area e identifica come attiva una struttura di accavallamento del basamento posizionata poco a nord dell'allineamento Monte Modino (di Frassinoro)-Monte Cantiere; sono inoltre evidenziati cinematismi dei terremoti principali riconducibili a movimenti di tipo distensivo transtensivo ad indicare comunque una media attività sismogenetica. Del resto, l'area qui considerata è poco distante dal crinale principale e pertanto dall'alta Toscana Settentrionale, notoriamente sede di attività tellurica legata alla distensione crostale che è responsabile della formazione dei numerosi bacini distensivi e intramontani toscani quaternari.

Come riportato in fig. 6b estratta dal sito dell'INGV DISS 3.0 l'area si trova su una Sorgente (ITCS027) caratterizzata da una rampa di grande spinta emergente lungo la costa adriatica denominata Bore-Montefeltro-Fabriano-Laga. La geometria di questa sorgente è vincolata dalle singole sorgenti contenute all'interno. Si presume che il rastrello sia di spinta pura sulla base di considerazioni geodinamiche generali. Le singole sorgenti sismogeniche contenute all'interno di questa sorgente sono state identificate analizzando i campi macrosismici dei terremoti associati e utilizzando l'interpretazione dei profili di

riflessione profonda. Le caratteristiche geometriche sono: Profondità minima: 12 km, profondità massima: 22 km Magnitudo massimo 6,2 Mw.

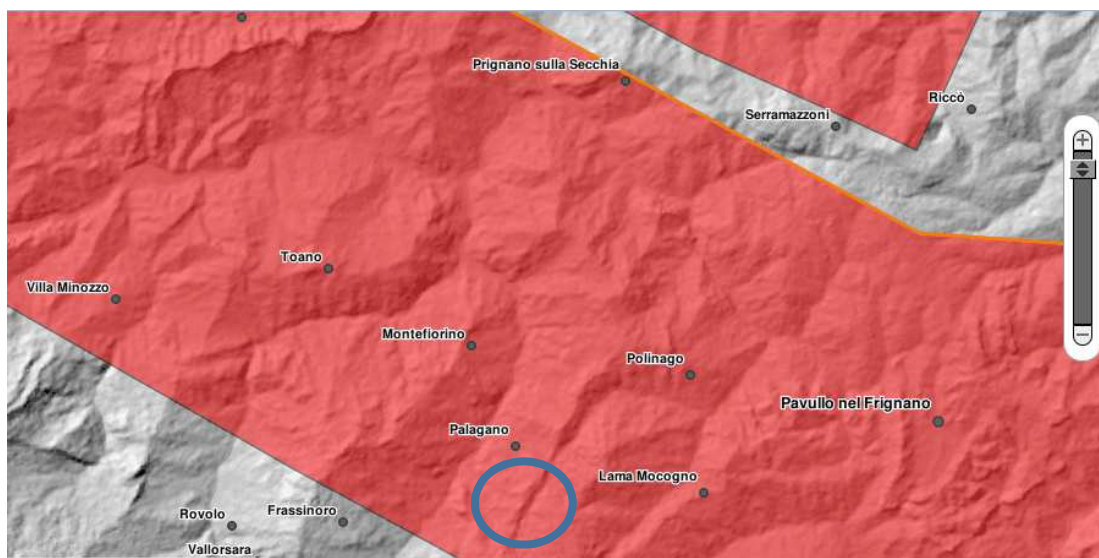


Fig.6b- L'area ricade su una sorgente sismogenica composta.

La pericolosità sismica regionale è espressa dalla probabilità di accadimento di terremoti di intensità macrosismica superiore al VII grado della scala Mercalli Cancani Sieberg che è pari al 10% in un periodo di 50 anni. Tale probabilità corrisponde a tempi di ritorno dell'ordine di 475 anni. La bibliografia specialistica indica l'area della vicina alta Toscana come sede sismogenetica dei principali eventi tellurici che hanno interessato e potenzialmente interessano la zona qui presa in esame, senza escludere la possibilità di attività sismo genetica locale. Storicamente l'area all'intorno del territorio in studio è caratterizzata da una sismicità di media intensità (7°-8° grado della scala Mercalli Cancani Sieberg) se riferita a una probabilità di superamento 10% in 50 anni. Ovviamente, considerando tempi di ritorno più lunghi (oltre i 500 anni) è possibile ipotizzare, su base statistica, eventi tellurici più intensi. All'Ordinanza della Presidenza del Consiglio dei Ministri del 20 marzo 2003 n. 2374 è allegata la mappa di pericolosità di riferimento per il territorio italiano, ripresa per l'Emilia-Romagna nell'immagine a fianco), dalla quale si evince che: i valori attesi di accelerazione massima del suolo in occasione di terremoti con probabilità del 10% di accadimento su un periodo di 50 anni sono dell'ordine di 0,175-0,200*g (essendo g l'accelerazione di gravità).

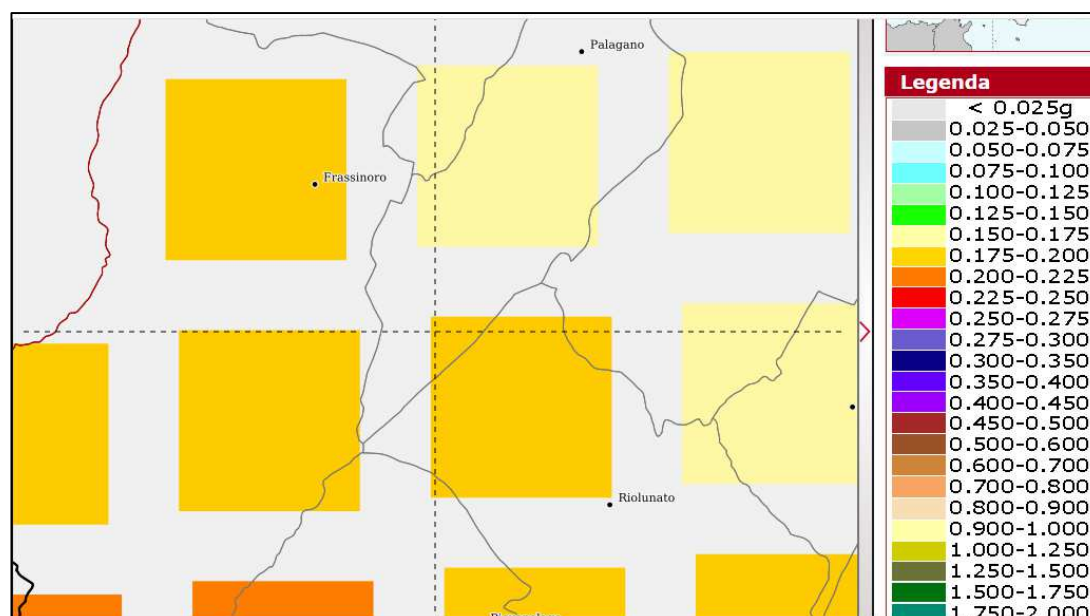


Fig.6a- Stralcio della Mappa di pericolosità sismica del Comune di Palagano espressa in termini di $a(g)$ per un tempo di ritorno di 475 anni.

5.1 Sismicità di base del territorio

Il dato di partenza per un'analisi della potenzialità sismica di un territorio è la ricostruzione delle strutture tettoniche maggiormente attive nel tempo geologico più recente, all'incirca l'ultimo milione di anni (neotettonica). Sono queste le strutture che possono, se confermate anche da dati macrosismici e/o sismologici, ragionevolmente costituire sorgente di terremoti anche nel prossimo futuro. Per quanto riguarda le strutture tettoniche quaternarie più recenti ed attive, il territorio in esame si colloca all'interno di un sistema di faglie pressoché continuo che si estende lungo il crinale appenninico, coincidente approssimativamente con il fronte di thrust delle Unità Toscane (sebbene in esso siano presenti anche faglie trascorrenti e normali di importanza minore). Il crinale appenninico è caratterizzato da sollevamenti localizzati, pleistocenici ed attuali, e da moderata sismicità. La soluzione dei meccanismi focali ha mostrato la presenza di due distinti campi deformativi a differenti profondità:

- quello più superficiale, a profondità inferiori a 15 km, è caratterizzato da eventi sismici di magnitudo da bassa a moderata, con meccanismi focali principalmente estensionali e, in maniera minore, trascorrenti e compressivi; gli eventi distensivi più importanti sono peculiari del versante tirrenico della catena, capaci di determinare sismi con magnitudo pari a 6 (nei bacini della Garfagnana, della Lunigiana e del Mugello);
- quello relativo alla crosta intermedia, a profondità comprese tra 15 e 25 km, è interessato da eventi sismici tipici di un campo tensionale a carattere principalmente compressivo; tali eventi possono, almeno in parte, essere correlabili all'attività del principale sovrascorrimento crostale, responsabile del raddoppiamento del basamento e della successione carbonatica al di sotto della catena. A profondità

superiori a 35 km, sebbene siano disponibili pochi meccanismi focali, gli eventi sismici mostrano un carattere predominante di tipo compressivo, legati ad una struttura attiva che interessa la Moho. Secondo un'interpretazione alternativa, questi eventi sismici profondi potrebbero essere messi in relazione alla flessura della litosfera continentale africana in subduzione.

Per individuare la sismicità dell'area si è tenuto conto dell'Ordinanza di Protezione Civile n. 3274 del 20 marzo 2003 del Presidente del Consiglio "Normativa tecnica per le costruzioni in zona sismica e connessa classificazione sismica del territorio nazionale" e dell'Ordinanza di Protezione Civile n. 3519 del 28 aprile 2006 del Presidente del Consiglio "Criteri generali da utilizzare per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone" 66732s177

Secondo le quali l'area in esame risulta essere classificata in classe di sismicità 3 come zona a bassa sismicità, vedi fig. 5.1.

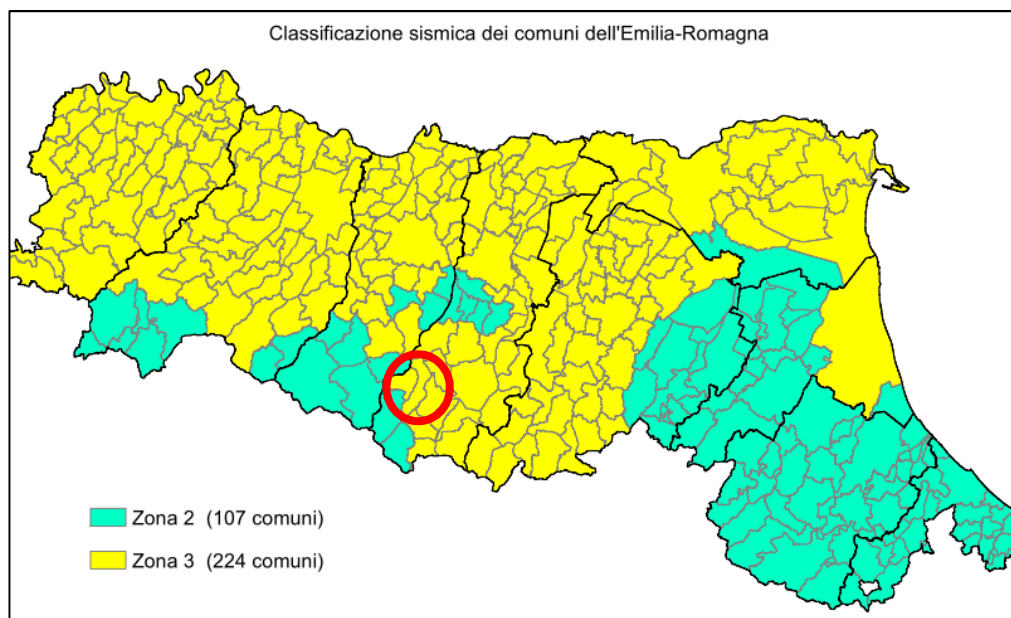


Fig. 5.1- Classe di sismicità dei comuni secondo DGR 1164 del 23/07/2018.

Dai dati del DBMI11 dell'INGV si evince come le massime intensità macrosismiche registrate (in gradi MCS) corrispondano per Palagano:

- al terremoto dell'11 novembre 1983, con area epicentrale nel Parmense, intensità epicentrale pari a 6-7 MCS e magnitudo momento pari a 5.06.
- al terremoto del 3 ottobre 2000, con area epicentrale nell'Appennino tosco-emiliano, intensità epicentrale pari a 5 MCS e magnitudo momento pari a 4.27.

5.2 Fenomeni di amplificazione sismica

Dalla consultazione della cartografia tematica ed in particolare dalla Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica del Comune di Palagano inerente alla microzonazione sismica e riportata in fig. 5.2.1 si evince che l'area è collocata in una zona di attenzione per instabilità. Non si ritiene necessario a svolgere la verifica della stabilità del versante in quanto non verranno effettuati sbancamenti ed il carico della tensostruttura risulta essere irrisorio.

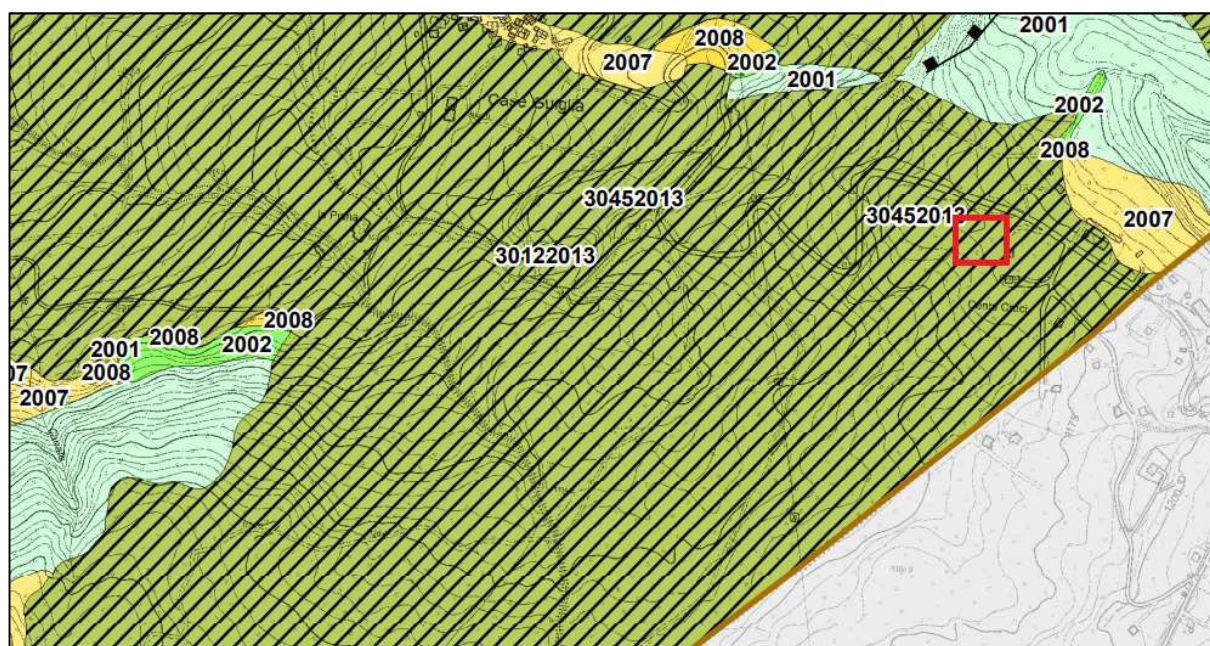


Fig. 5.2- Il cerchio rosso identifica l'area come in zona di attenzione per instabilità.

6. 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. 6.1 (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>Depositati 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>Depositati 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.6.1 Categorie di suolo da NTC 18 tab 3.2.II.

7. Indagini geofisiche

Oltre alle indagini dirette, è stata eseguita un'indagine sismica di tipo HVSR che, opportunamente tarata con l'esecuzione delle prove penetrometriche, dati stratigrafici e litologici presenti in bibliografia (pozzi, sezioni stratigrafiche ecc.), permette 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. 7.1 e 7.2 è stato eseguito dove sarà realizzata la 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 m/s²), 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.



Fig.7.1- Acquisizione HVSR



Fig.7.2- Ubicazione dell'acquisizione HVSR

In questo caso è stato rilevato un picco di Frequenza a 2,75 HZ

Vedi i dati riportati in allegati, tav. 1

A seguito si riporta il modello sismostratigrafico desunto e la V_{Seq} stimata.

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	1	16	0.3	170
2	1	3	18	0.3	200
3	4	15	22	0.3	230
4	19	15	22	0.3	350
5	34	20	22	0.3	690

$$V_{Seq} = 255,26 \text{ m/s}$$

Tenendo in considerazione la velocità di propagazione media delle onde V_s , possiamo catalogare l'area di studio come un **suolo di tipo C**. Vedi allegati in Tav. 1.

8. 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: 44.263602°, Longitudine 10.614105°, e per il calcolo della a_g attesa per SLV si procede utilizzando il software GeoStru Ps, 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 il terreno in classe C si avrà:

Categoria sottosuolo	S_s	C_c
A	1,00	1,00
B	$1,00 \leq 1,40 - 0,40 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,20$	$1,10 \cdot (T_c^*)^{-0,20}$
C	$1,00 \leq 1,70 - 0,60 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,50$	$1,05 \cdot (T_c^*)^{-0,33}$
D	$0,90 \leq 2,40 - 1,50 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,80$	$1,25 \cdot (T_c^*)^{-0,50}$
E	$1,00 \leq 2,00 - 1,10 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,60$	$1,15 \cdot (T_c^*)^{-0,40}$

Tab. 3.2.IV NTC 2018

F₀ = 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 **2.473**

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 **1.43**.

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

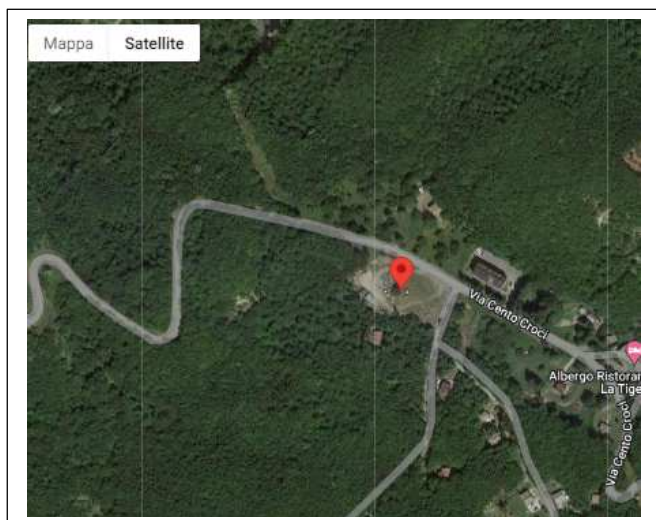
Tab. 3.2.V NTC 2018- valori massimi del coefficiente di amplificazione topografica S_t

Il sito in esame, avrà come categoria topografica (cautelativamente) 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}**:

$$A_{max} = S \cdot a_g = 1.71 \cdot 0.179 \text{ g} = 0,307 \text{ g}$$

r_emiro.Giunta - Prot. 28/11/2023.1186611.F Copia conforme dell'originale sottoscritto digitalmente da calicetti paolo, ORSINI VALTER



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_0 [g]	F_0	T_0 [s]
Operatività (SLO)	30	0.080	2.488	0.249
Danno (SLD)	50	0.078	2.448	0.260
Salvaguardia vita (SLV)	475	0.179	2.473	0.292
Prevenzione collasso (SLC)	975	0.228	2.488	0.301

Periodo di riferimento per l'azione sismica: 50

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: T2

	SLO	SLD	SLV	SLC
SS Amplificazione stratigrafica	1,50	1,50	1,43	1,37
CC Coeff. funz categoria	1,66	1,64	1,58	1,56
ST Amplificazione topografica	1,20	1,20	1,20	1,20

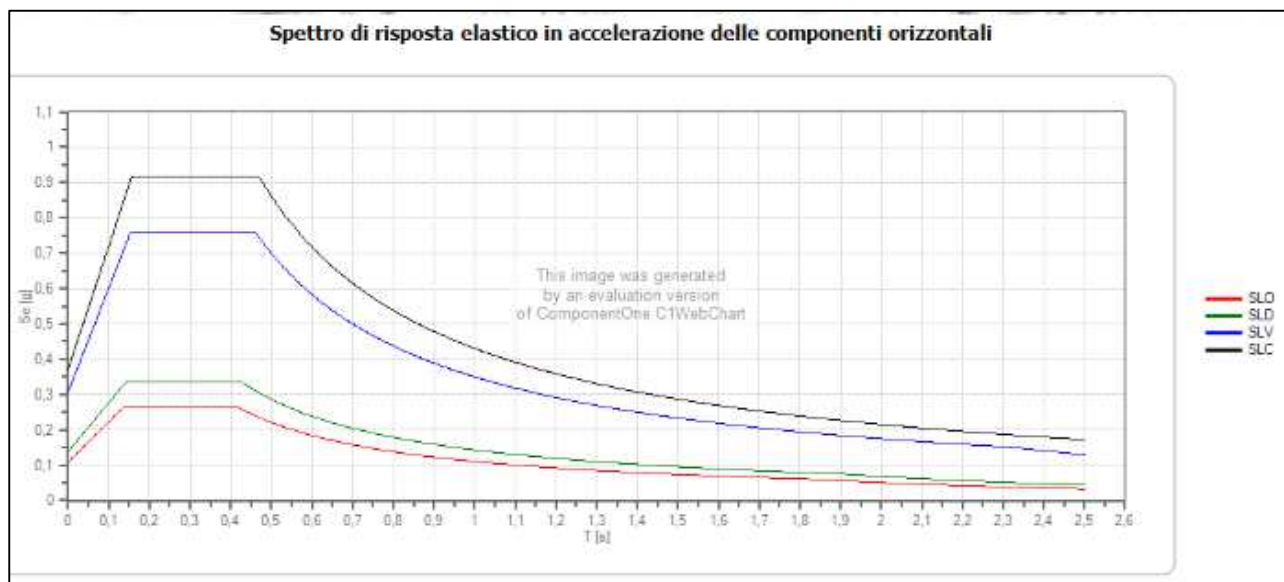
Acc.ne massima attesa al sito [m/s²]: 0.6

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0.022	0.027	0.074	0.104
kv	0.011	0.014	0.037	0.052
Amax [m/s ²]	1.058	1.342	3.011	3.643
Beta	0.200	0.200	0.240	0.280

Fig.8.1-Individuazione del reticolo di riferimento e dei coefficienti sismici mediante software Geo Stru

9.1 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.



	cu	a_g [g]	F_0	T_c^* [s]	S_s	C_c	S_t	S	η	TB [s]	TC [s]	TD [s]
SLO	1	0,080	2,468	0,249	1,500	1,660	1,200	1,800	1,000	0,138	0,414	1,840
SLD	1	0,076	2,448	0,280	1,500	1,640	1,200	1,800	1,000	0,142	0,427	1,904
SLV	1	0,179	2,473	0,292	1,430	1,580	1,200	1,716	1,000	0,154	0,461	2,316
SLC	1	0,226	2,468	0,301	1,370	1,560	1,200	1,644	1,000	0,156	0,469	2,504

per un edificio CU 1 otteniamo i seguenti valori di **accelerazione spettrale di progetto $S_e(g)$** ai periodi $T(s)$.

9. Conclusioni

Come indicato nei capitoli precedenti il presente elaborato ha come obiettivo la caratterizzazione e la modellazione geologica e sismica del sito per la realizzazione di una struttura utilizzata come ricovero attrezzi descritta in cap. 3.

L'area è soggetta a vincolo idrogeologico e viene indicata come deposito di frana quiescente.

Si considera che l'area si presenta pianeggiante e la superficie sarà livellata con la posa di uno spessore massimo di 30 cm di ghiaietto che avrà inoltre una funzione drenate.

La struttura non è prevista di fondazioni poiché gli archi metallici portanti saranno ancorati su new jersey in calcestruzzo.

Non essendo previsti sbancamenti e vista la modesta entità del carico della struttura si ritiene che l'intervento sia idoneo al sito in oggetto in quanto non saranno alterati la stabilità del versante e il naturale regime delle acque.

Montale, settembre 2023

Paolo Geol. Calicetti

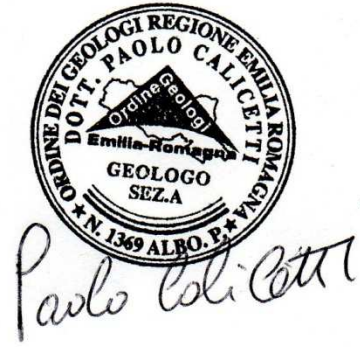


Tavola 1- Elaborazione acquisizione HVSR

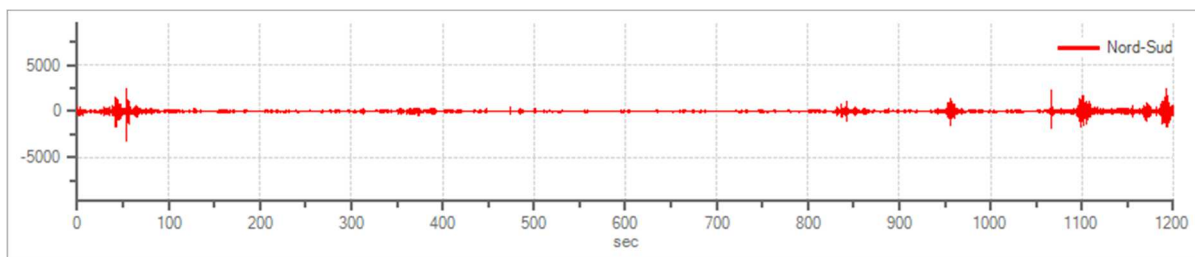
Committente: Sig. Stefani
 Cantiere: Tunnel agricolo
 Località: Boccassuolo, Palagano
 Responsabile: Geol. Calicetti Paolo
 Data: 21/09/2023
 Zona:

Tracce in input

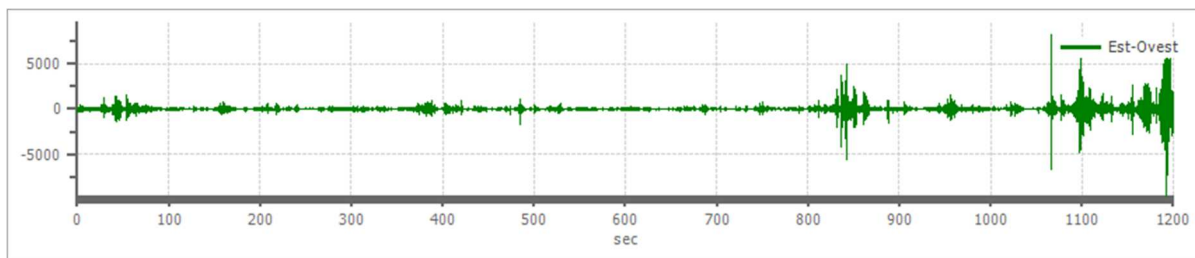
Dati riepilogativi:

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

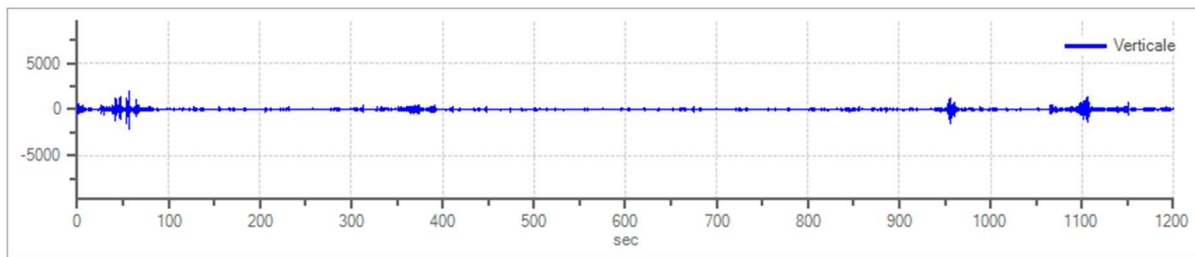
Grafici tracce:



Traccia in direzione Nord-Sud



Traccia in direzione Est-Ovest



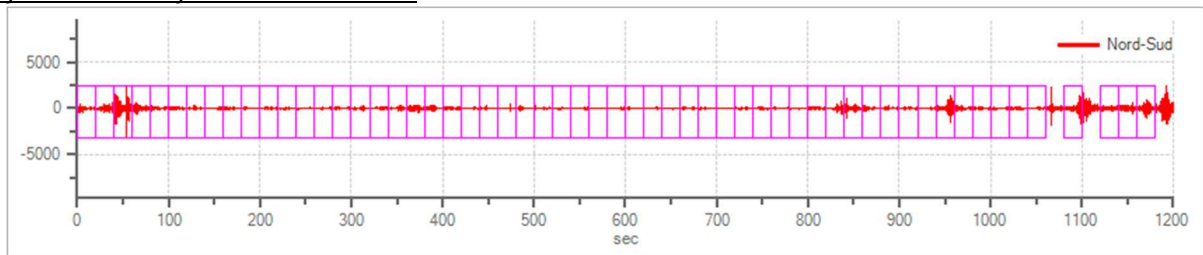
Traccia in direzione Verticale

Finestre selezionate

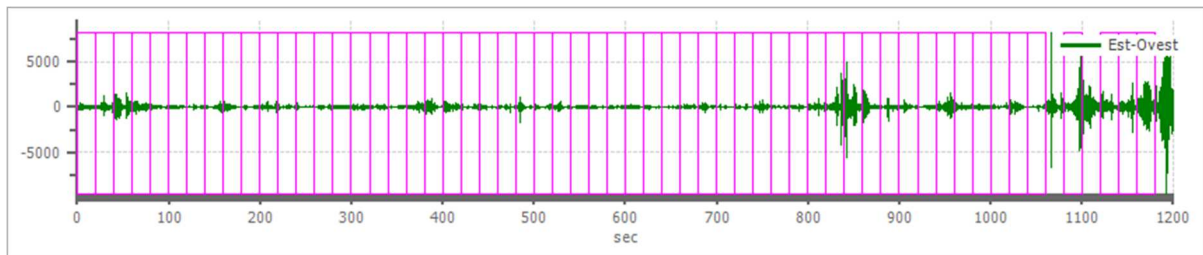
Dati riepilogativi:

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 %

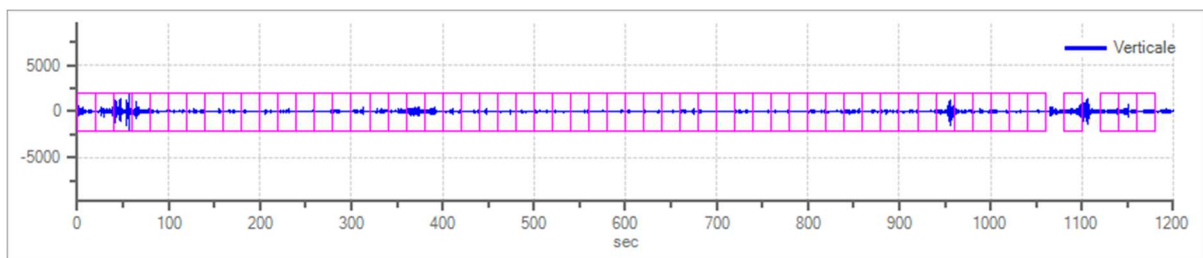
Grafici tracce con finestre selezionate:



Traccia e finestre selezionate in direzione Nord-Sud

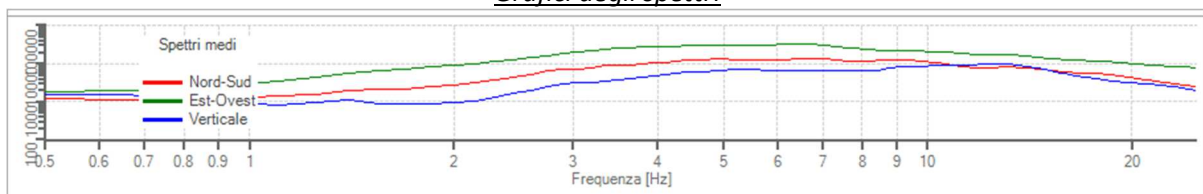


Traccia e finestre selezionate in direzione Est-Ovest



Traccia e finestre selezionate in direzione Verticale

Grafici degli spettri



Spettri medi nelle tre direzioni

Rapporto spettrale H/V

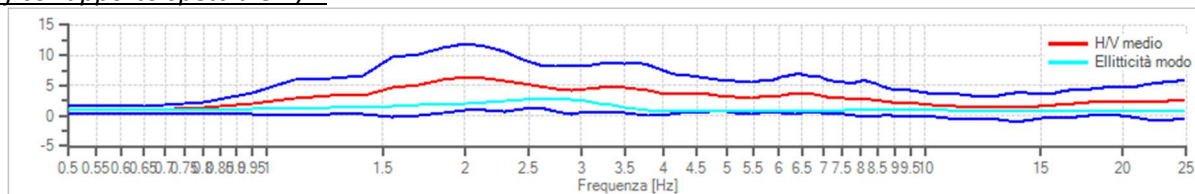
Dati riepilogativi:

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 0.85 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 superati per l'attendibilità dell'acquisizione

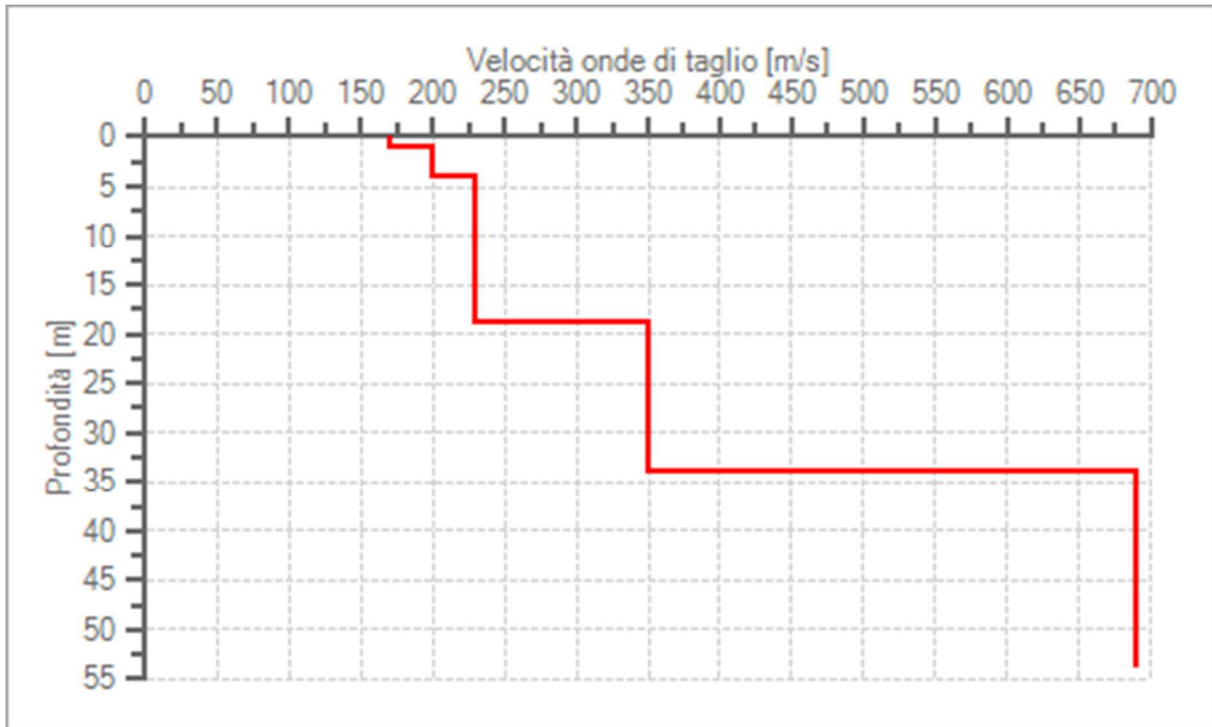
$\exists f^- \in [f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f^-) < A_0/2$	Non superato
$\exists f^+ \in [f_0, 4 \cdot f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0/2$	Ok
$A_0 > 2$	Ok
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	Ok
$\sigma_f < \varepsilon(f)$	Ok
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	Ok

Almeno 5/6 dei criteri dovrebbero essere superati per ritenere attendibile il picco

Dati riepilogativi:

Numero strati:	5
Frequenza del picco dell'ellitticità:	2.75 Hz
Valore di disadattamento:	-1.00

Valore Vseq: 255.26 m/s



Profilo delle velocità delle onde di taglio.