COMUNE DI VETTO
PROVINCIA DI REGGIO EMILIA

NUOVO INTERVENTO EDILIZIO IN LOCALITÀ GROPPO COMUNE DI VETTO (RE) (Variante n°4 - PSC Vetto, località Groppo)

PIANO DI URBANIZZAZIONE

RELAZIONE GEOLOGICA E SISMICA

ESTENSORI:

Geode scrl
Via Botteri 9/a - 43122– PARMA
tel 0521/257057 - fax 0521/921910
e-mail: geologia@geodeonline.it
pec: geode@pec.it

Dott. Geol. Giancarlo Bonini

COMMITTENTE:

COMUNE DI VETTO
(RE)

INDICE

A. PREMESSA 4

A.1 Normative di riferimento 4

A.2 Localizzazione del sito 5

A.3 Sintesi Variante n°4 Groppo (PSC comune di Vetto) 6

B. Inquadramento geologico ed idrogeologico 8

B.1 Quadro geologico 8

B.1.1 Stratigrafia 9

B.1.1.1 Unità Liguri 9

B.1.1.1.1 MCS - Flysch di Monte Cassio 9

B.1.1.1.2 AVV - Argille Varicolori di Cassio 9

B.1.1.1.1 SCB - Argille Scabiazza 10

B.1.2 Depositi quaternari continentali 10

B.2 Aspetti geomorfologici e rischio idrogeologico 11

B.3 Idrogeologia e vulnerabilità degli acquiferi 18

B.3.1 La piezometria 18

C. Dati geognostici 19

C.1 Dati geognostici bibliografici 19

C.1.1 Dati geognostici da bibliografia Geode s.c.r.l. 19

C.1.2 Dati geognostici da bibliografia MZS II 22

C.2 Campagna geognostica Settembre 2021 23

C.2.1 Prospezione sismica integrata attiva-passiva Re.Mi.+MASW+HVSR. 23

D. Schema litologico e modello geologico-tecnico 26

D.1 Parametri meccanici 27

D.1.1 Numero di colpi (N) 27

D.1.2 Coesione non drenata (Cu) 27

D.1.3 Modulo Edometrico (M) 28

D.1.4 Resistenza al taglio e densità relativa 28

D.1.5 Modulo di Young [modulo di elasticità] (E) 29

E. Modellazione sismica concernente la "pericolosità sismica di base" del sito di costruzione 30

E.1 Sismicità 30

E.1.1 Zonazione sismica e pericolosità 30

A.1.1 Classificazione sismica 31

E.2 Elementi di microzonazione sismica 33

E.2.1 Rischio sismico da PTCP Reggio Emilia 33

E.2.2 Microzonazione sismica da PSC di Vetto 33

E.2.3 Microzonazione sismica del comune di Vetto (MZSII) 36

E.3 Elementi di analisi locale di II livello 40

E.3.1.1 Fattore di amplificazione topografico 42

E.4 Azioni sismiche ai sensi NTC 44

E.4.1 Categorie di sottosuolo 44

E.4.2 Categorie topografiche 44

E.4.3 Parametri sismici di calcolo 45

F. Considerazioni finali 47

Allegato 1 – Prova penetrometrica scpt102 (da MZS II) 51

Allegato 1 – Report indagine sismica _____53

A. PREMESSA

Il presente studio geologico-tecnico e sismico è stato redatto per il piano di urbanizzazione di un'area sita nel comune di Vetto (area coinvolta nella Variante n°4 del PSC del comune di Vetto) in località Groppo, al fine di ricavare le caratteristiche geologico-geomeccaniche e sismiche del sito in esame ed eseguire uno studio di fattibilità per un nuovo intervento edilizio in progetto.

Lo studio svolto ha contemplato:

- ✓ Inquadramento geologico e geomorfologico: in esso vengono descritte le formazioni e le litologie presenti nell'area.
- ✓ Sintesi delle indagini geognostiche reperite ed eseguite.
- ✓ Ricostruzione stratigrafica ed idrogeologica alla luce delle indagini geognostiche eseguite e reperite.
- ✓ Caratterizzazione meccanica del sottosuolo.
- ✓ Modellazione sismica di base del sito in esame.
- ✓ Considerazioni finali e suggerimenti.

A.1 Normative di riferimento

- O.P.C.M. 3274 del 20.03.2003 *Costruzioni in zona sismica*
- D.M. 14 Gennaio 2008. *Nuove Norme Tecniche per le costruzioni*
- D.M 17 gennaio 2018*. Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni".*
- Circolare del Ministero delle Infrastrutture e dei trasporti n.7 del 21/01/2019 "Istruzioni per l'applicazione dell' «Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni"» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018".
- D.A.L. 112/2007. Atto di indirizzo e coordinamento tecnico ai sensi dell'art.16, c.1 della L.R. 20/2000 per "*Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica*"
- L.R. 19 del 30.10.2008. *Norme per la riduzione del rischio sismico*.
- D.G.R. 1373/2011. *Atto di indirizzo recante l'individuazione della documentazione attinente alla riduzione del rischio sismico necessaria per il rilascio del permesso di costruire e per gli altri titoli edilizi, alla individuazione degli elaborati costitutivi e dei contenuti del progetto esecutivo riguardante le strutture e alla definizione delle modalità di controllo degli stessi ai sensi dell'art. 12, comma 1 e dell'art. 4, comma 1 della L.R. 19 del 2008 e smi per la riduzione del rischio sismico*.
- DGR.2193/2015 "Approvazione aggiornamento dell'atto di coordinamento tecnico denominato "*Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica*" di cui alla DAL 2/05/2007 n.112".
- D.G.R. n°1164 del 23/07/2018 "*Aggiornamento della classificazione sismica di prima applicazione dei comuni dell'Emilia-Romagna*"
- D.G.R. n.630 del 29/04/2019 "*Atto di coordinamento tecnico sugli studi di microzonazione sismica per la pianificazione territoriale e urbanistica (Artt.22 e 49, L.R. 24/2017)".*

A.2 Localizzazione del sito

L'area è ubicata nell'elemento 218134 "REGNOLA" della CTR alla scala 1:5.000 della Regione Emilia-Romagna, ad una quota di circa 585-590 m s.l.m. Latitudine e longitudine (ED50) di un punto baricentrale dell'area valgono rispettivamente 44.441556° e 10.340841°.

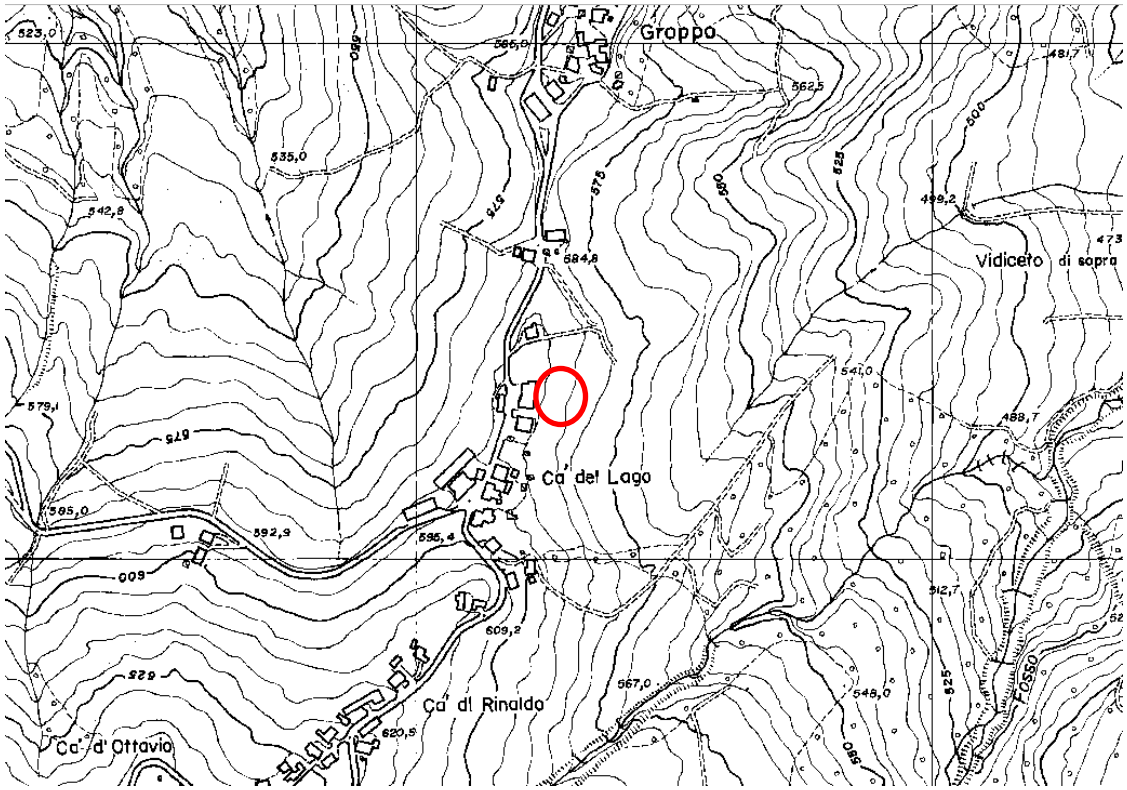


Figura 1. Ubicazione dell'area su CTR non in scala.

Figura 2. Individuazione area in esame su ortofoto Google Earth (09/08/2021).

A.3 Sintesi Variante n°4 Groppo (PSC comune di Vetto)

Nella Relazione illustrativa del "Documento preliminare - 2^ variante al PSC" del comune di Vetto per quanto riguarda la Variante n°4 Groppo

Nel suddetto documento viene mostrato un estratto della tavola P1_sud "Ambiti e sistemi strutturali" *vigente* del PSC del comune di Vetto che comprende l'area coinvolta nella variante n°4 ed un estratto della stessa tavola *modificata* in funzione della variante.

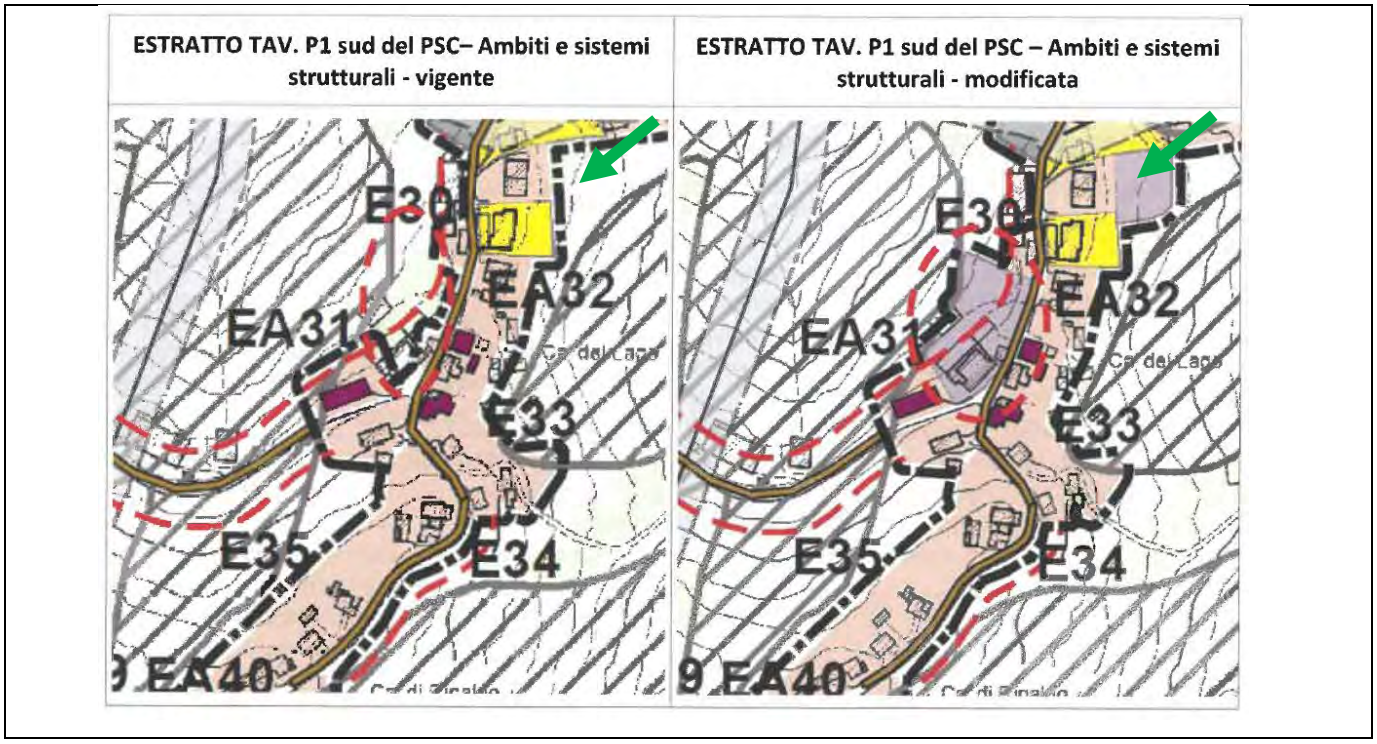


Figura 3. Estratto dalla Relazione illustrativa del "Documento preliminare - 2^ variante al PSC" del comune di Vetto. La freccia verde indica il sito in esame.

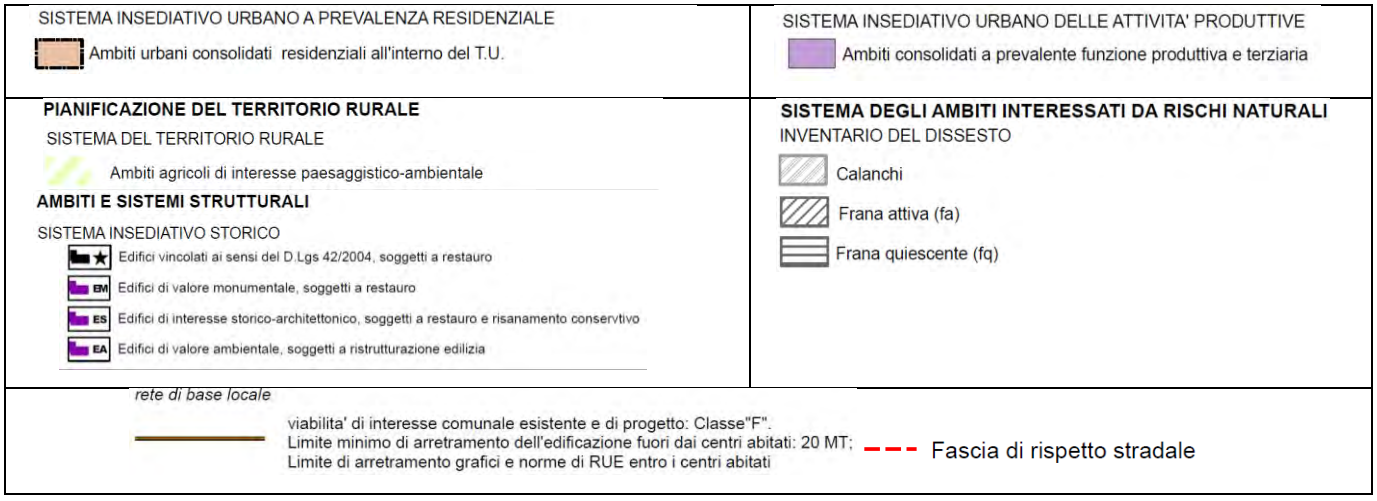


Figura 4. Legenda tavola P1_sud "Ambiti e sistemi strutturali" vigente del PSC del comune di Vetto.

Nella tavola P1_sud "Ambiti e sistemi strutturali" *vigente* del PSC del comune di Vetto il sito in esame risulta esterno agli "Ambiti urbani consolidati residenziali all'interno del T.U." ed è compreso negli "Ambiti agricoli di interesse paesaggistico-ambientale"; a nord e a sud-est del sito oggetto di studi sono cartografati depositi di frana attiva (fa) come da PTCP.

Si riporta di seguito un estratto della tavola P3_sud "Rispetti e limiti all'edificazione" del PSC del comune di Vetto, in cui il sito in esame risulta esterno ai perimetri delle zone 1 e 2 definiti dal ex PS 267 (Piano Straordinario per le zone a rischio idrogeologico) ed esterno ai perimetri di frana attiva indicati a nord e a sud est dell'area di interesse. L'area inoltre è esterna alla fascia di rispetto stradale per quanto concerne la viabilità storica di interesse comunale rappresentata da Via Groppo.

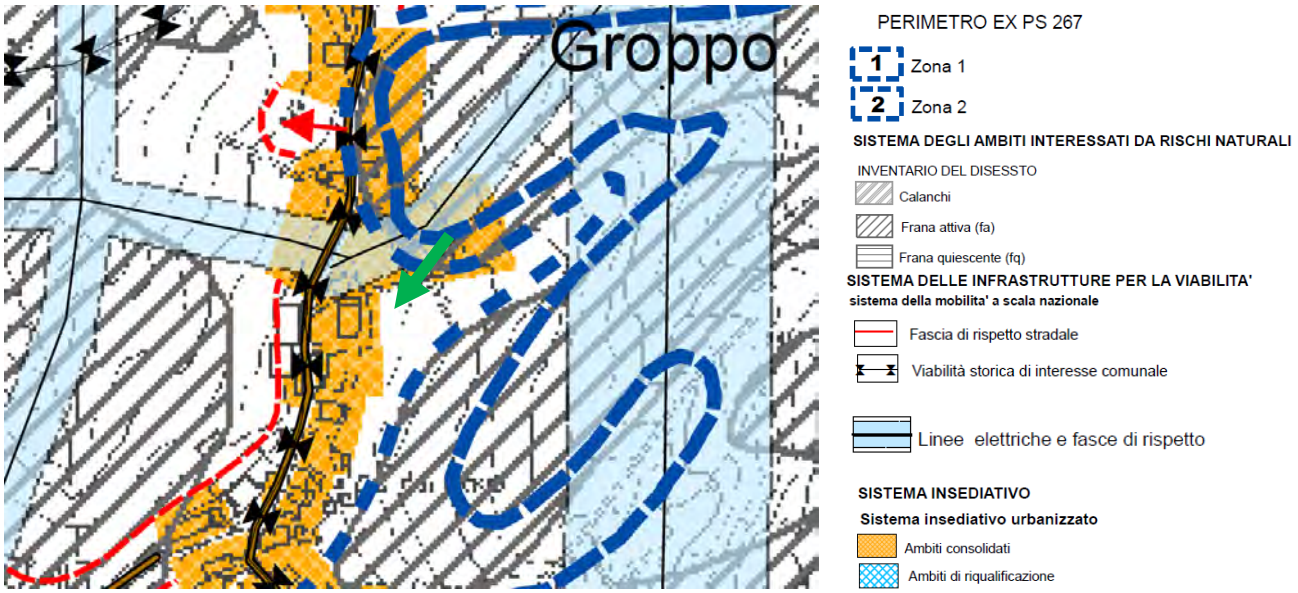
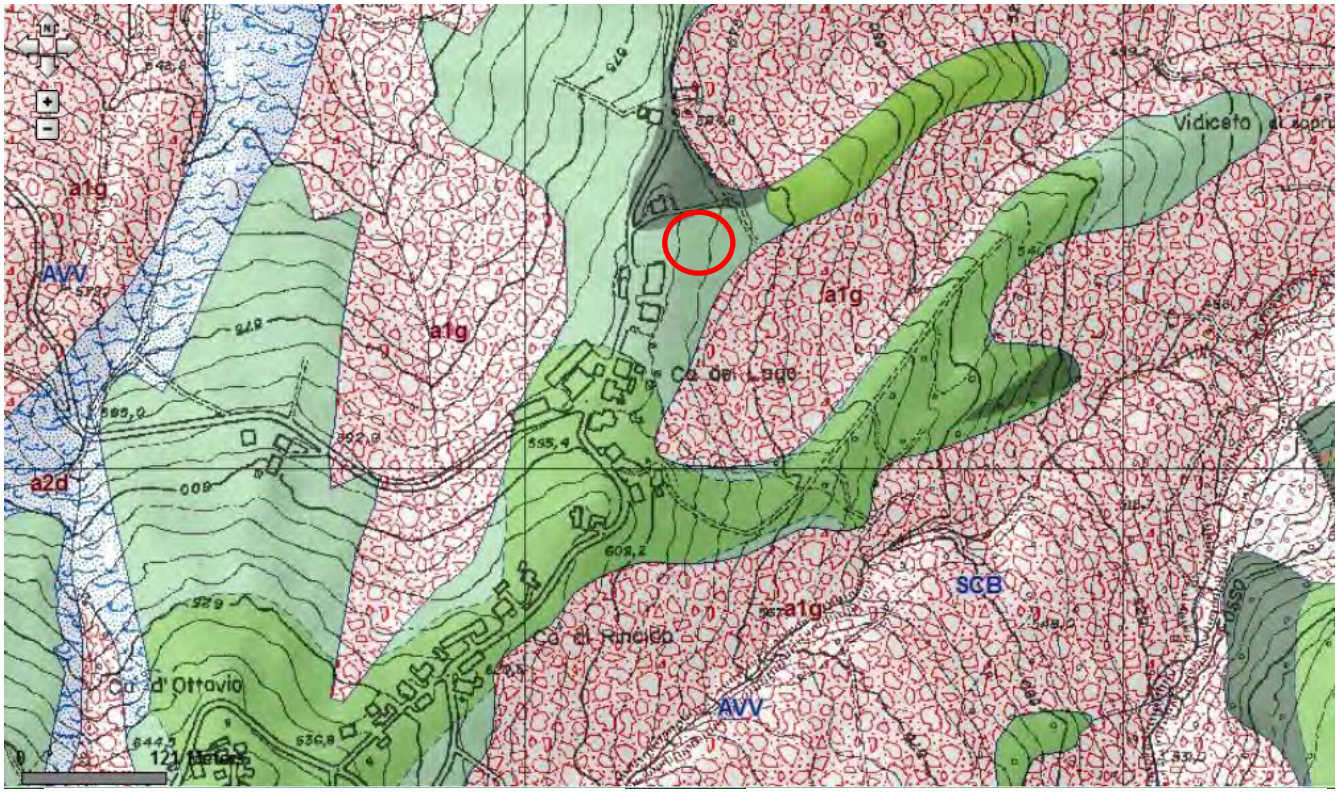


Figura 5. Estratto da tavola P3_sud "Rispetti e limiti all'edificazione" del PSC del comune di Vetto.

B. INQUADRAMENTO GEOLOGICO ED IDROGEOLOGICO

B.1 Quadro geologico

La zona in esame rientra nel Foglio 218 "CASTELNUOVO NÉ MONTI" della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000 ed è caratterizzata dalla presenza di terreni appartenenti alle Unità Liguri ed in particolare alle Argille Varicolori di Cassio (AVV). Le coperture quaternarie presenti ed indicate in carta, in prossimità dell'area in esame, sono depositi di frana attiva complessa (a1g). Nei paragrafi successivi si riportano le descrizioni delle formazioni, presenti nelle figure seguenti, tratte dalle note illustrative della Cartografia Geologica in scala 1:10.000 della Regione Emilia Romagna disponibili al sito: http://ambiente.regione.emilia-romagna.it/geologia/cartografia/webgis-banchedati/webgis.



Coperture quaternarie (10K)
- a1b - Deposito di frana attiva per scivolamento
- a1g - Deposito di frana attiva complessa
- a2d - Deposito di frana quiescente per colamento di fango

Limiti di unità geologiche (10K)
- contatto stratigrafico o litologico certo
- contatto stratigrafico o litologico incerto
- faglia incerta
- faglia sepolta
- limite di natura incerta

Affioramenti (aree) (10K)

Unità geologiche (10K)
- AVV - Argille Varicolori di Cassio
- CSD - Conglomerati dei Salti del Diavolo
- MCS - Flysch di Monte Cassio
- SCB - Arenarie di Scabiazza

Figura 6. Estratto dalla Carta Geologica del progetto CARG (con coperture quaternarie) disponibile al sito http://geo.regione.emilia-romagna.it.

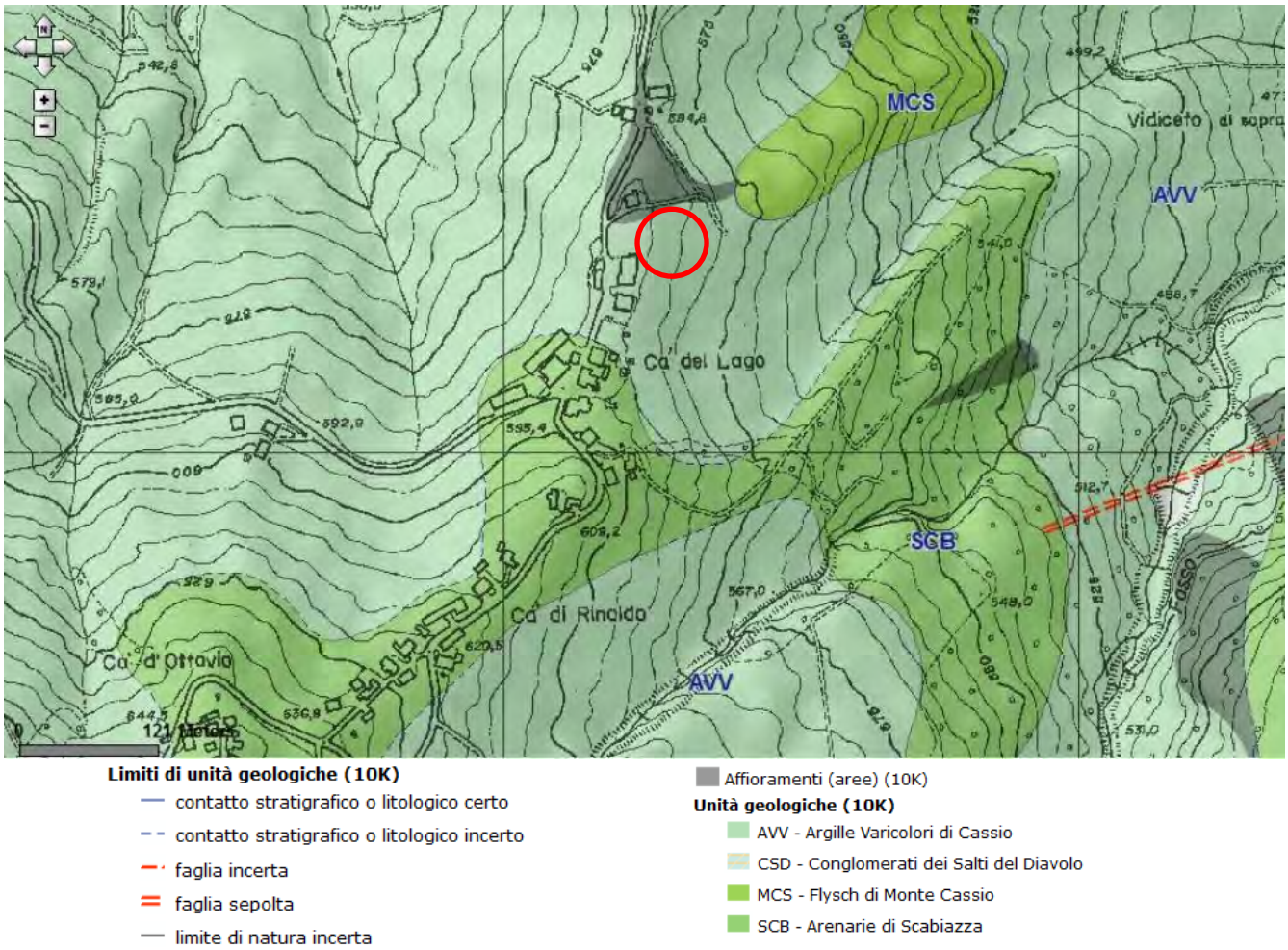


Figura 7. Estratto dalla Carta Geologica del progetto CARG (senza coperture quaternarie) disponibile al sito http://geo.regione.emilia-romagna.it.

B.1.1 *Stratigrafia*

B.1.1.1 Unità Liguri

B.1.1.1.1 MCS - Flysch di Monte Cassio

Torbiditi a base calcarenitica fine e media passante a marne calcaree, marne e calcari marnosi grigio-biancastri in strati da spessi a molto spessi, alternate a pacchi di strati torbiditici arenaceo-pelitici da sottili a spessi, grigiastri. Intercalazioni regolari di sottili livelli pelitici grigio-verdastri e neri. Contatto inferiore non affiorante o tettonizzato su AVV. Torbiditi e fanghi intrabacinali, in ambiente di piana, sotto la superficie di compensazione dei carbonati. Potenza parziale di un migliaio di metri.
(Campaniano sup. - Maastrichtiano sup.)

B.1.1.1.2 AVV - Argille Varicolori di Cassio

Argille e argilliti rosse, violacee, grigio scure e verdastre, fissili, con intercalazioni di strati sottili di arenarie fini e siltiti grigio scure, manganesifere e localmente cloritiche, di calcilutiti silicizzate grigio-verdine e di calcareniti e arenarie litiche e feldspatiche grossolane. Nell'area del Foglio 218 presenti sporadici strati medio-sottili di arenarie a composizione ofiolitica. Nell'area del Foglio 219 presenti intercalazioni lenticolari metriche di brecce a matrice argillosa con clasti di calcilutiti e arenarie non cartografabili. Sedimentazione pelagica intervallata da correnti di torbidità s.l. e flussi concentrati di locale alimentazione insubrica. Contatti per lo più tettonizzati con le formazioni sottostanti; nell'area del Foglio 219 ipotizzata una eteropia con SCB. Potenza geometrica variabile da qualche decina a qualche centinaio di metri.
(Cenomaniano - Campaniano)

B.1.1.1.1 SCB - Argille Scabiazza

Torbiditi arenaceo-pelitiche e pelitico-arenacee con arenarie litiche grigio-nocciola, grigio-scure o grigio-verdastre, fini e medie in strati sottili regolarmente alternate a peliti grigie o verdastre debolmente marnose; si intercalano strati molto spessi di marna siltosa grigio chiara a base arenacea grossolana e strati medi e spessi caratterizzati da basi ruditiche biancastre ad elementi di micriti e radiolariti, e da un tetto marnoso-calcareo. Subordinate calcilutiti verdognole in strati medi e spessi. Sedimentazione torbiditica con limitati apporti terrigeni e considerevoli rimobilizzazioni intrabacinali. Contatti tettonizzati o eteropici (Foglio 219) con AVV. Potenza geometrica affiorante che può raggiungere i 250 m. (Cenomaniano - Campaniano inf.)

B.1.2 *Depositi quaternari continentali*

Depositi di frana attiva: deposito gravitativo con evidenze di movimenti in atto (indipendentemente dalla entità e dalla velocità degli stessi). L'attività può essere continua o, più spesso, intermittente ad andamento stagionale o pluriennale. Vengono inclusi in questa categoria anche depositi di frane che al momento del rilevamento non presentano sicuri segni di movimento, ma che denotano comunque una recente attività segnalata da indizi evidenti (lesioni a manufatti, assente o scarsa vegetazione, terreno rimobilizzato) all'occhio del tecnico rilevatore. Sono altresì incluse frane con velocità recepibile solo attraverso strumenti di precisione (inclinometri, estensimetri, ecc.), qualora esistenti.

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.

a1g - Deposito di frana attiva complessa
Deposito messo in posto in seguito alla combinazione nello spazio e nel tempo di due o più tipi di movimento.

Depositi di frana quiescenti: deposito gravitativo senza evidenze di movimenti in atto o recenti. Generalmente si presenta con profili regolari, vegetazione con grado di sviluppo analogo a quello delle aree circostanti non in frana, assenza di terreno smosso e assenza di lesioni recenti a manufatti, quali edifici o strade. Per queste frane sussistono oggettive possibilità di riattivazione poiché le cause preparatorie e scatenanti che hanno portato all'origine e all'evoluzione del movimento gravitativo non hanno, nelle attuali condizioni morfoclimatiche, esaurito la loro potenzialità. Sono quindi frane ad attività intermittente con tempi di ritorno lunghi, generalmente superiori a vari anni. Rientrano in questa categoria anche i corpi franosi oggetto di interventi di consolidamento, se non supportati da adeguate campagne di monitoraggio o da evidenze di drastiche modifiche all'assetto dei luoghi.

a2d - Deposito di frana quiescente per colamento di fango
Deposito messo in posto da movimento distribuito in maniera continuata all'interno della massa spostata. Le superfici di taglio all'interno di questa sono multiple, temporanee e generalmente non vengono conservate. I materiali coinvolti sono per lo più coesivi. I depositi più frequenti sono costituiti in prevalenza da una matrice pelitica e/o pelitico-sabbiosa che include clasti di dimensioni variabili.

B.2 Aspetti geomorfologici e rischio idrogeologico

Dal punto di vista morfologico l'area è, in prevalenza, il risultato dell'azione prodotta dalle acque di scorrimento superficiale, dalla gravità e dall'attività antropica. Il sito in esame si trova sulla costa sinistra di una piccola valle che ospita i terreni coinvolti nella Frana di Groppo, si colloca in destra idrografica del Torrente Lonza (affluente destro del Fiume Enza) ed in sinistra idrografica del Rio Rimale.

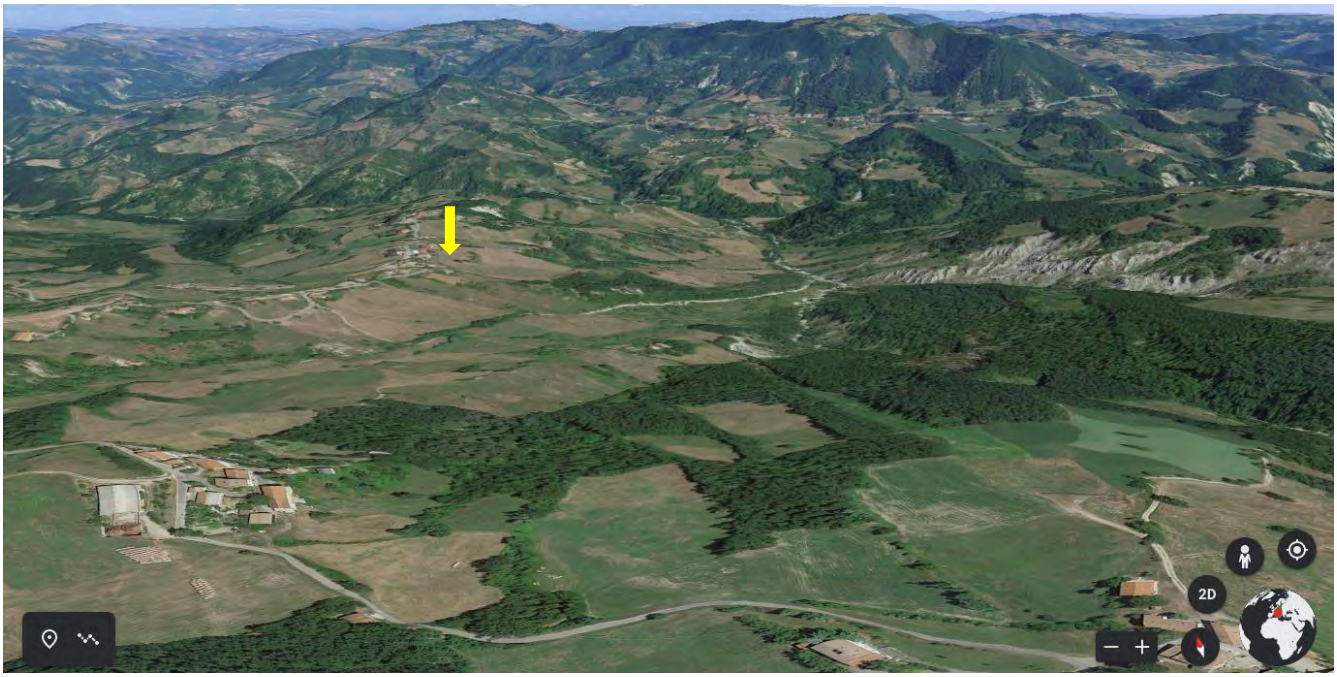
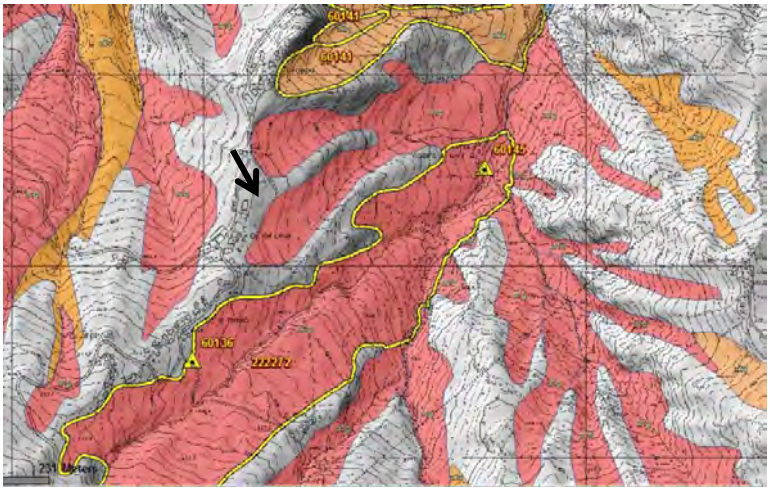


Figura 8. Morfologia dell'area in esame (con la freccia gialla l'ubicazione dell'area in esame).

In prossimità del sito in esame sono censiti fenomeni gravitativi attivi e quiescenti complessi.
Si riporta di seguito un estratto della cartografia del dissesto a cura della Regione Emilia-Romagna, disponibile in rete (http://ambiente.regione.emilia-romagna.it/geologia/cartografia/webgis-banchedati/cartografia-dissesto-idrogeologico).



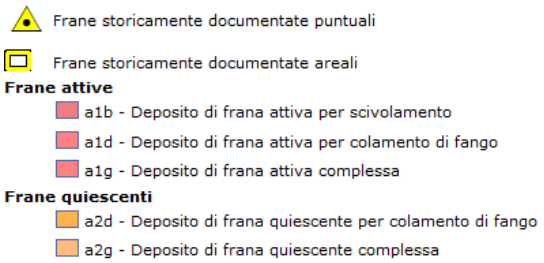
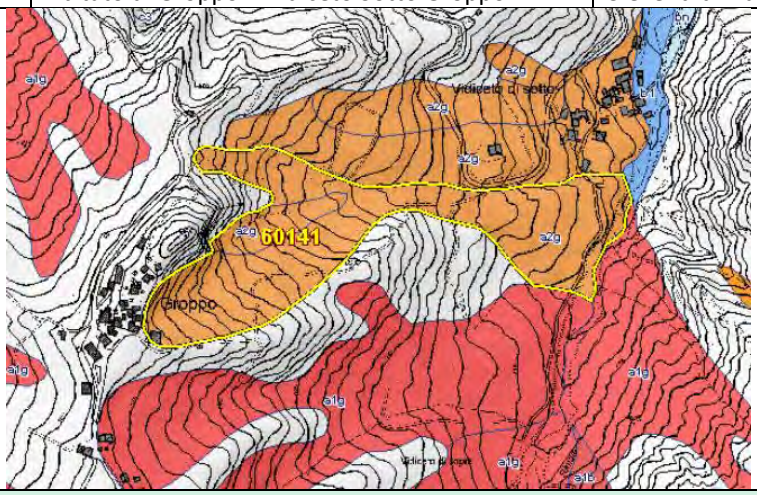
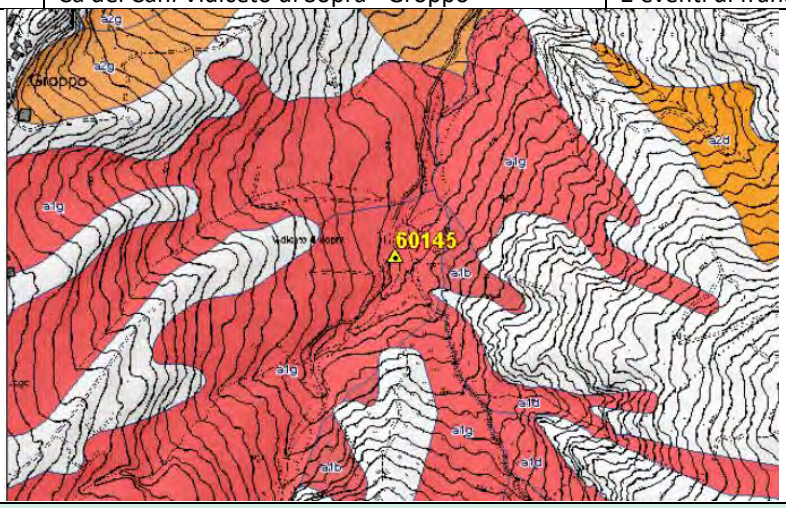


Figura 9. Estratto da cartografia del dissesto della Regione Emilia-Romagna, la freccia nera individua l'area in esame (http://ambiente.regione.emilia-romagna.it/geologia/cartografia/webgis-banchedati/cartografia-dissesto-idrogeologico)

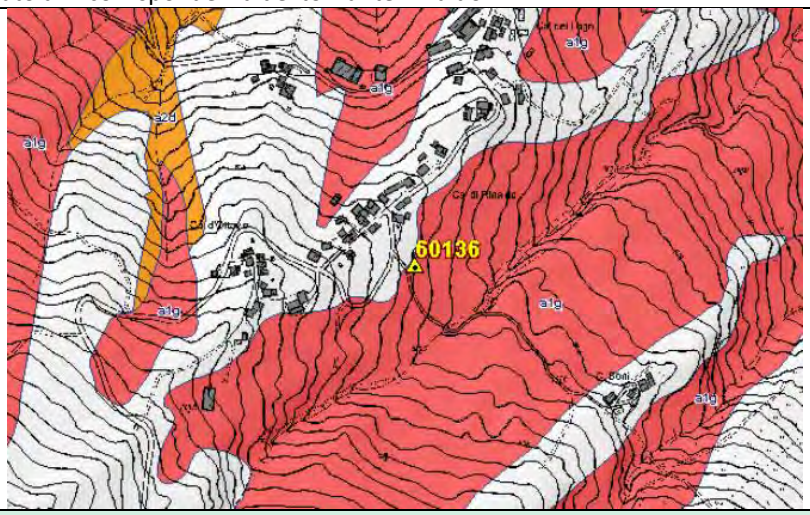
Nella cartografia del dissesto a cura della Regione Emilia-Romagna in prossimità della area in esame sono inoltre segnalati n°4 eventi franosi censiti all'interno dell'archivio storico delle frane, per cui si riportano le seguenti informazioni.

ID 60141	Abitato di Groppo – Vidiceto Sotto Groppo	3 eventi di frana
		
EVENTO DEL 1960		
Data	circa 5 dicembre 1960 [breve periodo certo (1-7gg)]	
Descrizione	Attivazione di una frana sul versante sinistro del F. Rimale, con zona di coronamento situata al margine dell'abitato di Groppo. Il fronte del movimento, che procede incanalato in una piccola vallecola, giunge a 8 m dagli edifici posti al margine Sud del nucleo principale dell'insediamento. I movimenti perdurano nel corso del mese di dicembre 1960. All'interno di una estesa frana quiescente che coinvolge un ampio tratto del versante sinistro del F. Rimale, dal crinale su cui sorge l'abitato di Groppo sino all'alveo del corso d'acqua. [Localizzazione: Buona approssimazione]	
Dimensioni fenomeno	L = 600 m, l = 25 m.	
Cause innesco	precipitazioni dell'autunno 1960	
EVENTO DEL 1906		
Data	inizio 1906 [indicazione del semestre]	
Descrizione	ALMAGIA (1907) segnala una frana sul versante sottostante l'abitato. Nella zona di coronamento di una frana quiescente estesa sino all' alveo del Fosso Rimale. [Localizzazione: Buona approssimazione]	
È presente documentazione presso il Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli.		

ID 60145	Cà dei Cani Vidiceto di Sopra - Groppo	2 eventi di frana
		
I EVENTO DEL 1987		
Data	25/11/1987 [giorno certo]	
Descrizione	rimobilizzazione della frana. L'accumulo si è riversato nell' incisione del F. Rimale. Minaccia di ostruzione dell'alveo. A causa dell'evento pluviometrico del 24-25 novembre 1987, si aggravarono ulteriormente le condizioni della strada di accesso alla borgata di Vidiceto di Sopra, già danneggiata dall'evento del 25 agosto del 1987. Si verificò un	

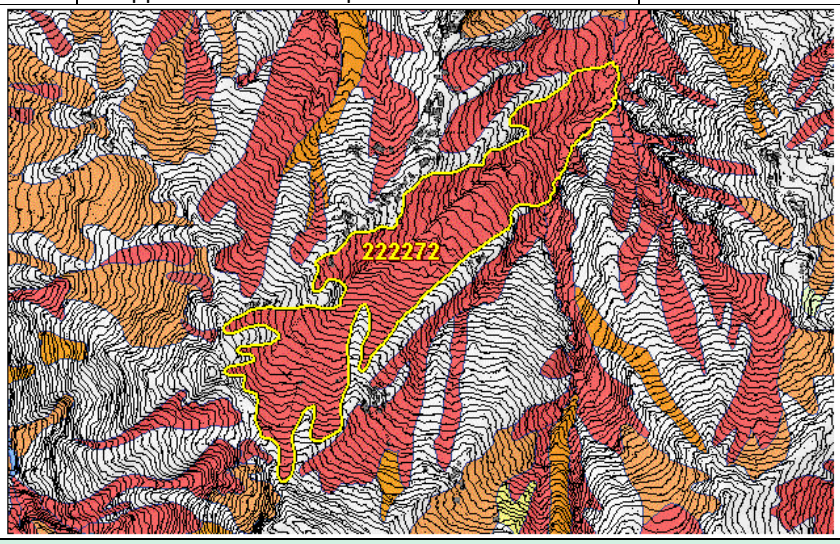
	movimento gravitativo, facilitato da fenomeni di scalzamento al piede del versante, provocati dal Fosso Rimale. [Localizzazione: Buona approssimazione]
Cause innesco	precipitazioni ed attività erosiva del corso d'acqua del 24-25 novembre 1987. L'azione di scalzamento del versante risulta favorita dal crollo di una briglia presente nell' alveo del corso d'acqua.
Danni e interventi	Ulteriori danni alla strada di accesso alla borgata di Vidiceto di Sopra, nel Comune di Vetto, nonché asportazione di una briglia nell'alveo del Fosso Rimale. Venne parzialmente danneggiata anche la rete elettrica. I lavori di ripristino della viabilità e di consolidamento del versante interessato dal fenomeno franoso, ammontanti a £. 35.000.000, consistettero in: - ripristino del tratto di rilevato stradale asportato; - costruzione di una rete di drenaggio; - ricostruzione della briglia.
II EVENTO DEL 1987	
Data	25/08/1987 [giorno certo]
Descrizione	attivazione di un movimento sul versante sottostante l'insediamento in sponda sinistra del Fosso Rimale. [Localizzazione: Buona approssimazione]
Cause innesco	attività erosiva del Fosso Rimale a seguito della piena conseguente alle precipitazioni del 24-25 agosto 1987.
Danni e interventi	asporto di un tratto della strada comunale di accesso alla frazione. Per il ripristino della viabilità si stimò una spesa di circa £. 25.000.000.
È presente documentazione presso il Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli.	

ID 60136	Ca' d'Ottavio lungo la Strada provinciale Groppo-Ca' di Scatola Groppo. SC Cà Scatola in corrispondenza del tornante Rinaldo.	2 eventi di frana



I EVENTO DEL 1986	
Data	05/11/1986 [breve periodo certo 1-7 giorni]
Descrizione	A causa delle recenti precipitazioni, si ebbe un ampliamento del fenomeno franoso del 21/10/1986. Venne completamente asportato il tratto della strada provinciale Groppo-Ca' di Scattola, in località Ca' d'Ottavio, già danneggiato dall'evento del 21 ottobre 1986. "Il movimento gravitativo è ampio e profondo e le sue caratteristiche geomorfologiche fanno prevedere un'ulteriore evoluzione del dissesto con danni più gravi alla strada". [Localizzazione: Buona approssimazione]
Cause innesco	Precipitazioni prolungate
Danni e interventi	Asportazione di un tratto della sede stradale. I lavori di ripristino della viabilità e di consolidamento del corpo di frana, ammontanti a £. 25.000.000, consistettero in: - ricostruzione del tratto di rilevato stradale asportato; - costruzione di una rete di drenaggio fino alla profondità del piano di scorrimento.
II EVENTO DEL 1986	
Data	21/10/1986 [giorno certo]
Descrizione	Attivazione di una frana sul pendio sottostante la strada degradante verso l'incisione di un ramo del Fosso Rimale. La frana si localizza al margine laterale di un movimento attivo che coinvolge gran parte del versante sinistro della vallecola sottostante Cà di Rinaldo. [Localizzazione: Buona approssimazione]

Cause innesco	Precipitazioni dell'ottobre 1986
È presente documentazione presso il Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli.	

ID 222272	Groppo – Vidiceto di Sopra	1 evento di frana
		
EVENTO DEL 1996		
Data	prima decade di Febbraio 1996 [breve periodo certo (1-7gg)]	
Descrizione	riattivazione di diverse frane coalescenti, innescatesi a catena dal basso verso l'alto del versante. L'evento franoso è stato seguito e monitorato sino dalle prime fasi della riattivazione. Precedenti rilievi avevano evidenziato segni di attività sin dal 1993. [Localizzazione: Verificata da documentazione tecnica]	
Danni e interventi	il franamento ha causato la distruzione o l'abbandono di diversi fabbricati abitati e lesionato severamente vari tratti di viabilità comunale. Dichiarato lo stato di emergenza da parte del Presidente del Consiglio dei Ministri. Legge n. 225 del 1992. Evacuati n.5 edifici. Finanziamenti dello Stato: 1 miliardo di lire. Richiesto dalla Provincia un finanziamento di 500 milioni di lire. Il 10 febbraio 1996 il Sindaco ha emesso un'ordinanza per la chiusura della strada per Casa Bertei.	
È presente documentazione presso il Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli.		

È stato inoltre reperito e consultato un articolo contenuto all'interno dei Quaderni di Geologia Applicata (2001) riguardante la Frana di Groppo del Dott. Geol. Giovanni Bertolini (*Servizio Tecnico dei Bacini Enza, Secchia e Panaro, Regione Emilia-Romagna)* di cui si riportano alcuni estratti di seguito.

La Frana di Groppo ha interessato nel febbraio del 1996 una piccola valle dell'Appennino reggiano, incisa in formazioni strutturalmente complesse (caotiche) appartenenti al Dominio Ligure. L'evento è stato determinato dalla riattivazione, dal basso verso l'alto del versante, di diversi corpi di frana coalescenti che permeavano in stato di quiescenza da tempo. Si tratta di una frana complessa, in cui si intrecciano scivolamento planare e colamenti rapidi. Il contributo dato dall'acqua di fusione del manto nevoso nella fase di riattivazione produceva il collasso del piede della frana determinando una colata rapida di argilla del volume di circa 0.5 milioni di m³ che, coprendo circa 60 m in 12 ore, causava la completa distruzione di un piccolo centro abitato. Nel complesso il dissesto ha coinvolto un volume di circa 3.6 milioni di m³ di argilla. L'avanzamento dell'unghia di frana è stato circa di 370 m nel mese di febbraio 1996. […]
Questa vasta frana si estende all'interno di un bacino imbrifero (Rio dei Cani) del medio Appennino Reggiano, si tratta di una piccola valle tributaria di sinistra del Rio Rimale, scolante a sua volta nel Torrente Atticola e poi nel Torrente Enza.

Il corpo di frana si allunga da quota 800 m s.l.m. verso NE confluendo nell'alveo del Rimale e poi percorrendo per 300 metri verso valle (sino a quota 470). [...]
L'aspetto più peculiare di questa frana si ha nella velocità assunta dall'unghia nella giornata del 20 febbraio, quando raggiunse uno spostamento (misurato) di oltre 60 m in circa 12 ore, distruggendo la frazione abitata di "Vidiceto di sopra" che originariamente si trovava ben 300 m a valle dell'unghia di frana quiescente. [...]

LE CONDIZIONI GEOLOGICHE PRESENTI AL CONTORNO
Il substrato che alimenta i corpi di frana è costituito da complessi argillosi a struttura caotica. Si tratta delle Argille a Palombini (APA) ed elle Arenarie di Ostia (OST) entrambi facenti parte del Dominio Ligure. Ecco una breve descrizione:

- APA - Argille a Palombini: si tratta di una unità strutturalmente complessa, formata da lembi e blocchi litici, eterogenei ed eterometrici, prevalentemente calcilutitici, inglobati da una matrice argillitica prevalentemente grigia. Il rapporto A7P è molto variabile da luogo a luogo ma comunque molto maggiore di 1.Dal punto di vista della complessità strutturale può essere classificato come B3 (AGI, 1979). Età: Cretaceo inferiore.
- OST - Arenarie di Ostia: sono costituite da strati centimetrici di torbiditi micacee grigie e si presentano con struttura maggiormente organizzata e litoide, a causa del maggior valore del rapporto tra arenarie stratificate ed interstrati pelitici (1:1). Esse presentano un grado di complessità strutturale classificabile come B1 e B2 (AGI, 1979). Localmente sono evidenti lembi di argilliti di colore rosso vivo (argille Varicolori?) inglobate in OST. Età: Conianciano –Santoniano.

[...]

CARATTERI MORFOMETRICI E CINEMAICI

Localizzazione topografica dell'area di studio CTR Regione Emilia Romagna, scala 1:10.000; sezione n°218130	
Coordinate geografiche corpo di frana	Lat. 44°26'10'' N; Long.10°20'30''
Bacino idrografico	Fiume Po
Sottobacino	Torrente Enza
Morfometria della frana	
Pendenza media	13°
dislivello	310 m
Quota del coronamento	780 m
Quota del piede	470 m
Lunghezza massima	1800 m
Larghezza massima	250 m
Profondità media	14 m
Superficie frana	$30*10^4$ m^2
Volume presunto	$3.6*10^6$ m^3
Classificazione della frana (secondo Cruden & Varnes, 1996): frana composita per riattivazione di (dall'alto): colata lenta/scivolamento lento/colata rapida di terra da umida a molto bagnata, avanzante.	

Schema riassuntivo della localizzazione, morfometria e classificazione della frana di Groppo.

LE CAUSE DEL FRANAMENTO
Come più volte segnalato (BERTOLINI, 1999) la grande maggioranza dei franamenti che attualmente osserviamo prendono origine per riattivazione dei numerosissimi corpi di frana che costellano il panorama emiliano e che hanno avuto origine nel corso dell'Olocene, sotto condizioni evidentemente differenti dall'attuale. La riattivazione di questi franamenti avviene a causa di precipitazioni prolungate nel tempo sull'arco di uno o più mesi, mentre risultano assai meno influenti precipitazioni, anche copiose, se concentrate in pochi giorni. Questo dato, sinora evidenziato solo qualitativamente, sembra sempre più confermato dalle analisi retrospettive che sono in corso per l'area emiliana (cfr. GALLIANI, POMI, ZINONI e CASAGLI). È anche vero che, però, che esistono numerose eccezioni a questa regola e tra queste sembrerebbe che ricada il caso della frana di Groppo[...]

Le precipitazioni cumulate nel periodo dei 3 mesi precedenti risultano di circa 330 mm. Condizioni da non considerare "rare" visto che una analoga situazione (sempre valori cumulati su 90 giorni) si è presentata per esempio ben 26 volte nel periodo che va dal 1969 al 1996. La correlazione tra precipitazioni e franamento è ancora minore se si considerano le piogge cumulate in una finestra temporale di diversa ampiezza (370 mm nei quattro mesi precedenti), 210 mm nei due mesi precedenti, 130 mm nei trenta giorni precedenti) rappresentano situazioni pluviometriche che hanno tempi di ritorno sub-annale.

D'altra parte non esistono possibilità di coincidenze significative con eventi sismici. Per risalire ad une evento climatico significativo bisogna andare nell'anno 1994 che si può ritenere, almeno per la stazione di Vetto, discretamente insolito. L'anomalia, se così si può dire, di quell'anno sta nel fatto che condizioni "severe" con altezza di precipitazione superiori a 400 mm in 90 giorni, si sono presentate nel territorio reggiano per ben due volte, in primavera ed in autunno. Una condizione analoga (su finestre temporali di 3 mesi) non si è mai verificata nel periodo considerato, che va dal 1969 al 1996. [..]

Non è facile quindi individuare come unica causa innescante precipitazioni di particolare intensità. La riattivazione è stata verosimilmente determinata dalla concomitanza di più agenti geomorfici, che hanno agito contemporaneamente, ma con intensità variabili nel tempo. Il dissesto si è infatti sviluppato nel corso degli anni 90, partendo dall'erosione del rimale, sulla base del versante e retrocedendo gradualmente verso monte, destabilizzando così l'intero versante. Il versante si manteneva al di sotto delle condizioni minime di equilibrio da tempo, in attesa di queste piogge non eccezionali che sono bastate a provocare il collasso.

(Da "La Frana di Groppo – Comune di Vetto, Provincia di Reggio Emilia" contenuto nei Quaderni di Geologia Applicata (2001) - Dott. Geol. Giovanni Bertolini)

Nella Carta del Dissesto (tavola P6 - 218130) del PTCP della Provincia di Reggio Emilia (variante specifica di aggiornamento 2018) e nella Tavola P6 del PSC del comune di Vetto l'area oggetto di studio risulta esterna ai perimetri di frana attiva individuati nell'intorno del sito in esame; a nord-est e sud-est di questo è evidenziata la presenza di due frane attive (a1) che confluiscono nei depositi di frana attiva che costituiscono la Frana di Groppo, quest'ultima presente a sud/sud-est del sito. L'intera area occupata da frane attive a sud e ad est dell'abitato di Groppo, e del sito in esame, viene indicata come area a rischio idrogeologico molto elevato (Frane normate dall'art. 57 e 61 delle NTA).

In particolare nella Tavola P6 del PSC del comune di Vetto, per l'area a rischio idrogeologico in prossimità del sito in esame, sono indicate aree in zona 1 "area instabile o che presenta un'elevata probabilità di coinvolgimento in tempi brevi, direttamente dal fenomeno e dall'evoluzione dello stesso" ed aree in zona 2 "area potenzialmente interessata dal manifestarsi di fenomeni di instabilità coinvolgenti settori più ampi di quelli attualmente riconosciuti o in cui l'intensità dei fenomeni è modesta in rapporto ai danni potenziali sui beni esposti" (da Norme Tecniche di Attuazione – PSC Vetto). Gli estratti delle carte citate sono riportati di seguito.

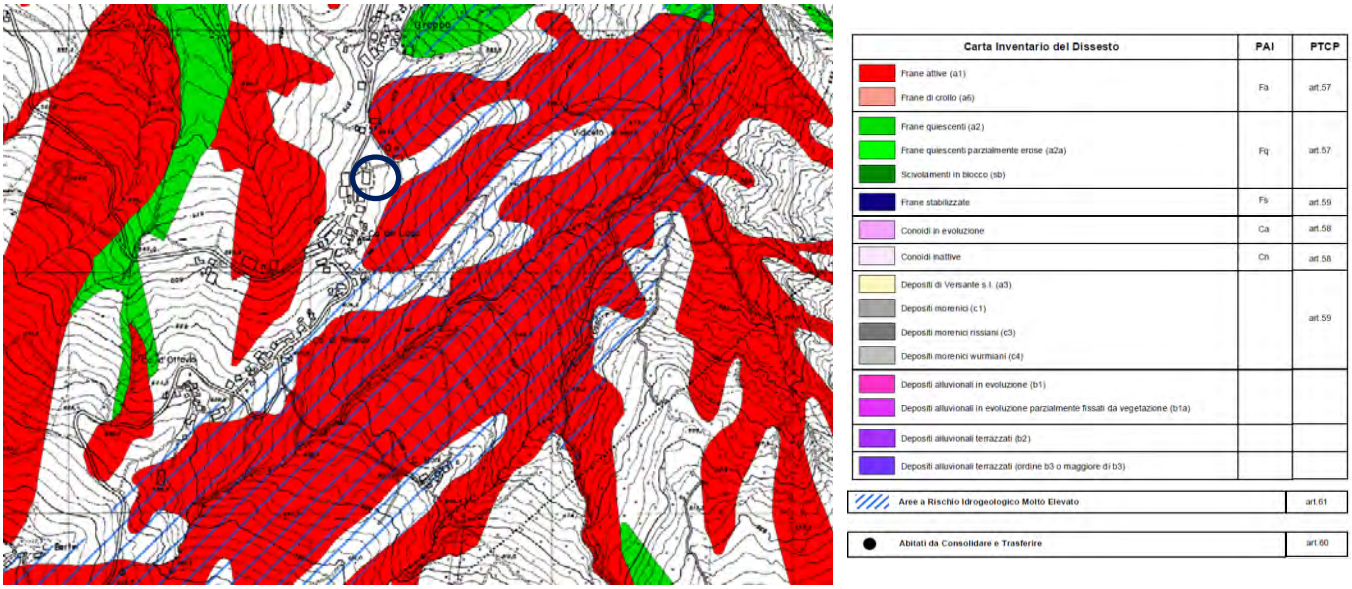


Figura 10. Estratto da Tav. P6 "Carta inventario del dissesto e degli abitati da consolidare e trasferire L445/1908" del PTCP di Reggio Emilia, Variante specifica di aggiornamento 2018.

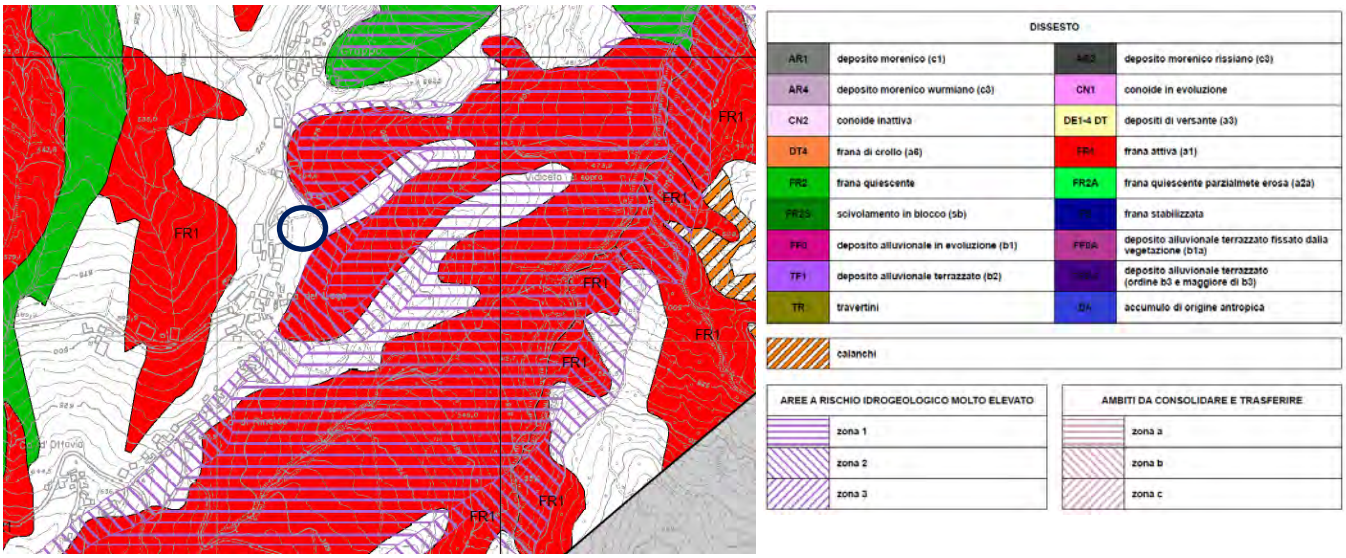


Figura 11. Estratto da Tav. P6 "Carta inventario del dissesto" del PSC del Comune di Vetto.

Per completezza si riporta un estratto della cartografia del Vincolo Idrogeologico a cura dell'Unione Montana dell'Appennino Reggiano, disponibile in rete, dal quale si osserva come l'area in esame risulti interna alle aree in vincolo.

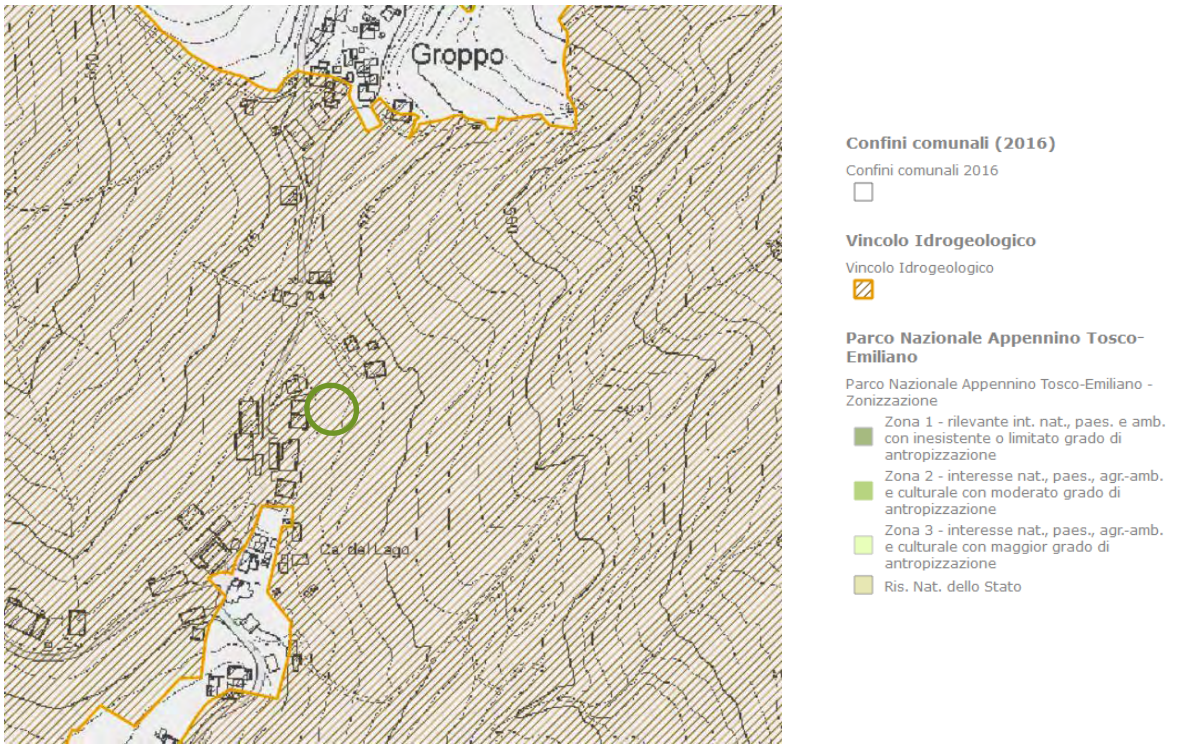


Figura 12. Estratto della cartografia del Vincolo Idrogeologico dell'Unione Montana dell'Appennino Reggiano disponibile online. https://moka.provincia.re.it/mokaApp/apps/VI_DC/index.html?null

L'area risulta esterna alle fasce fluviali così come definite nel Piano Assetto Idrogeologico (PAI).

Nel Piano di Gestione delle Alluvioni, consultabile al sito https://ambiente.regione.emilia-romagna.it/it/suolo-bacino/sezioni/piano-di-gestione-del-rischio-alluvioni/cartografia, l'area risulta esterna agli scenari di pericolosità evidenziati per il reticolo secondario collinare montano (RSCM).

B.3 Idrogeologia e vulnerabilità degli acquiferi

Nella Tavola P10a (218SO) "Carta delle tutele delle acque sotterranee e superficiali" del PTCP della Provincia di Reggio Emilia per l'area in esame non sono segnalati elementi di rilievo.

All'interno della cartografia delle "sorgenti e unità geologiche sede di acquiferi" della Regione Emilia-Romagna disponibile in rete (http://ambiente.regione.emilia-romagna.it/it/geologia/cartografia/webgis-banchedati/sorgenti-unita-geologiche-sede-acquiferi-appennino) sono state identificate le aree recanti significativi addensamenti di sorgenti, corrispondenti alle unità geologiche sede di acquiferi (informalmente denominate "rocce magazzino") e le aree di approfondimento, rappresentate dalle unità geologiche potenzialmente sede di acquiferi minori. Sono inoltre individuate le evaporiti, permeabili per dissoluzione, le coperture detritiche di versante e di origine morenica (eventualmente connesse agli acquiferi in roccia del substrato) ed i depositi alluvionali terrazzati, sede di scambi tra il fiume e le falde locali.
Per quanto riguarda il sito in esame, come si evidenzia dalla figura seguente, non vengono segnalati elementi rilevanti. I depositi di frana attiva presenti a sud e a sud-est dell'area in esame vengono indicati come coperture detritiche di versante in connessione (eventualmente connesse agli acquiferi in roccia del substrato).

Come ulteriore informazione disponibile attraverso la consultazione della suddetta cartografia online si segnala la scarsa predisposizione dell'unità geologica, presente in corrispondenza del sito in esame, al potenziale sviluppo di travertini.

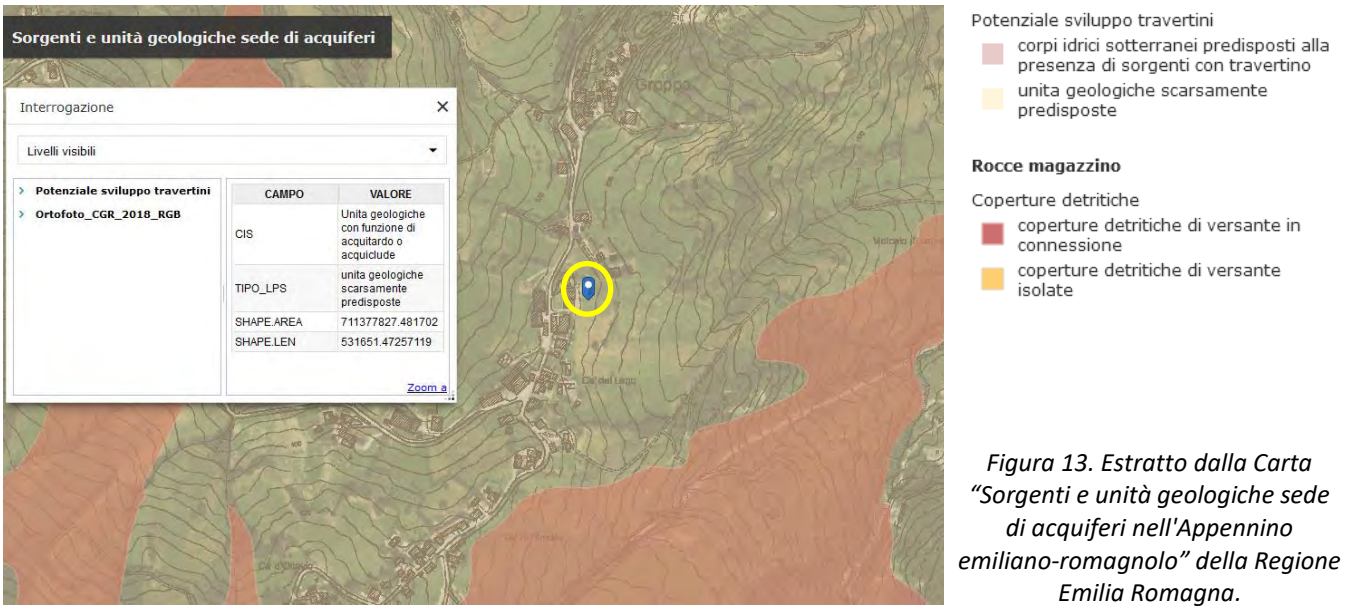


Figura 13. Estratto dalla Carta "Sorgenti e unità geologiche sede di acquiferi nell'Appennino emiliano-romagnolo" della Regione Emilia Romagna.

B.3.1 *La piezometria*

Per una analisi completa del sito in esame sono state consultate (come riportato nel paragrafo C.1) alcune prove geognostiche bibliografiche reperite nel database degli scriventi (in particolare sono state consultate le relazioni geologiche "Lavori di pronto intervento per consolidamento versante e viabilità comunale in zona Groppo – 1° lotto" (Geode - Maggio 2020) e "Lavori di prevenzione al dissesto idrogeologico ed al contrasto ai fenomeni franosi in località Groppo in comune di Vetto (Geode – Febbraio 2019)) e negli elaborati della Microzonazione sismica di II Livello del comune di Vetto.

Le prove consultate all'interno degli elaborati di MZS di II livello non riportano informazioni in merito alla profondità della falda.

Come emerso dalla consultazione della bibliografia (database degli scriventi), nel corso delle indagini geognostiche eseguite in un'area a SW del sito in esame a Dicembre 2016, e durante due letture piezometriche successive (Settembre 2017 e Aprile 2018) e , è stata reperita la falda così come riportato nella tabella seguente (l'ubicazione delle indagini a cui si fa riferimento sono riportate nel paragrafo C.1.1):

Sondaggio S1	
Data	Livello acqua in m dal p.c.
19/12/2016	-0.34
21/12/2016	-0.50

Sondaggio S2	
Data	Livello acqua in m dal p.c.
21/12/2016	-4.90
22/12/2016	-4.67
22/12/2016	-4.43
23/12/2016	-1.63

Letture piezometriche:

Pz1 28/09/2017 = -1.50 m da p.c.

Pz1 20/04/2018 = -0.60 m da p.c.

Tabella 1. Dati bibliografici di soggiacenza della falda misurati in un'area a SW del sito in esame.

Durante le indagini eseguite ad Aprile 2020 per i lavori di consolidamento di due tratti della strada comunale di Groppo (ad W-SW del sito in esame) non è stata intercettata la falda.

Per quanto riguarda il sito in esame non si esclude comunque la possibilità che durante eventi meteorici occasionali, o in corrispondenza di periodi particolarmente piovosi, il livello piezometrico possa risalire a quote prossime al piano campagna.

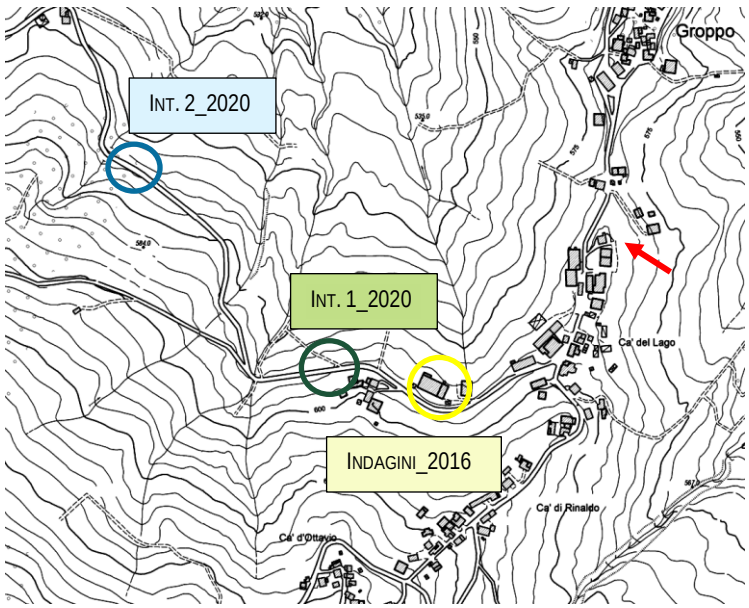
C. DATI GEOGNOSTICI

C.1 Dati geognostici bibliografici

C.1.1 *Dati geognostici da bibliografia Geode s.c.r.l.*

Per una completa analisi del sito in esame sono innanzi tutto state consultate le indagini bibliografiche reperite nel database degli scriventi. In particolare sono state consultate le relazioni geologiche "Lavori di pronto intervento per consolidamento versante e viabilità comunale in zona Groppo – 1° lotto" (Geode - Maggio 2020) e "Lavori di prevenzione al dissesto idrogeologico ed al contrasto ai fenomeni franosi in località Groppo in comune di Vetto (Geode – Febbraio 2019).
La relazione del Maggio 2020 riporta le informazioni relative alla caratterizzazione geomeccanica e sismica di due tratti della strada comunale Via Groppo. La relazione del Febbraio 2019 riporta invece le informazioni relative alle risultanze della campagna geognostica eseguita nel 2016, in un'area a SW del sito in esame, sempre lungo la strada comunale di Groppo, interessata da fenomeni franosi.

Nell'immagine seguente si individuano le aree oggetto di studi delle relazioni consultate.



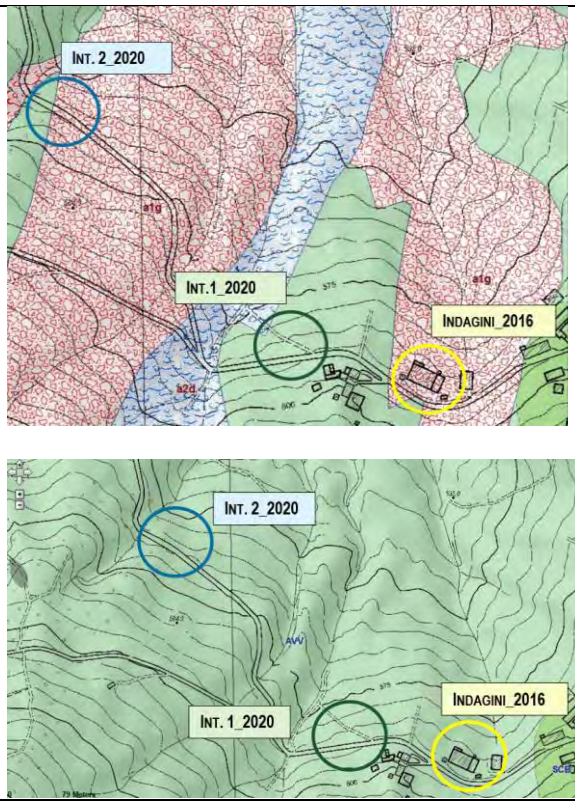


Figura 14. Ubicazione aree interventi 2020 ed indagini 2016 su CTR RER e su estratto della Carta Geologica del progetto CARG con e senza coperture quaternarie (rispettivamente immagine in alto a destra ed in basso a destra). La freccia rossa indica il sito in esame per la presente relazione

Per la caratterizzazione geomeccanica e sismica dei due tratti di strada comunale di Via Groppo (aree intervento 1 e 2 del 2020) e dell'area oggetto della campagna geognostica del 2016 sono state eseguite le indagini riportate nella tabella seguente.

		Sigla	Tipo	Profondità (m dal p.c.)	Data di esecuzione
Relazione geologica Maggio 2020	*Tratto 1*	DIN1	Prova penetrometrica dinamica	10.2	27/04/2020
		DIN2	Prova penetrometrica dinamica	10.2	27/04/2020
		DIN3	Prova penetrometrica dinamica	10.2	27/04/2020
		SIS	Indagine sismica Masw+Hv+ Rifrazione	>30	30/04/2020
	Tratto 2	DIN1	Prova penetrometrica dinamica	10.5	27/04/2020
		DIN2	Prova penetrometrica dinamica	8.7	27/04/2020
		DIN3	Prova penetrometrica dinamica	9.3	27/04/2020
		SIS	Indagine sismica Masw+Hv+ Rifrazione	>30	30/04/2020
Relazione geologica Febbraio 2019 (indagini del 2016)		S1	Sondaggio a carotaggio continuo	16.0	19-21/12/2016 Attrezzato con inclinometro
		S2	Sondaggio a carotaggio continuo	10.0	21-22/12/2016 Attrezzato con piezometro
		HV1	Misure di rumore sismico	>30	23/12/2016
		HV2	Misure di rumore sismico	>30	23/12/2016

Tabella 2. Prove geognostiche bibliografiche reperite nel database degli scriventi (eseguite in più aree a W-SW del sito in esame)

Si riassumono di seguito alcuni risultati delle prove bibliografiche consultate.

Stratigrafia Sondaggio S1_2016

Sondaggio S1		
Profondità m da p.c.	**Descrizione litologica**	**Unità geologica***
0.0-0.30	Suolo poco evoluto. Limo argilloso con ciottoli - color grigio/marrone.	R - Riporti
0.30-0.72	Riporto antropico. Ghiaia, ciottoli e sabbie in matrice limo argillosa di colore grigio/marrone.	
0.72-4.60	Argilla con limo e ciottoli di varie dimensioni (ϕ <1cm) ad aspetto brecciato e con matrice supportata; tra 3,8 e 4,0 m presenza di resti vegetali e carboniosi (piccoli frammenti rossi – mattoni?).	F1
4.60-5.00	Alla base del livello sopra descritto tra -4,60 e 5,0 m dal pc è presente un orizzonte granulare di ciottoli e blocchi colore da grigio a marrone scuro e chiaro con screziature grigio chiare.	F1b
5.0-6.30	Limo e argilla limosa con frammenti lapidei prevalentemente di marne e più raramente calcari (M/C=4/1); aspetto tipo breccia a matrice supportata - più granulare rispetto al livello sovrastante F1; colore grigio marrone, localmente nocciola.	F2
6.30-6.80	Limo e limo argilloso con sabbie di colore da marrone chiaro a marrone/verde. Zona di scivolamento o livello argilliti molto alterato.	F2b
6.80-10.00	Argillite grigio scura localmente nera e a zone leggermente marrone; presenza di calcari bianchi (es. a 7.20 m da p.c.) e calcari bianchi grigiastri (presenti tra 8 e 10 m, con livelli di spessore pari a 10 cm). Le sfumature di grigio sono casuali e caotiche.	AVV1 Alterate e molto fratturate
10.0-16.0	AVV – Argilliti, argilliti marnose e marne di colore grigio scuro tendente al nero ad aspetto scaglioso. Presenza di calcari e calcari marnosi tra 11.25-11.35 m da p.c.; 13.5 e 13.55 m da p.c. e tra 14.50-14.55 m da p.c. Ove presenti i calcari le superfici di discontinuità presentano angoli variabili dai 30° ai 40°.	AVV

Tabella 3. Stratigrafia sondaggio S1 eseguito nella campagna di indagini del 2016 in un'area a SW del sito in esame.

Stratigrafia Sondaggio S2_2016

Sondaggio S2		
Profondità m da p.c.	**Descrizione litologica**	**Unità geologica***
0.0-0.80	Riporto costituito da ghiaietto, ghiaia con sabbia e argille.	R
0.80-2.76	Argilla, argilla limosa e rari elementi lapidei di color da rosso vivace a nocciola, da grigio a grigio/nero. Terreno molto plastico. Orizzonte di AVV tipiche coinvolte nel movimento franoso.	F1/F2
2.76-4.50	Argilla ed argilla limosa a tratti sabbiosa con frammenti lapidei (es. -4.05-4.15 m dal pc). Colore grigio/marrone. Terreno consistente con ciottoli di ϕ >1cm.	F2?
4.50-6.00	Limo e limo argilloso con sabbie di colore da marrone chiaro a marrone/verde. Zona di scivolamento o livello argilliti molto alterato.	F2b
6.00-10.00	Argilliti ed argilliti marnose di colore grigio scuro tendente al nero. Rari inclusi calcarei. Aspetto scaglioso.	AVV

Tabella 4. Stratigrafia sondaggio S2 eseguito nella campagna di indagini del 2016 in un'area a SW del sito in esame.

In merito alle prove eseguite nel 2020, per la caratterizzazione dei due tratti stradali lungo la strada comunale Groppo, si riportano di seguito i dati relativi alle profondità del substrato ricostruite attraverso le prove penetrometriche dinamiche ed i risultati ottenuti attraverso le indagini sismiche Re.Mi.+MASW (2020).

Nell'area di intervento 1 le indagini eseguite hanno permesso di individuare il substrato roccioso costituito dalla Formazione delle Argille Varicolori (AVV) a partire da profondità maggiori di 7.2/7.5 m da p.c. (trattasi del substrato meno alterato e disarticolato).
L'indagine sismica MASW+HV eseguita nel tratto stradale 1 ha permesso di ricavare una Vs_{eq} al piano campagna pari a **363 m/s**.

Nell'area di intervento 2 le indagini eseguite hanno permesso di individuare il substrato roccioso costituito dalla Formazione delle Argille Varicolori (AVV) a partire da profondità maggiori di 3.0/4.5 m da p.c. (trattasi del substrato meno alterato e disarticolato). L'indagine sismica MASW+HV eseguita nel tratto stradale 2 ha permesso di ricavare una Vs_{eq} al piano campagna pari a **422 m/s**.

C.1.2 *Dati geognostici da bibliografia MZS II*

Come riportato nel paragrafo E.2.3 il comune di Vetto è provvisto di studio di MZS di II livello; il sito in esame rientra nelle aree interessate dal suddetto studio. Sono stati consultati gli elaborati di MZS II in cui sono contenuti i risultati delle indagini geognostiche eseguite nell'intorno dell'area di interesse.
In particolare nella "Carta delle indagini" in prossimità del sito in esame sono indicate le seguenti indagini geognostiche: n°2 prove penetrometriche SCPT102 e SCPT101 eseguite ad est, n°2 stendimenti sismici a rifrazione BSP103 e BSP104, n°1 misura di microtremore sismico a stazione singola H103 e n°1 stendimento sismico REMI (R103) ubicati a nord dell'area di studio.

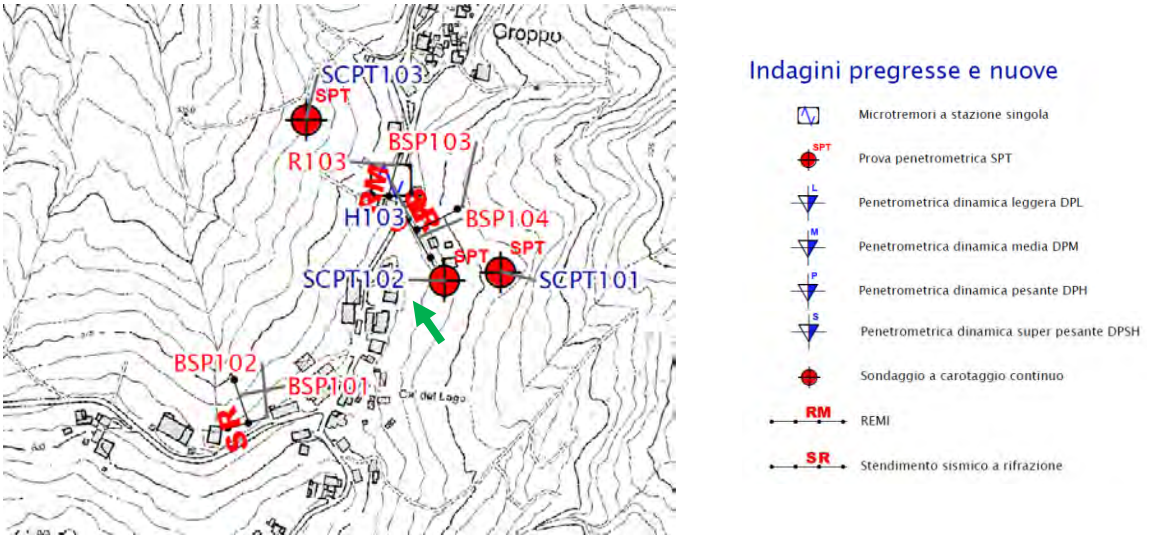


Figura 15. Estratto dalla "Carta delle indagini" della MZS II del comune di Vetto. La freccia verde indica l'area di studio.

Nell'elaborato "Indagini geognostiche e geofisiche pregresse" sono riportati i risultati delle prove geognostiche sopracitate.

Di particolare interesse per la presente relazione è la prova penetrometrica dinamica SCPT102, di cui sono stati consultati e rielaborati (vedasi paragrafo D.1) i dati (reperiti in bibliografia) ottenuti dalla prova stessa, eseguita subito a NE del sito in esame, sempre in corrispondenza di terreni appartenenti alle Argille Varicolori di Cassio (AVV).

Sigla	*Tipo*	*Profondità (m dal p.c.)*	*Profondità substrato roccioso (m da p.c.)*	*Data di esecuzione*
SCPT102	Prova penetrometrica dinamica	4.20	4.0/4.20 profondità determinata da rielaborazione	22/06/2007

Tabella 5. Prove geognostiche reperite negli elaborati della MZS II.

C.2 Campagna geognostica Settembre 2021

Ad integrazione delle indagini bibliografiche reperite, nel Settembre 2021 è stata eseguita una indagine sismica di tipo Re.Mi.+MASW+HVSR in corrispondenza dell'area in esame. L'ubicazione della prova sismica eseguita è riportata nell'immagine seguente.

Figura 16. Ubicazione prova sismica eseguita nel 2021.

Sigla	*Tipo*	*Profondità (m dal p.c.)*	*Soggiacenza falda (m dal p.c.)*	*Esecuzione*
RM+HV	Prova sismica integrata attiva e passiva Re.Mi.+MASW+HVSR	>30	-	Settembre 2021

Tabella 6. Indagine integrativa eseguita nell'area in esame.

Nel paragrafo seguente si riporta una sintesi delle metodologie di prova e dei risultati ottenuti attraverso la prova sismica integrata attiva-passiva Re.Mi.+MASW+HVSR. Il report completo è riportato in allegato.

C.2.1 *Prospezione sismica integrata attiva-passiva Re.Mi.+MASW+HVSR.*

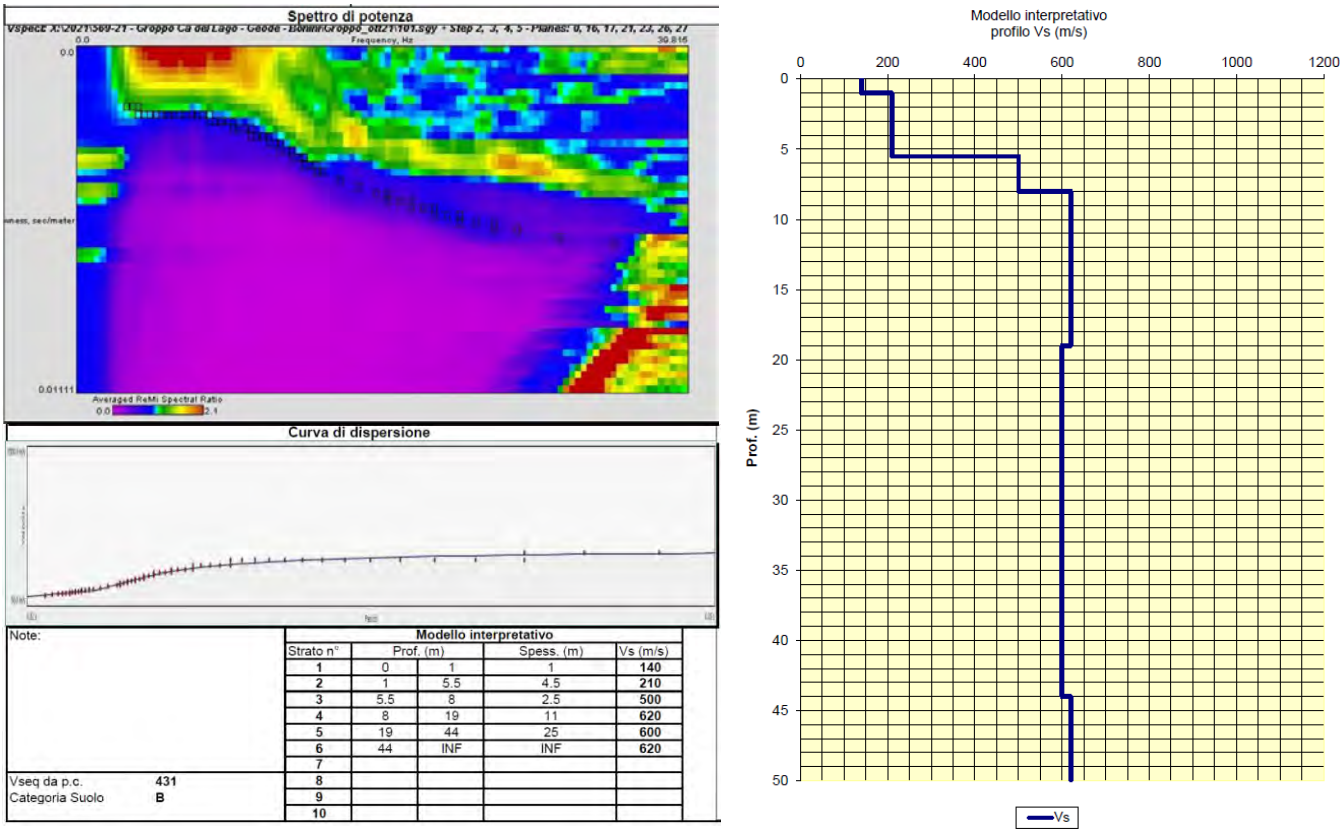
È stata eseguita, in corrispondenza del sito in esame, una prospezione geofisica con metodo integrato attivo - passivo (Re.Mi./MASW/HVSR), per la rilevazione della velocità di propagazione delle onde di taglio Vs. La prospezione è stata effettuata con un sismografo digitale a 24 canali ad elevata dinamica *GEOMETRICS GEODE*, attrezzato con 24 geofoni verticali con frequenza propria di 4,5 Hz, disposti ad interasse di 2 m per una lunghezza totale di stendimento di 46 m.

Nella procedura con "metodo attivo" (MASW) le onde superficiali sono generate mediante una sorgente impulsiva disposta a piano campagna e sono registrate da uno stendimento lineare costituito da ricevitori posti a distanza variabile. Il procedimento con "metodo passivo" (Re.Mi.) presenta caratteristiche geometriche dello stendimento uguali a quelle del sistema attivo, ma i ricevitori non registrano le onde superficiali prodotte da una sorgente impulsiva, bensì il rumore di fondo (microtremore) prodotto da sorgenti naturali e antropiche (traffico, attività industriali).
Le due tecniche esaminano bande spettrali differenti: il metodo attivo consente di acquisire in modo maggiormente dettagliato una curva di dispersione nel range di frequenza compreso tra 10 e 40 Hz e fornisce informazioni relative alla parte più superficiale del sottosuolo (fino a circa 10-20 m di profondità); il metodo passivo permette di determinare e definire una curva di dispersione nelle bande di frequenza tra 2 e 20 Hz e fornisce informazioni sugli strati più profondi.

La combinazione delle due tecniche consente di ottenere uno spettro completo nella banda di frequenza comprese tra 2 e 40 Hz e consente una affidabile ricostruzione dell'andamento della velocità delle onde di taglio fino a circa 30-100 m di profondità, in funzione della lunghezza massima dello stendimento.

Nell'esecuzione della prova MASW (attiva) è stato utilizzato come sistema di energizzazione una mazza di 10 Kg battente su piattello metallico. Per aumentare il rapporto segnale/rumore si è proceduto alla somma di più energizzazioni (processo di stacking). La sorgente è stata posta ad una distanza tra 6 e 10 m dal primo geofono.
Per l'acquisizione dei microtremori ambientali sono state effettuate venti registrazioni della durata di 30 sec con una frequenza di campionamento di 500 Hz.

Di seguito ed in allegato sono presenti i diagrammi di elaborazione ottenuti.



Note:

Modello interpretativo				
Strato n°	Prof. (m)		Spess. (m)	Vs (m/s)
1	0	1	1	140
2	1	5.5	4.5	210
3	5.5	8	2.5	500
4	8	19	11	620
5	19	44	25	600
6	44	INF	INF	620
7				
8				
9				
10				

Vseq da p.c. 431
Categoria Suolo B

Figura 17. Risultati indagine sismica Re.Mi./MASW+HVSR, riportante lo spettro di potenza mediato, la curva di dispersione, sia sperimentale che calcolata, ed il relativo modello interpretativo.

Profondità	Spessore	Vs (m/s)
0-1	1	140
1-5.5	4.5	210
5.5-8	2.5	500
8-19	11	620
19-44	25	600
44-INF	INF	620

Figura 18. Modello interpretativo ricostruito attraverso la prova sismica Re.Mi./MASW+HVSR.

Nel sito oggetto di indagine è stata svolta inoltre un'acquisizione di microtremori ambientali mediante un sismometro TROMINO ad elevata dinamica. L'acquisizione è stata effettuando campionando il segnale a 128 Hz per una durata di 50 minuti.

Tali dati sono stati elaborati con la tecnica HVSR (*Horizontal to Vertical Spectral Ratio* o *metodo di Nakamura*). L'ipotesi alla base della metodologia è che essendo i microtremori causati prevalentemente dalle onde di Rayleigh, la componente verticale del moto non subisce fenomeni di amplificazione in corrispondenza di marcati contrasti di impedenza sismica, mentre detto fenomeno avviene per le componenti orizzontali, soprattutto in corrispondenza della frequenza fondamentale di risonanza (F0) dei terreni indagati. Eseguendo quindi il rapporto tra gli spettri di frequenza orizzontale e verticale (H/V) si ottiene un grafico in cui si evidenziano le frequenze in cui si hanno i maggiori effetti di amplificazione locale.

Di seguito si riporta il grafico di elaborazione della curva HV.

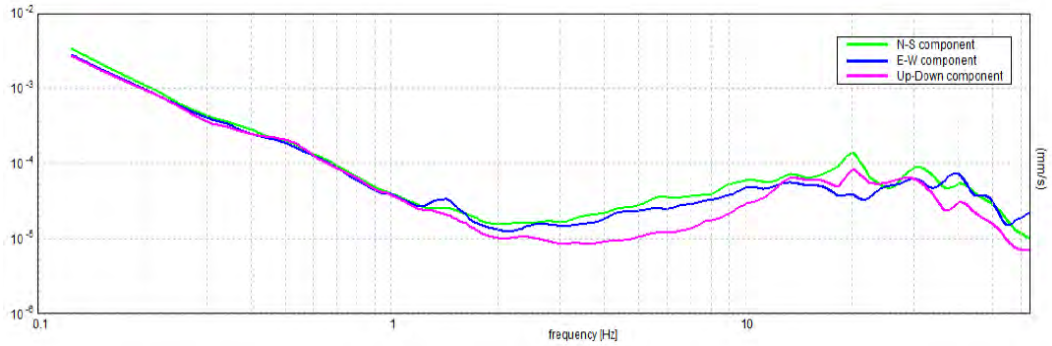


Figura 19. Analisi spettrale delle diverse componenti dei microtremori misurati nel sito in analisi (Up-Down componente verticale, N-S componente nord – sud, E-W componente est – ovest).

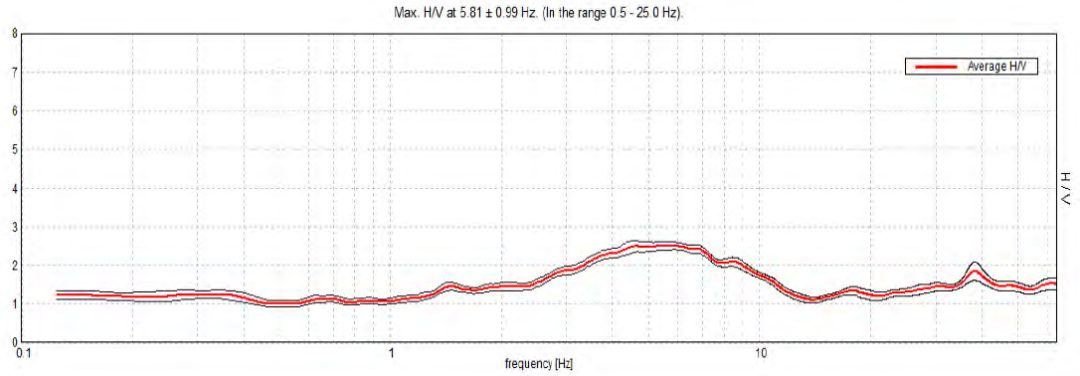


Figura 20. Elaborazione HVSR dei microtremori rappresentata dalla media dei risultati ottenuti dalla componente N/Z ed E/Z.

Dall'esame dei dati, per frequenze inferiori a 15 Hz (T=0,07 sec), risulta un moderato campo di amplificazione (ampiezza = 2,5) tra le frequenze di 3 e 9 Hz (T=0,11 – 0,33 sec) con un massimo a circa 5,8 Hz (T = 0,17 sec). Tale picco tuttavia non risulta netto e completamente affidabile secondo i criteri *Sesame* proprio a causa dell'ampiezza della campana di amplificazione.

D. SCHEMA LITOLOGICO E MODELLO GEOLOGICO-TECNICO

Per ottenere informazioni relative alla situazione del sottosuolo sono state considerate le risultanze delle indagini reperite ed eseguite. Sulla base di queste informazioni è possibile definire il seguente schema litologico e geotecnico:

S		***Suolo*** (0-0.4 m da p.c.)
L1	**a3/a4**	***Livello L1:*** falda detritica di natura eluvio colluviale costituita prevalentemente da materiali argilloso-limosi. L'elaborazione della prova penetrometrica SCPT102 (i cui dati sono stati reperiti in bibliografia) permette di riconoscere il livello da circa 0.4 m da p.c. sino ad una profondità di 1.8 m da p.c. *Dati caratterizzanti per il livello sono: Vs= 140 m/s, N colpi= 1.4-3.8 colpi/20 cm.*
L2	**a3/a4**	***Livello L2:*** falda detritica di natura eluvio colluviale costituita prevalentemente da materiali argilloso-limosi maggiormente consistenti rispetto al livello soprastante. L'elaborazione della prova penetrometrica SCPT102 permette di riconoscere il livello da 1.8 m da p.c. sino ad una profondità di 3.2 m da p.c. *Dati caratterizzanti per il livello sono: Vs= 210 m/s, N colpi= 9.0-9.5 colpi/20 cm.*
L3	**AVV**	***Livello L3:*** substrato roccioso disarticolato e fratturato (AVV) e/o detrito di versante costituito prevalentemente da materiali da disfacimento e alterazione. L'interpretazione della prova penetrometrica SCPT102 individua il livello L3 a partire da 3.2/3.4 m da p.c. sino a 4.0/4.2 m da p.c. *Dati caratterizzanti per il livello sono: N colpi= 12.5-14.2 colpi/20 cm, Vs= 210-500 m/s.*
L4	**AVV**	***Livello L4:*** substrato roccioso (AVV). La prova sismica Re.Mi.+MASW+HVSR eseguita individua il substrato roccioso alla profondità di 5.5 m da p.c. L'interpretazione della prova penetrometrica SCPT102 reperita in bibliografia individua il livello L4 a partire da 4.0/4.2 m da p.c. (profondità massima della prova 4.20 m da p.c. dove si registra un N di colpi di 22 colpi/20 cm). *Dati caratterizzanti per il livello sono: N colpi≥22 colpi/20 cm, Vs>500 m/s.*

Di seguito si riporta la caratterizzazione meccanica dei terreni indagati, che è stata ottenuta attraverso l'elaborazione della prova penetrometrica dinamica SCPT102, i cui dati sono stati reperiti negli elaborati della MZS II del comune di Vetto.

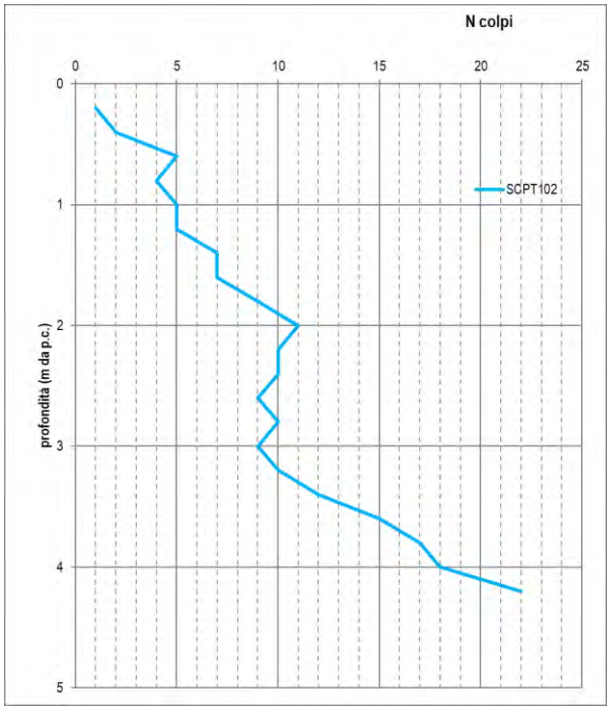
Profondità m dal pc	Sigla/Unità geologica	Comportamento prevalente	Litologia	Parametri	
0.0-0.6		Coesivo/Granulare	Terreno vegetale	-	-
0.6-1.8	L1 – a3/a4	Coesivo	Detrito di versante	Parametri totali γ_k =19 kN/ m^3 Cu_k= 24.1-64.5 kPa Φu = 0° M_k= 5.3-10.0 MPa	Parametri efficaci γ_k =19 kN/m^3 c'$_k$ = 5-10 kPa Φ'_k = 28.1-30.9° E= 16.1-24.9 MPa
1.8-3.2/3.4	L2 – a3/a4	Coesivo	Detrito di versante	Parametri totali γ_k=21 kN/m^3 Cu_k= 141.1-1547.7 kPa Φ_u = 0° M_k= 18.7-20.3 MPa	Parametri efficaci γ_k=21 kN/m^3 c'$_k$ = 10-20 kPa Φ'_k = 33.8-34.3° E= 41.0-43.7 MPa
3.2/3.4-4.0/4.20	L2 – AVV	substrato roccioso disarticolato e fratturato	Formazione delle Argille Varicolori di Cassio (AVV)	Parametri totali γ_k=21 kN/m^3 Cu_k= 152.9-174.2 kPa Φ_u = 0° M_k= 20.1-22.5 MPa	Parametri efficaci γ_k=21 kN/m^3 c'$_k$ = 10-20 kPa Φ'_k = 33.9-34.7 ° E= 43.4-47.6 MPa
>4.00/4.20/5.5	L3 – AVV	substrato roccioso	Formazione delle Argille Varicolori di Cassio (AVV)	Parametri totali γ_k=22 kN/m^3 * Cu_k> 150 KPa * Φ_u = -	Parametri efficaci γ_k=22 kN/m^3 * c'$_k$ = 20-70 kPa * Φ'_k = 29-33° *

*Dove: γ = peso di volume naturale; Cu = Resistenza al taglio in condizioni non drenate desunte dalle prove penetrometriche M = Modulo Edometrico, ϕ' = angolo di attrito efficace; c' = coesione efficace, E = Modulo di Young. *I parametri dell'ammasso roccioso sono riferiti a dati bibliografici.*

D.1 Parametri meccanici

D.1.1 *Numero di colpi (N)*

Il numero di colpi del penetrometro è indicativo della litologia del terreno attraversato. Di seguito si riporta lo schema semplificato della variazione di N nelle verticali indagate.



	L1	L2	L3
media	5.0	9.9	15.5
5° percentile	1.4	9.0	12.5
minimo	1.0	9.0	12.0
massimo	9.0	11.0	18.0
Dev stad	2.5	0.7	2.6
COV	0.5	0.1	0.2
Bayesiano	3.8	9.5	14.2
16° percentile	2.6	9.0	13.4

Valori di N (numero di colpi)

Si è scelto di adottare come valore caratteristico il range tra valore Bayesiano e 5°percentile.

D.1.2 *Coesione non drenata (Cu)*

Per la valutazione della coesione non drenata (Cu), nei terreni indagati dalle prove penetrometriche dinamiche è stata utilizzata la relazione proposta da *Bowels (1991*[1]), espressa in funzione del Numero di colpi normalizzato al 60% (N'_{60}); $Cu = N'_{60}*k$ [kPa]
dove k è un parametro di sito, è una costante dipendente dal tipo di terreno in esame.
E' stata inoltre utilizzata la relazione proposta da Terzaghi & Peck (1948)[2] $Cu = 6.4*N_{60}$ [kPa]

	L1	L2	L3
media	86.0	161.8	190.4
5° percentile	24.1	141.0	152.9
minimo	17.2	135.1	147.4
massimo	154.8	172.0	221.1
Dev stad	43.0	14.3	32.5
COV	0.5	0.1	0.2
Bayesiano	64.5	154.7	174.2
16° percentile	44.0	154.0	165.1

Valori di Cu (kPa)

Si è scelto di adottare come valore caratteristico il range tra il valore Bayesiano e 5°percentile.

[1] *Bowels J.E. (1991): "Fondazioni – Progetto e analisi" Mc Graw-Hill*
[2] *Terzaghi, K. & Peck, R.B. 1948. Soil Mechanics in Engineering Practice, 1 st Edition, John Wiley and Sons, New York.*

D.1.3 *Modulo Edometrico (M)*

Per la valutazione del modulo edometrico (M) nei terreni indagati dalle prove penetrometriche dinamiche sono state utilizzate diverse equazioni:

$M(kg/cmq) = 4{,}46N_{spt} + 38$ (Sabbia media)
$M(kg/cmq) = 10{,}46N_{spt} + 38$ (Sabbia + ghiaia)
$M(kg/cmq) = 11{,}84N_{spt} + 38$ (Sabbia ghiaiosa)
Menzenbach&Malcev

A lato si riporta l'elaborazione dei valori per i livelli interessati dalla prova.

	L1	L2	L3
media	12.4	21.1	24.4
5° percentile	5.3	18.7	20.1
minimo	4.6	18.1	19.5
massimo	20.3	22.3	27.9
Dev stad	4.9	1.6	3.7
COV	0.4	0.1	0.2
Bayesiano	10.0	20.3	22.5
16° percentile	7.6	20.2	21.5

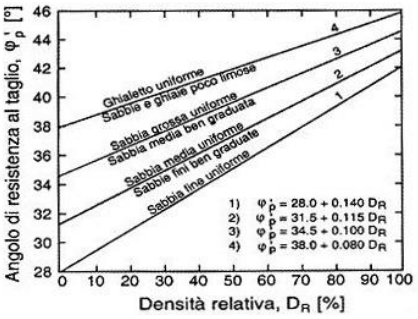
Valori di M (MPa)

Si è scelto di adottare come valore caratteristico il range tra valore Bayesiano e 5°percentile.

D.1.4 *Resistenza al taglio e densità relativa*

Per la valutazione dell'angolo d'attrito nei terreni indagati dalle prove penetrometriche sono state utilizzate le seguenti formulazioni:

Φ' = (NSPT*0.3)+27 Shioi
Φ' = (0.14*Dr)+28 Schmertmann (1978)[3]
Φ' = ((15*NSPT)^0.5)+15 RoadBridge (Shioi e Fukuni, 1982)[4]
Φ' = 19-0.38*σ'$_v$+8.73*log(NSPT) De Mello (1971)[5]
Φ' = 27.2+0.28*(N'60) Peck, Hanson e Thornburn (1956)
Φ' =20+9.3*(N'60)Peck, Hanson e Thornburn (1953)[6]



La correlazione con Nspt non è sempre diretta, ma in Schmertmann è necessario determinare la densità relativa Dr ricavata secondo le formule proposte da diversi autori tra cui:

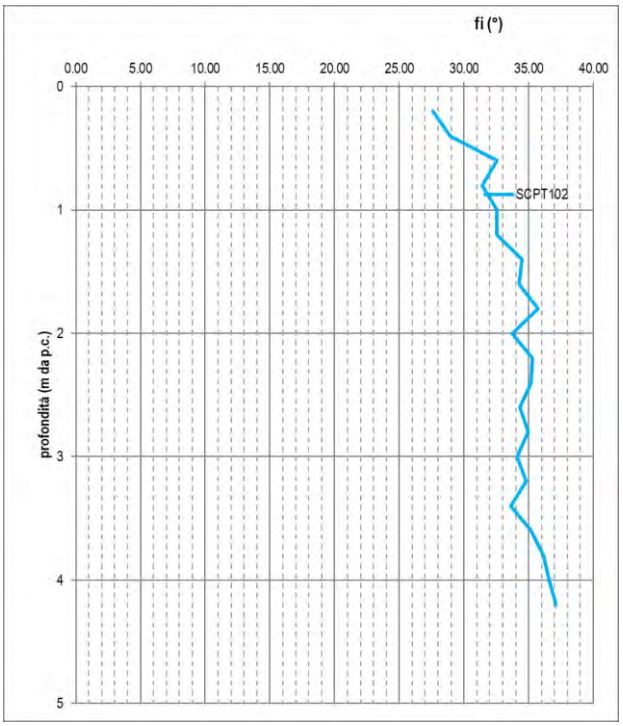
Dr = EXP(0.478*LN(Nspt)-0.262*LN(σ'v)+2.84) Schultze&Menzenbach (1961)[7]
Dr = 21*(Nspt/(σ'v +0.7))^0.5 Gibbs-Holz (1957)[8]
Dr= 25*(Nspt)^0.44 *(σ'v)^-0.13 Yoshida&Kokusho (1988)[9]
Dr= (N'70/(32+0.288*σ'v))^0.5 Meyerhof (1957)[10]

Di seguito si riporta un'elaborazione dei valori per i livelli interessati dalla prova.

[3] *Schmertmann J.H. (1978): "Guidelines for cone penetration test performance and design. U.S. Dept. Of Trasportation, FHWA, R78-209, Washington D.C. USA*
[4] *Shioi Y. &FukuniJ.(1982): "Application of N-value to design of foundations in Japan." Proc. 2th European Symposium on penetration testing, Amsterdam*
[5] *De Mello V.F.B (1971): "The standard penetration test state-of-the art report" 4th Pan-American Conf. On Soil Mechanics Foundation Engineering, Puerto Rico, 1, 1-86*
[6] *Peck R.B., Hanson W.F., Thornburn T.H. (1953) "Foundation engineering" Wiley, New York*
[7] *Schulze E. &Menzenbach E. (1961): "Standard penetration test and compressibility of soils" Proc. 5th Int. Conf. Soil mechanics, Foundation Engineering, Paris, vol.1, pp527-32*
[8] *Gibbs H.J. &Holz W.G. (1957):"Research on determining density of sands by spoon penetration testing" Proc. 4th Int. Conf. Soil mechanics and foundation engineering, London, vol.1, 35-39.*
[9] *Yoshida Y. &Kokusho T. (1988). Empirical Formulas of SPT blow-counts for gravelly soils. Proc. ESOPT 1, Rotterdam.*
[10] *Meyerhof G.G. (1957):"Discussion on research on determining the density of sands by spoon penetration testing. Proc. 4th Int. Conf. Soil mechanics and foundation engineering, London, vol.3, p110.*

	L1	L2	L3
media	32.2	34.6	35.4
5° percentile	28.1	33.8	33.9
minimo	27.6	33.7	33.6
massimo	35.7	35.3	36.6
Dev stad	2.6	0.6	1.3
COV	0.1	0.0	0.0
Bayesiano	30.9	34.3	34.7
16° percentile	29.6	34.1	34.4

Valori di ϕ' (°)



Come valori caratteristici dei livelli individuati viene considerato il range tra il 5° percentile ed il Bayesiano.

Per quanto riguarda i valori di c' si è scelto di considerare un valore compreso tra 5-10 kPa per il livello L1 e 10-20 kPa per i livelli L2 ed L3.

D.1.5 *Modulo di Young [modulo di elasticità] (E)*

Per la valutazione del modulo di Young (E) dalle prove penetrometriche dinamiche sono state utilizzate diverse correlazioni con i valori di Nspt validi per ghiaie e sabbie:

E=(1200(N+6))/1000	*[MPa]*	*Per sabbia ghiaiosa e ghiaia*	*Bowels (1991)*[11]
E = (280*N_{SPT60})/100	*[MPa]*		Parry
E = 7*RADQ(N_{SPT60})	*[MPa]*		Denver
*E=(0.756*N)+18.75*	*[MPa]*	*Per sabbia e ghiaia NC*	
*E=(1.043*Nspt)+36.79*	*[MPa]*	*Per sabbia SC*	*D'Appolonia et al. (1970)*[12]
*E=7.71*Nspt +191*	*[MPa]*	*Ghiaia e sabbia*	

	L1	L2	L3
media	29.5	45.1	50.8
5° percentile	16.1	41.0	43.4
minimo	14.5	39.8	42.2
massimo	43.7	47.2	56.9
Dev stad	9.1	2.9	6.5
COV	0.3	0.1	0.1
Bayesiano	24.9	43.7	47.6
16° percentile	20.6	43.6	45.8

Valori di E (MPa)

Come valori caratteristici dei livelli individuati viene considerato il range tra il 5° percentile ed il Bayesiano.

[11] *Bowels J.E. (1991): "Fondazioni – Progetto e analisi" Mc Graw-Hill*
[12] *D'Appolonia et al.(1970): "Closure: Settlement of spread Footing on sand", JSMFD, ASCE, vol. 96 SM2, pp754-762*

E. MODELLAZIONE SISMICA CONCERNENTE LA "PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE" DEL SITO DI COSTRUZIONE

E.1 Sismicità

E.1.1 *Zonazione sismica e pericolosità*

L'area in esame, nella zonazione sismogenetica pubblicata sul sito http://zonesismiche.mi.ingv.it/ (G.d L., 2004[13]), ricade all'interno della zona sismogenetica 913. Le zone sismogenetiche 913, 914 e 918 risultano dalla scomposizione della fascia che da Parma si estende fino all'Abruzzo. In questa fascia si verificano terremoti prevalentemente compressivi nella porzione nord-occidentale e probabilmente distensivi nella porzione più sud-orientale; si possono altresì avere meccanismi trascorrenti nelle zone di svincolo che dissecano la continuità longitudinale delle strutture. L'intera fascia è caratterizzata da terremoti storici che raramente hanno raggiunto valori molto elevati di magnitudo. Le profondità ipocentrali sono mediamente maggiori in questa fascia di quanto non siano nella fascia più esterna. Nel "*Database of individual seismogenetic sources - DISS*"[14] disponibile al sito www.ingv.it l'area in esame ricade internamente della sorgente sismogenetica denominata **ITCS027** Bore-Montefeltro-Fabriano-Laga per la quale sono riportate le informazioni sintetizzate nella tabella a lato.

General Information

DISS-ID	ITCS027
Name	Bore-Montefeltro-Fabriano-Laga
Compiler(s)	Burrato P.(1), Mariano S.(1)
Contributor(s)	Burrato P.(1), Mariano S.(1)
Affiliation(s)	1) Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia; Sismologia e Tettonofisica; Via di Vigna Murata, 605, 00143 Roma, Italy
Created	08-Jan-2005
Updated	17-May-2012
Display map ...	
Related sources	ITIS058 ITIS047 ITIS048 ITIS049 ITIS055 ITIS135

Parametric Information

Parameter		Quality	Evidence
Min depth [km]	12.0	OD	Based on structural geology and geodynamic constraints.
Max depth [km]	22.0	OD	Based on structural geology and geodynamic constraints.
Strike [deg] min... max	90...160	OD	Based on geological constraints and structural geology.
Dip [deg] min... max	20...55	OD	Based on geological constraints and structural geology.
Rake [deg] min... max	70...110	EJ	Inferred from geological data.
Slip Rate [mm/y] min... max	0.1...0.5	EJ	Unknown, values assumed from geodynamic constraints.
Max Magnitude [Mw]	6.2	OD	Derived from maximum magnitude of associated individual source(s).

LD=Literature Data; OD=Original Data; ER=Empirical Relationship; AR=Analytical Relationship;EJ=Expert Judgement;

Nel "*Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani*" (Gruppo di lavoro CPTI15 versione 2.0, 2019[15]) per un intorno significativo dell'area in esame (un quadrato di 30 Km di lato con centro nell'area in esame) sono stati identificati 42 eventi significativi, dei quali si riportano alcuni dati nella tabella successiva.

N	Sect	Year	Mo	Da	Ho	Mi	Se	EpicentralArea	MainRef	TLDef	LatDef	LonDef	DepDef	IoDef	TIoDef	MwDef	ErMwDef	TMwDef
210	MA	1481	05	07	14	15		Lunigiana	CFTI4med	MM	44.274	10.130		8	bx	5.60	0.41	Mdm
807	MA	1767	01	21	09			Lunigiana	CFTI4med	MM	44.238	10.124		5-6	bx	4.60	0.48	Mdm
838	MA	1775	01	05	22	45		Appennino emiliano	CAMAL011b	MM	44.238	10.124		5	bx	4.55	0.52	Mdm
850	MA	1778	02	18	02	18		Lunigiana	MOLAL008	MM	44.175	10.182		4-5	bx	3.93	0.46	Mdm
1044	MA	1818	12	09	18	55		Parmense	CFTI4med	MM	44.696	10.296		7	bx	5.24	0.38	Mdm
1147	MA	1837	04	11	17			Lunigiana	CFTI4med	MM	44.175	10.182		9	bx	5.94	0.14	Mdm
1590	MA	1892	05	17	03	08	15.00	Carpineti	MOLAL008	MM	44.377	10.508		5	bx	4.28	0.56	Mdm
1615	MA	1893	10	20	20	15		Appennino parmense	CAMAL011b	MM	44.376	10.130		4-5	bx	4.04	0.20	Mdm
1726	MA	1898	03	04	21	05		Parmense	CFTI4med	MM	44.655	10.260		7-8	bx	5.37	0.10	Mdm
1982	MA	1909	03	18	02	51		Appennino reggiano	MOLAL008	MM	44.185	10.431		4-5	bx	4.13	0.45	Mdm
2089	MA	1913	11	25	20	55		Appennino parmense	CASAL996	MM	44.551	10.196		4-5	bx	4.65	0.13	Wmim
2260	MA	1920	09	06	14	05	24.00	Garfagnana	POST985	PC	44.250	10.283		6	pc	5.61	0.14	InsC
2261	MA	1920	09	07	05	55	40.00	Garfagnana	CFTI4med	MM	44.185	10.278		10	bx	6.53	0.08	Wmim
2262	MA	1920	09	07	08	10		Garfagnana	POST985	PC	44.250	10.283		6	pc	5.18	0.16	InsC
2263	MA	1920	09	07	13	32	20.00	Garfagnana	POST985	PC	44.250	10.283		5	pc	5.05	0.24	InsC
2264	MA	1920	09	07	18	42	43.00	Garfagnana	POST985	PC	44.317	10.283		6	pc	4.62	0.23	InsC
2326	MA	1925	03	15	17	15		Appennino tosco-emiliano	AMGNDT995	MM	44.282	10.286		4	bx	4.10	0.24	Mdm
2346	MA	1926	06	28	21	15		Appennino reggiano	AMGNDT995	MM	44.488	10.488		3-4	bx	3.46	0.46	Mdm
2362	MA	1927	11	20	10	24	12.00	Appennino reggiano	MOLAL008	MM	44.358	10.378		5	bx	4.29	0.33	Mdm

[13] *Gruppo di Lavoro (2004): Redazione della mappa di pericolosità sismica prevista dall'Ordinanza PCM 3274 del 20 marzo 2003. Rapporto conclusivo per il Dipartimento della Protezione Civile, INGV, Milano-Roma.*

[14] *Basili R., G. Valensise, P. Vannoli, P. Burrato, U. Fracassi, S. Mariano, M.M. Tiberti, E. Boschi (2008), The Database of Individual Seismogenic Sources (DISS), version 3: summarizing 20 years of research on Italy's earthquake geology, Tectonophysics*

[15] *Rovida A., Locati M., Camassi R., Lolli, B., Gasperini P., 2019. Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani (CPTI15), versione 2.0. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV). https://doi.org/10.13127/CPTI/CPTI15.2*

N	Sect	Year	Mo	Da	Ho	Mi	Se	EpicentralArea	MainRef	TLDef	LatDef	LonDef	DepDef	IoDef	TIoDef	MwDef	ErMwDef	TMwDef
2425	MA	1930	09	24	19	10	55.00	Reggiano	ISS	II	44.600	10.600						
2738	MA	1955	12	13	17	04		Lunigiana	AMGNDT995	MM	44.186	10.088		5	bx	4.53	0.19	Wmim
2777	MA	1957	10	25	23	02	05.00	Appennino reggiano	MOLAL008	MM	44.386	10.218		5-6	bx	4.27	0.16	Mdm
2836	MA	1961	08	03	10	26	29.00	Lunigiana	MOLAL008	MM	44.180	10.199		5	bx	4.18	0.32	Mdm
2856	MA	1963	01	08	13	51		Appennino reggiano	CFTI4med	MM	44.358	10.299		5	bx	4.16	0.46	Mdm
2876	MA	1963	10	05	11	57	39.00	Appennino reggiano	CFTI4med	MI	44.320	10.296		4	bx	3.70	0.46	Mdm
2894	MA	1965	05	10	05	01	54.00	Appennino reggiano	CFTI4med	MI	44.297	10.201		4-5	bx	4.29	0.24	Wmim
2905	MA	1965	11	09	15	35		Appennino reggiano	CASAL996	MI	44.373	10.355		5	bx	4.17	0.20	Wmim
2921	MA	1967	05	15	10	03	34.00	Appennino reggiano	MOLAL008	MI	44.435	10.400		4	bx	4.07	0.26	Wmim
3003	MA	1970	05	03	04	17	41.00	Parmense	MOLAL008	MI	44.707	10.299		4	bx	4.08	0.32	Wmim
3057	MA	1972	06	25	17	10	47.87	Parmense	ISC	II	44.638	10.303	49.6			4.01	0.23	InsC
3319	MA	1981	05	26	09	27	56.00	Reggiano	CFTI4med	MI	44.655	10.434		5	bx	3.75	0.21	Wmim
3499	MA	1986	10	01	19	53	39.71	Lunigiana	CSTI1.1	IM	44.277	10.125	5.0	5	bx	4.46	0.10	InsO
3516	MA	1987	02	10	21	20	13.74	Lunigiana	CSTI1.1	IM	44.246	10.187	6.6	5	bx	4.09	0.11	Wmim
3550	MA	1988	02	08	13	36	44.64	Frignano	ISC	IM	44.195	10.555	18.6	5	bx	4.28	0.15	Wmim
3684	MA	1992	05	20	01	21	13.00	Garfagnana	CSTI1.1	IM	44.181	10.255	10.5	4-5	bx	3.14	0.19	Wmim
3788	MA	1995	12	31	21	29	47.60	Appennino reggiano	CSTI1.1	IM	44.422	10.566	10.2	4-5	bx	4.51	0.10	InsO
4327	MA	2007	12	28	04	05	43.55	Appennino parmense	BSINGV	II	44.510	10.133	19.5			4.18	0.13	InsC
4358	MA	2008	12	23	15	24	21.77	Parmense	BSINGV	IM	44.544	10.345	22.9	6-7	bx	5.36	0.07	InsO
4359	MA	2008	12	23	21	58	26.57	Parmense	BSINGV	II	44.527	10.355	23.7			4.81	0.07	InsO
4360	MA	2008	12	23	23	37	06.00	Parmense	BSINGV	II	44.582	10.256	19.4			4.08	0.13	InsC
4361	MA	2008	12	25	03	08	29.80	Parmense	BSINGV	II	44.556	10.309	21.9			4.09	0.12	InsC
4715	MA	2016	12	09	07	21	50.20	Appennino reggiano	BSI017a	II	44.332	10.481	9.6			3.99	0.19	InsC

Field	Description
N	Record number (in chronological order)
Sect	Catalogue section, related to a specific seismological context MA = main NV = Phlegraean volcanic area EV = Etna volcanic area CA = Calabrian arc (subduction)
Year	Origin time: year
Mo	Origin time: month
Da	Origin time: day
Ho	Origin time: hour
Mi	Origin time: minutes
Se	Origin time: seconds
EpicentralArea	Epicentral area or area of the largest macroseimic effects
MainRef	Main bibliographical reference: - equal to RefM when TLdef = MM, MI, ND - equal to RefIns when TLdef = II o IM - code of the reference parametric catalogue when TLDef = PC

TLDef	Type of default location:
	- MI = macroseismic (alternative to instrumental)
	- IM = instrumental (alternative to macroseismic)
	- II = instrumental (only choice)
	- MM = macroseismic (only choice)
	- PC = from parametric catalogue
	- NP = location not defined
LatDef	Default epicentral latitude (WGS84)
LonDef	Default epicentral longitude (WGS84)
DepDef	Default depth in km (instrumental; only when TLDef = II or IM)
IoDef	Default epicentral intensity
TIoDef	Source of the default epicentral intensity:
	- bx = from macroseismic data, determined using Boxer
	- pc = from parametric catalogue
	- dm = from macroseismic data according to the referenced study (RefM)
MwDef	Default moment magnitude
ErMwDef	Error associated to the default moment magnitude
TMwDef	Default moment magnitude determination code:
	- InsO = instrumental, recorded
	- InsC = instrumental, converted from other magnitude scales
	- Mdm = macroseismic, from intensity data
	- MIo = macroseismic, converted from epicentral intensity
	- Mpc = from the source parametric catalogue
	- Wmim = mean of MwIns and MwM, weighted with the inverse of the related variances

A.1.1 *Classificazione sismica*

Nell' "Aggiornamento della classificazione sismica di prima applicazione dei comuni dell'Emilia-Romagna" (DGR n.1164/2018) il Comune di **Vetto** viene classificato in **zona 2**. Nella figura seguente viene riportata la classificazione sismica a scala regionale.

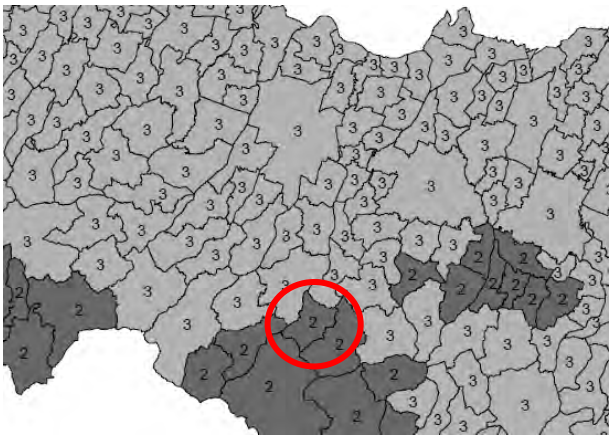


Figura 21. Estratto dall'allegato B della DGR n.1164/2018.

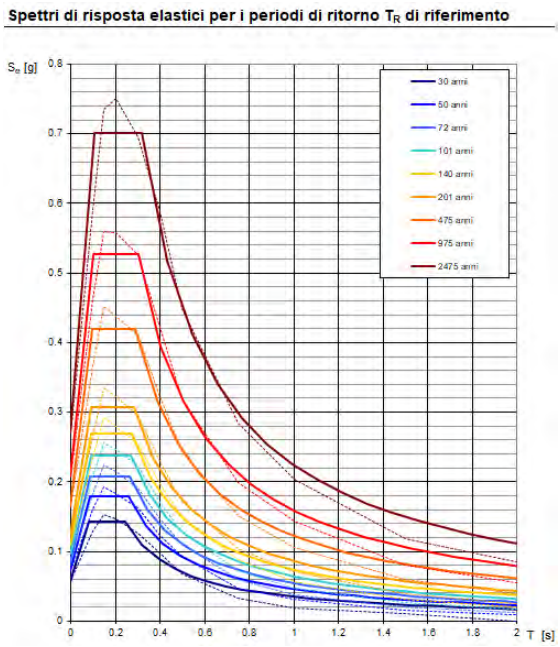
Nel D.M 17 gennaio 2018. *"Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni"* per il calcolo della pericolosità si fa riferimento agli allegati delle *"Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni"* (G.U. n°29 del 04/02/08) in cui in particolare è fornita la pericolosità sismica su reticolo di riferimento per diversi intervalli di riferimento (sito http://esse1.mi.ingv.it/). Poiché l'area in esame non ricade precisamente su uno di tali punti, i valori dei parametri di interesse per la definizione dell'azione sismica di progetto possono essere calcolati come media pesata dei valori assunti da tali parametri nei quattro vertici della maglia elementare del reticolo di riferimento attraverso la seguente espressione:

$$p = \frac{\sum_{i=1}^{4} \frac{p_i}{d_i}}{\sum_{i=1}^{4} \frac{1}{d_i}}$$

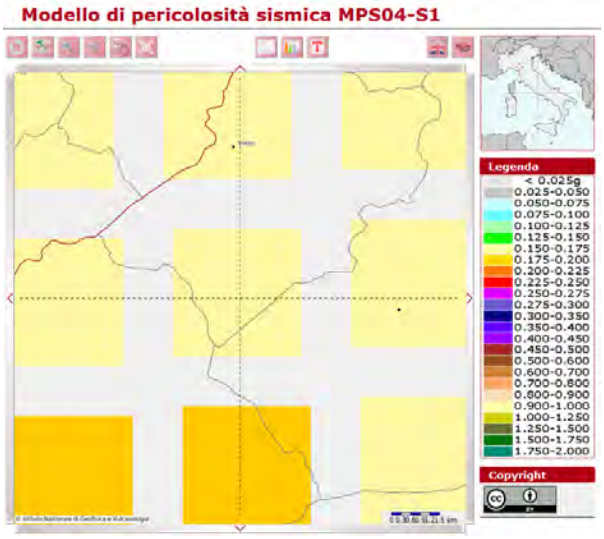
dove p è il valore del parametro di interesse nel punto in esame; pi è il valore del parametro di interesse nell'iesimo punto della maglia elementare contenente il punto in esame; d è la distanza del punto in esame dall'iesimo punto della maglia suddetta.

Di seguito si riportano i parametri a_g, F_0 e T_c' per diversi periodi di ritorno TR ottenuti con il programma "Spettri-NTC ver 1.3" disponibile sul sito del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici http://www.cslp.it/cslp/.

T_R [anni]	a_g [g]	F_o [-]	T_C^* [s]
30	0.058	2.476	0.245
50	0.072	2.461	0.259
72	0.084	2.469	0.265
101	0.096	2.464	0.270
140	0.109	2.466	0.276
201	0.124	2.473	0.281
475	0.165	2.532	0.291
975	0.207	2.544	0.302
2475	0.271	2.591	0.319



I dati di disaggregazione riportati nel sito http://esse1.mi.ingv.it/ per i vertici identificati riferiscono valori di magnitudo (M) per a(g) con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni media comprese tra 4-6.5 e distanze (D) comprese tra 0-30 km.



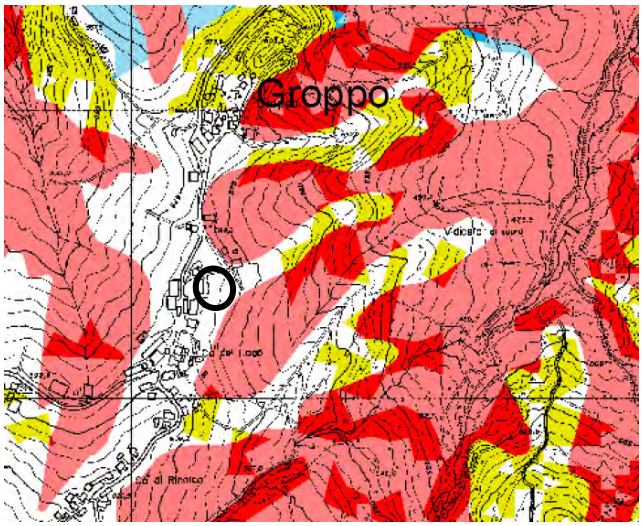
	16938	16716	16717	169369
M	4.930	4.900	4.890	4.910
D	8.420	8.600	8.670	8.580
Epsilon	0.932	0.910	0.910	0.916

Figura 22. Dati di disaggregazione estratti dal sito http://esse1.mi.ingv.it/ per i nodi relativi all'area in esame per una probabilità del 10% in 50 anni.

E.2 Elementi di microzonazione sismica

E.2.1 *Rischio sismico da PTCP Reggio Emilia*

Nella tavola P9a (218SO) "Rischio sismico-carta degli effetti attesi" del PTCP della provincia di Reggio Emilia, l'area oggetto del presente studio ricade in classe "H" per la quale non sono indicati effetti attesi. Le aree in frana attiva presenti ad est del sito in esame rientrano invece in parte in classe "A" per la quale gli effetti attesi sono l'amplificazione stratigrafica e l'instabilità di versante ed in parte in classe "B" per la quale gli effetti attesi sono l'amplificazione stratigrafica, topografica e l'instabilità di versante. Nella tavola P9b (218SO) "Rischio sismico - carta dei livelli di approfondimento" per l'area in esame è indicato un livello di approfondimento "1".



		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					

Figura 23. Estratto dalla tavola P9a del PTCP della provincia di Reggio Emilia – "Rischio sismico-carta degli effetti attesi".

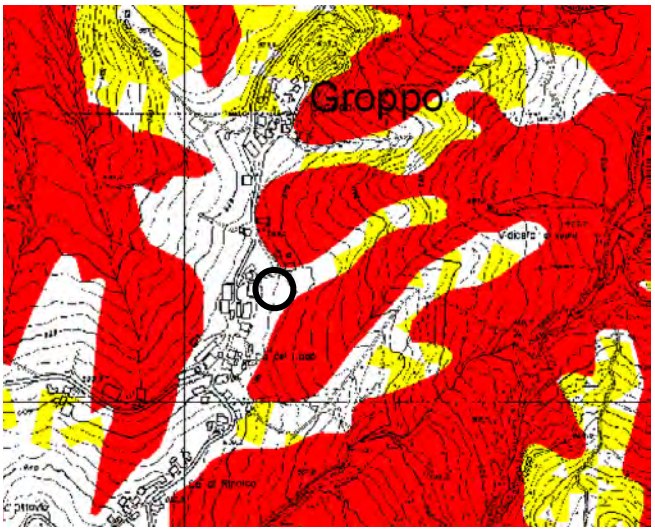


Figura 24. Estratto dalla tavola P9b del PTCP della provincia di Reggio Emilia – "Rischio sismico-carta dei livelli di approfondimento".

E.2.2 *Microzonazione sismica da PSC di Vetto*

Il PSC del Comune di Vetto contiene alcune cartografie relative alla microzonazione sismica del territorio, queste sono state consultate e riportate in estratto di seguito.
Nella tavola P9 "Aree soggette ad effetti locali" in corrispondenza dell'area in esame sono segnalati depositi del substrato caratterizzati da Vs_{30} minore di 800 m/s, come effetti attesi è indicata l'amplificazione e come studi la valutazione della stessa. Si sottolinea come il sito in esame risulti esterno alle aree coinvolte nelle frane attive presenti ad est/sud est e a nord ed alle zone a rischio idrogeologico molto elevato.
Si riporta di seguito un estratto della carta citata.

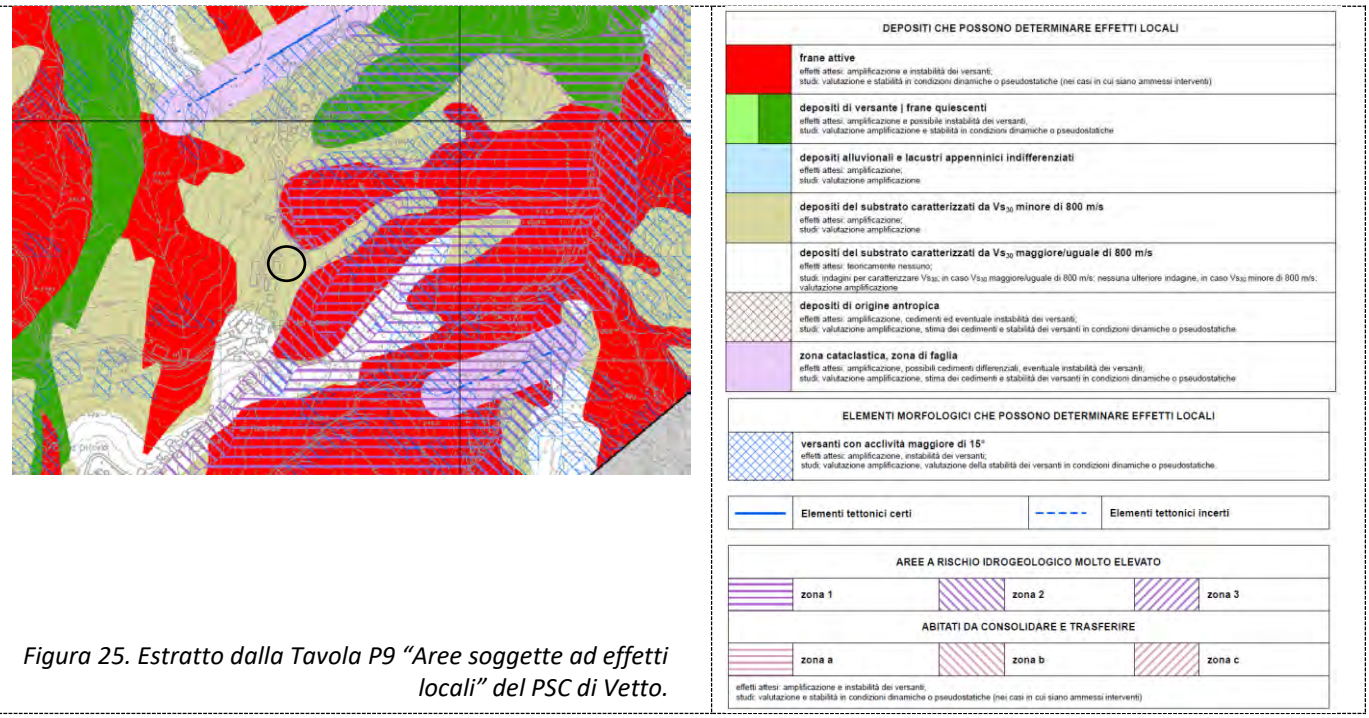


Figura 25. Estratto dalla Tavola P9 "Aree soggette ad effetti locali" del PSC di Vetto.

Gli effetti attesi, gli studi previsti e la microzonazione sismica sono meglio precisati all'interno della tavola P10 "Carta di Microzonazione sismica" (riportata di seguito); nell'area in esame è individuata la categoria 5 e negli immediati dintorni, in corrispondenza delle aree in frana, sono individuate le categorie 1 e 2; queste vengono definite di seguito.

5 - Area potenzialmente soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche
studi: valutazione del coefficiente di amplificazione litologico;
microzonazione sismica: approfondimenti di II livello.

1 - Area instabile e soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche
studi: valutazione del coefficiente di amplificazione litologico e del grado di stabilità del versante in condizioni dinamiche o pseudostatiche (nei casi in cui siano ammessi interventi);
microzonazione sismica: approfondimenti di III livello.

2 - Area instabile e soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche e topografiche
studi: valutazione del coefficiente di amplificazione litologico e topografico e del grado di stabilità in condizioni dinamiche o pseudostatiche (nei casi in cui siano ammessi interventi);
microzonazione sismica: approfondimenti di III livello; nelle aree prossime ai bordi superiori di scarpate o a quote immediatamente superiori agli
ambiti soggetti ad amplificazione per caratteristiche topografiche e nelle zone con accentuato contrasto di pendenza, lo studio di microzonazione
sismica deve valutare anche gli effetti della topografia.

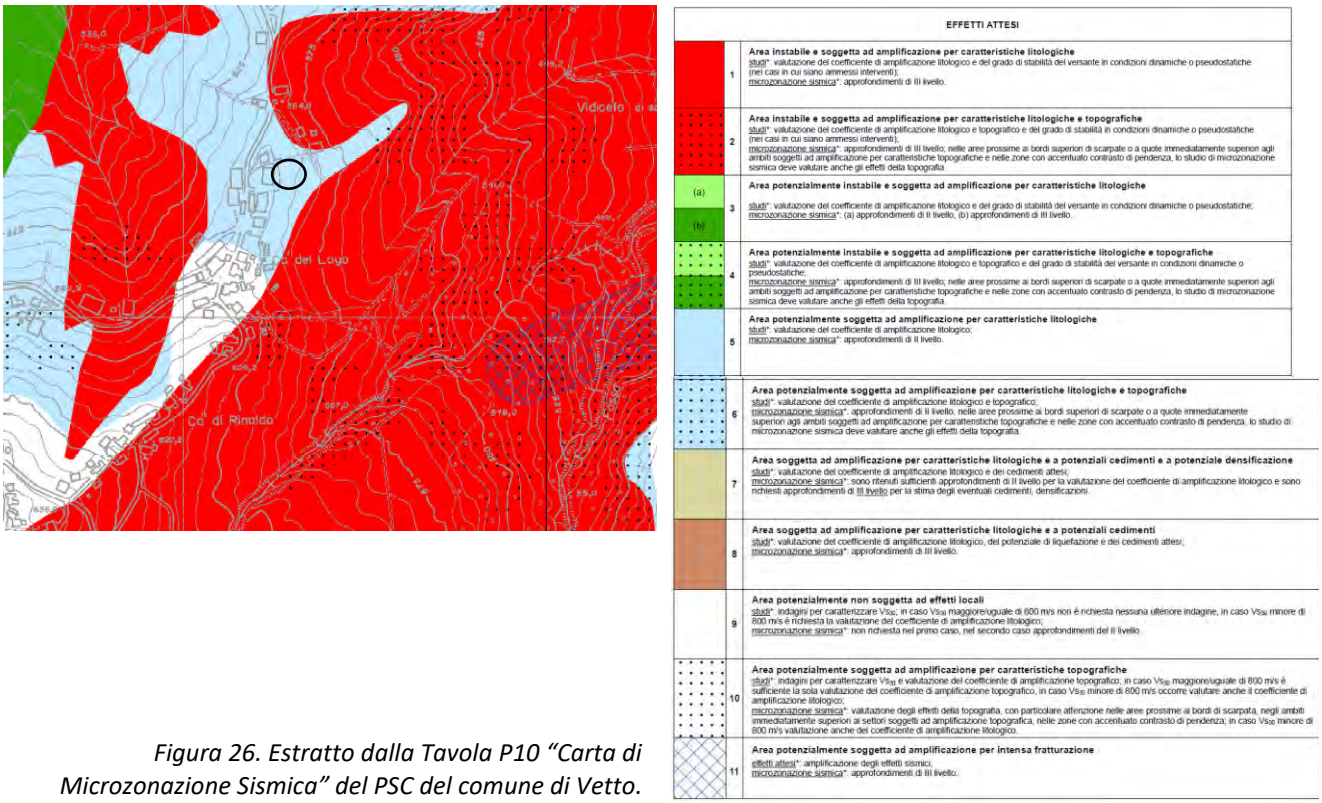
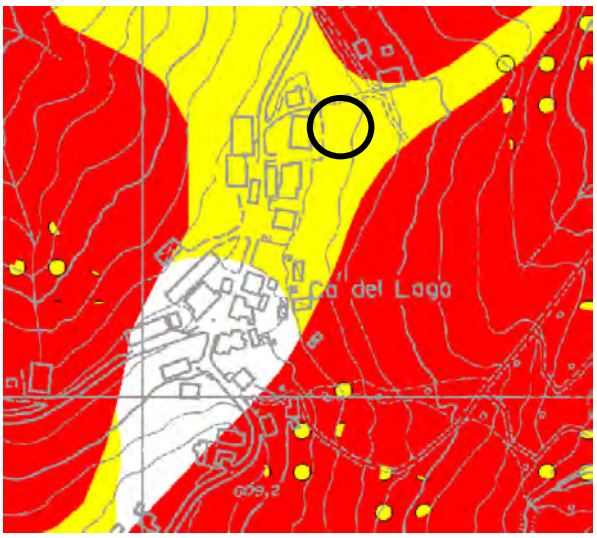


Figura 26. Estratto dalla Tavola P10 "Carta di Microzonazione Sismica" del PSC del comune di Vetto.

Nella tavola P11 "livelli di approfondimento" il sito ricade in aree soggette ad approfondimento di II livello. Le aree in dissesto presenti ad ovest e ad est del sito in esame rientrano invece nelle aree soggette ad approfondimento di III livello.



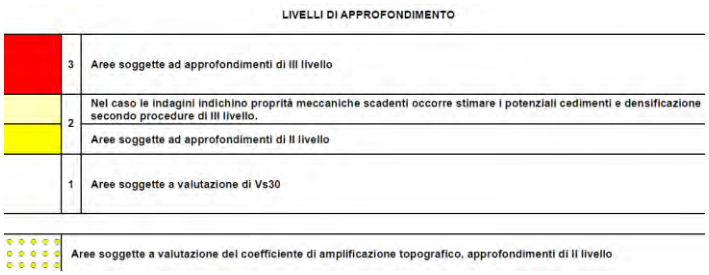


Figura 27. Estratto dalla Tavola P11 "Livelli di approfondimento" del PSC del comune di Vetto

E.2.3 *Microzonazione sismica del comune di Vetto (MZSII)*

Il comune di Vetto è provvisto inoltre dello studio di Microzonazione sismica di II livello (OCDPC 293/2015 MS2) ed il sito in esame rientra nelle zone di approfondimento interessate dagli studi di MZS. Nel presente paragrafo sono riportati alcuni estratti degli elaborati cartografici di MZS che inquadrano l'area di interesse e sono riassunte le informazioni in essi contenute.

Nella "Carta geologica" di MZS II in corrispondenza dell'area in esame è presente la Formazione delle Argille Varicolori di Cassio (AVV), i depositi di frana presenti a sud est e a nord est del sito sono indicati come depositi di frana attiva complessa (a1g). Nell'immagine successiva è presente un estratto della carta "Sezioni geologiche" della MZS II del comune di Vetto; si tratta della porzione sud della sezione AA' in cui è rappresentata l'area in esame (indicata dalla freccia rossa).

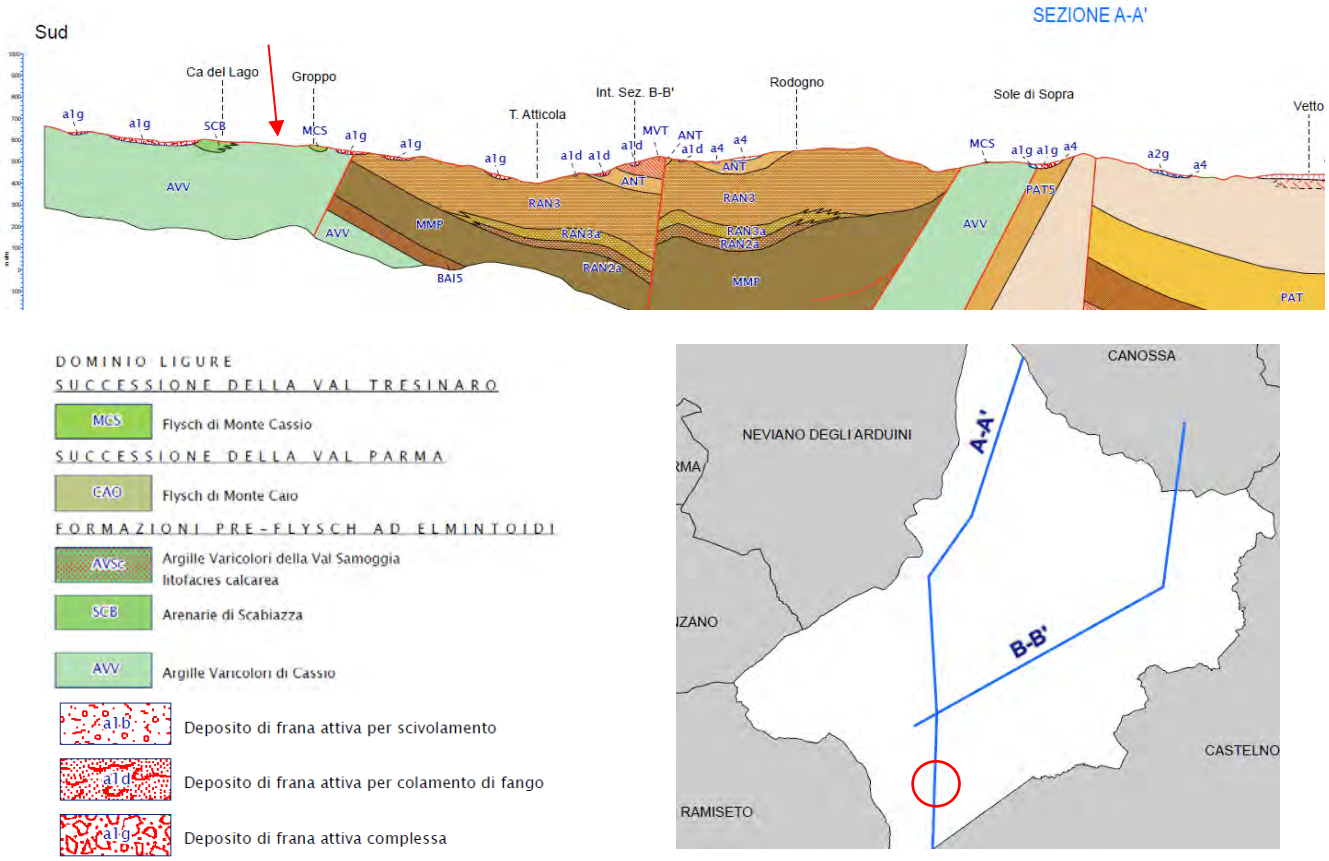


Figura 28. Estratto dalla carta "Sezioni geologiche" della MZS II del comune di Vetto.

Nella "Carta geologica tecnica" in corrispondenza dell'area in esame è cartografato un substrato geologico di tipo "coesivo-sovraconsolidato (CO)"; sono segnalate le aree soggette ad instabilità di versante, in particolare i depositi di frana a nord e a sud del sito in esame sono indicati come complessi e attivi.
Si segnala inoltre che nella suddetta tavola, di cui un estratto viene riportato nell'immagine seguente, lungo la costa su cui si sviluppa l'abitato di Groppo è indicata una cresta (forma di superficie).

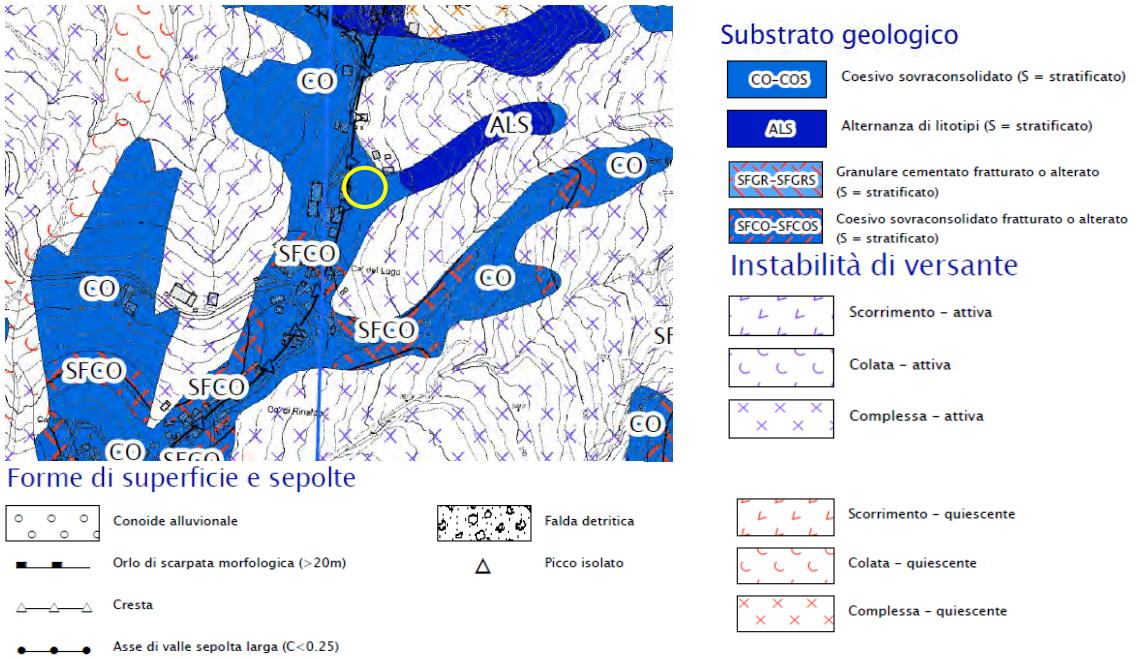


Figura 29. Estratto dalla "Carta geologica-tecnica" della MZS II del comune di Vetto.

Nella "Carta delle indagini" sono indicate, in un intorno significativo del sito in esame, le seguenti indagini geognostiche: n°2 prove penetrometriche dinamiche SCPT102 e SCPT101 eseguite ad est, n°2 stendimenti sismici a rifrazione BSP103 e BSP104, n°1 misura di microtremore sismico a stazione singola H103 e n°1 stendimento sismico Re.Mi. (R103) ubicati a nord dell'area di studio (un estratto della carta suddetta è presente in *Figura 15*, nel capitolo relativo ai dati geognostici bibliografici consultati e reperiti negli elaborati di MZS).

Nella "Carta delle frequenze", a nord del sito in esame viene indicata una frequenza di 4.7 Hz (2 ≤ ampiezza A < 3) misurata attraverso la prova sismica H103 (misura di microtremore sismico a stazione singola); nella "Carta delle onde di taglio Vs_H", di cui un estratto è riportato di seguito, in corrispondenza dello stendimento sismico Re.Mi. R103 (circa 150 m a nord del sito in esame) viene indicata una Vs_H di 278 m/s con un valore di H (spessore di coltre detritica superficiale/profondità del substrato roccioso) pari a 11 m.

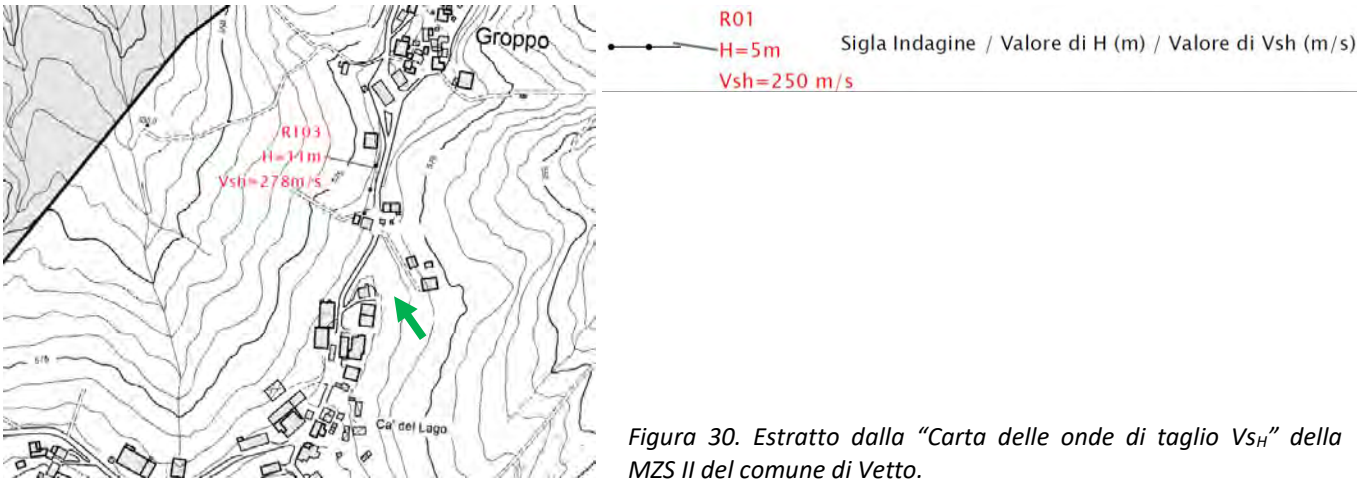
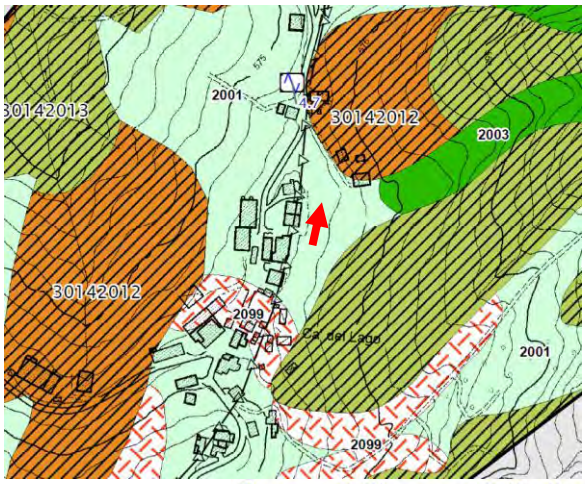
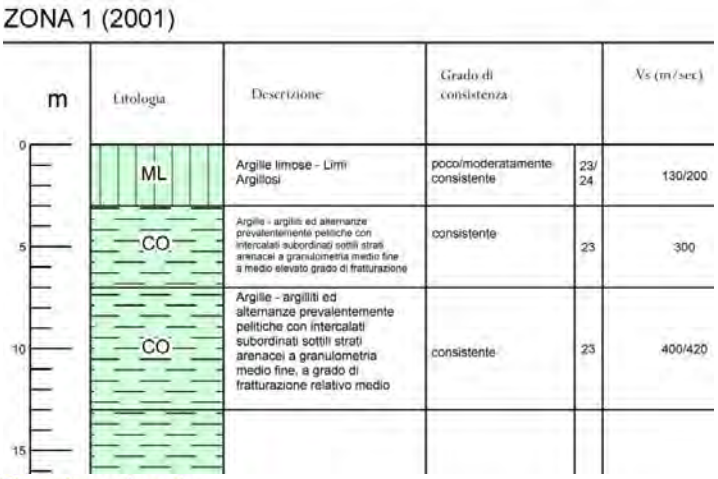


Figura 30. Estratto dalla "Carta delle onde di taglio Vs_H" della MZS II del comune di Vetto.

Nella "Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica" il sito in esame rientra in una zona stabile suscettibile di amplificazione locale caratterizzata da "argille limose – limi argillosi di modesto spessore (<3 m) su substrato argilloso-argillitico intensamente piegato, fratturato o prevalentemente pelitico a fitte alternanze di sottili strati arenitici calcarenitici intercalati a prevalenti strati pelitici. (L/P <1/3), Vs<700 m/s" – zona 2001.

Le aree in frana presenti a nord e a sud del sito in esame rientrano invece nelle zone suscettibili di instabilità.





Zone stabili suscettibili di amplificazione locale

2001 – Argille limose – limi argillosi di modesto spessore (<3 m) su substrato argilloso-argillitico intensamente piegato e fratturato o prevalentemente pelitico a fitte alternanze di sottili strati arenitici-calcarenitici intercalati a prevalenti strati pelitici (L/P <1/3); Vs<700 m/s.

2002 – Limi argillosi – limi sabbioso argillosi di modesto spessore (<3 m) su substrato argilloso marnoso – marnoso argilloso, stratificato a medio grado di fratturazione sino a -10 m pc e medio bassa – bassa fratturazione a quote sottostanti ; Vs<600/700 m/s.

2003 – Argille limoso sabbioso ghiaiose di modesto spessore (2-3 m) su substrato ad alternanze di strati arenacei – calcarenitici – calcilutitici con intercalati livelli pelitici,(3>L/P>1/3) sino a -6 m pc seguite da materiali a medio elevata consistenza e medio basso – basso grado relativo di fratturazione; Vs<700 m/s.

2099 – Limi sabbioso argillosi con presenza diffusa di clasti litici di modesto spessore (2-4 m), su substrato ad alternanze di strati arenacei e calcarenitici e livelli pelitici (L/P >3) stratificato, a grado di fratturazione molto elevato nei primi 15 m, a grado elevato da -15 a -35 m pc e successivamente a basso grado; Vs<500 m/s.

Zone suscettibili di instabilità

30xy2012 – ZA_{FR} – Accumuli di frana attivi e quiescenti, per scivolamento o complessi, localmente di colata, con spessori di 6/12 m, su substrato ad alternanze tra strati arenacei – calcarenitici e pelitici (3>L/P >1/3), localmente argillitico consistente; Vs<500/650 m/s.

30xy2013 – ZA_{FR} – Accumuli di frana quiescenti ad attivi di scivolamento – complessi, con spessori di 10/15 m, su substrato ad alternanze arenaceo pelitiche prevalenti e pelitiche (L/P>3) ad elevato grado di fratturazione e ad alternanze arenaceo calcarenitiche e pelitiche, con rapporto strati lapidei/pelitici 3>L/P>1/3, ed accumuli di colata su substrato argillitico consistente; Vs<500/550 m/s.

30xy2014 – ZA_{FR} – Accumuli di frana quiescente ed attiva complessa, con spessori di 8/15/20 m, su substrato arenaceo calcarenitico prevalente con intercalati strati pelitici (L/P>3) ad elevato grado di fratturazione; Vs<550 m/s.

30xy2015 – ZA_{FR} – Accumuli di frana attivi – quiescenti, complessi e di scivolamento con spessori di 6/10 m, su substrato marnoso siltoso sabbioso – marnoso argilloso stratificato e substrato ad alternanze arenaceo calcarenitiche e pelitiche (3>L/P>1/3), consistente; Vs<600/700 m/s.

Figura 31. Estratto dalla Carta delle MOPS e relativa legenda e stratigrafia semplificata della Zona 2001 presente nella Relazione Geologico Tecnica e Modellazione Sismica (immagine in alto a destra) – MZS II del comune di Vetto.

Si riporta inoltre un estratto della Relazione Geologico Tecnica e Modellazione Sismica – MZS II del comune di Vetto in cui viene descritta la zona 1, in cui rientra il sito in esame.

"2001 - Depositi eluvio colluviali, argilloso limosi – limoso argillosi di modesto spessore (<3 m) su substrato argilloso – argillitico intensamente piegato e fratturato o prevalentemente pelitico a fitte alternanze di sottili strati arenitici – calcarenitici, intercalati a prevalenti strati pelitici (L/P <1/3), a media medio elevata consistenza e comportamento principalmente coesivo; substrato a comportamento non rigido: Vs < 600-720 m/sec (AVV - AVSc - SCB).

Effetti attesi: amplificazione per caratteristiche litostratigrafiche.
Studi richiesti: valutazione del coefficiente di amplificazione stratigrafico.
Microzonazione sismica: approfondimenti di II° livello; nei casi di pendenza >15° valutazione dell'amplificazione per effetti della topografia.
FA.PGA: 1,6 - 1,8
FA.IS 0,1 - 0,5 sec: 1,5 - 1,6
FA.IS 0,5 - 1,0 sec: 1,3 - 1,4

Nella tavola 2.2 di MZS di II livello il sito in esame è compreso in un'area in cui viene indicato il valore **FA** di **PGA** pari a **1.8** (1.7-1.8). Nelle altre carte di microzonazione sismica in cui viene cartografato il valore di FA IS per differenti periodi (tav. 2.3 e 2.4), in corrispondenza dell'area di studio, sono rispettivamente indicati valori di **FA IS 0.1-0.5 s=1.6** (1.5-1.6), **FA IS 0.5-1.0 s=1.4** (1.3-1.4). Di seguito si riportano gli estratti delle tavole suddette.

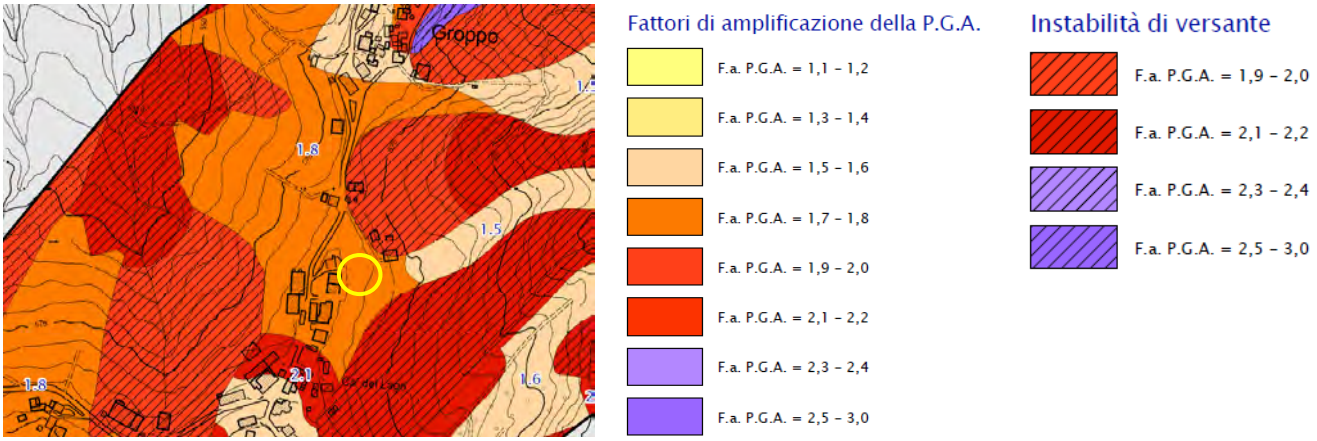


Figura 32. Estratto dalla "Carta di Microzonazione sismica livello 2 FA di PGA" della MZS II del comune di Vetto.

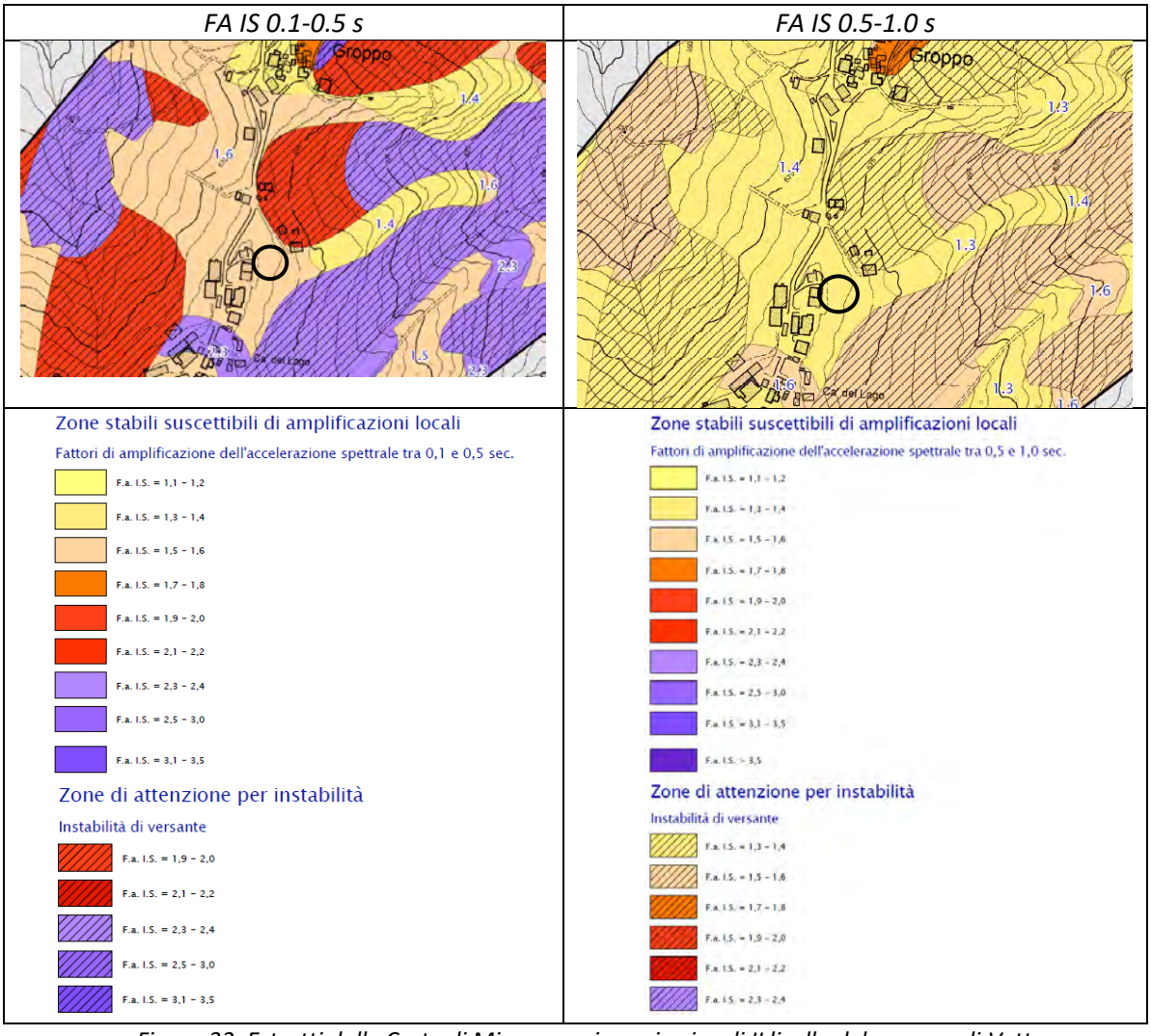


Figura 33. Estratti dalle Carte di Microzonazione sismica di II livello del comune di Vetto.

E.3 Elementi di analisi locale di II livello

Attraverso le informazioni bibliografiche reperite e i risultati dell'indagine sismica Re.Mi.+MASW eseguita in corrispondenza del sito in esame per la specifica area in esame (di cui il presente elaborato rappresenta la relazione geologico-sismica per il piano di urbanizzazione (il sito in esame rientra nella Variante n°4 del PSC del comune di Vetto – località Groppo) si è scelto di eseguire un'analisi di secondo livello di MZS secondo il DGR n.630 del 29/04/2019 "Atto di coordinamento tecnico sugli studi di microzonazione sismica per la pianificazione territoriale e urbanistica (Artt.22 e 49 L.R.24/2017)" della Regione Emilia-Romagna; in particolare i fattori di amplificazione sono stati determinati secondo il metodo riportato nell'Allegato A2.

Per procedere con l'analisi di II livello secondo il DGR n.630 del 29/04/2019, sono state considerate in particolare le risultanze di due indagini geognostiche: la prova penetrometrica dinamica SCPT102 reperita in bibliografia e rielaborata per la caratterizzazione geotecnica dei terreni presenti nell'area in esame e la prova sismica Re.Mi.+MASW+HVSR eseguita a Settembre 2021 per la caratterizzazione sismica del sito in esame. Nell'immagine seguente si riporta l'ubicazione delle indagini suddette.

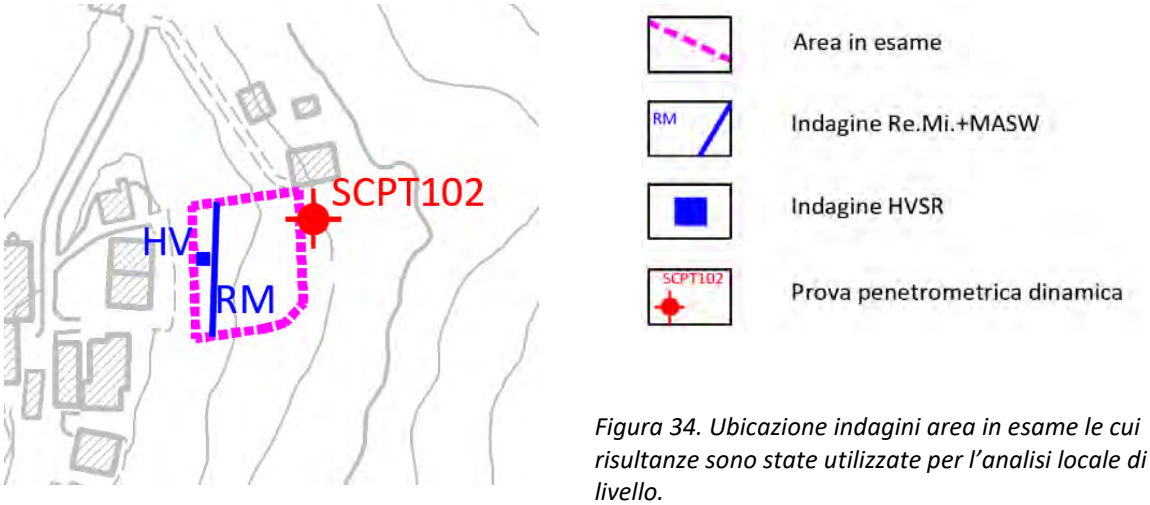


Figura 34. Ubicazione indagini area in esame le cui risultanze sono state utilizzate per l'analisi locale di II livello.

Nell'immagine in corrispondenza delle prove eseguite e reperite, sono indicate le profondità del substrato roccioso; inoltre sono indicati i risultati della prova sismica eseguita Re.Mi.+MASW+HV (Vs30= 430.7 m/s e Vs_H= 193 m/s, quest'ultimo calcolato con H=5.5 m).

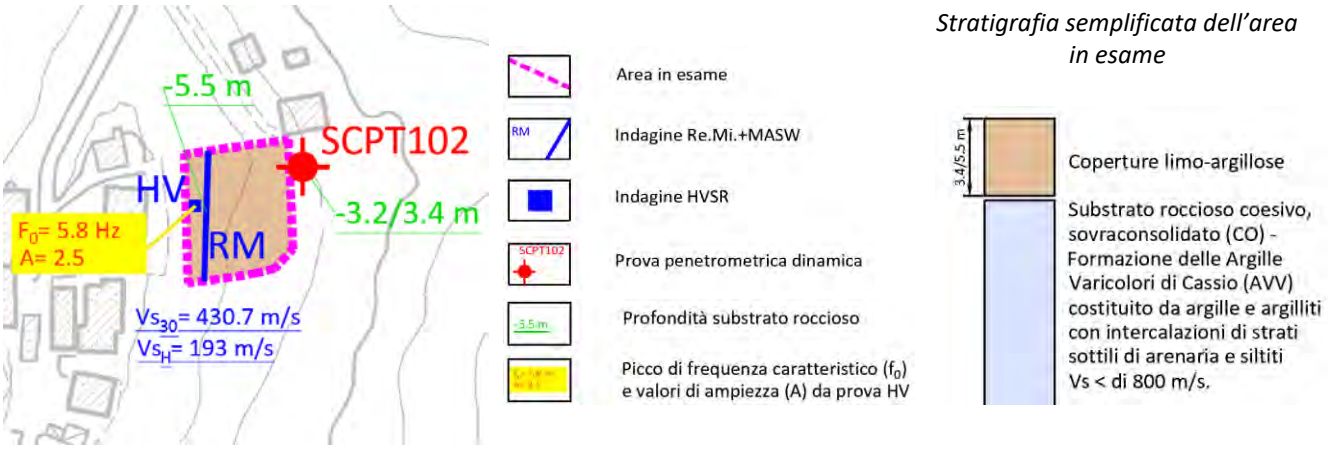


Figura 35. Ubicazione indagini area in esame con indicazione Vs_{30}, Vs_H e profondità del substrato roccioso. A destra viene riportata schematicamente la stratigrafia ricostruita per l'area in esame.

Per la determinazione dei fattori di amplificazione si è proceduto come esposto di seguito.
L'analisi di secondo livello prevede la definizione dei coefficienti di amplificazione. Nel caso in esame, sono stati calcolati i fattori di amplificazione secondo il metodo riportato nell'Allegato A2 della DGR n.630 del 29/04/2019 "Atto di coordinamento tecnico sugli studi di microzonazione sismica per la pianificazione territoriale e urbanistica (Artt.22 e 49 L.R.24/2017)" della Regione Emilia Romagna.

Il valore di ag_{ref} per il sito in esame, è stato calcolato sulla base di quanto riportato nell'allegato 4 della DRG n.630 del 29/04/2019, il punto più prossimo all'area in esame è risultato ID16938 con ag= **0.1652g.**

350-375

350-375	
ID	16938
Lon	10.3398
Lat	44.4431
SA_010	0.3664
SA_015	0.4514
SA_020	0.4377
SA_030	0.4103
SA_040	0.3225
SA_050	0.2425
SA_075	0.1515
SA_100	0.1054
SA_150	0.0595
SA_200	0.0394
ASI0105/0,4s	367.783031
Classi(ASI0105/0,4s)	350-375
ag	0.1652
F16perc	0.1388
F84perc	0.1868

350-375

350-375	
ID	16939
Lon	10.4097
Lat	44.4449
SA_010	0.3595
SA_015	0.4418
SA_020	0.426
SA_030	0.3999
SA_040	0.314
SA_050	0.2387
SA_075	0.1494
SA_100	0.1025
SA_150	0.0579
SA_200	0.0388
ASI0105/0,4s	358.929506
Classi(ASI0105/0,4s)	350-375
ag	0.1614
F16perc	0.1272
F84perc	0.1815

350-375

350-375	
ID	17161
Lon	10.4123
Lat	44.3949
SA_010	0.371
SA_015	0.4557
SA_020	0.445
SA_030	0.417
SA_040	0.3281
SA_050	0.2455
SA_075	0.1541
SA_100	0.1071
SA_150	0.0605
SA_200	0.0399
ASI0105/0,4s	373.31955
Classi(ASI0105/0,4s)	350-375
ag	0.1682
F16perc	0.148
F84perc	0.1902

375-400

375-400	
ID	17159
Lon	10.2726
Lat	44.3912
SA_010	0.4035
SA_015	0.4757
SA_020	0.4781
SA_030	0.4383
SA_040	0.3509
SA_050	0.2653
SA_075	0.1662
SA_100	0.1112
SA_150	0.0623
SA_200	0.0419
ASI0105/0,4s	397.096538
Classi(ASI0105/0,4s)	375-400
ag	0.1909
F16perc	0.1694
F84perc	0.2063

Il primo step del calcolo del valore di FA prevede la determinazione della velocità equivalente delle onde di taglio per lo spessore considerato (Vs_H e Vs_{30}) del deposito di copertura secondo le formule di seguito riportate.

La velocità delle onde di taglio equivalente nei primi 30 m di sottosuolo al di sotto delle fondazioni è stata determinata attraverso la seguente formula:	In modo analogo la velocità delle onde di taglio equivalente fino alla profondità del bedrock si determina nel seguente modo:
$Vs_{30} = 30/[\sum^{M}_{i=1} (h_i/Vs_i)]$	$Vs_H = H/[\sum^{N}_{i=1} (h_i/Vs_i)]$

Il valore di Vs_H alla profondità di 5.5 m dal p.c. è risultato pari a **193 m/s**. La Vs_{30} al piano campagna ricavata dalle indagini sismiche eseguite ha restituito un valore pari a **430.7 m/s**.

L'intervento in esame è ubicato in un ambito di Appennino con substrato non rigido, vale a dire caratterizzato da Vs << 800 m/s, con coperture il cui spessore varia dai 3.2/3.4 ai 5.5 m (il substrato roccioso è stato individuato attraverso la rielaborazione della prova penetrometrica SCPT102 (i cui dati sono stati reperiti in bibliografia) a circa 3.2/3.4 m da p.c., mentre attraverso la prova sismica Re.Mi.+MASW+HVSR eseguita nell'area in esame il substrato roccioso viene riconosciuto a partire da 5.5 m da p.c., dove la Vs passa da 210 m/s a 500 m/s).

La prova sismica e l'analisi delle tabelle hanno permesso di ipotizzare per l'area in esame i seguenti fattori di amplificazione: F.A. P.G.A. pari a **2.0**, F.A. SI1 pari a **1.7**, F.A. SI2 pari a **1.4**; F.A. SA1 pari a **1.8**, F.A. SA2 pari a **1.4**, F.A. SA3 pari a **1.3**.

I fattori di amplificazione sono espressi in termini di rapporto di accelerazione massima orizzontale (PGA/PGA0) e di rapporto di Intensità spettrale in accelerazione (SA/SA_0) e in velocità o di Housner (SI/SI_0) per prefissati intervalli di periodi. Il valore dell'accelerazione a_{refg} amplificata vale **0.330 g**.

V_{SH} (m/s) → H (m) ↓	150	200	250	300	350	400	450	500	600	700
5	2,3	2,0	1,6	1,5	1,4	1,3	1,3	1,2	1,2	
10	2,3	2,2	2,0	1,8	1,6	1,4	1,3	1,3	1,2	
15	2,2	2,2	2,1	2,0	1,8	1,6	1,4	1,3	1,2	
20	2,1	2,1	2,1	2,0	1,9	1,7	1,5	1,4	1,2	
25	2,1	2,1	2,1	2,0	1,9	1,8	1,6	1,4	1,3	
30		2,1	2,1	2,0	1,9	1,8	1,6	1,4	1,3	
35		2,1	2,1	2,0	1,9	1,8	1,6	1,5	1,4	1,2
40		2,0	2,0	2,0	1,9	1,8	1,6	1,5	1,4	1,2
50		1,9	1,9	1,9	1,9	1,8	1,6	1,5	1,4	1,2

Fattore di Amplificazione **PGA**

V_{SH} (m/s) → H (m) ↓	150	200	250	300	350	400	450	500	600	700
5	2,1	1,7	1,5	1,4	1,4	1,3	1,3	1,3	1,3	
10	2,6	2,3	1,9	1,6	1,5	1,4	1,3	1,3	1,3	
15	2,7	2,6	2,3	1,9	1,6	1,5	1,4	1,3	1,3	
20	2,6	2,6	2,4	2,1	1,8	1,6	1,5	1,4	1,3	
25	2,6	2,6	2,5	2,3	2,0	1,7	1,6	1,4	1,3	
30		2,4	2,4	2,3	2,1	1,8	1,6	1,5	1,3	
35		2,4	2,4	2,3	2,2	1,9	1,7	1,5	1,4	1,2
40		2,2	2,2	2,2	2,2	2,0	1,8	1,6	1,4	1,2
50		2,1	2,1	2,1	2,1	2,0	1,8	1,6	1,5	1,3

Fattore di Amplificazione **SI1** (0,1s≤T≤0,5s)

V_{SH} (m/s) → H (m) ↓	150	200	250	300	350	400	450	500	600	700
5	1,4	1,4	1,4	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	
10	1,8	1,6	1,4	1,4	1,3	1,4	1,3	1,3	1,3	
15	2,3	1,9	1,6	1,4	1,4	1,4	1,3	1,3	1,3	
20	2,9	2,6	1,9	1,6	1,4	1,4	1,4	1,3	1,3	
25	3,6	3,0	2,3	1,7	1,5	1,4	1,4	1,4	1,3	
30		3,3	2,7	1,9	1,7	1,5	1,4	1,4	1,3	
35		3,5	3,0	2,2	1,8	1,6	1,5	1,4	1,3	1,1
40		3,5	3,2	2,6	2,0	1,8	1,6	1,5	1,4	1,2
50		3,3	3,3	3,0	2,4	2,0	1,8	1,6	1,5	1,3

Fattore di Amplificazione **SI2** (0,5s≤T≤1,0s)

V_{SH} (m/s) → H (m) ↓	150	200	250	300	350	400	450	500	600	700
5	2,2	1,8	1,5	1,4	1,3	1,3	1,3	1,3	1,2	
10	2,5	2,3	1,9	1,7	1,5	1,4	1,3	1,3	1,2	
15	2,5	2,5	2,2	1,9	1,7	1,5	1,4	1,3	1,2	
20	2,4	2,4	2,3	2,1	1,8	1,6	1,5	1,3	1,3	
25	2,4	2,4	2,3	2,2	2,0	1,7	1,6	1,4	1,3	
30		2,3	2,3	2,2	2,0	1,8	1,6	1,5	1,3	
35		2,2	2,2	2,2	2,1	1,9	1,7	1,5	1,4	1,2
40		2,1	2,1	2,1	2,1	1,9	1,7	1,5	1,4	1,2
50		2,0	2,0	2,0	2,0	1,9	1,7	1,5	1,4	1,2

Fattore di Amplificazione **SA1** (0,1s≤T≤0,5s)

V_{SH} (m/s) → H (m) ↓	150	200	250	300	350	400	450	500	600	700
5	1,6	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,3	
10	2,3	1,8	1,5	1,4	1,4	1,4	1,4	1,3	1,3	
15	2,8	2,3	1,9	1,5	1,4	1,4	1,4	1,4	1,3	
20	3,2	2,9	2,3	1,8	1,5	1,5	1,4	1,4	1,3	
25	3,4	3,2	2,7	2,0	1,7	1,5	1,5	1,4	1,3	
30		3,3	2,9	2,3	1,9	1,6	1,5	1,4	1,4	
35		3,3	3,0	2,5	2,1	1,8	1,6	1,5	1,4	1,2
40		3,2	3,1	2,7	2,3	2,0	1,7	1,5	1,4	1,2
50		3,0	3,0	2,8	2,5	2,2	1,9	1,7	1,5	1,3

Fattore di Amplificazione **SA2** (0,4s≤T≤0,8s)

V_{SH} (m/s) → H (m) ↓	150	200	250	300	350	400	450	500	600	700
5	1,4	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	
10	1,6	1,5	1,4	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	
15	1,9	1,7	1,5	1,4	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	
20	2,4	2,1	1,6	1,4	1,4	1,3	1,3	1,3	1,3	
25	3,4	2,5	1,9	1,5	1,4	1,4	1,3	1,3	1,3	
30		3,0	2,3	1,7	1,5	1,4	1,4	1,3	1,3	
35		3,3	2,7	1,9	1,6	1,5	1,4	1,3	1,3	1,1
40		3,6	3,1	2,2	1,7	1,6	1,5	1,4	1,3	1,2
50		3,6	3,4	2,9	2,1	1,8	1,6	1,5	1,4	1,2

Fattore di Amplificazione **SA3** (0,7s≤T≤1,1s)

Tabella 7. Tabelle relative al settore appenninico per la stima semplificata dell'amplificazione stratigrafica nelle aree collinari e montane dell'Emilia-Romagna. (da Allegato 2 DGR n.630 del 29/04/2019)

È stato calcolato anche il fattore H_{SM}[16] (Naso et al.,) parametro che esprime lo scuotimento atteso al sito in valore assoluto (accelerazione in cm/s^2) dato dal prodotto del parametro *Acceleration Spectrum Intensity* (ASI_{UHS}) valore integrale dello spettro di riferimento in accelerazione calcolato per l'intervallo di periodi 0.1s≤T≤0.5s, diviso per ΔT (in questo caso pari a 0.4s) e moltiplicato per il fattore di amplificazione in accelerazione (FA) calcolato per lo stesso intervallo di periodi:

$H_{SM} = ASI_{UHS}/ \Delta T \times FA$

I valori dei rapporti $ASI_{UHS}/ \Delta T$ (calcolati per l'intervallo di periodi 0.1s≤T≤0.5s) vengono riportati per ogni punto della griglia INGV. Per il punto più prossimo all'area in esame, ID16938, questo valore è risultato pari a 367.783031. Il valore di $\mathbf{H_{SM}}$ risulta quindi pari a 367.783031 x 1.8= **662.010 cm/s²**.

E.3.1.1 Fattore di amplificazione topografico

Gli effetti della topografia non possono essere trascurati per pendii con inclinazione media superiore ai 15° e devono essere calcolati nel caso di configurazioni geometriche bidimensionali e tridimensionali di altezza superiore a 30 m.
L'area in esame è caratterizzata dalla presenza di scarpate con pendenza media inferiore o uguale ai 15° e con fattore di amplificazione topografica pari a **1**.

[16] *Naso G., Martelli L. Baglione M. Bramerini F. Castenetto S., D'intinosante V., Ercolessi G. (2019): Maps for Land managemente: from geology to seismic hazard. Boll. Geol. Teor. Appl., Vol 60, DOI 10.4430/bgta0263.*

L'Analisi Locale di II livello eseguita per la presente relazione ha permesso di ricavare per l'area in esame un fattore di amplificazione **FA P.G.A.** (Ss nelle NTC2018) pari a **2.0.** I parametri sismici riportati di seguito sono stati calcolati utilizzando il fattore di amplificazione FA di P.G.A. **2.0** (considerando che il fattore di amplificazione topografico è risultato pari a 1.0).

Stato Limite Ultimo		**SLV**	
accelerazione di progetto	ag	0.165	g
Parametro spettrale	F0	2.532	-
Parametro spettrale	Tc'	0.291	s
Stato Limite di Esercizio		**SLD**	
accelerazione di progetto	ag	0.073	g
Parametro spettrale	F0	2.461	-
Parametro spettrale	Tc'	0.259	s
Stato Limite Ultimo		**SLV**	
Coefficiente di amplificazione dipendente dal tipo di sottosuolo	Ss	2.000	da Analisi Locale di II Livello
Categoria topografica		T1	
Coefficiente di amplificazione topografica	St	1.00	
Coefficiente di amplificazione sismica locale	S = St*Ss	2.000	
Amax	Amax=Ag*S	**0.3300**	g
Stato Limite di Esercizio		**SLD**	
Coefficiente di amplificazione dipendente dal tipo di sottosuolo	Ss	2.00	da Analisi Locale di II Livello
Categoria topografica		T1	
Coefficiente di amplificazione topografica	St	1.00	
Coefficiente di amplificazione sismica locale	S = St*Ss	2.00	
Amax	Amax=Ag*S	**0.1460**	g

I parametri sismici calcolati secondo le NTC2018 (in cui il valore di S è risultato pari a 1.2 dal prodotto di Ss =1.2 e St=1.0). sono riportati nel paragrafo seguente.

E.4 Azioni sismiche ai sensi NTC

E.4.1 *Categorie di sottosuolo*

Per la definizione dell'azione sismica si è fatto riferimento all'approccio semplificato riportato nelle **NTC2018.** 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:

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

Tab. 3.2.II – *Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato.*

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
A	*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.
B	*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.
C	*Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti* con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.
D	*Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti*, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.
E	*Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D*, con profondità del substrato non superiore a 30 m.

Dove hi=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.

Per depositi con profondità H del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio $V_{S,eq}$ è definita dal parametro $V_{S,30}$, ottenuto ponendo H=30 m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.

Sulla base dei valori di Vs ricavati dall'indagine sismica eseguita presso il sito in esame (Re.Mi.+MASW+HVSR) si individua una categoria di sottosuolo tipo **B** al piano campagna sulla base dei valori di V_{s30} ottenuti **(430.7 m/s)**.

E.4.2 *Categorie topografiche*

Per la definizione delle categorie topografiche si è anche fatto riferimento all'approccio semplificato riportato nelle NTC2018 che si basa sull'individuazione di categorie topografiche di riferimento così come riportate nelle tabelle 3.2.III. e 3.2.V.

Le categorie topografiche si riferiscono a configurazioni topografiche bidimensionali e devono essere considerate per altezza maggiore a 30m.

Tab. 3.2.III – *Categorie topografiche*

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media i ≤ 15°
T2	Pendii con inclinazione media i > 15°
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media 15° ≤ i ≤ 30°
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media i > 30°

Tab. 3.2.V – *Valori massimi del coefficiente di amplificazione topografica* S_T

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

Si evidenzia come ai sensi delle NTC la variazione spaziale del coefficiente di amplificazione topografica sia definita da un decremento lineare con l'altezza del pendio o rilievo, dalla sommità o cresta fino alla base dove St assume valore unitario. Gli effetti della topografia possono essere trascurati per pendii con inclinazione media inferiore a 15° e devono essere calcolati nel caso di configurazioni geometriche bidimensionali e tridimensionali di altezza superiore a 30m.

Per quello che riguarda le categorie topografiche il pendio dell'area in esame presenta una pendenza media inferiore o uguale a 10° per cui è possibile classificare l'area come T1 ed il coefficiente di amplificazione topografica risulta uguale a $\mathbf{S_T = 1.0}$.

E.4.3 *Parametri sismici di calcolo*

A titolo esemplificativo l'opera è definita con Vita Nominale $V_N \geq 50$ (vedasi tabella 2.4.1 delle NTC 2018), Classe d'uso II, da cui deriva un coefficiente Cu = 1.0 (vedasi tabella 2.4.II delle NTC 2018).
Sulla base delle definizioni precedenti le azioni sismiche si possono calcolare in relazione ad un periodo di riferimento V_R, che si ricava moltiplicando la vita nominale V_N per il coefficiente d'uso C_u secondo la relazione riportata nella formula 2.4.1 delle NTC 2018 e di seguito riportata.

$$V_R = V_N \cdot C_U$$

Per l'opera in esame il valore di V_R risulta pari a 50 anni.

Tab. 2.4.I – *Valori minimi della Vita nominale V_N di progetto per i diversi tipi di costruzioni*

	TIPI DI COSTRUZIONI	Valori minimi di V_N (anni)
1	Costruzioni temporanee e provvisorie	10
2	Costruzioni con livelli di prestazioni ordinari	50
3	Costruzioni con livelli di prestazioni elevati	100

Tab. 2.4.II – *Valori del coefficiente d'uso C_U*

CLASSE D'USO	I	II	III	IV
COEFFICIENTE C_U	0,7	1,0	1,5	2,0

Classe I: Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli.

Classe II: Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubb che e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie no ricadenti in Classe d'uso III o in Classe d'uso IV, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emerge za. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti.

Classe III: Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie xtraurbane non ricadenti in Classe d'uso IV. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenz Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso.

Classe IV: Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile caso di calamità. Industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente. Reti viarie di tipo A o B, di cui al D 5/11/2001, n. 6792, "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade", e di tipo C quando appartenenti ad tinerari di collegamento tra capoluoghi di provincia non altresì serviti da strade di tipo A o B. Ponti e reti ferroviarie importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico. Dighe co nesse al funzionamento di acquedotti e a impianti di produzione di energia elettrica.

Come parametro caratterizzante della pericolosità sismica è utilizzato il periodo di ritorno dell'azione sismica T_R espresso in anni e calcolato secondo la formula (1) dell'allegato A delle NTC 2008, riportata di seguito:

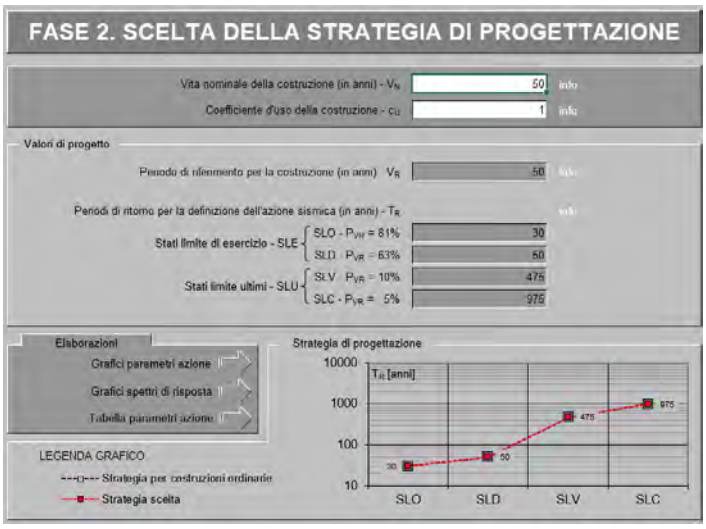
$$T_R = -\frac{V_R}{\ln\left(1 - P_{V_R}\right)}$$

Il valore di probabilità di superamento nel periodo di riferimento PVR cui riferirsi per individuare l'azione sismica in ciascuno degli stati limite è riportato nella tabella 3.2.I delle NTC2018.

Tab. 3.2.I – *Probabilità di superamento P_{V_R} in funzione dello stato limite considerato*

Stati Limite		P_{V_R}: Probabilità di superamento nel periodo di riferimento V_R
Stati limite di esercizio	SLO	81%
	SLD	63%
Stati limite ultimi	SLV	10%
	SLC	5%

Il valore del tempo di ritorno T_R in anni per l'opera in esame è risultato pari a **475 anni**.
Di seguito, a titolo esemplificativo, si riportano i dati relativi all'area di interesse per una costruzione con Vita Nominale 50 anni e coefficiente d'uso Cu = 1.0 ottenuti con il programma "Spettri-NTC ver 1.3" disponibile sul sito del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici http://www.cslp.it/cslp/



Comune di		***Vetto***	
Longitudine		44.441556	
Latitudine		10.340841	
Zona sismogenetica		913	
Magnitudo attesa	M	6.14	
Vita nominale	VN	50	anni
Coefficiente d'uso	C_U	1	
Periodo di riferimento	VR	50	
Tempo di ritorno	Tr	475	anni

SLATO LIMITE	T_R [anni]	a_g [g]	F_o [-]	T_C^* [s]
SLO	30	0.058	2.476	0.245
SLD	50	0.073	2.461	0.259
SLV	475	0.165	2.532	0.291
SLC	975	0.207	2.544	0.302

L'accelerazione orizzontale massima attesa al sito a_{max} è stata determinata con la seguente relazione:

$$a_{max} = S \cdot a_g = (S_S \cdot S_T) \cdot a_g$$

dove: a_g = accelerazione orizzontale massima attesa su sito di riferimento rigido; S_s = coefficiente di amplificazione stratigrafica; S_t = coefficiente di amplificazione topografica. Il prodotto Ss*St = S = coefficiente di amplificazione locale. Nelle seguenti tabelle si riportano i valori dei coefficienti di amplificazione topografica e stratigrafica, rispettivamente in funzione della categoria topografica e del tipo di terreno.

Tab. 3.2.IV – *Espressioni di S_S e di C_C*

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

Tab. 3.2.V – *Valori massimi del coefficiente di amplificazione topografica S_T*

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

In sintesi si riporta:

Stato Limite Ultimo		**SLV**	
accelerazione di progetto	ag	0.165	g
Parametro spettrale	F0	2.532	-
Parametro spettrale	Tc'	0.291	s
Stato Limite di Esercizio		**SLD**	
accelerazione di progetto	ag	0.073	g
Parametro spettrale	F0	2.461	-
Parametro spettrale	Tc'	0.259	s
Stato Limite Ultimo		**SLV**	
Coefficiente di amplificazione dipendente dal tipo di sottosuolo	Ss	1.200	di progetto
Categoria topografica		T1	
Coefficiente di amplificazione topografica	St	1.00	
Coefficiente di amplificazione sismica locale	S = St*Ss	1.200	
Amax	Amax=Ag*S	**0.1980**	g
Stato Limite di Esercizio		**SLD**	
Coefficiente di amplificazione dipendente dal tipo di sottosuolo	Ss	1.20	di progetto
Categoria topografica		T1	
Coefficiente di amplificazione topografica	St	1.00	
Coefficiente di amplificazione sismica locale	S = St*Ss	1.20	
Amax	Amax=Ag*S	**0.0876**	g

F. CONSIDERAZIONI FINALI

Il presente studio geologico-tecnico e sismico è stato redatto per il piano di urbanizzazione di un'area sita nel comune di Vetto (area coinvolta nella Variante 4 del PSC del comune di Vetto) in località Groppo, al fine di ricavare le caratteristiche geologico-geomeccaniche e sismiche del sito in esame ed eseguire uno studio di fattibilità per un nuovo intervento edilizio in progetto.
Lo studio e le indagini eseguite hanno permesso di evidenziare quanto segue.

- ⇨ L'area è ubicata in una zona in cui sono subaffioranti i terreni appartenenti alle Unità Liguri ed in particolare alla formazione delle Argille Varicolori di Cassio (AVV); trattasi di argille e argilliti rosse, violacee, grigio scure e verdastre, fissili, con intercalazioni di strati sottili di arenarie fini e siltiti grigio scure, manganesifere e localmente cloritiche, di calcilutiti silicizzate grigio-verdine e di calcareniti e arenarie litiche e feldspatiche grossolane.

- ⇨ Dal punto di vista morfologico l'area è posta ad una quota di circa 585-590 m s.l.m. lungo la costa che ospita l'abitato di Groppo. Latitudine e Longitudine (ED50) valgono rispettivamente 44.441556° e 10.340841°. L'area è ubicata nella Carta Tecnica Regionale elemento 218134 "REGNOLA" della CTR alla scala 1:5.000. Il sito in esame si trova sulla costa sinistra di una piccola valle che ospita i terreni coinvolti nella Frana di Groppo, in destra idrografica del Torrente Lonza (affluente destro del Fiume Enza) ed in sinistra idrografica del Rio Rimale.

- ⇨ Nella Carta del Dissesto (tavola P6 - 218130) del PTCP della Provincia di Reggio Emilia, nella cartografia del dissesto della regione Emilia-Romagna e nella Tavola P6 del PSC del comune di Vetto l'area oggetto di studio risulta esterna ai perimetri di frana attiva e quiescente individuati nell'intorno del sito in esame; a NE e SE di questo è evidenziata la presenza di due frane attive (a1) che confluiscono nei depositi di frana attiva che costituiscono la Frana di Groppo, presente a sud-sud/sud-est del sito. Nella tavola P6 del PSC del comune di Vetto l'intera area occupata da frane attive ad est dell'abitato di Groppo e del sito in esame viene indicata come area a rischio idrogeologico molto elevato (Frane normate dall'art. 57 e 61 delle NTA).

- ⇨ L'area in esame risulta esterna alle fasce fluviali di PAI. Nel Piano di Gestione delle Alluvioni l'area risulta esterna rispetto agli scenari di pericolosità evidenziati per quello che riguarda il reticolo naturale secondario collinare e montano (RSCM).

- ⇨ Come riportato nella Tavola P10a "Carta delle tutele delle acque sotterranee e superficiali" del PTCP della Provincia di Reggio Emilia l'area risulta esterna alle zone di protezione delle acque sotterranee in territorio collinare-montano. Non sono segnalate sorgenti e pozzi campati ad uso idropotabile nella zona esaminata.

- ⇨ Per un completo studio del sito in esame sono state innanzi tutto consultate alcune prove geognostiche bibliografiche reperite nel database degli scriventi e negli elaborati della Microzonazione sismica di II Livello del comune di Vetto. In merito al database degli scriventi sono state consultate le relazioni geologiche "Lavori di pronto intervento per consolidamento versante e viabilità comunale in zona Groppo – 1° lotto" (Geode - Maggio 2020) e "Lavori di prevenzione al dissesto idrogeologico ed al contrasto ai fenomeni franosi in località Groppo in comune di Vetto (Geode – Febbraio 2019).

- ⇨ Come emerso dalla consultazione della bibliografia (database degli scriventi), nel corso delle indagini geognostiche eseguite in un'area a SW del sito in esame, nel dicembre 2016, e durante due letture piezometriche successive, è stata reperita la falda a profondità variabili tra 0.5 e 1.63 m da p.c.
  Per quanto riguarda il sito in esame non si esclude comunque la possibilità che durante eventi meteorici occasionali, o in corrispondenza di periodi particolarmente piovosi, il livello piezometrico possa risalire a quote prossime al piano campagna.

⇨ Per ottenere informazioni riguardanti la situazione del sottosuolo sono innanzitutto state consultate le indagini bibliografiche reperite Nel Settembre 2021 è stata inoltre eseguita una prova sismica Re.Mi.+MASW+HVSR in corrispondenza dell'area in esame.
Sulla base delle informazioni ottenute attraverso le indagini bibliografiche, la rielaborazione di una prova penetrometrica ubicata poco a NE del sito in esame, ed attraverso le risultanze dell'indagine sismica eseguita è stato possibile definire il seguente schema litologico e geotecnico:

S		***Suolo*** (0-0.4 m da p.c.)
L1	**a3/a4**	***Livello L1:*** falda detritica di natura eluvio colluviale costituita prevalentemente da materiali argilloso-limosi. L'elaborazione della prova penetrometrica SCPT102 (i cui dati sono stati reperiti in bibliografia) permette di riconoscere il livello da circa 0.4 m da p.c. sino ad una profondità di 1.8 m da p.c. *Dati caratterizzanti per il livello sono: Vs= 140 m/s, N colpi= 1.4-3.8 colpi/20 cm.*
L2	**a3/a4**	***Livello L2:*** falda detritica di natura eluvio colluviale costituita prevalentemente da materiali argilloso-limosi maggiormente consistenti rispetto al livello soprastante. L'elaborazione della prova penetrometrica SCPT102 permette di riconoscere il livello da 1.8 m da p.c. sino ad una profondità di 3.2 m da p.c. *Dati caratterizzanti per il livello sono: Vs= 210 m/s, N colpi= 9.0-9.5 colpi/20 cm.*
L3	**AVV**	***Livello L3:*** substrato roccioso disarticolato e fratturato (AVV) e/o detrito di versante costituito prevalentemente da materiali da disfacimento e alterazione. L'interpretazione della prova penetrometrica SCPT102 individua il livello L3 a partire da 3.2/3.4 m da p.c. sino a 4.0/4.2 m da p.c. *Dati caratterizzanti per il livello sono: N colpi= 12.5-14.2 colpi/20 cm, Vs= 210-500 m/s.*
L4	**AVV**	***Livello L4:*** substrato roccioso (AVV). La prova sismica Re.Mi.+MASW+HVSR eseguita individua il substrato roccioso alla profondità di 5.5 m da p.c. L'interpretazione della prova penetrometrica SCPT102 reperita in bibliografia individua il livello L4 a partire da 4.0/4.2 m da p.c. (profondità massima della prova 4.20 m da p.c. dove si registra un N di colpi di 22 colpi/20 cm). *Dati caratterizzanti per il livello sono: N colpi≥22 colpi/20 cm, Vs>500 m/s.*

⇨ L'elaborazione dei dati (reperiti in bibliografia) della prova penetrometrica dinamica ha permesso inoltre di caratterizzare meccanicamente i terreni indagati.

Profondità m dal pc	Sigla/Unità geologica	Comportamento prevalente	Litologia	Parametri	
0.0-0.6		Coesivo/Granulare	Terreno vegetale	-	-
0.6-1.8	L1 – a3/a4	Coesivo	Detrito di versante	Parametri totali γ_k =19 kN/ m^3 Cu_k= 24.1-64.5 kPa Φu = 0° M_k= 5.3-10.0 MPa	Parametri efficaci γ_k =19 kN/m^3 c'$_k$ = 5-10 kPa Φ'_k = 28.1-30.9° E= 16.1-24.9 MPa
1.8-3.2/3.4	L2 – a3/a4	Coesivo	Detrito di versante	Parametri totali γ_k=21 kN/m^3 Cu_k= 141.1-1547.7 kPa Φ_u = 0° M_k= 18.7-20.3 MPa	Parametri efficaci γ_k=21 kN/m^3 c'$_k$ = 10-20 kPa Φ'_k = 33.8-34.3° E= 41.0-43.7 MPa
3.2/3.4-4.0/4.20	L2 – AVV	substrato roccioso disarticolato e fratturato	Formazione delle Argille Varicolori di Cassio (AVV)	Parametri totali γ_k=21 kN/m^3 Cu_k= 152.9-174.2 kPa Φ_u = 0° M_k= 20.1-22.5 MPa	Parametri efficaci γ_k=21 kN/m^3 c'$_k$ = 10-20 kPa Φ'_k = 33.9-34.7 ° E= 43.4-47.6 MPa
>4.00/4.20/5.5	L3 – AVV	substrato roccioso	Formazione delle Argille Varicolori di Cassio (AVV)	Parametri totali γ_k=22 kN/m^3 * Cu_k> 150 KPa * Φ_u = -	Parametri efficaci γ_k=22 kN/m^3 * c'$_k$ = 20-70 kPa * Φ'_k = 29-33° *

*Dove: γ = peso di volume naturale; Cu = Resistenza al taglio in codizioni non drenate desunte dalle prove penetrometriche M = Modulo Edometrico, ϕ' = angolo di attrito efficace; c' = coesione efficace, E = Modulo di Young. *I parametri dell'ammasso roccioso sono riferiti a dati bibliografici.*

- ⇨ Nell' "Aggiornamento della classificazione sismica di prima applicazione dei comuni dell'Emilia-Romagna" (DGR n.1164/2018) il Comune di Vetto viene classificato in zona 2.

- ⇨ Nella tavola P9a (218SO) "Rischio sismico-carta degli effetti attesi" del PTCP della provincia di Reggio Emilia, l'area oggetto del presente studio ricade in classe "H" per la quale non sono indicati effetti attesi. Le aree in frana attiva presenti ad est del sito in esame rientrano invece in parte in classe "A" per la quale gli effetti attesi sono l'amplificazione stratigrafica e l'instabilità di versante ed in parte in classe "B" per la quale gli effetti attesi sono l'amplificazione stratigrafica, topografica e l'instabilità di versante. Nella tavola P9b (218SO) "Rischio sismico - carta dei livelli di approfondimento" per l'area in esame è indicato un livello di approfondimento "1".

- ⇨ L'indagine sismica eseguita nell'area di interesse consente di individuare la presenza di un sottosuolo di tipo **B** con Vs_{30}= **430.7 m/s**.

- ⇨ Sono state determinate le azioni sismiche ai sensi delle NTC 2018 per un'opera con V_N=50 anni e Classe d'uso = II, che hanno permesso di determinare, sulla base delle indagini sismiche eseguite, i parametri come riportato nel paragrafo E.4.3.

- ⇨ Sono stati consultati gli elaborati di MZS di II livello del comune di Viano come riportato nel paragrafo E.2.3; nelle tavole 2.2, 2.3 e 2.4 il sito in esame è compreso in un'area in cui viene indicato il valore FA di PGA pari a 1.8 (1.7-1.8), FA IS 0.1-0.5 s=1.6 (1.5-1.6), ed FA IS 0.5-1.0 s=1.4 (1.3-1.4).

- ⇨ Attraverso le informazioni bibliografiche reperite e i risultati dell'indagine sismica Re.Mi.+MASW eseguita in corrispondenza del sito in esame per la specifica area in esame si è scelto di eseguire una analisi di secondo livello di MZS secondo il DGR n.630 del 29/04/2019 "Atto di coordinamento tecnico sugli studi di microzonazione sismica per la pianificazione territoriale e urbanistica (Artt.22 e 49 L.R.24/2017)" della Regione Emilia-Romagna; in particolare i fattori di amplificazione sono stati determinati secondo il metodo riportato nell'Allegato A2.
  L'intervento in esame è ubicato in un ambito di Appennino con substrato non rigido, vale a dire caratterizzato da Vs << 800 m/s, con coperture il cui spessore varia dai 3.2/3.4 ai 5.5 m (il substrato roccioso è stato individuato attraverso la rielaborazione della prova penetrometrica SCPT102 a circa 3.2/3.4 m da p.c., mentre attraverso la prova sismica Re.Mi.+MASW+HVSR eseguita nell'area in esame il substrato roccioso viene riconosciuto a partire da 5.5 m da p.c., dove la Vs passa da 210 m/s a 500 m/s).
  L'analisi locale di II livello ha permesso di individuare per l'area in esame i seguenti fattori di amplificazione: F.A. P.G.A. pari a 2.0, F.A. SI1 pari a 1.7, F.A. SI2 pari a 1.4; F.A. SA1 pari a 1.8, F.A. SA2 pari a 1.4, F.A. SA3 pari a 1.3. Il valore dell'accelerazione a_{refg} amplificata vale **0.330 g**.

Stato Limite Ultimo		**SLV**	
Coefficiente di amplificazione dipendente dal tipo di sottosuolo	Ss	2.000	da Analisi Locale di II Livello
Categoria topografica		T1	
Coefficiente di amplificazione topografica	St	1.00	
Coefficiente di amplificazione sismica locale	S = St*Ss	2.000	
Amax	Amax=Ag*S	**0.3300**	g

In considerazione di quanto sopra esposto si ritiene l'intervento geologicamente e sismicamente compatibile purché vengano rispettate le indicazioni contenute nella presente relazione e le seguenti prescrizioni:

1. evitare dispersioni di acque nel sottosuolo;
2. si suggerisce in fase esecutiva la realizzazione in una campagna di indagini geognostiche che preveda anche l'esecuzione di sondaggi a carotaggio.

Parma, Settembre 2021

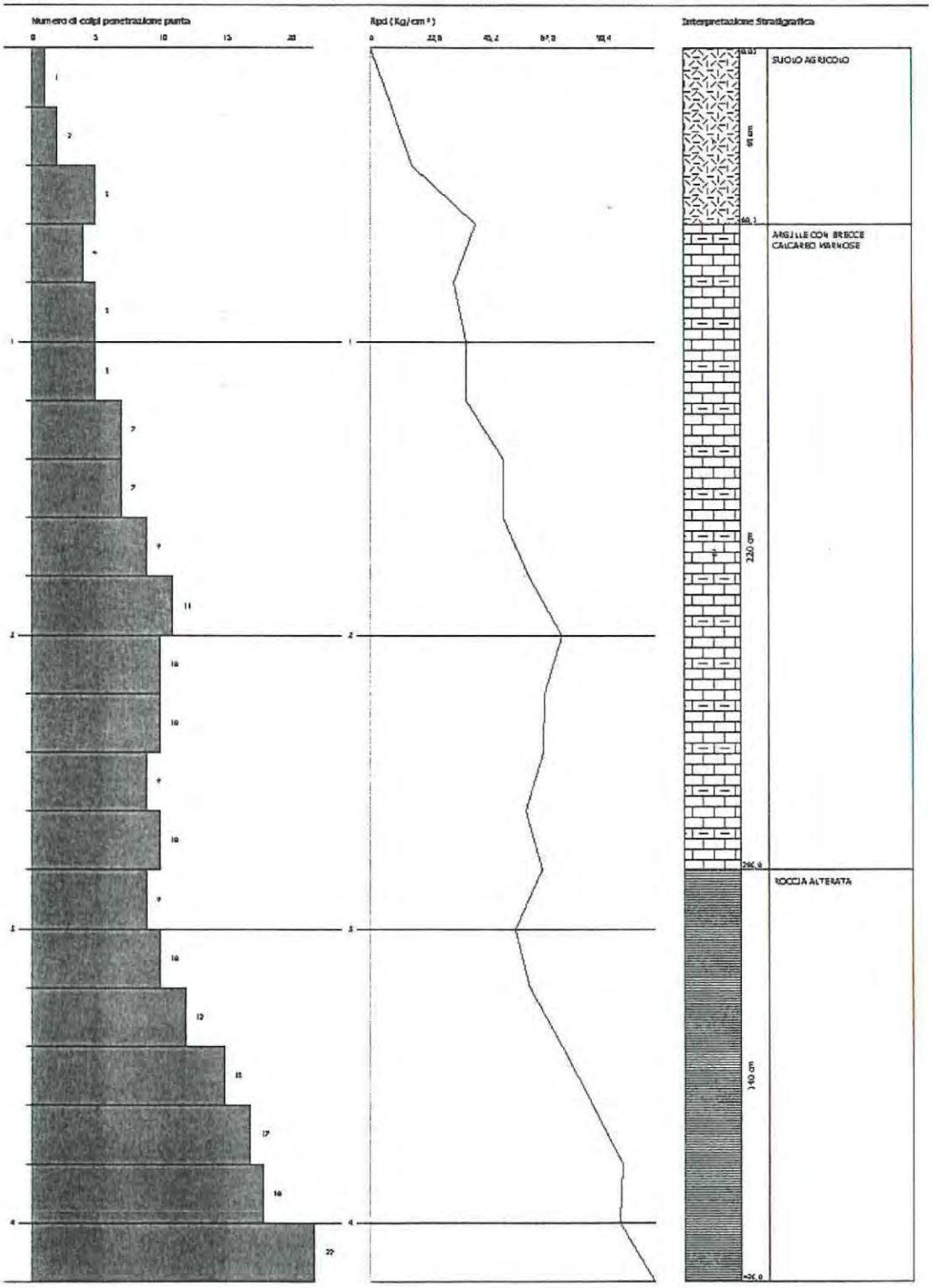
Dott. Geol. Giancarlo Bonini

ALLEGATO 1 – PROVA PENETROMETRICA SCPT102 (DA MZS II)

GEOGNOSTICA ITALIANA s.r.l.
Via Provinciale n. 24/F Viano (RE)
Tel. 0522/988217

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.2
Strumento utilizzato... DPSH (Dinamic Probing Super Heavy)
DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA-Rpd

Committente : PROGETTI AMBIENTALI INTEGRATI SAS
Cantiere : PROVE PENETROMETRICHE PER COLLETTORE FOGNARIO
Località : GROPPO - VETTO
Data 22/05/2007



PROVA ... Nr.2

Strumento utilizzato... DPSH (Dinamic Probing Super Heavy)
Prova eseguita in data 22/06/2007
Profondità prova 4,20 mt
Falda non rilevata

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm²)	Res. dinamica (Kg/cm²)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm²)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm²)
0,20	1	0,855	8,32	9,73	0,42	0,49
0,40	2	0,851	16,56	19,46	0,83	0,97
0,60	5	0,847	41,21	48,65	2,06	2,43
0,80	4	0,843	32,82	38,92	1,64	1,95
1,00	5	0,840	37,84	45,06	1,89	2,25
1,20	5	0,836	37,68	45,06	1,88	2,25
1,40	7	0,833	52,54	63,08	2,63	3,15
1,60	7	0,830	52,33	63,08	2,62	3,15
1,80	9	0,826	67,02	81,10	3,35	4,06
2,00	11	0,823	75,98	92,30	3,80	4,62
2,20	10	0,820	68,82	83,91	3,44	4,20
2,40	10	0,817	68,57	83,91	3,43	4,20
2,60	9	0,814	61,49	75,52	3,07	3,78
2,80	10	0,811	68,09	83,91	3,40	4,20
3,00	9	0,809	57,14	70,66	2,86	3,53
3,20	10	0,806	63,28	78,51	3,16	3,93
3,40	12	0,803	75,69	94,21	3,78	4,71
3,60	15	0,751	88,43	117,76	4,42	5,89
3,80	17	0,748	99,89	133,47	4,99	6,67
4,00	18	0,746	99,05	132,77	4,95	6,64
4,20	22	0,694	112,57	162,27	5,63	8,11

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.2

TERRENI COESIVI

Coesione non drenata

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Cu (Kg/cm²)
Strato 1	5,26	0,60	Terzaghi-Peck	0,33
Strato 2	11,9	2,80	Terzaghi-Peck	0,80
Strato 3	22,12	4,20	Terzaghi-Peck	1,49

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

	Nspt	Prof. Strato	Correlazione	Qc

ALLEGATO 1 – REPORT INDAGINE SISMICA

Studio di Geologia e Geofisica
Dr. Geol. Stefano Gilli
V. Ottone, 1 - 42041 Brescello (RE)
Tel. 0522 684619 - Cell. 335 5893791
e-mail: gillistefano@libero.it
C.F. GLLSFN70D29G337Y
P.I. 01776120352

Provincia di:	**Reggio Emilia**
Comune di:	**Vetto**
Località:	**Cà del Lago**
Data:	**Settembre 2021**

Committente:

Geode S.c.r.l.
(Via Botteri, 9/a - Parma)

Progetto:

INDAGINE GEOFISICA PER LA DETERMINAZIONE DELLE CARATTERISTICHE SISMICHE DELL'AREA OGGETTO DI VARIANTE URBANISTICA IN LOCALITA' CA' DEL LAGO GROPPO DI VETTO, REGGIO EMILIA

RELAZIONE TECNICA

Dott. Geol. Stefano Gilli

Rel. 569/21

REGIONE EMILIA ROMAGNA PROVINCIA DI REGGIO EMILIA

COMUNE DI VETTO

INDAGINE GEOFISICA
PER LA DETERMINAZIONE DELLE CARATTERISTICHE SISMICHE NELL'AREA OGGETTO DI VARIANTE URBANISTICA IN LOCALITA' CA' DEL LAGO, GROPPO DI VETTO, RE

GEODE Scrl, via Botteri, Parma

INDICE

INTRODUZIONE 1
INQUADRAMENTO TOPOGRAFICO 1
PROSPEZIONE SISMICA INTEGRATA ATTIVA - PASSIVA 3
Identificazione categoria suolo di fondazione 6
ANALISI DEI MICROTREMORI CON LA TECNICA HVSR 7

ALLEGATI

UBICAZIONE AREA ..... *TAV. 1*
PLANIMETRIA UBICAZIONE PROVE ..... *TAV. 2*

SCHEDE:

INDAGINE RE.MI./MASW 1
TABULATO ELABORAZIONE HVSR-SW GRILLA

INTRODUZIONE

Nell'ambito progettuale per l'intervento edilizio in località Cà del Lago, Groppo di Vetto, Reggio Emilia, sono di seguito esposte le procedure operative ed i risultati ottenuti dalla prospezione geofisica effettuata con metodo sismico misto attivo/passivo (Re.Mi./MASW), in riferimento alla riclassificazione sismica del territorio nazionale, DM 17/01/2018 ed in ottemperanza alla Delib. Giunta Reg. ER n°630/2019 (aggiornamento della DAL 112/2007) e DGR 476/2021.

Le indagini, eseguite in accordo con il tecnico incaricato della progettazione geologica, *Dr. Geol. Giancarlo Bonini – Geode Scrl, Parma,* sono state effettuate in conformità alle prescrizioni dettate in materia di indagini geofisiche.

INQUADRAMENTO TOPOGRAFICO

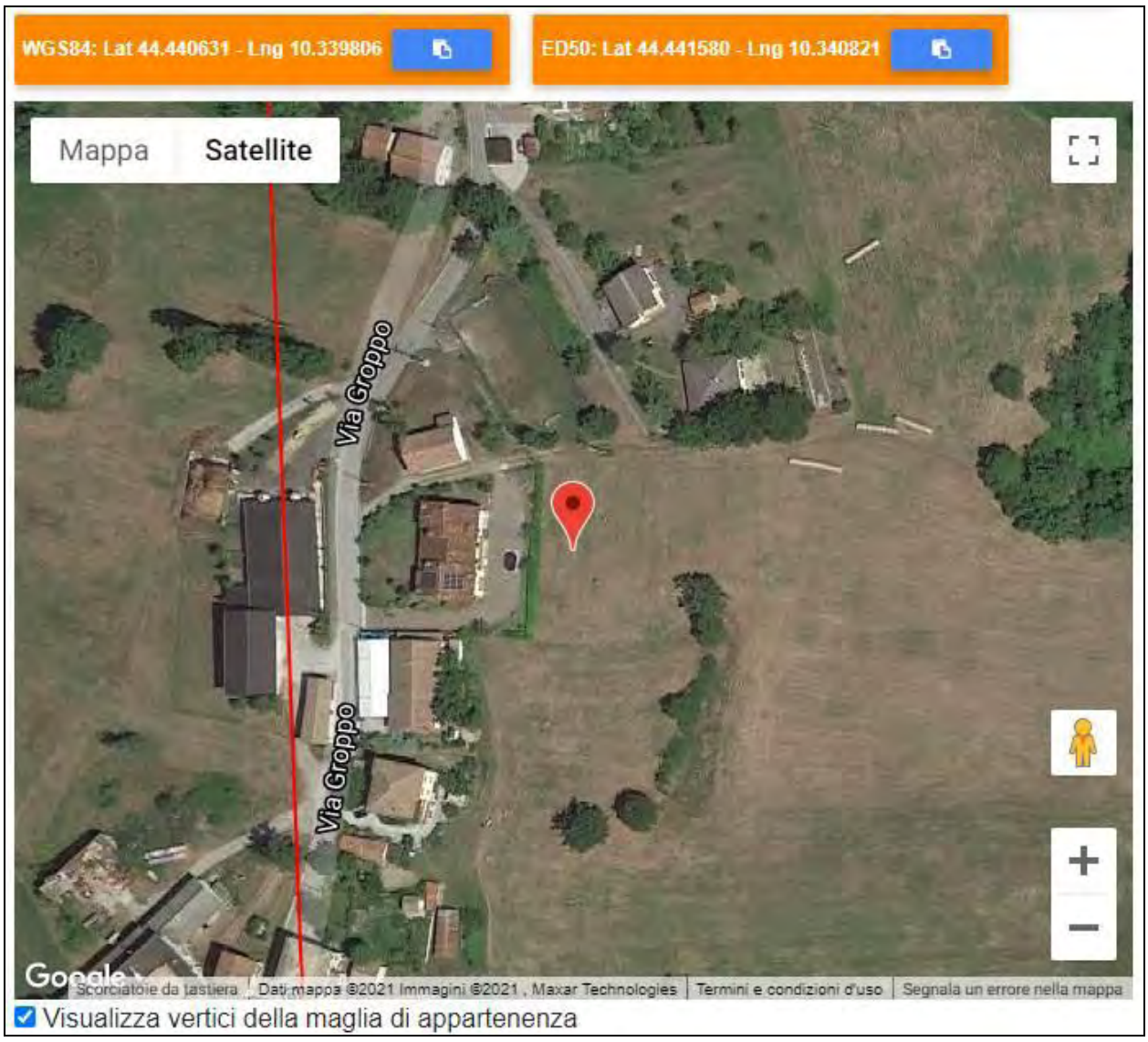
La zona oggetto di intervento è ubicata lungo la strada che porta in località Cà del lago, a sud di Groppo, nel settore meridionale del territorio comunale di Vetto, RE.

La zona in analisi si ubica in zona montana con quote medie del piano campagna naturale oscillanti tra 585 e 590 m slm.

Il sito ricade nel settore nord occidentale dell'elemento *REGNOLA N° 218134*, delle basi C.T.R. ER in scala 1:5.000.

Le coordinate geografiche (elissoide ED50) relative circa al centro dell'area di intervento corrispondono a:

10.340821 ÷ 44.441580



Localizzazione area mediante software Geostru PS

PROSPEZIONE SISMICA INTEGRATA ATTIVA - PASSIVA

In riferimento alla nuova classificazione sismica del territorio nazionale D.M. 17/01/2018, per determinare la categoria del suolo di fondazione, è stata eseguita una prospezione geofisica con metodo integrato attivo - passivo (Re.Mi./MASW/HVSR), per la rilevazione della velocità di propagazione delle onde di taglio Vs, eseguita in data 13/09/2021

La prospezione è stata effettuata con un sismografo digitale a 24 canali ad elevata dinamica *GEOMETRICS GEODE*, attrezzato con 24 geofoni verticali con frequenza propria di 4,5 Hz, disposti ad interasse di 2 m per una lunghezza totale di stendimento di 46 m.

Nella procedura con "metodo attivo" le onde superficiali sono generate mediante una sorgente impulsiva disposta a piano campagna e sono registrate da uno stendimento lineare costituito ricevitori posti a distanza variabile.

Il procedimento con "metodo passivo" presenta caratteristiche geometriche dello stendimento uguali a quelle del sistema attivo ma i ricevitori non registrano le onde superficiali prodotte da una sorgente impulsiva, bensì il rumore di fondo (microtremore) prodotto da sorgenti naturali e antropiche (traffico, attività industriali).

Le due tecniche esaminano bande spettrali differenti: il metodo attivo consente di acquisire in modo maggiormente dettagliato una curva di dispersione nel range di frequenza compreso tra 10 e 40 Hz e fornisce informazioni relative alla parte più superficiale del sottosuolo (fino a circa 10-20 m di profondità); il metodo passivo permette di determinare e definire una curva di dispersione nelle bande di frequenza tra 2 e 20 Hz e fornisce informazioni sugli strati più profondi.

La combinazione delle due tecniche consente di ottenere uno spettro completo nella banda di frequenza comprese tra 2 e 40 Hz e consente una affidabile ricostruzione dell'andamento della velocità delle onde di taglio fino a circa 30-100 m di profondità, in funzione della lunghezza massima dello stendimento.

Nell'esecuzione della prova MASW (attiva) è stato utilizzato come sistema di energizzazione una mazza di 10 Kg battente su piattello metallico. Per aumentare il rapporto segnale/rumore si è proceduto alla somma di più energizzazioni (processo di stacking). La sorgente è stata posta ad una distanza tra 6 e 10 m dal primo geofono ("Optimum Field Parameters of an MASW Survey", *Park et al., 2005; Dal Moro, 2008*).

Per l'acquisizione dei microtremori ambientali sono state effettuate venti registrazioni della durata di 30 sec con una frequenza di campionamento di 500 Hz.

L'elaborazione del segnale consiste nell'operare, tramite un opportuno software, una trasformata bidimensionale "*slowness-frequency*" (*p-f*) che analizza l'energia di propagazione del rumore in entrambe le direzioni della linea sismica e nel rappresentare lo spettro di potenza su un grafico *p-f*. Gli spettri delle singole acquisizioni sono quindi mediati, escludendo eventualmente quelli che presentano una bassa coerenza.

In tale spettro mediato si evidenziano gli andamenti che possiedono sia una spiccata coerenza di fase che una potenza significativa, ed è possibile un riconoscimento visivo delle onde di superficie (che hanno carattere dispersivo), da quelle riconducibili ad altri modi e tipi (onde di superficie di ordine superiore, onde di pressione, suono e rumore incoerente).

In funzione di quanto esposto è possibile effettuare un "*picking*", attribuendo ad un certo numero di punti una o più *slowness* (*p* o *1/velocità di fase*) ed ottenere una "*curva di dispersione"*.

Quest'ultima è visualizzata su un diagramma in cui appare anche la curva di dispersione calcolata a partire da un modello di Vs che è modificabile in sede di elaborazione. Variando il numero di strati, la loro velocità e la densità, la curva di dispersione calcolata è adattata sino ad aderire il più possibile a quella sperimentale ottenuta con il picking.

I risultati ottenuti ed i relativi diagrammi di elaborazione sono riportati nell'allegata scheda "*indagine Re.Mi/MASW"*, riportante lo spettro di potenza mediato, la curva di dispersione, sia sperimentale che calcolata, ed il relativo modello interpretativo, schematicamente riportato di seguito.

Profondità da p.c. (m)	**Vs (m/sec)**
0 ÷ 1	140
1 ÷ 5,5	210
5,5 ÷ 8	500
8 ÷ 19	620
19 ÷ 44	600
44 ÷ INF	620

Acquisizione Remi-MASW 1

Identificazione categoria suolo di fondazione

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 (NTC2018 – par. 3.2.2):

$$Vs_{,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^{N} \frac{h_i}{Vs,i}}$$

dove:

hi = spessore dello strato iesimo, m

Vs,i = velocità onde di taglio strato iesimo, m/sec

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.

pensando

Per depositi con profondità H del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio VS,eq è definita dal parametro $VS_{,30}$, ottenuto ponendo H=30 m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.

I dati acquisiti dalle rilevazioni effettuate denotano che i primi 30 m del sottosuolo, valutati a partire da p.c., sono contraddistinti da velocità di propagazione delle onde di taglio Vs, profondità e spessori, come riportato nella seguente tabella:

Stendimento sismico ReMi/MASW

orizzonte sismostratigrafico	**Profondità da p.c. (m)**	**Spessore (m)**	**Vs (m/sec)**
1	*0 ÷ 1*	1	140
2	*1 ÷ 5,5*	4.5	210
3	*5,5 ÷ 8*	2.5	500
4	*8 ÷ 19*	11	620
5	*19 ÷ 30*	11	600

Tab. a1

ottenendo:

$$\boldsymbol{Vs_{30} = 431 \approx 430\ m/s}$$

Dalle considerazioni sopra esposte e dall'analisi della sequenza litosismica, risulta che i litotipi che formano i primi 30 m del sottosuolo soggiacenti le fondazioni, sono attribuibili in base alla Tab. 3.2.II delle NTC2018 a:

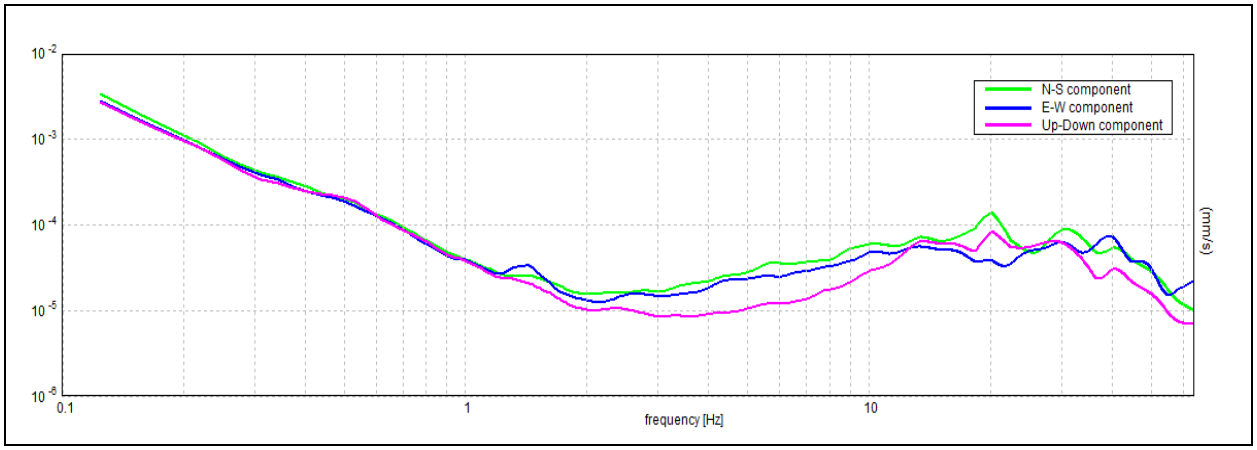
- ***Categoria B****: Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti* caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.

ANALISI DEI MICROTREMORI CON LA TECNICA HVSR

Nel sito oggetto di indagine si è svolta un'acquisizione di microtremori ambientali mediante un sismometro TROMINO ad elevata dinamica.

L'acquisizione è stata effettuando campionando il segnale a 128 Hz per una durata di 50 minuti.

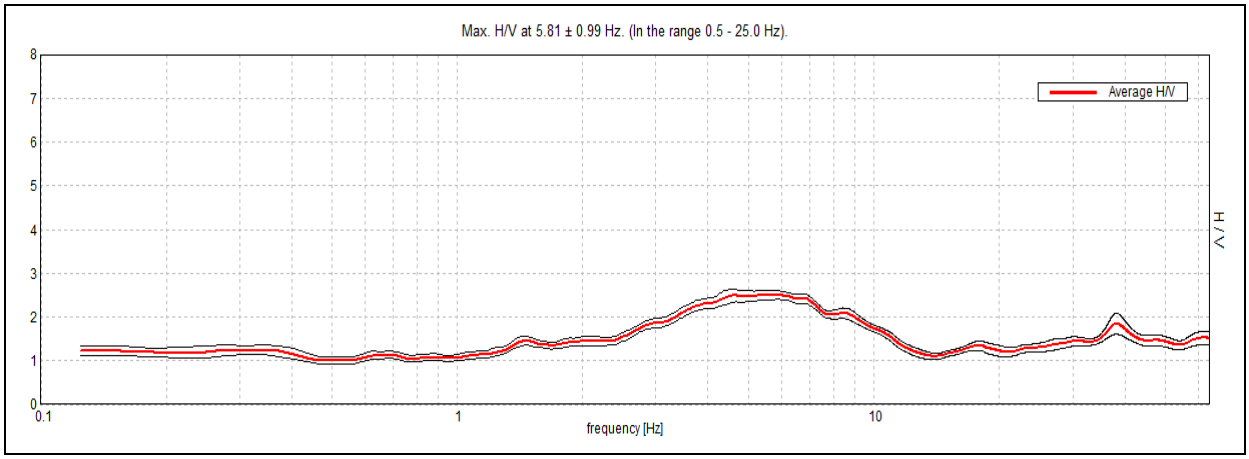
Tali dati sono stati elaborati con la tecnica HVSR (*Horizontal to Vertical Spectral Ratio* o *metodo di Nakamura*). L'ipotesi alla base della metodologia è che essendo i microtremori causati prevalentemente dalle onde di Rayleigh, la componente verticale del moto non subisce fenomeni di amplificazione in corrispondenza di marcati contrasti di impedenza sismica, mentre detto fenomeno avviene per le componenti orizzontali, soprattutto in corrispondenza della frequenza fondamentale di risonanza (F_0) dei terreni indagati. Eseguendo quindi il rapporto tra gli spettri di frequenza orizzontale e verticale (H/V) si ottiene un grafico in cui si evidenziano le frequenze in cui si hanno i maggiori effetti di amplificazione locale.



Analisi spettrale delle diverse componenti dei microtremori misurati nel sito in analisi:
Up-Down: componente verticale
N-S: componente nord – sud
E-W: componente est – ovest

L'elaborazione HVSR dei dati acquisiti ha evidenziato i risultati riportati nella successiva immagine in cui la linea continua in grassetto evidenzia la media delle finestre di calcolo, mentre le linee tratteggiate rappresentano l'intervallo di confidenza al 90% rispetto alla media calcolata.

Tale elaborazione è evidenziata nella successiva figura.



Elaborazione HVSR dei microtremori rappresentata dalla media dei risultati ottenuti dalla componente N/Z ed E/Z

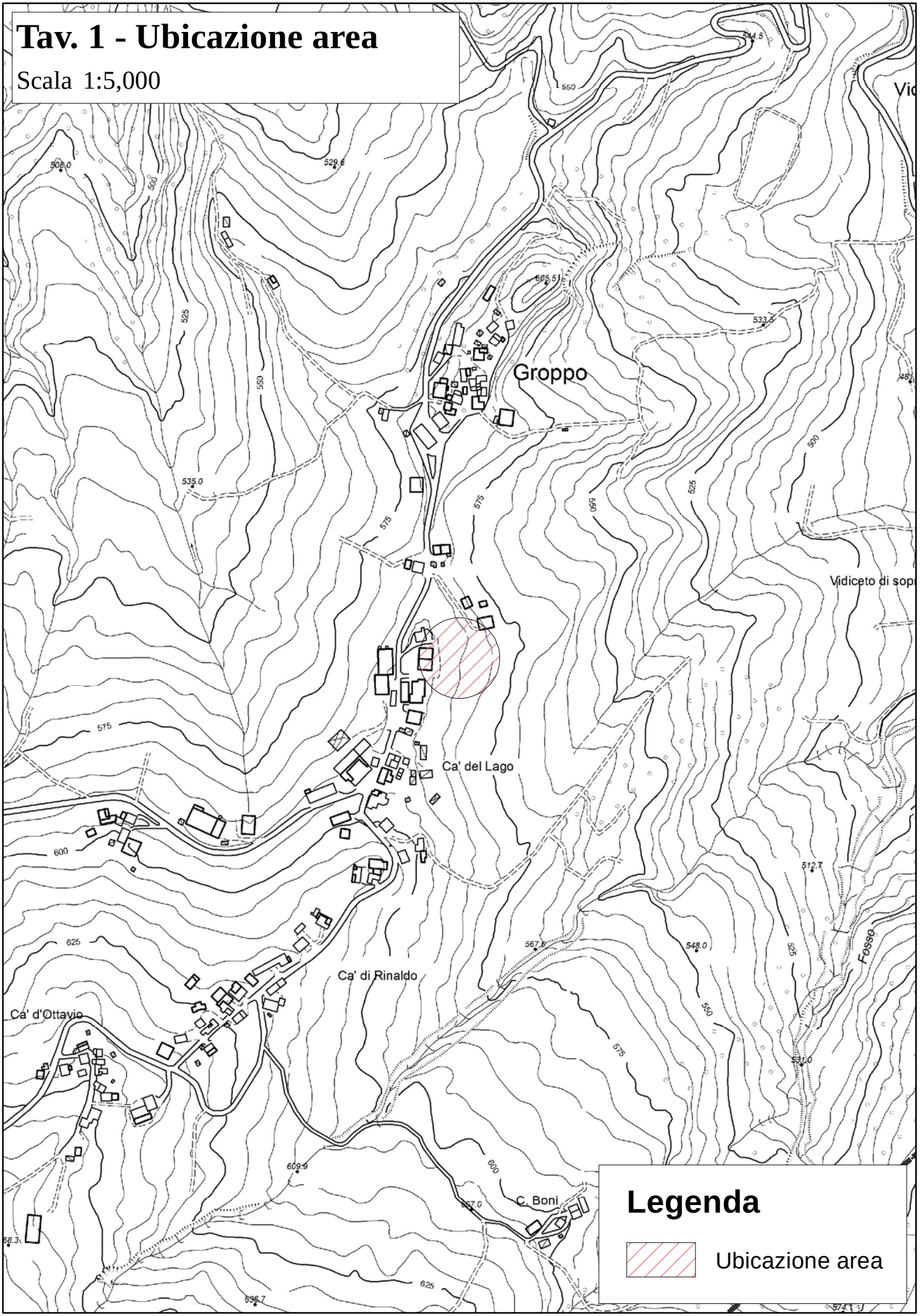
Dall'esame dei dati, per frequenze inferiori a 15 Hz (T=0,07 sec), risulta un moderato campo di amplificazione (ampiezza = 2,5) tra le frequenze di 3 e 9 Hz (T=0,11 – 0,33 sec) con un massimo a circa 5,8 Hz (T = 0,17 sec). Tale picco tuttavia non risulta netto e completamente affidabile secondo i criteri Sesame proprio a causa della larghezza della campana di amplificazione.

DR. GEOL. STEFANO GILLI

ALLEGATI

Tav. 1 - Ubicazione area

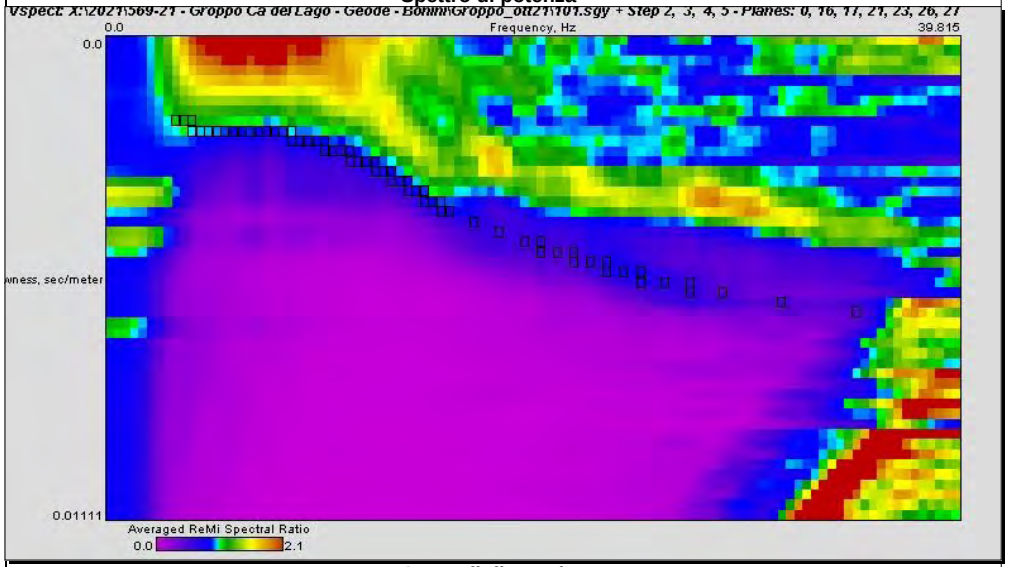
Scala 1:5,000



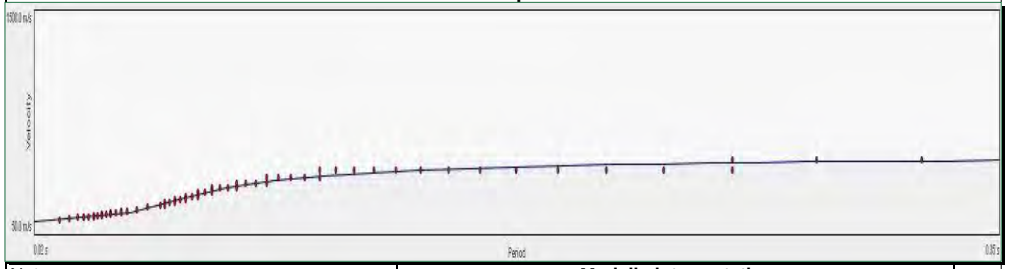
Tav. 2 - Ubicazione indagini
Scala 1:1,000
HVSR
RM1
Legenda
Punto acquisizione microtremori
Stendimento sismico Re.Mi./MASW

Studio di Geologia e Geofisica **Dr. Stefano Gilli** Via Ottone, 1 - 42041 Brescello (RE).	**INDAGINE Re.Mi./MASW 1**
LOCALITA': Cà del Lago - Vetto (RE)	COMMITTENTE: Geode Scrl
DATA: 13-09-2021	CANTIERE: Via Groppo
QUOTA: 590 m s.l.m.	OPERATORI: Gilli S.

Spettro di potenza



Curva di dispersione

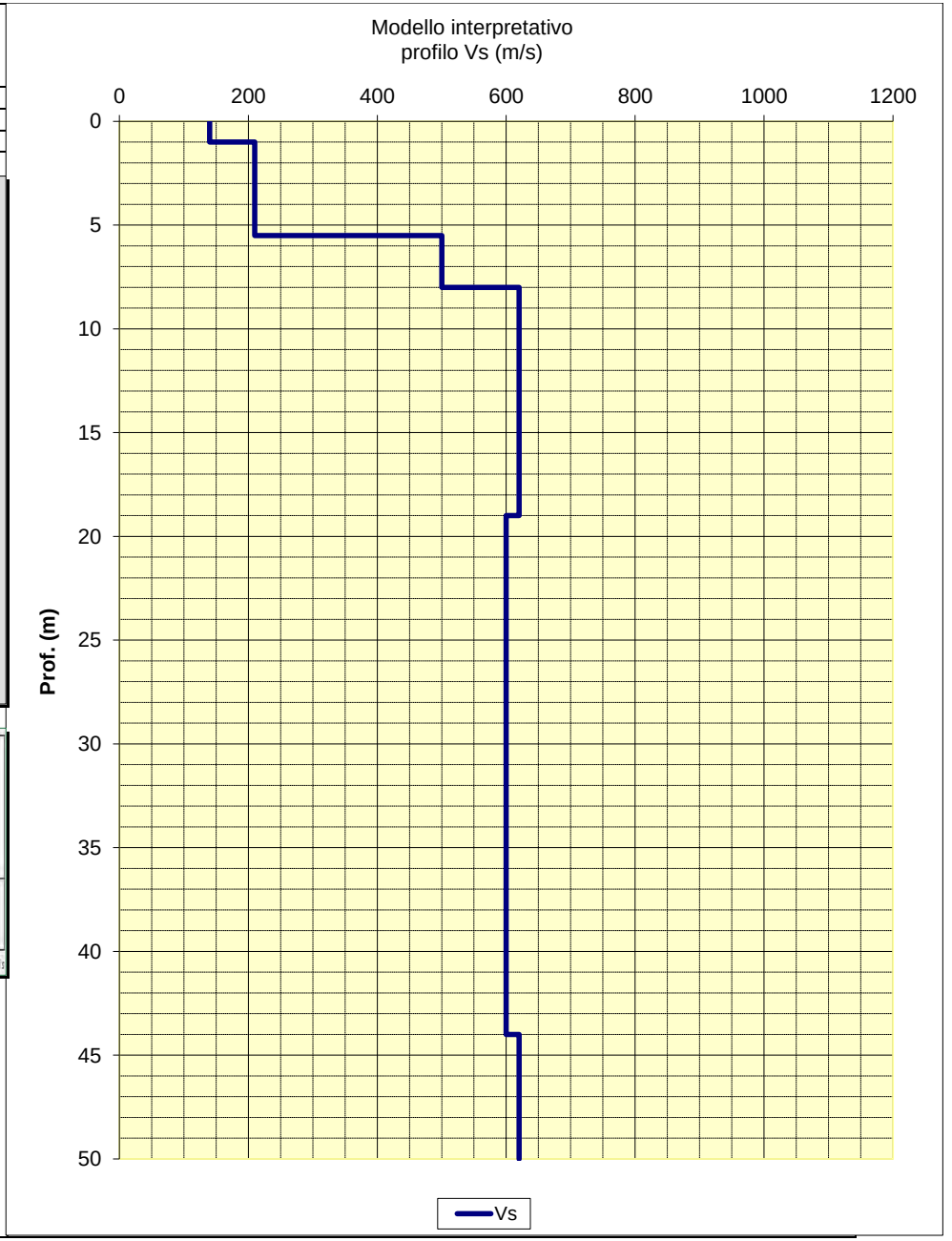


Note:

Modello interpretativo

Strato n°	Prof. (m)		Spess. (m)	Vs (m/s)
1	0	1	1	**140**
2	1	5.5	4.5	**210**
3	5.5	8	2.5	**500**
4	8	19	11	**620**
5	19	44	25	**600**
6	44	INF	INF	**620**
7				
8				
9				
10				

Vseq da p.c. **431**
Categoria Suolo **B**

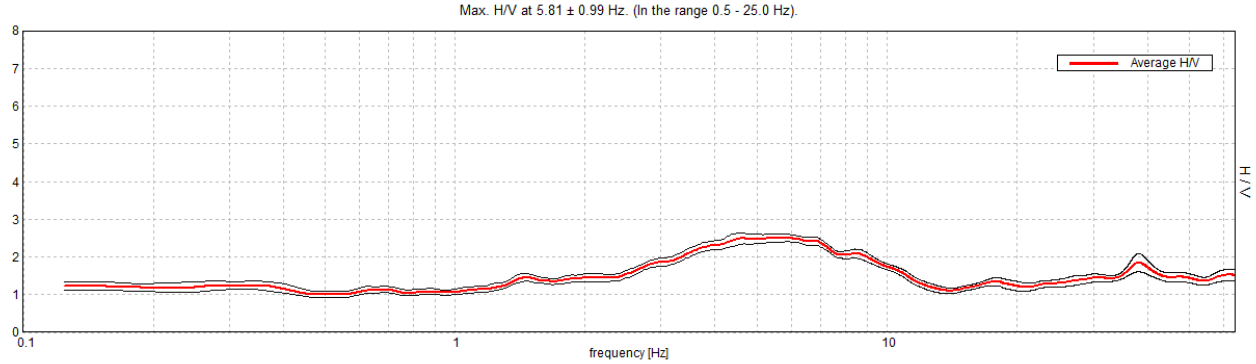


GROPPO_SETT21, H01

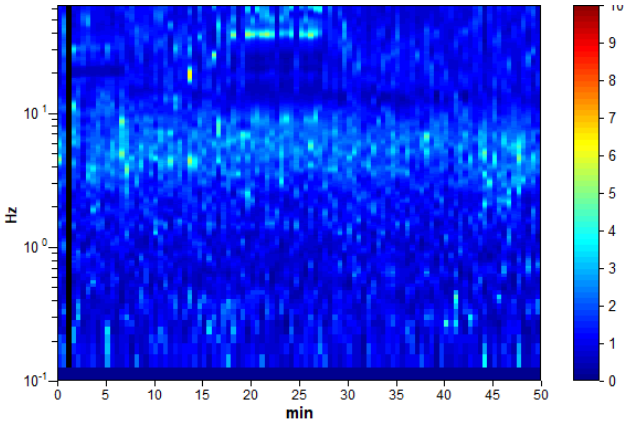
Instrument: TRZ-0134/01-11
Data format: 16 byte
Full scale [mV]: 51
Start recording: 13/09/21 12:03:32 End recording: 13/09/21 12:53:33
Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN
GPS data not available

Trace length: 0h50'00''. Analyzed 99% trace (manual window selection)
Sampling rate: 128 Hz
Window size: 30 s
Smoothing type: Triangular window
Smoothing: 10%

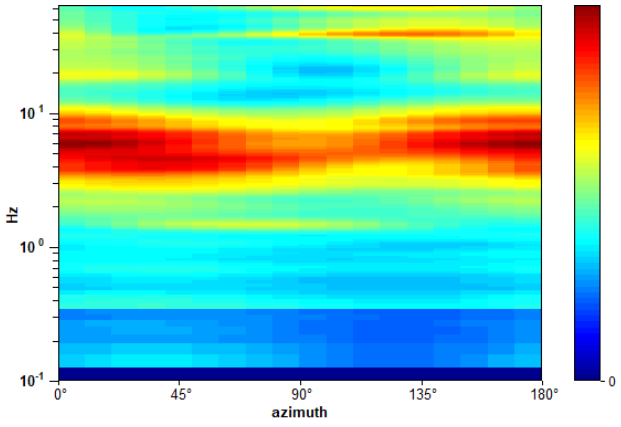
HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO



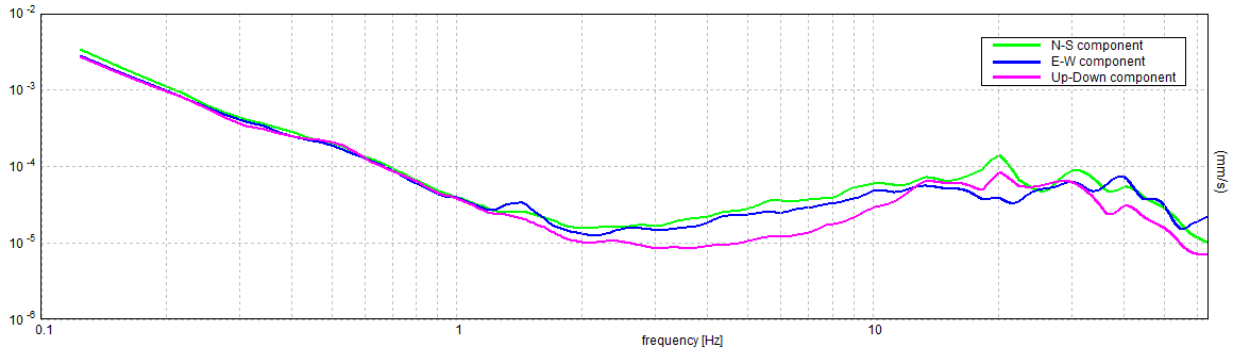
H/V TIME HISTORY



DIRECTIONAL H/V



SINGLE COMPONENT SPECTRA



[According to the SESAME, 2005 guidelines. **Please read carefully the *Grilla* manual before interpreting the following tables**.]

Max. H/V at 5.81 ± 0.99 Hz (in the range 0.5 - 25.0 Hz).

Criteria for a reliable H/V curve [All 3 should be fulfilled]			
$f_0 > 10 / L_w$	5.81 > 0.33	OK	
$n_c(f_0) > 200$	17263.1 > 200	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5$Hz **$\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5$Hz**	Exceeded 0 out of 280 times	OK	
Criteria for a clear H/V peak [At least 5 out of 6 should be fulfilled]			
Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ | $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$			NO
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ | $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	12.219 Hz	OK	
$A_0 > 2$	2.50 > 2	OK	
$f_{peak}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	|0.16948| < 0.05		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.98508 < 0.29063		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	0.1028 < 1.58	OK	

L_w	window length
n_w	number of windows used in the analysis
$n_c = L_w n_w f_0$	number of significant cycles
f	current frequency
f_0	H/V peak frequency
σ_f	standard deviation of H/V peak frequency
$\varepsilon(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
A_0	H/V peak amplitude at frequency f_0
$A_{H/V}(f)$	H/V curve amplitude at frequency f
f^-	frequency between $f_0/4$ and f_0 for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
f^+	frequency between f_0 and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	standard deviation of $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided
$\sigma_{logH/V}(f)$	standard deviation of log $A_{H/V}(f)$ curve
$\theta(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Threshold values for σ_f and $\sigma_A(f_0)$					
Freq. range [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	0.25 f_0	0.2 f_0	0.15 f_0	0.10 f_0	0.05 f_0
$\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
log $\theta(f_0)$ for $\sigma_{logH/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20