PIANO URBANISTICO GENERALE

COMUNE DI ALTA VAL TIDONE

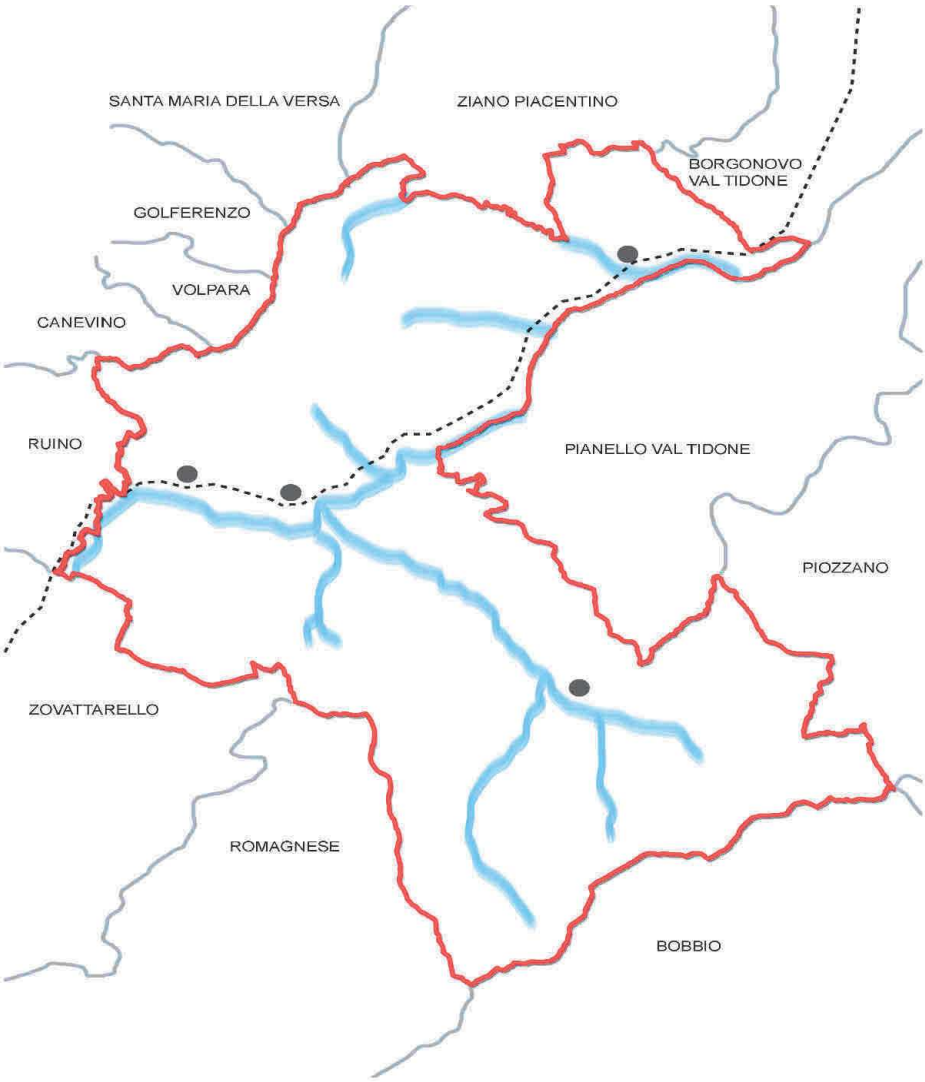
committente
Amministrazione Comunale
di Alta Val Tidone

sindaco e assessore all'urbanistica
Franco Albertini

ufficio di piano
geom. Gabriele Valorosi
arch. Lara Braga

progettista
dott. arch. Filippo Albonetti
collaboratori
arch. Laura Gazzola
dott. Giacomo Uguccioni
arch. Matteo Tagliaferri
dott. Martina Merendino

Analisi geologiche e ambientali - Valsat
dott. geol. Gabriele Corbelli



QUADRO CONOSCITIVO

Rev.01 -
Rev.02 -
Rev.03 -

ALLEGATO AL QUADRO CONOSCITIVO
VALUTAZIONI E ZONIZZAZZIONI DEL RISCHIO GEOLOGICO NELLE ZONE DI DISSESTO

Aprile 2025

QC_R5

1 Frana quiescente in loc. Casa Gaiaschi

Geotest S.r.l. Servizi Geologici-Geotecnici-Geofisici
Via E. Fermi, 113 - 29010 Trevozzo V.T. (PC) Tel.: 348 5107263
Capitale Soc. Int. Versato .: 10.000 euro - P. iva: 01467560338

Comune di Nibbiano (PC)

Oggetto: Relazione geologico-sismica preliminare finalizzata alla valutazione e zonizzazione del "Rischio Geologico" dell'area in frana quiescente in Trevozzo – Loc. Case Gaiaschi.

Committente: Az. Agr. F.lli Barocelli e Fg. s.s.
Loc. Casa Barocelli
Via Dante Alighieri, 42
29010 Nibbiano (PC)

Geotest s.r.l.

Dott. Geologo Adriano Baldini

Trevozzo V.T. 03/12/2015

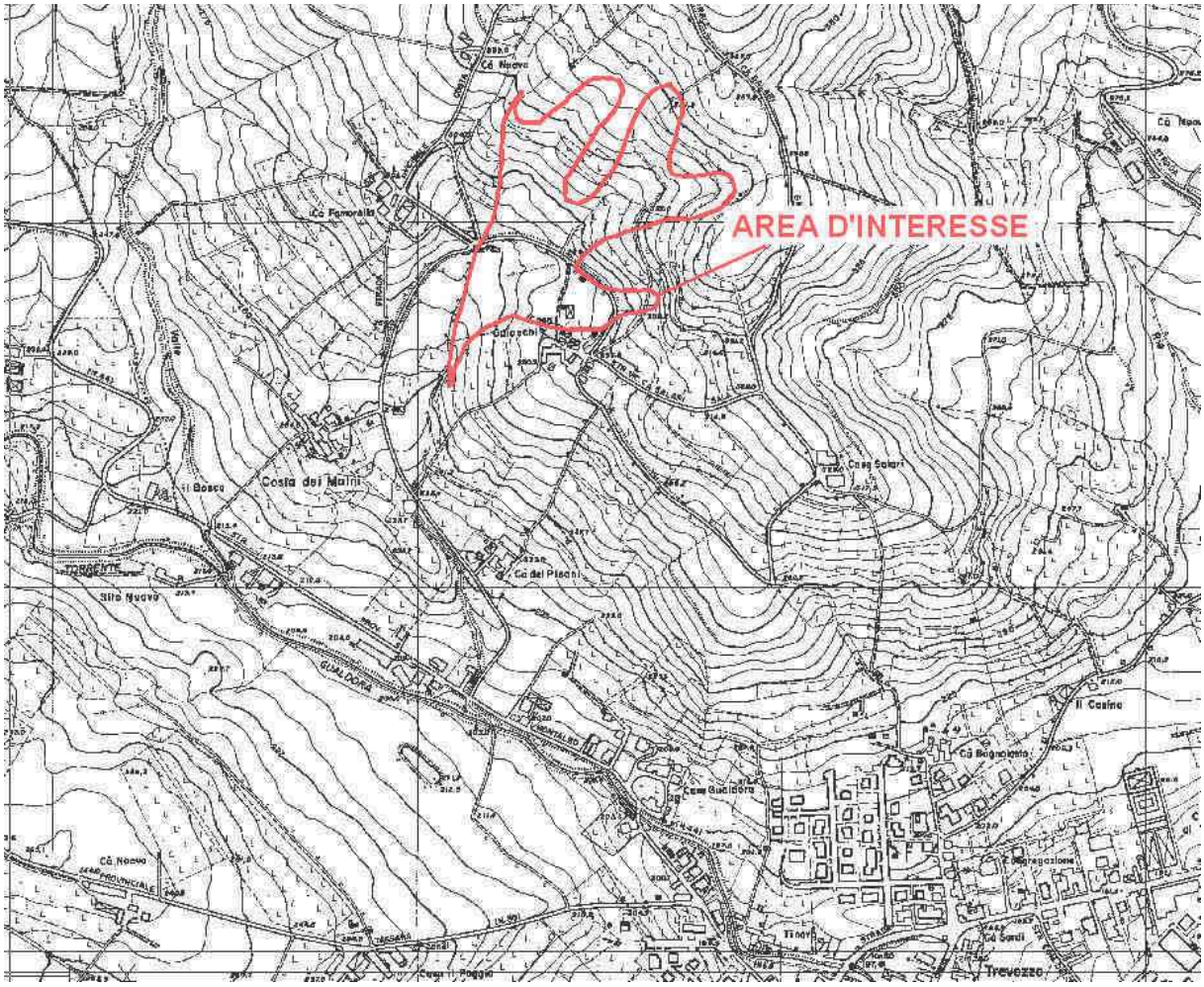
Sommario

1. PREMESSA 2
2. INDAGINI ESEGUITE 4
3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO-GEOMORFOLOGICO 5
3.1 CARATTERISTICHE GEOLOGICHE 5
3.2 CARATTERISTICHE GEOMORFOLOGICHE 6
4. INQUADRAMENTO IDROLOGICO E IDROGEOLOGICO 8
5. INDAGINI GEOGNOSTICHE 8
5.1 SISMICA A RIFRAZIONE 9
5.1.1 Cenni metodologici 9
5.1.2 Modalità esecutive 9
5.1.3 Strumentazione utilizzata 9
5.1.4 Elaborazione 10
5.1.5 Analisi dei risultati 11
5.2 PROVE PER LA DETERMINAZIONE DEL PROFILO DI VELOCITA' DELLE ONDE SISMICHE "S" 11
5.2.1 Cenni metodologici 11
5.2.2 Modalità esecutive 12
5.2.3 Commento dei risultati 13
6. MODELLO GEOLOGICO DELL'AREA 14
7. VALUTAZIONE DELLA PERICOLOSITA' SISMICA DELL'AREA (delibera del 2 Maggio 2007, n.112, in materia antisismica) 14
7.1 OBIETTIVI DELLA DELIBERA 14
7.2 LIVELLI DI APPROFONDIMENTO 15
7.3 CARATTERI SISMICI DELL'AREA 16
7.4 VALUTAZIONE DEL FATTORE DI AMPLIFICAZIONE DEL SITO INTERESSE-ANALISI 2° LIVELLO 18
7.5 SPETTRO DI RISPOSTA (IN PGA) DELL'AREA 19
7.6 ANALISI DELLA STABILITA' DEL VERSANTE SIA IN CONDIZIONI PSEUDO-STATICHE CHE SISMICHE-DINAMICHE - ANALISI 3° LIVELLO 20
7.6.1 Analisi di stabilità in condizioni pseudostatiche 20
7.6.2 Analisi di stabilità dinamica (Metodo di NEWMARK) 21
8. ZONIZZAZIONE DEL RISCHIO DEL CORPO DI FRANA QUIESCENTE 22
9. PRESCRIZIONI DEL P.R.G. PER LE AREE IN FRANA QUIESCENTE IN CUI E' STATA EFFETTUATA LA VALUTAZIONE DEL RISCHIO 23

1. PREMESSA

Nel Novembre 2015, è stata realizzata un'indagine geologico-sismica, in un area sita in loc. Casa Gaiaschi, nel Comune di Nibbiano.

Nel dettaglio l'area è localizzata sul versante orografico sinistro T. Tidone, circa 1 Km a nord dell'abitato di Trevozzo.

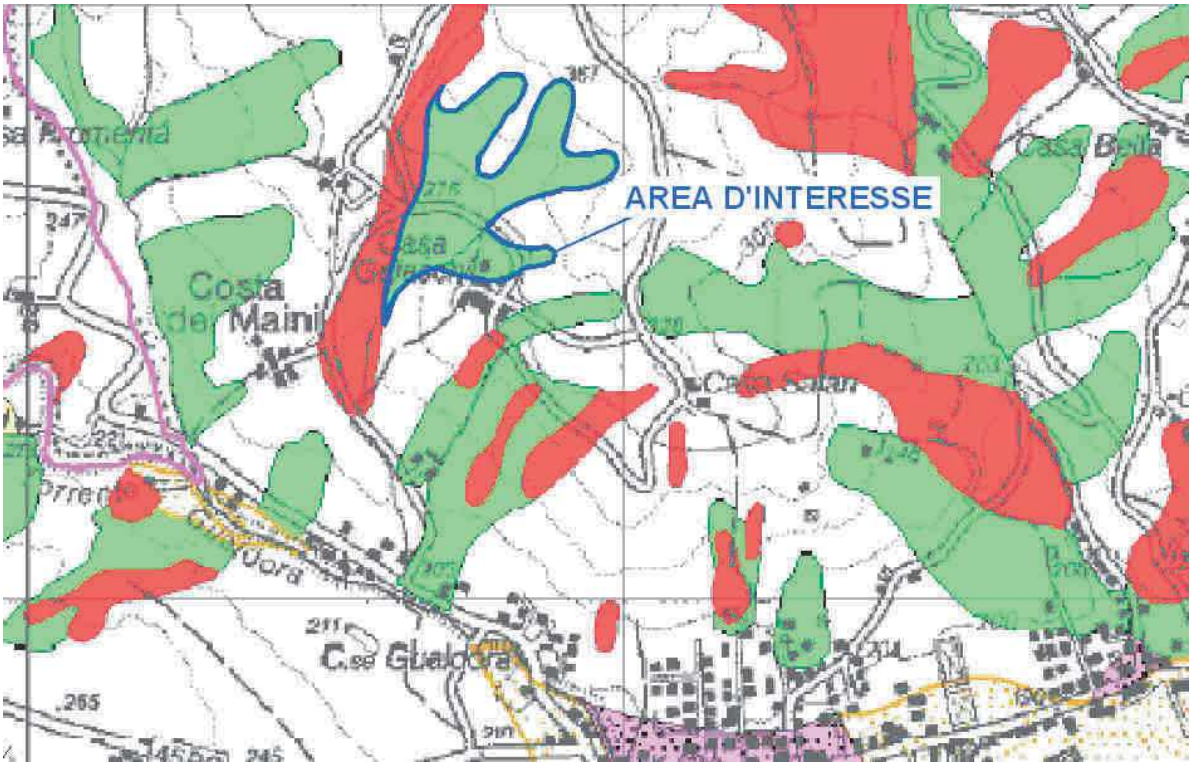


Inquadramento territoriale da CTR

Nella carta del dissesto del PTCP della provincia di Piacenza e nella "Carta del Dissesto Comunale" allegata al PSC (in questo caso coincidenti), l'area d'interesse è classificata come frana quiescente. Le norme del PTCP (comma 7 dell'art. 31), consentono (compatibilmente con il grado di "rischio" accertato mediante opportuni approfondimenti geologici), di realizzare interventi edilizi (ampliamenti, nuove costruzioni ecc.), altrimenti non consentiti nelle aree di frana quiescente.

L'indagine ha avuto i seguenti obiettivi:

- Ricostruire l'assetto geologico-sismico del versante su cui insiste l'area d'interesse;
- Valutare le condizioni di stabilità complessiva del versante;
- Suddividere il corpo di frana in classi di rischio in base alla "pericolosità" geologica.



Carta del dissesto allegata al PTCP



Carta del dissesto allegata al PSC

2. INDAGINI ESEGUITE

L'approfondimento realizzato, come previsto dalla normativa, non ha riguardato solo l'area d'interesse della Committenza, ma è stato esteso a tutto il corpo di frana quiescente considerato influente ai fini della stabilità complessiva dell'area.

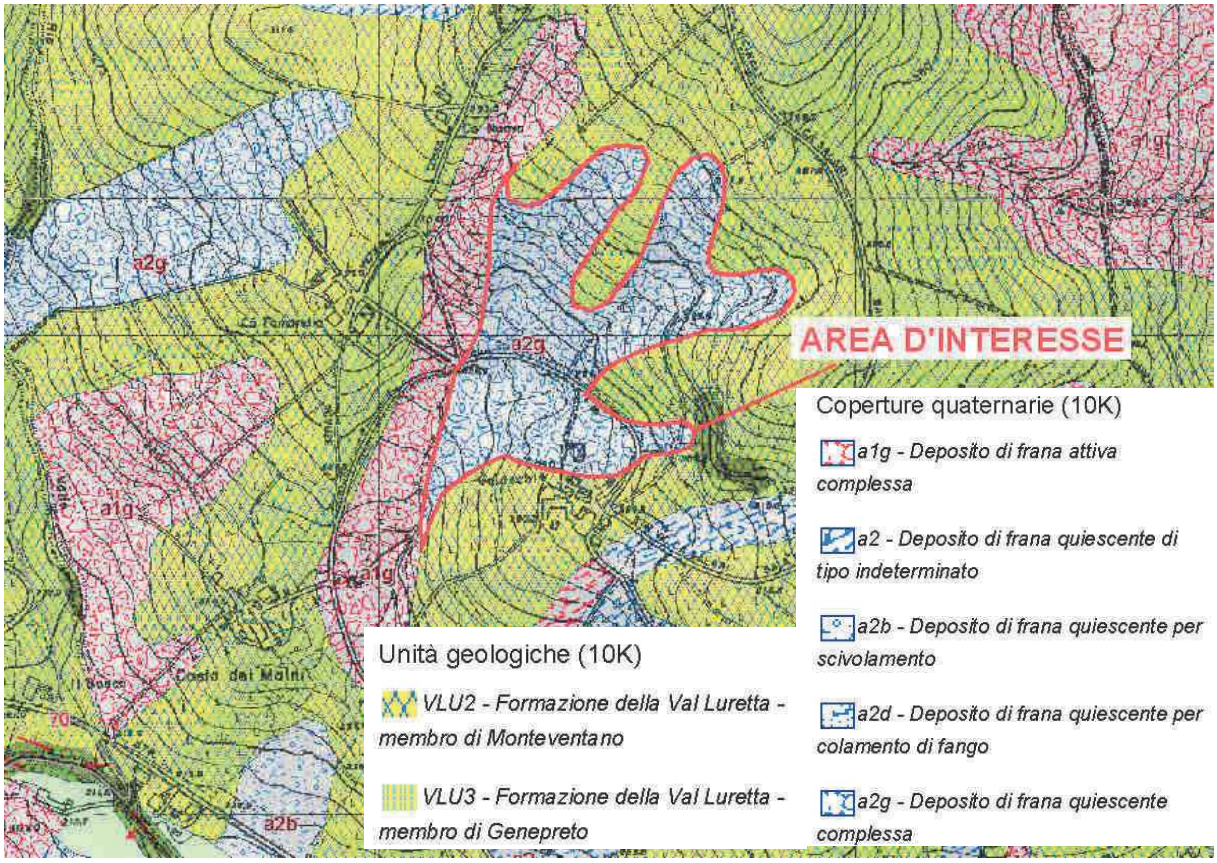
L'indagine geologico-sismica, conforme a quanto previsto dalla delibera del 2 Maggio 2007, n.112, in materia antisismica, ha compreso le seguenti fasi di studio:

- Raccolta ed analisi della documentazione esistente;
- Rilevamento geologico-geomorfologico di dettaglio di tutto il corpo di frana;
- Esecuzione di 3 profili sismo-tomografici, per la valutazione dello spessore e del grado di addensamento sia del materiale di copertura che del substrato geologico;
- Registrazione di 3 profili sismici con tecnica "MASW", per la determinazione del profilo di velocità delle onde "S" e della categoria del suolo di fondazione del sito in base all'attuale normativa antisismica;
- Analisi del "secondo livello" con valutazione del fattore di amplificazione del sito ed identificazione dei possibili effetti di sito;
- Analisi del "terzo livello" con valutazione della stabilità dell'area in condizione sismiche dinamiche (metodo di "Newmark");
- Valutazioni sulla stabilità geomorfologica dell'area e zonizzazione del corpo di frana quiescente in classi di "Rischio".

3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO-GEOMORFOLOGICO

3.1 CARATTERISTICHE GEOLOGICHE

Come documento di base per l'inquadramento geologico dell'area, è stata utilizzata la "Carta Geologica dell'Appennino Emiliano-Romagnolo" della regione Emilia Romagna alla scala 1:10000.



Estratto della Carta Geologica Regionale

La "Formazione" rocciosa affiorante nel settore in esame è la formazione di "Val Luretta" qui rappresentata dal Membro di Monteventano (VLU2).

Dal punto di vista litostratigrafico la formazione geologica d'interesse, è costituita prevalentemente da alternanze decametriche di pacchi di strati medi arenaceo-pelitici e di pacchi calcareo-marnosi in strati medi e spessi, più frequenti verso il tetto del membro.

Lo spessore massimo dell'unità, che si appoggia sul sottostante membro di Poviago di natura areanaceo-pelitico, è stato valutato dagli studi della Regione Emilia-Romagna in circa 230 metri.

3.2 CARATTERISTICHE GEOMORFOLOGICHE

Il corpo detritico presenta una lunghezza massima di circa 500 metri e si estende, a valle, fino a un piccolo rio affluente del T.Gualdora. La larghezza è di circa 200-250 metri nel settore centrale.

Dal punto di vista geomorfologico non si tratta di un unico corpo di paeofrana, ma di 3 "lingue", la più meridionale delle quali lambisce la località Casa Gaiaschi, che a valle si uniscono a formare un corpo detritico unico.

Il substrato roccioso, fortemente tettonizzato, affiora immediatamente a monte di Casa Gaiaschi.

Il settore meridionale del corpo detritico (area di Casa Gaiaschi) appare ben assestato senza evidenze di movimenti in atto e/o recenti; mentre più a nord ed a ovest la morfologia del versante (piuttosto ondulata) suggerisce che i movimenti gravitativi, sia pure a lenta evoluzione, non si siano esauriti.

Per quanto riguarda la "lingua" detritica più meridionale non si rilevano condizioni geomorfologiche, erosione al piede e/o presenza di fessure di trazione nell'area della vecchia nicchia di distacco, predisponenti ad un evoluzione dell'antico dissesto.

Anche i dati interferometrici (Ers Ascending e Ers Descending) disponibili sul sito del "Geoportale Nazionale" riferiti al periodo 1992-2000, non segnalano nell'area d'interesse movimenti significativi. Il colore verde dei pallini indica spostamenti irrilevanti, inferiori a 1-2 millimetri/anno.



Dati interferometrici estratti dal geoportale nazionale –Ers Ascending



Dati interferometrici estratti dal geoportale nazionale – Envisat Ascending



Panoramica dell'area di Casa Gaiaschi

4. INQUADRAMENTO IDROLOGICO E IDROGEOLOGICO

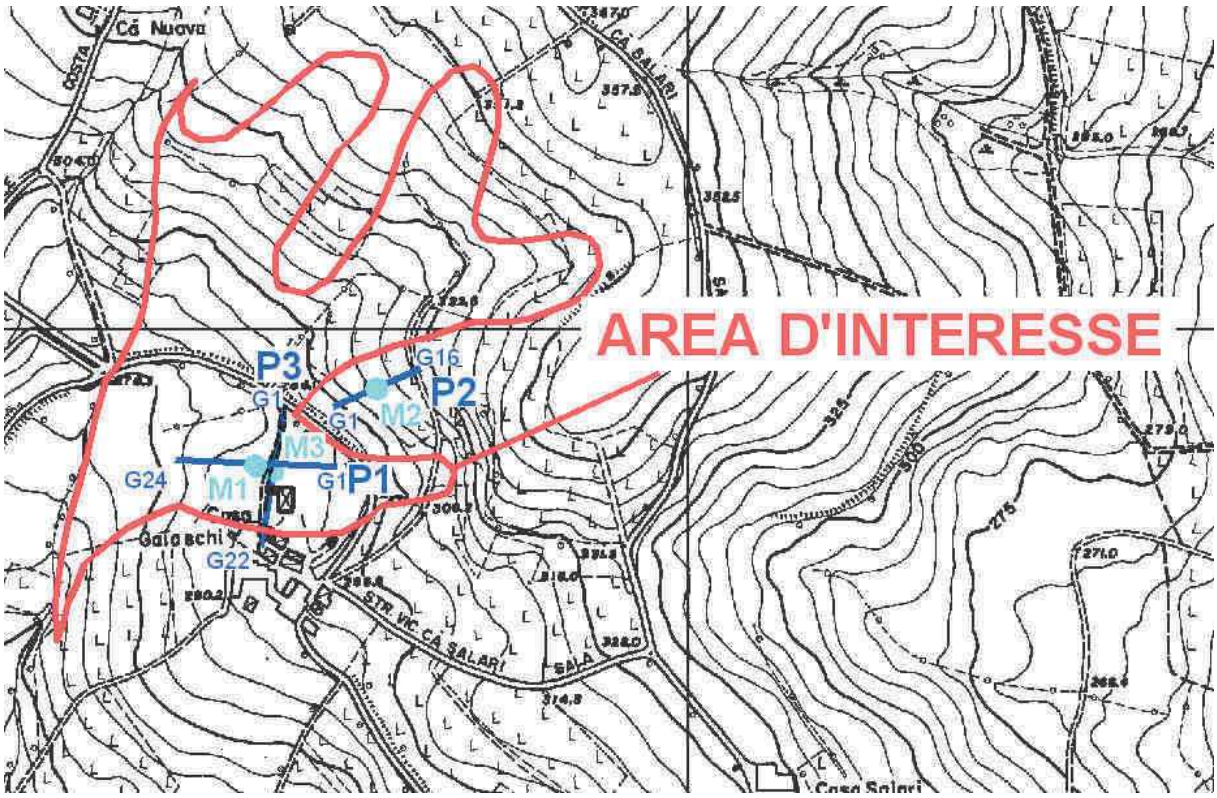
Data la morfologica del versante d'interesse, che si presenta come coalescenza di 3 diversi impluvi, il drenaggio delle acque meteoriche è centripeto. Tale configurazione morfologica è favorevole all''infiltrazione delle acque superficiali. Tuttavia la rete di scolo delle acque legato alle pratiche agricole, piuttosto efficiente, tende a limitare questo fenomeno.

Sotto l'aspetto idrogeologico si possono sinteticamente ipotizzare due tipi di circolazione idrica:

- Una, di maggiore entità, che interessa l'ammasso roccioso soprattutto ove la fratturazione risulta più intensa. Nel complesso, comunque, i litotipi presenti, a forte componente argillosa, sono poco idonei ad ospitare falde idriche produttive;
- L'altra di minore entità, ma rilevante per la stabilità, si può formare all'interno della copertura eluvio-colluviale più allentata, nei periodi particolarmente piovosi.

5. INDAGINI GEOGNOSTICHE

Come già accennato, sono stati realizzati 3 profili sismo-tomografici e 3 prove "Masw".



Planimetria indagini geognostiche

5.1 SISMICA A RIFRAZIONE

5.1.1 Cenni metodologici

La prospezione sismica rappresenta una tecnica di prospezione geofisica che consente, attraverso l'acquisizione e l'elaborazione di dati, la costruzione d'immagini bidimensionali (o tridimensionali) della variazione della velocità sismica. Con questa tecnica si riesce ad avere, pertanto, una visione seppur qualitativa della stratigrafia del terreno investigato, in termini di variazioni di "densità" dello stesso, essendo questo parametro direttamente legato alla velocità sismica. La tecnica di prospezione, consiste nella misura dei tempi impiegati dalle onde sismiche longitudinali (onde P) per percorrere un tragitto rettilineo tra una serie di punti d'energizzazione (sorgente sismica) e una serie di punti di ricezione (geofoni). Il confronto matematico tra i vari tempi permette di suddividere lo spazio compreso tra le due serie di punti in porzioni, o "celle elementari" (quadrate per le sezioni bidimensionali come quelle in esame, o cubiche per sezioni tridimensionali) caratterizzate ognuna da un proprio valore di velocità sismica.

5.1.2 Modalità esecutive

I profili sono costituiti da allineamenti di 16/24 geofoni spaziati di 5 metri. In punti predefiniti dei profili, sono stati creati artificialmente degli impulsi elastici mediante l'utilizzo di una massa battente; l'energizzazione è avvenuta in 7 punti disposti simmetricamente allo stendimento e precisamente nelle seguenti posizioni:

- 2 punti esterni al profilo
- 2 punti agli estremi del profilo
- 3/4 lungo il profilo.

La registrazione dei sismogrammi è stata effettuata mediante un sismografo Geode della Geometrics a 24 canali ad elevata dinamica (24 bit).

5.1.3 Strumentazione utilizzata

Il "Geode" è un sismografo modulare a 24 bit che rappresenta l'ultima frontiera dei sistemi di registrazione sismica combinando il meglio dei tradizionali sismografi Geometrics con la flessibilità di un sistema distribuito. Geode è un sismografo ad elevata dinamica (144 dB di range dinamico totale – 105 dB istantanei a 2 msec di campionamento). Grazie all'ampia banda d'ingresso (1.75 Hz – 20 kHz, con velocità di campionamento da 0.02 msec a 16 msec), esso è perfettamente idoneo per un'ampia gamma di applicazioni: sismica a rifrazione, sismica a riflessione (anche ad altissima risoluzione), monitoraggio di vibrazioni,

applicazioni sismologiche, downhole e VSP. In acquisizione sono disponibili tutte le funzioni di filtri, pre-amplificazione, line-test e instrument-test, tipiche dei sistemi di registrazioni evoluti.



Sismografo "Geode"

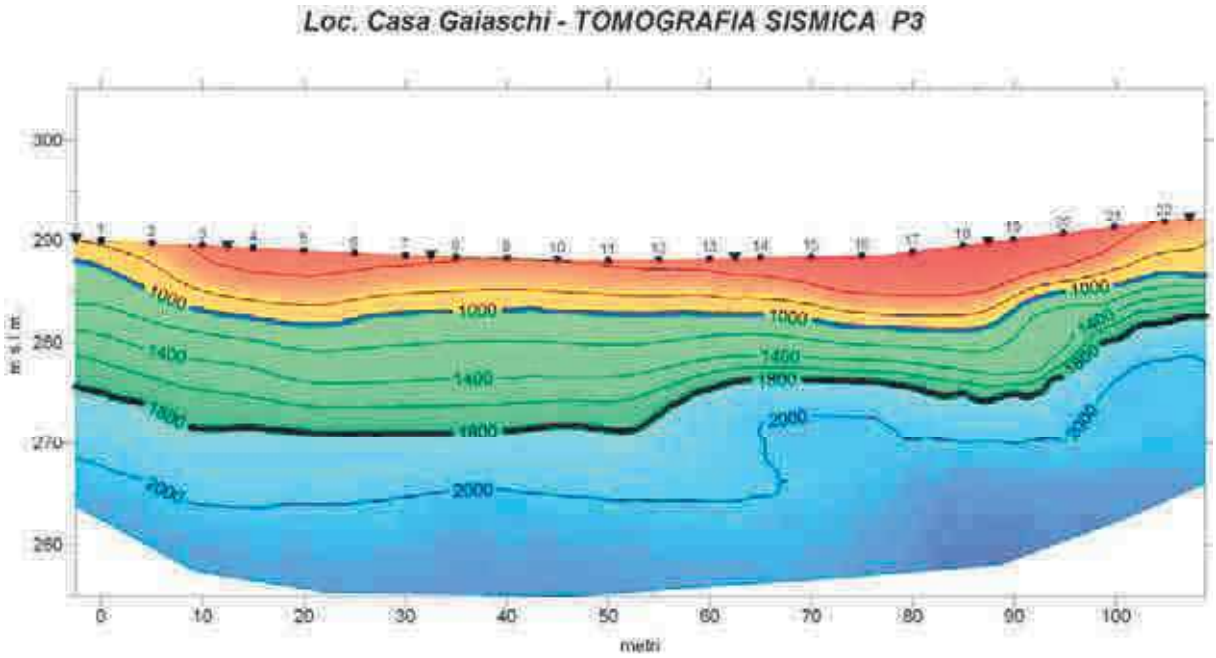
L'atrezzatura utilizzata è composta da:

- Sismografo modulare Geode 3-1000+ canali,
- Massa battente da 10 Kg,
- Piastra di battuta in alluminio 15x15x2,5cm,
- Batteria ricaricabile 12 V,
- Cavo per sismica a rifrazione stranded, 130 mt con 24 takeouts SPT-21 a 5 metri di intervallo e due code da 7.5 mt l'una terminate con connettore Bendix 61S,
- Geofoni GS20DX, 10 Hz verficali, 395 Ohm con puntale da 3" ed 1,5 mt di cavo terminato con mueller clip singola MC-20-SP,
- Computer portatile ACER.

5.1.4 Elaborazione

In questo caso i dati acquisiti sono stati interpretati secondo un metodo sismico-tomografico utilizzando il software SeisOpt@2D v4.0 prodotto dalla OPTIM. La procedura d'elaborazione ha comportato in una prima fase la lettura dei tempi dei primi arrivi sui sismogrammi. In seguito, sono stati ricostruiti i percorsi dei raggi sismici attraverso il terreno. In linea teorica, ogni punto del mezzo investigato, è attraversato in tutte le direzioni, dai raggi sismici. Di ogni raggio è quindi calcolata la traiettoria e, sul confronto fra tutti i possibili percorsi e tempi impiegati, ed è stabilita per ogni punto (o cella di dimensioni 2.5x1.25 m, in questo caso) la sua velocità sismica caratteristica. Il risultato finale dell'elaborazione consiste in sezioni (Fig. 5) di velocità sismiche, rappresentata sia per isovelocità sia tramite colori. Alle diverse classi di velocità sismica, sono stati attribuiti colori che vanno, dal rosso per i valori più bassi, al blu per i valori più elevati. La scala cromatica evidenza i cambiamenti di velocità ritenuti più significativi.

5.1.5 Analisi dei risultati



L'elaborazione ha permesso la distinzione di varie unità secondo le loro caratteristiche sismiche:

- ***Unità allentata superficiale*** *(colore rosso),* con velocità inferiori a **1000 m/ s**. L'unità corrisponde al materiale detritico di copertura meno compatto. Gli spessori sono mediamente variabili da 5 a 10-12 m.
- ***Unità intermedia mediamente addensata*** (colore verde), con velocità media di **1400-1500 m/ s** e spessori medi di 5-10 metri. L' unità è correlabile al substrato roccioso alterato e/o a detrito addensato;
- ***Unità di fondo*** *(colore azzurro),* con velocità medie di **2000-2200 m/ s**; i valori di velocità, non particolarmente elevati, sono associabili ad un substrato a prevalente componente argillosa.

5.2 PROVE PER LA DETERMINAZIONE DEL PROFILO DI VELOCITA' DELLE ONDE SISMICHE "S"

Per la determinazione del profilo di velocità delle onde "S" e della categoria del suolo di fondazione è stato utilizzato il metodo "Masw". I profili "Masw" sono stati realizzati in corrispondenza dei 3 stendimenti sismo-tomografici.

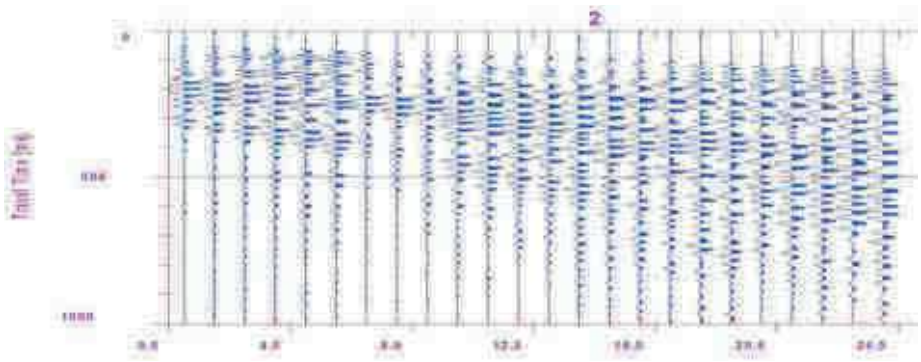
5.2.1 Cenni metodologici

Il MASW (Park et al., 1999) è stato sviluppato in parte per superare le difficoltà dell'applicazione del SASW in ambienti rumorosi. La tecnica, che prevede la registrazione simultanea (in questo caso l'energizzazione è prodotta da una massa battente di almeno 10

Kg) di 12 o più canali, fornisce una ridondanza statistica delle misure di velocità di fase e ne avvalora la veridicità. Il salvataggio delle tracce nel dominio temporale, permette inoltre di distinguere e evidenziare, le onde di Rayleigh presenti nel record, che sono caratterizzate da un'elevata ampiezza di segnale (circa il 60% dell'energia prodotta dalla sorgente artificiale si distribuisce in onde di superficie). Una particolare analisi spettrale, "overtone analysis", produce un grafico Velocità di fase-frequenza in cui si può distinguere il modo fondamentale delle onde di superficie da cui ricavare la curva di dispersione ed il profilo delle Vs per successiva inversione 1-D. La tecnica permette, inoltre, di eseguire misure ripetute spostandosi nella direzione di allineamento per risalire ad un profilo bidimensionale che evidenzia le variazioni laterali delle Vs. Il software utilizzato per l'elaborazione dei dati è il "winMASW" versione Academy della Eliosoft.

5.2.2 Modalità esecutive

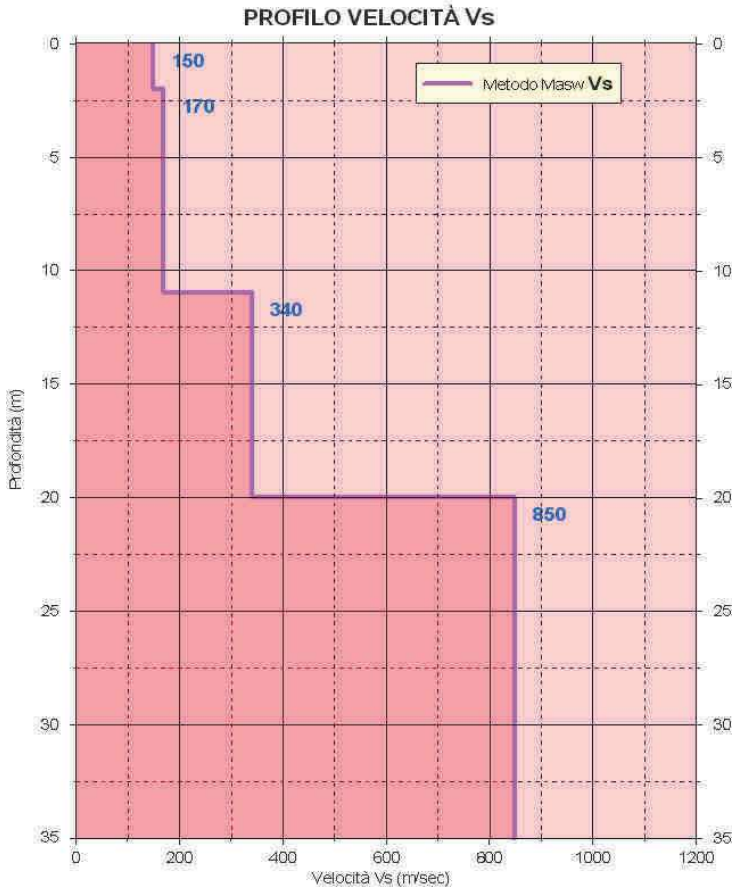
Sono stati realizzati 3 stendimenti di 22 geofoni, con distanza intergeofonica di 5 m. La lunghezza delle registrazioni è stata di 1 sec, con un passo di campionamento di 0.25 ms.



Esempio di registrazione con tecnica "Masw"

Si ricorda che il punto di determinazione del profilo delle Vs in profondità, si riferisce al centro dello stendimento geofonico.

5.2.3 Commento dei risultati



Risultati della prova Masw – M3

Esaminando i grafici ottenuti, si possono fare queste considerazioni:

- Dalla superficie fino a 5/10-12 m dal p.c. sono presenti materiali caratterizzati da valori di Vs bassi (Vs< 200 m/s). Tali valori possono essere correlati alla copertura detritica meno addensata;
- Più in profondità, fino a 20-23 metri, i valori di Vs aumentano segnalando la presenza di materiale più addensato correlabile o a detrito compatto o al substrato più alterato e/o molto fratturato;
- Oltre i 20-22 metri si ha un più significativo aumento di velocità, con valori che si portano sui 800-900 m/s in corrispondenza del substrato roccioso più compatto;
- La prova M2, realizzata al di fuori del corpo di frana quiescente, mostra un andamento diverso rispetto alle prove M1 e M3, segnalando il substrato più compatto già a 10-12 metri dal p.c;
- I valori di Vs 30 calcolati sono di 265 m/s (M1), 325 m/s (M2) e 290 m/s (M3);
- In base all'attuale normativa (NTC2008) il sito d'interesse presenta un suolo di tipo C.

6. MODELLO GEOLOGICO DELL'AREA

Le indagini realizzate unite alle più generali conoscenze geologiche hanno consentito di ricostruire il modello geologico-geotecnico di riferimento per l'area d'interesse.

SINTESI DEI PARAMETRI GEOTECNICI

Livello A	**Litologia:** *limo e argilla con trovanti da poco a mediamente addensato*	
Dal p.c. a –5/-10-12 m	Peso di volume Peso di volume saturo Angolo di attrito di picco Angolo di attrito residuo Coesione	**γ = 1.80 t/ mc** **γ = 1.95 t/ mc** **φ = 20°** **φ = 18°** **C = 0.06 Kg/ cmq**
Livello B	**Litologia:** *detrito compatto e/o substrato alterato e fratturato*	
Da –5/-10-12 m a –20/-22 m	Peso di volume Peso di volume saturo Angolo di attrito di picco Angolo di attrito residuo Coesione	**γ = 1.90 t/ mc** **γ = 2.05 t/ mc** **φ = 25°** **φ = 22°** **C = 0.08 Kg/ cmq**
Livello C	**Litologia:** *substrato roccioso compatto*	
Oltre –20/-22 m	Peso di volume Angolo di attrito	**γ = 2.25 t/ mc** **φ = 40°**

7. VALUTAZIONE DELLA PERICOLOSITA' SISMICA DELL'AREA (delibera del 2 Maggio 2007, n.112, in materia antisismica)

7.1 OBIETTIVI DELLA DELIBERA

Scopo del presente atto di indirizzo e coordinamento è quello di fornire i criteri per la per l'individuazione delle aree soggette ad effetti locali e per la microzonazione sismica del territorio in modo da orientare le scelte della pianificazione verso aree caratterizzate da minore pericolosità sismica. Lo studio della pericolosità di base e della pericolosità locale hanno come obiettivi:

- *l'individuazione delle aree dove in occasione dei terremoti attesi possono verificarsi effetti locali;*
- *la stima quantitativa della risposta sismica locale dei depositi e delle morfologie presenti nell'area di indagine ("Analisi della Risposta Sismica Locale", RSL);*
- *la suddivisione del territorio in sottozone a diversa pericolosità sismica locale ("Microzonazione Sismica", MZS).*

I risultati dell'analisi della pericolosità sismica locale e della microzonazione sismica, devono essere applicati nella redazione degli strumenti di pianificazione territoriale e urbanistica.

7.2 LIVELLI DI APPROFONDIMENTO

Gli studi di risposta sismica locale e microzonazione sismica vanno condotti a diversi livelli di approfondimento a seconda delle finalità e delle applicazioni nonché degli scenari di pericolosità locale.

Tali studi svolti devono essere descritti in una relazione che indichi chiaramente il livello di approfondimento, le indagini effettuate e i risultati ottenuti e devono fornire una cartografia dello stato del territorio, e sono un riferimento necessario per la Valutazione di Sostenibilità Ambientale e Territoriale (VALSAT) preventiva delle singole scelte del piano.

Si identificano due fasi di analisi con diversi livelli di approfondimento.

La prima fase è diretta a definire gli scenari di pericolosità sismica locale, cioè ad identificare le parti di territorio suscettibili di effetti locali (amplificazione del segnale sismico, cedimenti, instabilità dei versanti, fenomeni di liquefazione, rotture del terreno, ecc.). L'individuazione delle aree soggette ad effetti locali si basa su rilievi, osservazioni e valutazioni di tipo geologico e geomorfologico, svolte a scala territoriale, associati a raccolte di informazioni sugli effetti indotti dai terremoti passati. Tale analisi viene svolta - soprattutto mediante elaborazione dei dati disponibili - in sede di elaborazione del PTCP e del PSC e concorre alla definizione delle scelte di piano, fornendo prime indicazioni sui limiti e le condizioni per la pianificazione nelle suddette aree.

La seconda fase ha come obiettivo la microzonazione sismica del territorio indagato. Sulla base degli scenari individuati dalle analisi svolte nel corso della prima fase, nella seconda fase si attuano due diversi livelli di approfondimento:

a) nelle aree pianeggianti e sub-pianeggianti, incluse le zone di fondovalle appenniniche, con stratificazione orizzontale e sub-orizzontale, e sui versanti stabili con acclività ≤ 15° in cui il deposito ha spessore costante si ritiene sufficiente un'analisi semplificata (secondo livello di approfondimento), cioè l'analisi della pericolosità locale può essere basata, oltre che sull'acquisizione di dati geologici e geomorfologici più dettagliati di quelli rilevati nel primo livello, su prove geofisiche in sito e su prove geotecniche di tipo standard. Il numero delle verticali indagate deve essere tale da consentire un'adeguata caratterizzazione geotecnica spaziale dei terreni e delle formazioni presenti nell'area di studio;

b) un'analisi più approfondita (terzo livello di approfondimento) è invece richiesta nei seguenti casi (vedere Allegato A1):

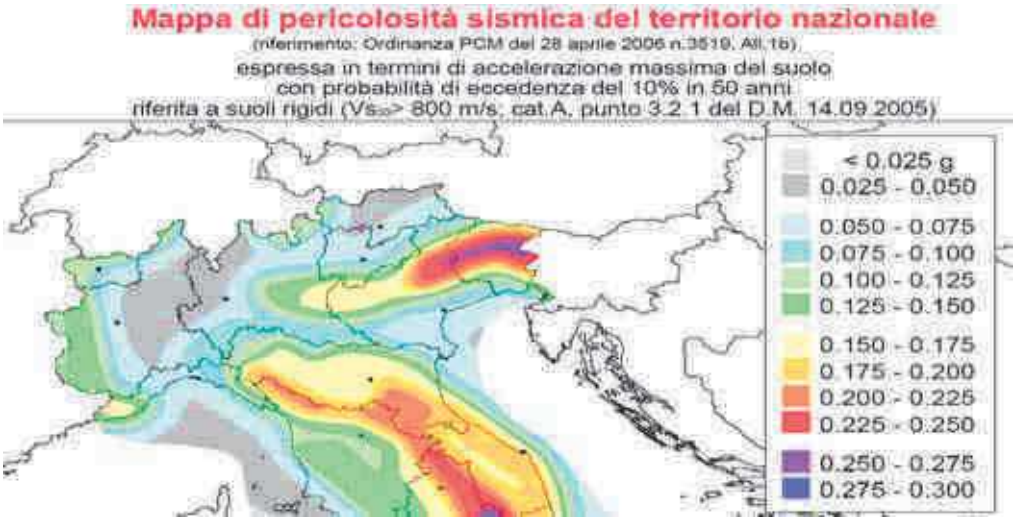
- aree soggette a liquefazione e densificazione;
- aree instabili e potenzialmente instabili;

- *aree in cui le coperture hanno spessore fortemente variabile, come ad esempio nelle aree pedemontane e di fondovalle a ridosso dei versanti;*
- *aree in cui è prevista la realizzazione di opere di rilevante interesse pubblico.*

L'analisi approfondita richiede un significativo numero di prove geofisiche e geotecniche, sia in sito che in laboratorio, rivolte alla definizione del comportamento dei terreni sotto sollecitazione dinamica. In queste parti del territorio la pericolosità potrebbe essere molto elevata e perciò deve essere attentamente valutata la possibilità di renderle suscettibili di trasformazione urbanistica.

7.3 CARATTERI SISMICI DELL'AREA

In base alla nuova carta della pericolosità sismica del territorio nazionale, i valori di PGA su suolo rigido con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni, per il Comune di Nibbiano sono compresi fra 0.075 e 0.100 g. L'area ricade nella zona simogenetica 911, in cui i meccanismi di fagliazione prevalenti sono legati a faglie trascorrenti e le profondità dei terremoti prevalentemente compresi fra 8 e 12 Km. Le magnitudo massime attese nella zona sismogenetica d'interesse sono di 5.7-6.1.Le serie storiche dei terremoti contenuti nell'archivio della Regione Emilia Romagna non segnalano eventi sismici rilevanti nell'area d'interesse.



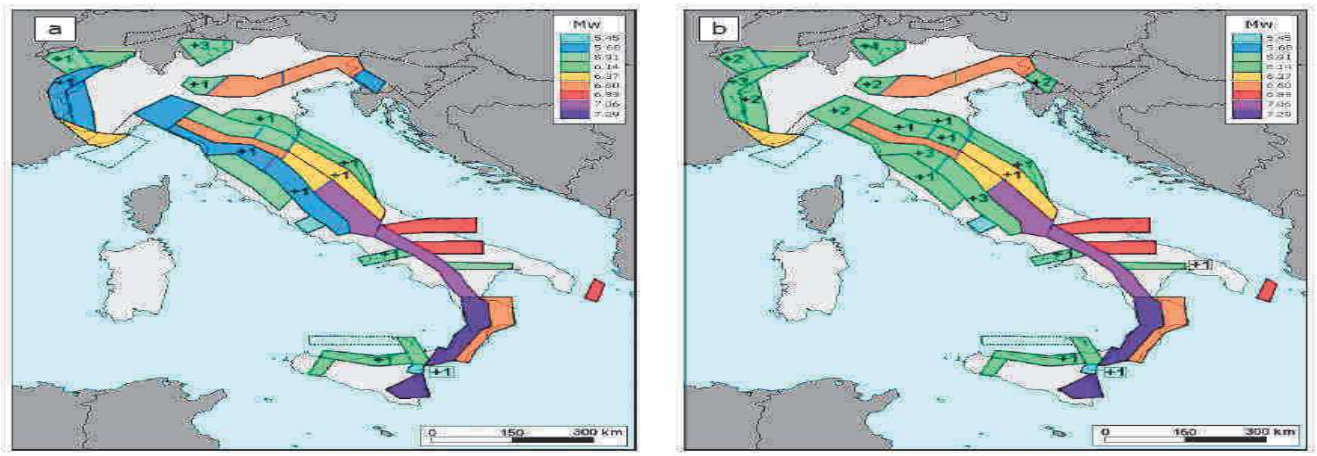


Figura 36. Valori di Mwmax corrispondenti ai due insiemi: a) "osservati" (Mwmax1); b) "cautelativi" (Mwmax2).

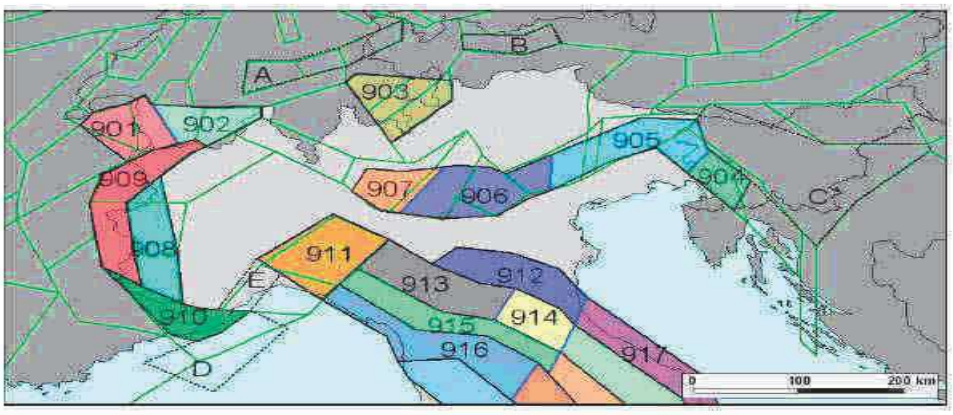


Figura 10. Zonazione sismogenetica ZS9 a confronto con la zonazione del progetto SESAME nell'area alpina (Jiménez et al., 2001; linee di colore verde).

In base alle caratteristiche geologiche del sito d'interesse, i principali effetti attesi possono ricondursi essenzialmente a fenomeni di amplificazione litologica e in minor misura a fenomeni d'instabilità dei versanti. Sono da escludere fenomeni d'amplificazione topografica (pendenza del versante complessivamente inferiore a 15°) e fenomeni di liquefazione (basso valore di ag atteso e presenza di copertura di materiale eterogeneo in matrice coesiva).

7.4 VALUTAZIONE DEL FATTORE DI AMPLIFICAZIONE DEL SITO INTERESSE-ANALISI 2° LIVELLO

A2.1.1 - APPENNINO E MARGINE APPENNINICO-PADANO

In caso di substrato marino caratterizzato da Vs ≥ 800 m/s si devono usare le seguenti tabelle

F.A. P.G.A.

Vs_H / H	200	250	300	350	400	450	500	600	700	800
5	1.6	1.3	1.2	1.1	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
10	2.0	1.9	1.7	1.6	1.4	1.2	1.1	1.0	1.0	1.0
15	2.0	2.0	2.0	1.8	1.6	1.4	1.3	1.2	1.0	1.0
20	2.0	2.0	2.0	1.9	1.7	1.6	1.4	1.3	1.1	1.0
25	1.9	2.0	1.9	1.9	1.8	1.6	1.5	1.3	1.2	1.0
30	1.8	1.9	1.9	1.9	1.7	1.5	1.5	1.4	1.2	1.0
35	1.7	1.8	1.9	1.9	1.7	1.6	1.5	1.4	1.3	1.0
40	1.6	1.8	1.9	1.9	1.8	1.6	1.5	1.4	1.3	1.0

F.A. INTENSITA' SPETTRALE - 0.1s < To < 0.5s

Vs_H / H	200	250	300	350	400	450	500	600	700	800
5	1.2	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
10	1.8	1.6	1.4	1.2	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
15	2.1	2.0	1.7	1.5	1.2	1.1	1.1	1.0	1.0	1.0
20	2.3	2.3	1.9	1.7	1.5	1.4	1.2	1.1	1.0	1.0
25	2.2	2.4	2.2	2.0	1.7	1.5	1.4	1.2	1.1	1.0
30	2.1	2.3	2.3	2.1	1.9	1.7	1.5	1.3	1.2	1.0
35	1.9	2.1	2.3	2.2	1.9	1.8	1.6	1.4	1.3	1.0
40	1.8	2.0	2.3	2.3	2.0	1.8	1.6	1.4	1.3	1.0

F.A. INTENSITA' SPETTRALE - 0.5s < To < 1.0s

Vs_H / H	200	250	300	350	400	450	500	600	700	800
5	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
10	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
15	1.2	1.2	1.1	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
20	1.5	1.4	1.2	1.1	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
25	2.1	2.1	1.5	1.2	1.1	1.1	1.0	1.0	1.0	1.0
30	2.4	2.3	1.9	1.5	1.2	1.1	1.1	1.0	1.0	1.0
35	2.5	2.4	2.3	1.8	1.3	1.3	1.2	1.1	1.0	1.0
40	2.7	2.6	2.6	2.0	1.6	1.3	1.2	1.1	1.1	1.0

I fattori di amplificazione calcolati per i singoli profili di velocità Vs sono riassunti nel tabella seguente:

PROVA	PROF. BEDROCK	VS 30	VS H	FA PGA	FA intensità spettrale 0.1s-0.5s	FA intensità spettrale 0.5s-1.0s
M1	22 m	265	215	1.9	2.2	2.1
M2	19 m	325	267	1.9	1.8	1.2
M3	20 m	295	221	1.9	2.2	2.1

In base alla delibera sopraccitata, l'accelerazione orizzontale su suolo rigido (Vs>800 m/s) prevista per il Comune di Nibbiano è di 0.098g.

7.5 SPETTRO DI RISPOSTA (IN PGA) DELL'AREA

Nella delibera della Regione è riportata la forma dello spettro di risposta valido per tutta la regione.

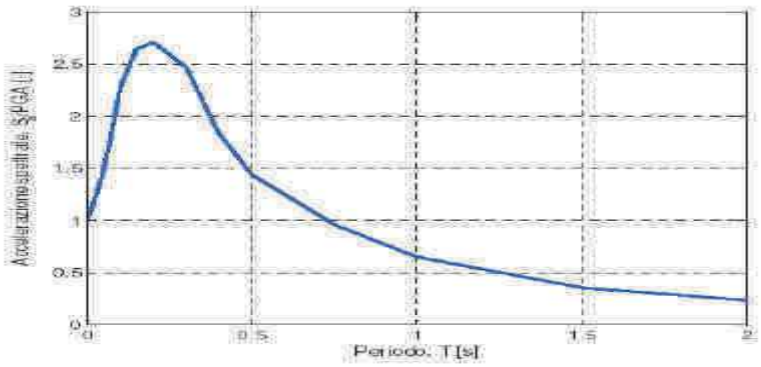
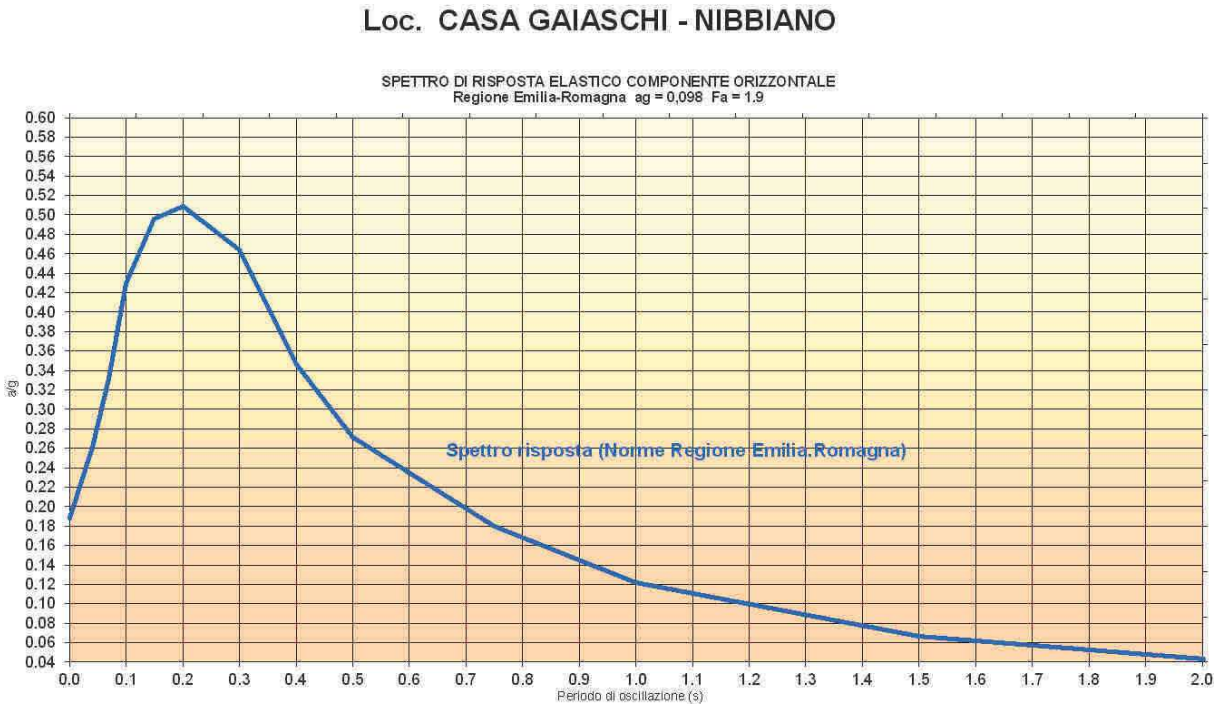


Figura 1 - Spettro di risposta normalizzato (T_R = 475 anni, smorzamento = 5%) per l'Emilia-Romagna

Dallo spettro di risposta normalizzato è possibile ottenere, moltiplicando i valori della tabella 1 per il valore di arefg di ogni comune, lo spettro di risposta a probabilità uniforme che descrive le caratteristiche del moto sismico atteso per ogni comune dell'Emilia-Romagna. Considerando il valore di arefg=0.098 per il comune di Nibbiano e il fattore di amplificazione (1.9), è stato calcolato lo spettro di risposta del sito d'interesse.



Spettro di riposta del sito in base alle norme della regione Emilia-Romagna

7.6 ANALISI DELLA STABILITA' DEL VERSANTE SIA IN CONDIZIONI PSEUDO-STATICHE CHE SISMICHE-DINAMICHE - ANALISI 3° LIVELLO

Per ricostruire l'assetto litostratigrafico e le caratteristiche geomeccaniche del versante, oltre alle considerazioni di carattere geologico, sono stati utilizzati i dati desunti dalle prove geofisiche realizzate, sintetizzati nei paragrafi precedenti.

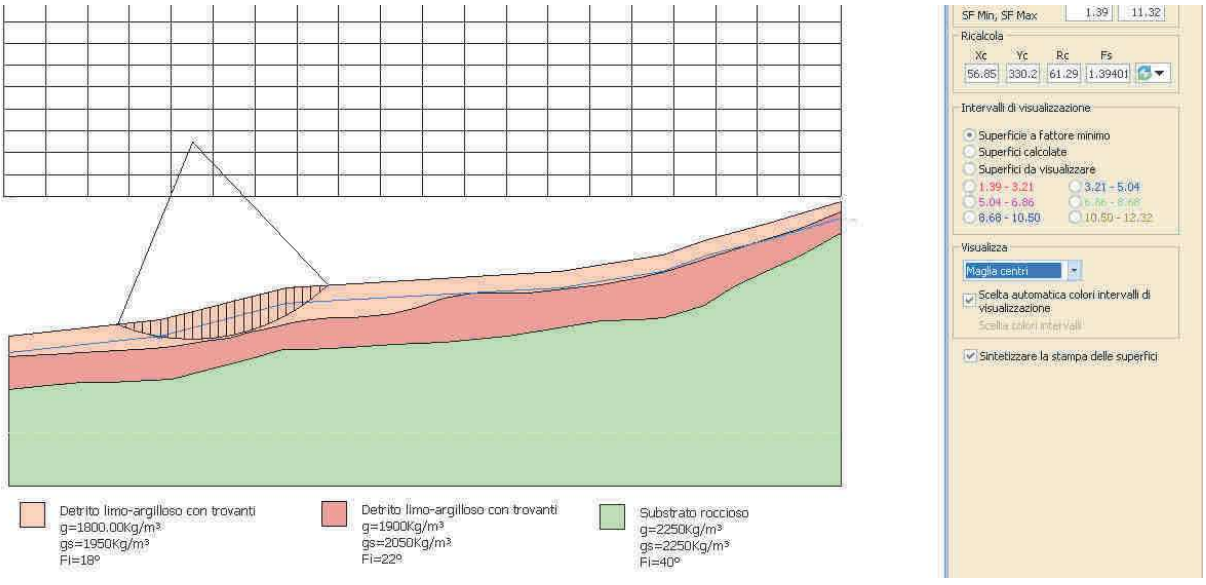
Nr.	DB	Peso unità di volume (Kg/m³)	Peso saturo (Kg/m³)	Coesione (kg/cm²)	Coesione non drenata (kg/cm²)	Angolo resistenza al taglio picco (°)	Angolo resistenza al taglio residuo (°)	Permeabilità (m/s)	Dati aggiuntivi ...	Texture ...	Descrizione
1		1800.00	1950	0.06		20	18	Permeabile			Detrito
2		1900	2050	0.08		25	22	Impermeabile			Detrito
3		2250	2250			40	40	Impermeabile			Substrato

Modello geologico-geotecnico dell'area

7.6.1 Analisi di stabilità in condizioni pseudostatiche

Per l'analisi di stabilità del versante è stato utilizzato il software "slope" della società Geostru. Il metodo utilizzato è stato quello di Bishop. Per l'analisi di stabilità, a scopo cautelativo, sono stati utilizzati valori di angolo di attrito prudenziali (angolo d'attrito residuo). Per l'azione sismica è stato considerato un valore di ag di 0.098x1.9 (fattore di amplificazione massimo) = 0.186g, ed un coefficiente di amplificazione topografica di 1.0.

In base alle verifiche realizzate, che, dato l'utilizzo dell'angolo di attrito residuo, sono state fatte in condizioni cautelative, il versante risulta in buone condizioni di sicurezza. La superficie con il minor coefficiente di sicurezza (1.39) è stata individuata a valle del ripiano di Casa Gaiaschi.

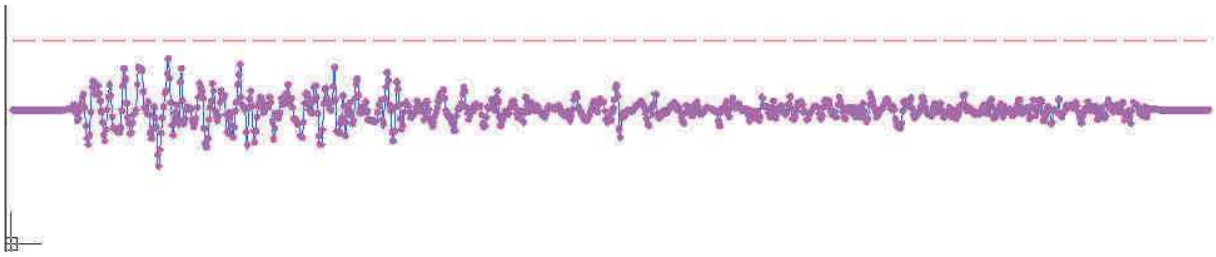


Verifica di stabilità del versante

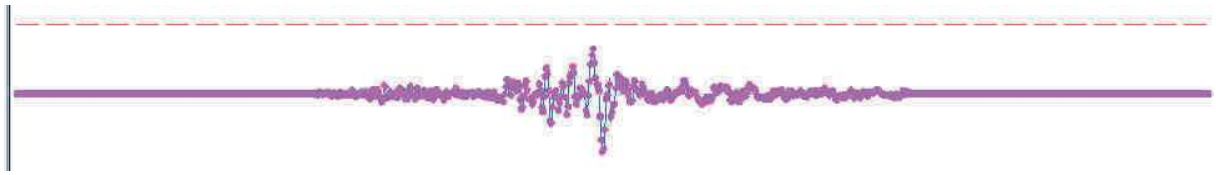
7.6.2 Analisi di stabilità dinamica (Metodo di NEWMARK)

Le verifiche in condizioni sismiche dinamiche (semplificate) sono state realizzate utilizzando come input gli accelerogrammi forniti dalla Regione Emilia-Romagna per il Comune di Nibbiano.

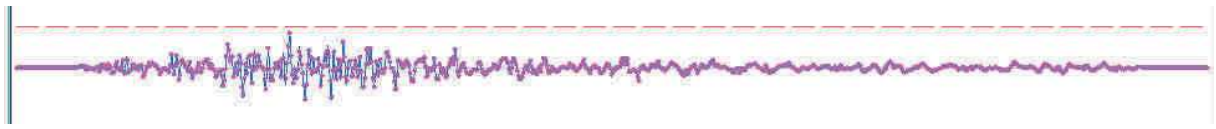
Le verifiche effettuate, con spostamenti nulli, confermano la stabilità dell'area anche in condizioni sismiche dinamiche. Di seguito si riportano i risultati delle 3 analisi dinamiche relative ai 3 sismogrammi considerati; nei grafici il valore soglia dell'accelerazione in grado di produrre spostamenti è rappresentato dalla linea rossa tratteggiata.



Accelerogramma 000046xa_033029Nibbiano.txt



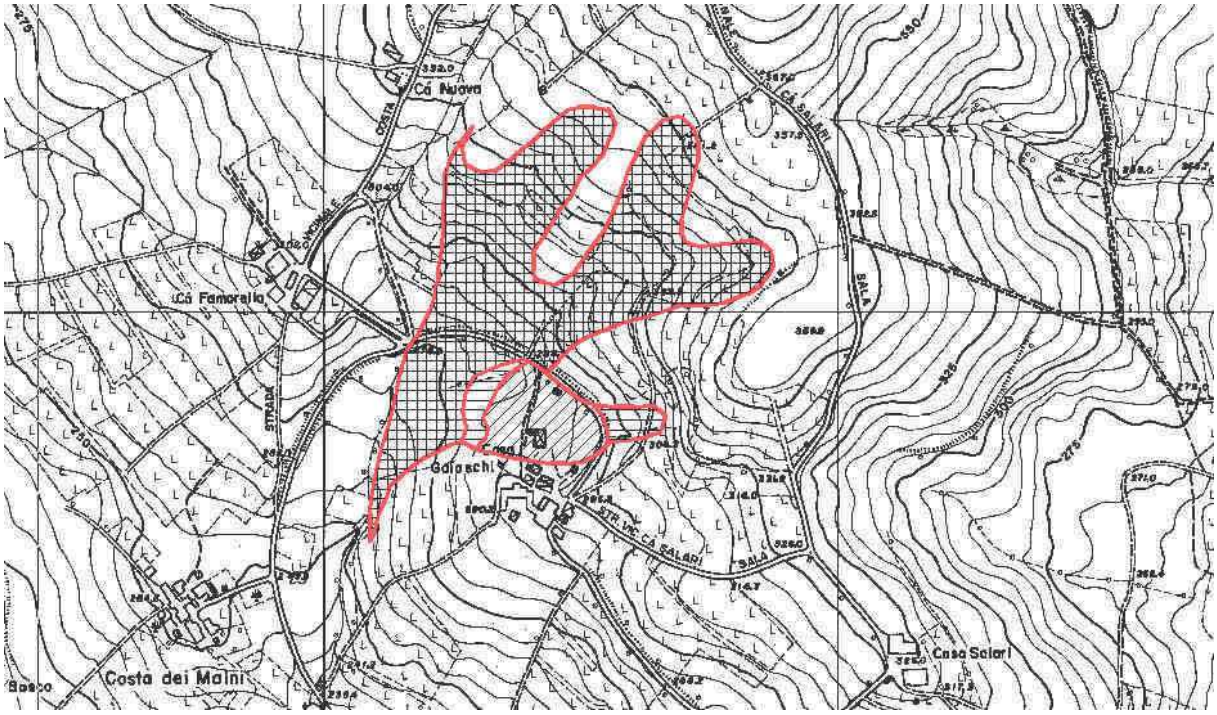
Accelerogramma 000126xa_033029Nibbiano.txt



Accelerogramma 000354xa_033029Nibbiano.txt

8. ZONIZZAZIONE DEL RISCHIO DEL CORPO DI FRANA QUIESCENTE

Il corpo di paleofrana studiato è stato suddiviso, in base a criteri geologico-geomorfologici, in settori contraddistinti da un differente grado di "rischio".



Zonizzazione del "rischio" geologico del corpo di frana quiescente

Sono state distinte 3 classi di rischio:

- **Aree a rischio moderato (classe 2 - rigato obliquo)**, sono le aree a buon grado di stabilità per le condizioni morfologiche favorevoli (area sub-pianeggiante). Non si evidenziano segnali di movimenti in atto e/o recenti, ne sussistono condizioni che potrebbero instabilizzare il corpo detritico. Le indicazioni sopraesposte sono supportate anche dai dati interferometrici che indicano assenza di movimenti nel periodo monitorato (1992-2000).

- **Aree a rischio elevato (classe 3 - rigato orizzontale)**, sono aree con caratteristiche simili a quelle assegnate alla classe 2, ma con condizioni morfologiche più sfavorevoli (maggiore acclività).

- **Aree a rischio molto elevato (classe 4 – retino incrociato)**, sono le aree a maggiore acclività e con il drenaggio delle acque meteoriche centripeto. In questi settori sono già presenti alcuni, anche se circoscritti e superficiali, movimenti gravitativi.

9. PRESCRIZIONI PER LE AREE IN FRANA QUIESCENTE IN CUI E' STATA EFFETTUATA LA VALUTAZIONE DEL RISCHIO

Classe 1 (rischio basso) – Fattibilità senza particolari limitazioni (R1):

Queste aree si ritengono utilizzabili ai fini edificatori senza particolari limitazioni all'urbanizzazione o alla modifica della destinazione d'uso; eventuali problematiche locali possono essere superate attraverso approfondimenti di indagine o accorgimenti tecnico-costruttivi. In particolare si dovrà subordinare l'autorizzazione ad accertamenti geognostici in particolare ai fini di:

- *evitare che fondazioni di una stessa costruzione vengano a poggiare in parte sulla zona di alterazione ed in parte sulla roccia in posto, o peggio ancora, su materiale di riporto;*
- *ridurre all'indispensabile eventuali sbancamenti e riporti adottando pendenze adeguate;*
- *drenare le acque eventualmente incontrate;*
- *adottare la tipologia di fondazione più idonea alla tipologia di substrato riscontrata.*

Classe 2 (rischio moderato) – Fattibilità con modeste limitazioni (R2):

Queste aree si ritengono utilizzabili ai fini urbanistici, anche se si sono appurate alcune condizioni limitanti all'edificabilità, che possono essere superate attraverso approfondimenti di indagine o accorgimenti tecnico-costruttivi; gli interventi edificatori sono comunque permessi, prevedendo se necessario eventuali accorgimenti costruttivi necessari o interventi di riduzione del rischio idrogeologico, quali:

- *sbancamenti e riporti ridotti al minimo;*
- *fondazioni rigide, spinte ad idonea profondità dall'attuale piano campagna;*
- *regolamentazione delle acque superficiali e sotterranee;*
- *sistemi di raccolta sistematica e l'allontanamento in tubazioni a perfetta tenuta delle acque piovane e di quelle di scarico dei futuri edifici;*
- *opportuni interventi di sostegno (ex gabbionate, muri con drenaggio e sistema di smaltimento acque ecc.) al fine di proteggere il piede di eventuali scarpate artificiali con pendenze superiori a 1/2.*

Per tali zone si dovrà comunque subordinare l'autorizzazione ad ulteriori e dettagliati accertamenti geologici e geognostici.

Classe 3 (rischio elevato) – Fattibilità con significative limitazioni (R3)

In questa classe si sono inserite le zone in cui la propensione al dissesto è più elevata, ed in cui le limitazioni alla modifica della destinazione d'uso appare più consistente.

Si dovrà dunque subordinare l'autorizzazione ad ulteriori e dettagliati accertamenti geologico-tecnici e geognostici, finalizzati a valutare quali siano le azioni atte a ridurre il rischio connesso all'intervento edificatorio

Si dovrà dunque prevedere quanto segue:

- *manutenzione delle eventuali opere di difesa esistenti;*
- *l'adozione di fondazioni rigide, spinte ad idonea profondità dall'attuale piano campagna;*
- *la raccolta sistematica e l'allontanamento in tubazioni a perfetta tenuta delle acque piovane e di quelle di scarico dei futuri edifici;*
- *regolamentazione delle acque superficiali e sotterranee, e se necessario comprendere tutta o buona parte della zona a monte, attraverso le opportune opere idrauliche (ex canali di scolo, drenaggi sotterranei ecc.);*
- *quanto necessario al fine di ridurre la pericolosità;*

Oltre a quanto consentito dalle norme del P.T.C.P. (e dal P.A.I) in merito alle frane attive e quiescenti, in questa classe sono ammessi solo ampiamenti delle costruzioni esistenti, con incrementi volumetrici non superiori a quanto consentito dalle N.T.A. del P.S.C comunale.

Classe 4 (rischio molto elevato) – Fattibilità con gravi limitazioni (R4):

In queste zone si intende consentito quanto permesso dal P.T.C.P (e dal P.A.I) per le frane quiescenti.

Nibbiano, 03/12/2015

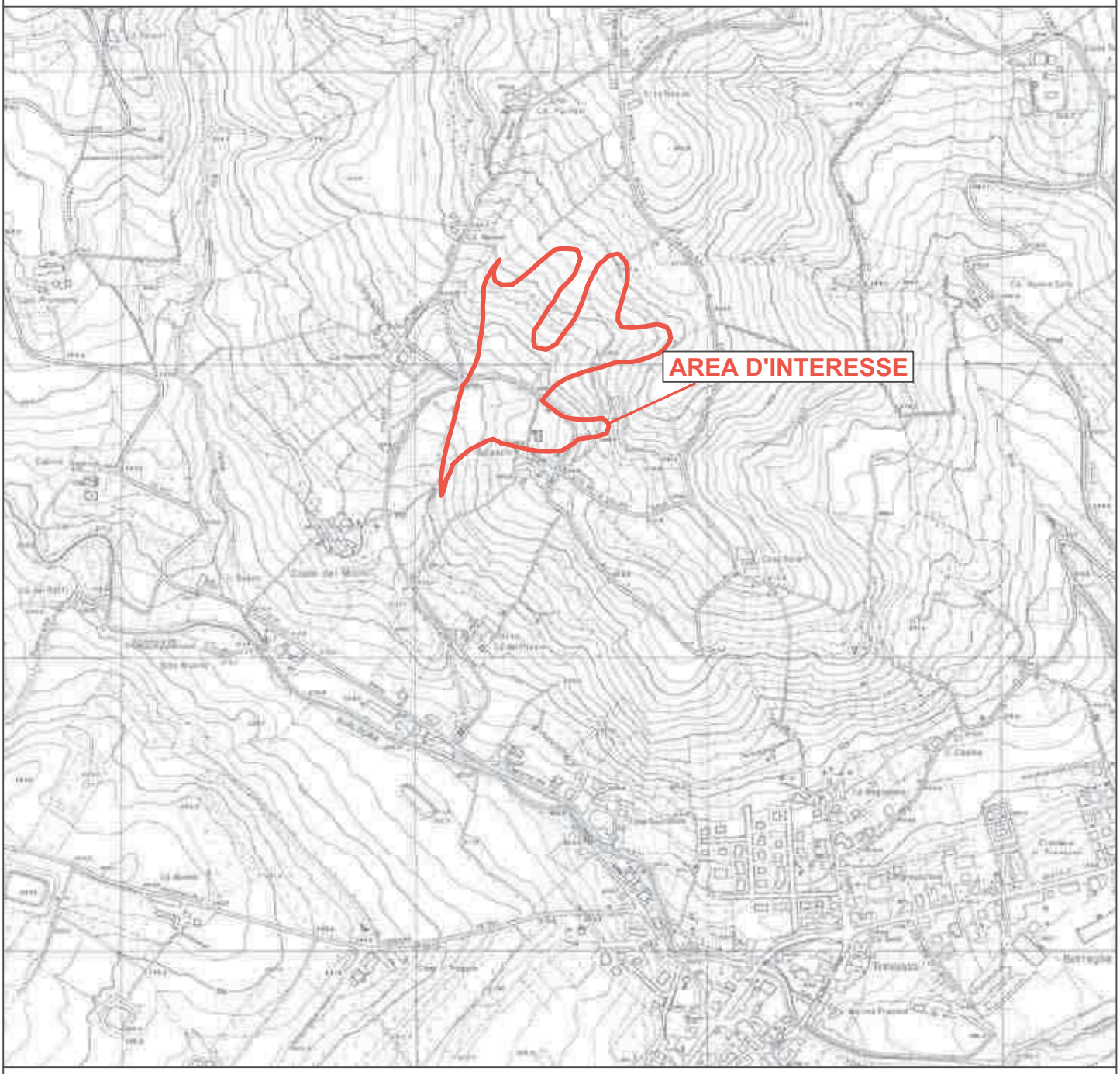
Dott. Adriano Baldini

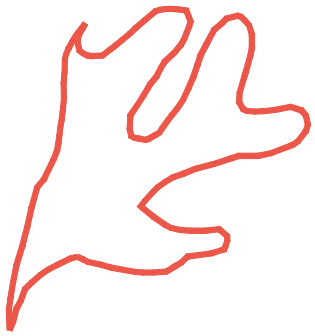
Dott. Alberto Lepori

ALLEGATI

INQUADRAMENTO TERRITORIALE

Scala 1:10000



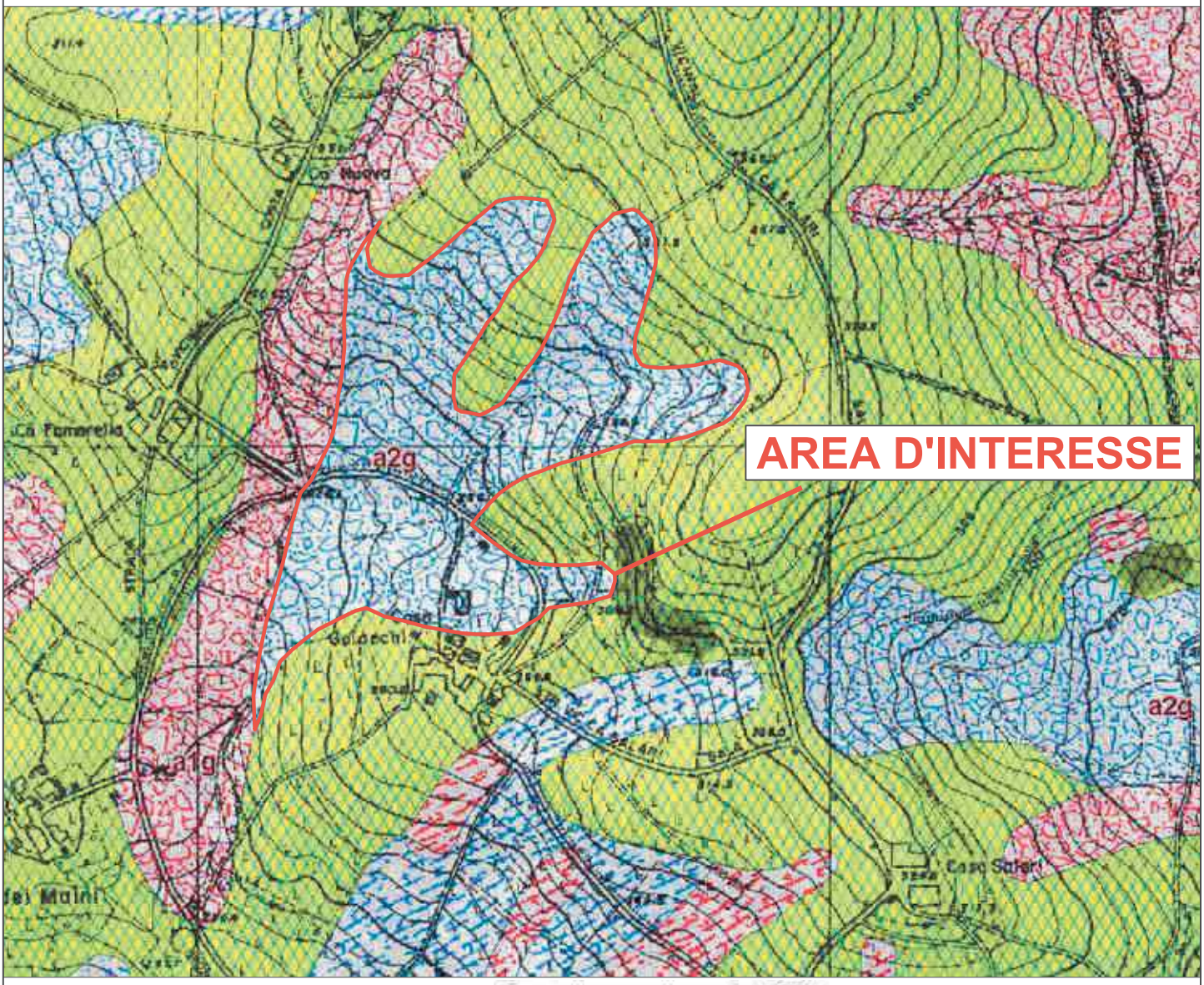


Area considerata

Fig. ***1***

ESTRATTO CARTA GEOLOGICA REGIONALE

Scala 1:5000



LEGENDA

Unità geologiche (10K)

VLU2 - Formazione della Val Luretta - membro di Monteventano

VLU3 - Formazione della Val Luretta - membro di Genepreto

Coperture quaternarie (10K)

a1g - Deposito di frana attiva complessa

a2 - Deposito di frana quiescente di tipo indeterminato

a2b - Deposito di frana quiescente per scivolamento

a2d - Deposito di frana quiescente per colamento di fango

a2g - Deposito di frana quiescente complessa

Area considerata

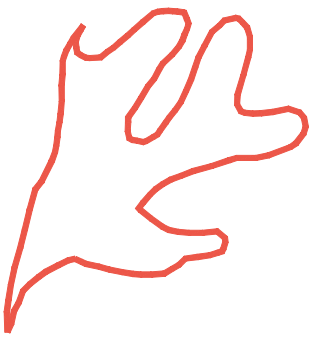
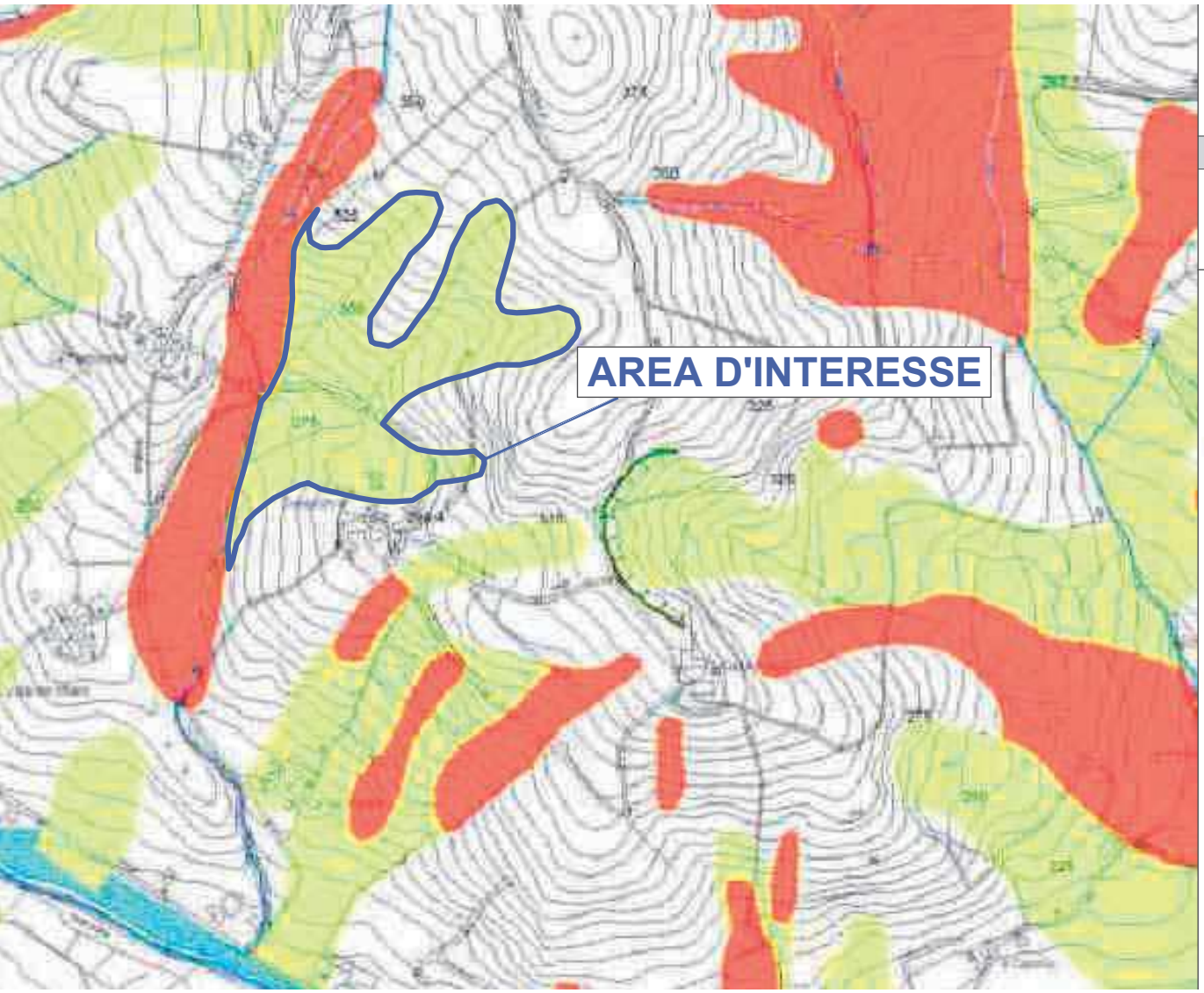


Fig.2



Studio ge
di un versante
in loc. Casa Gaiasc
"*Classificazione del*
qu

CARTA D
Estra

Elementi morfologici

Area di frana attiva:

Area di frana quiescente:

Area di frana stabilizzata o re

Depositi alluvionali attuali:

Alveo di piena del torrente

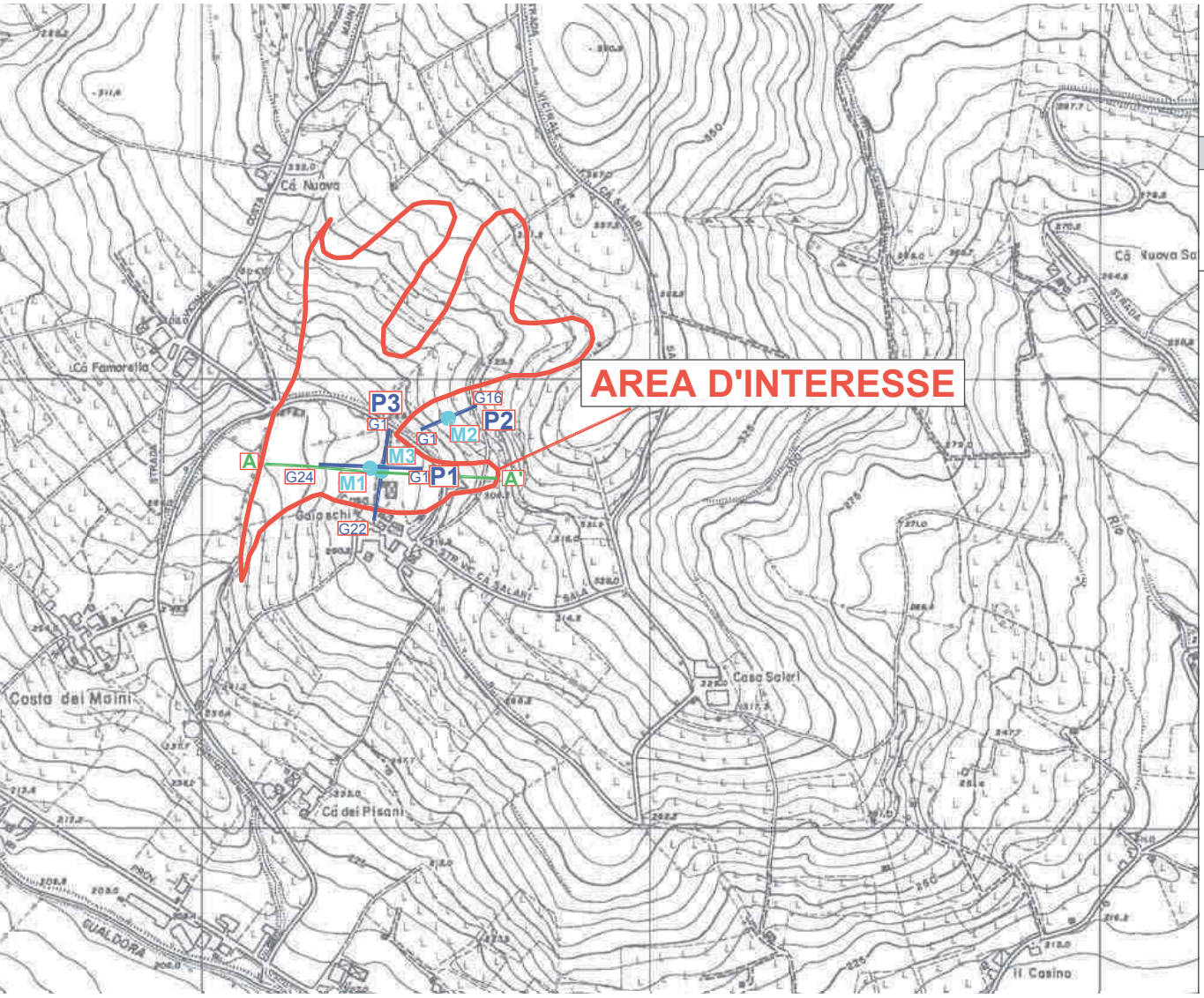
Depositi alluvionali in evoluzione

Depositi alluvionali terrazzat

Depositi alluvionali terrazzat

Depositi alluvionali terrazzat

ARE



Studio geo
di un versante
in loc. Casa Gaiasch
"*Classificazione del*
qu

PLANIMETRIA

INDAGINI SISMICHE

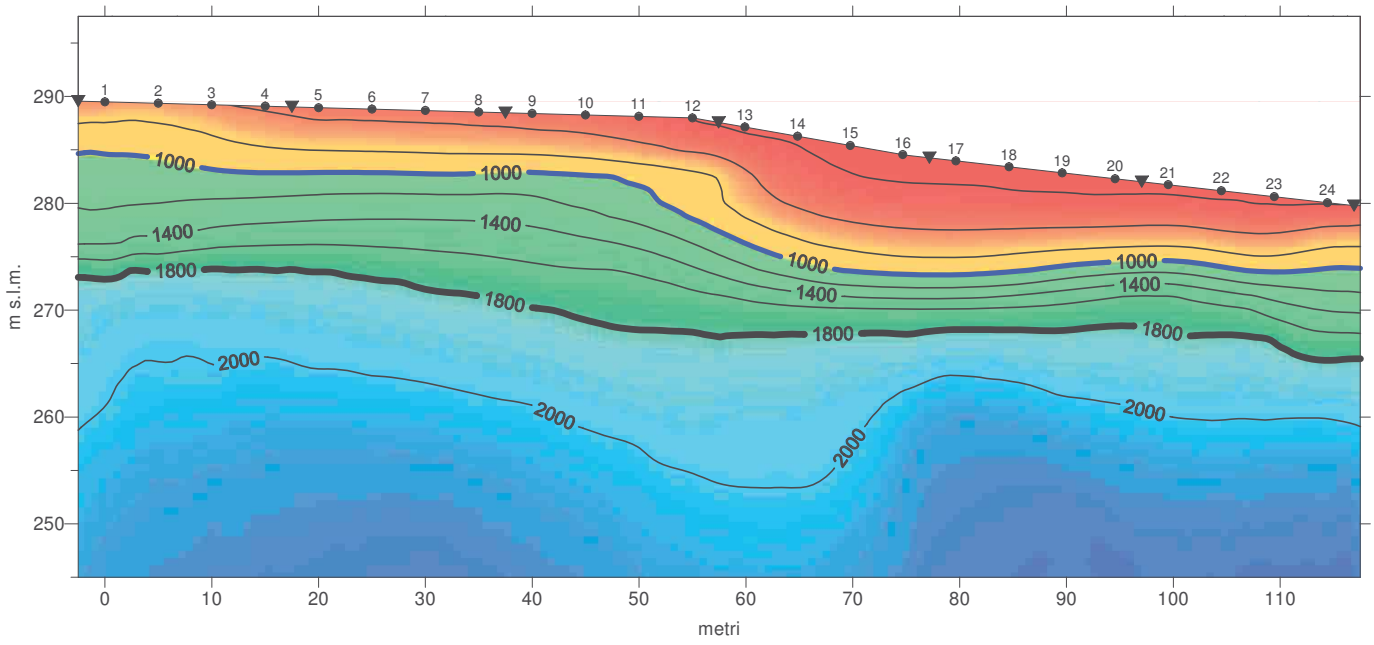
G1 **P1-P3** G22 Tra

M1-M3 Prov

A' A Tra

AREA

Loc. Casa Gaiaschi - TOMOGRAFIA SISMICA P1



Scala 1:500

Velocità sismiche m/sec

0 400 800 1200 1600 2000

Limite del materiale di copertura più allentato

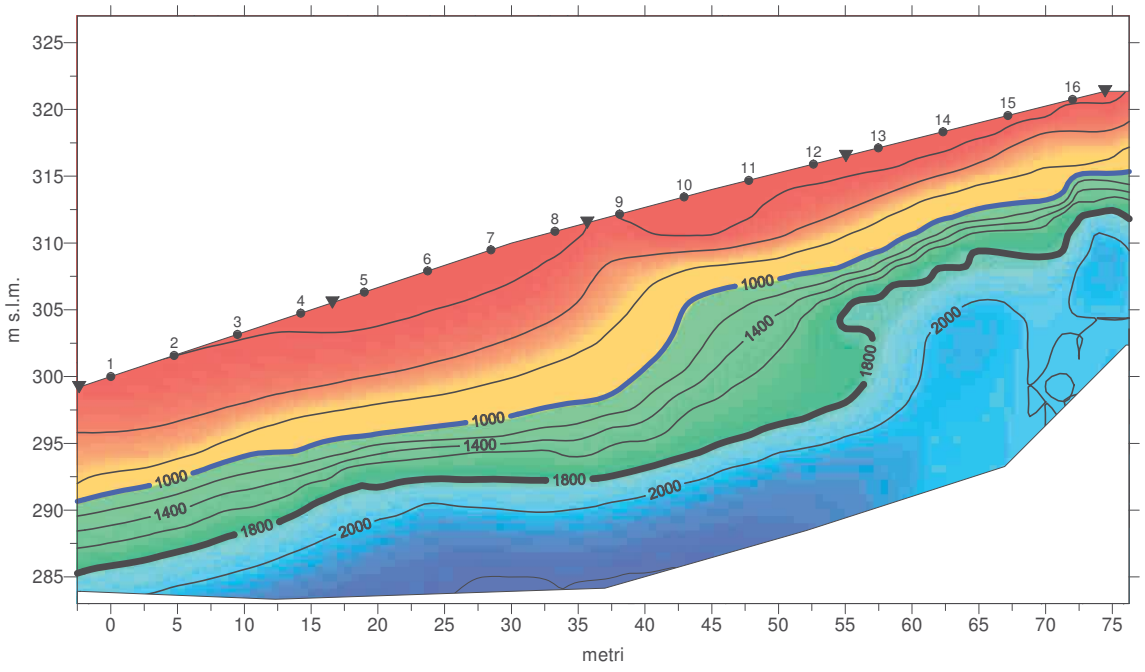
Passaggio al substrato roccioso compatto

▼ Punti di energizzazione

● Punti di registrazione

Fig.5a

Loc. Casa Gaiaschi - TOMOGRAFIA SISMICA P2



Scala 1:400

Velocità sismiche m/sec

300 600 900 1200 1500 1800 2100

Limite del materiale di copertura più allentato

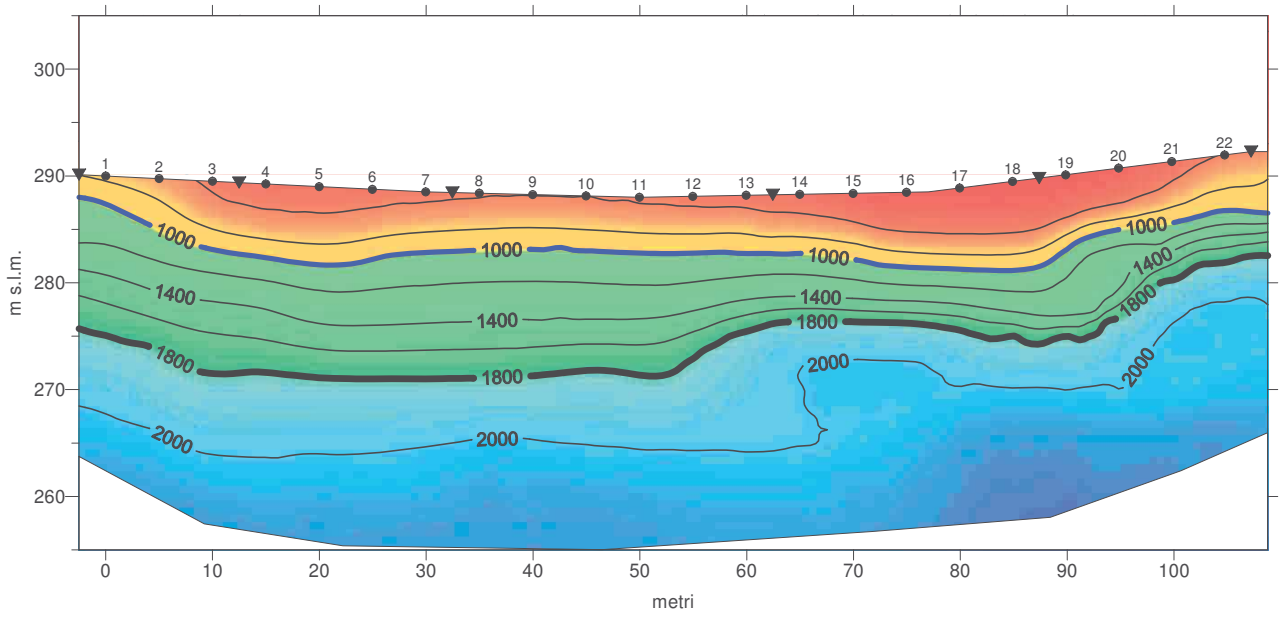
Passaggio al substrato roccioso più compatto

▼ Punti di energizzazione

● Punti di registrazione

Fig.5b

Loc. Casa Gaiaschi - TOMOGRAFIA SISMICA P3



Scala 1:500

Velocità sismiche m/sec

0 400 800 1200 1600 2000

Limite del materiale di copertura più allentato

Passaggio al substrato roccioso compatto

▼ Punti di energizzazione

● Punti di registrazione

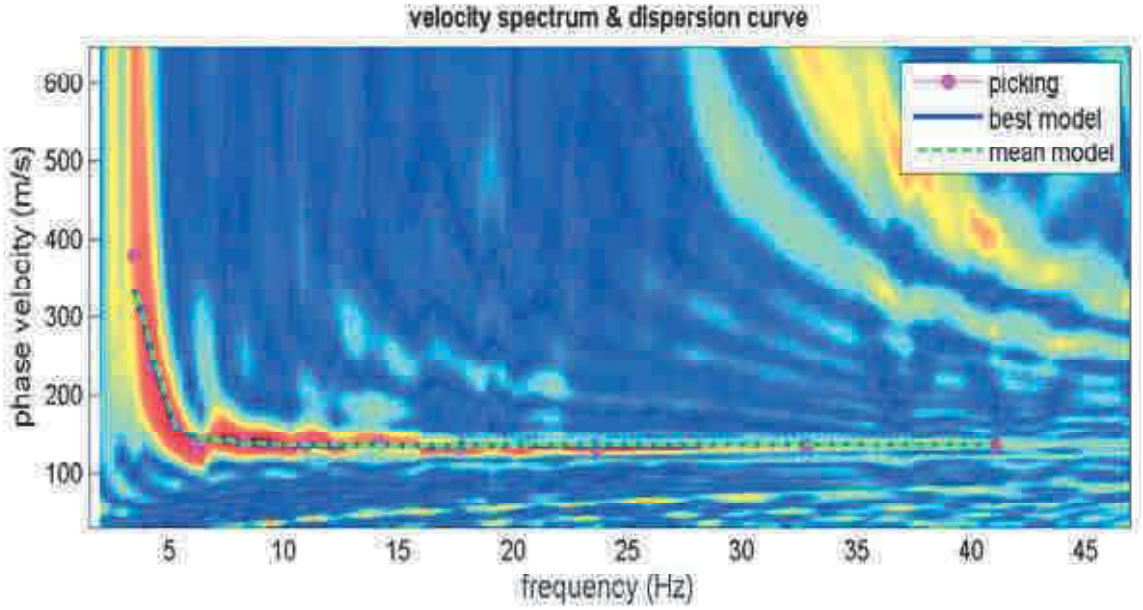
Fig.5c

loc. Casa Gaiaschi - Comune di Nibbiano

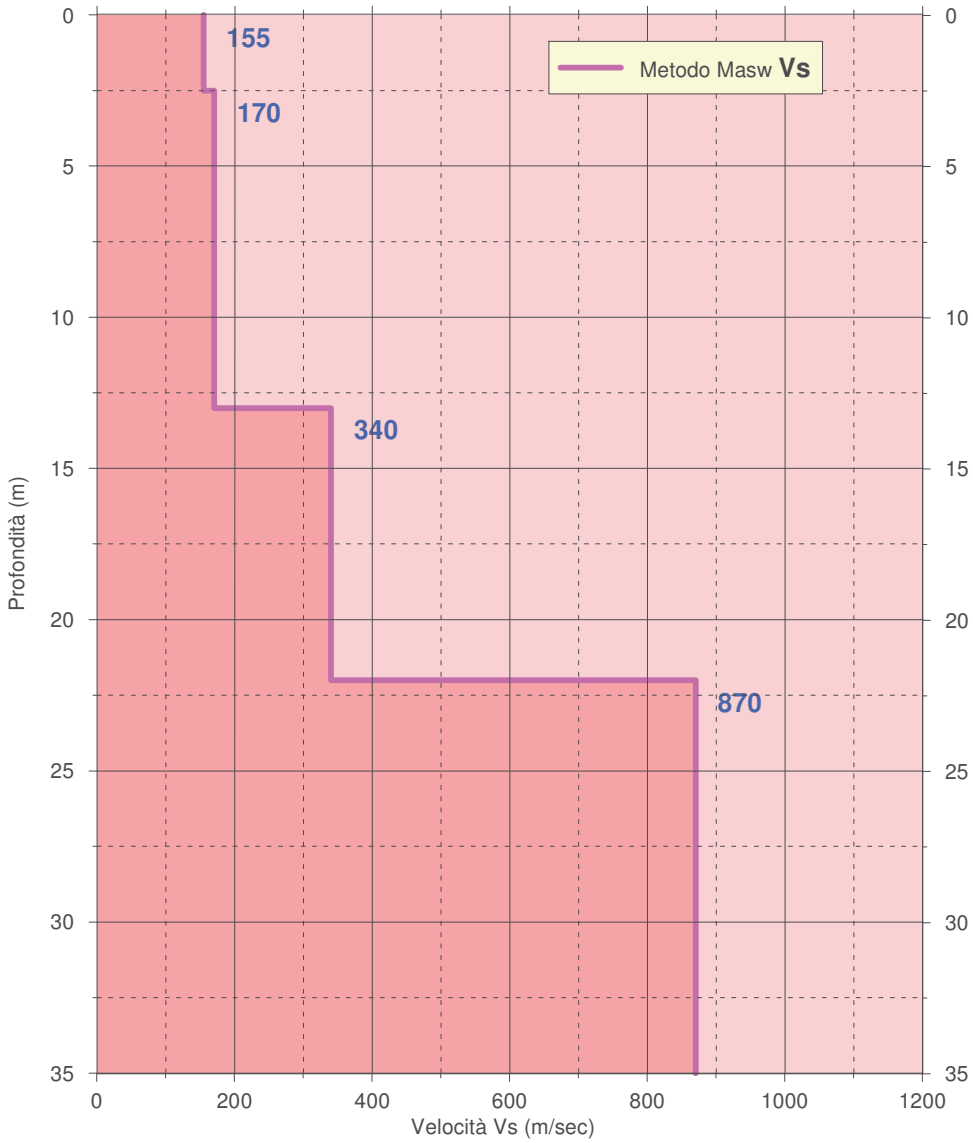
METODO MASW

M1

SPETTRO VELOCITA' DI FASE - FREQUENZA CON CURVA DISPERSIONE



PROFILO VELOCITA Vs



Vs30 dal p.c = 265

SUOLO DI FONDAZIONE TIPO "C"

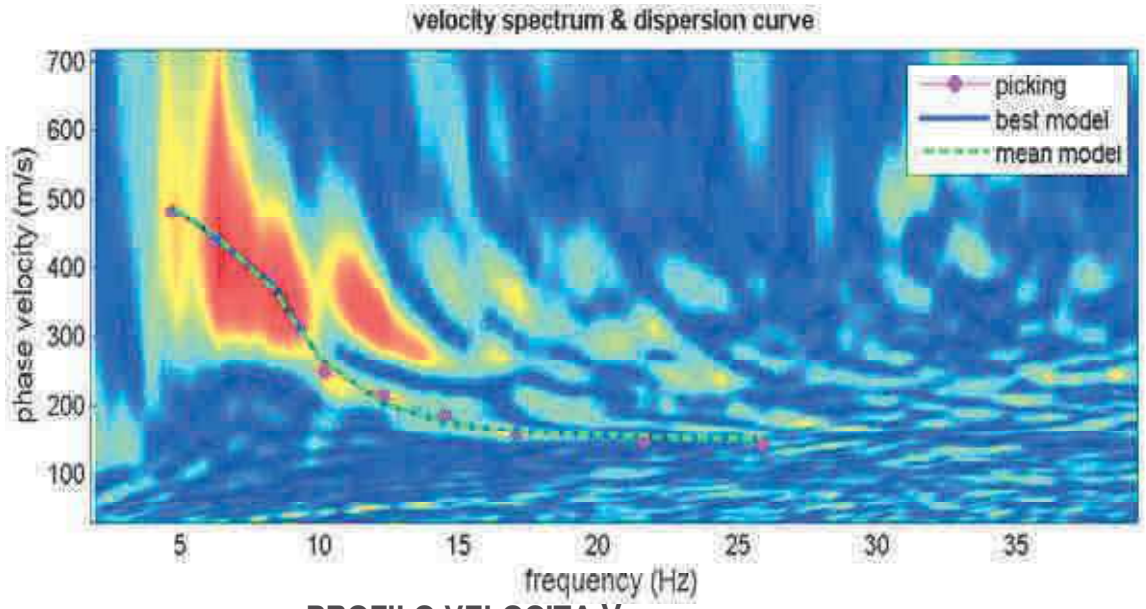
Fig.6a

loc. Casa Gaiaschi - Comune di Nibbiano

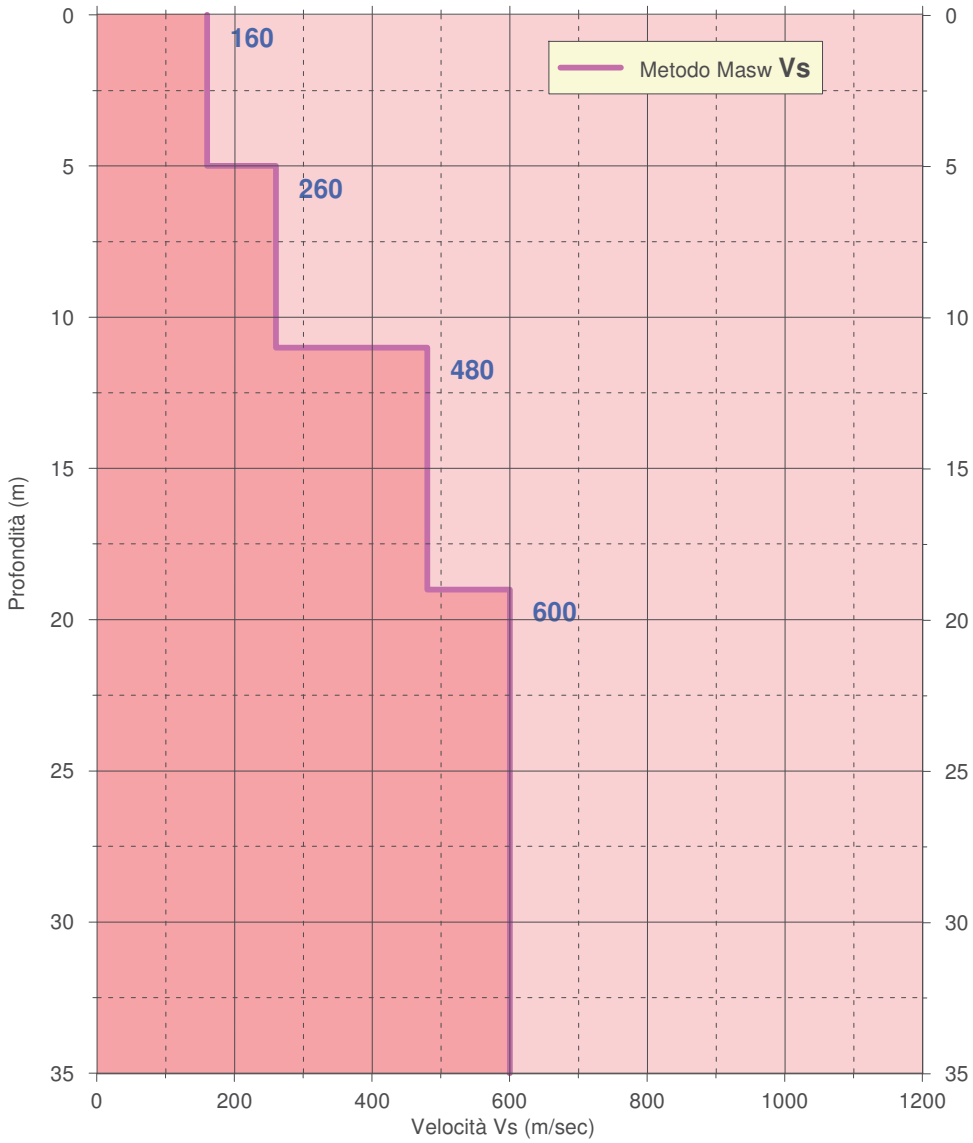
METODO MASW

M2

SPETTRO VELOCITA' DI FASE - FREQUENZA CON CURVA DISPERSIONE

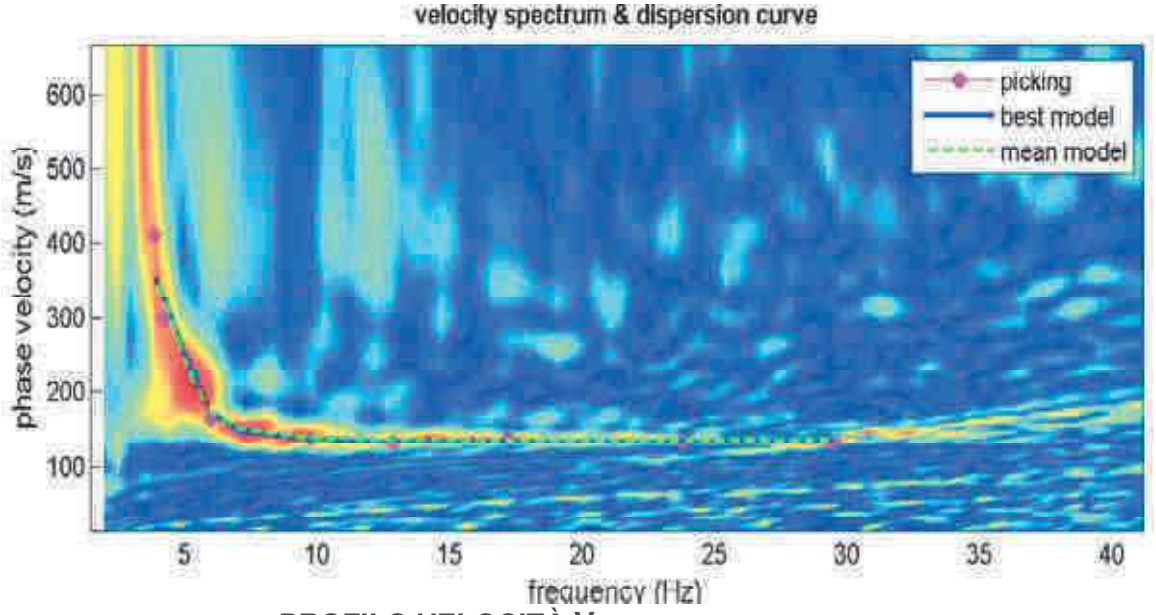


PROFILO VELOCITA Vs

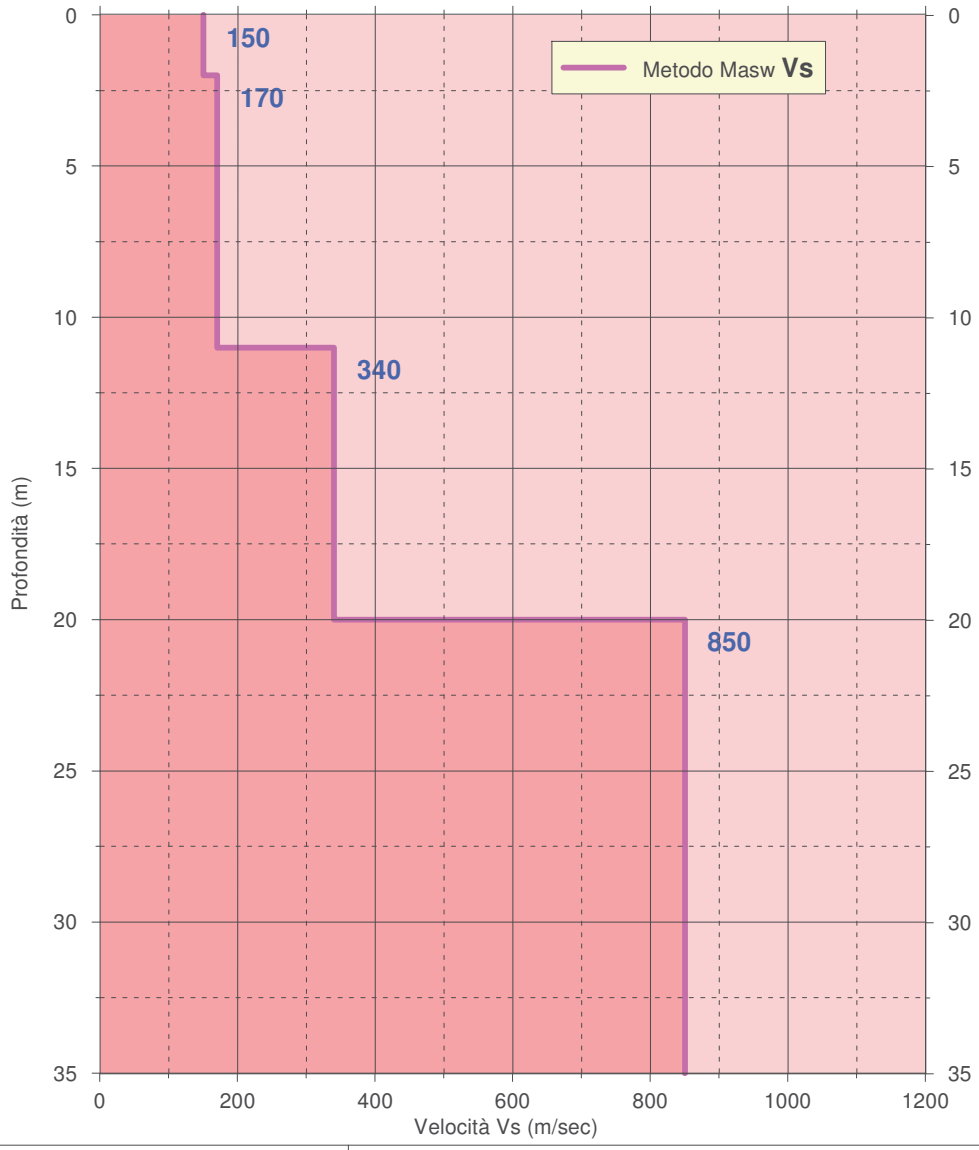


Vs30 dal p.c = 325	*SUOLO DI FONDAZIONE TIPO "C"*	**Fig.6b**

SPETTRO VELOCITA' DI FASE - FREQUENZA CON CURVA DISPERSIONE



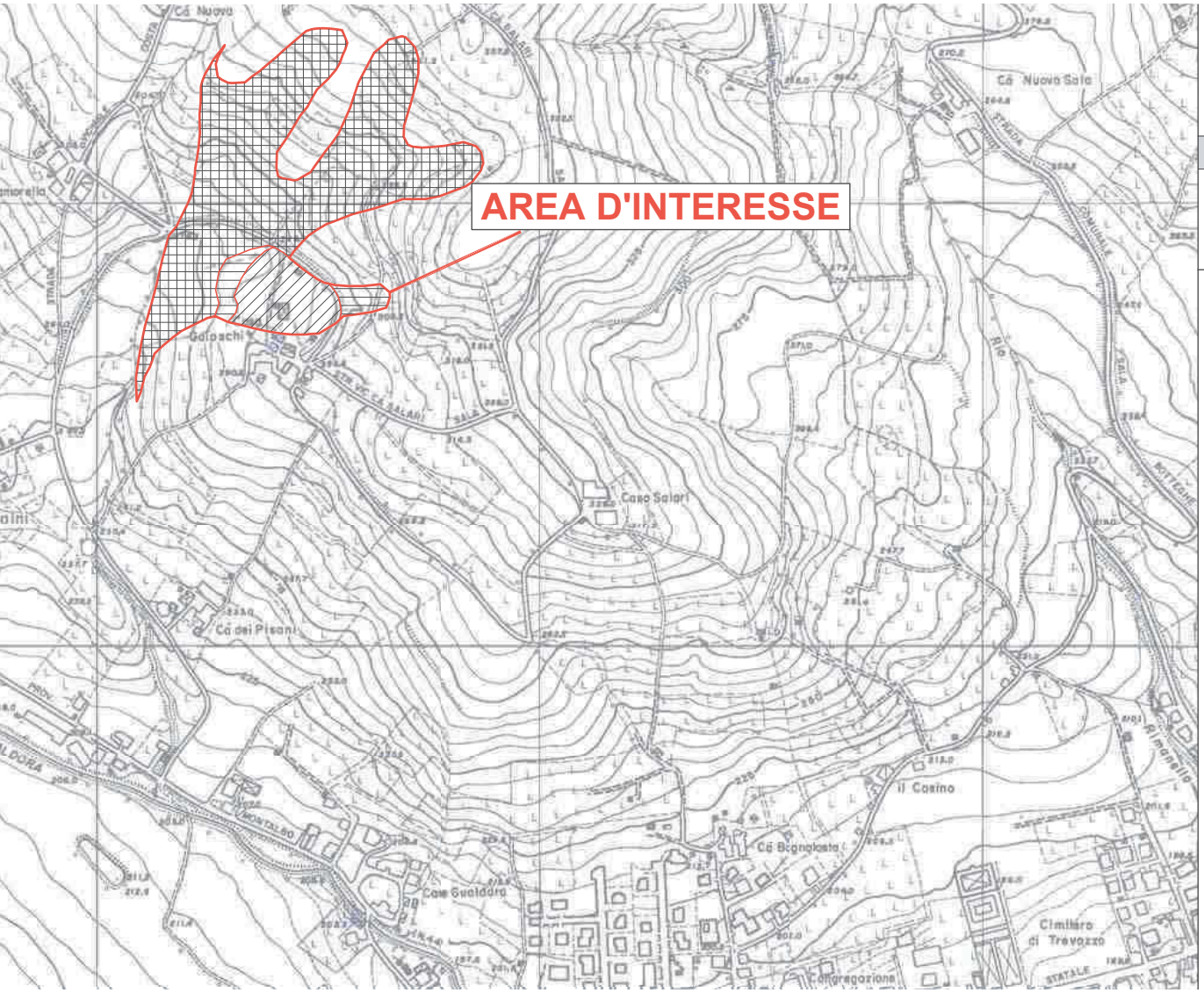
PROFILO VELOCITÀ Vs



Vs30 dal p.c = 290

SUOLO DI FONDAZIONE TIPO "C"

Fig.6c



Studio ge
di un versante
in loc. Casa Gaiasc
"*Classificazione del*
qu

CARTA DEL "RI

CLASSI DI RISCHIO

Classe 2 - Risc

Classe 3 - Risc

Classe 4 - Risc



AREA D

2 Frana quiescente in loc. Casa Ronchetto

Geotest S.r.l. Servizi Geologici-Geotecnici-Geofisici
Via E. Fermi, 113 - 29010 Trevozzo V.T. (PC) Tel.: 348 5107263
Capitale Soc. Int. Versato...: 10.000 euro - P. iva: 01467560338

Comune di Nibbiano (PC)

Oggetto: Relazione geologico-sismica preliminare finalizzata alla valutazione e zonizzazione del "Rischio Geologico" dell'area in frana quiescente ubicata in Località Rocchetto.

Committenti: Sig. Serra Errante Michele
Sig.ra Zucconi Galli Fonseca Giovanna
Loc. Il Rocchetto n. 2
29010 Nibbiano (PC)

Geotest s.r.l.

Dott. Geologo Adriano Baldini

Trevozzo V.T. 30/11/2015

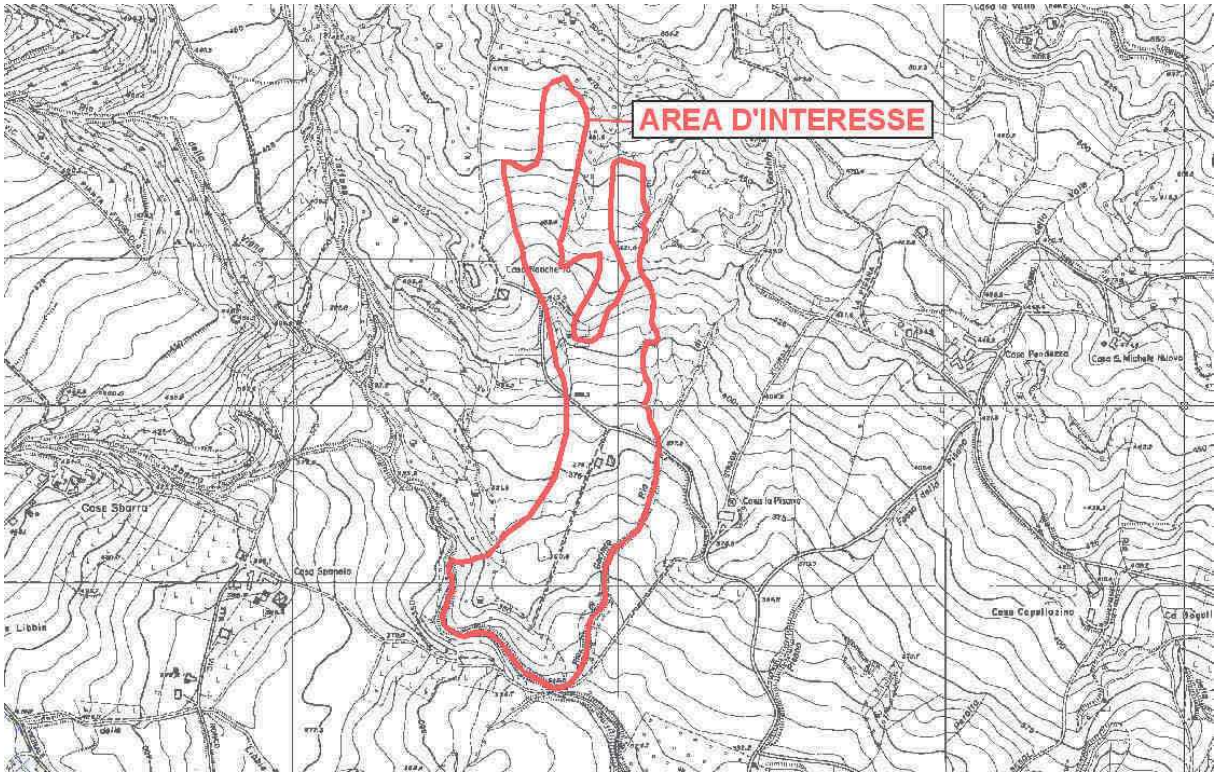
Sommario

1. PREMESSA 2
2. INDAGINI ESEGUITE 4
3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO-GEOMORFOLOGICO 5
3.1 CARATTERISTICHE GEOLOGICHE 5
3.2 CARATTERISTICHE GEOMORFOLOGICHE 5
4. INQUADRAMENTO IDROLOGICO E IDROGEOLOGICO 7
5. INDAGINI GEOGNOSTICHE 8
5.1 SISMICA A RIFRAZIONE 8
5.1.1 Cenni metodologici 8
5.1.2 Modalità esecutive 9
5.1.3 Strumentazione utilizzata 9
5.1.4 Elaborazione 10
5.1.5 Analisi dei risultati 11
5.2 PROVE PER LA DETERMINAZIONE DEL PROFILO DI VELOCITA' DELLE ONDE SISMICHE "S" 11
5.2.1 Cenni metodologici 11
5.2.2 Modalità esecutive 12
5.2.3 Commento dei risultati 12
6. MODELLO GEOLOGICO DELL'AREA 13
7. VALUTAZIONE DELLA PERICOLOSITA' SISMICA DELL'AREA (delibera del 2 Maggio 2007, n.112, in materia antisismica) 13
7.1 OBIETTIVI DELLA DELIBERA 13
7.2 LIVELLI DI APPROFONDIMENTO 14
7.3 CARATTERI SISMICI DELL'AREA 15
7.4 VALUTAZIONE DEL FATTORE DI AMPLIFICAZIONE DEL SITO INTERESSE-ANALISI 2° LIVELLO 17
7.5 SPETTRO DI RISPOSTA (IN PGA) DELL'AREA 18
7.6 ANALISI DELLA STABILITA' DEL VERSANTE SIA IN CONDIZIONI PSEUDO-STATICHE CHE SISMICHE-DINAMICHE - ANALISI 3° LIVELLO 19
7.6.1 Analisi di stabilità in condizioni pseudostatiche 19
7.6.2 Analisi di stabilità dinamica (Metodo di NEWMARK) 20
8. ZONIZZAZIONE DEL RISCHIO DEL CORPO DI FRANA QUIESCENTE 21
9. PRESCRIZIONI DEL P.R.G. PER LE AREE IN FRANA QUIESCENTE IN CUI E' STATA EFFETTUATA LA VALUTAZIONE DEL RISCHIO 22

1. PREMESSA

Nel Novembre 2015, è stata realizzata un'indagine geologico-sismica, in un area sita in loc. Casa Ronchetto nel Comune di Nibbiano.

Nel dettaglio l'area è localizzata sul versante orografico sinistro T. Tidone, circa 2 Km a nord dell'abitato di Nibbiano.

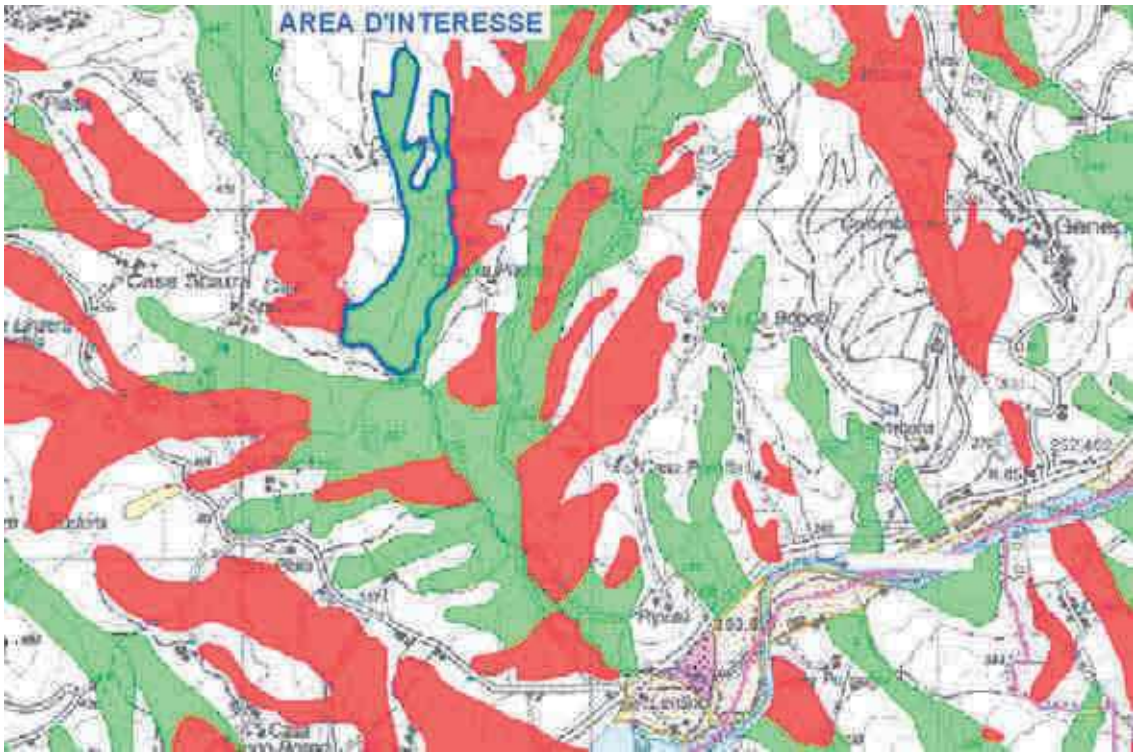


Inquadramento territoriale da CTR

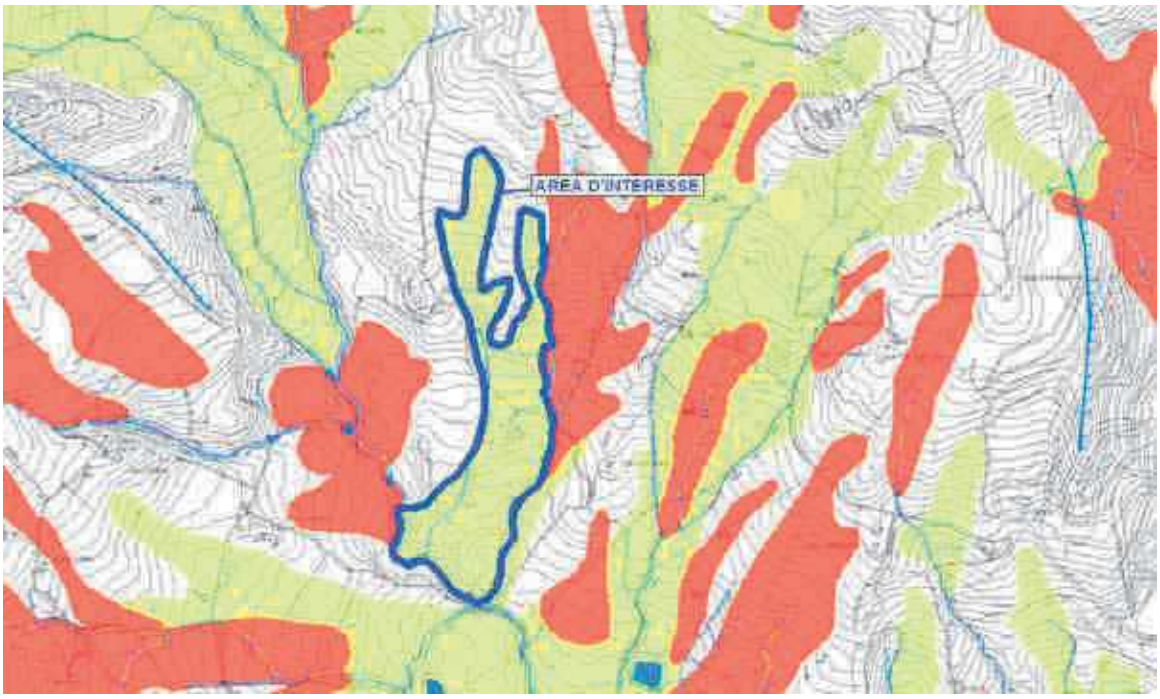
Nella carta del dissesto del PTCP della provincia di Piacenza e nella "Carta del Dissesto Comunale" allegata al PSC (in questo caso coincidenti), l'area d'interesse è classificata come frana quiescente. Le norme del PTCP (comma 7 dell'art. 31), consentono (compatibilmente con il grado di "rischio" accertato mediante opportuni approfondimenti geologici), di realizzare interventi edilizi (ampliamenti, nuove costruzioni ecc.), altrimenti non consentiti nelle aree di frana quiescente.

L'indagine ha avuto i seguenti obiettivi:

- Ricostruire l'assetto geologico-sismico del versante su cui insiste l'area d'interesse;
- Valutare le condizioni di stabilità complessiva del versante;
- Suddividere il corpo di frana in classi di rischio in base alla "pericolosità" geologica.



Carta del dissesto allegata al PTCP



Carta del dissesto allegata al PSC

2. INDAGINI ESEGUITE

L'approfondimento realizzato, come previsto dalla normativa, non ha riguardato solo l'area d'interesse della Committenza, ma è stato esteso a tutto il corpo di frana quiescente considerato influente ai fini della stabilità complessiva dell'area.

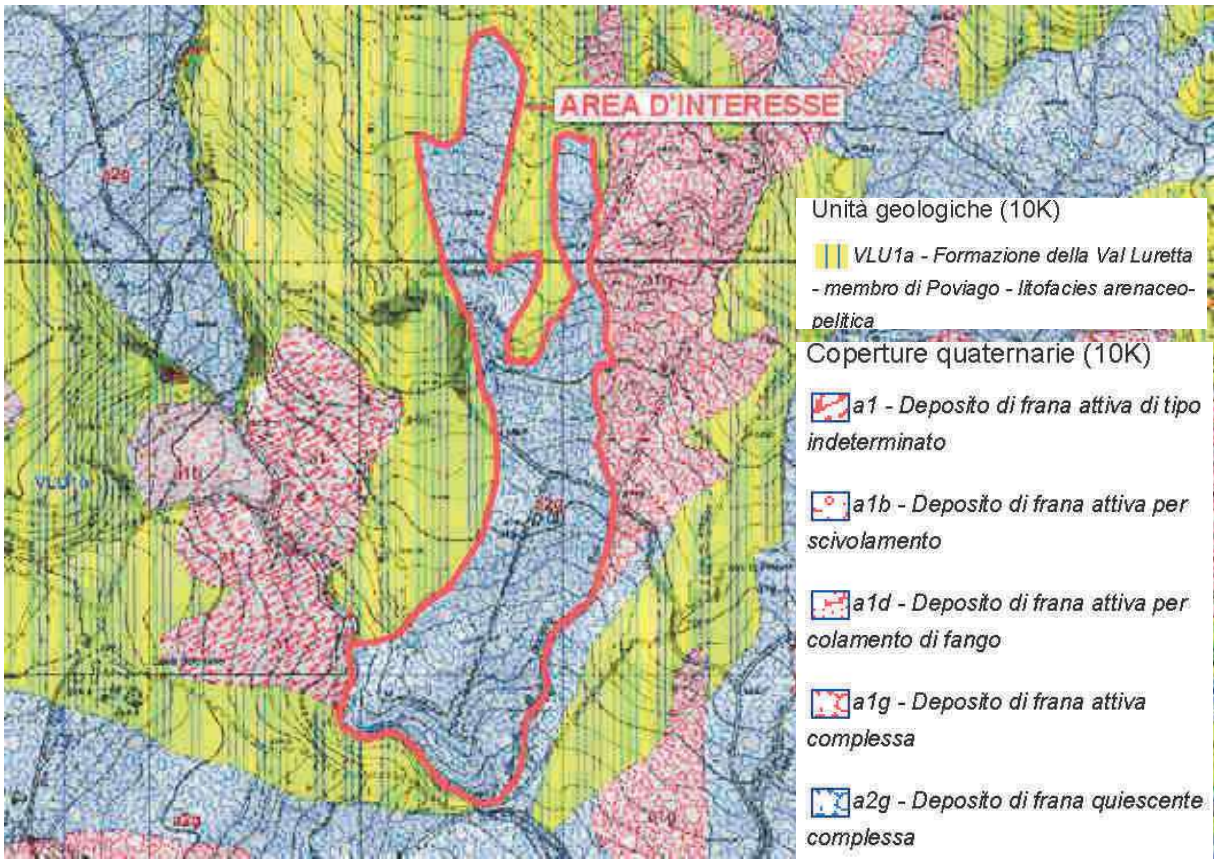
L'indagine geologico-sismica, conforme a quanto previsto dalla delibera del 2 Maggio 2007, n.112, in materia antisismica, ha compreso le seguenti fasi di studio:

- Raccolta ed analisi della documentazione esistente;
- Rilevamento geologico-geomorfologico di dettaglio di tutto il corpo di frana;
- Esecuzione di 2 profili sismo-tomografici, per la valutazione dello spessore e del grado di addensamento sia del materiale di copertura che del substrato geologico;
- Registrazione di 2 profili sismici con tecnica "MASW", per la determinazione del profilo di velocità delle onde "S" e della categoria del suolo di fondazione del sito in base all'attuale normativa antisismica;
- Analisi del "secondo livello" con valutazione del fattore di amplificazione del sito ed identificazione dei possibili effetti di sito;
- Analisi del "terzo livello" con valutazione della stabilità dell'area in condizione sismiche dinamiche (metodo di "Newmark");
- Valutazioni sulla stabilità geomorfologica dell'area e zonizzazione del corpo di frana quiescente in classi di "Rischio".

3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO-GEOMORFOLOGICO

3.1 CARATTERISTICHE GEOLOGICHE

Come documento di base per l'inquadramento geologico dell'area, è stata utilizzata la "Carta Geologica dell'Appennino Emiliano-Romagnolo" della regione Emilia Romagna alla scala 1:10000.



Estratto della Carta Geologica Regionale

La "Formazione" rocciosa affiorante nel settore in esame è la formazione di "Val Luretta" qui rappresentata dal Membro di Poviago (VLU1).

Dal punto di vista litostratigrafico la formazione geologica d'interesse, è costituita prevalentemente da alternanze decametriche di pacchi di strati medi arenaceo-pelitici e di pacchi argilloso-marnosi in strati medi e spessi, più frequenti verso il tetto del membro.

3.2 CARATTERISTICHE GEOMORFOLOGICHE

Il corpo detritico presenta una lunghezza massima di circa 1000 metri e si estende, a valle, fino a ridosso del Rio Rolentino. La larghezza è di circa 100-120 metri

Dal punto di vista geomorfologico non si tratta di un vero e proprio corpo di frana ma di un esiguo accumulo di materiale eluvio-colluviale (spessore 2-4 m) con il substrato roccioso, come testimoniano anche le prove geognostiche realizzate, spesso sub-affiorante.

Anche la morfologia del versante, complessivamente regolare, testimonia la sostanziale stabilità dell'area.



Panoramica del versante a morfologia complessivamente regolare, in alto a sinistra si scorge la località Casa Ronchetto



Panoramica del versante a morfologia complessivamente regolare, verso valle si osservano solo modeste ondulazioni

Diversa è la situazione ad est del corpo di frana "quiescente" dove i segnali dei movimenti gravitativi sono evidenti.

Non si rilevano comunque condizioni geomorfologiche, erosione al piede e/o presenza di fessure di trazione nella zona di monte, che possano far ipotizzare una possibile mobilizzazione dell'esigua coltre detritica, che si ribadisce attualmente risulta in buone condizioni di stabilità.

4. INQUADRAMENTO IDROLOGICO E IDROGEOLOGICO

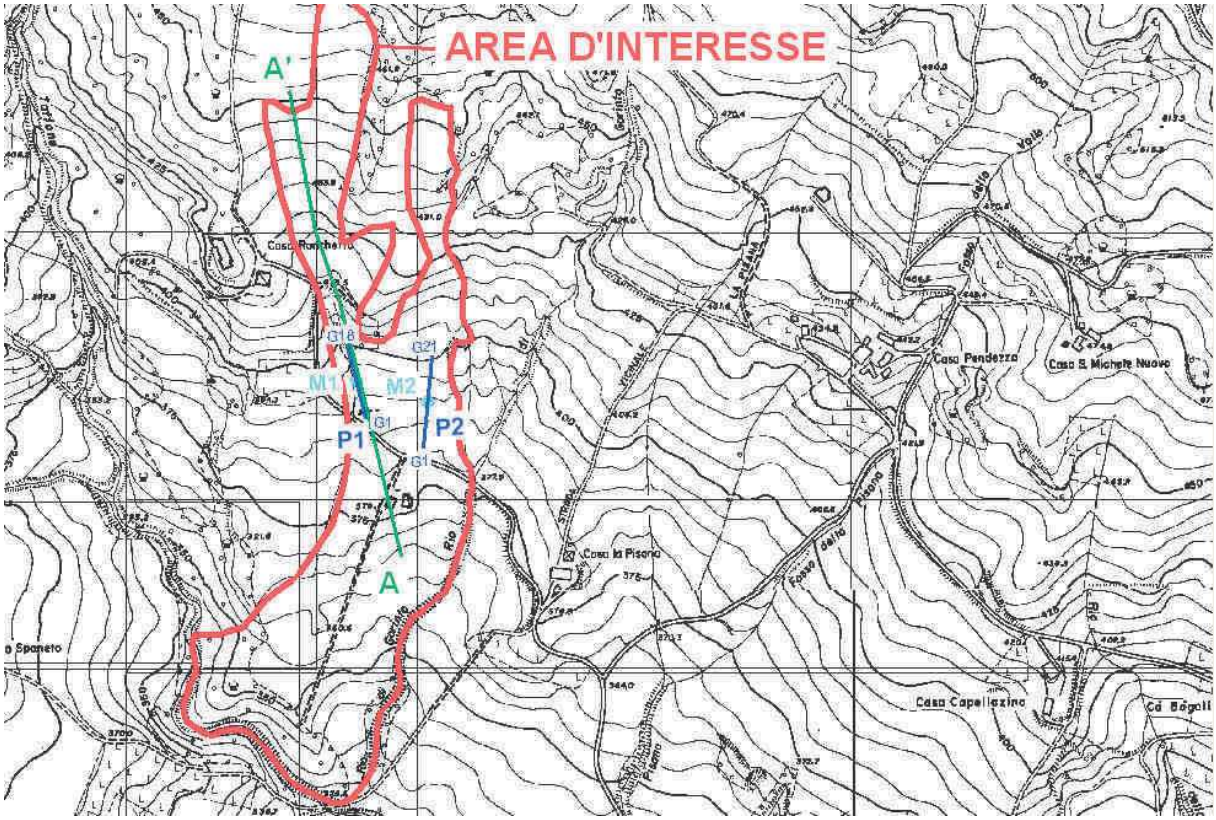
Data la morfologica complessivamente regolare del versante, in cui non sono presenti evidenti avvallamenti e/o contropendenze, il drenaggio delle acque superficiali, assicurato dai canali di scolo legati alle pratiche agricole, è in linea generale piuttosto efficiente.

Sotto l'aspetto idrogeologico si possono sinteticamente ipotizzare due tipi di circolazione idrica:

- Una, di maggiore entità, che interessa l'ammasso roccioso soprattutto ove la fratturazione risulta più intensa. Nel complesso, comunque, i litotipi presenti, a prevalente componente argilloso-marnosa, sono poco idonei ad ospitare falde idriche produttive;
- L'altra di minore entità, ma rilevante per la stabilità, si può formare all'interno della copertura eluvio-colluviale più allentata (spessore 2-4 m), nei periodi particolarmente piovosi.

5. INDAGINI GEOGNOSTICHE

Come già accennato, sono stati realizzati 2 profili sismo-tomografici e 2 prove "Masw".



Planimetria indagini geognostiche

5.1 SISMICA A RIFRAZIONE

5.1.1 Cenni metodologici

La prospezione sismica rappresenta una tecnica di prospezione geofisica che consente, attraverso l'acquisizione e l'elaborazione di dati, la costruzione d'immagini bidimensionali (o tridimensionali) della variazione della velocità sismica. Con questa tecnica si riesce ad avere, pertanto, una visione seppur qualitativa della stratigrafia del terreno investigato, in termini di variazioni di "densità" dello stesso, essendo questo parametro direttamente legato alla velocità sismica. La tecnica di prospezione, consiste nella misura dei tempi impiegati dalle onde sismiche longitudinali (onde P) per percorrere un tragitto rettilineo tra una serie di punti d'energizzazione (sorgente sismica) e una serie di punti di ricezione (geofoni). Il confronto matematico tra i vari tempi permette di suddividere lo spazio compreso tra le due serie di punti in porzioni, o "celle elementari" (quadrate per le sezioni bidimensionali come quelle in esame, o cubiche per sezioni tridimensionali) caratterizzate ognuna da un proprio valore di velocità sismica.

5.1.2 Modalità esecutive

I profili sono costituiti da allineamenti di 18/22 geofoni spaziati di 5 metri. In punti predefiniti dei profili, sono stati creati artificialmente degli impulsi elastici mediante l'utilizzo di una massa battente; l'energizzazione è avvenuta in 7 punti disposti simmetricamente allo stendimento e precisamente nelle seguenti posizioni:

- 2 punti esterni al profilo
- 2 punti agli estremi del profilo
- 3/4 lungo il profilo.

La registrazione dei sismogrammi è stata effettuata mediante un sismografo Geode della Geometrics a 24 canali ad elevata dinamica (24 bit).

5.1.3 Strumentazione utilizzata

Il "Geode" è un sismografo modulare a 24 bit che rappresenta l'ultima frontiera dei sistemi di registrazione sismica combinando il meglio dei tradizionali sismografi Geometrics con la flessibilità di un sistema distribuito. Geode è un sismografo ad elevata dinamica (144 dB di range dinamico totale – 105 dB istantanei a 2 msec di campionamento). Grazie all'ampia banda d'ingresso (1.75 Hz – 20 kHz, con velocità di campionamento da 0.02 msec a 16 msec), esso è perfettamente idoneo per un'ampia gamma di applicazioni: sismica a rifrazione, sismica a riflessione (anche ad altissima risoluzione), monitoraggio di vibrazioni, applicazioni sismologiche, downhole e VSP. In acquisizione sono disponibili tutte le funzioni di filtri, pre-amplificazione, line-test e instrument-test, tipiche dei sistemi di registrazioni evoluti.



Sismografo "Geode"

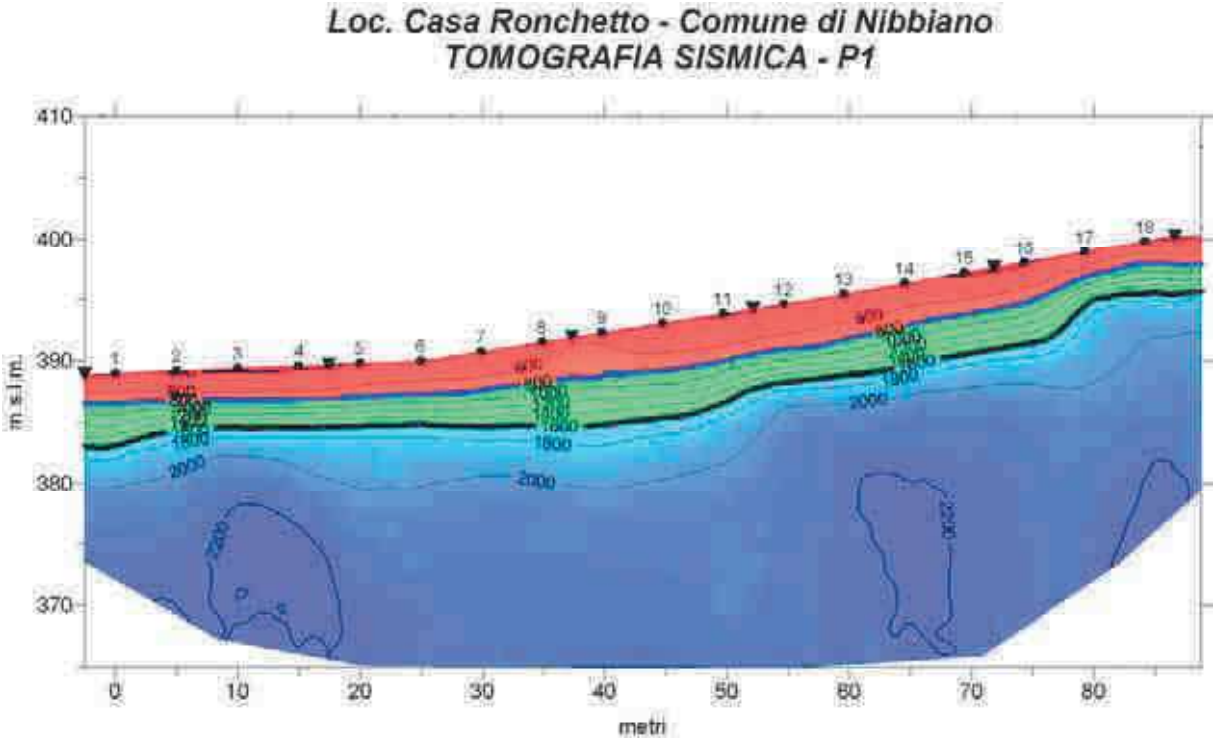
L'atrezzatura utilizzata è composta da:

- Sismografo modulare Geode 3-1000+ canali,
- Massa battente da 10 Kg,
- Piastra di battuta in alluminio 15x15x2,5cm,
- Batteria ricaricabile 12 V,

- Cavo per sismica a rifrazione stranded, 130 mt con 24 takeouts SPT-21 a 5 metri di intervallo e due code da 7.5 mt l'una terminate con connettore Bendix 61S,
- Geofoni GS20DX, 10 Hz verficali, 395 Ohm con puntale da 3" ed 1,5 mt di cavo terminato con mueller clip singola MC-20-SP,
- Computer portatile ACER.

5.1.4 Elaborazione

In questo caso i dati acquisiti sono stati interpretati secondo un metodo sismico-tomografico utilizzando il software SeisOpt@2D v4.0 prodotto dalla OPTIM. La procedura d'elaborazione ha comportato in una prima fase la lettura dei tempi dei primi arrivi sui sismogrammi. In seguito, sono stati ricostruiti i percorsi dei raggi sismici attraverso il terreno. In linea teorica, ogni punto del mezzo investigato, è attraversato in tutte le direzioni, dai raggi sismici. Di ogni raggio è quindi calcolata la traiettoria e, sul confronto fra tutti i possibili percorsi e tempi impiegati, ed è stabilita per ogni punto (o cella di dimensioni 2.5x1.25 m, in questo caso) la sua velocità sismica caratteristica. Il risultato finale dell'elaborazione consiste in sezioni (Fig. 5) di velocità sismiche, rappresentata sia per isovelocità sia tramite colori. Alle diverse classi di velocità sismica, sono stati attribuiti colori che vanno, dal rosso per i valori più bassi, al blu per i valori più elevati. La scala cromatica evidenza i cambiamenti di velocità ritenuti più significativi.



5.1.5 Analisi dei risultati

L'elaborazione ha permesso la distinzione di varie unità secondo le loro caratteristiche sismiche:

- ***Unità allentata superficiale*** *(colore rosso),* con velocità inferiori a **800 m/ s**. L'unità corrisponde al materiale detritico di copertura meno compatto. Gli spessori sono mediamente variabili da 2 a 4 m.
- ***Unità intermedia mediamente addensata*** (colore verde), con velocità media di **1200-1400 m/ s** e spessori medi di 2-4 metri. L' unità è correlabile al substrato roccioso alterato;
- ***Unità di fondo*** *(colore azzurro),* con velocità medie di **2000-2200 m/ s**; i valori di velocità, non particolarmente elevati, sono associabili ad un substrato a prevalente componente argilloso-marnosa.

5.2 PROVE PER LA DETERMINAZIONE DEL PROFILO DI VELOCITA' DELLE ONDE SISMICHE "S"

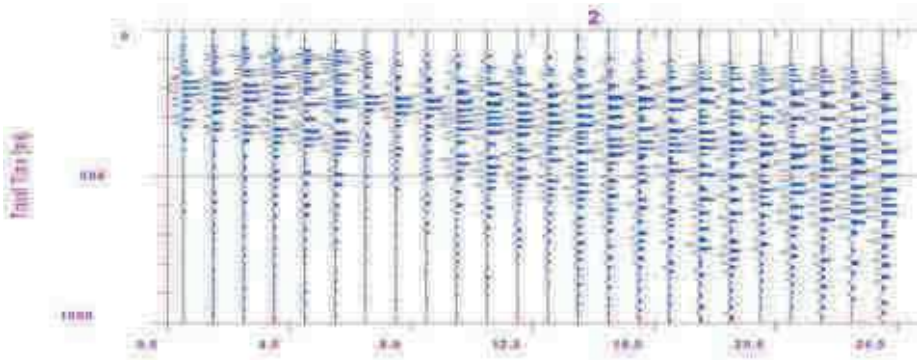
Per la determinazione del profilo di velocità delle onde "S" e della categoria del suolo di fondazione è stato utilizzato il metodo "Masw". I profili "Masw" sono stati realizzati in corrispondenza dei 2 stendimenti sismico-tomografici.

5.2.1 Cenni metodologici

Il MASW (Park et al., 1999) è stato sviluppato in parte per superare le difficoltà dell'applicazione del SASW in ambienti rumorosi. La tecnica, che prevede la registrazione simultanea (in questo caso l'energizzazione è prodotta da una massa battente di almeno 10 Kg) di 12 o più canali, fornisce una ridondanza statistica delle misure di velocità di fase e ne avvalora la veridicità. Il salvataggio delle tracce nel dominio temporale, permette inoltre di distinguere e evidenziare, le onde di Rayleigh presenti nel record, che sono caratterizzate da un'elevata ampiezza di segnale (circa il 60% dell'energia prodotta dalla sorgente artificiale si distribuisce in onde di superficie). Una particolare analisi spettrale, "overtone analysis", produce un grafico Velocità di fase-frequenza in cui si può distinguere il modo fondamentale delle onde di superficie da cui ricavare la curva di dispersione ed il profilo delle Vs per successiva inversione 1-D. La tecnica permette, inoltre, di eseguire misure ripetute spostandosi nella direzione di allineamento per risalire ad un profilo bidimensionale che evidenzia le variazioni laterali delle Vs. Il software utilizzato per l'elaborazione dei dati è il "winMASW" versione Academy della Eliosoft.

5.2.2 Modalità esecutive

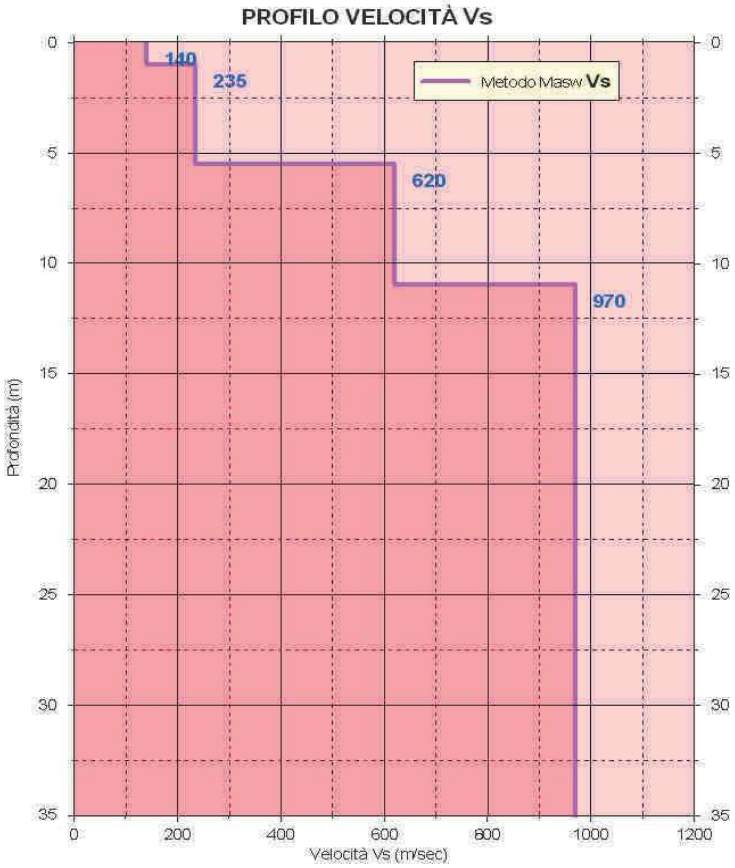
Sono stati realizzati 2 stendimenti di 18/22 geofoni, con distanza intergeofonica di 5 m. La lunghezza delle registrazioni è stata di 1 sec, con un passo di campionamento di 0.25 ms.



Esempio di registrazione con tecnica "Masw"

Si ricorda che il punto di determinazione del profilo delle Vs in profondità, si riferisce al centro dello stendimento geofonico.

5.2.3 Commento dei risultati



Risultati della prova Masw – M2

Esaminando i grafici ottenuti, si possono fare queste considerazioni:

- Dalla superficie fino a 4/5 m dal p.c. sono presenti materiali caratterizzati da valori di Vs medio-bassi (Vs< 250 m/s). Tali depositi possono essere correlati alla copertura detritica e alla porzione alterata del substrato;
- Più in profondità, fino a 8-11 metri, i valori di Vs aumentano segnalando la presenza del substrato mediamente compatto;
- Oltre gli 8-11 metri si ha un più significativo aumento di velocità, con valori che si portano sui 950-1050 m/s in corrispondenza del substrato roccioso più compatto;
- I valori di Vs 30 calcolati sono di 600 m/s (M1) e 570 m/s (M2);
- In base all'attuale normativa (NTC2008) il sito d'interesse presenta un suolo di fondazione di tipo B.

6. MODELLO GEOLOGICO DELL'AREA

Le indagini realizzate unite alle più generali conoscenze geologiche hanno consentito di ricostruire il modello geologico-geotecnico di riferimento per l'area d'interesse.

SINTESI DEI PARAMETRI GEOTECNICI

Livello A	**Litologia:** *limo e argilla con trovanti da poco a mediamente addensato*	
Dal p.c. a –2/-4 m	Peso di volume Peso di volume saturo Angolo di attrito di picco Angolo di attrito residuo Coesione	**γ = 1.85 t/mc** **γ = 1.95 t/mc** **φ = 22°** **φ = 20°** **C = 0.06 Kg/cmq**
Livello B	**Litologia:** *substrato alterato*	
da–2/-4 m a –6/-8 m	Peso di volume Peso di volume saturo Angolo di attrito di picco Angolo di attrito residuo Coesione	**γ = 1.95 t/mc** **γ = 2.10 t/mc** **φ = 27°** **φ = 24°** **C = 0.1 Kg/cmq**
Livello C	**Litologia:** *substrato roccioso mediamente compatto*	
Oltre –6/-8 m	Peso di volume Angolo di attrito	**γ = 2.25 t/mc** **φ = 45°**

7. VALUTAZIONE DELLA PERICOLOSITA' SISMICA DELL'AREA (delibera del 2 Maggio 2007, n.112, in materia antisismica)

7.1 OBIETTIVI DELLA DELIBERA

Scopo del presente atto di indirizzo e coordinamento è quello di fornire i criteri per la per l'individuazione delle aree soggette ad effetti locali e per la microzonazione sismica del territorio in modo da orientare le scelte della pianificazione verso aree caratterizzate da minore pericolosità sismica. Lo studio della pericolosità di base e della pericolosità locale hanno come obiettivi:

- *l'individuazione delle aree dove in occasione dei terremoti attesi possono verificarsi effetti locali;*
- *la stima quantitativa della risposta sismica locale dei depositi e delle morfologie presenti nell'area di indagine ("Analisi della Risposta Sismica Locale", RSL);*
- *la suddivisione del territorio in sottozone a diversa pericolosità sismica locale ("Microzonazione Sismica", MZS).*

I risultati dell'analisi della pericolosità sismica locale e della microzonazione sismica, devono essere applicati nella redazione degli strumenti di pianificazione territoriale e urbanistica.

7.2 LIVELLI DI APPROFONDIMENTO

Gli studi di risposta sismica locale e microzonazione sismica vanno condotti a diversi livelli di approfondimento a seconda delle finalità e delle applicazioni nonché degli scenari di pericolosità locale.

Tali studi svolti devono essere descritti in una relazione che indichi chiaramente il livello di approfondimento, le indagini effettuate e i risultati ottenuti e devono fornire una cartografia dello stato del territorio, e sono un riferimento necessario per la Valutazione di Sostenibilità Ambientale e Territoriale (VALSAT) preventiva delle singole scelte del piano.

Si identificano due fasi di analisi con diversi livelli di approfondimento.

La prima fase è diretta a definire gli scenari di pericolosità sismica locale, cioè ad identificare le parti di territorio suscettibili di effetti locali (amplificazione del segnale sismico, cedimenti, instabilità dei versanti, fenomeni di liquefazione, rotture del terreno, ecc.). L'individuazione delle aree soggette ad effetti locali si basa su rilievi, osservazioni e valutazioni di tipo geologico e geomorfologico, svolte a scala territoriale, associati a raccolte di informazioni sugli effetti indotti dai terremoti passati. Tale analisi viene svolta - soprattutto mediante elaborazione dei dati disponibili - in sede di elaborazione del PTCP e del PSC e concorre alla definizione delle scelte di piano, fornendo prime indicazioni sui limiti e le condizioni per la pianificazione nelle suddette aree.

La seconda fase ha come obiettivo la microzonazione sismica del territorio indagato. Sulla base degli scenari individuati dalle analisi svolte nel corso della prima fase, nella seconda fase si attuano due diversi livelli di approfondimento:

a) nelle aree pianeggianti e sub-pianeggianti, incluse le zone di fondovalle appenniniche, con stratificazione orizzontale e sub-orizzontale, e sui versanti stabili con acclività ≤ 15° in cui il deposito ha spessore costante si ritiene sufficiente un'analisi semplificata (secondo livello di approfondimento), cioè l'analisi della pericolosità locale può essere basata, oltre che

sull'acquisizione di dati geologici e geomorfologici più dettagliati di quelli rilevati nel primo livello, su prove geofisiche in sito e su prove geotecniche di tipo standard. Il numero delle verticali indagate deve essere tale da consentire un'adeguata caratterizzazione geotecnica spaziale dei terreni e delle formazioni presenti nell'area di studio;

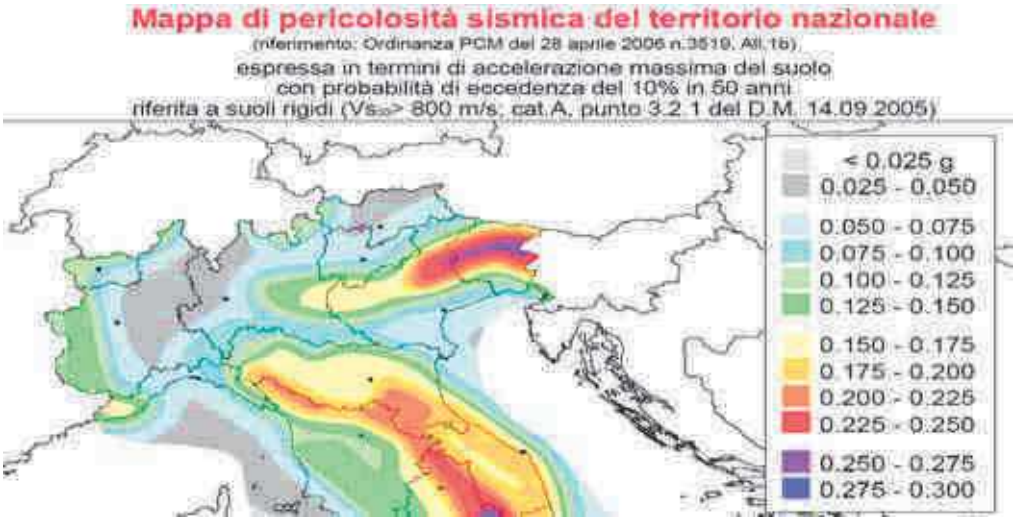
b) un'analisi più approfondita (terzo livello di approfondimento) è invece richiesta nei seguenti casi (vedere Allegato A1):

- *aree soggette a liquefazione e densificazione;*
- *aree instabili e potenzialmente instabili;*
- *aree in cui le coperture hanno spessore fortemente variabile, come ad esempio nelle aree pedemontane e di fondovalle a ridosso dei versanti;*
- *aree in cui è prevista la realizzazione di opere di rilevante interesse pubblico.*

L'analisi approfondita richiede un significativo numero di prove geofisiche e geotecniche, sia in sito che in laboratorio, rivolte alla definizione del comportamento dei terreni sotto sollecitazione dinamica. In queste parti del territorio la pericolosità potrebbe essere molto elevata e perciò deve essere attentamente valutata la possibilità di renderle suscettibili di trasformazione urbanistica.

7.3 CARATTERI SISMICI DELL'AREA

In base alla nuova carta della pericolosità sismica del territorio nazionale, i valori di PGA su suolo rigido con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni, per il Comune di Nibbiano sono compresi fra 0.075 e 0.100 g. L'area ricade nella zona simogenetica 911, in cui i meccanismi di fagliazione prevalenti sono legati a faglie trascorrenti e le profondità dei terremoti prevalentemente compresi fra 8 e 12 Km. Le magnitudo massime attese nella zona sismogenetica d'interesse sono di 5.7-6.1.Le serie storiche dei terremoti contenuti nell'archivio della Regione Emilia Romagna non segnalano eventi sismici rilevanti nell'area d'interesse.



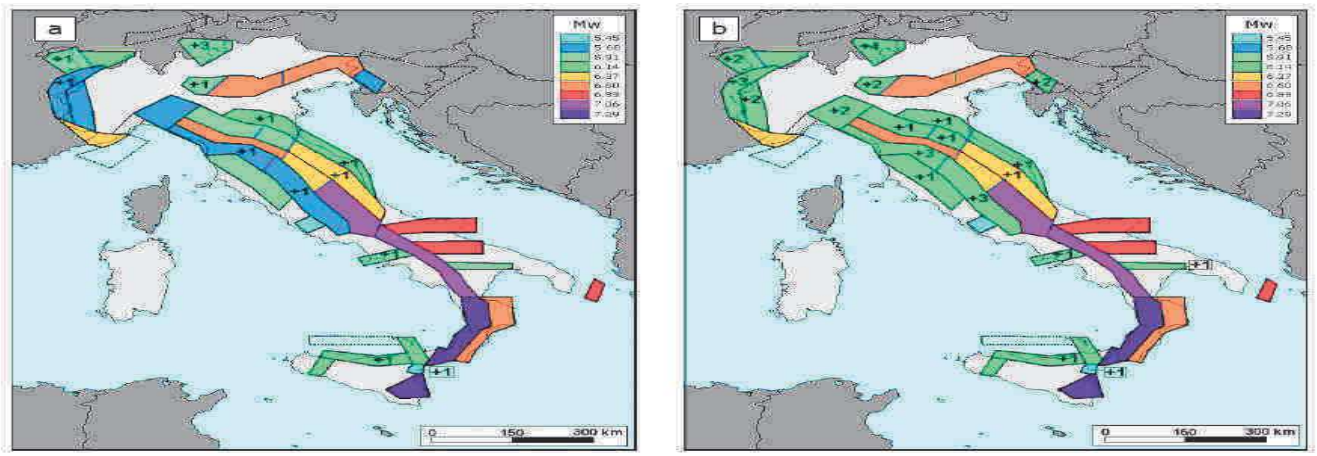


Figura 36. Valori di Mwmax corrispondenti ai due insiemi: a) "osservati" (Mwmax1); b) "cautelativi" (Mwmax2).

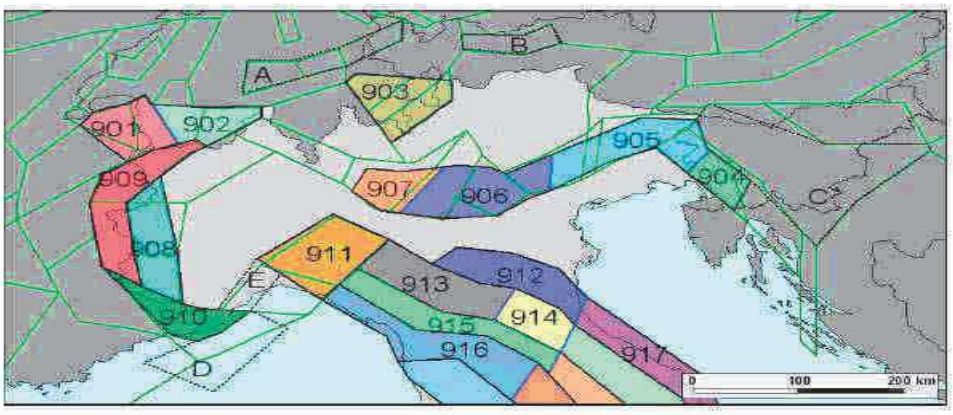


Figura 10. Zonazione sismogenetica ZS9 a confronto con la zonazione del progetto SESAME nell'area alpina (Jiménez et al., 2001; linee di colore verde).

In base alle caratteristiche geologiche del sito d'interesse, i principali effetti attesi possono ricondursi essenzialmente a fenomeni di amplificazione litologica e in minor misura a fenomeni d'instabilità dei versanti. Sono da escludere fenomeni d'amplificazione topografica (pendenza del versante complessivamente inferiore a 15°) e fenomeni di liquefazione (basso valore di ag atteso e presenza di copertura di materiale eterogeneo in matrice coesiva).

7.4 VALUTAZIONE DEL FATTORE DI AMPLIFICAZIONE DEL SITO INTERESSE-ANALISI 2° LIVELLO

A2.1.1 - APPENNINO E MARGINE APPENNINICO-PADANO

In caso di substrato marino caratterizzato da Vs ≥ 800 m/s si devono usare le seguenti tabelle

F.A. P.G.A.

Vs_H / H	200	250	300	350	400	450	500	600	700	800
5	1.6	1.3	1.2	1.1	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
10	2.0	1.9	1.7	1.6	1.4	1.2	1.1	1.0	1.0	1.0
15	2.0	2.0	2.0	1.8	1.6	1.4	1.3	1.2	1.0	1.0
20	2.0	2.0	2.0	1.9	1.7	1.6	1.4	1.3	1.1	1.0
25	1.9	2.0	1.9	1.9	1.8	1.6	1.5	1.3	1.2	1.0
30	1.8	1.9	1.9	1.9	1.7	1.5	1.5	1.4	1.2	1.0
35	1.7	1.8	1.9	1.9	1.7	1.6	1.5	1.4	1.3	1.0
40	1.6	1.8	1.9	1.9	1.8	1.6	1.5	1.4	1.3	1.0

F.A. INTENSITA' SPETTRALE - 0.1s < To < 0.5s

Vs_H / H	200	250	300	350	400	450	500	600	700	800
5	1.2	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
10	1.8	1.6	1.4	1.2	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
15	2.1	2.0	1.7	1.5	1.2	1.1	1.1	1.0	1.0	1.0
20	2.3	2.3	1.9	1.7	1.5	1.4	1.2	1.1	1.0	1.0
25	2.2	2.4	2.2	2.0	1.7	1.5	1.4	1.2	1.1	1.0
30	2.1	2.3	2.3	2.1	1.9	1.7	1.5	1.3	1.2	1.0
35	1.9	2.1	2.3	2.2	1.9	1.8	1.6	1.4	1.3	1.0
40	1.8	2.0	2.3	2.3	2.0	1.8	1.6	1.4	1.3	1.0

F.A. INTENSITA' SPETTRALE - 0.5s < To < 1.0s

Vs_H / H	200	250	300	350	400	450	500	600	700	800
5	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
10	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
15	1.2	1.2	1.1	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
20	1.5	1.4	1.2	1.1	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
25	2.1	2.1	1.5	1.2	1.1	1.1	1.0	1.0	1.0	1.0
30	2.4	2.3	1.9	1.5	1.2	1.1	1.1	1.0	1.0	1.0
35	2.5	2.4	2.3	1.8	1.3	1.3	1.2	1.1	1.0	1.0
40	2.7	2.6	2.6	2.0	1.6	1.3	1.2	1.1	1.1	1.0

I fattori di amplificazione calcolati per i singoli profili di velocità Vs sono riassunti nel tabella seguente:

PROVA	PROF. BEDROCK	VS 30	VS H	FA PGA	FA intensità spettrale 0.1s-0.5s	FA intensità spettrale 0.5s-1.0s
M1	8 m	600	265	1.8	1.6	1.0
M2	11 m	570	312	1.9	1.7	1.1

In base alla delibera sopraccitata, l'accelerazione orizzontale su suolo rigido (Vs>800 m/s) prevista per il Comune di Nibbiano è di 0.098g.

7.5 SPETTRO DI RISPOSTA (IN PGA) DELL'AREA

Nella delibera della Regione è riportata la forma dello spettro di risposta valido per tutta la regione.

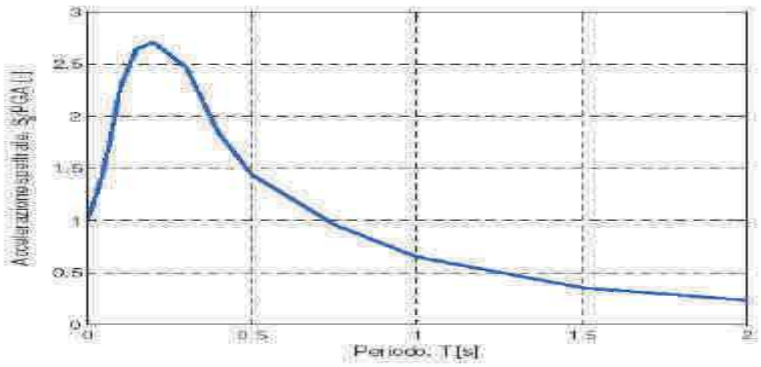
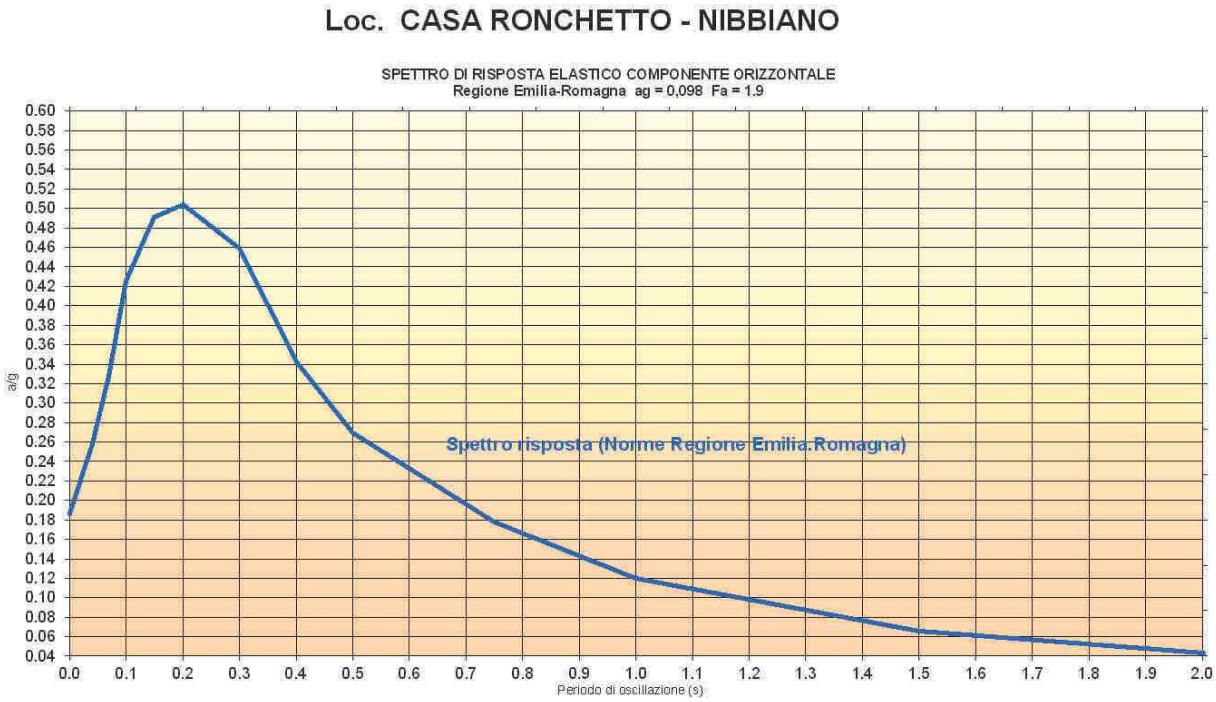


Figura 1 - Spettro di risposta normalizzato (T_R = 475 anni, smorzamento = 5%) per l'Emilia-Romagna

Dallo spettro di risposta normalizzato è possibile ottenere, moltiplicando i valori della tabella 1 per il valore di arefg di ogni comune, lo spettro di risposta a probabilità uniforme che descrive le caratteristiche del moto sismico atteso per ogni comune dell'Emilia-Romagna. Considerando il valore di arefg=0.098 per il comune di Nibbiano e il fattore di amplificazione (1.9), è stato calcolato lo spettro di risposta del sito d'interesse.



Spettro di riposta del sito in base alle norme della regione Emilia-Romagna

7.6 ANALISI DELLA STABILITA' DEL VERSANTE SIA IN CONDIZIONI PSEUDO-STATICHE CHE SISMICHE-DINAMICHE - ANALISI 3° LIVELLO

Per ricostruire l'assetto litostratigrafico e le caratteristiche geomeccaniche del versante, oltre alle considerazioni di carattere geologico, sono stati utilizzati i dati desunti dalle prove geofisiche realizzate, sintetizzati nei paragrafi precedenti.

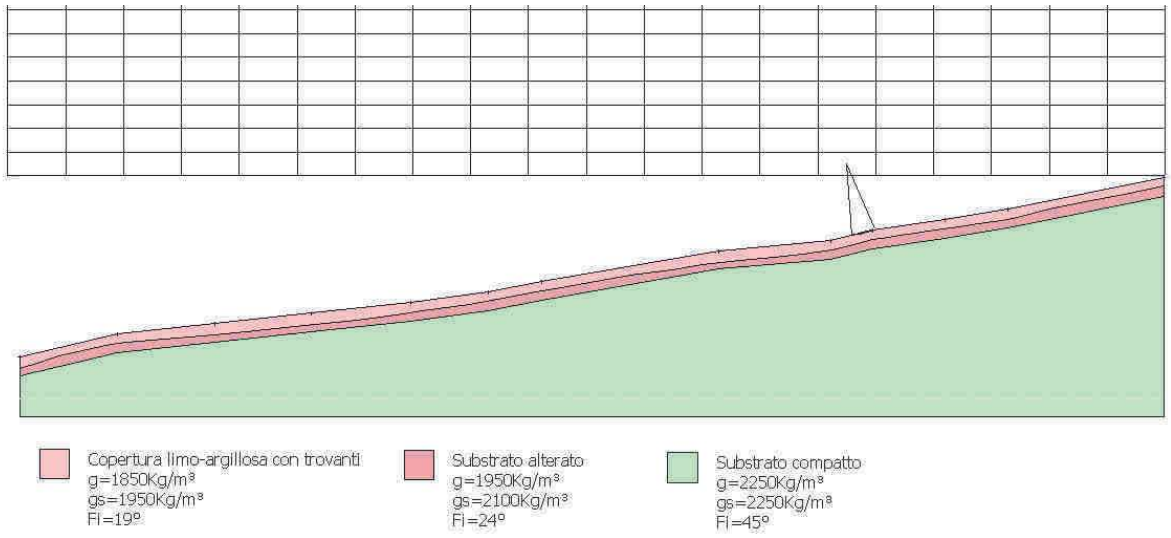
Nr.	DB	Peso unità di volume (Kg/m³)	Peso saturo (Kg/m³)	Coesione (kg/cm²)	Coesione non drenata (kg/cm²)	Angolo resistenza al taglio picco (°)	Angolo resistenza al taglio residuo (°)	Permeabilità (m/s)	Dati aggiuntivi ...	Texture ...	Descrizione
1		1850	1950		0.08	22	20	Permeabile			Copertura
2		1950	2100		0.1	27	24	Impermeabile			Substrato
3		2250	2250			45	45	Impermeabile			Substrato

Modello geologico-geotecnico dell'area

7.6.1 Analisi di stabilità in condizioni pseudostatiche

Per l'analisi di stabilità del versante è stato utilizzato il software "slope" della società Geostru. Il metodo utilizzato è stato quello di Janbu. Per l'analisi di stabilità, a scopo cautelativo, sono stati utilizzati valori di angolo di attrito prudenziali (angolo d'attrito residuo). Per l'azione sismica è stato considerato un valore di ag di 0.098x1.9 (fattore di amplificazione massimo) = 0.186g, ed un coefficiente di amplificazione topografica di 1.0.

In base alle verifiche realizzate, che, dato l'utilizzo dell'angolo di attrito residuo, sono state fatte in condizioni cautelative, il versante risulta in buone condizioni di sicurezza. La superficie con il minor coefficiente di sicurezza (1.37) è stata individuata nella parte alta del versante a maggior acclività.

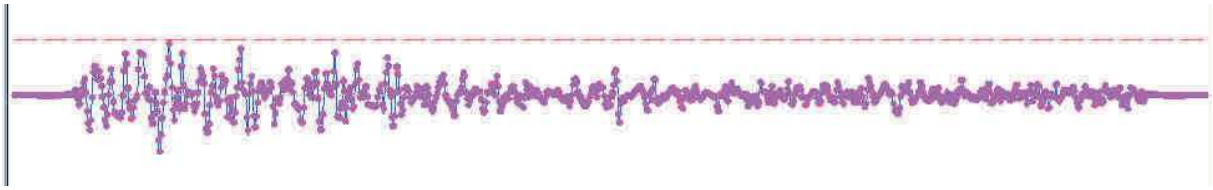


Verifica di stabilità del versante

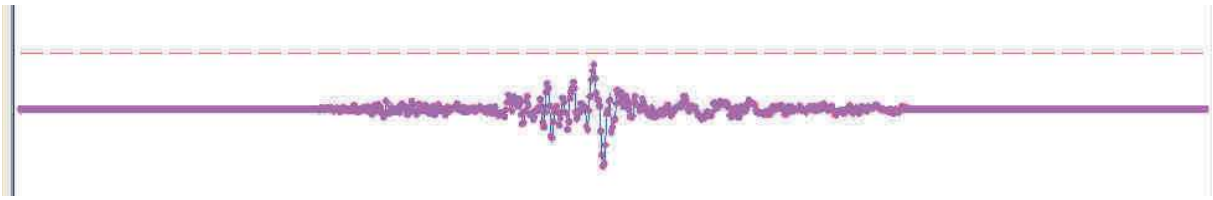
7.6.2 Analisi di stabilità dinamica (Metodo di NEWMARK)

Le verifiche in condizioni sismiche dinamiche (semplificate) sono state realizzate utilizzando come input gli accelerogrammi forniti dalla Regione Emilia-Romagna per il Comune di Nibbiano.

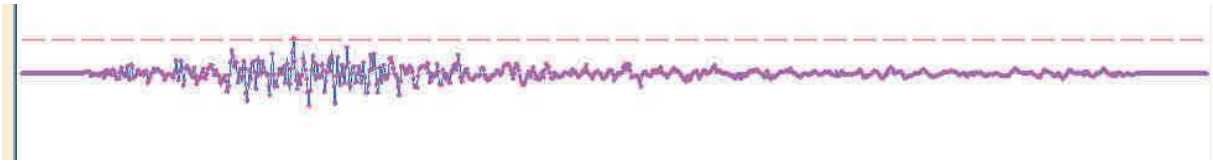
Le verifiche effettuate, con spostamenti praticamente nulli, confermano la stabilità dell'area anche in condizioni sismiche dinamiche. Di seguito si riportano i risultati delle 3 analisi dinamiche relative ai 3 sismogrammi considerati; nei grafici il valore soglia dell'accelerazione in grado di produrre spostamenti è rappresentato dalla linea rossa tratteggiata.



Accelerogramma 000046xa_033029Nibbiano.txt



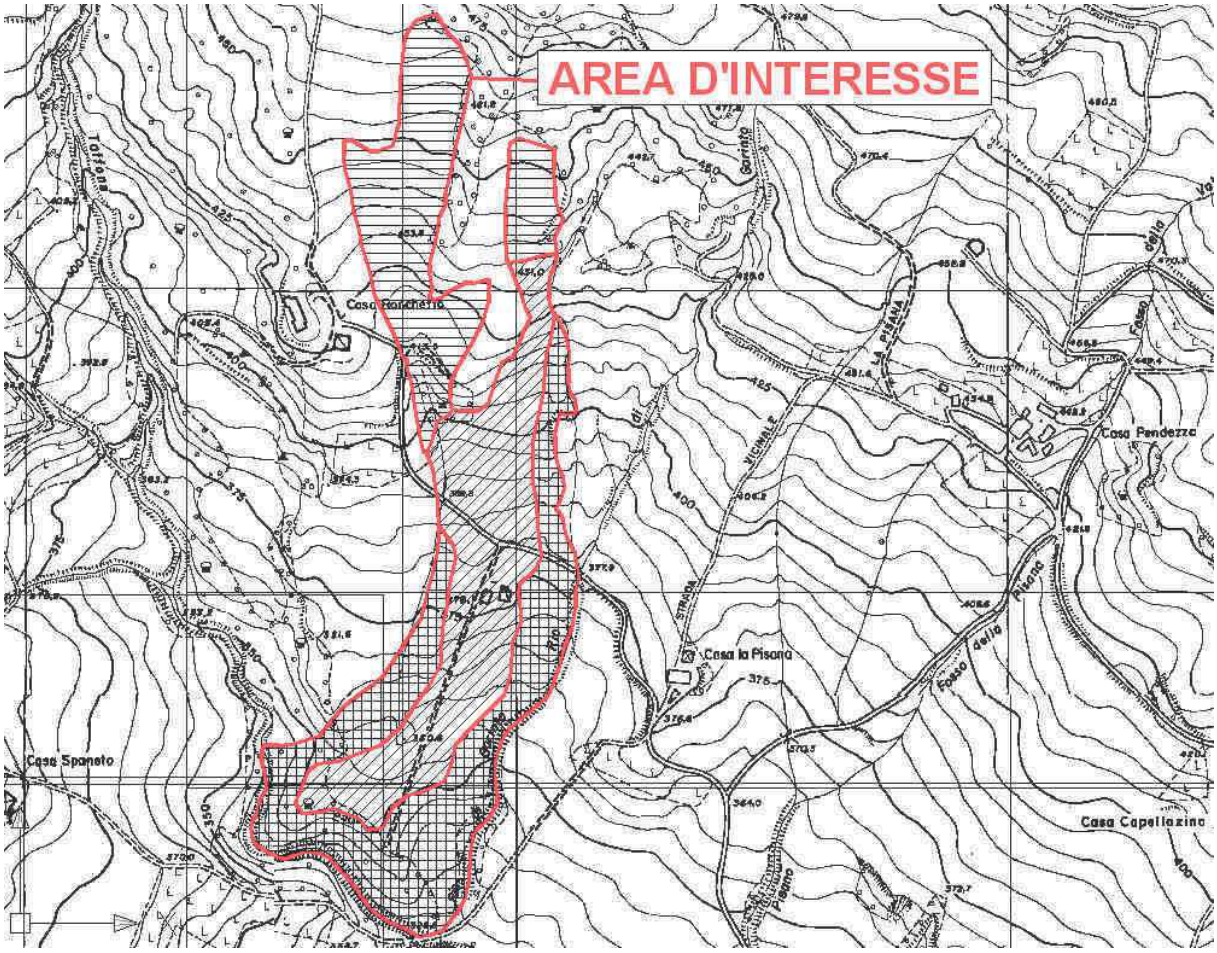
Accelerogramma 000126xa_033029Nibbiano.txt



Accelerogramma 000354xa_033029Nibbiano.txt

8. ZONIZZAZIONE DEL RISCHIO DEL CORPO DI FRANA QUIESCENTE

Il corpo di paleofrana studiato è stato suddiviso, in base a criteri geologico-geomorfologici, in settori contraddistindi da un differente grado di "rischio".



Zonizzazione del "rischio" geologico del corpo di paleofrana

Sono state distinte 3 classi di rischio:

- **Aree a rischio moderato (classe 2 - rigato obliquo)**, occupano in linea di massima la parte centrale del corpo detritico. In tali aree sia le condizioni morfologiche (dosso a drenaggio centrifugo) che litostratigrafiche (substrato sub-affiorante) sono favorevoli.
- **Aree a rischio elevato (classe 3 - rigato orizzontale)**, occupano la parte alta del corpo classificato come frana "quiescente". Anche se non si rilevano segnali di movimenti in atto e/o recenti, il drenaggio centripeto delle acque meteoriche che può favorire l'imbibizione della coltre detritica, porta a considerare tali aree a rischio più elevato.
- **Aree a rischio molto elevato (classe 4 – retino incrociato)**, sono sostanzialmente le aree a maggiore acclività, localmente interessate da piccoli movimenti superficiali. Cautelativamente sono state considerate a rischio molto elevato.

9. PRESCRIZIONI PER LE AREE IN FRANA QUIESCENTE IN CUI E' STATA EFFETTUATA LA VALUTAZIONE DEL RISCHIO

Classe 1 (rischio basso) – Fattibilità senza particolari limitazioni (R1):

Queste aree si ritengono utilizzabili ai fini edificatori senza particolari limitazioni all'urbanizzazione o alla modifica della destinazione d'uso; eventuali problematiche locali possono essere superate attraverso approfondimenti di indagine o accorgimenti tecnico-costruttivi. In particolare si dovrà subordinare l'autorizzazione ad accertamenti geognostici in particolare ai fini di:

- *evitare che fondazioni di una stessa costruzione vengano a poggiare in parte sulla zona di alterazione ed in parte sulla roccia in posto, o peggio ancora, su materiale di riporto;*
- *ridurre all'indispensabile eventuali sbancamenti e riporti adottando pendenze adeguate;*
- *drenare le acque eventualmente incontrate;*
- *adottare la tipologia di fondazione più idonea alla tipologia di substrato riscontrata.*

Classe 2 (rischio moderato) – Fattibilità con modeste limitazioni (R2):

Queste aree si ritengono utilizzabili ai fini urbanistici, anche se si sono appurate alcune condizioni limitanti all'edificabilità, che possono essere superate attraverso approfondimenti di indagine o accorgimenti tecnico-costruttivi; gli interventi edificatori sono comunque permessi, prevedendo se necessario eventuali accorgimenti costruttivi necessari o interventi di riduzione del rischio idrogeologico, quali:

- *sbancamenti e riporti ridotti al minimo;*
- *fondazioni rigide, spinte ad idonea profondità dall'attuale piano campagna;*
- *regolamentazione delle acque superficiali e sotterranee;*
- *sistemi di raccolta sistematica e l'allontanamento in tubazioni a perfetta tenuta delle acque piovane e di quelle di scarico dei futuri edifici;*
- *opportuni interventi di sostegno (ex gabbionate, muri con drenaggio e sistema di smaltimento acque ecc.) al fine di proteggere il piede di eventuali scarpate artificiali con pendenze superiori a 1/2.*

Per tali zone si dovrà comunque subordinare l'autorizzazione ad ulteriori e dettagliati accertamenti geologici e geognostici.

Classe 3 (rischio elevato) – Fattibilità con significative limitazioni (R3)

In questa classe si sono inserite le zone in cui la propensione al dissesto è più elevata, ed in cui le limitazioni alla modifica della destinazione d'uso appare più consistente.

Si dovrà dunque subordinare l'autorizzazione ad ulteriori e dettagliati accertamenti geologico-tecnici e geognostici, finalizzati a valutare quali siano le azioni atte a ridurre il rischio connesso all'intervento edificatorio

Si dovrà dunque prevedere quanto segue:

- *manutenzione delle eventuali opere di difesa esistenti;*
- *l'adozione di fondazioni rigide, spinte ad idonea profondità dall'attuale piano campagna;*
- *la raccolta sistematica e l'allontanamento in tubazioni a perfetta tenuta delle acque piovane e di quelle di scarico dei futuri edifici;*
- *regolamentazione delle acque superficiali e sotterranee, e se necessario comprendere tutta o buona parte della zona a monte, attraverso le opportune opere idrauliche (ex canali di scolo, drenaggi sotterranei ecc.);*
- *quanto necessario al fine di ridurre la pericolosità;*

Oltre a quanto consentito dalle norme del P.T.C.P. (e dal P.A.I) in merito alle frane attive e quiescenti, in questa classe sono ammessi solo ampiamenti delle costruzioni esistenti, con incrementi volumetrici non superiori a quanto consentito dalle N.T.A. del P.S.C comunale.

Classe 4 (rischio molto elevato) – Fattibilità con gravi limitazioni (R4):

In queste zone si intende consentito quanto permesso dal P.T.C.P (e dal P.A.I) per le frane quiescenti.

Nibbiano, 30/11/2015

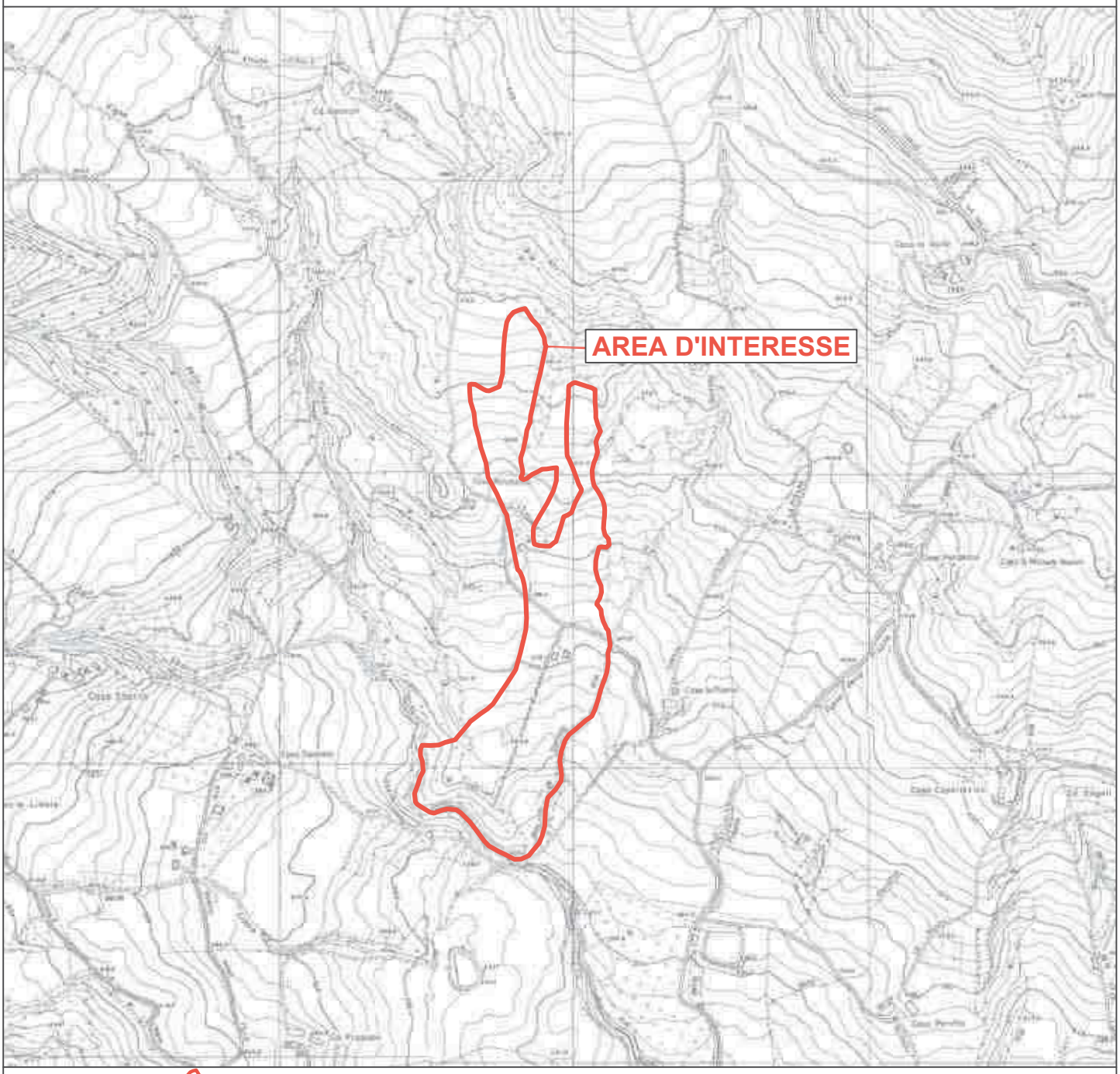
Dott. Adriano Baldini

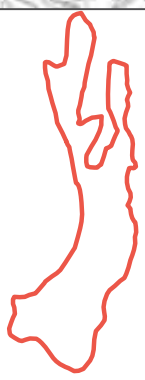
Dott. Alberto Lepori

ALLEGATI

INQUADRAMENTO TERRITORIALE

Scala 1:10000



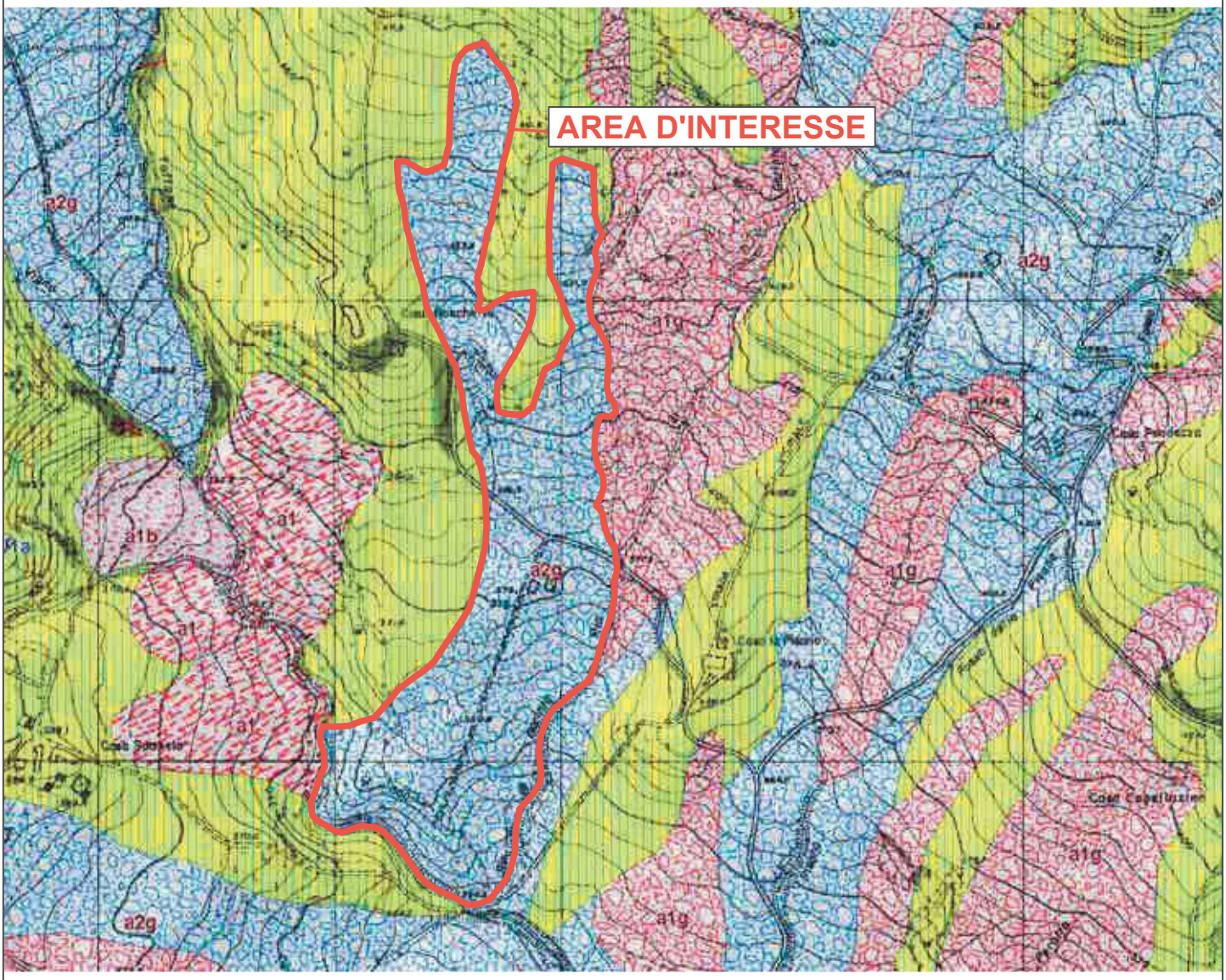


Area considerata

Fig. ***1***

ESTRATTO CARTA GEOLOGICA REGIONALE

Scala 1:7000



LEGENDA

Unità geologiche (10K)

VLU1a - Formazione della Val Luretta - membro di Poviago - litofacies arenaceo-pelitica

Coperture quaternarie (10K)

a1 - Deposito di frana attiva di tipo indeterminato

a1b - Deposito di frana attiva per scivolamento

a1d - Deposito di frana attiva per colamento di fango

a1g - Deposito di frana attiva complessa

a2g - Deposito di frana quiescente complessa

Area considerata



Fig.2



Studio ge
di un versante
in loc. Casa Ronche
"*Classificazione del*
qu

CARTA D
Estra

Elementi morfologici

Area di frana attiva:

Area di frana quiescente:

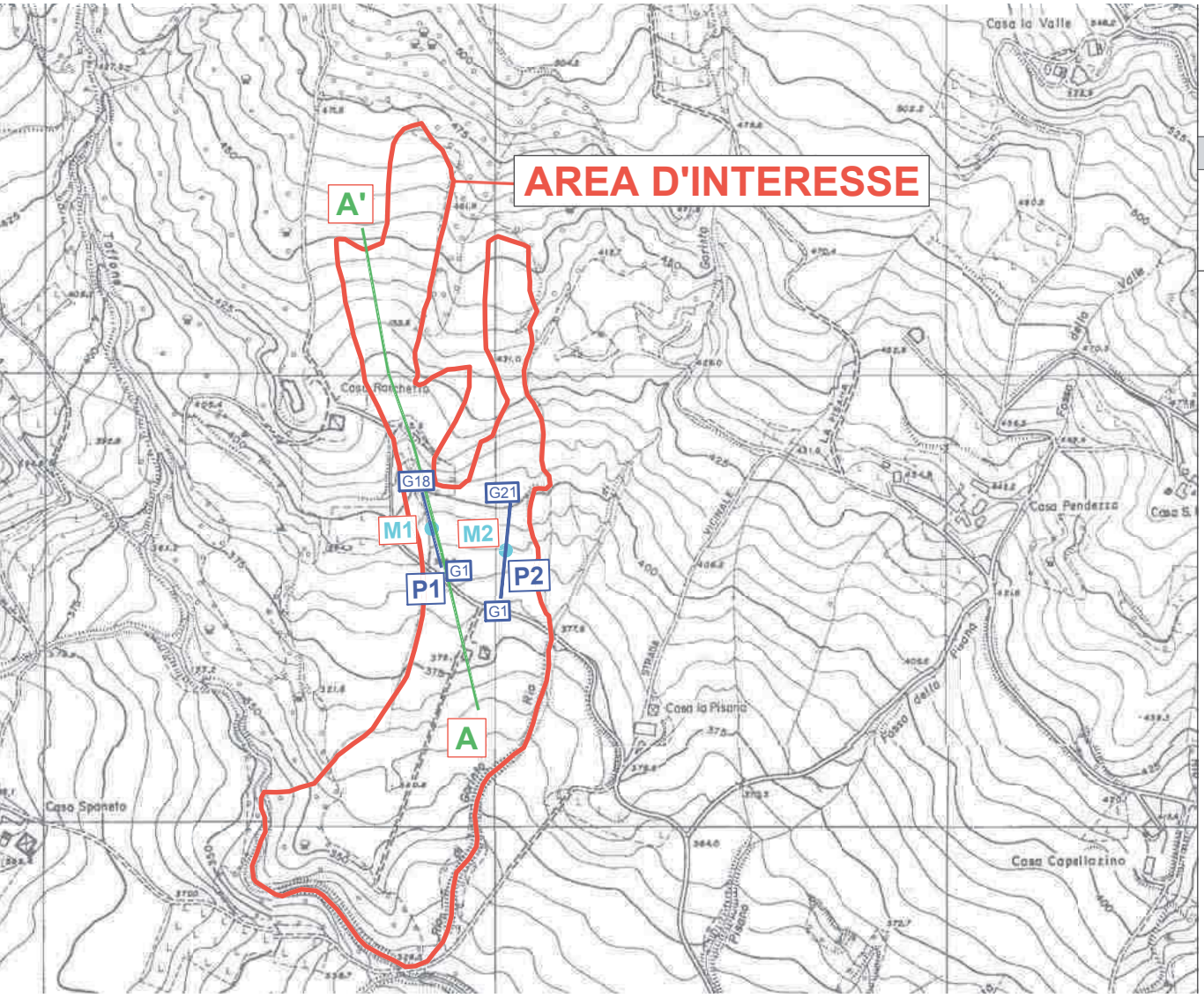
Area di frana stabilizzata o re

Depositi alluvionali attuali:

Depositi alluvionali terrazzat

Depositi alluvionali terrazzat

Depositi alluvionali terrazzat



Studio geo
di un versante
in loc. Casa Ronchet
"*Classificazione del*
qu

PLANIMETRIA

INDAGINI SISMICHE

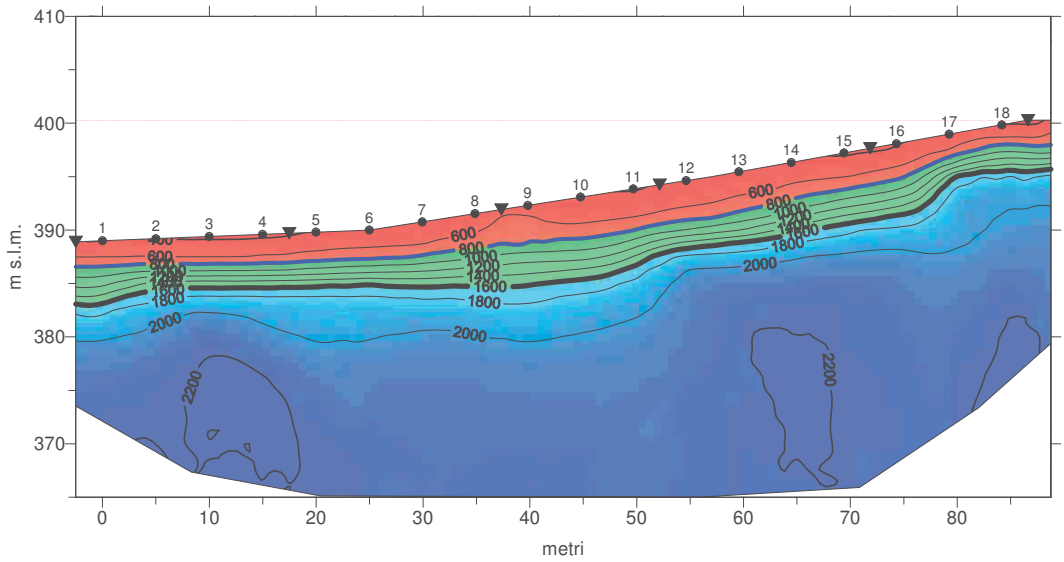
G1 **P1-P2** G21 Tra

M1-M2 Prov

A' **A** Tra

AREA

Loc. Casa Ronchetto - Comune di Nibbiano
TOMOGRAFIA SISMICA - P1



Scala 1:500

Velocità sismiche m/sec

300 600 900 1200 1500 1800 2100

Limite del materiale di copertura più allentato

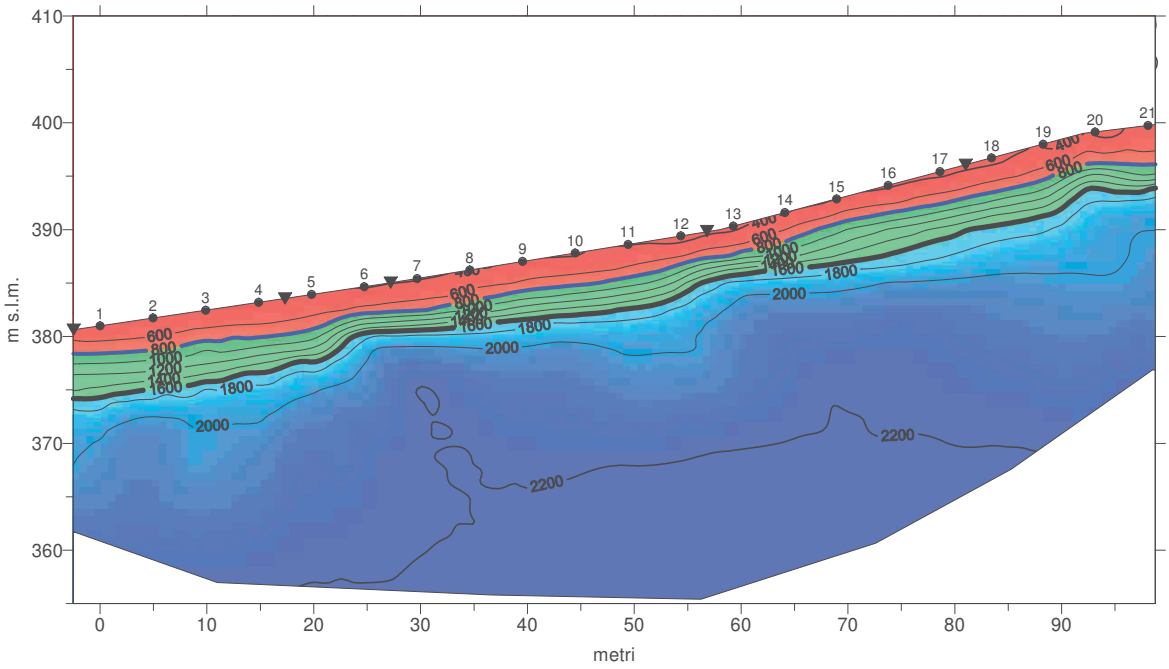
Passaggio al substrato più compatto

▼ Punti di energizzazione

● Punti di registrazione

Fig.5a

Loc. Casa Ronchetto - Comune di Nibbiano
TOMOGRAFIA SISMICA - P2



Scala 1:500

Velocità sismiche m/sec

300 600 900 1200 1500 1800 2100

Limite del materiale di copertura più allentato

Passaggio al substrato più compatto

▼ Punti di energizzazione

● Punti di registrazione

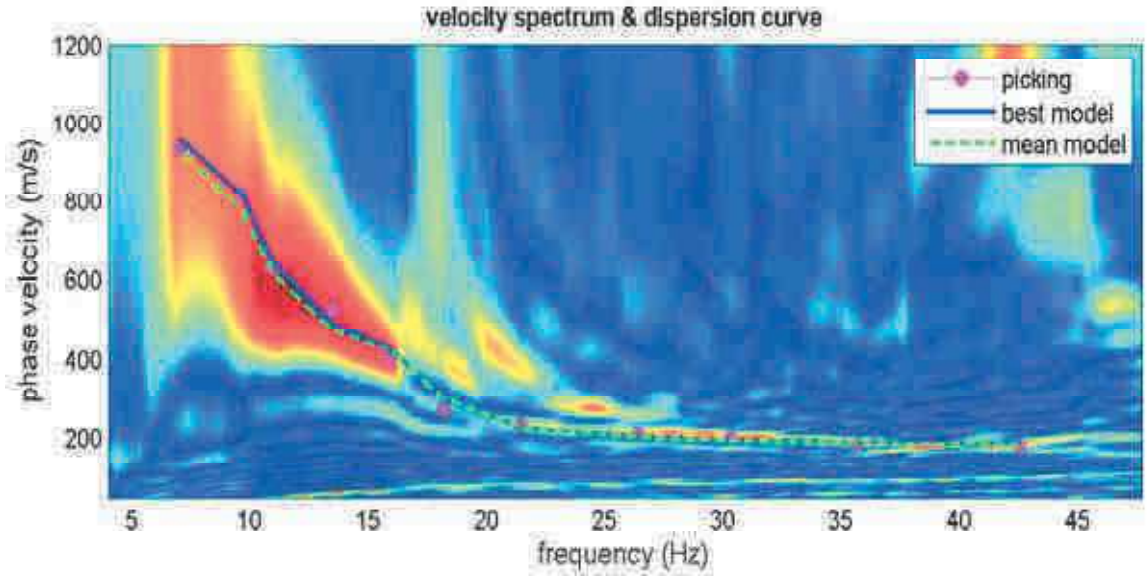
Fig.5b

loc. Casa Ronchetto - Comune di Nibbiano

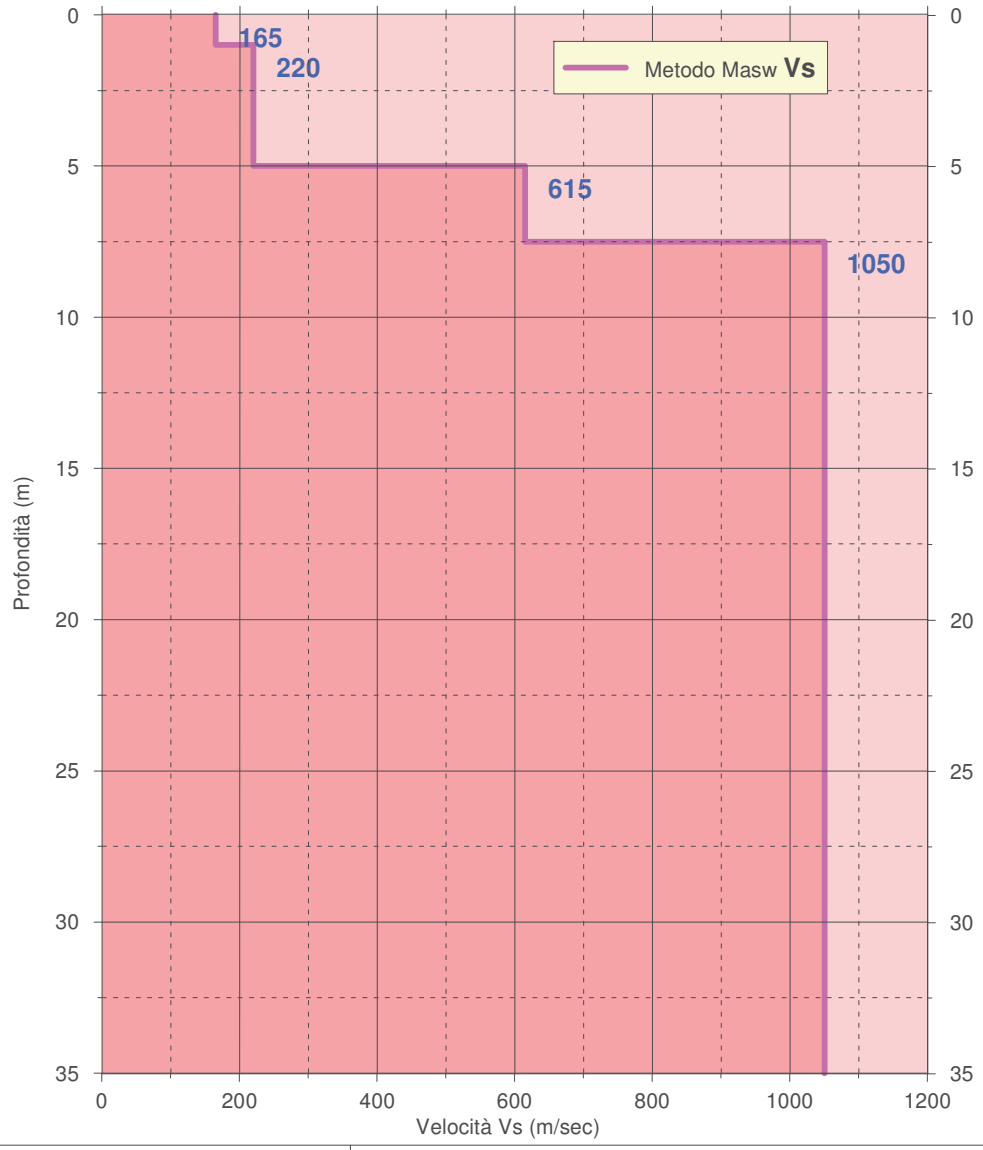
METODO MASW

M1

SPETTRO VELOCITA' DI FASE - FREQUENZA CON CURVA DISPERSIONE



PROFILO VELOCITÀ Vs



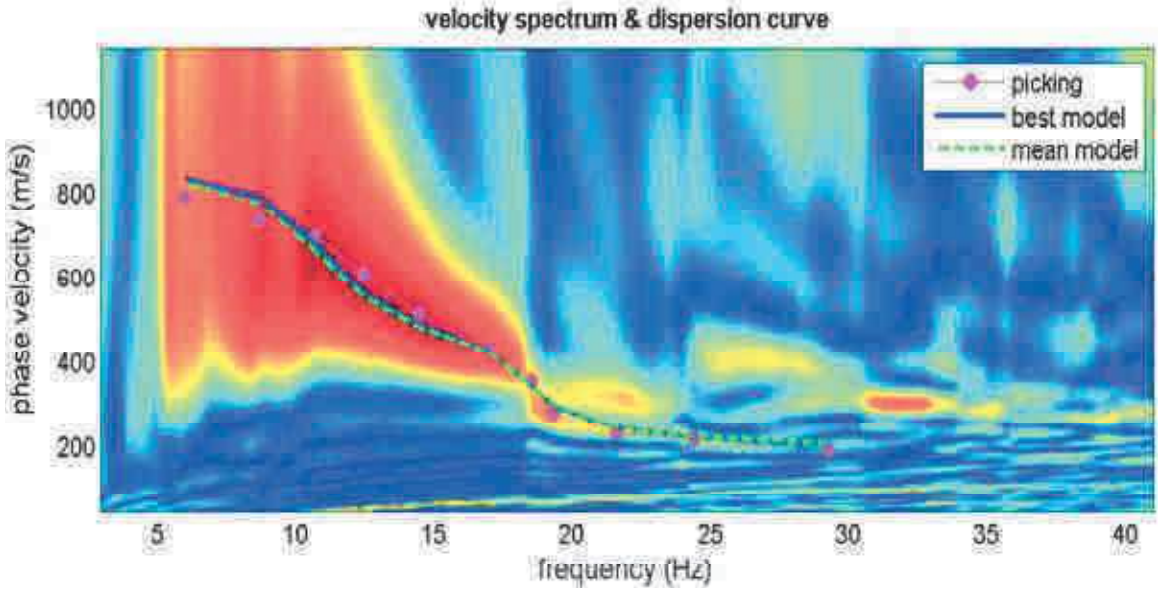
Vs30 dal p.c = 600	***SUOLO DI FONDAZIONE TIPO "B"***	**Fig.6a**

loc. Casa Ronchetto - Comune di Nibbiano

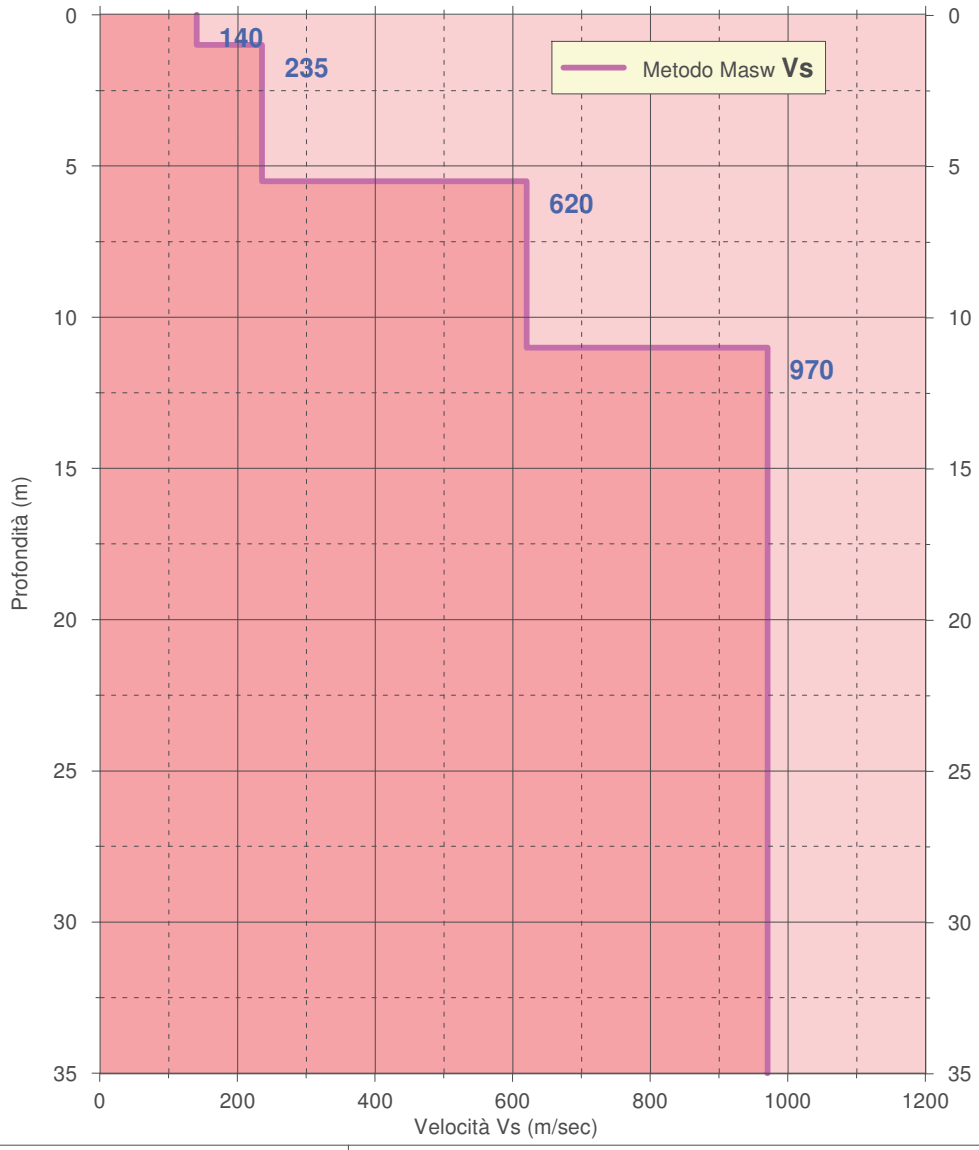
METODO MASW

M2

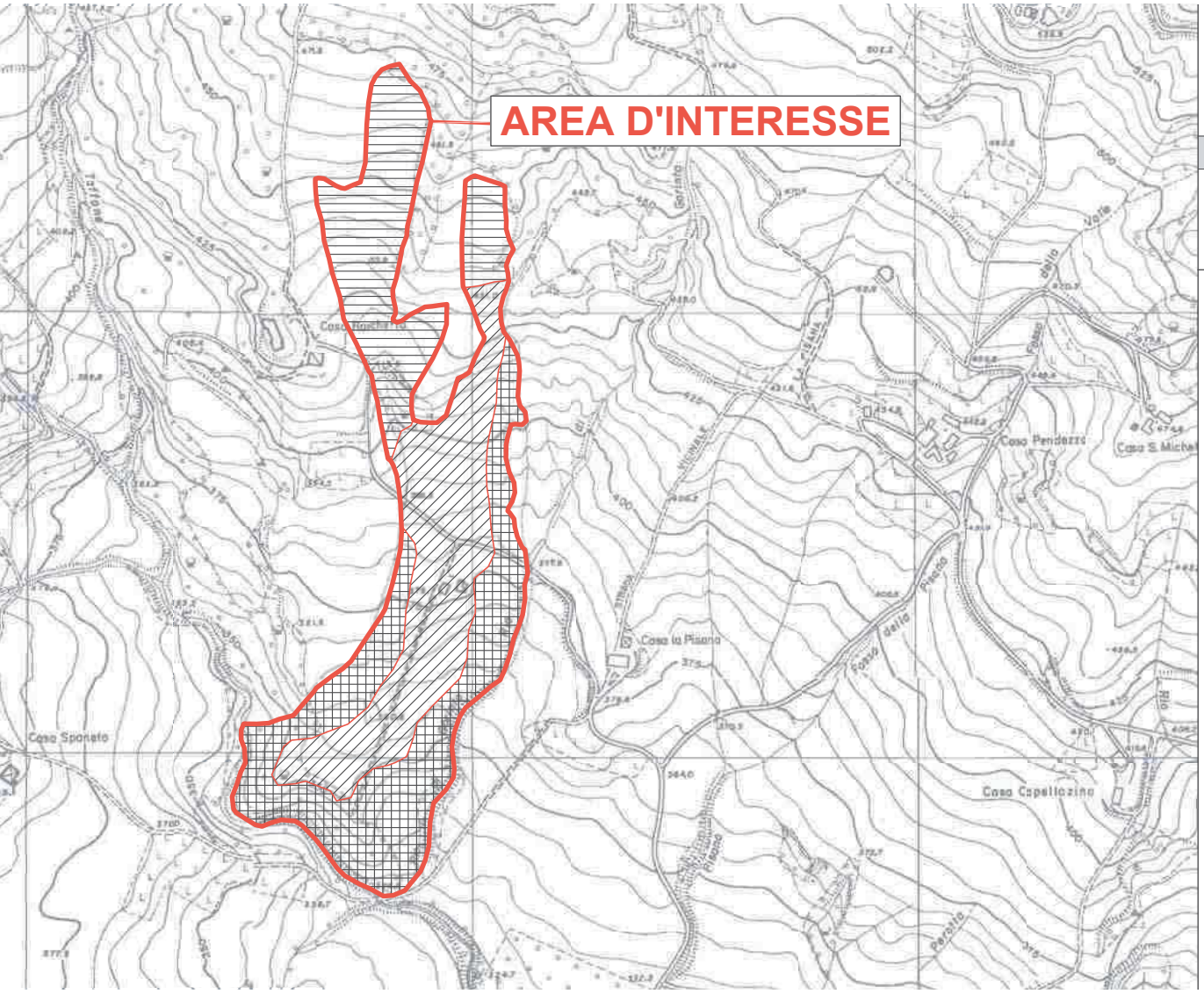
SPETTRO VELOCITA' DI FASE - FREQUENZA CON CURVA DISPERSIONE



PROFILO VELOCITÀ Vs



Vs30 dal p.c = 570	***SUOLO DI FONDAZIONE TIPO "B"***	**Fig.6b**



Studio ge
di un versante
in loc. Casa Ronche
"*Classificazione del*
qu

CARTA DEL "RI

CLASSI DI RISCHIO

Classe 2 - Risc

Classe 3 - Risc

Classe 4 - Risc

AREA D

3 Conoide “inattiva” del Rio Casazza in loc. Trevozzo

Geotest S.r.l. Servizi Geologici-Geotecnici-Geofisici
Via E. Fermi, 113 - 29010 Trevozzo V.T. (PC) Tel.: 348 5107263
Capitale Soc. Int. Versato : : 10.000 euro - P. iva: 01467560338

Comune di Nibbiano (PC)

Oggetto: Relazione geologico-sismica preliminare finalizzata alla valutazione e zonizzazione del "Rischio Geologico" dell'area della conoide inattiva del Rio Casazza in loc. Trevozzo.

Committenti:

Società "I Prati" di Cassinelli Massimiliano & C sas.
Cassinelli Antonio
Cassinelli Franco
Borghi Fausto
Borghi Piero
Borghi Daniela
Loc. Trevozzo
29010 Nibbiano (PC)

Geotest s.r.l.

Dott. Geologo Adriano Baldini

Trevozzo V.T. 23/11/2015

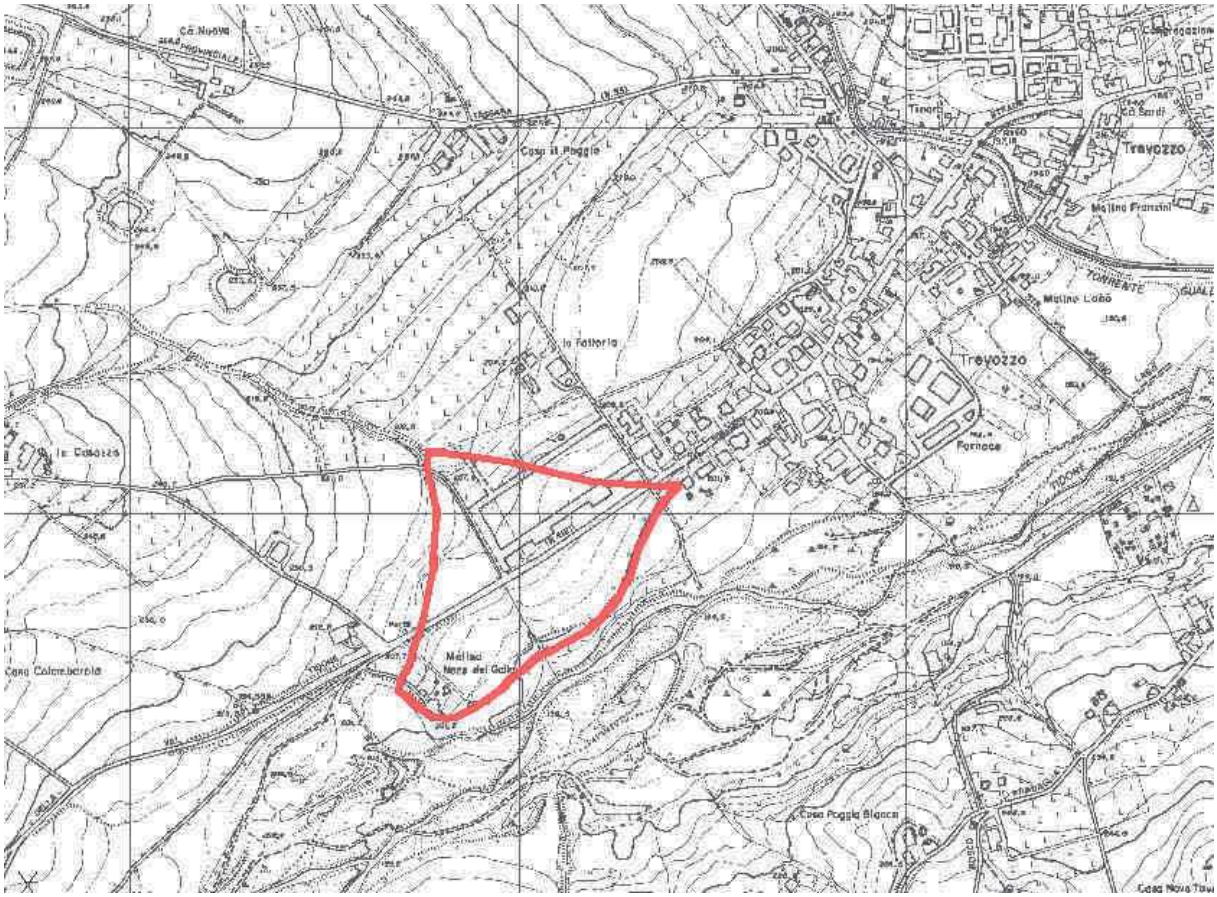
Sommario

1. PREMESSA 2
2. INDAGINI ESEGUITE 3
3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO-GEOMORFOLOGICO 5
3.1 CARATTERISTICHE GEOLOGICHE 5
3.2 CARATTERISTICHE GEOMORFOLOGICHE 5
4. INQUADRAMENTO IDROLOGICO E IDROGEOLOGICO 6
5. INDAGINI GEOGNOSTICHE 7
5.1 SISMICA A RIFRAZIONE 8
5.1.1 Cenni metodologici 8
5.1.2 Modalità esecutive 8
5.1.3 Strumentazione utilizzata 9
5.1.4 Elaborazione 9
5.1.5 Analisi dei risultati 10
5.2 PROVE PER LA DETERMINAZIONE DEL PROFILO DI VELOCITA' DELLE ONDE SISMICHE "S" 11
5.2.1 Cenni metodologici 11
5.2.2 Modalità esecutive 11
5.2.3 Commento dei risultati 12
5.3 MISURA DEI RAPPORTI SPETTRALI HVSR – (IPOTESI DI NAKAMURA) 13
5.3.1 Cenni Metodologici 13
5.3.2 Strumentazione utilizzata e modalita' di acquisizione 14
5.3.3 Elaborazione ed analisi dei dati 14
6. MODELLO GEOLOGICO DELL'AREA 16
7. VALUTAZIONE DELLA PERICOLOSITA' SISMICA DELL'AREA (delibera del 2 Maggio 2007, n.112, in materia antisismica) 16
7.1 OBIETTIVI DELLA DELIBERA 16
7.2 LIVELLI DI APPROFONDIMENTO 17
7.3 CARATTERI SISMICI DELL'AREA 18
7.4 VALUTAZIONE DEL FATTORE DI AMPLIFICAZIONE DEL SITO INTERESSE-ANALISI 2° LIVELLO 20
7.5 SPETTRO DI RISPOSTA (IN PGA) DELL'AREA 21
Spettro di riposta del sito in base alle norme della regione Emilia-Romagna 21
8. ZONIZZAZIONE DEL RISCHIO DELLA CONOIDE INATTIVA 22
9. PRESCRIZIONI PER LE AREE DI CONOIDE INATTIVA IN CUI E' STATA EFFETTUATA LA VALUTAZIONE DEL RISCHIO 23

1. PREMESSA

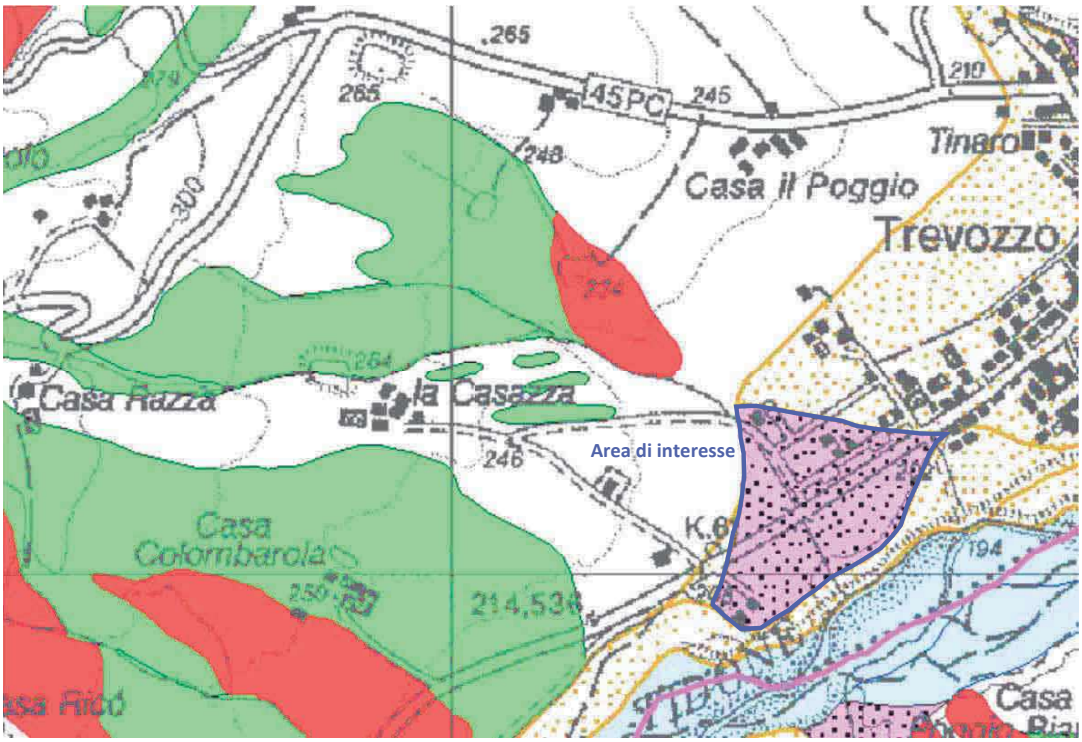
Nel Novembre 2015, un'indagine geologico-sismica, in un area sita nel settore sud-occidentale dell'abitato di Trevozzo.

Nel dettaglio l'area è localizzata all'altezza del rio Casazza, al raccordo fra il versante ed il terrazzo alluvionale del T. Tidone.



Inquadramento territoriale da CTR

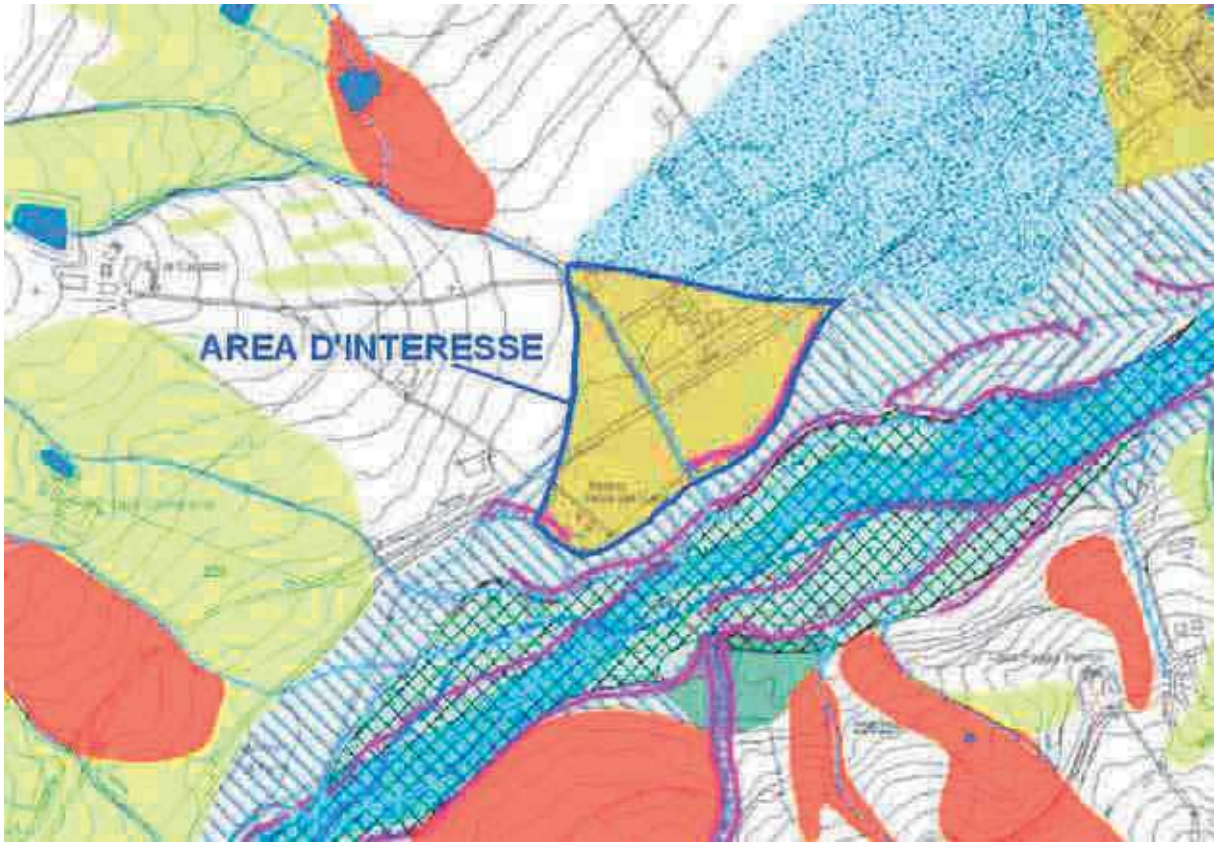
Nella carta del dissesto del PTCP della provincia di Piacenza e nella "Carta del Dissesto Comunale" allegata al PSC (in questo caso coincidenti), l'area d'interesse è classificata come "conoide inattiva". Le norme del PTCP (comma 8 dell'art. 31), consentono per le aree segnalate come dissesti potenziali (compatibilmente con il grado di "rischio" accertato mediante opportuni approfondimenti geologici), di realizzare interventi edilizi (ampliamenti, nuove costruzioni ecc.), altrimenti non consentiti nelle aree di conoide inattiva.



Carta del dissesto allegata al PTCP (A3_4)

L'indagine ha avuto i seguenti obiettivi:

- Ricostruire l'assetto geologico-sismico dell'area d'interesse;
- Valutare il rischio geomorfologico ed idraulico dell'area;
- Suddividere la conoide in classi di rischio in base alla "pericolosità" geologica.



Carta del dissesto allegata al PSC

2. INDAGINI ESEGUITE

L'approfondimento realizzato, come previsto dalla normativa, non ha riguardato solo l'area d'interesse della Committenza, ma è stato esteso a tutto il bacino idrografico del Rio Casazza.

L'indagine geologico-sismica, conforme a quanto previsto dalla delibera del 2 Maggio 2007, n.112, in materia antisismica, ha compreso le seguenti fasi di studio:

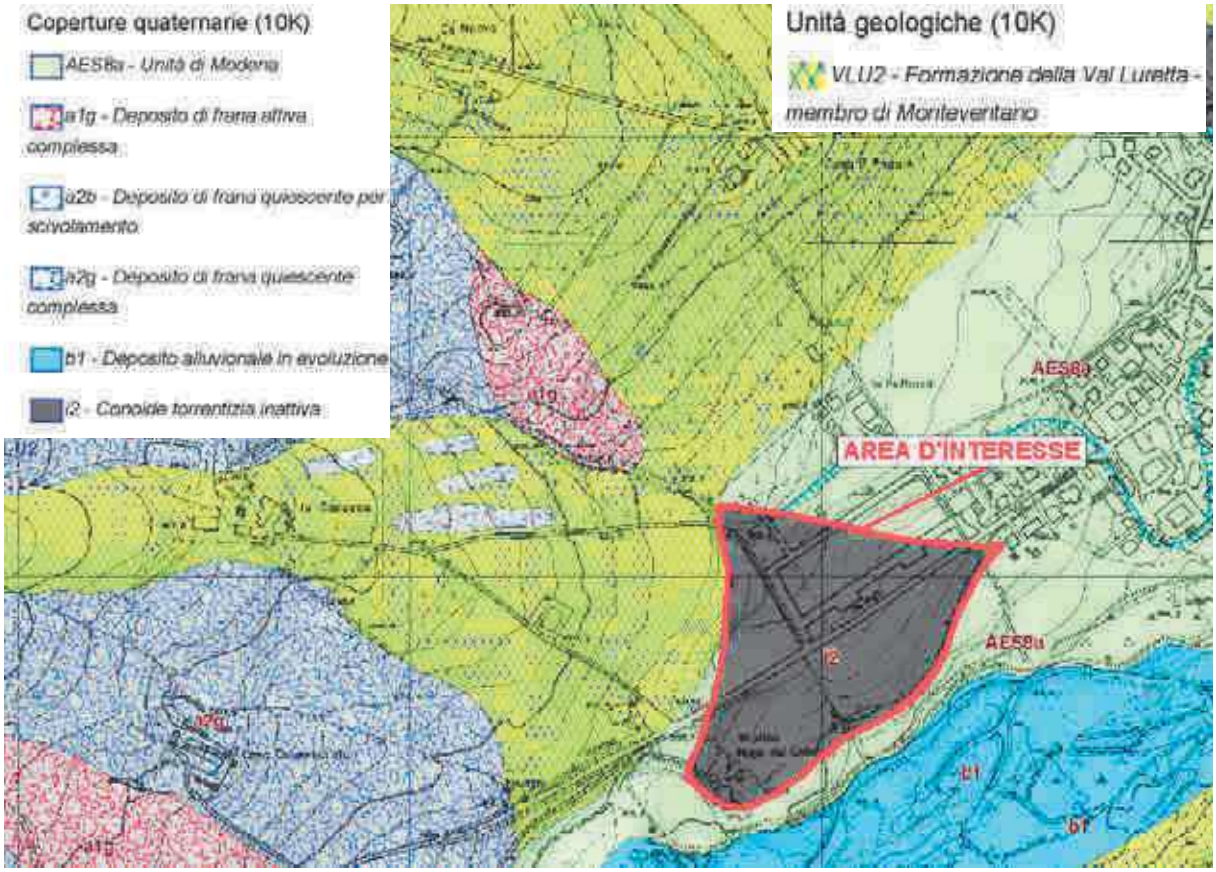
- Raccolta ed analisi della documentazione esistente;
- Rilevamento geologico-geomorfologico di dettaglio della conoide inattiva;
- Esecuzione di 1 profili sismico a rifrazione, per la valutazione dello spessore e del grado di addensamento sia del materiale di copertura che del substrato geologico;

- Registrazione di 1 profilo sismico con tecnica "MASW", per la determinazione del profilo di velocità delle onde "S" e della categoria del suolo di fondazione del sito in base all'attuale normativa antisismica;
- Registrazione di 2 prove di "microtremori" (HVSR) per la stima della frequenza di vibrazione caratteristica del sito;
- Analisi del "secondo livello" con valutazione del fattore di amplificazione del sito ed identificazione dei possibili effetti di sito;
- Valutazioni sulla "pericolosità" geomorfologica dell'area e zonizzazione della conoide in classi di "Rischio".

3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO-GEOMORFOLOGICO

3.1 CARATTERISTICHE GEOLOGICHE

Come documento di base per l'inquadramento geologico dell'area, è stata utilizzata la "Carta Geologica" della regione Emilia Romagna alla scala 1:10000.



Estratto della Carta Geologica Regionale

La "Formazione" rocciosa affiorante nel settore in esame è la formazione di "Val Luretta" qui rappresentata dal Membro di Monteventano (VLU2).

Dal punto di vista litostratigrafico la formazione geologica d'interesse, è costituita prevalentemente da alternanze decametriche di pacchi di strati medi arenaceo-pelitici e di pacchi calcareo-marnosi in strati medi e spessi, più frequenti verso il tetto del membro.

Nel dettaglio l'area d'interesse è collocata su una conoide inattiva appoggiata su un terrazzo alluvionale del T. Tidone.

3.2 CARATTERISTICHE GEOMORFOLOGICHE

L'area si presenta sub-pianeggiante leggermente degradante verso il T.Tidone. Le quote topografiche sono, in generale, comprese fra 201 e 204 m.s.l.m. A valle della strada provinciale è presente una modesta scarpata di probabile origine naturale parzialmente modellata dall'attività antropica.



Panoramica dell'area d'interesse

In realtà la tipica forma a ventaglio delle conoidi non risulta ben delineata, ne si ritiene che un rio con un bacino idrografico così modesto possa aver generato una conoide così ampia. Si ritiene più probabile che si tratti di un accumulo di materiale eluvio-colluviale appoggiato sul terrazzo alluvionale antico del T.Tidone.

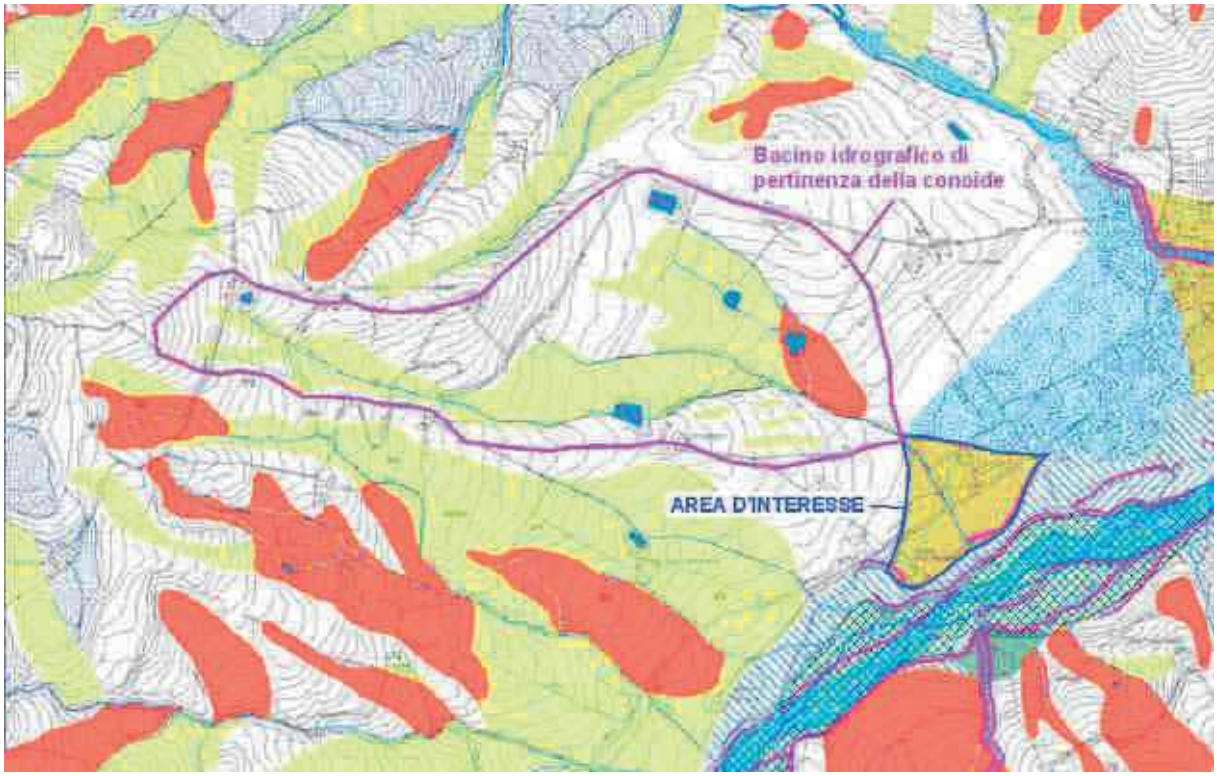
4. INQUADRAMENTO IDROLOGICO E IDROGEOLOGICO

L'elemento idrografico più rilevante, oltre al modesto rio Casazza, è rappresentato dal T. Tidone che definisce il limite meridionale della "conoide". Il dislivello fra l'alveo e l'area d'interesse, di circa 5/6 metri, consente di escludere eventuali fenomeni di alluvionamento.

La limitata estensione del bacino del rio Casazza (circa 0,63 Kmq) porta ad escludere la possibilità di episodi alluvionali.

Dato l'assetto litostratigrafico e morfologico si ritiene probabile la formazione di falde acquifere all'interno dei depositi ghiaioso-argillosi del terrazzo alluvionale, il cui spessore è stato valutato in circa 8 metri, specie al contatto con il substrato roccioso.

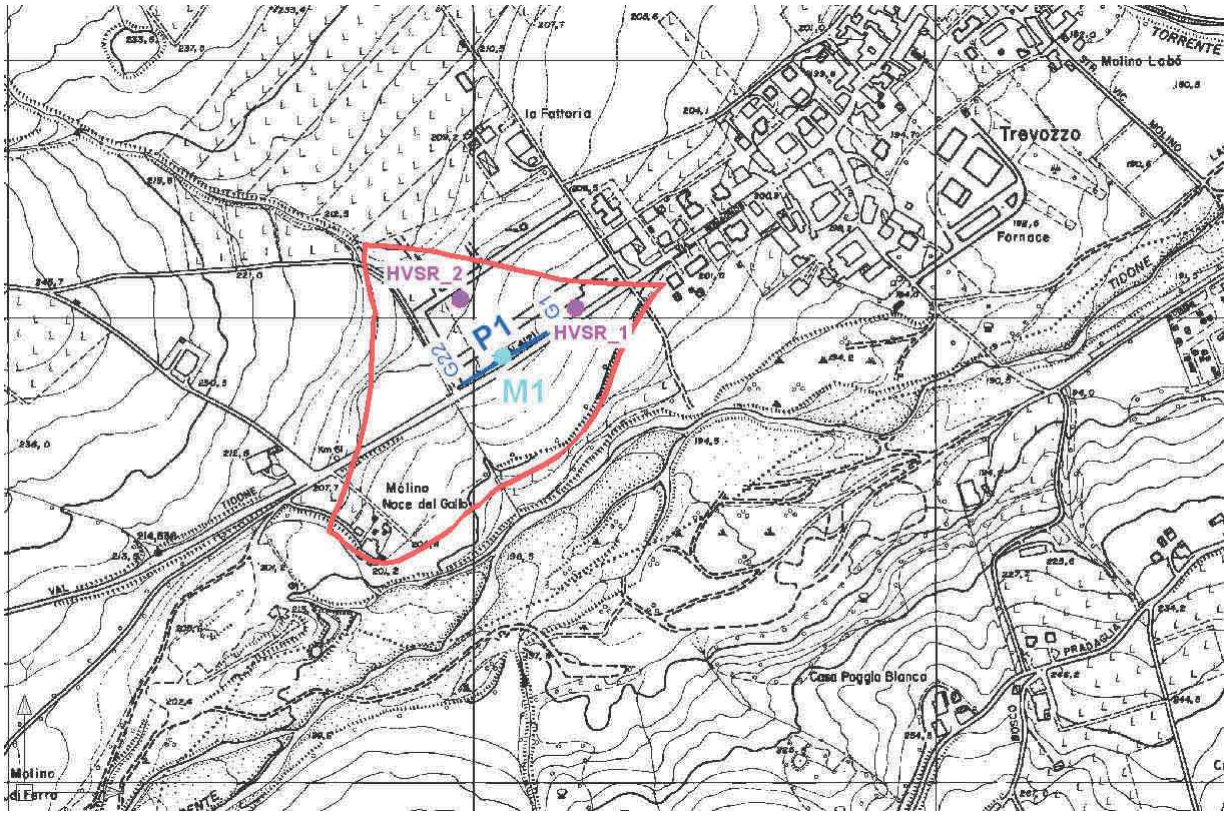
Altri orizzonti acquiferi potrebbero essere ospitati all'interno degli orizzonti calcarei più fratturati del substrato roccioso.



Estensione del bacino idrografico del rio Casazza

5. INDAGINI GEOGNOSTICHE

Come già accennato, sono stati realizzati 1 profilo sismo-tomografico, 1 prova "Masw" e 2 prove HVSR.



Planimetria indagini geognostiche

5.1 SISMICA A RIFRAZIONE

5.1.1 Cenni metodologici

La prospezione sismica rappresenta una tecnica di prospezione geofisica che consente, attraverso l'acquisizione e l'elaborazione di dati, la costruzione d'immagini bidimensionali (o tridimensionali) della variazione della velocità sismica. Con questa tecnica si riesce ad avere, pertanto, una visione seppur qualitativa della stratigrafia del terreno investigato, in termini di variazioni di "densità" dello stesso, essendo questo parametro direttamente legato alla velocità sismica. La tecnica di prospezione, consiste nella misura dei tempi impiegati dalle onde sismiche longitudinali (onde P) per percorrere un tragitto rettilineo tra una serie di punti d'energizzazione (sorgente sismica) e una serie di punti di ricezione (geofoni). Il confronto matematico tra i vari tempi permette di suddividere lo spazio compreso tra le due serie di punti in porzioni, o "celle elementari" (quadrate per le sezioni bidimensionali come quelle in esame, o cubiche per sezioni tridimensionali) caratterizzate ognuna da un proprio valore di velocità sismica.

5.1.2 Modalità esecutive

Il profilo registrato è costituito da un allineamento di 22 geofoni spaziati di 5 metri. In punti predefiniti dei profili, sono stati creati artificialmente degli impulsi elastici mediante l'utilizzo di una massa battente; l'energizzazione è avvenuta in 7 punti disposti simmetricamente allo stendimento e precisamente nelle seguenti posizioni:

- 2 punti esterni al profilo
- 2 punti agli estremi del profilo
- 3/4 lungo il profilo.

La registrazione dei sismogrammi è stata effettuata mediante un sismografo Geode della Geometrics a 24 canali ad elevata dinamica (24 bit).



Fasi esecutive delle prove sismiche

5.1.3 Strumentazione utilizzata

Il "Geode" è un sismografo modulare a 24 bit che rappresenta l'ultima frontiera dei sistemi di registrazione sismica combinando il meglio dei tradizionali sismografi Geometrics con la flessibilità di un sistema distribuito. Geode è un sismografo ad elevata dinamica (144 dB di range dinamico totale – 105 dB istantanei a 2 msec di campionamento). Grazie all'ampia banda d'ingresso (1.75 Hz – 20 kHz, con velocità di campionamento da 0.02 msec a 16 msec), esso è perfettamente idoneo per un'ampia gamma di applicazioni: sismica a rifrazione, sismica a riflessione (anche ad altissima risoluzione), monitoraggio di vibrazioni, applicazioni sismologiche, downhole e VSP. In acquisizione sono disponibili tutte le funzioni di filtri, pre-amplificazione, line-test e instrument-test, tipiche dei sistemi di registrazioni evoluti.



Sismografo "Geode"

L'atrezzatura utilizzata è composta da:

- Sismografo modulare Geode 3-1000+ canali,
- Massa battente da 10 Kg,
- Piastra di battuta in alluminio 15x15x2,5cm,
- Batteria ricaricabile 12 V,
- Cavo per sismica a rifrazione stranded, 130 mt con 24 takeouts SPT-21 a 5 metri di intervallo e due code da 7.5 mt l'una terminate con connettore Bendix 61S,
- Geofoni GS20DX, 10 Hz verficali, 395 Ohm con puntale da 3" ed 1,5 mt di cavo terminato con mueller clip singola MC-20-SP,
- Computer portatile ACER.

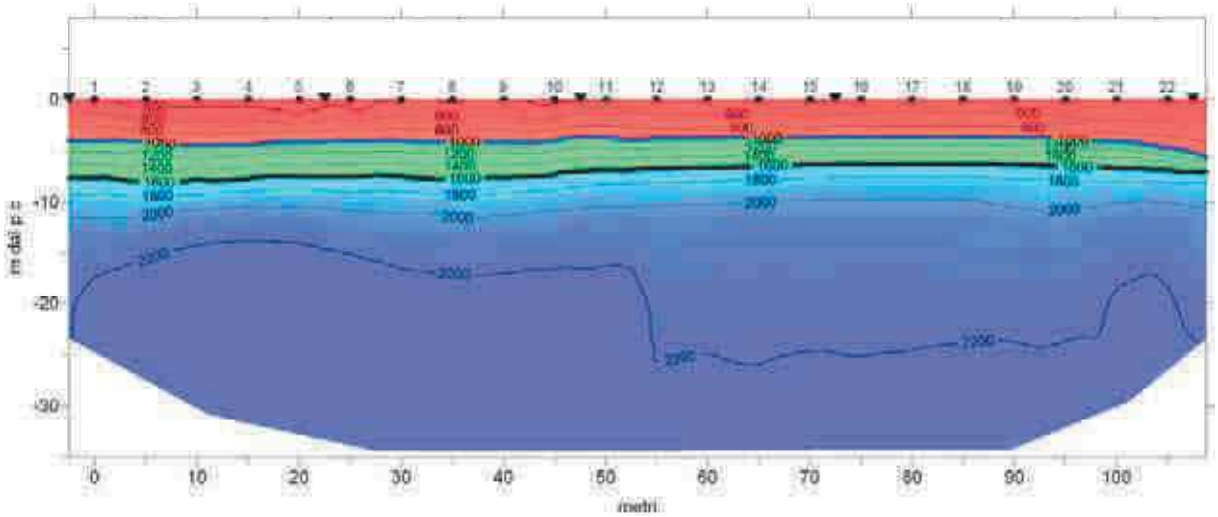
5.1.4 Elaborazione

In questo caso i dati acquisiti sono stati interpretati secondo un metodo sismico-tomografico utilizzando il software SeisOpt@2D v4.0 prodotto dalla OPTIM. La procedura d'elaborazione ha comportato in una prima fase la lettura dei tempi dei primi arrivi sui sismogrammi. In seguito, sono stati ricostruiti i percorsi dei raggi sismici attraverso il terreno.

In linea teorica, ogni punto del mezzo investigato, è attraversato in tutte le direzioni, dai raggi sismici. Di ogni raggio è quindi calcolata la traiettoria e, sul confronto fra tutti i possibili percorsi e tempi impiegati, ed è stabilita per ogni punto (o cella di dimensioni 2.5x1.25 m, in questo caso) la sua velocità sismica caratteristica. Il risultato finale dell'elaborazione consiste in una sezione (Fig. 5) di velocità sismiche, rappresentata sia per isovelocità sia tramite colori. Alle diverse classi di velocità sismica, sono stati attribuiti colori che vanno, dal rosso per i valori più bassi, al blu per i valori più elevati. La scala cromatica evidenza i cambiamenti di velocità ritenuti più significativi.

5.1.5 Analisi dei risultati

Loc. Trevozzo - Conoide Casazza - Comune di Nibbiano
TOMOGRAFIA SISMICA - P1



L'elaborazione ha permesso la distinzione di varie unità secondo le loro caratteristiche sismiche:

- ***Unità allentata superficiale*** *(colore rosso),* con velocità inferiori a **1000 m/ s**. L'unità corrisponde al materiale di copertura in prevalenza di natura limo-argillosa. Gli spessori sono variabili da 4 a 5 m;
- ***Unità intermedia mediamente addensata*** (colore verde), con velocità media di **1300 -1500 m/ sec** e spessori di circa 3-4 metri. Tale unità, può essere correlata al materiale argilloso-ghiaioso che forma l'ossatura del terrazzo alluvionale;
- ***Unità di fondo addensata (colore azzurro e blu)***, con velocità media di 2000-2200 m/s. L'unità può essere associata al locale substrato roccioso.

5.2 PROVE PER LA DETERMINAZIONE DEL PROFILO DI VELOCITA' DELLE ONDE SISMICHE "S"

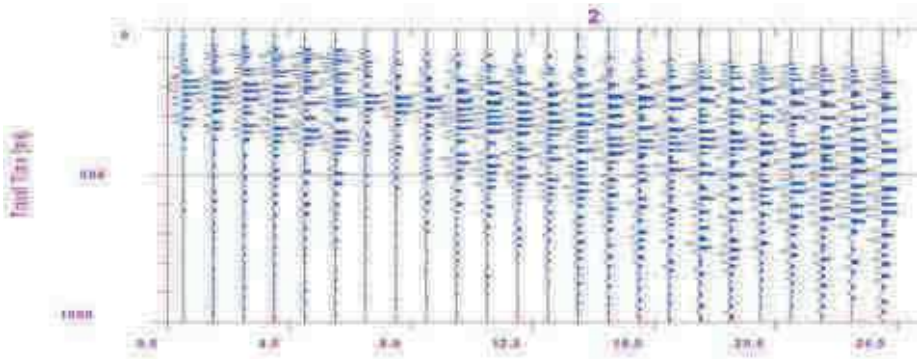
Per la determinazione del profilo di velocità delle onde "S" e della categoria del suolo di fondazione è stato utilizzato il metodo "Masw". Il profilo "Masw" è stato realizzato in corrispondenza dello stendimento sismico-tomografico.

5.2.1 Cenni metodologici

Il MASW (Park et al., 1999) è stato sviluppato in parte per superare le difficoltà dell'applicazione del SASW in ambienti rumorosi. La tecnica, che prevede la registrazione simultanea (in questo caso l'energizzazione è prodotta da una massa battente di almeno 10 Kg) di 12 o più canali, fornisce una ridondanza statistica delle misure di velocità di fase e ne avvalora la veridicità. Il salvataggio delle tracce nel dominio temporale, permette inoltre di distinguere e evidenziare, le onde di Rayleigh presenti nel record, che sono caratterizzate da un'elevata ampiezza di segnale (circa il 60% dell'energia prodotta dalla sorgente artificiale si distribuisce in onde di superficie). Una particolare analisi spettrale, "overtone analysis", produce un grafico Velocità di fase-frequenza in cui si può distinguere il modo fondamentale delle onde di superficie da cui ricavare la curva di dispersione ed il profilo delle Vs per successiva inversione 1-D. La tecnica permette, inoltre, di eseguire misure ripetute spostandosi nella direzione di allineamento per risalire ad un profilo bidimensionale che evidenzia le variazioni laterali delle Vs. Il software utilizzato per l'elaborazione dei dati è il "winMASW" versione Academy della Eliosoft.

5.2.2 Modalità esecutive

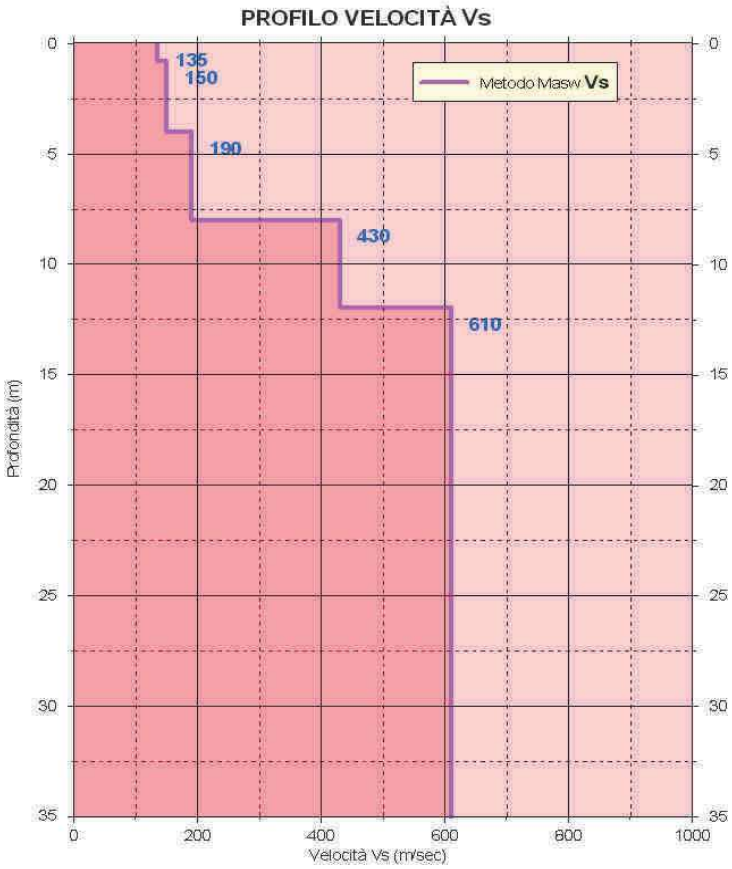
Come già accennato è stato realizzato 1 stendimento di 22 geofoni, con distanza intergeofonica di 5 m. La lunghezza delle registrazioni è stata di 1 sec, con un passo di campionamento di 0.25 ms.



Esempio di registrazione con tecnica "Masw"

Si ricorda che il punto di determinazione del profilo delle Vs in profondità, si riferisce al centro dello stendimento geofonico.

5.2.3 Commento dei risultati



Risultati della prova Masw

Esaminando il profilo di velocità ottenuto si possono fare queste considerazioni:

- Dalla superficie fino a 4-5 m dal p.c. sono presenti materiali caratterizzati da valori di Vs bassi (Vs< 150 m/s). Tali depositi possono essere correlati alla copertura limo-argillosa meno addensata;
- Più in profondità, fino a 7-9 metri, i valori di Vs aumentano leggermente segnalando la presenza di materiale più addensato;
- Oltre i 7-9 metri si ha un netto aumento di velocità, con valori che raggiungono i 430 m/s in corrispondenza del substrato roccioso parzialmente alterato;
- Oltre i 12-13 metri si ha un più significativo aumento di velocità, con valori che si portano oltre i 600 m/s, in corrispondenza del substrato roccioso più compatto;
- Il valore di Vs 30 calcolato è 345 m/s;
- In base all'attuale normativa (NTC2008) il sito d'interesse presenta un suolo di fondazione di tipo C.

5.3 MISURA DEI RAPPORTI SPETTRALI HVSR – (IPOTESI DI NAKAMURA)

5.3.1 Cenni Metodologici

Il metodo dei rapporti spettrali di singola stazione (HVSR) e' largamente utilizzato in paesi con elevato rischio sismico quali il Giappone per la stima degli effetti di amplificazione di sito. Il microtremore, un'impercettibile oscillazione naturale del suolo, è presente in qualsiasi punto della superficie terrestre e consiste per lo più nelle onde sismiche prodotte dal vento e dal moto ondoso marino negli strati superficiali della Terra. Anche le attività umane (industrie, traffico stradale ecc.) possono produrre localmente microtremore, ma in genere tale segnale viene attenuato piuttosto rapidamente a causa delle sue caratteristiche di alta frequenza.

E' interessante evidenziare come il microtremore agisca da oscillatore naturale e quindi permetta, tramite adeguata strumentazione, la misura diretta delle frequenze di vibrazione dei terreni e dei manufatti. La tecnica utilizzata, proposta da Nakamura (Nakamura, Y., 1989. A method for dynamic characteristics estimation of subsurface using microtremor on the ground surface. QR of RTRI, Vol. 30, No.1, 25-33) per lo studio delle amplificazioni di sito assume che i microtremori consistano principalmente di onde di Rayleigh che si propagano in un singolo strato soffice su semispazio e che la presenza di questo strato sia la causa dell'amplificazione al sito. Tale tecnica permette di separare i termini di sorgente-percorso e di sito tramite i rapporti tra le componenti del moto, senza utilizzare alcun sito di riferimento. Le ipotesi su cui si basa la tecnica di Nakamura sono le seguenti:

- ***I microtremori sono generati da sorgenti locali, e non da sorgenti profonde i cui contributi sono trascurabili;***
- ***Le sorgenti dei microtremori in superficie non influenzano i microtremori alla base dello strato considerato;***
- ***La componente verticale del moto non risente di effetti di amplificazione locale;***
- ***Il picco visibile nei rapporti H/V (rapporto tra l'ampiezza spettrale della componente orizzontale e l'ampiezza spettrale della componente verticale) è indipendente dalle caratteristiche della sorgente del rumore ed è invece fortemente dipendente dalle condizioni stratigrafico-litologiche del terreno. Tale picco è inoltre ben correlato con la frequenza fondamentale di vibrazione del terreno soggetto alla propagazione di onde S verticali e con il picco fondamentale delle curve di dispersione delle onde di Rayleigh.***

Le principali applicazioni delle prove H/V si possono così sintetizzare:

- ***Misura delle frequenze di risonanza dei suoli;***
- ***Effetti di sito e microzonazione sismica (curve H/V, metodo di Nakamura);***
- ***Stratigrafia sismica passiva;***

- ***Segnalazione dei possibili fenomeni di doppia risonanza suolo-struttura.***

Di particolare importanza è la frequenza di vibrazione del sito, caratterizzata dal maggiore rapporto di ampiezze **H/ V**, nell'intervallo di frequenze di interesse ingegneristico (frequenze generalmente inferiori a **15 Hz**), denominata frequenza fondamentale di vibrazione f0. E' possibile poi determinare la profondità degli strati sismici mediante la misura diretta delle frequenze di vibrazione, associata alla misura delle velocità delle onde S tramite la relazione:

f0= Vs/ 4H

dove **Vs** è la velocità media delle onde di taglio, e **H** è la profondità della discontinuità sismo-stratigrafica.

Le misure **HVSR** permettono inoltre, se associate a misure di dispersione delle onde di superficie (Masw, ReMi ecc.), di vincolare il profilo **Vs** e quindi di ottenere una ricostruzione più "robusta" del profilo di velocità e raggiungere profondità non direttamente raggiungibili dalle prove **Masw** e **Esac-ReMi**.

A causa della pesante non-univocità della soluzione, una modellazione del solo **HVSR** senza quantitative informazioni sulle **Vs** ottenute da misure **Masw / Esac-ReMi.**, non risulta affidabile per la determinazione del profilo di velocità delle onde **S** e quindi della valutazione della **Vs30**.

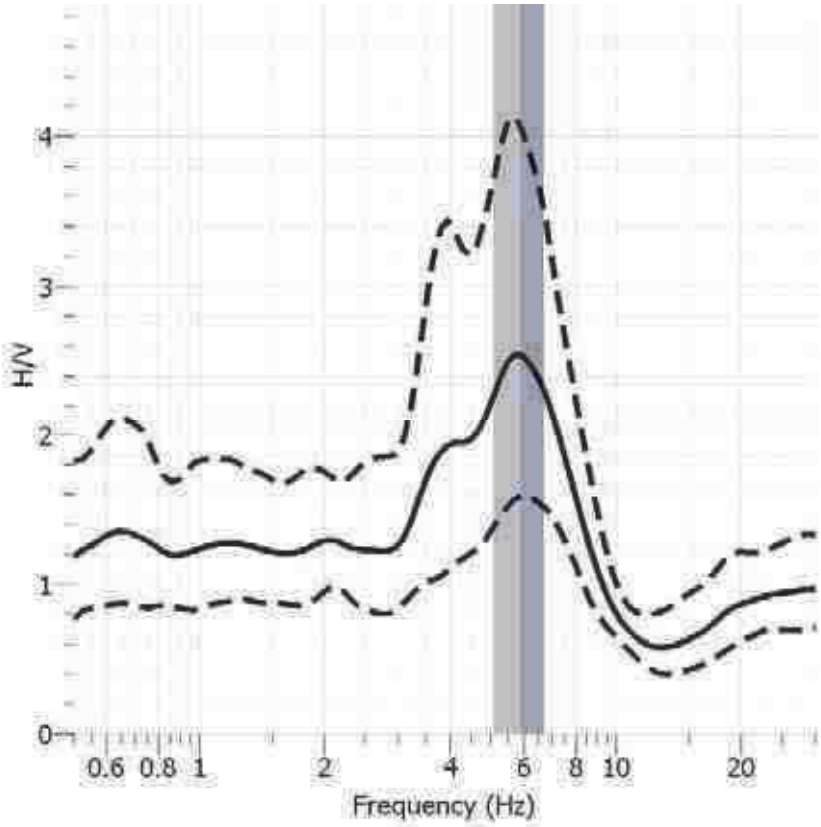
5.3.2 Strumentazione utilizzata e modalita' di acquisizione

Per la registrazione delle 2 prove, è stato utilizzato lo stesso sismografo utilizzato per la prova "Masw", interfacciato a geofoni tridimensionali. I sensori dei geofoni tridimensionali, hanno una frequenza propria di **4.5 Hz**. Le registrazioni hanno avuto una lunghezza di **26** minuti, con un campionamento a **125 Hz**.

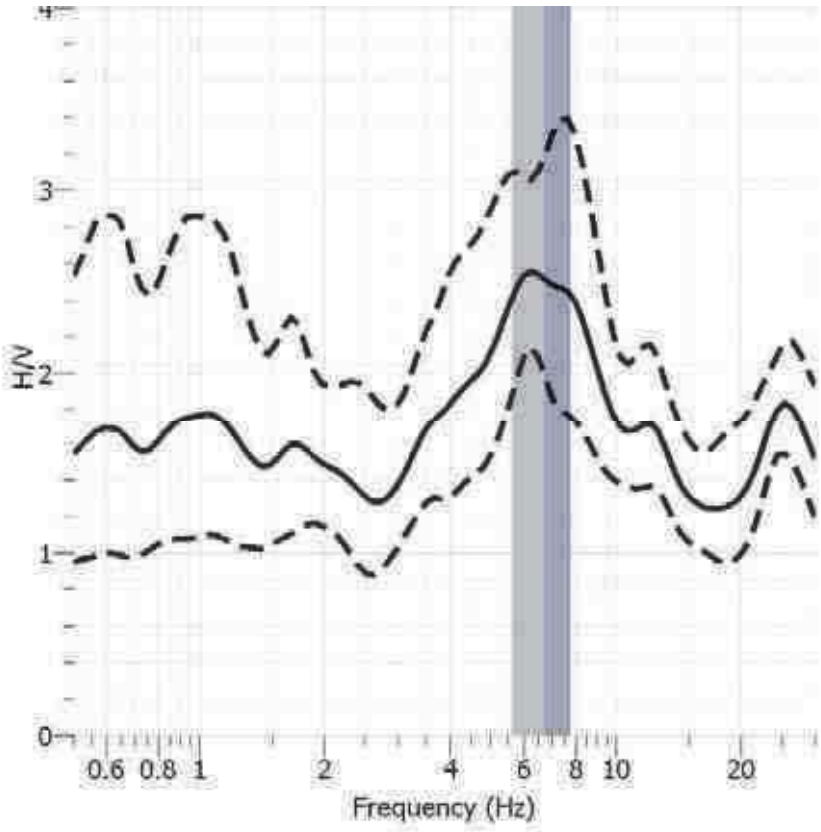
5.3.3 Elaborazione ed analisi dei dati

Per l'elaborazione dei dati sismici è stato utilizzato il software free "**Geopsy**".

Il progetto "**Geopsy**" distribuisce tutti i software sviluppati nell'ambito di un pacchetto chiamato "**Sesarray**". Esso contiene diversi strumenti si occupano di tutti gli aspetti del trattamento di vibrazioni ambientali per la caratterizzazione del suolo. Le principali applicazioni contenuti all'interno di "**Sesarray**" sono "**Geopsy**" e "**Dinver**".



Risultati prova HVSR 1



Risultati prova HVSR 2

I risultati delle prove si possono così sintetizzare:

- La frequenza di vibrazione principale del terreno si colloca sui **6.0-6.5 Hz**;
- Il rapporto H/V dei picchi, superiore a 2, indica contrasti d'impedenza sismica significativi;
- La frequenza di vibrazione rilevata indica un contrasto d'impedenza sismica superficiale, al passaggio fra materiale alluvionale-colluviale ed il substrato roccioso, individuato a 7-9 metri dal p.c.

6. MODELLO GEOLOGICO DELL'AREA

Le indagini realizzate in questa fase associate alle indicazioni emerse in precedenti campagne geognostiche e alle più generali conoscenze geologiche hanno consentito di ricostruire il modello geologico-geotecnico di riferimento per l'area d'interesse.

SINTESI DEI PARAMETRI GEOTECNICI

Livello A	**Litologia:** *limo e argilla con sporadiche intercalazioni lapidee - poco compatto*	
Dal p.c. a –4/-5 m	Peso di volume Angolo di attrito Coesione Coesione non drenata	**γ = 1.80 t/ mc** **φ = 23°** **C = 0.05 Kg/ cmq** **Cu = 0.4 Kg/ cmq**
Livello B	**Litologia:** *limo e argilla con intercalazioni ghiaiose - mediamente compatto*	
Da –4/-5 m a -7/-9 m	Peso di volume Angolo di attrito Coesione Coesione non drenata	**γ = 1.90 t/ mc** **φ = 25°** **C = 0.05 Kg/ cmq** **Cu = 0.5/ 0.6 Kg/ cmq**
Livello C	**Litologia:** *substrato roccioso di natura marnosa e calcareo-marnosa alterato alla sommità*	
Oltre –7/-9 m	Peso di volume Angolo di attrito Coesione non drenata	**γ = 2.00 t/ mc** **φ = 35°** **Cu= 0.6/ 0.8 Kg/ cmq**

7. VALUTAZIONE DELLA PERICOLOSITA' SISMICA DELL'AREA (delibera del 2 Maggio 2007, n.112, in materia antisismica)

7.1 OBIETTIVI DELLA DELIBERA

Scopo del presente atto di indirizzo e coordinamento è quello di fornire i criteri per la per l'individuazione delle aree soggette ad effetti locali e per la microzonazione sismica del territorio in modo da orientare le scelte della pianificazione verso aree caratterizzate da minore pericolosità sismica. Lo studio della pericolosità di base e della pericolosità locale hanno come obiettivi:

- l'individuazione delle aree dove in occasione dei terremoti attesi possono verificarsi effetti locali;

- *la stima quantitativa della risposta sismica locale dei depositi e delle morfologie presenti nell'area di indagine ("Analisi della Risposta Sismica Locale", RSL);*
- *la suddivisione del territorio in sottozone a diversa pericolosità sismica locale ("Microzonazione Sismica", MZS).*

I risultati dell'analisi della pericolosità sismica locale e della microzonazione sismica, devono essere applicati nella redazione degli strumenti di pianificazione territoriale e urbanistica.

7.2 LIVELLI DI APPROFONDIMENTO

Gli studi di risposta sismica locale e microzonazione sismica vanno condotti a diversi livelli di approfondimento a seconda delle finalità e delle applicazioni nonché degli scenari di pericolosità locale.

Tali studi svolti devono essere descritti in una relazione che indichi chiaramente il livello di approfondimento, le indagini effettuate e i risultati ottenuti e devono fornire una cartografia dello stato del territorio, e sono un riferimento necessario per la Valutazione di Sostenibilità Ambientale e Territoriale (VALSAT) preventiva delle singole scelte del piano.

Si identificano due fasi di analisi con diversi livelli di approfondimento.

La prima fase è diretta a definire gli scenari di pericolosità sismica locale, cioè ad identificare le parti di territorio suscettibili di effetti locali (amplificazione del segnale sismico, cedimenti, instabilità dei versanti, fenomeni di liquefazione, rotture del terreno, ecc.). L'individuazione delle aree soggette ad effetti locali si basa su rilievi, osservazioni e valutazioni di tipo geologico e geomorfologico, svolte a scala territoriale, associati a raccolte di informazioni sugli effetti indotti dai terremoti passati. Tale analisi viene svolta - soprattutto mediante elaborazione dei dati disponibili - in sede di elaborazione del PTCP e del PSC e concorre alla definizione delle scelte di piano, fornendo prime indicazioni sui limiti e le condizioni per la pianificazione nelle suddette aree.

La seconda fase ha come obiettivo la microzonazione sismica del territorio indagato. Sulla base degli scenari individuati dalle analisi svolte nel corso della prima fase, nella seconda fase si attuano due diversi livelli di approfondimento:

a) nelle aree pianeggianti e sub-pianeggianti, incluse le zone di fondovalle appenniniche, con stratificazione orizzontale e sub-orizzontale, e sui versanti stabili con acclività ≤ 15° in cui il deposito ha spessore costante si ritiene sufficiente un'analisi semplificata (secondo livello di approfondimento), cioè l'analisi della pericolosità locale può essere basata, oltre che sull'acquisizione di dati geologici e geomorfologici più dettagliati di quelli rilevati nel primo

livello, su prove geofisiche in sito e su prove geotecniche di tipo standard. Il numero delle verticali indagate deve essere tale da consentire un'adeguata caratterizzazione geotecnica spaziale dei terreni e delle formazioni presenti nell'area di studio;

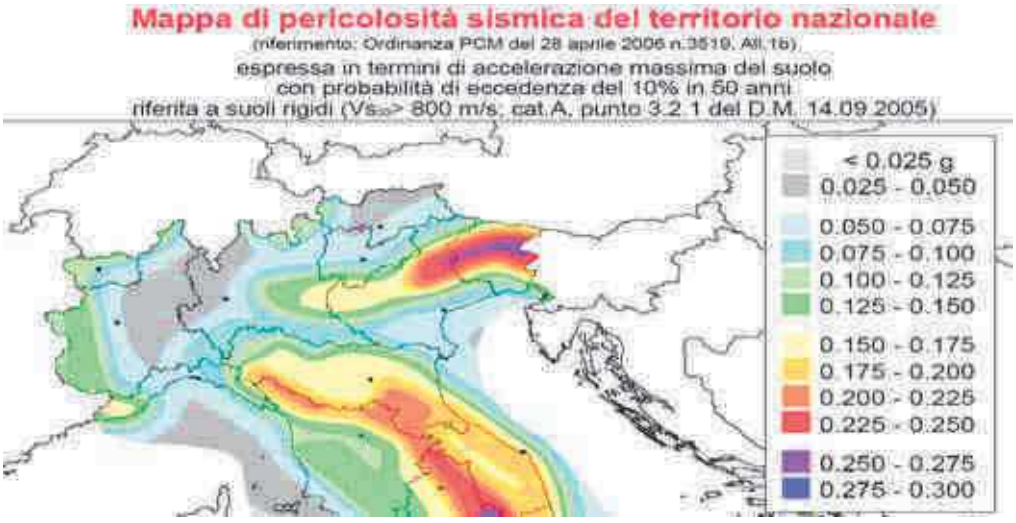
b) un'analisi più approfondita (terzo livello di approfondimento) è invece richiesta nei seguenti casi (vedere Allegato A1):

- *aree soggette a liquefazione e densificazione;*
- *aree instabili e potenzialmente instabili;*
- *aree in cui le coperture hanno spessore fortemente variabile, come ad esempio nelle aree pedemontane e di fondovalle a ridosso dei versanti;*
- *aree in cui è prevista la realizzazione di opere di rilevante interesse pubblico.*

L'analisi approfondita richiede un significativo numero di prove geofisiche e geotecniche, sia in sito che in laboratorio, rivolte alla definizione del comportamento dei terreni sotto sollecitazione dinamica. In queste parti del territorio la pericolosità potrebbe essere molto elevata e perciò deve essere attentamente valutata la possibilità di renderle suscettibili di trasformazione urbanistica.

7.3 CARATTERI SISMICI DELL'AREA

In base alla nuova carta della pericolosità sismica del territorio nazionale, i valori di PGA su suolo rigido con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni, per il Comune di Nibbiano sono compresi fra 0.075 e 0.100 g. L'area ricade nella zona simogenetica 911, in cui i meccanismi di fagliazione prevalenti sono legati a faglie trascorrenti e le profondità dei terremoti prevalentemente compresi fra 8 e 12 Km. Le magnitudo massime attese nella zona sismogenetica d'interesse sono di 5.7-6.1.Le serie storiche dei terremoti contenuti nell'archivio della Regione Emilia Romagna non segnalano eventi sismici rilevanti nell'area d'interesse.



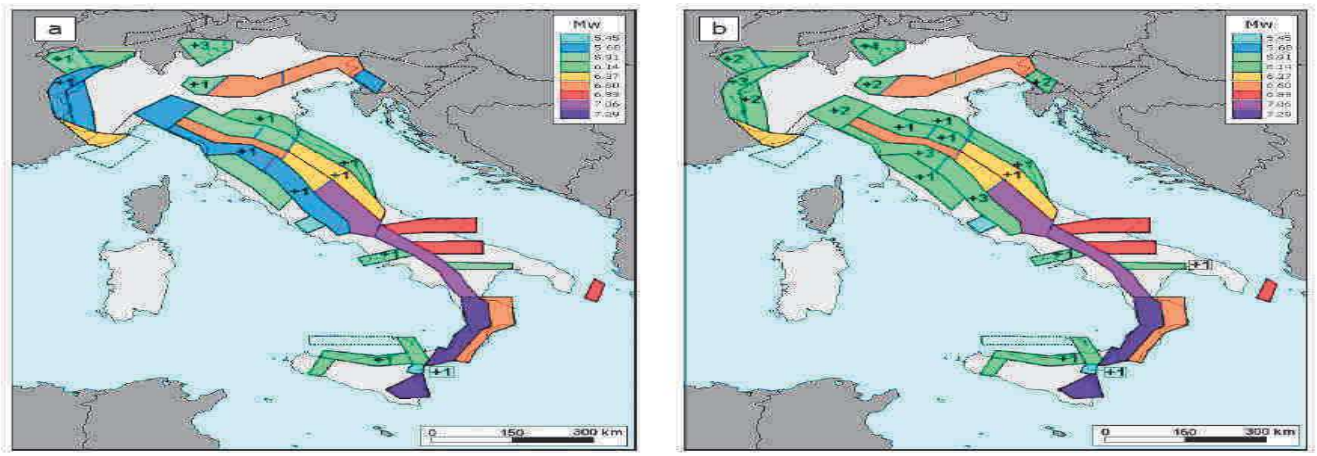


Figura 36. Valori di Mwmax corrispondenti ai due insiemi: a) "osservati" (Mwmax1); b) "cautelativi" (Mwmax2).

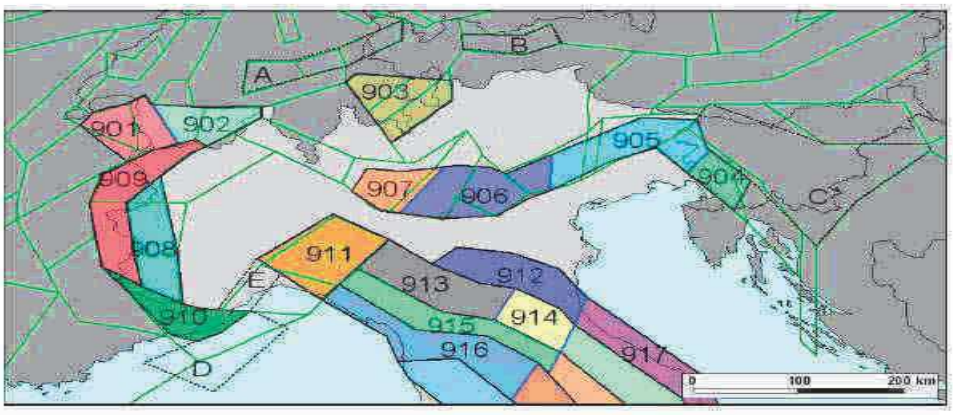


Figura 10. Zonazione sismogenetica ZS9 a confronto con la zonazione del progetto SESAME nell'area alpina (Jiménez et al., 2001; linee di colore verde).

In base alle caratteristiche geologiche del sito d'interesse, i principali effetti attesi possono ricondursi essenzialmente a fenomeni di amplificazione litologica. Sono da escludere fenomeni d'amplificazione topografica (area sub-pianeggiante) e fenomeni di liquefazione (basso valore di ag atteso e presenza di copertura di materiale eterogeneo in matrice coesiva).

7.4 VALUTAZIONE DEL FATTORE DI AMPLIFICAZIONE DEL SITO INTERESSE-ANALISI 2° LIVELLO

A2.1.1 - APPENNINO E MARGINE APPENNINICO-PADANO

In caso di substrato marino caratterizzato da Vs ≥ 800 m/s si devono usare le seguenti tabelle

F.A. P.G.A.

Vs_H / H	200	250	300	350	400	450	500	600	700	800
5	1.6	1.3	1.2	1.1	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
10	2.0	1.9	1.7	1.6	1.4	1.2	1.1	1.0	1.0	1.0
15	2.0	2.0	2.0	1.8	1.6	1.4	1.3	1.2	1.0	1.0
20	2.0	2.0	2.0	1.9	1.7	1.6	1.4	1.3	1.1	1.0
25	1.9	2.0	1.9	1.9	1.8	1.6	1.5	1.3	1.2	1.0
30	1.8	1.9	1.9	1.9	1.7	1.5	1.5	1.4	1.2	1.0
35	1.7	1.8	1.9	1.9	1.7	1.6	1.5	1.4	1.3	1.0
40	1.6	1.8	1.9	1.9	1.8	1.6	1.5	1.4	1.3	1.0

F.A. INTENSITA' SPETTRALE - 0.1s < To < 0.5s

Vs_H / H	200	250	300	350	400	450	500	600	700	800
5	1.2	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
10	1.8	1.6	1.4	1.2	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
15	2.1	2.0	1.7	1.5	1.2	1.1	1.1	1.0	1.0	1.0
20	2.3	2.3	1.9	1.7	1.5	1.4	1.2	1.1	1.0	1.0
25	2.2	2.4	2.2	2.0	1.7	1.5	1.4	1.2	1.1	1.0
30	2.1	2.3	2.3	2.1	1.9	1.7	1.5	1.3	1.2	1.0
35	1.9	2.1	2.3	2.2	1.9	1.8	1.6	1.4	1.3	1.0
40	1.8	2.0	2.3	2.3	2.0	1.8	1.6	1.4	1.3	1.0

F.A. INTENSITA' SPETTRALE - 0.5s < To < 1.0s

Vs_H / H	200	250	300	350	400	450	500	600	700	800
5	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
10	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
15	1.2	1.2	1.1	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
20	1.5	1.4	1.2	1.1	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
25	2.1	2.1	1.5	1.2	1.1	1.1	1.0	1.0	1.0	1.0
30	2.4	2.3	1.9	1.5	1.2	1.1	1.1	1.0	1.0	1.0
35	2.5	2.4	2.3	1.8	1.3	1.3	1.2	1.1	1.0	1.0
40	2.7	2.6	2.6	2.0	1.6	1.3	1.2	1.1	1.1	1.0

I fattori di amplificazioni calcolati sono riassunti nel tabella seguente:

PROVA	PROF. BEDROCK	VS 30	VS H	FA PGA	FA intensità spettrale 0.1s-0.5s	FA intensità spettrale 0.5s-1.0s
M1	> 40m	345	345	1.9	2.3	2.1

In base alla delibera sopraccitata, l'accelerazione orizzontale su suolo rigido (Vs>800 m/s) prevista per il Comune di Nibbiano è di 0.098g.

7.5 SPETTRO DI RISPOSTA (IN PGA) DELL'AREA

Nella delibera della Regione è riportata la forma dello spettro di risposta valido per tutta la regione.

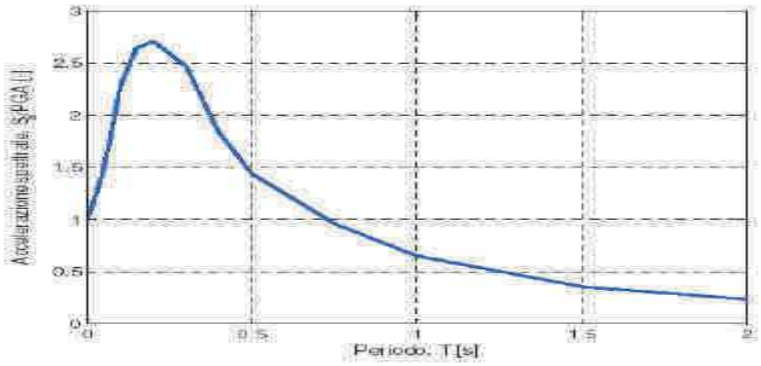


Figura 1 - Spettro di risposta normalizzato (T_R = 475 anni, smorzamento = 5%) per l'Emilia-Romagna

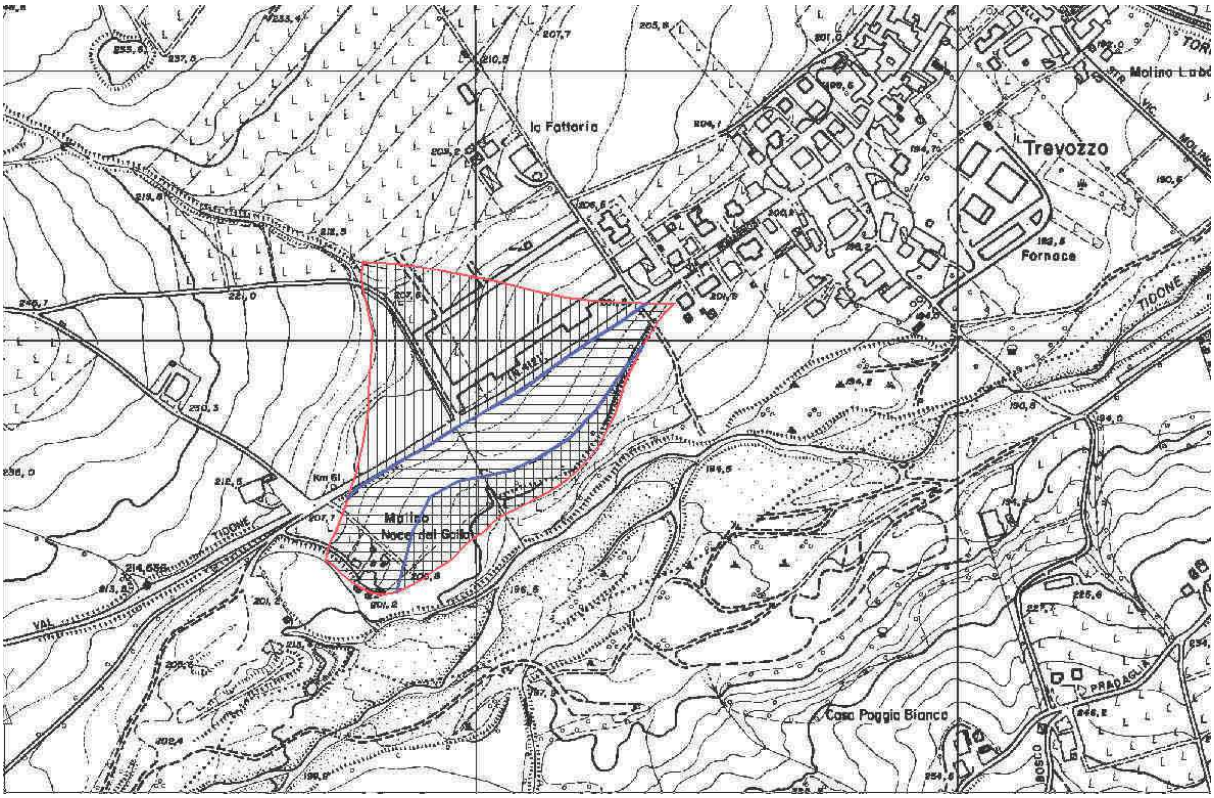
Dallo spettro di risposta normalizzato è possibile ottenere, moltiplicando i valori della tabella 1 per il valore di arefg di ogni comune, lo spettro di risposta a probabilità uniforme che descrive le caratteristiche del moto sismico atteso per ogni comune dell'Emilia-Romagna. Considerando il valore di arefg=0.098 per il comune di Nibbiano e il fattore di amplificazione (1.9), è stato calcolato lo spettro di risposta del sito d'interesse.



Spettro di riposta del sito in base alle norme della regione Emilia-Romagna

8. ZONIZZAZIONE DEL RISCHIO DELLA CONOIDE INATTIVA

La "conoide" studiata è stata suddivisa, in base a criteri geologico-geomorfologici, in settori contraddistindi da un differente grado di "rischio".



Zonizzazione del "rischio" geologico della conoide inattiva

Sono state distinte 3 classi di rischio:

- **Aree a basso rischio (classe 1 - rigato verticale)**, corrisponde al settore a monte della strada provinciale. In base alle condizioni geomorfologiche dell'area non sussistono condizioni di "rischio" legate sia al T. Tidone che al rio Casazza.
- **Aree a rischio elevato (classe 3 - rigato orizzontale)**, sono le aree immediatamente a valle della strada provinciale. Anche in questo caso non si evidenziano condizioni particolari di rischio, ma la relativa vicinanza del T. Tidone consiglia di considerare cautelativamente tali aree a rischio elevato.
- **Aree a rischio molto elevato (classe 4 - quadrettato)**, sono le aree a ridosso del T.Tidone. In questo caso la situazione di rischio molto elevato per possibili esondazioni risulta evidente.

9. PRESCRIZIONI PER LE AREE DI CONOIDE INATTIVA IN CUI E' STATA EFFETTUATA LA VALUTAZIONE DEL RISCHIO

Classe 1 (rischio basso) – Fattibilità senza particolari limitazioni (R1):

Queste aree si ritengono utilizzabili ai fini edificatori senza particolari limitazioni all'urbanizzazione o alla modifica della destinazione d'uso; eventuali problematiche locali possono essere superate attraverso approfondimenti di indagine o accorgimenti tecnico-costruttivi.

Classe 2 (rischio moderato) – Fattibilità con modeste limitazioni (R2):

Queste aree si ritengono utilizzabili ai fini urbanistici, anche se si sono appurate alcune condizioni limitanti all'edificabilità, che possono essere superate attraverso approfondimenti di indagine o accorgimenti tecnico-costruttivi; gli interventi edificatori sono comunque permessi, prevedendo se necessario eventuali accorgimenti costruttivi necessari o interventi di riduzione del rischio idrogeologico.

Per tali zone si dovrà comunque subordinare l'autorizzazione ad ulteriori e dettagliati accertamenti geologici e geognostici.

Classe 3 (rischio elevato) – Fattibilità con significative limitazioni (R3)

In questa classe si sono inserite le zone in cui la propensione al dissesto è più elevata, ed in cui le limitazioni alla modifica della destinazione d'uso appare più consistente.

Si dovrà dunque subordinare l'autorizzazione ad ulteriori e dettagliati accertamenti geologico-tecnici e geognostici, finalizzati a valutare quali siano le azioni atte a ridurre il rischio connesso all'intervento edificatorio

Oltre a quanto consentito dalle norme del PTCP e del P.A.I. in merito ai dissesti potenziali sono ammessi solo ampiamenti delle costruzioni esistenti, con incrementi volumetrici non superiori a quanto consentito dalle N.T.A. del PSC.

Classe 4 (rischio molto elevato) – Fattibilità con gravi limitazioni (R4):

In queste zone si intende consentito solo quanto permesso dal PTCP e dal P.A.I. per i dissesti potenziali.

Nibbiano, 23/11/2015

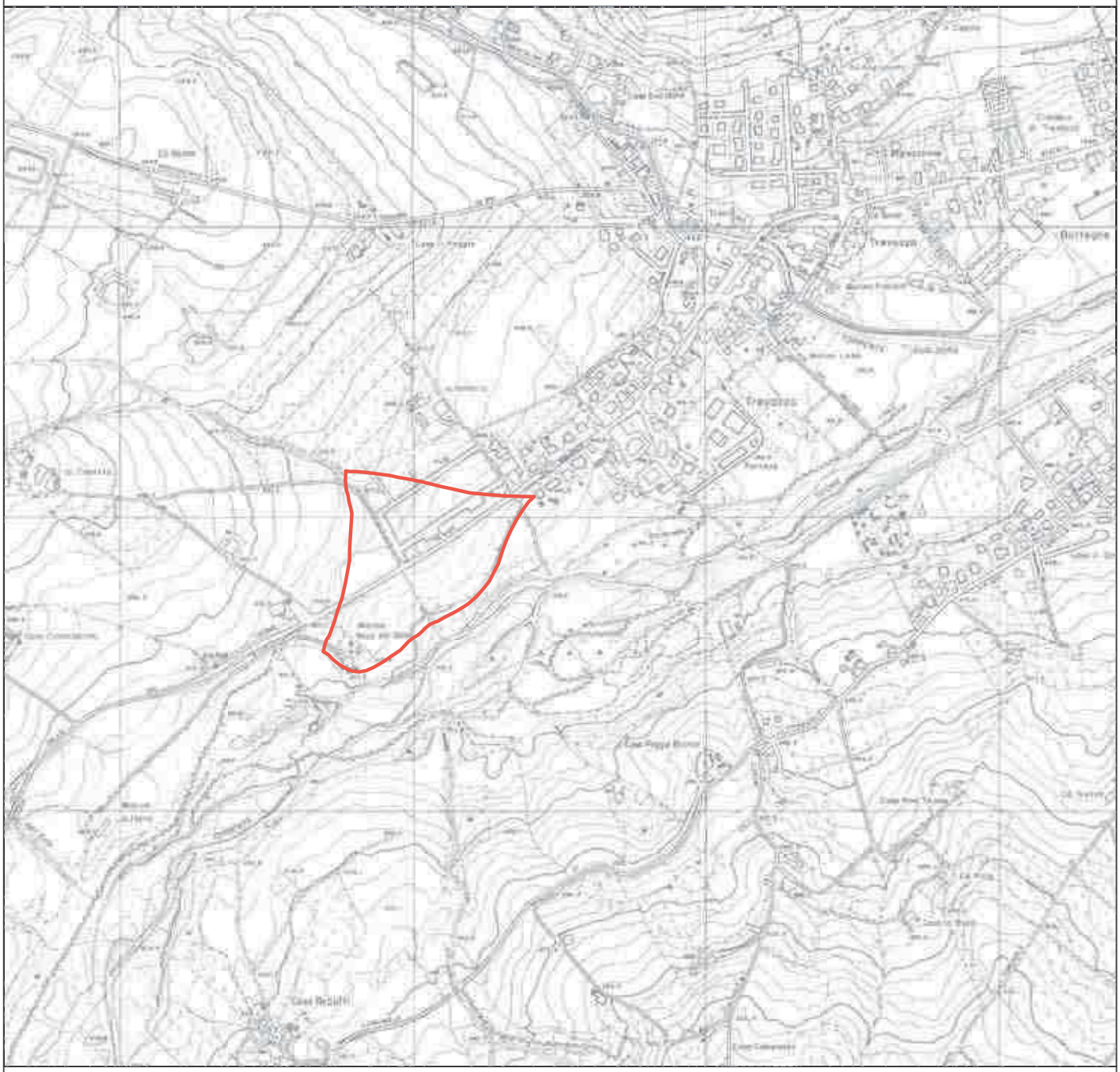
Dott. Adriano Baldini

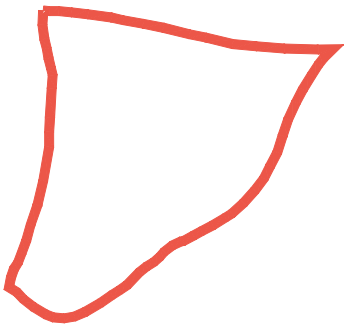
Dott. Alberto Lepori

ALLEGATI

INQUADRAMENTO TERRITORIALE

Scala 1:10000



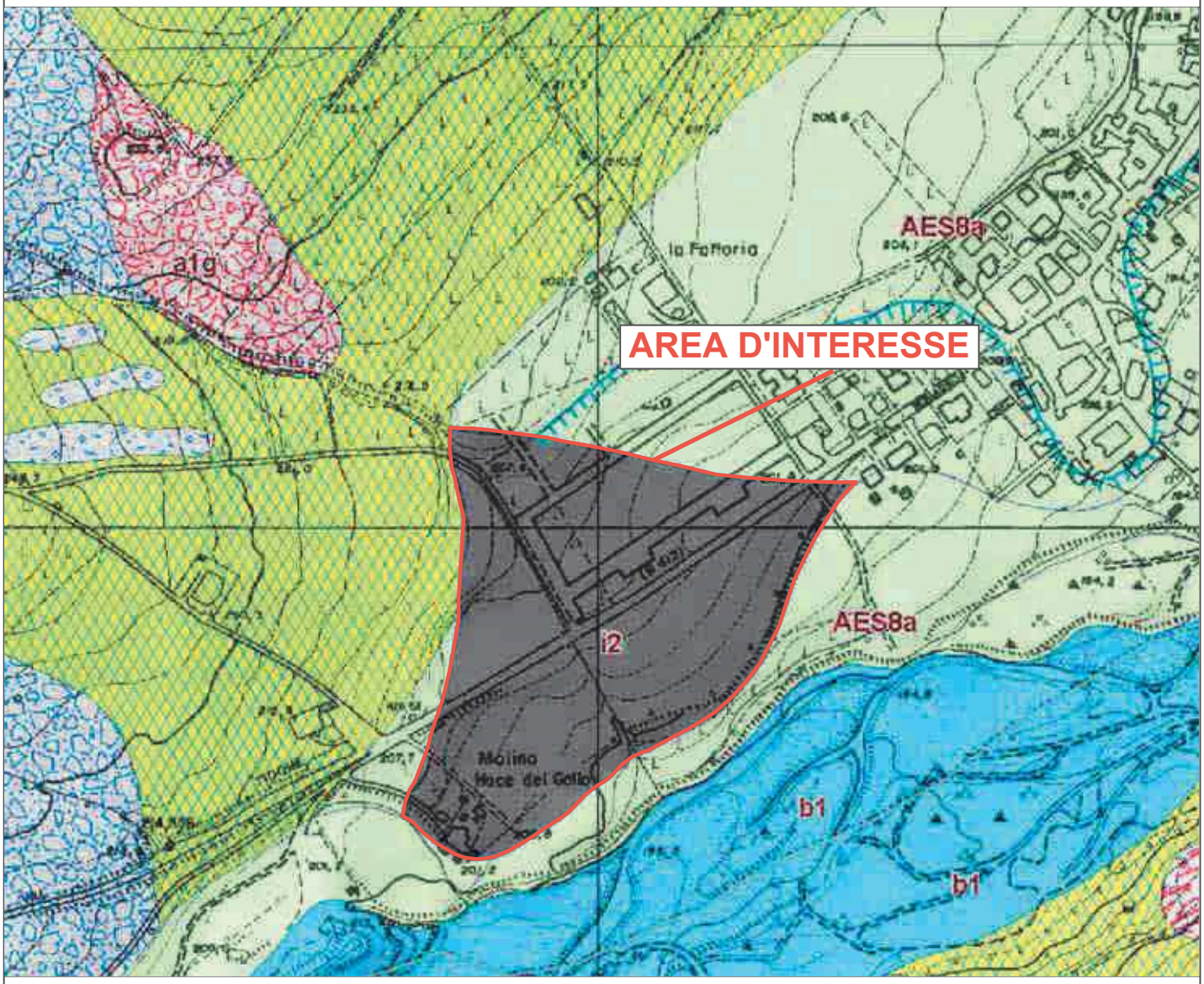


Area considerata

Fig. 1

ESTRATTO CARTA GEOLOGICA REGIONALE

Scala 1:5000



Coperture quaternarie (10K)

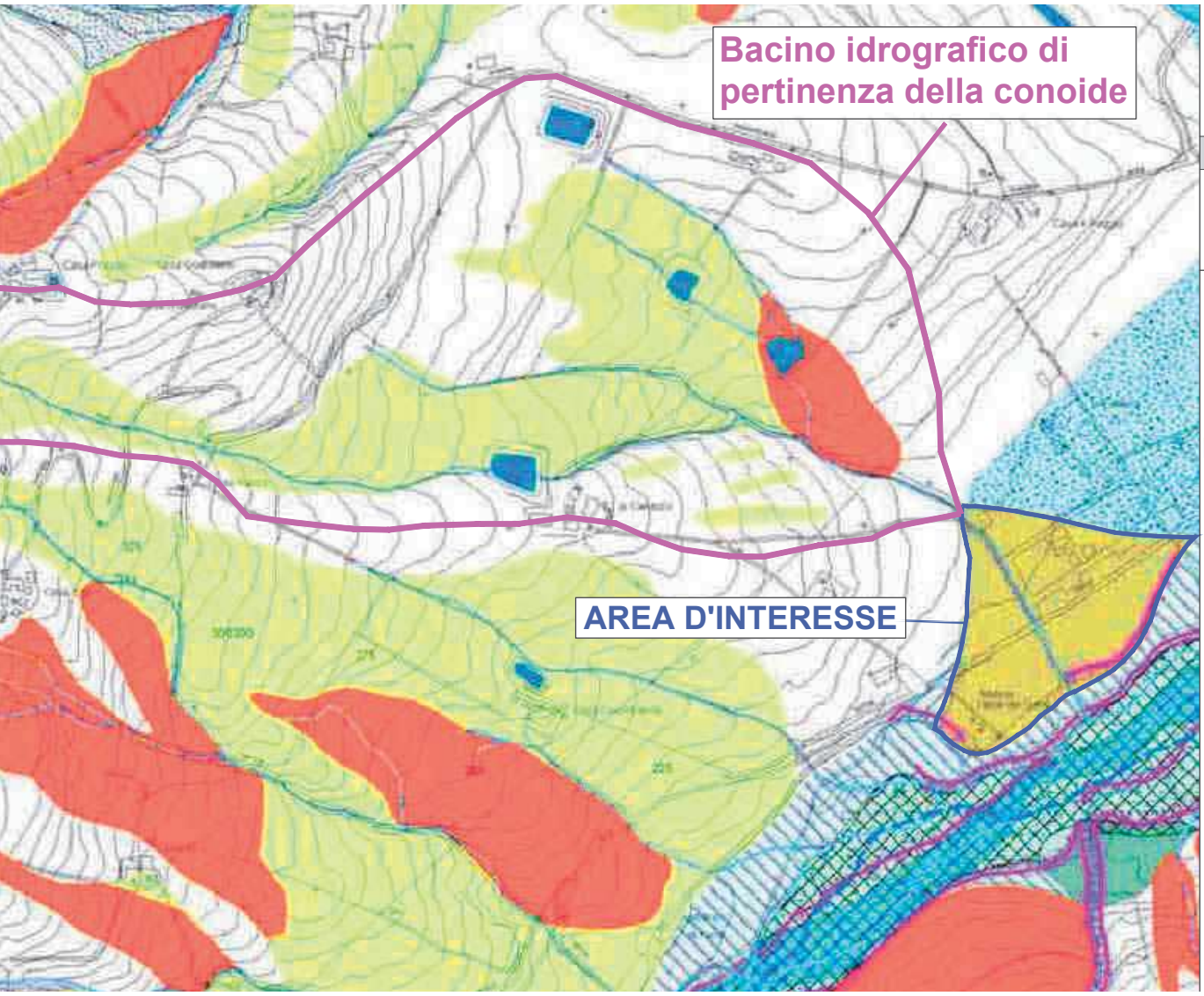
- AES8a - *Unità di Modena*
- a1g - *Deposito di frana attiva complessa*
- a2b - *Deposito di frana quiescente per scivolamento*
- a2g - *Deposito di frana quiescente complessa*
- b1 - *Deposito alluvionale in evoluzione*
- i2 - *Conoide torrentizia inattiva*

Unità geologiche (10K)

- VLU2 - *Formazione della Val Luretta - membro di Monteventano*

Area considerata

Fig.2



Studio ge
della conoide "in
in lo
- Comune
"*Classificazione del r*

CARTA D
Estra

Elementi morfologici

Area di frana attiva:

Area di frana quiescente:

Depositi alluvionali attuali:

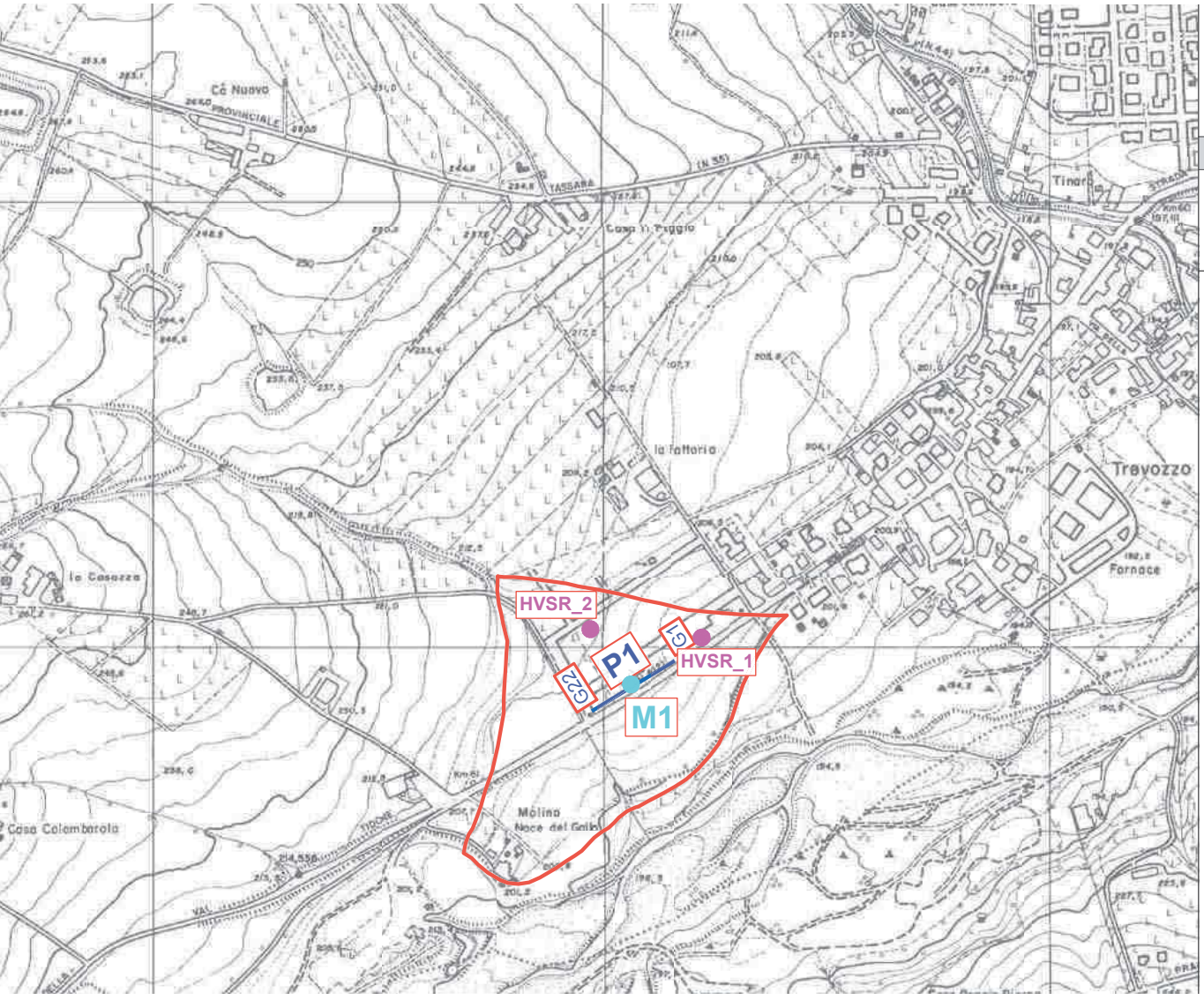
Depositi alluvionali terrazzat

Depositi alluvionali terrazzat

Depositi alluvionali terrazzat

Conoide alluvion

ARE



Studio geo
della conoide "in
in loc
- Comune d
"*Classificazione del ri*
il

PLANIMETRIA

INDAGINI SISMICHE

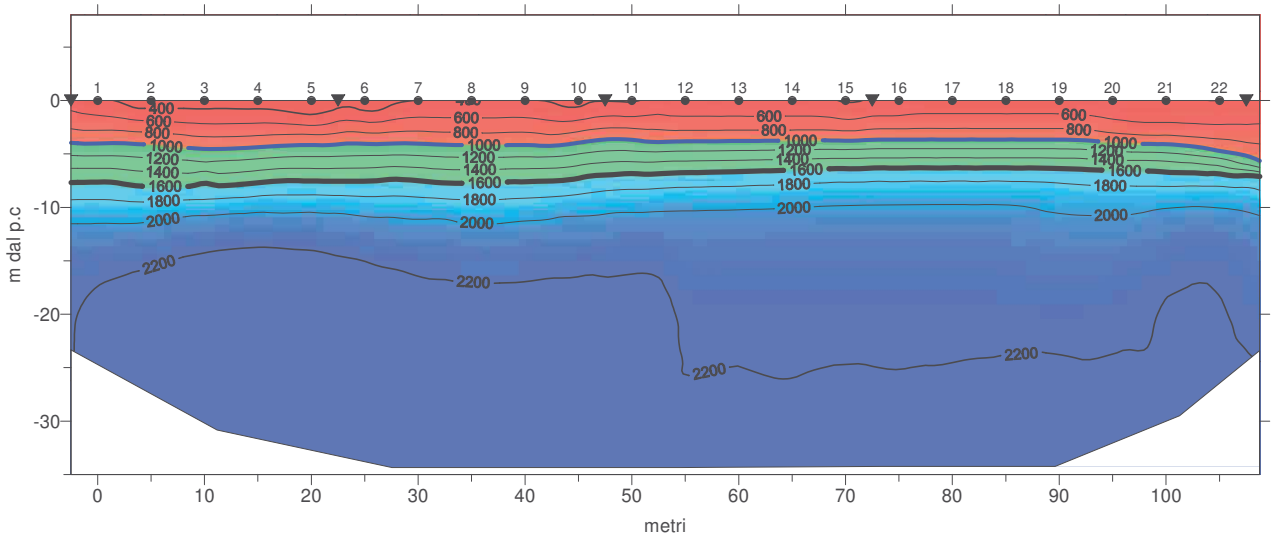
G1 **P1** G22 — Trac

M1 — Prov

HVSR — Prov

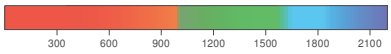
AREA

Loc. Trevozzo - Conoide Casazza - Comune di Nibbiano
TOMOGRAFIA SISMICA - P1



Scala 1:500

Velocità sismiche m/sec



Limite del materiale di copertura più allentato

Passaggio al substrato

▼ Punti di energizzazione

● Punti di registrazione

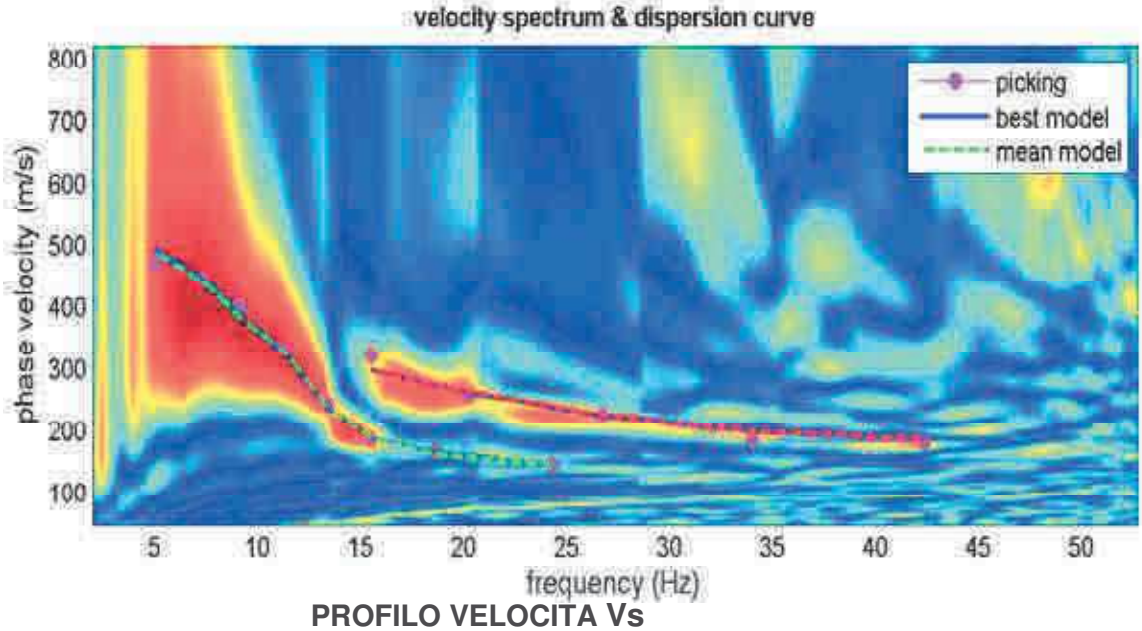
Fig.5

Conoide Casazza loc. Trevozzo - Comune di Nibbiano

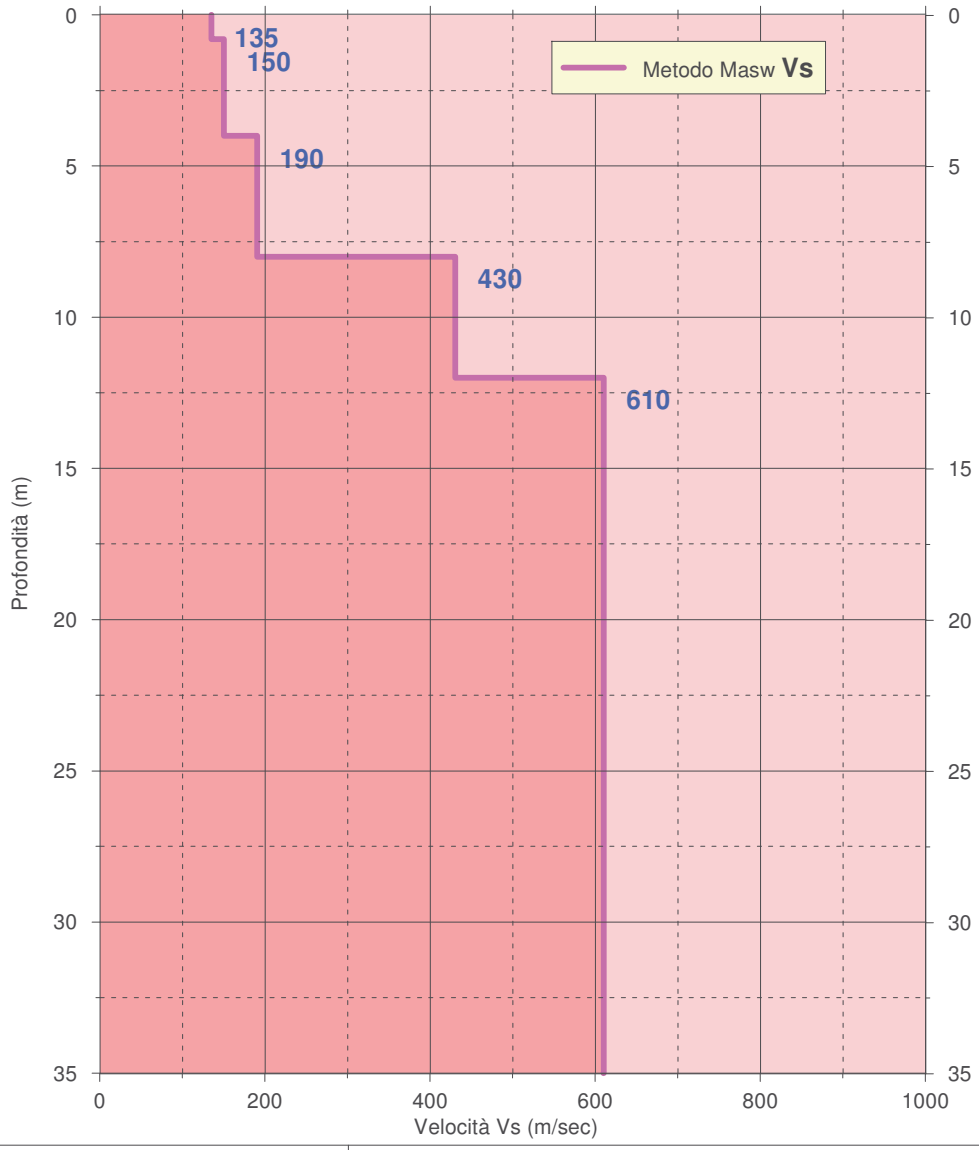
METODO MASW

M1

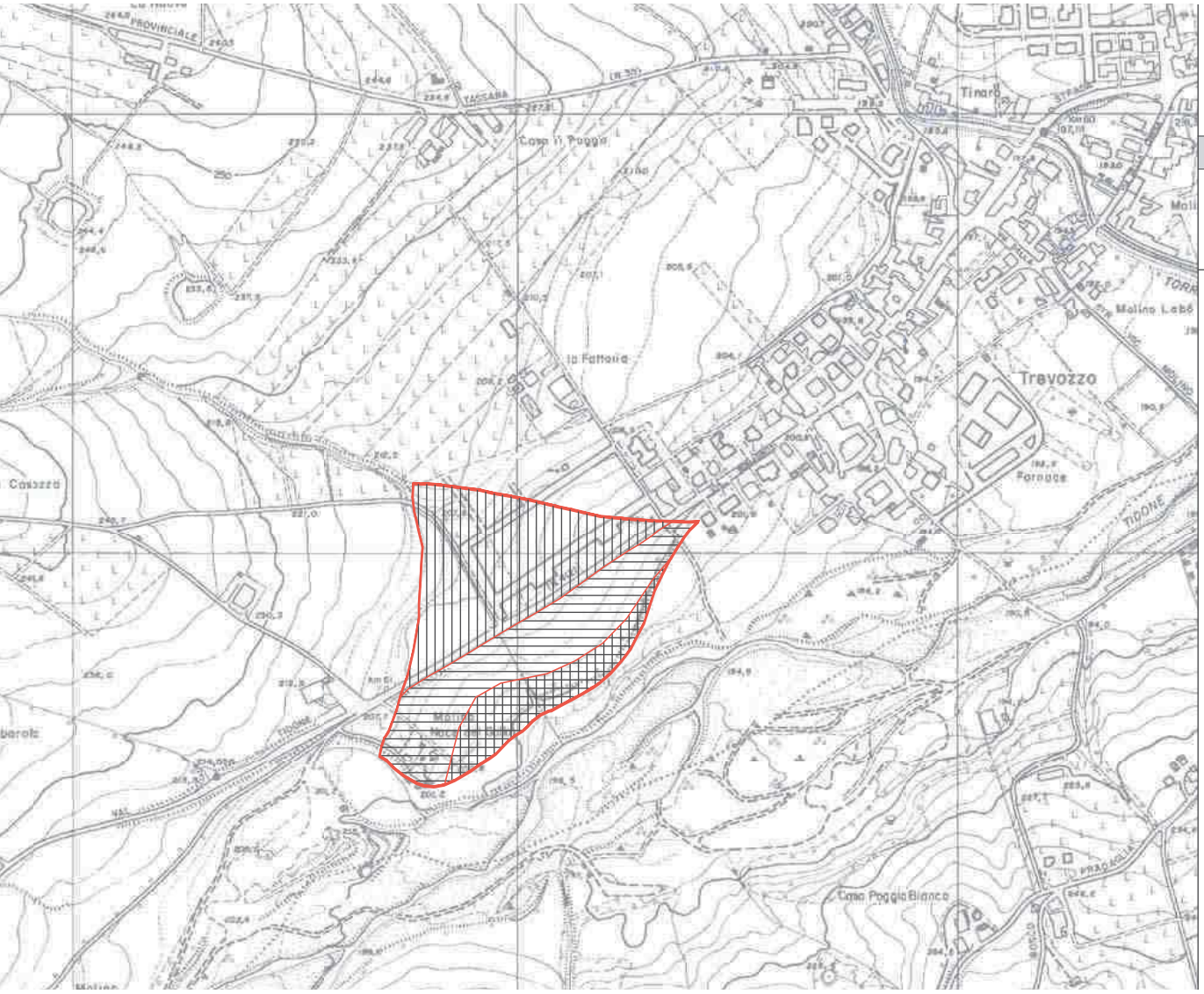
SPETTRO VELOCITA' DI FASE - FREQUENZA CON CURVA DISPERSIONE



PROFILO VELOCITA Vs



Vs30 dal p.c = 345	*SUOLO DI FONDAZIONE TIPO "C"*	**Fig.6**



Studio ge
della conoide "in
in lo
- Comune
"*Classificazione del r*

CARTA DEL "RI

CLASSI DI RISCHIO

Classe 1 - Risc

Classe 3 - Risc

Classe 4- Risch

AREA D

4 Frana quiescente in Colombarola

Geotest S.r.l. Servizi Geologici-Geotecnici-Geofisici

Via E. Fermi, 113 - 29010 Trevozzo V.T. (PC) Tel.: 348 5107263

Capitale Soc. Int. Versato . : 10.000 euro - P. iva: 01467560338

Comune di NIBBIANO (PC)

Oggetto: Relazione geologico-sismica preliminare finalizzata alla valutazione e zonizzazione del "Rischio Geologico" dell'area in frana quiescente in Loc. Colombarola.

Committente: Az. Agr. Ratti Serenella
Loc. Ronco Rosso
29010 Nibbiano (PC)

Geotest s.r.l.

Dott. Geologo Adriano Baldini

Nibbiano 30/09/2015 – rev. 01

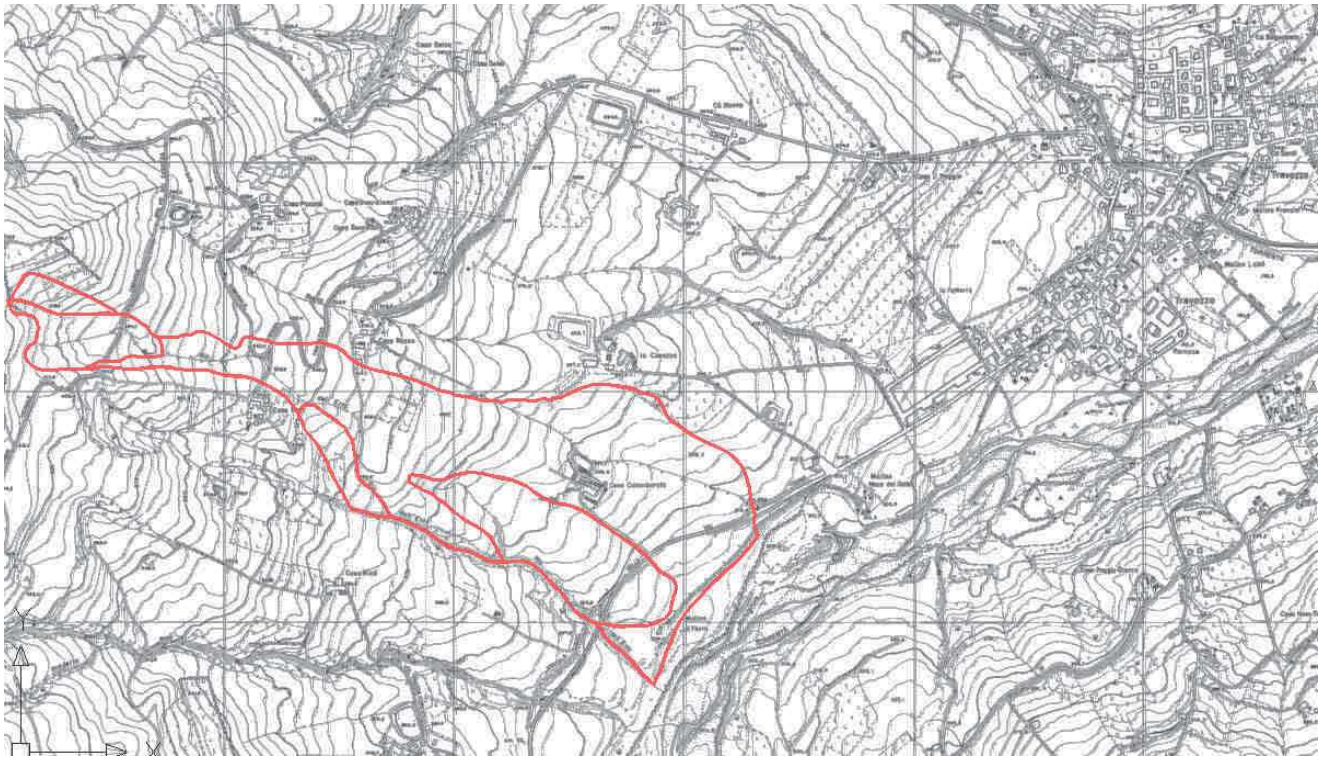
Sommario

1. PREMESSA 3
2. INDAGINI ESEGUITE 5
3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO-GEOMORFOLOGICO 6
3.1 CARATTERISTICHE GEOLOGICHE 6
3.2 CARATTERISTICHE GEOMORFOLOGICHE 7
4. INQUADRAMENTO IDROLOGICO E IDROGEOLOGICO 10
5. INDAGINI GEOGNOSTICHE 10
5.1 SISMICA A RIFRAZIONE 11
5.1.1 Cenni metodologici 11
5.1.2 Modalità esecutive 11
5.1.3 Strumentazione utilizzata 11
5.1.4 Elaborazione 12
5.1.5 Analisi dei risultati 13
5.2 PROVE PER LA DETERMINAZIONE DEL PROFILO DI VELOCITA' DELLE ONDE SISMICHE "S" 13
5.2.1 Cenni metodologici 14
5.2.2 Modalità esecutive 14
5.2.3 Commento dei risultati 15
6. MODELLO GEOLOGICO DELL'AREA 16
7. VALUTAZIONE DELLA PERICOLOSITA' SISMICA DELL'AREA (delibera del 2 Maggio 2007, n.112, in materia antisismica) 16
7.1 OBIETTIVI DELLA DELIBERA 16
7.2 LIVELLI DI APPROFONDIMENTO 17
7.3 CARATTERI SISMICI DELL'AREA 18
7.4 VALUTAZIONE DEL FATTORE DI AMPLIFICAZIONE DEL SITO INTERESSE-ANALISI 2° LIVELLO 20
7.5 SPETTRO DI RISPOSTA (IN PGA) DELL'AREA 21
7.6 ANALISI DELLA STABILITA' DEL VERSANTE SIA IN CONDIZIONI PSEUDO-STATICHE CHE SISMICHE-DINAMICHE - ANALISI 3° LIVELLO 22
7.6.1 Analisi di stabilità in condizioni pseudostatiche 22
7.6.2 Analisi di stabilità dinamica (Metodo di NEWMARK) 23
8. ZONIZZAZIONE DEL RISCHIO DEL CORPO DI FRANA QUIESCENTE 24
9. PRESCRIZIONI DEL P.R.G. PER LE AREE IN FRANA QUIESCENTE IN CUI E' STATA EFFETTUATA LA VALUTAZIONE DEL RISCHIO 25

1. PREMESSA

Su incarico, dell'Azienda Agricola, è stata realizzata, nel Settembre 2015, un'indagine geologico-sismica, nell'area sita in loc. Casa Colombarola nel Comune di Nibbiano.

Nel dettaglio l'area è localizzata poco a monte dell'abitato di Trevozzo (circa 1 Km), sul versante orografico sinistro (occidentale) del T. Tidone.

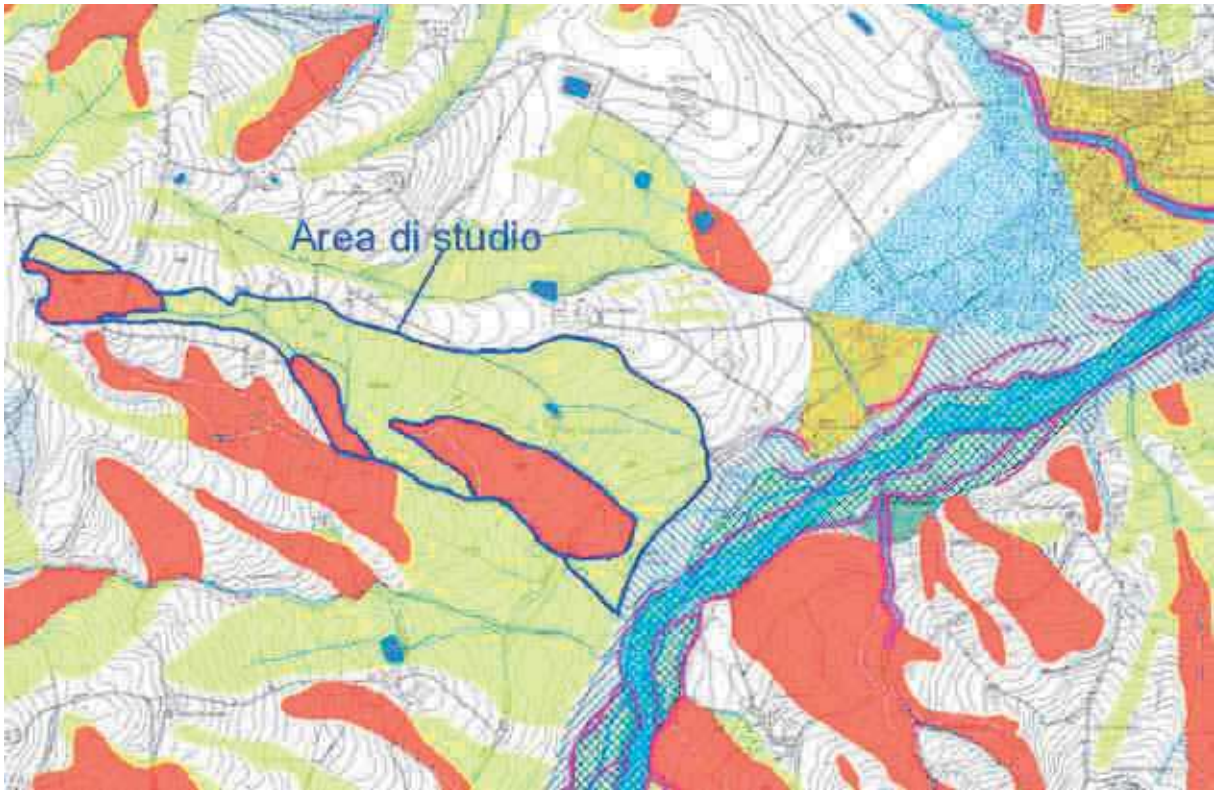


Inquadramento territoriale da CTR

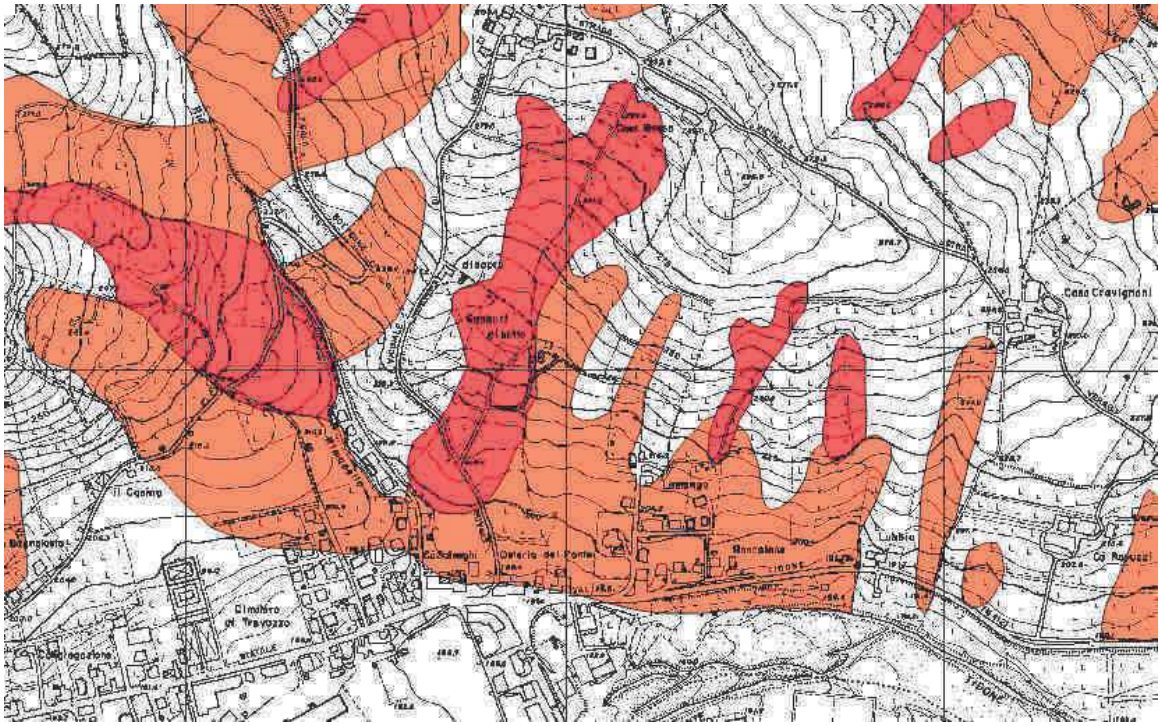
Nella carta del dissesto del PTCP della provincia di Piacenza e nella "Carta del Dissesto Comunale" allegata al PSC (in questo caso coincidenti), l'area d'interesse è classificata come frana quiescente. Le norme del PTCP (comma 7 dell'art. 31), consentono (compatibilmente con il grado di "rischio" accertato mediante opportuni approfondimenti geologici), di realizzare interventi edilizi (ampliamenti, nuove costruzioni ecc.), altrimenti non consentiti nelle aree di frana quiescente.

L'indagine ha avuto i seguenti obiettivi:

- Ricostruire l'assetto geologico-sismico del versante su cui insiste l'area d'interesse;
- Valutare le condizioni di stabilità complessiva del versante;
- Suddividere il corpo di frana in classi di rischio in base alla "pericolosità" geologica.



Carta del dissesto allegata al PSC



Carta del dissesto allegata al PTCP

2. INDAGINI ESEGUITE

L'approfondimento realizzato, come previsto dalla normativa, non ha riguardato solo l'area d'interesse della Committenza, ma è stato esteso a tutto il corpo di frana quiescente considerato influente ai fini della stabilità complessiva dell'area.

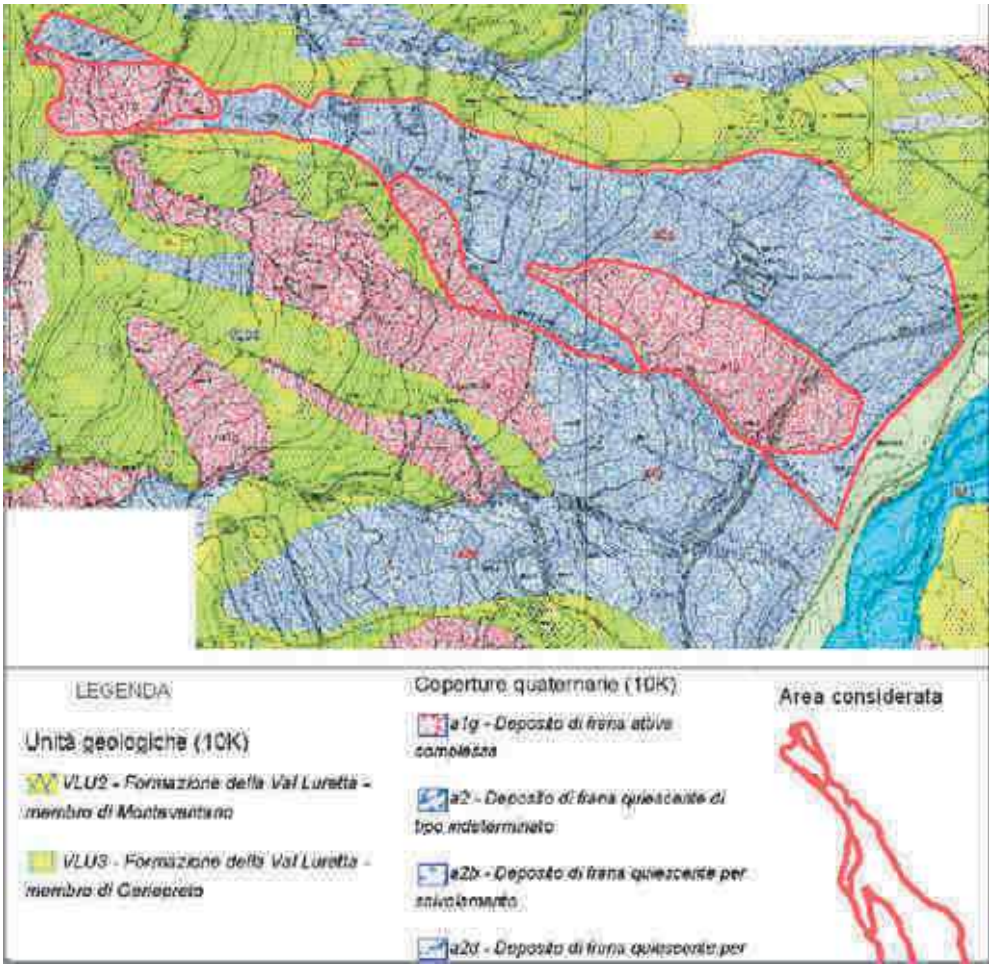
L'indagine geologico-sismica, conforme a quanto previsto dalla delibera del 2 Maggio 2007, n.112, in materia antisismica, ha compreso le seguenti fasi di studio:

- Raccolta ed analisi della documentazione esistente;
- Rilevamento geologico-geomorfologico di dettaglio di tutto il corpo di frana;
- Esecuzione di 3 profili sismici a rifrazione, per la valutazione dello spessore e del grado di addensamento sia del materiale di copertura che del substrato geologico;
- Registrazione di 2 profili sismici con tecnica "MASW", per la determinazione del profilo di velocità delle onde "S" e della categoria del suolo di fondazione del sito in base all'attuale normativa antisismica;
- Analisi del "secondo livello" con valutazione del fattore di amplificazione del sito ed identificazione dei possibili effetti di sito;
- Analisi del "terzo livello" con valutazione della stabilità dell'area in condizione sismiche dinamiche (metodo di "Newmark");
- Valutazioni sulla stabilità geomorfologica dell'area e zonizzazione del corpo di frana quiescente in classi di "Rischio".

3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO-GEOMORFOLOGICO

3.1 CARATTERISTICHE GEOLOGICHE

Come documento di base per l'inquadramento geologico dell'area, è stata utilizzata la "Carta Geologica dell'Appennino Emiliano-Romagnolo" della regione Emilia Romagna alla scala 1:10000.



Estratto della Carta Geologica Regionale

La "Formazione" rocciosa affiorante nel settore in esame è la formazione di "Val Luretta" qui rappresentata dal Membro di Monteventano (VLU2).

Dal punto di vista litostratigrafico la formazione geologica d'interesse, è costituita prevalentemente da alternanze decametriche di pacchi di strati medi arenaceo-pelitici e di pacchi calcareo-marnosi in strati medi e spessi, più frequenti verso il tetto del membro. Lo spessore massimo dell'unità, che si appoggia sul sottostante membro di Poviago di natura areanaceo-pelitico, è stato valutato dagli studi della Regione Emilia-Romagna in circa 230 metri.

3.2 CARATTERISTICHE GEOMORFOLOGICHE

Dal punto di vista morfologico il corpo detritico presenta una lunghezza massima di circa 1500 metri e si estende, a valle, fino a ridosso del terrazzo alluvionale recente del T. Tidone. La larghezza è variabile da 300-400 metri a valle (zona di accumulo) a 80-150 metri a monte (zona di distacco e scorrimento).

Verso valle il corpo detritico d'interesse si "accosta", pur mantenendo la propria individualità, ad altri corpi detritici originatisi lungo il versante.

Il limite settentrionale del corpo di paleofrana d'interesse è definito dal dosso morfologico dove sorgono i nuclei abitati di Casa Razza e la Casazza. In corrispondenza di tale dosso il substrato roccioso è sub-affiorante. Come limite meridionale si è deciso di assumere il rio dell'Erta in quanto, come spesso avviene, i corpi di paleofrana e/o frana sono proprio delimitati da rii. Ai fini della stabilità geomorfologica si ritengono ininfluenti i corpi detritici collocati a Sud del rio dell'Erta.

Nel complesso, anche se la carta Geologica Regionale e quella del Dissesto del PSC (in questo caso coincidenti) indicano alcuni settori in cui la paleofrana è riattivata, il corpo detritico appare ben assestato.

Gli unici movimenti gravitativi, superficiali e di limitata estensione, sono presenti nel settore di monte della paleofrana.

Non si rilevano condizioni geomorfologiche, erosione al piede e/o presenza di fessure di trazione nell'area della vecchia nicchia di distacco, predisponenti ad un evoluzione dell'antico dissesto, che si ribadisce appare nel complesso quiescente e ben stabilizzato.

Anche i dati interferometrici (Ers Ascending e Ers Descending) disponibili sul sito del "Geoportale Nazionale" riferiti al periodo 1992-2008, non segnalano nell'area d'interesse (area dell'azienda agricola), movimenti significativi. Il colore verde dei pallini indica movimenti irrilevanti, inferiori a 1-2 millimetri/anno.



Dati interferometrici estratti dal geoportale nazionale



Panoramica della parte alta della paleofrana dove sono visibili locali riattivazioni superficiali



Panoramica del settore intermedio della paleofrana



Panoramica della parte bassa della paleofrana ben stabilizzata

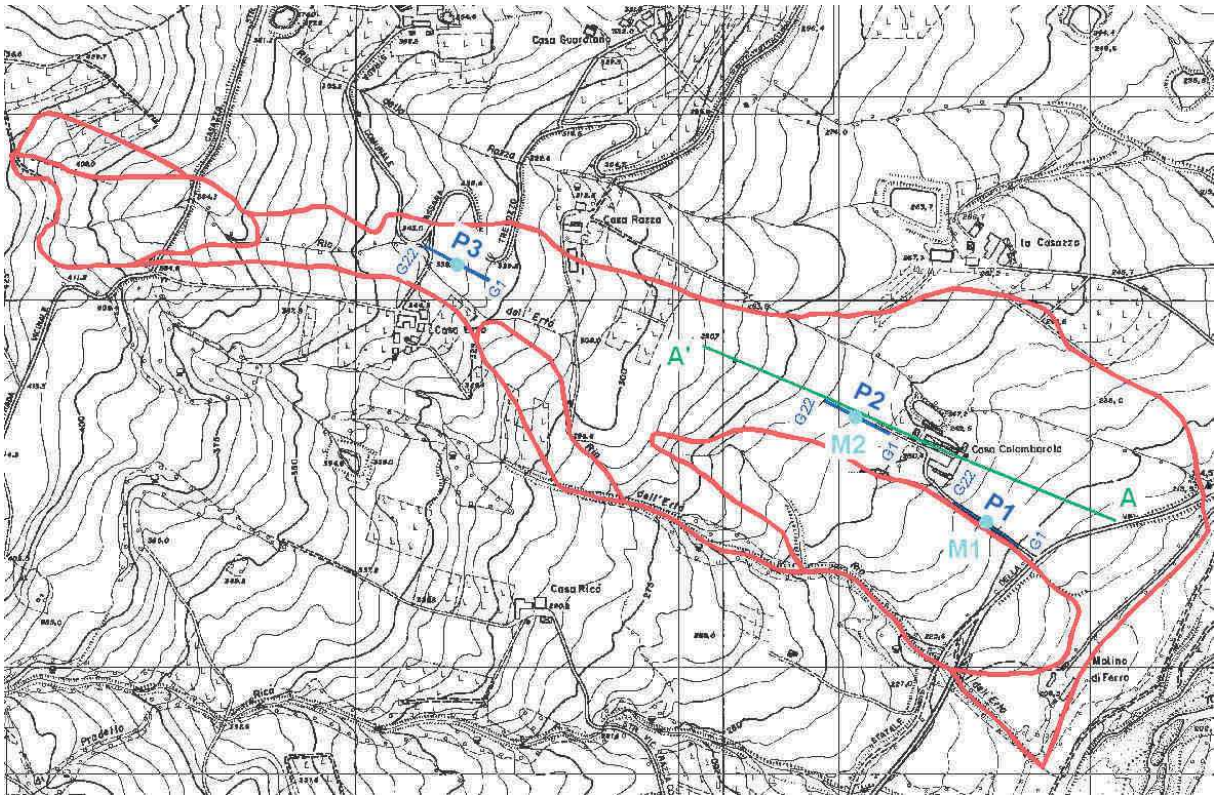
4. INQUADRAMENTO IDROLOGICO E IDROGEOLOGICO

Data la morfologica complessivamente regolare del versante, in cui non sono presenti evidenti avvallamenti e/o contropendenze, il drenaggio delle acque superficiali, assicurato dai canali di scolo legati alle pratiche agricole, è in linea generale piuttosto efficiente. I collettori di smaltimento delle acque meteoriche sono costituiti a Sud dal rio dell'Erta, mentre a Nord tale funzione è assolta dal piccolo rio che scorre immediatamente a Nord di Casa Colombarola. Sotto l'aspetto idrogeologico si possono sinteticamente ipotizzare due tipi di circolazione idrica:

- Una, di maggiore entità, che interessa l'ammasso roccioso soprattutto ove la fratturazione risulta più intensa. Nel complesso, comunque, i litotipi presenti, a forte componente argillosa, sono poco idonei ad ospitare falde idriche produttive;
- L'altra di minore entità, ma rilevante per la stabilità, si può formare all'interno della copertura eluvio-colluviale più allentata (spessore 3-5 m), nei periodi particolarmente piovosi. A tal proposito, nelle verifiche di stabilità del versante che sarà sviluppata nei seguenti paragrafi, cautelativamente si è considerata la falda prossima al piano campagna.

5. INDAGINI GEOGNOSTICHE

Come già accennato, sono stati realizzati 3 profili sismo-tomografici e 2 prove "Masw".



Planimetria indagini geognostiche

5.1 SISMICA A RIFRAZIONE

5.1.1 Cenni metodologici

La prospezione sismica rappresenta una tecnica di prospezione geofisica che consente, attraverso l'acquisizione e l'elaborazione di dati, la costruzione d'immagini bidimensionali (o tridimensionali) della variazione della velocità sismica. Con questa tecnica si riesce ad avere, pertanto, una visione seppur qualitativa della stratigrafia del terreno investigato, in termini di variazioni di "densità" dello stesso, essendo questo parametro direttamente legato alla velocità sismica. La tecnica di prospezione, consiste nella misura dei tempi impiegati dalle onde sismiche longitudinali (onde P) per percorrere un tragitto rettilineo tra una serie di punti d'energizzazione (sorgente sismica) e una serie di punti di ricezione (geofoni). Il confronto matematico tra i vari tempi permette di suddividere lo spazio compreso tra le due serie di punti in porzioni, o "celle elementari" (quadrate per le sezioni bidimensionali come quelle in esame, o cubiche per sezioni tridimensionali) caratterizzate ognuna da un proprio valore di velocità sismica.

5.1.2 Modalità esecutive

I profili sono costituiti da allineamenti di 22 geofoni spaziati di 5 metri. In punti predefiniti dei profili, sono stati creati artificialmente degli impulsi elastici mediante l'utilizzo di una massa battente; l'energizzazione è avvenuta in 7 punti disposti simmetricamente allo stendimento e precisamente nelle seguenti posizioni:

- 2 punti esterni al profilo
- 2 punti agli estremi del profilo
- 3/4 lungo il profilo.

La registrazione dei sismogrammi è stata effettuata mediante un sismografo Geode della Geometrics a 24 canali ad elevata dinamica (24 bit).

5.1.3 Strumentazione utilizzata

Il "Geode" è un sismografo modulare a 24 bit che rappresenta l'ultima frontiera dei sistemi di registrazione sismica combinando il meglio dei tradizionali sismografi Geometrics con la flessibilità di un sistema distribuito. Geode è un sismografo ad elevata dinamica (144 dB di range dinamico totale – 105 dB istantanei a 2 msec di campionamento). Grazie all'ampia banda d'ingresso (1.75 Hz – 20 kHz, con velocità di campionamento da 0.02 msec a 16 msec), esso è perfettamente idoneo per un'ampia gamma di applicazioni: sismica a rifrazione, sismica a riflessione (anche ad altissima risoluzione), monitoraggio di vibrazioni,

applicazioni sismologiche, downhole e VSP. In acquisizione sono disponibili tutte le funzioni di filtri, pre-amplificazione, line-test e instrument-test, tipiche dei sistemi di registrazioni evoluti.



Sismografo "Geode"

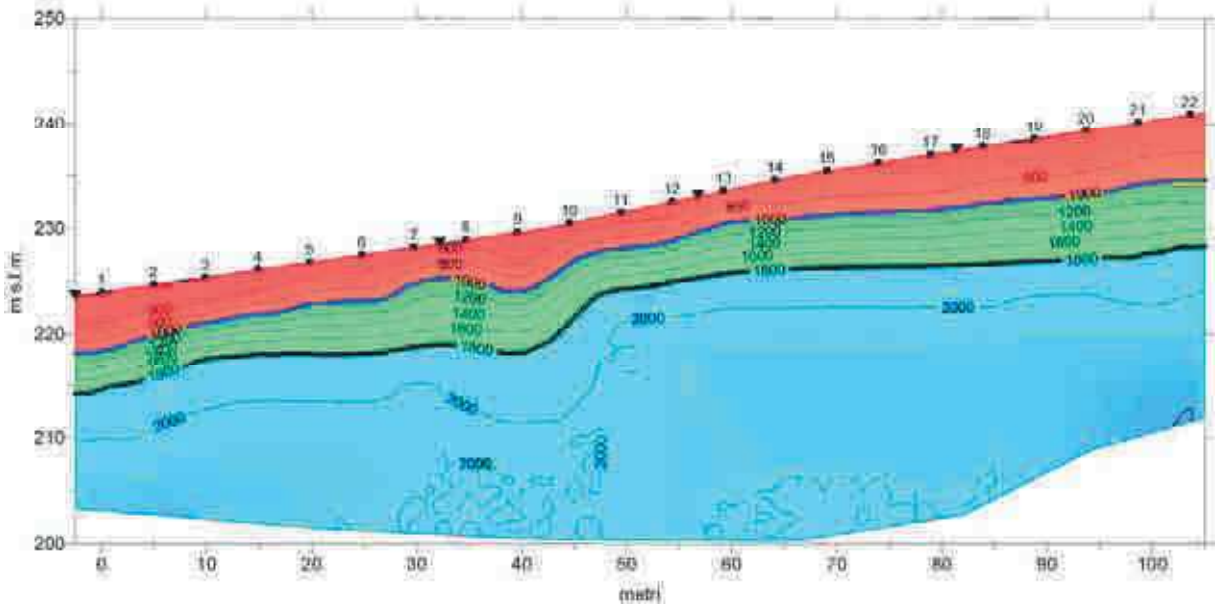
L'atrezzatura utilizzata è composta da:

- Sismografo modulare Geode 3-1000+ canali,
- Massa battente da 10 Kg,
- Piastra di battuta in alluminio 15x15x2,5cm,
- Batteria ricaricabile 12 V,
- Cavo per sismica a rifrazione stranded, 130 mt con 24 takeouts SPT-21 a 5 metri di intervallo e due code da 7.5 mt l'una terminate con connettore Bendix 61S,
- Geofoni GS20DX, 10 Hz verficali, 395 Ohm con puntale da 3" ed 1,5 mt di cavo terminato con mueller clip singola MC-20-SP,
- Computer portatile ACER.

5.1.4 Elaborazione

In questo caso i dati acquisiti sono stati interpretati secondo un metodo sismico-tomografico utilizzando il software SeisOpt@2D v4.0 prodotto dalla OPTIM. La procedura d'elaborazione ha comportato in una prima fase la lettura dei tempi dei primi arrivi sui sismogrammi. In seguito, sono stati ricostruiti i percorsi dei raggi sismici attraverso il terreno. In linea teorica, ogni punto del mezzo investigato, è attraversato in tutte le direzioni, dai raggi sismici. Di ogni raggio è quindi calcolata la traiettoria e, sul confronto fra tutti i possibili percorsi e tempi impiegati, ed è stabilita per ogni punto (o cella di dimensioni 2.5x1.25 m, in questo caso) la sua velocità sismica caratteristica. Il risultato finale dell'elaborazione consiste in sezioni (Fig. 5) di velocità sismiche, rappresentata sia per isovelocità sia tramite colori. Alle diverse classi di velocità sismica, sono stati attribuiti colori che vanno, dal rosso per i valori più bassi, al blu per i valori più elevati. La scala cromatica evidenza i cambiamenti di velocità ritenuti più significativi.

Loc. Colombarola - Comune di Nibbiano
TOMOGRAFIA SISMICA - P1



5.1.5 Analisi dei risultati

L'elaborazione ha permesso la distinzione di varie unità secondo le loro caratteristiche sismiche:

- ***Unità allentata superficiale*** *(colore rosso),* con velocità inferiori a **1000 m/ s**. L'unità corrisponde al materiale detritico di copertura meno compatto. Gli spessori sono mediamente variabili da 4 a 6 m.
- ***Unità intermedia mediamente addensata*** (colore verde), con velocità media di **1200-1400 m/ s** e spessori medi di 4-6 metri. L' unità è correlabile sempre a materiale detritico leggermente più addensato rispetto all'orizzonte superficiale;
- ***Unità di fondo*** *(colore azzurro),* con velocità medie di **2000-2200 m/ s**, i valori di velocità piuttosto elevati per un corpo detritico, possono essere correlati o ad un substrato a prevalente componente argillosa.

5.2 PROVE PER LA DETERMINAZIONE DEL PROFILO DI VELOCITA' DELLE ONDE SISMICHE "S"

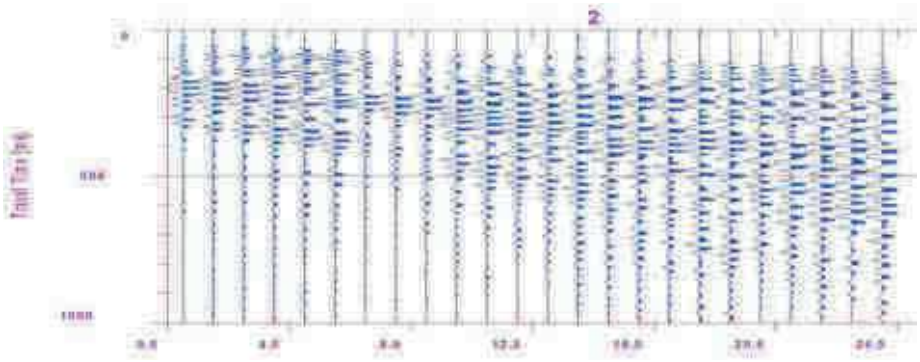
Per la determinazione del profilo di velocità delle onde "S" e della categoria del suolo di fondazione è stato utilizzato il metodo "Masw". I profili "Masw" sono stati realizzati in corrispondenza degli stendimenti sismici P1 e P2.

5.2.1 Cenni metodologici

Il MASW (Park et al., 1999) è stato sviluppato in parte per superare le difficoltà dell'applicazione del SASW in ambienti rumorosi. La tecnica, che prevede la registrazione simultanea (in questo caso l'energizzazione è prodotta da una massa battente di almeno 10 Kg) di 12 o più canali, fornisce una ridondanza statistica delle misure di velocità di fase e ne avvalora la veridicità. Il salvataggio delle tracce nel dominio temporale, permette inoltre di distinguere e evidenziare, le onde di Rayleigh presenti nel record, che sono caratterizzate da un'elevata ampiezza di segnale (circa il 60% dell'energia prodotta dalla sorgente artificiale si distribuisce in onde di superficie). Una particolare analisi spettrale, "overtone analysis", produce un grafico Velocità di fase-frequenza in cui si può distinguere il modo fondamentale delle onde di superficie da cui ricavare la curva di dispersione ed il profilo delle Vs per successiva inversione 1-D. La tecnica permette, inoltre, di eseguire misure ripetute spostandosi nella direzione di allineamento per risalire ad un profilo bidimensionale che evidenzia le variazioni laterali delle Vs. Il software utilizzato per l'elaborazione dei dati è il "winMASW" versione Academy della Eliosoft.

5.2.2 Modalità esecutive

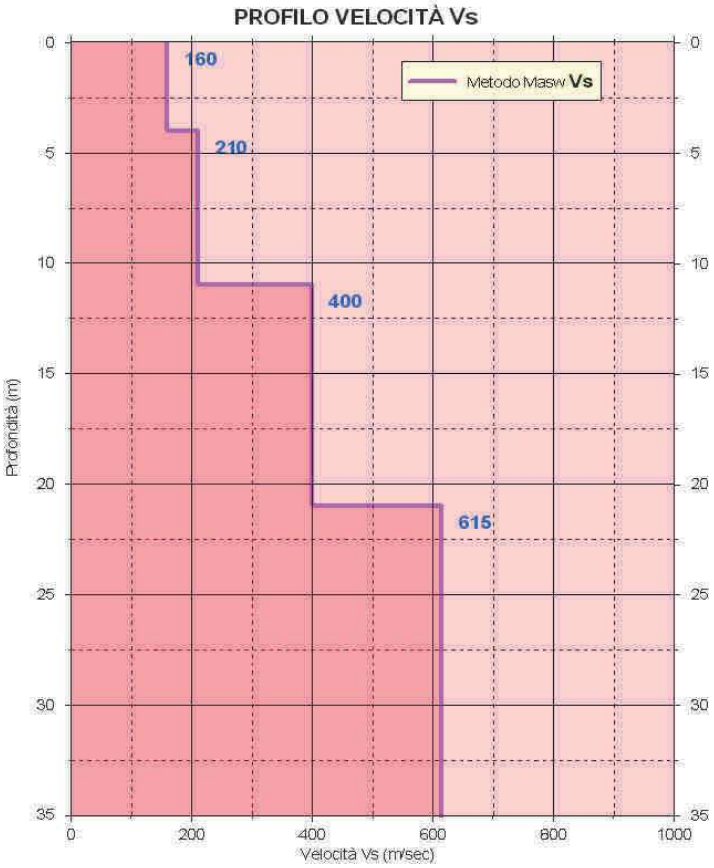
Sono stati realizzati 2 stendimenti di 22 geofoni, con distanza intergeofonica di 5 m. La lunghezza delle registrazioni è stata di 1 sec, con un passo di campionamento di 0.25 ms.



Esempio di registrazione con tecnica "Masw"

Si ricorda che il punto di determinazione del profilo delle Vs in profondità, si riferisce al centro dello stendimento geofonico.

5.2.3 Commento dei risultati



Risultati della prova Masw – M2

Esaminando i grafici ottenuti, si possono fare queste considerazioni:

- Dalla superficie fino a 3-5 m dal p.c. sono presenti materiali caratterizzati da valori di Vs medio-bassi (Vs< 200 m/s). Tali depositi possono essere correlati alla copertura detritica meno addensata;
- Più in profondità, fino a 10-12 metri, i valori di Vs aumentano leggermente segnalando la presenza di materiale leggermente più addensato;
- Fra i 10-12e i 20-22 metri le velocità aumentano ulteriormente portandosi sui 380-400 m/s; tali valori indicano la presenza di materiale discretamente addensato correlabile al substrato di natura argillosa;
- Un più significativo aumento di velocità è stato individuato a circa 20-22 m dal p.c., con valori che si portano sui 600-630 m/s in corrispondenza del substrato roccioso discretamente compatto;
- Il "bedrock" sismico vero e proprio (Vs>800 m/s), non è stato individuato nei primi 35-40 metri dal p.c;
- I valori di Vs 30 calcolati sono di 325 m/s (M1) e di 305 m/s (M2);

- In base all'attuale normativa (NTC2008) il sito d'interesse presenta un suolo di fondazione di tipo C.

6. MODELLO GEOLOGICO DELL'AREA

Le indagini realizzate unite alle più generali conoscenze geologiche hanno consentito di ricostruire il modello geologico-geotecnico di riferimento per l'area d'interesse.

SINTESI DEI PARAMETRI GEOTECNICI

Livello A	**Litologia:** *limo e argilla con trovanti da poco a mediamente addensato*	
Dal p.c. a –4/-6 m	Peso di volume Peso di volume saturo Angolo di attrito di picco Angolo di attrito residuo Coesione	**γ = 1.85 t/mc** **γ = 2.1 t/mc** **φ = 18°** **φ = 15°** **C = 0.03 Kg/cmq**
Livello B	**Litologia:** *limo e argilla con trovanti mediamente addensato*	
da–4/-6 m a –10/-12 m	Peso di volume Peso di volume saturo Angolo di attrito di picco Angolo di attrito residuo Coesione	**γ = 1.90 t/mc** **γ = 2.1 t/mc** **φ = 22°** **φ = 19°** **C = 0.05 Kg/cmq**
Livello C	**Litologia:** *substrato di natura prevalentemente argillosa*	
da–10/-12 m a –20/-22 m	Peso di volume Peso di volume saturo Angolo di attrito di picco Coesione	**γ = 2.10 t/mc** **γ = 2.15 t/mc** **φ = 26°** **C = 0.05 Kg/cmq**
Livello D	**Litologia:** *substrato roccioso a prevalente componente calcareo-marnosa mediamente compatto*	
Oltre –20/-22 m	Peso di volume Angolo di attrito	**γ = 2.25 t/mc** **φ = 40°-45°**

7. VALUTAZIONE DELLA PERICOLOSITA' SISMICA DELL'AREA (delibera del 2 Maggio 2007, n.112, in materia antisismica)

7.1 OBIETTIVI DELLA DELIBERA

Scopo del presente atto di indirizzo e coordinamento è quello di fornire i criteri per la per l'individuazione delle aree soggette ad effetti locali e per la microzonazione sismica del territorio in modo da orientare le scelte della pianificazione verso aree caratterizzate da minore pericolosità sismica. Lo studio della pericolosità di base e della pericolosità locale hanno come obiettivi:

- *l'individuazione delle aree dove in occasione dei terremoti attesi possono verificarsi effetti locali;*
- *la stima quantitativa della risposta sismica locale dei depositi e delle morfologie presenti nell'area di indagine ("Analisi della Risposta Sismica Locale", RSL);*
- *la suddivisione del territorio in sottozone a diversa pericolosità sismica locale ("Microzonazione Sismica", MZS).*

I risultati dell'analisi della pericolosità sismica locale e della microzonazione sismica, devono essere applicati nella redazione degli strumenti di pianificazione territoriale e urbanistica.

7.2 LIVELLI DI APPROFONDIMENTO

Gli studi di risposta sismica locale e microzonazione sismica vanno condotti a diversi livelli di approfondimento a seconda delle finalità e delle applicazioni nonché degli scenari di pericolosità locale.

Tali studi svolti devono essere descritti in una relazione che indichi chiaramente il livello di approfondimento, le indagini effettuate e i risultati ottenuti e devono fornire una cartografia dello stato del territorio, e sono un riferimento necessario per la Valutazione di Sostenibilità Ambientale e Territoriale (VALSAT) preventiva delle singole scelte del piano.

Si identificano due fasi di analisi con diversi livelli di approfondimento.

La prima fase è diretta a definire gli scenari di pericolosità sismica locale, cioè ad identificare le parti di territorio suscettibili di effetti locali (amplificazione del segnale sismico, cedimenti, instabilità dei versanti, fenomeni di liquefazione, rotture del terreno, ecc.). L'individuazione delle aree soggette ad effetti locali si basa su rilievi, osservazioni e valutazioni di tipo geologico e geomorfologico, svolte a scala territoriale, associati a raccolte di informazioni sugli effetti indotti dai terremoti passati. Tale analisi viene svolta - soprattutto mediante elaborazione dei dati disponibili - in sede di elaborazione del PTCP e del PSC e concorre alla definizione delle scelte di piano, fornendo prime indicazioni sui limiti e le condizioni per la pianificazione nelle suddette aree.

La seconda fase ha come obiettivo la microzonazione sismica del territorio indagato. Sulla base degli scenari individuati dalle analisi svolte nel corso della prima fase, nella seconda fase si attuano due diversi livelli di approfondimento:

a) nelle aree pianeggianti e sub-pianeggianti, incluse le zone di fondovalle appenniniche, con stratificazione orizzontale e sub-orizzontale, e sui versanti stabili con acclività ≤ 15° in cui il deposito ha spessore costante si ritiene sufficiente un'analisi semplificata (secondo livello di approfondimento), cioè l'analisi della pericolosità locale può essere basata, oltre che sull'acquisizione di dati geologici e geomorfologici più dettagliati di quelli rilevati nel primo livello, su prove geofisiche in sito e su prove geotecniche di tipo standard. Il numero delle verticali indagate deve essere tale da consentire un'adeguata caratterizzazione geotecnica spaziale dei terreni e delle formazioni presenti nell'area di studio;

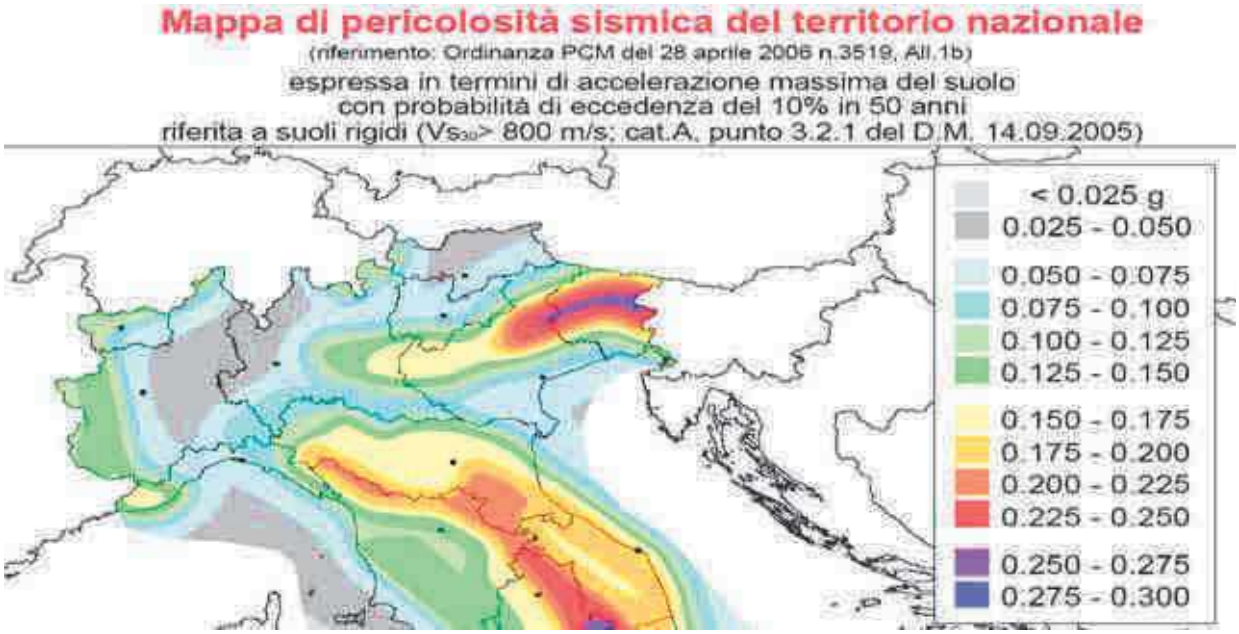
b) un'analisi più approfondita (terzo livello di approfondimento) è invece richiesta nei seguenti casi (vedere Allegato A1):

- *aree soggette a liquefazione e densificazione;*
- *aree instabili e potenzialmente instabili;*
- *aree in cui le coperture hanno spessore fortemente variabile, come ad esempio nelle aree pedemontane e di fondovalle a ridosso dei versanti;*
- *aree in cui è prevista la realizzazione di opere di rilevante interesse pubblico.*

L'analisi approfondita richiede un significativo numero di prove geofisiche e geotecniche, sia in sito che in laboratorio, rivolte alla definizione del comportamento dei terreni sotto sollecitazione dinamica. In queste parti del territorio la pericolosità potrebbe essere molto elevata e perciò deve essere attentamente valutata la possibilità di renderle suscettibili di trasformazione urbanistica.

7.3 CARATTERI SISMICI DELL'AREA

In base alla nuova carta della pericolosità sismica del territorio nazionale, i valori di PGA su suolo rigido con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni, per il Comune di Nibbiano sono compresi fra 0.075 e 0.100 g. L'area ricade nella zona simogenetica 911, in cui i meccanismi di fagliazione prevalenti sono legati a faglie trascorrenti e le profondità dei terremoti prevalentemente compresi fra 8 e 12 Km. Le magnitudo massime attese nella zona sismogenetica d'interesse sono di 5.7-6.1.Le serie storiche dei terremoti contenuti nell'archivio della Regione Emilia Romagna non segnalano eventi sismici rilevanti nell'area d'interesse.



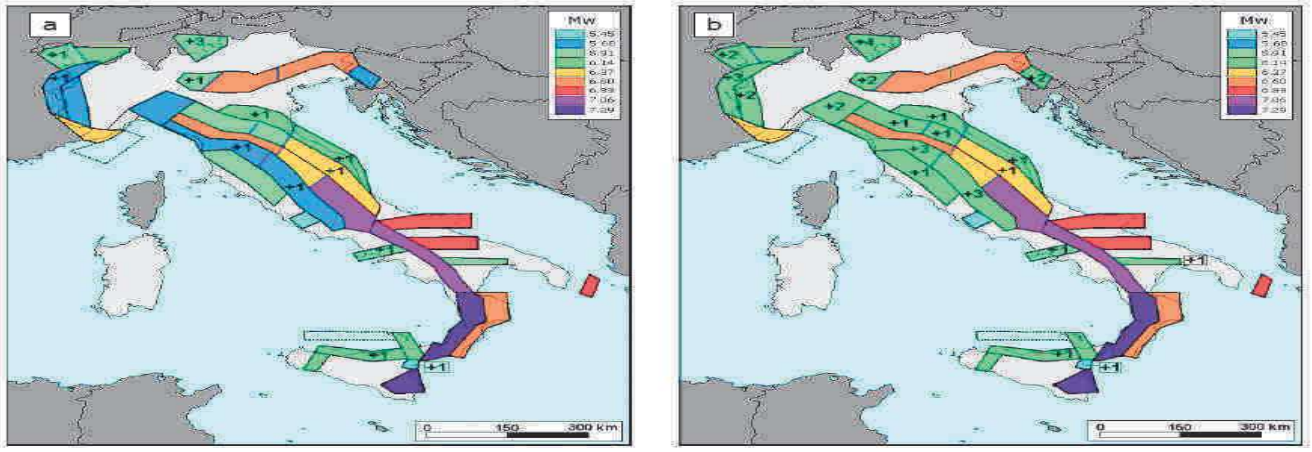


Figura 36. Valori di Mwmax corrispondenti ai due insiemi: a) "osservati" (Mwmax1); b) "cautelativi" (Mwmax2).

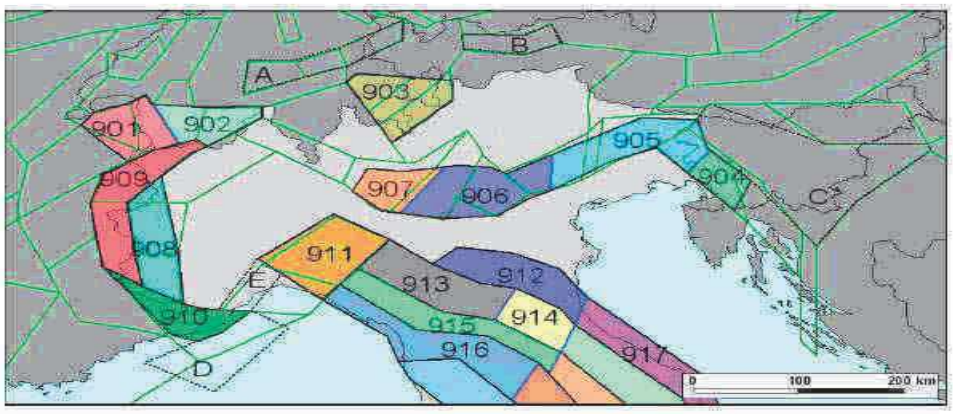


Figura 10. Zonazione sismogenetica ZS9 a confronto con la zonazione del progetto SESAME nell'area alpina (Jiménez et al., 2001; linee di colore verde).

In base alle caratteristiche geologiche del sito d'interesse, i principali effetti attesi possono ricondursi essenzialmente a fenomeni di amplificazione litologica e in minor misura a fenomeni d'instabilità dei versanti. Sono da escludere fenomeni d'amplificazione topografica (pendenza del versante complessivamente inferiore a 15°) e fenomeni di liquefazione (basso valore di ag atteso e presenza di copertura di materiale eterogeneo in matrice coesiva).

7.4 VALUTAZIONE DEL FATTORE DI AMPLIFICAZIONE DEL SITO INTERESSE-ANALISI 2° LIVELLO

A2.1.1 - APPENNINO E MARGINE APPENNINICO-PADANO

In caso di substrato marino caratterizzato da Vs ≥ 800 m/s si devono usare le seguenti tabelle

F.A. P.G.A.

Vs_H / H	200	250	300	350	400	450	500	600	700	800
5	1.6	1.3	1.2	1.1	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
10	2.0	1.9	1.7	1.6	1.4	1.2	1.1	1.0	1.0	1.0
15	2.0	2.0	2.0	1.8	1.6	1.4	1.3	1.2	1.0	1.0
20	2.0	2.0	2.0	1.9	1.7	1.6	1.4	1.3	1.1	1.0
25	1.9	2.0	1.9	1.9	1.8	1.6	1.5	1.3	1.2	1.0
30	1.8	1.9	1.9	1.9	1.7	1.5	1.5	1.4	1.2	1.0
35	1.7	1.8	1.9	1.9	1.7	1.6	1.5	1.4	1.3	1.0
40	1.6	1.8	1.9	1.9	1.8	1.6	1.5	1.4	1.3	1.0

F.A. INTENSITA' SPETTRALE - 0.1s < To < 0.5s

Vs_H / H	200	250	300	350	400	450	500	600	700	800
5	1.2	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
10	1.8	1.6	1.4	1.2	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
15	2.1	2.0	1.7	1.5	1.2	1.1	1.1	1.0	1.0	1.0
20	2.3	2.3	1.9	1.7	1.5	1.4	1.2	1.1	1.0	1.0
25	2.2	2.4	2.2	2.0	1.7	1.5	1.4	1.2	1.1	1.0
30	2.1	2.3	2.3	2.1	1.9	1.7	1.5	1.3	1.2	1.0
35	1.9	2.1	2.3	2.2	1.9	1.8	1.6	1.4	1.3	1.0
40	1.8	2.0	2.3	2.3	2.0	1.8	1.6	1.4	1.3	1.0

F.A. INTENSITA' SPETTRALE - 0.5s < To < 1.0s

Vs_H / H	200	250	300	350	400	450	500	600	700	800
5	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
10	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
15	1.2	1.2	1.1	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
20	1.5	1.4	1.2	1.1	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
25	2.1	2.1	1.5	1.2	1.1	1.1	1.0	1.0	1.0	1.0
30	2.4	2.3	1.9	1.5	1.2	1.1	1.1	1.0	1.0	1.0
35	2.5	2.4	2.3	1.8	1.3	1.3	1.2	1.1	1.0	1.0
40	2.7	2.6	2.6	2.0	1.6	1.3	1.2	1.1	1.1	1.0

I fattori di amplificazione calcolati per i singoli profili di velocità Vs sono riassunti nel tabella seguente:

PROVA	PROF. BEDROCK	VS 30	VS H	FA PGA	FA intensità spettrale 0.1s-0.5s	FA intensità spettrale 0.5s-1.0s
M1	>35 m	325		1.9	2.3	2.3
M2	>35 m	305		1.9	2.3	2.5

In base alla delibera sopraccitata, l'accelerazione orizzontale su suolo rigido (Vs>800 m/s) prevista per il Comune di Nibbiano è di 0.098g.

7.5 SPETTRO DI RISPOSTA (IN PGA) DELL'AREA

Nella delibera della Regione è riportata la forma dello spettro di risposta valido per tutta la regione.

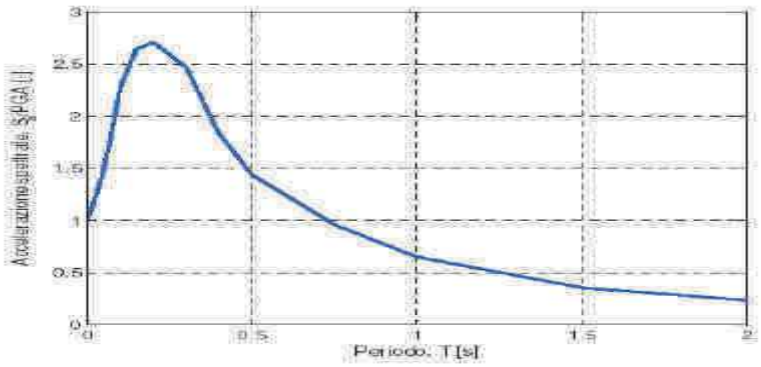
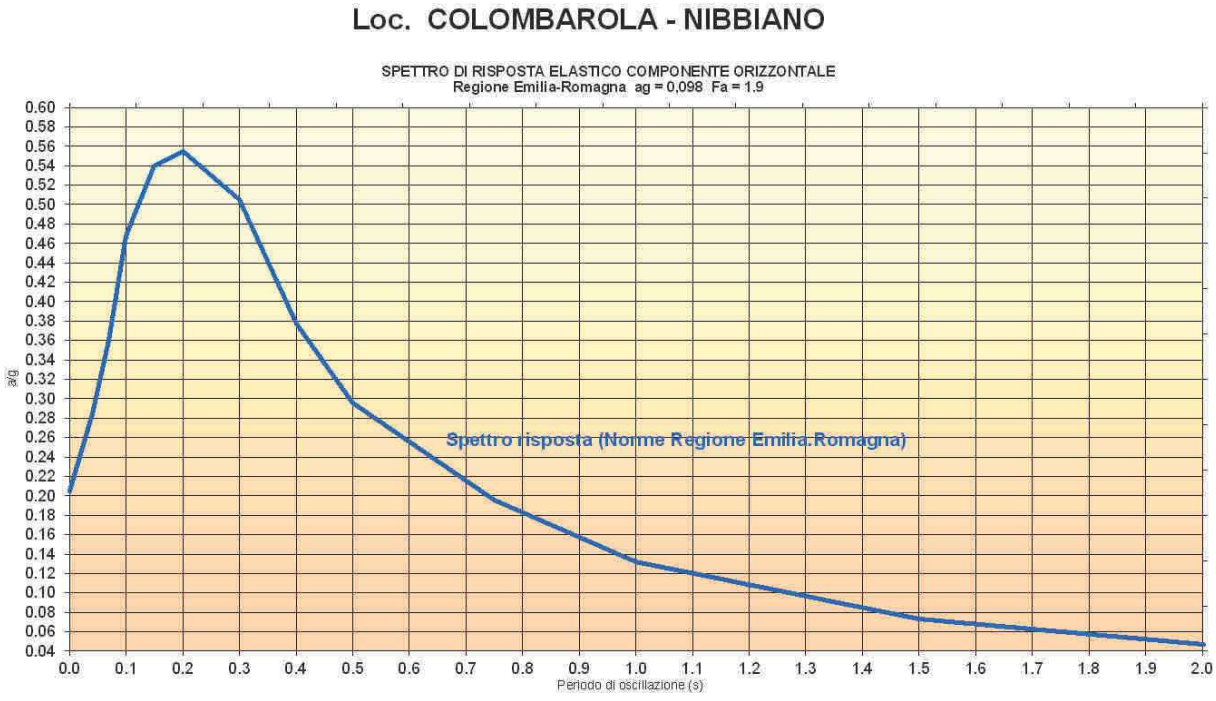


Figura 1 - Spettro di risposta normalizzato (T_R = 475 anni, smorzamento = 5%) per l'Emilia-Romagna

Dallo spettro di risposta normalizzato è possibile ottenere, moltiplicando i valori della tabella 1 per il valore di arefg di ogni comune, lo spettro di risposta a probabilità uniforme che descrive le caratteristiche del moto sismico atteso per ogni comune dell'Emilia-Romagna. Considerando il valore di arefg=0.098 per il comune di Nibbiano e il fattore di amplificazione (1.9), è stato calcolato lo spettro di risposta del sito d'interesse.



7.6 ANALISI DELLA STABILITA' DEL VERSANTE SIA IN CONDIZIONI PSEUDO-STATICHE CHE SISMICHE-DINAMICHE - ANALISI 3° LIVELLO

Per ricostruire l'assetto litostratigrafico e le caratteristiche geomeccaniche del versante, oltre alle considerazioni di carattere geologico, sono stati utilizzati i dati desunti dalle prove geofisiche realizzate sintetizzati nei paragrafi precedenti.

Stratigrafia

1 — Angolo resistenza al taglio: Residuo

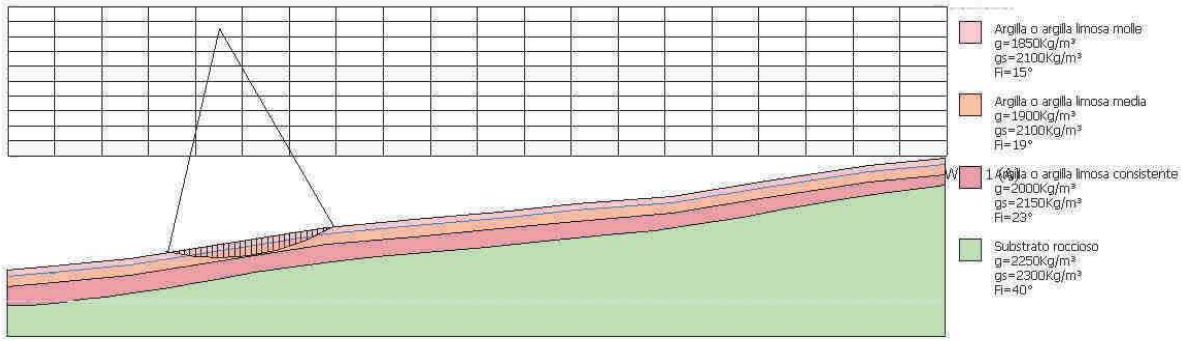
Nr.	DB	Peso unità di volume (Kg/m³)	Peso saturo (Kg/m³)	Coesione (kg/cm²)	Coesione non drenata (kg/cm²)	Angolo resistenza al taglio picco (°)	Angolo resistenza al taglio residuo (°)	Permeabilità (m/s)	Dati aggiuntivi ...	Texture ...	Descrizione
1		1850	2100	0.03		18	15	Permeabile			Argilla o argilla
2		1900	2100	0.05		22	19	Permeabile			Argilla o argilla
3		2000	2150	0.05		26	23	Impermeabile			Argilla o argilla
4		2250	2300	0		40	40	Impermeabile			Substrato

Modello geologico-geotecnico dell'area

7.6.1 Analisi di stabilità in condizioni pseudostatiche

Per l'analisi di stabilità del versante è stato utilizzato il software "slope" della società Geostru. Il metodo utilizzato è stato quello di Bishop. Per l'analisi di stabilità, a scopo cautelativo, sono stati utilizzati valori di angolo di attrito prudenziali (angolo d'attrito residuo). Per l'azione sismica è stato considerato un valore di ag di 0.098x1.9 (fattore di amplificazione massimo) = 0.1862g, ed un coefficiente di amplificazione topografica di 1.0.

In base alle verifiche realizzate, che, dato l'utilizzo dell'angolo di attrito residuo, sono state fatte in condizioni cautelative, il versante risulta in buone condizioni di sicurezza. La superficie con il minor coefficiente di sicurezza (1.65) è stata individuata poco a valle di Casa Colombarola.

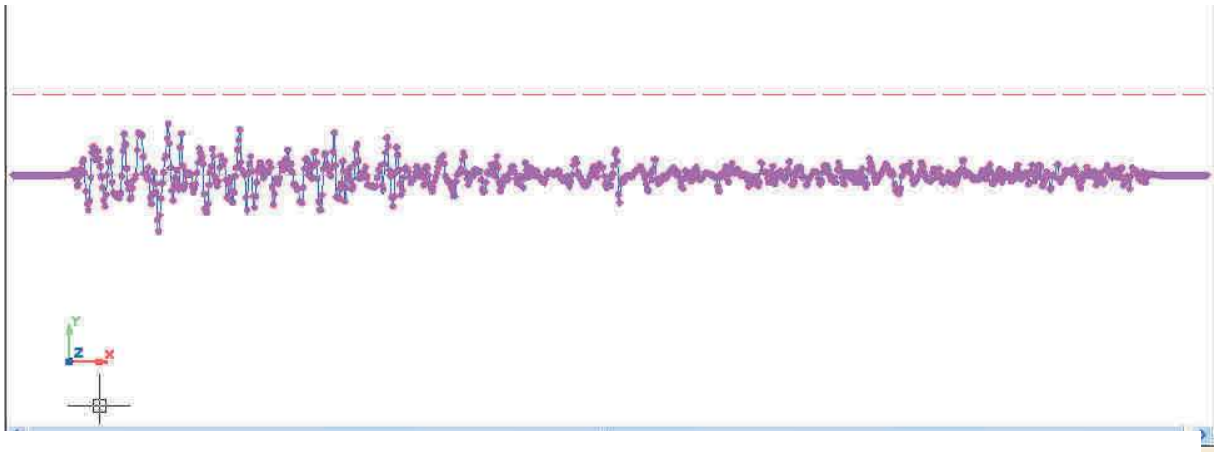


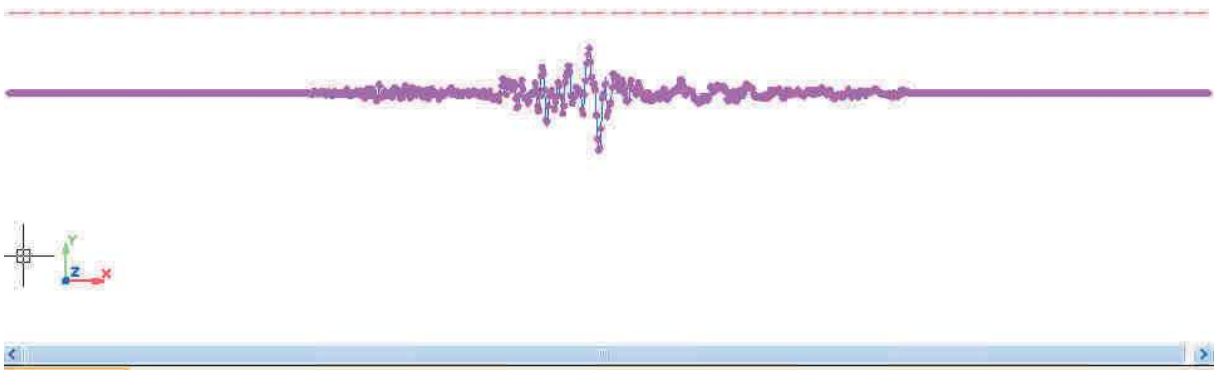
Verifica di stabilità del versante

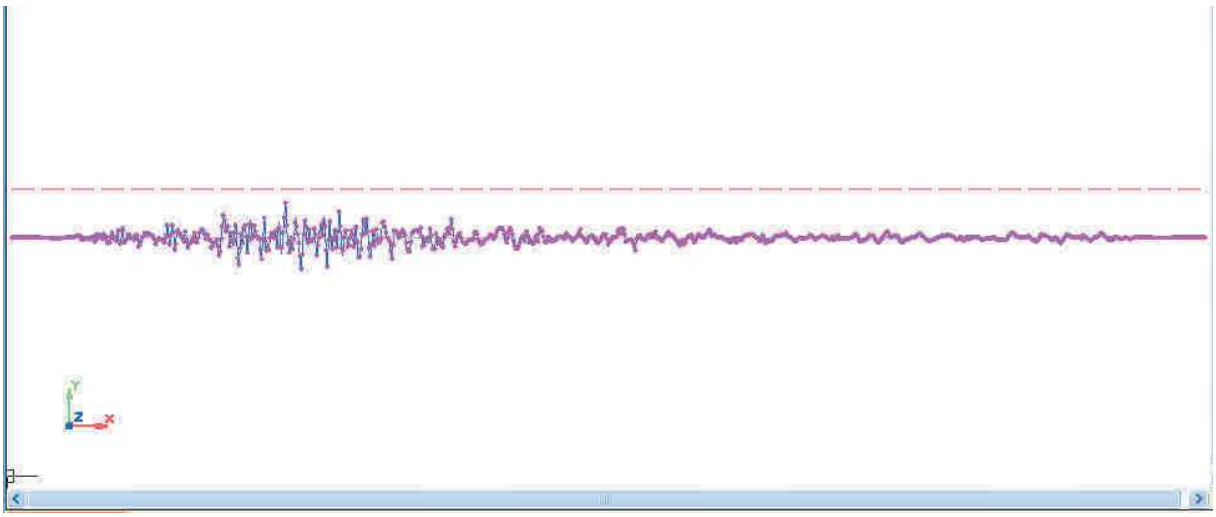
7.6.2 Analisi di stabilità dinamica (Metodo di NEWMARK)

Le verifiche in condizioni sismiche dinamiche (semplificate) sono state realizzate utilizzando come input gli accelerogrammi forniti dalla Regione Emilia-Romagna per il Comune di Nibbiano.

Le verifiche effettuate, con spostamenti nulli, confermano la stabilità dell'area anche in condizioni sismiche dinamiche. Di seguito si riportano i risultati delle 3 analisi dinamiche relative ai 3 sismogrammi considerati; nei grafici il valore soglia dell'accelerazione in grado di produrre spstamenti è rappresentato dalla linea rossa tratteggiata.

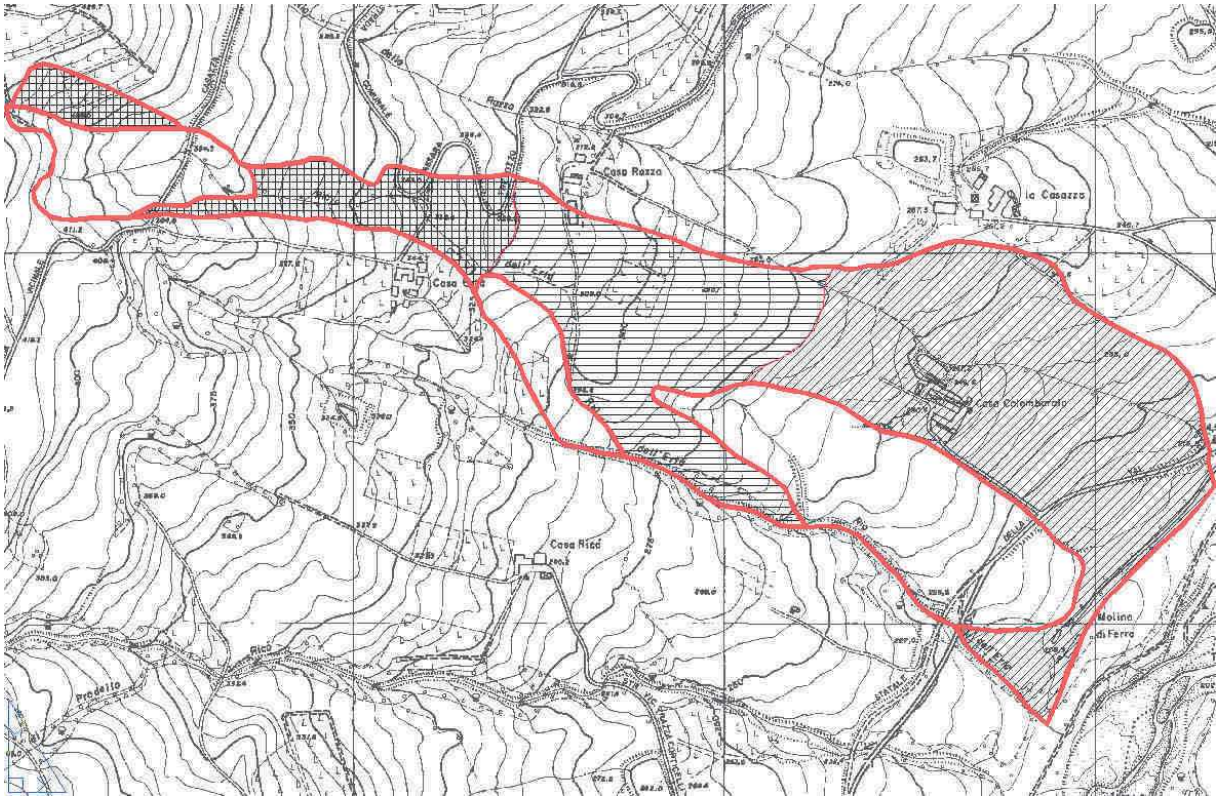






8. ZONIZZAZIONE DEL RISCHIO DEL CORPO DI FRANA QUIESCENTE

Il corpo di paleofrana studiato è stato suddiviso, in base a criteri geologico-geomorfologici, in settori contraddistindi da un differente grado di "rischio".



Zonizzazione del "rischio" geologico del corpo di paleofrana

Come già detto in precedenza, nel complesso il corpo di paleofrana appare ben stabilizzato.

Si ritiene che il settore di valle (zona di accumulo) sia ben consolidato ed assestato, come dimostrano anche le prove geofisiche, e quindi da ritenersi a rischio basso o moderato (**R2**).

Per quanto riguarda il settore intermedio (scorrimento ed accumulo) localizzato all'altezza di Casa Razza, pur in assenza di movimenti gravitativi significativi, si ritiene opportuno attribuirgli un grado di rischio leggermente superiore (**R3**), rischio medio.

Alla parte alta (vecchia nichia di distacco), caratterizzazata da un drenaggio delle acque meteoriche centripeto, con possibilità di imbibizione della coltre detritica e con presenza di locali e superficiali movimenti, viene attribuito un grado di rischio elevato (**R4**).

9. PRESCRIZIONI DEL P.S.C. PER LE AREE IN FRANA QUIESCENTE IN CUI E' STATA EFFETTUATA LA VALUTAZIONE DEL RISCHIO

Classe 1 (rischio basso) – Fattibilità senza particolari limitazioni (R1):

Queste aree si ritengono utilizzabili ai fini edificatori senza particolari limitazioni all'urbanizzazione o alla modifica della destinazione d'uso; eventuali problematiche locali possono essere superate attraverso approfondimenti di indagine o accorgimenti tecnico-costruttivi. In particolare si dovrà subordinare l'autorizzazione ad accertamenti geognostici in particolare ai fini di:

- *evitare che fondazioni di una stessa costruzione vengano a poggiare in parte sulla zona di alterazione ed in parte sulla roccia in posto, o peggio ancora, su materiale di riporto;*
- *ridurre all'indispensabile eventuali sbancamenti e riporti adottando pendenze adeguate;*
- *drenare le acque eventualmente incontrate;*
- *adottare la tipologia di fondazione più idonea alla tipologia di substrato riscontrata.*

Classe 2 (rischio moderato) – Fattibilità con modeste limitazioni (R2):

Queste aree si ritengono utilizzabili ai fini urbanistici, anche se si sono appurate alcune condizioni limitanti all'edificabilità, che possono essere superate attraverso approfondimenti di indagine o accorgimenti tecnico-costruttivi; gli interventi edificatori sono comunque permessi, prevedendo se necessario eventuali accorgimenti costruttivi necessari o interventi di riduzione del rischio idrogeologico, quali:

- *sbancamenti e riporti ridotti al minimo;*
- *fondazioni rigide, spinte ad idonea profondità dall'attuale piano campagna;*
- *regolamentazione delle acque superficiali e sotterranee;*
- *sistemi di raccolta sistematica e l'allontanamento in tubazioni a perfetta tenuta delle acque piovane e di quelle di scarico dei futuri edifici;*
- *opportuni interventi di sostegno (ex gabbionate, muri con drenaggio e sistema di smaltimento acque ecc.) al fine di proteggere il piede di eventuali scarpate artificiali con pendenze superiori a 1/2.*

Per tali zone si dovrà comunque subordinare l'autorizzazione ad ulteriori e dettagliati accertamenti geologici e geognostici.

Classe 3 (rischio elevato) – Fattibilità con significative limitazioni (R3)

In questa classe si sono inserite le zone in cui la propensione al dissesto è più elevata, ed in cui le limitazioni alla modifica della destinazione d'uso appare più consistente.

Si dovrà dunque subordinare l'autorizzazione ad ulteriori e dettagliati accertamenti geologico-tecnici e geognostici, finalizzati a valutare quali siano le azioni atte a ridurre il rischio connesso all'intervento edificatorio

In questa classe si sono inserite le zone in cui la propensione al dissesto è più elevata, ed in cui le limitazioni alla modifica della destinazione d'uso appare più consistente.

Si dovrà dunque subordinare l'autorizzazione ad ulteriori e dettagliati accertamenti geologico-tecnici e geognostici, finalizzati a valutare quali siano le azioni atte a ridurre il rischio connesso all'intervento edificatorio

Si dovrà dunque prevedere quanto segue:

- *manutenzione delle eventuali opere di difesa esistenti;*
- *l'adozione di fondazioni rigide, spinte ad idonea profondità dall'attuale piano campagna;*
- *la raccolta sistematica e l'allontanamento in tubazioni a perfetta tenuta delle acque piovane e di quelle di scarico dei futuri edifici;*
- *regolamentazione delle acque superficiali e sotterranee, e se necessario comprendere tutta o buona parte della zona a monte, attraverso le opportune opere idrauliche (ex canali di scolo, drenaggi sotterranei ecc.);*
- *quanto necessario al fine di ridurre la pericolosità;*

Oltre a quanto consentito dalle norme del P.A.I. in merito alle frane attive e quiescenti, in questa classe sono ammessi solo ampiamenti delle costruzioni esistenti, con incrementi volumetrici non superiori a quanto consentito dalle N.T.A. del Piano Regolatore Comunale.

Classe 4 – Fattibilità con gravi limitazioni (R4):

In tali zone è vietata, per le caratteristiche riscontrate ma anche in funzione del costo degli interventi di consolidamento. In queste zone si intende consentito quanto permesso dal P.A.I. per le frane quiescenti.

Trevozzo V.T. 30/09/2015

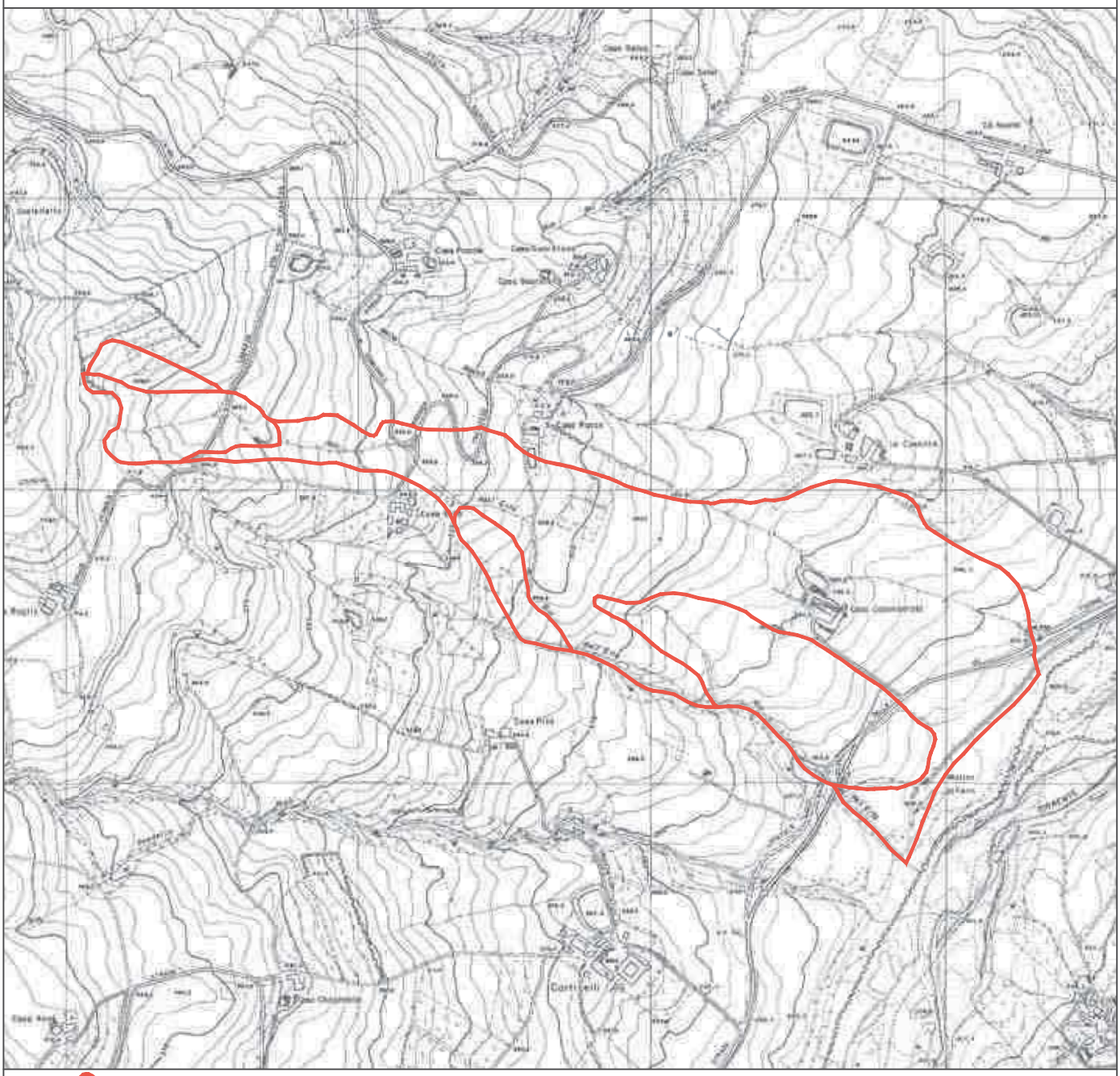
Dott. Geologo Adriano Baldini

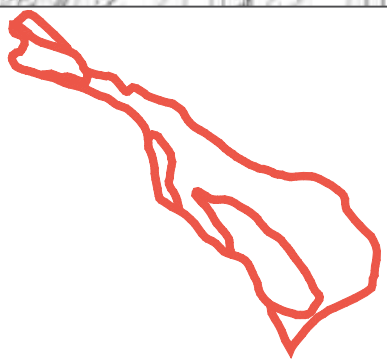
Dott. Geologo Alberto Lepori

ALLEGATO 1

INQUADRAMENTO TERRITORIALE

Scala 1:10000

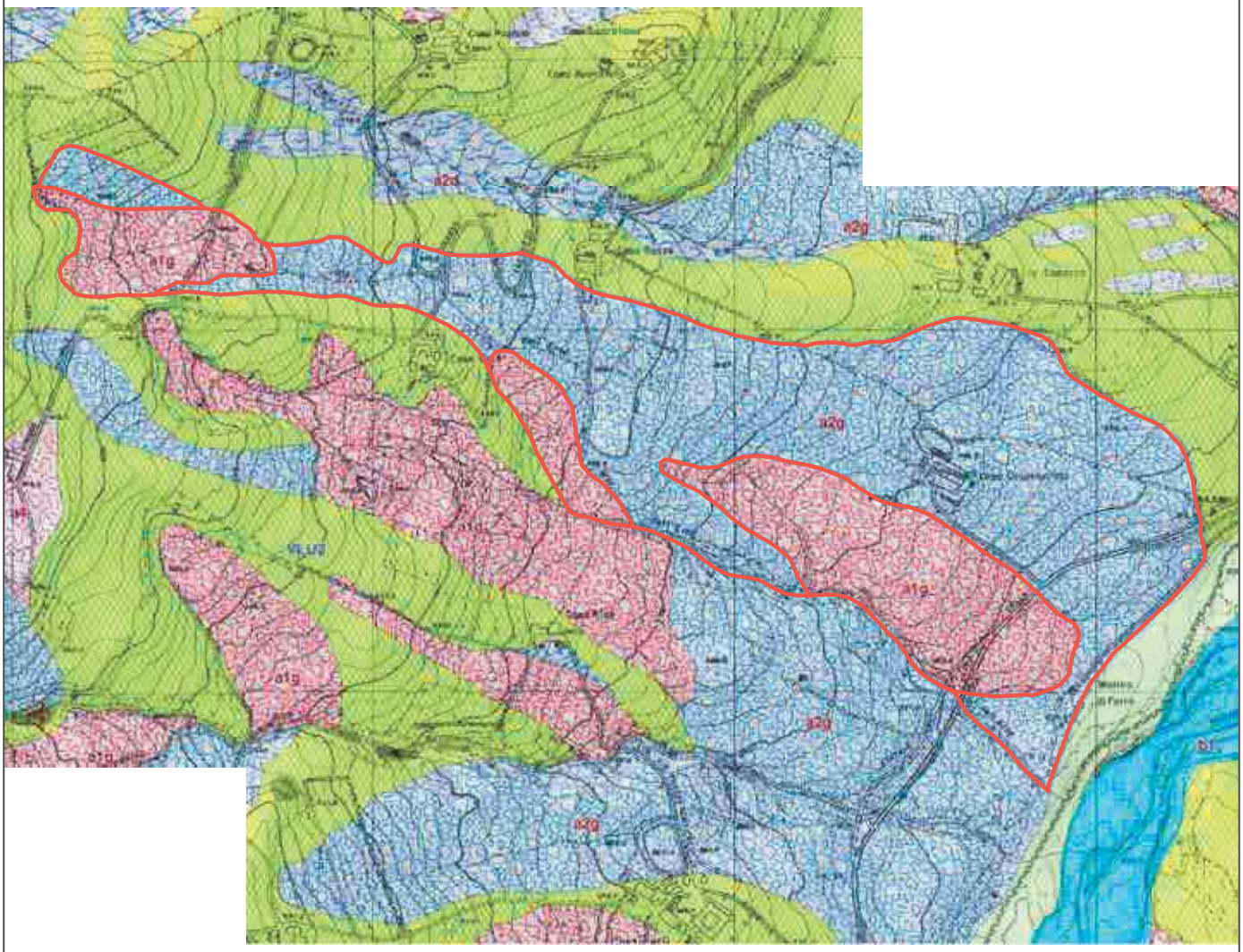




Area considerata

Fig. 1

ESTRATTO CARTA GEOLOGICA REGIONALE
Scala 1:9000



LEGENDA

Unità geologiche (10K)

VLU2 - Formazione della Val Luretta - membro di Monteventano

VLU3 - Formazione della Val Luretta - membro di Genepreto

Coperture quaternarie (10K)

a1g - Deposito di frana attiva complessa

a2 - Deposito di frana quiescente di tipo indeterminato

a2b - Deposito di frana quiescente per scivolamento

a2d - Deposito di frana quiescente per colamento di fango

a2g - Deposito di frana quiescente complessa

Area considerata

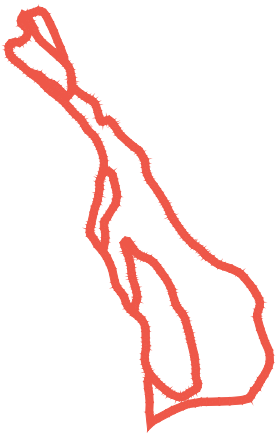
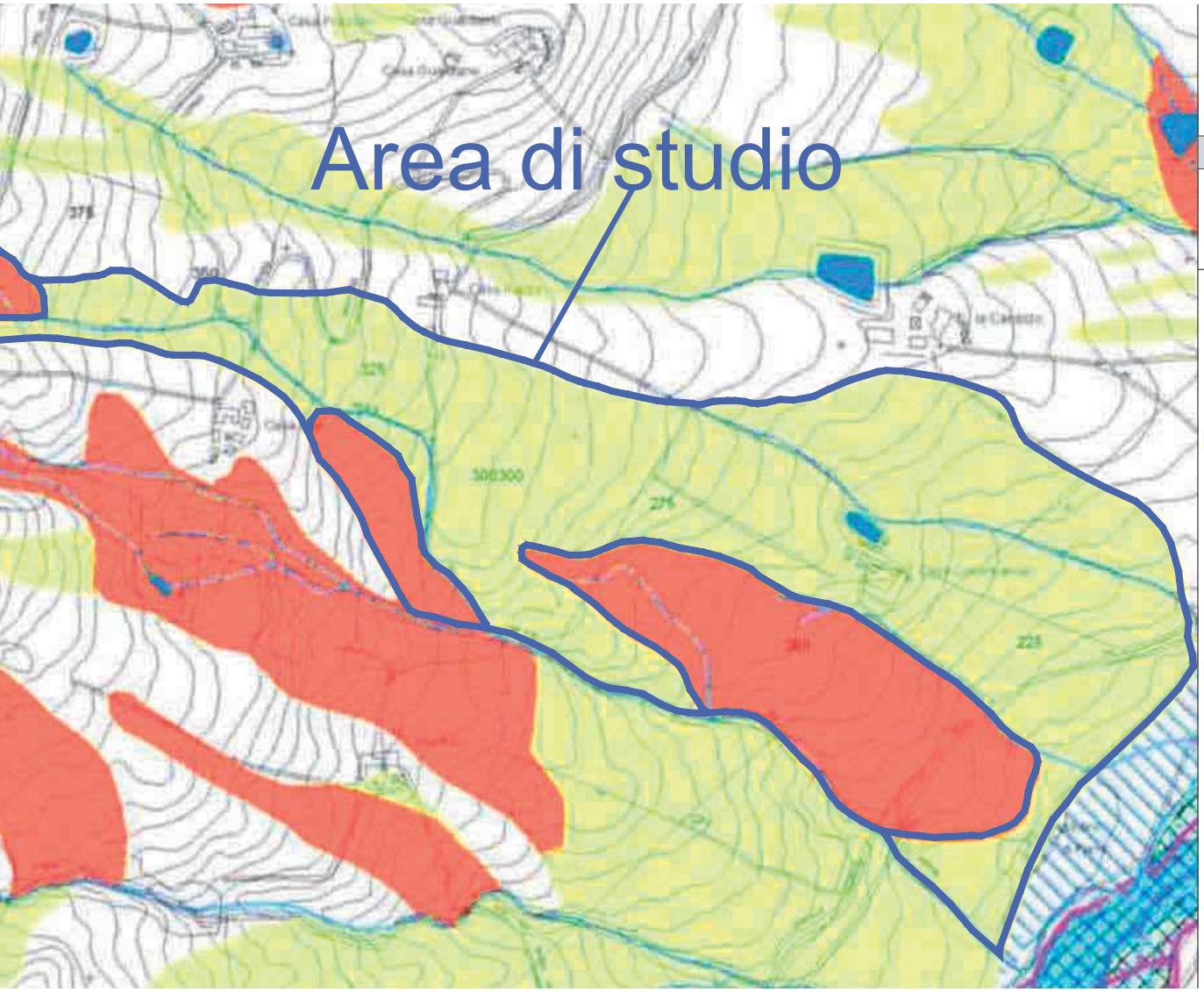


Fig.2



Studio ge
del versante
in C
- Comune
"*Classificazione de*
qu

CARTA D
Estra

Elementi morfologici:

Area di frana attiva:

Area di frana quiescente:

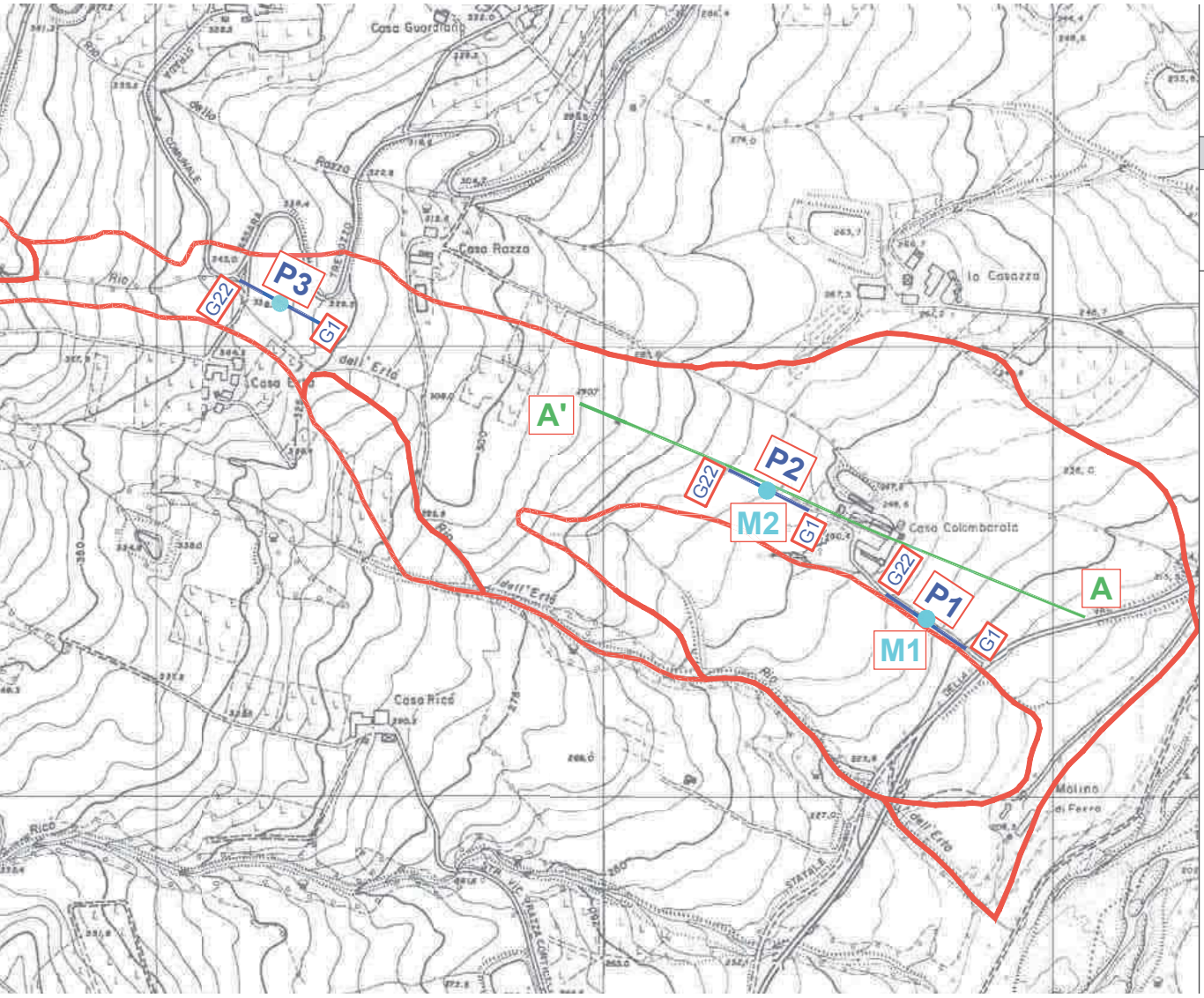
Depositi alluvionali attuali:

Depositi alluvionali terrazzat

Depositi alluvionali terrazzat

Depositi alluvionali terrazzat

ARE



Studio geo
del versante
in Co
- Comune d
"*Classificazione del*
qu

PLANIMETRIA

INDAGINI SISMICHE

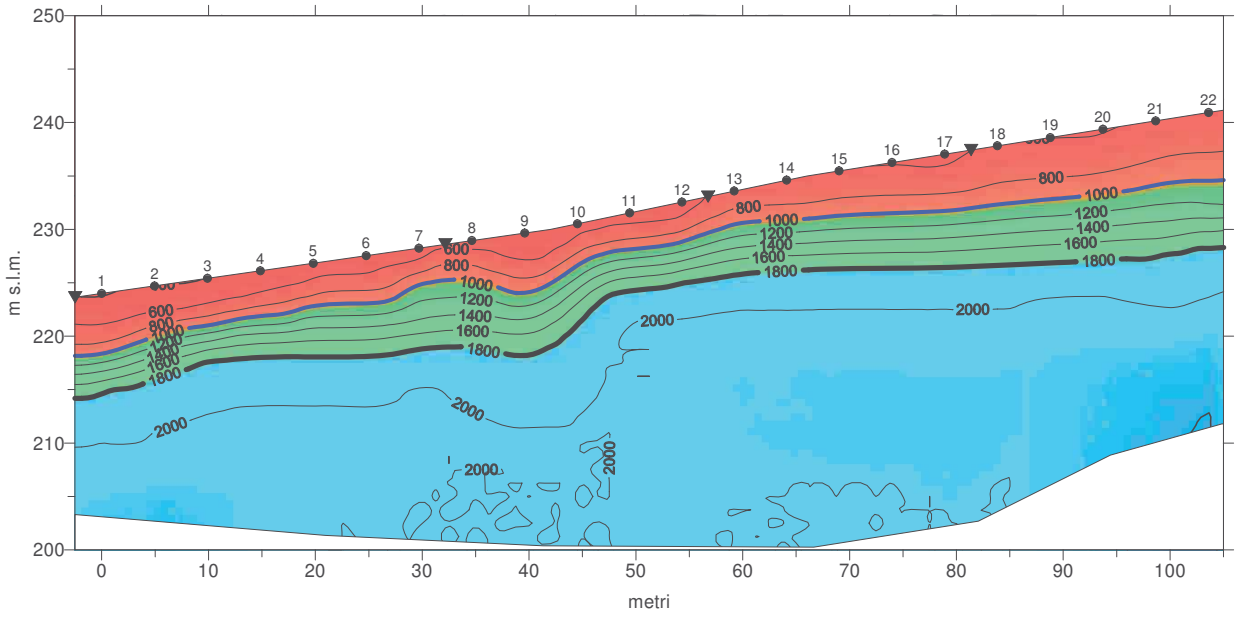
G1 **P1-P2** G22 — Tra

M1-M2 — Prov

A' **A** — Tra

AREA

Loc. Colombarola - Comune di Nibbiano
TOMOGRAFIA SISMICA - P1



Scala 1:500

Velocità sismiche m/sec

300 600 900 1200 1500 1800 2100 2400

Limite del materiale di copertura più allentato in movimento

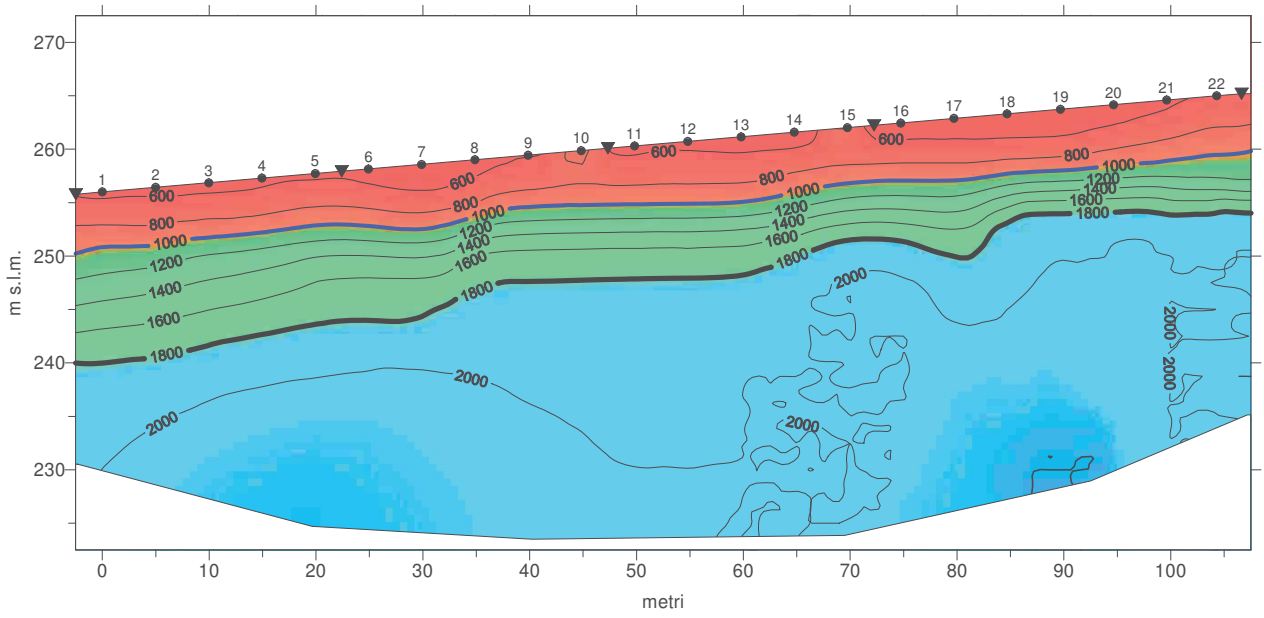
Passaggio al substrato ancora più compatto

▼ Punti di energizzazione

● Punti di registrazione

Fig.5a

Loc. Colombarola - Comune di Nibbiano
TOMOGRAFIA SISMICA - P2



Scala 1:500

Velocità sismiche m/sec

300 600 900 1200 1500 1800 2100 2400

Limite del materiale di copertura più allentato in movimento

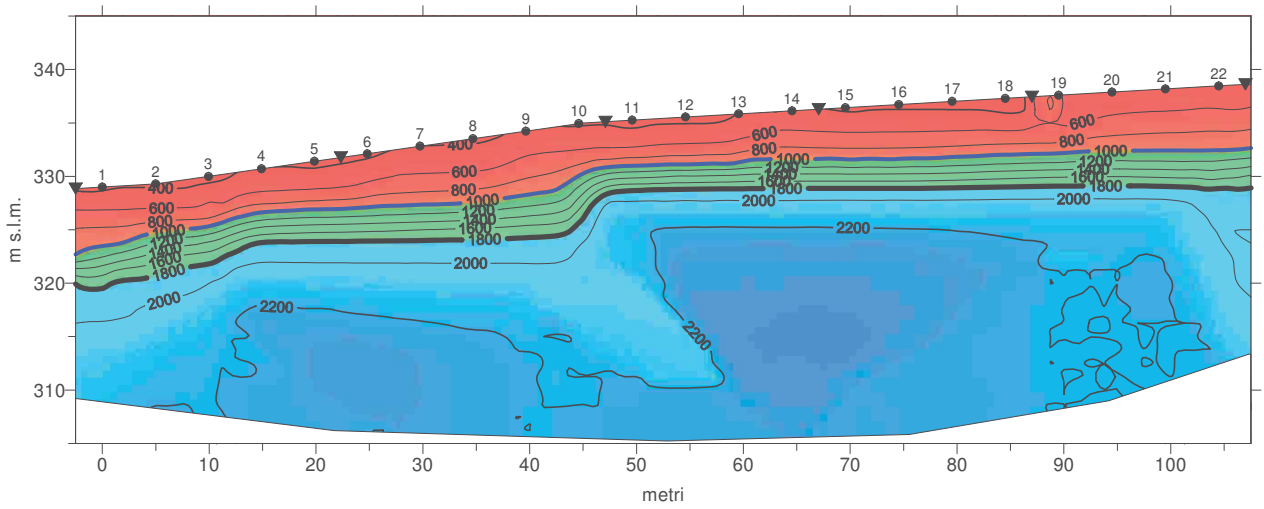
Passaggio al substrato ancora più compatto

▼ Punti di energizzazione

● Punti di registrazione

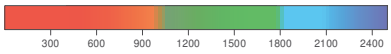
Fig.5b

Loc. Colombarola - Comune di Nibbiano
TOMOGRAFIA SISMICA - P3



Scala 1:500

Velocità sismiche m/sec



Limite del materiale di copertura più allentato in movimento

Passaggio al substrato ancora più compatto

▼ Punti di energizzazione

● Punti di registrazione

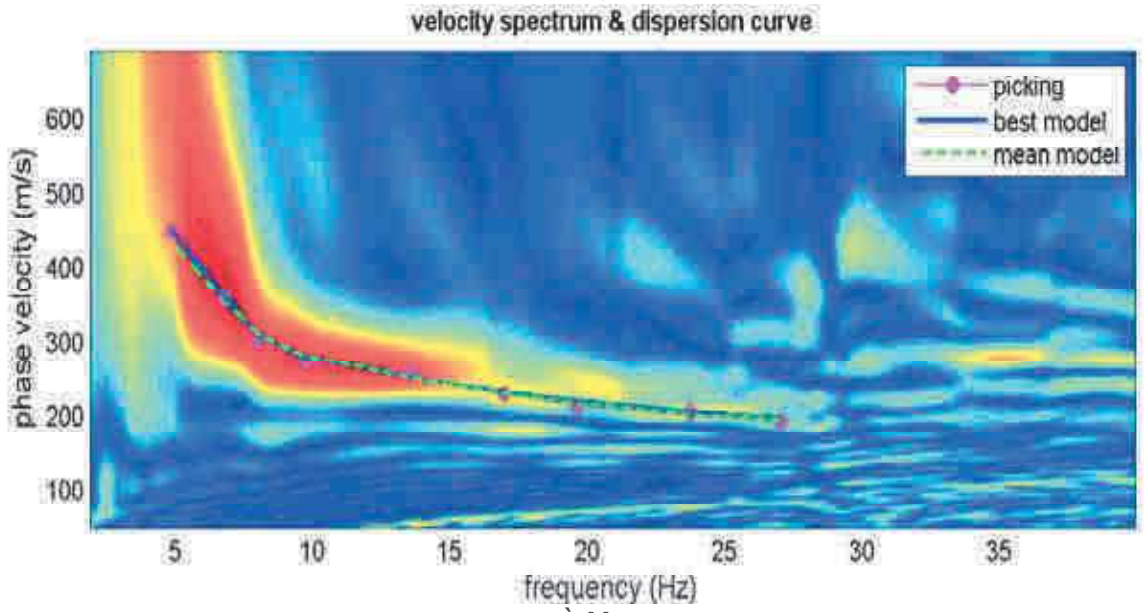
Fig.5c

Loc. Colombarola - Comune di Nibbiano

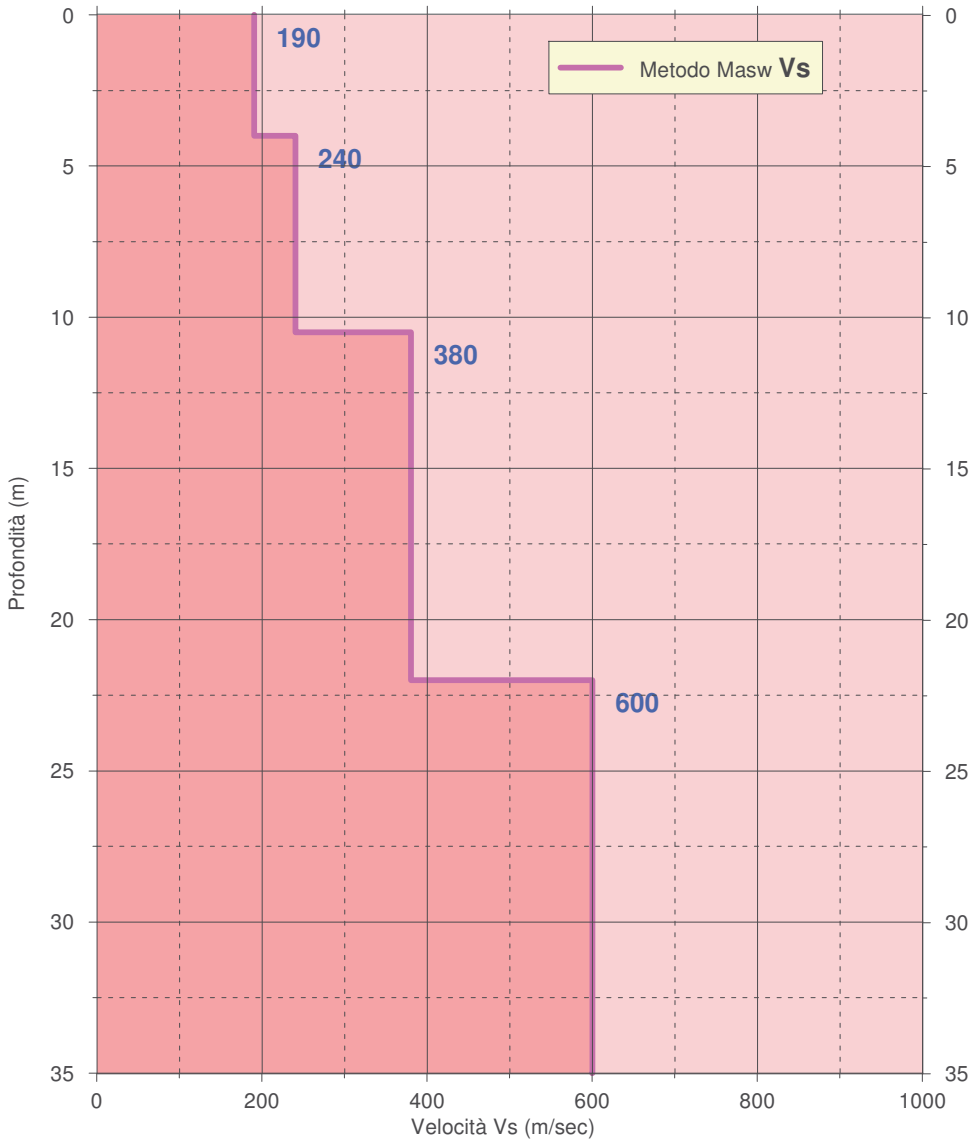
METODO MASW

M1

SPETTRO VELOCITA' DI FASE - FREQUENZA CON CURVA DISPERSIONE



PROFILO VELOCITÀ Vs



Vs30 dal p.c = 325	*SUOLO DI FONDAZIONE TIPO "C"*	**Fig.6a**

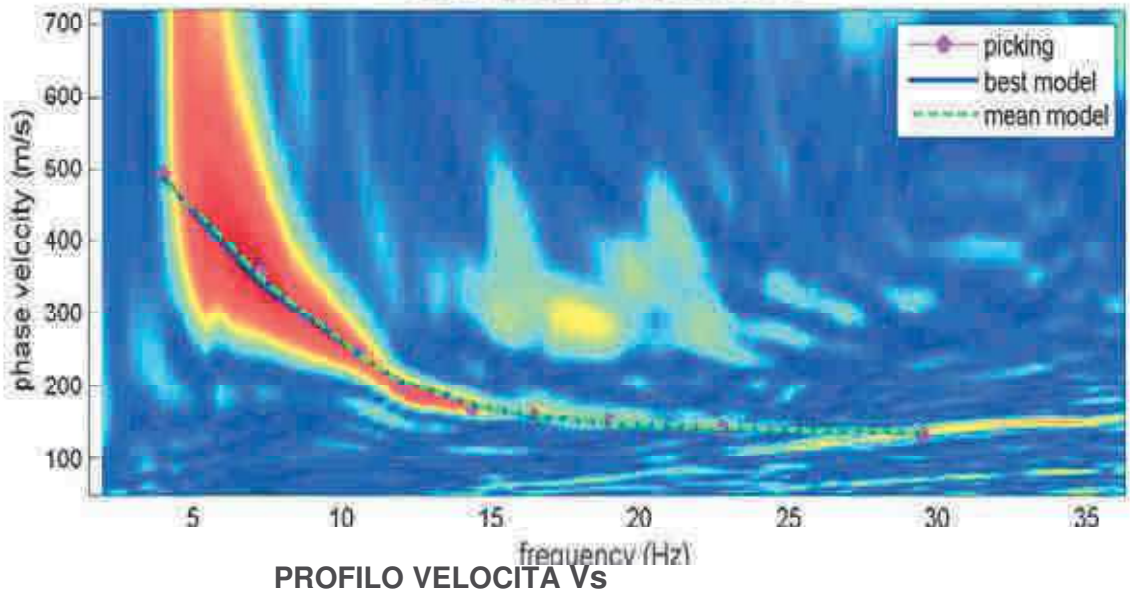
Loc. Colombarola - Comune di Nibbiano

METODO MASW

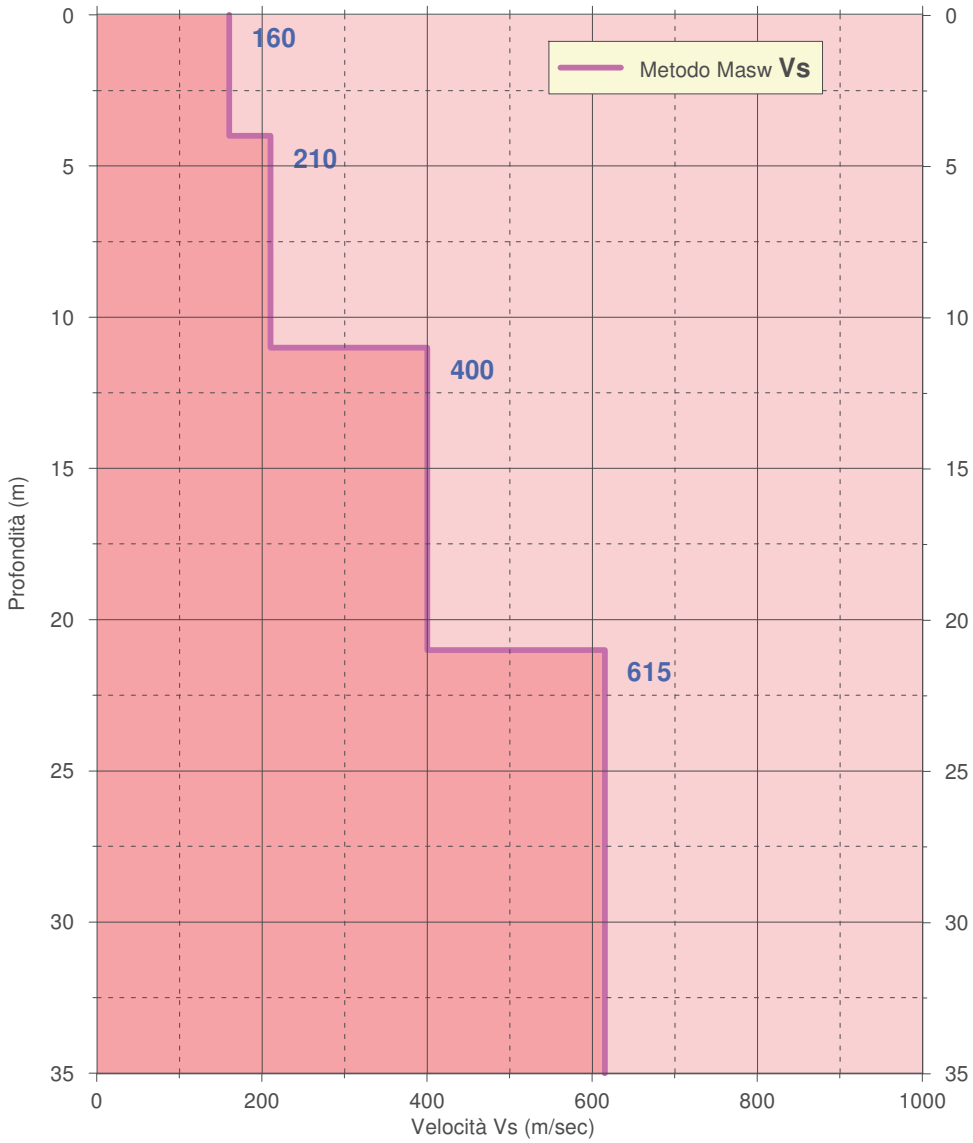
M2

SPETTRO VELOCITA' DI FASE - FREQUENZA CON CURVA DISPERSIONE

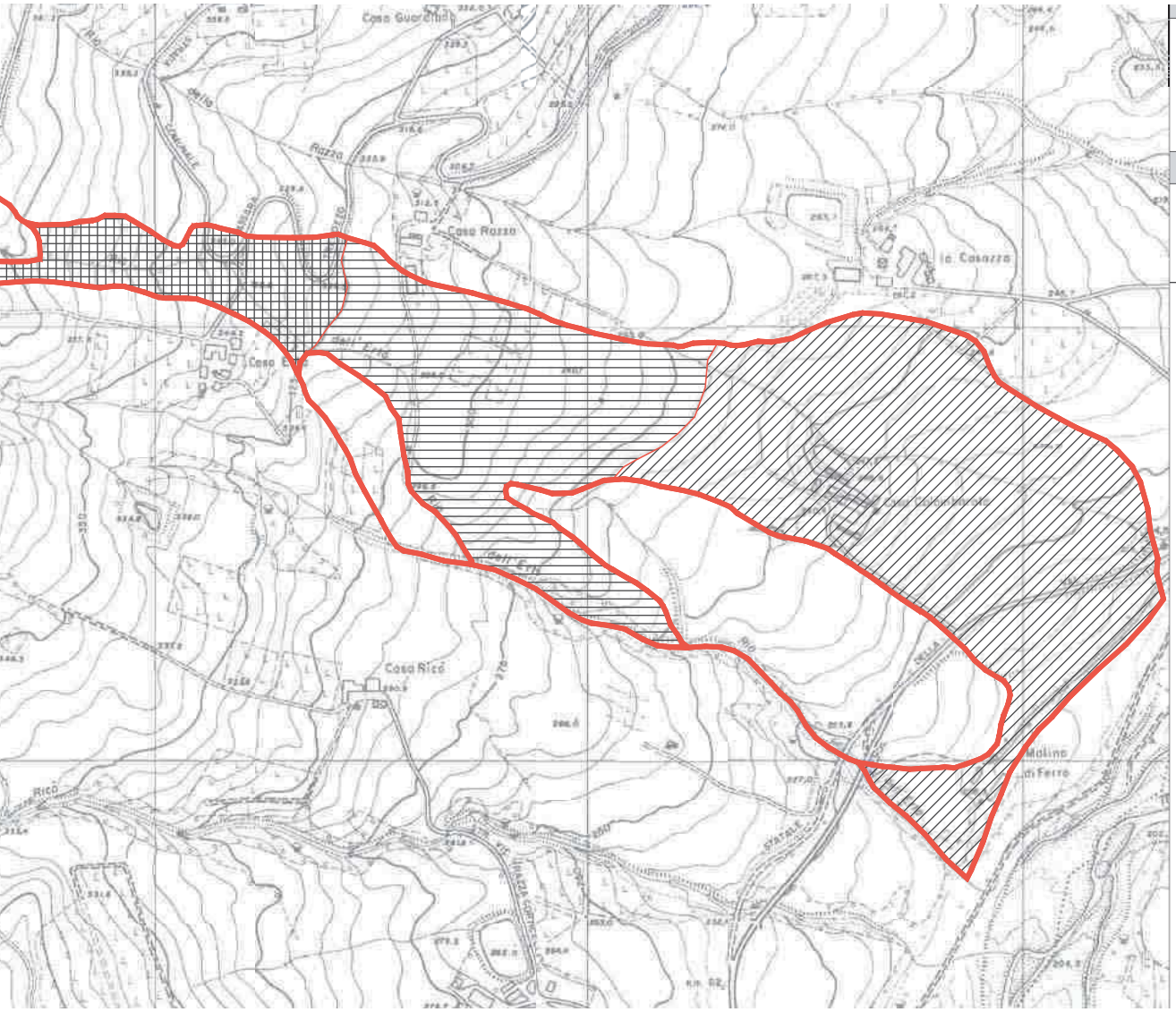
velocity spectrum & dispersion curve



PROFILO VELOCITA Vs



Vs30 dal p.c = 305	*SUOLO DI FONDAZIONE TIPO "C"*	**Fig.6b**



OGGETT

Studio geologic

del versante in frana

in Colomba

- Comune di Nibb

"*Classificazione del rischio*

quiescen

TITOLO

CARTA DEL "RISCHI

CLASSI DI FATTIBILITÀ

Classe 2- Rischio Modera

Classe 3- Rischio Elevato

Classe 4- Rischio Molto E

AREA DI STUDIO

5 Frana quiescente in loc. Trevozzo

Geotest S.r.l. Servizi Geologici-Geotecnici-Geofisici
Via E. Fermi, 113 - 29010 Trevozzo V.T. (PC) Tel.: 348 5107263
Capitale Soc. Int. Versato : 10.000 euro - P. iva: 01467560338

Comune di Nibbiano (PC)

Oggetto: Relazione geologico-sismica preliminare finalizzata alla valutazione e zonizzazione del "Rischio Geologico" dell'area in frana quiescente in Trevozzo.

Committenti: Sigg.ri Massimo Novara
Edilpianellese di Arzani Mario & C snc.
Bocellari Ferdinando
Bocellari Filomena
Vida Maurizio
Loc. Trevozzo
29010 Nibbiano (PC)

Geotest s.r.l.

Dott. Geologo Adriano Baldini

Trevozzo V.T. 23/11/2015

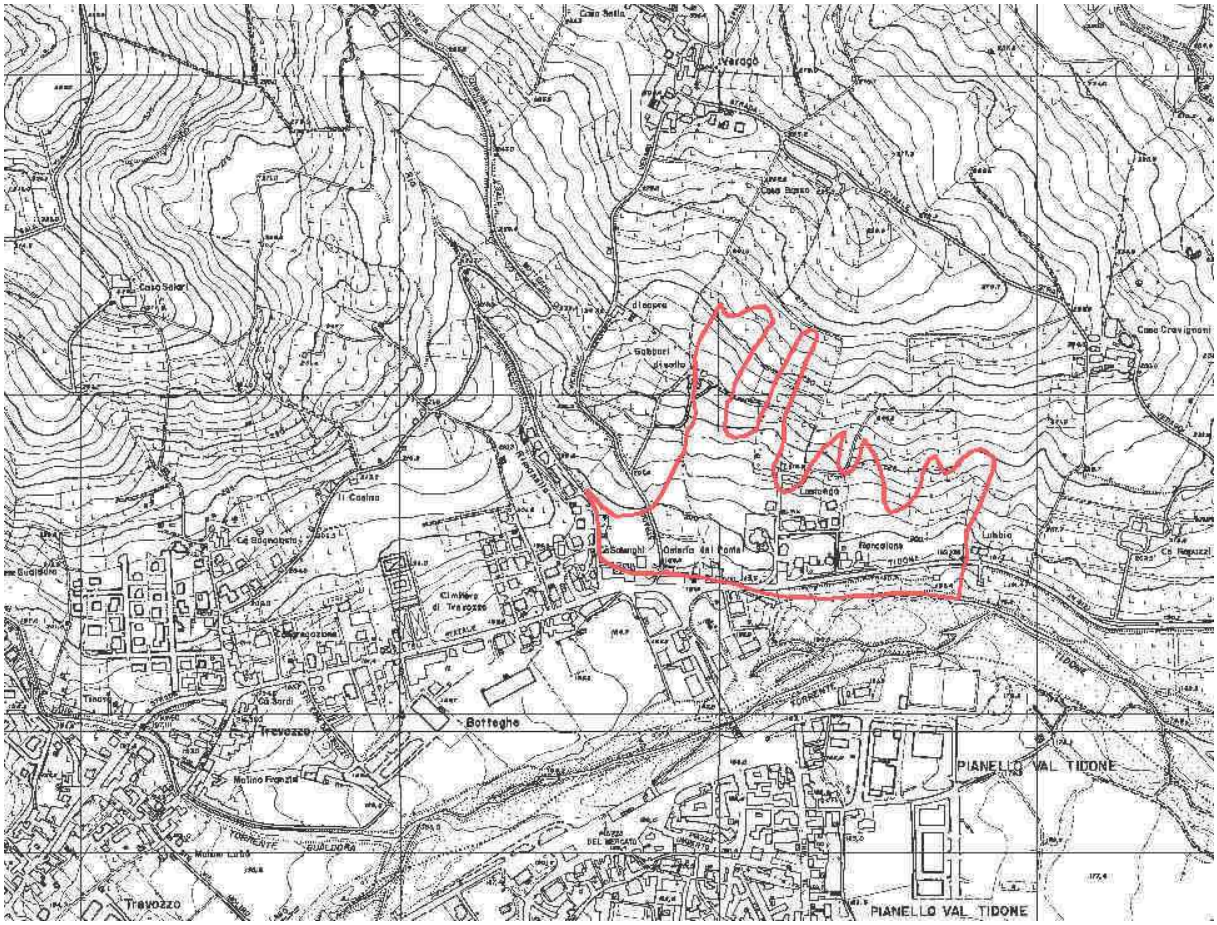
Sommario

1. PREMESSA 2
2. INDAGINI ESEGUITE 4
3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO-GEOMORFOLOGICO 5
3.1 CARATTERISTICHE GEOLOGICHE 5
3.2 CARATTERISTICHE GEOMORFOLOGICHE 6
4. INQUADRAMENTO IDROLOGICO E IDROGEOLOGICO 8
5. INDAGINI GEOGNOSTICHE 8
5.1 SISMICA A RIFRAZIONE 9
5.1.1 Cenni metodologici 9
5.1.2 Modalità esecutive 9
5.1.3 Strumentazione utilizzata 9
5.1.4 Elaborazione 10
5.1.5 Analisi dei risultati 11
5.2 PROVE PER LA DETERMINAZIONE DEL PROFILO DI VELOCITA' DELLE ONDE SISMICHE "S" 11
5.2.1 Cenni metodologici 11
5.2.2 Modalità esecutive 12
5.2.3 Commento dei risultati 13
6. MODELLO GEOLOGICO DELL'AREA 14
7. VALUTAZIONE DELLA PERICOLOSITA' SISMICA DELL'AREA (delibera del 2 Maggio 2007, n.112, in materia antisismica) 14
7.1 OBIETTIVI DELLA DELIBERA 14
7.2 LIVELLI DI APPROFONDIMENTO 15
7.3 CARATTERI SISMICI DELL'AREA 16
7.4 VALUTAZIONE DEL FATTORE DI AMPLIFICAZIONE DEL SITO INTERESSE-ANALISI 2° LIVELLO 18
7.5 SPETTRO DI RISPOSTA (IN PGA) DELL'AREA 19
7.6 ANALISI DELLA STABILITA' DEL VERSANTE SIA IN CONDIZIONI PSEUDO-STATICHE CHE SISMICHE-DINAMICHE - ANALISI 3° LIVELLO 20
7.6.1 Analisi di stabilità in condizioni pseudostatiche 20
7.6.2 Analisi di stabilità dinamica (Metodo di NEWMARK) 21
8. ZONIZZAZIONE DEL RISCHIO DEL CORPO DI FRANA QUIESCENTE 22
9. PRESCRIZIONI DEL P.R.G. PER LE AREE IN FRANA QUIESCENTE IN CUI E' STATA EFFETTUATA LA VALUTAZIONE DEL RISCHIO 23

1. PREMESSA

Nell'Ottobre-Novembre 2015, un'indagine geologico-sismica, in un area sita nel settore orientale dell'abitato di Trevozzo.

Nel dettaglio l'area è localizzata sul versante orografico sinistro (Nord-occidentale) del T. Tidone, all'altezza del ponte che porta all'abitato di Pianello.

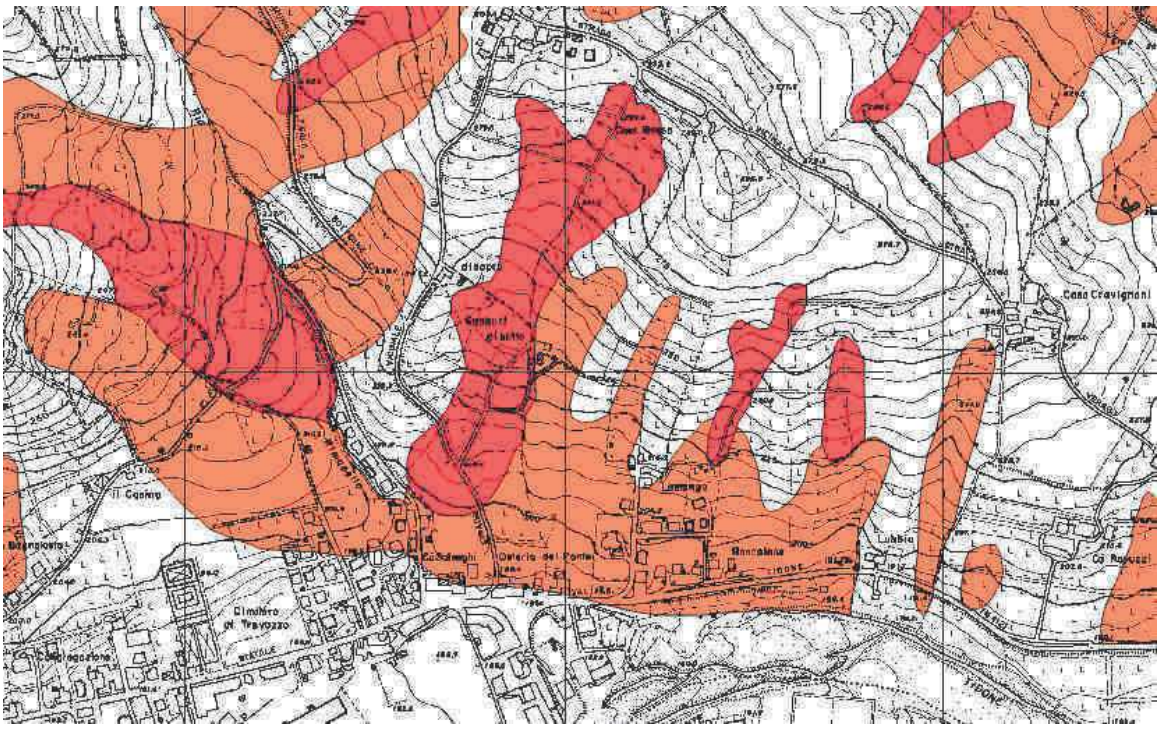


Inquadramento territoriale da CTR

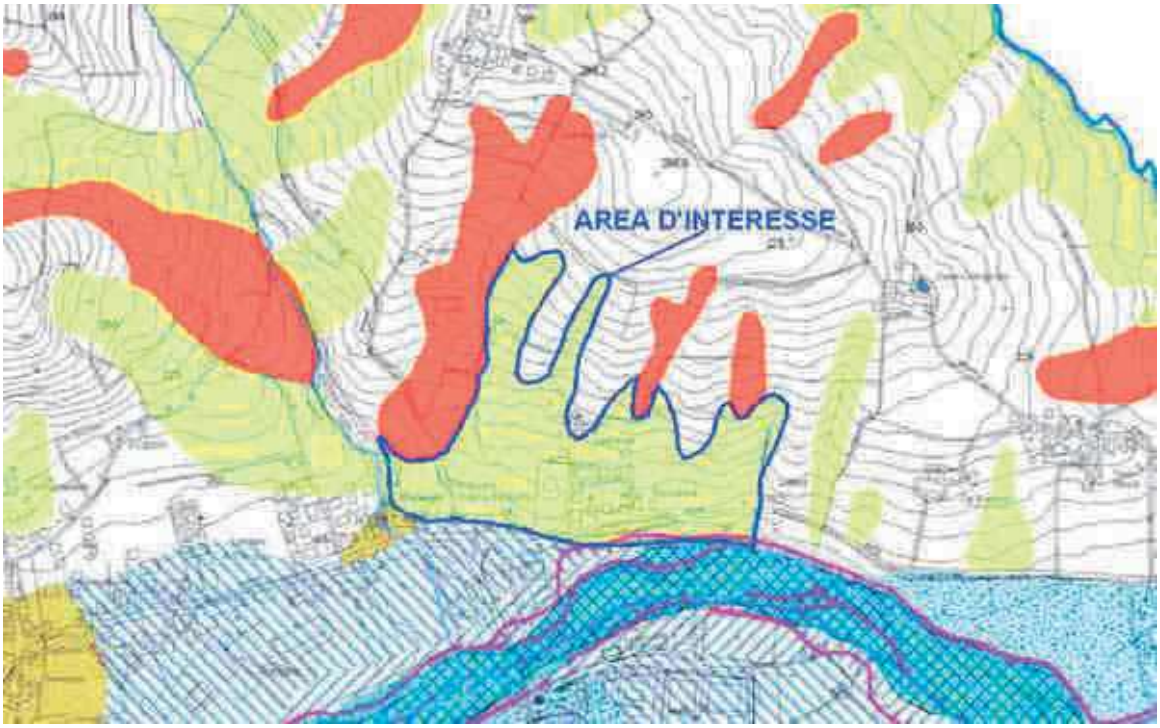
Nella carta del dissesto del PTCP della provincia di Piacenza e nella "Carta del Dissesto Comunale" allegata al PSC (in questo caso coincidenti), l'area d'interesse è classificata come frana quiescente. Le norme del PTCP (comma 7 dell'art. 31), consentono (compatibilmente con il grado di "rischio" accertato mediante opportuni approfondimenti geologici), di realizzare interventi edilizi (ampliamenti, nuove costruzioni ecc.), altrimenti non consentiti nelle aree di frana quiescente.

L'indagine ha avuto i seguenti obiettivi:

- Ricostruire l'assetto geologico-sismico del versante su cui insiste l'area d'interesse;
- Valutare le condizioni di stabilità complessiva del versante;
- Suddividere il corpo di frana in classi di rischio in base alla "pericolosità" geologica.



Carta del dissesto allegata al PTCP



Carta del dissesto allegata al PSC

2. INDAGINI ESEGUITE

L'approfondimento realizzato, come previsto dalla normativa, non ha riguardato solo l'area d'interesse della Committenza, ma è stato esteso a tutto il corpo di frana quiescente considerato influente ai fini della stabilità complessiva dell'area.

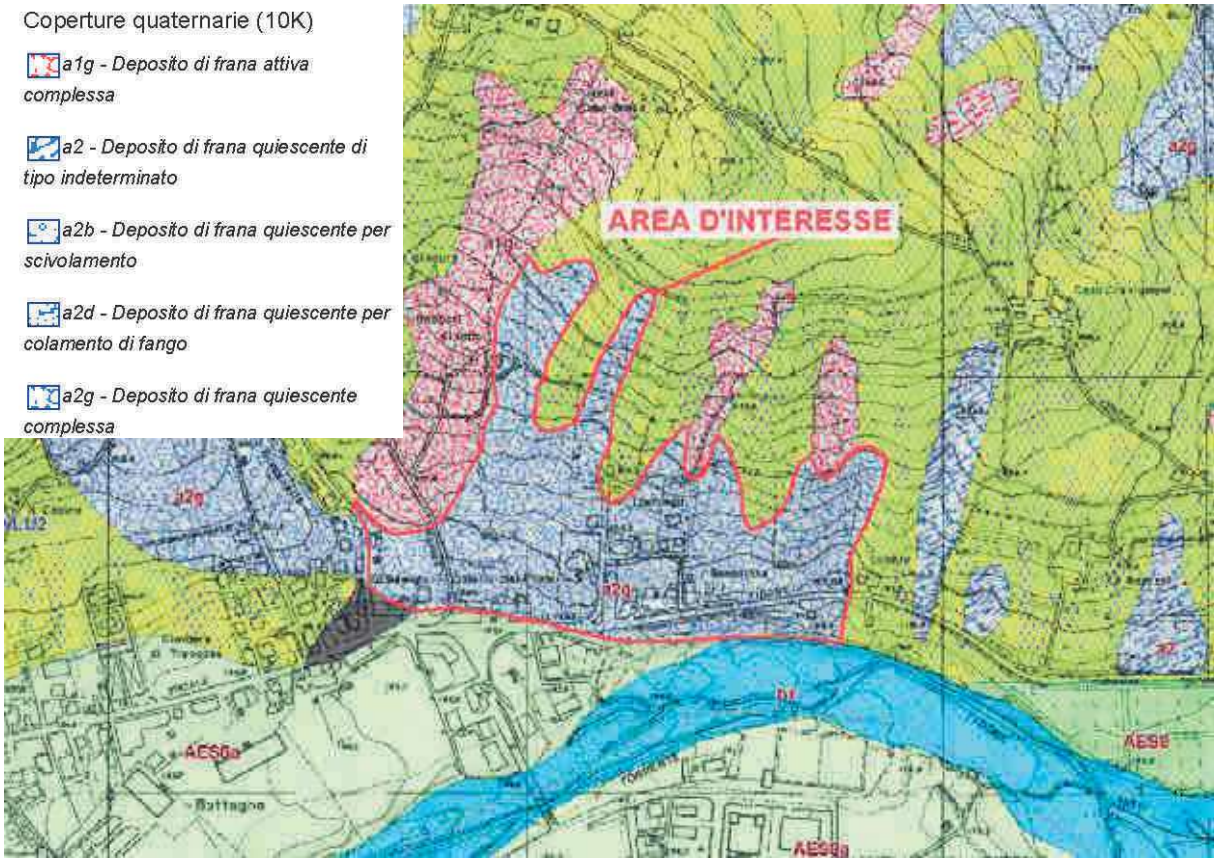
L'indagine geologico-sismica, conforme a quanto previsto dalla delibera del 2 Maggio 2007, n.112, in materia antisismica, ha compreso le seguenti fasi di studio:

- Raccolta ed analisi della documentazione esistente;
- Rilevamento geologico-geomorfologico di dettaglio di tutto il corpo di frana;
- Esecuzione di 4 profili sismici a rifrazione, per la valutazione dello spessore e del grado di addensamento sia del materiale di copertura che del substrato geologico;
- Registrazione di 4 profili sismici con tecnica "MASW", per la determinazione del profilo di velocità delle onde "S" e della categoria del suolo di fondazione del sito in base all'attuale normativa antisismica;
- Analisi del "secondo livello" con valutazione del fattore di amplificazione del sito ed identificazione dei possibili effetti di sito;
- Analisi del "terzo livello" con valutazione della stabilità dell'area in condizione sismiche dinamiche (metodo di "Newmark");
- Valutazioni sulla stabilità geomorfologica dell'area e zonizzazione del corpo di frana quiescente in classi di "Rischio".

3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO-GEOMORFOLOGICO

3.1 CARATTERISTICHE GEOLOGICHE

Come documento di base per l'inquadramento geologico dell'area, è stata utilizzata la "Carta Geologica dell'Appennino Emiliano-Romagnolo" della regione Emilia Romagna alla scala 1:10000.



Estratto della Carta Geologica Regionale

La "Formazione" rocciosa affiorante nel settore in esame è la formazione di "Val Luretta" qui rappresentata dal Membro di Monteventano (VLU2).

Dal punto di vista litostratigrafico la formazione geologica d'interesse, è costituita prevalentemente da alternanze decametriche di pacchi di strati medi arenaceo-pelitici e di pacchi calcareo-marnosi in strati medi e spessi, più frequenti verso il tetto del membro.

Lo spessore massimo dell'unità, che si appoggia sul sottostante membro di Poviago di natura areanaceo-pelitico, è stato valutato dagli studi della Regione Emilia-Romagna in circa 230 metri.

3.2 CARATTERISTICHE GEOMORFOLOGICHE

Il corpo detritico presenta una lunghezza massima di circa 400 metri e si estende, a valle, fino a ridosso del terrazzo alluvionale del T. Tidone. La larghezza è di circa 550 metri nel settore di valle (zona di accumulo).

Dal punto di vista geomorfologico non si tratta di un unico corpo di paeofrana, in cui si possono chiaramente distinguere la zona di distacco e quella di accumulo, ma di accumuli di materiale eluvio-colluviale "accostati" a formare un corpo detritico unico.

In base alle indagine geognostiche realizzate, lo spessore del materiale detritico è variabile da 2-3 metri a monte (dove il substrato roccioso e praticamente sub-affiorante),a 7-8 metri a valle.

Nel complesso, il corpo detritico appare ben assestato senza evidenze di movimenti in atto e/o recenti. Anche il corpo cartografato come "frana attiva", che definisce il limite occidentale dell'area d'interesse, risulta nel complesso ben stabilizzato.

Non si rilevano condizioni geomorfologiche, erosione al piede e/o presenza di fessure di trazione nell'area della vecchia nicchia di distacco, predisponenti ad un evoluzione dell'antico dissesto, che si ribadisce appare nel complesso quiescente e ben stabilizzato.

Anche i dati interferometrici (Ers Ascending e Ers Descending) disponibili sul sito del "Geoportale Nazionale" riferiti al periodo 1992-2000, non segnalano nell'area d'interesse movimenti significativi. Il colore verde dei pallini indica spostamenti irrilevanti, inferiori a 1-2 millimetri/anno.



Dati interferometrici estratti dal geoportale nazionale



Panoramica del settore orientale della paleofrana in buone condizioni di stabilità



Panoramica dell'area a valle della località Gabbari di Sotto, il corpo detritico, nonostante sia parzialmente classificato "attivo", non è interessato da movimenti gravitativi

4. INQUADRAMENTO IDROLOGICO E IDROGEOLOGICO

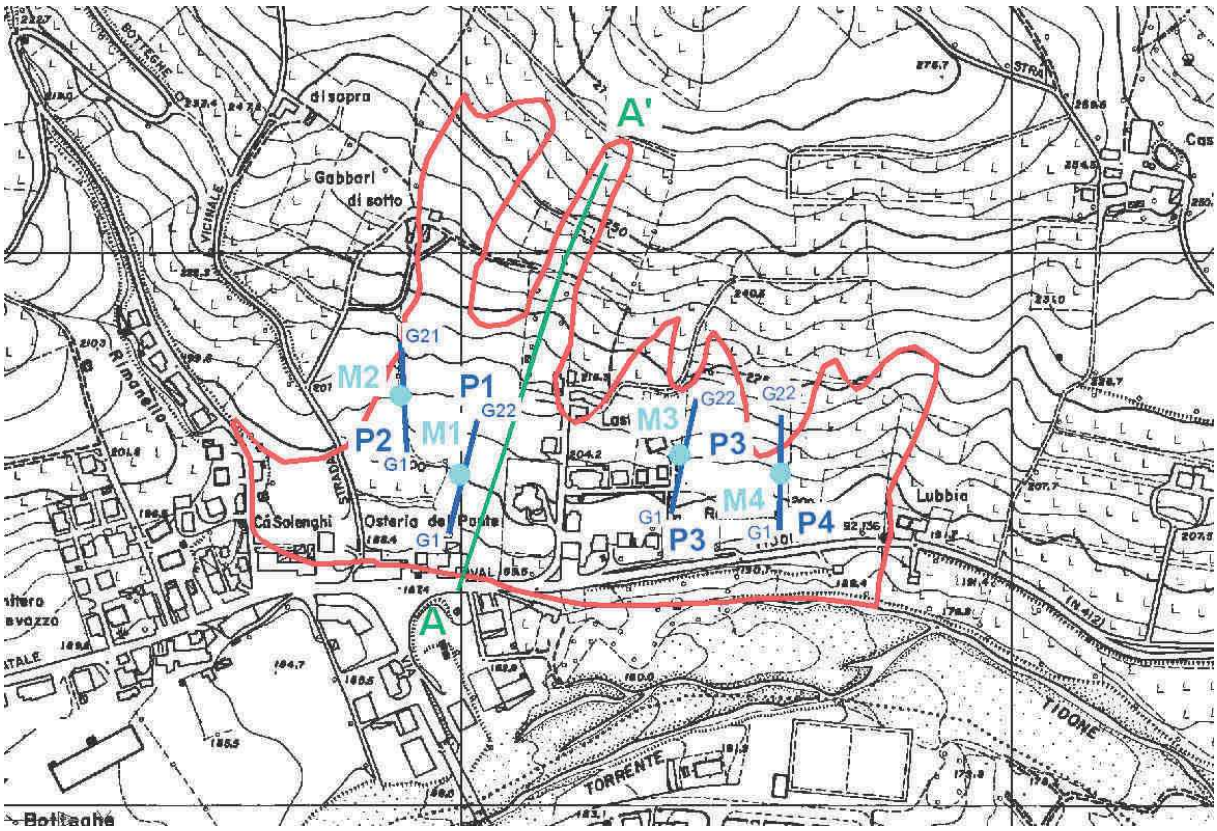
Data la morfologica complessivamente regolare del versante, in cui non sono presenti evidenti avvallamenti e/o contropendenze, il drenaggio delle acque superficiali, assicurato dai canali di scolo legati alle pratiche agricole, è in linea generale piuttosto efficiente.

Sotto l'aspetto idrogeologico si possono sinteticamente ipotizzare due tipi di circolazione idrica:

- Una, di maggiore entità, che interessa l'ammasso roccioso soprattutto ove la fratturazione risulta più intensa. Nel complesso, comunque, i litotipi presenti, a forte componente argillosa, sono poco idonei ad ospitare falde idriche produttive;
- L'altra di minore entità, ma rilevante per la stabilità, si può formare all'interno della copertura eluvio-colluviale più allentata (spessore 3-7 m), nei periodi particolarmente piovosi.

5. INDAGINI GEOGNOSTICHE

Come già accennato, sono stati realizzati 4 profili sismo-tomografici e 4 prove "Masw".



Planimetria indagini geognostiche

5.1 SISMICA A RIFRAZIONE

5.1.1 Cenni metodologici

La prospezione sismica rappresenta una tecnica di prospezione geofisica che consente, attraverso l'acquisizione e l'elaborazione di dati, la costruzione d'immagini bidimensionali (o tridimensionali) della variazione della velocità sismica. Con questa tecnica si riesce ad avere, pertanto, una visione seppur qualitativa della stratigrafia del terreno investigato, in termini di variazioni di "densità" dello stesso, essendo questo parametro direttamente legato alla velocità sismica. La tecnica di prospezione, consiste nella misura dei tempi impiegati dalle onde sismiche longitudinali (onde P) per percorrere un tragitto rettilineo tra una serie di punti d'energizzazione (sorgente sismica) e una serie di punti di ricezione (geofoni). Il confronto matematico tra i vari tempi permette di suddividere lo spazio compreso tra le due serie di punti in porzioni, o "celle elementari" (quadrate per le sezioni bidimensionali come quelle in esame, o cubiche per sezioni tridimensionali) caratterizzate ognuna da un proprio valore di velocità sismica.

5.1.2 Modalità esecutive

I profili sono costituiti da allineamenti di 22 geofoni spaziati di 5 metri. In punti predefiniti dei profili, sono stati creati artificialmente degli impulsi elastici mediante l'utilizzo di una massa battente; l'energizzazione è avvenuta in 7 punti disposti simmetricamente allo stendimento e precisamente nelle seguenti posizioni:

- 2 punti esterni al profilo
- 2 punti agli estremi del profilo
- 3/4 lungo il profilo.

La registrazione dei sismogrammi è stata effettuata mediante un sismografo Geode della Geometrics a 24 canali ad elevata dinamica (24 bit).

5.1.3 Strumentazione utilizzata

Il "Geode" è un sismografo modulare a 24 bit che rappresenta l'ultima frontiera dei sistemi di registrazione sismica combinando il meglio dei tradizionali sismografi Geometrics con la flessibilità di un sistema distribuito. Geode è un sismografo ad elevata dinamica (144 dB di range dinamico totale – 105 dB istantanei a 2 msec di campionamento). Grazie all'ampia banda d'ingresso (1.75 Hz – 20 kHz, con velocità di campionamento da 0.02 msec a 16 msec), esso è perfettamente idoneo per un'ampia gamma di applicazioni: sismica a rifrazione, sismica a riflessione (anche ad altissima risoluzione), monitoraggio di vibrazioni,

applicazioni sismologiche, downhole e VSP. In acquisizione sono disponibili tutte le funzioni di filtri, pre-amplificazione, line-test e instrument-test, tipiche dei sistemi di registrazioni evoluti.



Sismografo "Geode"

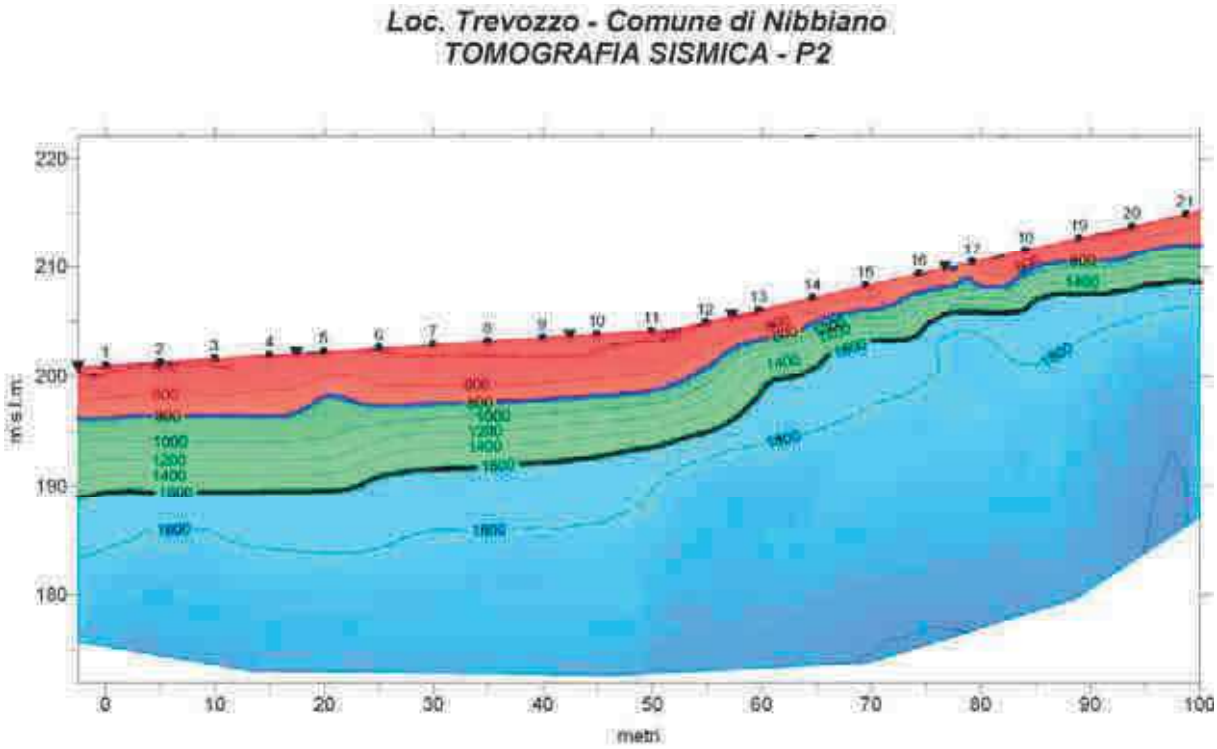
L'atrezzatura utilizzata è composta da:

- Sismografo modulare Geode 3-1000+ canali,
- Massa battente da 10 Kg,
- Piastra di battuta in alluminio 15x15x2,5cm,
- Batteria ricaricabile 12 V,
- Cavo per sismica a rifrazione stranded, 130 mt con 24 takeouts SPT-21 a 5 metri di intervallo e due code da 7.5 mt l'una terminate con connettore Bendix 61S,
- Geofoni GS20DX, 10 Hz verficali, 395 Ohm con puntale da 3" ed 1,5 mt di cavo terminato con mueller clip singola MC-20-SP,
- Computer portatile ACER.

5.1.4 Elaborazione

In questo caso i dati acquisiti sono stati interpretati secondo un metodo sismico-tomografico utilizzando il software SeisOpt@2D v4.0 prodotto dalla OPTIM. La procedura d'elaborazione ha comportato in una prima fase la lettura dei tempi dei primi arrivi sui sismogrammi. In seguito, sono stati ricostruiti i percorsi dei raggi sismici attraverso il terreno. In linea teorica, ogni punto del mezzo investigato, è attraversato in tutte le direzioni, dai raggi sismici. Di ogni raggio è quindi calcolata la traiettoria e, sul confronto fra tutti i possibili percorsi e tempi impiegati, ed è stabilita per ogni punto (o cella di dimensioni 2.5x1.25 m, in questo caso) la sua velocità sismica caratteristica. Il risultato finale dell'elaborazione consiste in sezioni (Fig. 5) di velocità sismiche, rappresentata sia per isovelocità sia tramite colori. Alle diverse classi di velocità sismica, sono stati attribuiti colori che vanno, dal rosso per i valori più bassi, al blu per i valori più elevati. La scala cromatica evidenza i cambiamenti di velocità ritenuti più significativi.

5.1.5 Analisi dei risultati



L'elaborazione ha permesso la distinzione di varie unità secondo le loro caratteristiche sismiche:

- ***Unità allentata superficiale*** *(colore rosso),* con velocità inferiori a **800 m/ s**. L'unità corrisponde al materiale detritico di copertura meno compatto. Gli spessori sono mediamente variabili da 3 a 7 m.
- ***Unità intermedia mediamente addensata*** (colore verde), con velocità media di **1200-1400 m/ s** e spessori medi di 3-6 metri. L' unità è correlabile al substrato roccioso alterato;
- ***Unità di fondo*** *(colore azzurro),* con velocità medie di **2000-2200 m/ s**; i valori di velocità, non particolarmente elevati, sono associabili ad un substrato a prevalente componente argillosa.

5.2 PROVE PER LA DETERMINAZIONE DEL PROFILO DI VELOCITA' DELLE ONDE SISMICHE "S"

Per la determinazione del profilo di velocità delle onde "S" e della categoria del suolo di fondazione è stato utilizzato il metodo "Masw". I profili "Masw" sono stati realizzati in corrispondenza dei 4 stendimenti sismici a rifrazione.

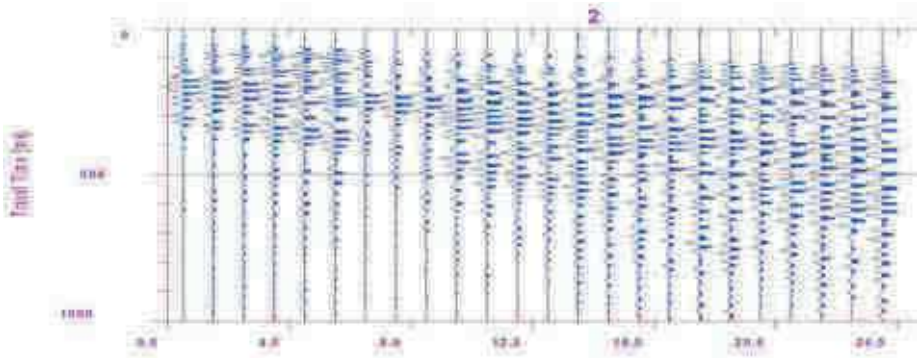
5.2.1 Cenni metodologici

Il MASW (Park et al., 1999) è stato sviluppato in parte per superare le difficoltà dell'applicazione del SASW in ambienti rumorosi. La tecnica, che prevede la registrazione

simultanea (in questo caso l'energizzazione è prodotta da una massa battente di almeno 10 Kg) di 12 o più canali, fornisce una ridondanza statistica delle misure di velocità di fase e ne avvalora la veridicità. Il salvataggio delle tracce nel dominio temporale, permette inoltre di distinguere e evidenziare, le onde di Rayleigh presenti nel record, che sono caratterizzate da un'elevata ampiezza di segnale (circa il 60% dell'energia prodotta dalla sorgente artificiale si distribuisce in onde di superficie). Una particolare analisi spettrale, "overtone analysis", produce un grafico Velocità di fase-frequenza in cui si può distinguere il modo fondamentale delle onde di superficie da cui ricavare la curva di dispersione ed il profilo delle Vs per successiva inversione 1-D. La tecnica permette, inoltre, di eseguire misure ripetute spostandosi nella direzione di allineamento per risalire ad un profilo bidimensionale che evidenzia le variazioni laterali delle Vs. Il software utilizzato per l'elaborazione dei dati è il "winMASW" versione Academy della Eliosoft.

5.2.2 Modalità esecutive

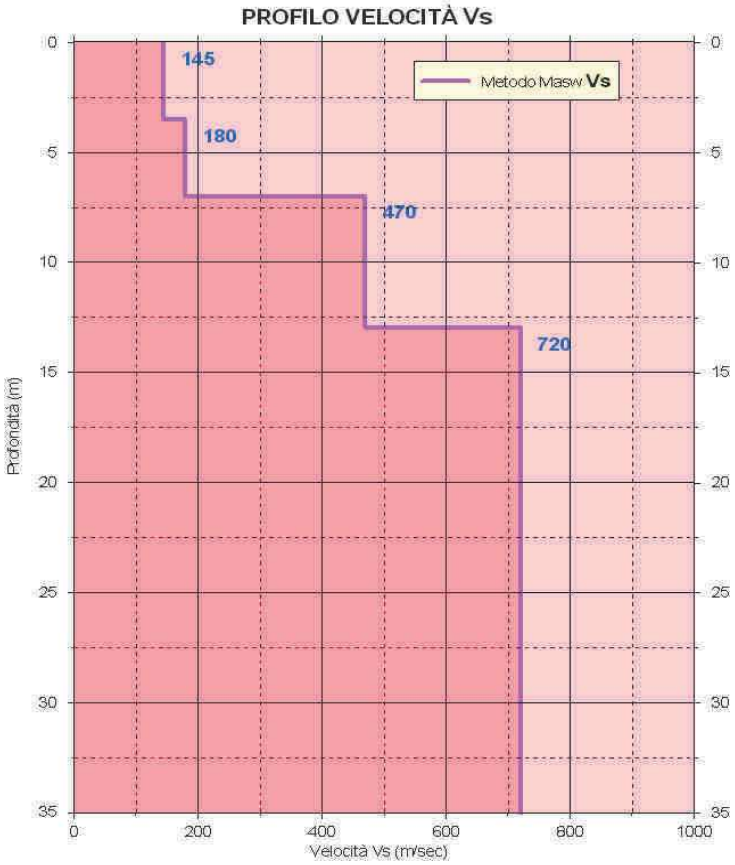
Sono stati realizzati 3 stendimenti di 22 geofoni, con distanza intergeofonica di 5 m. La lunghezza delle registrazioni è stata di 1 sec, con un passo di campionamento di 0.25 ms.



Esempio di registrazione con tecnica "Masw"

Si ricorda che il punto di determinazione del profilo delle Vs in profondità, si riferisce al centro dello stendimento geofonico.

5.2.3 Commento dei risultati



Risultati della prova Masw – M3

Esaminando i grafici ottenuti, si possono fare queste considerazioni:

- Dalla superficie fino a 3-6/7 m dal p.c. sono presenti materiali caratterizzati da valori di Vs medio-bassi (Vs< 200 m/s). Tali depositi possono essere correlati alla copertura detritica meno addensata;
- Più in profondità, fino a 12-18 metri, i valori di Vs aumentan segnalando la presenza di materiale più addensato correlabile al substrato più alterato;
- Oltre i 12-18 metri si ha un più significativo aumento di velocità, con valori che si portano sui 700-800 m/s in corrispondenza del substrato roccioso più comptto;
- Il passaggio individuato a 12-18 metri, anche se localmente non si raggiungono valori di 800 m/s, può comunque essere considerato, dato il notevole contrasto d'impedenza sismica, come il passaggio al "bedrock" sismico;
- I valori di Vs 30 calcolati sono di 315 m/s (M1), 365 m/s (M2), 370 m/s (M3) e 325 (M4);
- In base all'attuale normativa (NTC2008) il sito d'interesse presenta un suolo di fondazione di tipo variabile da C (M1 e M4) a B (M2 e M3).

6. MODELLO GEOLOGICO DELL'AREA

Le indagini realizzate unite alle più generali conoscenze geologiche hanno consentito di ricostruire il modello geologico-geotecnico di riferimento per l'area d'interesse.

SINTESI DEI PARAMETRI GEOTECNICI

Livello A	**Litologia:** *limo e argilla con trovanti da poco a mediamente addensato*	
Dal p.c. a –3/-6-7 m	Peso di volume Peso di volume saturo Angolo di attrito di picco Angolo di attrito residuo Coesione	**γ = 1.80 t/ mc** **γ = 1.95 t/ mc** **φ = 20°** **φ = 18°** **C = 0.06 Kg/ cmq**
Livello B	**Litologia:** *substrato alterato*	
da–3/-6-7 m a –6/-18-20 m	Peso di volume Peso di volume saturo Angolo di attrito di picco Angolo di attrito residuo Coesione	**γ = 1.95 t/ mc** **γ = 2.10 t/ mc** **φ = 26°** **φ = 24°** **C = 0.08 Kg/ cmq**
Livello C	**Litologia:** *substrato roccioso mediamente compatto*	
Oltre –7/-18-20 m	Peso di volume Angolo di attrito	**γ = 2.25 t/ mc** **φ = 40°**

7. VALUTAZIONE DELLA PERICOLOSITA' SISMICA DELL'AREA (delibera del 2 Maggio 2007, n.112, in materia antisismica)

7.1 OBIETTIVI DELLA DELIBERA

Scopo del presente atto di indirizzo e coordinamento è quello di fornire i criteri per la per l'individuazione delle aree soggette ad effetti locali e per la microzonazione sismica del territorio in modo da orientare le scelte della pianificazione verso aree caratterizzate da minore pericolosità sismica. Lo studio della pericolosità di base e della pericolosità locale hanno come obiettivi:

- *l'individuazione delle aree dove in occasione dei terremoti attesi possono verificarsi effetti locali;*
- *la stima quantitativa della risposta sismica locale dei depositi e delle morfologie presenti nell'area di indagine ("Analisi della Risposta Sismica Locale", RSL);*
- *la suddivisione del territorio in sottozone a diversa pericolosità sismica locale ("Microzonazione Sismica", MZS).*

I risultati dell'analisi della pericolosità sismica locale e della microzonazione sismica, devono essere applicati nella redazione degli strumenti di pianificazione territoriale e urbanistica.

7.2 LIVELLI DI APPROFONDIMENTO

Gli studi di risposta sismica locale e microzonazione sismica vanno condotti a diversi livelli di approfondimento a seconda delle finalità e delle applicazioni nonché degli scenari di pericolosità locale.

Tali studi svolti devono essere descritti in una relazione che indichi chiaramente il livello di approfondimento, le indagini effettuate e i risultati ottenuti e devono fornire una cartografia dello stato del territorio, e sono un riferimento necessario per la Valutazione di Sostenibilità Ambientale e Territoriale (VALSAT) preventiva delle singole scelte del piano.

Si identificano due fasi di analisi con diversi livelli di approfondimento.

La prima fase è diretta a definire gli scenari di pericolosità sismica locale, cioè ad identificare le parti di territorio suscettibili di effetti locali (amplificazione del segnale sismico, cedimenti, instabilità dei versanti, fenomeni di liquefazione, rotture del terreno, ecc.). L'individuazione delle aree soggette ad effetti locali si basa su rilievi, osservazioni e valutazioni di tipo geologico e geomorfologico, svolte a scala territoriale, associati a raccolte di informazioni sugli effetti indotti dai terremoti passati. Tale analisi viene svolta - soprattutto mediante elaborazione dei dati disponibili - in sede di elaborazione del PTCP e del PSC e concorre alla definizione delle scelte di piano, fornendo prime indicazioni sui limiti e le condizioni per la pianificazione nelle suddette aree.

La seconda fase ha come obiettivo la microzonazione sismica del territorio indagato. Sulla base degli scenari individuati dalle analisi svolte nel corso della prima fase, nella seconda fase si attuano due diversi livelli di approfondimento:

a) nelle aree pianeggianti e sub-pianeggianti, incluse le zone di fondovalle appenniniche, con stratificazione orizzontale e sub-orizzontale, e sui versanti stabili con acclività ≤ 15° in cui il deposito ha spessore costante si ritiene sufficiente un'analisi semplificata (secondo livello di approfondimento), cioè l'analisi della pericolosità locale può essere basata, oltre che sull'acquisizione di dati geologici e geomorfologici più dettagliati di quelli rilevati nel primo livello, su prove geofisiche in sito e su prove geotecniche di tipo standard. Il numero delle verticali indagate deve essere tale da consentire un'adeguata caratterizzazione geotecnica spaziale dei terreni e delle formazioni presenti nell'area di studio;

b) un'analisi più approfondita (terzo livello di approfondimento) è invece richiesta nei seguenti casi (vedere Allegato A1):

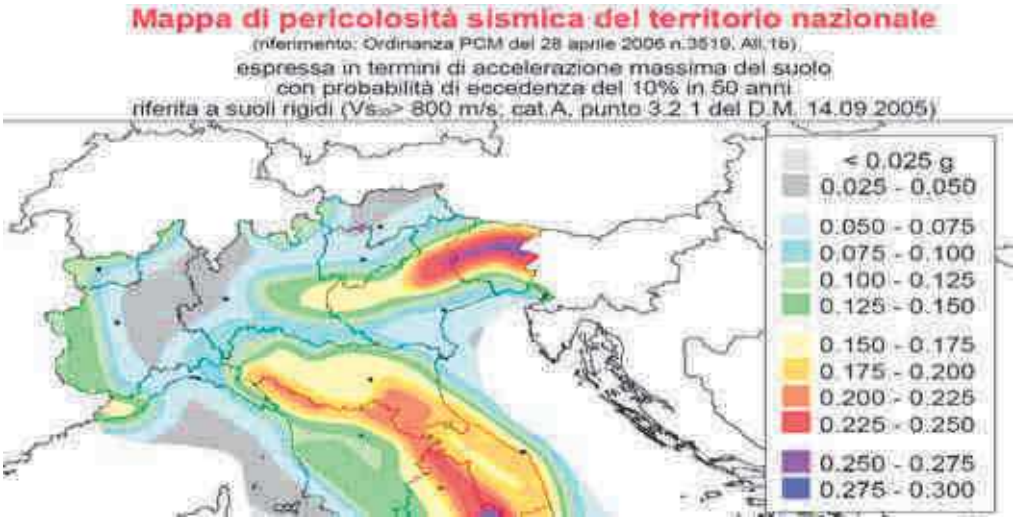
- aree soggette a liquefazione e densificazione;
- aree instabili e potenzialmente instabili;

- *aree in cui le coperture hanno spessore fortemente variabile, come ad esempio nelle aree pedemontane e di fondovalle a ridosso dei versanti;*
- *aree in cui è prevista la realizzazione di opere di rilevante interesse pubblico.*

L'analisi approfondita richiede un significativo numero di prove geofisiche e geotecniche, sia in sito che in laboratorio, rivolte alla definizione del comportamento dei terreni sotto sollecitazione dinamica. In queste parti del territorio la pericolosità potrebbe essere molto elevata e perciò deve essere attentamente valutata la possibilità di renderle suscettibili di trasformazione urbanistica.

7.3 CARATTERI SISMICI DELL'AREA

In base alla nuova carta della pericolosità sismica del territorio nazionale, i valori di PGA su suolo rigido con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni, per il Comune di Nibbiano sono compresi fra 0.075 e 0.100 g. L'area ricade nella zona simogenetica 911, in cui i meccanismi di fagliazione prevalenti sono legati a faglie trascorrenti e le profondità dei terremoti prevalentemente compresi fra 8 e 12 Km. Le magnitudo massime attese nella zona sismogenetica d'interesse sono di 5.7-6.1.Le serie storiche dei terremoti contenuti nell'archivio della Regione Emilia Romagna non segnalano eventi sismici rilevanti nell'area d'interesse.



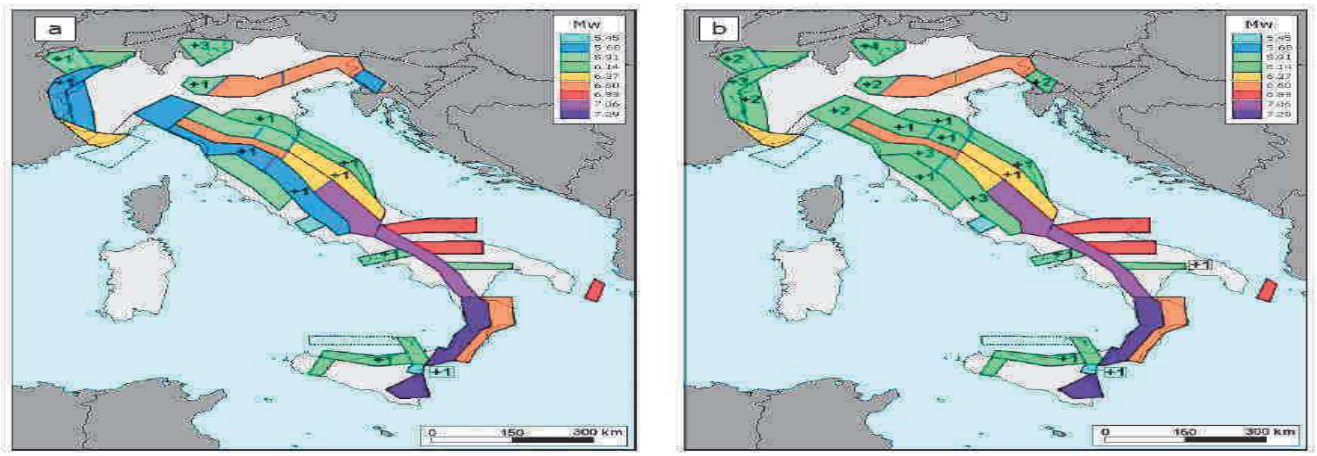


Figura 36. Valori di Mwmax corrispondenti ai due insiemi: a) "osservati" (Mwmax1); b) "cautelativi" (Mwmax2).

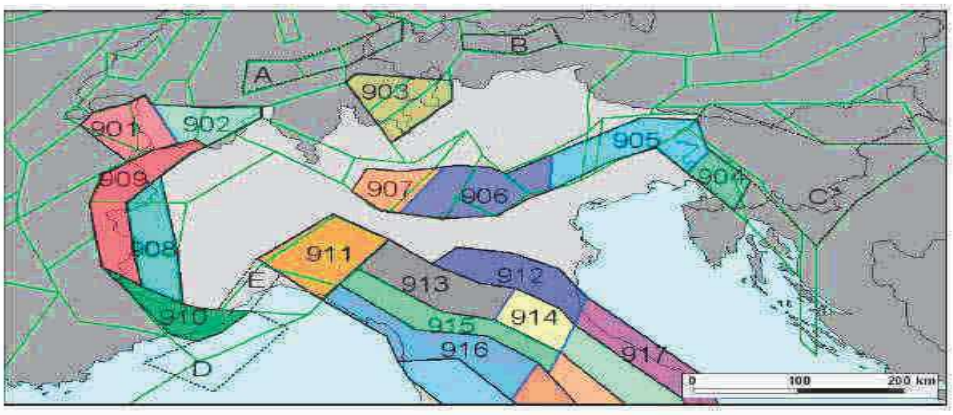


Figura 10. Zonazione sismogenetica ZS9 a confronto con la zonazione del progetto SESAME nell'area alpina (Jiménez et al., 2001; linee di colore verde).

In base alle caratteristiche geologiche del sito d'interesse, i principali effetti attesi possono ricondursi essenzialmente a fenomeni di amplificazione litologica e in minor misura a fenomeni d'instabilità dei versanti. Sono da escludere fenomeni d'amplificazione topografica (pendenza del versante complessivamente inferiore a 15°) e fenomeni di liquefazione (basso valore di ag atteso e presenza di copertura di materiale eterogeneo in matrice coesiva).

7.4 VALUTAZIONE DEL FATTORE DI AMPLIFICAZIONE DEL SITO INTERESSE-ANALISI 2° LIVELLO

A2.1.1 - APPENNINO E MARGINE APPENNINICO-PADANO

In caso di substrato marino caratterizzato da Vs ≥ 800 m/s si devono usare le seguenti tabelle

F.A. P.G.A.

Vs_H / H	200	250	300	350	400	450	500	600	700	800
5	1.6	1.3	1.2	1.1	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
10	2.0	1.9	1.7	1.6	1.4	1.2	1.1	1.0	1.0	1.0
15	2.0	2.0	2.0	1.8	1.6	1.4	1.3	1.2	1.0	1.0
20	2.0	2.0	2.0	1.9	1.7	1.6	1.4	1.3	1.1	1.0
25	1.9	2.0	1.9	1.9	1.8	1.6	1.5	1.3	1.2	1.0
30	1.8	1.9	1.9	1.9	1.7	1.5	1.5	1.4	1.2	1.0
35	1.7	1.8	1.9	1.9	1.7	1.6	1.5	1.4	1.3	1.0
40	1.6	1.8	1.9	1.9	1.8	1.6	1.5	1.4	1.3	1.0

F.A. INTENSITA' SPETTRALE - 0.1s < To < 0.5s

Vs_H / H	200	250	300	350	400	450	500	600	700	800
5	1.2	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
10	1.8	1.6	1.4	1.2	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
15	2.1	2.0	1.7	1.5	1.2	1.1	1.1	1.0	1.0	1.0
20	2.3	2.3	1.9	1.7	1.5	1.4	1.2	1.1	1.0	1.0
25	2.2	2.4	2.2	2.0	1.7	1.5	1.4	1.2	1.1	1.0
30	2.1	2.3	2.3	2.1	1.9	1.7	1.5	1.3	1.2	1.0
35	1.9	2.1	2.3	2.2	1.9	1.8	1.6	1.4	1.3	1.0
40	1.8	2.0	2.3	2.3	2.0	1.8	1.6	1.4	1.3	1.0

F.A. INTENSITA' SPETTRALE - 0.5s < To < 1.0s

Vs_H / H	200	250	300	350	400	450	500	600	700	800
5	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
10	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
15	1.2	1.2	1.1	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
20	1.5	1.4	1.2	1.1	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
25	2.1	2.1	1.5	1.2	1.1	1.1	1.0	1.0	1.0	1.0
30	2.4	2.3	1.9	1.5	1.2	1.1	1.1	1.0	1.0	1.0
35	2.5	2.4	2.3	1.8	1.3	1.3	1.2	1.1	1.0	1.0
40	2.7	2.6	2.6	2.0	1.6	1.3	1.2	1.1	1.1	1.0

I fattori di amplificazione calcolati per i singoli profili di velocità Vs sono riassunti nel tabella seguente:

PROVA	PROF. BEDROCK	VS 30	VS H	FA PGA	FA intensità spettrale 0.1s-0.5s	FA intensità spettrale 0.5s-1.0s
M1	19 m	315	236	2.0	2.2	1.3
M2	11 m	365	185	2.0	2.1	1.2
M3	13 m	370	228	2.0	2.0	1.2
M4	28 m	325	312	1.9	2.3	1.9

In base alla delibera sopraccitata, l'accelerazione orizzontale su suolo rigido (Vs>800 m/s) prevista per il Comune di Nibbiano è di 0.098g.

7.5 SPETTRO DI RISPOSTA (IN PGA) DELL'AREA

Nella delibera della Regione è riportata la forma dello spettro di risposta valido per tutta la regione.

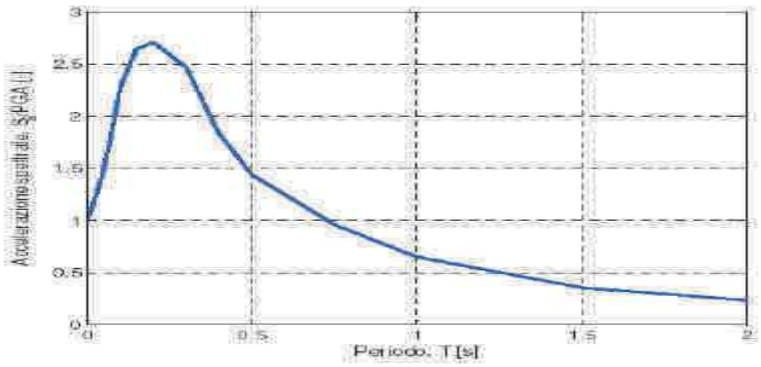


Figura 1 - Spettro di risposta normalizzato (T_R = 475 anni, smorzamento = 5%) per l'Emilia-Romagna

Dallo spettro di risposta normalizzato è possibile ottenere, moltiplicando i valori della tabella 1 per il valore di arefg di ogni comune, lo spettro di risposta a probabilità uniforme che descrive le caratteristiche del moto sismico atteso per ogni comune dell'Emilia-Romagna. Considerando il valore di arefg=0.098 per il comune di Nibbiano e il fattore di amplificazione (2.0), è stato calcolato lo spettro di risposta del sito d'interesse.



Spettro di riposta del sito in base alle norme della regione Emilia-Romagna

7.6 ANALISI DELLA STABILITA' DEL VERSANTE SIA IN CONDIZIONI PSEUDO-STATICHE CHE SISMICHE-DINAMICHE - ANALISI 3° LIVELLO

Per ricostruire l'assetto litostratigrafico e le caratteristiche geomeccaniche del versante, oltre alle considerazioni di carattere geologico, sono stati utilizzati i dati desunti dalle prove geofisiche realizzate, sintetizzati nei paragrafi precedenti.

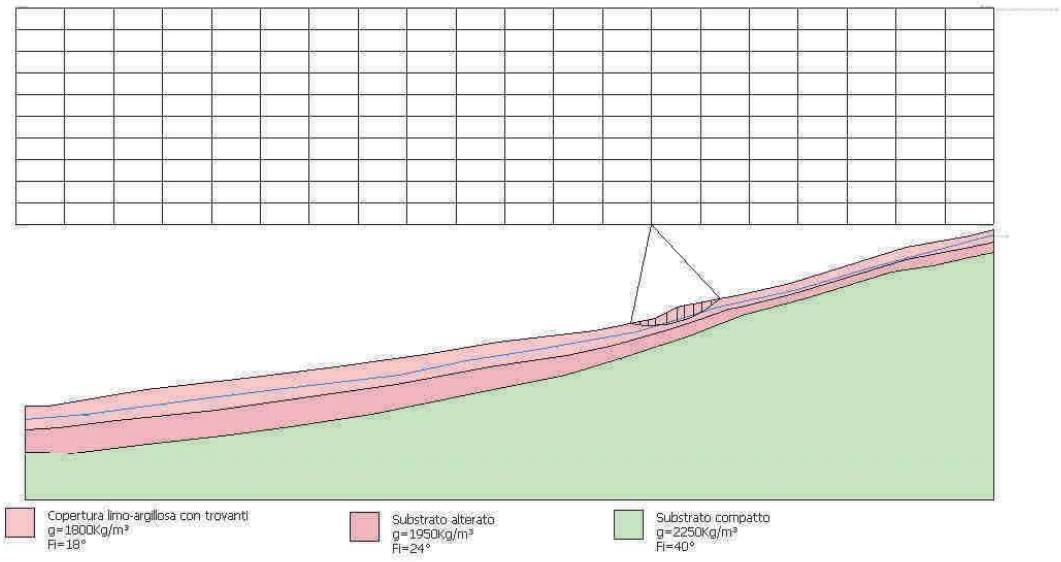
Nr.	DB	Peso unità di volume (Kg/m³)	Peso saturo (Kg/m³)	Coesione (kg/cm²)	Coesione non drenata (kg/cm²)	Angolo resistenza al taglio picco (°)	Angolo resistenza al taglio residuo (°)	Permeabilità (m/s)	Dati aggiuntivi ...	Texture ...	Descrizione
1		1800	1950	0.06		20	18	Permeabile			Copertura
2		1950	2100	0.08		26	24	Impermeabile			Substrato
3		2250	2250			40	40	Impermeabile			Substrato

Modello geologico-geotecnico dell'area

7.6.1 Analisi di stabilità in condizioni pseudostatiche

Per l'analisi di stabilità del versante è stato utilizzato il software "slope" della società Geostru. Il metodo utilizzato è stato quello di Janbu. Per l'analisi di stabilità, a scopo cautelativo, sono stati utilizzati valori di angolo di attrito prudenziali (angolo d'attrito residuo). Per l'azione sismica è stato considerato un valore di ag di 0.098x2.0 (fattore di amplificazione massimo) = 0.196g, ed un coefficiente di amplificazione topografica di 1.0.

In base alle verifiche realizzate, che, dato l'utilizzo dell'angolo di attrito residuo, sono state fatte in condizioni cautelative, il versante risulta in buone condizioni di sicurezza. La superficie con il minor coefficiente di sicurezza (1.50) è stata individuata nella parte alta del versante a maggior acclività.

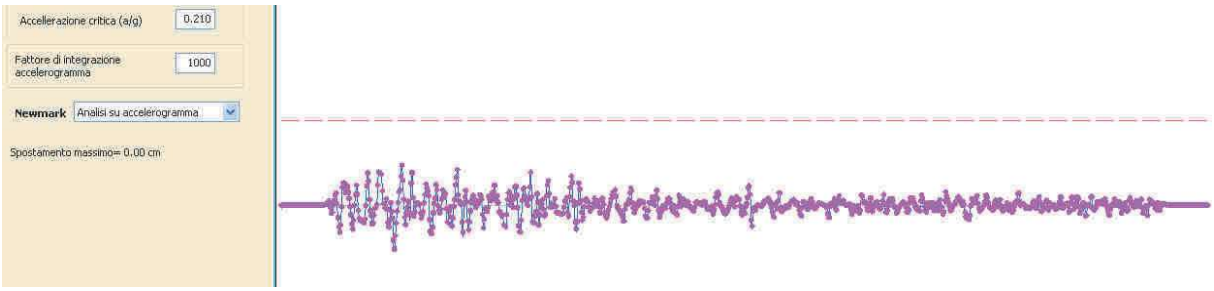


Verifica di stabilità del versante

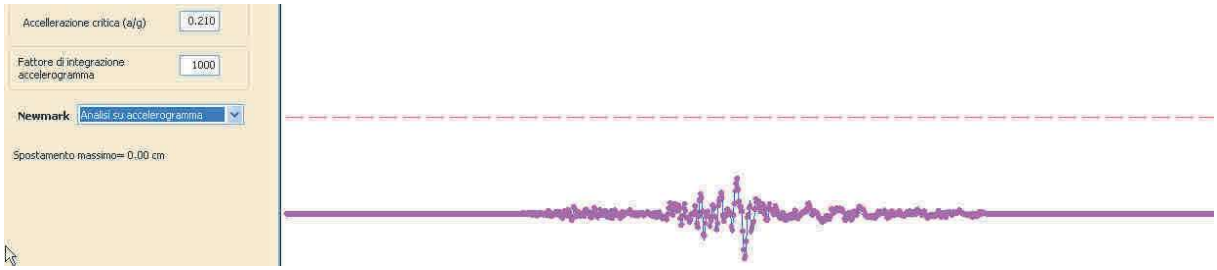
7.6.2 Analisi di stabilità dinamica (Metodo di NEWMARK)

Le verifiche in condizioni sismiche dinamiche (semplificate) sono state realizzate utilizzando come input gli accelerogrammi forniti dalla Regione Emilia-Romagna per il Comune di Nibbiano.

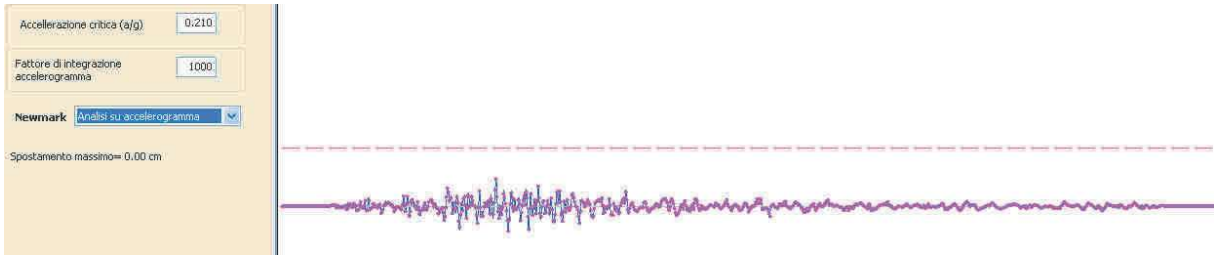
Le verifiche effettuate, con spostamenti nulli, confermano la stabilità dell'area anche in condizioni sismiche dinamiche. Di seguito si riportano i risultati delle 3 analisi dinamiche relative ai 3 sismogrammi considerati; nei grafici il valore soglia dell'accelerazione in grado di produrre spostamenti è rappresentato dalla linea rossa tratteggiata.



Accelerogramma 000046xa_033029Nibbiano.txt



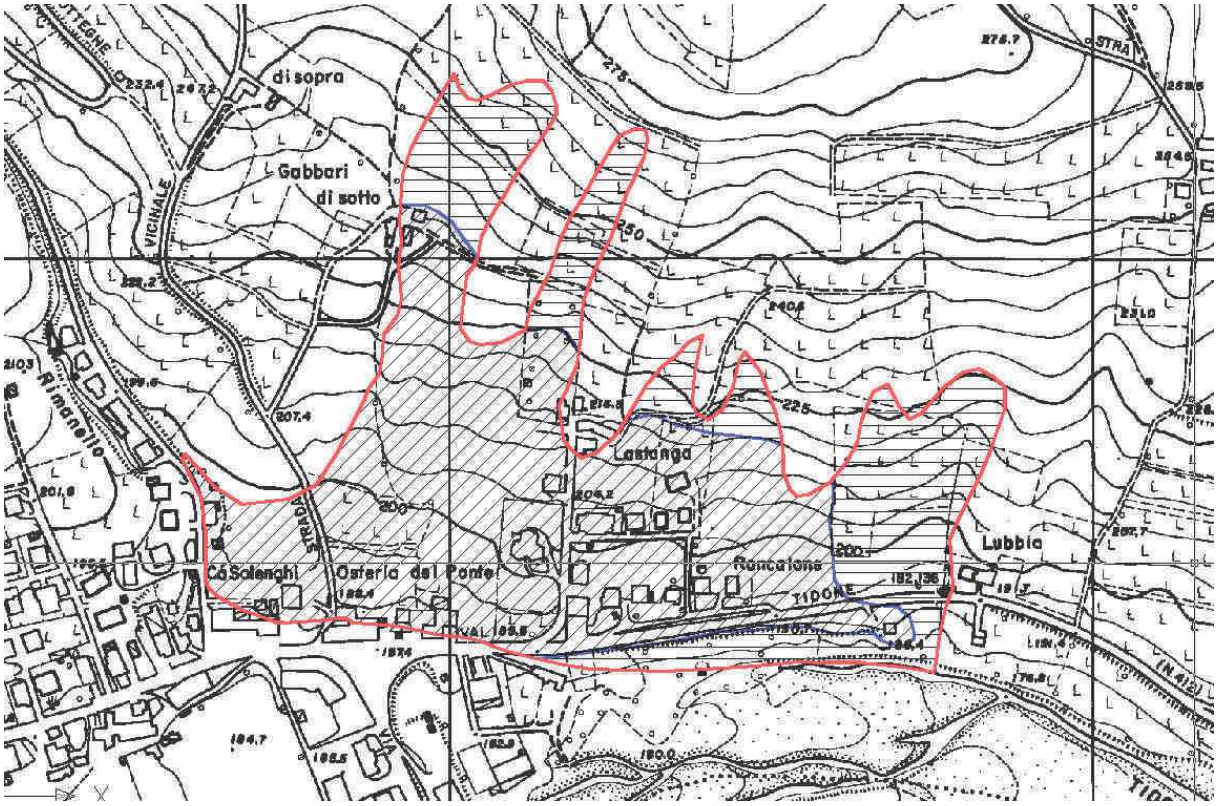
Accelerogramma 000126xa_033029Nibbiano.txt



Accelerogramma 000354xa_033029Nibbiano.txt

8. ZONIZZAZIONE DEL RISCHIO DEL CORPO DI FRANA QUIESCENTE

Il corpo di paleofrana studiato è stato suddiviso, in base a criteri geologico-geomorfologici, in settori contraddistindi da un differente grado di "rischio".



Zonizzazione del "rischio" geologico del corpo di paleofrana

Sono state distinte 2 classi di rischio:

- **Aree a rischio moderato (classe 2 - rigato obliquo)**, sono le aree a buon grado di stabilità. Tali aree occupano la maggior parte del corpo classificato come paleofrana. Non si evidenziano segnali di movimenti in atto e/o recenti, ne sussistono condizioni che potrebbero instabilizzare il corpo detritico. Le indicazioni sopraesposte sono supportate anche dai dati interferometrici che indicano assenza di movimenti nel periodo monitorato (1992-2000).

- **Aree a rischio elevato (classe 3 - rigato orizzontale)**, sono le aree a drenaggio centripeto (piccoli impluvi), localizzate nel settore di monte del corpo detritico. Anche in questo caso non sono state osservate evidenze di movimenti in atto e/o pregressi, tuttavia in base a considerazioni idro-geomorfologiche, si è deciso di considerarle a rischio più elevato.

9. PRESCRIZIONI PER LE AREE IN FRANA QUIESCENTE IN CUI E' STATA EFFETTUATA LA VALUTAZIONE DEL RISCHIO

Classe 1 (rischio basso) – Fattibilità senza particolari limitazioni (R1):

Queste aree si ritengono utilizzabili ai fini edificatori senza particolari limitazioni all'urbanizzazione o alla modifica della destinazione d'uso; eventuali problematiche locali possono essere superate attraverso approfondimenti di indagine o accorgimenti tecnico-costruttivi. In particolare si dovrà subordinare l'autorizzazione ad accertamenti geognostici in particolare ai fini di:

- *evitare che fondazioni di una stessa costruzione vengano a poggiare in parte sulla zona di alterazione ed in parte sulla roccia in posto, o peggio ancora, su materiale di riporto;*
- *ridurre all'indispensabile eventuali sbancamenti e riporti adottando pendenze adeguate;*
- *drenare le acque eventualmente incontrate;*
- *adottare la tipologia di fondazione più idonea alla tipologia di substrato riscontrata.*

Classe 2 (rischio moderato) – Fattibilità con modeste limitazioni (R2):

Queste aree si ritengono utilizzabili ai fini urbanistici, anche se si sono appurate alcune condizioni limitanti all'edificabilità, che possono essere superate attraverso approfondimenti di indagine o accorgimenti tecnico-costruttivi; gli interventi edificatori sono comunque permessi, prevedendo se necessario eventuali accorgimenti costruttivi necessari o interventi di riduzione del rischio idrogeologico, quali:

- *sbancamenti e riporti ridotti al minimo;*
- *fondazioni rigide, spinte ad idonea profondità dall'attuale piano campagna;*
- *regolamentazione delle acque superficiali e sotterranee;*
- *sistemi di raccolta sistematica e l'allontanamento in tubazioni a perfetta tenuta delle acque piovane e di quelle di scarico dei futuri edifici;*
- *opportuni interventi di sostegno (ex gabbionate, muri con drenaggio e sistema di smaltimento acque ecc.) al fine di proteggere il piede di eventuali scarpate artificiali con pendenze superiori a 1/2.*

Per tali zone si dovrà comunque subordinare l'autorizzazione ad ulteriori e dettagliati accertamenti geologici e geognostici.

Classe 3 (rischio elevato) – Fattibilità con significative limitazioni (R3)

In questa classe si sono inserite le zone in cui la propensione al dissesto è più elevata, ed in cui le limitazioni alla modifica della destinazione d'uso appare più consistente.

Si dovrà dunque subordinare l'autorizzazione ad ulteriori e dettagliati accertamenti geologico-tecnici e geognostici, finalizzati a valutare quali siano le azioni atte a ridurre il rischio connesso all'intervento edificatorio

Si dovrà dunque prevedere quanto segue:

- *manutenzione delle eventuali opere di difesa esistenti;*
- *l'adozione di fondazioni rigide, spinte ad idonea profondità dall'attuale piano campagna;*
- *la raccolta sistematica e l'allontanamento in tubazioni a perfetta tenuta delle acque piovane e di quelle di scarico dei futuri edifici;*
- *regolamentazione delle acque superficiali e sotterranee, e se necessario comprendere tutta o buona parte della zona a monte, attraverso le opportune opere idrauliche (ex canali di scolo, drenaggi sotterranei ecc.);*
- *quanto necessario al fine di ridurre la pericolosità;*

Oltre a quanto consentito dalle norme del P.T.C.P. (e dal P.A.I) in merito alle frane attive e quiescenti, in questa classe sono ammessi solo ampiamenti delle costruzioni esistenti, con incrementi volumetrici non superiori a quanto consentito dalle N.T.A. del P.S.C comunale.

Classe 4 (rischio molto elevato) – Fattibilità con gravi limitazioni (R4):

In queste zone si intende consentito quanto permesso dal P.T.C.P (e dal P.A.I) per le frane quiescenti.

Nibbiano, 23/11/2015

Dott. Adriano Baldini



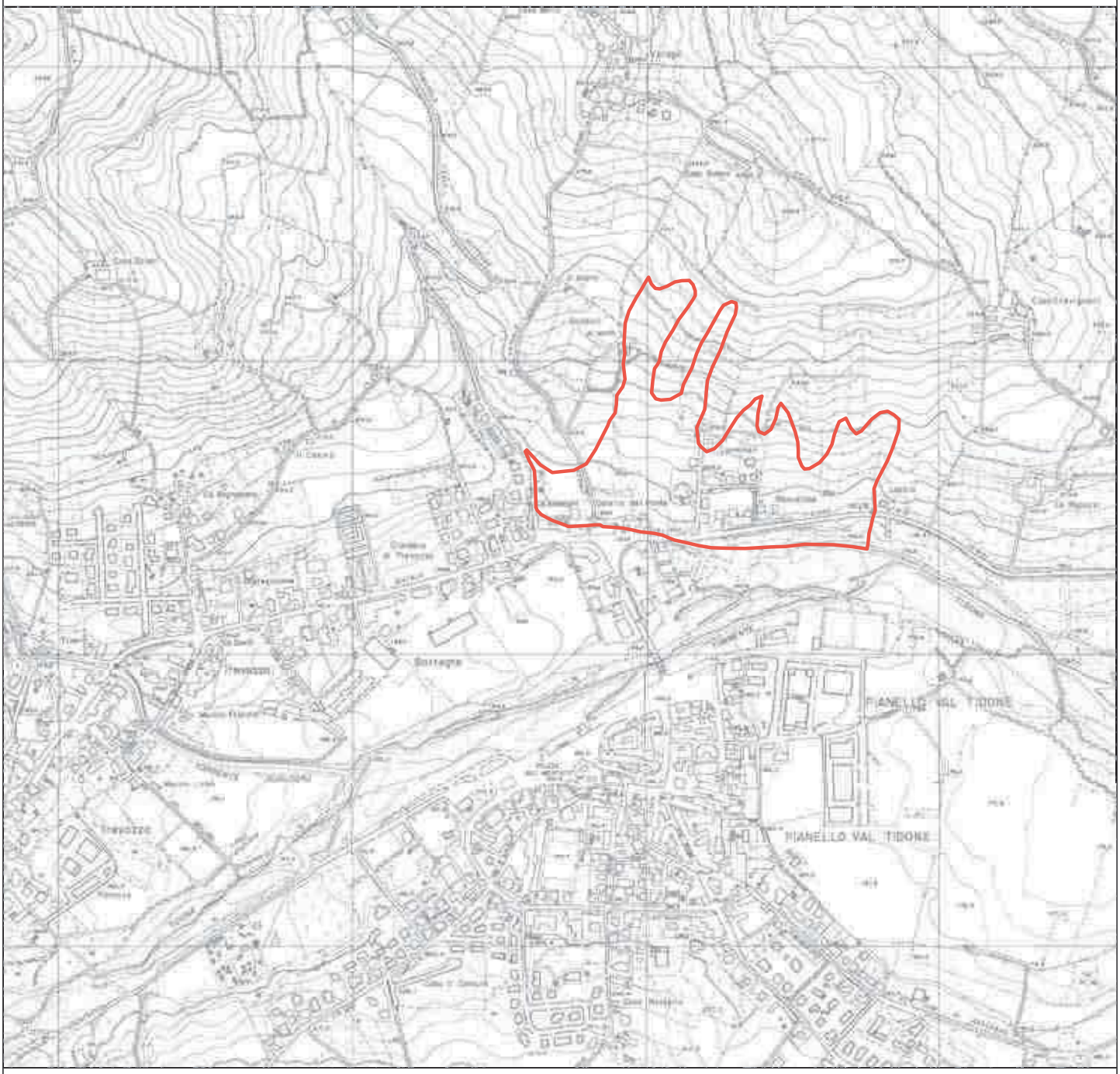
Dott. Alberto Lepori

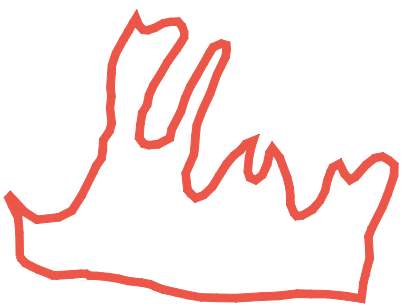


ALLEGATI

INQUADRAMENTO TERRITORIALE

Scala 1:10000



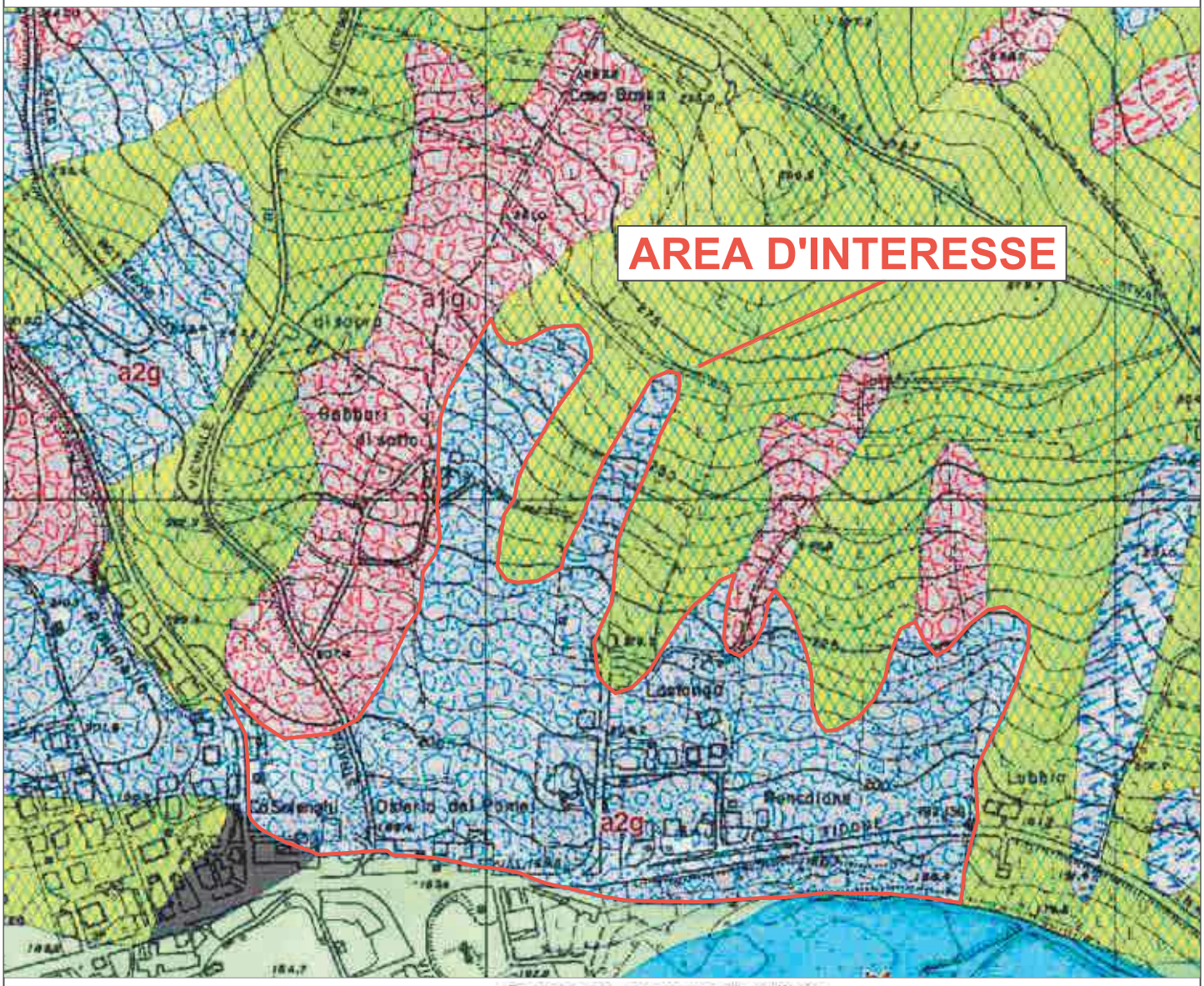


Area considerata

Fig. ***1***

ESTRATTO CARTA GEOLOGICA REGIONALE

Scala 1:5000



LEGENDA

Unità geologiche (10K)

VLU2 - Formazione della Val Luretta - membro di Monteventano

VLU3 - Formazione della Val Luretta - membro di Genepreto

Coperture quaternarie (10K)

a1g - Deposito di frana attiva complessa

a2 - Deposito di frana quiescente di tipo indeterminato

a2b - Deposito di frana quiescente per scivolamento

a2d - Deposito di frana quiescente per colamento di fango

a2g - Deposito di frana quiescente complessa

Area considerata

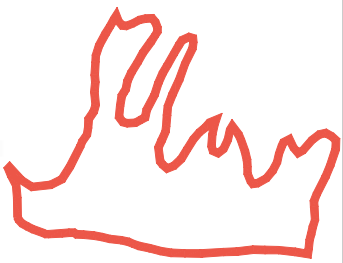
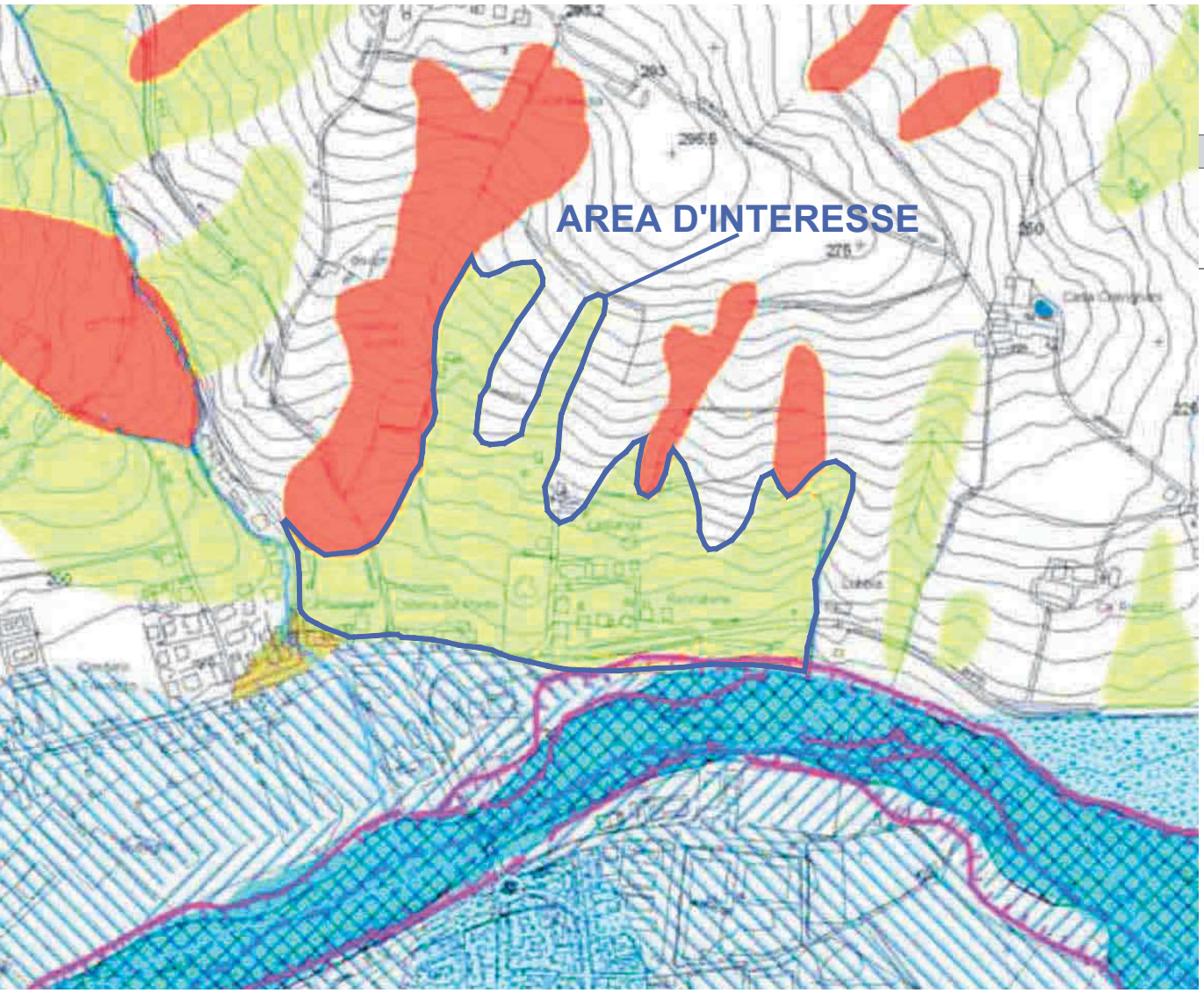


Fig.2

Studio ge
del versante
in lo
- Comune
"*Classificazione de*
qu

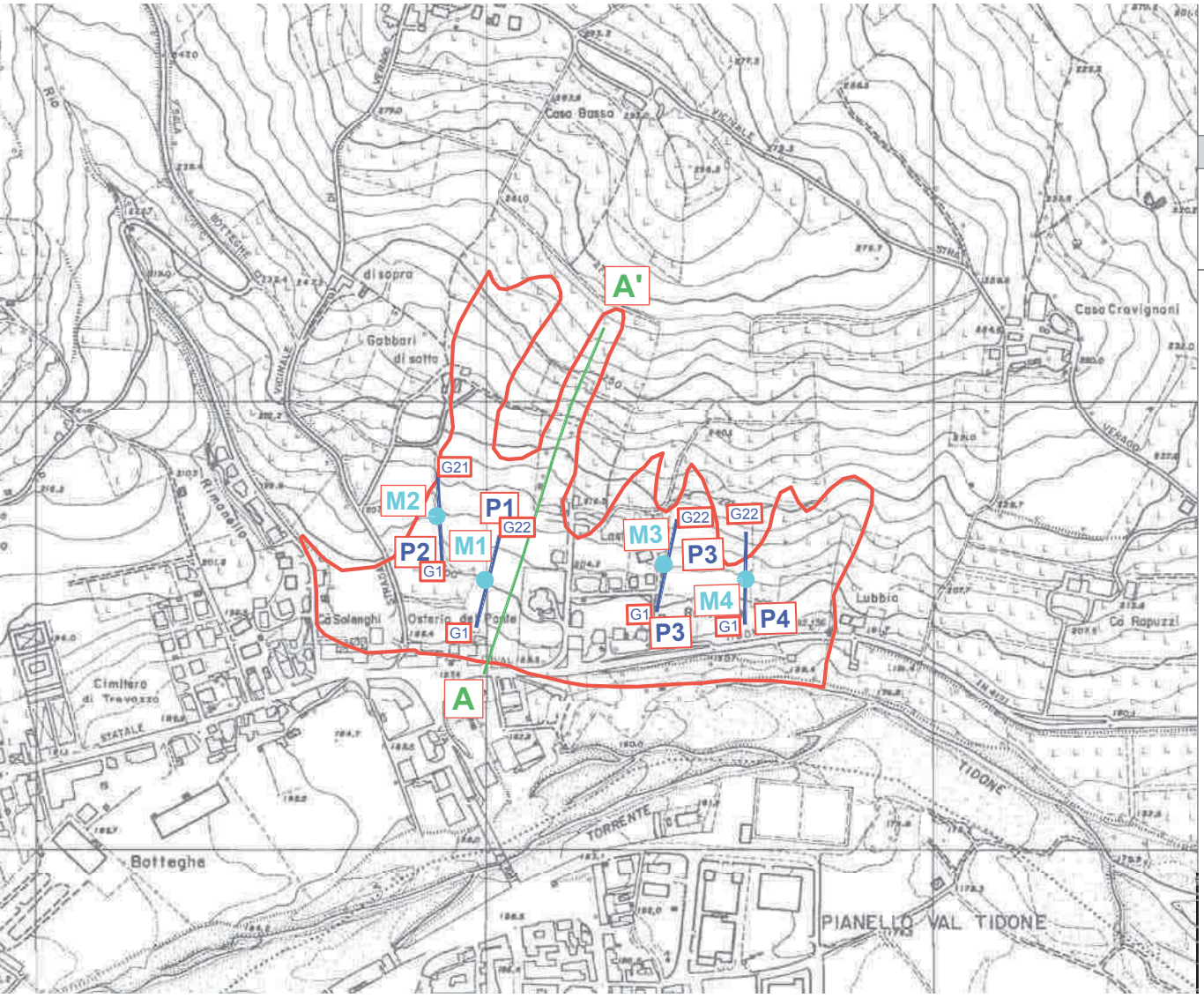
CARTA D
Estra







ARE



Studio geo
del versante i
in loc
- Comune d
"*Classificazione del*
qu

PLANIMETRIA

INDAGINI SISMICHE

G1 **P1-P4** G22 — Tra

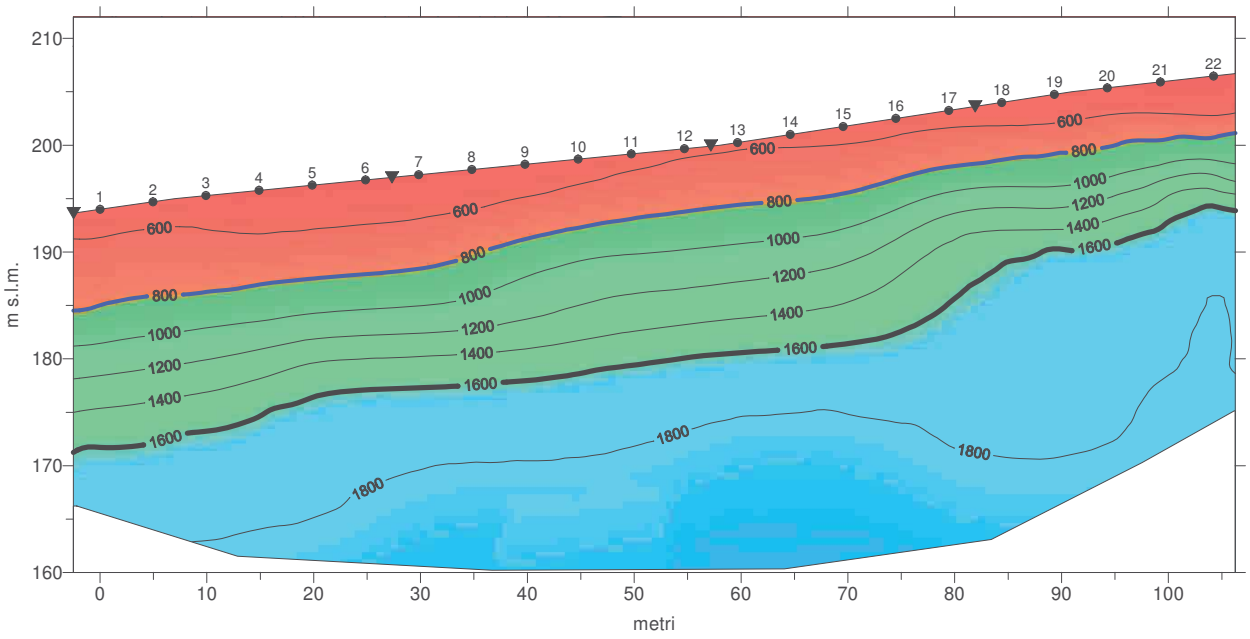
M1-M4 — Prov

A' **A** — Tra

AREA



Loc. Trevozzo - Comune di Nibbiano
TOMOGRAFIA SISMICA - P1



Scala 1:500

Velocità sismiche m/sec

300 600 900 1200 1500 1800 2100

Limite del materiale di copertura più allentato

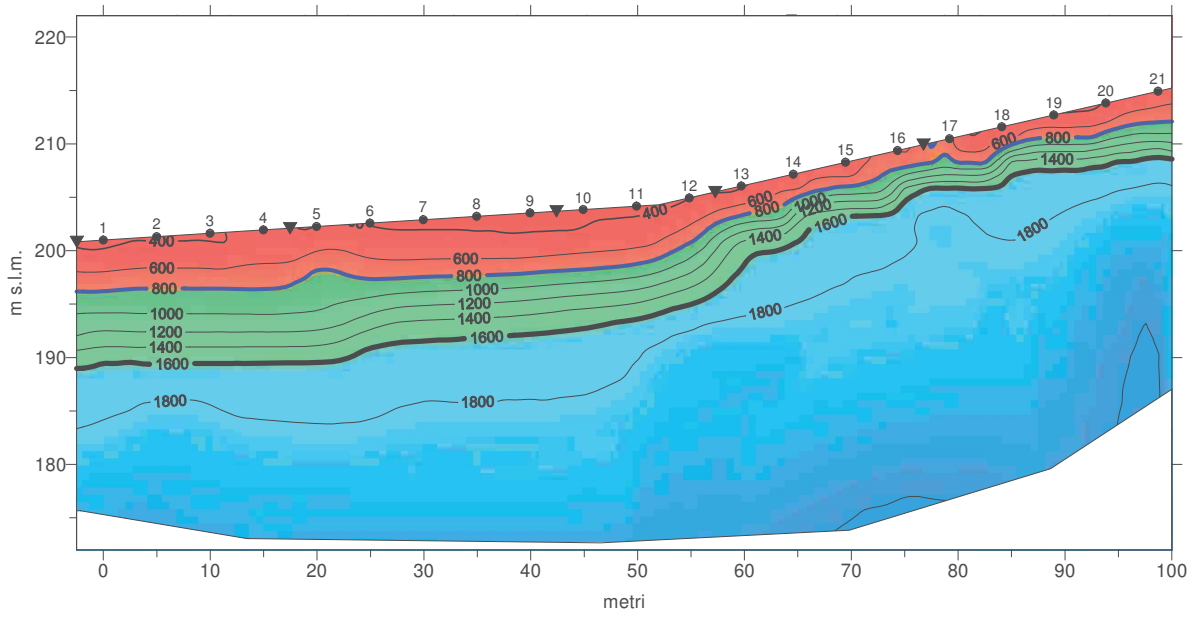
Passaggio al substrato più compatto

▼ Punti di energizzazione

● Punti di registrazione

Fig.5a

Loc. Trevozzo - Comune di Nibbiano
TOMOGRAFIA SISMICA - P2



Scala 1:500

Velocità sismiche m/sec

300 600 900 1200 1500 1800 2100

Limite del materiale di copertura più allentato

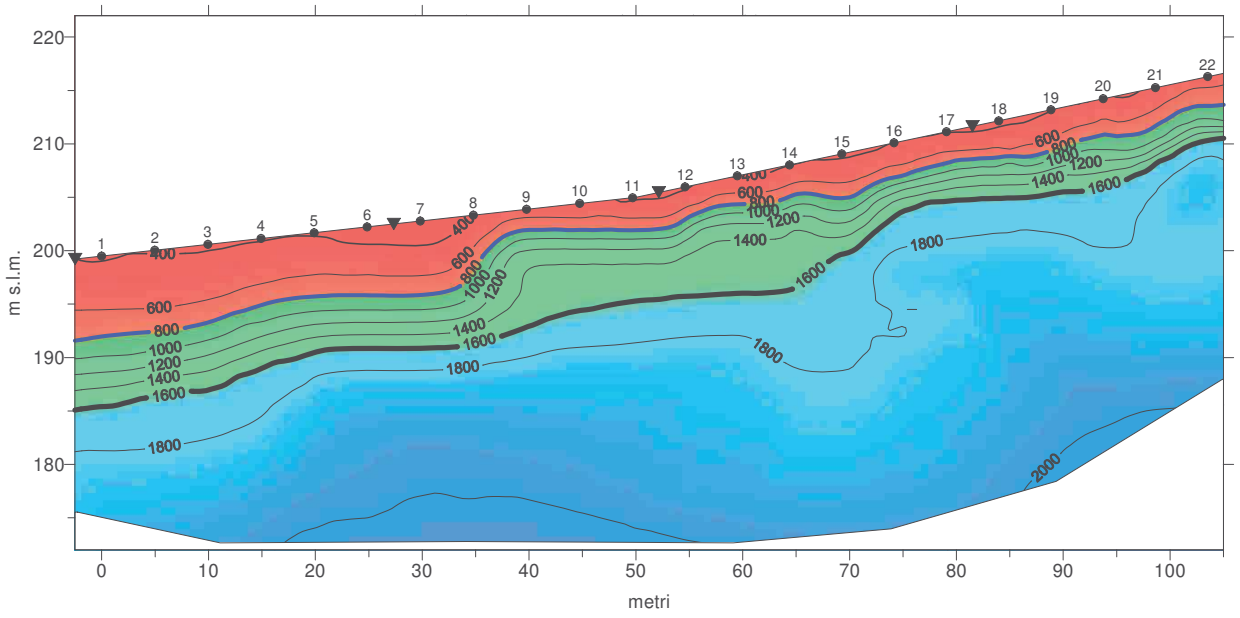
Passaggio al substrato più compatto

▼ Punti di energizzazione

● Punti di registrazione

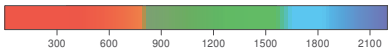
Fig.5b

Loc. Trevozzo - Comune di Nibbiano
TOMOGRAFIA SISMICA - P3



Scala 1:500

Velocità sismiche m/sec



Limite del materiale di copertura più allentato

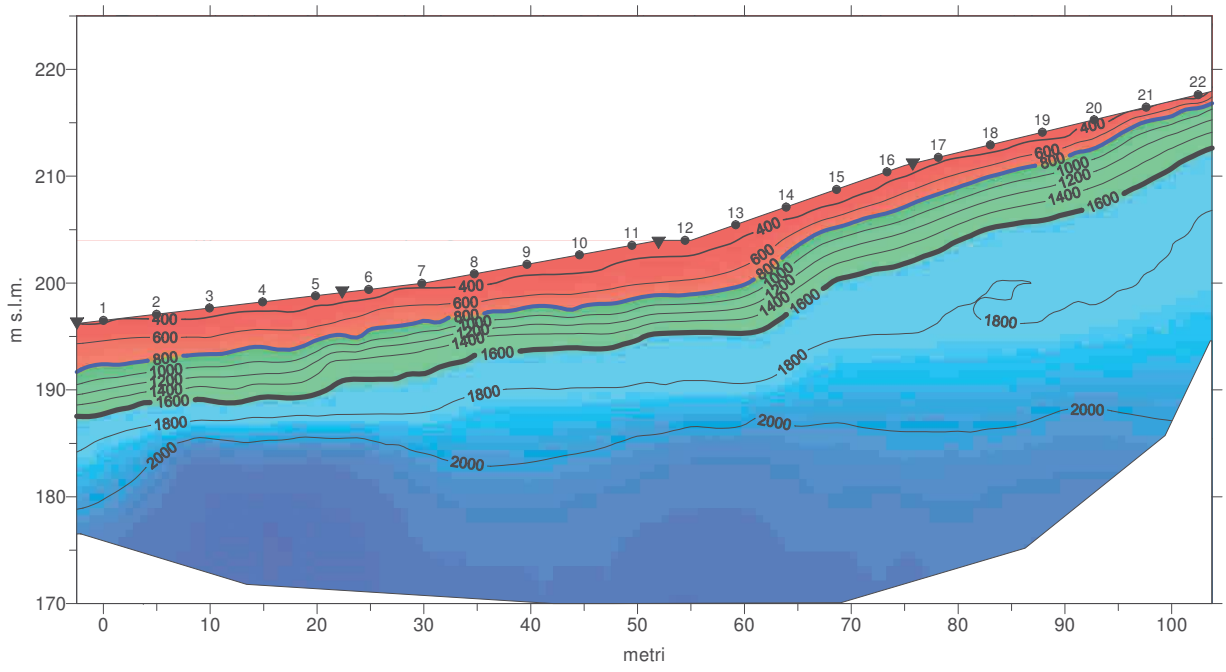
Passaggio al substrato più compatto

▼ Punti di energizzazione

● Punti di registrazione

Fig.5c

Loc. Trevozzo - Comune di Nibbiano
TOMOGRAFIA SISMICA - P4



Scala 1:500

Velocità sismiche m/sec

300 600 900 1200 1500 1800 2100

Limite del materiale di copertura più allentato

Passaggio al substrato più compatto

▼ Punti di energizzazione

● Punti di registrazione

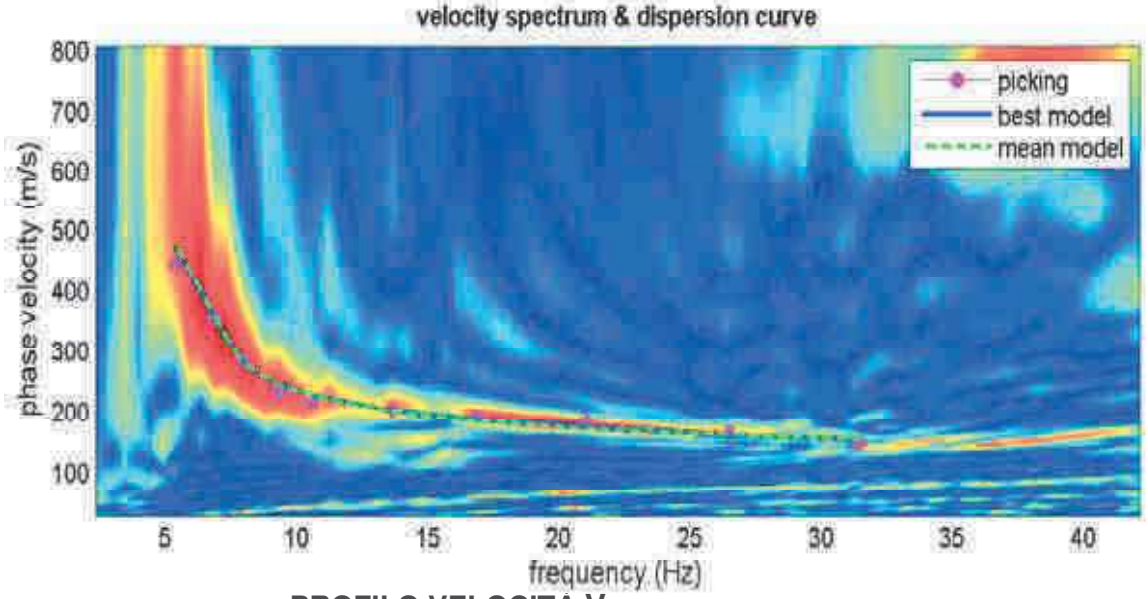
Fig.5d

Loc. Trevozzo - Comune di Nibbiano

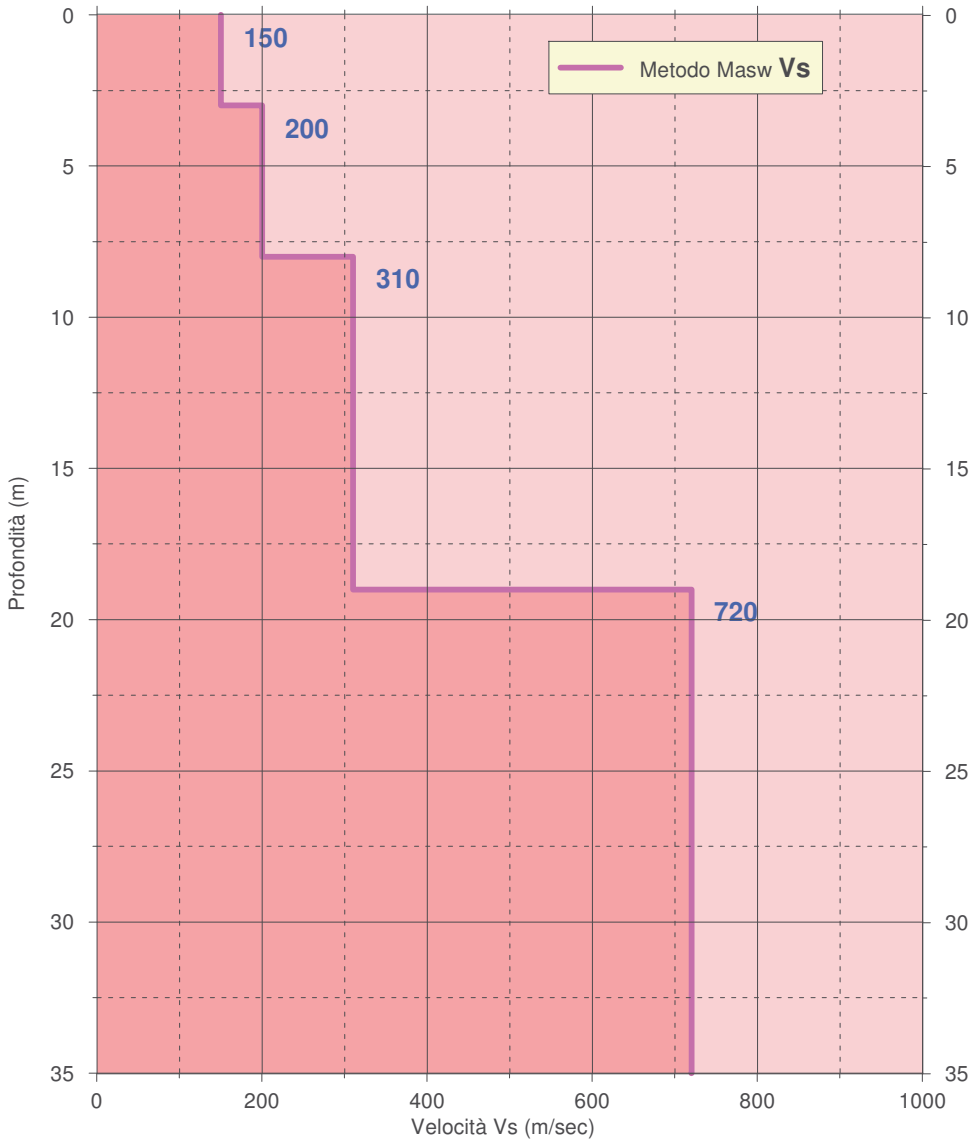
METODO MASW

M1

SPETTRO VELOCITA' DI FASE - FREQUENZA CON CURVA DISPERSIONE



PROFILO VELOCITÀ Vs



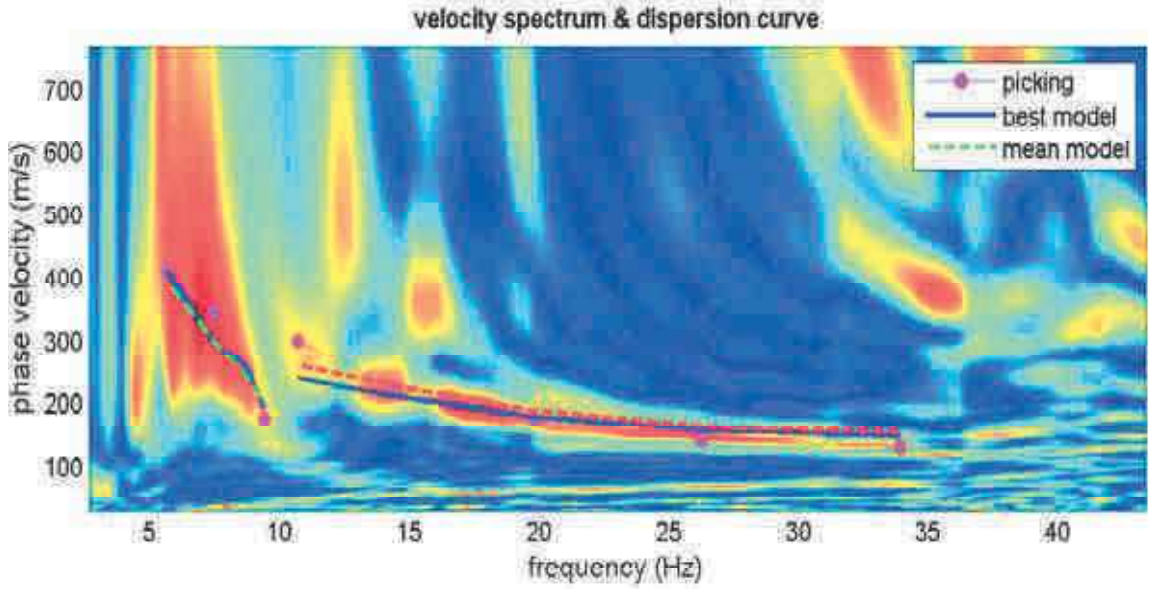
Vs30 dal p.c = 315	***SUOLO DI FONDAZIONE TIPO "C"***	**Fig.6a**

Loc. Trevozzo - Comune di Nibbiano

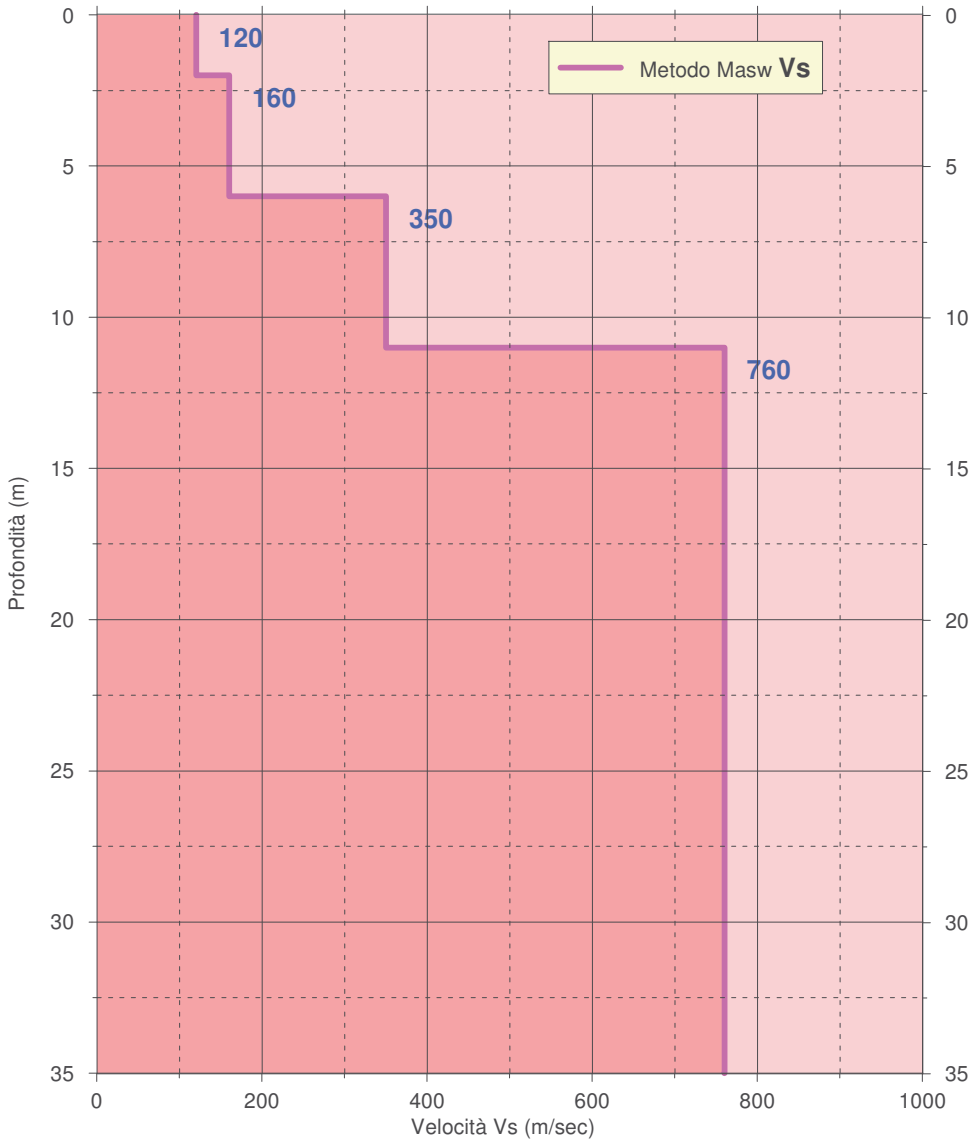
METODO MASW

M2

SPETTRO VELOCITA' DI FASE - FREQUENZA CON CURVA DISPERSIONE



PROFILO VELOCITÀ Vs



Vs30 dal p.c = 365

SUOLO DI FONDAZIONE TIPO "B"

Fig.6b

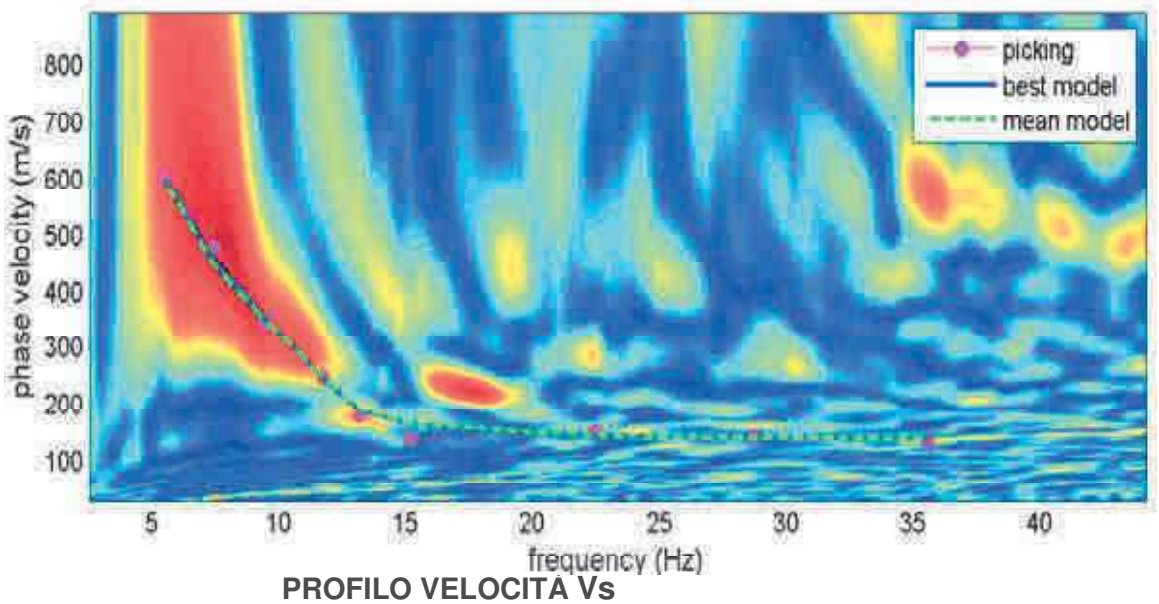
Loc. Trevozzo - Comune di Nibbiano

METODO MASW

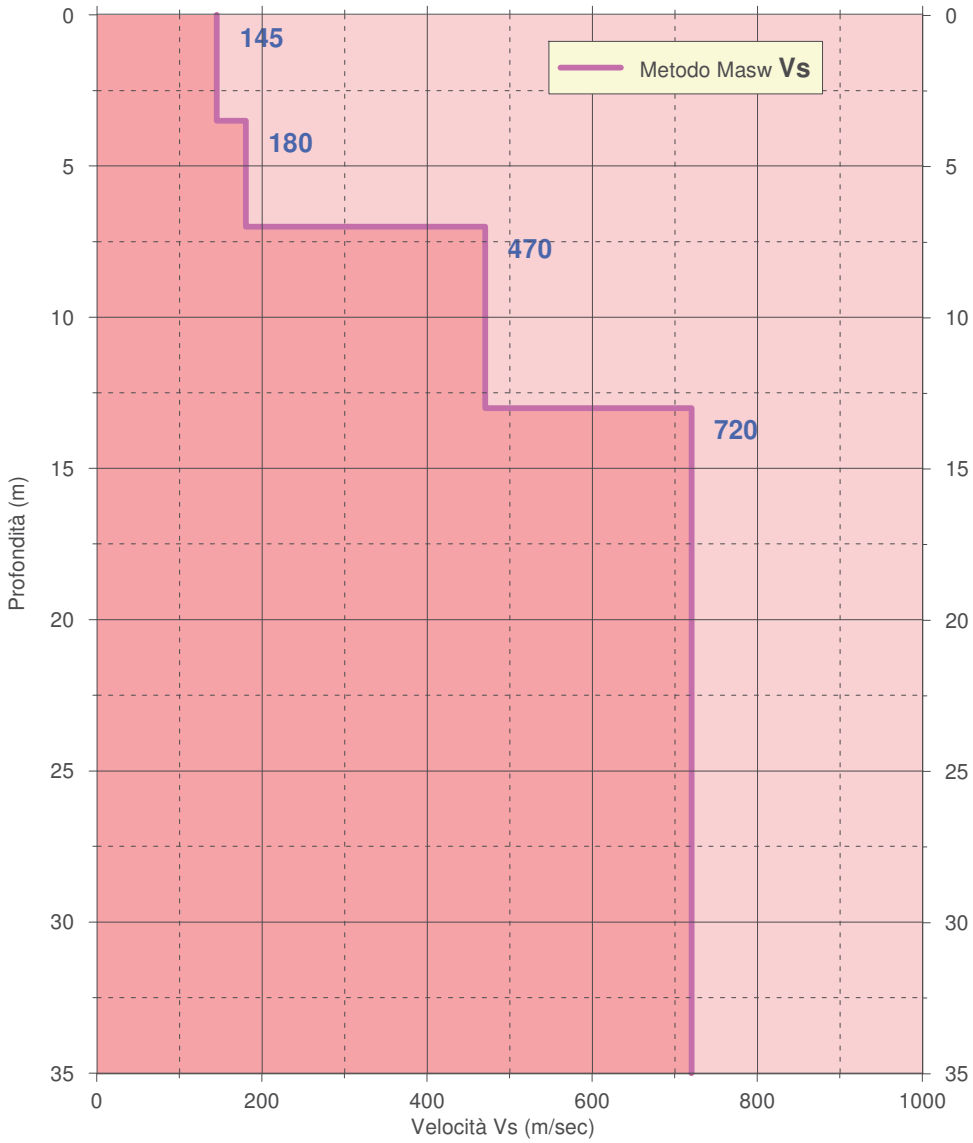
M3

SPETTRO VELOCITA' DI FASE - FREQUENZA CON CURVA DISPERSIONE

velocity spectrum & dispersion curve



PROFILO VELOCITÀ Vs



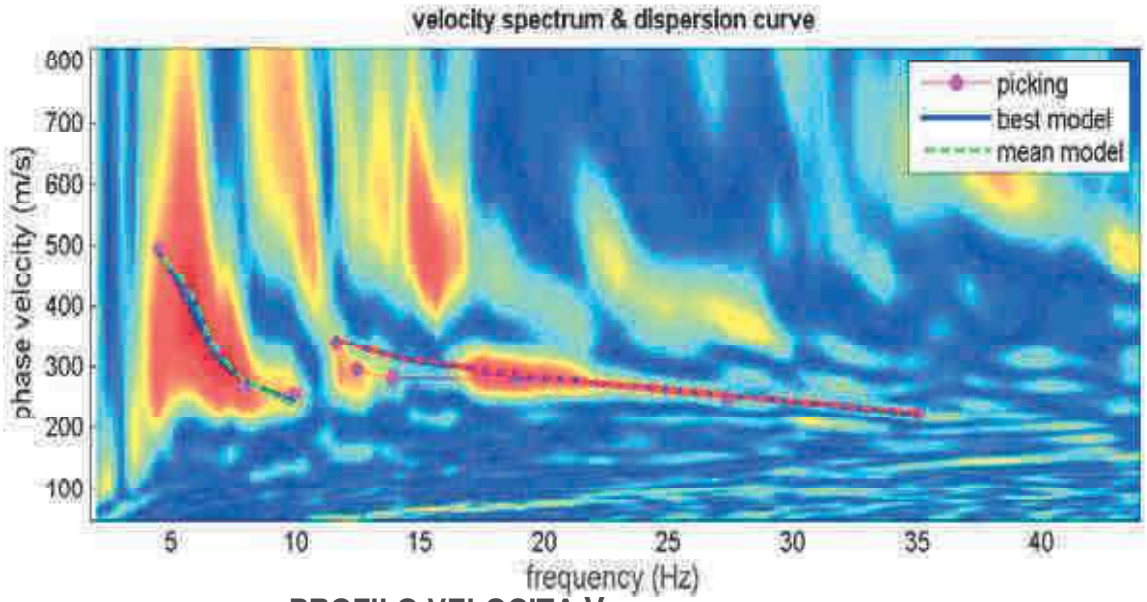
Vs30 dal p.c = 370	***SUOLO DI FONDAZIONE TIPO "B"***	**Fig.6c**

Loc. Trevozzo - Comune di Nibbiano

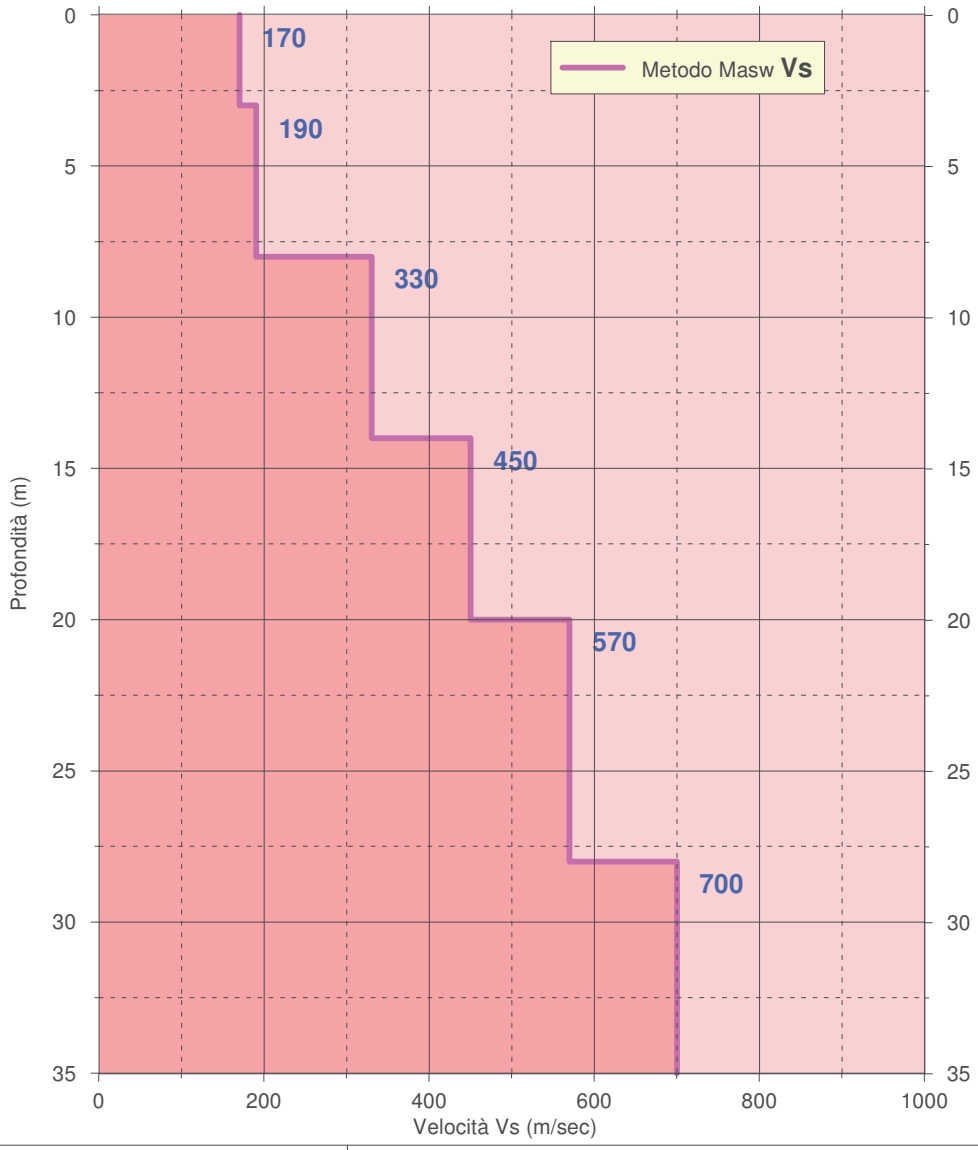
METODO MASW

M4

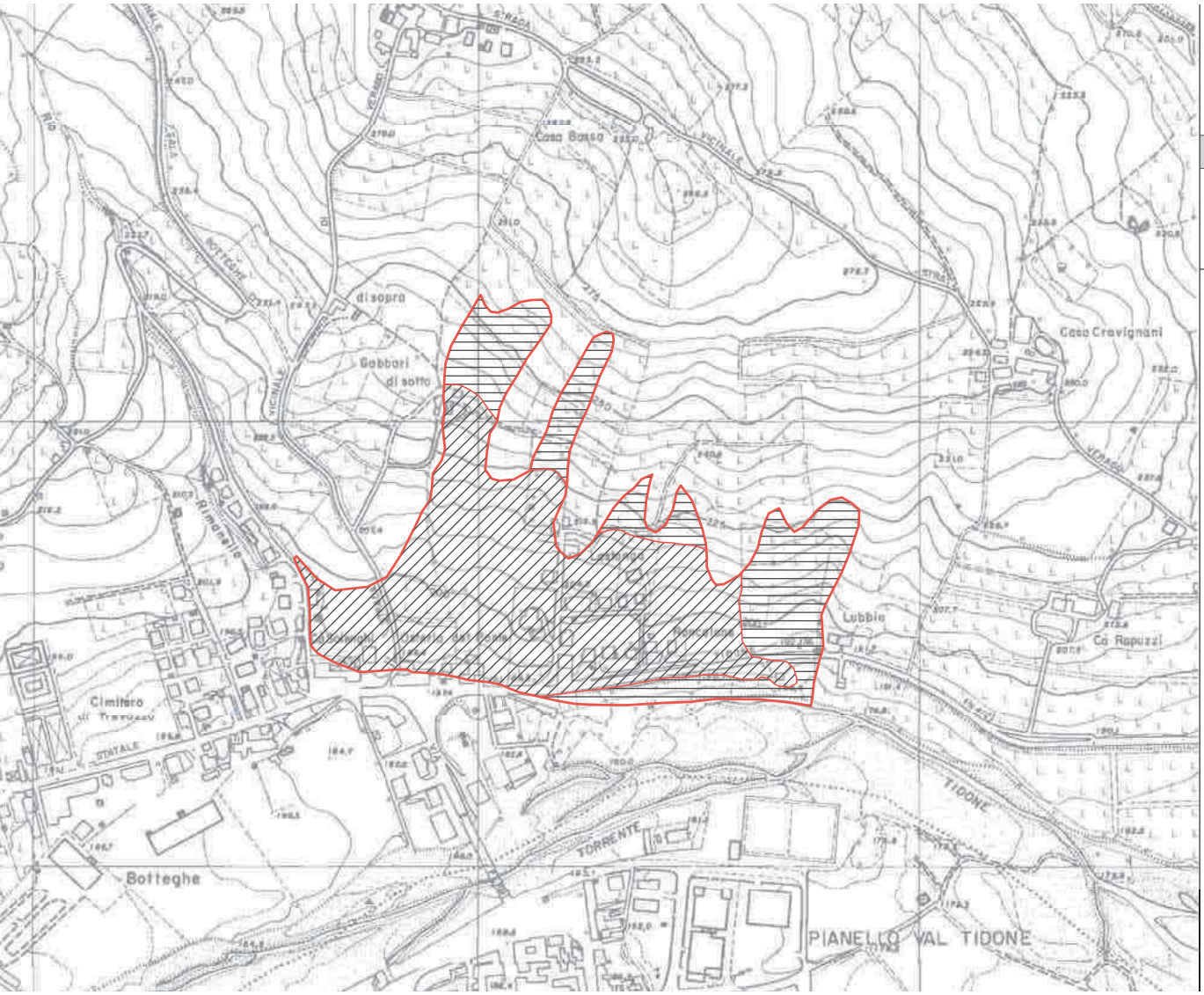
SPETTRO VELOCITA' DI FASE - FREQUENZA CON CURVA DISPERSIONE



PROFILO VELOCITA Vs



Vs30 dal p.c = 325	*SUOLO DI FONDAZIONE TIPO "C"*	**Fig.6d**



Studio ge
del versante
in lo
- Comune
"*Classificazione de*
qu

CARTA DEL "RI

CLASSI DI RISCHIO

Classe 2 - Risc

Classe 3 - Risc



AREA D

6 Conoide “inattiva” del Rio Battibò in loc. Strà

Geotest S.r.l. Servizi Geologici-Geotecnici-Geofisici
Via E. Fermi, 113 - 29010 Trevozzo V.T. (PC) Tel.: 348 5107263
Capitale Soc. Int. Versato . : 10.000 euro - P. iva: 01467560338

Comune di Nibbiano (PC)

Committenti: Follini Maurizio
Follini Luca
Follini Matteo

Oggetto: Relazione geologico-sismica preliminare finalizzata alla valutazione e zonizzazione del "Rischio Geologico" dell'area della conoide inattiva del Rio Battibò in loc. Strà.

Geotest s.r.l. con la collaborazione del Dott.Geol.Alberto Lepori

Geotest s.r.l.
Dott. Geologo Adriano Baldini

Trevozzo V.T. 11/01/2016

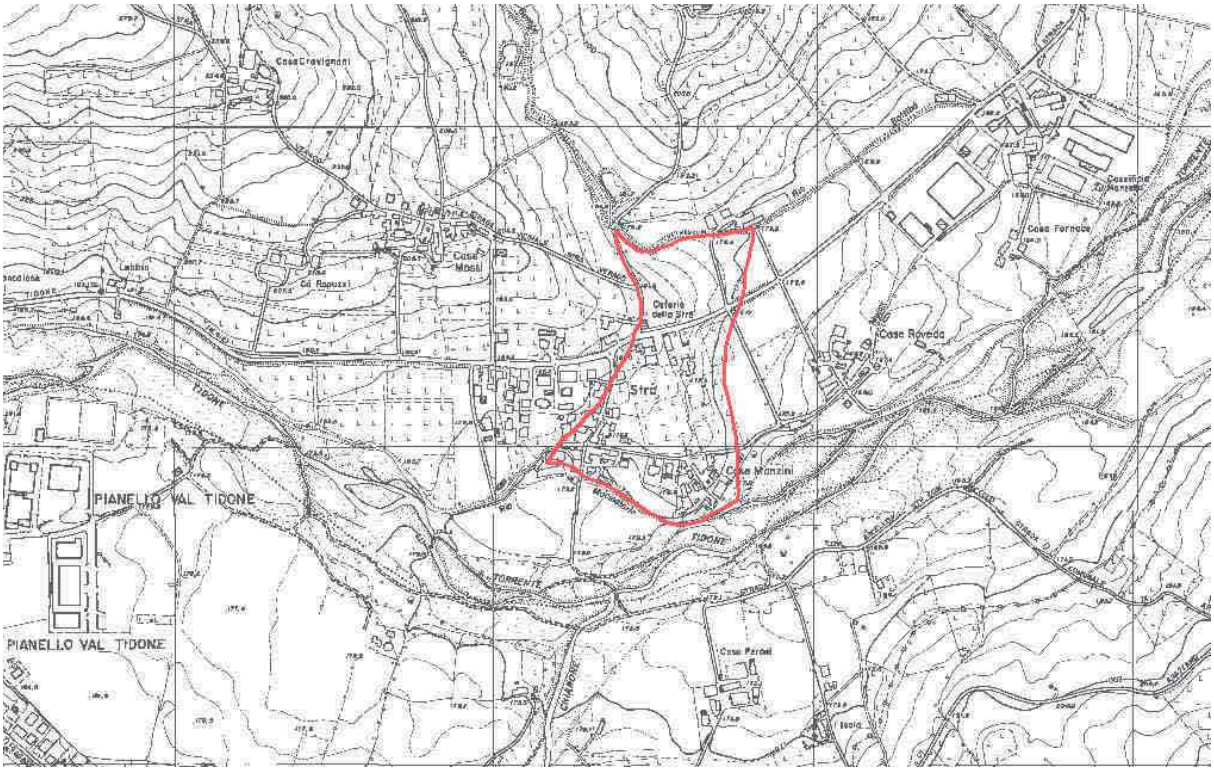
Sommario

1. PREMESSA 2
2. INDAGINI ESEGUITE 4
3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO-GEOMORFOLOGICO 5
3.1 CARATTERISTICHE GEOLOGICHE 5
3.2 CARATTERISTICHE GEOMORFOLOGICHE 5
4. INQUADRAMENTO IDROLOGICO E IDROGEOLOGICO 7
5. INDAGINI GEOGNOSTICHE 8
5.1 SISMICA A RIFRAZIONE 8
5.1.1 Cenni metodologici 8
5.1.2 Modalità esecutive 9
5.1.3 Strumentazione utilizzata 9
5.1.4 Elaborazione 10
5.1.5 Analisi dei risultati 11
5.2 PROVE PER LA DETERMINAZIONE DEL PROFILO DI VELOCITA' DELLE ONDE SISMICHE "S" 12
5.2.1 Cenni metodologici 12
5.2.2 Modalità esecutive 12
5.2.3 Commento dei risultati 13
5.3 MISURA DEI RAPPORTI SPETTRALI HVSR – (IPOTESI DI NAKAMURA) 13
5.3.1 Cenni Metodologici 13
5.3.2 Strumentazione utilizzata e modalita' di acquisizione 15
5.3.3 Elaborazione ed analisi dei dati 15
6. MODELLO GEOLOGICO DELL'AREA 17
7. VALUTAZIONE DELLA PERICOLOSITA' SISMICA DELL'AREA (delibera del 2 Maggio 2007, n.112, in materia antisismica) 17
7.1 OBIETTIVI DELLA DELIBERA 17
7.2 LIVELLI DI APPROFONDIMENTO 18
7.3 CARATTERI SISMICI DELL'AREA 19
7.4 VALUTAZIONE DEL FATTORE DI AMPLIFICAZIONE DEL SITO INTERESSE-ANALISI 2° LIVELLO 21
7.5 SPETTRO DI RISPOSTA (IN PGA) DELL'AREA 22
Spettro di riposta del sito in base alle norme della regione Emilia-Romagna 22
8. ZONIZZAZIONE DEL RISCHIO DELLA CONOIDE INATTIVA 23
9. PRESCRIZIONI PER LE AREE DI CONOIDE INATTIVA IN CUI E' STATA EFFETTUATA LA VALUTAZIONE DEL RISCHIO 24

1. PREMESSA

Nel Novembre 2015, un'indagine geologico-sismica, in un area localizzata in corrispondenza dell'abitato di Strà.

Nel dettaglio l'area è localizzata all'altezza del rio Battibò, al raccordo fra il versante ed i terrazzi alluvionali del T. Tidone.

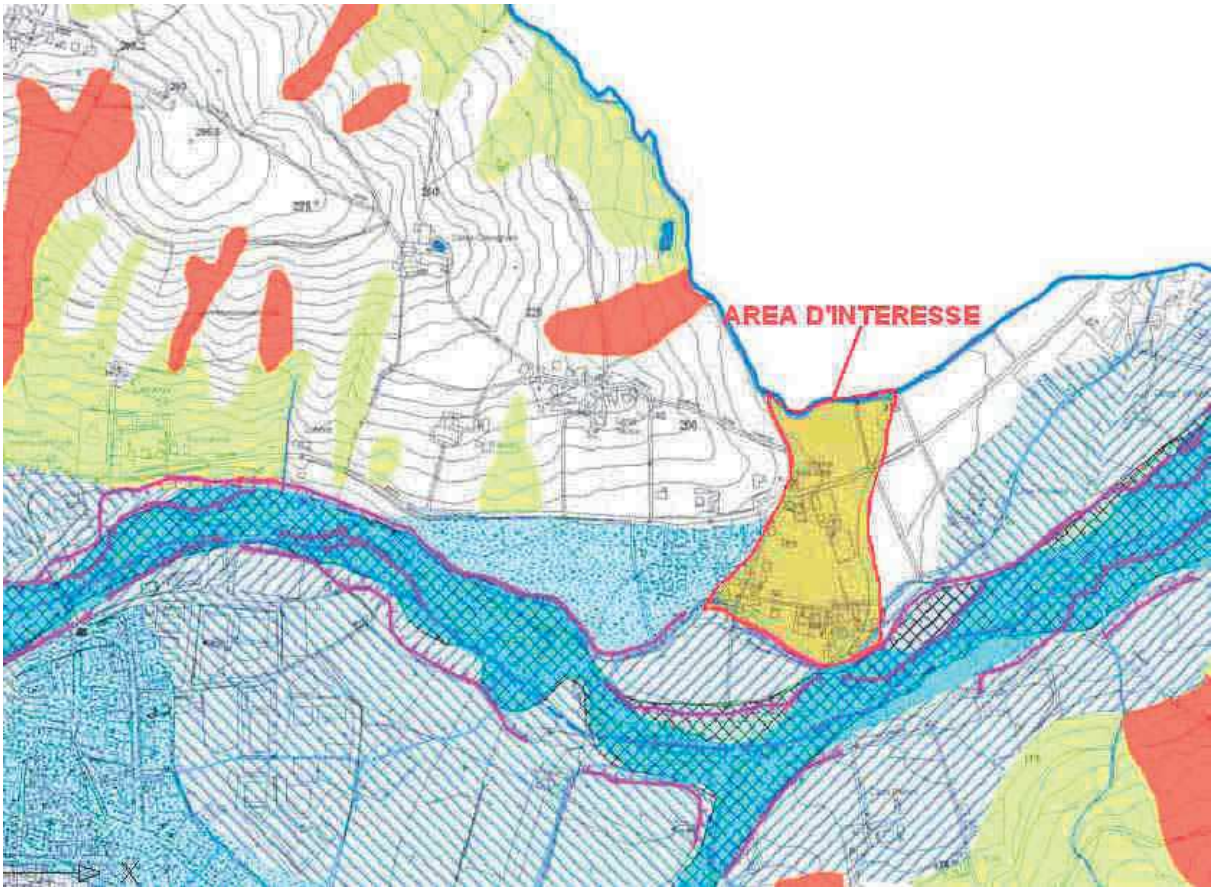


Inquadramento territoriale da CTR

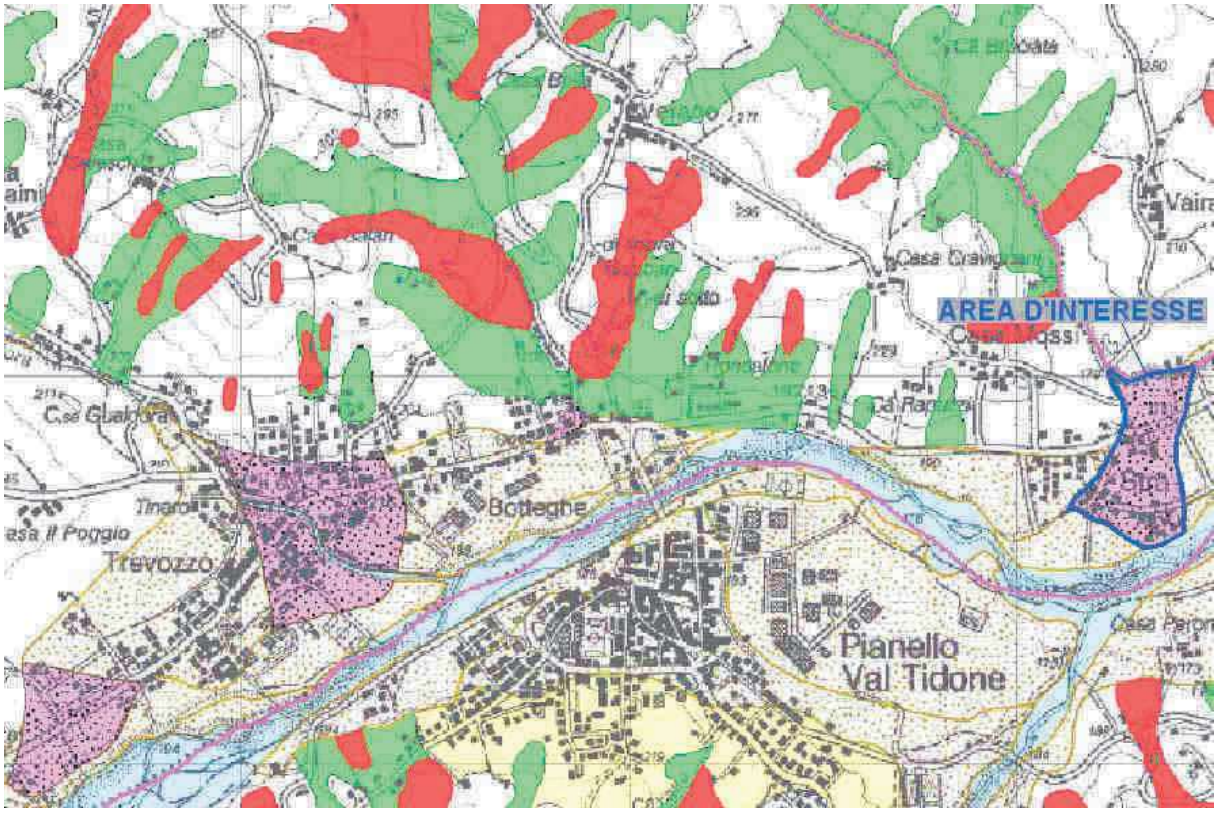
Nella carta del dissesto del PTCP della provincia di Piacenza e nella "Carta del Dissesto Comunale" allegata al PSC (in questo caso coincidenti), l'area d'interesse è classificata come "conoide inattiva". Le norme del PTCP (comma 8 dell'art. 31), consentono per le aree segnalate come dissesti potenziali (compatibilmente con il grado di "rischio" accertato mediante opportuni approfondimenti geologici), di realizzare interventi edilizi (ampliamenti, nuove costruzioni ecc.), altrimenti non consentiti nelle aree di conoide inattiva.

L'indagine ha avuto i seguenti obiettivi:

- Ricostruire l'assetto geologico-sismico dell'area d'interesse;
- Valutare il rischio geomorfologico ed idraulico dell'area;
- Suddividere la conoide inattiva in classi di rischio in base alla "pericolosità" geologica.



Carta del dissesto allegata al PSC



Carta del dissesto allegata al PTCP

2. INDAGINI ESEGUITE

L'approfondimento realizzato, come previsto dalla normativa, non ha riguardato solo l'area d'interesse della Committenza, ma ha considerato anche il bacino idrografico del Rio Battibò.

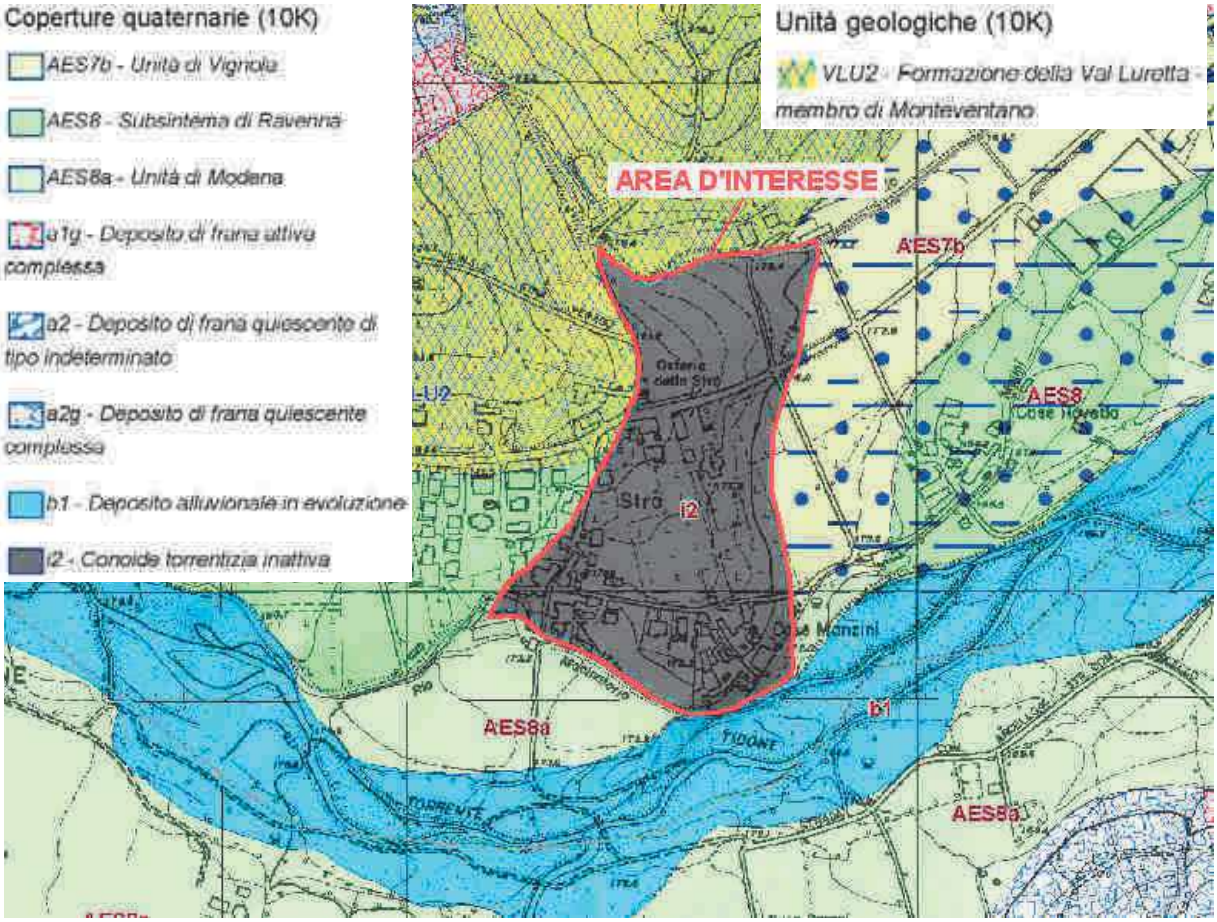
L'indagine geologico-sismica, conforme a quanto previsto dalla delibera del 2 Maggio 2007, n.112, in materia antisismica, ha compreso le seguenti fasi di studio:

- Raccolta ed analisi della documentazione esistente;
- Rilevamento geologico-geomorfologico di dettaglio della conoide inattiva;
- Esecuzione di 2 profili sismo-tomografici, per la valutazione dello spessore e del grado di addensamento sia del materiale di copertura che del substrato geologico;
- Registrazione di 2 profili sismici con tecnica "MASW", per la determinazione del profilo di velocità delle onde "S" e della categoria del suolo di fondazione del sito in base all'attuale normativa antisismica;
- Registrazione di 2 prove di "microtremori" (HVSR) per la stima della frequenza di vibrazione caratteristica del sito;
- Analisi del "secondo livello" con valutazione del fattore di amplificazione del sito ed identificazione dei possibili effetti di sito;
- Valutazioni sulla "pericolosità" geomorfologica dell'area e zonizzazione della conoide in classi di "Rischio".

3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO-GEOMORFOLOGICO

3.1 CARATTERISTICHE GEOLOGICHE

Come documento di base per l'inquadramento geologico dell'area, è stata utilizzata la "Carta Geologica" della regione Emilia Romagna alla scala 1:10000.



Estratto della Carta Geologica Regionale

La "Formazione" rocciosa affiorante nel settore in esame è la formazione di "Val Luretta" qui rappresentata dal Membro di Monteventano (VLU2).

Dal punto di vista litostratigrafico la formazione geologica d'interesse, è costituita da alternanze decametriche di strati arenaceo-pelitici di spessore medio e di pacchi calcareo-marnosi in strati medi e spessi, più frequenti verso il tetto del membro.

Nel dettaglio la "conoide" inattiva d'interesse è appoggiata sui depositi terrazzati del T. Tidone.

3.2 CARATTERISTICHE GEOMORFOLOGICHE

L'area si presenta sub-pianeggiante leggermente degradante verso Sud-Est. Le quote topografiche sono comprese fra 175 e 180 m.s.l.m.

Morfologicamente si possono distinguere due blandi, ma ben definiti, dossi. Uno, dove è localizzato il nucleo principale di Strà, presenta un andamento Nord-Sud, raccordandosi a valle al T. Tidone; mentre l'altro, ubicato al raccordo con il versante, presenta un andamento Ovest-Est piuttosto anomalo.

Proprio la presenza del dosso in direzione Ovest-Est determina la brusca variazione del percorso del rio Battibò, con un angolo di quasi 90 gradi, allontanandolo dall'abitato di Strà.

Nel complesso non risulta ben delineata la tipica forma a ventaglio delle conoidi, quindi si ritiene che la morfologia dell'area d'interesse sia legata principalmente all'azione del T. Tidone, con contributo solo parziale del rio Battibò.

La presenza del dosso, oltre che a deviare il corso del rio, impedisce alle acque del rio stesso di raggiungere l'abitato di Strà, anche in occasione di eventi metereologici molto intensi.



Panoramica dell'area d'interesse in corrispondenza del dosso con direzione Ovest-Est

4. INQUADRAMENTO IDROLOGICO E IDROGEOLOGICO

L'elemento idrografico più rilevante, oltre al modesto rio Battibò, è rappresentato dal T. Tidone, che definisce il limite meridionale della "conoide".

Il dislivello minimo fra l'alveo e la conoide, di circa 3/4 metri, consente di escludere eventuali fenomeni di alluvionamento da parte del T.idone.

Per quanto riguarda il rio Battibò, sia la limitata estensione del bacino del rio, che la presenza del dosso morfologico che ne devia il percorso in corrispondenza dell'apice, porta ad escludere la possibilità di riattivazione della "conoide" con possibile interessamento dell'abitato di Strà.

Fenomeni di esondazione del rio si sono verificati in passato, più ad Est, in corrispondenza del sottopasso della strada provinciale.

Dato l'assetto litostratigrafico e morfologico si ritiene probabile la formazione di falde acquifere all'interno dei depositi ghiaioso-argillosi del terrazzo alluvionale e della conoide, il cui spessore è stato valutato in circa 7/11 metri, specie al contatto con il substrato roccioso.

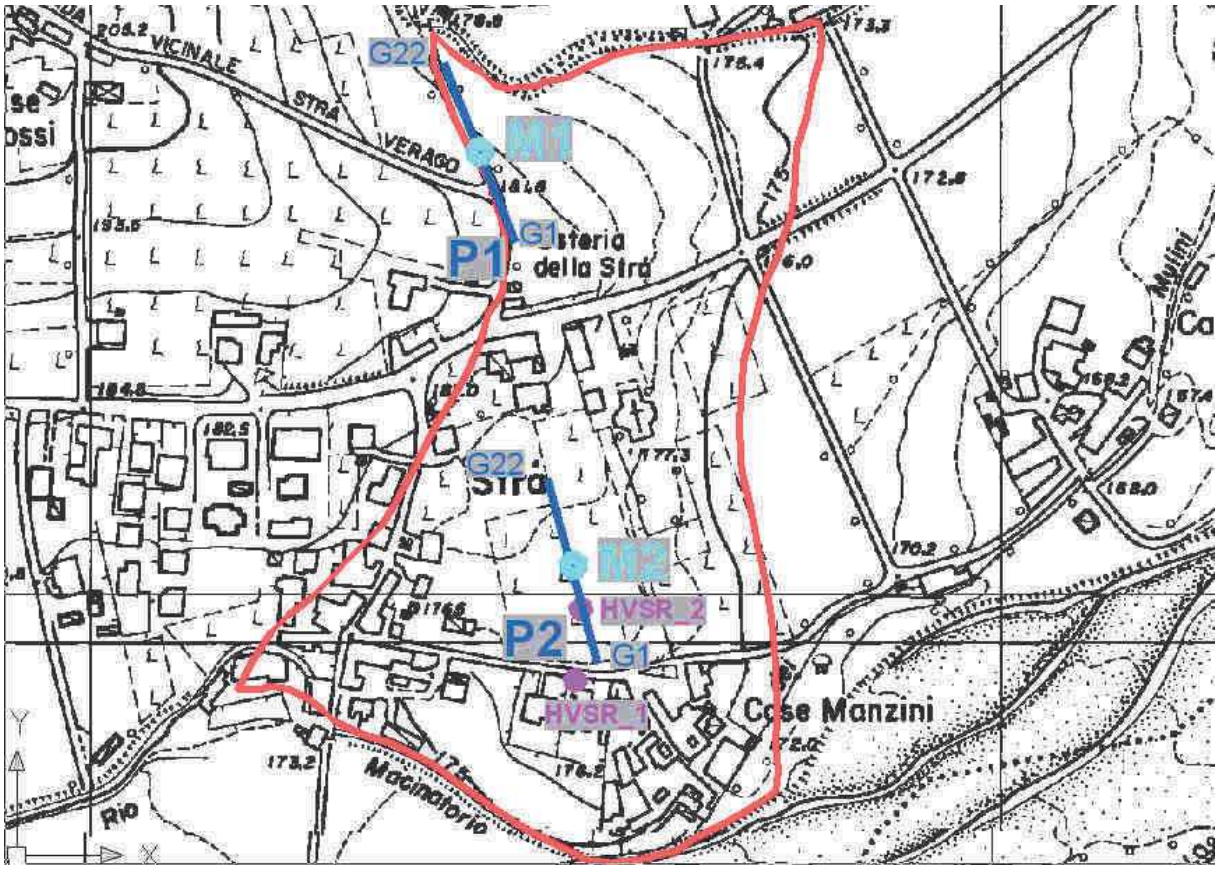


Dettaglio del Rio Battibò

Altri orizzonti acquiferi potrebbero essere ospitati all'interno degli orizzonti calcarei più fratturati del substrato roccioso.

5. INDAGINI GEOGNOSTICHE

Come già accennato, sono stati realizzati 2 profili sismo-tomografici, 2 prove "Masw" e 2 prove HVSR.



Planimetria indagini geognostiche

5.1 SISMICA A RIFRAZIONE (Tomografia-Sismica)

5.1.1 Cenni metodologici

La prospezione sismica rappresenta una tecnica di prospezione geofisica che consente, attraverso l'acquisizione e l'elaborazione di dati, la costruzione d'immagini bidimensionali (o tridimensionali) della variazione della velocità sismica. Con questa tecnica si riesce ad avere, pertanto, una visione seppur qualitativa della stratigrafia del terreno investigato, in termini di variazioni di "densità" dello stesso, essendo questo parametro direttamente legato alla velocità sismica. La tecnica di prospezione, consiste nella misura dei tempi impiegati dalle onde sismiche longitudinali (onde P) per percorrere un tragitto rettilineo tra una serie di punti d'energizzazione (sorgente sismica) e una serie di punti di ricezione (geofoni). Il confronto matematico tra i vari tempi permette di suddividere lo spazio compreso tra le due serie di punti in porzioni, o "celle elementari" (quadrate per le sezioni bidimensionali come quelle in esame, o cubiche per sezioni tridimensionali) caratterizzate ognuna da un proprio valore di velocità sismica.

5.1.2 Modalità esecutive

I profili registrati sono costituiti da allineamenti di 22 geofoni spaziati di 5 metri. In punti predefiniti dei profili, sono stati creati artificialmente degli impulsi elastici mediante l'utilizzo di una massa battente; l'energizzazione è avvenuta in 7 punti disposti simmetricamente agli stendimenti e precisamente nelle seguenti posizioni:

- 2 punti esterni al profilo
- 2 punti agli estremi del profilo
- 3/4 lungo il profilo.

La registrazione dei sismogrammi è stata effettuata mediante un sismografo Geode della Geometrics a 24 canali ad elevata dinamica (24 bit).



Fasi esecutive delle prove sismiche

5.1.3 Strumentazione utilizzata

Il "Geode" è un sismografo modulare a 24 bit che rappresenta l'ultima frontiera dei sistemi di registrazione sismica combinando il meglio dei tradizionali sismografi Geometrics con la flessibilità di un sistema distribuito. Geode è un sismografo ad elevata dinamica (144 dB di range dinamico totale – 105 dB istantanei a 2 msec di campionamento). Grazie

all'ampia banda d'ingresso (1.75 Hz – 20 kHz, con velocità di campionamento da 0.02 msec a 16 msec), esso è perfettamente idoneo per un'ampia gamma di applicazioni: sismica a rifrazione, sismica a riflessione (anche ad altissima risoluzione), monitoraggio di vibrazioni, applicazioni sismologiche, downhole e VSP. In acquisizione sono disponibili tutte le funzioni di filtri, pre-amplificazione, line-test e instrument-test, tipiche dei sistemi di registrazioni evoluti.



Sismografo "Geode"

L'atrezzatura utilizzata è composta da:

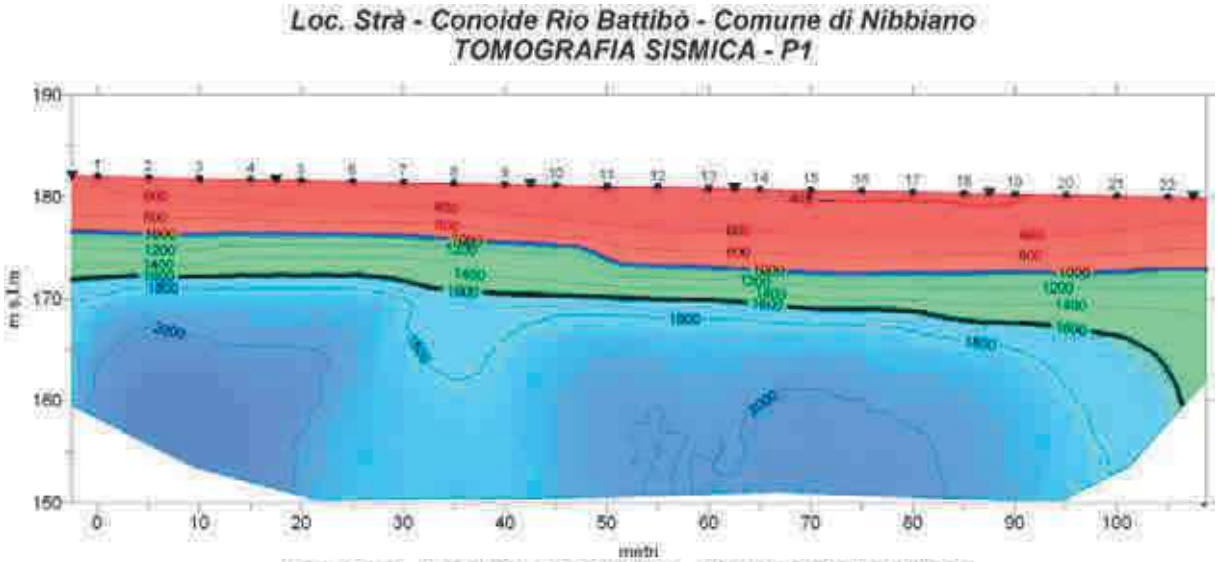
- Sismografo modulare Geode 3-1000+ canali,
- Massa battente da 10 Kg,
- Piastra di battuta in alluminio 15x15x2,5cm,
- Batteria ricaricabile 12 V,
- Cavo per sismica a rifrazione stranded, 130 mt con 24 takeouts SPT-21 a 5 metri di intervallo e due code da 7.5 mt l'una terminate con connettore Bendix 61S,
- Geofoni GS20DX, 10 Hz verficali, 395 Ohm con puntale da 3" ed 1,5 mt di cavo terminato con mueller clip singola MC-20-SP,
- Computer portatile ACER.

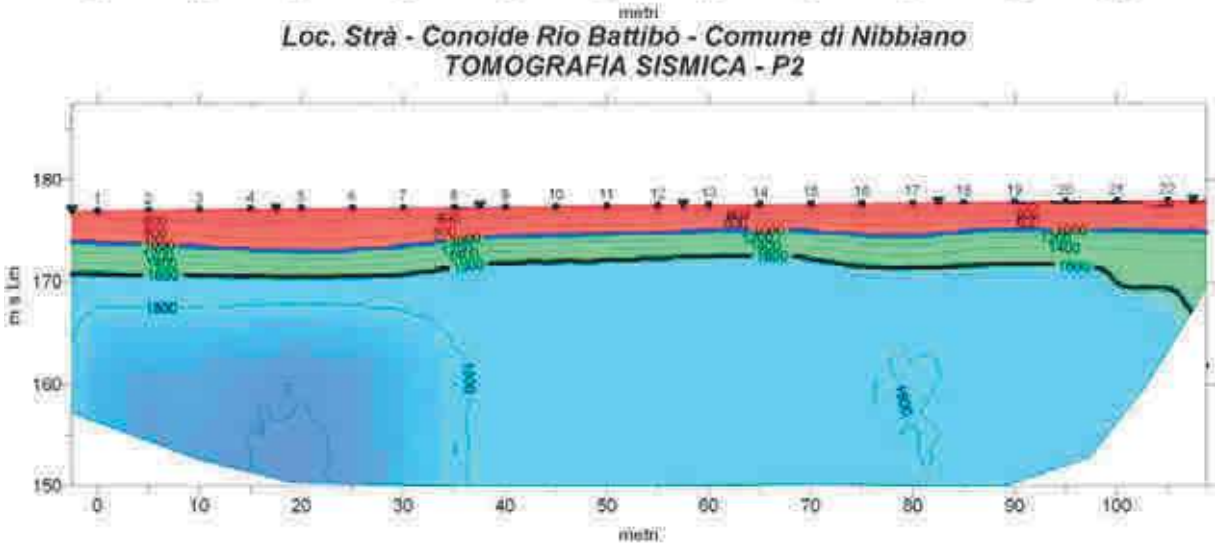
5.1.4 Elaborazione

In questo caso i dati acquisiti sono stati interpretati secondo un metodo sismico-tomografico utilizzando il software SeisOpt@2D v4.0 prodotto dalla OPTIM. La procedura d'elaborazione ha comportato in una prima fase la lettura dei tempi dei primi arrivi sui sismogrammi. In seguito, sono stati ricostruiti i percorsi dei raggi sismici attraverso il terreno. In linea teorica, ogni punto del mezzo investigato, è attraversato in tutte le direzioni, dai raggi sismici. Di ogni raggio è quindi calcolata la traiettoria e, sul confronto fra tutti i possibili percorsi e tempi impiegati, ed è stabilita per ogni punto (o cella di dimensioni 2.5x1.25 m, in questo caso) la sua velocità sismica caratteristica. Il risultato finale dell'elaborazione consiste in una sezione (Fig. 5) di velocità sismiche, rappresentata sia per isovelocità sia tramite

colori. Alle diverse classi di velocità sismica, sono stati attribuiti colori che vanno, dal rosso per i valori più bassi, al blu per i valori più elevati. La scala cromatica evidenza i cambiamenti di velocità ritenuti più significativi.

5.1.5 Analisi dei risultati





L'elaborazione ha permesso la distinzione di varie unità secondo le loro caratteristiche sismiche:

- ***Unità allentata superficiale*** *(colore rosso),* con velocità inferiori a **1000 m/ s**. L'unità corrisponde al materiale di copertura in prevalenza di natura limo-argillosa con inclusi lapidei. Gli spessori sono variabili da 4/6 m (P1) a 1/2.5 m (P2);
- ***Unità intermedia mediamente addensata*** (colore verde), con velocità media di **1300 -1500 m/ sec** e spessori di circa 3/4 m (P1) e di 2/3 m (P2). Tale unità, può essere correlata al materiale ghiaioso-argilloso che forma l'ossatura del terrazzo alluvionale e/o della conoide;

- ***Unità di fondo addensata (colore azzurro e blu)***, con velocità media di 1800-2000 m/s. L'unità può essere associata al locale substrato roccioso.

5.2 PROVE PER LA DETERMINAZIONE DEL PROFILO DI VELOCITA' DELLE ONDE SISMICHE "S"

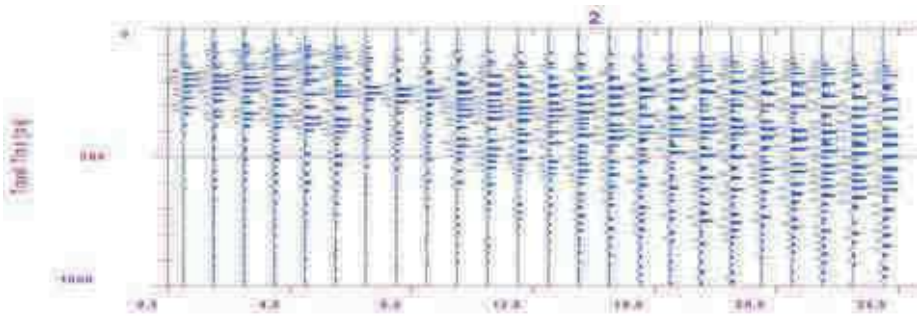
Per la determinazione del profilo di velocità delle onde "S" e della categoria del suolo di fondazione, è stato utilizzato il metodo "Masw". I profili "Masw" sono stati realizzati in corrispondenza degli stendimenti sismo-tomografici.

5.2.1 Cenni metodologici

Il MASW (Park et al., 1999) è stato sviluppato in parte per superare le difficoltà dell'applicazione del SASW in ambienti rumorosi. La tecnica, che prevede la registrazione simultanea (in questo caso l'energizzazione è prodotta da una massa battente di almeno 10 Kg) di 12 o più canali, fornisce una ridondanza statistica delle misure di velocità di fase e ne avvalora la veridicità. Il salvataggio delle tracce nel dominio temporale, permette inoltre di distinguere e evidenziare, le onde di Rayleigh presenti nel record, che sono caratterizzate da un'elevata ampiezza di segnale (circa il 60% dell'energia prodotta dalla sorgente artificiale si distribuisce in onde di superficie). Una particolare analisi spettrale, "overtone analysis", produce un grafico Velocità di fase-frequenza in cui si può distinguere il modo fondamentale delle onde di superficie da cui ricavare la curva di dispersione ed il profilo delle Vs per successiva inversione 1-D. La tecnica permette, inoltre, di eseguire misure ripetute spostandosi nella direzione di allineamento per risalire ad un profilo bidimensionale che evidenzia le variazioni laterali delle Vs. Il software utilizzato per l'elaborazione dei dati è il "winMASW" versione Academy della Eliosoft.

5.2.2 Modalità esecutive

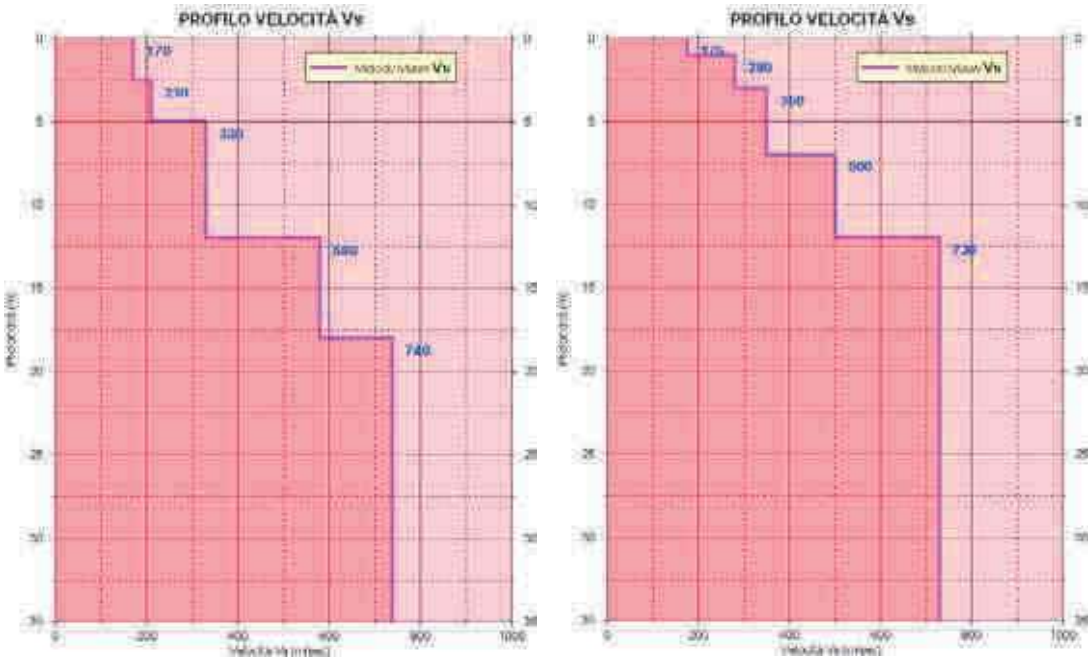
Come già accennato sono stati acquisiti 2 stendimenti di 22 geofoni, con distanza intergeofonica di 5 m. La lunghezza delle registrazioni è stata di 1 sec, con un passo di campionamento di 0.25 ms.



Esempio di registrazione con tecnica "Masw"

Si ricorda che il punto di determinazione del profilo delle Vs in profondità, si riferisce al centro dello stendimento geofonico.

5.2.3 Commento dei risultati



Risultati delle prove "Masw"

Esaminando i profili di velocità ottenuti si possono fare queste considerazioni:

- Dalla superficie fino a 3-5 m dal p.c. sono presenti materiali caratterizzati da valori di Vs medio-bassi (Vs< 280 m/s). Tali depositi possono essere correlati alla copertura limo-argillosa con trovanti lapidei meno addensata;
- Più in profondità, fino a 7-11 metri, i valori di Vs aumentano segnalando la presenza di materiale più addensato;
- Oltre i 7-11 metri si ha un netto aumento di velocità, con valori che superano i 500 m/s in corrispondenza del substrato roccioso parzialmente alterato;
- Oltre i 12-18 metri si ha un più significativo aumento di velocità, con valori che si portano oltre i 700 m/s, in corrispondenza del substrato roccioso più compatto;
- I valori di Vs 30 calcolati sono di 405 m/s (M1) e 510 m/s (M2);
- In base all'attuale normativa (NTC2008) il sito d'interesse presenta un suolo di fondazione di tipo B.

5.3 MISURA DEI RAPPORTI SPETTRALI HVSR – (IPOTESI DI NAKAMURA)

5.3.1 Cenni Metodologici

Il metodo dei rapporti spettrali di singola stazione (HVSR) e' largamente utilizzato in paesi con elevato rischio sismico quali il Giappone per la stima degli effetti di amplificazione di sito. Il

microtremore, un'impercettibile oscillazione naturale del suolo, è presente in qualsiasi punto della superficie terrestre e consiste per lo più nelle onde sismiche prodotte dal vento e dal moto ondoso marino negli strati superficiali della Terra. Anche le attività umane (industrie, traffico stradale ecc.) possono produrre localmente microtremore, ma in genere tale segnale viene attenuato piuttosto rapidamente a causa delle sue caratteristiche di alta frequenza.

E' interessante evidenziare come il microtremore agisca da oscillatore naturale e quindi permetta, tramite adeguata strumentazione, la misura diretta delle frequenze di vibrazione dei terreni e dei manufatti. La tecnica utilizzata, proposta da Nakamura (Nakamura, Y., 1989. A method for dynamic characteristics estimation of subsurface using microtremor on the ground surface. QR of RTRI, Vol. 30, No.1, 25-33) per lo studio delle amplificazioni di sito assume che i microtremori consistano principalmente di onde di Rayleigh che si propagano in un singolo strato soffice su semispazio e che la presenza di questo strato sia la causa dell'amplificazione al sito. Tale tecnica permette di separare i termini di sorgente-percorso e di sito tramite i rapporti tra le componenti del moto, senza utilizzare alcun sito di riferimento. Le ipotesi su cui si basa la tecnica di Nakamura sono le seguenti:

- ***I microtremori sono generati da sorgenti locali, e non da sorgenti profonde i cui contributi sono trascurabili;***
- ***Le sorgenti dei microtremori in superficie non influenzano i microtremori alla base dello strato considerato;***
- ***La componente verticale del moto non risente di effetti di amplificazione locale;***
- ***Il picco visibile nei rapporti H/V (rapporto tra l'ampiezza spettrale della componente orizzontale e l'ampiezza spettrale della componente verticale) è indipendente dalle caratteristiche della sorgente del rumore ed è invece fortemente dipendente dalle condizioni stratigrafico-litologiche del terreno. Tale picco è inoltre ben correlato con la frequenza fondamentale di vibrazione del terreno soggetto alla propagazione di onde S verticali e con il picco fondamentale delle curve di dispersione delle onde di Rayleigh.***

Le principali applicazioni delle prove H/V si possono così sintetizzare:

- ***Misura delle frequenze di risonanza dei suoli;***
- ***Effetti di sito e microzonazione sismica (curve H/V, metodo di Nakamura);***
- ***Stratigrafia sismica passiva;***
- ***Segnalazione dei possibili fenomeni di doppia risonanza suolo-struttura.***

Di particolare importanza è la frequenza di vibrazione del sito, caratterizzata dal maggiore rapporto di ampiezze **H/V**, nell'intervallo di frequenze di interesse ingegneristico (frequenze generalmente inferiori a **15 Hz**), denominata frequenza fondamentale di vibrazione f0. E'

possibile poi determinare la profondità degli strati sismici mediante la misura diretta delle frequenze di vibrazione, associata alla misura delle velocità delle onde S tramite la relazione:

f0= Vs/ 4H

dove **Vs** è la velocità media delle onde di taglio, e **H** è la profondità della discontinuità sismo-stratigrafica.

Le misure **HVSR** permettono inoltre, se associate a misure di dispersione delle onde di superficie (Masw, ReMi ecc.), di vincolare il profilo **Vs** e quindi di ottenere una ricostruzione più "robusta" del profilo di velocità e raggiungere profondità non direttamente raggiungibili dalle prove **Masw** e **Esac-ReMi**.

A causa della pesante non-univocità della soluzione, una modellazione del solo **HVSR** senza quantitative informazioni sulle **Vs** ottenute da misure **Masw** / **Esac-ReMi.**, non risulta affidabile per la determinazione del profilo di velocità delle onde **S** e quindi della valutazione della **Vs30**.

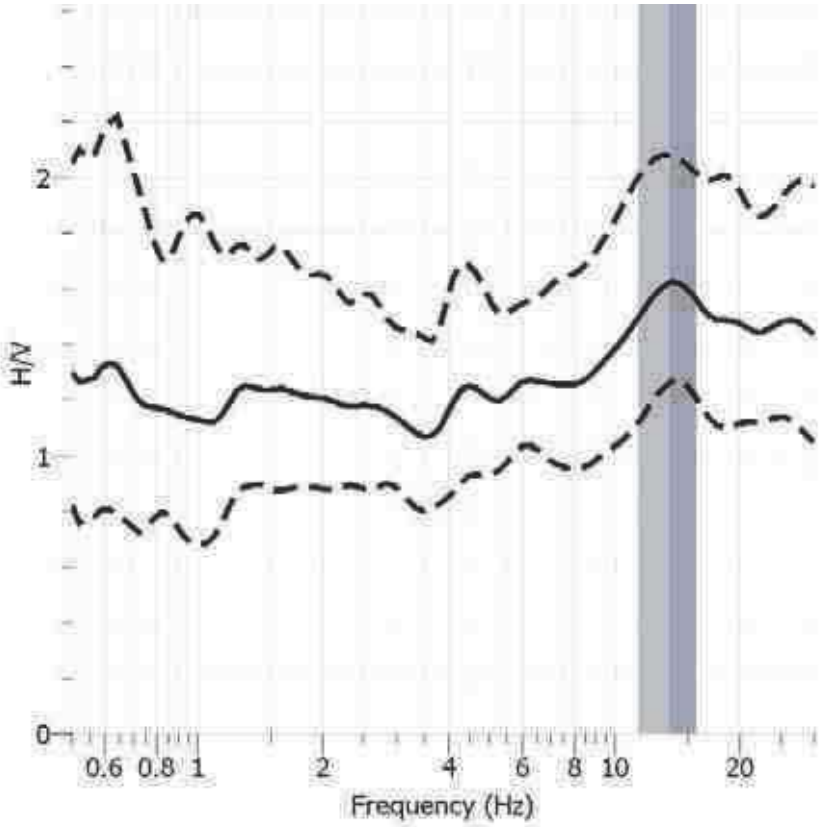
5.3.2 Strumentazione utilizzata e modalita' di acquisizione

Per la registrazione delle 2 prove, è stato utilizzato lo stesso sismografo utilizzato per la prova "Masw", interfacciato a geofoni tridimensionali. I sensori dei geofoni tridimensionali, hanno una frequenza propria di **4.5 Hz**. Le registrazioni hanno avuto una lunghezza di **26** minuti, con un campionamento a **125 Hz**.

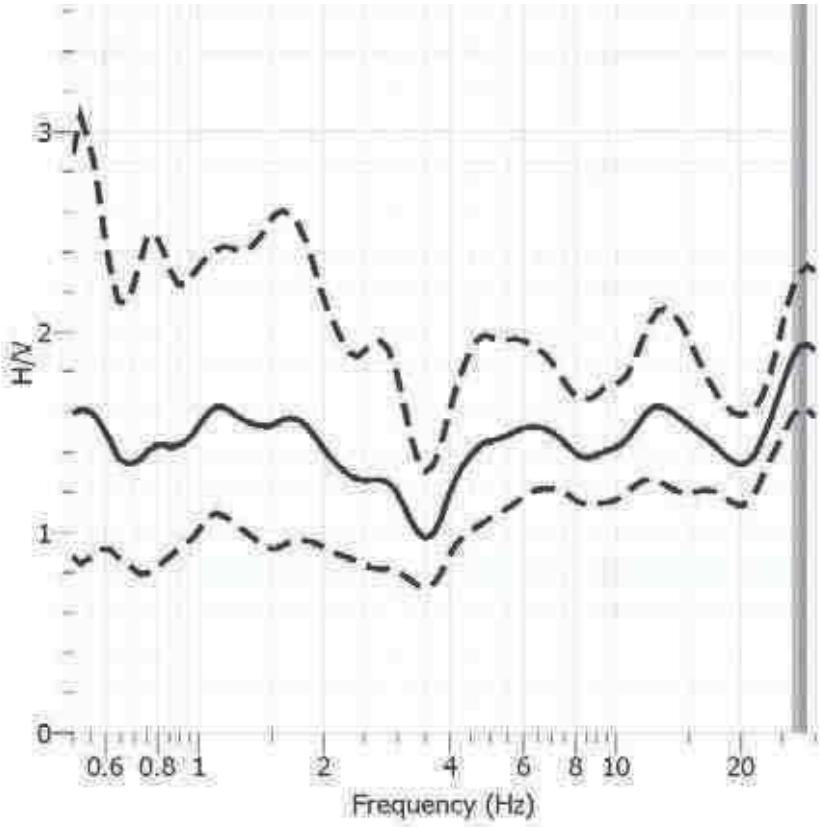
5.3.3 Elaborazione ed analisi dei dati

Per l'elaborazione dei dati sismici è stato utilizzato il software free "**Geopsy**".

Il progetto "**Geopsy**" distribuisce tutti i software sviluppati nell'ambito di un pacchetto chiamato "**Sesarray**". Esso contiene diversi strumenti si occupano di tutti gli aspetti del trattamento di vibrazioni ambientali per la caratterizzazione del suolo. Le principali applicazioni contenuti all'interno di "**Sesarray**" sono "**Geopsy**" e "**Dinver**".



Risultati prova HVSR 1



Risultati prova HVSR 2

I risultati delle prove si possono così sintetizzare:

- Non è stata rilevata nessuna frequenza caratteristica del sito ben definita;
- La successione litostratigrafia dell'area non presenta nel complesso contrasti d'impedenza sismica rilevanti.

6. MODELLO GEOLOGICO DELL'AREA

Le indagini realizzate in questa fase associate alle indicazioni emerse in precedenti campagne geognostiche e alle più generali conoscenze geologiche hanno consentito di ricostruire il modello geologico-geotecnico di riferimento per l'area d'interesse.

SINTESI DEI PARAMETRI GEOTECNICI

Livello A	**Litologia:** *limo e argilla con sporadiche intercalazioni lapidee - poco compatto*	
Dal p.c. a –2/-6 m	Peso di volume Angolo di attrito Coesione Coesione non drenata	**γ = 1.80 t/ mc** **φ = 23°** **C = 0.05 Kg/ cmq** **Cu = 0.4 Kg/ cmq**
Livello B	**Litologia:** *limo e argilla con intercalazioni ghiaiose - mediamente compatto*	
Da –2/-6 m a -7/-11 m	Peso di volume Angolo di attrito Coesione Coesione non drenata	**γ = 1.90 t/ mc** **φ = 27°** **C = 0.05 Kg/ cmq** **Cu = 0.5/ 0.6 Kg/ cmq**
Livello C	**Litologia:** *substrato roccioso di natura marnosa e calcareo-marnosa alterato alla sommità*	
Oltre –7/-11 m	Peso di volume Angolo di attrito Coesione non drenata	**γ = 2.00 t/ mc** **φ = 35°** **Cu= 0.7/ 0.9 Kg/ cmq**

7. VALUTAZIONE DELLA PERICOLOSITA' SISMICA DELL'AREA (delibera del 2 Maggio 2007, n.112, in materia antisismica)

7.1 OBIETTIVI DELLA DELIBERA

Scopo del presente atto di indirizzo e coordinamento è quello di fornire i criteri per la per l'individuazione delle aree soggette ad effetti locali e per la microzonazione sismica del territorio in modo da orientare le scelte della pianificazione verso aree caratterizzate da minore pericolosità sismica. Lo studio della pericolosità di base e della pericolosità locale hanno come obiettivi:

- *l'individuazione delle aree dove in occasione dei terremoti attesi possono verificarsi effetti locali;*
- *la stima quantitativa della risposta sismica locale dei depositi e delle morfologie presenti nell'area di indagine ("Analisi della Risposta Sismica Locale", RSL);*
- *la suddivisione del territorio in sottozone a diversa pericolosità sismica locale ("Microzonazione Sismica", MZS).*

I risultati dell'analisi della pericolosità sismica locale e della microzonazione sismica, devono essere applicati nella redazione degli strumenti di pianificazione territoriale e urbanistica.

7.2 LIVELLI DI APPROFONDIMENTO

Gli studi di risposta sismica locale e microzonazione sismica vanno condotti a diversi livelli di approfondimento a seconda delle finalità e delle applicazioni nonché degli scenari di pericolosità locale.

Tali studi svolti devono essere descritti in una relazione che indichi chiaramente il livello di approfondimento, le indagini effettuate e i risultati ottenuti e devono fornire una cartografia dello stato del territorio, e sono un riferimento necessario per la Valutazione di Sostenibilità Ambientale e Territoriale (VALSAT) preventiva delle singole scelte del piano.

Si identificano due fasi di analisi con diversi livelli di approfondimento.

La prima fase è diretta a definire gli scenari di pericolosità sismica locale, cioè ad identificare le parti di territorio suscettibili di effetti locali (amplificazione del segnale sismico, cedimenti, instabilità dei versanti, fenomeni di liquefazione, rotture del terreno, ecc.). L'individuazione delle aree soggette ad effetti locali si basa su rilievi, osservazioni e valutazioni di tipo geologico e geomorfologico, svolte a scala territoriale, associati a raccolte di informazioni sugli effetti indotti dai terremoti passati. Tale analisi viene svolta - soprattutto mediante elaborazione dei dati disponibili - in sede di elaborazione del PTCP e del PSC e concorre alla definizione delle scelte di piano, fornendo prime indicazioni sui limiti e le condizioni per la pianificazione nelle suddette aree.

La seconda fase ha come obiettivo la microzonazione sismica del territorio indagato. Sulla base degli scenari individuati dalle analisi svolte nel corso della prima fase, nella seconda fase si attuano due diversi livelli di approfondimento:

a) nelle aree pianeggianti e sub-pianeggianti, incluse le zone di fondovalle appenniniche, con stratificazione orizzontale e sub-orizzontale, e sui versanti stabili con acclività ≤ 15° in cui il deposito ha spessore costante si ritiene sufficiente un'analisi semplificata (secondo livello di approfondimento), cioè l'analisi della pericolosità locale può essere basata, oltre che sull'acquisizione di dati geologici e geomorfologici più dettagliati di quelli rilevati nel primo livello, su prove geofisiche in sito e su prove geotecniche di tipo standard. Il numero delle verticali indagate deve essere tale da consentire un'adeguata caratterizzazione geotecnica spaziale dei terreni e delle formazioni presenti nell'area di studio;

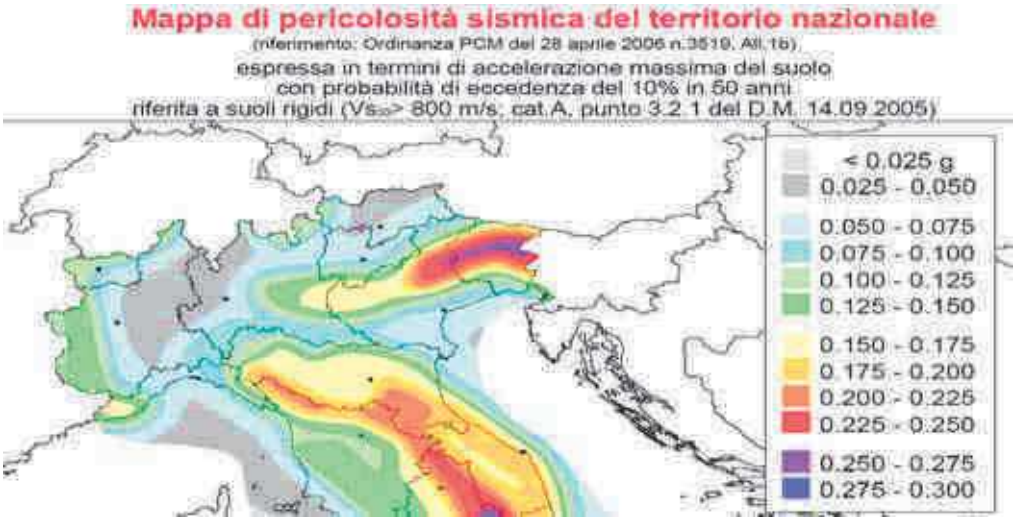
b) un'analisi più approfondita (terzo livello di approfondimento) è invece richiesta nei seguenti casi (vedere Allegato A1):

- *aree soggette a liquefazione e densificazione;*
- *aree instabili e potenzialmente instabili;*
- *aree in cui le coperture hanno spessore fortemente variabile, come ad esempio nelle aree pedemontane e di fondovalle a ridosso dei versanti;*
- *aree in cui è prevista la realizzazione di opere di rilevante interesse pubblico.*

L'analisi approfondita richiede un significativo numero di prove geofisiche e geotecniche, sia in sito che in laboratorio, rivolte alla definizione del comportamento dei terreni sotto sollecitazione dinamica. In queste parti del territorio la pericolosità potrebbe essere molto elevata e perciò deve essere attentamente valutata la possibilità di renderle suscettibili di trasformazione urbanistica.

7.3 CARATTERI SISMICI DELL'AREA

In base alla nuova carta della pericolosità sismica del territorio nazionale, i valori di PGA su suolo rigido con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni, per il Comune di Nibbiano sono compresi fra 0.075 e 0.100 g. L'area ricade nella zona simogenetica 911, in cui i meccanismi di fagliazione prevalenti sono legati a faglie trascorrenti e le profondità dei terremoti prevalentemente compresi fra 8 e 12 Km. Le magnitudo massime attese nella zona sismogenetica d'interesse sono di 5.7-6.1.Le serie storiche dei terremoti contenuti nell'archivio della Regione Emilia Romagna non segnalano eventi sismici rilevanti nell'area d'interesse.



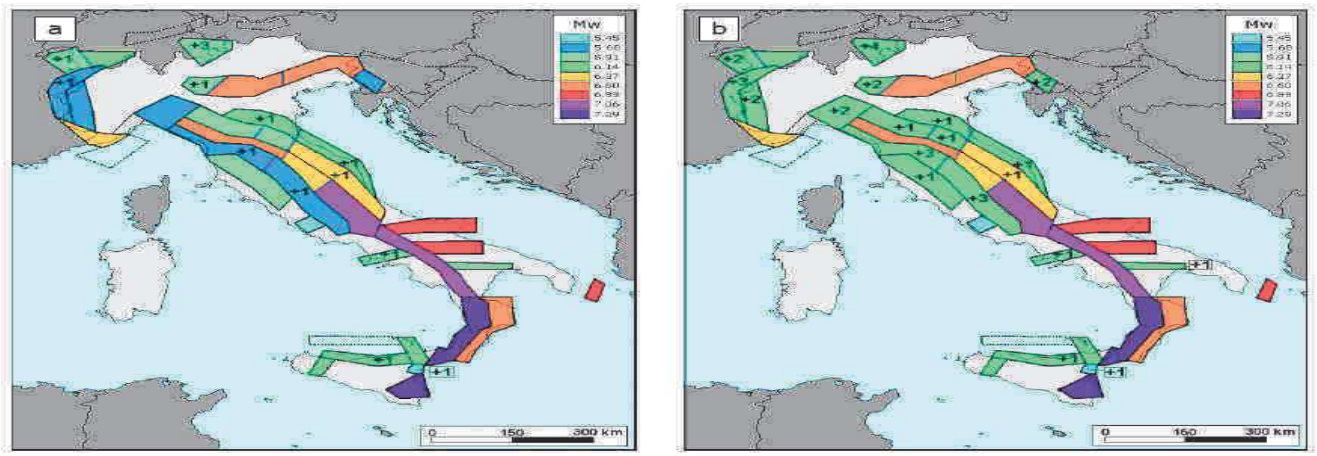


Figura 36. Valori di Mwmax corrispondenti ai due insiemi: a) "osservati" (Mwmax1); b) "cautelativi" (Mwmax2).

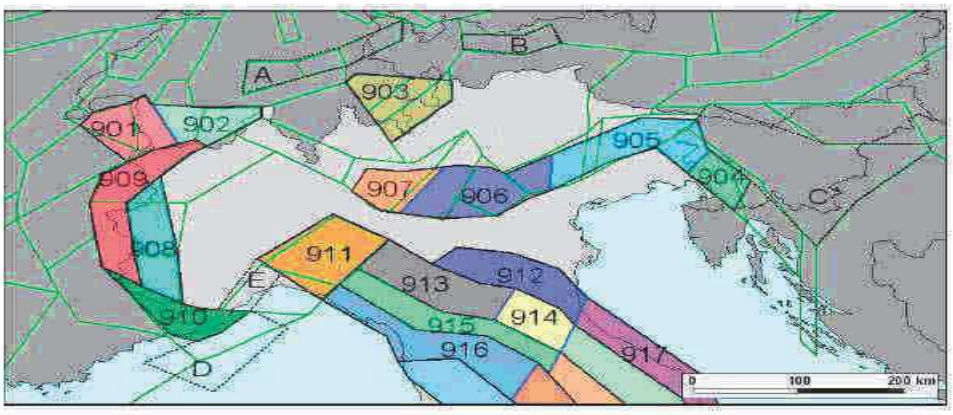


Figura 10. Zonazione sismogenetica ZS9 a confronto con la zonazione del progetto SESAME nell'area alpina (Jiménez et al., 2001; linee di colore verde).

In base alle caratteristiche geologiche del sito d'interesse, i principali effetti attesi possono ricondursi essenzialmente a fenomeni di amplificazione litologica. Sono da escludere fenomeni d'amplificazione topografica (area sub-pianeggiante) e fenomeni di liquefazione (basso valore di ag atteso e presenza di copertura di materiale eterogeneo in matrice coesiva).

7.4 VALUTAZIONE DEL FATTORE DI AMPLIFICAZIONE DEL SITO INTERESSE-ANALISI 2° LIVELLO

A2.1.1 - APPENNINO E MARGINE APPENNINICO-PADANO

In caso di substrato marino caratterizzato da Vs ≥ 800 m/s si devono usare le seguenti tabelle

F.A. P.G.A.

Vs_H / H	200	250	300	350	400	450	500	600	700	800
5	1.6	1.3	1.2	1.1	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
10	2.0	1.9	1.7	1.6	1.4	1.2	1.1	1.0	1.0	1.0
15	2.0	2.0	2.0	1.8	1.6	1.4	1.3	1.2	1.0	1.0
20	2.0	2.0	2.0	1.9	1.7	1.6	1.4	1.3	1.1	1.0
25	1.9	2.0	1.9	1.9	1.8	1.6	1.5	1.3	1.2	1.0
30	1.8	1.9	1.9	1.9	1.7	1.5	1.5	1.4	1.2	1.0
35	1.7	1.8	1.9	1.9	1.7	1.6	1.5	1.4	1.3	1.0
40	1.6	1.8	1.9	1.9	1.8	1.6	1.5	1.4	1.3	1.0

F.A. INTENSITA' SPETTRALE - 0.1s < To < 0.5s

Vs_H / H	200	250	300	350	400	450	500	600	700	800
5	1.2	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
10	1.8	1.6	1.4	1.2	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
15	2.1	2.0	1.7	1.5	1.2	1.1	1.1	1.0	1.0	1.0
20	2.3	2.3	1.9	1.7	1.5	1.4	1.2	1.1	1.0	1.0
25	2.2	2.4	2.2	2.0	1.7	1.5	1.4	1.2	1.1	1.0
30	2.1	2.3	2.3	2.1	1.9	1.7	1.5	1.3	1.2	1.0
35	1.9	2.1	2.3	2.2	1.9	1.8	1.6	1.4	1.3	1.0
40	1.8	2.0	2.3	2.3	2.0	1.8	1.6	1.4	1.3	1.0

F.A. INTENSITA' SPETTRALE - 0.5s < To < 1.0s

Vs_H / H	200	250	300	350	400	450	500	600	700	800
5	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
10	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
15	1.2	1.2	1.1	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
20	1.5	1.4	1.2	1.1	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
25	2.1	2.1	1.5	1.2	1.1	1.1	1.0	1.0	1.0	1.0
30	2.4	2.3	1.9	1.5	1.2	1.1	1.1	1.0	1.0	1.0
35	2.5	2.4	2.3	1.8	1.3	1.3	1.2	1.1	1.0	1.0
40	2.7	2.6	2.6	2.0	1.6	1.3	1.2	1.1	1.1	1.0

In questo caso si è considerato raggiunto il "Bedrock" sismico quando i valori di Vs superano i 700 m/s. I fattori di amplificazioni calcolati sono riassunti nel tabella seguente:

PROVA	PROF. BEDROCK	VS 30	VS H	FA PGA	FA intensità spettrale 0.1s-0.5s	FA intensità spettrale 0.5s-1.0s
M1	18 m	405	312	2.0	1.9	1.2
M2	12 m	510	350	1.8	1.5	1.0

In base alla delibera sopraccitata, l'accelerazione orizzontale su suolo rigido (Vs>800 m/s) prevista per il Comune di Nibbiano è di 0.098g.

7.5 SPETTRO DI RISPOSTA (IN PGA) DELL'AREA

Nella delibera della Regione è riportata la forma dello spettro di risposta valido per tutta la regione.

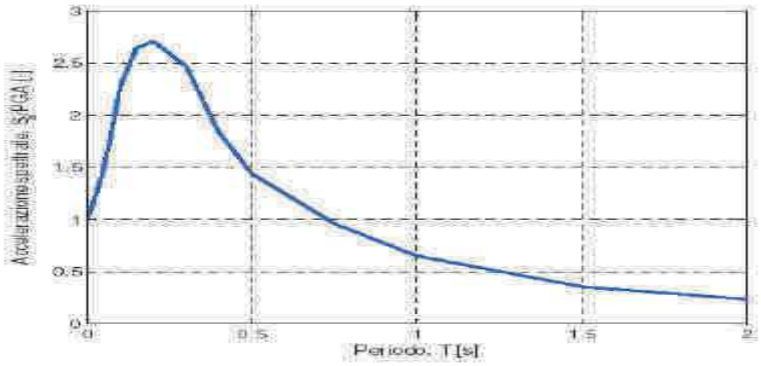
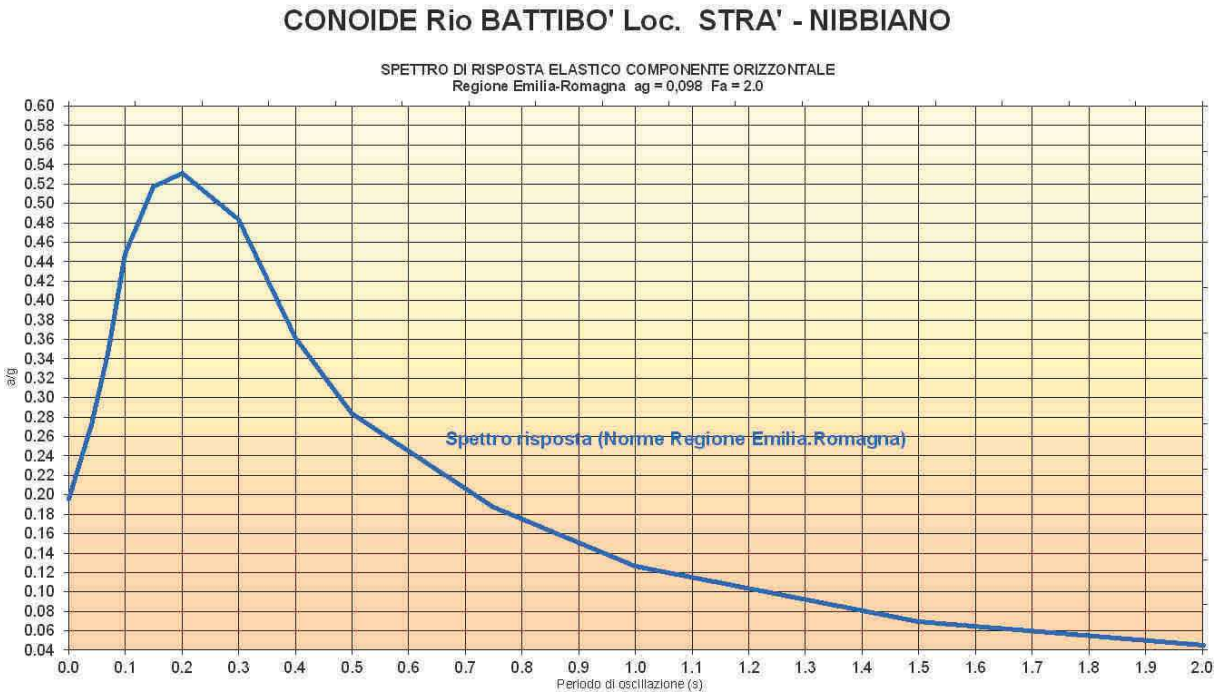


Figura 1 - Spettro di risposta normalizzato (T_R = 475 anni, smorzamento = 5%) per l'Emilia-Romagna

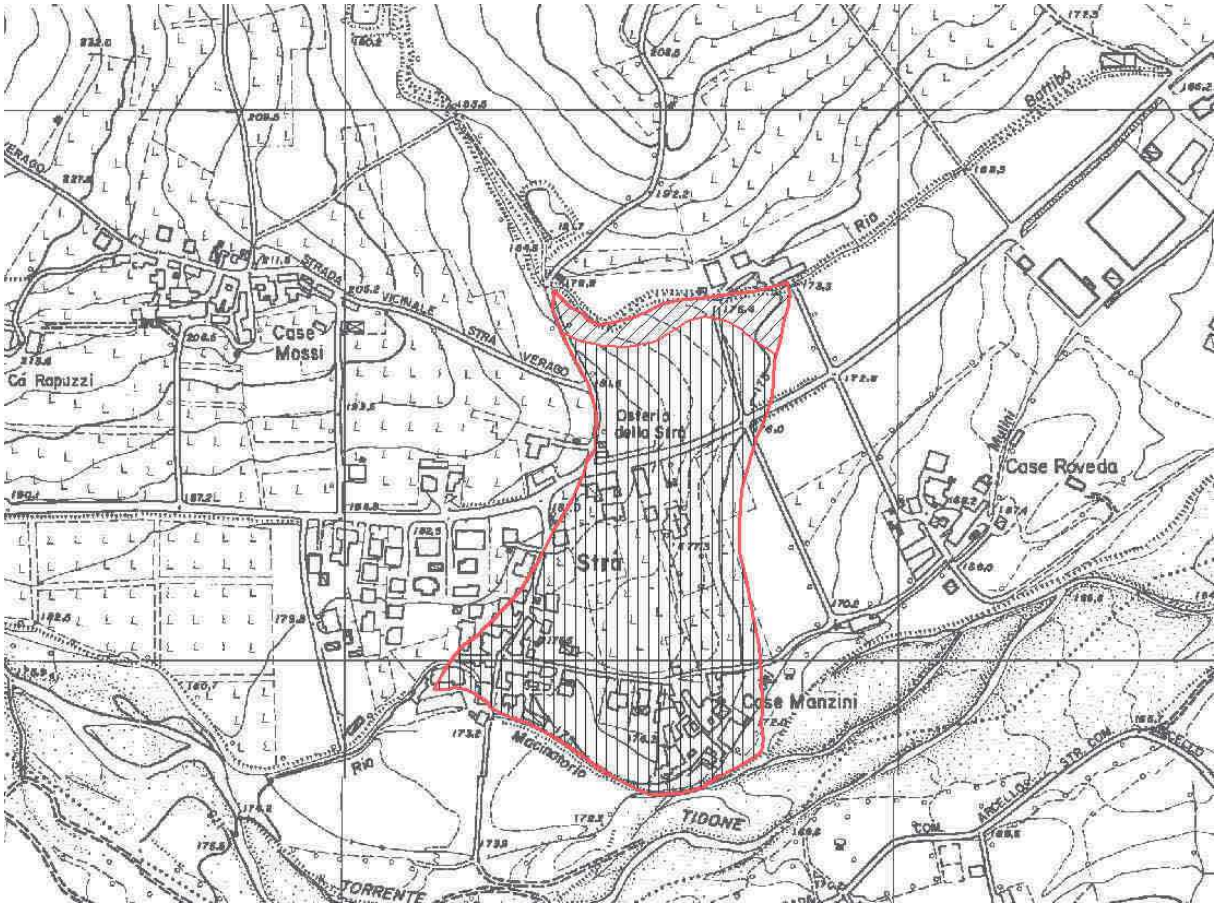
Dallo spettro di risposta normalizzato è possibile ottenere, moltiplicando i valori della tabella 1 per il valore di arefg di ogni comune, lo spettro di risposta a probabilità uniforme che descrive le caratteristiche del moto sismico atteso per ogni comune dell'Emilia-Romagna. Considerando il valore di arefg=0.098 per il comune di Nibbiano e il fattore di amplificazione massimo (2.0), è stato calcolato lo spettro di risposta del sito d'interesse.



Spettro di riposta del sito in base alle norme della regione Emilia-Romagna

8. ZONIZZAZIONE DEL RISCHIO DELLA CONOIDE INATTIVA

La "conoide" studiata è stata suddivisa, in base a criteri geologico-geomorfologici, in settori contraddistindi da un differente grado di "rischio".



Zonizzazione del "rischio" geologico della conoide inattiva

Sono state distinte 3 classi di rischio:

- **Aree a basso rischio (classe 1 - rigato verticale)**, corrisponde praticamente a tutta la conoide inattiva. In base alle condizioni geomorfologiche e idrologiche dell'area non sussistono condizioni di "rischio" legate sia al T. Tidone che al rio Battibò.
- **Aree a rischio moderato (classe 2 - rigato obliquo)**, per maggior cautela, è stata considerata a rischio leggermente superiore, l'area a ridosso del rio Battibò. Anche in questo caso non si evidenziano condizioni particolari di rischio.

9. PRESCRIZIONI PER LE AREE DI CONOIDE INATTIVA IN CUI E' STATA EFFETTUATA LA VALUTAZIONE DEL RISCHIO

Classe 1 (rischio basso) – Fattibilità senza particolari limitazioni (R1):

Queste aree si ritengono utilizzabili ai fini edificatori senza particolari limitazioni all'urbanizzazione o alla modifica della destinazione d'uso; eventuali problematiche locali possono essere superate attraverso approfondimenti di indagine o accorgimenti tecnico-costruttivi.

Classe 2 (rischio moderato) – Fattibilità con modeste limitazioni (R2):

Queste aree si ritengono utilizzabili ai fini urbanistici, anche se si sono appurate alcune condizioni limitanti all'edificabilità, che possono essere superate attraverso approfondimenti di indagine o accorgimenti tecnico-costruttivi; gli interventi edificatori sono comunque permessi, prevedendo se necessario eventuali accorgimenti costruttivi necessari o interventi di riduzione del rischio idrogeologico.

Per tali zone si dovrà comunque subordinare l'autorizzazione ad ulteriori e dettagliati accertamenti geologici e geognostici.

Classe 3 (rischio elevato) – Fattibilità con significative limitazioni (R3)

In questa classe si sono inserite le zone in cui la propensione al dissesto è più elevata, ed in cui le limitazioni alla modifica della destinazione d'uso appare più consistente.

Si dovrà dunque subordinare l'autorizzazione ad ulteriori e dettagliati accertamenti geologico-tecnici e geognostici, finalizzati a valutare quali siano le azioni atte a ridurre il rischio connesso all'intervento edificatorio

Oltre a quanto consentito dalle norme del PTCP e del P.A.I. in merito ai dissesti potenziali sono ammessi solo ampiamenti delle costruzioni esistenti, con incrementi volumetrici non superiori a quanto consentito dalle N.T.A. del PSC.

Classe 4 (rischio molto elevato) – Fattibilità con gravi limitazioni (R4):

In queste zone si intende consentito solo quanto permesso dal PTCP e dal P.A.I. per i dissesti potenziali.

Piacenza: 11/01/2016

Geotest s.r.l.

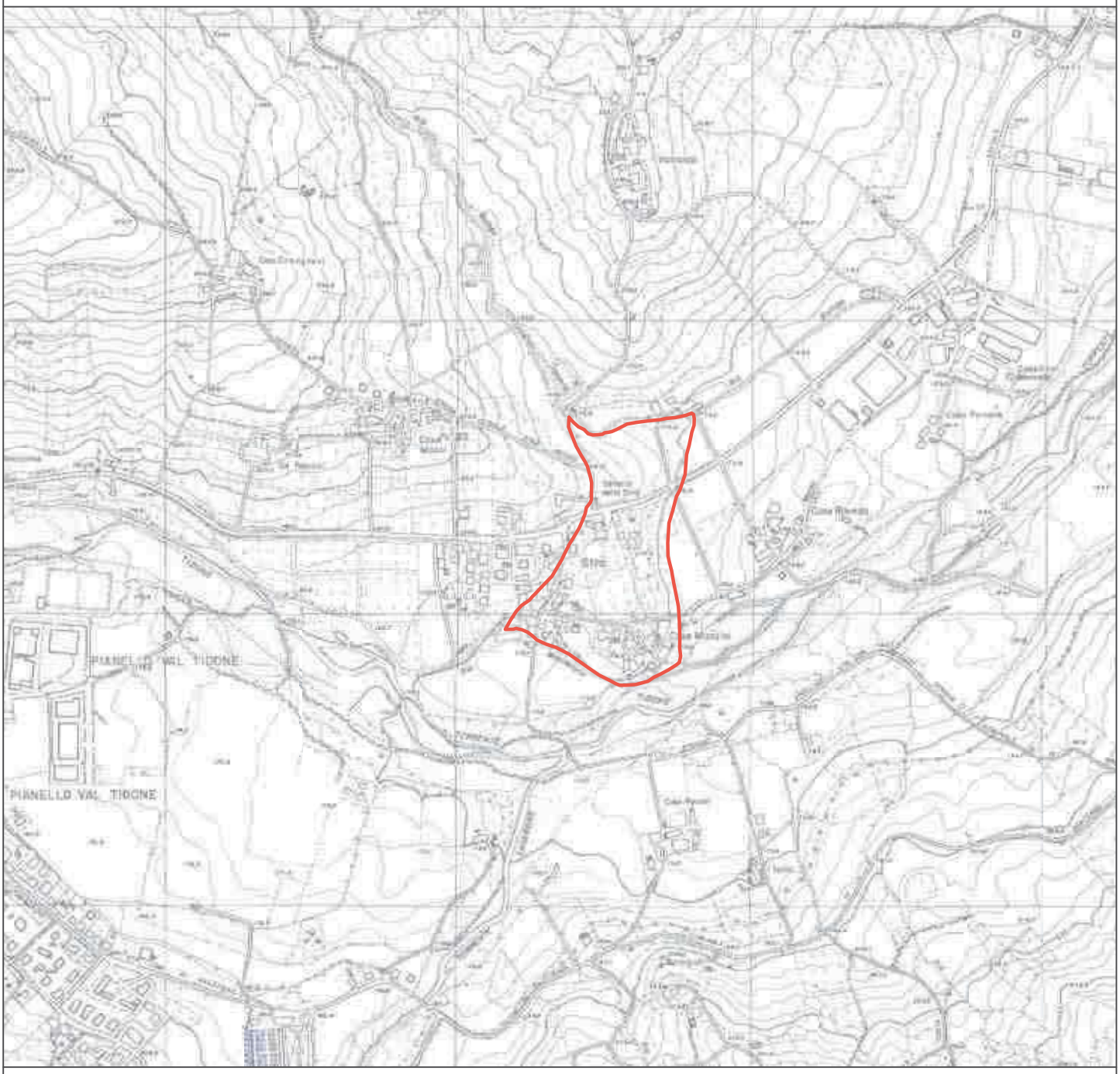
Dott. Geologo Adriano Baldini

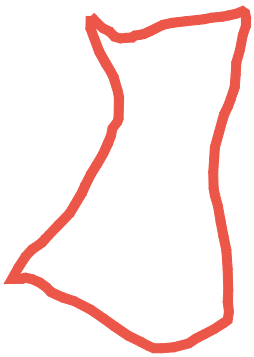
Dott. Alberto Lepori

ORDINE DEI GEOLOGI REGIONE EMILIA ROMAGNA
DOTT. ALBERTO LEPORI
Emilia-Romagna
GEOLOGO
SEZ. A
N. 1062 ALBO P.*

INQUADRAMENTO TERRITORIALE

Scala 1:10000



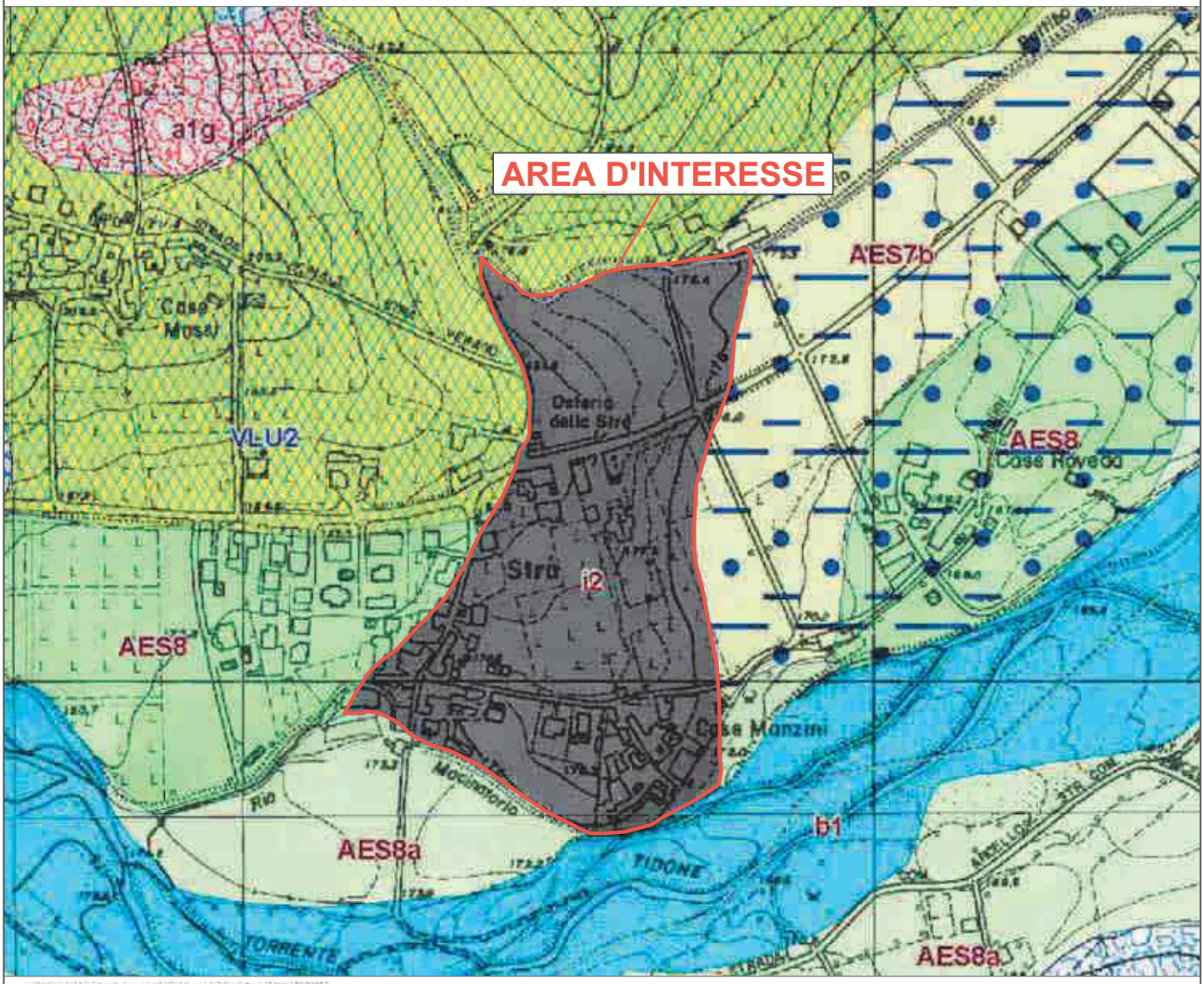


Area considerata

Fig. ***1***

ESTRATTO CARTA GEOLOGICA REGIONALE

Scala 1:5000

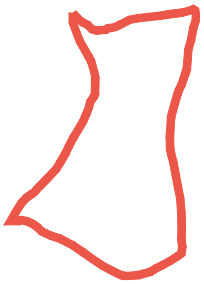


Coperture quaternarie (10K)

- AES7b - Unità di Vignola
- AES8 - Subsintema di Ravenna
- AES8a - Unità di Modena
- a1g - Deposito di frana attiva complessa
- a2 - Deposito di frana quiescente di tipo indeterminato
- a2g - Deposito di frana quiescente complessa
- b1 - Deposito alluvionale in evoluzione
- i2 - Conoide torrentizia inattiva

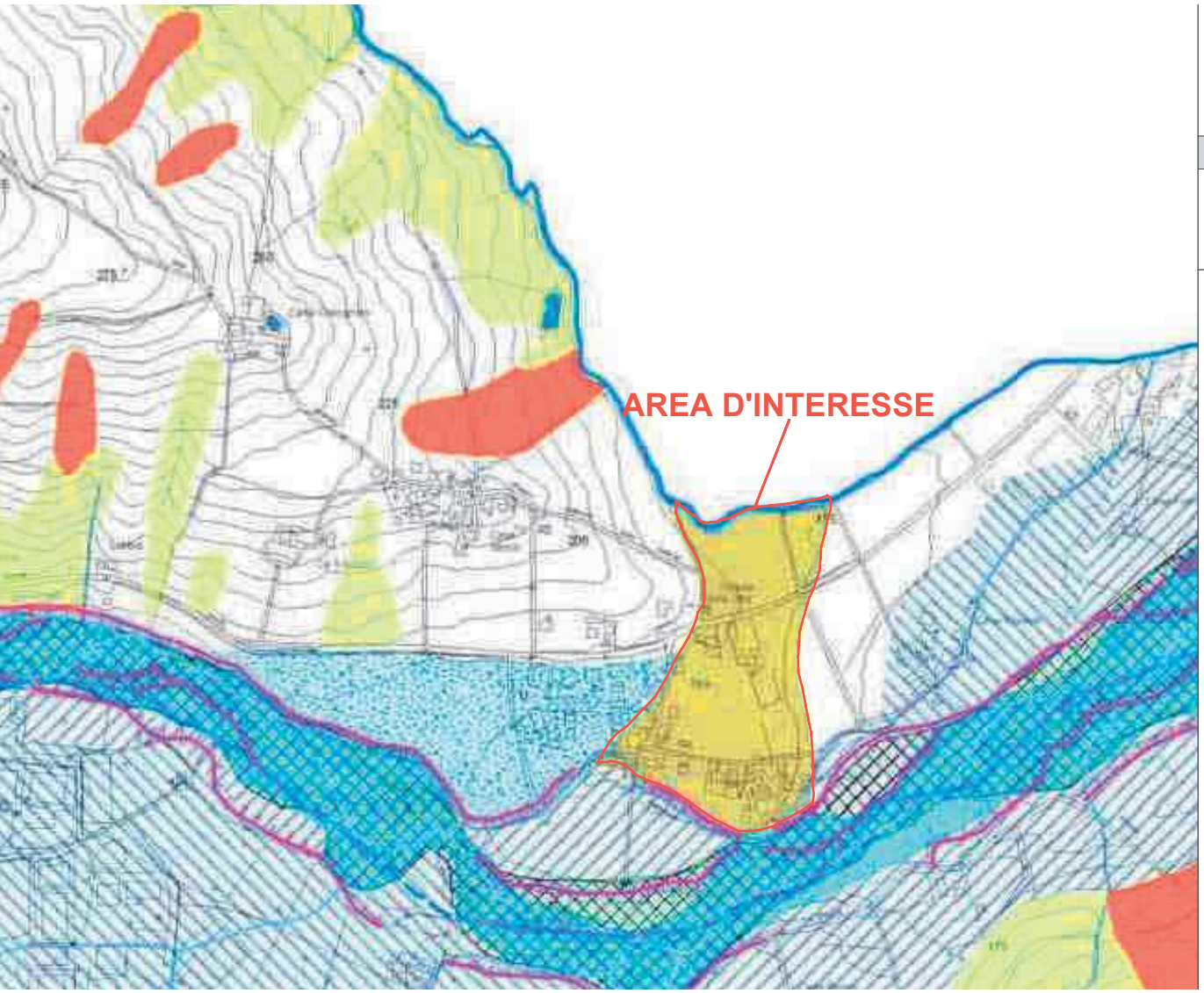
Unità geologiche (10K)

- VLU2 - Formazione della Val Luretta - membro di Monteventano



Area considerata

Fig.2



Studio ge
della conoide "i
in loc. Strà - Con
"*Classificazione del r*

CARTA D
Estrat

Elementi morfologici

Area di frana attiva:

Area di frana quiescente:

Area di frana stabilizzata o re

Depositi alluvionali attuali:

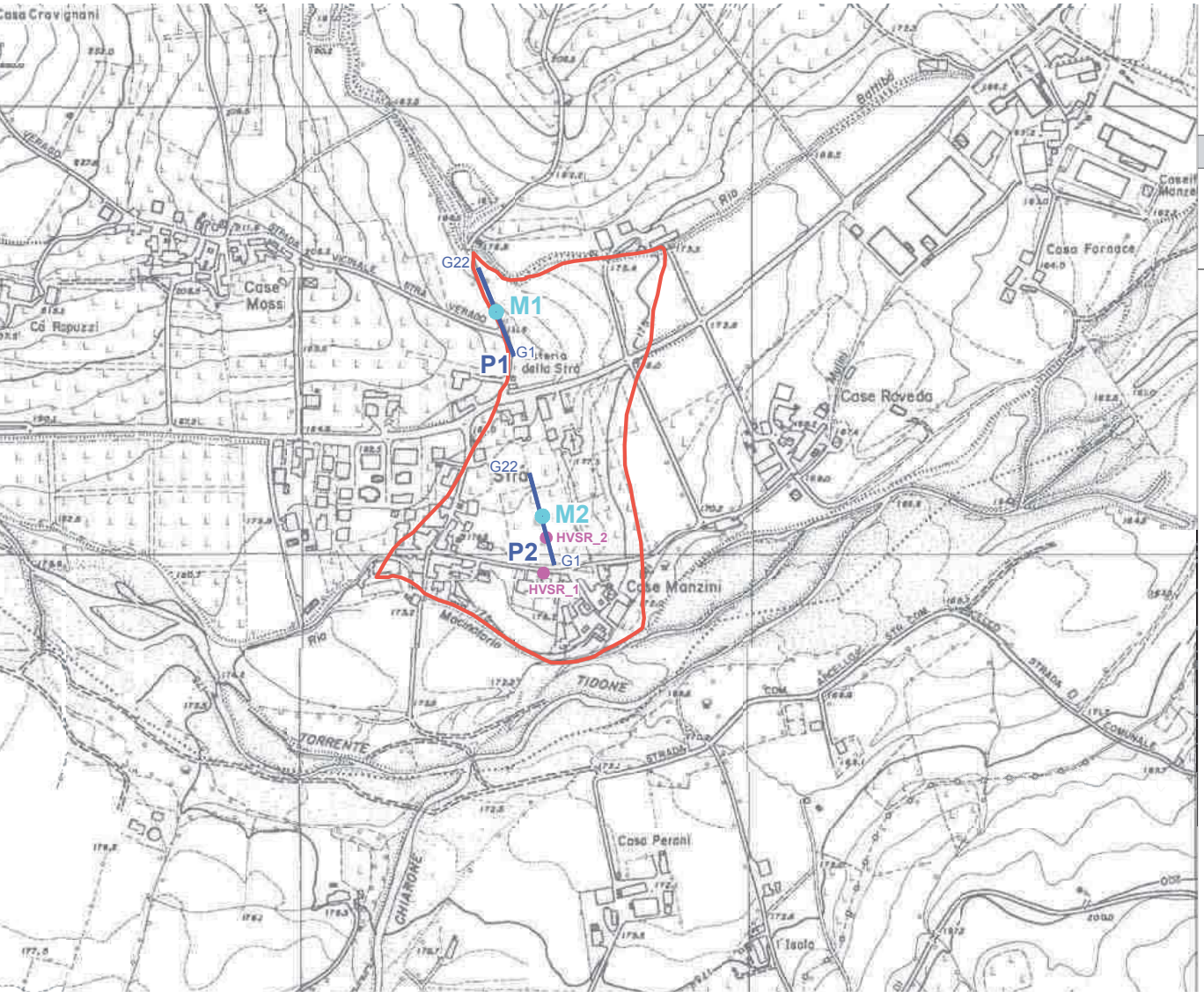
Depositi alluvionali terrazzat

Depositi alluvionali terrazzat

Depositi alluvionali terrazzat

Conoide alluvion

ARE



Studio geo
della conoide "i
in loc. Strà - Com
"*Classificazione del r*
i

PLANIMETRIA

INDAGINI SISMICHE

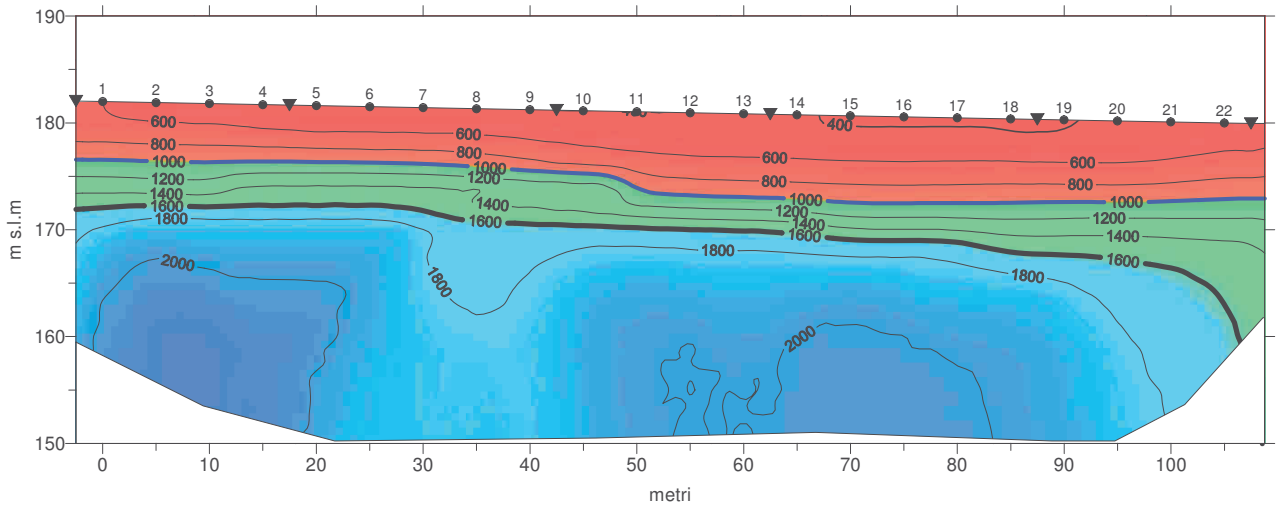
G1 **P1** G22 — Trac

M1 — Prov

HVSR — Prov

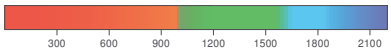
AREA

Loc. Strà - Conoide Rio Battibò - Comune di Nibbiano
TOMOGRAFIA SISMICA - P1



Scala 1:500

Velocità sismiche m/sec



Limite del materiale di copertura più allentato

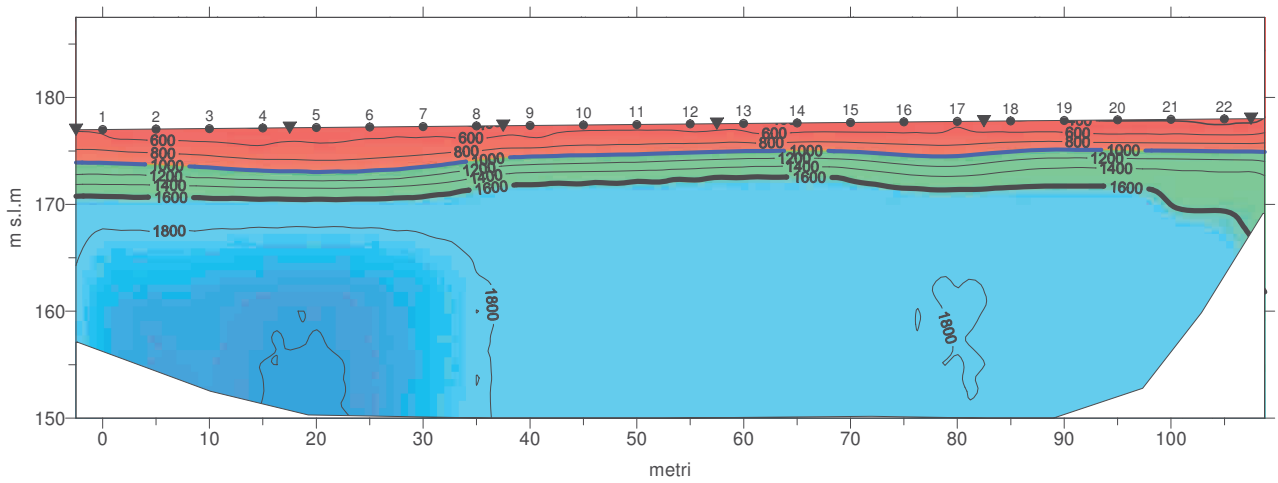
Passaggio al substrato

▼ Punti di energizzazione

● Punti di registrazione

Fig.5a

Loc. Strà - Conoide Rio Battibò - Comune di Nibbiano
TOMOGRAFIA SISMICA - P2



Scala 1:500

Velocità sismiche m/sec

300 600 900 1200 1500 1800 2100

Limite del materiale di copertura più allentato

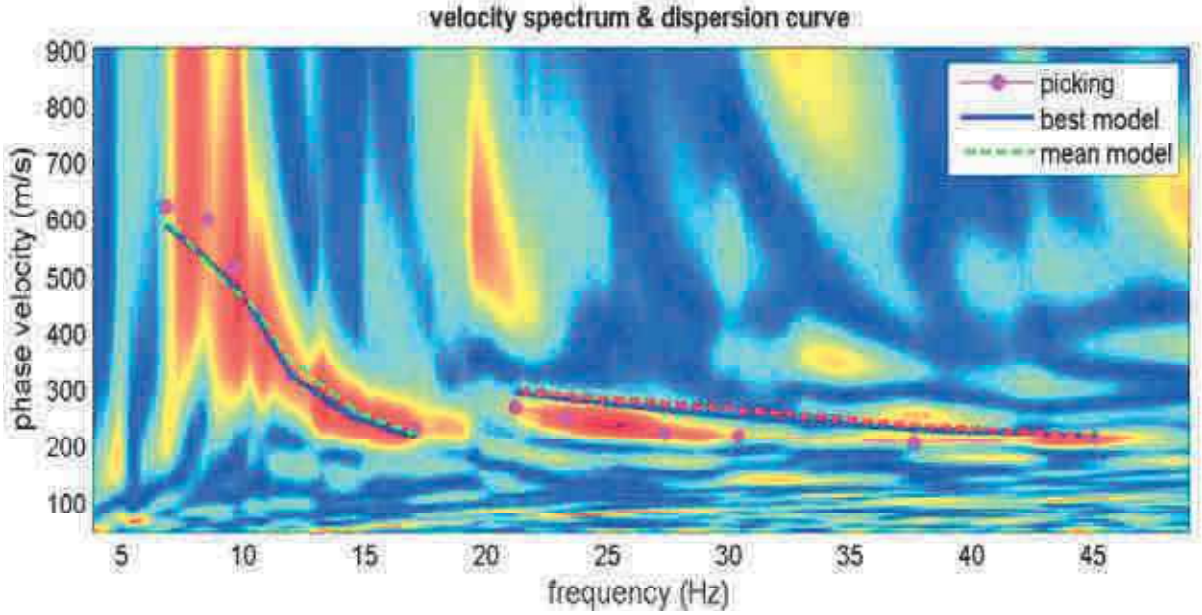
Passaggio al substrato

▼ Punti di energizzazione

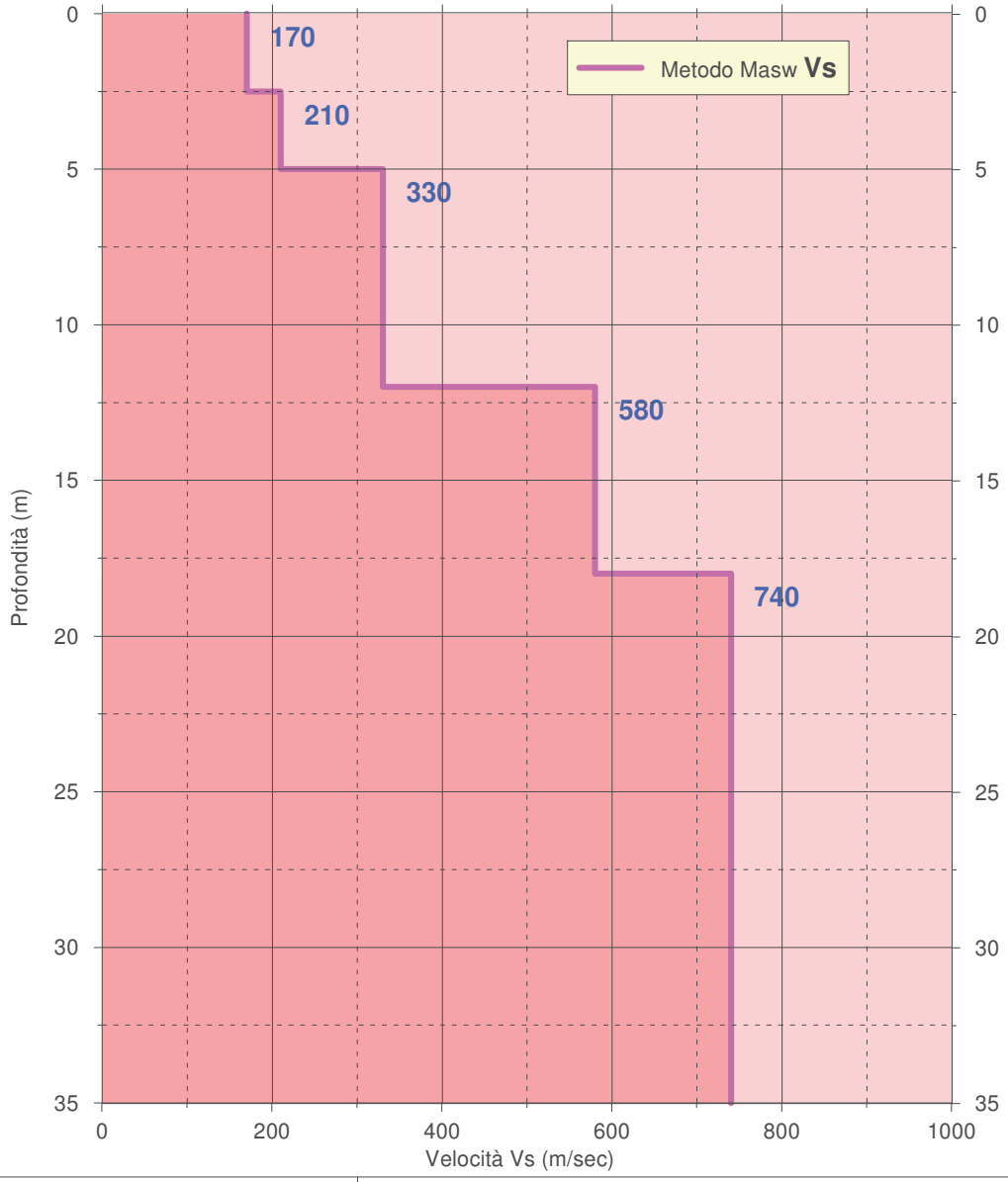
● Punti di registrazione

Fig.5b

SPETTRO VELOCITA' DI FASE - FREQUENZA CON CURVA DISPERSIONE



PROFILO VELOCITÀ Vs

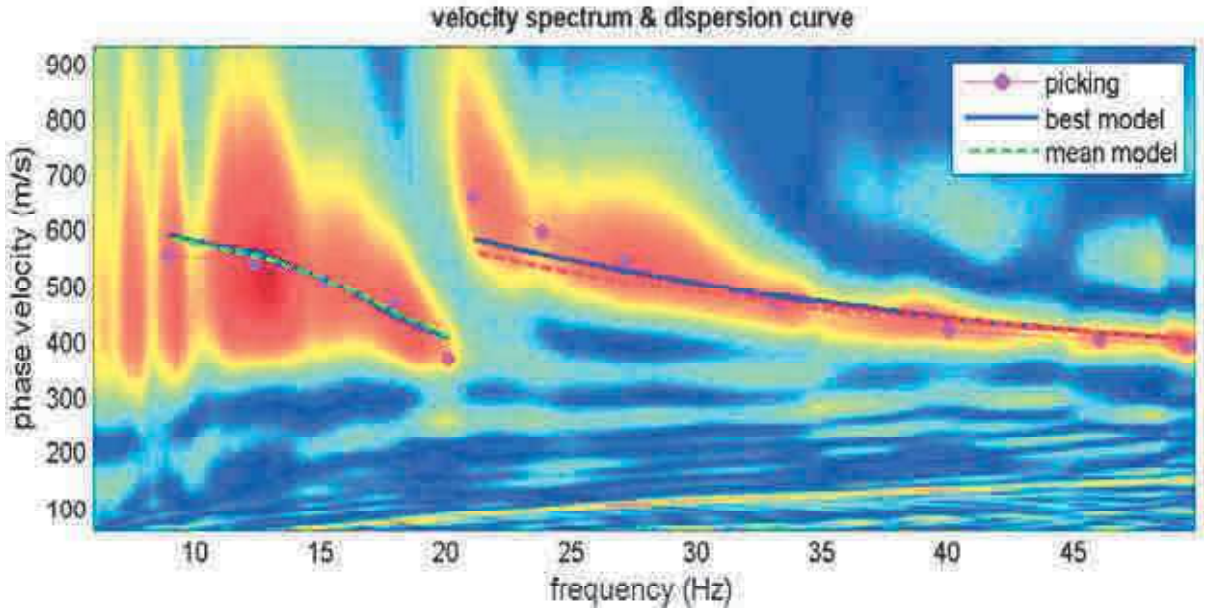


Vs30 dal p.c = 405

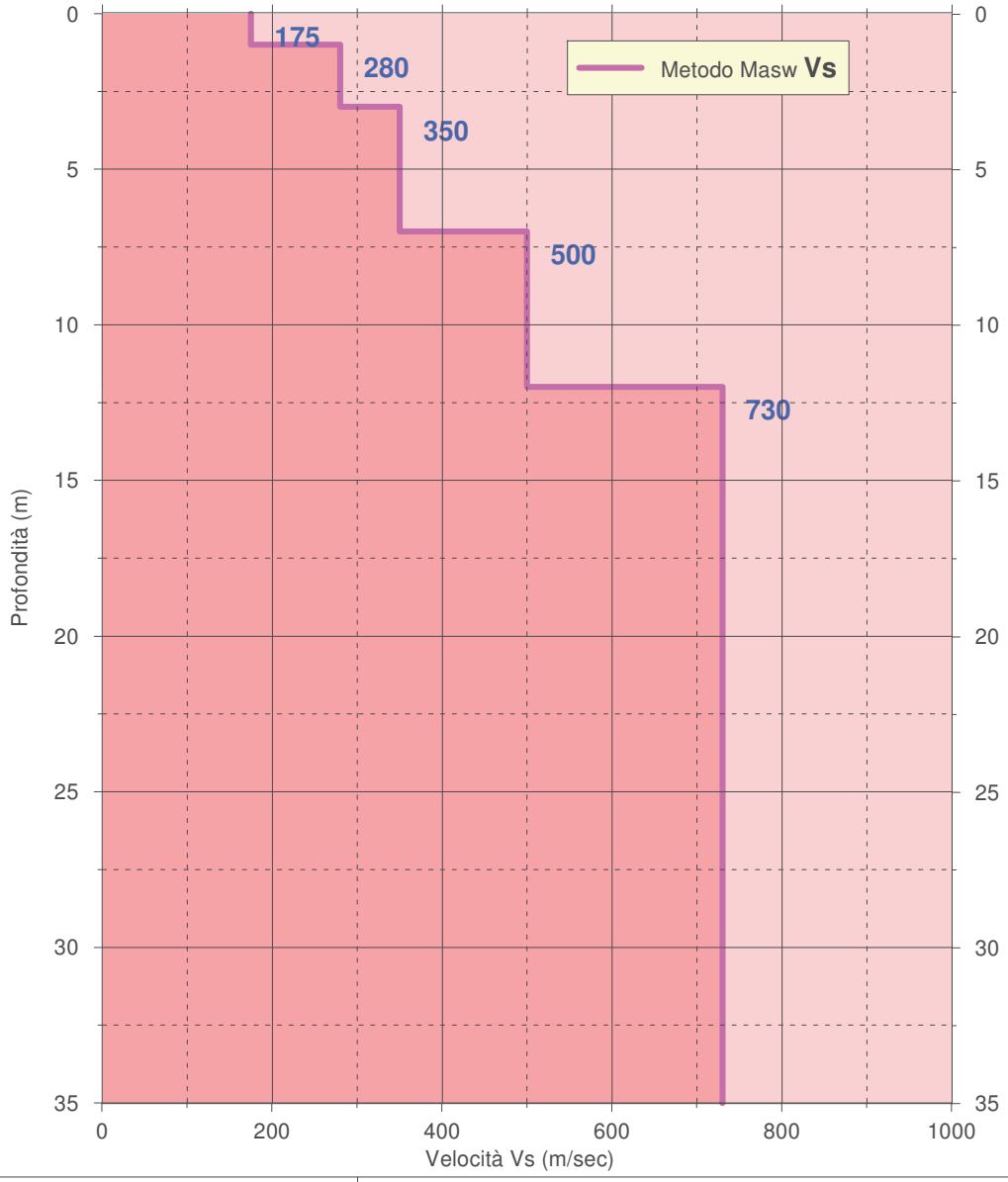
SUOLO DI FONDAZIONE TIPO "B"

Fig.6a

SPETTRO VELOCITA' DI FASE - FREQUENZA CON CURVA DISPERSIONE



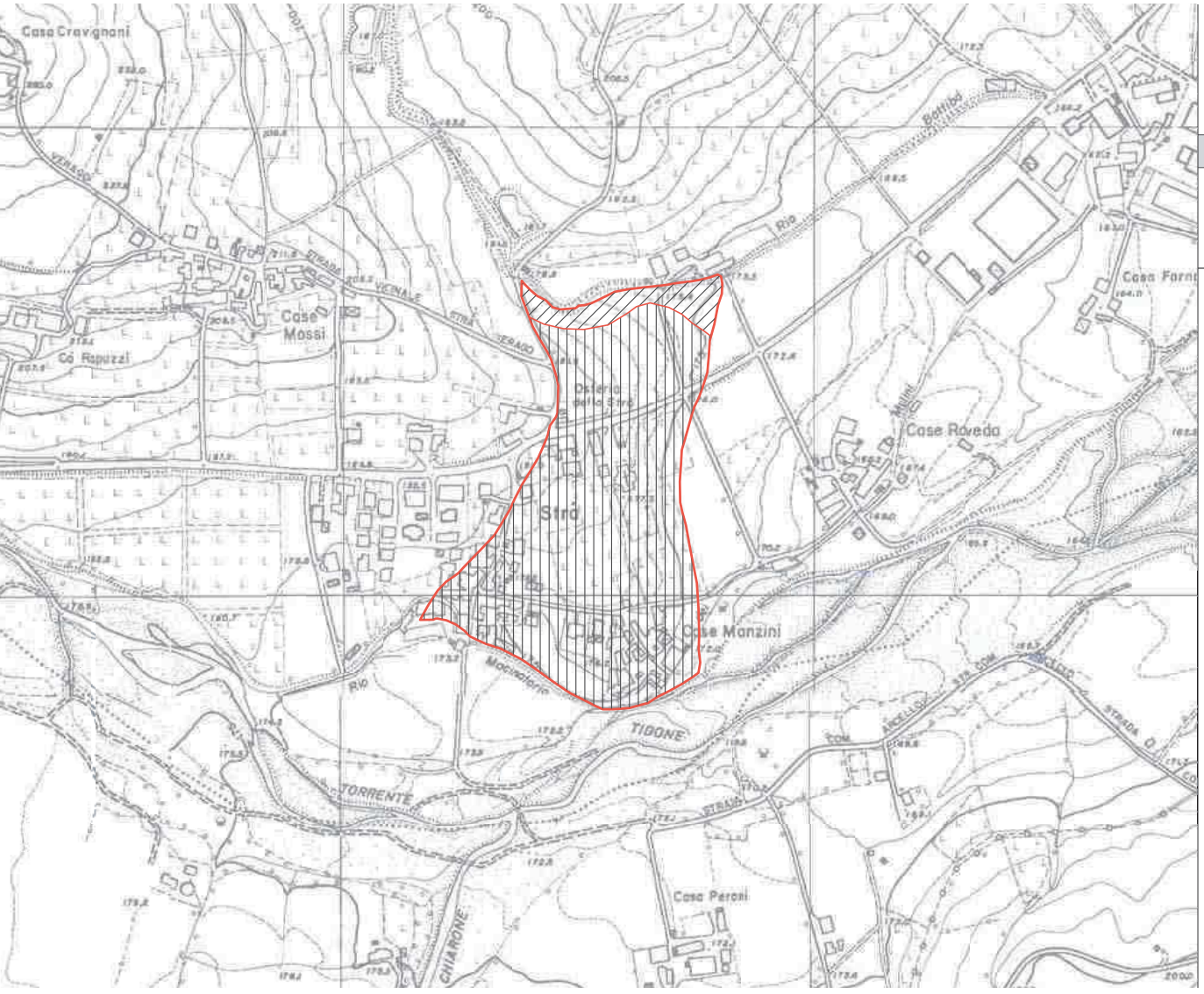
PROFILO VELOCITÀ Vs



Vs30 dal p.c = 510

SUOLO DI FONDAZIONE TIPO "B"

Fig.6b



Studio ge
della conoide "
in loc. Strà - Cor
"*Classificazione del r*

CARTA DEL "RI

CLASSI DI RISCHIO

Classe 1 - Risc

Classe 2 - Risc

AREA D

7 Conoide “inattiva” del T. Gualdora in loc. Trevozzo

Geotest S.r.l. Servizi Geologici-Geotecnici-Geofisici
Via E. Fermi, 113 - 29010 Trevozzo V.T. (PC) Tel.: 348 5107263
Capitale Soc. Int. Versato .: 10.000 euro - P. iva: 01467560338

Comune di Nibbiano (PC)

Oggetto: Relazione geologico-sismica preliminare finalizzata alla valutazione e zonizzazione del "Rischio Geologico" dell'area della conoide inattiva del Rio Gualdora in loc. Trevozzo.

Committenti:
Sig. Contini Enrico
Sig.ra Galvani Franca
Parrocchia di Santa Maria Assunta
Impresa Edile B. P. N. di Presta Asciutto Antonio e C. s. n. c
Sigg.ri. Groppi Daniela e Groppi Franco
Sigg.ri Opizzi Angelo e Passerini Romana

Geotest s.r.l.

Dott. Geologo Adriano Baldini

Trevozzo V.T. 12/02/2015

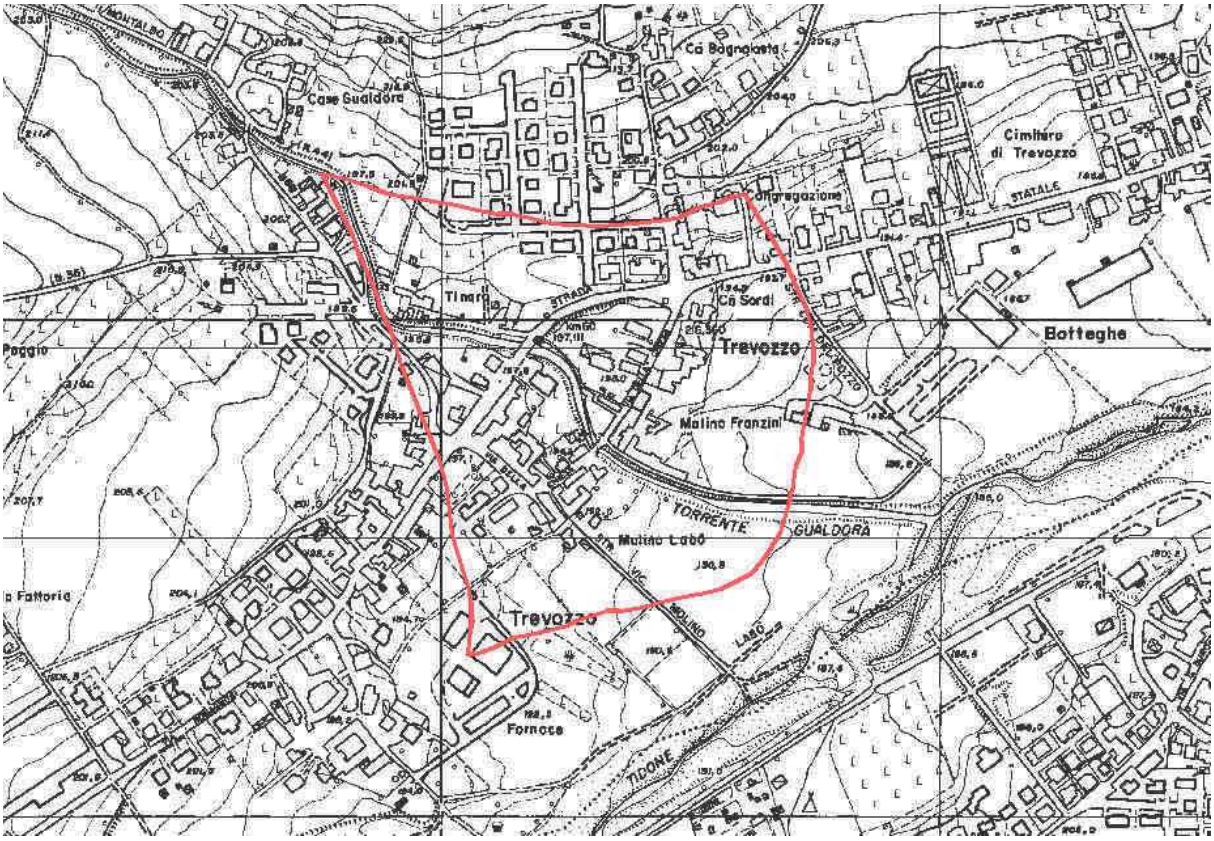
Sommario

1. PREMESSA 2
2. INDAGINI ESEGUITE 4
3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO-GEOMORFOLOGICO 5
3.1 CARATTERISTICHE GEOLOGICHE 5
3.2 CARATTERISTICHE GEOMORFOLOGICHE 5
4. INQUADRAMENTO IDROLOGICO E IDROGEOLOGICO 8
5. INDAGINI GEOGNOSTICHE 11
5.1 SISMICA A RIFRAZIONE (Tomografia-Sismica) 11
5.1.1 Cenni metodologici 11
5.1.2 Modalità esecutive 12
5.1.3 Strumentazione utilizzata 12
5.1.4 Elaborazione 13
5.1.5 Analisi dei risultati 14
5.2 PROVE PER LA DETERMINAZIONE DEL PROFILO DI VELOCITA' DELLE ONDE SISMICHE "S" 15
5.2.1 Cenni metodologici 15
5.2.2 Modalità esecutive 16
5.2.3 Commento dei risultati 16
5.3 MISURA DEI RAPPORTI SPETTRALI HVSR – (IPOTESI DI NAKAMURA) 17
5.3.1 Cenni Metodologici 17
5.3.2 Strumentazione utilizzata e modalita' di acquisizione 19
5.3.3 Elaborazione ed analisi dei dati 19
6. MODELLO GEOLOGICO DELL'AREA 21
7. VALUTAZIONE DELLA PERICOLOSITA' SISMICA DELL'AREA (delibera del 2 Maggio 2007, n.112, in materia antisismica e successive integrazioni) 21
7.1 OBIETTIVI DELLA DELIBERA 21
7.2 LIVELLI DI APPROFONDIMENTO 22
7.3 CARATTERI SISMICI DELL'AREA 23
7.4 VALUTAZIONE DEL FATTORE DI AMPLIFICAZIONE DEL SITO INTERESSE-ANALISI 2° LIVELLO 25
7.5 SPETTRO DI RISPOSTA (IN PGA) DELL'AREA 26
Spettro di riposta del sito in base alle norme della regione Emilia-Romagna 26
8. ZONIZZAZIONE DEL RISCHIO DELLA CONOIDE INATTIVA 27
9. PRESCRIZIONI PER LE AREE DI CONOIDE INATTIVA IN CUI E' STATA EFFETTUATA LA VALUTAZIONE DEL RISCHIO 28

1. PREMESSA

Nel Gennaio-Febbraio 2016, è stata realizzata un'indagine geologico-sismica, in un'area localizzata in corrispondenza dell'abitato di Trevozzo, nel Comune di Nibbiano.

Nel dettaglio l'area d'interesse è localizzata all'altezza del T. Gualdora, in prossimità della confluenza con del torrente stesso con il T. Tidone.

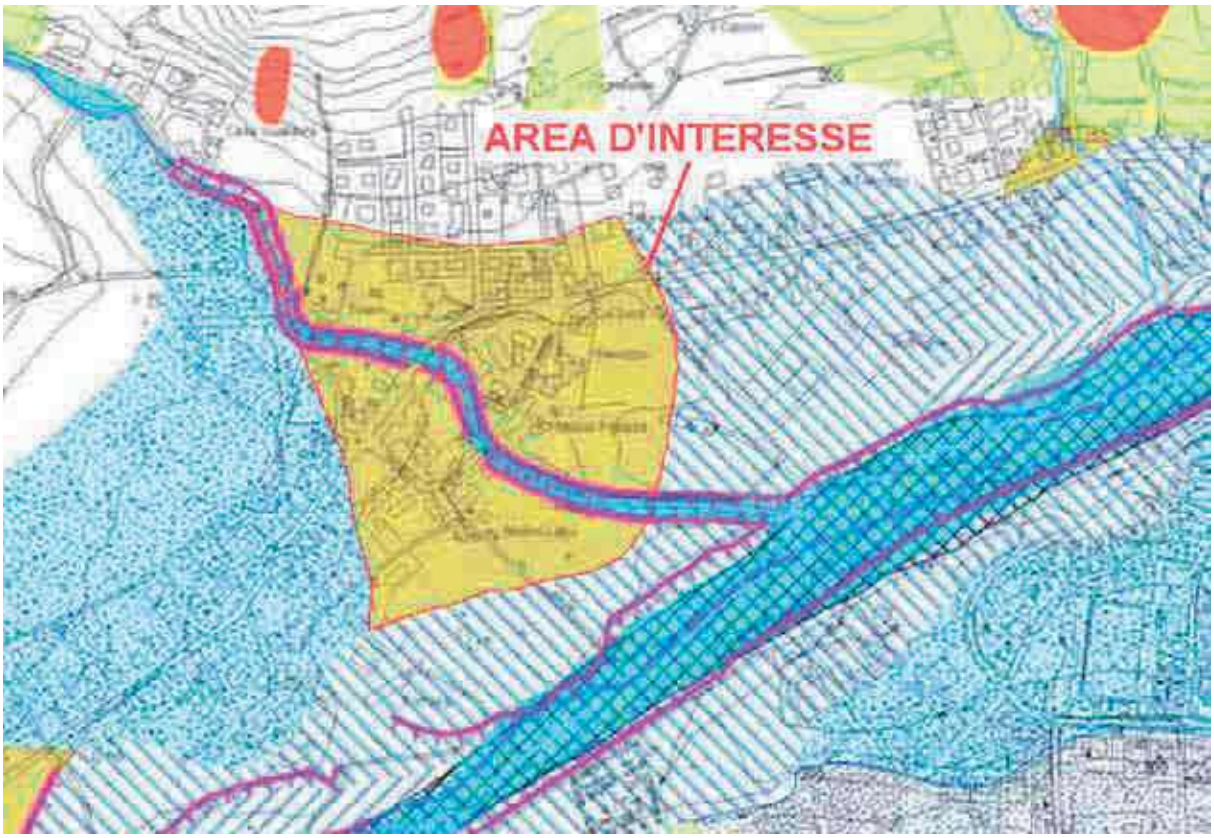


Inquadramento territoriale da CTR

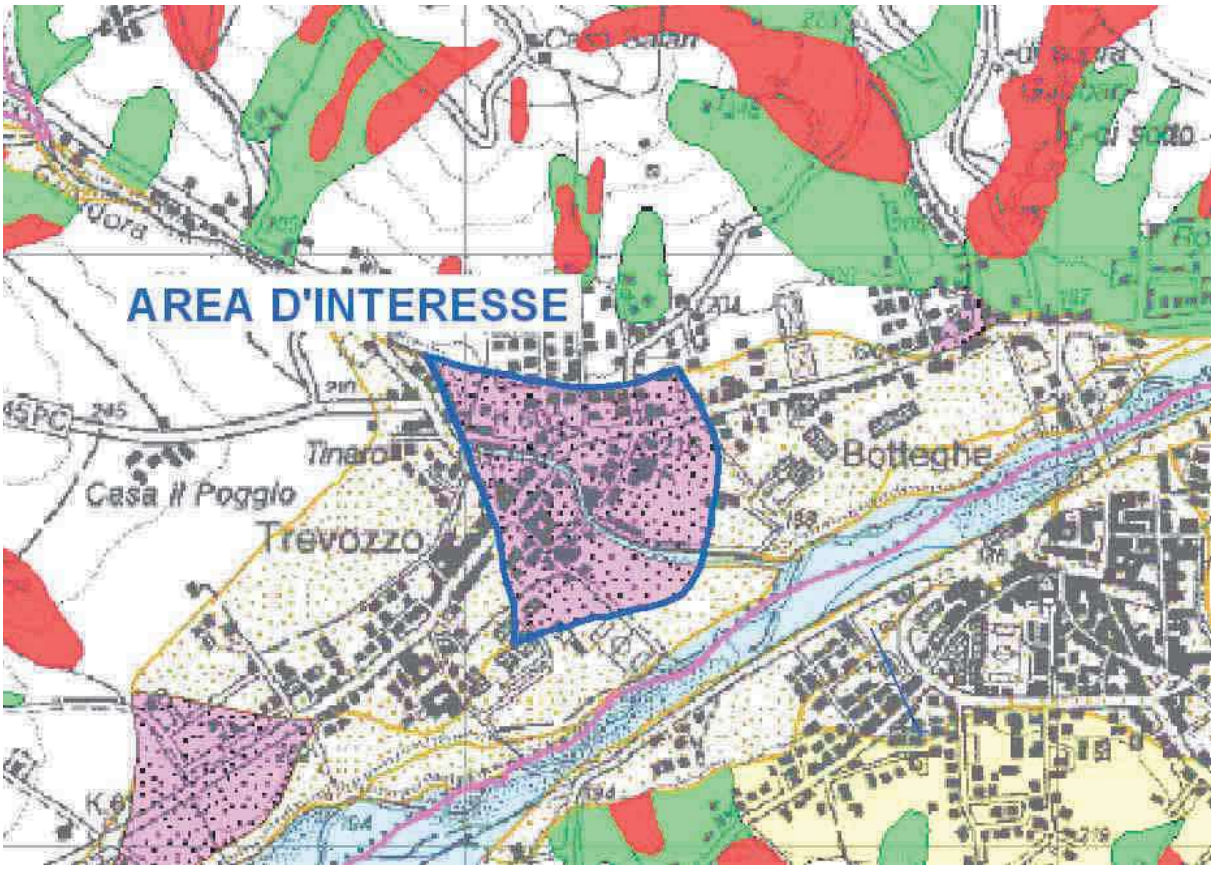
Nella carta del dissesto del PTCP della provincia di Piacenza e nella "Carta del Dissesto Comunale" allegata al PSC (in questo caso coincidenti), l'area d'interesse è classificata come "conoide inattiva". Le norme del PTCP (comma 8 dell'art. 31), consentono per le aree segnalate come dissesti potenziali (compatibilmente con il grado di "rischio" accertato mediante opportuni approfondimenti geologici), di realizzare interventi edilizi (ampliamenti, nuove costruzioni ecc.), altrimenti non consentiti nelle aree di conoide inattiva.

L'indagine ha avuto i seguenti obiettivi:

- Ricostruire l'assetto geologico-sismico dell'area d'interesse;
- Valutare il rischio geomorfologico ed idraulico dell'area;
- Suddividere la conoide inattiva in classi di rischio in base alla "pericolosità" geologica.



Carta del dissesto allegata al PSC



Carta del dissesto allegata al PTCP

2. INDAGINI ESEGUITE

L'approfondimento realizzato, come indicato dalla normativa, non ha riguardato solo l'area d'interesse della Committenza, ma ha considerato anche il bacino idrografico del T. Gualdora.

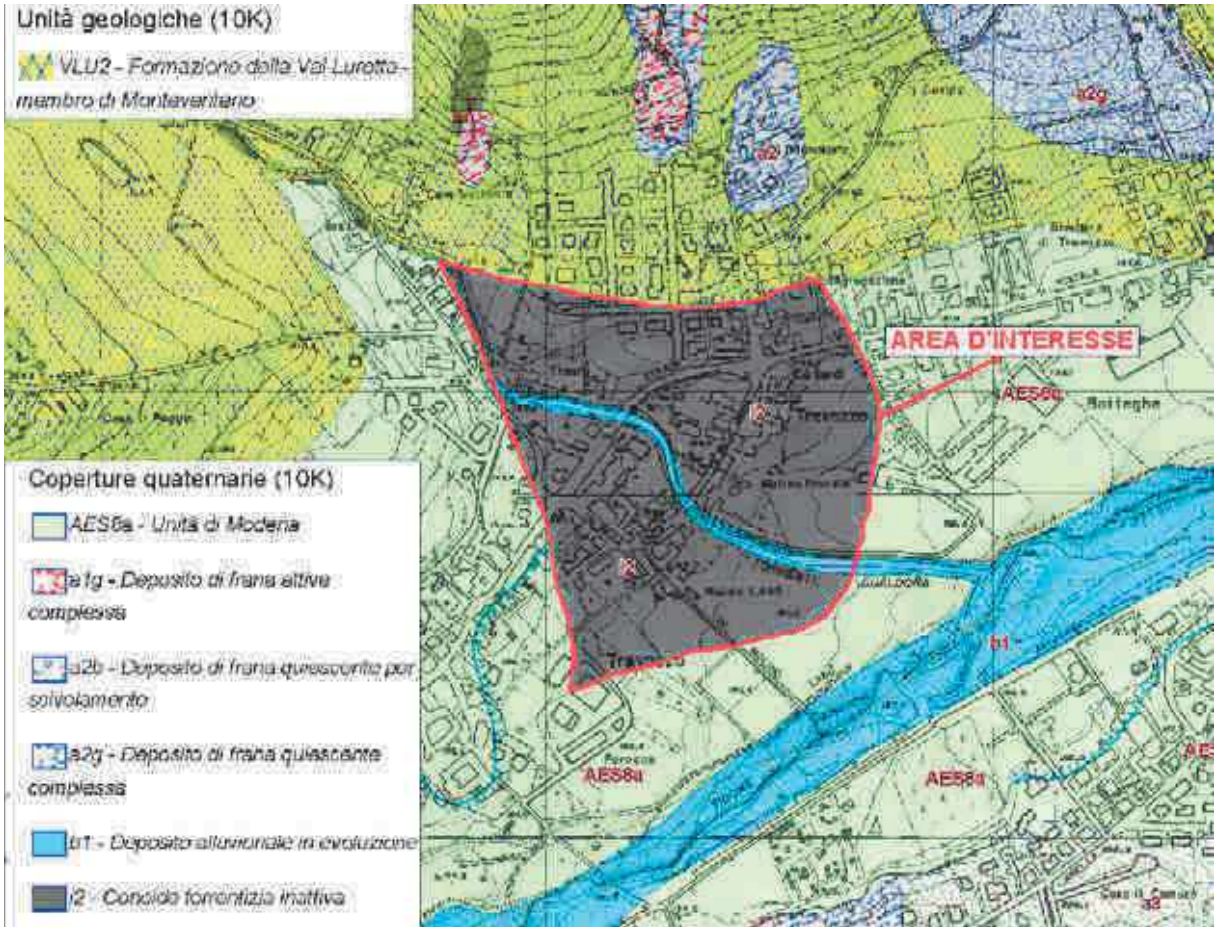
L'indagine geologico-sismica, conforme a quanto previsto dalla delibera del 2 Maggio 2007, n.112 (e successive integrazioni), in materia antisismica, ha compreso le seguenti fasi di studio:

- Raccolta ed analisi della documentazione esistente;
- Rilevamento geologico-geomorfologico di dettaglio della conoide inattiva;
- Esecuzione di 4 profili sismo-tomografici, per la valutazione dello spessore e del grado di addensamento sia del materiale di copertura che del substrato geologico;
- Registrazione di 4 profili sismici con tecnica "MASW", per la determinazione del profilo di velocità delle onde "S" e della categoria del suolo di fondazione del sito in base all'attuale normativa antisismica;
- Registrazione di 2 prove di "microtremori" (HVSR) per la stima della frequenza di vibrazione caratteristica del sito;
- Analisi del "secondo livello" con valutazione del fattore di amplificazione del sito ed identificazione dei possibili effetti di sito;
- Valutazioni sulla "pericolosità" geomorfologica dell'area e zonizzazione della conoide in classi di "Rischio".

3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO-GEOMORFOLOGICO

3.1 CARATTERISTICHE GEOLOGICHE

Come documento di base per l'inquadramento geologico dell'area, è stata utilizzata la "Carta Geologica" della regione Emilia Romagna alla scala 1:10000.



Estratto della Carta Geologica Regionale

La "Formazione" rocciosa affiorante nel settore in esame è la formazione di "Val Luretta" qui rappresentata dal Membro di Monteventano (VLU2).

Dal punto di vista litostratigrafico la formazione geologica d'interesse, è costituita da alternanze decametriche di strati arenaceo-pelitici di spessore medio e di pacchi calcareo-marnosi in strati medi e spessi, più frequenti verso il tetto del membro.

Nel dettaglio la "conoide" inattiva d'interesse, su cui è localizzata una parte dell'abitato di Trevozzo, è appoggiata sui depositi terrazzati del T. Tidone.

3.2 CARATTERISTICHE GEOMORFOLOGICHE

L'area si presenta sub-pianeggiante, con la tipica forma a "ventaglio" delle conoidi, leggermente degradante verso il T.Tidone. Le quote topografiche sono comprese fra i 197 m.s.l.m dell'apice, e i 191 m.s.l.m della zona distale.

In sponda sinistra, il settore apicale della conoide si presenta solo leggermente sopraelevato (circa 1 metro) rispetto all'alveo del torrente.



Panoramica della parte apicale della conoide – sponda sinistra



Panoramica della parte apicale della conoide – sponda sinistra al raccordo con il versante

Nella cartografia ufficiale il limite della conoide risulta impropriamente spostato verso il versante, mentre in realtà, come si può chiaramente notare dalla foto sopra riportata, il limite

effettivo è dovrebbe essere spostato di almeno 50 metri verso valle. Nel settore centrale della conoide, l'alveo del torrente, contenuto in opere di difesa spondale, presenta quote di almeno 2 metri inferiori rispetto al terreno circostante.



Panoramica del settore centrale della conoide



Panoramica del settore distale della conoide

A valle dell'abitato di Trevozzo la conoide si appoggia, sfumando sui terrazzi alluvionali del T.Tidone. Anche in questo caso il limite effettivo della conoide sembra essere leggermente più a Nord-ovest rispetto a quello indicato nella cartografia.

4. INQUADRAMENTO IDROLOGICO E IDROGEOLOGICO

L'elemento idrografico più rilevante è rappresentato dal T. Gualdora.

Il corso d'acqua nasce all'altezza dell'abitato di Tassara ad una quota topografica di circa 500 m.s.l.m. e scorre in prossimità del confine fra i comuni di Ziano e Nibbiano per sfociare, dopo un percorso di 6 Km, in Tidone all'altezza dell'abitato di Trevozzo, ad una quota di 190 m.s.l.m.

La pendenza media del corso d'acqua è di 5.5 %, mentre il bacino idrografico misura circa 13.5 Kmq.

In base a studi del Servizio Tecnico dei Bacini dell'Emilia Romagna la massima piena (catastrofica) prevedibile all'altezza dell'abitato di Trevozzo è di 68 mc/s.

I dati storici non segnalano eventi alluvionali legati al T. Gualdora, che abbiano interessato l'abitato di Trevozzo.

Dai sopralluoghi effettuati, l'alveo del torrente risulta sufficientemente sgombro, grazie anche ai recenti interventi di manutenzione, senza la presenza di materiale (vegetazione, macerie ecc.) che potrebbero causare pericolosi restringimenti della sezione di deflusso in occasione di eventi meteorici intensi.



T. Gualdora in corrispondenza dell'attraversamento della S.S. 412 della Val Tidone



T. Gualdora nel tratto fra i 2 ponti



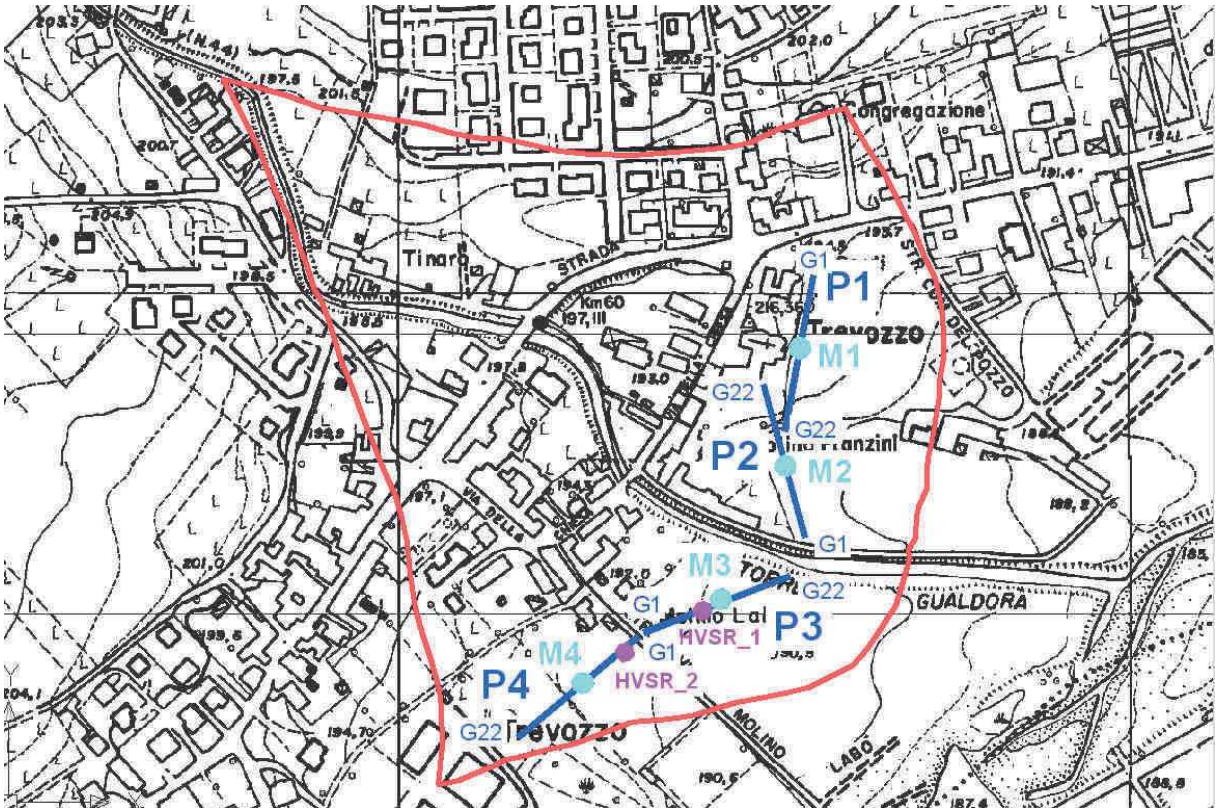
T. Gualdora immediatamente a valle dell'abitato di Trevozzo

In prossimità dello sbocco del torrente Gualdora in Tidone, sono stati osservati alcuni locali franamenti spondali che potrebbero subire ulteriori evoluzioni in occasione di eventi di piena.

Nel complesso, comunque, si ritiene che la conoide del torrente sia in buone condizioni di sicurezza, e che locali e poco probabili esondazioni, potrebbero interessare solo le aree più depresse a ridosso del torrente.

5. INDAGINI GEOGNOSTICHE

Come già accennato, sono stati realizzati 4 profili sismo-tomografici, 4 prove "Masw" e 2 prove HVSR.



Planimetria indagini geognostiche

5.1 SISMICA A RIFRAZIONE (Tomografia-Sismica)

5.1.1 Cenni metodologici

La prospezione sismica rappresenta una tecnica di prospezione geofisica che consente, attraverso l'acquisizione e l'elaborazione di dati, la costruzione d'immagini bidimensionali (o tridimensionali) della variazione della velocità sismica. Con questa tecnica si riesce ad avere, pertanto, una visione seppur qualitativa della stratigrafia del terreno investigato, in termini di variazioni di "densità" dello stesso, essendo questo parametro direttamente legato alla velocità sismica. La tecnica di prospezione, consiste nella misura dei tempi impiegati dalle onde sismiche longitudinali (onde P) per percorrere un tragitto rettilineo tra una serie di punti d'energizzazione (sorgente sismica) e una serie di punti di ricezione (geofoni). Il confronto matematico tra i vari tempi permette di suddividere lo spazio compreso tra le due serie di punti in porzioni, o "celle elementari" (quadrate per le sezioni bidimensionali come quelle in esame, o cubiche per sezioni tridimensionali) caratterizzate ognuna da un proprio valore di velocità sismica.

5.1.2 Modalità esecutive

I profili registrati sono costituiti da allineamenti di 22 geofoni spaziati di 5 metri. In punti predefiniti dei profili, sono stati creati artificialmente degli impulsi elastici mediante l'utilizzo di una massa battente; l'energizzazione è avvenuta in 7 punti disposti simmetricamente agli stendimenti e precisamente nelle seguenti posizioni:

- 2 punti esterni al profilo
- 2 punti agli estremi del profilo
- 3/4 lungo il profilo.

La registrazione dei sismogrammi è stata effettuata mediante un sismografo Geode della Geometrics a 24 canali ad elevata dinamica (24 bit).



Fasi esecutive delle prove sismiche

5.1.3 Strumentazione utilizzata

Il "Geode" è un sismografo modulare a 24 bit che rappresenta l'ultima frontiera dei sistemi di registrazione sismica combinando il meglio dei tradizionali sismografi Geometrics con la flessibilità di un sistema distribuito. Geode è un sismografo ad elevata dinamica (144 dB di range dinamico totale – 105 dB istantanei a 2 msec di campionamento). Grazie

all'ampia banda d'ingresso (1.75 Hz – 20 kHz, con velocità di campionamento da 0.02 msec a 16 msec), esso è perfettamente idoneo per un'ampia gamma di applicazioni: sismica a rifrazione, sismica a riflessione (anche ad altissima risoluzione), monitoraggio di vibrazioni, applicazioni sismologiche, downhole e VSP. In acquisizione sono disponibili tutte le funzioni di filtri, pre-amplificazione, line-test e instrument-test, tipiche dei sistemi di registrazioni evoluti.



Sismografo "Geode"

L'atrezzatura utilizzata è composta da:

- Sismografo modulare Geode 3-1000+ canali,
- Massa battente da 10 Kg,
- Piastra di battuta in alluminio 15x15x2,5cm,
- Batteria ricaricabile 12 V,
- Cavo per sismica a rifrazione stranded, 130 mt con 24 takeouts SPT-21 a 5 metri di intervallo e due code da 7.5 mt l'una terminate con connettore Bendix 61S,
- Geofoni GS20DX, 10 Hz verficali, 395 Ohm con puntale da 3" ed 1,5 mt di cavo terminato con mueller clip singola MC-20-SP,
- Computer portatile ACER.

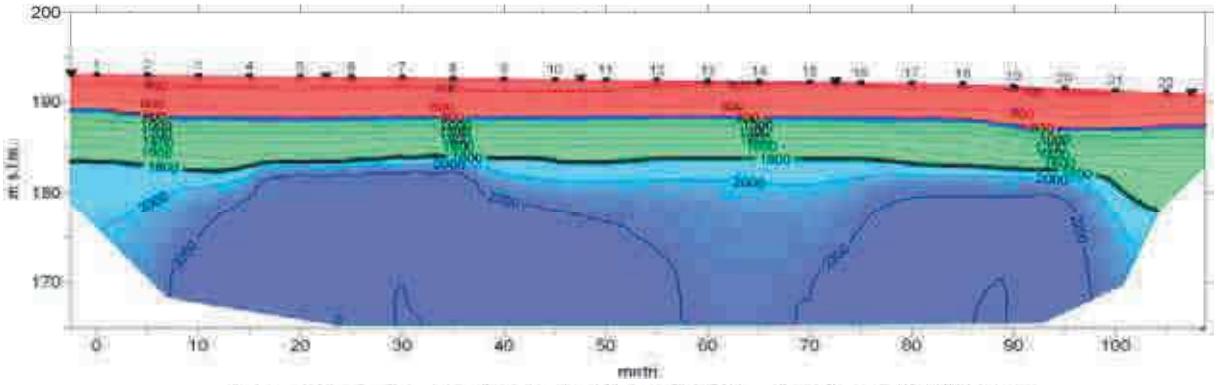
5.1.4 Elaborazione

In questo caso i dati acquisiti sono stati interpretati secondo un metodo sismico-tomografico utilizzando il software SeisOpt@2D v4.0 prodotto dalla OPTIM. La procedura d'elaborazione ha comportato in una prima fase la lettura dei tempi dei primi arrivi sui sismogrammi. In seguito, sono stati ricostruiti i percorsi dei raggi sismici attraverso il terreno. In linea teorica, ogni punto del mezzo investigato, è attraversato in tutte le direzioni, dai raggi sismici. Di ogni raggio è quindi calcolata la traiettoria e, sul confronto fra tutti i possibili percorsi e tempi impiegati, ed è stabilita per ogni punto (o cella di dimensioni 2.5x1.25 m, in questo caso) la sua velocità sismica caratteristica. Il risultato finale dell'elaborazione consiste in una sezione (Fig. 5) di velocità sismiche, rappresentata sia per isovelocità sia tramite

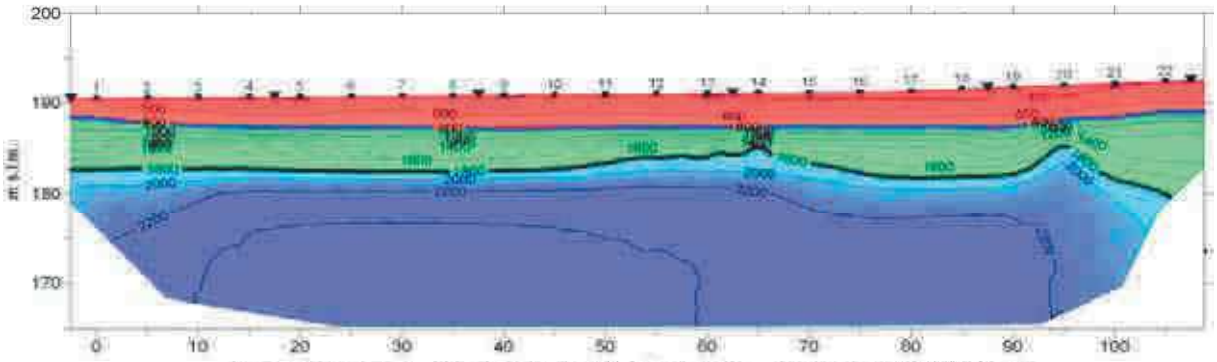
colori. Alle diverse classi di velocità sismica, sono stati attribuiti colori che vanno, dal rosso per i valori più bassi, al blu per i valori più elevati. La scala cromatica evidenza i cambiamenti di velocità ritenuti più significativi.

5.1.5 Analisi dei risultati

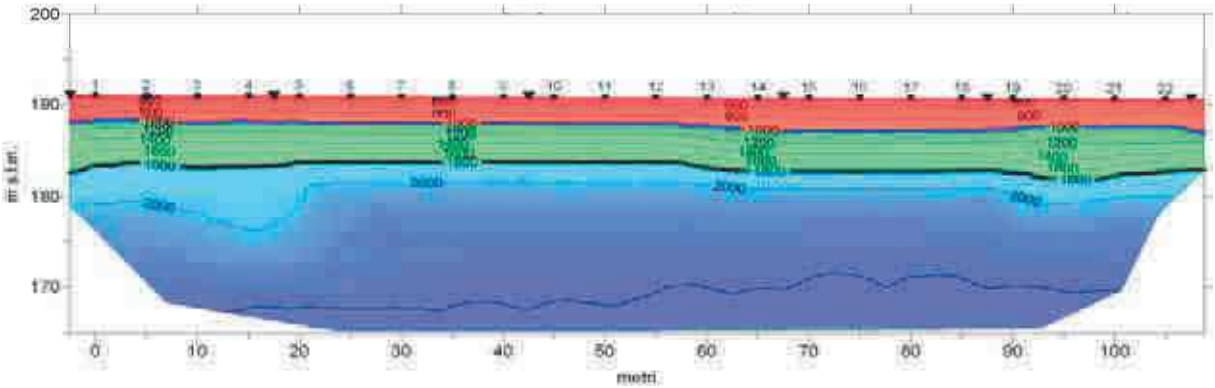
Loc. Trevozzo - Conoide del T. Gualdora - Comune di Nibbiano
TOMOGRAFIA SISMICA - P1



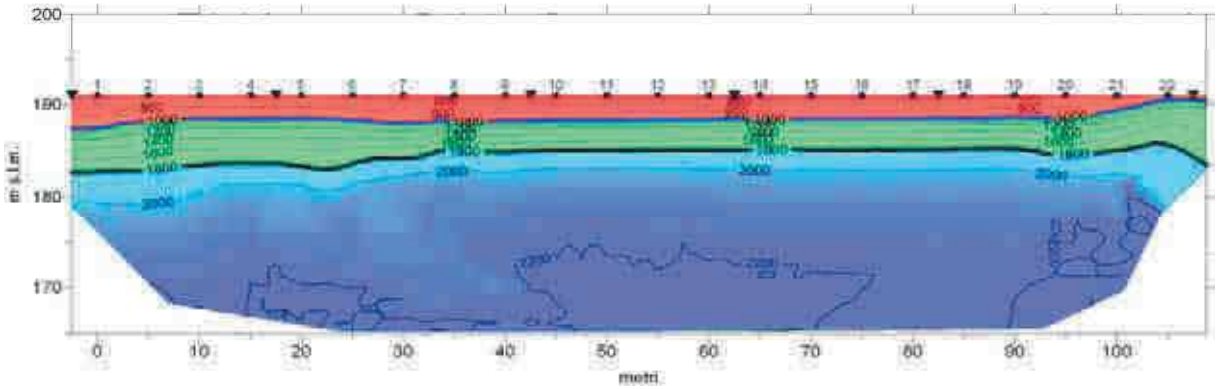
Loc. Trevozzo - Conoide del T. Gualdora - Comune di Nibbiano
TOMOGRAFIA SISMICA - P2



Loc. Trevozzo - Conoide del T. Gualdora - Comune di Nibbiano
TOMOGRAFIA SISMICA - P3



Loc. Trevozzo - Conoide del T. Gualdora - Comune di Nibbiano
TOMOGRAFIA SISMICA - P4



L'elaborazione ha permesso la distinzione di varie unità secondo le loro caratteristiche sismiche:

- ***Unità allentata superficiale*** *(colore rosso),* con velocità inferiori a **1000 m/ s**. L'unità corrisponde al materiale di copertura in prevalenza di natura limo-argillosa. Gli spessori sono mediamente variabili da 2/3 m;
- ***Unità intermedia mediamente addensata*** (colore verde), con velocità media di **1300 -1500 m/ sec** e spessori di circa 3/4 m. Tale unità, può essere correlata al materiale ghiaioso in matrice limo-argillosa che forma l'ossatura della conoide e del terrazzo alluvionale del T. Tidone;
- ***Unità di fondo addensata (colore azzurro e blu)***, con velocità media di 2000-2200 m/s. L'unità può essere associata al locale substrato roccioso.

5.2 PROVE PER LA DETERMINAZIONE DEL PROFILO DI VELOCITA' DELLE ONDE SISMICHE "S"

Per la determinazione del profilo di velocità delle onde "S" e della categoria del suolo di fondazione, è stato utilizzato il metodo "Masw". I profili "Masw" sono stati realizzati in corrispondenza degli stendimenti sismo-tomografici.

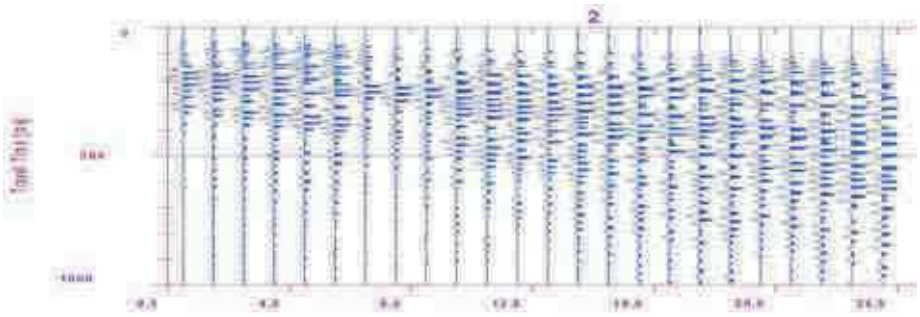
5.2.1 Cenni metodologici

Il MASW (Park et al., 1999) è stato sviluppato in parte per superare le difficoltà dell'applicazione del SASW in ambienti rumorosi. La tecnica, che prevede la registrazione simultanea (in questo caso l'energizzazione è prodotta da una massa battente di almeno 10 Kg) di 12 o più canali, fornisce una ridondanza statistica delle misure di velocità di fase e ne avvalora la veridicità. Il salvataggio delle tracce nel dominio temporale, permette inoltre di distinguere e evidenziare, le onde di Rayleigh presenti nel record, che sono caratterizzate da un'elevata ampiezza di segnale (circa il 60% dell'energia prodotta dalla sorgente artificiale si

distribuisce in onde di superficie). Una particolare analisi spettrale, "overtone analysis", produce un grafico Velocità di fase-frequenza in cui si può distinguere il modo fondamentale delle onde di superficie da cui ricavare la curva di dispersione ed il profilo delle Vs per successiva inversione 1-D. La tecnica permette, inoltre, di eseguire misure ripetute spostandosi nella direzione di allineamento per risalire ad un profilo bidimensionale che evidenzia le variazioni laterali delle Vs. Il software utilizzato per l'elaborazione dei dati è il "**winMASW**" versione **Academy** della **Eliosoft**.

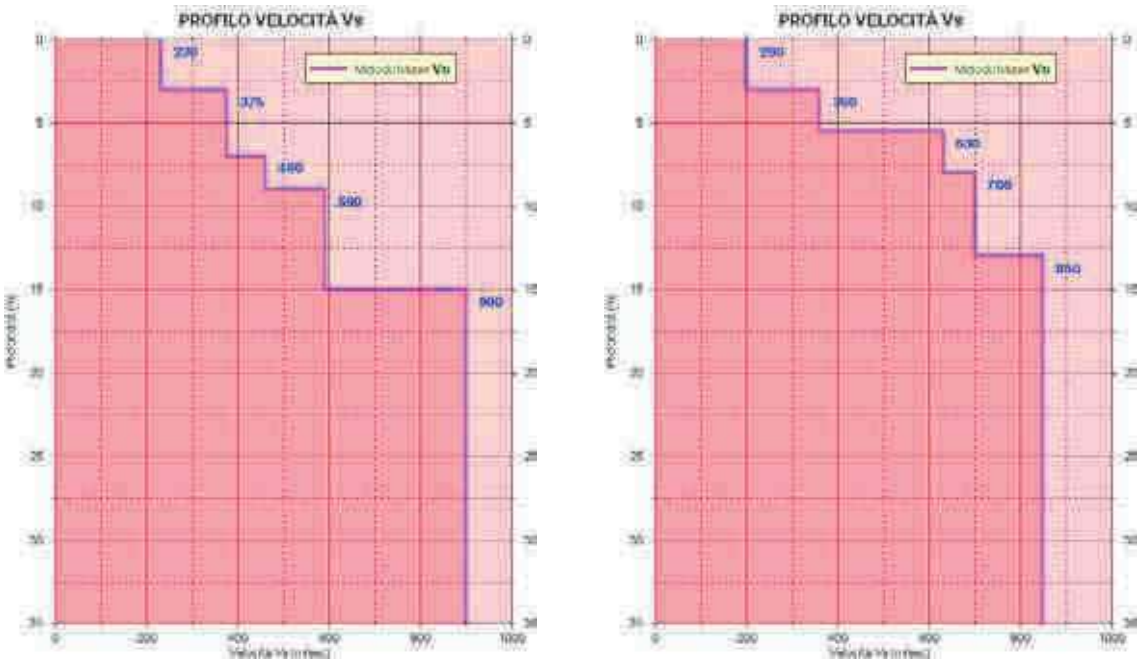
5.2.2 Modalità esecutive

Come già accennato sono stati acquisiti 4 stendimenti di 22 geofoni, con distanza intergeofonica di 5 m. La lunghezza delle registrazioni è stata di 1 sec, con un passo di campionamento di 0.25 ms.

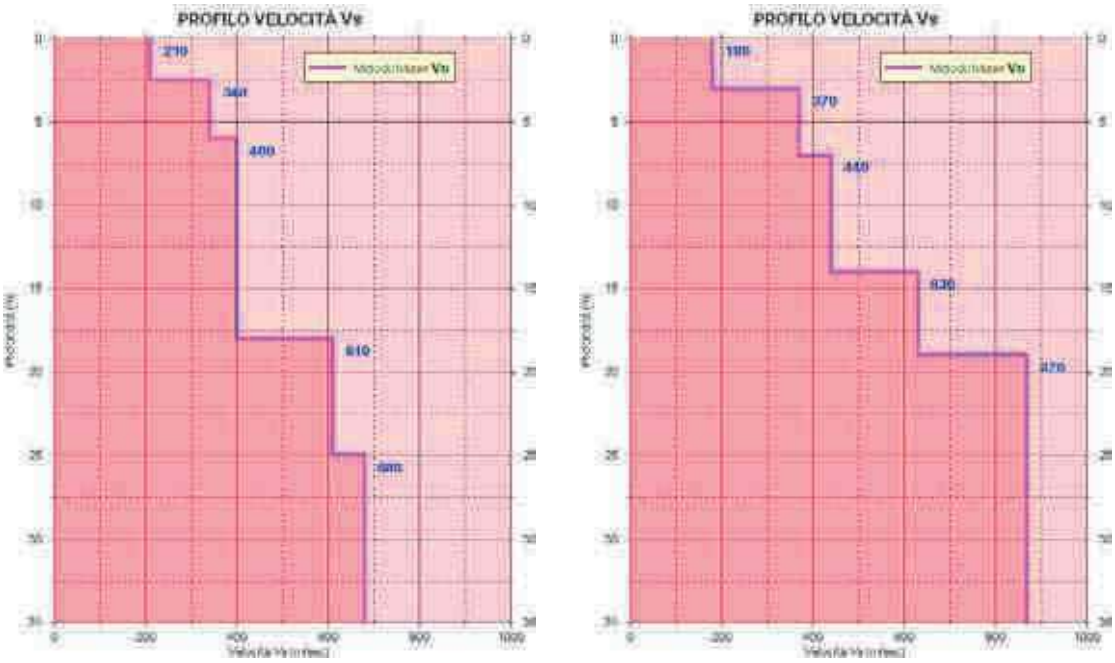


Esempio di registrazione con tecnica "Masw"

5.2.3 Commento dei risultati



Risultati delle prove "Masw" - M1 e M2



Risultati delle prove "Masw" - M3 e M4

Esaminando i profili di velocità ottenuti si possono fare queste considerazioni:

- Dalla superficie fino a 2-3 m dal p.c. sono presenti materiali caratterizzati da valori di Vs medio-bassi (Vs< 300 m/s). Tali depositi possono essere correlati alla copertura limo-argillosa;
- Più in profondità, fino a 6-8 metri, i valori di Vs aumentano segnalando la presenza di materiale più addensato, probabilmente di natura ghiaiosa;
- Oltre i 6-8 metri si ha un aumento di velocità, con valori che superano i 400 m/s in corrispondenza del substrato roccioso parzialmente alterato;
- Ancora più in profondità si ha un più significativo aumento di velocità, in corrispondenza del substrato roccioso più compatto;
- Il "Bedrock" sismico (Vs>800 m/s) è stato individuato mediamente a profondità di 15-20 metri;
- I valori di Vs 30 calcolati sono di 503 m/s (M1), 560 m/s (M2), 430 m/s (M3) e 470 m/s (M4);
- In base all'attuale normativa (NTC2008) il sito d'interesse presenta un suolo di fondazione di tipo B.

5.3 MISURA DEI RAPPORTI SPETTRALI HVSR – (IPOTESI DI NAKAMURA)

5.3.1 Cenni Metodologici

Il metodo dei rapporti spettrali di singola stazione (HVSR) e' largamente utilizzato in paesi con elevato rischio sismico quali il Giappone per la stima degli effetti di amplificazione di sito. Il

microtremore, un'impercettibile oscillazione naturale del suolo, è presente in qualsiasi punto della superficie terrestre e consiste per lo più nelle onde sismiche prodotte dal vento e dal moto ondoso marino negli strati superficiali della Terra. Anche le attività umane (industrie, traffico stradale ecc.) possono produrre localmente microtremore, ma in genere tale segnale viene attenuato piuttosto rapidamente a causa delle sue caratteristiche di alta frequenza.

E' interessante evidenziare come il microtremore agisca da oscillatore naturale e quindi permetta, tramite adeguata strumentazione, la misura diretta delle frequenze di vibrazione dei terreni e dei manufatti. La tecnica utilizzata, proposta da Nakamura (Nakamura, Y., 1989. A method for dynamic characteristics estimation of subsurface using microtremor on the ground surface. QR of RTRI, Vol. 30, No.1, 25-33) per lo studio delle amplificazioni di sito assume che i microtremori consistano principalmente di onde di Rayleigh che si propagano in un singolo strato soffice su semispazio e che la presenza di questo strato sia la causa dell'amplificazione al sito. Tale tecnica permette di separare i termini di sorgente-percorso e di sito tramite i rapporti tra le componenti del moto, senza utilizzare alcun sito di riferimento. Le ipotesi su cui si basa la tecnica di Nakamura sono le seguenti:

- ***I microtremori sono generati da sorgenti locali, e non da sorgenti profonde i cui contributi sono trascurabili;***
- ***Le sorgenti dei microtremori in superficie non influenzano i microtremori alla base dello strato considerato;***
- ***La componente verticale del moto non risente di effetti di amplificazione locale;***
- ***Il picco visibile nei rapporti H/V (rapporto tra l'ampiezza spettrale della componente orizzontale e l'ampiezza spettrale della componente verticale) è indipendente dalle caratteristiche della sorgente del rumore ed è invece fortemente dipendente dalle condizioni stratigrafico-litologiche del terreno. Tale picco è inoltre ben correlato con la frequenza fondamentale di vibrazione del terreno soggetto alla propagazione di onde S verticali e con il picco fondamentale delle curve di dispersione delle onde di Rayleigh.***

Le principali applicazioni delle prove H/V si possono così sintetizzare:

- ***Misura delle frequenze di risonanza dei suoli;***
- ***Effetti di sito e microzonazione sismica (curve H/V, metodo di Nakamura);***
- ***Stratigrafia sismica passiva;***
- ***Segnalazione dei possibili fenomeni di doppia risonanza suolo-struttura.***

Di particolare importanza è la frequenza di vibrazione del sito, caratterizzata dal maggiore rapporto di ampiezze **H/V**, nell'intervallo di frequenze di interesse ingegneristico (frequenze generalmente inferiori a **15 Hz**), denominata frequenza fondamentale di vibrazione f0. E'

possibile poi determinare la profondità degli strati sismici mediante la misura diretta delle frequenze di vibrazione, associata alla misura delle velocità delle onde S tramite la relazione:

f0= Vs/ 4H

dove **Vs** è la velocità media delle onde di taglio, e **H** è la profondità della discontinuità sismo-stratigrafica.

Le misure **HVSR** permettono inoltre, se associate a misure di dispersione delle onde di superficie (Masw, ReMi ecc.), di vincolare il profilo **Vs** e quindi di ottenere una ricostruzione più "robusta" del profilo di velocità e raggiungere profondità non direttamente raggiungibili dalle prove **Masw** e **Esac-ReMi**.

A causa della pesante non-univocità della soluzione, una modellazione del solo **HVSR** senza quantitative informazioni sulle **Vs** ottenute da misure **Masw** / **Esac-ReMi.**, non risulta affidabile per la determinazione del profilo di velocità delle onde **S** e quindi della valutazione della **Vs30**.

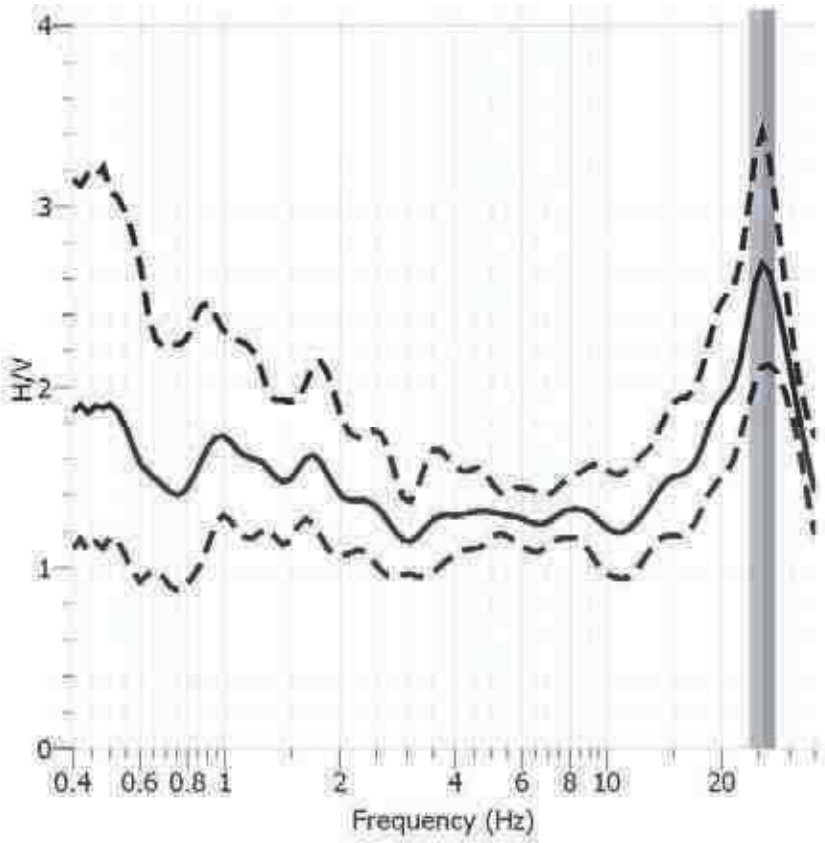
5.3.2 Strumentazione utilizzata e modalita' di acquisizione

Per la registrazione delle 2 prove, è stato utilizzato lo stesso sismografo utilizzato per la prova "Masw", interfacciato a geofoni tridimensionali. I sensori dei geofoni tridimensionali, hanno una frequenza propria di **4.5 Hz**. Le registrazioni hanno avuto una lunghezza di **26** minuti, con un campionamento a **125 Hz**.

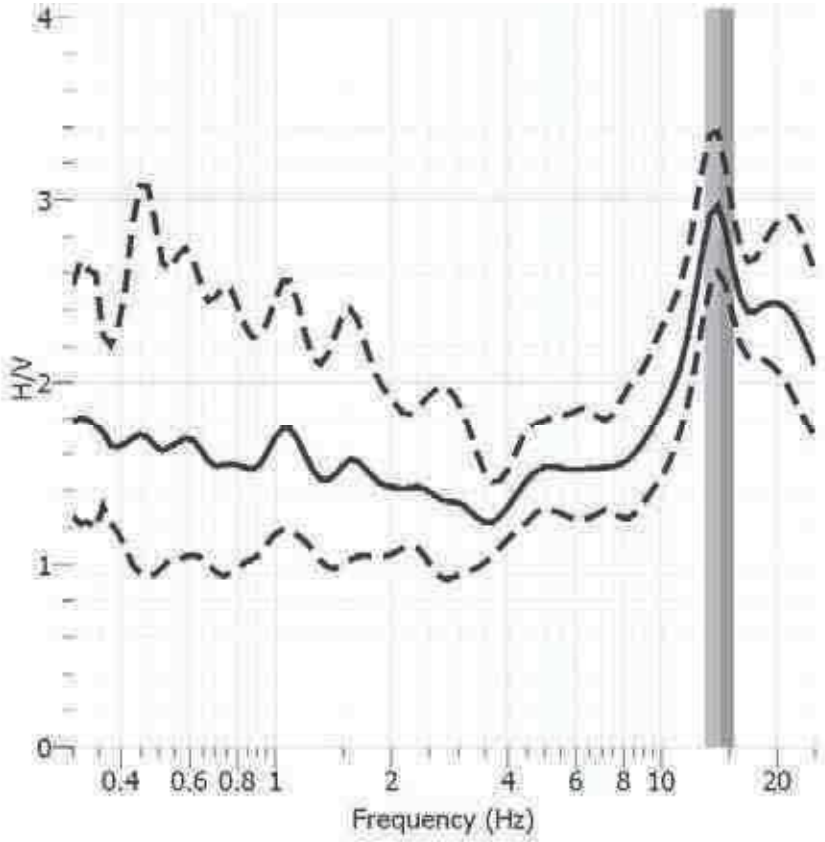
5.3.3 Elaborazione ed analisi dei dati

Per l'elaborazione dei dati sismici è stato utilizzato il software free "**Geopsy**".

Il progetto "**Geopsy**" distribuisce tutti i software sviluppati nell'ambito di un pacchetto chiamato "**Sesarray**". Esso contiene diversi strumenti si occupano di tutti gli aspetti del trattamento di vibrazioni ambientali per la caratterizzazione del suolo. Le principali applicazioni contenuti all'interno di "**Sesarray**" sono "**Geopsy**" e "**Dinver**".



Risultati prova HVSR 1



Risultati prova HVSR 2

I risultati delle prove si possono così sintetizzare:

- Le frequenze caratteristiche del terreno sono elevate 15 Hz/25 Hz;
- Le frequenze elevate rilevate indicano contrasti d'impedenza sismica superficiali al passaggio fra materiale di copertura e i depositi ghiaiosi sottostanti;
- Le frequenze di vibrazione del sito sono di scarso interesse ingegneristico poiché le normali tipologie edilizie presentano frequenze di vibrazione inferiori ai 10 Hz;
- Sono quindi scongiurati potenziali fenomeni di doppia risonanza terreno-strutture.

6. MODELLO GEOLOGICO DELL'AREA

Le indagini realizzate in questa fase associate alle indicazioni emerse in precedenti campagne geognostiche e alle più generali conoscenze geologiche hanno consentito di ricostruire il modello geologico-geotecnico di riferimento per l'area d'interesse.

SINTESI DEI PARAMETRI GEOTECNICI

Livello A	**Litologia:** *limo e argilla con sporadiche intercalazioni lapidee – da mediamente a poco compatto*	
Dal p.c. a –2/-3 m	Peso di volume Angolo di attrito Coesione Coesione non drenata	**γ = 1.80 t/ mc** **φ = 24°** **C = 0.05 Kg/ cmq** **Cu = 0.4 Kg/ cmq**
Livello B	**Litologia:** *ghiaie in abbondante matrice limo-argillosa*	
Da –2/-3 m a -6/-8 m	Peso di volume Angolo di attrito	**γ = 1.90 t/ mc** **φ = 33-35°**
Livello C	**Litologia:** *substrato roccioso di natura marnosa e calcareo-marnosa alterato alla sommità*	
Oltre –6/-8 m	Peso di volume Angolo di attrito Coesione non drenata	**γ = 2.00 t/ mc** **φ = 35°** **Cu= 1.0/ 1.5 Kg/ cmq**

7. VALUTAZIONE DELLA PERICOLOSITA' SISMICA DELL'AREA (delibera del 2 Maggio 2007, n.112, in materia antisismica e successive integrazioni)

7.1 OBIETTIVI DELLA DELIBERA

Scopo del presente atto di indirizzo e coordinamento è quello di fornire i criteri per la per l'individuazione delle aree soggette ad effetti locali e per la microzonazione sismica del territorio in modo da orientare le scelte della pianificazione verso aree caratterizzate da minore pericolosità sismica. Lo studio della pericolosità di base e della pericolosità locale hanno come obiettivi:

- *l'individuazione delle aree dove in occasione dei terremoti attesi possono verificarsi effetti locali;*
- *la stima quantitativa della risposta sismica locale dei depositi e delle morfologie presenti nell'area di indagine ("Analisi della Risposta Sismica Locale", RSL);*
- *la suddivisione del territorio in sottozone a diversa pericolosità sismica locale ("Microzonazione Sismica", MZS).*

I risultati dell'analisi della pericolosità sismica locale e della microzonazione sismica, devono essere applicati nella redazione degli strumenti di pianificazione territoriale e urbanistica.

7.2 LIVELLI DI APPROFONDIMENTO

Gli studi di risposta sismica locale e microzonazione sismica vanno condotti a diversi livelli di approfondimento a seconda delle finalità e delle applicazioni nonché degli scenari di pericolosità locale.

Tali studi svolti devono essere descritti in una relazione che indichi chiaramente il livello di approfondimento, le indagini effettuate e i risultati ottenuti e devono fornire una cartografia dello stato del territorio, e sono un riferimento necessario per la Valutazione di Sostenibilità Ambientale e Territoriale (VALSAT) preventiva delle singole scelte del piano.

Si identificano due fasi di analisi con diversi livelli di approfondimento.

La prima fase è diretta a definire gli scenari di pericolosità sismica locale, cioè ad identificare le parti di territorio suscettibili di effetti locali (amplificazione del segnale sismico, cedimenti, instabilità dei versanti, fenomeni di liquefazione, rotture del terreno, ecc.). L'individuazione delle aree soggette ad effetti locali si basa su rilievi, osservazioni e valutazioni di tipo geologico e geomorfologico, svolte a scala territoriale, associati a raccolte di informazioni sugli effetti indotti dai terremoti passati. Tale analisi viene svolta - soprattutto mediante elaborazione dei dati disponibili - in sede di elaborazione del PTCP e del PSC e concorre alla definizione delle scelte di piano, fornendo prime indicazioni sui limiti e le condizioni per la pianificazione nelle suddette aree.

La seconda fase ha come obiettivo la microzonazione sismica del territorio indagato. Sulla base degli scenari individuati dalle analisi svolte nel corso della prima fase, nella seconda fase si attuano due diversi livelli di approfondimento:

a) nelle aree pianeggianti e sub-pianeggianti, incluse le zone di fondovalle appenniniche, con stratificazione orizzontale e sub-orizzontale, e sui versanti stabili con acclività ≤ 15° in cui il deposito ha spessore costante si ritiene sufficiente un'analisi semplificata (secondo livello di approfondimento), cioè l'analisi della pericolosità locale può essere basata, oltre che

sull'acquisizione di dati geologici e geomorfologici più dettagliati di quelli rilevati nel primo livello, su prove geofisiche in sito e su prove geotecniche di tipo standard. Il numero delle verticali indagate deve essere tale da consentire un'adeguata caratterizzazione geotecnica spaziale dei terreni e delle formazioni presenti nell'area di studio;

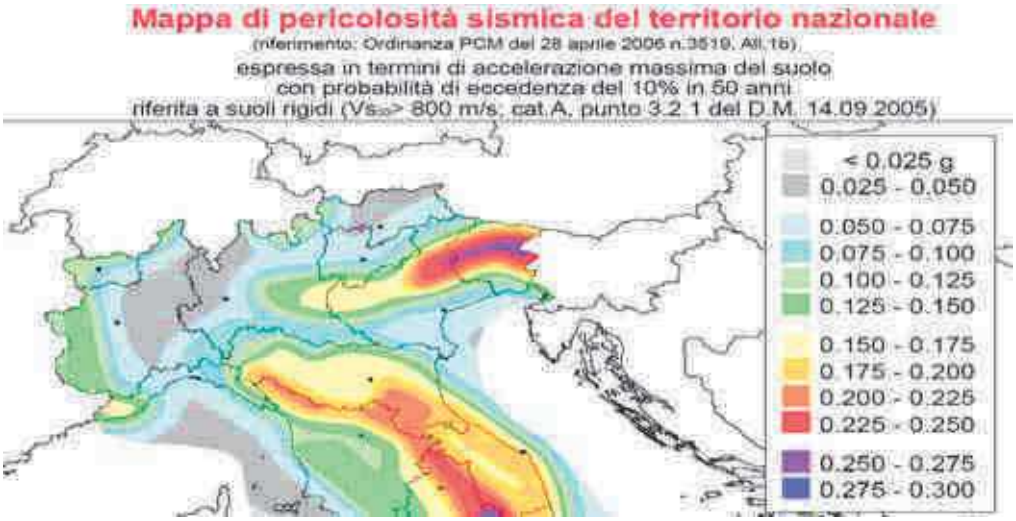
b) un'analisi più approfondita (terzo livello di approfondimento) è invece richiesta nei seguenti casi (vedere Allegato A1):

- *aree soggette a liquefazione e densificazione;*
- *aree instabili e potenzialmente instabili;*
- *aree in cui le coperture hanno spessore fortemente variabile, come ad esempio nelle aree pedemontane e di fondovalle a ridosso dei versanti;*
- *aree in cui è prevista la realizzazione di opere di rilevante interesse pubblico.*

L'analisi approfondita richiede un significativo numero di prove geofisiche e geotecniche, sia in sito che in laboratorio, rivolte alla definizione del comportamento dei terreni sotto sollecitazione dinamica. In queste parti del territorio la pericolosità potrebbe essere molto elevata e perciò deve essere attentamente valutata la possibilità di renderle suscettibili di trasformazione urbanistica.

7.3 CARATTERI SISMICI DELL'AREA

In base alla nuova carta della pericolosità sismica del territorio nazionale, i valori di PGA su suolo rigido con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni, per il Comune di Nibbiano sono compresi fra 0.075 e 0.100 g. L'area ricade nella zona simogenetica 911, in cui i meccanismi di fagliazione prevalenti sono legati a faglie trascorrenti e le profondità dei terremoti prevalentemente compresi fra 8 e 12 Km. Le magnitudo massime attese nella zona sismogenetica d'interesse sono di 5.7-6.1.Le serie storiche dei terremoti contenuti nell'archivio della Regione Emilia Romagna non segnalano eventi sismici rilevanti nell'area d'interesse.



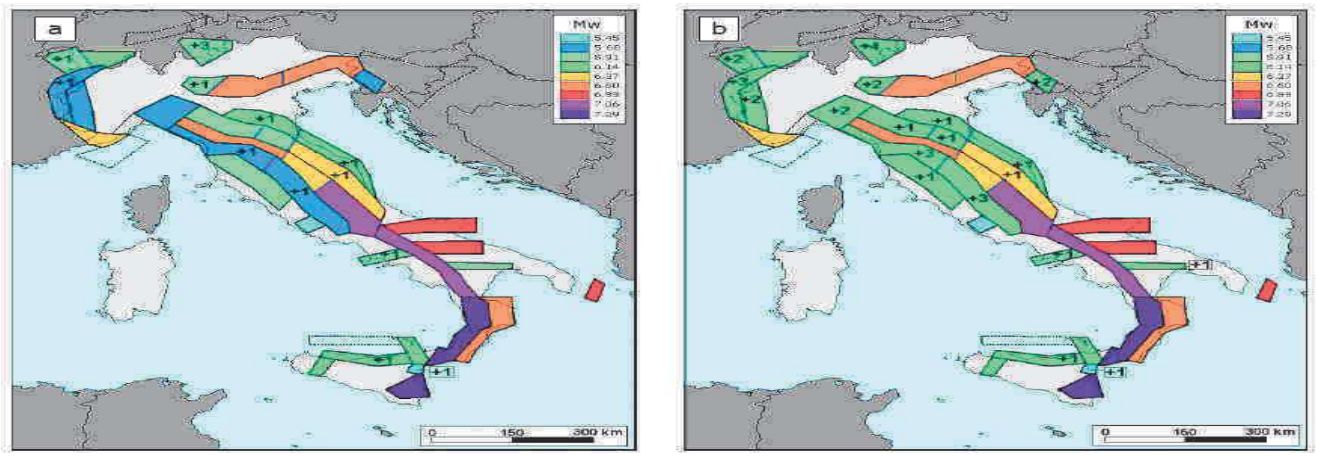


Figura 36. Valori di Mwmax corrispondenti ai due insiemi: a) "osservati" (Mwmax1); b) "cautelativi" (Mwmax2).

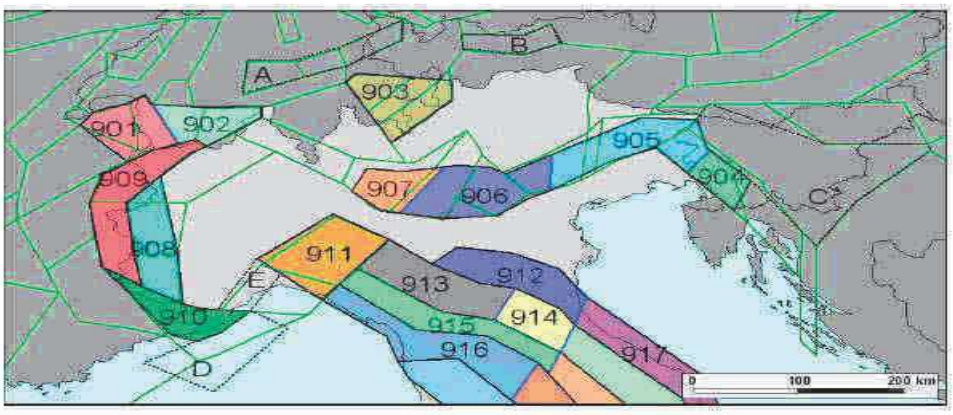


Figura 10. Zonazione sismogenetica ZS9 a confronto con la zonazione del progetto SESAME nell'area alpina (Jiménez et al., 2001; linee di colore verde).

In base alle caratteristiche geologiche del sito d'interesse, i principali effetti attesi possono ricondursi essenzialmente a fenomeni di amplificazione litologica. Sono da escludere fenomeni d'amplificazione topografica (area sub-pianeggiante) e fenomeni di liquefazione (basso valore di ag atteso e presenza di copertura di materiale eterogeneo in matrice coesiva).

7.4 VALUTAZIONE DEL FATTORE DI AMPLIFICAZIONE DEL SITO INTERESSE-ANALISI 2° LIVELLO

A2.1.1 - APPENNINO E MARGINE APPENNINICO-PADANO

In caso di substrato marino caratterizzato da Vs ≥ 800 m/s si devono usare le seguenti tabelle

F.A. P.G.A.

Vs_H / H	200	250	300	350	400	450	500	600	700	800
5	1.6	1.3	1.2	1.1	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
10	2.0	1.9	1.7	1.6	1.4	1.2	1.1	1.0	1.0	1.0
15	2.0	2.0	2.0	1.8	1.6	1.4	1.3	1.2	1.0	1.0
20	2.0	2.0	2.0	1.9	1.7	1.6	1.4	1.3	1.1	1.0
25	1.9	2.0	1.9	1.9	1.8	1.6	1.5	1.3	1.2	1.0
30	1.8	1.9	1.9	1.9	1.7	1.5	1.5	1.4	1.2	1.0
35	1.7	1.8	1.9	1.9	1.7	1.6	1.5	1.4	1.3	1.0
40	1.6	1.8	1.9	1.9	1.8	1.6	1.5	1.4	1.3	1.0

F.A. INTENSITA' SPETTRALE - 0.1s < To < 0.5s

Vs_H / H	200	250	300	350	400	450	500	600	700	800
5	1.2	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
10	1.8	1.6	1.4	1.2	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
15	2.1	2.0	1.7	1.5	1.2	1.1	1.1	1.0	1.0	1.0
20	2.3	2.3	1.9	1.7	1.5	1.4	1.2	1.1	1.0	1.0
25	2.2	2.4	2.2	2.0	1.7	1.5	1.4	1.2	1.1	1.0
30	2.1	2.3	2.3	2.1	1.9	1.7	1.5	1.3	1.2	1.0
35	1.9	2.1	2.3	2.2	1.9	1.8	1.6	1.4	1.3	1.0
40	1.8	2.0	2.3	2.3	2.0	1.8	1.6	1.4	1.3	1.0

F.A. INTENSITA' SPETTRALE - 0.5s < To < 1.0s

Vs_H / H	200	250	300	350	400	450	500	600	700	800
5	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
10	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
15	1.2	1.2	1.1	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
20	1.5	1.4	1.2	1.1	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
25	2.1	2.1	1.5	1.2	1.1	1.1	1.0	1.0	1.0	1.0
30	2.4	2.3	1.9	1.5	1.2	1.1	1.1	1.0	1.0	1.0
35	2.5	2.4	2.3	1.8	1.3	1.3	1.2	1.1	1.0	1.0
40	2.7	2.6	2.6	2.0	1.6	1.3	1.2	1.1	1.1	1.0

I fattori di amplificazioni calcolati sono riassunti nel tabella seguente:

PROVA	PROF. BEDROCK	VS 30	VS H	FA PGA	FA intensità spettrale 0.1s-0.5s	FA intensità spettrale 0.5s-1.0s
M1	15 m	503	392	1.7	1.3	1.0
M2	13 m	560	350	1.7	1.3	1.0
M3		430	454	1.6	1.8	1.3
M4	19 m	470	370	1.8	1.6	1.0

In base alla delibera sopraccitata, l'accelerazione orizzontale su suolo rigido (Vs>800 m/s) prevista per il Comune di Nibbiano è di 0.098g.

7.5 SPETTRO DI RISPOSTA (IN PGA) DELL'AREA

Nella delibera della Regione è riportata la forma dello spettro di risposta valido per tutta la regione.

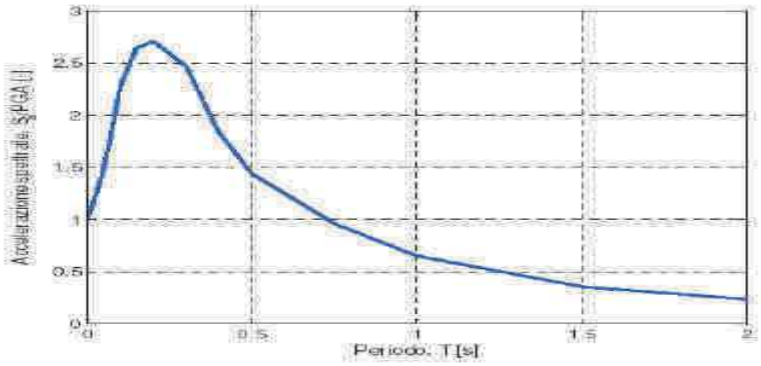
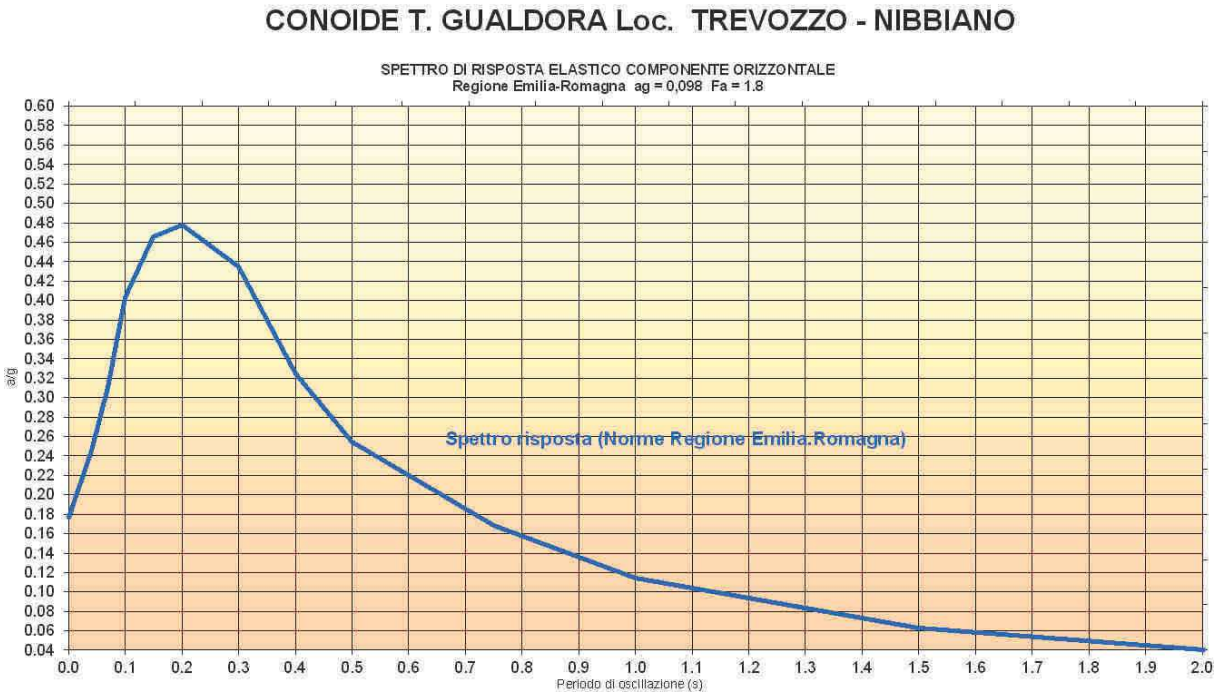


Figura 1 - Spettro di risposta normalizzato (T_R = 475 anni, smorzamento = 5%) per l'Emilia-Romagna

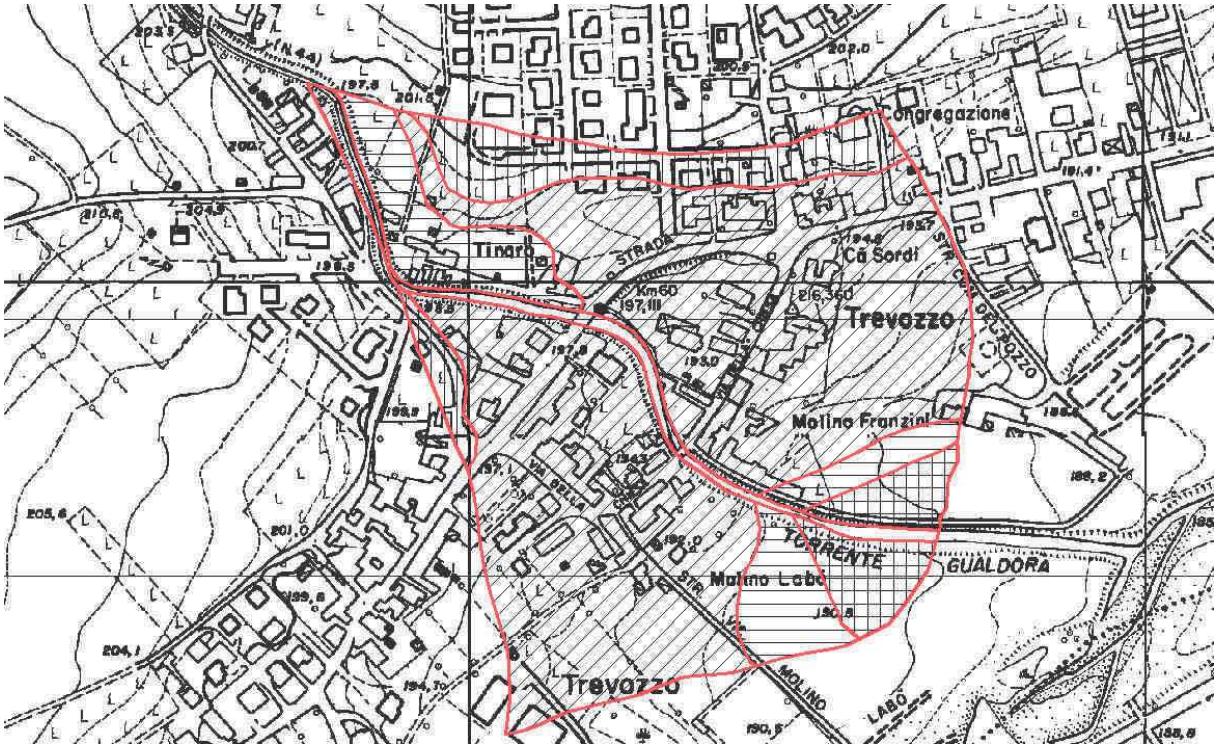
Dallo spettro di risposta normalizzato è possibile ottenere, moltiplicando i valori della tabella 1 per il valore di arefg di ogni comune, lo spettro di risposta a probabilità uniforme che descrive le caratteristiche del moto sismico atteso per ogni comune dell'Emilia-Romagna. Considerando il valore di arefg=0.098 per il comune di Nibbiano e il fattore di amplificazione massimo (1.8), è stato calcolato lo spettro di risposta del sito d'interesse.



Spettro di riposta del sito in base alle norme della regione Emilia-Romagna

8. ZONIZZAZIONE DEL RISCHIO DELLA CONOIDE INATTIVA

La "conoide" studiata è stata suddivisa, in base a criteri geologico-geomorfologici, in settori contraddistindi da un differente grado di "rischio".



Zonizzazione del "rischio" geologico della conoide inattiva

Sono state distinte 4 classi di rischio:

- **Aree a basso rischio (classe 1 - rigato verticale)**, sono le aree che per condizioni morfologiche sono collocate sul versante, al di fuori della conoide inattiva. In base a considerazioni geomorfologiche e idrologiche si ritiene che in tali aree non sussistano condizioni di "rischio" legate sia al T. Gualdora.
- **Aree a rischio moderato (classe 2 - rigato obliquo)**, corrispondono al corpo principale della conoide, sopraelevato di almeno 2 metri rispetto all'alveo del T.Gualdora. Anche in questo caso si ritiene che le aree siano in condizione di sicurezza in caso di eventi di piena del torrente.
- **Aree a rischio elevato (classe 3 – retino orizzontale)**, corrispondono alle aree più depresse prossime al corso d'acqua e/o alle aree ubicate nelle vicinanze dei dissesti rilevati lungo le sponde del torrente.
- **Aree a rischio molto elevato (classe 4 – retino incrociato)**, corrispondono alle aree ubicate immediatamente a valle dei dissesti rilevati lungo le sponde del torrente.

9. PRESCRIZIONI PER LE AREE DI CONOIDE INATTIVA IN CUI E' STATA EFFETTUATA LA VALUTAZIONE DEL RISCHIO

Classe 1 (rischio basso) – Fattibilità senza particolari limitazioni (R1):

Queste aree si ritengono utilizzabili ai fini edificatori senza particolari limitazioni all'urbanizzazione o alla modifica della destinazione d'uso; eventuali problematiche locali possono essere superate attraverso approfondimenti di indagine o accorgimenti tecnico-costruttivi.

Classe 2 (rischio moderato) – Fattibilità con modeste limitazioni (R2):

Queste aree si ritengono utilizzabili ai fini urbanistici, anche se si sono appurate alcune condizioni limitanti all'edificabilità, che possono essere superate attraverso approfondimenti di indagine o accorgimenti tecnico-costruttivi; gli interventi edificatori sono comunque permessi, prevedendo se necessario eventuali accorgimenti costruttivi necessari o interventi di riduzione del rischio idrogeologico.

Per tali zone si dovrà comunque subordinare l'autorizzazione ad ulteriori e dettagliati accertamenti geologici e geognostici.

Classe 3 (rischio elevato) – Fattibilità con significative limitazioni (R3)

In questa classe si sono inserite le zone in cui la propensione al dissesto è più elevata, ed in cui le limitazioni alla modifica della destinazione d'uso appare più consistente.

Si dovrà dunque subordinare l'autorizzazione ad ulteriori e dettagliati accertamenti geologico-tecnici e geognostici, finalizzati a valutare quali siano le azioni atte a ridurre il rischio connesso all'intervento edificatorio

Oltre a quanto consentito dalle norme del PTCP e del P.A.I. in merito ai dissesti potenziali sono ammessi solo ampiamenti delle costruzioni esistenti, con incrementi volumetrici non superiori a quanto consentito dalle N.T.A. del PSC.

Classe 4 (rischio molto elevato) – Fattibilità con gravi limitazioni (R4):

In queste zone si intende consentito solo quanto permesso dal PTCP e dal P.A.I. per i dissesti potenziali.

Nibbiano, 12/02/2016

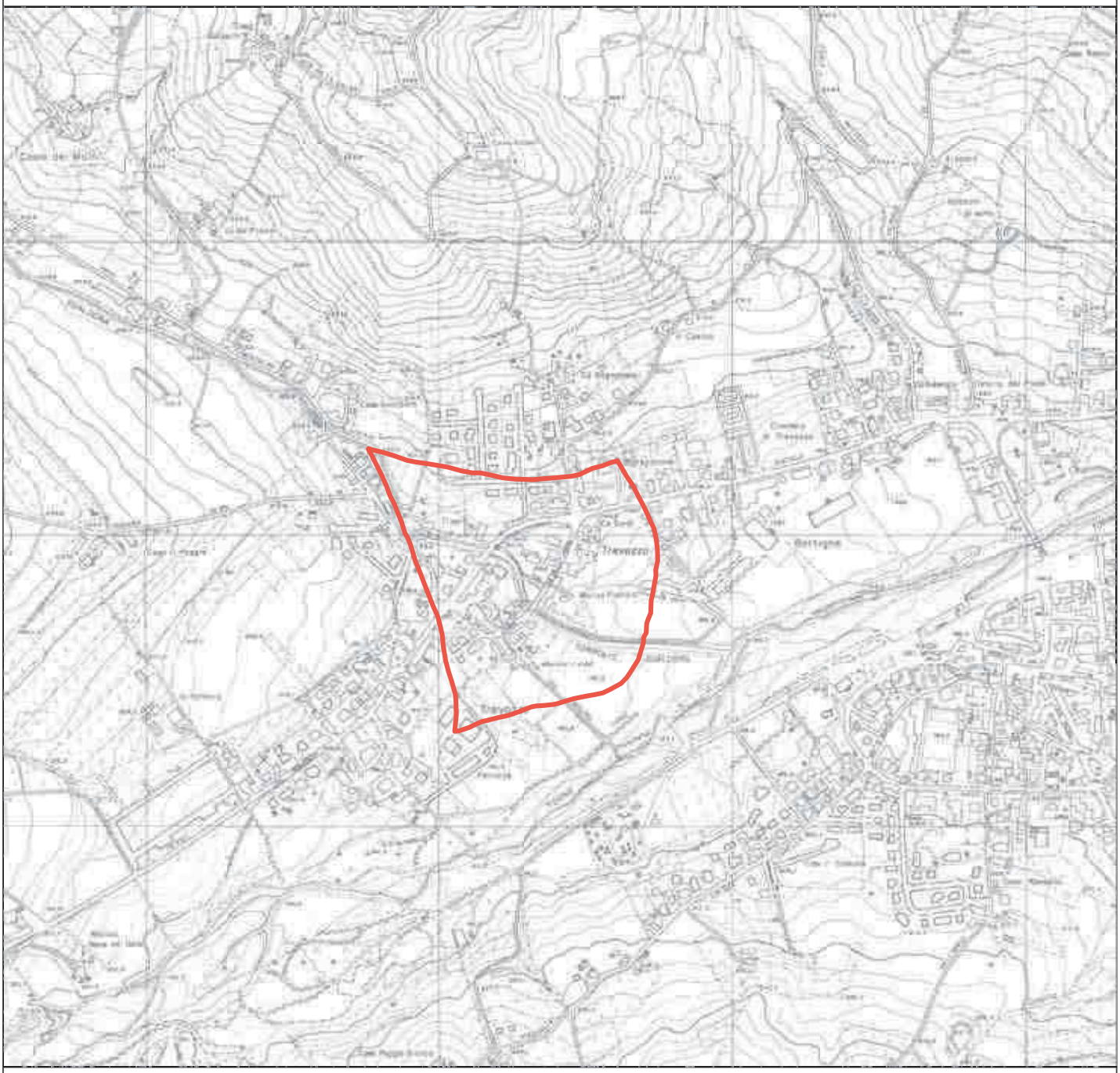
Dott. Adriano Baldini

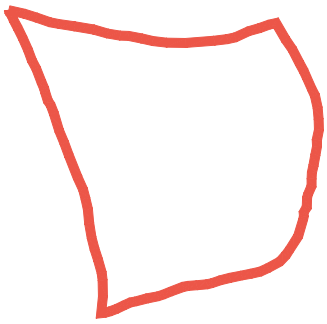
Dott. Alberto Lepori

ALLEGATI

INQUADRAMENTO TERRITORIALE

Scala 1:10000



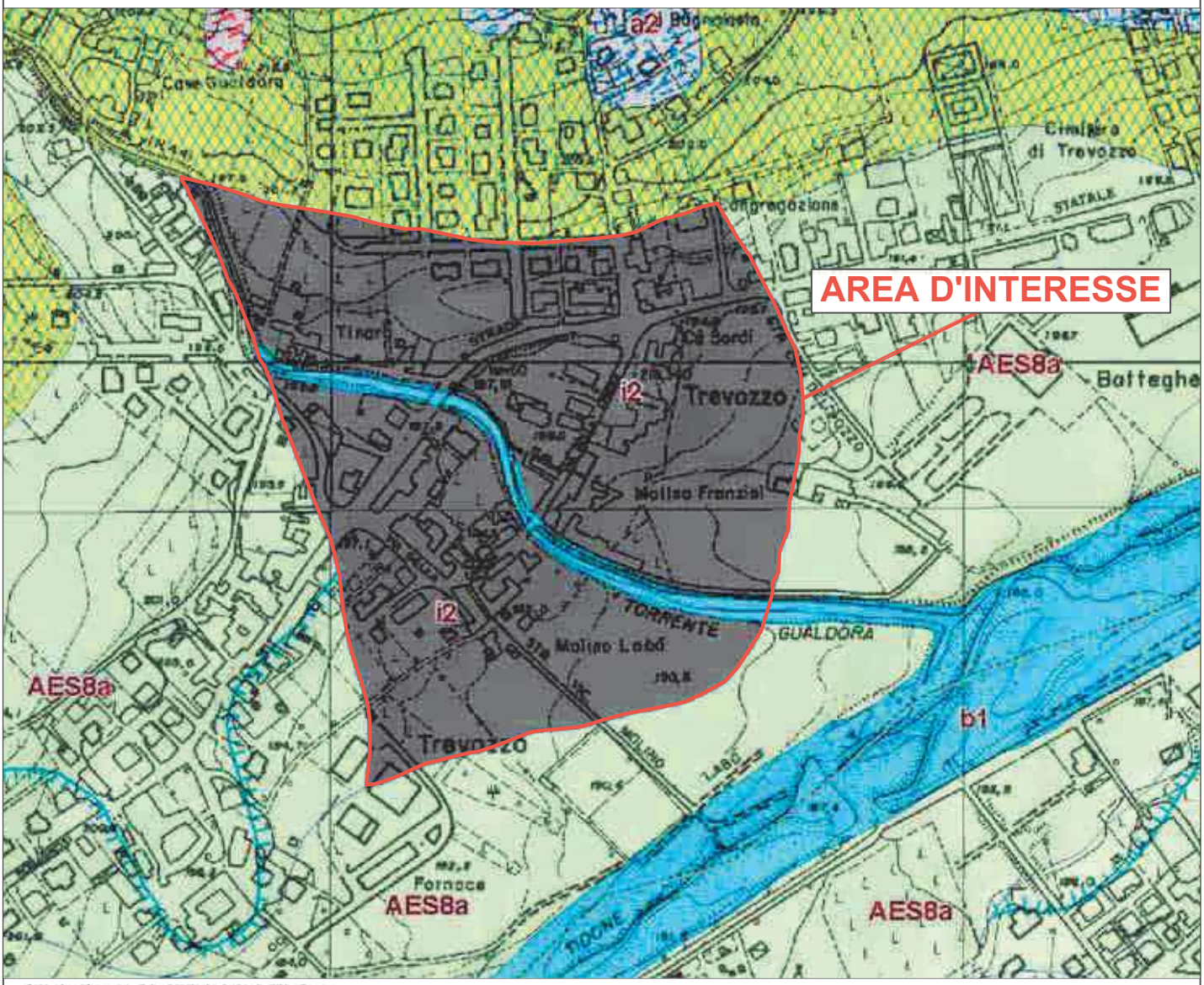


Area considerata

Fig. 1

ESTRATTO CARTA GEOLOGICA REGIONALE

Scala 1:5000



Coperture quaternarie (10K)

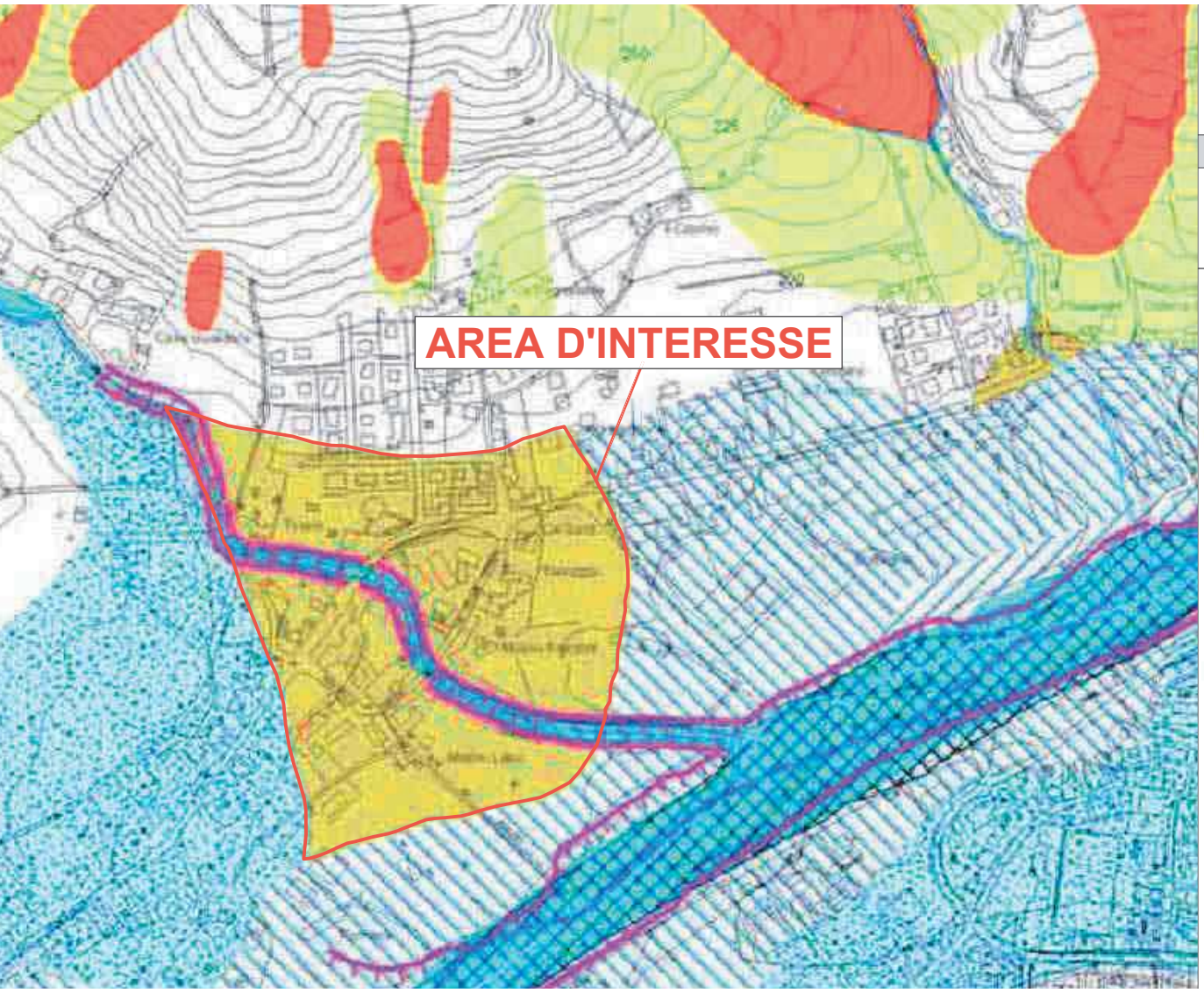
- AES7b - Unità di Vignola
- AES8 - Subsintema di Ravenna
- AES8a - Unità di Modena
- a1g - Deposito di frana attiva complessa
- a2 - Deposito di frana quiescente di tipo indeterminato
- a2g - Deposito di frana quiescente complessa
- b1 - Deposito alluvionale in evoluzione
- i2 - Conoide torrentizia inattiva

Unità geologiche (10K)

- VLU2 - Formazione della Val Luretta - membro di Monteventano

Area considerata

Fig.2



Studio ge
della conoide "i
in loc. Trevozzo - C
"*Classificazione del*

CARTA D
Estra

Elementi morfologici:

Area di frana attiva:

Area di frana quiescente:

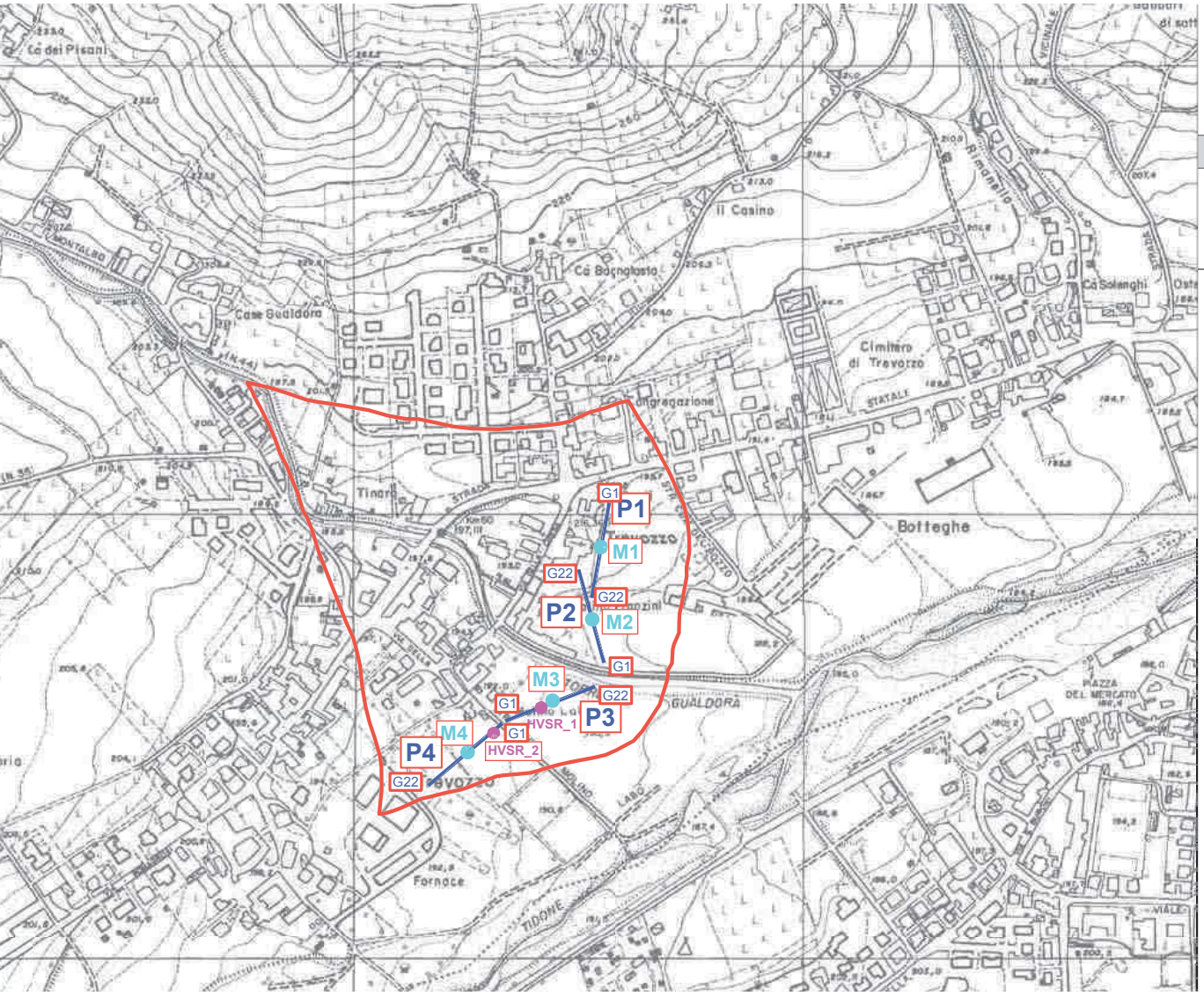
Depositi alluvionali attuali:

Depositi alluvionali terrazzat

Depositi alluvionali terrazzat

Depositi alluvionali terrazzat

Conoide alluvio



Studio geo
della conoide "in
in loc. Trevozzo - C
"*Classificazione del r*
i

PLANIMETRIA

INDAGINI SISMICHE

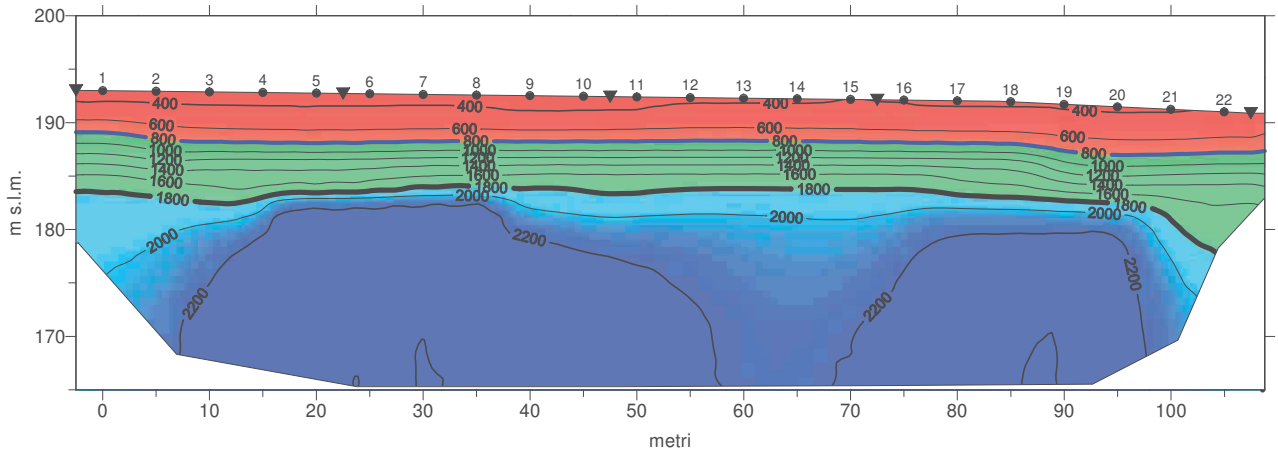
G1 **P1** G22 — Trac

M1 — Prov

HVSR — Prov

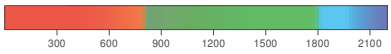
AREA

Loc. Trevozzo - Conoide del T. Gualdora - Comune di Nibbiano
TOMOGRAFIA SISMICA - P1



Scala 1:500

Velocità sismiche m/sec



Limite del materiale di copertura più allentato

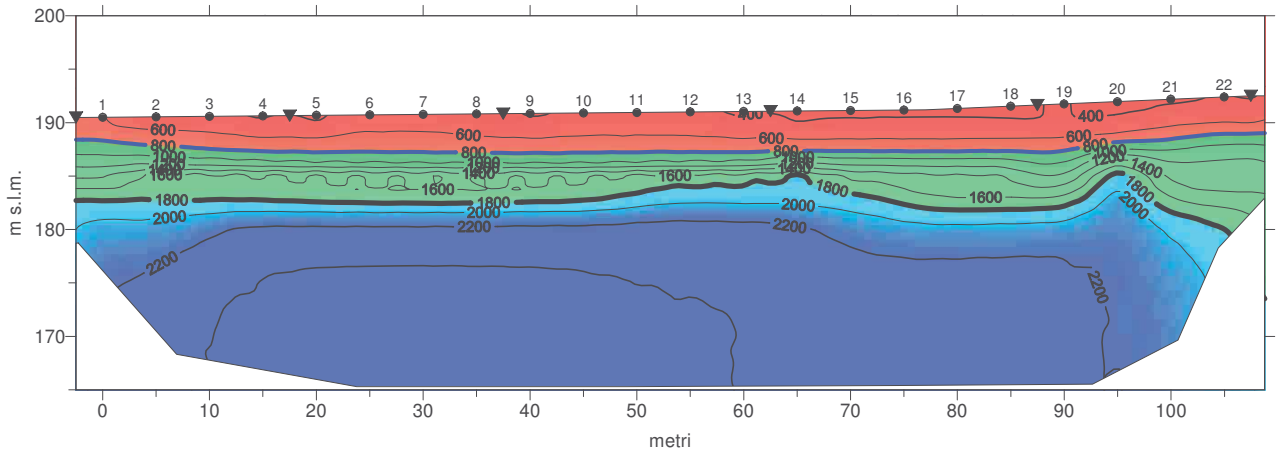
Passaggio al substrato

▼ Punti di energizzazione

● Punti di registrazione

Fig.5a

Loc. Trevozzo - Conoide del T. Gualdora - Comune di Nibbiano
TOMOGRAFIA SISMICA - P1



Scala 1:500

Velocità sismiche m/sec

300 600 900 1200 1500 1800 2100

Limite del materiale di copertura più allentato

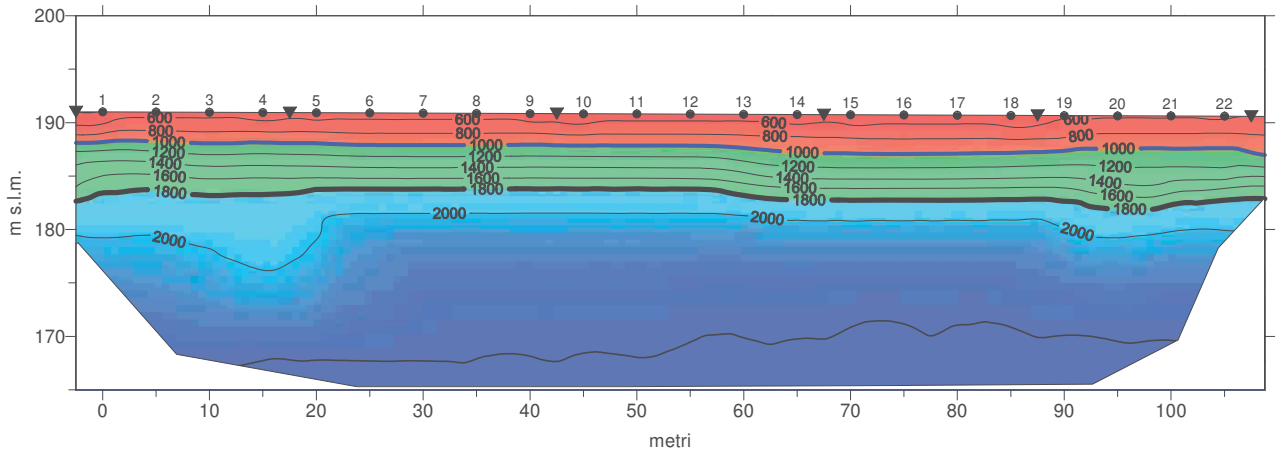
Passaggio al substrato

▼ Punti di energizzazione

● Punti di registrazione

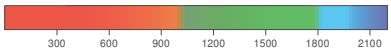
Fig.5b

Loc. Trevozzo - Conoide del T. Gualdora - Comune di Nibbiano
TOMOGRAFIA SISMICA - P3



Scala 1:500

Velocità sismiche m/sec



Limite del materiale di copertura più allentato

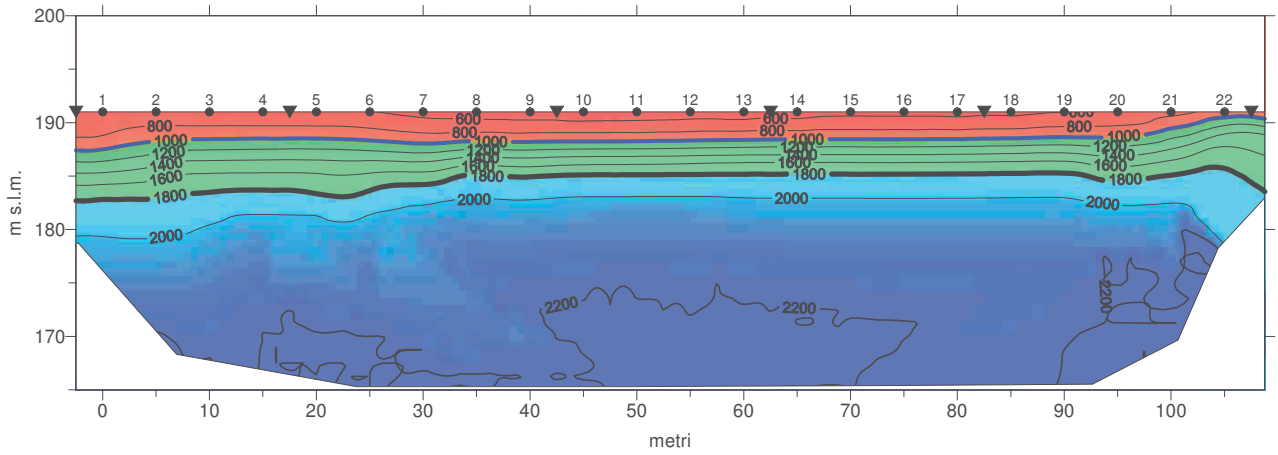
Passaggio al substrato

▼ Punti di energizzazione

● Punti di registrazione

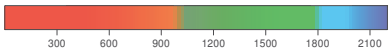
Fig.5c

Loc. Trevozzo - Conoide del T. Gualdora - Comune di Nibbiano
TOMOGRAFIA SISMICA - P4



Scala 1:500

Velocità sismiche m/sec



Limite del materiale di copertura più allentato

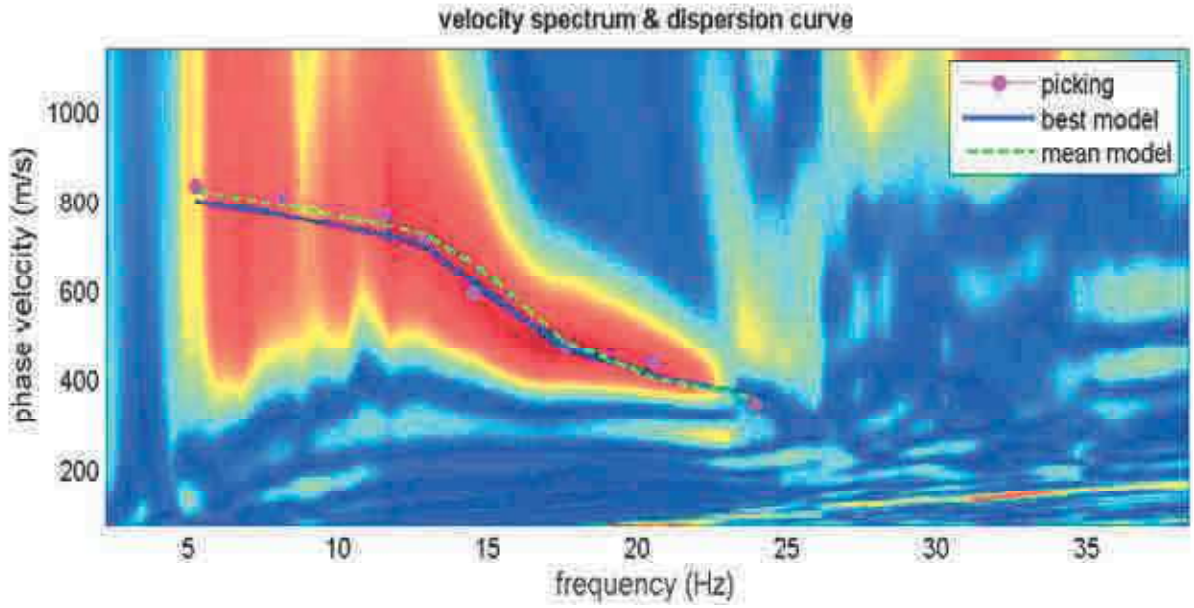
Passaggio al substrato

▼ Punti di energizzazione

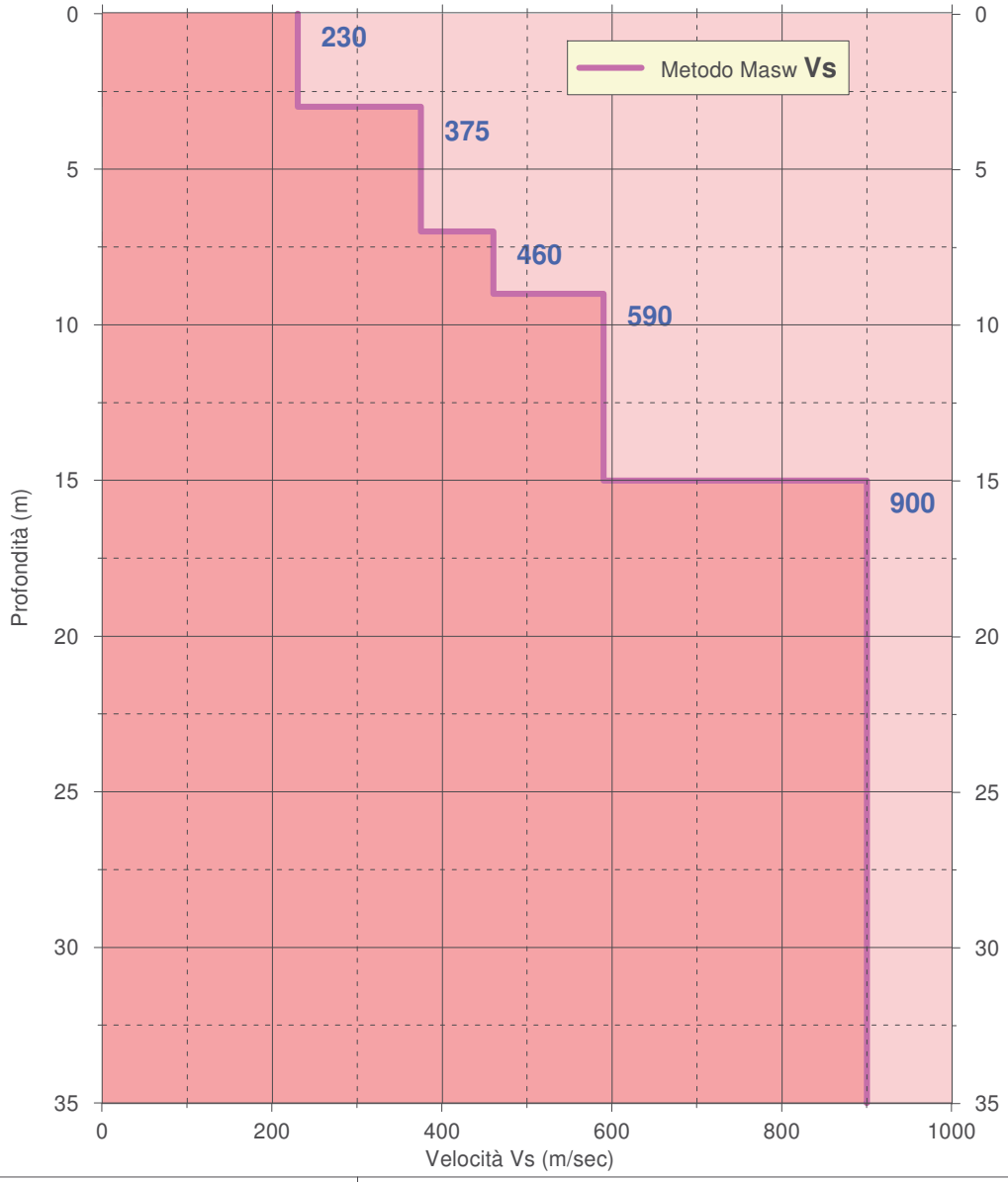
● Punti di registrazione

Fig.5d

SPETTRO VELOCITA' DI FASE - FREQUENZA CON CURVA DISPERSIONE



PROFILO VELOCITÀ Vs

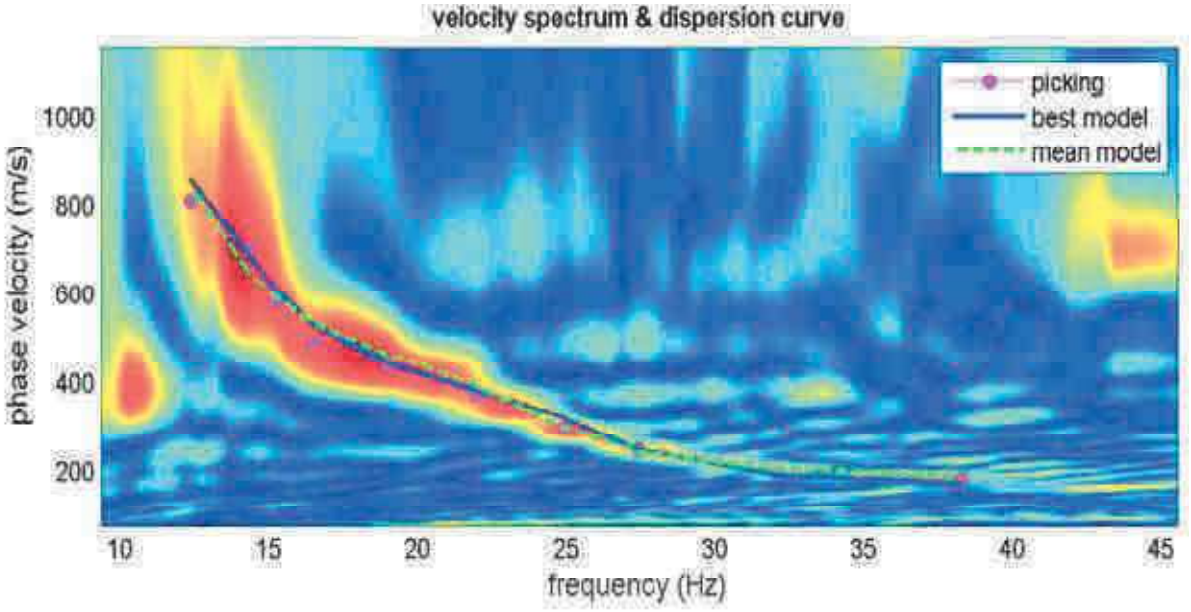


Vs30 dal p.c = 503

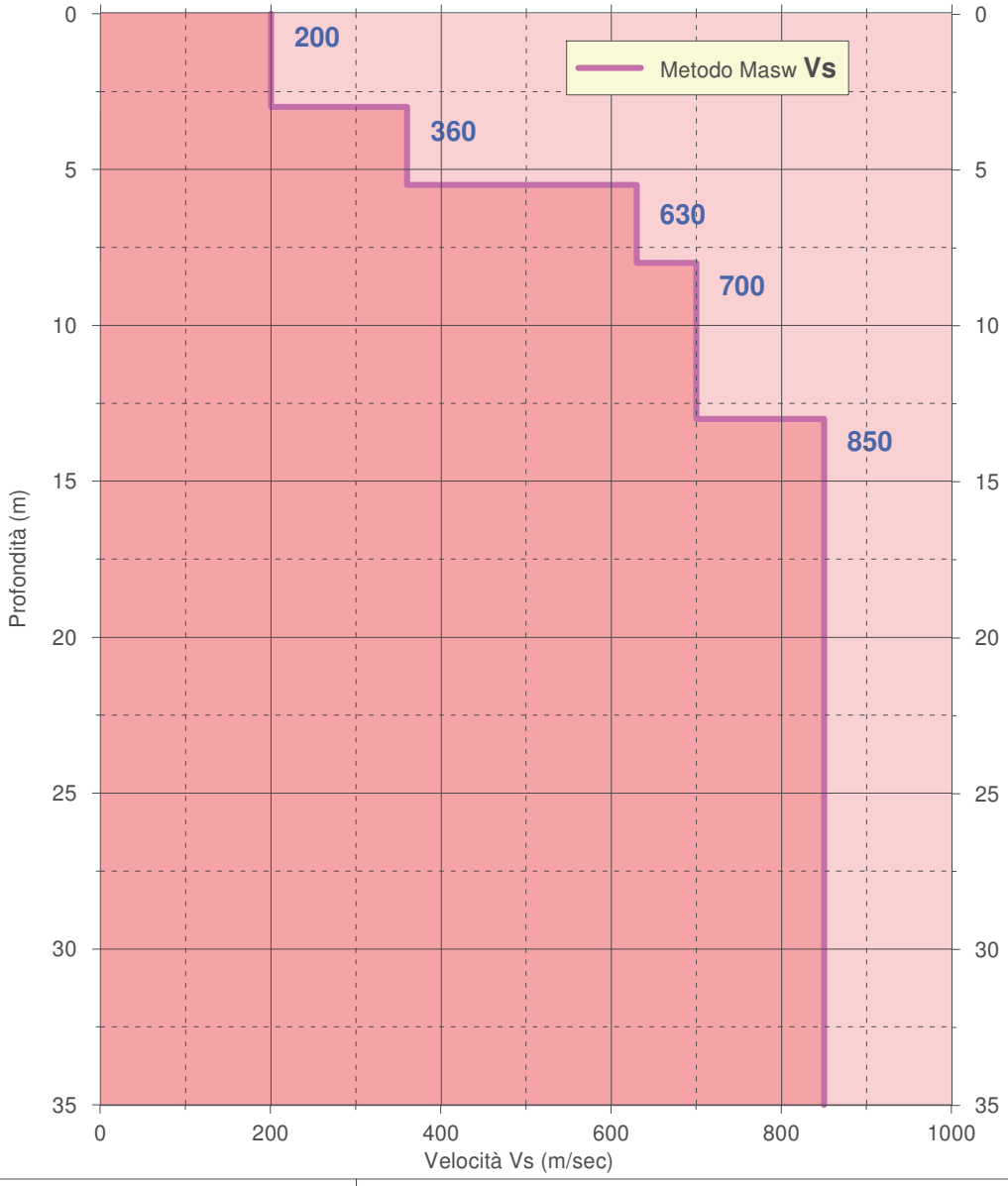
SUOLO DI FONDAZIONE TIPO "B"

Fig.6a

SPETTRO VELOCITA' DI FASE - FREQUENZA CON CURVA DISPERSIONE



PROFILO VELOCITÀ Vs

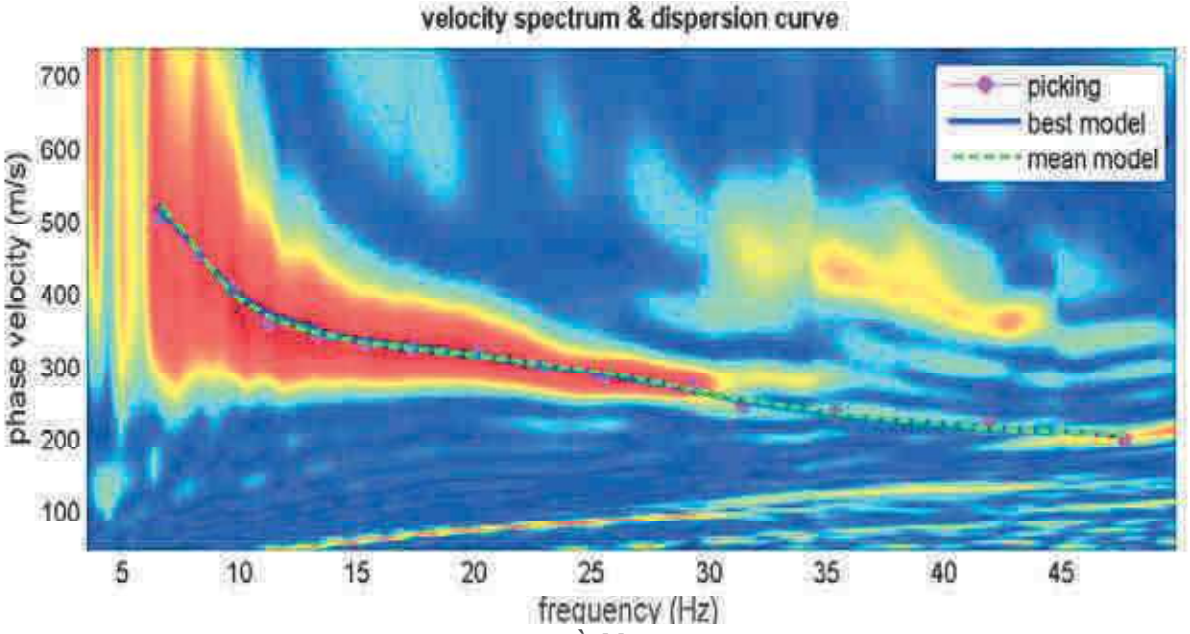


Vs30 dal p.c = 560

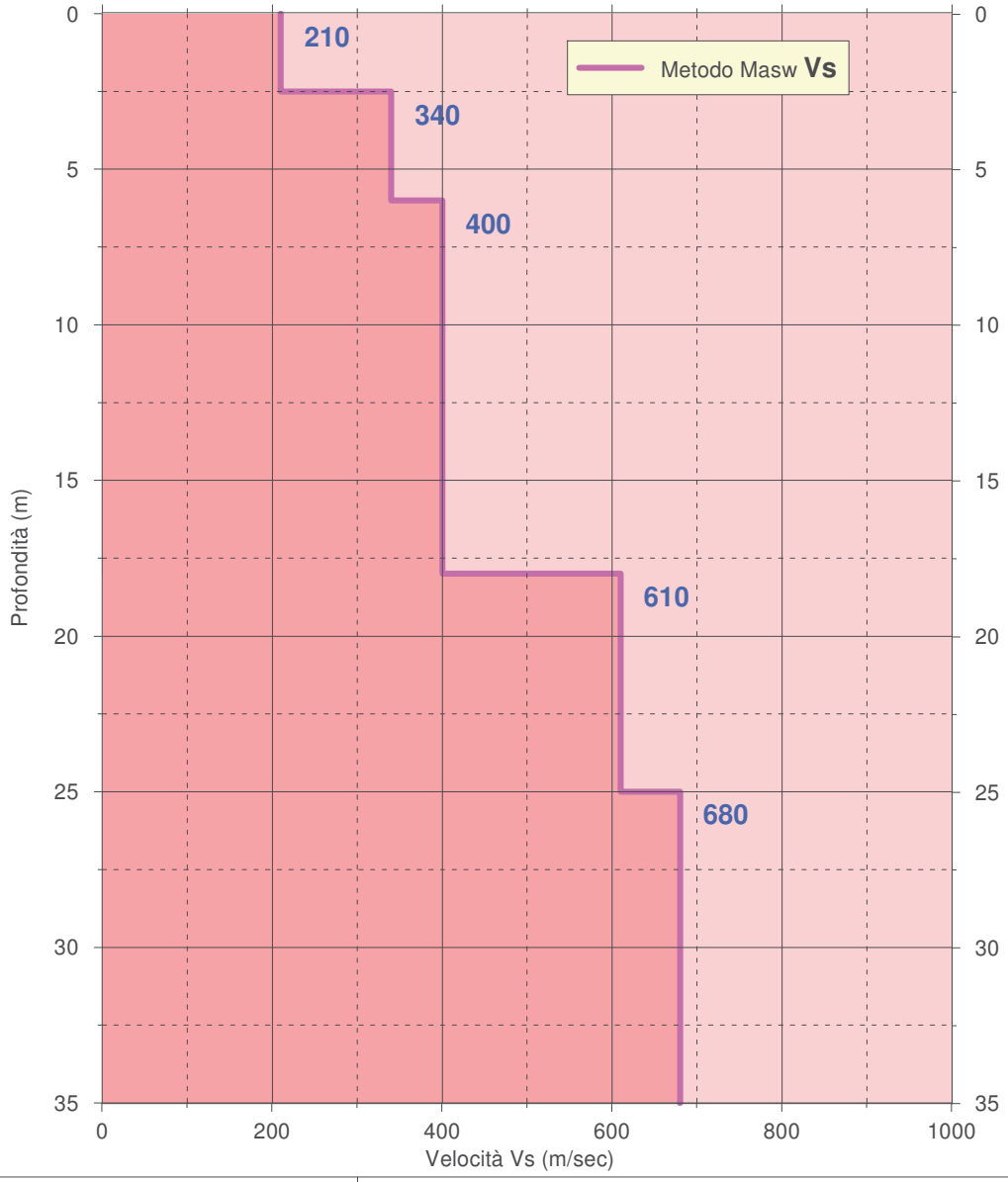
SUOLO DI FONDAZIONE TIPO "B"

Fig.6b

SPETTRO VELOCITA' DI FASE - FREQUENZA CON CURVA DISPERSIONE



PROFILO VELOCITÀ Vs

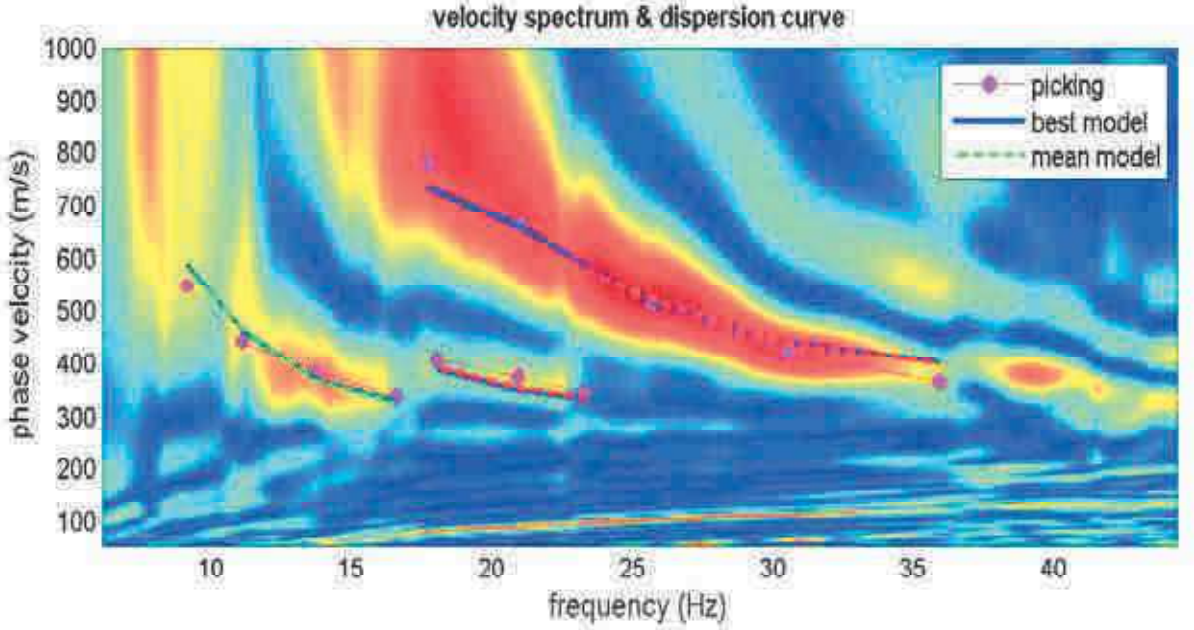


Vs30 dal p.c = 430

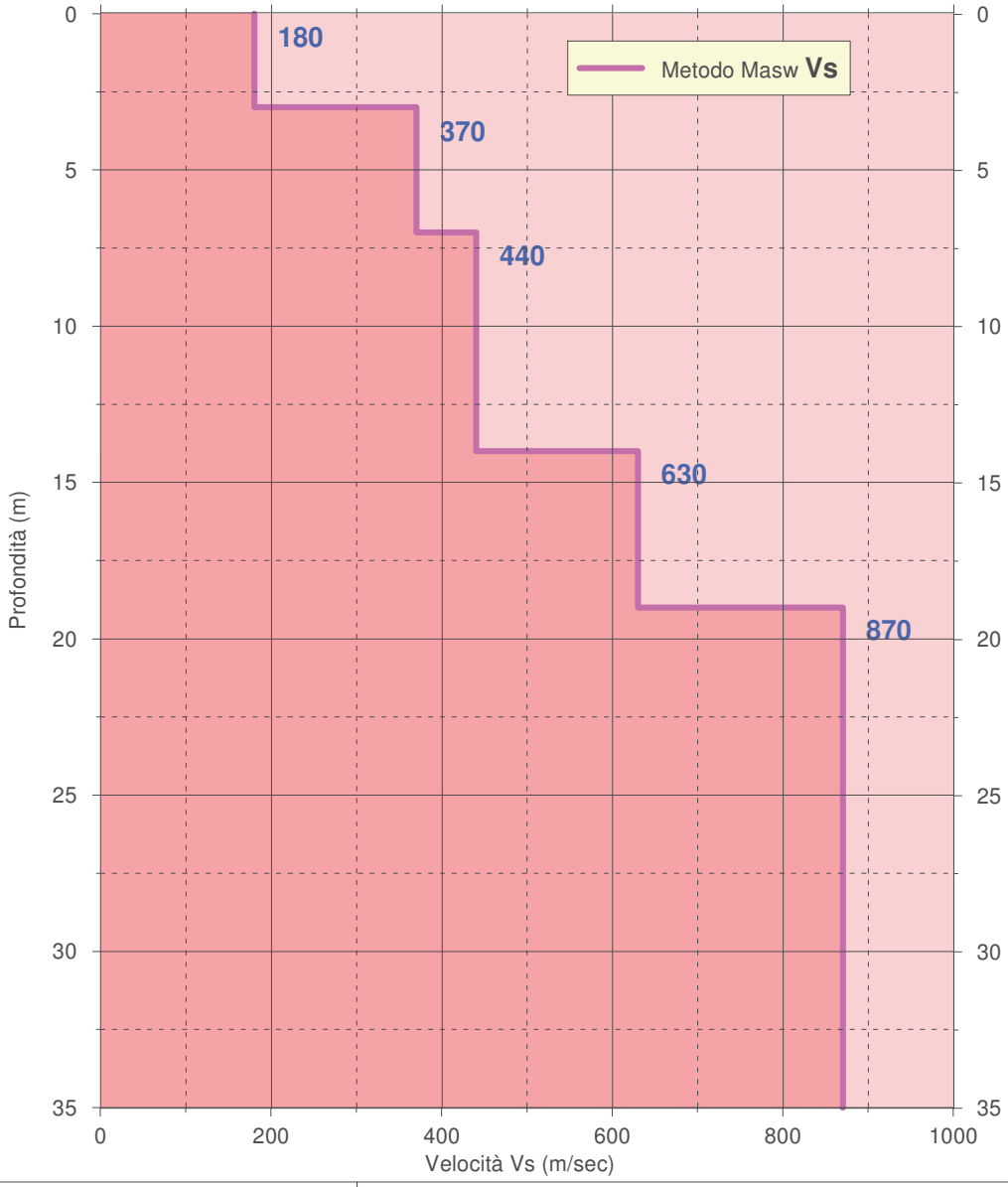
SUOLO DI FONDAZIONE TIPO "B"

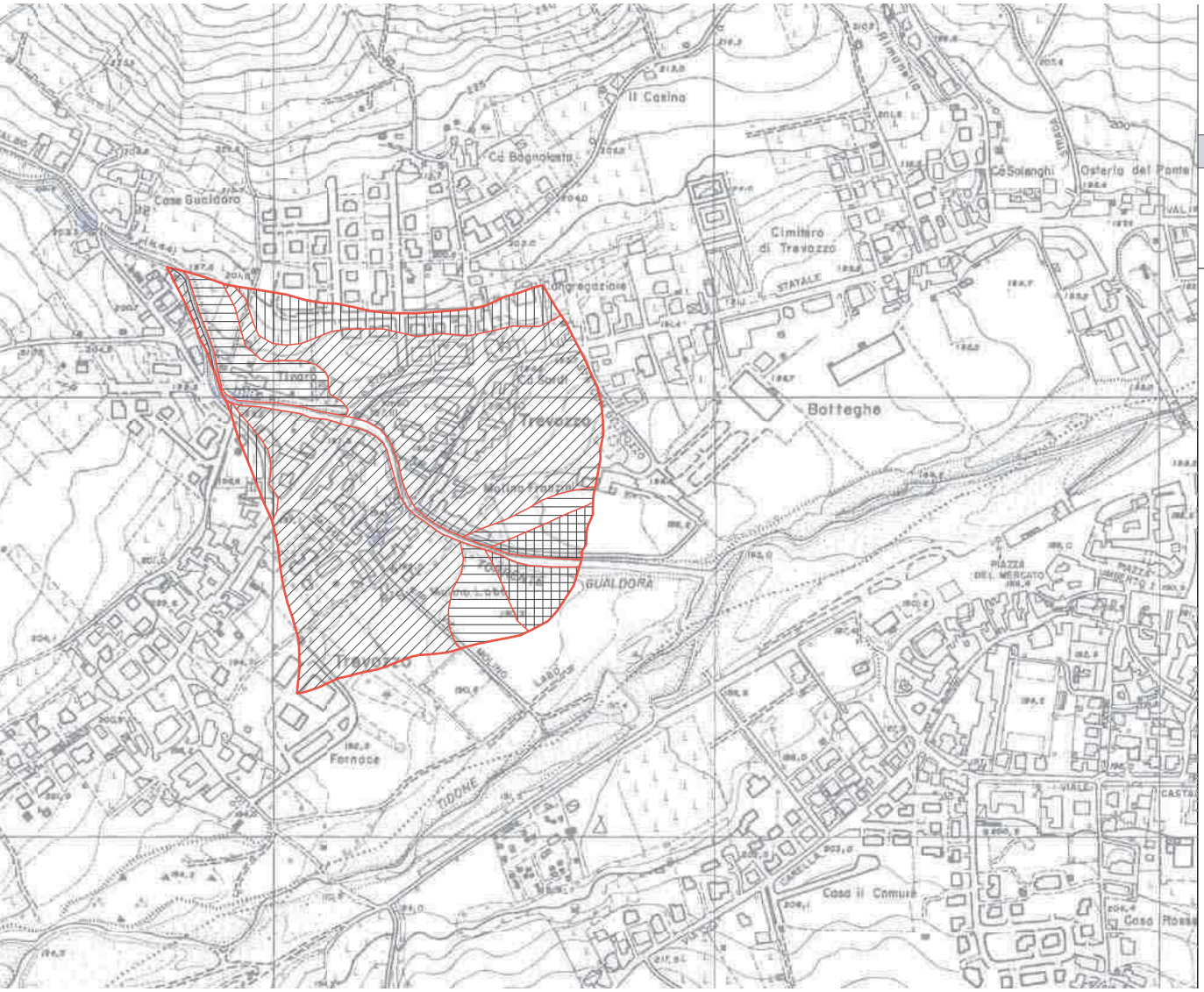
Fig.6c

SPETTRO VELOCITA' DI FASE - FREQUENZA CON CURVA DISPERSIONE



PROFILO VELOCITÀ Vs





Studio ge
della conoide "ir
in loc. Trevozzo - C
"*Classificazione del r*

CARTA DEL "RI

CLASSI DI RISCHIO

Classe 1 - Risc

Classe 2 - Risc

Classe 3 - Risc

Classe 4- Risch

AREA D

8 Frana quiescente – deposito di versante in loc. Casa Colombarola

Geotest S.r.l. Servizi Geologici-Geotecnici-Geofisici
Via E. Fermi, 113 - 29010 Trevozzo V.T. (PC) Tel.: 348 5107263
Capitale Soc. Int. Versato . : 10.000 euro - P. iva: 01467560338

Comune di Nibbiano (PC)

Oggetto: Relazione geologico-sismica preliminare finalizzata alla valutazione e zonizzazione del "Rischio Geologico" di un'area in parte ricadente in frana quiescente ed in parte in deposito di versante ed ubicata in Loc. Casa Colombarola di Nibbiano.

Committenti:
Sig.ra Giusta Barocelli
Sig.ra Maria Franca Barocelli
Sig. Molinelli Bruno
Sig. Molinelli Remo

Geotest s.r.l.

Dott. Geologo Adriano Baldini

Trevozzo V.T. 12/02/2016

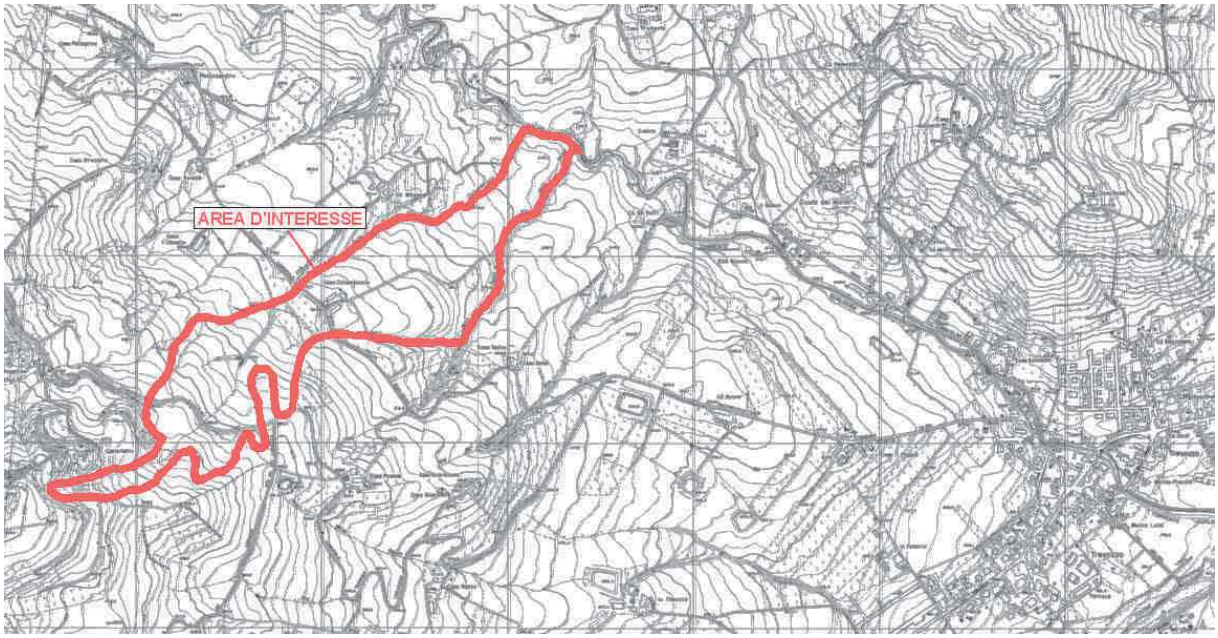
Sommario

1. PREMESSA 2
2. INDAGINI ESEGUITE 4
3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO-GEOMORFOLOGICO 5
3.1 CARATTERISTICHE GEOLOGICHE 5
3.2 CARATTERISTICHE GEOMORFOLOGICHE 5
4. INQUADRAMENTO IDROLOGICO E IDROGEOLOGICO 9
5. INDAGINI GEOGNOSTICHE 10
5.1 SISMICA A RIFRAZIONE 10
5.1.1 Cenni metodologici 10
5.1.2 Modalità esecutive 11
5.1.3 Strumentazione utilizzata 11
5.1.4 Elaborazione 12
5.1.5 Analisi dei risultati 13
5.2 PROVE PER LA DETERMINAZIONE DEL PROFILO DI VELOCITA' DELLE ONDE SISMICHE "S" 14
5.2.1 Cenni metodologici 14
5.2.2 Modalità esecutive 14
5.2.3 Commento dei risultati 15
6. MODELLO GEOLOGICO DELL'AREA 16
7. VALUTAZIONE DELLA PERICOLOSITA' SISMICA DELL'AREA (delibera del 2 Maggio 2007, n.112, in materia antisismica) 16
7.1 OBIETTIVI DELLA DELIBERA 16
7.2 LIVELLI DI APPROFONDIMENTO 17
7.3 CARATTERI SISMICI DELL'AREA 18
7.4 VALUTAZIONE DEL FATTORE DI AMPLIFICAZIONE DEL SITO INTERESSE-ANALISI 2° LIVELLO 21
7.5 SPETTRO DI RISPOSTA (IN PGA) DELL'AREA 22
7.6 ANALISI DELLA STABILITA' DEL VERSANTE SIA IN CONDIZIONI PSEUDO-STATICHE CHE SISMICHE-DINAMICHE - ANALISI 3° LIVELLO 23
7.6.1 Analisi di stabilità in condizioni pseudostatiche 23
7.6.2 Analisi di stabilità dinamica (Metodo di NEWMARK) 24
8. ZONIZZAZIONE DEL RISCHIO DEL CORPO DI FRANA QUIESCENTE 25
9. PRESCRIZIONI DEL P.R.G. PER LE AREE IN FRANA QUIESCENTE IN CUI E' STATA EFFETTUATA LA VALUTAZIONE DEL RISCHIO 26

1. PREMESSA

Nel Febbraio 2016 è stata realizzata un'indagine geologico-sismica nell'intorno di un'area sita in loc. Casa Colombarola, nel Comune di Nibbiano.

Nel dettaglio l'area è localizzata sul versante orografico destro T. Gualdora, circa 1,5 Km ad Ovest dall'abitato di Trevozzo.

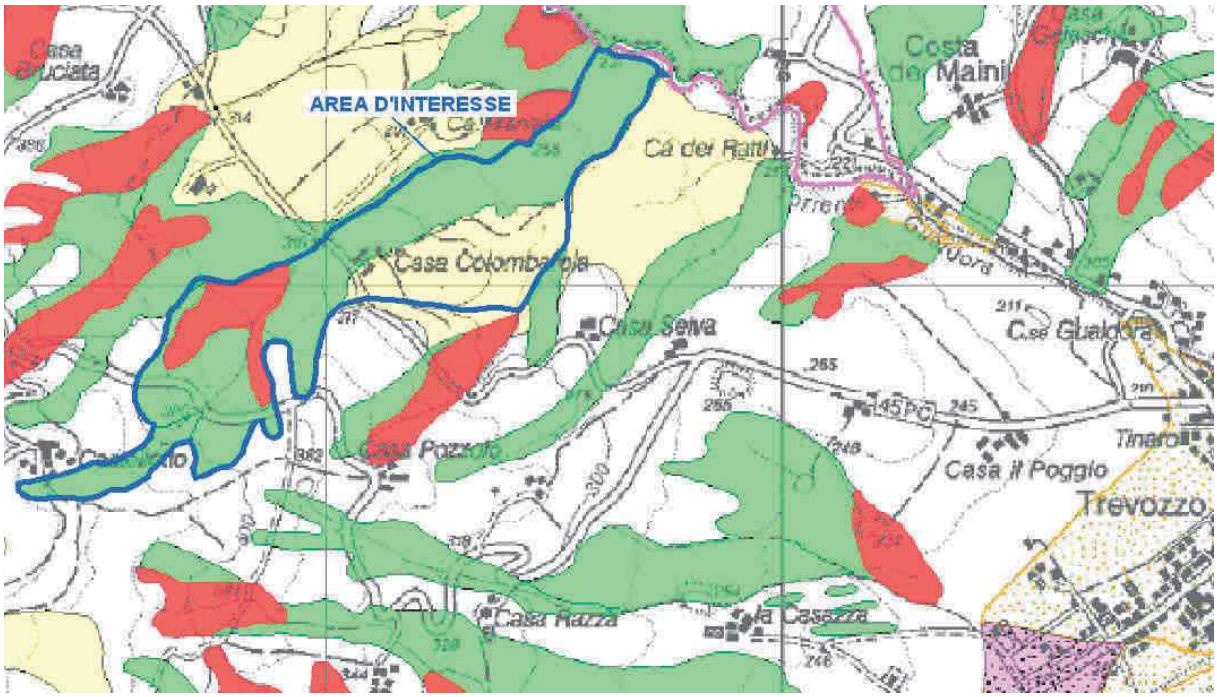


Inquadramento territoriale da CTR

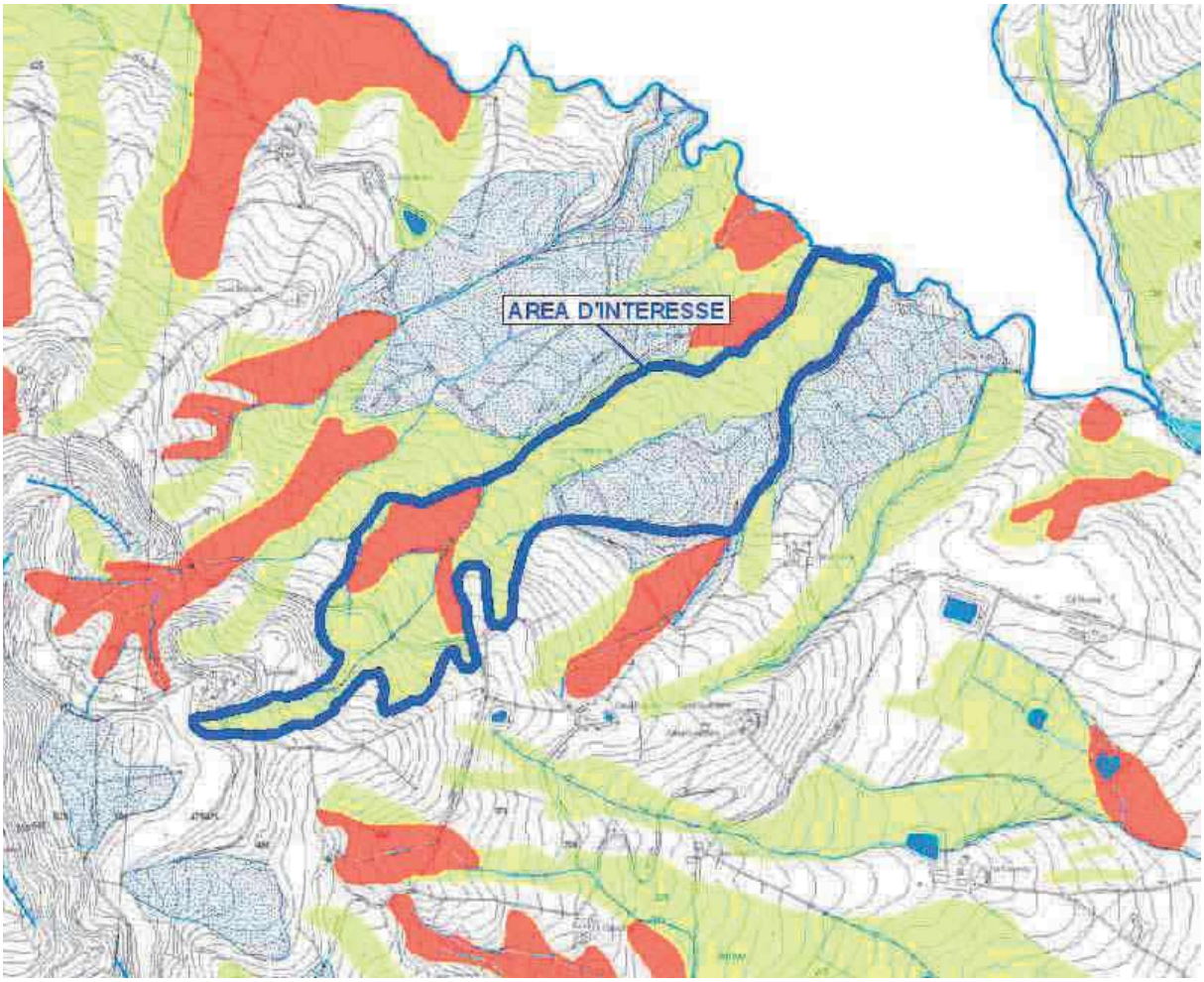
Nella carta del dissesto del PTCP della provincia di Piacenza e nella "Carta del Dissesto Comunale" allegata al PSC (in questo caso coincidenti), l'area d'interesse è classificata come frana quiescente – deposito di versante. Le norme del PTCP, consentono (compatibilmente con il grado di "rischio" accertato mediante opportuni approfondimenti geologici), di realizzare interventi edilizi (ampliamenti, nuove costruzioni ecc.), altrimenti non consentiti in tali aree.

L'indagine ha avuto i seguenti obiettivi:

- Ricostruire l'assetto geologico-sismico del versante su cui insiste l'area d'interesse;
- Valutare le condizioni di stabilità complessiva del versante;
- Suddividere il corpo detritico in classi di rischio in base alla "pericolosità" geologica.



Carta del dissesto allegata al PTCP



Carta del dissesto allegata al PSC

2. INDAGINI ESEGUITE

L'approfondimento realizzato, come previsto dalla normativa, non ha riguardato solo l'area d'interesse della Committenza, ma è stato esteso a tutto il corpo detritico considerato influente ai fini della stabilità complessiva dell'area.

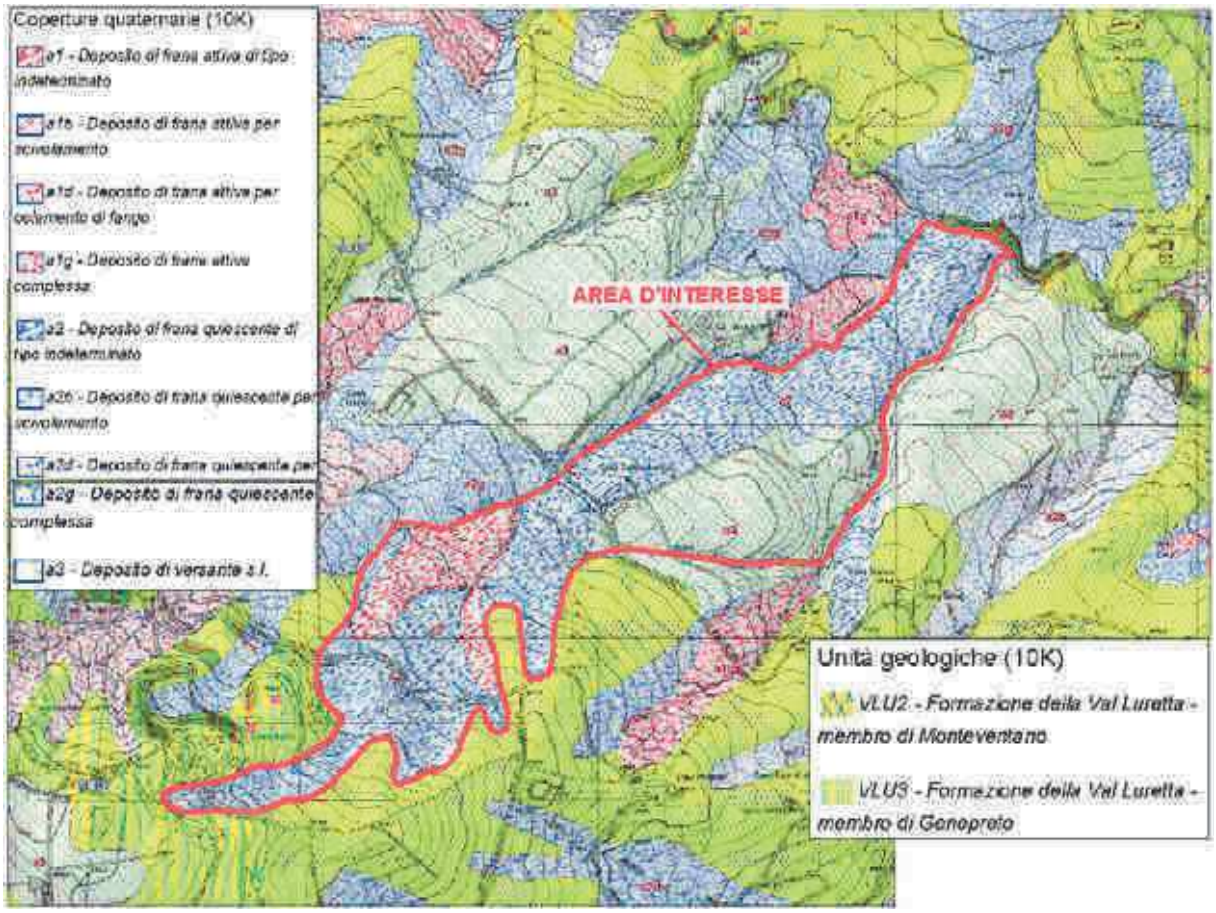
L'indagine geologico-sismica, conforme a quanto previsto dalla delibera del 2 Maggio 2007, n.112 (e successive integrazioni), in materia antisismica, ha compreso le seguenti fasi di studio:

- Raccolta ed analisi della documentazione esistente;
- Rilevamento geologico-geomorfologico di dettaglio di tutto il corpo di frana;
- Esecuzione di 3 profili sismo-tomografici, per la valutazione dello spessore e del grado di addensamento sia del materiale di copertura che del substrato geologico;
- Registrazione di 3 profili sismici con tecnica "MASW", per la determinazione del profilo di velocità delle onde "S" e della categoria del suolo di fondazione del sito in base all'attuale normativa antisismica;
- Analisi del "secondo livello" con valutazione del fattore d'amplificazione del sito ed identificazione dei possibili effetti di sito;
- Analisi del "terzo livello" con valutazione della stabilità dell'area in condizione sismiche dinamiche (metodo di "Newmark");
- Valutazioni sulla stabilità geomorfologica dell'area e zonizzazione del corpo detritico in classi di "Rischio".

3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO-GEOMORFOLOGICO

3.1 CARATTERISTICHE GEOLOGICHE

Come documento di base per l'inquadramento geologico dell'area, è stata utilizzata la "Carta Geologica dell'Appennino Emiliano-Romagnolo" della regione Emilia Romagna alla scala 1:10000.



Estratto della Carta Geologica Regionale

La "Formazione" rocciosa affiorante nel settore in esame è la formazione di "Val Luretta", qui principalmente rappresentata dal Membro di Monteventano (VLU2) e nel settore di monte dal Membro di Genepreto (VLU3).

Dal punto di vista litostratigrafico la formazione geologica d'interesse, e i vari membri in cui è suddivisa si possono così descrivere:

- **VLU2 - Formazione della Val Luretta - membro di Monteventano**

Alternanze decametriche di pacchi di strati medi arenaceo-pelitici (arenarie medie e fini, grigie, talora ricche in frustoli carboniosi e marne siltose nocciola) e di pacchi prevalentemente calcareo marnosi in strati medi e spessi, più frequenti verso il tetto del membro (calcari micritici grigio-biancastri e marne e marne calcaree grigio chiare, con locali

intercalazioni di arenarie grigie). Contatto su VLU1. Spessore del membro valutabile in 230 m circa. ***Età Thanetiano – Ypresiano***.

- **VLU3 - Formazione della Val Luretta - membro di Genepreto**

Alternanze di calcari e calcari marnosi grigio-biancastri e di marne e marne calcaree grigio chiare, talora nocciola, in strati da medi a molto spessi, talora in banchi. Sono presenti locali intercalazioni di arenarie medie e grossolane grigio-scure, in strati medi e di argille marnose

rosso vinate, o areniti e peliti marnose grigio scure in set di strati sottili e medi. Passaggio per alternanza a VLU2. Spessore parziale del membro valutabile in 450 m circa. ***Età Luteziano.***

3.2 CARATTERISTICHE GEOMORFOLOGICHE

Il corpo detritico ha una lunghezza massima di circa 1600 metri e si estende, a valle, fino a ridosso del T. Gualdora. La larghezza è di circa 200-250 metri.

Dal punto di vista geomorfologico non si tratta di un vero e proprio unico corpo di paleofrana, ma di diversi accumuli detritici, sia paleofrane che depositi di versante, che a valle si uniscono fino a formare una copertura detritica senza soluzione di continuità.

In base sia criteri geologico-geomorfologici, che all'ubicazione dell'area di proprietà della committenza (Casa Colombarola), si è deciso di circoscrivere l'area d'indagine al settore delimitato a Nord da rio della Colombarola e a Sud da rio della Selva. Si è ritenuto che anche un'eventuale evoluzione dei fenomeni gravitativi cartografati all'esterno dell'area considerata, non avrebbe ricadute con l'area di specifico interesse e soggetta alla valutazione del rischio geologico.

In linea di massima, il corpo detrito d'interesse si può suddividere in due settori, aventi caratteristiche geologico-geomorfologiche ben differenziate.

Il settore Nord, che si estende da immediatamente (circa 100-150 metri) a monte della strada comunale Selva – Gualdora, fino al T. Gualdora. Tale settore è caratterizzato da una buona stabilità geomorfologica con il del versante a bassa acclività e morfologia regolare, senza presenze di ondulazioni che viceversa testimonierebbero l'evoluzione di fenomeni gravitativi.



Panoramica del versante immediatamente a valle di Casa Colombarola, la morfologia regolare testimonia la stabilità geomorfologica dell'area.



Panoramica del versante immediatamente a monte della strada comunale Selva-Gualdora, la morfologia regolare testimonia la stabilità geomorfologica dell'area.

Il settore di monte (Sud) è invece caratterizzato da una maggiore acclività e la morfologia del versante appare meno regolare. Nel complesso, comunque, non sono presenti fenomeni gravitativi di una certa entità ad esclusione di limitati fenomeni di assestamento della coltre eluvio-colluviale (spessore circa 3-5 metri).

Panoramica del versante a valle della strada comunale Trevozzo-Tassara; la morfologia del versante risulta più ondulata



Panoramica del versante a monte della strada comunale Trevozzo-Tassara. E' visibile lo scarico di un drenaggio in prossimità della cunetta stradale



4. INQUADRAMENTO IDROLOGICO E IDROGEOLOGICO

Data la morfologica complessivamente regolare del versante, in cui non sono presenti evidenti avvallamenti e/o contropendenze, il drenaggio delle acque superficiali, assicurato dai canali di scolo legati alle pratiche agricole, è in linea generale piuttosto efficiente. I recapiti delle acque meteoriche sono rappresentati a Nord dal rio della Colombarola e a Sud dal rio della Selva, che confluiscono a valle nel T.Gualdora. Si tratta di corsi d'acqua, ad eccezione del T. Gualdora, con deflusso molto modesto, significativo solo in concomitanza di periodi piovosi.

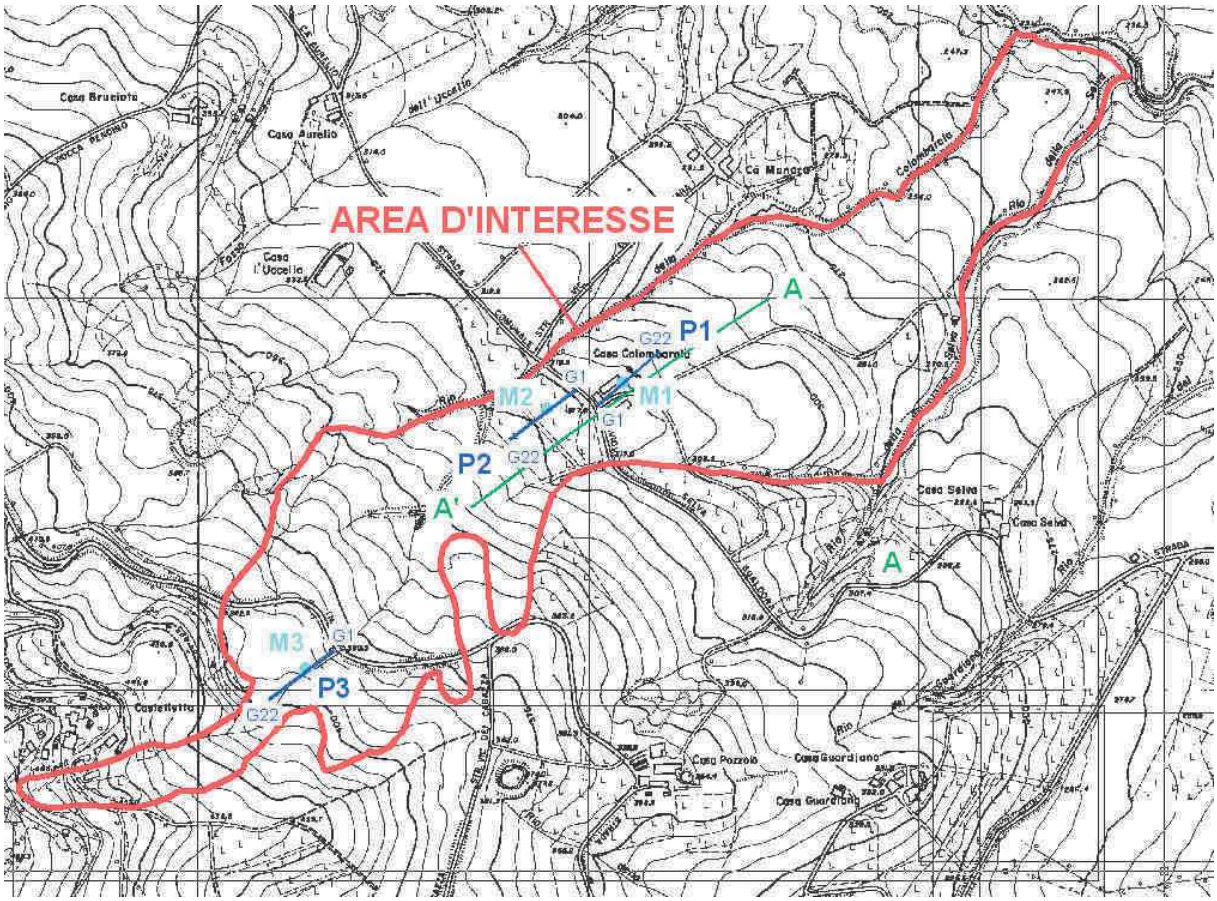
Sotto l'aspetto idrogeologico si possono sinteticamente ipotizzare due tipi di circolazione idrica:

- Una, di maggiore entità, che interessa l'ammasso roccioso soprattutto ove la fratturazione risulta più intensa. Nel complesso, comunque, i litotipi presenti, a prevalente componente argillosa, sono poco idonei ad ospitare falde idriche produttive;
- L'altra di minore entità, ma rilevante per la stabilità, si può formare all'interno della copertura eluvio-colluviale più allentata (spessore 3-5 m), nei periodi particolarmente piovosi.

Proprio per minimizzare i rischi connessi alla presenza di orizzonti acquiferi nella coltre detritica superficiale, sono stati effettuati nel settore di monte del versante numerosi drenaggi.

5. INDAGINI GEOGNOSTICHE

Come già accennato, sono stati realizzati 3 profili sismo-tomografici e 3 prove "Masw".



Planimetria indagini geognostiche

5.1 SISMICA A RIFRAZIONE

5.1.1 Cenni metodologici

La prospezione sismica rappresenta una tecnica di prospezione geofisica che consente, attraverso l'acquisizione e l'elaborazione di dati, la costruzione d'immagini bidimensionali (o tridimensionali) della variazione della velocità sismica. Con questa tecnica si riesce ad avere, pertanto, una visione seppur qualitativa della stratigrafia del terreno investigato, in termini di variazioni di "densità" dello stesso, essendo questo parametro direttamente legato alla velocità sismica. La tecnica di prospezione, consiste nella misura dei tempi impiegati dalle onde sismiche longitudinali (onde P) per percorrere un tragitto rettilineo tra una serie di punti d'energizzazione (sorgente sismica) e una serie di punti di ricezione (geofoni). Il confronto matematico tra i vari tempi permette di suddividere lo spazio compreso tra le due serie di punti in porzioni, o "celle elementari" (quadrate per le sezioni bidimensionali come quelle in esame, o cubiche per sezioni tridimensionali) caratterizzate ognuna da un proprio valore di velocità sismica.

5.1.2 Modalità esecutive

I profili sono costituiti da allineamenti di 22 geofoni spaziati di 5 metri. In punti predefiniti dei profili, sono stati creati artificialmente degli impulsi elastici mediante l'utilizzo di una massa battente; l'energizzazione è avvenuta in 7 punti disposti simmetricamente allo stendimento e precisamente nelle seguenti posizioni:

- 2 punti esterni al profilo
- 2 punti agli estremi del profilo
- 3/4 lungo il profilo.

La registrazione dei sismogrammi è stata effettuata mediante un sismografo Geode della Geometrics a 24 canali ad elevata dinamica (24 bit).

5.1.3 Strumentazione utilizzata

Il "Geode" è un sismografo modulare a 24 bit che rappresenta l'ultima frontiera dei sistemi di registrazione sismica combinando il meglio dei tradizionali sismografi Geometrics con la flessibilità di un sistema distribuito. Geode è un sismografo ad elevata dinamica (144 dB di range dinamico totale – 105 dB istantanei a 2 msec di campionamento). Grazie all'ampia banda d'ingresso (1.75 Hz – 20 kHz, con velocità di campionamento da 0.02 msec a 16 msec), esso è perfettamente idoneo per un'ampia gamma di applicazioni: sismica a rifrazione, sismica a riflessione (anche ad altissima risoluzione), monitoraggio di vibrazioni, applicazioni sismologiche, downhole e VSP. In acquisizione sono disponibili tutte le funzioni di filtri, pre-amplificazione, line-test e instrument-test, tipiche dei sistemi di registrazioni evoluti.



Sismografo "Geode"

L'atrezzatura utilizzata è composta da:

- Sismografo modulare Geode 3-1000+ canali,
- Massa battente da 10 Kg,
- Piastra di battuta in alluminio 15x15x2,5cm,
- Batteria ricaricabile 12 V,

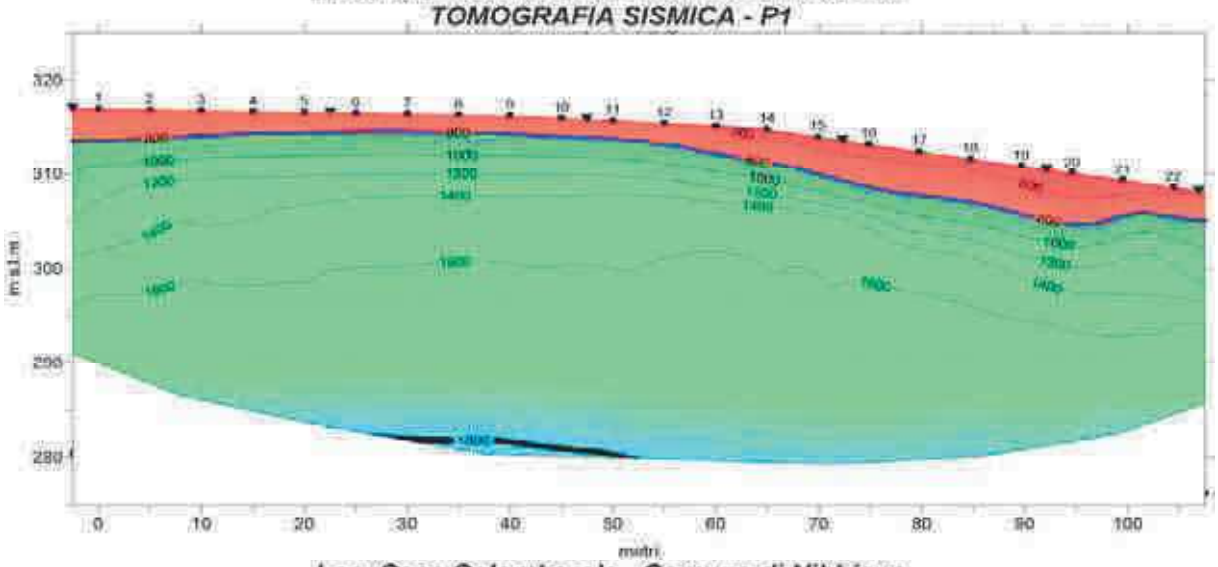
- Cavo per sismica a rifrazione stranded, 130 mt con 24 takeouts SPT-21 a 5 metri di intervallo e due code da 7.5 mt l'una terminate con connettore Bendix 61S,
- Geofoni GS20DX, 10 Hz verficali, 395 Ohm con puntale da 3" ed 1,5 mt di cavo terminato con mueller clip singola MC-20-SP,
- Computer portatile ACER.

5.1.4 Elaborazione

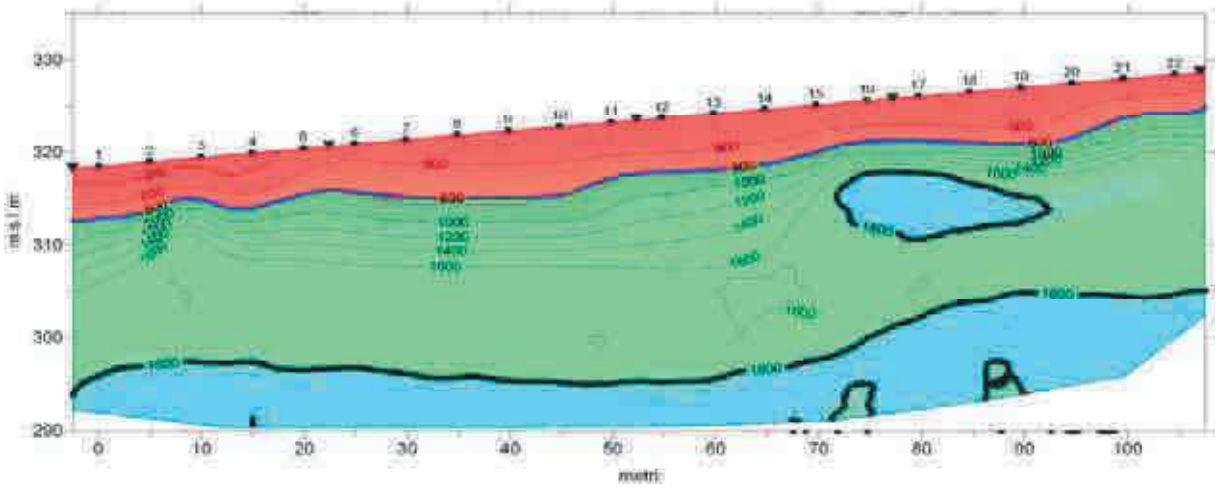
In questo caso i dati acquisiti sono stati interpretati secondo un metodo sismico-tomografico utilizzando il software SeisOpt@2D v4.0 prodotto dalla OPTIM. La procedura d'elaborazione ha comportato in una prima fase la lettura dei tempi dei primi arrivi sui sismogrammi. In seguito, sono stati ricostruiti i percorsi dei raggi sismici attraverso il terreno. In linea teorica, ogni punto del mezzo investigato, è attraversato in tutte le direzioni, dai raggi sismici. Di ogni raggio è quindi calcolata la traiettoria e, sul confronto fra tutti i possibili percorsi e tempi impiegati, ed è stabilita per ogni punto (o cella di dimensioni 2.5x1.25 m, in questo caso) la sua velocità sismica caratteristica. Il risultato finale dell'elaborazione consiste in sezioni (Fig. 5) di velocità sismiche, rappresentata sia per isovelocità sia tramite colori. Alle diverse classi di velocità sismica, sono stati attribuiti colori che vanno, dal rosso per i valori più bassi, al blu per i valori più elevati. La scala cromatica evidenza i cambiamenti di velocità ritenuti più significativi.

5.1.5 Analisi dei risultati

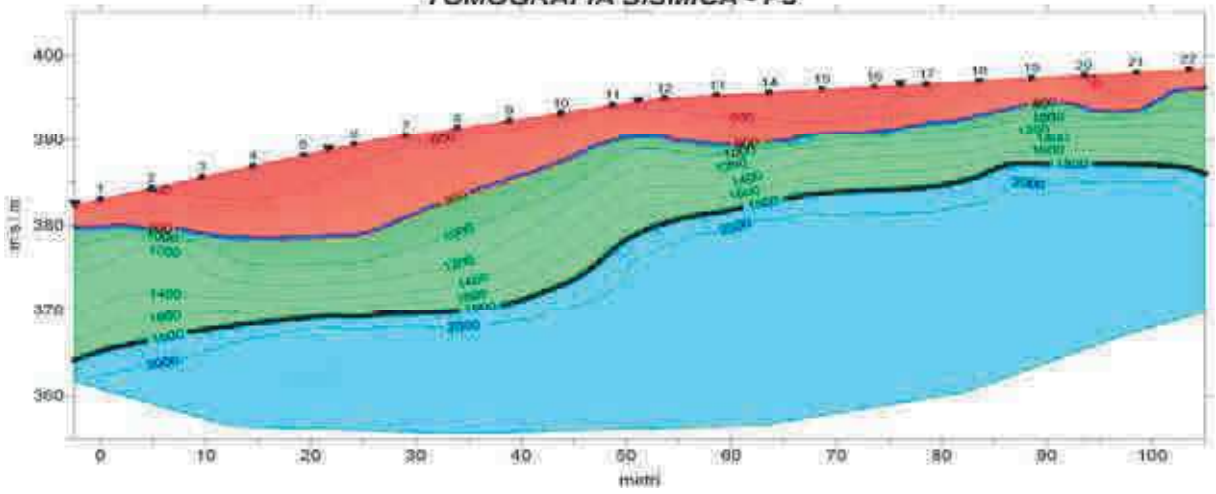
Loc. Casa Colombarola - Comune di Nibbiano
TOMOGRAFIA SISMICA - P1



Loc. Casa Colombarola - Comune di Nibbiano
TOMOGRAFIA SISMICA - P2



Loc. Casa Colombarola - Comune di Nibbiano
TOMOGRAFIA SISMICA - P3



L'elaborazione ha permesso la distinzione di varie unità secondo le loro caratteristiche sismiche:

- ***Unità allentata superficiale*** *(colore rosso),* con velocità inferiori a **800 m/s**. L'unità corrisponde al materiale detritico di copertura meno compatto. Gli spessori sono mediamente variabili da 3 a 5 m.
- ***Unità intermedia mediamente addensata*** (colore verde), con velocità media di **1400-1600 m/s** e spessori medi di 10-20 metri. L'unità è correlabile a materiale detritico addensato e/o al substrato roccioso molto fratturato;
- ***Unità di fondo*** *(colore azzurro),* con velocità medie di **1800-2000 m/s**; i valori di velocità, non particolarmente elevati, sono associabili ad un substrato a prevalente componente argillosa.

5.2 PROVE PER LA DETERMINAZIONE DEL PROFILO DI VELOCITA' DELLE ONDE SISMICHE "S"

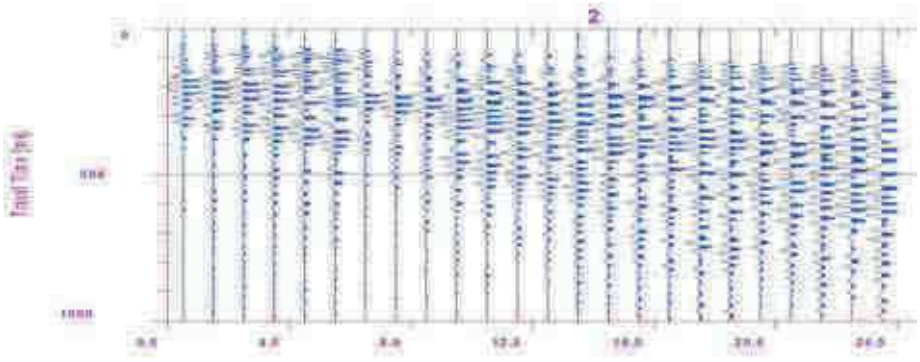
Per la determinazione del profilo di velocità delle onde "S" e della categoria del suolo di fondazione è stato utilizzato il metodo "Masw". I profili "Masw" sono stati realizzati in corrispondenza degli stendimenti sismico-tomografici.

5.2.1 Cenni metodologici

Il MASW (Park et al., 1999) è stato sviluppato in parte per superare le difficoltà dell'applicazione del SASW in ambienti rumorosi. La tecnica, che prevede la registrazione simultanea (in questo caso l'energizzazione è prodotta da una massa battente di almeno 10 Kg) di 12 o più canali, fornisce una ridondanza statistica delle misure di velocità di fase e ne avvalora la veridicità. Il salvataggio delle tracce nel dominio temporale, permette inoltre di distinguere e evidenziare, le onde di Rayleigh presenti nel record, che sono caratterizzate da un'elevata ampiezza di segnale (circa il 60% dell'energia prodotta dalla sorgente artificiale si distribuisce in onde di superficie). Una particolare analisi spettrale, "overtone analysis", produce un grafico Velocità di fase-frequenza in cui si può distinguere il modo fondamentale delle onde di superficie da cui ricavare la curva di dispersione ed il profilo delle Vs per successiva inversione 1-D. La tecnica permette, inoltre, di eseguire misure ripetute spostandosi nella direzione di allineamento per risalire ad un profilo bidimensionale che evidenzia le variazioni laterali delle Vs. Il software utilizzato per l'elaborazione dei dati è il "winMASW" versione Academy della Eliosoft.

5.2.2 Modalità esecutive

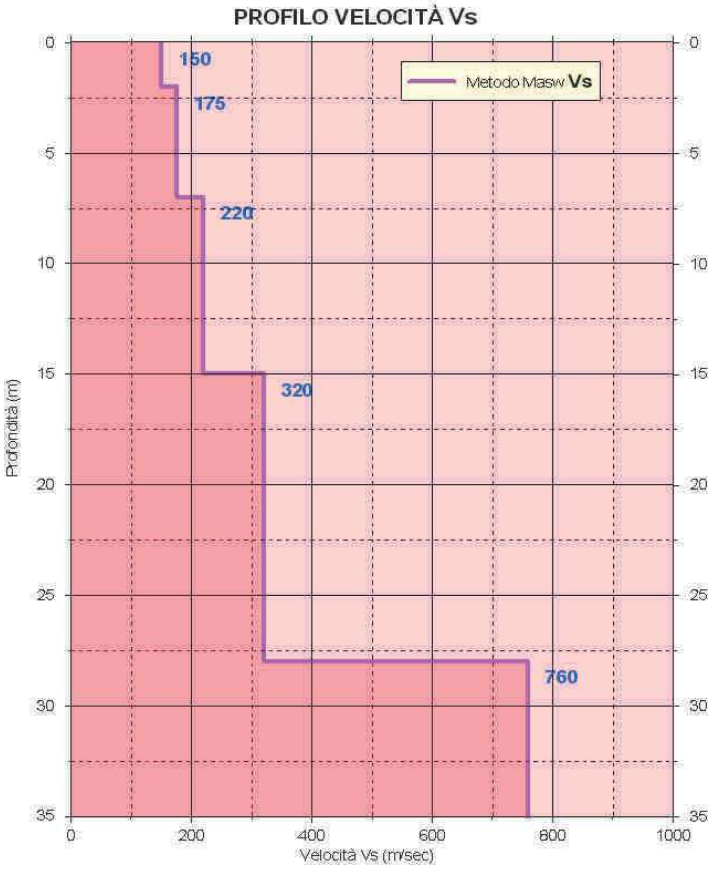
Sono stati realizzati 3 stendimenti di 22 geofoni, con distanza intergeofonica di 5 m. La lunghezza delle registrazioni è stata di 1 sec, con un passo di campionamento di 0.25 ms.



Esempio di registrazione con tecnica "Masw"

Si ricorda che il punto di determinazione del profilo delle Vs in profondità, si riferisce al centro dello stendimento geofonico.

5.2.3 Commento dei risultati



Risultati della prova Masw – M1

Esaminando i grafici ottenuti, si possono fare queste considerazioni:

- Dalla superficie fino a 2/4 m dal p.c. sono presenti materiali caratterizzati da valori di Vs bassi (Vs< 160 m/s). Tali depositi possono essere correlati alla copertura detritica più allentata;

- Più in profondità, fino a 12-15 metri, i valori di Vs aumentano segnalando la presenza di materiale, sempre di probabile natura detritica, più compatto;
- Oltre i 12-15 metri si ha un ulteriore aumento di velocità, con valori che si portano sui 320-450 m/s, in corrispondenza di materiale a discreto addensamento, correlabile a detrito compatto e/o a substrato intensamente fratturato;
- Mediamente oltre i 25 metri, le velocità aumentano più nettamente in corrispondenza del substrato più compatto;
- I valori di Vs 30 calcolati sono di 247 m/s (M1), 290 m/s (M2) e 352 m/s (M3);
- In base all'attuale normativa (NTC2008) il sito d'interesse presenta un suolo di fondazione di tipo C.

6. MODELLO GEOLOGICO DELL'AREA

Le indagini realizzate unite alle più generali conoscenze geologiche hanno consentito di ricostruire il modello geologico-geotecnico di riferimento per l'area d'interesse.

SINTESI DEI PARAMETRI GEOTECNICI

Livello A	**Litologia:** *limo e argilla con rari trovanti poco addensato*	
Dal p.c. a –3/-5 m	Peso di volume Peso di volume saturo Angolo di attrito di picco Angolo di attrito residuo Coesione	**γ = 1.80 t/mc** **γ = 1.90 t/mc** **φ = 19°** **φ = 17°** **C = 0.03 Kg/cmq**
Livello B	**Litologia:** materiale a consistenza detritica mediamente compatto	
da–3/-5 m a –12/-15 m	Peso di volume Peso di volume saturo Angolo di attrito di picco Angolo di attrito residuo Coesione	**γ = 1.90 t/mc** **γ = 2.00 t/mc** **φ = 23°** **φ = 21°** **C = 0.1 Kg/cmq**
Livello C	**Litologia:** *substrato fratturato*	
Da –12/-15 m a –25/-30 m	Peso di volume Peso di volume saturo Angolo di attrito di picco Angolo di attrito residuo Coesione	**γ = 1.95 t/mc** **γ = 2.05 t/mc** **φ = 29°** **φ = 26°** **C = 0.1 Kg/cmq**
Livello D	**Litologia:** *substrato roccioso mediamente compatto*	
Oltre –25/-30 m	Peso di volume Angolo di attrito	**γ = 2.25 t/mc** **φ = 40°**

7. VALUTAZIONE DELLA PERICOLOSITA' SISMICA DELL'AREA (delibera del 2 Maggio 2007, n.112, in materia antisismica e successive integrazioni)

7.1 OBIETTIVI DELLA DELIBERA

Scopo del presente atto di indirizzo e coordinamento è quello di fornire i criteri per la per l'individuazione delle aree soggette ad effetti locali e per la microzonazione sismica del

territorio in modo da orientare le scelte della pianificazione verso aree caratterizzate da minore pericolosità sismica. Lo studio della pericolosità di base e della pericolosità locale hanno come obiettivi:

- *l'individuazione delle aree dove in occasione dei terremoti attesi possono verificarsi effetti locali;*
- *la stima quantitativa della risposta sismica locale dei depositi e delle morfologie presenti nell'area di indagine ("Analisi della Risposta Sismica Locale", RSL);*
- *la suddivisione del territorio in sottozone a diversa pericolosità sismica locale ("Microzonazione Sismica", MZS).*

I risultati dell'analisi della pericolosità sismica locale e della microzonazione sismica, devono essere applicati nella redazione degli strumenti di pianificazione territoriale e urbanistica.

7.2 LIVELLI DI APPROFONDIMENTO

Gli studi di risposta sismica locale e microzonazione sismica vanno condotti a diversi livelli di approfondimento a seconda delle finalità e delle applicazioni nonché degli scenari di pericolosità locale. Tali studi svolti devono essere descritti in una relazione che indichi chiaramente il livello di approfondimento, le indagini effettuate e i risultati ottenuti e devono fornire una cartografia dello stato del territorio, e sono un riferimento necessario per la Valutazione di Sostenibilità Ambientale e Territoriale (VALSAT) preventiva delle singole scelte del piano.

Si identificano due fasi di analisi con diversi livelli di approfondimento.

La prima fase è diretta a definire gli scenari di pericolosità sismica locale, cioè ad identificare le parti di territorio suscettibili di effetti locali (amplificazione del segnale sismico, cedimenti, instabilità dei versanti, fenomeni di liquefazione, rotture del terreno, ecc.). L'individuazione delle aree soggette ad effetti locali si basa su rilievi, osservazioni e valutazioni di tipo geologico e geomorfologico, svolte a scala territoriale, associati a raccolte di informazioni sugli effetti indotti dai terremoti passati. Tale analisi viene svolta - soprattutto mediante elaborazione dei dati disponibili - in sede di elaborazione del PTCP e del PSC e concorre alla definizione delle scelte di piano, fornendo prime indicazioni sui limiti e le condizioni per la pianificazione nelle suddette aree.

La seconda fase ha come obiettivo la microzonazione sismica del territorio indagato. Sulla base degli scenari individuati dalle analisi svolte nel corso della prima fase, nella seconda fase si attuano due diversi livelli di approfondimento:

a) nelle aree pianeggianti e sub-pianeggianti, incluse le zone di fondovalle appenniniche, con stratificazione orizzontale e sub-orizzontale, e sui versanti stabili con acclività ≤ 15° in cui il deposito ha spessore costante si ritiene sufficiente un'analisi semplificata (secondo livello di approfondimento), cioè l'analisi della pericolosità locale può essere basata, oltre che sull'acquisizione di dati geologici e geomorfologici più dettagliati di quelli rilevati nel primo livello, su prove geofisiche in sito e su prove geotecniche di tipo standard. Il numero delle verticali indagate deve essere tale da consentire un'adeguata caratterizzazione geotecnica spaziale dei terreni e delle formazioni presenti nell'area di studio;

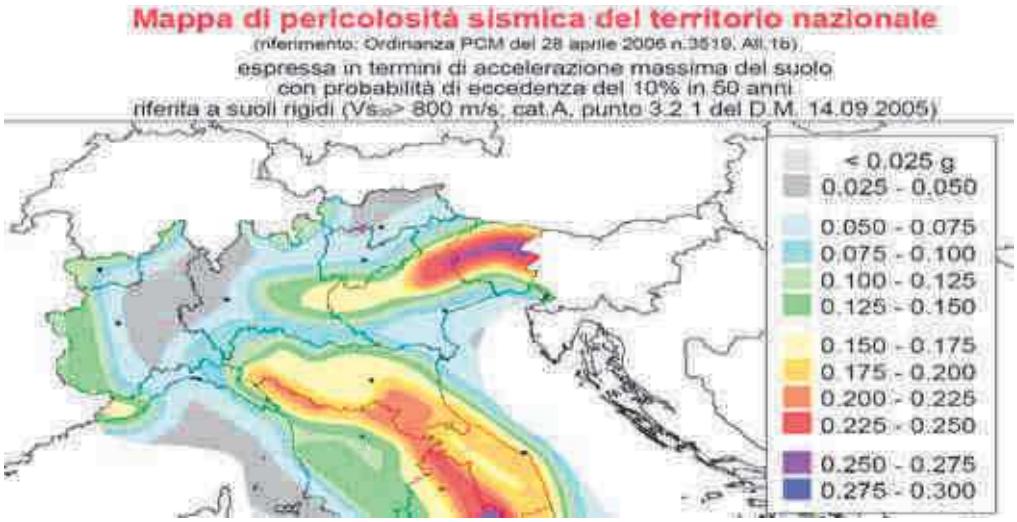
b) un'analisi più approfondita (terzo livello di approfondimento) è invece richiesta nei seguenti casi (vedere Allegato A1):

- aree soggette a liquefazione e densificazione;
- aree instabili e potenzialmente instabili;
- aree in cui le coperture hanno spessore fortemente variabile, come ad esempio nelle aree pedemontane e di fondovalle a ridosso dei versanti;
- aree in cui è prevista la realizzazione di opere di rilevante interesse pubblico.

L'analisi approfondita richiede un significativo numero di prove geofisiche e geotecniche, sia in sito che in laboratorio, rivolte alla definizione del comportamento dei terreni sotto sollecitazione dinamica. In queste parti del territorio la pericolosità potrebbe essere molto elevata e perciò deve essere attentamente valutata la possibilità di renderle suscettibili di trasformazione urbanistica.

7.3 CARATTERI SISMICI DELL'AREA

In base alla nuova carta della pericolosità sismica del territorio nazionale, i valori di PGA su suolo rigido con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni, per il Comune di Nibbiano sono compresi fra 0.075 e 0.100 g. L'area ricade nella zona simogenetica 911, in cui i meccanismi di fagliazione prevalenti sono legati a faglie trascorrenti e le profondità dei terremoti prevalentemente compresi fra 8 e 12 Km. Le magnitudo massime attese nella zona sismogenetica d'interesse sono di 5.7-6.1. Le serie storiche dei terremoti contenuti nell'archivio della Regione Emilia Romagna non segnalano eventi sismici rilevanti nell'area d'interesse.



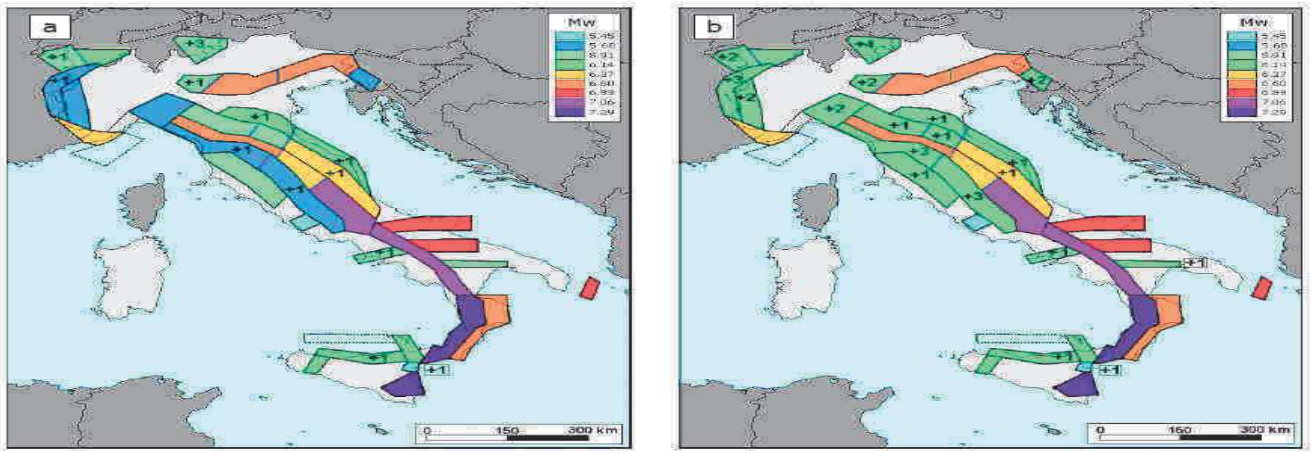


Figura 36. Valori di Mwmax corrispondenti ai due insiemi: a) "osservati" (Mwmax1); b) "cautelativi" (Mwmax2).

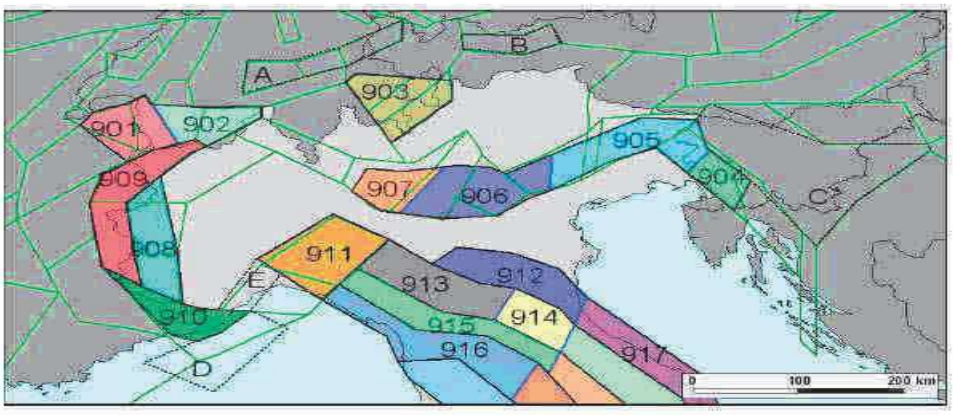


Figura 10. Zonazione sismogenetica ZS9 a confronto con la zonazione del progetto SESAME nell'area alpina (Jiménez et al., 2001; linee di colore verde).

In base alle caratteristiche geologiche del sito d'interesse, i principali effetti attesi possono ricondursi essenzialmente a fenomeni di amplificazione litologica e in minor misura a fenomeni d'instabilità dei versanti. Sono da escludere fenomeni d'amplificazione topografica (pendenza del versante complessivamente inferiore a 15°) e fenomeni di liquefazione (basso valore di ag atteso e presenza di copertura di materiale eterogeneo in matrice coesiva).

7.4 VALUTAZIONE DEL FATTORE DI AMPLIFICAZIONE DEL SITO INTERESSE-ANALISI 2° LIVELLO

A2.1.1 - APPENNINO E MARGINE APPENNINICO-PADANO

In caso di substrato marino caratterizzato da Vs ≥ 800 m/s si devono usare le seguenti tabelle

F.A. P.G.A.

Vs_H / H	200	250	300	350	400	450	500	600	700	800
5	1.6	1.3	1.2	1.1	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
10	2.0	1.9	1.7	1.6	1.4	1.2	1.1	1.0	1.0	1.0
15	2.0	2.0	2.0	1.8	1.6	1.4	1.3	1.2	1.0	1.0
20	2.0	2.0	2.0	1.9	1.7	1.6	1.4	1.3	1.1	1.0
25	1.9	2.0	1.9	1.9	1.8	1.6	1.5	1.3	1.2	1.0
30	1.8	1.9	1.9	1.9	1.7	1.5	1.5	1.4	1.2	1.0
35	1.7	1.8	1.9	1.9	1.7	1.6	1.5	1.4	1.3	1.0
40	1.6	1.8	1.9	1.9	1.8	1.6	1.5	1.4	1.3	1.0

F.A. INTENSITA' SPETTRALE - 0.1s < To < 0.5s

Vs_H / H	200	250	300	350	400	450	500	600	700	800
5	1.2	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
10	1.8	1.6	1.4	1.2	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
15	2.1	2.0	1.7	1.5	1.2	1.1	1.1	1.0	1.0	1.0
20	2.3	2.3	1.9	1.7	1.5	1.4	1.2	1.1	1.0	1.0
25	2.2	2.4	2.2	2.0	1.7	1.5	1.4	1.2	1.1	1.0
30	2.1	2.3	2.3	2.1	1.9	1.7	1.5	1.3	1.2	1.0
35	1.9	2.1	2.3	2.2	1.9	1.8	1.6	1.4	1.3	1.0
40	1.8	2.0	2.3	2.3	2.0	1.8	1.6	1.4	1.3	1.0

F.A. INTENSITA' SPETTRALE - 0.5s < To < 1.0s

Vs_H / H	200	250	300	350	400	450	500	600	700	800
5	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
10	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
15	1.2	1.2	1.1	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
20	1.5	1.4	1.2	1.1	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
25	2.1	2.1	1.5	1.2	1.1	1.1	1.0	1.0	1.0	1.0
30	2.4	2.3	1.9	1.5	1.2	1.1	1.1	1.0	1.0	1.0
35	2.5	2.4	2.3	1.8	1.3	1.3	1.2	1.1	1.0	1.0
40	2.7	2.6	2.6	2.0	1.6	1.3	1.2	1.1	1.1	1.0

I fattori di amplificazione calcolati per i singoli profili di velocità Vs sono riassunti nel tabella seguente:

PROVA	PROF. BEDROCK	VS 30	VS H	FA PGA	FA intensità spettrale 0.1s-0.5s	FA intensità spettrale 0.5s-1.0s
M1	28 m	247	240	1.9	2.3	2.3
M2	24 m	290	250	2.0	2.4	2.1
M3	18 m	352	260	2.0	2.3	1.4

In base alla delibera sopraccitata, l'accelerazione orizzontale su suolo rigido (Vs>800 m/s) prevista per il Comune di Nibbiano è di 0.098g.

7.5 SPETTRO DI RISPOSTA (IN PGA) DELL'AREA

Nella delibera della Regione è riportata la forma dello spettro di risposta valido per tutta la regione.

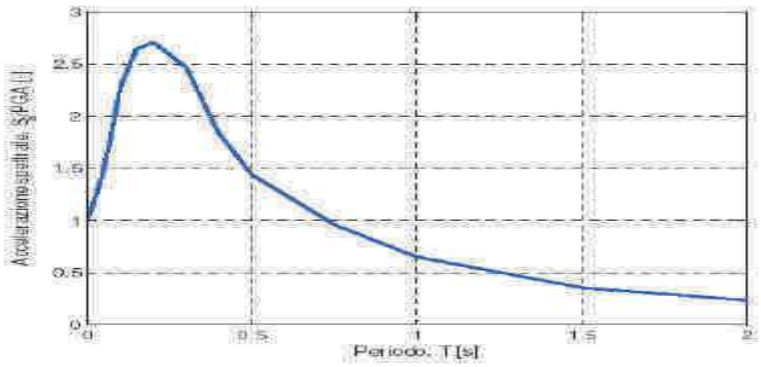


Figura 1 - Spettro di risposta normalizzato (T_R = 475 anni, smorzamento = 5%) per l'Emilia-Romagna

Dallo spettro di risposta normalizzato è possibile ottenere, moltiplicando i valori della tabella 1 per il valore di arefg di ogni comune, lo spettro di risposta a probabilità uniforme che descrive le caratteristiche del moto sismico atteso per ogni comune dell'Emilia-Romagna. Considerando il valore di arefg=0.098 per il comune di Nibbiano e il fattore di amplificazione (2.0), è stato calcolato lo spettro di risposta del sito d'interesse.



Spettro di riposta del sito in base alle norme della regione Emilia-Romagna

7.6 ANALISI DELLA STABILITA' DEL VERSANTE SIA IN CONDIZIONI PSEUDO-STATICHE CHE SISMICHE-DINAMICHE - ANALISI 3° LIVELLO

Per ricostruire l'assetto litostratigrafico e le caratteristiche geomeccaniche del versante, oltre alle considerazioni di carattere geologico, sono stati utilizzati i dati desunti dalle prove geofisiche realizzate, sintetizzati nei paragrafi precedenti.

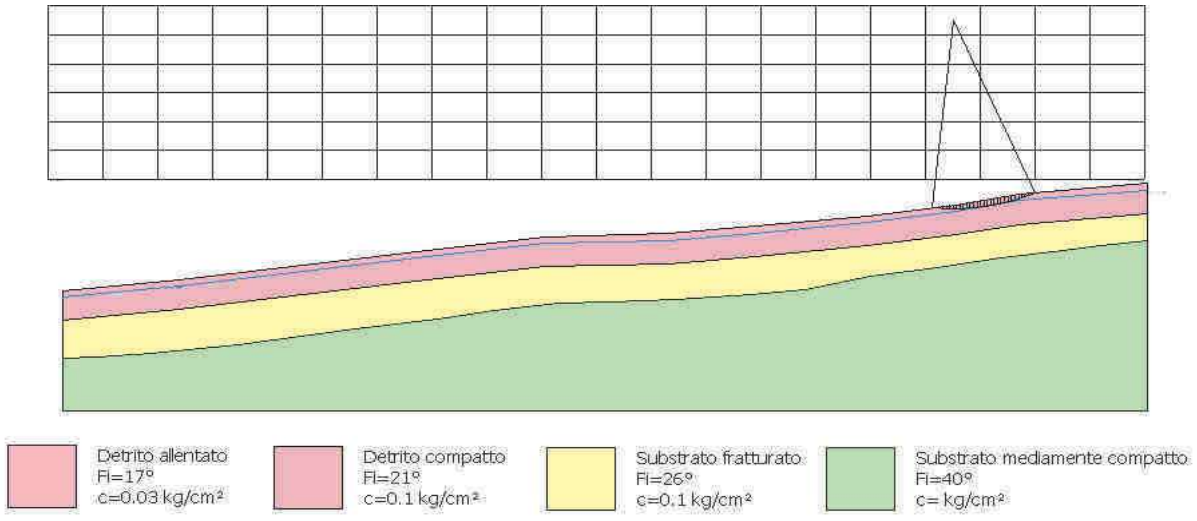
1 Angolo resistenza al taglio: Residuo

Nr.	DB	Peso unità di volume (Kg/m³)	Peso saturo (Kg/m³)	Coesione (kg/cm²)	Coesione non drenata (kg/cm²)	Angolo resistenza al taglio picco (°)	Angolo resistenza al taglio residuo (°)	Permeabilità (m/s)	Dati aggiuntivi ...	Texture ...	Descrizione
1		1800	1900	0.03		18	17	Permeabile			Detrito
2		1900	2000	0.1		23	21	Impermeabile			Detrito
3		1950	2050	0.1		29	26	Impermeabile			Substrato
4		2250	2250			40	40	Impermeabile			Substrato

Modello geologico-geotecnico dell'area

7.6.1 Analisi di stabilità in condizioni pseudostatiche

Per l'analisi di stabilità del versante è stato utilizzato il software "slope" della società Geostru. Il metodo utilizzato è stato quello di Bishop. Per l'analisi di stabilità, a scopo cautelativo, sono stati utilizzati valori di angolo di attrito residuo). Per l'azione sismica è stato considerato un valore di ag di 0.098x2.0 (fattore di amplificazione massimo) = 0.196g, ed un coefficiente di amplificazione topografica di 1.0. E' stata inoltre considerata la falda a 3 metri dal p.c. In base alle verifiche realizzate, che, dato l'utilizzo dell'angolo di attrito residuo, sono state fatte in condizioni cautelative, il versante risulta in buone condizioni di sicurezza. La superficie con il minor coefficiente di sicurezza (2.06), che interessa la copertura superficiale, è stata individuata a monte di Casa Colombarola.



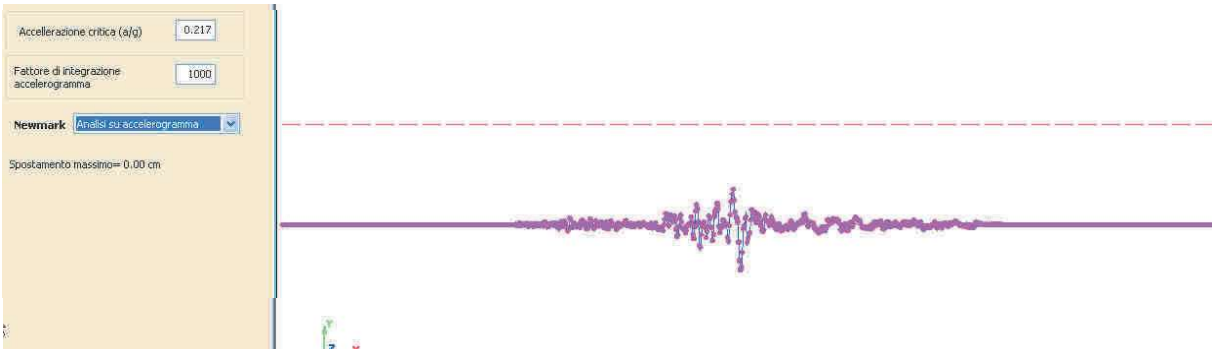
Verifica di stabilità del versante

7.6.2 Analisi di stabilità dinamica (Metodo di NEWMARK)

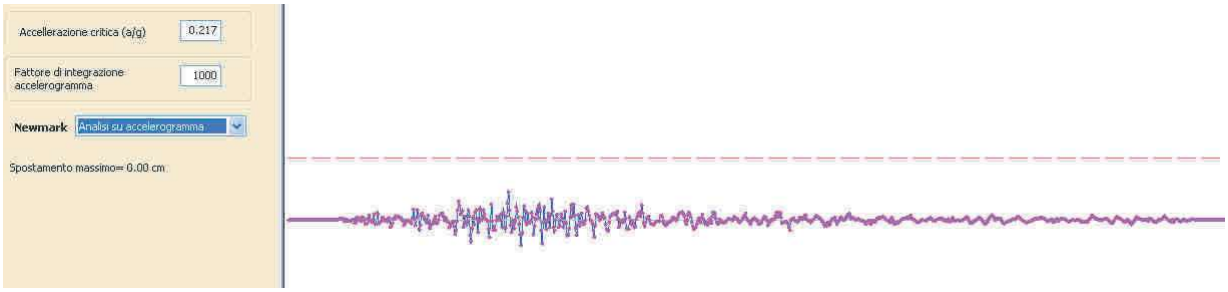
Le verifiche in condizioni sismiche dinamiche (semplificate) sono state realizzate utilizzando come input gli accelerogrammi forniti dalla Regione Emilia-Romagna per il Comune di Nibbiano.

Le verifiche effettuate, con spostament nulli, confermano la stabilità dell'area anche in condizioni sismiche dinamiche. Di seguito si riportano i risultati delle 3 analisi dinamiche relative ai 3 sismogrammi considerati; nei grafici il valore soglia dell'accelerazione in grado di produrre spostamenti è rappresentato dalla linea rossa tratteggiata.

Accelerogramma 000046xa_033029Nibbiano.txt



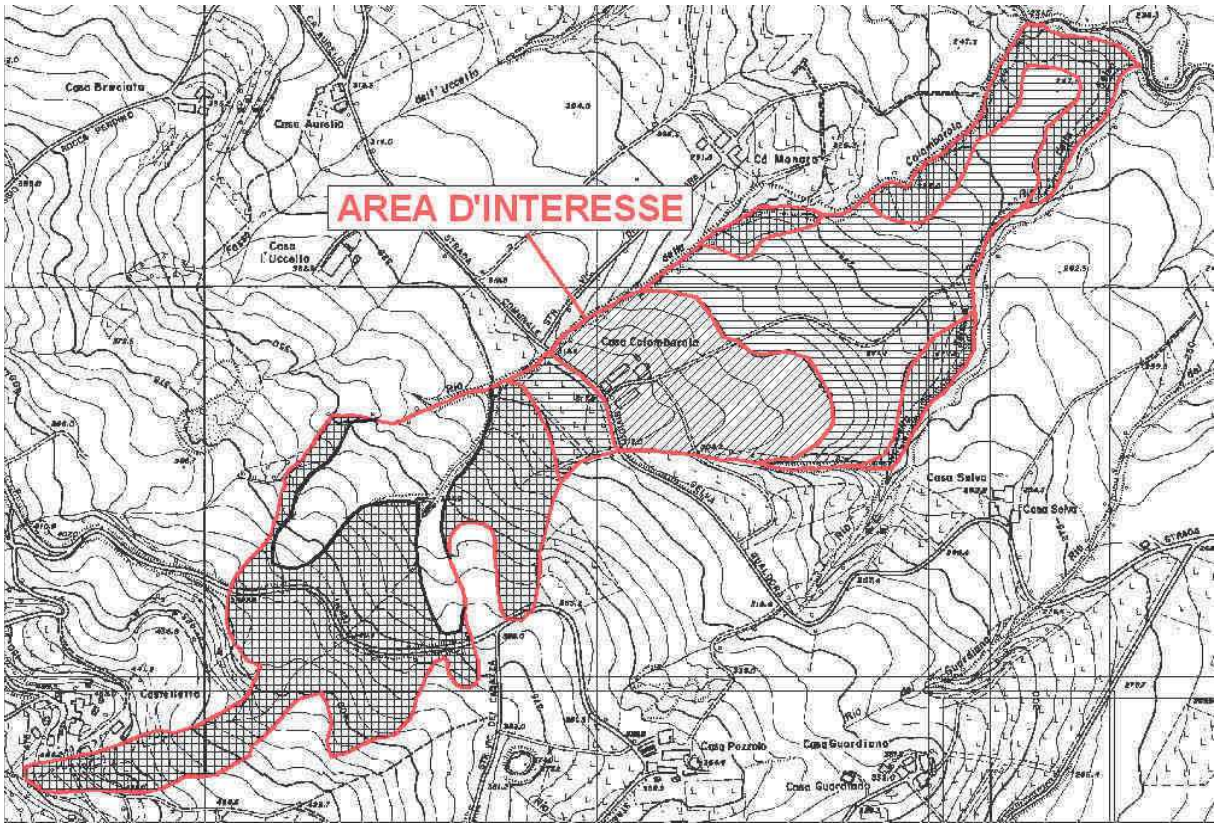
Accelerogramma 000126xa_033029Nibbiano.txt



Accelerogramma 000354xa_033029Nibbiano.txt

8. ZONIZZAZIONE DEL RISCHIO DEL CORPO DI FRANA QUIESCENTE-DEPOSITO DI VERSANTE

Il corpo di detritico studiato è stato suddiviso, in base a criteri geologico-geomorfologici, in settori contraddistindi da un differente grado di "rischio".



Zonizzazione del "rischio" geologico del corpo detritico

Sono state distinte 3 classi di rischio:

- **Aree a rischio moderato (classe 2 - rigato obliquo)**, occupano, in linea di massima, la parte centrale del corpo detritico. In tali aree sia le condizioni morfologiche (debole acclività), che idrogeologiche (drenaggio centrifugo) sono favorevoli.
- **Aree a rischio elevato (classe 3 - rigato orizzontale)**, occupano la parte bassa del versante in condizioni geomorfologiche complessivamente favorevoli. L'acclività è leggermente superiore alle aree considerate a rischio moderato. Anche se non si rilevano segnali di movimenti in atto e/o recenti, sono state considerate a rischio elevato.
- **Aree a rischio molto elevato (classe 4 – retino incrociato)**, sono sostanzialmente le aree a maggiore acclività e con prevalente drenaggio centripeto, localmente interessate da piccoli movimenti superficiali. Occupano la parte alta del versante e limitati settori a ridosso dei corsi d'acqua. Cautelativamente sono state considerate a rischio molto elevato.

9. PRESCRIZIONI PER LE AREE IN FRANA QUIESCENTE - DEPOSITO DI VERSANTE IN CUI E' STATA EFFETTUATA LA VALUTAZIONE DEL RISCHIO

Classe 1 (rischio basso) – Fattibilità senza particolari limitazioni (R1):

Queste aree si ritengono utilizzabili ai fini edificatori senza particolari limitazioni all'urbanizzazione o alla modifica della destinazione d'uso; eventuali problematiche locali possono essere superate attraverso approfondimenti di indagine o accorgimenti tecnico-costruttivi. In particolare si dovrà subordinare l'autorizzazione ad accertamenti geognostici in particolare ai fini di:

- *evitare che fondazioni di una stessa costruzione vengano a poggiare in parte sulla zona di alterazione ed in parte sulla roccia in posto, o peggio ancora, su materiale di riporto;*
- *ridurre all'indispensabile eventuali sbancamenti e riporti adottando pendenze adeguate;*
- *drenare le acque eventualmente incontrate;*
- *adottare la tipologia di fondazione più idonea alla tipologia di substrato riscontrata.*

Classe 2 (rischio moderato) – Fattibilità con modeste limitazioni (R2):

Queste aree si ritengono utilizzabili ai fini urbanistici, anche se si sono appurate alcune condizioni limitanti all'edificabilità, che possono essere superate attraverso approfondimenti di indagine o accorgimenti tecnico-costruttivi; gli interventi edificatori sono comunque permessi, prevedendo se necessario eventuali accorgimenti costruttivi necessari o interventi di riduzione del rischio idrogeologico, quali:

- *sbancamenti e riporti ridotti al minimo;*
- *fondazioni rigide, spinte ad idonea profondità dall'attuale piano campagna;*
- *regolamentazione delle acque superficiali e sotterranee;*
- *sistemi di raccolta sistematica e l'allontanamento in tubazioni a perfetta tenuta delle acque piovane e di quelle di scarico dei futuri edifici;*
- *opportuni interventi di sostegno (ex gabbionate, muri con drenaggio e sistema di smaltimento acque ecc.) al fine di proteggere il piede di eventuali scarpate artificiali con pendenze superiori a 1/2.*

Per tali zone si dovrà comunque subordinare l'autorizzazione ad ulteriori e dettagliati accertamenti geologici e geognostici.

Classe 3 (rischio elevato) – Fattibilità con significative limitazioni (R3)

In questa classe si sono inserite le zone in cui la propensione al dissesto è più elevata, ed in cui le limitazioni alla modifica della destinazione d'uso appare più consistente.

Si dovrà dunque subordinare l'autorizzazione ad ulteriori e dettagliati accertamenti geologico-tecnici e geognostici, finalizzati a valutare quali siano le azioni atte a ridurre il rischio connesso all'intervento edificatorio

Si dovrà dunque prevedere quanto segue:

- *manutenzione delle eventuali opere di difesa esistenti;*
- *l'adozione di fondazioni rigide, spinte ad idonea profondità dall'attuale piano campagna;*
- *la raccolta sistematica e l'allontanamento in tubazioni a perfetta tenuta delle acque piovane e di quelle di scarico dei futuri edifici;*
- *regolamentazione delle acque superficiali e sotterranee, e se necessario comprendere tutta o buona parte della zona a monte, attraverso le opportune opere idrauliche (ex canali di scolo, drenaggi sotterranei ecc.);*
- *quanto necessario al fine di ridurre la pericolosità;*

Oltre a quanto consentito dalle norme del P.T.C.P. (e dal P.A.I) in merito alle frane attive e quiescenti, in questa classe sono ammessi solo ampiamenti delle costruzioni esistenti, con incrementi volumetrici non superiori a quanto consentito dalle N.T.A. del P.S.C comunale.

Classe 4 (rischio molto elevato) – Fattibilità con gravi limitazioni (R4):

In queste zone si intende consentito quanto permesso dal P.T.C.P (e dal P.A.I) per le frane quiescenti-depositi di versante.

Nibbiano, 12/02/2016

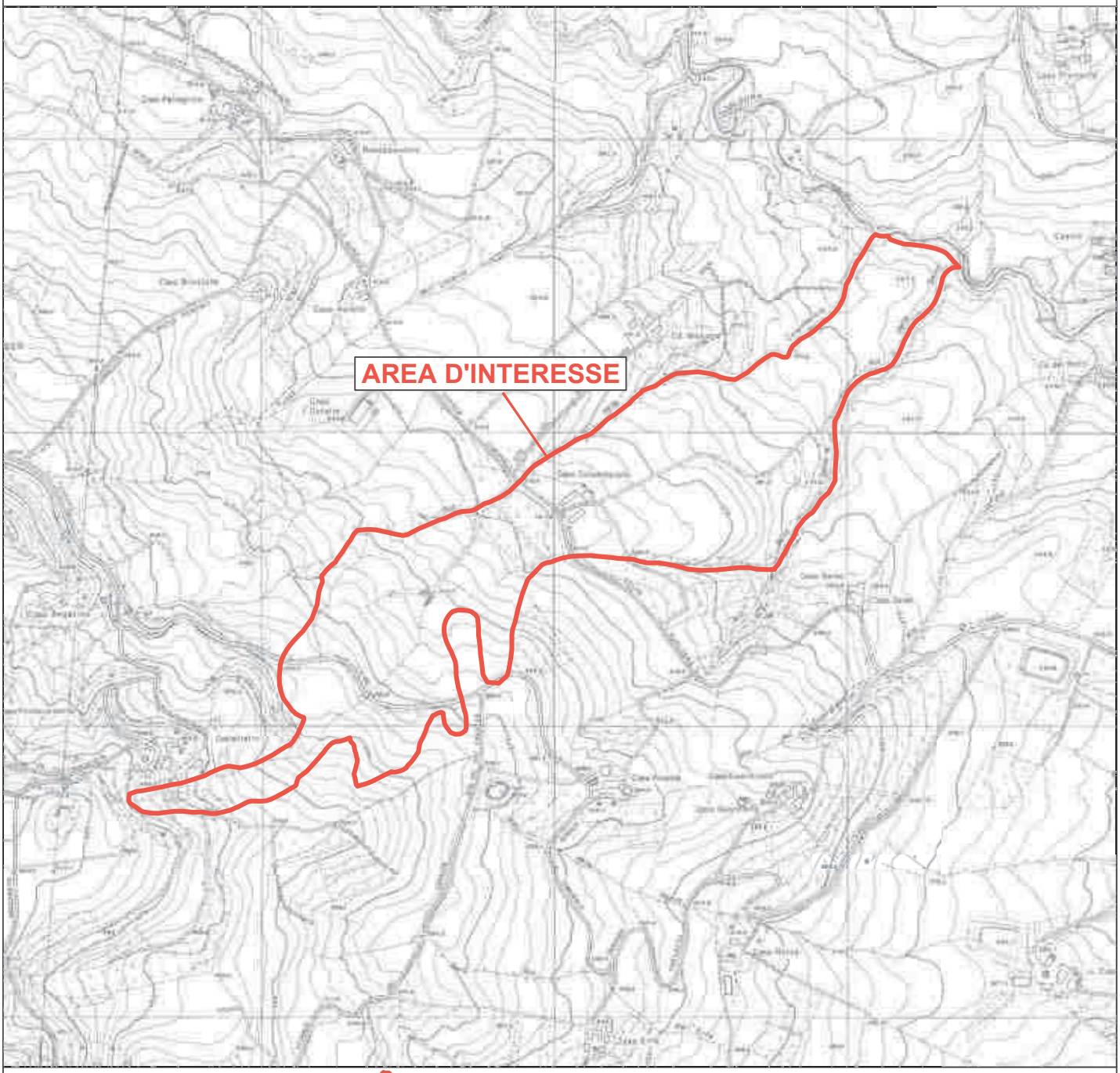
Dott. Adriano Baldini

Dott. Alberto Lepori

ALLEGATI

INQUADRAMENTO TERRITORIALE

Scala 1:10000



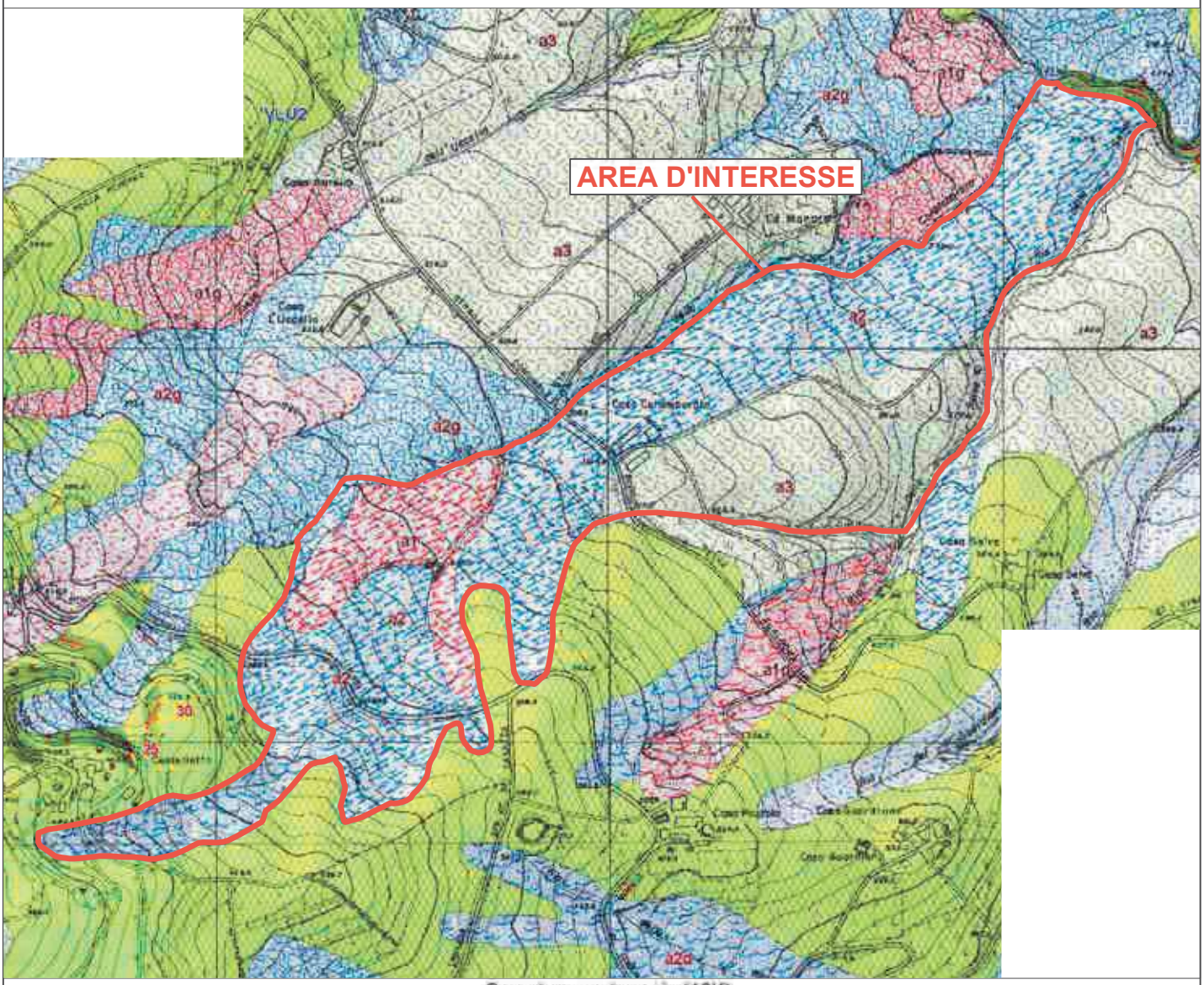


Area considerata

Fig. ***1***

ESTRATTO CARTA GEOLOGICA REGIONALE

Scala 1:8000



LEGENDA

Unità geologiche (10K)

VLU2 - Formazione della Val Luretta - membro di Monteventano

VLU3 - Formazione della Val Luretta - membro di Genepreto

a2g - Deposito di frana quiescente complessa

a3 - Deposito di versante s.l.

Coperture quaternarie (10K)

a1 - Deposito di frana attiva di tipo indeterminato

a1b - Deposito di frana attiva per scivolamento

a1d - Deposito di frana attiva per colamento di fango

a1g - Deposito di frana attiva complessa

a2 - Deposito di frana quiescente di tipo indeterminato

a2b - Deposito di frana quiescente per scivolamento

a2d - Deposito di frana quiescente per

Area considerata

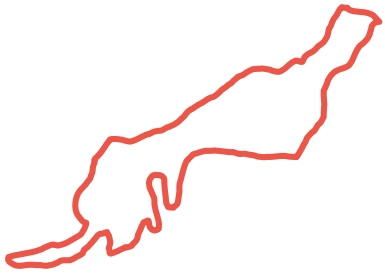
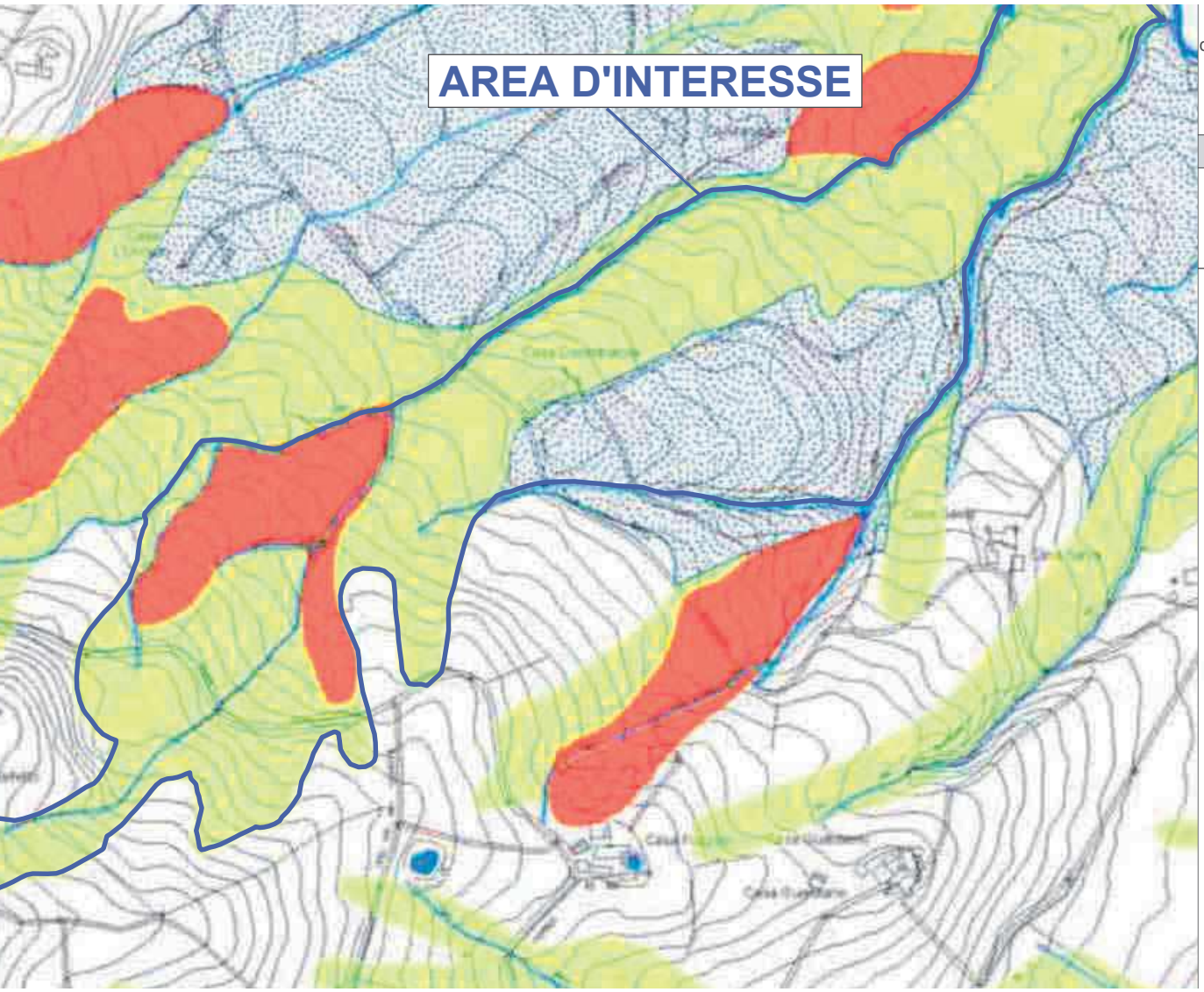


Fig.2



Studio ge
di un versante in frana q
in loc. Casa Colomba
"*Classificazion*
di frana quiescen

CARTA D
Estra

Elementi morfologici

Area di frana attiva:

Area di frana quiescente:

Area di frana stabilizzata o

Depositi alluvionali attuali:

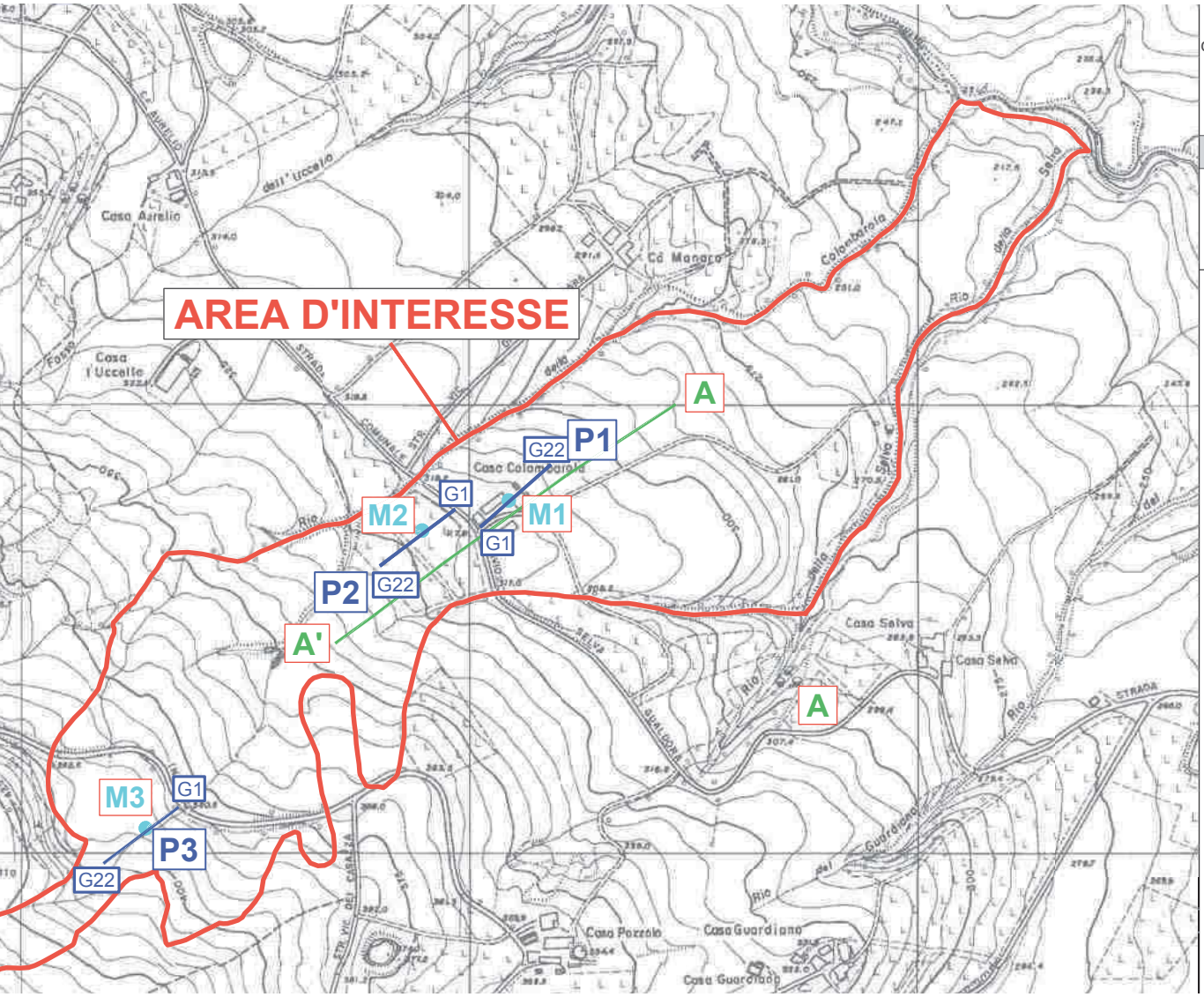
Depositi alluvionali terrazzat

Depositi alluvionali terrazzat

Depositi alluvionali terrazzat

Deposito eluvio-colluviale

AR



Studio geo
di un versante in frana qu
in loc. Casa Colomba
"*Classificazione*
di frana quiescent

PLANIMETRIA

INDAGINI SISMICHE

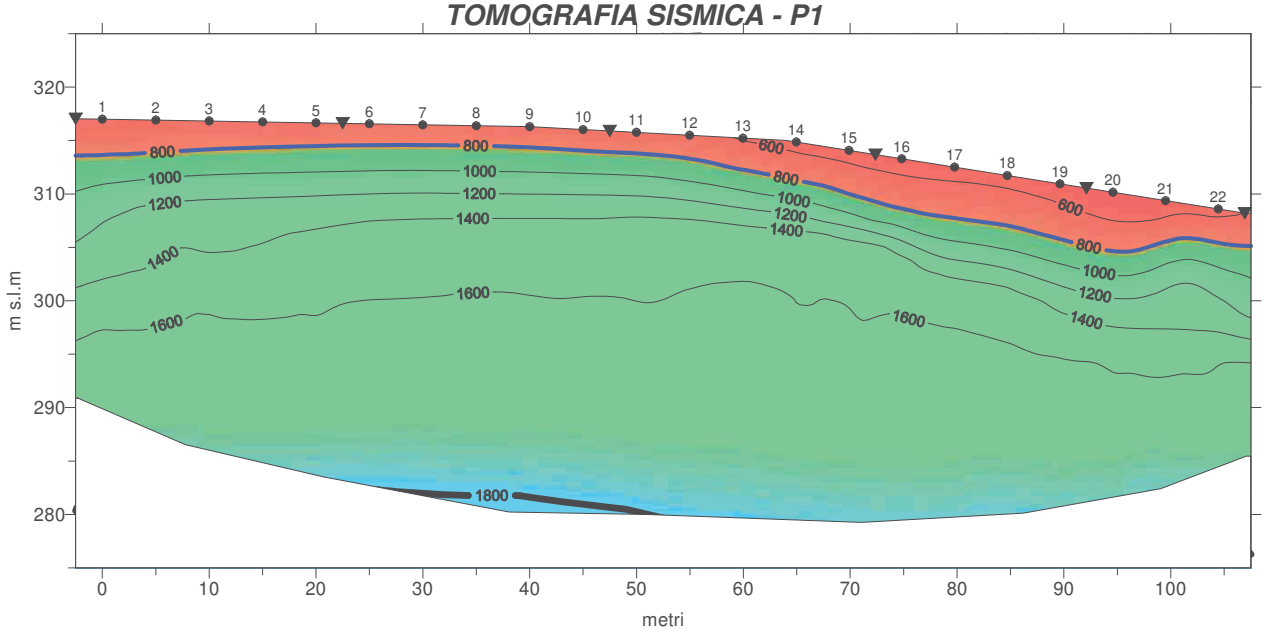
G1 **P1-P2** G22 Tra

M1-M2 Prov

A' A Tra

AREA

Loc. Casa Colombarola - Comune di Nibbiano
TOMOGRAFIA SISMICA - P1



Scala 1:500

Velocità sismiche m/sec

300 600 900 1200 1500 1800 2100 2400

Limite del materiale di copertura più allentato

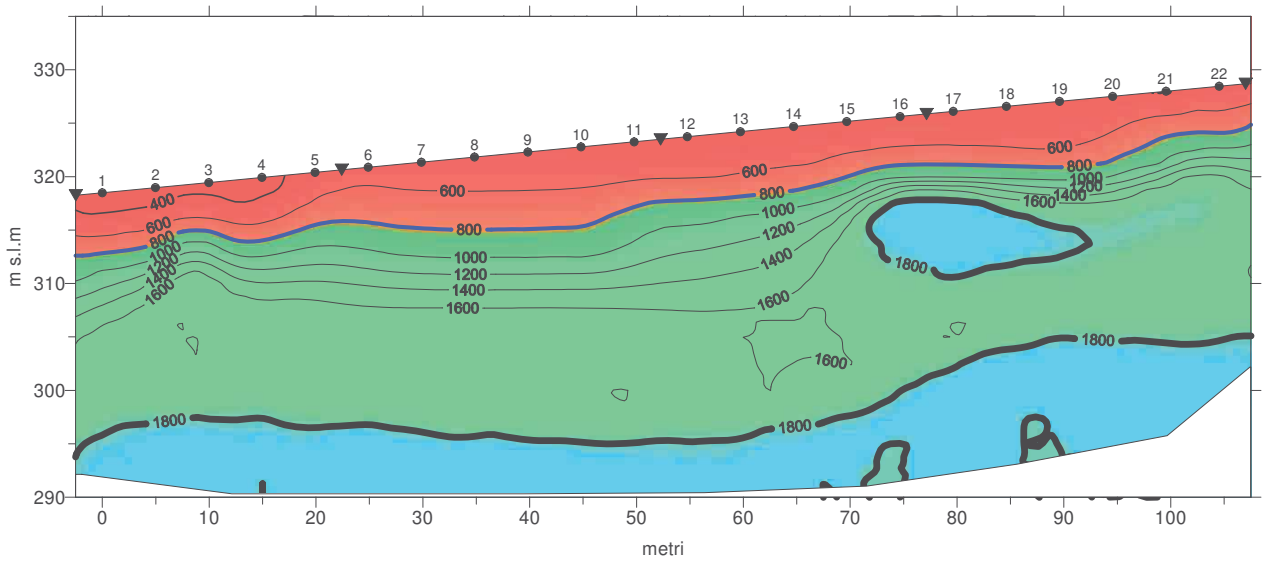
Passaggio a materiale più compatto

▼ Punti di energizzazione

● Punti di registrazione

Fig.5a

Loc. Casa Colombarola - Comune di Nibbiano
TOMOGRAFIA SISMICA - P2



Scala 1:500

Velocità sismiche m/sec

300 600 900 1200 1500 1800 2100 2400

Limite del materiale di copertura più allentato

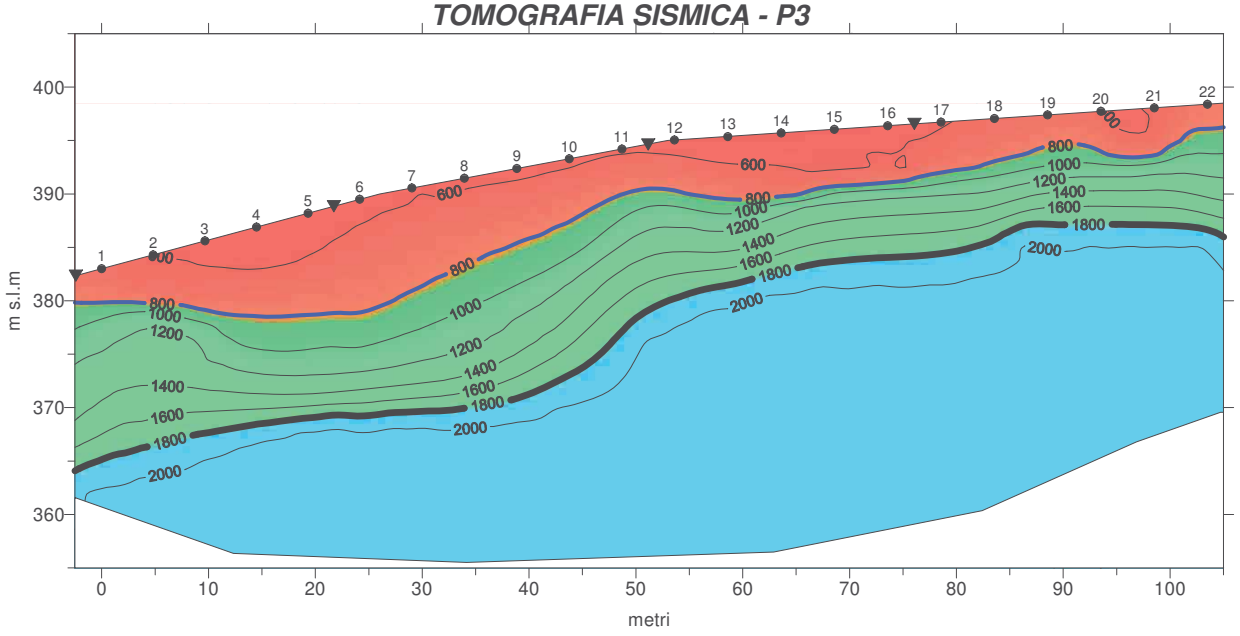
Passaggio a materiale più compatto

▼ Punti di energizzazione

● Punti di registrazione

Fig.5b

Loc. Casa Colombarola - Comune di Nibbiano
TOMOGRAFIA SISMICA - P3



Scala 1:500

Velocità sismiche m/sec

300 600 900 1200 1500 1800 2100 2400

Limite del materiale di copertura più allentato

Passaggio a materiale più compatto

▼ Punti di energizzazione

● Punti di registrazione

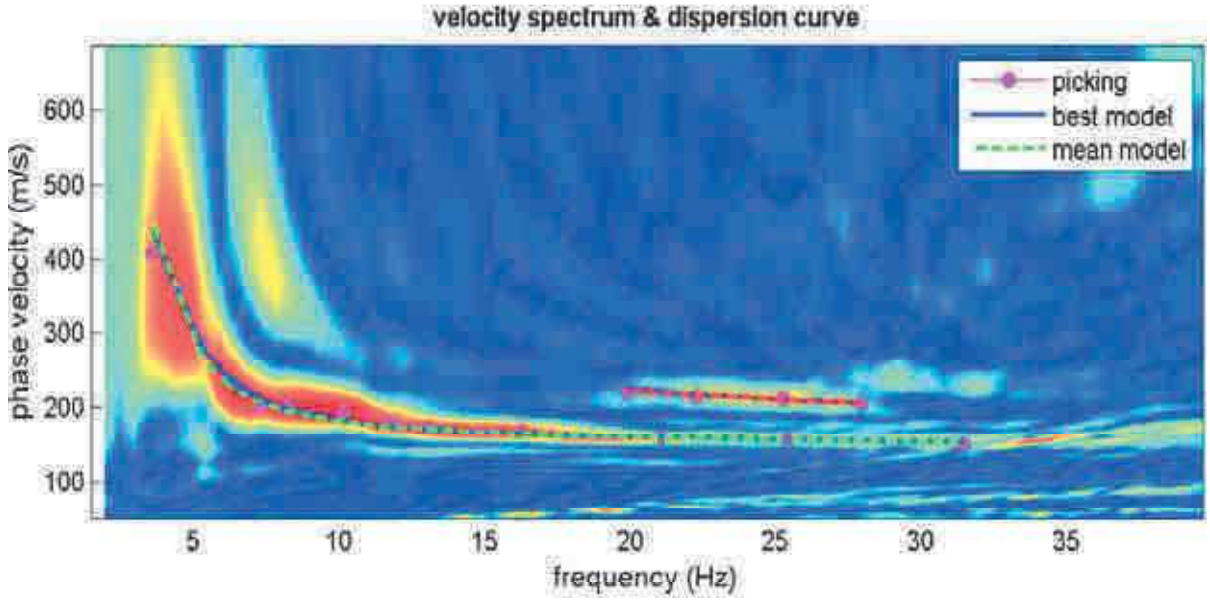
Fig.5c

loc. Casa Colombarola - Comune di Nibbiano

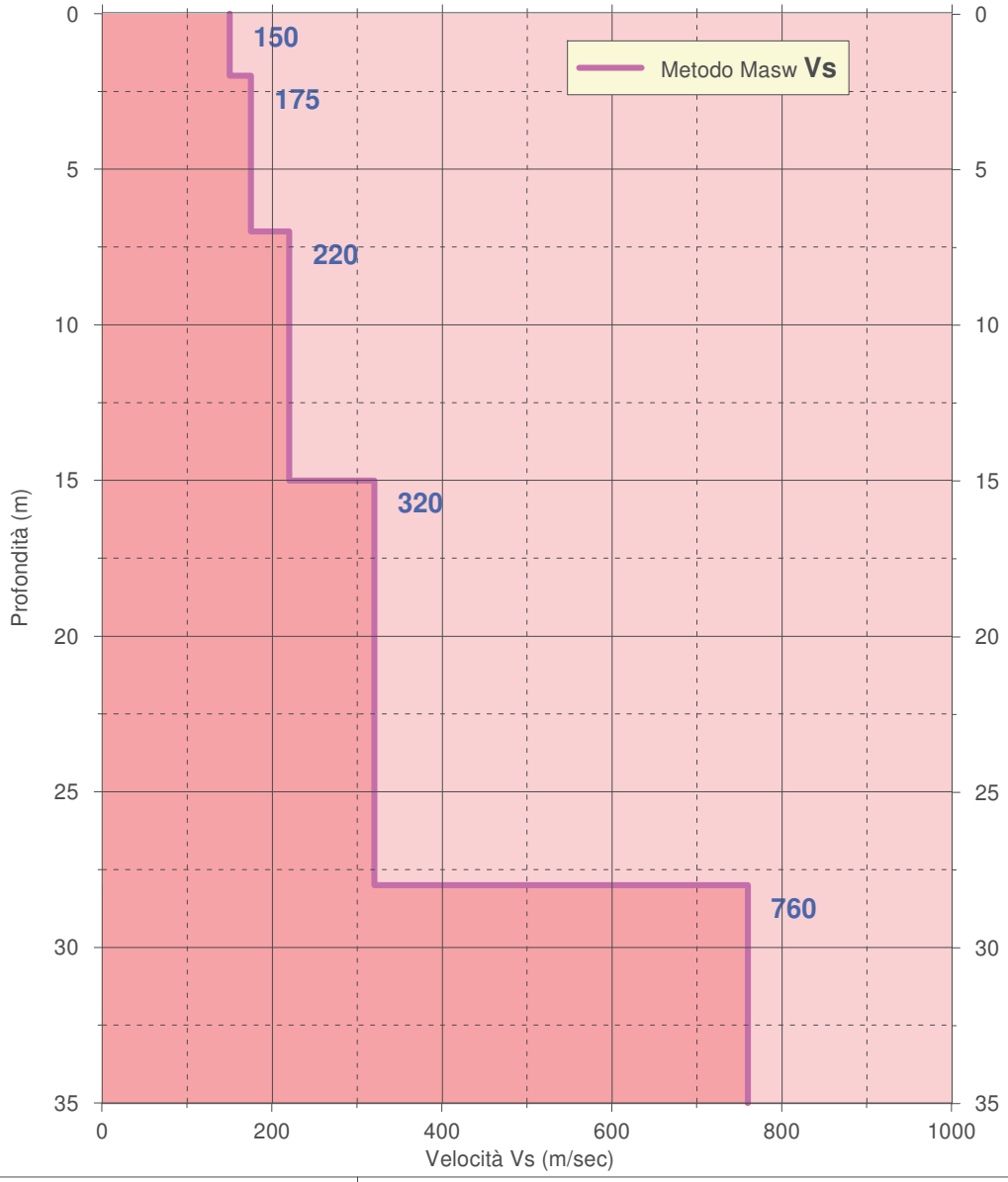
METODO MASW

M1

SPETTRO VELOCITA' DI FASE - FREQUENZA CON CURVA DISPERSIONE



PROFILO VELOCITÀ Vs

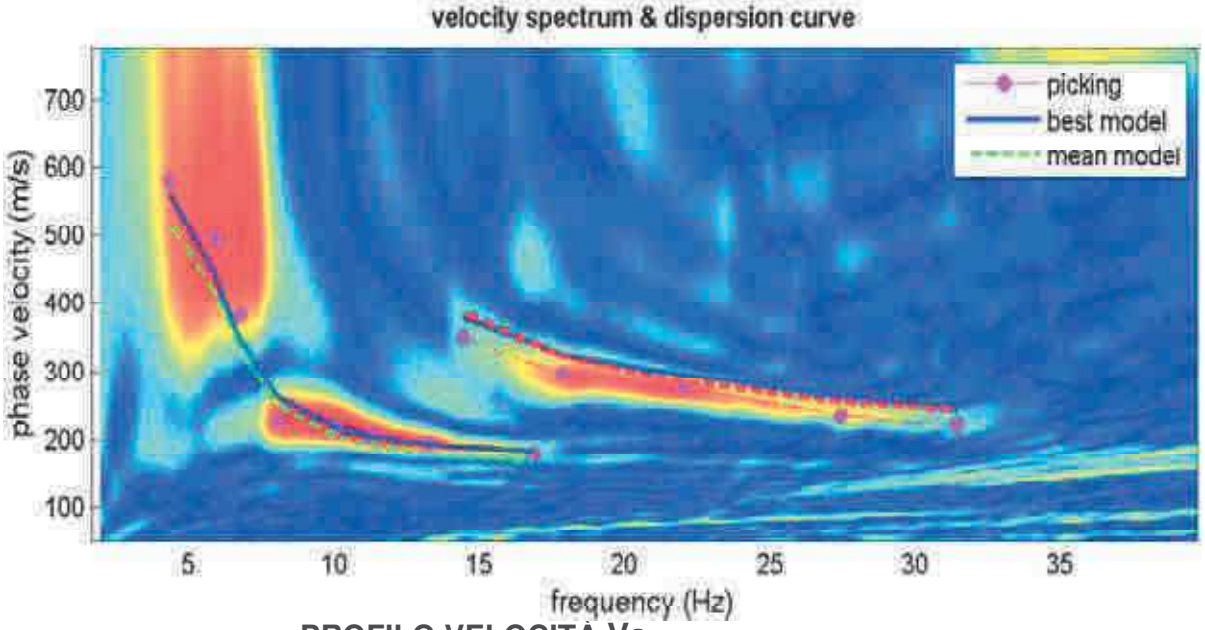


Vs30 dal p.c = 247

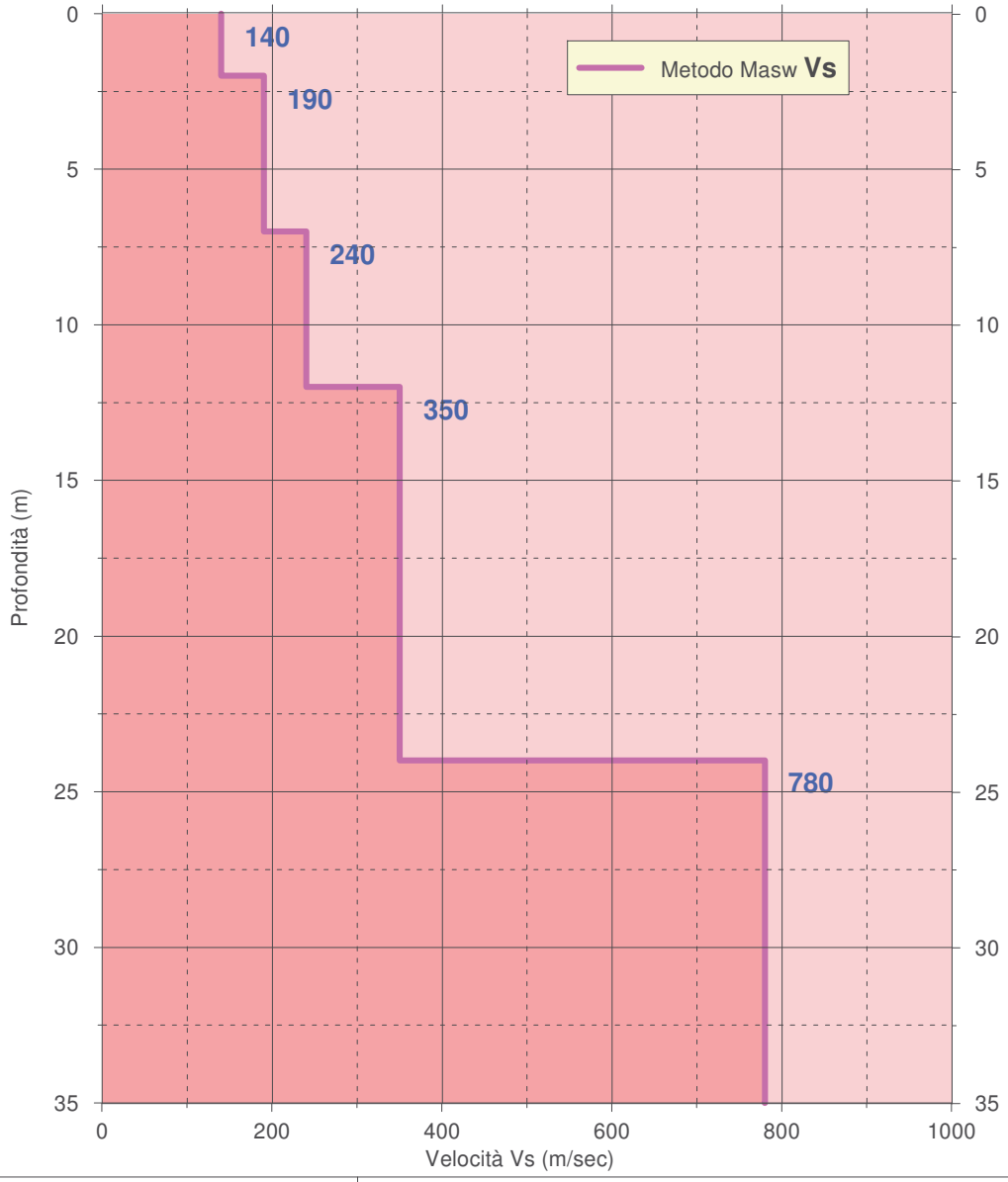
SUOLO DI FONDAZIONE TIPO "C"

Fig.6a

SPETTRO VELOCITA' DI FASE - FREQUENZA CON CURVA DISPERSIONE



PROFILO VELOCITÀ Vs

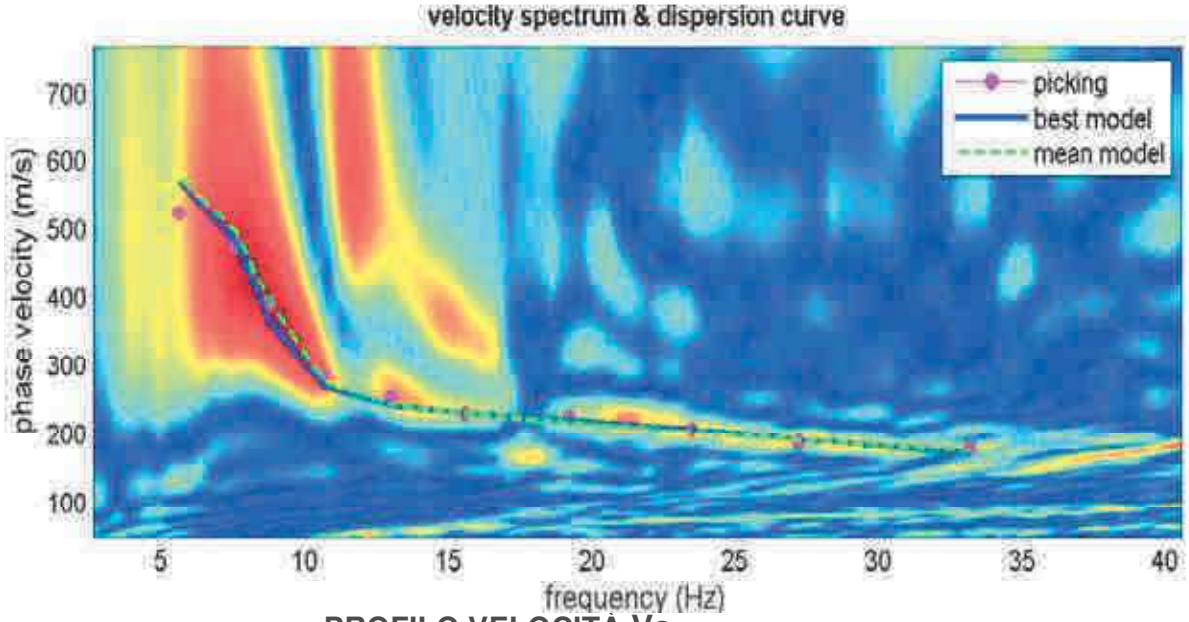


Vs30 dal p.c = 290

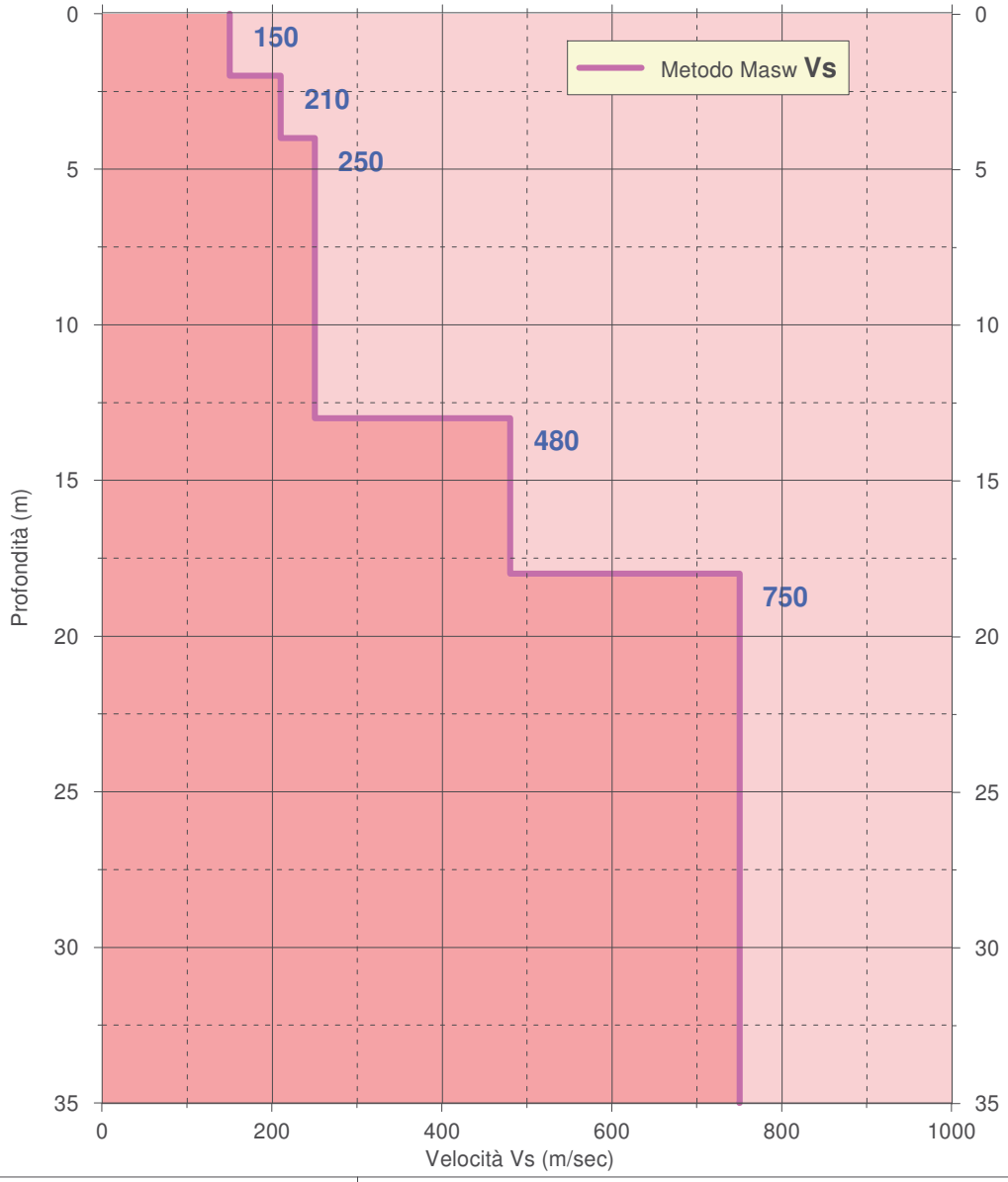
SUOLO DI FONDAZIONE TIPO "C"

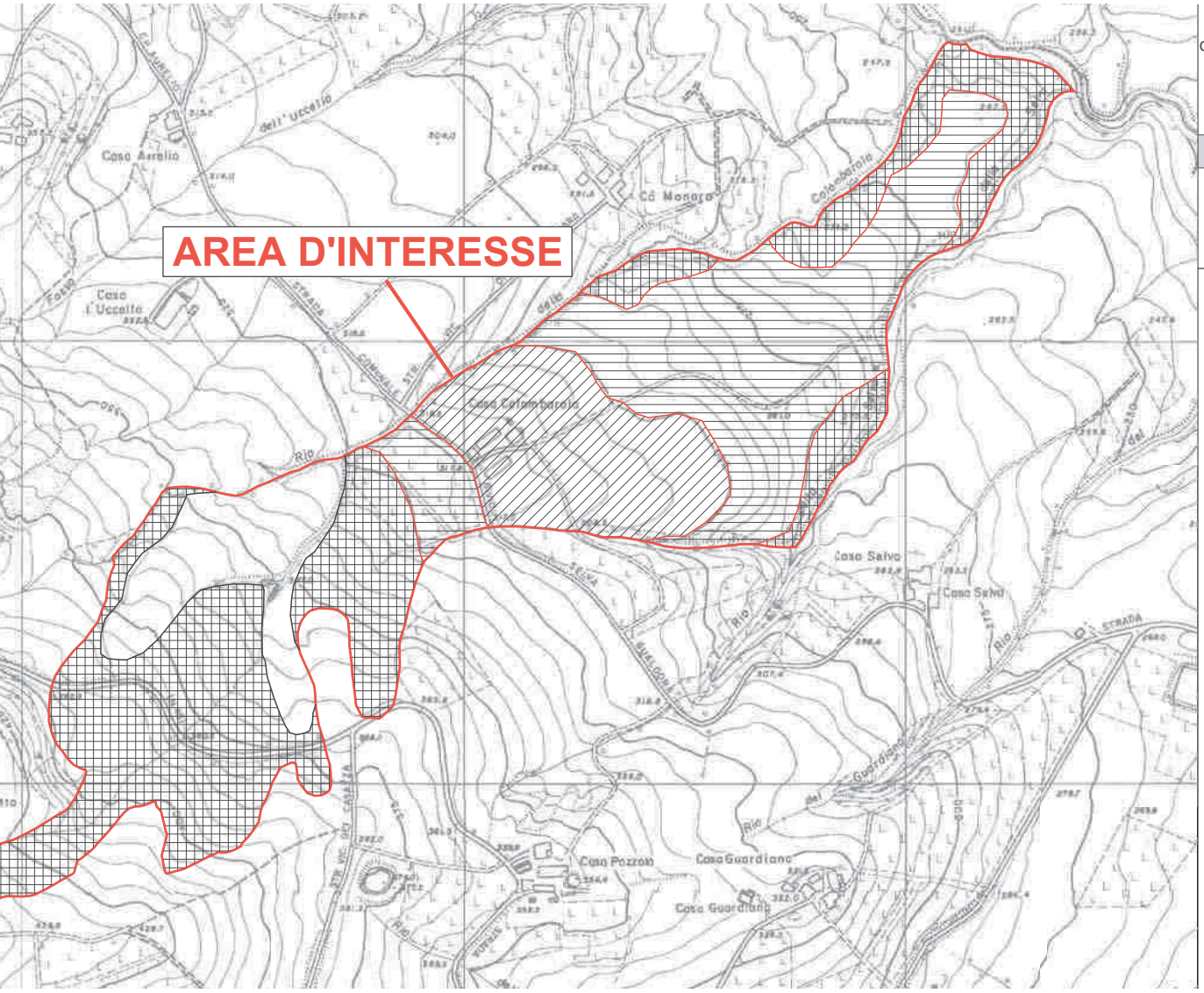
Fig.6b

SPETTRO VELOCITA' DI FASE - FREQUENZA CON CURVA DISPERSIONE



PROFILO VELOCITÀ Vs





Studio ge
di un versante in frana q
in loc. Casa Colomba
"*Classificazion*
di frana quiescen

CARTA DEL "RI

CLASSI DI RISCHIO

Classe 2 - Risc

Classe 3 - Risc

Classe 4 - Risc



AREA D

9 Frana quiescente in loc. Cicogni

Geotest S.r.l. Servizi Geologici-Geotecnici-Geofisici
Via E. Fermi, 113 - 29010 Trevozzo V.T. (PC) Tel.: 348 5107263
Capitale Soc. Int. Versato . : 10.000 euro - P. iva: 01467560338

Comune di Pecorara (PC)

Oggetto: Relazione geologico-sismica preliminare finalizzata alla valutazione e zonizzazione del "Rischio Geologico" dell'area in frana quiescente in Loc. Crocetta di Cicogni.

Committente: Ing. Antonio Schinardi
Loc. Crocetta di Cicogni
29010 Pecorara (PC)

Geotest s.r.l.

Dott. Geologo Adriano Baldini

Trevozzo V.T. 05/11/2015 – *rev. 01*

Sommario

1. PREMESSA 1
2. INDAGINI ESEGUITE 2
3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO-GEOMORFOLOGICO 3
4. INQUADRAMENTO IDROLOGICO E IDROGEOLOGICO 5
5. INDAGINI GEOGNOSTICHE 6
5.1 SISMICA A RIFRAZIONE 6
5.1.1 Cenni metodologici 6
5.1.2 Modalità esecutive 6
5.1.3 Strumentazione utilizzata 7
5.1.4 Elaborazione 7
5.1.5 Analisi dei risultati 8
6. PROVE PER LA DETERMINAZIONE DEL PROFILO DI VELOCITA' DELLE ONDE SISMICHE "S" 8
6.1 Cenni metodologici 9
6.2 Modalità esecutive 9
6.3 Elaborazione dei dati 9
6.4 Commento dei risultati 10
7. MODELLO GEOLOGICO DELL'AREA 10
8. VALUTAZIONE DELLA PERICOLOSITA' SISMICA DELL'AREA (delibera del 2/0507, n.112) 11
8.1 Obbiettivi della delibera 11
8.2 Livelli di approfondimento 11
8.3 Caratteri sismici dell'area 12
8.4 Valutazione effetti sismici locali 13
8.5 Valutazione del fattore di amplificazione del sito – ANALISI DI 2° LIVELLO 14
8.6 Spettro di risposta dell'area (in PGA) 15
8.7 Analisi di stabilità del versante sia in condizioni pseudo-statiche che sismiche-dinamiche - ANALISI 3° LIVELLO 16
9. ZONIZZAZIONE DEL RISCHIO DEL CORPO DI FRANA QUIESCENTE 18
10. PRESCRIZIONI DEL P.R.G. PER LE AREE IN FRANA QUIESCENTE IN CUI E' STATA EFFETTUATA LA VALUTAZIONE DEL RISCHIO 19

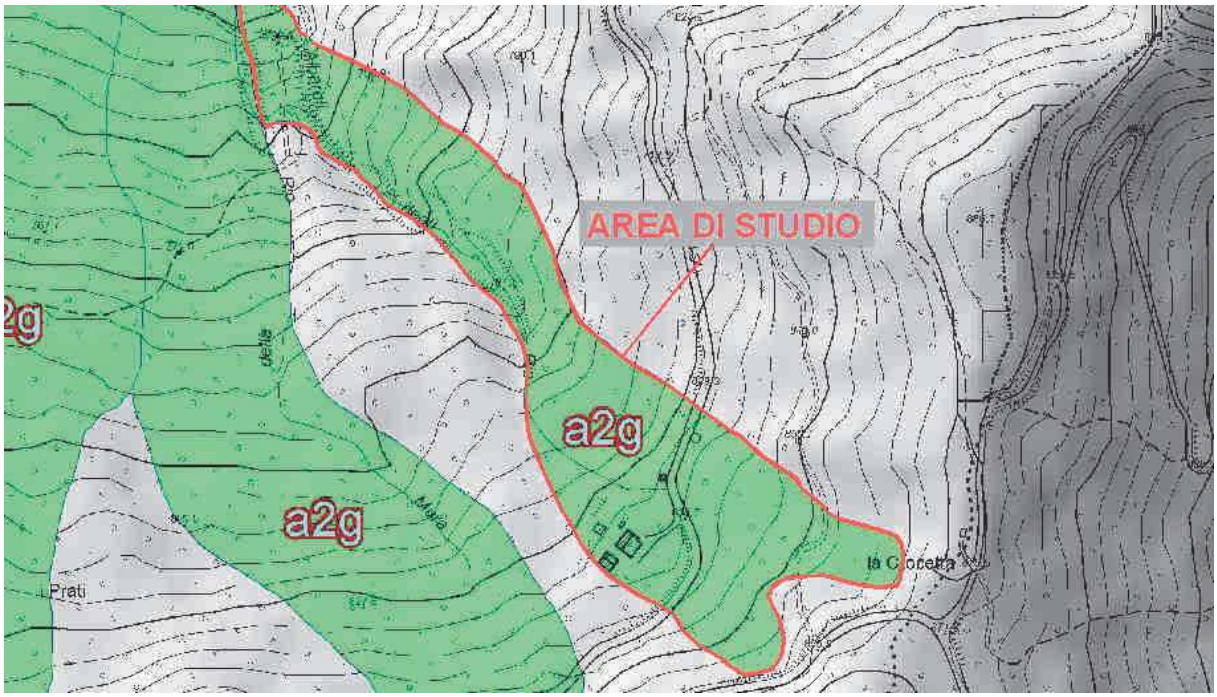
1. PREMESSA

Nel Ottobre-Novembre 2015 è stata realizzata un'indagine geologico-sismica, in un area sita nelle vicinanze di Cicogni nel comune di Pecorara, lungo la S.P 64.

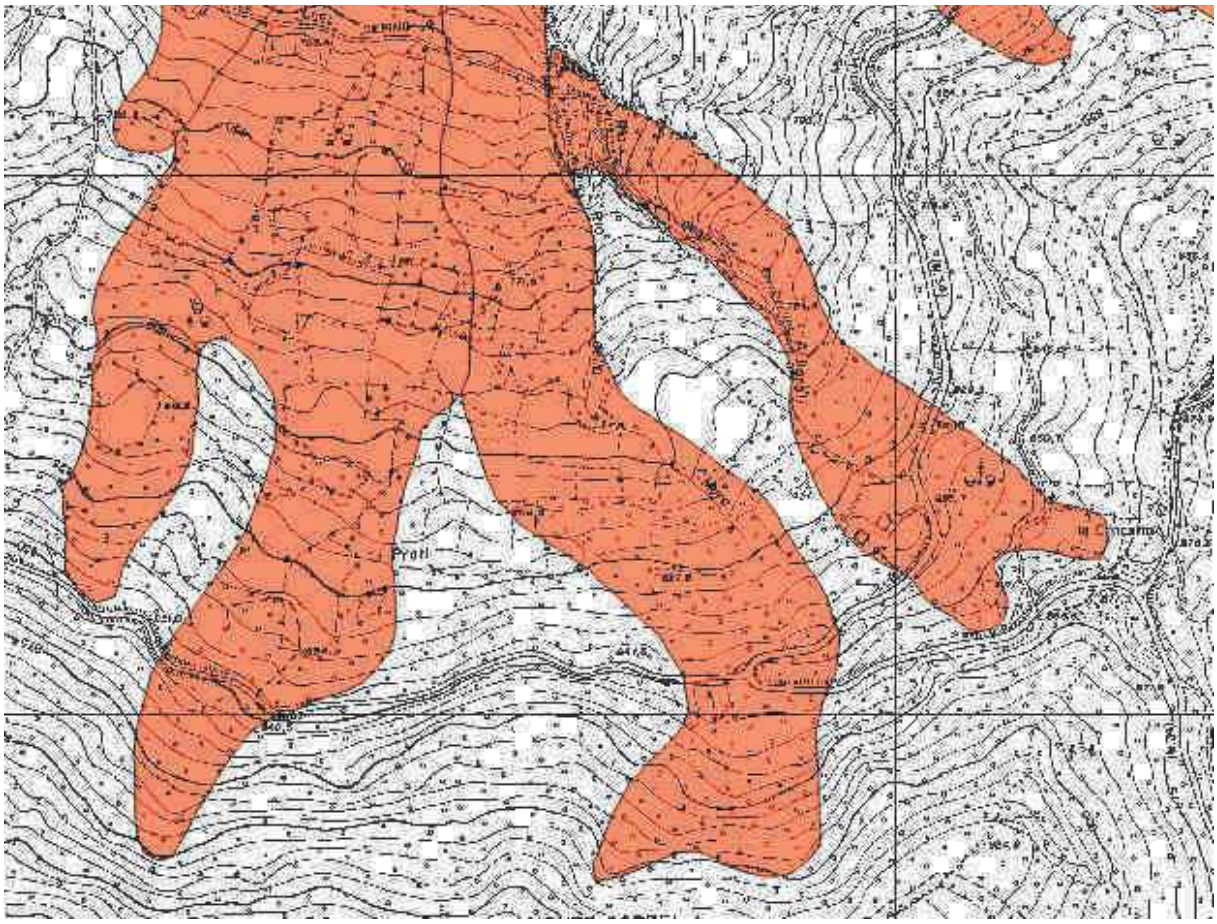


Foto aerea con indicazione dell'area d'interesse

Nella cartografia ufficiale: carta del dissesto allegata al P.T.C.P. della provincia di Piacenza, cartografia geologica regionale e la carta del dissesto comunale allegata al P.S.C. dell'Unione dei Comuni Valle del Tidone, l'area d'interesse è classificata come frana quiescente.



Estratto carta dissesto regione Emilia-Romagna



Estratto carta dissesto PTCP vigente

L'indagine ha avuto l'obiettivo di valutare le condizioni di stabilità del versante su cui insiste l'area d'interesse, in quanto le norme vigenti in materia di dissesto (PTCP e P.A.I.), consentono (compatibilmente con lo stato del dissesto accertato mediante opportuni approfondimenti geologici), di realizzare interventi edilizi (demolizione con ricostruzione, ampliamenti e nuove costruzioni) altrimenti non possibili nelle aree di frana quiescente.

2. INDAGINI ESEGUITE

L'approfondimento geologico-sismico realizzato non ha riguardato solo l'area d'interesse della Committenza, ma è stata estesa alla porzione di versante in grado di interferire con l'area stessa.

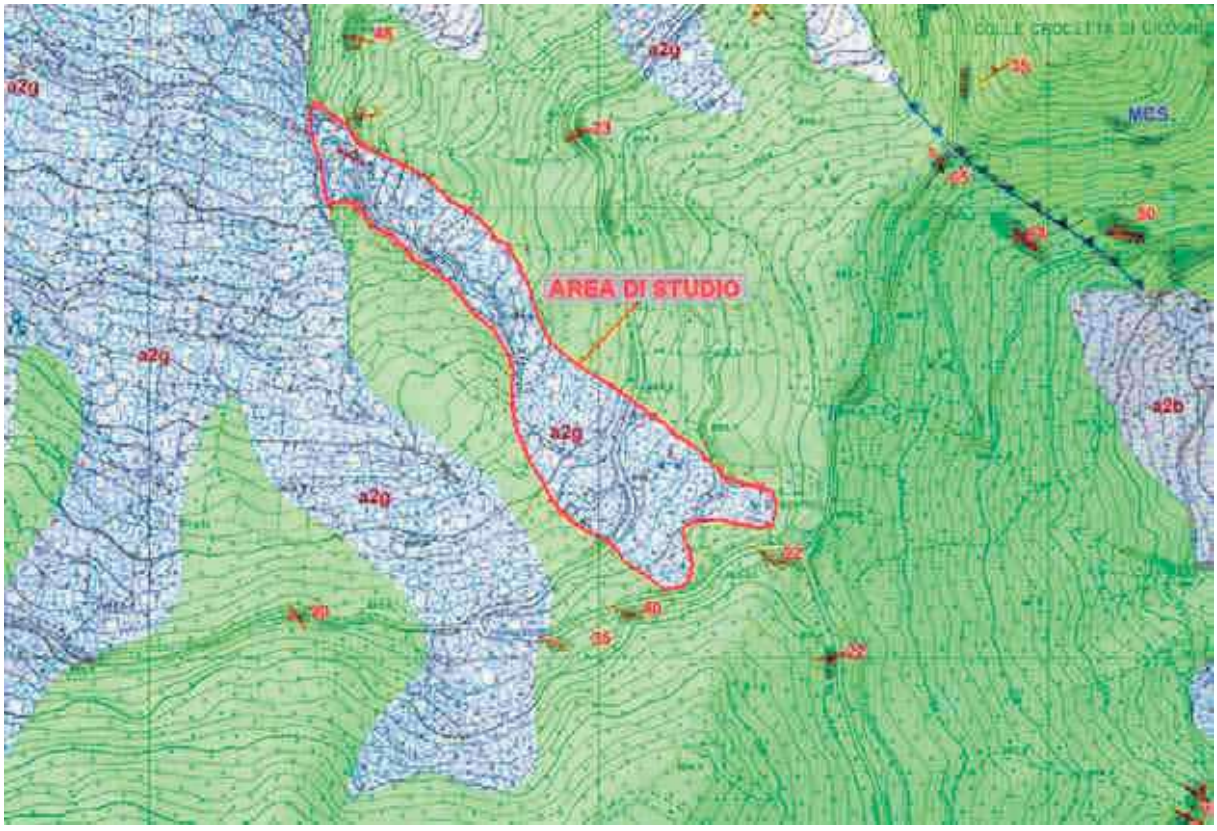
L'indagine geologico-sismica, conforme a quanto previsto dalla delibera del 2 Maggio 2007, n.112, in materia antisismica, ha compreso le seguenti fasi di studio:

- Raccolta ed analisi della documentazione esistente;
- Rilevamento geologico-geomorfologico di dettaglio;
- Esecuzione di 3 profili sismici a rifrazione, per la valutazione dello spessore e del grado di addensamento sia del materiale di copertura che del substrato geologico;
- Elaborazione di 5 sondaggi sismici con tecnica "MASW", per la determinazione del profilo di velocità delle onde "S" e della categoria del suolo di fondazione del sito in base all'attuale normativa antisismica;

- Esecuzione di 1 prova HVSR per la valutazione della frequenza caratteristica di vibrazione del sito;
- Analisi del "secondo livello" con valutazione del fattore di amplificazione del sito ed identificazione dei possibili effetti di sito;
- Analisi del "terzo livello" con valutazione della stabilità dell'area in condizione sismiche dinamiche (metodo di "Newmark");
- Redazione di una carta del "Rischio Geologico" dell'area indagata.

3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO-GEOMORFOLOGICO

Come documento di base per l'inquadramento geologico dell'area, è stata utilizzata la "Carta Geologica dell'Appennino Emiliano-Romagnolo" della regione Emilia Romagna alla scala 1:10000.

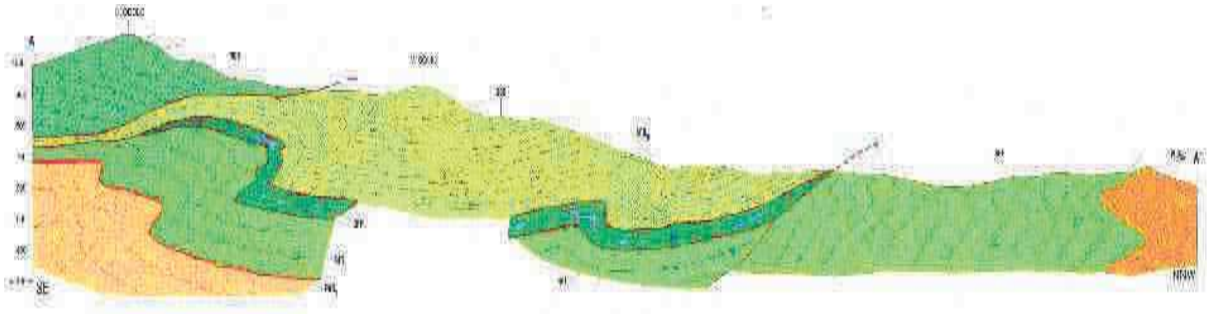


Nell'area di studio sono presenti le seguenti "Formazioni geologiche":

- ***"Arenarie di Scabiazza":*** *è costituita in prevalenza da strati medi e spessi di arenarie medio-fini e siltiti e peliti marnose. Locali intercalazioni di marne calcaree grigie in stati molto spessi.*
- ***"Flysch di Monte Cassio" :*** *marne calcaree, calcari marnosi e marne grigie in strati prevalentemente spessi o molto spessi passanti a marne argillose scagliose.*
- ***"Argille a Palombini":*** *complesso eterogeneo costituito da argilliti nere con intercalazioni di calcilutitigrigie e verdastre. Il complesso include brecce poligeniche matrice-sostenute e/o clasto-sostenute; localmente sono presenti anche olistoliti ofiolitici e di calcari a Calpionelle anche di notevoli dimensioni (pluridecametriche).*

- ***"Frane quiescenti":*** *accumuli gravitativi caotici di materiale litoide poligenico ed eterometrico in matrice pelitica, apparentemente stabilizzati.*

Dal punto di vista geologico, la caratteristica principale dell'area è costituita da sovrascorrimenti che hanno portato la formazione più antica, rappresentata dal Flysch di Monte Cassio nella parte sommitale del locale edificio tettonico.



Sezione Geologica tipica dell'unità di Monte Cassio

Il substrato geologico dell'area d'interesse è costituito dalle "Arenarie di Scabiazza" che si presenta nel complesso piuttosto tettonizzato e fratturato. L'immersione principale degli strati è verso sud-sudovest con inclinazioni generalmente comprese fra 20° e 40°.

La "paleofrana" d'interesse a una forma stretta e allungata e confluisce a valle in un più vasto deposito gravitativo. Il versante d'interesse presenta una geometria piuttosto ondulata con locali contropendenze che testimoniano i processi gravitativi pregressi.



Panoramica della parte "alta" della paleofrana

All'interno del corpo detritico si possono suddividere 2 settori: uno più a Sud, di estensione più limitata sui cui sono localizzati i fabbricati di proprietà della Committenza, e uno più a Nord, che confluisce nel vasto corpo di di paleofrana presente più a valle.

Nel complesso l'area, soprattutto il settore Sud, appare geomorfologicamente stabile, senza evidenze di movimenti in atto e/o recenti. Anche i dati interferometrici disponibili sul sito del "Geoportale Nazionale" non segnalano nell'area d'interesse movimenti significativi (i pallini verdi sui fabbricati della committenza indicano movimenti inferiori a 1 mm/anno).



Interferometria Ers-Descending periodo 1992-2000

4. INQUADRAMENTO IDROLOGICO E IDROGEOLOGICO

L'area di studio non è attraversata da corsi d'acqua di una certa importanza. Solo nella parte settentrionale si può notare la presenza di un piccolo rio (rio Albaroli) che definisce il limite occidentale della paleofrana.

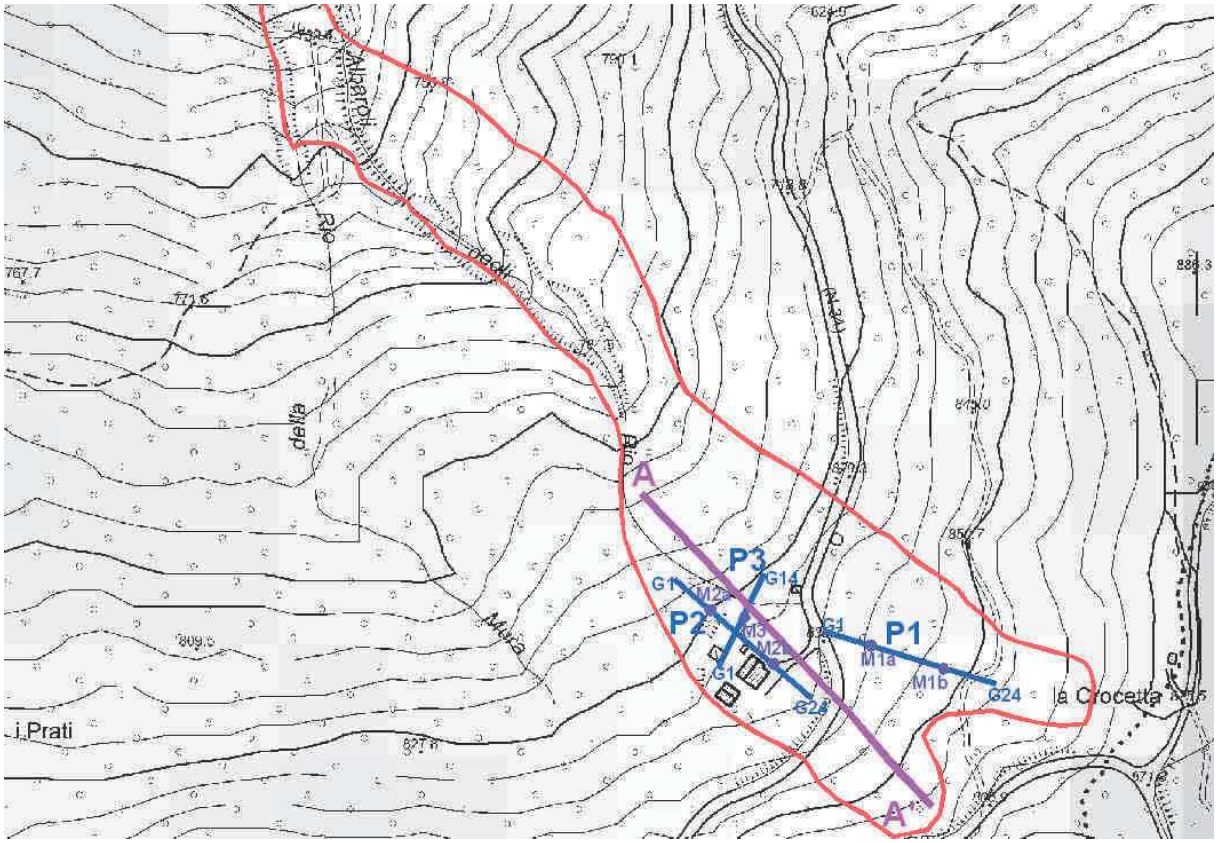
Il drenaggio delle acque meteoriche è assicurato per la parte di monte dalla cunetta stradale, mentre più a valle, è il rio che assolve la funzione di smaltimento delle acque di ruscellamento. Locali ristagni d'acqua sono stati osservati a monte della strada provinciale, nel settore nordorientale del corpo detritico.

Sotto l'aspetto idrogeologico si possono sinteticamente ipotizzare due tipi di circolazione idrica: una, di maggiore entità, che interessa l'ammasso roccioso soprattutto ove la fratturazione risulta più intensa; l'altra di minore entità, interessa la coltre detritica superficiale, con la possibile formazione di falde acquifere a prevalente carattere stagionale.

Il drenaggio centripeto delle acque meteoriche potrebbe favorire locali infiltrazioni delle acque meteoriche, anche se l'uso del suolo (aree a bosco e/o a prato) contribuisce a limitare tali fenomeni.

5. INDAGINI GEOGNOSTICHE

Al fine di ricostruire l'assetto litostratigrafico dell'area sono state realizzate 3 linee sismiche a rifrazione. L'ubicazione delle prove è visualizzata nella planimetria sottoriportata.



Planimetria delle indagini sismiche

5.1 Sismica a rifrazione

5.1.1 Cenni metodologici

La prospezione sismica rappresenta una tecnica di prospezione geofisica che consente, attraverso l'acquisizione e l'elaborazione di dati, la costruzione d'immagini bidimensionali (o tridimensionali) della variazione della velocità sismica. Con questa tecnica si riesce ad avere, pertanto, una visione seppur qualitativa della stratigrafia del terreno investigato, in termini di variazioni di "densità" dello stesso, essendo questo parametro direttamente legato alla velocità sismica. La tecnica di prospezione, consiste nella misura dei tempi impiegati dalle onde sismiche longitudinali (onde P) per percorrere un tragitto rettilineo tra una serie di punti d'energizzazione (sorgente sismica) e una serie di punti di ricezione (geofoni). Il confronto matematico tra i vari tempi permette di suddividere lo spazio compreso tra le due serie di punti in porzioni, o "celle elementari" (quadrate per le sezioni bidimensionali come quelle in esame, o cubiche per sezioni tridimensionali) caratterizzate ognuna da un proprio valore di velocità sismica.

5.1.2 Modalità esecutive

I profili sono costituiti da allineamenti di 14 (P3)/24 (P1 e P2) geofoni spaziati di 5 metri. In punti predefiniti dei profili, sono stati creati artificialmente degli impulsi elastici

mediante l'utilizzo di una massa battente; l'energizzazione è avvenuta in 7 punti disposti simmetricamente agli stendimenti e precisamente nelle seguenti posizioni:

- 2 punti esterni al profilo
- 2 punti agli estremi del profilo
- 3 lungo il profilo.

La registrazione dei sismogrammi è stata effettuata mediante un sismografo Geode della Geometrics a 24 canali ad elevata dinamica (24 bit).

5.1.3 Strumentazione utilizzata

Il "Geode" è un sismografo modulare a 24 bit che rappresenta l'ultima frontiera dei sistemi di registrazione sismica combinando il meglio dei tradizionali sismografi Geometrics con la flessibilità di un sistema distribuito. Geode è un sismografo ad elevata dinamica (144 dB di range dinamico totale – 105 dB istantanei a 2 msec di campionamento). Grazie all'ampia banda d'ingresso (1.75 Hz – 20 kHz, con velocità di campionamento da 0.02 msec a 16 msec), esso è perfettamente idoneo per un'ampia gamma di applicazioni: sismica a rifrazione, sismica a riflessione (anche ad altissima risoluzione), monitoraggio di vibrazioni, applicazioni sismologiche, downhole e VSP. In acquisizione sono disponibili tutte le funzioni di filtri, pre-amplificazione, line-test e instrument-test, tipiche dei sistemi di registrazioni evoluti.



Sismografo "Geode"

L'atrezzatura utilizzata è composta da:

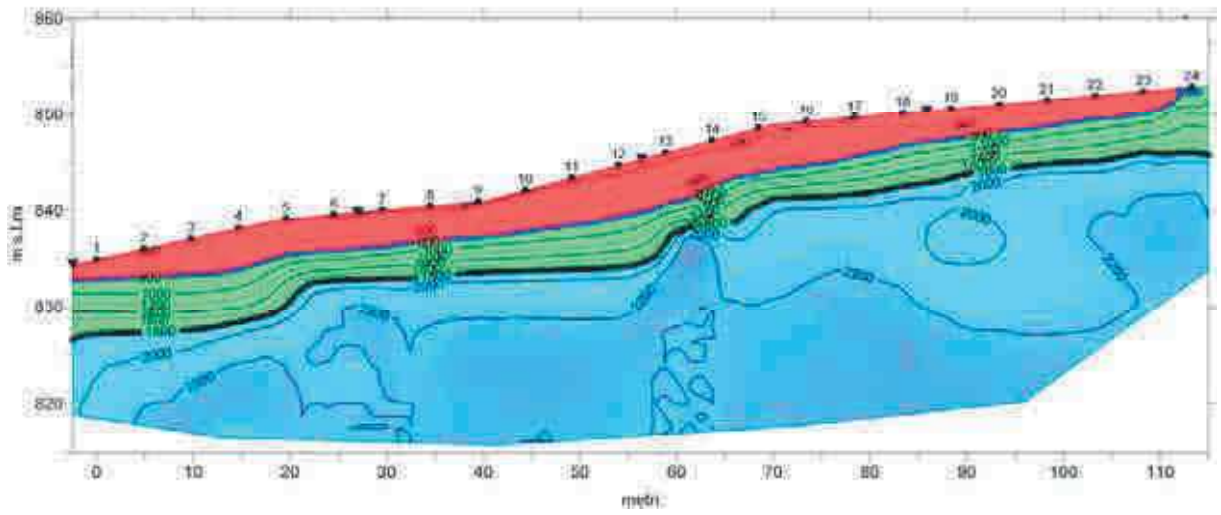
- Sismografo modulare Geode 3-1000+ canali,
- Massa battente da 10 Kg,
- Piastra di battuta in alluminio 15x15x2,5cm,
- Batteria ricaricabile 12 V,
- Cavo per sismica a rifrazione stranded, 130 mt con 24 takeouts SPT-21 a 5 metri di intervallo e due code da 7.5 mt l'una terminate con connettore Bendix 61S,
- Geofoni GS20DX, 10 Hz verficali, 395 Ohm con puntale da 3" ed 1,5 mt di cavo terminato con mueller clip singola MC-20-SP,
- Computer portatile ASUS.

5.1.4 Elaborazione

In questo caso i dati acquisiti sono stati interpretati secondo un metodo sismico-tomografico utilizzando il software SeisOpt@2D v4.0 prodotto dalla OPTIM. La procedura d'elaborazione ha comportato in una prima fase la lettura dei tempi dei primi arrivi sui sismogrammi. In seguito, sono stati ricostruiti i percorsi dei raggi sismici attraverso il terreno. In linea teorica, ogni punto del mezzo investigato, è attraversato in tutte le direzioni, dai raggi sismici. Di ogni raggio è quindi calcolata la traiettoria e, sul confronto fra tutti i possibili

percorsi e tempi impiegati, ed è stabilita per ogni punto (o cella di dimensioni 2.5x1.25 m, in questo caso) la sua velocità sismica caratteristica. Il risultato finale dell'elaborazione consiste in sezioni (Fig. 4) di velocità sismiche, rappresentata sia per isovelocità sia tramite colori. Alle diverse classi di velocità sismica, sono stati attribuiti colori che vanno, dal rosso per i valori più bassi, al blu per i valori più elevati. La scala cromatica evidenza i cambiamenti di velocità ritenuti più significativi.

Loc. CICOGNI - TOMOGRAFIA SISMICA - P1



5.1.5 Analisi dei risultati

L'elaborazione ha permesso la distinzione di varie unità secondo le loro caratteristiche sismiche:

- ***Unità allentata superficiale*** *(colore rosso),* con velocità inferiori a **800 m/ s**. L'unità corrisponde al materiale detritico eluvio-colluviale. Gli spessori sono mediamente variabili da 3 a 4 m.
- ***Unità intermedia mediamente addensata*** (colore verde), con velocità media di **1300-1500 m/ s** e spessori di 4-6 metri. L' unità è correlabile a materiale detritico leggermente più addensato e/o con maggior grado di saturazione rispetto all'orizzonte più superficiale;
- ***Unità di fondo*** *(colore azzurro e blu),* con velocità medie di **2200/ 2300 m/ s**. L'unità può essere associata al substrato più compatto.

6. PROVE PER LA DETERMINAZIONE DEL PROFILO DI VELOCITA' DELLE ONDE SISMICHE "S"

Per la determinazione del profilo di velocità delle onde "S" e della categoria del suolo di fondazione è stato utilizzato il metodo "Masw". I profili "Masw" sono stati realizzati in corrispondenza degli stendimenti sismici a rifrazione. Gli stendimenti più lunghi (a 24 geofoni) sono stati suddivisi in 2 parti in modo da poter ottenere un maggior numero di verticali "Masw".

6.1 Cenni metodologici

Il MASW (Park et al., 1999) è stato sviluppato in parte per superare le difficoltà dell'applicazione del SASW in ambienti rumorosi. La tecnica, che prevede la registrazione simultanea (in questo caso l'energizzazione è prodotta da una massa battente di almeno 10 Kg) di 12 o più canali, fornisce una ridondanza statistica delle misure di velocità di fase e ne avvalora la veridicità. Il salvataggio delle tracce nel dominio temporale, permette inoltre di distinguere e evidenziare, le onde di Rayleigh presenti nel record, che sono caratterizzate da un'elevata ampiezza di segnale (circa il 60% dell'energia prodotta dalla sorgente artificiale si distribuisce in onde di superficie). Una particolare analisi spettrale, "overtone analysis", produce un grafico Velocità di fase-frequenza in cui si può distinguere il modo fondamentale delle onde di superficie da cui ricavare la curva di dispersione ed il profilo delle Vs per successiva inversione 1-D. La tecnica permette, inoltre, di eseguire misure ripetute spostandosi nella direzione di allineamento per risalire ad un profilo bidimensionale che evidenzia le variazioni laterali delle Vs. Il software utilizzato per l'elaborazione dei dati è il "SurfSeis" della Kansas Geological surveys.

6.2 Modalità esecutive

La lunghezza delle registrazioni è stata di 1 sec, con un passo di campionamento di 0.25 ms.

L'energizzazione, realizzata a distanze di 5, e 10 dal primo e dall'ultimo geofono, è stata ottenuta con una massa battente di 10 Kg. Si ricorda che il punto di determinazione del profilo delle Vs in profondità, si riferisce al centro dello stendimento geofonico. Per l'acquisizione dei sismogrammi, è stato utilizzato un sismografo modulare a 24 bit di tipo "Geode" della Geometrics a 24 canali ed elevata dinamica. I geofoni utilizzati hanno una frequenza propria di 4.5 Hz.

6.3 Elaborazione dati

Il software utilizzato per l'elaborazione dei dati è il "winMASW" della Eliosoft. In una prima fase è stata calcolata la velocità di fase (o curva di dispersione) apparente sperimentale.

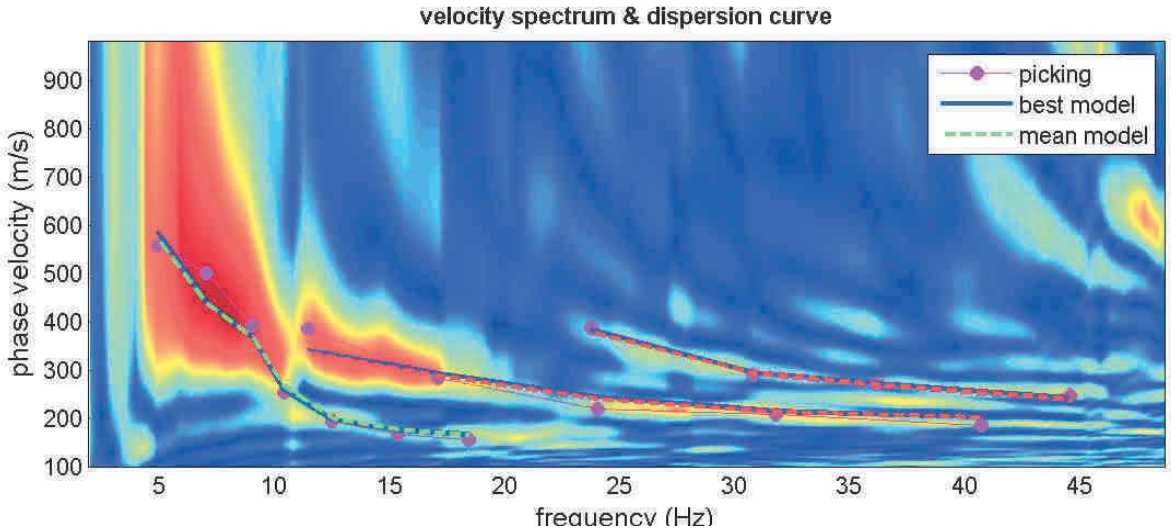


Grafico velocità di fase-frequenza e curva di dispersione – prova M1a

In una seconda ed ultima fase si individuato il profilo di velocità delle onde di taglio verticali Vs, modificando opportunamente lo spessore h, le velocità delle onde di taglio Vs e di compressione Vp (o in maniera alternativa alle velocità Vp è possibile assegnare il coefficiente di Poisson·), la densità di massa degli strati che costituiscono il modello del suolo, fino a raggiungere una sovrapposizione ottimale tra la velocità di fase (o curva di dispersione) sperimentale e la velocità di fase (o curva di dispersione) numerica corrispondente al modello di velocità assegnato.

6.4 Commento dei risultati

I profili di velocità delle Vs ottenuti sono riportati in appendice al rapporto. Esaminando i grafici (Fig.5) si possono fare queste considerazioni:

- I valori di Vs 30 calcolati sono compresi fra **370 m/s (M1a)** e **410 m/s (M2a)**;
- Dalla superficie fino a 3-4 m dal p.c. sono presenti materiali caratterizzati da valori di Vs bassi (Vs<200 m/s). Tali valori possono essere correlati alla copertura detritica meno addensata;
- Più in profondità, fino a 9-11 metri, i valori di Vs aumentano leggermente, segnalando la presenza di materiale leggermente più addensato;
- Oltre i 9-11 metri si ha un netto aumento di velocità in corrispondenza del substrato roccioso;
- Il "bedrock" sismico vero e proprio (Vs>800 m/s) non è stato individuato nei primi **35** m;
- In base all'attuale normativa il sito d'interesse presenterebbe un suolo di fondazione di tipo **B**, ma si ritiene più cautelativo, dato il forte contrasto d'impedenza sismica fra substrato e copertura, assimilarlo ad un suolo di tipo **E**.

7. MODELLO GEOLOGICO DELL'AREA

Basandosi sulle indicazioni fornite dalle indagini geognostiche eseguite, e alle più generali informazioni di carattere geologico, è stato possibile ricostruire il modello geologico di riferimento dell'area d'interesse:

SINTESI DEI PARAMETRI GEOTECNICI

Livello A	**Litologia:** *limo e argilla con trovanti da poco a mediamente addensato*	
Dal p.c. a –3/-4 m	Peso di volume Peso di volume saturo Angolo di attrito di picco Angolo di attrito residuo Coesione	**γ = 1.8 t/mc** **γ = 2.0 t/mc** **φ = 23°** **φ = 20°** **C = 0.07 Kg/cmq**
Livello B	**Litologia:** *detrito limo-argilloso con abbondanti trovanti lapidei*	
da–3/-4 m a –9/-11 m	Peso di volume Peso di volume saturo Angolo di attrito di picco Angolo di attrito residuo Coesione	**γ = 1.9 t/mc** **γ = 2.05 t/mc** **φ = 26°** **φ = 23°** **C = 0.10 Kg/cmq**
Livello C	**Litologia:** *substrato roccioso*	
Oltre –9/-11 m	Peso di volume Angolo di attrito	**γ = 2.3 t/mc** **φ = 40°-45°**

8. VALUTAZIONE DELLA PERICOLOSITA' SISMICA DELL'AREA (delibera del 2 Maggio 2007, n.112, in materia antisismica)

8.1 Obiettivi della delibera

Scopo del presente atto di indirizzo e coordinamento è quello di fornire i criteri per la per l'individuazione delle aree soggette ad effetti locali e per la microzonazione sismica del territorio in modo da orientare le scelte della pianificazione verso aree caratterizzate da minore pericolosità sismica. Lo studio della pericolosità di base e della pericolosità locale hanno come obiettivi:

- l'individuazione delle aree dove in occasione dei terremoti attesi possono verificarsi effetti locali;

- la stima quantitativa della risposta sismica locale dei depositi e delle morfologie presenti nell'area di indagine ("Analisi della Risposta Sismica Locale", RSL);

- la suddivisione del territorio in sottozone a diversa pericolosità sismica locale ("Microzonazione Sismica", MZS).

I risultati dell'analisi della pericolosità sismica locale e della microzonazione sismica, devono essere applicati nella redazione degli strumenti di pianificazione territoriale e urbanistica.

8.2 Livelli di approfondimento

Gli studi di risposta sismica locale e microzonazione sismica vanno condotti a diversi livelli di approfondimento a seconda delle finalità e delle applicazioni nonché degli scenari di pericolosità locale.

Tali studi svolti devono essere descritti in una relazione che indichi chiaramente il livello di approfondimento, le indagini effettuate e i risultati ottenuti e devono fornire una cartografia dello stato del territorio, e sono un riferimento necessario per la Valutazione di Sostenibilità Ambientale e Territoriale (VALSAT) preventiva delle singole scelte del piano.

Si identificano due fasi di analisi con diversi livelli di approfondimento.

La prima fase è diretta a definire gli scenari di pericolosità sismica locale, cioè ad identificare le parti di territorio suscettibili di effetti locali (amplificazione del segnale sismico, cedimenti, instabilità dei versanti, fenomeni di liquefazione, rotture del terreno, ecc.). L'individuazione delle aree soggette ad effetti locali si basa su rilievi, osservazioni e valutazioni di tipo geologico e geomorfologico, svolte a scala territoriale, associati a raccolte di informazioni sugli effetti indotti dai terremoti passati. Tale analisi viene svolta - soprattutto mediante elaborazione dei dati disponibili - in sede di elaborazione del PTCP e del PSC e concorre alla definizione delle scelte di piano, fornendo prime indicazioni sui limiti e le condizioni per la pianificazione nelle suddette aree.

La seconda fase ha come obiettivo la microzonazione sismica del territorio indagato. Sulla base degli scenari individuati dalle analisi svolte nel corso della prima fase, nella seconda fase si attuano due diversi livelli di approfondimento:

a) nelle aree pianeggianti e sub-pianeggianti, incluse le zone di fondovalle appenniniche, con stratificazione orizzontale e sub-orizzontale, e sui versanti stabili con acclività ≤ 15° in cui il deposito ha spessore costante si ritiene sufficiente un'analisi semplificata (secondo livello di

approfondimento), cioè l'analisi della pericolosità locale può essere basata, oltre che sull'acquisizione di dati geologici e geomorfologici più dettagliati di quelli rilevati nel primo livello, su prove geofisiche in sito e su prove geotecniche di tipo standard. Il numero delle verticali indagate deve essere tale da consentire un'adeguata caratterizzazione geotecnica spaziale dei terreni e delle formazioni presenti nell'area di studio;

b) un'analisi più approfondita (terzo livello di approfondimento) è invece richiesta nei seguenti casi (vedere Allegato A1):

- aree soggette a liquefazione e densificazione;

- aree instabili e potenzialmente instabili;

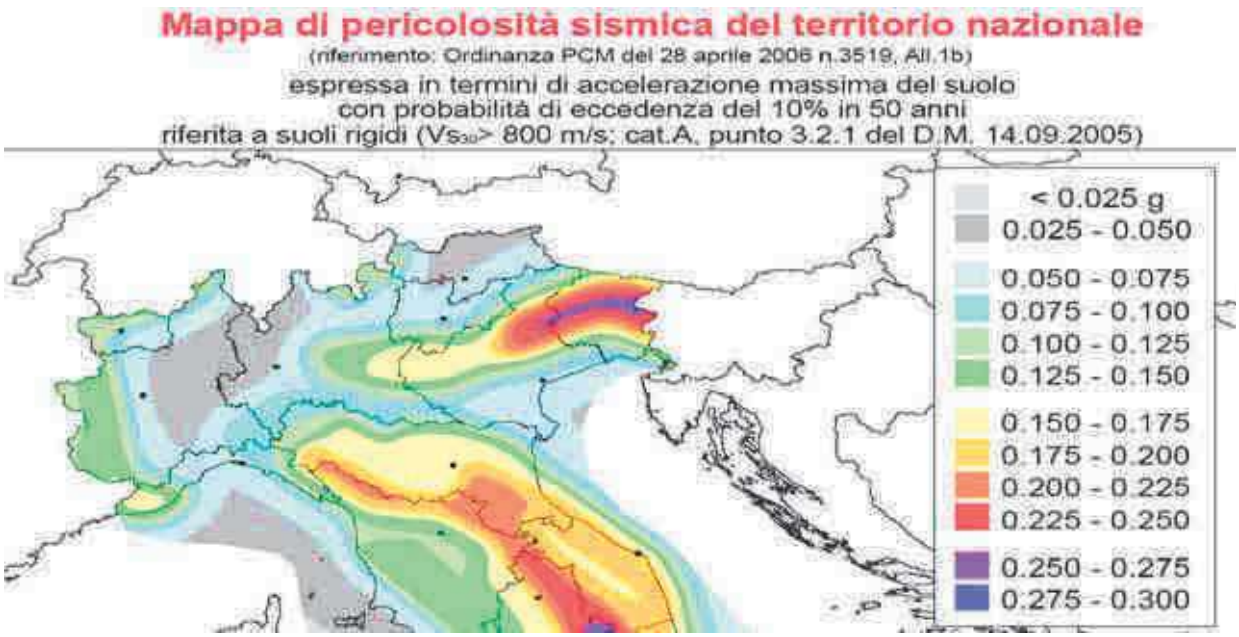
- aree in cui le coperture hanno spessore fortemente variabile, come ad esempio nelle aree pedemontane e di fondovalle a ridosso dei versanti;

- aree in cui è prevista la realizzazione di opere di rilevante interesse pubblico.

L'analisi approfondita richiede un significativo numero di prove geofisiche e geotecniche, sia in sito che in laboratorio, rivolte alla definizione del comportamento dei terreni sotto sollecitazione dinamica. In queste parti del territorio la pericolosità potrebbe essere molto elevata e perciò deve essere attentamente valutata la possibilità di renderle suscettibili di trasformazione urbanistica.

8.3 Caratteri sismici dell'area

In base alla nuova carta della pericolosità sismica del territorio nazionale, i valori di PGA su suolo rigido con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni, per il Comune di Pecorara sono compresi fra 0.075 e 0.100 g. L'area ricade nella zona simogenetica 911, in cui i meccanismi di fagliazione prevalenti sono legati a faglie trascorrenti e le profondità dei terremoti prevalentemente compresi fra 8 e 12 Km. Le magnitudo massime attese nella zona sismogenetica d'interesse sono di 5.7-6.1.Le serie storiche dei terremoti contenuti nell'archivio della Regione Emilia Romagna non segnalano eventi sismici rilevanti nell'area d'interesse.



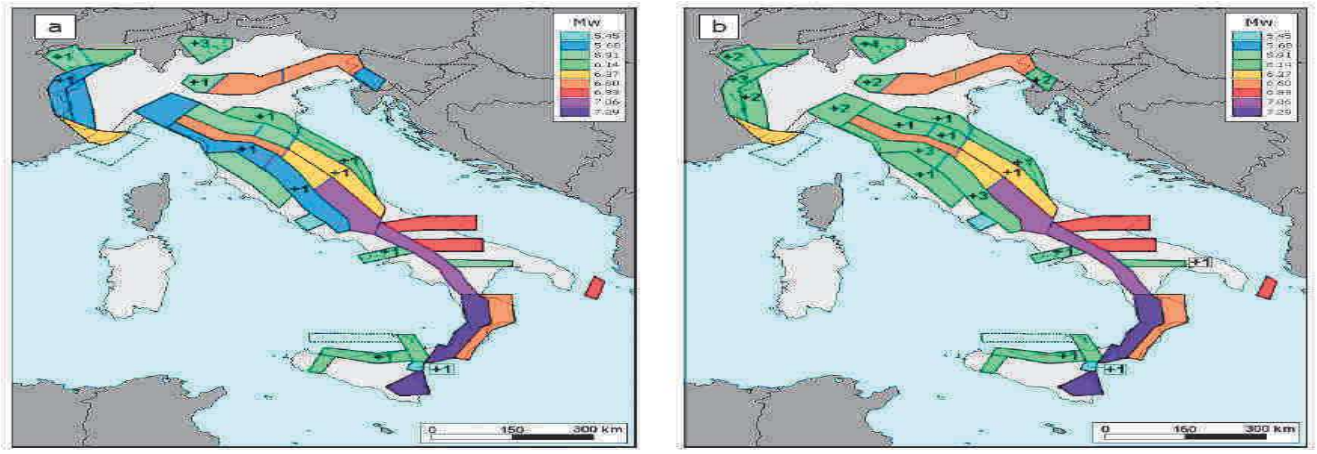


Figura 36. Valori di Mwmax corrispondenti ai due insiemi: a) "osservati" (Mwmax1); b) "cautelativi" (Mwmax2).

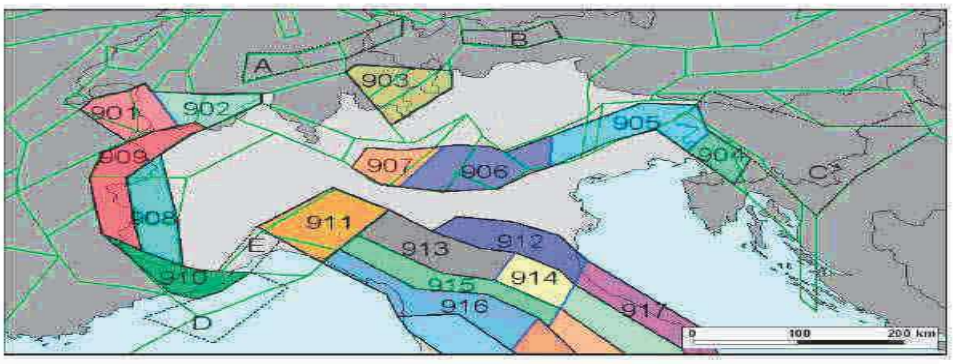
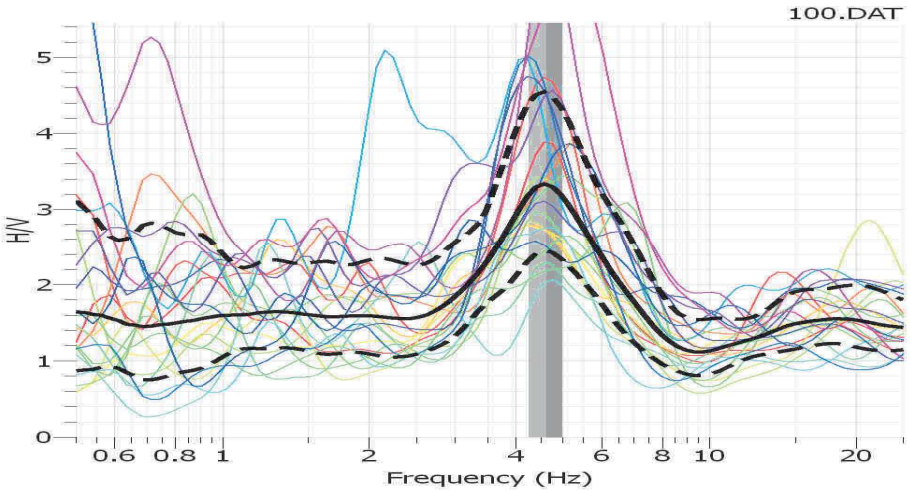


Figura 10. Zonazione sismogenetica ZS9 a confronto con la zonazione del progetto SESAME nell'area alpina (Jiménez et al., 2001; linee di colore verde).

8.4 Valutazioni effetti sismici locali

In base alle caratteristiche geologiche del sito d'interesse, i principali effetti attesi possono ricondursi essenzialmente a fenomeni di amplificazione litologica e in minor misura a fenomeni d'instabilità dei versanti. Sono da escludere fenomeni d'amplificazione topografica (pendenza versante inferiore a 15°) e fenomeni di liquefazione (basso valore di ag atteso e presenza di copertura di materiale coesivo).

La prova Analizzando i risultati della prova **HVSR** realizzata a circa metà del profilo sismico **P3,** emerge come la frequenza di vibrazione principale del terreno si collochi sui **4,8 Hz + / - 0,3 Hz**, dove **0,3 Hz** è il possibile "range" di oscillazione della stima della frequenza di vibrazione. Il netto picco del rapporto **H/ V** segnala il contrasto d'impedenza sismica fra il materiale di copertura (potente 9-11 metri) ed il substrato roccioso.



8.5 Valutazione del fattore di amplificazione del sito interesse-Analisi 2° livello

A2.1.1 - APPENNINO E MARGINE APPENNINICO-PADANO

In caso di substrato marino caratterizzato da Vs ≥ 800 m/s si devono usare le seguenti tabelle

F.A. P.G.A.

Vs_H / H	200	250	300	350	400	450	500	600	700	800
5	1.6	1.3	1.2	1.1	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
10	2.0	1.9	1.7	1.6	1.4	1.2	1.1	1.0	1.0	1.0
15	2.0	2.0	2.0	1.8	1.6	1.4	1.3	1.2	1.0	1.0
20	2.0	2.0	2.0	1.9	1.7	1.6	1.4	1.3	1.1	1.0
25	1.9	2.0	1.9	1.9	1.8	1.6	1.5	1.3	1.2	1.0
30	1.8	1.9	1.9	1.9	1.7	1.5	1.5	1.4	1.2	1.0
35	1.7	1.8	1.9	1.9	1.7	1.6	1.5	1.4	1.3	1.0
40	1.6	1.8	1.9	1.9	1.8	1.6	1.5	1.4	1.3	1.0

F.A. INTENSITA' SPETTRALE - 0.1s < To < 0.5s

Vs_H / H	200	250	300	350	400	450	500	600	700	800
5	1.2	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
10	1.8	1.6	1.4	1.2	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
15	2.1	2.0	1.7	1.5	1.2	1.1	1.1	1.0	1.0	1.0
20	2.3	2.3	1.9	1.7	1.5	1.4	1.2	1.1	1.0	1.0
25	2.2	2.4	2.2	2.0	1.7	1.5	1.4	1.2	1.1	1.0
30	2.1	2.3	2.3	2.1	1.9	1.7	1.5	1.3	1.2	1.0
35	1.9	2.1	2.3	2.2	1.9	1.8	1.6	1.4	1.3	1.0
40	1.8	2.0	2.3	2.3	2.0	1.8	1.6	1.4	1.3	1.0

F.A. INTENSITA' SPETTRALE - 0.5s < To < 1.0s

Vs_H / H	200	250	300	350	400	450	500	600	700	800
5	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
10	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
15	1.2	1.2	1.1	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
20	1.5	1.4	1.2	1.1	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
25	2.1	2.1	1.5	1.2	1.1	1.1	1.0	1.0	1.0	1.0
30	2.4	2.3	1.9	1.5	1.2	1.1	1.1	1.0	1.0	1.0
35	2.5	2.4	2.3	1.8	1.3	1.3	1.2	1.1	1.0	1.0
40	2.7	2.6	2.6	2.0	1.6	1.3	1.2	1.1	1.1	1.0

I fattori di amplificazione calcolati per i singoli profili di velocità Vs sono riassunti nel tabella seguente.

PROVA	VS 30	VS H	FA PGA	FA intensità spettrale 0.1s-0.5s	FA intensità spettrale 0.5s-1.0s
M1a	370	370	1.9	2.1	1.8
M1b	375	375	1.9	2.1	1.8
M2a	410	222	2.0	2.1	1.2
M2b	355	355	1.9	2.2	1.9
M3	384	384	1.9	2.1	1.8

In base alla delibera sopraccitata, l'accelerazione orizzontale su suolo rigido (Vs>800 m/s) prevista per il Comune di Pecorara è di 0.0.99g.

PC	Pecorara	0.099

8.6 Spettro di risposta (in PGA) dell'area

Nella delibera della Regione è riportata la forma dello spettro di risposta valido per tutta la regione.

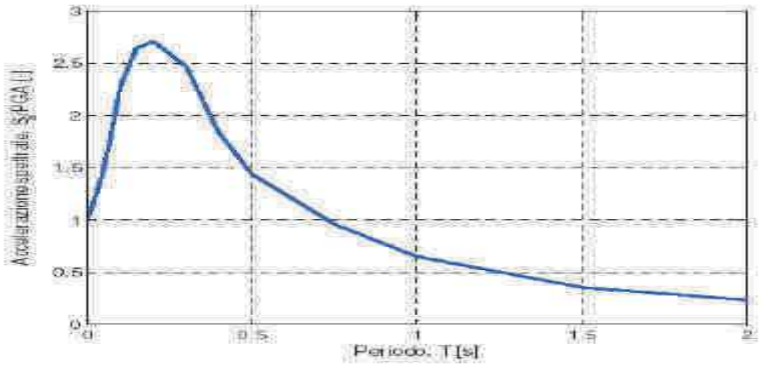
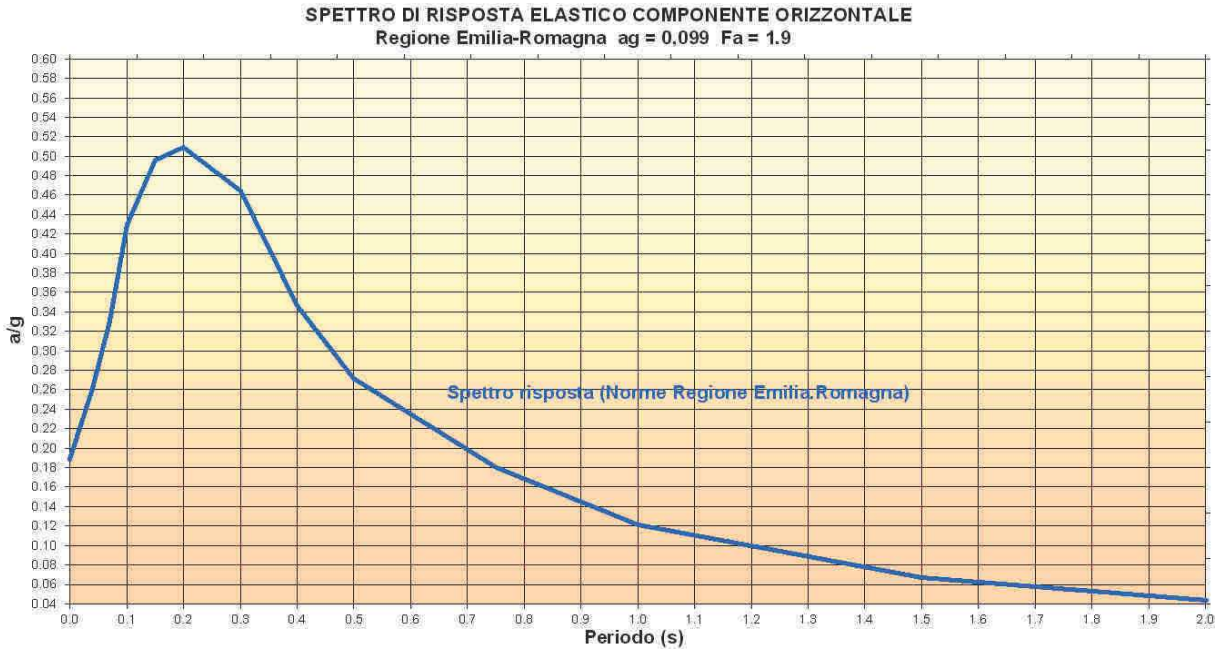


Figura 1 - Spettro di risposta normalizzato (T_R = 475 anni, smorzamento = 5%) per l'Emilia-Romagna

Dallo spettro di risposta normalizzato è possibile ottenere, moltiplicando i valori della tabella 1 per il valore di arefg di ogni comune, lo spettro di risposta a probabilità uniforme che descrive le caratteristiche del moto sismico atteso per ogni comune dell'Emilia-Romagna. Considerando il valore di arefg=0.099 per il comune di Pecorara e il fattore di amplificazione (1.9), è stato calcolato lo spettro di risposta del sito d'interesse.

Loc. CICOGNI



8.7 Analisi della stabilita' del versante sia in condizioni pseudo-statiche che sismiche-dinamiche - Analisi 3° livello

E' stata realizzata una verifica di stabilità lungo la parte medio-alta del corpo detritico studiato.

Per ricostruire l'assetto litostratigrafico e le caratteristiche geomeccaniche del versante, sono stati utilizzati i dati desunti dalle prove geofisiche sintetizzati nei paragrafi precedenti.

Analisi di stabilità in condizioni pseudostatiche

Le verifiche di stabilità del versante sono state effettuate con il software "slope" della società Geostru. Il metodo utilizzato è stato quello di Bishop.

Nelle verifiche, a scopo cautelativo, sono stati considerati valori di angolo di attrito prudenziali (assimilabili all'angolo d'attrito residuo). Per le verifiche sismiche è stato usato un valore di ag di **0.099x1.9** (fattore di amplificazione massimo)= **0.188g**, il suolo di fondazione di tipo "**E**" ed un coefficiente di amplificazione topografica di **1.0**.

Analisi di stabilità dei pendii con BISHOP

Numero di strati		3.0
Numero dei conci		30.0
Zona Sismica		3
Categoria profilo stratigrafico		E
Coefficiente di amplificazione topografica ST		1
Coefficiente azione sismica orizzontale (Kh)		0.032
Coefficiente azione sismica Verticale (Kv)		0.016

Superficie di forma circolare

Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	(m)	-0.26
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	(m)	856.92
Ascissa vertice destro superiore xs	(m)	259.28
Ordinata vertice destro superiore ys	(m)	932.25
Passo di ricerca		10.0
Numero di celle lungo x		20.0
Numero di celle lungo y		10.0

Stratigrafia

c: coesione; Fi: Angolo di attrito residuo; G: Peso Specifico; Gs: Peso Specifico Saturo;
c: coesione; Fi: Angolo di attrito; G: Peso Specifico; Gs: Peso Specifico Saturo; K: Modulo di Winkler

Strato	c (kg/cm²)	Fi (°)	G (Kg/m³)	Gs (Kg/m³)	K (Kg/cm³)	Litologia	
1	0.07	20	1800	2000	0.00		Detrito limo-argilloso con trovanti lapidei
2	0.1	23	1900	2050	0.00		Detrito limo-argilloso con trovanti lapidei
3	0	45	2300	2300	0.00		Substrato roccioso

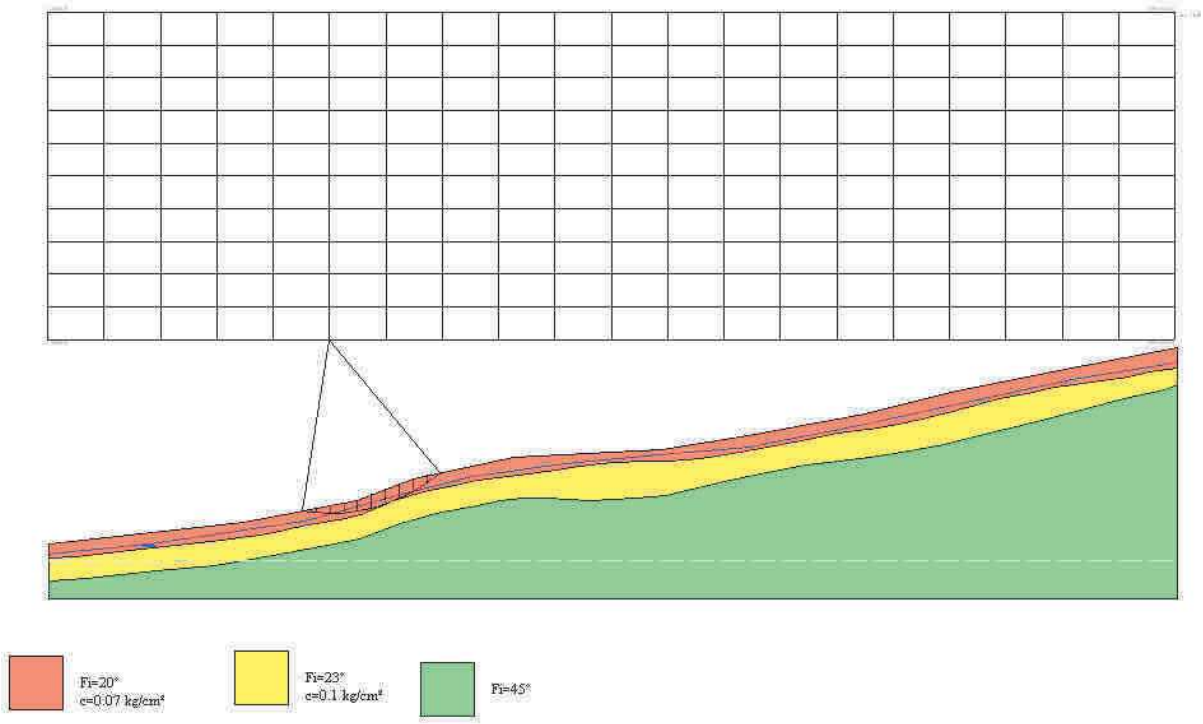
Risultati analisi pendio

Fs minimo individuato		1.58
Ascissa centro superficie	(m)	64.15
Ordinata centro superficie	(m)	856.82
Raggio superficie	(m)	39.93

In base alle verifiche realizzate, che, dato l'utilizzo dell'angolo di attrito residuo e considerando la falda prossima al p.c., sono state fatte in condizioni estremamente

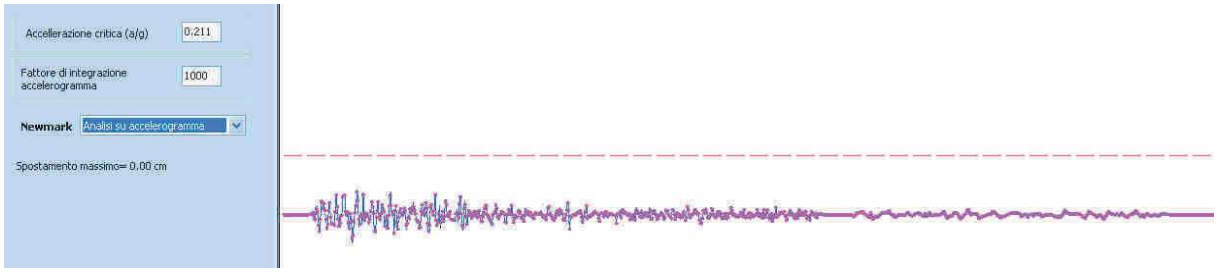
cautelative, il versante risulta in buone condizioni di sicurezza. La superficie con il minor coefficiente di sicurezza è di **1.58** ed è localizzata nella parte medio-bassa del versante a maggior acclività.

Analisi di stabilità dinamica (Metodo di NEWMARK)



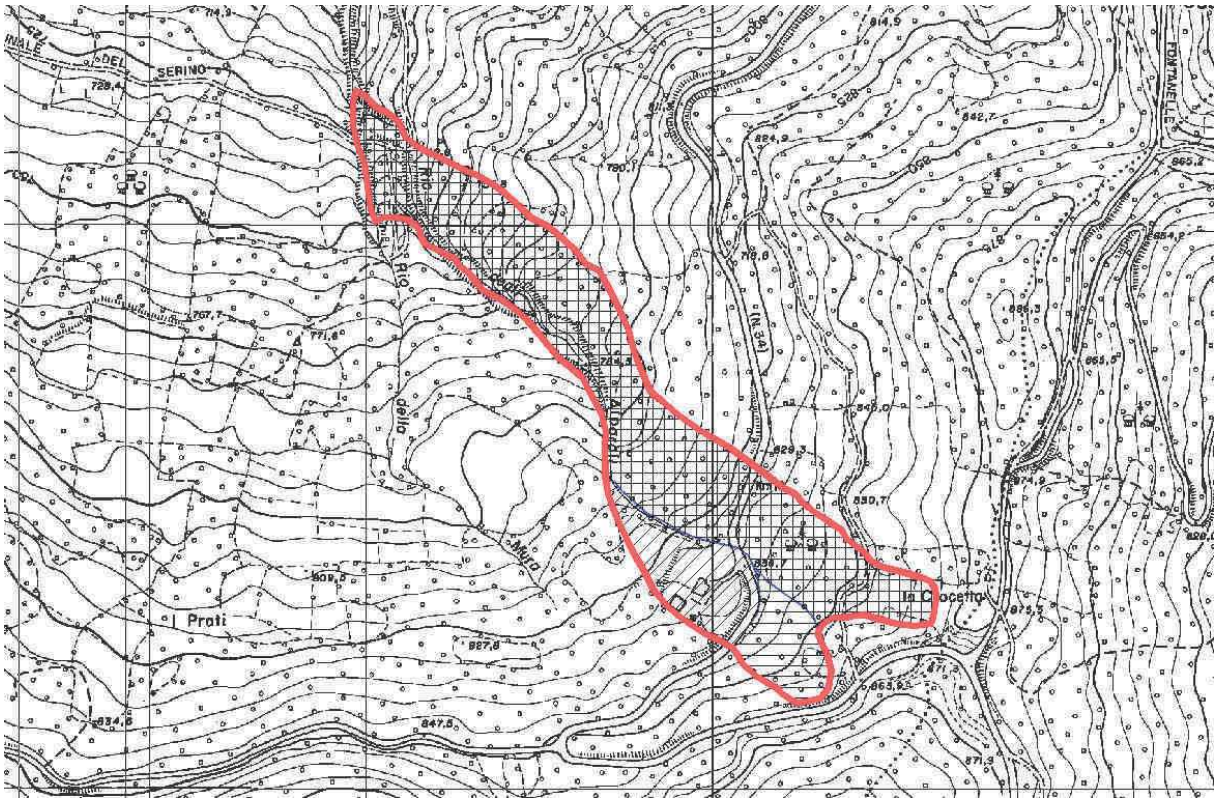
Le verifiche in condizioni sismiche dinamiche (semplificate) sono state realizzate utilizzando come input gli accelerogrammi forniti dalla Regione Emilia-Romagna, per il Comune di Pecorara. L'accelerazione critica che può provocare i primi spostamenti è stata calcolata in **0.211g**, valore superiore a quello atteso per l'area pari a **0.188g .**

Le verifiche effettuate, con spostamenti nulli, confermano la stabilità dell'area anche in condizioni dinamiche sismiche. Di seguito si riporta la più significativa delle 3 analisi dinamiche relative ai 3 sismogrammi considerati; nel grafico il valore soglia dell'accelerazione è rappresentato dalla linea rossa tratteggiata.



9. ZONIZZAZIONE DEL RISCHIO DEL CORPO DI FRANA QUIESCENTE

Il corpo di paleofrana studiato è stato suddiviso, in base a criteri geologico-geomorfologici, in settori contraddistindi da un differente grado di "rischio".



Sono state distinte 3 classi di rischio:

- **Aree a rischio moderato (classe 2 - rigato obliquo)**, sono le aree a buon grado di stabilità, localizzate nel settore sud-orientale del corpo di paleofrana. Non si evidenziano segnali di movimenti in atto e/o recenti, ne sussistono condizioni che potrebbero instabilizzare il corpo detritico. Le indicazioni sopraesposte sono supportate anche dai dati interferometrici che indicano assenza di movimenti nel periodo monitorato (1992-2000).
- **Aree a rischio elevato (classe 3 - rigato orizzontale),** sono le aree con caratteristiche simili a quelle a bassa pericolosità ma con copertura vegetazionale a bosco. Anche in questo caso non sono state osservate evidenze di movimenti in atto e/o pregressi.
- **Aree a rischio molto elevato (classe 4 - retino incrociato),** costituiscono il corpo di paleofrana vero e proprio che risulta allungato in direzione nordovest-sudest fino a confluire a valle in un corpo detritico più esteso. Anche questo settore appare in discrete condizioni di stabilità, ma per ragioni cautelative gli è stato attribuito un grado di rischio superiore.

10. PRESCRIZIONI PER LE AREE IN FRANA QUIESCENTE IN CUI E' STATA EFFETTUATA LA VALUTAZIONE DEL RISCHIO

Classe 1 (rischio basso) – Fattibilità senza particolari limitazioni (R1):

Queste aree si ritengono utilizzabili ai fini edificatori senza particolari limitazioni all'urbanizzazione o alla modifica della destinazione d'uso; eventuali problematiche locali possono essere superate attraverso approfondimenti di indagine o accorgimenti tecnico-costruttivi. In particolare si dovrà subordinare l'autorizzazione ad accertamenti geognostici in particolare ai fini di:

- *evitare che fondazioni di una stessa costruzione vengano a poggiare in parte sulla zona di alterazione ed in parte sulla roccia in posto, o peggio ancora, su materiale di riporto;*
- *ridurre all'indispensabile eventuali sbancamenti e riporti adottando pendenze adeguate;*
- *drenare le acque eventualmente incontrate;*
- *adottare la tipologia di fondazione più idonea alla tipologia di substrato riscontrata.*

Classe 2 (rischio moderato) – Fattibilità con modeste limitazioni (R2):

Queste aree si ritengono utilizzabili ai fini urbanistici, anche se si sono appurate alcune condizioni limitanti all'edificabilità, che possono essere superate attraverso approfondimenti di indagine o accorgimenti tecnico-costruttivi; gli interventi edificatori sono comunque permessi, prevedendo se necessario eventuali accorgimenti costruttivi necessari o interventi di riduzione del rischio idrogeologico, quali:

- *sbancamenti e riporti ridotti al minimo;*
- *fondazioni rigide, spinte ad idonea profondità dall'attuale piano campagna;*
- *regolamentazione delle acque superficiali e sotterranee;*
- *sistemi di raccolta sistematica e l'allontanamento in tubazioni a perfetta tenuta delle acque piovane e di quelle di scarico dei futuri edifici;*
- *opportuni interventi di sostegno (ex gabbionate, muri con drenaggio e sistema di smaltimento acque ecc.) al fine di proteggere il piede di eventuali scarpate artificiali con pendenze superiori a 1/2.*

Per tali zone si dovrà comunque subordinare l'autorizzazione ad ulteriori e dettagliati accertamenti geologici e geognostici.

Classe 3 (rischio elevato) – Fattibilità con significative limitazioni (R3)

In questa classe si sono inserite le zone in cui la propensione al dissesto è più elevata, ed in cui le limitazioni alla modifica della destinazione d'uso appare più consistente.

Si dovrà dunque subordinare l'autorizzazione ad ulteriori e dettagliati accertamenti geologico-tecnici e geognostici, finalizzati a valutare quali siano le azioni atte a ridurre il rischio connesso all'intervento edificatorio

Si dovrà dunque prevedere quanto segue:

- *manutenzione delle eventuali opere di difesa esistenti;*
- *l'adozione di fondazioni rigide, spinte ad idonea profondità dall'attuale piano campagna;*
- *la raccolta sistematica e l'allontanamento in tubazioni a perfetta tenuta delle acque piovane e di quelle di scarico dei futuri edifici;*

- *regolamentazione delle acque superficiali e sotterranee, e se necessario comprendere tutta o buona parte della zona a monte, attraverso le opportune opere idrauliche (ex canali di scolo, drenaggi sotterranei ecc.);*
- *quanto necessario al fine di ridurre la pericolosità;*

Oltre a quanto consentito dalle norme del P.A.I. in merito alle frane attive e quiescenti, in questa classe sono ammessi solo ampiamenti delle costruzioni esistenti, con incrementi volumetrici non superiori a quanto consentito dalle N.T.A. del Piano Regolatore Comunale.

Classe 4 (rischio molto elevato) – Fattibilità con gravi limitazioni (R4):

In tali zone è vietata, per le caratteristiche riscontrate ma anche in funzione del costo degli interventi di consolidamento. In queste zone si intende consentito quanto permesso dal P.A.I. per le frane quiescenti.

Nibbiano: 05/11/2015

Dott. Adriano Baldini



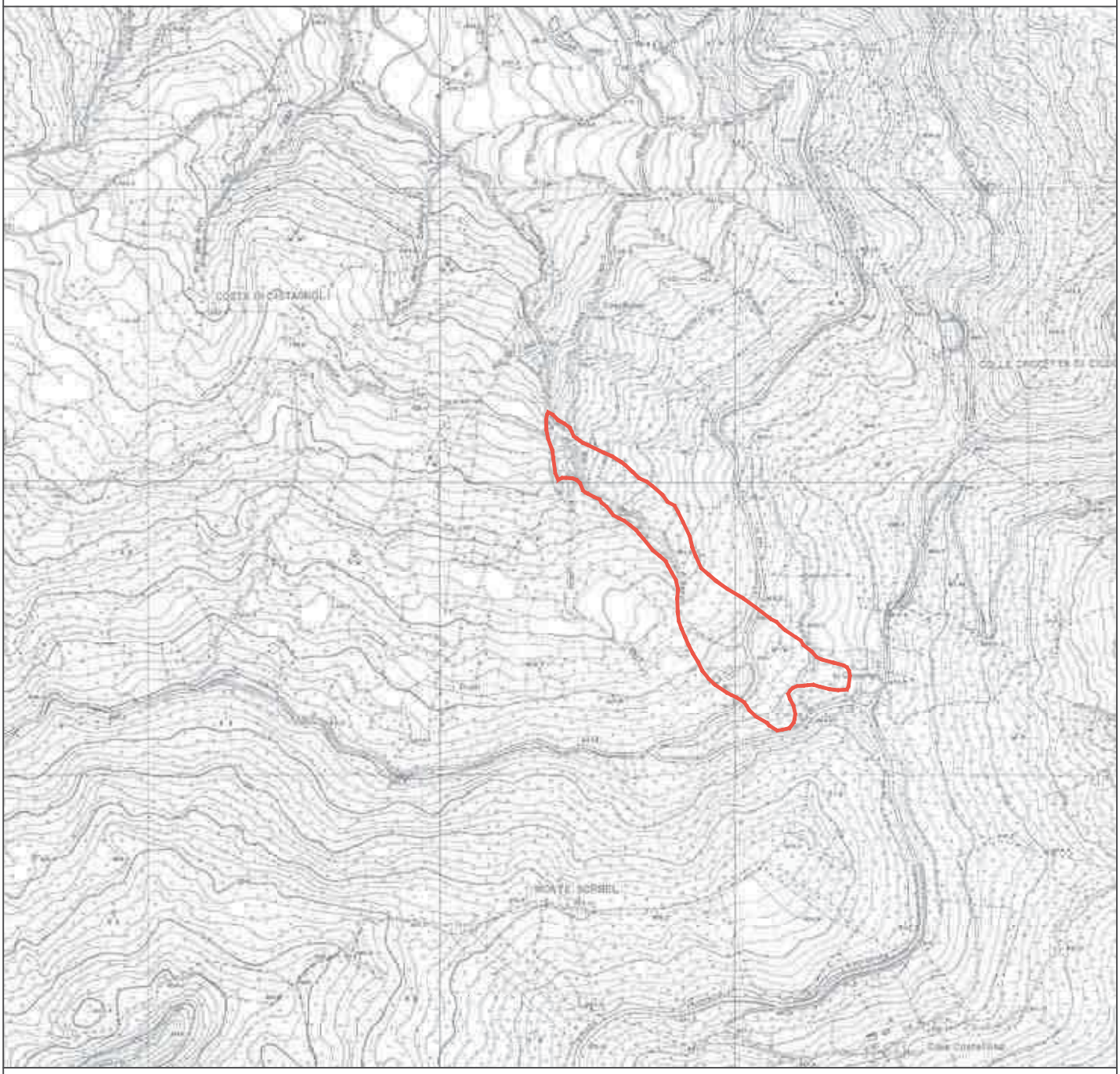
Dott. Alberto Lepori



ALLEGATI

INQUADRAMENTO TERRITORIALE

Scala 1:10000



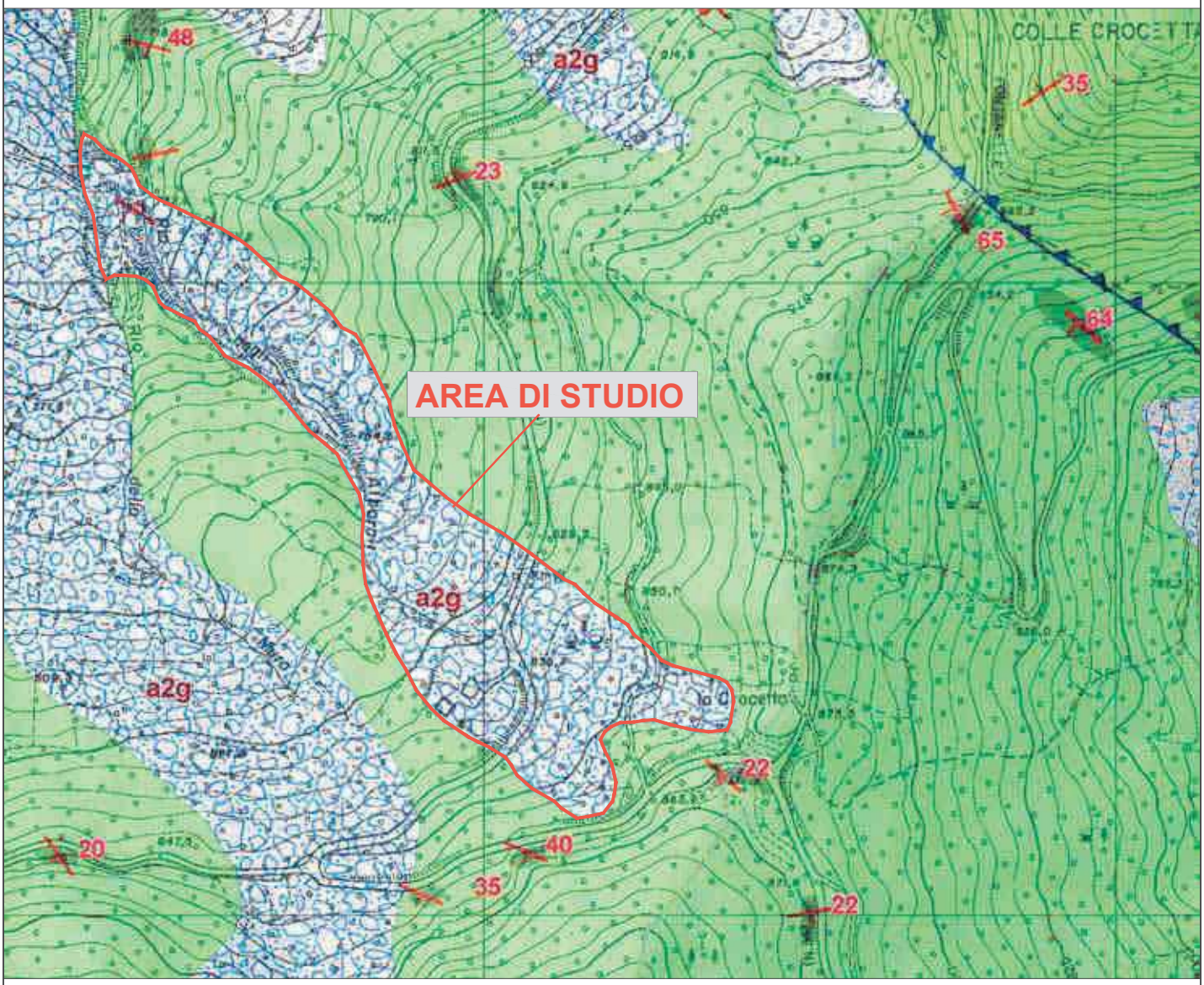


Area di studio

Fig. 1

ESTRATTO CARTA GEOLOGICA REGIONALE

Scala 1:5000



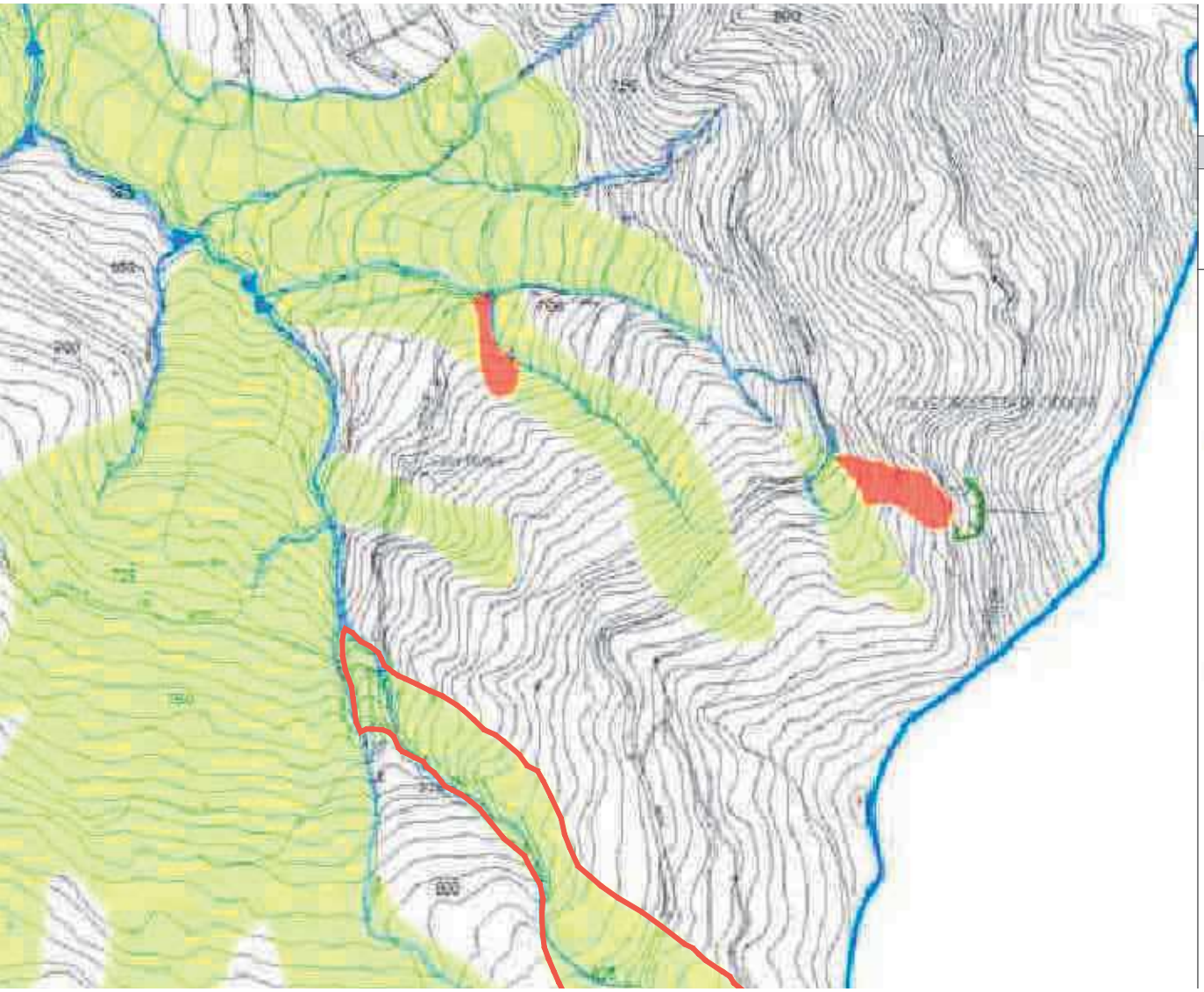
Unità geologiche (10K)

- *APA - Argille a palombini*
- *MCS - Flysch di Monte Cassio*
- *SCB - Arenarie di Scabiazza*

Coperture quaternarie (10K)

- *a2b - Deposito di frana quiescente per scivolamento*
- *a2g - Deposito di frana quiescente complessa*

Fig. 2



Studio ge
di un versante
in l
- Comune
"*Classificazione de*
qu

CARTA D
Estra

Elementi morfologici:

Area di frana attiva:

Area di frana quiescente:

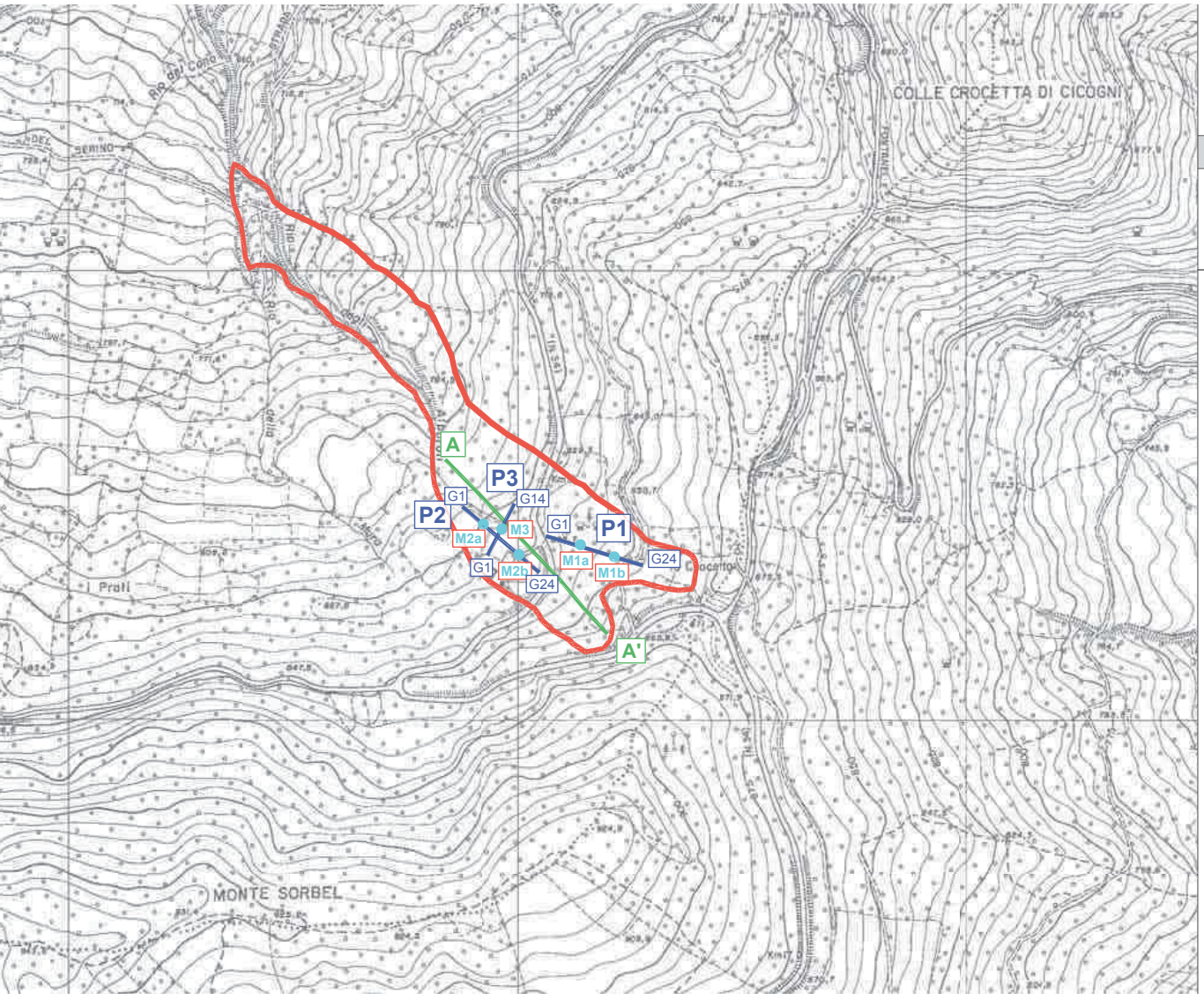
Depositi alluvionali attuali:

Depositi alluvionali terrazzat

Depositi alluvionali terrazzat

Depositi alluvionali terrazzat

ARE



Studio geo
di un versante
in lo
- Comune d
"*Classificazione del*
qu

PLANIMETRIA

INDAGINI SISMICHE

G1 **P1-P3** G24 — Tra

M1-M3 — Prov

A **A'** — Trac
verif

AREA

Loc. CICOGNI - TOMOGRAFIA SISMICA - P1

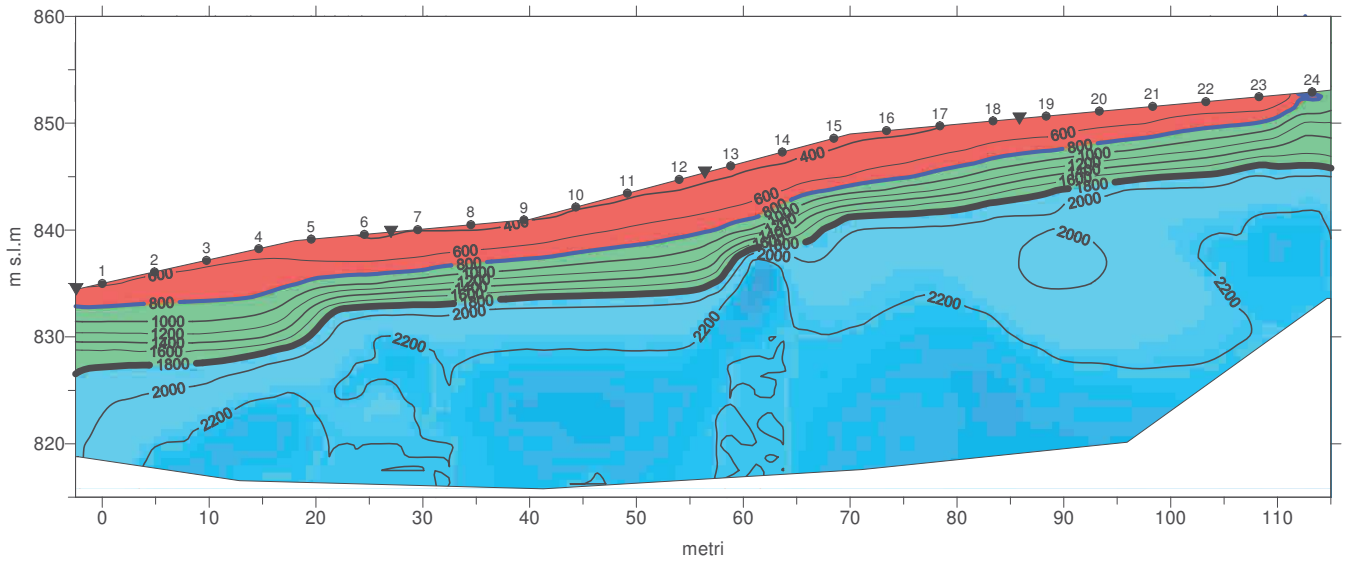
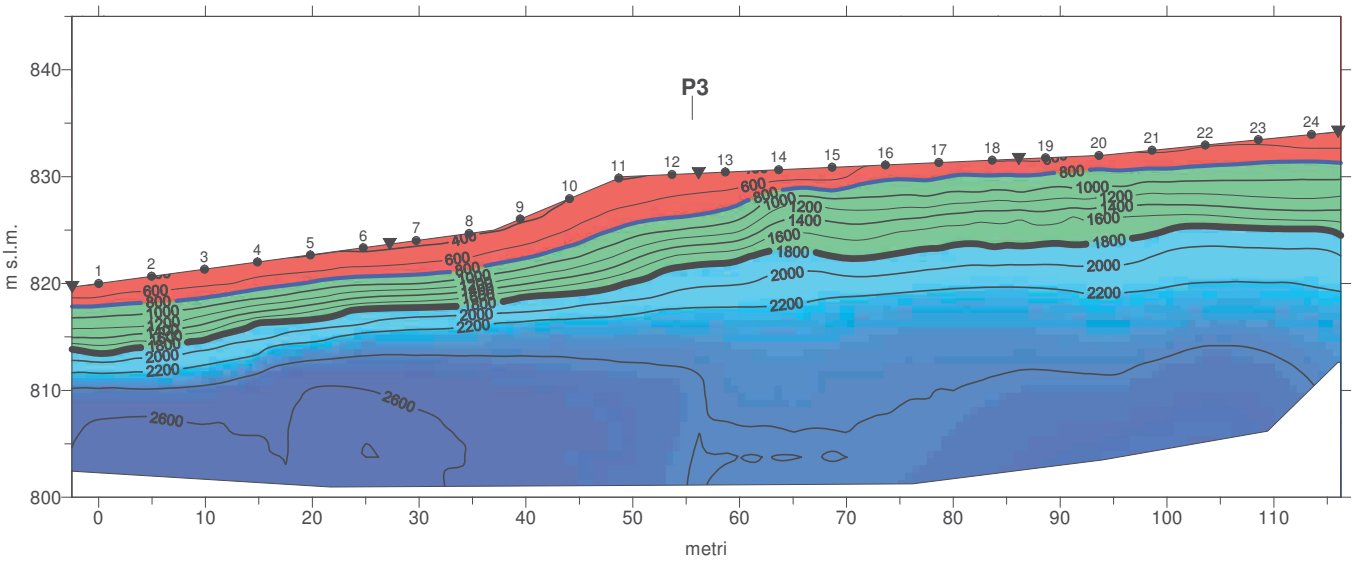


Fig.4a

Loc. CICOGNI - TOMOGRAFIA SISMICA - P2



Scala 1:500

Velocità sismiche m/sec

300 600 900 1200 1500 1800 2100 2400

Limite del materiale di copertura più allentato

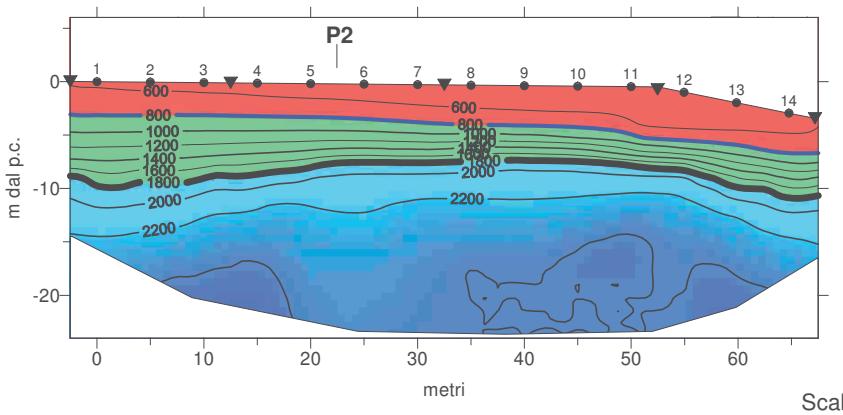
Passaggio al substrato più compatto

▼ Punti di energizzazione

● Punti di registrazione

Fig.4b

Loc. CICOGNI - TOMOGRAFIA SISMICA - P3



Scala 1:500

Velocità sismiche m/sec

300 600 900 1200 1500 1800 2100 2400

Limite del materiale di copertura più allentato

Passaggio al substrato più compatto

▼ Punti di energizzazione

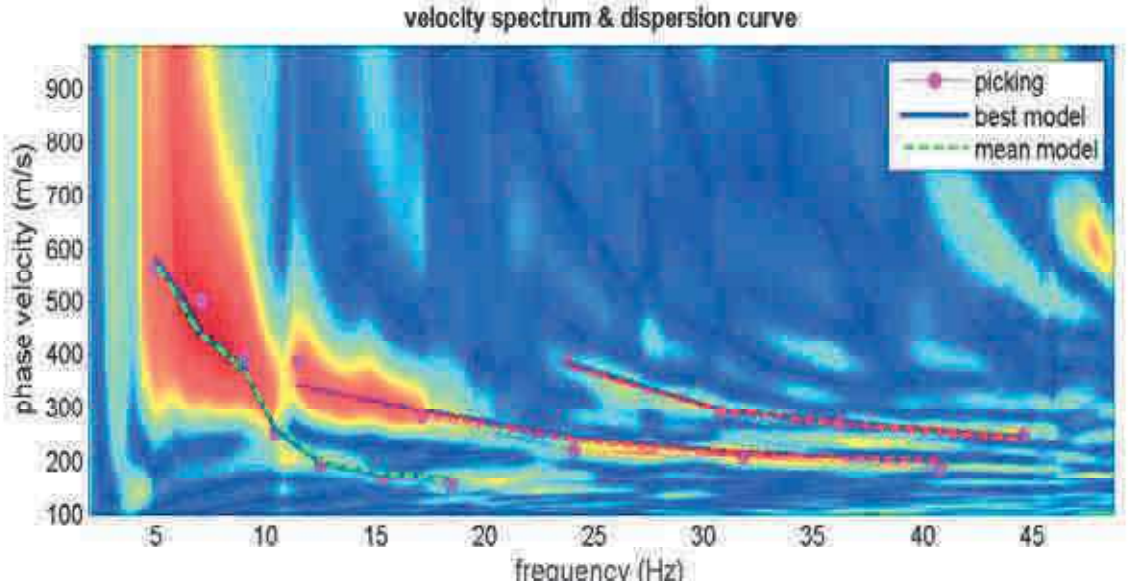
● Punti di registrazione

Fig.4c

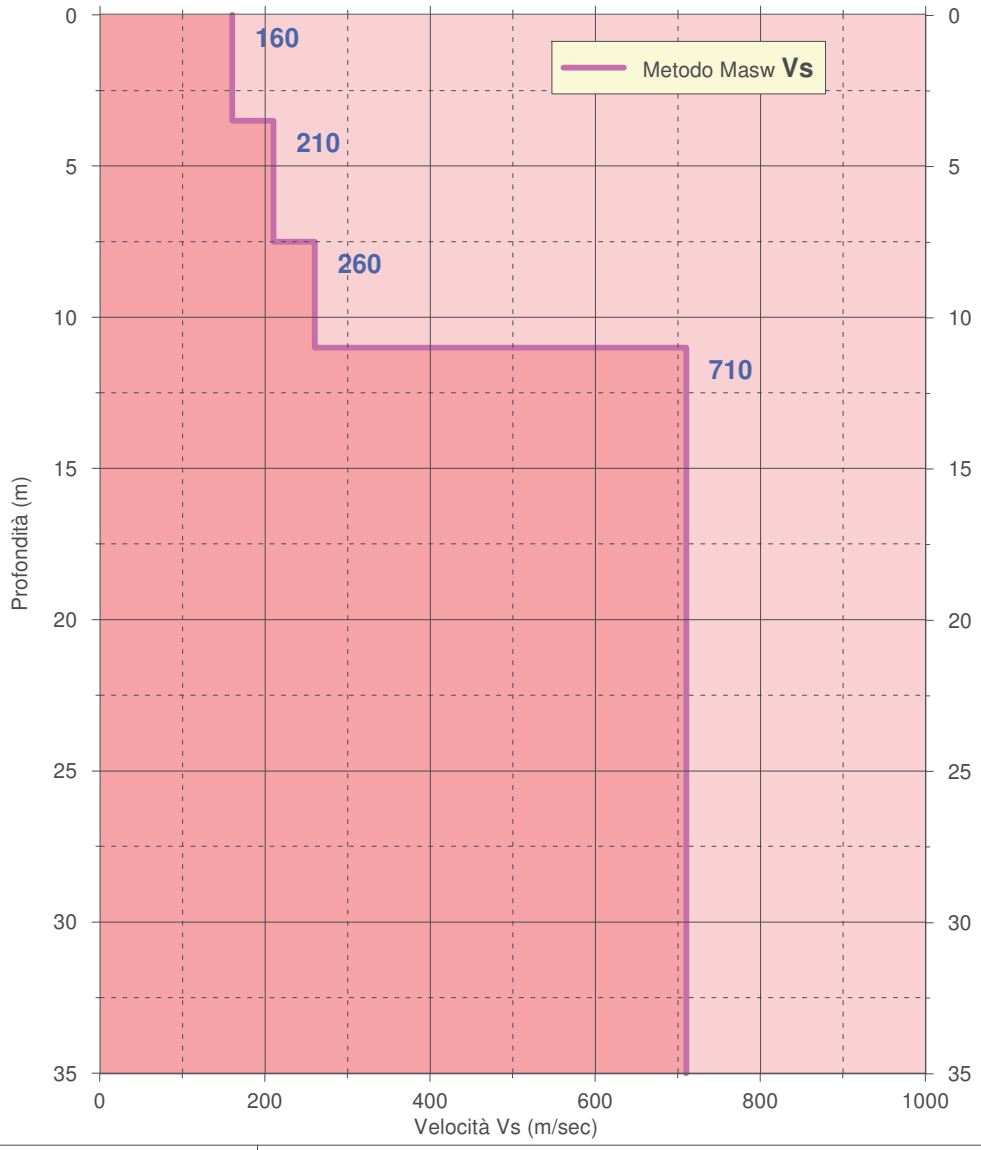
Loc. CICOGNI
METODO MASW

M1a

CURVA VELOCITA' di FASE-FREQUENZA



PROFILO VELOCITÀ Vs



Vs30=370

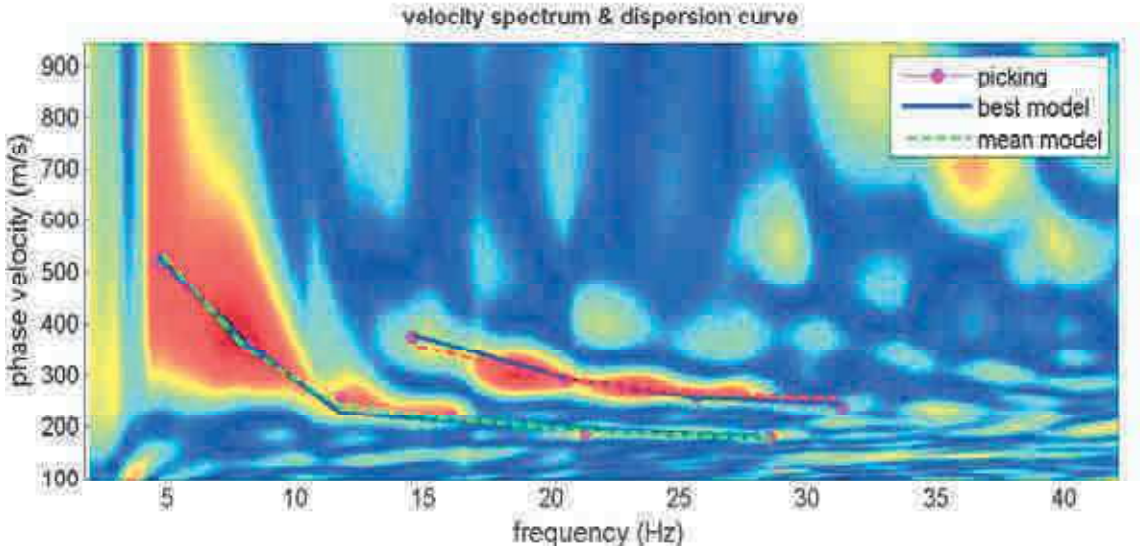
SUOLO DI FONDAZIONE TIPO "E"

Fig. 5a

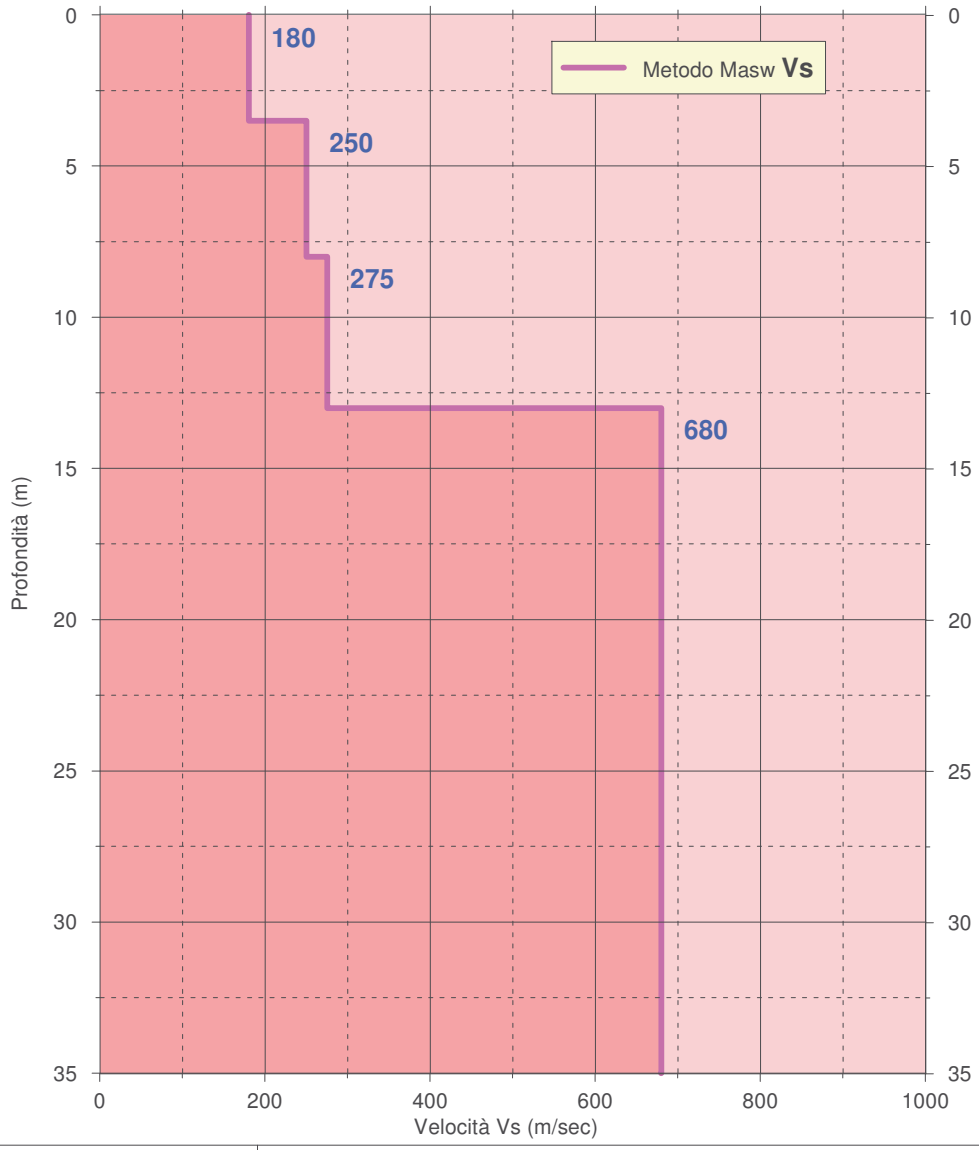
Loc. CICOGNI
METODO MASW

M1b

CURVA VELOCITA' di FASE-FREQUENZA



PROFILO VELOCITÀ Vs



Vs30=375

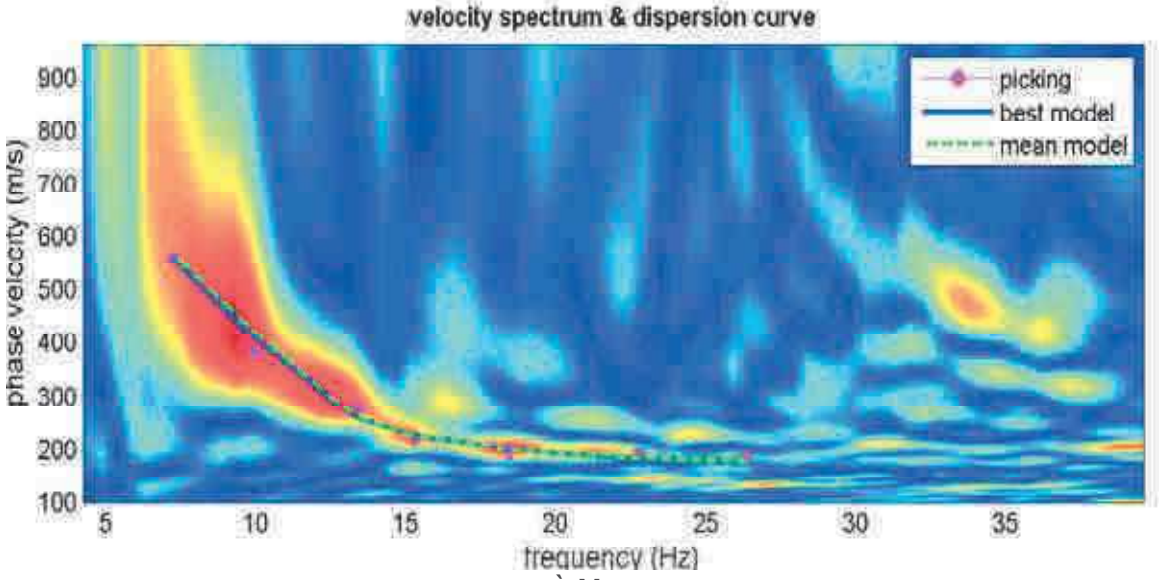
SUOLO DI FONDAZIONE TIPO "E"

Fig. 5b

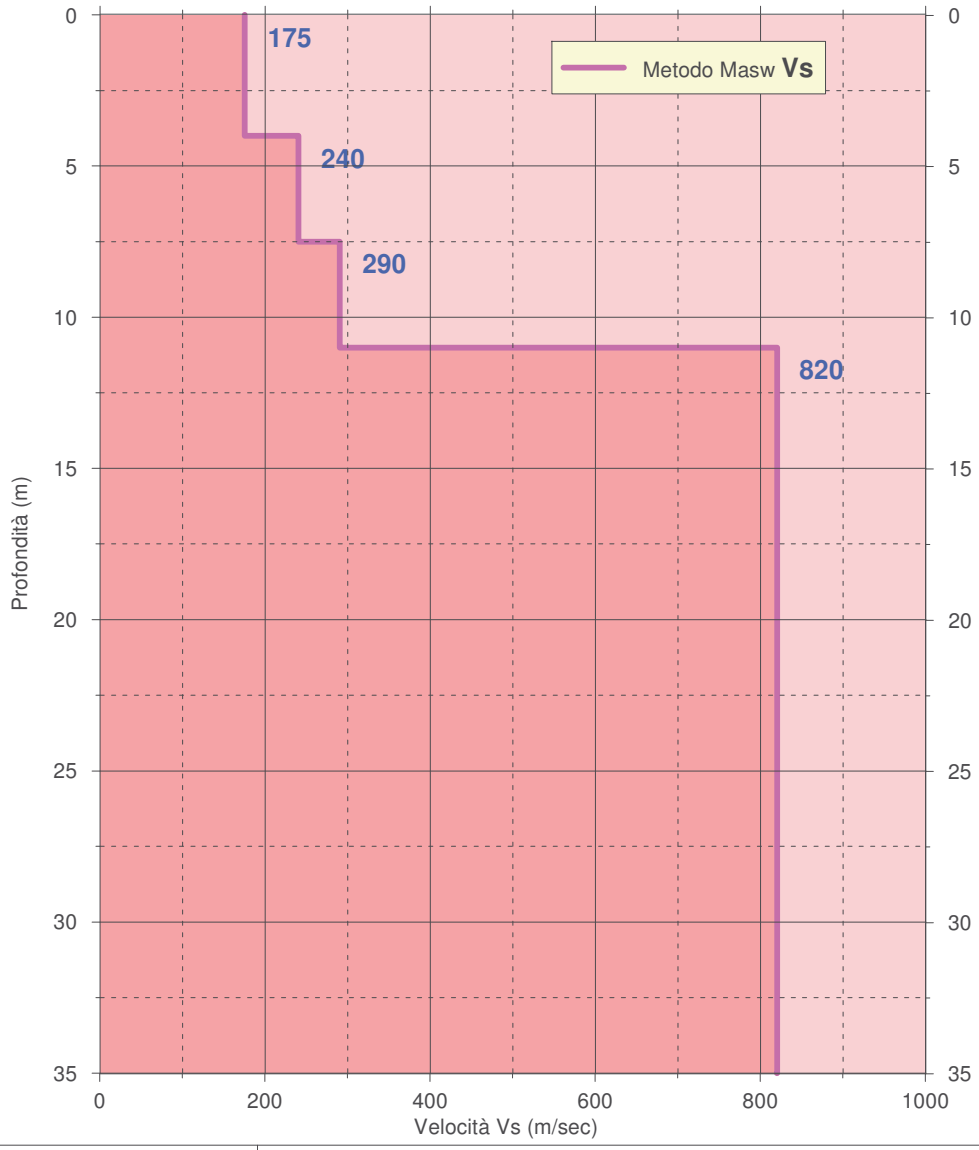
Loc. CICOGNI
METODO CONGIUNTO MASW-HVSR

M2a

CURVA VELOCITA' di FASE-FREQUENZA



PROFILO VELOCITÀ Vs



Vs30=410

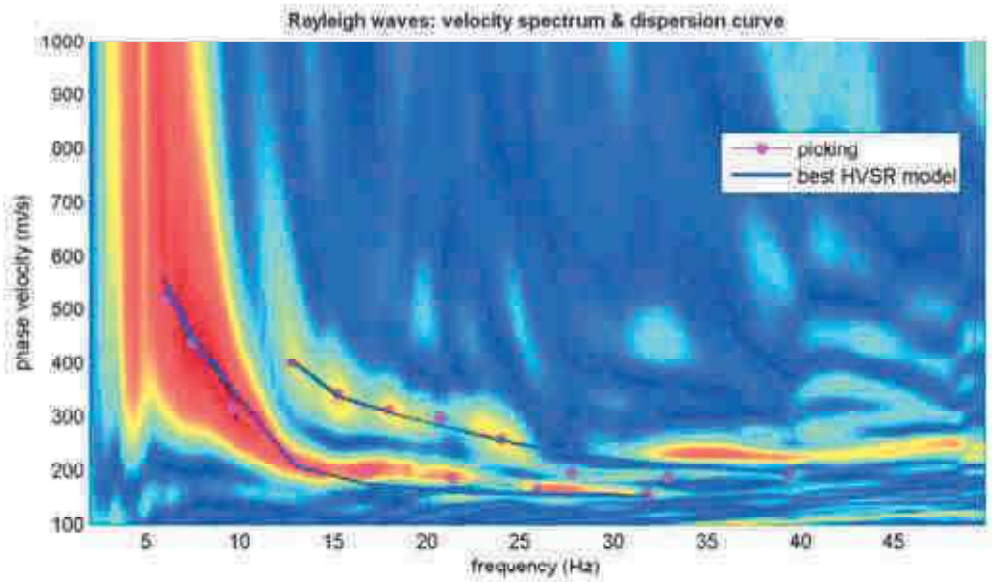
SUOLO DI FONDAZIONE TIPO "E"

Fig. 5c

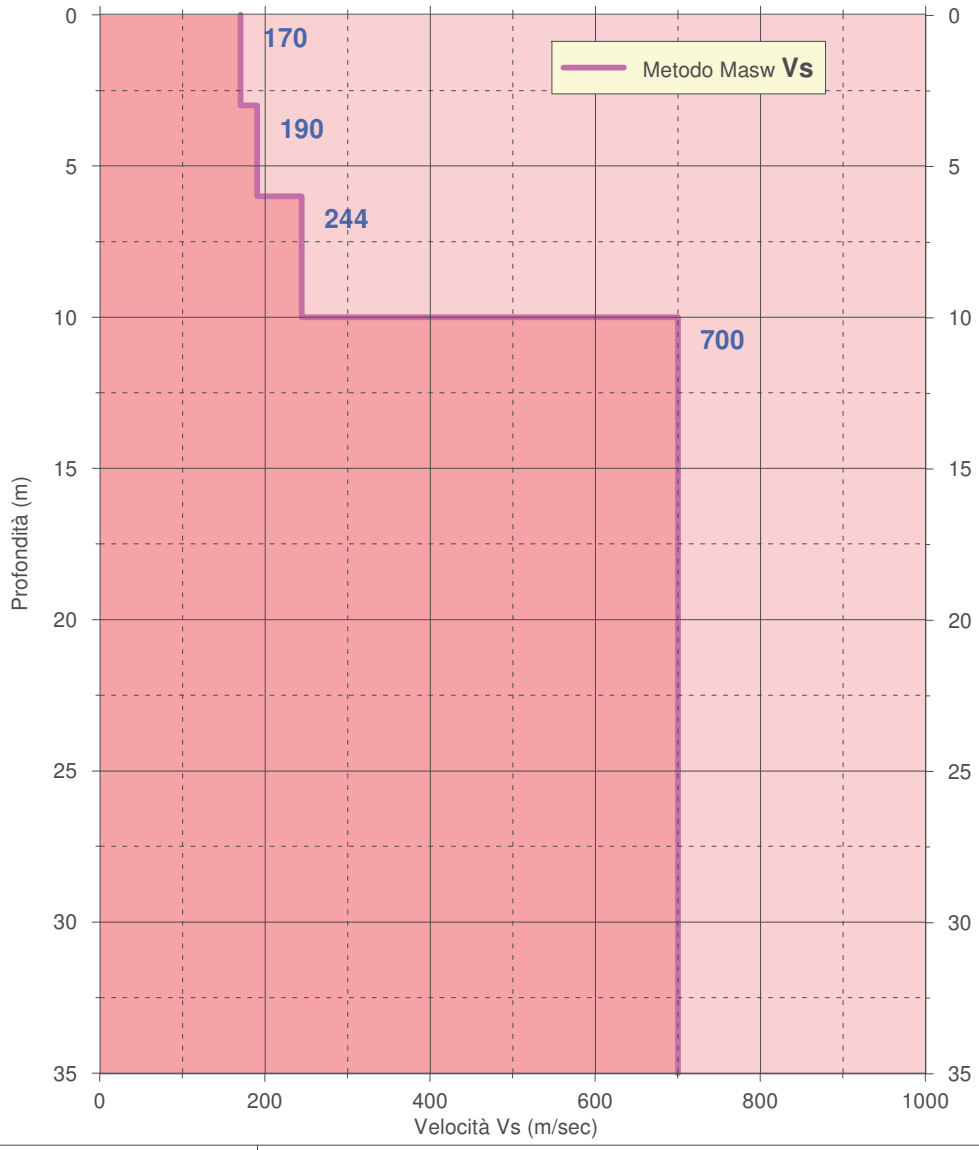
Loc. CICOGNI
METODO CONGIUNTO MASW-HVSR

M3

CURVA VELOCITA' di FASE-FREQUENZA e FIT HVSR



PROFILO VELOCITÀ Vs



Vs30=384

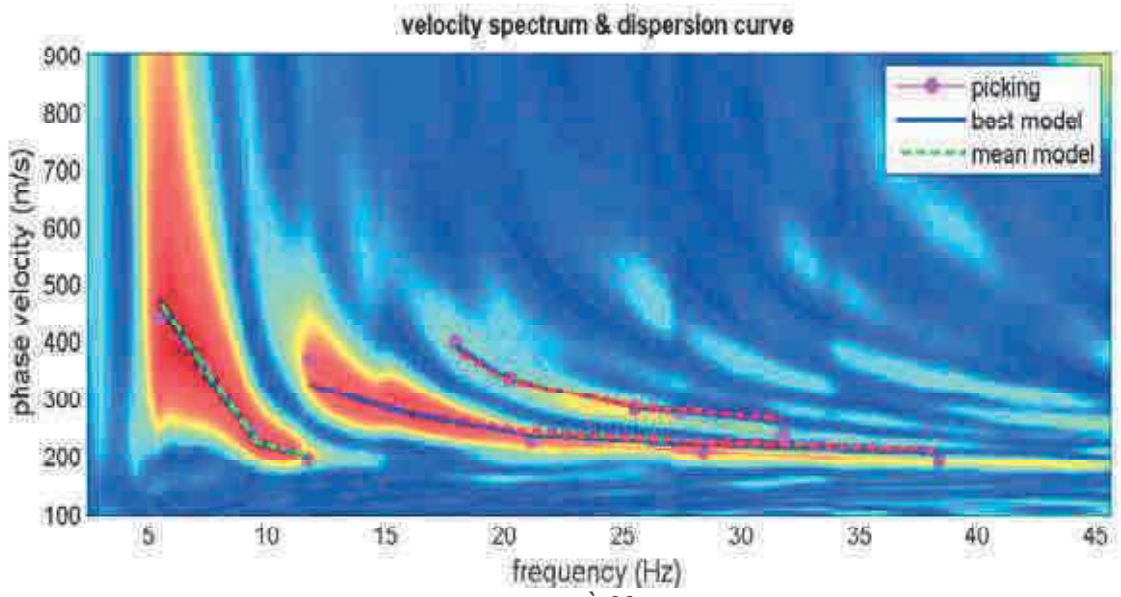
SUOLO DI FONDAZIONE TIPO "E"

Fig. 5e

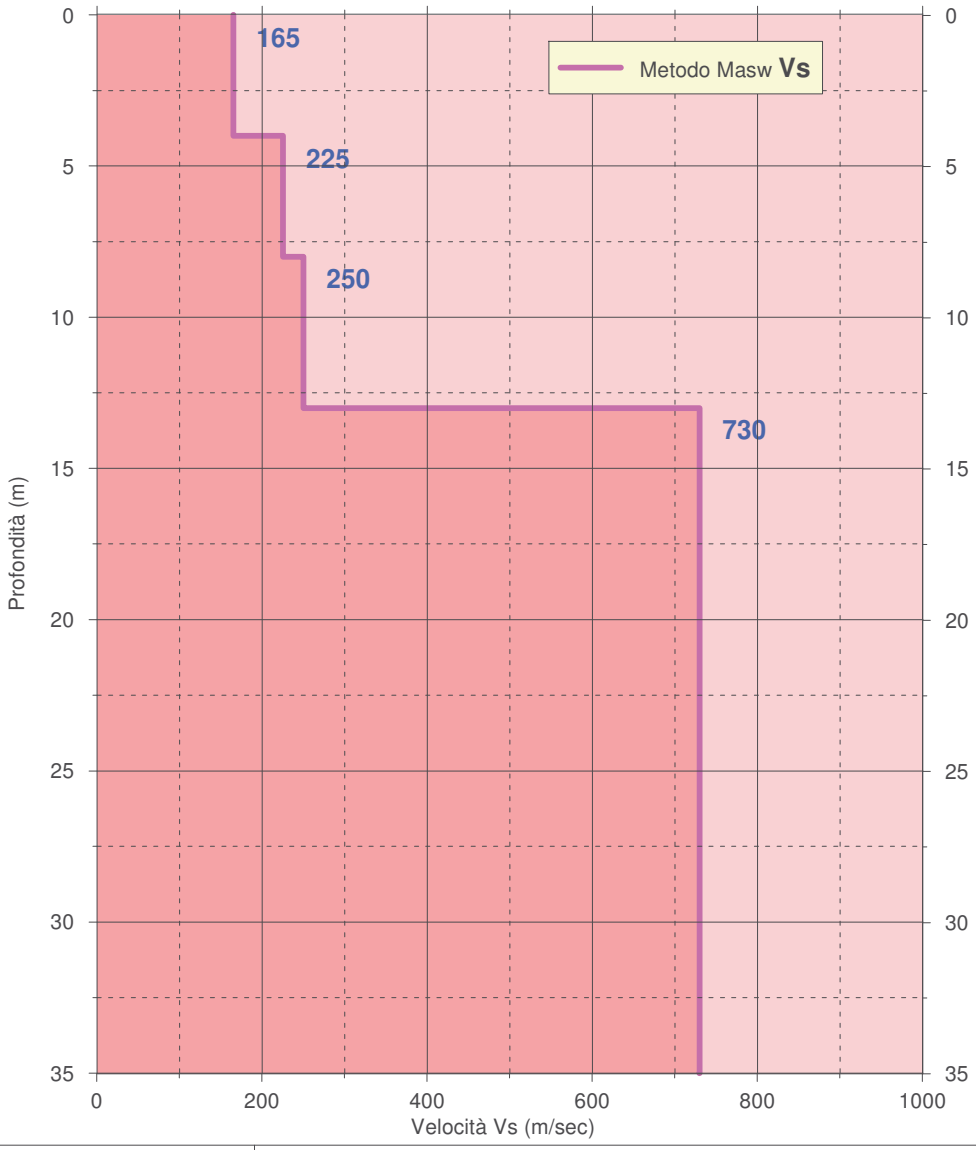
Loc. CICOGNI
METODO CONGIUNTO MASW-HVSR

M2b

CURVA VELOCITA' di FASE-FREQUENZA



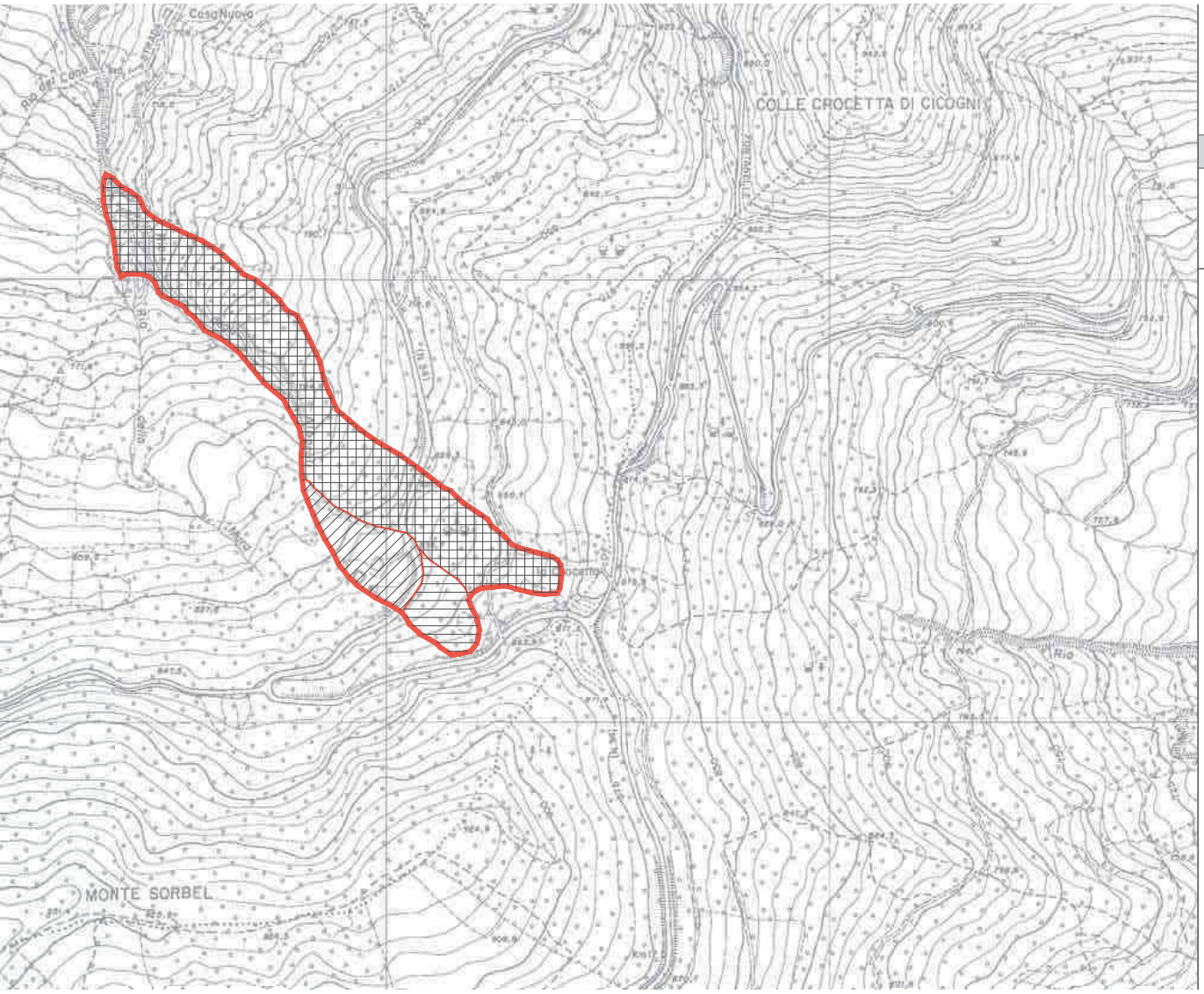
PROFILO VELOCITÀ Vs



Vs30=355

SUOLO DI FONDAZIONE TIPO "E"

Fig. 5d



Studio ge
di un versante
in lo
- Comune
"*Classificazione del*
qu

CARTA DEL "RI

CLASSI DI RISCHIO

Classe 2 - Risc

Classe 3 - Risc

Classe 4 - Risc

AREA D

10 Frana quiescente di Pecorara - località La Fagiana/ il Monte

Geotest S.r.l. Servizi Geologici-Geotecnici-Geofisici
Via E. Fermi, 113 - 29010 Trevozzo V.T. (PC) Tel.: 348 5107263
Capitale Soc. Int. Versato .: 10.000 euro - P. iva: 01467560338

Comune di Pecorara (PC)

Oggetto: Relazione geologico-sismica preliminare finalizzata alla valutazione e zonizzazione del "Rischio Geologico" dell'area in frana quiescente di Pecorara - loc. La Fagiana/Il Monte.

Committente: Sig. Bertola Fabrizio
Via Combattenti, 2
29010 Pecorara (PC)

Geotest s.r.l.

Dott. Geologo Adriano Baldini

Trevozzo V.T. 28/11/2015 rev.01

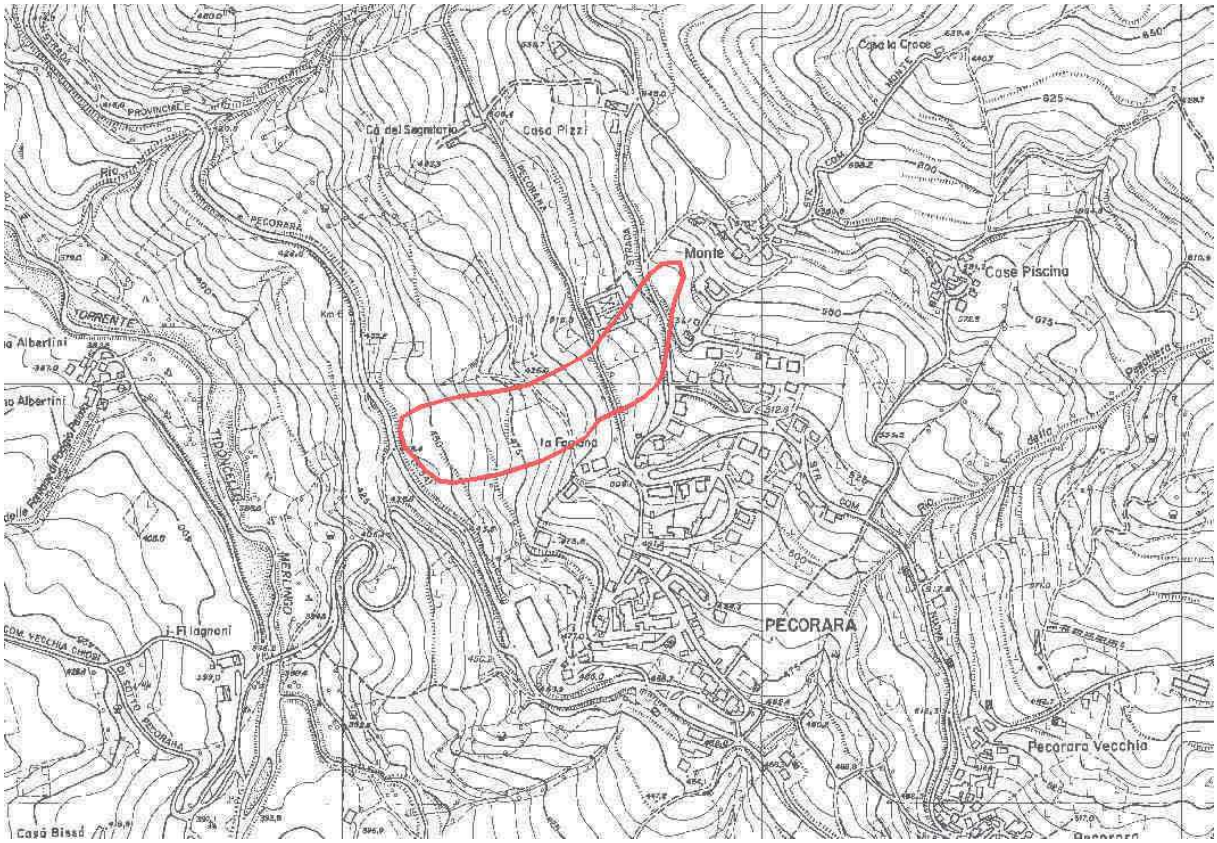
Sommario

1. PREMESSA 2
2. INDAGINI ESEGUITE 4
3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO-GEOMORFOLOGICO 5
3.1 CARATTERISTICHE GEOLOGICHE 5
3.2 CARATTERISTICHE GEOMORFOLOGICHE 6
4. INQUADRAMENTO IDROLOGICO E IDROGEOLOGICO 8
5. INDAGINI GEOGNOSTICHE 9
5.1 SISMICA A RIFRAZIONE 9
5.1.1 Cenni metodologici 9
5.1.2 Modalità esecutive 10
5.1.3 Strumentazione utilizzata 10
5.1.4 Elaborazione 11
5.1.5 Analisi dei risultati 11
5.2 PROVE PER LA DETERMINAZIONE DEL PROFILO DI VELOCITA' DELLE ONDE SISMICHE "S" 12
5.2.1 Cenni metodologici 12
5.2.2 Modalità esecutive 13
5.2.3 Commento dei risultati 13
6. MODELLO GEOLOGICO DELL'AREA 14
7. VALUTAZIONE DELLA PERICOLOSITA' SISMICA DELL'AREA (delibera del 2 Maggio 2007, n.112, in materia antisismica) 14
7.1 OBIETTIVI DELLA DELIBERA 14
7.2 LIVELLI DI APPROFONDIMENTO 15
7.3 CARATTERI SISMICI DELL'AREA 16
7.4 VALUTAZIONE DEL FATTORE DI AMPLIFICAZIONE DEL SITO INTERESSE-ANALISI 2° LIVELLO 18
7.5 SPETTRO DI RISPOSTA (IN PGA) DELL'AREA 19
7.6 ANALISI DELLA STABILITA' DEL VERSANTE SIA IN CONDIZIONI PSEUDO-STATICHE CHE SISMICHE-DINAMICHE - ANALISI 3° LIVELLO 20
7.6.1 Analisi di stabilità in condizioni pseudostatiche 20
7.6.2 Analisi di stabilità dinamica (Metodo di NEWMARK) 21
8. ZONIZZAZIONE DEL RISCHIO DEL CORPO DI FRANA QUIESCENTE 22
9. PRESCRIZIONI DEL P.R.G. PER LE AREE IN FRANA QUIESCENTE IN CUI E' STATA EFFETTUATA LA VALUTAZIONE DEL RISCHIO 23

1. PREMESSA

Nel Novembre 2015, è stata realizzata un'indagine geologico-sismica, in un area sita immediatamente a nord-ovest dell'abitato di Pecorara.

Nel dettaglio l'area è localizzata sul versante orografico destro del T. Tidoncello e si estende dal cimitero (a monte) fino alla strada provinciale (a valle).

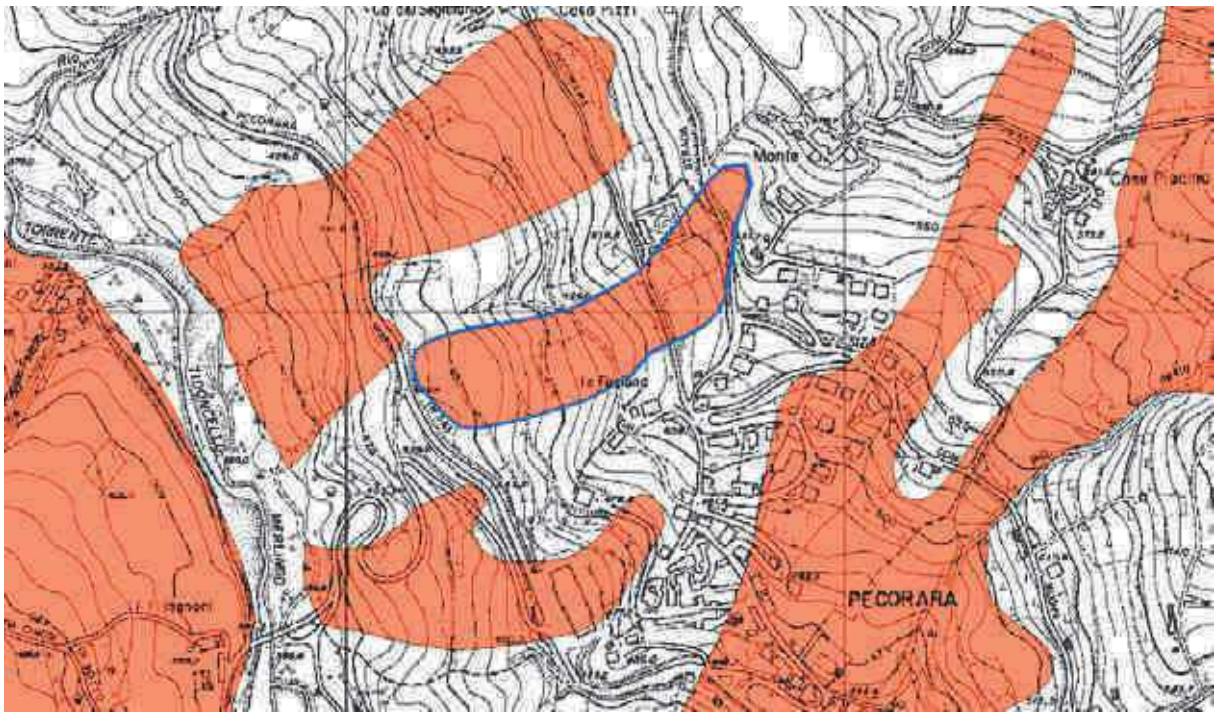


Inquadramento territoriale da CTR

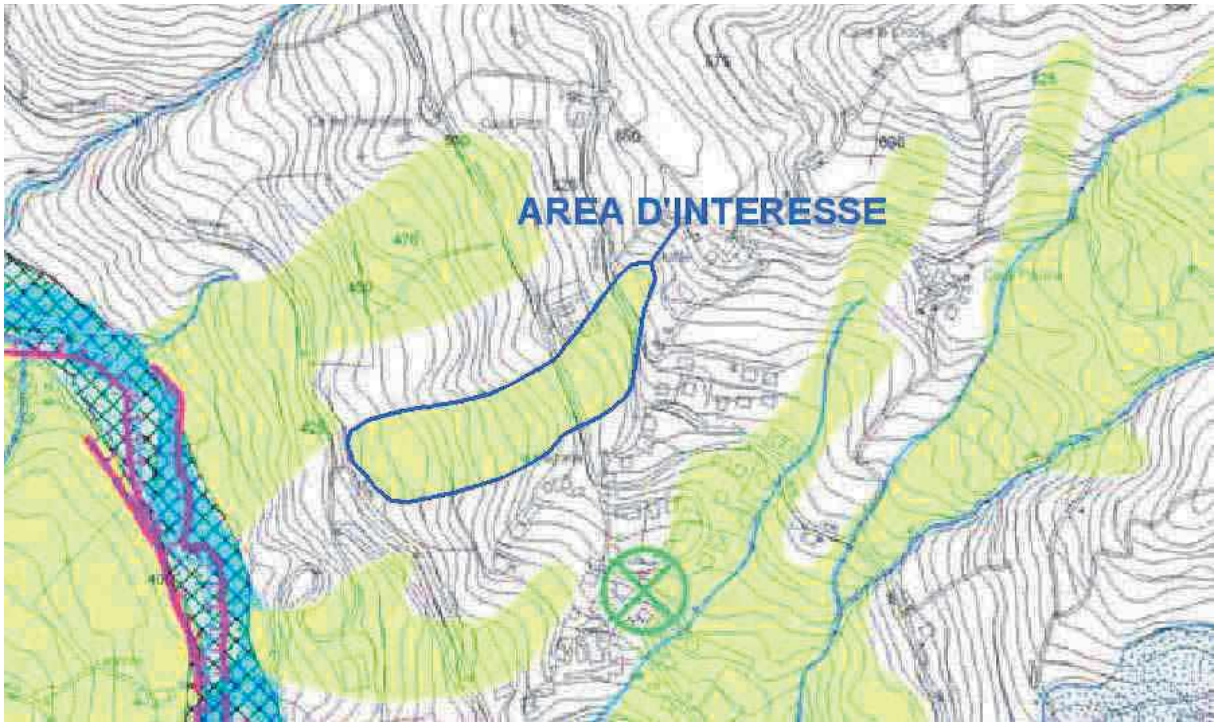
Nella carta del dissesto del PTCP della provincia di Piacenza e nella "Carta del Dissesto Comunale" allegata al PSC (in questo caso coincidenti), l'area d'interesse è classificata come frana quiescente. Le norme del PTCP (comma 7 dell'art. 31), consentono (compatibilmente con il grado di "rischio" accertato mediante opportuni approfondimenti geologici), di realizzare interventi edilizi (ampliamenti, nuove costruzioni ecc.), altrimenti non consentiti nelle aree di frana quiescente.

L'indagine ha avuto i seguenti obiettivi:

- Ricostruire l'assetto geologico-sismico del versante su cui insiste l'area d'interesse;
- Valutare le condizioni di stabilità complessiva del versante;
- Suddividere il corpo di frana in classi di rischio in base alla "pericolosità" geologica.



Carta del dissesto allegata al PTCP



Carta del dissesto allegata al PSC

2. INDAGINI ESEGUITE

L'approfondimento realizzato, come previsto dalla normativa, non ha riguardato solo l'area d'interesse della Committenza, ma è stato esteso a tutto il corpo di frana quiescente considerato influente ai fini della stabilità complessiva dell'area.

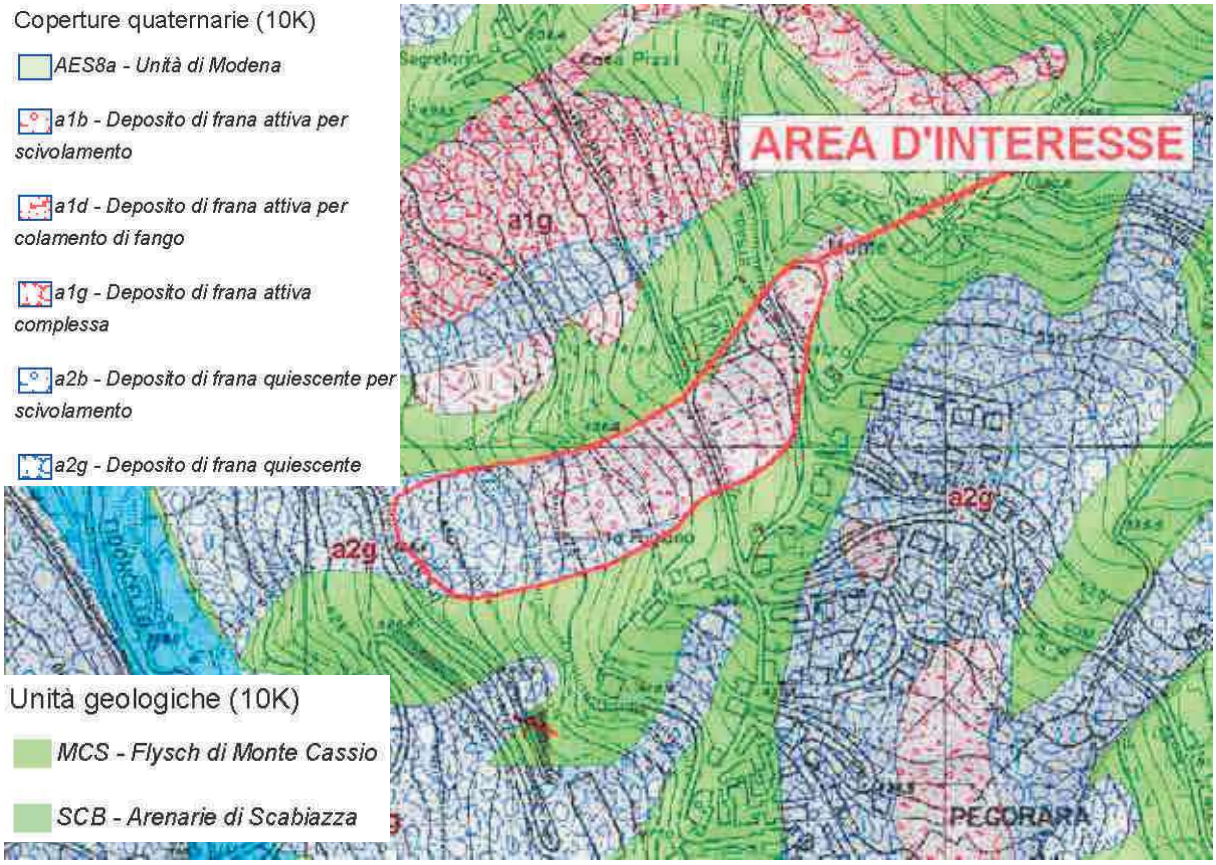
L'indagine geologico-sismica, conforme a quanto previsto dalla delibera del 2 Maggio 2007, n.112, in materia antisismica, ha compreso le seguenti fasi di studio:

- Raccolta ed analisi della documentazione esistente;
- Rilevamento geologico-geomorfologico di dettaglio di tutto il corpo di frana;
- Esecuzione di 2 profili sismici a rifrazione, per la valutazione dello spessore e del grado di addensamento sia del materiale di copertura che del substrato geologico;
- Registrazione di 2 profili sismici con tecnica "MASW", per la determinazione del profilo di velocità delle onde "S" e della categoria del suolo di fondazione del sito in base all'attuale normativa antisismica;
- Analisi del "secondo livello" con valutazione del fattore di amplificazione del sito ed identificazione dei possibili effetti di sito;
- Analisi del "terzo livello" con valutazione della stabilità dell'area in condizione sismiche dinamiche (metodo di "Newmark");
- Valutazioni sulla stabilità geomorfologica dell'area e zonizzazione del corpo di frana quiescente in classi di "Rischio".

3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO-GEOMORFOLOGICO

3.1 CARATTERISTICHE GEOLOGICHE

Come documento di base per l'inquadramento geologico dell'area, è stata utilizzata la "Carta Geologica dell'Appennino Emiliano-Romagnolo" della regione Emilia Romagna alla scala 1:10000.

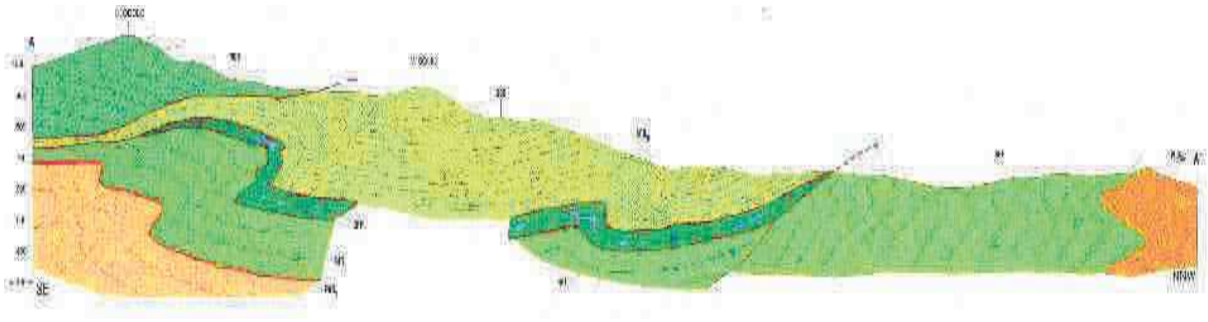


Estratto della Carta Geologica Regionale

Nell'area di studio sono presenti le seguenti "Formazioni geologiche":

- ***"Arenarie di Scabiazza":*** *è costituita in prevalenza da strati medi e spessi di arenarie medio-fini e siltiti e peliti marnose. Locali intercalazioni di marne calcaree grigie in stati molto spessi.*
- ***"Flysch di Monte Cassio" :*** *marne calcaree, calcari marnosi e marne grigie in strati prevalentemente spessi o molto spessi passanti a marne argillose scagliose.*
- ***"Argille a Palombini":*** *complesso eterogeneo costituito da argilliti nere con intercalazioni di calcilutitigrigie e verdastre. Il complesso include brecce poligeniche matrice-sostenute e/o clasto-sostenute; localmente sono presenti anche olistoliti ofiolitici e di calcari a Calpionelle anche di notevoli dimensioni (pluridecametriche).*

Dal punto di vista geologico, la caratteristica principale dell'area è costituita da sovrascorrimenti che hanno portato la formazione più antica, rappresentata dal Flysch di Monte Cassio nella parte sommitale del locale edificio tettonico.

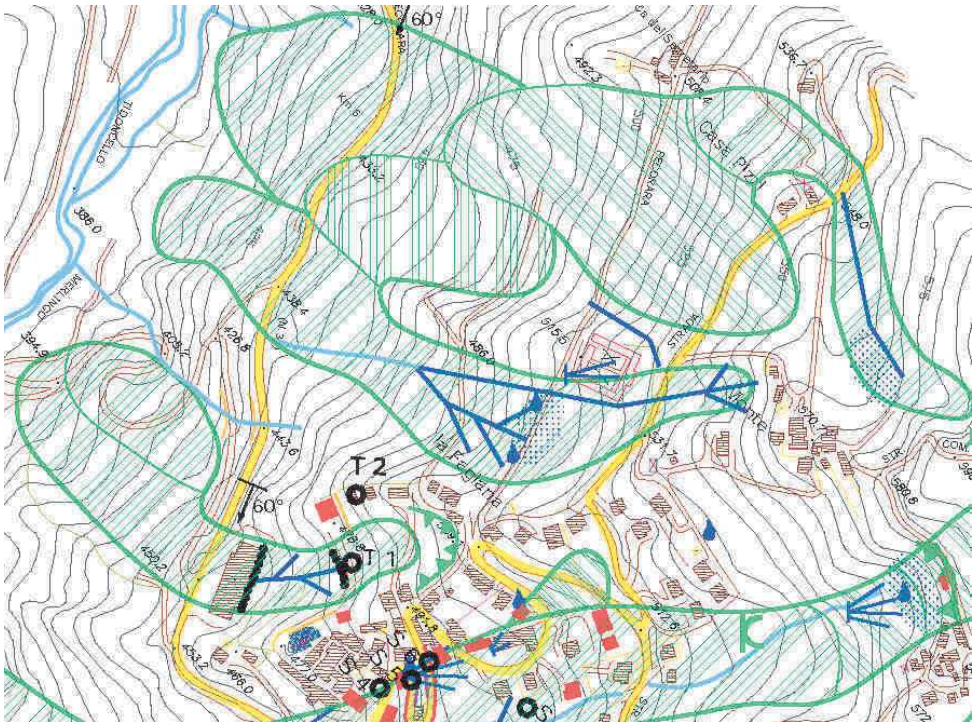


Sezione Geologica tipica dell'unità di Monte Cassio

Il substrato geologico dell'area d'interesse è costituito dal "Flysch di Monte Cassio" che affiora più a valle lungo la strada provinciale. La "paleofrana" d'interesse a una forma stretta e allungata ed occupa un impluvio delimitato da due strette dorsali dove il substrato è affiorante/sub-affiorante.

3.2 CARATTERISTICHE GEOMORFOLOGICHE

Il corpo detritico ha una lunghezza 400 metri ed una larghezza media di 70/80 metri. Il versante presenta una pendenza medio-elevata valutata in circa 15°. Nel complesso, il corpo detritico appare ben assestato senza evidenze di movimenti in atto e/o recenti, anche se nella carta geologica regionale risulta parzialmente classificato come attivo.





Schema interventi di consolidamento realizzati dal servizio tecnico di bacini

Recentemente il Servizio Tecnico di Bacino dell' Emilia Romagna ha realizzato alcuni interventi di consolidamento, anche nell'impluvio d'interesse), che hanno contribuito a migliorare la stabilità complessiva dell'area.

Non si rilevano condizioni geomorfologiche, erosione al piede e/o presenza di fessure di trazione nell'area della vecchia nicchia di distacco, predisponenti ad un evoluzione dell'antico dissesto, che si ribadisce appare nel complesso quiescente e discretamente stabilizzato.

Anche i dati interferometrici (Ers Ascending e Ers Descending) disponibili sul sito del "Geoportale Nazionale" riferiti al periodo 1992-2000, non segnalano nell'area d'interesse movimenti significativi. Il colore verde dei pallini indica spostamenti irrilevanti, inferiori a 1-2 millimetri/anno.



Dati interferometrici estratti dal geoportale nazionale- Envisat Descending



Dati interferometrici estratti dal geoportale nazionale- Envisat Ascending

4. INQUADRAMENTO IDROLOGICO E IDROGEOLOGICO

L'area di studio non è attraversata da corsi d'acqua di una certa importanza. Il torrente Tidoncello scorre a valle del corpo detritico d'interesse, senza interferire con esso.

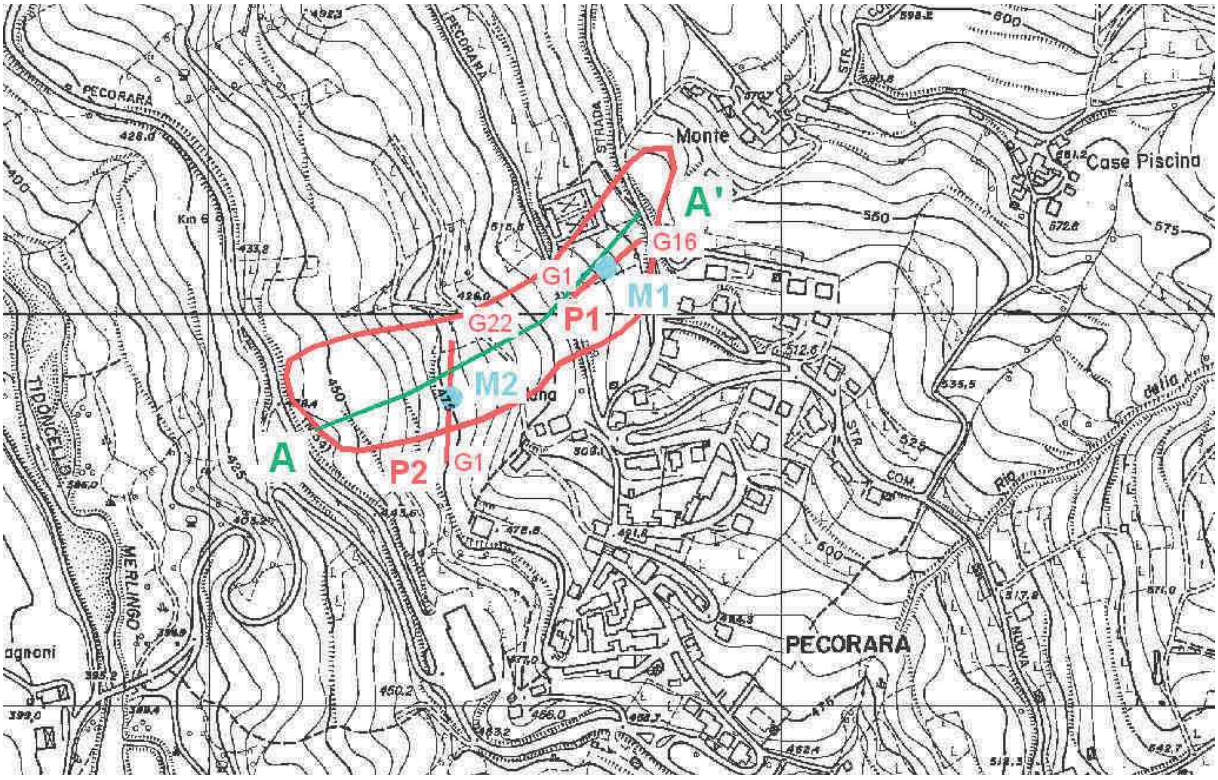
Il drenaggio delle acque è assicurato dai canali legati alle pratiche agricole. Il drenaggio centripeto delle acque meteoriche potrebbe aver favorito locali infiltrazioni delle acque meteoriche, per questo motivo sono stati realizzati i drenaggi da parte del Servizio Tecnico di Bacino.

Sotto l'aspetto idrogeologico si possono sinteticamente ipotizzare due tipi di circolazione idrica:

- Una, di maggiore entità, che interessa l'ammasso roccioso soprattutto ove la fratturazione risulta più intensa;
- L'altra di minore entità, ma rilevante per la stabilità, si può formare all'interno della copertura eluvio-colluviale più allentata (spessore 4-7 m), nei periodi particolarmente piovosi.

5. INDAGINI GEOGNOSTICHE

Come già accennato, sono stati realizzati 2 profili sismo-tomografici e 2 prove "Masw".



Planimetria indagini geognostiche

5.1 SISMICA A RIFRAZIONE

5.1.1 Cenni metodologici

La prospezione sismica rappresenta una tecnica di prospezione geofisica che consente, attraverso l'acquisizione e l'elaborazione di dati, la costruzione d'immagini bidimensionali (o tridimensionali) della variazione della velocità sismica. Con questa tecnica si riesce ad avere, pertanto, una visione seppur qualitativa della stratigrafia del terreno investigato, in termini di variazioni di "densità" dello stesso, essendo questo parametro direttamente legato alla velocità sismica. La tecnica di prospezione, consiste nella misura dei tempi impiegati dalle onde sismiche longitudinali (onde P) per percorrere un tragitto rettilineo tra una serie di punti d'energizzazione (sorgente sismica) e una serie di punti di ricezione (geofoni). Il confronto matematico tra i vari tempi permette di suddividere lo spazio compreso tra le due serie di punti in porzioni, o "celle elementari" (quadrate per le sezioni bidimensionali come quelle in esame, o cubiche per sezioni tridimensionali) caratterizzate ognuna da un proprio valore di velocità sismica.

5.1.2 Modalità esecutive

I profili sono costituiti da allineamenti di 16/22 geofoni spaziati di 5 metri. In punti predefiniti dei profili, sono stati creati artificialmente degli impulsi elastici mediante l'utilizzo di una massa battente; l'energizzazione è avvenuta in 7 punti disposti simmetricamente allo stendimento e precisamente nelle seguenti posizioni:

- 2 punti esterni al profilo
- 2 punti agli estremi del profilo
- 3/4 lungo il profilo.

La registrazione dei sismogrammi è stata effettuata mediante un sismografo Geode della Geometrics a 24 canali ad elevata dinamica (24 bit).

5.1.3 Strumentazione utilizzata

Il "Geode" è un sismografo modulare a 24 bit che rappresenta l'ultima frontiera dei sistemi di registrazione sismica combinando il meglio dei tradizionali sismografi Geometrics con la flessibilità di un sistema distribuito. Geode è un sismografo ad elevata dinamica (144 dB di range dinamico totale – 105 dB istantanei a 2 msec di campionamento). Grazie all'ampia banda d'ingresso (1.75 Hz – 20 kHz, con velocità di campionamento da 0.02 msec a 16 msec), esso è perfettamente idoneo per un'ampia gamma di applicazioni: sismica a rifrazione, sismica a riflessione (anche ad altissima risoluzione), monitoraggio di vibrazioni, applicazioni sismologiche, downhole e VSP. In acquisizione sono disponibili tutte le funzioni di filtri, pre-amplificazione, line-test e instrument-test, tipiche dei sistemi di registrazioni evoluti.



Sismografo "Geode"

L'atrezzatura utilizzata è composta da:

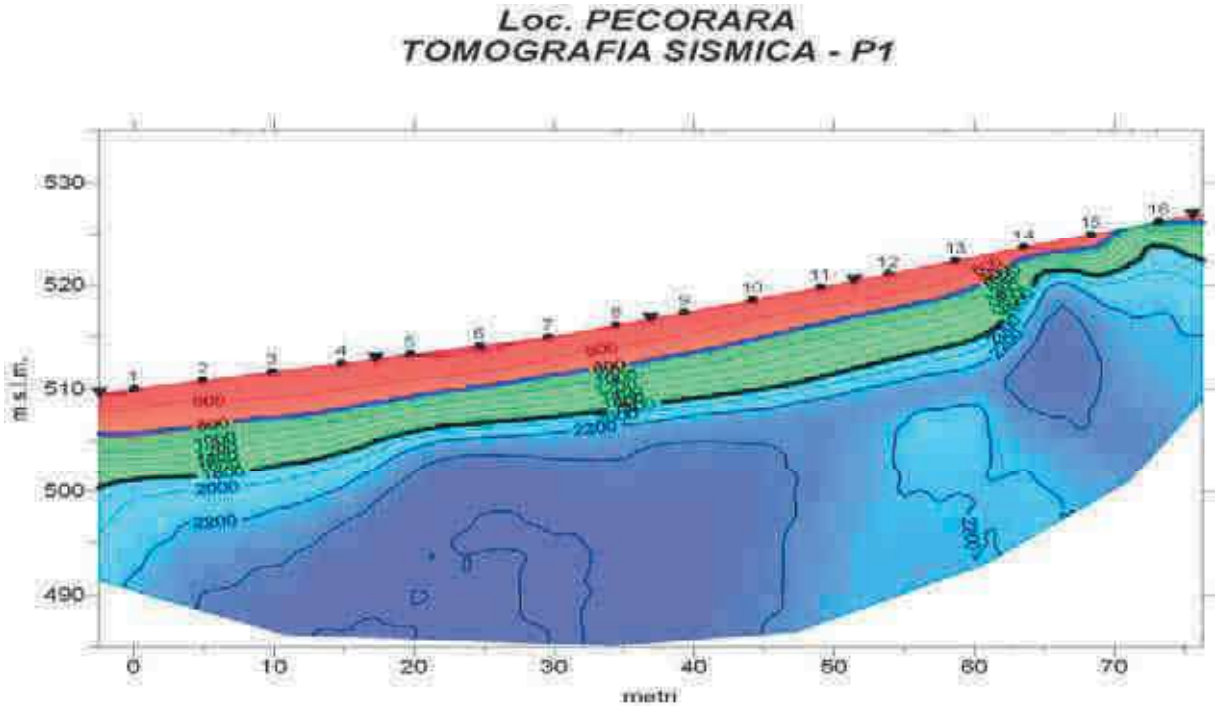
- Sismografo modulare Geode 3-1000+ canali,
- Massa battente da 10 Kg,
- Piastra di battuta in alluminio 15x15x2,5cm,
- Batteria ricaricabile 12 V,

- Cavo per sismica a rifrazione stranded, 130 mt con 24 takeouts SPT-21 a 5 metri di intervallo e due code da 7.5 mt l'una terminate con connettore Bendix 61S,
- Geofoni GS20DX, 10 Hz verficali, 395 Ohm con puntale da 3" ed 1,5 mt di cavo terminato con mueller clip singola MC-20-SP,
- Computer portatile ACER.

5.1.4 Elaborazione

In questo caso i dati acquisiti sono stati interpretati secondo un metodo sismico-tomografico utilizzando il software SeisOpt@2D v4.0 prodotto dalla OPTIM. La procedura d'elaborazione ha comportato in una prima fase la lettura dei tempi dei primi arrivi sui sismogrammi. In seguito, sono stati ricostruiti i percorsi dei raggi sismici attraverso il terreno. In linea teorica, ogni punto del mezzo investigato, è attraversato in tutte le direzioni, dai raggi sismici. Di ogni raggio è quindi calcolata la traiettoria e, sul confronto fra tutti i possibili percorsi e tempi impiegati, ed è stabilita per ogni punto (o cella di dimensioni 2.5x1.25 m, in questo caso) la sua velocità sismica caratteristica. Il risultato finale dell'elaborazione consiste in sezioni (Fig. 5) di velocità sismiche, rappresentata sia per isovelocità sia tramite colori. Alle diverse classi di velocità sismica, sono stati attribuiti colori che vanno, dal rosso per i valori più bassi, al blu per i valori più elevati. La scala cromatica evidenza i cambiamenti di velocità ritenuti più significativi.

5.1.5 Analisi dei risultati



L'elaborazione ha permesso la distinzione di varie unità secondo le loro caratteristiche sismiche:

- ***Unità allentata superficiale*** *(colore rosso),* con velocità inferiori a **800 m/s**. L'unità corrisponde al materiale detritico di copertura meno compatto. Gli spessori sono mediamente variabili da 2 a 7 m.
- ***Unità intermedia mediamente addensata*** (colore verde), con velocità media di **1200-1400 m/s** e spessori medi di 3-5 metri. L'unità è correlabile a materiale detritico più addensato rispetto all'orizzonte superficiale o, meno verosimilmente, alla porzione superiore alterata del substrato roccioso;
- ***Unità di fondo*** *(colore azzurro),* con velocità medie di **2400-2600 m/s**; i valori di velocità, piuttosto elevati, sono associabili ad un substrato a prevalente componente calcareo-marnosa.

5.2 PROVE PER LA DETERMINAZIONE DEL PROFILO DI VELOCITA' DELLE ONDE SISMICHE "S"

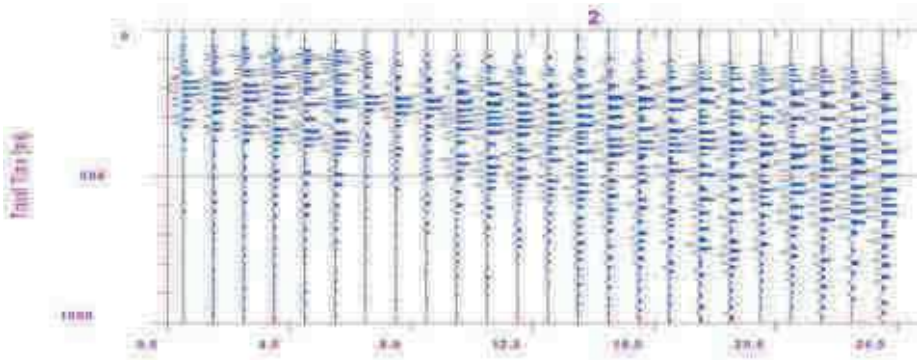
Per la determinazione del profilo di velocità delle onde "S" e della categoria del suolo di fondazione è stato utilizzato il metodo "Masw". I profili "Masw" sono stati realizzati in corrispondenza dei 2 stendimenti sismico-tomografici.

5.2.1 Cenni metodologici

Il MASW (Park et al., 1999) è stato sviluppato in parte per superare le difficoltà dell'applicazione del SASW in ambienti rumorosi. La tecnica, che prevede la registrazione simultanea (in questo caso l'energizzazione è prodotta da una massa battente di almeno 10 Kg) di 12 o più canali, fornisce una ridondanza statistica delle misure di velocità di fase e ne avvalora la veridicità. Il salvataggio delle tracce nel dominio temporale, permette inoltre di distinguere e evidenziare, le onde di Rayleigh presenti nel record, che sono caratterizzate da un'elevata ampiezza di segnale (circa il 60% dell'energia prodotta dalla sorgente artificiale si distribuisce in onde di superficie). Una particolare analisi spettrale, "overtone analysis", produce un grafico Velocità di fase-frequenza in cui si può distinguere il modo fondamentale delle onde di superficie da cui ricavare la curva di dispersione ed il profilo delle Vs per successiva inversione 1-D. La tecnica permette, inoltre, di eseguire misure ripetute spostandosi nella direzione di allineamento per risalire ad un profilo bidimensionale che evidenzia le variazioni laterali delle Vs. Il software utilizzato per l'elaborazione dei dati è il "winMASW" versione Academy della Eliosoft.

5.2.2 Modalità esecutive

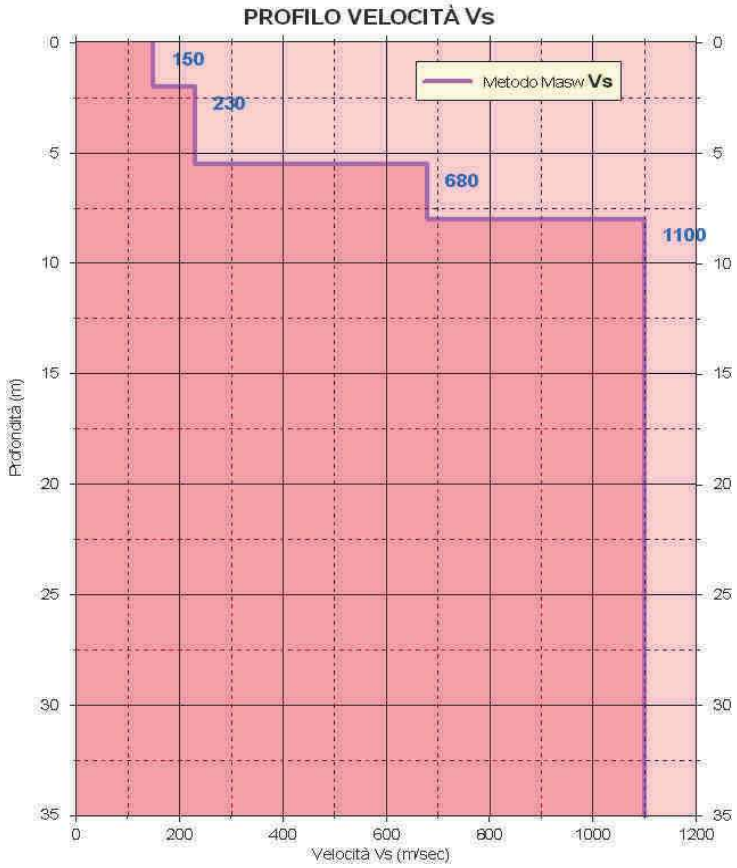
Sono stati realizzati 2 stendimenti di 16/22 geofoni, con distanza intergeofonica di 5 m. La lunghezza delle registrazioni è stata di 1 sec, con un passo di campionamento di 0.25 ms.



Esempio di registrazione con tecnica "Masw"

Si ricorda che il punto di determinazione del profilo delle Vs in profondità, si riferisce al centro dello stendimento geofonico.

5.2.3 Commento dei risultati



Risultati della prova Masw – M1

Esaminando i grafici ottenuti, si possono fare queste considerazioni:

- Dalla superficie fino a 4-6 m dal p.c. sono presenti materiali caratterizzati da valori di Vs medio-bassi (Vs< 250 m/s). Tali depositi possono essere correlati alla copertura detritica meno addensata;
- Più in profondità, fino a 8-12 metri, i valori di Vs aumentano segnalando la presenza di materiale più addensato;
- Oltre gli 8-12 metri si ha un netto aumento di velocità, con valori che si portano sui 1100 m/s in corrispondenza del substrato roccioso più compatto;
- I valori di Vs 30 calcolati sono di 560 m/s (M1) e 585 (M2);
- In base all'attuale normativa (NTC2008) il sito d'interesse presenta un suolo di fondazione di tipo E.

6. MODELLO GEOLOGICO DELL'AREA

Le indagini realizzate, unite alle più generali conoscenze geologiche, hanno consentito di ricostruire il modello geologico-geotecnico di riferimento per l'area d'interesse.

SINTESI DEI PARAMETRI GEOTECNICI

Livello A	**Litologia:** *limo e argilla con trovanti da poco a mediamente addensato*	
Dal p.c. a –2/-7 m	Peso di volume Peso di volume saturo Angolo di attrito di picco Angolo di attrito residuo Coesione	**γ = 1.80 t/mc** **γ = 1.95 t/mc** **φ = 22°** **φ = 20°** **C = 0.06 Kg/cmq**
Livello B	**Litologia:** *limo e argilla con trovanti, mediamente addensato*	
da–2/-7 m a –8/-12 m	Peso di volume Peso di volume saturo Angolo di attrito di picco Angolo di attrito residuo Coesione	**γ = 1.90 t/mc** **γ = 2.05 t/mc** **φ = 26°** **φ = 24°** **C = 0.08 Kg/cmq**
Livello C	**Litologia:** *substrato roccioso compatto*	
Oltre –8/-12 m	Peso di volume Angolo di attrito	**γ = 2.25 t/mc** **φ = 45°**

7. VALUTAZIONE DELLA PERICOLOSITA' SISMICA DELL'AREA (delibera del 2 Maggio 2007, n.112, in materia antisismica)

7.1 OBIETTIVI DELLA DELIBERA

Scopo del presente atto di indirizzo e coordinamento è quello di fornire i criteri per la per l'individuazione delle aree soggette ad effetti locali e per la microzonazione sismica del territorio in modo da orientare le scelte della pianificazione verso aree caratterizzate da minore pericolosità sismica. Lo studio della pericolosità di base e della pericolosità locale hanno come obiettivi:

- *l'individuazione delle aree dove in occasione dei terremoti attesi possono verificarsi effetti locali;*
- *la stima quantitativa della risposta sismica locale dei depositi e delle morfologie presenti nell'area di indagine ("Analisi della Risposta Sismica Locale", RSL);*
- *la suddivisione del territorio in sottozone a diversa pericolosità sismica locale ("Microzonazione Sismica", MZS).*

I risultati dell'analisi della pericolosità sismica locale e della microzonazione sismica, devono essere applicati nella redazione degli strumenti di pianificazione territoriale e urbanistica.

7.2 LIVELLI DI APPROFONDIMENTO

Gli studi di risposta sismica locale e microzonazione sismica vanno condotti a diversi livelli di approfondimento a seconda delle finalità e delle applicazioni nonché degli scenari di pericolosità locale.

Tali studi svolti devono essere descritti in una relazione che indichi chiaramente il livello di approfondimento, le indagini effettuate e i risultati ottenuti e devono fornire una cartografia dello stato del territorio, e sono un riferimento necessario per la Valutazione di Sostenibilità Ambientale e Territoriale (VALSAT) preventiva delle singole scelte del piano.

Si identificano due fasi di analisi con diversi livelli di approfondimento.

La prima fase è diretta a definire gli scenari di pericolosità sismica locale, cioè ad identificare le parti di territorio suscettibili di effetti locali (amplificazione del segnale sismico, cedimenti, instabilità dei versanti, fenomeni di liquefazione, rotture del terreno, ecc.). L'individuazione delle aree soggette ad effetti locali si basa su rilievi, osservazioni e valutazioni di tipo geologico e geomorfologico, svolte a scala territoriale, associati a raccolte di informazioni sugli effetti indotti dai terremoti passati. Tale analisi viene svolta - soprattutto mediante elaborazione dei dati disponibili - in sede di elaborazione del PTCP e del PSC e concorre alla definizione delle scelte di piano, fornendo prime indicazioni sui limiti e le condizioni per la pianificazione nelle suddette aree.

La seconda fase ha come obiettivo la microzonazione sismica del territorio indagato. Sulla base degli scenari individuati dalle analisi svolte nel corso della prima fase, nella seconda fase si attuano due diversi livelli di approfondimento:

a) nelle aree pianeggianti e sub-pianeggianti, incluse le zone di fondovalle appenniniche, con stratificazione orizzontale e sub-orizzontale, e sui versanti stabili con acclività ≤ 15° in cui il deposito ha spessore costante si ritiene sufficiente un'analisi semplificata (secondo livello di approfondimento), cioè l'analisi della pericolosità locale può essere basata, oltre che

sull'acquisizione di dati geologici e geomorfologici più dettagliati di quelli rilevati nel primo livello, su prove geofisiche in sito e su prove geotecniche di tipo standard. Il numero delle verticali indagate deve essere tale da consentire un'adeguata caratterizzazione geotecnica spaziale dei terreni e delle formazioni presenti nell'area di studio;

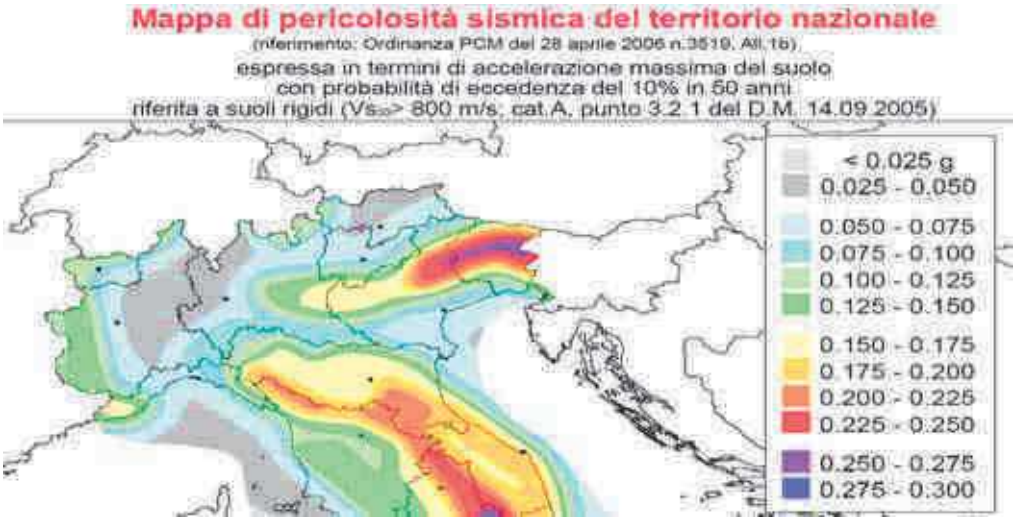
b) un'analisi più approfondita (terzo livello di approfondimento) è invece richiesta nei seguenti casi (vedere Allegato A1):

- *aree soggette a liquefazione e densificazione;*
- *aree instabili e potenzialmente instabili;*
- *aree in cui le coperture hanno spessore fortemente variabile, come ad esempio nelle aree pedemontane e di fondovalle a ridosso dei versanti;*
- *aree in cui è prevista la realizzazione di opere di rilevante interesse pubblico.*

L'analisi approfondita richiede un significativo numero di prove geofisiche e geotecniche, sia in sito che in laboratorio, rivolte alla definizione del comportamento dei terreni sotto sollecitazione dinamica. In queste parti del territorio la pericolosità potrebbe essere molto elevata e perciò deve essere attentamente valutata la possibilità di renderle suscettibili di trasformazione urbanistica.

7.3 CARATTERI SISMICI DELL'AREA

In base alla nuova carta della pericolosità sismica del territorio nazionale, i valori di PGA su suolo rigido con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni, per il Comune di Pecorara sono compresi fra 0.075 e 0.100 g. L'area ricade nella zona simogenetica 911, in cui i meccanismi di fagliazione prevalenti sono legati a faglie trascorrenti e le profondità dei terremoti prevalentemente compresi fra 8 e 12 Km. Le magnitudo massime attese nella zona sismogenetica d'interesse sono di 5.7-6.1.Le serie storiche dei terremoti contenuti nell'archivio della Regione Emilia Romagna non segnalano eventi sismici rilevanti nell'area d'interesse.



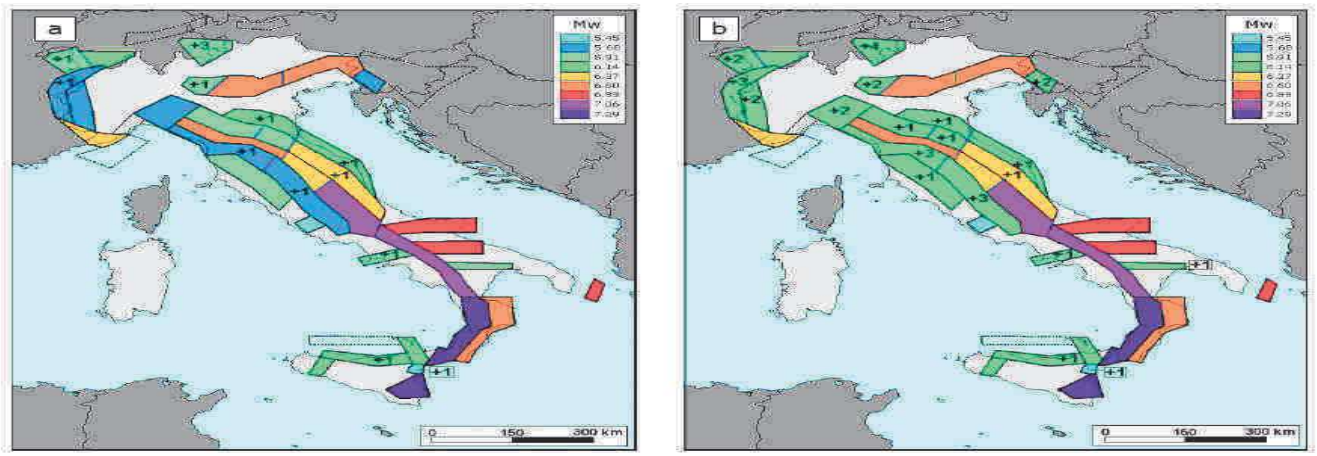


Figura 36. Valori di Mwmax corrispondenti ai due insiemi: a) "osservati" (Mwmax1); b) "cautelativi" (Mwmax2).

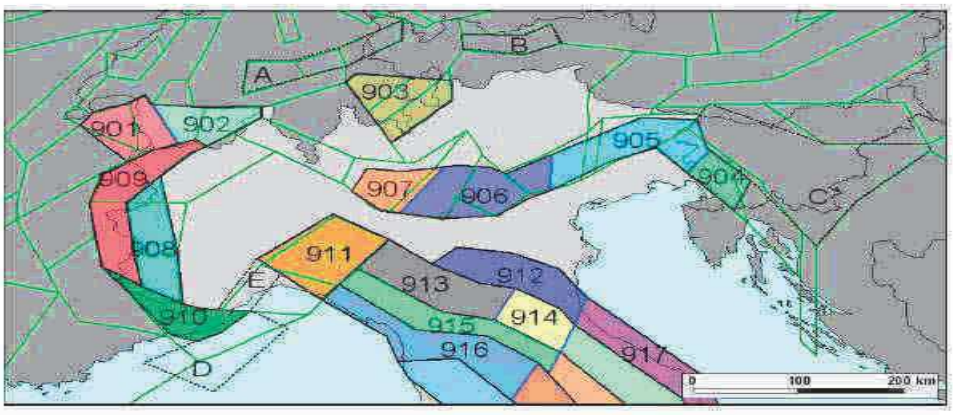


Figura 10. Zonazione sismogenetica ZS9 a confronto con la zonazione del progetto SESAME nell'area alpina (Jiménez et al., 2001; linee di colore verde).

In base alle caratteristiche geologiche del sito d'interesse, i principali effetti attesi possono ricondursi essenzialmente ad amplificazioni litologiche e in minor misura a fenomeni d'instabilità dei versanti. Le amplificazioni topografiche (pendenza del versante complessivamente di circa 15°) sono di entità limitata; sono invece da escludere fenomeni di liquefazione (basso valore di ag atteso e presenza di copertura di materiale eterogeneo in matrice coesiva).

7.4 VALUTAZIONE DEL FATTORE DI AMPLIFICAZIONE DEL SITO INTERESSE-ANALISI 2° LIVELLO

A2.1.1 - APPENNINO E MARGINE APPENNINICO-PADANO

In caso di substrato marino caratterizzato da Vs ≥ 800 m/s si devono usare le seguenti tabelle

F.A. P.G.A.

Vs_H / H	200	250	300	350	400	450	500	600	700	800
5	1.6	1.3	1.2	1.1	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
10	2.0	1.9	1.7	1.6	1.4	1.2	1.1	1.0	1.0	1.0
15	2.0	2.0	2.0	1.8	1.6	1.4	1.3	1.2	1.0	1.0
20	2.0	2.0	2.0	1.9	1.7	1.6	1.4	1.3	1.1	1.0
25	1.9	2.0	1.9	1.9	1.8	1.6	1.5	1.3	1.2	1.0
30	1.8	1.9	1.9	1.9	1.7	1.5	1.5	1.4	1.2	1.0
35	1.7	1.8	1.9	1.9	1.7	1.6	1.5	1.4	1.3	1.0
40	1.6	1.8	1.9	1.9	1.8	1.6	1.5	1.4	1.3	1.0

F.A. INTENSITA' SPETTRALE - 0.1s < To < 0.5s

Vs_H / H	200	250	300	350	400	450	500	600	700	800
5	1.2	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
10	1.8	1.6	1.4	1.2	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
15	2.1	2.0	1.7	1.5	1.2	1.1	1.1	1.0	1.0	1.0
20	2.3	2.3	1.9	1.7	1.5	1.4	1.2	1.1	1.0	1.0
25	2.2	2.4	2.2	2.0	1.7	1.5	1.4	1.2	1.1	1.0
30	2.1	2.3	2.3	2.1	1.9	1.7	1.5	1.3	1.2	1.0
35	1.9	2.1	2.3	2.2	1.9	1.8	1.6	1.4	1.3	1.0
40	1.8	2.0	2.3	2.3	2.0	1.8	1.6	1.4	1.3	1.0

F.A. INTENSITA' SPETTRALE - 0.5s < To < 1.0s

Vs_H / H	200	250	300	350	400	450	500	600	700	800
5	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
10	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
15	1.2	1.2	1.1	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
20	1.5	1.4	1.2	1.1	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
25	2.1	2.1	1.5	1.2	1.1	1.1	1.0	1.0	1.0	1.0
30	2.4	2.3	1.9	1.5	1.2	1.1	1.1	1.0	1.0	1.0
35	2.5	2.4	2.3	1.8	1.3	1.3	1.2	1.1	1.0	1.0
40	2.7	2.6	2.6	2.0	1.6	1.3	1.2	1.1	1.1	1.0

I fattori di amplificazione calcolati per i singoli profili di velocità Vs sono riassunti nel tabella seguente:

PROVA	PROF. BEDROCK	VS 30	VS H	FA PGA	FA intensità spettrale 0.1s-0.5s	FA intensità spettrale 0.5s-1.0s
M1	8 m	560	240	1.9	1.6	1.0
M2	13 m	585	362	1.8	1.5	1.0

In base alla delibera sopraccitata, l'accelerazione orizzontale su suolo rigido (Vs>800 m/s) prevista per il Comune di Pecorara è di 0.099g.

7.5 SPETTRO DI RISPOSTA (IN PGA) DELL'AREA

Nella delibera della Regione è riportata la forma dello spettro di risposta valido per tutta la regione.

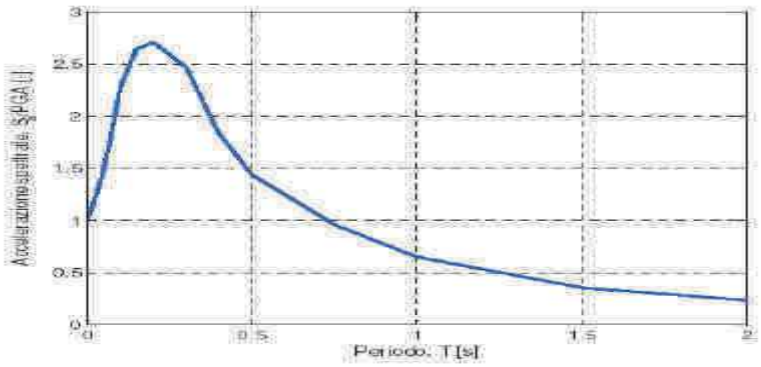


Figura 1 - Spettro di risposta normalizzato (T_R = 475 anni, smorzamento = 5%) per l'Emilia-Romagna

Dallo spettro di risposta normalizzato è possibile ottenere, moltiplicando i valori della tabella 1 per il valore di arefg di ogni comune, lo spettro di risposta a probabilità uniforme che descrive le caratteristiche del moto sismico atteso per ogni comune dell'Emilia-Romagna. Considerando il valore di arefg=0.099 per il comune di Pecorara e il fattore di amplificazione (1.9), è stato calcolato lo spettro di risposta del sito d'interesse.



Spettro di riposta del sito in base alle norme della regione Emilia-Romagna

7.6 ANALISI DELLA STABILITA' DEL VERSANTE SIA IN CONDIZIONI PSEUDO-STATICHE CHE SISMICHE-DINAMICHE - ANALISI 3° LIVELLO

Per ricostruire l'assetto litostratigrafico e le caratteristiche geomeccaniche del versante, oltre alle considerazioni di carattere geologico, sono stati utilizzati i dati desunti dalle prove geofisiche realizzate, sintetizzati nei paragrafi precedenti.

1 Angolo resistenza al taglio: Residuo

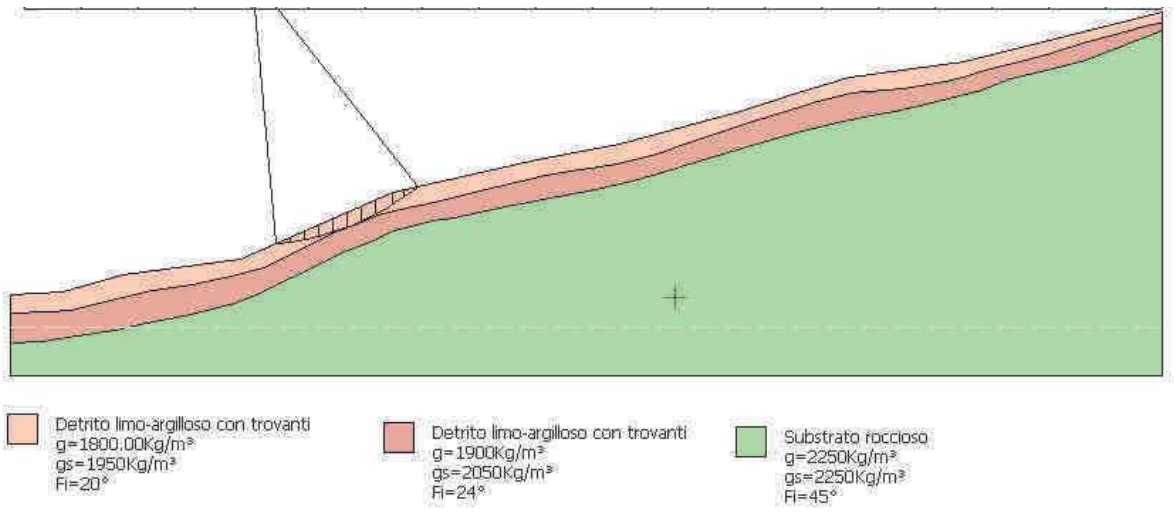
Nr.	DB	Peso unità di volume (Kg/m³)	Peso saturo (Kg/m³)	Coesione (kg/cm²)	Coesione non drenata (kg/cm²)	Angolo resistenza al taglio picco (°)	Angolo resistenza al taglio residuo (°)	Permeabilità (m/s)	Dati aggiuntivi ...	Texture ...	Descrizione
1		1800.00	1950	0.06		22	20	Permeabile			Detrito
2		1900	2050	0.08		27	24	Impermeabile			Detrito
3		2250	2250			45	45	Impermeabile			Substrato

Modello geologico-geotecnico dell'area

7.6.1 Analisi di stabilità in condizioni pseudostatiche

Per l'analisi di stabilità del versante è stato utilizzato il software "slope" della società Geostru. Il metodo utilizzato è stato quello di Janbu. Per le verifiche di stabilità, a scopo cautelativo, sono stati utilizzati valori di angolo di attrito prudenziali (angolo d'attrito residuo). Per l'azione sismica è stato considerato un valore di ag di 0.099x1.9 (fattore di amplificazione massimo) = 0.197g, ed un coefficiente di amplificazione topografica di 1.2.

In base alle verifiche realizzate, che, dato l'utilizzo dell'angolo di attrito residuo, sono state fatte in condizioni cautelative, il versante risulta in sufficienti condizioni di sicurezza. La superficie con il minor coefficiente di sicurezza (1.15) è stata individuata nella parte medio-bassa del versante a maggior acclività.

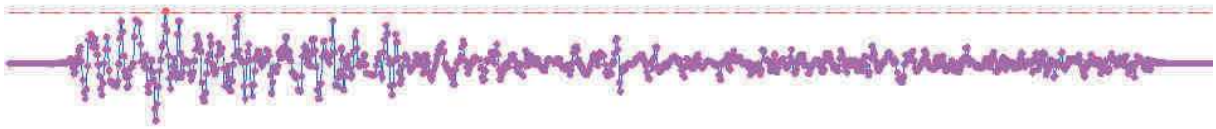


Verifica di stabilità del versante

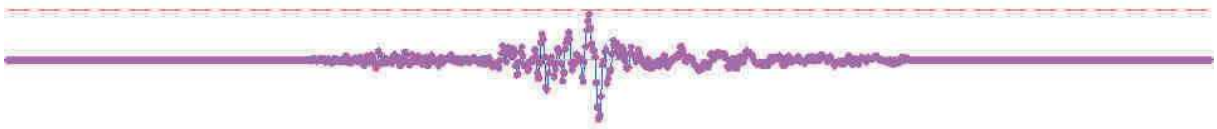
7.6.2 Analisi di stabilità dinamica (Metodo di NEWMARK)

Le verifiche in condizioni sismiche dinamiche (semplificate) sono state realizzate utilizzando come input gli accelerogrammi forniti dalla Regione Emilia-Romagna per il Comune di Pecorara.

Le verifiche effettuate, con spostamenti inferiori ad 10 mm, confermano le sostanziali condizioni di stabilità dell'area anche in condizioni sismiche dinamiche. Di seguito si riportano i risultati delle 3 analisi dinamiche relative ai 3 sismogrammi considerati; nei grafici il valore soglia dell'accelerazione in grado di produrre spostamenti è rappresentato dalla linea rossa tratteggiata.



Accelerogramma 000046xa_033031Pecorara.txt



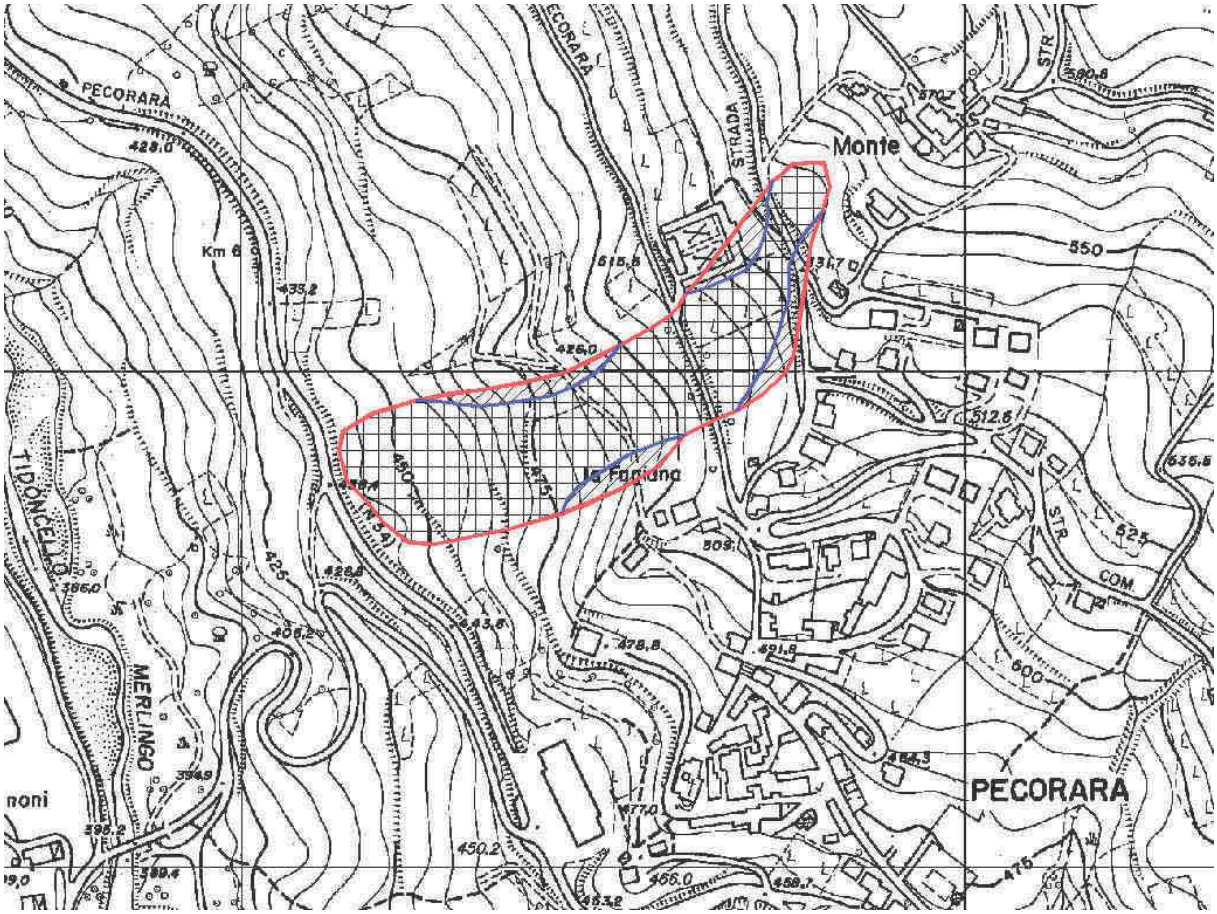
Accelerogramma 000126xa_033031Pecorara.txt



Accelerogramma 000354xa_033031Pecorara.txt

8. ZONIZZAZIONE DEL RISCHIO DEL CORPO DI FRANA QUIESCENTE

Il corpo di paleofrana studiato è stato suddiviso, in base a criteri geologico-geomorfologici, in settori contraddistindi da un differente grado di "rischio".



Zonizzazione del "rischio" geologico del corpo di paleofrana

Sono state distinte 2 classi di rischio:

- **Aree a rischio moderato (classe 2 - rigato obliquo)**, sono le aree ai bordi della paleofrana dove il substrato roccioso è collocato a modesta profondità (2- 3 metri). Tali aree, date le condizioni morfologiche, sono dotate di un buon grado di stabilità.
- **Aree a rischio molto elevato (classe 4 - incrociato)**, costituiscono il corpo di paleofrana vero e proprio. I lavori effettuati dal Servizio Tecnico di Bacino hanno contribuito a mitigare il rischio idrogeologico; tuttavia in base a considerazioni idro-geomorfologiche, si è deciso di considerarle cautelativamente a rischio molto elevato.

9. PRESCRIZIONI PER LE AREE IN FRANA QUIESCENTE IN CUI E' STATA EFFETTUATA LA VALUTAZIONE DEL RISCHIO

Classe 1 (rischio basso) – Fattibilità senza particolari limitazioni (R1):

Queste aree si ritengono utilizzabili ai fini edificatori senza particolari limitazioni all'urbanizzazione o alla modifica della destinazione d'uso; eventuali problematiche locali possono essere superate attraverso approfondimenti di indagine o accorgimenti tecnico-costruttivi. In particolare si dovrà subordinare l'autorizzazione ad accertamenti geognostici in particolare ai fini di:

- *evitare che fondazioni di una stessa costruzione vengano a poggiare in parte sulla zona di alterazione ed in parte sulla roccia in posto, o peggio ancora, su materiale di riporto;*
- *ridurre all'indispensabile eventuali sbancamenti e riporti adottando pendenze adeguate;*
- *drenare le acque eventualmente incontrate;*
- *adottare la tipologia di fondazione più idonea alla tipologia di substrato riscontrata.*

Classe 2 (rischio moderato) – Fattibilità con modeste limitazioni (R2):

Queste aree si ritengono utilizzabili ai fini urbanistici, anche se si sono appurate alcune condizioni limitanti all'edificabilità, che possono essere superate attraverso approfondimenti di indagine o accorgimenti tecnico-costruttivi; gli interventi edificatori sono comunque permessi, prevedendo se necessario eventuali accorgimenti costruttivi necessari o interventi di riduzione del rischio idrogeologico, quali:

- *sbancamenti e riporti ridotti al minimo;*
- *fondazioni rigide, spinte ad idonea profondità dall'attuale piano campagna;*
- *regolamentazione delle acque superficiali e sotterranee;*
- *sistemi di raccolta sistematica e l'allontanamento in tubazioni a perfetta tenuta delle acque piovane e di quelle di scarico dei futuri edifici;*
- *opportuni interventi di sostegno (ex gabbionate, muri con drenaggio e sistema di smaltimento acque ecc.) al fine di proteggere il piede di eventuali scarpate artificiali con pendenze superiori a 1/2.*

Per tali zone si dovrà comunque subordinare l'autorizzazione ad ulteriori e dettagliati accertamenti geologici e geognostici.

Classe 3 (rischio elevato) – Fattibilità con significative limitazioni (R3)

In questa classe si sono inserite le zone in cui la propensione al dissesto è più elevata, ed in cui le limitazioni alla modifica della destinazione d'uso appare più consistente.

Si dovrà dunque subordinare l'autorizzazione ad ulteriori e dettagliati accertamenti geologico-tecnici e geognostici, finalizzati a valutare quali siano le azioni atte a ridurre il rischio connesso all'intervento edificatorio

Si dovrà dunque prevedere quanto segue:

- *manutenzione delle eventuali opere di difesa esistenti;*
- *l'adozione di fondazioni rigide, spinte ad idonea profondità dall'attuale piano campagna;*
- *la raccolta sistematica e l'allontanamento in tubazioni a perfetta tenuta delle acque piovane e di quelle di scarico dei futuri edifici;*
- *regolamentazione delle acque superficiali e sotterranee, e se necessario comprendere tutta o buona parte della zona a monte, attraverso le opportune opere idrauliche (ex canali di scolo, drenaggi sotterranei ecc.);*
- *quanto necessario al fine di ridurre la pericolosità;*

Oltre a quanto consentito dalle norme del P.T.C.P. (e dal P.A.I) in merito alle frane attive e quiescenti, in questa classe sono ammessi solo ampiamenti delle costruzioni esistenti, con incrementi volumetrici non superiori a quanto consentito dalle N.T.A. del P.S.C comunale.

Classe 4 (rischio molto elevato) – Fattibilità con gravi limitazioni (R4):

In queste zone si intende consentito quanto permesso dal P.T.C.P (e dal P.A.I) per le frane quiescenti.

Nibbiano, 28/11/2015

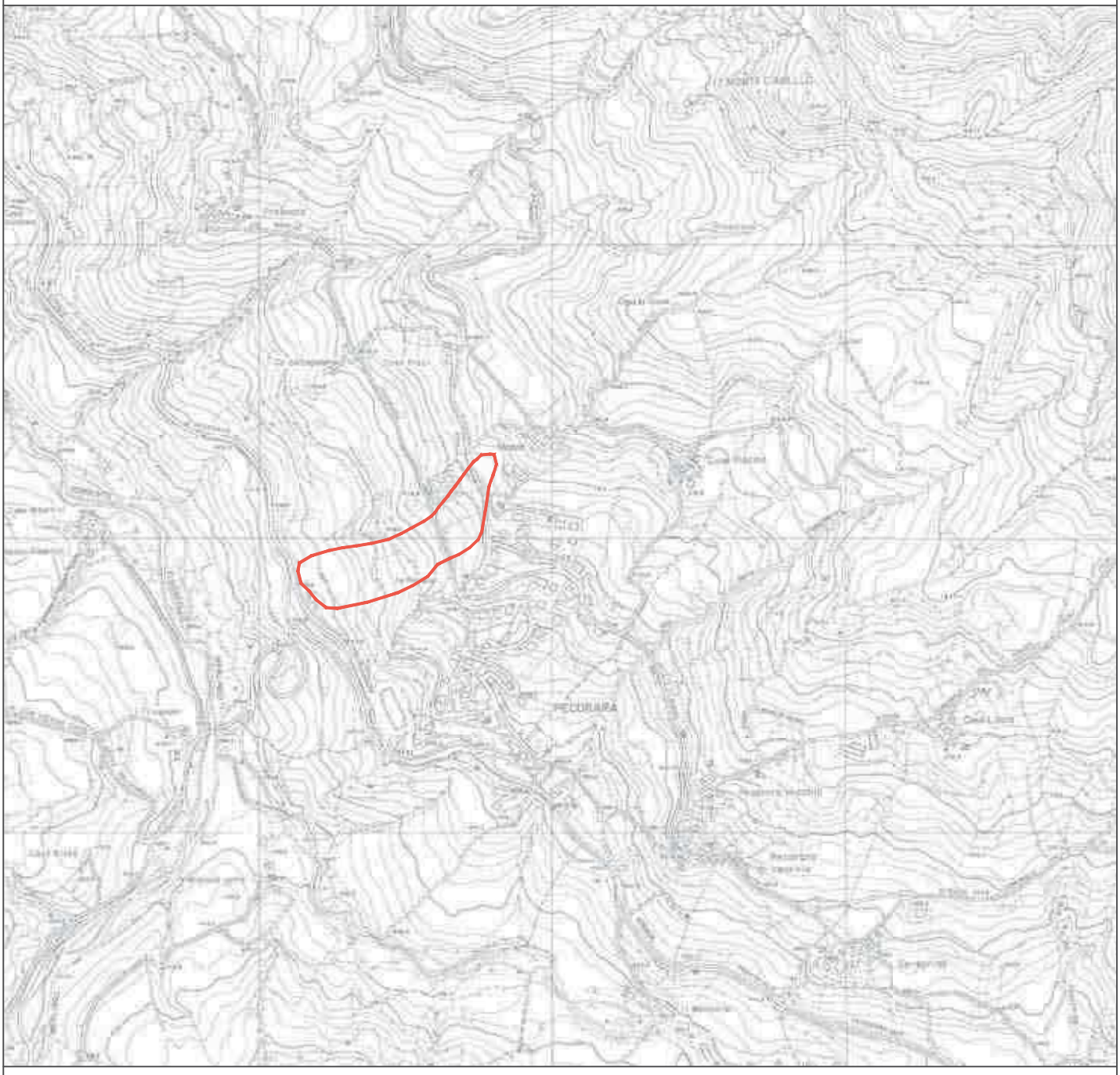
Dott. Adriano Baldini

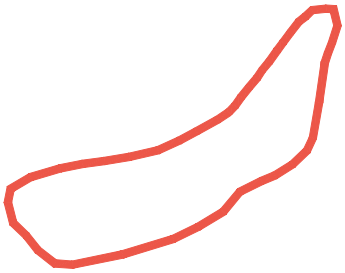
Dott. Alberto Lepori

ALLEGATI

INQUADRAMENTO TERRITORIALE

Scala 1:10000



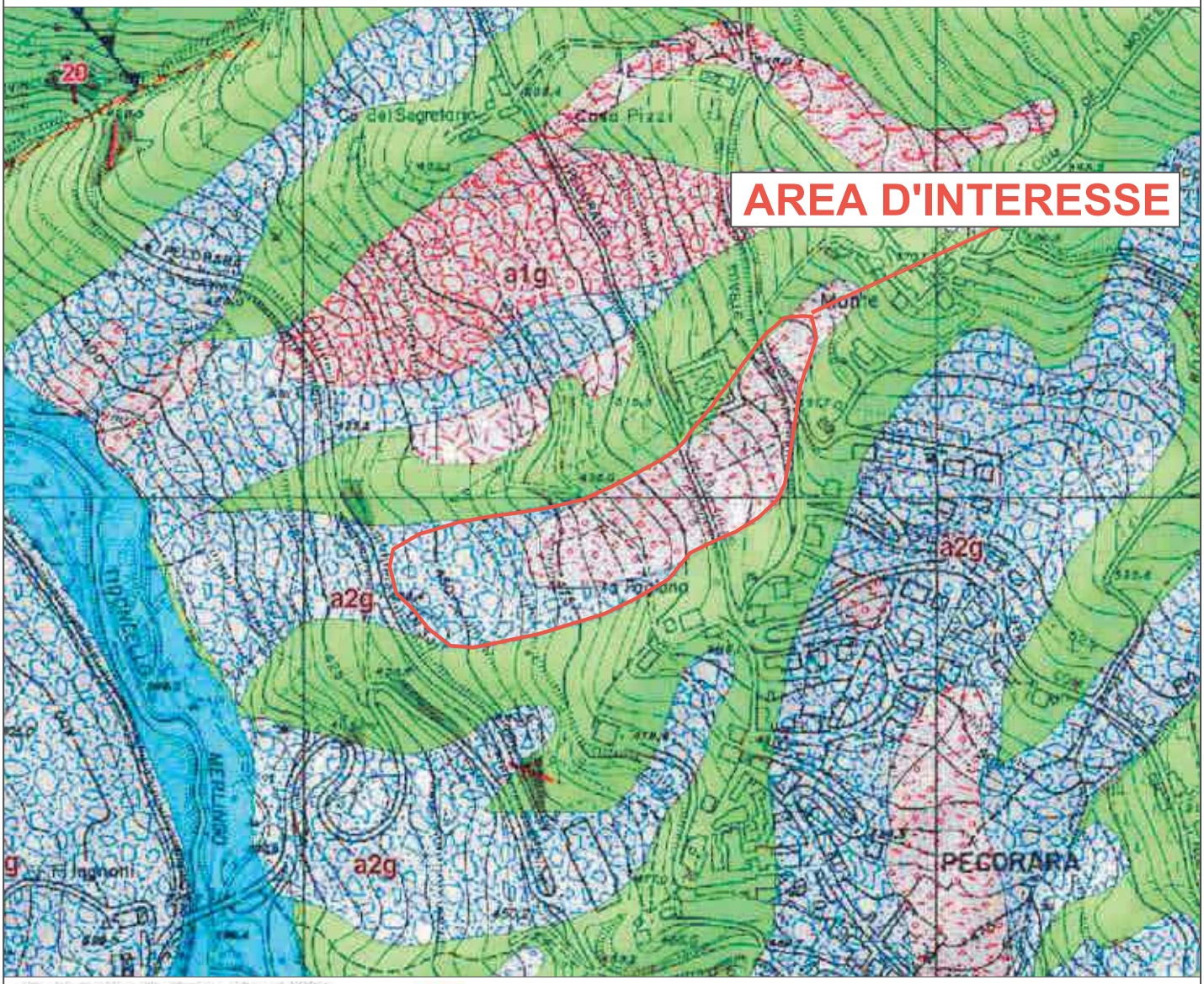


Area considerata

Fig. 1

ESTRATTO CARTA GEOLOGICA REGIONALE

Scala 1:5000



Coperture quaternarie (10K)

- AES8a - Unità di Modena
- a1b - Deposito di frana attiva per scivolamento
- a1d - Deposito di frana attiva per colamento di fango
- a1g - Deposito di frana attiva complessa
- a2b - Deposito di frana quiescente per scivolamento
- a2g - Deposito di frana quiescente
- a3 - Deposito di versante s.l.
- a4 - Deposito eluvio-colluviale
- a8 - Deformazione Gravitativa Profonda di Versante (DGPV)

Unità geologiche (10K)

- MCS - Flysch di Monte Cassio
- SCB - Arenarie di Scabiazza

Area considerata

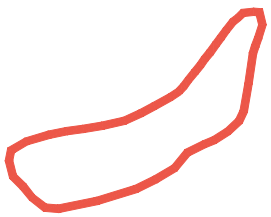
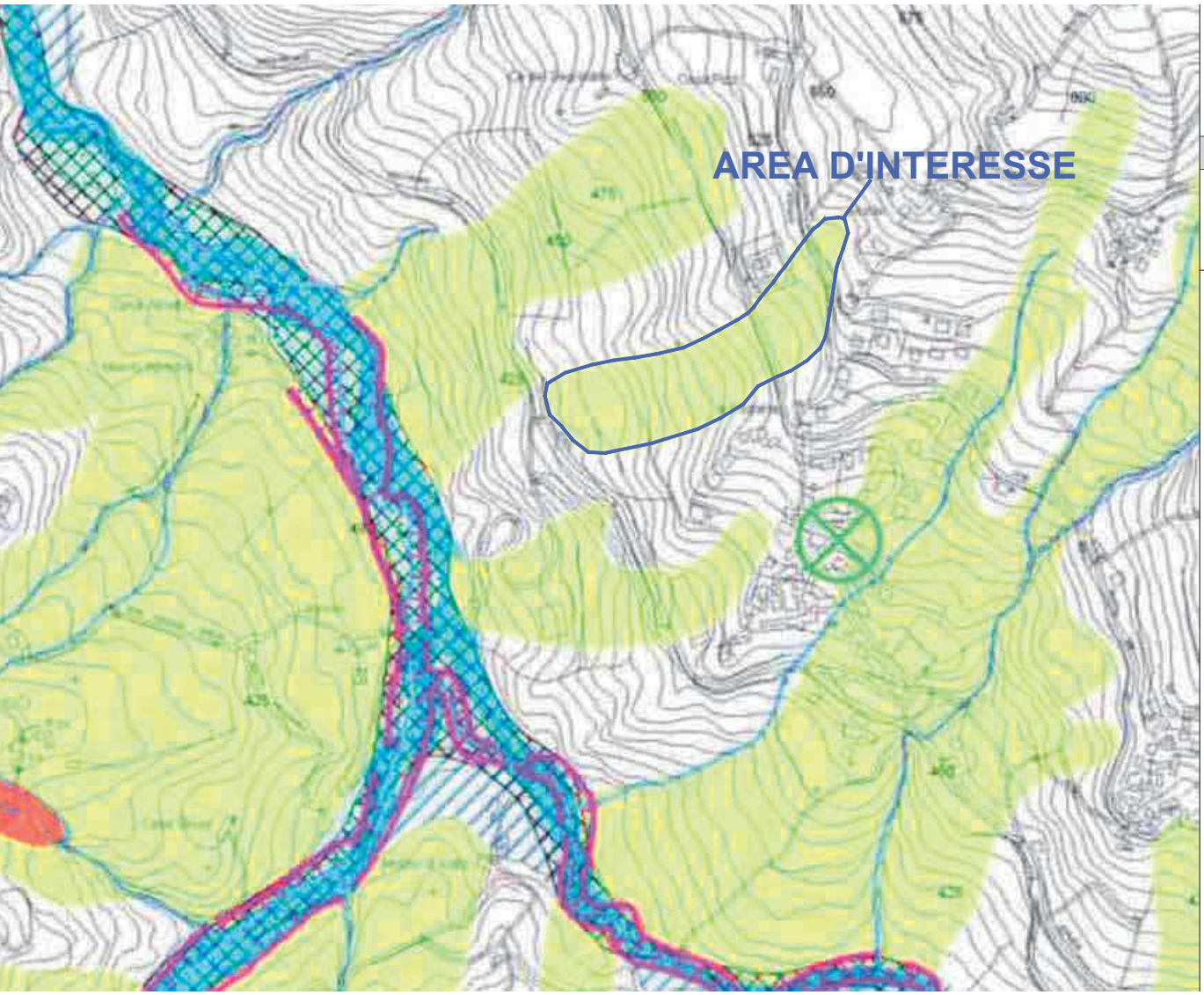


Fig.2

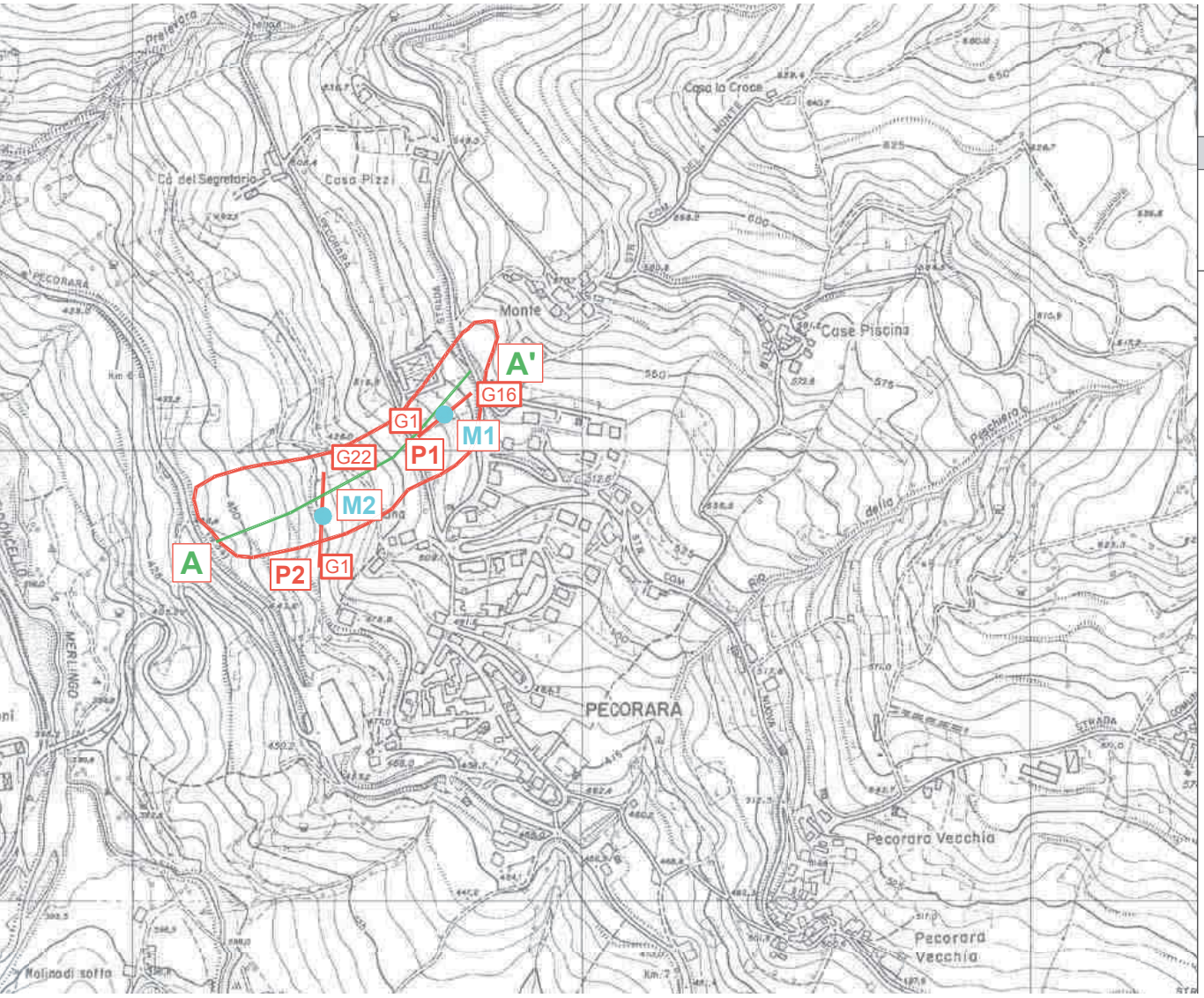
Studio ge
di un versante
in loc.
"*Classificazione del*
qu

CARTA D
Estra





ARE



Studio geo
di un versante
in loc. F
"*Classificazione del*
qu

PLANIMETRIA

INDAGINI SISMICHE

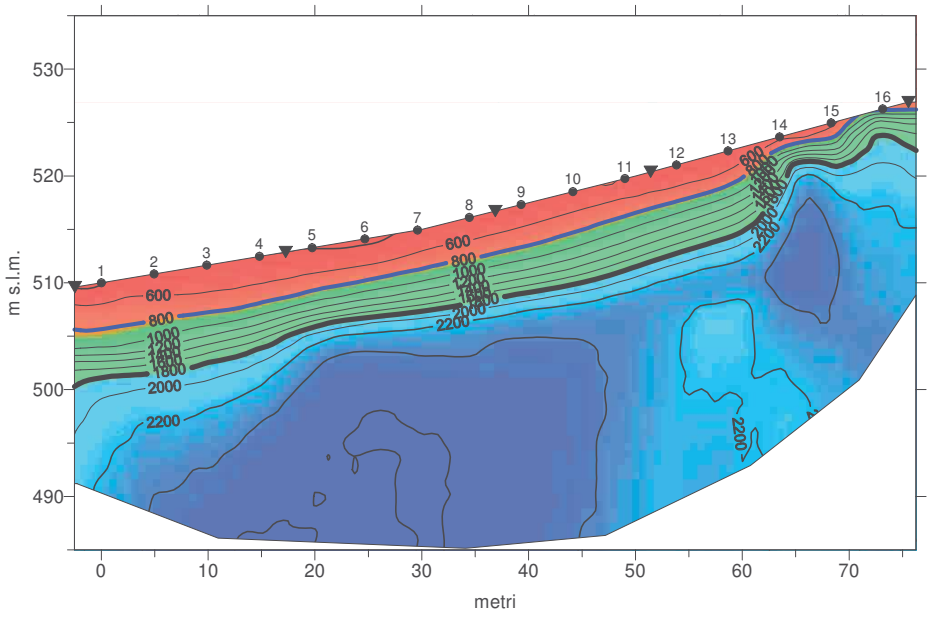
G1 **P1-P2** G22 — Tra

M1-M2 — Prov

A' **A** — Tra

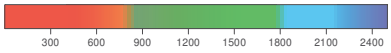
AREA

Loc. PECORARA
TOMOGRAFIA SISMICA - P1



Scala 1:500

Velocità sismiche m/sec



Limite del materiale di copertura più allentato

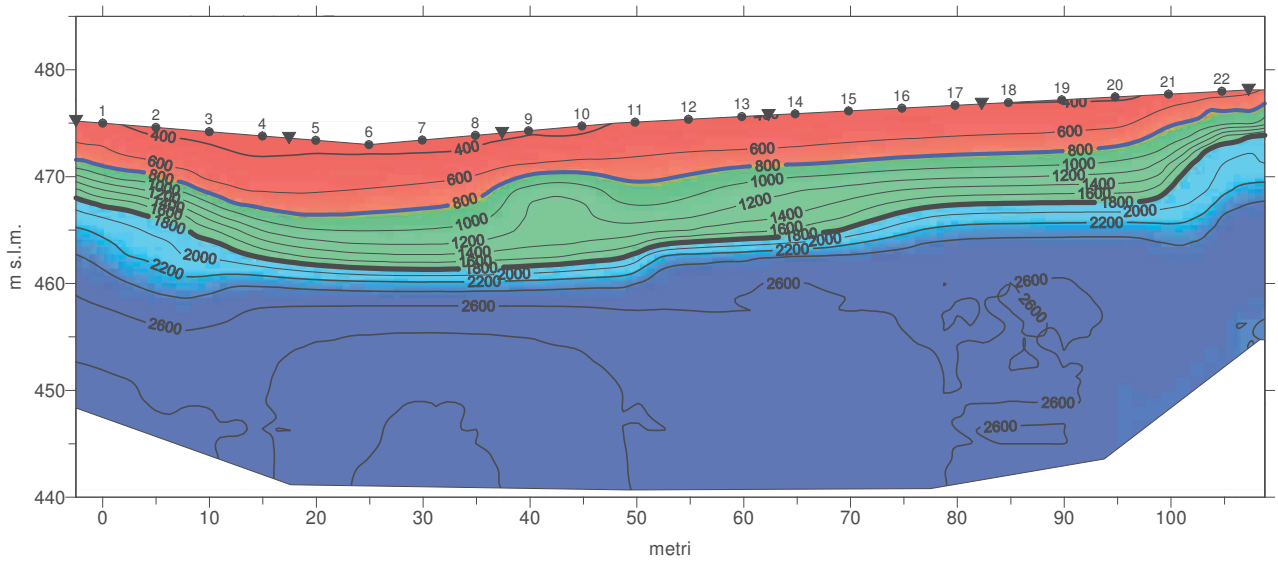
Passaggio al substrato più compatto

▼ Punti di energizzazione

● Punti di registrazione

Fig.5a

Loc. PECORARA
TOMOGRAFIA SISMICA - P2



Scala 1:500

Velocità sismiche m/sec

300 600 900 1200 1500 1800 2100 2400

Limite del materiale di copertura più allentato

Passaggio al substrato più compatto

▼ Punti di energizzazione

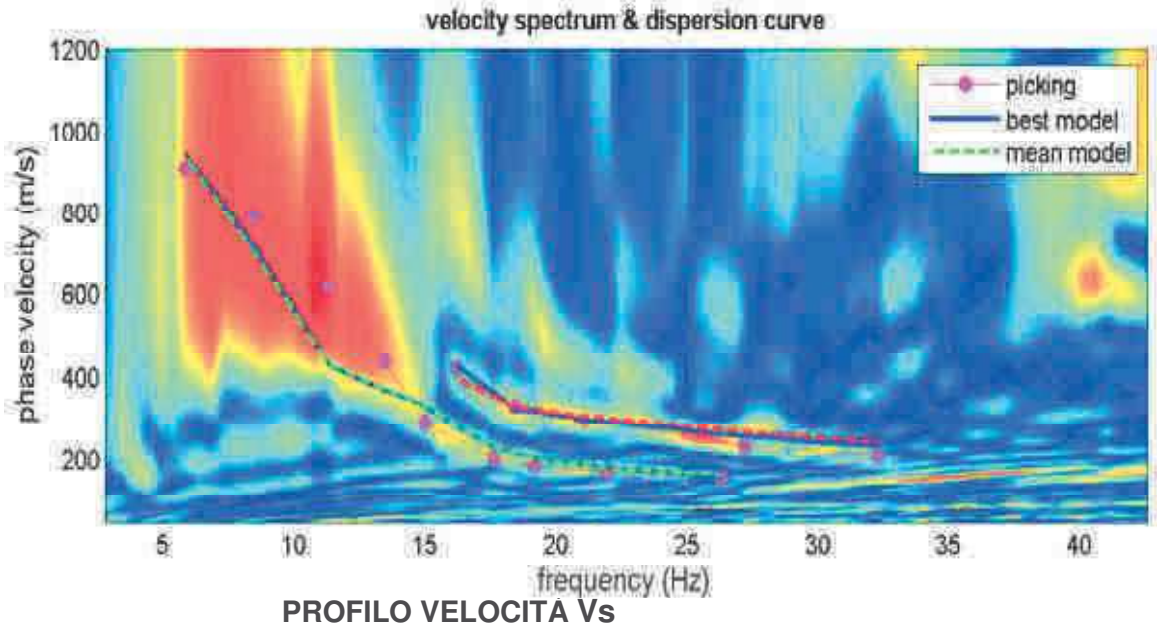
● Punti di registrazione

Fig.5b

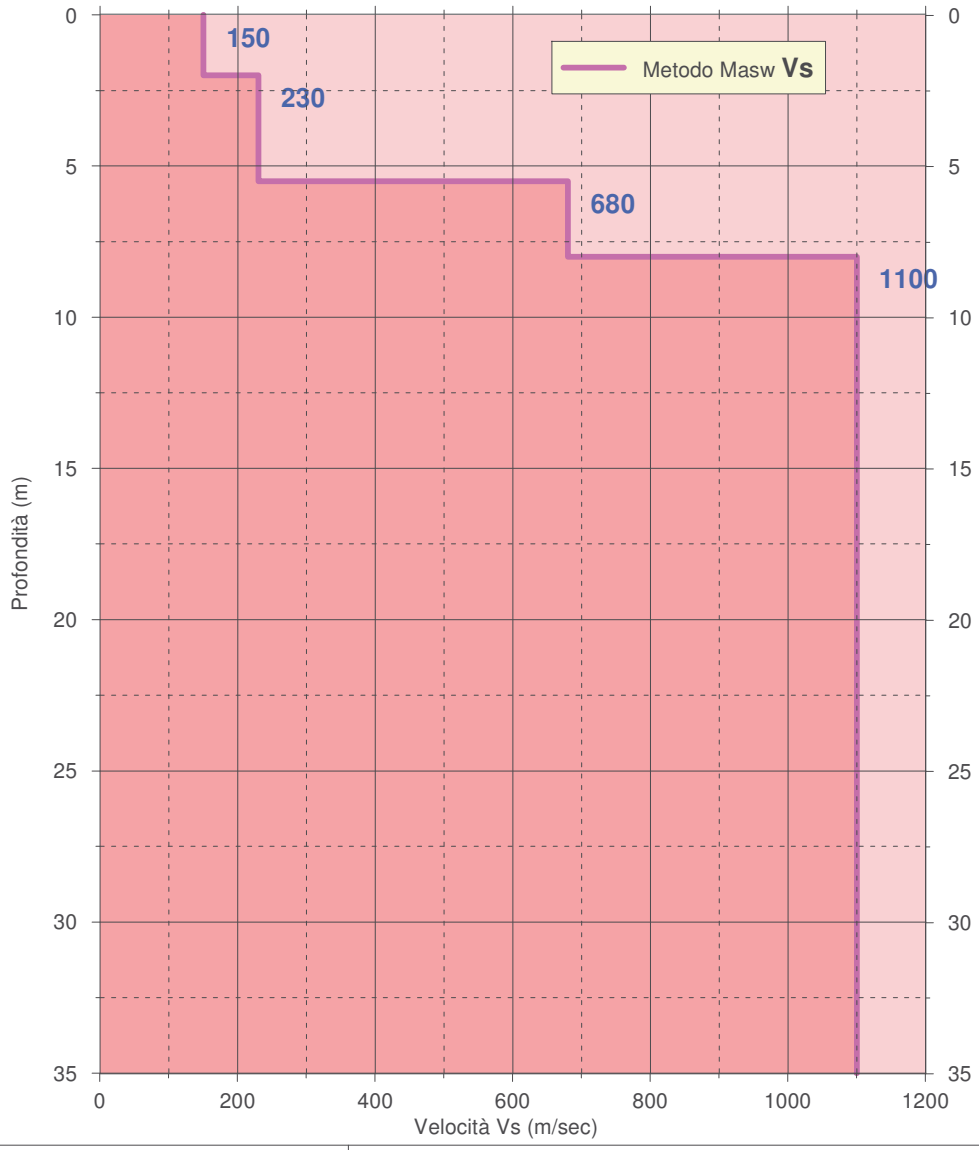
Loc. PECORARA
METODO MASW

M1

SPETTRO VELOCITA' DI FASE - FREQUENZA CON CURVA DISPERSIONE



PROFILO VELOCITÀ Vs

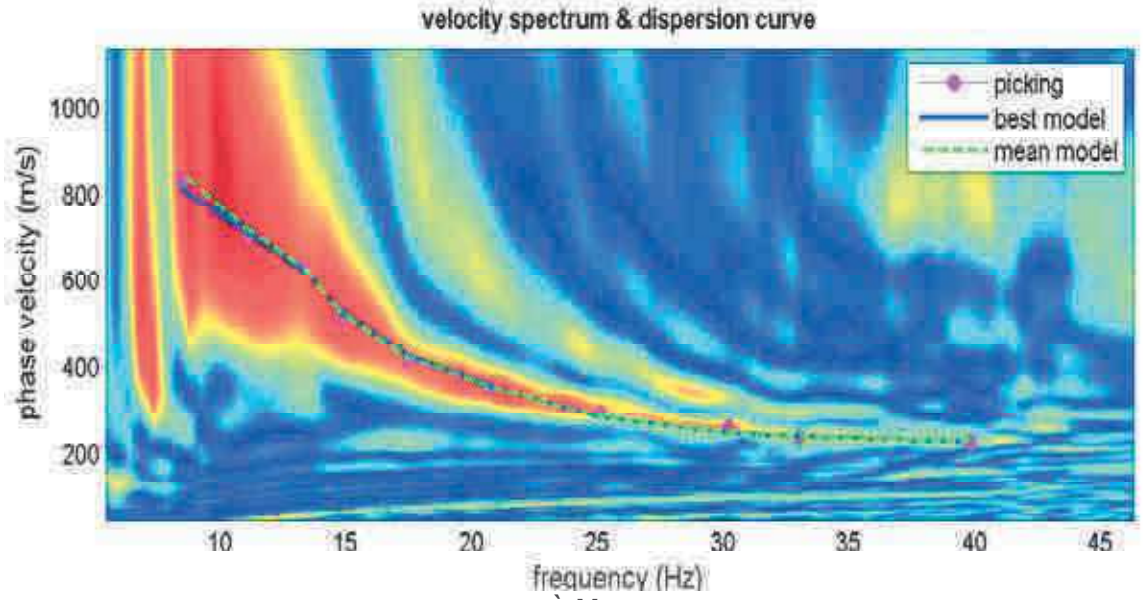


Vs30 dal p.c = 560	*SUOLO DI FONDAZIONE TIPO "E"*	**Fig.6a**

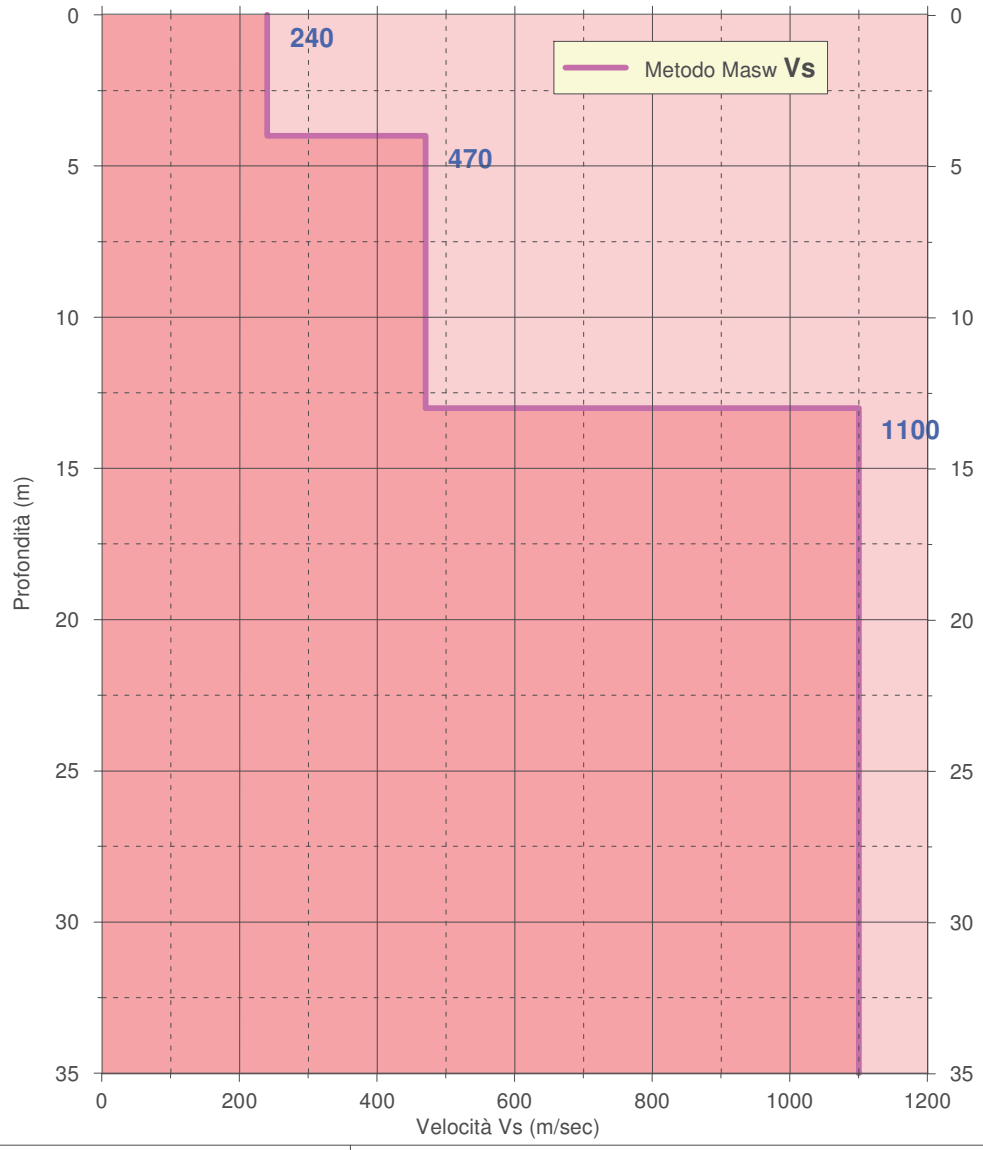
Loc. PECORARA
METODO MASW

M2

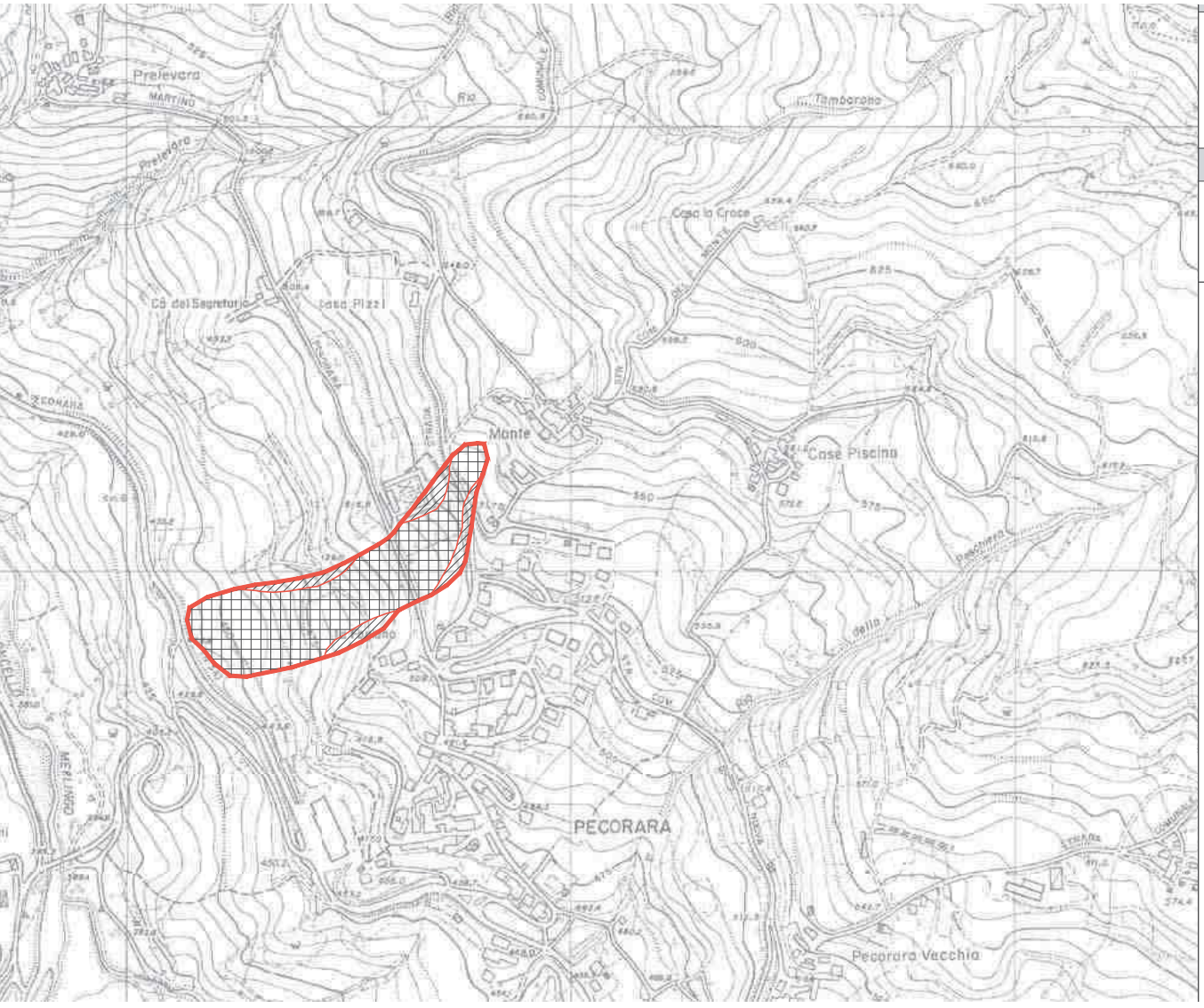
SPETTRO VELOCITA' DI FASE - FREQUENZA CON CURVA DISPERSIONE



PROFILO VELOCITÀ Vs



Vs30 dal p.c = 585	*SUOLO DI FONDAZIONE TIPO "E"*	**Fig.6b**



Studio geol
di un versante i
in loc. Pe
"*Classificazione del r*
quie

TI

CARTA DEL "RIS

CLASSI DI RISCHIO

Classe 2 - Rischio

Classe 4- Rischio

AREA DI S

11 Deposito di versante in loc. Pecorara Vecchia

Geotest S.r.l. Servizi Geologici-Geotecnici-Geofisici
Via E. Fermi, 113 - 29010 Trevozzo V.T. (PC) Tel.: 348 5107263
Capitale Soc. Int. Versato . : 10.000 euro - P. Iva: 01467560338

Comune di Pecorara (PC)

Oggetto: Relazione geologico-sismica preliminare finalizzata alla valutazione e zonizzazione del "Rischio Geologico" di un'area localizzata su detrito di versante ed ubicata nelle vicinanze dell'abitato di Pecorara Vecchia.

Committente: Sig. Bertola Fabrizio
Via Combattenti, 2
29010 Pecorara (PC)

Geotest s.r.l.

Dott. Geologo Adriano Baldini

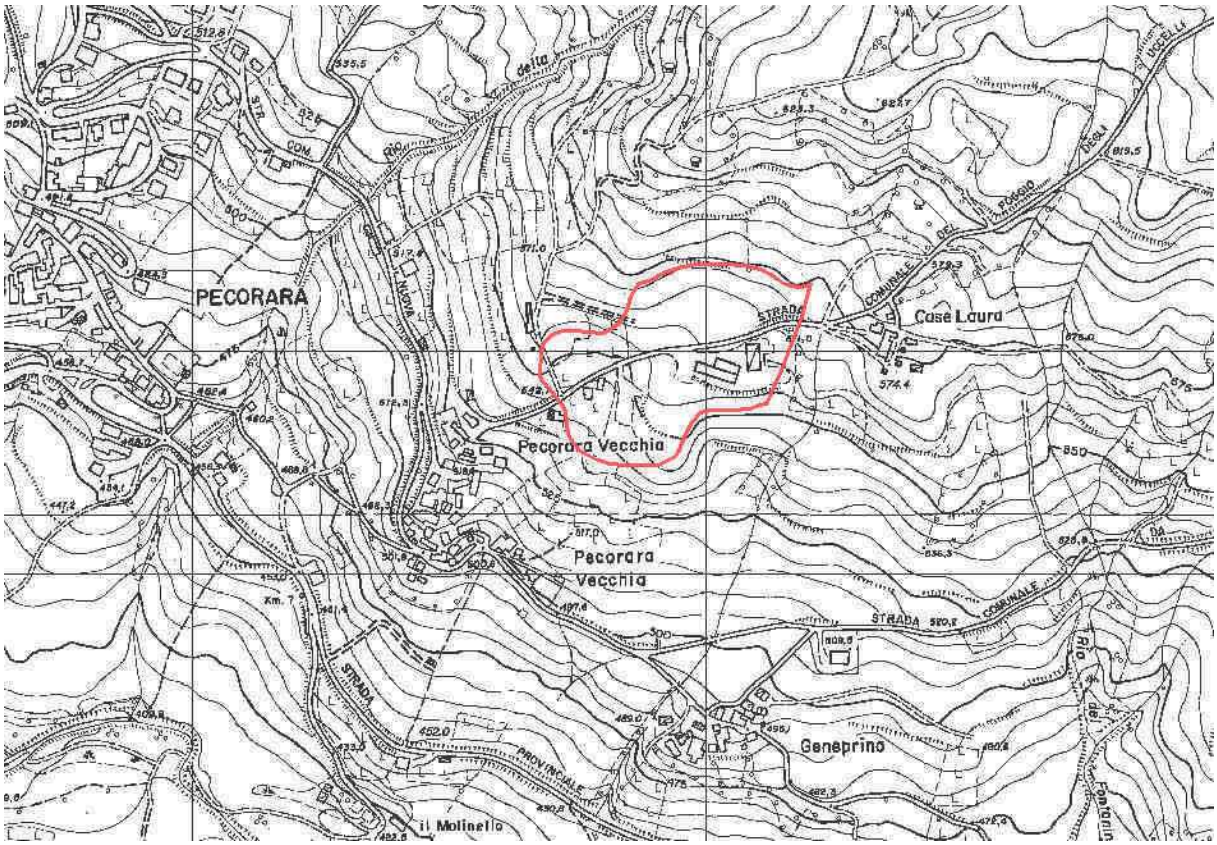
Trevozzo V.T. 22/01/2016

SOMMARIO

1. PREMESSA 2
2. INDAGINI ESEGUITE 4
3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO-GEOMORFOLOGICO 5
3.1 CARATTERISTICHE GEOLOGICHE 5
3.2 CARATTERISTICHE GEOMORFOLOGICHE 6
4. INQUADRAMENTO IDROLOGICO E IDROGEOLOGICO 8
5.1 SISMICA A RIFRAZIONE 9
5.1.1 Cenni metodologici 9
5.1.2 Modalità esecutive 10
5.1.3 Strumentazione utilizzata 10
5.1.4 Elaborazione 11
5.1.5 Analisi dei risultati 11
5.2 PROVE PER LA DETERMINAZIONE DEL PROFILO DI VELOCITA' DELLE ONDE SISMICHE "S" 12
5.2.1 Cenni metodologici 12
5.2.2 Modalità esecutive 13
5.2.3 Commento dei risultati 13
6. MODELLO GEOLOGICO DELL'AREA 14
7. VALUTAZIONE DELLA PERICOLOSITA' SISMICA DELL'AREA (delibera del 2 Maggio 2007, n.112, in materia antisismica e successive integrazioni) 14
7.1 OBIETTIVI DELLA DELIBERA 14
7.2 LIVELLI DI APPROFONDIMENTO 15
7.3 CARATTERI SISMICI DELL'AREA 16
7.4 VALUTAZIONE DEL FATTORE DI AMPLIFICAZIONE DEL SITO INTERESSE-ANALISI 2° LIVELLO 18
7.5 SPETTRO DI RISPOSTA (IN PGA) DELL'AREA 19
7.6 ANALISI DELLA STABILITA' DEL VERSANTE SIA IN CONDIZIONI PSEUDO-STATICHE CHE SISMICHE-DINAMICHE - ANALISI 3° LIVELLO 20
7.6.1 Analisi di stabilità in condizioni pseudostatiche 20
7.6.2 Analisi di stabilità dinamica (Metodo di NEWMARK) 21
8. ZONIZZAZIONE DEL RISCHIO DEL CORPO DETRITICO 22
9. PRESCRIZIONI PER LE AREE IN DETRITO DI VERSANTE (DISSESTI POTENZIALI) IN CUI E' STATA EFFETTUATA LA VALUTAZIONE DEL RISCHIO 23

1. PREMESSA

Nel Gennaio 2016, è stata realizzata un'indagine geologico-sismica, in un'area sita immediatamente a nord-est dell'abitato di Pecorara Vecchia nel Comune di Pecorara.



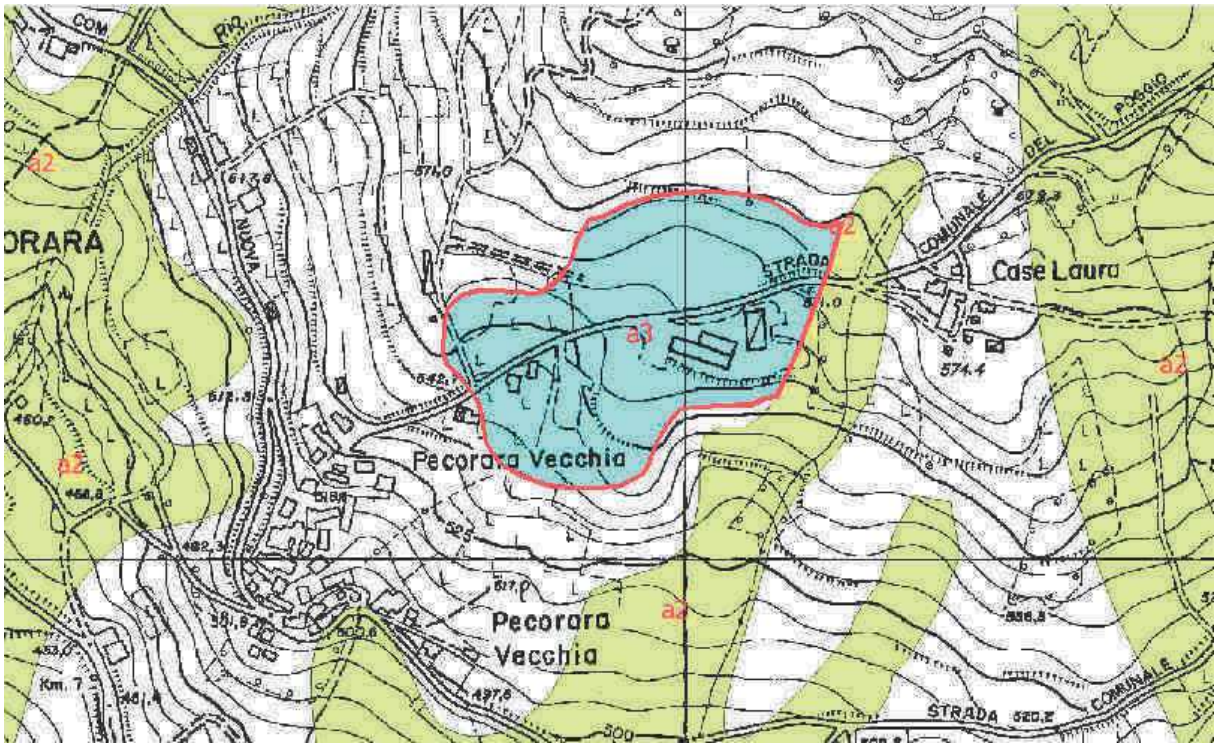
Inquadramento territoriale da CTR

Nella carta del dissesto del PTCP della provincia di Piacenza e nella "Carta del Dissesto Comunale" allegata al PSC (in questo caso coincidenti), l'area d'interesse è classificata come "**detrito di versante**".

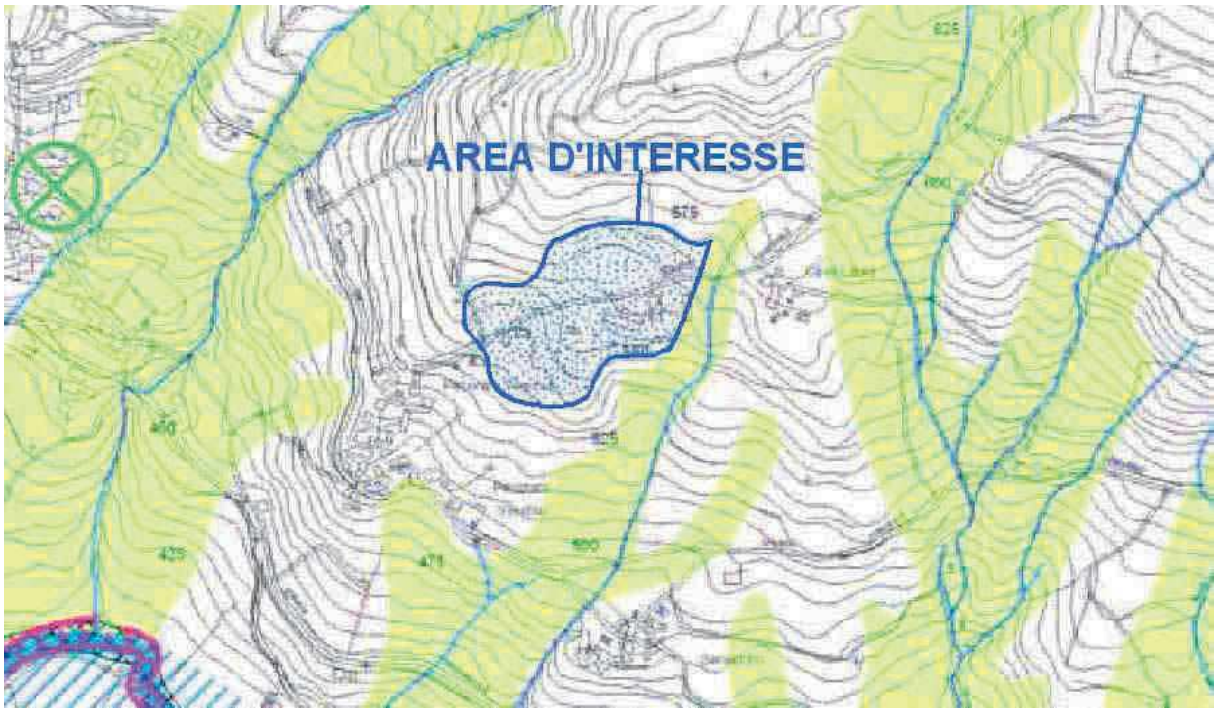
Le norme del PTCP per i dissesti potenziali (commi 8 e 12 dell'art. 31), consentono (compatibilmente con il grado di "rischio" accertato mediante opportuni approfondimenti geologici), di realizzare interventi edilizi (ampliamenti, nuove costruzioni ecc.), altrimenti non consentiti nelle aree collocate in questi ambiti.

L'indagine ha avuto i seguenti obiettivi:

- Ricostruire l'assetto geologico-sismico del versante su cui insiste l'area d'interesse;
- Valutare le condizioni di stabilità complessiva del versante;
- Suddividere il corpo detritico in classi di rischio in base alla "pericolosità" geologica.



Carta del dissesto allegata al PTCP



Carta del dissesto allegata al PSC

2. INDAGINI ESEGUITE

L'approfondimento realizzato, come previsto dalla normativa, non ha riguardato solo l'area d'interesse della Committenza, ma è stato esteso a tutto il corpo detritico considerato influente ai fini della stabilità complessiva dell'area.

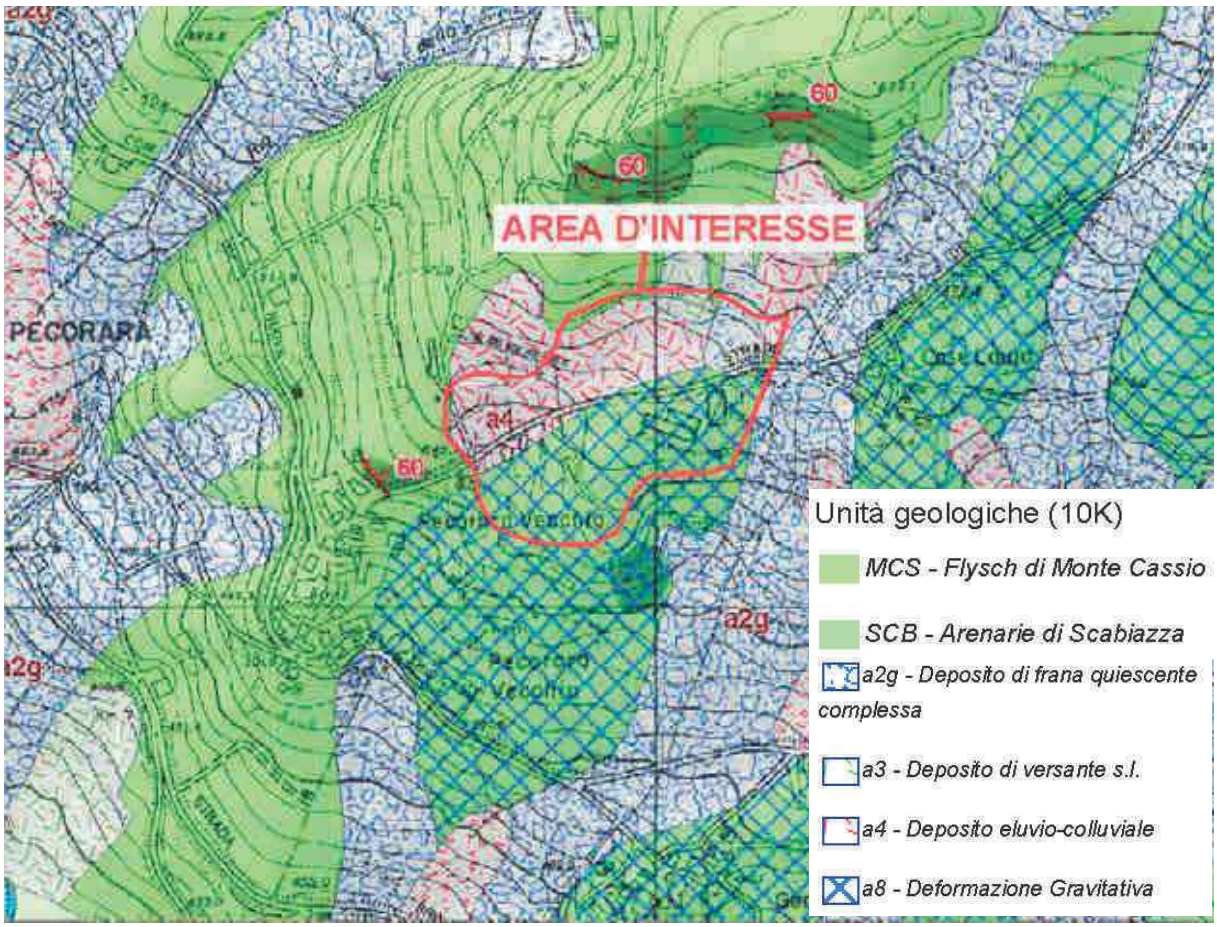
L'indagine geologico-sismica, conforme a quanto previsto dalla delibera del 2 Maggio 2007, n.112 (e successive integrazioni), in materia antisismica, ha compreso le seguenti fasi di studio:

- Raccolta ed analisi della documentazione esistente;
- Rilevamento geologico-geomorfologico di dettaglio di tutto il corpo detritico;
- Esecuzione di 2 profili sismici a rifrazione, per la valutazione dello spessore e del grado di addensamento sia del materiale di copertura che del substrato geologico;
- Registrazione di 2 profili sismici con tecnica "MASW", per la determinazione del profilo di velocità delle onde "S" e della categoria del suolo di fondazione del sito in base all'attuale normativa antisismica;
- Analisi del "secondo livello" con valutazione del fattore di amplificazione del sito ed identificazione dei possibili effetti di sito;
- Analisi del "terzo livello" con valutazione della stabilità del versante in condizioni sismiche dinamiche (metodo di "Newmark");
- Valutazioni sulla stabilità geomorfologica dell'area e zonizzazione del corpo detritico in classi di "Rischio".

3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO-GEOMORFOLOGICO

3.1 CARATTERISTICHE GEOLOGICHE

Come documento di base per l'inquadramento geologico dell'area, è stata utilizzata la "Carta Geologica dell'Appennino Emiliano-Romagnolo" della regione Emilia Romagna alla scala 1:10000.

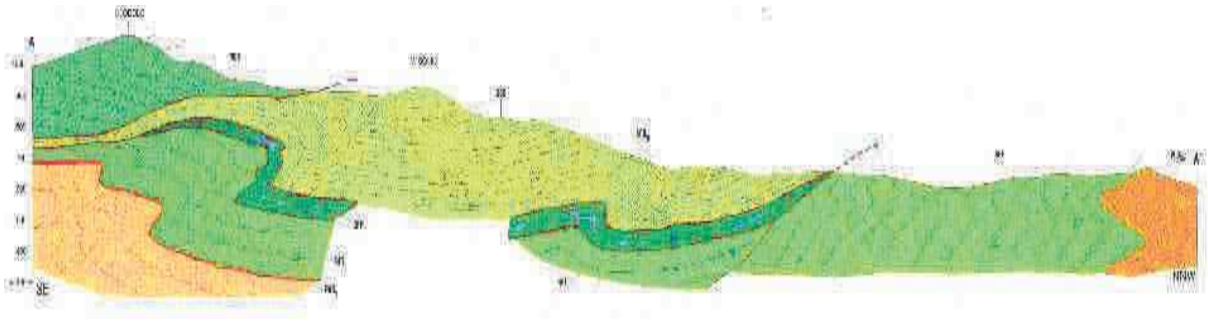


Estratto della Carta Geologica Regionale

Nell'area di studio sono presenti le seguenti "Formazioni geologiche":

- ***"Arenarie di Scabiazza":*** *è costituita in prevalenza da strati medi e spessi di arenarie medio-fini e siltiti e peliti marnose. Locali intercalazioni di marne calcaree grigie in stati molto spessi.*
- ***"Flysch di Monte Cassio" :*** *marne calcaree, calcari marnosi e marne grigie in strati prevalentemente spessi o molto spessi passanti a marne argillose scagliose.*
- ***"Argille a Palombini":*** *complesso eterogeneo costituito da argilliti nere con intercalazioni di calcilutitigrigie e verdastre. Il complesso include brecce poligeniche matrice-sostenute e/o clasto-sostenute; localmente sono presenti anche olistoliti ofiolitici e di calcari a Calpionelle anche di notevoli dimensioni (pluridecametriche).*

Dal punto di vista geologico, la caratteristica principale dell'area è costituita da sovrascorrimenti che hanno portato la formazione più antica, rappresentata dal Flysch di Monte Cassio nella parte sommitale del locale edificio tettonico.



Sezione Geologica tipica dell'unità di Monte Cassio

Il substrato geologico dell'area d'interesse è costituito dal "Flysch di Monte Cassio" che affiora immediatamente a nord dell'area d'interesse.

3.2 CARATTERISTICHE GEOMORFOLOGICHE

Il corpo detritico ha una lunghezza di 250 metri ed una larghezza media di 150 metri. L'area è collocata subito ad ovest della dorsale, su cui sorge l'abitato di Pecorara Vecchia, in cui il substrato roccioso è affiorante.

La superficie topografica presenta acclività modeste, senza evidenze di ondulazioni significative, che viceversa potrebbero indicare movimenti gravitativi in atto e/o recenti.

Non si rilevano condizioni geomorfologiche, erosione al piede e/o presenza di fessure di trazione nel e a monte del corpo detritico, predisponenti ad un potenziale dissesto.

Anche i dati interferometrici (Ers Ascending e Ers Descending), disponibili sul sito del "Geoportale Nazionale" riferiti al periodo 1992-2000, non segnalano nell'area d'interesse movimenti significativi. Il colore verde dei pallini indica spostamenti irrilevanti, inferiori a 1-2 millimetri/anno.



Dati interferometrici estratti dal geoportale nazionale- Ers Descending



Panoramica (da ovest) dell'area d'interesse la superficie topografica è regolare e non sono presenti indizi di movimenti gravitativi in atto e/ o recenti



Panoramica (da sud) dell'area d'interesse anche in questo caso non sono presenti indizi di movimenti gravitativi in atto e/o recenti

4. INQUADRAMENTO IDROLOGICO E IDROGEOLOGICO

L'area di studio non è attraversata da corsi d'acqua di una certa importanza. Il torrente Tidoncello scorre circa 450-500 metri a valle del corpo detritico d'interesse, senza interferire con esso.

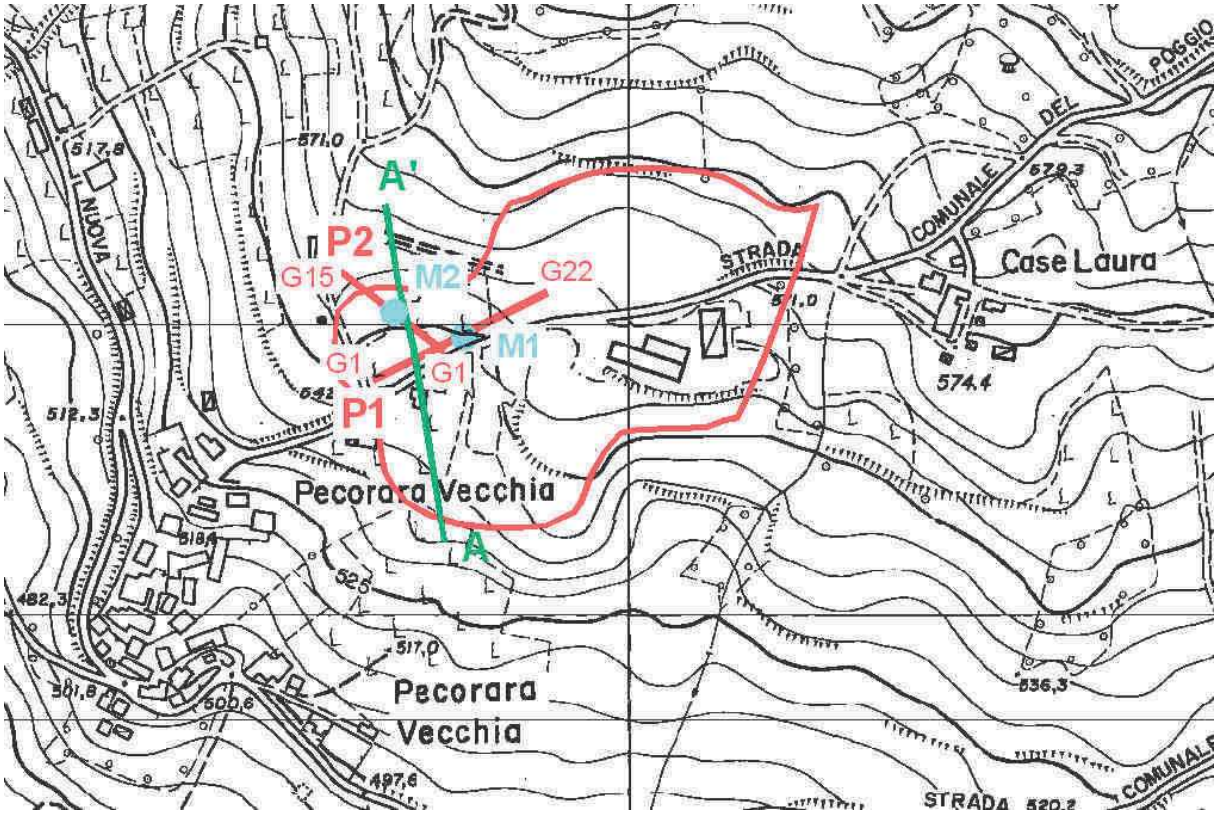
Il drenaggio delle acque è favorito sia dall'assetto morfologico dell'area, che non presenta contropendenze significative, che dall'intensa fatturazione del substrato roccioso che determina una veloce infiltrazione delle acque meteoriche.

Sotto l'aspetto idrogeologico si possono sinteticamente ipotizzare due tipi di circolazione idrica:

- Una, di maggiore entità, che interessa l'ammasso roccioso soprattutto ove la fratturazione risulta più intensa;
- L'altra di minore entità, ma rilevante per la stabilità, si può formare all'interno della copertura eluvio-colluviale più allentata (spessore circa 3-4 metri), nei periodi particolarmente piovosi.

5. INDAGINI GEOGNOSTICHE

Come già accennato, sono stati realizzati 2 profili sismo-tomografici e 2 prove "Masw".



Planimetria indagini geognostiche

5.1 SISMICA A RIFRAZIONE

5.1.1 Cenni metodologici

La prospezione sismica rappresenta una tecnica di prospezione geofisica che consente, attraverso l'acquisizione e l'elaborazione di dati, la costruzione d'immagini bidimensionali (o tridimensionali) della variazione della velocità sismica. Con questa tecnica si riesce ad avere, pertanto, una visione seppur qualitativa della stratigrafia del terreno investigato, in termini di variazioni di "densità" dello stesso, essendo questo parametro direttamente legato alla velocità sismica. La tecnica di prospezione, consiste nella misura dei tempi impiegati dalle onde sismiche longitudinali (onde P) per percorrere un tragitto rettilineo tra una serie di punti d'energizzazione (sorgente sismica) e una serie di punti di ricezione (geofoni). Il confronto matematico tra i vari tempi permette di suddividere lo spazio compreso tra le due serie di punti in porzioni, o "celle elementari" (quadrate per le sezioni bidimensionali come quelle in esame, o cubiche per sezioni tridimensionali) caratterizzate ognuna da un proprio valore di velocità sismica.

5.1.2 Modalità esecutive

I profili sono costituiti da allineamenti di 15/22 geofoni spaziati di 5 metri. In punti predefiniti dei profili, sono stati creati artificialmente degli impulsi elastici mediante l'utilizzo di una massa battente; l'energizzazione è avvenuta in 7 punti disposti simmetricamente allo stendimento e precisamente nelle seguenti posizioni:

- 2 punti esterni al profilo
- 2 punti agli estremi del profilo
- 3/4 lungo il profilo.

La registrazione dei sismogrammi è stata effettuata mediante un sismografo Geode della Geometrics a 24 canali ad elevata dinamica (24 bit).

5.1.3 Strumentazione utilizzata

Il "Geode" è un sismografo modulare a 24 bit che rappresenta l'ultima frontiera dei sistemi di registrazione sismica combinando il meglio dei tradizionali sismografi Geometrics con la flessibilità di un sistema distribuito. Geode è un sismografo ad elevata dinamica (144 dB di range dinamico totale – 105 dB istantanei a 2 msec di campionamento). Grazie all'ampia banda d'ingresso (1.75 Hz – 20 kHz, con velocità di campionamento da 0.02 msec a 16 msec), esso è perfettamente idoneo per un'ampia gamma di applicazioni: sismica a rifrazione, sismica a riflessione (anche ad altissima risoluzione), monitoraggio di vibrazioni, applicazioni sismologiche, downhole e VSP. In acquisizione sono disponibili tutte le funzioni di filtri, pre-amplificazione, line-test e instrument-test, tipiche dei sistemi di registrazioni evoluti.



Sismografo "Geode"

L'atrezzatura utilizzata è composta da:

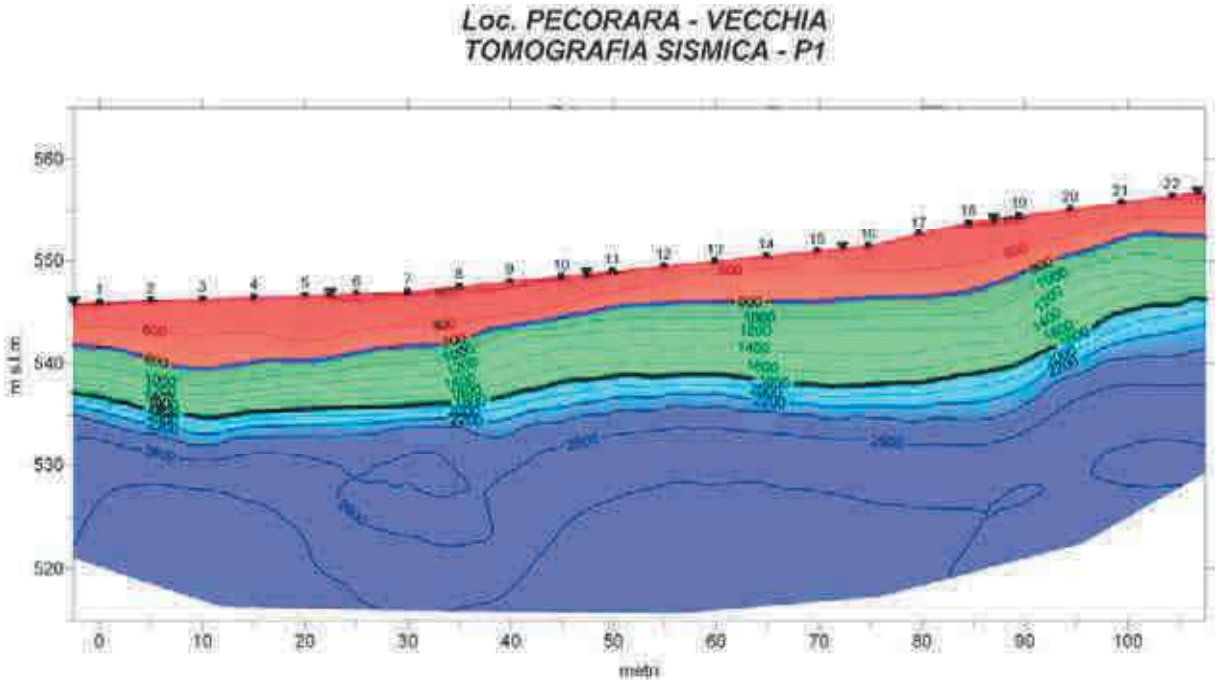
- Sismografo modulare Geode 3-1000+ canali,
- Massa battente da 10 Kg,
- Piastra di battuta in alluminio 15x15x2,5cm,
- Batteria ricaricabile 12 V,

- Cavo per sismica a rifrazione stranded, 130 mt con 24 takeouts SPT-21 a 5 metri di intervallo e due code da 7.5 mt l'una terminate con connettore Bendix 61S,
- Geofoni GS20DX, 10 Hz verficali, 395 Ohm con puntale da 3" ed 1,5 mt di cavo terminato con mueller clip singola MC-20-SP,
- Computer portatile ACER.

5.1.4 Elaborazione

In questo caso i dati acquisiti sono stati interpretati secondo un metodo sismico-tomografico utilizzando il software SeisOpt@2D v4.0 prodotto dalla OPTIM. La procedura d'elaborazione ha comportato in una prima fase la lettura dei tempi dei primi arrivi sui sismogrammi. In seguito, sono stati ricostruiti i percorsi dei raggi sismici attraverso il terreno. In linea teorica, ogni punto del mezzo investigato, è attraversato in tutte le direzioni, dai raggi sismici. Di ogni raggio è quindi calcolata la traiettoria e, sul confronto fra tutti i possibili percorsi e tempi impiegati, ed è stabilita per ogni punto (o cella di dimensioni 2.5x1.25 m, in questo caso) la sua velocità sismica caratteristica. Il risultato finale dell'elaborazione consiste in sezioni (Fig. 5) di velocità sismiche, rappresentata sia per isovelocità sia tramite colori. Alle diverse classi di velocità sismica, sono stati attribuiti colori che vanno, dal rosso per i valori più bassi, al blu per i valori più elevati. La scala cromatica evidenza i cambiamenti di velocità ritenuti più significativi.

5.1.5 Analisi dei risultati



L'elaborazione ha permesso la distinzione di varie unità secondo le loro caratteristiche sismiche:

- ***Unità allentata superficiale*** *(colore rosso),* con velocità inferiori a **800 m/s**. L'unità corrisponde al materiale detritico di copertura meno compatto. Gli spessori sono mediamente variabili da 3 a 4 m.
- ***Unità intermedia mediamente addensata*** (colore verde), con velocità media di **1400-1600 m/s** e spessori di 4-6 metri. L'unità è correlabile a materiale detritico più addensato rispetto all'orizzonte superficiale o, più verosimilmente, alla porzione superiore alterata del substrato roccioso;
- ***Unità di fondo*** *(colore azzurro),* con velocità medie di **2400-2600 m/s**; i valori di velocità, piuttosto elevati, sono associabili ad un substrato compatto a prevalente componente calcareo-marnosa.

5.2 PROVE PER LA DETERMINAZIONE DEL PROFILO DI VELOCITA' DELLE ONDE SISMICHE "S"

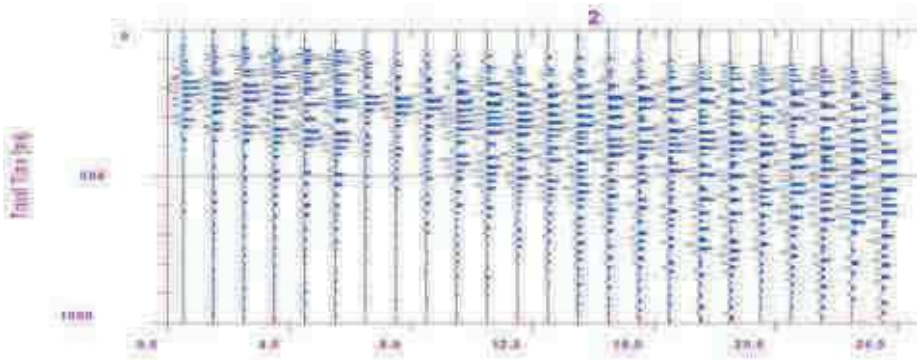
Per la determinazione del profilo di velocità delle onde "S" e della categoria del suolo di fondazione è stato utilizzato il metodo "Masw". I profili "Masw" sono stati realizzati in corrispondenza dei 2 stendimenti sismico-tomografici.

5.2.1 Cenni metodologici

Il MASW (Park et al., 1999) è stato sviluppato in parte per superare le difficoltà dell'applicazione del SASW in ambienti rumorosi. La tecnica, che prevede la registrazione simultanea (in questo caso l'energizzazione è prodotta da una massa battente di almeno 10 Kg) di 12 o più canali, fornisce una ridondanza statistica delle misure di velocità di fase e ne avvalora la veridicità. Il salvataggio delle tracce nel dominio temporale, permette inoltre di distinguere e evidenziare, le onde di Rayleigh presenti nel record, che sono caratterizzate da un'elevata ampiezza di segnale (circa il 60% dell'energia prodotta dalla sorgente artificiale si distribuisce in onde di superficie). Una particolare analisi spettrale, "overtone analysis", produce un grafico Velocità di fase-frequenza in cui si può distinguere il modo fondamentale delle onde di superficie da cui ricavare la curva di dispersione ed il profilo delle Vs per successiva inversione 1-D. La tecnica permette, inoltre, di eseguire misure ripetute spostandosi nella direzione di allineamento per risalire ad un profilo bidimensionale che evidenzia le variazioni laterali delle Vs. Il software utilizzato per l'elaborazione dei dati è il "winMASW" versione Academy della Eliosoft.

5.2.2 Modalità esecutive

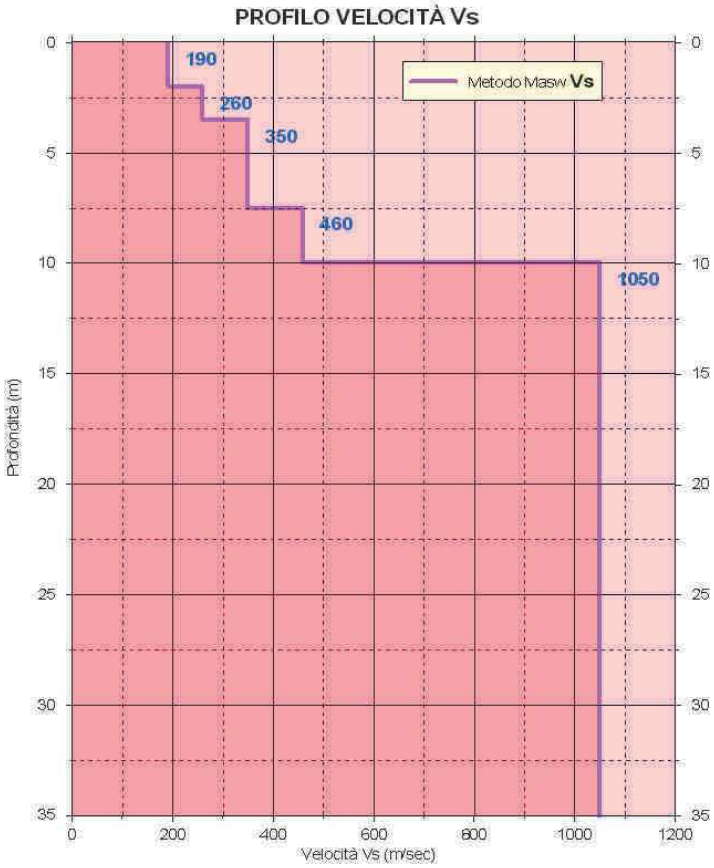
Sono stati realizzati 2 stendimenti di 15/22 geofoni, con distanza intergeofonica di 5 m. La lunghezza delle registrazioni è stata di 1 sec, con un passo di campionamento di 0.25 ms.



Esempio di registrazione con tecnica "Masw"

Si ricorda che il punto di determinazione del profilo delle Vs in profondità, si riferisce al centro dello stendimento geofonico.

5.2.3 Commento dei risultati



Risultati della prova Masw – M1

Esaminando i grafici ottenuti, si possono fare queste considerazioni:

- Dalla superficie fino a 3-4 m dal p.c. sono presenti materiali caratterizzati da valori di Vs medio-bassi (Vs< 300 m/s). Tali depositi possono essere correlati alla copertura detritica meno addensata;
- Più in profondità, fino a 9-10 metri, i valori di Vs aumentano segnalando la presenza di materiale più addensato;
- Oltre i 9-10 metri si ha un netto aumento di velocità, con valori che si portano sui 1050-1100 m/s in corrispondenza del substrato roccioso più compatto;
- I valori di Vs 30 calcolati sono di 565 m/s (M1) e 570 (M2);
- In base all'attuale normativa (NTC2008) il sito d'interesse presenta un suolo di fondazione di tipo E.

6. MODELLO GEOLOGICO DELL'AREA

Le indagini realizzate unite alle più generali conoscenze geologiche hanno consentito di ricostruire il modello geologico-geotecnico di riferimento per l'area d'interesse.

SINTESI DEI PARAMETRI GEOTECNICI

Livello A	**Litologia:** *limo e argilla con trovanti da poco a mediamente addensato*	
Dal p.c. a –3/-4 m	Peso di volume Peso di volume saturo Angolo di attrito di picco Angolo di attrito residuo Coesione	**γ = 1.80 t/mc** **γ = 1.95 t/mc** **φ = 22°** **φ = 20°** **C = 0.06 Kg/cmq**
Livello B	**Litologia:** *detrito lapideo in matrice limosa mediamente addensato*	
da–3/-4 m a –9/-10 m	Peso di volume Peso di volume saturo Angolo di attrito di picco Angolo di attrito residuo Coesione	**γ = 1.90 t/mc** **γ = 2.05 t/mc** **φ = 26°** **φ = 24°** **C = 0.08 Kg/cmq**
Livello C	**Litologia:** *substrato roccioso compatto*	
Oltre –9/-10 m	Peso di volume Angolo di attrito	**γ = 2.25 t/mc** **φ = 45°**

7. VALUTAZIONE DELLA PERICOLOSITA' SISMICA DELL'AREA (delibera del 2 Maggio 2007, n.112, in materia antisismica e successive integrazioni)

7.1 OBIETTIVI DELLA DELIBERA

Scopo del presente atto di indirizzo e coordinamento è quello di fornire i criteri per la per l'individuazione delle aree soggette ad effetti locali e per la microzonazione sismica del territorio in modo da orientare le scelte della pianificazione verso aree caratterizzate da minore pericolosità sismica. Lo studio della pericolosità di base e della pericolosità locale hanno come obiettivi:

- *l'individuazione delle aree dove in occasione dei terremoti attesi possono verificarsi effetti locali;*
- *la stima quantitativa della risposta sismica locale dei depositi e delle morfologie presenti nell'area di indagine ("Analisi della Risposta Sismica Locale", RSL);*
- *la suddivisione del territorio in sottozone a diversa pericolosità sismica locale ("Microzonazione Sismica", MZS).*

I risultati dell'analisi della pericolosità sismica locale e della microzonazione sismica, devono essere applicati nella redazione degli strumenti di pianificazione territoriale e urbanistica.

7.2 LIVELLI DI APPROFONDIMENTO

Gli studi di risposta sismica locale e microzonazione sismica vanno condotti a diversi livelli di approfondimento a seconda delle finalità e delle applicazioni nonché degli scenari di pericolosità locale.

Tali studi svolti devono essere descritti in una relazione che indichi chiaramente il livello di approfondimento, le indagini effettuate e i risultati ottenuti e devono fornire una cartografia dello stato del territorio, e sono un riferimento necessario per la Valutazione di Sostenibilità Ambientale e Territoriale (VALSAT) preventiva delle singole scelte del piano.

Si identificano due fasi di analisi con diversi livelli di approfondimento.

La prima fase è diretta a definire gli scenari di pericolosità sismica locale, cioè ad identificare le parti di territorio suscettibili di effetti locali (amplificazione del segnale sismico, cedimenti, instabilità dei versanti, fenomeni di liquefazione, rotture del terreno, ecc.). L'individuazione delle aree soggette ad effetti locali si basa su rilievi, osservazioni e valutazioni di tipo geologico e geomorfologico, svolte a scala territoriale, associati a raccolte di informazioni sugli effetti indotti dai terremoti passati. Tale analisi viene svolta - soprattutto mediante elaborazione dei dati disponibili - in sede di elaborazione del PTCP e del PSC e concorre alla definizione delle scelte di piano, fornendo prime indicazioni sui limiti e le condizioni per la pianificazione nelle suddette aree.

La seconda fase ha come obiettivo la microzonazione sismica del territorio indagato. Sulla base degli scenari individuati dalle analisi svolte nel corso della prima fase, nella seconda fase si attuano due diversi livelli di approfondimento:

a) nelle aree pianeggianti e sub-pianeggianti, incluse le zone di fondovalle appenniniche, con stratificazione orizzontale e sub-orizzontale, e sui versanti stabili con acclività ≤ 15° in cui il deposito ha spessore costante si ritiene sufficiente un'analisi semplificata (secondo livello di approfondimento), cioè l'analisi della pericolosità locale può essere basata, oltre che

sull'acquisizione di dati geologici e geomorfologici più dettagliati di quelli rilevati nel primo livello, su prove geofisiche in sito e su prove geotecniche di tipo standard. Il numero delle verticali indagate deve essere tale da consentire un'adeguata caratterizzazione geotecnica spaziale dei terreni e delle formazioni presenti nell'area di studio;

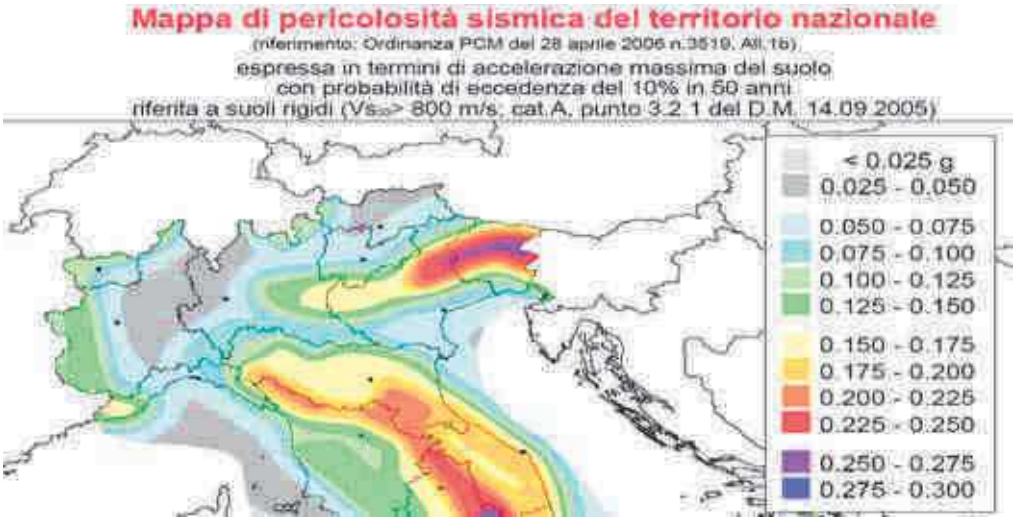
b) un'analisi più approfondita (terzo livello di approfondimento) è invece richiesta nei seguenti casi (vedere Allegato A1):

- *aree soggette a liquefazione e densificazione;*
- *aree instabili e potenzialmente instabili;*
- *aree in cui le coperture hanno spessore fortemente variabile, come ad esempio nelle aree pedemontane e di fondovalle a ridosso dei versanti;*
- *aree in cui è prevista la realizzazione di opere di rilevante interesse pubblico.*

L'analisi approfondita richiede un significativo numero di prove geofisiche e geotecniche, sia in sito che in laboratorio, rivolte alla definizione del comportamento dei terreni sotto sollecitazione dinamica. In queste parti del territorio la pericolosità potrebbe essere molto elevata e perciò deve essere attentamente valutata la possibilità di renderle suscettibili di trasformazione urbanistica.

7.3 CARATTERI SISMICI DELL'AREA

In base alla nuova carta della pericolosità sismica del territorio nazionale, i valori di PGA su suolo rigido con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni, per il Comune di Pecorara sono compresi fra 0.075 e 0.100 g. L'area ricade nella zona simogenetica 911, in cui i meccanismi di fagliazione prevalenti sono legati a faglie trascorrenti e le profondità dei terremoti prevalentemente compresi fra 8 e 12 Km. Le magnitudo massime attese nella zona sismogenetica d'interesse sono di 5.7-6.1.Le serie storiche dei terremoti contenuti nell'archivio della Regione Emilia Romagna non segnalano eventi sismici rilevanti nell'area d'interesse.



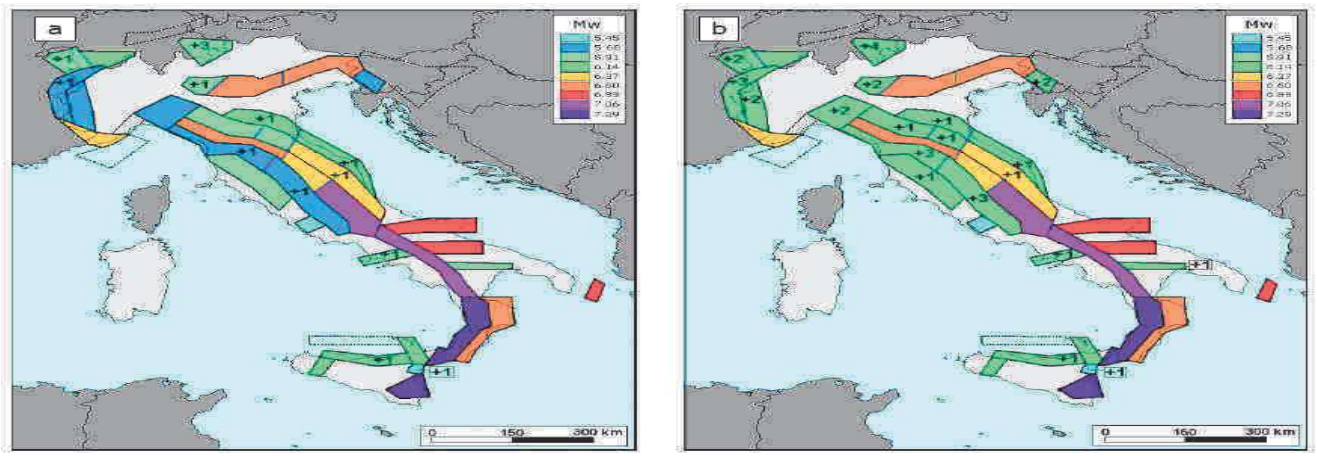


Figura 36. Valori di Mwmax corrispondenti ai due insiemi: a) "osservati" (Mwmax1); b) "cautelativi" (Mwmax2).

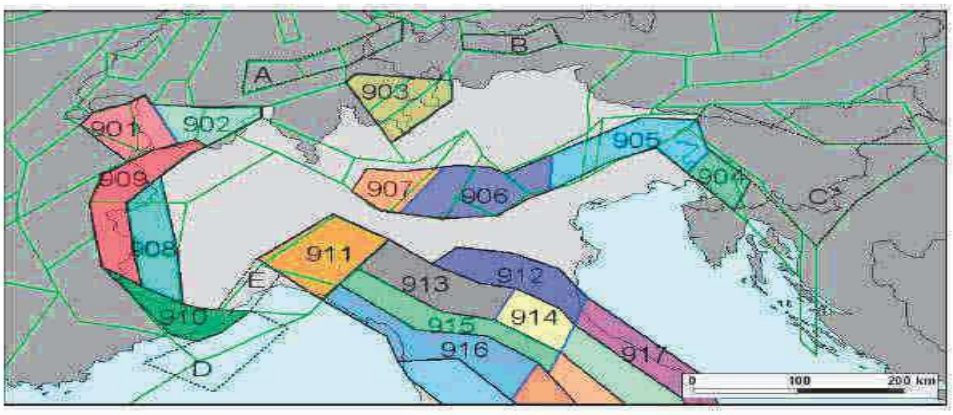


Figura 10. Zonazione sismogenetica ZS9 a confronto con la zonazione del progetto SESAME nell'area alpina (Jiménez et al., 2001; linee di colore verde).

In base alle caratteristiche geologiche del sito d'interesse, i principali effetti attesi possono ricondursi essenzialmente ad amplificazioni litologiche e in minor misura a fenomeni d'instabilità del versante. Le amplificazioni topografiche (pendenza del versante inferiore a 15°) sono trascurabili.

Sono da escludere anche fenomeni di liquefazione (basso valore di ag atteso e presenza di copertura di materiale eterogeneo in matrice coesiva).

7.4 VALUTAZIONE DEL FATTORE DI AMPLIFICAZIONE DEL SITO INTERESSE-ANALISI 2° LIVELLO

A2.1.1 - APPENNINO E MARGINE APPENNINICO-PADANO

In caso di substrato marino caratterizzato da Vs ≥ 800 m/s si devono usare le seguenti tabelle

F.A. P.G.A.

Vs_H / H	200	250	300	350	400	450	500	600	700	800
5	1.6	1.3	1.2	1.1	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
10	2.0	1.9	1.7	1.6	1.4	1.2	1.1	1.0	1.0	1.0
15	2.0	2.0	2.0	1.8	1.6	1.4	1.3	1.2	1.0	1.0
20	2.0	2.0	2.0	1.9	1.7	1.6	1.4	1.3	1.1	1.0
25	1.9	2.0	1.9	1.9	1.8	1.6	1.5	1.3	1.2	1.0
30	1.8	1.9	1.9	1.9	1.7	1.5	1.5	1.4	1.2	1.0
35	1.7	1.8	1.9	1.9	1.7	1.6	1.5	1.4	1.3	1.0
40	1.6	1.8	1.9	1.9	1.8	1.6	1.5	1.4	1.3	1.0

F.A. INTENSITA' SPETTRALE - 0.1s < To < 0.5s

Vs_H / H	200	250	300	350	400	450	500	600	700	800
5	1.2	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
10	1.8	1.6	1.4	1.2	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
15	2.1	2.0	1.7	1.5	1.2	1.1	1.1	1.0	1.0	1.0
20	2.3	2.3	1.9	1.7	1.5	1.4	1.2	1.1	1.0	1.0
25	2.2	2.4	2.2	2.0	1.7	1.5	1.4	1.2	1.1	1.0
30	2.1	2.3	2.3	2.1	1.9	1.7	1.5	1.3	1.2	1.0
35	1.9	2.1	2.3	2.2	1.9	1.8	1.6	1.4	1.3	1.0
40	1.8	2.0	2.3	2.3	2.0	1.8	1.6	1.4	1.3	1.0

F.A. INTENSITA' SPETTRALE - 0.5s < To < 1.0s

Vs_H / H	200	250	300	350	400	450	500	600	700	800
5	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
10	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
15	1.2	1.2	1.1	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
20	1.5	1.4	1.2	1.1	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
25	2.1	2.1	1.5	1.2	1.1	1.1	1.0	1.0	1.0	1.0
30	2.4	2.3	1.9	1.5	1.2	1.1	1.1	1.0	1.0	1.0
35	2.5	2.4	2.3	1.8	1.3	1.3	1.2	1.1	1.0	1.0
40	2.7	2.6	2.6	2.0	1.6	1.3	1.2	1.1	1.1	1.0

I fattori di amplificazione calcolati per i singoli profili di velocità Vs sono riassunti nel tabella seguente:

PROVA	PROF. BEDROCK	VS 30	VS H	FA PGA	FA intensità spettrale 0.1s-0.5s	FA intensità spettrale 0.5s-1.0s
M1	10 m	565	300	1.7	1.4	1.0
M2	9 m	570	275	1.8	1.5	1.0

In base alla delibera sopraccitata, l'accelerazione orizzontale su suolo rigido (Vs>800 m/s) prevista per il Comune di Pecorara è di 0.099g.

7.5 SPETTRO DI RISPOSTA (IN PGA) DELL'AREA

Nella delibera della Regione è riportata la forma dello spettro di risposta valido per tutta la regione.

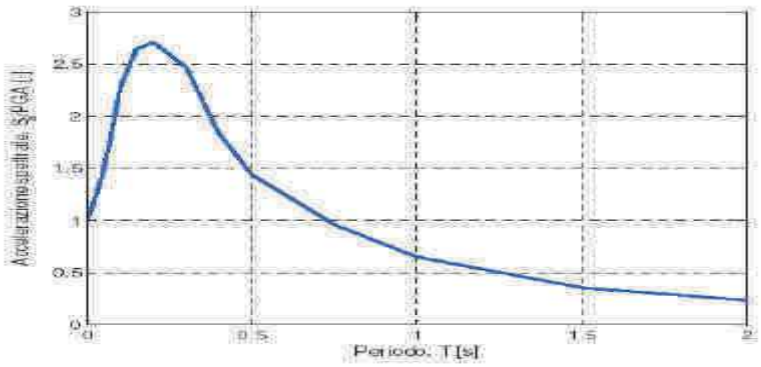
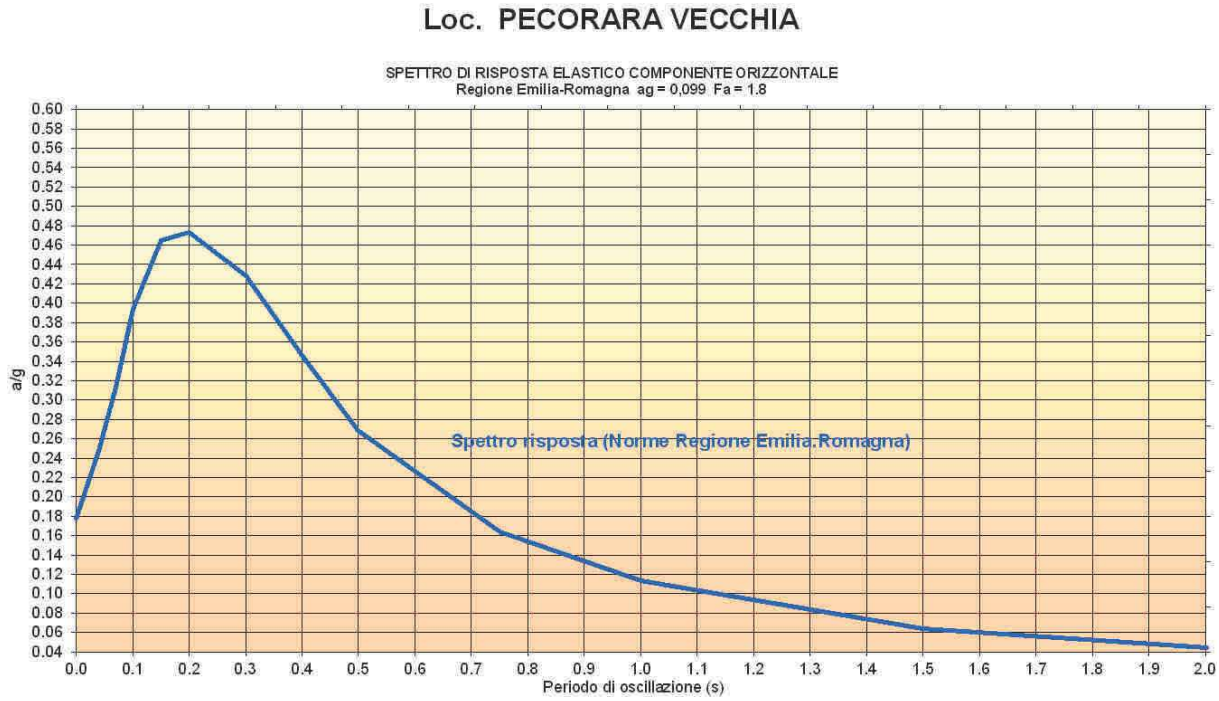


Figura 1 - Spettro di risposta normalizzato (T_R = 475 anni, smorzamento = 5%) per l'Emilia-Romagna

Dallo spettro di risposta normalizzato è possibile ottenere, moltiplicando i valori della tabella 1 per il valore di arefg di ogni comune, lo spettro di risposta a probabilità uniforme che descrive le caratteristiche del moto sismico atteso per ogni comune dell'Emilia-Romagna. Considerando il valore di arefg=0.098 per il comune di Pecorara e il fattore di amplificazione (1.8), è stato calcolato lo spettro di risposta del sito d'interesse.



Spettro di riposta del sito in base alle norme della regione Emilia-Romagna

7.6 ANALISI DELLA STABILITA' DEL VERSANTE SIA IN CONDIZIONI PSEUDO-STATICHE CHE SISMICHE-DINAMICHE - ANALISI 3° LIVELLO

Per ricostruire l'assetto litostratigrafico e le caratteristiche geomeccaniche del versante, oltre alle considerazioni di carattere geologico, sono stati utilizzati i dati desunti dalle prove geofisiche realizzate, sintetizzati nei paragrafi precedenti.

Nr.	DB	Peso unità di volume (Kg/m³)	Peso saturo (Kg/m³)	Coesione (kg/cm²)	Coesione non drenata (kg/cm²)	Angolo resistenza al taglio picco (°)	Angolo resistenza al taglio residuo (°)	Permeabilità (m/s)	Dati aggiuntivi ...	Texture ...	Descrizione
1		1800.00	1950	0.06		22	20	Permeabile			Detrito
2		1900	2050	0.08		26	24	Impermeabile			Detrito lapideo
3		2250	2250			45	45	Impermeabile			Substrato

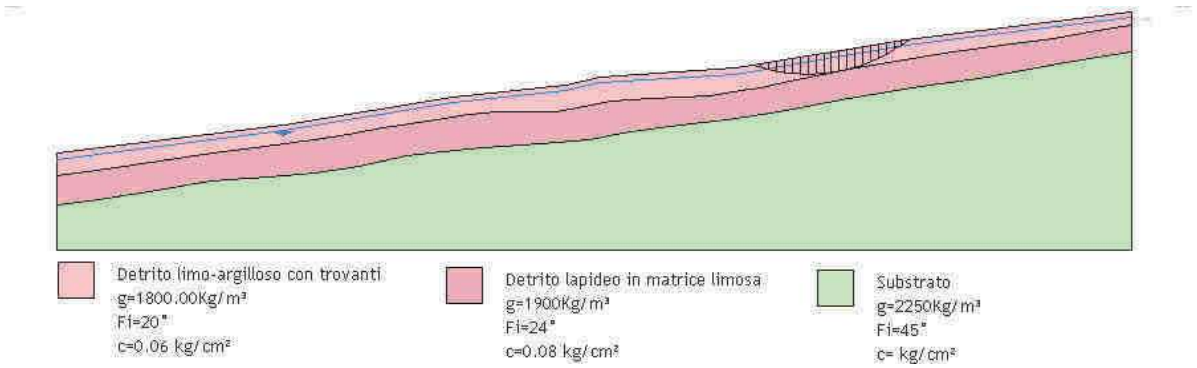
Modello geologico-geotecnico dell'area

7.6.1 Analisi di stabilità in condizioni pseudostatiche

Nelle analisi di stabilità del versante è stato utilizzato il software "slope" della società Geostru. Il metodo utilizzato è stato quello di Janbu. Per le verifiche di stabilità, a scopo cautelativo, sono stati utilizzati valori di angolo di attrito prudenziali (angolo d'attrito residuo). Per l'azione sismica è stato considerato un valore di ag di 0.099x1.8 (fattore di amplificazione massimo) = 0.178g, ed un coefficiente di amplificazione topografica di 1.0.

Cautelativamente è stata considerata la falda prossima al piano campagna.

In base alle verifiche realizzate, che, dato l'utilizzo dell'angolo di attrito residuo, sono state fatte in condizioni cautelative, il versante risulta in ottime condizioni di sicurezza. La superficie con il minor coefficiente di sicurezza (2.05) è stata individuata nella parte medio-alta del versante a maggior acclività.

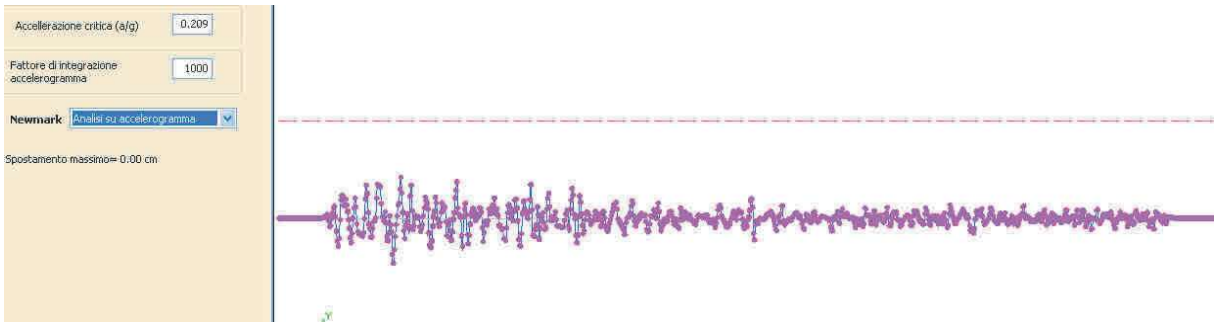


Verifica di stabilità del versante

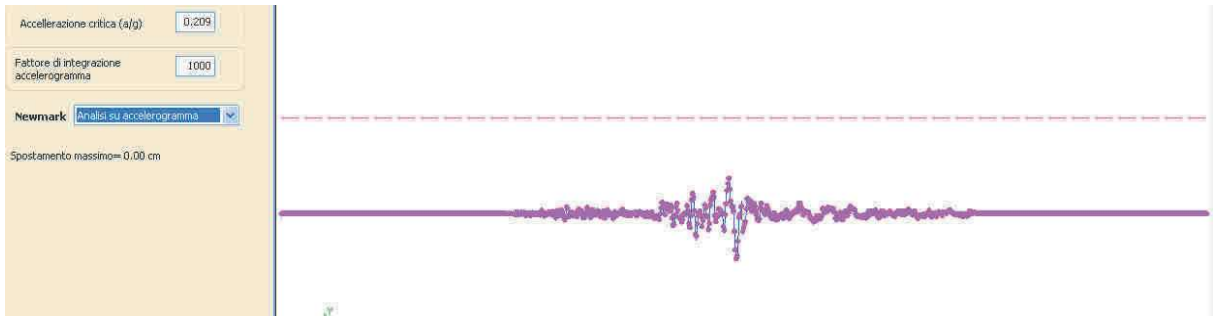
7.6.2 Analisi di stabilità dinamica (Metodo di NEWMARK)

Le verifiche in condizioni sismiche dinamiche (semplificate) sono state realizzate utilizzando come input gli accelerogrammi forniti dalla Regione Emilia-Romagna per il Comune di Pecorara.

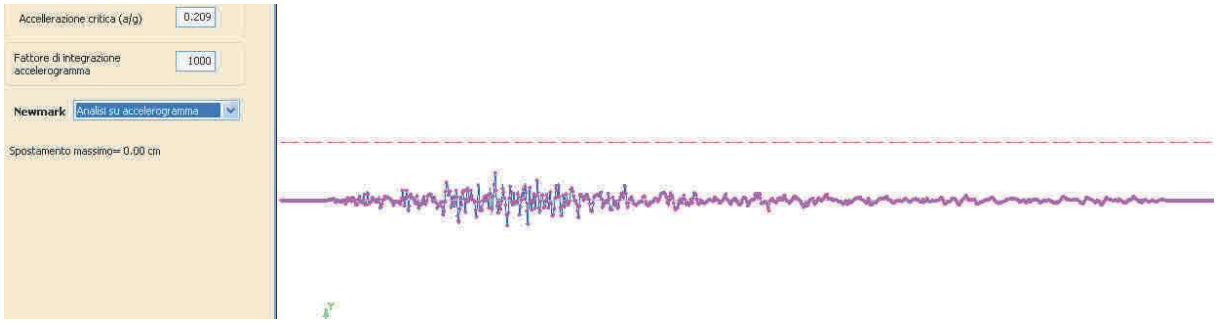
Le verifiche effettuate, con spostamenti nulli, confermano le condizioni di stabilità dell'area anche in condizioni sismiche dinamiche. Di seguito si riportano i risultati delle 3 analisi dinamiche relative ai 3 sismogrammi considerati; nei grafici il valore soglia dell'accelerazione in grado di produrre spostamenti è rappresentato dalla linea rossa tratteggiata.



Accelerogramma 000046xa_033031Pecorara.txt



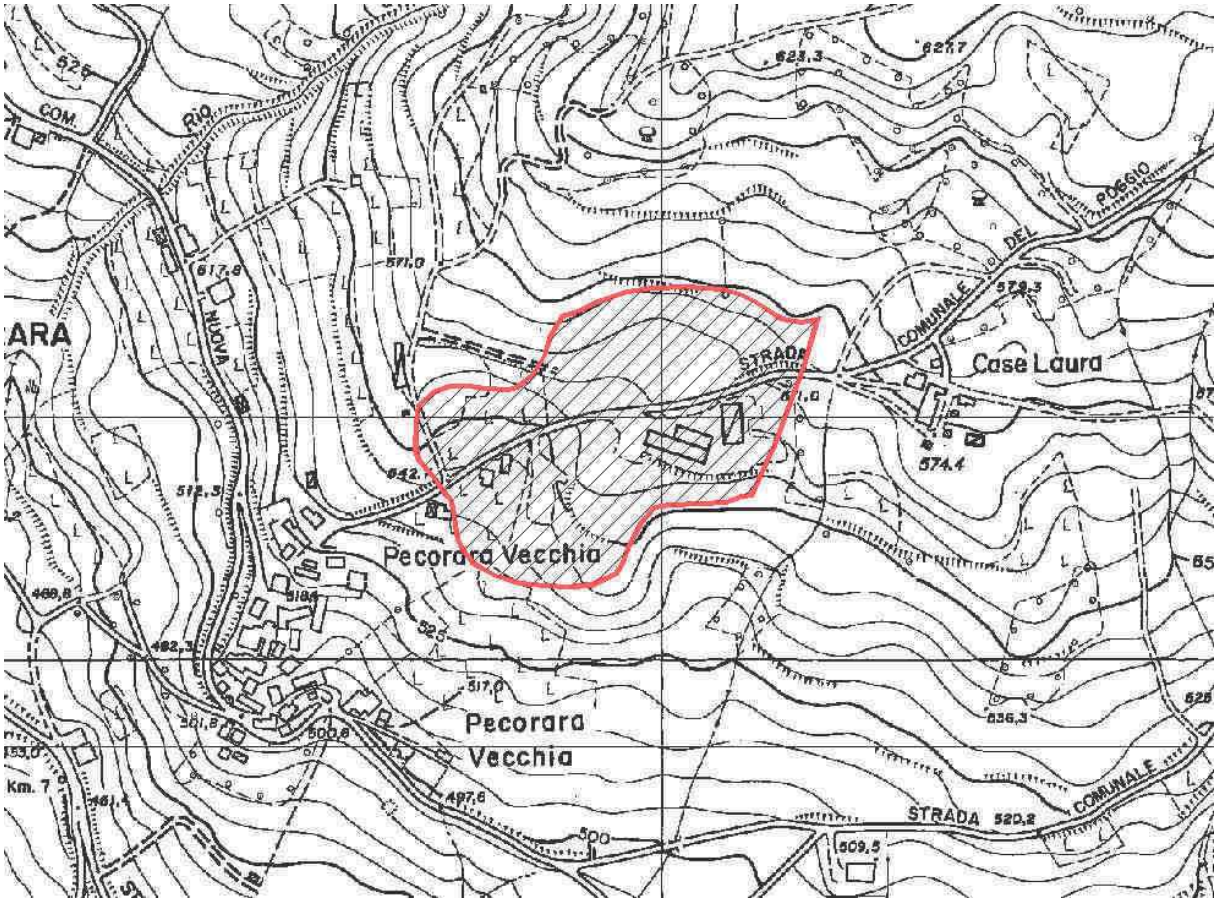
Accelerogramma 000126xa_033031Pecorara.txt



Accelerogramma 000354xa_033031Pecorara.txt

8. ZONIZZAZIONE DEL RISCHIO DEL CORPO DETRITICO

In questo caso, dato l'assetto geologico-geomorfologico dell'area piuttosto omogeneo, è stata attribuita una sola classe di rischio.



Zonizzazione del "rischio" geologico del corpo di paleofrana

L'intero corpo detritico appare in buone condizioni di stabilità e non sussistono condizioni, erosioni al piede, fessure di trazione ecc., che fanno pensare a possibili genesi di fenomeni gravitativi.

In base a queste considerazioni si è deciso di attribuire al corpo detritico un grado di rischio **moderato** (**classe 2**).

9. PRESCRIZIONI PER LE AREE IN DETRITO DI VERSANTE (DISSESTI POTENZIALI) IN CUI E' STATA EFFETTUATA LA VALUTAZIONE DEL RISCHIO

Classe 1 (rischio basso) – Fattibilità senza particolari limitazioni (R1):

Queste aree si ritengono utilizzabili ai fini edificatori senza particolari limitazioni all'urbanizzazione o alla modifica della destinazione d'uso; eventuali problematiche locali possono essere superate attraverso approfondimenti di indagine o accorgimenti tecnico-costruttivi. In particolare si dovrà subordinare l'autorizzazione ad accertamenti geognostici in particolare ai fini di:

- *evitare che fondazioni di una stessa costruzione vengano a poggiare in parte sulla zona di alterazione ed in parte sulla roccia in posto, o peggio ancora, su materiale di riporto;*
- *ridurre all'indispensabile eventuali sbancamenti e riporti adottando pendenze adeguate;*
- *drenare le acque eventualmente incontrate;*
- *adottare la tipologia di fondazione più idonea alla tipologia di substrato riscontrata.*

Classe 2 (rischio moderato) – Fattibilità con modeste limitazioni (R2):

Queste aree si ritengono utilizzabili ai fini urbanistici, anche se si sono appurate alcune condizioni limitanti all'edificabilità, che possono essere superate attraverso approfondimenti di indagine o accorgimenti tecnico-costruttivi; gli interventi edificatori sono comunque permessi, prevedendo se necessario eventuali accorgimenti costruttivi necessari o interventi di riduzione del rischio idrogeologico, quali:

- *sbancamenti e riporti ridotti al minimo;*
- *fondazioni rigide, spinte ad idonea profondità dall'attuale piano campagna;*
- *regolamentazione delle acque superficiali e sotterranee;*
- *sistemi di raccolta sistematica e l'allontanamento in tubazioni a perfetta tenuta delle acque piovane e di quelle di scarico dei futuri edifici;*
- *opportuni interventi di sostegno (ex gabbionate, muri con drenaggio e sistema di smaltimento acque ecc.) al fine di proteggere il piede di eventuali scarpate artificiali con pendenze superiori a 1/2.*

Per tali zone si dovrà comunque subordinare l'autorizzazione ad ulteriori e dettagliati accertamenti geologici e geognostici.

Classe 3 (rischio elevato) – Fattibilità con significative limitazioni (R3)

In questa classe si sono inserite le zone in cui la propensione al dissesto è più elevata, ed in cui le limitazioni alla modifica della destinazione d'uso appare più consistente.

Si dovrà dunque subordinare l'autorizzazione ad ulteriori e dettagliati accertamenti geologico-tecnici e geognostici, finalizzati a valutare quali siano le azioni atte a ridurre il rischio connesso all'intervento edificatorio

Si dovrà dunque prevedere quanto segue:

- *manutenzione delle eventuali opere di difesa esistenti;*
- *l'adozione di fondazioni rigide, spinte ad idonea profondità dall'attuale piano campagna;*
- *la raccolta sistematica e l'allontanamento in tubazioni a perfetta tenuta delle acque piovane e di quelle di scarico dei futuri edifici;*
- *regolamentazione delle acque superficiali e sotterranee, e se necessario comprendere tutta o buona parte della zona a monte, attraverso le opportune opere idrauliche (ex canali di scolo, drenaggi sotterranei ecc.);*
- *quanto necessario al fine di ridurre la pericolosità;*

Oltre a quanto consentito dalle norme del P.T.C.P. (e dal P.A.I) in merito alle frane attive e quiescenti, in questa classe sono ammessi solo ampiamenti delle costruzioni esistenti, con incrementi volumetrici non superiori a quanto consentito dalle N.T.A. del P.S.C comunale.

Classe 4 (rischio molto elevato) – Fattibilità con gravi limitazioni (R4):

In queste zone si intende consentito quanto permesso dal P.T.C.P (e dal P.A.I) per le frane quiescenti.

Nibbiano, 22/01/2016

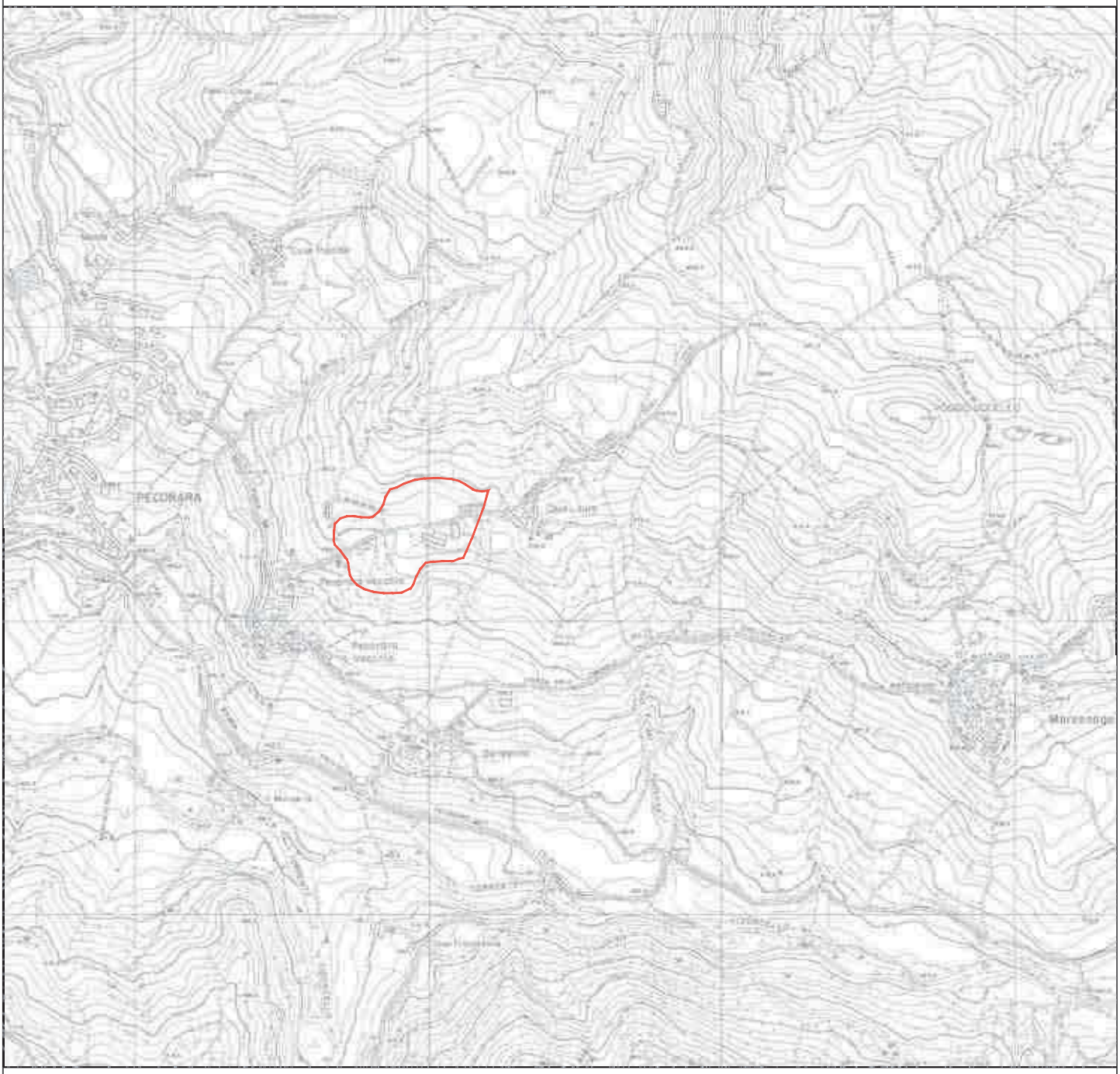
Dott. Adriano Baldini

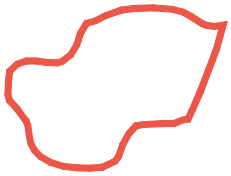
Dott. Alberto Lepori

ALLEGATI

INQUADRAMENTO TERRITORIALE

Scala 1:10000



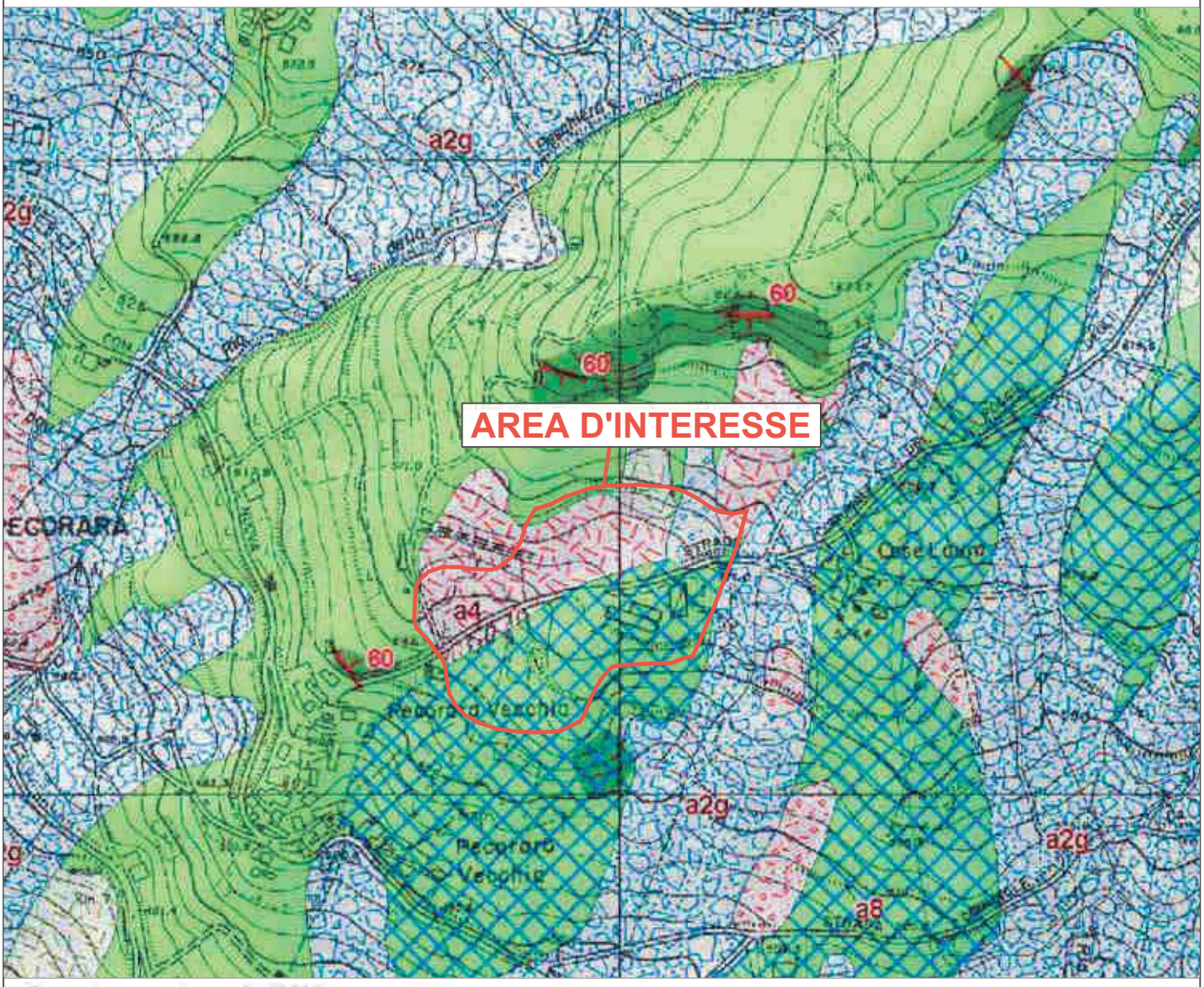


Area considerata

Fig. ***1***

ESTRATTO CARTA GEOLOGICA REGIONALE

Scala 1:5000



Coperture quaternarie (10K)

AES8a - Unità di Modena

a1b - Deposito di frana attiva per scivolamento

a1d - Deposito di frana attiva per colamento di fango

a1g - Deposito di frana attiva complessa

a2b - Deposito di frana quiescente per scivolamento

a2g - Deposito di frana quiescente

a3 - Deposito di versante s.l.

a4 - Deposito eluvio-colluviale

a8 - Deformazione Gravitativa Profonda di Versante (DGPV)

Unità geologiche (10K)

MCS - Flysch di Monte Cassio

SCB - Arenarie di Scabiazza

Area considerata

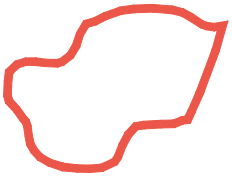
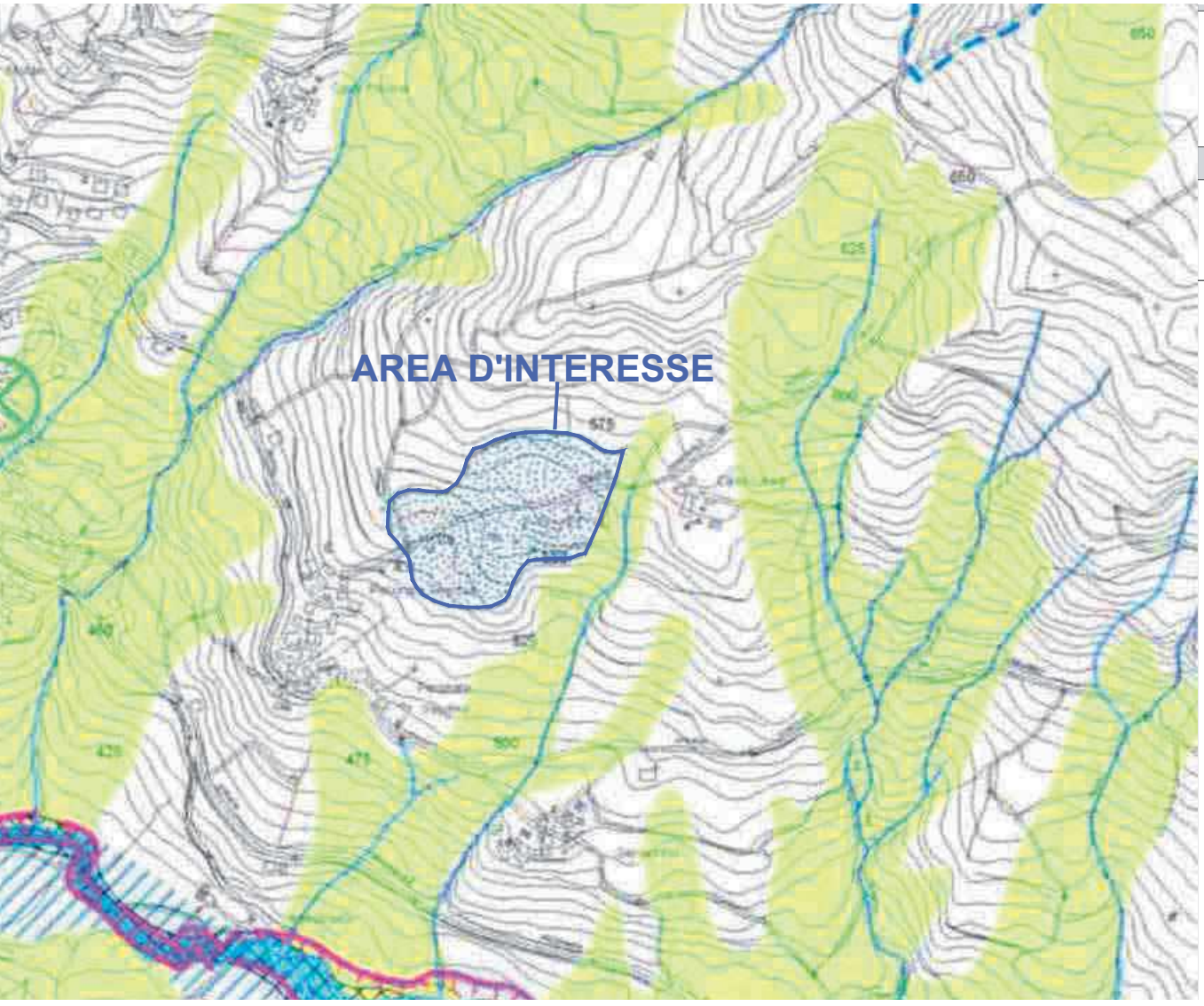


Fig.2



Studio geol
di un area localizzata
in loc. Pecor
"*Classificazione del ris*
potenziale - de

TI

CARTA DE
Estratt

Elementi morfologici

Area di frana attiva:

Area di frana quiescente:

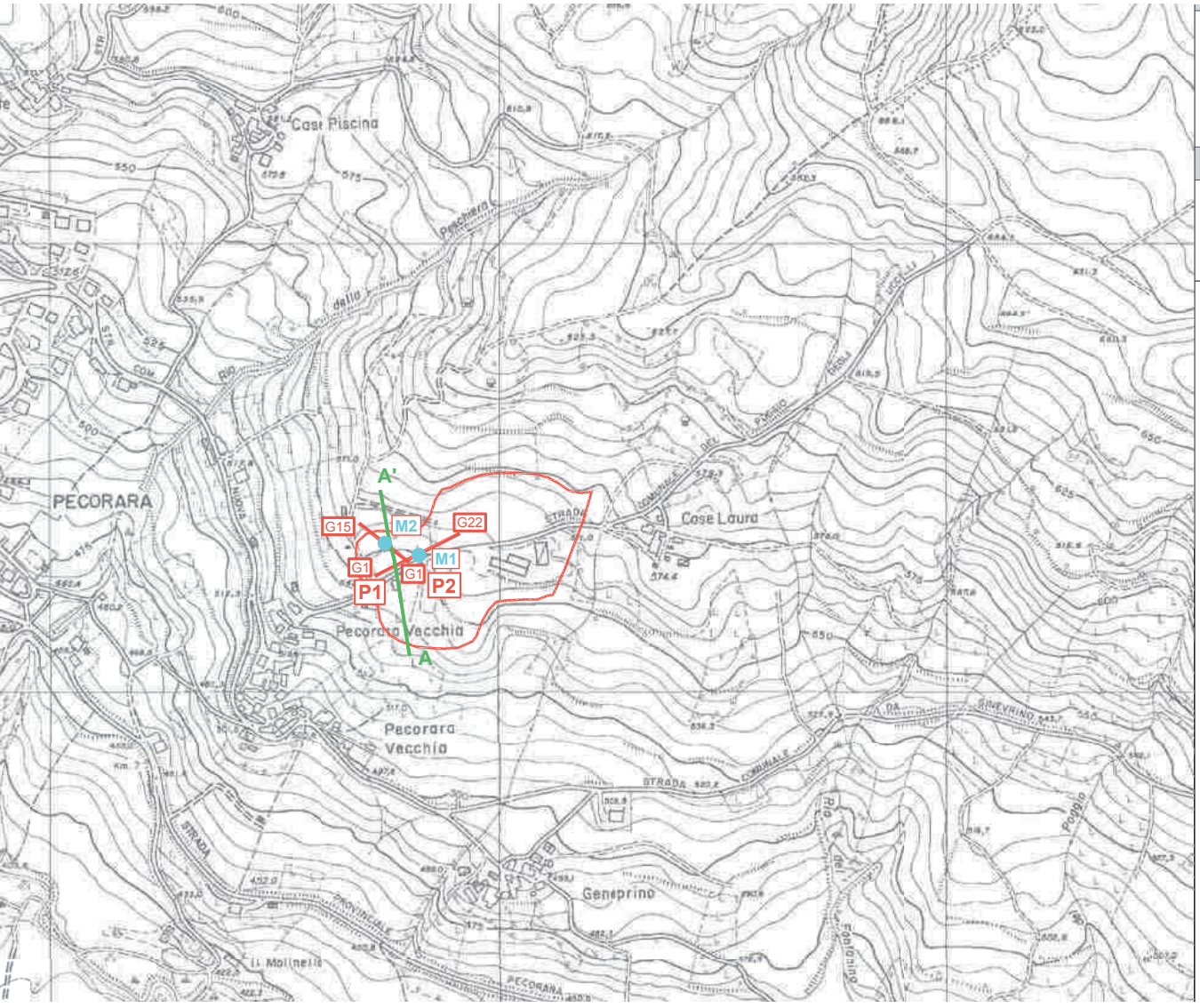
Area di frana stabilizzata o relitta

Depositi alluvionali attuali

Depositi alluvionali terrazzati

Deposito eluvio-colluviale

AREA



Studio geolo
di un area localizzata
in loc. Pecora
"*Classificazione del risc*
potenziale - dep

TI

PLANIMETRIA

INDAGINI SISMICHE

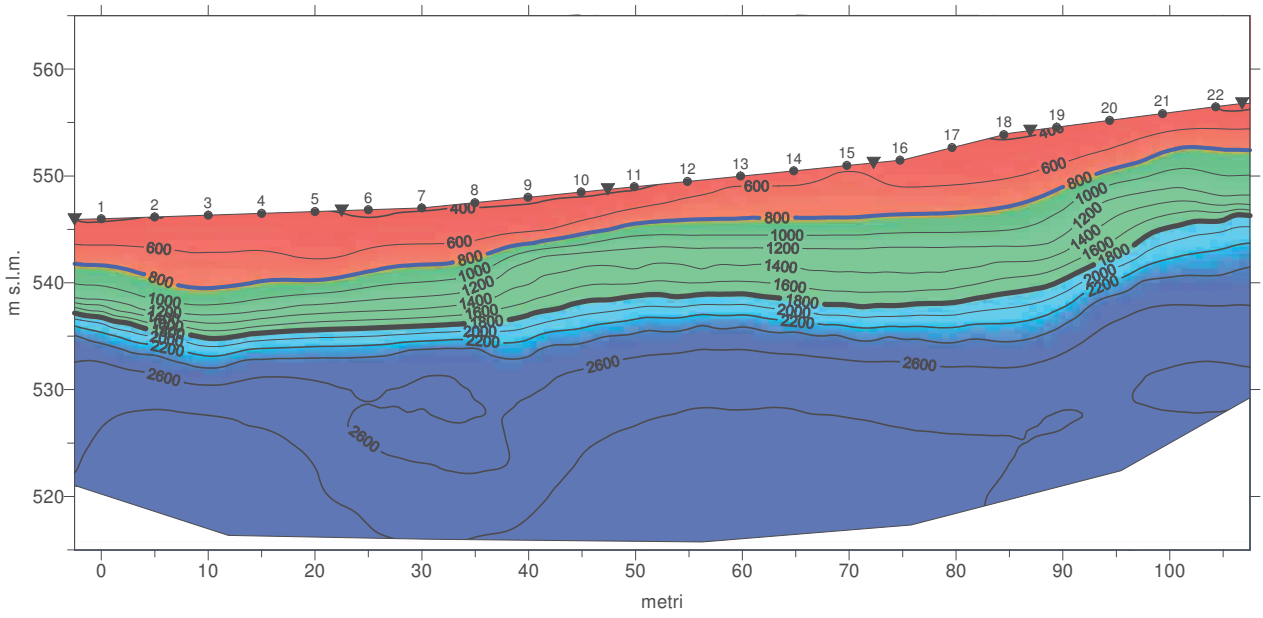
G1 **P1-P2** G22 — Tracc

M1-M2 — Prova

A' A — Tracc

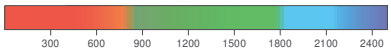
AREA DI

Loc. PECORARA - VECCHIA
TOMOGRAFIA SISMICA - P1



Scala 1:500

Velocità sismiche m/sec



Limite del materiale di copertura più allentato

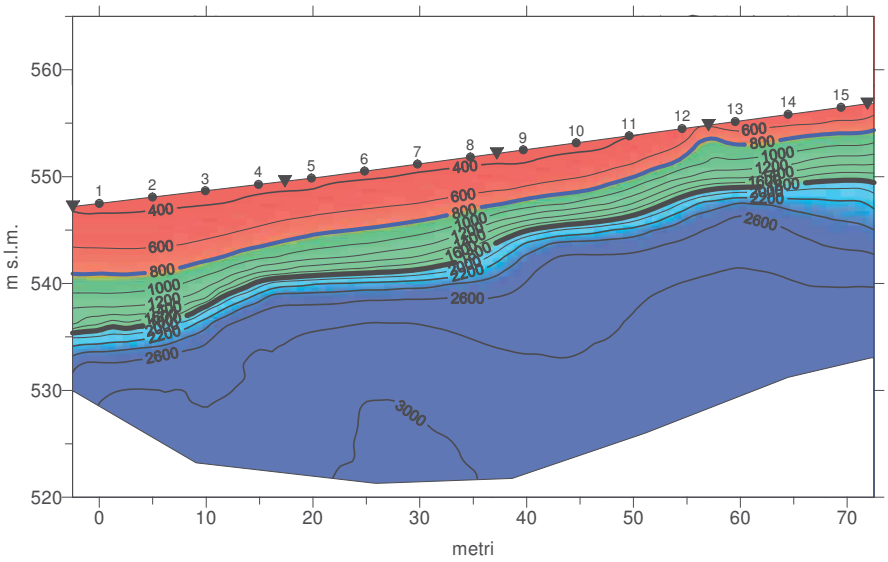
Passaggio al substrato più compatto

▼ Punti di energizzazione

● Punti di registrazione

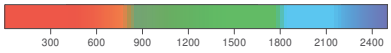
Fig.5a

Loc. PECORARA - VECCHIA
TOMOGRAFIA SISMICA - P2



Scala 1:500

Velocità sismiche m/sec



Limite del materiale di copertura più allentato

Passaggio al substrato più compatto

▼ Punti di energizzazione

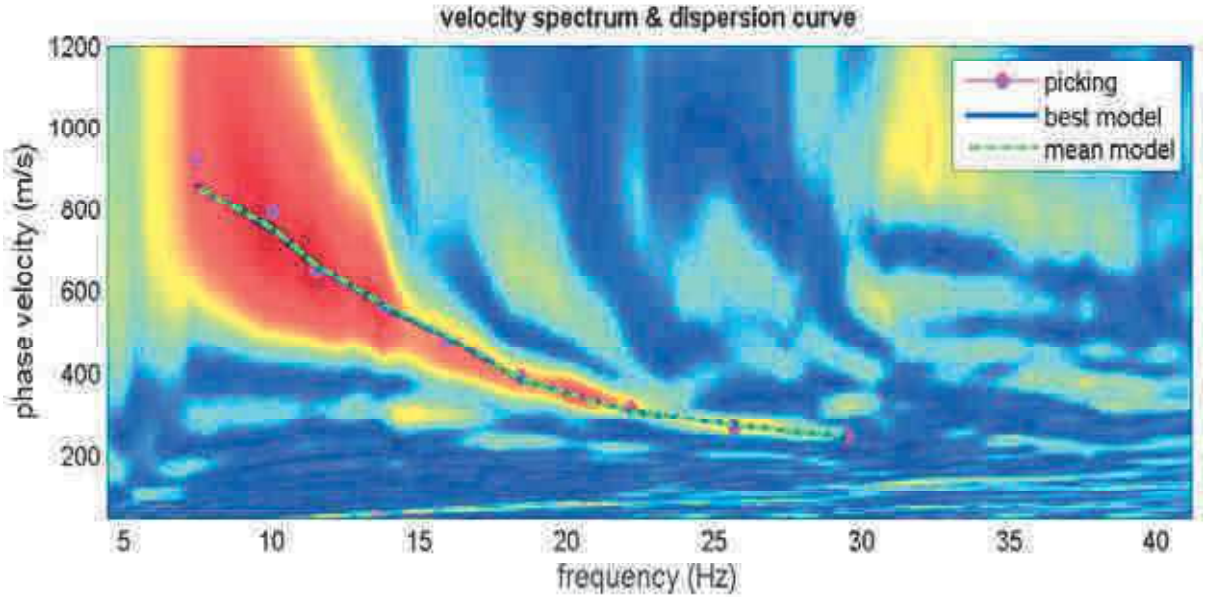
● Punti di registrazione

Fig.5b

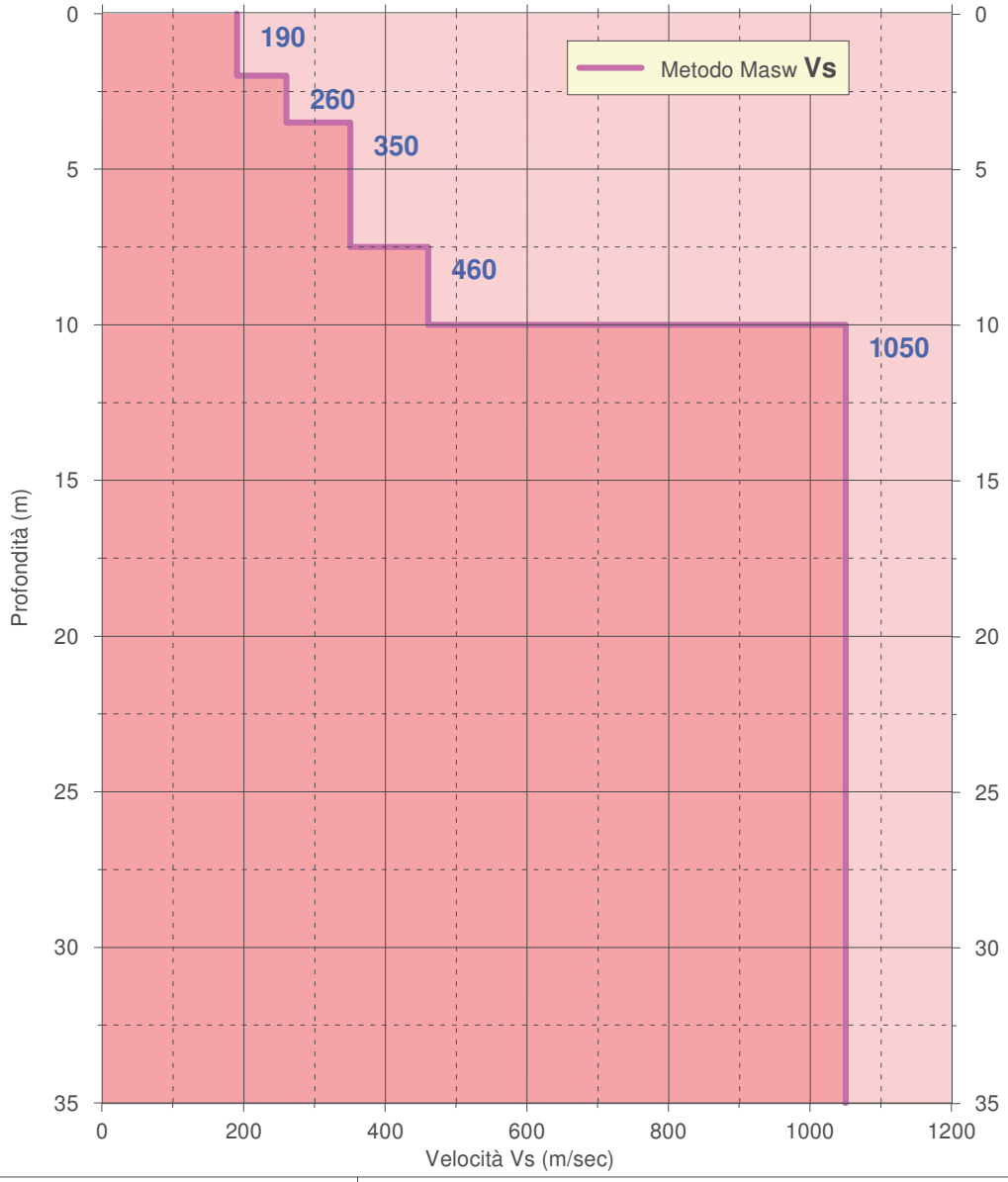
Loc. PECORARA VECCHIA
METODO MASW

M1

SPETTRO VELOCITA' DI FASE - FREQUENZA CON CURVA DISPERSIONE



PROFILO VELOCITÀ Vs



Vs30 dal p.c = 565

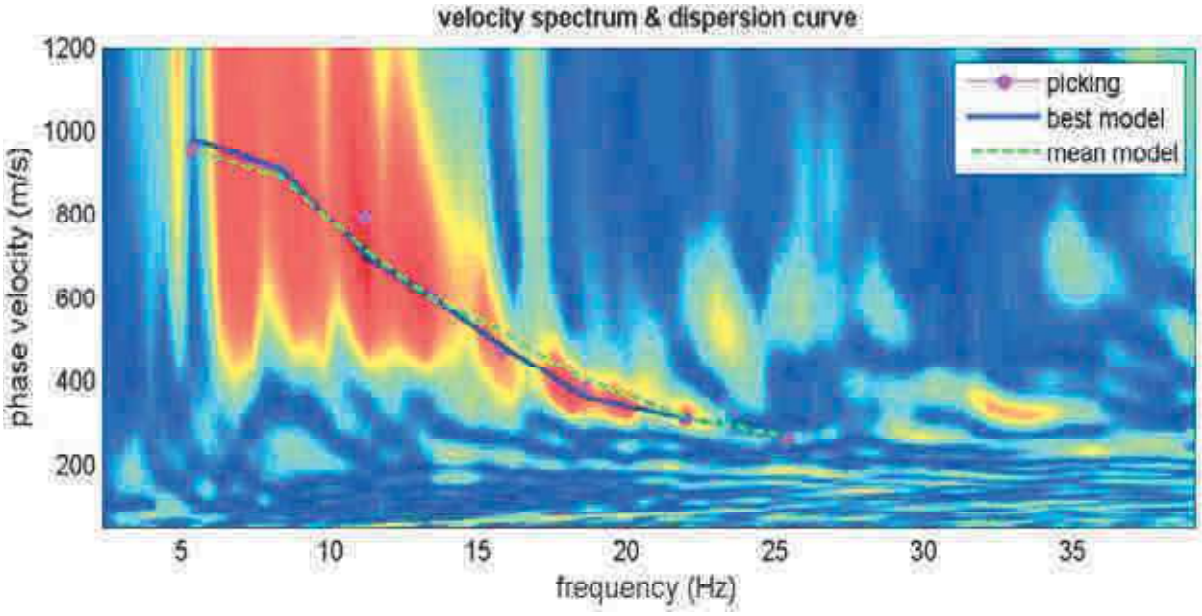
SUOLO DI FONDAZIONE TIPO "E"

Fig.6a

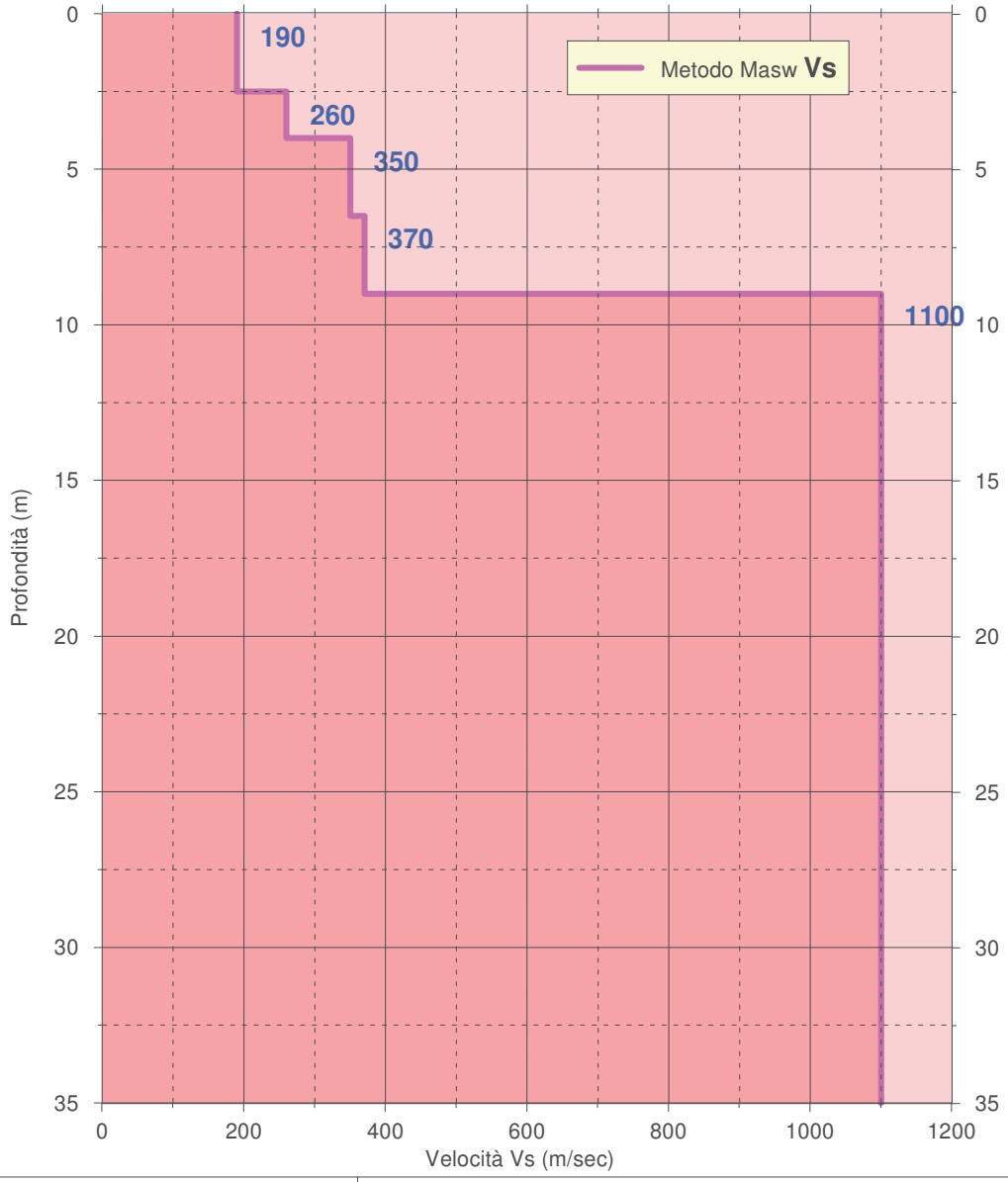
Loc. PECORARA VECCHIA
METODO MASW

M2

SPETTRO VELOCITA' DI FASE - FREQUENZA CON CURVA DISPERSIONE



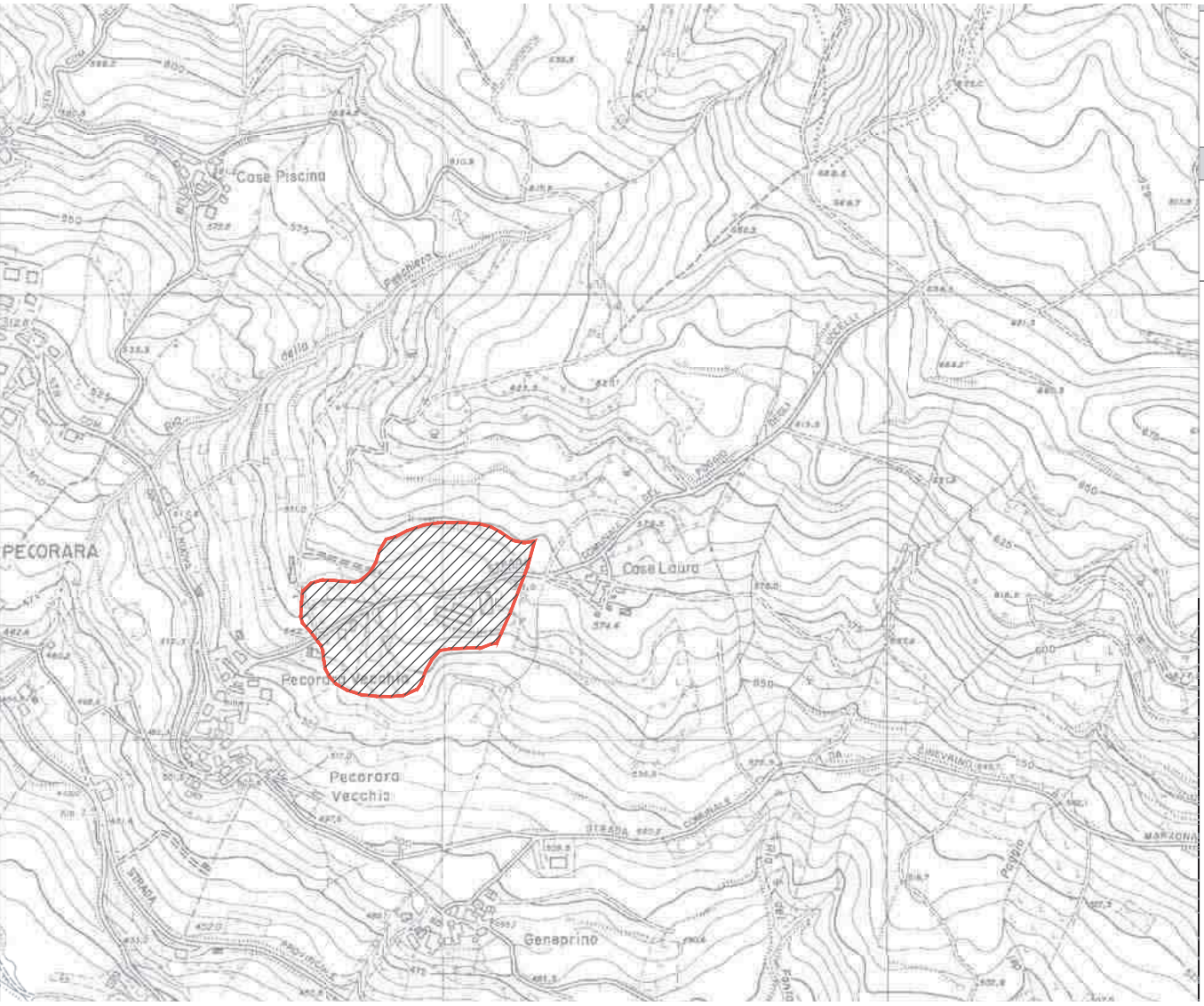
PROFILO VELOCITÀ Vs



Vs30 dal p.c = 570

SUOLO DI FONDAZIONE TIPO "E"

Fig.6b



Studio geol
di un area localizzata
in loc. Pecor
"*Classificazione del ris*
potenziale - de

TI

CARTA DEL "RIS

CLASSI DI RISCHIO

Classe 2 - Rischio

AREA DI S

12 Frana quiescente in loc. Casa Colombara

Geotest S.r.l. Servizi Geologici-Geotecnici-Geofisici
Via E. Fermi, 113 - 29010 Trevozzo V.T. (PC) Tel.: 348 5107363
Capitale Soc. Int. Versato .: 10.000 euro - P. iva: 01467560338

Comune di Pecorara (PC)

Oggetto: Relazione geologico-sismica preliminare finalizzata alla valutazione e zonizzazione del "Rischio Geologico" di un'area ricadente in frana quiescente ed ubicata in Loc. Casa Colombara di Pecorara.

Committente: Azienda. Agricola
Manfredi Giovanni e Luigi ed Evaristi Loredana s.s.
Loc. Colombara
29010 Pecorara (PC)

Geotest s.r.l.

Dott. Geologo Adriano Baldini

Trevozzo V.T. 15/02/2016

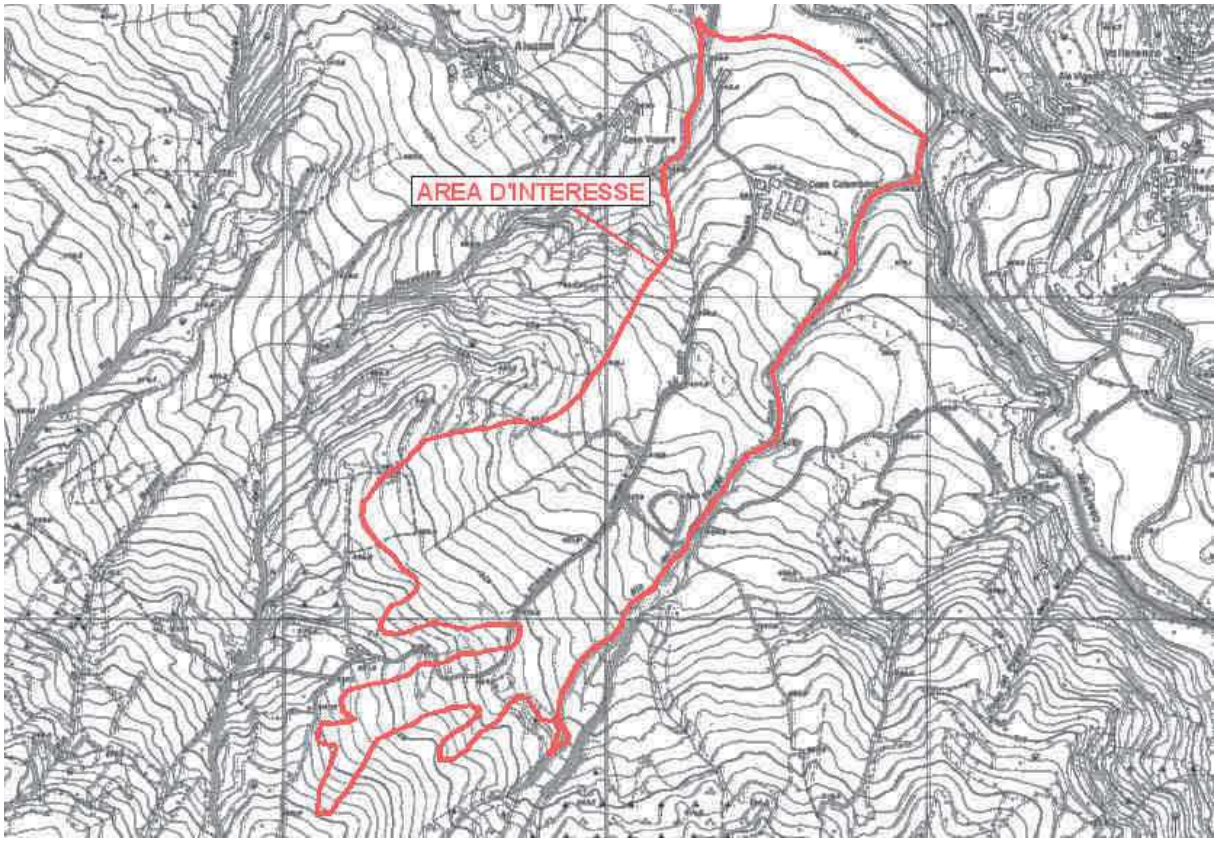
Sommario

1. PREMESSA 2
2. INDAGINI ESEGUITE 4
3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO-GEOMORFOLOGICO 5
3.1 CARATTERISTICHE GEOLOGICHE 5
3.2 CARATTERISTICHE GEOMORFOLOGICHE 6
4. INQUADRAMENTO IDROLOGICO E IDROGEOLOGICO 9
5. INDAGINI GEOGNOSTICHE 10
5.1 SISMICA A RIFRAZIONE 10
5.1.1 Cenni metodologici 10
5.1.2 Modalità esecutive 11
5.1.3 Strumentazione utilizzata 11
5.1.4 Elaborazione 12
5.1.5 Analisi dei risultati 13
5.2 PROVE PER LA DETERMINAZIONE DEL PROFILO DI VELOCITA' DELLE ONDE SISMICHE "S" 14
5.2.1 Cenni metodologici 14
5.2.2 Modalità esecutive 14
5.2.3 Commento dei risultati 15
5.3 MISURA DEI RAPPORTI SPETTRALI HVSR – (IPOTESI DI NAKAMURA) 15
5.3.1 Cenni Metodologici 15
5.3.2 Strumentazione utilizzata e modalita' di acquisizione 17
5.3.3 Elaborazione ed analisi dei dati 17
6. MODELLO GEOLOGICO DELL'AREA 19
7. VALUTAZIONE DELLA PERICOLOSITA' SISMICA DELL'AREA (delibera del 2 Maggio 2007, n.112, in materia antisismica e successive integrazioni) 19
7.1 OBIETTIVI DELLA DELIBERA 19
7.2 LIVELLI DI APPROFONDIMENTO 20
7.3 CARATTERI SISMICI DELL'AREA 21
7.4 VALUTAZIONE DEL FATTORE DI AMPLIFICAZIONE DEL SITO INTERESSE-ANALISI 2° LIVELLO 24
7.5 SPETTRO DI RISPOSTA (IN PGA) DELL'AREA 25
7.6.1 Analisi di stabilità in condizioni pseudostatiche 26
7.6.2 Analisi di stabilità dinamica (Metodo di NEWMARK) 27
8. ZONIZZAZIONE DEL RISCHIO DEL CORPO DI FRANA QUIESCENTE-DEPOSITO DI VERSANTE 28
9. PRESCRIZIONI PER LE AREE IN FRANA QUIESCENTE - DEPOSITO DI VERSANTE IN CUI E' STATA EFFETTUATA LA VALUTAZIONE DEL RISCHIO 29

1. PREMESSA

Nel Febbraio 2016, è stata realizzata un'indagine geologico-sismica, nell'intorno di un'area sita in loc. Casa Colombara nel Comune di Pecorara.

Nel dettaglio l'area è localizzata sul versante orografico sinistro T. Tidoncello, all'altezza dell'abitato di Vallerenzo, circa 2,0 Km ad Ovest da Pecorara.

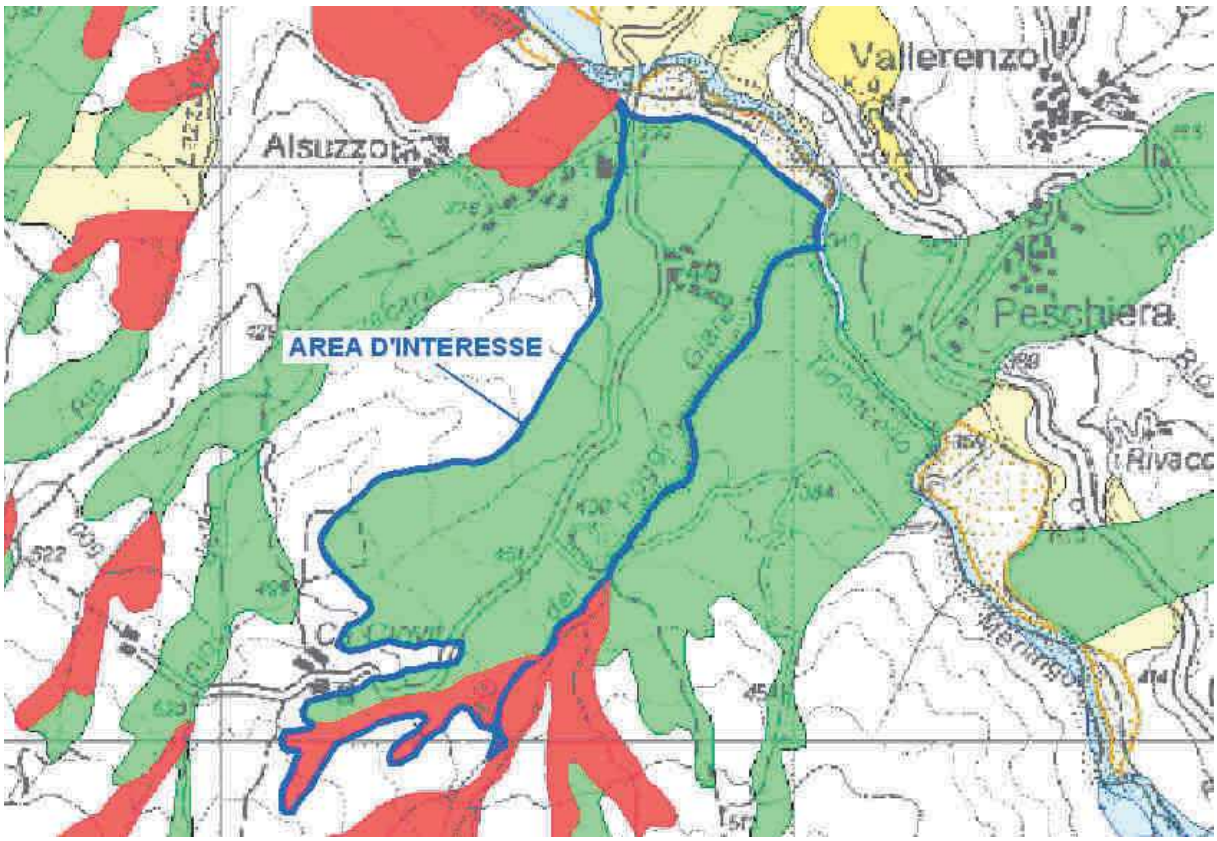


Inquadramento territoriale da CTR

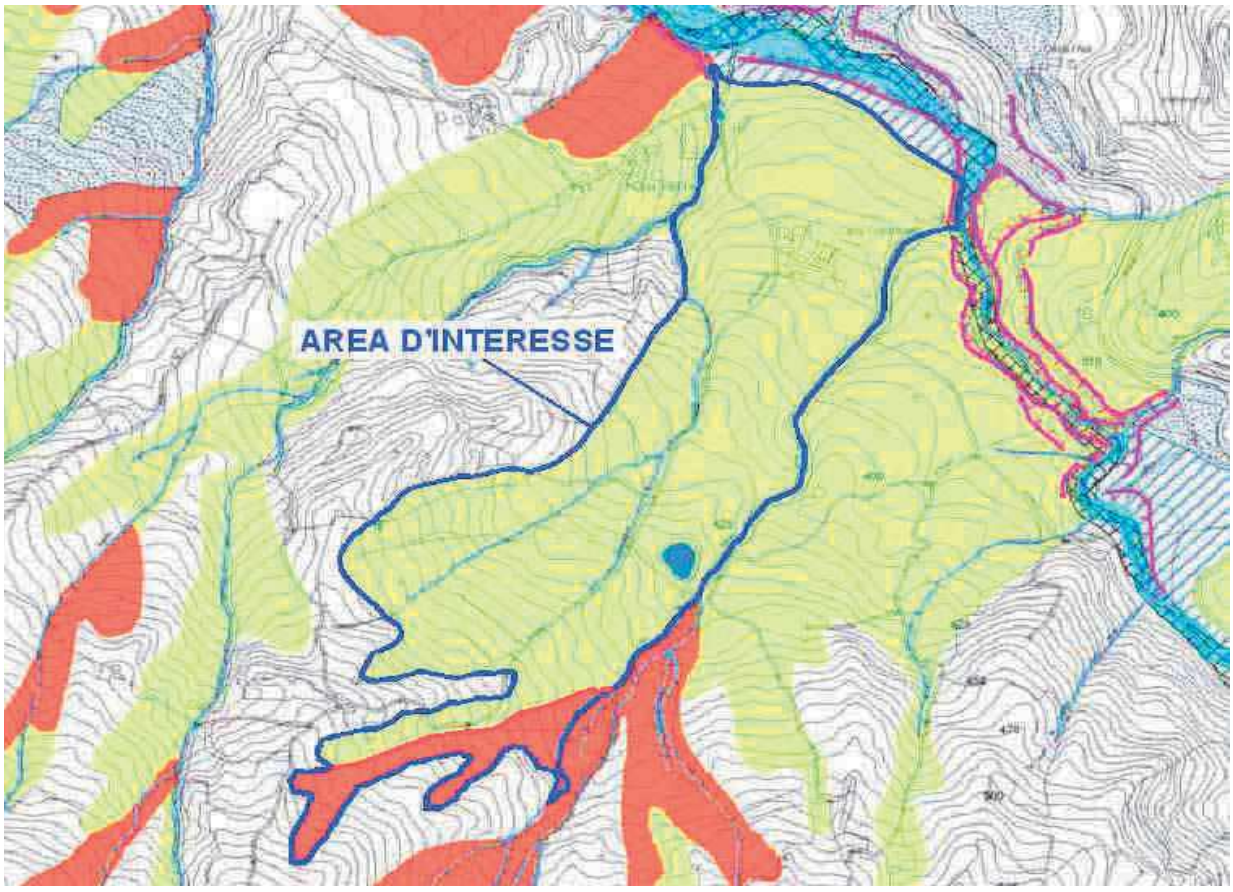
Nella carta del dissesto del PTCP della provincia di Piacenza e nella "Carta del Dissesto Comunale" allegata al PSC (in questo caso coincidenti), l'area d'interesse è classificata come frana quiescente. Le norme del PTCP, consentono (compatibilmente con il grado di "rischio" accertato mediante opportuni approfondimenti geologici), di realizzare interventi edilizi (ampliamenti, nuove costruzioni ecc.), altrimenti non consentiti in tali aree.

L'indagine ha avuto i seguenti obiettivi:

- Ricostruire l'assetto geologico-sismico del versante su cui insiste l'area d'interesse;
- Valutare le condizioni di stabilità complessiva del versante;
- Suddividere il corpo detritico in classi di rischio in base alla "pericolosità" geologica.



Carta del dissesto allegata al PTCP



Carta del dissesto allegata al PSC

2. INDAGINI ESEGUITE

L'approfondimento realizzato, come previsto dalla normativa, non ha riguardato solo l'area d'interesse della Committenza, ma è stato esteso a tutto il corpo detritico considerato influente ai fini della stabilità complessiva dell'area.

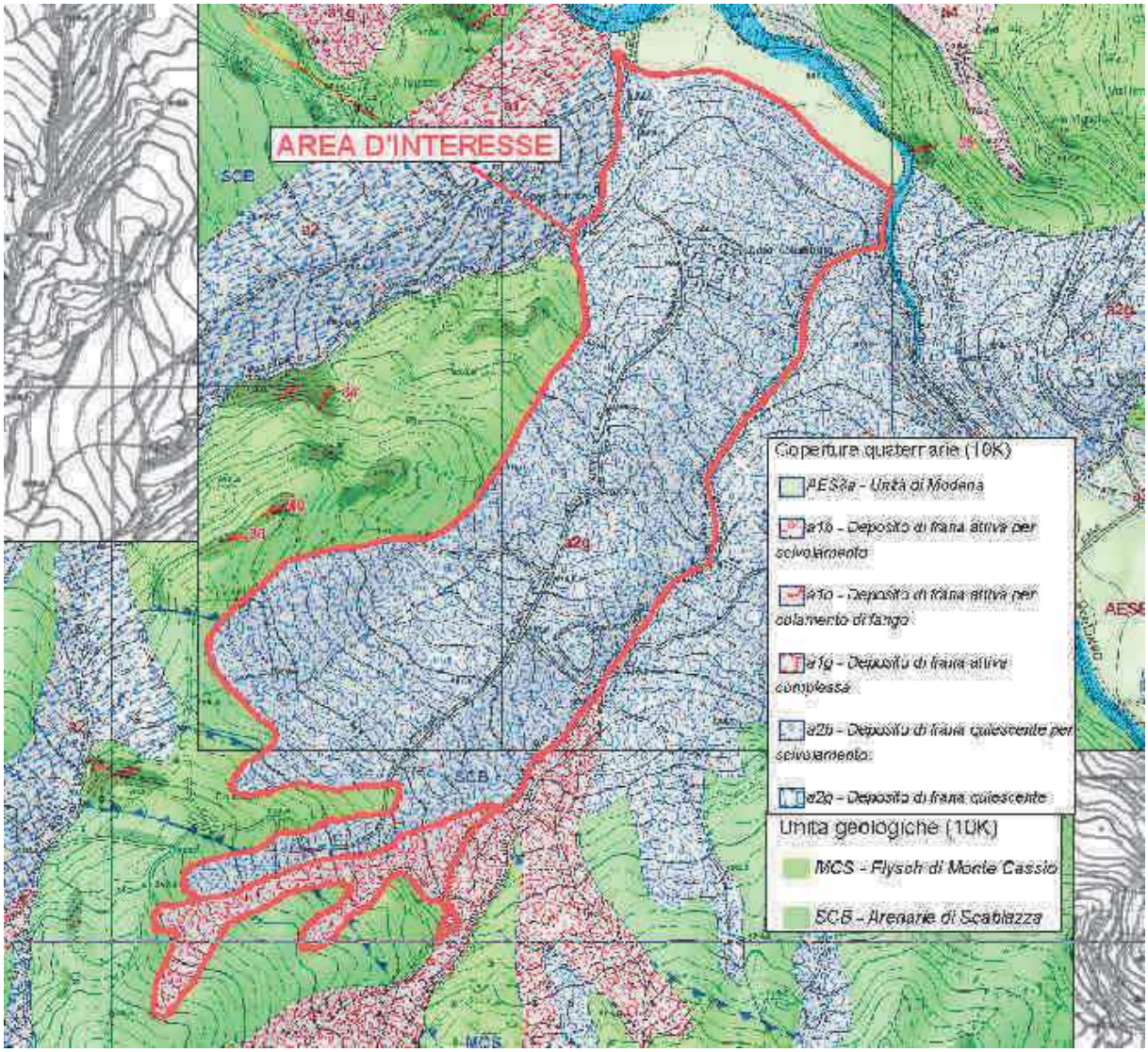
L'indagine geologico-sismica, conforme a quanto previsto dalla delibera del 2 Maggio 2007, n.112 (e successive integrazioni), in materia antisismica, ha compreso le seguenti fasi di studio:

- Raccolta ed analisi della documentazione esistente;
- Rilevamento geologico-geomorfologico di dettaglio di tutto il corpo di frana;
- Esecuzione di 2 profili sismo-tomografici, per la valutazione dello spessore e del grado di addensamento sia del materiale di copertura che del substrato geologico;
- Registrazione di 2 profili sismici con tecnica "MASW", per la determinazione del profilo di velocità delle onde "S" e della categoria del suolo di fondazione del sito in base all'attuale normativa antisismica;
- Realizzazione di 2 prove HVSR (Microtremori tipo Nakamura), per la stima della frequenza di vibrazione caratteristica del sito;
- Analisi del "secondo livello" con valutazione del fattore di amplificazione del sito ed identificazione dei possibili effetti di sito;
- Analisi del "terzo livello" con valutazione della stabilità dell'area in condizione sismiche dinamiche (metodo di "Newmark");
- Valutazioni sulla stabilità geomorfologica dell'area e zonizzazione del corpo di frana quiescente in classi di "Rischio".

3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO-GEOMORFOLOGICO

3.1 CARATTERISTICHE GEOLOGICHE

Come documento di base per l'inquadramento geologico dell'area, è stata utilizzata la "Carta Geologica dell'Appennino Emiliano-Romagnolo" della regione Emilia Romagna alla scala 1:10000.



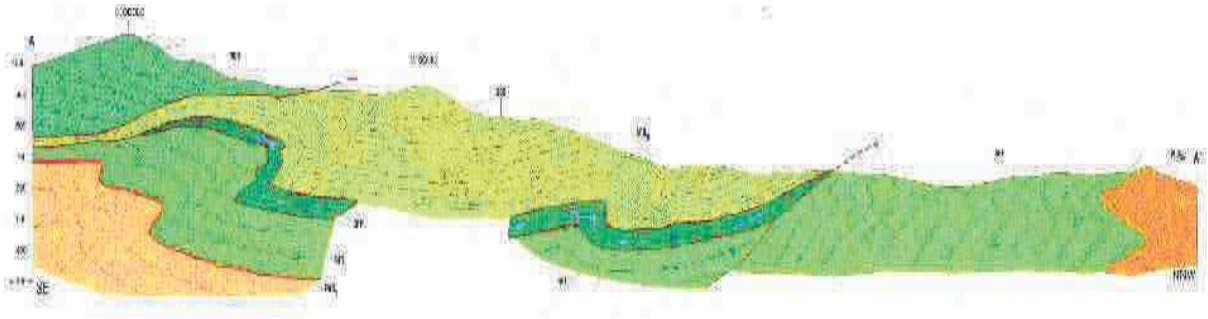
Estratto della Carta Geologica Regionale

Nell'area di studio sono presenti le seguenti "Formazioni geologiche":

- ***"Arenarie di Scabiazza":*** *è costituita in prevalenza da strati medi e spessi di arenarie medio-fini e siltiti e peliti marnose. Locali intercalazioni di marne calcaree grigie in stati molto spessi.*
- ***"Flysch di Monte Cassio":*** *marne calcaree, calcari marnosi e marne grigie in strati prevalentemente spessi o molto spessi passanti a marne argillose scagliose.*

- ***"Argille a Palombini":*** *complesso eterogeneo costituito da argilliti nere con intercalazioni di calcilutitigrigie e verdastre. Il complesso include brecce poligeniche matrice-sostenute e/o clasto-sostenute; localmente sono presenti anche olistoliti ofiolitici e di calcari a Calpionelle anche di notevoli dimensioni (pluridecametriche).*

Dal punto di vista geologico, la caratteristica principale dell'area è costituita da sovrascorrimenti che hanno portato la formazione più antica, rappresentata dal Flysch di Monte Cassio nella parte sommitale del locale edificio tettonico. In generale i ltotipi, per l'intensa tettonizzazione subita, si presentano intensamente fratturati.



Sezione Geologica tipica dell'unità di Monte Cassio

3.2 CARATTERI STI CHE GEOMORFOLOGI CHE

Il corpo detritico presenta una lunghezza massima di circa 1500 metri e si estende, a valle, fino a ridosso del T. Tidoncello. La larghezza media è di 250-300 metri.

Il Torrente, in corrispondenza del corpo detritico, mostra un tipico "spanciamento", verso Nord, testimonianza della spinta esercitata in passato dal corpo detritico.

In base sia criteri geologico-geomorfologici, che all'ubicazione dell'area di proprietà della committenza (Casa Colombara), si è deciso di circoscrivere l'area d'indagine al settore delimitato ad Est dal rio del Poggio e ad Ovest dalla dorsale in cui il substrato roccioso è sub-affiorante.

Si è ritenuto che anche un'eventuale evoluzione dei fenomeni gravitativi cartografati all'esterno dell'area considerata, non avrebbe ricadute con l'area di specifico interesse e soggetta alla valutazione del rischio geologico.

In linea di massima, il corpo di paleofrana si può suddividere in tre settori, aventi caratteristiche geologico-geomorfologiche ben differenziate.

Il settore Sud, che ha un'estensione verso valle di circa 500 metri, si presenta come un'ampia conca e costituisce l'antica nicchia di distacco del movimento franoso.

Il settore centrale, leggermente più stretto del resto del corpo detritico, e con una morfologia fortemente ondulata, caratterizzata da un susseguirsi di dossi ed avvallamenti. Tale settore, dal punto di vista geomorfologico, rappresenta la vecchia zona di scorrimento della frana.



Panoramica del settore intermedio caratterizzato da marcate ondulazioni del terreno.

Il settore Nord, sui cui sorge il nucleo abitato di Casa Colombara, costituisce la zona di accumulo della paleofrana. Il corpo detritico non arriva proprio a ridosso del T. Tidoncello, ma è separato da esso da un lembo di terrazzo alluvionale. Questa circostanza fa sì che l'accumulo non sia potenzialmente destabilizzato dall'erosione al piede che potrebbe esercitare il torrente.

In tale settore, la morfologia dell'area complessivamente a debole acclività, si presenta regolare senza ondulazioni che viceversa indicherebbero fenomeni gravitativi in atto e/o recenti.



Panoramica della zona di accumulo della paleofrana, in alto a destra si scorge il nucleo abitato di Casa Colombara.



Dettaglio del piede della paleofrana, si può notare che il corpo detritico è separato dal T. Tidoncello da un terrazzo alluvionale.

4. INQUADRAMENTO IDROLOGICO E IDROGEOLOGICO

Nella parte alta del versante, la morfologia che descrive un ampio impluvio, è potenzialmente favorevole all'infiltrazione delle acque meteoriche nel sottosuolo. Anche il settore centrale con numerosi avvallamenti e/o contropendenze potrebbe favorire tale fenomeno. Più a valle, nella zona di accumulo, la morfologia dossiforme favorisce il regolare deflusso delle acque superficiali.

Tuttavia, il drenaggio delle acque superficiali, assicurato dai canali di scolo legati alle pratiche agricole, è in linea generale piuttosto efficiente. I recapiti delle acque meteoriche sono rappresentati ad Est dal rio dal Poggio e ad Ovest dal rio Ciovit, che confluiscono a valle nel T.Tidoncello. Si tratta di corsi d'acqua, ad eccezione del T. Tidoncello, con deflusso molto modesto, significativo solo in concomitanza di periodi piovosi.

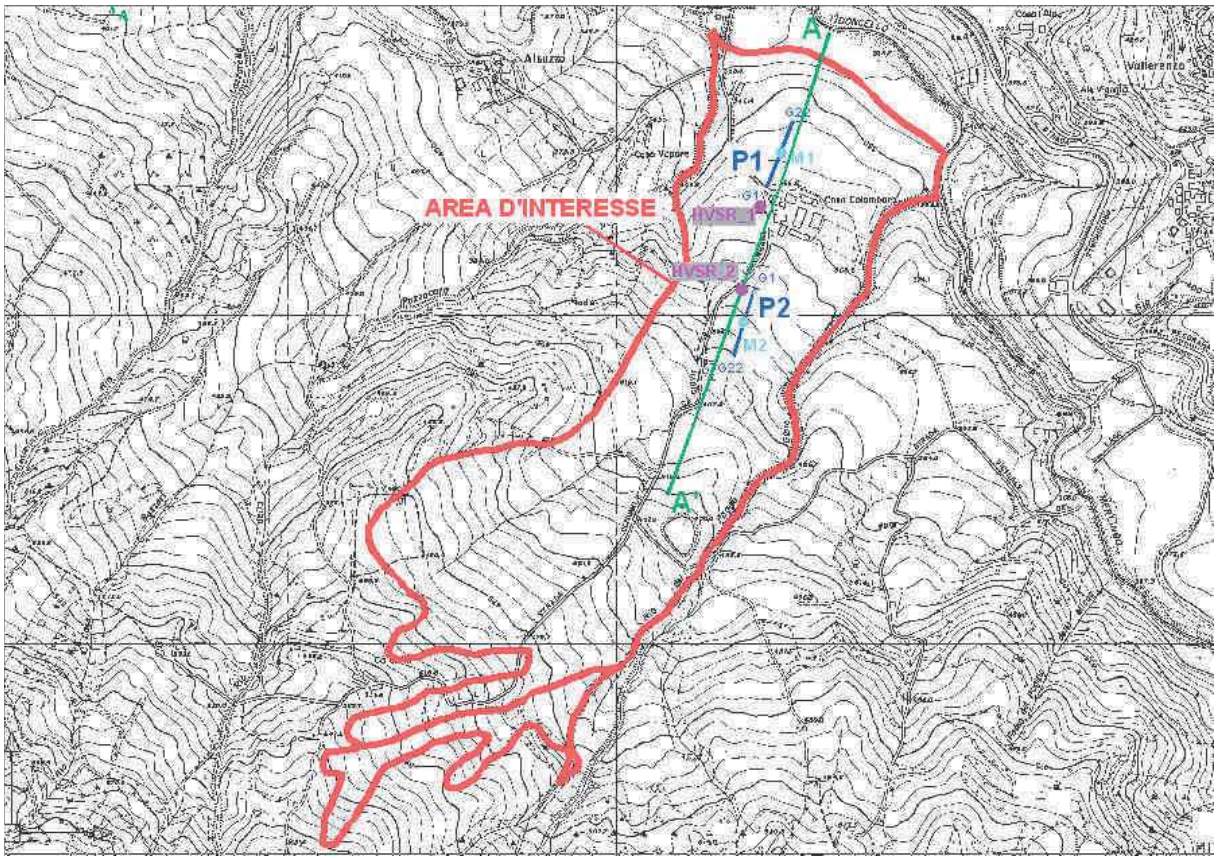
Sotto l'aspetto idrogeologico si possono sinteticamente ipotizzare due tipi di circolazione idrica:

- Una profonda, di maggiore entità, che interessa l'ammasso roccioso soprattutto ove la fratturazione risulta più intensa;
- L'altra di minore entità, ma rilevante per la stabilità, si può formare all'interno della copertura eluvio-colluviale più allentata (spessore 3-5 m), nei periodi particolarmente piovosi.

Proprio per minimizzare i rischi connessi alla presenza di orizzonti acquiferi nella coltre detritica superficiale, sono stati realizzati, nel settore intermedio e di monte del versante, alcuni drenaggi.

5. INDAGINI GEOGNOSTICHE

Come già accennato, sono stati realizzati 2 profili sismo-tomografici, 2 prove "Masw" e 2 prove HVSR (Microtremori tipo Nakamura).



Planimetria indagini geognostiche

5.1 SISMICA A RIFRAZIONE

5.1.1 Cenni metodologici

La prospezione sismica rappresenta una tecnica di prospezione geofisica che consente, attraverso l'acquisizione e l'elaborazione di dati, la costruzione d'immagini bidimensionali (o tridimensionali) della variazione della velocità sismica. Con questa tecnica si riesce ad avere, pertanto, una visione seppur qualitativa della stratigrafia del terreno investigato, in termini di variazioni di "densità" dello stesso, essendo questo parametro direttamente legato alla velocità sismica. La tecnica di prospezione, consiste nella misura dei tempi impiegati dalle onde sismiche longitudinali (onde P) per percorrere un tragitto rettilineo tra una serie di punti d'energizzazione (sorgente sismica) e una serie di punti di ricezione (geofoni). Il confronto matematico tra i vari tempi permette di suddividere lo spazio compreso tra le due serie di punti in porzioni, o "celle elementari" (quadrate per le sezioni bidimensionali come quelle in esame, o cubiche per sezioni tridimensionali) caratterizzate ognuna da un proprio valore di velocità sismica.

5.1.2 Modalità esecutive

I profili sono costituiti da allineamenti di 22 geofoni spaziati di 5 metri. In punti predefiniti dei profili, sono stati creati artificialmente degli impulsi elastici mediante l'utilizzo di una massa battente; l'energizzazione è avvenuta in 7 punti disposti simmetricamente allo stendimento e precisamente nelle seguenti posizioni:

- 2 punti esterni al profilo
- 2 punti agli estremi del profilo
- 3/4 lungo il profilo.

La registrazione dei sismogrammi è stata effettuata mediante un sismografo Geode della Geometrics a 24 canali ad elevata dinamica (24 bit).

5.1.3 Strumentazione utilizzata

Il "Geode" è un sismografo modulare a 24 bit che rappresenta l'ultima frontiera dei sistemi di registrazione sismica combinando il meglio dei tradizionali sismografi Geometrics con la flessibilità di un sistema distribuito. Geode è un sismografo ad elevata dinamica (144 dB di range dinamico totale – 105 dB istantanei a 2 msec di campionamento). Grazie all'ampia banda d'ingresso (1.75 Hz – 20 kHz, con velocità di campionamento da 0.02 msec a 16 msec), esso è perfettamente idoneo per un'ampia gamma di applicazioni: sismica a rifrazione, sismica a riflessione (anche ad altissima risoluzione), monitoraggio di vibrazioni, applicazioni sismologiche, downhole e VSP. In acquisizione sono disponibili tutte le funzioni di filtri, pre-amplificazione, line-test e instrument-test, tipiche dei sistemi di registrazioni evoluti.



Sismografo "Geode"

L'atrezzatura utilizzata è composta da:

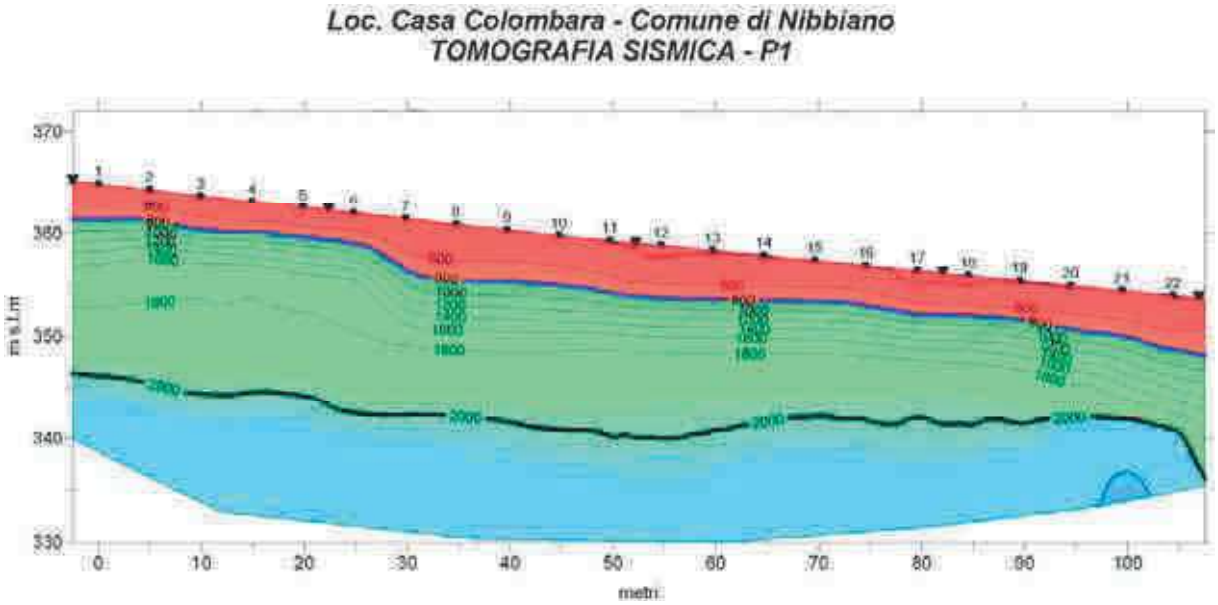
- Sismografo modulare Geode 3-1000+ canali,
- Massa battente da 10 Kg,
- Piastra di battuta in alluminio 15x15x2,5cm,
- Batteria ricaricabile 12 V,

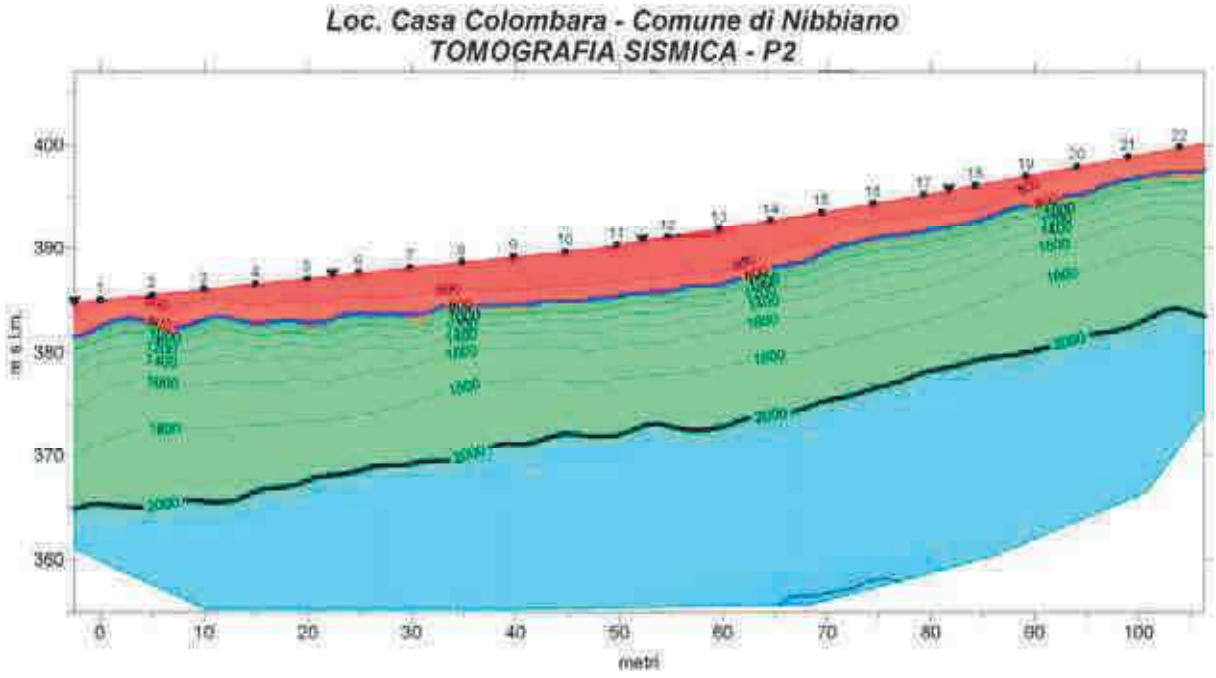
- Cavo per sismica a rifrazione stranded, 130 mt con 24 takeouts SPT-21 a 5 metri di intervallo e due code da 7.5 mt l'una terminate con connettore Bendix 61S,
- Geofoni GS20DX, 10 Hz verficali, 395 Ohm con puntale da 3" ed 1,5 mt di cavo terminato con mueller clip singola MC-20-SP,
- Computer portatile ACER.

5.1.4 Elaborazione

In questo caso i dati acquisiti sono stati interpretati secondo un metodo sismico-tomografico utilizzando il software SeisOpt@2D v4.0 prodotto dalla OPTIM. La procedura d'elaborazione ha comportato in una prima fase la lettura dei tempi dei primi arrivi sui sismogrammi. In seguito, sono stati ricostruiti i percorsi dei raggi sismici attraverso il terreno. In linea teorica, ogni punto del mezzo investigato, è attraversato in tutte le direzioni, dai raggi sismici. Di ogni raggio è quindi calcolata la traiettoria e, sul confronto fra tutti i possibili percorsi e tempi impiegati, ed è stabilita per ogni punto (o cella di dimensioni 2.5x1.25 m, in questo caso) la sua velocità sismica caratteristica. Il risultato finale dell'elaborazione consiste in sezioni (Fig. 5) di velocità sismiche, rappresentata sia per isovelocità sia tramite colori. Alle diverse classi di velocità sismica, sono stati attribuiti colori che vanno, dal rosso per i valori più bassi, al blu per i valori più elevati. La scala cromatica evidenza i cambiamenti di velocità ritenuti più significativi.

5.1.5 Analisi dei risultati





L'elaborazione ha permesso la distinzione di varie unità secondo le loro caratteristiche sismiche:

- ***Unità allentata superficiale*** *(colore rosso),* con velocità inferiori a **800 m/ s**. L'unità corrisponde al materiale detritico di copertura meno compatto. Gli spessori sono mediamente variabili da 3 a 5 m.

- ***Unità intermedia mediamente addensata*** (colore verde), con velocità media di **1300-1500 m/s** e spessori medi di 12-15 metri. L'unità, che costituisce il corpo di paleofrana assestato, è correlabile a materiale detritico più addensato rispetto all'orizzonte superficiale;
- ***Unità di fondo*** *(colore azzurro),* con velocità medie di **2000-2200 m/s**; i valori di velocità, non particolarmente elevati, sono associabili ad un substrato nel complesso mediamente compatto.

5.2 PROVE PER LA DETERMINAZIONE DEL PROFILO DI VELOCITA' DELLE ONDE SISMICHE "S"

Per la determinazione del profilo di velocità delle onde "S" e della categoria del suolo di fondazione è stato utilizzato il metodo "Masw". I profili "Masw" sono stati realizzati in corrispondenza dei 2 stendimenti sismico-tomografici.

5.2.1 Cenni metodologici

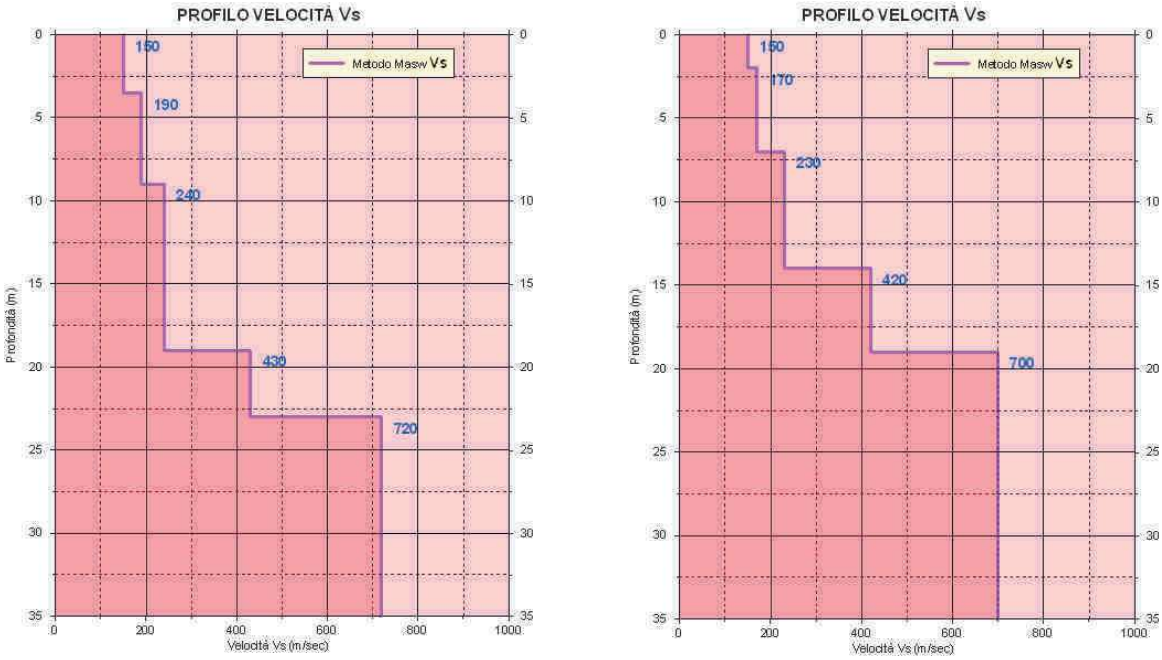
Il MASW (Park et al., 1999) è stato sviluppato in parte per superare le difficoltà dell'applicazione del SASW in ambienti rumorosi. La tecnica, che prevede la registrazione simultanea (in questo caso l'energizzazione è prodotta da una massa battente di almeno 10 Kg) di 12 o più canali, fornisce una ridondanza statistica delle misure di velocità di fase e ne avvalora la veridicità. Il salvataggio delle tracce nel dominio temporale, permette inoltre di distinguere e evidenziare, le onde di Rayleigh presenti nel record, che sono caratterizzate da un'elevata ampiezza di segnale (circa il 60% dell'energia prodotta dalla sorgente artificiale si distribuisce in onde di superficie). Una particolare analisi spettrale, "overtone analysis", produce un grafico Velocità di fase-frequenza in cui si può distinguere il modo fondamentale delle onde di superficie da cui ricavare la curva di dispersione ed il profilo delle Vs per successiva inversione 1-D. La tecnica permette, inoltre, di eseguire misure ripetute spostandosi nella direzione di allineamento per risalire ad un profilo bidimensionale che evidenzia le variazioni laterali delle Vs. Il software utilizzato per l'elaborazione dei dati è il "winMASW" versione Academy della Eliosoft.

5.2.2 Modalità esecutive

Sono stati realizzati 2 stendimenti di 22 geofoni, con distanza intergeofonica di 5 m. La lunghezza delle registrazioni è stata di 1 sec, con un passo di campionamento di 0.25 ms.

Si ricorda che il punto di determinazione del profilo delle Vs in profondità, si riferisce al centro dello stendimento geofonico.

5.2.3 Commento dei risultati



Risultati delle prova Masw – M1 e M2

Esaminando i grafici ottenuti, si possono fare queste considerazioni:

- Dalla superficie fino a 2/3 m dal p.c. sono presenti materiali caratterizzati da valori di Vs bassi (Vs< 160 m/s). Tali depositi possono essere correlati alla copertura detritica più allentata;
- Più in profondità, fino a 14-19 metri, i valori di Vs aumentano segnalando la presenza di materiale, sempre di natura detritica, più compatto;
- Fra 19 e 23 metri si ha un ulteriore aumento di velocità, con valori che si portano sui 420 - 430 m/s, in corrispondenza di materiale a discreto addensamento, correlabile al substrato parzialmente alterato;
- Oltre i 19-23 metri, le velocità aumentano più nettamente in corrispondenza del substrato più compatto;
- I valori di Vs 30 calcolati sono di 267 m/s (M1) e 298 m/s (M2);
- In base all'attuale normativa (NTC2008) il sito d'interesse presenta un suolo di fondazione di tipo C.

5.3 MISURA DEI RAPPORTI SPETTRALI HVSR – (IPOTESI DI NAKAMURA)

5.3.1 Cenni Metodologici

Il metodo dei rapporti spettrali di singola stazione (HVSR) e' largamente utilizzato in paesi con elevato rischio sismico quali il Giappone per la stima degli effetti di amplificazione di sito. Il microtremore, un'impercettibile oscillazione naturale del suolo, è presente in qualsiasi punto della

superficie terrestre e consiste per lo più nelle onde sismiche prodotte dal vento e dal moto ondoso marino negli strati superficiali della Terra. Anche le attività umane (industrie, traffico stradale ecc.) possono produrre localmente microtremore, ma in genere tale segnale viene attenuato piuttosto rapidamente a causa delle sue caratteristiche di alta frequenza.

E' interessante evidenziare come il microtremore agisca da oscillatore naturale e quindi permetta, tramite adeguata strumentazione, la misura diretta delle frequenze di vibrazione dei terreni e dei manufatti. La tecnica utilizzata, proposta da Nakamura (Nakamura, Y., 1989. A method for dynamic characteristics estimation of subsurface using microtremor on the ground surface. QR of RTRI, Vol. 30, No.1, 25-33) per lo studio delle amplificazioni di sito assume che i microtremori consistano principalmente di onde di Rayleigh che si propagano in un singolo strato soffice su semispazio e che la presenza di questo strato sia la causa dell'amplificazione al sito. Tale tecnica permette di separare i termini di sorgente-percorso e di sito tramite i rapporti tra le componenti del moto, senza utilizzare alcun sito di riferimento. Le ipotesi su cui si basa la tecnica di Nakamura sono le seguenti:

- ***I microtremori sono generati da sorgenti locali, e non da sorgenti profonde i cui contributi sono trascurabili;***
- ***Le sorgenti dei microtremori in superficie non influenzano i microtremori alla base dello strato considerato;***
- ***La componente verticale del moto non risente di effetti di amplificazione locale;***
- ***Il picco visibile nei rapporti H/V (rapporto tra l'ampiezza spettrale della componente orizzontale e l'ampiezza spettrale della componente verticale) è indipendente dalle caratteristiche della sorgente del rumore ed è invece fortemente dipendente dalle condizioni stratigrafico-litologiche del terreno. Tale picco è inoltre ben correlato con la frequenza fondamentale di vibrazione del terreno soggetto alla propagazione di onde S verticali e con il picco fondamentale delle curve di dispersione delle onde di Rayleigh.***

Le principali applicazioni delle prove H/V si possono così sintetizzare:

- ***Misura delle frequenze di risonanza dei suoli;***
- ***Effetti di sito e microzonazione sismica (curve H/V, metodo di Nakamura);***
- ***Stratigrafia sismica passiva;***
- ***Segnalazione dei possibili fenomeni di doppia risonanza suolo-struttura.***

Di particolare importanza è la frequenza di vibrazione del sito, caratterizzata dal maggiore rapporto di ampiezze **H/V**, nell'intervallo di frequenze di interesse ingegneristico (frequenze generalmente inferiori a **15 Hz**), denominata frequenza fondamentale di vibrazione f0. E'

possibile poi determinare la profondità degli strati sismici mediante la misura diretta delle frequenze di vibrazione, associata alla misura delle velocità delle onde S tramite la relazione:

f0= Vs/ 4H

dove **Vs** è la velocità media delle onde di taglio, e **H** è la profondità della discontinuità sismo-stratigrafica.

Le misure **HVSR** permettono inoltre, se associate a misure di dispersione delle onde di superficie (Masw, ReMi ecc.), di vincolare il profilo **Vs** e quindi di ottenere una ricostruzione più "robusta" del profilo di velocità e raggiungere profondità non direttamente raggiungibili dalle prove **Masw** e **Esac-ReMi**.

A causa della pesante non-univocità della soluzione, una modellazione del solo **HVSR** senza quantitative informazioni sulle **Vs** ottenute da misure **Masw** / **Esac-ReMi.**, non risulta affidabile per la determinazione del profilo di velocità delle onde **S** e quindi della valutazione della **Vs30**.

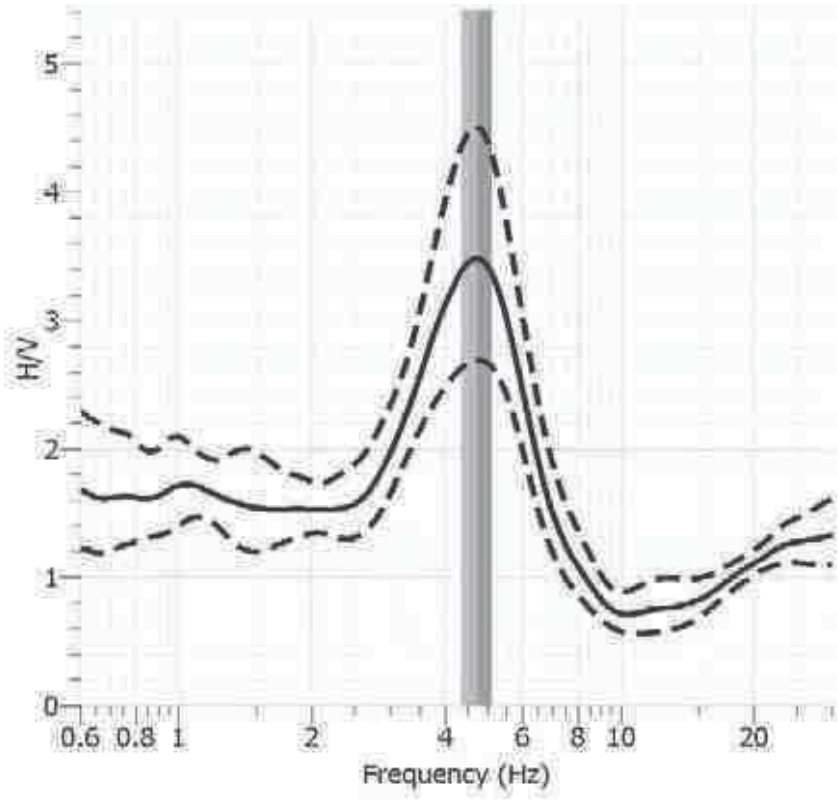
5.3.2 Strumentazione utilizzata e modalita' di acquisizione

Per la registrazione delle 2 prove, è stato utilizzato lo stesso sismografo utilizzato per la prova "Masw", interfacciato a geofoni tridimensionali. I sensori dei geofoni tridimensionali, hanno una frequenza propria di **4.5 Hz**. Le registrazioni hanno avuto una lunghezza di **26** minuti, con un campionamento a **125 Hz**.

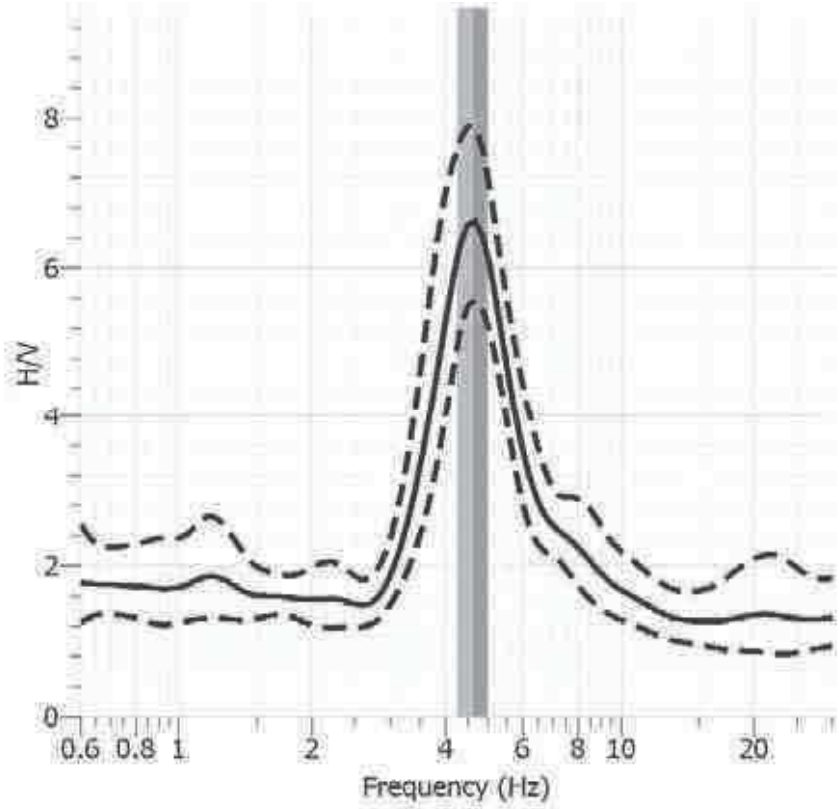
5.3.3 Elaborazione ed analisi dei dati

Per l'elaborazione dei dati sismici è stato utilizzato il software free "**Geopsy**".

Il progetto "**Geopsy**" distribuisce tutti i software sviluppati nell'ambito di un pacchetto chiamato "**Sesarray**". Esso contiene diversi strumenti si occupano di tutti gli aspetti del trattamento di vibrazioni ambientali per la caratterizzazione del suolo. Le principali applicazioni contenute all'interno di "**Sesarray**" sono "**Geopsy**" e "**Dinver**".



Risultati prova HVSR 1



Risultati prova HVSR 2

I risultati delle prove si possono così sintetizzare:

- Le frequenze caratteristiche del terreno sono state individuate a 4.2.- 4.5 Hz;
- Le frequenze rilevate indicano un contrasto d'impedenza sismica, collocabile circa 15 - 20 metri dal p.c., al passaggio fra il materiale di copertura detritico (paleofrana) ed il substrato roccioso sottostante;
- I rapporti H/V elevati (3-6) presenti indicano contrasti d'impedenza sismica notevoli fra il materiale detritico ed il substrato roccioso.

6. MODELLO GEOLOGICO DELL'AREA

Le indagini realizzate unite alle più generali conoscenze geologiche hanno consentito di ricostruire il modello geologico-geotecnico di riferimento per l'area d'interesse.

SINTESI DEI PARAMETRI GEOTECNICI

Livello A	**Litologia:** *limo e argilla con rari trovanti poco addensato*	
Dal p.c. a –3/- 5 m	Peso di volume Peso di volume saturo Angolo di attrito di picco Angolo di attrito residuo Coesione	**γ = 1.80 t/mc** **γ = 1.90 t/mc** **φ = 18°** **φ = 16°** **C = 0.03 Kg/cmq**
Livello B	**Litologia:** materiale a consistenza detritica mediamente compatto	
Da –3 / - 5 m a –14/ - 19 m	Peso di volume Peso di volume saturo Angolo di attrito di picco Angolo di attrito residuo Coesione	**γ = 1.90 t/mc** **γ = 2.00 t/mc** **φ = 23°** **φ = 21°** **C = 0.1 Kg/cmq**
Livello C	**Litologia:** *substrato alterato*	
Da –14/- 19 m a –19/- 23 m	Peso di volume Peso di volume saturo Angolo di attrito di picco Angolo di attrito residuo Coesione	**γ = 1.95 t/mc** **γ = 2.05 t/mc** **φ = 29°** **φ = 26°** **C = 0.1 Kg/cmq**
Livello D	**Litologia:** *substrato roccioso mediamente compatto*	
Oltre –19/- 23 m	Peso di volume Angolo di attrito	**γ = 2.25 t/mc** **φ = 45°**

7. VALUTAZIONE DELLA PERICOLOSITA' SISMICA DELL'AREA (delibera del 2 Maggio 2007, n.112, in materia antisismica e successive integrazioni)

7.1 OBIETTIVI DELLA DELIBERA

Scopo del presente atto di indirizzo e coordinamento è quello di fornire i criteri per la per l'individuazione delle aree soggette ad effetti locali e per la microzonazione sismica del territorio in modo da orientare le scelte della pianificazione verso aree caratterizzate da

minore pericolosità sismica. Lo studio della pericolosità di base e della pericolosità locale hanno come obiettivi:

- *l'individuazione delle aree dove in occasione dei terremoti attesi possono verificarsi effetti locali;*
- *la stima quantitativa della risposta sismica locale dei depositi e delle morfologie presenti nell'area di indagine ("Analisi della Risposta Sismica Locale", RSL);*
- *la suddivisione del territorio in sottozone a diversa pericolosità sismica locale ("Microzonazione Sismica", MZS).*

I risultati dell'analisi della pericolosità sismica locale e della microzonazione sismica, devono essere applicati nella redazione degli strumenti di pianificazione territoriale e urbanistica.

7.2 LIVELLI DI APPROFONDIMENTO

Gli studi di risposta sismica locale e microzonazione sismica vanno condotti a diversi livelli di approfondimento a seconda delle finalità e delle applicazioni nonché degli scenari di pericolosità locale. Tali studi svolti devono essere descritti in una relazione che indichi chiaramente il livello di approfondimento, le indagini effettuate e i risultati ottenuti e devono fornire una cartografia dello stato del territorio, e sono un riferimento necessario per la Valutazione di Sostenibilità Ambientale e Territoriale (VALSAT) preventiva delle singole scelte del piano.

Si identificano due fasi di analisi con diversi livelli di approfondimento.

La prima fase è diretta a definire gli scenari di pericolosità sismica locale, cioè ad identificare le parti di territorio suscettibili di effetti locali (amplificazione del segnale sismico, cedimenti, instabilità dei versanti, fenomeni di liquefazione, rotture del terreno, ecc.). L'individuazione delle aree soggette ad effetti locali si basa su rilievi, osservazioni e valutazioni di tipo geologico e geomorfologico, svolte a scala territoriale, associati a raccolte di informazioni sugli effetti indotti dai terremoti passati. Tale analisi viene svolta - soprattutto mediante elaborazione dei dati disponibili - in sede di elaborazione del PTCP e del PSC e concorre alla definizione delle scelte di piano, fornendo prime indicazioni sui limiti e le condizioni per la pianificazione nelle suddette aree.

La seconda fase ha come obiettivo la microzonazione sismica del territorio indagato. Sulla base degli scenari individuati dalle analisi svolte nel corso della prima fase, nella seconda fase si attuano due diversi livelli di approfondimento:

a) nelle aree pianeggianti e sub-pianeggianti, incluse le zone di fondovalle appenniniche, con stratificazione orizzontale e sub-orizzontale, e sui versanti stabili con acclività ≤ 15° in cui il

deposito ha spessore costante si ritiene sufficiente un'analisi semplificata (secondo livello di approfondimento), cioè l'analisi della pericolosità locale può essere basata, oltre che sull'acquisizione di dati geologici e geomorfologici più dettagliati di quelli rilevati nel primo livello, su prove geofisiche in sito e su prove geotecniche di tipo standard. Il numero delle verticali indagate deve essere tale da consentire un'adeguata caratterizzazione geotecnica spaziale dei terreni e delle formazioni presenti nell'area di studio;

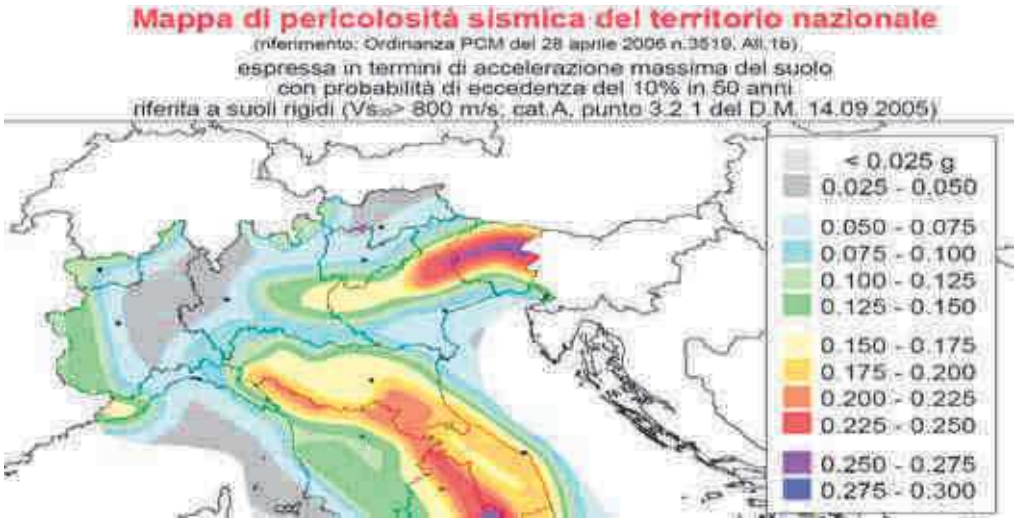
b) un'analisi più approfondita (terzo livello di approfondimento) è invece richiesta nei seguenti casi (vedere Allegato A1):

- *aree soggette a liquefazione e densificazione;*
- *aree instabili e potenzialmente instabili;*
- *aree in cui le coperture hanno spessore fortemente variabile, come ad esempio nelle aree pedemontane e di fondovalle a ridosso dei versanti;*
- *aree in cui è prevista la realizzazione di opere di rilevante interesse pubblico.*

L'analisi approfondita richiede un significativo numero di prove geofisiche e geotecniche, sia in sito che in laboratorio, rivolte alla definizione del comportamento dei terreni sotto sollecitazione dinamica. In queste parti del territorio la pericolosità potrebbe essere molto elevata e perciò deve essere attentamente valutata la possibilità di renderle suscettibili di trasformazione urbanistica.

7.3 CARATTERI SISMICI DELL'AREA

In base alla nuova carta della pericolosità sismica del territorio nazionale, i valori di PGA su suolo rigido con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni, per il Comune di Pecorara sono compresi fra 0.075 e 0.100 g. L'area ricade nella zona simogenetica 911, in cui i meccanismi di fagliazione prevalenti sono legati a faglie trascorrenti e le profondità dei terremoti prevalentemente compresi fra 8 e 12 Km. Le magnitudo massime attese nella zona sismogenetica d'interesse sono di 5.7-6.1.Le serie storiche dei terremoti contenuti nell'archivio della Regione Emilia Romagna non segnalano eventi sismici rilevanti nell'area d'interesse.



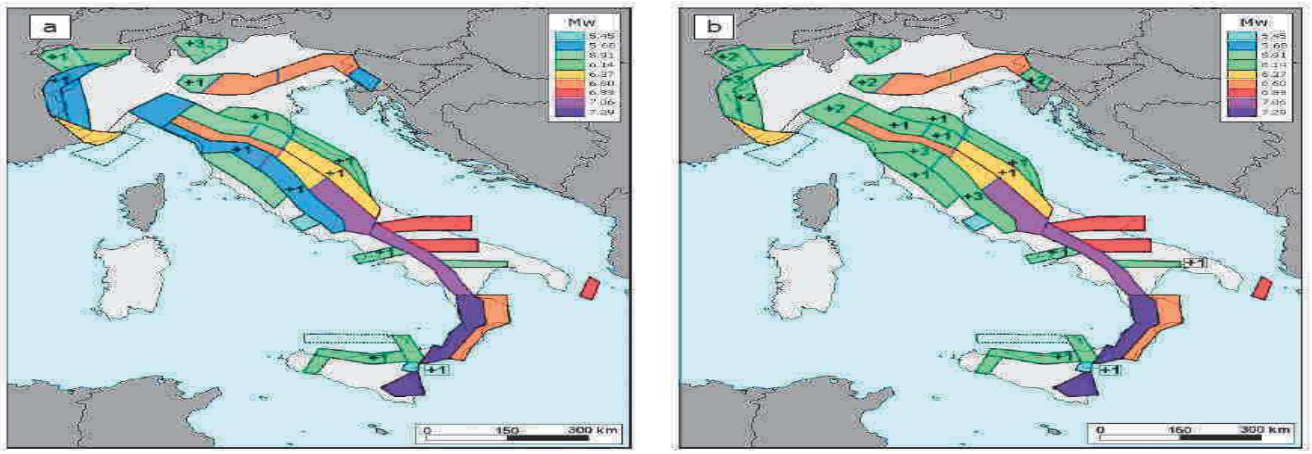


Figura 36. Valori di Mwmax corrispondenti ai due insiemi: a) "osservati" (Mwmax1); b) "cautelativi" (Mwmax2).

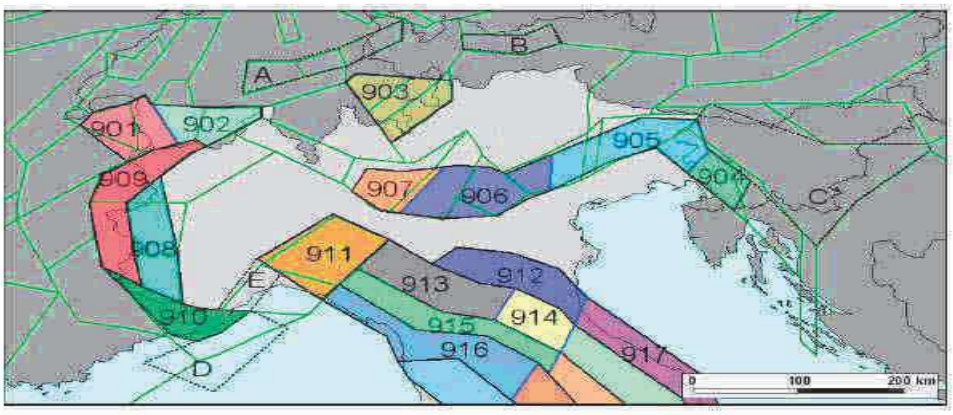


Figura 10. Zonazione sismogenetica ZS9 a confronto con la zonazione del progetto SESAME nell'area alpina (Jiménez et al., 2001; linee di colore verde).

In base alle caratteristiche geologiche del sito d'interesse, i principali effetti attesi possono ricondursi essenzialmente a fenomeni di amplificazione litologica e in minor misura a fenomeni d'instabilità dei versanti. Sono da escludere fenomeni d'amplificazione topografica (pendenza del versante complessivamente inferiore a 15°) e fenomeni di liquefazione (basso valore di ag atteso e presenza di copertura di materiale eterogeneo in matrice coesiva).

7.4 VALUTAZIONE DEL FATTORE DI AMPLIFICAZIONE DEL SITO INTERESSE-ANALISI 2° LIVELLO

A2.1.1 - APPENNINO E MARGINE APPENNINICO-PADANO

In caso di substrato marino caratterizzato da Vs ≥ 800 m/s si devono usare le seguenti tabelle

F.A. P.G.A.

Vs_H / H	200	250	300	350	400	450	500	600	700	800
5	1.6	1.3	1.2	1.1	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
10	2.0	1.9	1.7	1.6	1.4	1.2	1.1	1.0	1.0	1.0
15	2.0	2.0	2.0	1.8	1.6	1.4	1.3	1.2	1.0	1.0
20	2.0	2.0	2.0	1.9	1.7	1.6	1.4	1.3	1.1	1.0
25	1.9	2.0	1.9	1.9	1.8	1.6	1.5	1.3	1.2	1.0
30	1.8	1.9	1.9	1.9	1.7	1.5	1.5	1.4	1.2	1.0
35	1.7	1.8	1.9	1.9	1.7	1.6	1.5	1.4	1.3	1.0
40	1.6	1.8	1.9	1.9	1.8	1.6	1.5	1.4	1.3	1.0

F.A. INTENSITA' SPETTRALE - 0.1s < To < 0.5s

Vs_H / H	200	250	300	350	400	450	500	600	700	800
5	1.2	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
10	1.8	1.6	1.4	1.2	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
15	2.1	2.0	1.7	1.5	1.2	1.1	1.1	1.0	1.0	1.0
20	2.3	2.3	1.9	1.7	1.5	1.4	1.2	1.1	1.0	1.0
25	2.2	2.4	2.2	2.0	1.7	1.5	1.4	1.2	1.1	1.0
30	2.1	2.3	2.3	2.1	1.9	1.7	1.5	1.3	1.2	1.0
35	1.9	2.1	2.3	2.2	1.9	1.8	1.6	1.4	1.3	1.0
40	1.8	2.0	2.3	2.3	2.0	1.8	1.6	1.4	1.3	1.0

F.A. INTENSITA' SPETTRALE - 0.5s < To < 1.0s

Vs_H / H	200	250	300	350	400	450	500	600	700	800
5	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
10	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
15	1.2	1.2	1.1	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
20	1.5	1.4	1.2	1.1	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
25	2.1	2.1	1.5	1.2	1.1	1.1	1.0	1.0	1.0	1.0
30	2.4	2.3	1.9	1.5	1.2	1.1	1.1	1.0	1.0	1.0
35	2.5	2.4	2.3	1.8	1.3	1.3	1.2	1.1	1.0	1.0
40	2.7	2.6	2.6	2.0	1.6	1.3	1.2	1.1	1.1	1.0

I fattori di amplificazione calcolati per i singoli profili di velocità Vs sono riassunti nel tabella seguente:

PROVA	PROF. BEDROCK	VS 30	VS H	FA PGA	FA intensità spettrale 0.1s-0.5s	FA intensità spettrale 0.5s-1.0s
M1	23 m	267	222	1.9	2.2	2.1
M2	19 m	298	223	2.0	2.3	1.5

In base alla delibera sopraccitata, l'accelerazione orizzontale su suolo rigido (Vs>800 m/s) prevista per il Comune di Pecorara è di 0.099g.

7.5 SPETTRO DI RISPOSTA (IN PGA) DELL'AREA

Nella delibera della Regione è riportata la forma dello spettro di risposta valido per tutta la regione.

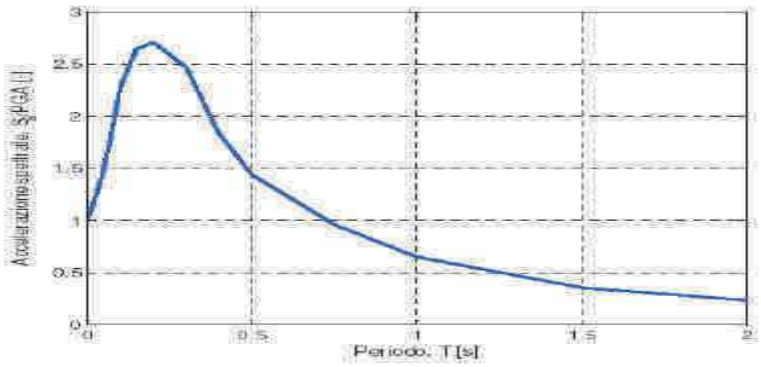
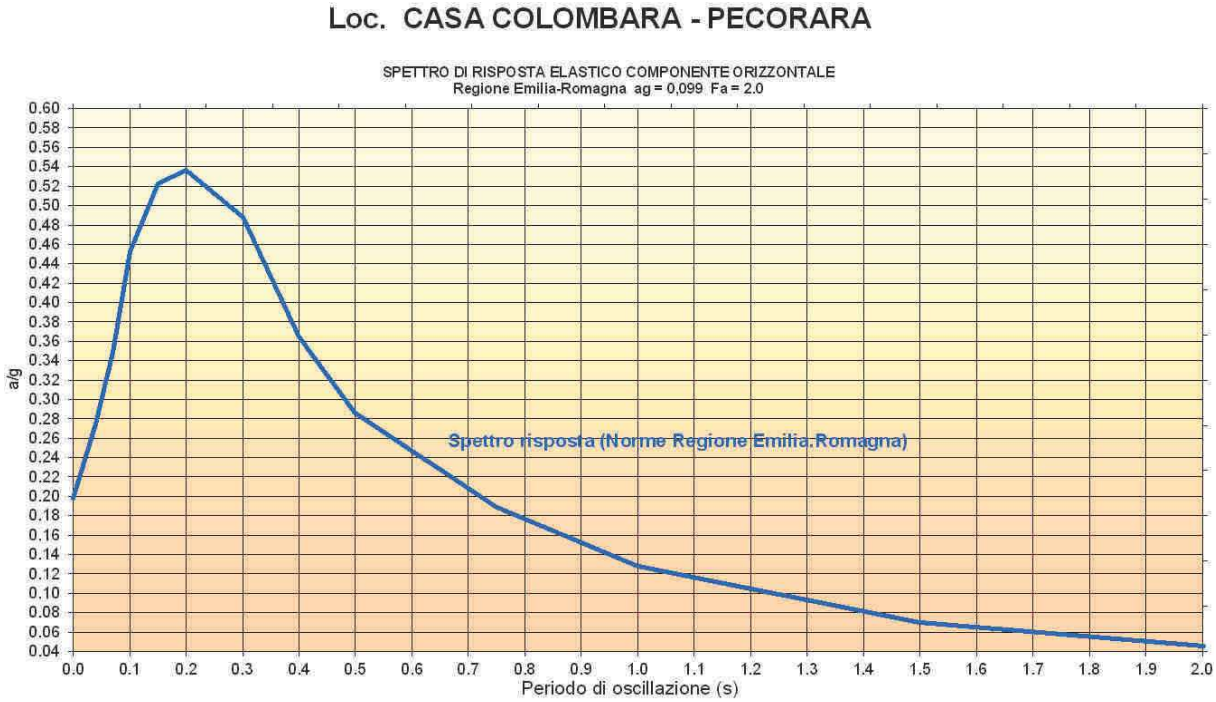


Figura 1 - Spettro di risposta normalizzato (T_R = 475 anni, smorzamento = 5%) per l'Emilia-Romagna

Dallo spettro di risposta normalizzato è possibile ottenere, moltiplicando i valori della tabella 1 per il valore di arefg di ogni comune, lo spettro di risposta a probabilità uniforme che descrive le caratteristiche del moto sismico atteso per ogni comune dell'Emilia-Romagna. Considerando il valore di arefg=0.099 per il comune di Pecorara e il fattore di amplificazione (2.0), è stato calcolato lo spettro di risposta del sito d'interesse.



Spettro di riposta del sito in base alle norme della regione Emilia-Romagna

7.6 ANALISI DELLA STABILITA' DEL VERSANTE SIA IN CONDIZIONI PSEUDO-STATICHE CHE SISMICHE-DINAMICHE - ANALISI 3° LIVELLO

Per ricostruire l'assetto litostratigrafico e le caratteristiche geomeccaniche del versante, oltre alle considerazioni di carattere geologico, sono stati utilizzati i dati desunti dalle prove geofisiche realizzate, sintetizzati nei paragrafi precedenti.

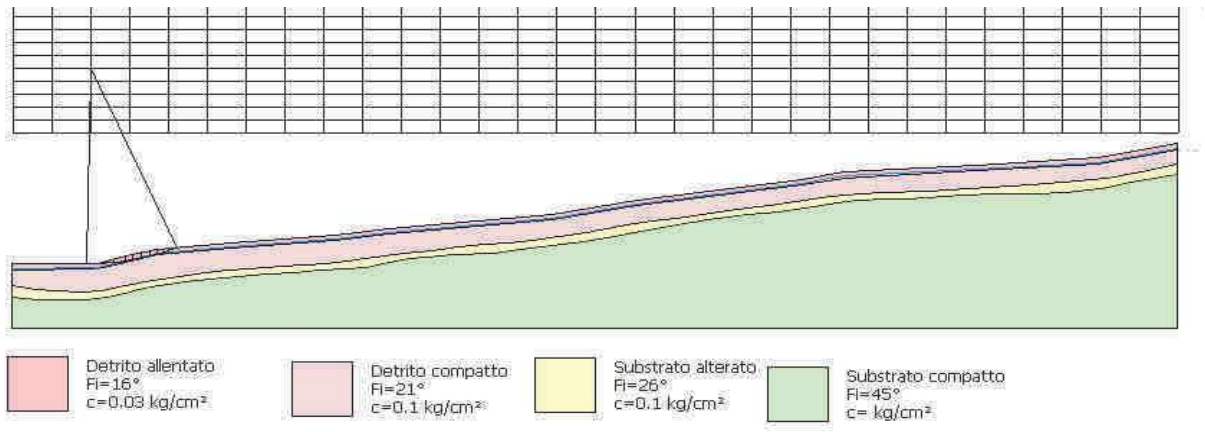
1 Angolo resistenza al taglio: Residuo

Nr.	DB	Peso unità di volume (Kg/m³)	Peso saturo (Kg/m³)	Coesione (kg/cm²)	Coesione non drenata (kg/cm²)	Angolo resistenza al taglio picco (°)	Angolo resistenza al taglio residuo (°)	Permeabilità (m/s)	Dati aggiuntivi ...	Texture ...	Descrizione
1		1800.00	1900	0.03		18	16	Permeabile			Detrito
2		1900	2000	0.1		23	21	Impermeabile			Detrito
3		1950	2050	0.1		29	26	Impermeabile			Substrato
4		2250	2250			45	45	Impermeabile			Substrato

Modello geologico-geotecnico dell'area

7.6.1 Analisi di stabilità in condizioni pseudostatiche

Per l'analisi di stabilità del versante è stato utilizzato il software "slope" della società Geostru. Il metodo utilizzato è stato quello di Bishop. Per l'analisi di stabilità, a scopo cautelativo, sono stati utilizzati valori di angolo di attrito residuo). Per l'azione sismica è stato considerato un valore di ag di 0.099x2.0 (fattore di amplificazione massimo) = 0.198g, ed un coefficiente di amplificazione topografica di 1.0. E' stata inoltre considerata la falda a 3 metri dal p.c. In base alle verifiche realizzate, che, dato l'utilizzo dell'angolo di attrito residuo, sono state fatte in condizioni cautelative, il versante risulta in buone condizioni di sicurezza. La superficie con il minor coefficiente di sicurezza (1.33), che interessa la copertura superficiale, è stata individuata a valle di Casa Colombara a ridosso del terrazzo alluvionale.

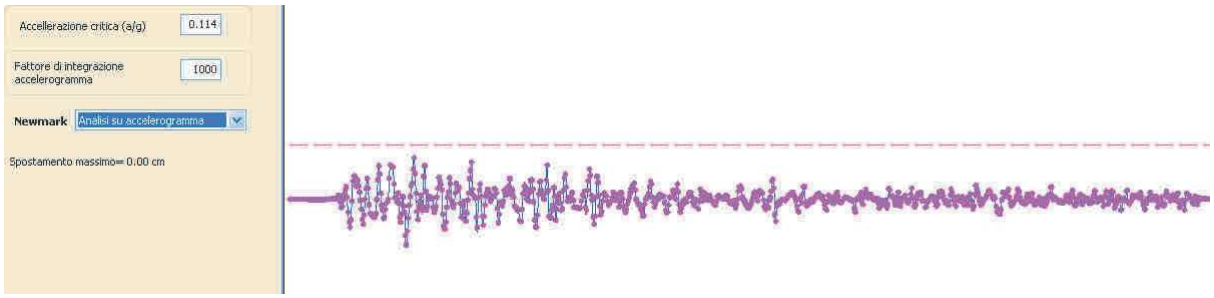


Verifica di stabilità del versante

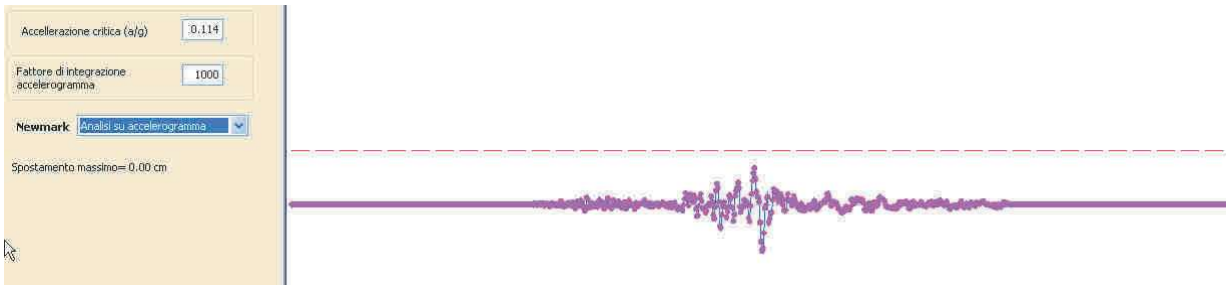
7.6.2 Analisi di stabilità dinamica (Metodo di NEWMARK)

Le verifiche in condizioni sismiche dinamiche (semplificate) sono state realizzate utilizzando come input gli accelerogrammi forniti dalla Regione Emilia-Romagna per il Comune di Pecorara.

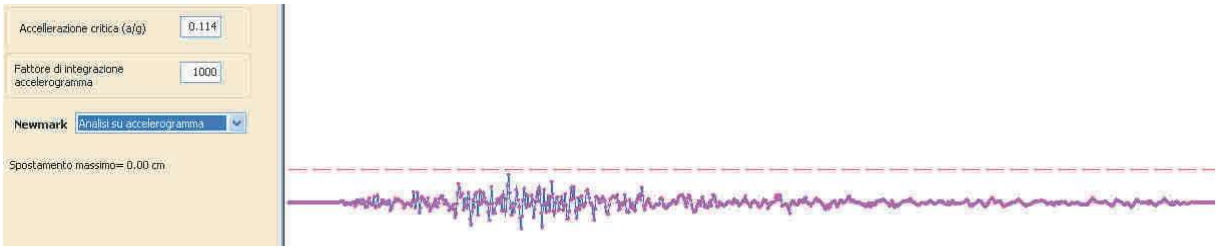
Le verifiche effettuate, con spostamenti praticamente nulli, confermano la sostanziale stabilità dell'area anche in condizioni sismiche dinamiche. Di seguito si riportano i risultati delle 3 analisi dinamiche relative ai 3 sismogrammi considerati; nei grafici il valore soglia dell'accelerazione in grado di produrre spostamenti è rappresentato dalla linea rossa tratteggiata.



Accelerogramma 000046xa_033031Pecorara.txt



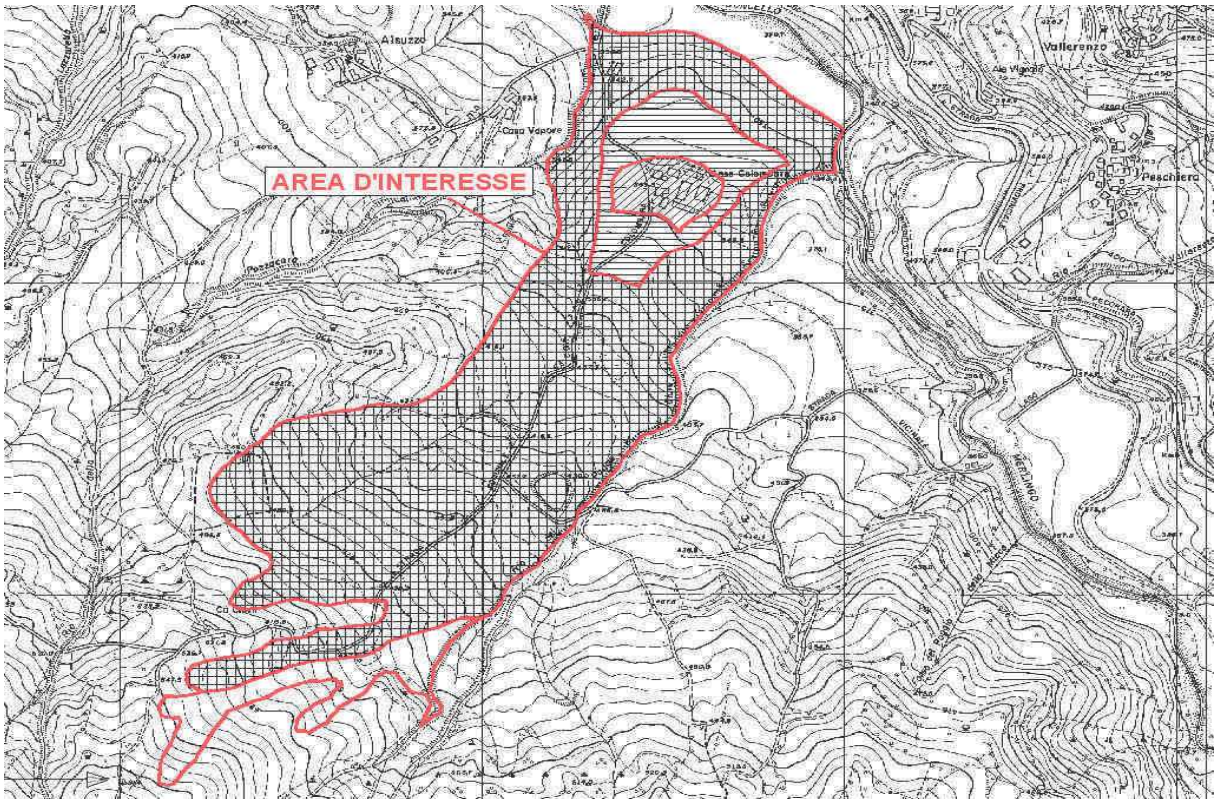
Accelerogramma 000126xa_033031Pecorara.txt



Accelerogramma 000354xa_033031Pecorara.txt

8. ZONIZZAZIONE DEL RISCHIO DEL CORPO DI FRANA QUIESCENTE-DEPOSITO DI VERSANTE

Il corpo di detritico studiato è stato suddiviso, in base a criteri geologico-geomorfologici, in settori contraddistindi da un differente grado di "rischio". In linea di massima l'accumulo della paleofrana risulta nel complesso discretamante assestato, mentre segnali di movimenti gravitativi recenti e/o in atto sono stati osservati nella parte alta del versante.



Zonizzazione del "rischio" geologico del corpo detritico

Sono state distinte 3 classi di rischio:

- **Aree a rischio moderato (classe 2 - rigato obliquo)**, sono localizzate in corrispondenza del nucleo abitato di Casa Colombara, localizzato al centro dell'accumulo della paleofrana. In questo settore le condizioni geologico-geomorfologiche e idrogeologiche sono complessivamente favorevoli;
- **Aree a rischio elevato (classe 3 - rigato orizzontale)**, occupano l'accumulo della paleofrana esterno al nucleo abitato. Pur essendo le condizioni geologiche complessivamente favorevoli sono state cautelativamente considerate a rischio elevato;
- **Aree a rischio molto elevato (classe 4 – retino incrociato)**, il restante corpo di paleofrana è stato considerato a rischio molto elevato.

9. PRESCRIZIONI PER LE AREE IN FRANA QUIESCENTE - DEPOSITO DI VERSANTE IN CUI E' STATA EFFETTUATA LA VALUTAZIONE DEL RISCHIO

Classe 1 (rischio basso) – Fattibilità senza particolari limitazioni (R1):

Queste aree si ritengono utilizzabili ai fini edificatori senza particolari limitazioni all'urbanizzazione o alla modifica della destinazione d'uso; eventuali problematiche locali possono essere superate attraverso approfondimenti di indagine o accorgimenti tecnico-costruttivi. In particolare si dovrà subordinare l'autorizzazione ad accertamenti geognostici in particolare ai fini di:

- *evitare che fondazioni di una stessa costruzione vengano a poggiare in parte sulla zona di alterazione ed in parte sulla roccia in posto, o peggio ancora, su materiale di riporto;*
- *ridurre all'indispensabile eventuali sbancamenti e riporti adottando pendenze adeguate;*
- *drenare le acque eventualmente incontrate;*
- *adottare la tipologia di fondazione più idonea alla tipologia di substrato riscontrata.*

Classe 2 (rischio moderato) – Fattibilità con modeste limitazioni (R2):

Queste aree si ritengono utilizzabili ai fini urbanistici, anche se si sono appurate alcune condizioni limitanti all'edificabilità, che possono essere superate attraverso approfondimenti di indagine o accorgimenti tecnico-costruttivi; gli interventi edificatori sono comunque permessi, prevedendo se necessario eventuali accorgimenti costruttivi necessari o interventi di riduzione del rischio idrogeologico, quali:

- *sbancamenti e riporti ridotti al minimo;*
- *fondazioni rigide, spinte ad idonea profondità dall'attuale piano campagna;*
- *regolamentazione delle acque superficiali e sotterranee;*
- *sistemi di raccolta sistematica e l'allontanamento in tubazioni a perfetta tenuta delle acque piovane e di quelle di scarico dei futuri edifici;*
- *opportuni interventi di sostegno (ex gabbionate, muri con drenaggio e sistema di smaltimento acque ecc.) al fine di proteggere il piede di eventuali scarpate artificiali con pendenze superiori a 1/2.*

Per tali zone si dovrà comunque subordinare l'autorizzazione ad ulteriori e dettagliati accertamenti geologici e geognostici.

Classe 3 (rischio elevato) – Fattibilità con significative limitazioni (R3)

In questa classe si sono inserite le zone in cui la propensione al dissesto è più elevata, ed in cui le limitazioni alla modifica della destinazione d'uso appare più consistente.

Si dovrà dunque subordinare l'autorizzazione ad ulteriori e dettagliati accertamenti geologico-tecnici e geognostici, finalizzati a valutare quali siano le azioni atte a ridurre il rischio connesso all'intervento edificatorio

Si dovrà dunque prevedere quanto segue:

- *manutenzione delle eventuali opere di difesa esistenti;*
- *l'adozione di fondazioni rigide, spinte ad idonea profondità dall'attuale piano campagna;*
- *la raccolta sistematica e l'allontanamento in tubazioni a perfetta tenuta delle acque piovane e di quelle di scarico dei futuri edifici;*
- *regolamentazione delle acque superficiali e sotterranee, e se necessario comprendere tutta o buona parte della zona a monte, attraverso le opportune opere idrauliche (ex canali di scolo, drenaggi sotterranei ecc.);*
- *quanto necessario al fine di ridurre la pericolosità;*

Oltre a quanto consentito dalle norme del P.T.C.P. (e dal P.A.I) in merito alle frane attive e quiescenti, in questa classe sono ammessi solo ampiamenti delle costruzioni esistenti, con incrementi volumetrici non superiori a quanto consentito dalle N.T.A. del P.S.C comunale.

Classe 4 (rischio molto elevato) – Fattibilità con gravi limitazioni (R4):

In queste zone si intende consentito quanto permesso dal P.T.C.P (e dal P.A.I) per le frane quiescenti-depositi di versante.

Nibbiano, 15/02/2016

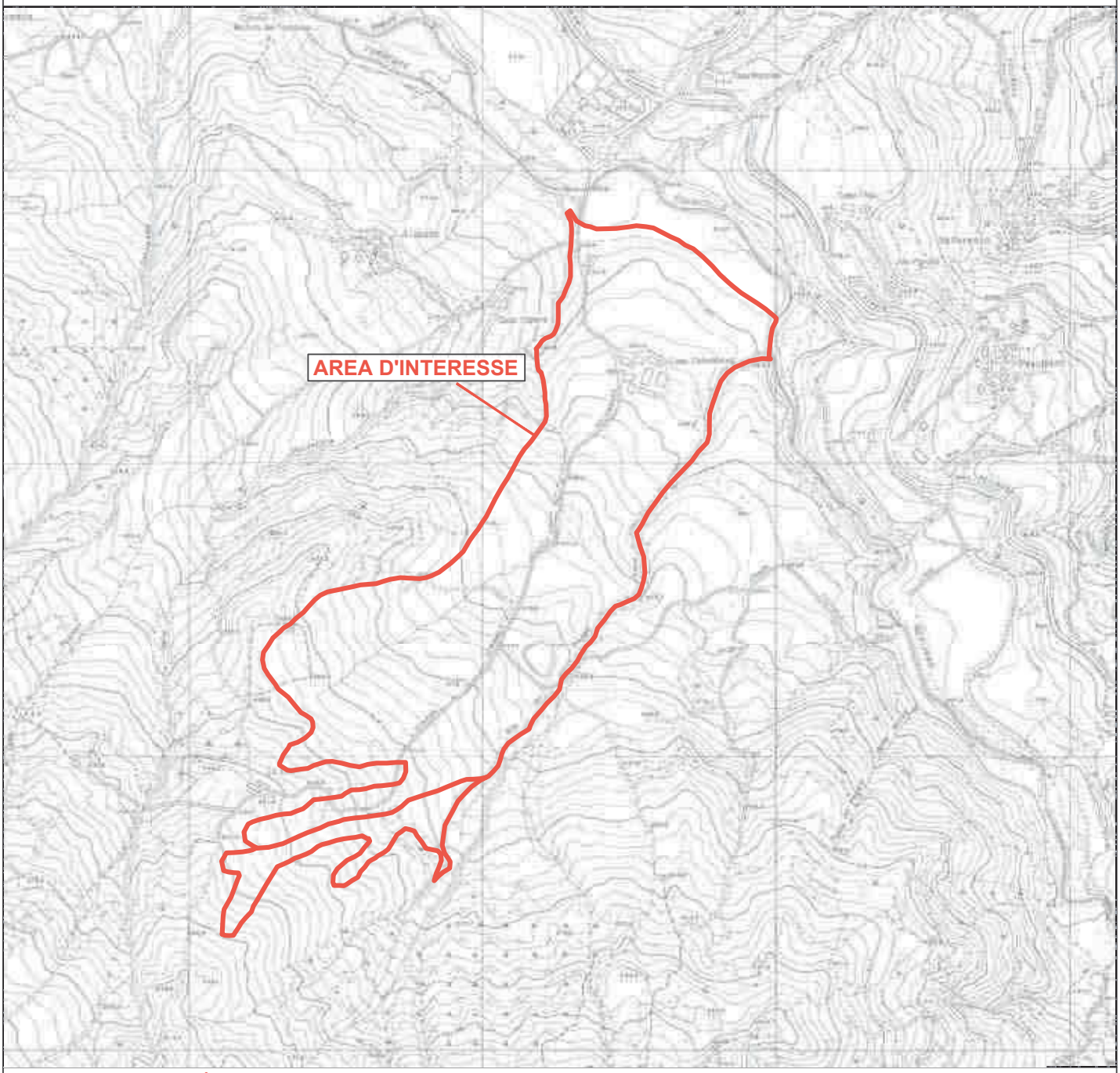
Dott. Adriano Baldini

Dott. Alberto Lepori

ALLEGATI

INQUADRAMENTO TERRITORIALE

Scala 1:10000



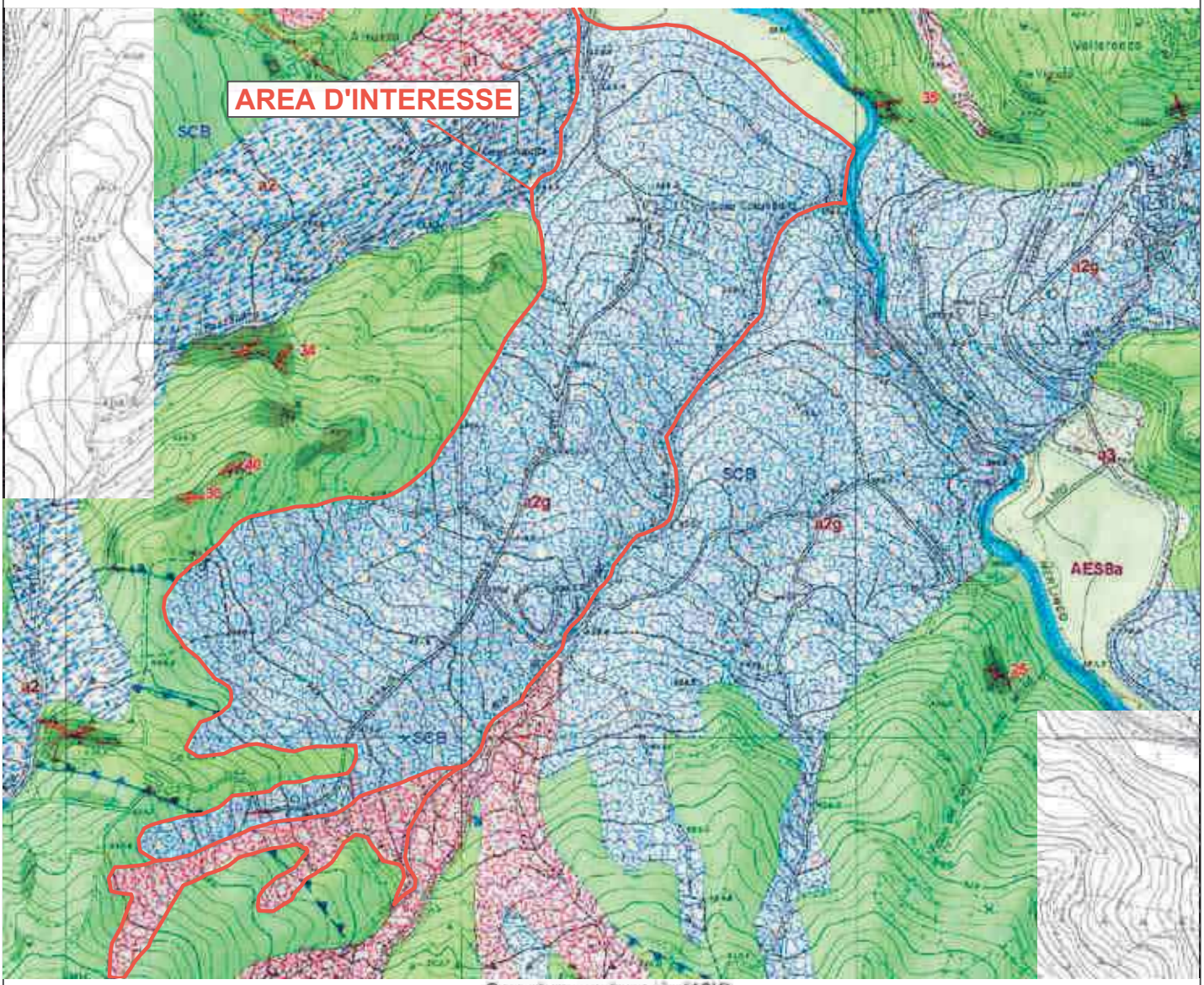


Area considerata

Fig. ***1***

ESTRATTO CARTA GEOLOGICA REGIONALE

Scala 1:8000



LEGENDA

Unità geologiche (10K)

MCS - Flysch di Monte Cassio

SCB - Arenarie di Scabiazza

a2g - Deposito di frana quiescente complessa

a3 - Deposito di versante s.l.

Coperture quaternarie (10K)

a1 - Deposito di frana attiva di tipo indeterminato

a1b - Deposito di frana attiva per scivolamento

a1d - Deposito di frana attiva per colamento di fango

a1g - Deposito di frana attiva complessa

a2 - Deposito di frana quiescente di tipo indeterminato

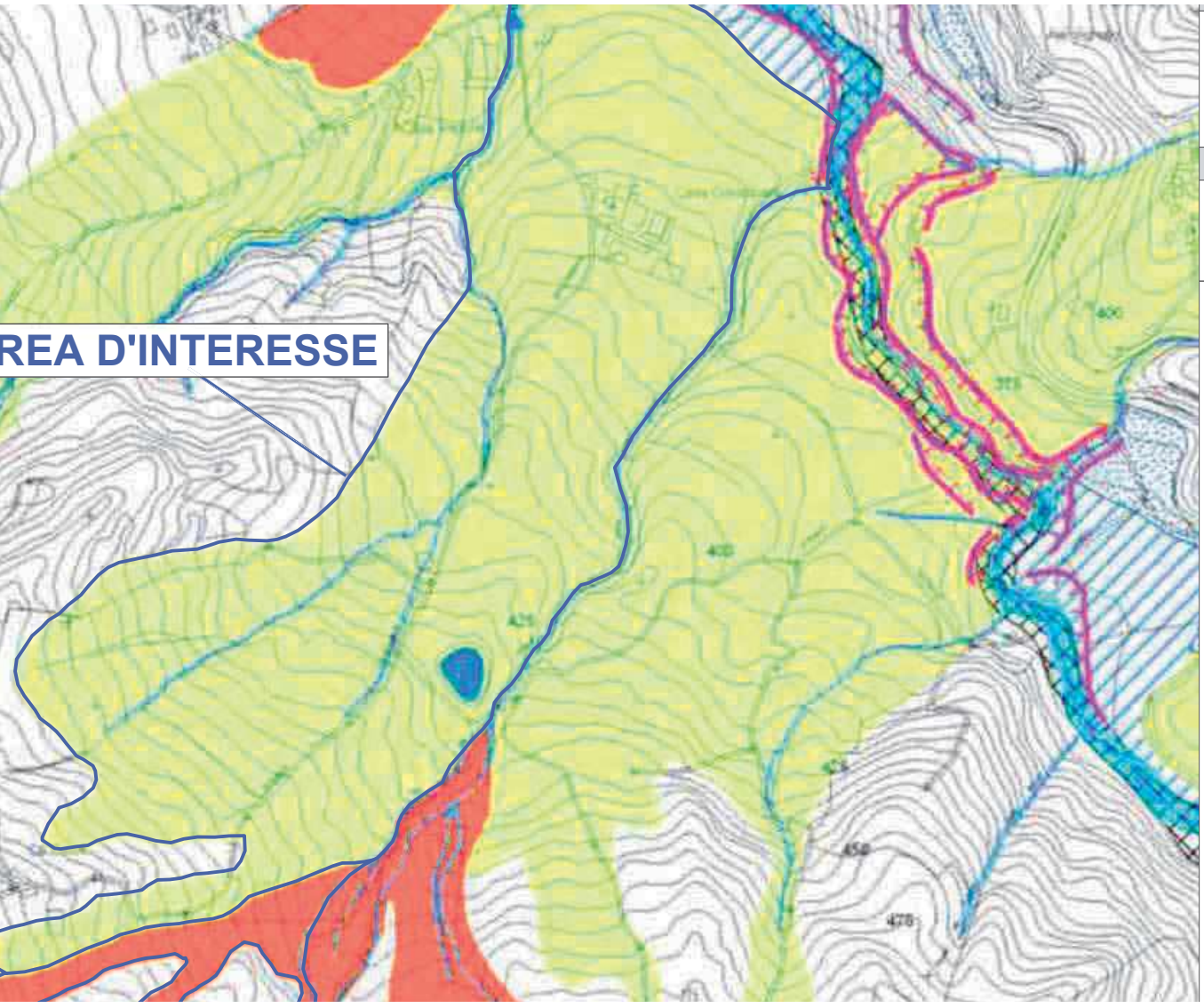
a2b - Deposito di frana quiescente per scivolamento

a2d - Deposito di frana quiescente per

Area considerata



Fig.2



Studio geol
di un versante i
in loc. Casa Colombar
"*Classificazione*
di frana

TI

CARTA DE
Estratt

Elementi morfologici

Area di frana attiva:

Area di frana quiescente:

Area di frana stabilizzata o relitta

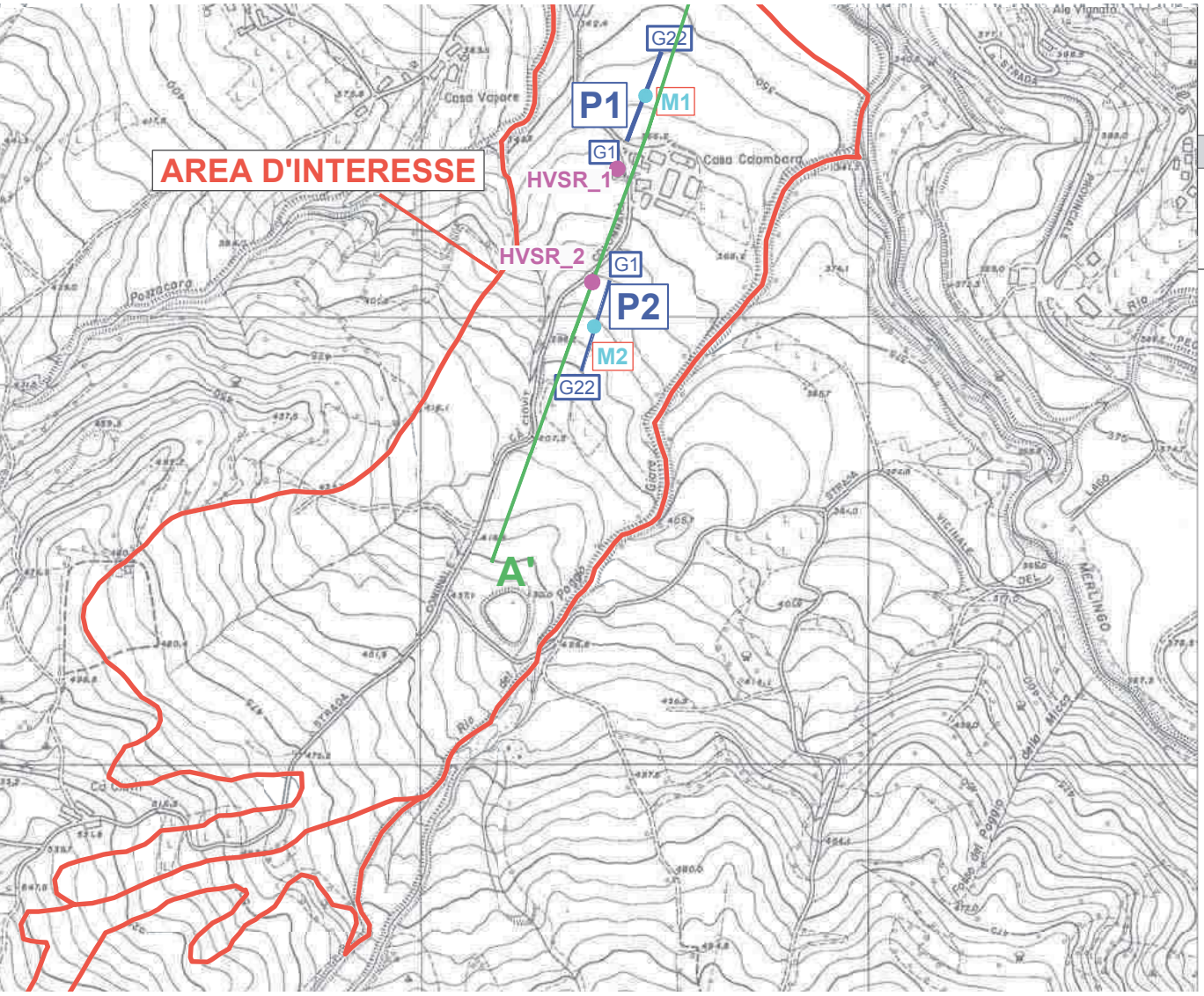
Depositi alluvionali attuali:

Depositi alluvionali terrazzati,

Depositi alluvionali terrazzati

Depositi alluvionali terrazzati

Deposito eluvio-colluviale



Studio geo
di un versante
in loc. Casa Colomba
"*Classificazione*
di fran

PLANIMETRIA

INDAGINI SISMICHE

G1 **P1-P2** G22 — Trac

M1-M2 — Prov

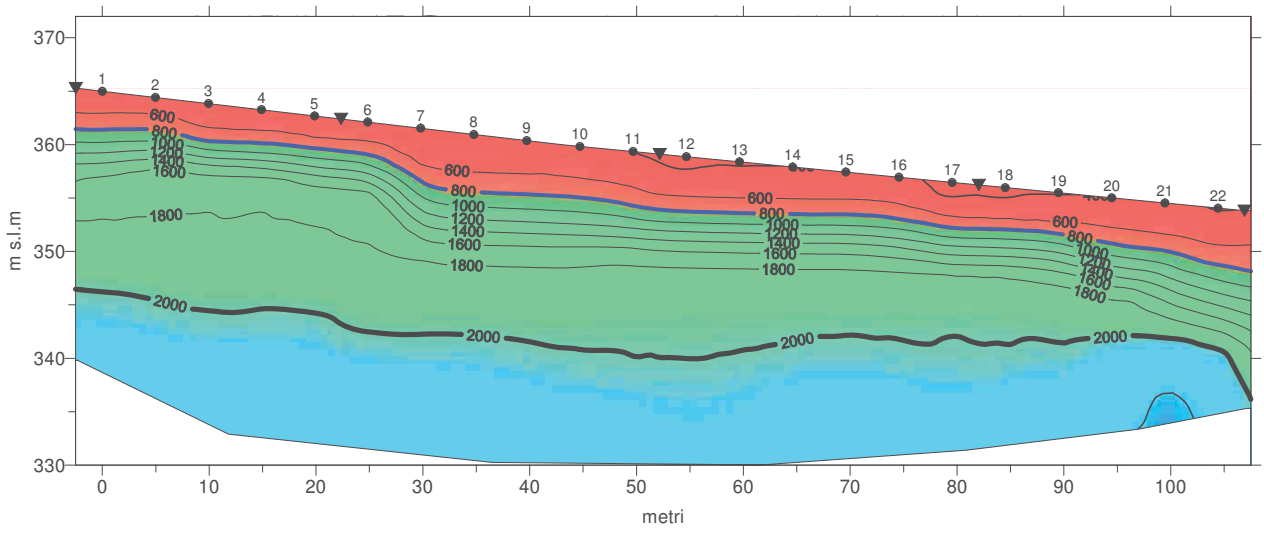
HVSR_1 — Prov

A' A — Trac

AREA DI STUDIO



Loc. Casa Colombara - Comune di Nibbiano
TOMOGRAFIA SISMICA - P1



Scala 1:500

Velocità sismiche m/sec

300 600 900 1200 1500 1800 2100 2400

Limite del materiale di copertura più allentato

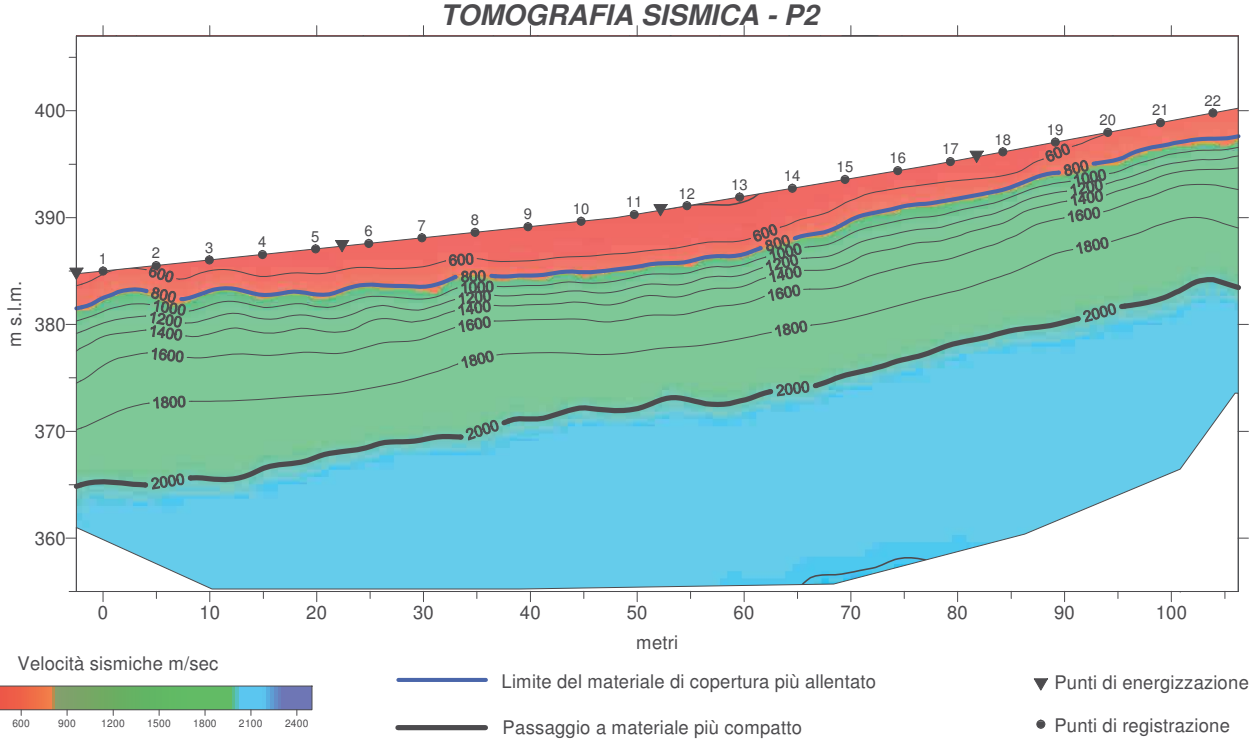
Passaggio al substrato più compatto

▼ Punti di energizzazione

● Punti di registrazione

Fig.5a

Loc. Casa Colombara - Comune di Nibbiano
TOMOGRAFIA SISMICA - P2



Scala 1:500

Velocità sismiche m/sec

300 600 900 1200 1500 1800 2100 2400

Limite del materiale di copertura più allentato

Passaggio a materiale più compatto

▼ Punti di energizzazione

● Punti di registrazione

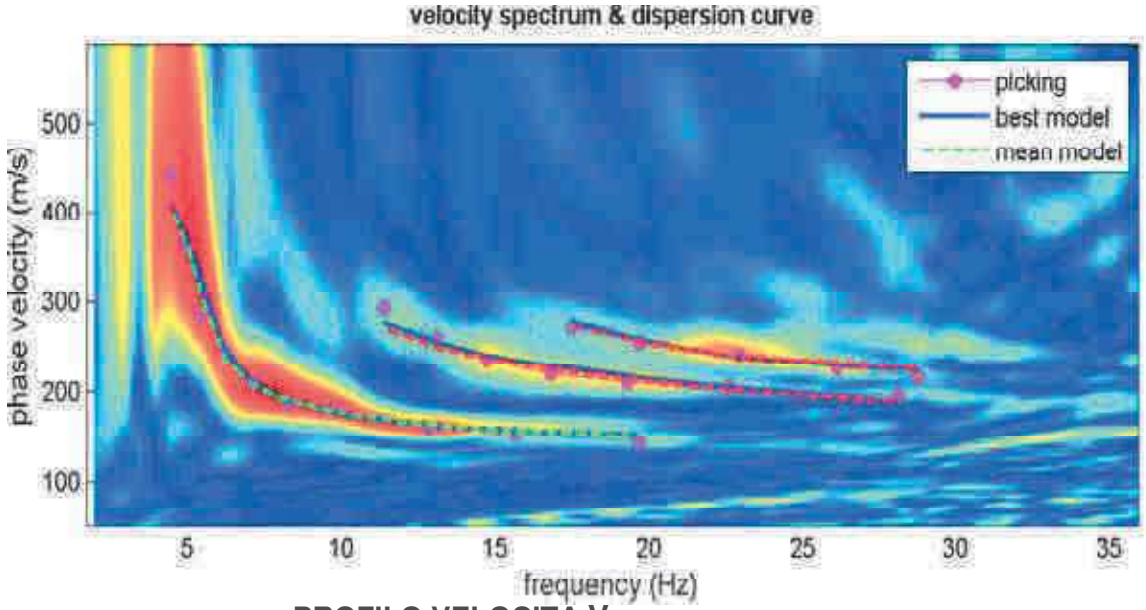
Fig.5b

loc. Casa Colombara - Comune di Pecorara

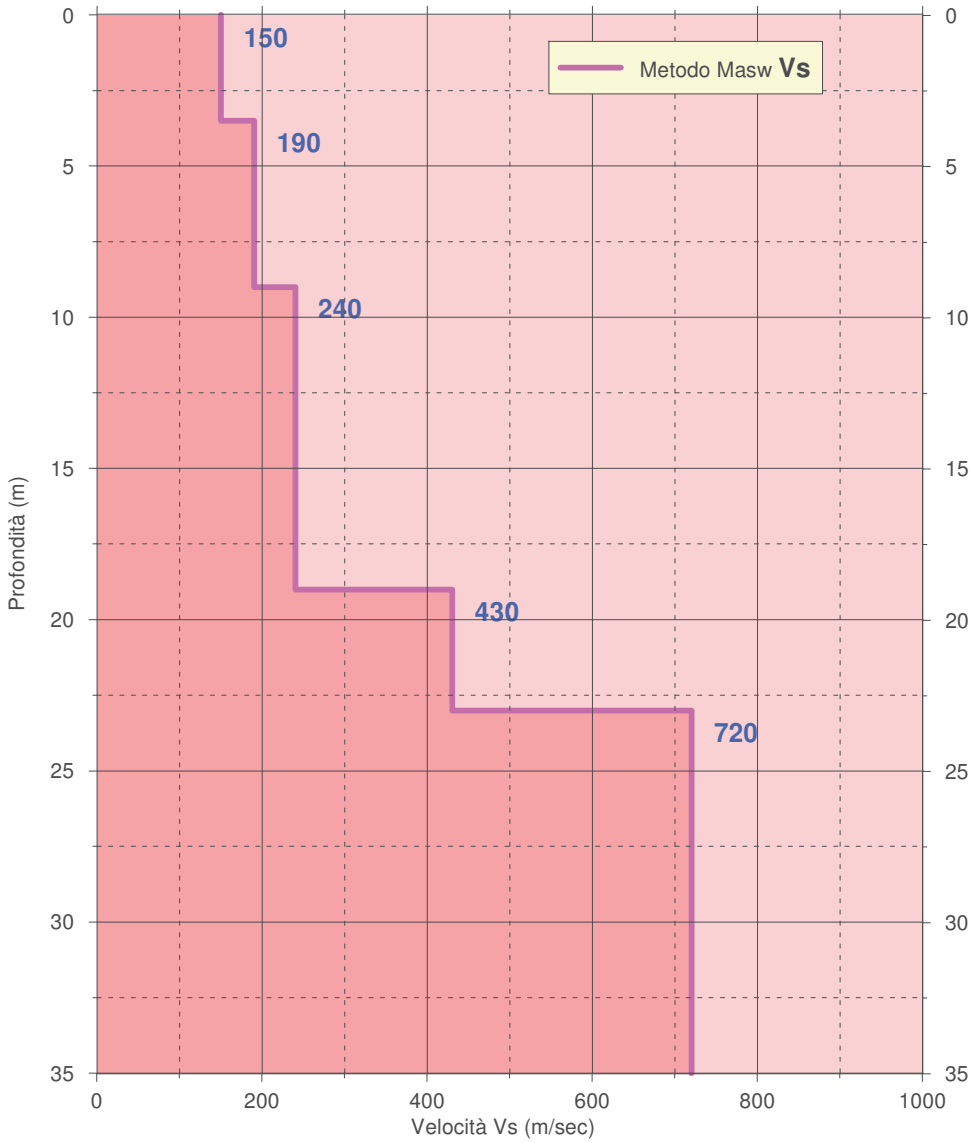
METODO MASW

M1

SPETTRO VELOCITA' DI FASE - FREQUENZA CON CURVA DISPERSIONE



PROFILO VELOCITA Vs



Vs30 dal p.c = 267

SUOLO DI FONDAZIONE TIPO "C"

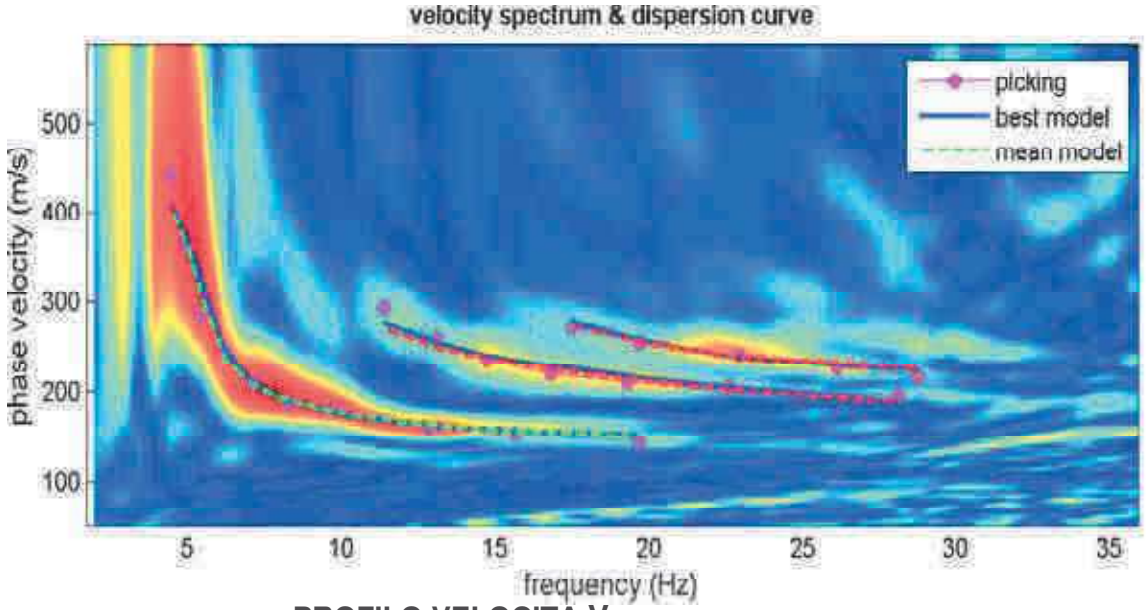
Fig.6a

loc. Casa Colombara - Comune di Pecorara

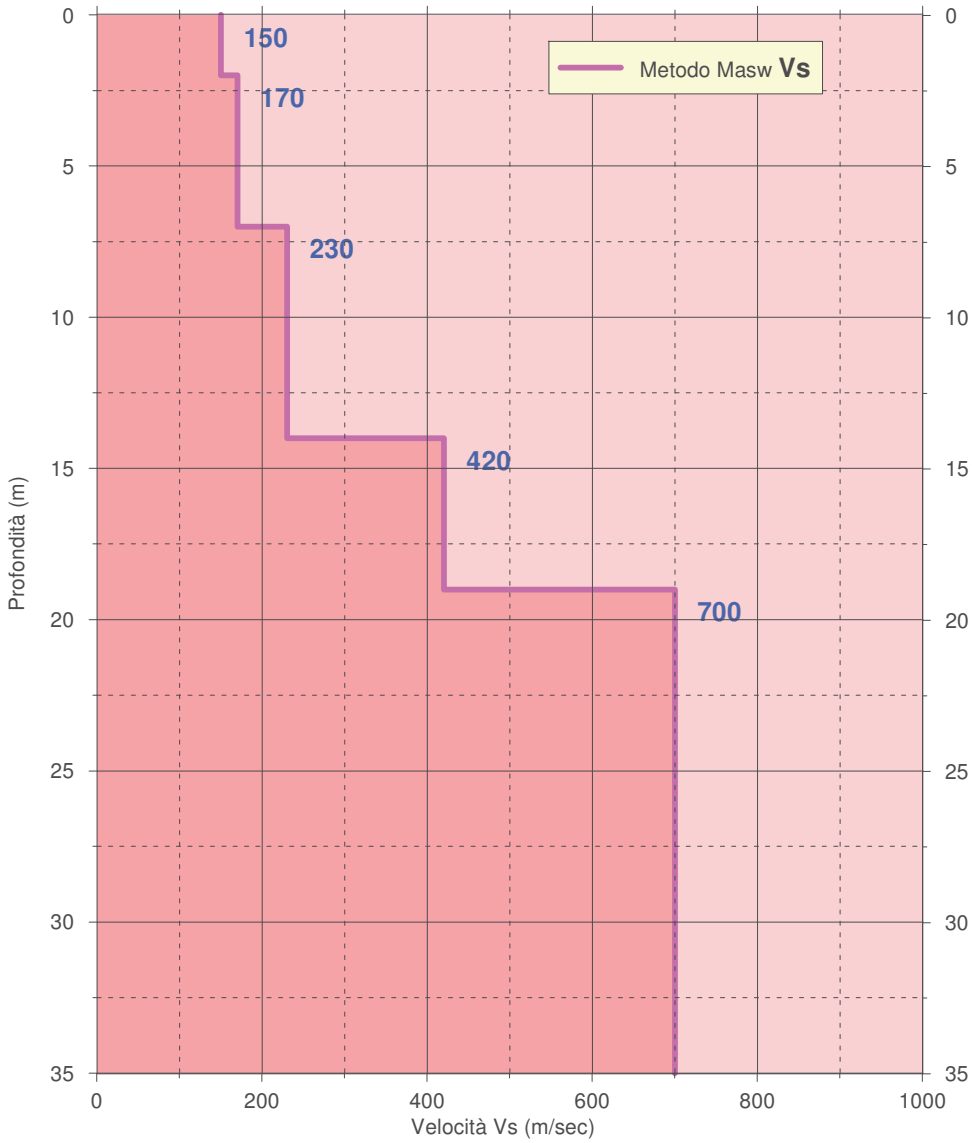
METODO MASW

M2

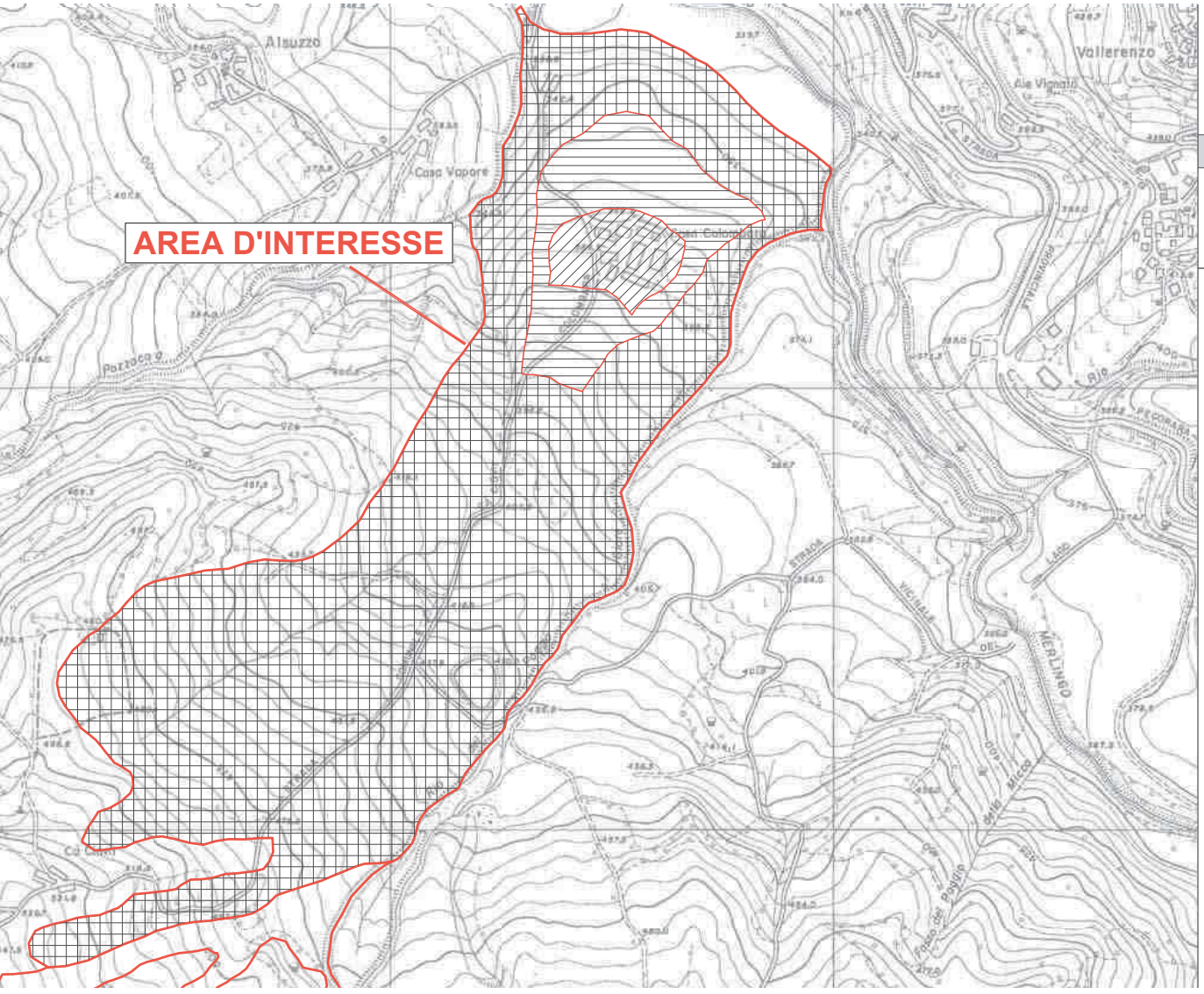
SPETTRO VELOCITA' DI FASE - FREQUENZA CON CURVA DISPERSIONE



PROFILO VELOCITA Vs



Vs30 dal p.c = 298	*SUOLO DI FONDAZIONE TIPO "C"*	**Fig.6b**



Studio ge
di un versant
in loc. Casa Colomb
"*Classificazion*
di fra

CARTA DEL "RI

CLASSI DI RISCHIO

Classe 2 - Risc

Classe 3 - Risc

Classe 4 - Risc

AREA D

13 Frana quiescente in loc. Casa Cereto

COMUNE ALTA VAL TIDONE (PC) Prot. n. 0009503 del 01-12-2022 in arrivo

Geotest s.r.l.
geologia tecnica e ambientale

Via E. Fermi, 113 – Trevozzo
29031 Alta Val Tidone (PC)
Tel.: 348 510 7263
info@geotestsrl.com

Servizi Geologici
Servizi Geotecnici
Servizi Geofisici

REGIONE EMILIA ROMAGNA
PROVINCIA DI PIACENZA (PC)
COMUNE DI ALTA VAL TIDONE

Relazione geologica

- Modello Geologico
- Modello Geotecnico Preliminare
- Modello Sismico

Oggetto

Relazione geologico-sismica finalizzata alla valutazione e zonizzazione del "Rischio Geologico" dell'area classificata come frana quiescente in loc. Casa Cereto.

Committente

Sig. Fausto Buzzi
Via G. di Vittorio, 24
20017 Rho (MI)
C.F.: BZZFST45M01B025D

Tecnico Incaricato

Dott. Geol. Baldini Adriano



GeoTest

Trevozzo, 20 novembre 2022

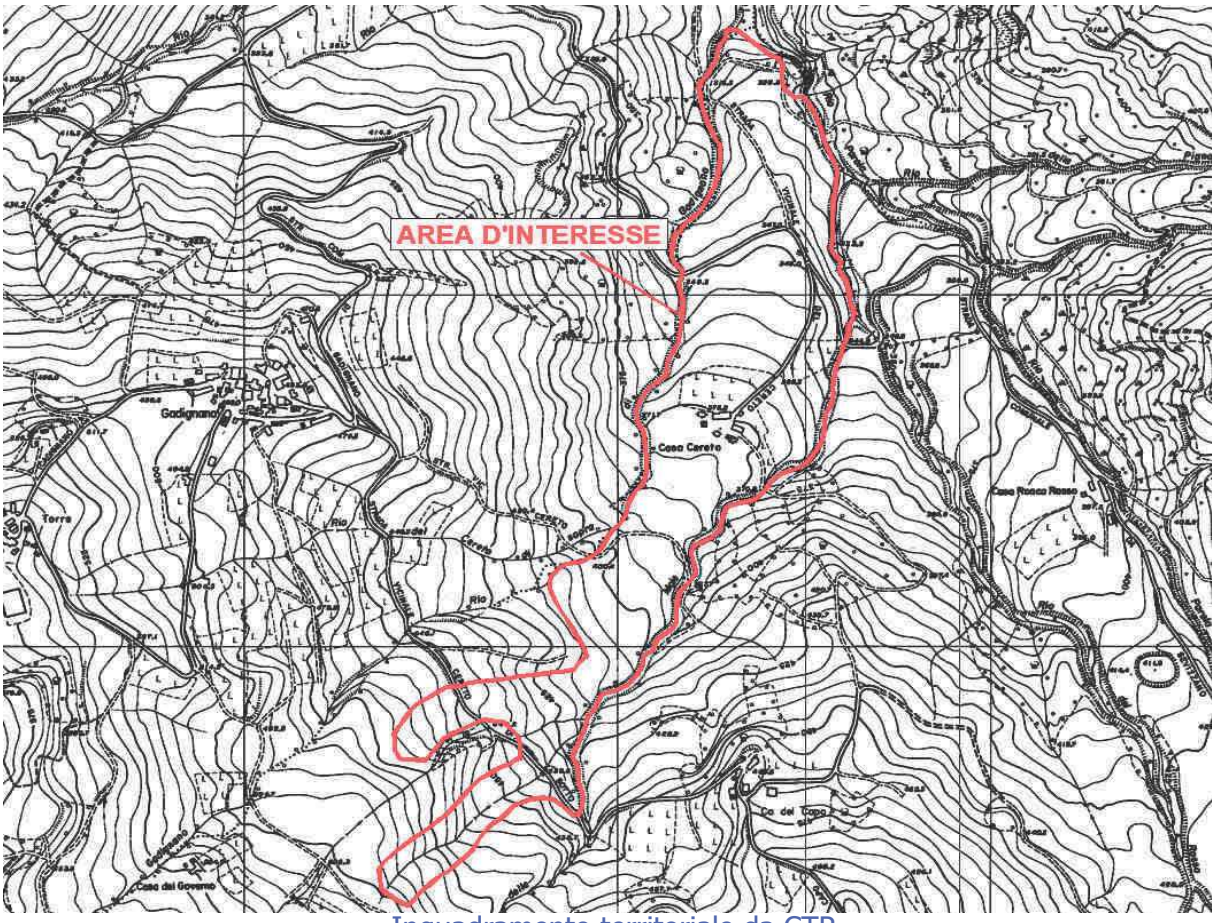
Sommario

1. PREMESSA 1
2. INDAGINI ESEGUITE 3
3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO-GEOMORFOLOGICO 4
3.1 CARATTERISTICHE GEOLOGICHE 4
3.2 CARATTERISTICHE GEOMORFOLOGICHE 6
4. INQUADRAMENTO IDROLOGICO E IDROGEOLOGICO 8
5. INDAGINI GEOGNOSTICHE 9
5.1 SISMICA A RIFRAZIONE 11
5.1.1 Cenni metodologici 11
5.1.2 Modalità esecutive 11
5.1.3 Strumentazione utilizzata 11
5.1.4 Elaborazione 12
5.1.5 Analisi dei risultati 13
5.2 PROVE PER LA DETERMINAZIONE DEL PROFILO DI VELOCITA' DELLE ONDE SISMICHE "S" 14
5.2.1 Cenni metodologici 14
5.2.2 Modalità esecutive 14
5.2.3 Commento dei risultati 15
5.3 MISURA DEI RAPPORTI SPETTRALI HVSR – (IPOTESI DI NAKAMURA) 15
5.3.1 Cenni metodologici 15
5.3.2 Strumentazione utilizzata e modalita' di acquisizione 17
5.3.3 Elaborazione ed analisi dei dati 17
6. MODELLO GEOLOGICO DELL'AREA 19
7. VALUTAZIONE DELLA PERICOLOSITA' SISMICA DELL'AREA (DGR n. 630 del 29/04/2019, DGR n. 476 del 12/04/2021 e DGR n. 564 del 26/04/2021) 20
7.1 OBIETTIVI DELLE DELIBERE 20
7.2 LIVELLI DI APPROFONDIMENTO 20
7.3 CARATTERI SISMICI DELL'AREA 21
7.4 VALUTAZIONE DEL FATTORE DI AMPLIFICAZIONE DEL SITO INTERESSE-ANALISI 2° LIVELLO 23
7.5 SPETTRO DI RISPOSTA (IN PGA) DELL'AREA 26
7.6.1 Analisi di stabilità in condizioni pseudostatiche 27
7.6.2 Analisi di stabilità dinamica (Metodo di NEWMARK) 28
8. ZONIZZAZIONE DEL RISCHIO DEL CORPO DI FRANA QUIESCENTE-DEPOSITO DI VERSANTE 30
9. PRESCRIZIONI PER LE AREE IN FRANA QUIESCENTE IN CUI E' STATA EFFETTUATA LA VALUTAZIONE DEL RISCHIO 31

1. PREMESSA

Nel Novembre 2022, è stata realizzata un'indagine geologico-sismica, in un'area sita in loc. Casa Cereto nel Comune di Alta Val Tidone (al confine con il comune di Pianello).

Nel dettaglio l'area d'interesse (classificata nel PSC e nel PTCP come frana quiescente) è localizzata a Est dell'abitato di Gadignano (circa 0.5 Km) sul versante orografico sinistro del T. Chiarone.



Inquadramento territoriale da CTR

Nella carta del dissesto del PTCP della provincia di Piacenza e nella "Carta del Dissesto Comunale" allegata al PSC (in questo caso coincidenti), l'area d'interesse è classificata come frana quiescente.

Le norme del PTCP consentono (compatibilmente con il grado di "rischio" accertato mediante opportuni approfondimenti geologici), di realizzare interventi edilizi (ampliamenti, nuove costruzioni ecc.), altrimenti non consentiti in tali aree.

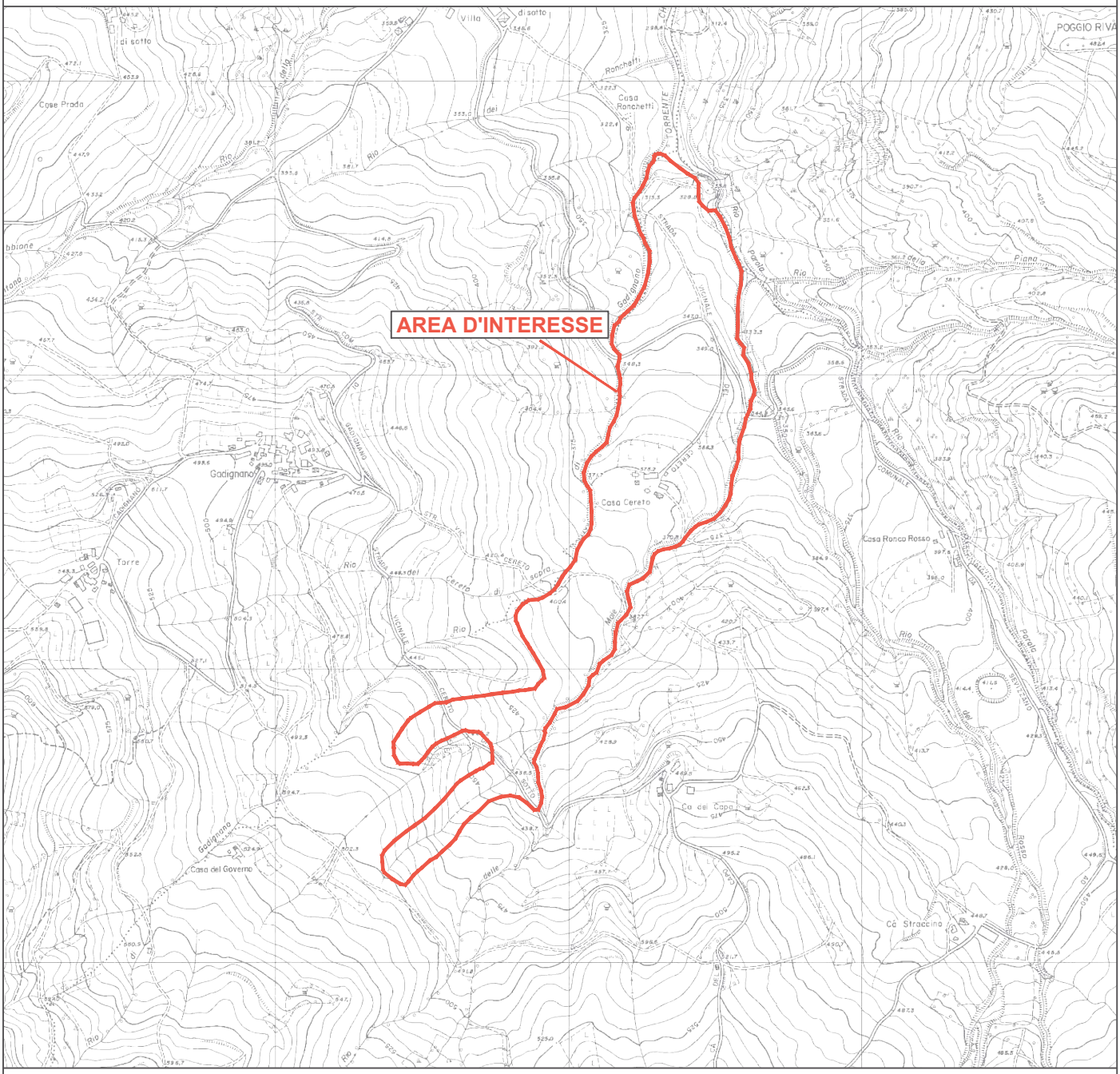
L'indagine ha avuto i seguenti obiettivi:

- Ricostruire l'assetto geologico-sismico del versante su cui insiste l'area d'interesse;
- Valutare le condizioni di stabilità complessiva del versante;
- Suddividere il corpo di frana in classi di rischio in base alla "pericolosità" geologica.

COMUNE ALTA VAL TIDONE (PC) Prot. n. 0009503 del 01-12-2022 in arrivo

INQUADRAMENTO TERRITORIALE

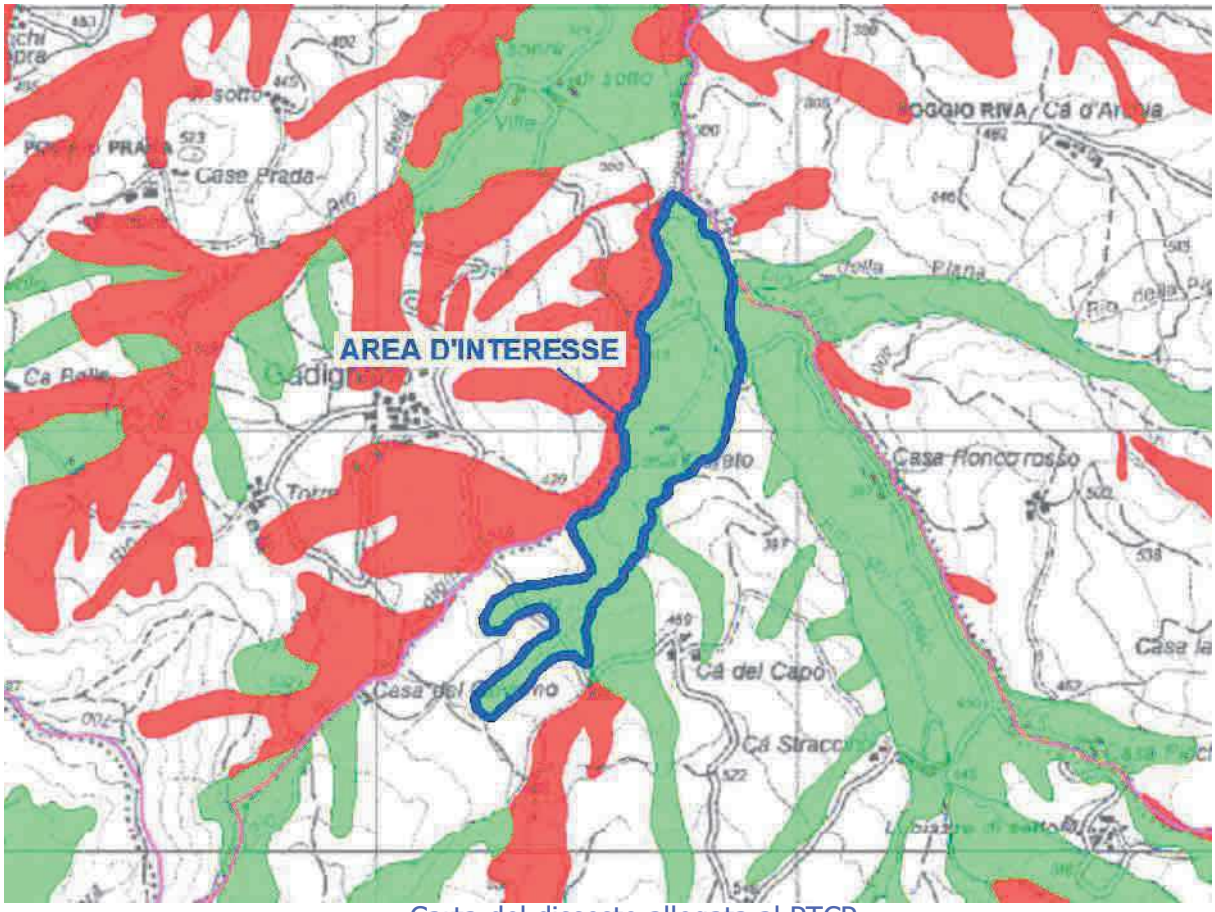
Scala 1:10000



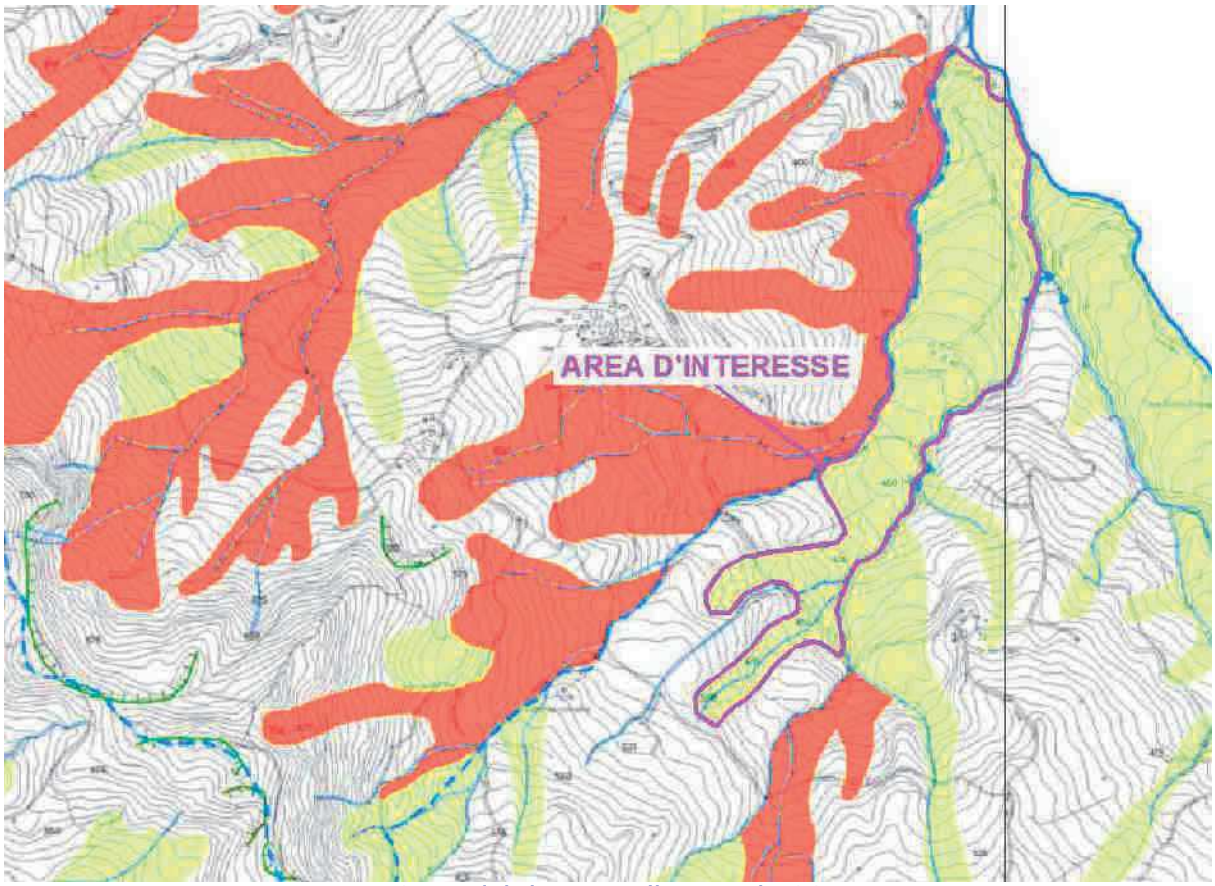


Area considerata

Fig. 1



Carta del dissesto allegata al PTCP



Carta del dissesto allegata al PSC

2. INDAGINI ESEGUITE

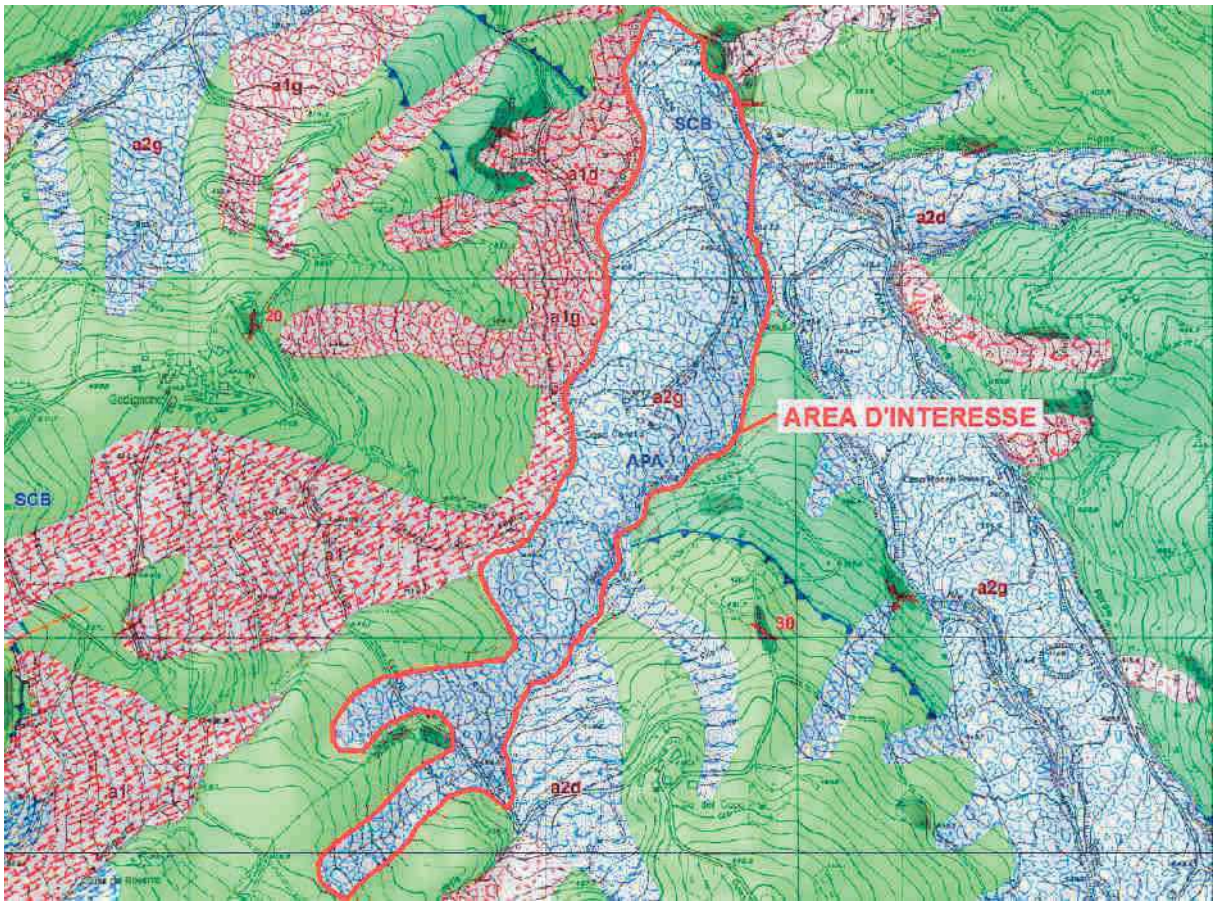
L'approfondimento realizzato, come previsto dalla normativa, non ha riguardato solo l'area d'interesse della Committenza, ma è stato esteso a tutto il corpo di frana quiescente considerato influente ai fini della stabilità complessiva dell'area.

- L'indagine geologico-sismica, conforme a quanto previsto dalle delibere in materia antisismica: **DGR n. 630 del 29/04/2019, DGR n. 476 del 12/04/2021 e DGR n. 564 del 26/04/2021**, ha previsto le seguenti fasi di studio:

- Raccolta ed analisi della documentazione esistente;
- Rilevamento geologico-geomorfologico di dettaglio di tutto il corpo di frana;
- Esecuzione di 2 profili sismo-tomografici, per la valutazione dello spessore e del grado di addensamento sia del materiale di copertura che del substrato geologico;
- Registrazione di 2 profili sismici con tecnica "Masw", per la determinazione del profilo di velocità delle onde "S" e della categoria del suolo di fondazione del sito in base all'attuale normativa antisismica;
- Realizzazione di 9 prove Hvsr (Microtremori tipo Nakamura), per la stima della frequenza di vibrazione caratteristica del sito;
- Analisi del "secondo livello" con valutazione del fattore di amplificazione del sito ed identificazione dei possibili effetti di sito;
- Analisi del "terzo livello" con valutazione della stabilità dell'area in condizione sismiche dinamiche (metodo di "Newmark");
- Valutazioni sulla stabilità geomorfologica dell'area e zonizzazione del corpo di frana quiescente in classi di "Rischio".

3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO-GEOMORFOLOGICO

3.1 CARATTERISTICHE GEOLOGICHE



Estratto della Carta Geologica Regionale

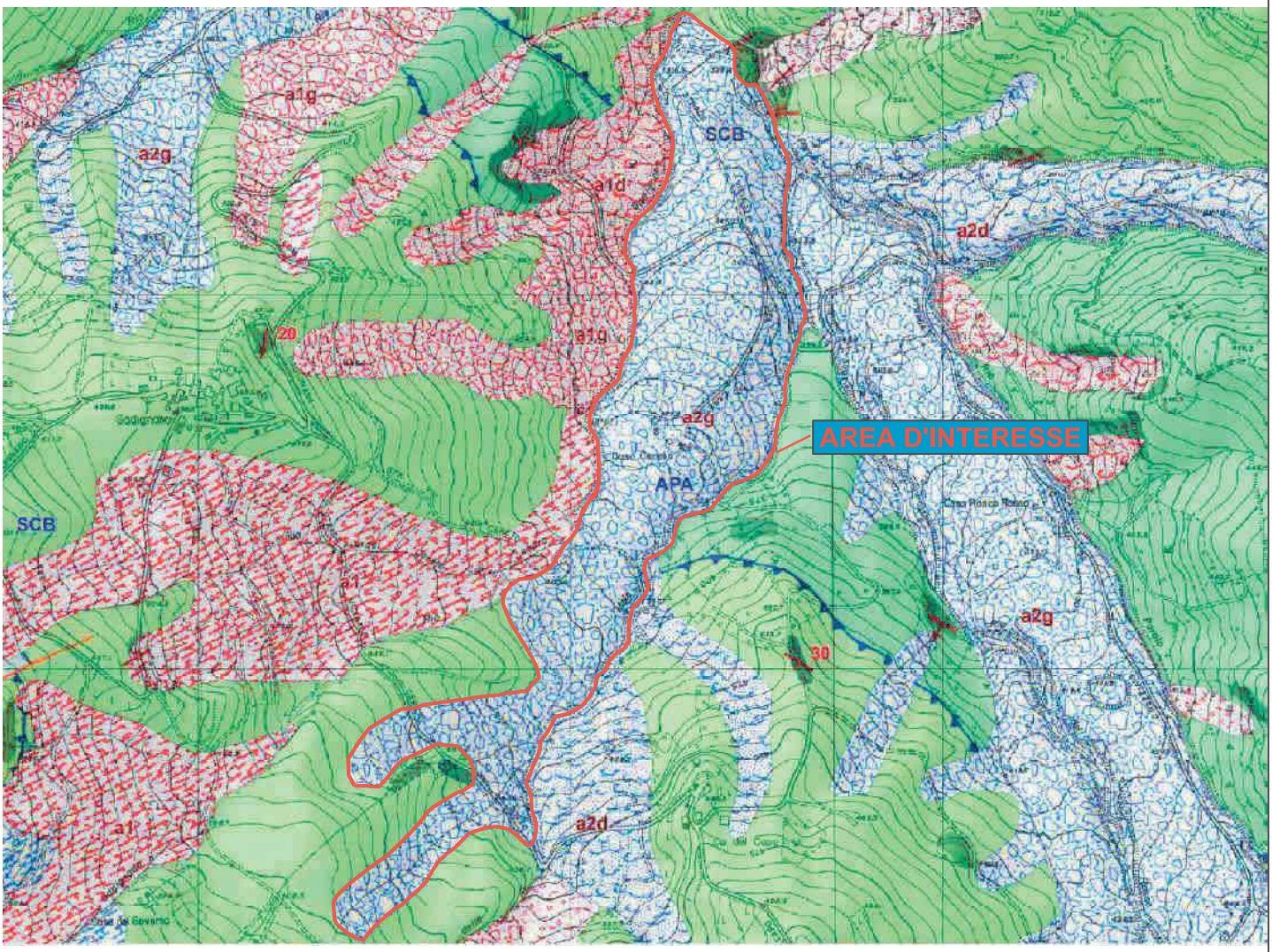
Come documento di base per l'inquadramento geologico dell'area, è stata utilizzata la "Carta Geologica dell'Appennino Emiliano-Romagnolo" della regione Emilia-Romagna alla scala 1:10000.

Nell'area di studio sono presenti le seguenti "Formazioni geologiche":

- ***"Arenarie di Scabiazza":*** *è costituita in prevalenza da strati medi e spessi di arenarie medio-fini e siltiti e peliti marnose. Locali intercalazioni di marne calcaree grigie in stati molto spessi.*
- ***"Argille a Palombini":*** *complesso eterogeneo costituito da argilliti nere con intercalazioni di calcilutitigrigie e verdastre. Il complesso include brecce poligeniche matrice-sostenute e/o clasto-sostenute; localmente sono presenti anche olistoliti ofiolitici e di calcari a Calpionelle anche di notevoli dimensioni (pluridecametriche).*

Dal punto di vista geologico, la caratteristica principale dell'area, è sicuramente costituita dai sovrascorrimenti che hanno portato la formazione più antica, rappresentata dal

ESTRATTO CARTA GEOLOGICA REGIONALE
Scala 1:8000



LEGENDA

Unità geologiche (10K)

- APA - Argille a palombini
- AVV - Argille Varicolori di Cassio
- CSD - Conglomerati dei Salti del Diavolo
- MCS - Flysch di Monte Cassio
- SCB - Arenarie di Scabiazza
- SCBd - Arenarie di Scabiazza - litofacies conglomeratica

Coperture quaternarie (10K)

- AES8a - Unità di Modena
- a1b - Deposito di frana attiva per scivolamento
- a1d - Deposito di frana attiva per colamento di fango
- a1g - Deposito di frana attiva complessa
- a2b - Deposito di frana quiescente per scivolamento
- a2d - Deposito di frana quiescente per colamento di fango
- a2g - Deposito di frana quiescente complessa

Area considerata

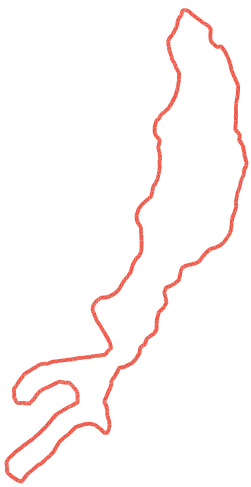
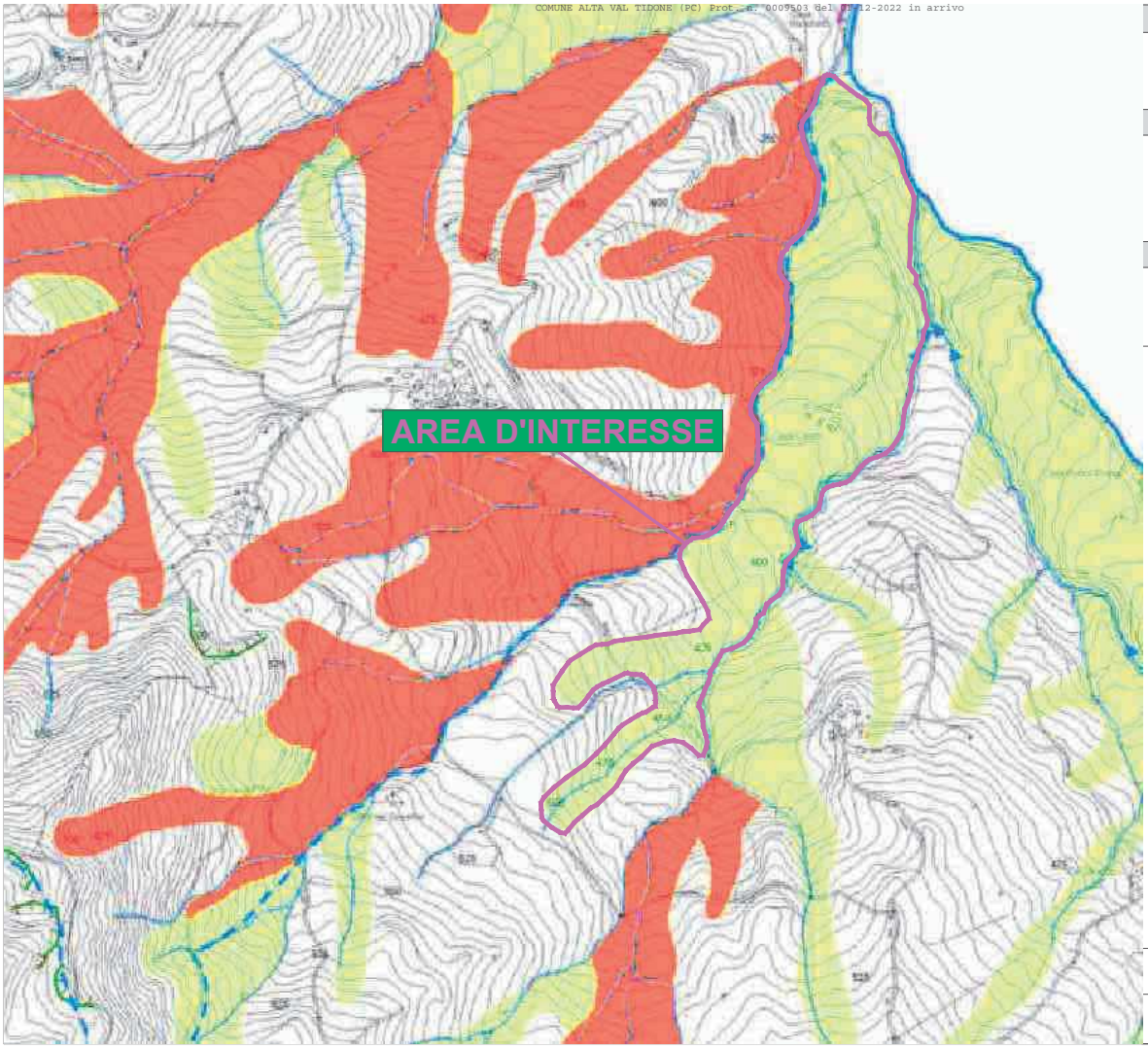


Fig.2

COMUNE ALTA VAL TIDONE (PC) Prot. n. 0009503 del 07-12-2022 in arrivo



COMMITTENTE

OGGETTO

Studio geologico e analisi
di un versante in frana quiescente
in loc. Casa Cereto - Comune Alta Val Tidone
"*Classificazione del rischio nelle zone di frana quiescente*"

TITOLO

CARTA DEL DISSESTO
Estratta dal PSC

Elementi morfologici

Area di frana attiva:
Accumuli gravitativi caotici di materiali eterogenei ed eterometrici, in abbondante matrice limoso-argillosa, con evidenti movimenti in atto.

Area di frana quiescente:
Accumuli gravitativi caotici di materiali eterogenei ed eterometrici, in abbondante matrice limoso-argillosa, attualmente quiescenti o stabilizzati.

Area di frana stabilizzata o relitta
Movimenti gravitativi quiescenti di cui non si hanno indizi di movimento recente o in atto. Generalmente si presentano con profili regolari, vegetazione ben sviluppata, assenza di lesioni a manufatti ed infrastrutture.

Depositi alluvionali attuali:
Ghiaie sciolte eterogenee ed eterometriche, a matrice sabbioso-limosa o limosa.

Alveo di magra del torrente

Depositi alluvionali in evoluzione che si rinvengono entro l'alveo attivo del fiume, talora fissati dalla vegetazione e corrispondenti ad aree esondabili in condizioni di piena ordinaria.

Depositi alluvionali terrazzati, recenti, fissati da copertura vegetale:
Ghiaie a matrice limoso-sabbiosa, spesso ricoperte da una coltre limosa di colore prevalentemente bruno-giallastro (2,5 Y 4/2 "Munsell Soil Charts").
[Depositi alluvionali terrazzati e depositi a diverse quote rispetto all'alveo attivo, esondabili in condizioni di piene eccezionali]
Olocene Superiore.

Depositi alluvionali terrazzati medio-antichi:
Ghiaie a prevalente matrice limosa o limoso-sabbiosa, ricoperte in superficie da una coltre limoso-argillosa di colore bruno-giallastro scuro o bruno-grigiastro scuro (valori compresi tra 10 YR 4/3, 4/4-5/3, 5/4 e 2,5 Y 5/2, 4/2 "Munsell Soil Charts").
Olocene medio superiore.

Depositi alluvionali terrazzati antichi:
Successioni di ghiaie, sabbie e limi, debolmente alterate alla sommità. Presenza di coltre limoso-argillosa di copertura a prevalente colore bruno e bruno-giallastro (valori compresi tra 10 YR 4/3, 5/3 e 4/4 "Munsell Soil Charts").
Pleistocene Superiore? – Olocene inferiore.

Deposito eluvio-colluviale



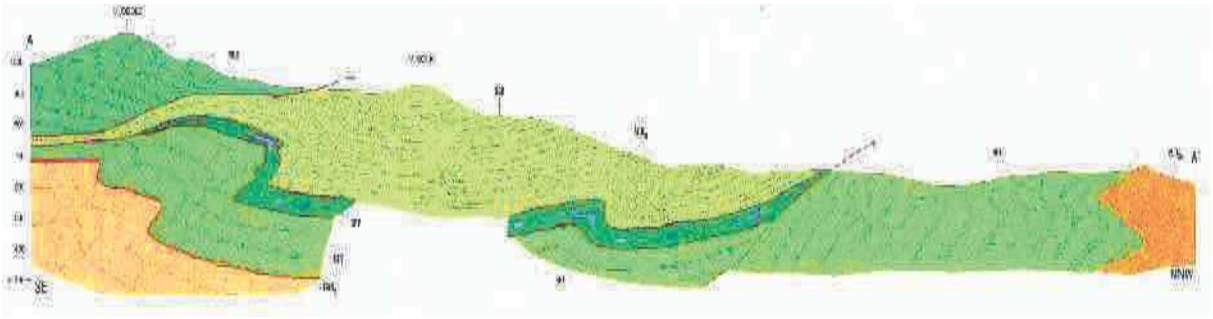
AREA DI STUDIO

scala:
1:5.000

N

Fig. 3

Flysch di Monte Cassio (non affiorante nell'area studiata), nella parte sommitale del locale edificio tettonico.



Sezione Geologica tipica dell'unità di Monte Cassio

Il fattore che condiziona la stabilità dell'area è dato dalla sovrapposizione di formazioni rigide, intensamente tettonizzate, come le Arenarie di Scabiazza su formazioni prevalentemente argillose appartenenti alle Argille a Palombini. Quest'ultimo complesso pur essendo di natura eterogenea, presenta, dal punto di vista idrogeologico un comportamento impermeabile rispetto alle formazioni sovrastanti più permeabili.

Da rilevare che proprio la disposizione stratigrafica strutturale delle successioni è favorevole, come in tante altre parti dell'Appennino, alla genesi di fenomeni franosi in esame. La presenza di litologie "rigide", in posizione sovrastante, favorisce l'infiltrazione delle acque meteoriche all'interno della massa rocciosa attraverso le fratture e i giunti di stratificazione, facendole riemergere in corrispondenza di orizzonti impermeabili su cui queste rocce poggiano.

Si originano, pertanto una serie di sorgenti allineate secondo disposizioni strutturali e stratigrafiche, al passaggio tra le litologie a diverso grado di permeabilità. Spesso l'emergenza di tali sorgenti risulta mascherata dalla presenza di materiale detritico, attraverso il quale si infiltra l'acqua sotterranea.

La conseguenza di questa situazione è l'ammollimento e la plasticizzazione, oltre che della coltre detritica di copertura, anche del substrato, fino alla fluidificazione dei materiali argillosi con la loro mobilizzazione verso valle.

In linea di massima le aree potenzialmente più soggette a dissesti franosi sono quelle a drenaggio centripeto. È proprio in queste situazioni che la coltre detritica, prevalentemente argillosa pseudocoerente, in presenza d'acqua tende a mobilizzarsi, specie sui pendii più acclivi. Viceversa, le aree più stabili sono quelle la cui conformazione (dossi e creste) favorisce un rapido allontanamento delle acque meteoriche.

Attualmente il corpo detritico oggetto di studio risulta nel complesso discretamente stabilizzato senza evidenza di estesi e significativi movimenti gravitativi che potrebbero far pensare ad un'instabilizzazione generalizzata dell'area.

I locali e circoscritti dissesti presenti interessano prevalentemente la coltre detritica più superficiale a ridosso dei due rii che definiscono i limiti dell'accumulo detritico.

3.2 CARATTERISTICHE GEOMORFOLOGICHE

Il corpo detritico presenta una lunghezza di circa 1200 metri con una larghezza media di 200 m. Il limite orientale è definito dal rio Moie; mentre quello occidentale dal rio di Gadignano. Entrambi i rii confluiscono nel T. Chiarone immediatamente a valle del corpo di frana quiescente.

Dal punto di vista morfologico il corpo detritico d'interesse, nella zona di accumulo (parte medio-bassa del versante), presenta una morfologia dossiforme con un'acclività del pendio nel complesso modesta.

L'antica zona di distacco (a monte) risulta ben stabilizzata senza evidenze di riattivazione di movimenti gravitativi.

La zona intermedia caratterizzata da una morfologia più "ondulata" corrisponde all'antica zona di scorrimento.

Nel complesso il corpo detritico risulta ben assestato senza evidenza di significativi movimenti gravitativi generalizzati in atto e/o recenti. I locali e circoscritti movimenti, come già accennato, sono posizionati in prossimità dei rii che "bordano" l'accumulo detritico.



Panoramica da monte del corpo di paleofrana, sullo sfondo si scorge il nucleo di Casa Cereto



Panoramica da valle del corpo di paleofrana sullo sfondo si scorge il nucleo di Casa Cereto

4. INQUADRAMENTO IDROLOGICO E IDROGEOLOGICO

La morfologia nel complesso "dossiforme" del settore medio-basso del corpo detritico favorisce lo smaltimento delle acque meteoriche limitandone la possibilità d'infiltrazione nel sottosuolo.

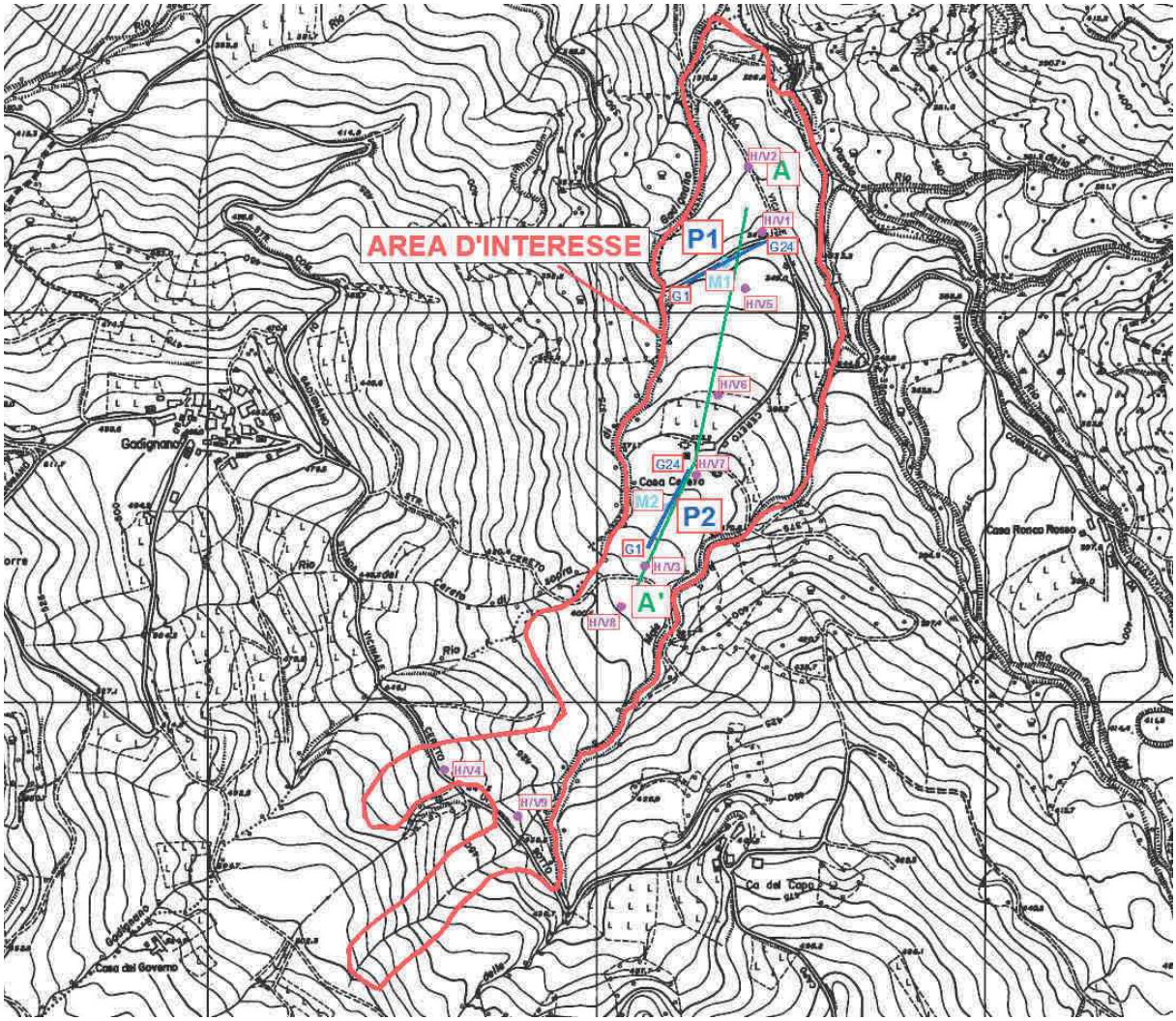
Viceversa, nella zona di monte, la morfologia che descrive una blanda conca, determina condizioni più favorevoli all'infiltrazione delle acque nel sottosuolo. Il drenaggio delle acque meteoriche, data l'assenza di significative contropendenze, risulta comunque nel complesso efficiente.

In generale risulta possibile la formazione di locali orizzonti acquiferi a carattere stagionale (periodi piovosi) nella copertura detritica più allentata (spessore 3-5 metri).

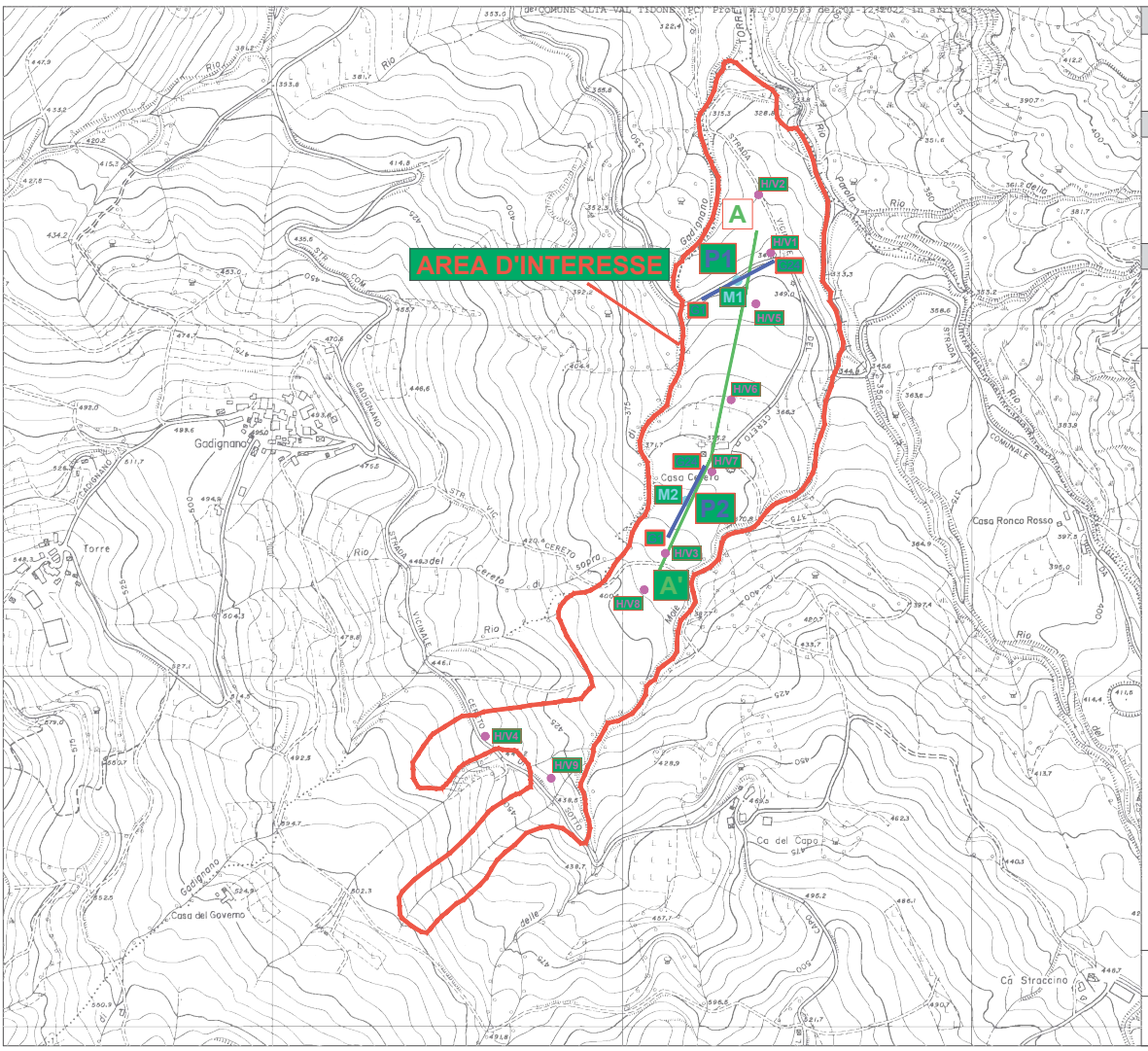
Per quanto riguarda l'assetto idrogeologico più profondo, i litotipi presenti, a prevalente carattere argilloso-marnoso, non consentono la formazione di acquiferi significativi.

5. INDAGINI GEOGNOSTICHE

Come già accennato, sono stati realizzati 2 profili sismo-tomografici, 2 prove "Masw" e 9 prove Hvsr (Microtremori tipo Nakamura).



Planimetria indagini geognostiche



COMMITTENTE

OGGETTO

Studio geologico e analisi
di un versante in frana quiescente
in loc. Casa Cereto - Comune Alta Val Tidone
"*Classificazione del rischio nelle zone di frana quiescente*"

TITOLO

PLANIMETRIA DELLE INDAGINI

INDAGINI SISMICHE

- G1 **P1-P2** G24 — Traccia stendimento tomografia sismica/Masw
- **M1-M2** — Prova MASW
- **H/V1** — Prova Microtremori tipo Nakamura
- **A' A** — Traccia verifica di stabilità del versante

AREA DI STUDIO



scala: 1:5000

N

T-Indagini.dwg

Fig. 4



Fasi esecutive delle indagini sismiche – profilo P2



Fasi esecutive delle prove Hvsr – prova 2

5.1 SISMICA A RIFRAZIONE

5.1.1 Cenni metodologici

La prospezione sismica rappresenta una tecnica di prospezione geofisica che consente, attraverso l'acquisizione e l'elaborazione di dati, la costruzione d'immagini bidimensionali (o tridimensionali) della variazione della velocità sismica. Con questa tecnica si riesce ad avere, pertanto, una visione seppur qualitativa della stratigrafia del terreno investigato, in termini di variazioni di "densità" dello stesso, essendo questo parametro direttamente legato alla velocità sismica. La tecnica di prospezione consiste nella misura dei tempi impiegati dalle onde sismiche longitudinali (onde P) per percorrere un tragitto rettilineo tra una serie di punti d'energizzazione (sorgente sismica) e una serie di punti di ricezione (geofoni). Il confronto matematico tra i vari tempi permette di suddividere lo spazio compreso tra le due serie di punti in porzioni, o "celle elementari" (quadrate per le sezioni bidimensionali come quelle in esame, o cubiche per sezioni tridimensionali) caratterizzate ognuna da un proprio valore di velocità sismica.

5.1.2 Modalità esecutive

I profili sono costituiti da allineamenti di 24 geofoni spaziati di 5 metri. In punti predefiniti dei profili, sono stati creati artificialmente degli impulsi elastici mediante l'utilizzo di una massa battente; l'energizzazione è avvenuta in 7 punti nelle seguenti posizioni:

- 2 punti agli estremi del profilo
- 5 lungo il profilo.

La registrazione dei sismogrammi è stata effettuata mediante un sismografo Geode della Geometrics a 24 canali ad elevata dinamica (24 bit).

5.1.3 Strumentazione utilizzata

Il "Geode" è un sismografo modulare a 24 bit che rappresenta l'ultima frontiera dei sistemi di registrazione sismica combinando il meglio dei tradizionali sismografi Geometrics con la flessibilità di un sistema distribuito. Geode è un sismografo ad elevata dinamica (144 dB di range dinamico totale – 105 dB istantanei a 2 msec di campionamento). Grazie all'ampia banda d'ingresso (1.75 Hz – 20 kHz, con velocità di campionamento da 0.02 msec a 16 msec), esso è perfettamente idoneo per un'ampia gamma di applicazioni: sismica a rifrazione, sismica a riflessione (anche ad altissima risoluzione), monitoraggio di vibrazioni, applicazioni sismologiche, downhole e VSP. In acquisizione sono disponibili tutte le funzioni di filtri, pre-amplificazione, line-test e instrument-test, tipiche dei sistemi di registrazioni evoluti.



Sismografo "Geode"

L'atrezzatura utilizzata è composta da:

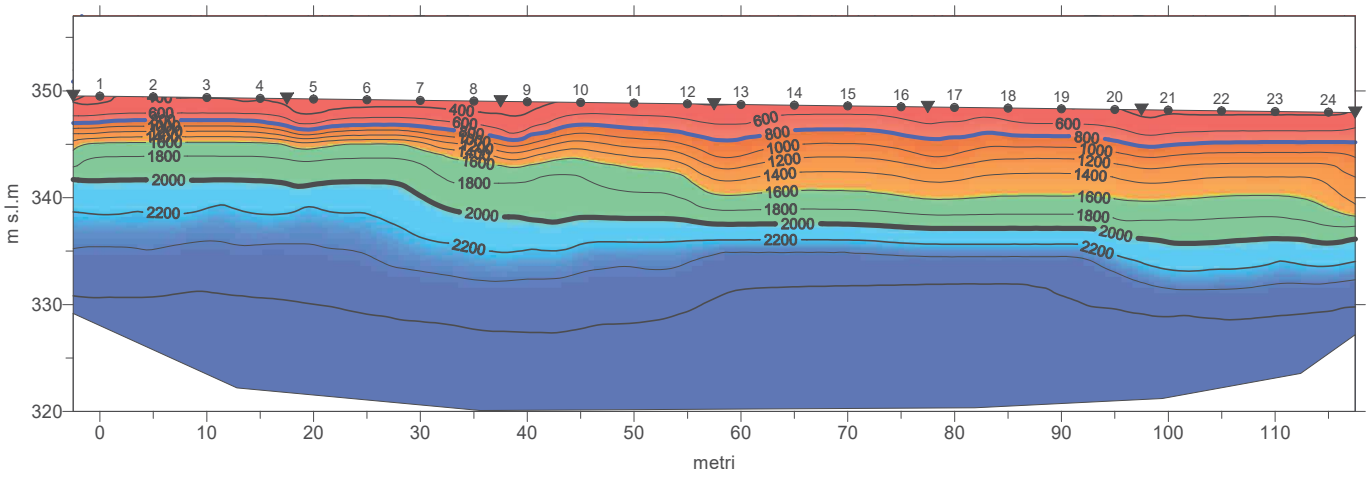
- Sismografo modulare Geode 3-1000+ canali,
- Massa battente da 10 Kg,
- Piastra di battuta in alluminio 15x15x2,5cm,
- Batteria ricaricabile 12 V,
- Cavo per sismica a rifrazione stranded, 130 mt con 24 takeouts SPT-21 a 5 metri di intervallo e due code da 7.5 mt l'una terminate con connettore Bendix 61S,
- Geofoni GS20DX, 10 Hz verficali, 395 Ohm con puntale da 3" ed 1,5 mt di cavo terminato con mueller clip singola MC-20-SP,
- Computer portatile ACER.

5.1.4 Elaborazione

In questo caso i dati acquisiti sono stati interpretati secondo un metodo sismico-tomografico utilizzando il software SeisOpt@2D v4.0 prodotto dalla OPTIM. La procedura d'elaborazione ha comportato in una prima fase la lettura dei tempi dei primi arrivi sui sismogrammi. In seguito, sono stati ricostruiti i percorsi dei raggi sismici attraverso il terreno. In linea teorica, ogni punto del mezzo investigato, è attraversato in tutte le direzioni, dai raggi sismici. Di ogni raggio è quindi calcolata la traiettoria e, sul confronto fra tutti i possibili percorsi e tempi impiegati, ed è stabilita per ogni punto (o cella di dimensioni 2.5x1.25 m, in questo caso) la sua velocità sismica caratteristica. Il risultato finale dell'elaborazione consiste in sezioni (Fig. 5) di velocità sismiche, rappresentata sia per isovelocità sia tramite colori. Alle diverse classi di velocità sismica, sono stati attribuiti colori che vanno, dal rosso per i valori più bassi, al blu per i valori più elevati. La scala cromatica evidenza i cambiamenti di velocità ritenuti più significativi.

COMUNE ALTA VAL TIDONE (PC) Prot. n. 0009503 del 01-12-2022 in arrivo

Loc. Casa Cereto - TOMOGRAFIA SISMICA - P1



Scala 1:500

Velocità sismiche m/sec

300 600 900 1200 1500 1800 2100 2400

Limite del materiale di copertura più allentato

Passaggio al materiale più compatto

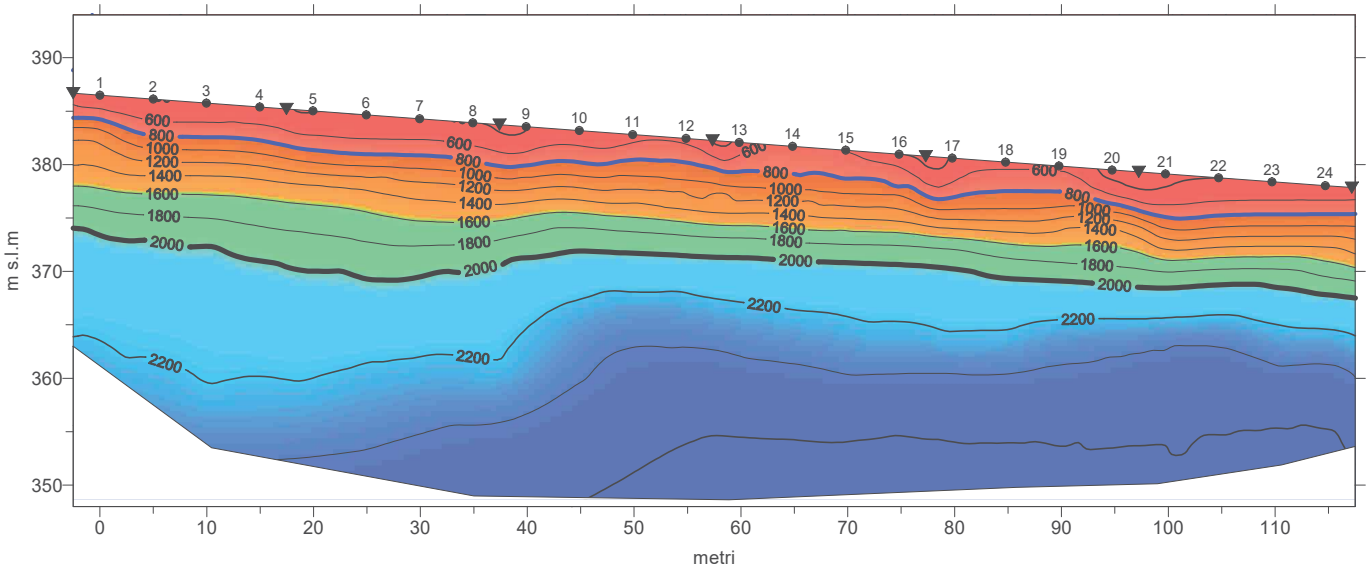
▼ Punti di energizzazione

● Punti di registrazione

Fig.5a

COMUNE ALTA VAL TIDONE (PC) Prot. n. 0009503 del 01-12-2022 in arrivo

Loc. Casa Cereto - TOMOGRAFIA SISMICA - P2



Scala 1:500

Velocità sismiche m/sec

300 600 900 1200 1500 1800 2100 2400

Limite del materiale di copertura più allentato

Passaggio al materiale più compatto

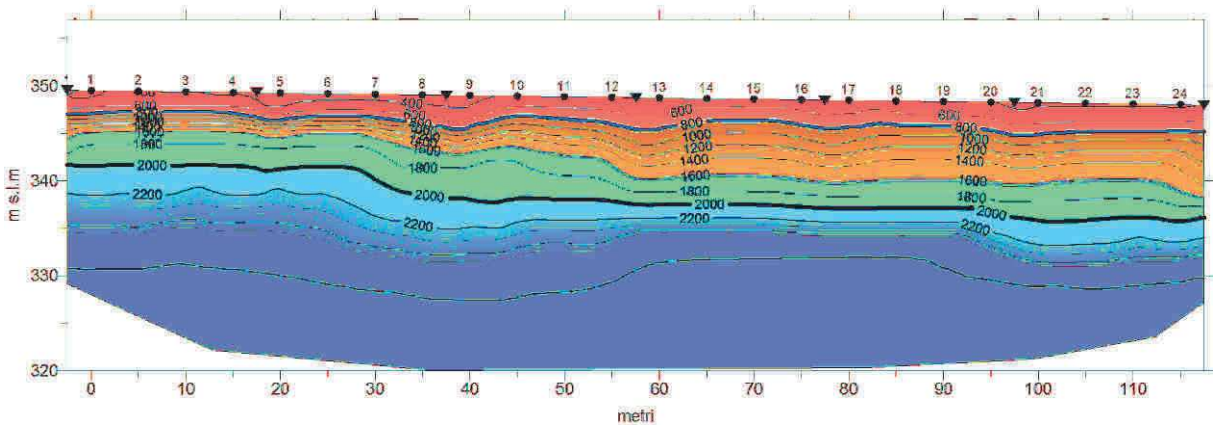
▼ Punti di energizzazione

● Punti di registrazione

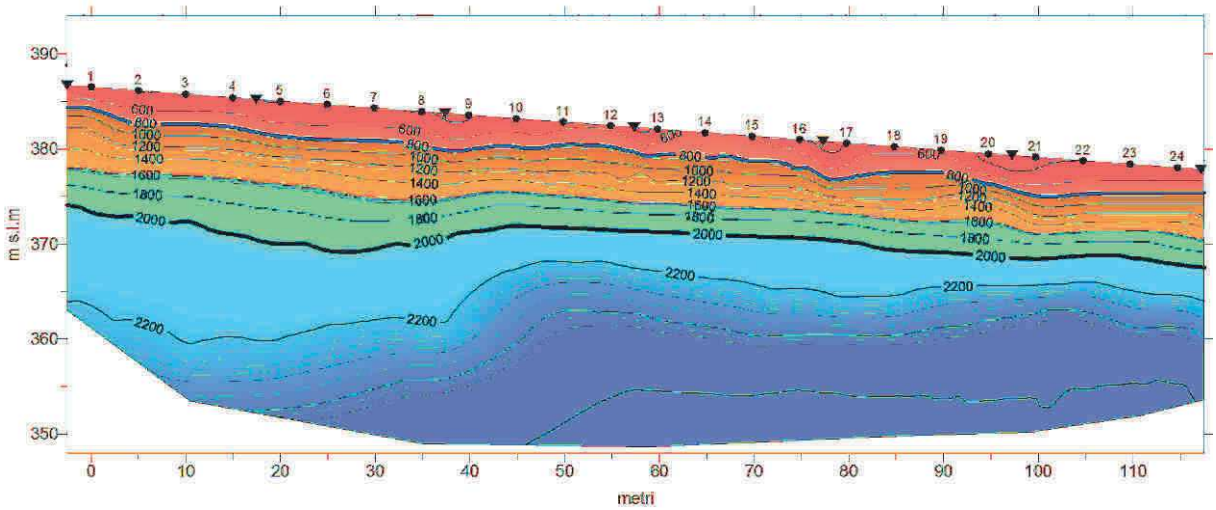
Fig.5b

5.1.5 Analisi dei risultati

Loc. Casa Cereto - TOMOGRAFIA SISMICA - P1



Loc. Casa Cereto - TOMOGRAFIA SISMICA - P2



L'elaborazione ha permesso la distinzione di varie unità secondo le loro caratteristiche sismiche:

- ***Unità allentata superficiale*** *(colore rosso),* con velocità inferiori a **800 m/s**. L'unità corrisponde al materiale detritico di copertura meno compatto. Gli spessori sono mediamente variabili da 2 a 3 m;
- ***Unità intermedia a medio-basso addensamento*** (colore marrone-verde), con velocità media di **1200-1400 m/s** e spessori di 7-10 metri. L'unità è correlabile a materiale detritico leggermente più addensato rispetto all'orizzonte superficiale;
- ***Unità di fondo a medio-alto addensamento*** (colore azzurro-blu), con velocità media di **2200-2300 m/s**. L'unità individuata a profondità di 10-13 metri dal p.c., può essere correlata a materiale detritico molto addensato e/o al substrato a forte componente argilloso-marnosa.

5.2 PROVE PER LA DETERMINAZIONE DEL PROFILO DI VELOCITA' DELLE ONDE SISMICHE "S"

Per la determinazione del profilo di velocità delle onde "S" e della categoria del suolo di fondazione è stato utilizzato il metodo "Masw". I profili "Masw" sono stati realizzati in corrispondenza dei 2 stendimenti sismico-tomografici.

5.2.1 Cenni metodologici

Il MASW (Park et al., 1999) è stato sviluppato in parte per superare le difficoltà dell'applicazione del SASW in ambienti rumorosi. La tecnica, che prevede la registrazione simultanea (in questo caso l'energizzazione è prodotta da una massa battente di almeno 10 Kg) di 12 o più canali, fornisce una ridondanza statistica delle misure di velocità di fase e ne avvalora la veridicità. Il salvataggio delle tracce nel dominio temporale permette inoltre di distinguere e evidenziare, le onde di Rayleigh presenti nel record, che sono caratterizzate da un'elevata ampiezza di segnale (circa il 60% dell'energia prodotta dalla sorgente artificiale si distribuisce in onde di superficie). Una particolare analisi spettrale, "overtone analysis", produce un grafico Velocità di fase-frequenza in cui si può distinguere il modo fondamentale delle onde di superficie da cui ricavare la curva di dispersione ed il profilo delle Vs per successiva inversione 1-D. La tecnica permette, inoltre, di eseguire misure ripetute spostandosi nella direzione di allineamento per risalire ad un profilo bidimensionale che evidenzia le variazioni laterali delle Vs. Il software utilizzato per l'elaborazione dei dati è il "winMASW" versione Academy della Eliosoft.

5.2.2 Modalità esecutive

Sono stati realizzati 2 stendimenti di 24 geofoni, con distanza intergeofonica di 5 m. La lunghezza delle registrazioni è stata di 1 sec, con un passo di campionamento di 0.25 ms.

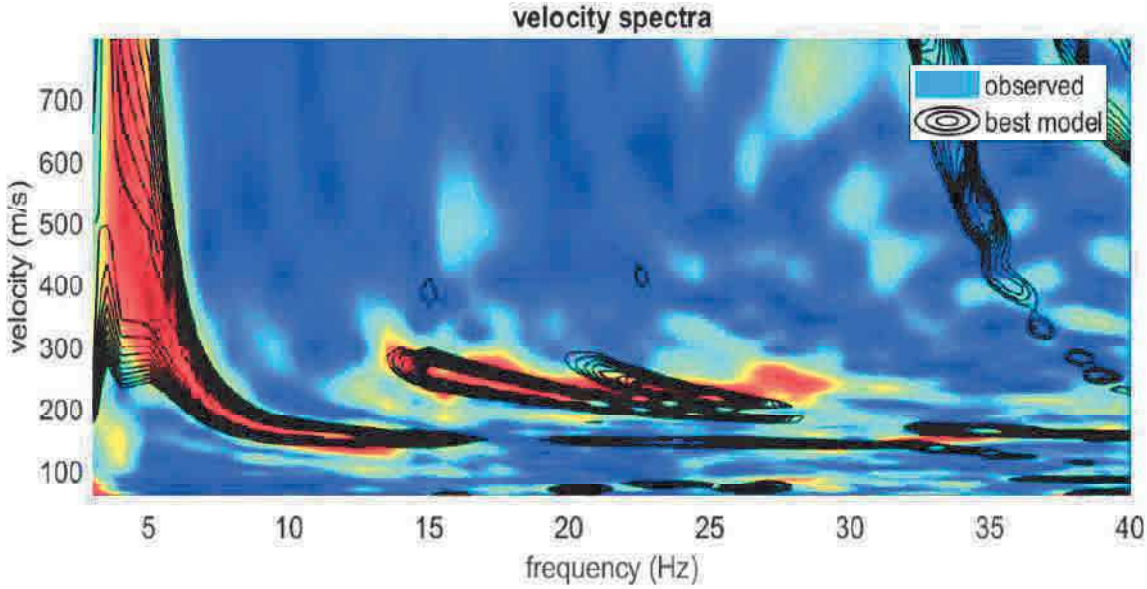
Si ricorda che il punto di determinazione del profilo delle Vs in profondità, si riferisce al centro dello stendimento geofonico.

COMUNE ALTA VAL TIDONE (PC) Prot. n. 0009503 del 01-12-2022 in arrivo

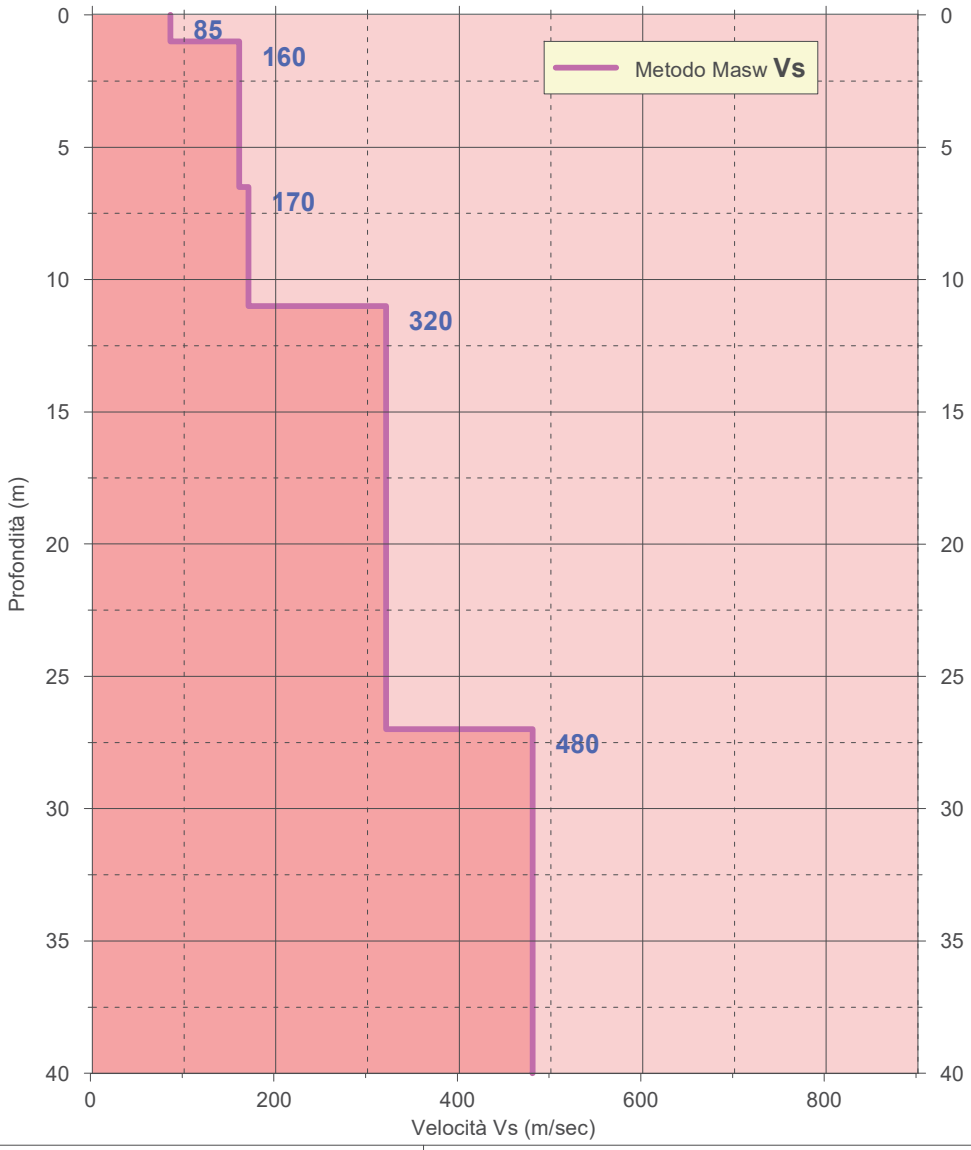
Loc. Casa Cereto
METODO MASW

M1

GRAFICO VELOCITA' di FASE- FREQUENZA



PROFILO VELOCITÀ Vs



Vs_eq (0-30 m) = 235 m/s

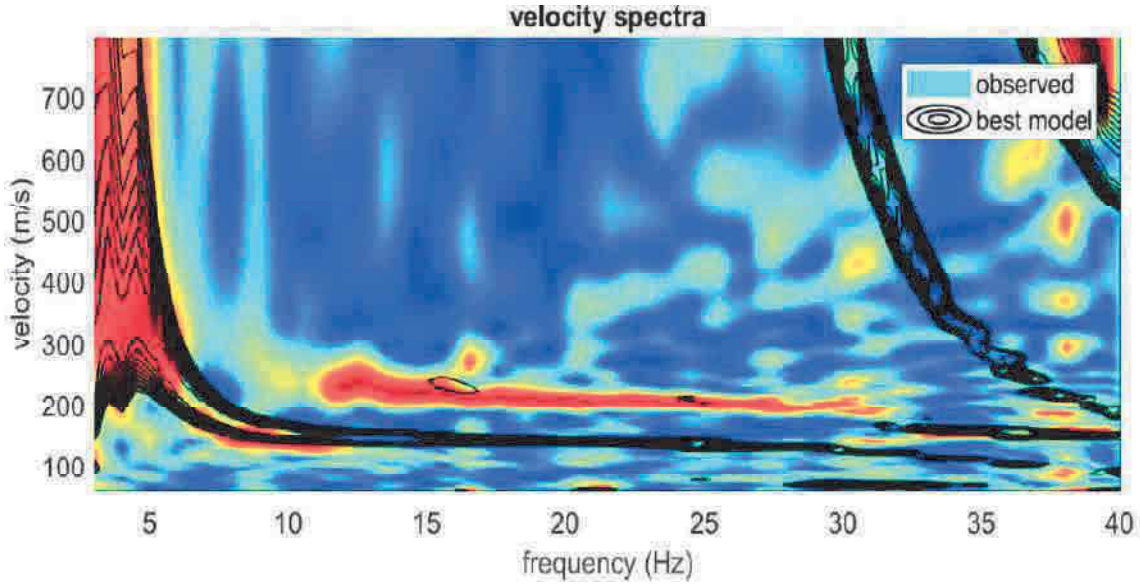
SUOLO DI FONDAZIONE TIPO "C"

Fig. 6a

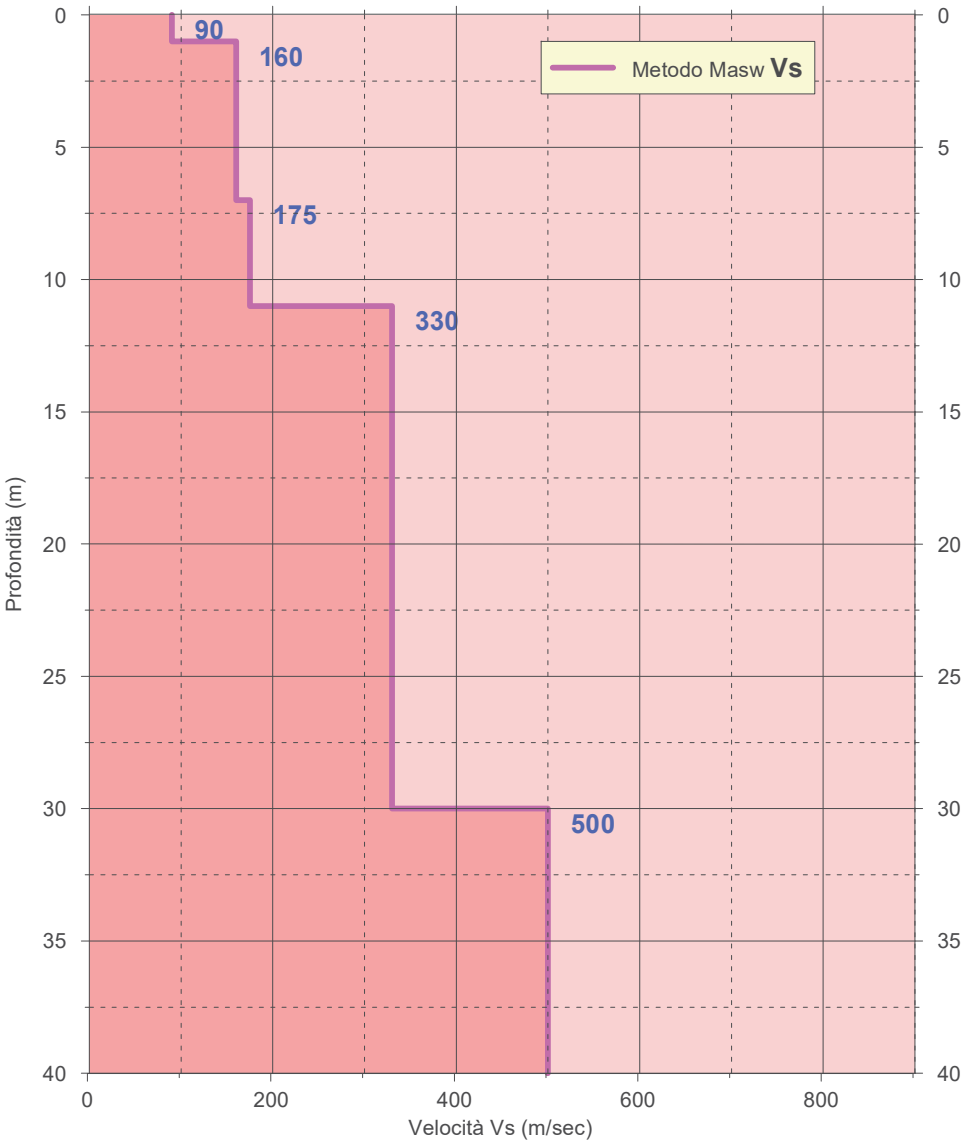
Loc. Casa Cereto
METODO MASW

M2

GRAFICO VELOCITA' di FASE- FREQUENZA



PROFILO VELOCITÀ Vs

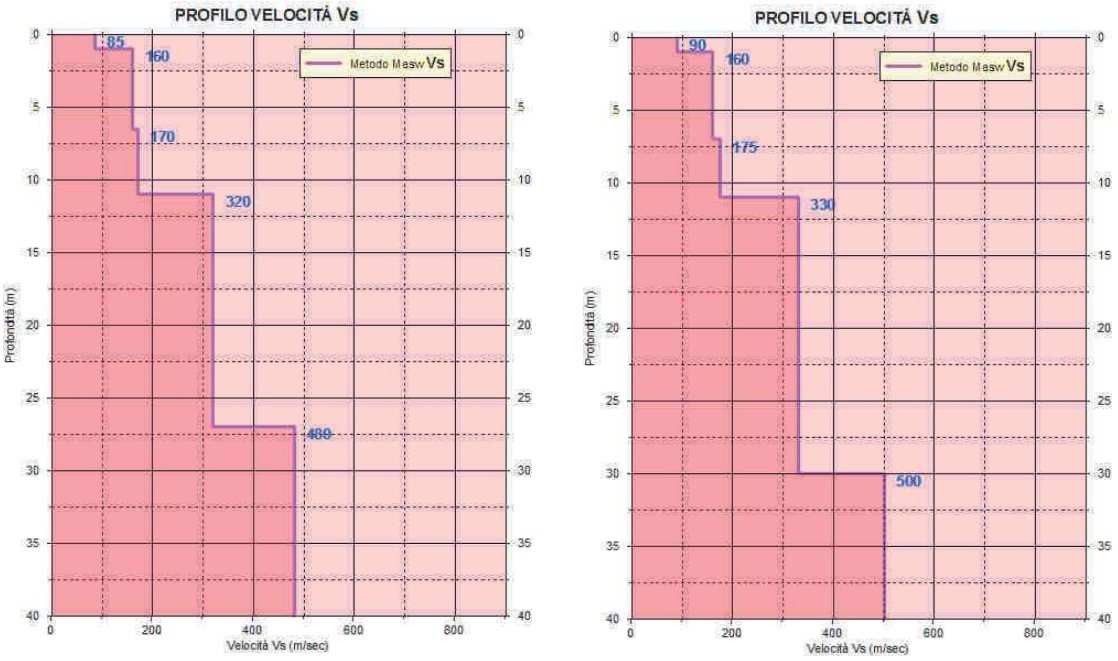


Vs_eq (0-30 m) = 232 m/s

SUOLO DI FONDAZIONE TIPO "C"

Fig. 6b

5.2.3 Commento dei risultati



Risultati delle prove Masw – M1 e M2

Esaminando i grafici ottenuti, si possono fare queste considerazioni:

- Dalla superficie fino a 10/12 m dal p.c. sono presenti materiali caratterizzati da valori di Vs bassi (Vs< 180 m/s). Tali depositi possono essere correlati alla copertura detritica più allentata;
- Più in profondità, fino a 27-30 metri, i valori di Vs aumentano portandosi sui 320-330 m/s segnalando la presenza di materiale (detrito compatto e/o substrato a forte componente argillosa), più compatto;
- Oltre i 27-30 metri, le velocità aumentano più nettamente in corrispondenza del substrato mediamente compatto;
- I valori di Vs_eq calcolati sono di 232 m/s (M1) e 235 m/s (M2);
- In base all'attuale normativa (NTC2018-2019) il sito d'interesse presenta un suolo di fondazione di tipo C.

5.3 MISURA DEI RAPPORTI SPETTRALI HVSR – (IPOTESI DI NAKAMURA)

5.3.1 Cenni metodologici

Il metodo dei rapporti spettrali di singola stazione (Hvsr) è largamente utilizzato in paesi con elevato rischio sismico quali il Giappone per la stima degli effetti di amplificazione di sito.

Il microtremore, un'impercettibile oscillazione naturale del suolo, è presente in qualsiasi punto della superficie terrestre e consiste per lo più nelle onde sismiche prodotte

dal vento e dal moto ondoso marino negli strati superficiali della Terra. Anche le attività umane (industrie, traffico stradale ecc.) possono produrre localmente microtremore, ma in genere tale segnale viene attenuato piuttosto rapidamente a causa delle sue caratteristiche di alta frequenza.

È interessante evidenziare come il microtremore agisca da oscillatore naturale e quindi permetta, tramite adeguata strumentazione, la misura diretta delle frequenze di vibrazione dei terreni e dei manufatti. La tecnica utilizzata, proposta da Nakamura (Nakamura, Y., 1989. A method for dynamic characteristics estimation of subsurface using microtremor on the ground surface. QR of RTRI, Vol. 30, No.1, 25-33) per lo studio delle amplificazioni di sito assume che i microtremori consistano principalmente di onde di Rayleigh che si propagano in un singolo strato soffice su semispazio e che la presenza di questo strato sia la causa dell'amplificazione al sito. Tale tecnica permette di separare i termini di sorgente-percorso e di sito tramite i rapporti tra le componenti del moto, senza utilizzare alcun sito di riferimento.

Le ipotesi su cui si basa la tecnica di Nakamura sono le seguenti:

- *i microtremori sono generati da sorgenti superficiali, e non da sorgenti profonde i cui contributi sono trascurabili;*
- *le sorgenti dei microtremori in superficie non influenzano i microtremori alla base dello strato considerato;*
- *la componente verticale del moto non risente di effetti di amplificazione locale;*

il picco visibile nei rapporti H/V (rapporto tra l'ampiezza spettrale della componente orizzontale e l'ampiezza spettrale della componente verticale) è indipendente dalle caratteristiche della sorgente del rumore ed è invece fortemente dipendente dalle condizioni stratigrafico-litologiche del terreno. Tale picco è inoltre ben correlato con la frequenza fondamentale di vibrazione del terreno soggetto alla propagazione di onde S verticali e con il picco fondamentale delle curve di dispersione delle onde di Rayleigh.

Le principali applicazione delle prove H/V si possono così sintetizzare:

- ✓ *Misura delle frequenze di risonanza dei suoli;*
- ✓ *Effetti di sito e microzonazione sismica (curve H/V, metodo di Nakamura);*
- ✓ **Stratigrafia sismica passiva;**
- ✓ *Vs30 da fit vincolato della curva H/V;*
- ✓ *Segnalazione dei possibili fenomeni di doppia risonanza suolo-struttura.*

Di particolare importanza è la frequenza di vibrazione del sito, caratterizzata dal maggiore rapporto di ampiezze H/V, nell'intervallo di frequenze di interesse ingegneristico

(frequenze generalmente inferiori a 15 Hz), denominata frequenza fondamentale di vibrazione f0.

È possibile poi determinare la profondità degli strati sismici mediante la misura diretta delle frequenze di vibrazione, associata alla misura delle velocità delle onde S tramite la relazione:

$$f_0 = Vs/4H$$

dove Vs è la velocità media delle onde di taglio, e H è la profondità della discontinuità sismo-stratigrafica.

A causa della pesante non-univocità della soluzione, una modellazione del solo HVSR, in mancanza di un solido ancoraggio stratigrafico e senza quantitative informazioni sulle Vs ottenute da misure Masw / Esac-ReMi. o da altri metodi da prove in foro (Cross-Hole, Down-Hole), non risulta affidabile per la determinazione del profilo di velocità delle onde S e quindi della valutazione della Vs30.

5.3.2 Strumentazione utilizzata e modalita' di acquisizione

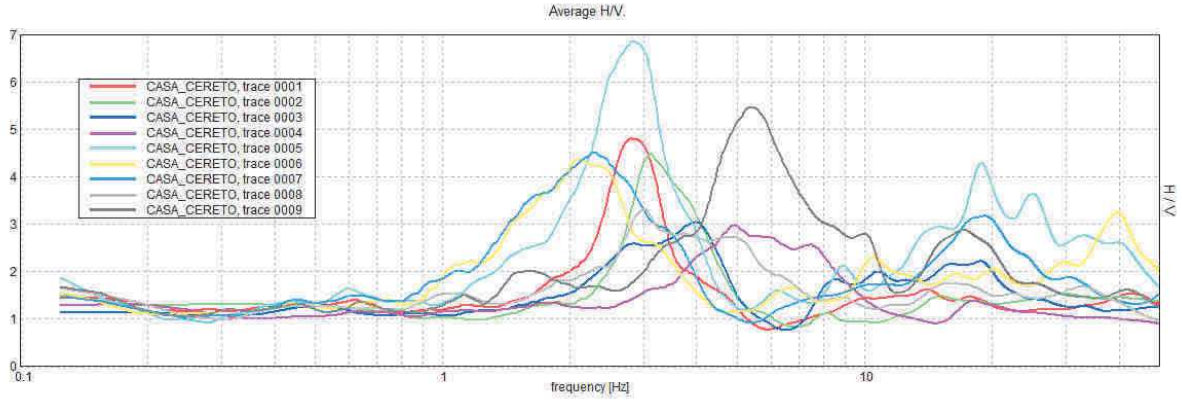
Per l'acquisizione dei dati è stato utilizzato un tromografo digitale della ditta Micromed S.r.L modello "Tromino ENGY ", che rappresenta la nuova generazione di strumenti ultra leggeri e ultra compatti in alta risoluzione adatti a tali misurazioni. Lo strumento racchiude al suo interno 3 terne (2 di velocimetri e l'altra di accelerometri) di sensori ortogonali tra loro e con possibilità di campionamento nell'intervallo di frequenze compreso tra 0.1 e 256 Hz. In questo caso le 9 registrazioni hanno avuto una lunghezza di 18-20 minuti, con un campionamento a 128 Hz.

5.3.3 Elaborazione ed analisi dei dati

Per l'elaborazione dei dati sismici è stato utilizzato il software **"Grilla"**.

Il programma consente di effettuare:

- Analisi spettrale completa delle tracce, calcolo delle curve H/V per la determinazione delle frequenze di risonanza del sottosuolo;
- Procedure di pulizia delle tracce nel dominio del tempo e delle frequenze;
- Test sulla significatività dei picchi secondo le linee guida europee (Criteri Sesame);
- Determinazione delle frequenze dei modi di vibrare delle strutture con rimozione dell'effetto di sottosuolo;
- Creazione di un report automatico con tabelle e illustrazioni.



Quadro d'insieme delle prove HVSR

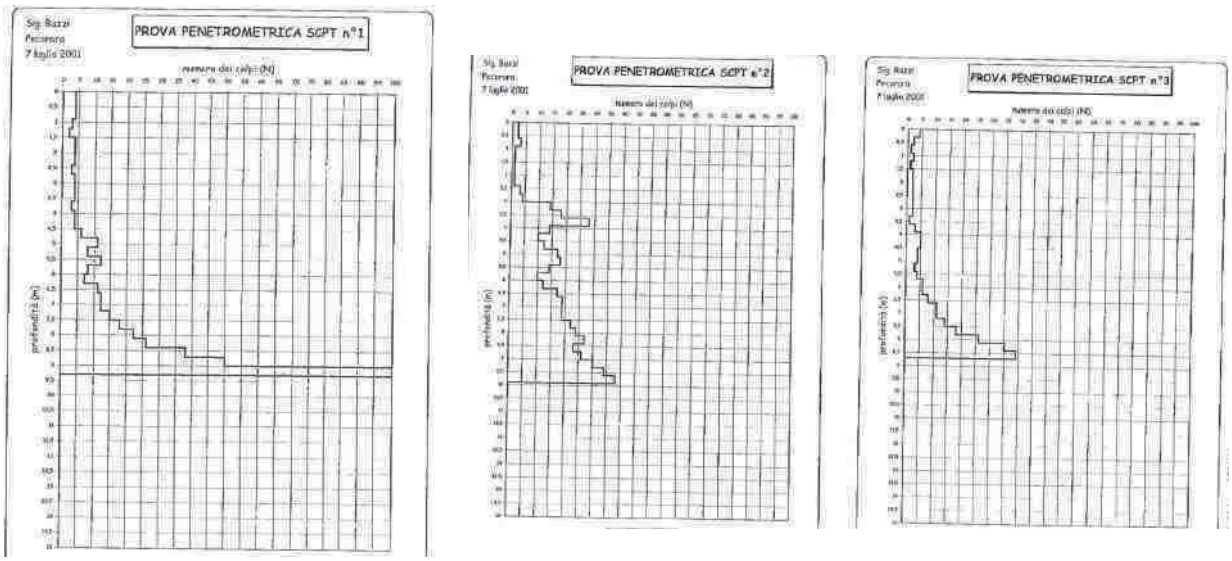
Per consentire un più agevole confronto fra le prove, i risultati delle stesse sono stati riportati in un unico grafico.

Analizzando i risultati delle prove si possono fare le seguenti considerazioni:

- Le prove hanno, ad eccezione della 4 e della 9 realizzate nella parte alta del corpo detritico, un andamento molto simile testimoniando una buona uniformità sismo-stratigrafica del sito;
- Le frequenze di vibrazione caratteristiche del terreno sul corpo di frana vero e proprio sono state individuate nell'intervallo 2.5-3.0 Hz;
- Le prove 4 e 9 realizzate nella parte alta del corpo detritico, con frequenze di vibrazione maggiori (5.5 Hz), segnalano spessori della coltre detritica minori;
- I rapporti H/V elevati (4-6) presenti indicano contrasti d'impedenza sismica piuttosto elevati.

6. MODELLO GEOLOGICO DELL'AREA

Per la ricostruzione del modello geologico-geotecnico dell'area sono state utilizzate anche alcune prove penetrometriche dinamiche realizzate in passato (anno 2001) dalla committenza proprio in corrispondenza dei fabbricati di Casa Cereto.



Le indagini realizzate unite alle più generali conoscenze geologiche hanno consentito di ricostruire il modello geologico-geotecnico di riferimento per l'area d'interesse.

SINTESI DEI PARAMETRI GEOTECNICI

Livello A	**Litologia:** *limo e argilla con rari trovanti poco compatto*	
Dal p.c. a –2/- 3 m	Peso di volume Peso di volume saturo Angolo di attrito di picco Angolo di attrito residuo Coesione	**γ = 1.85 t/mc** **γ = 2.00 t/mc** **φ = 21°** **φ = 19°** **C = 0.05 Kg/cmq**
Livello B	**Litologia:** materiale detritico prevalentemente limo-argilloso con trovanti a medio-bassa compattezza	
Da –2 / - 3 m a –9/ - 12 m	Peso di volume Peso di volume saturo Angolo di attrito di picco Angolo di attrito residuo Coesione	**γ = 1.90 t/mc** **γ = 2.05 t/mc** **φ = 23°** **φ = 21°** **C = 0.08 Kg/cmq**
Livello C	**Litologia:** materiale detritico prevalentemente limo-argilloso con trovanti molto compatto e/o substrato a forte componente argilloso-marnosa.	
Da –9/- 12 m a –27/- 30 m	Peso di volume Peso di volume saturo Angolo di attrito di picco Angolo di attrito residuo Coesione	**γ = 2.00 t/mc** **γ = 2.10 t/mc** **φ = 26°** **φ = 23°** **C = 0.15 Kg/cmq**
Livello D	**Litologia:** *substrato mediamente compatto*	
Oltre –27/-30 m	Peso di volume Angolo di attrito	**γ = 2.20 t/mc** **φ = 40°**

7. VALUTAZIONE DELLA PERICOLOSITA' SISMICA DELL'AREA (DGR n. 630 del 29/04/2019, DGR n. 476 del 12/04/2021 e DGR n. 564 del 26/04/2021)

7.1 OBIETTIVI DELLE DELIBERE

Scopo degli atti di indirizzo e coordinamento è quello di fornire i criteri per la per l'individuazione delle aree soggette ad effetti locali e per la microzonazione sismica del territorio in modo da orientare le scelte della pianificazione verso aree caratterizzate da minore pericolosità sismica. Lo studio della pericolosità di base e della pericolosità locale hanno come obiettivi:

- *l'individuazione delle aree dove in occasione dei terremoti attesi possono verificarsi effetti locali;*
- *la stima quantitativa della risposta sismica locale dei depositi e delle morfologie presenti nell'area di indagine ("Analisi della Risposta Sismica Locale", RSL);*
- *la suddivisione del territorio in sottozone a diversa pericolosità sismica locale ("Microzonazione Sismica", MZS).*

I risultati dell'analisi della pericolosità sismica locale e della microzonazione sismica devono essere applicati nella redazione degli strumenti di pianificazione territoriale e urbanistica.

7.2 LIVELLI DI APPROFONDIMENTO

Gli studi di risposta sismica locale e microzonazione sismica vanno condotti a diversi livelli di approfondimento a seconda delle finalità e delle applicazioni nonché degli scenari di pericolosità locale. Tali studi svolti devono essere descritti in una relazione che indichi chiaramente il livello di approfondimento, le indagini effettuate e i risultati ottenuti e devono fornire una cartografia dello stato del territorio, e sono un riferimento necessario per la Valutazione di Sostenibilità Ambientale e Territoriale (VALSAT) preventiva delle singole scelte del piano. Si identificano due fasi di analisi con diversi livelli di approfondimento.

La prima fase è diretta a definire gli scenari di pericolosità sismica locale, cioè ad identificare le parti di territorio suscettibili di effetti locali (amplificazione del segnale sismico, cedimenti, instabilità dei versanti, fenomeni di liquefazione, rotture del terreno, ecc.). L'individuazione delle aree soggette ad effetti locali si basa su rilievi, osservazioni e valutazioni di tipo geologico e geomorfologico, svolte a scala territoriale, associati a raccolte di informazioni sugli effetti indotti dai terremoti passati. Tale analisi viene svolta - soprattutto mediante elaborazione dei dati disponibili - in sede di elaborazione del PTCP e del PSC e concorre alla definizione delle scelte di piano, fornendo prime indicazioni sui limiti e le condizioni per la pianificazione nelle suddette aree.

La seconda fase ha come obiettivo la microzonazione sismica del territorio indagato. Sulla base degli scenari individuati dalle analisi svolte nel corso della prima fase, nella seconda fase si attuano due diversi livelli di approfondimento:

a) nelle aree pianeggianti e sub-pianeggianti, incluse le zone di fondovalle appenniniche, con stratificazione orizzontale e sub-orizzontale, e sui versanti stabili con acclività ≤ 15° in cui il deposito ha spessore costante si ritiene sufficiente un'analisi semplificata (secondo livello di approfondimento), cioè l'analisi della pericolosità locale può essere basata, oltre che sull'acquisizione di dati geologici e geomorfologici più dettagliati di quelli rilevati nel primo livello, su prove geofisiche in sito e su prove geotecniche di tipo standard. Il numero delle verticali indagate deve essere tale da consentire un'adeguata caratterizzazione geotecnica spaziale dei terreni e delle formazioni presenti nell'area di studio;

b) un'analisi più approfondita (terzo livello di approfondimento) è invece richiesta nei seguenti casi (vedere Allegato A1):

- *aree soggette a liquefazione e densificazione;*
- *aree instabili e potenzialmente instabili;*
- *aree in cui le coperture hanno spessore fortemente variabile, come ad esempio nelle aree pedemontane e di fondovalle a ridosso dei versanti;*
- *aree in cui è prevista la realizzazione di opere di rilevante interesse pubblico.*

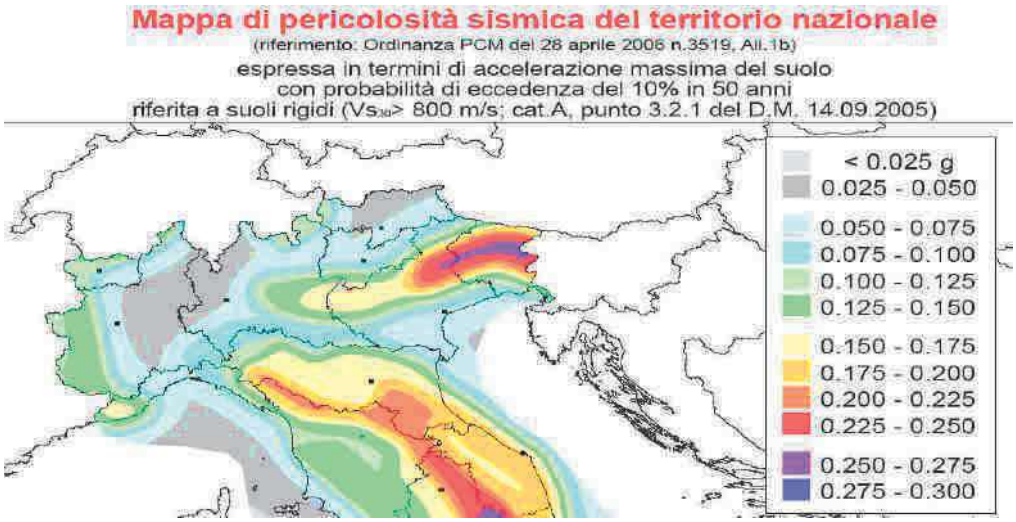
L'analisi approfondita richiede un significativo numero di prove geofisiche e geotecniche, sia in sito che in laboratorio, rivolte alla definizione del comportamento dei terreni sotto sollecitazione dinamica. In queste parti del territorio la pericolosità potrebbe essere molto elevata e perciò deve essere attentamente valutata la possibilità di renderle suscettibili di trasformazione urbanistica.

7.3 CARATTERI SISMICI DELL'AREA

In base alla nuova carta della pericolosità sismica del territorio nazionale, i valori di PGA su suolo rigido con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni, per il Comune di Pianello Val Tidone sono compresi fra 0.075 e 0.100 g.

L'area ricade nella zona simogenetica 911, in cui i meccanismi di fagliazione prevalenti sono legati a faglie trascorrenti e le profondità dei terremoti prevalentemente compresi fra 8 e 12 Km. Le magnitudo massime attese nella zona sismogenetica d'interesse sono di 5.7-6.1. Le serie storiche dei terremoti contenuti nell'archivio della Regione Emilia-Romagna non segnalano eventi sismici rilevanti nell'area d'interesse.

In base alla carta della pericolosità sismica, l'accelerazione orizzontale su suolo rigido (Vs>800 m/s) prevista per il sito d'interesse è di **0.099g**.



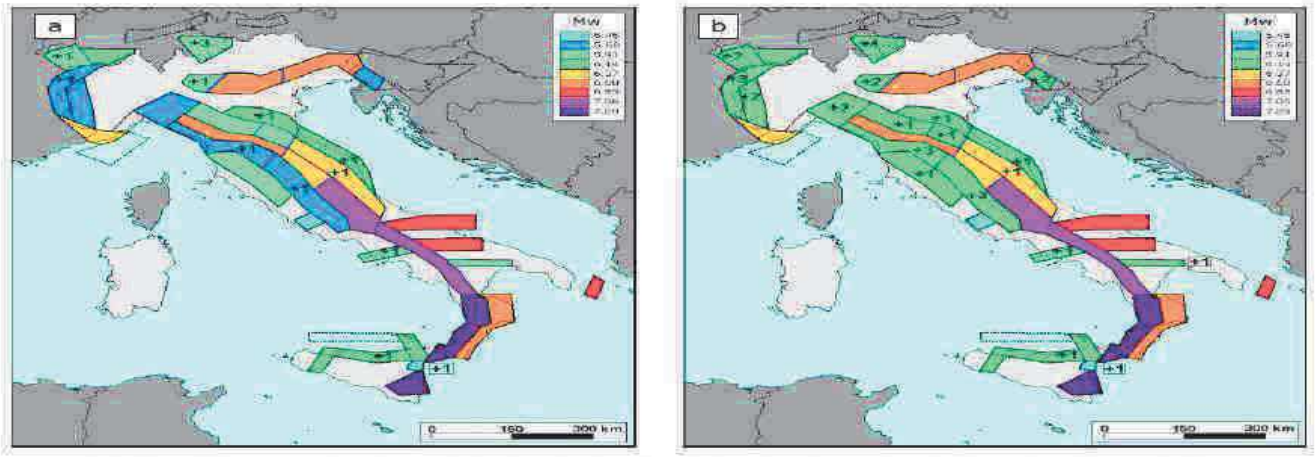


Figura 36. Valori di Mwmax corrispondenti ai due insiemi: a) "osservati" (Mwmax1); b) "cautelativi" (Mwmax2).

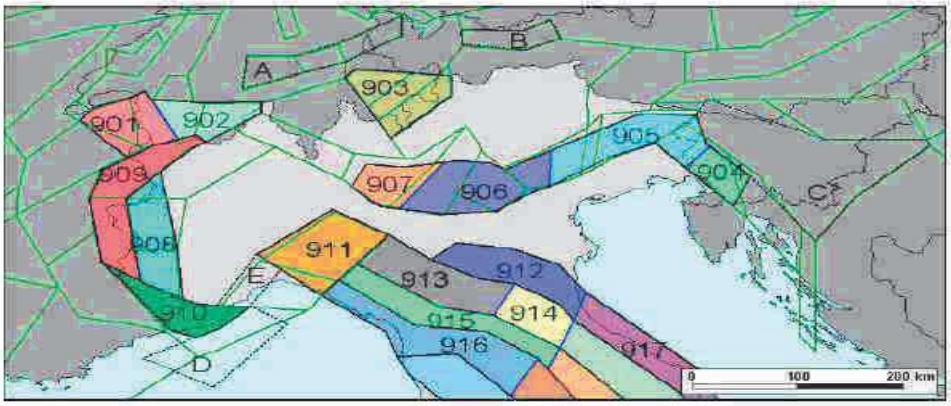


Figura 10. Zonazione sismogenetica ZS9 a confronto con la zonazione del progetto SESAME nell'area alpina (Jiménez et al., 2001; linee di colore verde).

In base alle caratteristiche geologiche del sito d'interesse, i principali effetti attesi possono ricondursi essenzialmente a fenomeni di amplificazione litologica e in minor misura a fenomeni d'instabilità dei versanti. Sono da escludere fenomeni d'amplificazione topografica (pendenza del versante complessivamente inferiore a 15°) e fenomeni di liquefazione (basso valore di ag atteso e presenza di materiale eterogeneo in matrice coesiva).

7.4 VALUTAZIONE DEL FATTORE DI AMPLIFICAZIONE DEL SITO INTERESSE-ANALISI 2° LIVELLO

In caso di **coperture su substrato non rigido**, vale a dire caratterizzato da Vs << 800 m/s, si devono usare le seguenti tabelle

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	2,2	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 ($0,1s \leq T \leq 0,5s$)

Tabelle calcolo fattore amplificazione – Margine appenninico con substrato non rigido

Appennino, coperture su substrato non rigido

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)

Tabelle calcolo fattore amplificazione – Margine appenninico con substrato non rigido

Appennino, coperture su substrato non rigido

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)

Tabelle calcolo fattore amplificazione – Margine appenninico con substrato non rigido

I fattori di amplificazione calcolati per i singoli profili di velocità Vs sono riassunti nella tabella seguente:

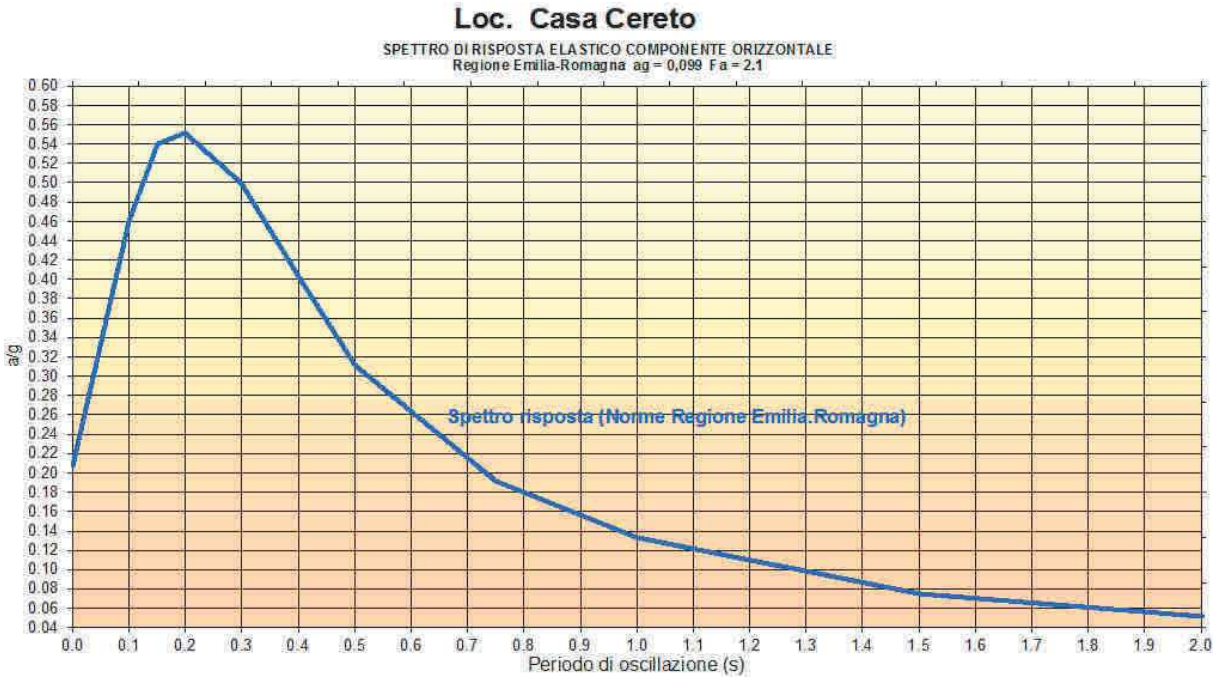
Prova	prof. bedrock	vs h	fa pga	fa SA1	fa SA2	fa SA3	fa SI1	fa SI2
M1	27 m	220	2.1	2.3	3.1	2.7	2.5	3.0
M2	30 m	232	2.1	2.3	3.1	2.7	2.4	3.1

In base alla carta della pericolosità sismica, l'accelerazione orizzontale su suolo rigido (Vs>800 m/s) prevista per il sito d'interesse è di 0.099g.

7.5 SPETTRO DI RISPOSTA (IN PGA) DELL'AREA

Nella delibera della Regione è riportata la forma dello spettro di risposta valido per tutta la regione.

Dallo spettro di risposta normalizzato è possibile ottenere, moltiplicando i valori della tabella 1 per il valore di arefg di ogni comune, lo spettro di risposta a probabilità uniforme che descrive le caratteristiche del moto sismico atteso per ogni comune dell'Emilia-Romagna. Considerando il valore di arefg=0.099 per il sito e il fattore di amplificazione (2.1), è stato calcolato lo spettro di risposta del sito d'interesse.



Spettro di riposta del sito in base alle norme della regione Emilia-Romagna

7.6 ANALISI DELLA STABILITA' DEL VERSANTE SIA IN CONDIZIONI PSEUDO-STATICHE CHE SISMICHE-DINAMICHE - ANALISI 3° LIVELLO

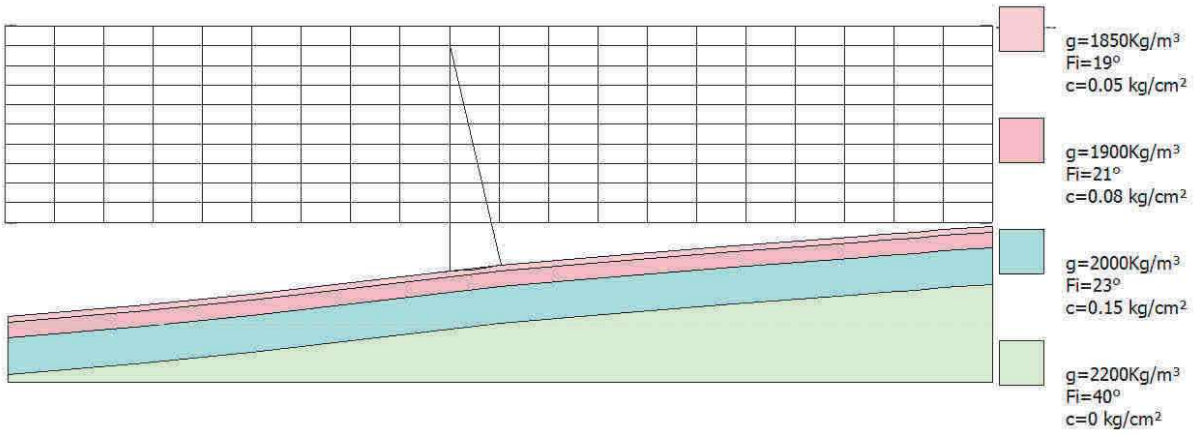
Per ricostruire l'assetto litostratigrafico e le caratteristiche geomeccaniche del versante, oltre alle considerazioni di carattere geologico, sono stati utilizzati i dati desunti dalle prove geofisiche realizzate, sintetizzati nei paragrafi precedenti.

Nr.	DB	Peso unità di volume (Kg/m³)	Peso saturo (Kg/m³)	Coesione (kg/cm²)	Coesione non drenata (kg/cm²)	Angolo resistenza al taglio picco (°)	Angolo resistenza al taglio residuo (°)	Permeabilità (m/s)	Dati aggiuntivi ...	Texture ...
1		1850	2000	0.05	0.4	21	19	Permeabile		
2		1900	2050	0.08	0.6	23	21	Impermeabile		
3		2000	2100	0.15	1.5	26	23	Impermeabile		
4		2200	2200	0	0	40	40	Impermeabile		

Modello geologico-geotecnico dell'area

7.6.1 Analisi di stabilità in condizioni pseudostatiche

Per l'analisi di stabilità del versante è stato utilizzato il software "slope" della società Geostru. Il metodo utilizzato è stato quello di Bishop. Per l'analisi di stabilità, a scopo cautelativo, sono stati utilizzati valori di angolo di attrito residuo). Per l'azione sismica è stato considerato un valore di ag di 0.099x2.1 (fattore di amplificazione massimo) = 0.208g, ed un coefficiente di amplificazione topografica di 1.0. In base alle verifiche realizzate, che, dato l'utilizzo dell'angolo di attrito residuo, sono state fatte in condizioni cautelative, il versante risulta in buone condizioni di sicurezza. La superficie con il minor coefficiente di sicurezza (2.36), che interessa la copertura superficiale, è stata individuata a valle del nucleo di Case Cereto.



Verifica di stabilità del versante

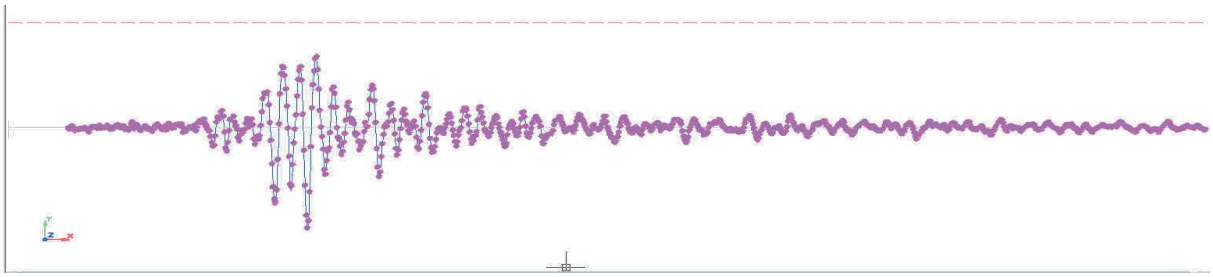
7.6.2 Analisi di stabilità dinamica (Metodo di NEWMARK)

Le verifiche in condizioni sismiche dinamiche (semplificate) sono state realizzate utilizzando come input 7 accelerogrammi forniti dalla Regione Emilia-Romagna per il sito d'interesse.

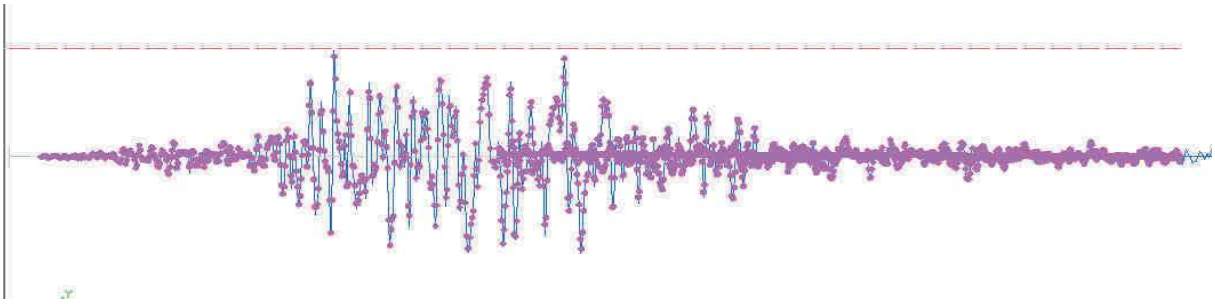
Le verifiche effettuate in condizioni cautelative (con un valore di ag molto elevato), con spostamenti complessivi praticamente nulli, confermano la sostanziale stabilità dell'area. In letteratura scientifica spostamenti del pendio inferiori a 3 cm sono considerati irrilevanti ai fini della stabilità del pendio stesso.

Spostamenti ammissibili di pendii naturali stabiliti dallo State of Alaska Geotechnical Evaluation Criteria Committee (Idriss, 1985)

livello di danno	spostamento (cm)
irrilevante	< 3
modesto	15
forte	30
severo	90
catastrofico	300



Accelerogramma 1



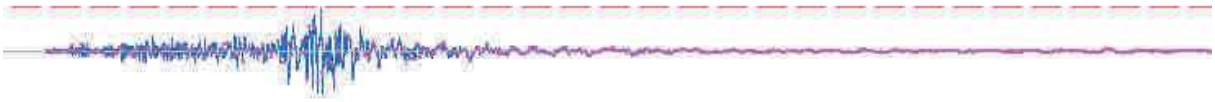
Accelerogramma 2



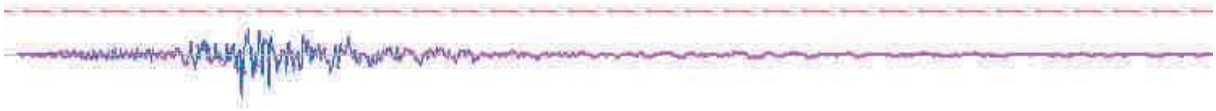
Accelerogramma 3



Accelerogramma 4



Accelerogramma 5



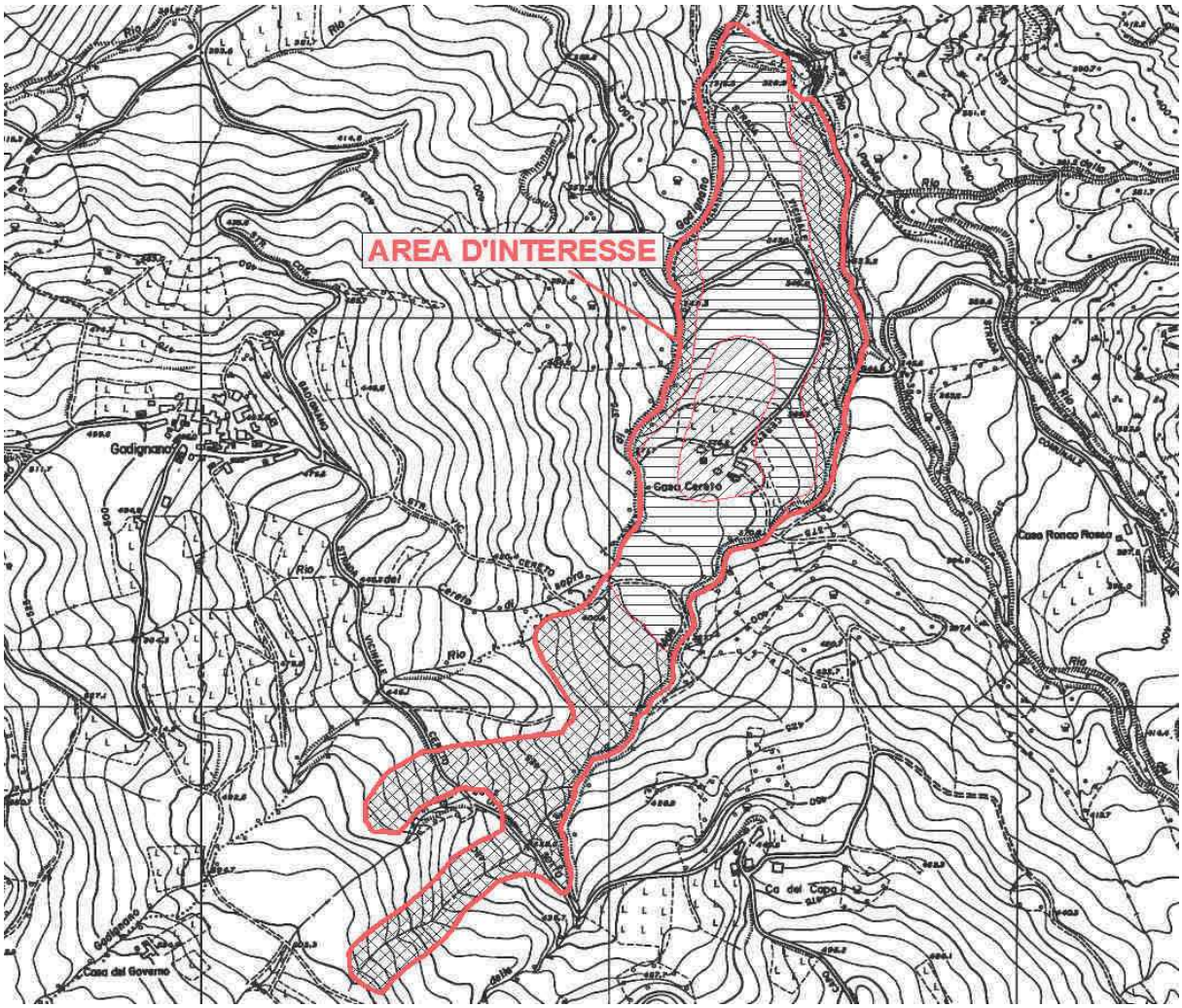
Accelerogramma 6



Accelerogramma 7

8. ZONIZZAZIONE DEL RISCHIO DEL CORPO DI FRANA QUIESCENTE-DEPOSITO DI VERSANTE

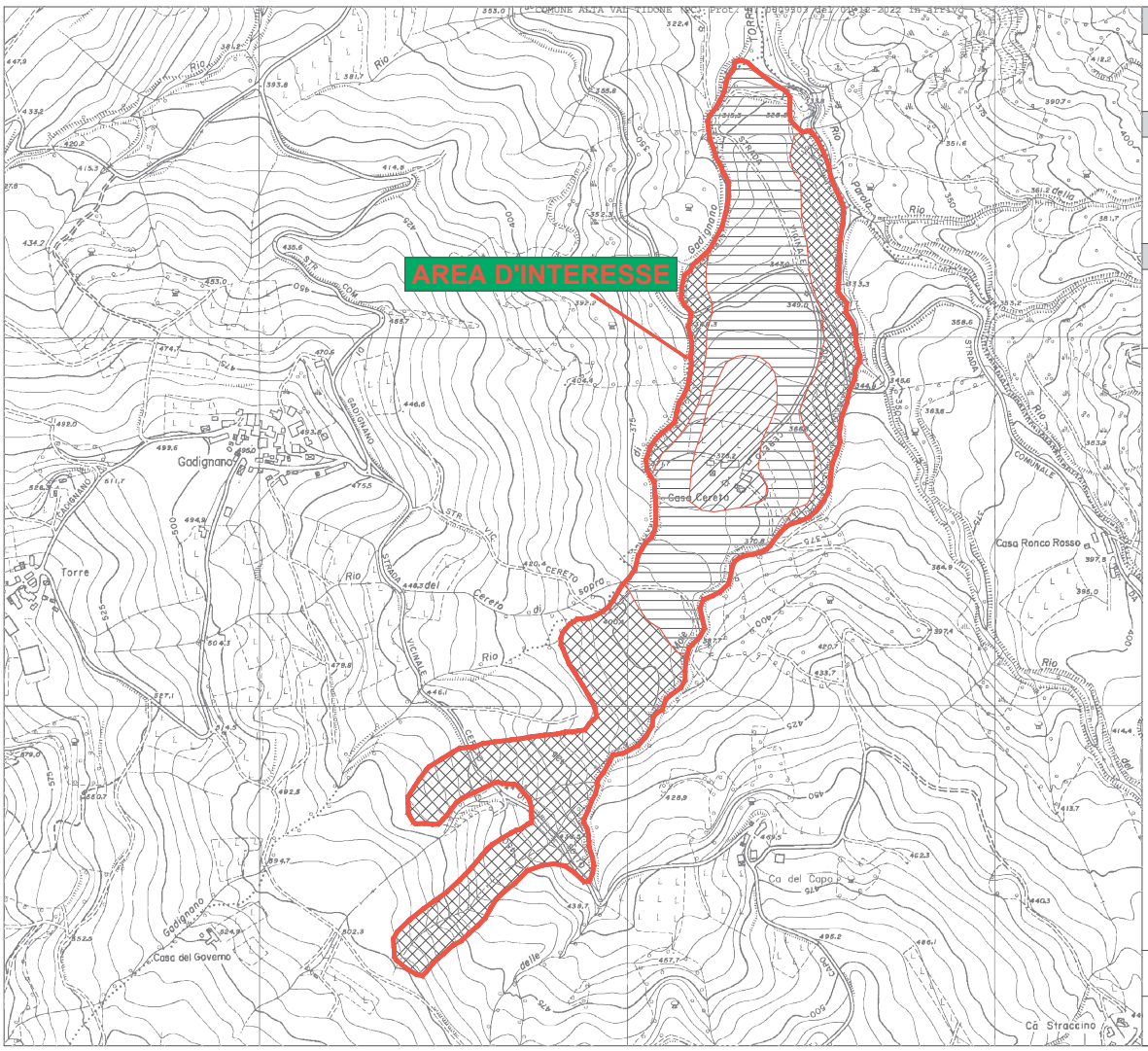
Il corpo di detritico studiato è stato suddiviso, in base a criteri geologico-geomorfologici, in settori contraddistindi da un differente grado di "rischio". In linea di massima l'accumulo della paleofrana risulta nel complesso ben assestato senza evidenze di significativi movimenti gravitativi recenti e/o in atto.



Zonizzazione del "rischio" geologico del corpo detritico

Sono state distinte 3 classi di rischio:

- **Aree a rischio moderato (classe 2 – retino rigato obliquo)**, sono localizzate alla sommità del dosso morfologico (zona di accumulo). In questo settore le condizioni geologico-geomorfologiche e idrogeologiche sono complessivamente favorevoli;
- **Aree a rischio elevato (classe 3 – retino rigato orizzontale)**, sono localizzate sempre prevalentemente in corrispondenza dell'accumulo della paleofrana, ma in condizioni morfologiche leggermente più sfavorevoli. Anche in queste aree non sono presenti movimenti gravitativi significativi;



COMMITTENTE

OGGETTO

Studio geologico e analisi
di un versante in frana quiescente
in loc. Casa Cereto - Comune Alta Val Tidone
"*Classificazione del rischio nelle zone di frana quiescente*"

TITOLO

CARTA DEL "RISCHIO" GEOLOGICO

CLASSI DI RISCHIO

- Classe 2 - Rischio Moderato
- Classe 3 - Rischio Elevato
- Classe 4 - Rischio Molto Elevato



AREA DI STUDIO

scala: 1:5000

N

Fig. **7**

- **<u>Aree a rischio molto elevato (classe 4 – retino incrociato)</u>**, occupano le aree che dalla sommità del dosso si raccordano verso i rii laterali e le zone di monte (antica zona di distacco e scorrimento). Pur in assenza di movimenti gravitativi estesi, tali aree, per le condizioni geologico geomorfologiche più sfavorevoli, sono state considerate a rischio molto elevato.

9. PRESCRIZIONI PER LE AREE IN FRANA QUIESCENTE IN CUI E' STATA EFFETTUATA LA VALUTAZIONE DEL RISCHIO

Classe 2 (rischio moderato) – Fattibilità con modeste limitazioni (R2):

Queste aree si ritengono utilizzabili ai fini urbanistici, anche se si sono appurate alcune condizioni limitanti all'edificabilità, che possono essere superate attraverso approfondimenti di indagine o accorgimenti tecnico-costruttivi; gli interventi edificatori sono comunque permessi, prevedendo se necessario eventuali accorgimenti costruttivi necessari o interventi di riduzione del rischio idrogeologico, quali:

- *sbancamenti e riporti ridotti al minimo;*
- *fondazioni rigide, spinte ad idonea profondità dall'attuale piano campagna;*
- *regolamentazione delle acque superficiali e sotterranee;*
- *sistemi di raccolta sistematica e l'allontanamento in tubazioni a perfetta tenuta delle acque piovane e di quelle di scarico dei futuri edifici;*
- *opportuni interventi di sostegno (ex gabbionate, muri con drenaggio e sistema di smaltimento acque ecc.) al fine di proteggere il piede di eventuali scarpate artificiali con pendenze superiori a 1/2.*

Per tali zone si dovrà comunque subordinare l'autorizzazione ad ulteriori e dettagliati accertamenti geologici e geognostici.

Classe 3 (rischio elevato) – Fattibilità con significative limitazioni (R3)

In questa classe si sono inserite le zone in cui la propensione al dissesto è più elevata.

In queste zone si intende consentito quanto permesso dal P.T.C.P (e dal P.A.I) per le frane quiescenti.

Classe 4 (rischio molto elevato) – Fattibilità con gravi limitazioni (R4):

In queste zone si intende consentito quanto permesso dal P.T.C.P (e dal P.A.I) per le frane quiescenti-depositi di versante.

Alta Val Tidone, 20/11/2022

Dott. Geol. Adriano Baldini

Dott. Alberto Lepori

14 Frana quiescente in loc. Costalta

Geotest s.r.l.
geologia tecnica e ambientale

Via E. Fermi, 113 – Trevozzo
29031 Alta Val Tidone (PC)
Tel.: 348 510 7263
geotestsrl@hotmail.it

Servizi Geologici
Servizi Geotecnici
Servizi Geofisici

REGIONE EMILIA ROMAGNA
PROVINCIA DI PIACENZA (PC)
COMUNE DI ALTA VAL TIDONE

Relazione geologica

Oggetto

Relazione geologico-sismica preliminare finalizzata alla valutazione e zonizzazione del "Rischio Geologico" di un'area localizzata su Frana Quiescente ed ubicata nelle vicinanze dell'abitato di Costalta.

Committente

Sig. Ercolino Biani
Loc. Costalta di Pecorara
29031 Alta Val Tidone (PC)

Tecnici Incaricati

Dott. Geol. Baldini Adriano

GeoTest

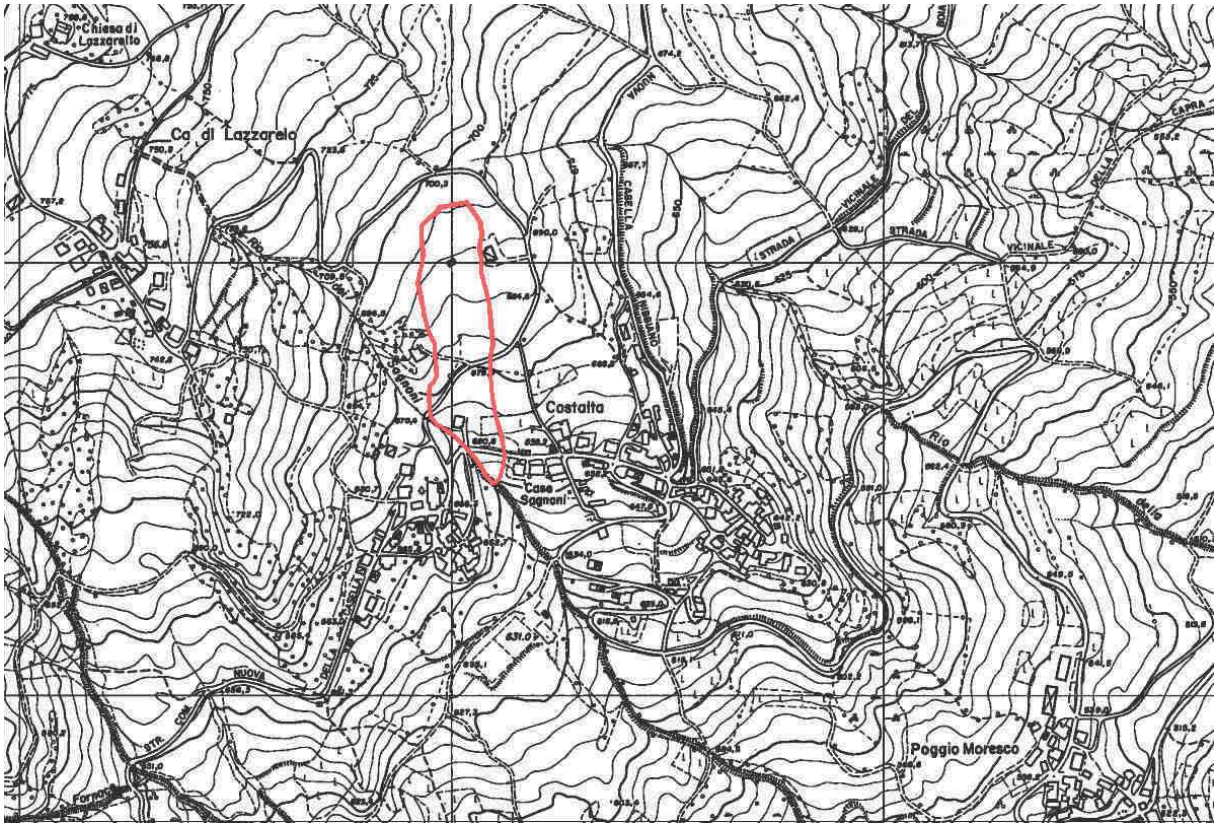
Trevozzo, 28 marzo 2019

Sommario

1. PREMESSA 2
2. INDAGINI ESEGUITE 4
3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO-GEOMORFOLOGICO 5
3.1 CARATTERISTICHE GEOLOGICHE 5
3.2 CARATTERISTICHE GEOMORFOLOGICHE 5
4. INQUADRAMENTO IDROLOGICO E IDROGEOLOGICO 6
5. INDAGINI GEOGNOSTICHE 7
5.1 SISMICA A RIFRAZIONE 8
5.1.1 Cenni metodologici 8
5.1.2 Modalità esecutive 8
5.1.3 Strumentazione utilizzata 9
5.1.4 Elaborazione 10
5.1.5 Analisi dei risultati 10
5.2 PROVE PER LA DETERMINAZIONE DEL PROFILO DI VELOCITA' DELLE ONDE SISMICHE "S" 11
5.2.1 Cenni metodologici 11
5.2.2 Modalità esecutive 12
5.2.3 Commento dei risultati 12
6. MODELLO GEOLOGICO DELL'AREA 14
7. VALUTAZIONE DELLA PERICOLOSITA' SISMICA DELL'AREA (delibera del 2 Maggio 2007, n.112, in materia antisismica) 14
7.1 OBIETTIVI DELLA DELIBERA 14
7.2 LIVELLI DI APPROFONDIMENTO 15
7.3 CARATTERI SISMICI DELL'AREA 16
7.4 VALUTAZIONE DEL FATTORE DI AMPLIFICAZIONE DEL SITO INTERESSE-ANALISI 2° LIVELLO 18
7.5 SPETTRO DI RISPOSTA (IN PGA) DELL'AREA 19
7.6 ANALISI DELLA STABILITA' DEL VERSANTE SIA IN CONDIZIONI PSEUDO-STATICHE CHE SISMICHE-DINAMICHE - ANALISI 3° LIVELLO 20
7.6.1 Analisi di stabilità in condizioni pseudostatiche 20
7.6.2 Analisi di stabilità dinamica (Metodo di NEWMARK) 21
8. ZONIZZAZIONE DEL RISCHIO DEL CORPO DI FRANA QUIESCENTE 22
9. PRESCRIZIONI DEL P.R.G. PER LE AREE IN FRANA QUIESCENTE IN CUI E' STATA EFFETTUATA LA VALUTAZIONE DEL RISCHIO 23

1. PREMESSA

Nel Marzo-Aprile 2019, è stata realizzata un'indagine geologico-sismica, in un area sita immediatamente a nord-ovest dell'abitato di Costalta nel Comune di Pecorara.

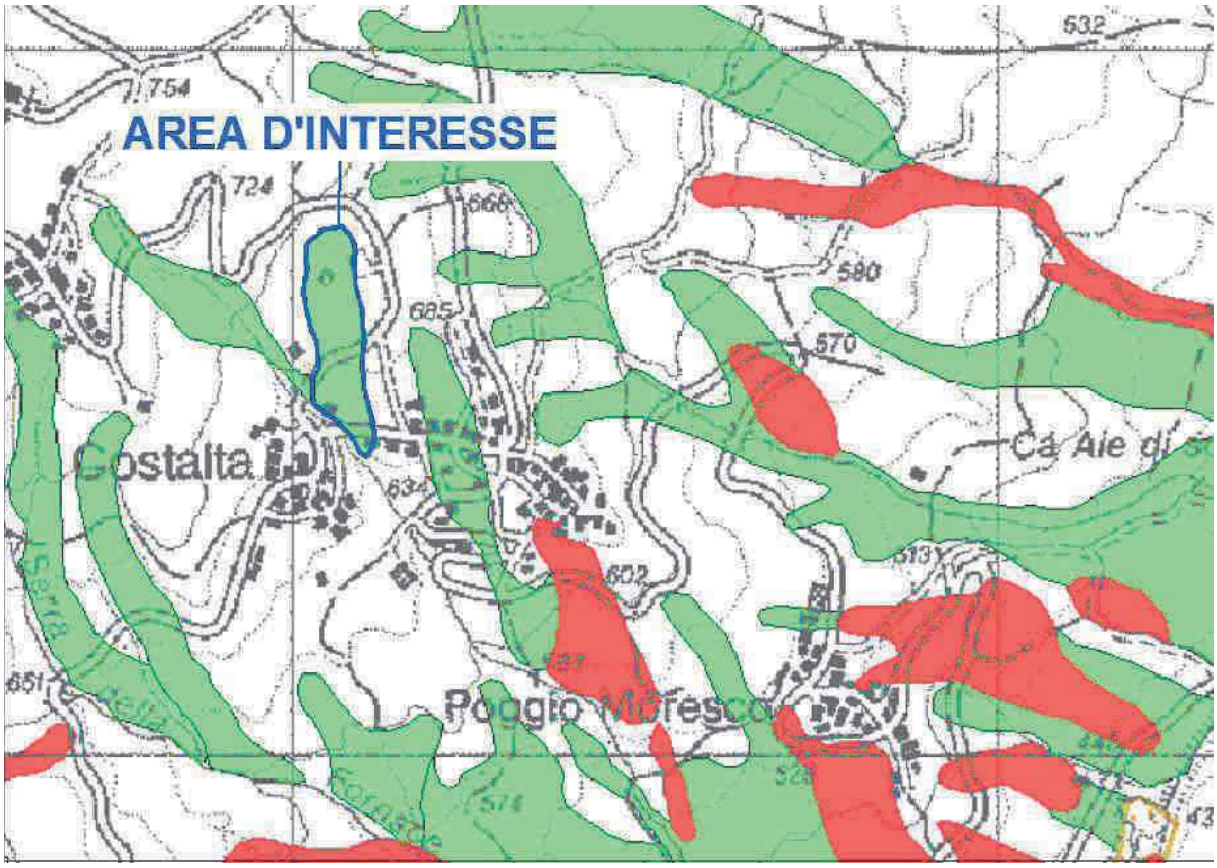


Inquadramento territoriale da CTR

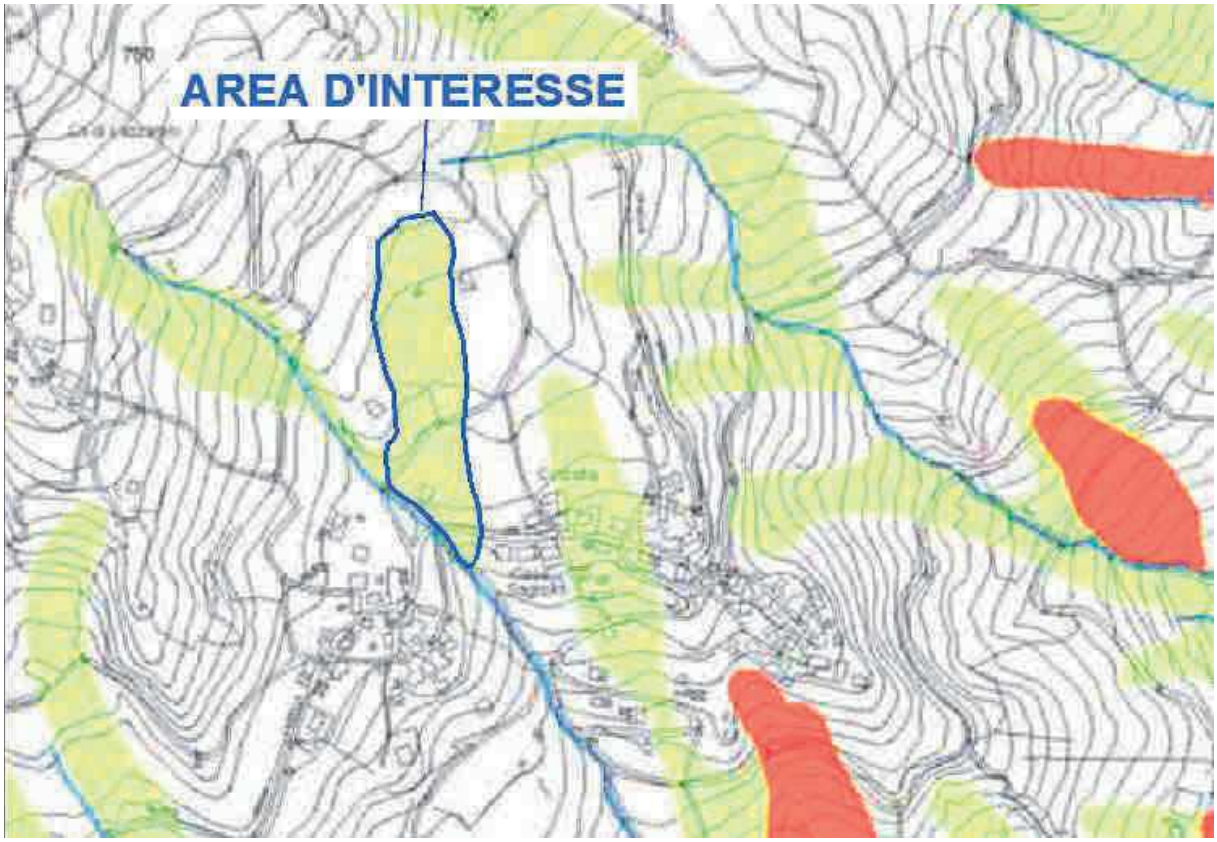
Nella carta del dissesto del PTCP della provincia di Piacenza e nella "Carta del Dissesto Comunale" allegata al PSC (in questo caso coincidenti), l'area d'interesse è classificata come frana quiescente. Le norme del PTCP (comma 7 dell'art. 31), consentono (compatibilmente con il grado di "rischio" accertato mediante opportuni approfondimenti geologici), di realizzare interventi edilizi (ampliamenti, nuove costruzioni ecc.), altrimenti non consentiti nelle aree di frana quiescente.

L'indagine ha avuto i seguenti obiettivi:

- Ricostruire l'assetto geologico-sismico del versante su cui insiste l'area d'interesse;
- Valutare le condizioni di stabilità complessiva del versante;
- Suddividere il corpo di frana in classi di rischio in base alla "pericolosità" geologica.



Carta del dissesto allegata al PTCP



Carta del dissesto allegata al PSC

2. INDAGINI ESEGUITE

L'approfondimento realizzato, come previsto dalla normativa, non ha riguardato solo l'area d'interesse della Committenza, ma è stato esteso a tutto il corpo di frana quiescente considerato influente ai fini della stabilità complessiva dell'area.

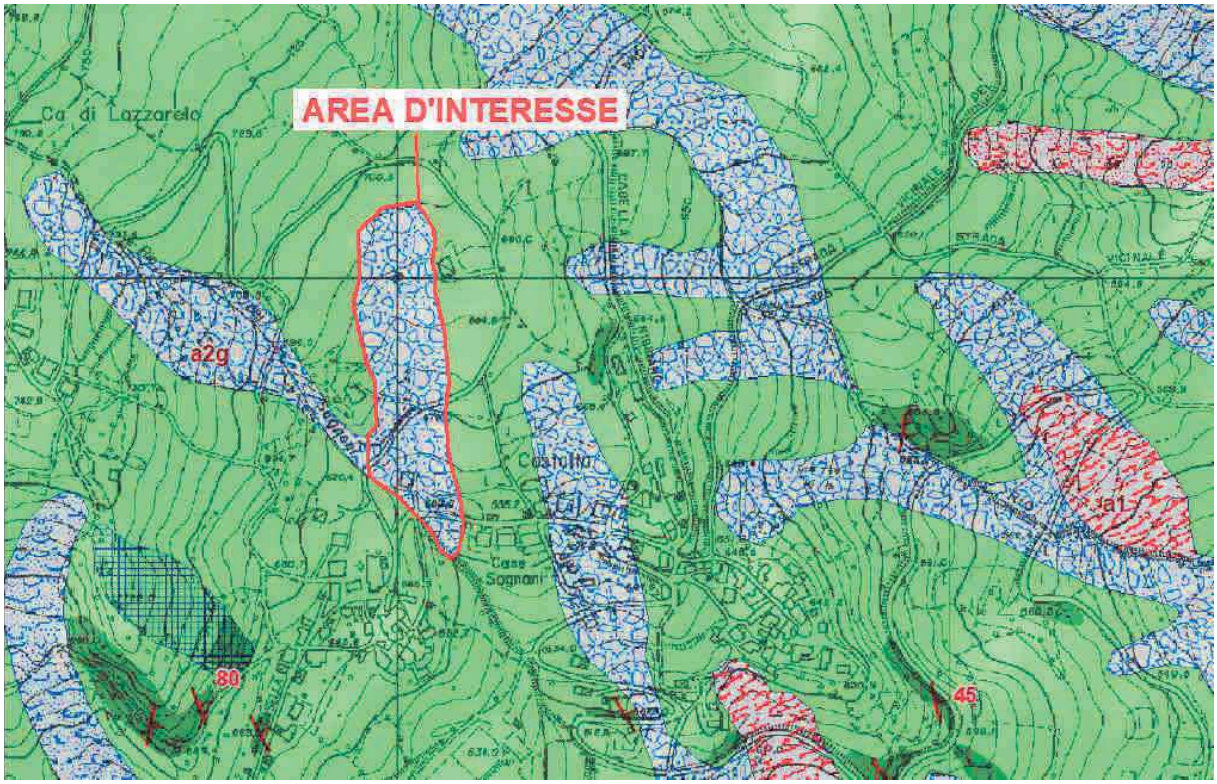
L'indagine geologico-sismica, conforme a quanto previsto dalla delibera del 2 Maggio 2007, n.112 (e successive integrazioni del DGR 2193_2015), in materia antisismica, ha compreso le seguenti fasi di studio:

- Raccolta ed analisi della documentazione esistente;
- Rilevamento geologico-geomorfologico di dettaglio di tutto il corpo di frana;
- Esecuzione di 1 profilo sismico a rifrazione, per la valutazione dello spessore e del grado di addensamento sia del materiale di copertura che del substrato geologico;
- Elaborazione di 2 profili sismici con tecnica "MASW", per la determinazione del profilo di velocità delle onde "S" e della categoria del suolo di fondazione del sito in base all'attuale normativa antisismica;
- Analisi del "secondo livello" con valutazione del fattore di amplificazione del sito ed identificazione dei possibili effetti di sito;
- Analisi del "terzo livello" con valutazione della stabilità dell'area in condizione sismiche dinamiche (metodo di "Newmark");
- Valutazioni sulla stabilità geomorfologica dell'area e zonizzazione del corpo di frana quiescente in classi di "Rischio".

3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO-GEOMORFOLOGICO

3.1 CARATTERISTICHE GEOLOGICHE

Come documento di base per l'inquadramento geologico dell'area, è stata utilizzata la "Carta Geologica dell'Appennino Emiliano-Romagnolo" della regione Emilia Romagna alla



scala 1:10000.

Estratto della Carta Geologica Regionale

Nell'area di studio affiora la seguente "Formazione geologica":

- ***"Arenarie di Scabiazza":*** *costituita in prevalenza da strati medi e spessi di arenarie medio-fini e siltiti e peliti marnose. Locali intercalazioni di marne calcaree grigie in stati molto spessi.*

Per le caratteristiche litologiche (alternanze di litotipi rigidi e di materiali plastici) le Arenarie di Scabiazza sono uno dei litotipi più franosi di tutto l'Appennino Settentrionale.

La paleofrana occupa un modesto impluvio orientato in direzione N-S.

3.2 CARATTERISTICHE GEOMORFOLOGICHE

Il corpo detritico ha una lunghezza 350 metri ed una larghezza media di 70/80 metri. Il versante presenta una pendenza media valutata in meno di 15°. Nel complesso, il corpo detritico appare ben assestato senza evidenze di movimenti in atto e/o recenti.

4. INQUADRAMENTO IDROLOGICO E IDROGEOLOGICO

L'area di studio non è attraversata da corsi d'acqua di una certa rilevanza.

Il drenaggio delle acque meteoriche è assicurato dal canale localizzato al centro dell'impluvio che recapita le acque alla cunetta stradale.

Data la modesta estensione del bacino idrografico, si ritiene che non si possano verificare fenomeni di ruscellamento importanti anche in concomitanza di forti precipitazioni.

Sotto l'aspetto idrogeologico si possono sinteticamente ipotizzare due tipi di circolazione idrica:

- Una, di maggiore entità, che interessa l'ammasso roccioso soprattutto ove la fratturazione risulta più intensa;
- L'altra di minore entità, ma rilevante per la stabilità, si può formare all'interno della copertura eluvio-colluviale più allentata (spessore 3-6 m), nei periodi particolarmente piovosi.

Nelle vicinanze dell'area d'interesse non sono presenti risorgive sfruttate ad uso idropotabile.

5. INDAGINI GEOGNOSTICHE

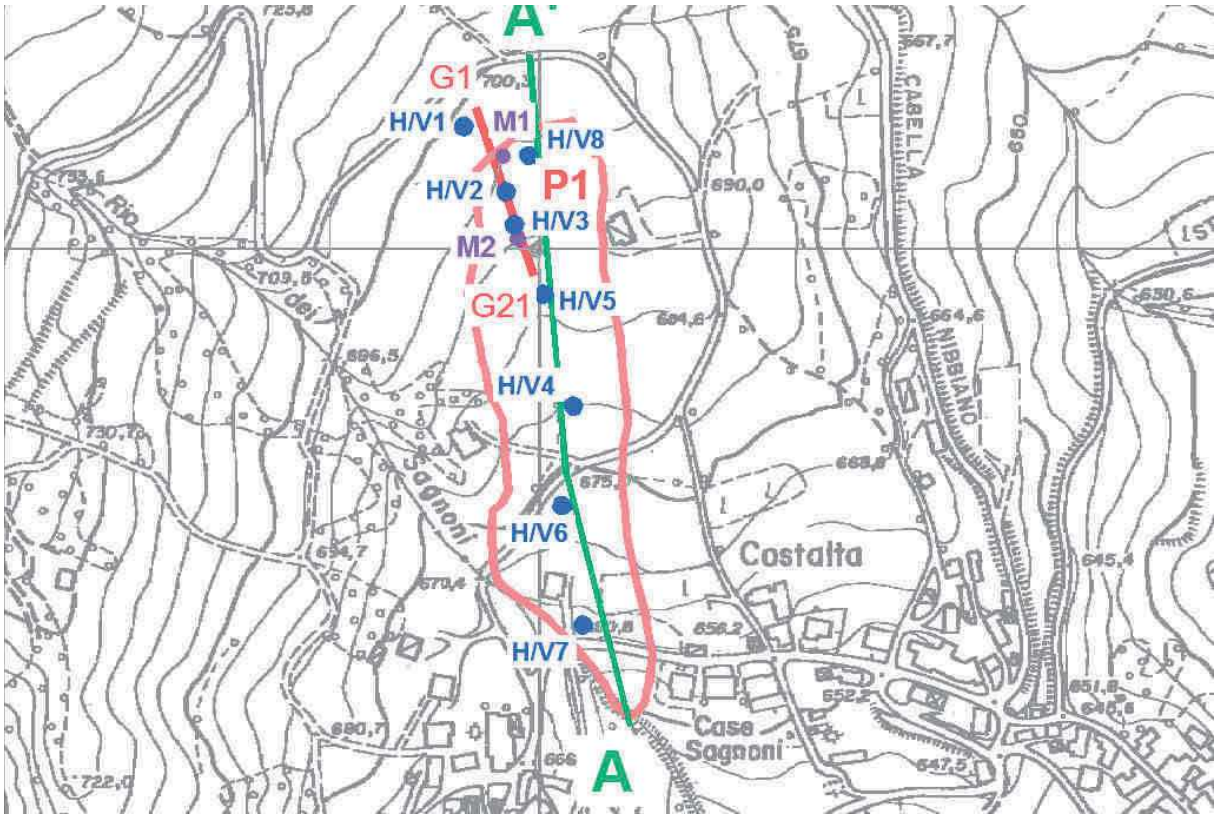
Come già accennato, sono stati realizzati: 1 profilo sismo-tomografico, 2 prove "Masw" e 8 prove Hvsr (Microtremori tipo Nakamura).



Fasi esecutive delle indagini sismiche



Fasi esecutive delle prove Hvsr



Planimetria indagini geognostico-sismiche

5.1 SISMICA A RIFRAZIONE

5.1.1 Cenni metodologici

La prospezione sismica rappresenta una tecnica di prospezione geofisica che consente, attraverso l'acquisizione e l'elaborazione di dati, la costruzione d'immagini bidimensionali (o tridimensionali) della variazione della velocità sismica. Con questa tecnica si riesce ad avere, pertanto, una visione seppur qualitativa della stratigrafia del terreno investigato, in termini di variazioni di "densità" dello stesso, essendo questo parametro direttamente legato alla velocità sismica. La tecnica di prospezione, consiste nella misura dei tempi impiegati dalle onde sismiche longitudinali (onde P) per percorrere un tragitto rettilineo tra una serie di punti d'energizzazione (sorgente sismica) e una serie di punti di ricezione (geofoni). Il confronto matematico tra i vari tempi permette di suddividere lo spazio compreso tra le due serie di punti in porzioni, o "celle elementari" (quadrate per le sezioni bidimensionali come quelle in esame, o cubiche per sezioni tridimensionali) caratterizzate ognuna da un proprio valore di velocità sismica.

5.1.2 Modalità esecutive

I profilo è costituito da allineamento di 21 geofoni spaziati di 5 metri. In punti predefiniti del profilo, sono stati creati artificialmente degli impulsi elastici mediante l'utilizzo di una massa battente; l'energizzazione è avvenuta in 10 punti disposti lungo lo stendimento e precisamente nelle seguenti posizioni:

- 2 punti esterni al profilo
- 2 punti agli estremi del profilo
- 6 lungo il profilo.

La registrazione dei sismogrammi è stata effettuata mediante un sismografo Geode della Geometrics a 24 canali ad elevata dinamica (24 bit).

5.1.3 Strumentazione utilizzata

Il "Geode" è un sismografo modulare a 24 bit che rappresenta l'ultima frontiera dei sistemi di registrazione sismica combinando il meglio dei tradizionali sismografi Geometrics con la flessibilità di un sistema distribuito. Geode è un sismografo ad elevata dinamica (144 dB di range dinamico totale – 105 dB istantanei a 2 msec di campionamento). Grazie all'ampia banda d'ingresso (1.75 Hz – 20 kHz, con velocità di campionamento da 0.02 msec a 16 msec), esso è perfettamente idoneo per un'ampia gamma di applicazioni: sismica a rifrazione, sismica a riflessione (anche ad altissima risoluzione), monitoraggio di vibrazioni, applicazioni sismologiche, downhole e VSP. In acquisizione sono disponibili tutte le funzioni di filtri, pre-amplificazione, line-test e instrument-test, tipiche dei sistemi di registrazioni evoluti.



Sismografo "Geode"

L'atrezzatura utilizzata è composta da:

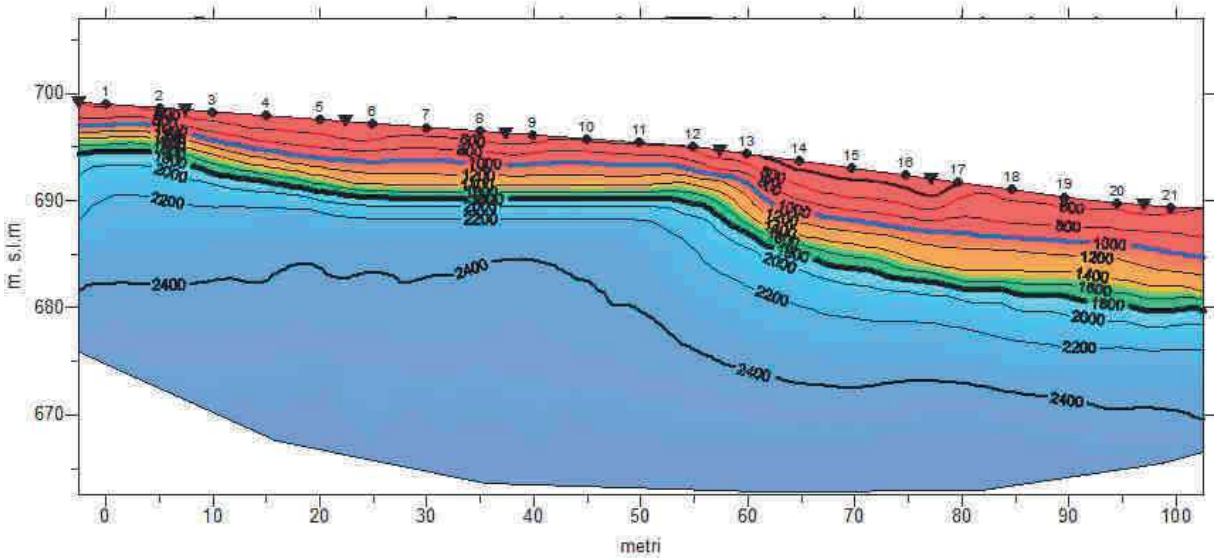
- Sismografo modulare Geode 3-1000+ canali,
- Massa battente da 10 Kg,
- Piastra di battuta in alluminio 15x15x2,5cm,
- Batteria ricaricabile 12 V,
- Cavo per sismica a rifrazione stranded, 130 mt con 24 takeouts SPT-21 a 5 metri di intervallo e due code da 7.5 mt l'una terminate con connettore Bendix 61S,
- Geofoni GS20DX, 10 Hz verficali, 395 Ohm con puntale da 3" ed 1,5 mt di cavo terminato con mueller clip singola MC-20-SP,
- Computer portatile ACER.

5.1.4 Elaborazione

In questo caso i dati acquisiti sono stati interpretati secondo un metodo sismico-tomografico utilizzando il software SeisOpt@2D v4.0 prodotto dalla OPTIM. La procedura d'elaborazione ha comportato in una prima fase la lettura dei tempi dei primi arrivi sui sismogrammi. In seguito, sono stati ricostruiti i percorsi dei raggi sismici attraverso il terreno. In linea teorica, ogni punto del mezzo investigato, è attraversato in tutte le direzioni, dai raggi sismici. Di ogni raggio è quindi calcolata la traiettoria e, sul confronto fra tutti i possibili percorsi e tempi impiegati, ed è stabilita per ogni punto (o cella di dimensioni 2.5x1.25 m, in questo caso) la sua velocità sismica caratteristica. Il risultato finale dell'elaborazione consiste in sezioni di velocità sismiche, rappresentata sia per isovelocità sia tramite colori. Alle diverse classi di velocità sismica, sono stati attribuiti colori che vanno, dal rosso per i valori più bassi, al blu per i valori più elevati. La scala cromatica evidenza i cambiamenti di velocità ritenuti più significativi.

5.1.5 Analisi dei risultati

Loc. Costalta - Comune di Pecorara - Tomografia sismica



L'elaborazione ha permesso la distinzione di varie unità secondo le loro caratteristiche sismiche:

- ***Unità allentata superficiale*** *(colore rosso),* con velocità inferiori a **1000 m/s**. L'unità corrisponde al materiale detritico di copertura meno compatto. Gli spessori sono mediamente variabili da 2 m (settore a monte) a 5 m (settore a valle).
- ***Unità intermedia mediamente addensata*** (colore marrone verde), con velocità media di **1400-1500 m/s** e spessori medi di 3-5 metri. L' unità è correlabile a materiale

detritico meno addensato rispetto all'orizzonte superficiale o, localmente, alla porzione superiore alterata del substrato roccioso;

- ***Unità di fondo*** *(colore azzurro),* con velocità medie di **2200-2400 m/s**; l'unità può essere associata al substrato roccioso individuato a profondità variabili da 4 a 10 metri.

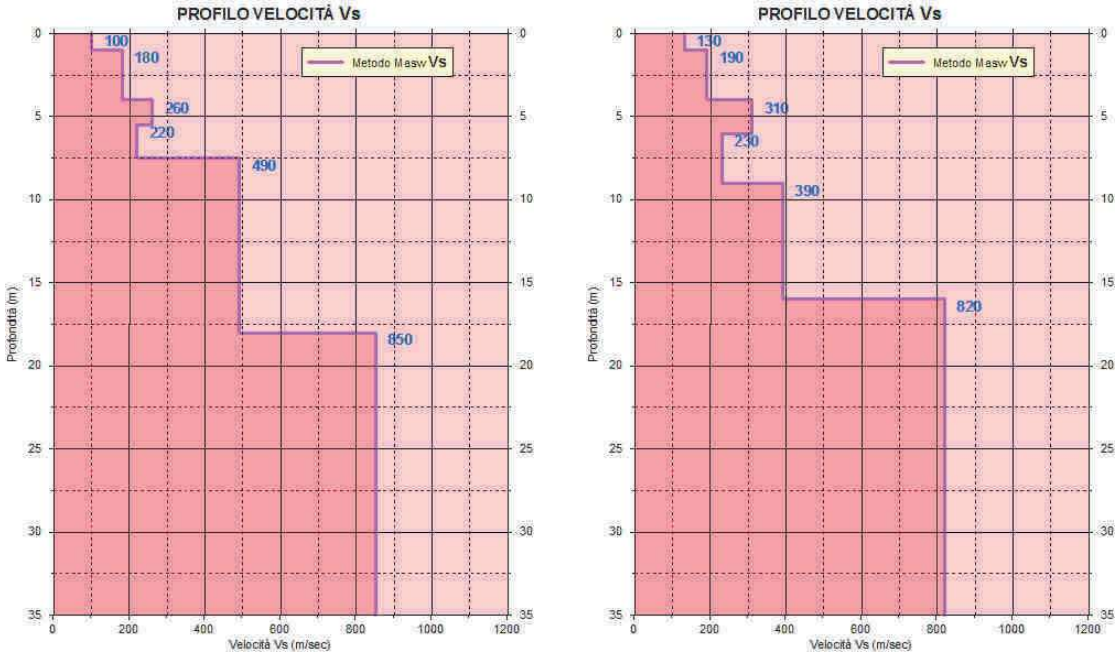
5.2 PROVE PER LA DETERMINAZIONE DEL PROFILO DI VELOCITA' DELLE ONDE SISMICHE "S"

Per la determinazione del profilo di velocità delle onde "S" e della categoria del suolo di fondazione è stato utilizzato il metodo "Masw". Dal profilo sismico registrato sono state estratte 2 prove Masw considerando separatamente il tratto compreso fra i geofoni 1-11 e quello fra i geofoni 11-21.

5.2.1 Cenni metodologici

Il MASW (Park et al., 1999) è stato sviluppato in parte per superare le difficoltà dell'applicazione del SASW in ambienti rumorosi. La tecnica, che prevede la registrazione simultanea (in questo caso l'energizzazione è prodotta da una massa battente di almeno 10 Kg) di 12 o più canali, fornisce una ridondanza statistica delle misure di velocità di fase e ne avvalora la veridicità. Il salvataggio delle tracce nel dominio temporale, permette inoltre di distinguere e evidenziare, le onde di Rayleigh presenti nel record, che sono caratterizzate da un'elevata ampiezza di segnale (circa il 60% dell'energia prodotta dalla sorgente artificiale si distribuisce in onde di superficie). Una particolare analisi spettrale, "overtone analysis", produce un grafico Velocità di fase-frequenza in cui si può distinguere il modo fondamentale delle onde di superficie da cui ricavare la curva di dispersione ed il profilo delle Vs per successiva inversione 1-D. La tecnica permette, inoltre, di eseguire misure ripetute spostandosi nella direzione di allineamento per risalire ad un profilo bidimensionale che evidenzia le variazioni laterali delle Vs. Il software utilizzato per l'elaborazione dei dati è il "winMASW" versione Academy della Eliosoft.

5.2.2 Commento dei risultati



Risultati delle prove Masw

Esaminando i grafici ottenuti, si possono fare queste considerazioni:

- Lo spessore della copertura con valori di velocità inferiori a 200 m/s è di 3-5 metri. Tali valori possono essere correlati alla copertura detritica meno addensata;
- Più in profondità, fino a 7-9 metri, i valori di Vs aumentano segnalando la presenza di materiale più addensato;
- Oltre gli 7-9 e fino ai 16-18 metri si ha un significativo aumento di velocità, con valori che si portano sui 390-490 m/s in corrispondenza del substrato alterato e fratturato;
- Oltre i 16-18 metri si ha un netto aumento di velocità, con valori che si portano sopra gli 800 m/s in corrispondenza del substrato roccioso più compatto;
- I valori di Vs_eq calcolati sono di 350 m/s (M1) e 335 (M2);
- In base all'attuale normativa (NTC 2018) il sito d'interesse presenta un suolo di fondazione di tipo E.

5.3 MISURA DEI RAPPORTI SPETTRALI HVSR – (IPOTESI DI NAKAMURA)

5.3.1 Cenni Metodologici

Il metodo dei rapporti spettrali di singola stazione (HVSR) e' largamente utilizzato in paesi con elevato rischio sismico quali il Giappone per la stima degli effetti di amplificazione di sito. Il microtremore, un'impercettibile oscillazione naturale del suolo, è presente in qualsiasi punto della superficie terrestre e consiste per lo più nelle onde sismiche prodotte dal vento e dal moto ondoso marino negli strati superficiali della Terra. Anche le attività

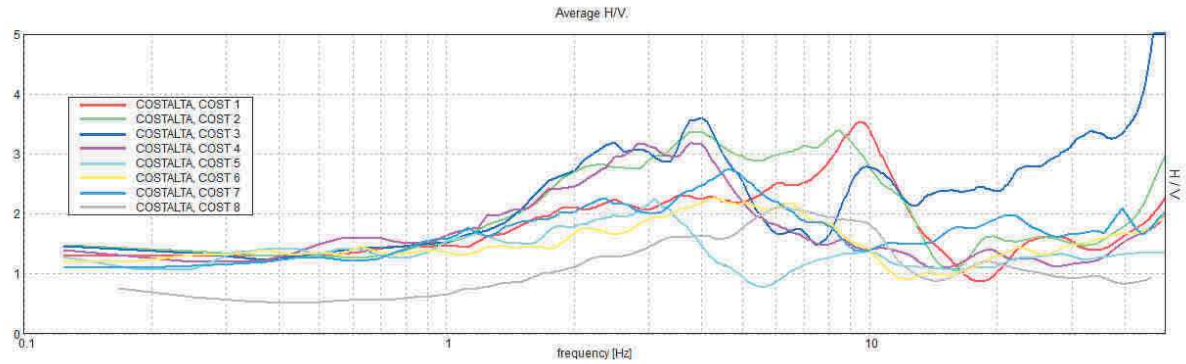
umane (industrie, traffico stradale ecc.) possono produrre localmente microtremore, ma in genere tale segnale viene attenuato piuttosto rapidamente a causa delle sue caratteristiche di alta frequenza.

Le principali applicazioni delle prove H/V si possono così sintetizzare:

- Misura delle frequenze di risonanza dei suoli;
- Effetti di sito e microzonazione sismica (curve H/V, metodo di Nakamura);
- **Stratigrafia sismica passiva;**
- Segnalazione dei possibili fenomeni di doppia risonanza suolo-struttura.

Di particolare importanza è la frequenza di vibrazione del sito, caratterizzata dal maggiore rapporto di ampiezze H/V, nell'intervallo di frequenze di interesse ingegneristico (frequenze generalmente inferiori a 15 Hz), denominata frequenza fondamentale di vibrazione f_0.

5.3.2 Analisi dei risultati



Quadro d'insieme delle prove HVSR

Analizzando i risultati delle prove si possono fare le seguenti considerazioni:

- Si nota una evidente "dispersione" delle frequenze di risonanza da mettere in relazione ai diversi spessori del corpo di paleofrana;
- Le prove 1, 2 e 3 realizzate nella parte alta del versante, evidenziano frequenze di risonanza intorno ai 10 Hz, segnalando un basso spessore della coltre detritica (3 - 6 m);
- Le prove realizzate nella parte centrale e di valle del corpo di paleofrana indicano frequenze generalmente comprese fra 3.5 e 4.5 Hz, tali frequenze sono da mettere in relazioni a spessori complessivi del corpo detritico variabili da 13 a 17 metri;
- I valori dei rapporti H/V delle varie frequenze di risonanza, in media superiori a 3, indicano forti contrasti di impedenza sismica fra copertura detritica e substrato.

6. MODELLO GEOLOGICO DELL'AREA

Le indagini realizzate unite alle più generali conoscenze geologiche hanno consentito di ricostruire il modello geologico-geotecnico di riferimento per l'area d'interesse.

SINTESI DEI PARAMETRI GEOTECNICI

Livello A	**Litologia:** *limo e argilla con trovanti da poco a mediamente addensato*	
Dal p.c. a –3/-5 m	Peso di volume Peso di volume saturo Angolo di attrito di picco Angolo di attrito residuo Coesione	**γ = 1.80 t/mc** **γ = 1.95 t/mc** **φ = 22°** **φ = 18°** **C = 0.06 Kg/cmq**
Livello B	**Litologia:** *limo e argilla con trovanti ben addensato*	
da–3/-5 m a –6/-15 m	Peso di volume Peso di volume saturo Angolo di attrito di picco Angolo di attrito residuo Coesione	**γ = 1.90 t/mc** **γ = 2.05 t/mc** **φ = 23°** **φ = 20°** **C = 0.08 Kg/cmq**
Livello C	**Litologia:** *substrato roccioso mediamente compatto*	
Oltre –6/-15 m	Peso di volume Angolo di attrito	**γ = 2.25 t/mc** **φ = 38°**

7. VALUTAZIONE DELLA PERICOLOSITA' SISMICA DELL'AREA (delibera 2193_2015, - agg. delibera del 2 Maggio 2007, n.112)

7.1 OBIETTIVI DELLA DELIBERA

Scopo del presente atto di indirizzo e coordinamento è quello di fornire i criteri per la per l'individuazione delle aree soggette ad effetti locali e per la microzonazione sismica del territorio in modo da orientare le scelte della pianificazione verso aree caratterizzate da minore pericolosità sismica. Lo studio della pericolosità di base e della pericolosità locale hanno come obiettivi:

- *l'individuazione delle aree dove in occasione dei terremoti attesi possono verificarsi effetti locali;*
- *la stima quantitativa della risposta sismica locale dei depositi e delle morfologie presenti nell'area di indagine ("Analisi della Risposta Sismica Locale", RSL);*
- *la suddivisione del territorio in sottozone a diversa pericolosità sismica locale ("Microzonazione Sismica", MZS).*

I risultati dell'analisi della pericolosità sismica locale e della microzonazione sismica, devono essere applicati nella redazione degli strumenti di pianificazione territoriale e urbanistica.

7.2 LIVELLI DI APPROFONDIMENTO

Gli studi di risposta sismica locale e microzonazione sismica vanno condotti a diversi livelli di approfondimento a seconda delle finalità e delle applicazioni nonché degli scenari di pericolosità locale.

Tali studi svolti devono essere descritti in una relazione che indichi chiaramente il livello di approfondimento, le indagini effettuate e i risultati ottenuti e devono fornire una cartografia dello stato del territorio, e sono un riferimento necessario per la Valutazione di Sostenibilità Ambientale e Territoriale (VALSAT) preventiva delle singole scelte del piano.

Si identificano due fasi di analisi con diversi livelli di approfondimento.

La prima fase è diretta a definire gli scenari di pericolosità sismica locale, cioè ad identificare le parti di territorio suscettibili di effetti locali (amplificazione del segnale sismico, cedimenti, instabilità dei versanti, fenomeni di liquefazione, rotture del terreno, ecc.). L'individuazione delle aree soggette ad effetti locali si basa su rilievi, osservazioni e valutazioni di tipo geologico e geomorfologico, svolte a scala territoriale, associati a raccolte di informazioni sugli effetti indotti dai terremoti passati. Tale analisi viene svolta - soprattutto mediante elaborazione dei dati disponibili - in sede di elaborazione del PTCP e del PSC e concorre alla definizione delle scelte di piano, fornendo prime indicazioni sui limiti e le condizioni per la pianificazione nelle suddette aree.

La seconda fase ha come obiettivo la microzonazione sismica del territorio indagato. Sulla base degli scenari individuati dalle analisi svolte nel corso della prima fase, nella seconda fase si attuano due diversi livelli di approfondimento:

a) nelle aree pianeggianti e sub-pianeggianti, incluse le zone di fondovalle appenniniche, con stratificazione orizzontale e sub-orizzontale, e sui versanti stabili con acclività ≤ 15° in cui il deposito ha spessore costante si ritiene sufficiente un'analisi semplificata (secondo livello di approfondimento), cioè l'analisi della pericolosità locale può essere basata, oltre che sull'acquisizione di dati geologici e geomorfologici più dettagliati di quelli rilevati nel primo livello, su prove geofisiche in sito e su prove geotecniche di tipo standard. Il numero delle verticali indagate deve essere tale da consentire un'adeguata caratterizzazione geotecnica spaziale dei terreni e delle formazioni presenti nell'area di studio;

b) un'analisi più approfondita (terzo livello di approfondimento) è invece richiesta nei seguenti casi (vedere Allegato A1):

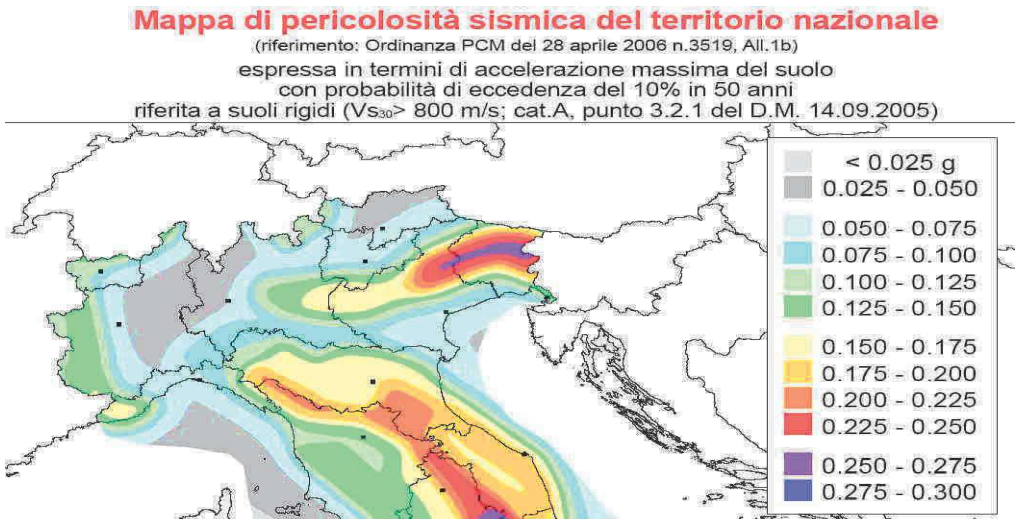
- aree soggette a liquefazione e densificazione;
- aree instabili e potenzialmente instabili;

- aree in cui le coperture hanno spessore fortemente variabile, come ad esempio nelle aree pedemontane e di fondovalle a ridosso dei versanti;
- aree in cui è prevista la realizzazione di opere di rilevante interesse pubblico.

L'analisi approfondita richiede un significativo numero di prove geofisiche e geotecniche, sia in sito che in laboratorio, rivolte alla definizione del comportamento dei terreni sotto sollecitazione dinamica. In queste parti del territorio la pericolosità potrebbe essere molto elevata e perciò deve essere attentamente valutata la possibilità di renderle suscettibili di trasformazione urbanistica.

7.3 CARATTERI SISMICI DELL'AREA

In base alla nuova carta della pericolosità sismica del territorio nazionale, i valori di PGA su suolo rigido con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni, per il Comune di Pecorara sono compresi fra 0.075 e 0.100 g. L'area ricade nella zona simogenetica 911, in cui i meccanismi di fagliazione prevalenti sono legati a faglie trascorrenti e le profondità dei terremoti prevalentemente compresi fra 8 e 12 Km. Le magnitudo massime attese nella zona sismogenetica d'interesse sono di 5.7-6.1.Le serie storiche dei terremoti contenuti nell'archivio della Regione Emilia Romagna non segnalano eventi sismici rilevanti nell'area d'interesse.



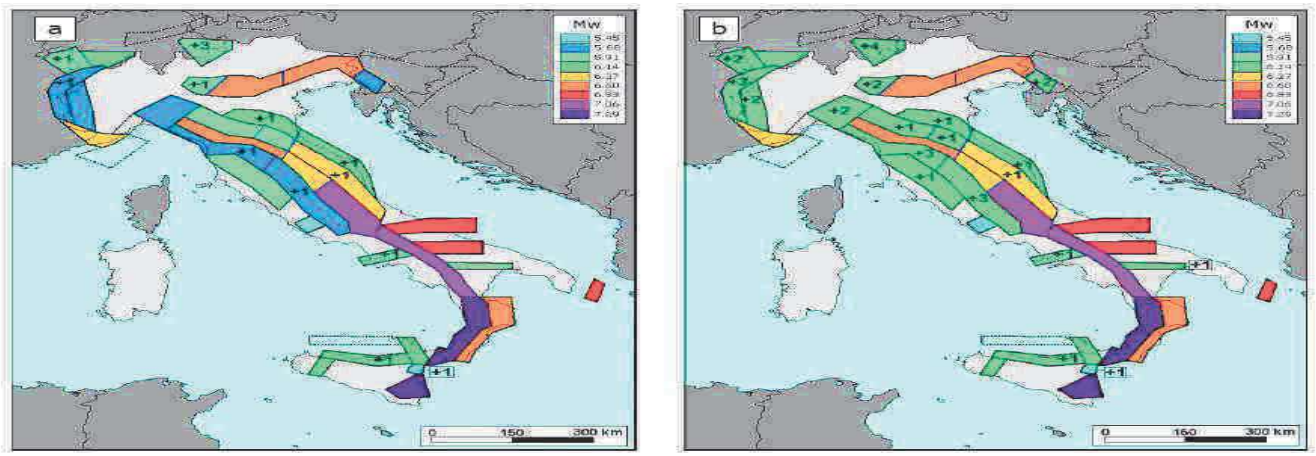


Figura 36. Valori di Mwmax corrispondenti ai due insiemi: a) "osservati" (Mwmax1); b) "cautelativi" (Mwmax2).

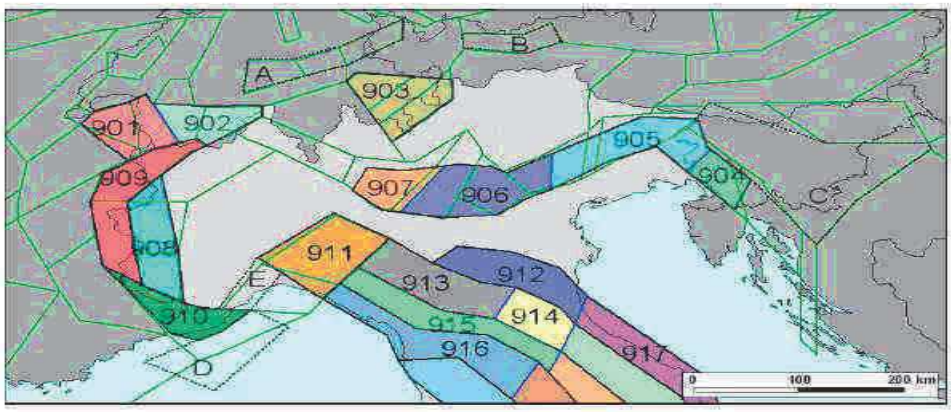


Figura 10. Zonazione sismogenetica ZS9 a confronto con la zonazione del progetto SESAME nell'area alpina (Jiménez et al., 2001; linee di colore verde).

In base alle caratteristiche geologiche del sito d'interesse, i principali effetti attesi possono ricondursi essenzialmente ad amplificazioni litologiche e in minor misura a fenomeni d'instabilità dei versanti. Le amplificazioni topografiche (pendenza del versante complessivamente inferiore a 15°) sono di entità limitata quindi trascurabili; sono invece da escludere fenomeni di liquefazione (basso valore di ag atteso e presenza di copertura di materiale eterogeneo in matrice coesiva).

7.4 VALUTAZIONE DEL FATTORE DI AMPLIFICAZIONE DEL SITO INTERESSE-ANALISI 2° LIVELLO

A2.1.1 - APPENNINO (zone collinari e montane)

In caso di substrato rigido, generalmente caratterizzato da Vs ≥ 800 m/s, si devono usare le seguenti tabelle

	150	200	250	300	350	400	450	500	600	700
5	1.8	1.7	1.4	1.2	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
10	2.0	2.0	1.9	1.7	1.5	1.4	1.2	1.1	1.0	1.0
15	2.0	2.0	2.0	1.9	1.8	1.6	1.4	1.3	1.2	1.0
20	2.0	2.0	2.0	2.0	1.9	1.7	1.6	1.4	1.3	1.0
25	2.0	2.0	2.0	1.9	1.8	1.8	1.6	1.5	1.3	1.0
30		1.9	1.9	1.9	1.8	1.7	1.6	1.5	1.4	1.2
35		1.9	1.9	1.9	1.9	1.7	1.6	1.4	1.4	1.2
40		1.9	1.9	1.9	1.9	1.7	1.6	1.4	1.4	1.2
50		1.9	1.9	1.9	1.9	1.8	1.6	1.4	1.4	1.2

Fattori di Amplificazione PGA. Colonna 1 $H\,(m)$, riga 1 $V_{S_H}\,(m/s)$

	150	200	250	300	350	400	450	500	600	700
5	1.5	1.2	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
10	2.1	2.0	1.6	1.3	1.1	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
15	2.4	2.3	2.1	1.7	1.4	1.3	1.1	1.0	1.0	1.0
20	2.4	2.4	2.3	2.0	1.7	1.5	1.3	1.2	1.1	1.0
25	2.4	2.4	2.4	2.2	1.9	1.7	1.5	1.3	1.2	1.0
30		2.4	2.4	2.3	2.1	1.8	1.6	1.5	1.3	1.1
35		2.3	2.3	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

Fattori di Amplificazione SI1 ($0.1s \leq T_0 \leq 0.5s$). Colonna 1 $H\,(m)$, riga 1 $V_{S_H}\,(m/s)$

	150	200	250	300	350	400	450	500	600	700
5	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
10	1.3	1.1	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
15	1.6	1.4	1.2	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
20	2.6	1.9	1.5	1.2	1.1	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
25	2.9	2.5	1.9	1.4	1.2	1.1	1.1	1.0	1.0	1.0
30		2.9	2.3	1.6	1.4	1.2	1.1	1.1	1.0	1.0
35		3.2	2.8	1.9	1.5	1.4	1.2	1.1	1.1	1.0
40		3.4	3.1	2.4	1.8	1.5	1.4	1.2	1.1	1.0
50		3.2	3.2	2.9	2.2	1.9	1.6	1.4	1.3	1.1

Fattori di Amplificazione SI2 ($0.5s \leq T_0 \leq 1.0s$). Colonna 1 $H\,(m)$, riga 1 $V_{S_H}\,(m/s)$

I fattori di amplificazione calcolati per i singoli profili di velocità Vs sono riassunti nel tabella seguente:

PROVA	PROF. BEDROCK	VS _EQ	FA PGA	FA intensità spettrale 0.1s-0.5s	FA intensità spettrale 0.5s-1.0s
M1	18 m	350	1.9	1.7	1.1
M2	16 m	335	1.85	1.6	1.1

In base alla delibera sopraccitata, l'accelerazione orizzontale su suolo rigido (Vs>800 m/s) prevista per il Comune di Pecorara è di 0.099g.

7.5 SPETTRO DI RISPOSTA (IN PGA) DELL'AREA

Nella delibera della Regione è riportata la forma dello spettro di risposta valido per tutta la regione.

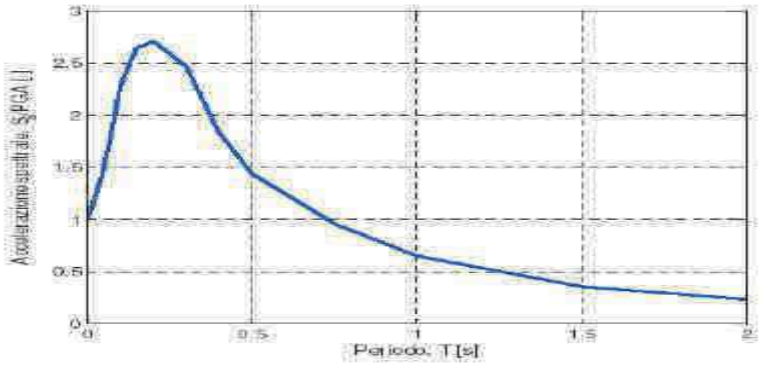
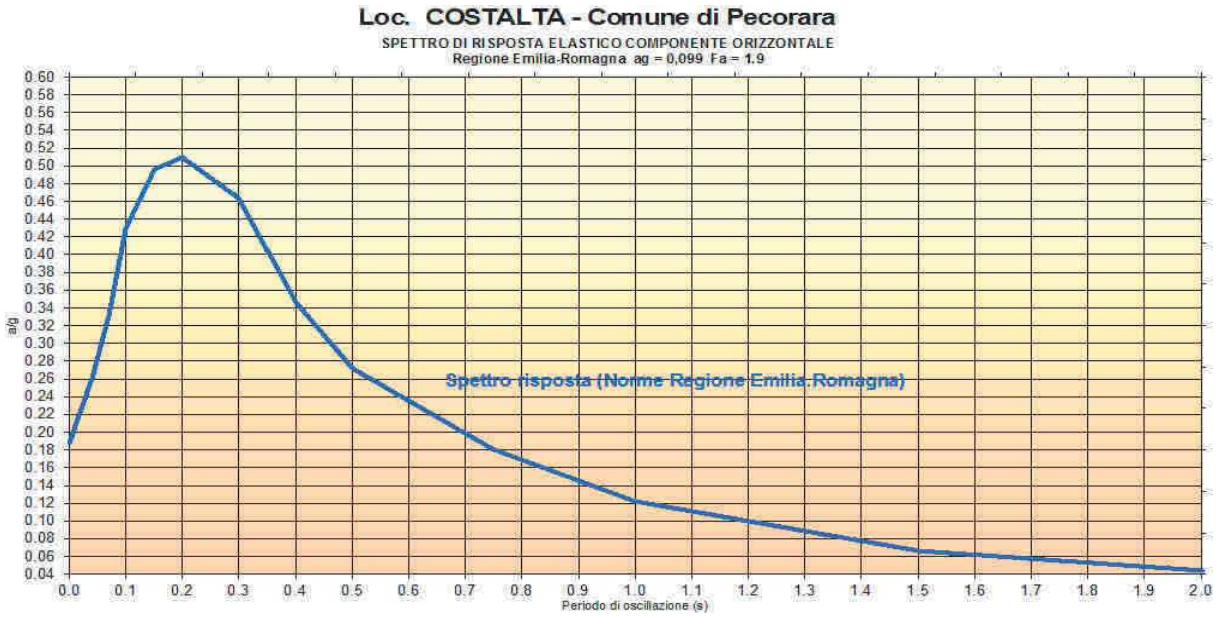


Figura 1 - Spettro di risposta normalizzato (T_R = 475 anni, smorzamento = 5%) per l'Emilia-Romagna

Dallo spettro di risposta normalizzato è possibile ottenere, moltiplicando i valori della tabella 1 per il valore di arefg di ogni comune, lo spettro di risposta a probabilità uniforme che descrive le caratteristiche del moto sismico atteso per ogni comune dell'Emilia-Romagna. Considerando il valore di arefg=0.098 per il comune di Pecorara e il fattore di amplificazione (1.9), è stato calcolato lo spettro di risposta del sito d'interesse.



Spettro di riposta del sito in base alle norme della regione Emilia-Romagna

7.6 ANALISI DELLA STABILITA' DEL VERSANTE SIA IN CONDIZIONI PSEUDO-STATICHE CHE SISMICHE-DINAMICHE - ANALISI 3° LIVELLO

Per ricostruire l'assetto litostratigrafico e le caratteristiche geomeccaniche del versante, oltre alle considerazioni di carattere geologico più generali, sono stati utilizzati i dati desunti dalle prove geofisiche realizzate sintetizzati nei paragrafi precedenti.

Nr.	DB	Peso unità di volume (Kg/m³)	Peso saturo (Kg/m³)	Coesione (kg/cm²)	Coesione non drenata (kg/cm²)	Angolo resistenza al taglio picco (°)	Angolo resistenza al taglio residuo (°)	Permeabilità (m/s)	Dati aggiuntivi ...	Texture ...
1		1800.00	1950	0.06		22	18	Permeabile		
2		1900	2050	0.08		20	23	Impermeabile		
3		2250	2250			38	38	Impermeabile		

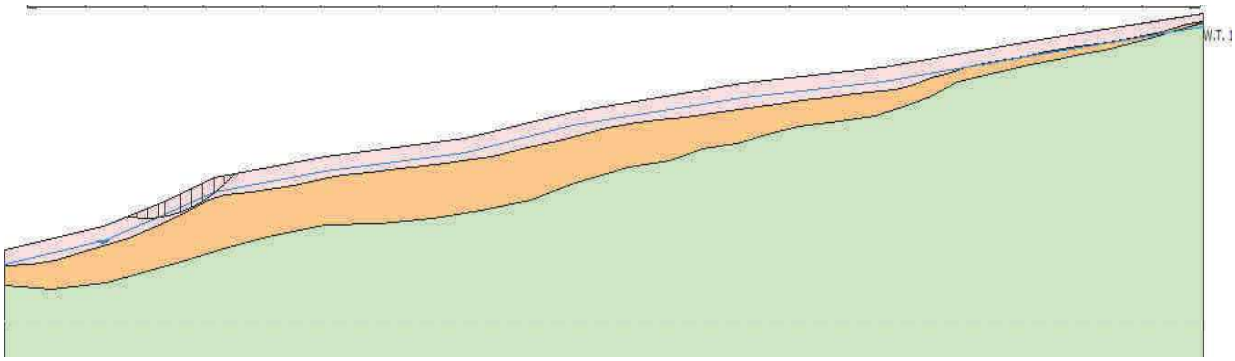
Modello geologico-geotecnico dell'area

7.6.1 Analisi di stabilità in condizioni pseudostatiche

Per l'analisi di stabilità del versante è stato utilizzato il software "slope" della società Geostru. Il metodo utilizzato è stato quello di Bishop. Per l'analisi di stabilità, a scopo cautelativo, sono stati utilizzati valori di angolo di attrito prudenziali (angolo d'attrito residuo). Per l'azione sismica è stato considerato un valore di ag di 0.099x1.9 (fattore di amplificazione massimo) = 0.197g, ed un coefficiente di amplificazione topografica di 1.0.

Sempre cautelativamente, è stata considerata la falda a 3 metri dal p.c.

In base alle verifiche realizzate, il versante risulta in discrete condizioni di sicurezza. La superficie con il minor coefficiente di sicurezza (1.36) è stata individuata nella parte bassa del versante a maggior acclività.

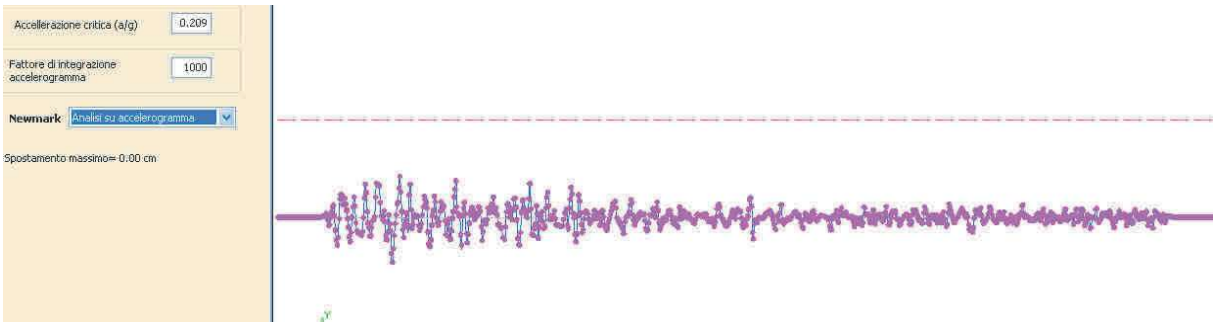


Verifica di stabilità del versante

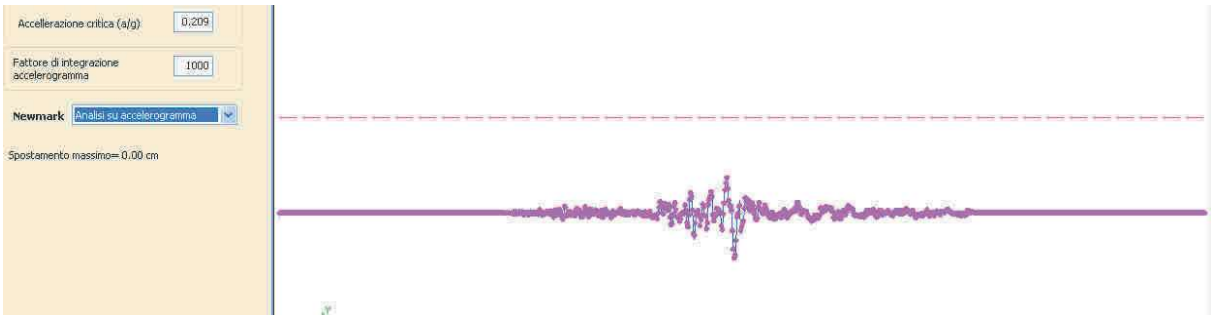
7.6.2 Analisi di stabilità dinamica (Metodo di NEWMARK)

Le verifiche in condizioni sismiche dinamiche (semplificate) sono state realizzate utilizzando come input gli accelerogrammi forniti dalla Regione Emilia-Romagna per il Comune di Pecorara.

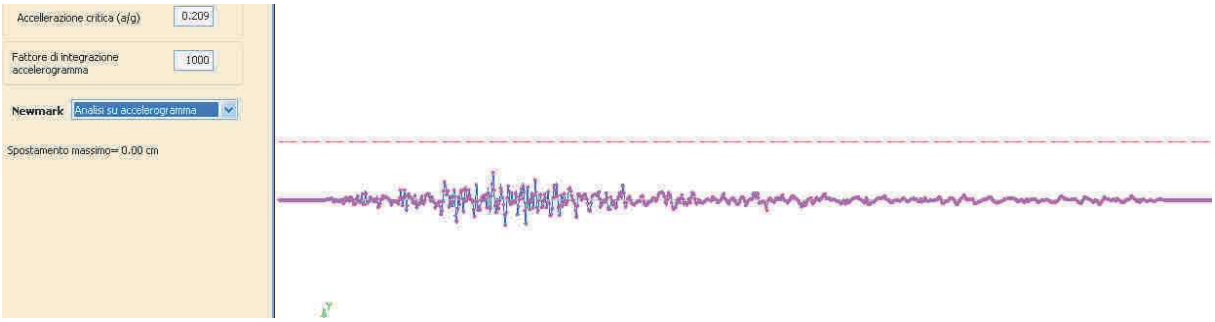
Le verifiche effettuate, con spostamenti nulli, confermano le condizioni di stabilità dell'area anche in condizioni sismiche dinamiche. Di seguito si riportano i risultati delle 3 analisi dinamiche relative ai 3 sismogrammi considerati; nei grafici il valore soglia dell'accelerazione in grado di produrre spostamenti è rappresentato dalla linea rossa tratteggiata.



Accelerogramma 000046xa_033031Pecorara.txt



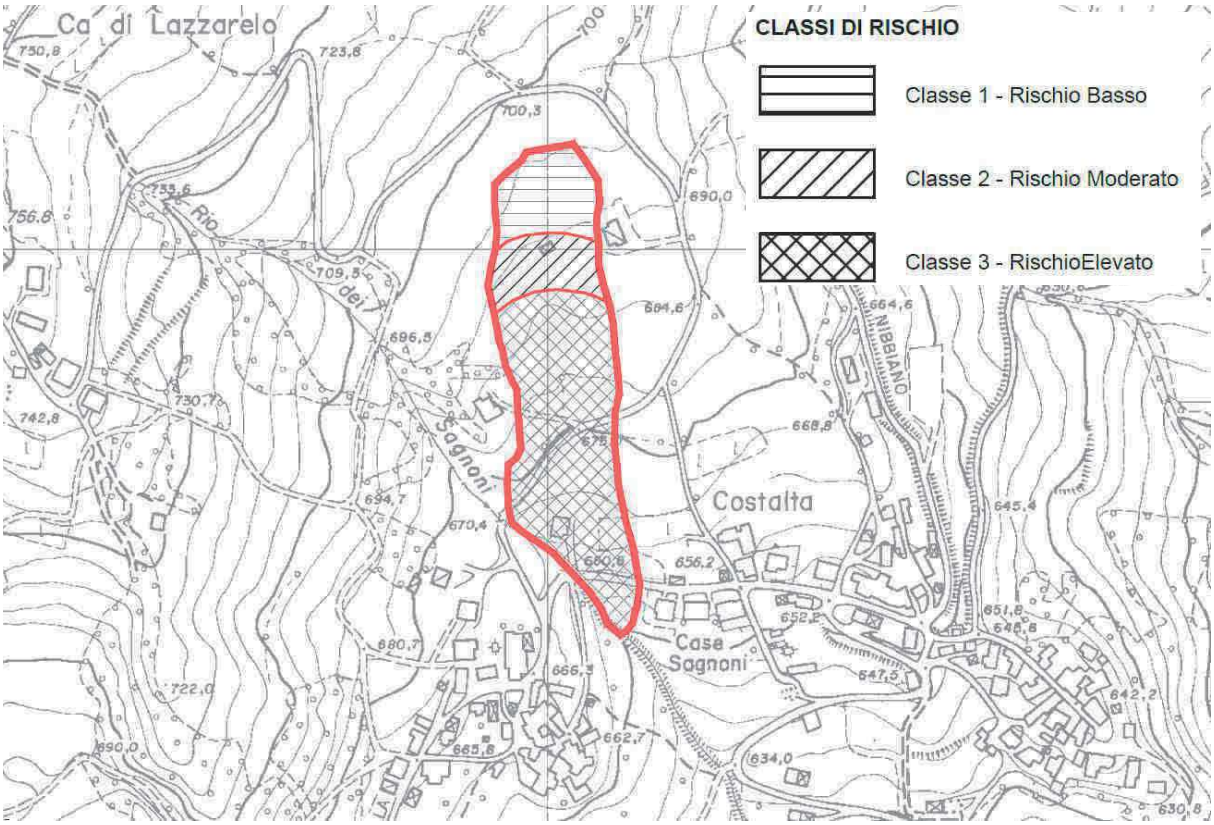
Accelerogramma 000126xa_033031Pecorara.txt



Accelerogramma 000354xa_033031Pecorara.txt

8. ZONIZZAZIONE DEL RISCHIO DEL CORPO DI FRANA QUIESCENTE

Il corpo di paleofrana studiato è stato suddiviso, in base a criteri geologico-geomorfologici, in settori contraddistindi da un differente grado di "rischio".



Zonizzazione del "rischio" geologico del corpo di paleofrana

Sono state distinte 3 classi di rischio:

- **<u>Aree a basso rischio (classe 1 - rigato orizzontale)</u>**, sono le aree localizzate ai bordi della paleofrana dove il substrato roccioso è collocato a modesta profondità (3- 4 metri). Tali aree, date le condizioni geologico-morfologiche, sono dotate di un buon grado di stabilità.
- **<u>Aree a rischio moderato (classe 2 - rigato obliquo)</u>**, sono le aree localizzate nel settore medio-alto del versante, dove lo spessore della copertura è leggermente superiore e il drenaggio delle acque meteoriche blandamente centripeto. Tali aree, date le condizioni geologico-morfologiche, sono dotate di un discreto grado di stabilità.
- **<u>Aree a rischio elevato (classe 3 - incrociato)</u>**, costituiscono il corpo di paleofrana vero e proprio che presenta spessori massimi di circa 15 metri. Anche se attualmente non sono visibili segnali di movimento in atto e/o recenti questo settore viene cautelativamente considerato a rischio elevato.

9. PRESCRIZIONI PER LE AREE IN FRANA QUIESCENTE IN CUI E' STATA EFFETTUATA LA VALUTAZIONE DEL RISCHIO

Classe 1 (rischio basso) – Fattibilità senza particolari limitazioni (R1):

Queste aree si ritengono utilizzabili ai fini edificatori senza particolari limitazioni all'urbanizzazione o alla modifica della destinazione d'uso; eventuali problematiche locali possono essere superate attraverso approfondimenti di indagine o accorgimenti tecnico-costruttivi. In particolare si dovrà subordinare l'autorizzazione ad accertamenti geognostici in particolare ai fini di:

- *evitare che fondazioni di una stessa costruzione vengano a poggiare in parte sulla zona di alterazione ed in parte sulla roccia in posto, o peggio ancora, su materiale di riporto;*
- *ridurre all'indispensabile eventuali sbancamenti e riporti adottando pendenze adeguate;*
- *drenare le acque eventualmente incontrate;*
- *adottare la tipologia di fondazione più idonea alla tipologia di substrato riscontrata.*

Classe 2 (rischio moderato) – Fattibilità con modeste limitazioni (R2):

Queste aree si ritengono utilizzabili ai fini urbanistici, anche se si sono appurate alcune condizioni limitanti all'edificabilità, che possono essere superate attraverso approfondimenti di indagine o accorgimenti tecnico-costruttivi; gli interventi edificatori sono comunque permessi, prevedendo se necessario eventuali accorgimenti costruttivi necessari o interventi di riduzione del rischio idrogeologico, quali:

- *sbancamenti e riporti ridotti al minimo;*
- *fondazioni rigide, spinte ad idonea profondità dall'attuale piano campagna;*
- *regolamentazione delle acque superficiali e sotterranee;*
- *sistemi di raccolta sistematica e l'allontanamento in tubazioni a perfetta tenuta delle acque piovane e di quelle di scarico dei futuri edifici;*
- *opportuni interventi di sostegno (ex gabbionate, muri con drenaggio e sistema di smaltimento acque ecc.) al fine di proteggere il piede di eventuali scarpate artificiali con pendenze superiori a 1/2.*

Per tali zone si dovrà comunque subordinare l'autorizzazione ad ulteriori e dettagliati accertamenti geologici e geognostici.

Classe 3 (rischio elevato) – Fattibilità con significative limitazioni (R3)

In questa classe si sono inserite le zone in cui la propensione al dissesto è più elevata, ed in cui le limitazioni alla modifica della destinazione d'uso appare più consistente.

Si dovrà dunque subordinare l'autorizzazione ad ulteriori e dettagliati accertamenti geologico-tecnici e geognostici, finalizzati a valutare quali siano le azioni atte a ridurre il rischio connesso all'intervento edificatorio

Si dovrà dunque prevedere quanto segue:

- *manutenzione delle eventuali opere di difesa esistenti;*
- *l'adozione di fondazioni rigide, spinte ad idonea profondità dall'attuale piano campagna;*
- *la raccolta sistematica e l'allontanamento in tubazioni a perfetta tenuta delle acque piovane e di quelle di scarico dei futuri edifici;*
- *regolamentazione delle acque superficiali e sotterranee, e se necessario comprendere tutta o buona parte della zona a monte, attraverso le opportune opere idrauliche (ex canali di scolo, drenaggi sotterranei ecc.);*
- *quanto necessario al fine di ridurre la pericolosità;*

Oltre a quanto consentito dalle norme del P.T.C.P. (e dal P.A.I) in merito alle frane attive e quiescenti, in questa classe sono ammessi solo ampiamenti delle costruzioni esistenti, con incrementi volumetrici non superiori a quanto consentito dalle N.T.A. del P.S.C comunale.

Classe 4 (rischio molto elevato) – Fattibilità con gravi limitazioni (R4):

In queste zone si intende consentito quanto permesso dal P.T.C.P (e dal P.A.I) per le frane quiescenti.

Trevozzo, 28/12/2019

Dott. Aldriano Baldini



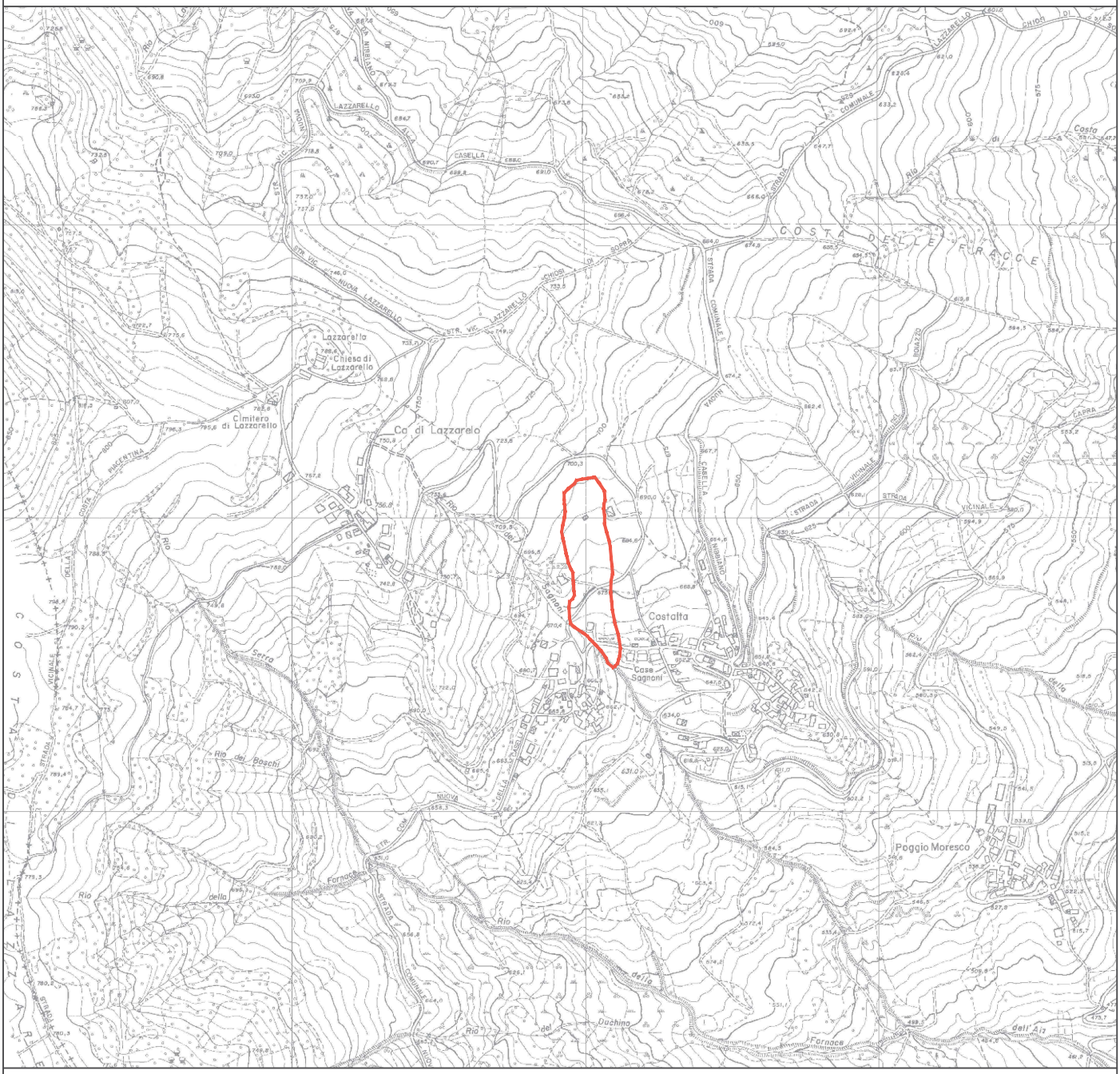
Dott. Alberto Lepori



ALLEGATI

INQUADRAMENTO TERRITORIALE

Scala 1:10000



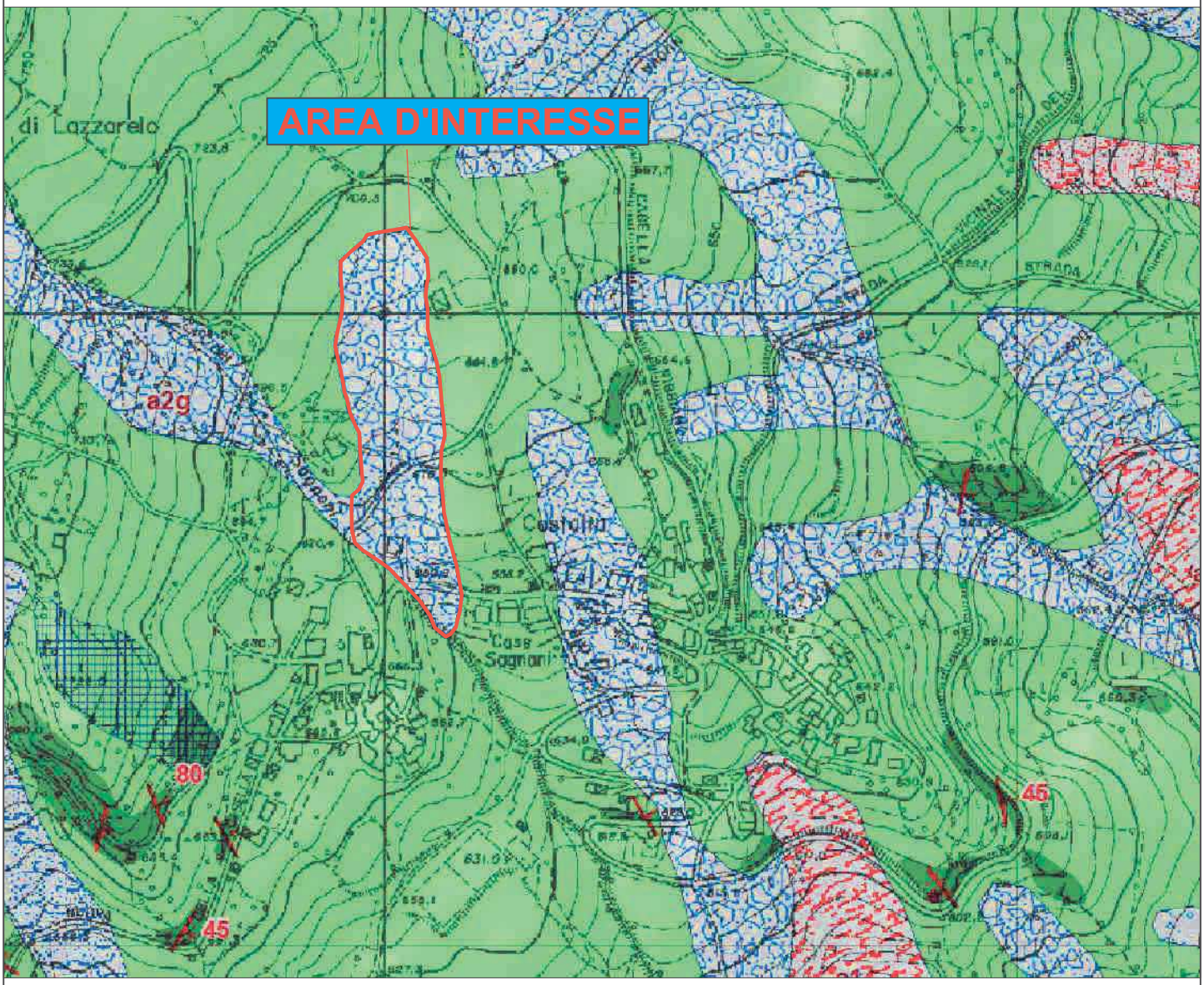


Area considerata

Fig. **1**

ESTRATTO CARTA GEOLOGICA REGIONALE

Scala 1:5000



Coperture quaternarie (10K)

a1 - Deposito di frana attiva di tipo indeterminato

a1b - Deposito di frana attiva per scivolamento

a1d - Deposito di frana attiva per colamento di fango

a1g - Deposito di frana attiva complessa

a2b - Deposito di frana quiescente per scivolamento

a2d - Deposito di frana quiescente per colamento di fango

a2g - Deposito di frana quiescente complessa

Unità geologiche (10K)

AVV - Argille Varicolori di Cassio

SCB - Arenarie di Scabiazza

SCBd - Arenarie di Scabiazza - litofacies conglomeratica

Area considerata

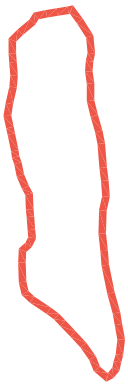
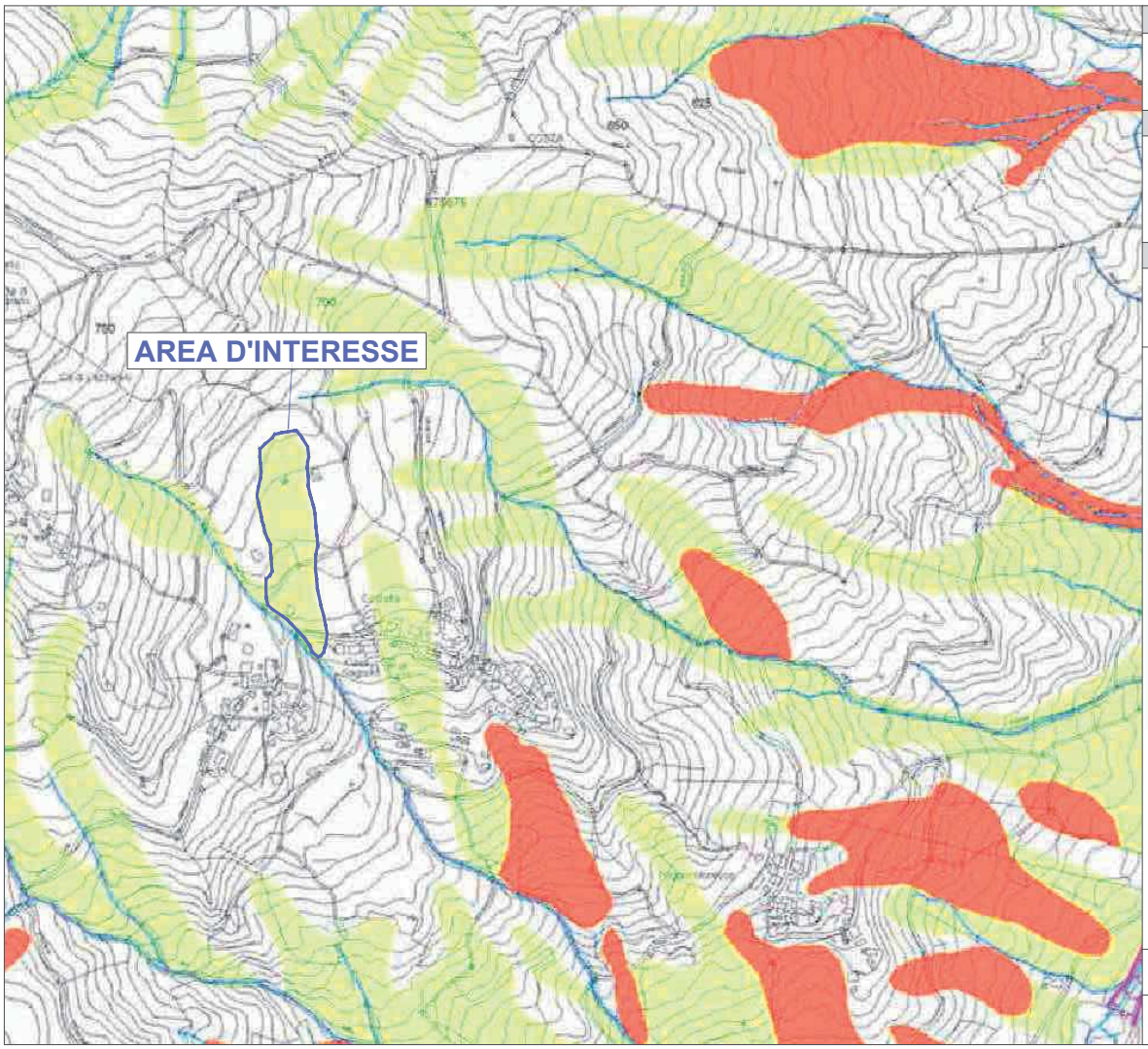


Fig.2



COMMITTENTE

OGGETTO

Studio geologico e analisi
di un versante in frana quiescente
in loc. Costalta (PC)
"*Classificazione del rischio nelle zone di frana quiescente*"

TITOLO

CARTA DEL DISSESTO
Estratta dal PSC

Elementi morfologici

Area di frana attiva:
Accumuli gravitativi caotici di materiali eterogenei ed eterometrici, in abbondante matrice limoso-argillosa, con evidenti movimenti in atto.

Area di frana quiescente:
Accumuli gravitativi caotici di materiali eterogenei ed eterometrici, in abbondante matrice limoso-argillosa, attualmente quiescenti o stabilizzati.

Area di frana stabilizzata o relitta
Movimenti gravitativi quiescenti di cui non si hanno indizi di movimento recente o in atto. Generalmente si presentano con profili regolari, vegetazione ben sviluppata, assenza di lesioni a manufatti ed infrastrutture.

Depositi alluvionali attuali:
Ghiaie sciolte eterogenee ed eterometriche, a matrice sabbiosa-limosa o limosa.

Alveo di magra del torrente

Depositi alluvionali in evoluzione che si rinvengono entro l'alveo attivo del fiume, talora fissati dalla vegetazione e corrispondenti ad aree esondabili in condizioni di piena ordinaria.

Depositi alluvionali terrazzati, recenti, fissati da copertura vegetale:
Ghiaie a matrice limoso-sabbiosa, spesso ricoperte da una coltre limosa di colore prevalentemente bruno-giallastro (2,5 Y 4/2 "Munsell Soil Charts").
[Depositi alluvionali terrazzati e disposti a diverse quote rispetto all'alveo attivo, esondabili in condizioni di piene eccezionali]
Olocene Superiore.

Depositi alluvionali terrazzati medio-antichi:
Ghiaie a prevalente matrice limosa o limoso-sabbiosa, ricoperte in superficie da una coltre limoso-argillosa di colore bruno-giallastro scuro o bruno-grigiastro scuro (valori compresi tra 10 YR 4/3, 4/4-5/3, 5/4 e 2,5 Y 5/2, 4/2 "Munsell Soil Charts").
Olocene medio-superiore.

Depositi alluvionali terrazzati antichi:
Successioni di ghiaie, sabbie e limi, debolmente alterate alla sommità. Presenza di coltre limoso-argillosa di copertura a prevalente colore bruno e bruno-giallastro (valori compresi tra 10 YR 4/3, 5/3 e 4/4 "Munsell Soil Charts").
Pleistocene superiore? – Olocene inferiore.

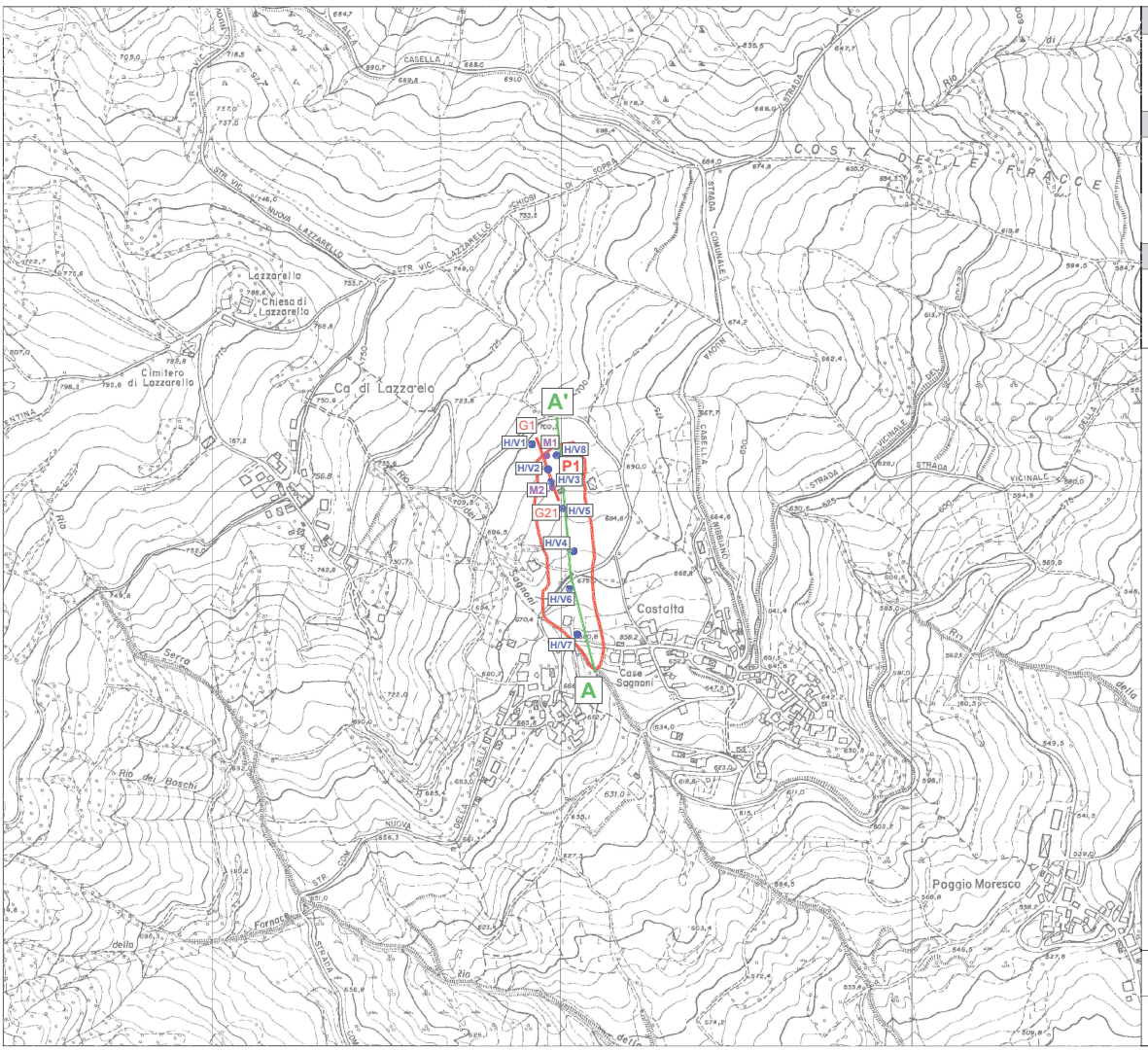


AREA DI STUDIO

scala:
1:5.000

N

Fig. 3



COMMITTENTE

OGGETTO

Studio geologico e analisi
di un versante in frana quiescente
in loc. Costalta (PC)
"*Classificazione del rischio nelle zone di frana quiescente*"

TITOLO

PLANIMETRIA DELLE INDAGINI

INDAGINI SISMICHE

G1 — P1 — G21 : Traccia stendimento tomografia sismica/Masw

M1-M2 : Prova MASW

H/V1 : Prova HVSR (Microtremori tipo Nakamura)

A' — A : Traccia verifica di stabilità del versante

AREA DI STUDIO



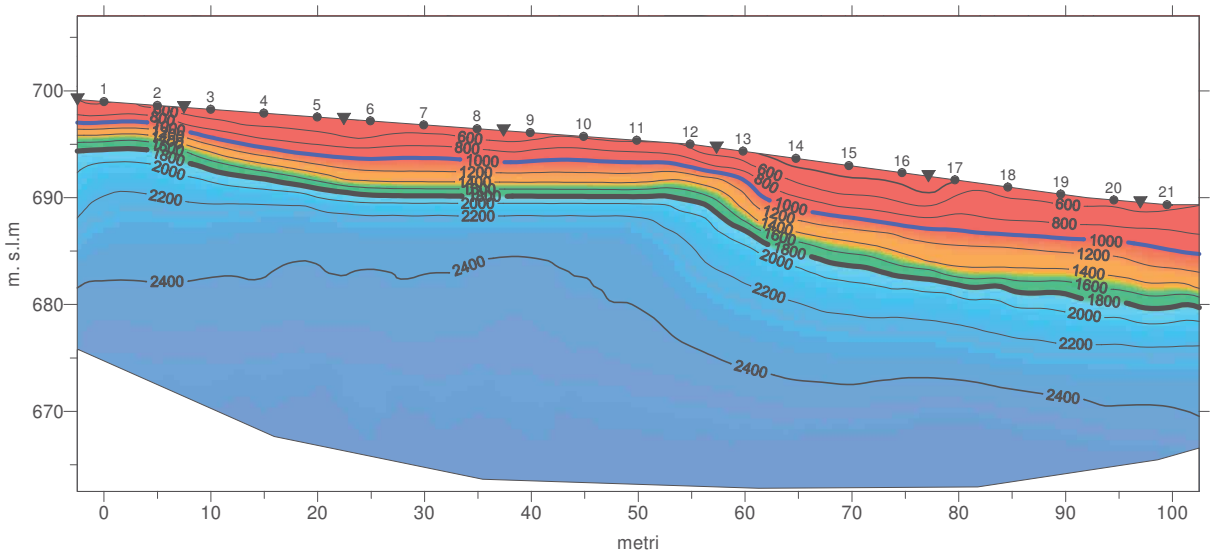
scala: 1:5000

Fig. 4

T-Indagini.dwg

N

Loc. Costalta - Comune di Pecorara - Tomografia sismica



Scala 1:500

Velocità sismiche m/sec

0 400 800 1200 1600 2000 2400

Limite del materiale di copertura più allentato

Passaggio al substrato più compatto

▼ Punti di energizzazione

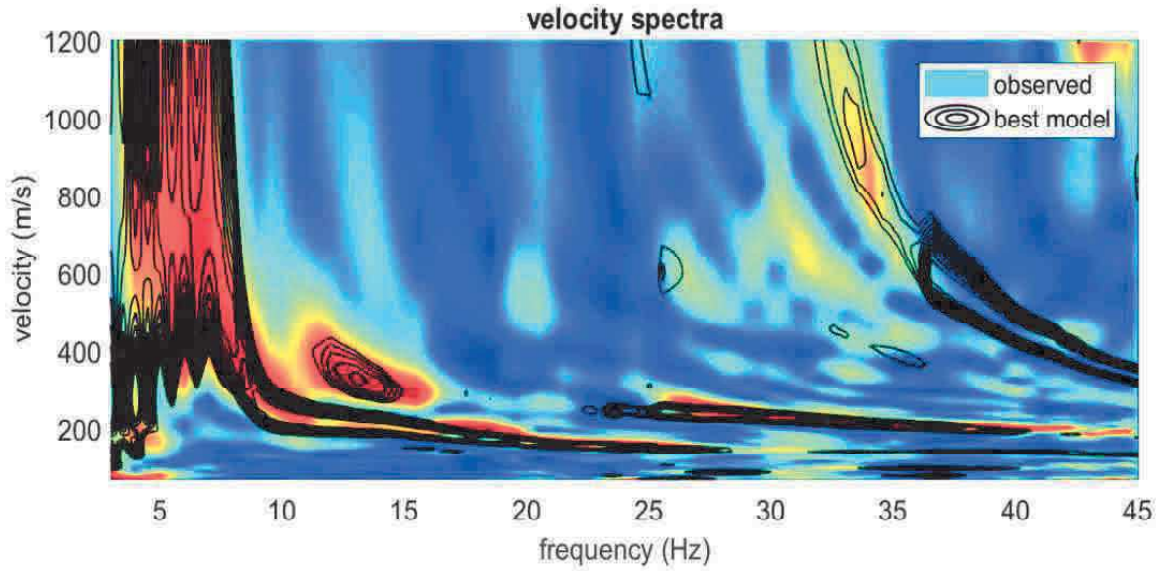
● Punti di registrazione

Fig. 5

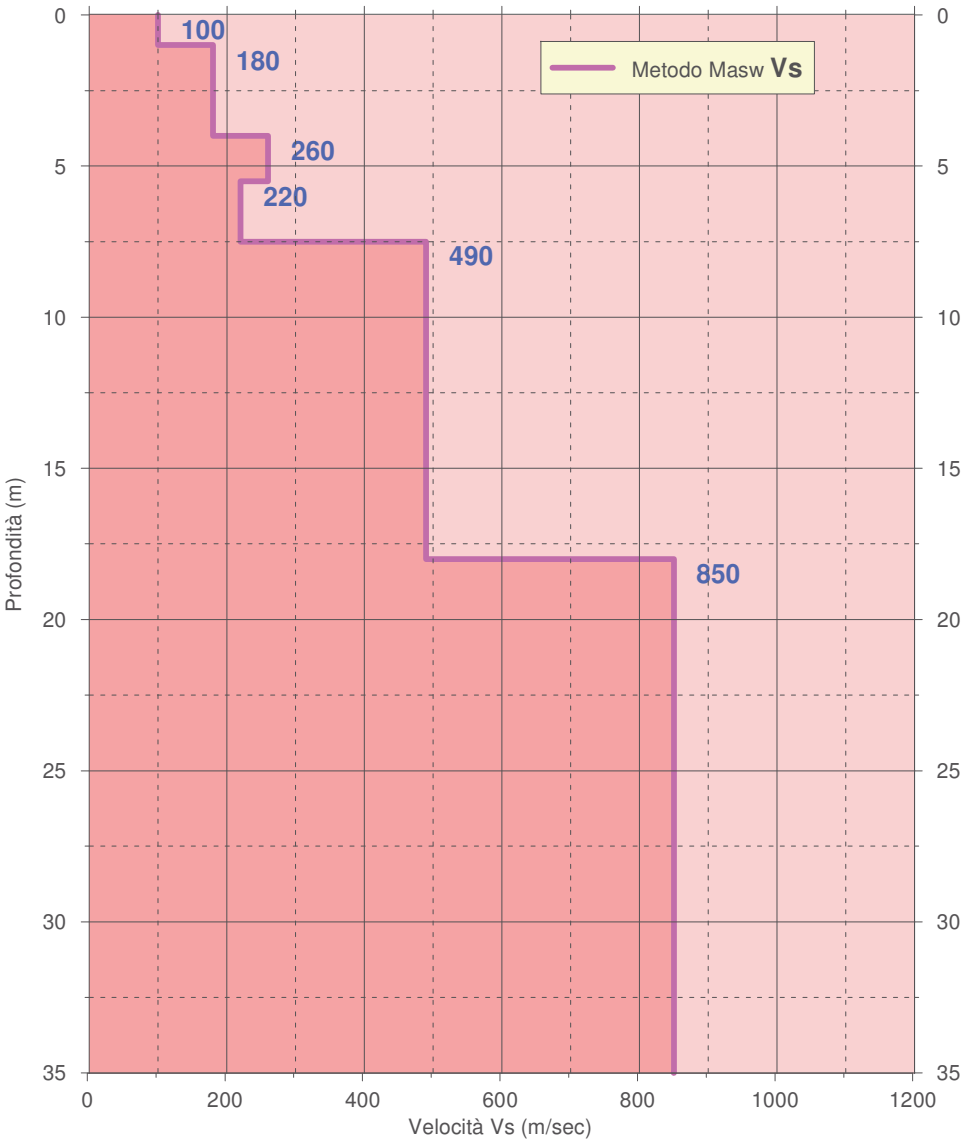
Loc. Costalta - Comune di Pecorara
METODO MASW

M1

SPETTRO VELOCITA' di FASE- FREQUENZA



PROFILO VELOCITÀ Vs



VsH (0-18 m) = 350 m/s

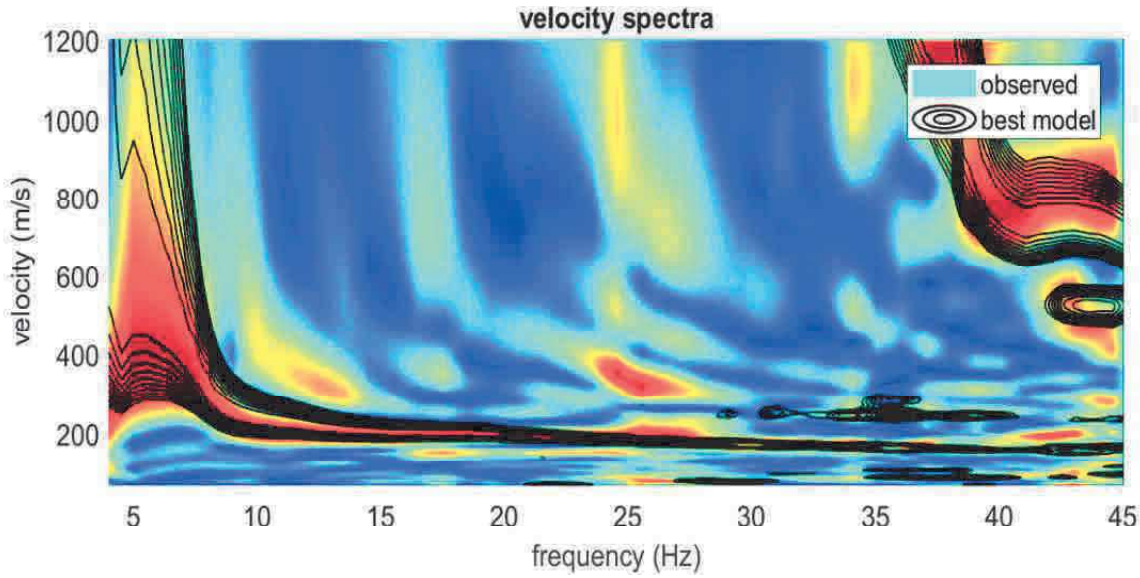
SUOLO DI FONDAZIONE TIPO "E"

Fig. 6a

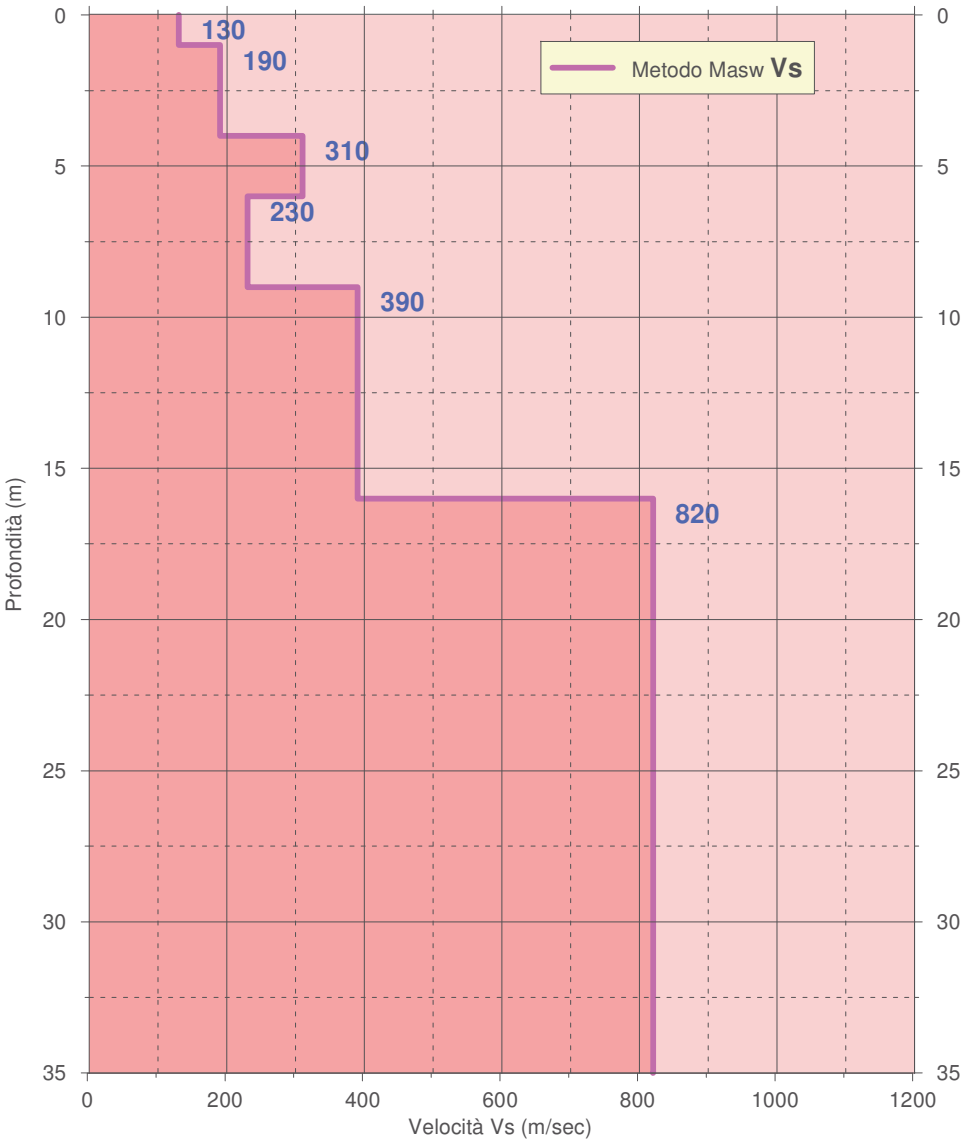
Loc. Costalta - Comune di Pecorara
METODO MASW

M2

SPETTRO VELOCITA' di FASE- FREQUENZA



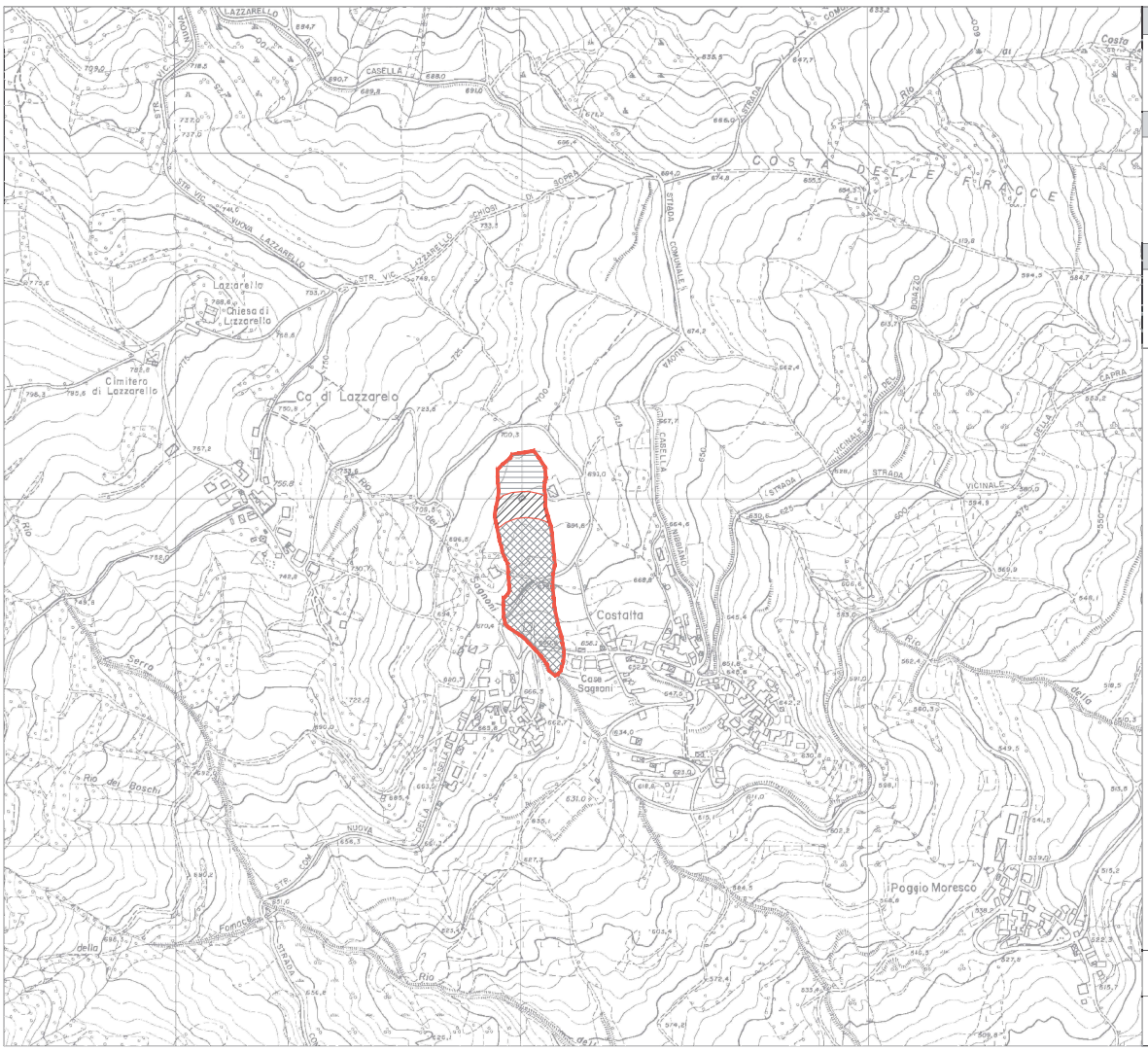
PROFILO VELOCITÀ Vs



VsH (0 -16 m) = 335 m/s

SUOLO DI FONDAZIONE TIPO "E"

Fig. 6b



COMMITTENTE

OGGETTO

Studio geologico e analisi
di un versante in frana quiescente
in loc. Costalta (PC)
"*Classificazione del rischio nelle zone di frana quiescente*"

TITOLO

CARTA DEL "RISCHIO" GEOLOGICO

CLASSI DI RISCHIO

- Classe 1 - Rischio Basso
- Classe 2 - Rischio Moderato
- Classe 3 - Rischio Elevato



AREA DI STUDIO

scala:
1:5000

N

Fig. **7**

15 Frana quiescente in loc. Casa Vapore

Geotest s.r.l.
geologia tecnica e ambientale

Via E. Fermi, 113 – Trevozzo
29031 Alta Val Tidone (PC)
Tel.: 348 510 7263
geotestsrl@hotmail.it

Servizi Geologici
Servizi Geotecnici
Servizi Geofisici

REGIONE EMILIA ROMAGNA
PROVINCIA DI PIACENZA (PC)
COMUNE DI ALTA VAL TIDONE

Relazione geologica

Oggetto

Relazione geologico-sismica preliminare finalizzata alla valutazione e zonizzazione del "Rischio Geologico" di un'area localizzata su Frana Quiescente ed ubicata nelle vicinanze dell'abitato di Casa del Vapore.

Committente

Azienda Agricola
Croci Francesco e Gasio Lucia S.S
Loc. Casa del Vapore
29031 Alta Val Tidone (PC)

Tecnici Incaricati

Dott. Geol. Baldini Adriano



GeoTest

Trevozzo, 27 gennaio 2020

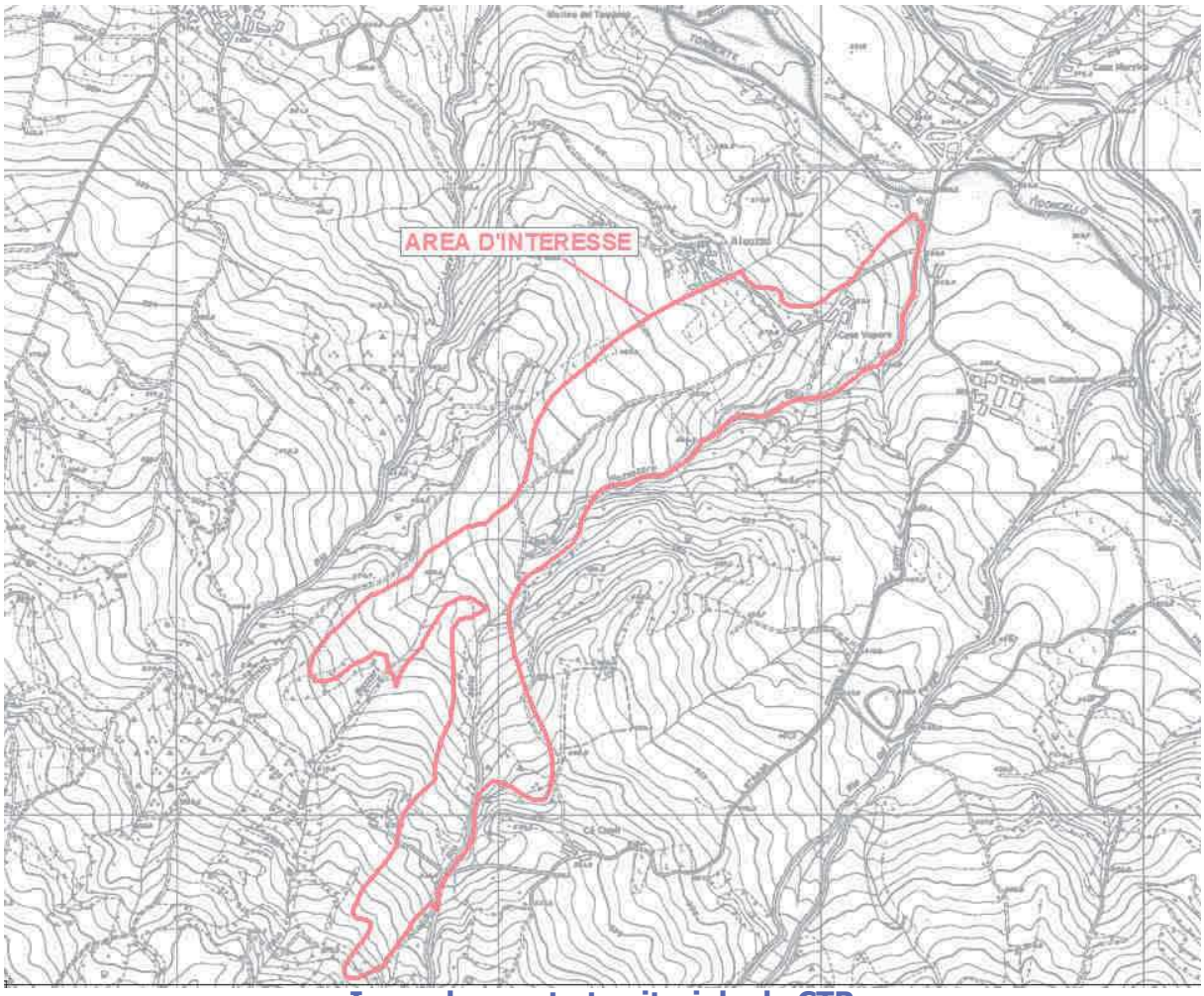
Sommario

1. PREMESSA 1
2. INDAGINI ESEGUITE 3
3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO-GEOMORFOLOGICO 4
3.1 CARATTERISTICHE GEOLOGICHE 4
3.2 CARATTERISTICHE GEOMORFOLOGICHE 5
4. INQUADRAMENTO IDROLOGICO E IDROGEOLOGICO 7
5. INDAGINI GEOGNOSTICHE 8
5.1 SISMICA A RIFRAZIONE 8
5.1.1 Cenni metodologici 8
5.1.2 Modalità esecutive 9
5.1.3 Strumentazione utilizzata 9
5.1.4 Elaborazione 10
5.1.5 Analisi dei risultati 10
5.2 PROVE PER LA DETERMINAZIONE DEL PROFILO DI VELOCITA' DELLE ONDE SISMICHE "S" 11
5.2.1 Cenni metodologici 11
5.2.2 Modalità esecutive 12
5.2.3 Commento dei risultati 12
5.3 MISURA DEI RAPPORTI SPETTRALI HVSR – (IPOTESI DI NAKAMURA) 13
5.3.1 Cenni metodologici 13
5.3.2 Strumentazione utilizzata e modalita' di acquisizione 14
5.3.3 Elaborazione ed analisi dei dati 15
6. MODELLO GEOLOGICO DELL'AREA 16
7. VALUTAZIONE DELLA PERICOLOSITA' SISMICA DELL'AREA (delibera del 2 Maggio 2007, n.112, in materia antisismica e successive integrazioni) 17
7.1 OBIETTIVI DELLA DELIBERA 17
7.2 LIVELLI DI APPROFONDIMENTO 17
7.3 CARATTERI SISMICI DELL'AREA 18
7.4 VALUTAZIONE DEL FATTORE DI AMPLIFICAZIONE DEL SITO INTERESSE-ANALISI 2° LIVELLO 20
7.5 SPETTRO DI RISPOSTA (IN PGA) DELL'AREA 22
7.6.1 Analisi di stabilità in condizioni pseudostatiche 23
7.6.2 Analisi di stabilità dinamica (Metodo di NEWMARK) 24
8. ZONIZZAZIONE DEL RISCHIO DEL CORPO DI FRANA QUIESCENTE-DEPOSITO DI VERSANTE 25
9. PRESCRIZIONI PER LE AREE IN FRANA QUIESCENTE - DEPOSITO DI VERSANTE IN CUI E' STATA EFFETTUATA LA VALUTAZIONE DEL RISCHIO 26

1. PREMESSA

Nel Gennaio 2020, è stata realizzata un'indagine geologico-sismica, nell'intorno di un'area sita in loc. Casa Vapore nel Comune di Alta Val Tidone.

Nel dettaglio l'area è localizzata sul versante orografico sinistro T. Tidoncello, all'altezza dell'abitato di Alsuzzo, circa 2,5 Km ad Ovest da Pecorara.

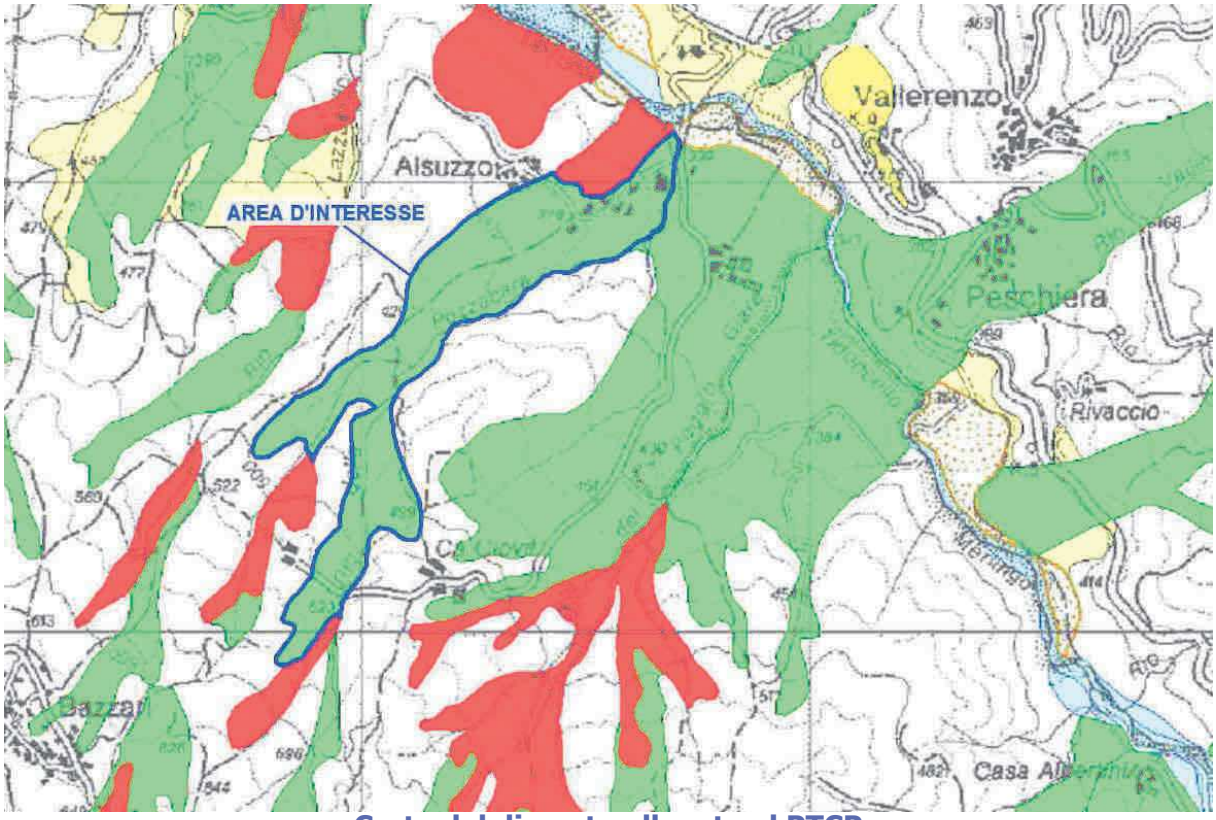


Inquadramento territoriale da CTR

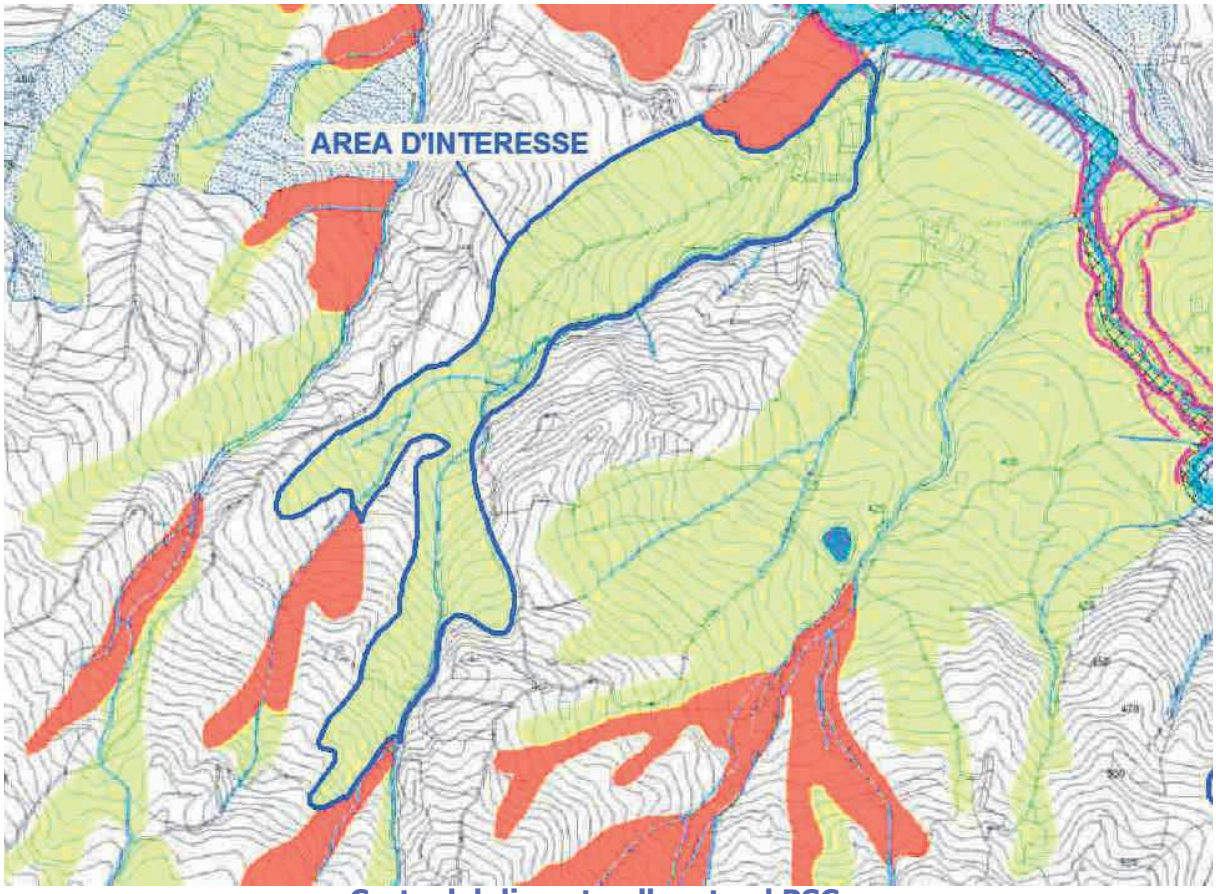
Nella carta del dissesto del PTCP della provincia di Piacenza e nella "Carta del Dissesto Comunale" allegata al PSC (in questo caso coincidenti), l'area d'interesse è classificata come frana quiescente. Le norme del PTCP, consentono (compatibilmente con il grado di "rischio" accertato mediante opportuni approfondimenti geologici), di realizzare interventi edilizi (ampliamenti, nuove costruzioni ecc.), altrimenti non consentiti in tali aree.

L'indagine ha avuto i seguenti obiettivi:

- Ricostruire l'assetto geologico-sismico del versante su cui insiste l'area d'interesse;
- Valutare le condizioni di stabilità complessiva del versante;
- Suddividere il corpo detritico in classi di rischio in base alla "pericolosità" geologica.



Carta del dissesto allegata al PTCP



Carta del dissesto allegata al PSC

2. INDAGINI ESEGUITE

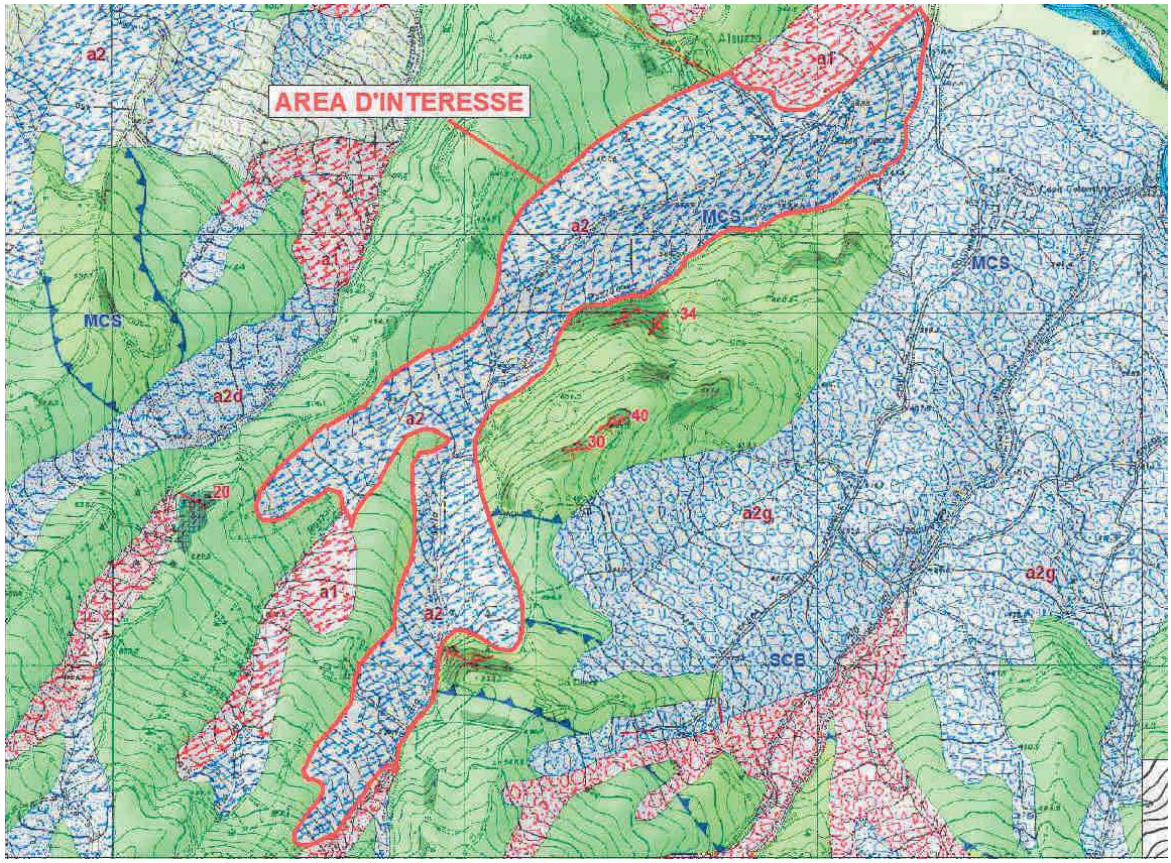
L'approfondimento realizzato, come previsto dalla normativa, non ha riguardato solo l'area d'interesse della Committenza, ma è stato esteso a tutto il corpo detritico considerato influente ai fini della stabilità complessiva dell'area.

L'indagine geologico-sismica, conforme a quanto previsto dalla delibera del 2 Maggio 2007, n.112 (e successive integrazioni), in materia antisismica, ha compreso le seguenti fasi di studio:

- Raccolta ed analisi della documentazione esistente;
- Rilevamento geologico-geomorfologico di dettaglio di tutto il corpo di frana;
- Esecuzione di 2 profili sismo-tomografici, per la valutazione dello spessore e del grado di addensamento sia del materiale di copertura che del substrato geologico;
- Registrazione di 2 profili sismici con tecnica "MASW", per la determinazione del profilo di velocità delle onde "S" e della categoria del suolo di fondazione del sito in base all'attuale normativa antisismica;
- Realizzazione di 8 prove HVSR (Microtremori tipo Nakamura), per la stima della frequenza di vibrazione caratteristica del sito;
- Analisi del "secondo livello" con valutazione del fattore di amplificazione del sito ed identificazione dei possibili effetti di sito;
- Analisi del "terzo livello" con valutazione della stabilità dell'area in condizione sismiche dinamiche (metodo di "Newmark");
- Valutazioni sulla stabilità geomorfologica dell'area e zonizzazione del corpo di frana quiescente in classi di "Rischio".

3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO-GEOMORFOLOGICO

3.1 CARATTERISTICHE GEOLOGICHE



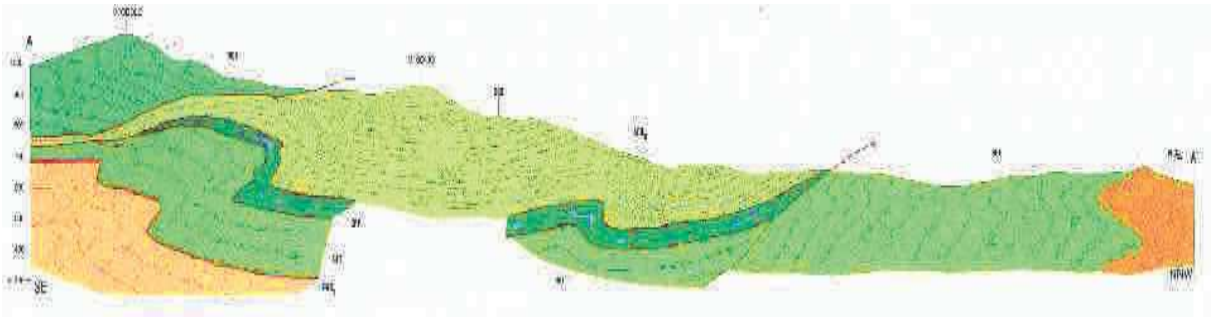
Estratto della Carta Geologica Regionale

Come documento di base per l'inquadramento geologico dell'area, è stata utilizzata la "Carta Geologica dell'Appennino Emiliano-Romagnolo" della regione Emilia Romagna alla scala 1:10000.

Nell'area di studio sono presenti le seguenti "Formazioni geologiche":

- ***"Arenarie di Scabiazza":*** *è costituita in prevalenza da strati medi e spessi di arenarie medio-fini e siltiti e peliti marnose. Locali intercalazioni di marne calcaree grigie in stati molto spessi.*
- ***"Flysch di Monte Cassio":*** *marne calcaree, calcari marnosi e marne grigie in strati prevalentemente spessi o molto spessi passanti a marne argillose scagliose.*
- ***"Argille a Palombini":*** *complesso eterogeneo costituito da argilliti nere con intercalazioni di calcilutitigrigie e verdastre. Il complesso include brecce poligeniche matrice-sostenute e/o clasto-sostenute; localmente sono presenti anche olistoliti ofiolitici e di calcari a Calpionelle anche di notevoli dimensioni (pluridecametriche).*

Dal punto di vista geologico, la caratteristica principale dell'area è costituita da sovrascorrimenti che hanno portato la formazione più antica, rappresentata dal Flysch di Monte Cassio nella parte sommitale del locale edificio tettonico. In generale i ltotipi, per l'intensa tettonizzazione subita, si presentano intensamente fratturati.



Sezione Geologica tipica dell'unità di Monte Cassio

3.2 CARATTERISTICHE GEOMORFOLOGICHE

Il corpo detritico presenta una lunghezza massima di circa 1500 metri e si estende, a valle, fino a ridosso del T. Tidoncello. La larghezza media è di 200-250 metri.

Il Torrente, in corrispondenza del corpo detritico, non mostra, a differenza della zona immediatamente più a Est (paleofrana di Casa Colombara), un tipico "spanciamento" verso Nord, testimonianza della spinta esercitata dal un corpo detritico. Questa circostanza, fa pensare che il corpo di paleofrana si arresti prima del Torrente.

In linea di massima, il corpo di paleofrana si può suddividere in tre settori, aventi caratteristiche geologico-geomorfologiche ben differenziate.

Il settore Sud, che ha un'estensione verso valle di circa 500-600 metri, si presenta come due ampie conche che costituiscono l'antica nicchia di distacco del movimento franoso.

Il settore centrale, leggermente più stretto del resto del corpo detritico, e con una morfologia ondulata, caratterizzata da un susseguirsi di dossi ed avvallamenti. Tale settore, dal punto di vista geomorfologico, rappresenta la vecchia zona di scorrimento della frana.

Il settore Nord, sui cui sorge il nucleo abitato di Casa Vapore, costituisce la zona di accumulo della paleofrana. Come già accennato il corpo detritico arriva a ridosso del T. Tidoncello. Non si evidenziano comunque fenomeni di erosione al piede che potrebbero instabilizzare il corpo detritico.



Panoramica della zona di accumulo della paleofrana ripresa dal versante in destra orografica del T. Tidoncello



Panoramica della zona di accumulo della paleofrana ripresa dal monte

4. INQUADRAMENTO IDROLOGICO E IDROGEOLOGICO

Nella parte alta del versante, la morfologia che descrive un impluvio, è potenzialmente favorevole all'infiltrazione delle acque meteoriche nel sottosuolo. Anche il settore centrale con locali avvallamenti e/o contropendenze potrebbe favorire tale fenomeno. Più a valle, nella zona di accumulo, la morfologia dossiforme favorisce il regolare deflusso delle acque superficiali.

Nel complesso, il drenaggio delle acque superficiali, assicurato dai canali di scolo legati alle pratiche agricole, è piuttosto efficiente. Il recapito principale delle acque meteoriche è rappresentato dal rio Pozzacara che definisce il limite orientale della paleofrana.

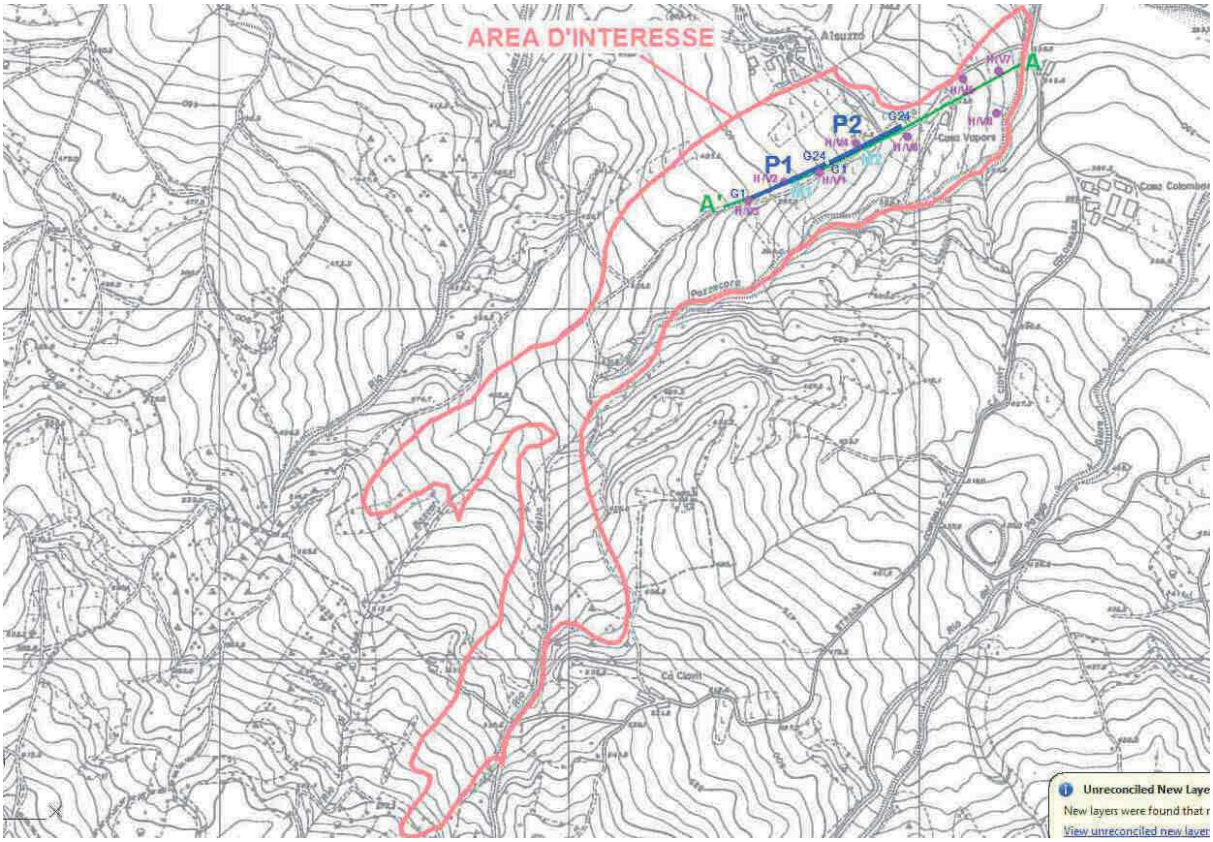
Sotto l'aspetto idrogeologico si possono sinteticamente ipotizzare due tipi di circolazione idrica:

- Una profonda, di maggiore entità, che interessa l'ammasso roccioso soprattutto ove la fratturazione risulta più intensa;
- L'altra di minore entità, ma rilevante per la stabilità, si può formare all'interno della copertura eluvio-colluviale più allentata (spessore 3-5 m), nei periodi particolarmente piovosi.

Proprio per minimizzare i rischi connessi alla presenza di orizzonti acquiferi nella coltre detritica superficiale, sono stati realizzati, nel settore intermedio e di monte del versante, alcuni drenaggi.

5. INDAGINI GEOGNOSTICHE

Come già accennato, sono stati realizzati 2 profili sismo-tomografici, 2 prove "Masw" e 8 prove HVSR (Microtremori tipo Nakamura).



Planimetria indagini geognostiche

5.1 SISMICA A RIFRAZIONE

5.1.1 Cenni metodologici

La prospezione sismica rappresenta una tecnica di prospezione geofisica che consente, attraverso l'acquisizione e l'elaborazione di dati, la costruzione d'immagini bidimensionali (o tridimensionali) della variazione della velocità sismica. Con questa tecnica si riesce ad avere, pertanto, una visione seppur qualitativa della stratigrafia del terreno investigato, in termini di variazioni di "densità" dello stesso, essendo questo parametro direttamente legato alla velocità sismica. La tecnica di prospezione, consiste nella misura dei tempi impiegati dalle onde sismiche longitudinali (onde P) per percorrere un tragitto rettilineo tra una serie di punti d'energizzazione (sorgente sismica) e una serie di punti di ricezione (geofoni). Il confronto matematico tra i vari tempi permette di suddividere lo spazio compreso tra le due serie di punti in porzioni, o "celle elementari" (quadrate per le sezioni bidimensionali come quelle in esame, o cubiche per sezioni tridimensionali) caratterizzate ognuna da un proprio valore di velocità sismica.

5.1.2 Modalità esecutive

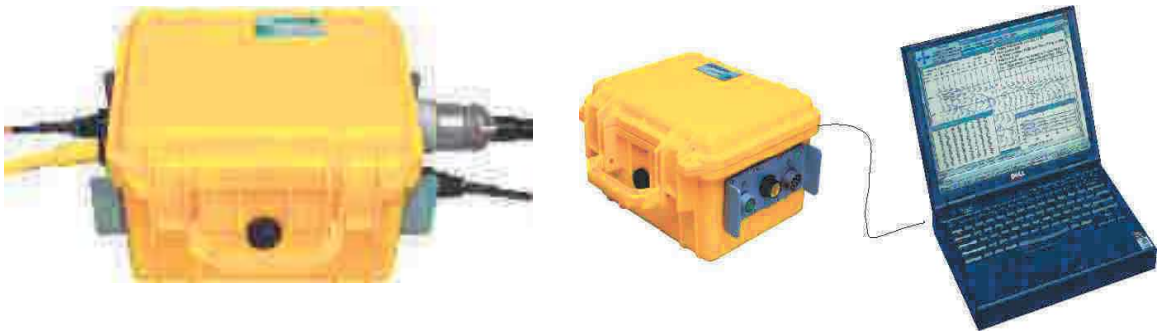
I profili sono costituiti da allineamenti di 24 geofoni spaziati di 5 metri. In punti predefiniti dei profili, sono stati creati artificialmente degli impulsi elastici mediante l'utilizzo di una massa battente; l'energizzazione è avvenuta in 7 punti disposti simmetricamente allo stendimento e precisamente nelle seguenti posizioni:

- 2 punti esterni al profilo
- 2 punti agli estremi del profilo
- 3/4 lungo il profilo.

La registrazione dei sismogrammi è stata effettuata mediante un sismografo Geode della Geometrics a 24 canali ad elevata dinamica (24 bit).

5.1.3 Strumentazione utilizzata

Il "Geode" è un sismografo modulare a 24 bit che rappresenta l'ultima frontiera dei sistemi di registrazione sismica combinando il meglio dei tradizionali sismografi Geometrics con la flessibilità di un sistema distribuito. Geode è un sismografo ad elevata dinamica (144 dB di range dinamico totale – 105 dB istantanei a 2 msec di campionamento). Grazie all'ampia banda d'ingresso (1.75 Hz – 20 kHz, con velocità di campionamento da 0.02 msec a 16 msec), esso è perfettamente idoneo per un'ampia gamma di applicazioni: sismica a rifrazione, sismica a riflessione (anche ad altissima risoluzione), monitoraggio di vibrazioni, applicazioni sismologiche, downhole e VSP. In acquisizione sono disponibili tutte le funzioni di filtri, pre-amplificazione, line-test e instrument-test, tipiche dei sistemi di registrazioni evoluti.



Sismografo "Geode"

L'atrezzatura utilizzata è composta da:

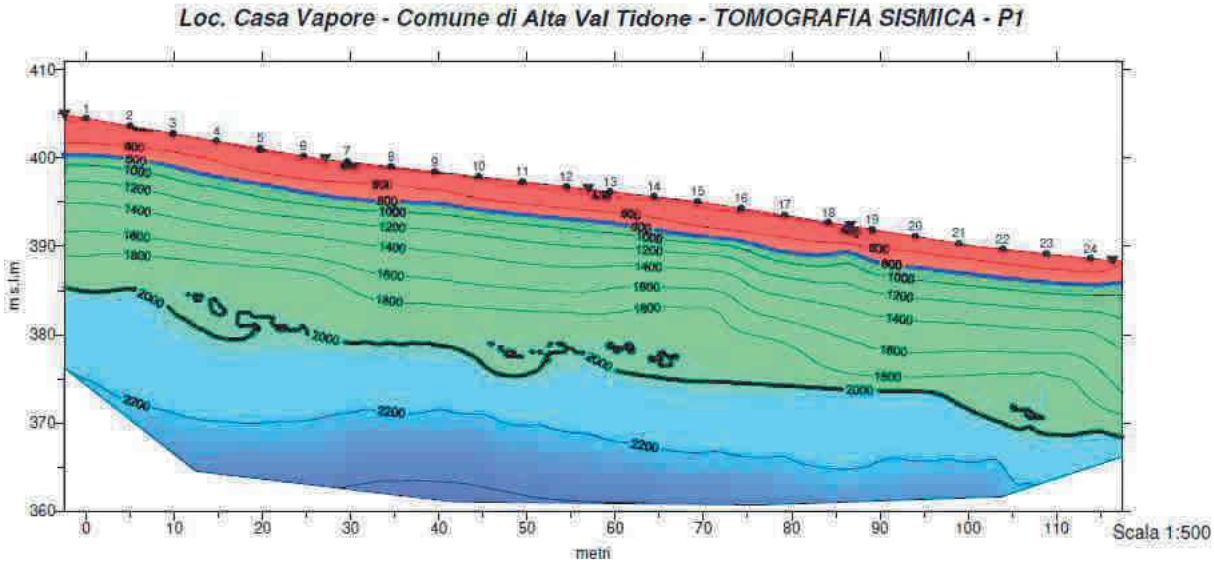
- Sismografo modulare Geode 3-1000+ canali,
- Massa battente da 10 Kg,
- Piastra di battuta in alluminio 15x15x2,5cm,

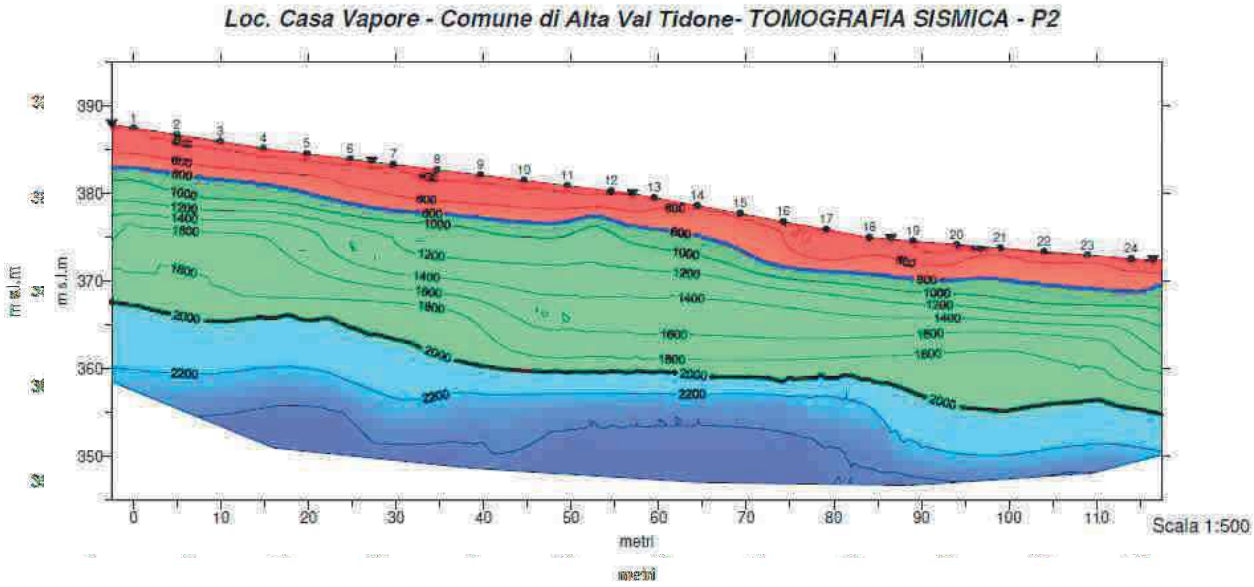
- Batteria ricaricabile 12 V,
- Cavo per sismica a rifrazione stranded, 130 mt con 24 takeouts SPT-21 a 5 metri di intervallo e due code da 7.5 mt l'una terminate con connettore Bendix 61S,
- Geofoni GS20DX, 10 Hz verficali, 395 Ohm con puntale da 3" ed 1,5 mt di cavo terminato con mueller clip singola MC-20-SP,
- Computer portatile ACER.

5.1.4 Elaborazione

In questo caso i dati acquisiti sono stati interpretati secondo un metodo sismico-tomografico utilizzando il software SeisOpt@2D v4.0 prodotto dalla OPTIM. La procedura d'elaborazione ha comportato in una prima fase la lettura dei tempi dei primi arrivi sui sismogrammi. In seguito, sono stati ricostruiti i percorsi dei raggi sismici attraverso il terreno. In linea teorica, ogni punto del mezzo investigato, è attraversato in tutte le direzioni, dai raggi sismici. Di ogni raggio è quindi calcolata la traiettoria e, sul confronto fra tutti i possibili percorsi e tempi impiegati, ed è stabilita per ogni punto (o cella di dimensioni 2.5x1.25 m, in questo caso) la sua velocità sismica caratteristica. Il risultato finale dell'elaborazione consiste in sezioni (Fig. 5) di velocità sismiche, rappresentata sia per isovelocità sia tramite colori. Alle diverse classi di velocità sismica, sono stati attribuiti colori che vanno, dal rosso per i valori più bassi, al blu per i valori più elevati. La scala cromatica evidenza i cambiamenti di velocità ritenuti più significativi.

5.1.5 Analisi dei risultati





L'elaborazione ha permesso la distinzione di varie unità secondo le loro caratteristiche sismiche:

- ***Unità allentata superficiale*** *(colore rosso),* con velocità inferiori a **800 m/s**. L'unità corrisponde al materiale detritico di copertura meno compatto. Gli spessori sono mediamente variabili da 3 a 5 m.
- ***Unità intermedia mediamente addensata*** (colore verde), con velocità media di **1500-1600 m/s** e spessori medi di 12-15 metri. L'unità, che costituisce il corpo di paleofrana assestato, è correlabile a materiale detritico più addensato rispetto all'orizzonte superficiale;
- ***Unità di fondo*** *(colore azzurro),* con velocità medie di **2000-2200 m/s**; i valori di velocità, non particolarmente elevati, sono associabili ad un substrato nel complesso mediamente compatto.

5.2 PROVE PER LA DETERMINAZIONE DEL PROFILO DI VELOCITA' DELLE ONDE SISMICHE "S"

Per la determinazione del profilo di velocità delle onde "S" e della categoria del suolo di fondazione è stato utilizzato il metodo "Masw". I profili "Masw" sono stati realizzati in corrispondenza dei 2 stendimenti sismico-tomografici.

5.2.1 Cenni metodologici

Il MASW (Park et al., 1999) è stato sviluppato in parte per superare le difficoltà dell'applicazione del SASW in ambienti rumorosi. La tecnica, che prevede la registrazione simultanea (in questo caso l'energizzazione è prodotta da una massa battente di almeno 10 Kg) di 12 o più canali, fornisce una ridondanza statistica delle misure di velocità di fase e ne avvalora la veridicità. Il salvataggio delle tracce nel dominio temporale, permette inoltre di

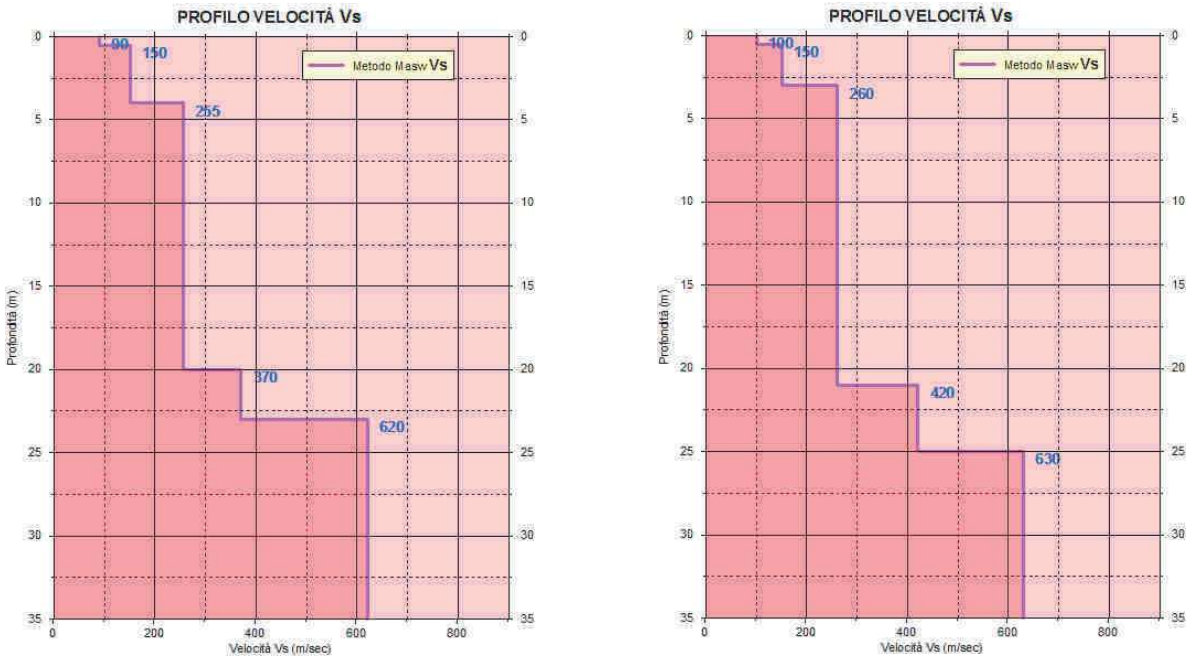
distinguere e evidenziare, le onde di Rayleigh presenti nel record, che sono caratterizzate da un'elevata ampiezza di segnale (circa il 60% dell'energia prodotta dalla sorgente artificiale si distribuisce in onde di superficie). Una particolare analisi spettrale, "overtone analysis", produce un grafico Velocità di fase-frequenza in cui si può distinguere il modo fondamentale delle onde di superficie da cui ricavare la curva di dispersione ed il profilo delle Vs per successiva inversione 1-D. La tecnica permette, inoltre, di eseguire misure ripetute spostandosi nella direzione di allineamento per risalire ad un profilo bidimensionale che evidenzia le variazioni laterali delle Vs. Il software utilizzato per l'elaborazione dei dati è il "winMASW" versione Academy della Eliosoft.

5.2.2 Modalità esecutive

Sono stati realizzati 2 stendimenti di 24 geofoni, con distanza intergeofonica di 5 m. La lunghezza delle registrazioni è stata di 1 sec, con un passo di campionamento di 0.25 ms.

Si ricorda che il punto di determinazione del profilo delle Vs in profondità, si riferisce al centro dello stendimento geofonico.

5.2.3 Commento dei risultati



Risultati delle prova Masw – M1 e M2

Esaminando i grafici ottenuti, si possono fare queste considerazioni:

- Dalla superficie fino a 3/4 m dal p.c. sono presenti materiali caratterizzati da valori di Vs bassi (Vs< 160 m/s). Tali depositi possono essere correlati alla copertura detritica più allentata;

- Più in profondità, fino a 19-21 metri, i valori di Vs aumentano segnalando la presenza di materiale, sempre di natura detritica, più compatto;
- Fra 19-21 e 23-25 metri si ha un ulteriore aumento di velocità, con valori che si portano sui 370 - 420 m/s, in corrispondenza di materiale a discreto addensamento, correlabile al substrato parzialmente alterato;
- Oltre i 23-25 metri, le velocità aumentano più nettamente in corrispondenza del substrato più compatto;
- I valori di Vs 30 calcolati sono di 275 m/s (M1) e 281 m/s (M2);
- In base all'attuale normativa (NTC2018) il sito d'interesse presenta un suolo di fondazione di tipo C.

5.3 MISURA DEI RAPPORTI SPETTRALI HVSR – (IPOTESI DI NAKAMURA)

5.3.1 Cenni metodologici

Il metodo dei rapporti spettrali di singola stazione (HVSR) e' largamente utilizzato in paesi con elevato rischio sismico quali il Giappone per la stima degli effetti di amplificazione di sito.

Il microtremore, un'impercettibile oscillazione naturale del suolo, è presente in qualsiasi punto della superficie terrestre e consiste per lo più nelle onde sismiche prodotte dal vento e dal moto ondoso marino negli strati superficiali della Terra. Anche le attività umane (industrie, traffico stradale ecc.) possono produrre localmente microtremore, ma in genere tale segnale viene attenuato piuttosto rapidamente a causa delle sue caratteristiche di alta frequenza.

E' interessante evidenziare come il microtremore agisca da oscillatore naturale e quindi permetta, tramite adeguata strumentazione, la misura diretta delle frequenze di vibrazione dei terreni e dei manufatti. La tecnica utilizzata, proposta da Nakamura (Nakamura, Y., 1989. A method for dynamic characteristics estimation of subsurface using microtremor on the ground surface. QR of RTRI, Vol. 30, No.1, 25-33) per lo studio delle amplificazioni di sito assume che i microtremori consistano principalmente di onde di Rayleigh che si propagano in un singolo strato soffice su semispazio e che la presenza di questo strato sia la causa dell'amplificazione al sito. Tale tecnica permette di separare i termini di sorgente-percorso e di sito tramite i rapporti tra le componenti del moto, senza utilizzare alcun sito di riferimento.

Le ipotesi su cui si basa la tecnica di Nakamura sono le seguenti:

- *i microtremori sono generati da sorgenti superficiali, e non da sorgenti profonde i cui contributi sono trascurabili;*

- *le sorgenti dei microtremori in superficie non influenzano i microtremori alla base dello strato considerato;*
- *la componente verticale del moto non risente di effetti di amplificazione locale;*

il picco visibile nei rapporti H/V (rapporto tra l'ampiezza spettrale della componente orizzontale e l'ampiezza spettrale della componente verticale) è indipendente dalle caratteristiche della sorgente del rumore ed è invece fortemente dipendente dalle condizioni stratigrafico-litologiche del terreno. Tale picco è inoltre ben correlato con la frequenza fondamentale di vibrazione del terreno soggetto alla propagazione di onde S verticali e con il picco fondamentale delle curve di dispersione delle onde di Rayleigh.

Le principali applicazione delle prove H/V si possono così sintetizzare:

- ✓ *Misura delle frequenze di risonanza dei suoli;*
- ✓ *Effetti di sito e microzonazione sismica (curve H/V, metodo di Nakamura);*
- ✓ *Stratigrafia sismica passiva;*
- ✓ *Vs30 da fit vincolato della curva H/V;*
- ✓ *Segnalazione dei possibili fenomeni di doppia risonanza suolo-struttura.*

Di particolare importanza è la frequenza di vibrazione del sito, caratterizzata dal maggiore rapporto di ampiezze H/V, nell'intervallo di frequenze di interesse ingegneristico (frequenze generalmente inferiori a 15 Hz), denominata frequenza fondamentale di vibrazione f0.

E' possibile poi determinare la profondità degli strati sismici mediante la misura diretta delle frequenze di vibrazione, associata alla misura delle velocità delle onde S tramite la relazione:

$$f_0 = Vs/4H$$

dove Vs è la velocità media delle onde di taglio, e H è la profondità della discontinuità sismo-stratigrafica.

A causa della pesante non-univocità della soluzione, una modellazione del solo HVSR, in mancanza di una solido ancoraggio stratigrafico e senza quantitative informazioni sulle Vs ottenute da misure Masw / Esac-ReMi. o da altri metodi da prove in foro (Cross-Hole, Down-Hole), non risulta affidabile per la determinazione del profilo di velocità delle onde S e quindi della valutazione della Vs30.

5.3.2 Strumentazione utilizzata e modalita' di acquisizione

Per l'acquisizione dei dati è stato utilizzato un tromografo digitale della ditta Micromed S.r.L modello "Tromino ENGY ", che rappresenta la nuova generazione di strumenti ultra

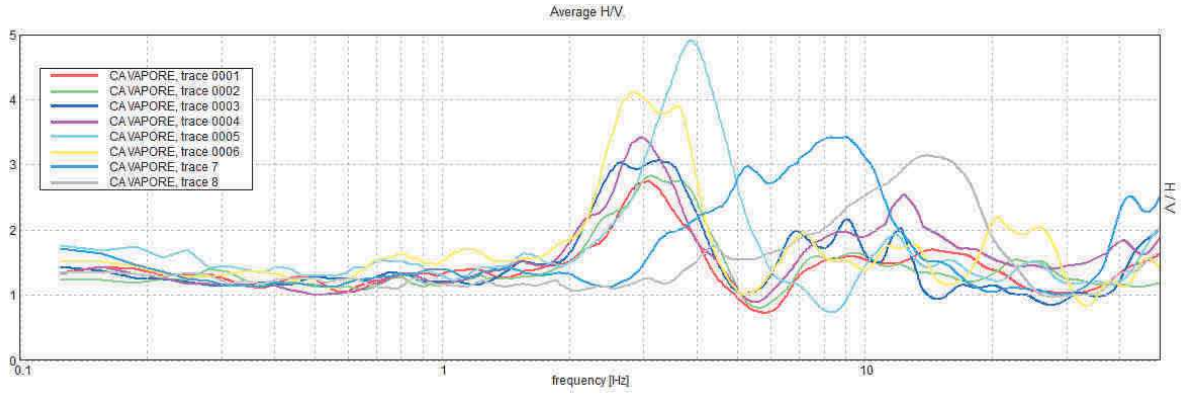
leggeri e ultra compatti in alta risoluzione adatti a tali misurazioni. Lo strumento racchiude al suo interno 3 terne (2 di velocimetri e l'altra di accelerometri) di sensori ortogonali tra loro e con possibilità di campionamento nell'intervallo di frequenze compreso tra 0.1 e 256 Hz. In questo caso le 8 registrazioni hanno avuto una lunghezza di 14 minuti, con un campionamento a 128 Hz.

5.3.3 Elaborazione ed analisi dei dati

Per l'elaborazione dei dati sismici è stato utilizzato il software **"Grilla"**.

Il programma consente di effettuare:

- Analisi spettrale completa delle tracce, calcolo delle curve H/V per la determinazione delle frequenze di risonanza del sottosuolo;
- Procedure di pulizia delle tracce nel dominio del tempo e delle frequenze;
- Test sulla significatività dei picchi secondo le linee guida europee (Criteri Sesame);
- Determinazione delle frequenze dei modi di vibrare delle strutture con rimozione dell'effetto di sottosuolo;
- Creazione di un report automatico con tabelle e illustrazioni.



Quadro d'insieme delle prove HVSR

Per consentire un più agevole confronto fra le prove, i risultati delle stesse sono stati riportati in un unico grafico, mentre i risultati delle elaborazioni delle singole prove sono contenuti nei relativi report.

Analizzando i risultati delle prove si possono fare le seguenti considerazioni:

- Le prove hanno, ad eccezione della 7 e 8 realizzate al piede della paleofrana, un andamento molto simile testimoniando una buona uniformità sismo-stratigrafica del sito;

- Le frequenze caratteristiche del terreno sul corpo di frana vero e proprio sono state individuate nell'intervallo 3-4 Hz;
- Le frequenze rilevate indicano un contrasto d'impedenza sismica, collocabile circa 20 - 25 metri dal p.c., al passaggio fra il materiale di copertura detritico (paleofrana) ed il substrato roccioso sottostante;
- I rapporti H/V elevati (3-5) presenti indicano contrasti d'impedenza sismica notevoli fra il materiale detritico ed il substrato roccioso;
- Le prove 7 e 8 realizzate al piede della paleofrana, con frequenze di risonanza molto più elevate (9, 15 Hz), indicano spessori del materiale detritico molto inferiori (5-8 metri).

6. MODELLO GEOLOGICO DELL'AREA

Le indagini realizzate unite alle più generali conoscenze geologiche hanno consentito di ricostruire il modello geologico-geotecnico di riferimento per l'area d'interesse.

SINTESI DEI PARAMETRI GEOTECNICI

Livello A	**Litologia:** *limo e argilla con rari trovanti poco addensato*	
Dal p.c. a –3/- 5 m	Peso di volume Peso di volume saturo Angolo di attrito di picco Angolo di attrito residuo Coesione	**γ = 1.80 t/mc** **γ = 1.95 t/mc** **φ = 18°** **φ = 16°** **C = 0.04 Kg/cmq**
Livello B	**Litologia:** materiale a consistenza detritica mediamente compatto	
Da –3 / - 5 m a –19/ - 21 m	Peso di volume Peso di volume saturo Angolo di attrito di picco Angolo di attrito residuo Coesione	**γ = 1.90 t/mc** **γ = 2.05 t/mc** **φ = 23°** **φ = 20°** **C = 0.05 Kg/cmq**
Livello C	**Litologia:** *substrato alterato*	
Da –19/- 21 m a –23/- 25 m	Peso di volume Peso di volume saturo Angolo di attrito di picco Angolo di attrito residuo Coesione	**γ = 1.95 t/mc** **γ = 2.05 t/mc** **φ = 31°** **φ = 28°** **C = 0.1 Kg/cmq**
Livello D	**Litologia:** *substrato roccioso mediamente compatto*	
Oltre –23/- 25 m	Peso di volume Angolo di attrito	**γ = 2.20 t/mc** **φ = 45°**

7. VALUTAZIONE DELLA PERICOLOSITA' SISMICA DELL'AREA (delibera del 2 Maggio 2007, n.112, in materia antisismica e successive integrazioni)

7.1 OBIETTIVI DELLA DELIBERA

Scopo del presente atto di indirizzo e coordinamento è quello di fornire i criteri per la per l'individuazione delle aree soggette ad effetti locali e per la microzonazione sismica del territorio in modo da orientare le scelte della pianificazione verso aree caratterizzate da minore pericolosità sismica. Lo studio della pericolosità di base e della pericolosità locale hanno come obiettivi:

- *l'individuazione delle aree dove in occasione dei terremoti attesi possono verificarsi effetti locali;*
- *la stima quantitativa della risposta sismica locale dei depositi e delle morfologie presenti nell'area di indagine ("Analisi della Risposta Sismica Locale", RSL);*
- *la suddivisione del territorio in sottozone a diversa pericolosità sismica locale ("Microzonazione Sismica", MZS).*

I risultati dell'analisi della pericolosità sismica locale e della microzonazione sismica, devono essere applicati nella redazione degli strumenti di pianificazione territoriale e urbanistica.

7.2 LIVELLI DI APPROFONDIMENTO

Gli studi di risposta sismica locale e microzonazione sismica vanno condotti a diversi livelli di approfondimento a seconda delle finalità e delle applicazioni nonché degli scenari di pericolosità locale. Tali studi svolti devono essere descritti in una relazione che indichi chiaramente il livello di approfondimento, le indagini effettuate e i risultati ottenuti e devono fornire una cartografia dello stato del territorio, e sono un riferimento necessario per la Valutazione di Sostenibilità Ambientale e Territoriale (VALSAT) preventiva delle singole scelte del piano.

Si identificano due fasi di analisi con diversi livelli di approfondimento.

La prima fase è diretta a definire gli scenari di pericolosità sismica locale, cioè ad identificare le parti di territorio suscettibili di effetti locali (amplificazione del segnale sismico, cedimenti, instabilità dei versanti, fenomeni di liquefazione, rotture del terreno, ecc.). L'individuazione delle aree soggette ad effetti locali si basa su rilievi, osservazioni e valutazioni di tipo geologico e geomorfologico, svolte a scala territoriale, associati a raccolte di informazioni sugli effetti indotti dai terremoti passati. Tale analisi viene svolta - soprattutto mediante elaborazione dei dati disponibili - in sede di elaborazione del PTCP e del PSC e

concorre alla definizione delle scelte di piano, fornendo prime indicazioni sui limiti e le condizioni per la pianificazione nelle suddette aree.

La seconda fase ha come obiettivo la microzonazione sismica del territorio indagato. Sulla base degli scenari individuati dalle analisi svolte nel corso della prima fase, nella seconda fase si attuano due diversi livelli di approfondimento:

a) nelle aree pianeggianti e sub-pianeggianti, incluse le zone di fondovalle appenniniche, con stratificazione orizzontale e sub-orizzontale, e sui versanti stabili con acclività ≤ 15° in cui il deposito ha spessore costante si ritiene sufficiente un'analisi semplificata (secondo livello di approfondimento), cioè l'analisi della pericolosità locale può essere basata, oltre che sull'acquisizione di dati geologici e geomorfologici più dettagliati di quelli rilevati nel primo livello, su prove geofisiche in sito e su prove geotecniche di tipo standard. Il numero delle verticali indagate deve essere tale da consentire un'adeguata caratterizzazione geotecnica spaziale dei terreni e delle formazioni presenti nell'area di studio;

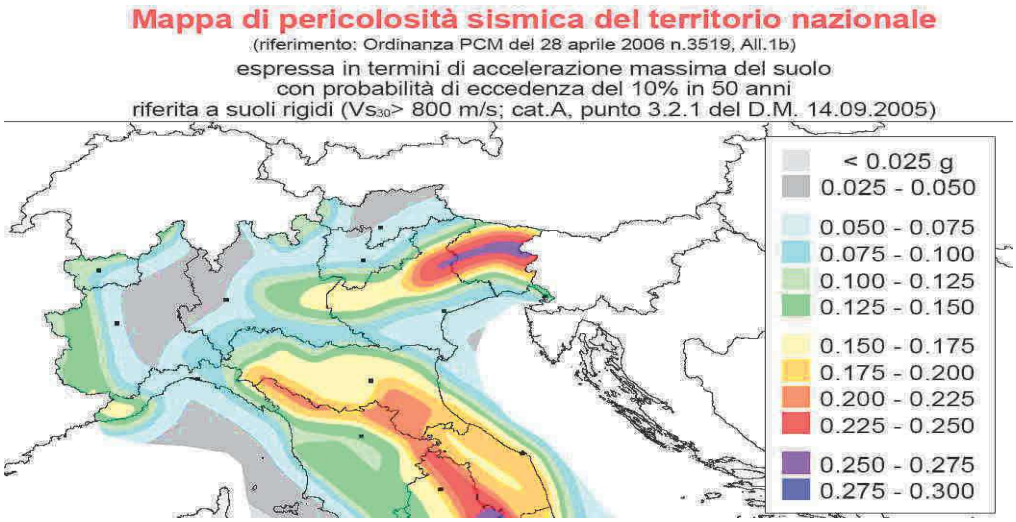
b) un'analisi più approfondita (terzo livello di approfondimento) è invece richiesta nei seguenti casi (vedere Allegato A1):

- aree soggette a liquefazione e densificazione;
- aree instabili e potenzialmente instabili;
- aree in cui le coperture hanno spessore fortemente variabile, come ad esempio nelle aree pedemontane e di fondovalle a ridosso dei versanti;
- aree in cui è prevista la realizzazione di opere di rilevante interesse pubblico.

L'analisi approfondita richiede un significativo numero di prove geofisiche e geotecniche, sia in sito che in laboratorio, rivolte alla definizione del comportamento dei terreni sotto sollecitazione dinamica. In queste parti del territorio la pericolosità potrebbe essere molto elevata e perciò deve essere attentamente valutata la possibilità di renderle suscettibili di trasformazione urbanistica.

7.3 CARATTERI SISMICI DELL'AREA

In base alla nuova carta della pericolosità sismica del territorio nazionale, i valori di PGA su suolo rigido con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni, per il Comune di Pecorara sono compresi fra 0.075 e 0.100 g. L'area ricade nella zona simogenetica 911, in cui i meccanismi di fagliazione prevalenti sono legati a faglie trascorrenti e le profondità dei terremoti prevalentemente compresi fra 8 e 12 Km. Le magnitudo massime attese nella zona sismogenetica d'interesse sono di 5.7-6.1.Le serie storiche dei terremoti contenuti nell'archivio della Regione Emilia Romagna non segnalano eventi sismici rilevanti nell'area d'interesse.



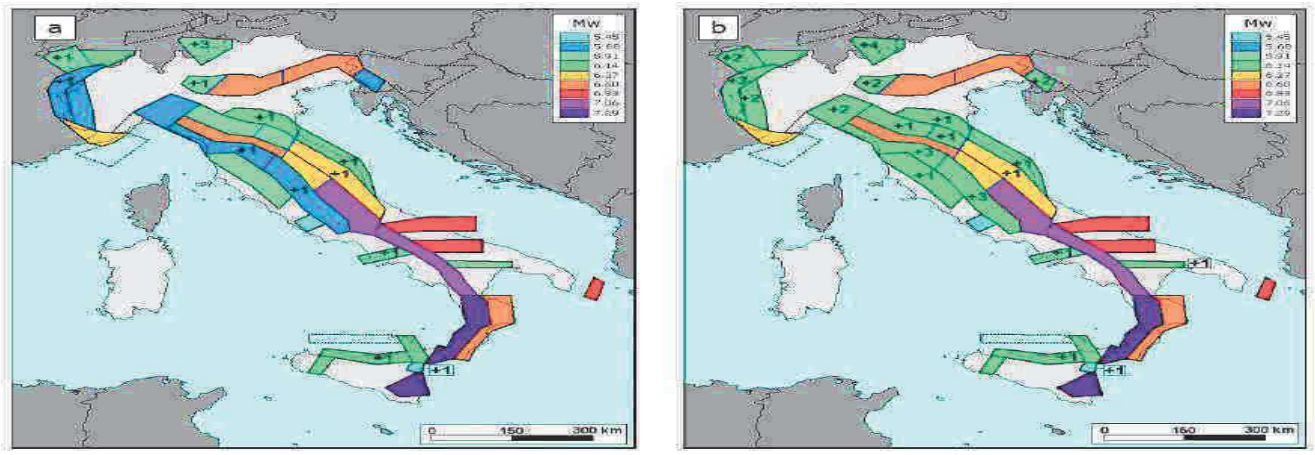


Figura 36. Valori di Mwmax corrispondenti ai due insiemi: a) "osservati" (Mwmax1); b) "cautelativi" (Mwmax2).

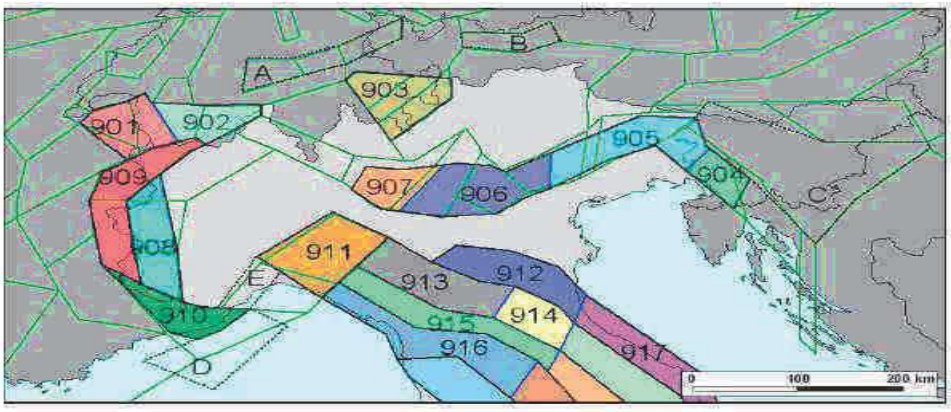


Figura 10. Zonazione sismogenetica ZS9 a confronto con la zonazione del progetto SESAME nell'area alpina (Jiménez et al., 2001; linee di colore verde).

In base alle caratteristiche geologiche del sito d'interesse, i principali effetti attesi possono ricondursi essenzialmente a fenomeni di amplificazione litologica e in minor misura a fenomeni d'instabilità dei versanti. Sono da escludere fenomeni d'amplificazione topografica (pendenza del versante complessivamente inferiore a 15°) e fenomeni di liquefazione (basso valore di ag atteso e presenza di copertura di materiale eterogeneo in matrice coesiva).

7.4 VALUTAZIONE DEL FATTORE DI AMPLIFICAZIONE DEL SITO INTERESSE-ANALISI 2° LIVELLO

V_{SH} (m/s) → H (m) ↓	150	200	250	300	350	400	450	500	600	700
5	1.8	1.7	1.4	1.2	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
10	2.0	2.0	1.9	1.7	1.5	1.4	1.2	1.1	1.0	1.0
15	2.0	2.0	2.0	1.9	1.8	1.6	1.4	1.3	1.2	1.0
20	2.0	2.0	2.0	2.0	1.9	1.7	1.6	1.4	1.3	1.0
25	2.0	2.0	2.0	1.9	1.8	1.8	1.6	1.5	1.3	1.0
30		1.9	1.9	1.9	1.8	1.7	1.6	1.5	1.4	1.2
35		1.9	1.9	1.9	1.9	1.7	1.6	1.4	1.4	1.2
40		1.9	1.9	1.9	1.9	1.7	1.6	1.4	1.4	1.2
50		1.9	1.9	1.9	1.9	1.8	1.6	1.4	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	1.7	1.4	1.1	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
10	2.1	2.0	1.7	1.4	1.2	1.1	1.0	1.0	1.0	1.0
15	2.2	2.2	2.0	1.8	1.5	1.4	1.2	1.1	1.0	1.0
20	2.2	2.2	2.2	2.0	1.8	1.6	1.4	1.3	1.1	1.1
25	2.2	2.2	2.2	2.1	1.9	1.7	1.6	1.4	1.3	1.1
30		2.2	2.2	2.1	2.0	1.8	1.6	1.5	1.3	1.2
35		2.1	2.1	2.1	2.1	1.9	1.7	1.5	1.4	1.2
40		2.1	2.1	2.1	2.0	1.9	1.7	1.6	1.4	1.2
50		2.0	2.0	2.0	2.0	1.9	1.7	1.6	1.5	1.2

Fattore di Amplificazione **SA1** (0,1s≤T≤0.5s)

Tabelle calcolo fattore amplificazione – Margine appenninico con substrato rigido

Appennino, coperture su substrato rigido

V_{SH} (m/s) → H (m) ↓	150	200	250	300	350	400	450	500	600	700
5	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
10	1.5	1.3	1.1	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
15	2.2	1.8	1.4	1.1	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
20	2.8	2.5	1.9	1.4	1.2	1.1	1.0	1.0	1.0	1.0
25	2.9	2.8	2.4	1.7	1.4	1.2	1.1	1.1	1.0	1.0
30		3.0	2.7	2.0	1.7	1.4	1.3	1.2	1.1	1.0
35		3.1	2.9	2.4	1.9	1.6	1.4	1.3	1.2	1.1
40		3.1	3.0	2.6	2.2	1.9	1.6	1.4	1.2	1.1
50		2.9	2.9	2.7	2.5	2.2	1.9	1.6	1.4	1.2

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	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
10	1.2	1.1	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
15	1.4	1.3	1.1	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
20	2.0	1.5	1.3	1.1	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
25	2.7	1.9	1.5	1.2	1.1	1.1	1.0	1.0	1.0	1.0
30		2.5	1.8	1.4	1.2	1.1	1.1	1.0	1.0	1.0
35		3.1	2.3	1.5	1.3	1.2	1.2	1.1	1.1	1.0
40		3.4	2.9	1.9	1.5	1.3	1.2	1.2	1.1	1.0
50		3.5	3.3	2.8	1.8	1.6	1.4	1.3	1.2	1.1

Fattore di Amplificazione **SA3** (0.7s≤ T≤1.1s)

Tabelle calcolo fattore amplificazione – Margine appenninico con substrato rigido

I fattori di amplificazione calcolati per i singoli profili di velocità Vs sono riassunti nel tabella seguente:

prova	prof. bedrock	vs h	fa pga	fa intensità spettrale SA1	fa intensità spettrale SA1	fa intensità spettrale SA1
M1	23 m	221	2.0	2.2	2.6	1.7
M2	25 m	220	2.0	2.2	2.6	1.7

In base alla delibera sopraccitata, l'accelerazione orizzontale su suolo rigido (Vs>800 m/s) prevista per il Comune di Pecorara è di 0.099g.

7.5 SPETTRO DI RISPOSTA (IN PGA) DELL'AREA

Nella delibera della Regione è riportata la forma dello spettro di risposta valido per tutta la regione.

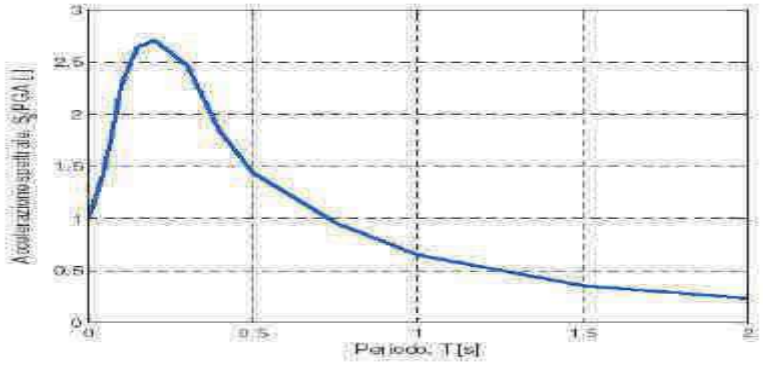
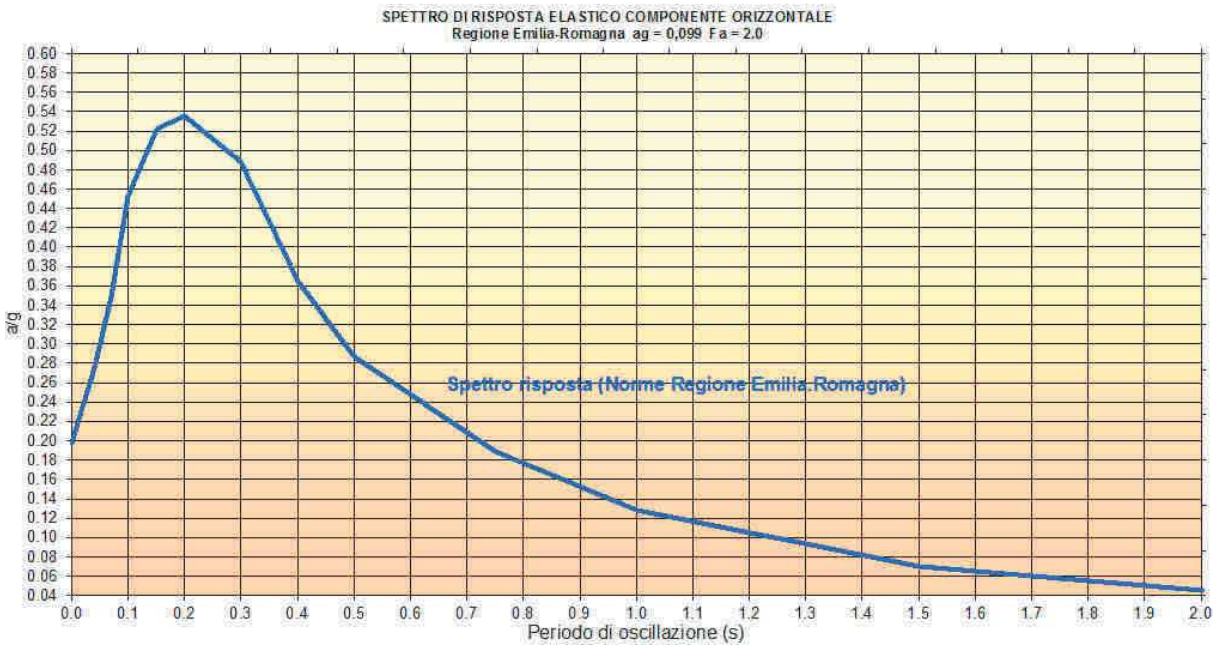


Figura 1 - Spettro di risposta normalizzato (T_R = 475 anni, smorzamento = 5%) per l'Emilia-Romagna

Dallo spettro di risposta normalizzato è possibile ottenere, moltiplicando i valori della tabella 1 per il valore di arefg di ogni comune, lo spettro di risposta a probabilità uniforme che descrive le caratteristiche del moto sismico atteso per ogni comune dell'Emilia-Romagna. Considerando il valore di arefg=0.099 per il comune di Pecorara e il fattore di amplificazione (2.0), è stato calcolato lo spettro di risposta del sito d'interesse.



Spettro di riposta del sito in base alle norme della regione Emilia-Romagna

7.6 ANALISI DELLA STABILITA' DEL VERSANTE SIA IN CONDIZIONI PSEUDO-STATICHE CHE SISMICHE-DINAMICHE - ANALISI 3° LIVELLO

Per ricostruire l'assetto litostratigrafico e le caratteristiche geomeccaniche del versante, oltre alle considerazioni di carattere geologico, sono stati utilizzati i dati desunti dalle prove geofisiche realizzate, sintetizzati nei paragrafi precedenti.

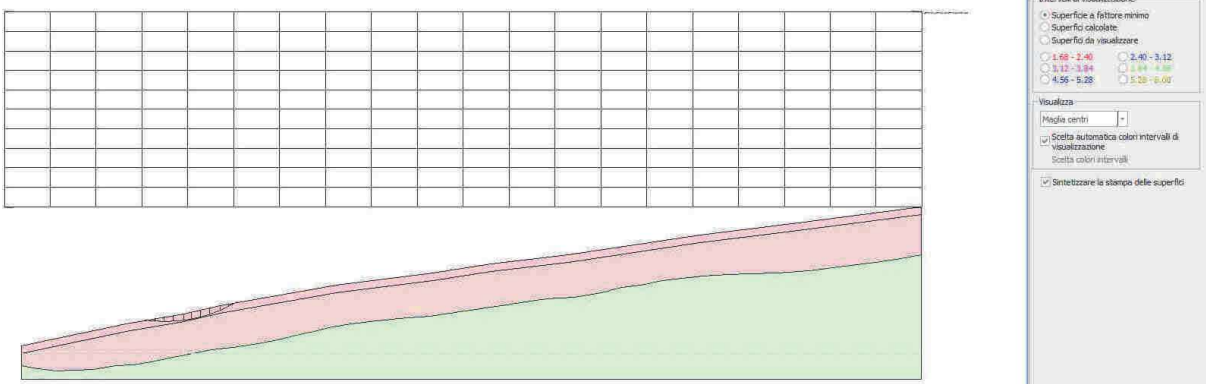
Angolo resistenza al taglio: Residuo

Nr.	DB	Peso unità di volume (Kg/m³)	Peso saturo (Kg/m³)	Coesione (kg/cm²)	Coesione non drenata (kg/cm²)	Angolo resistenza al taglio picco (°)	Angolo resistenza al taglio residuo (°)	Permeabilità (m/s)	Dati aggiuntivi ...	Texture ...
1		1800.00	1950	0.04			16	Permeabile		
2		1900	2050	0.05			20	Impermeabile		
3		2200	2200				45	Impermeabile		

Modello geologico-geotecnico dell'area

7.6.1 Analisi di stabilità in condizioni pseudostatiche

Per l'analisi di stabilità del versante è stato utilizzato il software "slope" della società Geostru. Il metodo utilizzato è stato quello di Bishop. Per l'analisi di stabilità, a scopo cautelativo, sono stati utilizzati valori di angolo di attrito residuo). Per l'azione sismica è stato considerato un valore di ag di 0.099x2.0 (fattore di amplificazione massimo) = 0.198g, ed un coefficiente di amplificazione topografica di 1.0. E' stata inoltre considerata la falda a 3 metri dal p.c. In base alle verifiche realizzate, che, dato l'utilizzo dell'angolo di attrito residuo, sono state fatte in condizioni cautelative, il versante risulta in buone condizioni di sicurezza. La superficie con il minor coefficiente di sicurezza (1.68), che interessa la copertura superficiale, è stata individuata a valle di Casa Vapore.

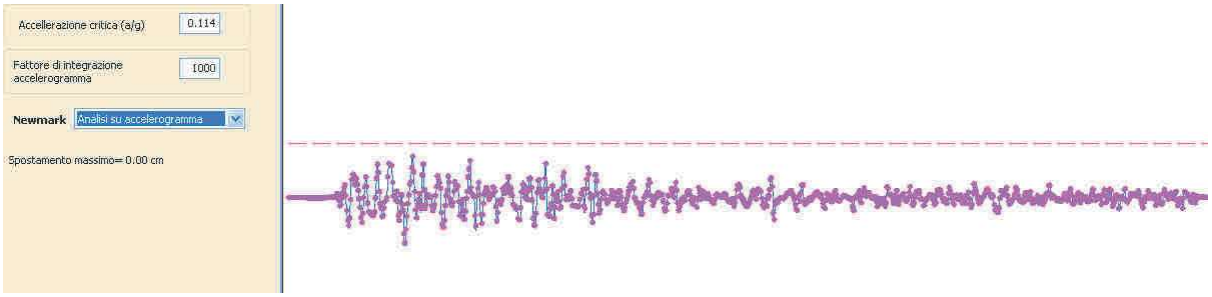


Verifica di stabilità del versante

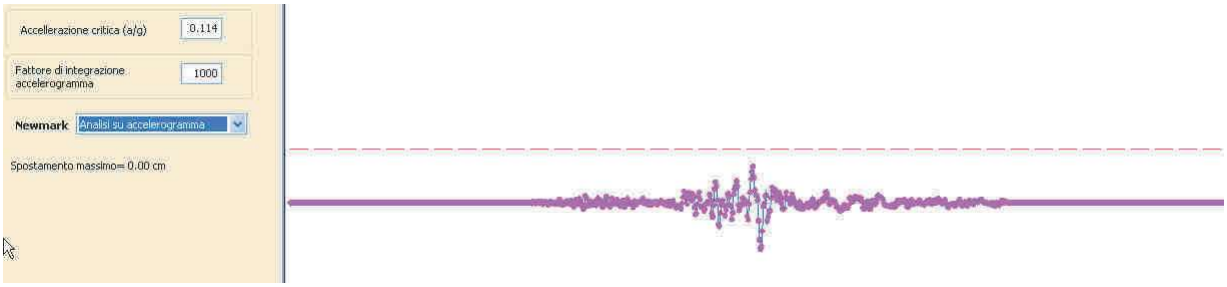
7.6.2 Analisi di stabilità dinamica (Metodo di NEWMARK)

Le verifiche in condizioni sismiche dinamiche (semplificate) sono state realizzate utilizzando come input gli accelerogrammi forniti dalla Regione Emilia-Romagna per il Comune di Pecorara.

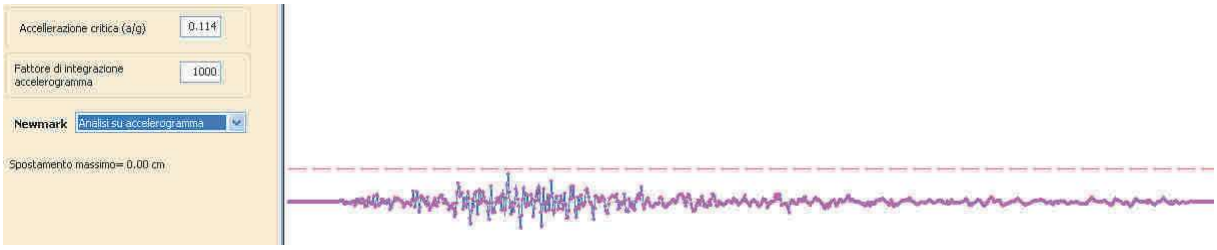
Le verifiche effettuate, con spostamenti praticamente nulli, confermano la sostanziale stabilità dell'area anche in condizioni sismiche dinamiche. Di seguito si riportano i risultati delle 3 analisi dinamiche relative ai 3 sismogrammi considerati; nei grafici il valore soglia dell'accelerazione in grado di produrre spostamenti è rappresentato dalla linea rossa tratteggiata.



Accelerogramma 000046xa_033031Pecorara.txt



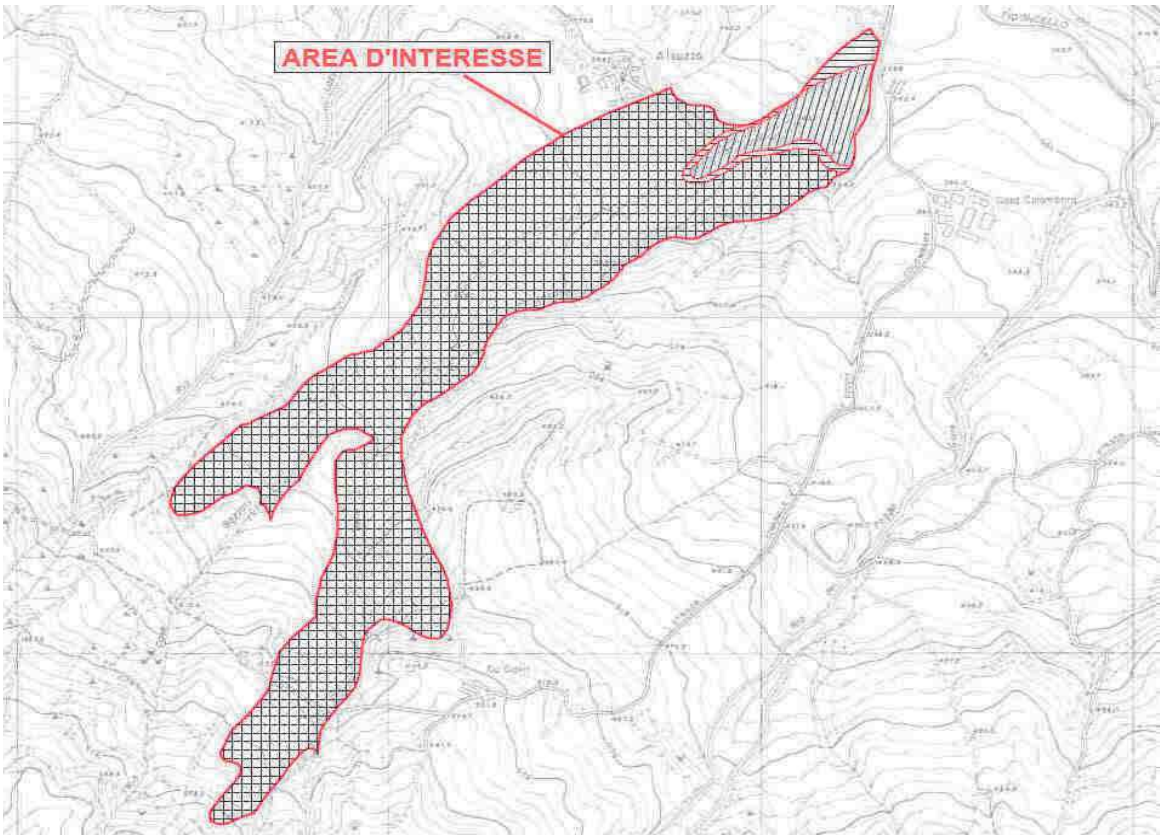
Accelerogramma 000126xa_033031Pecorara.txt



Accelerogramma 000354xa_033031Pecorara.txt

8. ZONIZZAZIONE DEL RISCHIO DEL CORPO DI FRANA QUIESCENTE-DEPOSITO DI VERSANTE

Il corpo di detritico studiato è stato suddiviso, in base a criteri geologico-geomorfologici, in settori contraddistindi da un differente grado di "rischio". In linea di massima l'accumulo della paleofrana risulta nel complesso discretamente assestato senza evidenze di significativi movimenti gravitativi recenti e/o in atto.



Zonizzazione del "rischio" geologico del corpo detritico

Sono state distinte 3 classi di rischio:

- **Aree a rischio moderato (classe 2 - rigato obliquo)**, sono localizzate in corrispondenza e a valle del nucleo abitato di Casa Vapore, localizzato nella zona di accumulo della paleofrana. In questo settore le condizioni geologico-geomorfologiche e idrogeologiche sono complessivamente favorevoli;
- **Aree a rischio elevato (classe 3 - rigato orizzontale)**, occupano le aree più esterne dell'accumulo. Pur essendo le condizioni geologiche complessivamente favorevoli sono state cautelativamente considerate a rischio elevato;
- **Aree a rischio molto elevato (classe 4 – retino incrociato)**, il restante corpo di paleofrana è stato considerato, pur in assenza di movimenti significativi, a rischio molto elevato.

9. PRESCRIZIONI PER LE AREE IN FRANA QUIESCENTE - DEPOSITO DI VERSANTE IN CUI E' STATA EFFETTUATA LA VALUTAZIONE DEL RISCHIO

Classe 1 (rischio basso) – Fattibilità senza particolari limitazioni (R1):

Queste aree si ritengono utilizzabili ai fini edificatori senza particolari limitazioni all'urbanizzazione o alla modifica della destinazione d'uso; eventuali problematiche locali possono essere superate attraverso approfondimenti di indagine o accorgimenti tecnico-costruttivi. In particolare si dovrà subordinare l'autorizzazione ad accertamenti geognostici in particolare ai fini di:

- *evitare che fondazioni di una stessa costruzione vengano a poggiare in parte sulla zona di alterazione ed in parte sulla roccia in posto, o peggio ancora, su materiale di riporto;*
- *ridurre all'indispensabile eventuali sbancamenti e riporti adottando pendenze adeguate;*
- *drenare le acque eventualmente incontrate;*
- *adottare la tipologia di fondazione più idonea alla tipologia di substrato riscontrata.*

Classe 2 (rischio moderato) – Fattibilità con modeste limitazioni (R2):

Queste aree si ritengono utilizzabili ai fini urbanistici, anche se si sono appurate alcune condizioni limitanti all'edificabilità, che possono essere superate attraverso approfondimenti di indagine o accorgimenti tecnico-costruttivi; gli interventi edificatori sono comunque permessi, prevedendo se necessario eventuali accorgimenti costruttivi necessari o interventi di riduzione del rischio idrogeologico, quali:

- *sbancamenti e riporti ridotti al minimo;*
- *fondazioni rigide, spinte ad idonea profondità dall'attuale piano campagna;*
- *regolamentazione delle acque superficiali e sotterranee;*
- *sistemi di raccolta sistematica e l'allontanamento in tubazioni a perfetta tenuta delle acque piovane e di quelle di scarico dei futuri edifici;*
- *opportuni interventi di sostegno (ex gabbionate, muri con drenaggio e sistema di smaltimento acque ecc.) al fine di proteggere il piede di eventuali scarpate artificiali con pendenze superiori a 1/2.*

Per tali zone si dovrà comunque subordinare l'autorizzazione ad ulteriori e dettagliati accertamenti geologici e geognostici.

Classe 3 (rischio elevato) – Fattibilità con significative limitazioni (R3)

In questa classe si sono inserite le zone in cui la propensione al dissesto è più elevata, ed in cui le limitazioni alla modifica della destinazione d'uso appare più consistente.

Si dovrà dunque subordinare l'autorizzazione ad ulteriori e dettagliati accertamenti geologico-tecnici e geognostici, finalizzati a valutare quali siano le azioni atte a ridurre il rischio connesso all'intervento edificatorio

Si dovrà dunque prevedere quanto segue:

- *manutenzione delle eventuali opere di difesa esistenti;*
- *l'adozione di fondazioni rigide, spinte ad idonea profondità dall'attuale piano campagna;*
- *la raccolta sistematica e l'allontanamento in tubazioni a perfetta tenuta delle acque piovane e di quelle di scarico dei futuri edifici;*
- *regolamentazione delle acque superficiali e sotterranee, e se necessario comprendere tutta o buona parte della zona a monte, attraverso le opportune opere idrauliche (ex canali di scolo, drenaggi sotterranei ecc.);*
- *quanto necessario al fine di ridurre la pericolosità;*

Oltre a quanto consentito dalle norme del P.T.C.P. (e dal P.A.I) in merito alle frane attive e quiescenti, in questa classe sono ammessi solo ampiamenti delle costruzioni esistenti, con incrementi volumetrici non superiori a quanto consentito dalle N.T.A. del P.S.C comunale.

Classe 4 (rischio molto elevato) – Fattibilità con gravi limitazioni (R4):

In queste zone si intende consentito quanto permesso dal P.T.C.P (e dal P.A.I) per le frane quiescenti-depositi di versante.

Trevozzo, 27/01/2019

Dott. Adriano Baldini



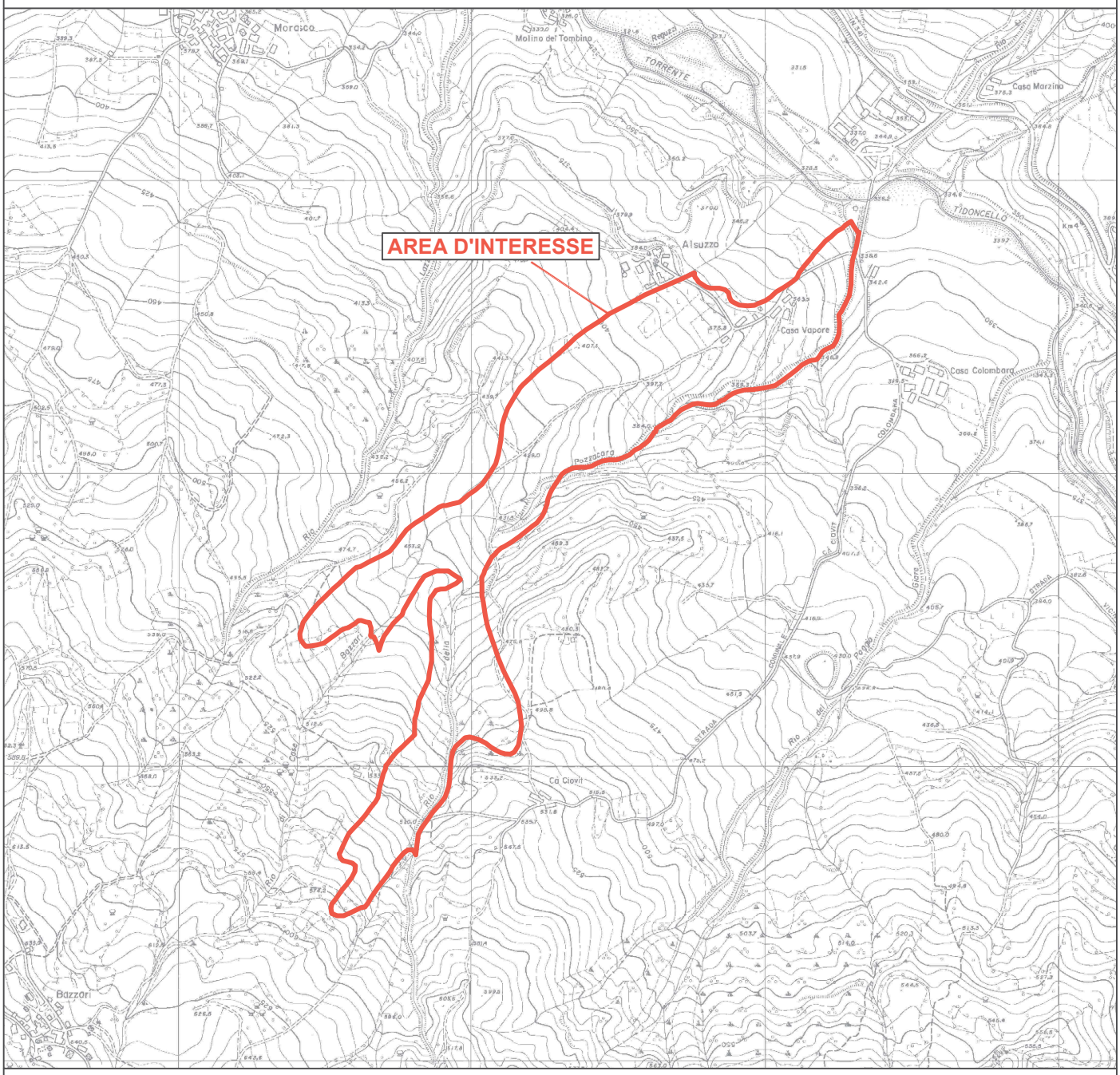
Dott. Alberto Lepori



ALLEGATI

INQUADRAMENTO TERRITORIALE

Scala 1:10000

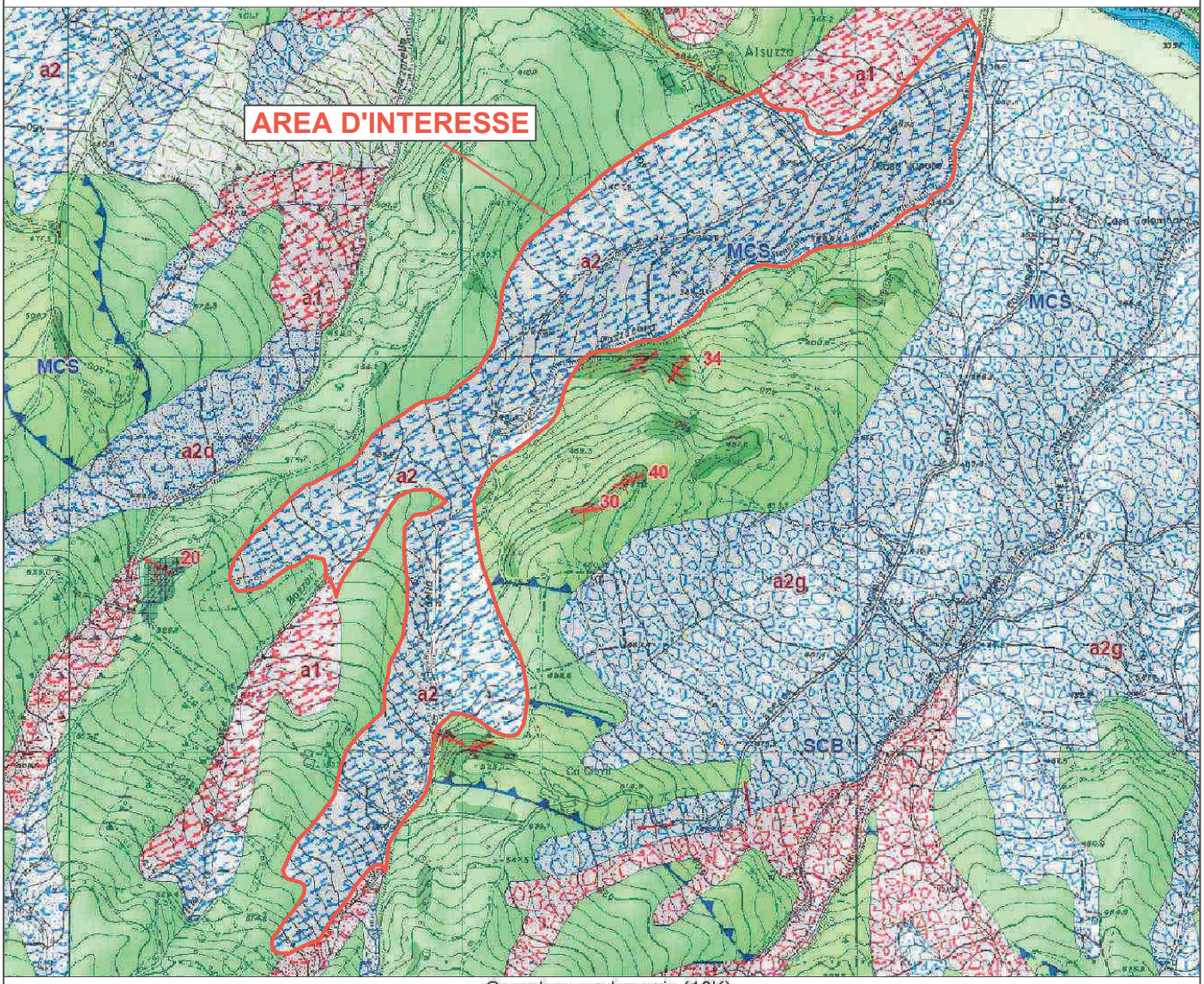




Area considerata

Fig. ***1***

ESTRATTO CARTA GEOLOGICA REGIONALE
Scala 1:8000



LEGENDA

Unità geologiche (10K)

MCS - Flysch di Monte Cassio

SCB - Arenarie di Scabiazza

a2g - Deposito di frana quiescente complessa

a3 - Deposito di versante s.l.

Coperture quaternarie (10K)

a1 - Deposito di frana attiva di tipo indeterminato

a1b - Deposito di frana attiva per scivolamento

a1d - Deposito di frana attiva per colamento di fango

a1g - Deposito di frana attiva complessa

a2 - Deposito di frana quiescente di tipo indeterminato

a2b - Deposito di frana quiescente per scivolamento

a2d - Deposito di frana quiescente per

Area considerata

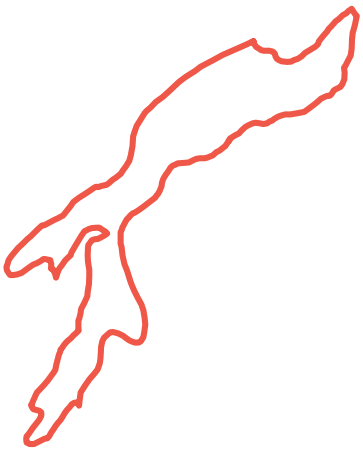
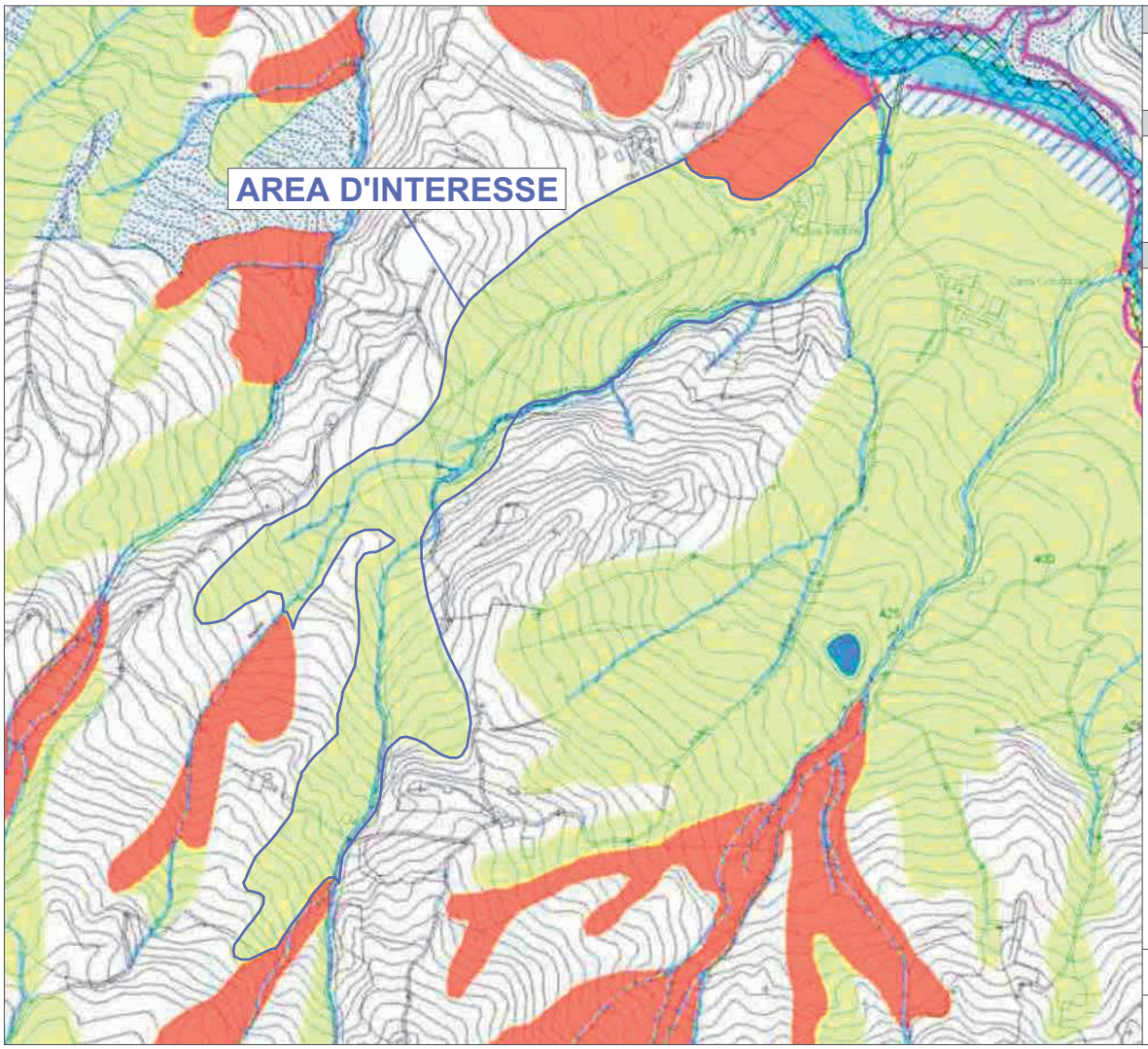


Fig.2



COMMITTENTE

Azienda Agricola
Croci Francesco e Gasio Lucia S.S
Loc. Casa del Vapore
29031 Alta Val Tidone (PC)

OGGETTO

Studio geologico e analisi
di un versante in frana quiescente
in loc. Casa Vapore nel Comune di Alta Val Tidone
"*Classificazione del rischio nelle zone di frana quiescente*"

TITOLO

CARTA DEL DISSESTO
Estratta dal PSC

Elementi morfologici

Area di frana attiva:
Accumuli gravitativi caotici di materiali eterogenei ed eterometrici, in abbondante matrice limoso-argillosa, con evidenti movimenti in atto.

Area di frana quiescente:
Accumuli gravitativi caotici di materiali eterogenei ed eterometrici, in abbondante matrice limoso-argillosa, attualmente quiescenti o stabilizzati.

Area di frana stabilizzata o relitta
Movimenti gravitativi quiescenti di cui non si hanno indizi di movimento recente o in atto. Generalmente si presentano con profili regolari, vegetazione ben sviluppata, assenza di lesioni a manufatti ed infrastrutture.

Depositi alluvionali attuali:
Ghiaie sciolte eterogenee ed eterometriche, a matrice sabbiosa-limosa o limosa.

Alveo di magra del torrente

Depositi alluvionali in evoluzione che si rinvengono entro l'alveo attivo del fiume, talora fissati dalla vegetazione e corrispondenti ad aree esondabili in condizioni di piena ordinaria.

Depositi alluvionali terrazzati, recenti, fissati da copertura vegetale:
Ghiaie a matrice limoso-sabbiosa, spesso ricoperte da una coltre limosa di colore prevalentemente bruno-giallastro (2,5 Y 4/2 "Munsell Soil Charts").
[Depositi alluvionali terrazzati e disposti a diverse quote rispetto all'alveo attivo, esondabili in condizioni di piene eccezionali]
Olocene Superiore.

Depositi alluvionali terrazzati medio-antichi:
Ghiaie a prevalente matrice limosa o limoso-sabbiosa, ricoperte in superficie da una coltre limoso-argillosa di colore bruno-giallastro scuro o bruno-grigiastro scuro (valori compresi tra 10 YR 4/3, 4/4-5/3, 5/4 e 2,5 Y 5/2, 4/2 "Munsell Soil Charts").
Olocene medio-superiore.

Depositi alluvionali terrazzati antichi:
Successioni di ghiaie, sabbie e limi, debolmente alterate alla sommità. Presenza di coltre limoso-argillosa di copertura a prevalente colore bruno e bruno-giallastro (valori compresi tra 10 YR 4/3, 5/3 e 4/4 "Munsell Soil Charts").
Pleistocene superiore? – Olocene inferiore.

Deposito eluvio-colluviale

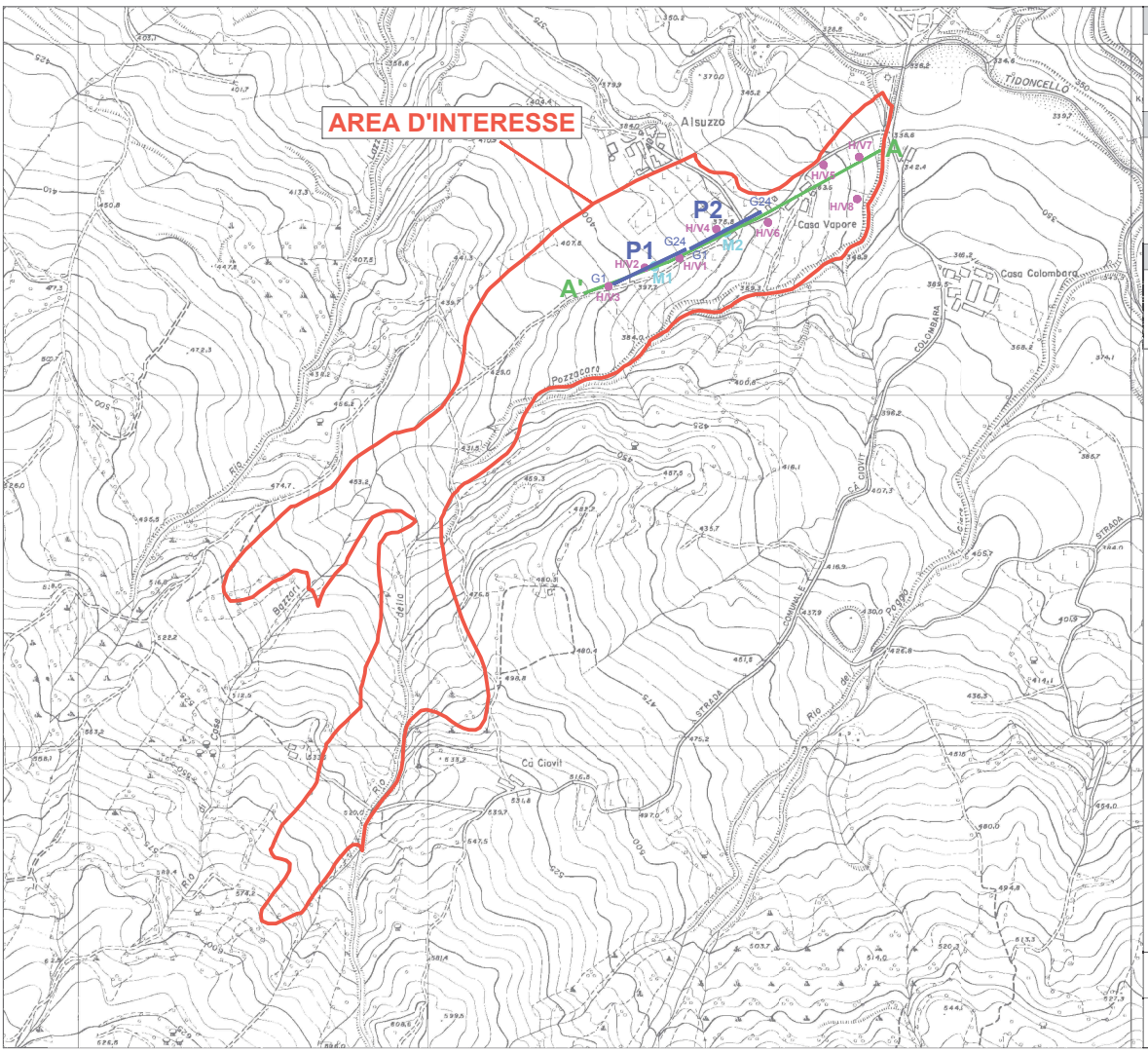


AREA DI STUDIO

scala:
1:5.000

N

Fig. 3



COMMITTENTE

Azienda Agricola
Croci Francesco e Gasio Lucia S.S
Loc. Casa del Vapore
29031 Alta Val Tidone (PC)

OGGETTO

Studio geologico e analisi
di un versante in frana quiesciente
in loc. Casa Vapore nel Comune di Alta Val Tidone
"*Classificazione del rischio nelle zone di frana quiescente*"

TITOLO

PLANIMETRIA DELLE INDAGINI

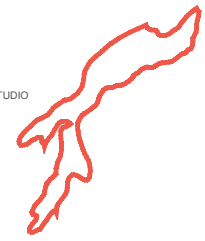
INDAGINI SISMICHE

G1 **P1-P2** G24 — Traccia stendimento tomografia sismica/Masw

M1-M2 — Prova MASW

H/V1 — Prova Microtremori tipo Nakamura

A' A — Traccia verifica di stabilità del versante



scala: 1:5000

N

Fig. 4

T-Indagini.dwg

Loc. Casa Vapore - Comune di Alta Val Tidone - TOMOGRAFIA SISMICA - P1

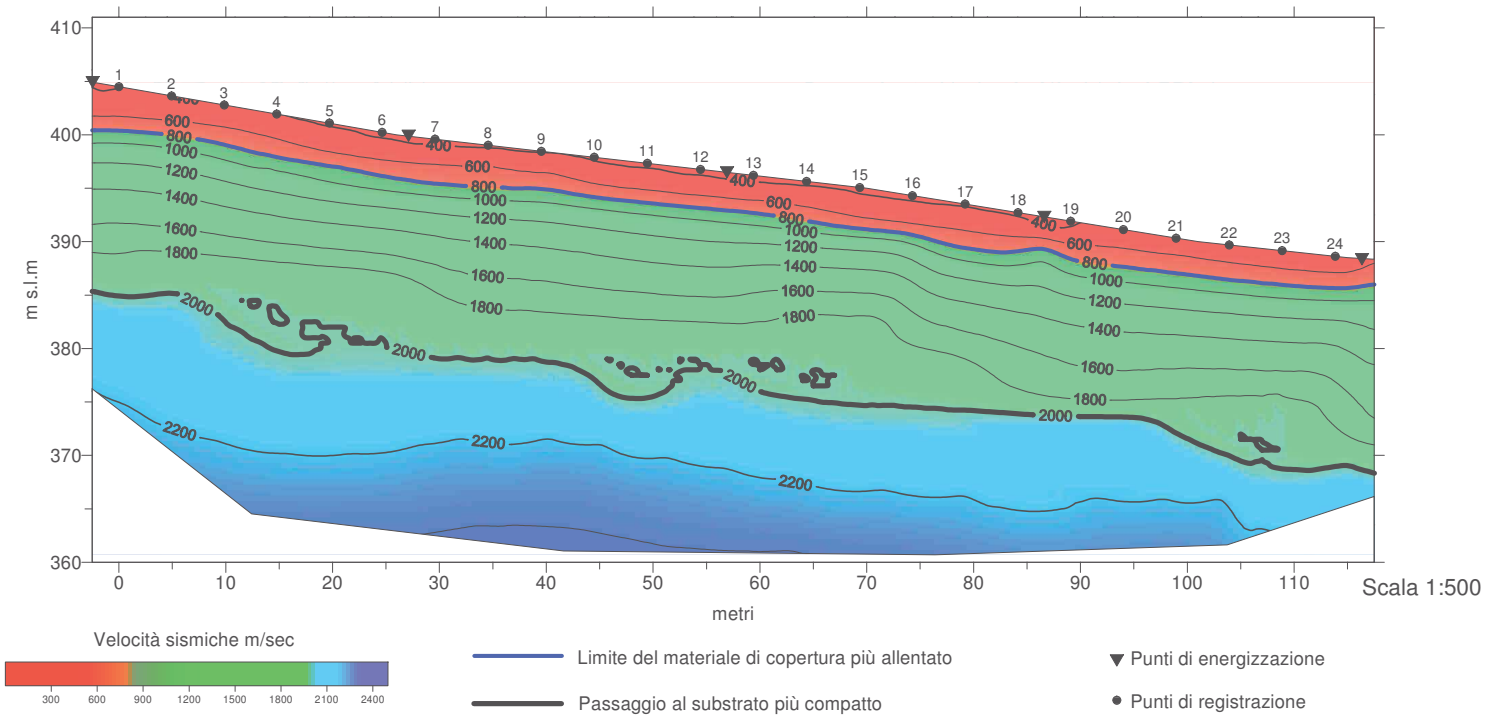


Fig.5a

Loc. Casa Vapore - Comune di Alta Val Tidone- TOMOGRAFIA SISMICA - P2

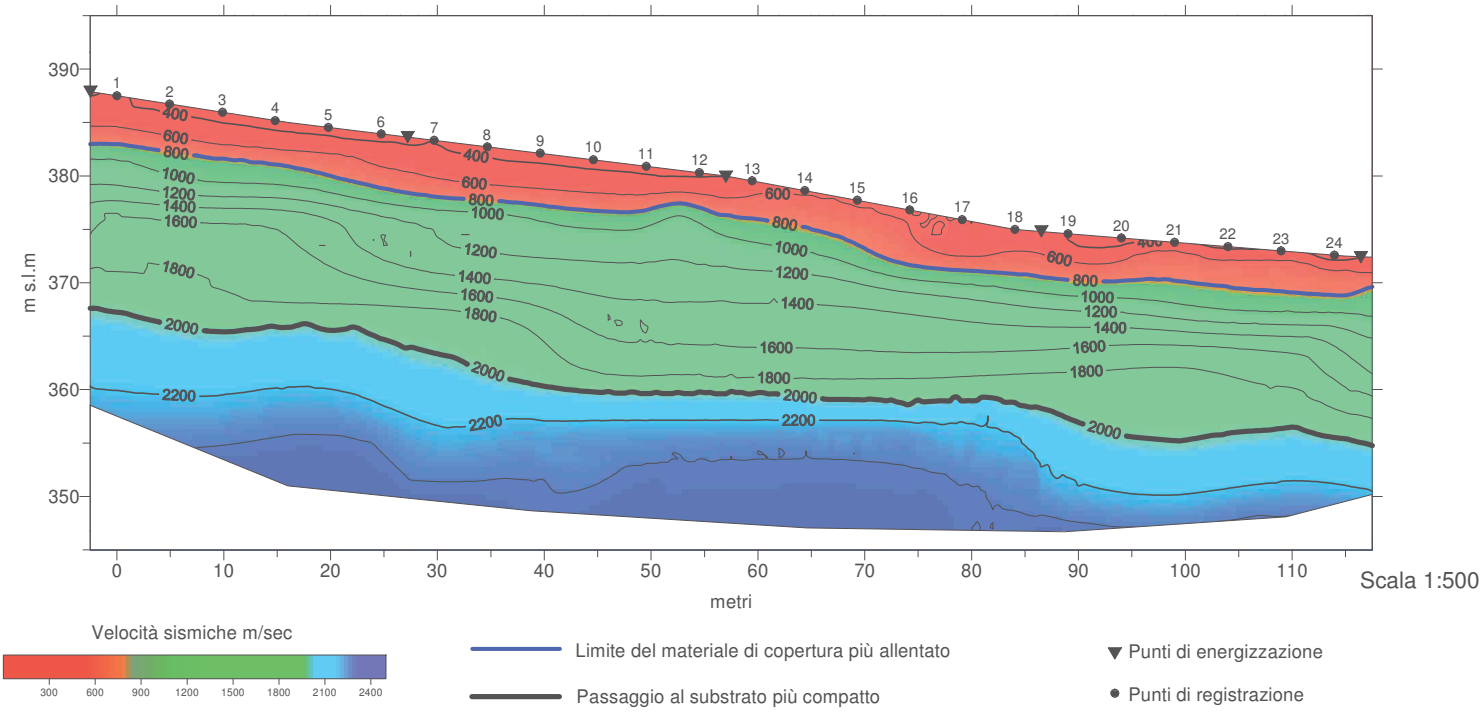


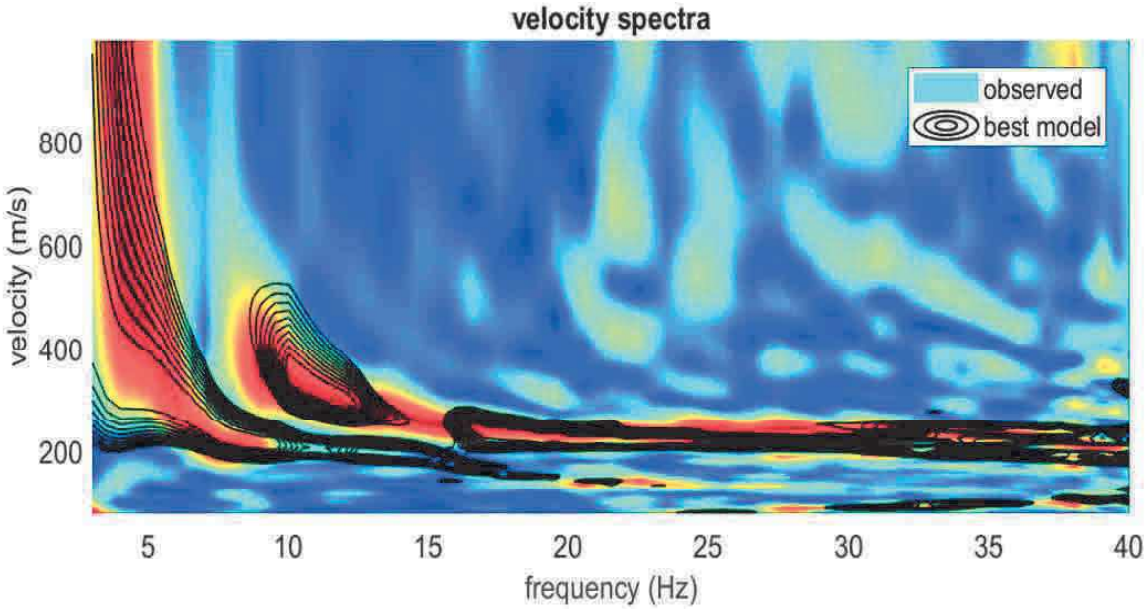
Fig.5b

Loc. Casa Vapore - Comune di Alta Val Tidone

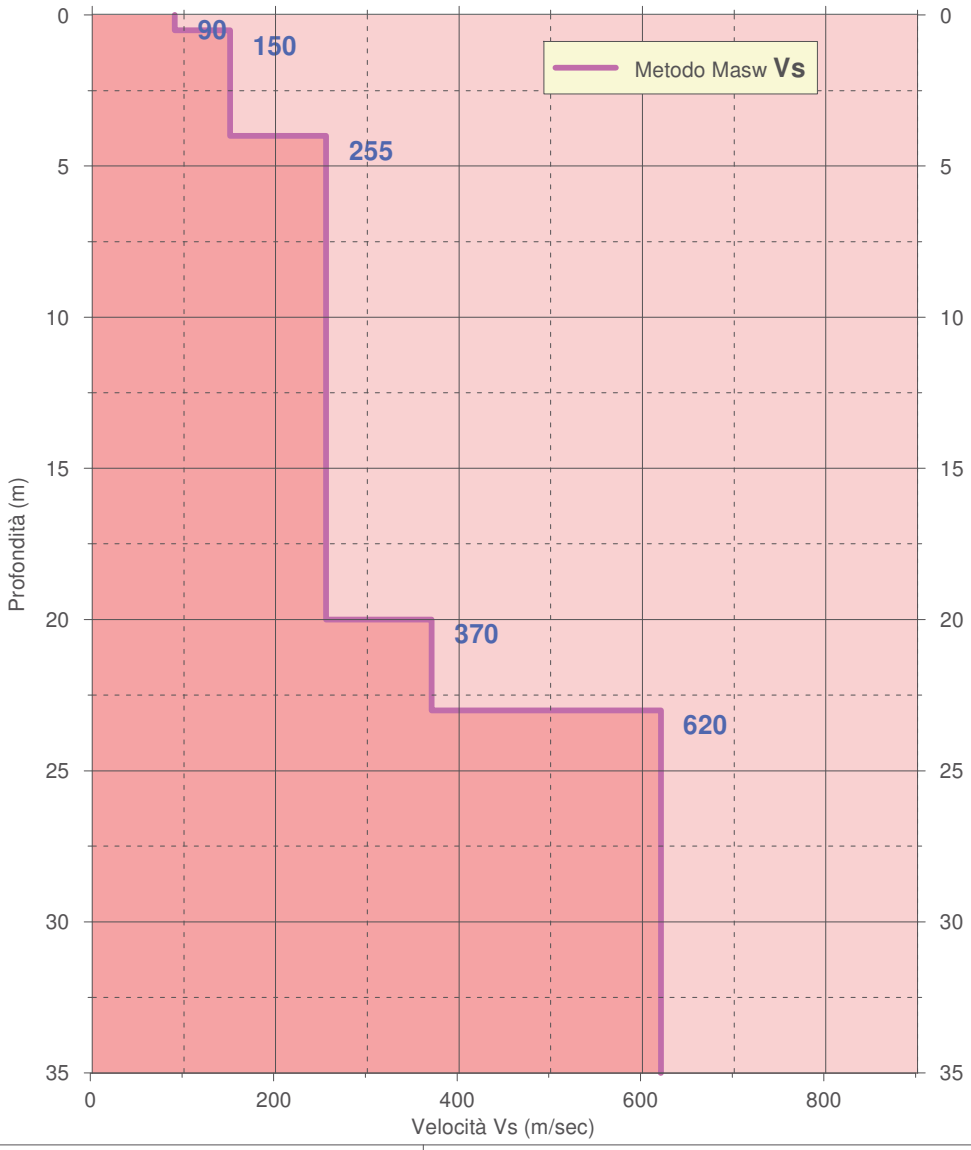
METODO MASW

M1

GRAFICO VELOCITA' di FASE- FREQUENZA



PROFILO VELOCITÀ Vs



Vs_eq 0-30 m = 276 m/s

SUOLO DI FONDAZIONE TIPO "C"

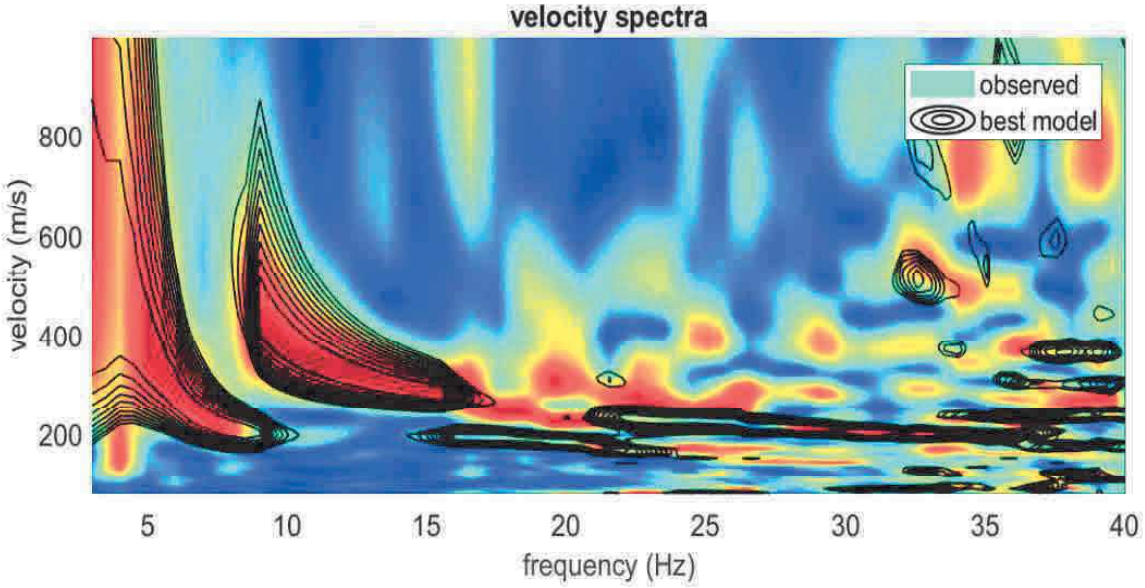
Fig. 6a

Loc. Casa Vapore - Comune di Alta Val Tidone

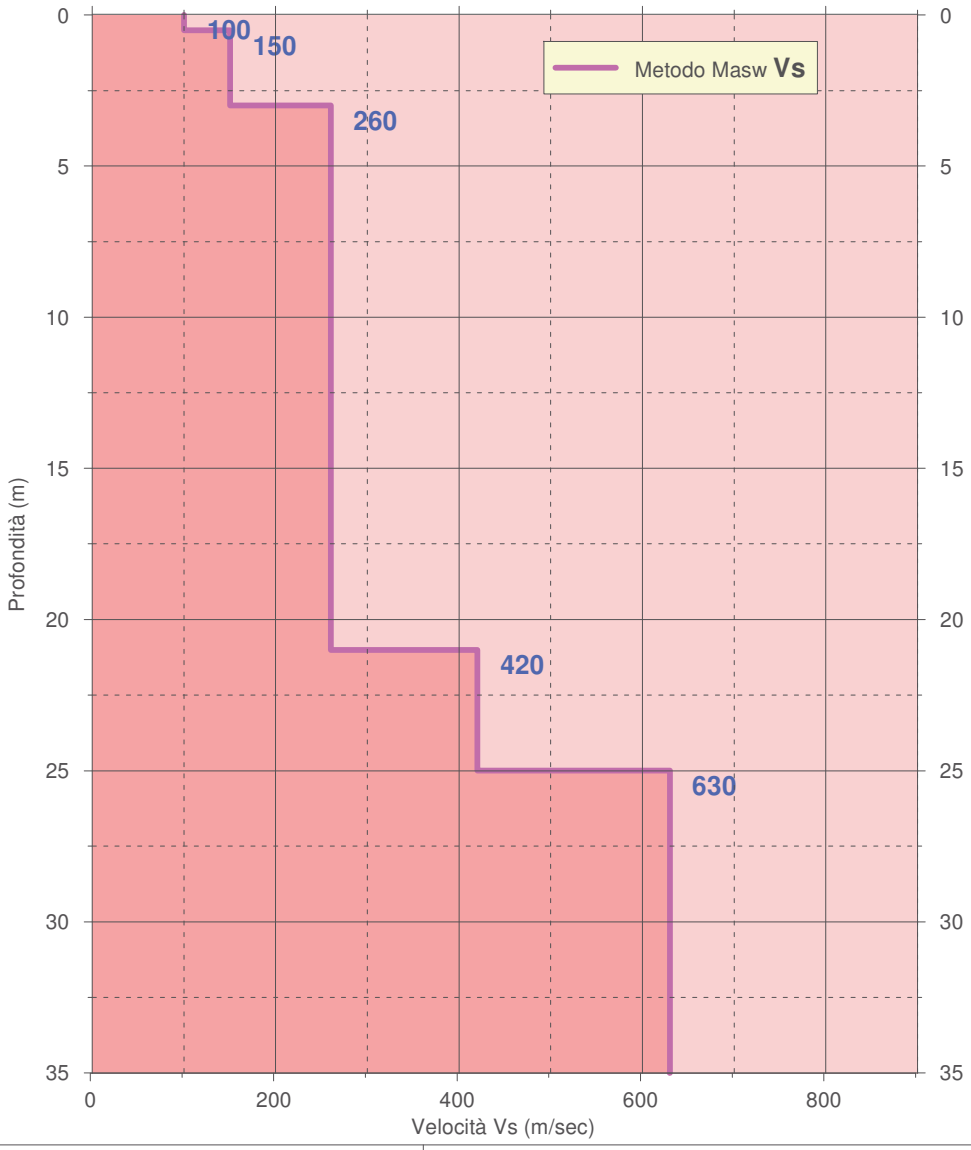
METODO MASW

M2

GRAFICO VELOCITA' di FASE- FREQUENZA



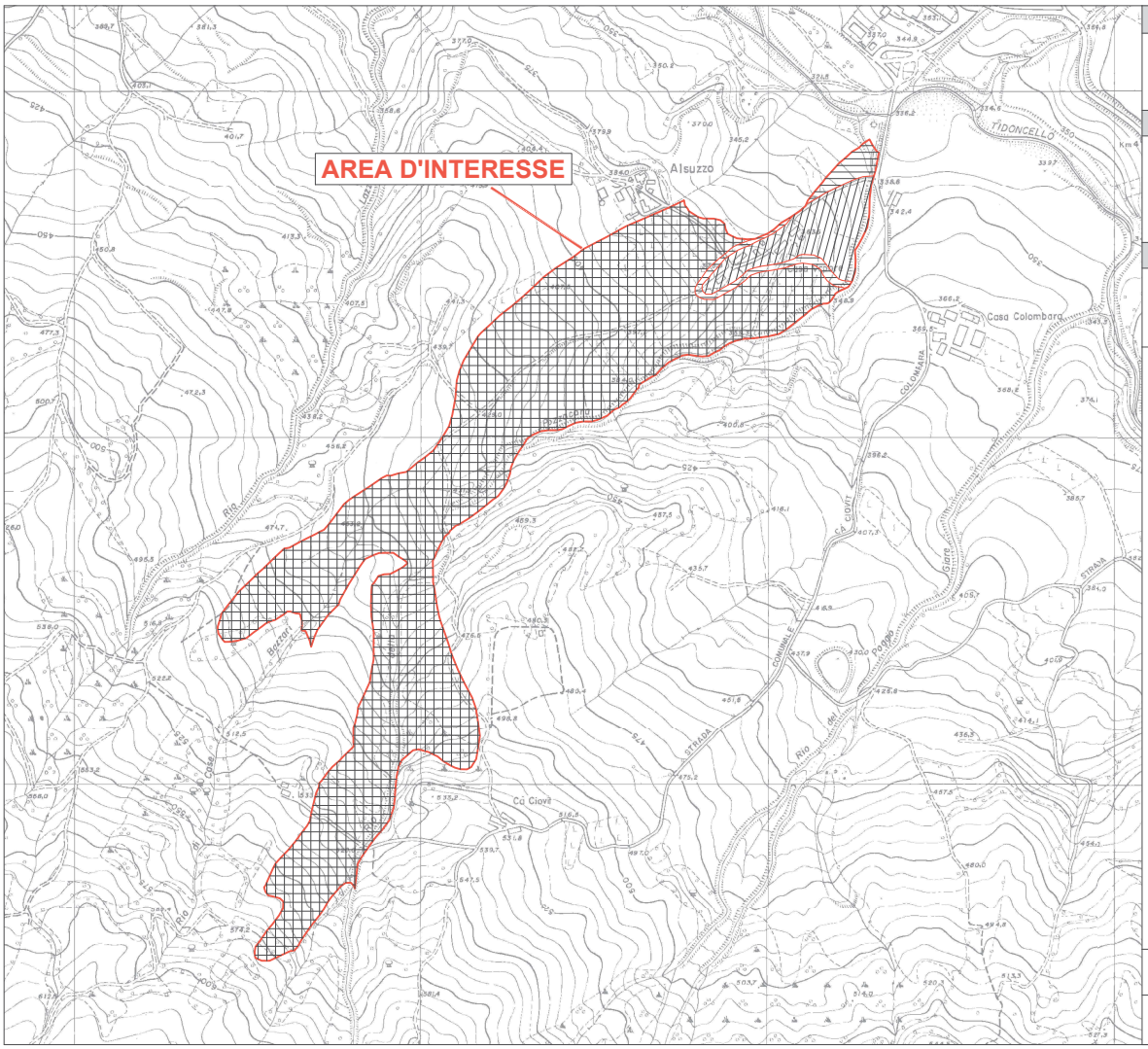
PROFILO VELOCITÀ Vs



Vs_eq 0-30 m = 281 m/s

SUOLO DI FONDAZIONE TIPO "C"

Fig. 6b



COMMITTENTE

Azienda Agricola
Croci Francesco e Gasio Lucia S.S
Loc. Casa del Vapore
29031 Alta Val Tidone (PC)

OGGETTO

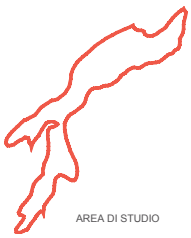
Studio geologico e analisi
di un versante in frana quiescente
in loc. Casa Vapore nel Comune di Alta Val Tidone
"*Classificazione del rischio nelle zone di frana quiescente*"

TITOLO

CARTA DEL "RISCHIO" GEOLOGICO

CLASSI DI RISCHIO

- Classe 2 - Rischio Moderato
- Classe 3 - Rischio Elevato
- Classe 4 - Rischio Molto Elevato



AREA DI STUDIO

scala:
1:5000

N

Fig. **7**

16 Frana quiescente in loc. Casa Pobiella

Geotest s.r.l.
geologia tecnica e ambientale

Via E. Fermi, 113 – Trevozzo
29031 Alta Val Tidone (PC)
Tel.: 348 510 7263
geotestsrl@hotmail.it

Servizi Geologici
Servizi Geotecnici
Servizi Geofisici

REGIONE EMILIA ROMAGNA
PROVINCIA DI PIACENZA (PC)
COMUNE DI ALTA VAL TIDONE

Relazione geologica

Oggetto

Relazione geologico-sismica preliminare finalizzata alla valutazione e zonizzazione del "Rischio Geologico" di un'area localizzata su Frana Quiescente ed ubicata nelle vicinanze dell'abitato di Casa Pobiella.

Committente

Az. Agricola La Pobiella
di Elena Bagnalasta
Loc. La Pobiella
29031 Alta Val Tidone (PC)

Tecnici Incaricati

Dott. Geol. Baldini Adriano

GeoTest

Trevozzo, 27 gennaio 2020

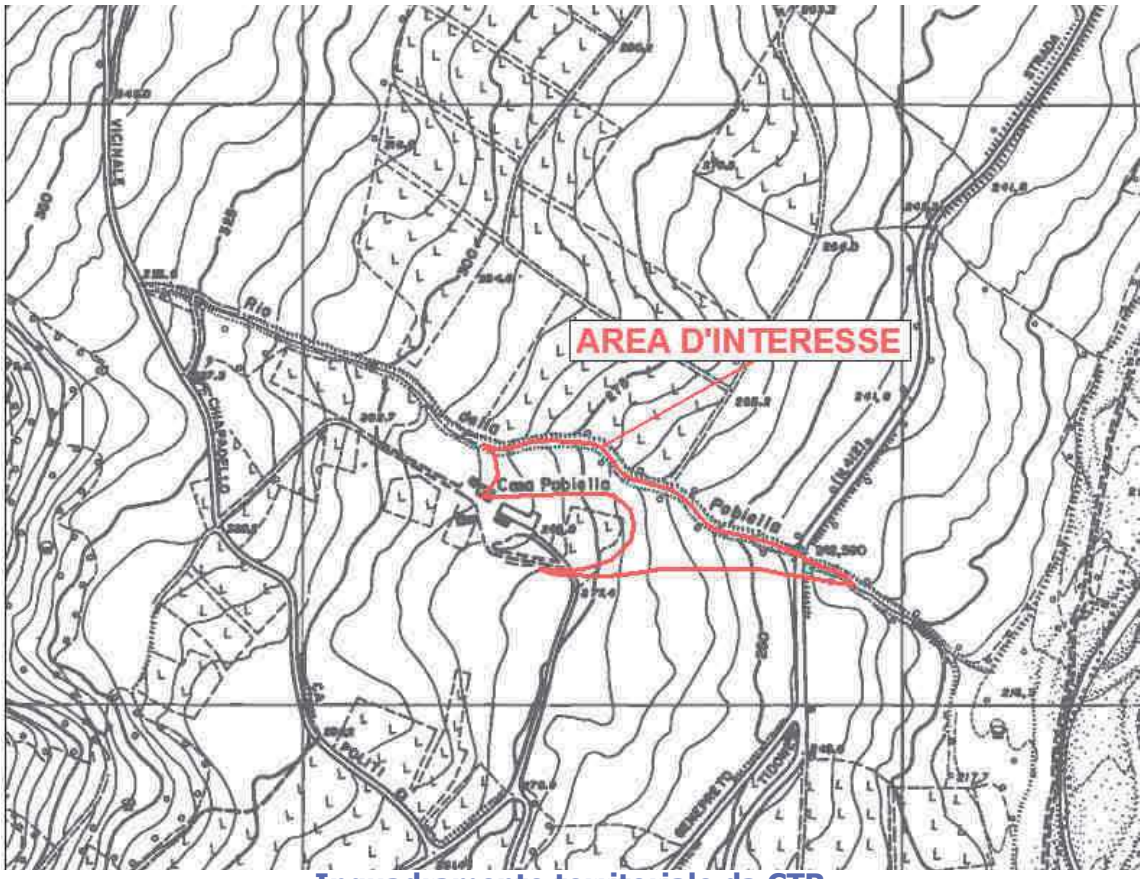
Sommario

1. PREMESSA 1
2. INDAGINI ESEGUITE 3
3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO-GEOMORFOLOGICO 4
3.1 CARATTERISTICHE GEOLOGICHE 4
3.2 CARATTERISTICHE GEOMORFOLOGICHE 5
4. INQUADRAMENTO IDROLOGICO E IDROGEOLOGICO 6
5. INDAGINI GEOGNOSTICHE 7
5.1 SISMICA A RIFRAZIONE 7
5.1.1 Cenni metodologici 7
5.1.2 Modalità esecutive 8
5.1.3 Strumentazione utilizzata 8
5.1.4 Elaborazione 9
5.1.5 Analisi dei risultati 9
5.2 PROVE PER LA DETERMINAZIONE DEL PROFILO DI VELOCITA' DELLE ONDE SISMICHE "S" 10
5.2.1 Cenni metodologici 10
5.2.2 Modalità esecutive 11
5.2.3 Commento dei risultati 11
5.3 MISURA DEI RAPPORTI SPETTRALI HVSR – (IPOTESI DI NAKAMURA) 12
5.3.1 Cenni metodologici 12
5.3.2 Strumentazione utilizzata e modalita' di acquisizione 13
5.3.3 Elaborazione ed analisi dei dati 13
6. MODELLO GEOLOGICO DELL'AREA 15
7. VALUTAZIONE DELLA PERICOLOSITA' SISMICA DELL'AREA (delibera del 2 Maggio 2007, n.112, in materia antisismica e successive integrazioni) 16
7.1 OBIETTIVI DELLA DELIBERA 16
7.2 LIVELLI DI APPROFONDIMENTO 16
7.3 CARATTERI SISMICI DELL'AREA 17
7.4 VALUTAZIONE DEL FATTORE DI AMPLIFICAZIONE DEL SITO INTERESSE-ANALISI 2° LIVELLO 19
7.5 SPETTRO DI RISPOSTA (IN PGA) DELL'AREA 21
7.6.1 Analisi di stabilità in condizioni pseudostatiche 22
7.6.2 Analisi di stabilità dinamica (Metodo di NEWMARK) 23
8. ZONIZZAZIONE DEL RISCHIO DEL CORPO DI FRANA QUIESCENTE-DEPOSITO DI VERSANTE 24
9. PRESCRIZIONI PER LE AREE IN FRANA QUIESCENTE - DEPOSITO DI VERSANTE IN CUI E' STATA EFFETTUATA LA VALUTAZIONE DEL RISCHIO 25

1. PREMESSA

Nel Gennaio 2020, è stata realizzata un'indagine geologico-sismica, nell'intorno di un'area sita in loc. Casa Pobiella nel Comune di Alta Val Tidone.

Nel dettaglio l'area è localizzata sul versante orografico sinistro T. Tidone, circa 2 Km a monte dell'abitato di Trevozzo.

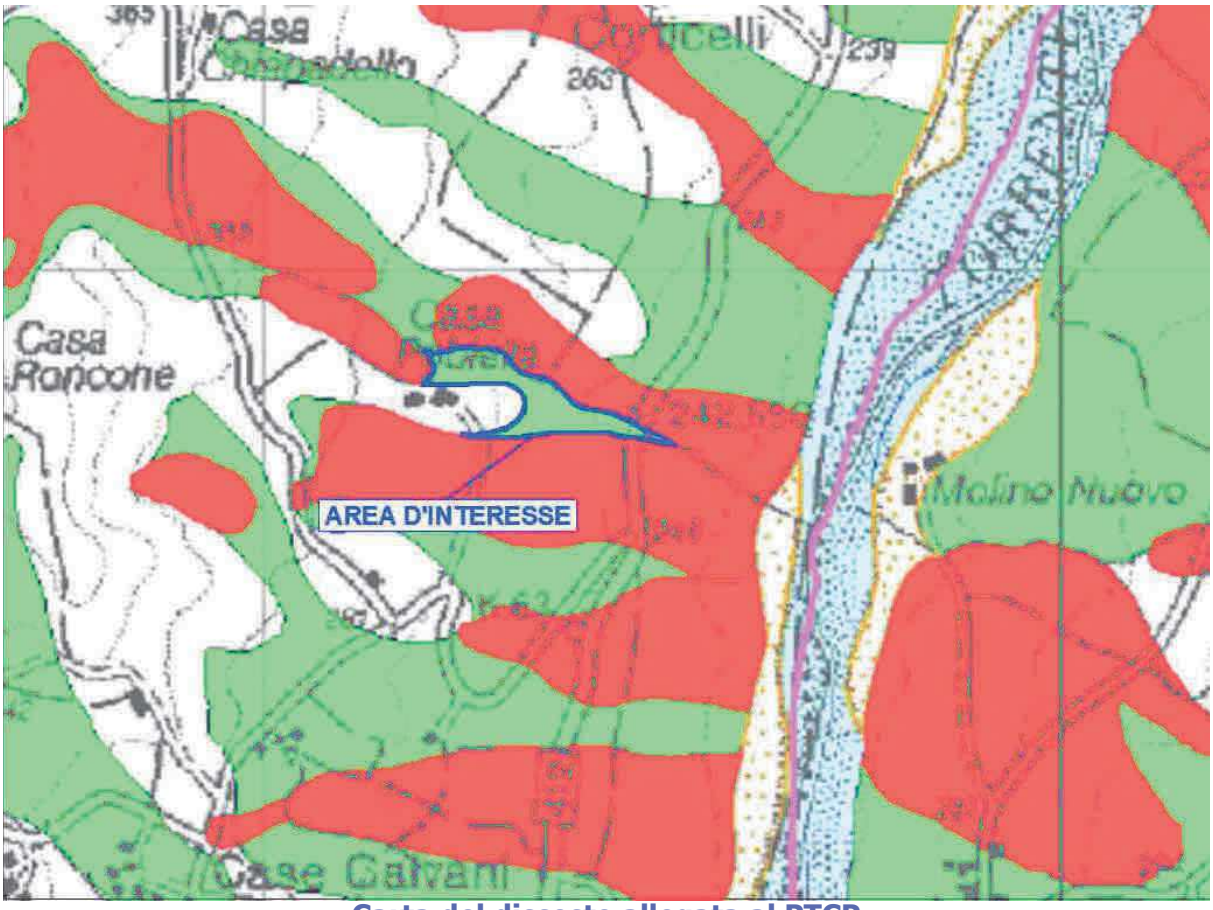


Inquadramento territoriale da CTR

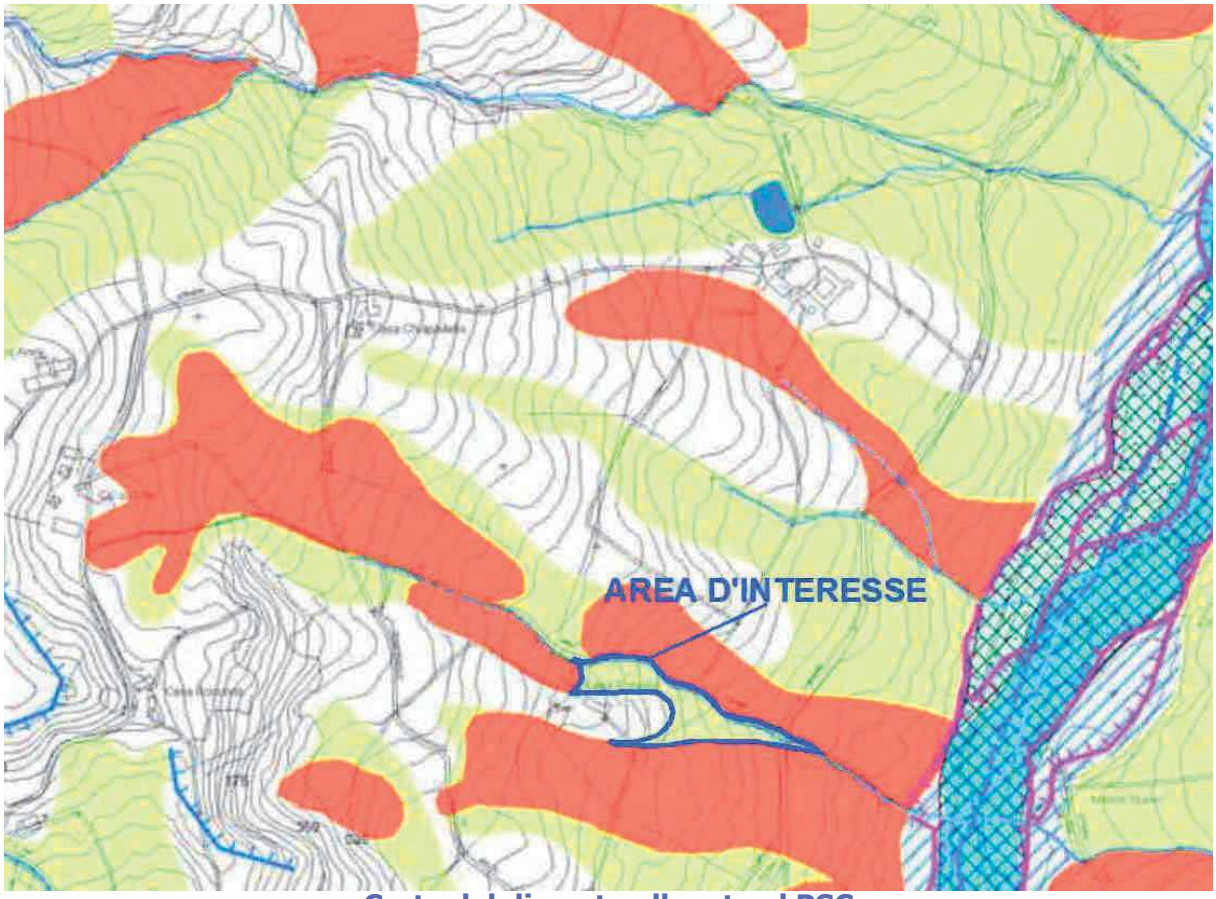
Nella carta del dissesto del PTCP della provincia di Piacenza e nella "Carta del Dissesto Comunale" allegata al PSC (in questo caso coincidenti), l'area d'interesse è classificata come frana quiescente. Le norme del PTCP, consentono (compatibilmente con il grado di "rischio" accertato mediante opportuni approfondimenti geologici), di realizzare interventi edilizi (ampliamenti, nuove costruzioni ecc.), altrimenti non consentiti in tali aree.

L'indagine ha avuto i seguenti obiettivi:

- Ricostruire l'assetto geologico-sismico del versante su cui insiste l'area d'interesse;
- Valutare le condizioni di stabilità complessiva del versante;
- Suddividere il corpo detritico in classi di rischio in base alla "pericolosità" geologica.



Carta del dissesto allegata al PTCP



Carta del dissesto allegata al PSC

2. INDAGINI ESEGUITE

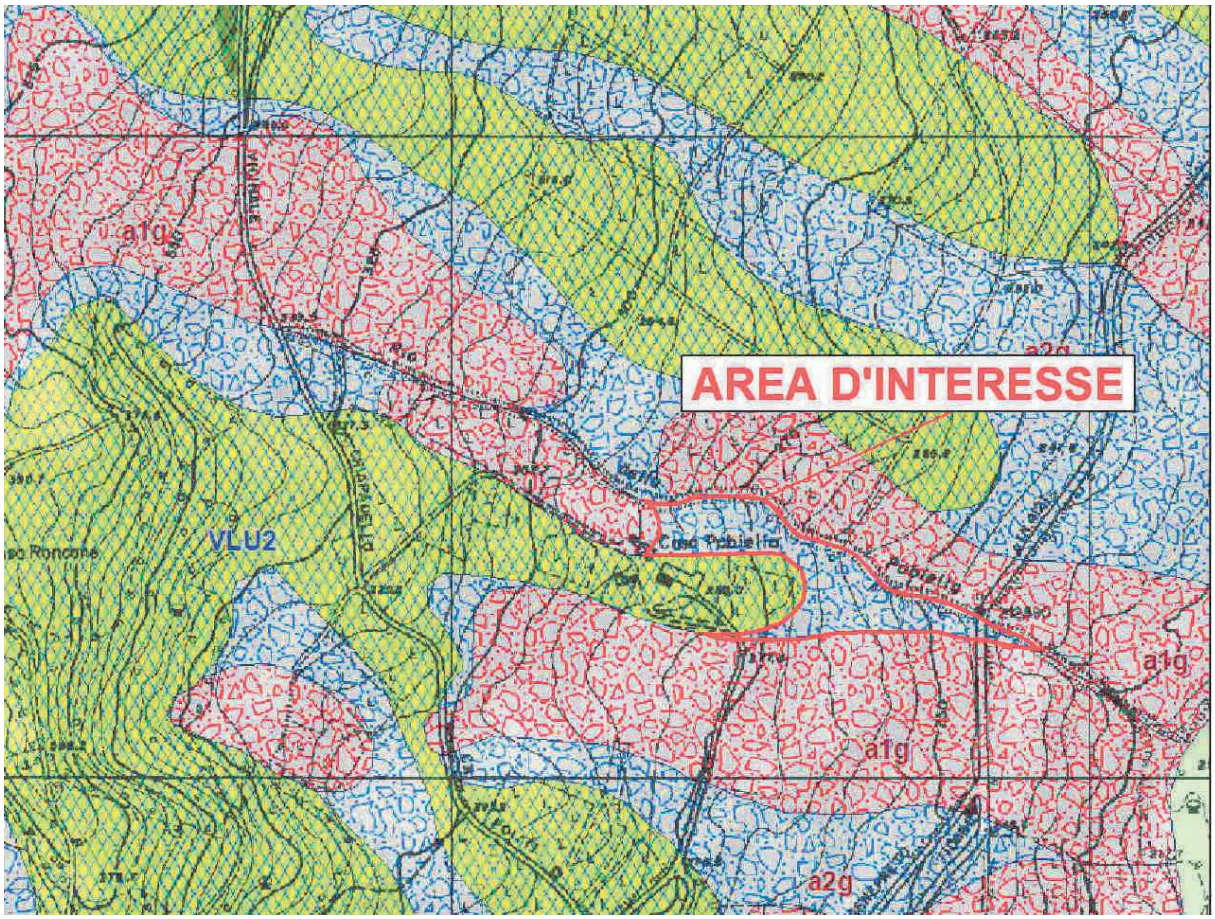
L'approfondimento realizzato, come previsto dalla normativa, non ha riguardato solo l'area d'interesse della Committenza, ma è stato esteso a tutto il corpo detritico considerato influente ai fini della stabilità complessiva dell'area.

L'indagine geologico-sismica, conforme a quanto previsto dalla delibera del 2 Maggio 2007, n.112 (e successive integrazioni), in materia antisismica, ha compreso le seguenti fasi di studio:

- Raccolta ed analisi della documentazione esistente;
- Rilevamento geologico-geomorfologico di dettaglio di tutto il corpo di frana;
- Esecuzione di 1 profilo sismo-tomografico, per la valutazione dello spessore e del grado di addensamento sia del materiale di copertura che del substrato geologico;
- Registrazione di 1 profilo sismici con tecnica "MASW", per la determinazione del profilo di velocità delle onde "S" e della categoria del suolo di fondazione del sito in base all'attuale normativa antisismica;
- Realizzazione di 3 prove HVSR (Microtremori tipo Nakamura), per la stima della frequenza di vibrazione caratteristica del sito;
- Analisi del "secondo livello" con valutazione del fattore di amplificazione del sito ed identificazione dei possibili effetti di sito;
- Analisi del "terzo livello" con valutazione della stabilità dell'area in condizione sismiche dinamiche (metodo di "Newmark");
- Valutazioni sulla stabilità geomorfologica dell'area e zonizzazione del corpo di frana quiescente in classi di "Rischio".

3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO-GEOMORFOLOGICO

3.1 CARATTERISTICHE GEOLOGICHE



Estratto della Carta Geologica Regionale

Come documento di base per l'inquadramento geologico dell'area, è stata utilizzata la "Carta Geologica dell'Appennino Emiliano-Romagnolo" della regione Emilia Romagna alla scala 1:10000.

La "Formazione" rocciosa affiorante nel settore in esame è la formazione di "Val Luretta" qui rappresentata dal Membro di Monteventano (VLU2).

Dal punto di vista litostratigrafico la formazione geologica d'interesse, è costituita prevalentemente da alternanze decametriche di pacchi di strati medi arenaceo-pelitici e di pacchi calcareo-marnosi in strati medi e spessi, più frequenti verso il tetto del membro.

Lo spessore massimo dell'unità, che si appoggia sul sottostante membro di Poviago di natura areanaceo-pelitico, è stato valutato dagli studi della Regione Emilia-Romagna in circa 230 metri.

3.2 CARATTERISTICHE GEOMORFOLOGICHE

Il corpo detritico presenta una lunghezza massima di circa 300 metri e si estende da Casa Pobiella, fino a ridosso della S.P. della Val Tidone.

Dal punto di vista geomorfologico non si tratta di un unico corpo di paleofrana, in cui si possono chiaramente distinguere la zona di distacco e quella di accumulo, ma di accumuli di materiale eluvio-colluviale "accostati" a formare un corpo detritico.

In base alle indagini geognostiche realizzate e alle osservazioni dirette lo spessore della coltre detritica è piuttosto modesta 3-6 metri. Localmente il substrato affiora lungo il rio Pobiella, poco a monte dell'agriturismo.



Affioramento del substrato con giacitura a "reggipoggio" lungo il rio Pobiella

Nel complesso, il corpo detritico appare ben assestato senza evidenze di movimenti in atto e/o recenti.

Anche il corpo cartografato come "frana attiva", immediatamente a monte di cascina Pobiella, appare ben stabilizzato dopo gli interventi di consolidamento realizzati.



Panoramica del corpo detritico cartografato come frana "attiva".

4. INQUADRAMENTO IDROLOGICO E IDROGEOLOGICO

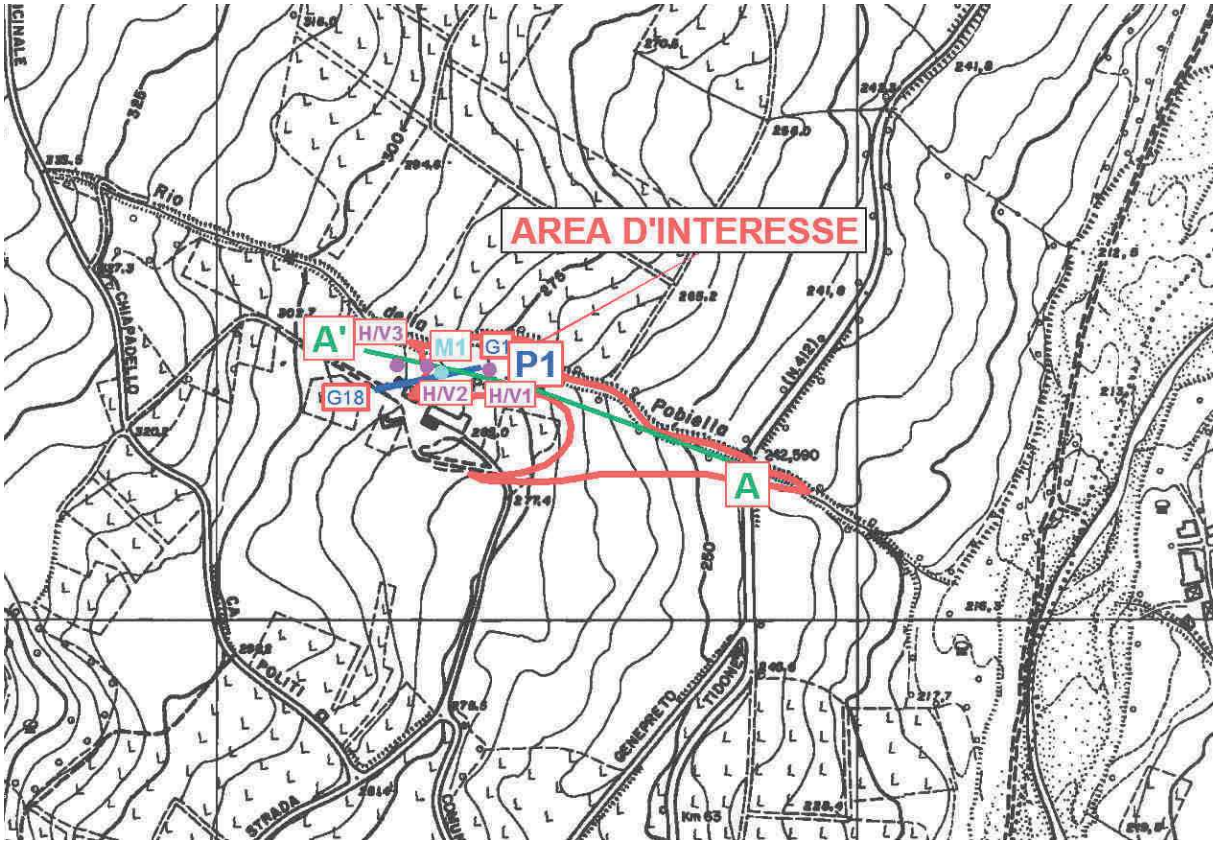
Data la morfologica complessivamente regolare del versante, in cui non sono presenti evidenti avvallamenti e/o contropendenze, il drenaggio delle acque superficiali, assicurato dai canali di scolo legati alle pratiche agricole, è in linea generale piuttosto efficiente. Il recapito principale delle acque meteoriche è rappresentato dal rio Pobiella che definisce il limite settentrionale del corpo detritico.

Sotto l'aspetto idrogeologico si possono sinteticamente ipotizzare due tipi di circolazione idrica:

- Una, di maggiore entità, che interessa l'ammasso roccioso soprattutto ove la fratturazione risulta più intensa. Nel complesso, comunque, i litotipi presenti, a forte componente argillosa, sono poco idonei ad ospitare falde idriche produttive;
- L'altra di minore entità, ma rilevante per la stabilità, si può formare all'interno della copertura eluvio-colluviale più allentata (spessore 3-6 m), nei periodi particolarmente piovosi.

5. INDAGINI GEOGNOSTICHE

Come già accennato, sono stati realizzati: 1 profilo sismo-tomografico, 1 prova "Masw" e 3 prove HVSR (Microtremori tipo Nakamura).



Planimetria indagini geognostiche

5.1 SISMICA A RIFRAZIONE

5.1.1 Cenni metodologici

La prospezione sismica rappresenta una tecnica di prospezione geofisica che consente, attraverso l'acquisizione e l'elaborazione di dati, la costruzione d'immagini bidimensionali (o tridimensionali) della variazione della velocità sismica. Con questa tecnica si riesce ad avere, pertanto, una visione seppur qualitativa della stratigrafia del terreno investigato, in termini di variazioni di "densità" dello stesso, essendo questo parametro direttamente legato alla velocità sismica. La tecnica di prospezione, consiste nella misura dei tempi impiegati dalle onde sismiche longitudinali (onde P) per percorrere un tragitto rettilineo tra una serie di punti d'energizzazione (sorgente sismica) e una serie di punti di ricezione (geofoni). Il confronto matematico tra i vari tempi permette di suddividere lo spazio compreso tra le due serie di punti in porzioni, o "celle elementari" (quadrate per le sezioni bidimensionali come quelle in esame, o cubiche per sezioni tridimensionali) caratterizzate ognuna da un proprio valore di velocità sismica.

5.1.2 Modalità esecutive

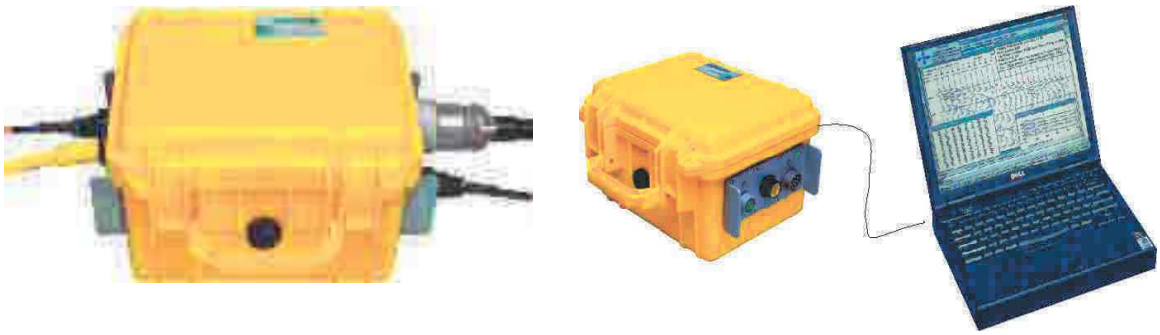
Il profilo acquisito è costituito da un allineamento di 18 geofoni spaziati di 5 metri. In punti predefiniti dei profili, sono stati creati artificialmente degli impulsi elastici mediante l'utilizzo di una massa battente; l'energizzazione è avvenuta in punti disposti simmetricamente allo stendimento e precisamente nelle seguenti posizioni:

- 2 punti esterni al profilo
- 2 punti agli estremi del profilo
- 4 lungo il profilo.

La registrazione dei sismogrammi è stata effettuata mediante un sismografo Geode della Geometrics a 24 canali ad elevata dinamica (24 bit).

5.1.3 Strumentazione utilizzata

Il "Geode" è un sismografo modulare a 24 bit che rappresenta l'ultima frontiera dei sistemi di registrazione sismica combinando il meglio dei tradizionali sismografi Geometrics con la flessibilità di un sistema distribuito. Geode è un sismografo ad elevata dinamica (144 dB di range dinamico totale – 105 dB istantanei a 2 msec di campionamento). Grazie all'ampia banda d'ingresso (1.75 Hz – 20 kHz, con velocità di campionamento da 0.02 msec a 16 msec), esso è perfettamente idoneo per un'ampia gamma di applicazioni: sismica a rifrazione, sismica a riflessione (anche ad altissima risoluzione), monitoraggio di vibrazioni, applicazioni sismologiche, downhole e VSP. In acquisizione sono disponibili tutte le funzioni di filtri, pre-amplificazione, line-test e instrument-test, tipiche dei sistemi di registrazioni evoluti.



Sismografo "Geode"

L'atrezzatura utilizzata è composta da:

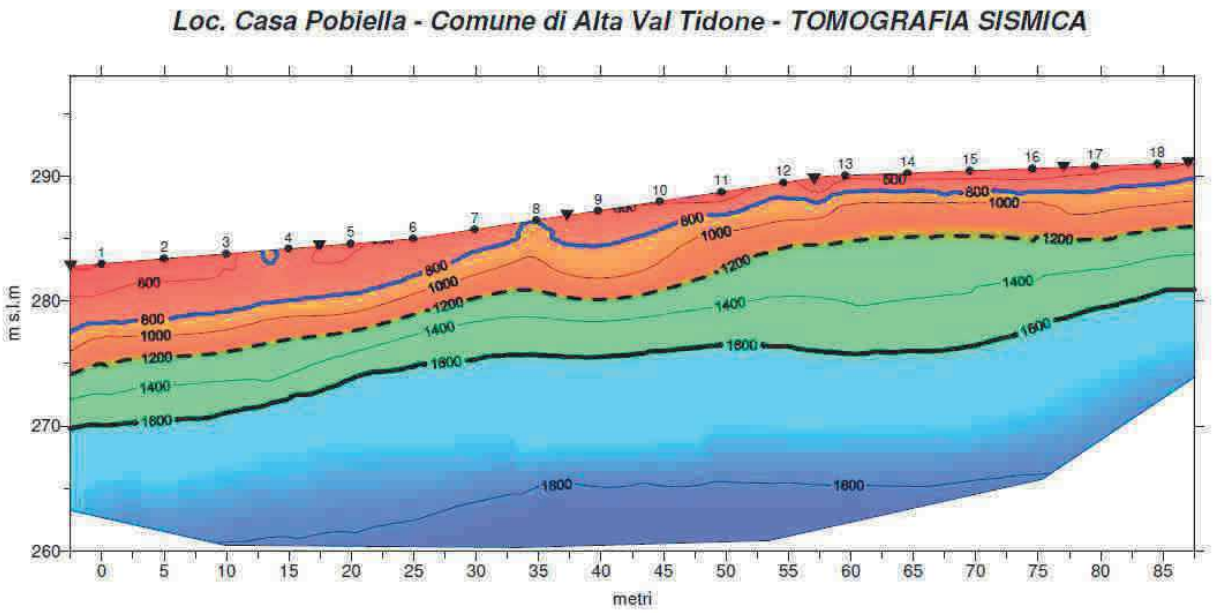
- Sismografo modulare Geode 3-1000+ canali,
- Massa battente da 10 Kg,
- Piastra di battuta in alluminio 15x15x2,5cm,

- Batteria ricaricabile 12 V,
- Cavo per sismica a rifrazione stranded, 130 mt con 24 takeouts SPT-21 a 5 metri di intervallo e due code da 7.5 mt l'una terminate con connettore Bendix 61S,
- Geofoni GS20DX, 10 Hz verficali, 395 Ohm con puntale da 3" ed 1,5 mt di cavo terminato con mueller clip singola MC-20-SP,
- Computer portatile ACER.

5.1.4 Elaborazione

In questo caso i dati acquisiti sono stati interpretati secondo un metodo sismico-tomografico utilizzando il software SeisOpt@2D v4.0 prodotto dalla OPTIM. La procedura d'elaborazione ha comportato in una prima fase la lettura dei tempi dei primi arrivi sui sismogrammi. In seguito, sono stati ricostruiti i percorsi dei raggi sismici attraverso il terreno. In linea teorica, ogni punto del mezzo investigato, è attraversato in tutte le direzioni, dai raggi sismici. Di ogni raggio è quindi calcolata la traiettoria e, sul confronto fra tutti i possibili percorsi e tempi impiegati, ed è stabilita per ogni punto (o cella di dimensioni 2.5x1.25 m, in questo caso) la sua velocità sismica caratteristica. Il risultato finale dell'elaborazione consiste in sezioni (Fig. 5) di velocità sismiche, rappresentata sia per isovelocità sia tramite colori. Alle diverse classi di velocità sismica, sono stati attribuiti colori che vanno, dal rosso per i valori più bassi, al blu per i valori più elevati. La scala cromatica evidenza i cambiamenti di velocità ritenuti più significativi.

5.1.5 Analisi dei risultati



L'elaborazione ha permesso la distinzione di varie unità secondo le loro caratteristiche sismiche:

- ***Unità allentata superficiale*** *(colore rosso),* con velocità inferiori a **800 m/s**. L'unità corrisponde al materiale detritico di copertura meno compatto. Gli spessori sono mediamente variabili da 2 a 4 m;
- ***Unità intermedia a medio-basso addensamento*** (colore marrone), con velocità media di **1000-1100 m/s** e spessori medi di 2-3 metri. L' unità è correlabile a materiale detritico leggermente più compatto rispetto all'orizzonte superficiale;
- ***Unità intermedia mediamente addensata*** (colore verde), con velocità media di **1300-1400 m/s** e spessori medi di 4-6 metri. L' unità è correlabile al substrato roccioso alterato;
- ***Unità di fondo*** *(colore azzurro),* con velocità medie di **1800-2000 m/s**; i valori di velocità, non particolarmente elevati, sono associabili ad un substrato nel complesso mediamente compatto.

5.2 PROVE PER LA DETERMINAZIONE DEL PROFILO DI VELOCITA' DELLE ONDE SISMICHE "S"

Per la determinazione del profilo di velocità delle onde "S" e della categoria del suolo di fondazione è stato utilizzato il metodo "Masw". Il profilo "Masw" è stato realizzato in corrispondenza dello stendimento sismo-tomografico.

5.2.1 Cenni metodologici

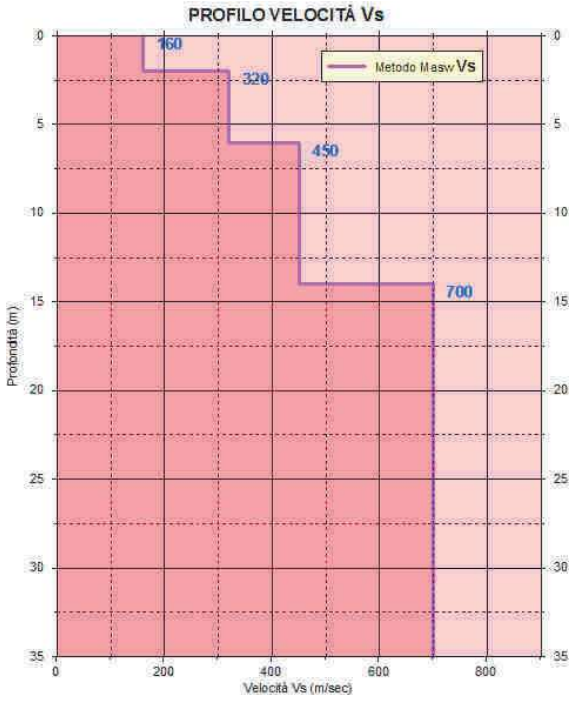
Il MASW (Park et al., 1999) è stato sviluppato in parte per superare le difficoltà dell'applicazione del SASW in ambienti rumorosi. La tecnica, che prevede la registrazione simultanea (in questo caso l'energizzazione è prodotta da una massa battente di almeno 10 Kg) di 12 o più canali, fornisce una ridondanza statistica delle misure di velocità di fase e ne avvalora la veridicità. Il salvataggio delle tracce nel dominio temporale, permette inoltre di distinguere e evidenziare, le onde di Rayleigh presenti nel record, che sono caratterizzate da un'elevata ampiezza di segnale (circa il 60% dell'energia prodotta dalla sorgente artificiale si distribuisce in onde di superficie). Una particolare analisi spettrale, "overtone analysis", produce un grafico Velocità di fase-frequenza in cui si può distinguere il modo fondamentale delle onde di superficie da cui ricavare la curva di dispersione ed il profilo delle Vs per successiva inversione 1-D. La tecnica permette, inoltre, di eseguire misure ripetute spostandosi nella direzione di allineamento per risalire ad un profilo bidimensionale che evidenzia le variazioni laterali delle Vs. Il software utilizzato per l'elaborazione dei dati è il "winMASW" versione Academy della Eliosoft.

5.2.2 Modalità esecutive

E' stato realizzato 1 stendimento di 18 geofoni, con distanza intergeofonica di 5 m. La lunghezza delle registrazioni è stata di 1 sec, con un passo di campionamento di 0.25 ms.

Si ricorda che il punto di determinazione del profilo delle Vs in profondità, si riferisce al centro dello stendimento geofonico.

5.2.3 Commento dei risultati



Esaminando il grafico ottenuto, si possono fare queste considerazioni:

- Dalla superficie fino a 2 m dal p.c. sono presenti materiali caratterizzati da valori di Vs bassi (Vs< 160 m/s). Tali depositi possono essere correlati alla copertura detritica più allentata;
- Più in profondità, fino a 6 metri, i valori di Vs aumentano segnalando la presenza di materiale, sempre di natura detritica, più compatto;
- Fra 6 e 14-15 metri si ha un ulteriore aumento di velocità, con valori che si portano sui 450 m/s, in corrispondenza di materiale a discreto addensamento, correlabile al substrato mediamente compatto;
- Oltre i 14-15 metri, le velocità aumentano più nettamente in corrispondenza del substrato più compatto;
- I valori di Vs_eq calcolato è 457 e il suolo di fondazione di tipo "B".

5.3 MISURA DEI RAPPORTI SPETTRALI HVSR – (IPOTESI DI NAKAMURA)

5.3.1 Cenni metodologici

Il metodo dei rapporti spettrali di singola stazione (HVSR) e' largamente utilizzato in paesi con elevato rischio sismico quali il Giappone per la stima degli effetti di amplificazione di sito.

Il microtremore, un'impercettibile oscillazione naturale del suolo, è presente in qualsiasi punto della superficie terrestre e consiste per lo più nelle onde sismiche prodotte dal vento e dal moto ondoso marino negli strati superficiali della Terra. Anche le attività umane (industrie, traffico stradale ecc.) possono produrre localmente microtremore, ma in genere tale segnale viene attenuato piuttosto rapidamente a causa delle sue caratteristiche di alta frequenza.

E' interessante evidenziare come il microtremore agisca da oscillatore naturale e quindi permetta, tramite adeguata strumentazione, la misura diretta delle frequenze di vibrazione dei terreni e dei manufatti. La tecnica utilizzata, proposta da Nakamura (Nakamura, Y., 1989. A method for dynamic characteristics estimation of subsurface using microtremor on the ground surface. QR of RTRI, Vol. 30, No.1, 25-33) per lo studio delle amplificazioni di sito assume che i microtremori consistano principalmente di onde di Rayleigh che si propagano in un singolo strato soffice su semispazio e che la presenza di questo strato sia la causa dell'amplificazione al sito. Tale tecnica permette di separare i termini di sorgente-percorso e di sito tramite i rapporti tra le componenti del moto, senza utilizzare alcun sito di riferimento.

Le ipotesi su cui si basa la tecnica di Nakamura sono le seguenti:

- *i microtremori sono generati da sorgenti superficiali, e non da sorgenti profonde i cui contributi sono trascurabili;*
- *le sorgenti dei microtremori in superficie non influenzano i microtremori alla base dello strato considerato;*
- *la componente verticale del moto non risente di effetti di amplificazione locale;*

il picco visibile nei rapporti H/V (rapporto tra l'ampiezza spettrale della componente orizzontale e l'ampiezza spettrale della componente verticale) è indipendente dalle caratteristiche della sorgente del rumore ed è invece fortemente dipendente dalle condizioni stratigrafico-litologiche del terreno. Tale picco è inoltre ben correlato con la frequenza fondamentale di vibrazione del terreno soggetto alla propagazione di onde S verticali e con il picco fondamentale delle curve di dispersione delle onde di Rayleigh.

Le principali applicazione delle prove H/V si possono così sintetizzare:

- ✓ *Misura delle frequenze di risonanza dei suoli;*
- ✓ *Effetti di sito e microzonazione sismica (curve H/V, metodo di Nakamura);*
- ✓ *Stratigrafia sismica passiva;*
- ✓ *Vs30 da fit vincolato della curva H/V;*
- ✓ *Segnalazione dei possibili fenomeni di doppia risonanza suolo-struttura.*

Di particolare importanza è la frequenza di vibrazione del sito, caratterizzata dal maggiore rapporto di ampiezze H/V, nell'intervallo di frequenze di interesse ingegneristico (frequenze generalmente inferiori a 15 Hz), denominata frequenza fondamentale di vibrazione f0.

E' possibile poi determinare la profondità degli strati sismici mediante la misura diretta delle frequenze di vibrazione, associata alla misura delle velocità delle onde S tramite la relazione:

$$f_0 = Vs/4H$$

dove Vs è la velocità media delle onde di taglio, e H è la profondità della discontinuità sismo-stratigrafica.

A causa della pesante non-univocità della soluzione, una modellazione del solo HVSR, in mancanza di una solido ancoraggio stratigrafico e senza quantitative informazioni sulle Vs ottenute da misure Masw / Esac-ReMi. o da altri metodi da prove in foro (Cross-Hole, Down-Hole), non risulta affidabile per la determinazione del profilo di velocità delle onde S e quindi della valutazione della Vs30.

5.3.2 Strumentazione utilizzata e modalita' di acquisizione

Per l'acquisizione dei dati è stato utilizzato un tromografo digitale della ditta Micromed S.r.L modello "Tromino ENGY ", che rappresenta la nuova generazione di strumenti ultra leggeri e ultra compatti in alta risoluzione adatti a tali misurazioni. Lo strumento racchiude al suo interno 3 terne (2 di velocimetri e l'altra di accelerometri) di sensori ortogonali tra loro e con possibilità di campionamento nell'intervallo di frequenze compreso tra 0.1 e 256 Hz. In questo caso le 3 registrazioni hanno avuto una lunghezza di 14 minuti, con un campionamento a 128 Hz.

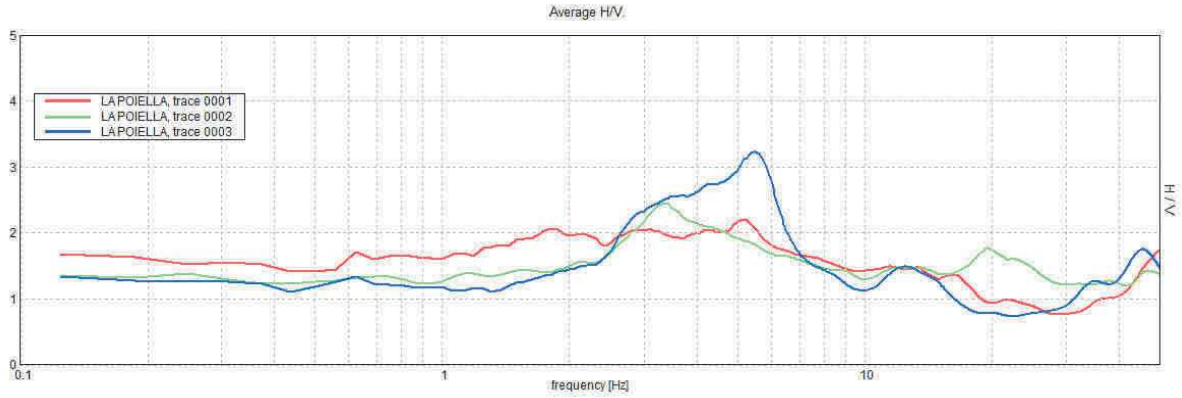
5.3.3 Elaborazione ed analisi dei dati

Per l'elaborazione dei dati sismici è stato utilizzato il software **"Grilla"**.

Il programma consente di effettuare:

- o Analisi spettrale completa delle tracce, calcolo delle curve H/V per la determinazione delle frequenze di risonanza del sottosuolo;

- Procedure di pulizia delle tracce nel dominio del tempo e delle frequenze;
- Test sulla significatività dei picchi secondo le linee guida europee (Criteri Sesame);
- Determinazione delle frequenze dei modi di vibrare delle strutture con rimozione dell'effetto di sottosuolo;
- Creazione di un report automatico con tabelle e illustrazioni.



Quadro d'insieme delle prove HVSR

Analizzando i risultati delle prove si possono fare le seguenti considerazioni:

- Le prove hanno un andamento sostanzialmente simile evidenziando una buona uniformità sismo-stratigrafica del sito;
- Le frequenze caratteristiche del sito sono state individuate fra 3.5 e 5.5 Hz;
- Le frequenze rilevate indicano un contrasti d'impedenza sismica piuttosto profondi, collocabili all'interno del substrato, a profondità di circa 10 – 15 metri dal p.c.;
- I rapporti H/V compresi fra 2 e 3 indicano contrasti d'impedenza sismica significativi ma non particolarmente elevati.

6. MODELLO GEOLOGICO DELL'AREA

Le indagini realizzate unite alle più generali conoscenze geologiche hanno consentito di ricostruire il modello geologico-geotecnico di riferimento per l'area d'interesse.

SINTESI DEI PARAMETRI GEOTECNICI

Livello A	**Litologia:** limo e argilla con rari trovanti poco addensato	
Dal p.c. a –2/- 3 m	Peso di volume Peso di volume saturo Angolo di attrito di picco Angolo di attrito residuo Coesione	**γ = 1.80 t/mc** **γ = 1.95 t/mc** **φ = 18°** **φ = 16°** **C = 0.04 Kg/cmq**
Livello B	**Litologia:** materiale a consistenza detritica mediamente compatto	
Da –2 / - 3 m a –5/ - 6 m	Peso di volume Peso di volume saturo Angolo di attrito di picco Angolo di attrito residuo Coesione	**γ = 1.90 t/mc** **γ = 2.00 t/mc** **φ = 23°** **φ = 20°** **C = 0.05 Kg/cmq**
Livello C	**Litologia:** *substrato parzialmente alterato*	
Da –5/- 6 m a –12/- 14 m	Peso di volume Peso di volume saturo Angolo di attrito di picco Angolo di attrito residuo Coesione	**γ = 2.05 t/mc** **γ = 2.15 t/mc** **φ = 31°** **φ = 28°** **C = 0.1 Kg/cmq**
Livello D	**Litologia:** *substrato roccioso mediamente compatto*	
Oltre –12/- 14 m	Peso di volume Angolo di attrito	**γ = 2.20 t/mc** **φ = 40°**

7. VALUTAZIONE DELLA PERICOLOSITA' SISMICA DELL'AREA (delibera del 2 Maggio 2007, n.112, in materia antisismica e successive integrazioni)

7.1 OBIETTIVI DELLA DELIBERA

Scopo del presente atto di indirizzo e coordinamento è quello di fornire i criteri per la per l'individuazione delle aree soggette ad effetti locali e per la microzonazione sismica del territorio in modo da orientare le scelte della pianificazione verso aree caratterizzate da minore pericolosità sismica. Lo studio della pericolosità di base e della pericolosità locale hanno come obiettivi:

- *l'individuazione delle aree dove in occasione dei terremoti attesi possono verificarsi effetti locali;*
- *la stima quantitativa della risposta sismica locale dei depositi e delle morfologie presenti nell'area di indagine ("Analisi della Risposta Sismica Locale", RSL);*
- *la suddivisione del territorio in sottozone a diversa pericolosità sismica locale ("Microzonazione Sismica", MZS).*

I risultati dell'analisi della pericolosità sismica locale e della microzonazione sismica, devono essere applicati nella redazione degli strumenti di pianificazione territoriale e urbanistica.

7.2 LIVELLI DI APPROFONDIMENTO

Gli studi di risposta sismica locale e microzonazione sismica vanno condotti a diversi livelli di approfondimento a seconda delle finalità e delle applicazioni nonché degli scenari di pericolosità locale. Tali studi svolti devono essere descritti in una relazione che indichi chiaramente il livello di approfondimento, le indagini effettuate e i risultati ottenuti e devono fornire una cartografia dello stato del territorio, e sono un riferimento necessario per la Valutazione di Sostenibilità Ambientale e Territoriale (VALSAT) preventiva delle singole scelte del piano.

Si identificano due fasi di analisi con diversi livelli di approfondimento.

La prima fase è diretta a definire gli scenari di pericolosità sismica locale, cioè ad identificare le parti di territorio suscettibili di effetti locali (amplificazione del segnale sismico, cedimenti, instabilità dei versanti, fenomeni di liquefazione, rotture del terreno, ecc.). L'individuazione delle aree soggette ad effetti locali si basa su rilievi, osservazioni e valutazioni di tipo geologico e geomorfologico, svolte a scala territoriale, associati a raccolte di informazioni sugli effetti indotti dai terremoti passati. Tale analisi viene svolta - soprattutto mediante elaborazione dei dati disponibili - in sede di elaborazione del PTCP e del PSC e

concorre alla definizione delle scelte di piano, fornendo prime indicazioni sui limiti e le condizioni per la pianificazione nelle suddette aree.

La seconda fase ha come obiettivo la microzonazione sismica del territorio indagato. Sulla base degli scenari individuati dalle analisi svolte nel corso della prima fase, nella seconda fase si attuano due diversi livelli di approfondimento:

a) nelle aree pianeggianti e sub-pianeggianti, incluse le zone di fondovalle appenniniche, con stratificazione orizzontale e sub-orizzontale, e sui versanti stabili con acclività ≤ 15° in cui il deposito ha spessore costante si ritiene sufficiente un'analisi semplificata (secondo livello di approfondimento), cioè l'analisi della pericolosità locale può essere basata, oltre che sull'acquisizione di dati geologici e geomorfologici più dettagliati di quelli rilevati nel primo livello, su prove geofisiche in sito e su prove geotecniche di tipo standard. Il numero delle verticali indagate deve essere tale da consentire un'adeguata caratterizzazione geotecnica spaziale dei terreni e delle formazioni presenti nell'area di studio;

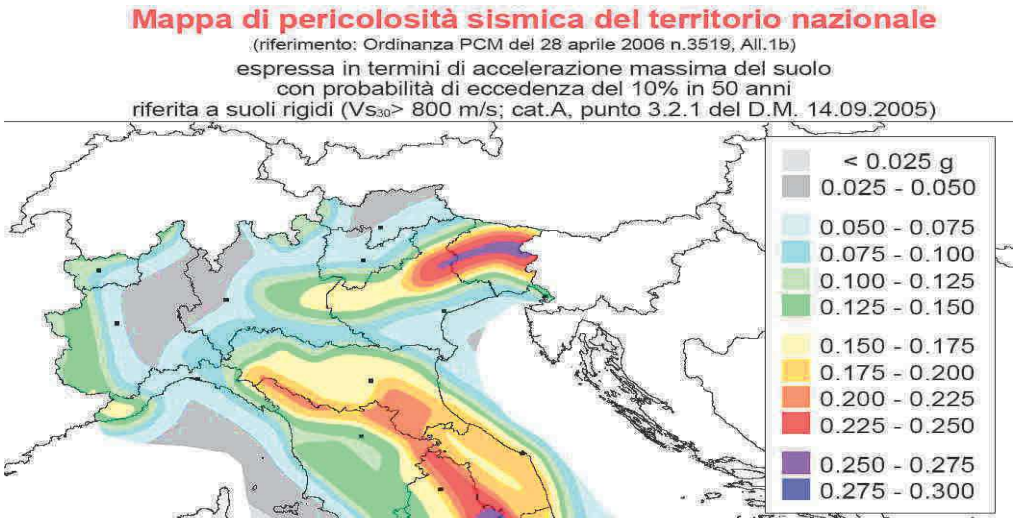
b) un'analisi più approfondita (terzo livello di approfondimento) è invece richiesta nei seguenti casi (vedere Allegato A1):

- *aree soggette a liquefazione e densificazione;*
- *aree instabili e potenzialmente instabili;*
- *aree in cui le coperture hanno spessore fortemente variabile, come ad esempio nelle aree pedemontane e di fondovalle a ridosso dei versanti;*
- *aree in cui è prevista la realizzazione di opere di rilevante interesse pubblico.*

L'analisi approfondita richiede un significativo numero di prove geofisiche e geotecniche, sia in sito che in laboratorio, rivolte alla definizione del comportamento dei terreni sotto sollecitazione dinamica. In queste parti del territorio la pericolosità potrebbe essere molto elevata e perciò deve essere attentamente valutata la possibilità di renderle suscettibili di trasformazione urbanistica.

7.3 CARATTERI SISMICI DELL'AREA

In base alla nuova carta della pericolosità sismica del territorio nazionale, i valori di PGA su suolo rigido con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni, per il Comune di Nibbiano sono compresi fra 0.075 e 0.100 g. L'area ricade nella zona simogenetica 911, in cui i meccanismi di fagliazione prevalenti sono legati a faglie trascorrenti e le profondità dei terremoti prevalentemente compresi fra 8 e 12 Km. Le magnitudo massime attese nella zona sismogenetica d'interesse sono di 5.7-6.1.Le serie storiche dei terremoti contenuti nell'archivio della Regione Emilia Romagna non segnalano eventi sismici rilevanti nell'area d'interesse.



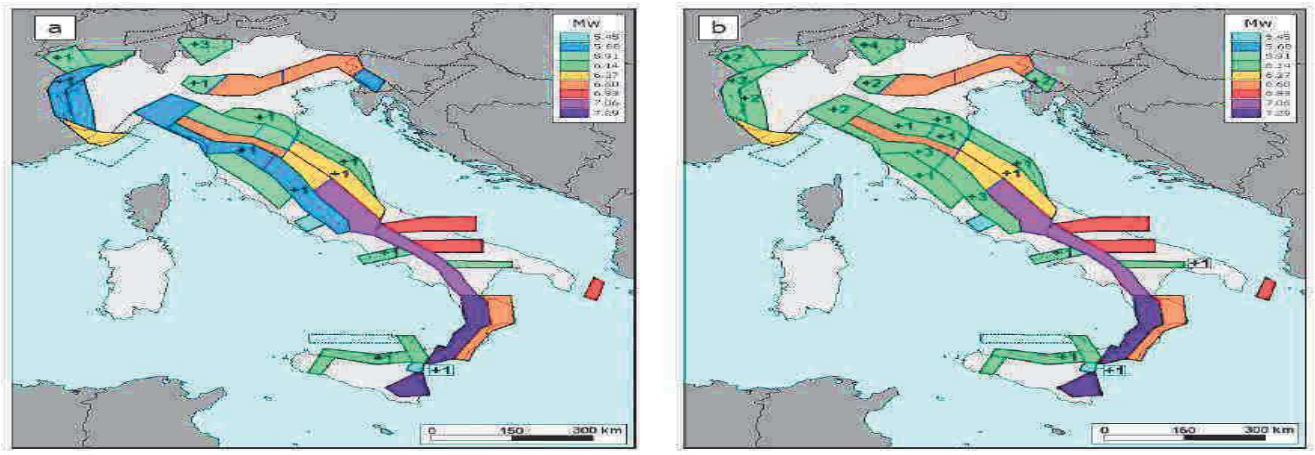


Figura 36. Valori di Mwmax corrispondenti ai due insiemi: a) "osservati" (Mwmax1); b) "cautelativi" (Mwmax2).

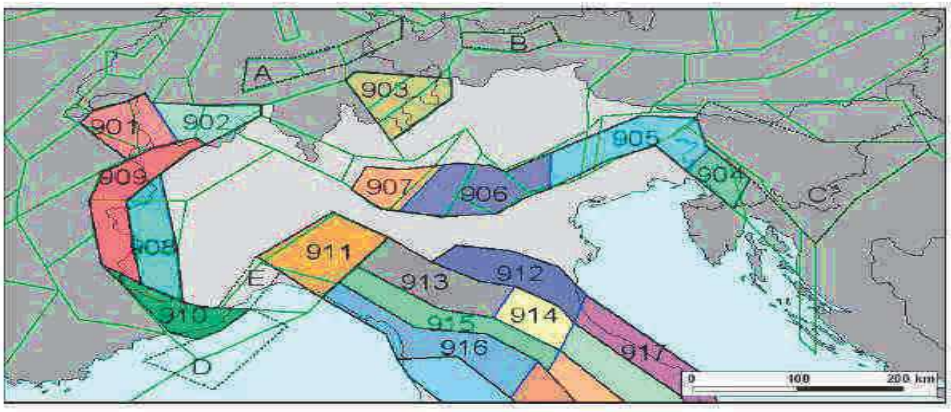


Figura 10. Zonazione sismogenetica ZS9 a confronto con la zonazione del progetto SESAME nell'area alpina (Jiménez et al., 2001; linee di colore verde).

In base alle caratteristiche geologiche del sito d'interesse, i principali effetti attesi possono ricondursi essenzialmente a fenomeni di amplificazione litologica e in minor misura a fenomeni d'instabilità dei versanti. Sono da escludere fenomeni d'amplificazione topografica (pendenza del versante complessivamente inferiore a 15°) e fenomeni di liquefazione (basso valore di ag atteso e presenza di copertura di materiale eterogeneo in matrice coesiva).

7.4 VALUTAZIONE DEL FATTORE DI AMPLIFICAZIONE DEL SITO INTERESSE-ANALISI 2° LIVELLO

V_{SH} (m/s) → H (m) ↓	150	200	250	300	350	400	450	500	600	700
5	1.8	1.7	1.4	1.2	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
10	2.0	2.0	1.9	1.7	1.5	1.4	1.2	1.1	1.0	1.0
15	2.0	2.0	2.0	1.9	1.8	1.6	1.4	1.3	1.2	1.0
20	2.0	2.0	2.0	2.0	1.9	1.7	1.6	1.4	1.3	1.0
25	2.0	2.0	2.0	1.9	1.8	1.8	1.6	1.5	1.3	1.0
30		1.9	1.9	1.9	1.8	1.7	1.6	1.5	1.4	1.2
35		1.9	1.9	1.9	1.9	1.7	1.6	1.4	1.4	1.2
40		1.9	1.9	1.9	1.9	1.7	1.6	1.4	1.4	1.2
50		1.9	1.9	1.9	1.9	1.8	1.6	1.4	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	1.7	1.4	1.1	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
10	2.1	2.0	1.7	1.4	1.2	1.1	1.0	1.0	1.0	1.0
15	2.2	2.2	2.0	1.8	1.5	1.4	1.2	1.1	1.0	1.0
20	2.2	2.2	2.2	2.0	1.8	1.6	1.4	1.3	1.1	1.1
25	2.2	2.2	2.2	2.1	1.9	1.7	1.6	1.4	1.3	1.1
30		2.2	2.2	2.1	2.0	1.8	1.6	1.5	1.3	1.2
35		2.1	2.1	2.1	2.1	1.9	1.7	1.5	1.4	1.2
40		2.1	2.1	2.1	2.0	1.9	1.7	1.6	1.4	1.2
50		2.0	2.0	2.0	2.0	1.9	1.7	1.6	1.5	1.2

Fattore di Amplificazione **SA1** (0,1s≤T≤0.5s)

Tabelle calcolo fattore amplificazione – Margine appenninico con substrato rigido

Appennino, coperture su substrato rigido

V_{SH} (m/s) → H (m) ↓	150	200	250	300	350	400	450	500	600	700
5	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
10	1.5	1.3	1.1	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
15	2.2	1.8	1.4	1.1	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
20	2.8	2.5	1.9	1.4	1.2	1.1	1.0	1.0	1.0	1.0
25	2.9	2.8	2.4	1.7	1.4	1.2	1.1	1.1	1.0	1.0
30		3.0	2.7	2.0	1.7	1.4	1.3	1.2	1.1	1.0
35		3.1	2.9	2.4	1.9	1.6	1.4	1.3	1.2	1.1
40		3.1	3.0	2.6	2.2	1.9	1.6	1.4	1.2	1.1
50		2.9	2.9	2.7	2.5	2.2	1.9	1.6	1.4	1.2

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	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
10	1.2	1.1	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
15	1.4	1.3	1.1	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
20	2.0	1.5	1.3	1.1	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
25	2.7	1.9	1.5	1.2	1.1	1.1	1.0	1.0	1.0	1.0
30		2.5	1.8	1.4	1.2	1.1	1.1	1.0	1.0	1.0
35		3.1	2.3	1.5	1.3	1.2	1.2	1.1	1.1	1.0
40		3.4	2.9	1.9	1.5	1.3	1.2	1.2	1.1	1.0
50		3.5	3.3	2.8	1.8	1.6	1.4	1.3	1.2	1.1

Fattore di Amplificazione **SA3** (0.7s≤ T≤1.1s)

Tabelle calcolo fattore amplificazione – Margine appenninico con substrato rigido

I fattori di amplificazione calcolati per i singoli profili di velocità Vs sono riassunti nel tabella seguente:

prova	prof. bedrock	vs h	fa pga	fa intensità spettrale SA1	fa intensità spettrale SA1	fa intensità spettrale SA1
M1	14 m	330	1.85	1.65	1.05	1.0

In base alla delibera sopraccitata, l'accelerazione orizzontale su suolo rigido (Vs>800 m/s) prevista per il Comune di Nibbiano è di 0.098g.

7.5 SPETTRO DI RISPOSTA (IN PGA) DELL'AREA

Nella delibera della Regione è riportata la forma dello spettro di risposta valido per tutta la regione.

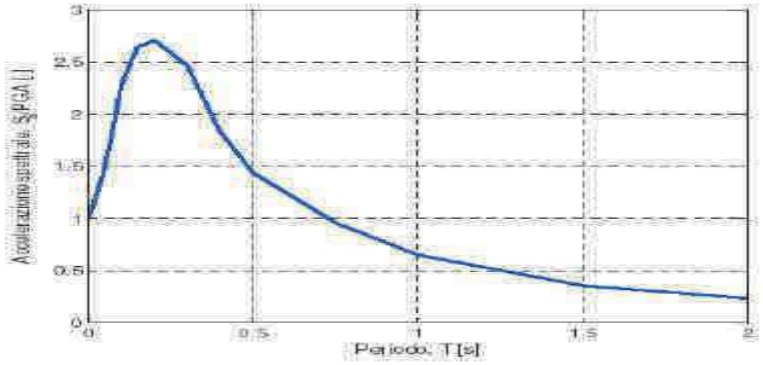
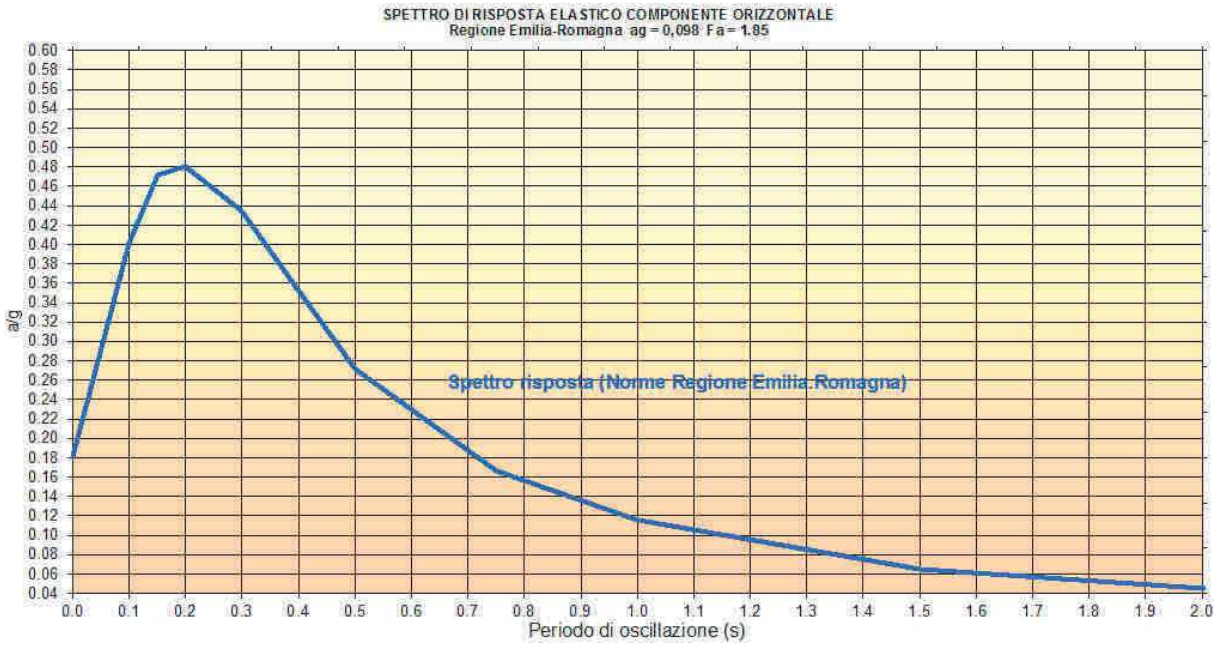


Figura 1 - Spettro di risposta normalizzato (T_R = 475 anni, smorzamento = 5%) per l'Emilia-Romagna

Dallo spettro di risposta normalizzato è possibile ottenere, moltiplicando i valori della tabella 1 per il valore di arefg di ogni comune, lo spettro di risposta a probabilità uniforme che descrive le caratteristiche del moto sismico atteso per ogni comune dell'Emilia-Romagna. Considerando il valore di arefg=0.098 per il comune di Nibbiano e il fattore di amplificazione (1.85), è stato calcolato lo spettro di risposta del sito d'interesse.



Spettro di riposta del sito in base alle norme della regione Emilia-Romagna

7.6 ANALISI DELLA STABILITA' DEL VERSANTE SIA IN CONDIZIONI PSEUDO-STATICHE CHE SISMICHE-DINAMICHE - ANALISI 3° LIVELLO

Per ricostruire l'assetto litostratigrafico e le caratteristiche geomeccaniche del versante, oltre alle considerazioni di carattere geologico, sono stati utilizzati i dati desunti dalle prove geofisiche realizzate, sintetizzati nei paragrafi precedenti.

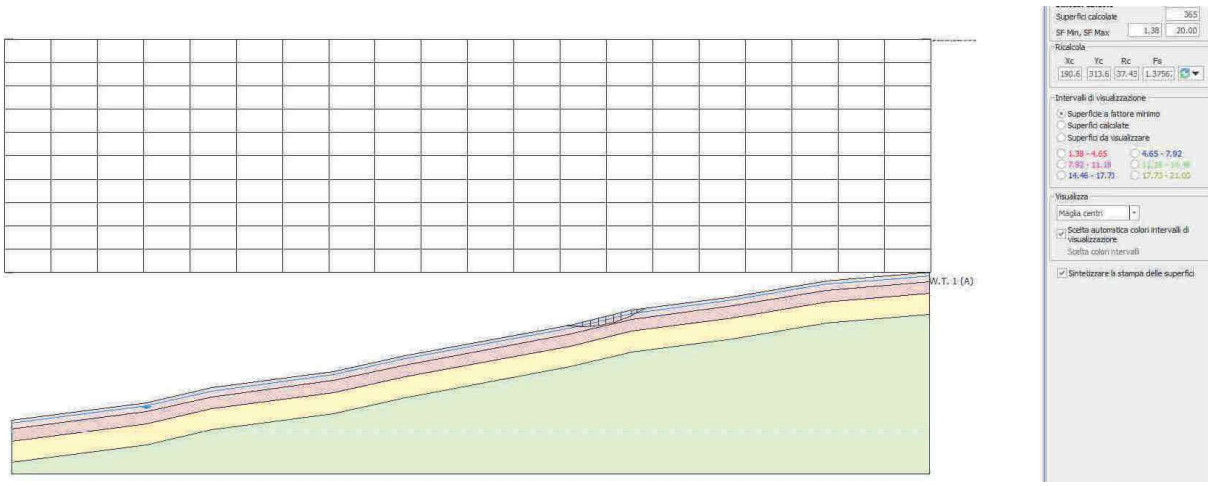
1 Angolo resistenza al taglio: Residuo

Nr.	DB	Peso unità di volume (Kg/m³)	Peso saturo (Kg/m³)	Coesione (kg/cm²)	Coesione non drenata (kg/cm²)	Angolo resistenza al taglio picco (°)	Angolo resistenza al taglio residuo (°)	Permeabilità (m/s)	Dati aggiuntivi ...	Texture ...	Descrizione
1		1800.00	1950	0.04		18	16	Permeabile			
2		1900	200	0.05		23	20	Impermeabile			
3		2050	2015	0.1		31	28	Impermeabile			
4		2200	220			45	45	Impermeabile			

Modello geologico-geotecnico dell'area

7.6.1 Analisi di stabilità in condizioni pseudostatiche

Per l'analisi di stabilità del versante è stato utilizzato il software "slope" della società Geostru. Il metodo utilizzato è stato quello di Bishop. Per l'analisi di stabilità, a scopo cautelativo, sono stati utilizzati valori di angolo di attrito residuo). Per l'azione sismica è stato considerato un valore di ag di 0.098x1.85 (fattore di amplificazione massimo) = 0.181g, ed un coefficiente di amplificazione topografica di 1.0. E' stata inoltre considerata la falda a 1.5 metri dal p.c. In base alle verifiche realizzate, che, dato l'utilizzo dell'angolo di attrito residuo, sono state fatte in condizioni cautelative, il versante risulta in buone condizioni di sicurezza. La superficie con il minor coefficiente di sicurezza (1.38), che interessa la copertura superficiale, è stata individuata poco a valle di Casa Pobiella.

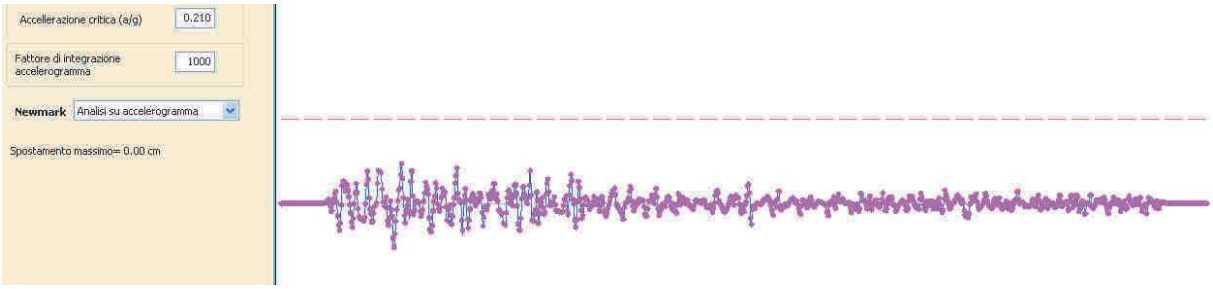


Verifica di stabilità del versante

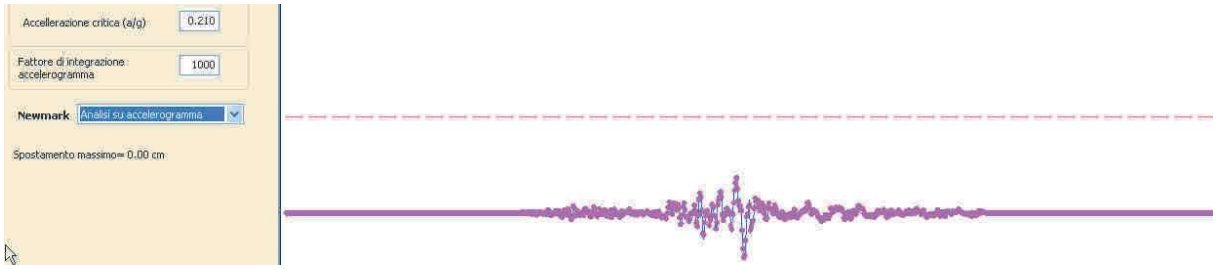
7.6.2 Analisi di stabilità dinamica (Metodo di NEWMARK)

Le verifiche in condizioni sismiche dinamiche (semplificate) sono state realizzate utilizzando come input gli accelerogrammi forniti dalla Regione Emilia-Romagna per il Comune di Nibbiano.

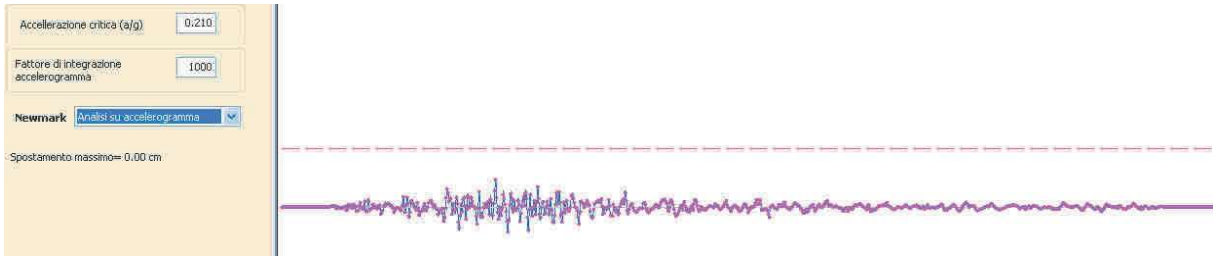
Le verifiche effettuate, con spostamenti nulli, confermano la stabilità dell'area anche in condizioni sismiche dinamiche. Di seguito si riportano i risultati delle 3 analisi dinamiche relative ai 3 sismogrammi considerati; nei grafici il valore soglia dell'accelerazione in grado di produrre spostamenti è rappresentato dalla linea rossa tratteggiata.



Accelerogramma 000046xa_033029Nibbiano.txt



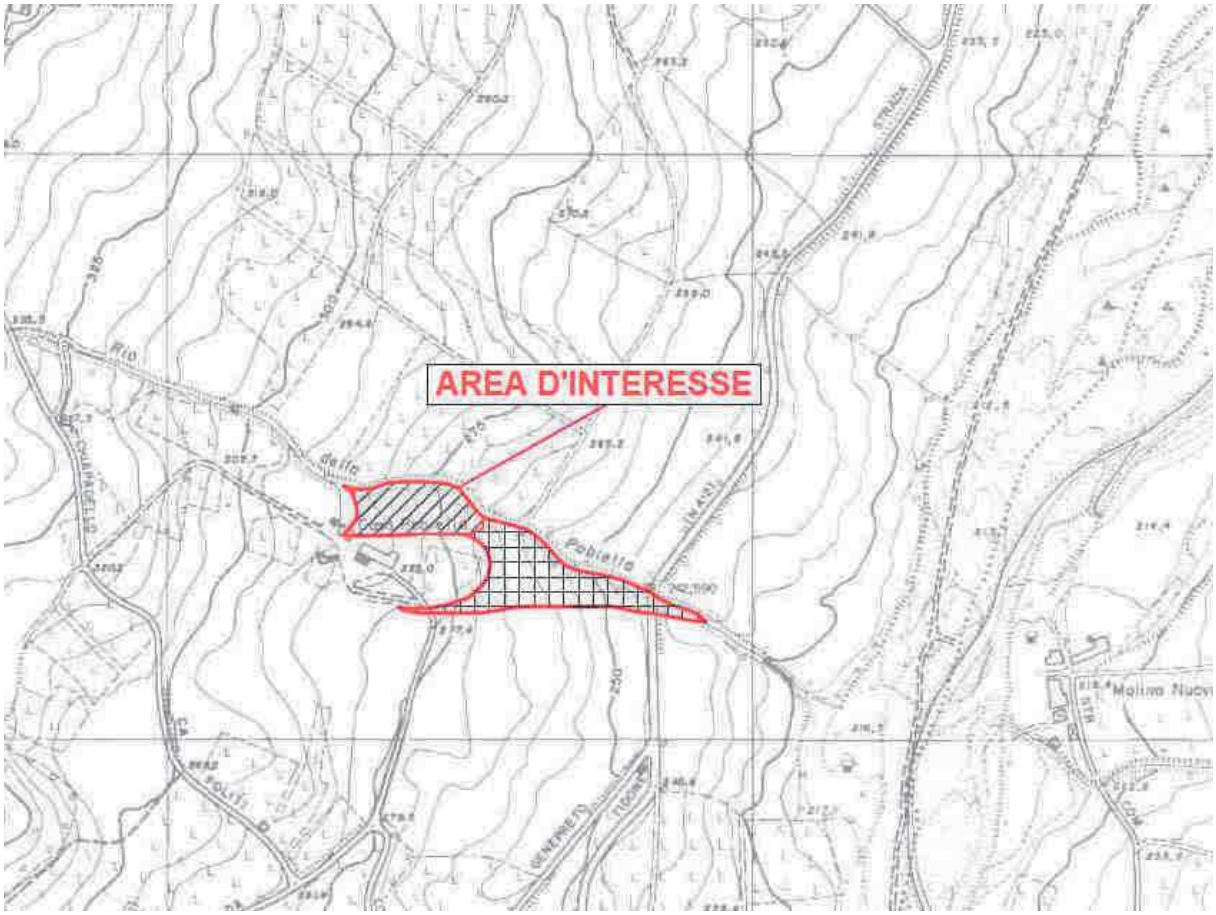
Accelerogramma 000126xa_033029Nibbiano.txt



Accelerogramma 000354xa_033029Nibbiano.txt

8. ZONIZZAZIONE DEL RISCHIO DEL CORPO DI FRANA QUIESCENTE-DEPOSITO DI VERSANTE

Il corpo di detritico studiato è stato suddiviso, in base a criteri geologico-geomorfologici, in settori contraddistindi da un differente grado di "rischio". In linea di massima l'accumulo della paleofrana risulta nel complesso discretamente assestato senza evidenze di significativi movimenti gravitativi recenti e/o in atto.



Zonizzazione del "rischio" geologico del corpo detritico

Sono state distinte 2 classi di rischio:

- **Aree a rischio moderato (classe 2 - rigato obliquo)**, sono localizzate immediatamente a Nord del nucleo di Casa Pobiella. In questo settore le condizioni geologico-geomorfologiche e idrogeologiche sono complessivamente favorevoli;
- **Aree a rischio molto elevato (classe 4 – retino incrociato)**, il restante corpo di paleofrana è stato considerato, pur in assenza di movimenti significativi in atto e/o recenti, a rischio molto elevato.

9. PRESCRIZIONI PER LE AREE IN FRANA QUIESCENTE - DEPOSITO DI VERSANTE IN CUI E' STATA EFFETTUATA LA VALUTAZIONE DEL RISCHIO

Classe 1 (rischio basso) – Fattibilità senza particolari limitazioni (R1):

Queste aree si ritengono utilizzabili ai fini edificatori senza particolari limitazioni all'urbanizzazione o alla modifica della destinazione d'uso; eventuali problematiche locali possono essere superate attraverso approfondimenti di indagine o accorgimenti tecnico-costruttivi. In particolare si dovrà subordinare l'autorizzazione ad accertamenti geognostici in particolare ai fini di:

- *evitare che fondazioni di una stessa costruzione vengano a poggiare in parte sulla zona di alterazione ed in parte sulla roccia in posto, o peggio ancora, su materiale di riporto;*
- *ridurre all'indispensabile eventuali sbancamenti e riporti adottando pendenze adeguate;*
- *drenare le acque eventualmente incontrate;*
- *adottare la tipologia di fondazione più idonea alla tipologia di substrato riscontrata.*

Classe 2 (rischio moderato) – Fattibilità con modeste limitazioni (R2):

Queste aree si ritengono utilizzabili ai fini urbanistici, anche se si sono appurate alcune condizioni limitanti all'edificabilità, che possono essere superate attraverso approfondimenti di indagine o accorgimenti tecnico-costruttivi; gli interventi edificatori sono comunque permessi, prevedendo se necessario eventuali accorgimenti costruttivi necessari o interventi di riduzione del rischio idrogeologico, quali:

- *sbancamenti e riporti ridotti al minimo;*
- *fondazioni rigide, spinte ad idonea profondità dall'attuale piano campagna;*
- *regolamentazione delle acque superficiali e sotterranee;*
- *sistemi di raccolta sistematica e l'allontanamento in tubazioni a perfetta tenuta delle acque piovane e di quelle di scarico dei futuri edifici;*
- *opportuni interventi di sostegno (ex gabbionate, muri con drenaggio e sistema di smaltimento acque ecc.) al fine di proteggere il piede di eventuali scarpate artificiali con pendenze superiori a 1/2.*

Per tali zone si dovrà comunque subordinare l'autorizzazione ad ulteriori e dettagliati accertamenti geologici e geognostici.

Classe 3 (rischio elevato) – Fattibilità con significative limitazioni (R3)

In questa classe si sono inserite le zone in cui la propensione al dissesto è più elevata, ed in cui le limitazioni alla modifica della destinazione d'uso appare più consistente.

Si dovrà dunque subordinare l'autorizzazione ad ulteriori e dettagliati accertamenti geologico-tecnici e geognostici, finalizzati a valutare quali siano le azioni atte a ridurre il rischio connesso all'intervento edificatorio

Si dovrà dunque prevedere quanto segue:

- *manutenzione delle eventuali opere di difesa esistenti;*
- *l'adozione di fondazioni rigide, spinte ad idonea profondità dall'attuale piano campagna;*
- *la raccolta sistematica e l'allontanamento in tubazioni a perfetta tenuta delle acque piovane e di quelle di scarico dei futuri edifici;*
- *regolamentazione delle acque superficiali e sotterranee, e se necessario comprendere tutta o buona parte della zona a monte, attraverso le opportune opere idrauliche (ex canali di scolo, drenaggi sotterranei ecc.);*
- *quanto necessario al fine di ridurre la pericolosità;*

Oltre a quanto consentito dalle norme del P.T.C.P. (e dal P.A.I) in merito alle frane attive e quiescenti, in questa classe sono ammessi solo ampiamenti delle costruzioni esistenti, con incrementi volumetrici non superiori a quanto consentito dalle N.T.A. del P.S.C comunale.

Classe 4 (rischio molto elevato) – Fattibilità con gravi limitazioni (R4):

In queste zone si intende consentito quanto permesso dal P.T.C.P (e dal P.A.I) per le frane quiescenti-depositi di versante.

Trevozzo, 27/01/2020

Dott. Adriano Baldini



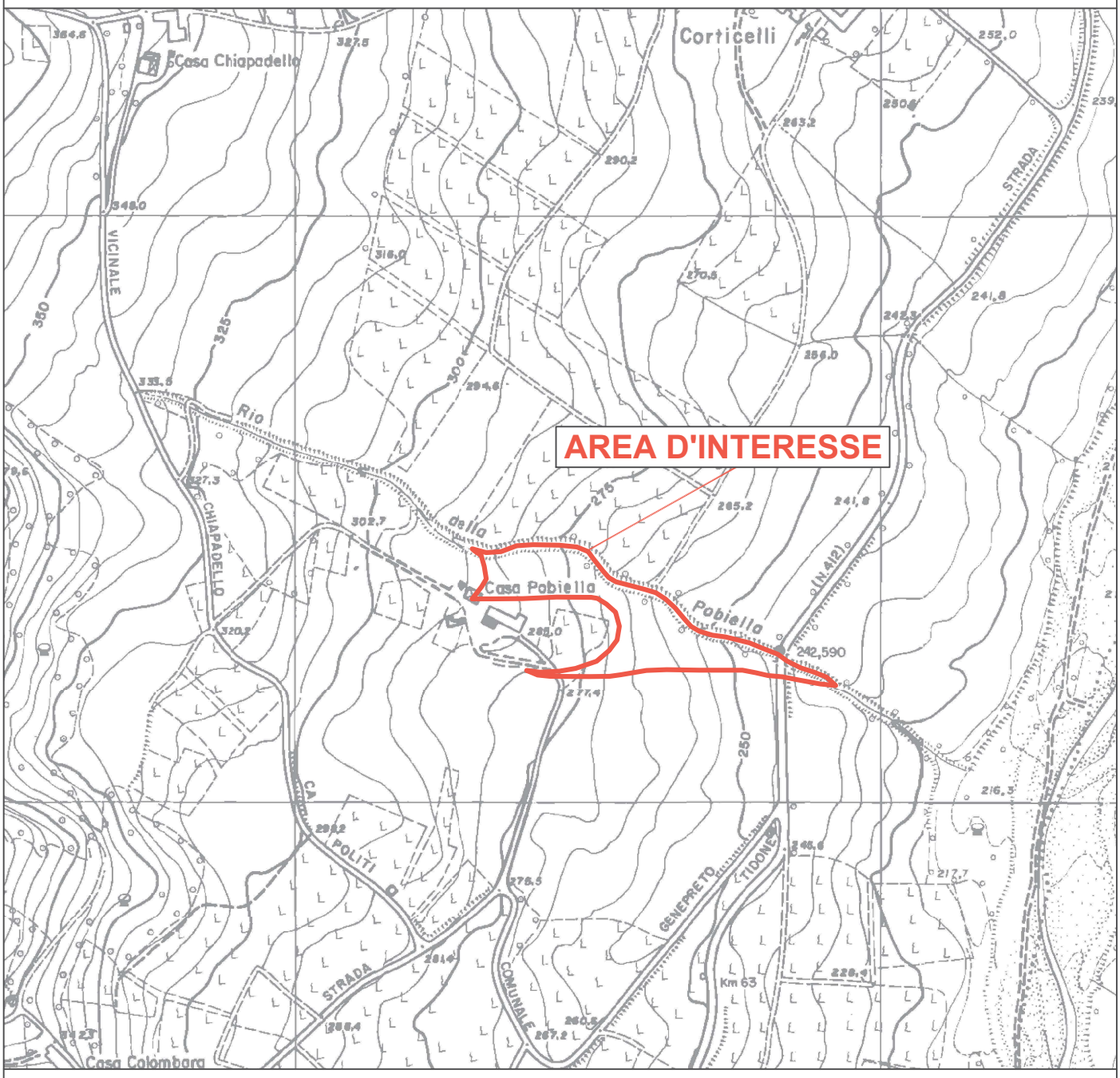
Dott. Alberto Lepori

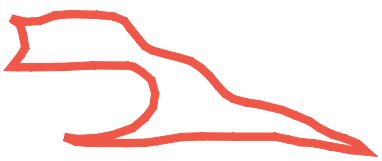


ALLEGATI

INQUADRAMENTO TERRITORIALE

Scala 1:5000



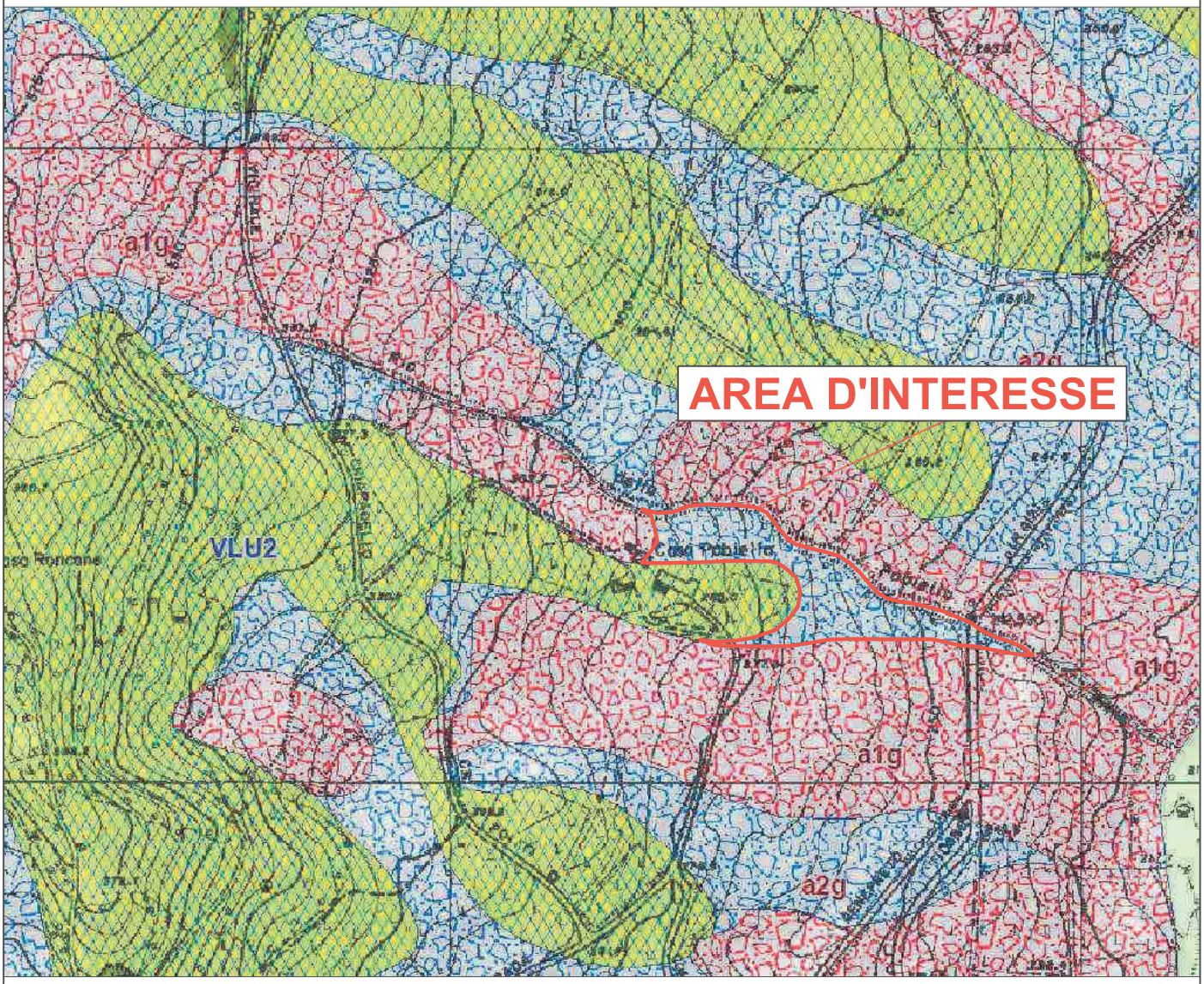


Area considerata

Fig. **1**

ESTRATTO CARTA GEOLOGICA REGIONALE

Scala 1:5000



LEGENDA

Unità geologiche (10K)

VLU2 - Formazione della Val Luretta - membro di Monteventano

VLU3 - Formazione della Val Luretta - membro di Genepreto

Coperture quaternarie (10K)

a1g - Deposito di frana attiva complessa

a2 - Deposito di frana quiescente di tipo indeterminato

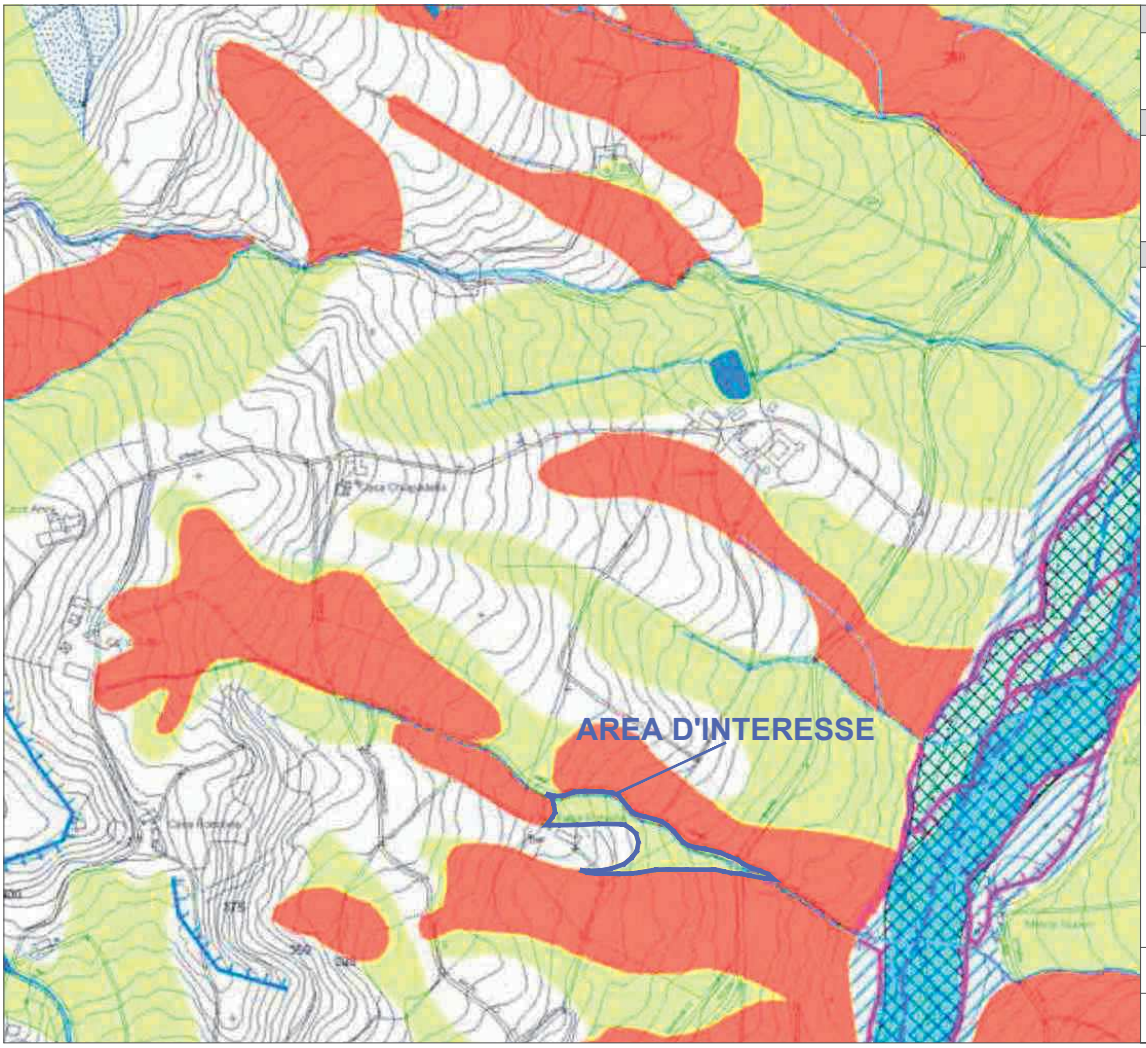
a2b - Deposito di frana quiescente per scivolamento

a2d - Deposito di frana quiescente per colamento di fango

a2g - Deposito di frana quiescente complessa

Area considerata

Fig.2



COMMITTENTE

Az. Agricola La Pobiella
di Elena Bagnalasta
Loc. La Pobiella
29031 Alta Val Tidone (PC)

OGGETTO

Studio geologico e analisi
di un versante in frana quiescente
in loc. Casa Pobiella nel Comune di Alta Val Tidone
"*Classificazione del rischio nelle zone di frana quiescente*"

TITOLO

CARTA DEL DISSESTO
Estratta dal PSC

Elementi morfologici

Area di frana attiva:
Accumuli gravitativi caotici di materiali eterogenei ed eterometrici, in abbondante matrice limoso-argillosa, con evidenti movimenti in atto.

Area di frana quiescente:
Accumuli gravitativi caotici di materiali eterogenei ed eterometrici, in abbondante matrice limoso-argillosa, attualmente quiescenti o stabilizzati.

Area di frana stabilizzata o relitta
Movimenti gravitativi quiescenti di cui non si hanno indizi di movimento recente o in atto. Generalmente si presentano con profili regolari, vegetazione ben sviluppata, assenza di lesioni a manufatti ed infrastrutture.

Depositi alluvionali attuali:
Ghiaie sciolte eterogenee ed eterometriche, a matrice sabbiosa-limosa o limosa.

Alveo di magra del torrente

Depositi alluvionali in evoluzione che si rinvengono entro l'alveo attivo del fiume, talora fissati dalla vegetazione e corrispondenti ad aree esondabili in condizioni di piena ordinaria.

Depositi alluvionali terrazzati, recenti, fissati da copertura vegetale:
Ghiaie a matrice limoso-sabbiosa, spesso ricoperte da una coltre limosa di colore prevalentemente bruno-giallastro (2,5 Y 4/2 "Munsell Soil Charts").
[Depositi alluvionali terrazzati e disposti a diverse quote rispetto all'alveo attivo, esondabili in condizioni di piene eccezionali]
Olocene Supariore.

Depositi alluvionali terrazzati medio-antichi:
Ghiaie a prevalente matrice limosa o limoso-sabbiosa, ricoperte in superficie da una coltre limoso-argillosa di colore bruno-giallastro scuro o bruno-grigiastro scuro (valori compresi tra 10 YR 4/3, 4/4-5/3, 5/4 e 2,5 Y 5/2, 4/3 "Munsell Soil Charts").
Olocene medio-superiore.

Depositi alluvionali terrazzati antichi:
Successioni di ghiaie, sabbie e limi, debolmente alterate alla sommità. Presenza di coltre limoso-argillosa di copertura a prevalente colore bruno e bruno-giallastro (valori compresi tra 10 YR 4/3, 5/3 e 4/4 "Munsell Soil Charts").
Pleistocene superiore? – Olocene inferiore.

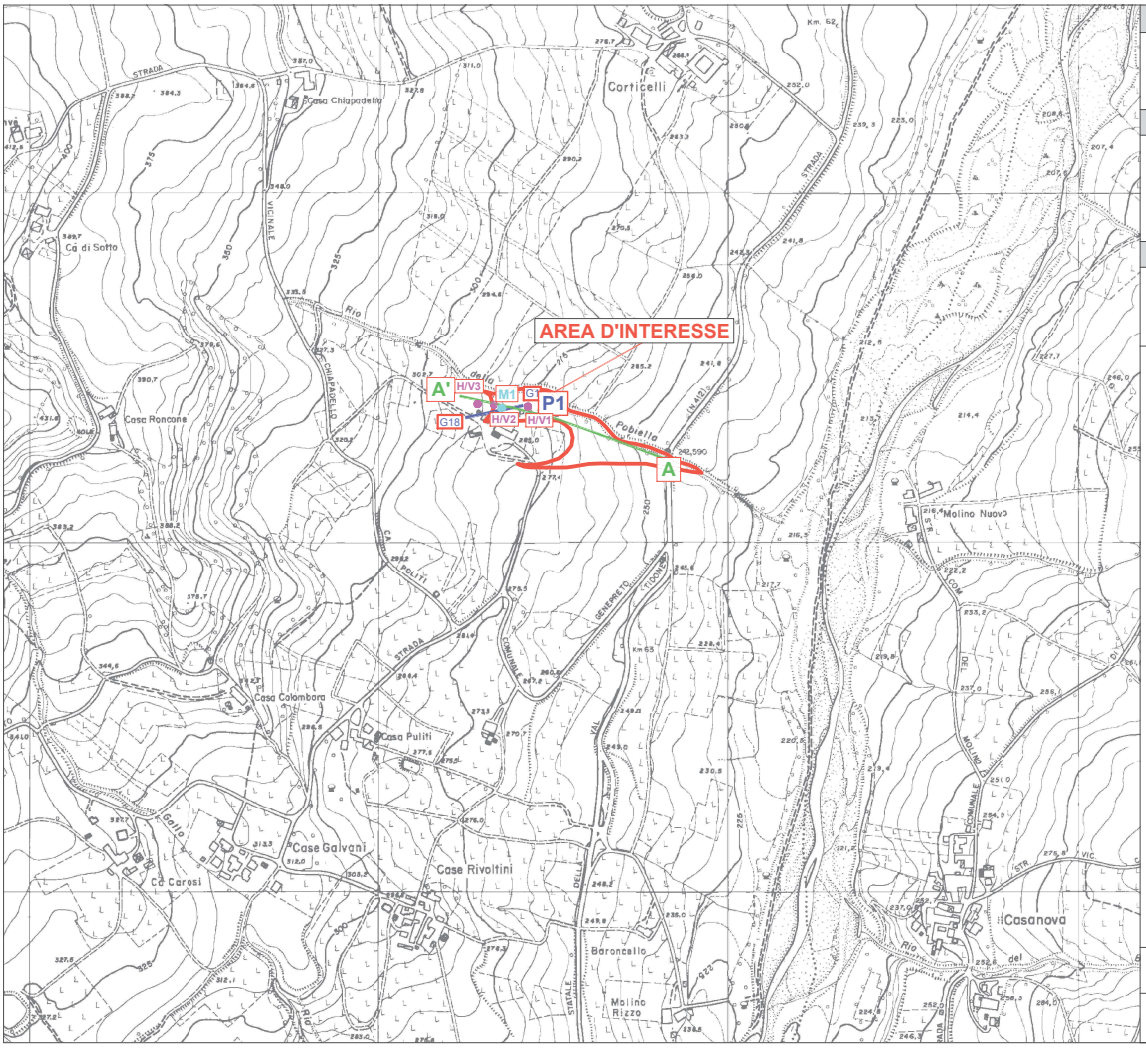


AREA DI STUDIO

scala:
1:5.000

Fig. **3**

N



COMMITTENTE

Az. Agricola La Pobiella
di Elena Bagnalasta
Loc. La Pobiella
29031 Alta Val Tidone (PC)

OGGETTO

Studio geologico e analisi
di un versante in frana quiescente
in loc. Casa Pobiella nel Comune di Alta Val Tidone
"*Classificazione del rischio nelle zone di frana quiescente*"

TITOLO

PLANIMETRIA DELLE INDAGINI

INDAGINI SISMICHE

G1 P1 G18 — Traccia stendimento tomografia sismica

M1 — Prova MASW

H/V1 — Prova Microtremori tipo Nakamura

A' A — Traccia verifica di stabilità del versante

AREA DI STUDIO



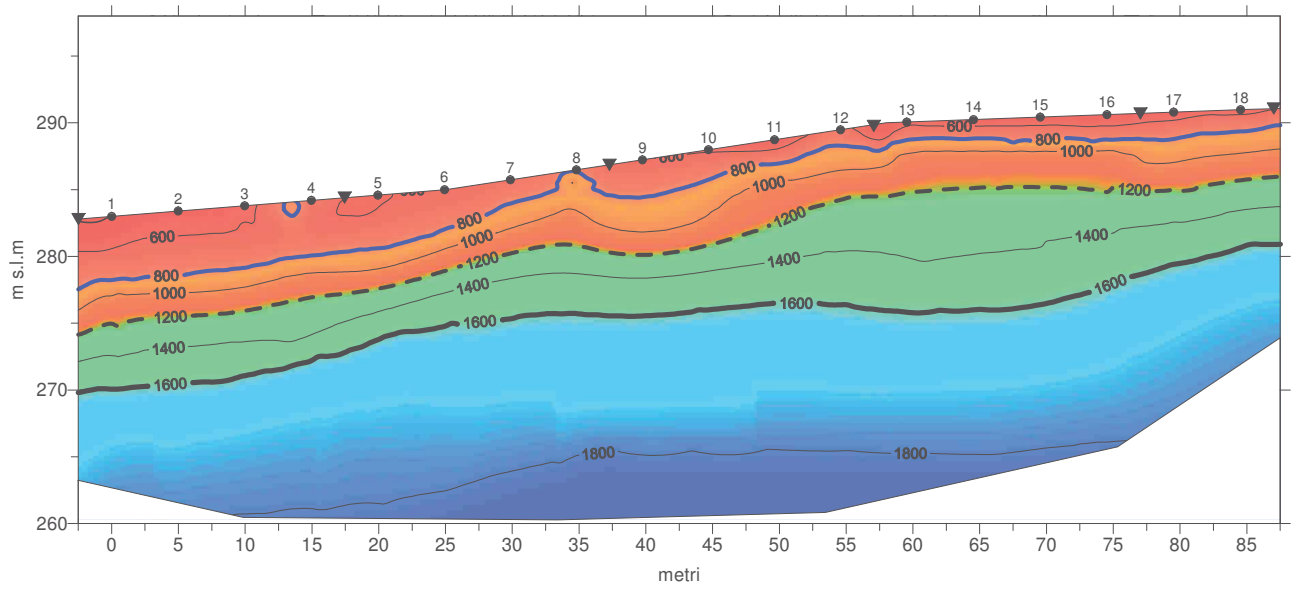
scala: 1:5000

Fig. 4

T-Indagini.dwg

N

Loc. Casa Pobiella - Comune di Alta Val Tidone - TOMOGRAFIA SISMICA



Scala 1:400

Velocità sismiche m/sec

300 600 900 1200 1500 1800

Limite del materiale di copertura più allentato

Aumento di addensamento

Passaggio al substrato più compatto

▼ Punti di energizzazione

● Punti di registrazione

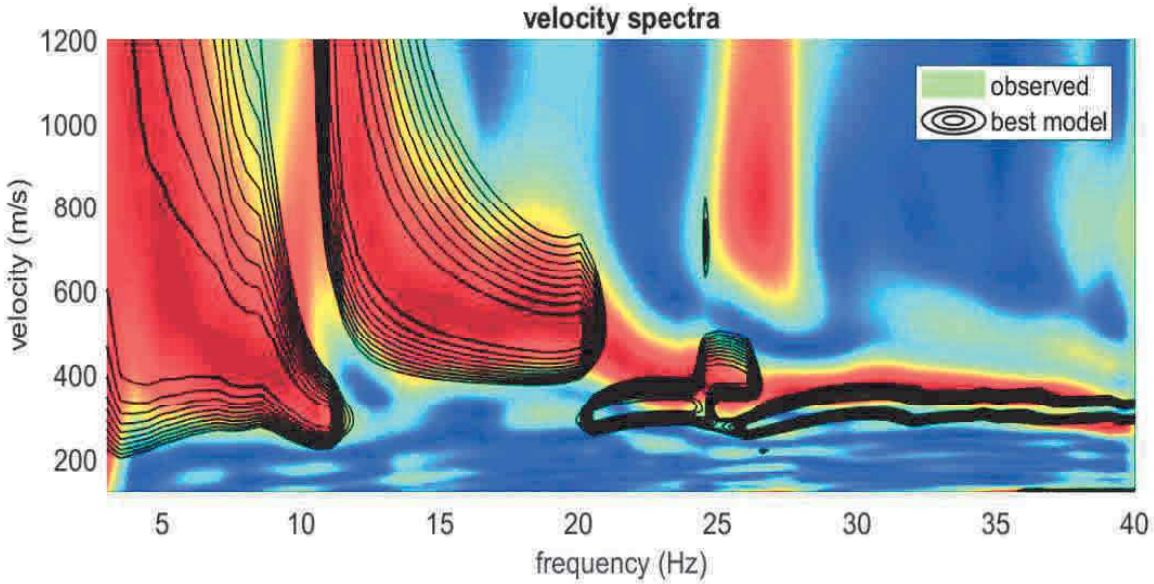
Fig.5

Loc. Casa Pobiella - Comune di Alta Val Tidone

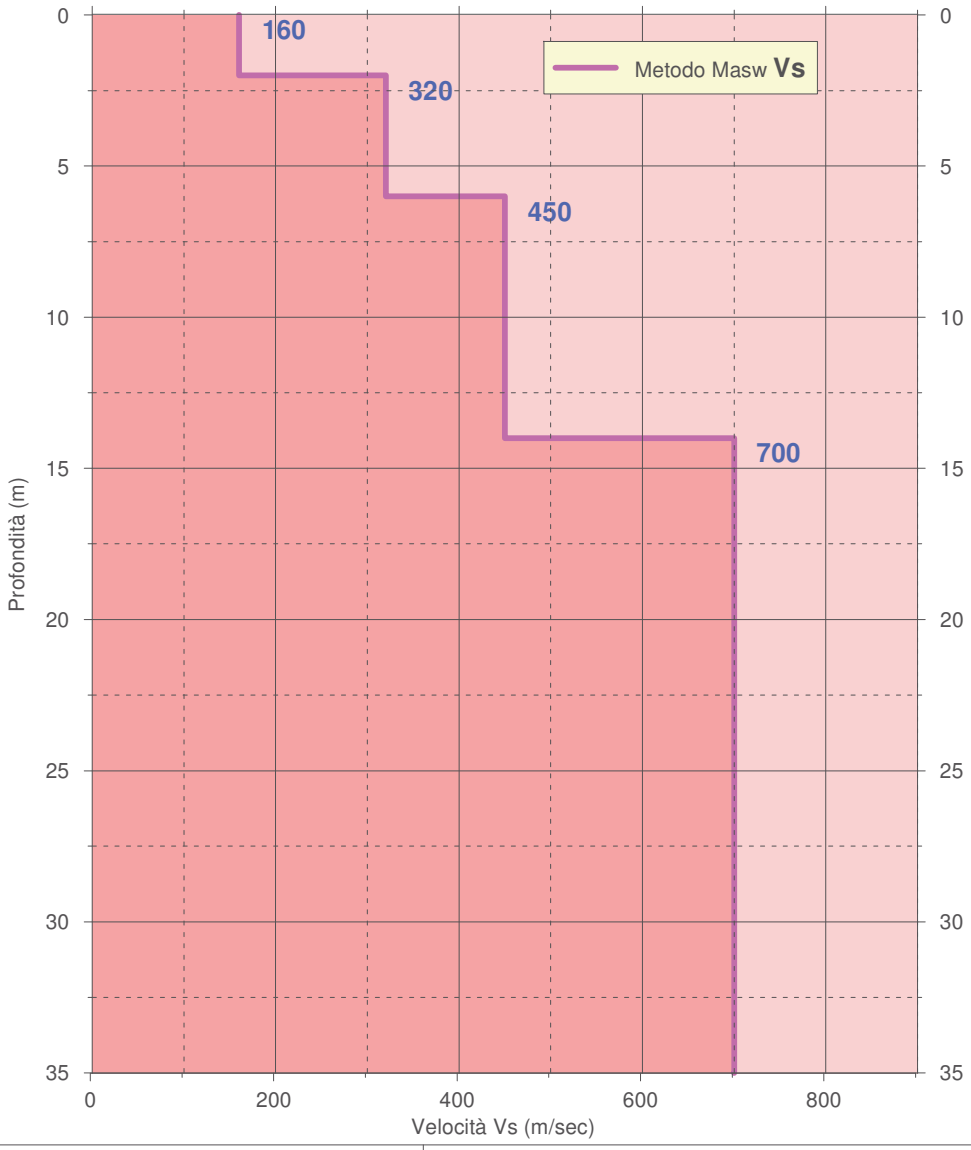
METODO MASW

M1

GRAFICO VELOCITA' di FASE- FREQUENZA



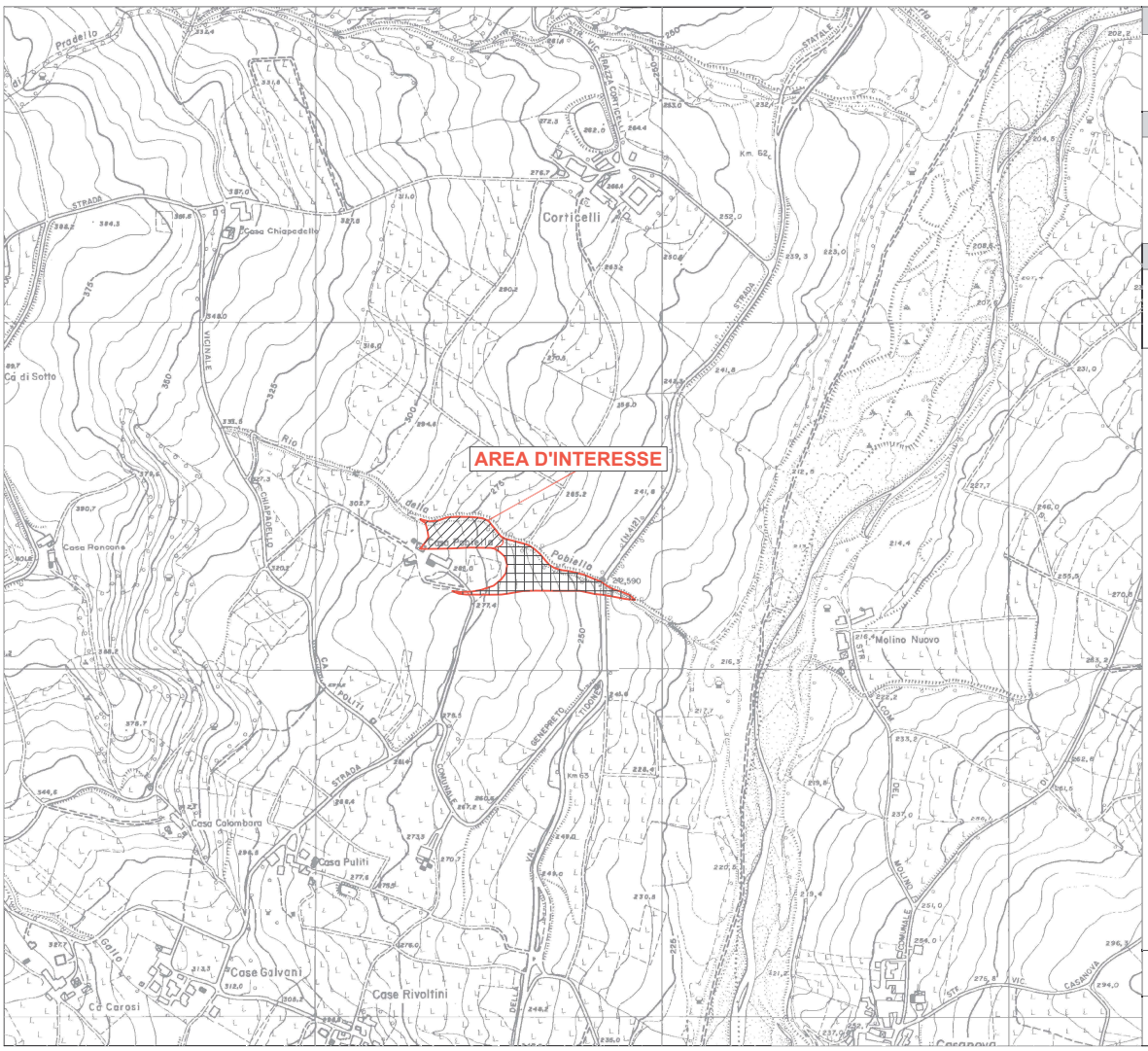
PROFILO VELOCITÀ Vs



Vs_eq 0-30 m = 457 m/s

SUOLO DI FONDAZIONE TIPO "B"

Fig. 6



COMMITTENTE

Az. Agricola La Pobiella
di Elena Bagnalasta
Loc. La Pobiella
29031 Alta Val Tidone (PC)

OGGETTO

Studio geologico e analisi
di un versante in frana quiesciente
in loc. Casa Pobiella nel Comune di Alta Val Tidone
"*Classificazione del rischio nelle zone di frana quiescente*"

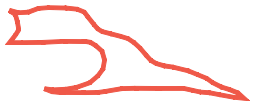
TITOLO

CARTA DEL "RISCHIO" GEOLOGICO

CLASSI DI RISCHIO

Classe 2 - Rischio Moderato

Classe 4 - Rischio Molto Elevato



AREA DI STUDIO

scala:
1:5000

N

Fig. 7

17 Frana quiescente in loc. Pecorara

Geotest s.r.l.
geologia tecnica e ambientale

Via E. Fermi, 113 – Trevozzo
29031 Alta Val Tidone (PC)
Tel.: 348 510 7263
geotestsrl@hotmail.it

Servizi Geologici
Servizi Geotecnici
Servizi Geofisici

REGIONE EMILIA ROMAGNA
PROVINCIA DI PIACENZA (PC)
COMUNE DI ALTA VAL TIDONE

Relazione geologica

Oggetto

Relazione geologico-sismica preliminare finalizzata alla valutazione e zonizzazione del "Rischio Geologico" di un'area localizzata su Frana Quiescente ed ubicata nelle vicinanze dell'abitato di Pecorara.

Committente

Az. Agricola
Radicelli Davide
Loc. Pecorara
29031 Alta Val Tidone (PC)

Tecnici Incaricati

Dott. Geol. Baldini Adriano



GeoTest

Trevozzo, 18 febbraio 2020

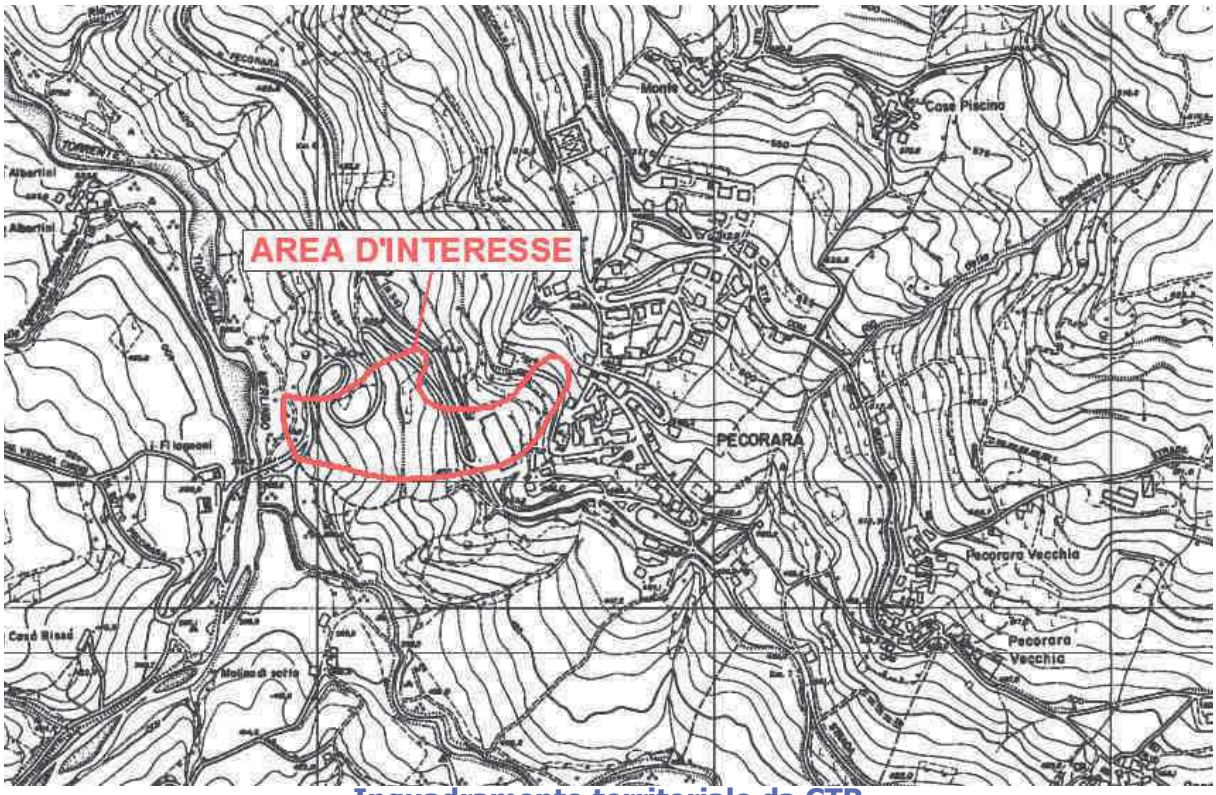
Sommario

1. PREMESSA 2
2. INDAGINI ESEGUITE 4
3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO-GEOMORFOLOGICO 5
3.1 CARATTERISTICHE GEOLOGICHE 5
3.2 CARATTERISTICHE GEOMORFOLOGICHE 6
4. INQUADRAMENTO IDROLOGICO E IDROGEOLOGICO 7
5. INDAGINI GEOGNOSTICHE 8
5.1 SISMICA A RIFRAZIONE 8
5.1.1 Cenni metodologici 8
5.1.2 Modalità esecutive 9
5.1.3 Strumentazione utilizzata 9
5.1.4 Elaborazione 10
5.1.5 Analisi dei risultati 10
5.2 PROVE PER LA DETERMINAZIONE DEL PROFILO DI VELOCITA' DELLE ONDE SISMICHE "S" 11
5.2.1 Cenni metodologici 11
5.2.2 Modalità esecutive 12
5.2.3 Commento dei risultati 12
5.3 MISURA DEI RAPPORTI SPETTRALI HVSR – (IPOTESI DI NAKAMURA) 13
5.3.1 Cenni metodologici 13
5.3.2 Strumentazione utilizzata e modalita' di acquisizione 14
5.3.3 Elaborazione ed analisi dei dati 14
6. MODELLO GEOLOGICO DELL'AREA 16
7. VALUTAZIONE DELLA PERICOLOSITA' SISMICA DELL'AREA (delibera del 2 Maggio 2007, n.112, in materia antisismica e successive integrazioni) 17
7.1 OBIETTIVI DELLA DELIBERA 17
7.2 LIVELLI DI APPROFONDIMENTO 17
7.3 CARATTERI SISMICI DELL'AREA 18
7.4 VALUTAZIONE DEL FATTORE DI AMPLIFICAZIONE DEL SITO INTERESSE-ANALISI 2° LIVELLO 20
7.5 SPETTRO DI RISPOSTA (IN PGA) DELL'AREA 22
7.6.1 Analisi di stabilità in condizioni pseudostatiche 23
7.6.2 Analisi di stabilità dinamica (Metodo di NEWMARK) 24
8. ZONIZZAZIONE DEL RISCHIO DEL CORPO DI FRANA QUIESCENTE-DEPOSITO DI VERSANTE 25
9. PRESCRIZIONI PER LE AREE IN FRANA QUIESCENTE - DEPOSITO DI VERSANTE IN CUI E' STATA EFFETTUATA LA VALUTAZIONE DEL RISCHIO 26

1. PREMESSA

Nel Febbraio 2020 è stata realizzata un'indagine geologico-sismica, nell'intorno di un'area sita in loc. Pecorara nel Comune di Alta Val Tidone.

Nel dettaglio l'area è localizzata sul versante orografico destro T. Tidoncello, immediatamente a Ovest dell'abitato di Pecorara.

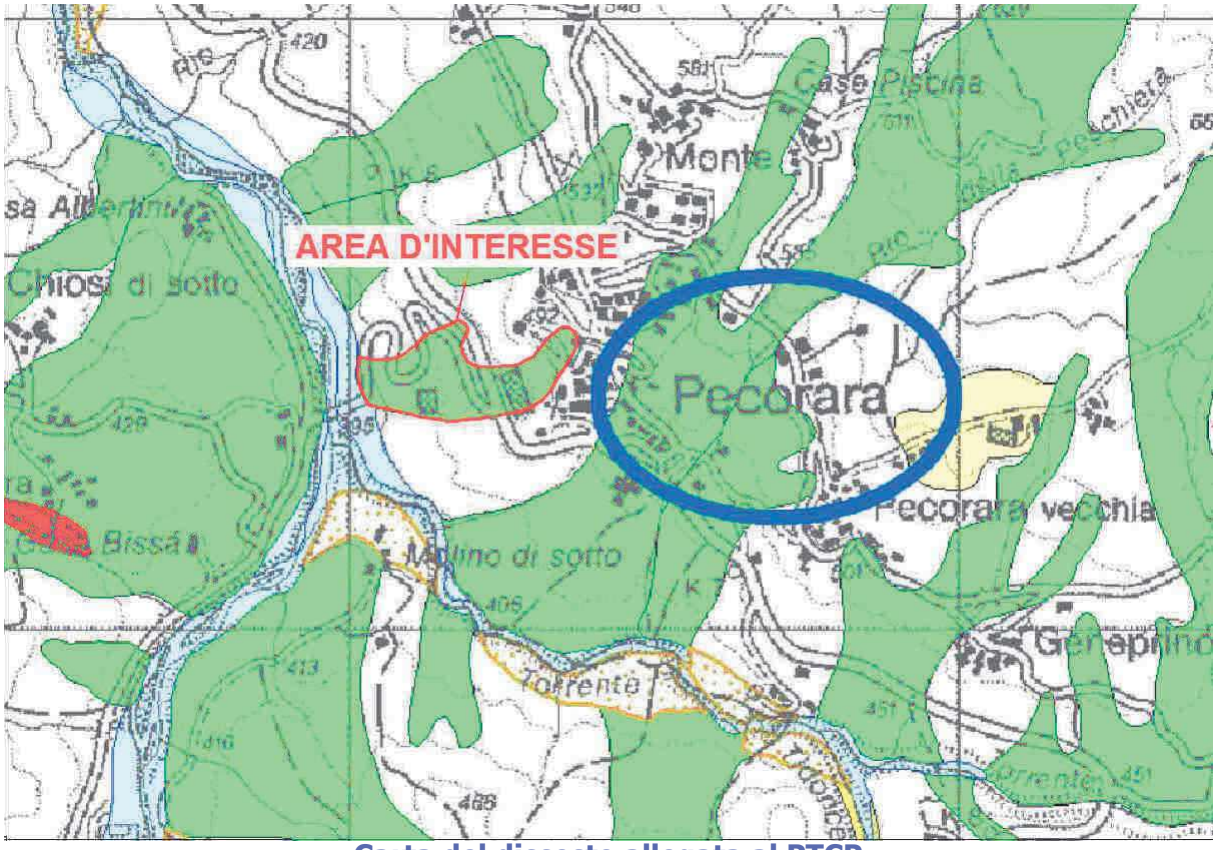


Inquadramento territoriale da CTR

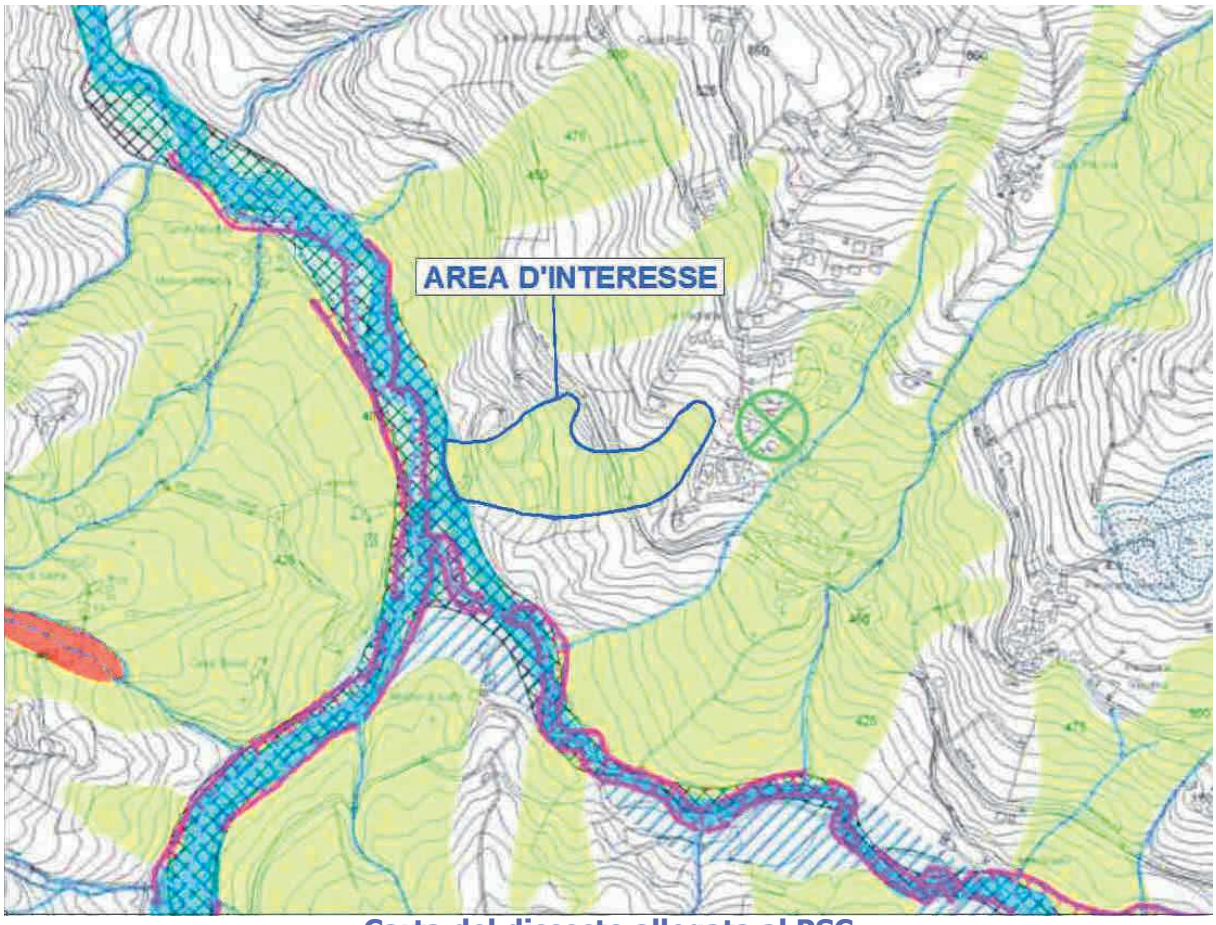
Nella carta del dissesto del PTCP della provincia di Piacenza e nella "Carta del Dissesto Comunale" allegata al PSC (in questo caso coincidenti), l'area d'interesse è classificata come frana quiescente. Le norme del PTCP, consentono (compatibilmente con il grado di "rischio" accertato mediante opportuni approfondimenti geologici), di realizzare interventi edilizi (ampliamenti, nuove costruzioni ecc.), altrimenti non consentiti in tali aree.

L'indagine ha avuto i seguenti obiettivi:

- Ricostruire l'assetto geologico-sismico del versante su cui insiste l'area d'interesse;
- Valutare le condizioni di stabilità complessiva del versante;
- Suddividere il corpo detritico in classi di rischio in base alla "pericolosità" geologica.



Carta del dissesto allegata al PTCP



Carta del dissesto allegata al PSC

2. INDAGINI ESEGUITE

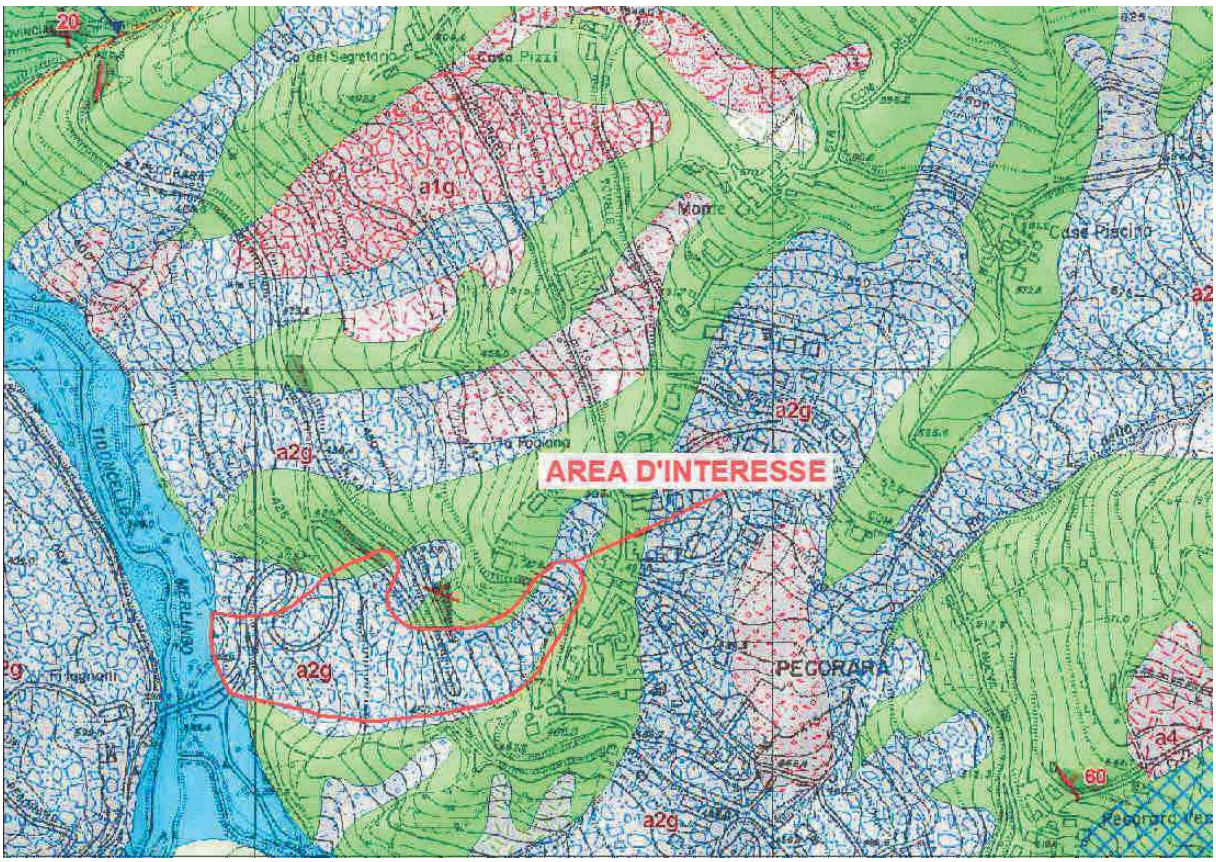
L'approfondimento realizzato, come previsto dalla normativa, non ha riguardato solo l'area d'interesse della Committenza, ma è stato esteso a tutto il corpo detritico considerato influente ai fini della stabilità complessiva dell'area.

L'indagine geologico-sismica, conforme a quanto previsto dalla delibera del 2 Maggio 2007, n.112 (e successive integrazioni), in materia antisismica, ha compreso le seguenti fasi di studio:

- Raccolta ed analisi della documentazione esistente;
- Rilevamento geologico-geomorfologico di dettaglio di tutto il corpo di frana;
- Esecuzione di 2 profili sismo-tomografici, per la valutazione dello spessore e del grado di addensamento sia del materiale di copertura che del substrato geologico;
- Registrazione di 2 profili sismici con tecnica "MASW", per la determinazione del profilo di velocità delle onde "S" e della categoria del suolo di fondazione del sito in base all'attuale normativa antisismica;
- Realizzazione di 6 prove HVSR (Microtremori tipo Nakamura), per la stima della frequenza di vibrazione caratteristica del sito;
- Analisi del "secondo livello" con valutazione del fattore di amplificazione del sito ed identificazione dei possibili effetti di sito;
- Analisi del "terzo livello" con valutazione della stabilità dell'area in condizione sismiche dinamiche (metodo di "Newmark");
- Valutazioni sulla stabilità geomorfologica dell'area e zonizzazione del corpo di frana quiescente in classi di "Rischio".

3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO-GEOMORFOLOGICO

3.1 CARATTERISTICHE GEOLOGICHE



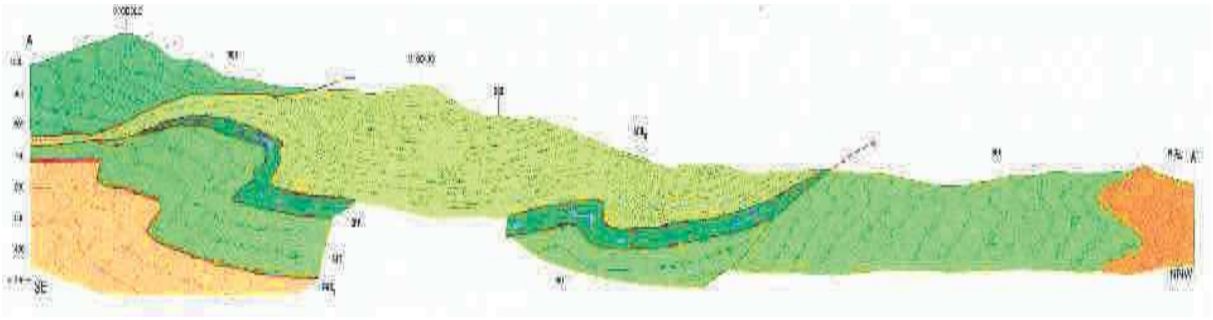
Estratto della Carta Geologica Regionale

Come documento di base per l'inquadramento geologico dell'area, è stata utilizzata la "Carta Geologica dell'Appennino Emiliano-Romagnolo" della regione Emilia Romagna alla scala 1:10000.

Nell'area di studio sono presenti le seguenti "Formazioni geologiche":

- ***"Arenarie di Scabiazza":*** *è costituita in prevalenza da strati medi e spessi di arenarie medio-fini e siltiti e peliti marnose. Locali intercalazioni di marne calcaree grigie in stati molto spessi.*
- ***"Flysch di Monte Cassio":*** *marne calcaree, calcari marnosi e marne grigie in strati prevalentemente spessi o molto spessi passanti a marne argillose scagliose.*
- ***"Argille a Palombini":*** *complesso eterogeneo costituito da argilliti nere con intercalazioni di calcilutitigrigie e verdastre. Il complesso include brecce poligeniche matrice-sostenute e/o clasto-sostenute; localmente sono presenti anche olistoliti ofiolitici e di calcari a Calpionelle anche di notevoli dimensioni (pluridecametriche).*

Dal punto di vista geologico, la caratteristica principale dell'area è costituita da sovrascorrimenti che hanno portato la formazione più antica, rappresentata dal Flysch di Monte Cassio nella parte sommitale del locale edificio tettonico.



Sezione Geologica tipica dell'unità di Monte Cassio

Il substrato geologico dell'area d'interesse è costituito dal "Flysch di Monte Cassio" che affiora immediatamente a Nord dell'area d'interesse.

Si fa notare che il perimetro della frana indicato dalla Carta Geologica Regionale (in continuo aggiornamento) è leggermente diverso da quello riportato nella cartografia del PTCP e del PSC.

3.2 CARATTERISTICHE GEOMORFOLOGICHE

Il corpo detritico presenta una lunghezza massima di circa 350 metri e si estende a monte, dalla S.P. di Pecorara, fino a valle, al T. Tidoncello.

Dal punto di vista geomorfologico la morfologia del versante non è chiaramente associabile ad un corpo di frana vero e proprio, in cui si possono chiaramente distinguere la zona di distacco e quella di accumulo.

Viceversa la morfologia del versante è complessivamente regolare, con il substrato roccioso, o lembi di esso, affiorante in più punti.

Lo spessore della copertura detritica più allentata, come hanno evidenziato anche le indagini sismiche, è molto modesto, dell'ordine dei 2-3 metri.

Nel complesso l'area appare stabile senza evidenze di movimenti in atto e/o recenti.

4. INQUADRAMENTO IDROLOGICO E IDROGEOLOGICO

La morfologia, complessivamente regolare del versante, favorisce lo smaltimento delle acque meteoriche.

Solo nella parte alta del corpo detritico sono presenti due piccole conche, con drenaggio centripeto, in cui si potrebbero verificare infiltrazioni più significative delle acque meteoriche.

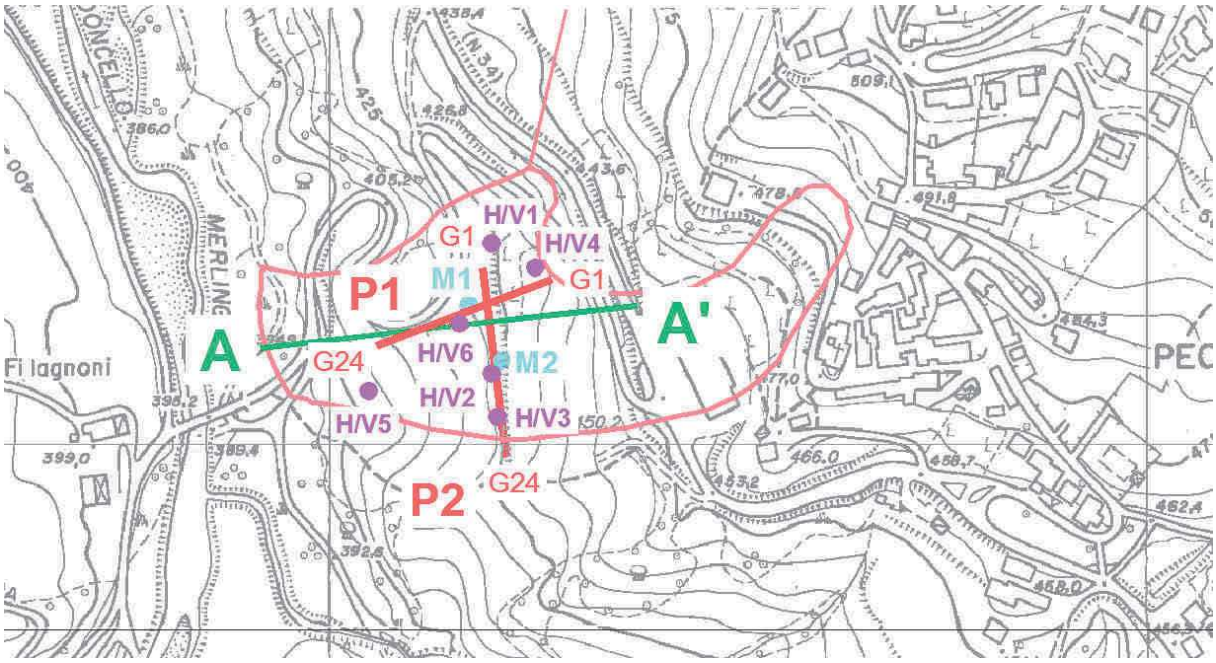
La presenza di detrito lapideo e/o substrato fratturato su gran parte del corpo di frana quiescente, favorisce l'infiltrazione in profondità delle acque, senza significative possibilità di formazione di orizzonti acquiferi superficiali.

Sotto l'aspetto idrogeologico si possono sinteticamente ipotizzare due tipi di circolazione idrica:

- Una, di maggiore entità, che interessa l'ammasso roccioso soprattutto ove la fratturazione risulta più intensa;
- L'altra di minore entità (e piuttosto improbabile), si può formare all'interno della copertura eluvio-colluviale più allentata (spessore 2-3 m), nei periodi particolarmente piovosi.

5. INDAGINI GEOGNOSTICHE

Come già accennato, sono stati realizzati: 2 profili sismo-tomografici, 2 prove "Masw" e 6 prove HVSR (Microtremori tipo Nakamura).



Planimetria indagini geognostiche

5.1 SISMICA A RIFRAZIONE

5.1.1 Cenni metodologici

La prospezione sismica rappresenta una tecnica di prospezione geofisica che consente, attraverso l'acquisizione e l'elaborazione di dati, la costruzione d'immagini bidimensionali (o tridimensionali) della variazione della velocità sismica. Con questa tecnica si riesce ad avere, pertanto, una visione seppur qualitativa della stratigrafia del terreno investigato, in termini di variazioni di "densità" dello stesso, essendo questo parametro direttamente legato alla velocità sismica. La tecnica di prospezione, consiste nella misura dei tempi impiegati dalle onde sismiche longitudinali (onde P) per percorrere un tragitto rettilineo tra una serie di punti d'energizzazione (sorgente sismica) e una serie di punti di ricezione (geofoni). Il confronto matematico tra i vari tempi permette di suddividere lo spazio compreso tra le due serie di punti in porzioni, o "celle elementari" (quadrate per le sezioni bidimensionali come quelle in esame, o cubiche per sezioni tridimensionali) caratterizzate ognuna da un proprio valore di velocità sismica.

5.1.2 Modalità esecutive

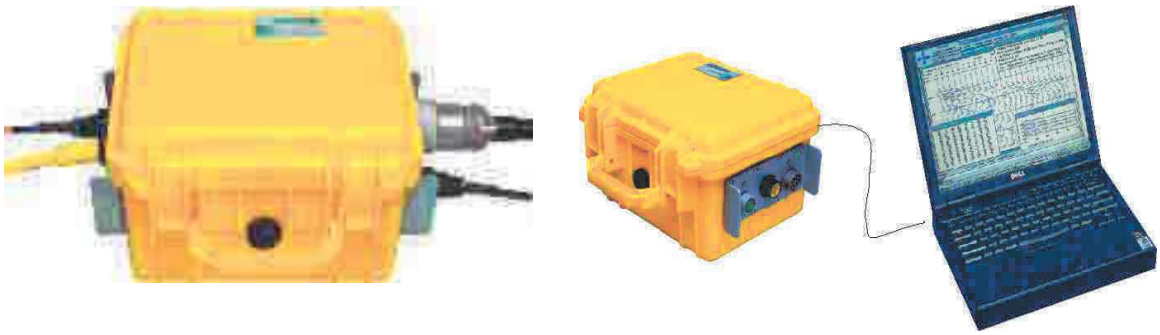
I profili acquisiti sono costituiti da allineamenti di 24 geofoni spaziati di 5 metri. In punti predefiniti dei profili, sono stati creati artificialmente degli impulsi elastici mediante l'utilizzo di una massa battente; l'energizzazione è avvenuta in punti disposti simmetricamente agli stendimenti e precisamente nelle seguenti posizioni:

- 2 punti esterni al profilo
- 2 punti agli estremi del profilo
- 4 lungo il profilo.

La registrazione dei sismogrammi è stata effettuata mediante un sismografo Geode della Geometrics a 24 canali ad elevata dinamica (24 bit).

5.1.3 Strumentazione utilizzata

Il "Geode" è un sismografo modulare a 24 bit che rappresenta l'ultima frontiera dei sistemi di registrazione sismica combinando il meglio dei tradizionali sismografi Geometrics con la flessibilità di un sistema distribuito. Geode è un sismografo ad elevata dinamica (144 dB di range dinamico totale – 105 dB istantanei a 2 msec di campionamento). Grazie all'ampia banda d'ingresso (1.75 Hz – 20 kHz, con velocità di campionamento da 0.02 msec a 16 msec), esso è perfettamente idoneo per un'ampia gamma di applicazioni: sismica a rifrazione, sismica a riflessione (anche ad altissima risoluzione), monitoraggio di vibrazioni, applicazioni sismologiche, downhole e VSP. In acquisizione sono disponibili tutte le funzioni di filtri, pre-amplificazione, line-test e instrument-test, tipiche dei sistemi di registrazioni evoluti.



Sismografo "Geode"

L'attrezzatura utilizzata è composta da:

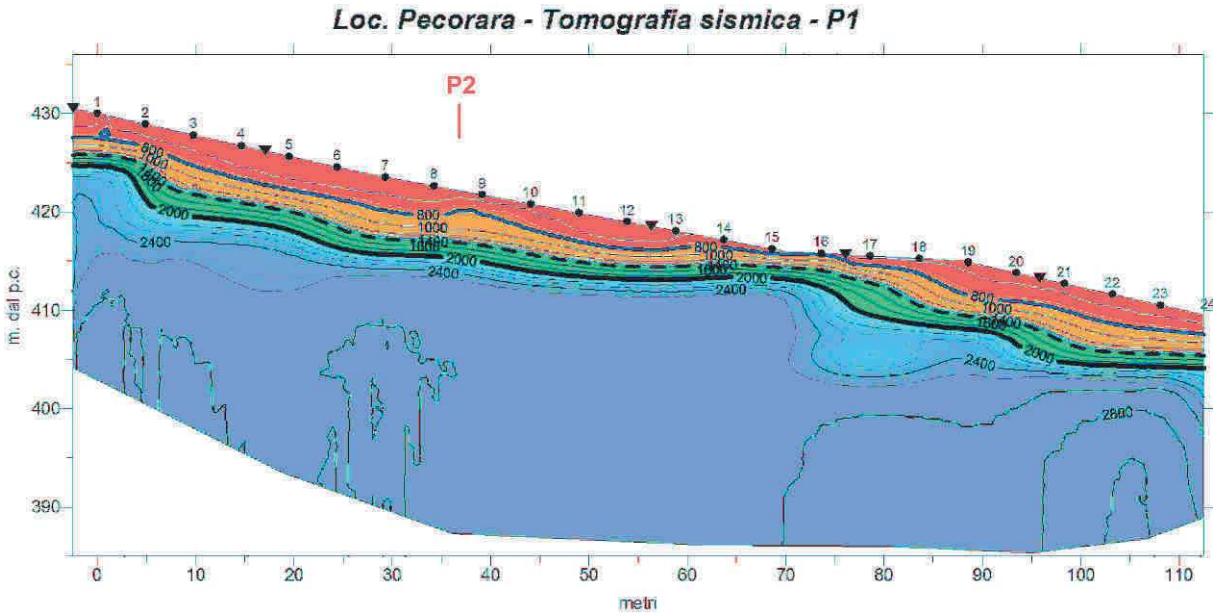
- Sismografo modulare Geode 3-1000+ canali,
- Massa battente da 10 Kg,
- Piastra di battuta in alluminio 15x15x2,5cm,

- Batteria ricaricabile 12 V,
- Cavo per sismica a rifrazione stranded, 130 mt con 24 takeouts SPT-21 a 5 metri di intervallo e due code da 7.5 mt l'una terminate con connettore Bendix 61S,
- Geofoni GS20DX, 10 Hz verficali, 395 Ohm con puntale da 3" ed 1,5 mt di cavo terminato con mueller clip singola MC-20-SP,
- Computer portatile ACER.

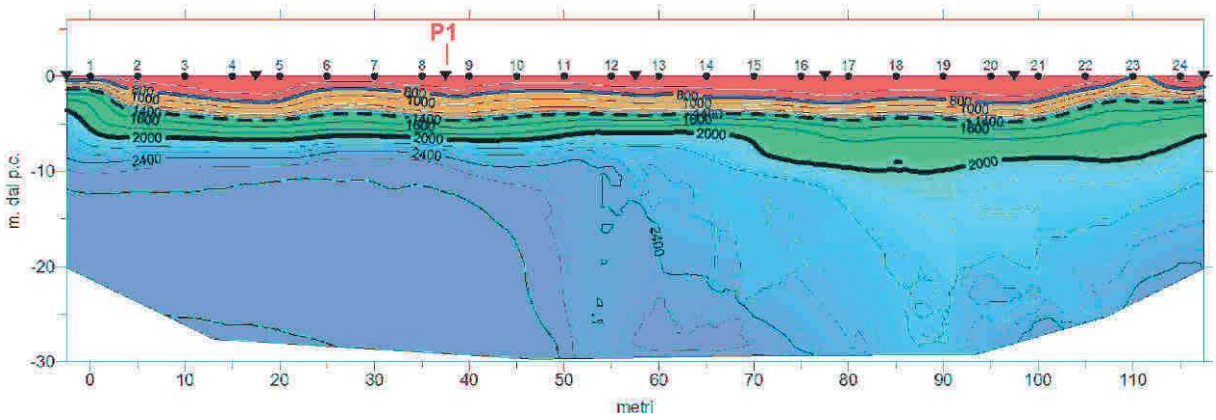
5.1.4 Elaborazione

In questo caso i dati acquisiti sono stati interpretati secondo un metodo sismico-tomografico utilizzando il software SeisOpt@2D v4.0 prodotto dalla OPTIM. La procedura d'elaborazione ha comportato in una prima fase la lettura dei tempi dei primi arrivi sui sismogrammi. In seguito, sono stati ricostruiti i percorsi dei raggi sismici attraverso il terreno. In linea teorica, ogni punto del mezzo investigato, è attraversato in tutte le direzioni, dai raggi sismici. Di ogni raggio è quindi calcolata la traiettoria e, sul confronto fra tutti i possibili percorsi e tempi impiegati, ed è stabilita per ogni punto (o cella di dimensioni 2.5x1.25 m, in questo caso) la sua velocità sismica caratteristica. Il risultato finale dell'elaborazione consiste in sezioni (Fig. 5) di velocità sismiche, rappresentata sia per isovelocità sia tramite colori. Alle diverse classi di velocità sismica, sono stati attribuiti colori che vanno, dal rosso per i valori più bassi, al blu per i valori più elevati. La scala cromatica evidenza i cambiamenti di velocità ritenuti più significativi.

5.1.5 Analisi dei risultati



Loc. Pecorara - Tomografia sismica - P2



L'elaborazione ha permesso la distinzione di varie unità secondo le loro caratteristiche sismiche:

- *Unità allentata superficiale (colore rosso),* con velocità inferiori a **800 m/s**. L'unità corrisponde al materiale detritico di copertura meno compatto. Gli spessori sono mediamente variabili da 1 a 3 m;
- *Unità intermedia a medio-basso addensamento* (colore marrone), con velocità media di **1100-1200 m/s** e spessori medi di 1-2 metri. L' unità è correlabile a materiale detritico leggermente più compatto rispetto all'orizzonte superficiale;
- *Unità intermedia mediamente addensata* (colore verde), con velocità media di **1700 m/s** e spessori medi di 2 metri. L' unità è correlabile al substrato roccioso parzialmente alterato;
- *Unità di fondo (colore azzurro-blu),* con velocità medie di **2400-2600 m/s**; i valori di velocità, sono associabili ad un substrato a medio-alto addensamento. L'unità è stata individuata a profondità di 6-8 metri dal p.c.

5.2 PROVE PER LA DETERMINAZIONE DEL PROFILO DI VELOCITA' DELLE ONDE SISMICHE "S"

Per la determinazione del profilo di velocità delle onde "S" e della categoria del suolo di fondazione è stato utilizzato il metodo "Masw". I profili "Masw" sono stati realizzati in corrispondenza degli stendimenti sismo-tomografici.

5.2.1 Cenni metodologici

Il MASW (Park et al., 1999) è stato sviluppato in parte per superare le difficoltà dell'applicazione del SASW in ambienti rumorosi. La tecnica, che prevede la registrazione simultanea (in questo caso l'energizzazione è prodotta da una massa battente di almeno 10 Kg) di 12 o più canali, fornisce una ridondanza statistica delle misure di velocità di fase e ne avvalora la veridicità. Il salvataggio delle tracce nel dominio temporale, permette inoltre di

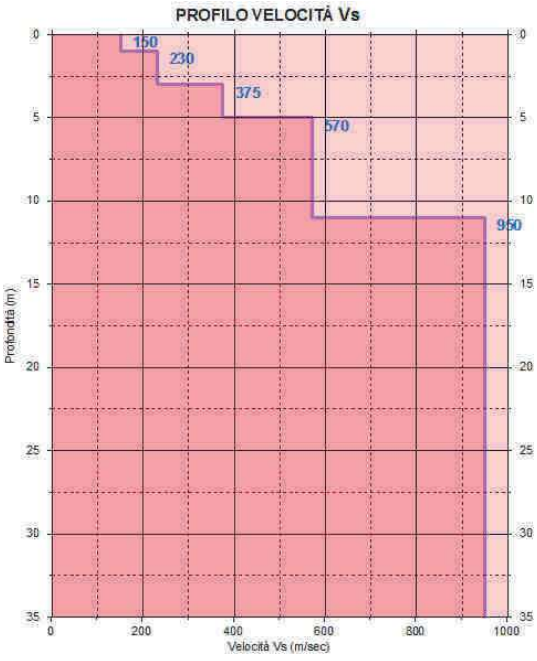
distinguere e evidenziare, le onde di Rayleigh presenti nel record, che sono caratterizzate da un'elevata ampiezza di segnale (circa il 60% dell'energia prodotta dalla sorgente artificiale si distribuisce in onde di superficie). Una particolare analisi spettrale, "overtone analysis", produce un grafico Velocità di fase-frequenza in cui si può distinguere il modo fondamentale delle onde di superficie da cui ricavare la curva di dispersione ed il profilo delle Vs per successiva inversione 1-D. La tecnica permette, inoltre, di eseguire misure ripetute spostandosi nella direzione di allineamento per risalire ad un profilo bidimensionale che evidenzia le variazioni laterali delle Vs. Il software utilizzato per l'elaborazione dei dati è il "winMASW" versione Academy della Eliosoft.

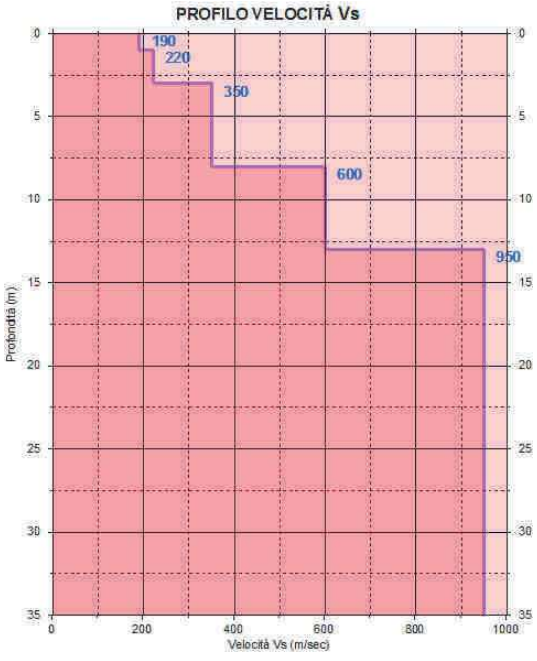
5.2.2 Modalità esecutive

Sono stati realizzati 2 stendimenti di 24 geofoni, con distanza intergeofonica di 5 m. La lunghezza delle registrazioni è stata di 1 sec, con un passo di campionamento di 0.25 ms.

Si ricorda che il punto di determinazione del profilo delle Vs in profondità, si riferisce al centro dello stendimento geofonico.

5.2.3 Commento dei risultati





Esaminando i grafici ottenuti, si possono fare queste considerazioni:

- Dalla superficie fino a 2/3 m dal p.c. sono presenti materiali caratterizzati da valori di Vs medio-bassi (Vs< 230 m/s). Tali depositi possono essere correlati alla copertura detritica più allentata;
- Più in profondità, fino a 5/8 metri, i valori di Vs aumentano segnalando la presenza di materiale a medio-alto addensamento;

- Oltre i 5/8 metri, le velocità aumentano più nettamente in corrispondenza del substrato progressivamente più compatto;
- Il "Bedrock" sismico è stato individuato a profondità di 11/13 metri dal p.c.

5.3 MISURA DEI RAPPORTI SPETTRALI HVSR – (IPOTESI DI NAKAMURA)

5.3.1 Cenni metodologici

Il metodo dei rapporti spettrali di singola stazione (HVSR) e' largamente utilizzato in paesi con elevato rischio sismico quali il Giappone per la stima degli effetti di amplificazione di sito.

Il microtremore, un'impercettibile oscillazione naturale del suolo, è presente in qualsiasi punto della superficie terrestre e consiste per lo più nelle onde sismiche prodotte dal vento e dal moto ondoso marino negli strati superficiali della Terra. Anche le attività umane (industrie, traffico stradale ecc.) possono produrre localmente microtremore, ma in genere tale segnale viene attenuato piuttosto rapidamente a causa delle sue caratteristiche di alta frequenza.

E' interessante evidenziare come il microtremore agisca da oscillatore naturale e quindi permetta, tramite adeguata strumentazione, la misura diretta delle frequenze di vibrazione dei terreni e dei manufatti. La tecnica utilizzata, proposta da Nakamura (Nakamura, Y., 1989. A method for dynamic characteristics estimation of subsurface using microtremor on the ground surface. QR of RTRI, Vol. 30, No.1, 25-33) per lo studio delle amplificazioni di sito assume che i microtremori consistano principalmente di onde di Rayleigh che si propagano in un singolo strato soffice su semispazio e che la presenza di questo strato sia la causa dell'amplificazione al sito. Tale tecnica permette di separare i termini di sorgente-percorso e di sito tramite i rapporti tra le componenti del moto, senza utilizzare alcun sito di riferimento.

Le ipotesi su cui si basa la tecnica di Nakamura sono le seguenti:

- *i microtremori sono generati da sorgenti superficiali, e non da sorgenti profonde i cui contributi sono trascurabili;*
- *le sorgenti dei microtremori in superficie non influenzano i microtremori alla base dello strato considerato;*
- *la componente verticale del moto non risente di effetti di amplificazione locale;*

il picco visibile nei rapporti H/V (rapporto tra l'ampiezza spettrale della componente orizzontale e l'ampiezza spettrale della componente verticale) è indipendente dalle caratteristiche della sorgente del rumore ed è invece fortemente dipendente dalle condizioni stratigrafico-litologiche del terreno. Tale picco è inoltre ben correlato con la frequenza

fondamentale di vibrazione del terreno soggetto alla propagazione di onde S verticali e con il picco fondamentale delle curve di dispersione delle onde di Rayleigh.

Le principali applicazione delle prove H/V si possono così sintetizzare:

- ✓ *Misura delle frequenze di risonanza dei suoli;*
- ✓ *Effetti di sito e microzonazione sismica (curve H/V, metodo di Nakamura);*
- ✓ *Stratigrafia sismica passiva;*
- ✓ *Vs30 da fit vincolato della curva H/V;*
- ✓ *Segnalazione dei possibili fenomeni di doppia risonanza suolo-struttura.*

Di particolare importanza è la frequenza di vibrazione del sito, caratterizzata dal maggiore rapporto di ampiezze H/V, nell'intervallo di frequenze di interesse ingegneristico (frequenze generalmente inferiori a 15 Hz), denominata frequenza fondamentale di vibrazione f0.

È possibile poi determinare la profondità degli strati sismici mediante la misura diretta delle frequenze di vibrazione, associata alla misura delle velocità delle onde S tramite la relazione:

$$f_0 = Vs/4H$$

dove Vs è la velocità media delle onde di taglio, e H è la profondità della discontinuità sismo-stratigrafica.

A causa della pesante non-univocità della soluzione, una modellazione del solo HVSR, in mancanza di un solido ancoraggio stratigrafico e senza quantitative informazioni sulle Vs ottenute da misure Masw / Esac-ReMi. o da altri metodi da prove in foro (Cross-Hole, Down-Hole), non risulta affidabile per la determinazione del profilo di velocità delle onde S e quindi della valutazione della Vs30.

5.3.2 Strumentazione utilizzata e modalità di acquisizione

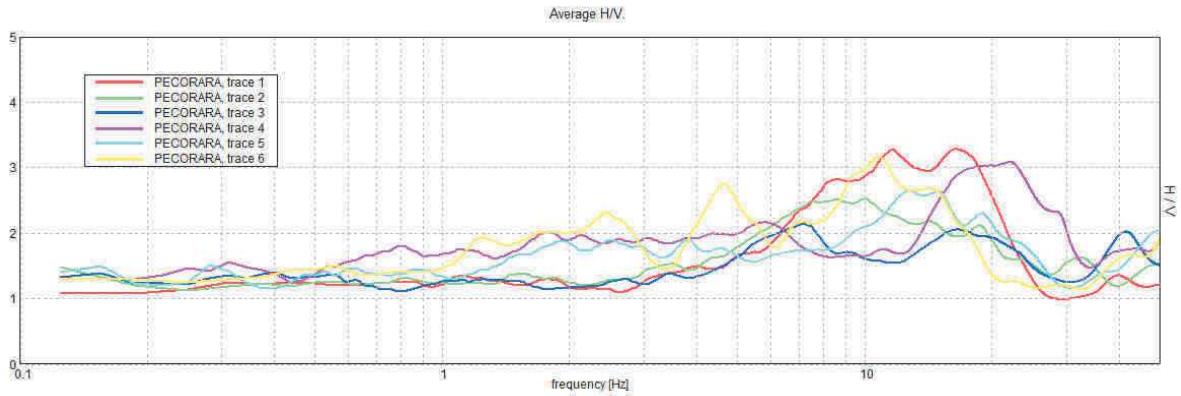
Per l'acquisizione dei dati è stato utilizzato un tromografo digitale della ditta Micromed S.r.L modello "Tromino ENGY", che rappresenta la nuova generazione di strumenti ultra leggeri e ultra compatti in alta risoluzione adatti a tali misurazioni. Lo strumento racchiude al suo interno 3 terne (2 di velocimetri e l'altra di accelerometri) di sensori ortogonali tra loro e con possibilità di campionamento nell'intervallo di frequenze compreso tra 0.1 e 256 Hz. In questo caso le 6 registrazioni hanno avuto una lunghezza di 16 minuti, con un campionamento a 128 Hz.

5.3.3 Elaborazione ed analisi dei dati

Per l'elaborazione dei dati sismici è stato utilizzato il software **"Grilla"**.

Il programma consente di effettuare:

- Analisi spettrale completa delle tracce, calcolo delle curve H/V per la determinazione delle frequenze di risonanza del sottosuolo;
- Procedure di pulizia delle tracce nel dominio del tempo e delle frequenze;
- Test sulla significatività dei picchi secondo le linee guida europee (Criteri Sesame);
- Determinazione delle frequenze dei modi di vibrare delle strutture con rimozione dell'effetto di sottosuolo;
- Creazione di un report automatico con tabelle e illustrazioni.



Quadro d'insieme delle prove HVSR

Analizzando i risultati delle prove si possono fare le seguenti considerazioni:

- Le prove hanno un andamento piuttosto simile evidenziando una sostanziale uniformità sismo-stratigrafica del sito;
- I picchi principali del rapporto H/V sono stati individuati nell'intervallo 10-20 Hz;
- Tali frequenze sono correlabili a contrasti d'impedenza sismica superficiali 3-5 metri;
- I rapporti H/V, compresi fra 2 e 3, indicano contrasti d'impedenza sismica significativi ma non particolarmente elevati nella successione litostratigrafica dell'area.

6. MODELLO GEOLOGICO DELL'AREA

Le indagini realizzate unite alle più generali conoscenze geologiche hanno consentito di ricostruire il modello geologico-geotecnico di riferimento per l'area d'interesse.

SINTESI DEI PARAMETRI GEOTECNICI

Livello A	**Litologia:** detrito lapideo in matrice limosa a medio-basso addensamento	
Dal p.c. a –2/- 3 m	Peso di volume Peso di volume saturo Angolo di attrito di picco Angolo di attrito residuo Coesione	**γ = 1.80 t/mc** **γ = 1.95 t/mc** **φ = 22°** **φ = 19°** **C = 0.08 Kg/cmq**
Livello B	**Litologia:** detrito lapideo e/o substrato fratturato a medio-alto addensamento	
Da –2 / - 3 m a –5/ - 8 m	Peso di volume Peso di volume saturo Angolo di attrito di picco Angolo di attrito residuo Coesione	**γ = 1.90 t/mc** **γ = 2.00 t/mc** **φ = 29°** **φ = 27°** **C = 0.08 Kg/cmq**
Livello C	**Litologia:** *substrato roccioso compatto*	
Oltre –5/- 8 m	Peso di volume Angolo di attrito	**γ = 2.20 t/mc** **φ = 45°**

7. VALUTAZIONE DELLA PERICOLOSITA' SISMICA DELL'AREA (delibera del 2 Maggio 2007, n.112, in materia antisismica e successive integrazioni)

7.1 OBIETTIVI DELLA DELIBERA

Scopo del presente atto di indirizzo e coordinamento è quello di fornire i criteri per la per l'individuazione delle aree soggette ad effetti locali e per la microzonazione sismica del territorio in modo da orientare le scelte della pianificazione verso aree caratterizzate da minore pericolosità sismica. Lo studio della pericolosità di base e della pericolosità locale hanno come obiettivi:

- *l'individuazione delle aree dove in occasione dei terremoti attesi possono verificarsi effetti locali;*
- *la stima quantitativa della risposta sismica locale dei depositi e delle morfologie presenti nell'area di indagine ("Analisi della Risposta Sismica Locale", RSL);*
- *la suddivisione del territorio in sottozone a diversa pericolosità sismica locale ("Microzonazione Sismica", MZS).*

I risultati dell'analisi della pericolosità sismica locale e della microzonazione sismica, devono essere applicati nella redazione degli strumenti di pianificazione territoriale e urbanistica.

7.2 LIVELLI DI APPROFONDIMENTO

Gli studi di risposta sismica locale e microzonazione sismica vanno condotti a diversi livelli di approfondimento a seconda delle finalità e delle applicazioni nonché degli scenari di pericolosità locale. Tali studi svolti devono essere descritti in una relazione che indichi chiaramente il livello di approfondimento, le indagini effettuate e i risultati ottenuti e devono fornire una cartografia dello stato del territorio, e sono un riferimento necessario per la Valutazione di Sostenibilità Ambientale e Territoriale (VALSAT) preventiva delle singole scelte del piano.

Si identificano due fasi di analisi con diversi livelli di approfondimento.

La prima fase è diretta a definire gli scenari di pericolosità sismica locale, cioè ad identificare le parti di territorio suscettibili di effetti locali (amplificazione del segnale sismico, cedimenti, instabilità dei versanti, fenomeni di liquefazione, rotture del terreno, ecc.). L'individuazione delle aree soggette ad effetti locali si basa su rilievi, osservazioni e valutazioni di tipo geologico e geomorfologico, svolte a scala territoriale, associati a raccolte di informazioni sugli effetti indotti dai terremoti passati. Tale analisi viene svolta - soprattutto mediante elaborazione dei dati disponibili - in sede di elaborazione del PTCP e del PSC e

concorre alla definizione delle scelte di piano, fornendo prime indicazioni sui limiti e le condizioni per la pianificazione nelle suddette aree.

La seconda fase ha come obiettivo la microzonazione sismica del territorio indagato. Sulla base degli scenari individuati dalle analisi svolte nel corso della prima fase, nella seconda fase si attuano due diversi livelli di approfondimento:

a) nelle aree pianeggianti e sub-pianeggianti, incluse le zone di fondovalle appenniniche, con stratificazione orizzontale e sub-orizzontale, e sui versanti stabili con acclività ≤ 15° in cui il deposito ha spessore costante si ritiene sufficiente un'analisi semplificata (secondo livello di approfondimento), cioè l'analisi della pericolosità locale può essere basata, oltre che sull'acquisizione di dati geologici e geomorfologici più dettagliati di quelli rilevati nel primo livello, su prove geofisiche in sito e su prove geotecniche di tipo standard. Il numero delle verticali indagate deve essere tale da consentire un'adeguata caratterizzazione geotecnica spaziale dei terreni e delle formazioni presenti nell'area di studio;

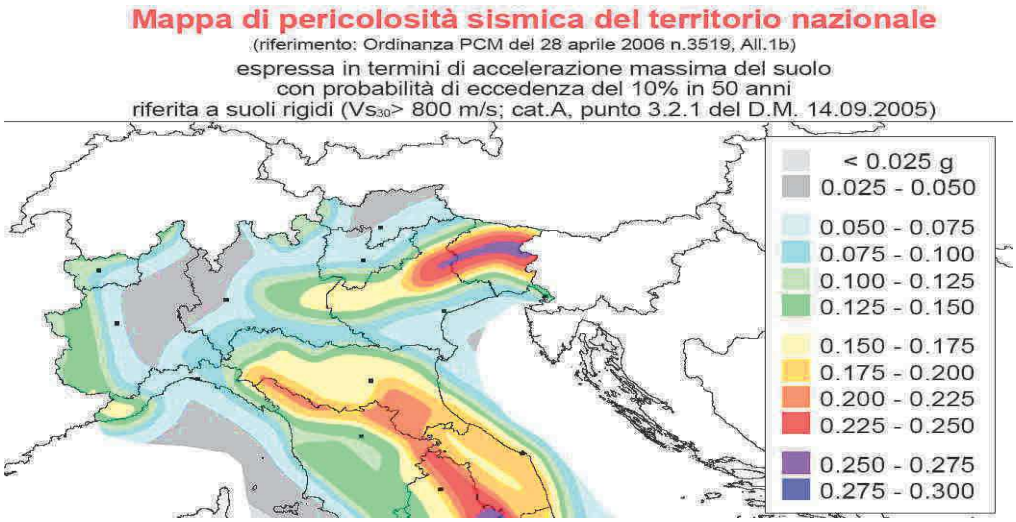
b) un'analisi più approfondita (terzo livello di approfondimento) è invece richiesta nei seguenti casi (vedere Allegato A1):

- aree soggette a liquefazione e densificazione;
- aree instabili e potenzialmente instabili;
- aree in cui le coperture hanno spessore fortemente variabile, come ad esempio nelle aree pedemontane e di fondovalle a ridosso dei versanti;
- aree in cui è prevista la realizzazione di opere di rilevante interesse pubblico.

L'analisi approfondita richiede un significativo numero di prove geofisiche e geotecniche, sia in sito che in laboratorio, rivolte alla definizione del comportamento dei terreni sotto sollecitazione dinamica. In queste parti del territorio la pericolosità potrebbe essere molto elevata e perciò deve essere attentamente valutata la possibilità di renderle suscettibili di trasformazione urbanistica.

7.3 CARATTERI SISMICI DELL'AREA

In base alla nuova carta della pericolosità sismica del territorio nazionale, i valori di PGA su suolo rigido con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni, per il Comune di Nibbiano sono compresi fra 0.075 e 0.100 g. L'area ricade nella zona simogenetica 911, in cui i meccanismi di fagliazione prevalenti sono legati a faglie trascorrenti e le profondità dei terremoti prevalentemente compresi fra 8 e 12 Km. Le magnitudo massime attese nella zona sismogenetica d'interesse sono di 5.7-6.1. Le serie storiche dei terremoti contenuti nell'archivio della Regione Emilia Romagna non segnalano eventi sismici rilevanti nell'area d'interesse.



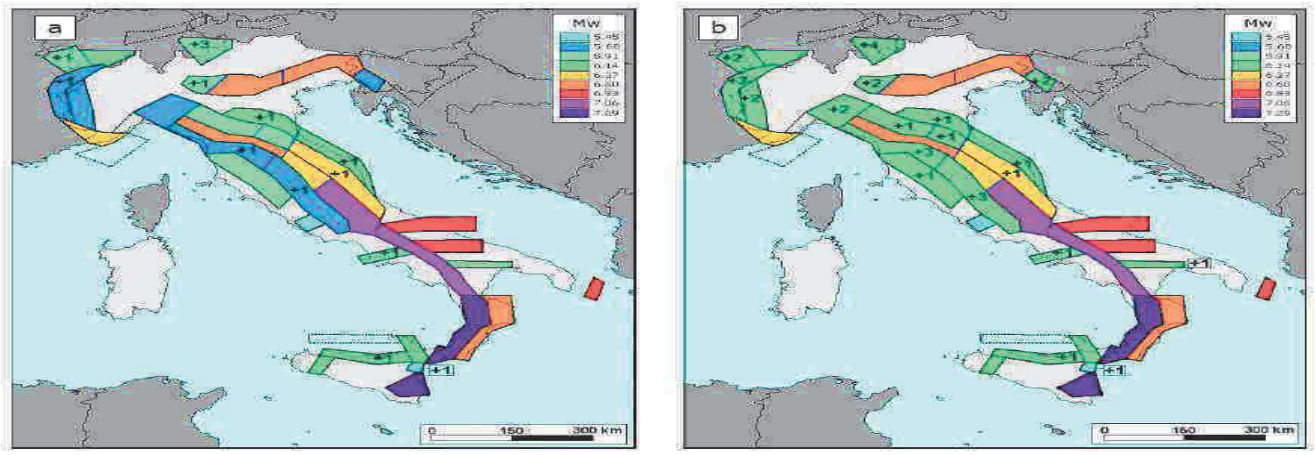


Figura 36. Valori di Mwmax corrispondenti ai due insiemi: a) "osservati" (Mwmax1); b) "cautelativi" (Mwmax2).

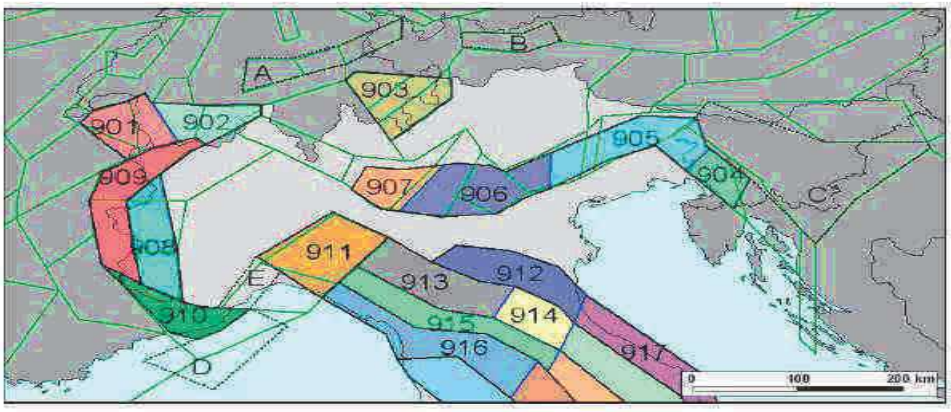


Figura 10. Zonazione sismogenetica ZS9 a confronto con la zonazione del progetto SESAME nell'area alpina (Jiménez et al., 2001; linee di colore verde).

In base alle caratteristiche geologiche del sito d'interesse, i principali effetti attesi possono ricondursi essenzialmente a fenomeni di amplificazione litologica e in minor misura a fenomeni d'instabilità dei versanti. Sono da escludere fenomeni d'amplificazione topografica (pendenza del versante complessivamente inferiore a 15°) e fenomeni di liquefazione (basso valore di ag atteso e presenza di copertura di materiale eterogeneo in matrice coesiva).

7.4 VALUTAZIONE DEL FATTORE DI AMPLIFICAZIONE DEL SITO INTERESSE-ANALISI 2° LIVELLO

A2.1.1 - APPENNINO

Le tabelle relative al settore appenninico sono il riferimento per la stima semplificata dell'amplificazione stratigrafica nelle aree collinari e montane dell'Emilia-Romagna. Possono essere applicate anche nelle aree di pianura prossime al margine morfologico appenninico-padano dove le coperture detritiche continentali hanno spessore indicativamente non superiore a 50 m.

In caso di **coperture direttamente poggianti su substrato rigido**, ovvero *bedrock* sismico, generalmente caratterizzato da Vs ≥ 800 m/s, si devono usare le seguenti tabelle

Appennino, coperture su substrato rigido

V_{SH} (m/s) → H (m) ↓	150	200	250	300	350	400	450	500	600	700
5	1.8	1.7	1.4	1.2	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
10	2.0	2.0	1.9	1.7	1.5	1.4	1.2	1.1	1.0	1.0
15	2.0	2.0	2.0	1.9	1.8	1.6	1.4	1.3	1.2	1.0
20	2.0	2.0	2.0	2.0	1.9	1.7	1.6	1.4	1.3	1.0
25	2.0	2.0	2.0	1.9	1.8	1.8	1.6	1.5	1.3	1.0
30		1.9	1.9	1.9	1.8	1.7	1.6	1.5	1.4	1.2
35		1.9	1.9	1.9	1.9	1.7	1.6	1.4	1.4	1.2
40		1.9	1.9	1.9	1.9	1.7	1.6	1.4	1.4	1.2
50		1.9	1.9	1.9	1.9	1.8	1.6	1.4	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	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
10	1.5	1.3	1.1	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
15	2.2	1.8	1.4	1.1	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
20	2.8	2.5	1.9	1.4	1.2	1.1	1.0	1.0	1.0	1.0
25	2.9	2.8	2.4	1.7	1.4	1.2	1.1	1.1	1.0	1.0
30		3.0	2.7	2.0	1.7	1.4	1.3	1.2	1.1	1.0
35		3.1	2.9	2.4	1.9	1.6	1.4	1.3	1.2	1.1
40		3.1	3.0	2.6	2.2	1.9	1.6	1.4	1.2	1.1
50		2.9	2.9	2.7	2.5	2.2	1.9	1.6	1.4	1.2

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	1.7	1.4	1.1	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
10	2.1	2.0	1.7	1.4	1.2	1.1	1.0	1.0	1.0	1.0
15	2.2	2.2	2.0	1.8	1.5	1.4	1.2	1.1	1.0	1.0
20	2.2	2.2	2.2	2.0	1.8	1.6	1.4	1.3	1.1	1.1
25	2.2	2.2	2.2	2.1	1.9	1.7	1.6	1.4	1.3	1.1
30		2.2	2.2	2.1	2.0	1.8	1.6	1.5	1.3	1.2
35		2.1	2.1	2.1	2.1	1.9	1.7	1.5	1.4	1.2
40		2.1	2.1	2.1	2.0	1.9	1.7	1.6	1.4	1.2
50		2.0	2.0	2.0	2.0	1.9	1.7	1.6	1.5	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	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
10	1.2	1.1	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
15	1.4	1.3	1.1	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
20	2.0	1.5	1.3	1.1	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
25	2.7	1.9	1.5	1.2	1.1	1.1	1.0	1.0	1.0	1.0
30		2.5	1.8	1.4	1.2	1.1	1.1	1.0	1.0	1.0
35		3.1	2.3	1.5	1.3	1.2	1.2	1.1	1.1	1.0
40		3.4	2.9	1.9	1.5	1.3	1.2	1.2	1.1	1.0
50		3.5	3.3	2.8	1.8	1.6	1.4	1.3	1.2	1.1

Fattore di Amplificazione **SA3** (0.7s≤ T≤1.1s)

Tabelle calcolo fattore amplificazione – Margine appenninico con substrato rigido

Appennino, coperture su substrato rigido

V_{SH} (m/s) → H (m) ↓	150	200	250	300	350	400	450	500	600	700
5	1.5	1.2	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
10	2.1	2.0	1.6	1.3	1.1	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
15	2.4	2.3	2.1	1.7	1.4	1.3	1.1	1.0	1.0	1.0
20	2.4	2.4	2.3	2.0	1.7	1.5	1.3	1.2	1.1	1.0
25	2.4	2.4	2.4	2.2	1.9	1.7	1.5	1.3	1.2	1.0
30		2.4	2.4	2.3	2.1	1.8	1.6	1.5	1.3	1.1
35		2.3	2.3	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	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
10	1.3	1.1	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
15	1.6	1.4	1.2	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
20	2.6	1.9	1.5	1.2	1.1	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
25	2.9	2.5	1.9	1.4	1.2	1.1	1.1	1.0	1.0	1.0
30		2.9	2.3	1.6	1.4	1.2	1.1	1.1	1.0	1.0
35		3.2	2.8	1.9	1.5	1.4	1.2	1.1	1.1	1.0
40		3.4	3.1	2.4	1.8	1.5	1.4	1.2	1.1	1.0
50		3.2	3.2	2.9	2.2	1.9	1.6	1.4	1.3	1.1

Fattore di Amplificazione **SI2** (0.5s≤T≤1.0s)

Tabelle calcolo fattore amplificazione – Margine appenninico con substrato rigido

I fattori di amplificazione calcolati in base alla prova Masw realizzata sono riassunti nella tabella seguente:

Prova	prof. bedrock	vs h	fa pga	fa SA1	fa SA2	fa SA3	fa SI1	fa SI2
M1	11 m	352	1.5	1.2	1.0	1.0	1.1	1.0
M2	13 m	351	1.65	1.4	1.0	1.0	1.3	1.0

In base alla delibera sopraccitata, l'accelerazione orizzontale su suolo rigido (Vs>800 m/s) prevista per il Comune di Pecorara è di 0.099g.

7.5 SPETTRO DI RISPOSTA (IN PGA) DELL'AREA

Nella delibera della Regione è riportata la forma dello spettro di risposta valido per tutta la regione.

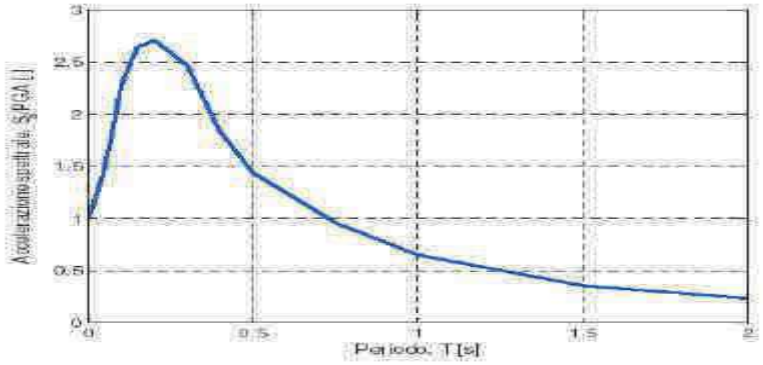
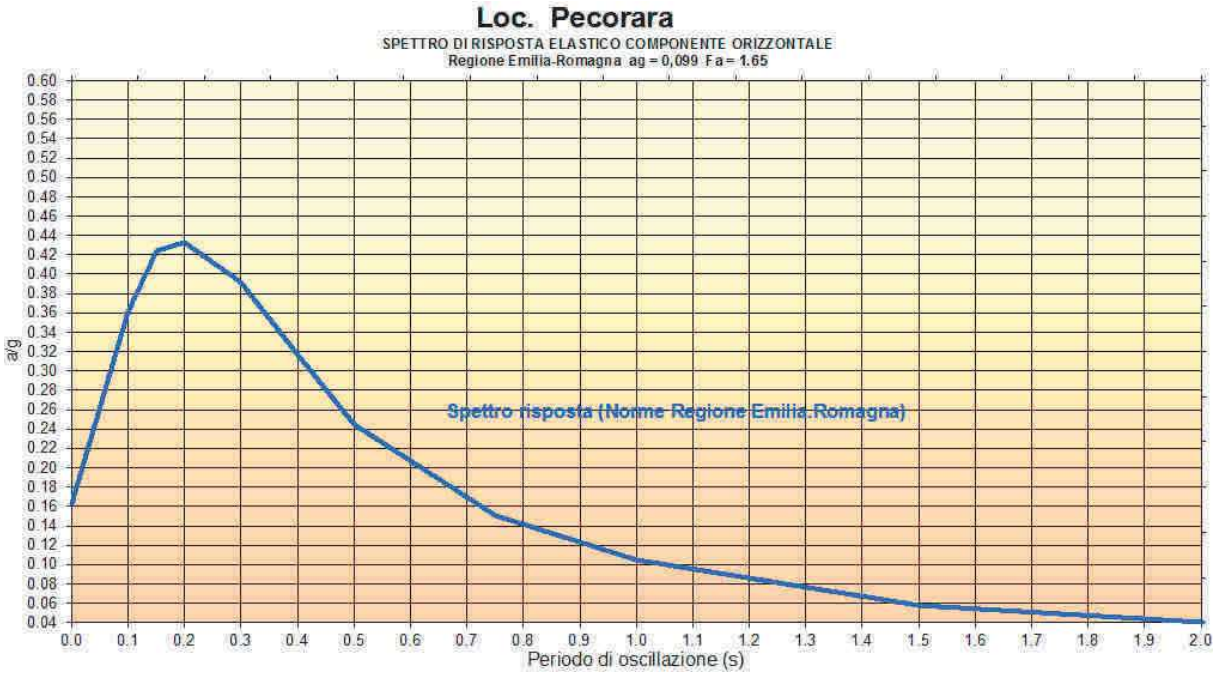


Figura 1 - Spettro di risposta normalizzato (T_R = 475 anni, smorzamento = 5%) per l'Emilia-Romagna

Dallo spettro di risposta normalizzato è possibile ottenere, moltiplicando i valori della tabella 1 per il valore di arefg di ogni comune, lo spettro di risposta a probabilità uniforme che descrive le caratteristiche del moto sismico atteso per ogni comune dell'Emilia-Romagna. Considerando il valore di arefg=0.099 per il comune di Pecorara e il fattore di amplificazione (1.65), è stato calcolato lo spettro di risposta del sito d'interesse.



Spettro di riposta del sito in base alle norme della regione Emilia-Romagna

7.6 ANALISI DELLA STABILITA' DEL VERSANTE SIA IN CONDIZIONI PSEUDO-STATICHE CHE SISMICHE-DINAMICHE - ANALISI 3° LIVELLO

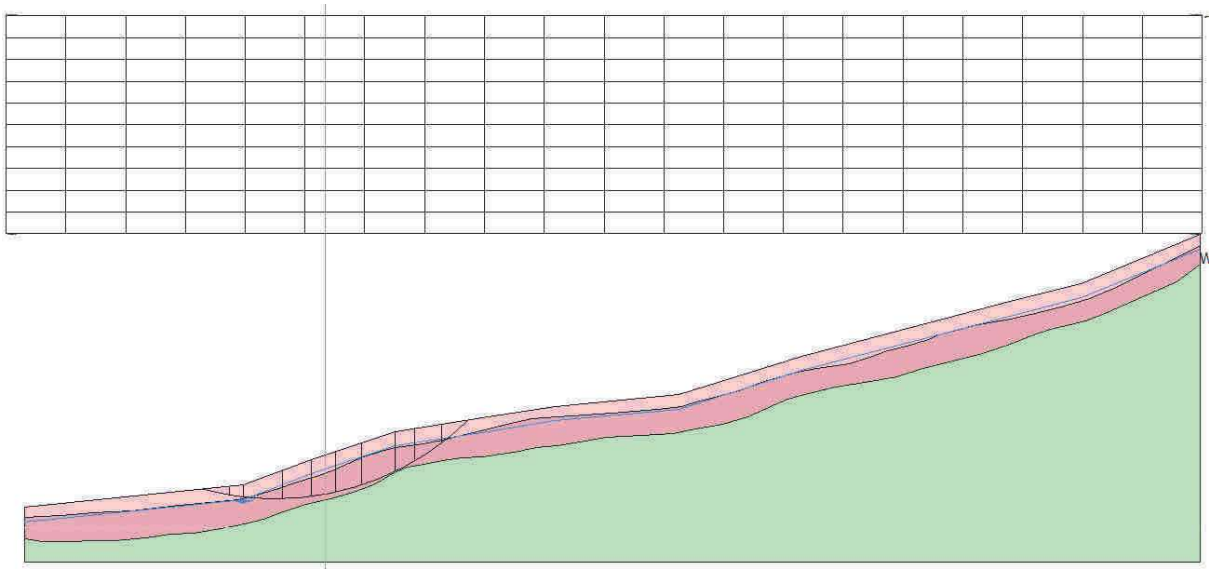
Per ricostruire l'assetto litostratigrafico e le caratteristiche geomeccaniche del versante, oltre alle considerazioni di carattere geologico, sono stati utilizzati i dati desunti dalle prove geofisiche realizzate, sintetizzati nei paragrafi precedenti.

Nr.	DB	Peso unità di volume (Kg/m³)	Peso saturo (Kg/m³)	Coesione (kg/cm²)	Coesione non drenata (kg/cm²)	Angolo resistenza al taglio picco (°)	Angolo resistenza al taglio residuo (°)	Permeabilità (m/s)	Dati aggiuntivi ...	Texture ...
1		1800,00	1950	0,08		22	19	Permeabile		
2		1900	2050	0,08		29	27	Permeabile		
3		2200	2200			45	45	Impermeabile		

Modello geologico-geotecnico dell'area

7.6.1 Analisi di stabilità in condizioni pseudostatiche

Per l'analisi di stabilità del versante è stato utilizzato il software "slope" della società Geostru. Il metodo utilizzato è stato quello di Bishop. Per l'analisi di stabilità, a scopo cautelativo, sono stati utilizzati valori di angolo di attrito residuo). Per l'azione sismica è stato considerato un valore di ag di 0.099x1.65 (fattore di amplificazione massimo) = 0.163g, ed un coefficiente di amplificazione topografica di 1.0. E' stata inoltre considerata la falda a 3.0 metri dal p.c. In base alle verifiche realizzate, che, dato l'utilizzo dell'angolo di attrito residuo, sono state fatte in condizioni cautelative, il versante risulta in buone condizioni di sicurezza. La superficie con il minor coefficiente di sicurezza (1.48), è stata individuata immediatamente a valle del piazzale antistante al capannone.

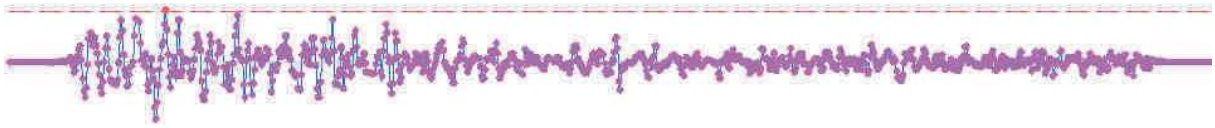


Verifica di stabilità del versante

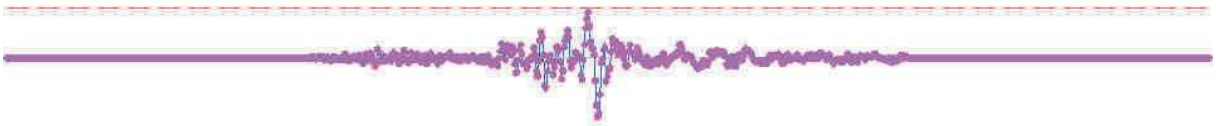
7.6.2 Analisi di stabilità dinamica (Metodo di NEWMARK)

Le verifiche in condizioni sismiche dinamiche (semplificate) sono state realizzate utilizzando come input gli accelerogrammi forniti dalla Regione Emilia-Romagna per il Comune di Pecorara.

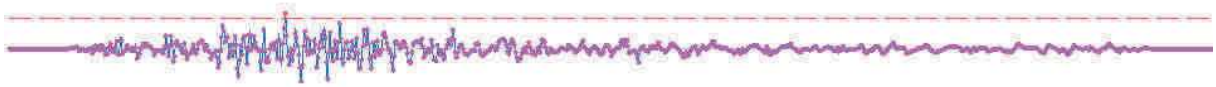
Le verifiche effettuate, con spostamenti nulli, confermano la stabilità dell'area anche in condizioni sismiche dinamiche. Di seguito si riportano i risultati delle 3 analisi dinamiche relative ai 3 sismogrammi considerati; nei grafici il valore soglia dell'accelerazione in grado di produrre spostamenti è rappresentato dalla linea rossa tratteggiata.



Accelerogramma 000046xa_033031Pecorara.txt



Accelerogramma 000126xa_033031Pecorara.txt

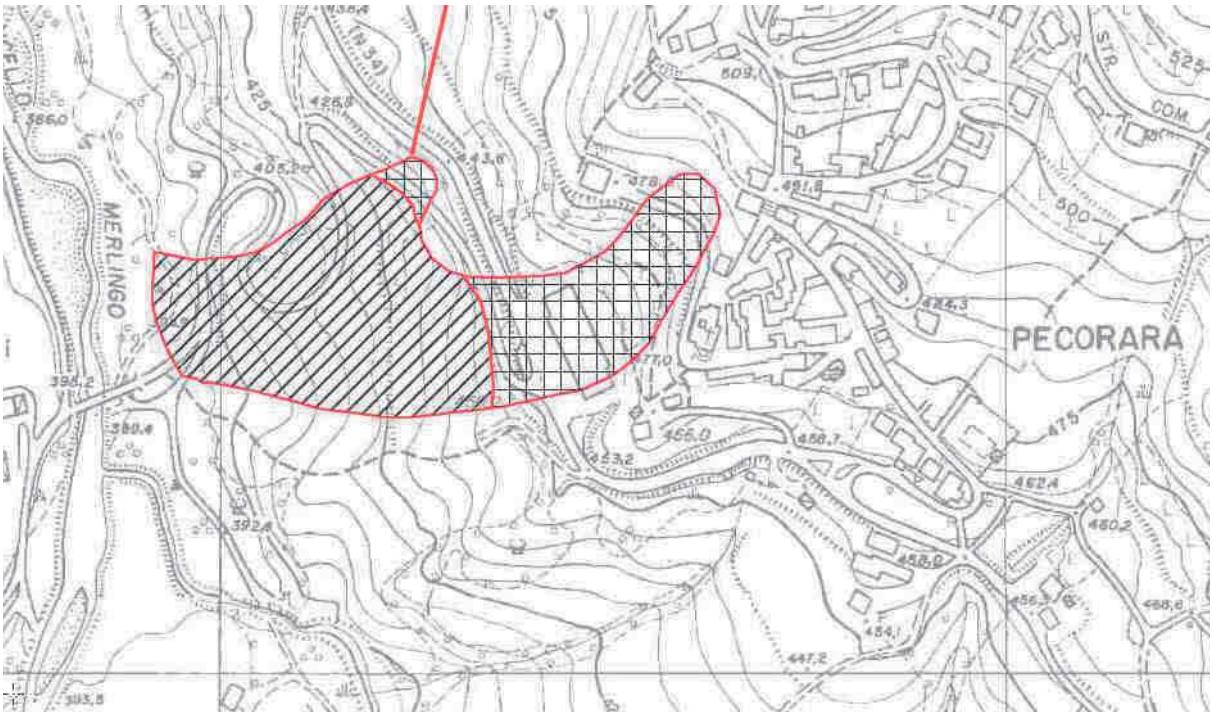


Accelerogramma 000354xa_033031Pecorara.txt

8. ZONIZZAZIONE DEL RISCHIO DEL CORPO DI FRANA QUIESCENTE-DEPOSITO DI VERSANTE

Il corpo di detritico studiato è stato suddiviso, in base a criteri geologico-geomorfologici, in settori contraddistindi da un differente grado di "rischio".

In linea di massima il versante appare in buone condizioni di stabilità, con le aree potenzialmente più instabili localizzate nella parte alta del versante.



Zonizzazione del "rischio" geologico del corpo detritico

Sono state distinte 2 classi di rischio:

- **Aree a rischio moderato (classe 2 – retino rigato obliquo)**, occupano la parte centrale e inferiore del versante. In questo settore il substrato è sub-affiorante e il drenaggio delle acque meteoriche favorevole;
- **Aree a rischio molto elevato (classe 4 – retino incrociato)**, occupano la parte alta del versante in cui la morfologia determina un drenaggio centripeto delle acque meteoriche. Cautelativamente, nonostante non siano presenti indizi di movimenti in atto e/o recenti, sono state considerate a rischio molto elevato.

9. PRESCRIZIONI PER LE AREE IN FRANA QUIESCENTE - DEPOSITO DI VERSANTE IN CUI È STATA EFFETTUATA LA VALUTAZIONE DEL RISCHIO

Classe 1 (rischio basso) – Fattibilità senza particolari limitazioni (R1):

Queste aree si ritengono utilizzabili ai fini edificatori senza particolari limitazioni all'urbanizzazione o alla modifica della destinazione d'uso; eventuali problematiche locali possono essere superate attraverso approfondimenti di indagine o accorgimenti tecnico-costruttivi. In particolare si dovrà subordinare l'autorizzazione ad accertamenti geognostici in particolare ai fini di:

- *evitare che fondazioni di una stessa costruzione vengano a poggiare in parte sulla zona di alterazione ed in parte sulla roccia in posto, o peggio ancora, su materiale di riporto;*
- *ridurre all'indispensabile eventuali sbancamenti e riporti adottando pendenze adeguate;*
- *drenare le acque eventualmente incontrate;*
- *adottare la tipologia di fondazione più idonea alla tipologia di substrato riscontrata.*

Classe 2 (rischio moderato) – Fattibilità con modeste limitazioni (R2):

Queste aree si ritengono utilizzabili ai fini urbanistici, anche se si sono appurate alcune condizioni limitanti all'edificabilità, che possono essere superate attraverso approfondimenti di indagine o accorgimenti tecnico-costruttivi; gli interventi edificatori sono comunque permessi, prevedendo se necessario eventuali accorgimenti costruttivi necessari o interventi di riduzione del rischio idrogeologico, quali:

- *sbancamenti e riporti ridotti al minimo;*
- *fondazioni rigide, spinte ad idonea profondità dall'attuale piano campagna;*
- *regolamentazione delle acque superficiali e sotterranee;*
- *sistemi di raccolta sistematica e l'allontanamento in tubazioni a perfetta tenuta delle acque piovane e di quelle di scarico dei futuri edifici;*
- *opportuni interventi di sostegno (ex gabbionate, muri con drenaggio e sistema di smaltimento acque ecc.) al fine di proteggere il piede di eventuali scarpate artificiali con pendenze superiori a 1/2.*

Per tali zone si dovrà comunque subordinare l'autorizzazione ad ulteriori e dettagliati accertamenti geologici e geognostici.

Classe 3 (rischio elevato) – Fattibilità con significative limitazioni (R3)

In questa classe si sono inserite le zone in cui la propensione al dissesto è più elevata, ed in cui le limitazioni alla modifica della destinazione d'uso appare più consistente.

Si dovrà dunque subordinare l'autorizzazione ad ulteriori e dettagliati accertamenti geologico-tecnici e geognostici, finalizzati a valutare quali siano le azioni atte a ridurre il rischio connesso all'intervento edificatorio

Si dovrà dunque prevedere quanto segue:

- *manutenzione delle eventuali opere di difesa esistenti;*
- *l'adozione di fondazioni rigide, spinte ad idonea profondità dall'attuale piano campagna;*
- *la raccolta sistematica e l'allontanamento in tubazioni a perfetta tenuta delle acque piovane e di quelle di scarico dei futuri edifici;*
- *regolamentazione delle acque superficiali e sotterranee, e se necessario comprendere tutta o buona parte della zona a monte, attraverso le opportune opere idrauliche (ex canali di scolo, drenaggi sotterranei ecc.);*
- *quanto necessario al fine di ridurre la pericolosità;*

Oltre a quanto consentito dalle norme del P.T.C.P. (e dal P.A.I) in merito alle frane attive e quiescenti, in questa classe sono ammessi solo ampiamenti delle costruzioni esistenti, con incrementi volumetrici non superiori a quanto consentito dalle N.T.A. del P.S.C comunale.

Classe 4 (rischio molto elevato) – Fattibilità con gravi limitazioni (R4):

In queste zone si intende consentito quanto permesso dal P.T.C.P (e dal P.A.I) per le frane quiescenti-depositi di versante.

Trevozzo, 18/02/2020

Dott. Adriano Baldini



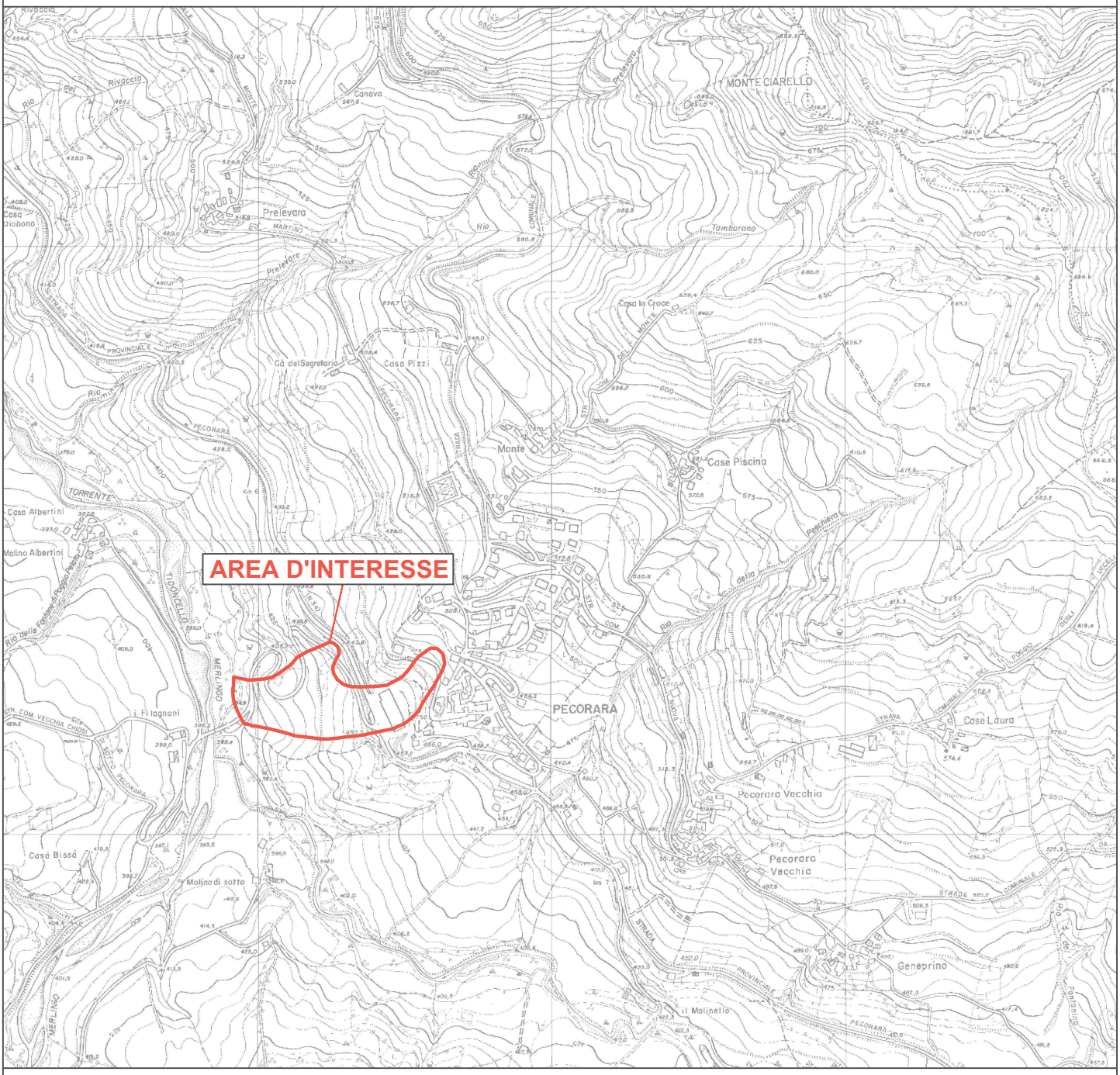
Dott. Alberto Lepori

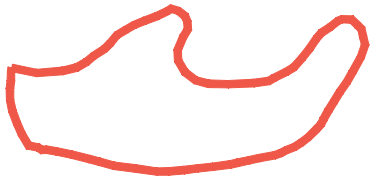


ALLEGATI

INQUADRAMENTO TERRITORIALE

Scala 1:10000



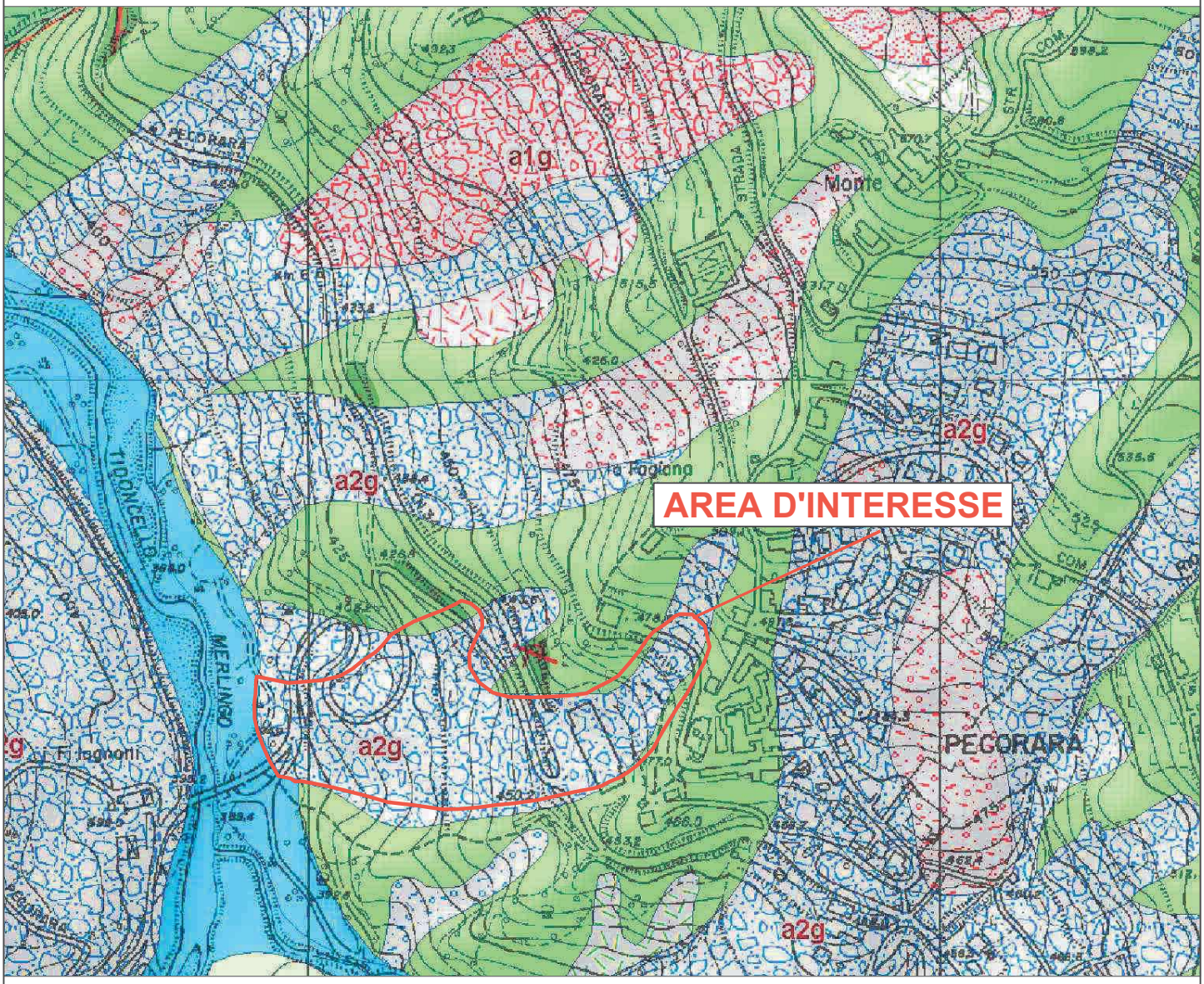


Area considerata

Fig. **1**

ESTRATTO CARTA GEOLOGICA REGIONALE

Scala 1:5000



Coperture quaternarie (10K)

a1 - Deposito di frana attiva di tipo indeterminato

a1b - Deposito di frana attiva per scivolamento

a1d - Deposito di frana attiva per colamento di fango

a1g - Deposito di frana attiva complessa

a2b - Deposito di frana quiescente per scivolamento

a2d - Deposito di frana quiescente per colamento di fango

a2g - Deposito di frana quiescente complessa

Unità geologiche (10K)

AVV - Argille Varicolori di Cassio

SCB - Arenarie di Scabiazza

SCBd - Arenarie di Scabiazza - litofacies conglomeratica

Area considerata

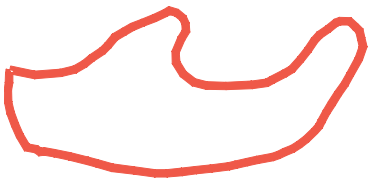
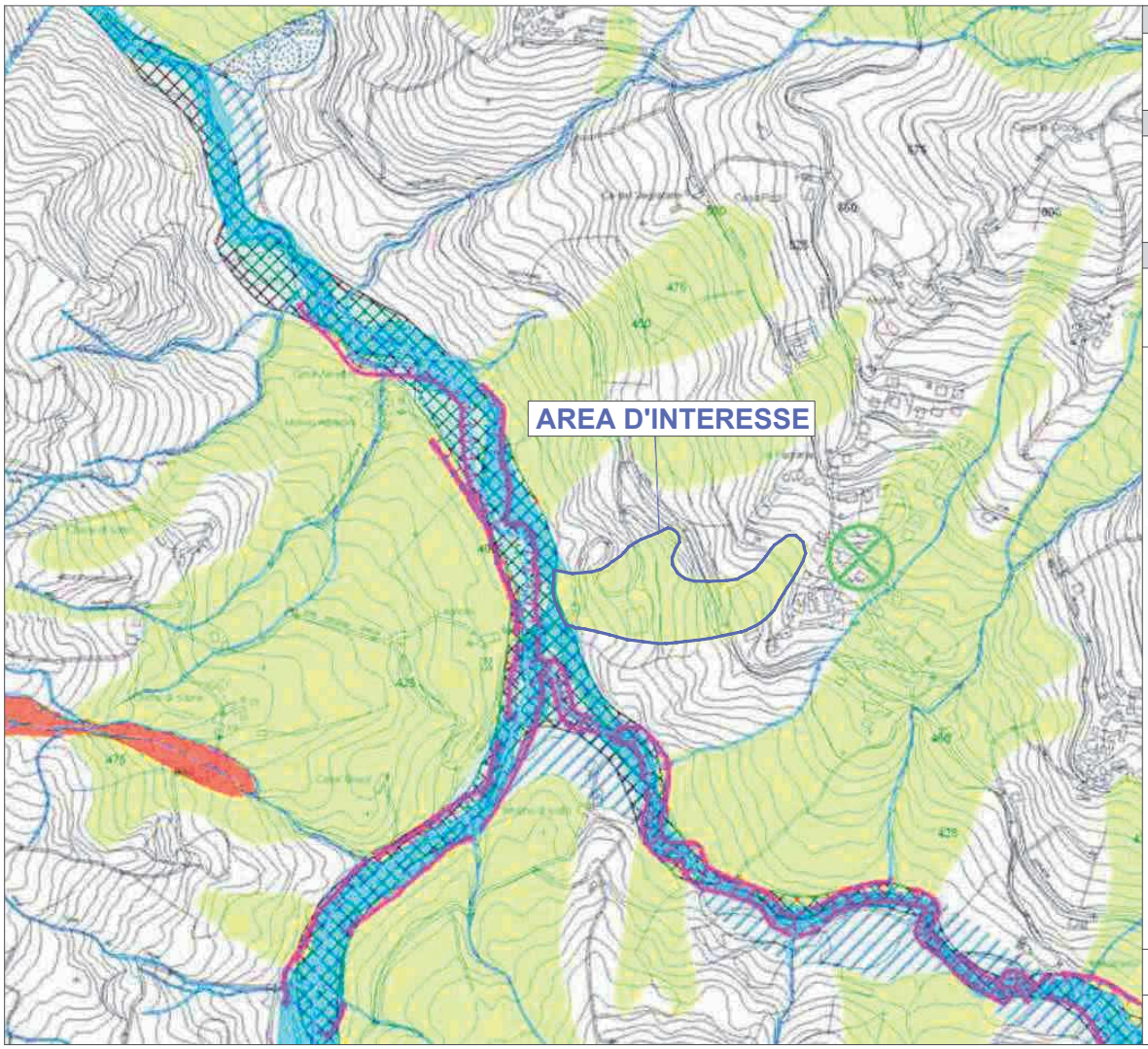


Fig.2



COMMITTENTE

Az. Agricola
Radicelli Davide
Loc. Pecorara
29031 Alta Val Tidone (PC)

OGGETTO

Studio geologico e analisi
di un versante in frana quiescente in loc. Pecorara - Comune di Alta Val Tidone (PC)
"*Classificazione del rischio nelle zone di frana quiescente*"

TITOLO

CARTA DEL DISSESTO
Estratta dal PSC

Elementi morfologici

Area di frana attiva:
Accumuli gravitativi caotici di materiali eterogenei ed eterometrici, in abbondante matrice limoso-argillosa, con evidenti movimenti in atto.

Area di frana quiescente:
Accumuli gravitativi caotici di materiali eterogenei ed eterometrici, in abbondante matrice limoso-argillosa, attualmente quiescenti o stabilizzati.

Area di frana stabilizzata o relitta
Movimenti gravitativi quiescenti di cui non si hanno indizi di movimento recente o in atto. Generalmente si presentano con profili regolari, vegetazione ben sviluppata, assenza di lesioni a manufatti ed infrastrutture.

Depositi alluvionali attuali:
Ghiaie sciolte eterogenee ed eterometriche, a matrice sabbiosa-limosa o limosa.
Alveo di magra del torrente.

Depositi alluvionali in evoluzione che si rinvengono entro l'alveo attivo del fiume, talora fissati dalla vegetazione e corrispondenti ad aree esondabili in condizioni di piena ordinaria.

Depositi alluvionali terrazzati, recenti, fissati da copertura vegetale:
Ghiaie a matrice limoso-sabbiosa, spesso ricoperte da una coltre limosa di colore prevalentemente bruno-giallastro (2,5 Y 4/2 "Munsell Soil Charts").
[Depositi alluvionali terrazzati e disposti a diverse quote rispetto all'alveo attivo, esondabili in condizioni di piene eccezionali]
Olocene Superiore.

Depositi alluvionali terrazzati medio-antichi:
Ghiaie a prevalente matrice limosa o limoso-sabbiosa, ricoperte in superficie da una coltre limoso-argillosa di colore bruno-giallastro scuro o bruno-grigiastro scuro (valori compresi tra 10 YR 4/3, 4/4-5/3, 5/4 e 2,5 Y 5/2, 4/2 "Munsell Soil Charts").
Olocene medio-superiore.

Depositi alluvionali terrazzati antichi:
Successioni di ghiaie, sabbie e limi, debolmente alterate alla sommità. Presenza di coltre limoso-argillosa di copertura a prevalente colore bruno e bruno-giallastro (valori compresi tra 10 YR 4/3, 5/3 e 4/4 "Munsell Soil Charts").
Pleistocene superiore? – Olocene inferiore.

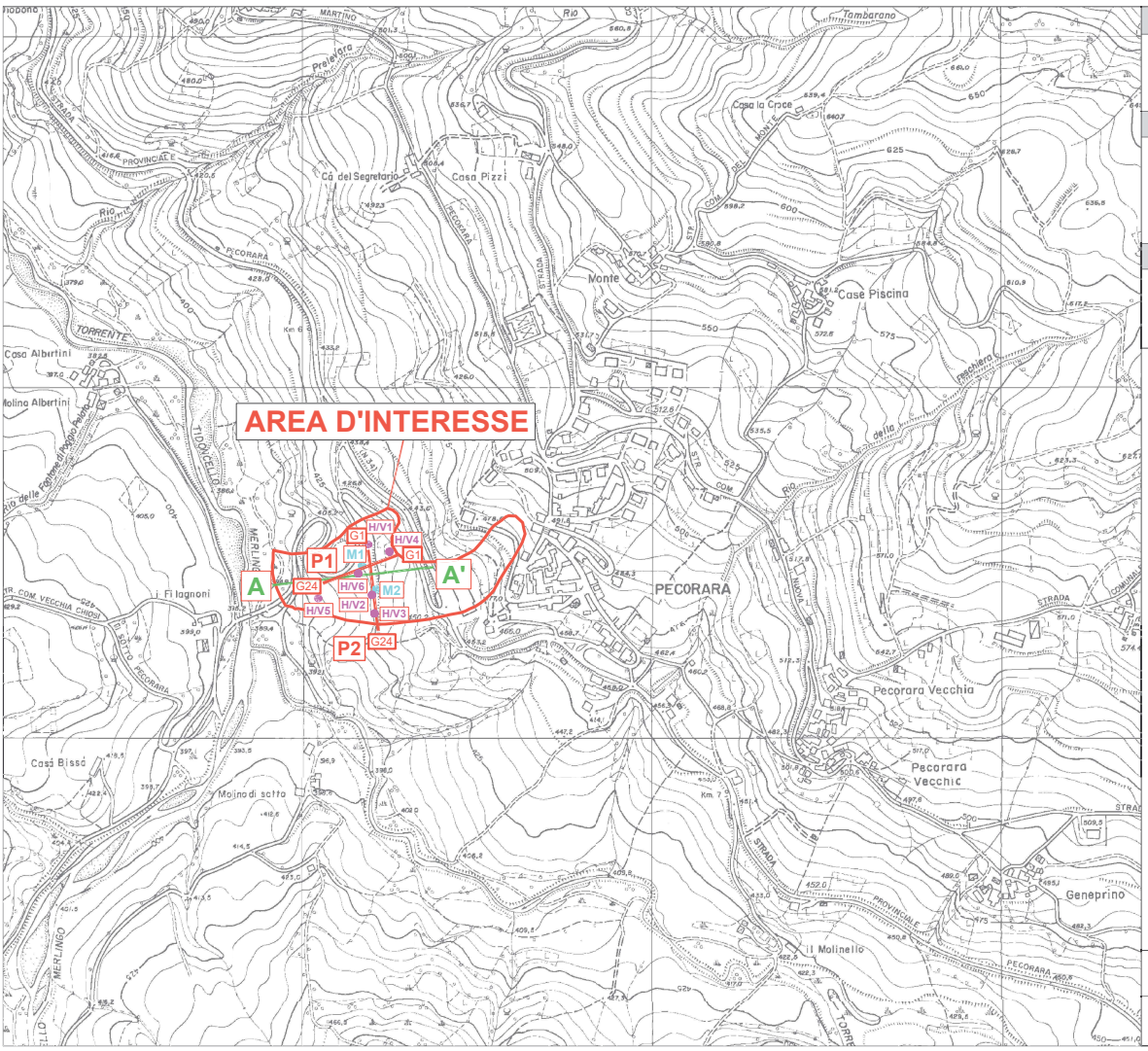


AREA DI STUDIO

scala:
1:5.000

N

Fig. 3



COMMITTENTE

Az. Agricola
Radicelli Davide
Loc. Pecorara
29031 Alta Val Tidone (PC)

OGGETTO

Studio geologico e analisi
di un versante in frana quiescente in loc. Pecorara - Comune di Alta Val Tidone (PC)
"*Classificazione del rischio nelle zone di frana quiescente*"

TITOLO

PLANIMETRIA DELLE INDAGINI

INDAGINI SISMICHE

G1 **P1-P2** G24 — Traccia stendimento tomografia sismica/Masw

M1-M2 — Prova MASW

Hvsr — Prova Microtremori

A' A — Traccia verifica di stabilità del versante

AREA DI STUDIO



scala: 1:5000

N

T-Indagini.dwg

Fig. 4

Loc. Pecorara - Comune di Alta Val Tidone - Tomografia sismica - P1

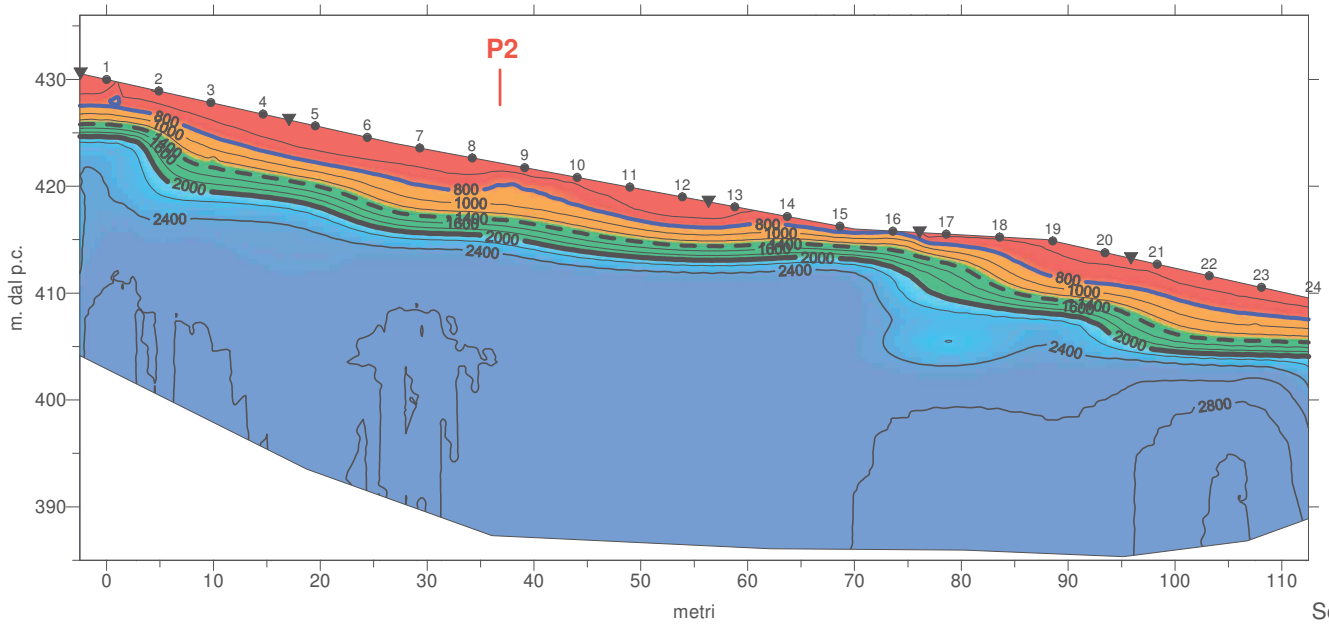
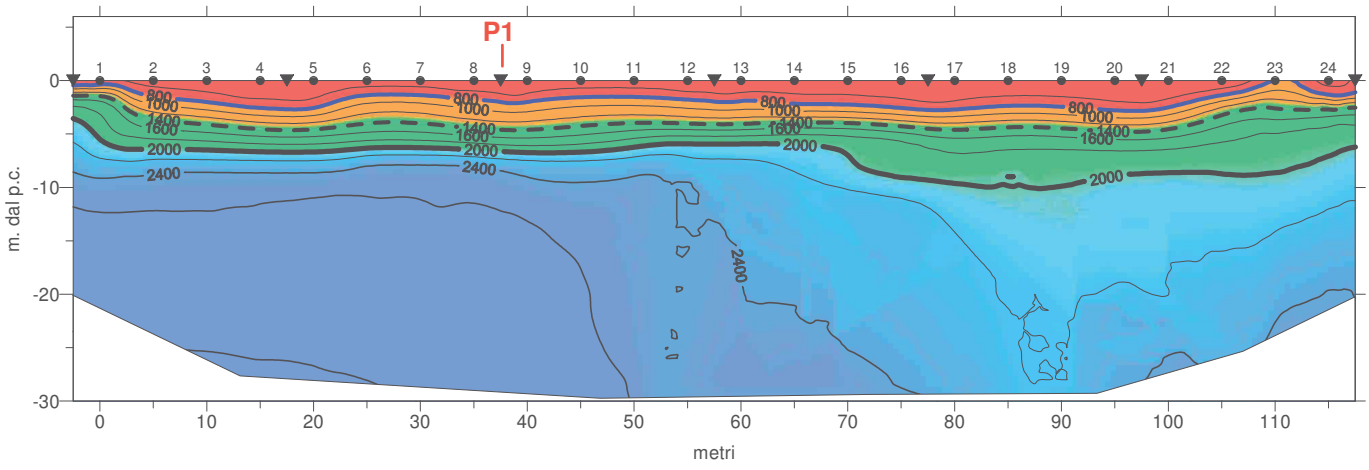


Fig. 5a

Loc. Pecorara - Comune di Alta Val Tidone - Tomografia sismica - P2



Scala 1:500

Velocità sismiche m/sec

0 400 800 1200 1600 2000 2400

Limite del materiale di copertura più allentato

Aumento di addensamento

Passaggio al substrato più compatto

▼ Punti di energizzazione

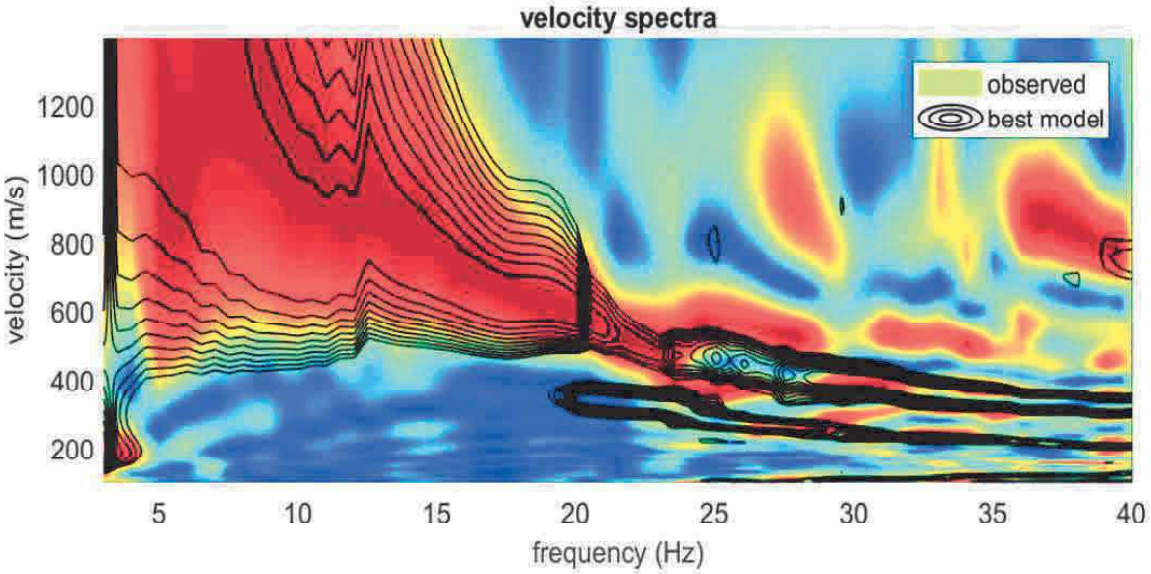
● Punti di registrazione

Fig. 5b

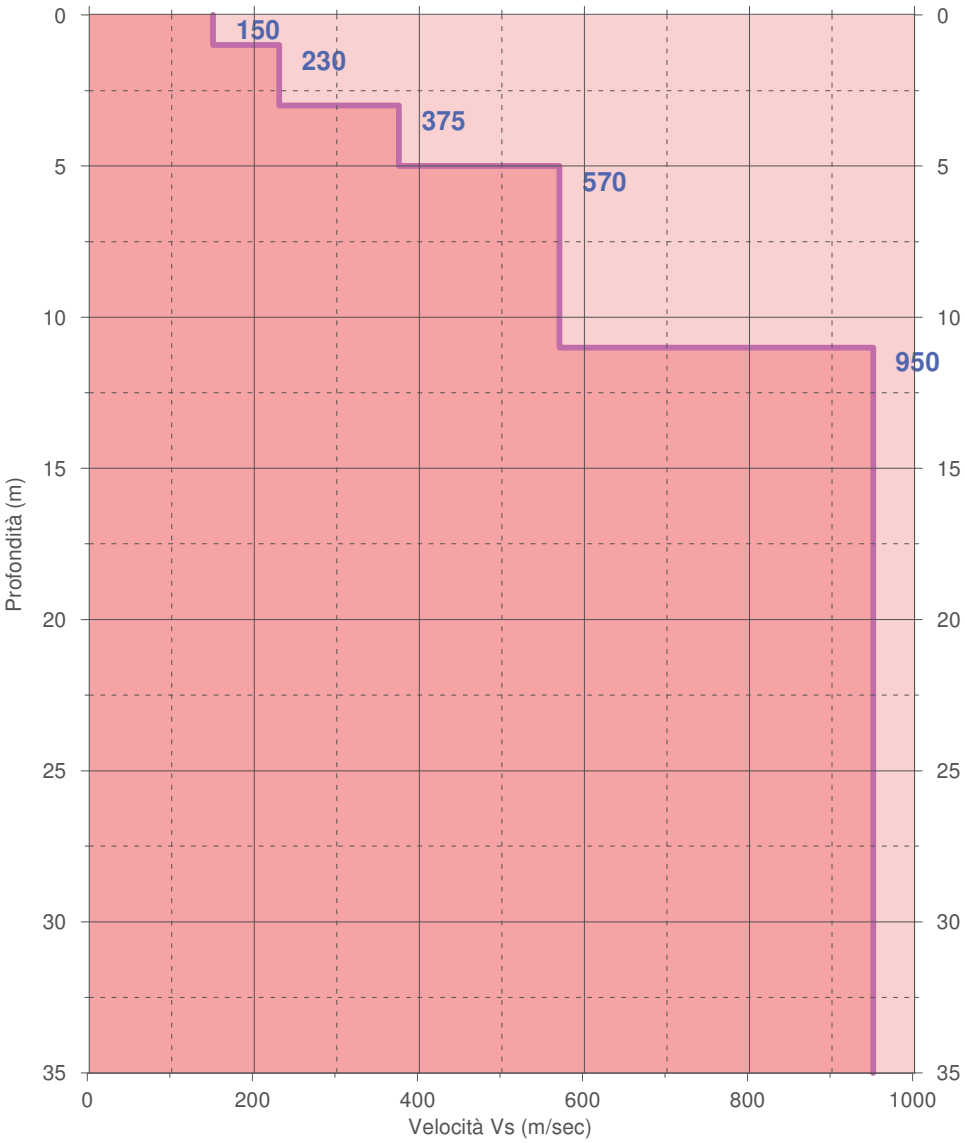
Loc. Pecorara - Comune di Alta Val Tidone
METODO MASW

M1

SPETTRO VELOCITA' di FASE- FREQUENZA



PROFILO VELOCITÀ Vs

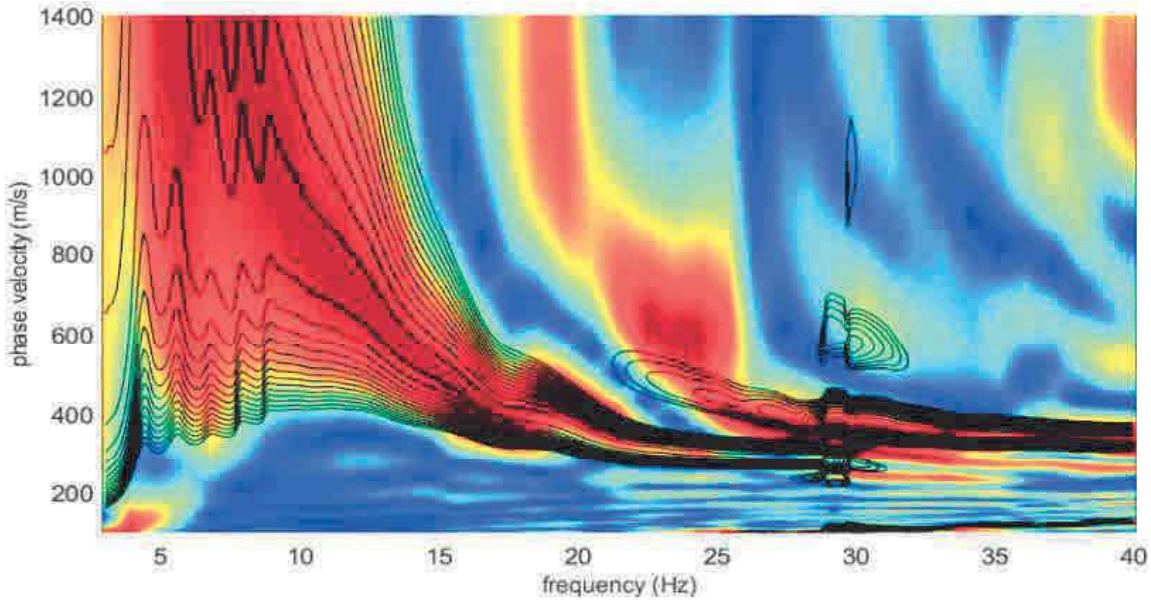


Vs_eq (0-11 m) = 353 m/s	*SUOLO DI FONDAZIONE TIPO "C"*	*Fig. 6a*

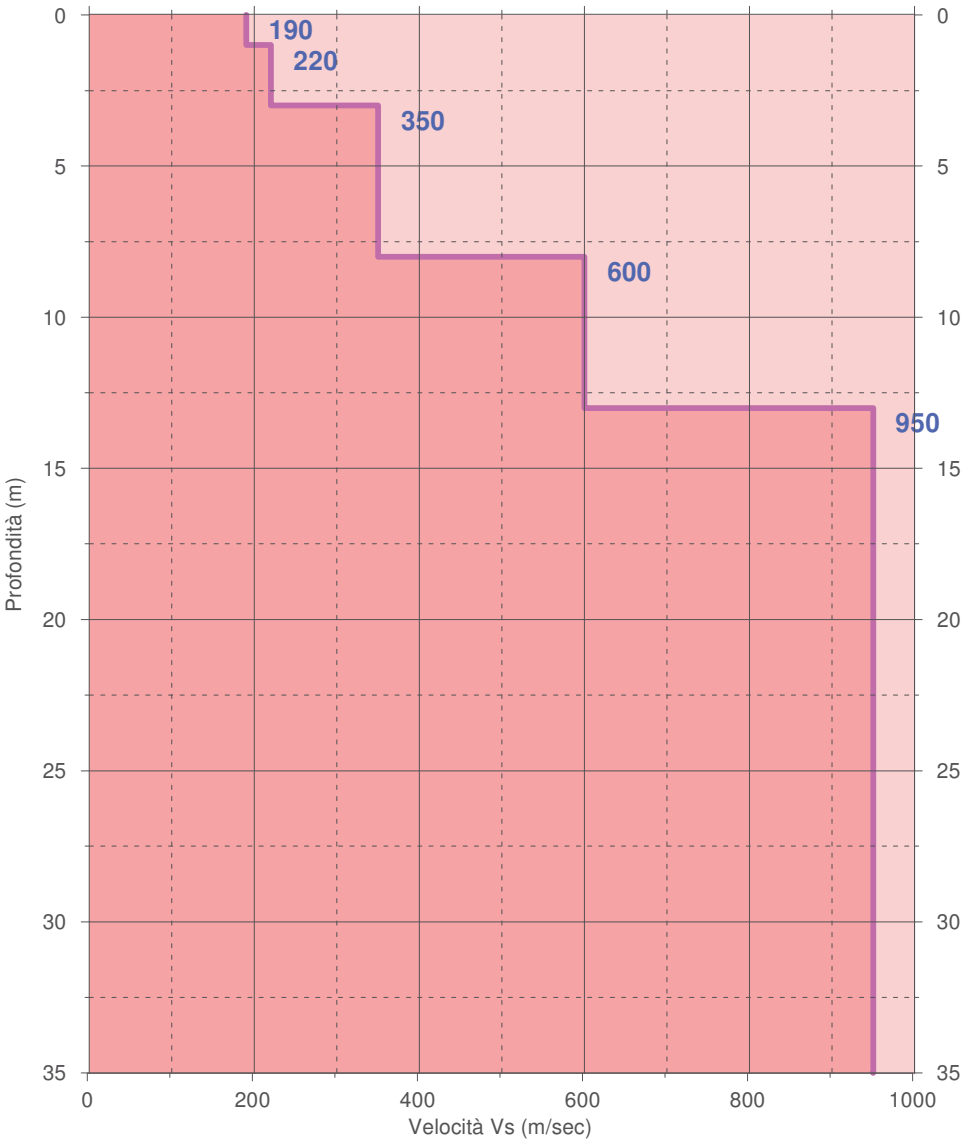
Loc. Pecorara - Comune di Alta Val Tidone
METODO MASW

M2

SPETTRO VELOCITA' di FASE- FREQUENZA



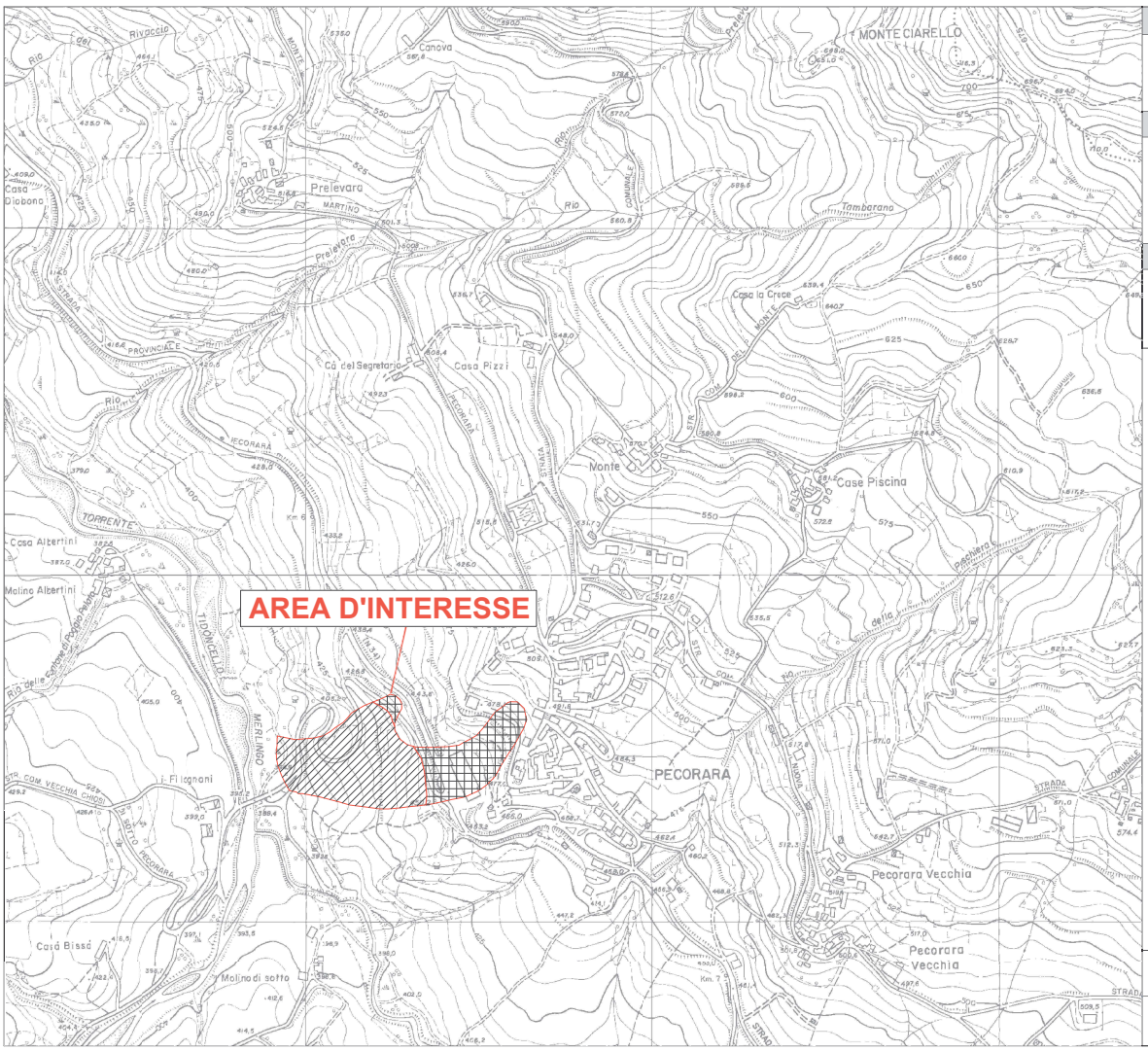
PROFILO VELOCITÀ Vs



Vs_eq (0-13 m) = 351 m/s

SUOLO DI FONDAZIONE TIPO "C"

Fig. 6b



COMMITTENTE

Az. Agricola
Radicelli Davide
Loc. Pecorara
29031 Alta Val Tidone (PC)

OGGETTO

Studio geologico e analisi
di un versante in frana quiesciente in loc. Pecorara - Comune di Alta Val Tidone (PC)
"*Classificazione del rischio nelle zone di frana quiescente*"

TITOLO

CARTA DEL "RISCHIO" GEOLOGICO

CLASSI DI RISCHIO

Classe 2 - Rischio Moderato

Classe 3- Rischio Elevato



AREA DI STUDIO

scala:
1:5000

N

Fig. 7

18 Frana quiescente in loc. Vascellino

COMUNE ALTA VAL TIDONE (PC) Prot. n. 0016375 del 17-12-2018 in arrivo

Geotest S.r.l. Servizi Geologici-Geotecnici-Geofisici
Via E. Fermi, 113 - 29031 Trevozzo – Alta Val Tidone (PC) Tel.: 348 5107263
P. iva: 01467560338

Comune di Alta Val Tidone (PC)

Oggetto: Relazione geologico-sismica preliminare finalizzata alla valutazione e zonizzazione del "Rischio Geologico" dell'area in frana quiescente in Loc. Vascellino.

Committente: Sig.ra Tellechea Dau Roxana Ines
Av. De Bruselas
Adeje
Santa Cruz de Tenerife

Trevozzo V.T. 13/12/2018

Geotest s.r.l.

Dott. Geologo Adriano Baldini

COMUNE ALTA VAL TIDONE (PC) Prot. n. 0016375 del 17-12-2018 in arrivo

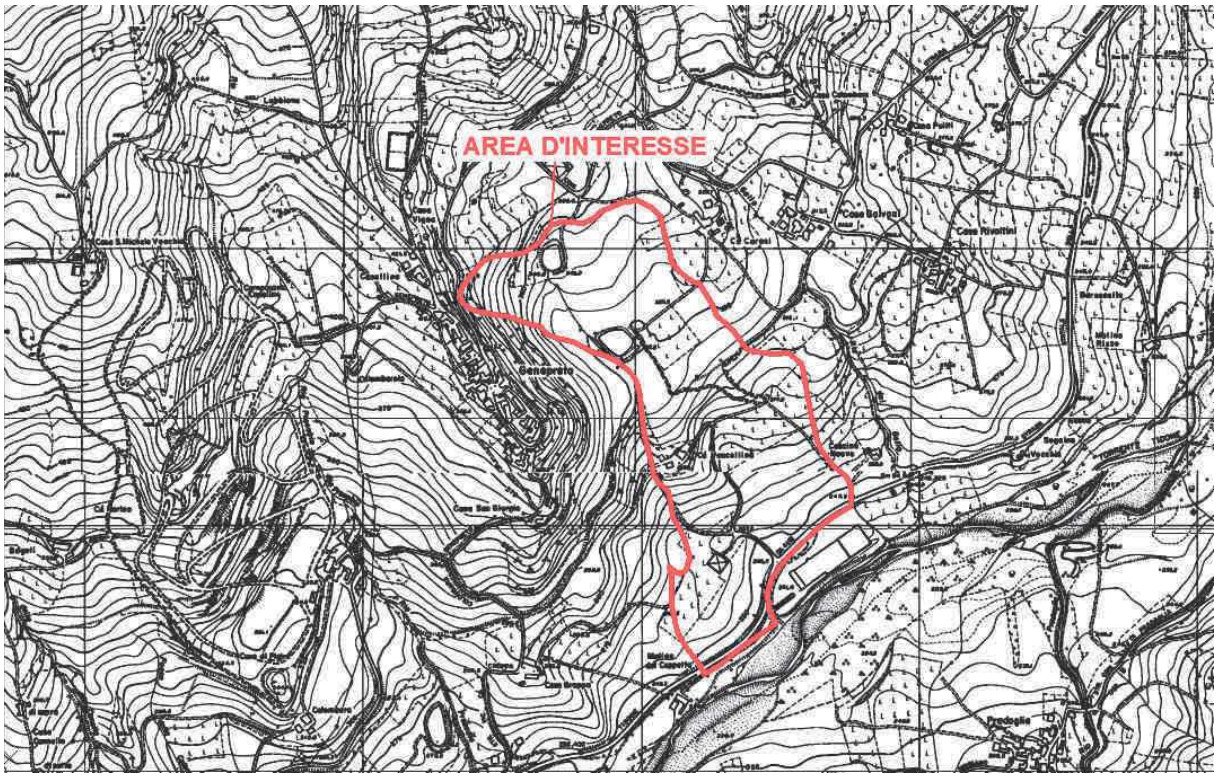
Sommario

1. PREMESSA 2
2. INDAGINI ESEGUITE 4
3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO-GEOMORFOLOGICO 5
3.1 CARATTERISTICHE GEOLOGICHE 5
3.2 CARATTERISTICHE GEOMORFOLOGICHE 6
4. INQUADRAMENTO IDROLOGICO E IDROGEOLOGICO 7
5. INDAGINI GEOGNOSTICHE 8
5.1 SISMICA A RIFRAZIONE 8
5.1.1 Cenni metodologici 8
5.1.2 Modalità esecutive 9
5.1.3 Strumentazione utilizzata 9
5.1.4 Elaborazione 10
5.1.5 Analisi dei risultati 10
5.2 PROVE PER LA DETERMINAZIONE DEL PROFILO DI VELOCITA' DELLE ONDE SISMICHE "S" 11
5.2.1 Cenni metodologici 11
5.2.2 Modalità esecutive 11
5.2.3 Commento dei risultati 12
5.3 MISURA DEI RAPPORTI SPETTRALI HVSR – (IPOTESI DI NAKAMURA) 13
5.3.1 Cenni Metodologici 13
5.3.2 Analisi dei risultati 13
6. MODELLO GEOLOGICO DELL'AREA 15
7. VALUTAZIONE DELLA PERICOLOSITA' SISMICA DELL'AREA (delibera del 2 Maggio 2007, n.112, in materia antisismica e successive integrazioni) 15
7.1 OBIETTIVI DELLA DELIBERA 15
7.2 LIVELLI DI APPROFONDIMENTO 16
7.3 CARATTERI SISMICI DELL'AREA 17
7.4 VALUTAZIONE DEL FATTORE DI AMPLIFICAZIONE DEL SITO INTERESSE-ANALISI 2° LIVELLO 19
7.5 SPETTRO DI RISPOSTA (IN PGA) DELL'AREA 20
7.6 ANALISI DELLA STABILITA' DEL VERSANTE SIA IN CONDIZIONI PSEUDO-STATICHE CHE SISMICHE-DINAMICHE - ANALISI 3° LIVELLO 21
7.6.1 Analisi di stabilità in condizioni pseudostatiche 21
7.6.2 Analisi di stabilità dinamica (Metodo di NEWMARK) 22
8. ZONIZZAZIONE DEL RISCHIO DEL CORPO DI FRANA QUIESCENTE-DEPOSITO DI VERSANTE 23
9. PRESCRIZIONI PER LE AREE IN FRANA QUIESCENTE - DEPOSITO DI VERSANTE IN CUI E' STATA EFFETTUATA LA VALUTAZIONE DEL RISCHIO 24

COMUNE ALTA VAL TIDONE (PC) Prot. n. 0016375 del 17-12-2018 in arrivo

1. PREMESSA

Nel Novembre-Dicembre 2018 è stata realizzata un'indagine geologico-sismica nell'intorno di un'area sita in loc. Vascellino, nel Comune di Nibbiano. Nel dettaglio l'area è localizzata sul versante orografico sinistro del T.Tidone, all'altezza dell'abitato di Genepreto.



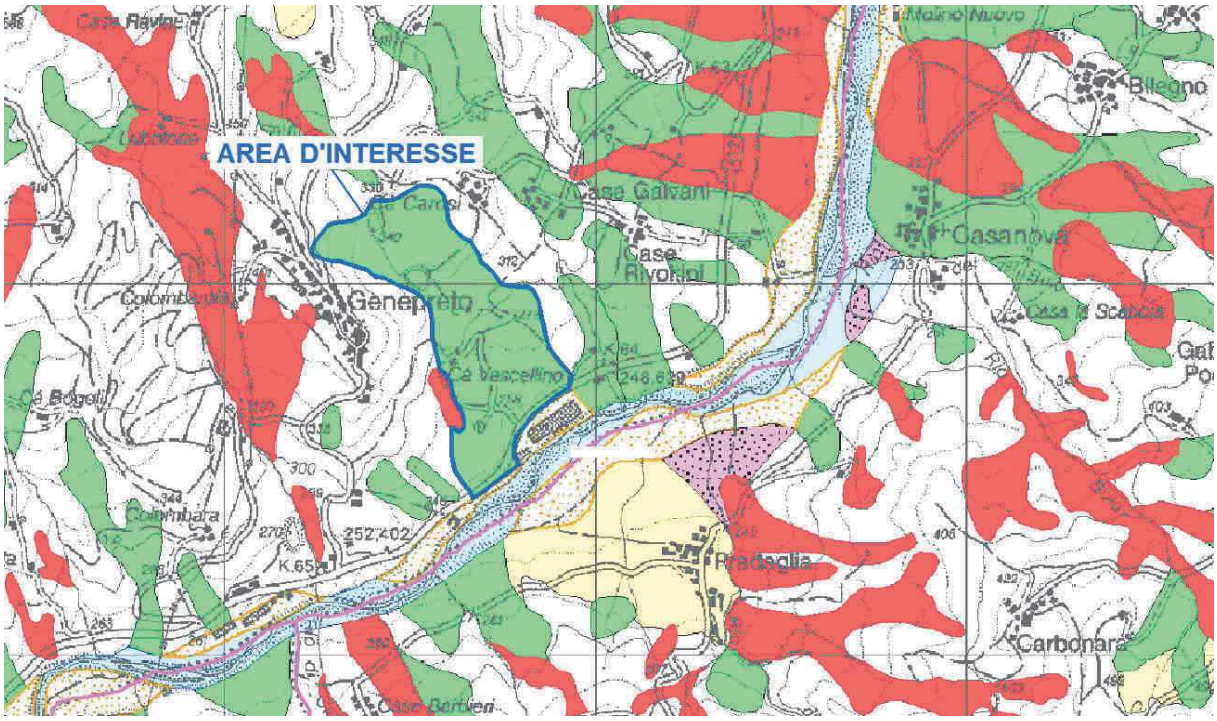
Inquadramento territoriale da CTR

Nella carta del dissesto del PTCP della provincia di Piacenza e nella "Carta del Dissesto Comunale" allegata al PSC (in questo caso coincidenti), l'area d'interesse è classificata come frana quiescente.

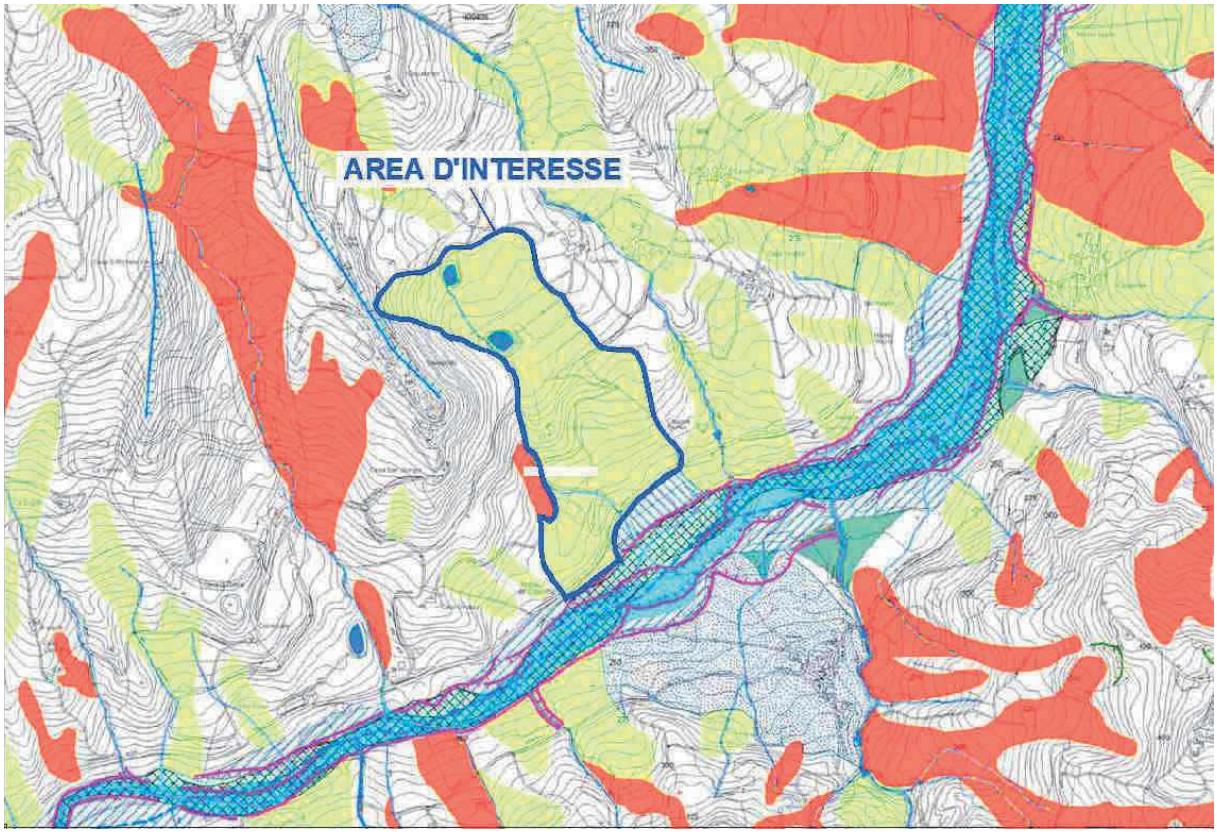
Le norme del PTCP, consentono (compatibilmente con il grado di "rischio" accertato mediante opportuni approfondimenti geologici), di realizzare interventi edilizi (ampliamenti, nuove costruzioni ecc.), altrimenti non consentiti in tali aree.

L'indagine ha avuto i seguenti obiettivi:

- Ricostruire l'assetto geologico-sismico del versante su cui insiste l'area d'interesse;
- Valutare le condizioni di stabilità complessiva del versante;
- Suddividere il corpo detritico in classi di rischio in base alla "pericolosità" geologica.



Carta del dissesto allegata al PTCP



Carta del dissesto allegata al PSC

2. INDAGINI ESEGUITE

L'approfondimento realizzato, come previsto dalla normativa, non ha riguardato solo l'area d'interesse della Committenza, ma è stato esteso a tutto il corpo detritico considerato influente ai fini della stabilità complessiva dell'area.

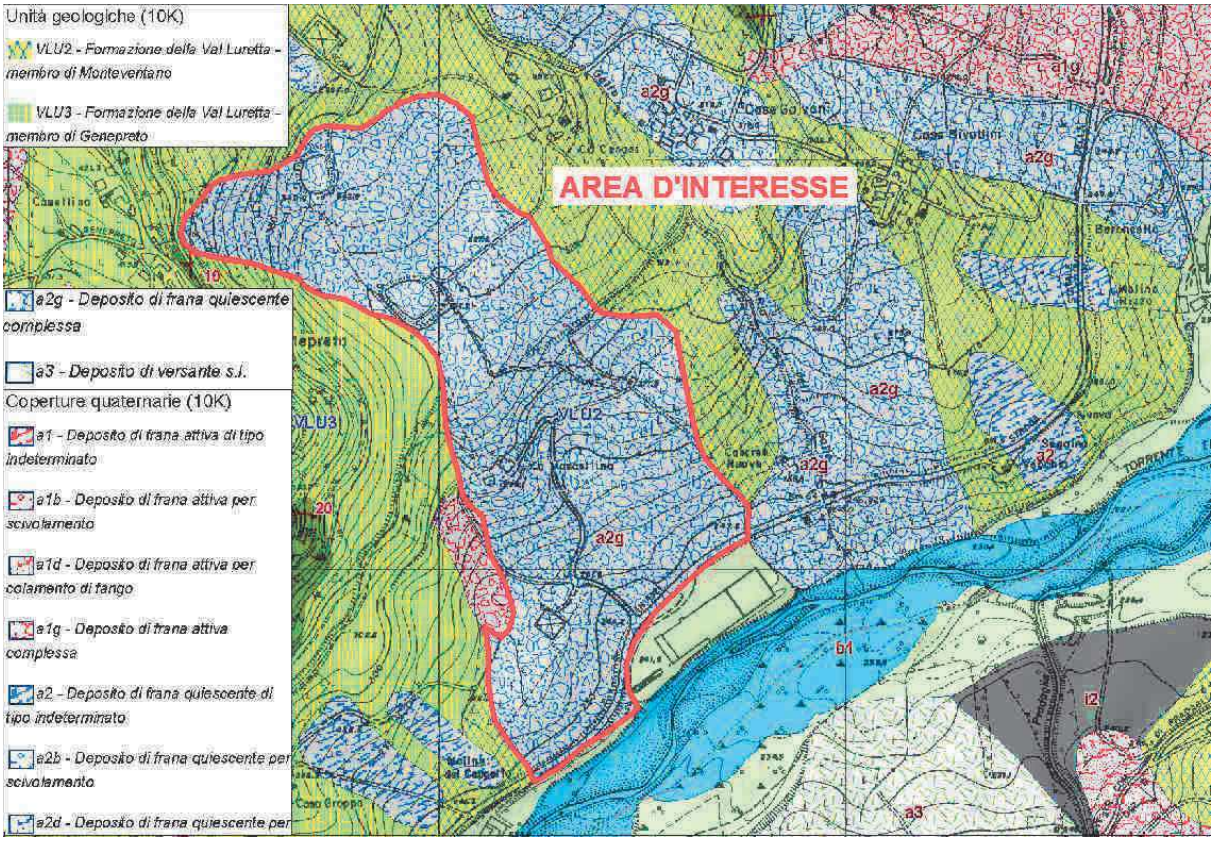
L'indagine geologico-sismica, conforme a quanto previsto dalla delibera del 2 Maggio 2007, n.112 (e successive integrazioni del DGR 2193_2015), in materia antisismica, ha compreso le seguenti fasi di studio:

- Raccolta ed analisi della documentazione esistente;
- Rilevamento geologico-geomorfologico di dettaglio di tutto il corpo di frana;
- Esecuzione/rielaborazione di 3 profili sismo-tomografici, per la valutazione dello spessore e del grado di addensamento sia del materiale di copertura che del substrato geologico;
- Registrazione/rielaborazione di 3 profili sismici con tecnica "MASW", per la determinazione del profilo di velocità delle onde "S" e della categoria del suolo di fondazione del sito in base all'attuale normativa antisismica;
- Analisi del "secondo livello" con valutazione del fattore d'amplificazione del sito ed identificazione dei possibili effetti di sito;
- Analisi del "terzo livello" con valutazione della stabilità dell'area in condizione sismiche dinamiche (metodo di "Newmark");
- Valutazioni sulla stabilità geomorfologica dell'area e zonizzazione del corpo detritico in classi di "Rischio".

3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO-GEOMORFOLOGICO

3.1 CARATTERISTICHE GEOLOGICHE

Come documento di base per l'inquadramento geologico dell'area, è stata utilizzata la "Carta Geologica dell'Appennino Emiliano-Romagnolo" della regione Emilia Romagna alla scala 1:10000.



Estratto della Carta Geologica Regionale

La "Formazione" rocciosa affiorante nel settore in esame è la formazione di "Val Luretta", qui principalmente rappresentata dal Membro di Monteventano (VLU2) e nel settore ovest dal Membro di Genepreto (VLU3).

Dal punto di vista litostratigrafico la formazione geologica d'interesse, e i vari membri in cui è suddivisa si possono così descrivere:

- **VLU2 - Formazione della Val Luretta - membro di Monteventano**

Alternanze decametriche di pacchi di strati medi arenaceo-pelitici (arenarie medie e fini, grigie, talora ricche in frustoli carboniosi e marne siltose nocciola) e di pacchi prevalentemente calcareo marnosi in strati medi e spessi, più frequenti verso il tetto del membro (calcari micritici grigio-biancastri e marne e marne calcaree grigio chiare, con locali

intercalazioni di arenarie grigie). Contatto su VLU1. Spessore del membro valutabile in 230 m circa. ***Età Thanetiano – Ypresiano***.

- **VLU3 - Formazione della Val Luretta - membro di Genepreto**

Alternanze di calcari e calcari marnosi grigio-biancastri e di marne e marne calcaree grigio chiare, talora nocciola, in strati da medi a molto spessi, talora in banchi. Sono presenti locali intercalazioni di arenarie medie e grossolane grigio-scure, in strati medi e di argille marnose

rosso vinate, o areniti e peliti marnose grigio scure in set di strati sottili e medi. Passaggio per alternanza a VLU2. Spessore parziale del membro valutabile in 450 m circa. ***Età Luteziano.***

3.2 CARATTERISTICHE GEOMORFOLOGICHE

Il corpo detritico ha una lunghezza massima di circa 800 metri e si estende, a valle, fino a ridosso del T. Tidone. La larghezza è di circa 250-300 metri.

Dal punto di vista geomorfologico si tratta di un unico corpo di paleofrana, delimitato ad ovest dalla dorsale su cui sorge l'abitato di Genepreto e ad est dal blando dosso morfologico su cui è ubicato il nucleo di Cà Carosi.

Il limite meridionale, come già accennato, è definito dal terrazzo alluvionale del T. Tidone.

In linea di massima, il corpo detrito d'interesse si può suddividere in due settori, aventi caratteristiche geologico-geomorfologiche ben differenziate.

Il settore Sud-occidentale, dove è ubicato il nucleo di Cà Vascellino, presenta una morfologia spiccatamente dossiforme con acclività medio-elevata. In tale settore non si notano movimenti gravitativi significativi.

Il settore Nord-orientale è caratterizzato da una acclività minore, con una morfologia che descrive un ampio impluvio dopo sono presenti due laghetti per l'irrigazione.

In questa area sono presenti alcune ondulazioni, soprattutto nel settore di valle verso la S.P. della Val Tidone), che testimoniano la presenza di limitati fenomeni di assestamento della coltre eluvio-colluviale superficiale.



Panoramica del versante da valle in cui si vedono il nucleo di Cà Vascellino e dietro l'abitato di Genepreto.

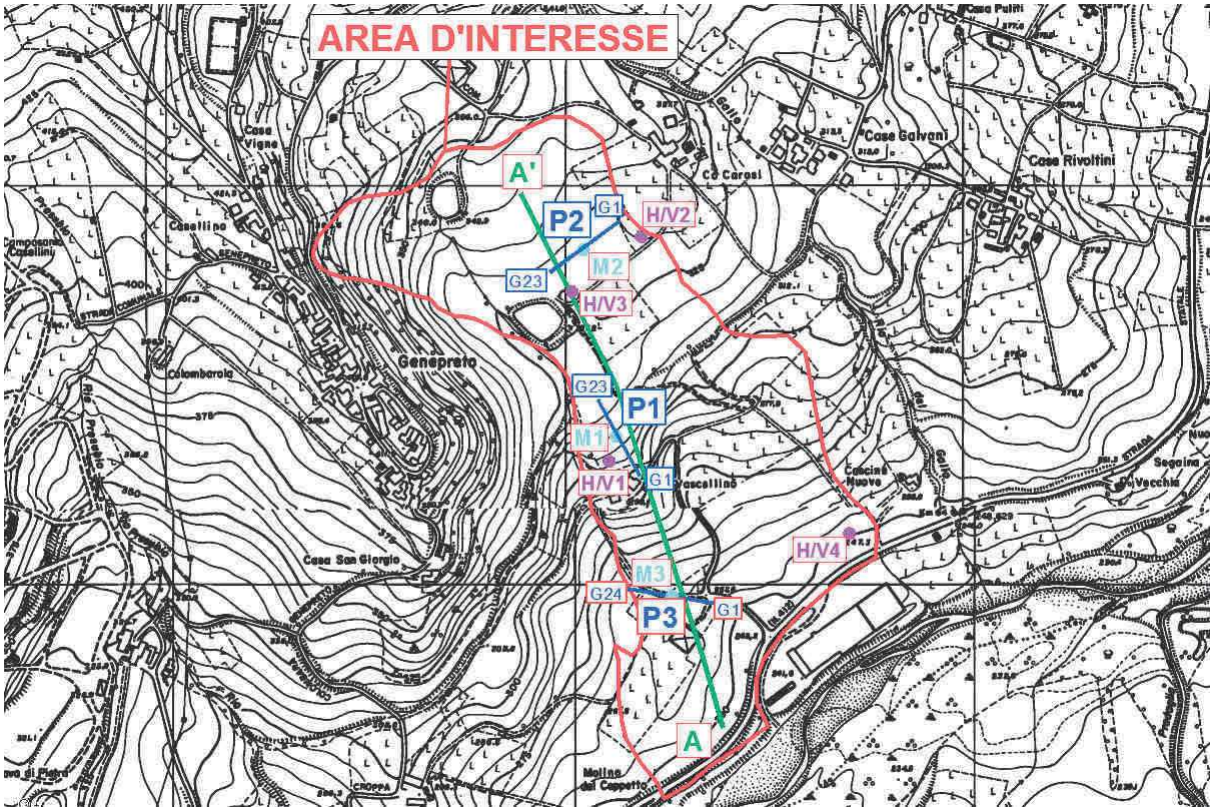
4. INQUADRAMENTO IDROLOGICO E IDROGEOLOGICO

Data la morfologica del versante, che descrive nella parte alte un ampio impluvio, il drenaggio delle acque superficiali è prevalentemente centripeto ed è assicurato dai canali di scolo legati alle pratiche agricole. Sotto l'aspetto idrogeologico si possono sinteticamente ipotizzare due tipi di circolazione idrica:

- Una, di maggiore entità, che interessa l'ammasso roccioso soprattutto ove la fratturazione risulta più intensa. Nel complesso, comunque, i litotipi presenti, a prevalente componente argillosa, sono poco idonei ad ospitare falde idriche produttive;
- L'altra di minore entità, ma rilevante per la stabilità, si può formare all'interno della copertura eluvio-colluviale più allentata (spessore 4-6 m), nei periodi particolarmente piovosi.

5. INDAGINI GEOGNOSTICHE

Come già accennato, sono stati realizzati/rielaborati 3 profili sismo-tomografici, 3 prove "Masw" e 4 prove Hvsr.



Planimetria indagini geognostiche

5.1 SISMICA A RIFRAZIONE

5.1.1 Cenni metodologici

La prospezione sismica rappresenta una tecnica di prospezione geofisica che consente, attraverso l'acquisizione e l'elaborazione di dati, la costruzione d'immagini bidimensionali (o tridimensionali) della variazione della velocità sismica. Con questa tecnica si riesce ad avere, pertanto, una visione seppur qualitativa della stratigrafia del terreno investigato, in termini di variazioni di "densità" dello stesso, essendo questo parametro direttamente legato alla velocità sismica. La tecnica di prospezione, consiste nella misura dei tempi impiegati dalle onde sismiche longitudinali (onde P) per percorrere un tragitto rettilineo tra una serie di punti d'energizzazione (sorgente sismica) e una serie di punti di ricezione (geofoni). Il confronto matematico tra i vari tempi permette di suddividere lo spazio compreso tra le due serie di punti in porzioni, o "celle elementari" (quadrate per le sezioni bidimensionali come quelle in esame, o cubiche per sezioni tridimensionali) caratterizzate ognuna da un proprio valore di velocità sismica.

5.1.2 Modalità esecutive

I profili realizzati sono costituiti da allineamenti di 23/24 geofoni spaziati di 5 metri. In punti predefiniti dei profili, sono stati creati artificialmente degli impulsi elastici mediante l'utilizzo di una massa battente; l'energizzazione è avvenuta in punti disposti simmetricamente allo stendimento e precisamente nelle seguenti posizioni:

- 2 punti esterni al profilo
- 2 punti agli estremi del profilo
- 3/4 lungo il profilo.

La registrazione dei sismogrammi è stata effettuata mediante un sismografo Geode della Geometrics a 24 canali ad elevata dinamica (24 bit).

5.1.3 Strumentazione utilizzata

Il "Geode" è un sismografo modulare a 24 bit che rappresenta l'ultima frontiera dei sistemi di registrazione sismica combinando il meglio dei tradizionali sismografi Geometrics con la flessibilità di un sistema distribuito. Geode è un sismografo ad elevata dinamica (144 dB di range dinamico totale – 105 dB istantanei a 2 msec di campionamento). Grazie all'ampia banda d'ingresso (1.75 Hz – 20 kHz, con velocità di campionamento da 0.02 msec a 16 msec), esso è perfettamente idoneo per un'ampia gamma di applicazioni: sismica a rifrazione, sismica a riflessione (anche ad altissima risoluzione), monitoraggio di vibrazioni, applicazioni sismologiche, downhole e VSP. In acquisizione sono disponibili tutte le funzioni di filtri, pre-amplificazione, line-test e instrument-test, tipiche dei sistemi di registrazioni evoluti.



Sismografo "Geode"

L'atrezzatura utilizzata è composta da:

- Sismografo modulare Geode 3-1000+ canali,
- Massa battente da 10 Kg,
- Piastra di battuta in alluminio 15x15x2,5cm,
- Batteria ricaricabile 12 V,

- Cavo per sismica a rifrazione stranded, 130 mt con 24 takeouts SPT-21 a 5 metri di intervallo e due code da 7.5 mt l'una terminate con connettore Bendix 61S,
- Geofoni GS20DX, 10 Hz verficali, 395 Ohm con puntale da 3" ed 1,5 mt di cavo terminato con mueller clip singola MC-20-SP,
- Computer portatile ACER.

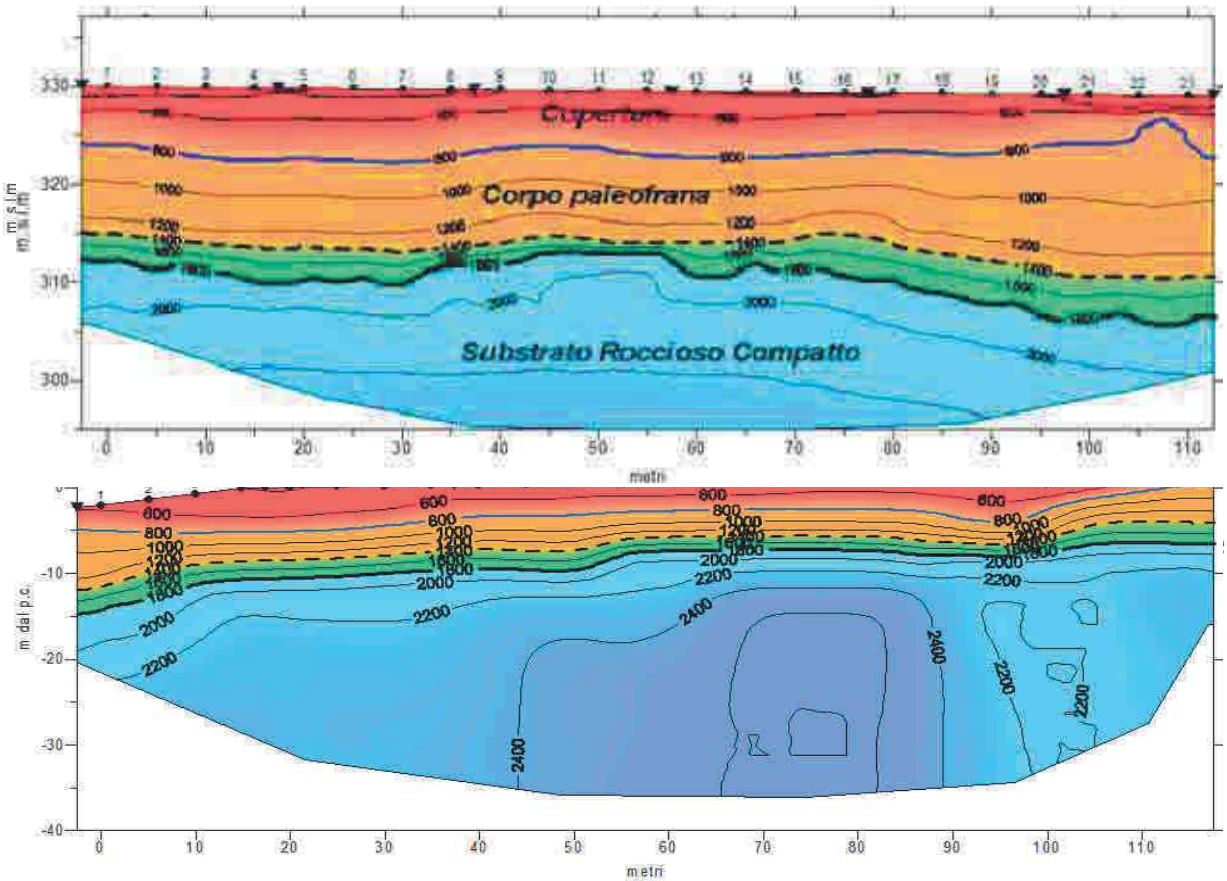
5.1.4 Elaborazione

In questo caso i dati acquisiti sono stati interpretati secondo un metodo sismico-tomografico utilizzando il software SeisOpt@2D v4.0 prodotto dalla OPTIM. La procedura d'elaborazione ha comportato in una prima fase la lettura dei tempi dei primi arrivi sui sismogrammi. In seguito, sono stati ricostruiti i percorsi dei raggi sismici attraverso il terreno. In linea teorica, ogni punto del mezzo investigato, è attraversato in tutte le direzioni, dai raggi sismici. Di ogni raggio è quindi calcolata la traiettoria e, sul confronto fra tutti i possibili percorsi e tempi impiegati, ed è stabilita per ogni punto (o cella di dimensioni 2.5x1.25 m, in questo caso) la sua velocità sismica caratteristica. Il risultato finale dell'elaborazione consiste in sezioni di velocità sismiche, rappresentata sia per isovelocità sia tramite colori. Alle diverse classi di velocità sismica, sono stati attribuiti colori che vanno, dal rosso per i valori più bassi, al blu per i valori più elevati. La scala cromatica evidenza i cambiamenti di velocità ritenuti più significativi.

5.1.5 Analisi dei risultati

Loc. VASCELLINO - Comune di Nibbiano - Tomografia sismica - P1

Loc. VASCELLINO - Comune di Nibbiano - Tomografia sismica - P2



- ***Unità allentata superficiale*** *(colore rosso),* con velocità inferiori a **800 m/s**. L'unità corrisponde al materiale detritico di copertura meno compatto. Gli spessori sono mediamente variabili da 4 a 6 m.
- ***Unità intermedia mediamente addensata*** (colore marrone), con velocità media di **1200-1300 m/s** e spessori medi di 6-10 metri. L'unità è correlabile a materiale detritico mediamente addensato;
- ***Unità intermedia addensata*** (colore verde), con velocità media di **1700 m/s** e spessori medi di 2-4 metri. L'unità è correlabile al substrato roccioso alterato;
- ***Unità di fondo*** *(colore azzurro),* con velocità medie di **2000-2200 m/s**; i valori di velocità, non particolarmente elevati, sono associabili ad un substrato mediamente addensato.

5.2 PROVE PER LA DETERMINAZIONE DEL PROFILO DI VELOCITA' DELLE ONDE SISMICHE "S"

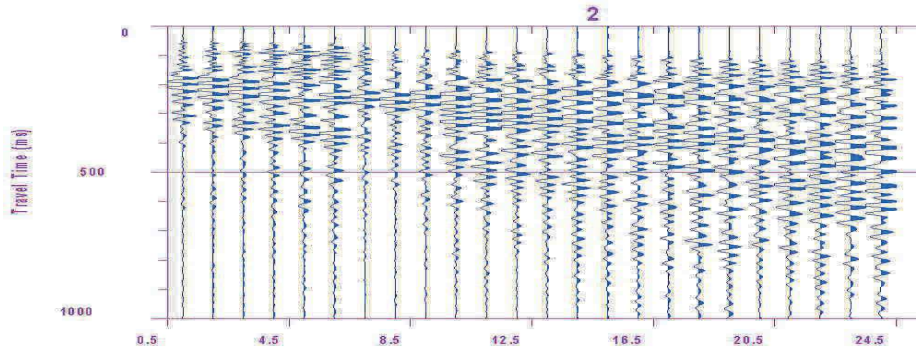
Per la determinazione del profilo di velocità delle onde "S" e della categoria del suolo di fondazione è stato utilizzato il metodo "Masw". I profili "Masw" sono stati realizzati in corrispondenza degli stendimenti sismico-tomografici.

5.2.1 Cenni metodologici

Il MASW (Park et al., 1999) è stato sviluppato in parte per superare le difficoltà dell'applicazione del SASW in ambienti rumorosi. La tecnica, che prevede la registrazione simultanea (in questo caso l'energizzazione è prodotta da una massa battente di almeno 10 Kg) di 12 o più canali, fornisce una ridondanza statistica delle misure di velocità di fase e ne avvalora la veridicità. Il salvataggio delle tracce nel dominio temporale, permette inoltre di distinguere e evidenziare, le onde di Rayleigh presenti nel record, che sono caratterizzate da un'elevata ampiezza di segnale (circa il 60% dell'energia prodotta dalla sorgente artificiale si distribuisce in onde di superficie). Una particolare analisi spettrale, "overtone analysis", produce un grafico Velocità di fase-frequenza in cui si può distinguere il modo fondamentale delle onde di superficie da cui ricavare la curva di dispersione ed il profilo delle Vs per successiva inversione 1-D. La tecnica permette, inoltre, di eseguire misure ripetute spostandosi nella direzione di allineamento per risalire ad un profilo bidimensionale che evidenzia le variazioni laterali delle Vs. Il software utilizzato per l'elaborazione dei dati è il "winMASW" versione Academy della Eliosoft.

5.2.2 Modalità esecutive

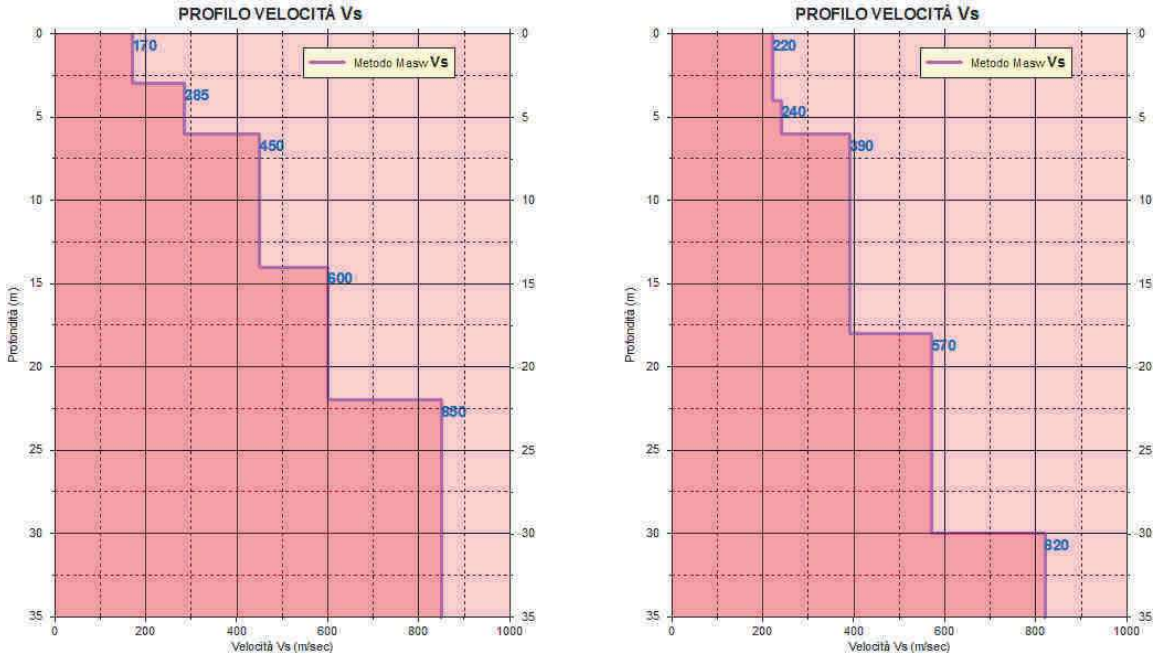
Sono stati realizzati 3 stendimenti di 23/24 geofoni, con distanza intergeofonica di 5 m. La lunghezza delle registrazioni è stata di 1 sec, con un passo di campionamento di 0.25 ms.



Esempio di registrazione con tecnica "Masw"

Si ricorda che il punto di determinazione del profilo delle Vs in profondità, si riferisce al centro dello stendimento geofonico.

5.2.3 Commento dei risultati



Risultati delle prove Masw – M1 e M2

Esaminando i grafici ottenuti, si possono fare queste considerazioni:

- Dalla superficie fino a 5/6 m dal p.c. sono presenti materiali caratterizzati da valori di Vs medio-bassi (Vs< 300 m/s). Tali depositi possono essere correlati alla copertura detritica più allentata;
- Più in profondità, fino a 15-18 metri, i valori di Vs aumentano segnalando la presenza di materiale, sempre di probabile natura detritica, più compatto;
- Oltre i 15-18 metri si ha un ulteriore aumento di velocità, con valori che si portano sui 570-750 m/s, in corrispondenza di materiale a buon addensamento, correlabile al substrato mediamente compatto;

- Il "Bedrock" sismico è stato individuato fra i 20 e i 30 metri dal p.c.;
- I valori di Vs H calcolati sono di 371 m/s (M1), 383 m/s (M2) e 394 m/s (M3);
- In base all'attuale normativa (NTC2018) il sito d'interesse presenta un suolo di fondazione di tipo B.

5.3 MISURA DEI RAPPORTI SPETTRALI HVSR – (IPOTESI DI NAKAMURA)

5.3.1 Cenni Metodologici

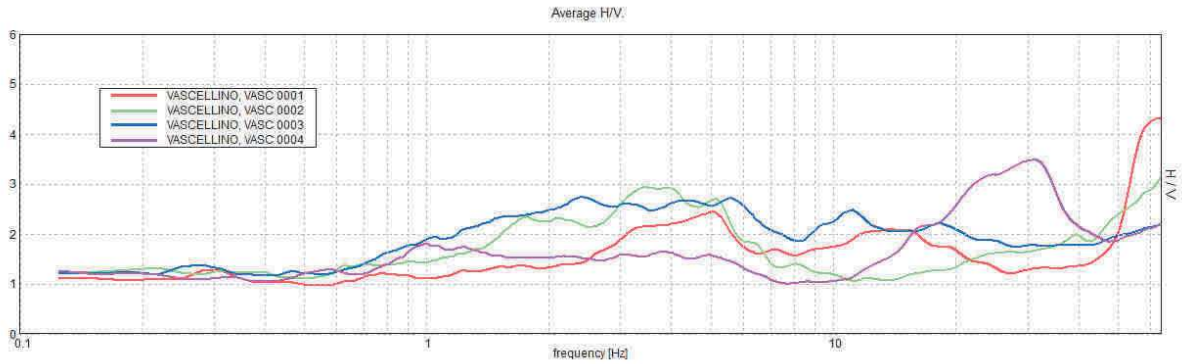
Il metodo dei rapporti spettrali di singola stazione (HVSR) e' largamente utilizzato in paesi con elevato rischio sismico quali il Giappone per la stima degli effetti di amplificazione di sito. Il microtremore, un'impercettibile oscillazione naturale del suolo, è presente in qualsiasi punto della superficie terrestre e consiste per lo più nelle onde sismiche prodotte dal vento e dal moto ondoso marino negli strati superficiali della Terra. Anche le attività umane (industrie, traffico stradale ecc.) possono produrre localmente microtremore, ma in genere tale segnale viene attenuato piuttosto rapidamente a causa delle sue caratteristiche di alta frequenza.

Le principali applicazioni delle prove H/V si possono così sintetizzare:

- Misura delle frequenze di risonanza dei suoli;
- Effetti di sito e microzonazione sismica (curve H/V, metodo di Nakamura);
- Stratigrafia sismica passiva;
- Segnalazione dei possibili fenomeni di doppia risonanza suolo-struttura.

Di particolare importanza è la frequenza di vibrazione del sito, caratterizzata dal maggiore rapporto di ampiezze H/V, nell'intervallo di frequenze di interesse ingegneristico (frequenze generalmente inferiori a 15 Hz), denominata frequenza fondamentale di vibrazione f_0.

5.3.2 Analisi dei risultati



Quadro d'insieme delle prove HVSR

Analizzando i risultati delle prove si possono fare le seguenti considerazioni:

- Si nota una "dispersione" evidente delle frequenze di risonanza in relazione ai diversi spessori del corpo di paleofrana;
- Le frequenze di vibrazione principali sono state individuate nell'intervallo 3.5-5 Hz, segnalando spessori della copertura detritica compresi mediamente fra i 15 e i 20 metri.

6. MODELLO GEOLOGICO DELL'AREA

Le indagini realizzate unite alle più generali conoscenze geologiche hanno consentito di ricostruire il modello geologico-geotecnico di riferimento per l'area d'interesse.

SINTESI DEI PARAMETRI GEOTECNICI

Livello A	**Litologia:** *limo e argilla con rari trovanti da poco a mediamente addensato*	
Dal p.c. a –4/-7 m	Peso di volume Peso di volume saturo Angolo di attrito di picco Angolo di attrito residuo Coesione	**γ = 1.80 t/mc** **γ = 1.90 t/mc** **φ = 20°** **φ = 18°** **C = 0.05 Kg/cmq**
Livello B	**Litologia:** materiale di natura limo-argillosa con trovanti lapidei mediamente compatto	
Da –4/-7 m a –15/-18 m	Peso di volume Peso di volume saturo Angolo di attrito di picco Angolo di attrito residuo Coesione	**γ = 1.90 t/mc** **γ = 2.00 t/mc** **φ = 22°** **φ = 20°** **C = 0.05 Kg/cmq**
Livello C	**Litologia:** *substrato fratturato*	
Da –15/-18 m a –20/-30 m	Peso di volume Peso di volume saturo Angolo di attrito di picco Coesione	**γ = 1.95 t/mc** **γ = 2.05 t/mc** **φ = 29°** **C = 0.1 Kg/cmq**
Livello D	**Litologia:** *substrato roccioso mediamente compatto*	
Oltre –20/-30 m	Peso di volume Angolo di attrito	**γ = 2.1 t/mc** **φ = 40°**

7. VALUTAZIONE DELLA PERICOLOSITA' SISMICA DELL'AREA (delibera del 2 Maggio 2007, n.112, in materia antisismica e successive integrazioni)

7.1 OBIETTIVI DELLA DELIBERA

Scopo del presente atto di indirizzo e coordinamento è quello di fornire i criteri per la per l'individuazione delle aree soggette ad effetti locali e per la microzonazione sismica del territorio in modo da orientare le scelte della pianificazione verso aree caratterizzate da minore pericolosità sismica. Lo studio della pericolosità di base e della pericolosità locale hanno come obiettivi:

- *l'individuazione delle aree dove in occasione dei terremoti attesi possono verificarsi effetti locali;*
- *la stima quantitativa della risposta sismica locale dei depositi e delle morfologie presenti nell'area di indagine ("Analisi della Risposta Sismica Locale", RSL);*
- *la suddivisione del territorio in sottozone a diversa pericolosità sismica locale ("Microzonazione Sismica", MZS).*

I risultati dell'analisi della pericolosità sismica locale e della microzonazione sismica, devono essere applicati nella redazione degli strumenti di pianificazione territoriale e urbanistica.

7.2 LIVELLI DI APPROFONDIMENTO

Gli studi di risposta sismica locale e microzonazione sismica vanno condotti a diversi livelli di approfondimento a seconda delle finalità e delle applicazioni nonché degli scenari di pericolosità locale. Tali studi svolti devono essere descritti in una relazione che indichi chiaramente il livello di approfondimento, le indagini effettuate e i risultati ottenuti e devono fornire una cartografia dello stato del territorio, e sono un riferimento necessario per la Valutazione di Sostenibilità Ambientale e Territoriale (VALSAT) preventiva delle singole scelte del piano.

Si identificano due fasi di analisi con diversi livelli di approfondimento.

La prima fase è diretta a definire gli scenari di pericolosità sismica locale, cioè ad identificare le parti di territorio suscettibili di effetti locali (amplificazione del segnale sismico, cedimenti, instabilità dei versanti, fenomeni di liquefazione, rotture del terreno, ecc.). L'individuazione delle aree soggette ad effetti locali si basa su rilievi, osservazioni e valutazioni di tipo geologico e geomorfologico, svolte a scala territoriale, associati a raccolte di informazioni sugli effetti indotti dai terremoti passati. Tale analisi viene svolta - soprattutto mediante elaborazione dei dati disponibili - in sede di elaborazione del PTCP e del PSC e concorre alla definizione delle scelte di piano, fornendo prime indicazioni sui limiti e le condizioni per la pianificazione nelle suddette aree.

La seconda fase ha come obiettivo la microzonazione sismica del territorio indagato. Sulla base degli scenari individuati dalle analisi svolte nel corso della prima fase, nella seconda fase si attuano due diversi livelli di approfondimento:

a) nelle aree pianeggianti e sub-pianeggianti, incluse le zone di fondovalle appenniniche, con stratificazione orizzontale e sub-orizzontale, e sui versanti stabili con acclività ≤ 15° in cui il deposito ha spessore costante si ritiene sufficiente un'analisi semplificata (secondo livello di approfondimento), cioè l'analisi della pericolosità locale può essere basata, oltre che sull'acquisizione di dati geologici e geomorfologici più dettagliati di quelli rilevati nel primo livello, su prove geofisiche in sito e su prove geotecniche di tipo standard. Il numero delle verticali indagate deve essere tale da consentire un'adeguata caratterizzazione geotecnica spaziale dei terreni e delle formazioni presenti nell'area di studio;

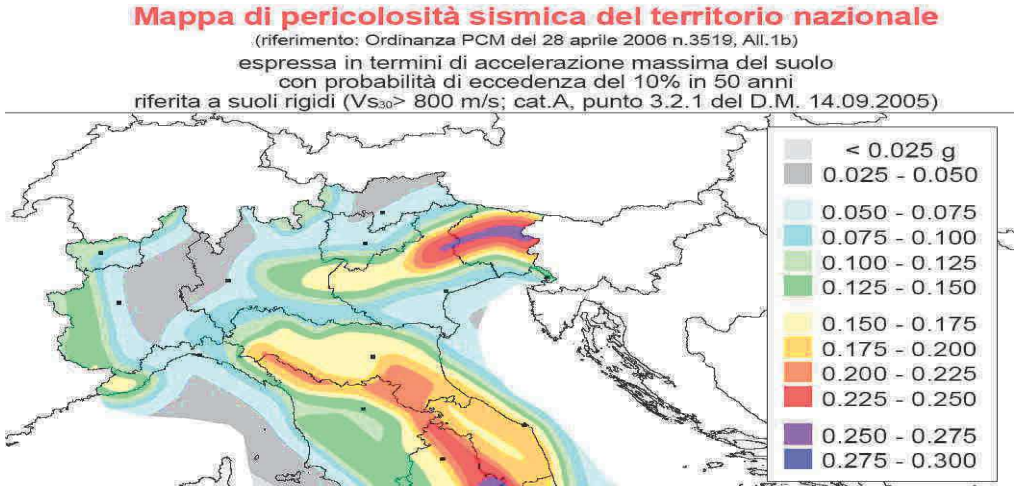
b) un'analisi più approfondita (terzo livello di approfondimento) è invece richiesta nei seguenti casi (vedere Allegato A1):

- *aree soggette a liquefazione e densificazione;*
- *aree instabili e potenzialmente instabili;*
- *aree in cui le coperture hanno spessore fortemente variabile, come ad esempio nelle aree pedemontane e di fondovalle a ridosso dei versanti;*
- *aree in cui è prevista la realizzazione di opere di rilevante interesse pubblico.*

L'analisi approfondita richiede un significativo numero di prove geofisiche e geotecniche, sia in sito che in laboratorio, rivolte alla definizione del comportamento dei terreni sotto sollecitazione dinamica. In queste parti del territorio la pericolosità potrebbe essere molto elevata e perciò deve essere attentamente valutata la possibilità di renderle suscettibili di trasformazione urbanistica.

7.3 CARATTERI SISMICI DELL'AREA

In base alla nuova carta della pericolosità sismica del territorio nazionale, i valori di PGA su suolo rigido con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni, per il Comune di Nibbiano sono compresi fra 0.075 e 0.100 g. L'area ricade nella zona simogenetica 911, in cui i meccanismi di fagliazione prevalenti sono legati a faglie trascorrenti e le profondità dei terremoti prevalentemente compresi fra 8 e 12 Km. Le magnitudo massime attese nella zona sismogenetica d'interesse sono di 5.7-6.1. Le serie storiche dei terremoti contenuti nell'archivio della Regione Emilia Romagna non segnalano eventi sismici rilevanti nell'area d'interesse.



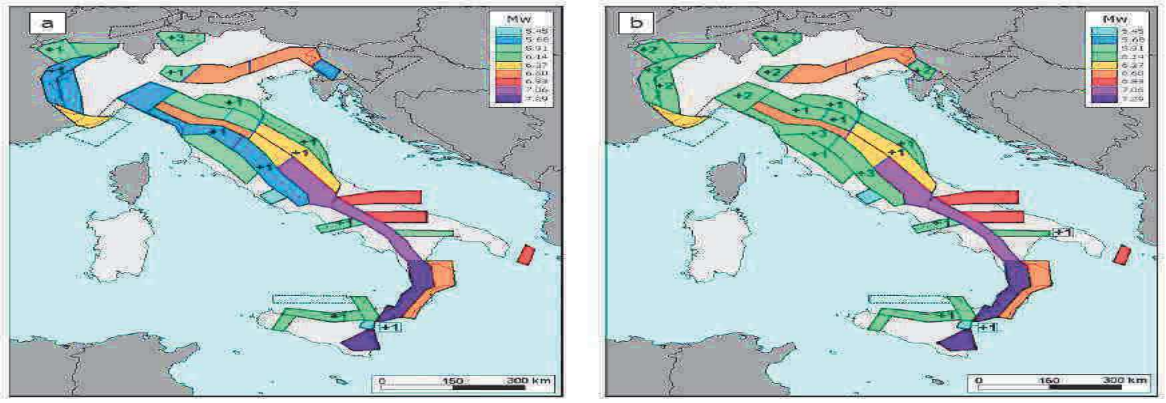


Figura 36. Valori di Mwmax corrispondenti ai due insiemi: a) "osservati" (Mwmax1); b) "cautelativi" (Mwmax2).

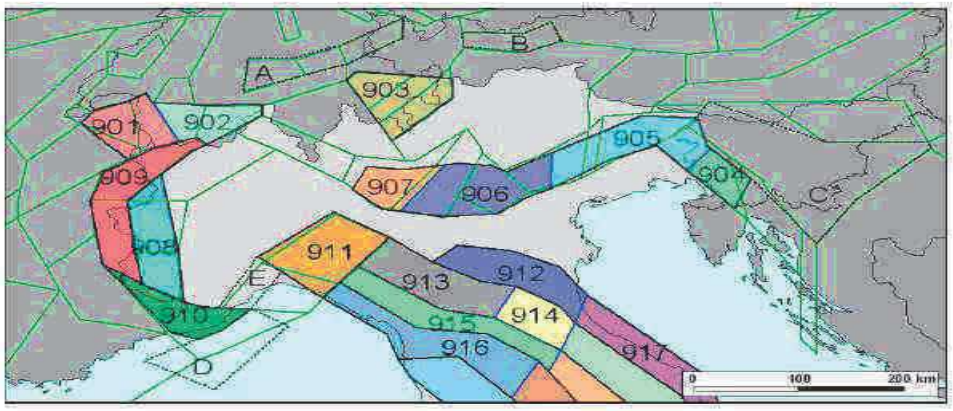


Figura 10. Zonazione sismogenetica ZS9 a confronto con la zonazione del progetto SESAME nell'area alpina (Jiménez et al., 2001; linee di colore verde).

In base alle caratteristiche geologiche del sito d'interesse, i principali effetti attesi possono ricondursi essenzialmente a fenomeni di amplificazione litologica e in minor misura a fenomeni d'instabilità dei versanti. Sono da escludere fenomeni d'amplificazione topografica (pendenza del versante complessivamente inferiore a 15°) e fenomeni di liquefazione (basso valore di ag atteso e presenza di copertura di materiale eterogeneo in matrice coesiva non liquefacibile).

7.4 VALUTAZIONE DEL FATTORE DI AMPLIFICAZIONE DEL SITO INTERESSE-ANALISI 2° LIVELLO

A2.1.1 - APPENNINO (zone collinari e montane)

In caso di substrato rigido, generalmente caratterizzato da Vs ≥ 800 m/s, si devono usare le seguenti tabelle

	150	200	250	300	350	400	450	500	600	700
5	1.8	1.7	1.4	1.2	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
10	2.0	2.0	1.9	1.7	1.5	1.4	1.2	1.1	1.0	1.0
15	2.0	2.0	2.0	1.9	1.8	1.6	1.4	1.3	1.2	1.0
20	2.0	2.0	2.0	2.0	1.9	1.7	1.6	1.4	1.3	1.0
25	2.0	2.0	2.0	1.9	1.8	1.8	1.6	1.5	1.3	1.0
30		1.9	1.9	1.9	1.8	1.7	1.6	1.5	1.4	1.2
35		1.9	1.9	1.9	1.9	1.7	1.6	1.4	1.4	1.2
40		1.9	1.9	1.9	1.9	1.7	1.6	1.4	1.4	1.2
50		1.9	1.9	1.9	1.9	1.8	1.6	1.4	1.4	1.2

Fattori di Amplificazione **PGA**. Colonna 1 H (m), riga 1 Vs_H (m/s)

	150	200	250	300	350	400	450	500	600	700
5	1.5	1.2	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
10	2.1	2.0	1.6	1.3	1.1	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
15	2.4	2.3	2.1	1.7	1.4	1.3	1.1	1.0	1.0	1.0
20	2.4	2.4	2.3	2.0	1.7	1.5	1.3	1.2	1.1	1.0
25	2.4	2.4	2.4	2.2	1.9	1.7	1.5	1.3	1.2	1.0
30		2.4	2.4	2.3	2.1	1.8	1.6	1.5	1.3	1.1
35		2.3	2.3	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

Fattori di Amplificazione **SI1** ($0.1s \leq T_0 \leq 0.5s$). Colonna 1 H (m), riga 1 Vs_H (m/s)

	150	200	250	300	350	400	450	500	600	700
5	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
10	1.3	1.1	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
15	1.6	1.4	1.2	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
20	2.6	1.9	1.5	1.2	1.1	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
25	2.9	2.5	1.9	1.4	1.2	1.1	1.1	1.0	1.0	1.0
30		2.9	2.3	1.6	1.4	1.2	1.1	1.1	1.0	1.0
35		3.2	2.8	1.9	1.5	1.4	1.2	1.1	1.1	1.0
40		3.4	3.1	2.4	1.8	1.5	1.4	1.2	1.1	1.0
50		3.2	3.2	2.9	2.2	1.9	1.6	1.4	1.3	1.1

Fattori di Amplificazione **SI2** ($0.5s \leq T_0 \leq 1.0s$). Colonna 1 H (m), riga 1 Vs_H (m/s)

I fattori di amplificazione calcolati per i singoli profili di velocità Vs sono riassunti nel tabella seguente:

PROVA	PROF. BEDROCK	VS H	FA PGA	FA intensità spettrale 0.1s-0.5s	FA intensità spettrale 0.5s-1.0s
M1	22 m	371	1.8	1.8	1.1
M2	30 m	383	1.75	1.95	1.3
M3	20 m	394	1.7	1.5	1.0

In base alla delibera sopraccitata, l'accelerazione orizzontale su suolo rigido (Vs>800 m/s) prevista per il Comune di Nibbiano è di 0.098g.

7.5 SPETTRO DI RISPOSTA (IN PGA) DELL'AREA

Nella delibera della Regione è riportata la forma dello spettro di risposta valido per tutta la regione.

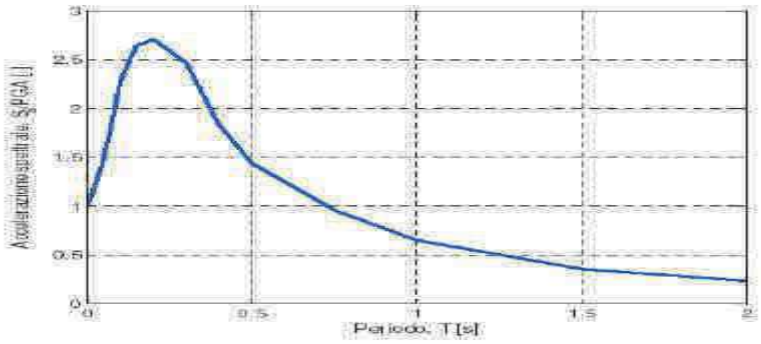
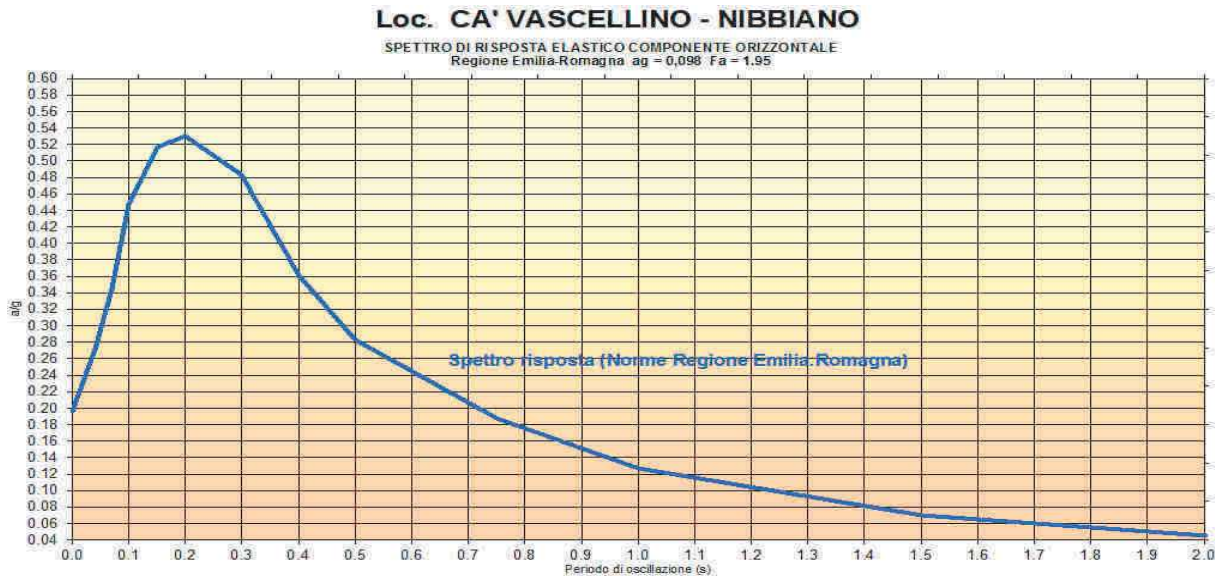


Figura 1 - Spettro di risposta normalizzato (T_R = 475 anni, smorzamento = 5%) per l'Emilia-Romagna

Dallo spettro di risposta normalizzato è possibile ottenere, moltiplicando i valori della tabella 1 per il valore di arefg di ogni comune, lo spettro di risposta a probabilità uniforme che descrive le caratteristiche del moto sismico atteso per ogni comune dell'Emilia-Romagna. Considerando il valore di arefg=0.098 per il comune di Nibbiano e il fattore di amplificazione (1.95), è stato calcolato lo spettro di risposta del sito d'interesse.



Spettro di riposta del sito in base alle norme della regione Emilia-Romagna

7.6 ANALISI DELLA STABILITA' DEL VERSANTE SIA IN CONDIZIONI PSEUDO-STATICHE CHE SISMICHE-DINAMICHE - ANALISI 3° LIVELLO

Per ricostruire l'assetto litostratigrafico e le caratteristiche geomeccaniche del versante, oltre alle considerazioni di carattere geologico, sono stati utilizzati i dati desunti dalle prove geofisiche realizzate, sintetizzati nei paragrafi precedenti.

1 Angolo resistenza al taglio: Residuo

Nr.	DB	Peso unità di volume (Kg/m³)	Peso saturo (Kg/m³)	Coesione (kg/cm²)	Coesione non drenata (kg/cm²)	Angolo resistenza al taglio picco (°)	Angolo resistenza al taglio residuo (°)	Permeabilità (m/s)	Dati aggiuntivi ...	Texture ...	Descrizione
1		1800.00	1900	0.05		20	18	Permeabile			
2		1900	2000	0.05		22	20	Impermeabile			
3		1950	2050	0.1		29	26	Impermeabile			
4		2100	2200			40	40	Impermeabile			

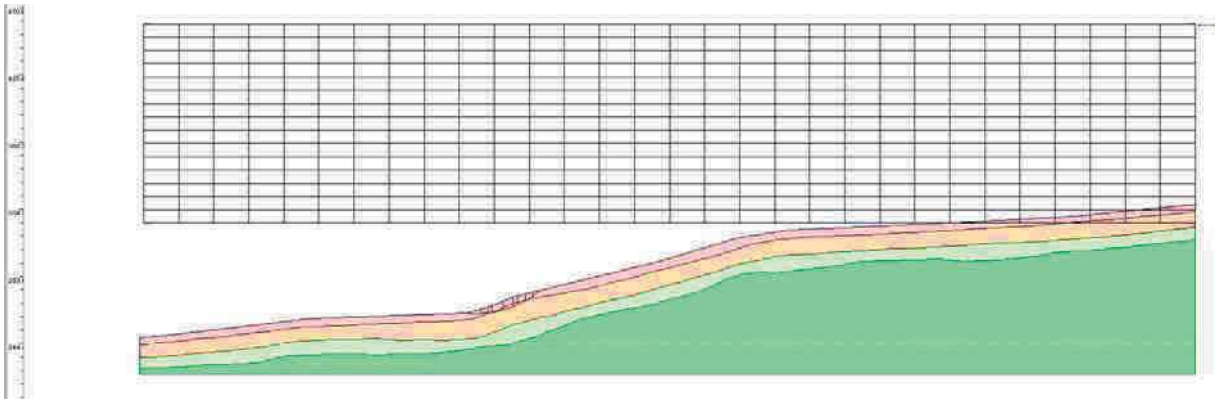
Modello geologico-geotecnico dell'area

7.6.1 Analisi di stabilità in condizioni pseudostatiche

Per l'analisi di stabilità del versante è stato utilizzato il software "slope" della società Geostru. Il metodo utilizzato è stato quello di Bishop. Per l'analisi di stabilità, a scopo cautelativo, sono stati utilizzati valori di angolo di attrito residuo).

Per l'azione sismica è stato considerato un valore di ag di 0.098x1.95 (fattore di amplificazione massimo) = 0.191g, ed un coefficiente di amplificazione topografica di 1.0.

In base alle verifiche realizzate, che, dato l'utilizzo dell'angolo di attrito residuo, sono state fatte in condizioni cautelative, il versante risulta in buone condizioni di sicurezza. La superficie con il minor coefficiente di sicurezza (1.30), che interessa la copertura superficiale, è stata individuata a valle di Cà Vascellino nella porzione più acclive del versante.

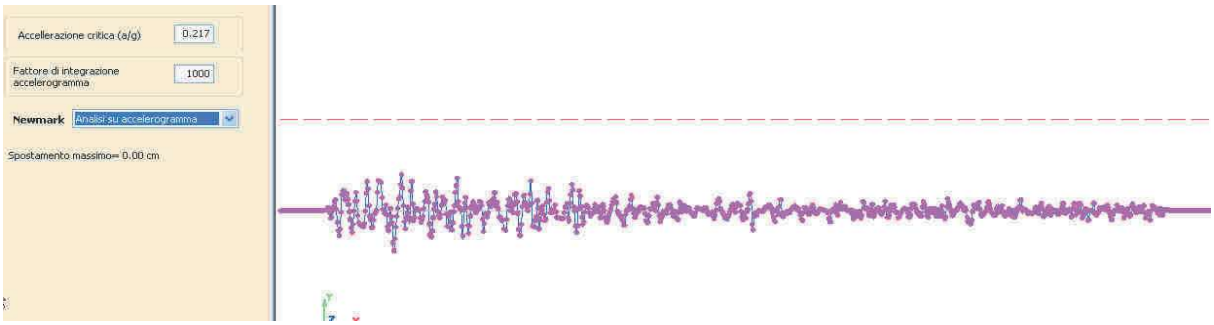


Verifica di stabilità del versante

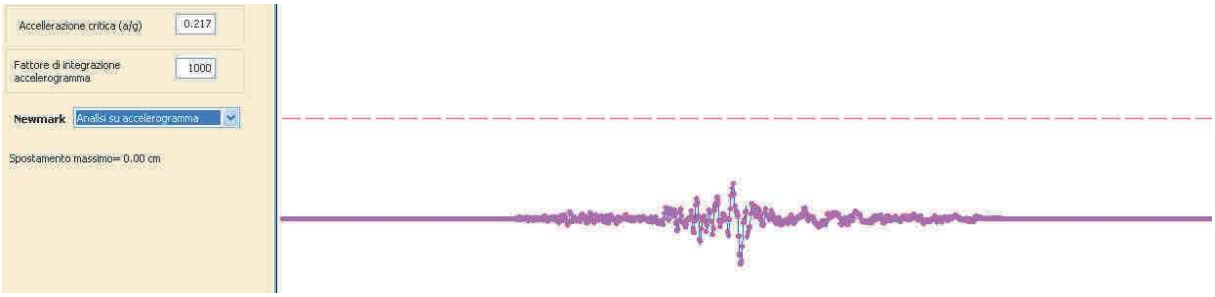
7.6.2 Analisi di stabilità dinamica (Metodo di NEWMARK)

Le verifiche in condizioni sismiche dinamiche (semplificate) sono state realizzate utilizzando come input gli accelerogrammi forniti dalla Regione Emilia-Romagna per il Comune di Nibbiano.

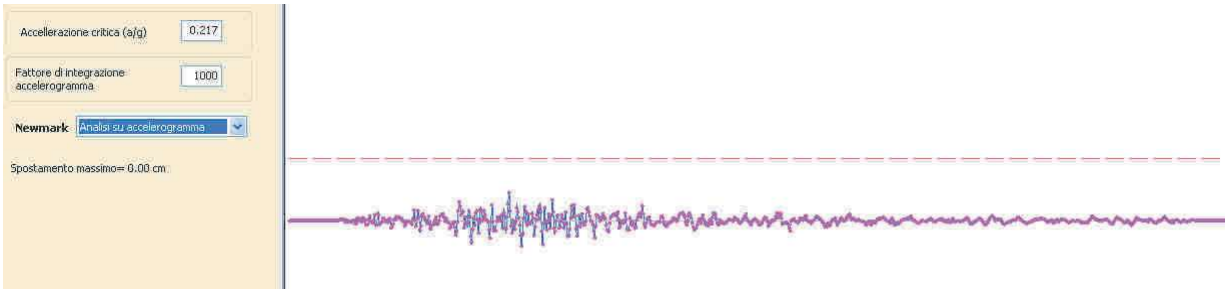
Le verifiche effettuate, con spostament nulli, confermano la stabilità dell'area anche in condizioni sismiche dinamiche. Di seguito si riportano i risultati delle 3 analisi dinamiche relative ai 3 sismogrammi considerati; nei grafici il valore soglia dell'accelerazione in grado di produrre spostamenti è rappresentato dalla linea rossa tratteggiata.



Accelerogramma 000046xa_033029Nibbiano.txt



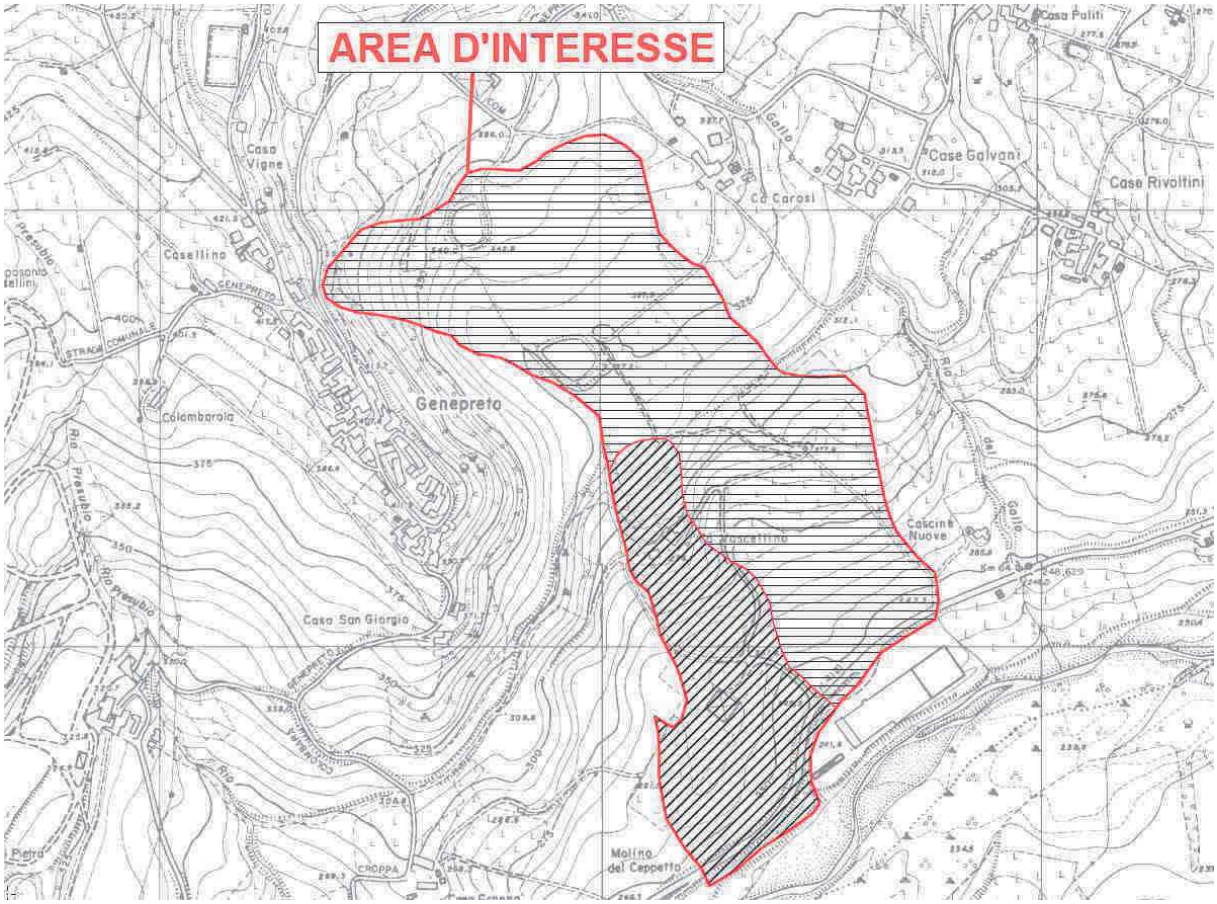
Accelerogramma 000126xa_033029Nibbiano.txt



Accelerogramma 000354xa_033029Nibbiano.txt

8. ZONIZZAZIONE DEL RISCHIO DEL CORPO DI FRANA QUIESCENTE-DEPOSITO DI VERSANTE

Il corpo di detritico studiato è stato suddiviso, in base a criteri geologico-geomorfologici, in settori contraddistindi da un differente grado di "rischio".



Zonizzazione del "rischio" geologico del corpo detritico

Sono state distinte 2 classi di rischio:

- **<u>Aree a rischio moderato (classe 2 - rigato obliquo)</u>**, occupano, la parte sud-occidentale del corpo detritico. In tali aree il materiale della paleofrana è caratterizzato da una forte componente lapidea poco sensibile all'imbibizione d'acqua. Inoltre le condizioni idrogeologiche sono favorevoli (drenaggio centrifugo) per la morfologia spiccatamente dossiforme.

- **<u>Aree a rischio elevato (classe 3 - rigato orizzontale)</u>**, occupano la parte restante della paleofrana. In queste aree, pur con acclività complessivamente minori, il drenaggio centripeto delle acque determina la possibilità di imbibizione della coltre più allentata con possibilità di instabilizzazione della coltre stessa. Anche in assenza di fenomeni gravitativi significativi in atto, si ritiene, cautelativamente, di attribuire a queste aree un grado di rischio elevato.

9. PRESCRIZIONI PER LE AREE IN FRANA QUIESCENTE - DEPOSITO DI VERSANTE IN CUI E' STATA EFFETTUATA LA VALUTAZIONE DEL RISCHIO

Classe 2 (rischio moderato) – Fattibilità con modeste limitazioni (R2):

Queste aree si ritengono utilizzabili ai fini urbanistici, anche se si sono appurate alcune condizioni limitanti all'edificabilità, che possono essere superate attraverso approfondimenti di indagine o accorgimenti tecnico-costruttivi; **gli interventi edificatori sono comunque permessi**, prevedendo se necessario eventuali accorgimenti costruttivi necessari o interventi di riduzione del rischio idrogeologico, quali:

- *sbancamenti e riporti ridotti al minimo;*
- *fondazioni rigide, spinte ad idonea profondità dall'attuale piano campagna;*
- *regolamentazione delle acque superficiali e sotterranee;*
- *sistemi di raccolta sistematica e l'allontanamento in tubazioni a perfetta tenuta delle acque piovane e di quelle di scarico dei futuri edifici;*
- *opportuni interventi di sostegno (ex gabbionate, muri con drenaggio e sistema di smaltimento acque ecc.) al fine di proteggere il piede di eventuali scarpate artificiali con pendenze superiori a 1/2.*

Per tali zone si dovrà comunque subordinare l'autorizzazione ad ulteriori e dettagliati accertamenti geologici e geognostici.

Classe 3 (rischio elevato) – Fattibilità con significative limitazioni (R3)

In questa classe si sono inserite le zone in cui la propensione al dissesto è più elevata, ed in cui le limitazioni alla modifica della destinazione d'uso appare più consistente.

Si dovrà dunque subordinare l'autorizzazione ad ulteriori e dettagliati accertamenti geologico-tecnici e geognostici, finalizzati a valutare quali siano le azioni atte a ridurre il rischio connesso all'intervento edificatorio

Si dovrà dunque prevedere quanto segue:

- *manutenzione delle eventuali opere di difesa esistenti;*
- *l'adozione di fondazioni rigide, spinte ad idonea profondità dall'attuale piano campagna;*
- *la raccolta sistematica e l'allontanamento in tubazioni a perfetta tenuta delle acque piovane e di quelle di scarico dei futuri edifici;*
- *regolamentazione delle acque superficiali e sotterranee, e se necessario comprendere tutta o buona parte della zona a monte, attraverso le opportune opere idrauliche (ex canali di scolo, drenaggi sotterranei ecc.);*
- *quanto necessario al fine di ridurre la pericolosità;*

Oltre a quanto consentito dalle norme del P.T.C.P. (e dal P.A.I) in merito alle frane attive e quiescenti, in questa classe sono ammessi solo ampliamenti delle costruzioni esistenti, con incrementi volumetrici non superiori a quanto consentito dalle N.T.A. del P.S.C comunale.

Alta Val Tidone, 10/12/2018

Dott. Adriano Baldini



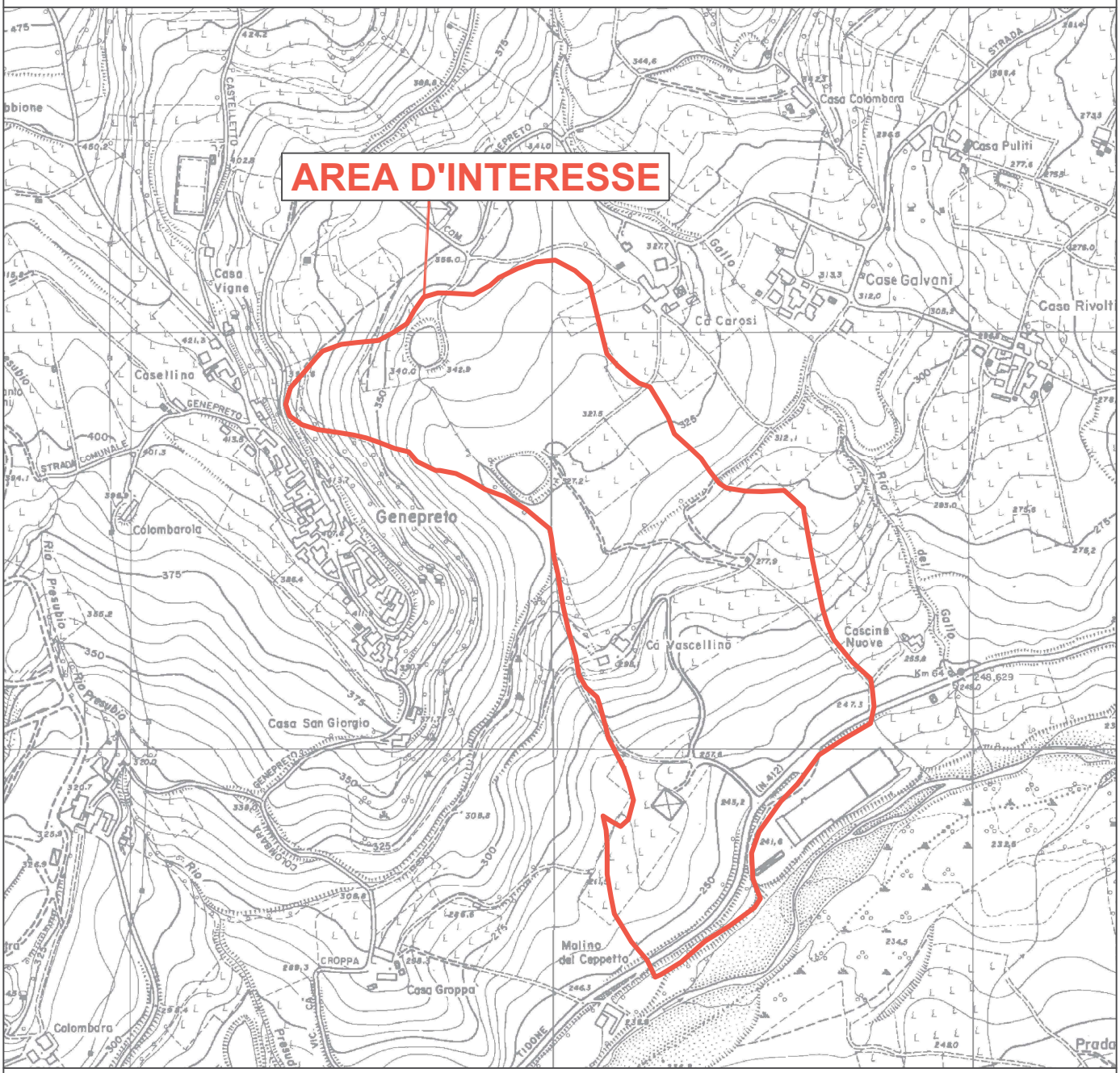
Dott. Alberto Lepori

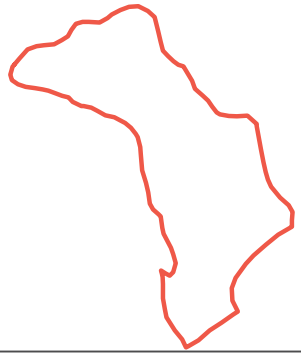


TAVOLE E FIGURE

INQUADRAMENTO TERRITORIALE

Scala 1:7000

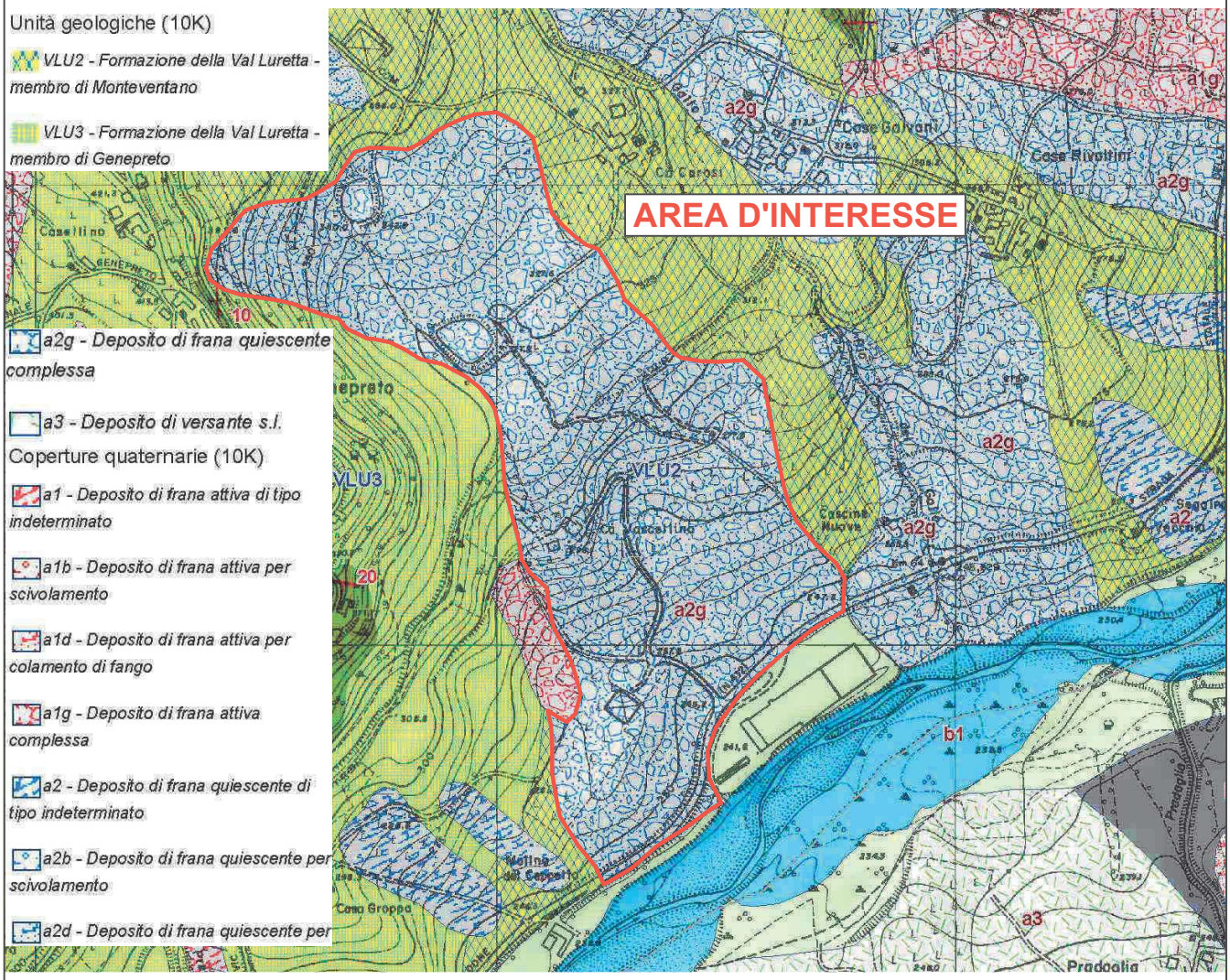




Area considerata

Fig. 1

ESTRATTO CARTA GEOLOGICA REGIONALE
Scala 1:7000



LEGENDA

Unità geologiche (10K)

VLU2 - Formazione della Val Luretta - membro di Monteventano

VLU3 - Formazione della Val Luretta - membro di Genepreto

a2g - Deposito di frana quiescente complessa

a3 - Deposito di versante s.l.

Coperture quaternarie (10K)

a1 - Deposito di frana attiva di tipo indeterminato

a1b - Deposito di frana attiva per scivolamento

a1d - Deposito di frana attiva per colamento di fango

a1g - Deposito di frana attiva complessa

a2 - Deposito di frana quiescente di tipo indeterminato

a2b - Deposito di frana quiescente per scivolamento

a2d - Deposito di frana quiescente per

Area considerata

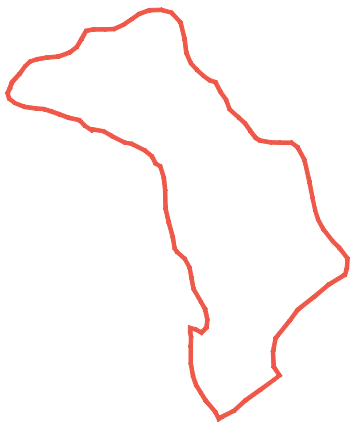
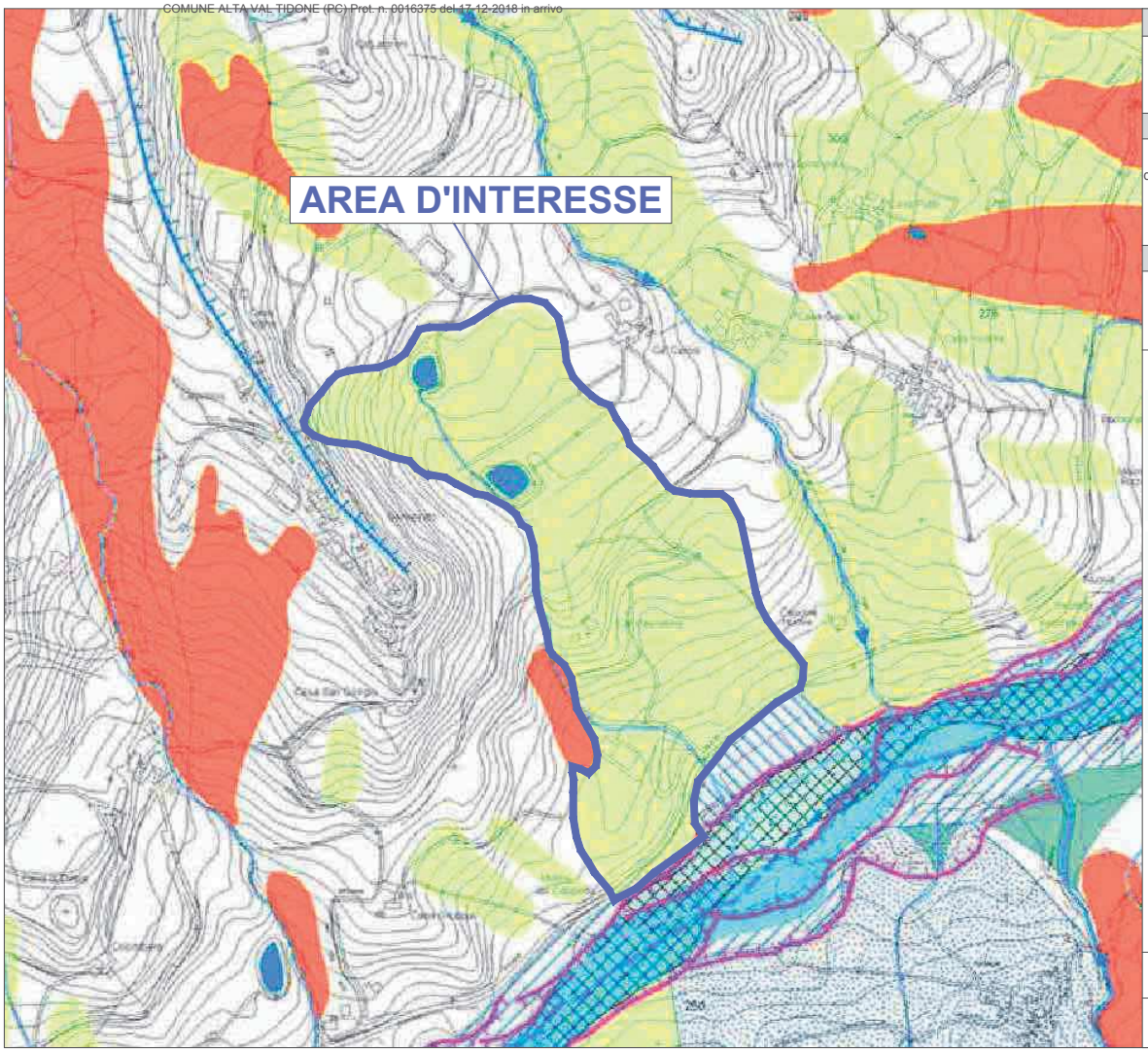


Fig.2

COMUNE ALTA VAL TIDONE (PC) Prot. n. 0016375 del 17-12-2018 in arrivo



COMMITTENTE

OGGETTO

Studio geologico e analisi
di un versante in frana quiescente - deposito di versante
in loc. Cà Vascellino nel Comune di Nibbiano
"*Classificazione del rischio nelle zone*
di frana quiescente - deposito di versante"

TITOLO

CARTA DEL DISSESTO
Estratta dal PSC

Elementi morfologici

Area di frana attiva:
Accumuli gravitativi caotici di materiali eterogenei ed eterometrici, in abbondante matrice limoso-argillosa, con evidenti movimenti in atto.

Area di frana quiescente:
Accumuli gravitativi caotici di materiali eterogenei ed eterometrici, in abbondante matrice limoso-argillosa, attualmente quiescenti o stabilizzati.

Area di frana stabilizzata o relitta
Movimenti gravitativi quiescenti di cui non si hanno indizi di movimento recente o in atto. Generalmente si presentano con profili regolari, vegetazione ben sviluppata, assenza di lesioni a manufatti ed infrastrutture.

Depositi alluvionali attuali:
Ghiaie sciolte eterogenee ed eterometriche, a matrice sabbiosa-limosa o limosa.

Alveo di magra del torrente

Depositi alluvionali in evoluzione che si rinvengono entro l'alveo attivo del fiume, talora fissati dalla vegetazione e corrispondenti ad aree esondabili in condizioni di piena ordinaria.

Depositi alluvionali terrazzati, recenti, fissati da copertura vegetale:
Ghiaie a matrice limoso-sabbiosa, spesso ricoperte da una coltre limosa di colore prevalentemente bruno-giallastro (2,5 Y 4/2 "Munsell Soil Charts").
[Depositi alluvionali terrazzati e disposti a diverse quote rispetto all'alveo attivo, esondabili in condizioni di piene eccezionali]
Olocene Superiore.

Depositi alluvionali terrazzati medio-antichi:
Ghiaie a prevalente matrice limosa o limoso-sabbiosa, ricoperte in superficie da una coltre limoso-argillosa di colore bruno-giallastro scuro o bruno-grigiastro scuro (valori compresi tra 10 YR 4/3, 4/4-5/3, 5/4 e 2,5 Y 5/2, 4/2 "Munsell Soil Charts").
Olocene medio-superiore.

Depositi alluvionali terrazzati antichi:
Successioni di ghiaie, sabbie e limi, debolmente alterate alla sommità. Presenza di coltre limoso-argillosa di copertura a prevalente colore bruno e bruno-giallastro (valori compresi tra 10 YR 4/3, 5/3 e 4/4 "Munsell Soil Charts").
Pleistocene superiore? – Olocene inferiore.

Deposito eluvio-colluviale



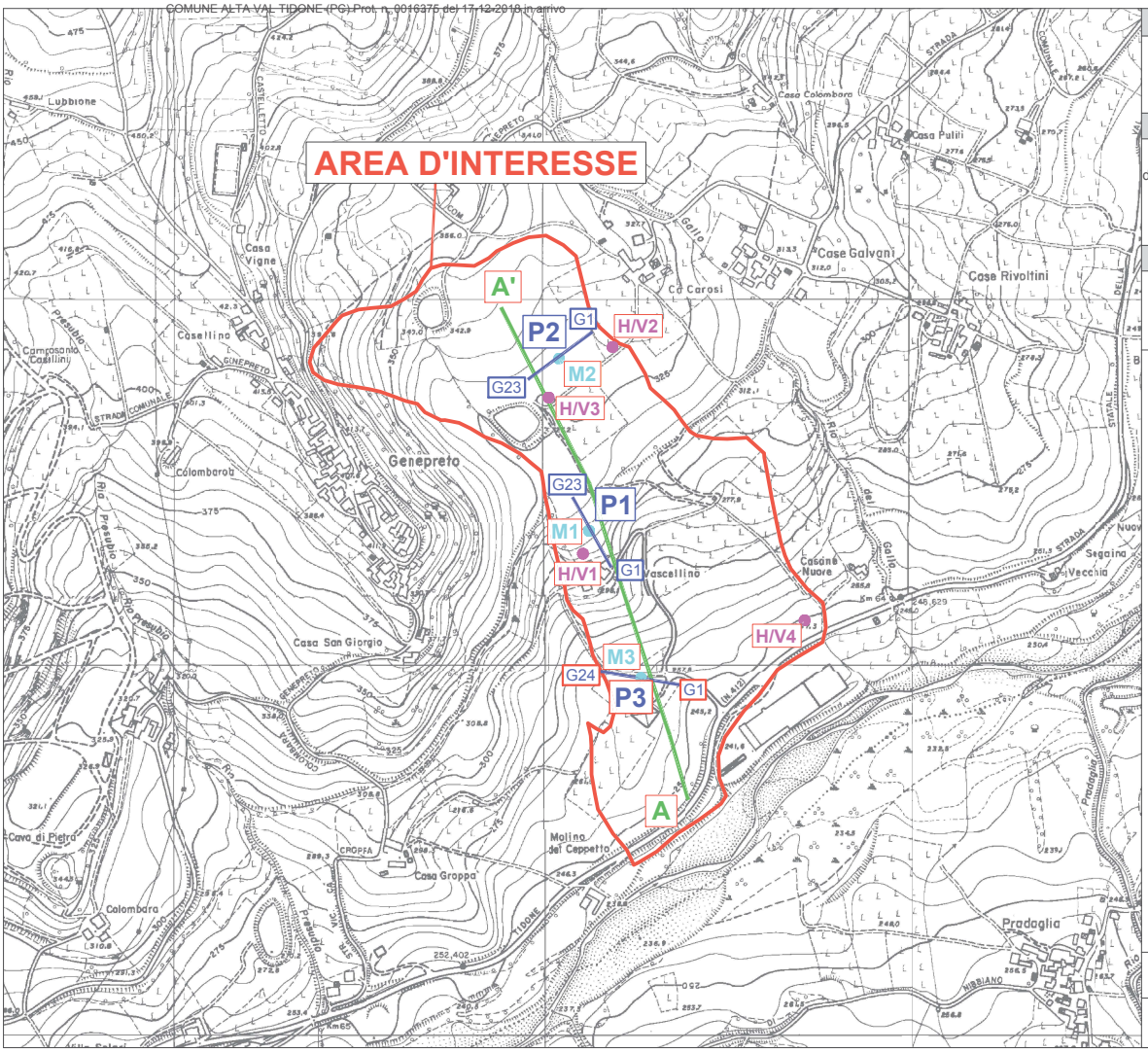
AREA DI STUDIO

scala:
1:5.000

N

Fig. 3

COMUNE ALTA VAL TIDONE (PG) Prot. n. 0016375 del 17-12-2018 in arrivo



COMMITTENTE

OGGETTO

Studio geologico e analisi
di un versante in frana quiesciente - deposito di versante
in loc. Cà Vascellino nel Comune di Nibbiano
"*Classificazione del rischio nelle zone*
di frana quiescente - deposito di versante"

TITOLO

PLANIMETRIA DELLE INDAGINI

INDAGINI SISMICHE

G1 P1-P2 G23	Traccia stendimento tomografia sismica/Masw
M1-M2	Prova MASW
H/V1- 4	Prova HVSR (Microtremori tipo Nakamura)
A' A	Traccia verifica di stabilità del versante

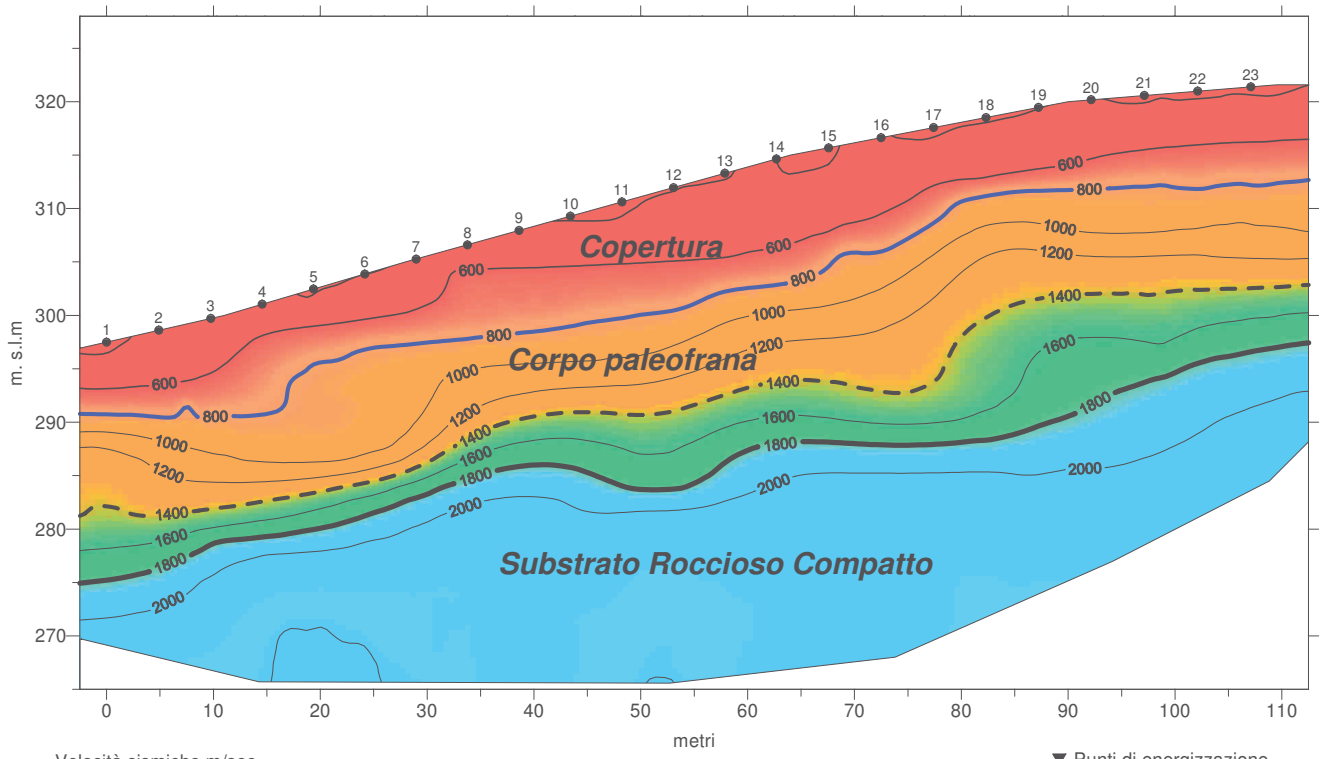
AREA DI STUDIO



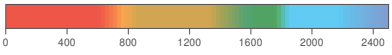
		scala: 1:5000	*Fig. 4*
T-Indagini.dwg		N	

COMUNE ALTA VAL TIDONE (PC) Prot. n. 0016375 del 17-12-2018 in arrivo

Loc. VASCELLINO - Comune di Nibbiano - Tomografia sismica - P1



Velocità sismiche m/sec



Limite del materiale di copertura più allentato

Leggero aumento di addensamento

Passaggio al substrato roccioso

▼ Punti di energizzazione

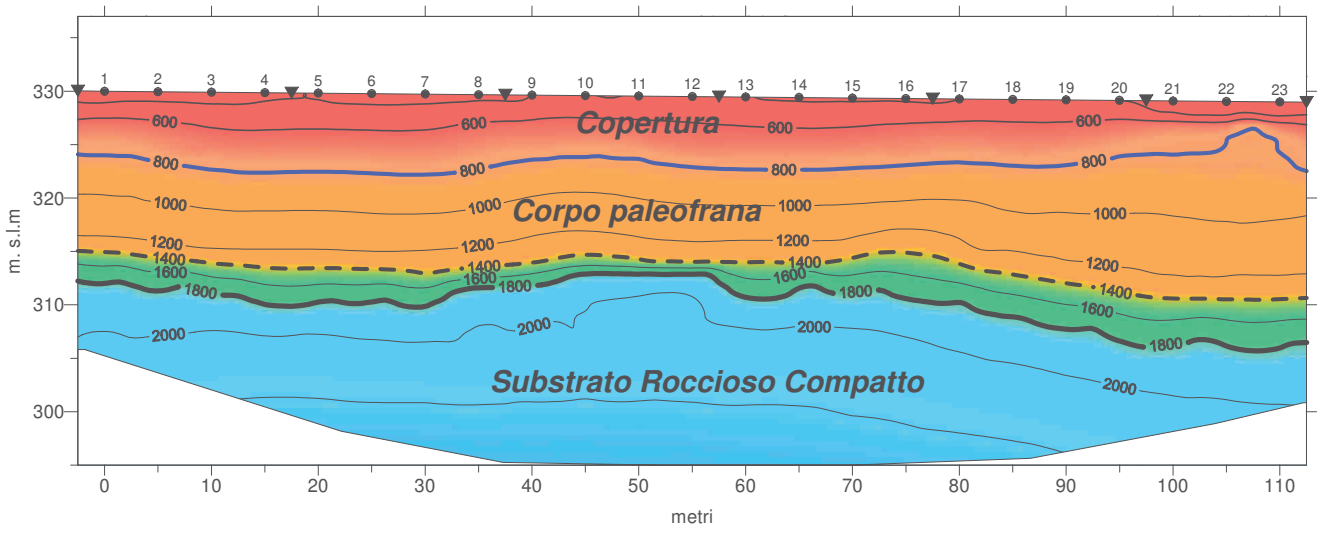
● Punti di registrazione

Scala 1:500

Fig. 5a

COMUNE ALTA VAL TIDONE (PC) Prot. n. 0016375 del 17-12-2018 in arrivo

Loc. VASCELLINO - Comune di Nibbiano - Tomografia sismica - P2



Velocità sismiche m/sec

0 400 800 1200 1600 2000 2400

Limite del materiale di copertura più allentato

Leggero aumento di addensamento

Passaggio al substrato roccioso

▼ Punti di energizzazione

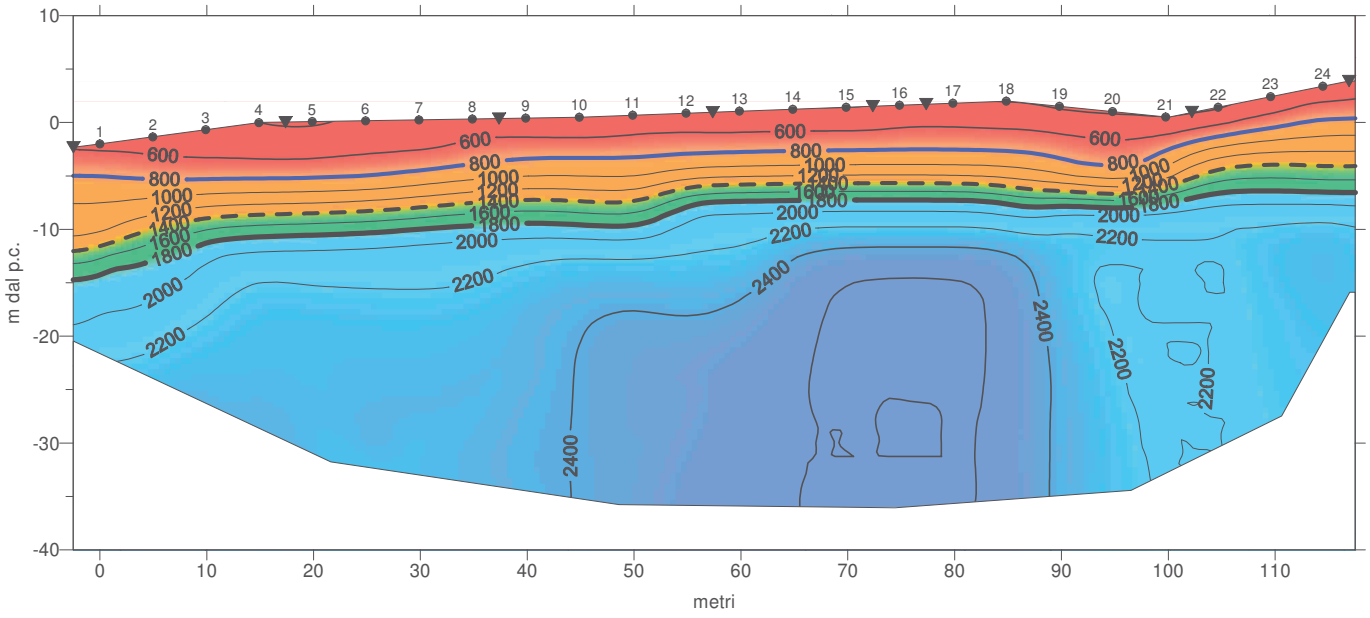
● Punti di registrazione

Scala 1:500

Fig. 5b

COMUNE ALTA VAL TIDONE (PC) Prot. n. 0016375 del 17-12-2018 in arrivo

Loc. Cà Vascellino - NIBBIANO - TOMOGRAFIA SISMICA P3



Scala 1:500

Velocità sismiche m/sec

0 400 800 1200 1600 2000 2400

Limite del materiale di copertura più allentato

Leggero aumento di addensamento

Passaggio al substrato roccioso

▼ Punti di energizzazione

● Punti di registrazione

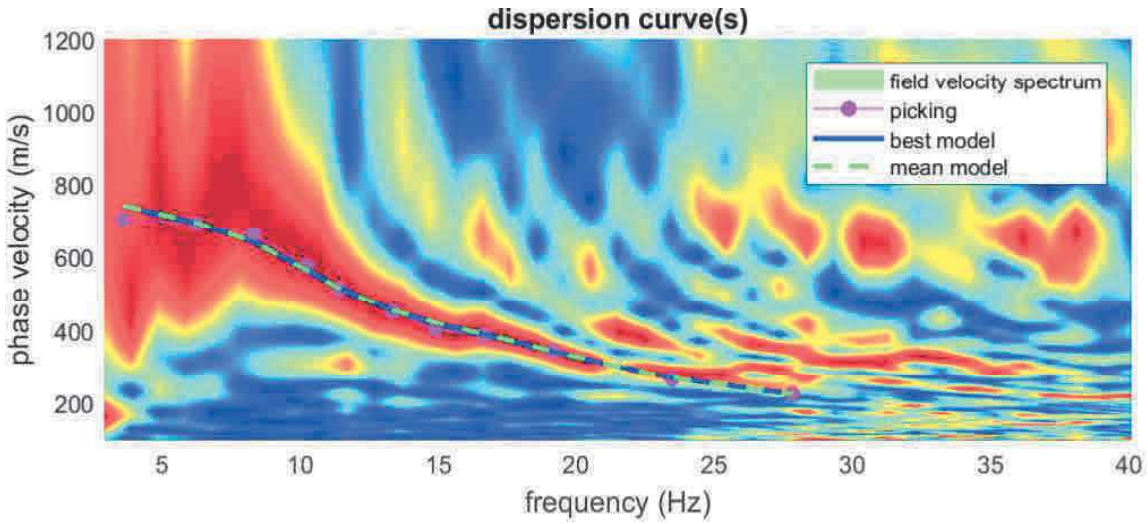
Fig. 5c

Loc. Vascellino - Comune di Nibbiano

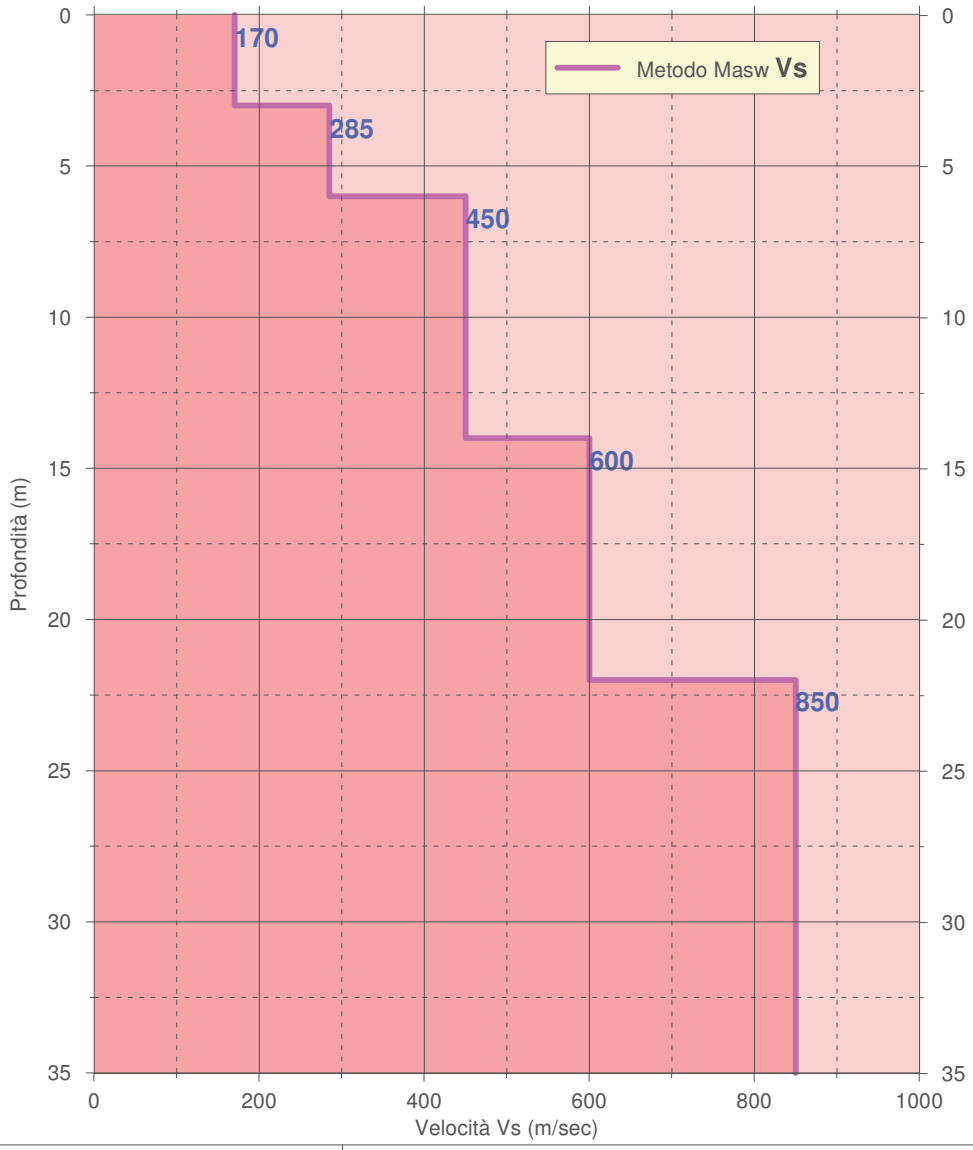
METODO MASW

M1

SPETTRO VELOCITA' DI FASE - FREQUENZA CON CURVA DISPERSIONE



PROFILO VELOCITÀ Vs



VsH (0-22 m) = 371

SUOLO DI FONDAZIONE TIPO "B"

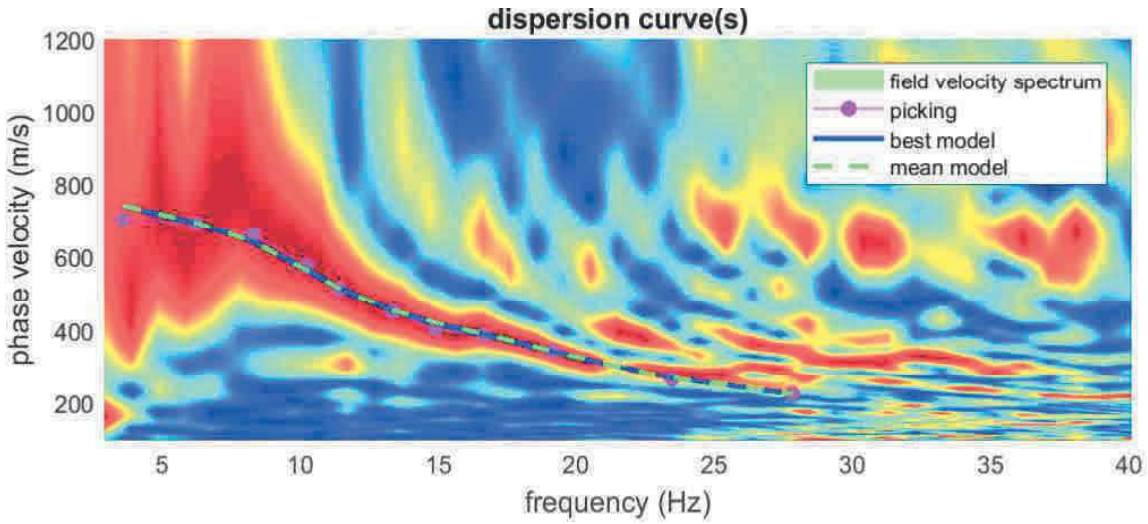
Fig.6a

Loc. Vascellino - Comune di Nibbiano

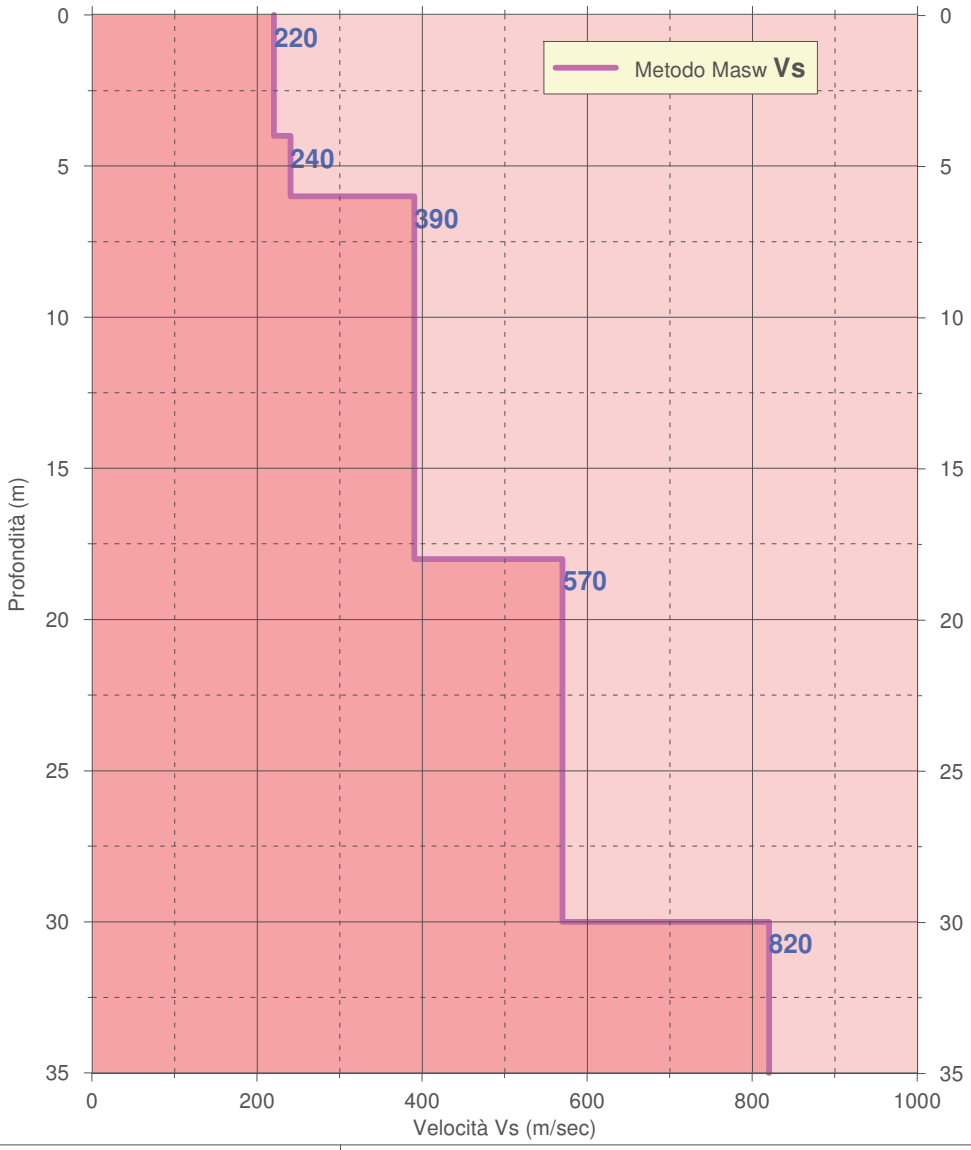
METODO MASW

M2

SPETTRO VELOCITA' DI FASE - FREQUENZA CON CURVA DISPERSIONE



PROFILO VELOCITÀ Vs



VsH (0-30 m) = 383

SUOLO DI FONDAZIONE TIPO "B"

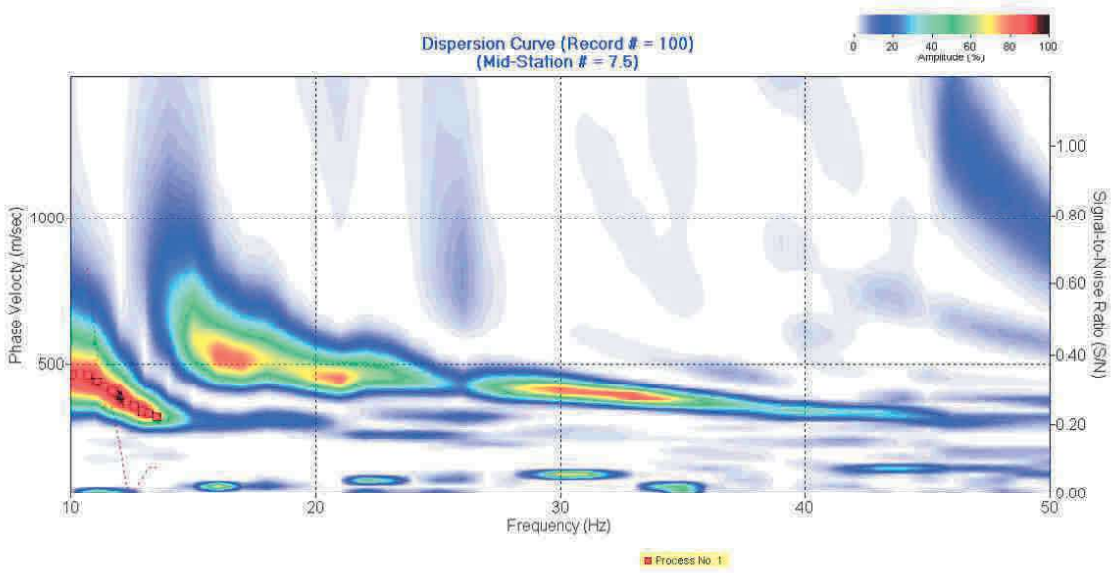
Fig.6b

Loc. Cà Vascellino - NIBBIANO

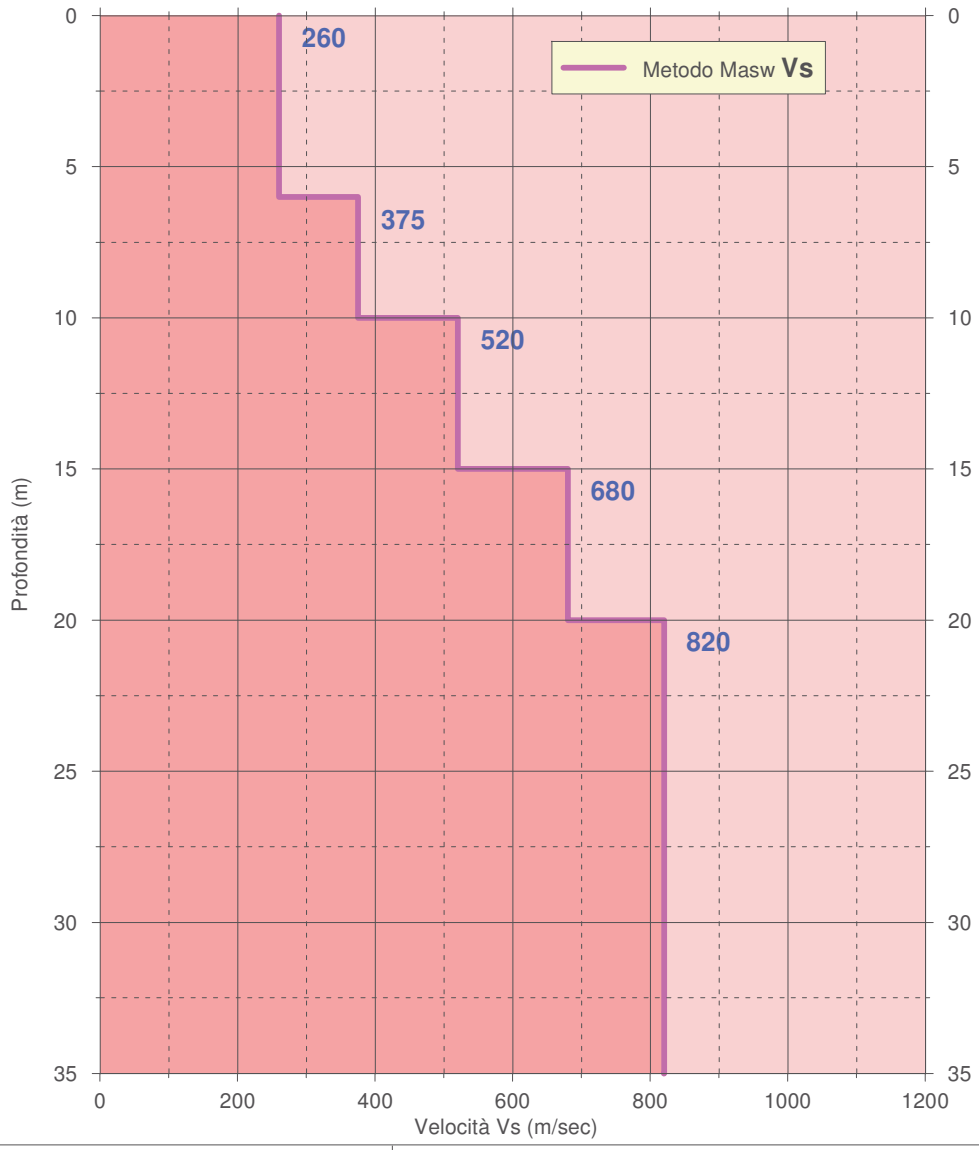
METODO MASW

M3

CURVA DI DISPERSIONE



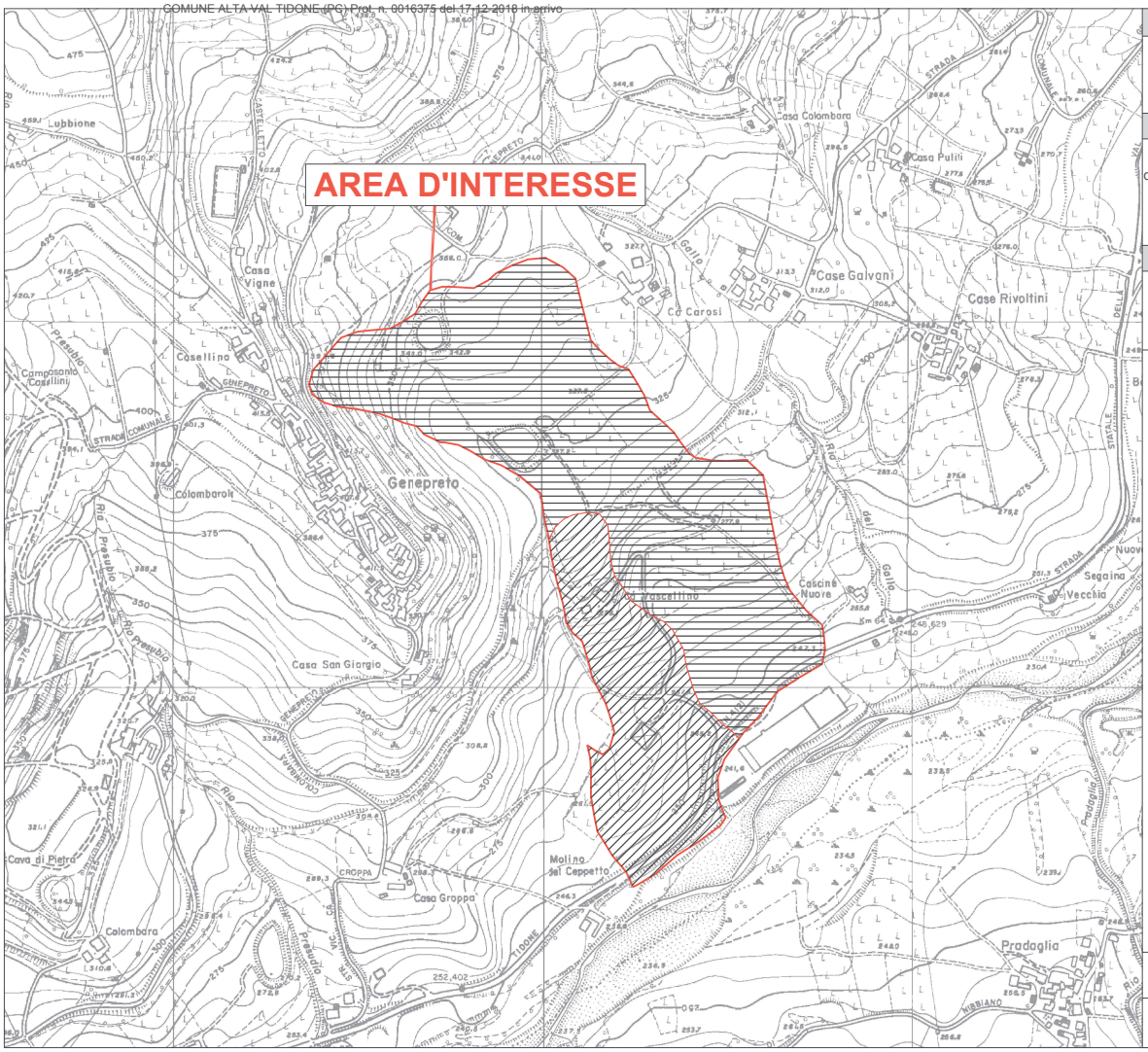
PROFILO VELOCITÀ Vs



VsH (0-20m) =394

SUOLO DI FONDAZIONE TIPO "B"

COMUNE ALTA VAL TIDONE (PC) Prot. n. 0016375 del 17-12-2018 in arrivo



COMMITTENTE

OGGETTO

Studio geologico e analisi
di un versante in frana quiescente - deposito di versante
in loc. Cà Vascellino nel Comune di Nibbiano
"*Classificazione del rischio nelle zone*
di frana quiescente - deposito di versante"

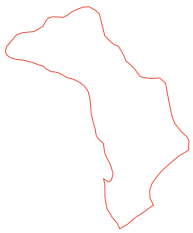
TITOLO

CARTA DEL "RISCHIO" GEOLOGICO

CLASSI DI RISCHIO

Classe 2 - Rischio Moderato

Classe 3 - Rischio Elevato



AREA DI STUDIO

scala:
1:5000

N

Fig. 7

19 Frana quiescente in loc. Cesura

Geotest s.r.l.
geologia tecnica e ambientale

Via E. Fermi, 113 – Trevozzo
29031 Alta Val Tidone (PC)
Tel.: 348 510 7263
geotestsrl@hotmail.it

Servizi Geologici
Servizi Geotecnici
Servizi Geofisici

REGIONE EMILIA ROMAGNA
PROVINCIA DI PIACENZA (PC)
COMUNE DI ALTA VAL TIDONE

Relazione geologica

Oggetto

Relazione geologico-sismica preliminare finalizzata alla valutazione e zonizzazione del "Rischio Geologico" di un'area localizzata su Frana Quiescente ed ubicata nelle vicinanze dell'abitato di Cesura.

Committente

Tenuta Vitali Società Agricola s.s.
Loc. Cesura di Trevozzo
29031 Alta Val Tidone (PC)

Tecnici Incaricati

Dott. Geol. Baldini Adriano

GeoTest

Trevozzo, 18 febbraio 2020

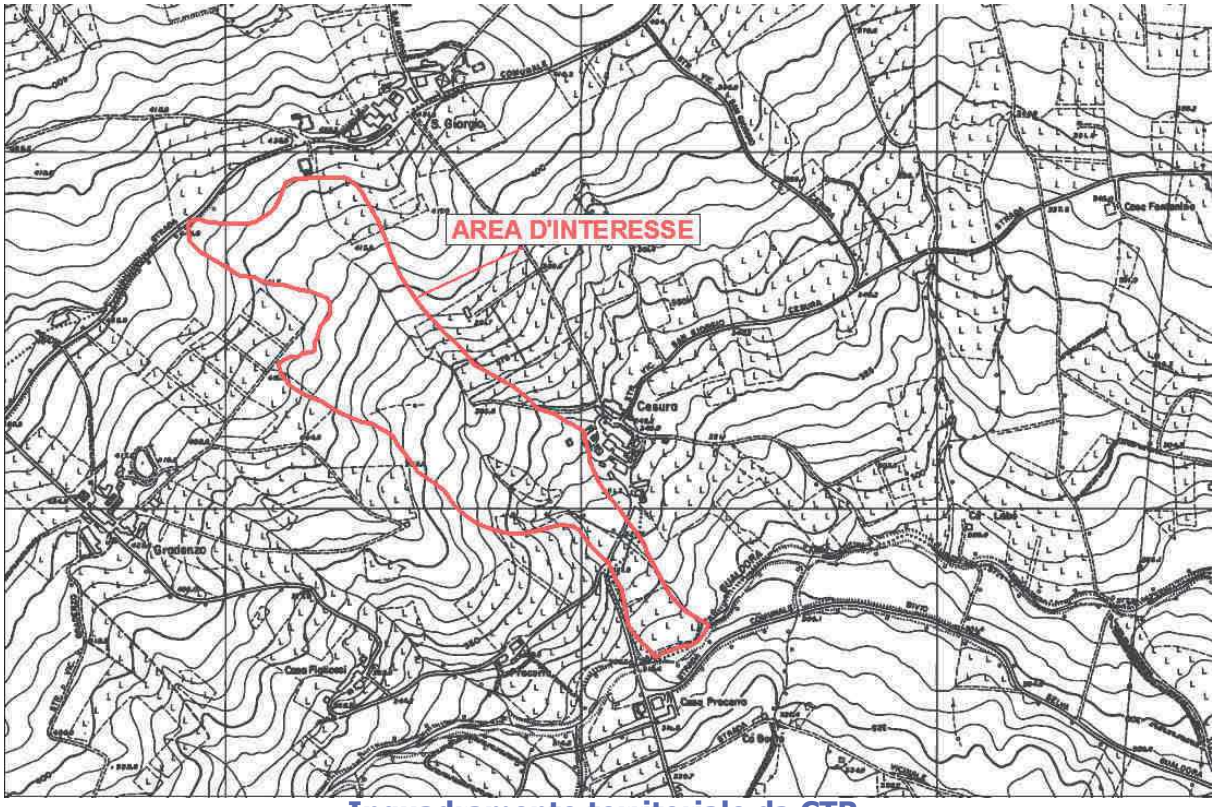
Sommario

1. PREMESSA 2
2. INDAGINI ESEGUITE 4
3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO-GEOMORFOLOGICO 5
3.1 CARATTERISTICHE GEOLOGICHE 5
3.2 CARATTERISTICHE GEOMORFOLOGICHE 6
4. INQUADRAMENTO IDROLOGICO E IDROGEOLOGICO 7
5. INDAGINI GEOGNOSTICHE 8
5.1 SISMICA A RIFRAZIONE 8
5.1.1 Cenni metodologici 8
5.1.2 Modalità esecutive 9
5.1.3 Strumentazione utilizzata 9
5.1.4 Elaborazione 10
5.1.5 Analisi dei risultati 10
5.2 PROVE PER LA DETERMINAZIONE DEL PROFILO DI VELOCITA' DELLE ONDE SISMICHE "S" 11
5.2.1 Cenni metodologici 11
5.2.2 Modalità esecutive 11
5.2.3 Commento dei risultati 12
5.3 MISURA DEI RAPPORTI SPETTRALI HVSR – (IPOTESI DI NAKAMURA) 12
5.3.1 Cenni metodologici 12
5.3.2 Strumentazione utilizzata e modalita' di acquisizione 14
5.3.3 Elaborazione ed analisi dei dati 14
6. MODELLO GEOLOGICO DELL'AREA 16
7. VALUTAZIONE DELLA PERICOLOSITA' SISMICA DELL'AREA (delibera del 2 Maggio 2007, n.112, in materia antisismica e successive integrazioni) 17
7.1 OBIETTIVI DELLA DELIBERA 17
7.2 LIVELLI DI APPROFONDIMENTO 17
7.3 CARATTERI SISMICI DELL'AREA 18
7.4 VALUTAZIONE DEL FATTORE DI AMPLIFICAZIONE DEL SITO INTERESSE-ANALISI 2° LIVELLO 20
7.5 SPETTRO DI RISPOSTA (IN PGA) DELL'AREA 22
7.6.1 Analisi di stabilità in condizioni pseudostatiche 23
7.6.2 Analisi di stabilità dinamica (Metodo di NEWMARK) 24
8. ZONIZZAZIONE DEL RISCHIO DEL CORPO DI FRANA QUIESCENTE-DEPOSITO DI VERSANTE 25
9. PRESCRIZIONI PER LE AREE IN FRANA QUIESCENTE - DEPOSITO DI VERSANTE IN CUI E' STATA EFFETTUATA LA VALUTAZIONE DEL RISCHIO 26

1. PREMESSA

Nel Febbraio 2020, è stata realizzata un'indagine geologico-sismica, nell'intorno di un'area sita in loc. Cesura nel Comune di Alta Val Tidone.

Nel dettaglio l'area è localizzata sul versante orografico sinistro T. Gualdora, circa 4 Km a Nord-ovest dell'abitato di Trevozzo.

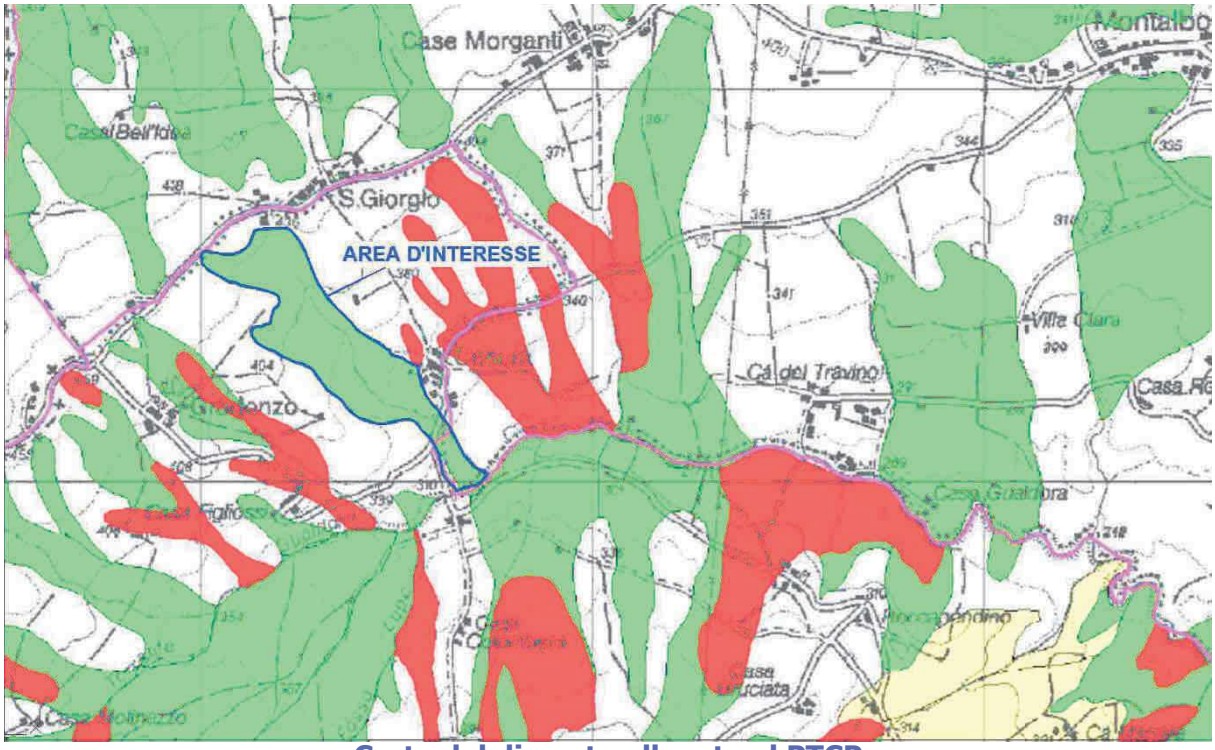


Inquadramento territoriale da CTR

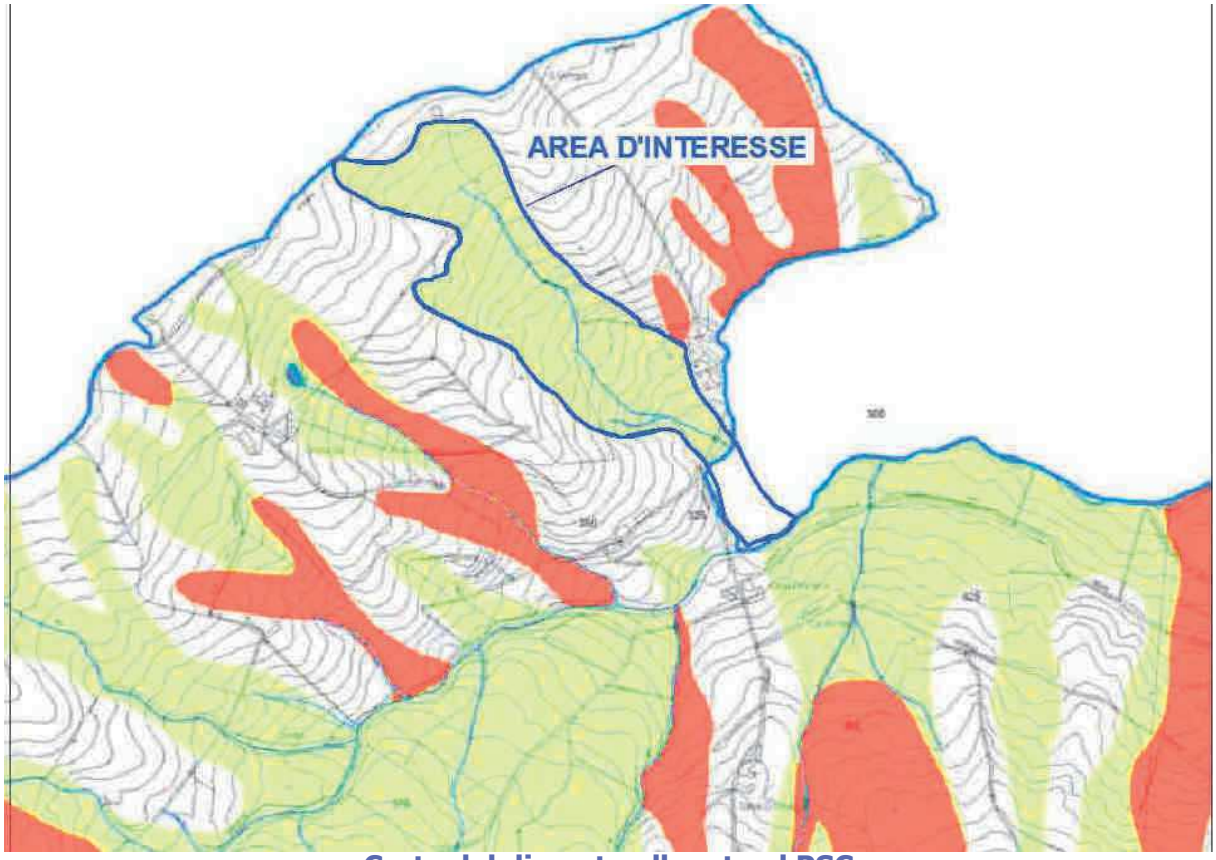
Nella carta del dissesto del PTCP della provincia di Piacenza e nella "Carta del Dissesto Comunale" allegata al PSC (in questo caso coincidenti), l'area d'interesse è classificata come frana quiescente. Le norme del PTCP, consentono (compatibilmente con il grado di "rischio" accertato mediante opportuni approfondimenti geologici), di realizzare interventi edilizi (ampliamenti, nuove costruzioni ecc.), altrimenti non consentiti in tali aree.

L'indagine ha avuto i seguenti obiettivi:

- Ricostruire l'assetto geologico-sismico del versante su cui insiste l'area d'interesse;
- Valutare le condizioni di stabilità complessiva del versante;
- Suddividere il corpo detritico in classi di rischio in base alla "pericolosità" geologica.



Carta del dissesto allegata al PTCP



Carta del dissesto allegata al PSC

2. INDAGINI ESEGUITE

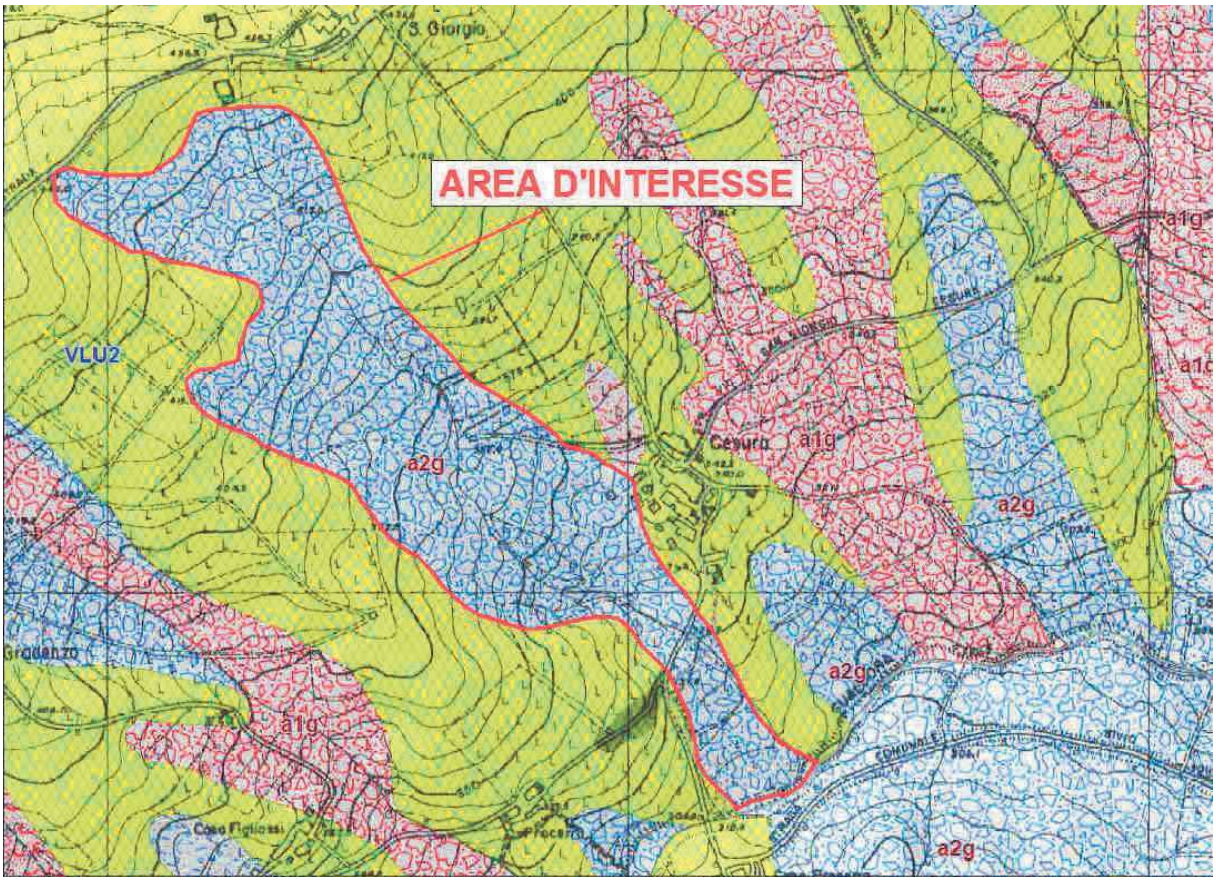
L'approfondimento realizzato, come previsto dalla normativa, non ha riguardato solo l'area d'interesse della Committenza, ma è stato esteso a tutto il corpo detritico considerato influente ai fini della stabilità complessiva dell'area.

L'indagine geologico-sismica, conforme a quanto previsto dalla delibera del 2 Maggio 2007, n.112 (e successive integrazioni), in materia antisismica, ha compreso le seguenti fasi di studio:

- Raccolta ed analisi della documentazione esistente;
- Rilevamento geologico-geomorfologico di dettaglio di tutto il corpo di frana;
- Esecuzione di 1 profilo sismo-tomografico, per la valutazione dello spessore e del grado di addensamento sia del materiale di copertura che del substrato geologico;
- Registrazione di 1 profilo sismico con tecnica "MASW", per la determinazione del profilo di velocità delle onde "S" e della categoria del suolo di fondazione del sito in base all'attuale normativa antisismica;
- Realizzazione di 3 prove HVSR (Microtremori tipo Nakamura), per la stima della frequenza di vibrazione caratteristica del sito;
- Analisi del "secondo livello" con valutazione del fattore di amplificazione del sito ed identificazione dei possibili effetti di sito;
- Analisi del "terzo livello" con valutazione della stabilità dell'area in condizione sismiche dinamiche (metodo di "Newmark");
- Valutazioni sulla stabilità geomorfologica dell'area e zonizzazione del corpo di frana quiescente in classi di "Rischio".

3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO-GEOMORFOLOGICO

3.1 CARATTERISTICHE GEOLOGICHE



Estratto della Carta Geologica Regionale

Come documento di base per l'inquadramento geologico dell'area, è stata utilizzata la "Carta Geologica dell'Appennino Emiliano-Romagnolo" della regione Emilia Romagna alla scala 1:10000.

La "Formazione" affiorante nel settore in esame è la formazione di "Val Luretta" qui rappresentata dal Membro di Monteventano (VLU2).

Dal punto di vista litostratigrafico la formazione geologica d'interesse è costituita prevalentemente da alternanze decametriche di pacchi di strati medi arenaceo-pelitici e di pacchi calcareo-marnosi in strati medi e spessi, più frequenti verso il tetto del membro.

Lo spessore massimo dell'unità, che si appoggia sul sottostante membro di Poviago di natura areanaceo-pelitico, è stato valutato dagli studi della Regione Emilia-Romagna in circa 230 metri.

3.2 CARATTERISTICHE GEOMORFOLOGICHE

Il corpo detritico presenta una lunghezza massima di circa 800 metri e si estende a monte, dall'abitato di San Giorgio fino, a valle, al T. Gualdora.

Dal punto di vista geomorfologico non si tratta di un unico corpo di paleofrana, in cui si possono chiaramente distinguere la zona di distacco e quella di accumulo, ma di movimenti della coltre eluvio-colluviale che interessano prevalentemente il settore di monte del corpo detritico.

Mentre più a valle la pendenza del versante si riduce nettamente e non sono presenti ondulazioni marcate.



Panoramica della parte alta del versante in cui sono visibili ondulazioni legate all'assestamento della coltre eluvio-colluviale

Nel complesso, comunque, il corpo detritico appare discretamente assestato, soprattutto nella parte medio-bassa del versante.



Panoramica del settore medio-basso del versante con morfologia sub-pianeggiante e senza evidenze di movimenti gravitativi in atto e/o recenti

4. INQUADRAMENTO IDROLOGICO E IDROGEOLOGICO

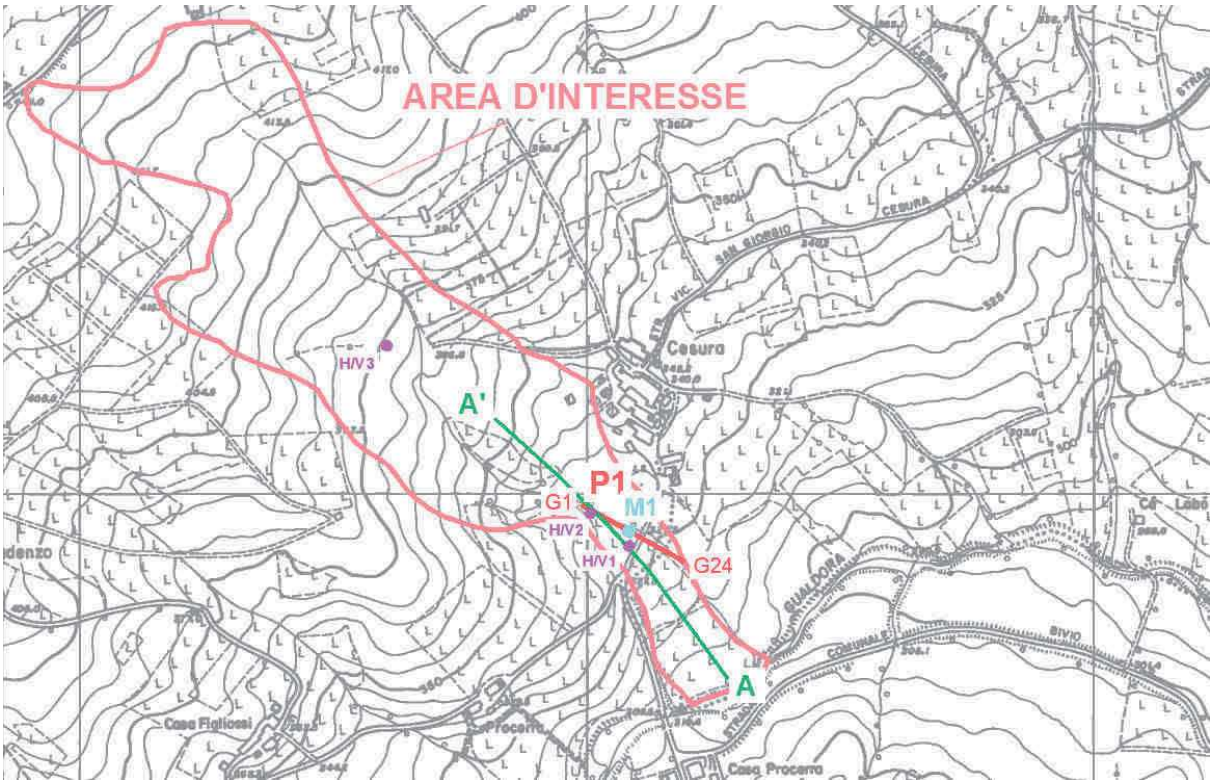
Le contropendenze presenti nella parte alta del versante possono determinare circoscritte difficoltà di drenaggio e favorire locali infiltrazioni di acque meteoriche nel sottosuolo; mentre nella parte medio-bassa, la morfologia complessivamente regolare del versante, favorisce il drenaggio delle acque meteoriche.

Sotto l'aspetto idrogeologico si possono sinteticamente ipotizzare due tipi di circolazione idrica:

- Una, di maggiore entità, che interessa l'ammasso roccioso soprattutto ove la fratturazione risulta più intensa. Nel complesso, comunque, i litotipi presenti, a forte componente argillosa, sono poco idonei ad ospitare falde idriche produttive;
- L'altra di minore entità, ma rilevante per la stabilità, si può formare all'interno della copertura eluvio-colluviale più allentata (spessore 3-5 m), nei periodi particolarmente piovosi.

5. INDAGINI GEOGNOSTICHE

Come già accennato, sono stati realizzati: 1 profilo sismo-tomografico, 1 prova "Masw" e 3 prove HVSR (Microtremori tipo Nakamura).



Planimetria indagini geognostiche

5.1 SISMICA A RIFRAZIONE

5.1.1 Cenni metodologici

La prospezione sismica rappresenta una tecnica di prospezione geofisica che consente, attraverso l'acquisizione e l'elaborazione di dati, la costruzione d'immagini bidimensionali (o tridimensionali) della variazione della velocità sismica. Con questa tecnica si riesce ad avere, pertanto, una visione seppur qualitativa della stratigrafia del terreno investigato, in termini di variazioni di "densità" dello stesso, essendo questo parametro direttamente legato alla velocità sismica. La tecnica di prospezione, consiste nella misura dei tempi impiegati dalle onde sismiche longitudinali (onde P) per percorrere un tragitto rettilineo tra una serie di punti d'energizzazione (sorgente sismica) e una serie di punti di ricezione (geofoni). Il confronto matematico tra i vari tempi permette di suddividere lo spazio compreso tra le due serie di punti in porzioni, o "celle elementari" (quadrate per le sezioni bidimensionali come quelle in esame, o cubiche per sezioni tridimensionali) caratterizzate ognuna da un proprio valore di velocità sismica.

5.1.2 Modalità esecutive

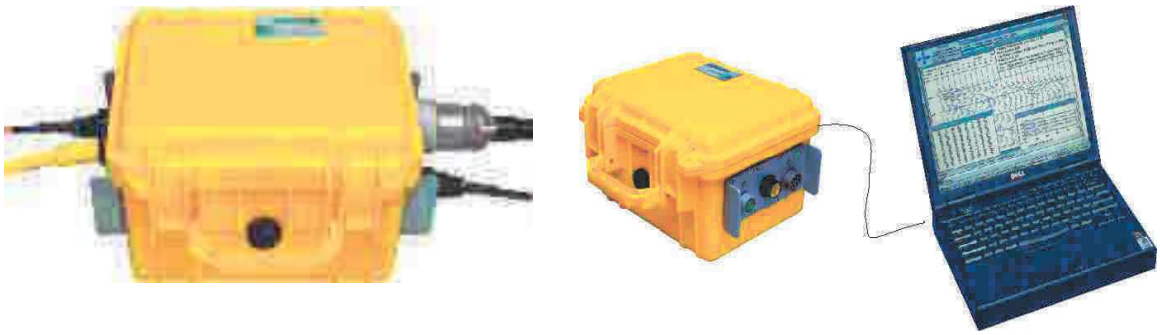
Il profilo acquisito è costituito da un allineamento di 24 geofoni spaziati di 5 metri. In punti predefiniti dei profili, sono stati creati artificialmente degli impulsi elastici mediante l'utilizzo di una massa battente; l'energizzazione è avvenuta in punti disposti simmetricamente allo stendimento e precisamente nelle seguenti posizioni:

- 2 punti esterni al profilo
- 2 punti agli estremi del profilo
- 4 lungo il profilo.

La registrazione dei sismogrammi è stata effettuata mediante un sismografo Geode della Geometrics a 24 canali ad elevata dinamica (24 bit).

5.1.3 Strumentazione utilizzata

Il "Geode" è un sismografo modulare a 24 bit che rappresenta l'ultima frontiera dei sistemi di registrazione sismica combinando il meglio dei tradizionali sismografi Geometrics con la flessibilità di un sistema distribuito. Geode è un sismografo ad elevata dinamica (144 dB di range dinamico totale – 105 dB istantanei a 2 msec di campionamento). Grazie all'ampia banda d'ingresso (1.75 Hz – 20 kHz, con velocità di campionamento da 0.02 msec a 16 msec), esso è perfettamente idoneo per un'ampia gamma di applicazioni: sismica a rifrazione, sismica a riflessione (anche ad altissima risoluzione), monitoraggio di vibrazioni, applicazioni sismologiche, downhole e VSP. In acquisizione sono disponibili tutte le funzioni di filtri, pre-amplificazione, line-test e instrument-test, tipiche dei sistemi di registrazioni evoluti.



Sismografo "Geode"

L'atrezzatura utilizzata è composta da:

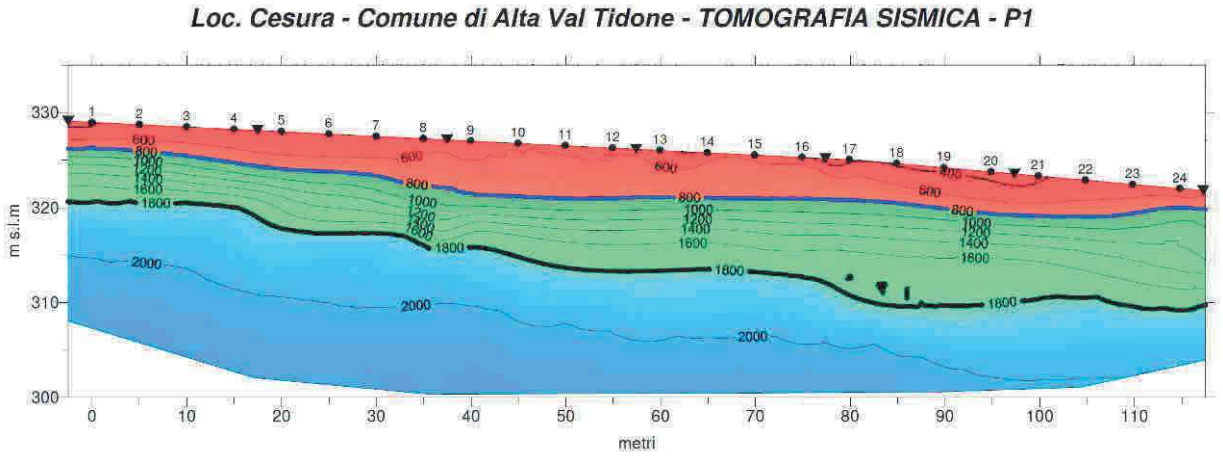
- Sismografo modulare Geode 3-1000+ canali,
- Massa battente da 10 Kg,
- Piastra di battuta in alluminio 15x15x2,5cm,

- Batteria ricaricabile 12 V,
- Cavo per sismica a rifrazione stranded, 130 mt con 24 takeouts SPT-21 a 5 metri di intervallo e due code da 7.5 mt l'una terminate con connettore Bendix 61S,
- Geofoni GS20DX, 10 Hz verficali, 395 Ohm con puntale da 3" ed 1,5 mt di cavo terminato con mueller clip singola MC-20-SP,
- Computer portatile ACER.

5.1.4 Elaborazione

In questo caso i dati acquisiti sono stati interpretati secondo un metodo sismico-tomografico utilizzando il software SeisOpt@2D v4.0 prodotto dalla OPTIM. La procedura d'elaborazione ha comportato in una prima fase la lettura dei tempi dei primi arrivi sui sismogrammi. In seguito, sono stati ricostruiti i percorsi dei raggi sismici attraverso il terreno. In linea teorica, ogni punto del mezzo investigato, è attraversato in tutte le direzioni, dai raggi sismici. Di ogni raggio è quindi calcolata la traiettoria e, sul confronto fra tutti i possibili percorsi e tempi impiegati, ed è stabilita per ogni punto (o cella di dimensioni 2.5x1.25 m, in questo caso) la sua velocità sismica caratteristica. Il risultato finale dell'elaborazione consiste in sezioni (Fig. 5) di velocità sismiche, rappresentata sia per isovelocità sia tramite colori. Alle diverse classi di velocità sismica, sono stati attribuiti colori che vanno, dal rosso per i valori più bassi, al blu per i valori più elevati. La scala cromatica evidenza i cambiamenti di velocità ritenuti più significativi.

5.1.5 Analisi dei risultati



L'elaborazione ha permesso la distinzione di varie unità secondo le loro caratteristiche sismiche:

- ***Unità allentata superficiale*** *(colore rosso),* con velocità inferiori a **800 m/s**. L'unità corrisponde al materiale detritico di copertura meno compatto. Gli spessori sono mediamente variabili da 4 a 6 m;
- ***Unità intermedia mediamente addensata*** (colore verde), con velocità media di **1400-1500 m/s** e spessori medi di 6-10 metri. L' unità è correlabile a materiale detritico addensato;
- ***Unità di fondo*** *(colore azzurro-blu),* con velocità medie di **1800-2000 m/s**; i valori di velocità, non particolarmente elevati, sono associabili ad un substrato nel complesso mediamente compatto. L'unità è stata individuata a profondità di 10-15 metri dal p.c.

5.2 PROVE PER LA DETERMINAZIONE DEL PROFILO DI VELOCITA' DELLE ONDE SISMICHE "S"

Per la determinazione del profilo di velocità delle onde "S" e della categoria del suolo di fondazione è stato utilizzato il metodo "Masw". Il profilo "Masw" è stato realizzato in corrispondenza dello stendimento sismo-tomografico.

5.2.1 Cenni metodologici

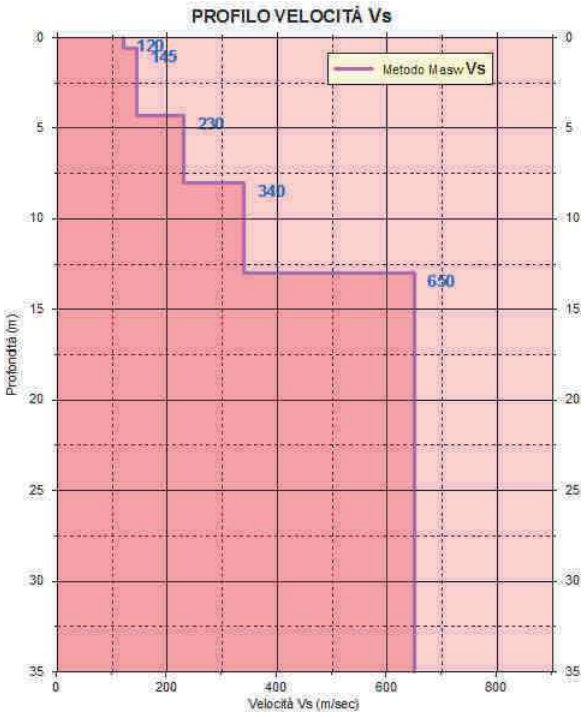
Il MASW (Park et al., 1999) è stato sviluppato in parte per superare le difficoltà dell'applicazione del SASW in ambienti rumorosi. La tecnica, che prevede la registrazione simultanea (in questo caso l'energizzazione è prodotta da una massa battente di almeno 10 Kg) di 12 o più canali, fornisce una ridondanza statistica delle misure di velocità di fase e ne avvalora la veridicità. Il salvataggio delle tracce nel dominio temporale, permette inoltre di distinguere e evidenziare, le onde di Rayleigh presenti nel record, che sono caratterizzate da un'elevata ampiezza di segnale (circa il 60% dell'energia prodotta dalla sorgente artificiale si distribuisce in onde di superficie). Una particolare analisi spettrale, "overtone analysis", produce un grafico Velocità di fase-frequenza in cui si può distinguere il modo fondamentale delle onde di superficie da cui ricavare la curva di dispersione ed il profilo delle Vs per successiva inversione 1-D. La tecnica permette, inoltre, di eseguire misure ripetute spostandosi nella direzione di allineamento per risalire ad un profilo bidimensionale che evidenzia le variazioni laterali delle Vs. Il software utilizzato per l'elaborazione dei dati è il "winMASW" versione Academy della Eliosoft.

5.2.2 Modalità esecutive

È stato realizzato 1 stendimento di 24 geofoni, con distanza intergeofonica di 5 m. La lunghezza delle registrazioni è stata di 1 sec, con un passo di campionamento di 0.25 ms.

Si ricorda che il punto di determinazione del profilo delle Vs in profondità, si riferisce al centro dello stendimento geofonico.

5.2.3 Commento dei risultati



Esaminando il grafico ottenuto, si possono fare queste considerazioni:

- Dalla superficie fino a 4/5 m dal p.c. sono presenti materiali caratterizzati da valori di Vs bassi (Vs< 145 m/s). Tali depositi possono essere correlati alla copertura detritica più allentata;
- Più in profondità, fino a 13/14 metri, i valori di Vs aumentano segnalando la presenza di materiale, sempre di probabile natura detritica, più compatto;
- Oltre i 13-14 metri, le velocità aumentano più nettamente in corrispondenza del substrato mediamente compatto;
- I valori di Vs_eq calcolato è 344 e il suolo di fondazione di tipo "C".

5.3 MISURA DEI RAPPORTI SPETTRALI HVSR – (IPOTESI DI NAKAMURA)

5.3.1 Cenni metodologici

Il metodo dei rapporti spettrali di singola stazione (HVSR) e' largamente utilizzato in paesi con elevato rischio sismico quali il Giappone per la stima degli effetti di amplificazione di sito.

Il microtremore, un'impercettibile oscillazione naturale del suolo, è presente in qualsiasi punto della superficie terrestre e consiste per lo più nelle onde sismiche prodotte

dal vento e dal moto ondoso marino negli strati superficiali della Terra. Anche le attività umane (industrie, traffico stradale ecc.) possono produrre localmente microtremore, ma in genere tale segnale viene attenuato piuttosto rapidamente a causa delle sue caratteristiche di alta frequenza.

È interessante evidenziare come il microtremore agisca da oscillatore naturale e quindi permetta, tramite adeguata strumentazione, la misura diretta delle frequenze di vibrazione dei terreni e dei manufatti. La tecnica utilizzata, proposta da Nakamura (Nakamura, Y., 1989. A method for dynamic characteristics estimation of subsurface using microtremor on the ground surface. QR of RTRI, Vol. 30, No.1, 25-33) per lo studio delle amplificazioni di sito assume che i microtremori consistano principalmente di onde di Rayleigh che si propagano in un singolo strato soffice su semispazio e che la presenza di questo strato sia la causa dell'amplificazione al sito. Tale tecnica permette di separare i termini di sorgente-percorso e di sito tramite i rapporti tra le componenti del moto, senza utilizzare alcun sito di riferimento.

Le ipotesi su cui si basa la tecnica di Nakamura sono le seguenti:

- *i microtremori sono generati da sorgenti superficiali, e non da sorgenti profonde i cui contributi sono trascurabili;*
- *le sorgenti dei microtremori in superficie non influenzano i microtremori alla base dello strato considerato;*
- *la componente verticale del moto non risente di effetti di amplificazione locale;*

il picco visibile nei rapporti H/V (rapporto tra l'ampiezza spettrale della componente orizzontale e l'ampiezza spettrale della componente verticale) è indipendente dalle caratteristiche della sorgente del rumore ed è invece fortemente dipendente dalle condizioni stratigrafico-litologiche del terreno. Tale picco è inoltre ben correlato con la frequenza fondamentale di vibrazione del terreno soggetto alla propagazione di onde S verticali e con il picco fondamentale delle curve di dispersione delle onde di Rayleigh.

Le principali applicazione delle prove H/V si possono così sintetizzare:

- ✓ *Misura delle frequenze di risonanza dei suoli;*
- ✓ *Effetti di sito e microzonazione sismica (curve H/V, metodo di Nakamura);*
- ✓ *Stratigrafia sismica passiva;*
- ✓ *Vs30 da fit vincolato della curva H/V;*
- ✓ *Segnalazione dei possibili fenomeni di doppia risonanza suolo-struttura.*

Di particolare importanza è la frequenza di vibrazione del sito, caratterizzata dal maggiore rapporto di ampiezze H/V, nell'intervallo di frequenze di interesse ingegneristico

(frequenze generalmente inferiori a 15 Hz), denominata frequenza fondamentale di vibrazione f0.

È possibile poi determinare la profondità degli strati sismici mediante la misura diretta delle frequenze di vibrazione, associata alla misura delle velocità delle onde S tramite la relazione:

$$f_0 = Vs/4H$$

dove Vs è la velocità media delle onde di taglio, e H è la profondità della discontinuità sismo-stratigrafica.

A causa della pesante non-univocità della soluzione, una modellazione del solo HVSR, in mancanza di una solido ancoraggio stratigrafico e senza quantitative informazioni sulle Vs ottenute da misure Masw / Esac-ReMi. o da altri metodi da prove in foro (Cross-Hole, Down-Hole), non risulta affidabile per la determinazione del profilo di velocità delle onde S e quindi della valutazione della Vs30.

5.3.2 Strumentazione utilizzata e modalita' di acquisizione

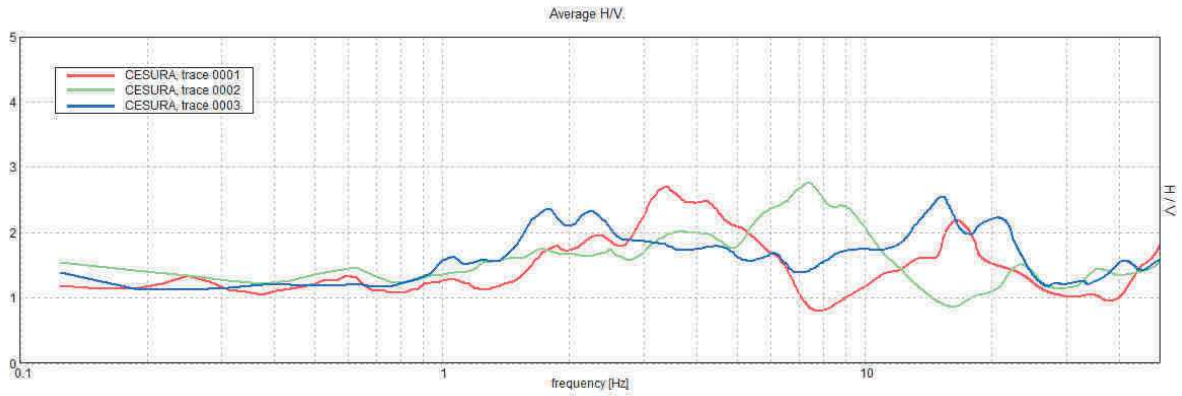
Per l'acquisizione dei dati è stato utilizzato un tromografo digitale della ditta Micromed S.r.L modello "Tromino ENGY ", che rappresenta la nuova generazione di strumenti ultra leggeri e ultra compatti in alta risoluzione adatti a tali misurazioni. Lo strumento racchiude al suo interno 3 terne (2 di velocimetri e l'altra di accelerometri) di sensori ortogonali tra loro e con possibilità di campionamento nell'intervallo di frequenze compreso tra 0.1 e 256 Hz. In questo caso le 3 registrazioni hanno avuto una lunghezza di 20 minuti, con un campionamento a 128 Hz.

5.3.3 Elaborazione ed analisi dei dati

Per l'elaborazione dei dati sismici è stato utilizzato il software **"Grilla"**.

Il programma consente di effettuare:

- Analisi spettrale completa delle tracce, calcolo delle curve H/V per la determinazione delle frequenze di risonanza del sottosuolo;
- Procedure di pulizia delle tracce nel dominio del tempo e delle frequenze;
- Test sulla significatività dei picchi secondo le linee guida europee (Criteri Sesame);
- Determinazione delle frequenze dei modi di vibrare delle strutture con rimozione dell'effetto di sottosuolo;
- Creazione di un report automatico con tabelle e illustrazioni.



Quadro d'insieme delle prove HVSR

Analizzando i risultati delle prove si possono fare le seguenti considerazioni:

- Le prove hanno un andamento piuttosto variabile evidenziando significative variazioni di spessore della coltre detritica lungo il versante;
- I picchi del rapporto H/V principali sono stati individuati nei seguenti intervalli: 15-17 Hz, 7.5 Hz e 3.5-4.0 Hz;
- I rapporti H/V, compresi fra 2 e 3, indicano contrasti d'impedenza sismica significativi ma non particolarmente elevati nella successione litostratigrafica dell'area.

6. MODELLO GEOLOGICO DELL'AREA

Le indagini realizzate unite alle più generali conoscenze geologiche hanno consentito di ricostruire il modello geologico-geotecnico di riferimento per l'area d'interesse.

SINTESI DEI PARAMETRI GEOTECNICI

Livello A	**Litologia:** limo e argilla con rari trovanti poco addensato	
Dal p.c. a –4/- 6 m	Peso di volume Peso di volume saturo Angolo di attrito di picco Angolo di attrito residuo Coesione	**γ = 1.80 t/mc** **γ = 1.95 t/mc** **φ = 21°** **φ = 18°** **C = 0.05 Kg/cmq**
Livello B	**Litologia:** materiale a consistenza detritica mediamente compatto	
Da –4 / - 6 m a –10/ - 15 m	Peso di volume Peso di volume saturo Angolo di attrito di picco Angolo di attrito residuo Coesione	**γ = 1.90 t/mc** **γ = 2.00 t/mc** **φ = 24°** **φ = 22°** **C = 0.08 Kg/cmq**
Livello C	**Litologia:** *substrato roccioso mediamente compatto*	
Oltre –10/- 15 m	Peso di volume Angolo di attrito	**γ = 2.20 t/mc** **φ = 45°**

7. VALUTAZIONE DELLA PERICOLOSITA' SISMICA DELL'AREA (delibera del 2 Maggio 2007, n.112, in materia antisismica e successive integrazioni)

7.1 OBIETTIVI DELLA DELIBERA

Scopo del presente atto di indirizzo e coordinamento è quello di fornire i criteri per la per l'individuazione delle aree soggette ad effetti locali e per la microzonazione sismica del territorio in modo da orientare le scelte della pianificazione verso aree caratterizzate da minore pericolosità sismica. Lo studio della pericolosità di base e della pericolosità locale hanno come obiettivi:

- *l'individuazione delle aree dove in occasione dei terremoti attesi possono verificarsi effetti locali;*
- *la stima quantitativa della risposta sismica locale dei depositi e delle morfologie presenti nell'area di indagine ("Analisi della Risposta Sismica Locale", RSL);*
- *la suddivisione del territorio in sottozone a diversa pericolosità sismica locale ("Microzonazione Sismica", MZS).*

I risultati dell'analisi della pericolosità sismica locale e della microzonazione sismica, devono essere applicati nella redazione degli strumenti di pianificazione territoriale e urbanistica.

7.2 LIVELLI DI APPROFONDIMENTO

Gli studi di risposta sismica locale e microzonazione sismica vanno condotti a diversi livelli di approfondimento a seconda delle finalità e delle applicazioni nonché degli scenari di pericolosità locale. Tali studi svolti devono essere descritti in una relazione che indichi chiaramente il livello di approfondimento, le indagini effettuate e i risultati ottenuti e devono fornire una cartografia dello stato del territorio, e sono un riferimento necessario per la Valutazione di Sostenibilità Ambientale e Territoriale (VALSAT) preventiva delle singole scelte del piano.

Si identificano due fasi di analisi con diversi livelli di approfondimento.

La prima fase è diretta a definire gli scenari di pericolosità sismica locale, cioè ad identificare le parti di territorio suscettibili di effetti locali (amplificazione del segnale sismico, cedimenti, instabilità dei versanti, fenomeni di liquefazione, rotture del terreno, ecc.). L'individuazione delle aree soggette ad effetti locali si basa su rilievi, osservazioni e valutazioni di tipo geologico e geomorfologico, svolte a scala territoriale, associati a raccolte di informazioni sugli effetti indotti dai terremoti passati. Tale analisi viene svolta - soprattutto mediante elaborazione dei dati disponibili - in sede di elaborazione del PTCP e del PSC e

concorre alla definizione delle scelte di piano, fornendo prime indicazioni sui limiti e le condizioni per la pianificazione nelle suddette aree.

La seconda fase ha come obiettivo la microzonazione sismica del territorio indagato. Sulla base degli scenari individuati dalle analisi svolte nel corso della prima fase, nella seconda fase si attuano due diversi livelli di approfondimento:

a) nelle aree pianeggianti e sub-pianeggianti, incluse le zone di fondovalle appenniniche, con stratificazione orizzontale e sub-orizzontale, e sui versanti stabili con acclività ≤ 15° in cui il deposito ha spessore costante si ritiene sufficiente un'analisi semplificata (secondo livello di approfondimento), cioè l'analisi della pericolosità locale può essere basata, oltre che sull'acquisizione di dati geologici e geomorfologici più dettagliati di quelli rilevati nel primo livello, su prove geofisiche in sito e su prove geotecniche di tipo standard. Il numero delle verticali indagate deve essere tale da consentire un'adeguata caratterizzazione geotecnica spaziale dei terreni e delle formazioni presenti nell'area di studio;

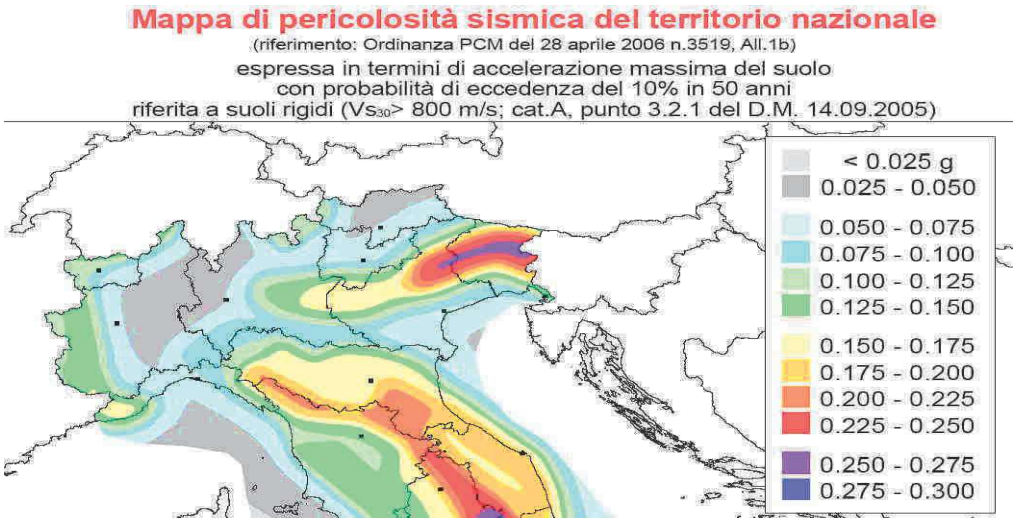
b) un'analisi più approfondita (terzo livello di approfondimento) è invece richiesta nei seguenti casi (vedere Allegato A1):

- aree soggette a liquefazione e densificazione;
- aree instabili e potenzialmente instabili;
- aree in cui le coperture hanno spessore fortemente variabile, come ad esempio nelle aree pedemontane e di fondovalle a ridosso dei versanti;
- aree in cui è prevista la realizzazione di opere di rilevante interesse pubblico.

L'analisi approfondita richiede un significativo numero di prove geofisiche e geotecniche, sia in sito che in laboratorio, rivolte alla definizione del comportamento dei terreni sotto sollecitazione dinamica. In queste parti del territorio la pericolosità potrebbe essere molto elevata e perciò deve essere attentamente valutata la possibilità di renderle suscettibili di trasformazione urbanistica.

7.3 CARATTERI SISMICI DELL'AREA

In base alla nuova carta della pericolosità sismica del territorio nazionale, i valori di PGA su suolo rigido con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni, per il Comune di Nibbiano sono compresi fra 0.075 e 0.100 g. L'area ricade nella zona simogenetica 911, in cui i meccanismi di fagliazione prevalenti sono legati a faglie trascorrenti e le profondità dei terremoti prevalentemente compresi fra 8 e 12 Km. Le magnitudo massime attese nella zona sismogenetica d'interesse sono di 5.7-6.1. Le serie storiche dei terremoti contenuti nell'archivio della Regione Emilia Romagna non segnalano eventi sismici rilevanti nell'area d'interesse.



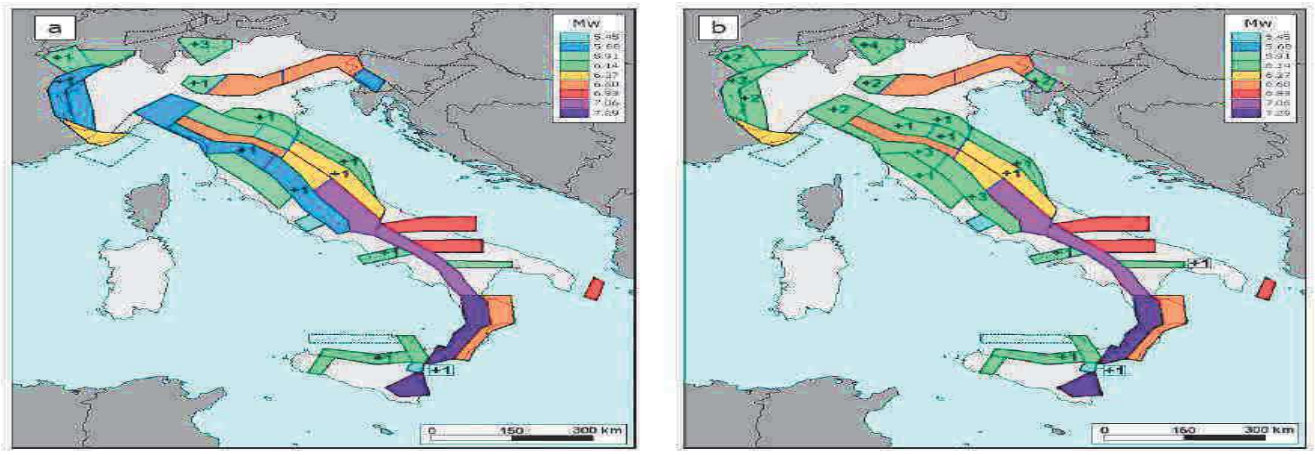


Figura 36. Valori di Mwmax corrispondenti ai due insiemi: a) "osservati" (Mwmax1); b) "cautelativi" (Mwmax2).

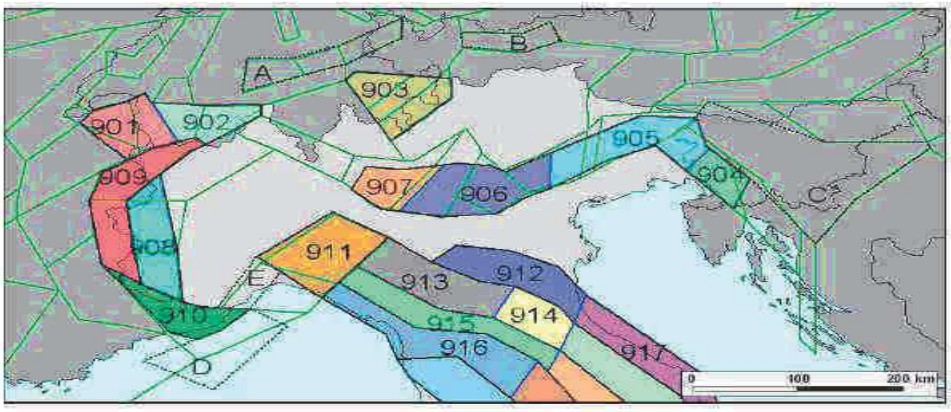


Figura 10. Zonazione sismogenetica ZS9 a confronto con la zonazione del progetto SESAME nell'area alpina (Jiménez et al., 2001; linee di colore verde).

In base alle caratteristiche geologiche del sito d'interesse, i principali effetti attesi possono ricondursi essenzialmente a fenomeni di amplificazione litologica e in minor misura a fenomeni d'instabilità dei versanti. Sono da escludere fenomeni d'amplificazione topografica (pendenza del versante complessivamente inferiore a 15°) e fenomeni di liquefazione (basso valore di ag atteso e presenza di copertura di materiale eterogeneo in matrice coesiva).

7.4 VALUTAZIONE DEL FATTORE DI AMPLIFICAZIONE DEL SITO INTERESSE-ANALISI 2° LIVELLO

A2.1.1 - APPENNINO

Le tabelle relative al settore appenninico sono il riferimento per la stima semplificata dell'amplificazione stratigrafica nelle aree collinari e montane dell'Emilia-Romagna. Possono essere applicate anche nelle aree di pianura prossime al margine morfologico appenninico-padano dove le coperture detritiche continentali hanno spessore indicativamente non superiore a 50 m.

In caso di **coperture direttamente poggianti su substrato rigido**, ovvero *bedrock* sismico, generalmente caratterizzato da Vs ≥ 800 m/s, si devono usare le seguenti tabelle

Appennino, coperture su substrato rigido

V_{SH} (m/s) → H (m) ↓	150	200	250	300	350	400	450	500	600	700
5	1.8	1.7	1.4	1.2	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
10	2.0	2.0	1.9	1.7	1.5	1.4	1.2	1.1	1.0	1.0
15	2.0	2.0	2.0	1.9	1.8	1.6	1.4	1.3	1.2	1.0
20	2.0	2.0	2.0	2.0	1.9	1.7	1.6	1.4	1.3	1.0
25	2.0	2.0	2.0	1.9	1.8	1.8	1.6	1.5	1.3	1.0
30		1.9	1.9	1.9	1.8	1.7	1.6	1.5	1.4	1.2
35		1.9	1.9	1.9	1.9	1.7	1.6	1.4	1.4	1.2
40		1.9	1.9	1.9	1.9	1.7	1.6	1.4	1.4	1.2
50		1.9	1.9	1.9	1.9	1.8	1.6	1.4	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	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
10	1.5	1.3	1.1	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
15	2.2	1.8	1.4	1.1	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
20	2.8	2.5	1.9	1.4	1.2	1.1	1.0	1.0	1.0	1.0
25	2.9	2.8	2.4	1.7	1.4	1.2	1.1	1.1	1.0	1.0
30		3.0	2.7	2.0	1.7	1.4	1.3	1.2	1.1	1.0
35		3.1	2.9	2.4	1.9	1.6	1.4	1.3	1.2	1.1
40		3.1	3.0	2.6	2.2	1.9	1.6	1.4	1.2	1.1
50		2.9	2.9	2.7	2.5	2.2	1.9	1.6	1.4	1.2

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	1.7	1.4	1.1	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
10	2.1	2.0	1.7	1.4	1.2	1.1	1.0	1.0	1.0	1.0
15	2.2	2.2	2.0	1.8	1.5	1.4	1.2	1.1	1.0	1.0
20	2.2	2.2	2.2	2.0	1.8	1.6	1.4	1.3	1.1	1.1
25	2.2	2.2	2.2	2.1	1.9	1.7	1.6	1.4	1.3	1.1
30		2.2	2.2	2.1	2.0	1.8	1.6	1.5	1.3	1.2
35		2.1	2.1	2.1	2.1	1.9	1.7	1.5	1.4	1.2
40		2.1	2.1	2.1	2.0	1.9	1.7	1.6	1.4	1.2
50		2.0	2.0	2.0	2.0	1.9	1.7	1.6	1.5	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	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
10	1.2	1.1	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
15	1.4	1.3	1.1	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
20	2.0	1.5	1.3	1.1	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
25	2.7	1.9	1.5	1.2	1.1	1.1	1.0	1.0	1.0	1.0
30		2.5	1.8	1.4	1.2	1.1	1.1	1.0	1.0	1.0
35		3.1	2.3	1.5	1.3	1.2	1.2	1.1	1.1	1.0
40		3.4	2.9	1.9	1.5	1.3	1.2	1.2	1.1	1.0
50		3.5	3.3	2.8	1.8	1.6	1.4	1.3	1.2	1.1

Fattore di Amplificazione **SA3** (0.7s≤ T≤1.1s)

Tabelle calcolo fattore amplificazione – Margine appenninico con substrato rigido

Appennino, coperture su substrato rigido

V_{SH} (m/s) → H (m) ↓	150	200	250	300	350	400	450	500	600	700
5	1.5	1.2	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
10	2.1	2.0	1.6	1.3	1.1	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
15	2.4	2.3	2.1	1.7	1.4	1.3	1.1	1.0	1.0	1.0
20	2.4	2.4	2.3	2.0	1.7	1.5	1.3	1.2	1.1	1.0
25	2.4	2.4	2.4	2.2	1.9	1.7	1.5	1.3	1.2	1.0
30		2.4	2.4	2.3	2.1	1.8	1.6	1.5	1.3	1.1
35		2.3	2.3	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	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
10	1.3	1.1	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
15	1.6	1.4	1.2	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
20	2.6	1.9	1.5	1.2	1.1	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
25	2.9	2.5	1.9	1.4	1.2	1.1	1.1	1.0	1.0	1.0
30		2.9	2.3	1.6	1.4	1.2	1.1	1.1	1.0	1.0
35		3.2	2.8	1.9	1.5	1.4	1.2	1.1	1.1	1.0
40		3.4	3.1	2.4	1.8	1.5	1.4	1.2	1.1	1.0
50		3.2	3.2	2.9	2.2	1.9	1.6	1.4	1.3	1.1

Fattore di Amplificazione **SI2** (0.5s≤T≤1.0s)

Tabelle calcolo fattore amplificazione – Margine appenninico con substrato rigido

I fattori di amplificazione calcolati in base alla prova Masw realizzata sono riassunti nella tabella seguente:

Prova	prof. bedrock	vs h 0-30 m	fa pga	fa SA1	fa SA2	fa SA3	fa SI1	fa SI2
M1	>50 m	344	1.9	2.0	2.5	1.8	2.1	2.2

In base alla delibera sopraccitata, l'accelerazione orizzontale su suolo rigido (Vs>800 m/s) prevista per il Comune di Nibbiano è di 0.098g.

7.5 SPETTRO DI RISPOSTA (IN PGA) DELL'AREA

Nella delibera della Regione è riportata la forma dello spettro di risposta valido per tutta la regione.

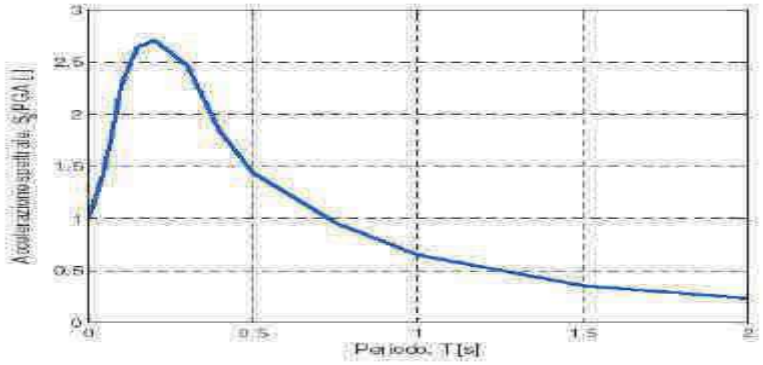
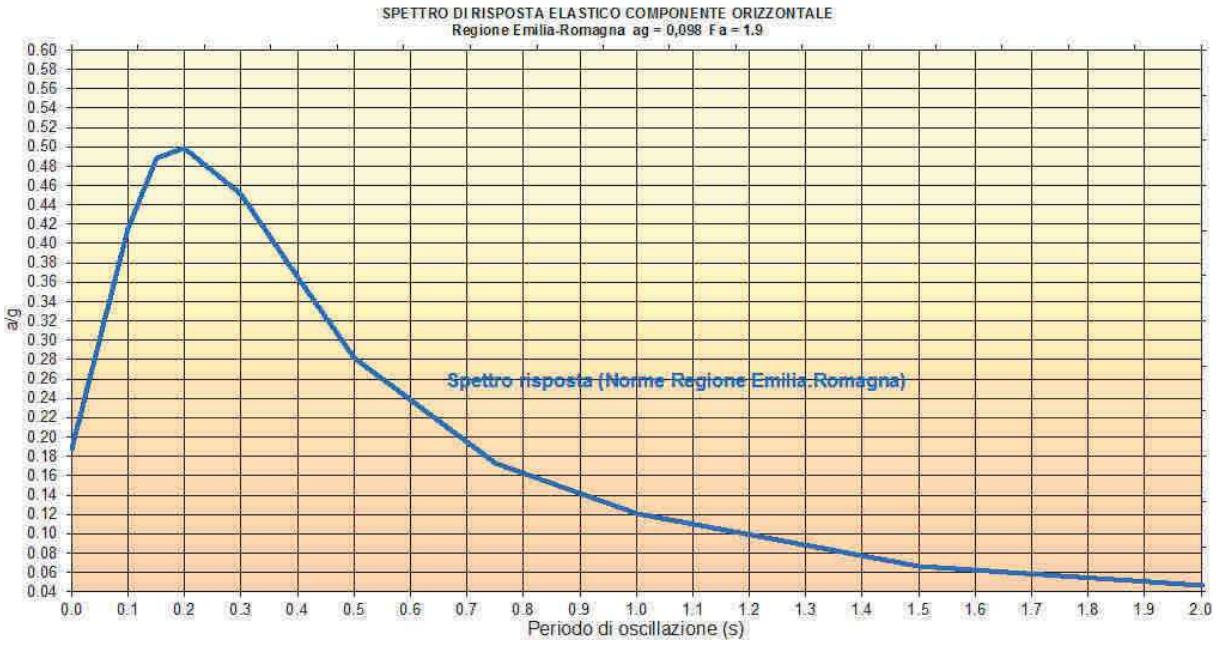


Figura 1 - Spettro di risposta normalizzato (T_R = 475 anni, smorzamento = 5%) per l'Emilia-Romagna

Dallo spettro di risposta normalizzato è possibile ottenere, moltiplicando i valori della tabella 1 per il valore di arefg di ogni comune, lo spettro di risposta a probabilità uniforme che descrive le caratteristiche del moto sismico atteso per ogni comune dell'Emilia-Romagna. Considerando il valore di arefg=0.098 per il comune di Nibbiano e il fattore di amplificazione (1.9), è stato calcolato lo spettro di risposta del sito d'interesse.



Spettro di riposta del sito in base alle norme della regione Emilia-Romagna

7.6 ANALISI DELLA STABILITA' DEL VERSANTE SIA IN CONDIZIONI PSEUDO-STATICHE CHE SISMICHE-DINAMICHE - ANALISI 3° LIVELLO

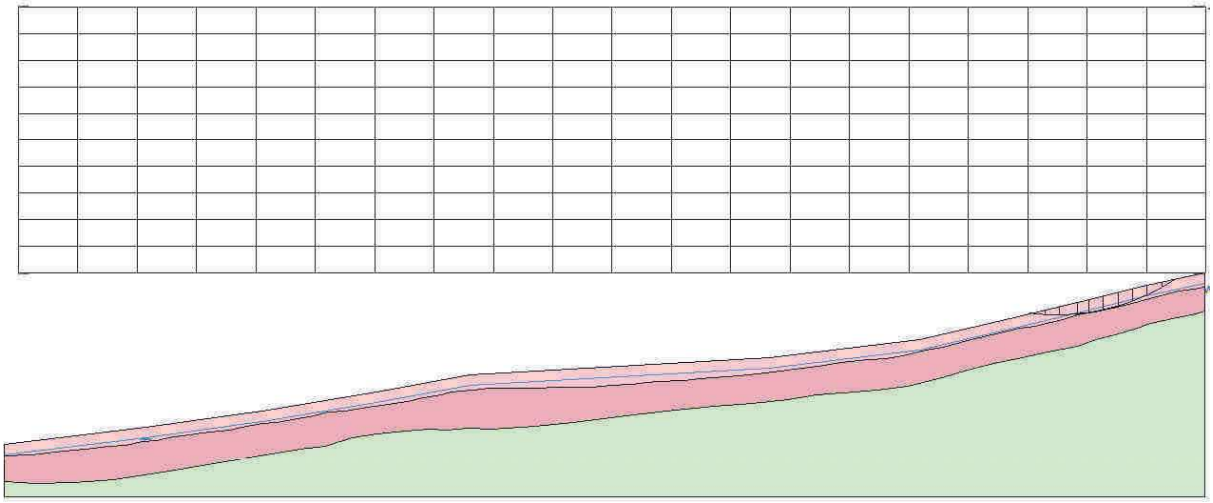
Per ricostruire l'assetto litostratigrafico e le caratteristiche geomeccaniche del versante, oltre alle considerazioni di carattere geologico, sono stati utilizzati i dati desunti dalle prove geofisiche realizzate, sintetizzati nei paragrafi precedenti.

Nr.	DB	Peso unità di volume (Kg/m³)	Peso saturo (Kg/m³)	Coesione (kg/cm²)	Coesione non drenata (kg/cm²)	Angolo resistenza al taglio picco (°)	Angolo resistenza al taglio residuo (°)	Permeabilità (m/s)	Dati aggiuntivi ...	Texture ...
1		1800	1950	0.05	0	21	18	Permeabile		
2		1900	2050	0.08	0	24	22	Impermeabile		
3		2200	2200	0	0	45	45	Impermeabile		

Modello geologico-geotecnico dell'area

7.6.1 Analisi di stabilità in condizioni pseudostatiche

Per l'analisi di stabilità del versante è stato utilizzato il software "slope" della società Geostru. Il metodo utilizzato è stato quello di Bishop. Per l'analisi di stabilità, a scopo cautelativo, sono stati utilizzati valori di angolo di attrito residuo). Per l'azione sismica è stato considerato un valore di ag di 0.098x1.9 (fattore di amplificazione massimo) = 0.186g, ed un coefficiente di amplificazione topografica di 1.0. E' stata inoltre considerata la falda a 3.0 metri dal p.c. In base alle verifiche realizzate, che, dato l'utilizzo dell'angolo di attrito residuo, sono state fatte in condizioni cautelative, il versante risulta in buone condizioni di sicurezza. La superficie con il minor coefficiente di sicurezza (1.62), che interessa la copertura superficiale, è stata individuata nella parte alta del versante.

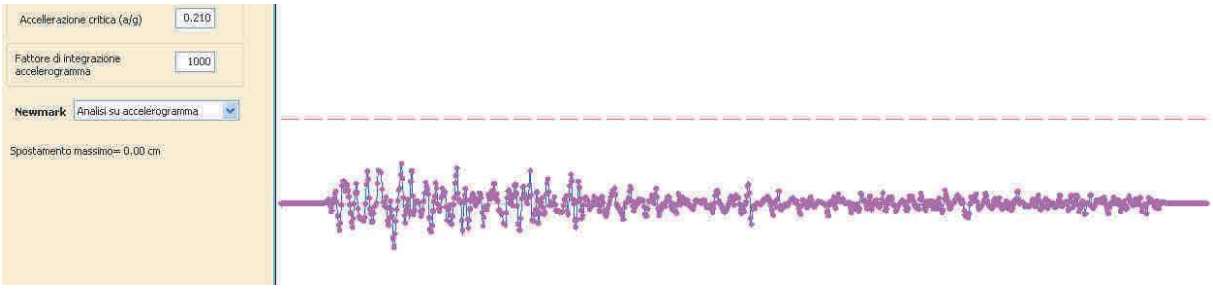


Verifica di stabilità del versante

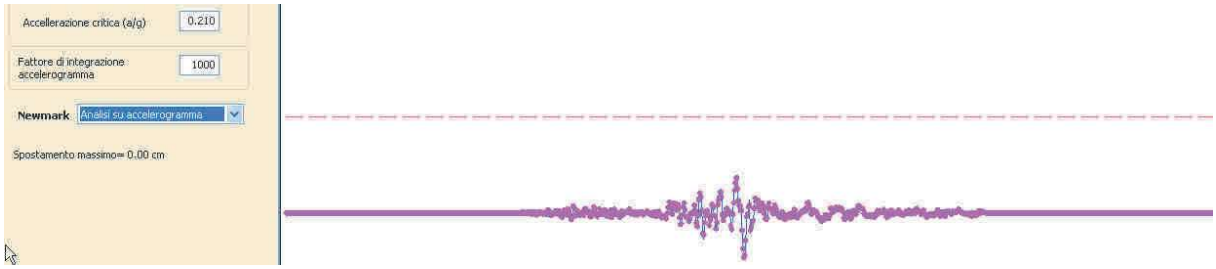
7.6.2 Analisi di stabilità dinamica (Metodo di NEWMARK)

Le verifiche in condizioni sismiche dinamiche (semplificate) sono state realizzate utilizzando come input gli accelerogrammi forniti dalla Regione Emilia-Romagna per il Comune di Nibbiano.

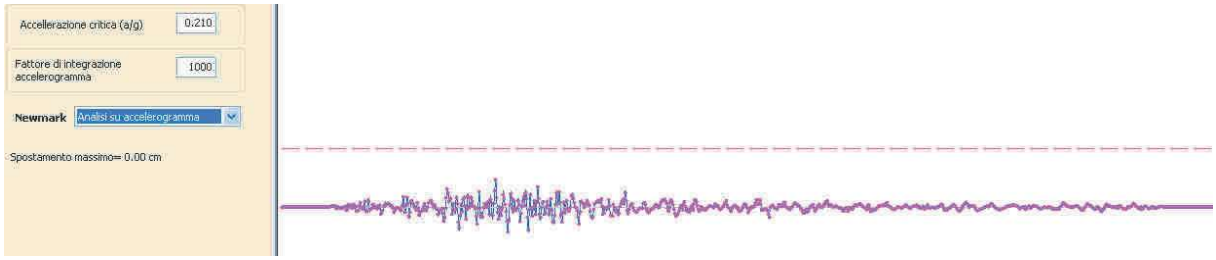
Le verifiche effettuate, con spostamenti nulli, confermano la stabilità dell'area anche in condizioni sismiche dinamiche. Di seguito si riportano i risultati delle 3 analisi dinamiche relative ai 3 sismogrammi considerati; nei grafici il valore soglia dell'accelerazione in grado di produrre spostamenti è rappresentato dalla linea rossa tratteggiata.



Accelerogramma 000046xa_033029Nibbiano.txt



Accelerogramma 000126xa_033029Nibbiano.txt

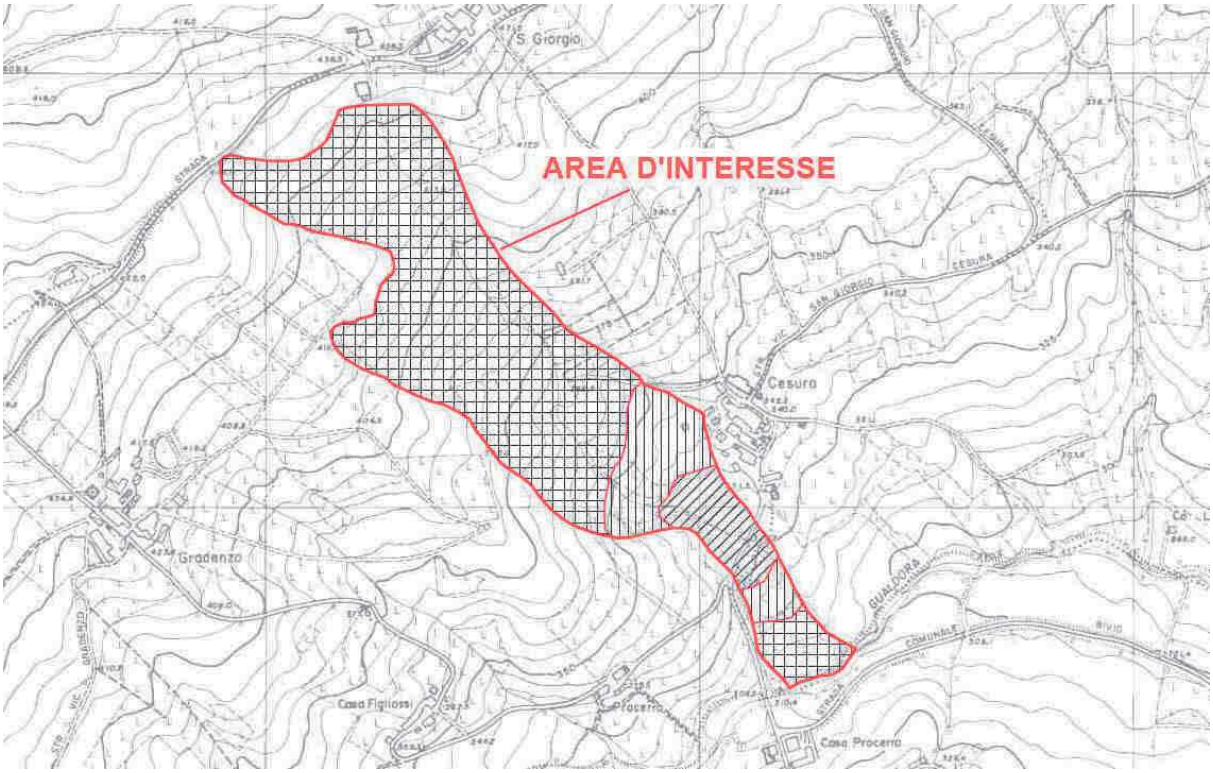


Accelerogramma 000354xa_033029Nibbiano.txt

8. ZONIZZAZIONE DEL RISCHIO DEL CORPO DI FRANA QUIESCENTE-DEPOSITO DI VERSANTE

Il corpo di detritico studiato è stato suddiviso, in base a criteri geologico-geomorfologici, in settori contraddistindi da un differente grado di "rischio".

In linea di massima il versante appare in discrete condizioni di stabilità, con le aree potenzialmente più instabili localizzate nella parte alta del versante.



Zonizzazione del "rischio" geologico del corpo detritico

Sono state distinte 3 classi di rischio:

- **Aree a rischio moderato (classe 2 – retino rigato obliquo)**, sono localizzate poco a valle dell'abitato di Cesura. In questo settore, sub-pianeggiante, le condizioni geologico-geomorfologiche e idrogeologiche sono complessivamente favorevoli;
- **Aree a rischio elevato (classe 3 – retino rigato verticale)**, le aree immediatamente a monte e a valle di quelle classificate in zona 2, sono state prudenzialmente ritenute a rischio elevato.
- **Aree a rischio molto elevato (classe 4 – retino incrociato)**, il restante corpo di paleofrana, con condizioni morfologiche più sfavorevoli, è stato considerato a rischio molto elevato.

9. PRESCRIZIONI PER LE AREE IN FRANA QUIESCENTE - DEPOSITO DI VERSANTE IN CUI È STATA EFFETTUATA LA VALUTAZIONE DEL RISCHIO

Classe 1 (rischio basso) – Fattibilità senza particolari limitazioni (R1):

Queste aree si ritengono utilizzabili ai fini edificatori senza particolari limitazioni all'urbanizzazione o alla modifica della destinazione d'uso; eventuali problematiche locali possono essere superate attraverso approfondimenti di indagine o accorgimenti tecnico-costruttivi. In particolare si dovrà subordinare l'autorizzazione ad accertamenti geognostici in particolare ai fini di:

- *evitare che fondazioni di una stessa costruzione vengano a poggiare in parte sulla zona di alterazione ed in parte sulla roccia in posto, o peggio ancora, su materiale di riporto;*
- *ridurre all'indispensabile eventuali sbancamenti e riporti adottando pendenze adeguate;*
- *drenare le acque eventualmente incontrate;*
- *adottare la tipologia di fondazione più idonea alla tipologia di substrato riscontrata.*

Classe 2 (rischio moderato) – Fattibilità con modeste limitazioni (R2):

Queste aree si ritengono utilizzabili ai fini urbanistici, anche se si sono appurate alcune condizioni limitanti all'edificabilità, che possono essere superate attraverso approfondimenti di indagine o accorgimenti tecnico-costruttivi; gli interventi edificatori sono comunque permessi, prevedendo se necessario eventuali accorgimenti costruttivi necessari o interventi di riduzione del rischio idrogeologico, quali:

- *sbancamenti e riporti ridotti al minimo;*
- *fondazioni rigide, spinte ad idonea profondità dall'attuale piano campagna;*
- *regolamentazione delle acque superficiali e sotterranee;*
- *sistemi di raccolta sistematica e l'allontanamento in tubazioni a perfetta tenuta delle acque piovane e di quelle di scarico dei futuri edifici;*
- *opportuni interventi di sostegno (ex gabbionate, muri con drenaggio e sistema di smaltimento acque ecc.) al fine di proteggere il piede di eventuali scarpate artificiali con pendenze superiori a 1/2.*

Per tali zone si dovrà comunque subordinare l'autorizzazione ad ulteriori e dettagliati accertamenti geologici e geognostici.

Classe 3 (rischio elevato) – Fattibilità con significative limitazioni (R3)

In questa classe si sono inserite le zone in cui la propensione al dissesto è più elevata, ed in cui le limitazioni alla modifica della destinazione d'uso appare più consistente.

Si dovrà dunque subordinare l'autorizzazione ad ulteriori e dettagliati accertamenti geologico-tecnici e geognostici, finalizzati a valutare quali siano le azioni atte a ridurre il rischio connesso all'intervento edificatorio

Si dovrà dunque prevedere quanto segue:

- *manutenzione delle eventuali opere di difesa esistenti;*
- *l'adozione di fondazioni rigide, spinte ad idonea profondità dall'attuale piano campagna;*
- *la raccolta sistematica e l'allontanamento in tubazioni a perfetta tenuta delle acque piovane e di quelle di scarico dei futuri edifici;*
- *regolamentazione delle acque superficiali e sotterranee, e se necessario comprendere tutta o buona parte della zona a monte, attraverso le opportune opere idrauliche (ex canali di scolo, drenaggi sotterranei ecc.);*
- *quanto necessario al fine di ridurre la pericolosità;*

Oltre a quanto consentito dalle norme del P.T.C.P. (e dal P.A.I) in merito alle frane attive e quiescenti, in questa classe sono ammessi solo ampiamenti delle costruzioni esistenti, con incrementi volumetrici non superiori a quanto consentito dalle N.T.A. del P.S.C comunale.

Classe 4 (rischio molto elevato) – Fattibilità con gravi limitazioni (R4):

In queste zone si intende consentito quanto permesso dal P.T.C.P (e dal P.A.I) per le frane quiescenti-depositi di versante.

Trevozzo, 18/02/2020

Dott. Adriano Baldini



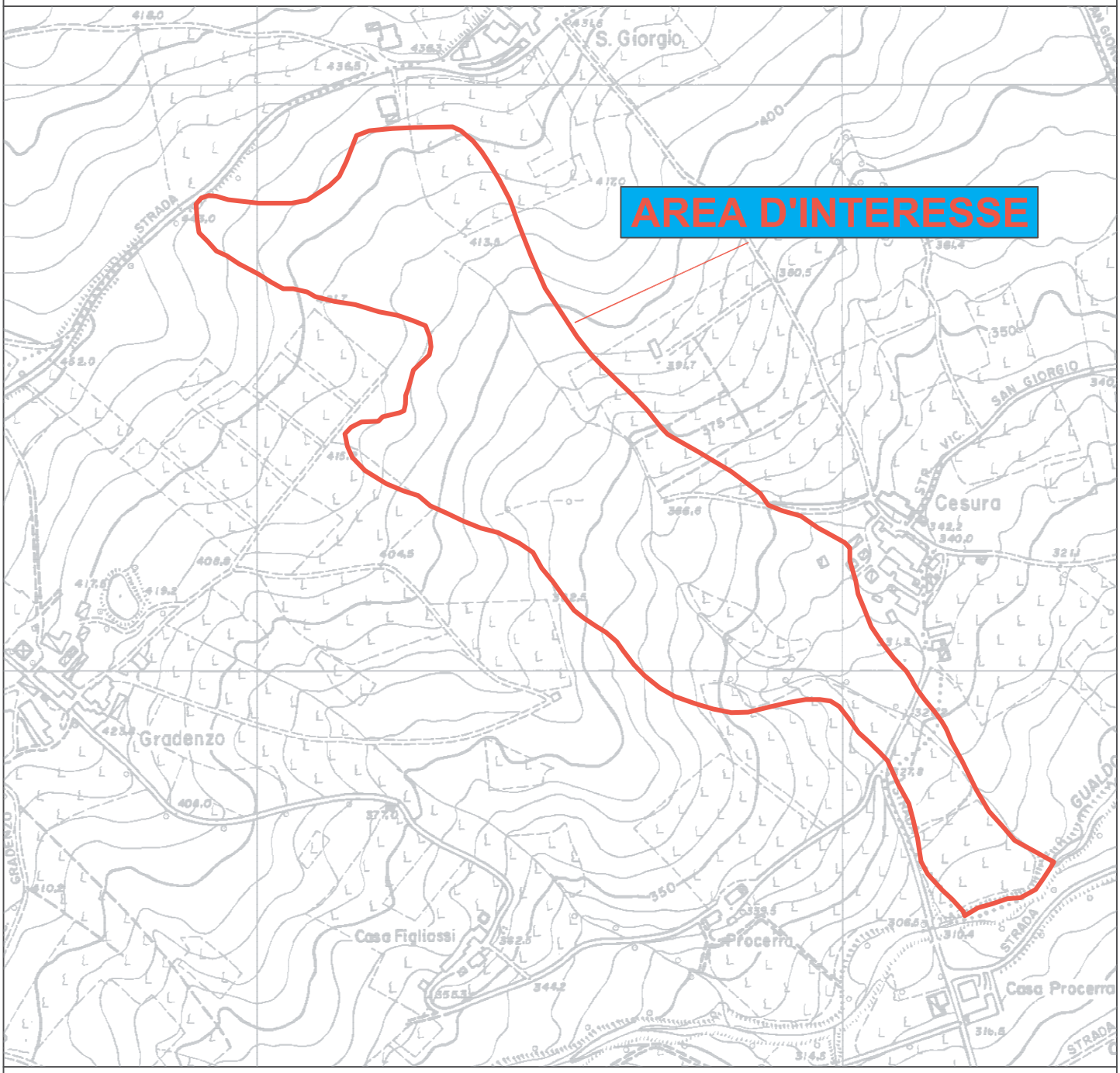
Dott. Alberto Lepori

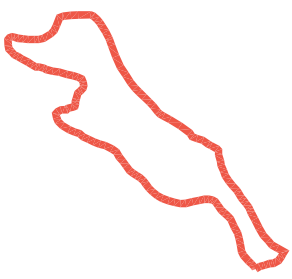


ALLEGATI

INQUADRAMENTO TERRITORIALE

Scala 1:5000



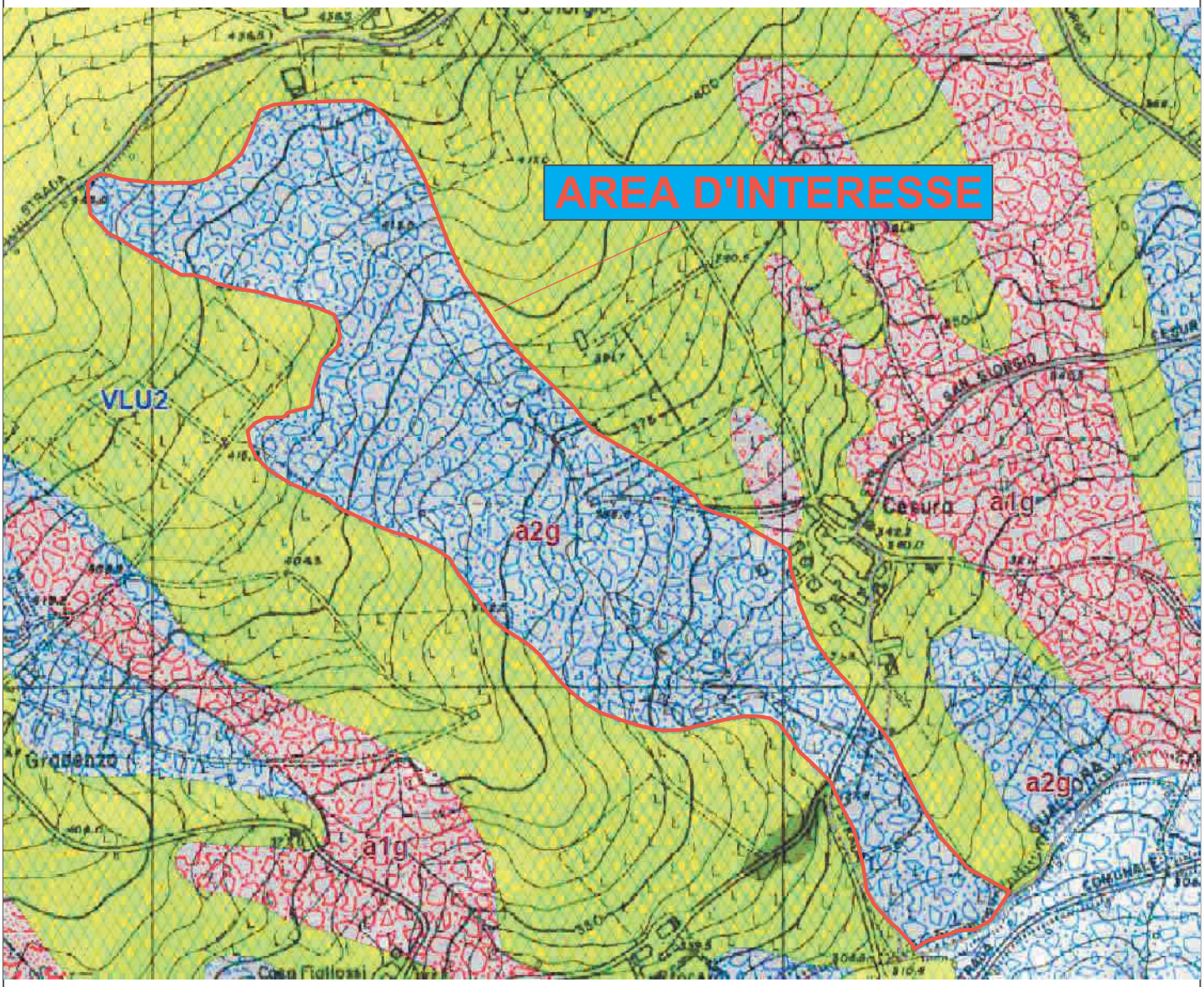


Area considerata

Fig. **1**

ESTRATTO CARTA GEOLOGICA REGIONALE

Scala 1:5000



LEGENDA

Unità geologiche (10K)

VLU2 - Formazione della Val Luretta - membro di Monteventano

VLU3 - Formazione della Val Luretta - membro di Genepreto

Coperture quaternarie (10K)

a1g - Deposito di frana attiva complessa

a2 - Deposito di frana quiescente di tipo indeterminato

a2b - Deposito di frana quiescente per scivolamento

a2d - Deposito di frana quiescente per colamento di fango

a2g - Deposito di frana quiescente complessa

Area considerata

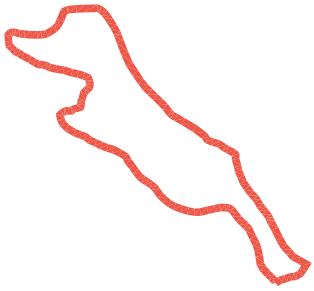
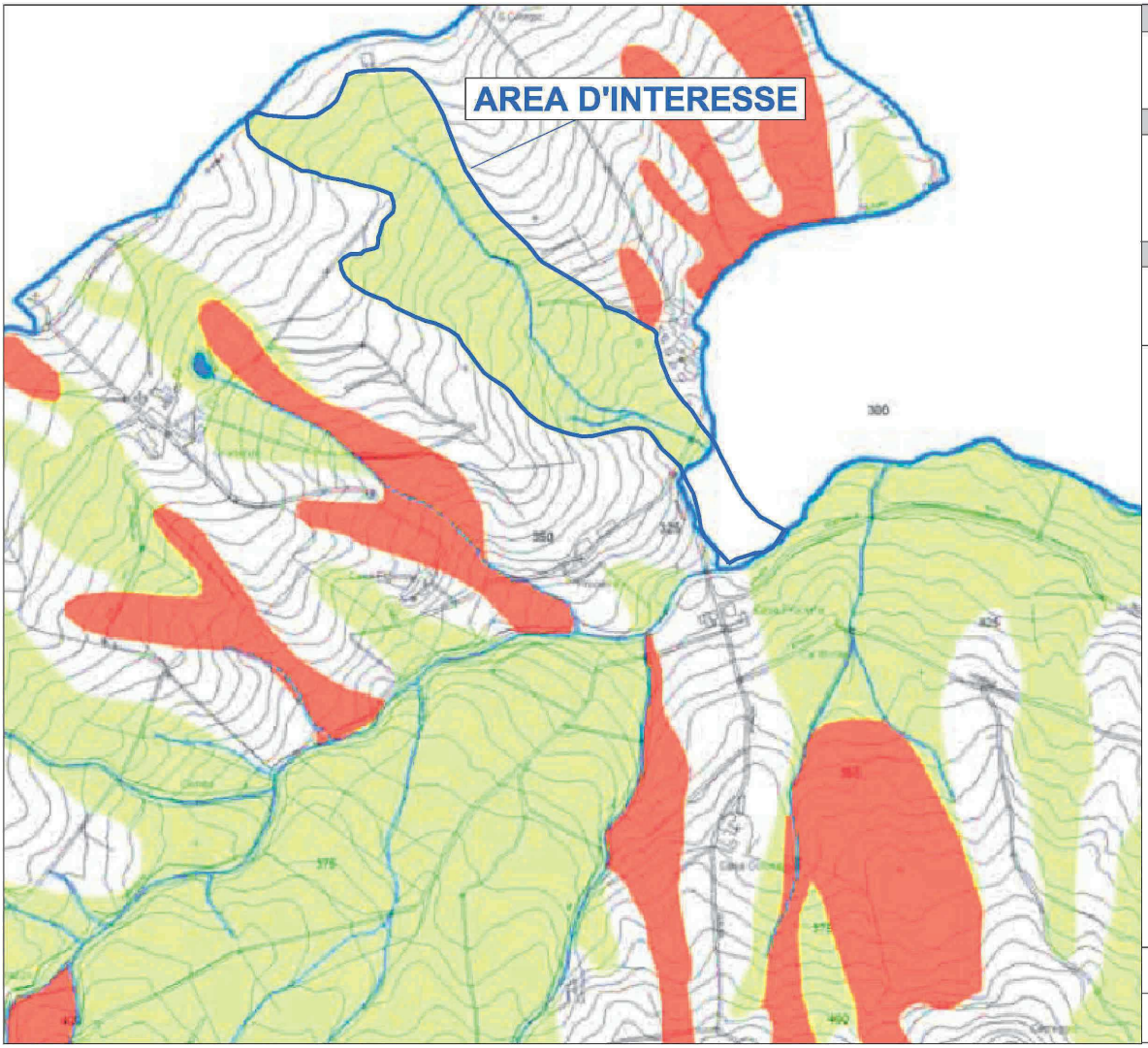


Fig.2



COMMITTENTE

Sig. Vitali Giampiero
Via Don Luigi Carini, 27
Loc. Trevozzo
29031 Alta Val Tidone (PC)

OGGETTO

Studio geologico e analisi
di un versante in frana quiescente
in loc. Cesura nel Comune di Alta Val Tidone
"*Classificazione del rischio nelle zone di frana quiescente*"

TITOLO

CARTA DEL DISSESTO
Estratta dal PSC

Elementi morfologici

Area di frana attiva:
Accumuli gravitativi caotici di materiali eterogenei ed eterometrici, in abbondante matrice limoso-argillosa, con evidenti movimenti in atto.

Area di frana quiescente:
Accumuli gravitativi caotici di materiali eterogenei ed eterometrici, in abbondante matrice limoso-argillosa, attualmente quiescenti o stabilizzati.

Area di frana stabilizzata o relitta
Movimenti gravitativi quiescenti di cui non si hanno indizi di movimento recente o in atto. Generalmente si presentano con profili regolari, vegetazione ben sviluppata, assenza di lesioni a manufatti ed infrastrutture.

Depositi alluvionali attuali:
Ghiaie sciolte eterogenee ed abbondebbliche, a matrice sabbiosa-limosa o limosa.
Alveo di magra del torrente

Depositi alluvionali in evoluzione che si divergono entro l'alveo attivo del fiume, talora fissati dalla vegetazione e corrispondenti ad aree esondabili in condizioni di piena ordinaria.

Depositi alluvionali terrazzati, recenti, fissati da copertura vegetale:
Ghiaie a matrice limoso-sabbiosa, spesso ricoperte da una coltre limosa di colore prevalentemente bruno-giallastro (2,5 Y 4/2 "Munsell Soil Charts").
[Depositi alluvionali terrazzati e disposti a diverse quote rispetto all'alveo attivo, esondabili in condizioni di piene eccezionali]
Olocene Superiore.

Depositi alluvionali terrazzati medio-antichi:
Ghiaie a prevalente matrice limosa o limoso-sabbiosa, ricoperte in superficie da una coltre limoso-argillosa di colori bruno-giallastro scuro o bruno-grigiastro scuro [valori compresi tra 10 YR 4/3, 4/4-5/3, 5/4 e 2,5 Y 5/2, 4/2 "Munsell Soil Charts").
Olocene medio-superiore.

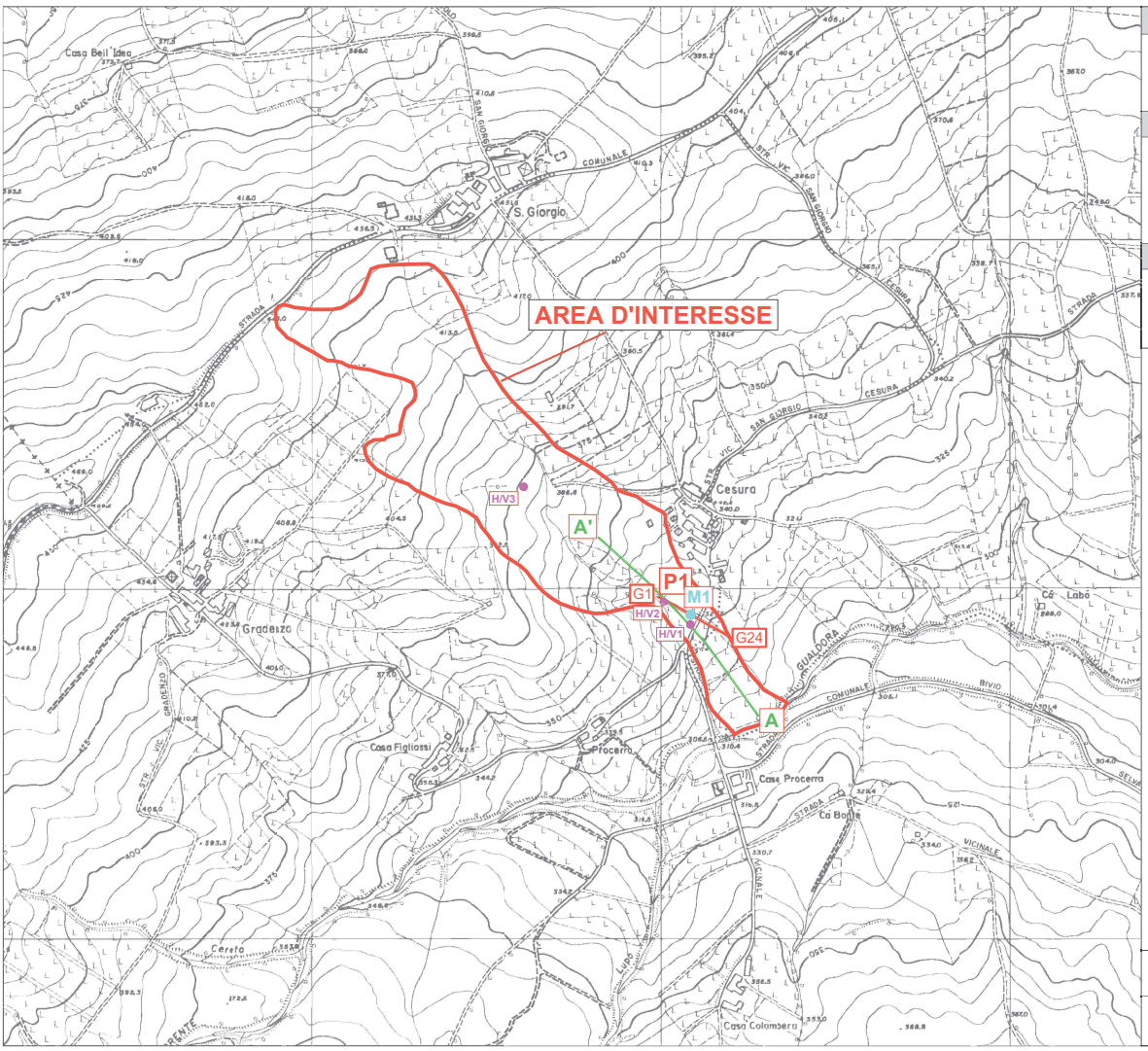
Depositi alluvionali terrazzati antichi:
Successioni di ghiaie, sabbie e limi, debolmente alterate alla sommità. Presenza di coltre limoso-argillosa di copertura a prevalente colore bruno e bruno-giallastro (valori compresi tra 10 YR 4/3, 5/3 e 4/4 "Munsell Soil Charts").
Pleistocene superiore? – Olocene inferiore.



scala:
1:5.000

N

Fig. 3



COMMITTENTE

Sig. Vitali Giampiero
Via Don Luigi Carini, 27
Loc. Trevozzo
29031 Alta Val Tidone (PC)

OGGETTO

Studio geologico e analisi
di un versante in frana quiescente in loc. Cesura nel Comune di Alta Val Tidone
"*Classificazione del rischio nelle zone di frana quiescente*"

TITOLO

PLANIMETRIA DELLE INDAGINI

INDAGINI SISMICHE

G1 — P1 — G24 : Traccia stendimento tomografia sismica

M1 : Prova MASW

H/V1 : Prova Microtremori tipo Nakamura

A' — A : Traccia verifica di stabilità del versante

AREA DI STUDIO



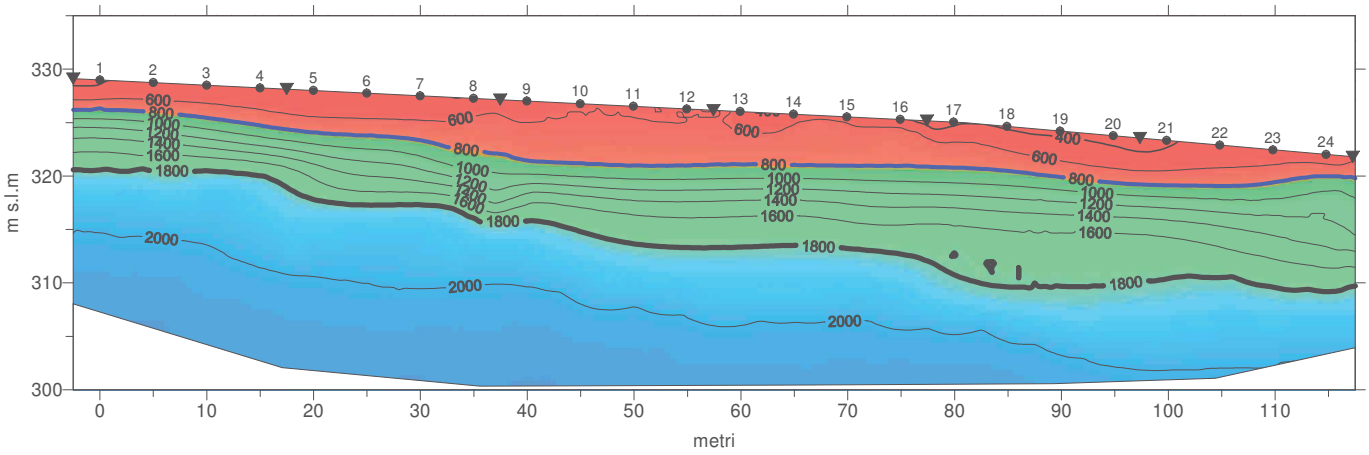
scala: 1:5000

N

T-Indagini.dwg

Fig. 4

Loc. Cesura - Comune di Alta Val Tidone - TOMOGRAFIA SISMICA - P1



Scala 1:500

Velocità sismiche m/sec



Limite del materiale di copertura più allentato

Passaggio al substrato più compatto

▼ Punti di energizzazione

● Punti di registrazione

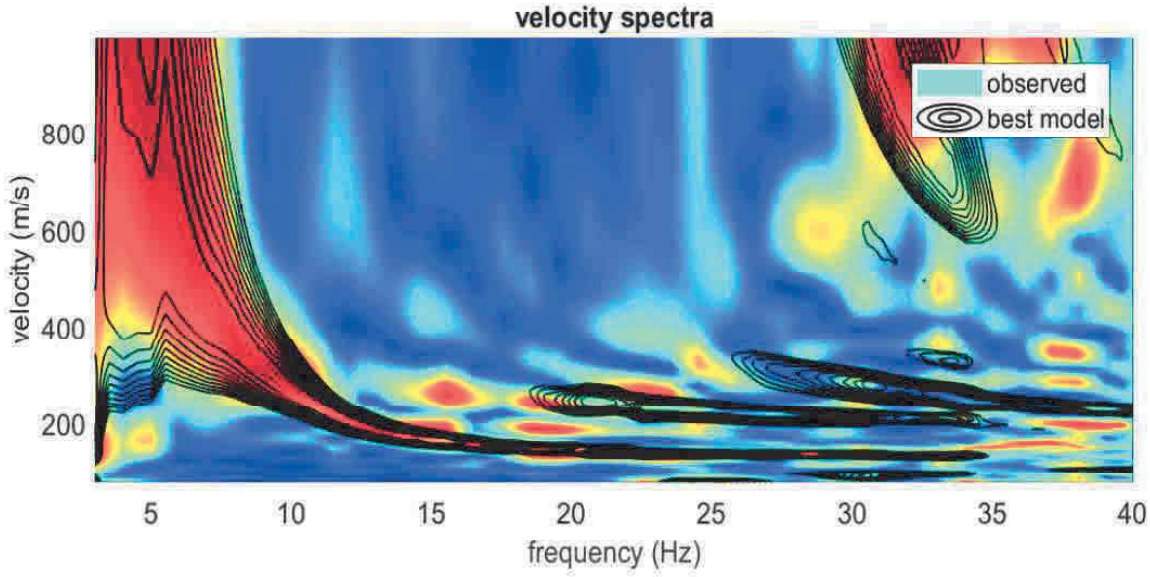
Fig.5

Loc. Cesura - Comune di Alta Val Tidone

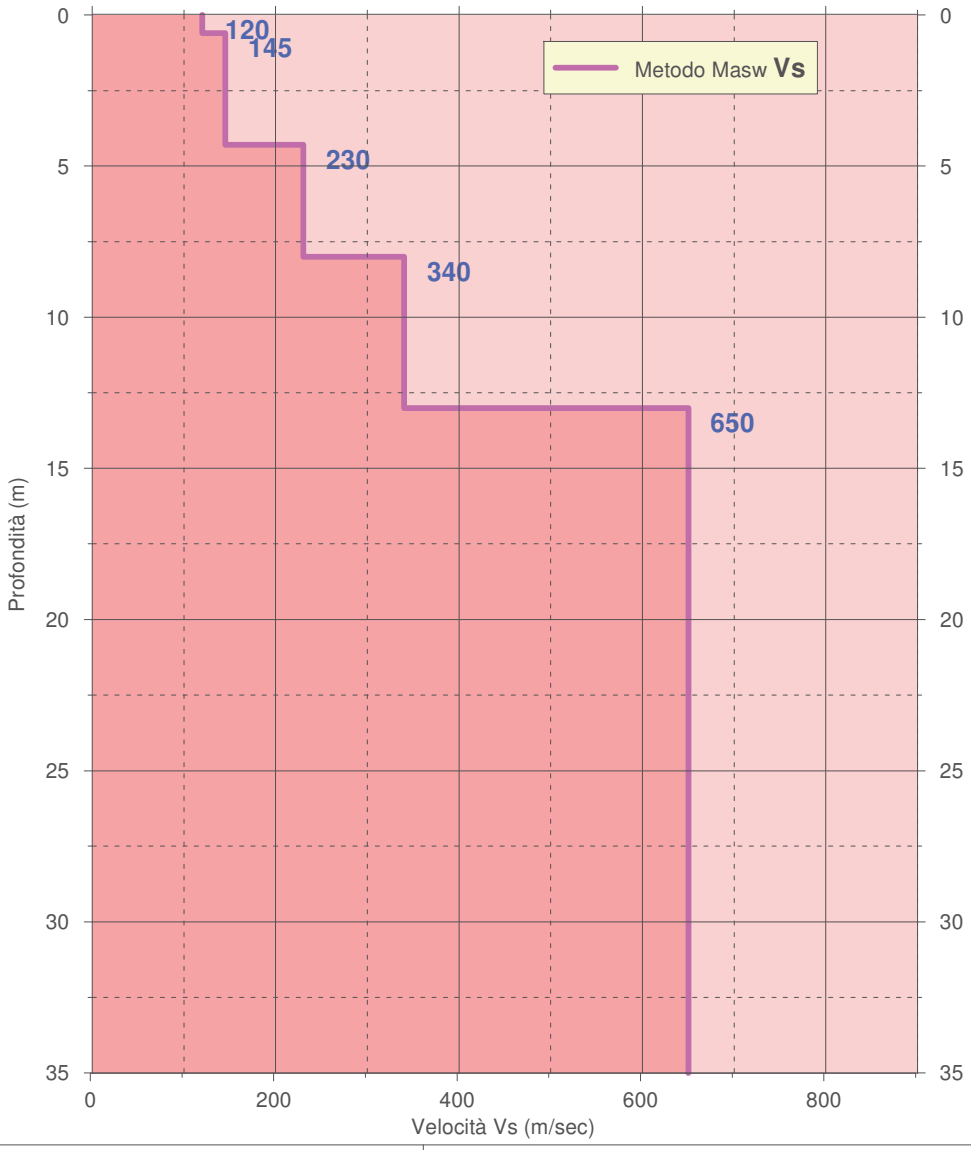
METODO MASW

M1

GRAFICO VELOCITA' di FASE- FREQUENZA



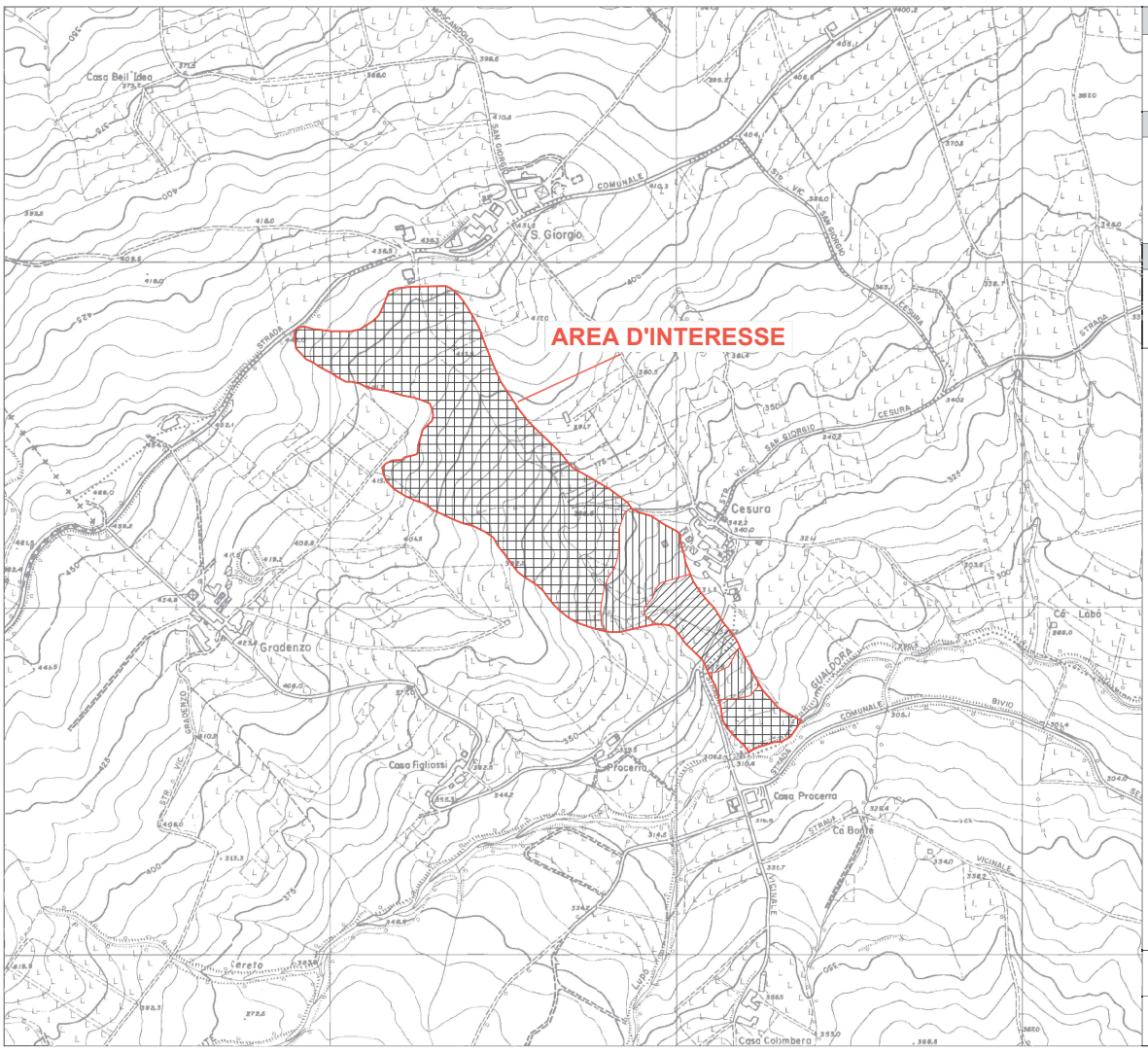
PROFILO VELOCITÀ Vs



Vs_eq 0-30 m = 344 m/s

SUOLO DI FONDAZIONE TIPO "C"

Fig.6



COMMITTENTE

Sig. Vitali Giampiero
Via Don Luigi Carini, 27
Loc. Trevozzo
29031 Alta Val Tidone (PC)

OGGETTO

Studio geologico e analisi
di un versante in frana quiesciente in loc. Cesura nel Comune di Alta Val Tidone
"*Classificazione del rischio nelle zone di frana quiescente*"

TITOLO

CARTA DEL "RISCHIO" GEOLOGICO

CLASSI DI RISCHIO

- Classe 2 - Rischio Moderato
- Classe 3 - Rischio Elevato
- Classe 4 - Rischio Molto Elevato



AREA DI STUDIO

scala: 1:5000

N

Fig. 7