



PIANO URBANISTICO GENERALE

COMUNE DI ALTA VAL TIDONE

committente

Amministrazione Comunale di Alta Val Tidone

sindaco e assessore all'urbanistica

dott. Franco Albertini

ufficio di piano

geom. Gabriele Valorosi

arch. Lara Braga

progettista

dott. arch. Filippo Albonetti

collaboratori

dott. arch. Laura Gazzola

dott. ing. Fabio Grigoli

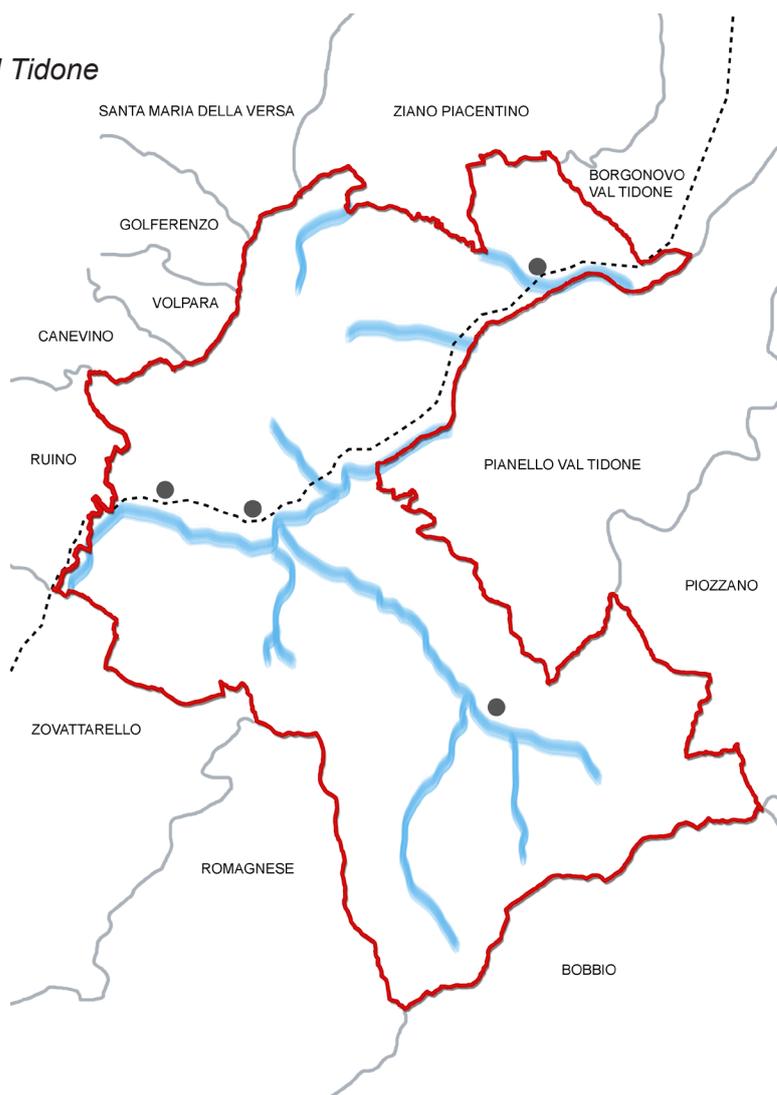
dott. arch. Matteo Tagliaferri

Valsat

ART - Ambiente Risorse Territorio S.r.l.

dott. geol. Emilia Mitidieri

dott. ing. Adelaide Pereira



QUADRO CONOSCITIVO

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

ottobre 2019

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

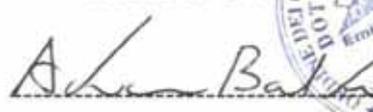
QC_R6

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

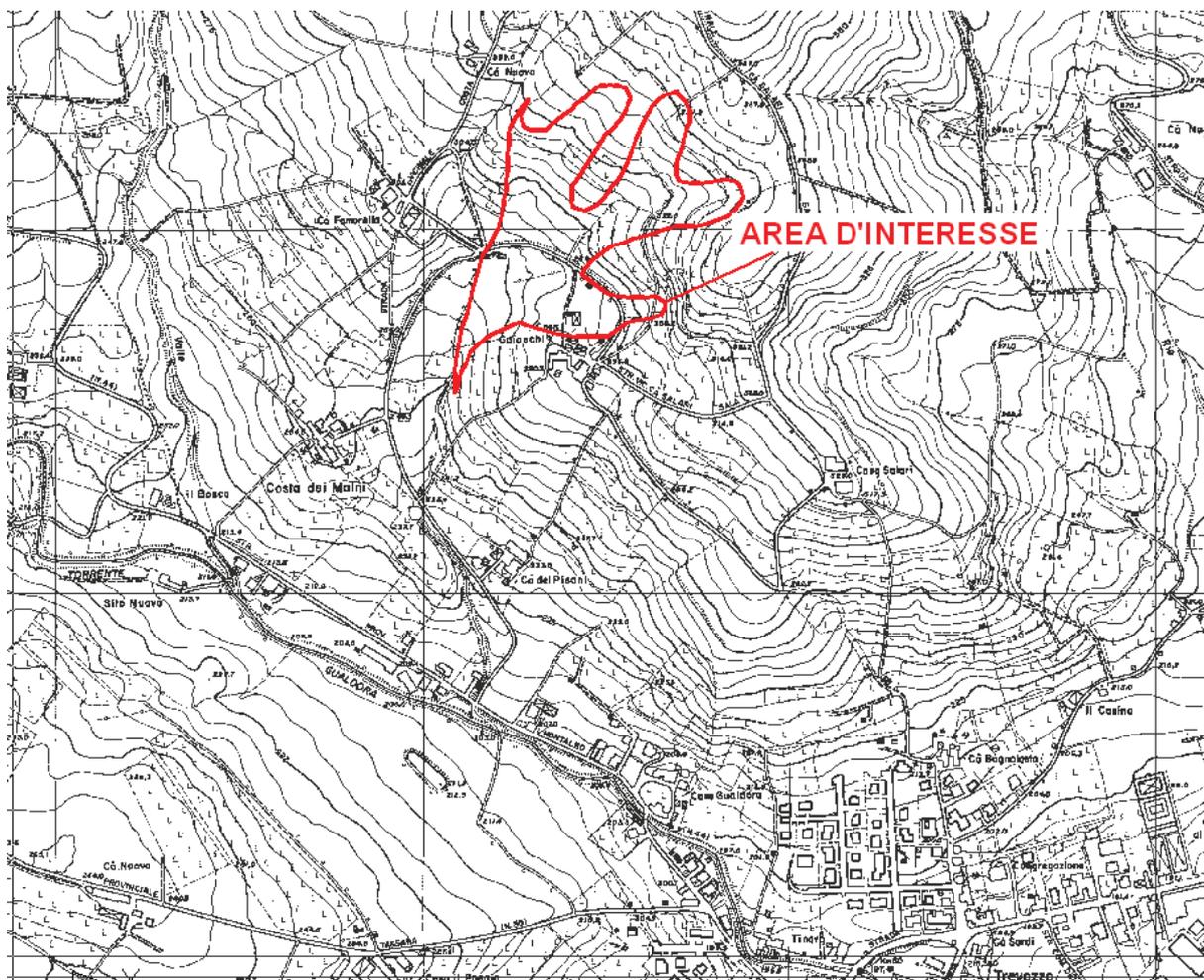
Sommario

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 <i>Cenni metodologici</i>	9
5.1.2 <i>Modalità esecutive</i>	9
5.1.3 <i>Strumentazione utilizzata</i>	9
5.1.4 <i>Elaborazione</i>	10
5.1.5 <i>Analisi dei risultati</i>	11
5.2 PROVE PER LA DETERMINAZIONE DEL PROFILO DI VELOCITA' DELLE ONDE SISMICHE "S"	11
5.2.1 <i>Cenni metodologici</i>	11
5.2.2 <i>Modalità esecutive</i>	12
5.2.3 <i>Commento dei risultati</i>	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 <i>Analisi di stabilità in condizioni pseudostatiche</i>	20
7.6.2 <i>Analisi di stabilità dinamica (Metodo di NEWMARK)</i>	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 Trevezzo.

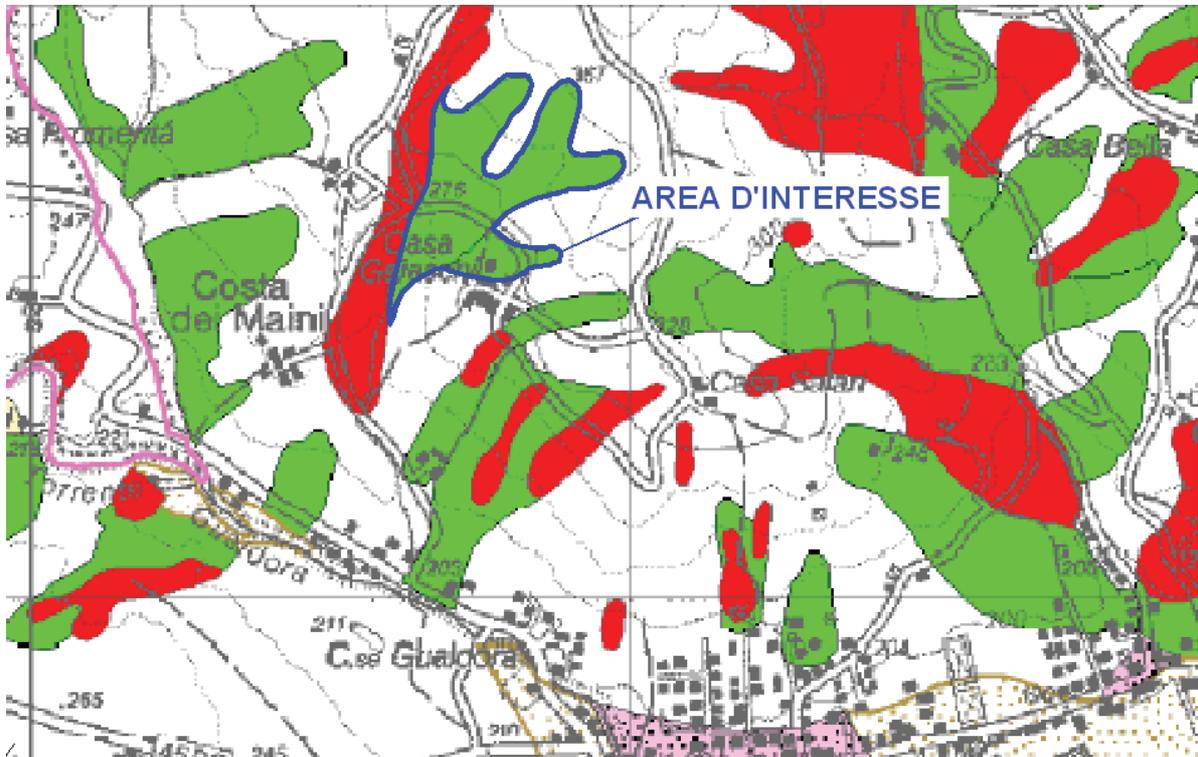


Inquadramento territoriale da CTR

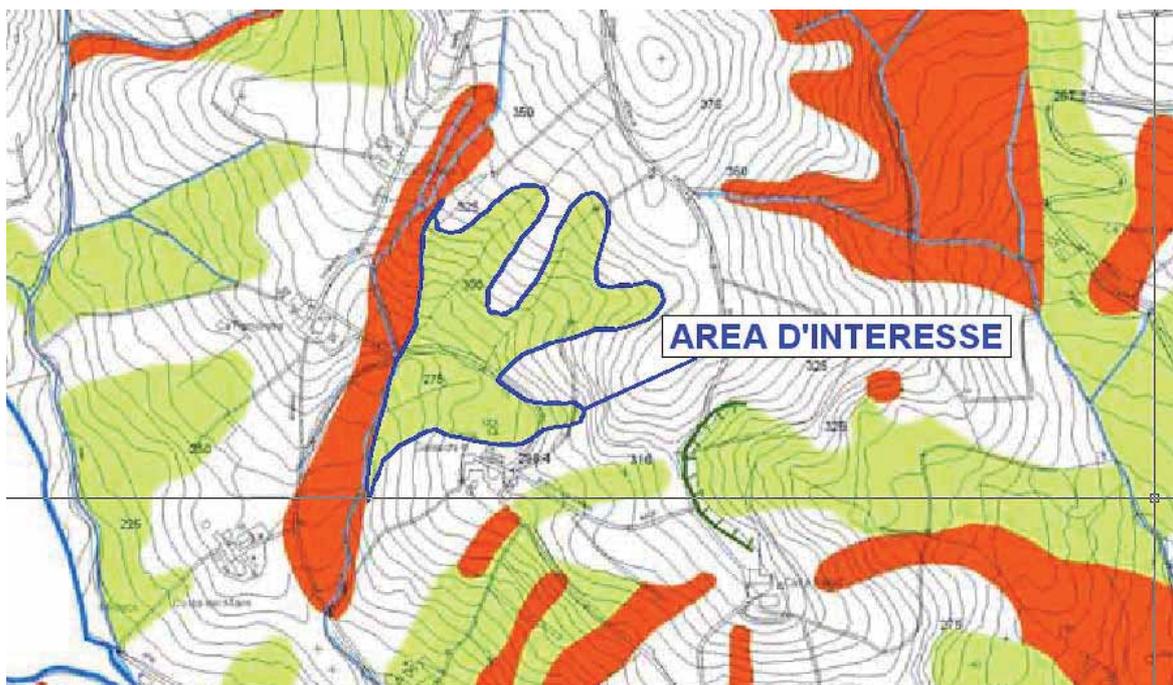
Nella carta del dissesto del PTCP della provincia di Piacenza e nella "Carta del Dissesto Comunale" allegata al PSC (in questo caso coincidenti), l'area d'interesse è classificata come frana quiescente. Le norme del PTCP (comma 7 dell'art. 31), consentono (compatibilmente con il grado di "rischio" accertato 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.

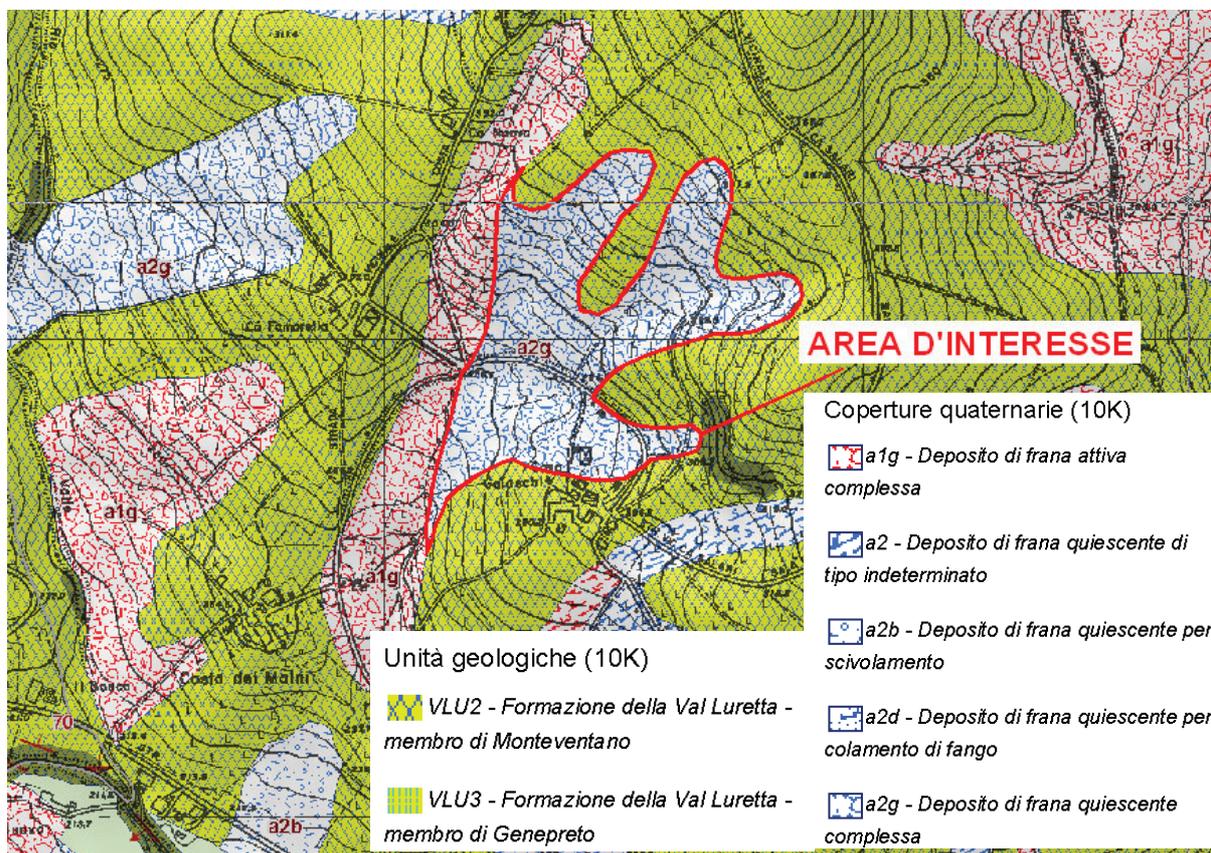
L'indagine geologico-sismica, conforme a quanto previsto dalla delibera del 2 Maggio 2007, n.112, in materia antisismica, ha compreso le seguenti fasi di studio:

- 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. I NQUADRAMENTO GEOLOGICI CO-GEOMORFOLOGICI CO

3.1 CARATTERI STICHE 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 arenaceo-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.

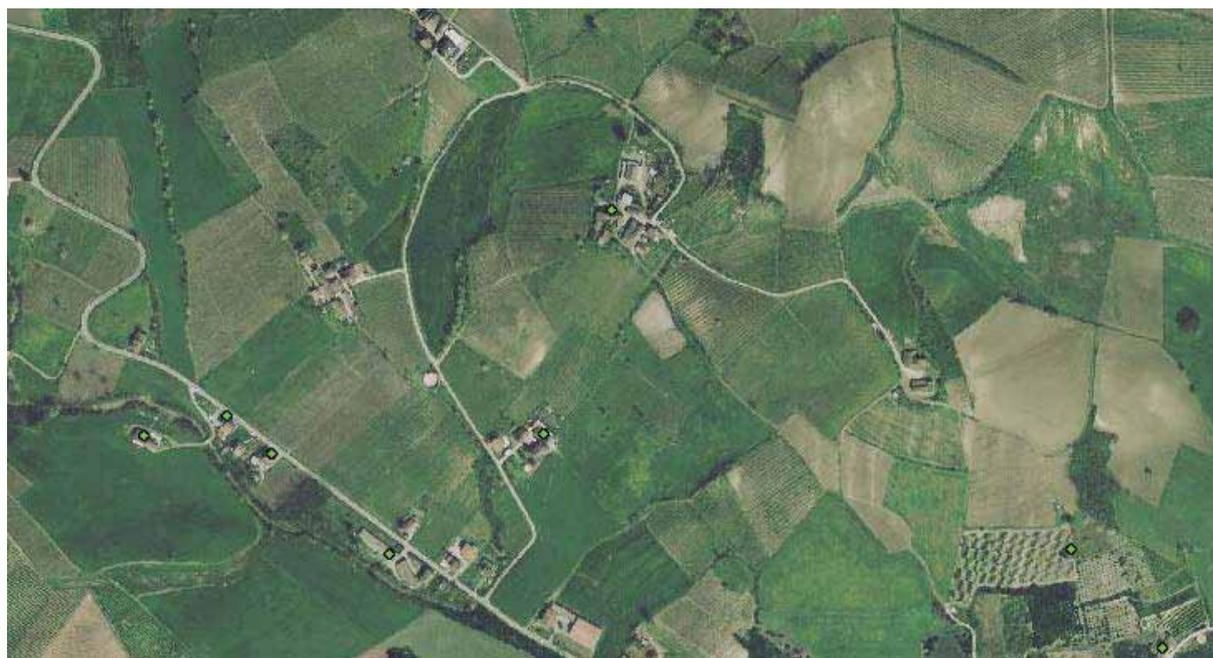
Dal punto di vista geomorfologico non si tratta di un unico corpo di paeofrana, ma di 3 "lingue", la più meridionale delle quali lambisce la località Casa Gaiaschi, che a valle si uniscono a formare un corpo detritico unico.

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

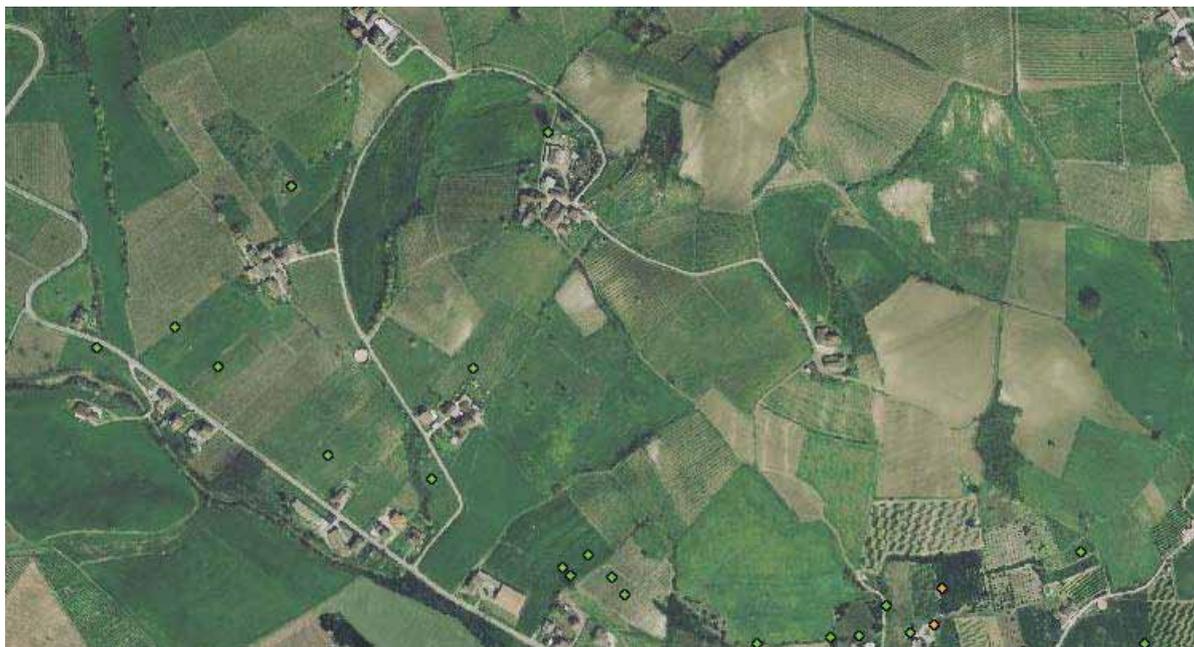
Il settore meridionale del corpo detritico (area di Casa Gaiaschi) appare ben assestato senza evidenze di movimenti in atto e/o recenti; mentre più a nord ed a ovest la morfologia del versante (piuttosto ondulata) suggerisce che i movimenti gravitativi, sia pure a lenta evoluzione, non si siano esauriti.

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

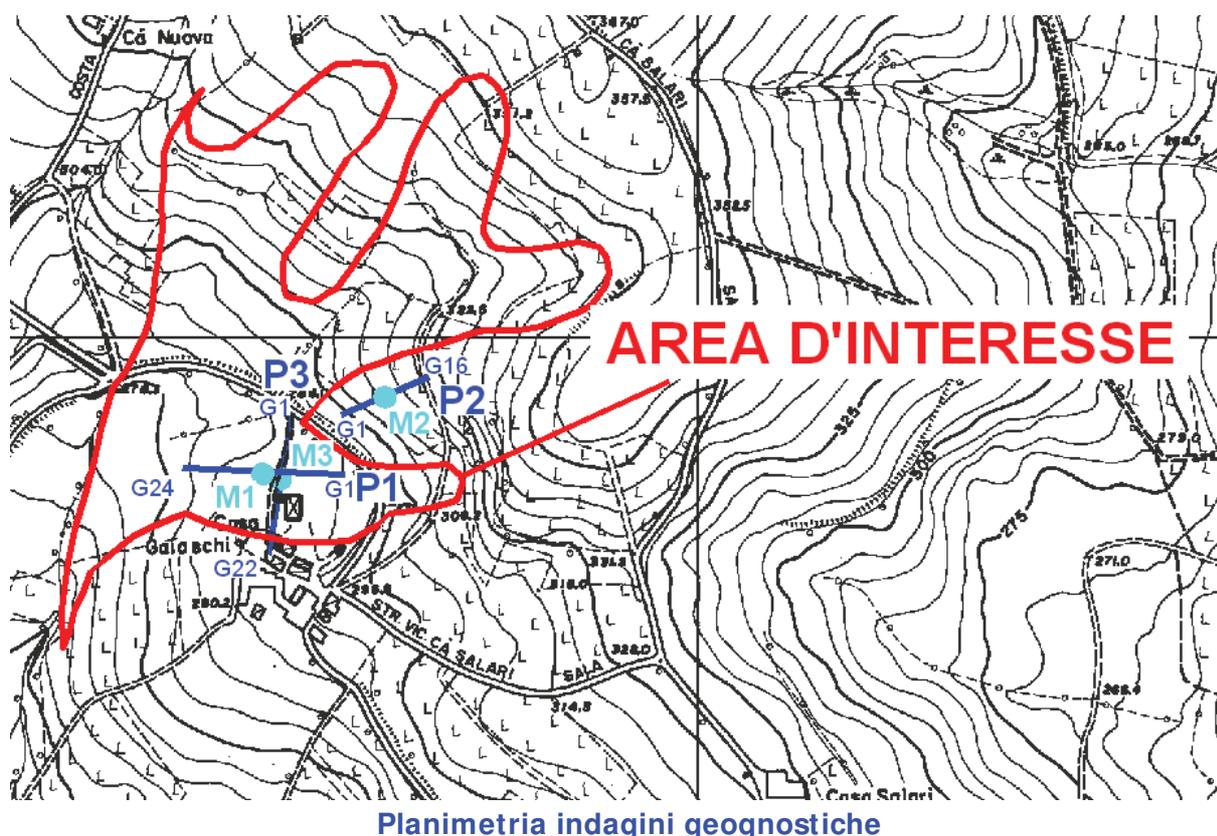
Data la morfologia del versante d'interesse, che si presenta come coalescenza di 3 diversi impluvi, il drenaggio delle acque meteoriche è centripeto. Tale configurazione morfologica è favorevole all'infiltrazione delle acque superficiali. Tuttavia la rete di scolo delle acque legato alle pratiche agricole,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



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 spazati 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’attrezzatura utilizzata è composta da:

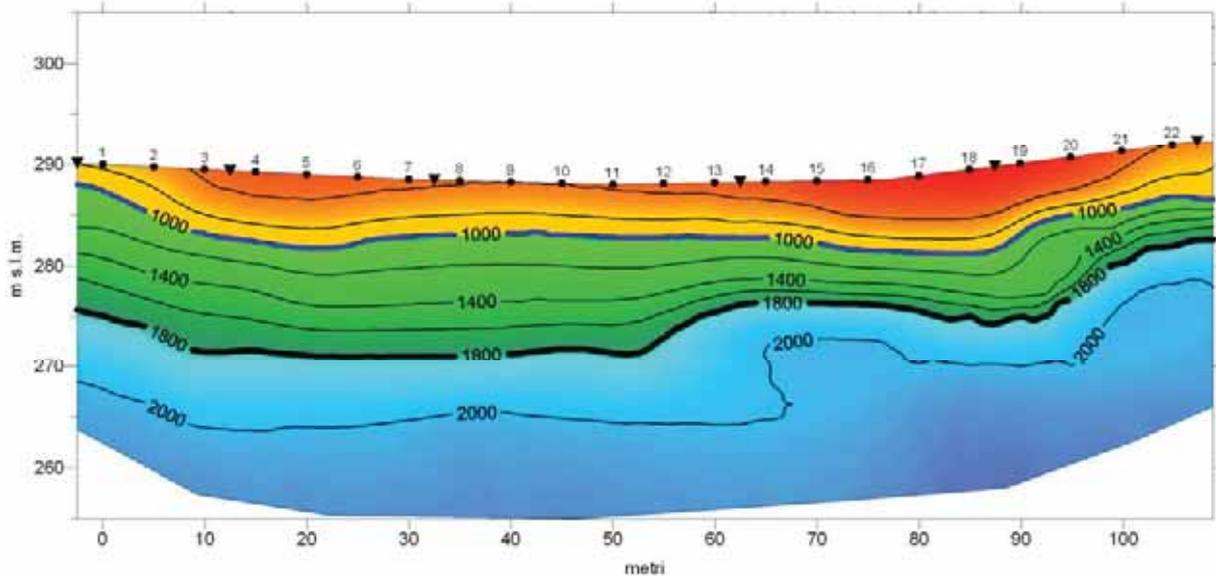
- Sismografo modulare Geode 3-1000+ canali,
- Massa battente da 10 Kg,
- Piastra di battuta in alluminio 15x15x2,5cm,
- Batteria ricaricabile 12 V,
- Cavo per sismica a rifrazione stranded, 130 mt con 24 takeouts SPT-21 a 5 metri di intervallo e due code da 7.5 mt l’una terminate con connettore Bendix 61S,
- Geofoni GS20DX, 10 Hz verticali, 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 evidenzia i cambiamenti di velocità ritenuti più significativi.

5.1.5 Analisi dei risultati

Loc. Casa Gaiaschi - 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 **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.

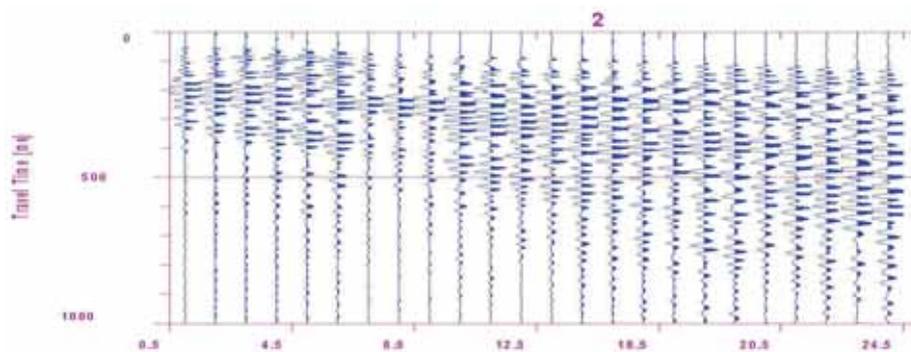
5.2.1 Cenni metodologici

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 avvalorata 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

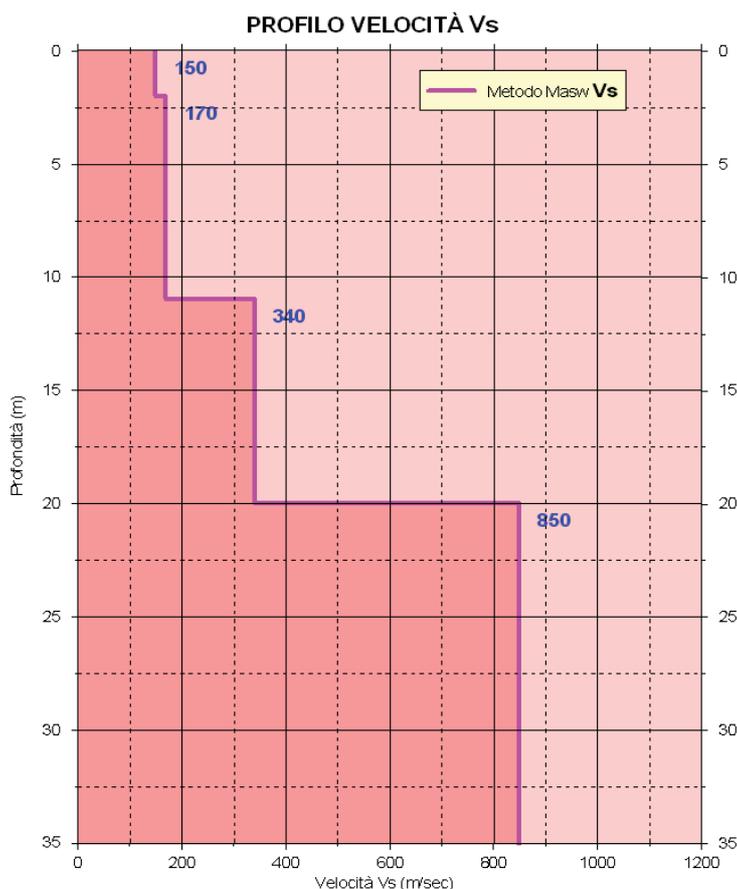
Sono stati realizzati 3 stendimenti di 22 geofoni, con distanza intergeofonica di 5 m. La lunghezza delle registrazioni è stata di 1 sec, con un passo di campionamento di 0.25 ms.



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 ($V_s < 200$ 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	$\gamma = 1.80 \text{ t/ mc}$ $\gamma = 1.95 \text{ t/ mc}$ $\phi = 20^\circ$ $\phi = 18^\circ$ $C = 0.06 \text{ Kg/ cmq}$
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	$\gamma = 1.90 \text{ t/ mc}$ $\gamma = 2.05 \text{ t/ mc}$ $\phi = 25^\circ$ $\phi = 22^\circ$ $C = 0.08 \text{ Kg/ cmq}$
Livello C	Litologia: substrato roccioso compatto	
Oltre -20/-22 m	Peso di volume Angolo di attrito	$\gamma = 2.25 \text{ t/ mc}$ $\phi = 40^\circ$

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 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:

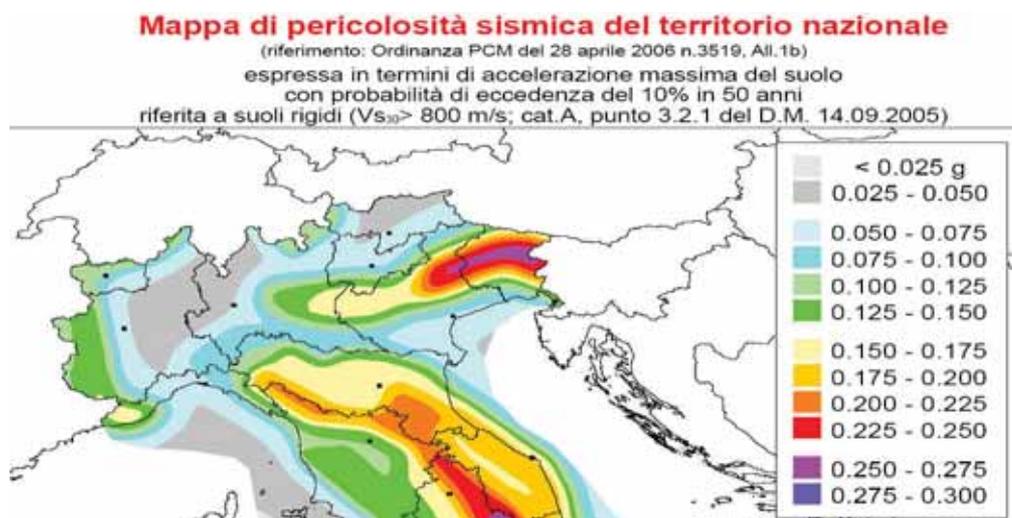
- a)** nelle aree pianeggianti e sub-pianeggianti, incluse le zone di fondovalle appenniniche, con stratificazione orizzontale e sub-orizzontale, e sui versanti stabili con acclività $\leq 15^\circ$ in cui il deposito ha spessore costante si ritiene sufficiente un'analisi semplificata (secondo livello 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 sismogenetica 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.



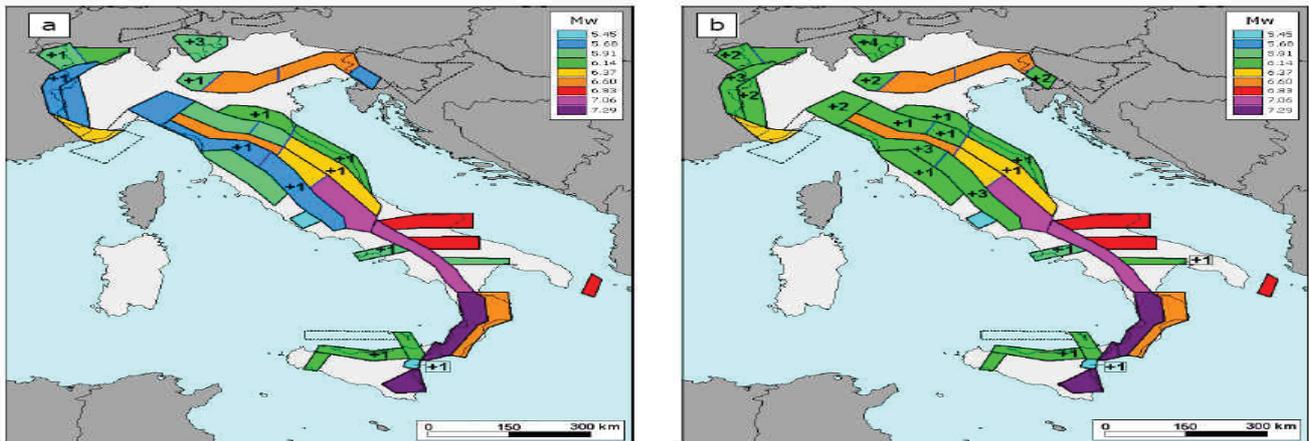


Figura 36. Valori di M_{wmax} corrispondenti ai due insiemi: a) "osservati" (M_{wmax1}); b) "cautelativi" (M_{wmax2}).

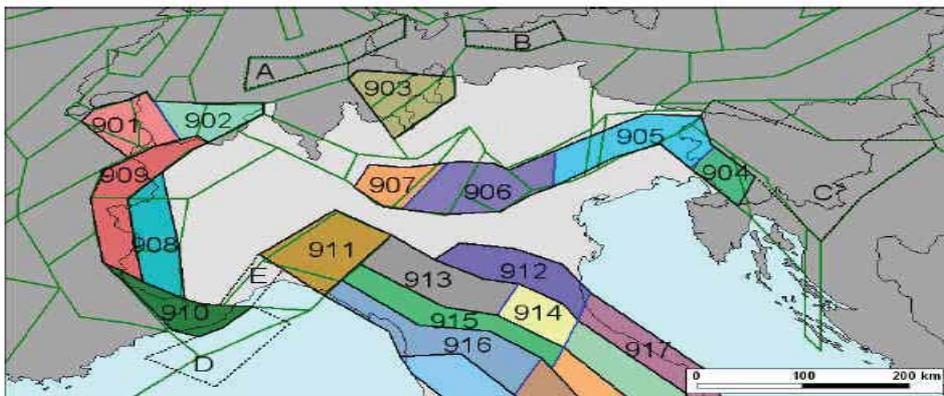


Figura 10. Zonazione sismogenetica ZS9 a confronto con la zonazione del progetto SESAME nell'area alpina (Jiménez et al., 2001; linee di colore verde).

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 a_g 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 $V_s \geq 800$ m/s si devono usare le seguenti tabelle

F.A. P.G.A.

V_{sH} 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 - $0.1s < T_0 < 0.5s$

V_{sH} 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 - $0.5s < T_0 < 1.0s$

V_{sH} 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 V_s sono riassunti nella 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 ($V_s > 800$ m/s) prevista per il Comune di Nibbiano è di 0.098g.

7.5 SPETTRO DI RI SPOSTA (IN PGA) DELL'AREA

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

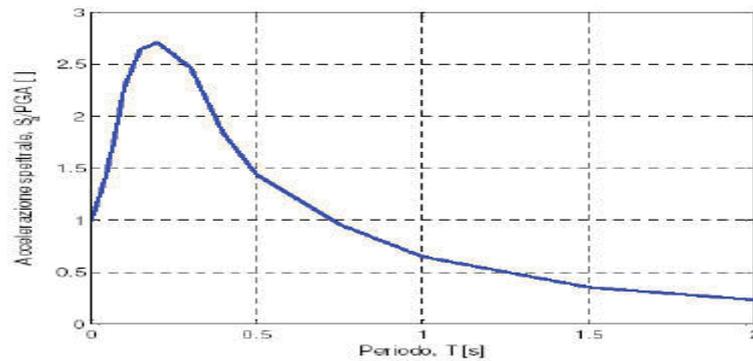
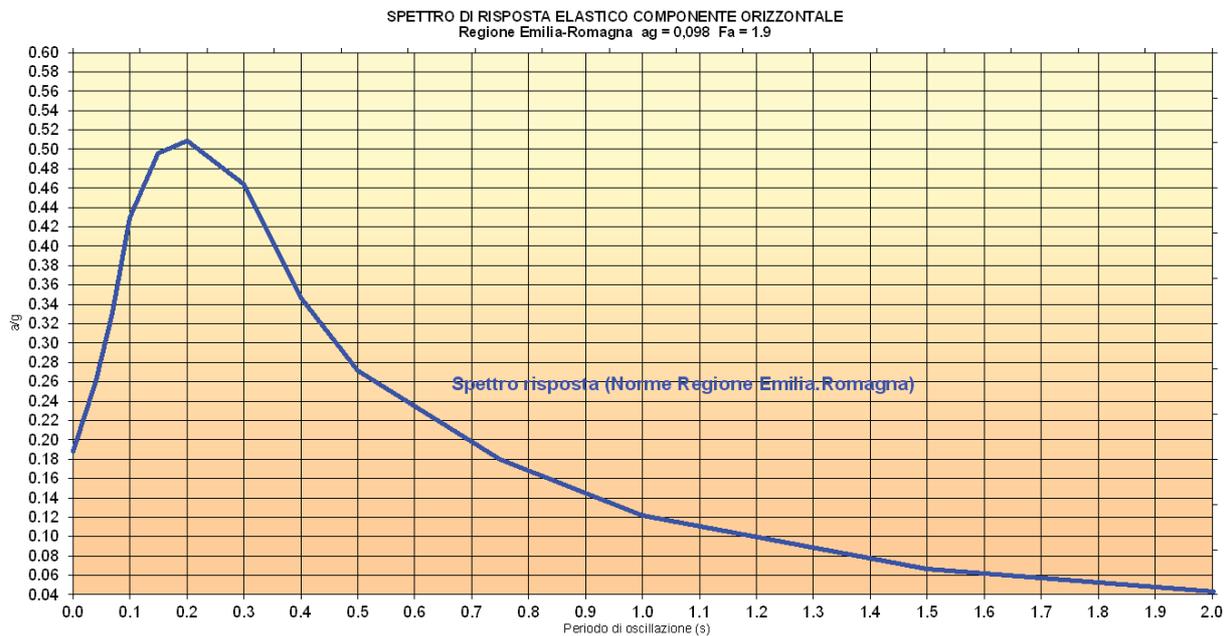


Figura 1 - Spettro di risposta normalizzato ($T_R = 475$ anni, smorzamento = 5%) per l'Emilia-Romagna

Dallo spettro di risposta normalizzato è

possibile ottenere, moltiplicando i valori della tabella 1 per il valore di a_{refg} 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 $a_{refg}=0.098$ per il comune di Nibbiano e il fattore di amplificazione (1.9), è stato calcolato lo spettro di risposta del sito d'interesse.

Loc. CASA GAIASCHI - NIBBIANO



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

7.6 ANALISI DELLA STABILITÀ DEL VERSANTE SIA IN CONDIZIONI PSEUDOSTATICHE 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.

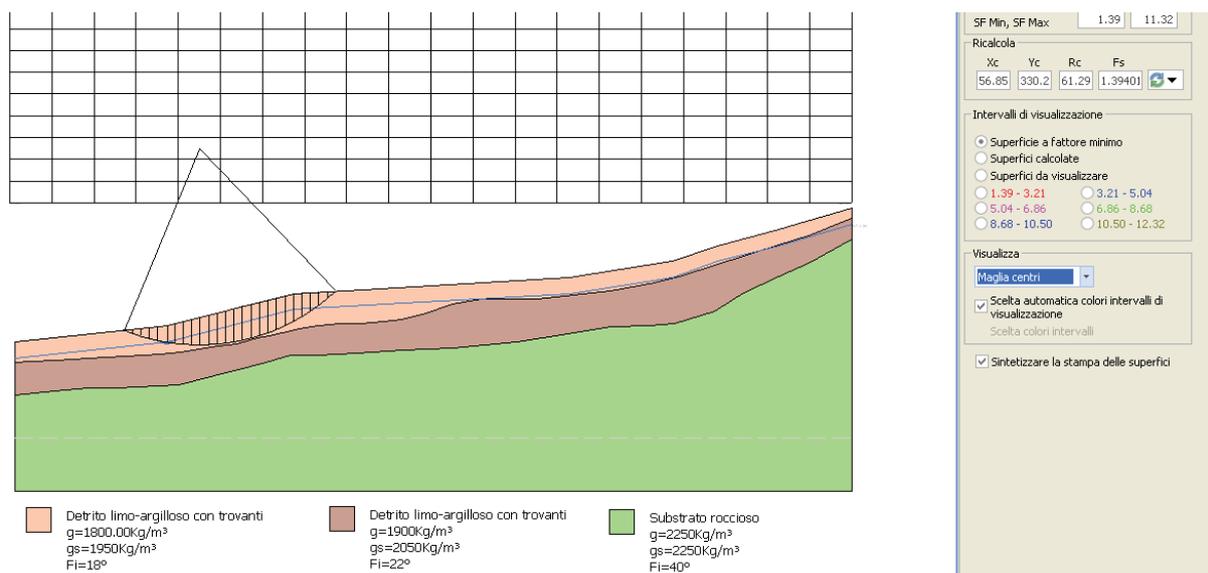
Nr.	DB	Peso unità di volume (Kg/m ³)	Peso saturo (Kg/m ³)	Coesione (kg/cm ²)	Coesione non drenata (kg/cm ²)	Angolo resistenza al taglio picco (°)	Angolo resistenza al taglio residuo (°)	Permeabilità (m/s)	Dati aggiuntivi ...	Texture ...	Descrizione
1		1800.00	1950	0.06		20	18	Permeabile			Detrito
2		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 a_g di 0.098×1.9 (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.

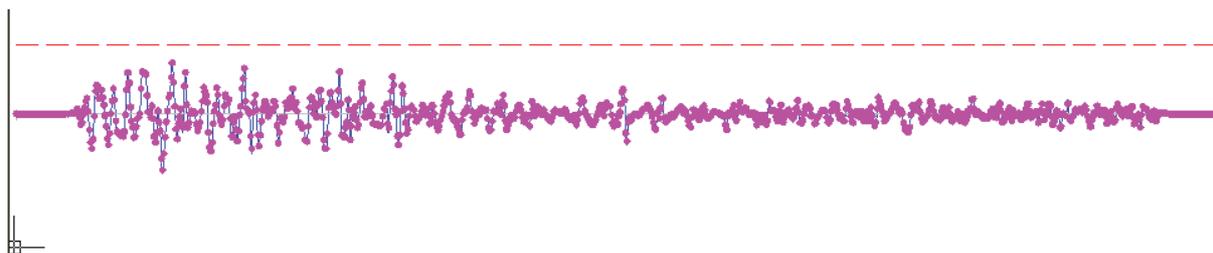


Verifica di stabilità del versante

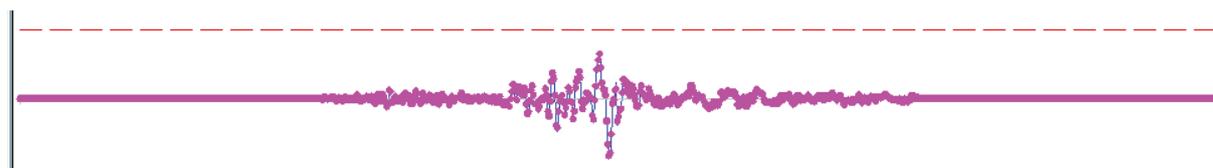
7.6.2 Analisi di stabilità dinamica (Metodo di NEWMARK)

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.

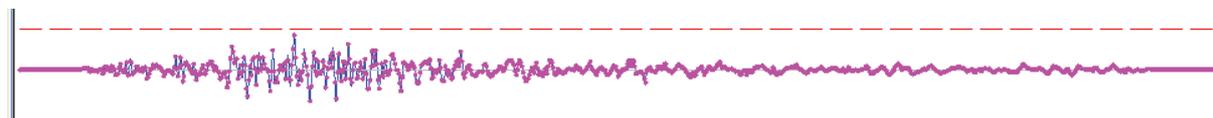
Le verifiche effettuate, con spostamenti nulli, confermano la stabilità dell'area anche in condizioni sismiche dinamiche. Di seguito si riportano i risultati delle 3 analisi dinamiche relative ai 3 sismogrammi considerati; nei grafici il valore soglia dell'accelerazione in grado di produrre spostamenti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



Accelerogramma 000046xa_033029Nibbiano.txt



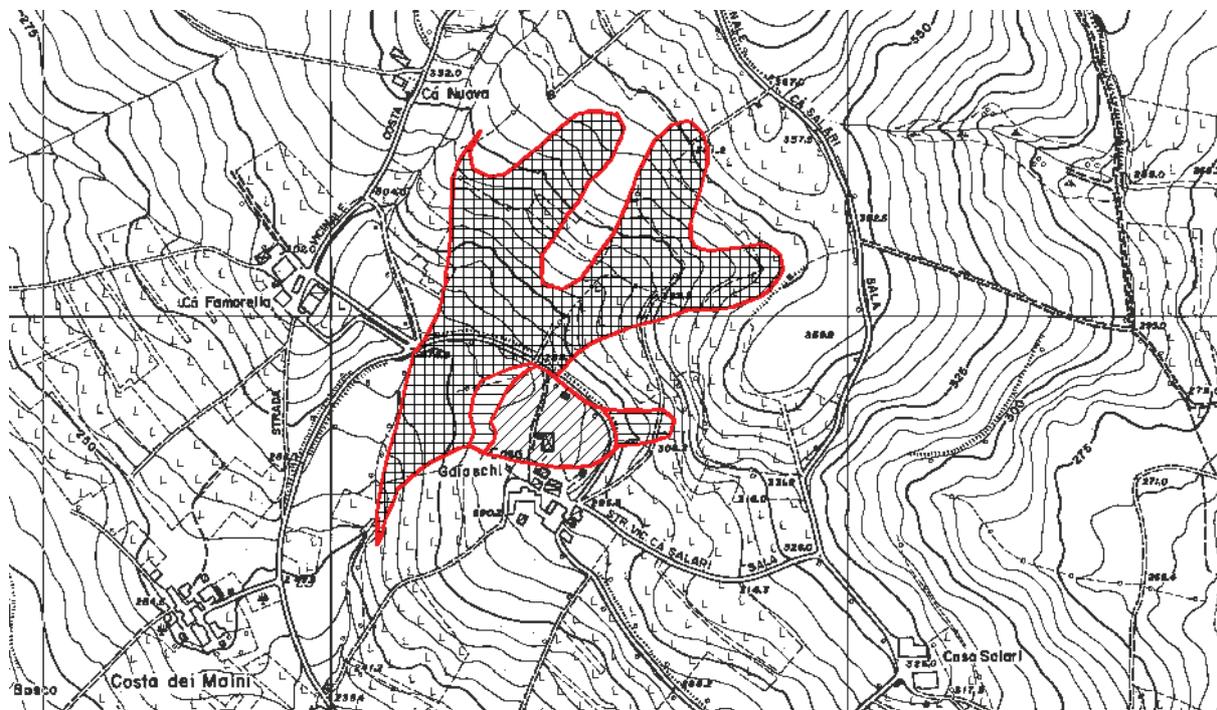
Accelerogramma 000126xa_033029Nibbiano.txt



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 ampliamenti 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



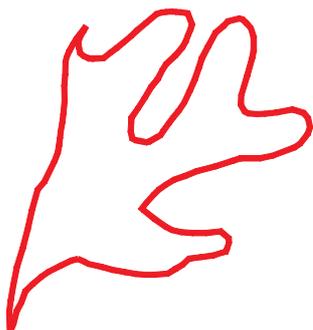
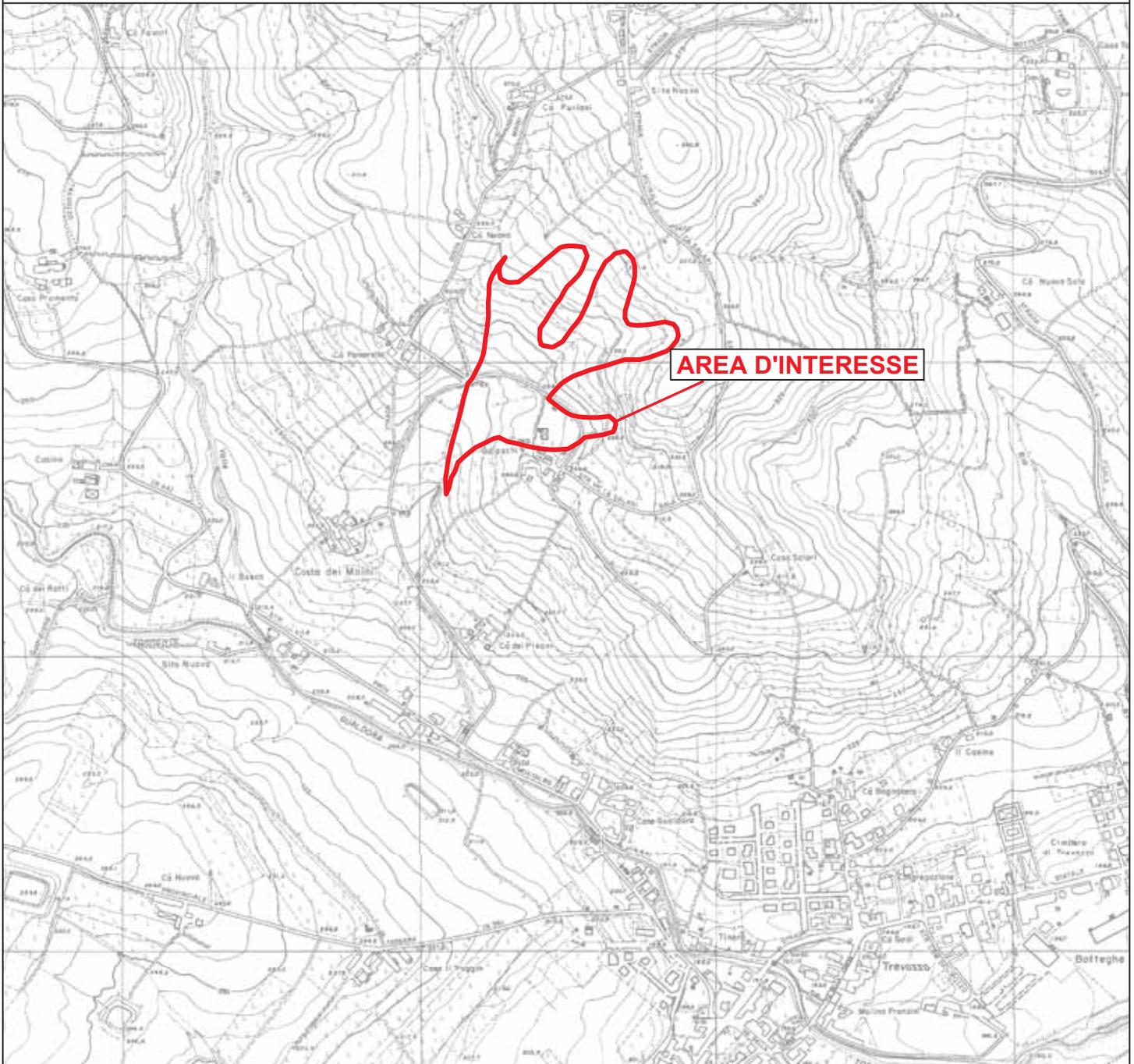
Dott. Alberto Lepori



ALLEGATI

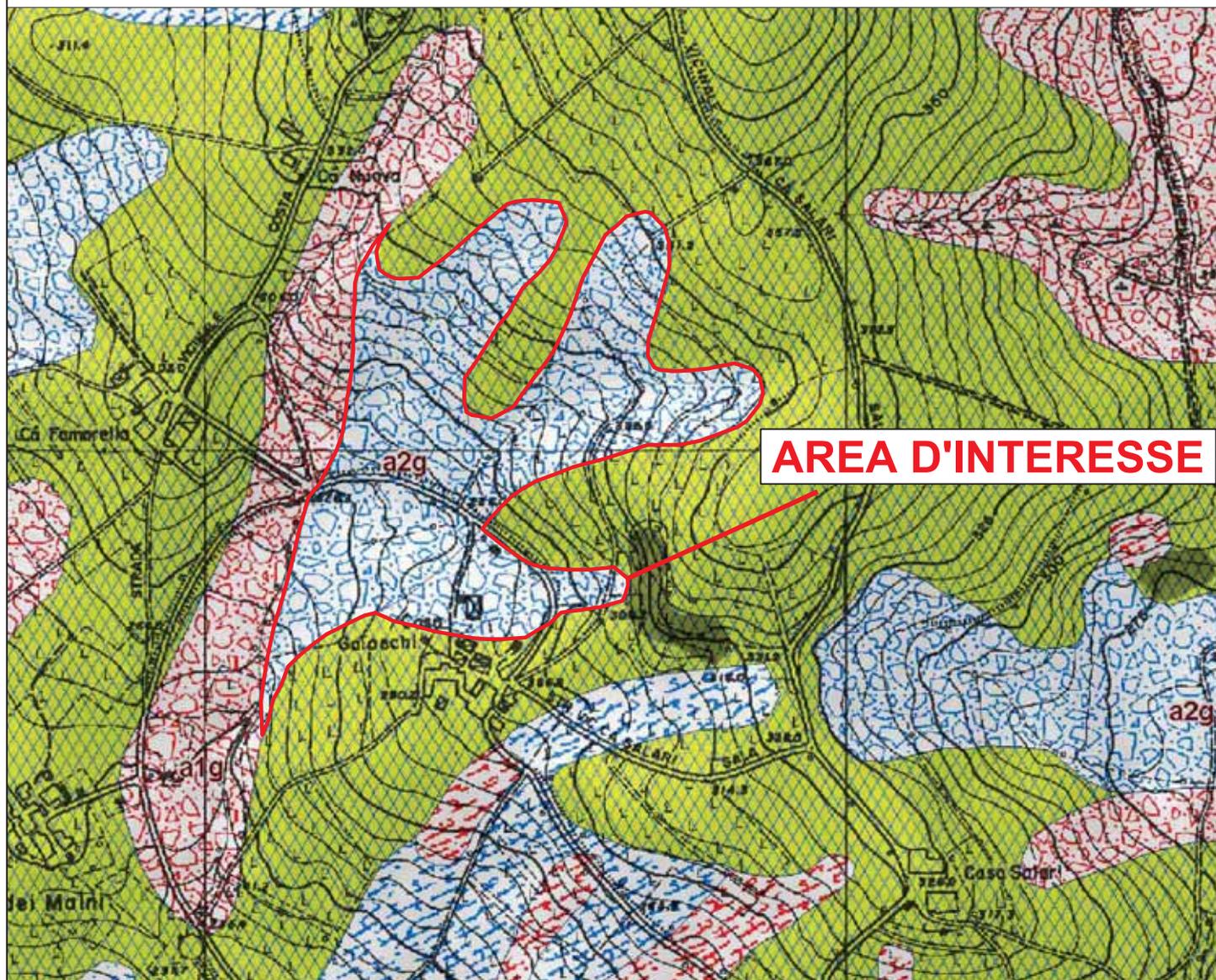
INQUADRAMENTO TERRITORIALE

Scala 1:10000



Area considerata

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

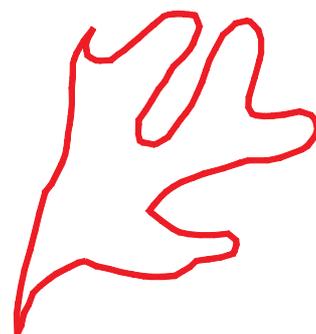


Fig.2

CARTA D Estra

Elementi morfologici

Area di frana attiva:
Accumulati gravitativi caotici di materiali
con evidenti movimenti in atto.



Area di frana quiescente:
Accumulati gravitativi caotici di materiali
attualmente quiescenti o stabilizzati.



**Area di frana stabilizzata o nei
movimenti gravitativi, occasione di co
presentato con profili esposti, vege**



Depositi alluvionali attuali:

Ghiaie sciolte eterogenee ed eterometriche, a mat



Depositi alluvionali in evoluzione o
vegetazione e corrispondenti ad ar



Depositi alluvionali terrazzati:
Ghiaie a matrice limoso-sabbiosa,
bruno-giallastro (2,5 Y 4/2 "Meno



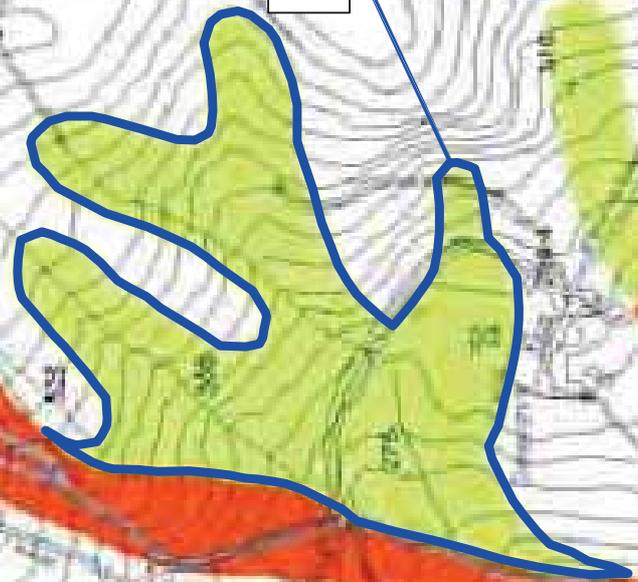
Depositi alluvionali terrazzati e di
di piane eccezionali)
Olivone Superiore.



Depositi alluvionali terrazzati:
Successioni di ghiaie, sabbie e lim
di copertura e prevalente colore be
"Humid Soil Chart".
"Missione Agropere" - Olivone



AREA D'INTERESSE



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

PLANIMETRIA

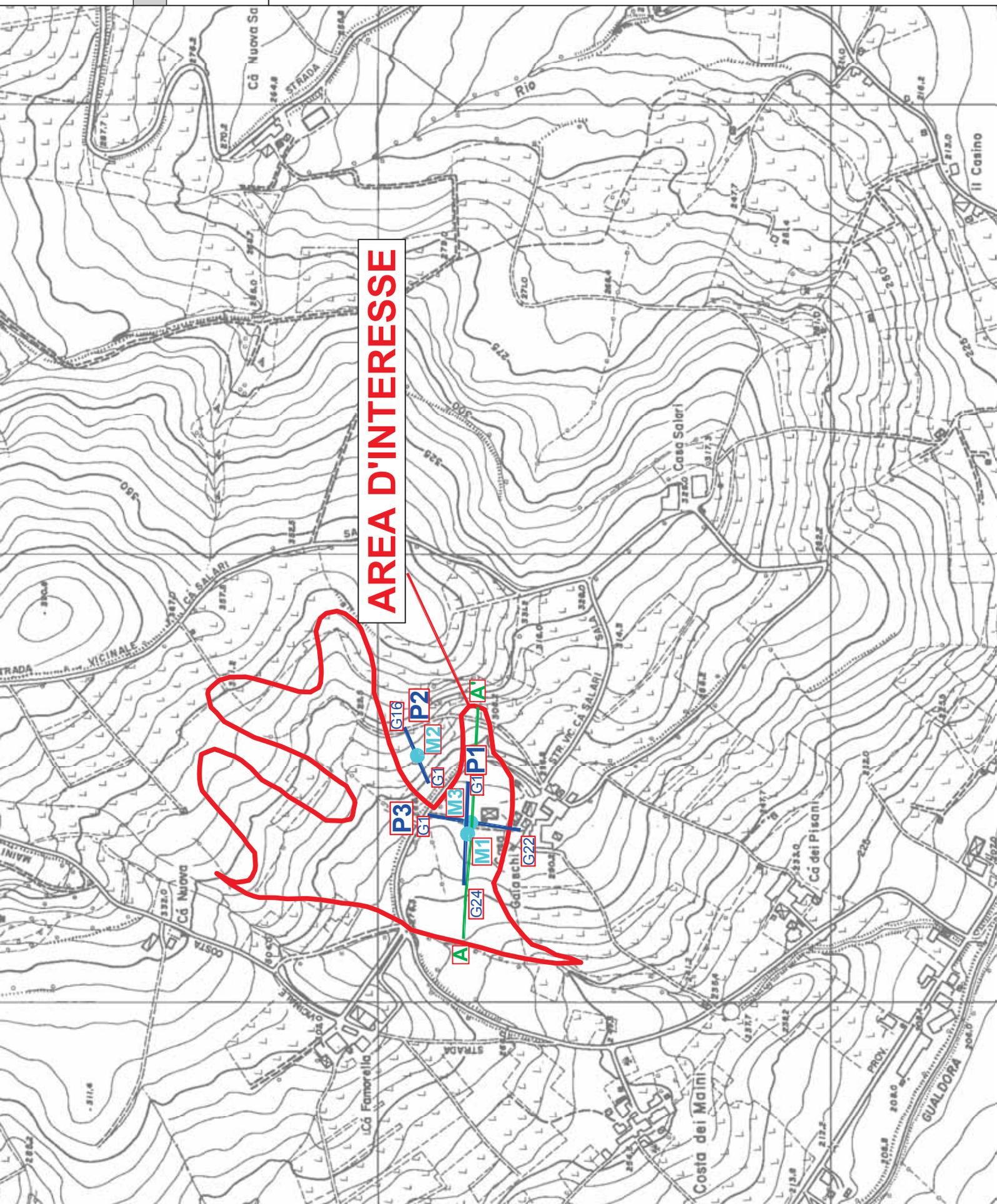
INDAGINI SISMICHE

G1 **P1-P3** G22

Pro **M1-M3**

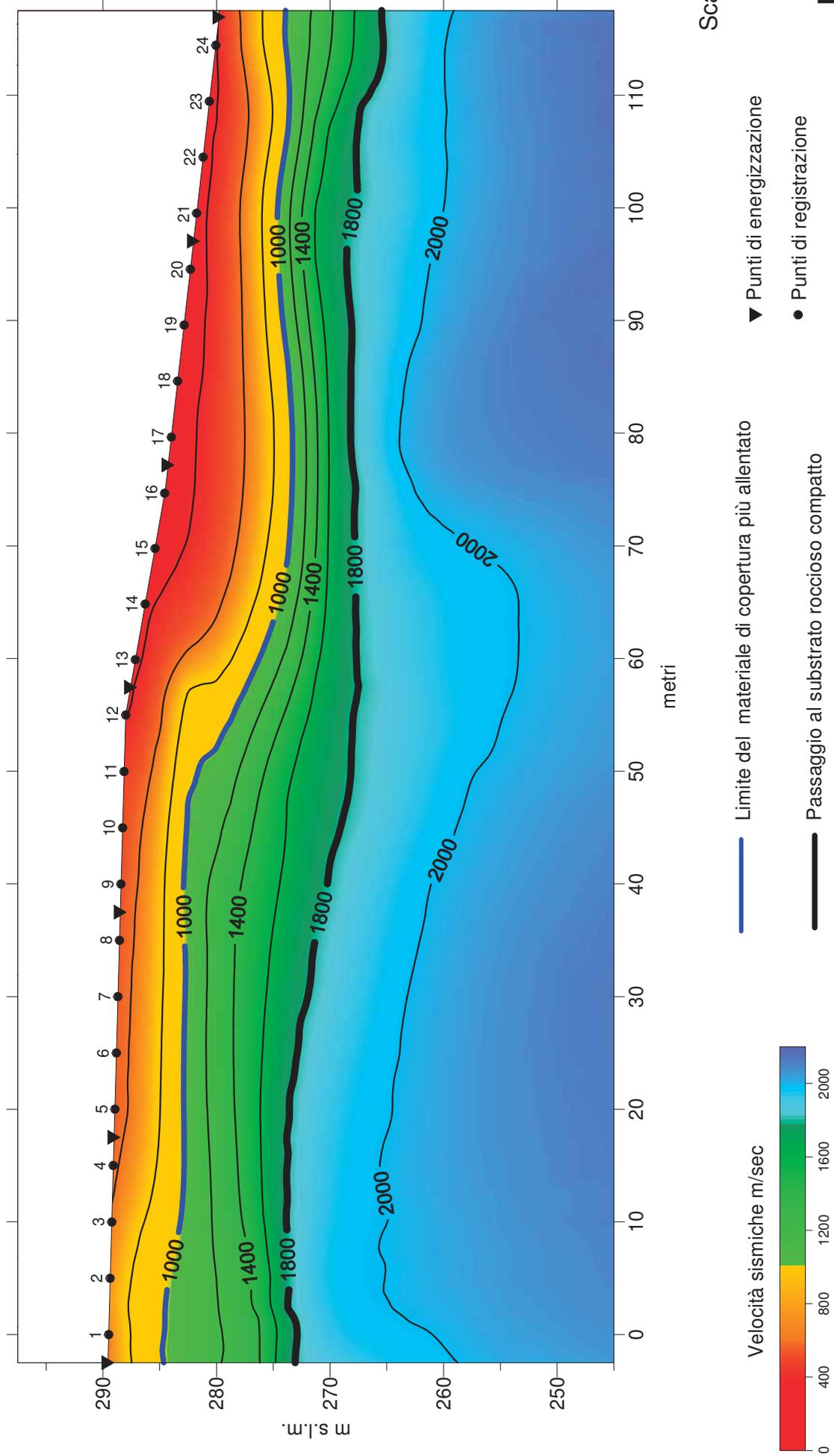
Tr **A' A**

AREA



AREA D'INTERESSE

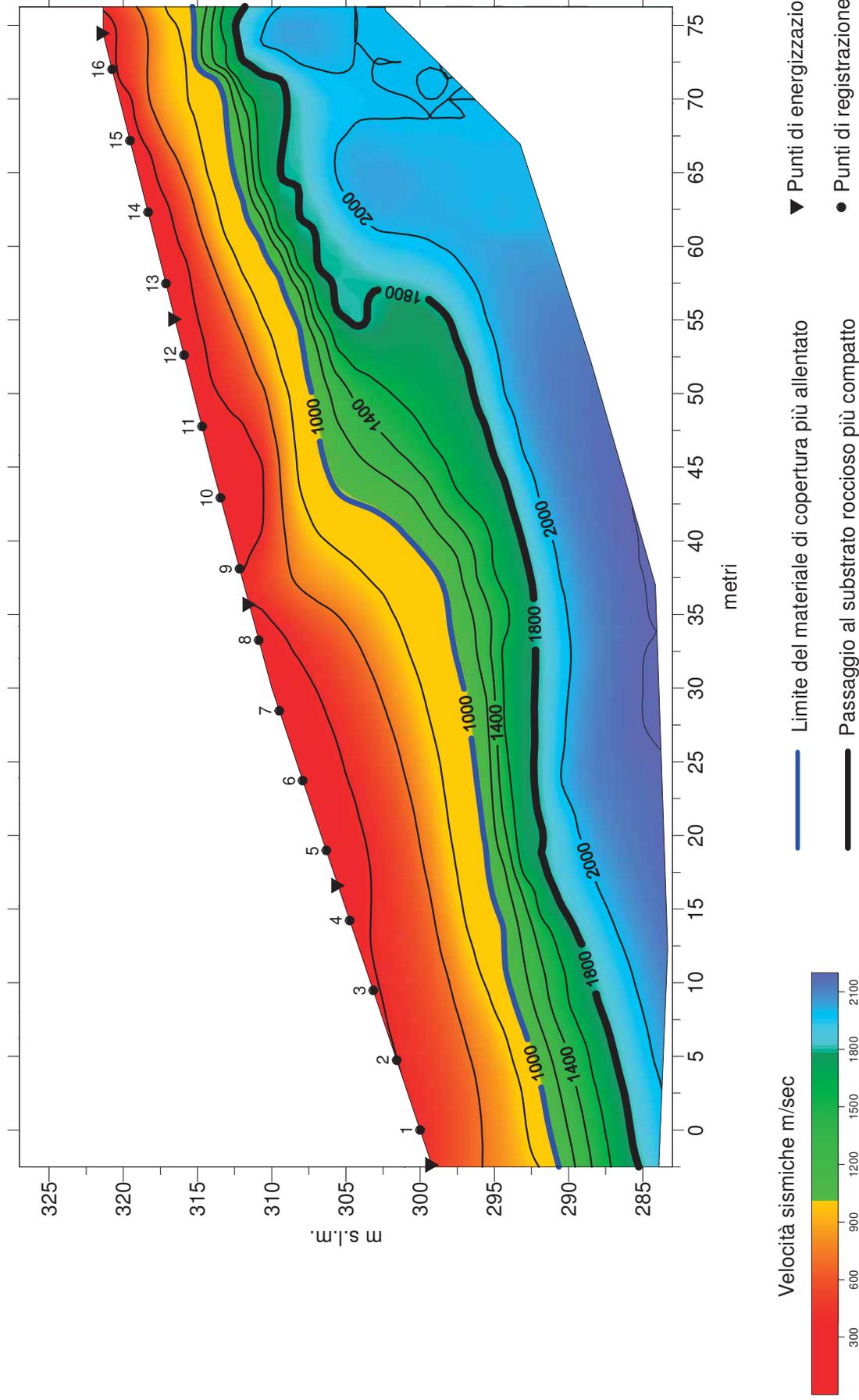
Loc. Casa Gaiaschi - TOMOGRAFIA SISMICA P1



Scala 1:500

Fig.5a

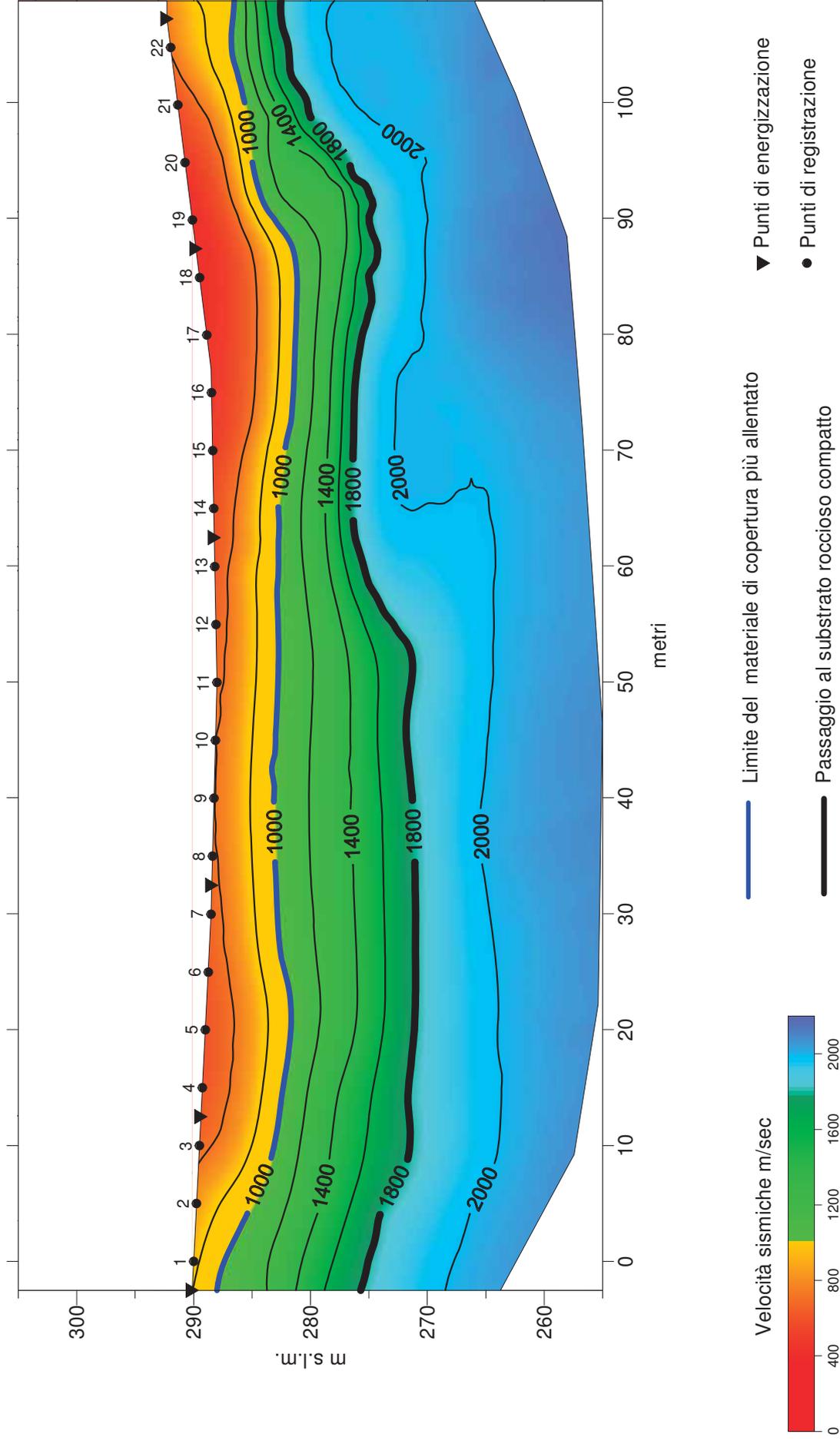
Loc. Casa Gaiaschi - TOMOGRAFIA SISMICA P2



Scala 1:400

Fig.5b

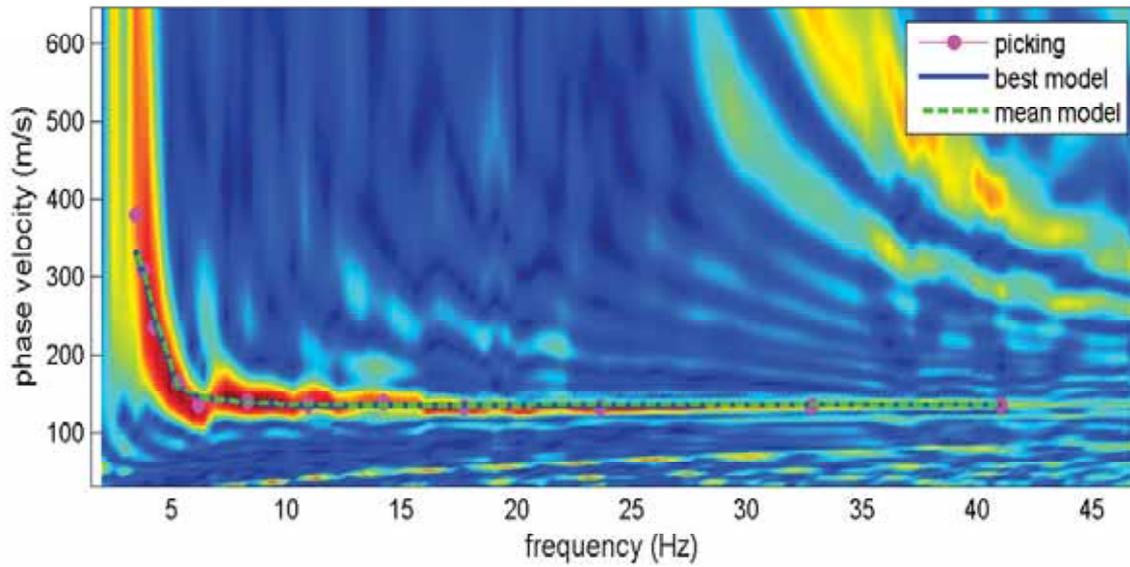
Loc. Casa Gaiaschi - TOMOGRAFIA SISMICA P3



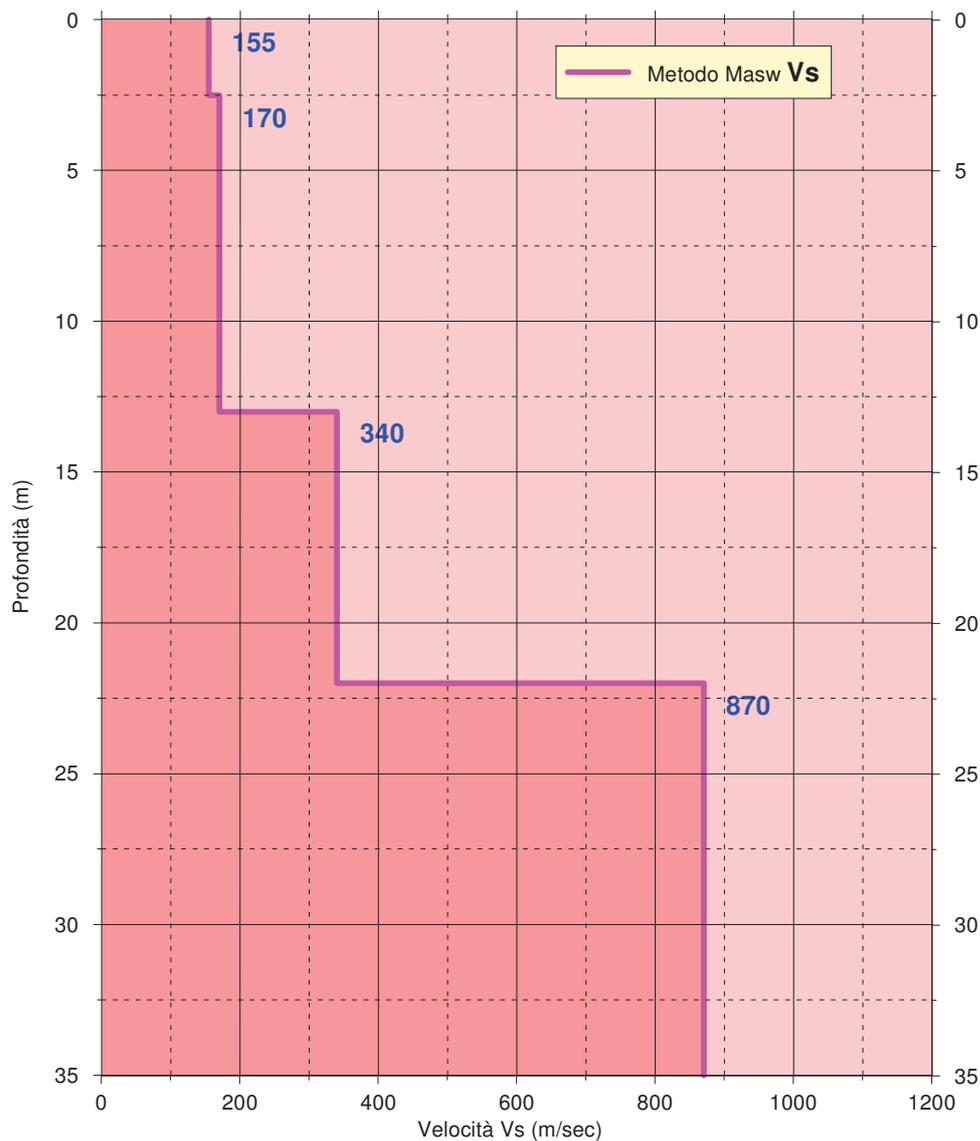
Scala 1:500

Fig.5c

SPETTRO VELOCITA' DI FASE - FREQUENZA CON CURVA DISPERSIONE
velocity spectrum & dispersion curve



PROFILO VELOCITÀ Vs

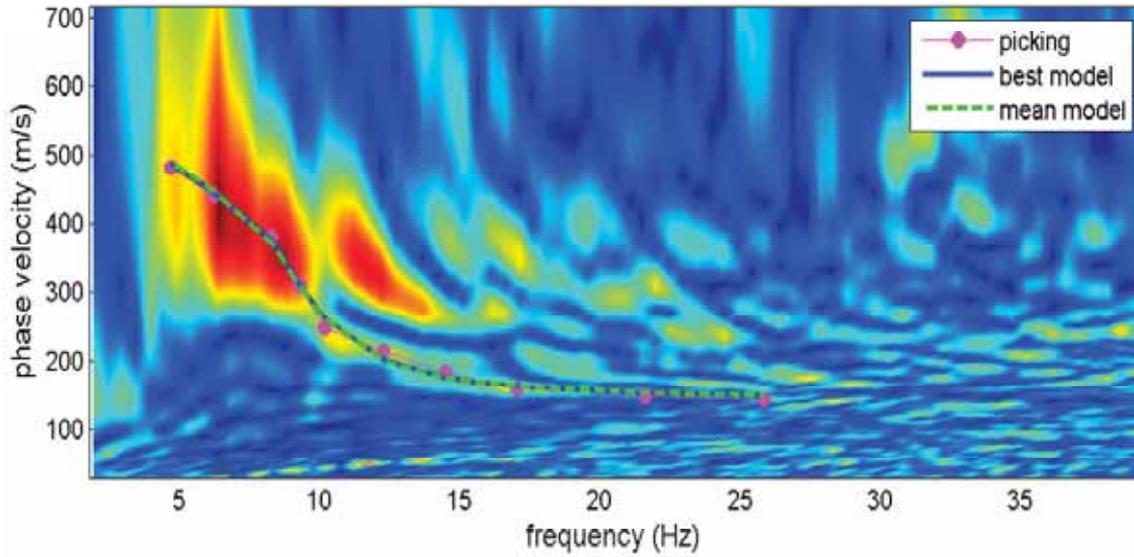


Vs30 dal p.c = 265

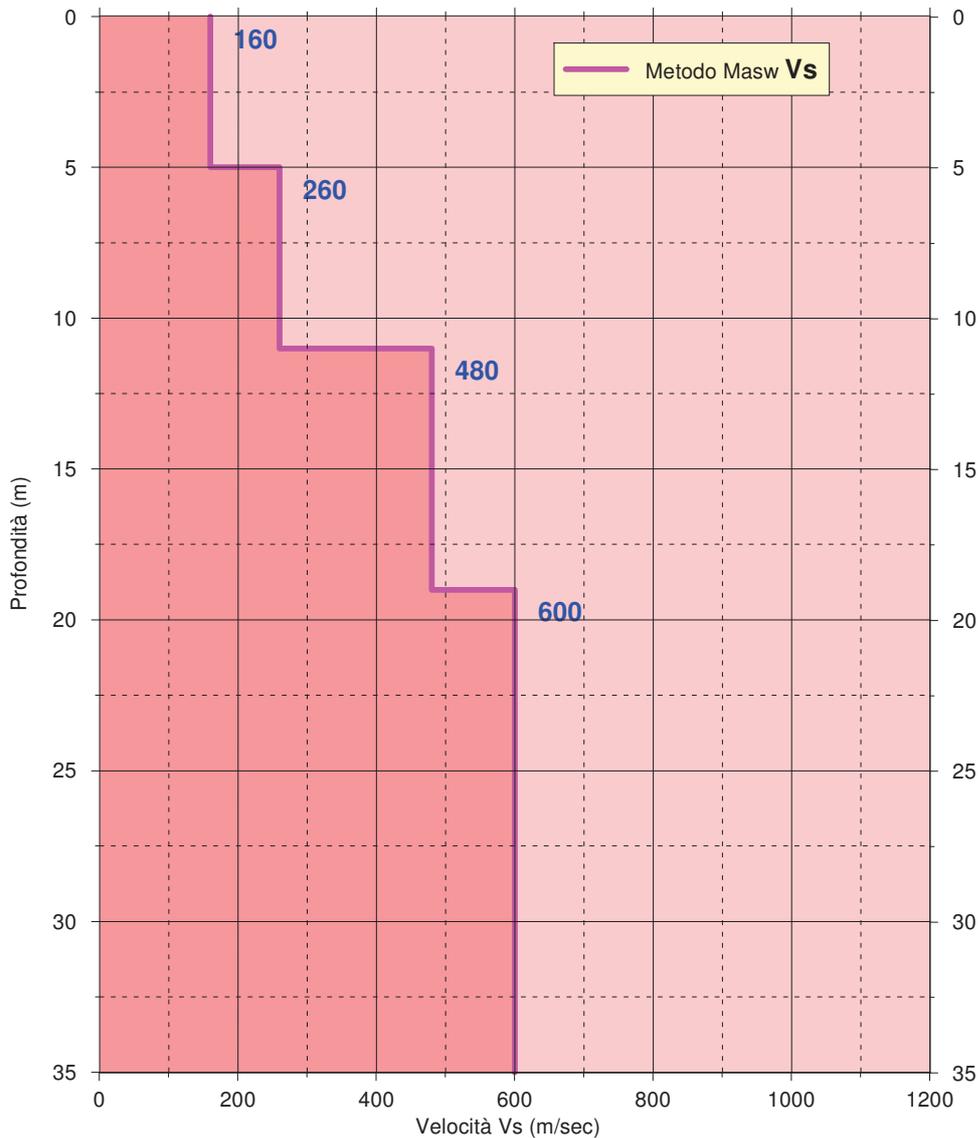
SUOLO DI FONDAZIONE TIPO "C"

Fig.6a

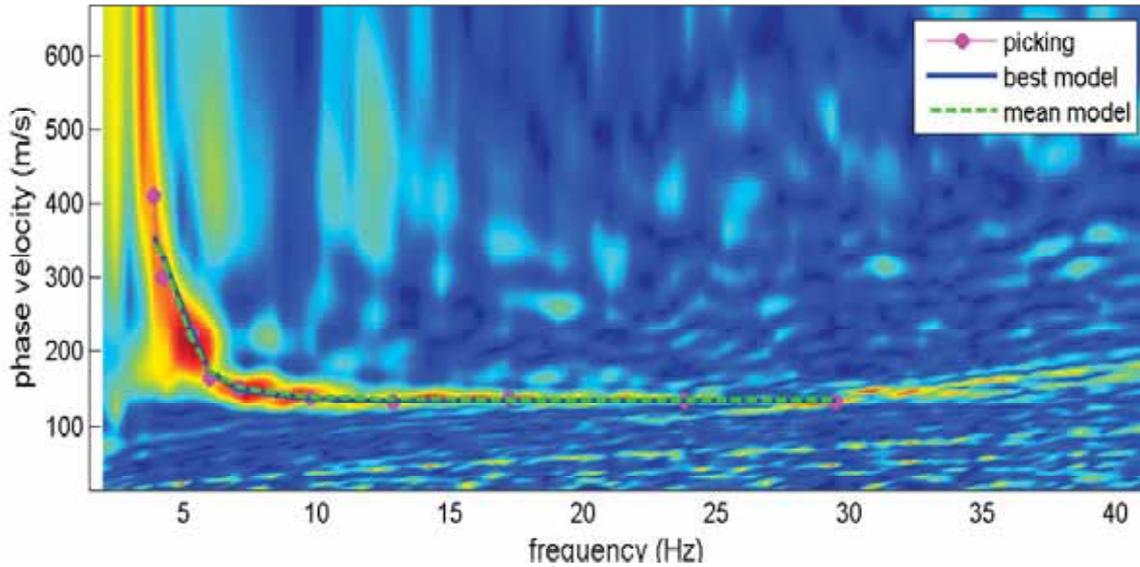
SPETTRO VELOCITA' DI FASE - FREQUENZA CON CURVA DISPERSIONE
velocity spectrum & dispersion curve



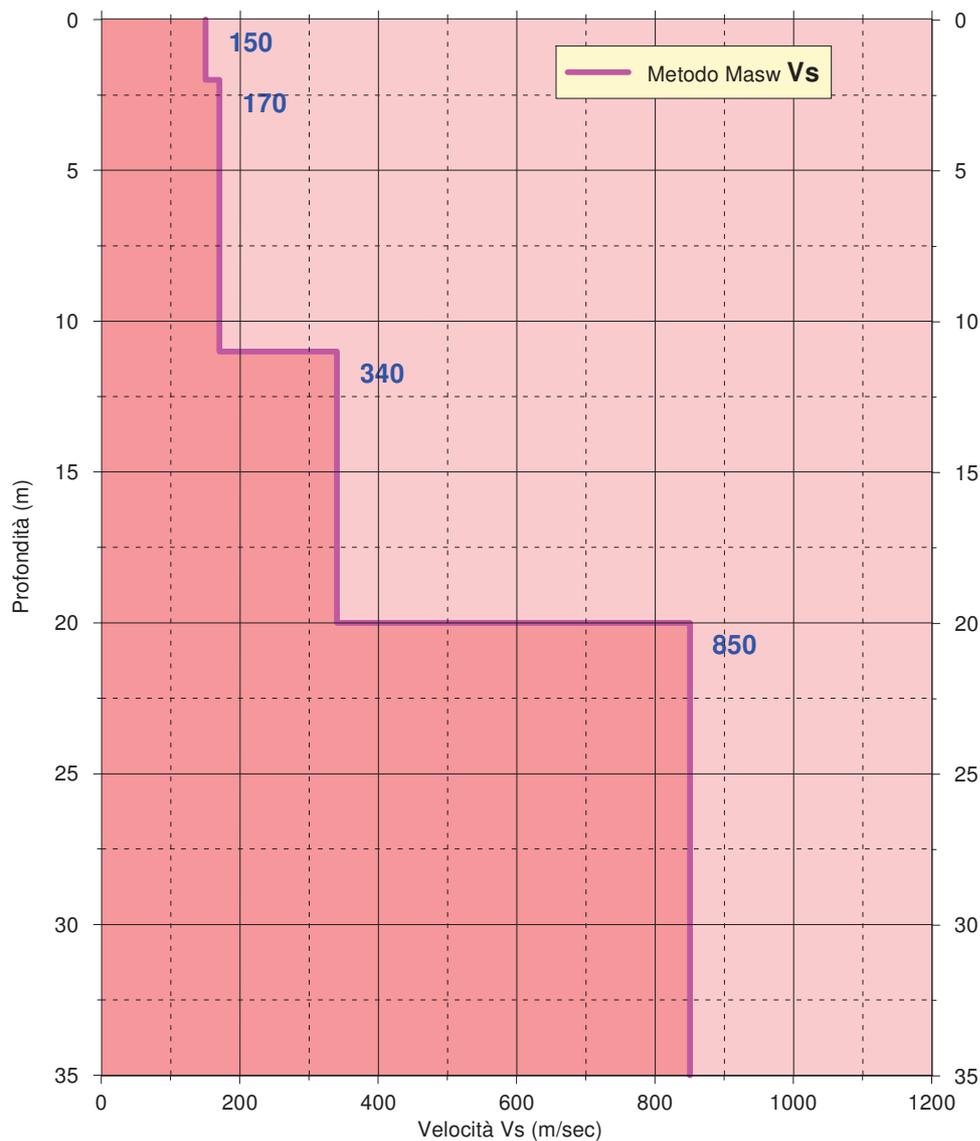
PROFILO VELOCITÀ Vs



SPETTRO VELOCITA' DI FASE - FREQUENZA CON CURVA DISPERSIONE
velocity spectrum & dispersion curve



PROFILO VELOCITÀ Vs



Vs30 dal p.c = 290

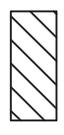
SUOLO DI FONDAZIONE TIPO "C"

Fig.6c

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

CARTA DEL "RI

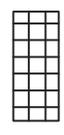
CLASSI DI RISCHIO



Classe 2 - Risc

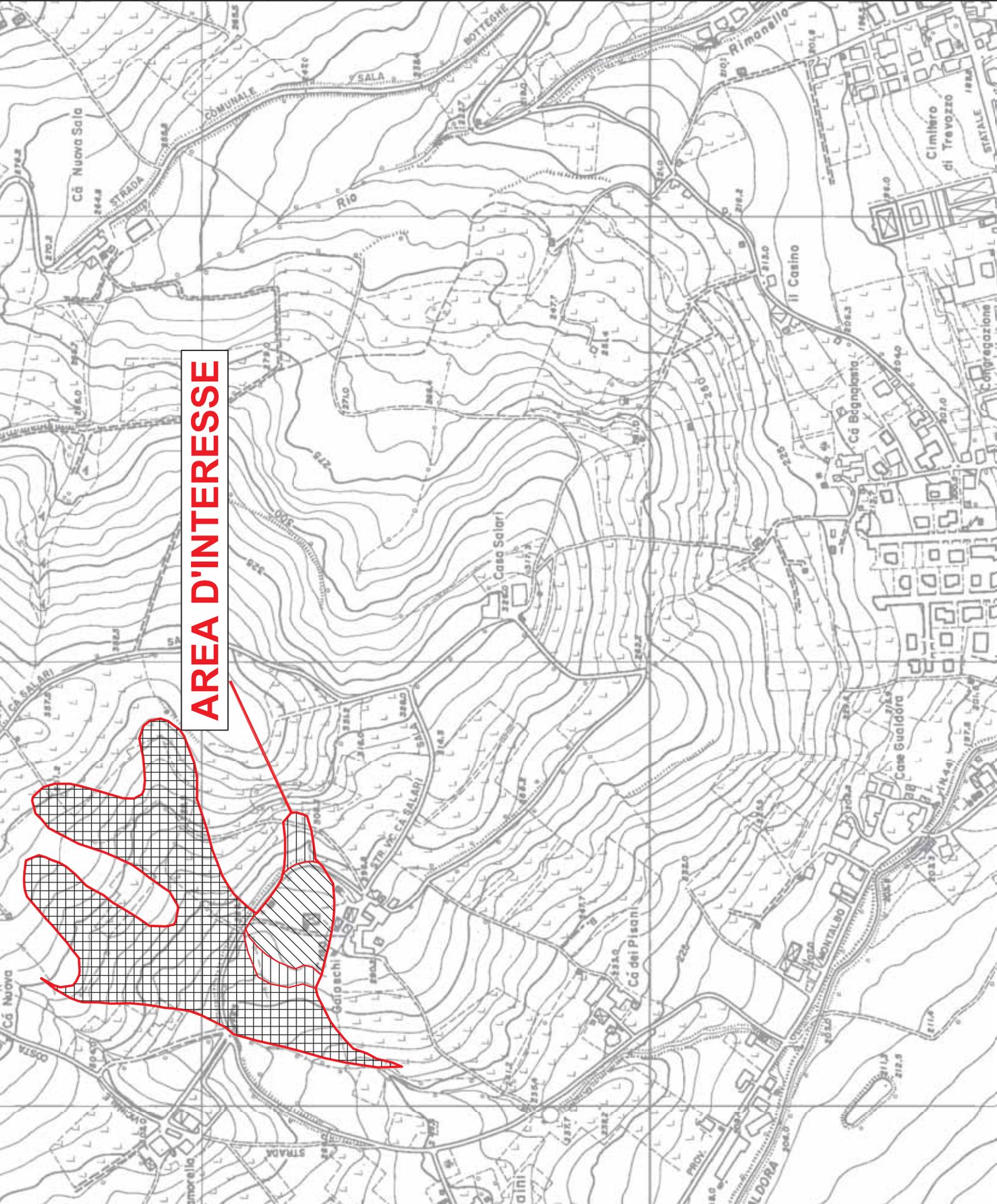


Classe 3 - Risc



Classe 4 - Risc

AREA D'INTERESSE



AREA D

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

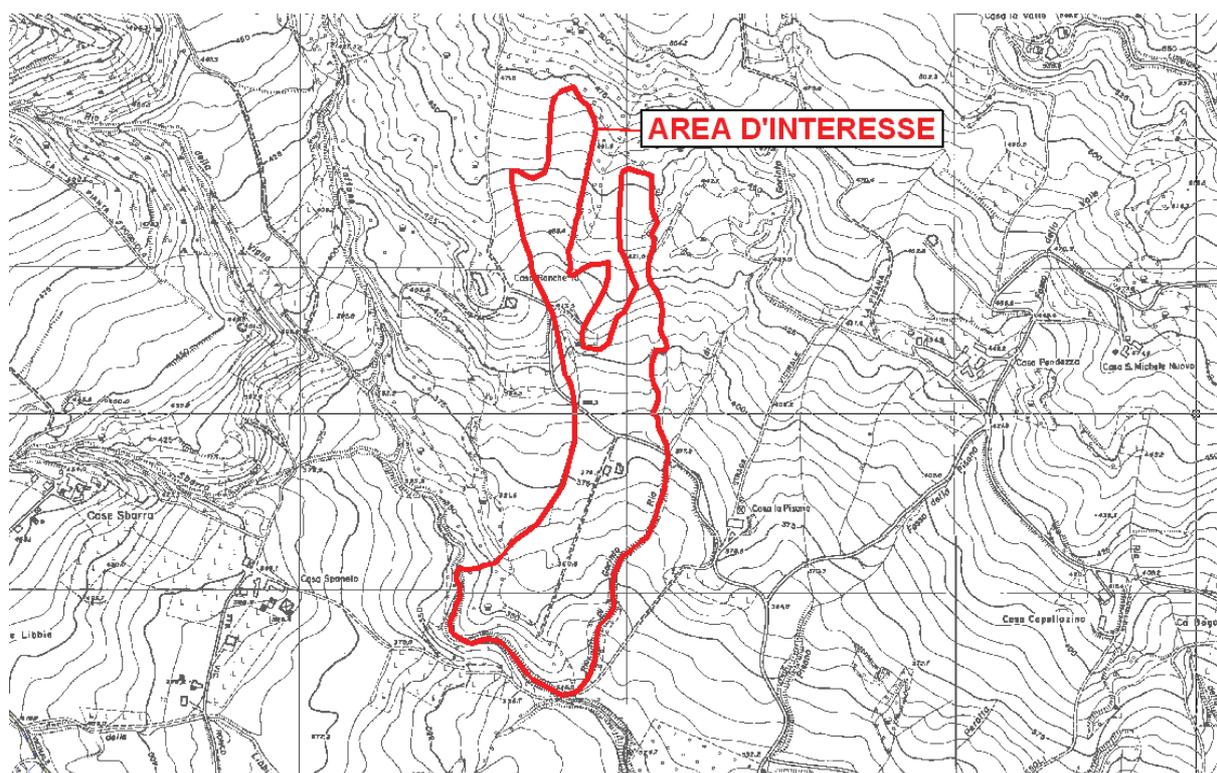
Sommario

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 <i>Cenni metodologici</i>	8
5.1.2 <i>Modalità esecutive</i>	9
5.1.3 <i>Strumentazione utilizzata</i>	9
5.1.4 <i>Elaborazione</i>	10
5.1.5 <i>Analisi dei risultati</i>	11
5.2 PROVE PER LA DETERMINAZIONE DEL PROFILO DI VELOCITA' DELLE ONDE SISMICHE "S"	11
5.2.1 <i>Cenni metodologici</i>	11
5.2.2 <i>Modalità esecutive</i>	12
5.2.3 <i>Commento dei risultati</i>	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 <i>Analisi di stabilità in condizioni pseudostatiche</i>	19
7.6.2 <i>Analisi di stabilità dinamica (Metodo di NEWMARK)</i>	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.

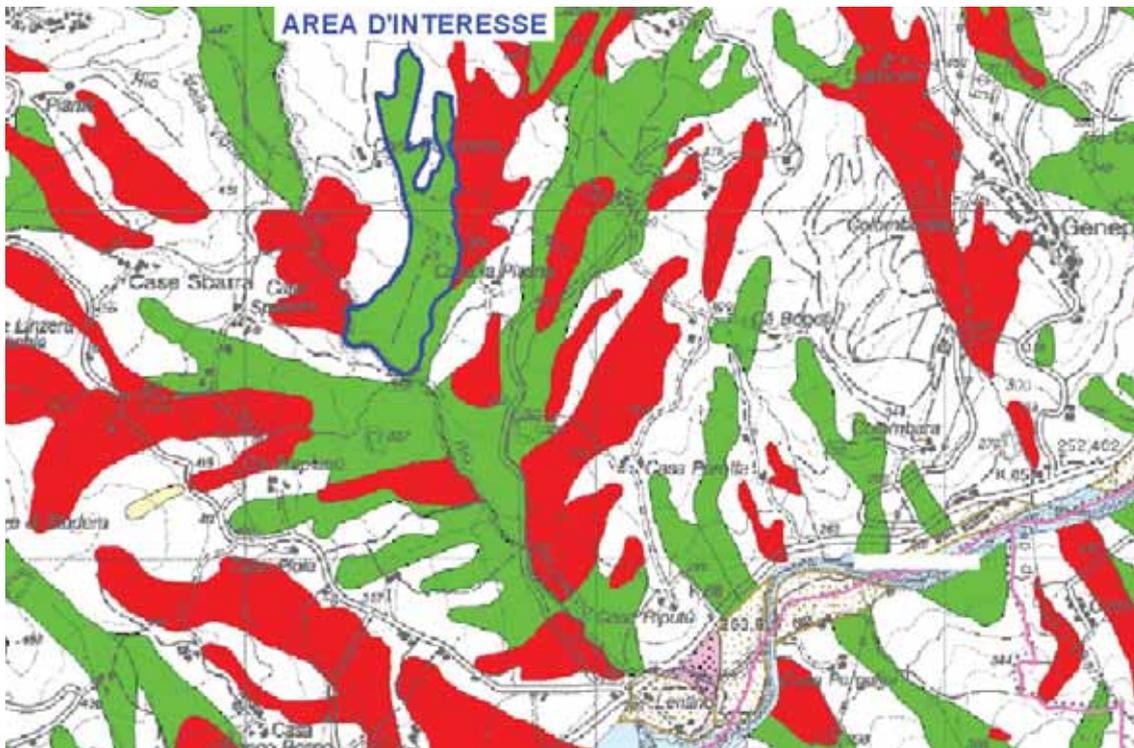


Inquadramento territoriale da CTR

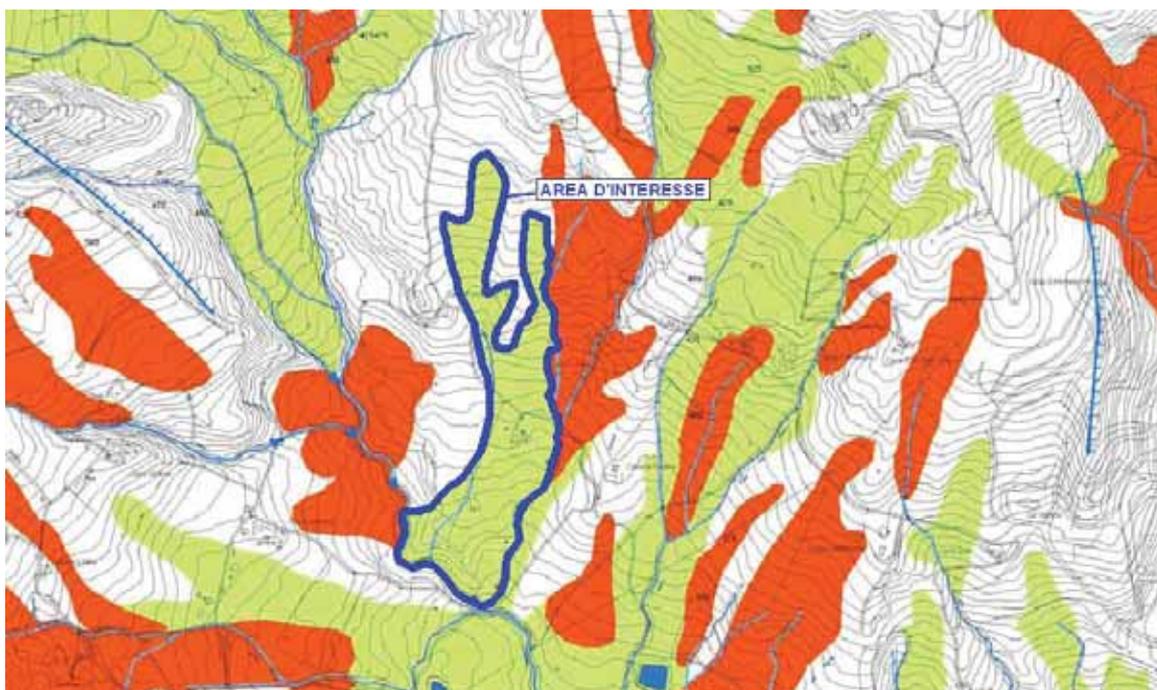
Nella carta del dissesto del PTCP della provincia di Piacenza e nella "Carta del Dissesto Comunale" allegata al PSC (in questo caso coincidenti), l'area d'interesse è classificata come frana quiescente. Le norme del PTCP (comma 7 dell'art. 31), consentono (compatibilmente con il grado di "rischio" accertato 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.

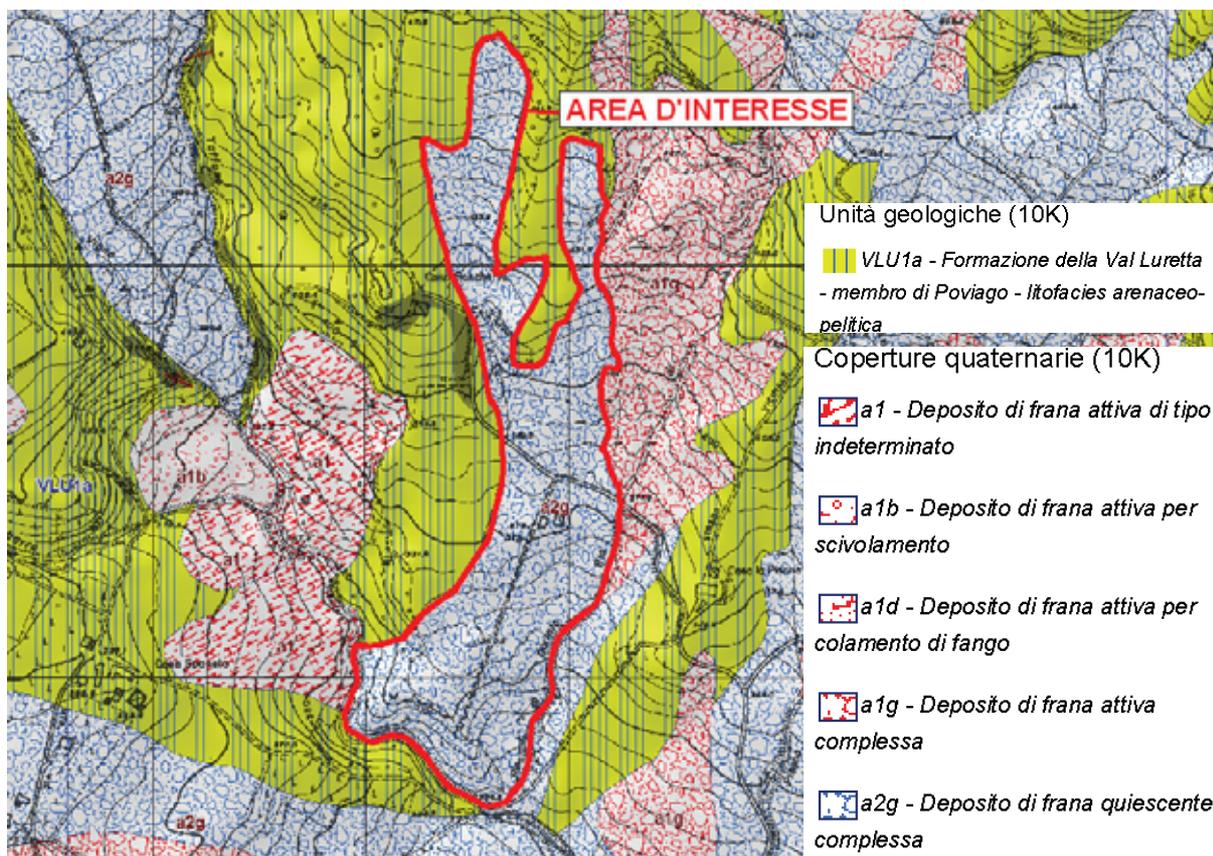
L'indagine geologico-sismica, conforme a quanto previsto dalla delibera del 2 Maggio 2007, n.112, in materia antisismica, ha compreso le seguenti fasi di studio:

- 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. I INQUADRAMENTO GEOLOGICO CO-GEOMORFOLOGICO

3.1 CARATTERI STICHE 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 CARATTERI STICHE 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

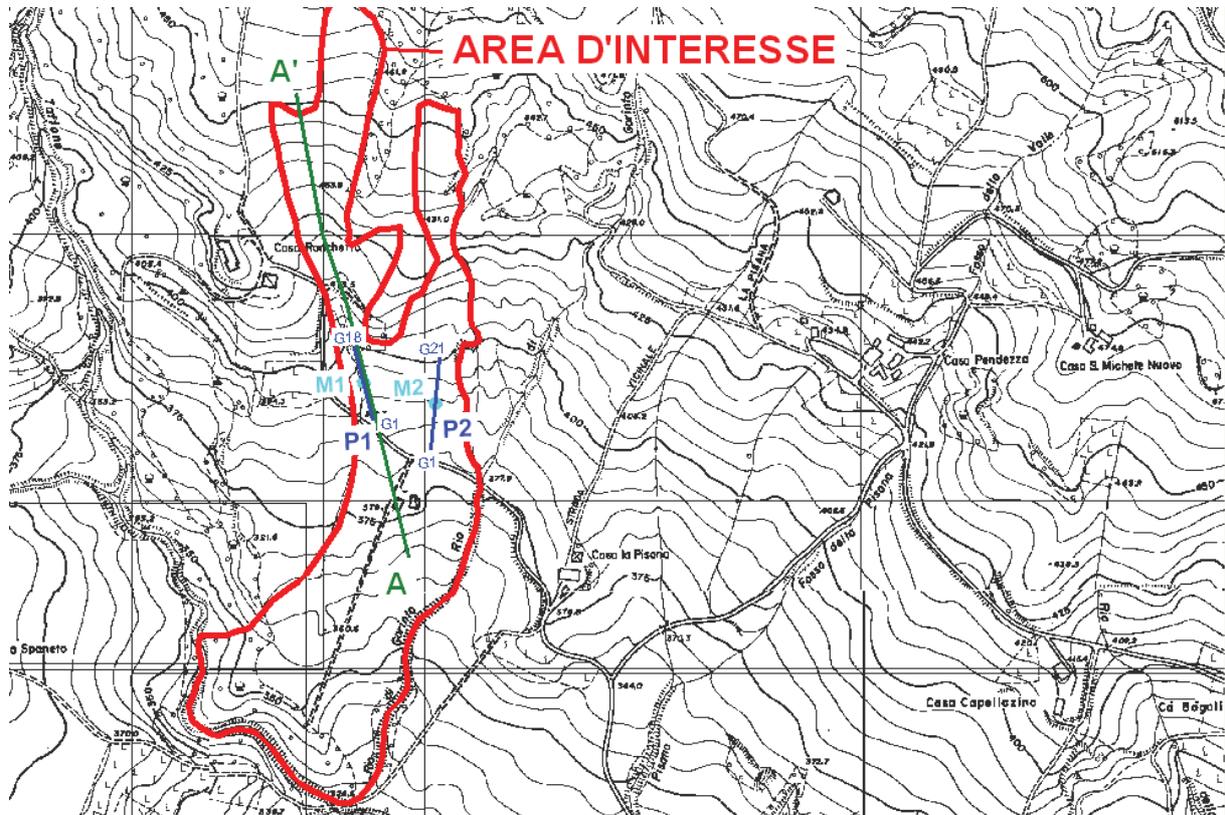
Data la morfologia complessivamente regolare del versante, in cui non sono presenti evidenti avvallamenti e/o contropendenze, il drenaggio delle acque superficiali, assicurato dai canali di scolo legati alle pratiche agricole, è in linea generale piuttosto efficiente.

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 RI FRAZIONE

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" (quadrato 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 spazati 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"

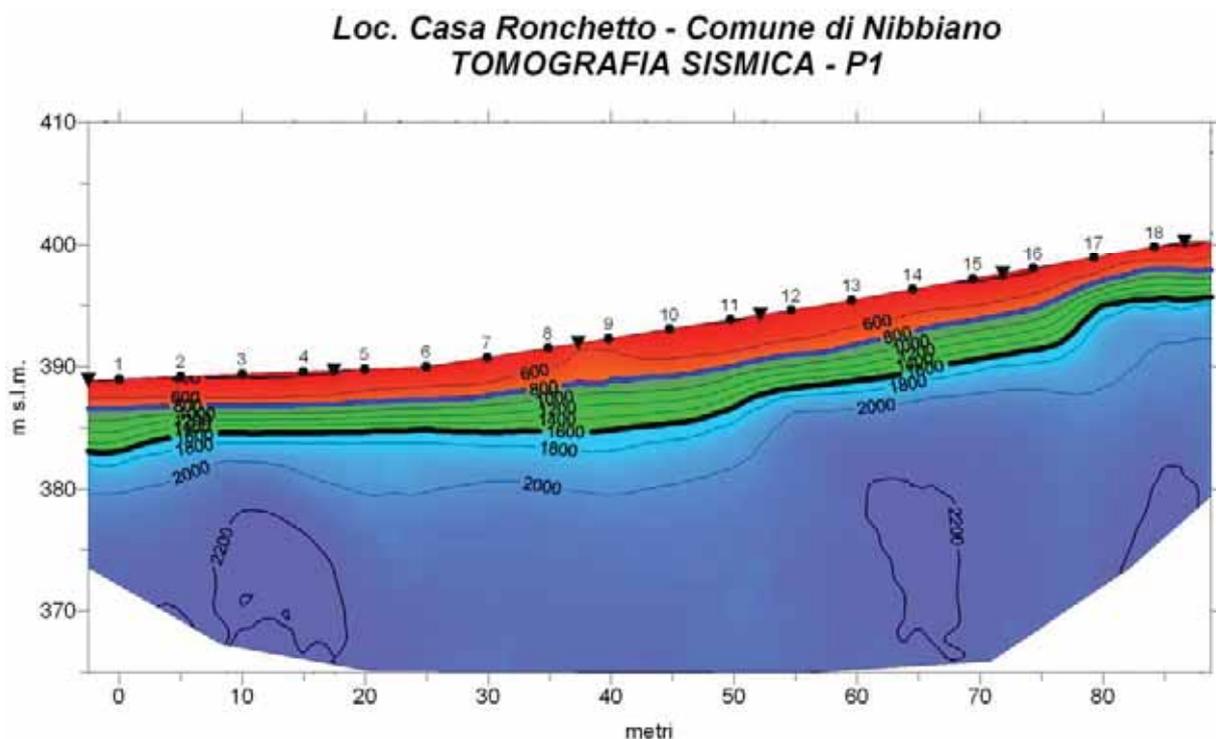
L'attrezzatura utilizzata è composta da:

- 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 verticali, 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 evidenzia 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 VELOCITÀ DELLE ONDE SISMICHE "S"

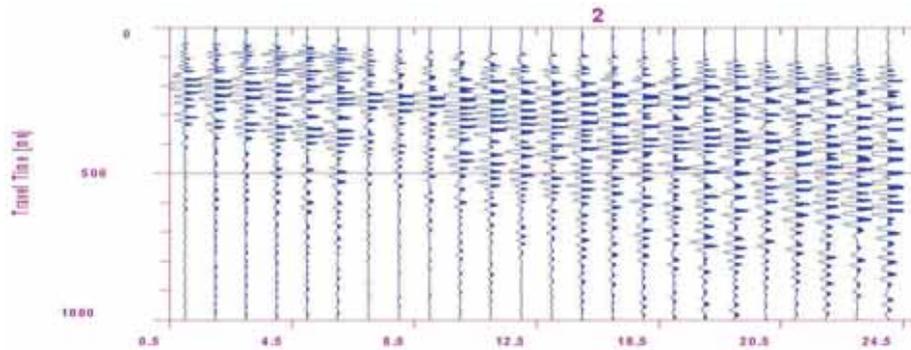
Per la determinazione del profilo di velocità delle onde "S" e della categoria del suolo di fondazione è stato utilizzato il metodo "Masw". I profili "Masw" sono stati realizzati in corrispondenza dei 2 stendimenti sismico-tomografici.

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 avvalorata 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

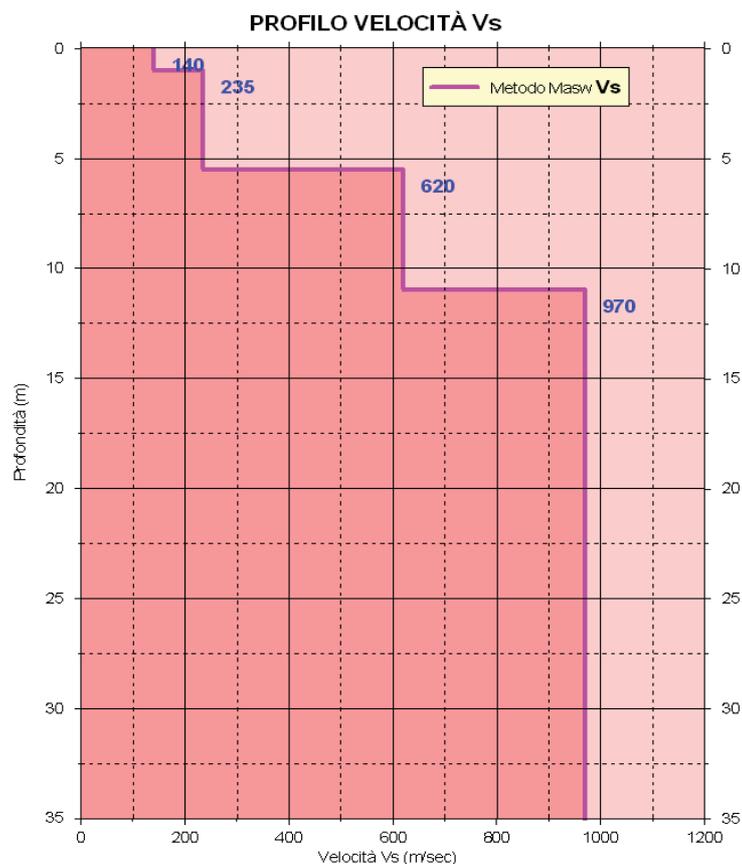
Sono stati realizzati 2 stendimenti di 18/22 geofoni, con distanza intergeofonica di 5 m. La lunghezza delle registrazioni è stata di 1 sec, con un passo di campionamento di 0.25 ms.



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 ($V_s < 250$ 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	$\gamma = 1.85$ t/ mc $\gamma = 1.95$ t/ mc $\phi = 22^\circ$ $\phi = 20^\circ$ 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	$\gamma = 1.95$ t/ mc $\gamma = 2.10$ t/ mc $\phi = 27^\circ$ $\phi = 24^\circ$ C = 0.1 Kg/ cmq
Livello C	Litologia: substrato roccioso mediamente compatto	
Oltre -6/-8 m	Peso di volume Angolo di attrito	$\gamma = 2.25$ t/ mc $\phi = 45^\circ$

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 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 $\leq 15^\circ$ 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;

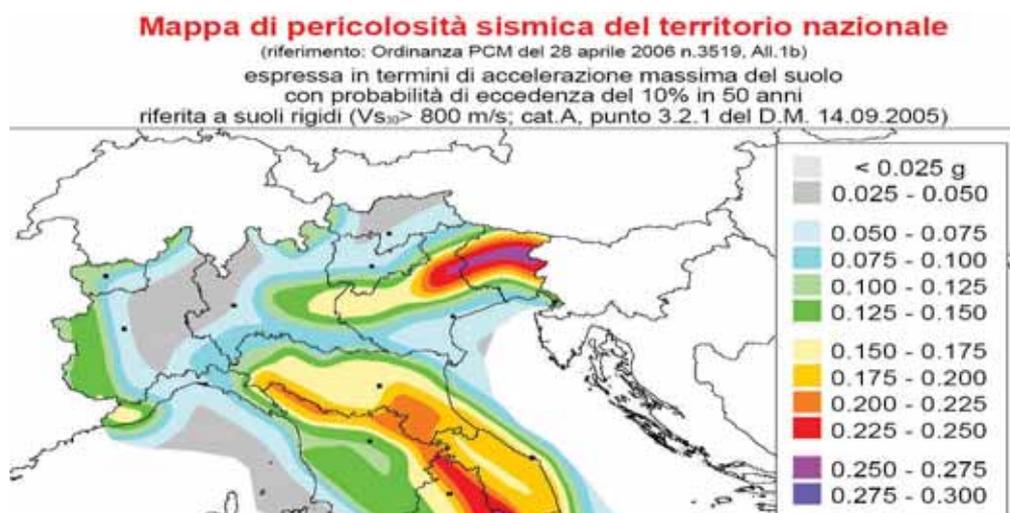
b) un'analisi più approfondita (terzo livello di approfondimento) è invece richiesta nei seguenti casi (vedere Allegato A1):

- 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 simogenetica 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.



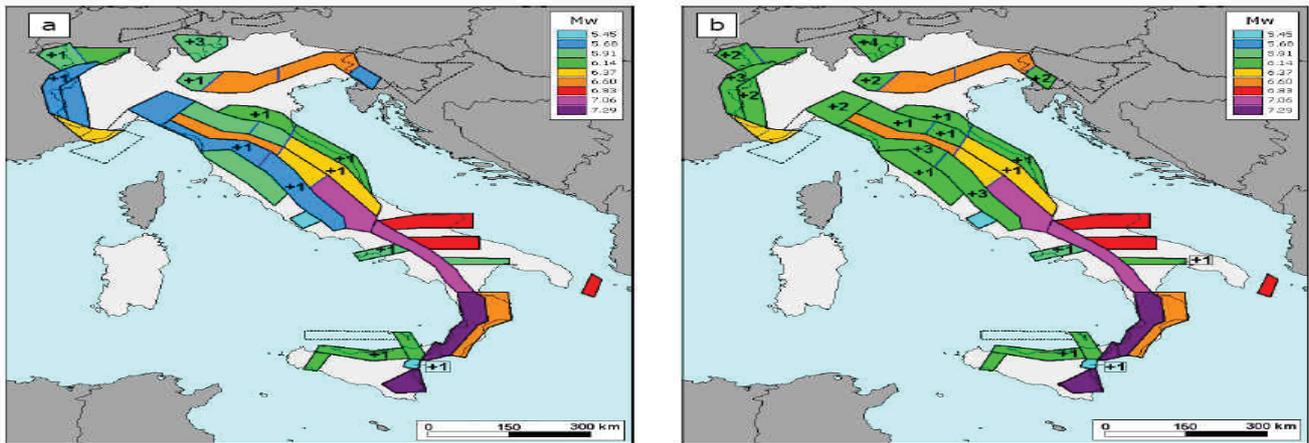


Figura 36. Valori di Mw_{max} corrispondenti ai due insiemi: a) "osservati" (Mw_{max1}); b) "cautelativi" (Mw_{max2}).

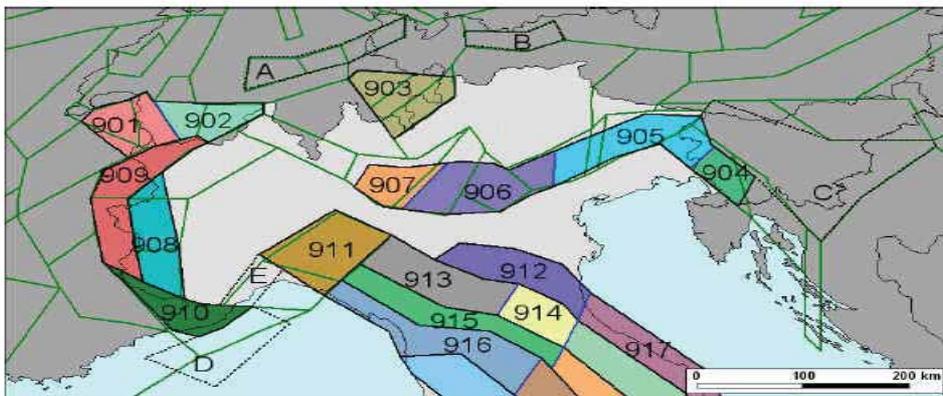


Figura 10. Zonazione sismogenetica ZS9 a confronto con la zonazione del progetto SESAME nell'area alpina (Jiménez et al., 2001; linee di colore verde).

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 a_g 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 $V_s \geq 800$ m/s si devono usare le seguenti tabelle

F.A. P.G.A.

V_{sH} 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 - $0.1s < T_0 < 0.5s$

V_{sH} 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 - $0.5s < T_0 < 1.0s$

V_{sH} 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 V_s sono riassunti nella 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 ($V_s > 800$ m/s) prevista per il Comune di Nibbiano è di 0.098g.

7.5 SPETTRO DI RI SPOSTA (IN PGA) DELL'AREA

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

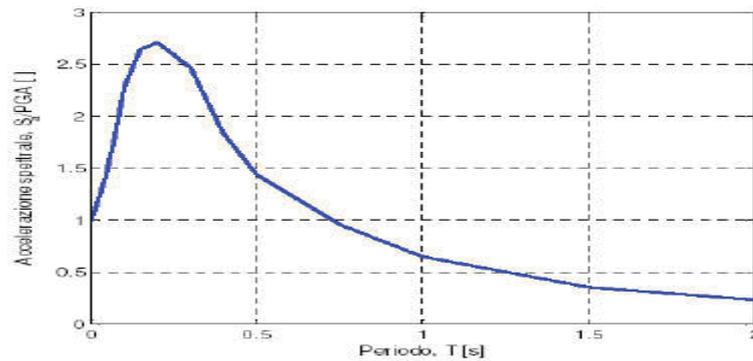
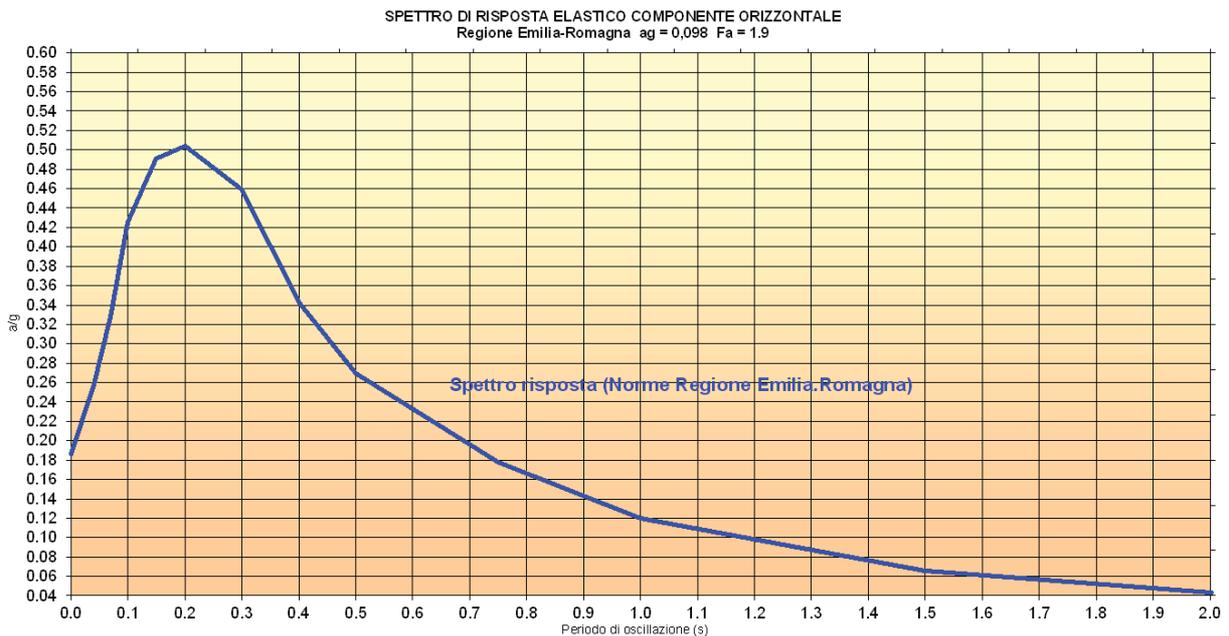


Figura 1 - Spettro di risposta normalizzato ($T_R = 475$ anni, smorzamento = 5%) per l'Emilia-Romagna

Dallo spettro di risposta normalizzato è

possibile ottenere, moltiplicando i valori della tabella 1 per il valore di a_{refg} 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 $a_{refg}=0.098$ per il comune di Nibbiano e il fattore di amplificazione (1.9), è stato calcolato lo spettro di risposta del sito d'interesse.

Loc. CASA RONCHETTO - NIBBIANO



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

7.6 ANALISI DELLA STABILITÀ DEL VERSANTE SIA IN CONDIZIONI PSEUDOSTATICHE 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.

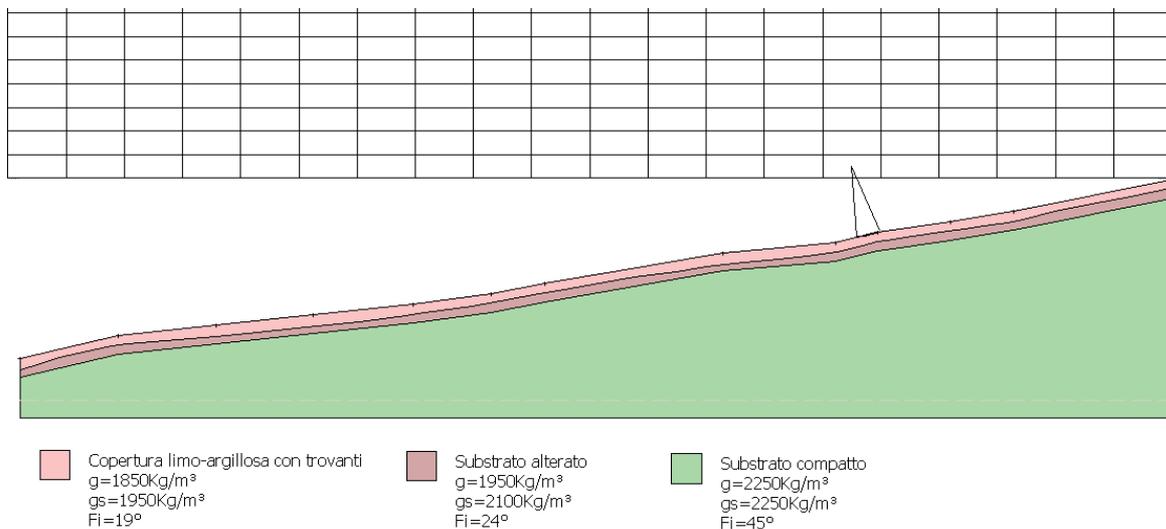
Nr.	DB	Peso unità di volume (Kg/m ³)	Peso saturo (Kg/m ³)	Coesione (kg/cm ²)	Coesione non drenata (kg/cm ²)	Angolo resistenza al taglio picco (°)	Angolo resistenza al taglio residuo (°)	Permeabilità (m/s)	Dati aggiuntivi ...	Texture ...	Descrizione
1		1850	1950		0.08	22	20	Permeabile			Copertura
2		1950	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 a_g di 0.098×1.9 (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.

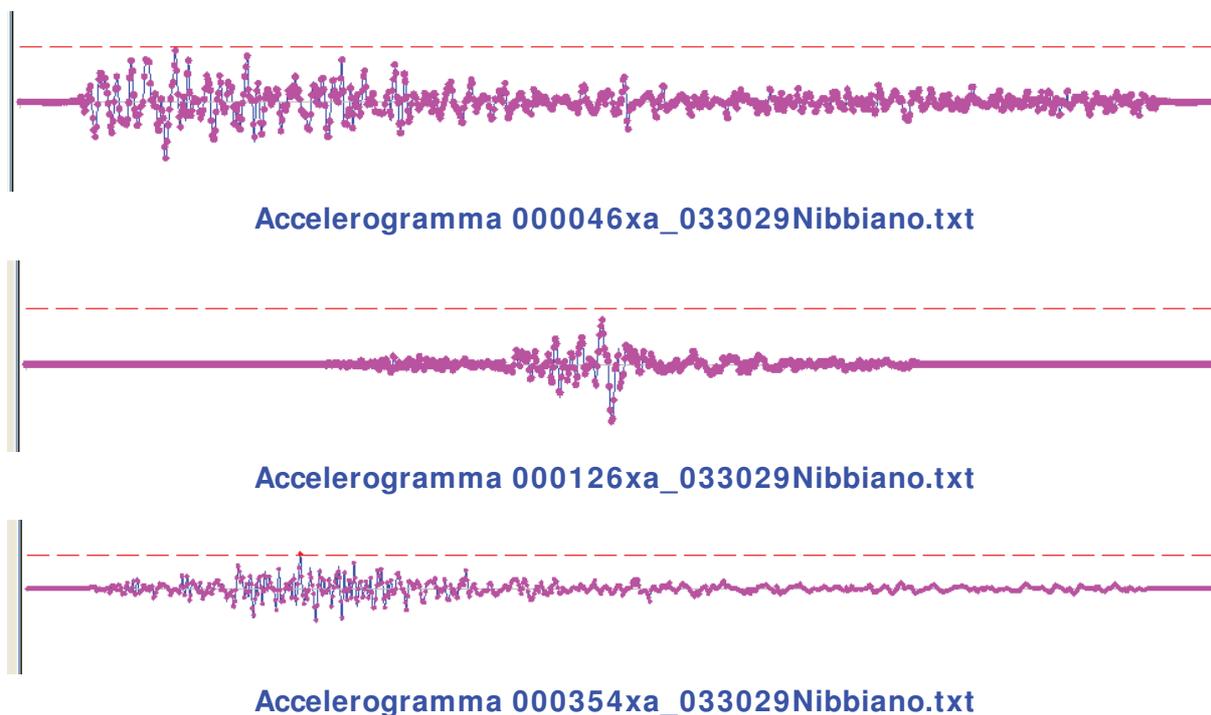


Verifica di stabilità del versante

7.6.2 Analisi di stabilità dinamica (Metodo di NEWMARK)

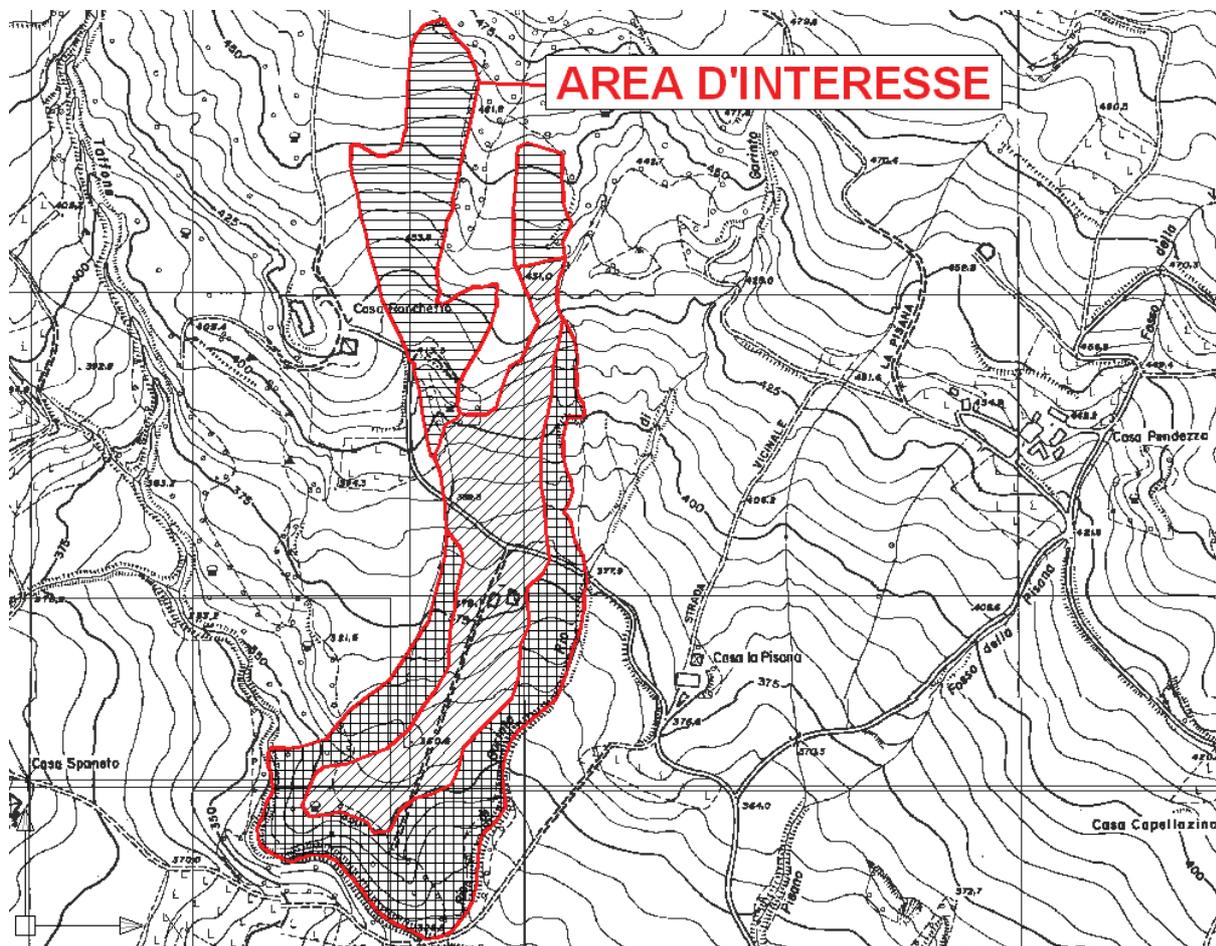
Le verifiche in condizioni sismiche dinamiche (semplificate) sono state realizzate utilizzando come input gli accelerogrammi forniti dalla Regione Emilia-Romagna per il Comune di Nibbiano.

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.



8. ZONIZZAZIONE DEL RISCHIO DEL CORPO DI FRANA QUI ESCENTE

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 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 ampliamenti 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

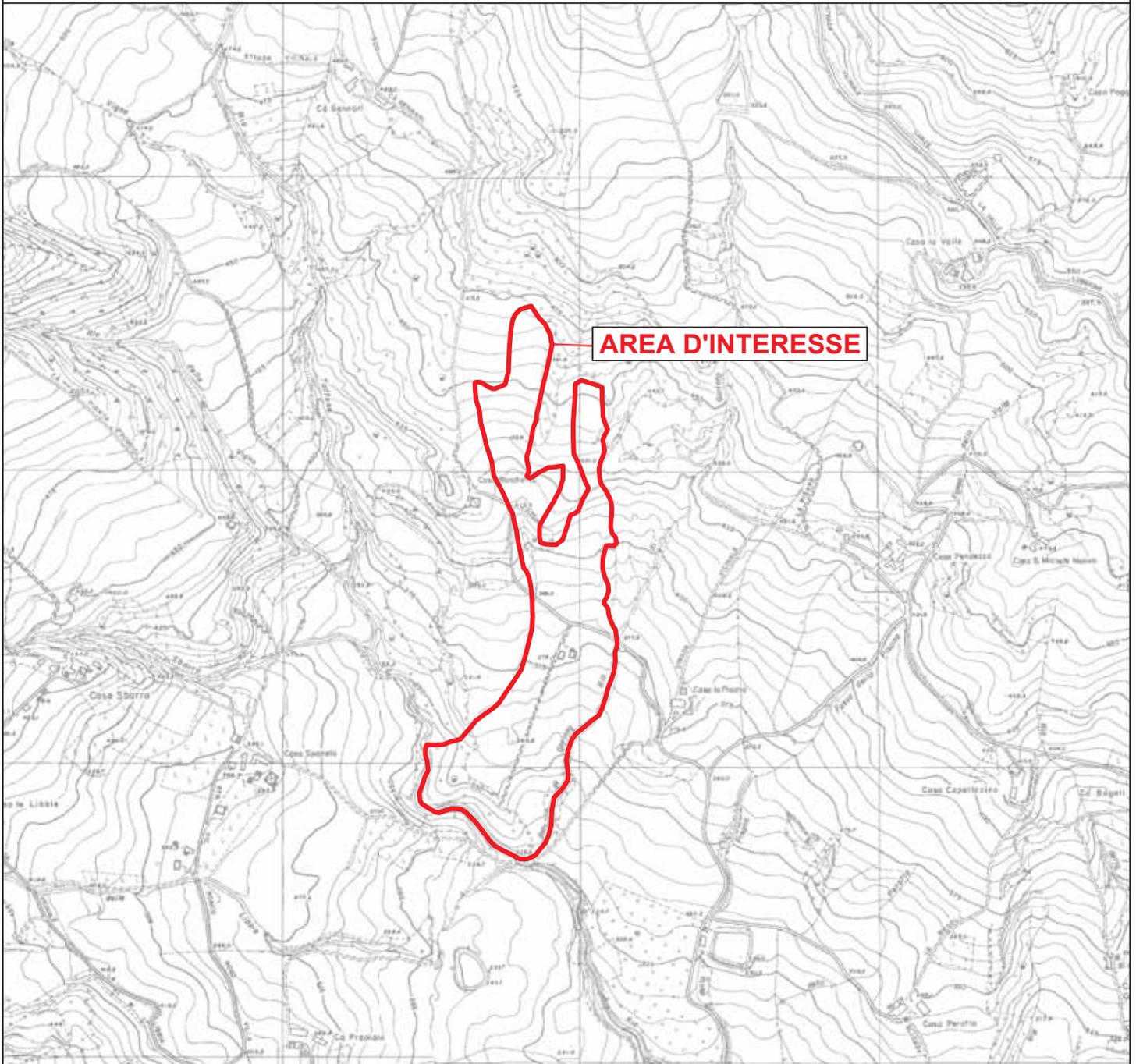
Dott. Adriano Baldini

Dott. Alberto Lepori

ALLEGATI

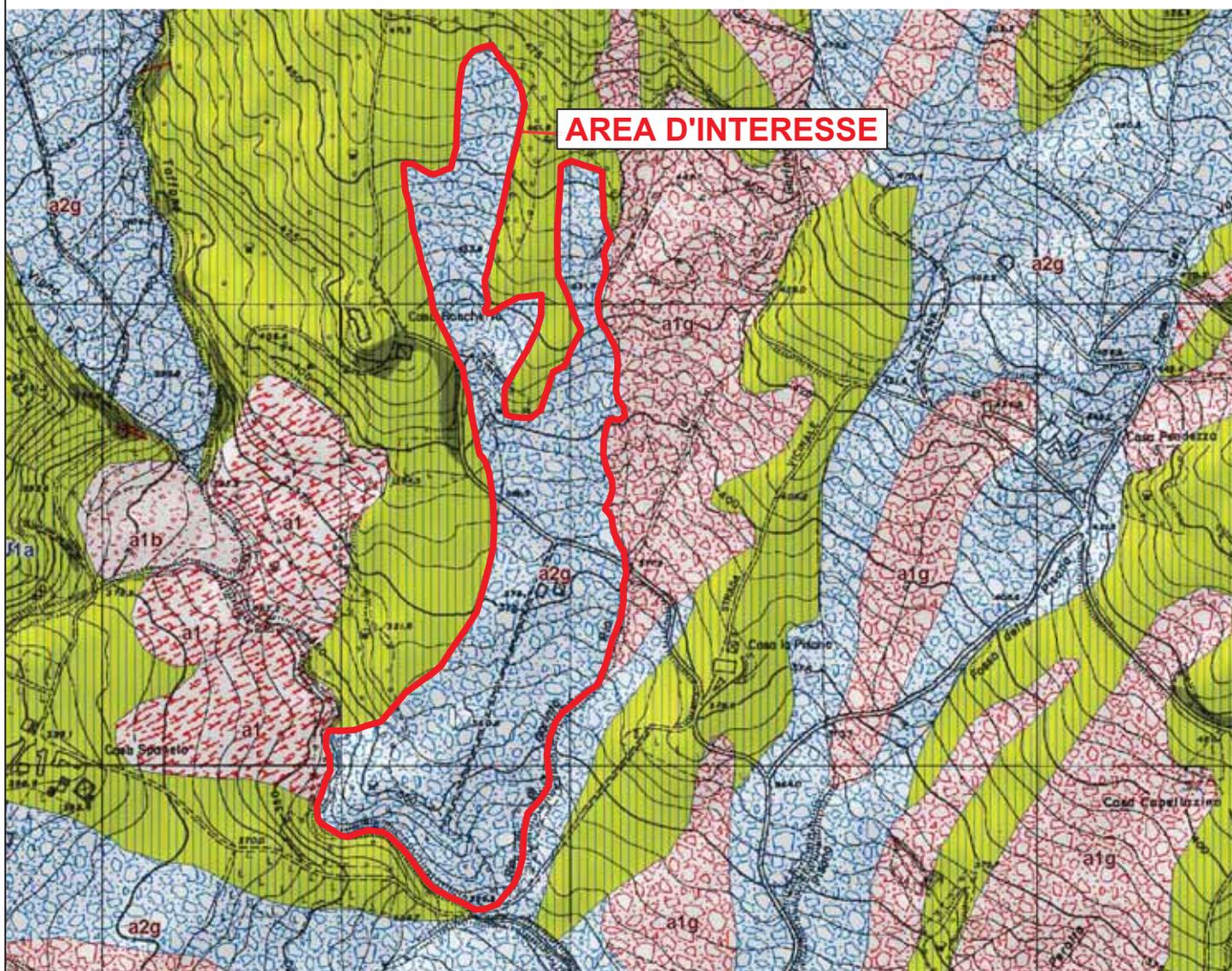
INQUADRAMENTO TERRITORIALE

Scala 1:10000



Area considerata

ESTRATTO CARTA GEOLOGICA REGIONALE
Scala 1:7000



LEGENDA

Unità geologiche (10K)

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

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

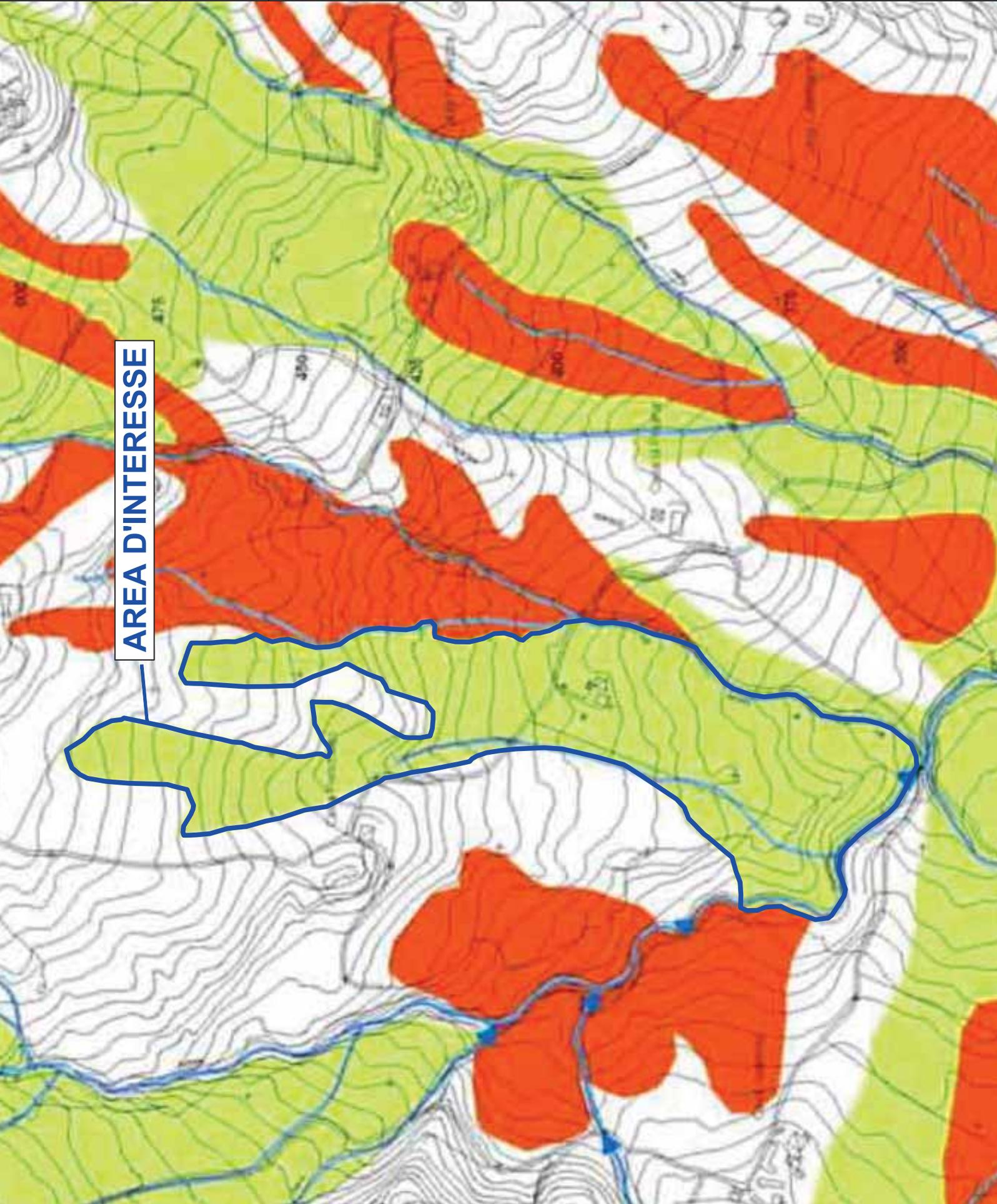
Elementi morfologici

- Area di frana attiva:**
Accumulo gravitativo carico di materiale
con evidenti movimenti in atto.
- Area di frana quiescente:**
Accumulo gravitativo carico di materiale
attualmente quiescente o stabilizzato.
- Area di frana stabilizzata o nel
momento gravitoso, quiescente e co
presentato con profili regolari, vege**

Depositi alluvionali attuali:

- Ghiaie sciolte eterogenee ed eterometriche, a mat
Areno di magra del torrente
- Depositi alluvionali in evoluzione di
vegetazione e corrispondenti ad ar
- Depositi alluvionali terrazzati**
Ghiaie a matrice limoso-sabbiosa,
bruno-giallastro (2,5 Y 4/2 "Humic")
[Depositi alluvionali terrazzati e di
di piane eccezionali]
Clivone Superiore.
- Depositi alluvionali terrazzati**
Ghiaie a prevalente matrice limosa
di colore bruno-pallido scuro o
2,5 Y 5/2, 4/2 "Humic Soil Chart"
Clivone medio-superiore.
- Depositi alluvionali terrazzati**
Successioni di ghiaie, sabbie e lim
di copertura e prevalente colore be
Humic Soil Chart: 3].
Missione Superiore" - Clivone

AREA D'INTERESSE



Studio ge
di un versante
in loc. Casa Ronchet
"Classificazione del
qui

PLANIMETRIA

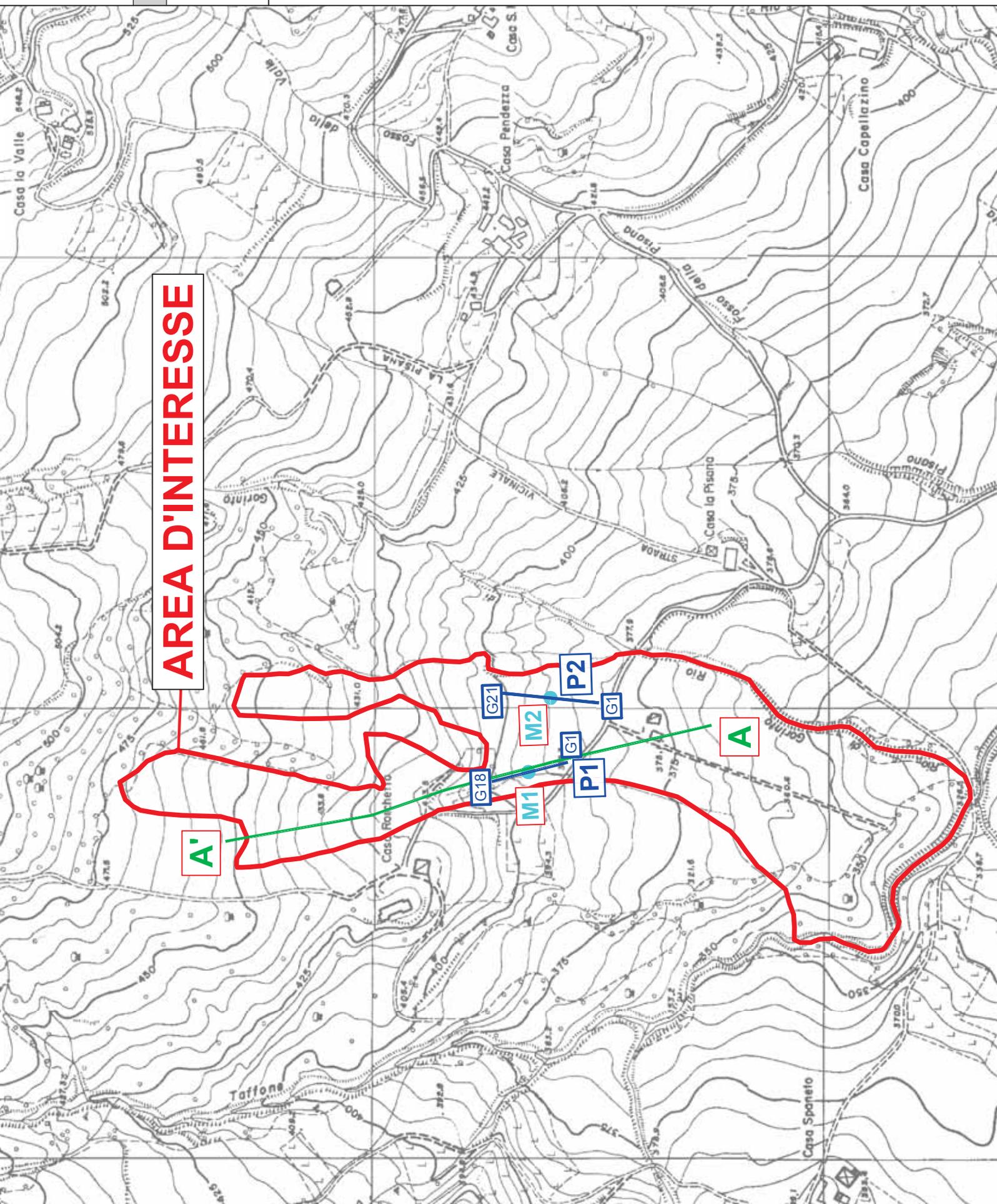
INDAGINI SISMICHE

Tra
G1 P1-P2 G21

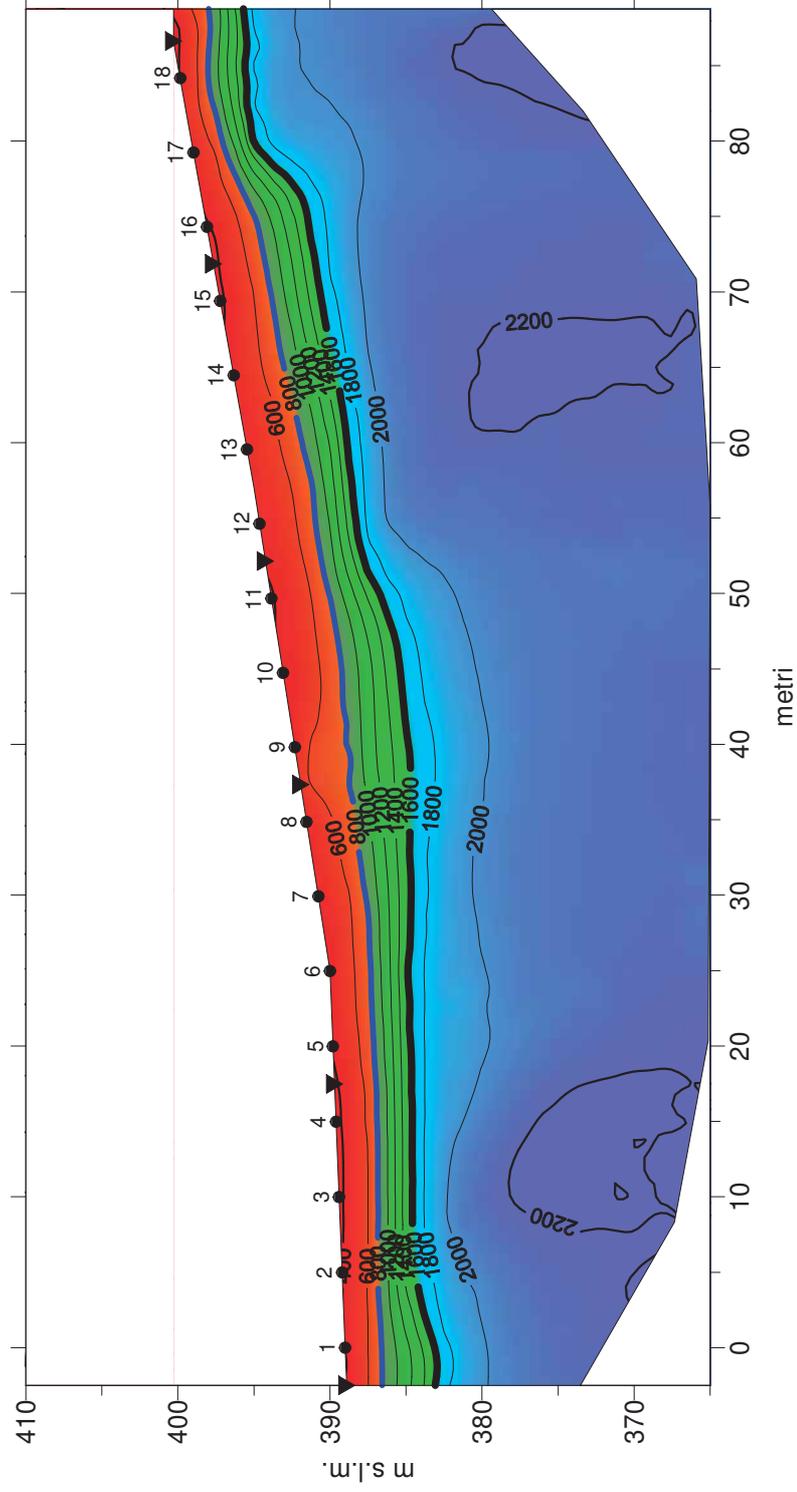
Pro
M1-M2

Tra
A' A

AREA



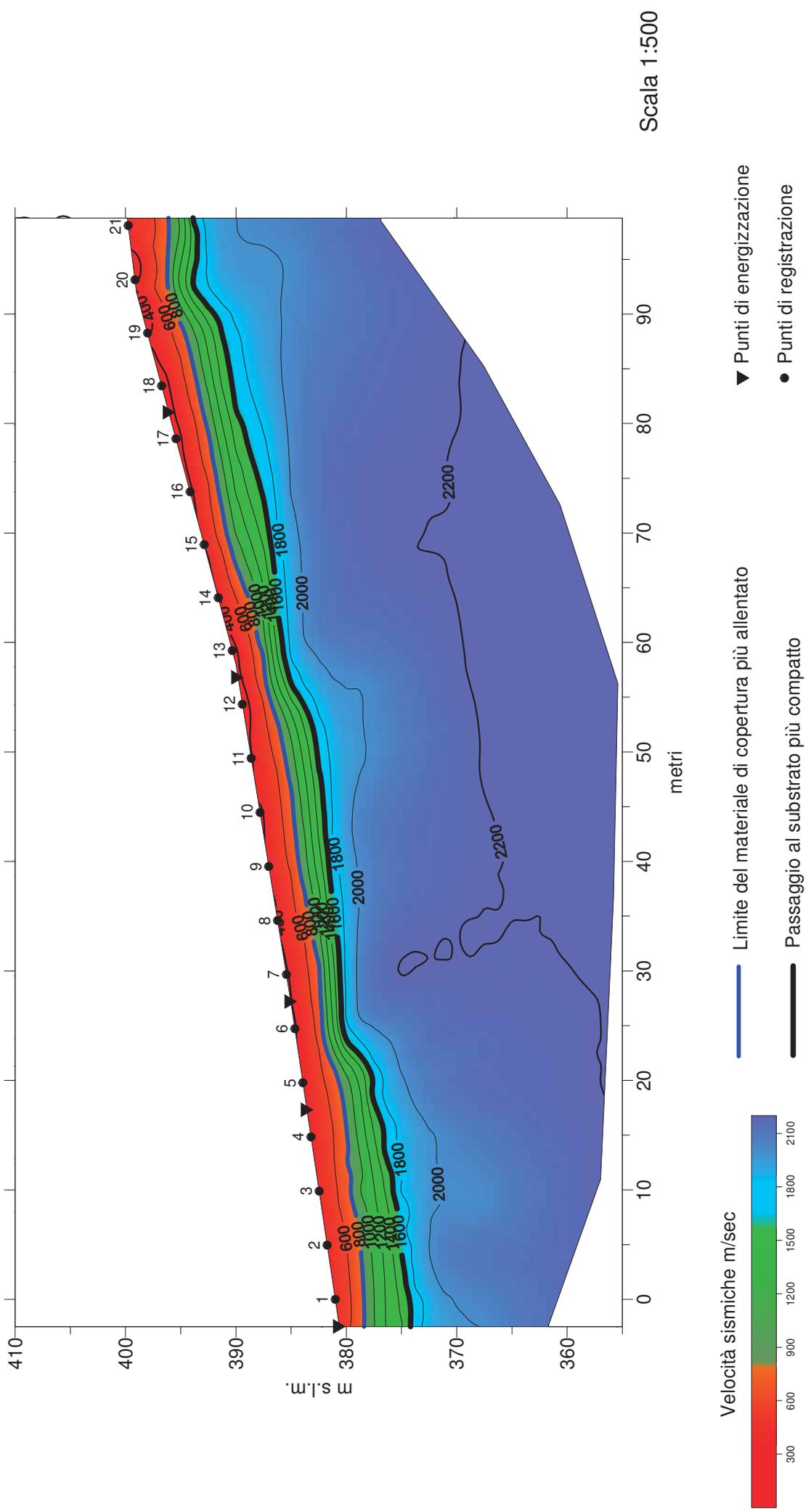
Loc. Casa Ronchetto - Comune di Nibbiano
TOMOGRAFIA SISMICA - P1



Scala 1:500

Fig.5a

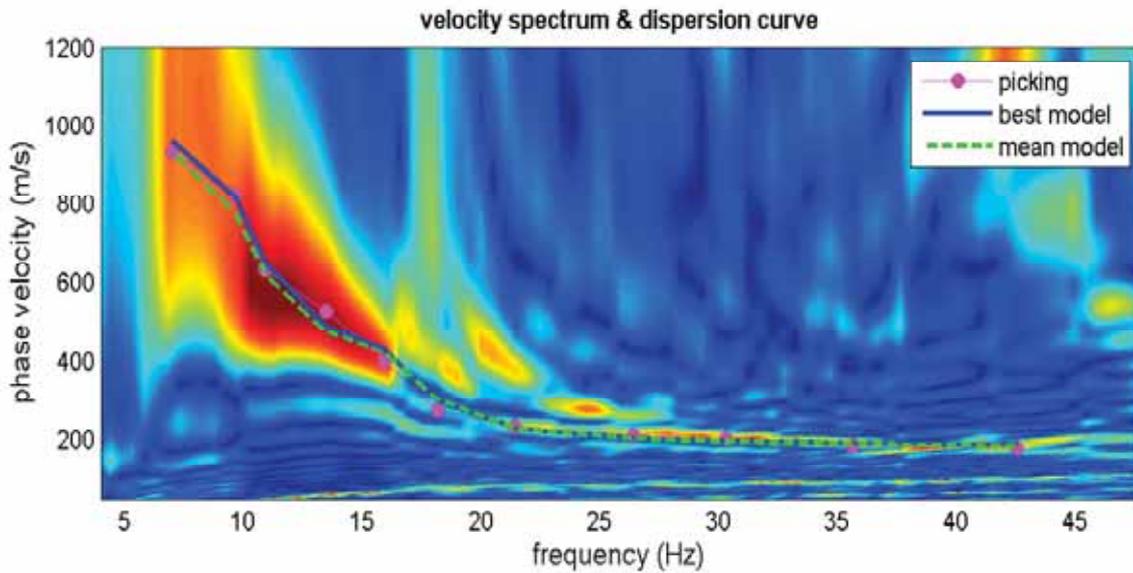
Loc. Casa Ronchetto - Comune di Nibbiano
TOMOGRAFIA SISMICA - P2



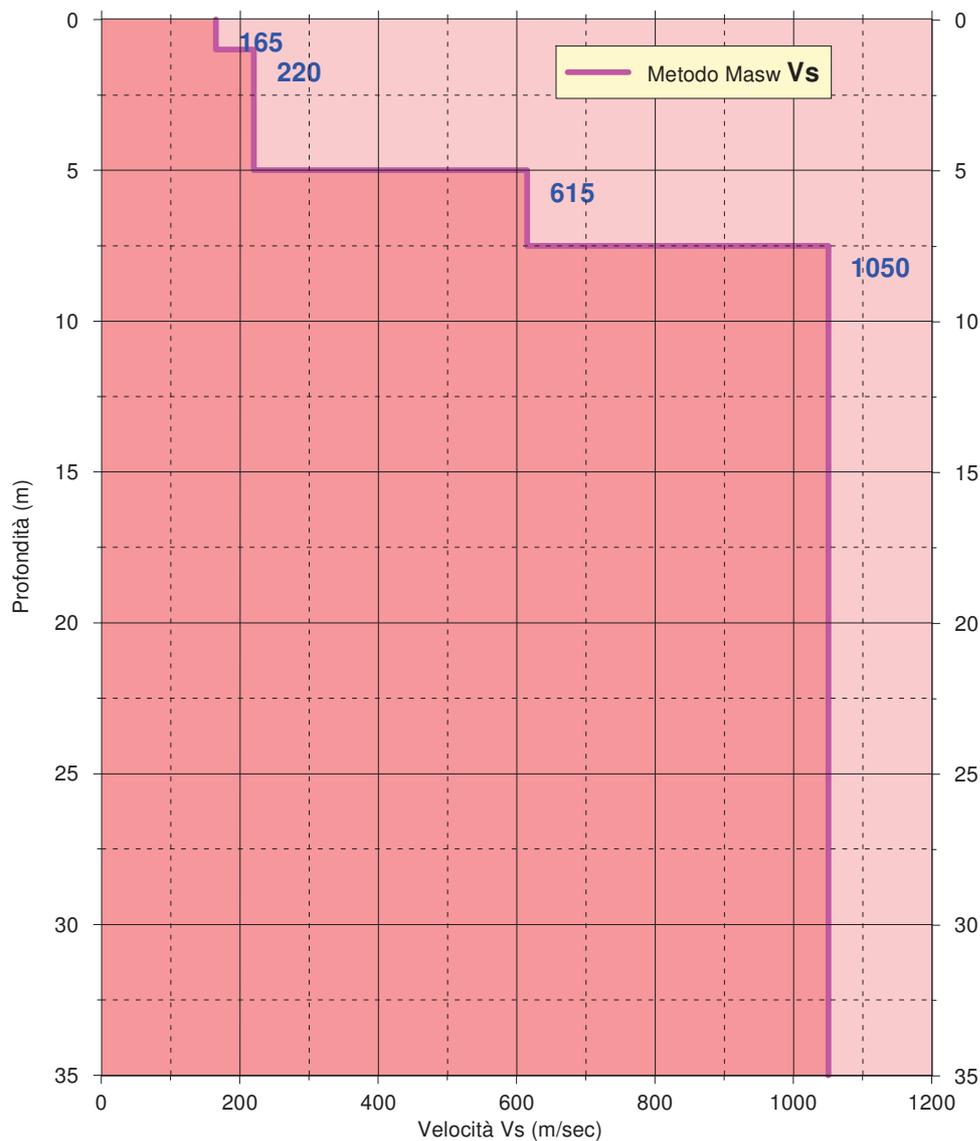
Scala 1:500

Fig.5b

SPETTRO VELOCITA' DI FASE - FREQUENZA CON CURVA DISPERSIONE



PROFILO VELOCITÀ Vs

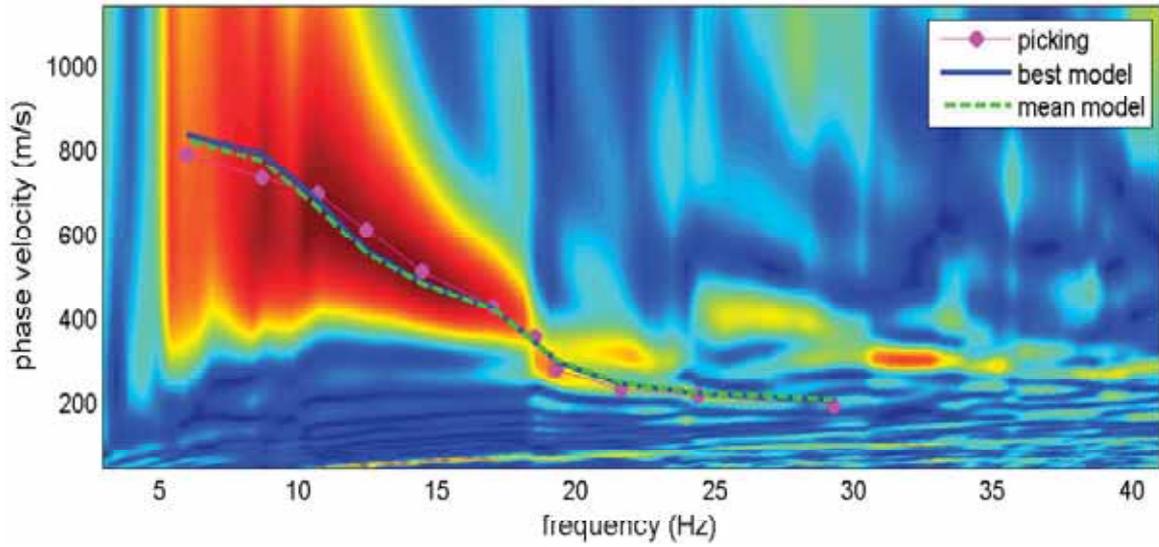


Vs30 dal p.c = 600

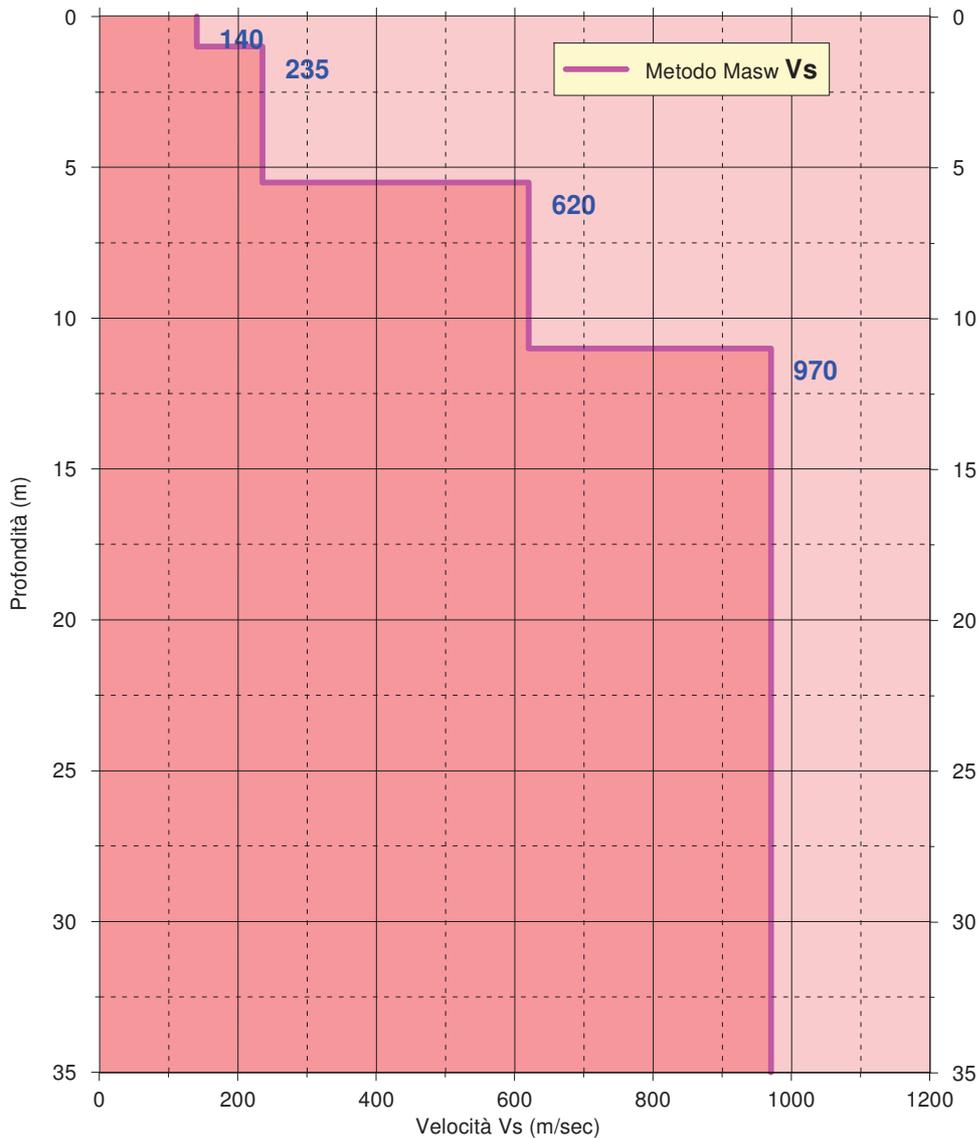
SUOLO DI FONDAZIONE TIPO "B"

Fig.6a

SPETTRO VELOCITA' DI FASE - FREQUENZA CON CURVA DISPERSIONE
velocity spectrum & dispersion curve



PROFILO VELOCITÀ Vs



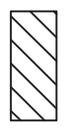
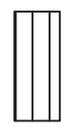
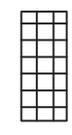
Vs30 dal p.c = 570

SUOLO DI FONDAZIONE TIPO "B"

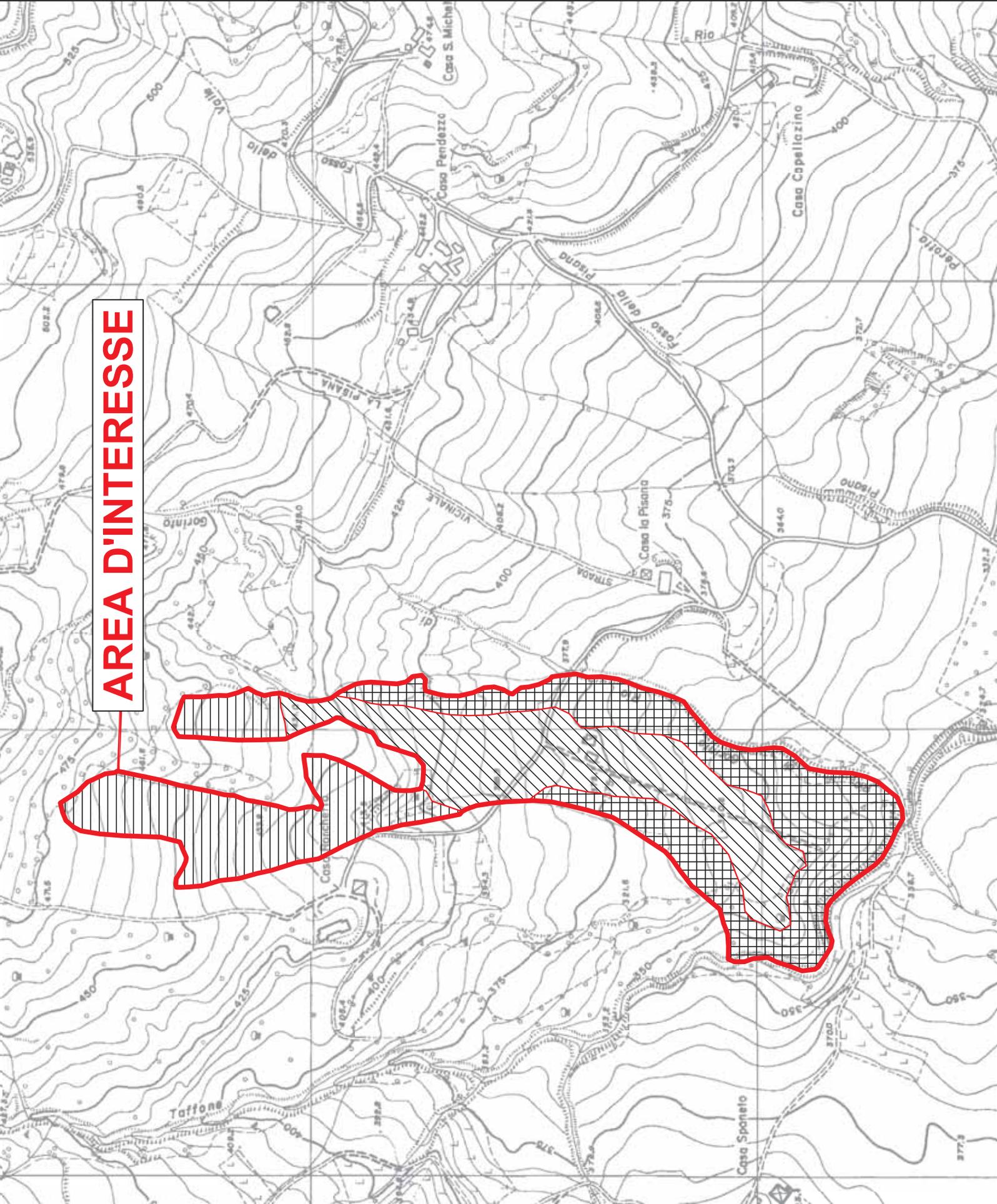
Fig.6b

CARTA DEL "RI

CLASSI DI RISCHIO

- Classe 2 - Risc 
- Classe 3 - Risc 
- Classe 4 - Risc 

AREA D'INTERESSE



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

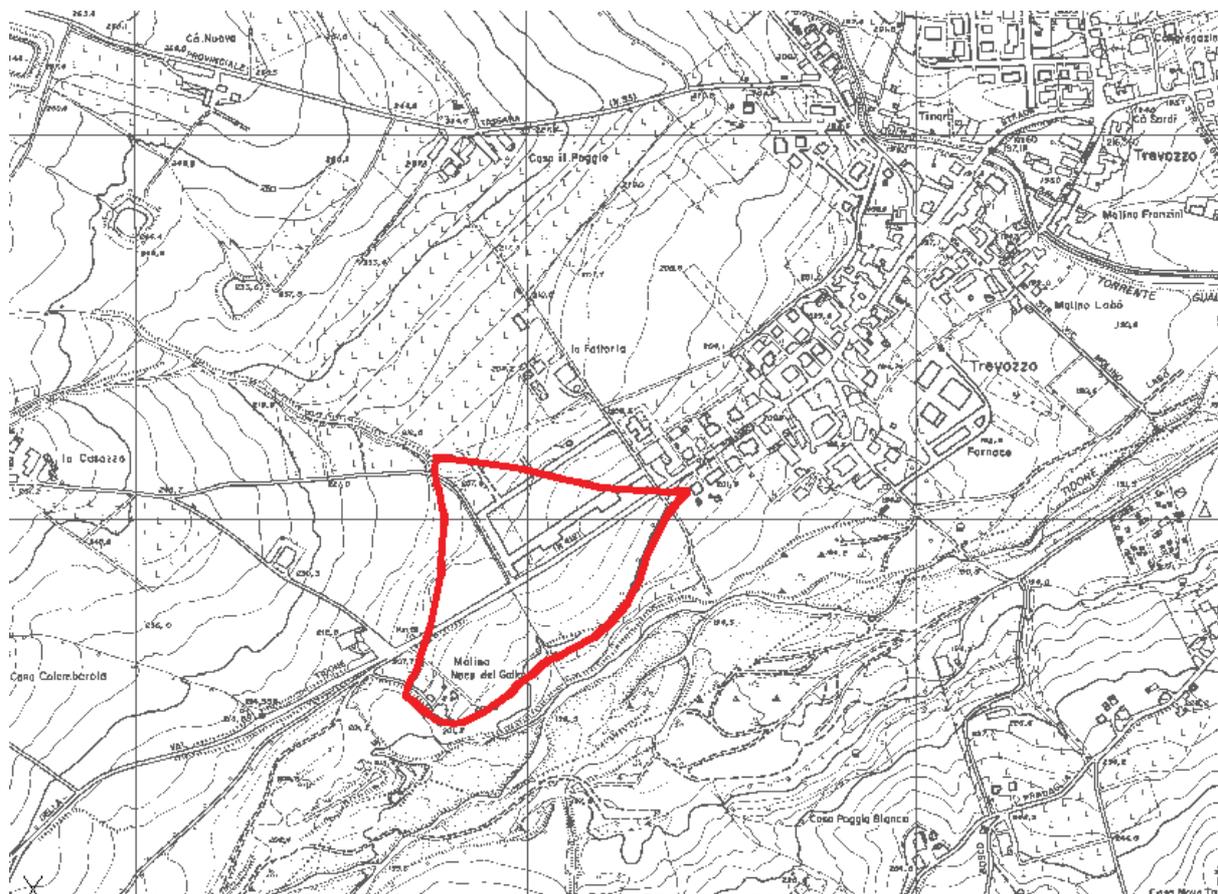
Sommaro

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

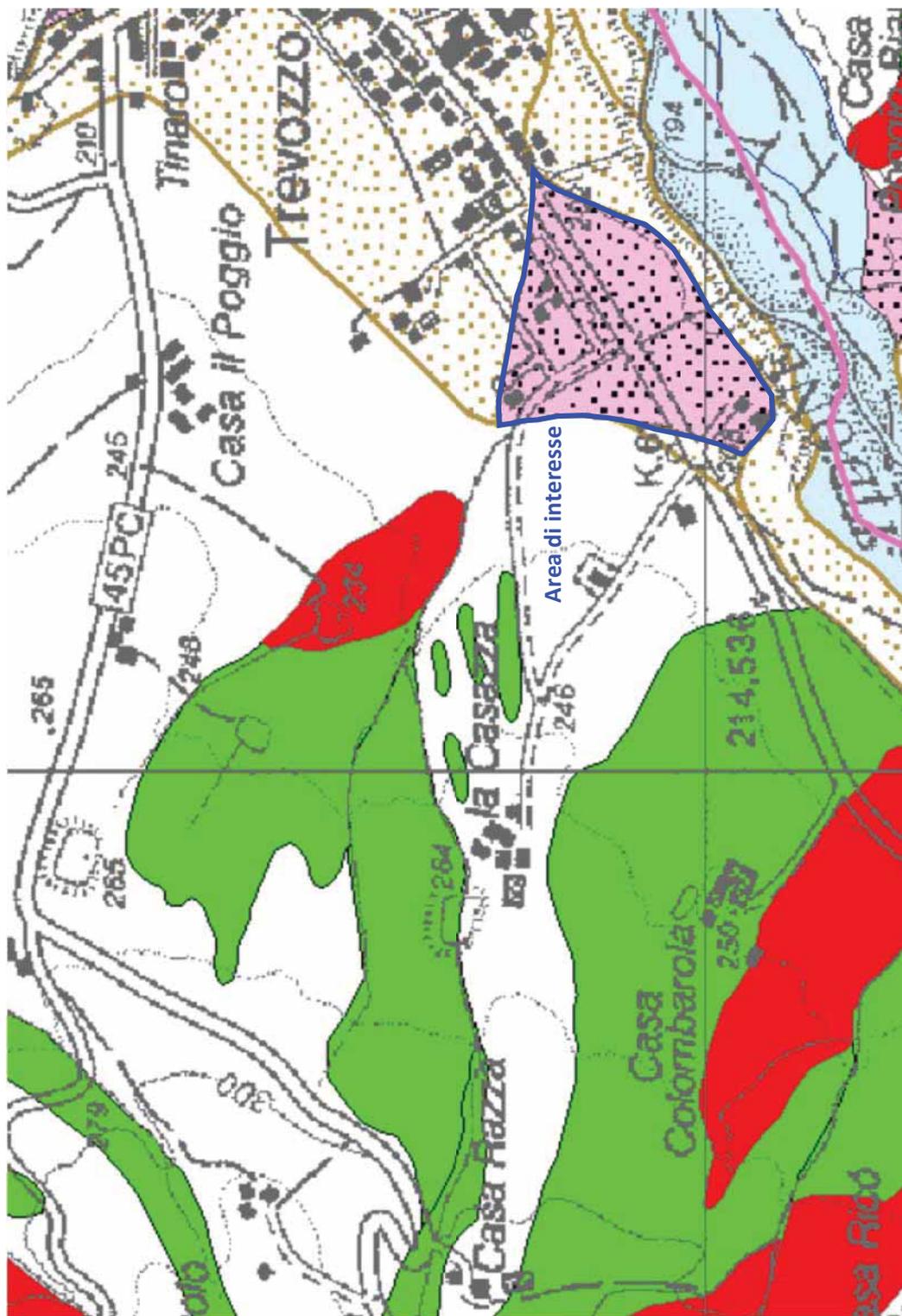
Nel Novembre 2015, un'indagine geologico-sismica, in un'area sita nel settore sud-occidentale dell'abitato di Trevozzo.

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

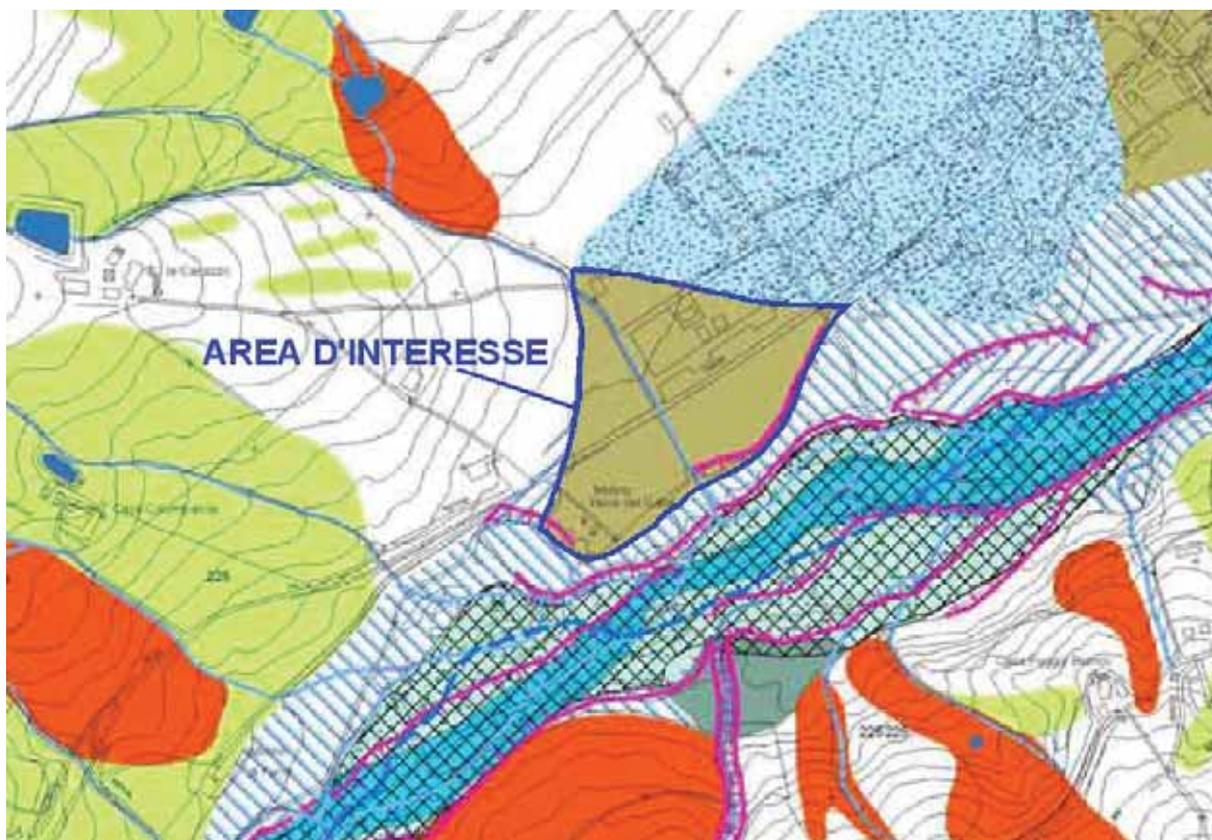
Nella carta del dissesto del PTCP della provincia di Piacenza e nella "Carta del Dissesto Comunale" allegata al PSC (in questo caso coincidenti), l'area d'interesse è classificata come "conoide inattiva". Le norme del PTCP (comma 8 dell'art. 31), consentono per le aree segnalate come dissesti potenziali (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:

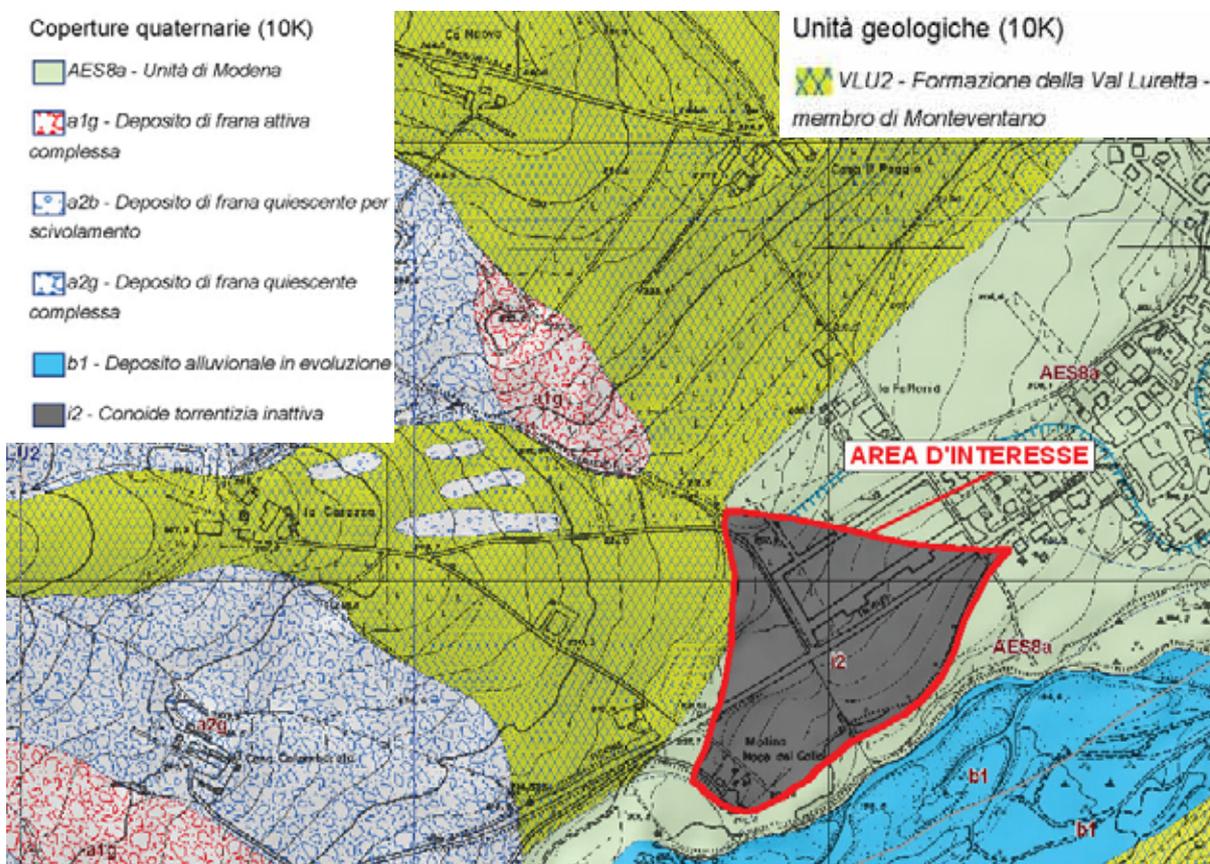
- Raccolta ed analisi della documentazione esistente;
- Rilevamento geologico-geomorfologico di dettaglio della conoide inattiva;
- Esecuzione di 1 profili sismico a rifrazione, per la valutazione dello spessore e del grado di addensamento sia del materiale di copertura che del substrato geologico;

- 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. I NQUADRAMENTO GEOLOGICO CO-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 Montevarato (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.

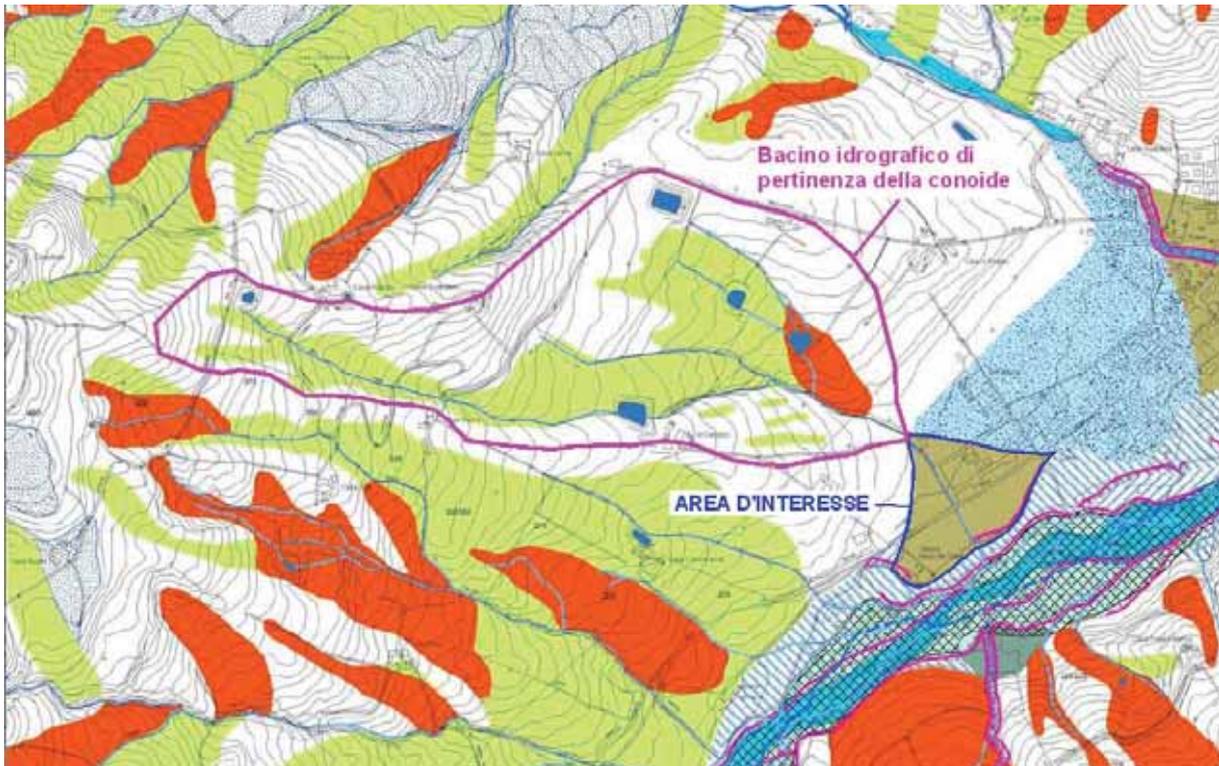
4. INQUADRAMENTO IDROLOGICO E IDROGEOLOGICO

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 Km²) 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.

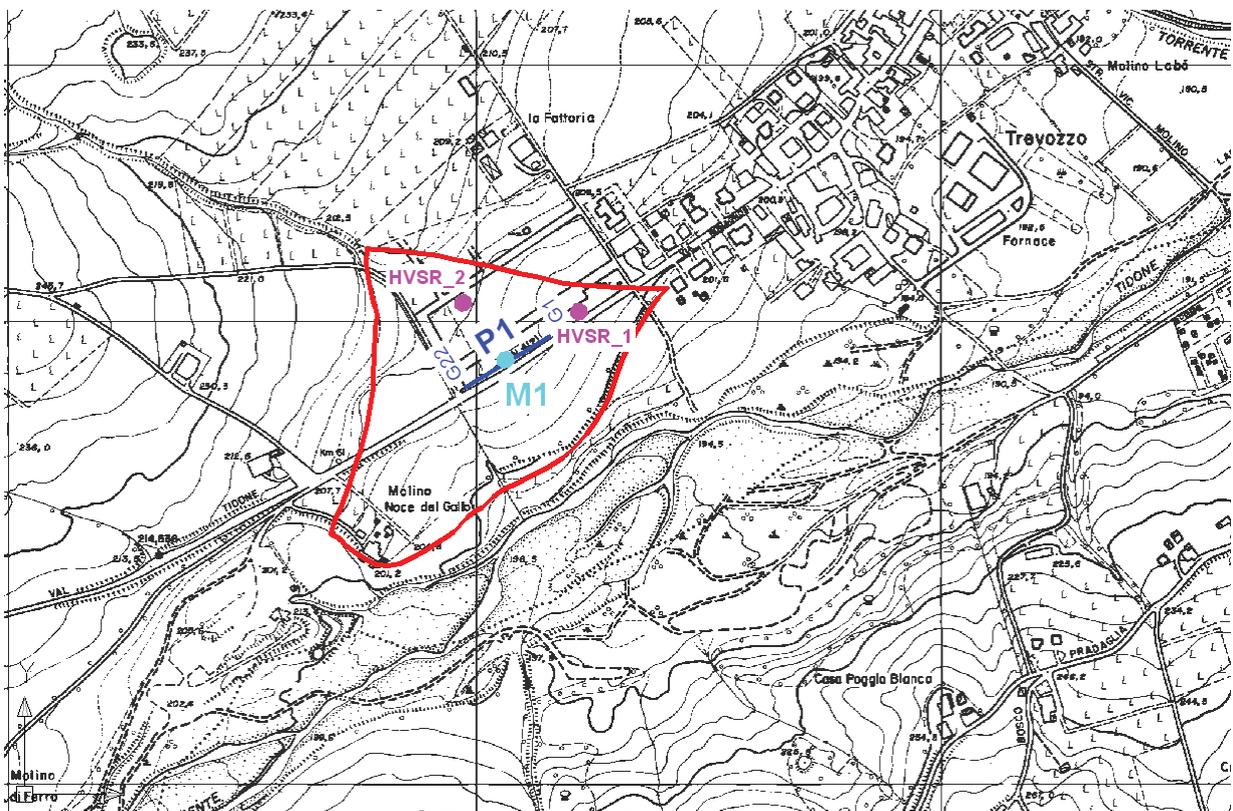
Altri orizzonti acquiferi potrebbero essere ospitati all'interno degli orizzonti calcarei più fratturati del substrato roccioso.



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 spazati 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'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 verticali, 395 Ohm con puntale da 3" ed 1,5 mt di cavo terminato con mueller clip singola MC-20-SP,
- Computer portatile ACER.

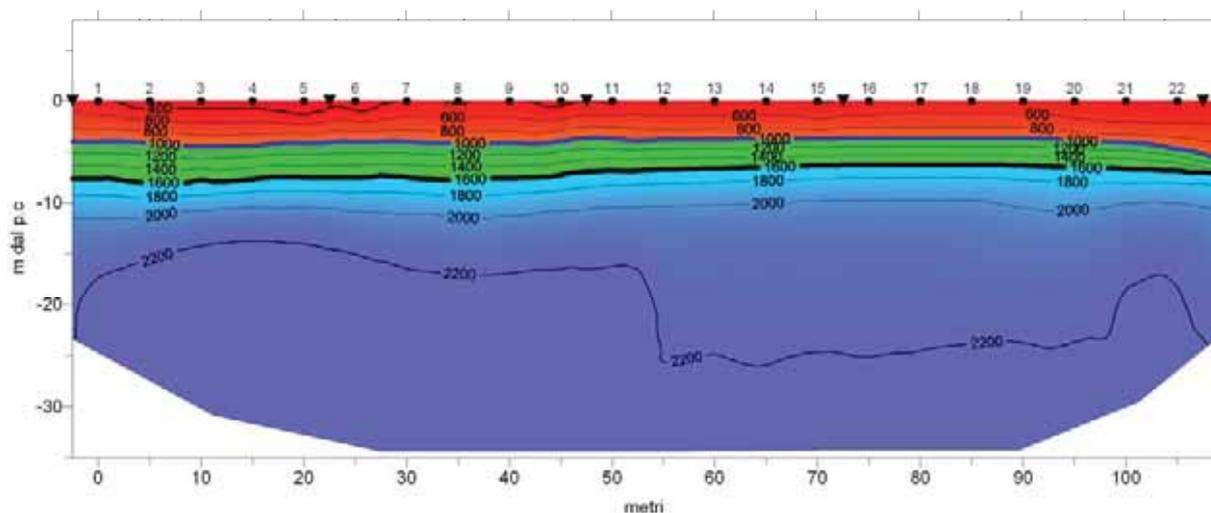
5.1.4 Elaborazione

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 evidenzia 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"

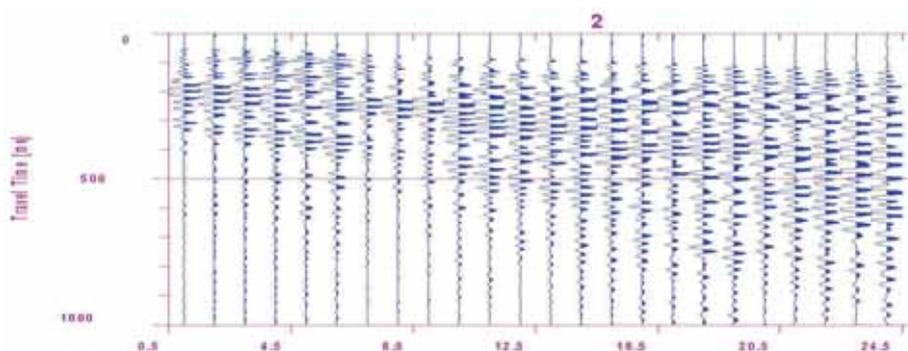
Per la determinazione del profilo di velocità delle onde "S" e della categoria del suolo di fondazione è stato utilizzato il metodo "Masw". Il profilo "Masw" è stato realizzato in corrispondenza dello stendimento sismico-tomografico.

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 avvalorata 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

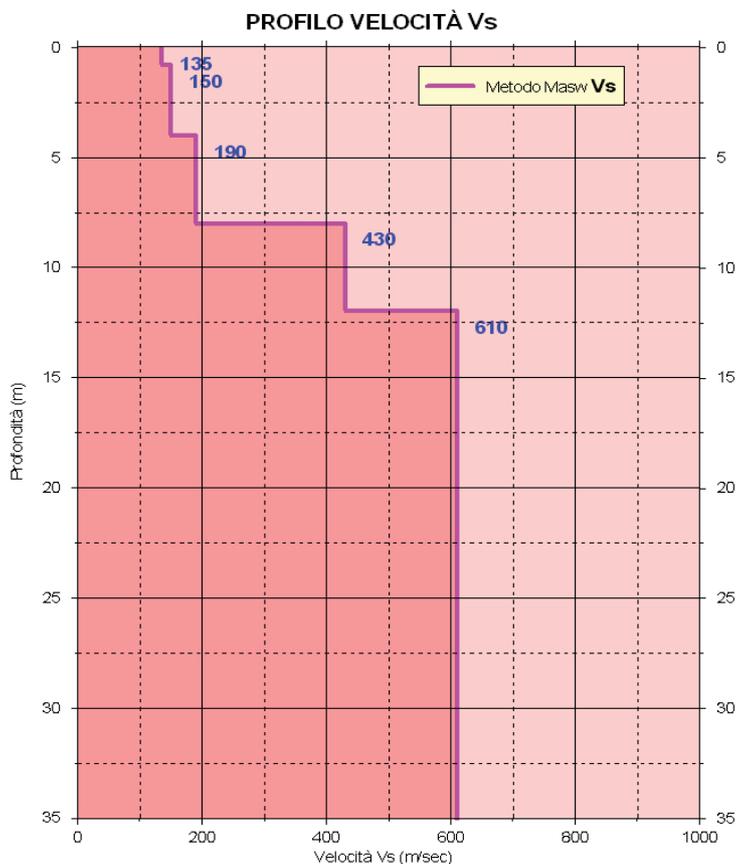
Come già accennato è stato realizzato 1 stendimento di 22 geofoni, con distanza intergeofonica di 5 m. La lunghezza delle registrazioni è stata di 1 sec, con un passo di campionamento di 0.25 ms.



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 ($V_s < 150$ 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 – (I POTESI 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 sofficie 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 f_0 . 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:

$$f_0 = V_s / 4H$$

dove V_s 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 V_s 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 V_s 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**.

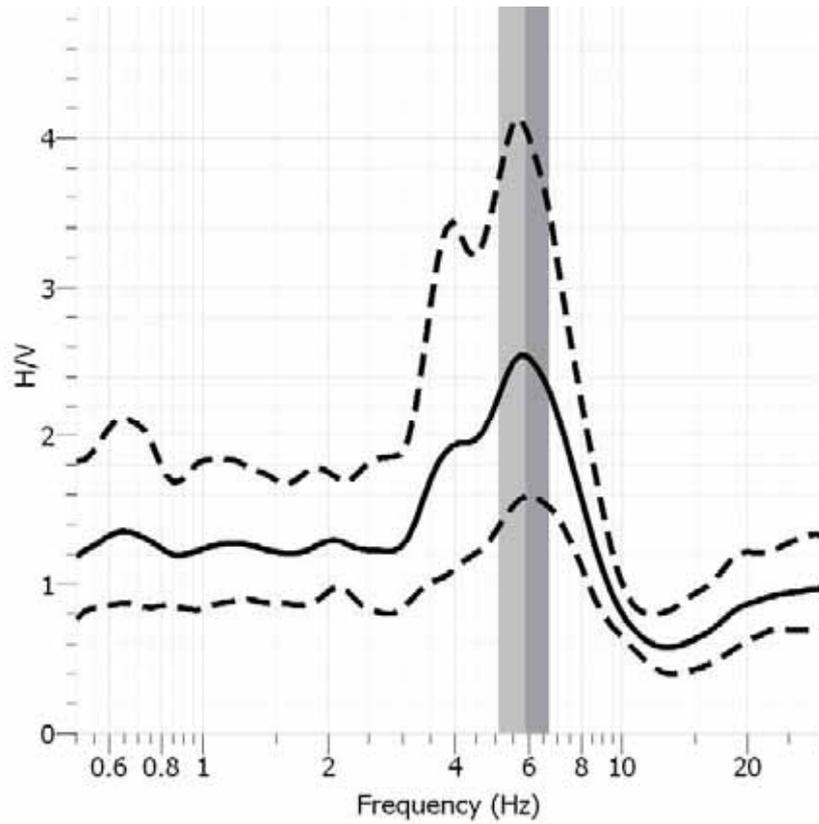
5.3.2 Strumentazione utilizzata e modalità di acquisizione

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**.

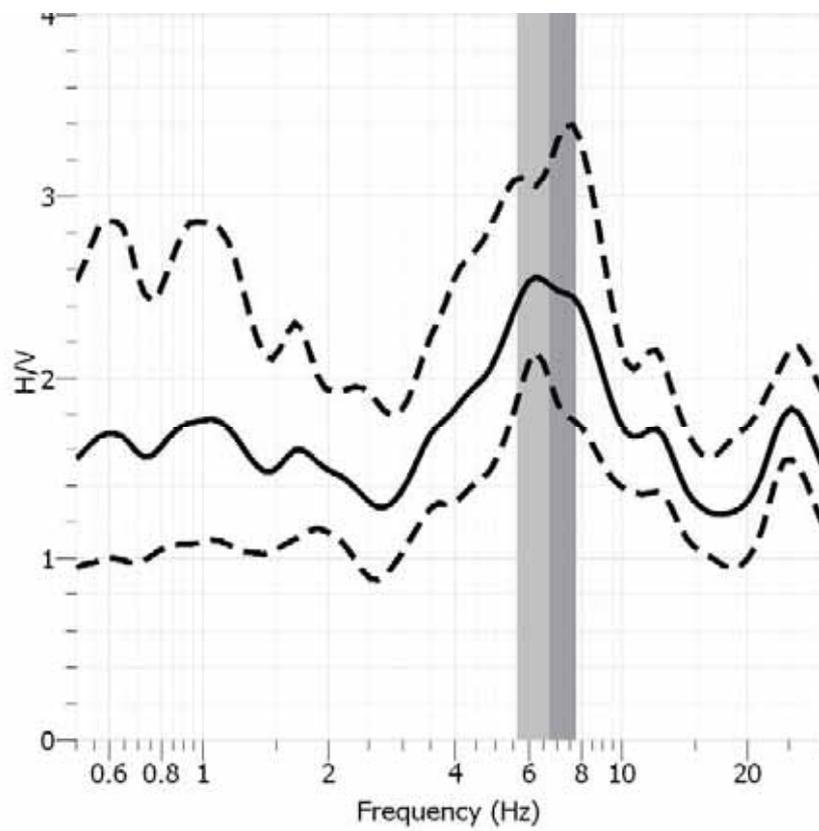
5.3.3 Elaborazione ed analisi dei dati

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:

- ◆ 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: <i>limo e argilla con sporadiche intercalazioni lapidee - poco compatto</i>	
Dal p.c. a -4/-5 m	Peso di volume Angolo di attrito Coesione Coesione non drenata	$\gamma = 1.80 \text{ t/ mc}$ $\phi = 23^\circ$ $C = 0.05 \text{ Kg/ cmq}$ $Cu = 0.4 \text{ Kg/ cmq}$
Livello B	Litologia: <i>limo e argilla con intercalazioni ghiaiose - mediamente compatto</i>	
Da -4/-5 m a -7/-9 m	Peso di volume Angolo di attrito Coesione Coesione non drenata	$\gamma = 1.90 \text{ t/ mc}$ $\phi = 25^\circ$ $C = 0.05 \text{ Kg/ cmq}$ $Cu = 0.5/ 0.6 \text{ Kg/ cmq}$
Livello C	Litologia: <i>substrato roccioso di natura marnosa e calcareo-marnosa alterato alla sommità</i>	
Oltre -7/-9 m	Peso di volume Angolo di attrito Coesione non drenata	$\gamma = 2.00 \text{ t/ mc}$ $\phi = 35^\circ$ $Cu = 0.6/ 0.8 \text{ Kg/ cmq}$

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 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 $\leq 15^\circ$ 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;

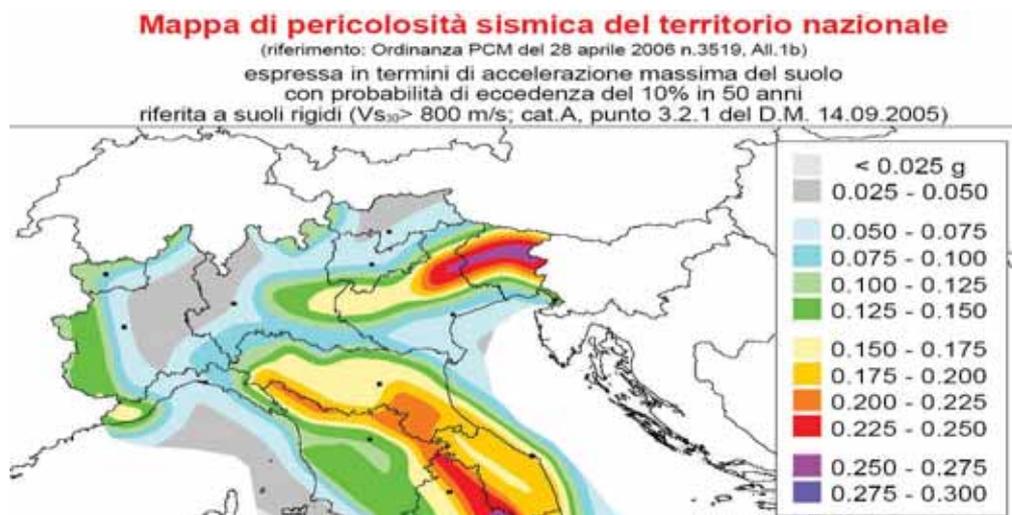
b) un'analisi più approfondita (terzo livello di approfondimento) è invece richiesta nei seguenti casi (vedere Allegato A1):

- 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 sismogenetica 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.



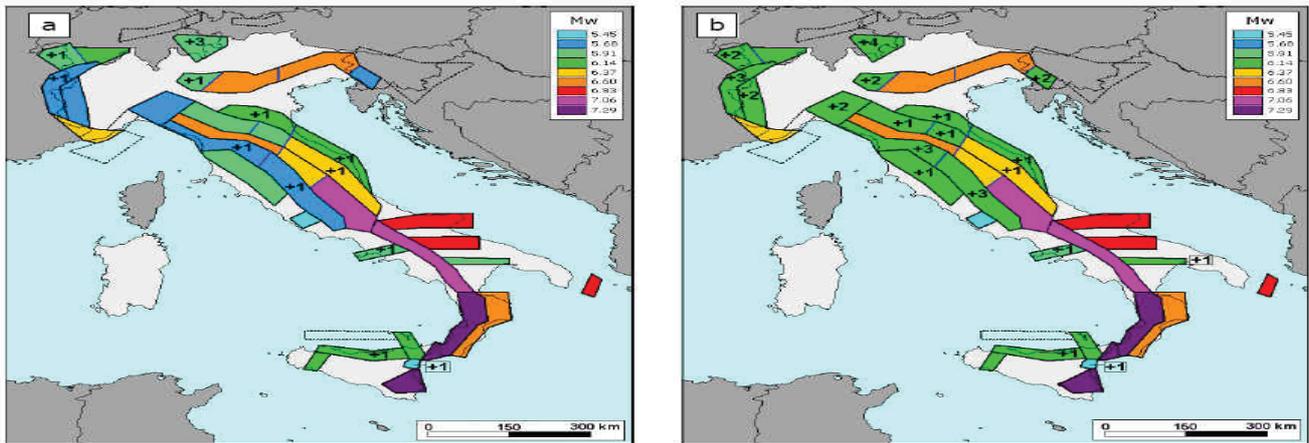


Figura 36. Valori di M_{wmax} corrispondenti ai due insiemi: a) "osservati" (M_{wmax1}); b) "cautelativi" (M_{wmax2}).

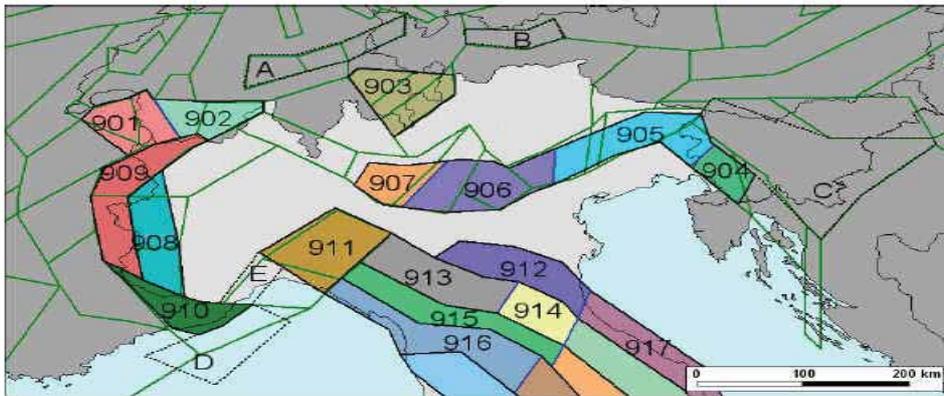


Figura 10. Zonazione sismogenetica ZS9 a confronto con la zonazione del progetto SESAME nell'area alpina (Jiménez et al., 2001; linee di colore verde).

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 a_g 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 $V_s \geq 800$ m/s si devono usare le seguenti tabelle

F.A. P.G.A.

V_{sH} 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 - $0.1s < T_0 < 0.5s$

V_{sH} 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 - $0.5s < T_0 < 1.0s$

V_{sH} 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 nella 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 ($V_s > 800$ m/s) prevista per il Comune di Nibbiano è di 0.098g.

7.5 SPETTRO DI RIPOSTA (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=0.098 per il comune di Nibbiano e il fattore di amplificazione (1.9), è stato calcolato lo spettro di risposta del sito d'interesse.

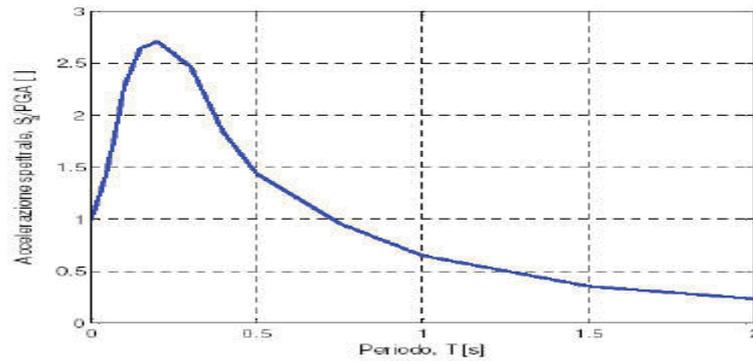
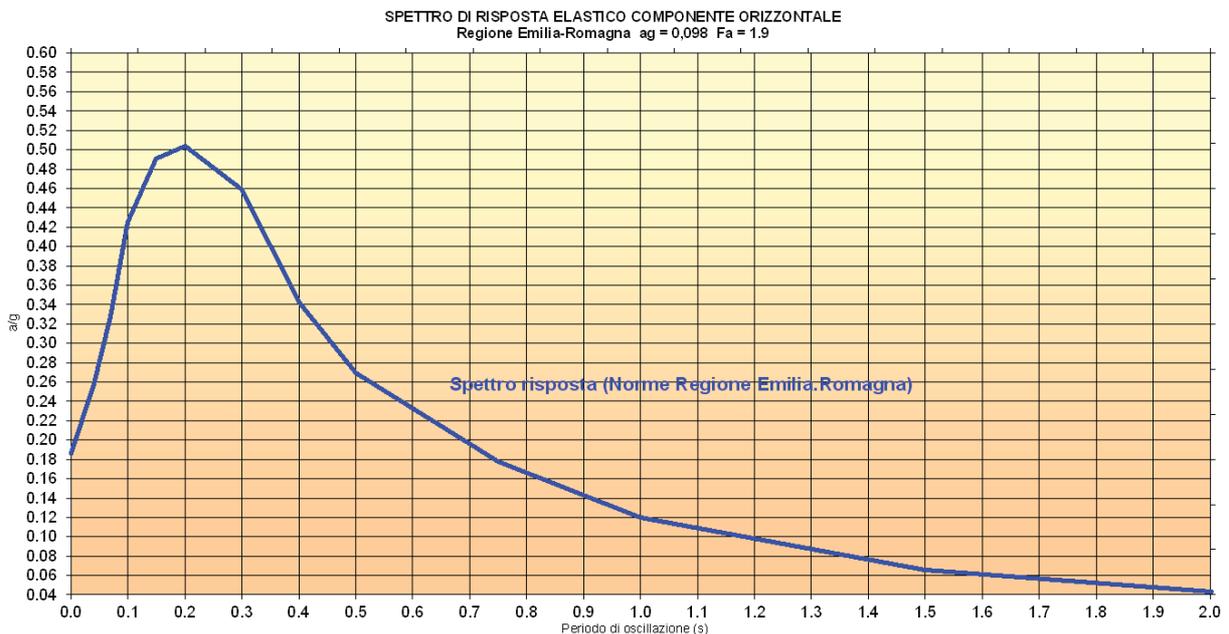


Figura 1 - Spettro di risposta normalizzato ($T_R = 475$ anni, smorzamento = 5%) per l'Emilia-Romagna

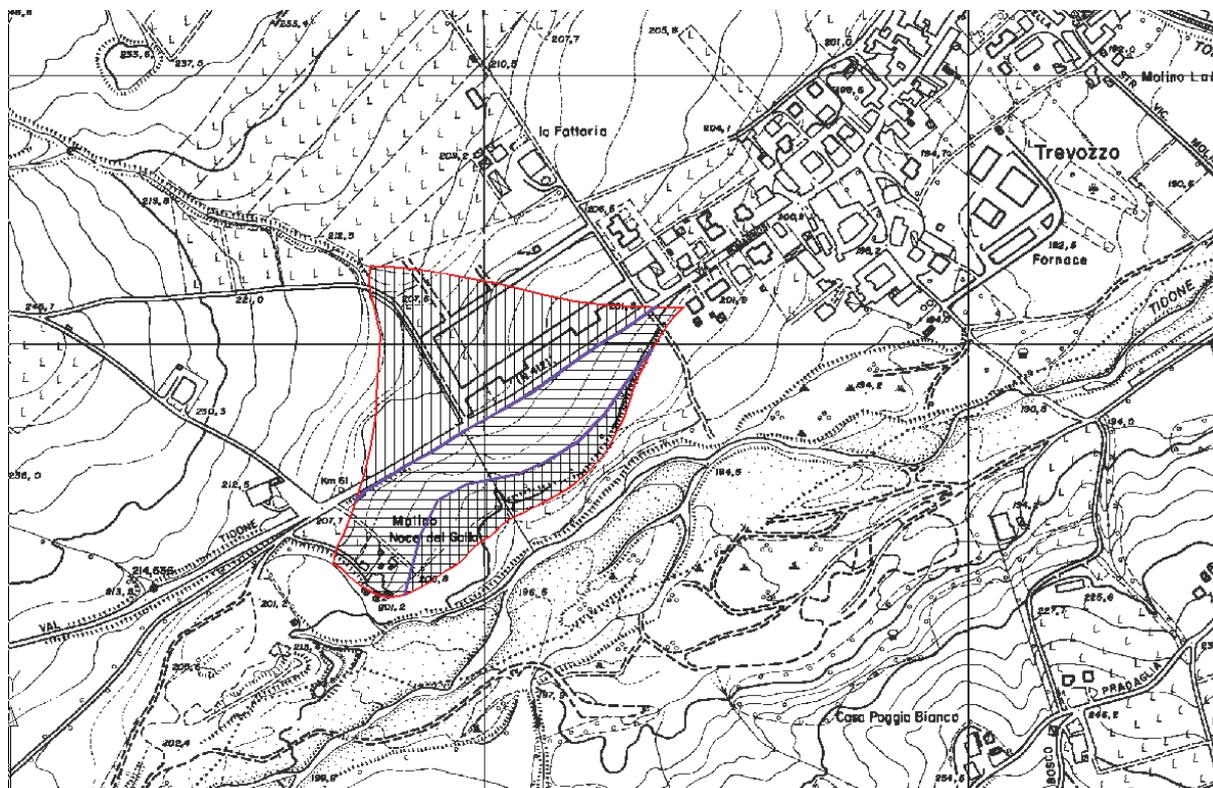
CONOIDE CASAZZA Loc. TREVOZZO - NIBBIANO



Spettro di risposta 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 contraddistinti 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 ampliamenti 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

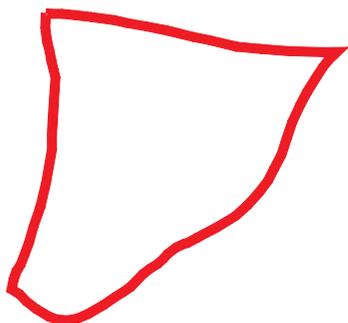
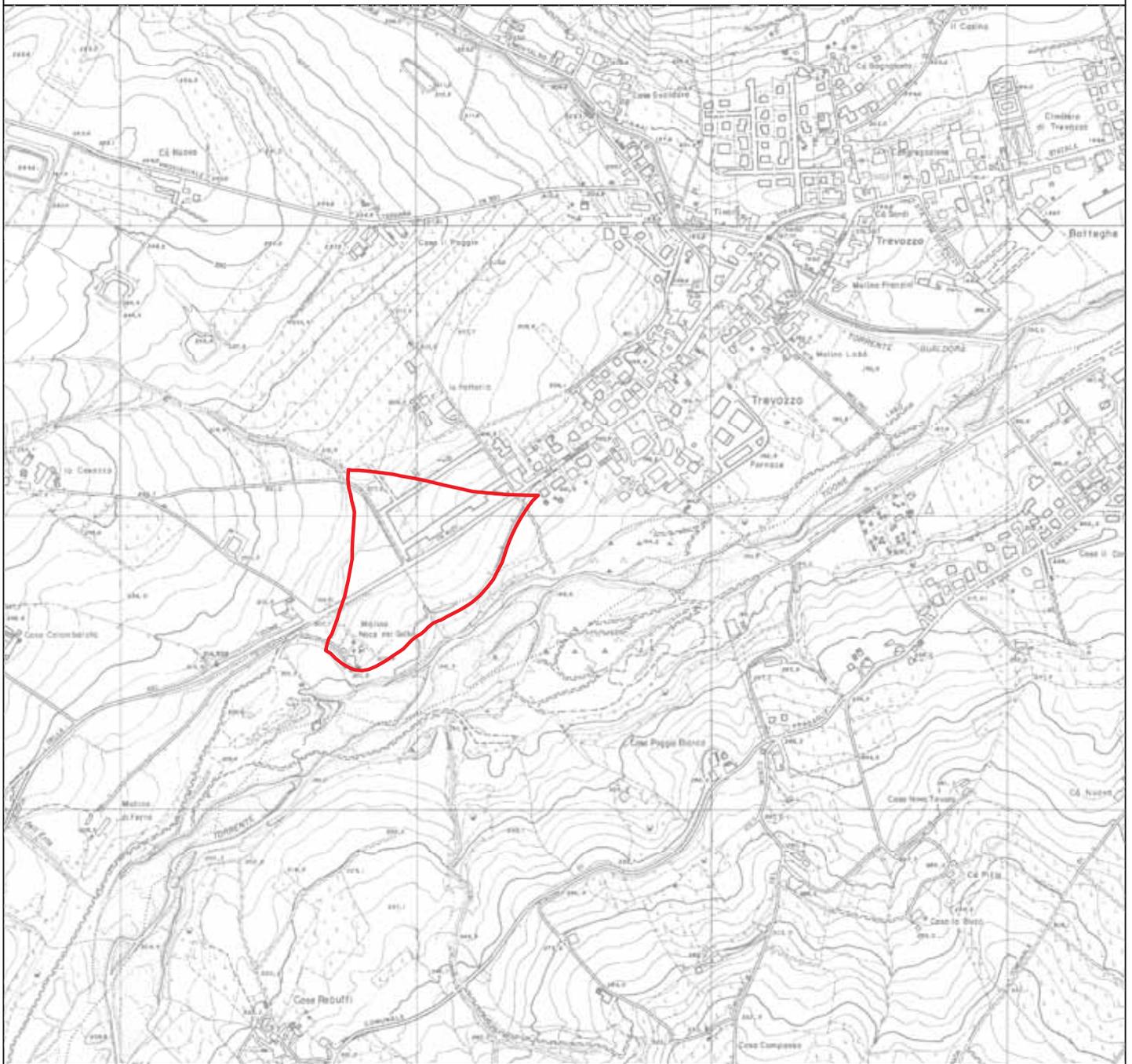
Dott. Alberto Lepori



ALLEGATI

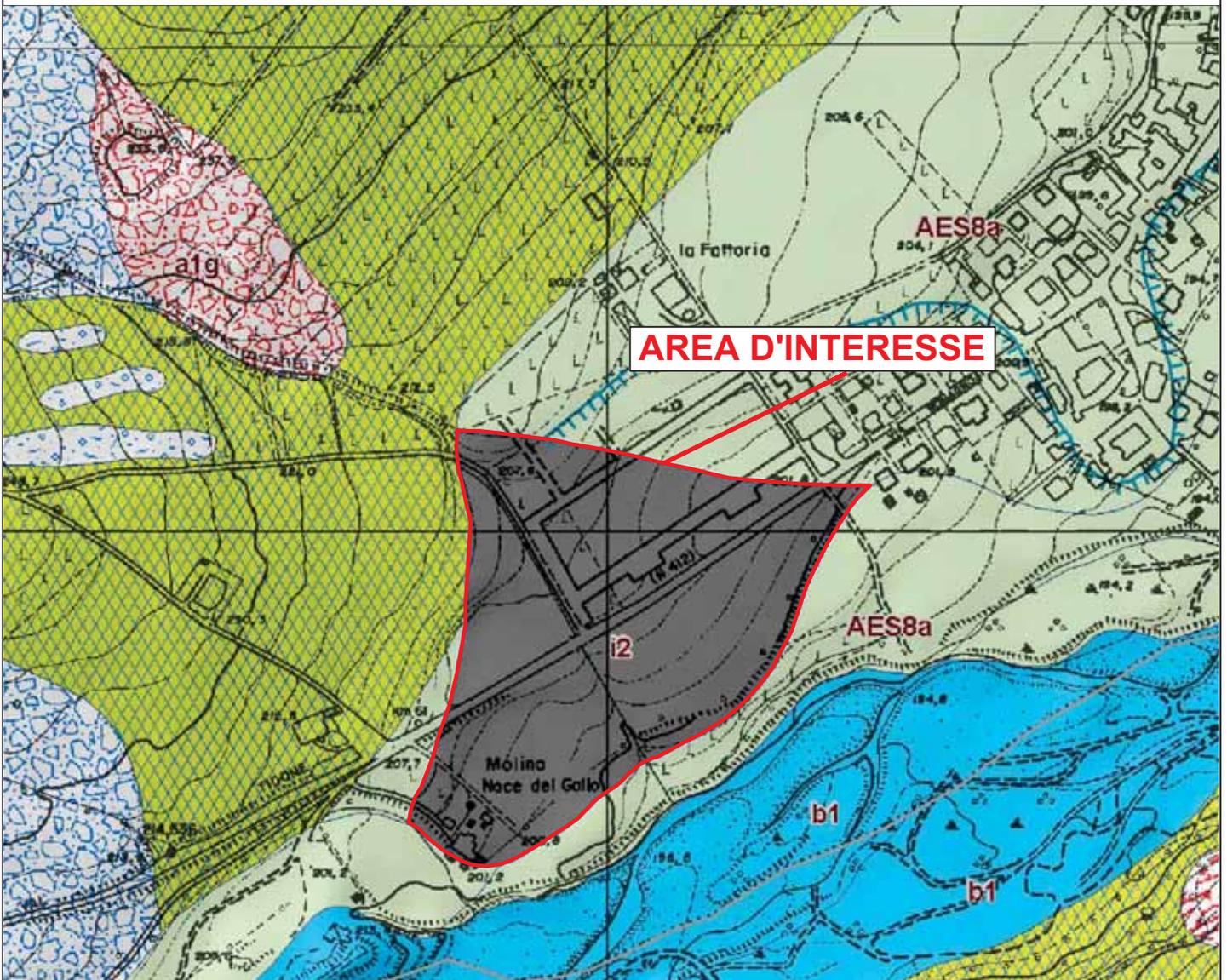
INQUADRAMENTO TERRITORIALE

Scala 1:10000



Area considerata

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

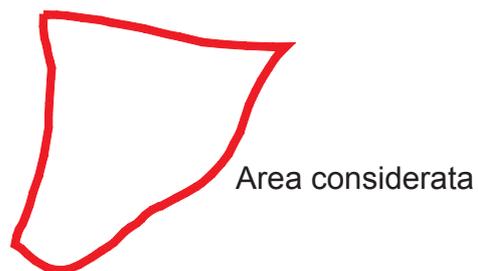


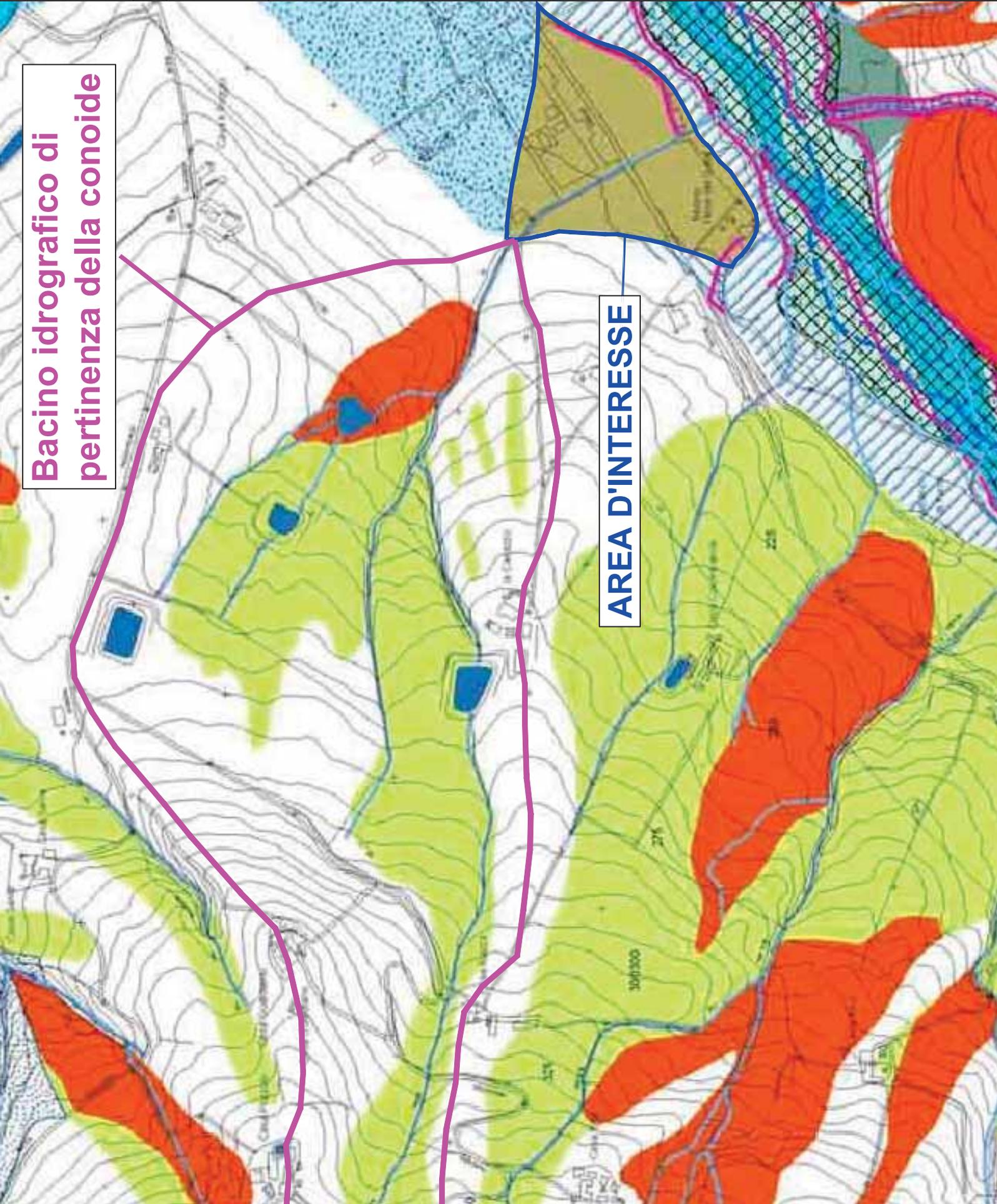
Fig.2

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

CARTA D Estra

Bacino idrografico di
pertinenza della conoide

AREA D'INTERESSE

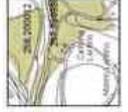


Elementi morfologici

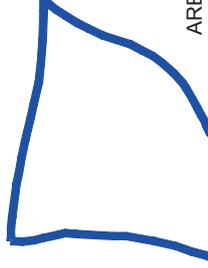
- Area di frana attiva:**
Accumuli gravitativi caotici di materiali con evidenti movimenti in atto.
- Area di frana quiescente:**
Accumuli gravitativi caotici di materiali attualmente quiescenti o stabilizzati.
- Area di frana stabilizzata o nei momenti gravitativi quiescenti di cui presentazio con profili regolari, vegetazione.**

Depositi alluvionali attuali:

- Giacche sciolte eterogenee ed eterometriche, a matrice sabbiosa.
- Alveo di magra del torrente
- Depositi alluvionali in evoluzione di vegetazione e corrispondenti ad
- Depositi alluvionali terrazzati
Giacche a matrice limoso-sabbiosa, bruno-giallastro (2,5 Y 4/2 "Meno")
- Depositi alluvionali terrazzati e di di piane eccezionali
- Cliticone Superiore
- Depositi alluvionali terrazzati
Giacche a prevalente matrice limosa di colore bruno-pallido scuro o 2,5 Y 5/2, 4/2 "Mansfield Soil Chart")
- Cliticone medio-superiore
- Depositi alluvionali terrazzati
Successioni di ghiaie, sabbie e limi di copertura a prevalente colore bruno (Mansfield Soil Chart 3).
- Platiscione Superiore" - Cliticone



Conoide alluvionale



Studio ge
della conoide "in
in loc
- Comune c
"Classificazione del ri
il

PLANIMETRIA

INDAGINI SISMICHE

G1 **P1** G22

Trac

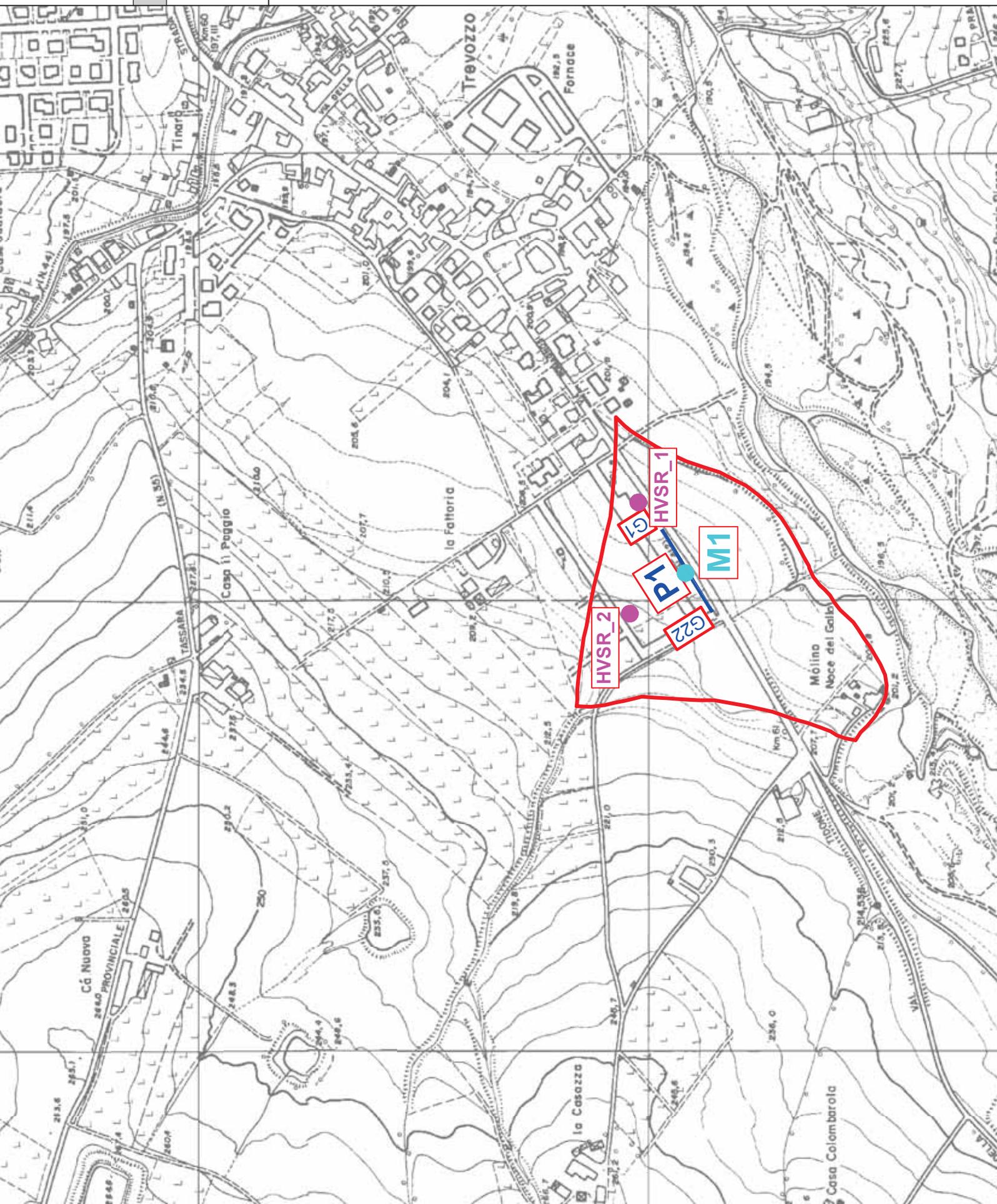
M1

Pro

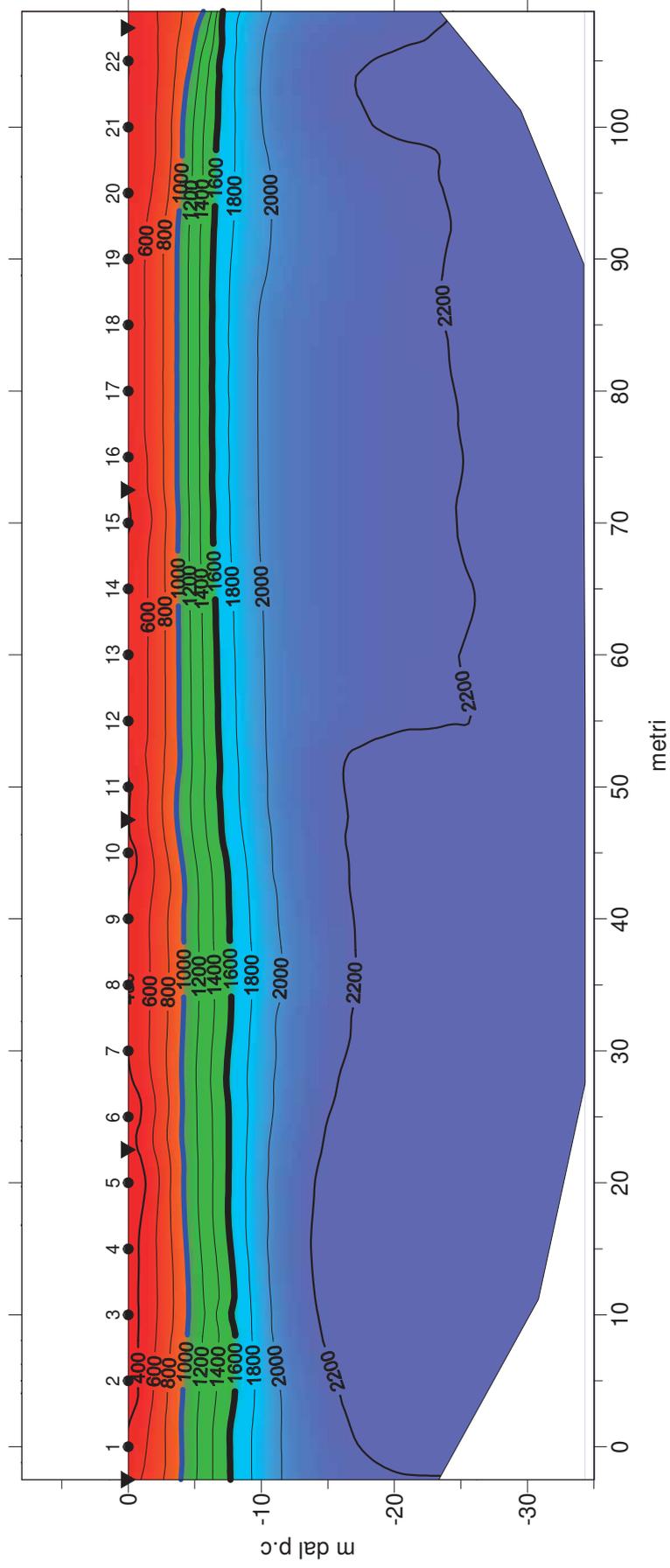
HVSR

Pro

AREA



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



Scala 1:500

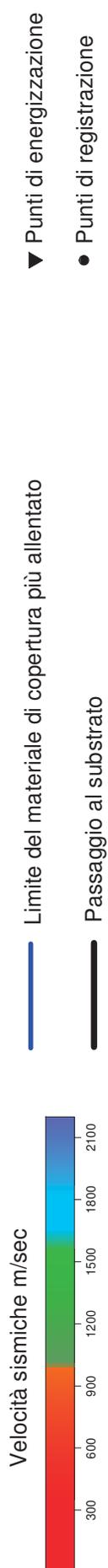
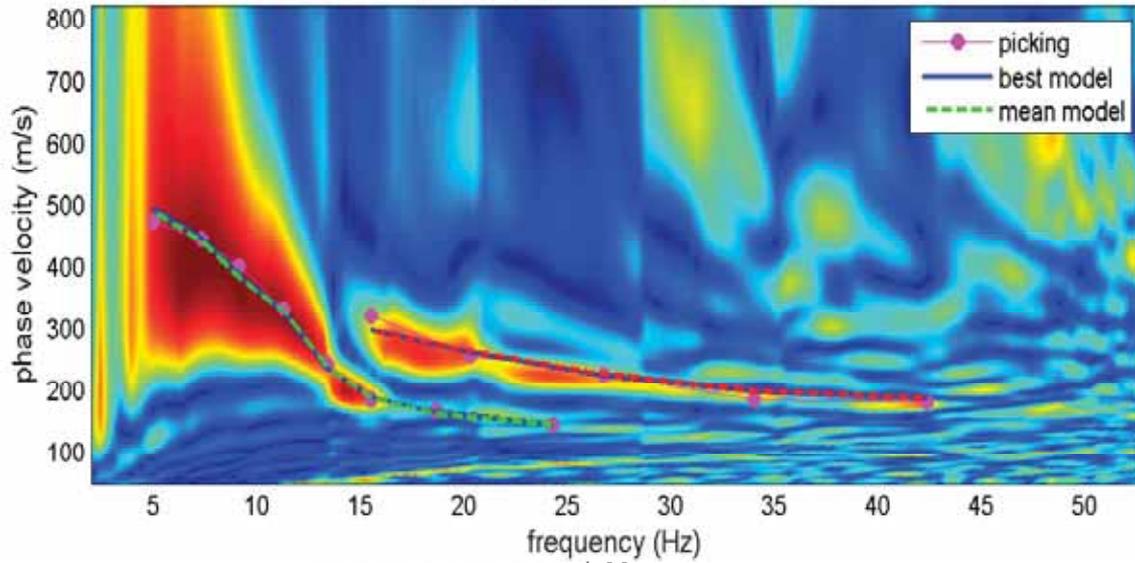
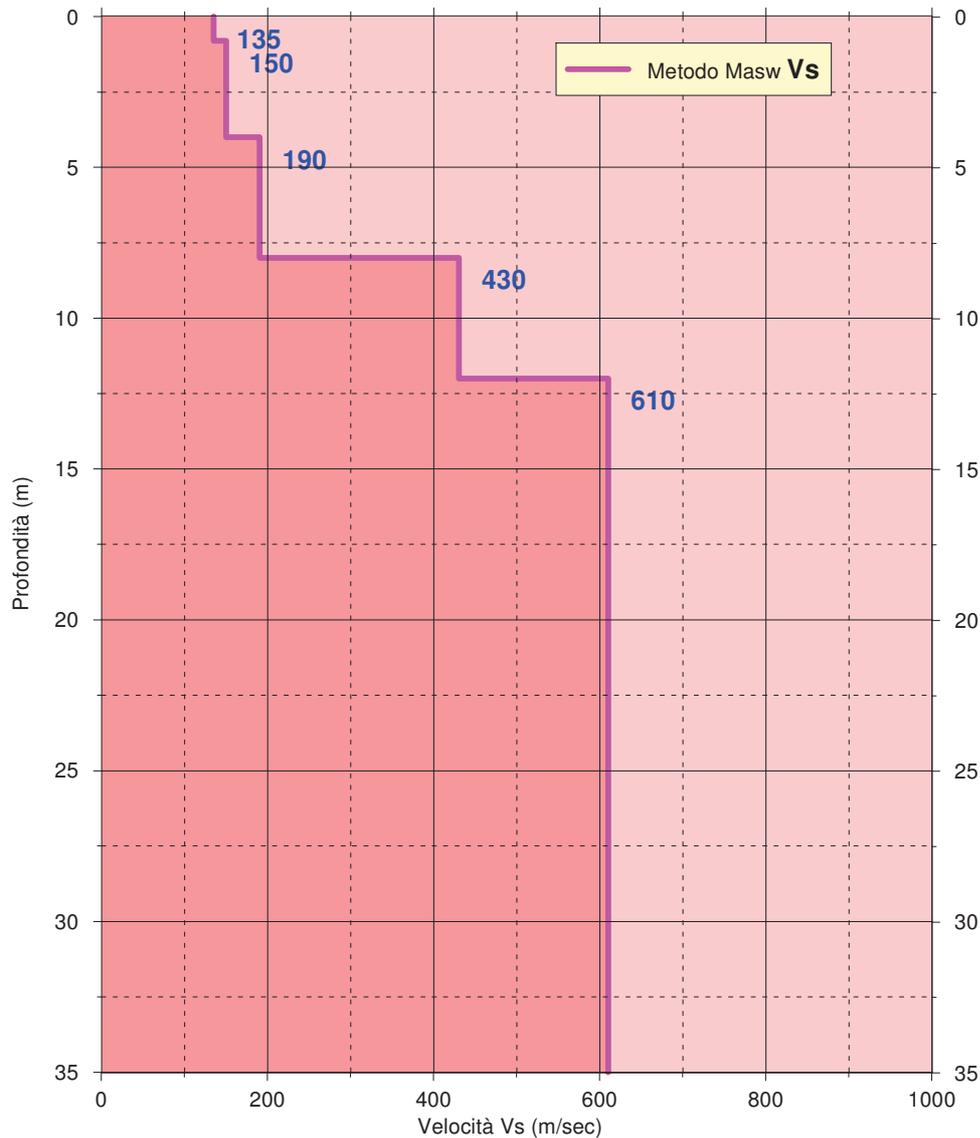


Fig.5

SPETTRO VELOCITA' DI FASE - FREQUENZA CON CURVA DISPERSIONE
 velocity spectrum & dispersion curve



PROFILO VELOCITÀ Vs



Vs30 dal p.c = 345

SUOLO DI FONDAZIONE TIPO "C"

Fig.6



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.

Adriano Baldini



Dott. Geologo Adriano Baldini

Nibbiano 30/09/2015 – rev. 01

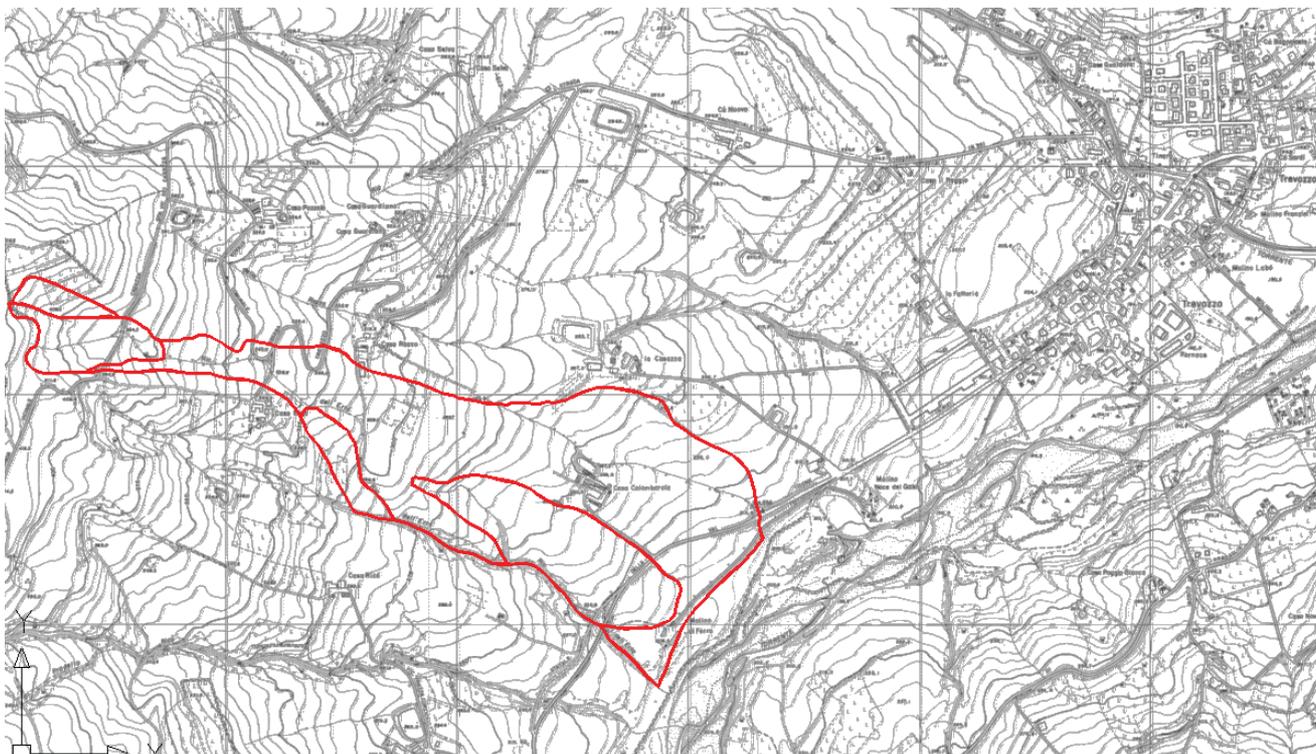
Sommario

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 <i>Cenni metodologici</i>	11
5.1.2 <i>Modalità esecutive</i>	11
5.1.3 <i>Strumentazione utilizzata</i>	11
5.1.4 <i>Elaborazione</i>	12
5.1.5 <i>Analisi dei risultati</i>	13
5.2 PROVE PER LA DETERMINAZIONE DEL PROFILO DI VELOCITA' DELLE ONDE SISMICHE "S"	13
5.2.1 <i>Cenni metodologici</i>	14
5.2.2 <i>Modalità esecutive</i>	14
5.2.3 <i>Commento dei risultati</i>	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 <i>Analisi di stabilità in condizioni pseudostatiche</i>	22
7.6.2 <i>Analisi di stabilità dinamica (Metodo di NEWMARK)</i>	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.

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.

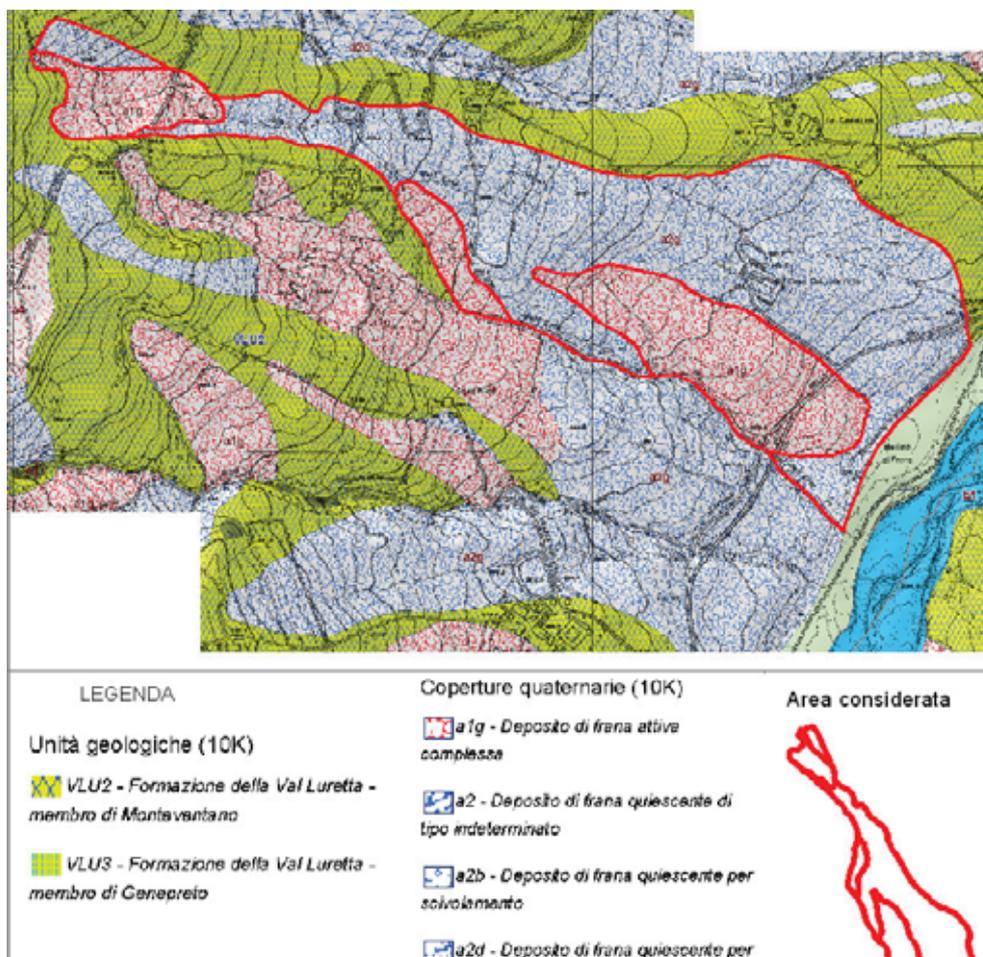
L'indagine geologico-sismica, conforme a quanto previsto dalla delibera del 2 Maggio 2007, n.112, in materia antisismica, ha compreso le seguenti fasi di studio:

- 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. I NQUADRAMENTO 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 arenaceo-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

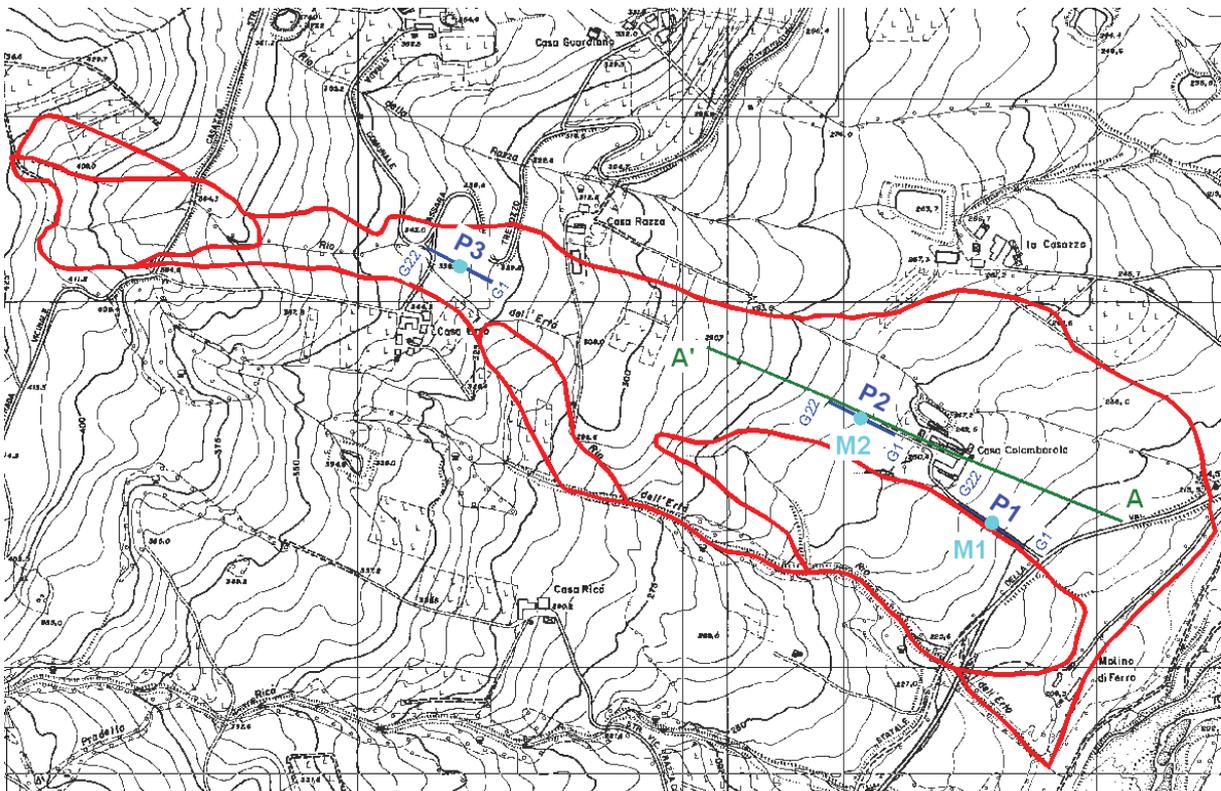
4. INQUADRAMENTO IDROLOGICO E IDROGEOLOGICO

Data la morfologia 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 spazati 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”

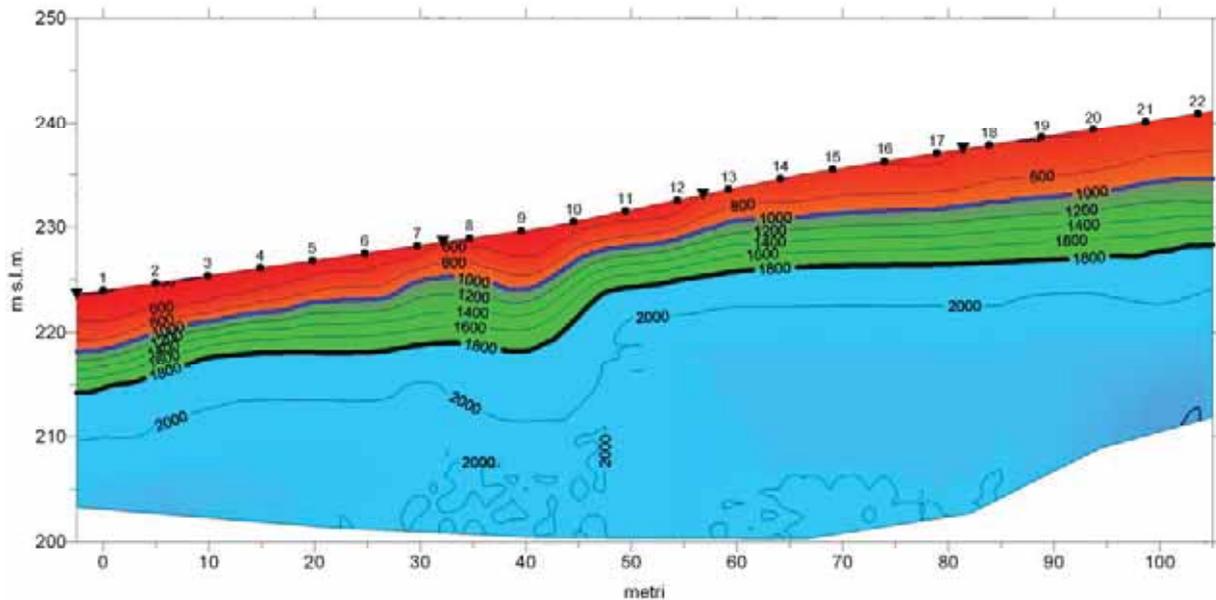
L'attrezzatura utilizzata è composta da:

- 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 verticali, 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 evidenzia 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"

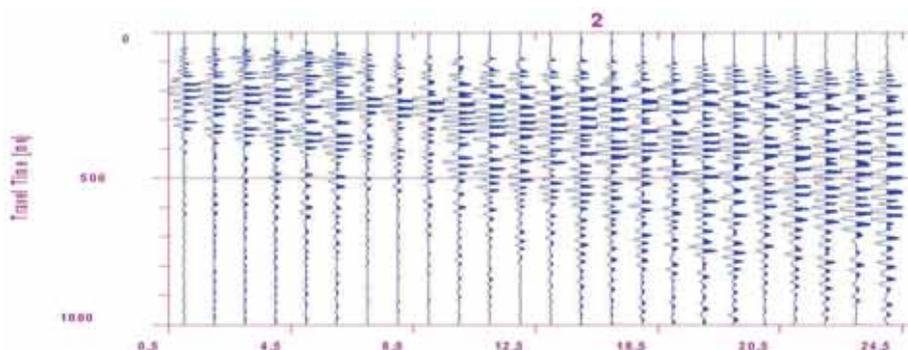
Per la determinazione del profilo di velocità delle onde "S" e della categoria del suolo di fondazione è stato utilizzato il metodo "Masw". I profili "Masw" sono stati realizzati in corrispondenza degli stendimenti sismici P1 e P2.

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 avvalorata 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

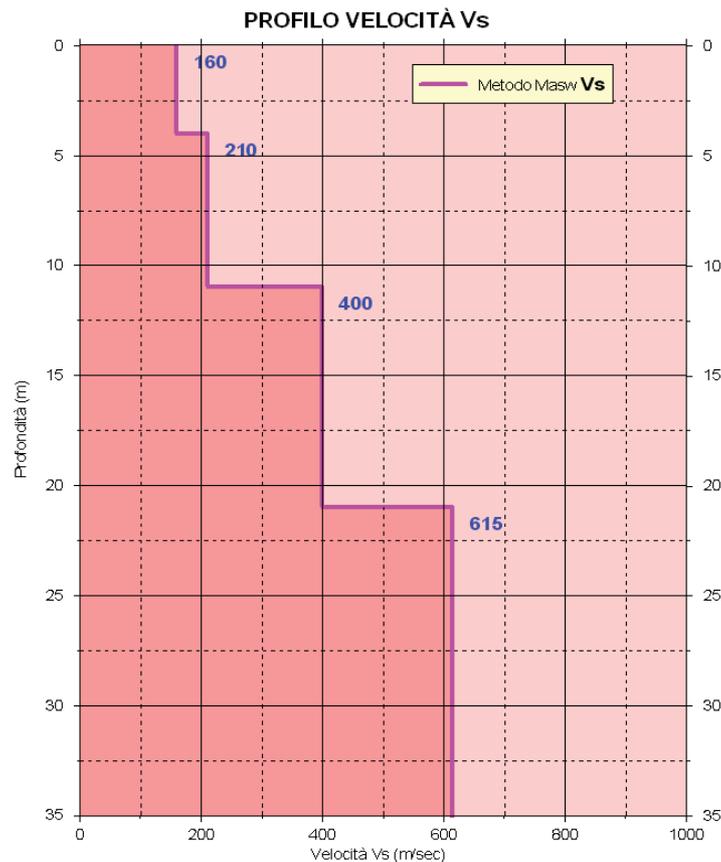
Sono stati realizzati 2 stendimenti di 22 geofoni, con distanza intergeofonica di 5 m. La lunghezza delle registrazioni è stata di 1 sec, con un passo di campionamento di 0.25 ms.



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 ($V_s < 200$ 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 ($V_s > 800$ 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: <i>limo e argilla con trovanti da poco a mediamente addensato</i>	
Dal p.c. a -4/-6 m	Peso di volume Peso di volume saturo Angolo di attrito di picco Angolo di attrito residuo Coesione	$\gamma = 1.85 \text{ t/ mc}$ $\gamma = 2.1 \text{ t/ mc}$ $\phi = 18^\circ$ $\phi = 15^\circ$ $C = 0.03 \text{ Kg/ cmq}$
Livello B	Litologia: <i>imo e argilla con trovanti mediamente addensato</i>	
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	$\gamma = 1.90 \text{ t/ mc}$ $\gamma = 2.1 \text{ t/ mc}$ $\phi = 22^\circ$ $\phi = 19^\circ$ $C = 0.05 \text{ Kg/ cmq}$
Livello C	Litologia: <i>substrato di natura prevalentemente argillosa</i>	
da -10/-12 m a -20/-22 m	Peso di volume Peso di volume saturo Angolo di attrito di picco Coesione	$\gamma = 2.10 \text{ t/ mc}$ $\gamma = 2.15 \text{ t/ mc}$ $\phi = 26^\circ$ $C = 0.05 \text{ Kg/ cmq}$
Livello D	Litologia: <i>substrato roccioso a prevalente componente calcareo-marnosa mediamente compatto</i>	
Oltre -20/-22 m	Peso di volume Angolo di attrito	$\gamma = 2.25 \text{ t/ mc}$ $\phi = 40^\circ - 45^\circ$

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 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 $\leq 15^\circ$ 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;

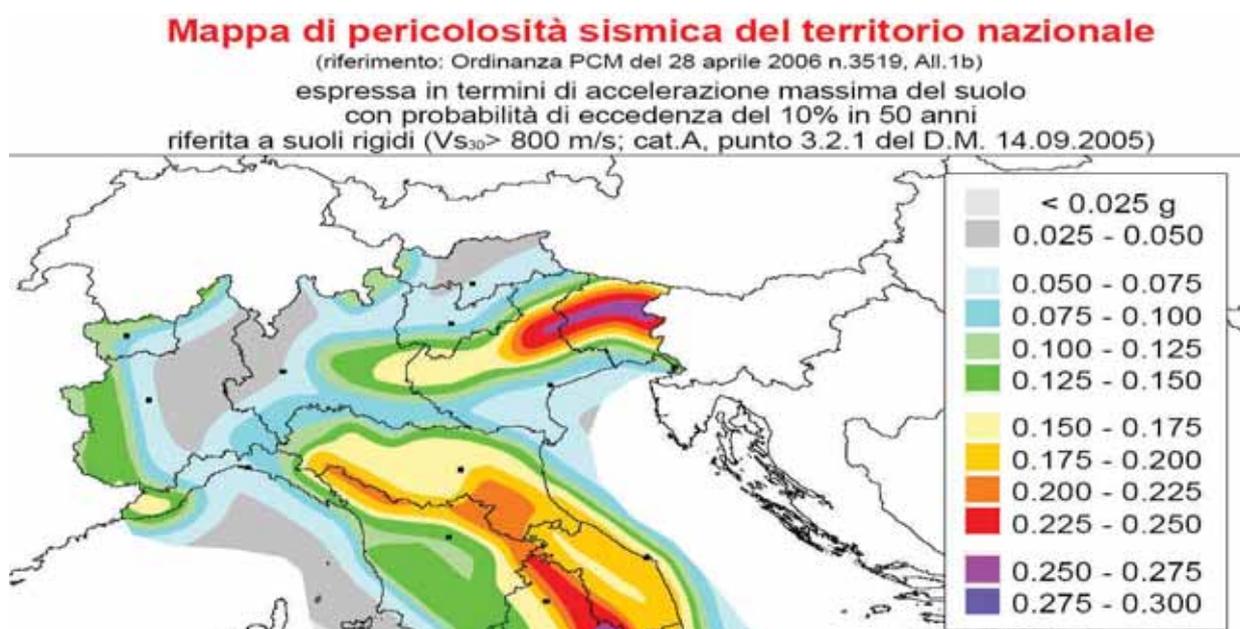
b) un'analisi più approfondita (terzo livello di approfondimento) è invece richiesta nei seguenti casi (vedere Allegato A1):

- 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 simogenetica 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.



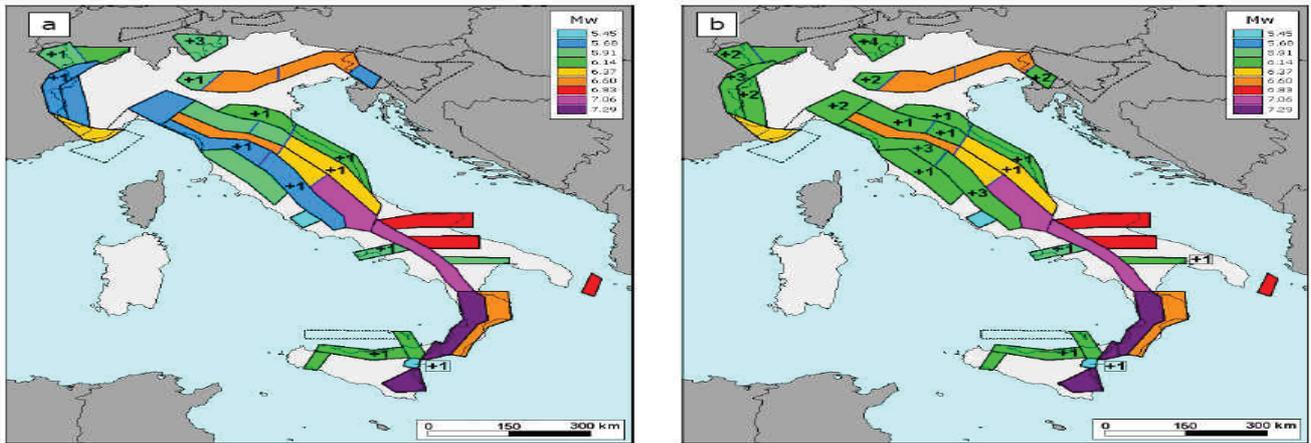


Figura 36. Valori di M_{wmax} corrispondenti ai due insiemi: a) "osservati" (M_{wmax1}); b) "cautelativi" (M_{wmax2}).

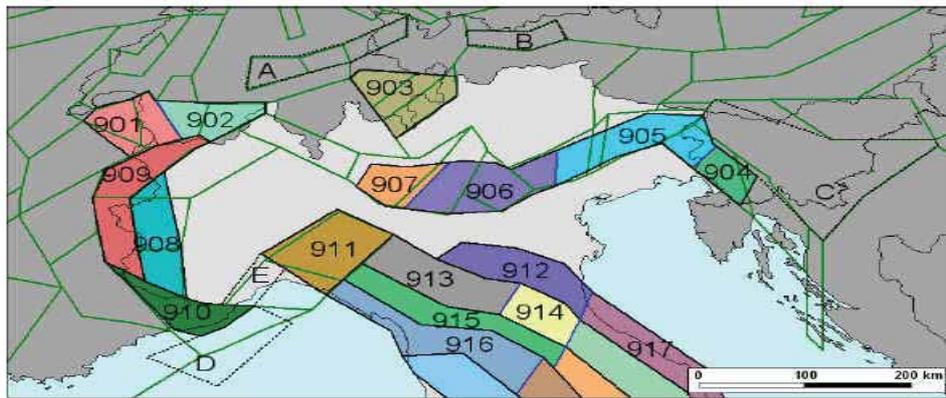


Figura 10. Zonazione sismogenetica ZS9 a confronto con la zonazione del progetto SESAME nell'area alpina (Jiménez et al., 2001; linee di colore verde).

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 $V_s \geq 800$ m/s si devono usare le seguenti tabelle

F.A. P.G.A.

V_{sH} 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 - $0.1s < T_0 < 0.5s$

V_{sH} 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 - $0.5s < T_0 < 1.0s$

V_{sH} 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 V_s sono riassunti nella 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 ($V_s > 800$ m/s) prevista per il Comune di Nibbiano è di 0.098g.

7.5 SPETTRO DI RI SPOSTA (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 a_{refg} 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 $a_{refg}=0.098$ per il comune di Nibbiano e il fattore di amplificazione (1.9), è stato calcolato lo spettro di risposta del sito d'interesse.

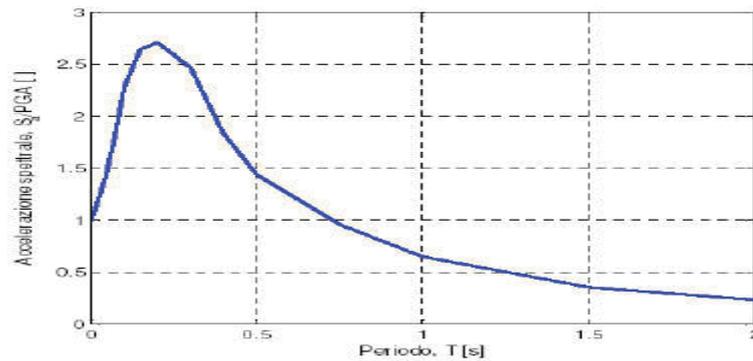
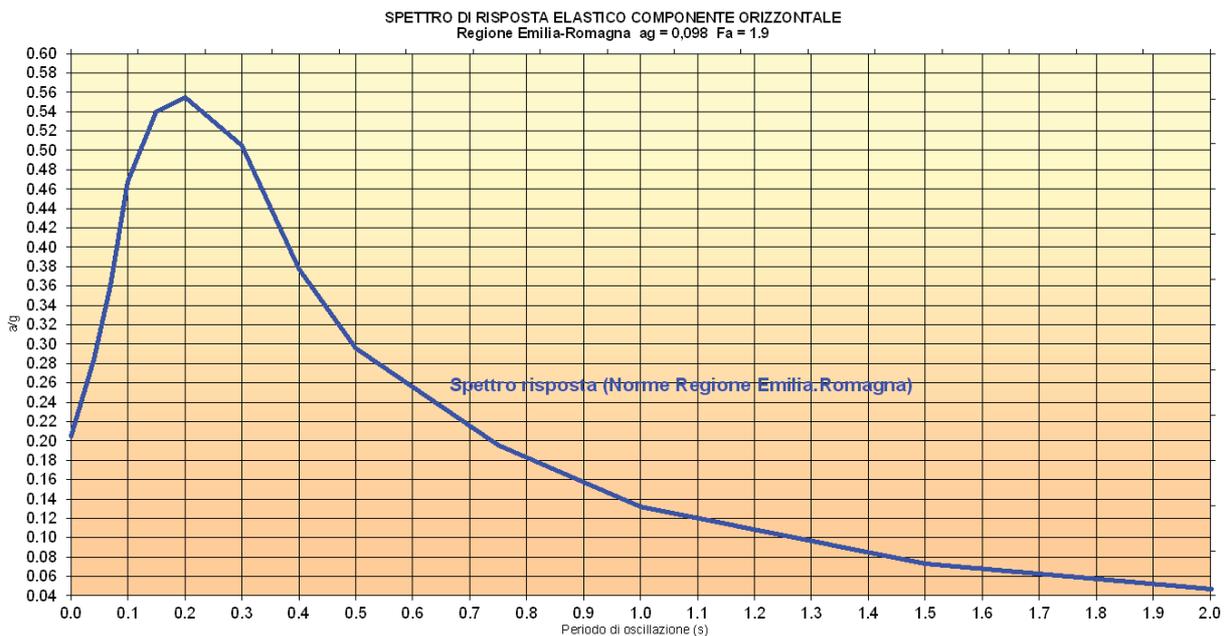


Figura 1 - Spettro di risposta normalizzato ($T_R = 475$ anni, smorzamento = 5%) per l'Emilia-Romagna

Loc. COLOMBAROLA - NIBBIANO



7.6 ANALISI DELLA STABILITA' DEL VERSANTE SIA IN CONDIZIONI PSEUDOSTATICHE CHE SISMICHE - 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.

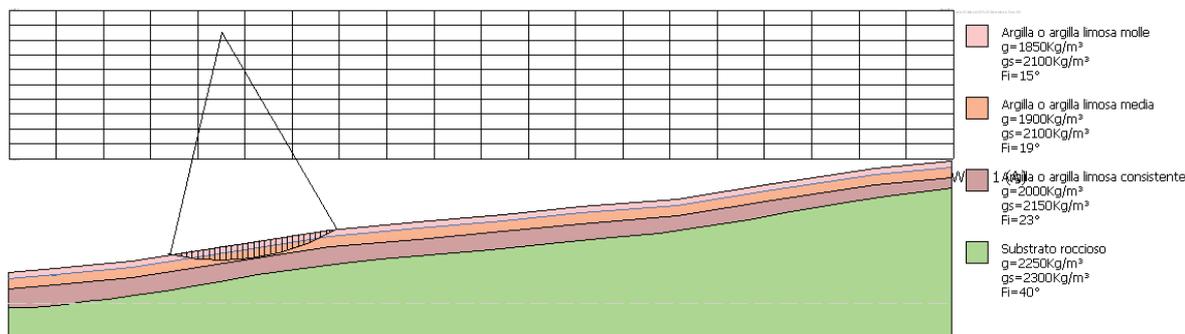
Stratigrafia											
1 Angolo resistenza al taglio: Residuo											
Nr.	DB	Peso unità di volume (Kg/m ³)	Peso saturo (Kg/m ³)	Coesione (kg/cm ²)	Coesione non drenata (kg/cm ²)	Angolo resistenza al taglio picco (°)	Angolo resistenza al taglio residuo (°)	Permeabilità (m/s)	Dati aggiuntivi ...	Texture ...	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 a_g di 0.098×1.9 (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.

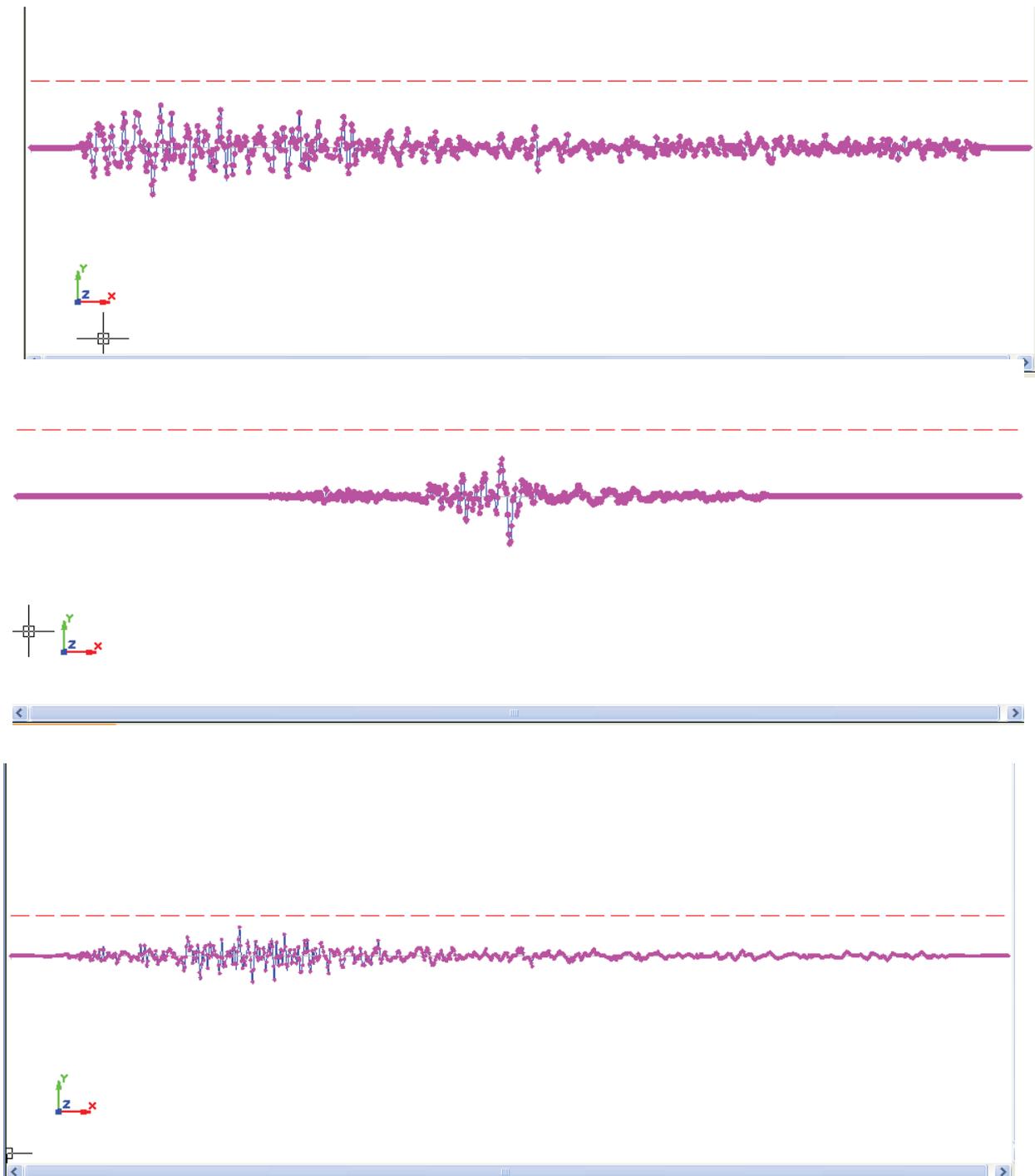


Verifica di stabilità del versante

7.6.2 Analisi di stabilità dinamica (Metodo di NEWMARK)

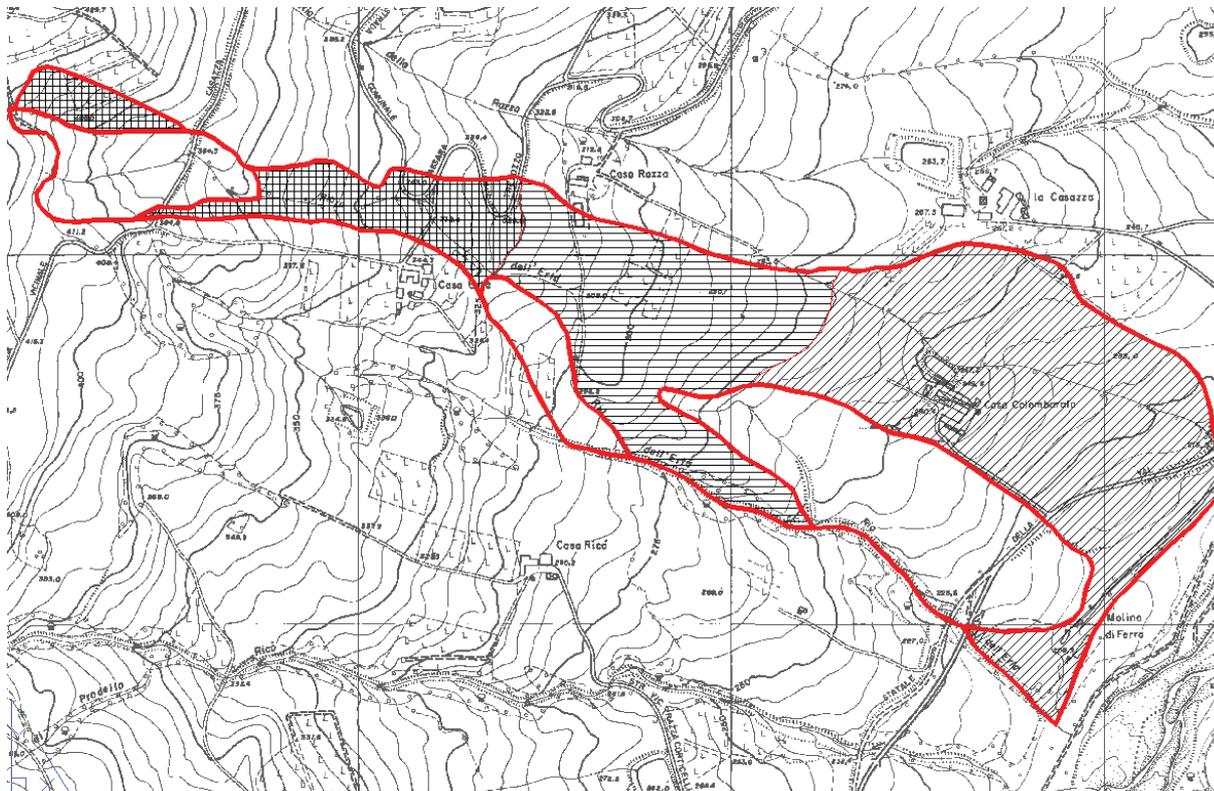
Le verifiche in condizioni sismiche dinamiche (semplificate) sono state realizzate utilizzando come input gli accelerogrammi forniti dalla Regione Emilia-Romagna per il Comune di Nibbiano.

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 spostamenti è rappresentato dalla linea rossa tratteggiata.



8. ZONIZZAZIONE DEL RISCHIO DEL CORPO DI FRANA QUI ESCENTE

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 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 Razzo, pur in assenza di movimenti gravitativi significativi, si ritiene opportuno attribuirgli un grado di rischio leggermente superiore (**R3**), rischio medio.

Alla parte alta (vecchia nicchia di distacco), caratterizzata 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 QUI ESCENTE 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 ampliamenti 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

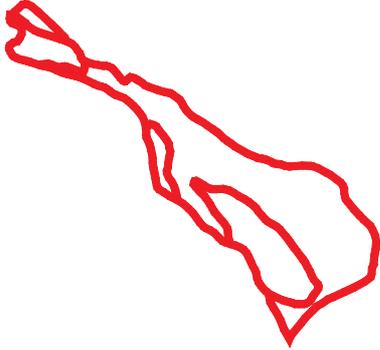
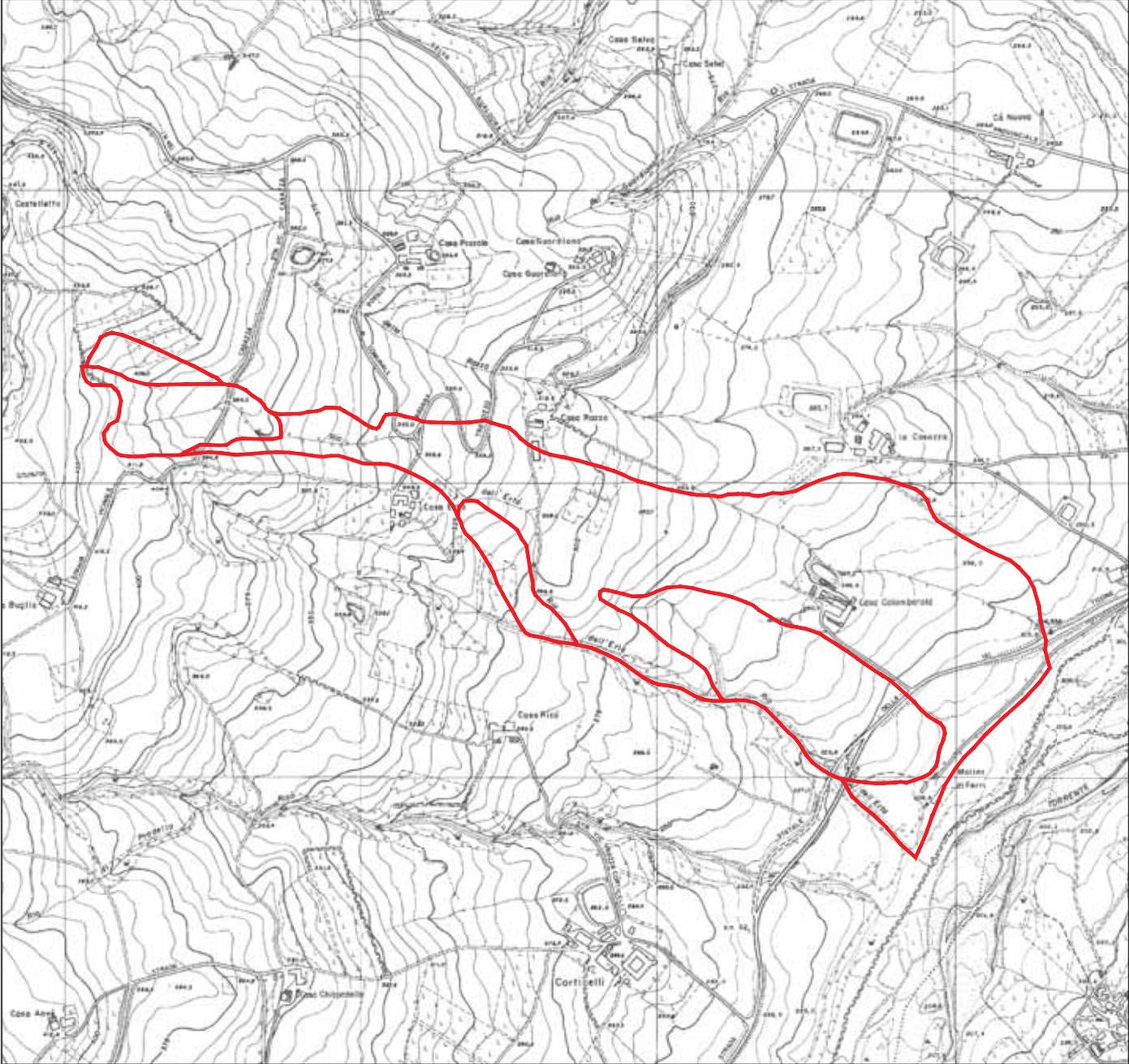
Dott. Geologo Adriano Baldini

Dott. Geologo Alberto Lepori

ALLEGATO 1

INQUADRAMENTO TERRITORIALE

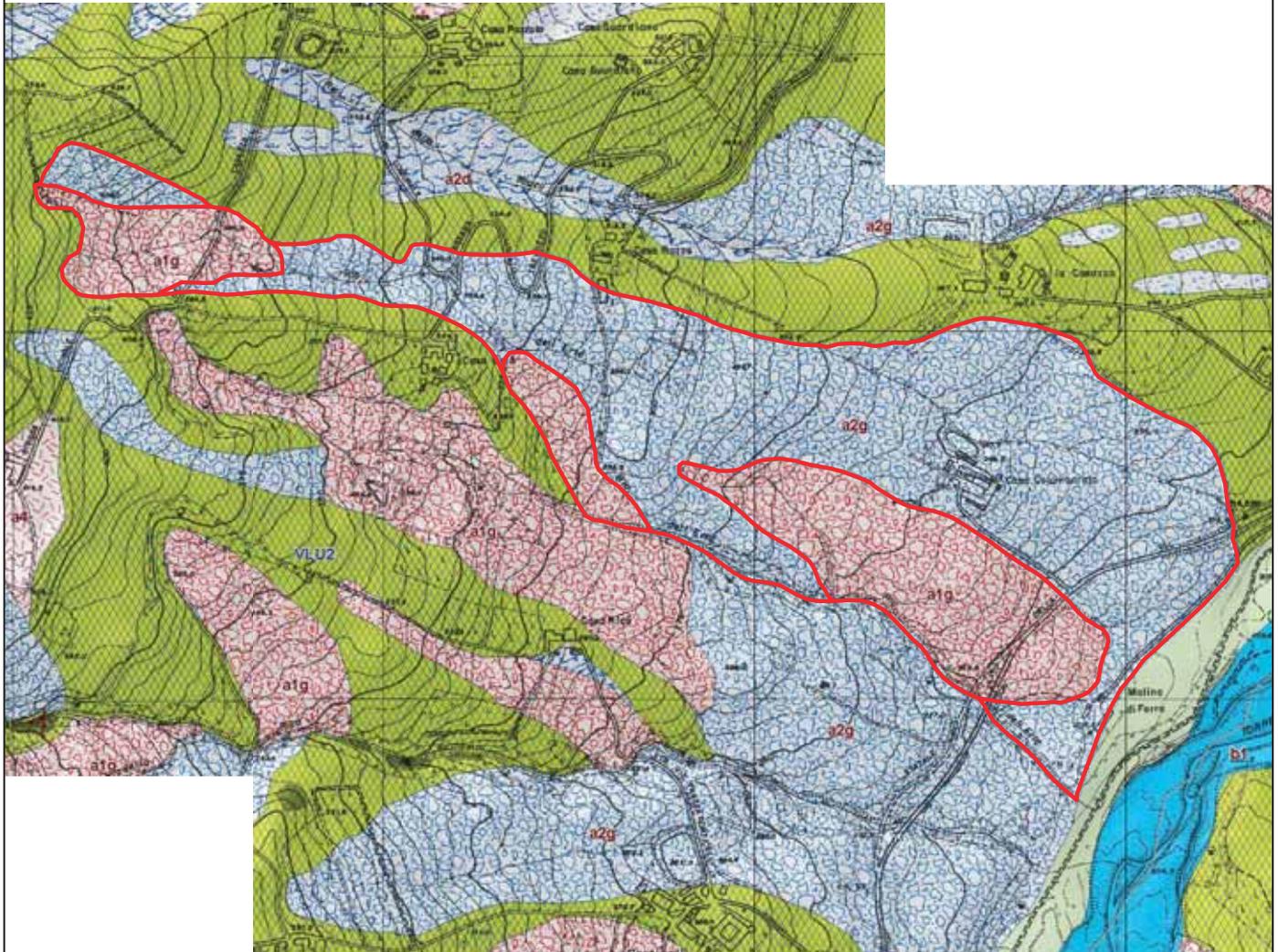
Scala 1:10000



Area considerata

Fig. 1

ESTRATTO CARTA GEOLOGICA REGIONALE
Scala 1:9000



LEGENDA

Unità geologiche (10K)

 VL U2 - Formazione della Val Luretta - membro di Monteventano

 VL U3 - 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

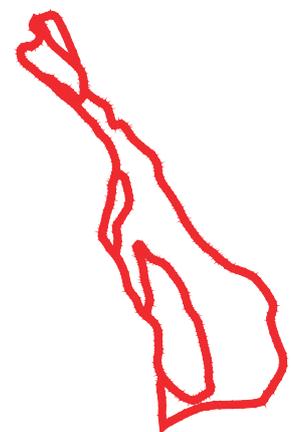


Fig.2

Area di studio

CARTA D Estra

Elementi morfologici



Area di frana attiva:
Accumulati gravitativi carichi di materiali
con evidenti movimenti in atto.

Area di frana quiescente:
Accumulati gravitativi carichi di materiali
attualmente quiescenti o stabilizzati.

**Area di frana stabilizzata o nel
movimento gravitativo quasi-stabile**
presentata con profili regolari, vege-
tazione.

Depositi alluvionali attuali:



Già sciolte eterogenee ed eterometriche, a mat-
rice sabbia-argilla.

Aree di magra del torrente

Depositi alluvionali in evoluzione in
vegetazione e corrispondenti ad



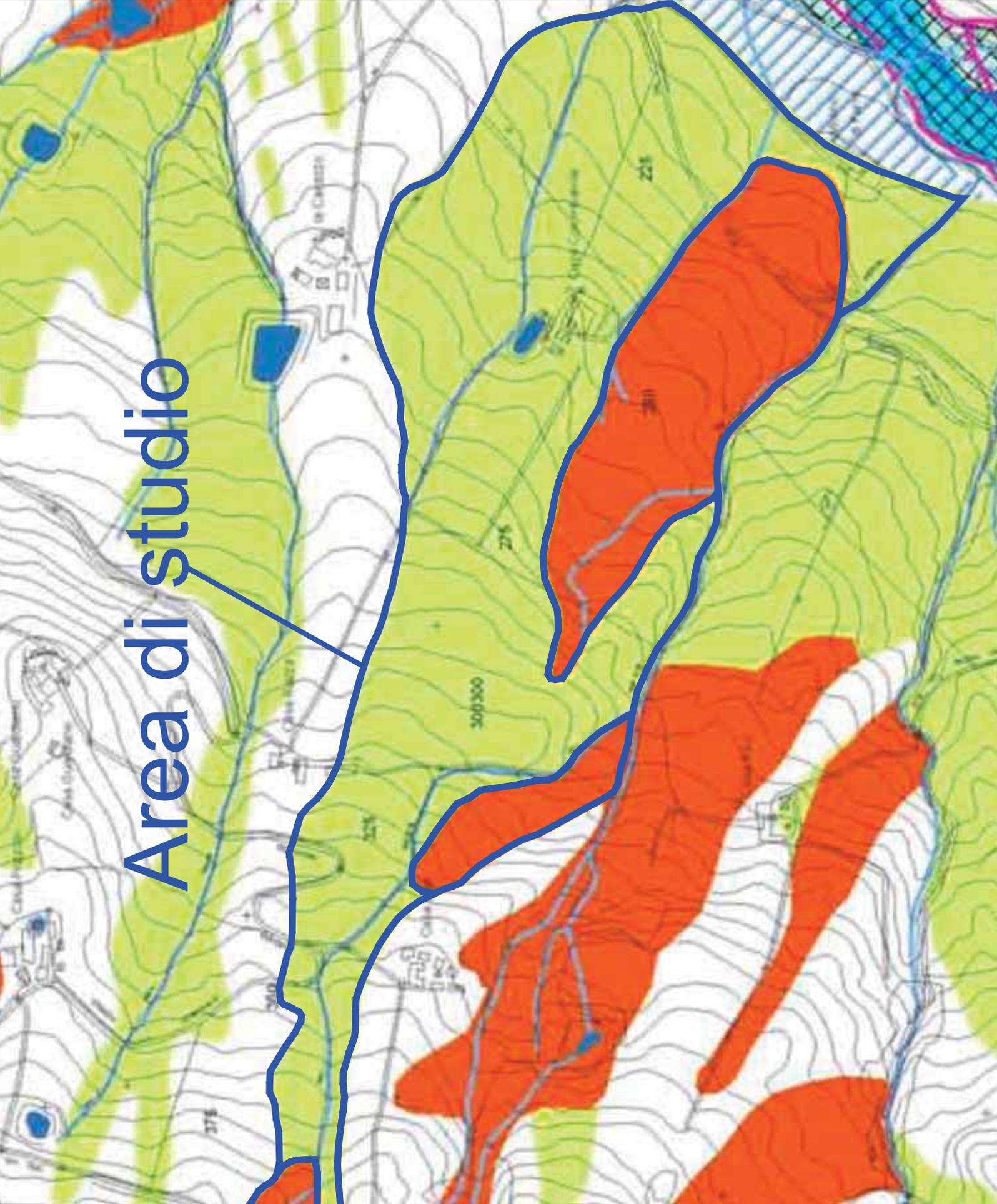
Depositi alluvionali terrazzati
Già a matrice limo-sabbia-
bruno-giallastro (2,5 Y 4/2 "Hum")
[Depositi alluvionali terrazzati e di
pietre occasionali]
Olivone-Superiore.



Depositi alluvionali terrazzati
Già a prevalente matrice limosa
di colore bruno-giallastro scuro o
2,5 Y 5/2, 4/2 "Humid Soil Chiaro".
Olivone medio-superiore.



Depositi alluvionali terrazzati
Successioni di ghiaie, sabbie e limi
di copertura a prevalente colore
"Humid Soil Chiaro".
"Alluvione Alpinerer" - Olivone.



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

PLANIMETRIA

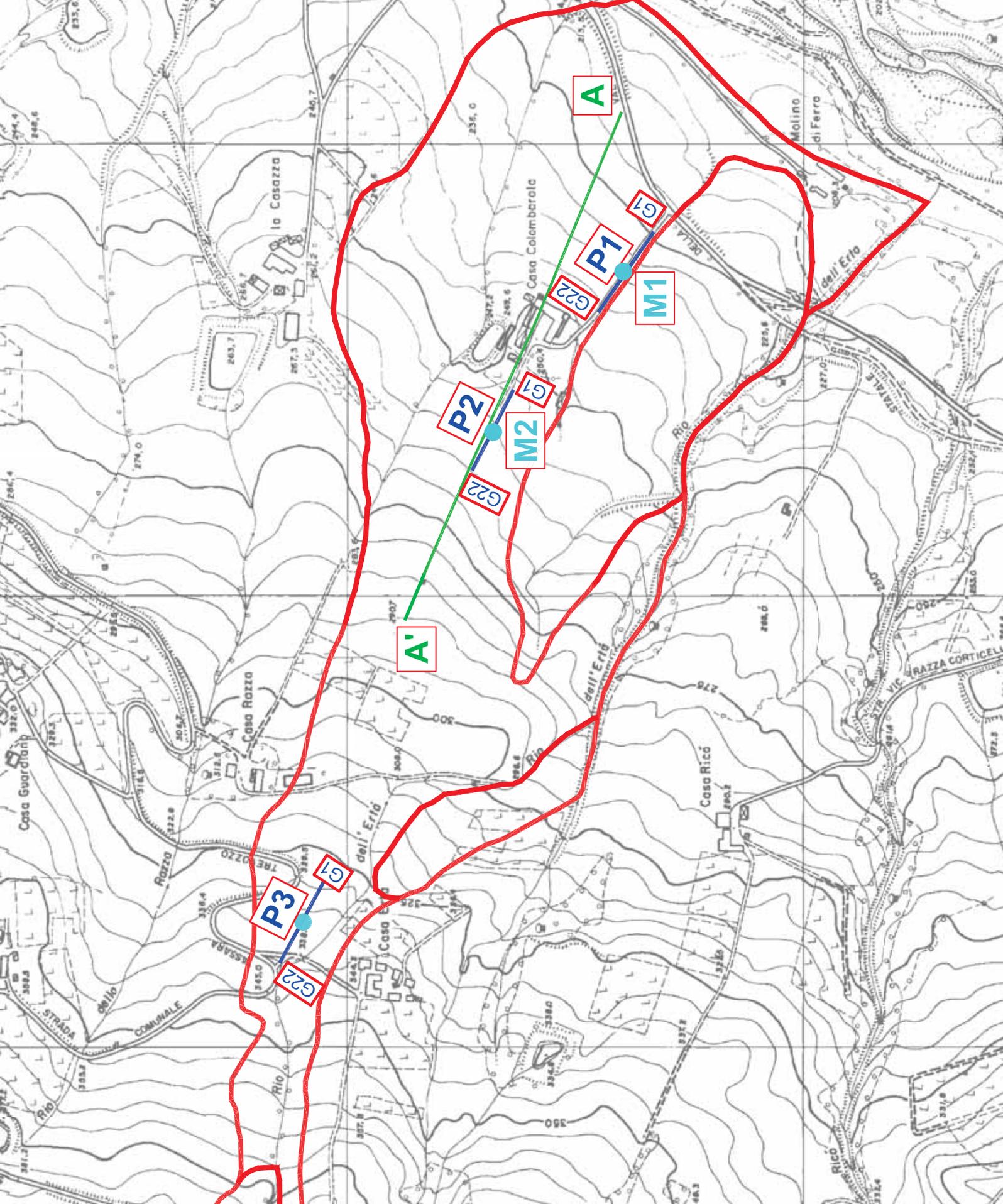
INDAGINI SISMICHE

G1 **P1-P2** G22

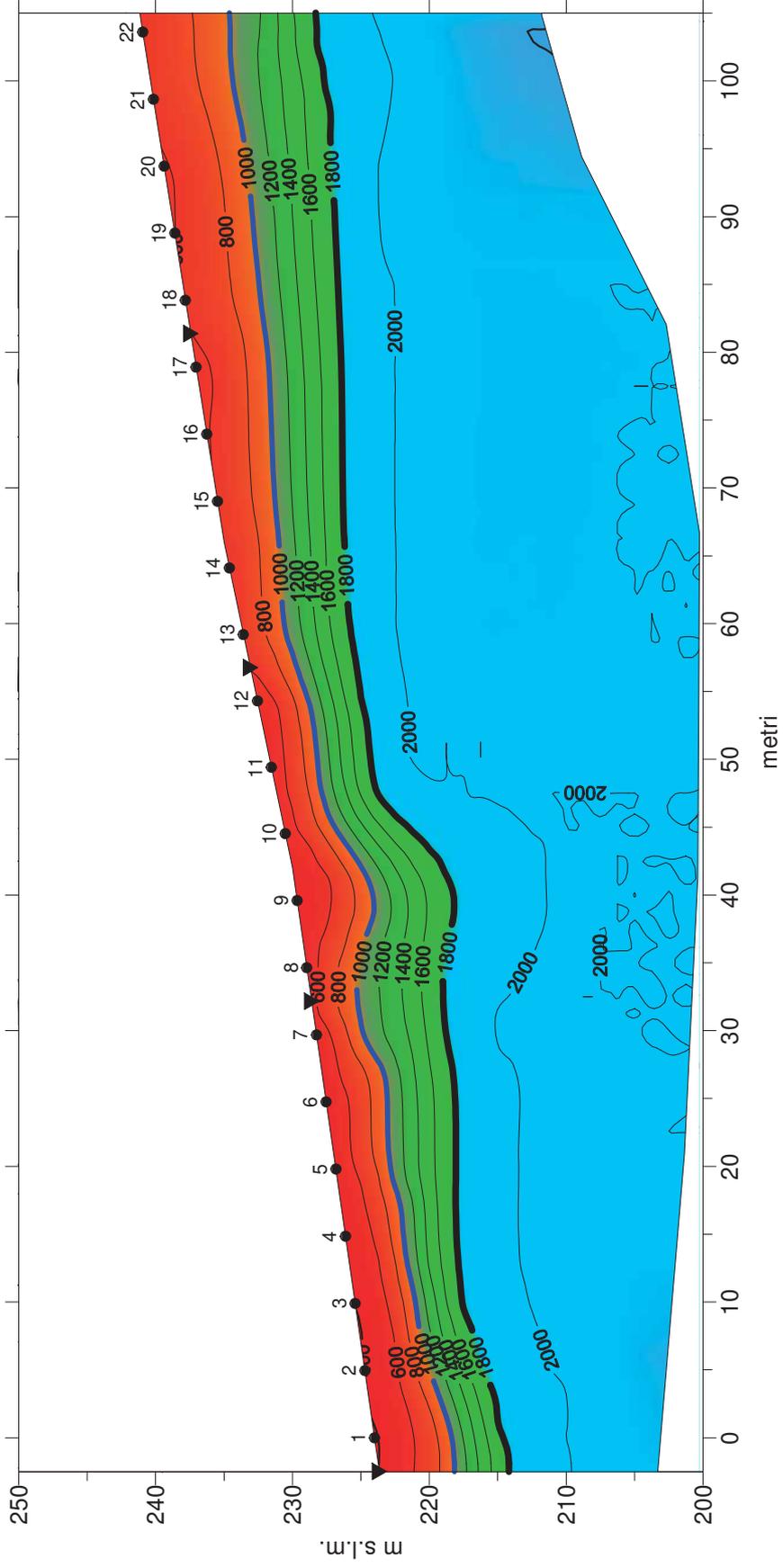
Pro **M1-M2**

Tra **A' A**

AREA



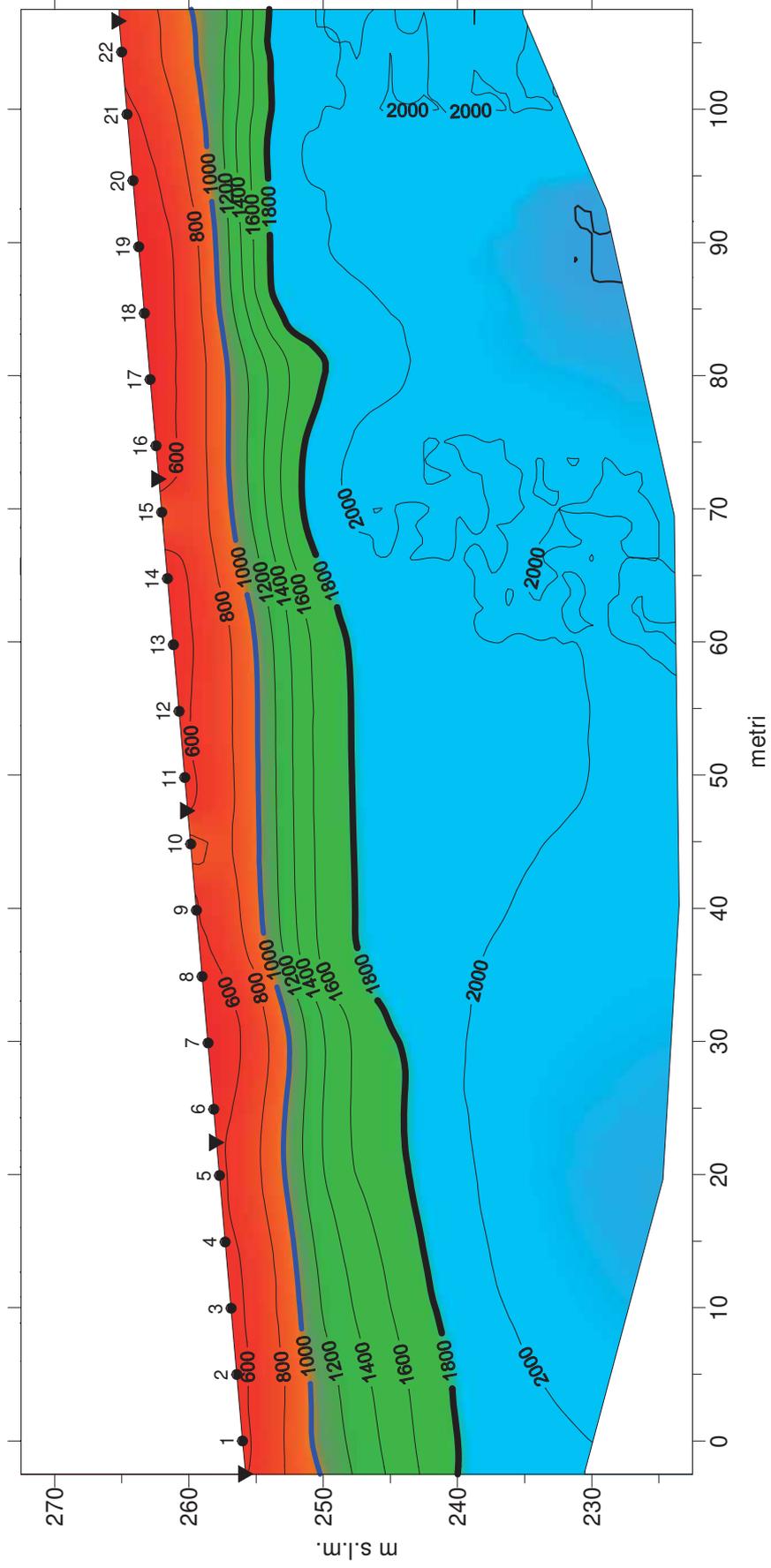
Loc. Colombarola - Comune di Nibbiano
TOMOGRAFIA SISMICA - P1



Scala 1:500

Fig.5a

Loc. Colombarola - Comune di Nibbiano
TOMOGRAFIA SISMICA - P2

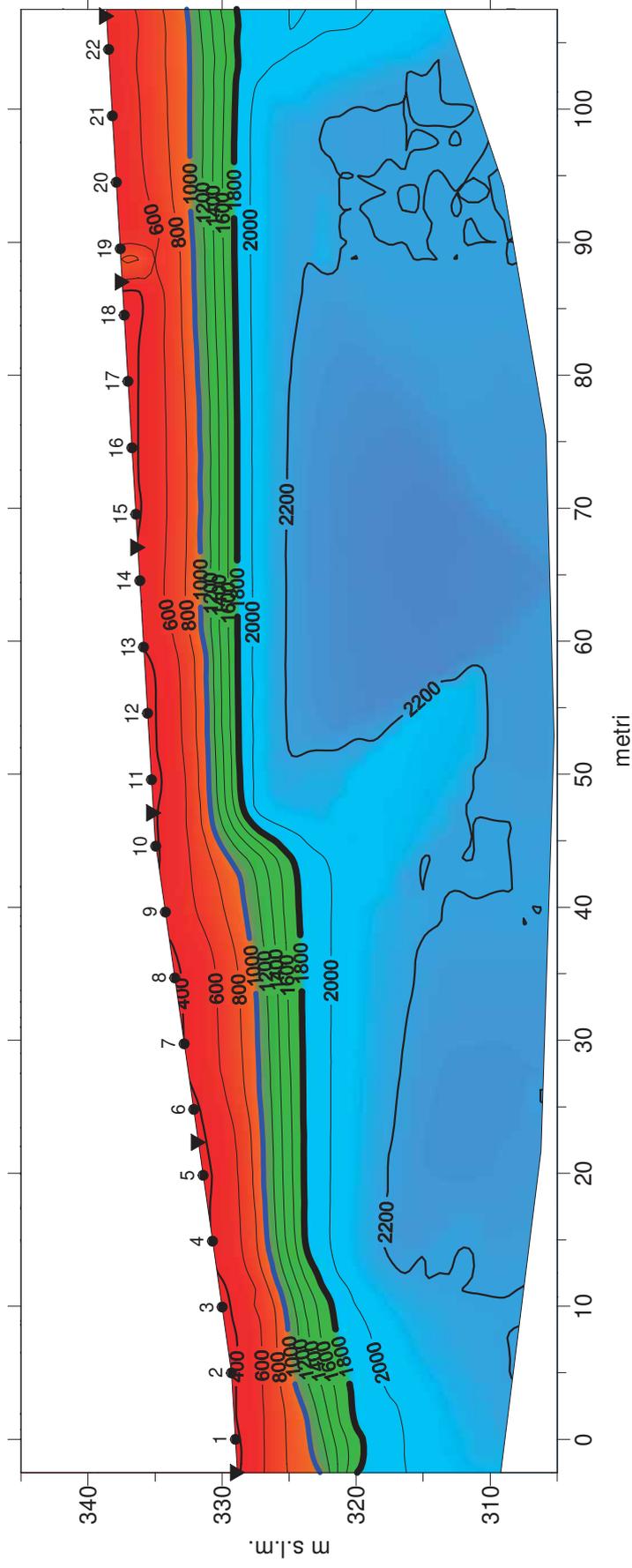


Scala 1:500



Fig.5b

Loc. Colombarola - Comune di Nibbiano
TOMOGRAFIA SISMICA - P3

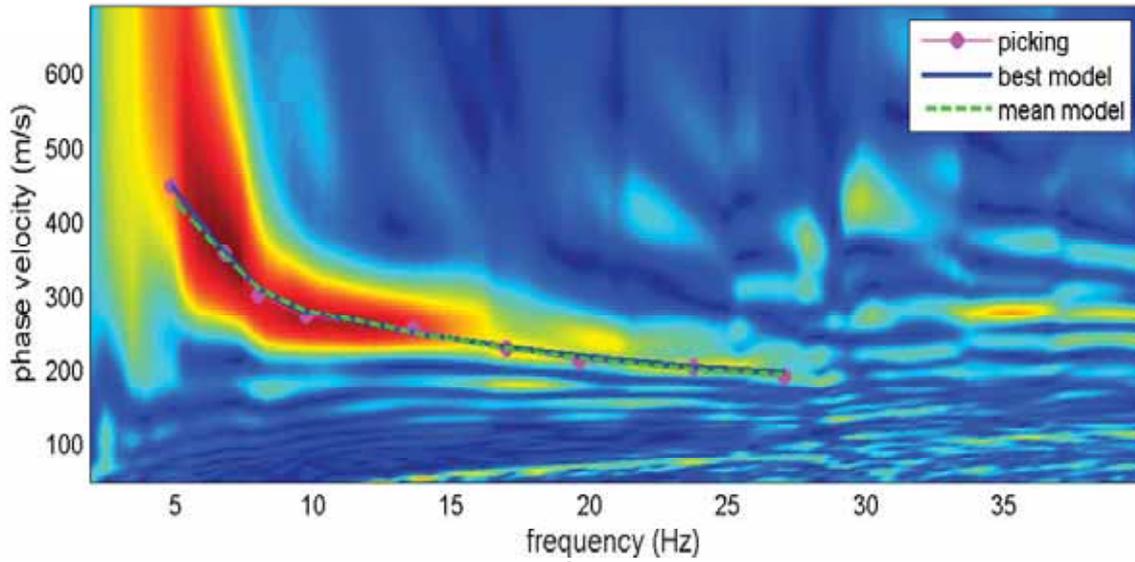


Scala 1:500

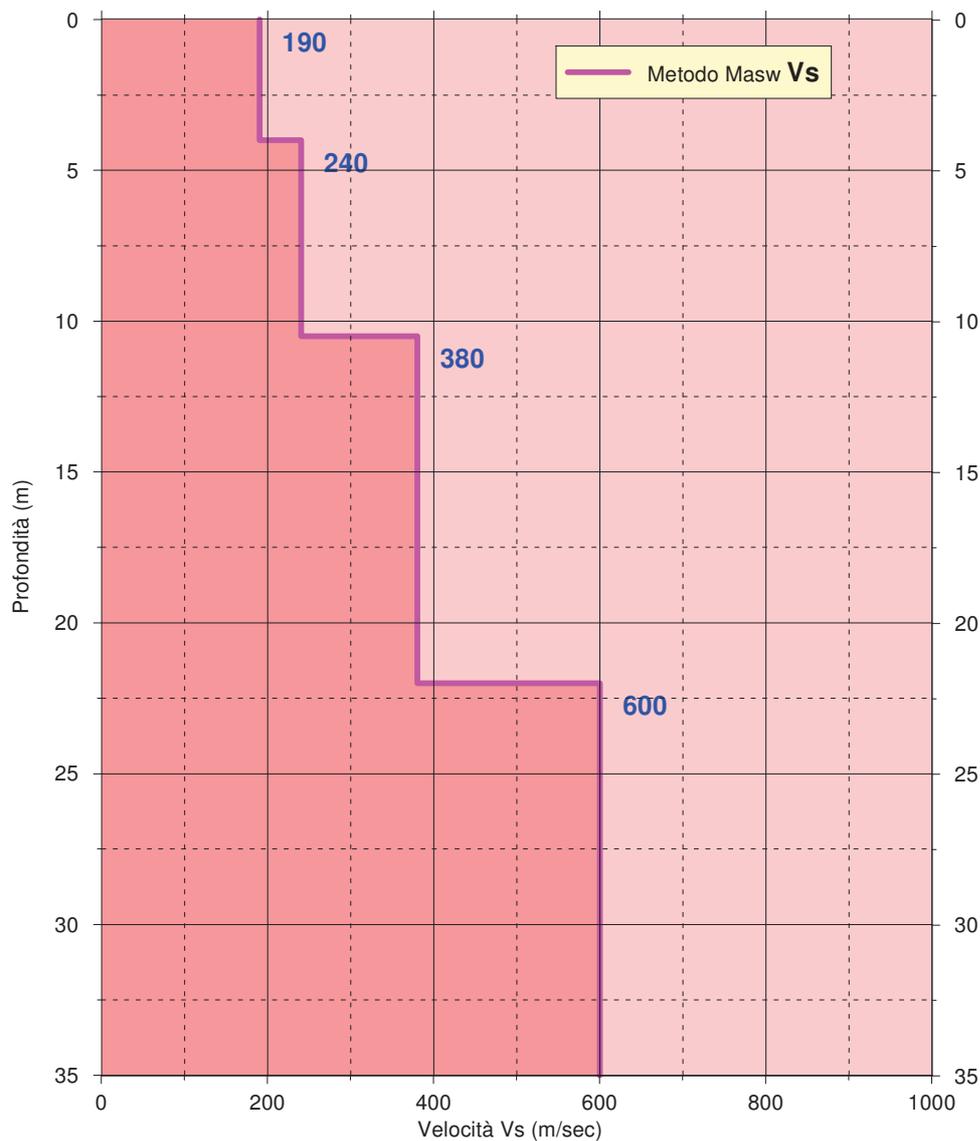


Fig.5c

SPETTRO VELOCITA' DI FASE - FREQUENZA CON CURVA DISPERSIONE
velocity spectrum & dispersion curve



PROFILO VELOCITÀ Vs

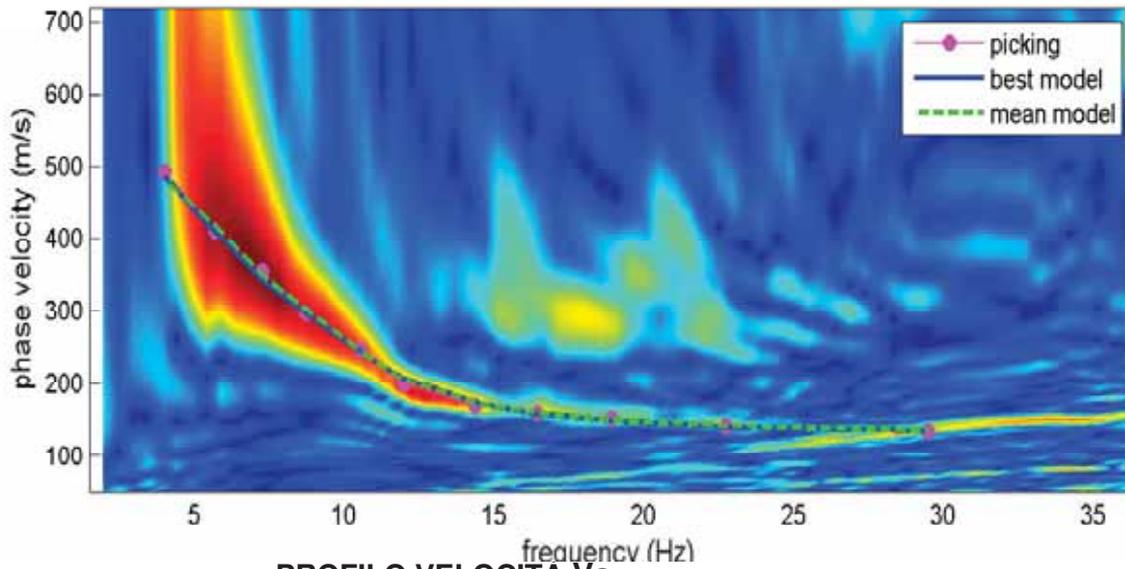


Vs30 dal p.c = 325

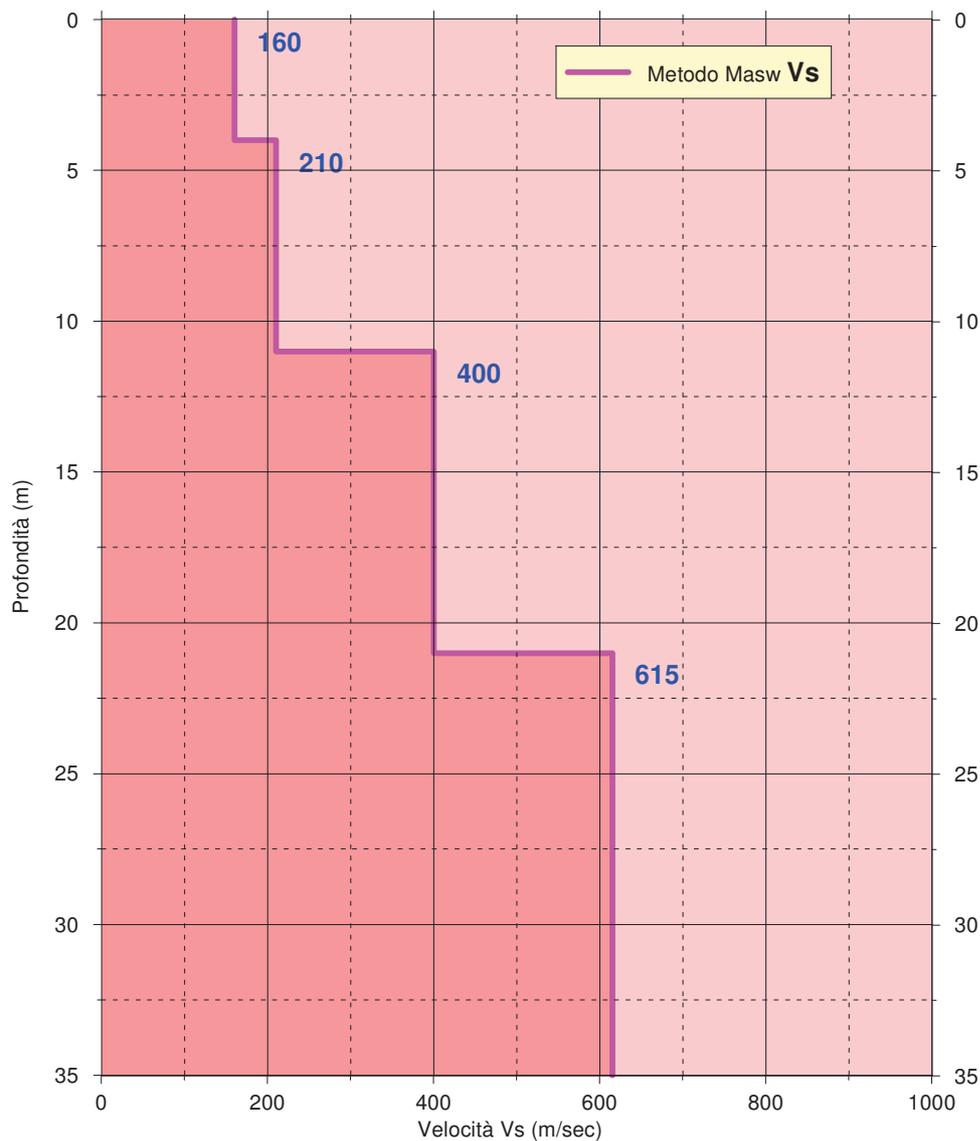
SUOLO DI FONDAZIONE TIPO "C"

Fig.6a

SPETTRO VELOCITA' DI FASE - FREQUENZA CON CURVA DISPERSIONE
velocity spectrum & dispersion curve



PROFILO VELOCITA' Vs



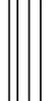
Vs30 dal p.c = 305

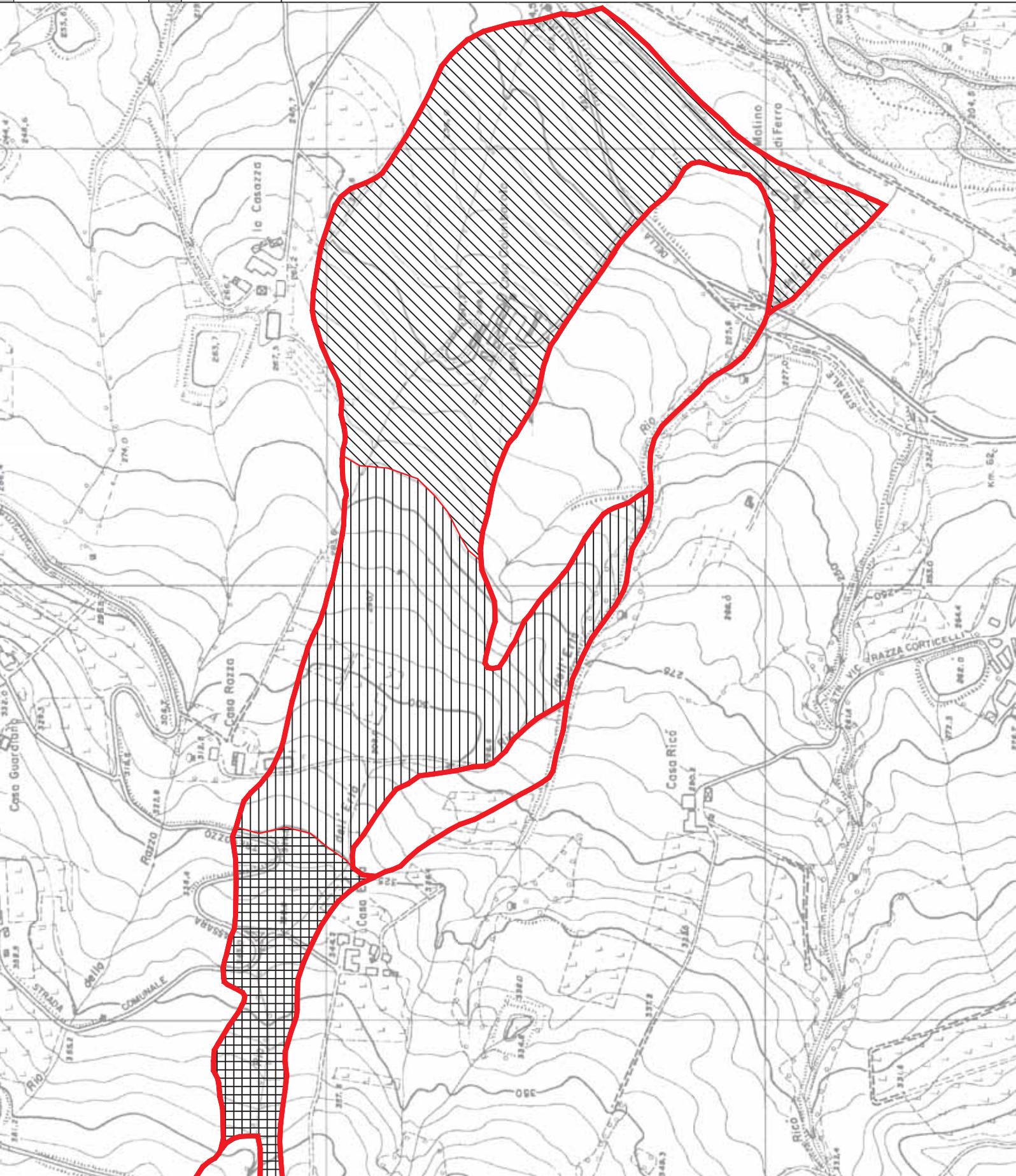
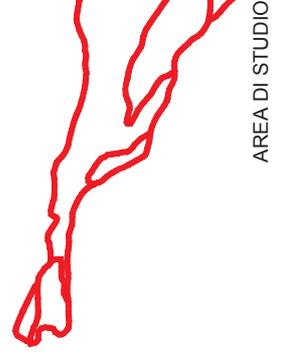
SUOLO DI FONDAZIONE TIPO "C"

Fig.6b

CARTA DEL "RISCHIO

CLASSI DI FATTIBILITÀ

-  Classe 2- Rischio Moderato
-  Classe 3- Rischio Elevato
-  Classe 4- Rischio Molto Elevato



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

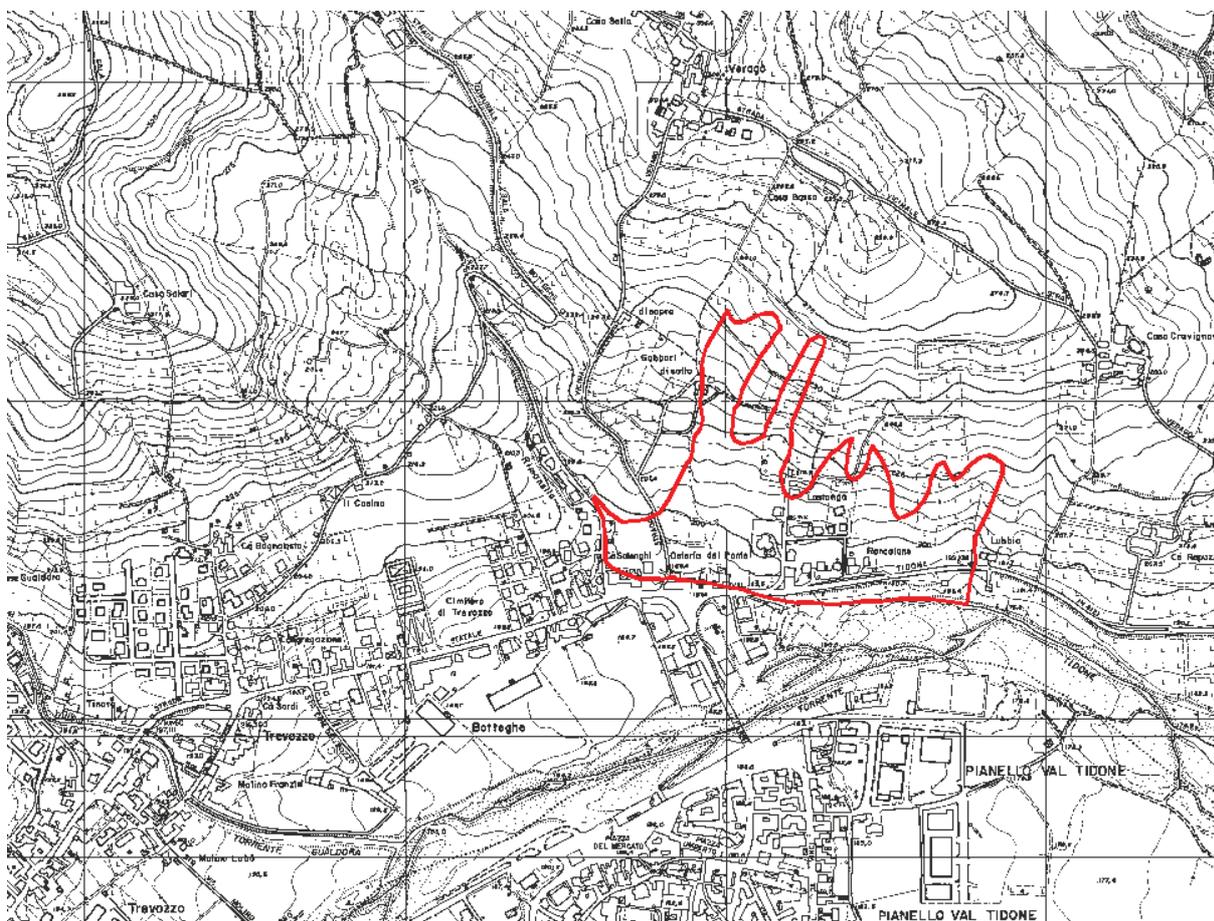
Sommario

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 <i>Cenni metodologici</i>	9
5.1.2 <i>Modalità esecutive</i>	9
5.1.3 <i>Strumentazione utilizzata</i>	9
5.1.4 <i>Elaborazione</i>	10
5.1.5 <i>Analisi dei risultati</i>	11
5.2 PROVE PER LA DETERMINAZIONE DEL PROFILO DI VELOCITA' DELLE ONDE SISMICHE "S"	11
5.2.1 <i>Cenni metodologici</i>	11
5.2.2 <i>Modalità esecutive</i>	12
5.2.3 <i>Commento dei risultati</i>	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 <i>Analisi di stabilità in condizioni pseudostatiche</i>	20
7.6.2 <i>Analisi di stabilità dinamica (Metodo di NEWMARK)</i>	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.

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".

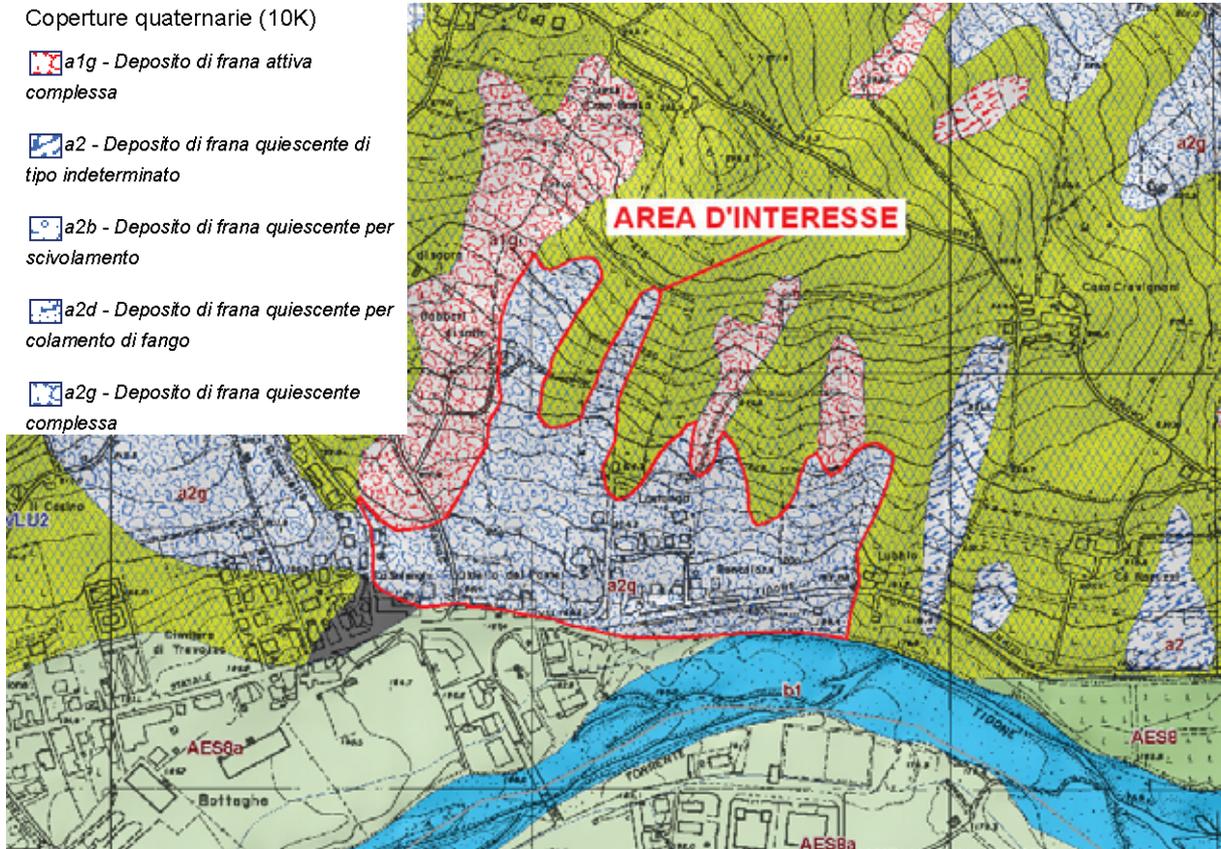
3. I INQUADRAMENTO GEOLOGICO CO-GEOMORFOLOGICO

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.

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



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 arenaceo-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 indagini geognostiche realizzate, lo spessore del materiale detritico è variabile da 2-3 metri a monte (dove il substrato roccioso è 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

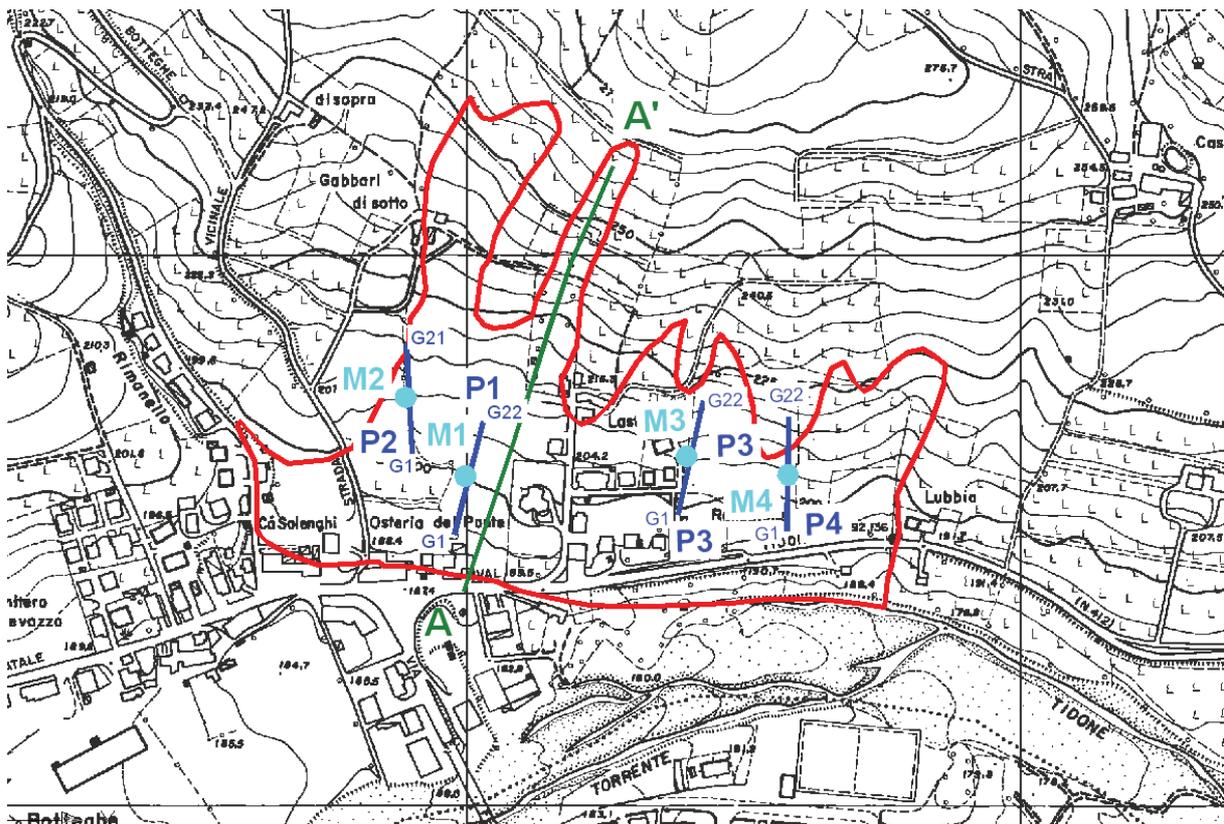
Data la morfologia complessivamente regolare del versante, in cui non sono presenti evidenti avvallamenti e/o contropendenze, il drenaggio delle acque superficiali, assicurato dai canali di scolo legati alle pratiche agricole, è in linea generale piuttosto efficiente.

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 spazati 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’attrezzatura utilizzata è composta da:

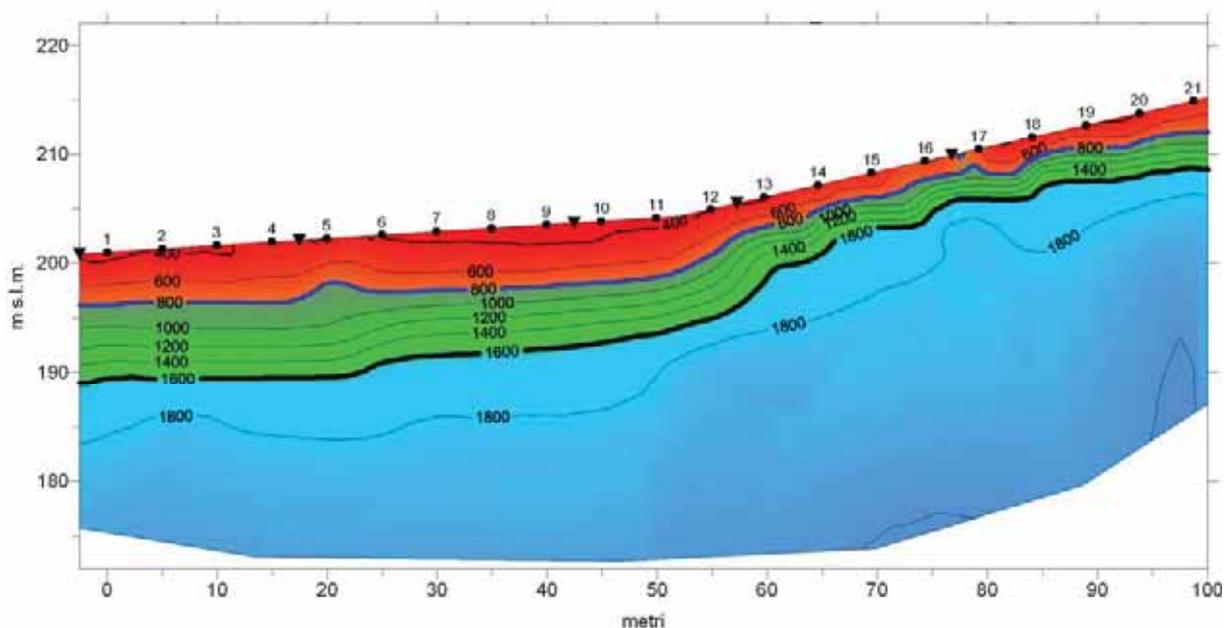
- Sismografo modulare Geode 3-1000+ canali,
- Massa battente da 10 Kg,
- Piastra di battuta in alluminio 15x15x2,5cm,
- Batteria ricaricabile 12 V,
- Cavo per sismica a rifrazione stranded, 130 mt con 24 takeouts SPT-21 a 5 metri di intervallo e due code da 7.5 mt l’una terminate con connettore Bendix 61S,
- Geofoni GS20DX, 10 Hz verticali, 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 evidenzia i cambiamenti di velocità ritenuti più significativi.

5.1.5 Analisi dei risultati

Loc. Trevozzo - Comune di Nibbiano 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 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.

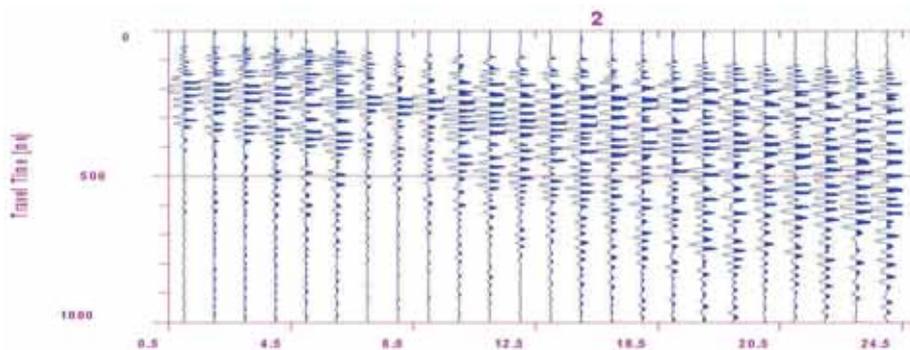
5.2.1 Cenni metodologici

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 avvalorata 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

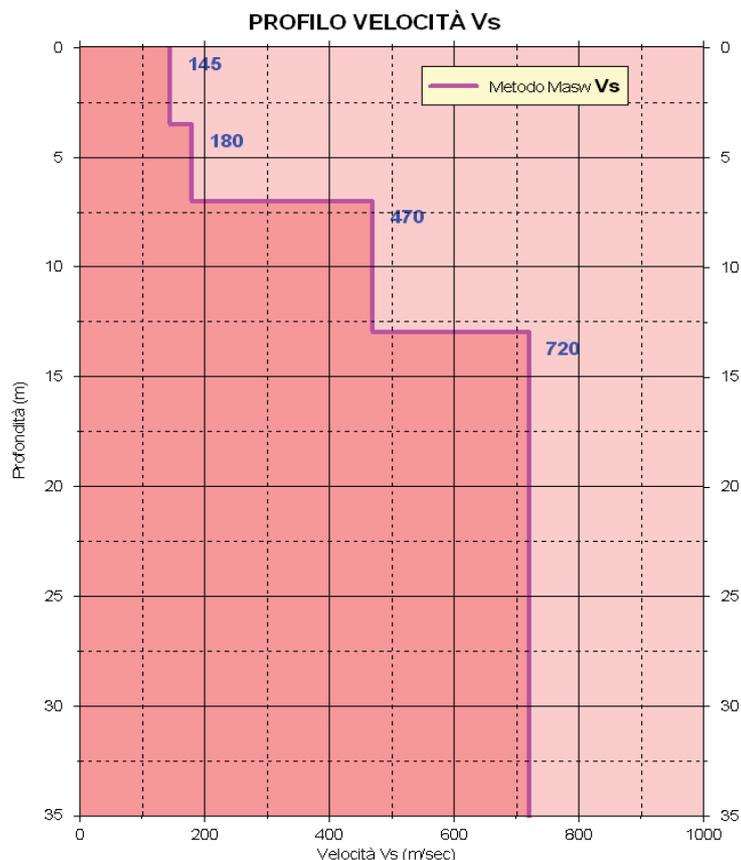
Sono stati realizzati 3 stendimenti di 22 geofoni, con distanza intergeofonica di 5 m. La lunghezza delle registrazioni è stata di 1 sec, con un passo di campionamento di 0.25 ms.



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 ($V_s < 200$ m/s). Tali depositi possono essere correlati alla copertura detritica meno addensata;
- Più in profondità, fino a 12-18 metri, i valori di Vs aumentano 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 compatto;
- 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	$\gamma = 1.80 \text{ t/ mc}$ $\gamma = 1.95 \text{ t/ mc}$ $\phi = 20^\circ$ $\phi = 18^\circ$ $C = 0.06 \text{ Kg/ cmq}$
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	$\gamma = 1.95 \text{ t/ mc}$ $\gamma = 2.10 \text{ t/ mc}$ $\phi = 26^\circ$ $\phi = 24^\circ$ $C = 0.08 \text{ Kg/ cmq}$
Livello C	Litologia: substrato roccioso mediamente compatto	
Oltre -7/-18-20 m	Peso di volume Angolo di attrito	$\gamma = 2.25 \text{ t/ mc}$ $\phi = 40^\circ$

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 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 sottozona 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 $\leq 15^\circ$ 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):

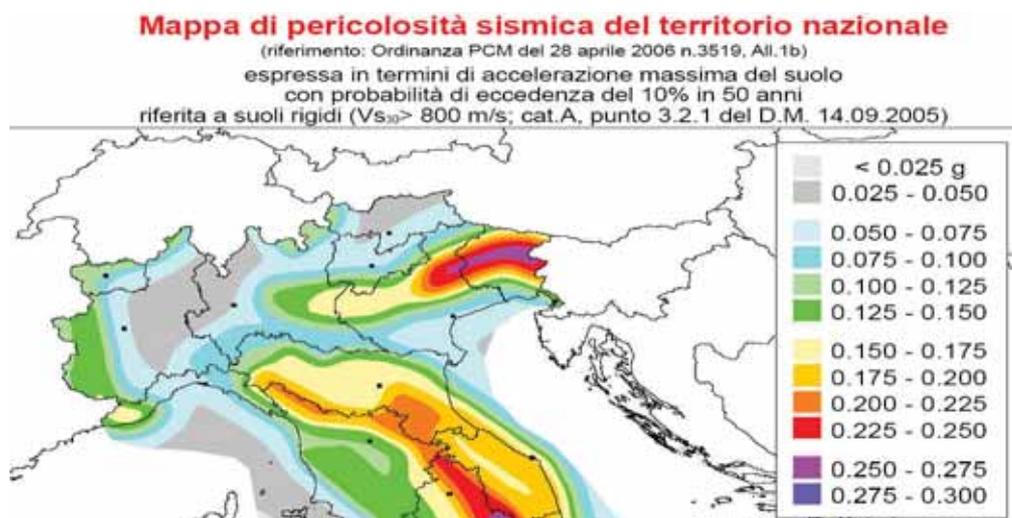
- aree soggette a liquefazione e densificazione;
- aree instabili e potenzialmente instabili;

- 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 sismogenetica 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.



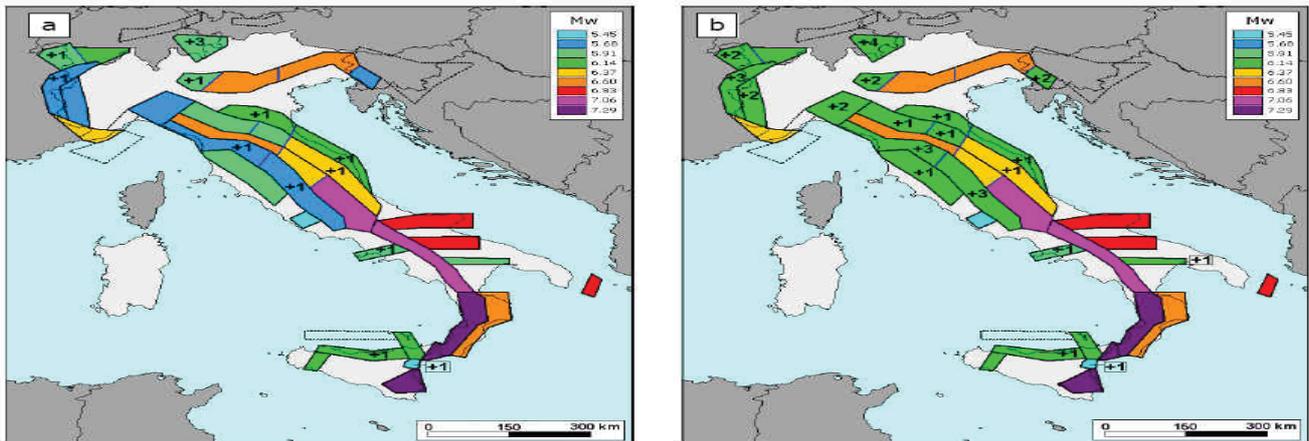


Figura 36. Valori di M_{wmax} corrispondenti ai due insiemi: a) "osservati" (M_{wmax1}); b) "cautelativi" (M_{wmax2}).

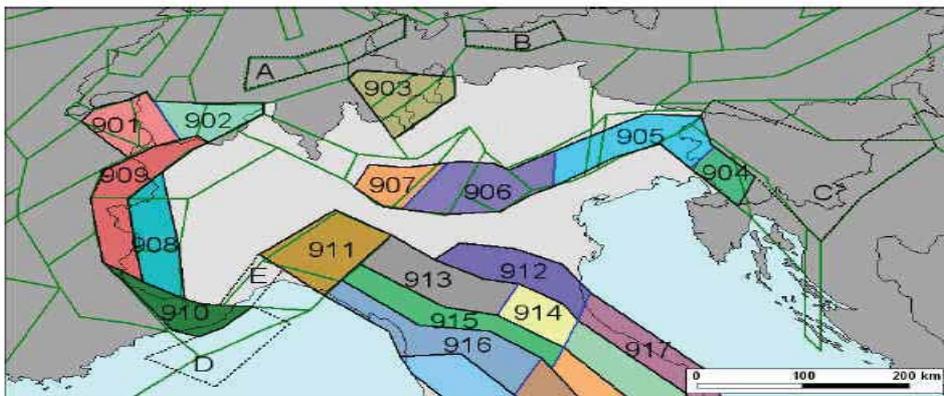


Figura 10. Zonazione sismogenetica ZS9 a confronto con la zonazione del progetto SESAME nell'area alpina (Jiménez et al., 2001; linee di colore verde).

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 a_g 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 $V_s \geq 800$ m/s si devono usare le seguenti tabelle

F.A. P.G.A.

V_{sH} 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 - $0.1s < T_0 < 0.5s$

V_{sH} 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 - $0.5s < T_0 < 1.0s$

V_{sH} 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 V_s sono riassunti nella 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 ($V_s > 800$ m/s) prevista per il Comune di Nibbiano è di 0.098g.

7.5 SPETTRO DI RI SPOSTA (IN PGA) DELL'AREA

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

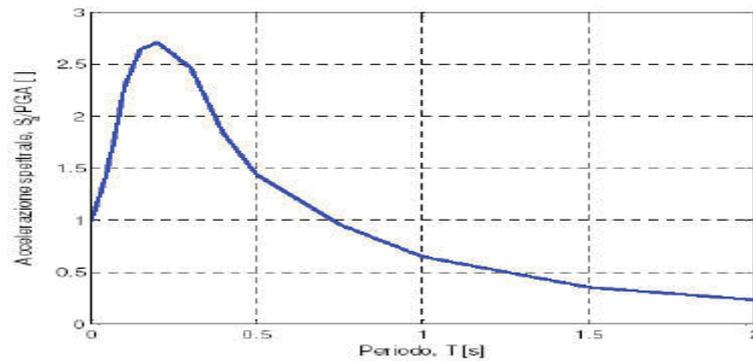


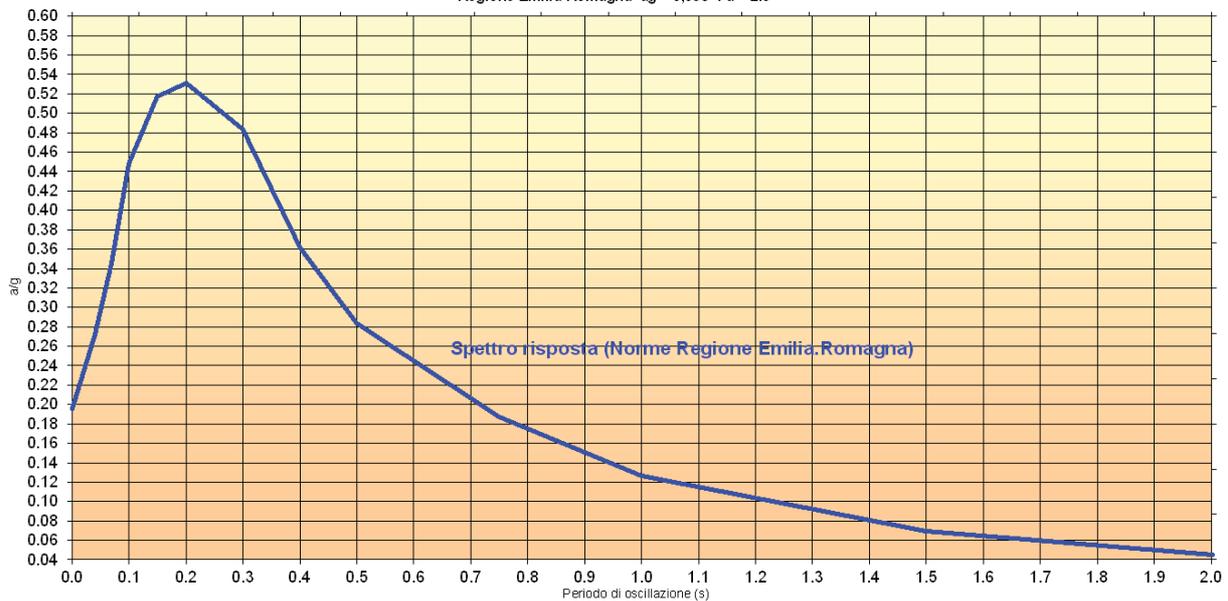
Figura 1 - Spettro di risposta normalizzato ($T_R = 475$ anni, smorzamento = 5%) per l'Emilia-Romagna

Dallo spettro di risposta normalizzato è

possibile ottenere, moltiplicando i valori della tabella 1 per il valore di a_{refg} 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 $a_{refg}=0.098$ per il comune di Nibbiano e il fattore di amplificazione (2.0), è stato calcolato lo spettro di risposta del sito d'interesse.

Loc. TREVOZZO - NIBBIANO

SPETTRO DI RISPOSTA ELASTICO COMPONENTE ORIZZONTALE
Regione Emilia-Romagna $a_g = 0,098$ $F_a = 2.0$



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

7.6 ANALISI DELLA STABILITÀ DEL VERSANTE SIA IN CONDIZIONI PSEUDOSTATICHE 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.

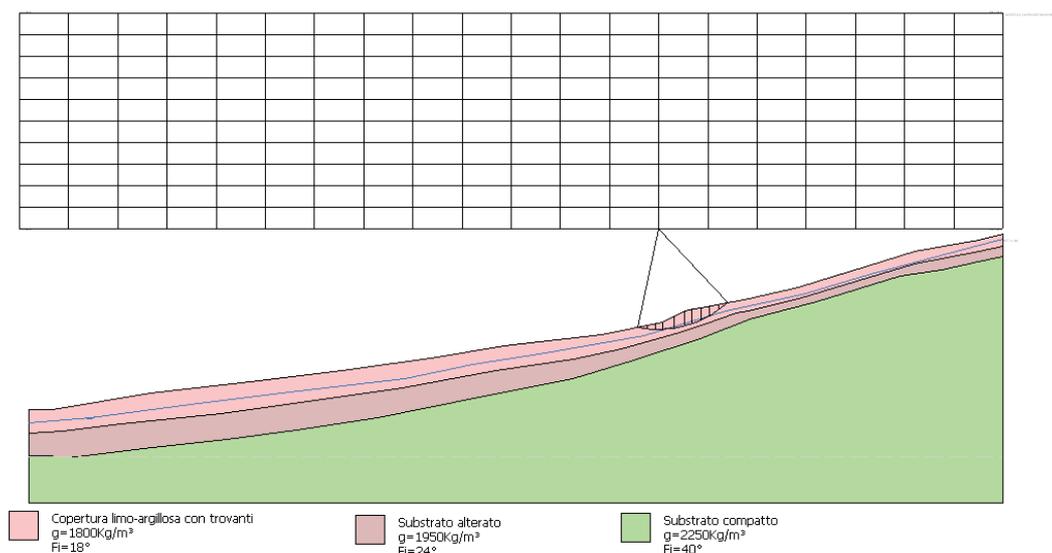
Nr.	DB	Peso unità di volume (Kg/m ³)	Peso saturo (Kg/m ³)	Coesione (kg/cm ²)	Coesione non drenata (kg/cm ²)	Angolo resistenza al taglio picco (°)	Angolo resistenza al taglio residuo (°)	Permeabilità (m/s)	Dati aggiuntivi ...	Texture ...	Descrizione
1		1800	1950	0.06		20	18	Permeabile			Copertura
2		1950	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 a_g di 0.098×2.0 (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.

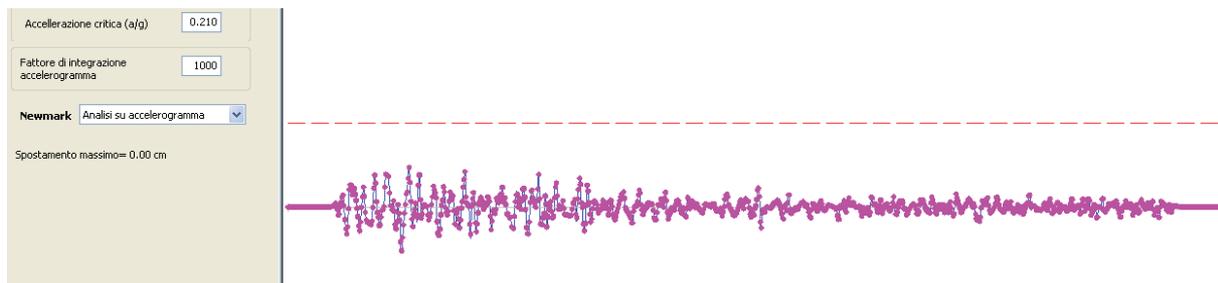


Verifica di stabilità del versante

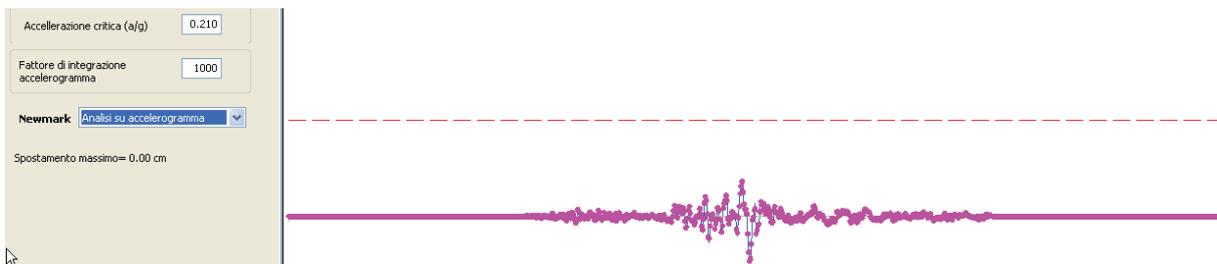
7.6.2 Analisi di stabilità dinamica (Metodo di NEWMARK)

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.

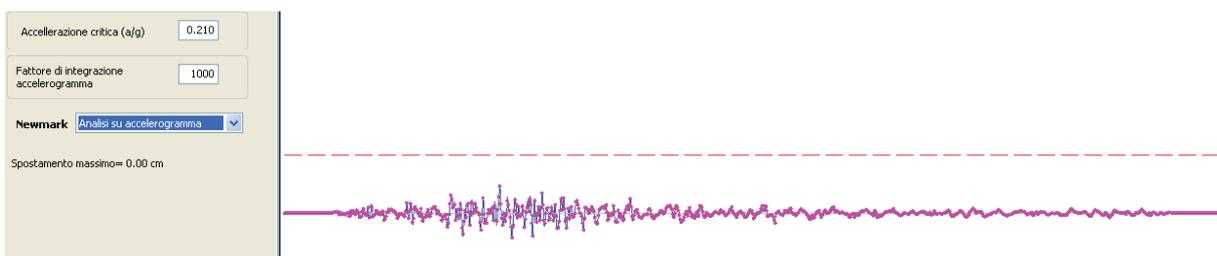
Le verifiche effettuate, con spostamenti nulli, confermano la stabilità dell'area anche in condizioni sismiche dinamiche. Di seguito si riportano i risultati delle 3 analisi dinamiche relative ai 3 sismogrammi considerati; nei grafici il valore soglia dell'accelerazione in grado di produrre spostamenti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



Accelerogramma 000046xa_033029Nibbiano.txt



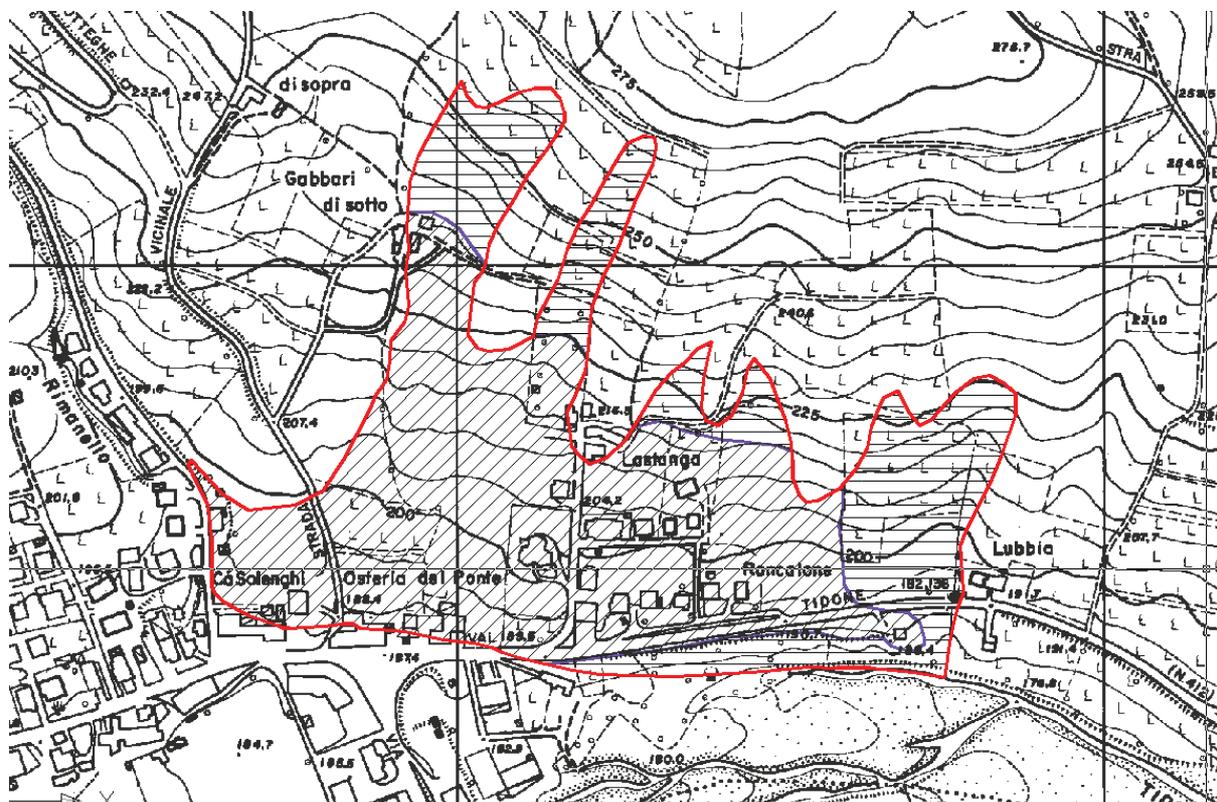
Accelerogramma 000126xa_033029Nibbiano.txt



Accelerogramma 000354xa_033029Nibbiano.txt

8. ZONIZZAZIONE DEL RISCHIO DEL CORPO DI FRANA QUI ESCENTE

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 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 ampliamenti 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



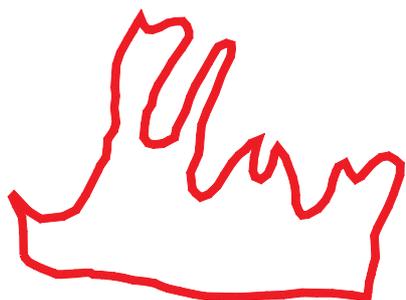
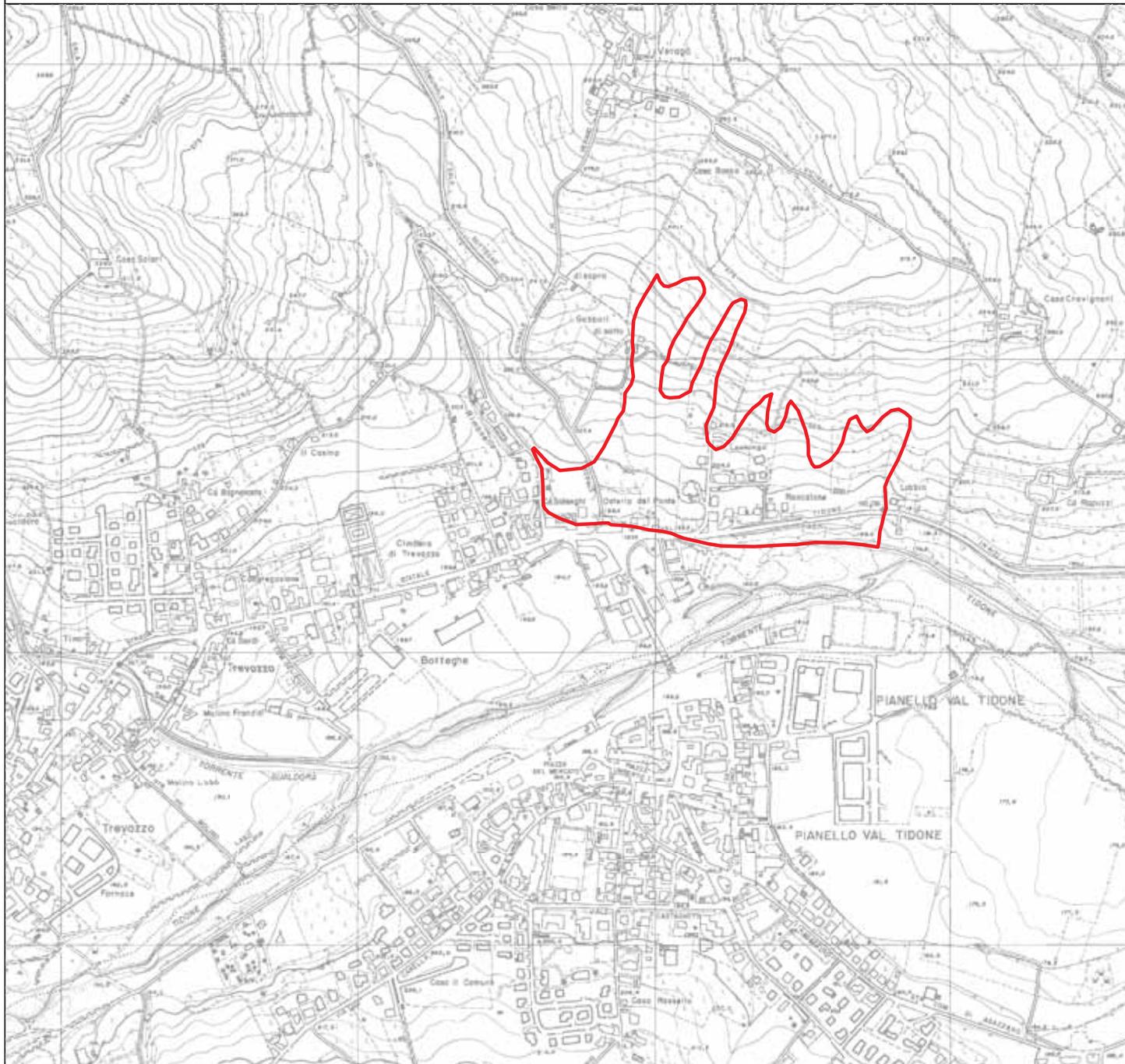
Dott. Alberto Lepori



ALLEGATI

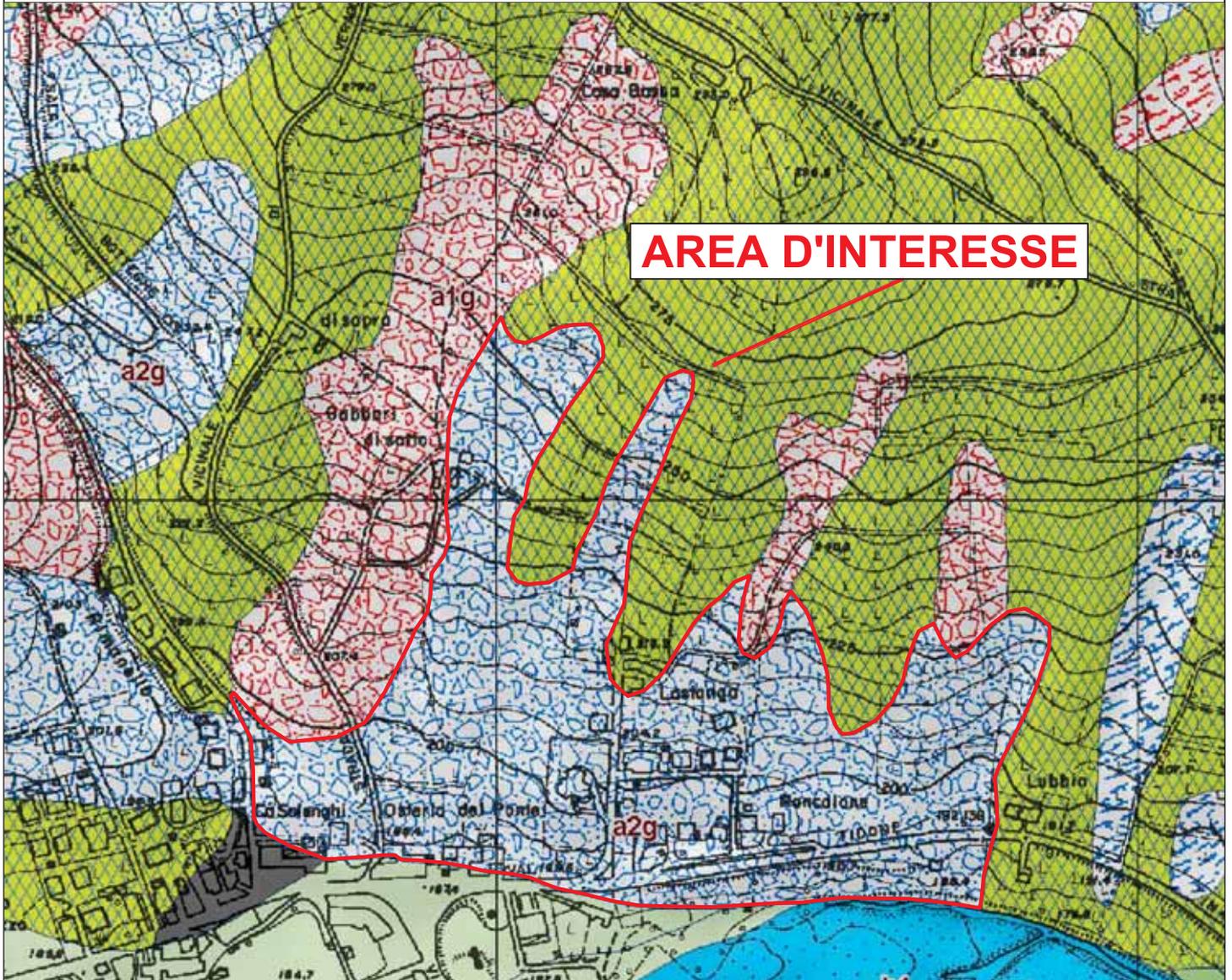
INQUADRAMENTO TERRITORIALE

Scala 1:10000



Area considerata

ESTRATTO CARTA GEOLOGICA REGIONALE
Scala 1:5000



AREA D'INTERESSE

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

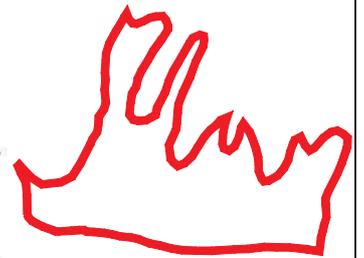
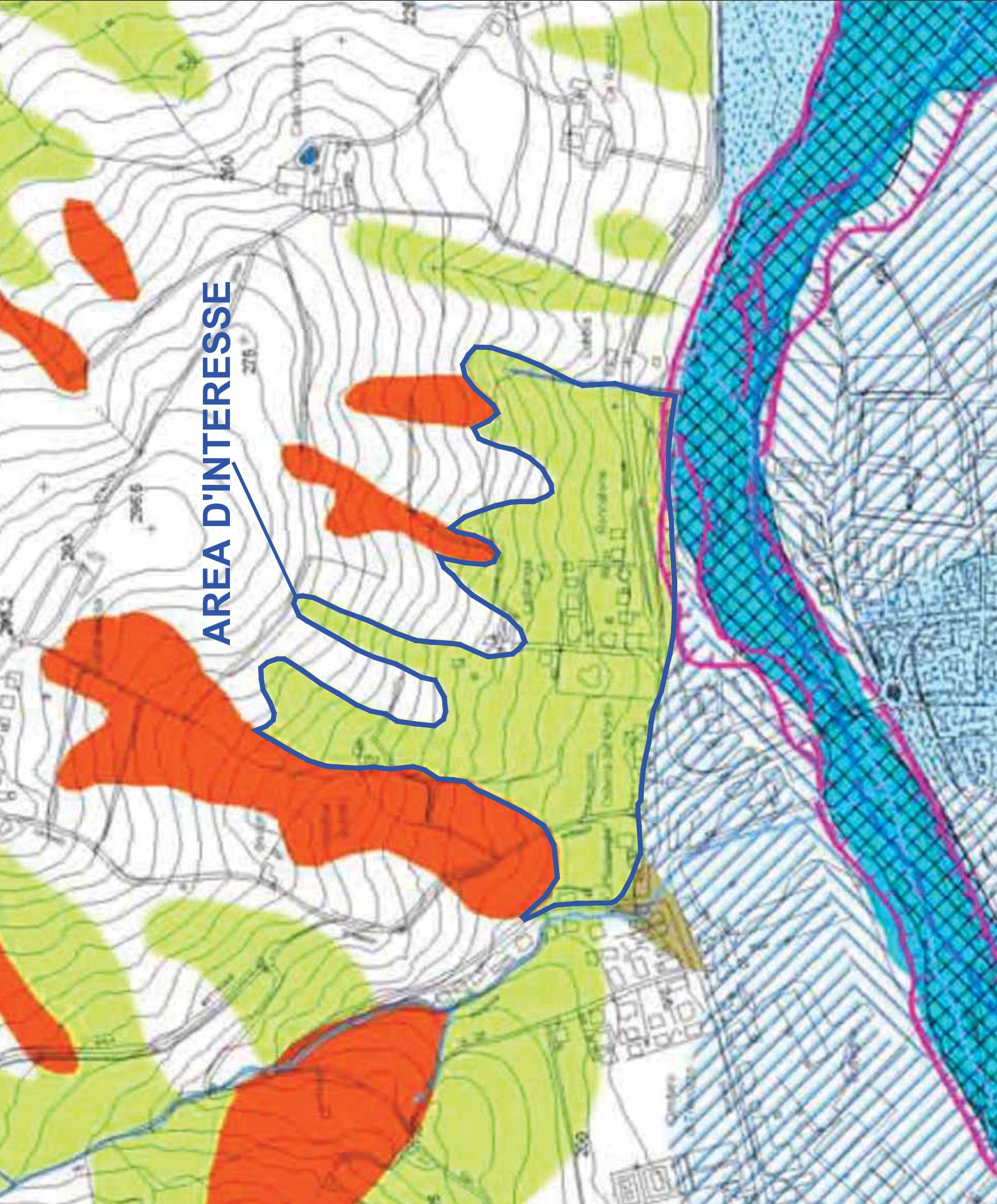


Fig.2

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

**CARTA D
 Estr**

AREA D'INTERESSE



Elementi morfologici

Area di frana attiva:
 Accumuli gravitativi caotici di materiali
 con evidenti movimenti in atto.



Area di frana quiescente:
 Accumuli gravitativi caotici di materiali
 attualmente quiescenti o stabilizzati.



Area di frana stabilizzata o retti
 Movimenti gravitativi quiescenti di co
 presentano con profili regolari, vege



Depositi alluvionali attuali:
 Ghiaie sciolte eterogenee ed eterometriche, a mat



Alveo di magra del torrente



Depositi alluvionali in evoluzione c
 vegetazione e corrispondenti ad a



Depositi alluvionali terrazzati
 Ghiaie a matrice limoso-sabbiosa,
 limo-giallastro (2,5 Y 4/2 "Nune



Depositi alluvionali terrazzati
 Ghiaie a prevalente matrice limosa
 di colore bruno-giallastro scuro o
 2,5 Y 5/2, 4/2 "Nanetti Soil Charb



Depositi alluvionali terrazzati
 Successioni di ghiaie, sabbie e lim
 ricoperti in parte da colture ba
 "Marelli Soil Charb") - Cliccone
 "Pianterone Aspinone" - Cliccone



Studio ge
del versante
in loc
- Comune
"Classificazione del
qu

PLANIMETRIA

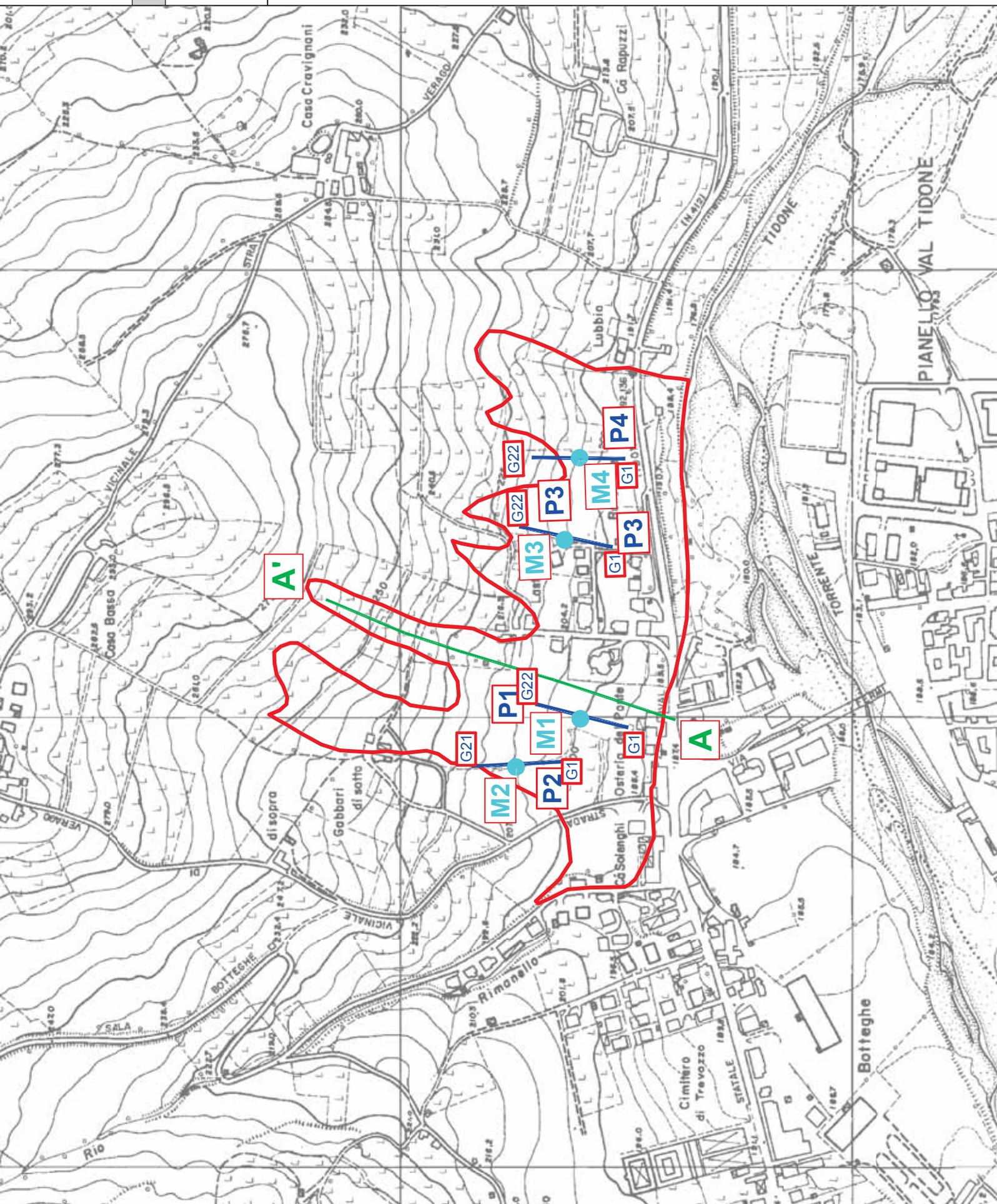
INDAGINI SISMICHE

G1 **P1-P4** G22

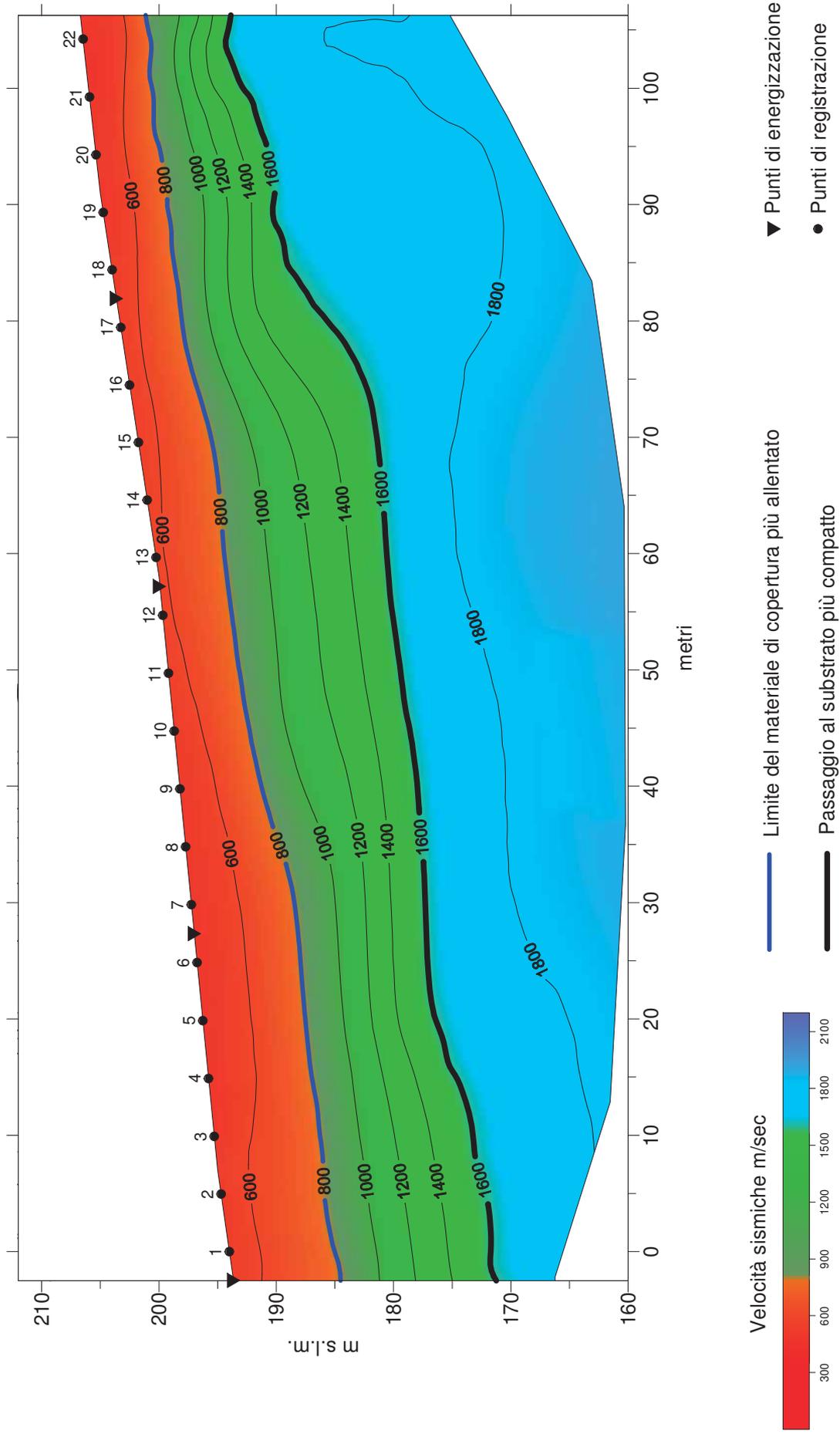
Pro **M1-M4**

Tra **A' A**

AREA



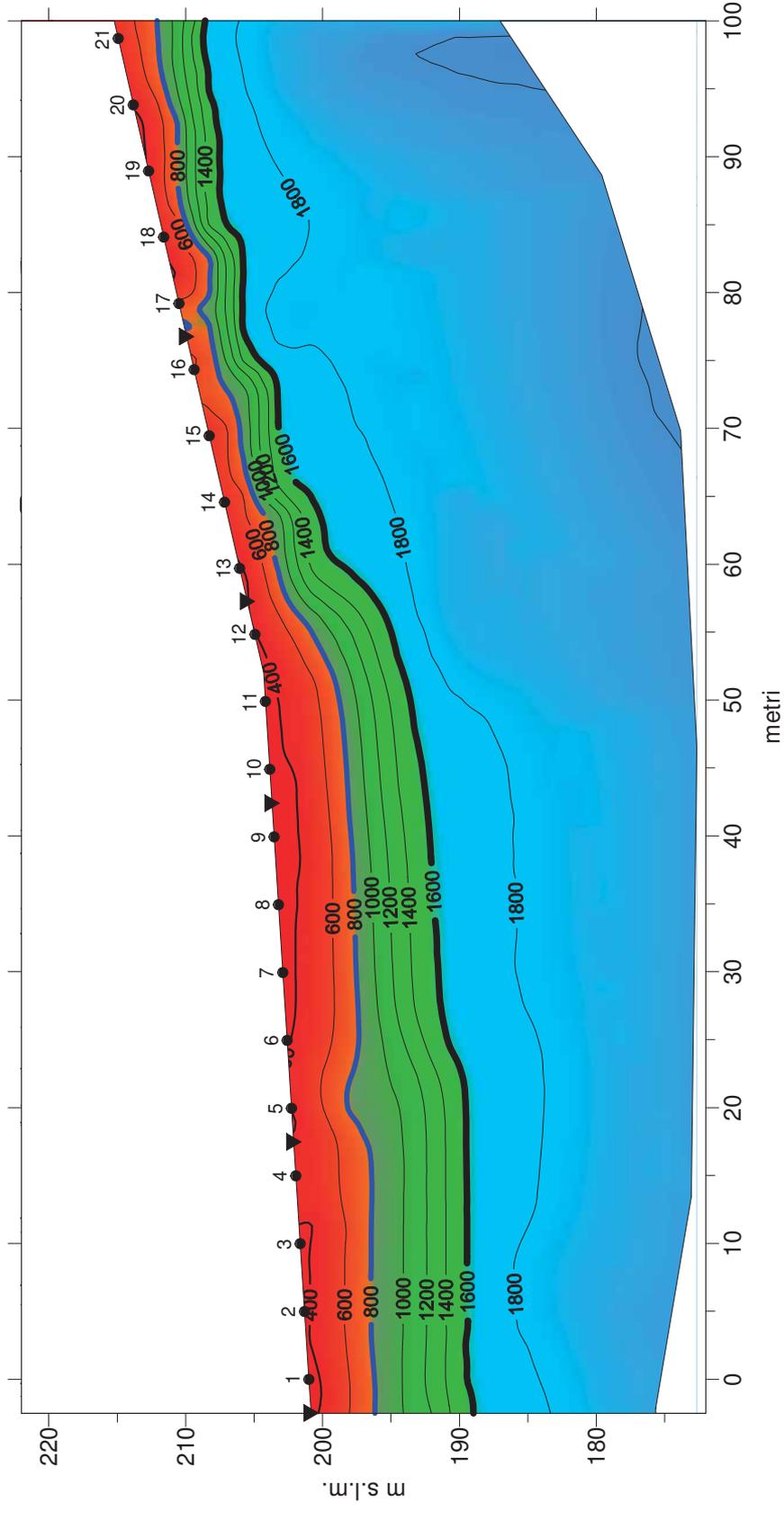
Loc. Trevozzo - Comune di Nibbiano
TOMOGRAFIA SISMICA - P1



Scala 1:500

Fig.5a

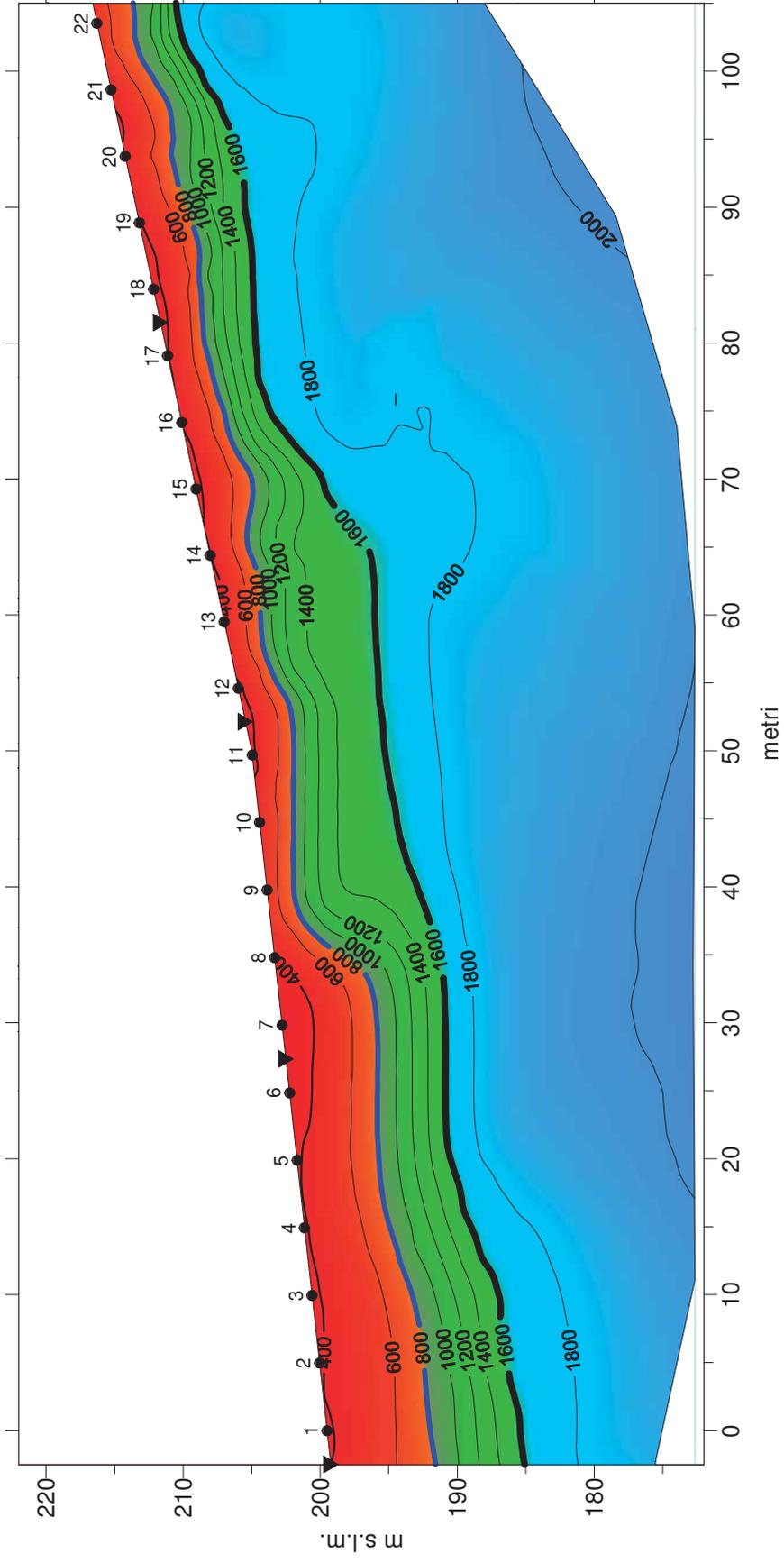
Loc. Trevozzo - Comune di Nibbiano
TOMOGRAFIA SISMICA - P2



Scala 1:500

Fig.5b

Loc. Trevozzo - Comune di Nibbiano
TOMOGRAFIA SISMICA - P3

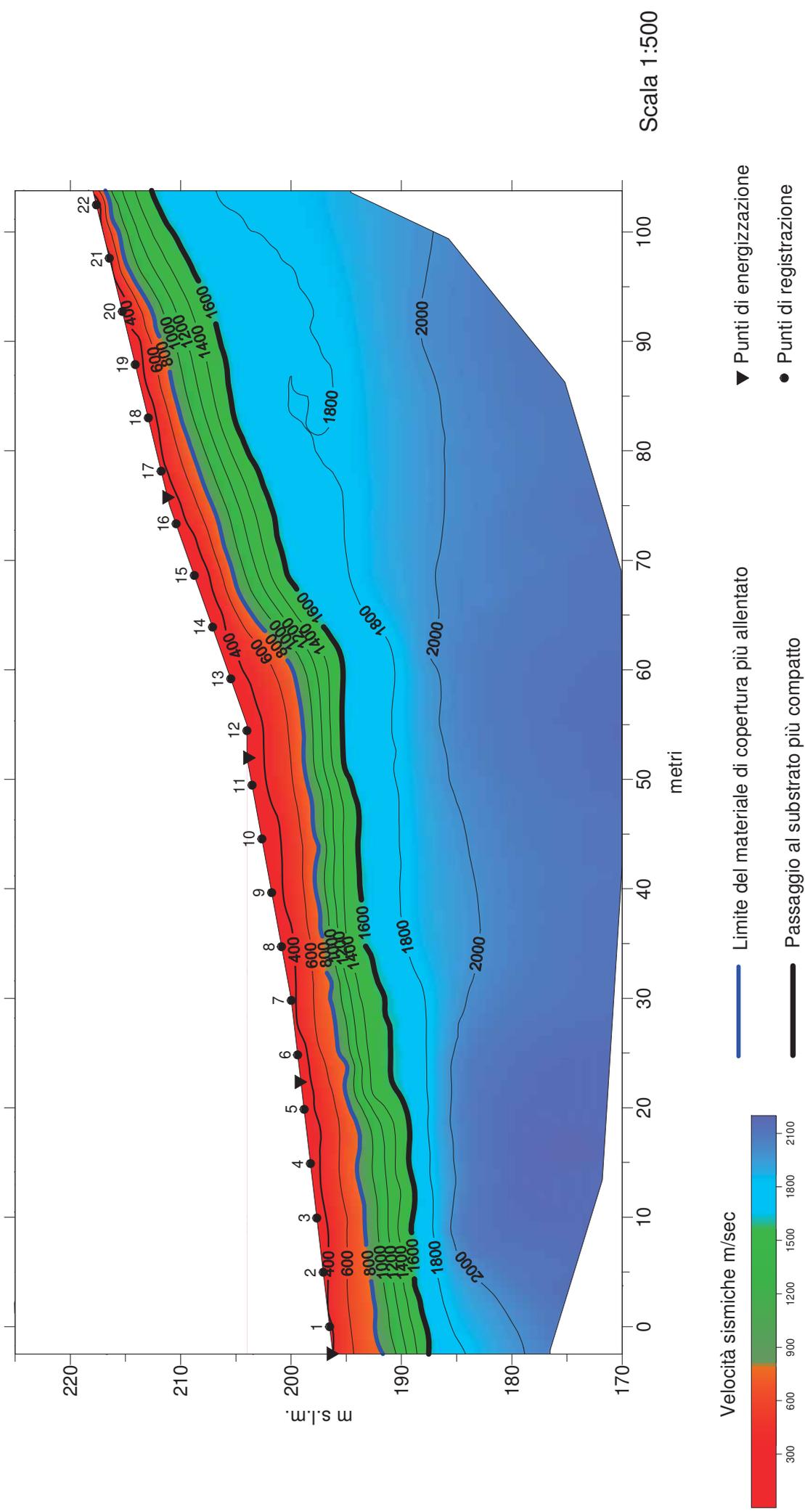


Scala 1:500

- ▼ Punti di energizzazione
- Punti di registrazione
- Limite del materiale di copertura più allentato
- Passaggio al substrato più compatto

Fig.5c

Loc. Trevozzo - Comune di Nibbiano
TOMOGRAFIA SISMICA - P4

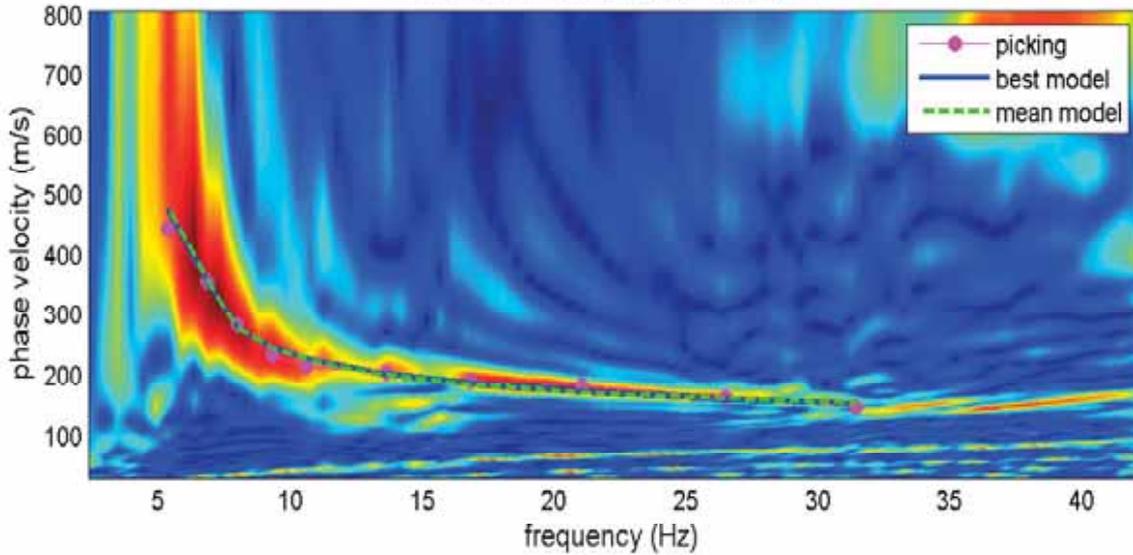


Scala 1:500

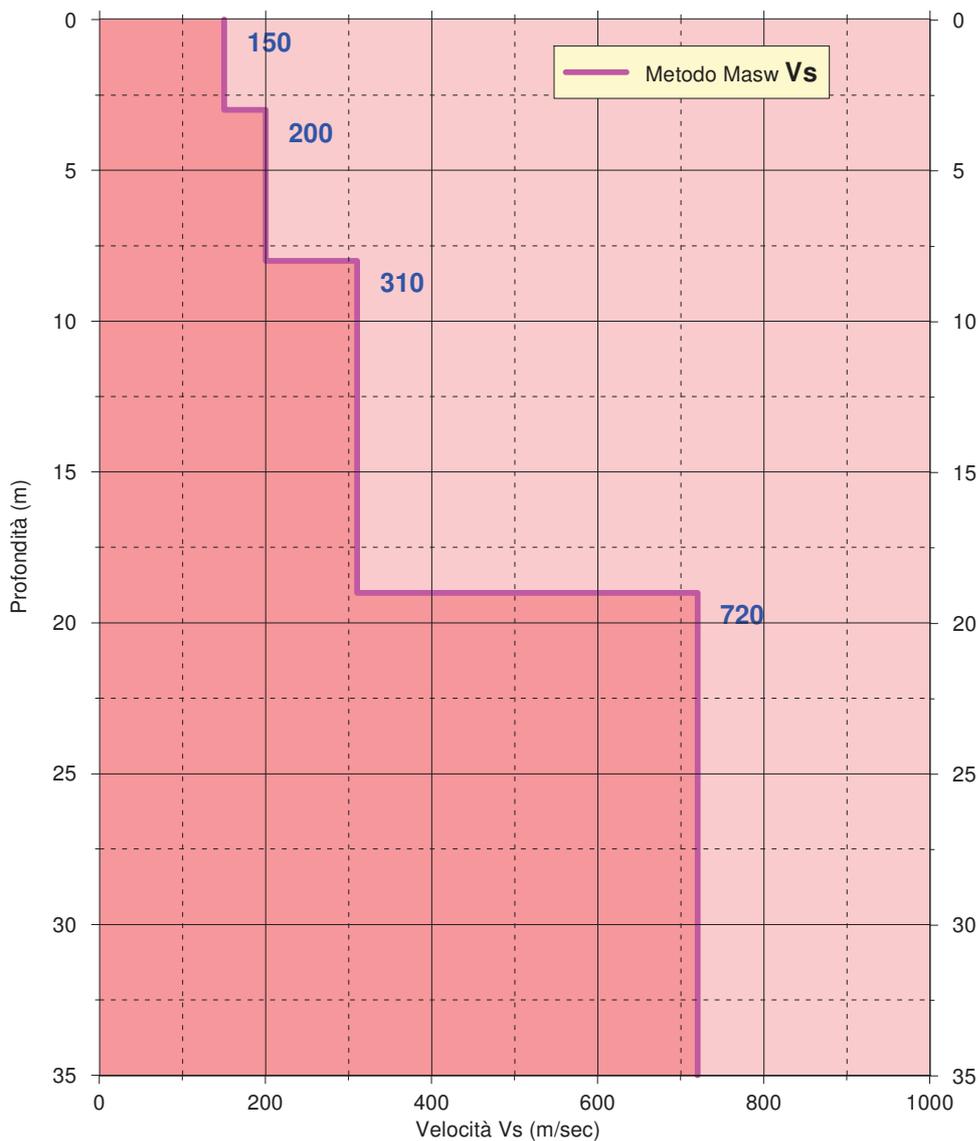
Fig.5d

SPETTRO VELOCITA' DI FASE - FREQUENZA CON CURVA DISPERSIONE

velocity spectrum & dispersion curve



PROFILO VELOCITÀ Vs

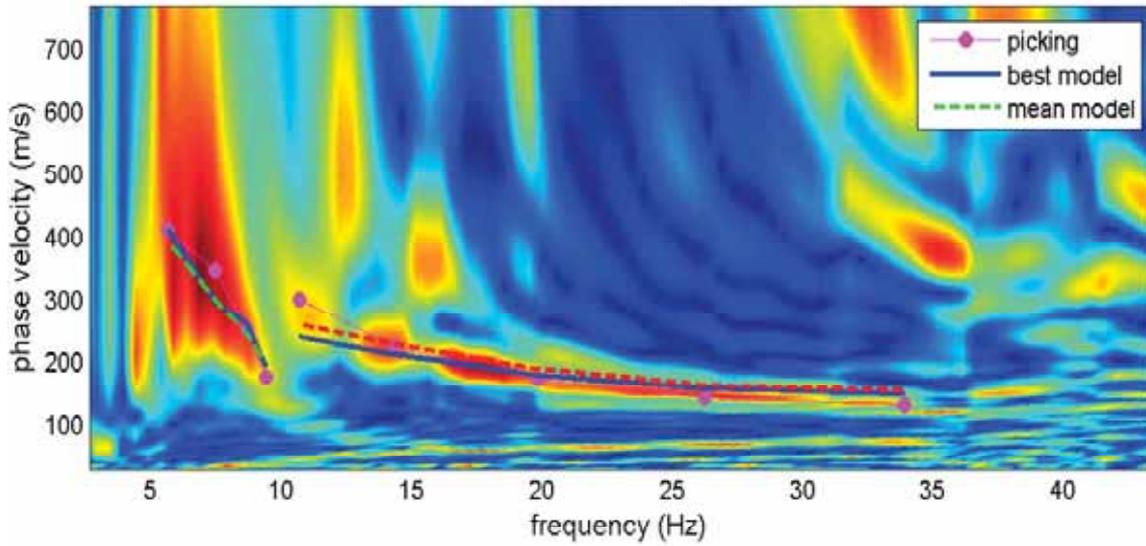


Vs30 dal p.c = 315

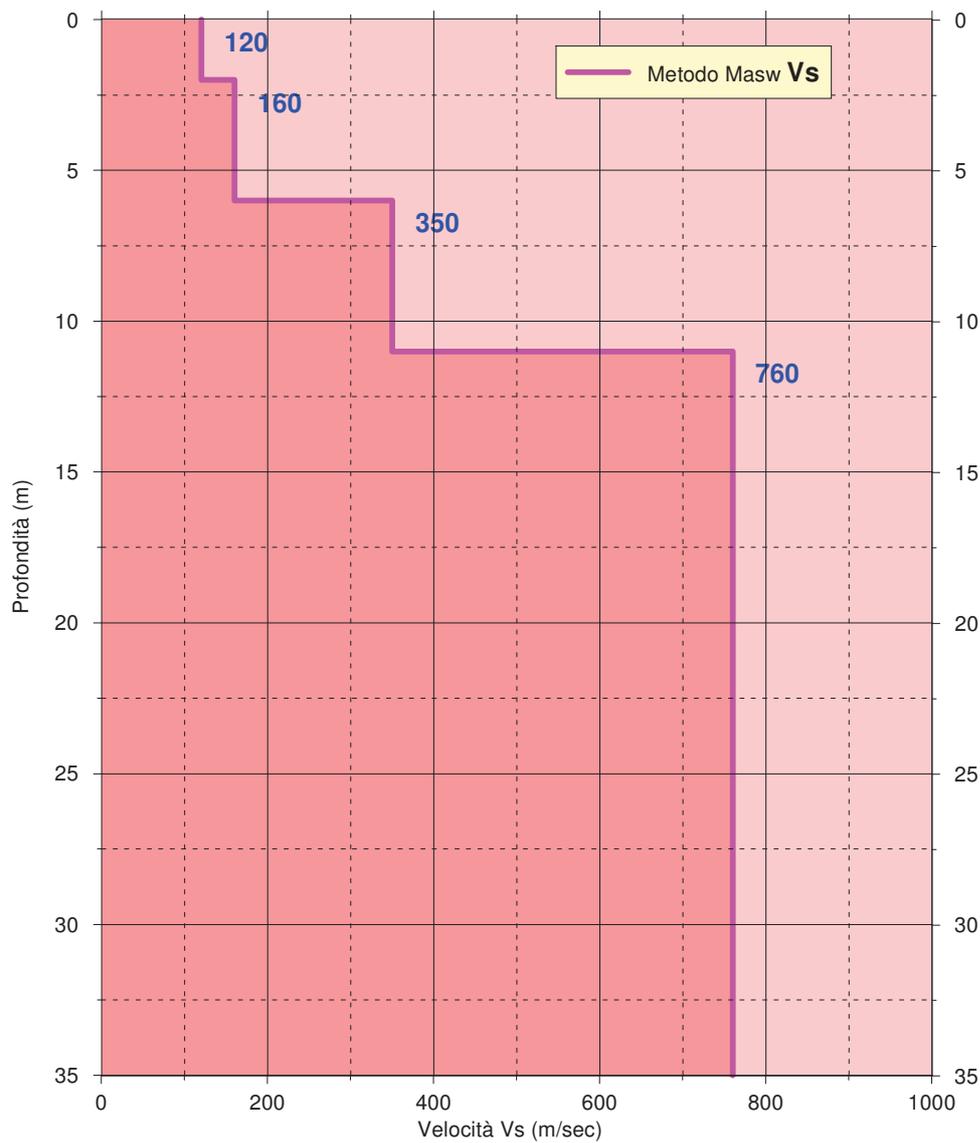
SUOLO DI FONDAZIONE TIPO "C"

Fig.6a

SPETTRO VELOCITA' DI FASE - FREQUENZA CON CURVA DISPERSIONE
velocity spectrum & dispersion curve



PROFILO VELOCITÀ Vs

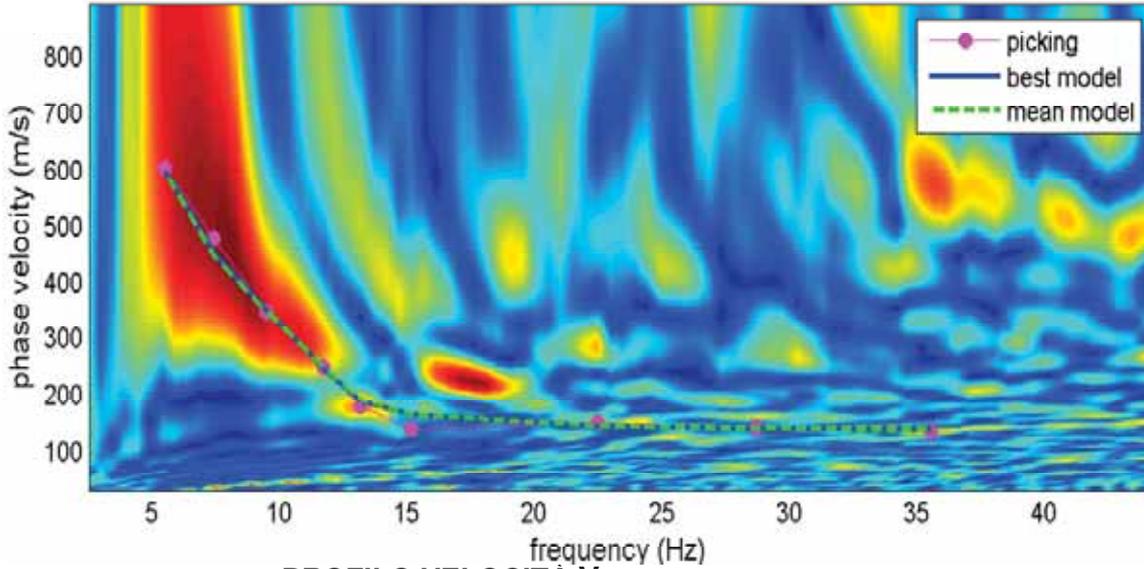


Vs30 dal p.c = 365

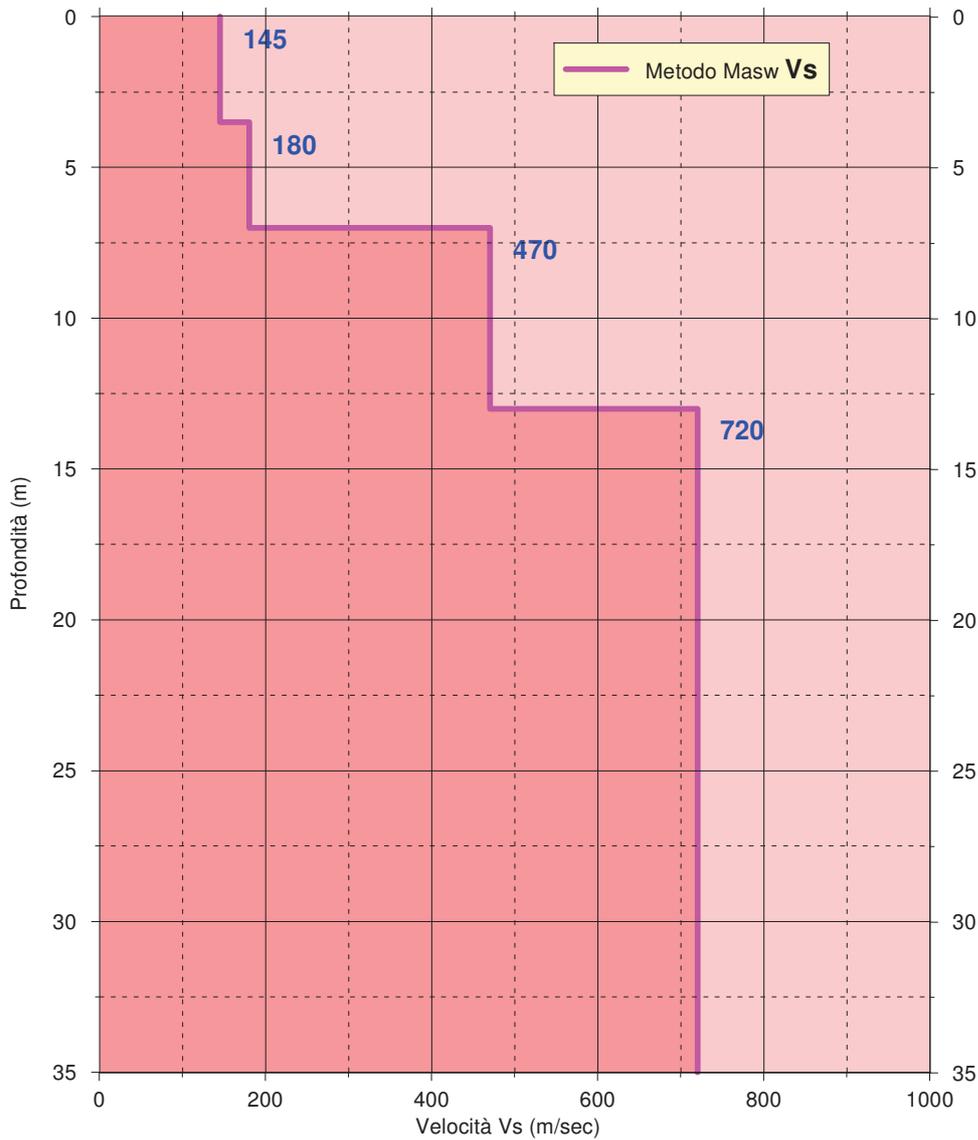
SUOLO DI FONDAZIONE TIPO "B"

Fig.6b

SPETTRO VELOCITA' DI FASE - FREQUENZA CON CURVA DISPERSIONE
velocity spectrum & dispersion curve



PROFILO VELOCITÀ Vs



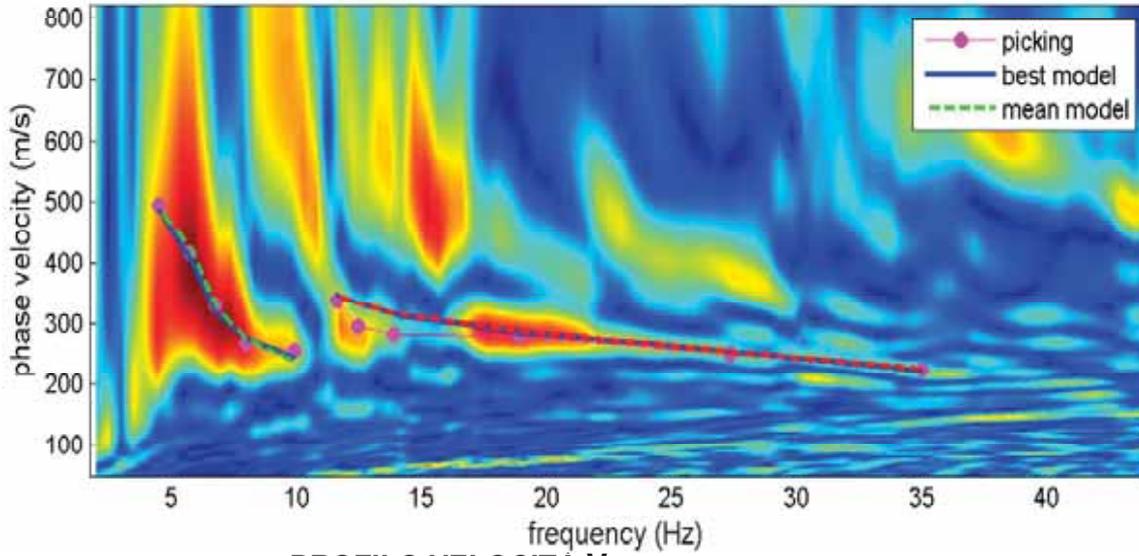
Vs30 dal p.c = 370

SUOLO DI FONDAZIONE TIPO "B"

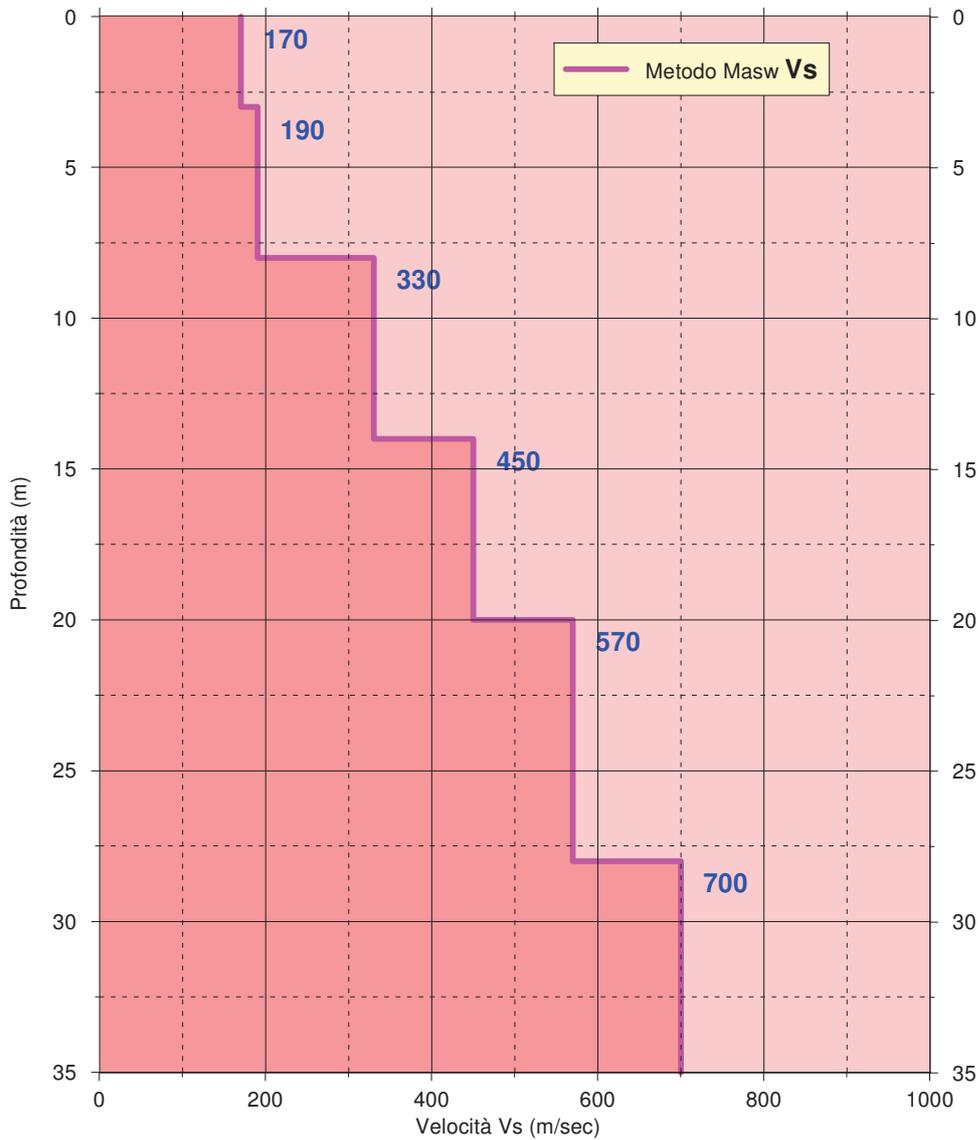
Fig.6c

SPETTRO VELOCITA' DI FASE - FREQUENZA CON CURVA DISPERSIONE

velocity spectrum & dispersion curve



PROFILO VELOCITA' Vs



Vs30 dal p.c = 325

SUOLO DI FONDAZIONE TIPO "C"

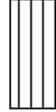
Fig.6d

CARTA DEL "RI

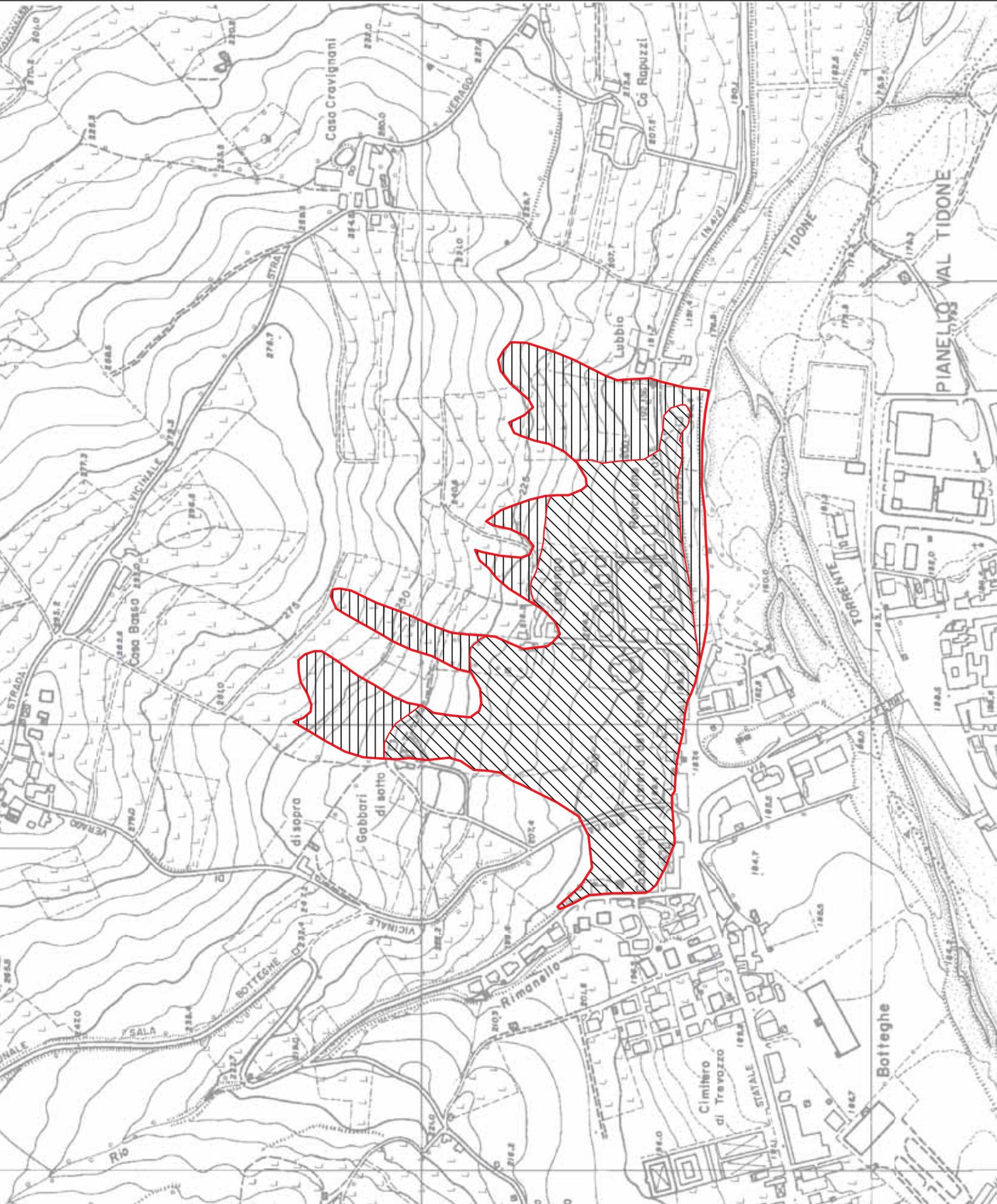
CLASSI DI RISCHIO



Classe 2 - Risc



Classe 3 - Risc



AREA D

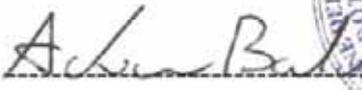
Comune di Nibbiano (PC)



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

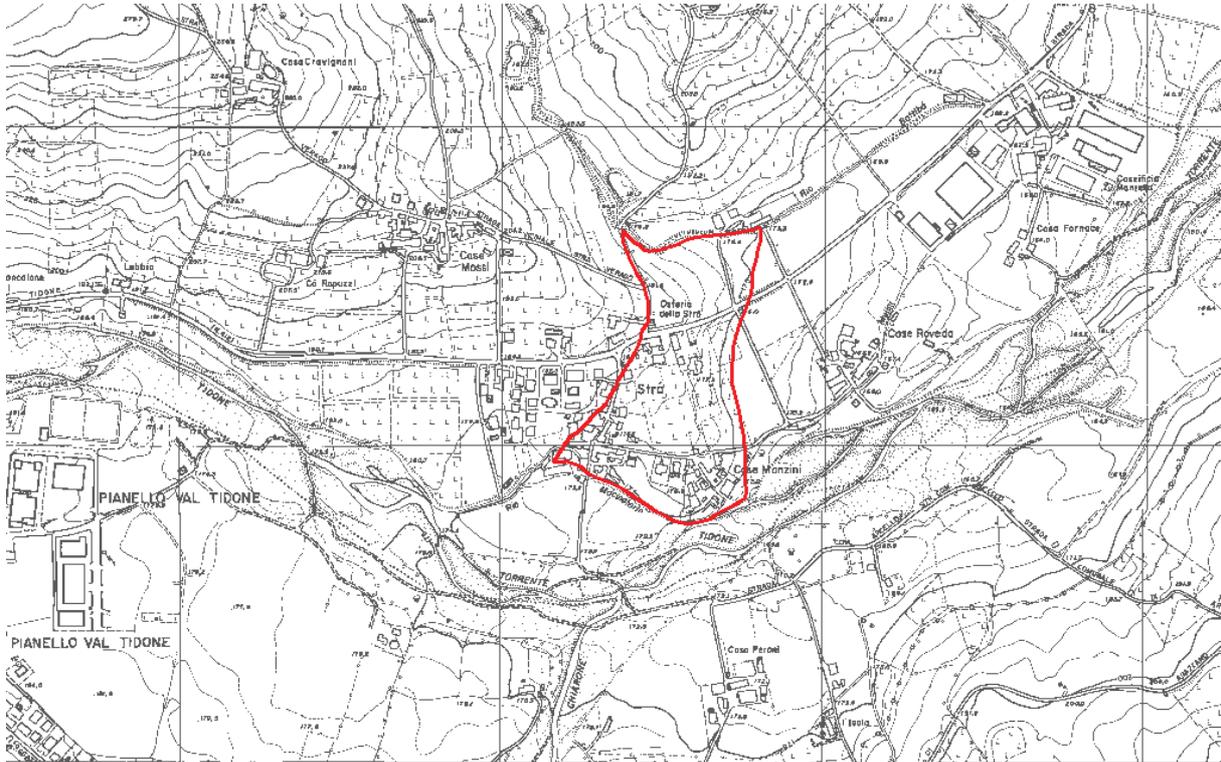
Sommaro

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.

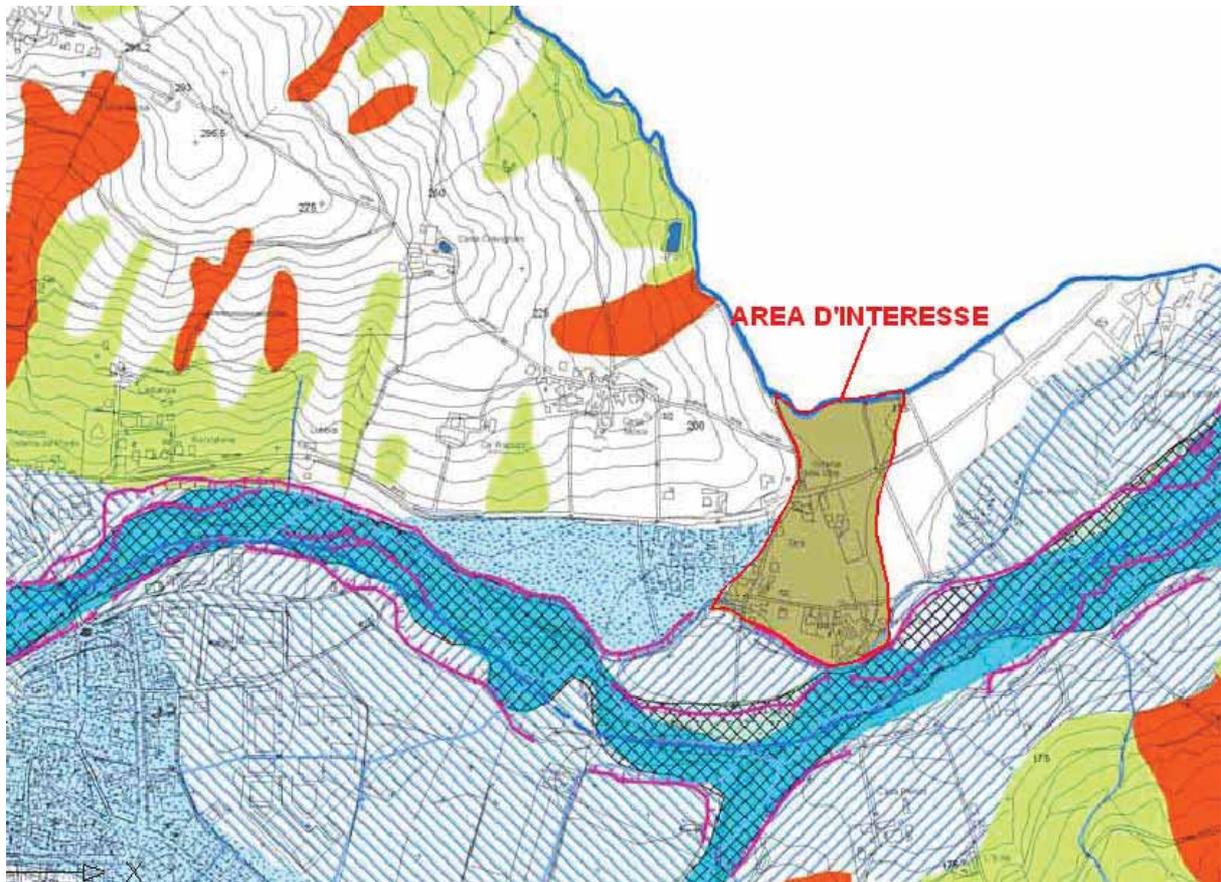


Inquadramento territoriale da CTR

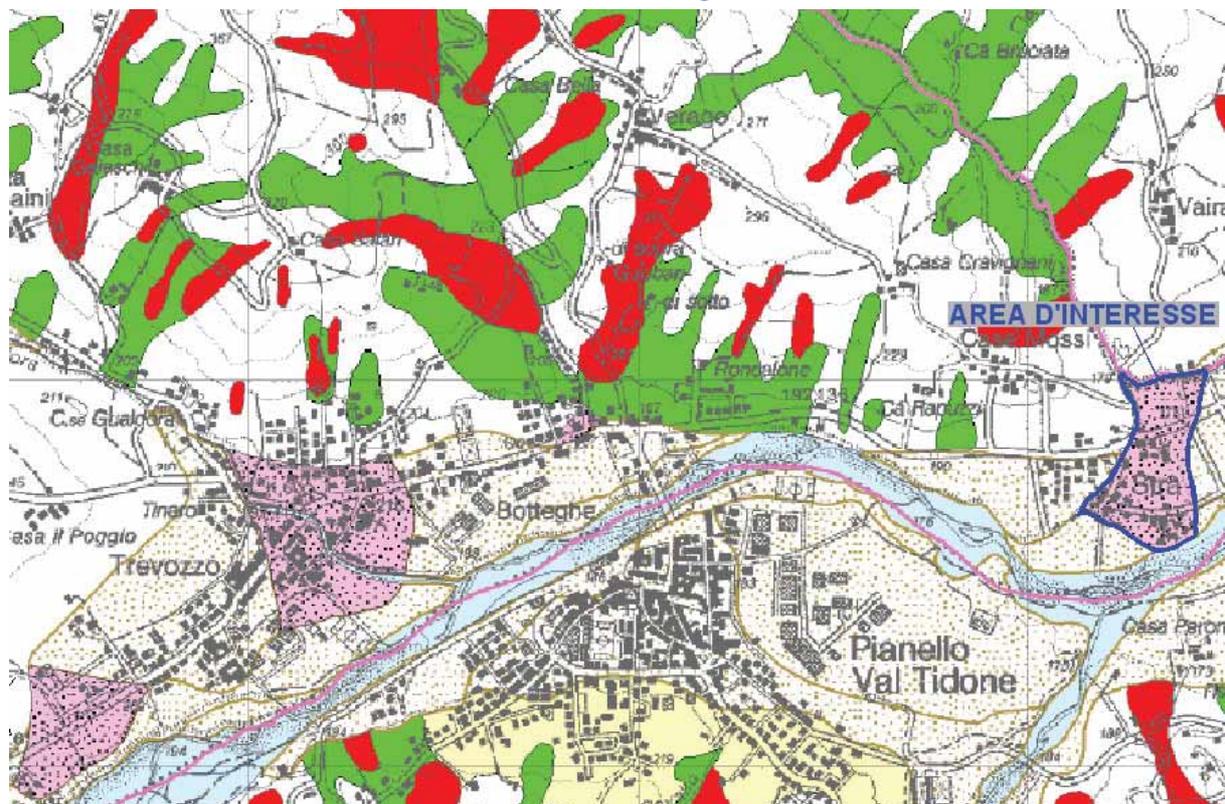
Nella carta del dissesto del PTCP della provincia di Piacenza e nella "Carta del Dissesto Comunale" allegata al PSC (in questo caso coincidenti), l'area d'interesse è classificata come "conoide inattiva". Le norme del PTCP (comma 8 dell'art. 31), consentono per le aree segnalate come dissesti potenziali (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.

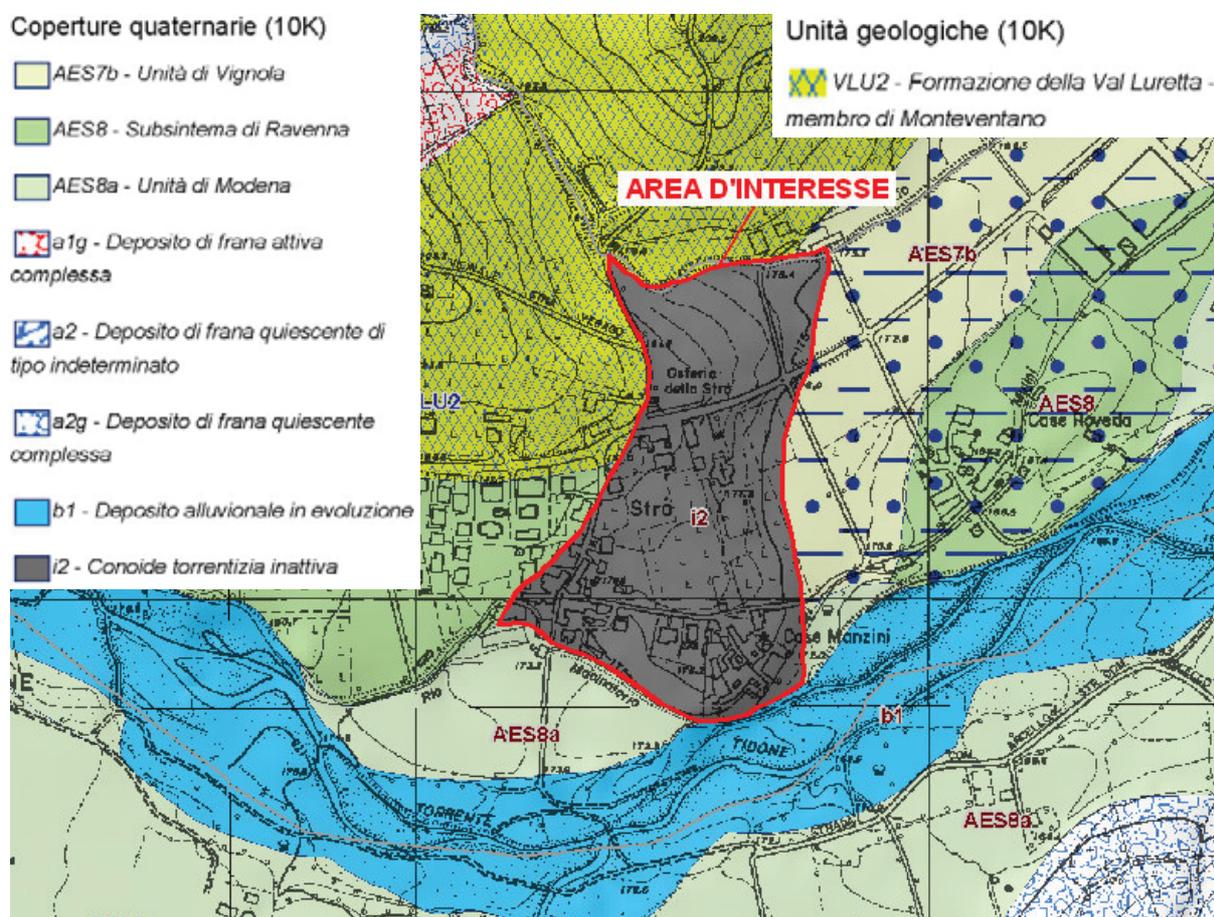
L'indagine geologico-sismica, conforme a quanto previsto dalla delibera del 2 Maggio 2007, n.112, in materia antisismica, ha compreso le seguenti fasi di studio:

- 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. I NQUADRAMENTO GEOLOGICO CO-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.

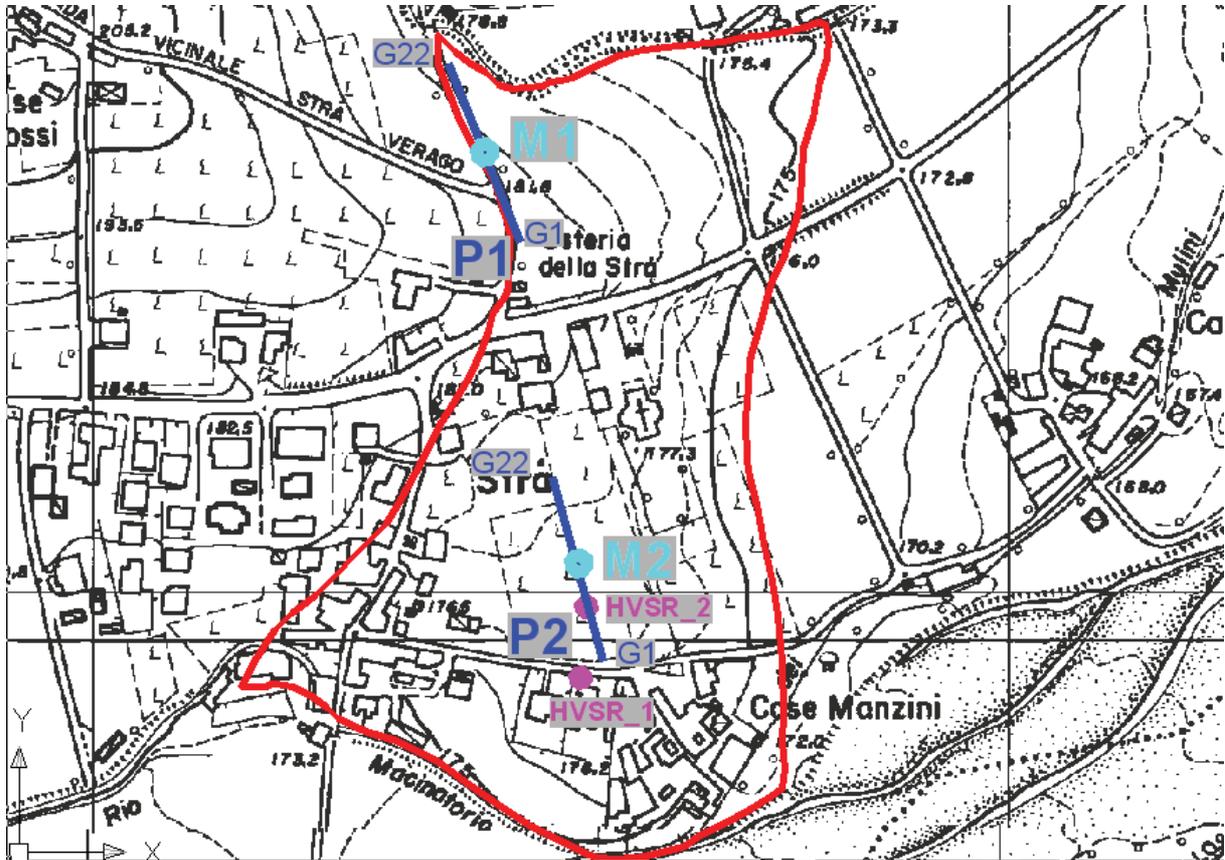


Dettaglio del Rio Battibò

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 spazati 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'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 verticali, 395 Ohm con puntale da 3" ed 1,5 mt di cavo terminato con mueller clip singola MC-20-SP,
- Computer portatile ACER.

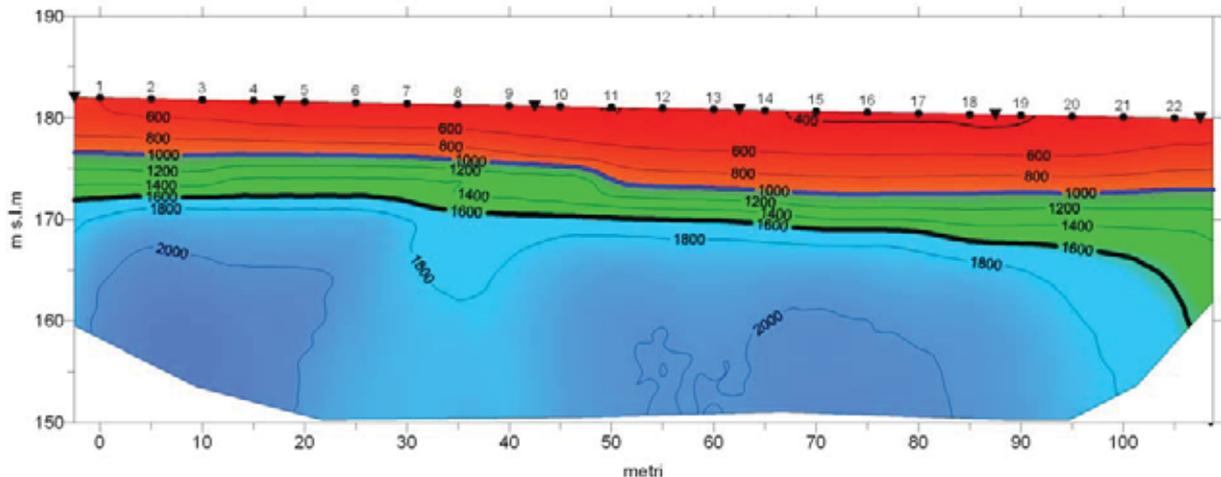
5.1.4 Elaborazione

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

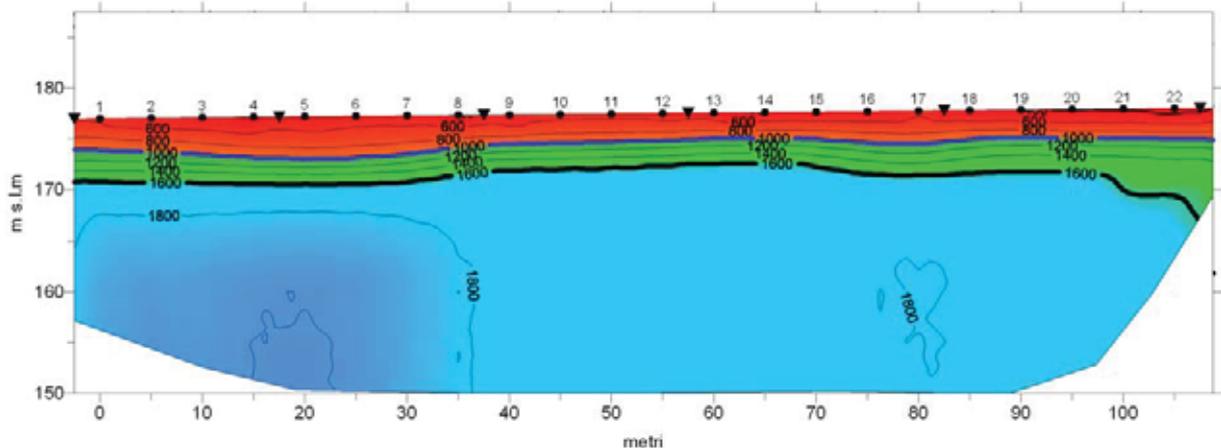
colori. Alle diverse classi di velocità sismica, sono stati attribuiti colori che vanno, dal rosso per i valori più bassi, al blu per i valori più elevati. La scala cromatica evidenzia i cambiamenti di velocità ritenuti più significativi.

5.1.5 Analisi dei risultati

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



**Loc. Strà - Conoide Rio Battibò - Comune di Nibbiano
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 **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"

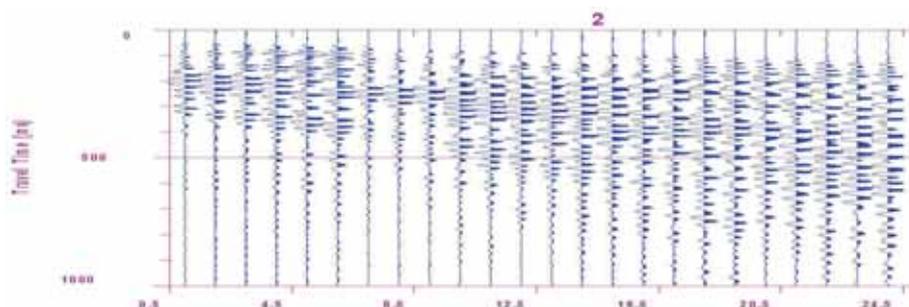
Per la determinazione del profilo di velocità delle onde "S" e della categoria del suolo di fondazione, è stato utilizzato il metodo "Masw". I profili "Masw" sono stati realizzati in corrispondenza degli stendimenti sismo-tomografici.

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 avvalorata 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

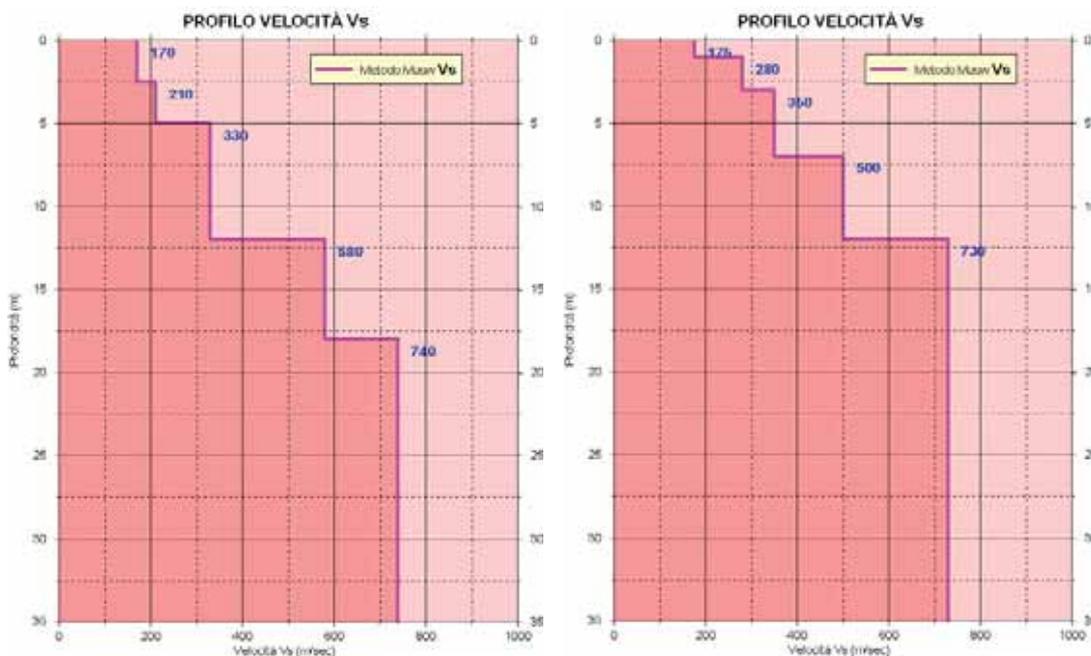
Come già accennato sono stati acquisiti 2 stendimenti di 22 geofoni, con distanza intergeofonica di 5 m. La lunghezza delle registrazioni è stata di 1 sec, con un passo di campionamento di 0.25 ms.



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 ($V_s < 280$ 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 – (I POTESI 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 sofficie 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 f_0 . 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:

$$f_0 = V_s / 4H$$

dove **V_s** 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 **V_s** 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 **V_s** ottenute da misure **Masw / Esac-ReMi.**, non risulta affidabile per la determinazione del profilo di velocità delle onde **S** e quindi della valutazione della **V_{s30}**.

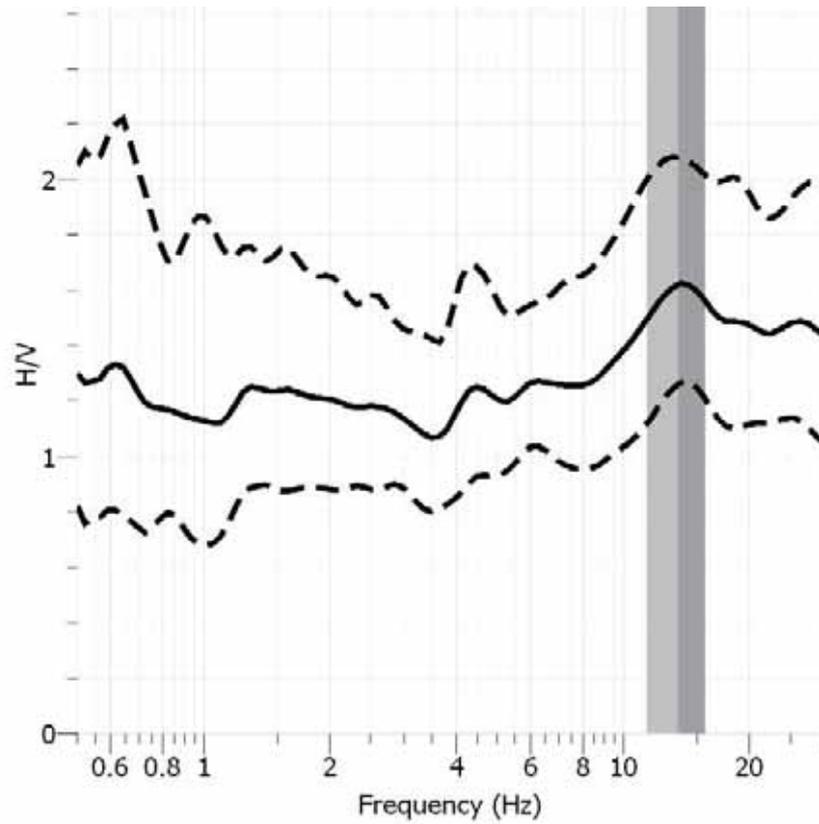
5.3.2 Strumentazione utilizzata e modalità di acquisizione

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**.

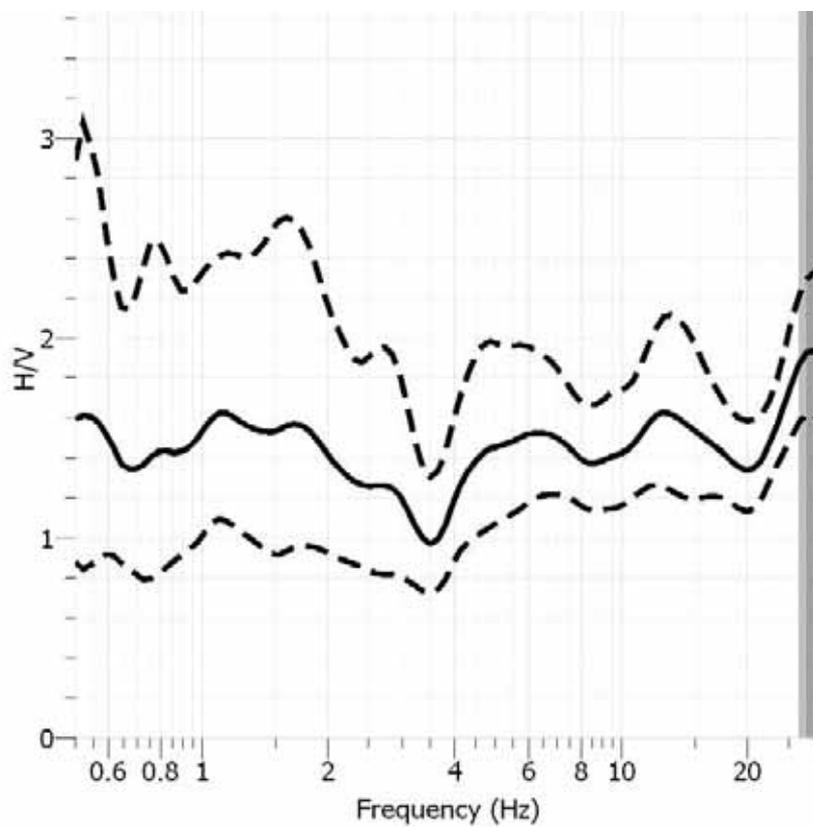
5.3.3 Elaborazione ed analisi dei dati

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:

- ◆ 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: <i>limo e argilla con sporadiche intercalazioni lapidee - poco compatto</i>	
Dal p.c. a -2/-6 m	Peso di volume Angolo di attrito Coesione Coesione non drenata	$\gamma = 1.80 \text{ t/ mc}$ $\phi = 23^\circ$ $C = 0.05 \text{ Kg/ cmq}$ $Cu = 0.4 \text{ Kg/ cmq}$
Livello B	Litologia: <i>limo e argilla con intercalazioni ghiaiose - mediamente compatto</i>	
Da -2/-6 m a -7/-11 m	Peso di volume Angolo di attrito Coesione Coesione non drenata	$\gamma = 1.90 \text{ t/ mc}$ $\phi = 27^\circ$ $C = 0.05 \text{ Kg/ cmq}$ $Cu = 0.5/ 0.6 \text{ Kg/ cmq}$
Livello C	Litologia: <i>substrato roccioso di natura marnosa e calcareo-marnosa alterato alla sommità</i>	
Oltre -7/-11 m	Peso di volume Angolo di attrito Coesione non drenata	$\gamma = 2.00 \text{ t/ mc}$ $\phi = 35^\circ$ $Cu = 0.7/ 0.9 \text{ Kg/ cmq}$

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 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 $\leq 15^\circ$ 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;

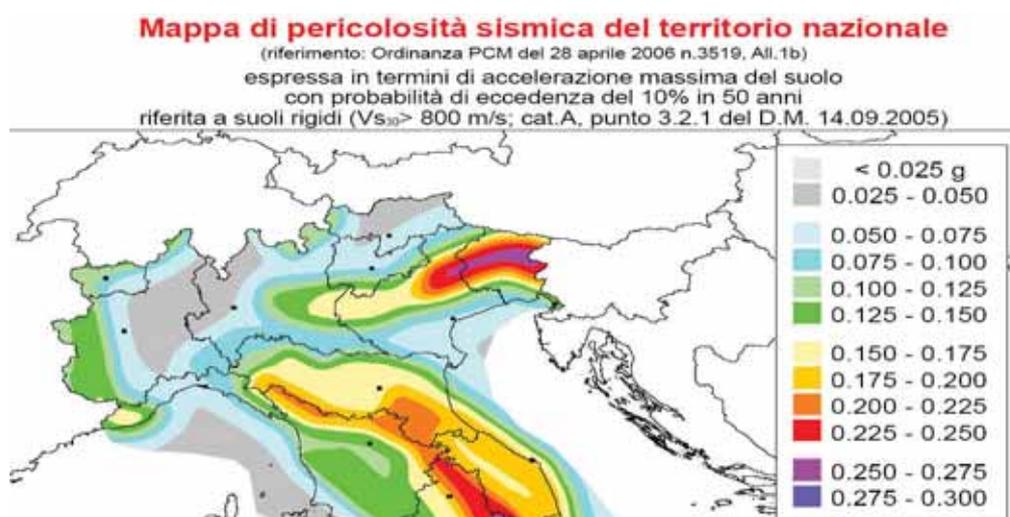
b) un'analisi più approfondita (terzo livello di approfondimento) è invece richiesta nei seguenti casi (vedere Allegato A1):

- 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.



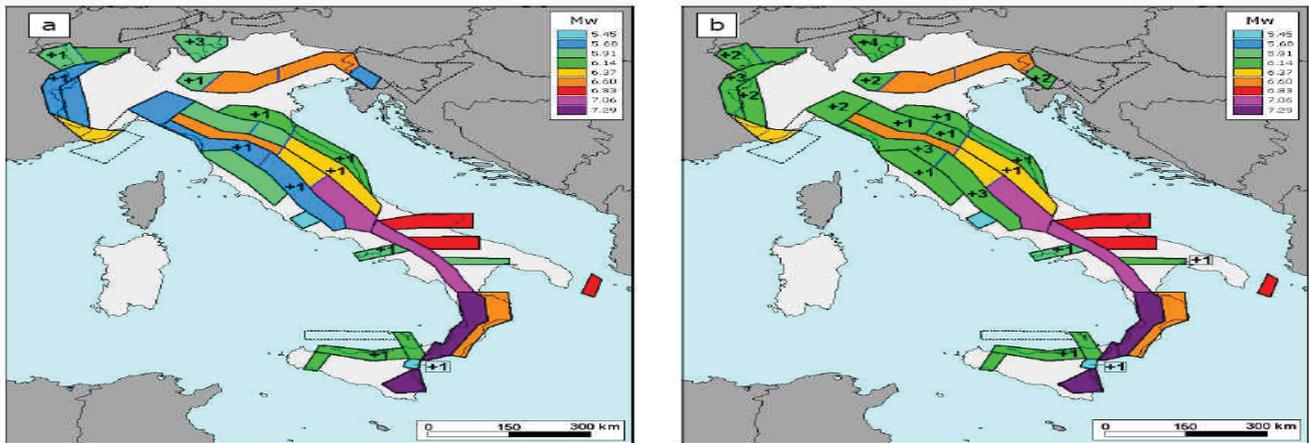


Figura 36. Valori di M_{wmax} corrispondenti ai due insiemi: a) "osservati" (M_{wmax1}); b) "cautelativi" (M_{wmax2}).

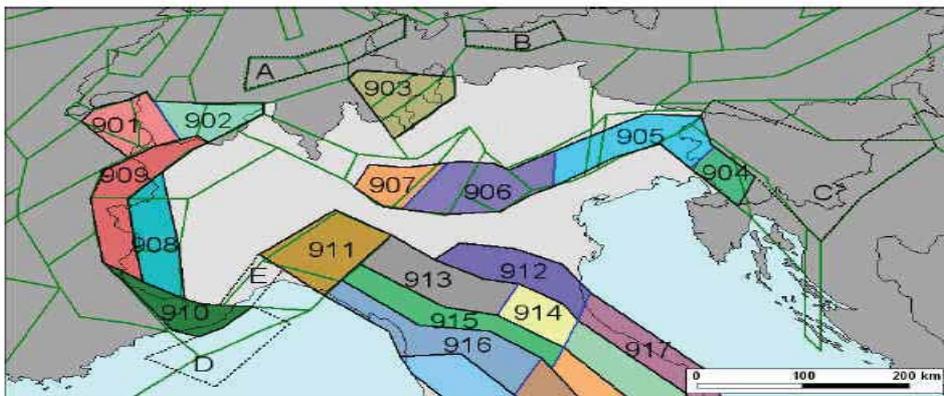


Figura 10. Zonazione sismogenetica ZS9 a confronto con la zonazione del progetto SESAME nell'area alpina (Jiménez et al., 2001; linee di colore verde).

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 a_g 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 $V_s \geq 800$ m/s si devono usare le seguenti tabelle

F.A. P.G.A.

V_{sH} 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 - $0.1s < T_0 < 0.5s$

V_{sH} 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 - $0.5s < T_0 < 1.0s$

V_{sH} 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 V_s superano i 700 m/s. I fattori di amplificazioni calcolati sono riassunti nella 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 ($V_s > 800$ m/s) prevista per il Comune di Nibbiano è di 0.098g.

7.5 SPETTRO DI RIPOSTA (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=0.098 per il comune di Nibbiano e il fattore di amplificazione massimo (2.0), è stato calcolato lo spettro di risposta del sito d'interesse.

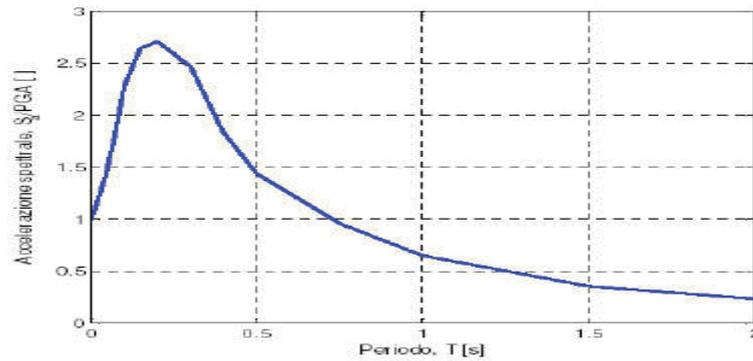
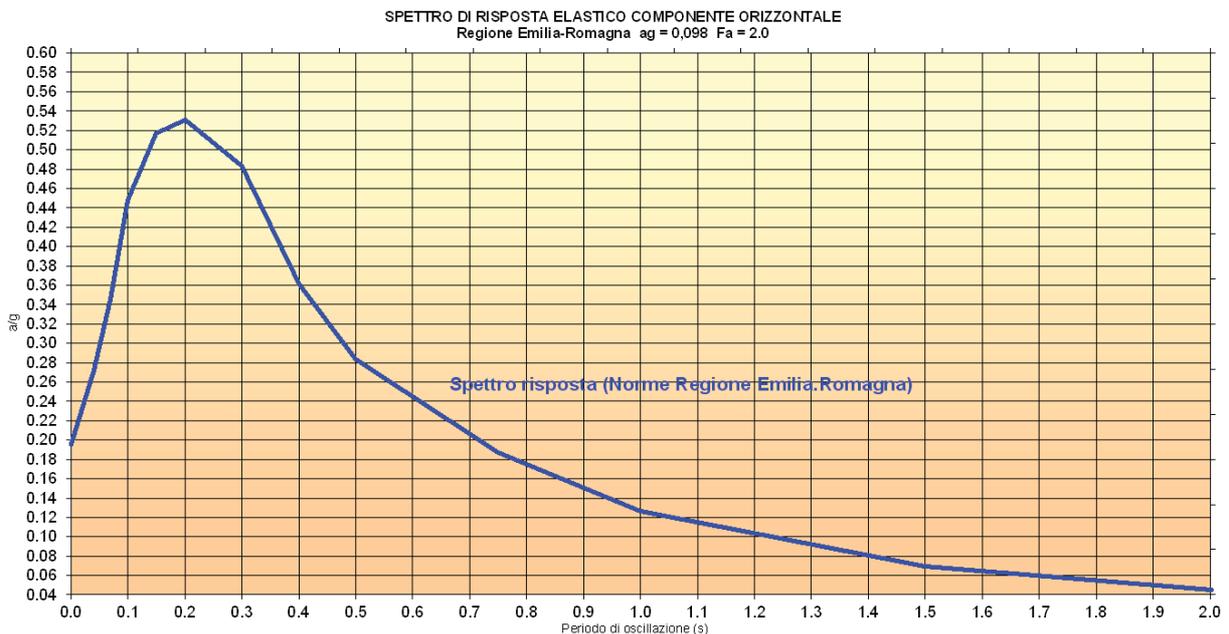


Figura 1 - Spettro di risposta normalizzato ($T_R = 475$ anni, smorzamento = 5%) per l'Emilia-Romagna

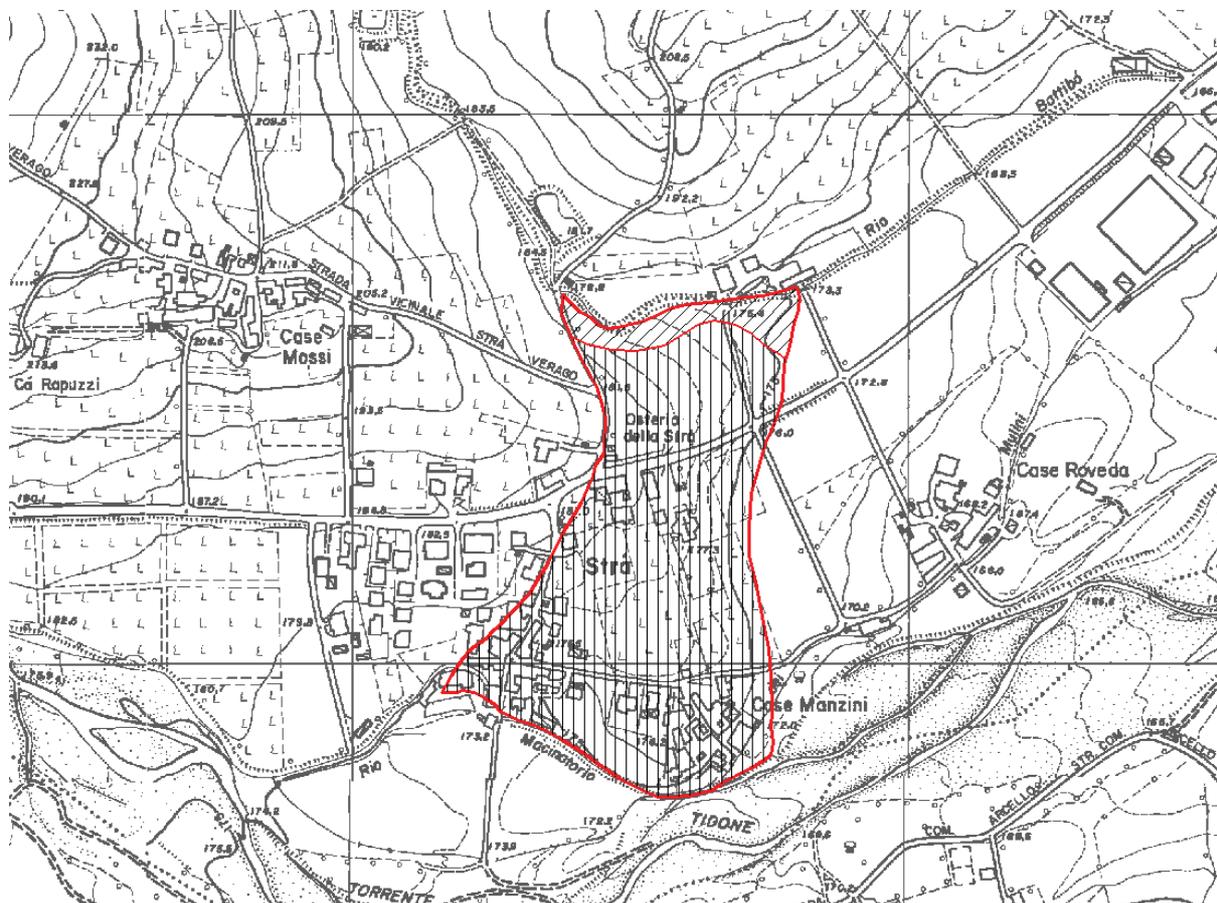
CONOIDE Rio BATTIBO' Loc. STRA' - NIBBIANO



Spettro di risposta 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 contraddistinti 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 Battivò.
- **Aree a rischio moderato (classe 2 - rigato obliquo)**, per maggior cautela, è stata considerata a rischio leggermente superiore, l'area a ridosso del rio Battivò. Anche in questo caso non si evidenziano condizioni particolari di rischio.

9. PRESCRIZIONI PER LE AREE DI CONOIDI INATTIVA 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.

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 ampliamenti 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

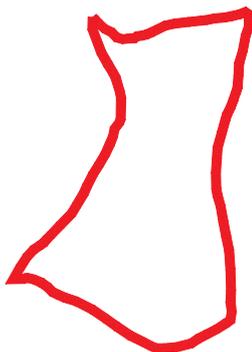
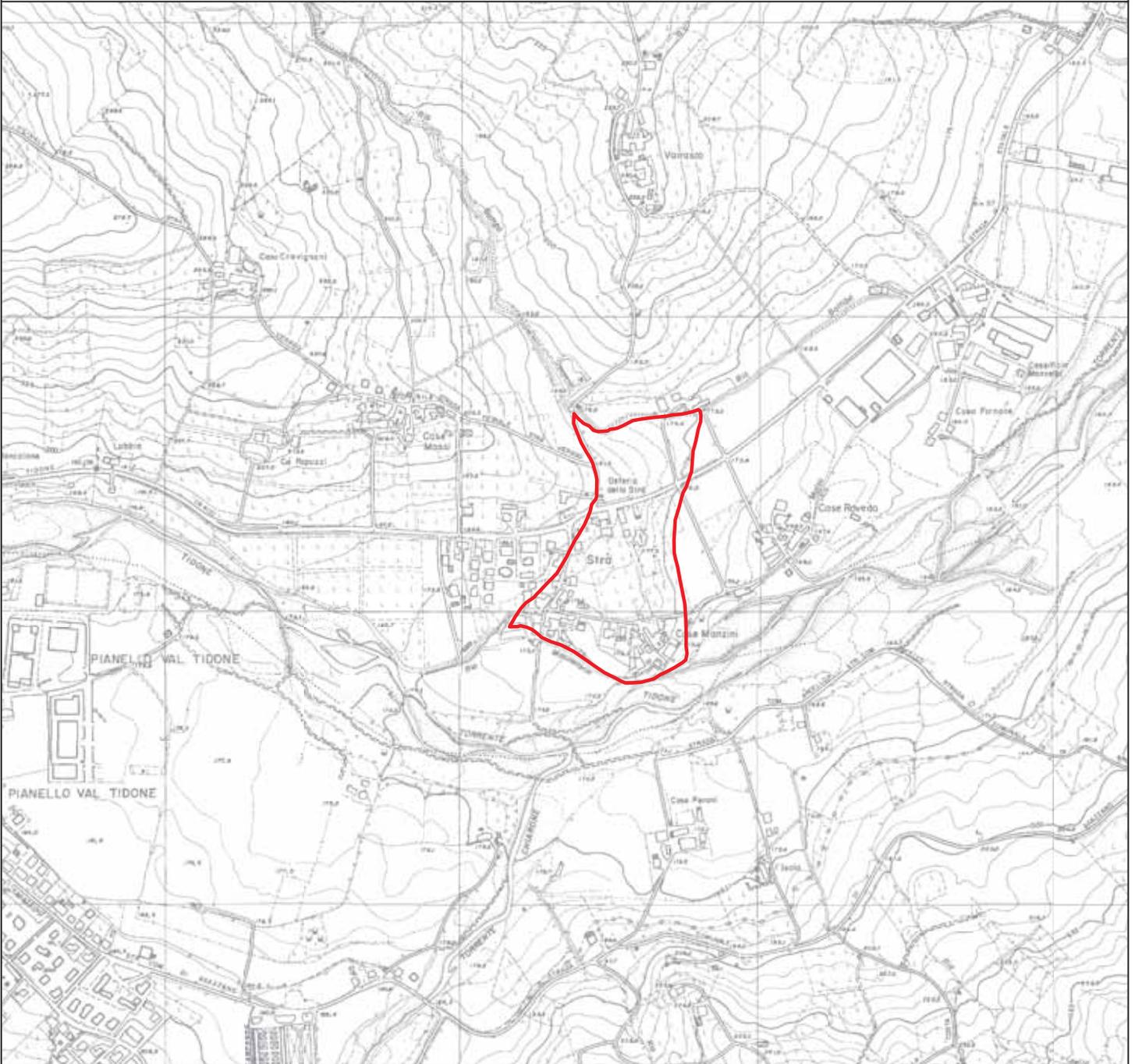


Dott. Alberto Lepori



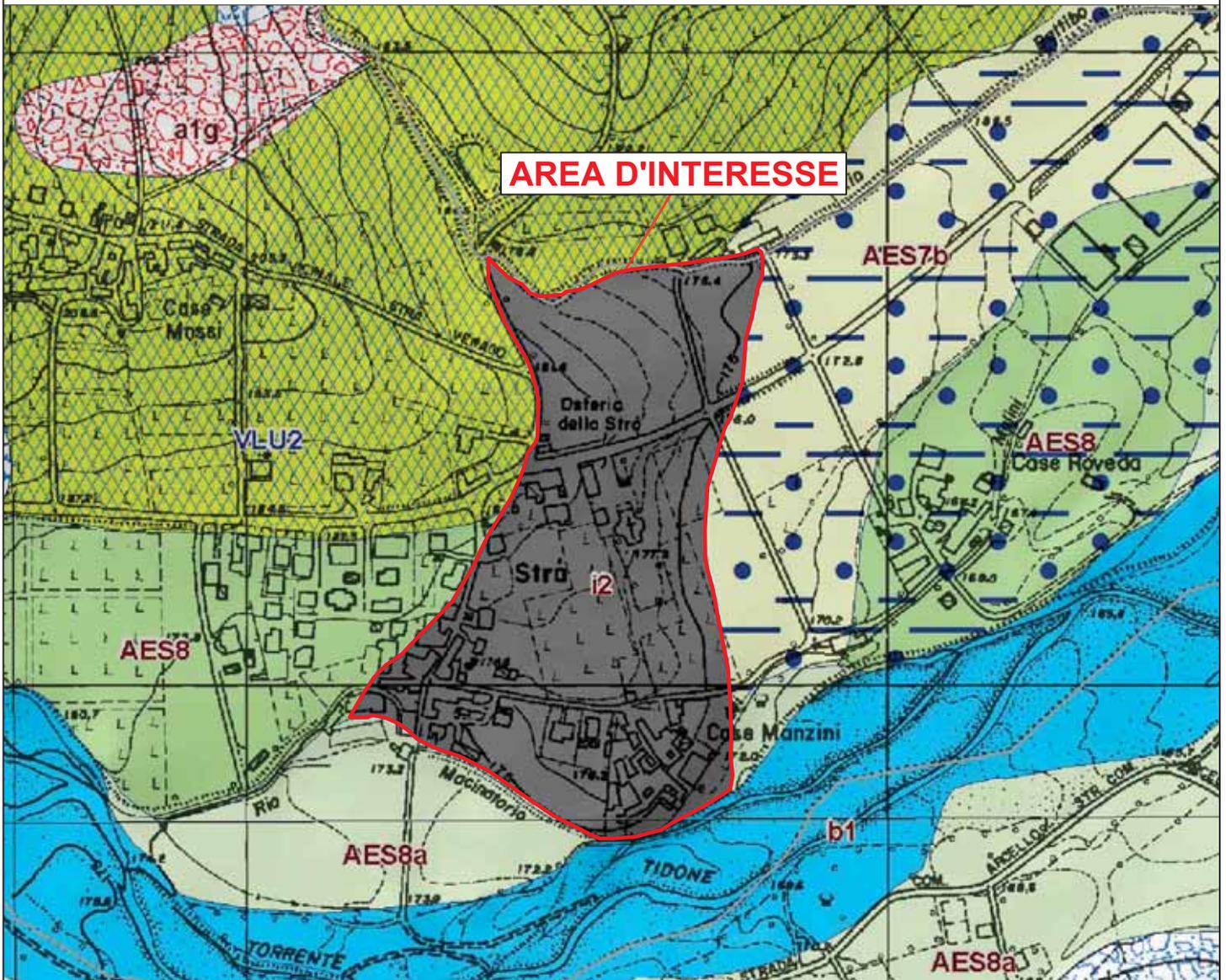

INQUADRAMENTO TERRITORIALE

Scala 1:10000



Area considerata

ESTRATTO CARTA GEOLOGICA REGIONALE
 Scala 1:5000

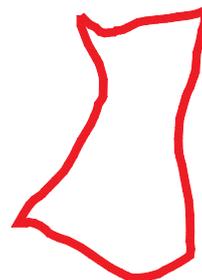


Coperture quaternarie (10K)

-  AES7b - Unità di Vignola
-  AES8 - Subsistema 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

**CARTA D
 Estrat**

Elementi morfologici

Area di frana attiva:
 Accurati gradienti (codici di colori) con evidenti movimenti in atto.

Area di frana quiescente:
 Accurati gradienti (codici di colori) emulamente quiescenti o stabilizzati.

Area di frana stabilizzata o riel:
 Movimenti preparati, quasi nulli o c

Depositi alluvionali attuali:

Glaciere sciolte eterogenee ed eteromorfiche, a ma

Area di magra del torrente:

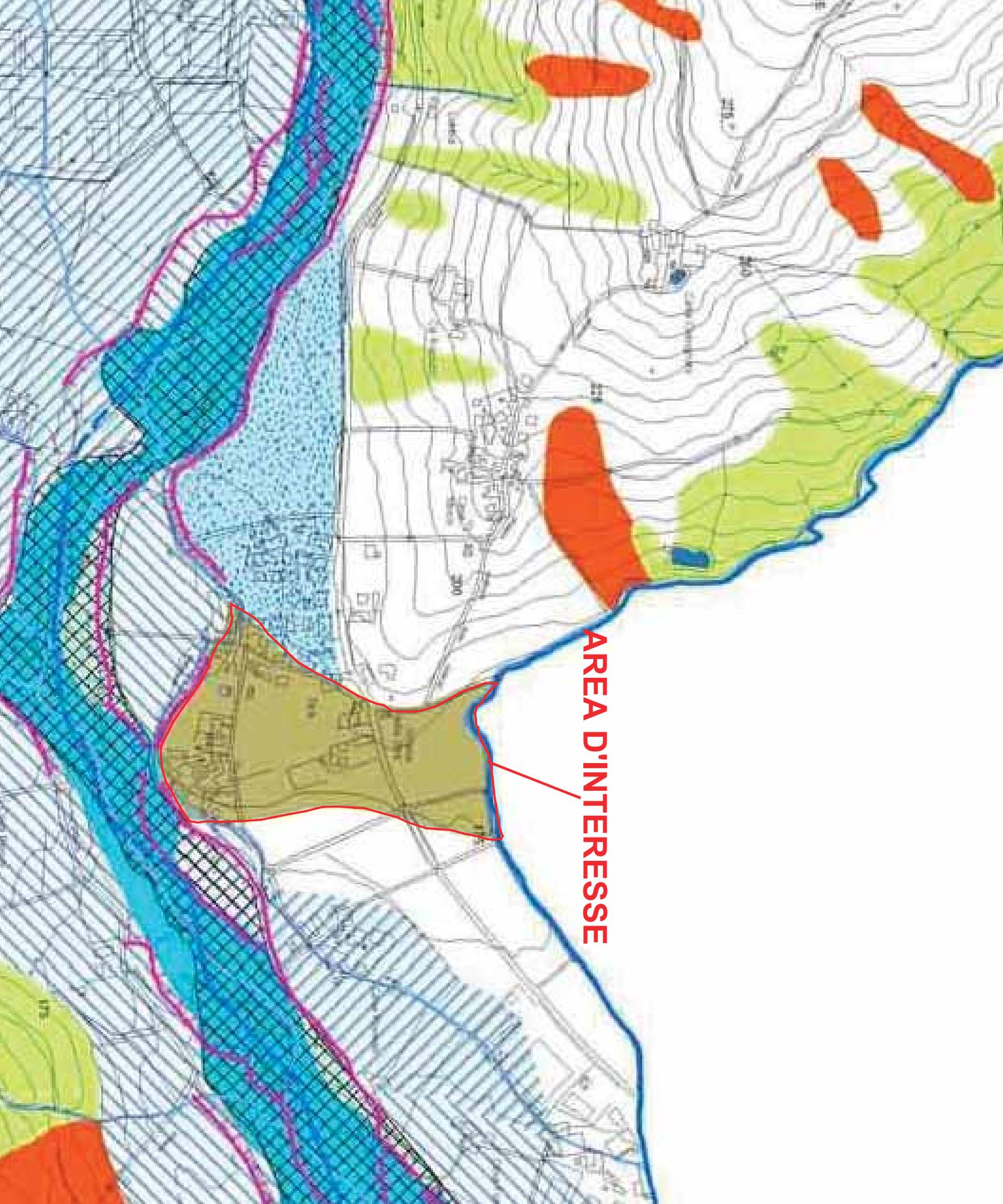
Depositi alluvionali in evoluzione c

Depositi alluvionali terrazzati
 Classificazione in base alla natura (sabbia, ghiaia, silt, argilla) e alla morfologia (2,5 Y 4/2 "Thun", "I Depositi alluvionali terrazzati e di di classe orizzontali")
 Classe Superiore:

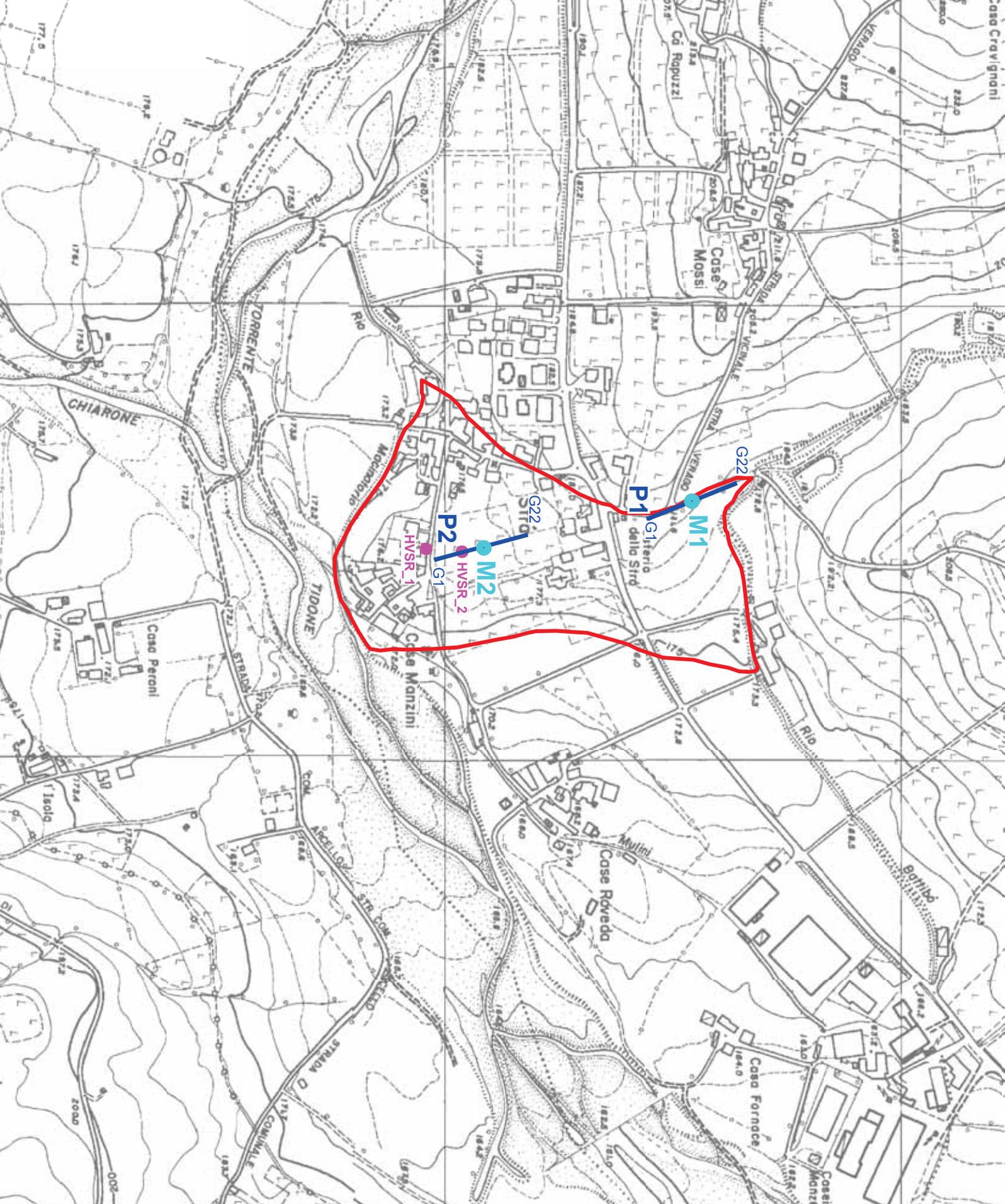
Depositi alluvionali terrazzati
 Classe a prevalente natura limosa-argillosa, buona ghiaia (2,5 Y 4/2 "Thun", "I Depositi alluvionali terrazzati e di di classe orizzontali")
 Classe medio-inferiore:

Depositi alluvionali terrazzati
 successione di ghiaie, sabbie e limi di copertura a prevalente colore bruno-rossiccio (Muralet Soil Class 1)
 Resistenza superiore - Classe:

Conoide alluvioni



AREA D'INTERESSE



Studio geoc...
 della conoide "1"
 in loc. Strà - Com
 "Classificazione del n
 i

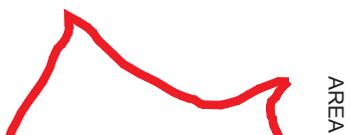
PLANIMETRIA

INDAGINI SISMICHE

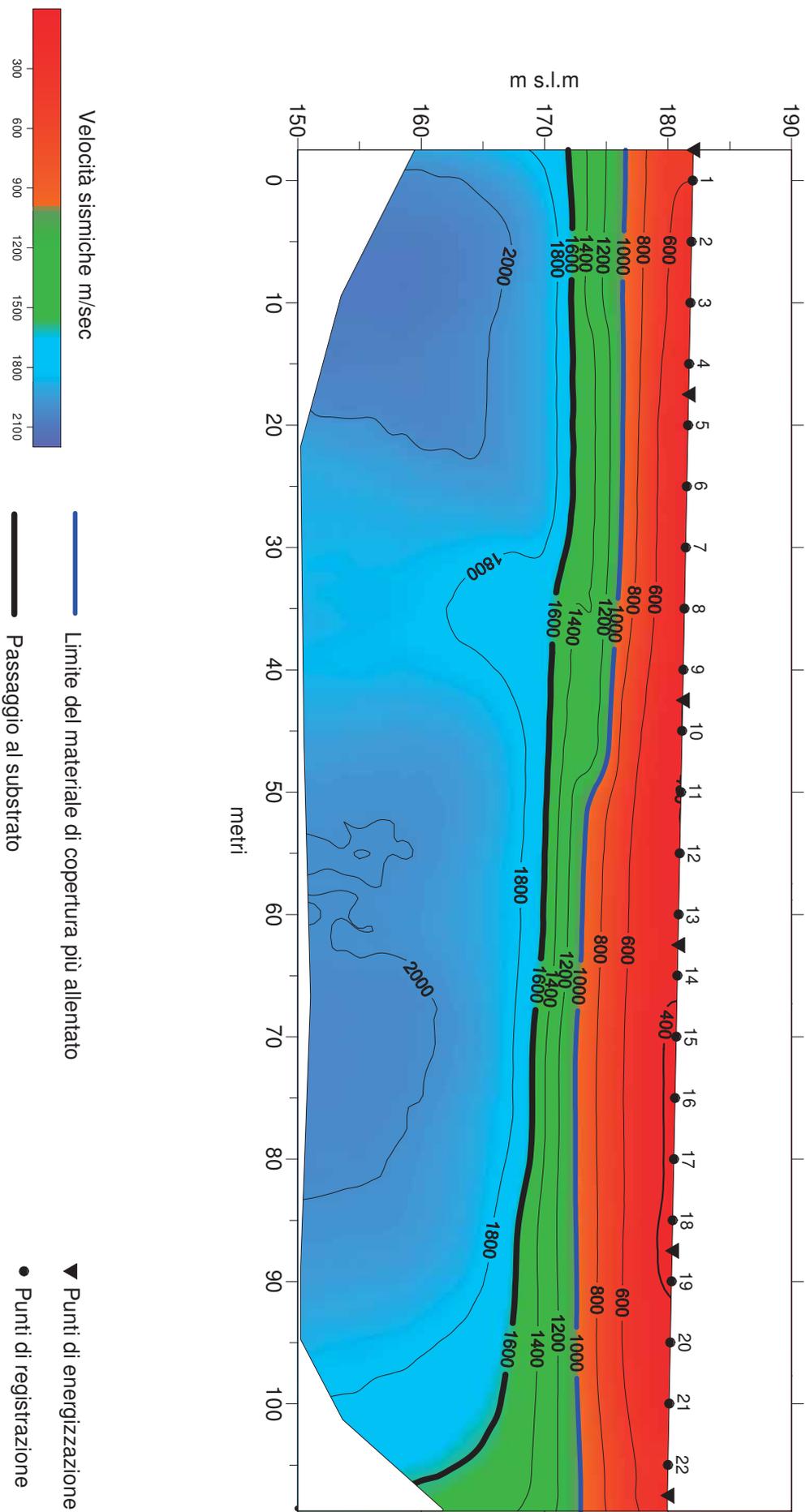
G — P1 — G22 Tra

M1 Pro

HVSR Pro



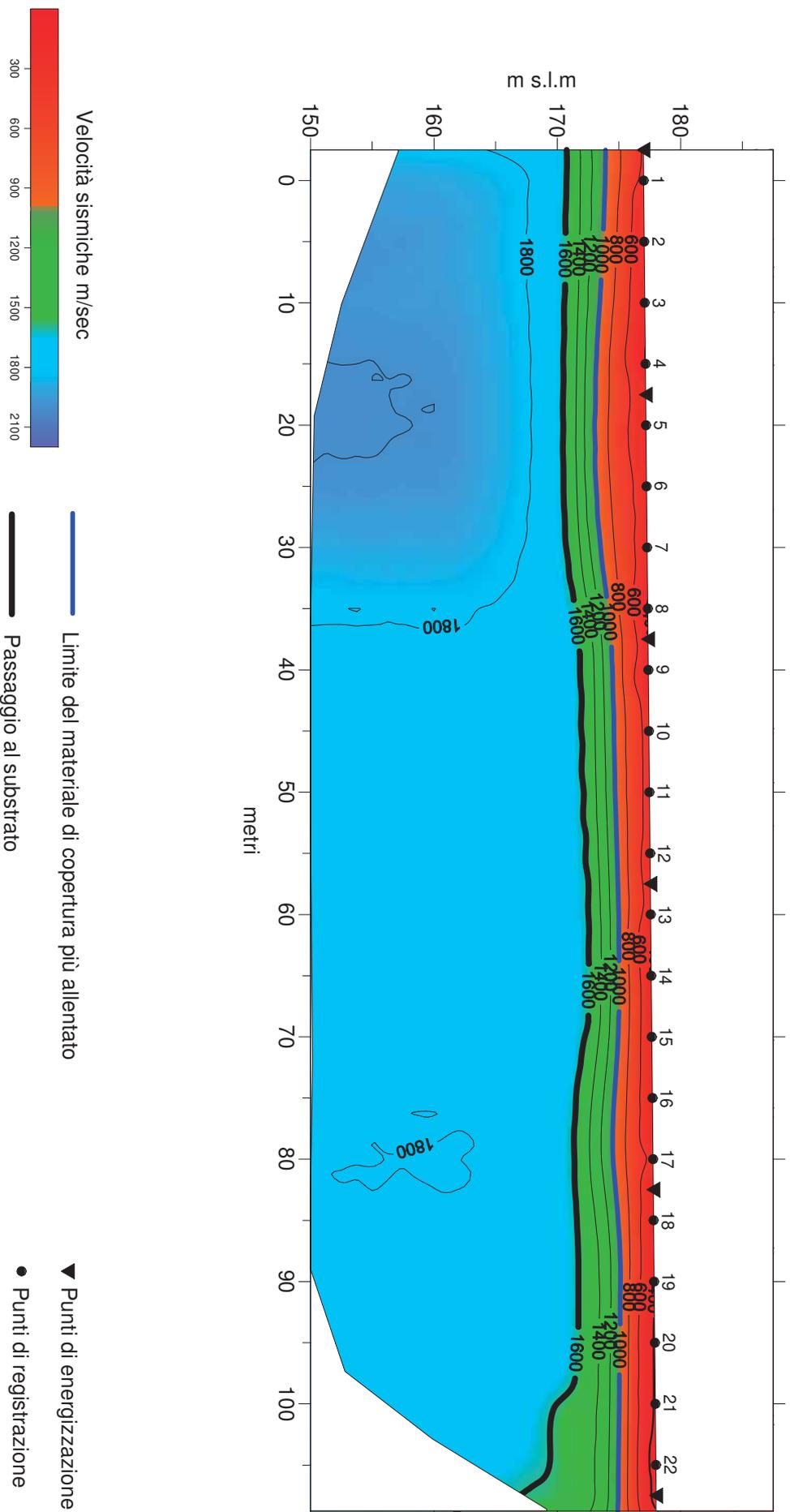
Loc. Strà - Conoide Rio Battibò - Comune di Nibbiano
TOMOGRAFIA SISMICA - P1



Scala 1:500

Fig.5a

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

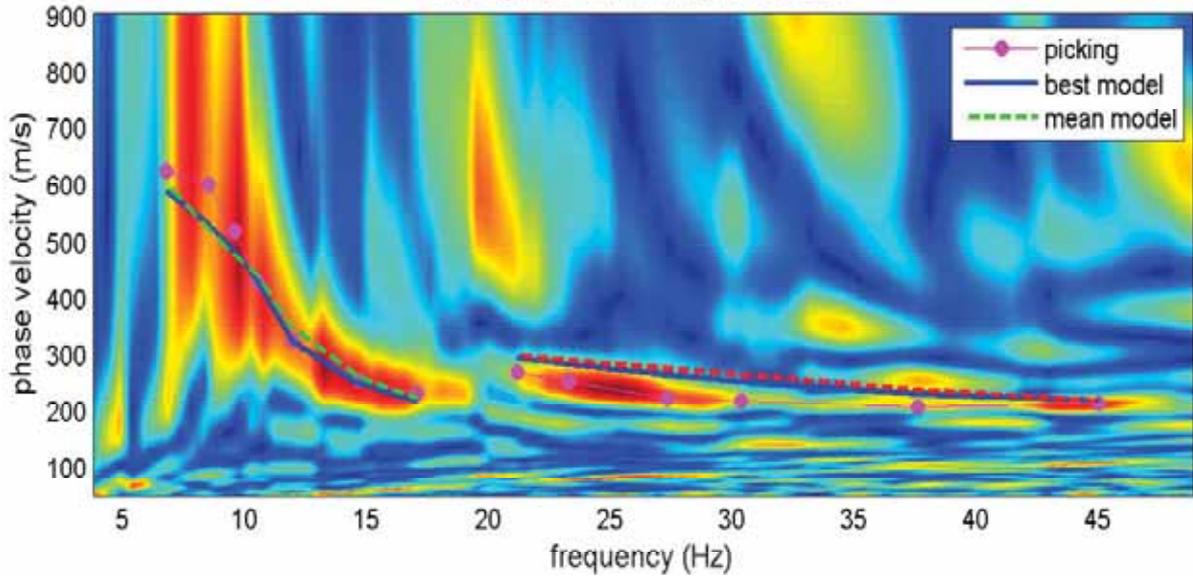


Scala 1:500

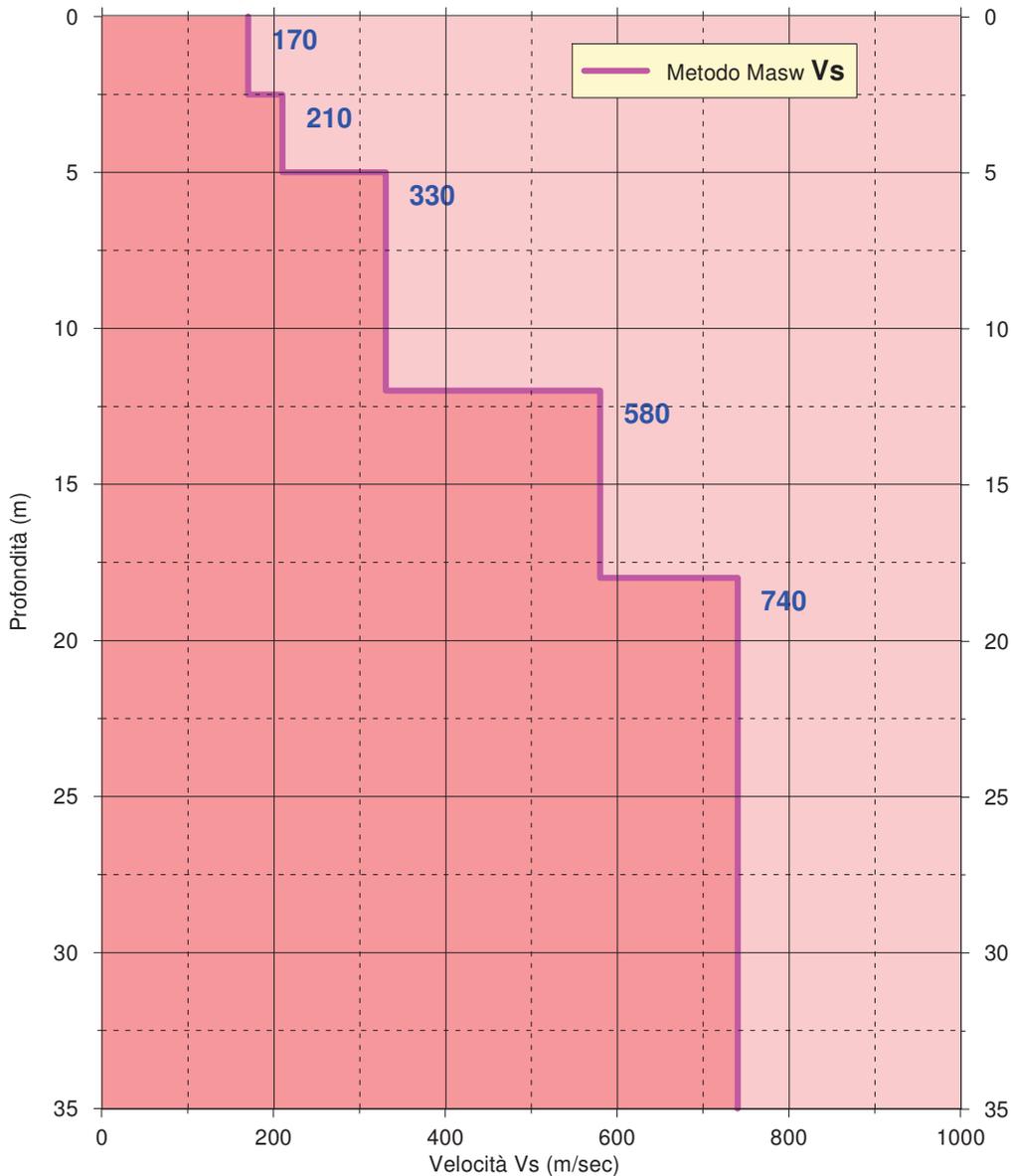
Fig.5b

SPETTRO VELOCITA' DI FASE - FREQUENZA CON CURVA DISPERSIONE

velocity spectrum & dispersion curve



PROFILO VELOCITÀ Vs



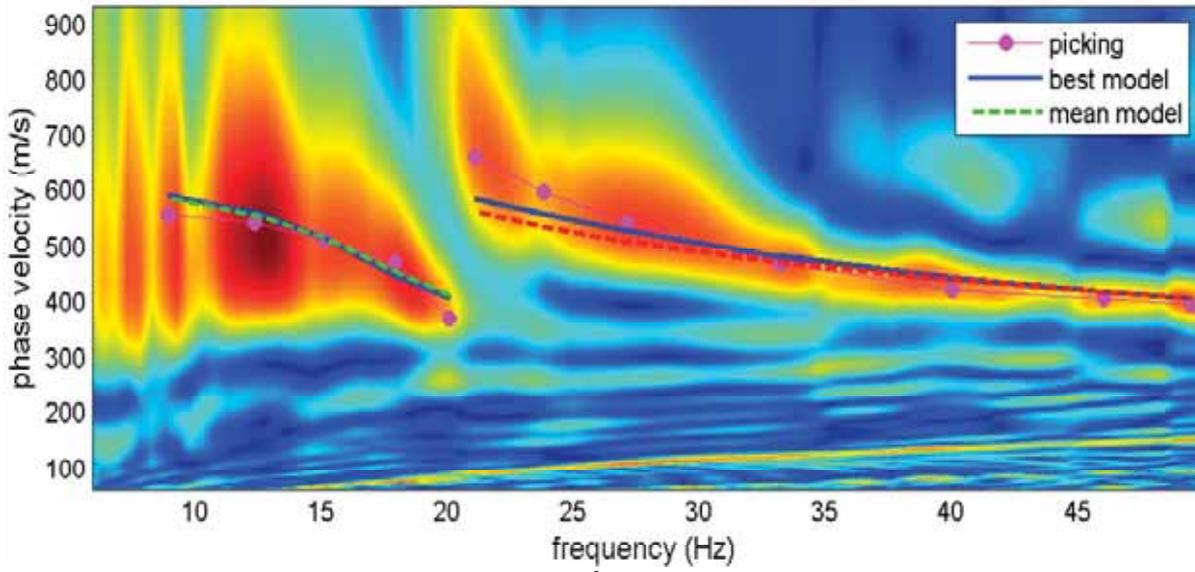
Vs30 dal p.c = 405

SUOLO DI FONDAZIONE TIPO "B"

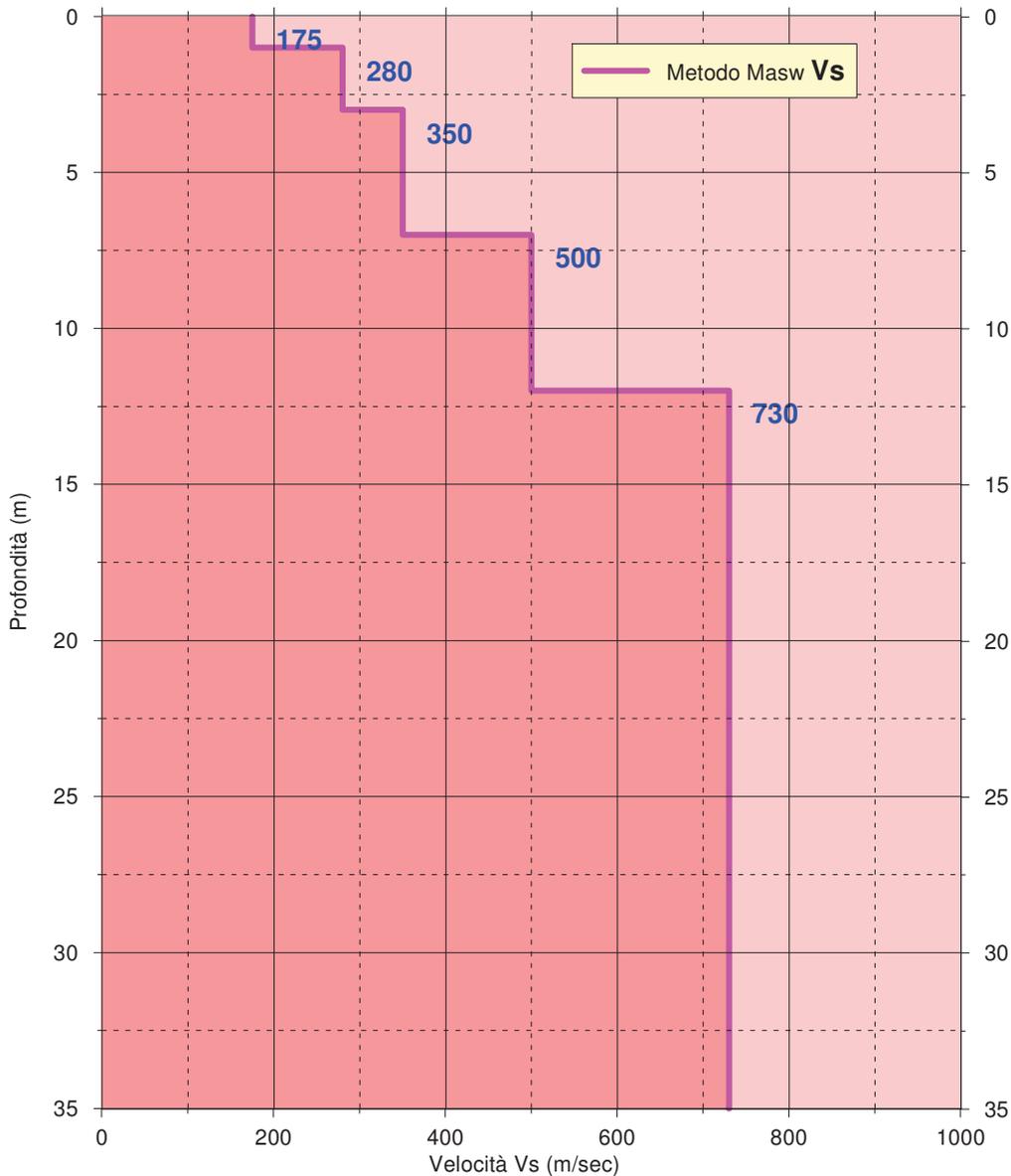
Fig.6a

SPETTRO VELOCITA' DI FASE - FREQUENZA CON CURVA DISPERSIONE

velocity spectrum & dispersion curve



PROFILO VELOCITÀ Vs



Vs30 dal p.c = 510

SUOLO DI FONDAZIONE TIPO "B"

Fig.6b

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 Ascitutto 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

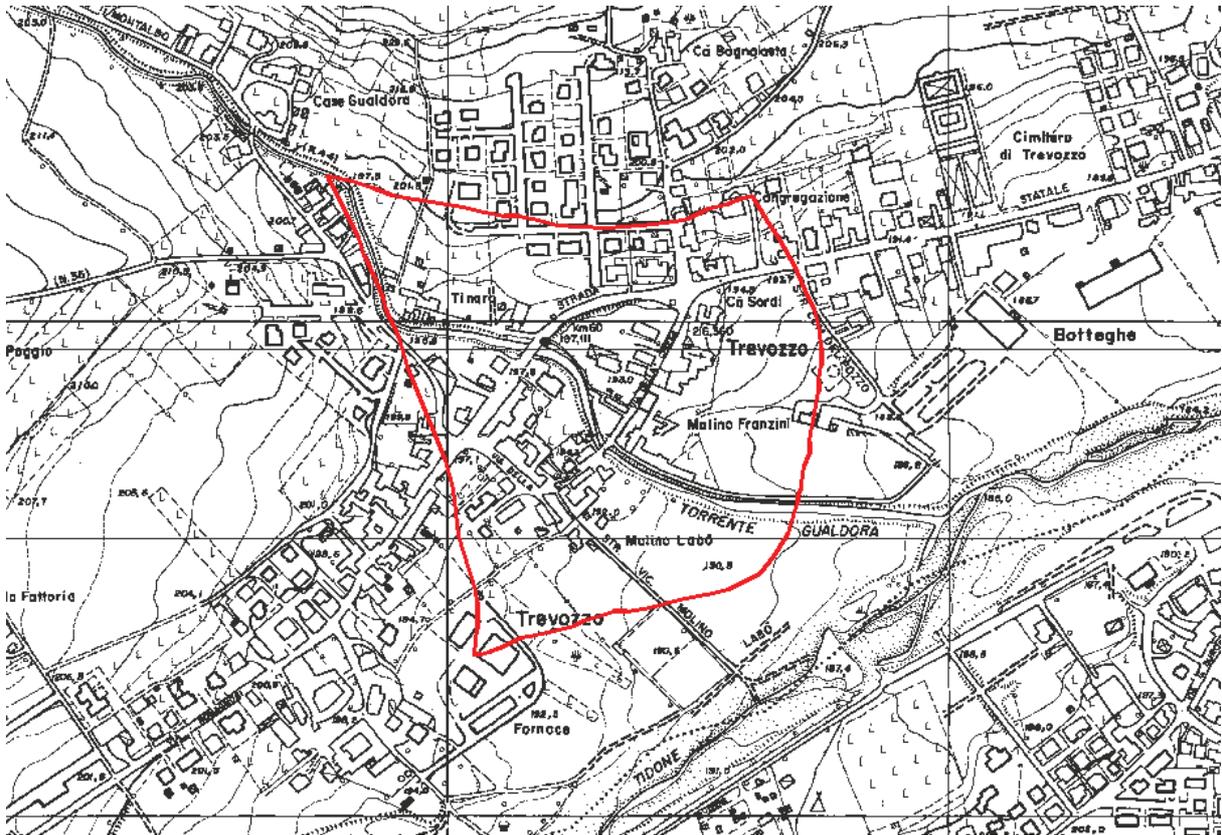
Sommaro

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. Guldora, in prossimità della confluenza con del torrente stesso con il T. Tidone.

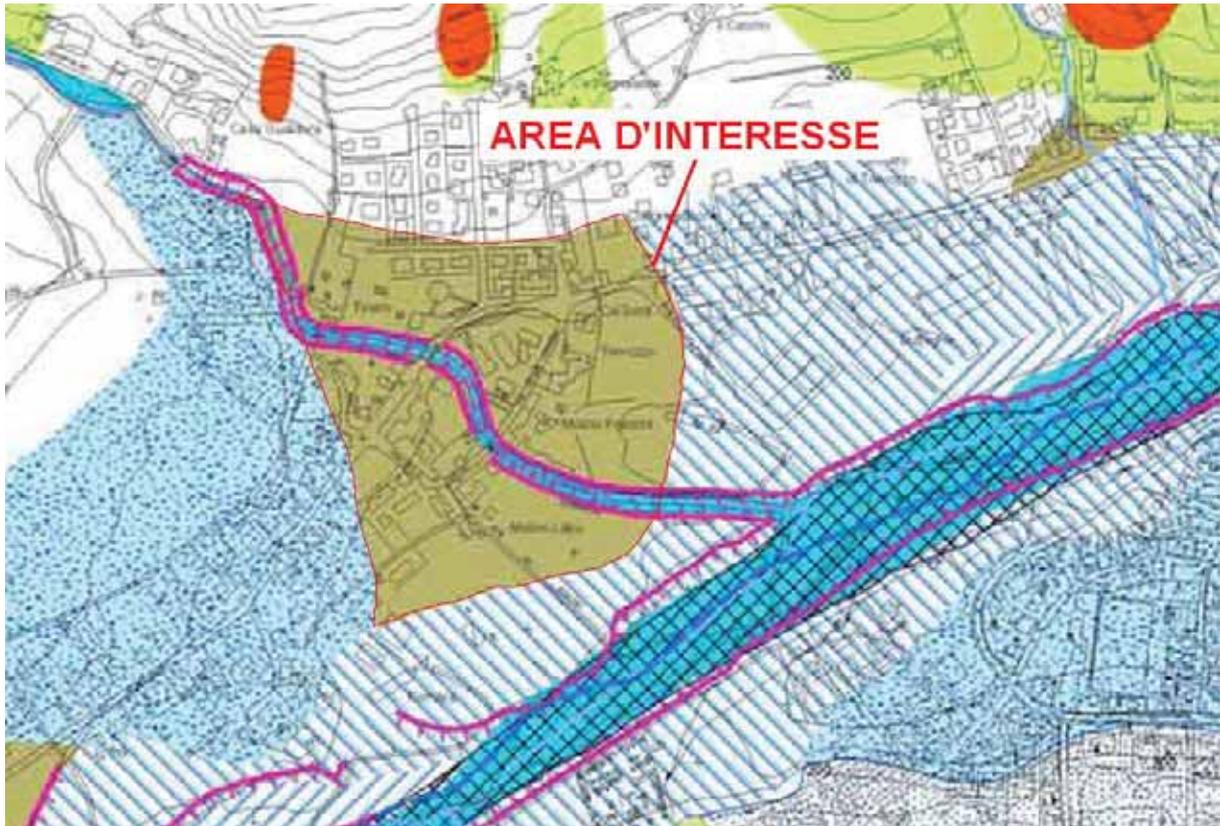


Inquadramento territoriale da CTR

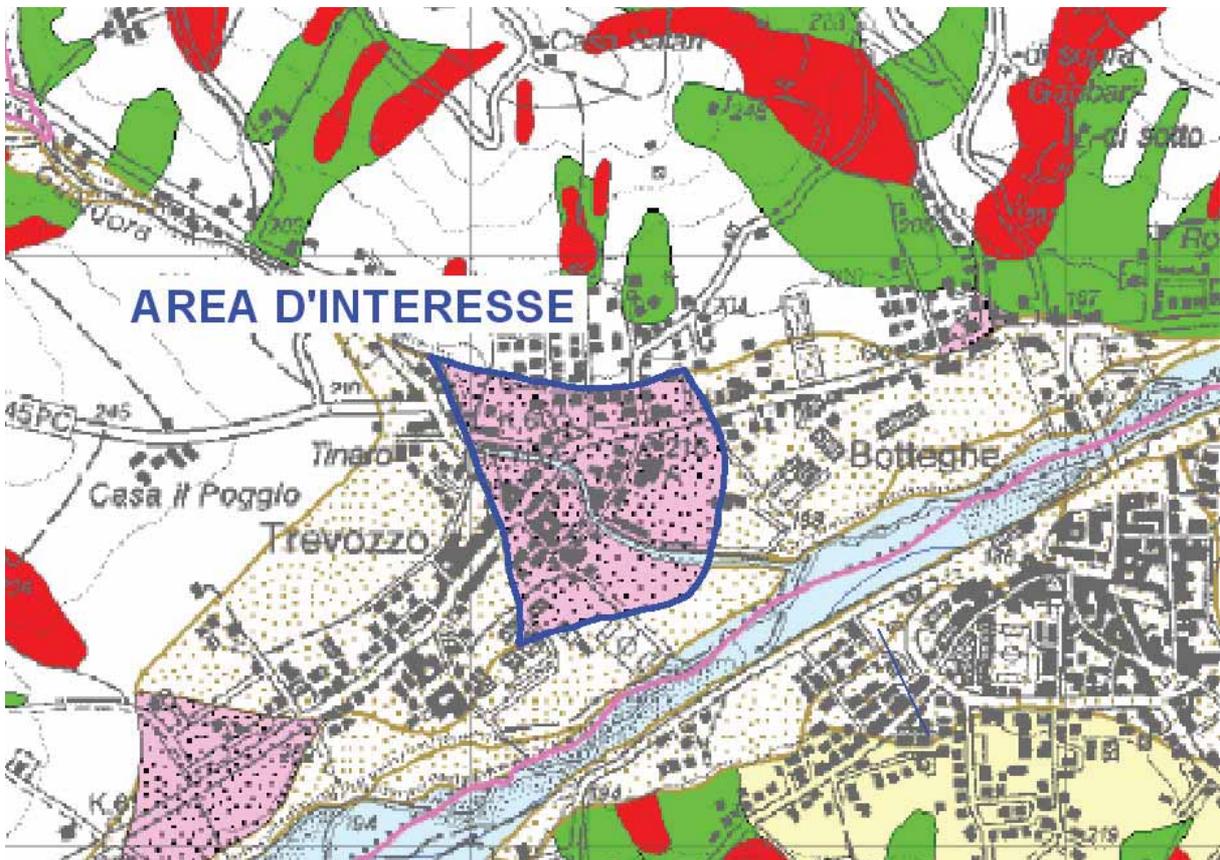
Nella carta del dissesto del PTCP della provincia di Piacenza e nella "Carta del Dissesto Comunale" allegata al PSC (in questo caso coincidenti), l'area d'interesse è classificata come "conoide inattiva". Le norme del PTCP (comma 8 dell'art. 31), consentono per le aree segnalate come dissesti potenziali (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. Guldora.

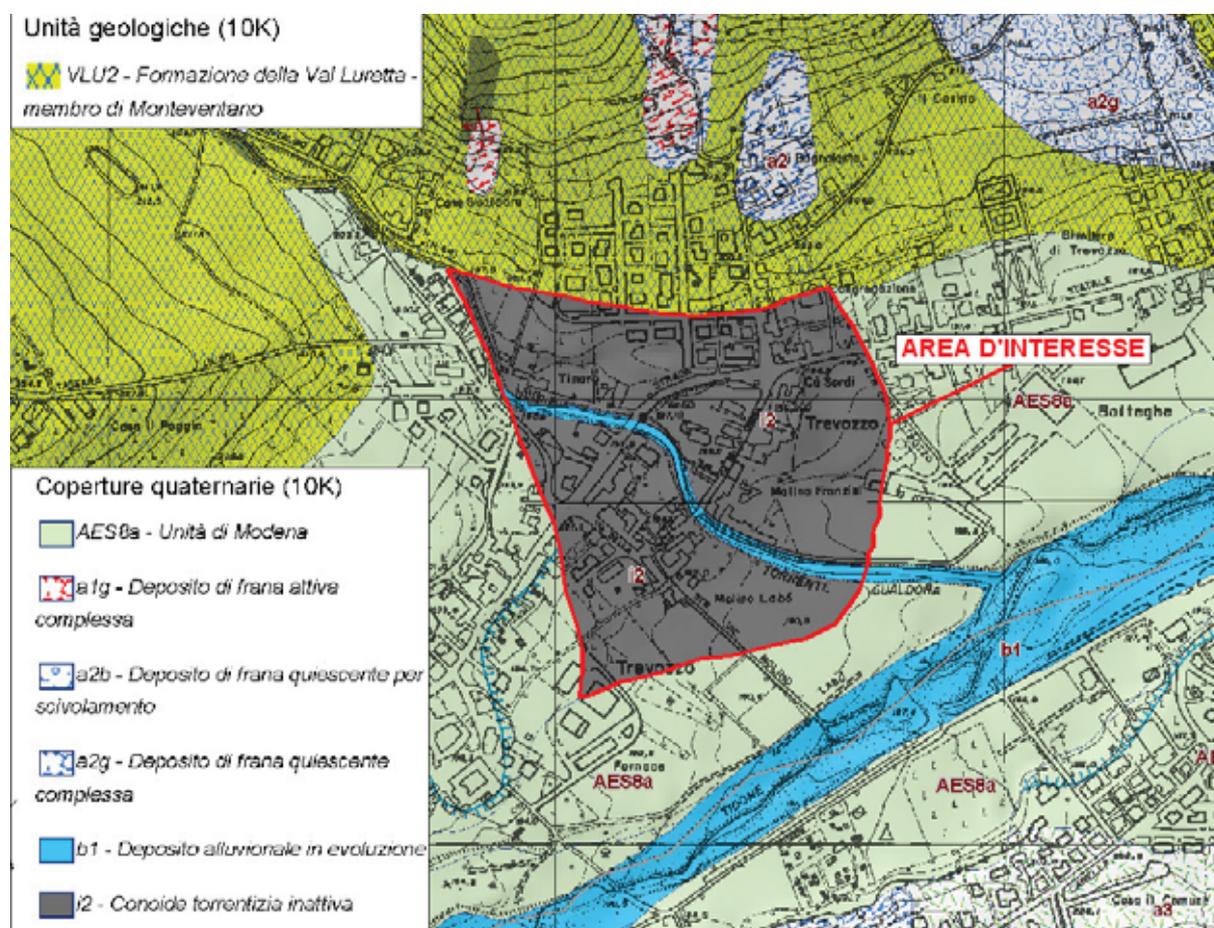
L'indagine geologico-sismica, conforme a quanto previsto dalla delibera del 2 Maggio 2007, n.112 (e successive integrazioni), in materia antisismica, ha compreso le seguenti fasi di studio:

- 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. I 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 Treviso, 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 Km².

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. Galdora nel tratto fra i 2 ponti



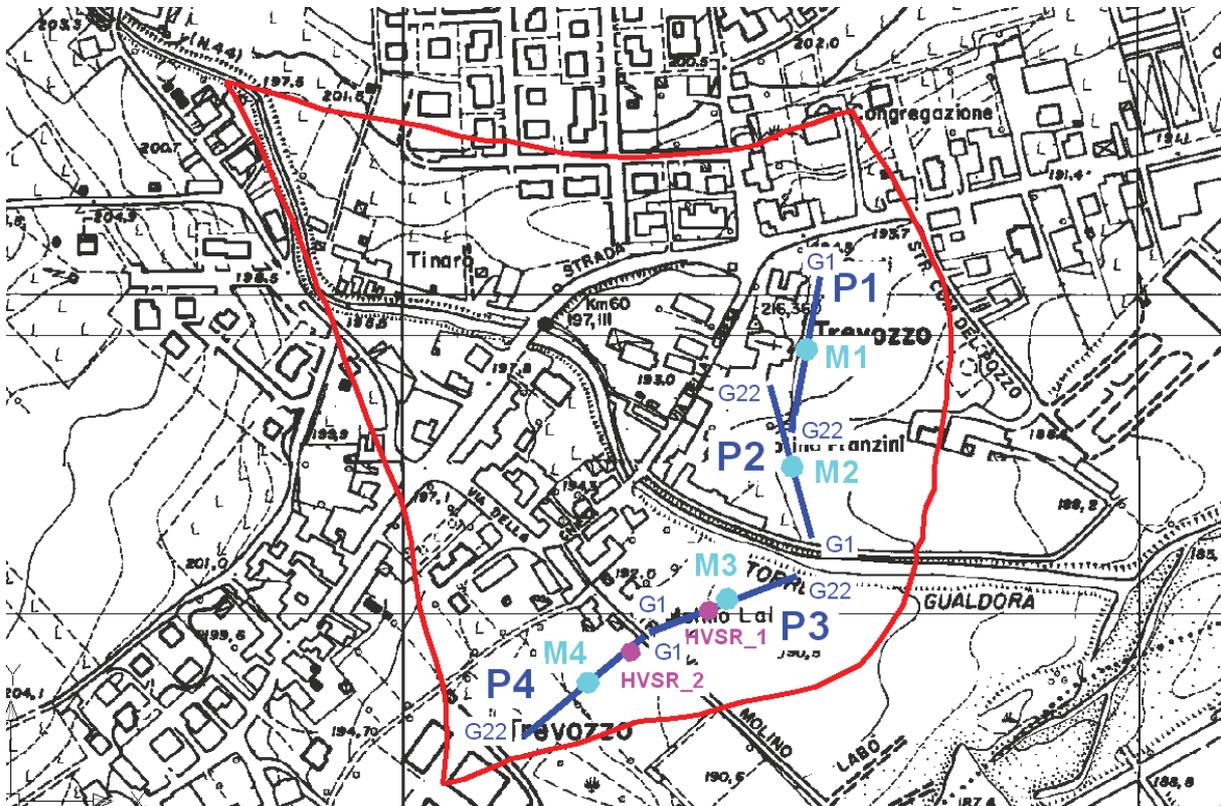
T. Galdora immediatamente a valle dell'abitato di Trevozzo

In prossimità dello sbocco del torrente Galdora 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 spazati 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'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 verticali, 395 Ohm con puntale da 3" ed 1,5 mt di cavo terminato con mueller clip singola MC-20-SP,
- Computer portatile ACER.

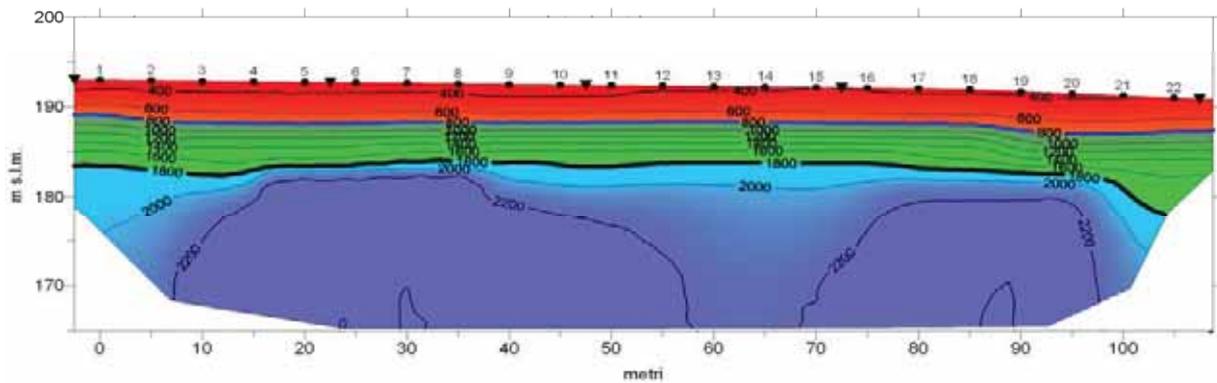
5.1.4 Elaborazione

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

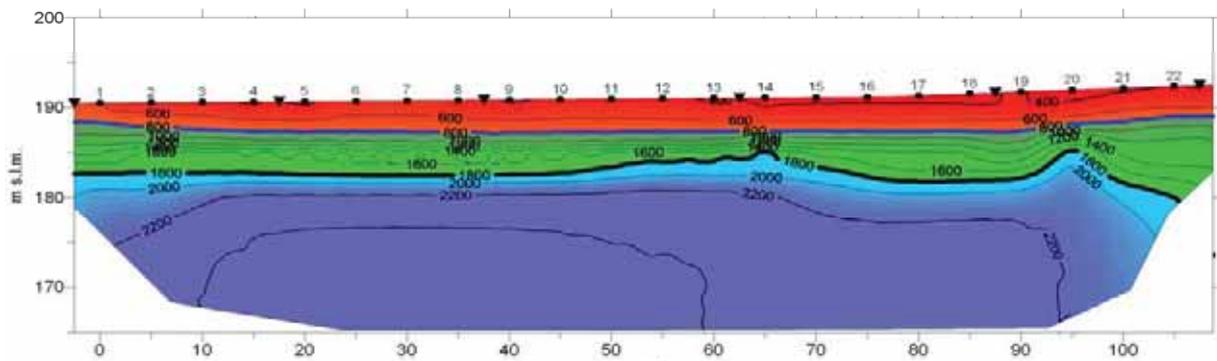
colori. Alle diverse classi di velocità sismica, sono stati attribuiti colori che vanno, dal rosso per i valori più bassi, al blu per i valori più elevati. La scala cromatica evidenzia i cambiamenti di velocità ritenuti più significativi.

5.1.5 Analisi dei risultati

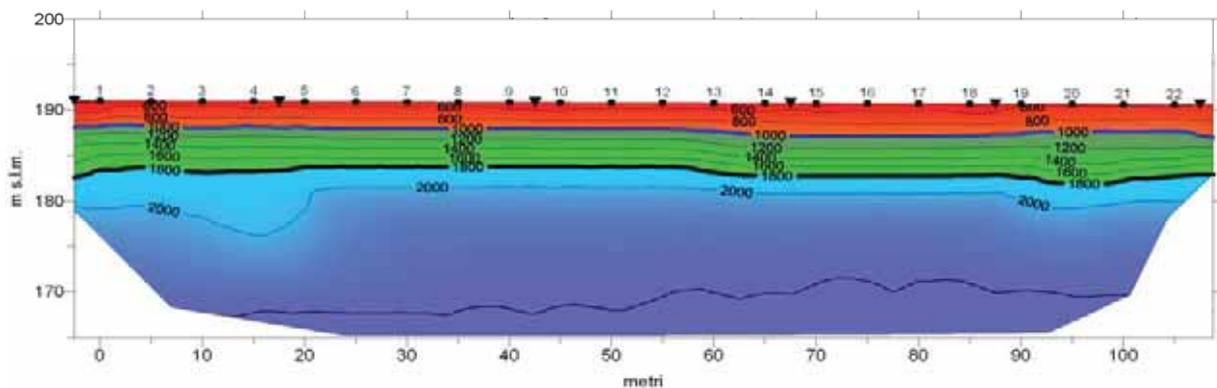
Loc. Trevozzo - Conoide del T. Galdora - Comune di Nibbiano
TOMOGRAFIA SISMICA - P1



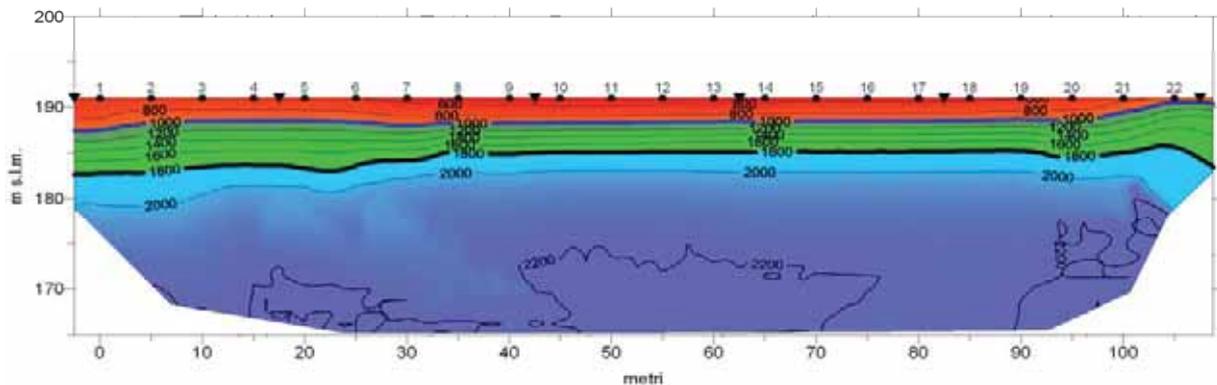
Loc. Trevozzo - Conoide del T. Galdora - Comune di Nibbiano
TOMOGRAFIA SISMICA - P2



Loc. Trevozzo - Conoide del T. Galdora - 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.

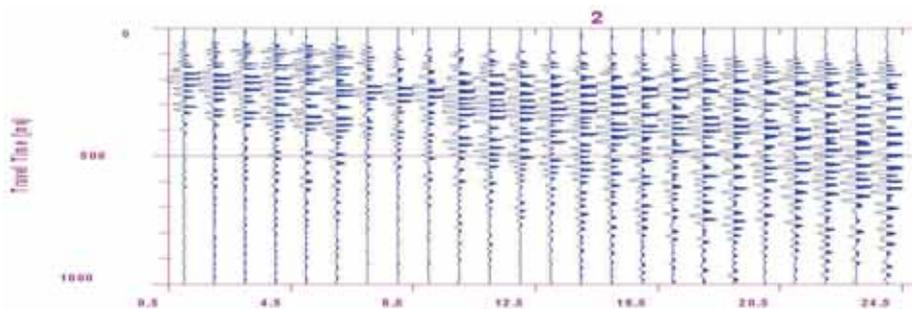
5.2.1 Cenni metodologici

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 avvalorata 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**.

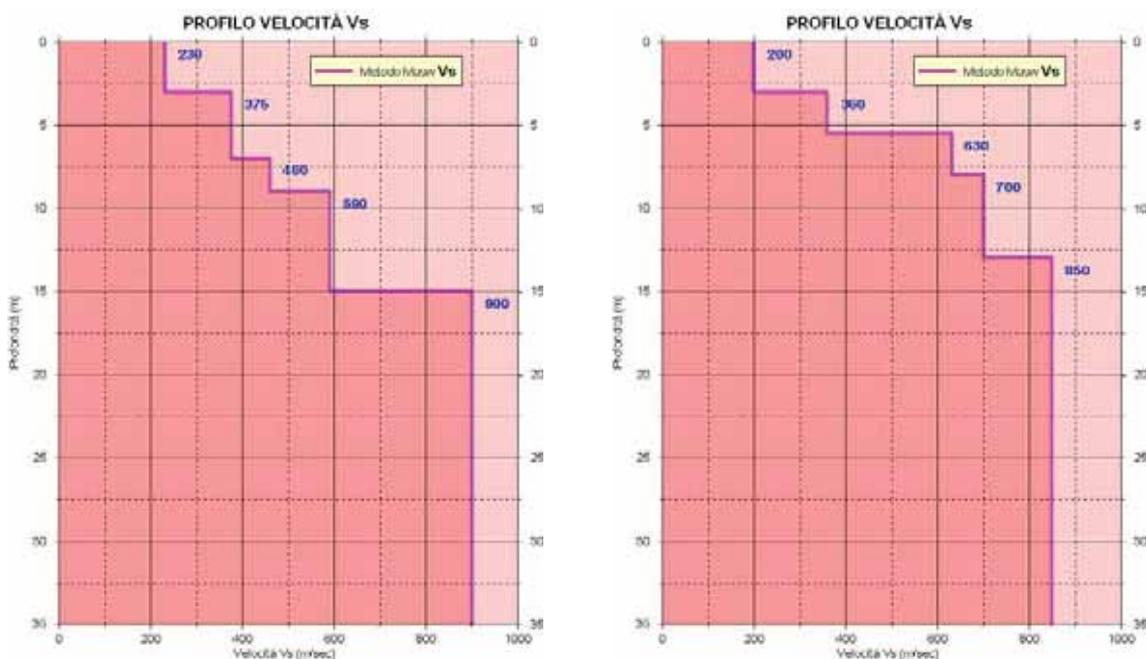
5.2.2 Modalità esecutive

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.

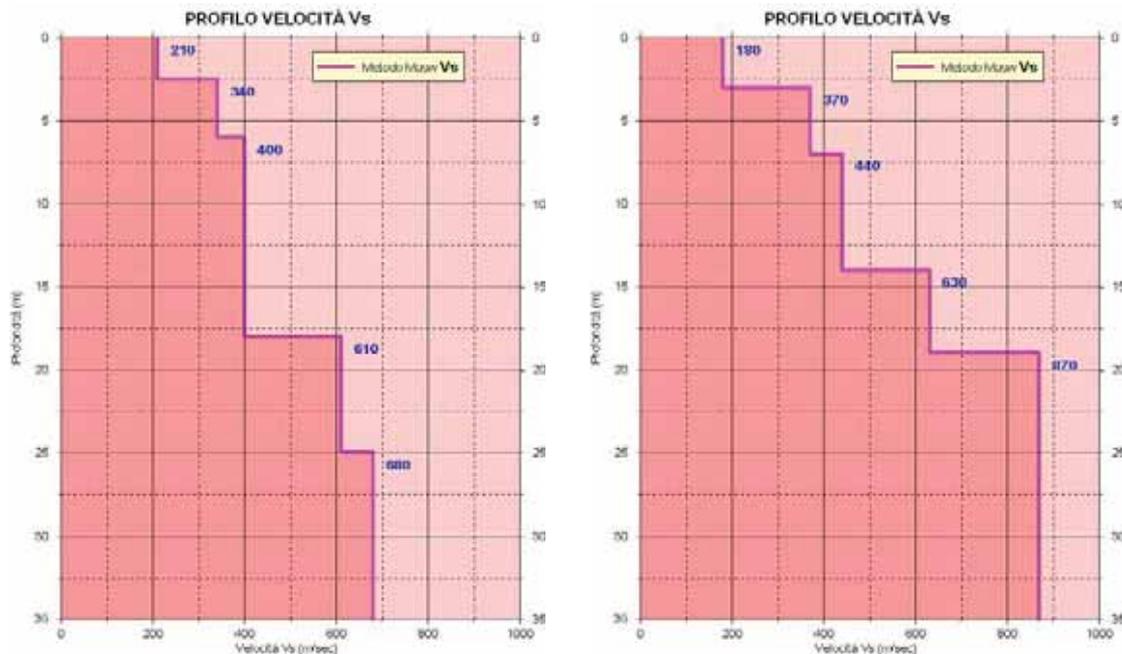


Esempio di registrazione con tecnica "Masw"

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 ($V_s < 300$ 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 ($V_s > 800$ 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 – (I POTESI 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 sofficie 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 f_0 . 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:

$$f_0 = V_s / 4H$$

dove **V_s** 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 **V_s** 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 **V_s** ottenute da misure **Masw** / **Esac-ReMi**, non risulta affidabile per la determinazione del profilo di velocità delle onde **S** e quindi della valutazione della **V_{s30}**.

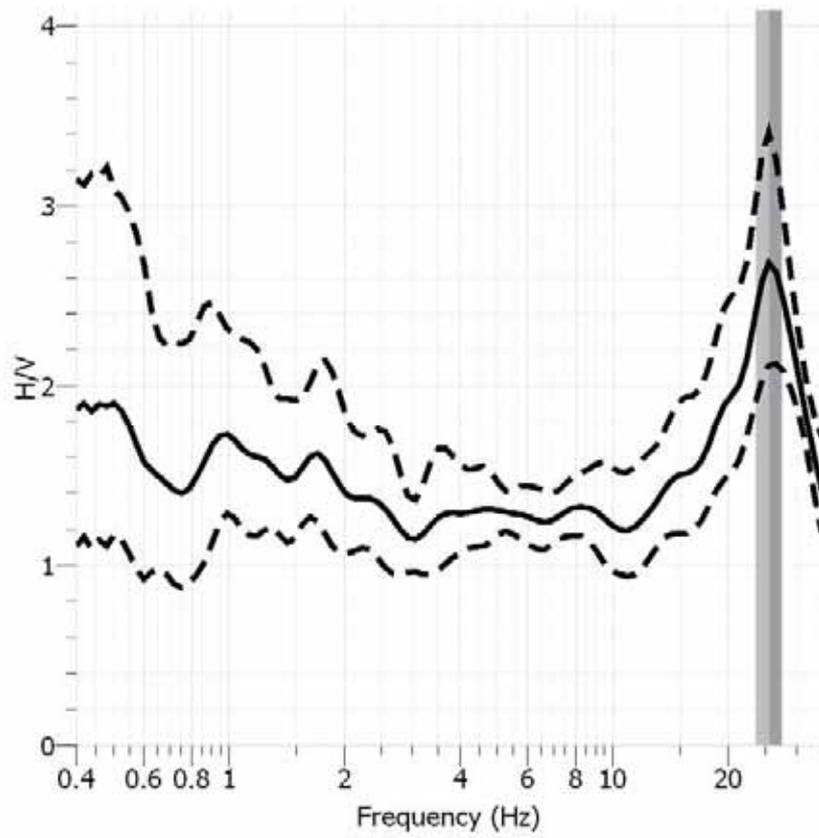
5.3.2 Strumentazione utilizzata e modalità di acquisizione

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**.

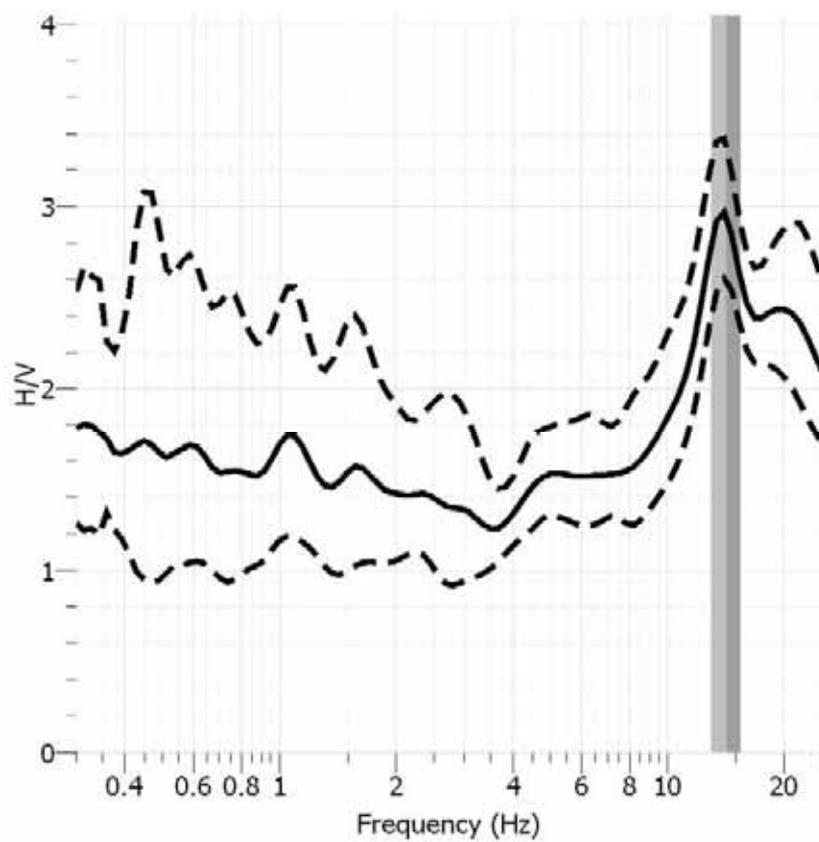
5.3.3 Elaborazione ed analisi dei dati

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

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 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 $\leq 15^\circ$ 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;

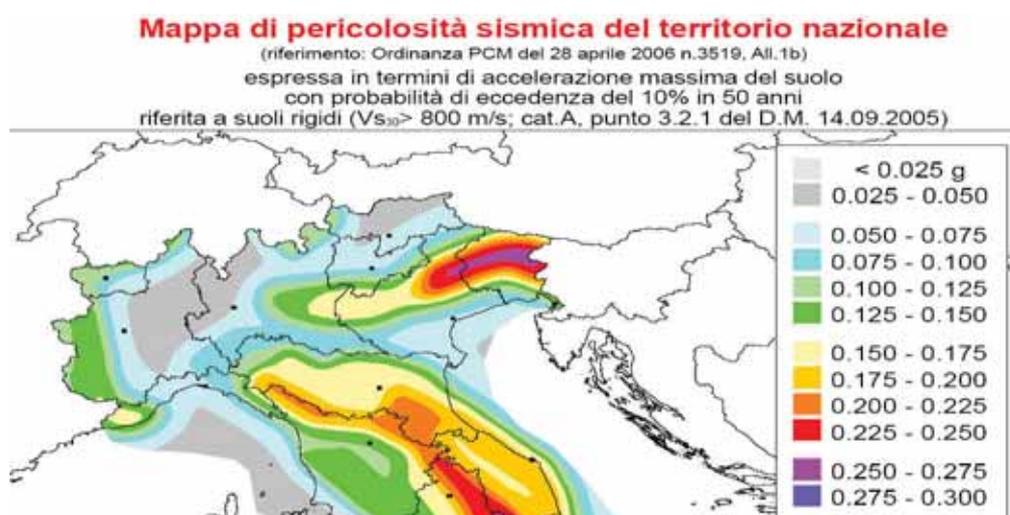
b) un'analisi più approfondita (terzo livello di approfondimento) è invece richiesta nei seguenti casi (vedere Allegato A1):

- 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 simogenetica 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.



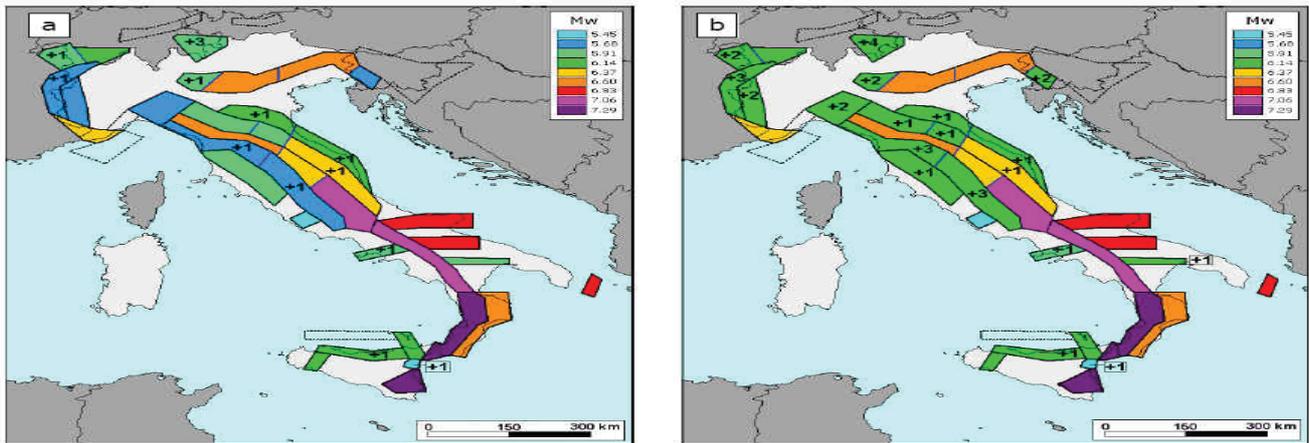


Figura 36. Valori di Mw_{max} corrispondenti ai due insiemi: a) "osservati" (Mw_{max1}); b) "cautelativi" (Mw_{max2}).

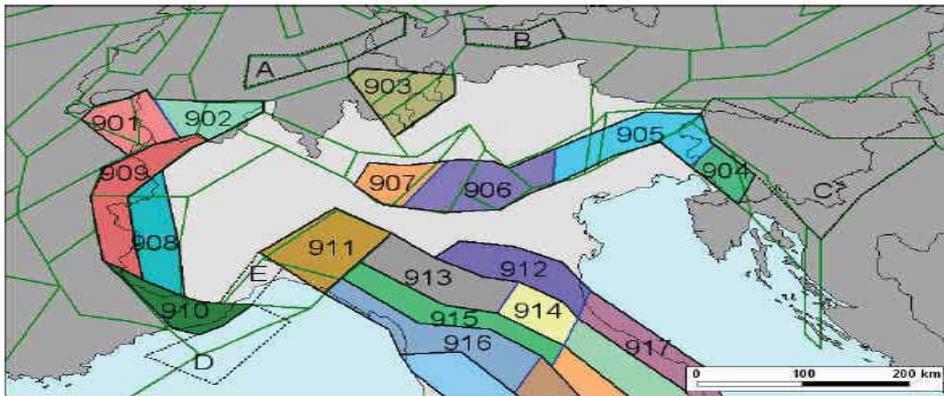


Figura 10. Zonazione sismogenetica ZS9 a confronto con la zonazione del progetto SESAME nell'area alpina (Jiménez et al., 2001; linee di colore verde).

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 a_g 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 $V_s \geq 800$ m/s si devono usare le seguenti tabelle

F.A. P.G.A.

V_{sH} 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 - $0.1s < T_0 < 0.5s$

V_{sH} 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 - $0.5s < T_0 < 1.0s$

V_{sH} 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 nella 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 ($V_s > 800$ m/s) prevista per il Comune di Nibbiano è di 0.098g.

7.5 SPETTRO DI RIPOSTA (IN PGA) DELL'AREA

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

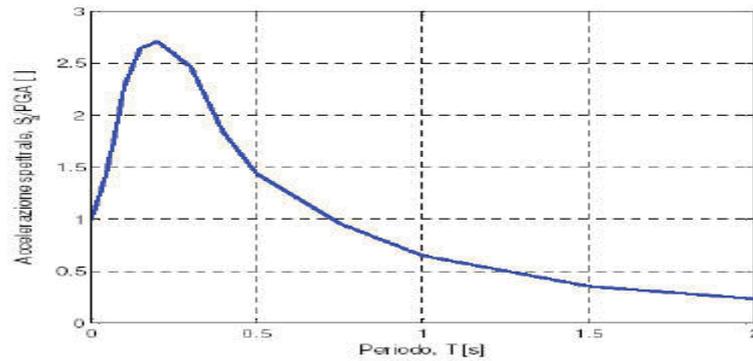
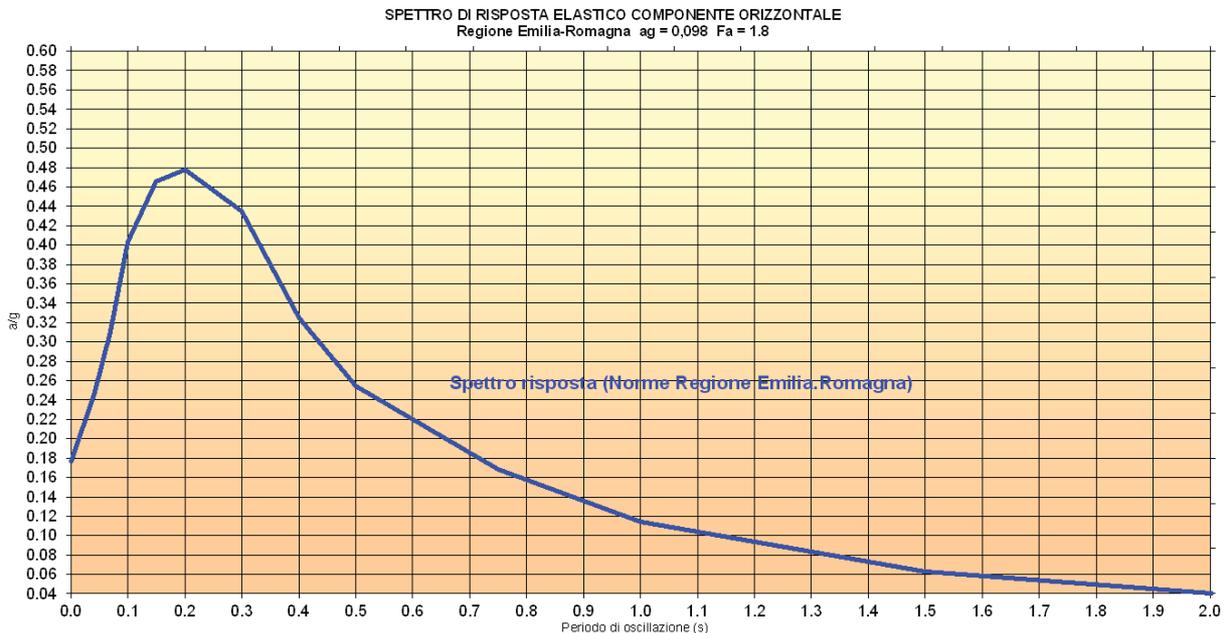


Figura 1 - Spettro di risposta normalizzato ($T_R = 475$ anni, smorzamento = 5%) per l'Emilia-Romagna

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.

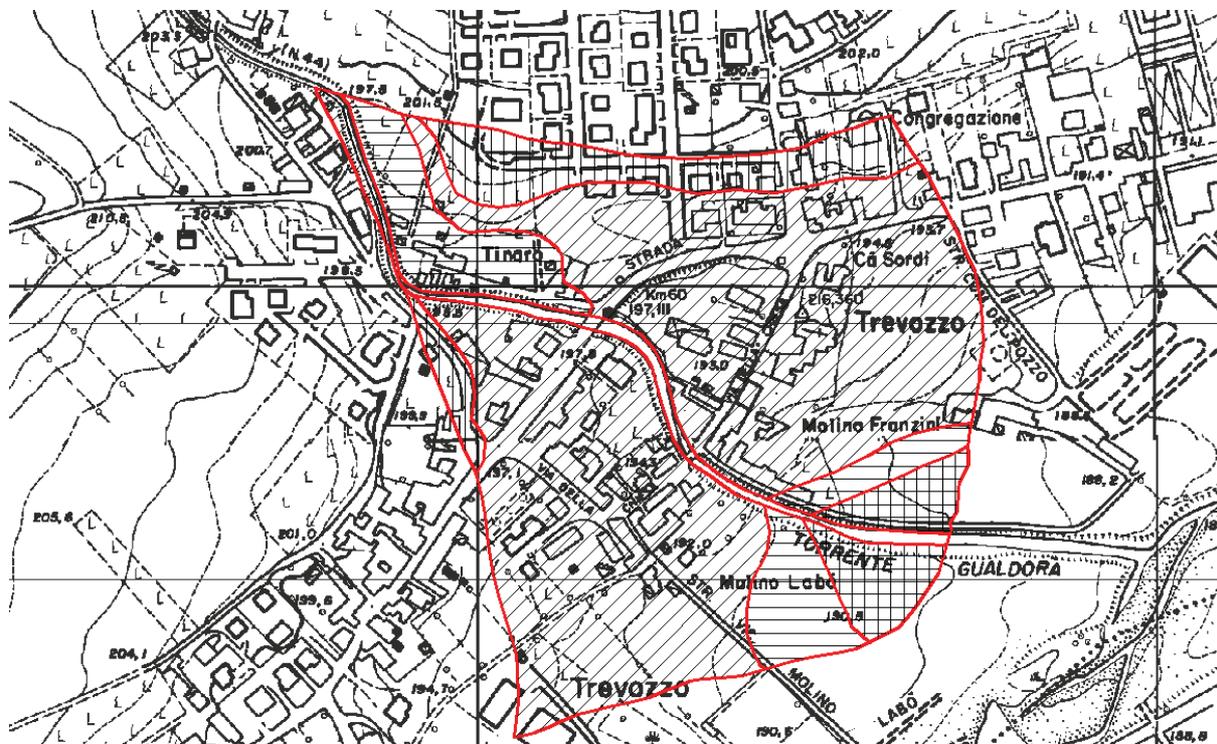
CONOIDE T. GUALDORA Loc. TREVOZZO - NIBBIANO



Spettro di risposta 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 contraddistinti 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 ampliamenti 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

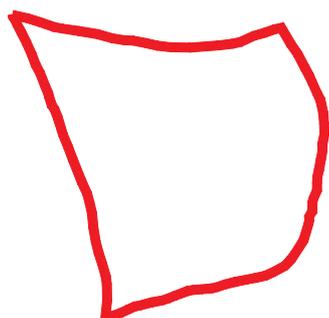
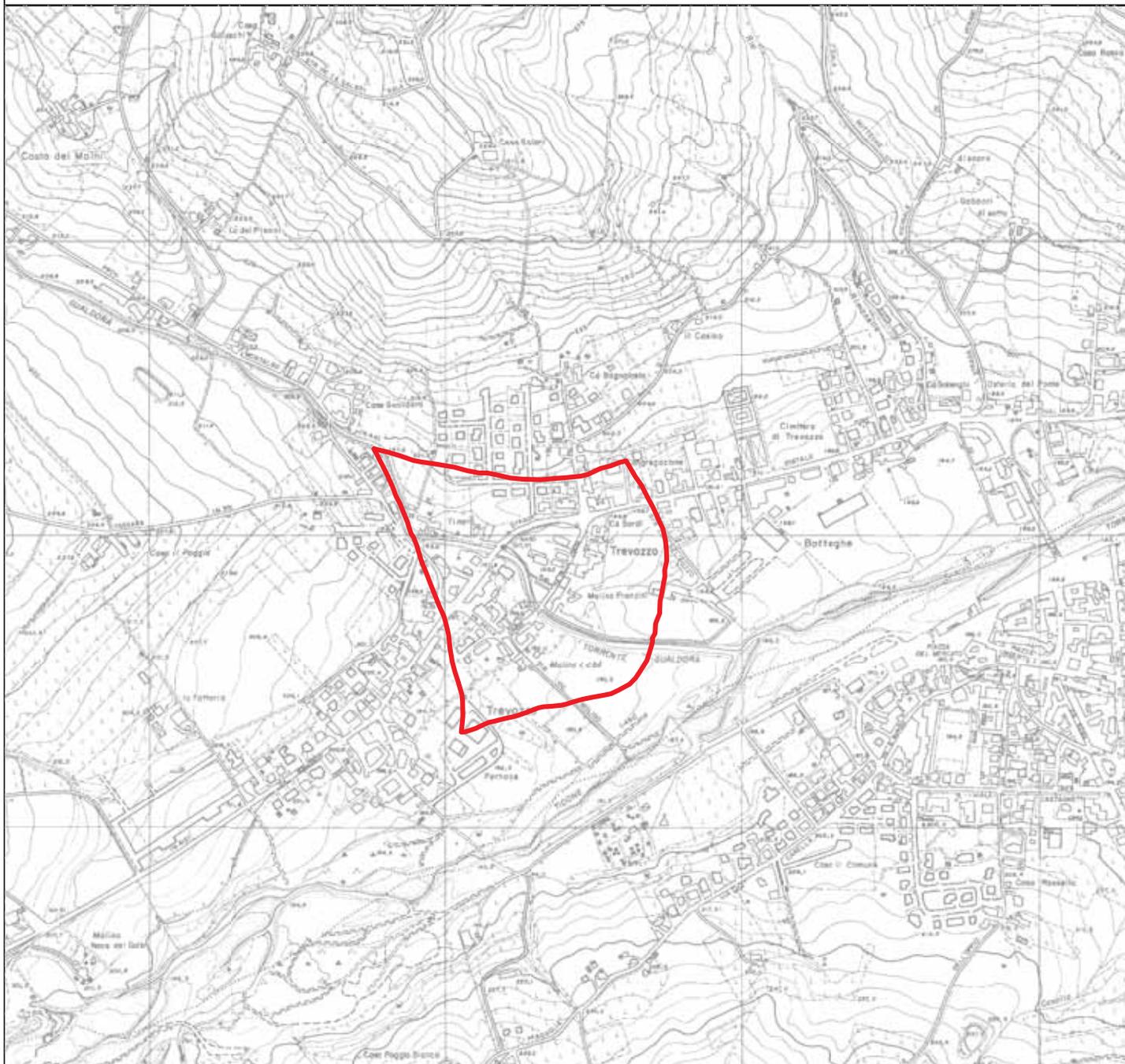
Dott. Alberto Lepori



ALLEGATI

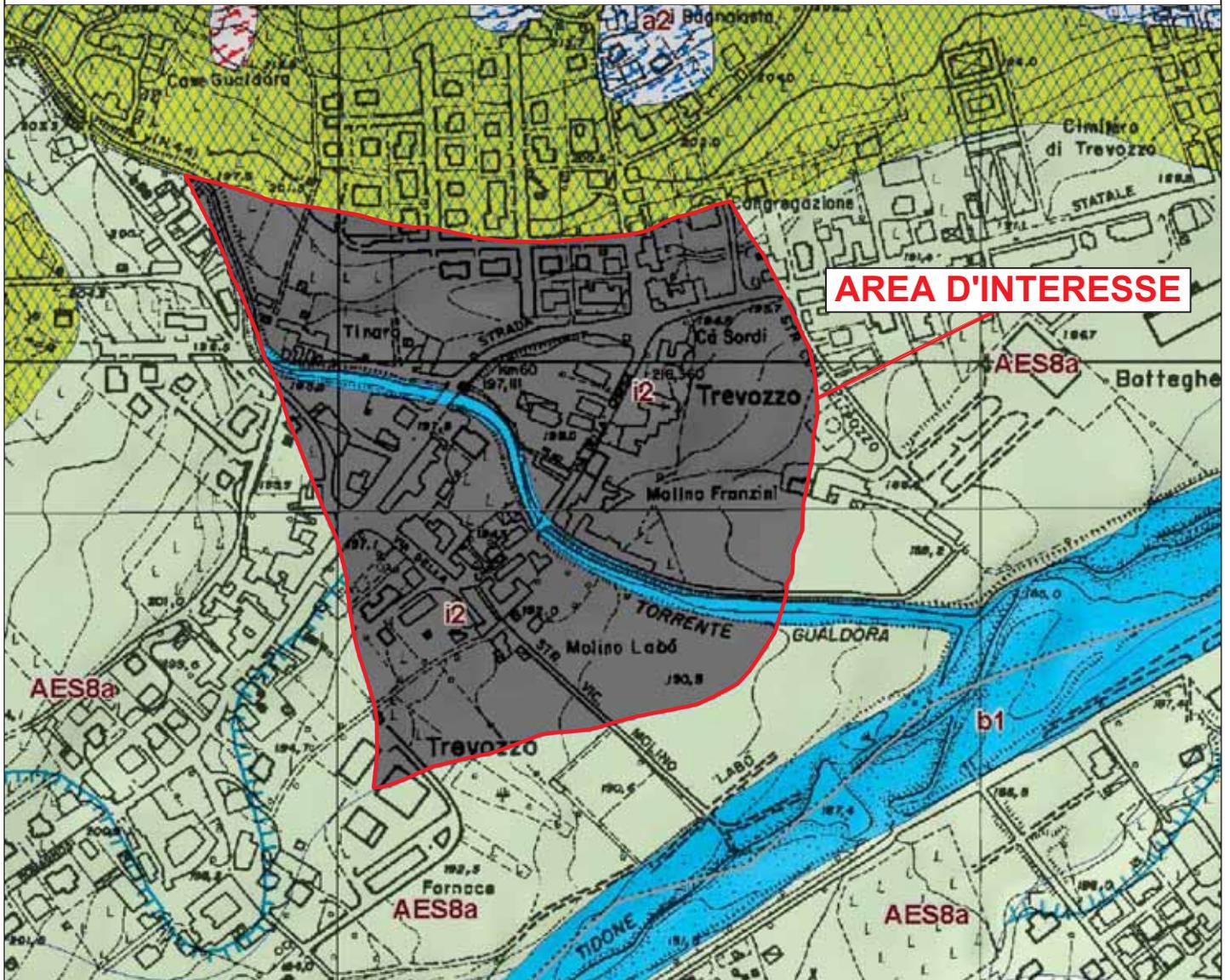
INQUADRAMENTO TERRITORIALE

Scala 1:10000



Area considerata

ESTRATTO CARTA GEOLOGICA REGIONALE
Scala 1:5000

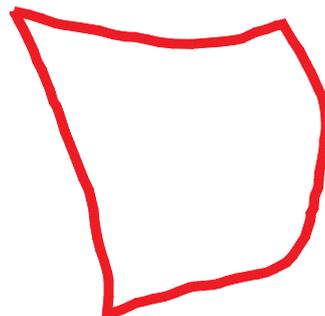


Coperture quaternarie (10K)

-  AES7b - Unità di Vignola
-  AES8 - Subsistema 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 Montevarano



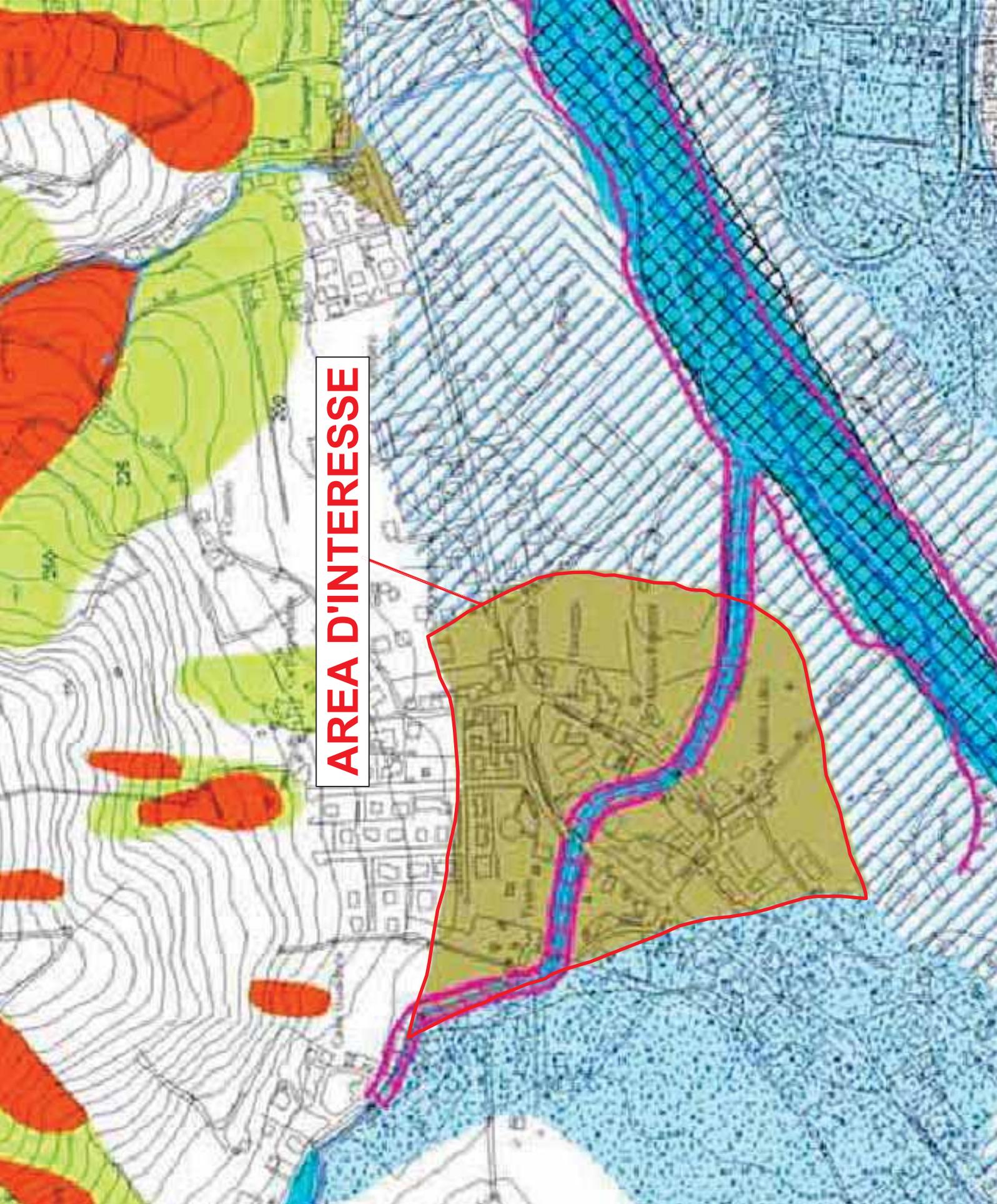
Area considerata

Fig.2

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

CARTA D Estra

AREA D'INTERESSE



Elementi morfologici

Area di frana attiva:
Accumulati gravitativi caotici di materiali con evidenti movimenti in atto.



Area di frana quiescente:
Accumulati gravitativi caotici di materiali attualmente quiescenti o stabilizzati.



Area di frana stabilizzata o retta:
Movimenti gravitativi quiescenti da cui presentano con profili regolari, vegetazione e corrispondenti ad altre.



Depositi alluvionali attuali:

Già sciolte eterogenee ed eterogenee, a matrice sabbia.



Depositi alluvionali in evoluzione con vegetazione e corrispondenti ad altre.



Depositi alluvionali terrazzati:

Già a matrice limoso-sabbiosa, livello galastro (2,5 Y 4/2 "Humus").



Depositi alluvionali terrazzati e di pive eccezionali (Climax Superiore).

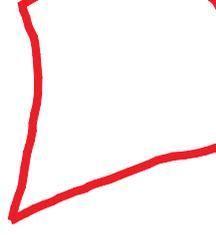


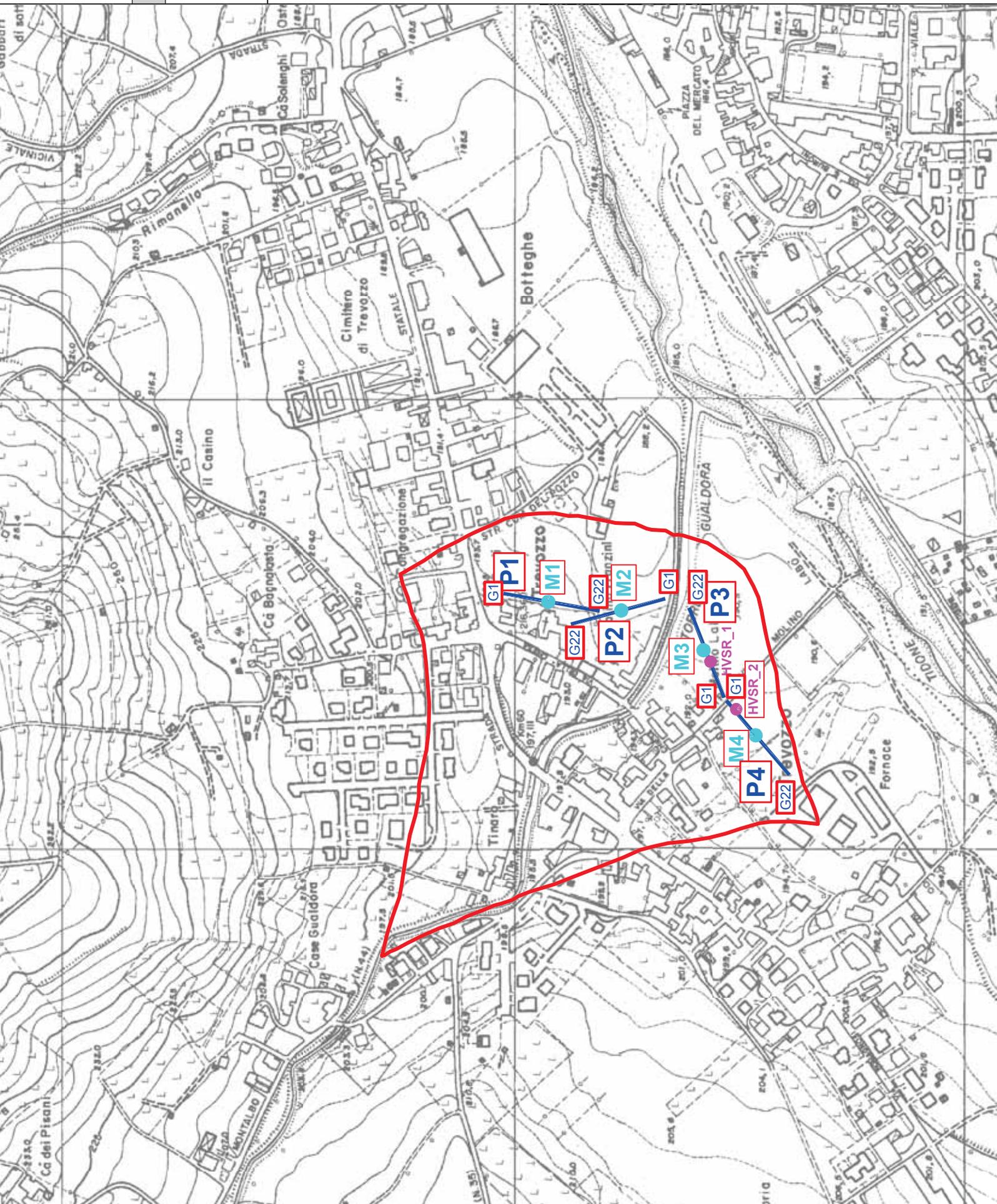
Depositi alluvionali terrazzati:

Già a prevalente matrice limosa di colore bruno-giallastro scuro o di pive eccezionali (Climax Superiore).

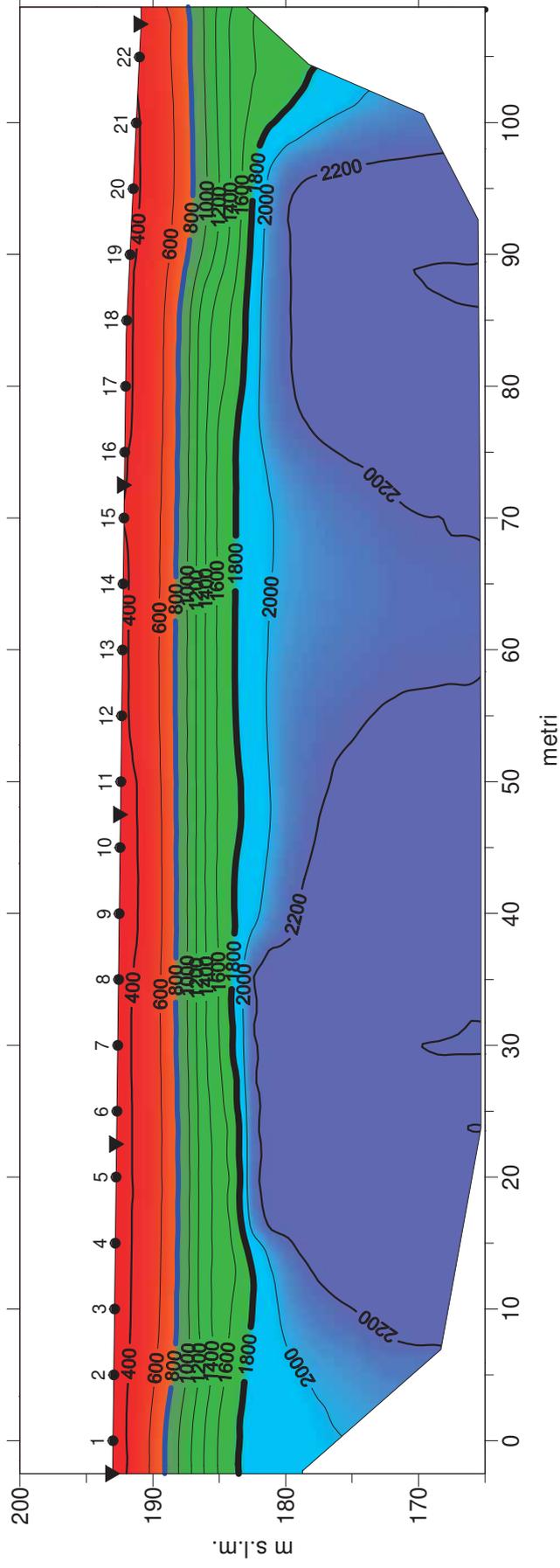


Depositi alluvionali terrazzati: Successioni di ghiaie, sabbie e limi di copertura a prevalente colore bruno-giallastro scuro (Climax Superiore).





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



Scala 1:500

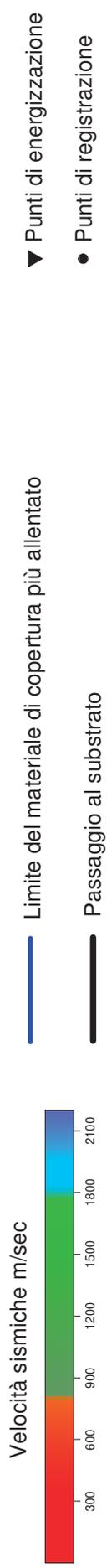
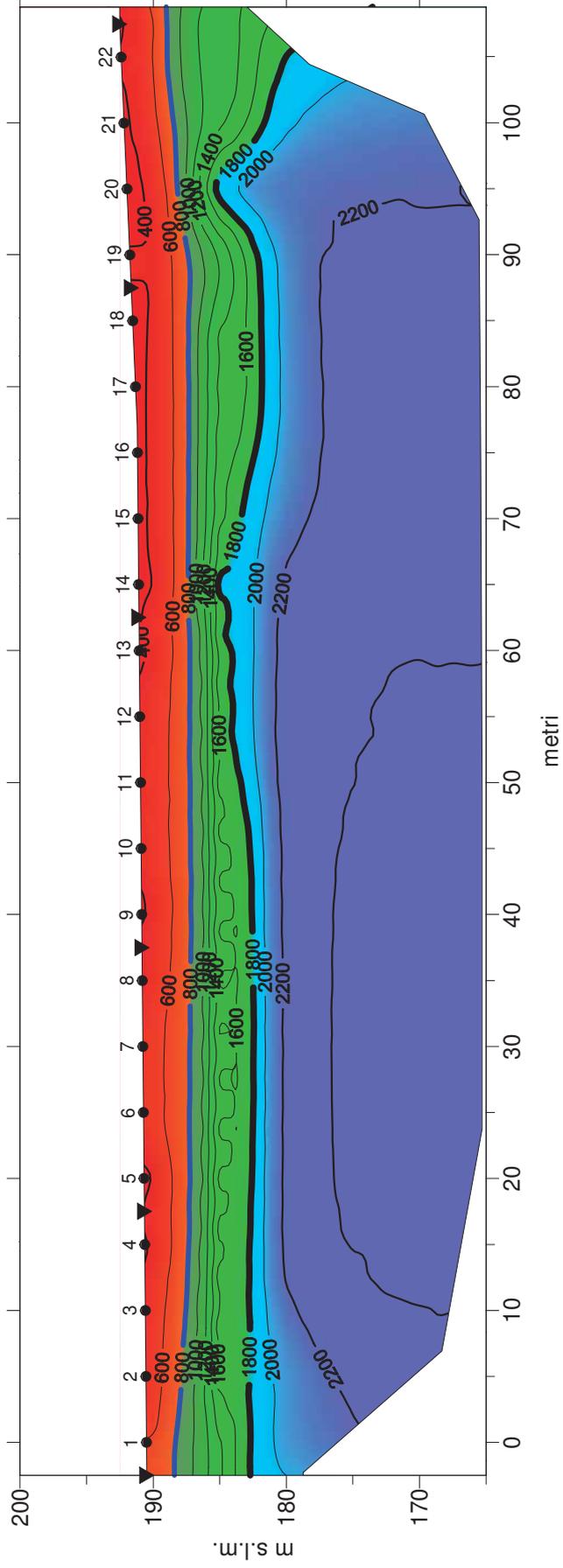


Fig.5a

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



Scala 1:500

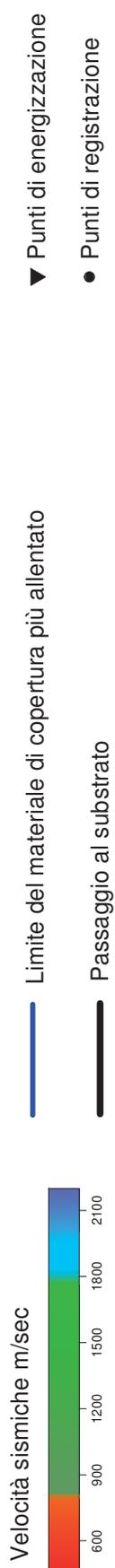
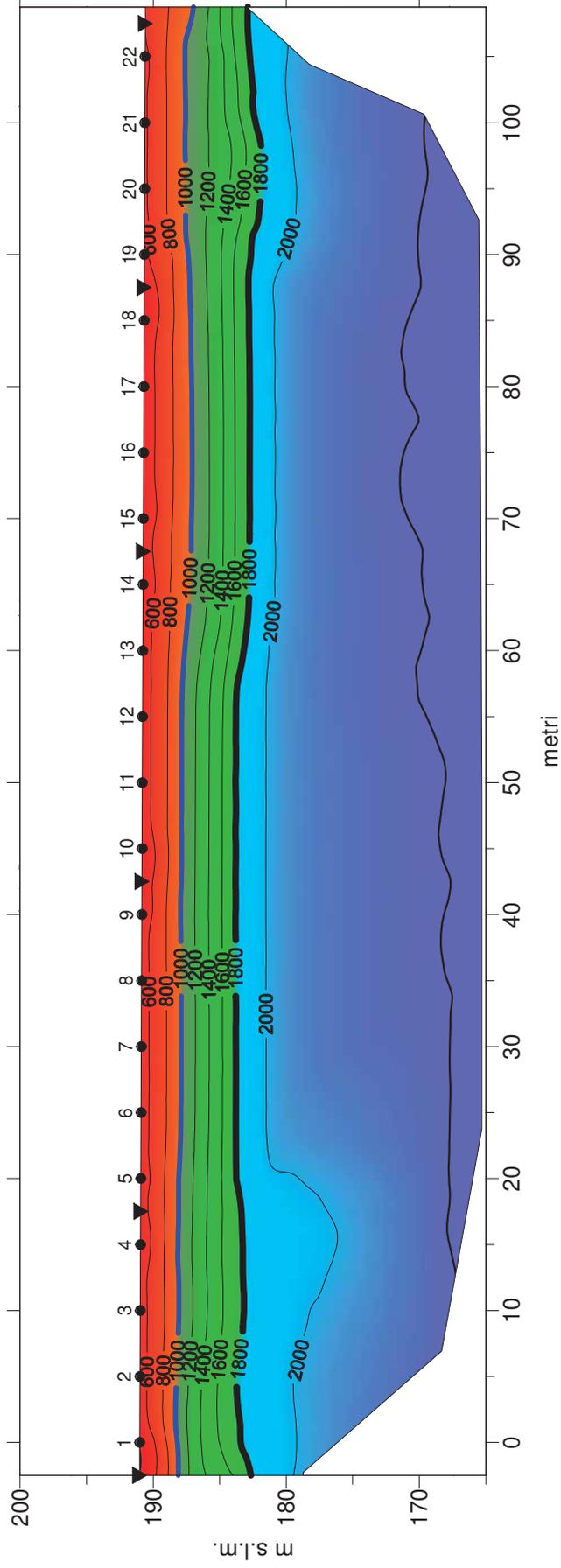


Fig.5b

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



Scala 1:500

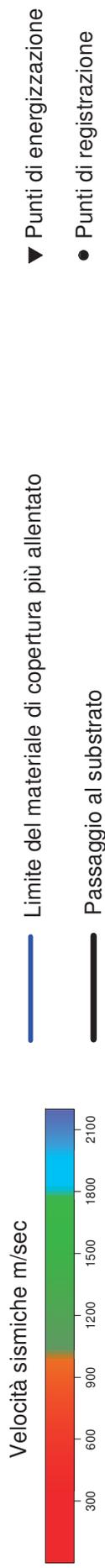
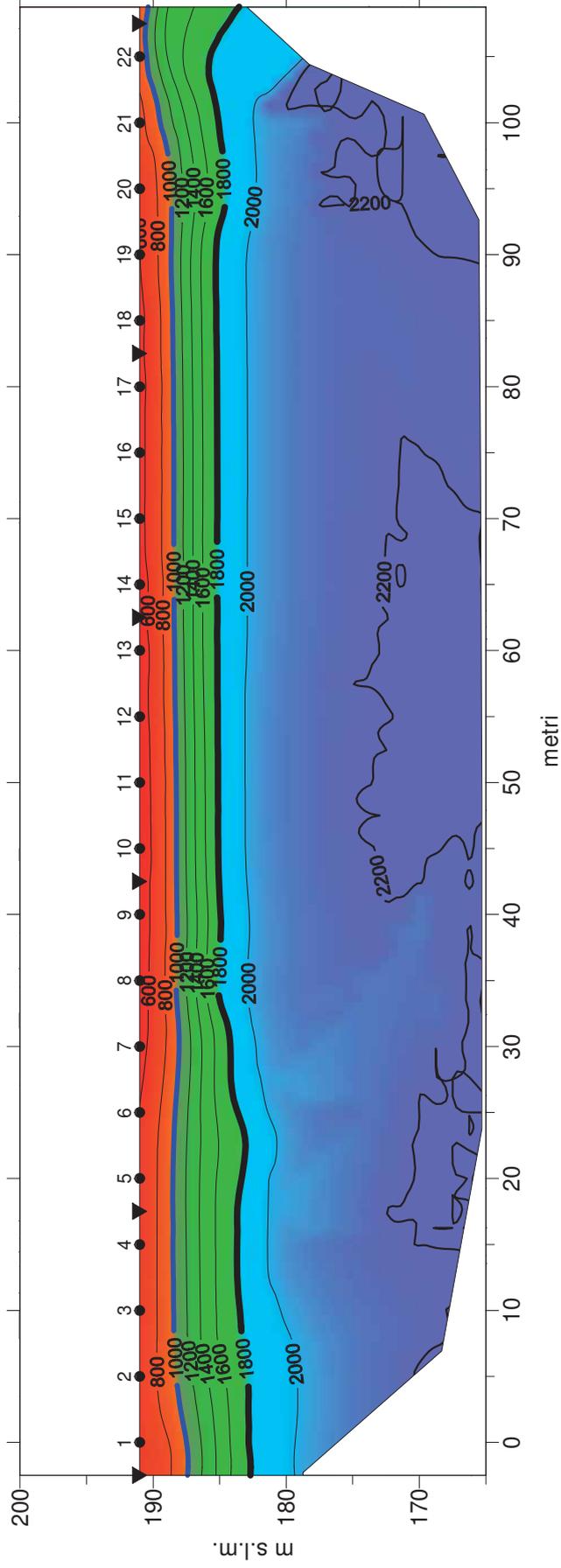


Fig.5c

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



Scala 1:500

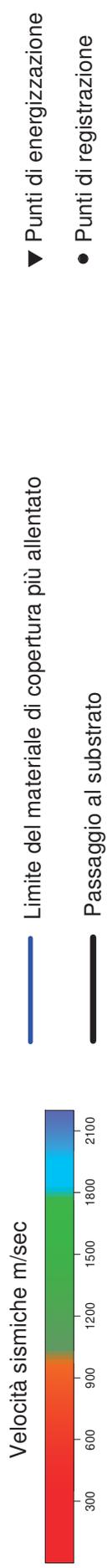
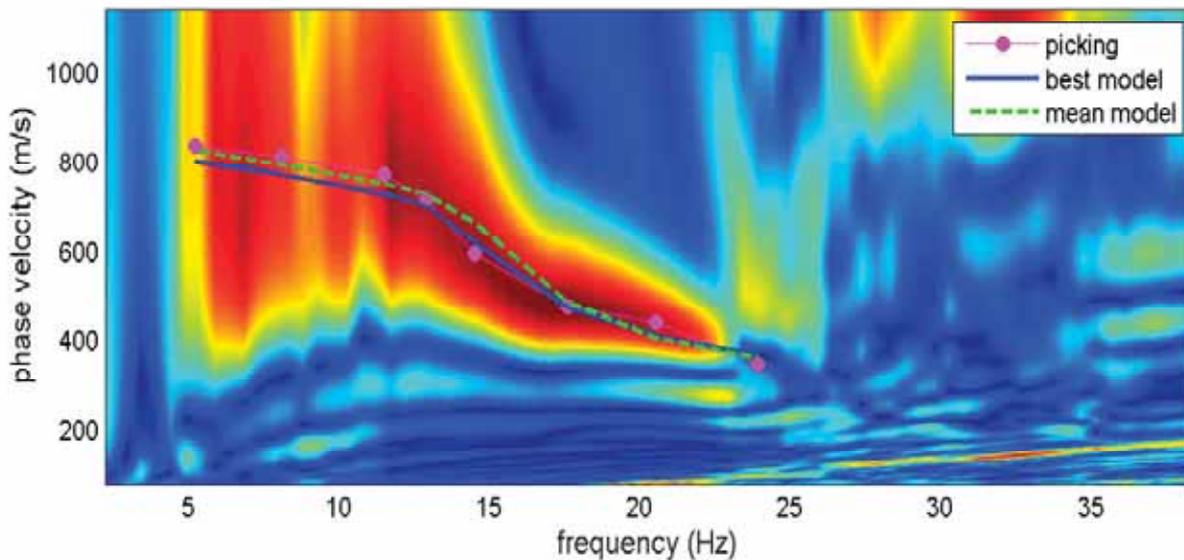


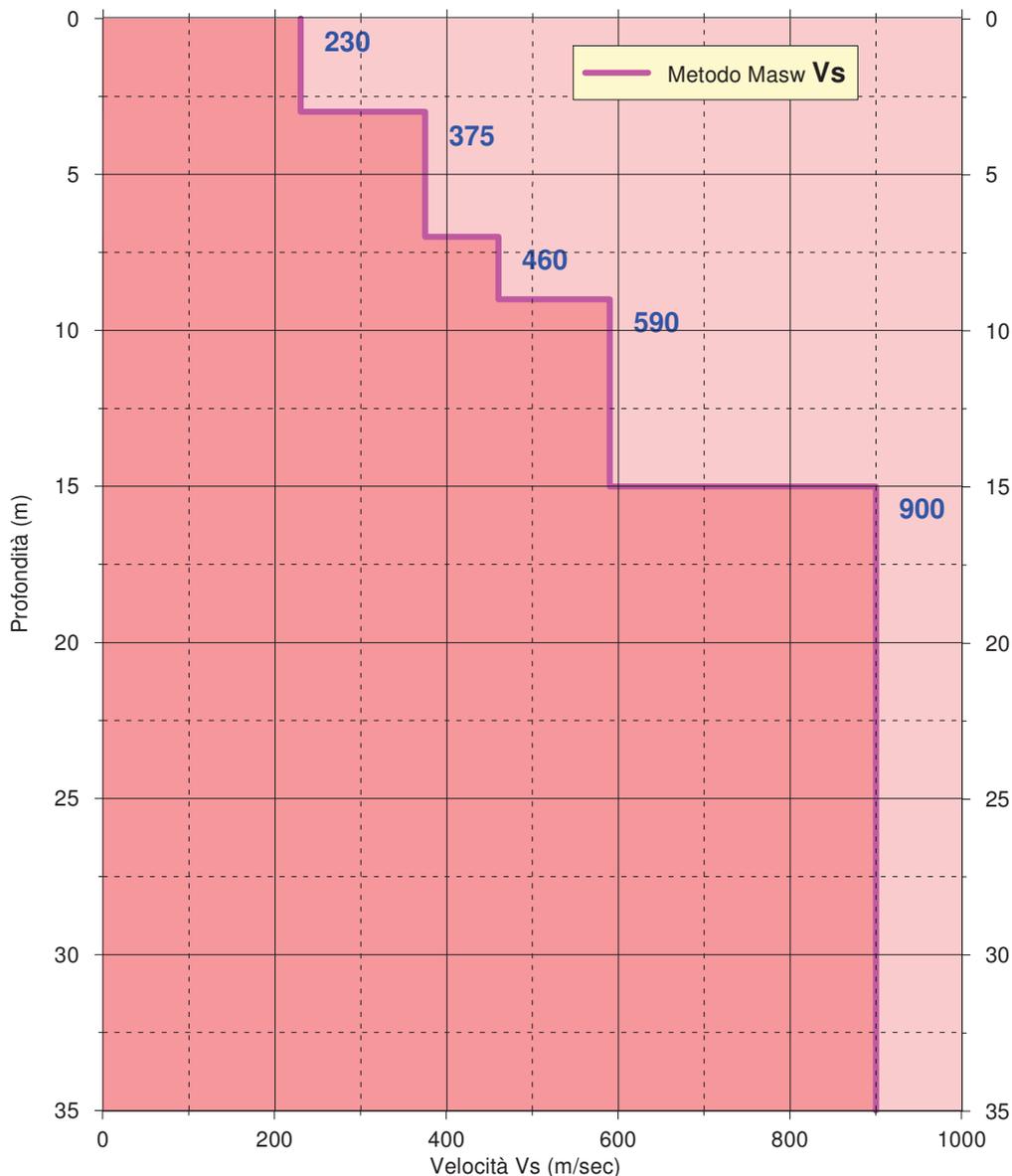
Fig.5d

SPETTRO VELOCITA' DI FASE - FREQUENZA CON CURVA DISPERSIONE

velocity spectrum & dispersion curve



PROFILO VELOCITÀ Vs



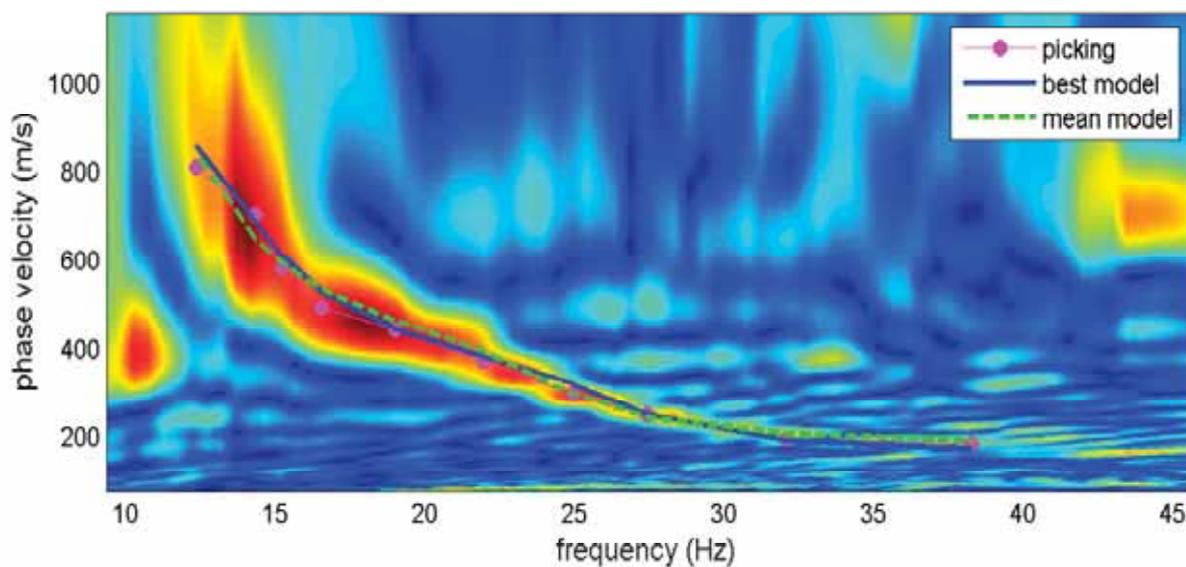
Vs30 dal p.c = 503

SUOLO DI FONDAZIONE TIPO "B"

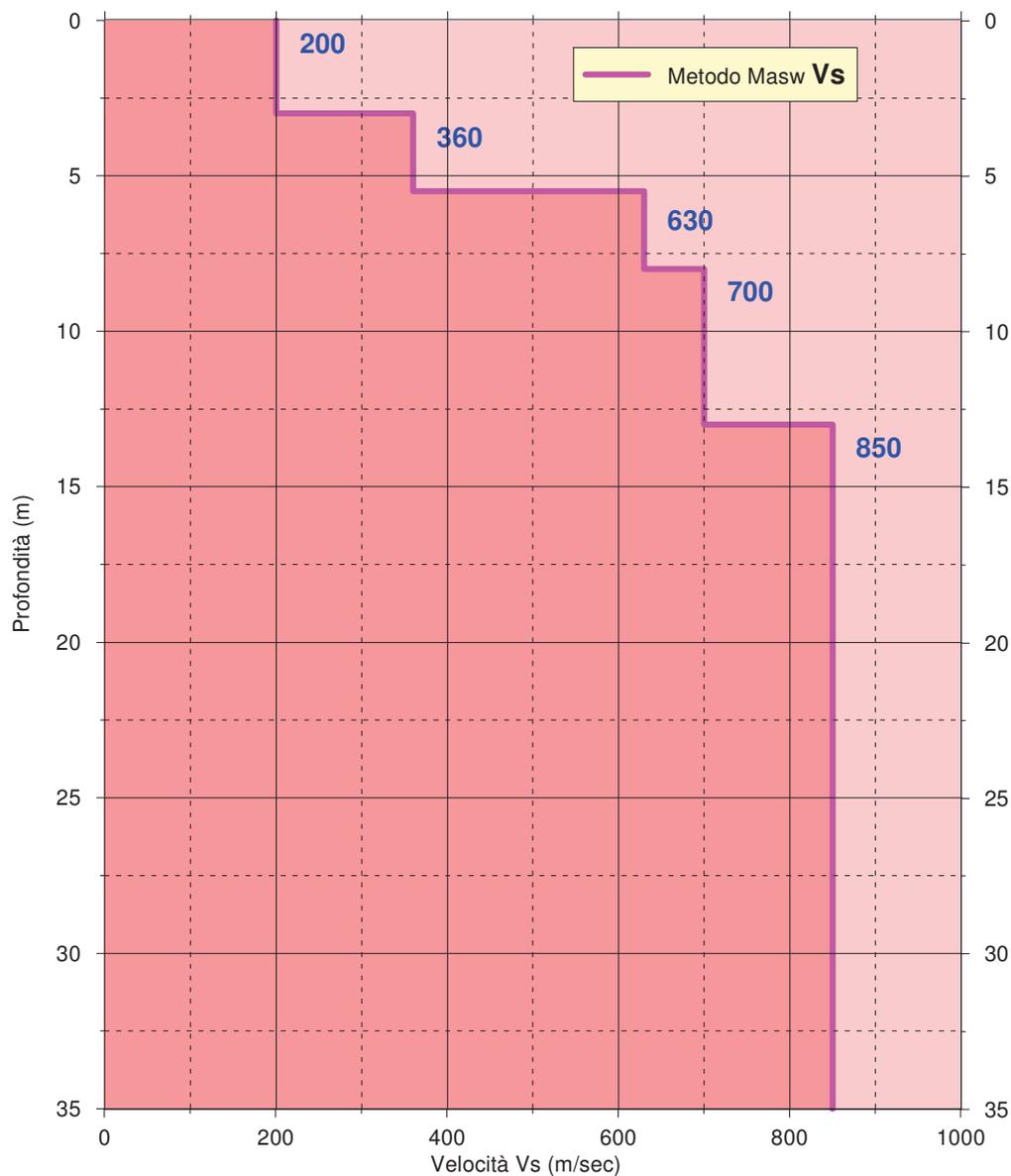
Fig.6a

SPETTRO VELOCITA' DI FASE - FREQUENZA CON CURVA DISPERSIONE

velocity spectrum & dispersion curve



PROFILO VELOCITÀ Vs

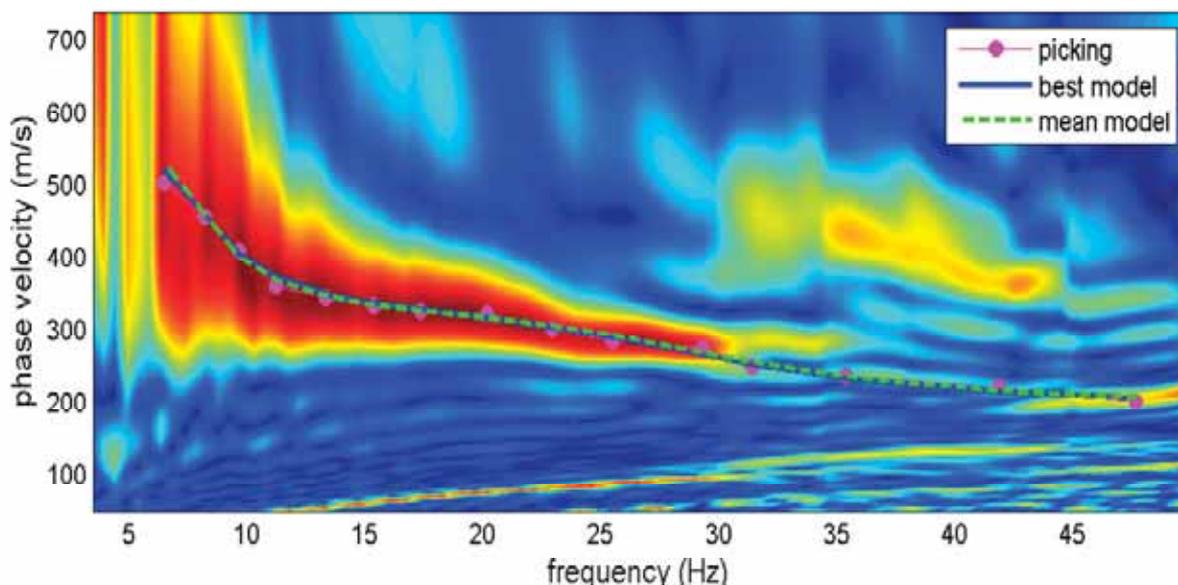


Vs30 dal p.c = 560

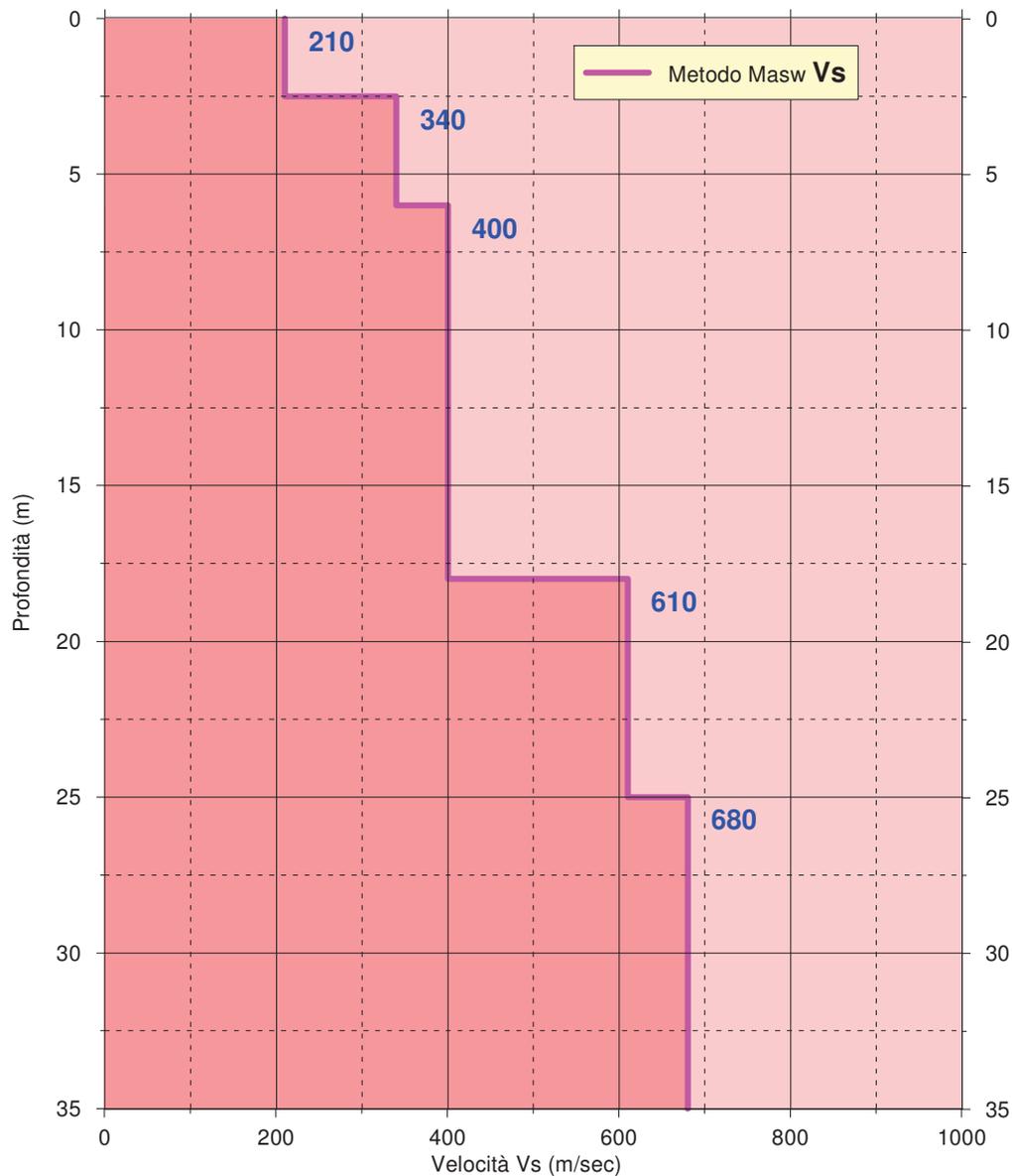
SUOLO DI FONDAZIONE TIPO "B"

Fig.6b

SPETTRO VELOCITA' DI FASE - FREQUENZA CON CURVA DISPERSIONE
velocity spectrum & dispersion curve



PROFILO VELOCITÀ Vs

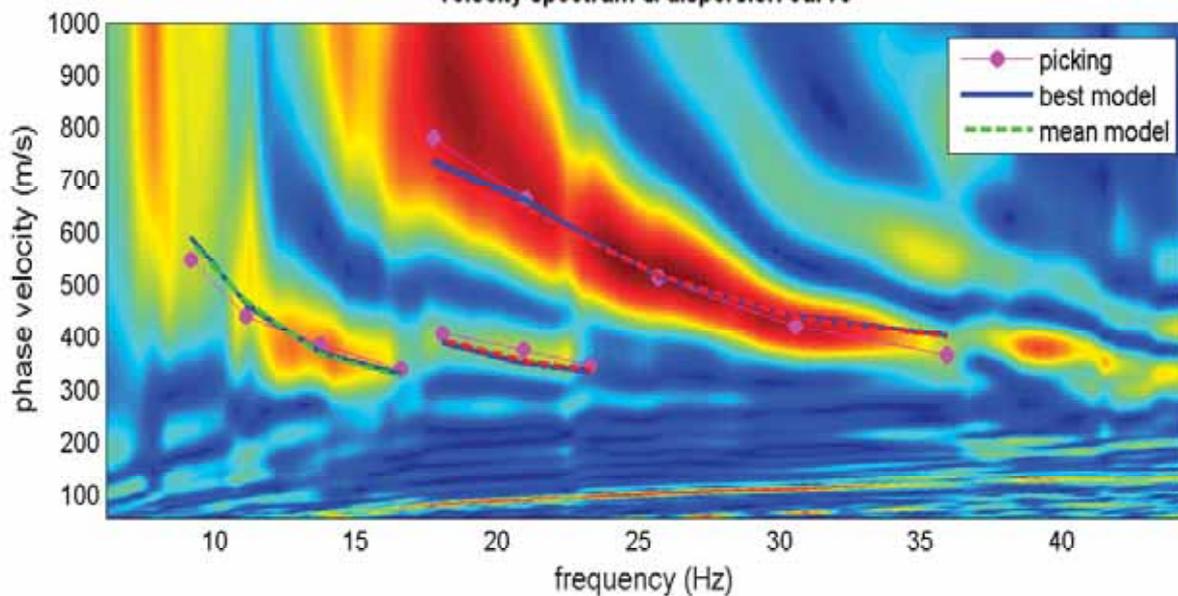


Vs30 dal p.c = 430

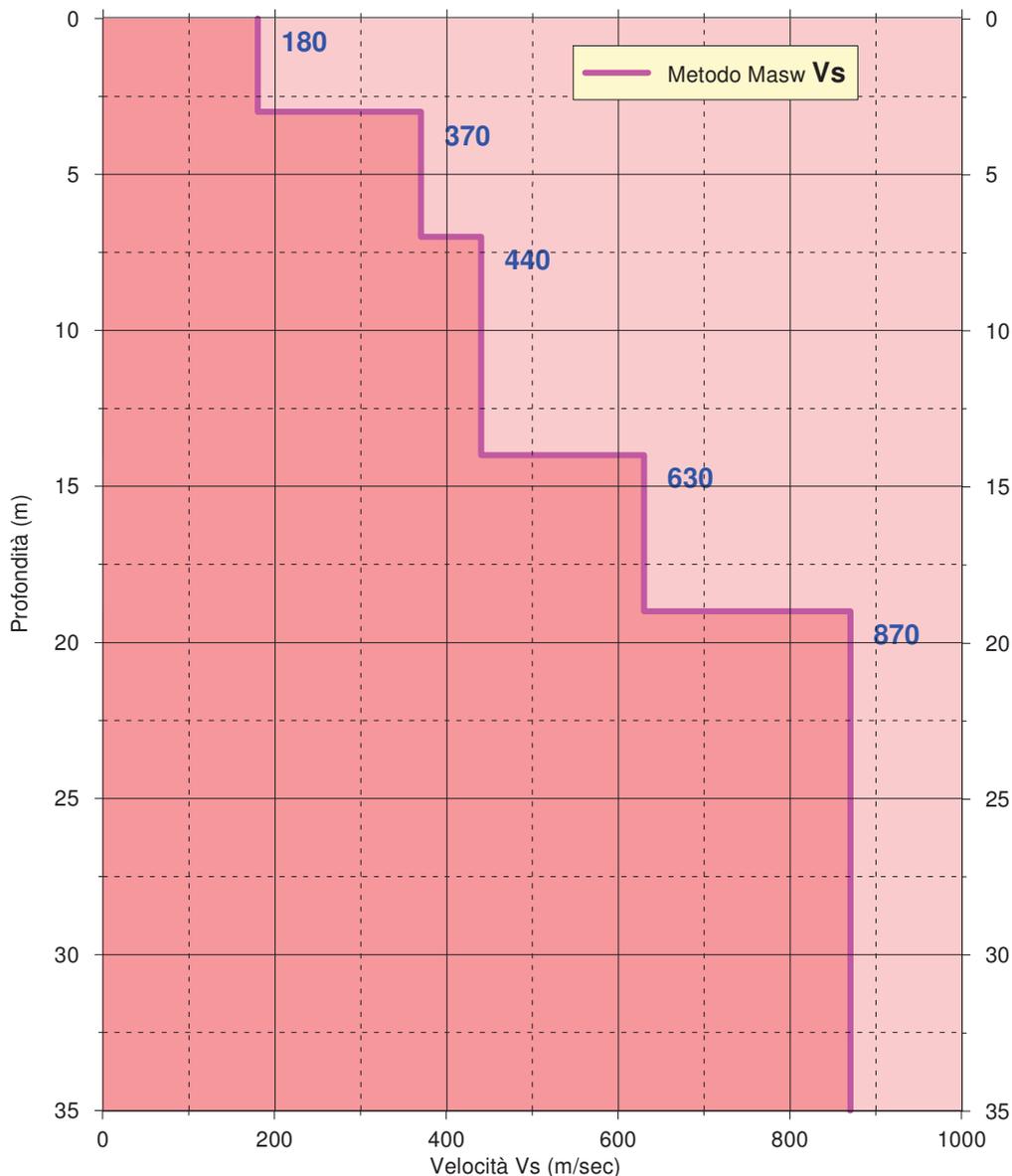
SUOLO DI FONDAZIONE TIPO "B"

Fig.6c

SPETTRO VELOCITA' DI FASE - FREQUENZA CON CURVA DISPERSIONE
 velocity spectrum & dispersion curve



PROFILO VELOCITÀ Vs



Vs30 dal p.c = 470

SUOLO DI FONDAZIONE TIPO "B"

Fig.6d

CARTA DEL "RI

CLASSI DI RISCHIO



Classe 1 - Risc



Classe 2 - Risc

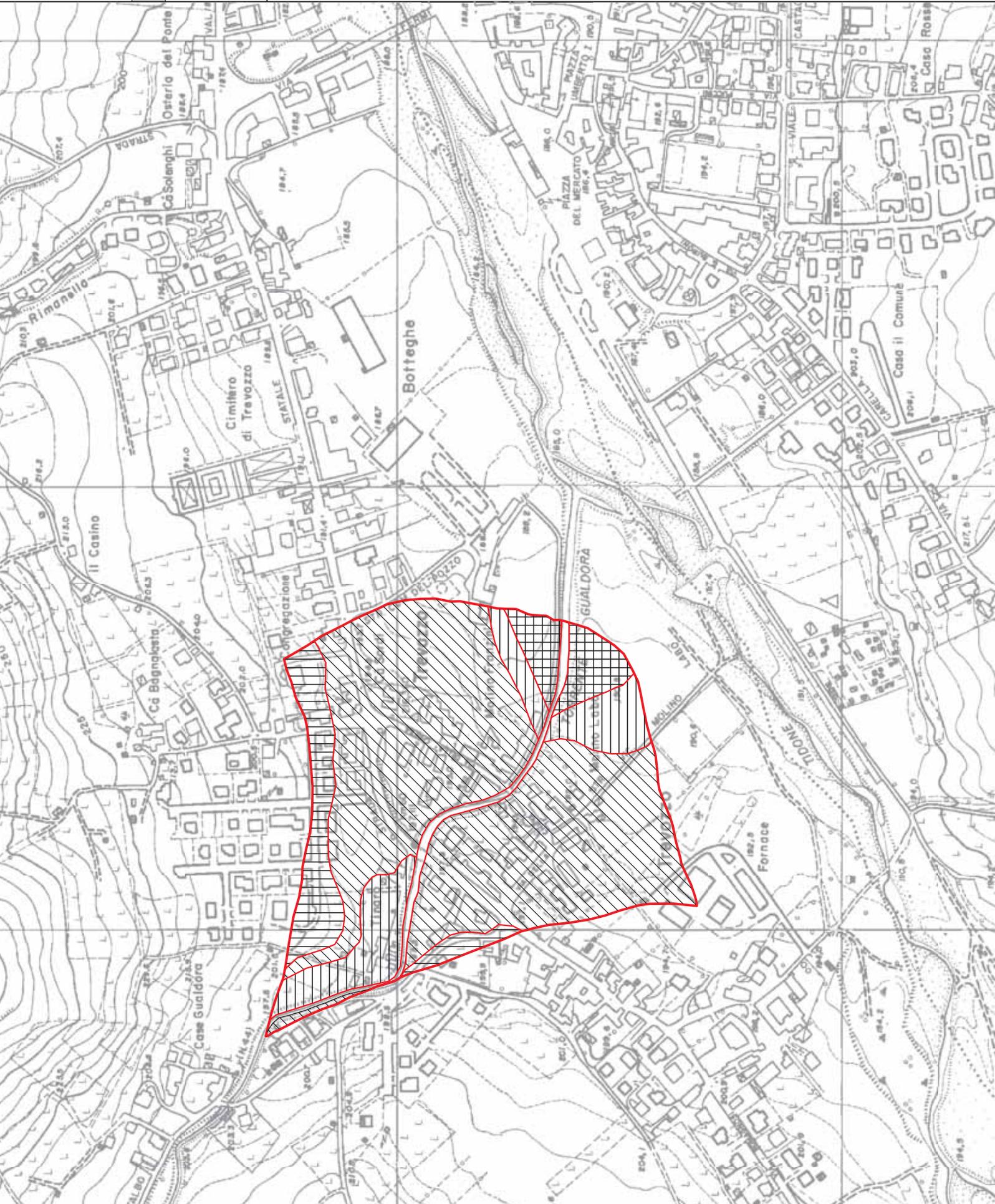


Classe 3 - Risc



Classe 4 - Risc

AREA D





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

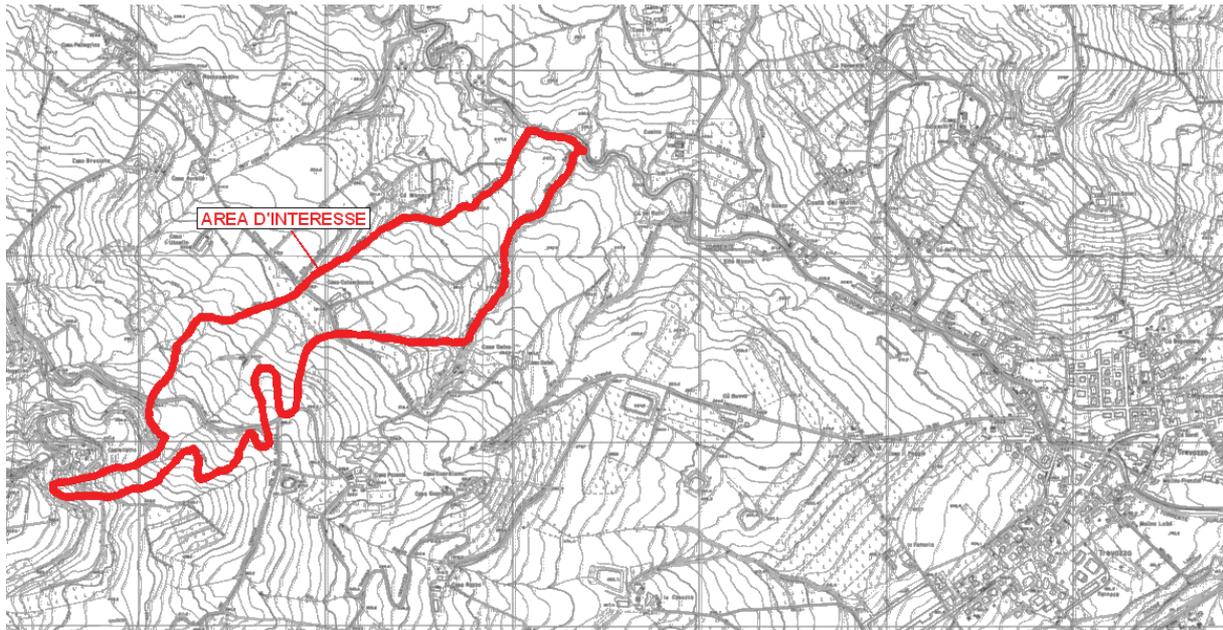
Sommario

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 <i>Cenni metodologici</i>	10
5.1.2 <i>Modalità esecutive</i>	11
5.1.3 <i>Strumentazione utilizzata</i>	11
5.1.4 <i>Elaborazione</i>	12
5.1.5 <i>Analisi dei risultati</i>	13
5.2 PROVE PER LA DETERMINAZIONE DEL PROFILO DI VELOCITA' DELLE ONDE SISMICHE "S"	14
5.2.1 <i>Cenni metodologici</i>	14
5.2.2 <i>Modalità esecutive</i>	14
5.2.3 <i>Commento dei risultati</i>	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 <i>Analisi di stabilità in condizioni pseudostatiche</i>	23
7.6.2 <i>Analisi di stabilità dinamica (Metodo di NEWMARK)</i>	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. Guldora, circa 1,5 Km ad Ovest dall'abitato di Trevozzo.

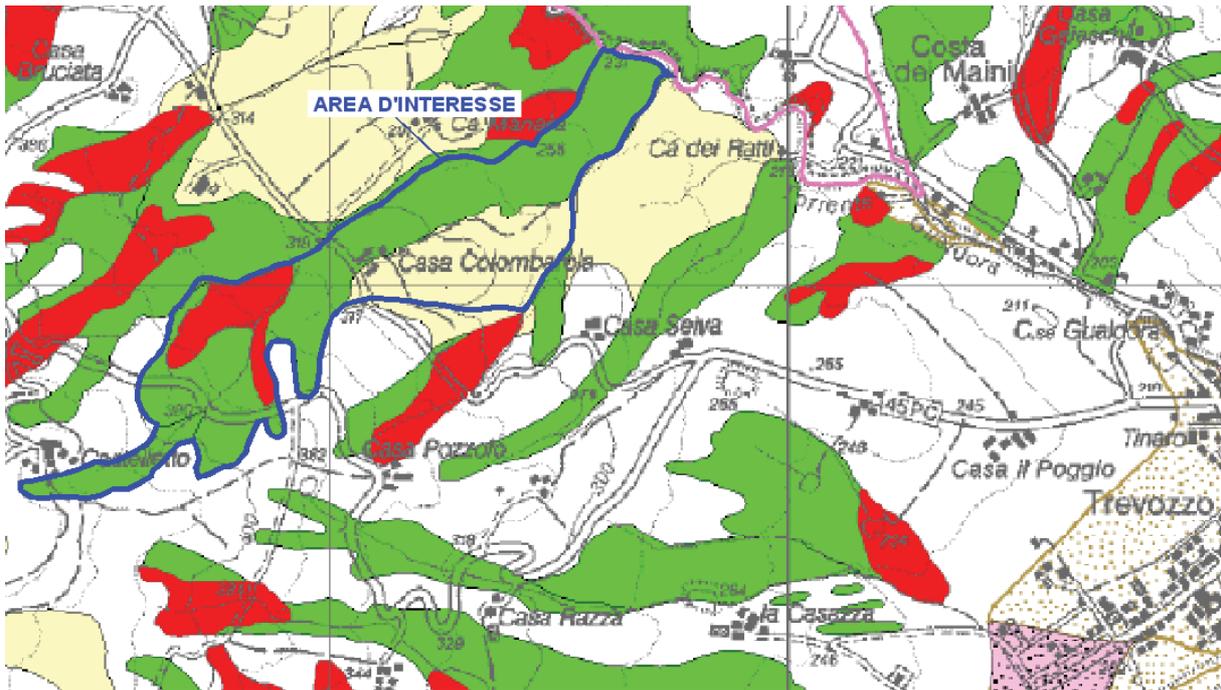


Inquadramento territoriale da CTR

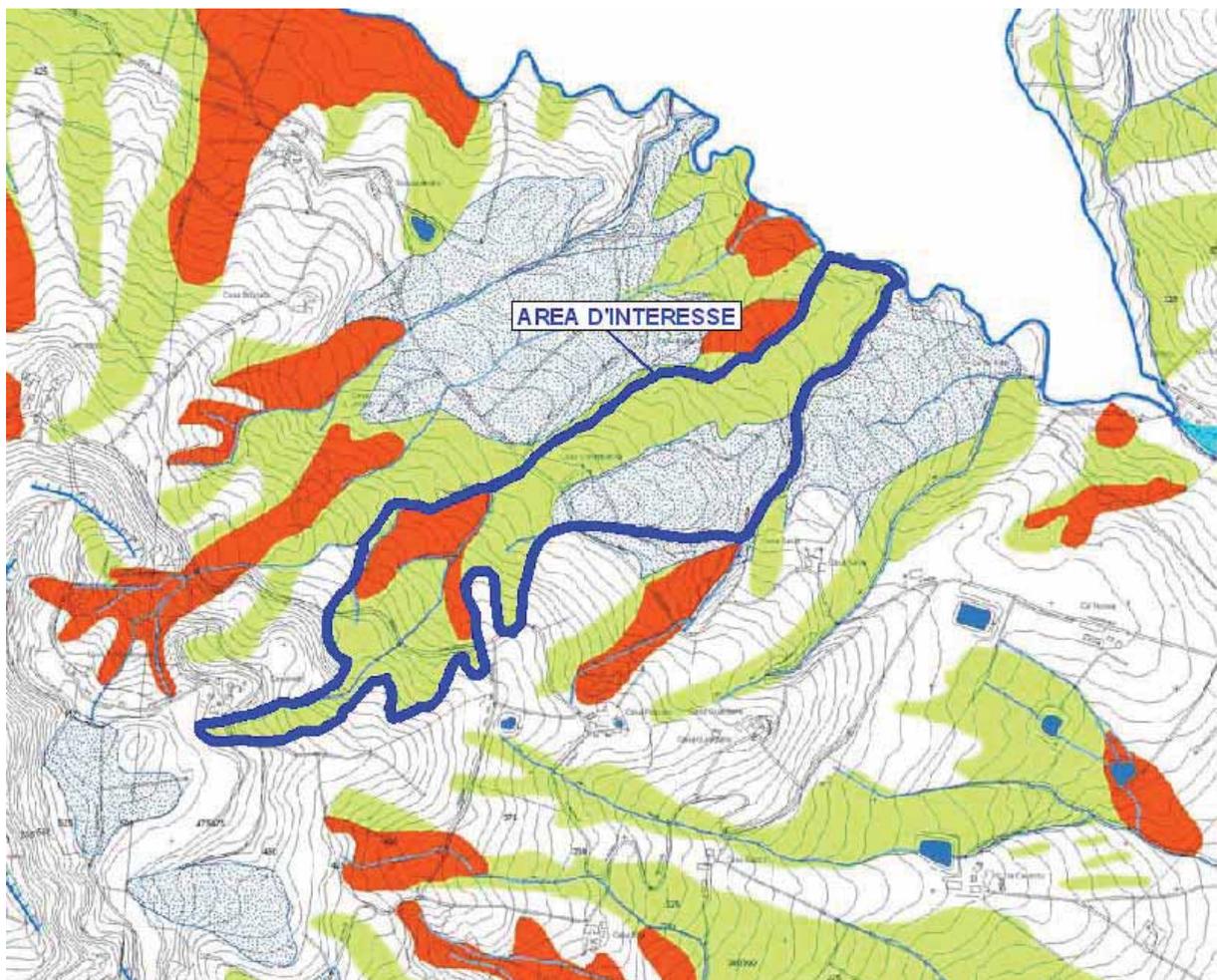
Nella carta del dissesto del PTCP della provincia di Piacenza e nella "Carta del Dissesto Comunale" allegata al PSC (in questo caso coincidenti), l'area d'interesse è classificata come frana quiescente – deposito di versante. Le norme del PTCP, consentono (compatibilmente con il grado di "rischio" accertato 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.

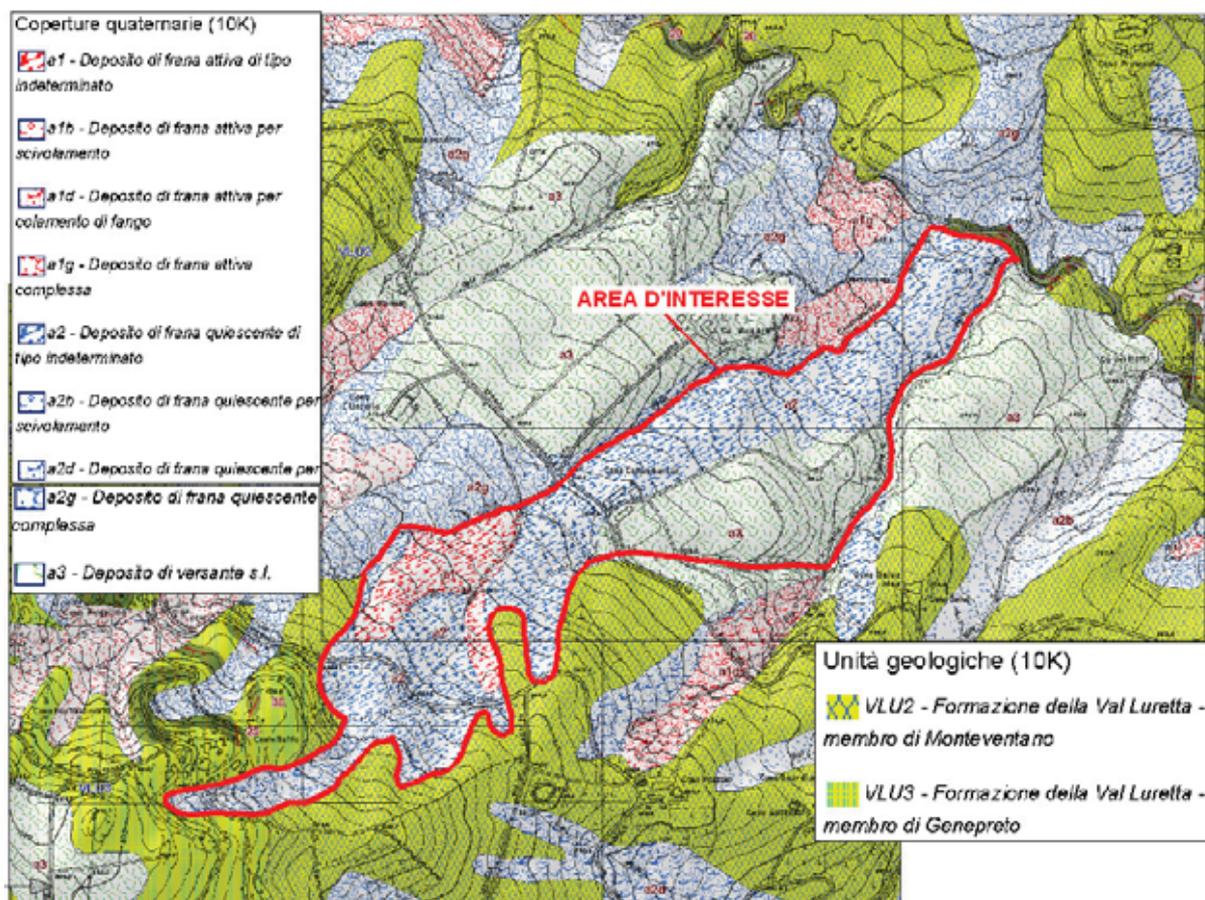
L'indagine geologico-sismica, conforme a quanto previsto dalla delibera del 2 Maggio 2007, n.112 (e successive integrazioni), in materia antisismica, ha compreso le seguenti fasi di studio:

- 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. I NQUADRAMENTO GEOLOGICO CO-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 (calcarei 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 CARATTERI STICHE GEOMORFOLOGICHE

Il corpo detritico ha una lunghezza massima di circa 1600 metri e si estende, a valle, fino a ridosso del T. Guldora. 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 – Guldora, fino al T. Guldora. 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.

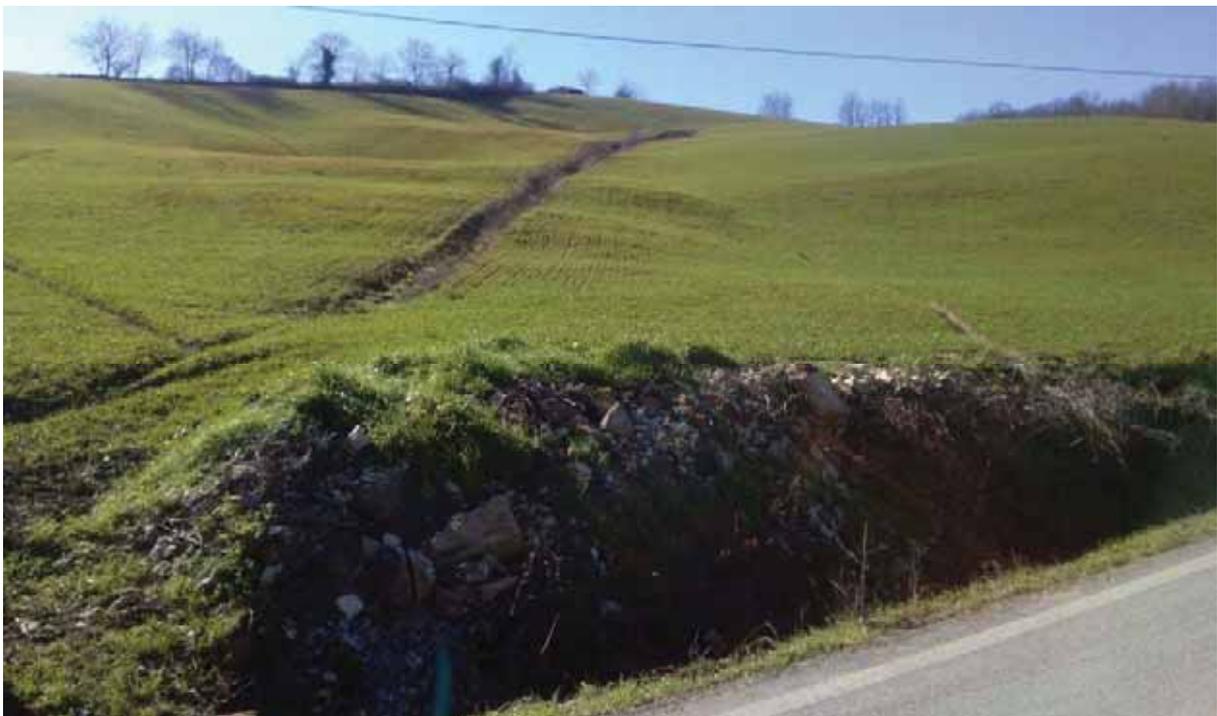
Il settore di monte (Sud) è invece caratterizzato da una maggiore acclività e la morfologia del versante appare meno regolare. Nel complesso, comunque, non sono presenti fenomeni gravitativi di una certa entità ad esclusione di limitati fenomeni di assestamento della coltre eluvio-colluviale (spessore 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 morfologia 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.

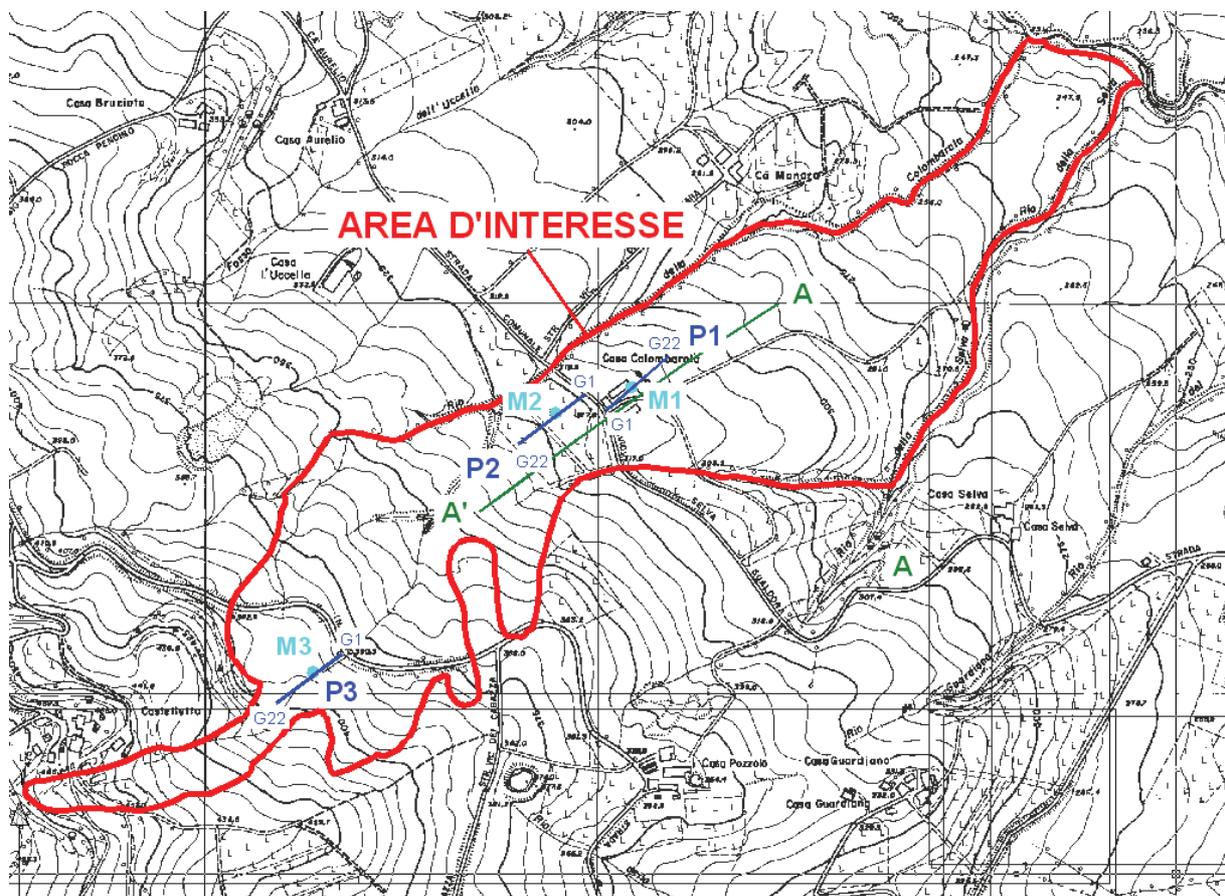
Sotto l'aspetto idrogeologico si possono sinteticamente ipotizzare due tipi di circolazione idrica:

- 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. I NDAGINI GEOGNOSTICHE

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



Planimetria indagini geognostiche

5.1 SI SMI CA A RI FRAZIONE

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 spazati 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'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,

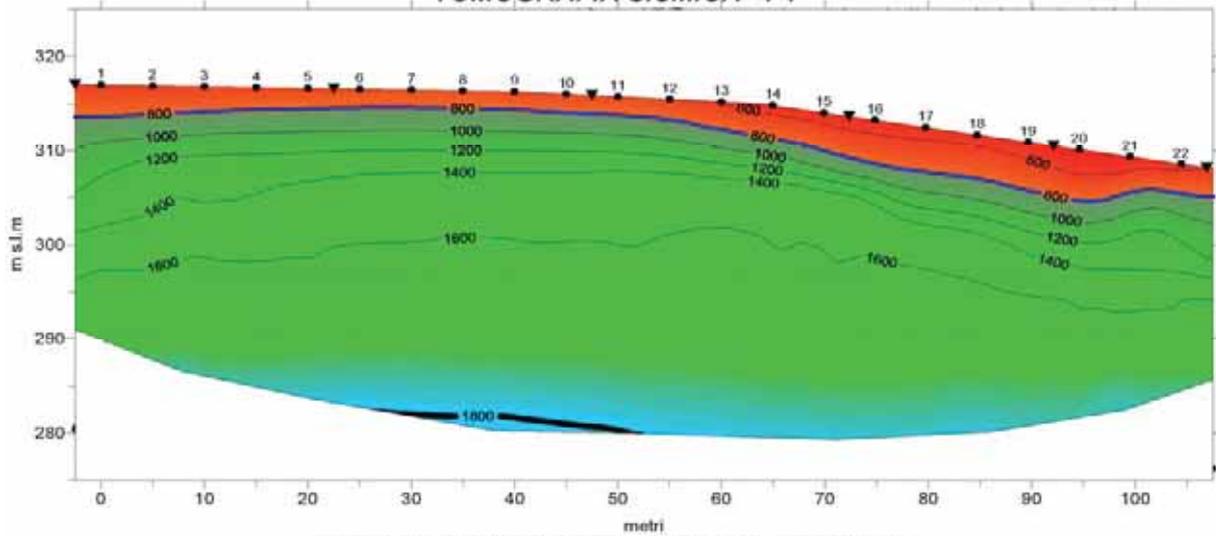
- Cavo per sismica a rifrazione stranded, 130 mt con 24 takeouts SPT-21 a 5 metri di intervallo e due code da 7.5 mt l'una terminate con connettore Bendix 61S,
- Geofoni GS20DX, 10 Hz verticali, 395 Ohm con puntale da 3" ed 1,5 mt di cavo terminato con mueller clip singola MC-20-SP,
- Computer portatile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

5.1.4 Elaborazione

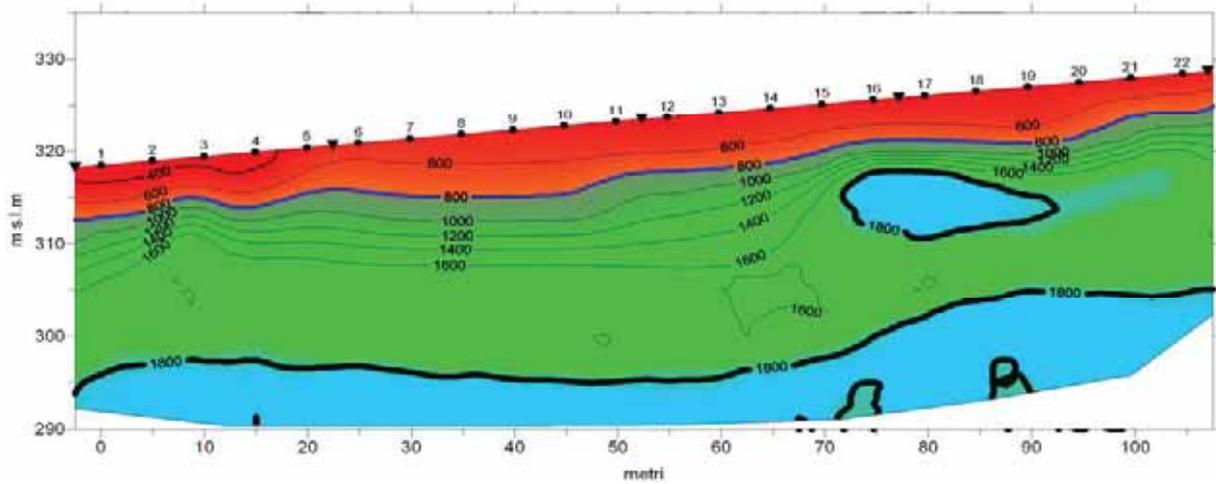
In questo caso i dati acquisiti sono stati interpretati secondo un metodo sismico-tomografico utilizzando il software SeisOpt@2D v4.0 prodotto dalla OPTIM. La procedura d'elaborazione ha comportato in una prima fase la lettura dei tempi dei primi arrivi sui sismogrammi. In seguito, sono stati ricostruiti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

5.1.5 Analisi dei risultati

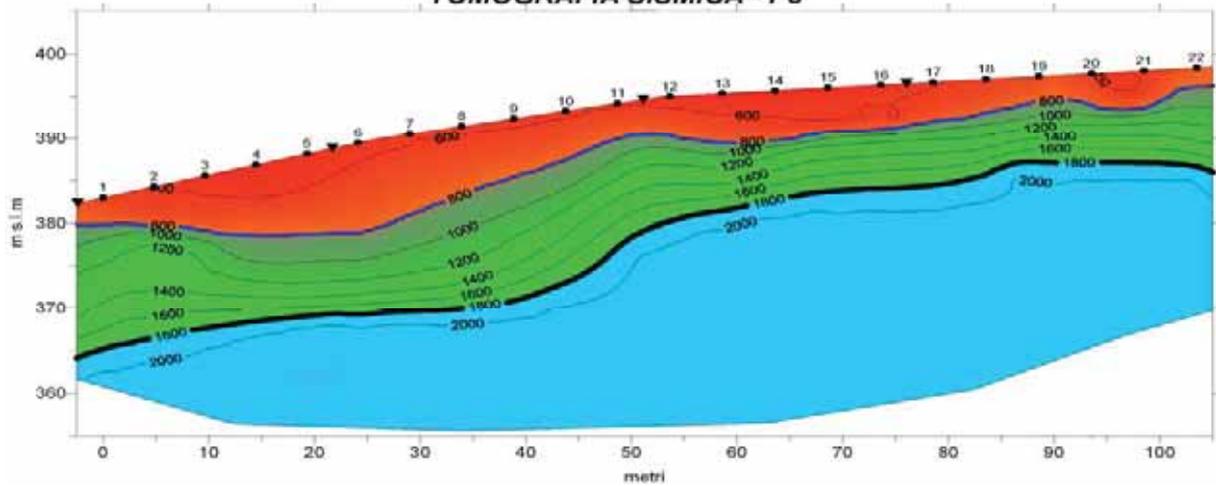
Loc. Casa Colombarola - Comune di Nibbiano
TOMOGRAFIA SISMICA - P1



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"

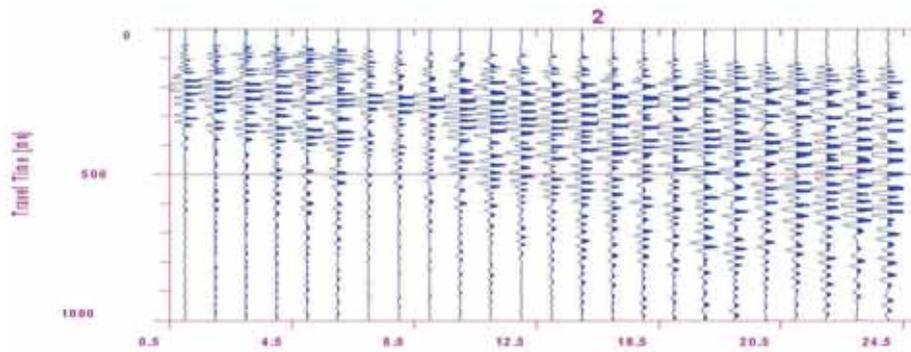
Per la determinazione del profilo di velocità delle onde "S" e della categoria del suolo di fondazione è stato utilizzato il metodo "Masw". I profili "Masw" sono stati realizzati in corrispondenza degli stendimenti sismico-tomografici.

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 avvalorata 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

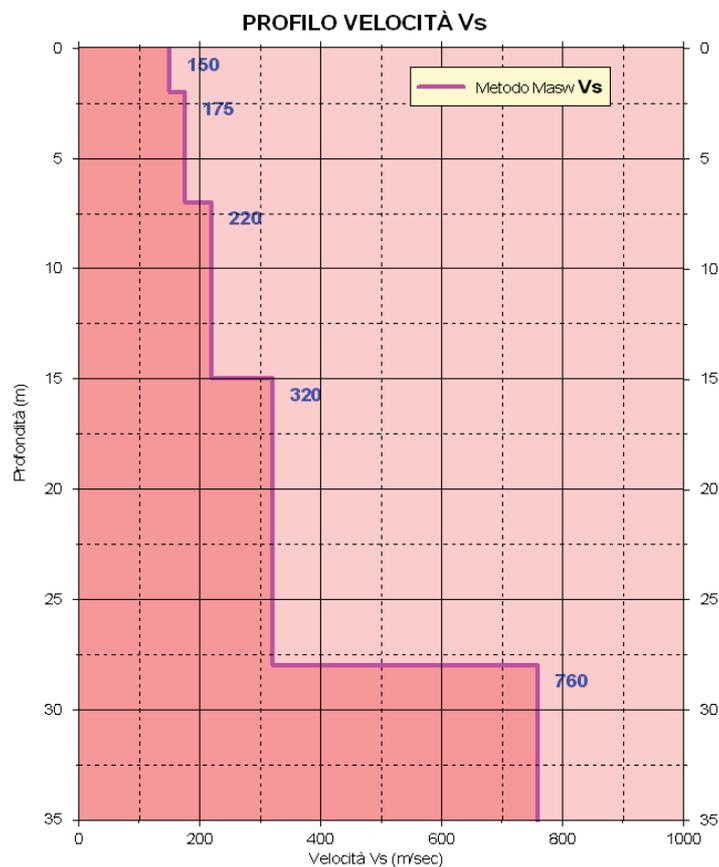
Sono stati realizzati 3 stendimenti di 22 geofoni, con distanza intergeofonica di 5 m. La lunghezza delle registrazioni è stata di 1 sec, con un passo di campionamento di 0.25 ms.



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 ($V_s < 160$ 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	$\gamma = 1.80 \text{ t/ mc}$ $\gamma = 1.90 \text{ t/ mc}$ $\phi = 19^\circ$ $\phi = 17^\circ$ $C = 0.03 \text{ Kg/ cmq}$
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	$\gamma = 1.90 \text{ t/ mc}$ $\gamma = 2.00 \text{ t/ mc}$ $\phi = 23^\circ$ $\phi = 21^\circ$ $C = 0.1 \text{ Kg/ cmq}$
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	$\gamma = 1.95 \text{ t/ mc}$ $\gamma = 2.05 \text{ t/ mc}$ $\phi = 29^\circ$ $\phi = 26^\circ$ $C = 0.1 \text{ Kg/ cmq}$
Livello D	Litologia: substrato roccioso mediamente compatto	
Oltre -25/-30 m	Peso di volume Angolo di attrito	$\gamma = 2.25 \text{ t/ mc}$ $\phi = 40^\circ$

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 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 $\leq 15^\circ$ 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.

Mapa di pericolosità sismica del territorio nazionale

(riferimento: Ordinanza PCM del 28 aprile 2006 n.3519, All.1b)

espressa in termini di accelerazione massima del suolo

con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni

riferita a suoli rigidi ($V_{s30} > 800$ m/s; cat.A, punto 3.2.1 del D.M. 14.09.2005)

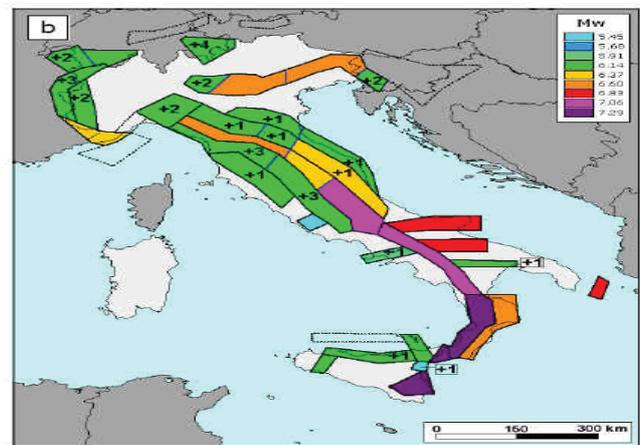
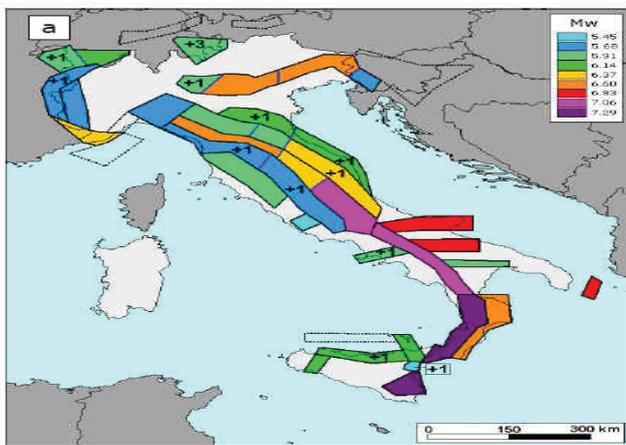
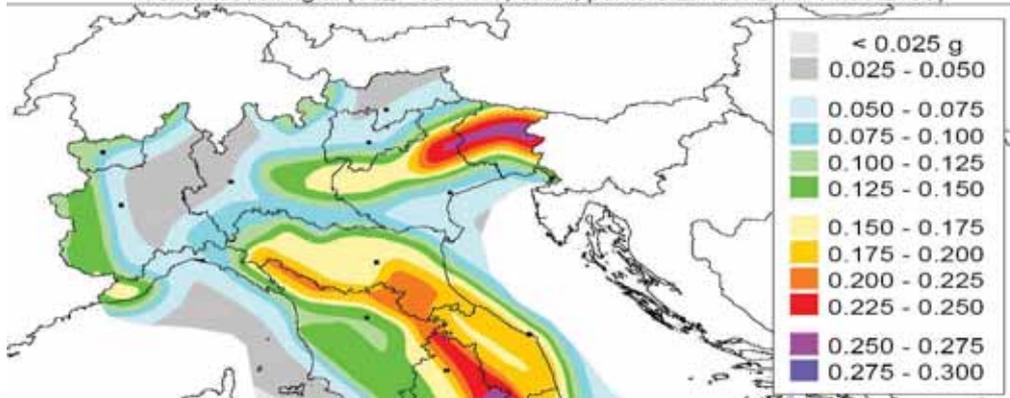


Figura 36. Valori di M_{wmax} corrispondenti ai due insiemi: a) "osservati" (M_{wmax1}); b) "cautelativi" (M_{wmax2}).

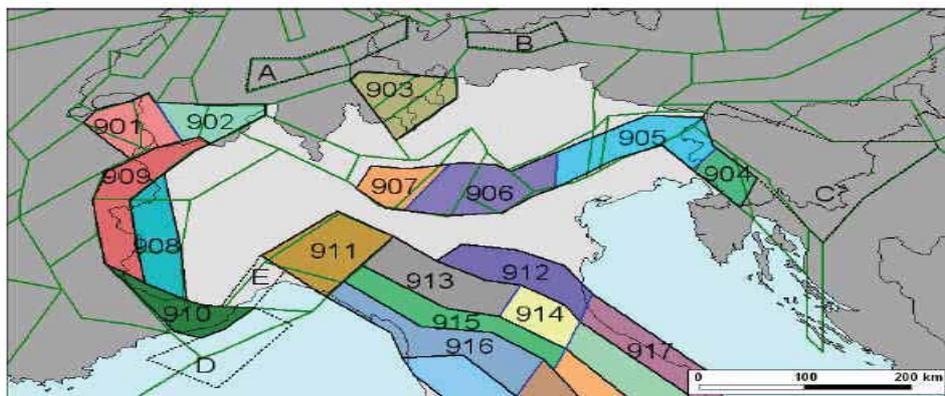


Figura 10. Zonazione sismogenetica ZS9 a confronto con la zonazione del progetto SESAME nell'area alpina (Jiménez et al., 2001; linee di colore verde).

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 α_g 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 $V_s \geq 800$ m/s si devono usare le seguenti tabelle

F.A. P.G.A.

V_{sH} 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 - $0.1s < T_0 < 0.5s$

V_{sH} 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 - $0.5s < T_0 < 1.0s$

V_{sH} 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 V_s sono riassunti nella 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 ($V_s > 800$ m/s) prevista per il Comune di Nibbiano è di 0.098g.

7.5 SPETTRO DI RI SPOSTA (IN PGA) DELL'AREA

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

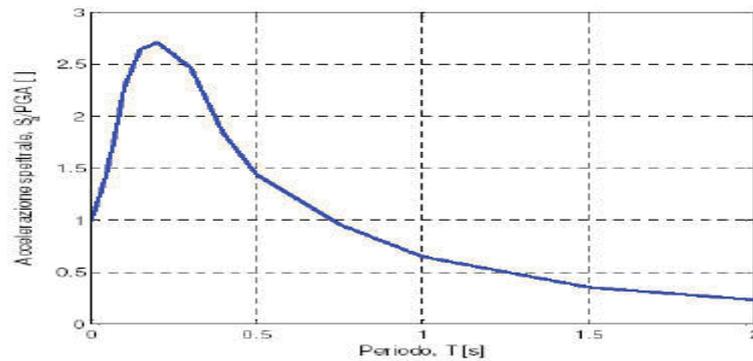
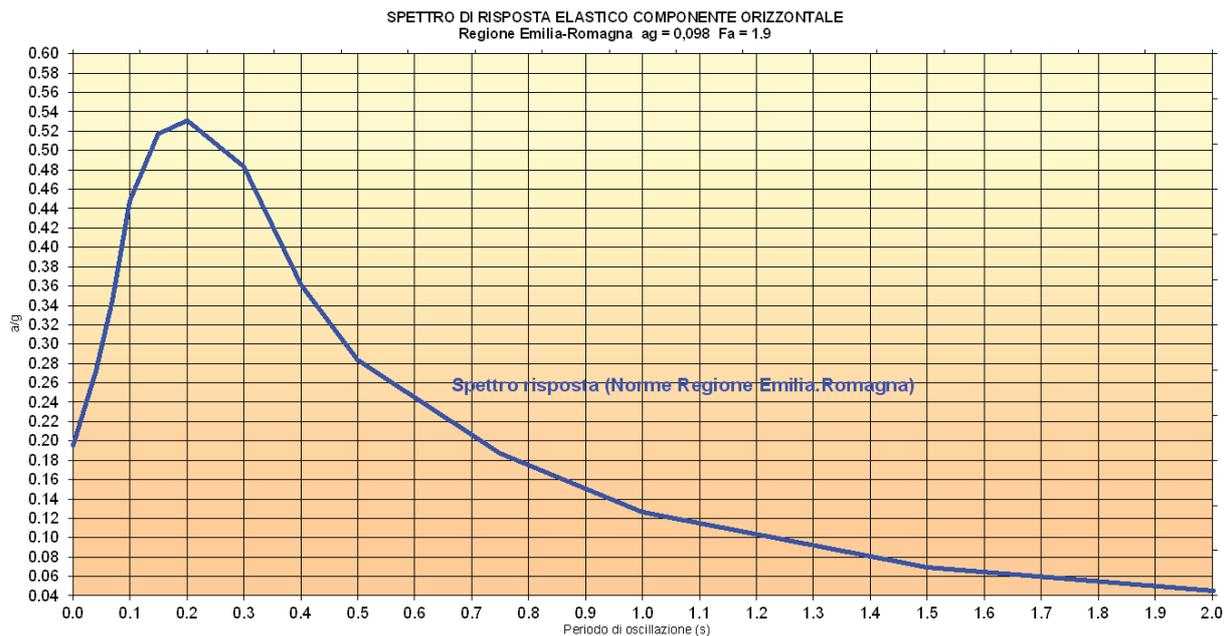


Figura 1 - Spettro di risposta normalizzato ($T_R = 475$ anni, smorzamento = 5%) per l'Emilia-Romagna

Dallo spettro di risposta normalizzato è

possibile ottenere, moltiplicando i valori della tabella 1 per il valore di a_{refg} 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 $a_{refg}=0.098$ per il comune di Nibbiano e il fattore di amplificazione (2.0), è stato calcolato lo spettro di risposta del sito d'interesse.

Loc. CASA COLOMBAROLA - NIBBIANO



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

7.6 ANALISI DELLA STABILITÀ DEL VERSANTE SIA IN CONDIZIONI PSEUDOSTATICHE 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.

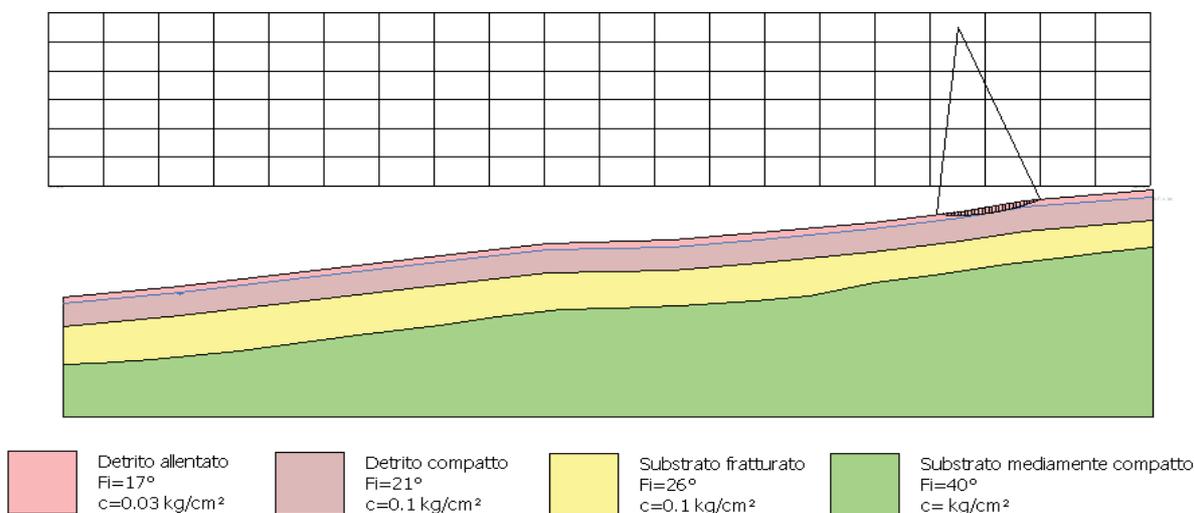
1 ▾ Angolo resistenza al taglio: Residuo ⓘ ✕

Nr.	DB	Peso unità di volume (Kg/m ³)	Peso saturo (Kg/m ³)	Coesione (kg/cm ²)	Coesione non drenata (kg/cm ²)	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 a_g di 0.098×2.0 (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.



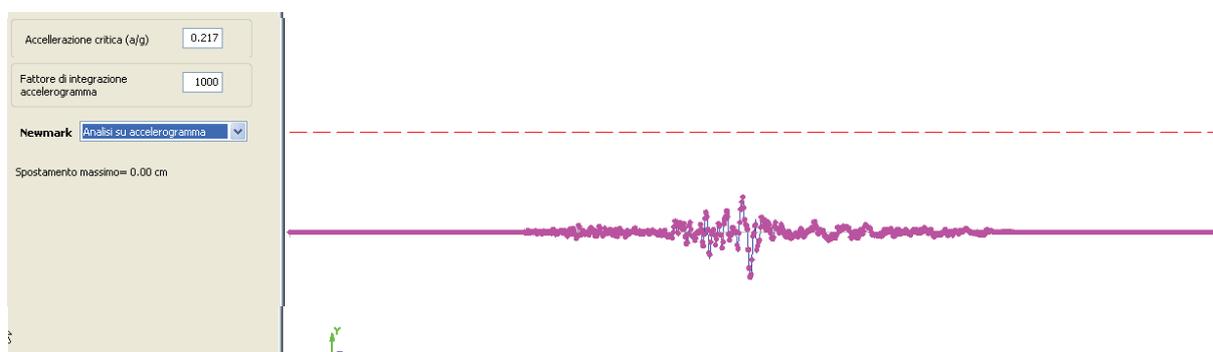
Verifica di stabilità del versante

7.6.2 Analisi di stabilità dinamica (Metodo di NEWMARK)

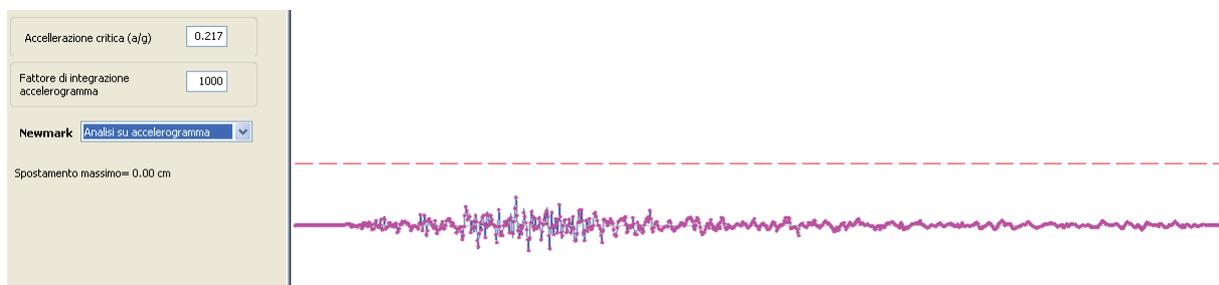
Le verifiche in condizioni sismiche dinamiche (semplificate) sono state realizzate utilizzando come input gli accelerogrammi forniti dalla Regione Emilia-Romagna per il Comune di Nibbiano.

Le verifiche effettuate, con 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



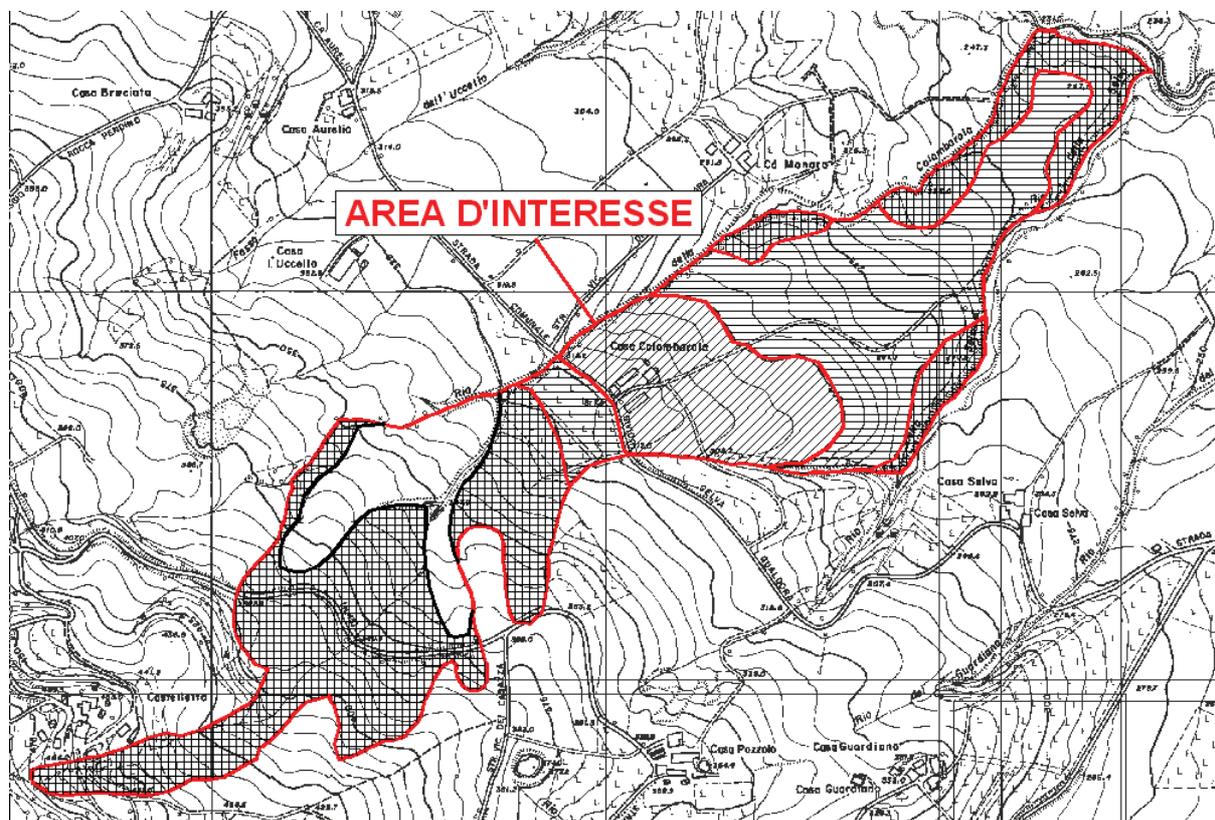
Accelerogramma 000126xa_033029Nibbiano.txt



Accelerogramma 000354xa_033029Nibbiano.txt

8. ZONIZZAZIONE DEL RISCHIO DEL CORPO DI FRANA QUI ESCENTE-DEPOSITO DI VERSANTE

Il corpo di detritico 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 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 QUI ESCENTE - 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 ampliamenti 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

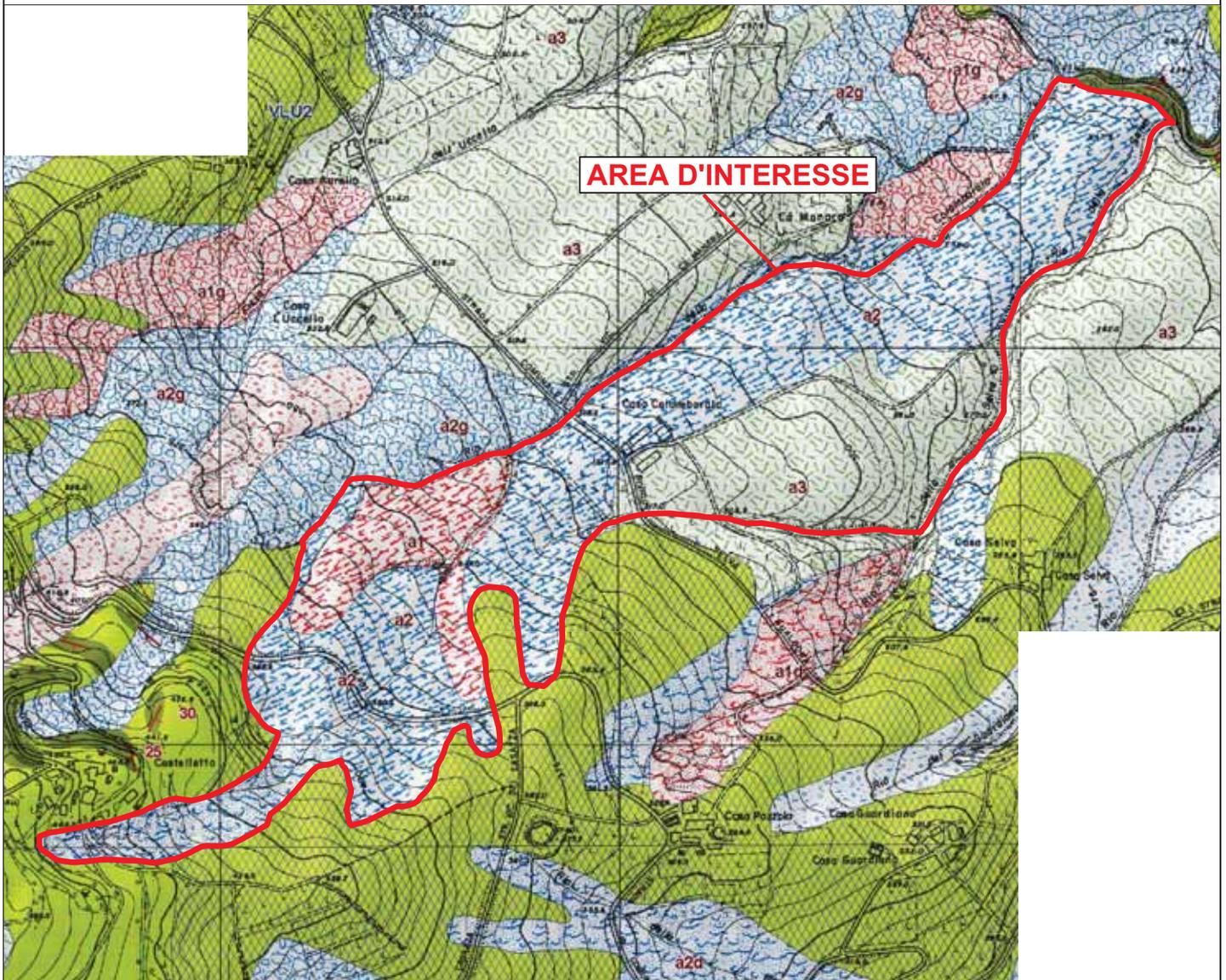
Dott. Adriano Baldini

Dott. Alberto Lepori



ALLEGATI

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

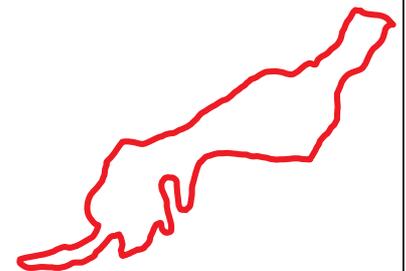


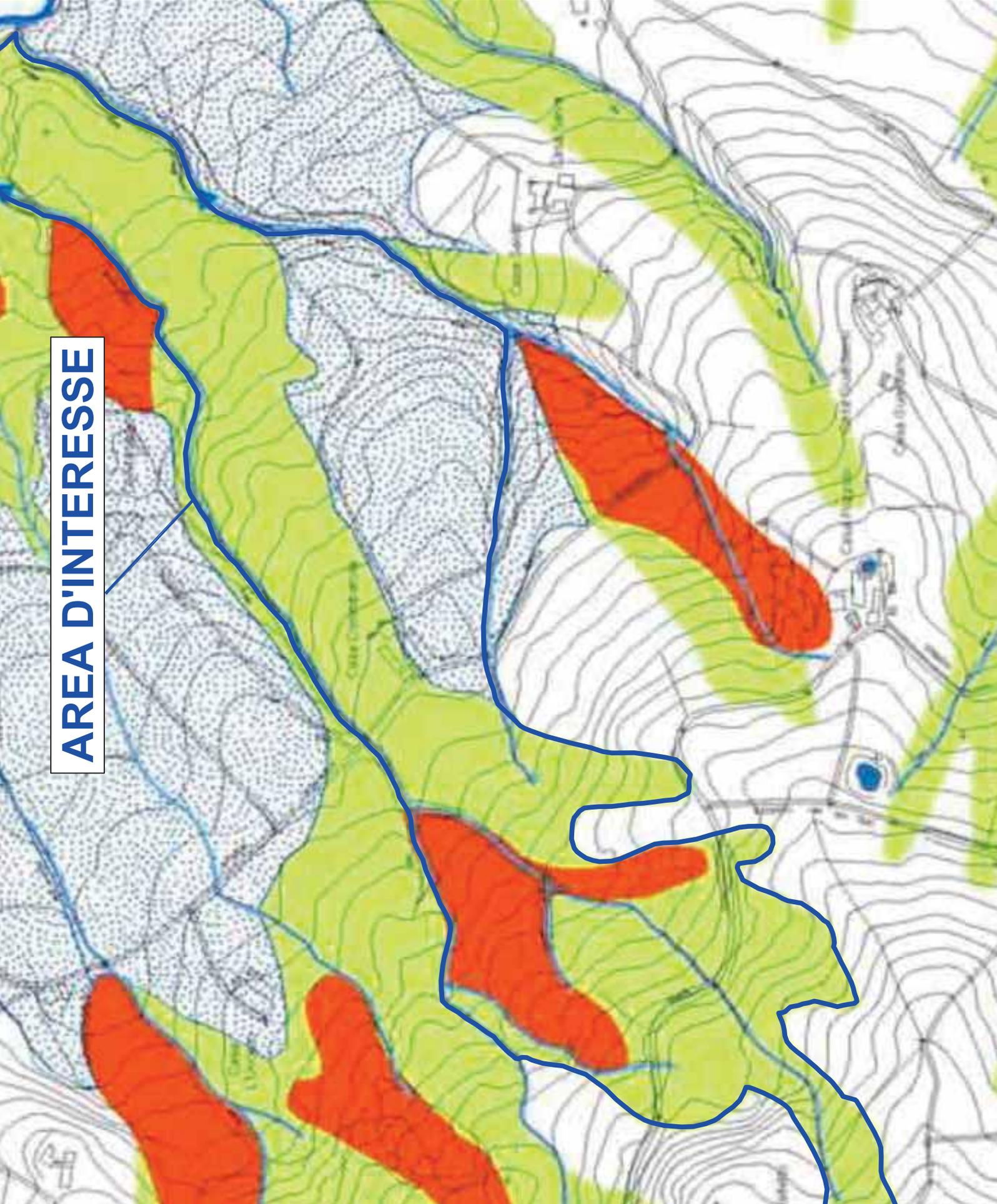
Fig.2

Studio ge
di un versante in frana q
in loc. Casa Colomba
"Classificazione
di frana quiescen

CARTA D Estra

- Elementi morfologici**
- Area di frana attiva:**
Accumuli gravitativi carichi di materiale con evidenti movimenti in atto.
 - Area di frana quiescente:**
Accumuli gravitativi carichi di materiale attualmente quiescenti o stabilizzati.
 - Area di frana stabilizzata o retta:**
Movimenti gravitativi quiescenti di cui presentano con profili regolari, vege-
- Depositi alluvionali attuali:**
Ghiare sciolte eterogenee ed eterogenee, a mat-
- Depositi alluvionali terrazzati:**
Ghiare a matrice limoso-sabbiosa, livello galassato (2,5 Y 4/2 "Humid Soil Cherts" [Depositi alluvionali terrazzati e di pive eccezionali] Clichone Superiore).
- Depositi alluvionali terrazzati:**
Ghiare a prevalente matrice limosa di colore bruno-giallastro scuro o 2,5 Y 5/2, 4/2 "Humid Soil Cherts" Clichone medio-superiore.
- Depositi alluvionali terrazzati:**
Successioni di ghiaie, sabbie e limi di copertura a prevalente colore bruno "Humid Soil Cherts" - Clichone "Pescatore superiore" - Clichone
- Deposito elivo-colluviale**

AREA D'INTERESSE



Studio geologico
di un versante in frana quiescente
in loc. Casa Colomba
"Classificazione
di frana quiescente"

PLANIMETRIA

INDAGINI SISMICHE

G1 **P1-P2** G22

Tra

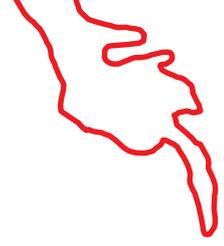
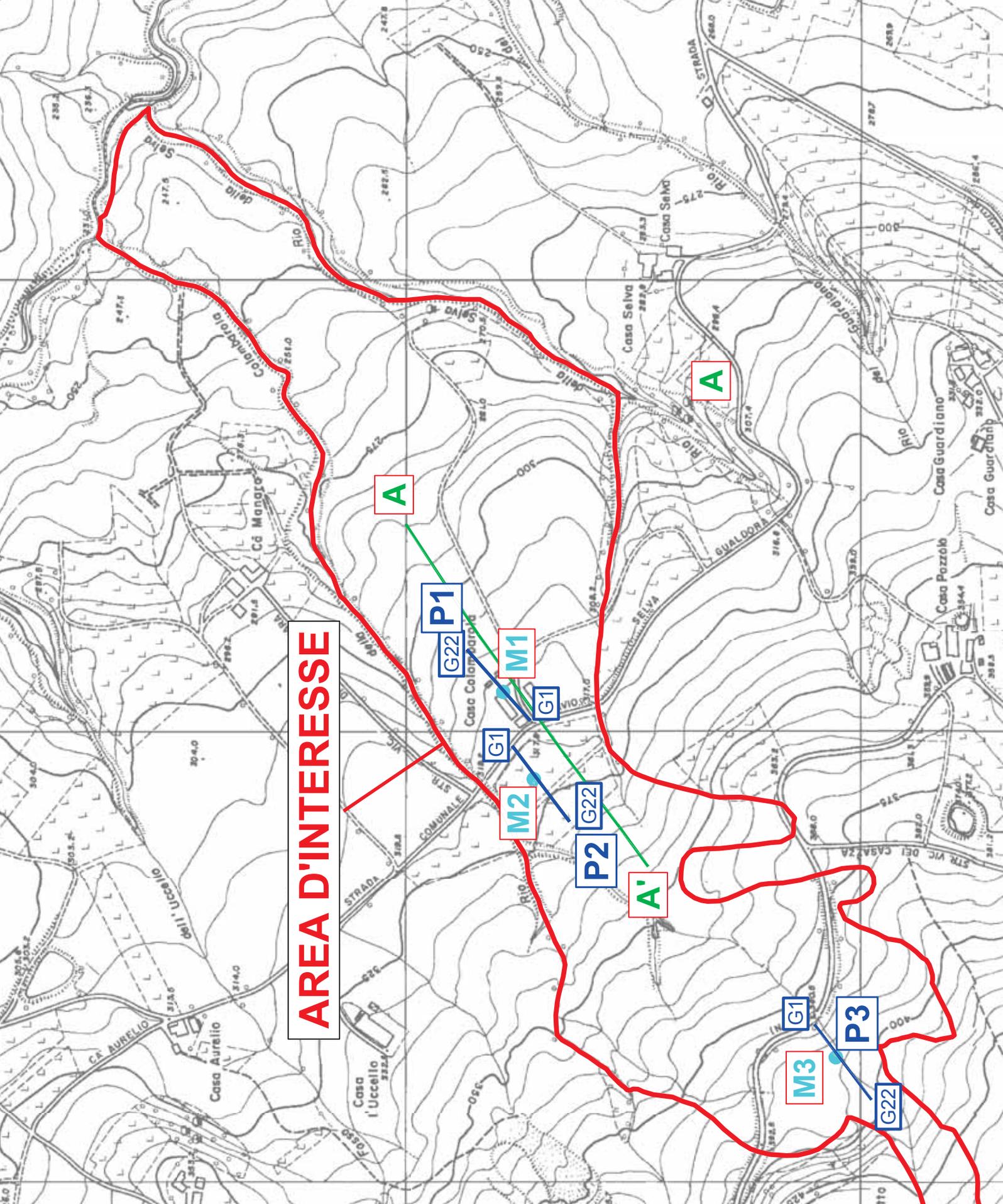
Pro **M1-M2**

Tra

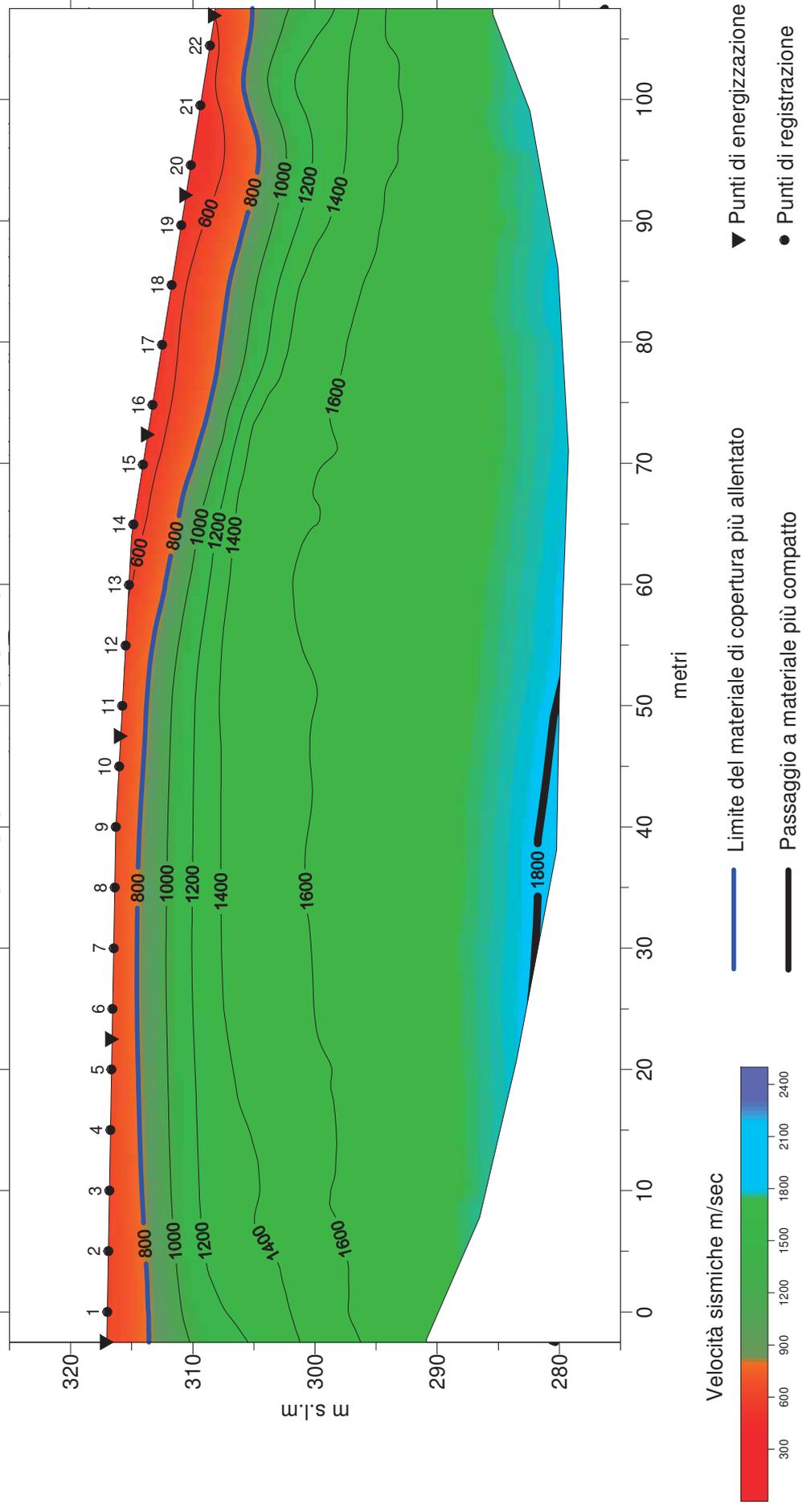
A' A

Tra

AREA



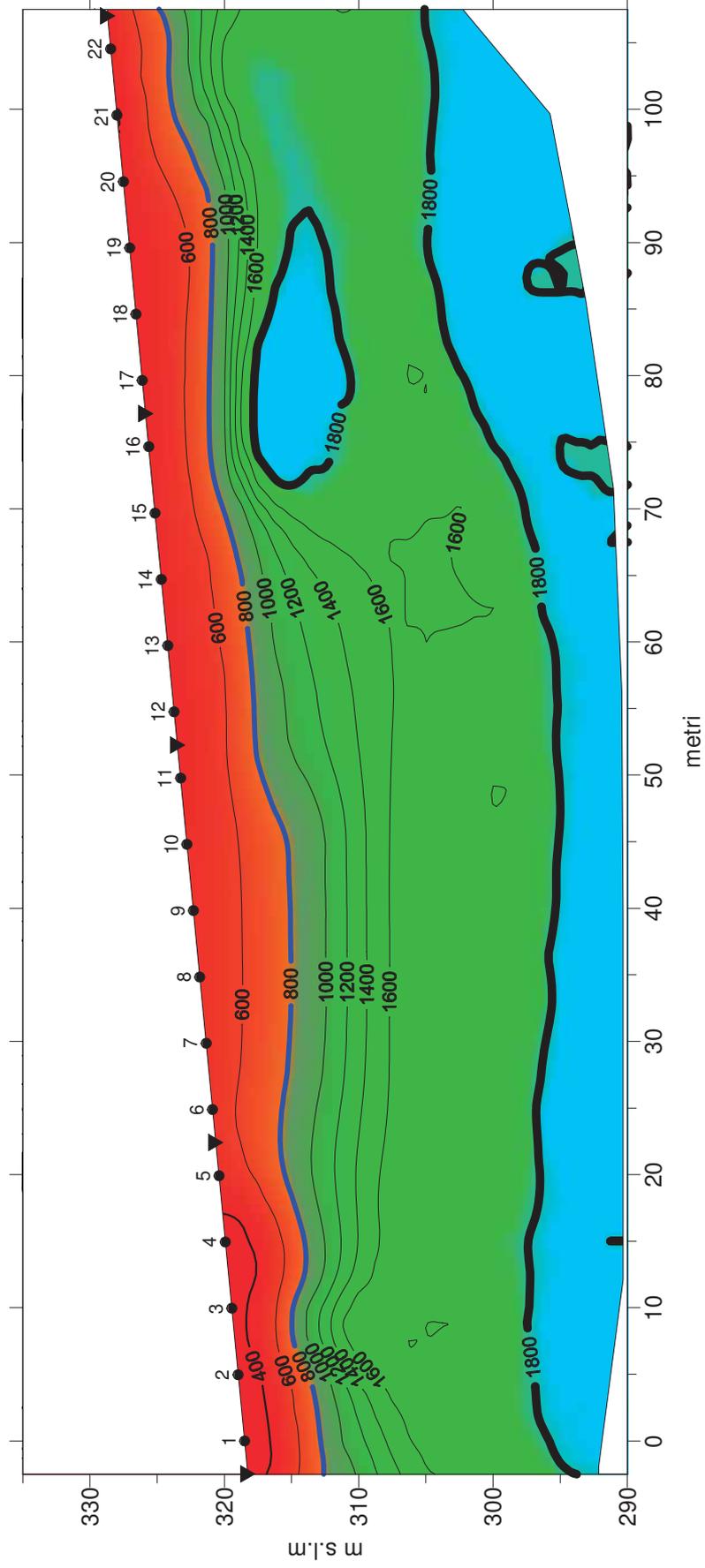
Loc. Casa Colombarola - Comune di Nibbiano
TOMOGRAFIA SISMICA - P1



Scala 1:500

Fig.5a

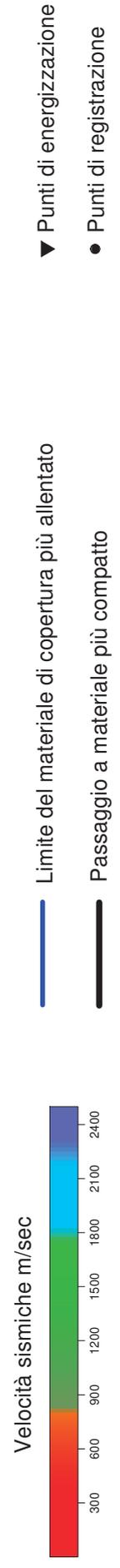
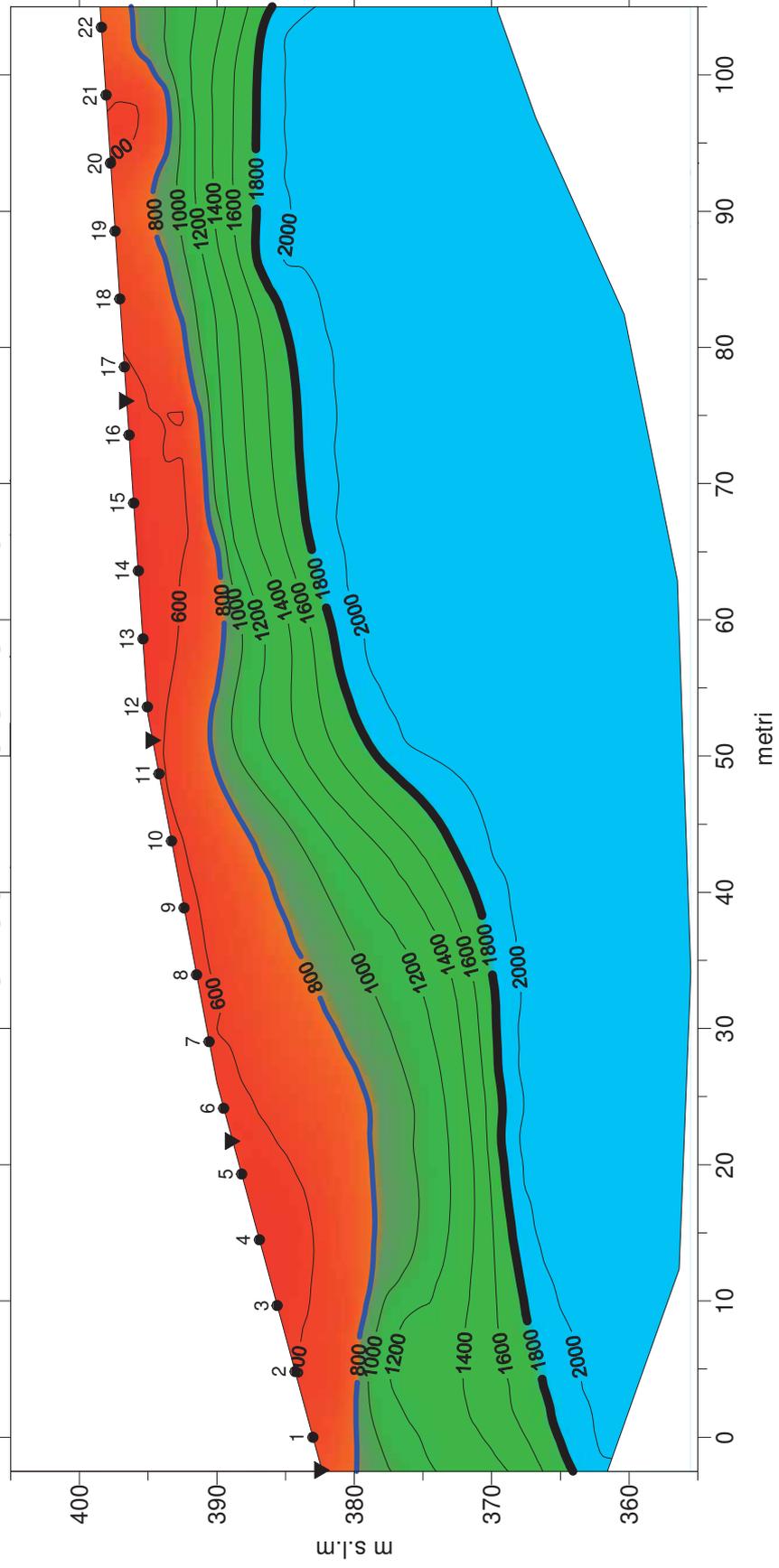
Loc. Casa Colombarola - Comune di Nibbiano
TOMOGRAFIA SISMICA - P2



Scala 1:500

Fig.5b

Loc. Casa Colombarola - Comune di Nibbiano
TOMOGRAFIA SISMICA - P3

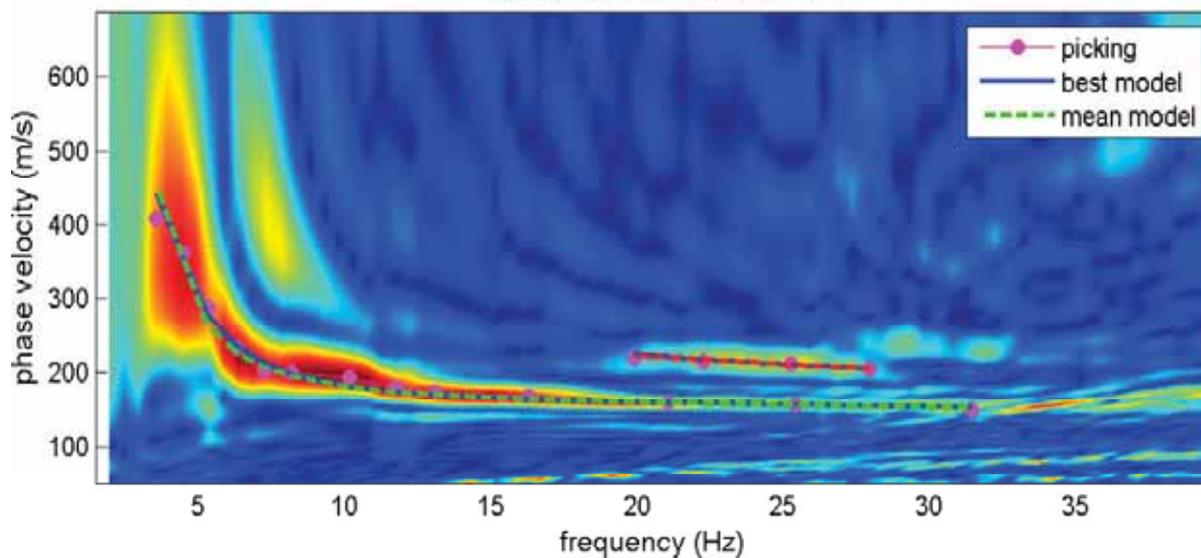


Scala 1:500

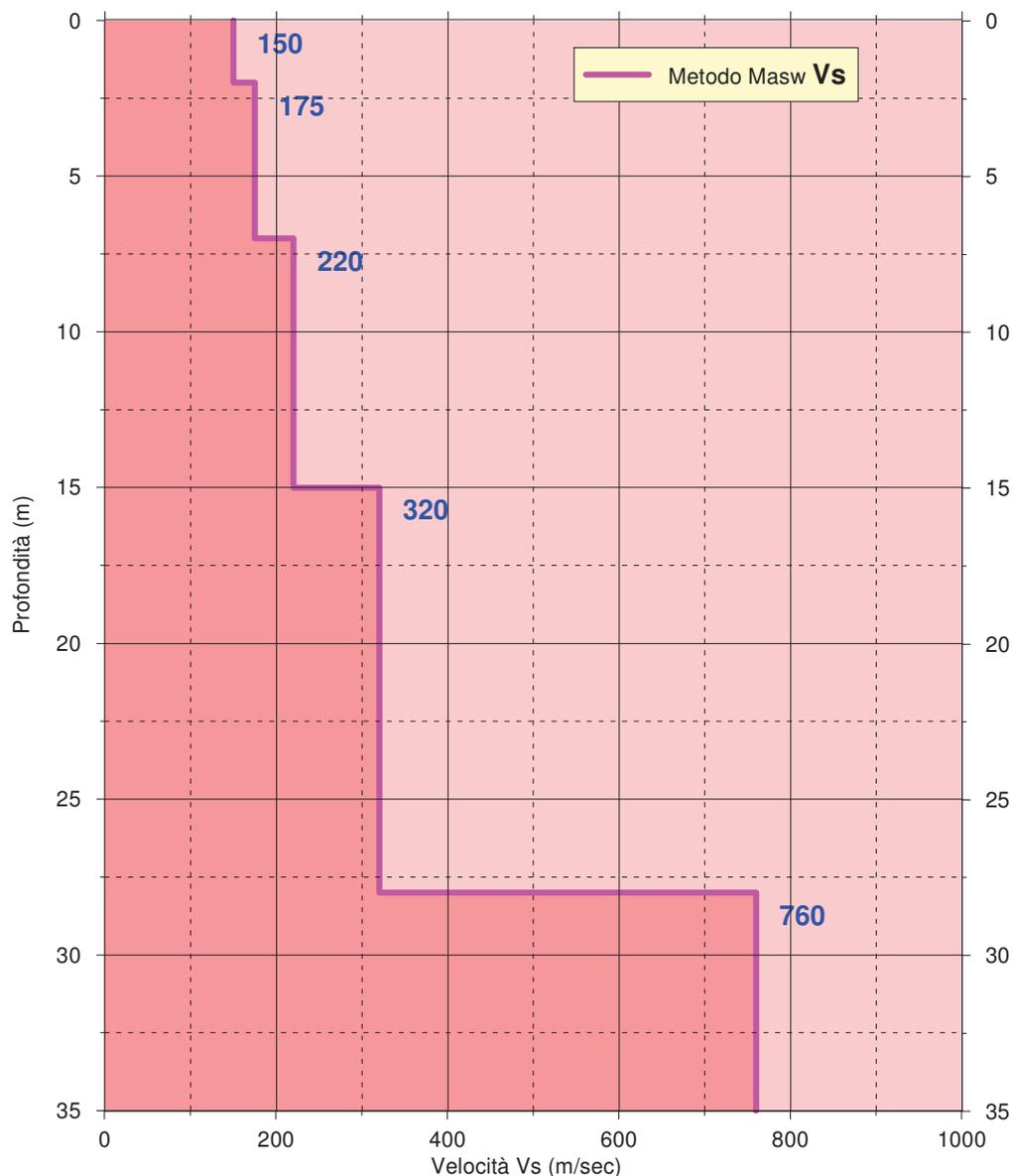
Fig.5c

SPETTRO VELOCITA' DI FASE - FREQUENZA CON CURVA DISPERSIONE

velocity spectrum & dispersion curve



PROFILO VELOCITÀ Vs



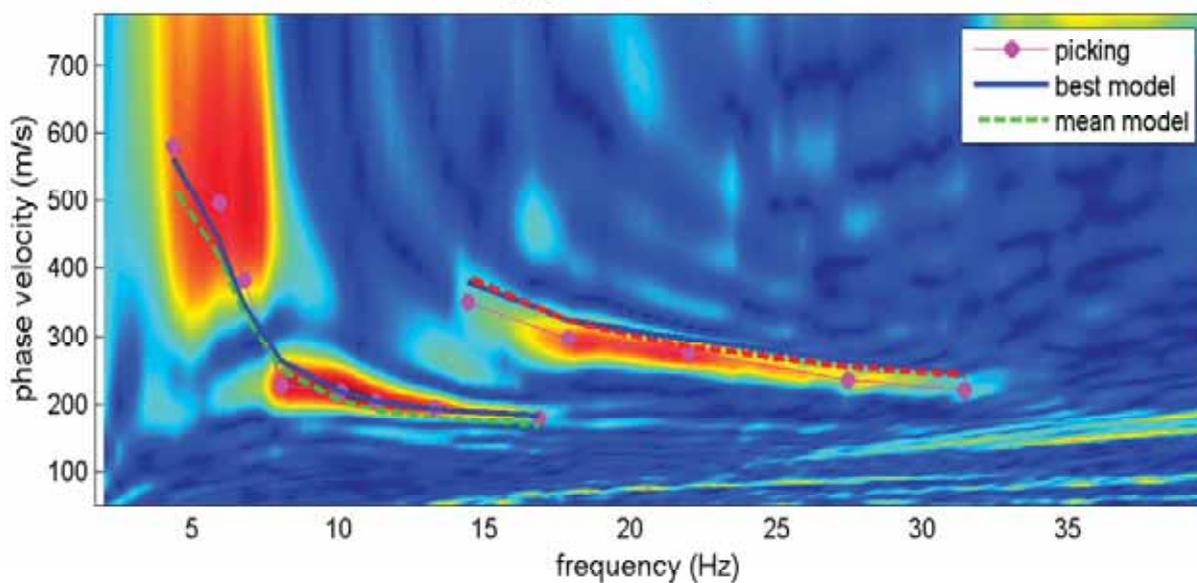
Vs30 dal p.c = 247

SUOLO DI FONDAZIONE TIPO "C"

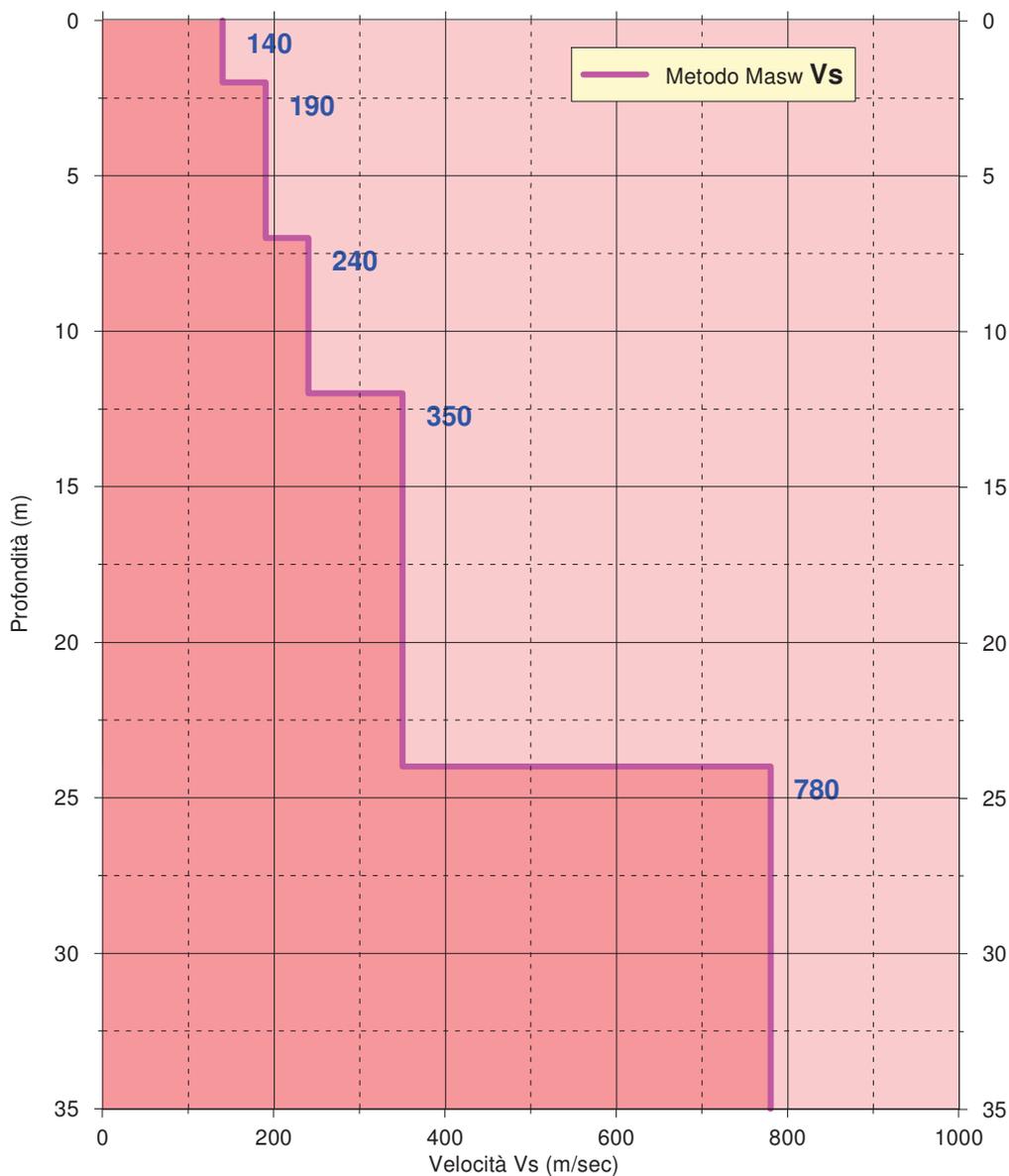
Fig.6a

SPETTRO VELOCITA' DI FASE - FREQUENZA CON CURVA DISPERSIONE

velocity spectrum & dispersion curve



PROFILO VELOCITA' Vs



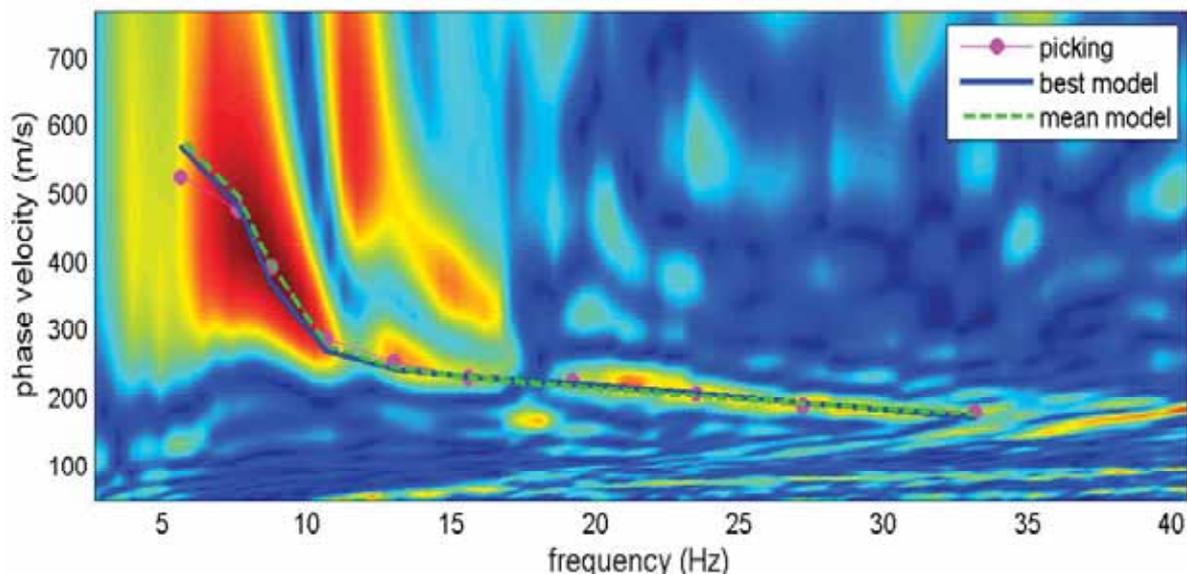
Vs30 dal p.c = 290

SUOLO DI FONDAZIONE TIPO "C"

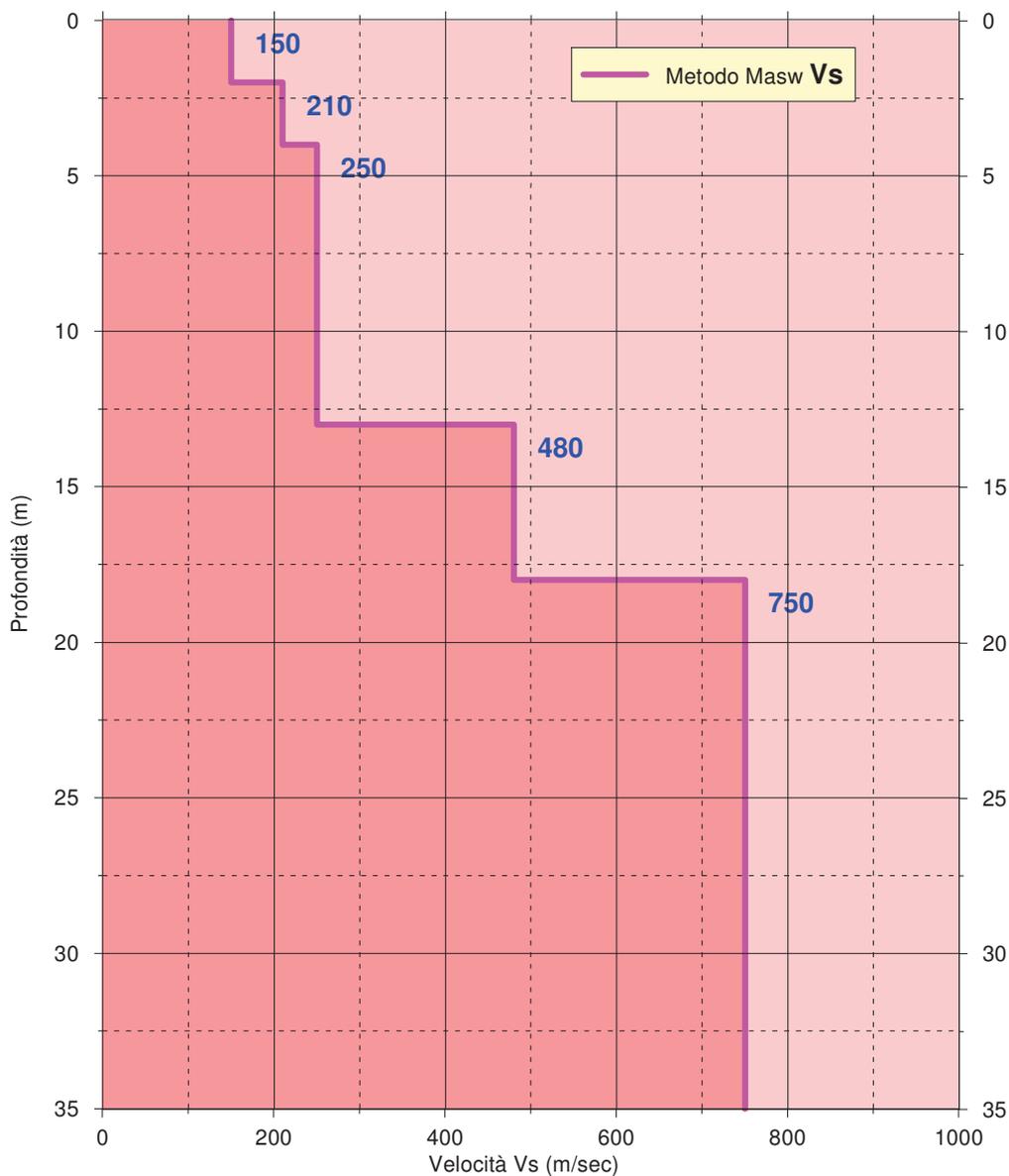
Fig.6b

SPETTRO VELOCITA' DI FASE - FREQUENZA CON CURVA DISPERSIONE

velocity spectrum & dispersion curve



PROFILO VELOCITA' Vs



Vs30 dal p.c = 352

SUOLO DI FONDAZIONE TIPO "C"

Fig.6c

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



Sommario

1. PREMESSA	<u>1</u>
2. INDAGINI ESEGUITE.....	<u>2</u>
3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO-GEOMORFOLOGICO	<u>3</u>
4. INQUADRAMENTO IDROLOGICO E IDROGEOLOGICO	<u>5</u>
5. INDAGINI GEOGNOSTICHE	<u>6</u>
5.1 SISMICA A RIFRAZIONE	<u>6</u>
5.1.1 Cenni metodologici	<u>6</u>
5.1.2 Modalità esecutive.....	<u>6</u>
5.1.3 Strumentazione utilizzata	<u>7</u>
5.1.4 Elaborazione	<u>7</u>
5.1.5 Analisi dei risultati	<u>8</u>
6. PROVE PER LA DETERMINAZIONE DEL PROFILO DI VELOCITA' DELLE ONDE SISMICHE "S"	<u>8</u>
6.1 Cenni metodologici.....	<u>9</u>
6.2 Modalità esecutive.....	<u>9</u>
6.3 Elaborazione dei dati	<u>9</u>
6.4 Commento dei risultati.....	<u>10</u>
7. MODELLO GEOLOGICO DELL'AREA.....	<u>10</u>
8. VALUTAZIONE DELLA PERICOLOSITA' SISMICA DELL'AREA (delibera del 2/0507, n.112)	<u>11</u>
8.1 Obbiettivi della delibera	<u>11</u>
8.2 Livelli di approfondimento	<u>11</u>
8.3 Caratteri sismici dell'area	<u>12</u>
8.4 Valutazione effetti sismici locali	<u>13</u>
8.5 Valutazione del fattore di amplificazione del sito – ANALISI DI 2° LIVELLO.....	<u>14</u>
8.6 Spettro di risposta dell'area (in PGA).....	<u>15</u>
8.7 Analisi di stabilità del versante sia in condizioni pseudo-statiche che sismiche-dinamiche - ANALISI 3° LIVELLO.....	<u>16</u>
9. ZONIZZAZIONE DEL RISCHIO DEL CORPO DI FRANA QUIESCENTE	<u>18</u>
10. PRESCRIZIONI DEL P.R.G. PER LE AREE IN FRANA QUIESCENTE IN CUI E' STATA EFFETTUATA LA VALUTAZIONE DEL RISCHIO.....	<u>19</u>

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.

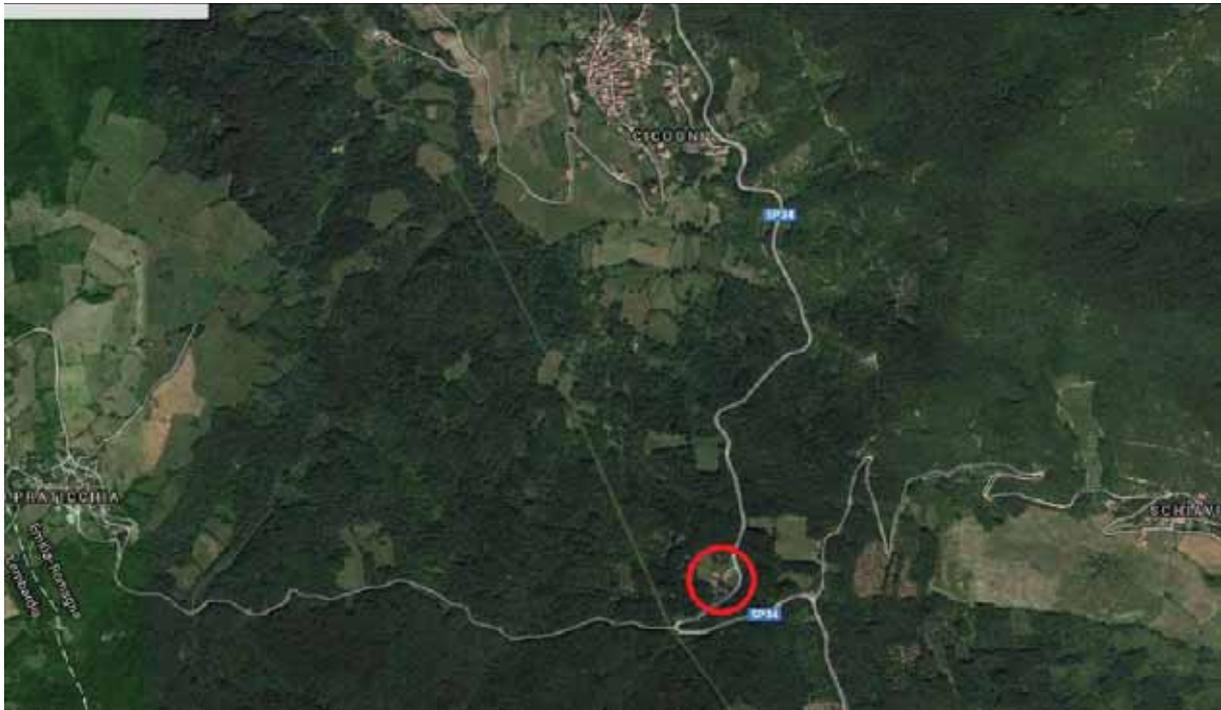
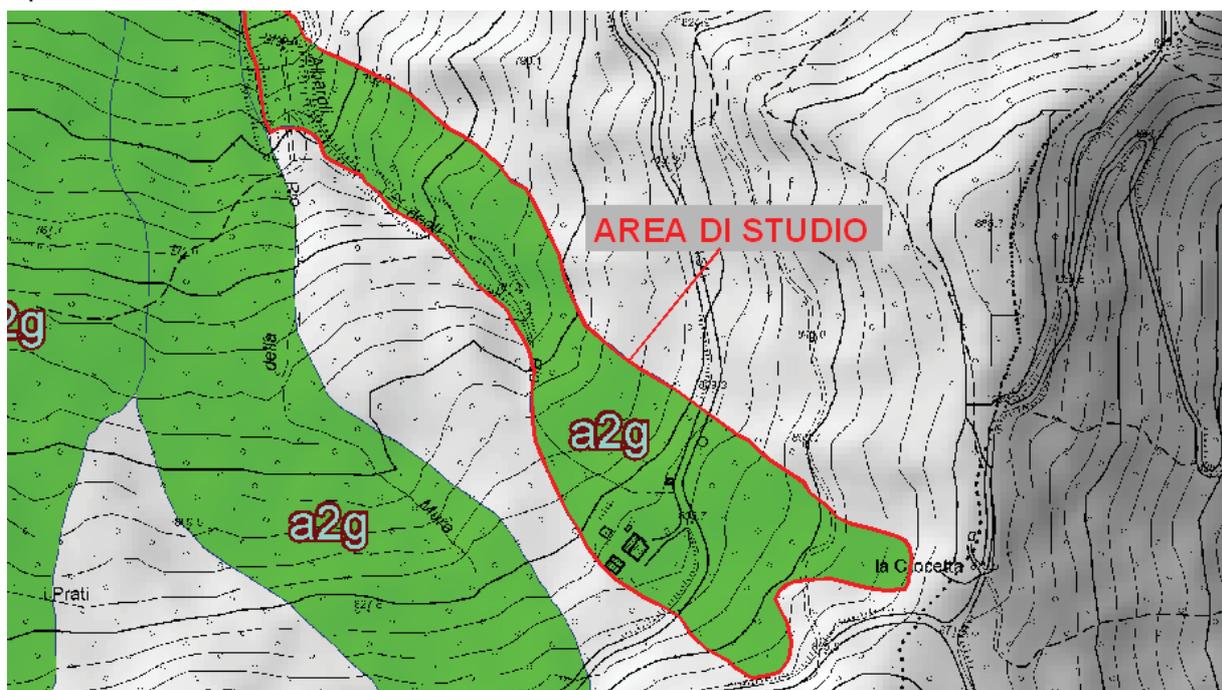
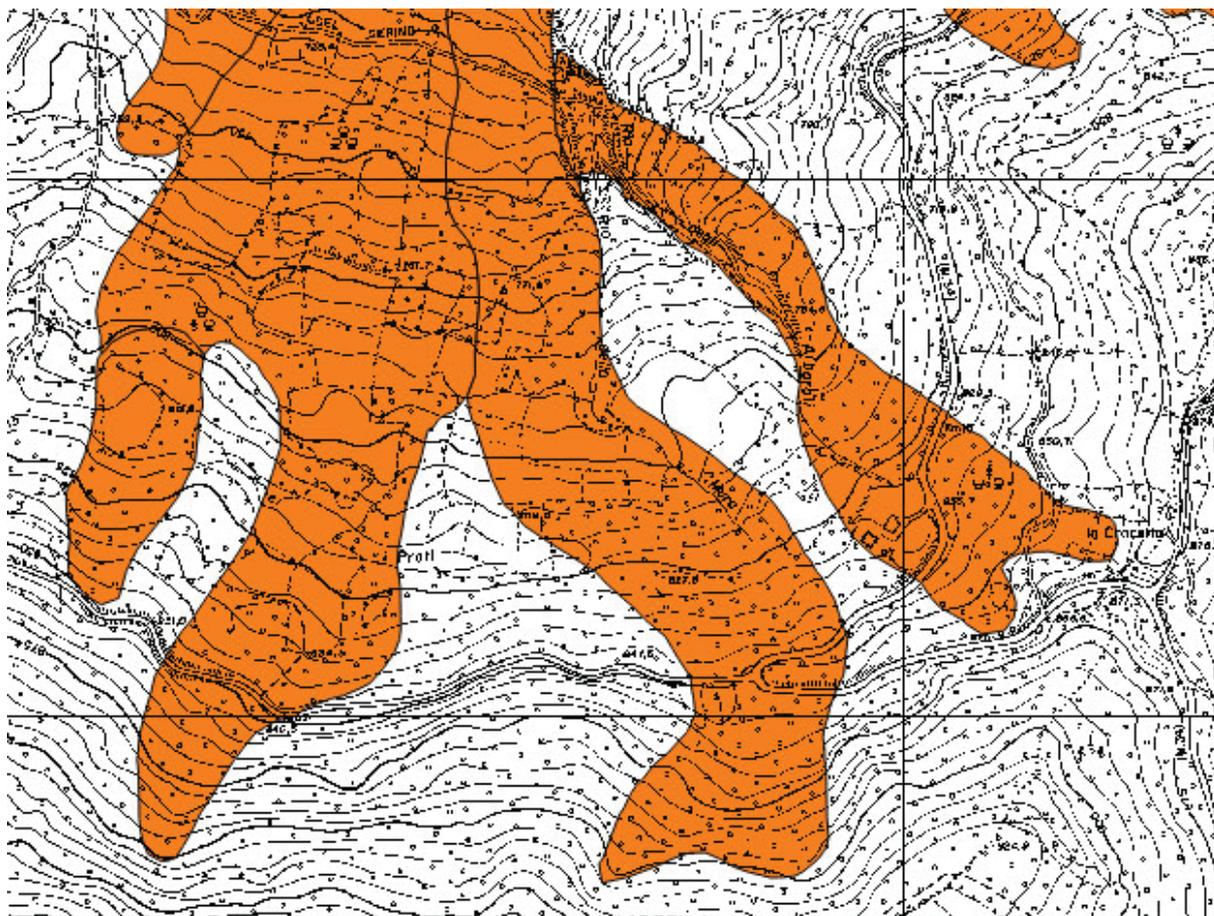


Foto aerea con indicazione dell'area d'interesse

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.

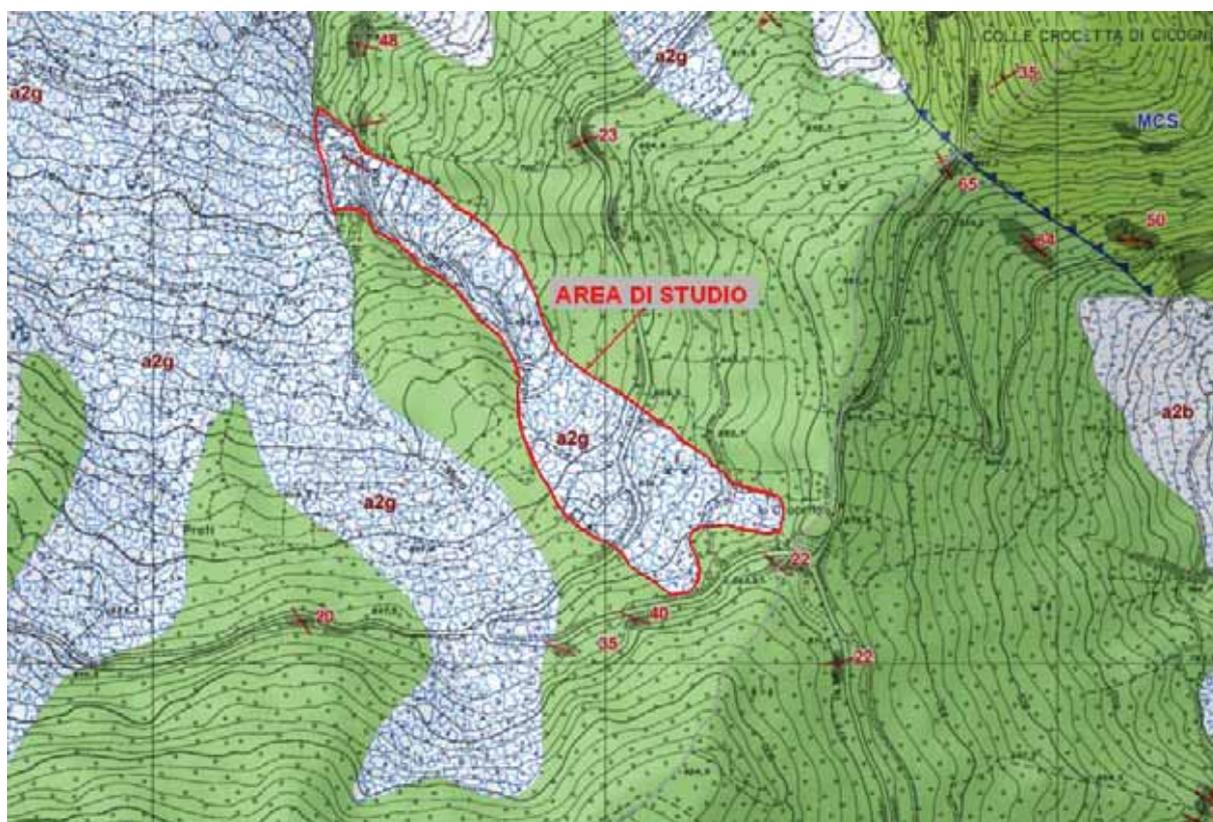
L'indagine geologico-sismica, conforme a quanto previsto dalla delibera del 2 Maggio 2007, n.112, in materia antisismica, ha compreso le seguenti fasi di studio:

- 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.

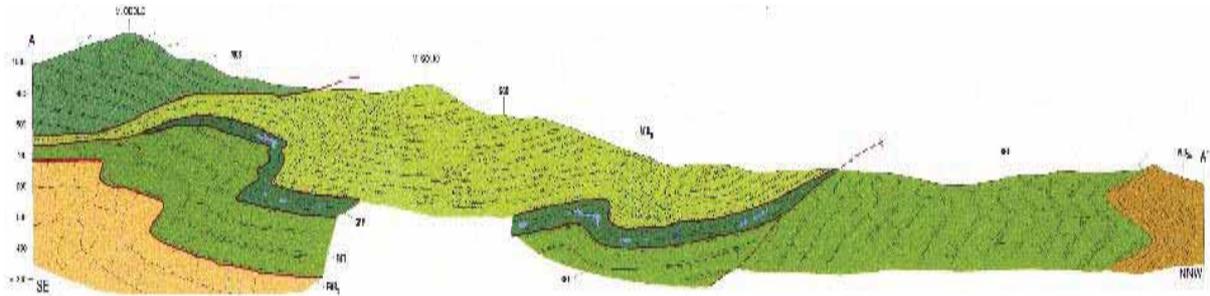


Nell'area di studio sono presenti le seguenti "Formazioni geologiche":

- **"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 strati 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 breccie 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°.

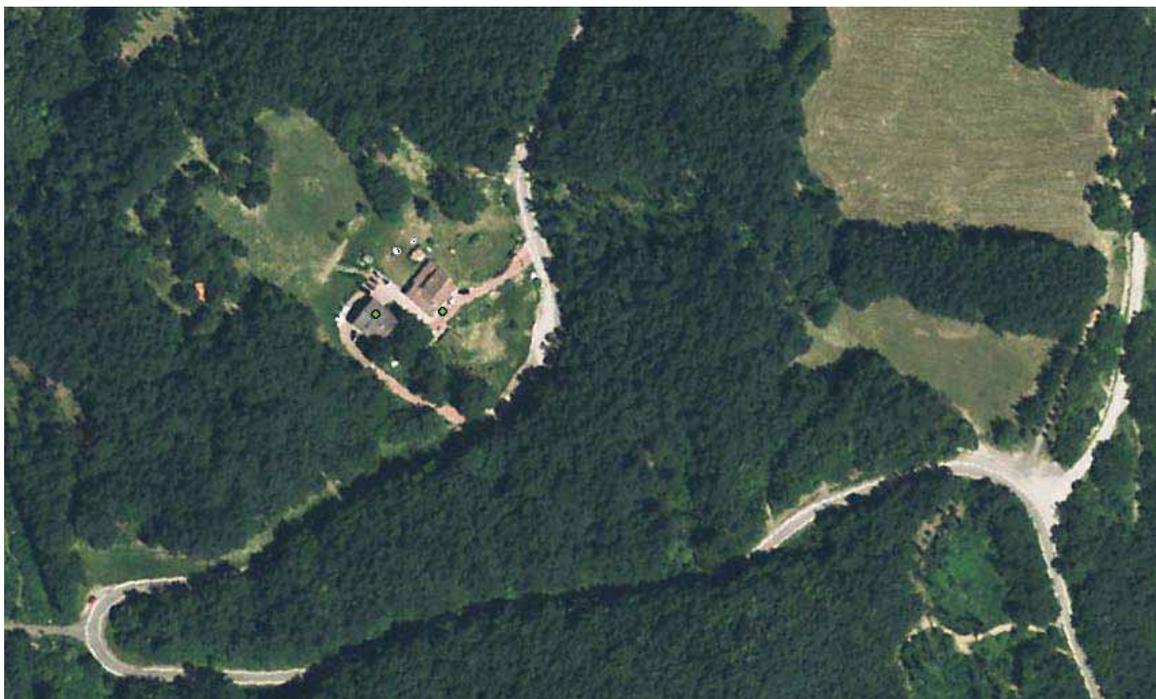
La "paleofrana" d'interesse a una forma stretta e allungata e confluisce a valle in un più vasto deposito gravitativo. Il versante d'interesse presenta una geometria piuttosto ondulata con locali contropendenze che testimoniano i processi gravitativi pregressi.



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 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.

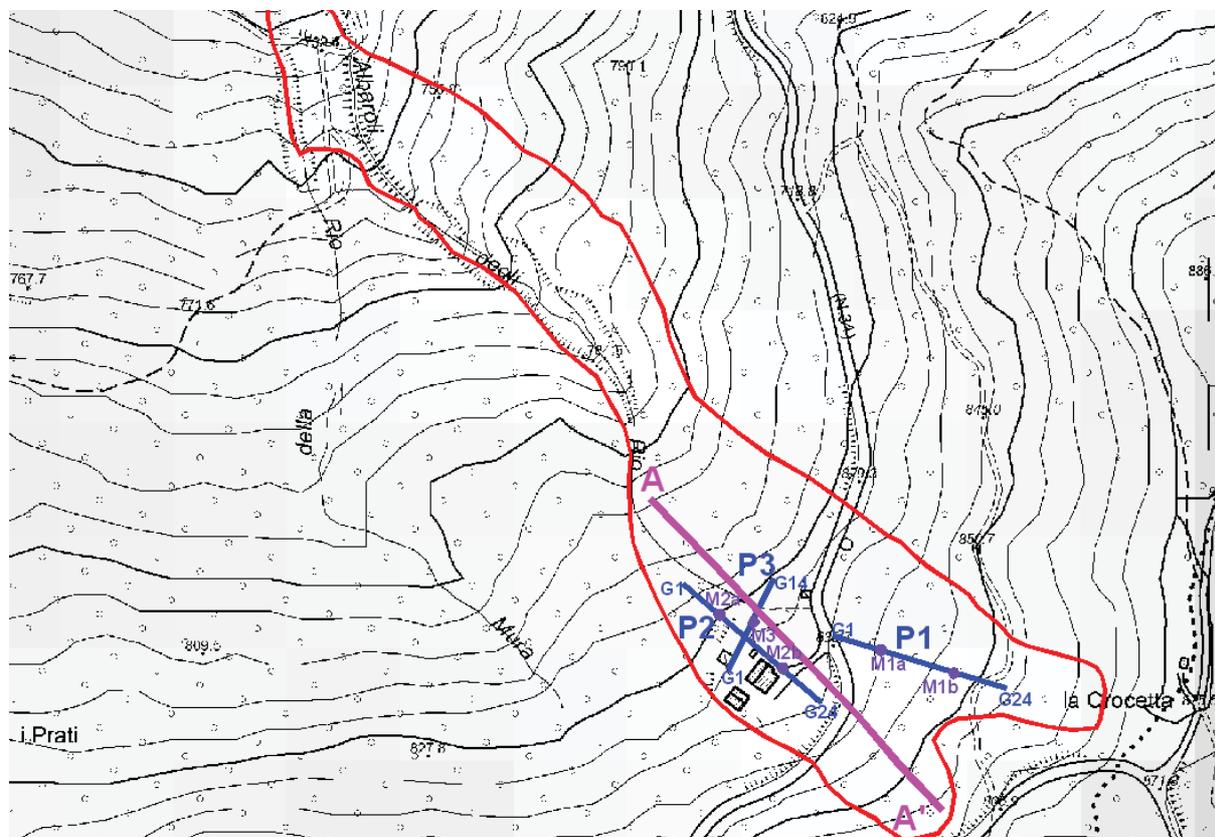
Il drenaggio delle acque meteoriche è assicurato per la parte di monte dalla cunetta stradale, mentre più a valle, è il rio che assolve la funzione di smaltimento delle acque di ruscellamento. Locali ristagni d'acqua sono stati osservati a monte della strada provinciale, nel settore nordorientale del 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 spazati 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'attrezzatura utilizzata è composta da:

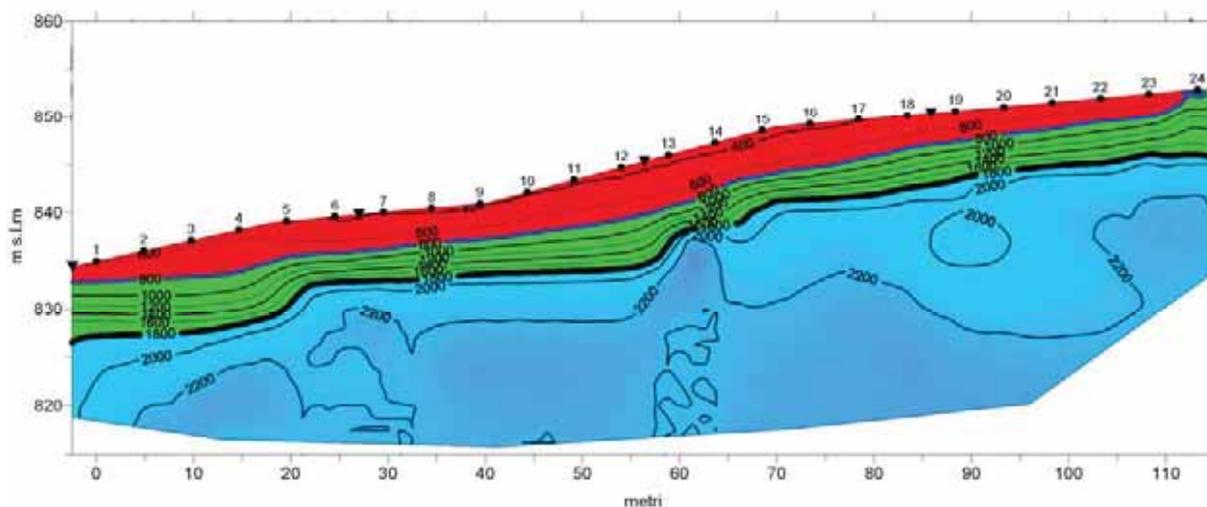
- Sismografo modulare Geode 3-1000+ canali,
- Massa battente da 10 Kg,
- Piastra di battuta in alluminio 15x15x2,5cm,
- Batteria ricaricabile 12 V,
- Cavo per sismica a rifrazione stranded, 130 mt con 24 takeouts SPT-21 a 5 metri di intervallo e due code da 7.5 mt l'una terminate con connettore Bendix 61S,
- Geofoni GS20DX, 10 Hz verticali, 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 evidenzia 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 avvalorata 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.

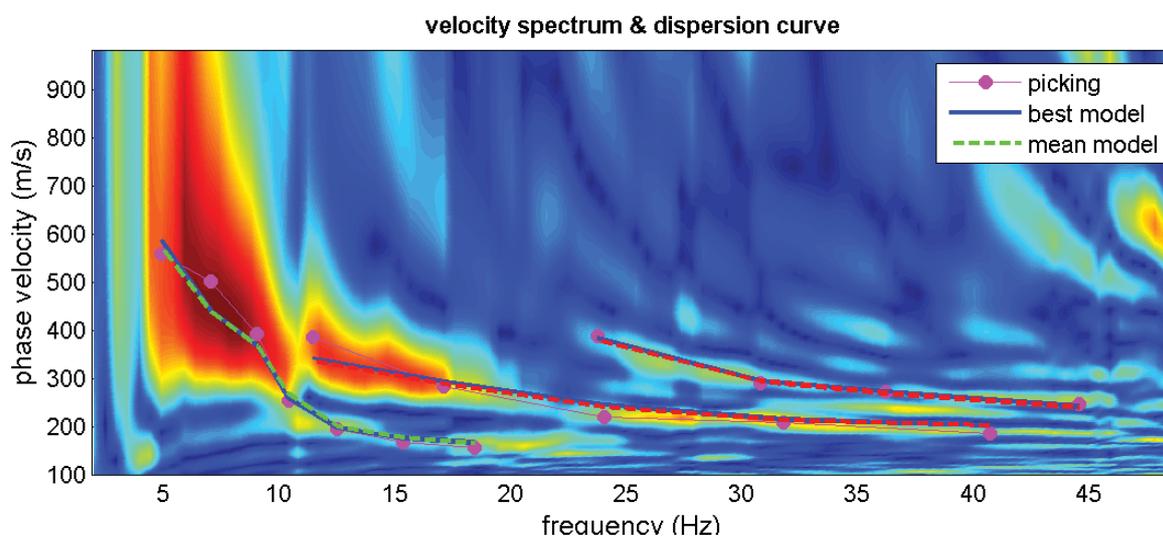


Grafico velocità di fase-frequenza e curva di dispersione – prova M1a

In una seconda ed ultima fase si individuato il profilo di velocità delle onde di taglio verticali V_s , modificando opportunamente lo spessore h , le velocità delle onde di taglio V_s e di compressione V_p (o in maniera alternativa alle velocità V_p 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 V_s ottenuti sono riportati in appendice al rapporto. Esaminando i grafici (Fig.5) si possono fare queste considerazioni:

- I valori di V_s 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 V_s bassi ($V_s < 200$ m/s). Tali valori possono essere correlati alla copertura detritica meno addensata;
- Più in profondità, fino a 9-11 metri, i valori di V_s 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 ($V_s > 800$ 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: <i>limo e argilla con trovanti da poco a mediamente addensato</i>	
Dal p.c. a -3/-4 m	Peso di volume Peso di volume saturo Angolo di attrito di picco Angolo di attrito residuo Coesione	$\gamma = 1.8 \text{ t/ mc}$ $\gamma = 2.0 \text{ t/ mc}$ $\phi = 23^\circ$ $\phi = 20^\circ$ $C = 0.07 \text{ Kg/ cmq}$
Livello B	Litologia: <i>detrito limo-argilloso con abbondanti trovanti lapidei</i>	
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	$\gamma = 1.9 \text{ t/ mc}$ $\gamma = 2.05 \text{ t/ mc}$ $\phi = 26^\circ$ $\phi = 23^\circ$ $C = 0.10 \text{ Kg/ cmq}$
Livello C	Litologia: <i>substrato roccioso</i>	
Oltre -9/-11 m	Peso di volume Angolo di attrito	$\gamma = 2.3 \text{ t/ mc}$ $\phi = 40^\circ - 45^\circ$

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 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 $\leq 15^\circ$ 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;

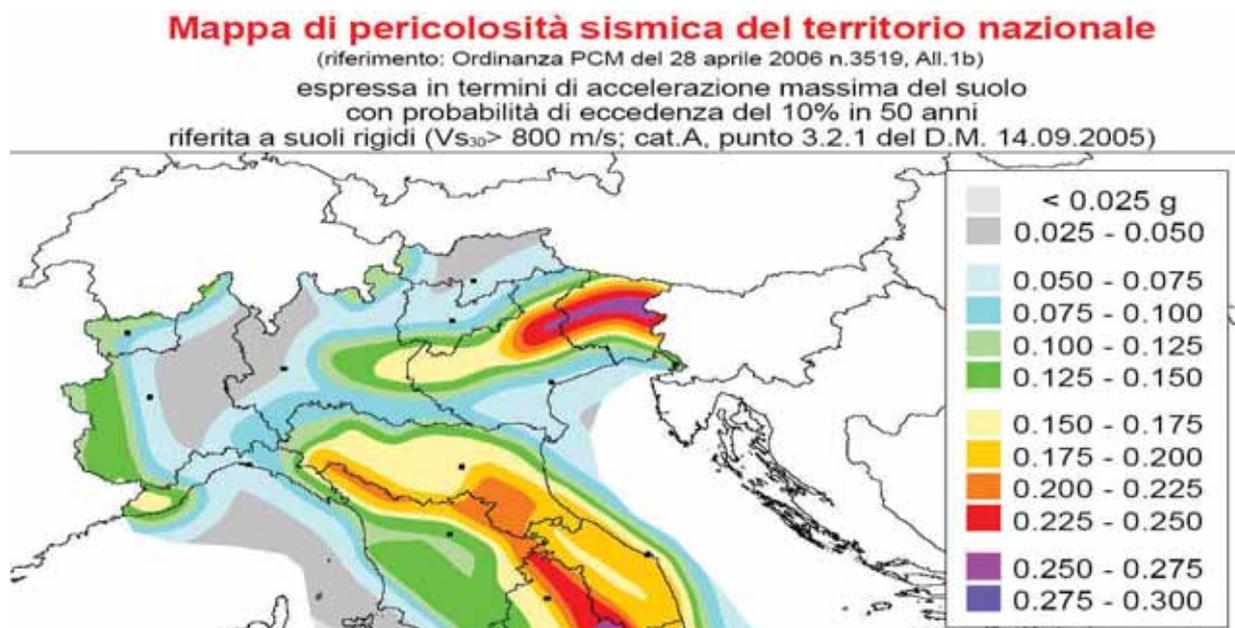
b) un'analisi più approfondita (terzo livello di approfondimento) è invece richiesta nei seguenti casi (vedere Allegato A1):

- *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.



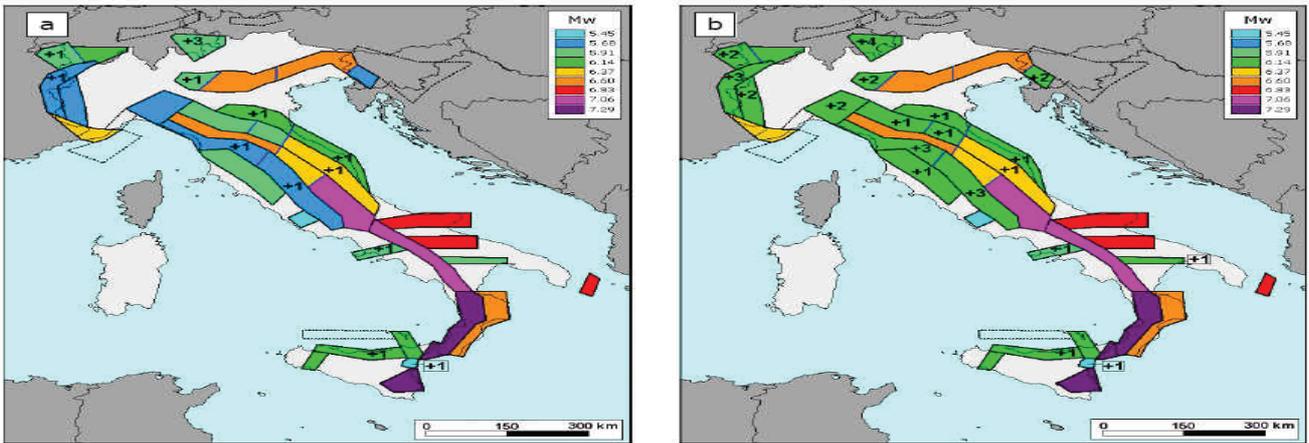


Figura 36. Valori di M_{wmax} corrispondenti ai due insiemi: a) "osservati" (M_{wmax1}); b) "cautelativi" (M_{wmax2}).

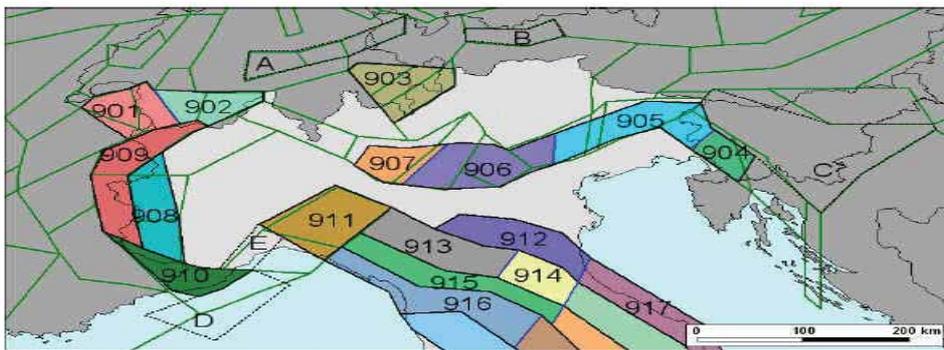
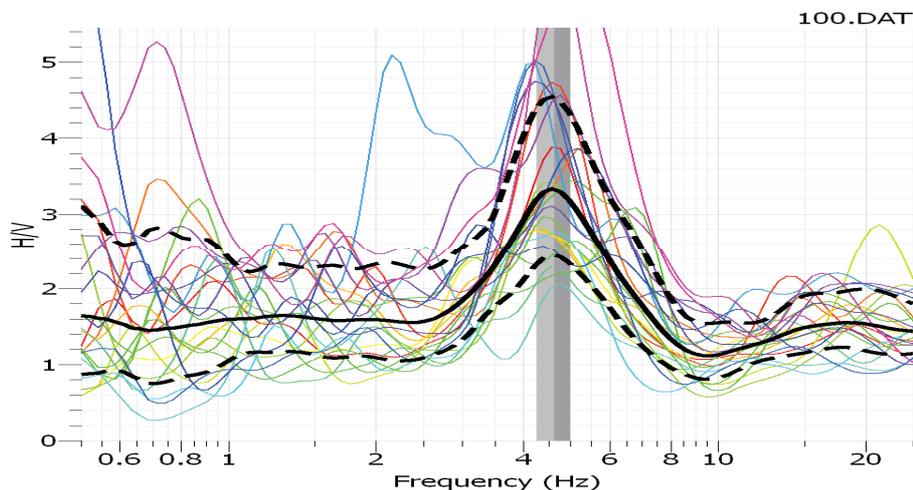


Figura 10. Zonazione sismogenetica ZS9 a confronto con la zonazione del progetto SESAME nell'area alpina (Jiménez et al., 2001; linee di colore verde).

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 \pm 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 $V_s \geq 800$ m/s si devono usare le seguenti tabelle

F.A. P.G.A.

V_{sH} 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 - $0.1s < T_0 < 0.5s$

V_{sH} 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 - $0.5s < T_0 < 1.0s$

V_{sH} 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 V_s sono riassunti nella 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 ($V_s > 800$ m/s) prevista per il Comune di Pecorara è di 0.099g.

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.

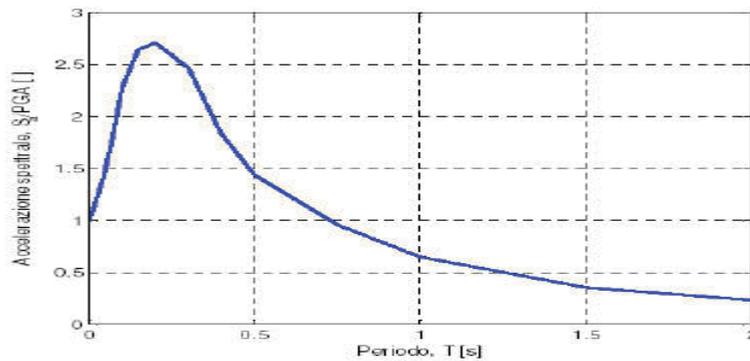
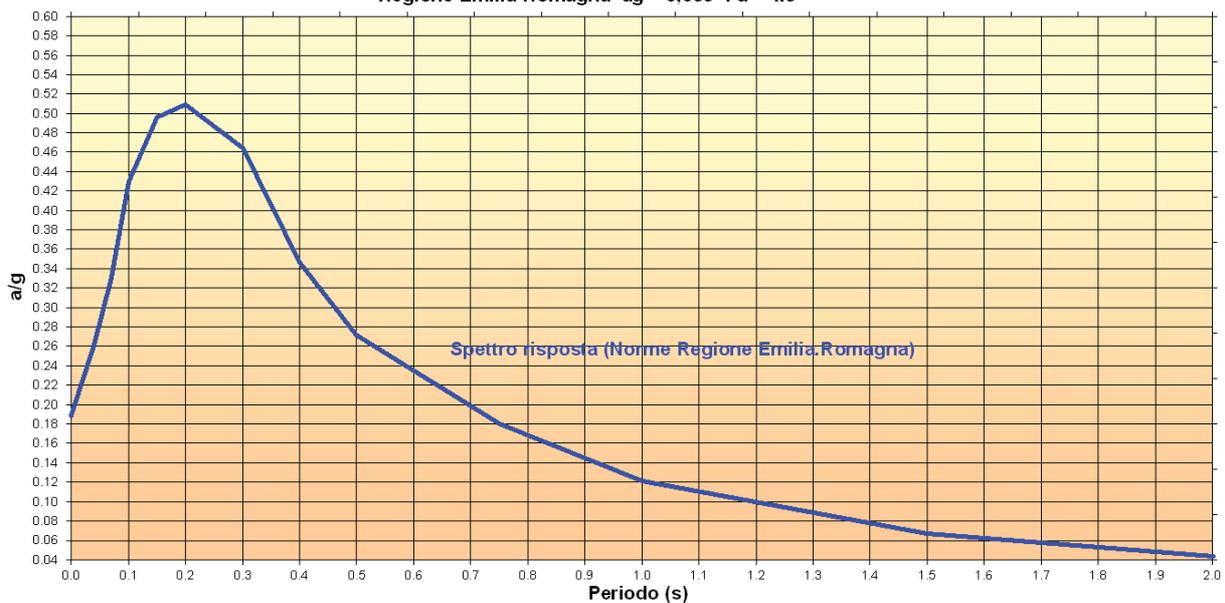


Figura 1 - Spettro di risposta normalizzato ($T_R = 475$ anni, smorzamento = 5%) per l'Emilia-Romagna

Dallo spettro di risposta normalizzato è possibile ottenere, moltiplicando i valori della tabella 1 per il valore di a_{refg} 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 $a_{refg} = 0.099$ per il comune di Pecorara e il fattore di amplificazione (1.9), è stato calcolato lo spettro di risposta del sito d'interesse.

Loc. CICOJNI

SPETTRO DI RISPOSTA ELASTICO COMPONENTE ORIZZONTALE Regione Emilia-Romagna $a_g = 0.099$ $F_a = 1.9$



8.7 Analisi della stabilità 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/cm ²)	Fi (°)	G (Kg/m ³)	Gs (Kg/m ³)	K (Kg/cm ³)	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

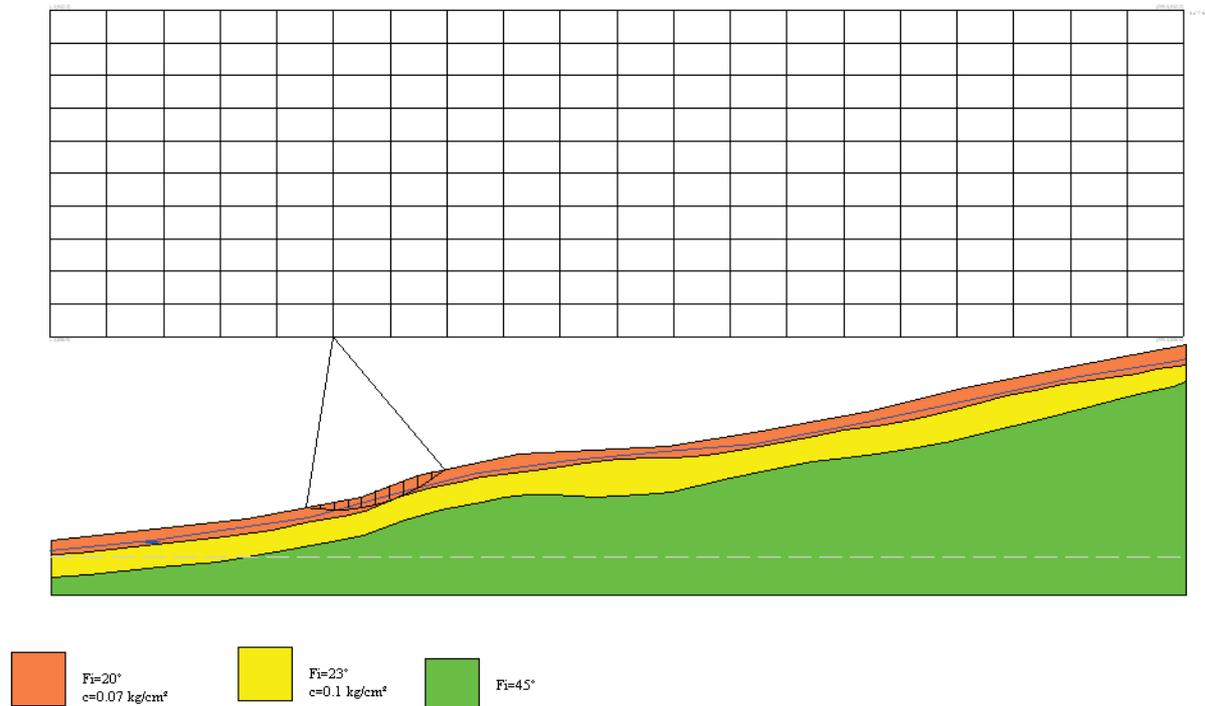
Risultati analisi pendio

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

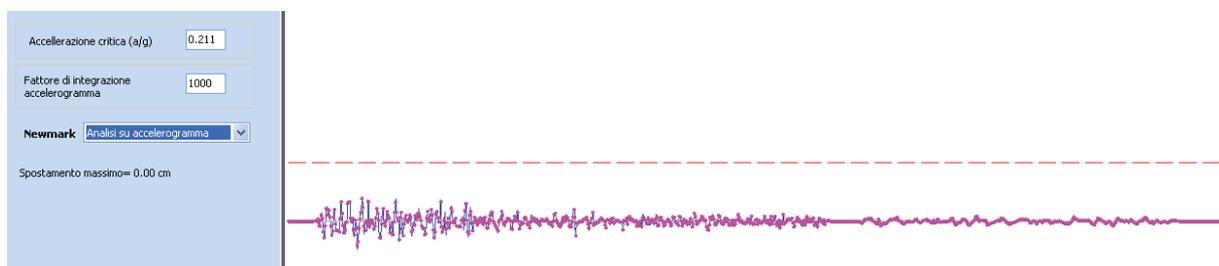
cautelative, il versante risulta in buone condizioni di sicurezza. La superficie con il minor coefficiente di sicurezza è di **1.58** ed è localizzata nella parte medio-bassa del versante a maggior acclività.

Analisi di stabilità dinamica (Metodo di NEWMARK)



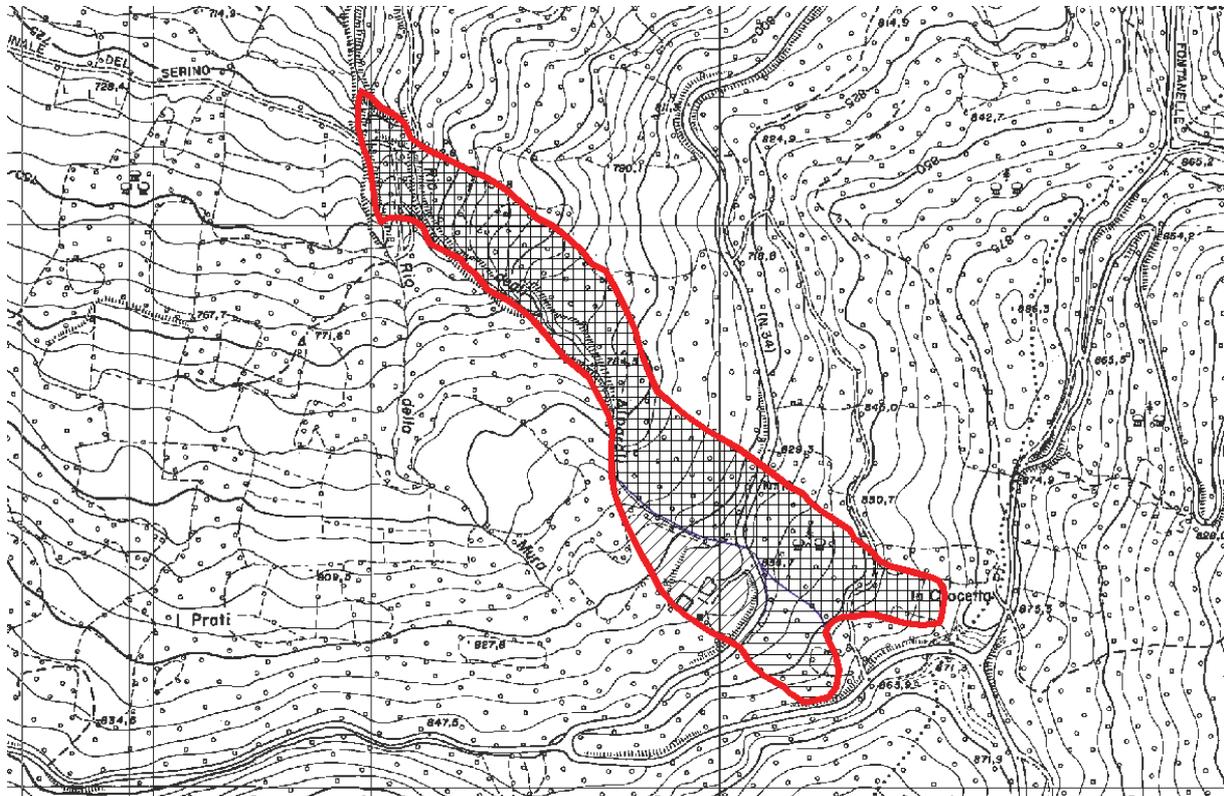
Le verifiche in condizioni sismiche dinamiche (semplificate) sono state realizzate utilizzando come input gli accelerogrammi forniti dalla Regione Emilia-Romagna, per il Comune di Pecorara. L'accelerazione critica che può provocare i primi spostamenti è stata calcolata in **0.211g**, valore superiore 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 QUI ESCENTE

Il corpo di paleofrana studiato è stato suddiviso, in base a criteri geologico-geomorfologici, in settori contraddistinti 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, né 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 QUI ESCENTE 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 ampliamenti 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

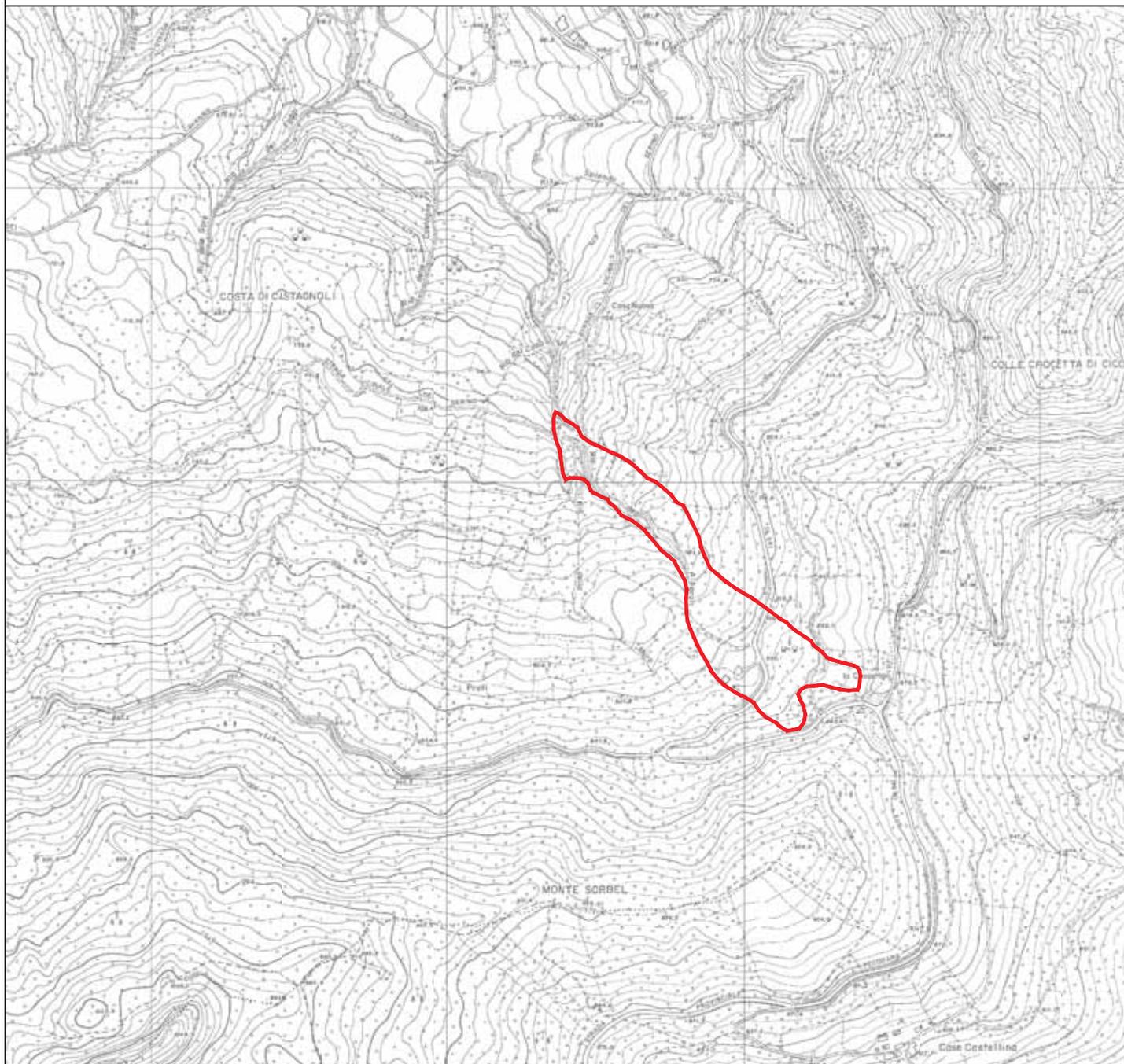
Dott. Alberto Lepori



ALLEGATI

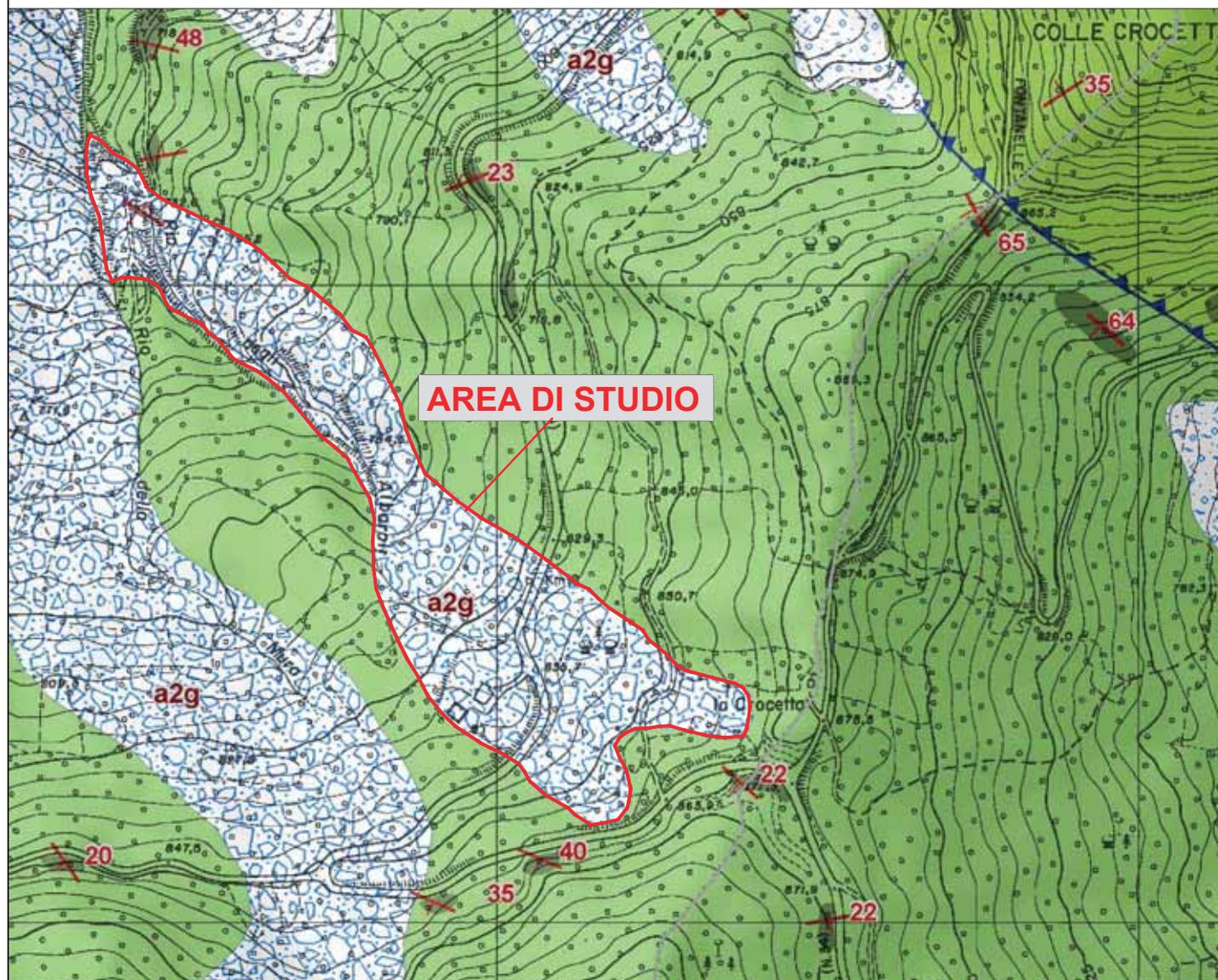
INQUADRAMENTO TERRITORIALE

Scala 1:10000



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 il
- Comune
"Classificazione de
qu

CARTA D Estra

Elementi morfologici



Area di frana attiva:
Accumulati gravitativi carichi di materiale
con evidenti movimenti in atto.



Area di frana quiescente:
Accumulati gravitativi carichi di materiale
attualmente quiescenti o stabilizzati.



**Area di frana stabilizzata o nel
movimento gravitativo quiescente o co
presentata con profilo regolare, vege**

Depositi alluvionali attuali:

Gliese sciolte eterogenee ed eterometriche, a mat
Aree di magra del torrente



Depositi alluvionali in evoluzione in
vegetazione e corrispondenti ad



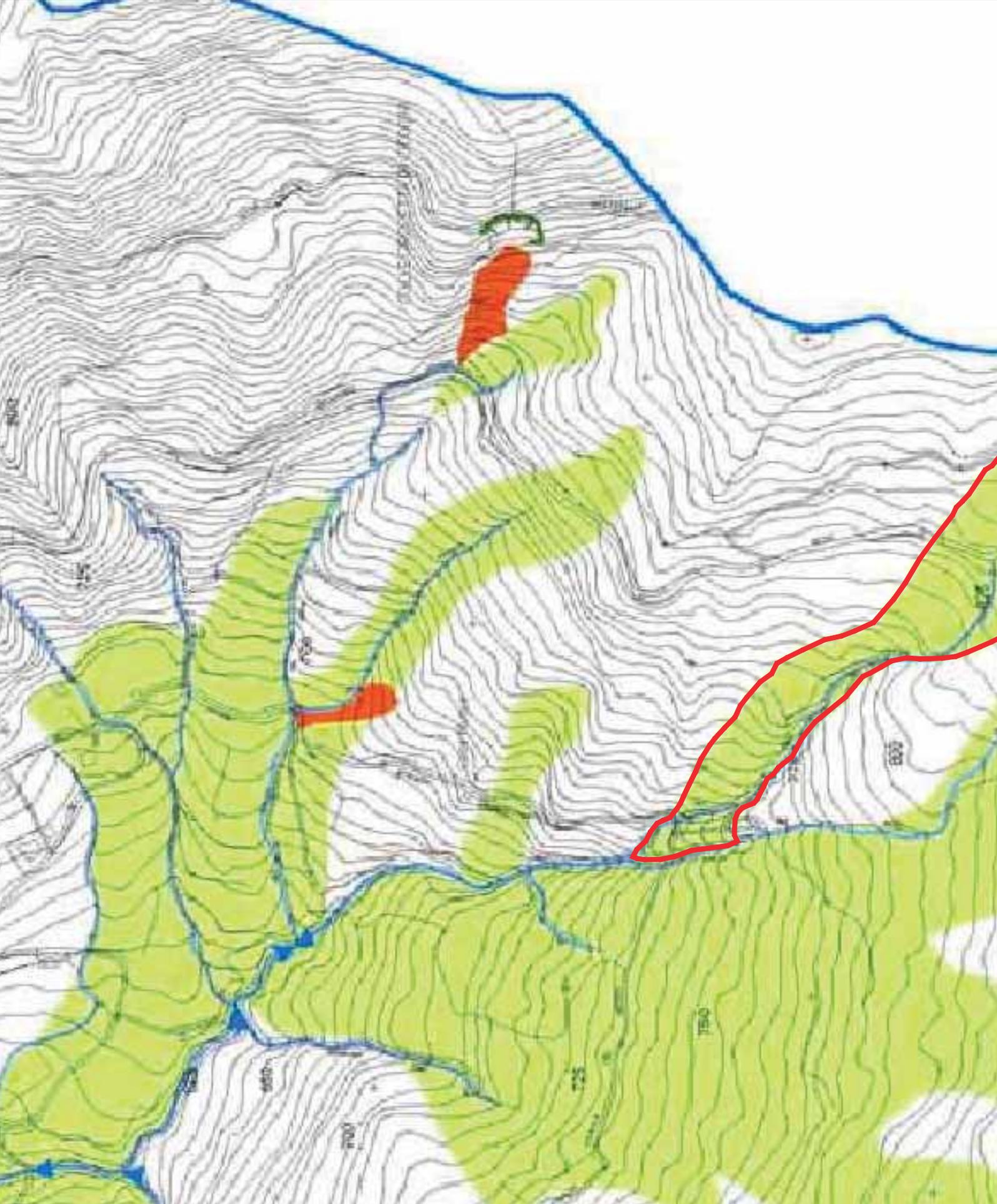
Depositi alluvionali terrazzati:
Gliese a matrice limoso-sabbiosa,
bruno-giallastro (2,5 Y 4/2 "Hum
[Depositi alluvionali terrazzati e d
di picco eccezionali]
Olivone Superiore.



Depositi alluvionali terrazzati:
Gliese a prevalente matrice limosa
di colore bruno-giallastro scuro o
2,5 Y 5/2, 4/2 "Humid Soil Char
Olivone medio-superiore.



Depositi alluvionali terrazzati:
Successioni di ghiaie, sabbie e lim
di coerenza a prevalente colore li
"Humid Soil Chiaro".
"Alibonere Alibonere" - Olivone



Studio ge
di un versante
in lo
- Comune c
"Classificazione del
qu

PLANIMETRIA

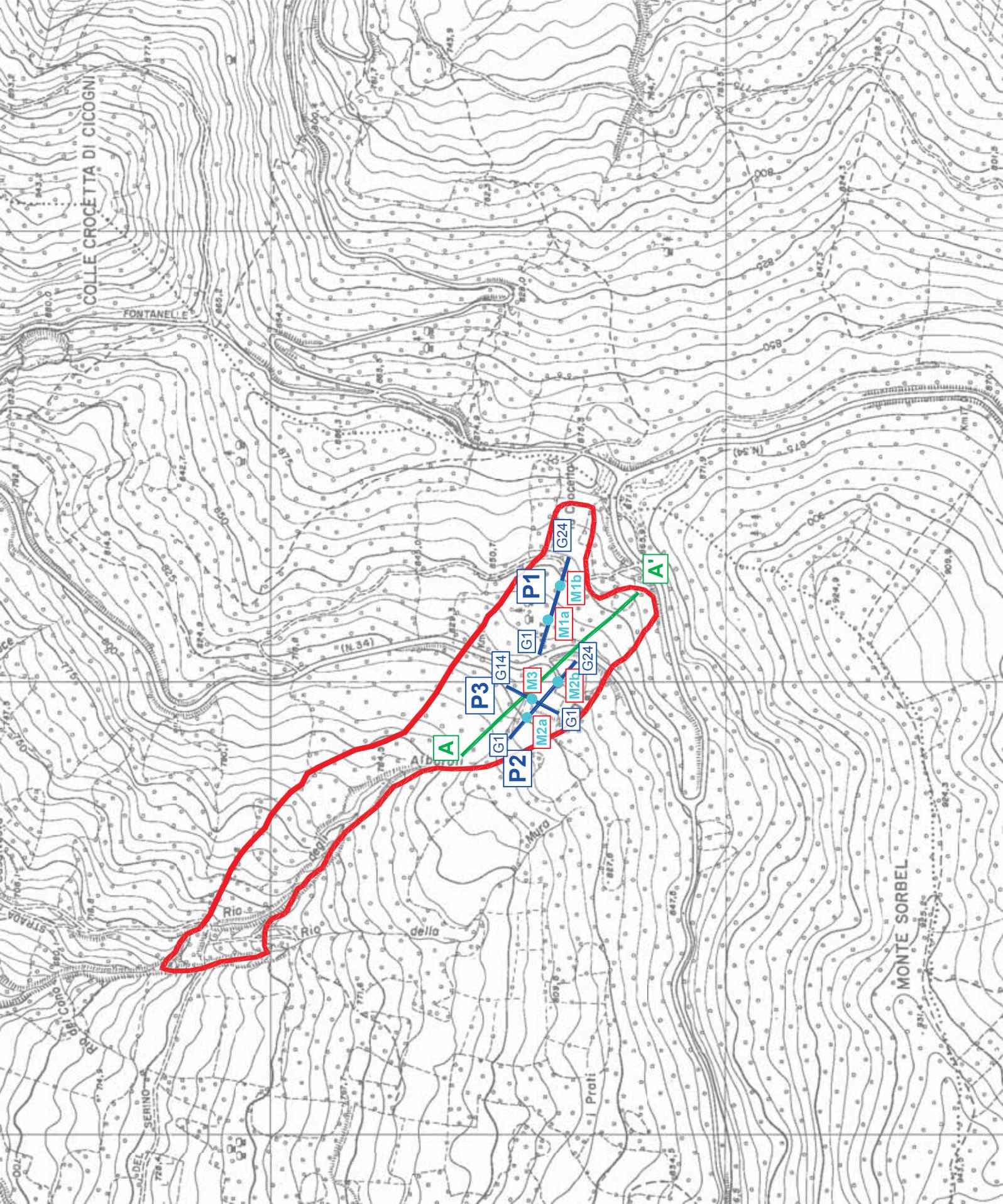
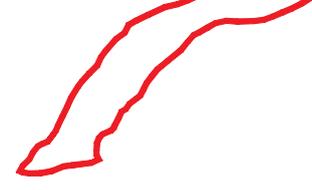
INDAGINI SISMICHE

Tra
G1 P1-P3 G24

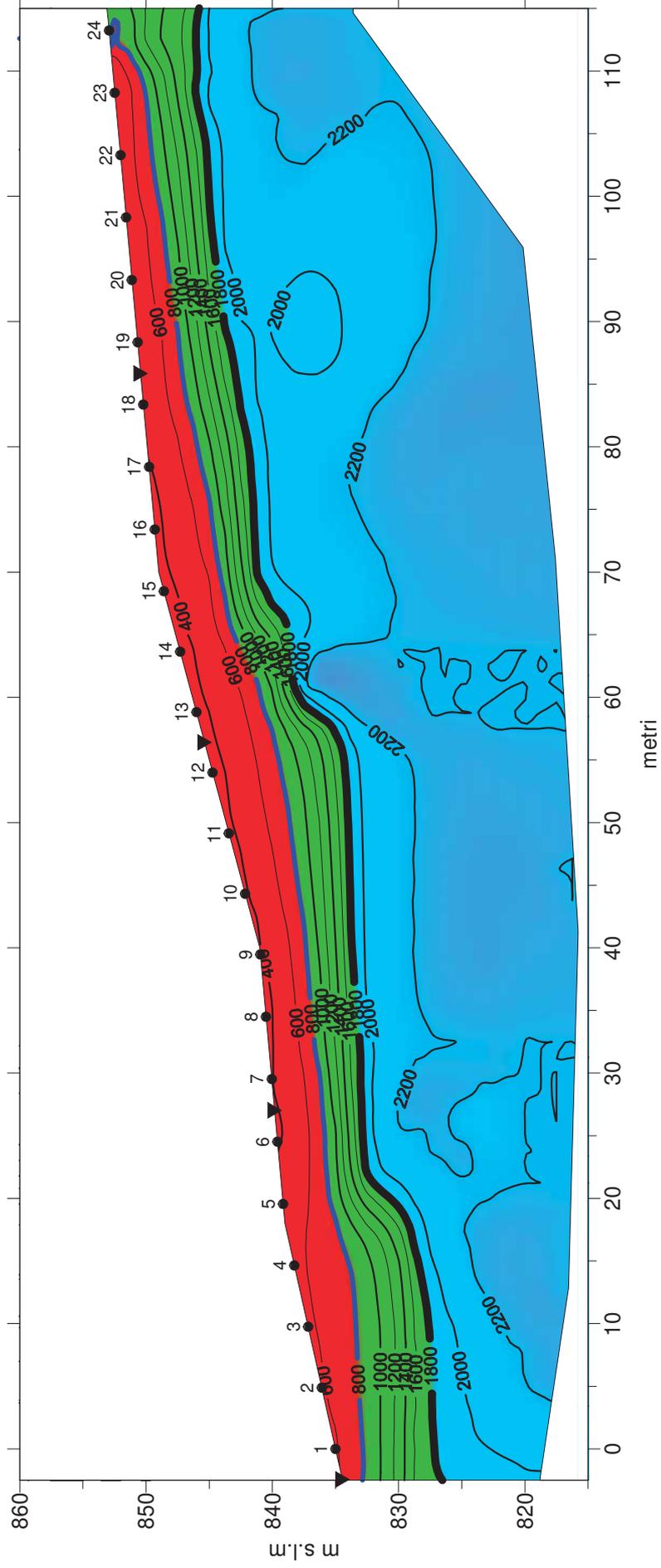
Pro
M1-M3

Tra
veri
A A'

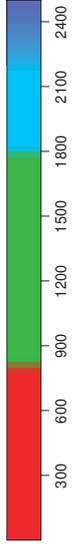
AREA



Loc. CICOGNI - TOMOGRAFIA SISMICA - P1



Velocità sismiche m/sec



— Limite del materiale di copertura più allentato

— Passaggio al substrato più compatto

▼ Punti di energizzazione

● Punti di registrazione

Scala 1:500

Fig.4a

Loc. CICOGNI - TOMOGRAFIA SISMICA - P2

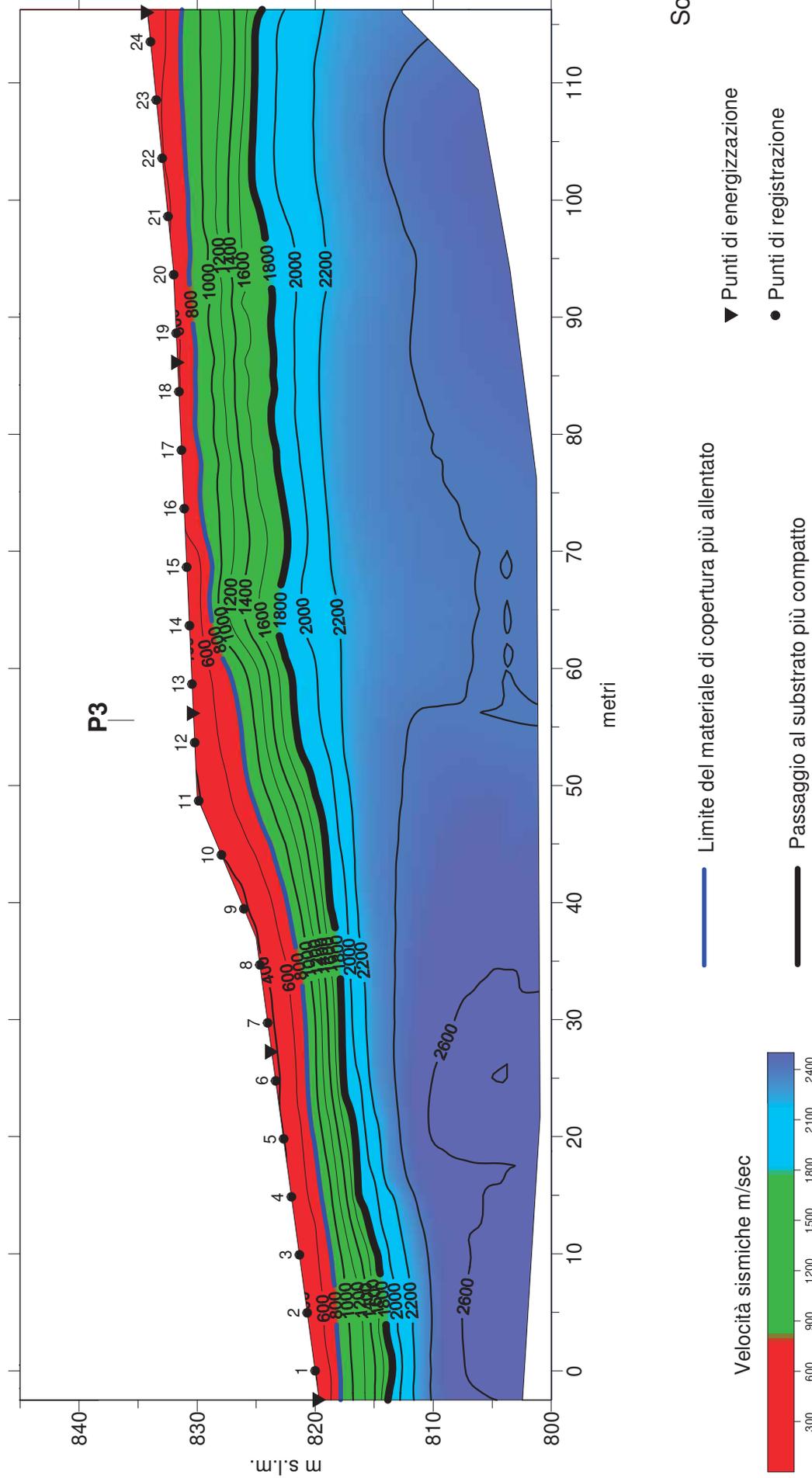


Fig.4b

Loc. CICOGNI - TOMOGRAFIA SISMICA - P3

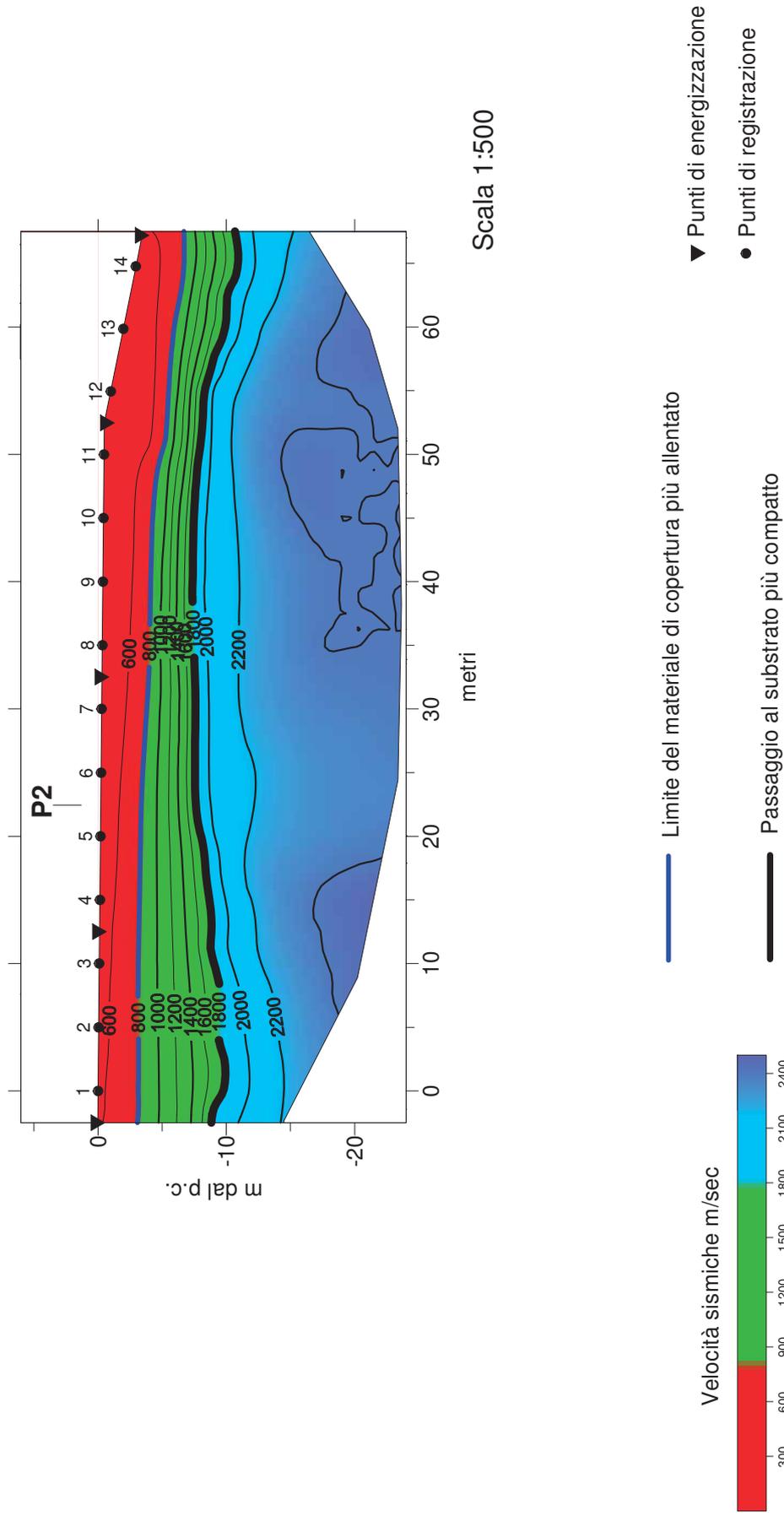
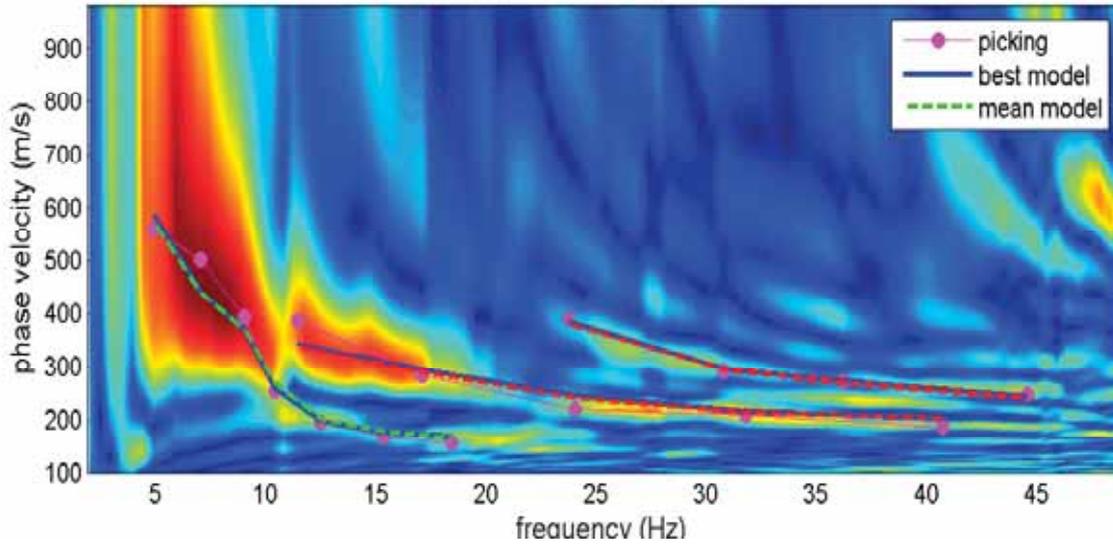
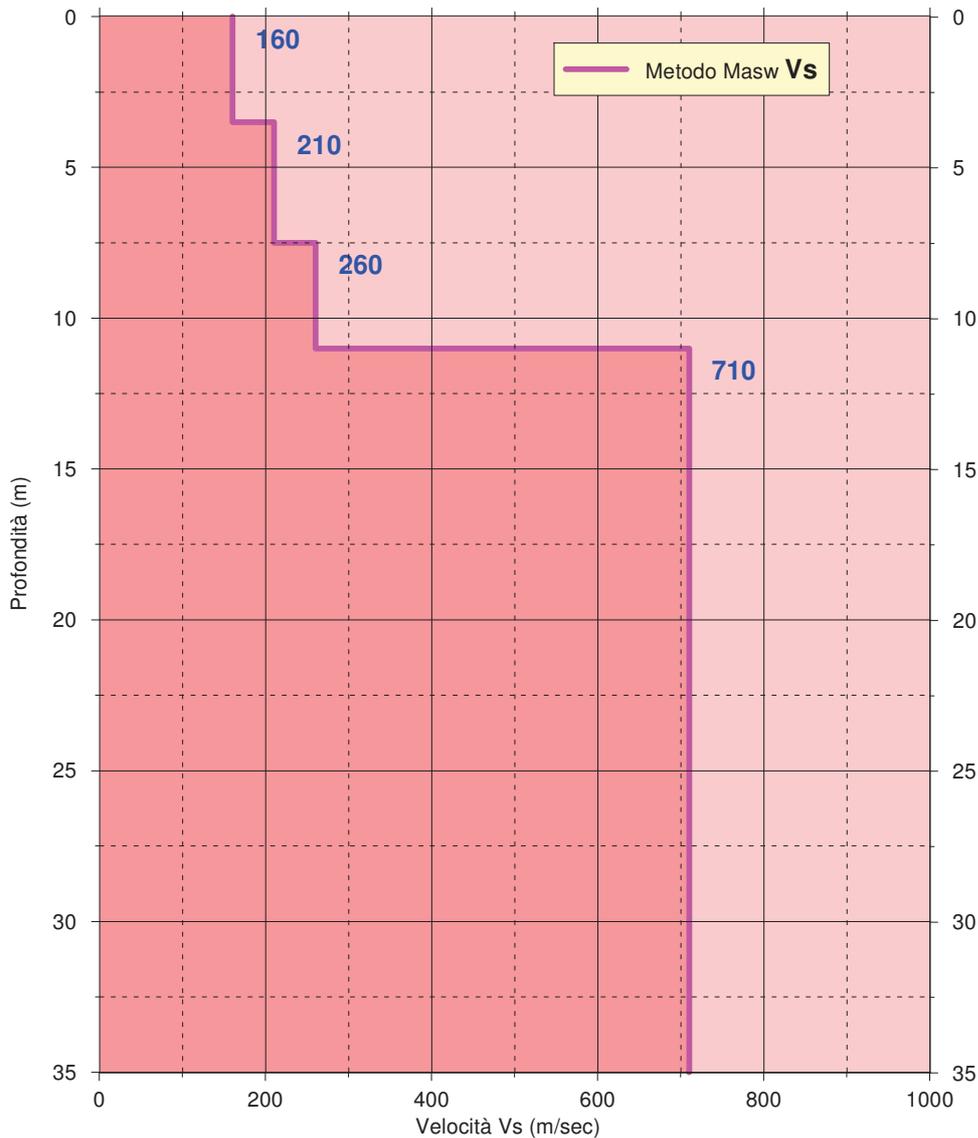


Fig.4c

CURVA VELOCITA' di FASE-FREQUENZA
velocity spectrum & dispersion curve



PROFILO VELOCITÀ Vs

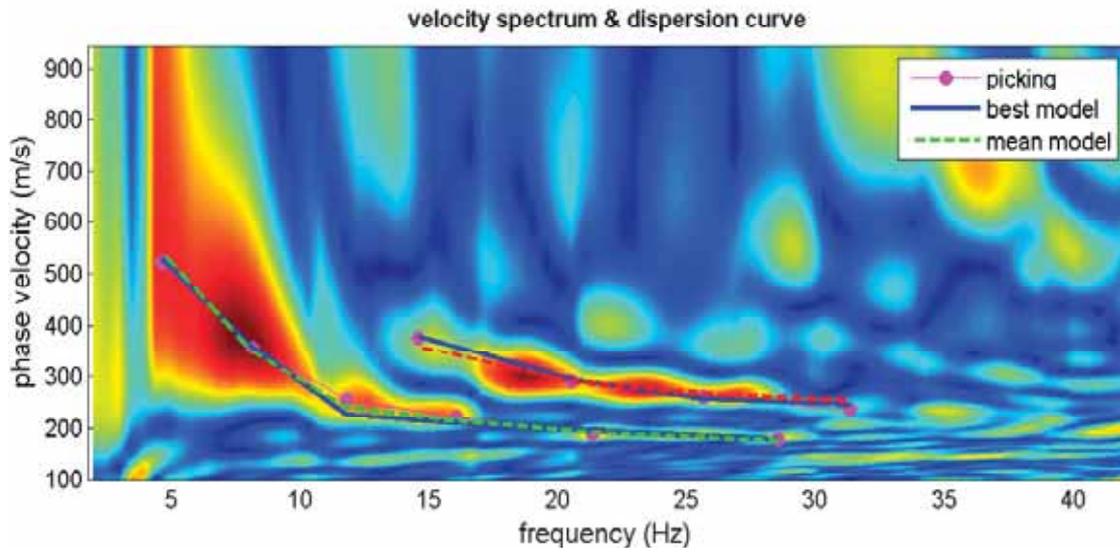


Vs30=370

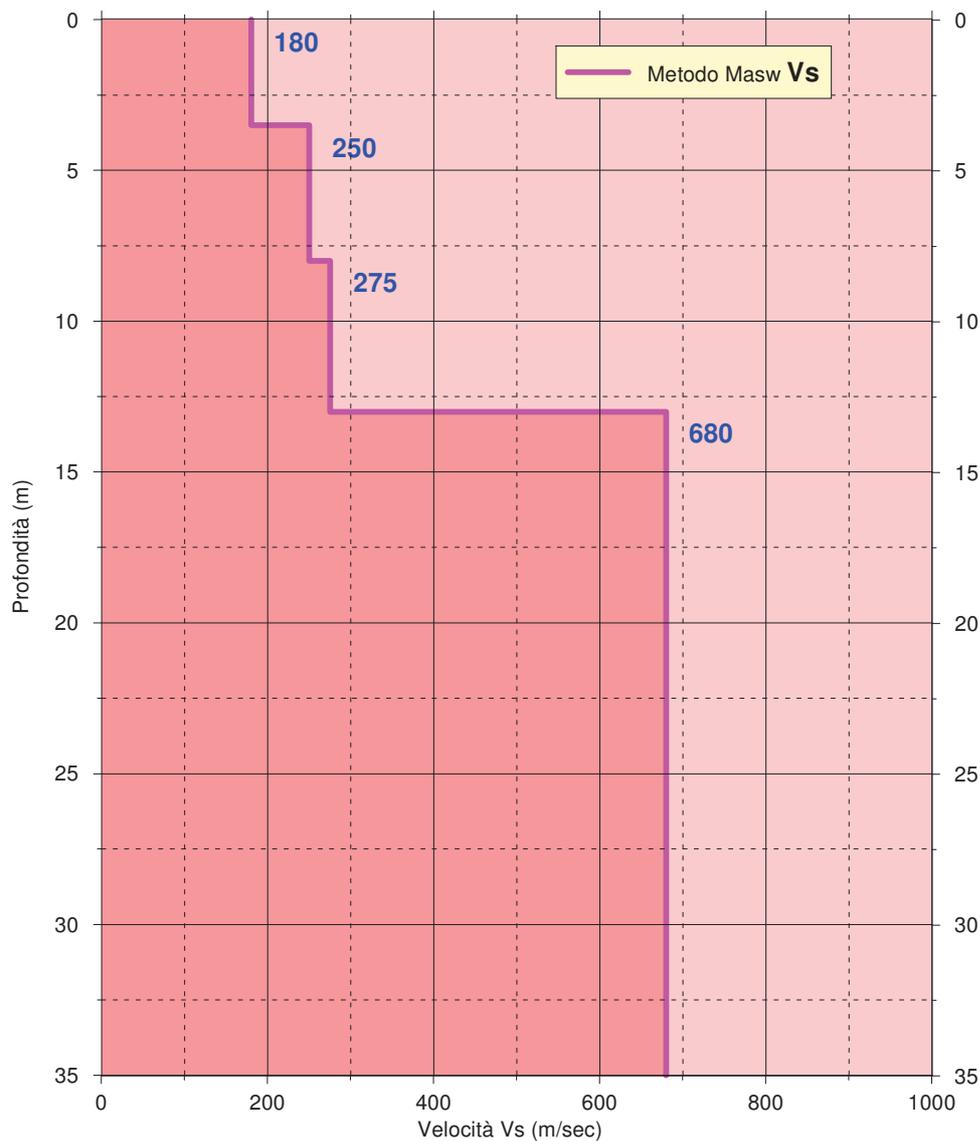
SUOLO DI FONDAZIONE TIPO "E"

Fig. 5a

CURVA VELOCITA' di FASE-FREQUENZA



PROFILO VELOCITÀ Vs



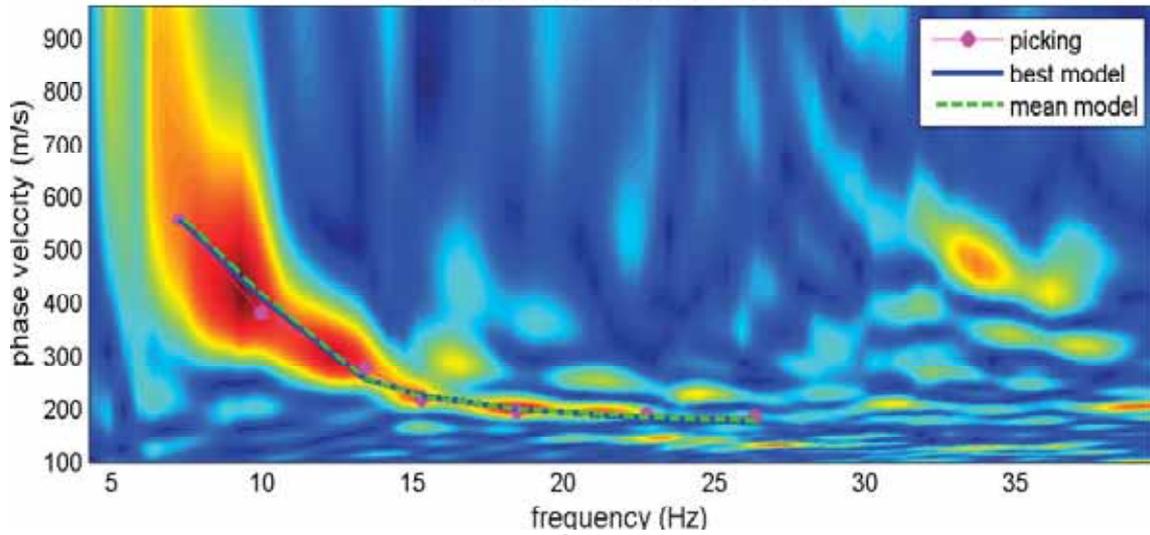
Vs30=375

SUOLO DI FONDAZIONE TIPO "E"

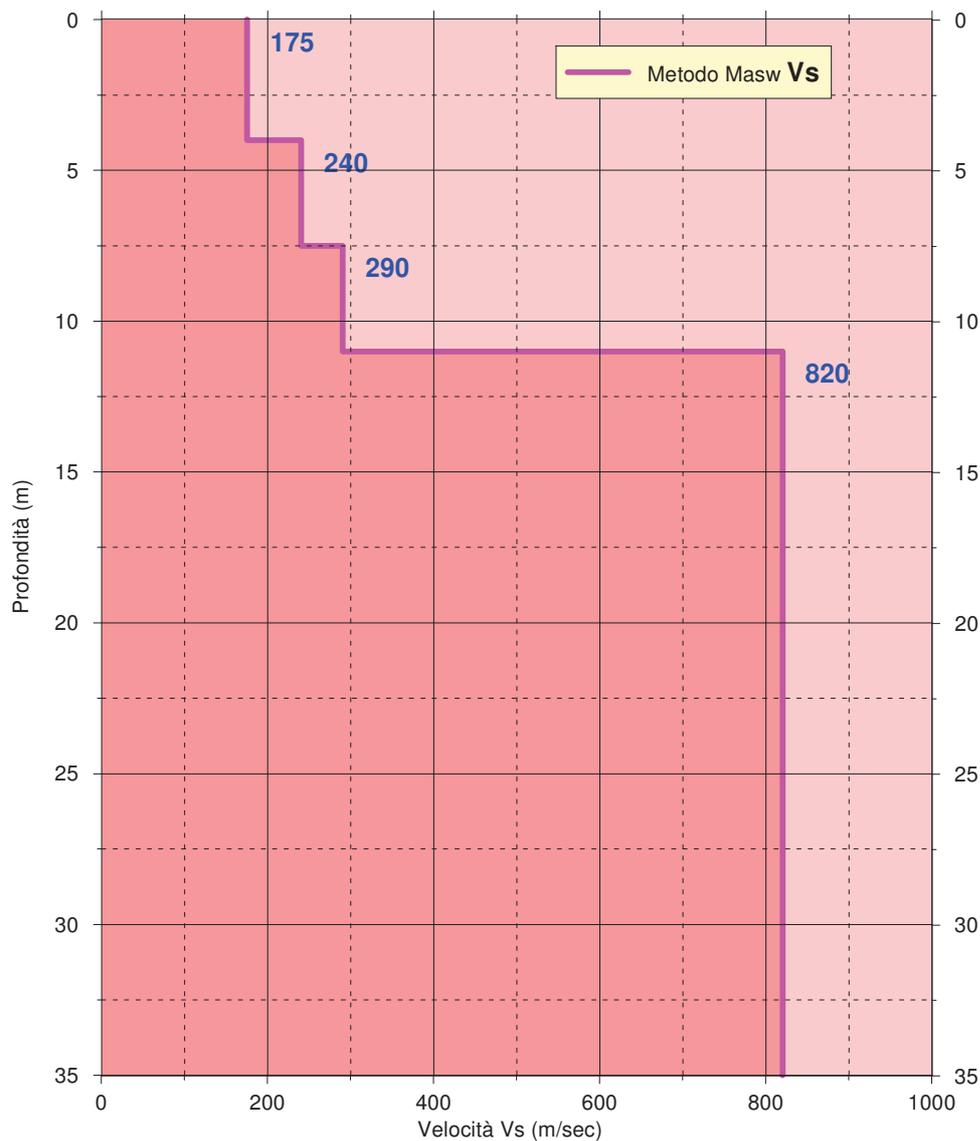
Fig. 5b

CURVA VELOCITA' di FASE-FREQUENZA

velocity spectrum & dispersion curve



PROFILO VELOCITÀ Vs

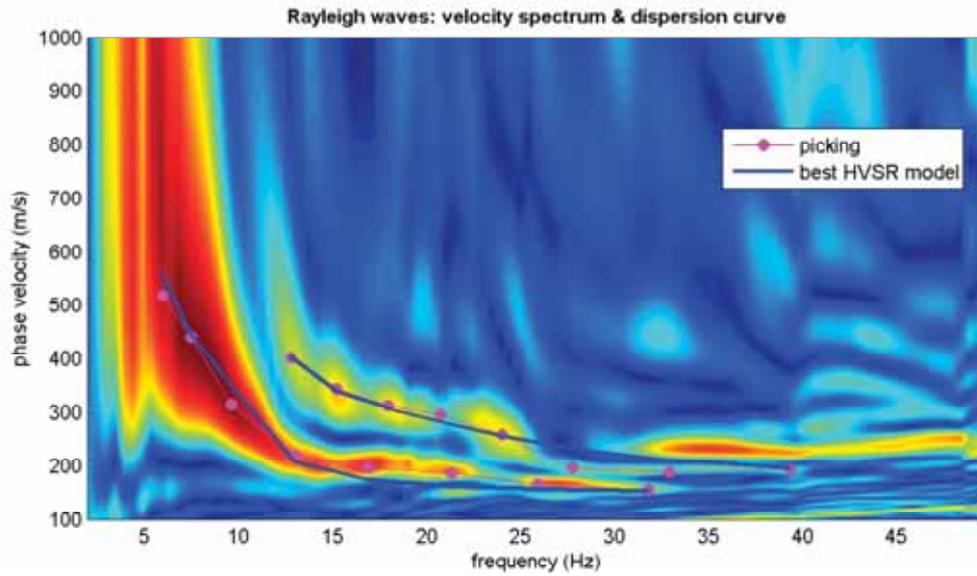


Vs30=410

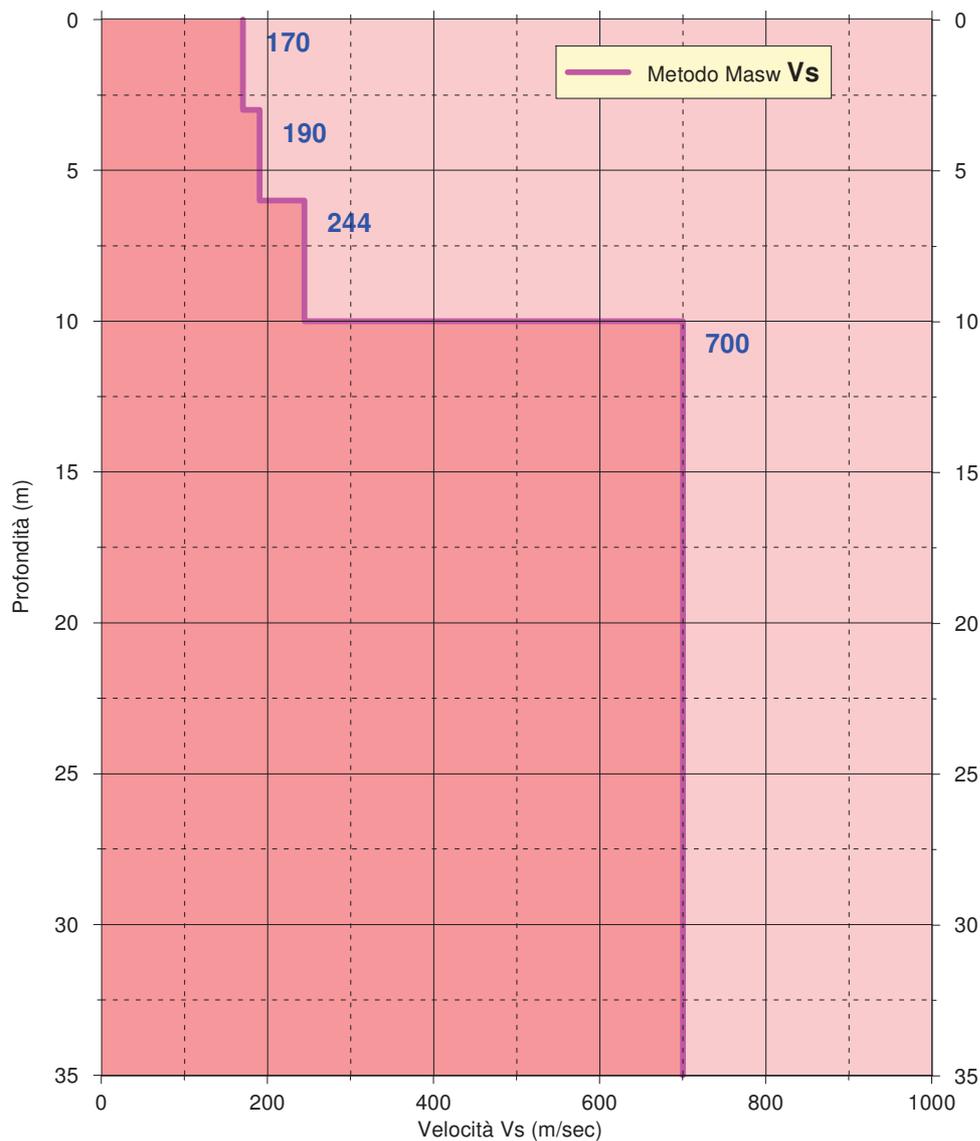
SUOLO DI FONDAZIONE TIPO "E"

Fig. 5c

CURVA VELOCITA' di FASE-FREQUENZA e FIT HVSR



PROFILO VELOCITÀ Vs



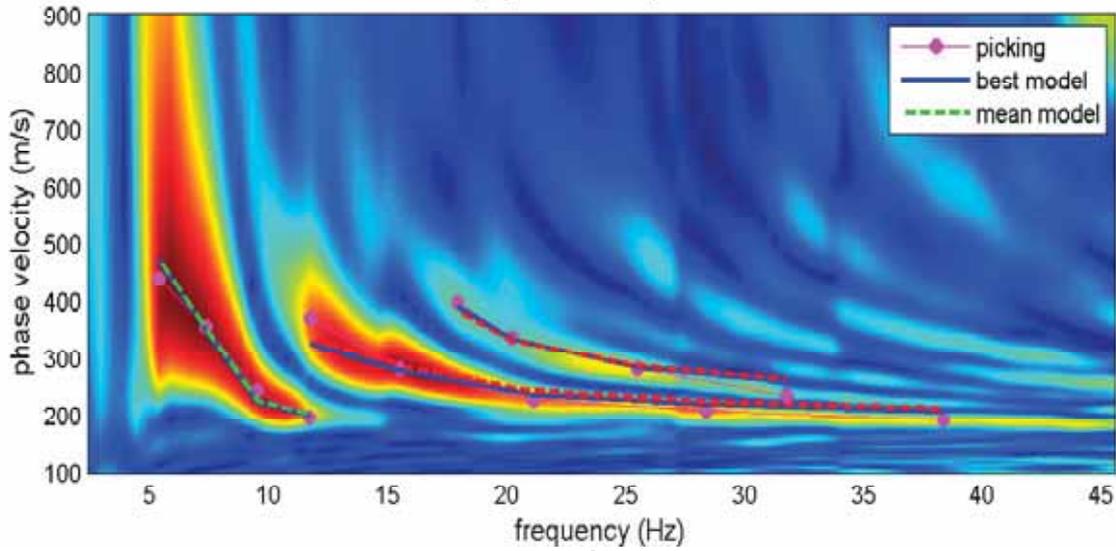
Vs30=384

SUOLO DI FONDAZIONE TIPO "E"

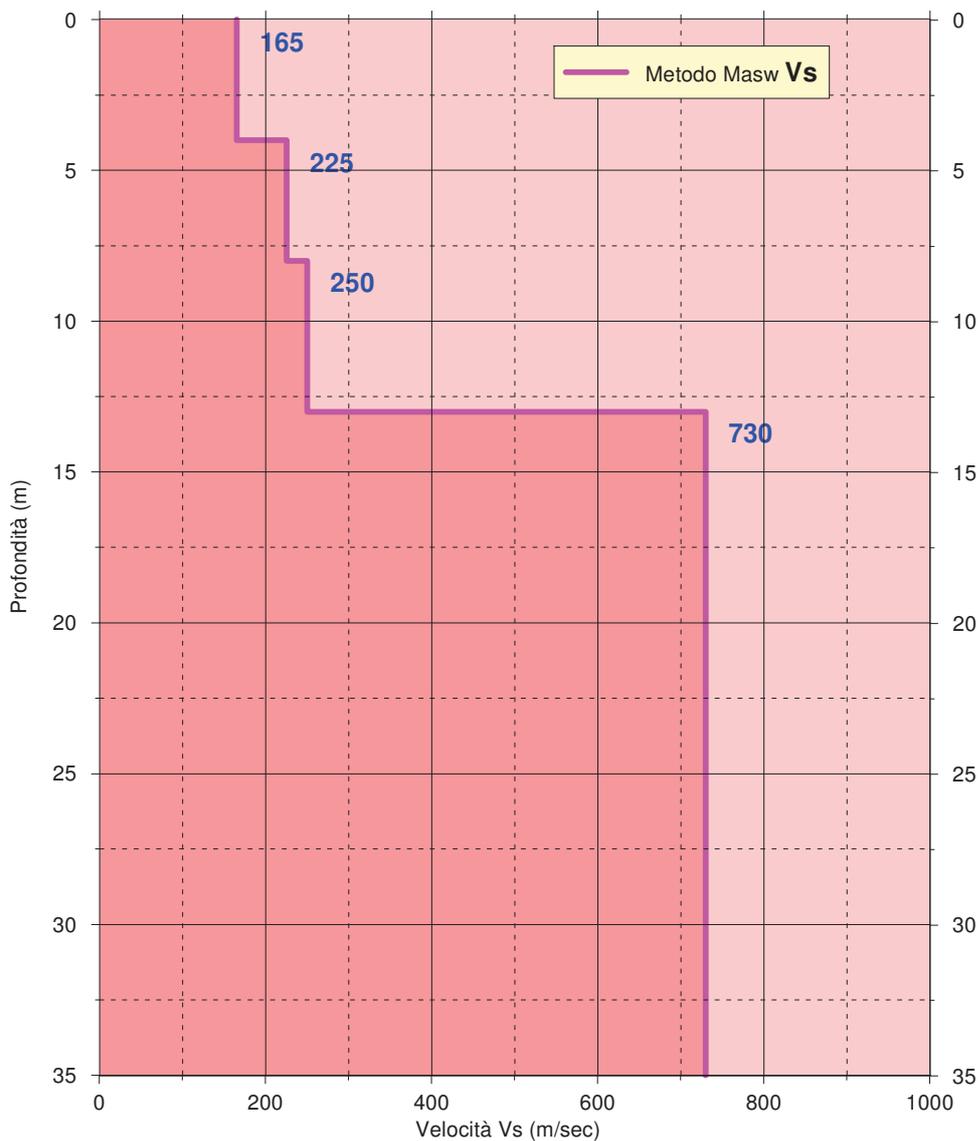
Fig. 5e

CURVA VELOCITA' di FASE-FREQUENZA

velocity spectrum & dispersion curve



PROFILO VELOCITÀ Vs



Vs30=355

SUOLO DI FONDAZIONE TIPO "E"

Fig. 5d

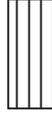
Studio g
di un versante
in lo
- Comune
"Classificazione de
qu

CARTA DEL "RI

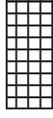
CLASSI DI RISCHIO



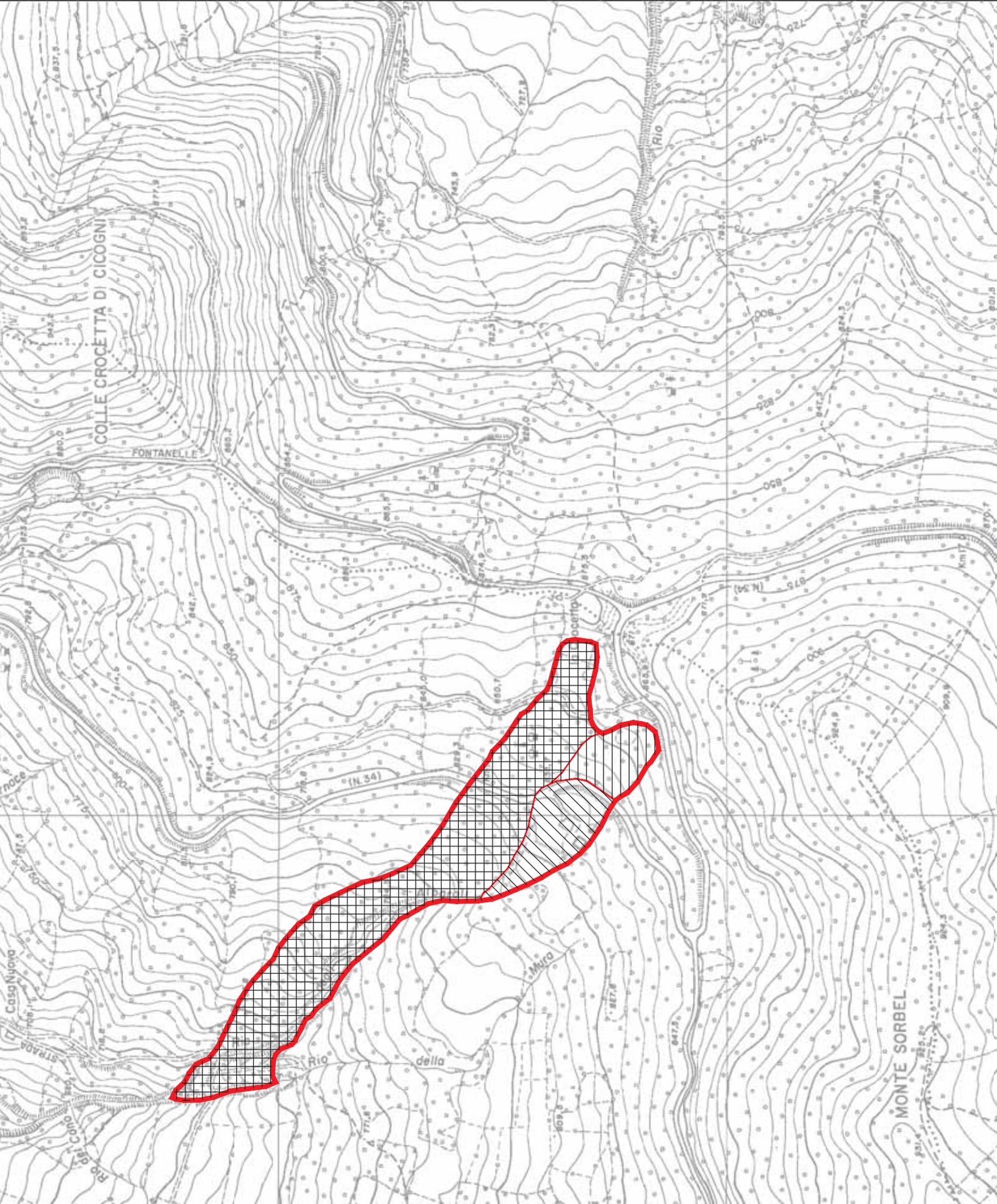
Classe 2 - Risc



Classe 3 - Risc



Classe 4 - Risc



AREA D



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.

Adriano Baldini



Dott. Geologo Adriano Baldini

Trevozzo V.T. 28/11/2015 rev.01

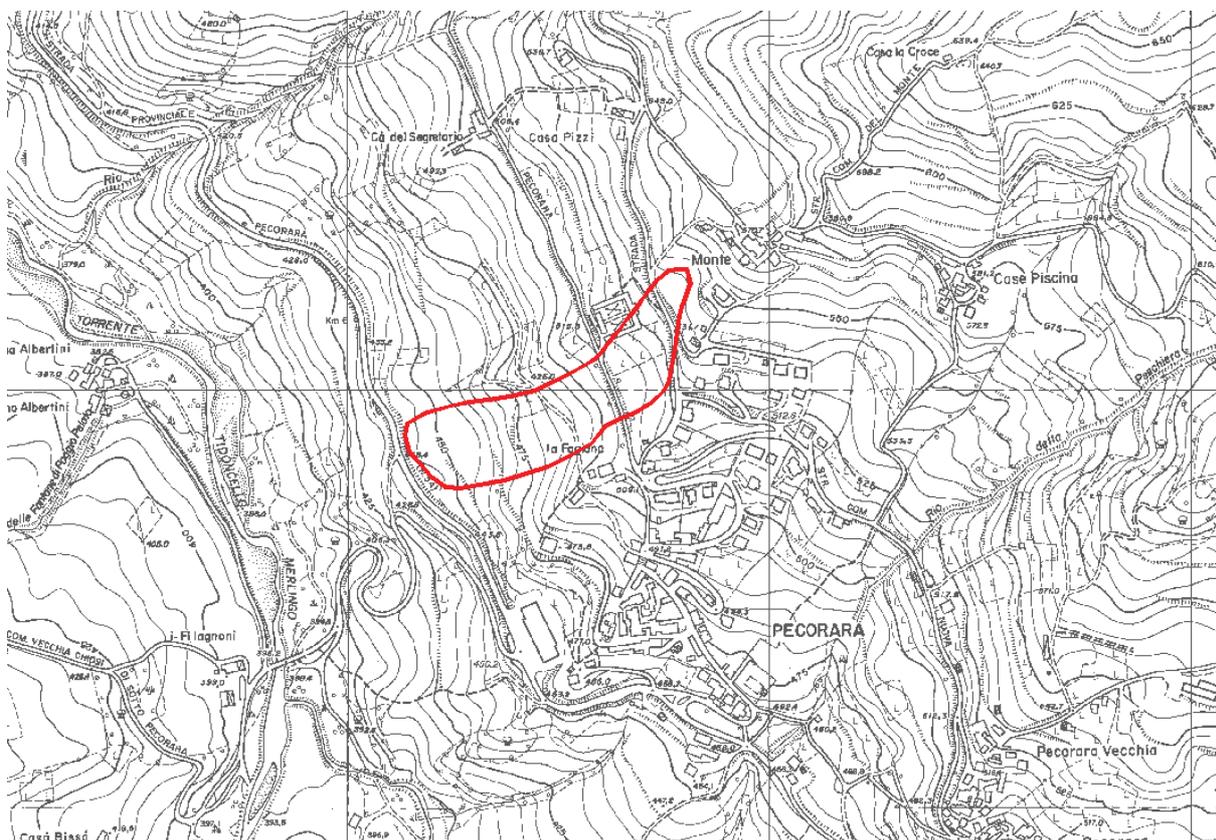
Sommario

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 <i>Cenni metodologici</i>	9
5.1.2 <i>Modalità esecutive</i>	10
5.1.3 <i>Strumentazione utilizzata</i>	10
5.1.4 <i>Elaborazione</i>	11
5.1.5 <i>Analisi dei risultati</i>	11
5.2 PROVE PER LA DETERMINAZIONE DEL PROFILO DI VELOCITA' DELLE ONDE SISMICHE "S"	12
5.2.1 <i>Cenni metodologici</i>	12
5.2.2 <i>Modalità esecutive</i>	13
5.2.3 <i>Commento dei risultati</i>	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 <i>Analisi di stabilità in condizioni pseudostatiche</i>	20
7.6.2 <i>Analisi di stabilità dinamica (Metodo di NEWMARK)</i>	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 situata 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).

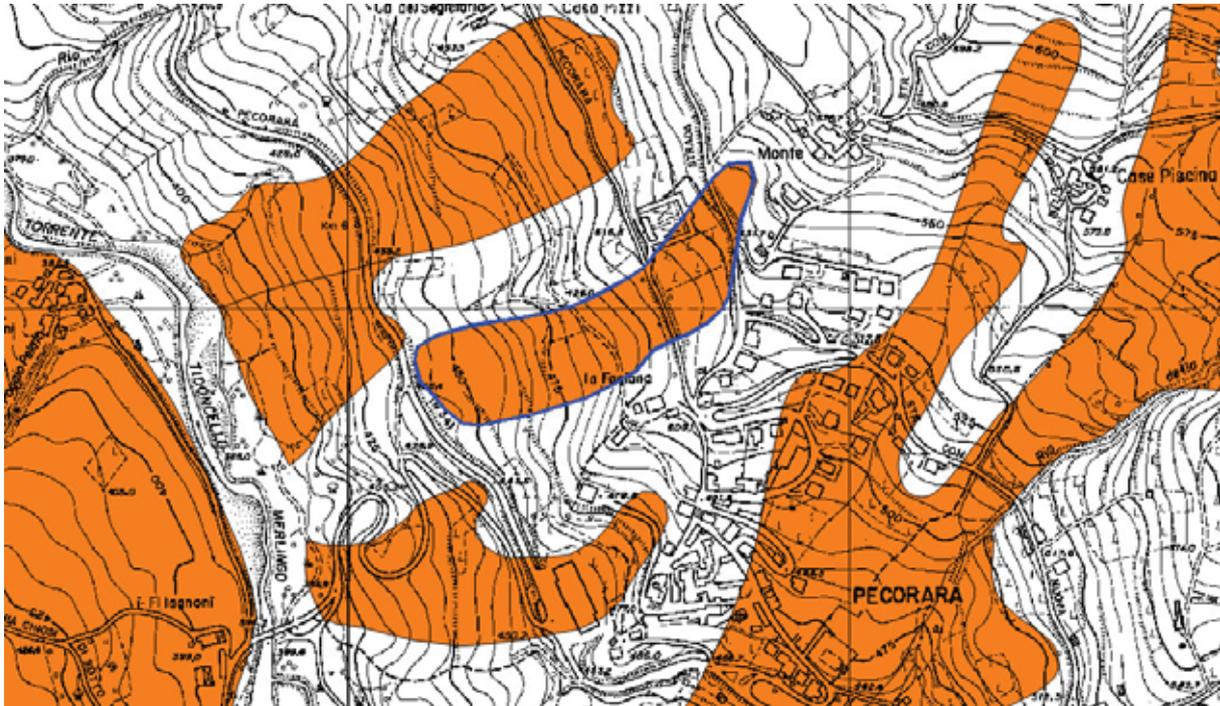


Inquadramento territoriale da CTR

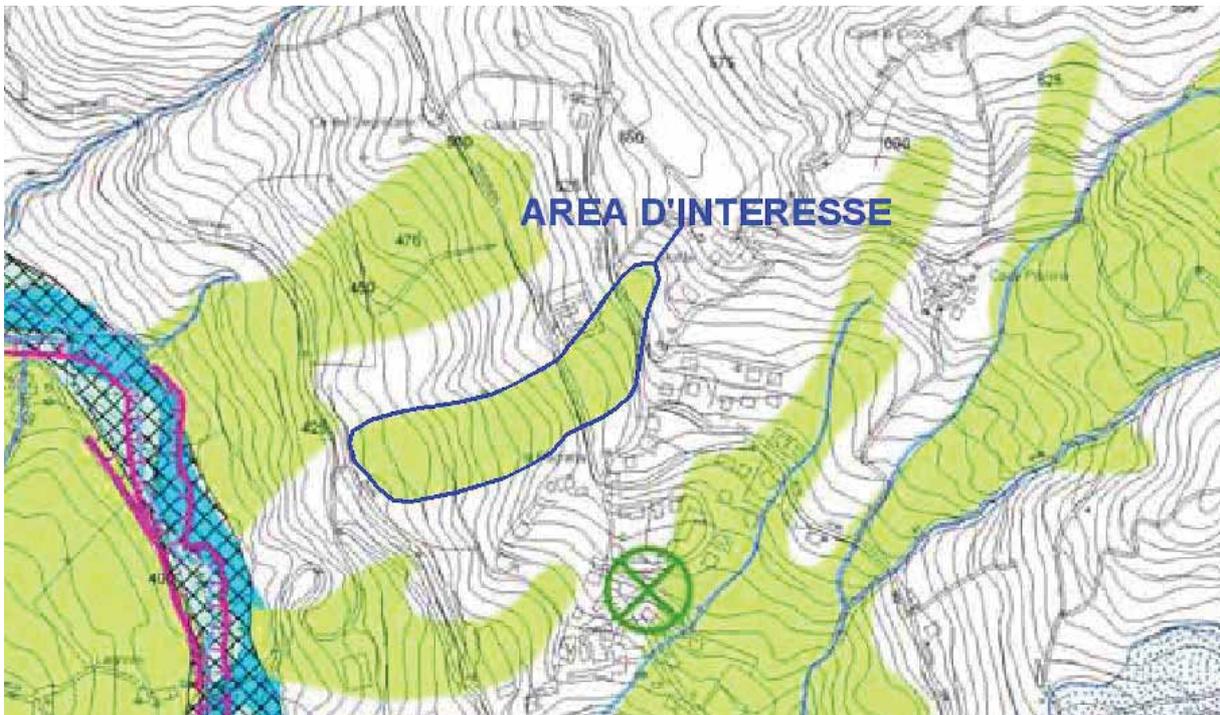
Nella carta del dissesto del PTCP della provincia di Piacenza e nella "Carta del Dissesto Comunale" allegata al PSC (in questo caso coincidenti), l'area d'interesse è classificata come frana quiescente. Le norme del PTCP (comma 7 dell'art. 31), consentono (compatibilmente con il grado di "rischio" accertato 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. I NQUADRAMENTO GEOLOGICI CO-GEOMORFOLOGICI

3.1 CARATTERI STICHE 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.

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



Unità geologiche (10K)

 MCS - Flysch di Monte Cassio

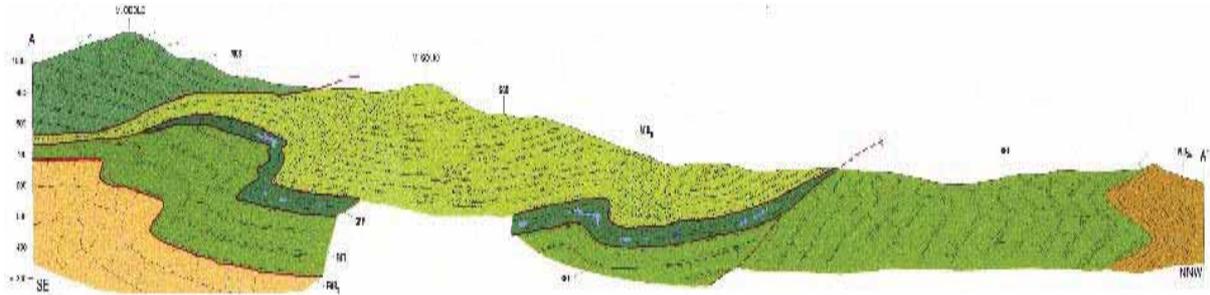
 SCB - Arenarie di Scabiazza

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 strati 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 calcilutitigrie e verdastre. Il complesso include breccie 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.

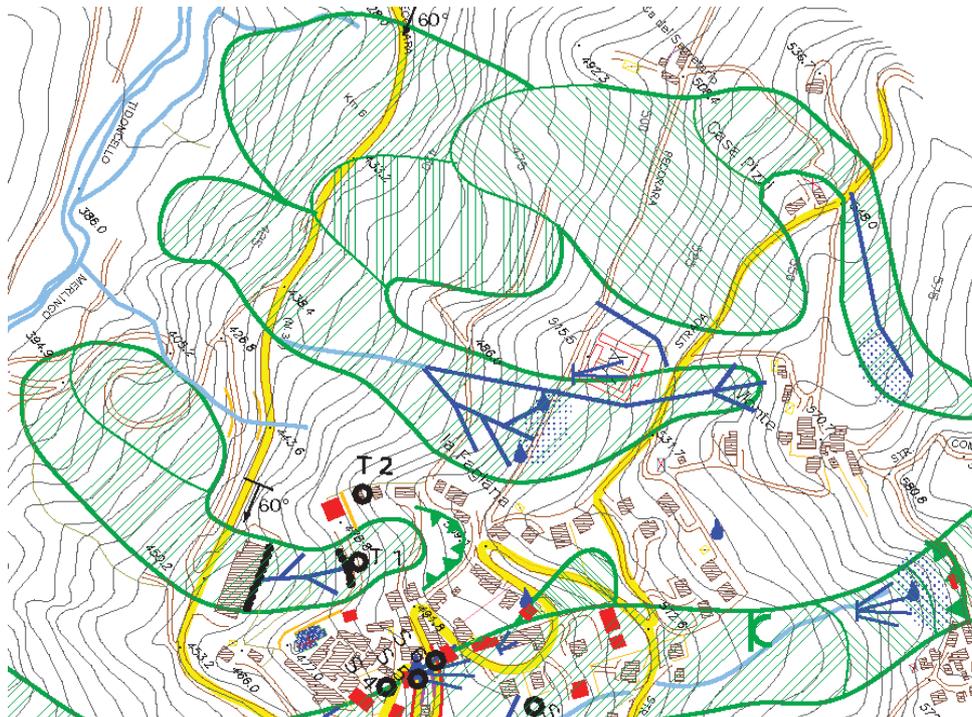


Sezione Geologica tipica dell'unità di Monte Cassio

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.

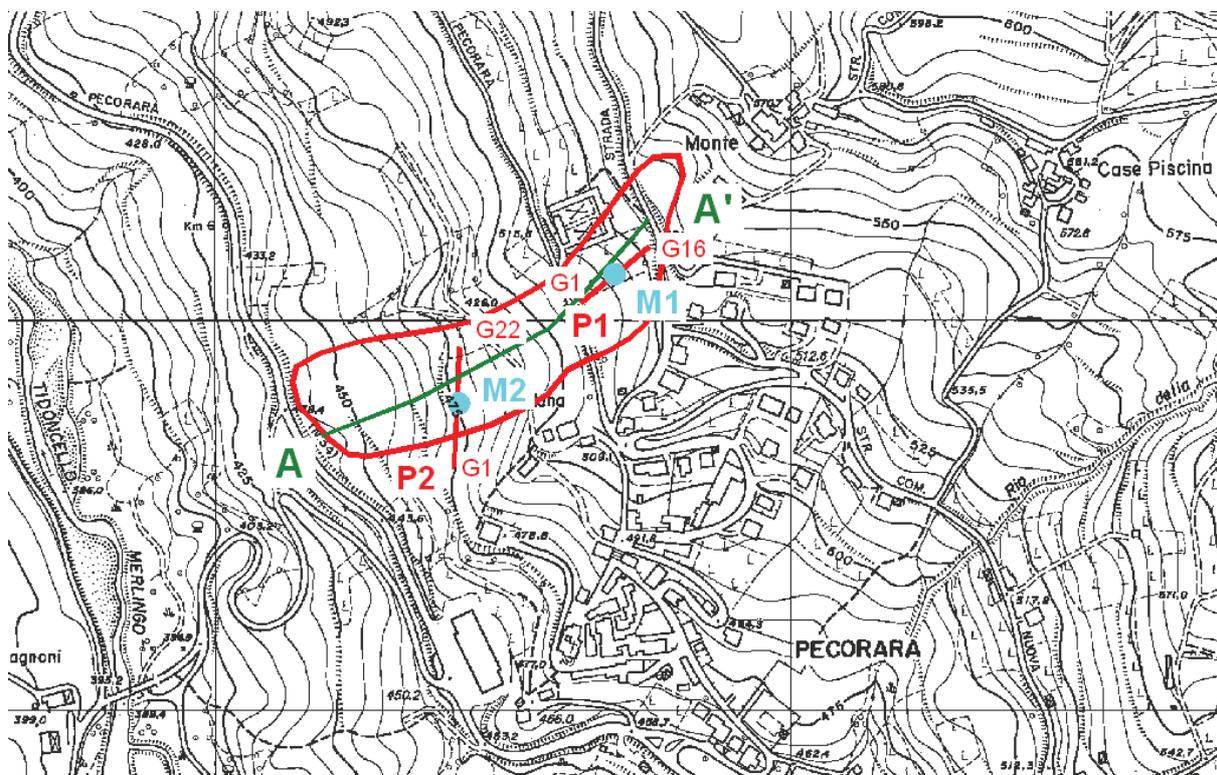
Il drenaggio delle acque è assicurato dai canali legati alle pratiche agricole. Il drenaggio centripeto delle acque meteoriche potrebbe aver favorito locali infiltrazioni delle acque meteoriche, per questo motivo sono stati realizzati i drenaggi da parte del Servizio Tecnico di Bacino.

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 spazati 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'attrezzatura utilizzata è composta da:

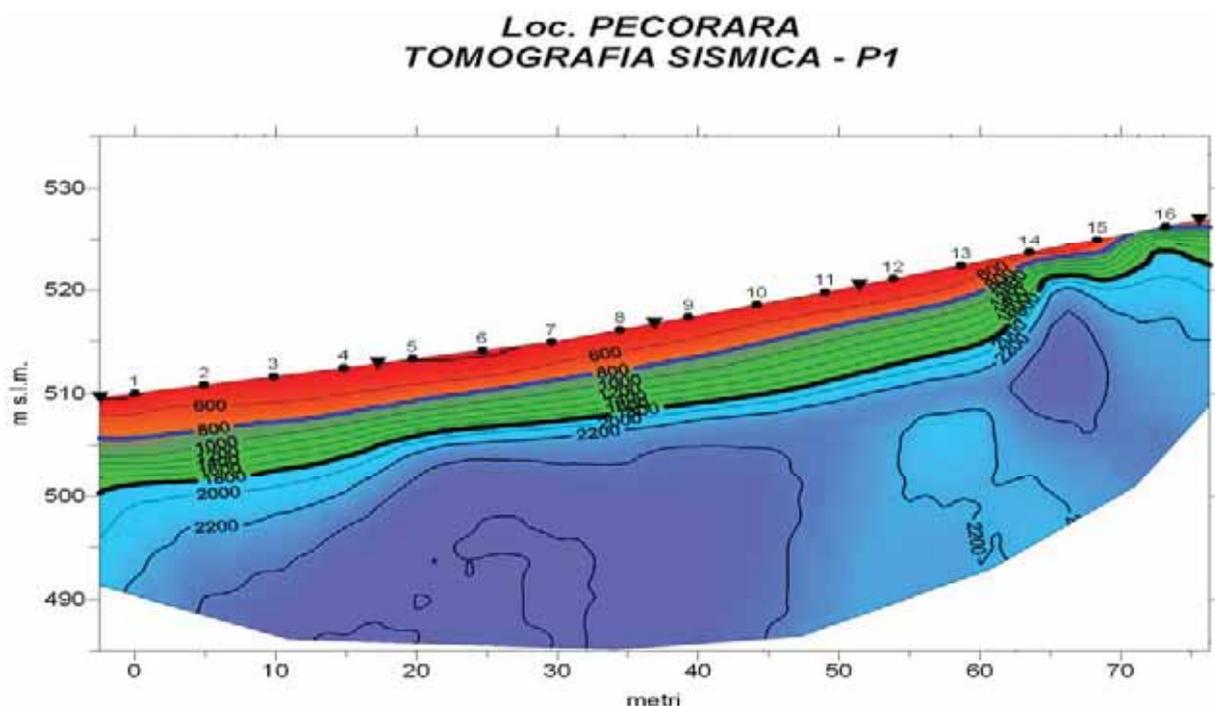
- Sismografo modulare Geode 3-1000+ canali,
- Massa battente da 10 Kg,
- Piastra di battuta in alluminio 15x15x2,5cm,
- Batteria ricaricabile 12 V,

- 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 verticali, 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 evidenzia 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 VELOCITÀ DELLE ONDE SISMICHE "S"

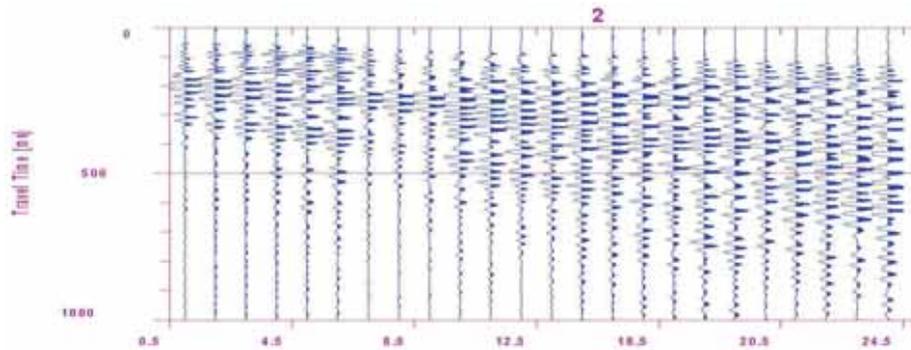
Per la determinazione del profilo di velocità delle onde "S" e della categoria del suolo di fondazione è stato utilizzato il metodo "Masw". I profili "Masw" sono stati realizzati in corrispondenza dei 2 stendimenti sismico-tomografici.

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 avvalorata 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

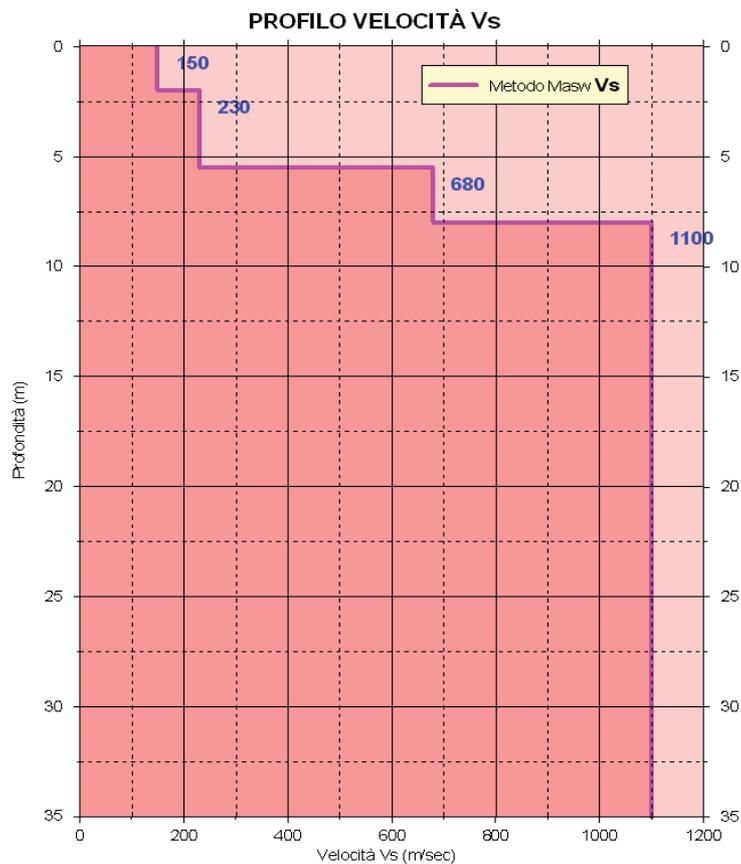
Sono stati realizzati 2 stendimenti di 16/22 geofoni, con distanza intergeofonica di 5 m. La lunghezza delle registrazioni è stata di 1 sec, con un passo di campionamento di 0.25 ms.



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 ($V_s < 250$ 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: <i>limo e argilla con trovanti da poco a mediamente addensato</i>	
Dal p.c. a -2/-7 m	Peso di volume Peso di volume saturo Angolo di attrito di picco Angolo di attrito residuo Coesione	$\gamma = 1.80$ t/ mc $\gamma = 1.95$ t/ mc $\phi = 22^\circ$ $\phi = 20^\circ$ $C = 0.06$ Kg/ cmq
Livello B	Litologia: <i>limo e argilla con trovanti, mediamente addensato</i>	
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	$\gamma = 1.90$ t/ mc $\gamma = 2.05$ t/ mc $\phi = 26^\circ$ $\phi = 24^\circ$ $C = 0.08$ Kg/ cmq
Livello C	Litologia: <i>substrato roccioso compatto</i>	
Oltre -8/-12 m	Peso di volume Angolo di attrito	$\gamma = 2.25$ t/ mc $\phi = 45^\circ$

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 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 $\leq 15^\circ$ 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;

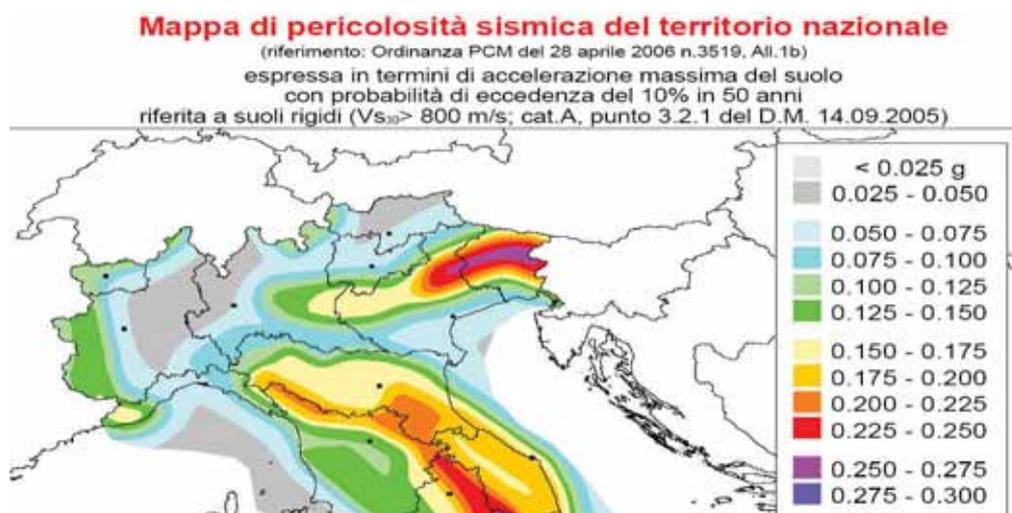
b) un'analisi più approfondita (terzo livello di approfondimento) è invece richiesta nei seguenti casi (vedere Allegato A1):

- 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 simogenetica 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.



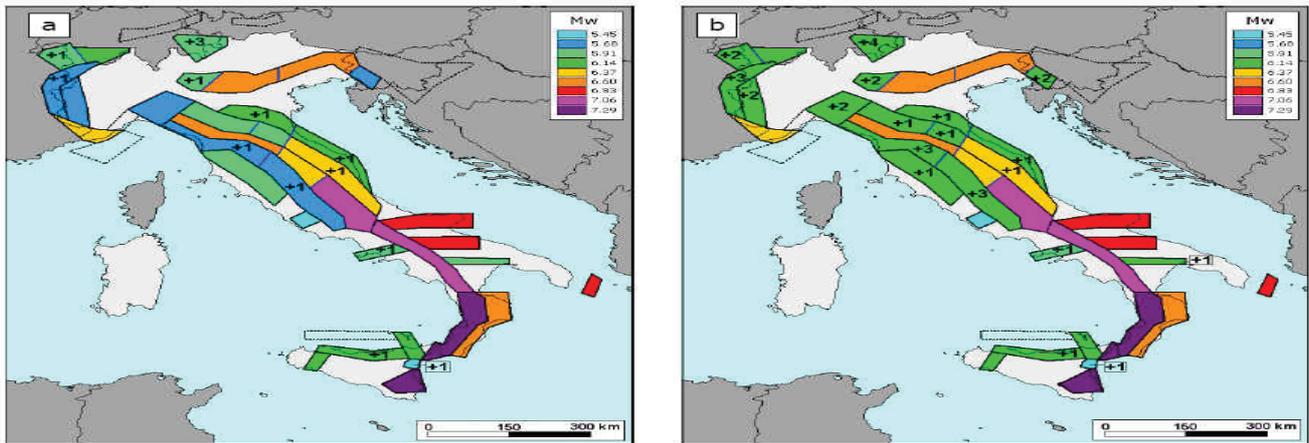


Figura 36. Valori di Mw_{max} corrispondenti ai due insiemi: a) "osservati" (Mw_{max1}); b) "cautelativi" (Mw_{max2}).

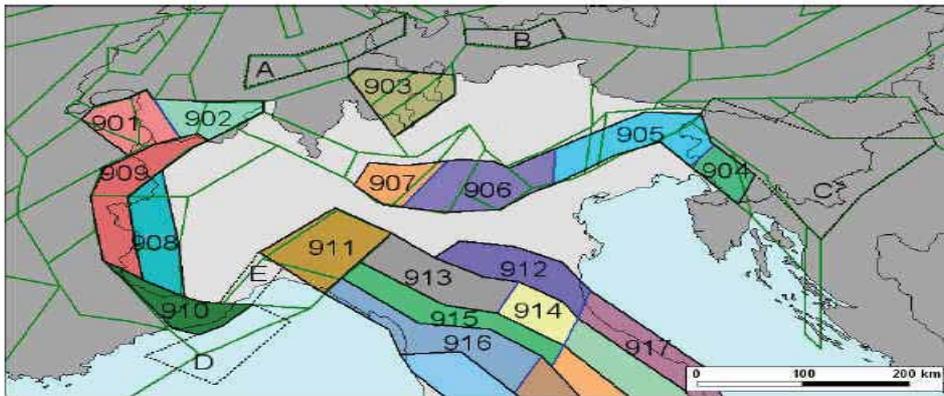


Figura 10. Zonazione sismogenetica ZS9 a confronto con la zonazione del progetto SESAME nell'area alpina (Jiménez et al., 2001; linee di colore verde).

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 a_g 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 $V_s \geq 800$ m/s si devono usare le seguenti tabelle

F.A. P.G.A.

V_{sH} 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 - $0.1s < T_0 < 0.5s$

V_{sH} 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 - $0.5s < T_0 < 1.0s$

V_{sH} 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 V_s sono riassunti nella 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 ($V_s > 800$ m/s) prevista per il Comune di Pecorara è di 0.099g.

7.5 SPETTRO DI RI SPOSTA (IN PGA) DELL'AREA

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

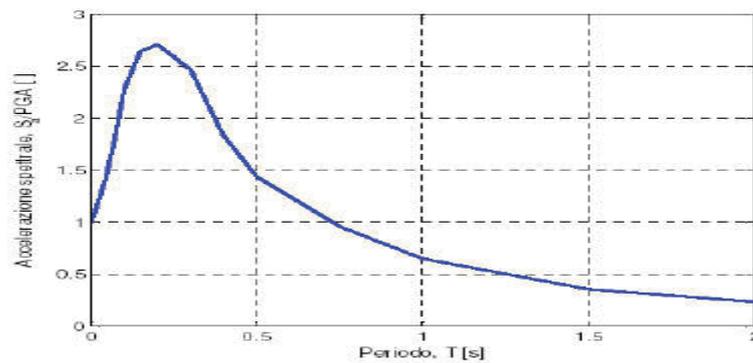
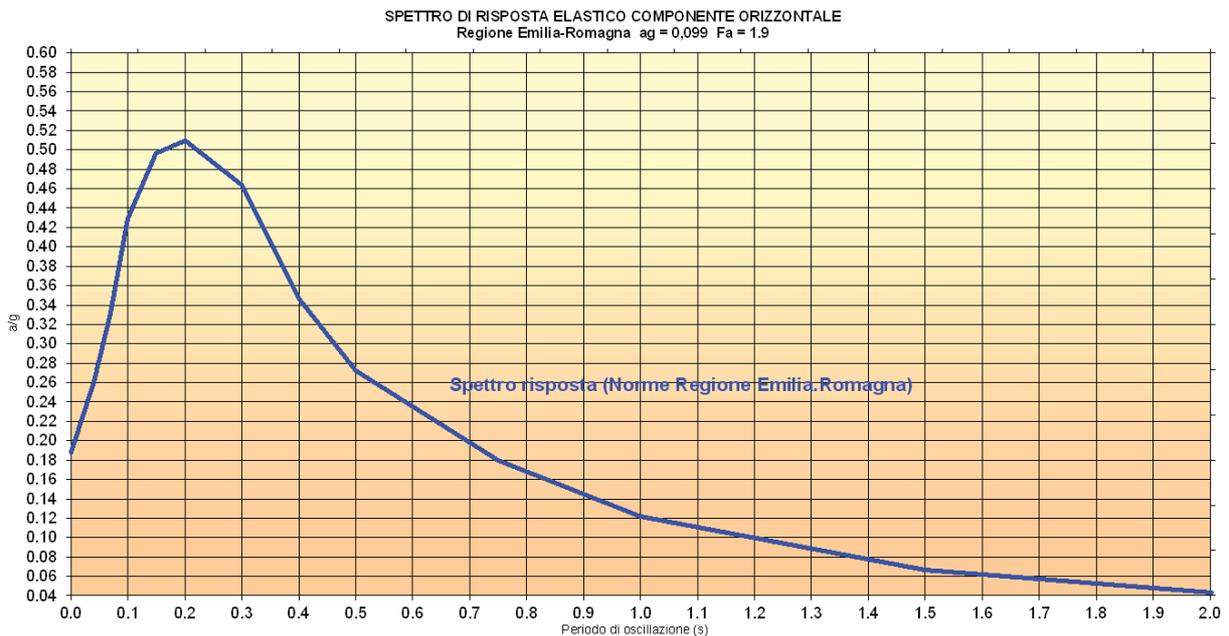


Figura 1 - Spettro di risposta normalizzato ($T_R = 475$ anni, smorzamento = 5%) per l'Emilia-Romagna

Dallo spettro di risposta normalizzato è

possibile ottenere, moltiplicando i valori della tabella 1 per il valore di a_{refg} 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 $a_{refg}=0.099$ per il comune di Pecorara e il fattore di amplificazione (1.9), è stato calcolato lo spettro di risposta del sito d'interesse.

Loc. PECORARA



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

7.6 ANALISI DELLA STABILITÀ DEL VERSANTE SIA IN CONDIZIONI PSEUDOSTATICHE 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.

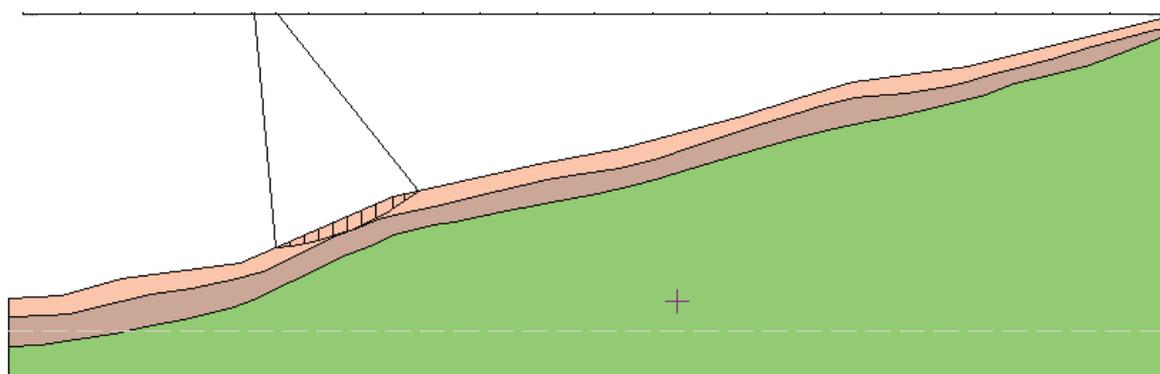
Nr.	DB	Peso unità di volume (Kg/m ³)	Peso saturo (Kg/m ³)	Coesione (kg/cm ²)	Coesione non drenata (kg/cm ²)	Angolo resistenza al taglio picco (°)	Angolo resistenza al taglio residuo (°)	Permeabilità (m/s)	Dati aggiuntivi ...	Texture ...	Descrizione
1		1800.00	1950	0.06		22	20	Permeabile			Detrito
2		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 a_g di 0.099×1.9 (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.



Detrito limo-argilloso con trovanti
 $g=1800.00\text{Kg/m}^3$
 $g_s=1950\text{Kg/m}^3$
 $F_i=20^\circ$

Detrito limo-argilloso con trovanti
 $g=1900\text{kg/m}^3$
 $g_s=2050\text{kg/m}^3$
 $F_i=24^\circ$

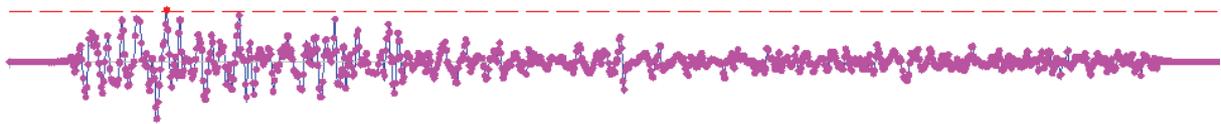
Substrato roccioso
 $g=2250\text{Kg/m}^3$
 $g_s=2250\text{Kg/m}^3$
 $F_i=45^\circ$

Verifica di stabilità del versante

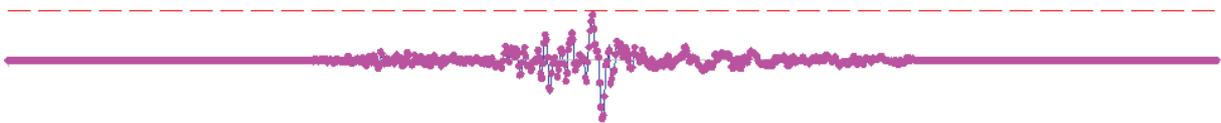
7.6.2 Analisi di stabilità dinamica (Metodo di NEWMARK)

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



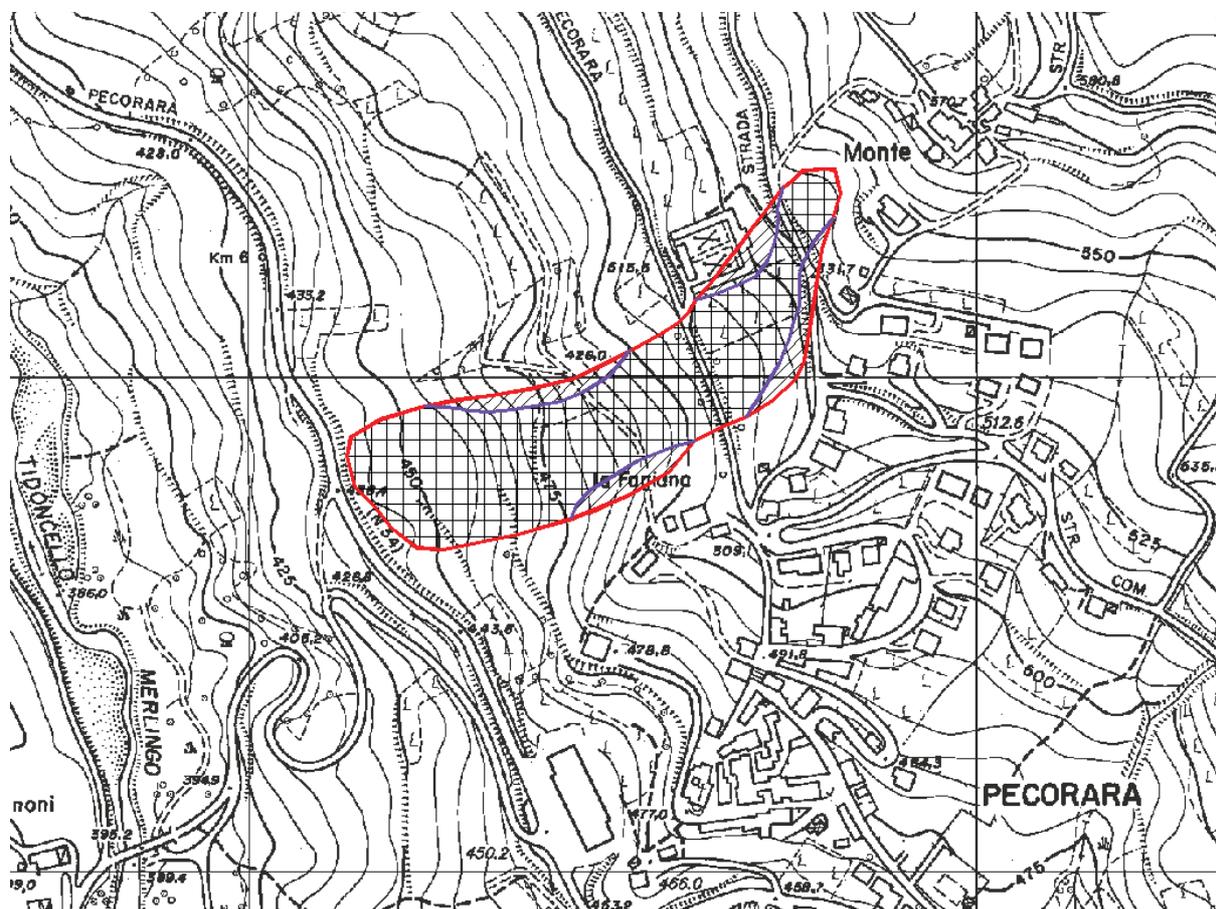
Accelerogramma 000126xa_033031Pecorara.txt



Accelerogramma 000354xa_033031Pecorara.txt

8. ZONIZZAZIONE DEL RISCHIO DEL CORPO DI FRANA QUI ESCENTE

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 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 ampliamenti 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



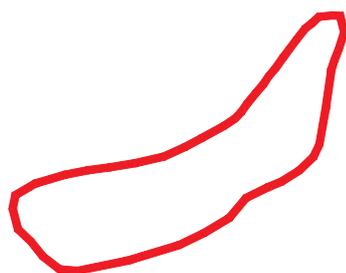
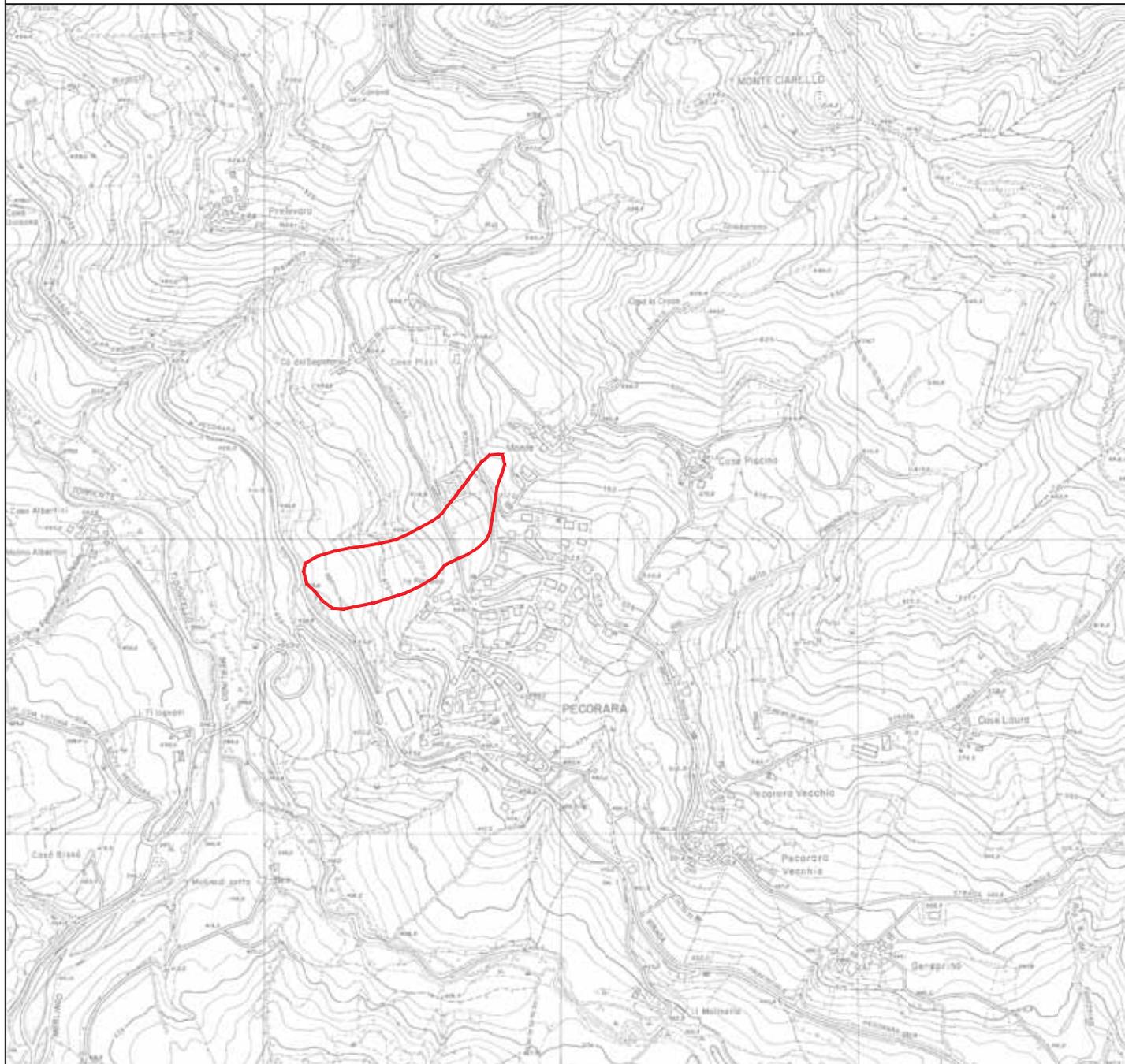
Dott. Alberto Lepori



ALLEGATI

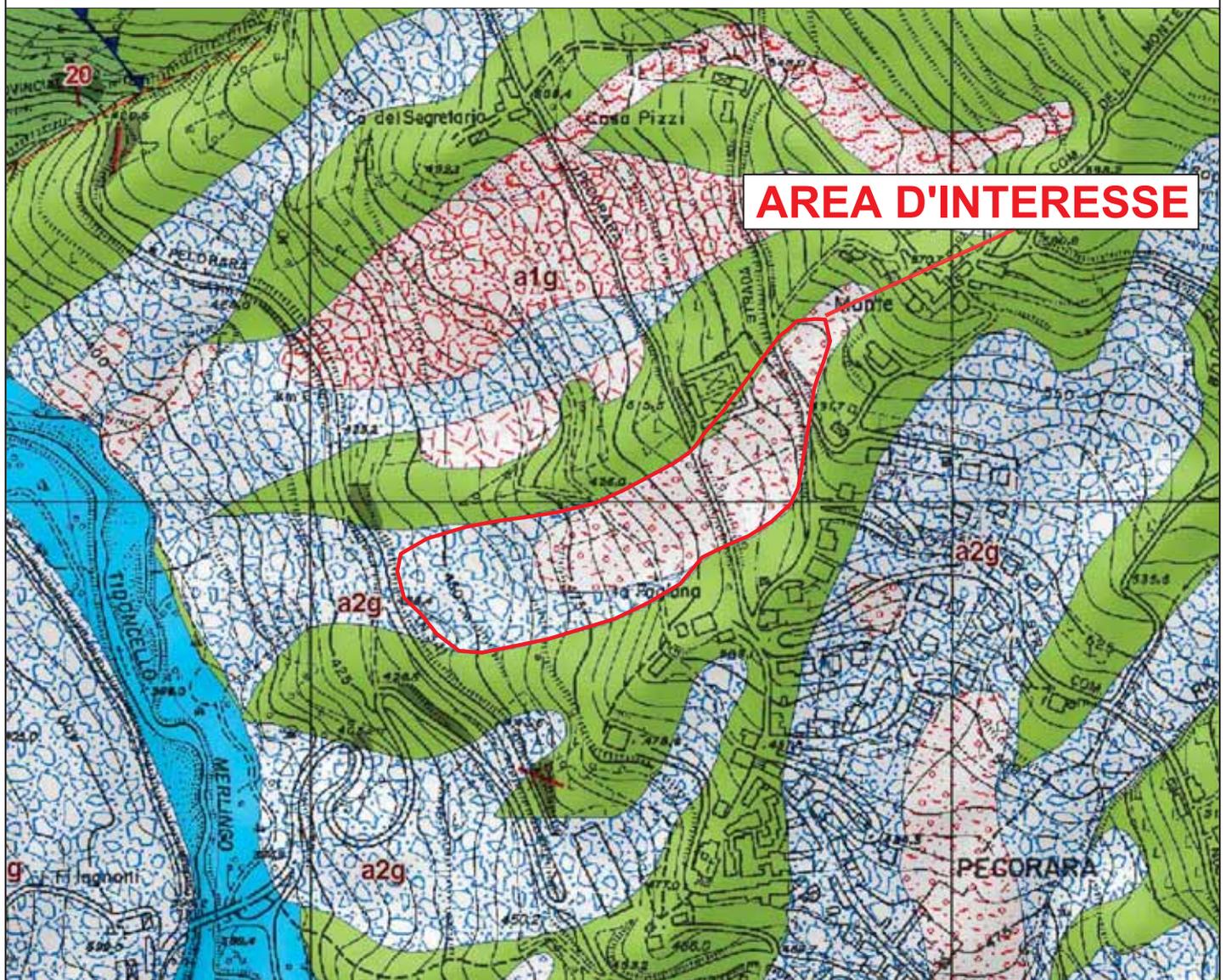
INQUADRAMENTO TERRITORIALE

Scala 1:10000



Area considerata

ESTRATTO CARTA GEOLOGICA REGIONALE
Scala 1:5000



AREA D'INTERESSE

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

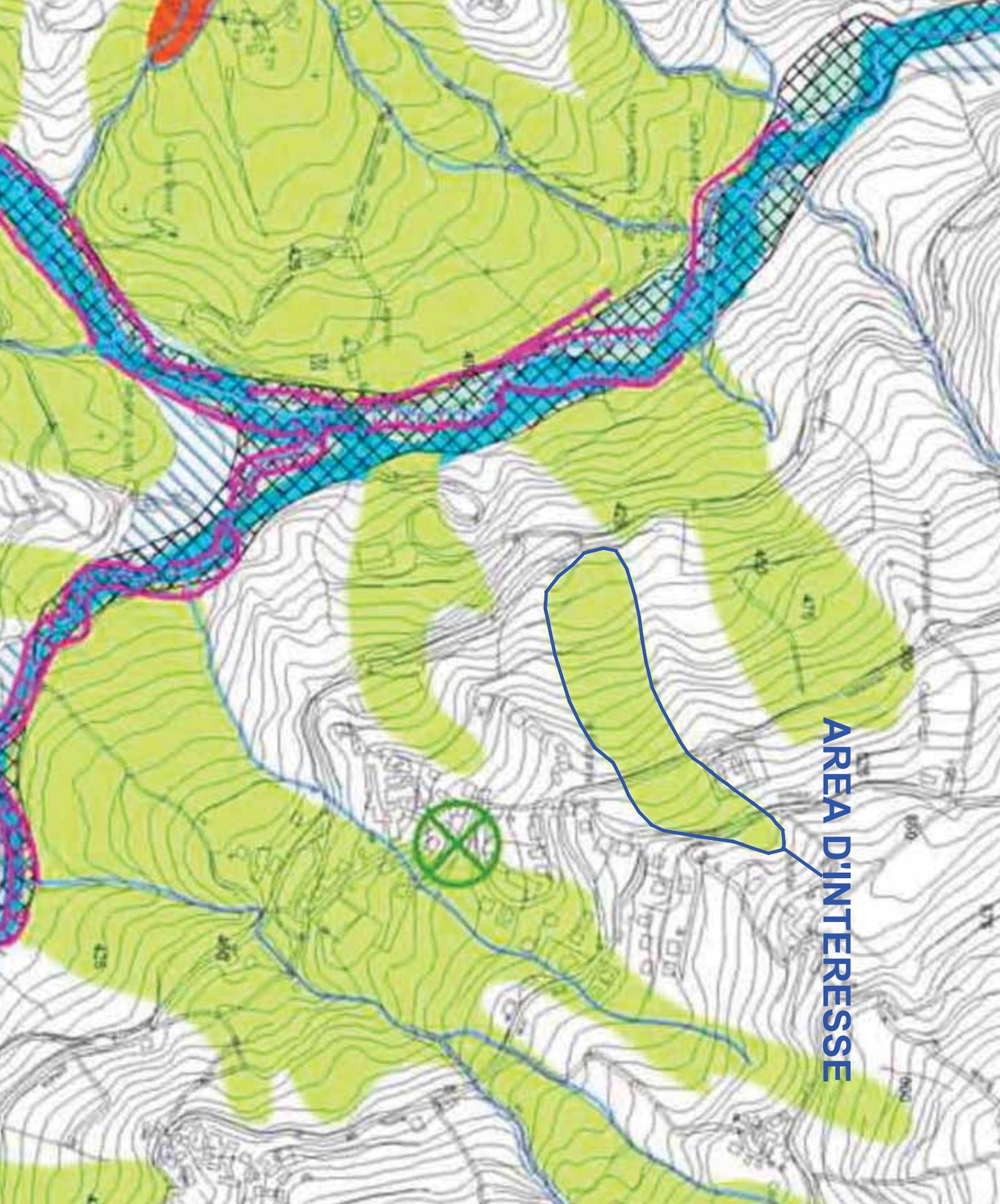
SCB - Arenarie di Scabiazza

Area considerata



Fig.2

AREA D'INTERESSE



CARTA D Estra

Elementi morfologici



Area di frana attiva:
Accumuli gravitativi (ceduti o in via di cedimento) con evidenti movimenti in atto.



Area di frana quiescente:
Accumuli gravitativi (ceduti o in via di cedimento) attualmente quiescenti o stabilizzati.



Area di frana stabilizzata o ridotta:
Movimenti gravitativi, quasi assenti o di scarsa entità, con profili regolati, vegetazione stabile.

Depositi alluvionali attuali:



Giacere sciolte eterogenee ed eterometriche, a matrice argillosa.



Area di magra del torrente:
Depositi alluvionali in evoluzione di vegetazione e corrispondenti ad aree di frana.



Depositi alluvionali terrazzati:
Clima molto umido-subumido, suolo gabbato (2,5 Y-4/2 7h, 1-2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 93, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 100).

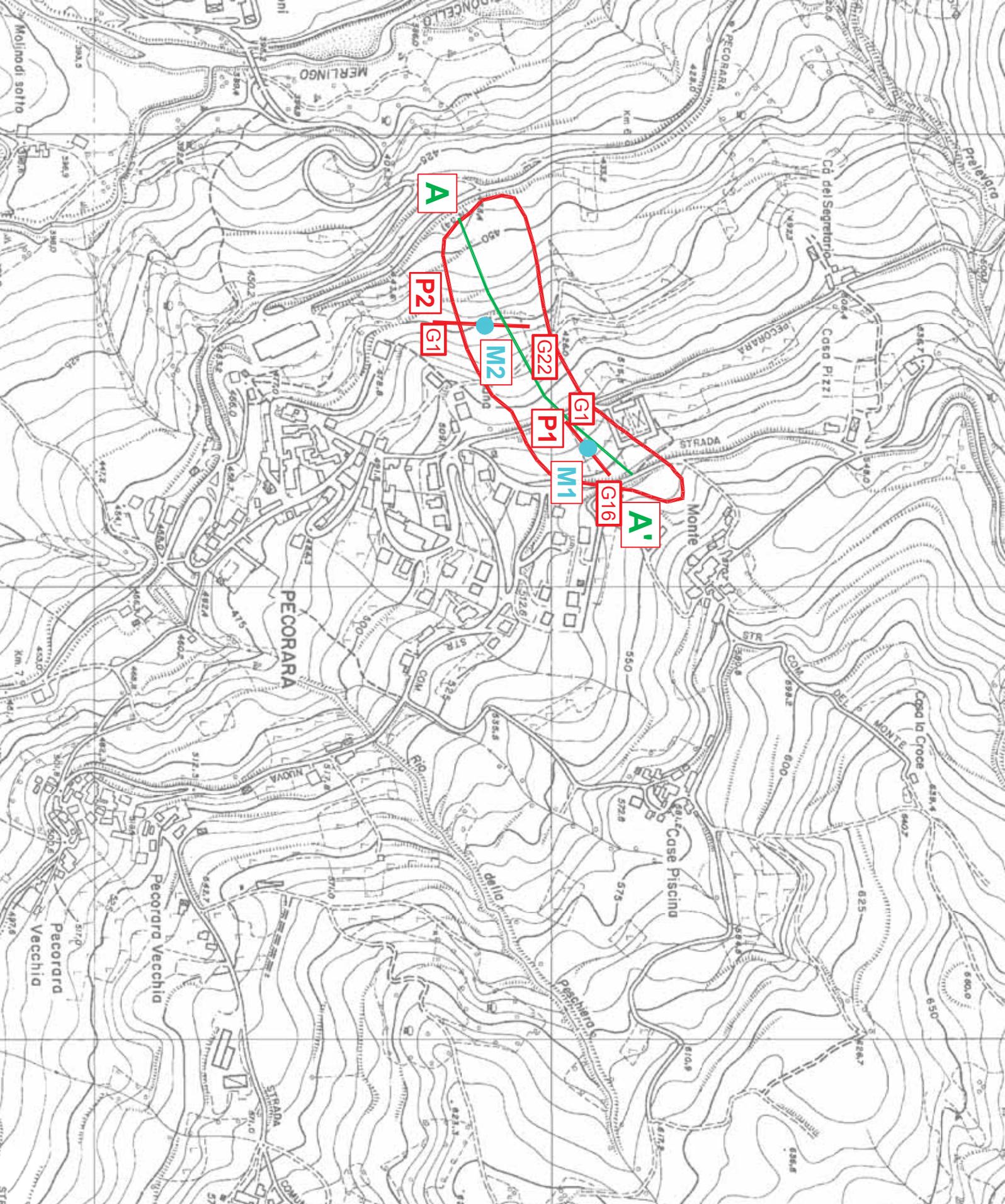


Depositi alluvionali terrazzati:
Clima molto umido-subumido, suolo gabbato (2,5 Y-4/2 7h, 1-2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 93, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 100).



Depositi alluvionali terrazzati:
Clima molto umido-subumido, suolo gabbato (2,5 Y-4/2 7h, 1-2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 93, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 100).





Studio geoc
di un versante
in loc. F
"Classificazione del
qui

PLANIMETRIA

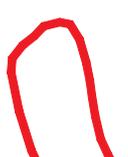
INDAGINI SISMICHE

P1-P2 G2

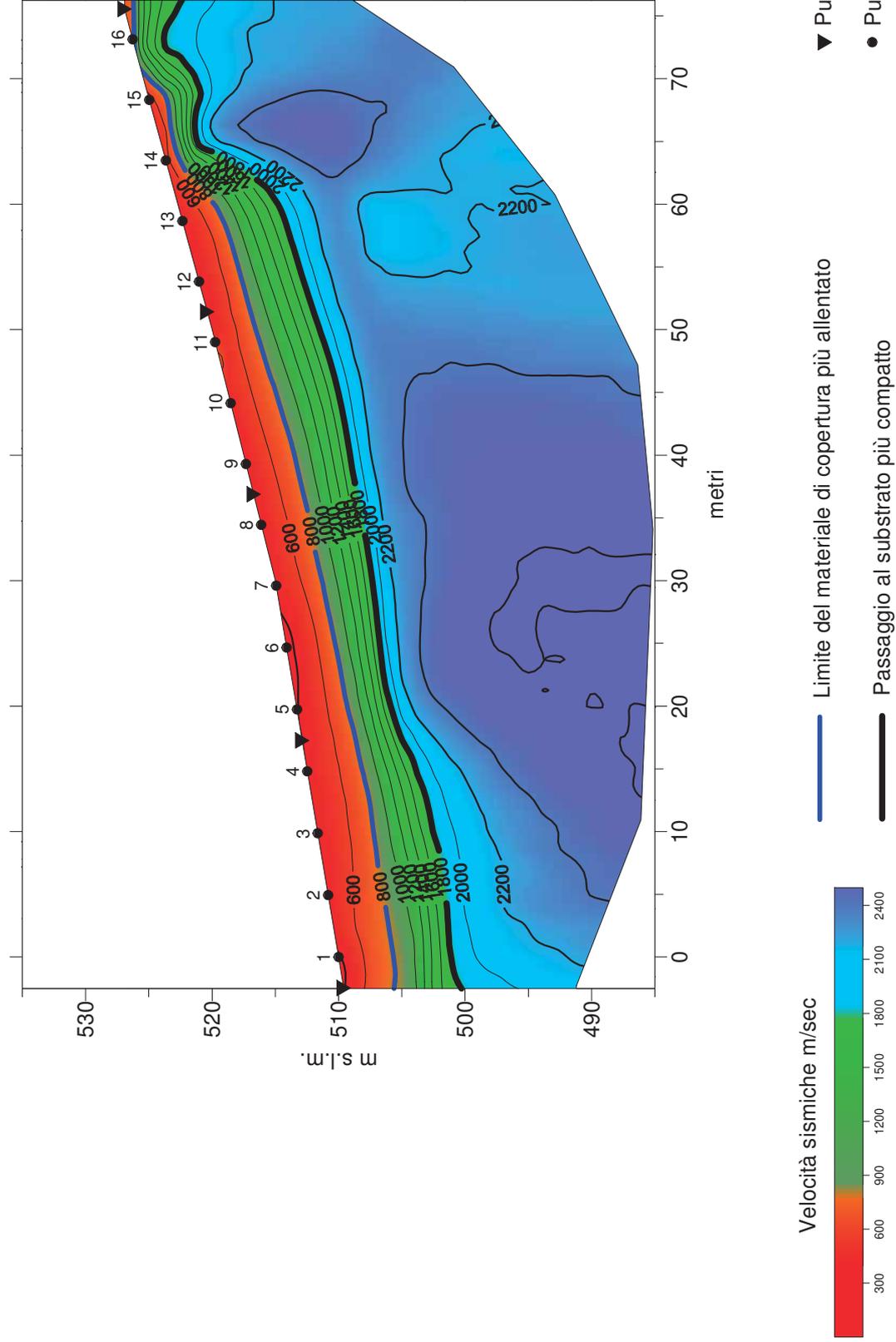
M1-M2

A' A

AREA



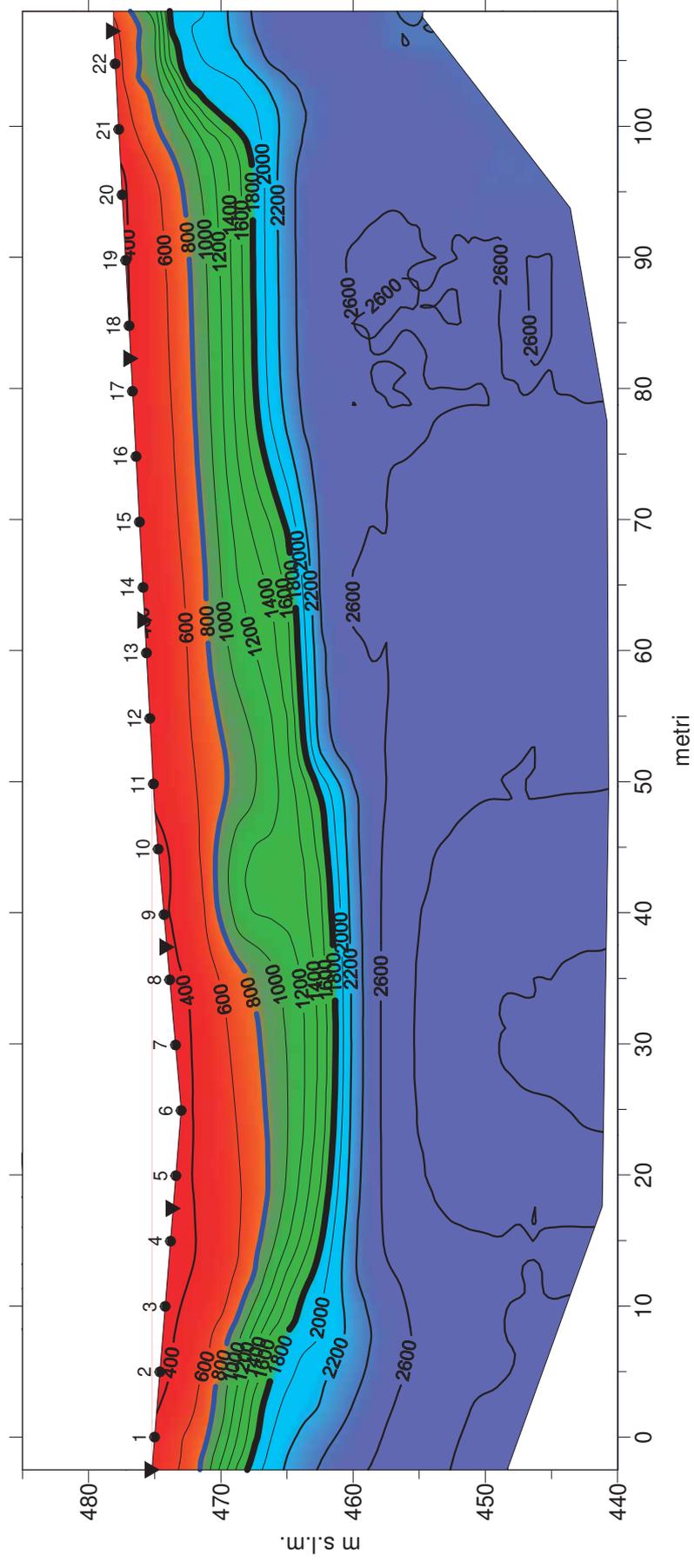
Loc. PECORARA TOMOGRAFIA SISMICA - P1



Scala 1:500

Fig.5a

Loc. PECORARA TOMOGRAFIA SISMICA - P2



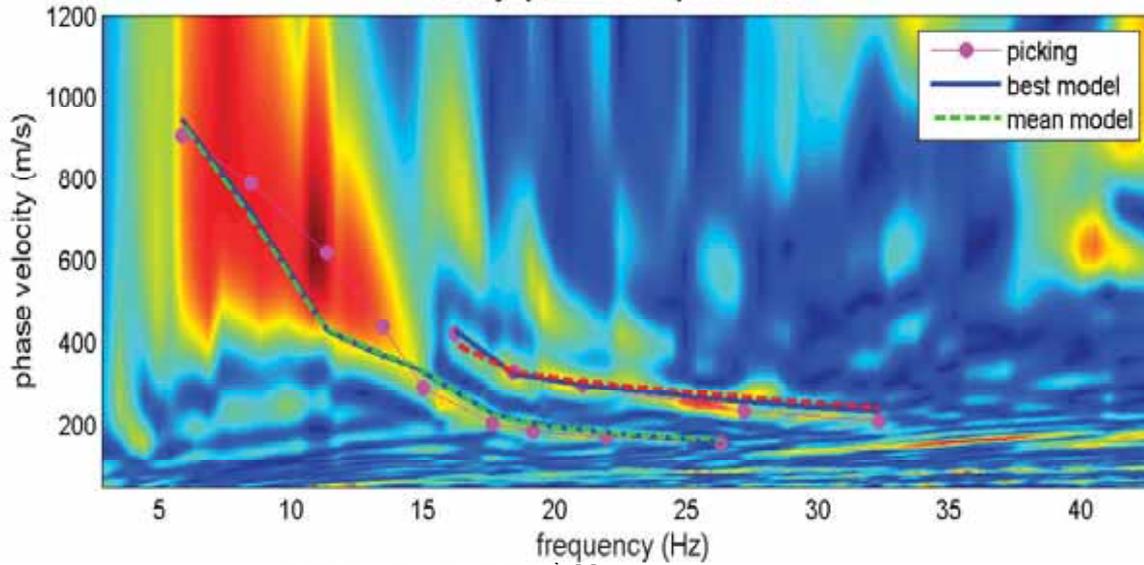
Scala 1:500



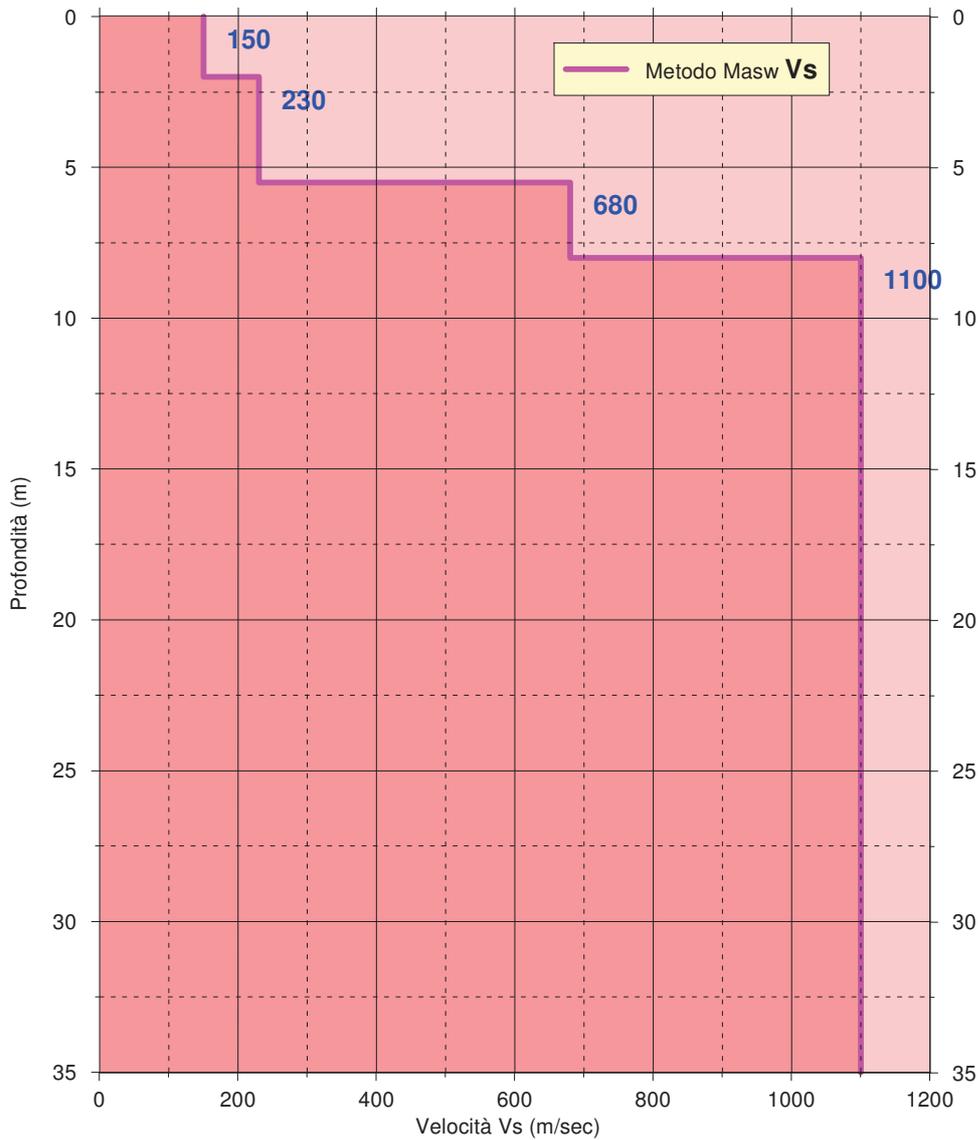
Fig.5b

SPETTRO VELOCITA' DI FASE - FREQUENZA CON CURVA DISPERSIONE

velocity spectrum & dispersion curve



PROFILO VELOCITÀ Vs

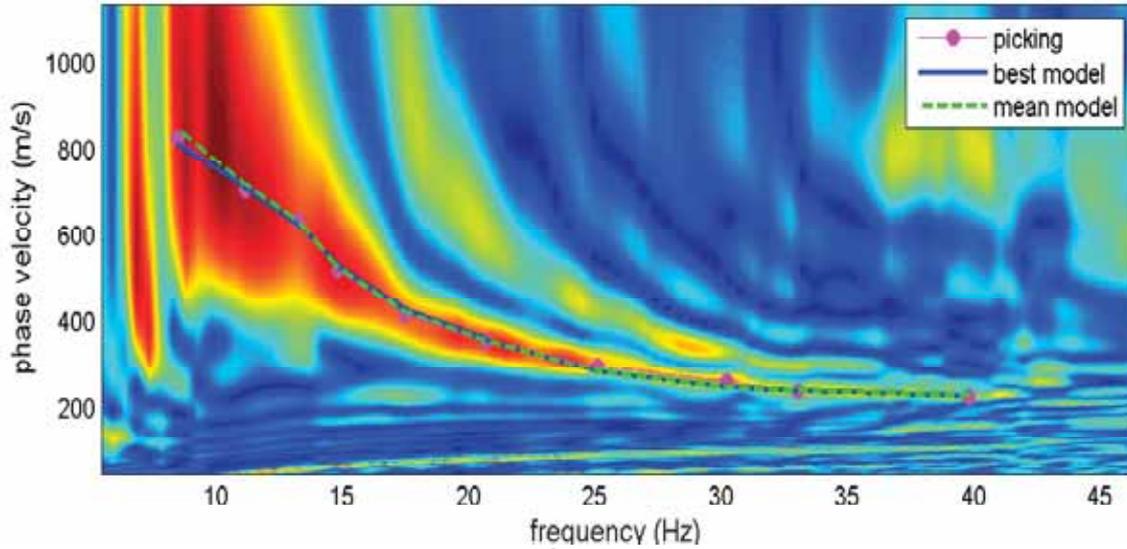


Vs30 dal p.c = 560

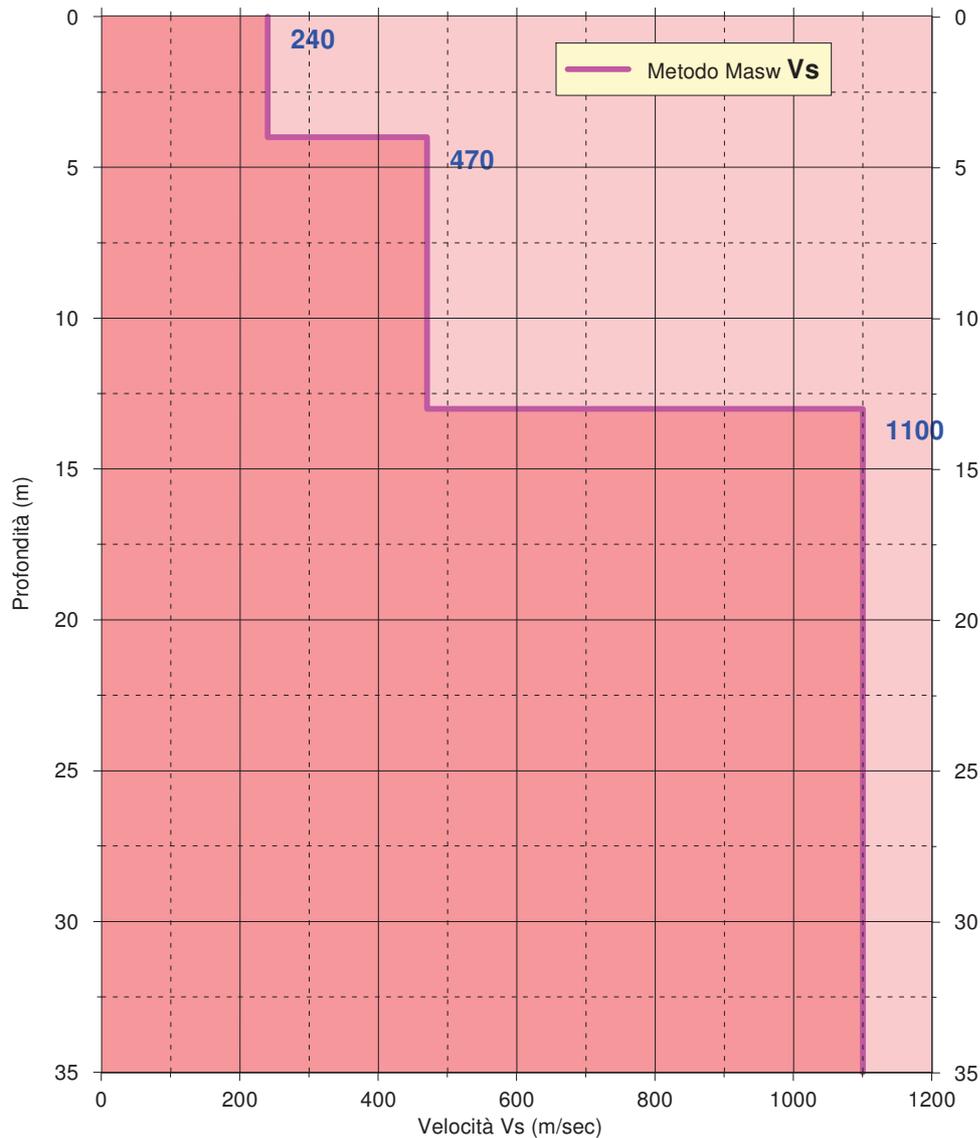
SUOLO DI FONDAZIONE TIPO "E"

Fig.6a

SPETTRO VELOCITA' DI FASE - FREQUENZA CON CURVA DISPERSIONE
velocity spectrum & dispersion curve



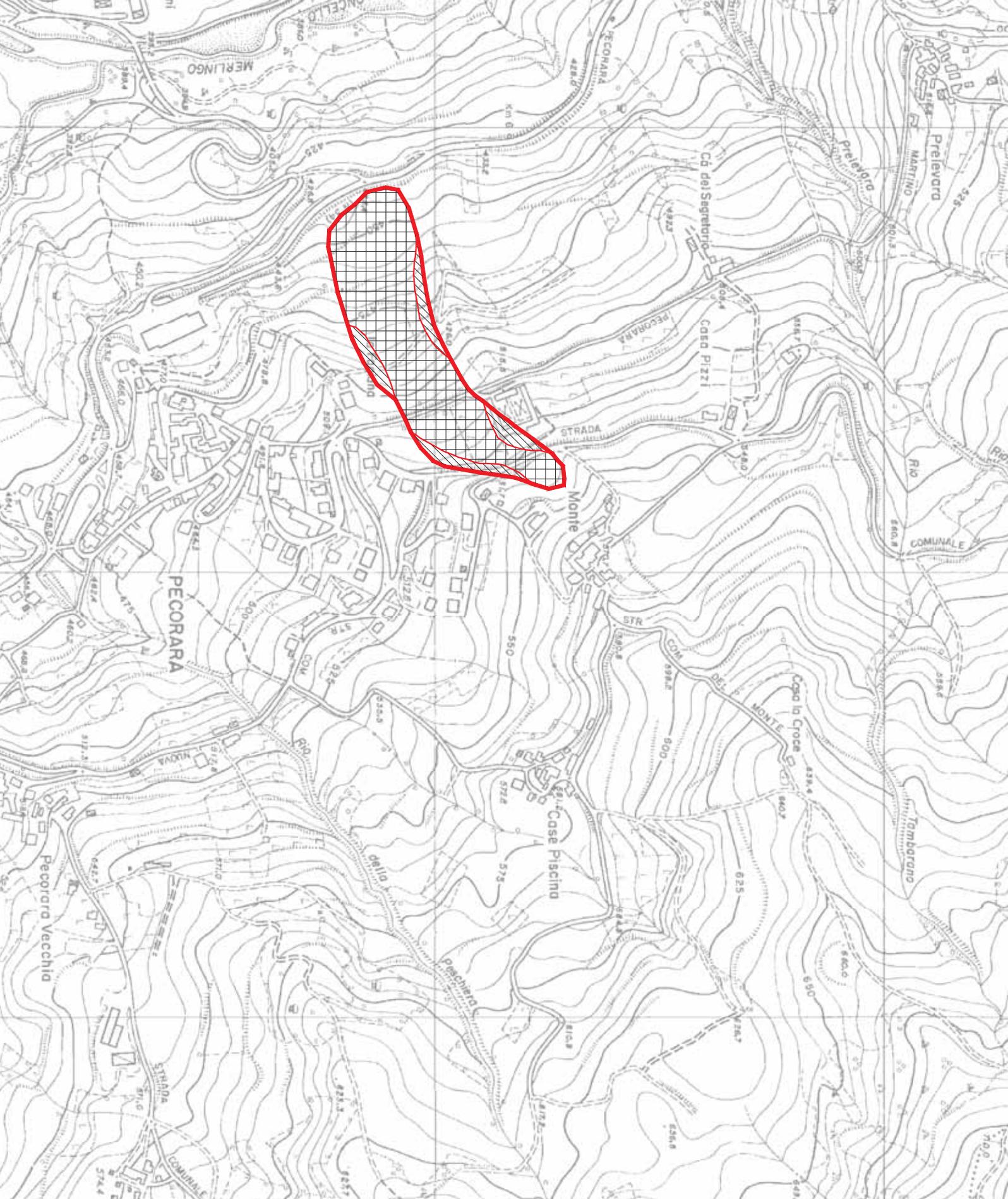
PROFILO VELOCITÀ Vs



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

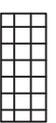
TI

CARTA DEL "RIS

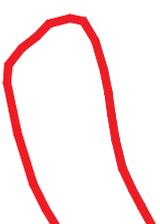
CLASSI DI RISCHIO



Classe 2 - Rischio



Classe 4- Rischio



AREA DI S

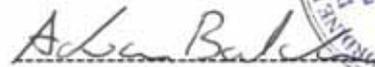
Comune di Pecorara (PC)



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



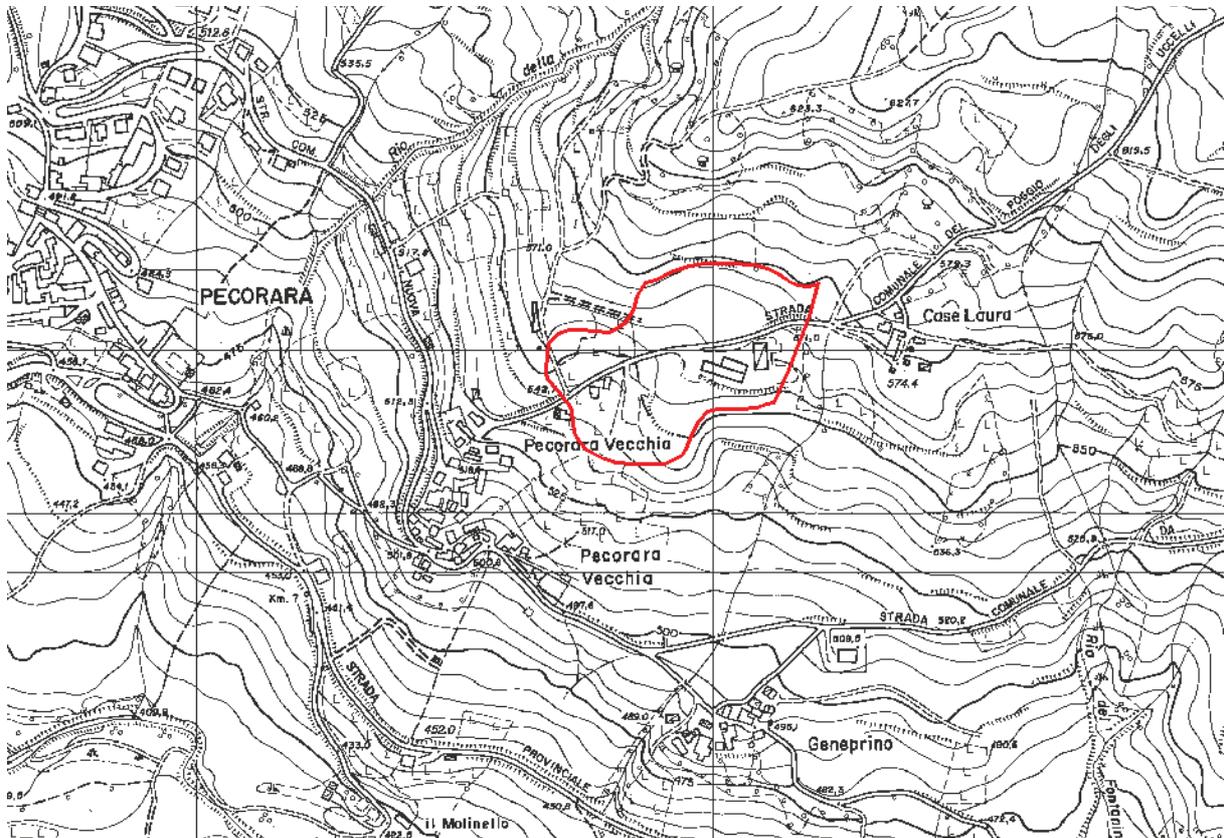
Trevozzo V.T. 22/01/2016

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 <i>Cenni metodologici</i>	9
5.1.2 <i>Modalità esecutive</i>	10
5.1.3 <i>Strumentazione utilizzata</i>	10
5.1.4 <i>Elaborazione</i>	11
5.1.5 <i>Analisi dei risultati</i>	11
5.2 PROVE PER LA DETERMINAZIONE DEL PROFILO DI VELOCITA' DELLE ONDE SISMICHE "S"	12
5.2.1 <i>Cenni metodologici</i>	12
5.2.2 <i>Modalità esecutive</i>	13
5.2.3 <i>Commento dei risultati</i>	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 <i>Analisi di stabilità in condizioni pseudostatiche</i>	20
7.6.2 <i>Analisi di stabilità dinamica (Metodo di NEWMARK)</i>	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.



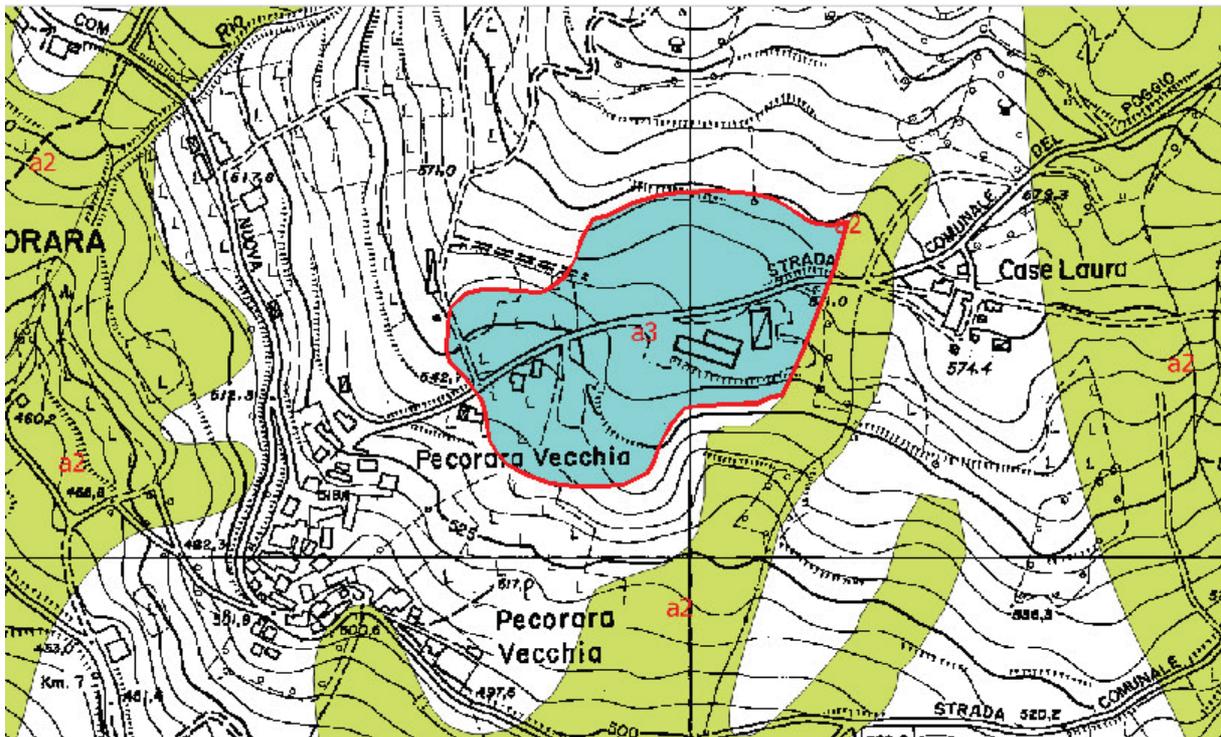
Inquadramento territoriale da CTR

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"**.

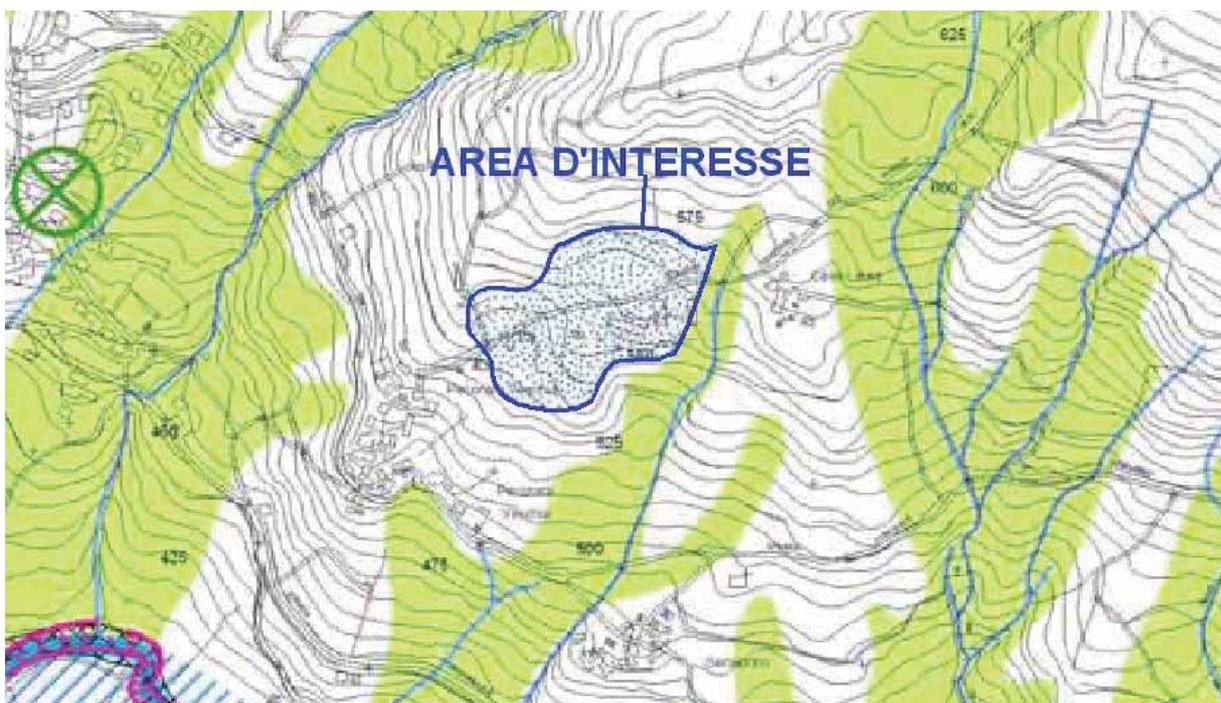
Le norme del PTCP per i dissesti potenziali (commi 8 e 12 dell'art. 31), consentono (compatibilmente con il grado di "rischio" accertato mediante opportuni approfondimenti geologici), di realizzare interventi edilizi (ampliamenti, nuove costruzioni ecc.), altrimenti non consentiti nelle aree collocate 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.

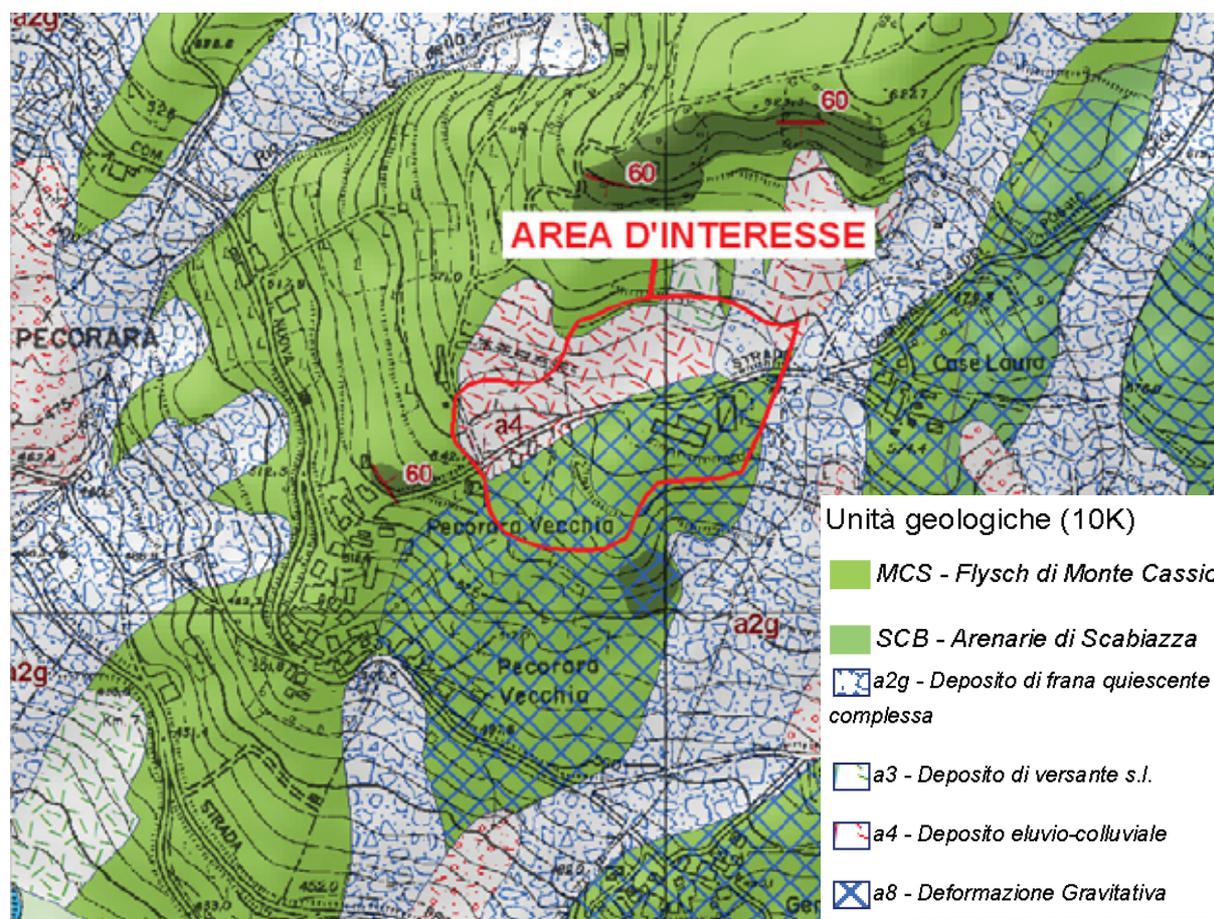
L'indagine geologico-sismica, conforme a quanto previsto dalla delibera del 2 Maggio 2007, n.112 (e successive integrazioni), in materia antisismica, ha compreso le seguenti fasi di studio:

- 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. I 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.

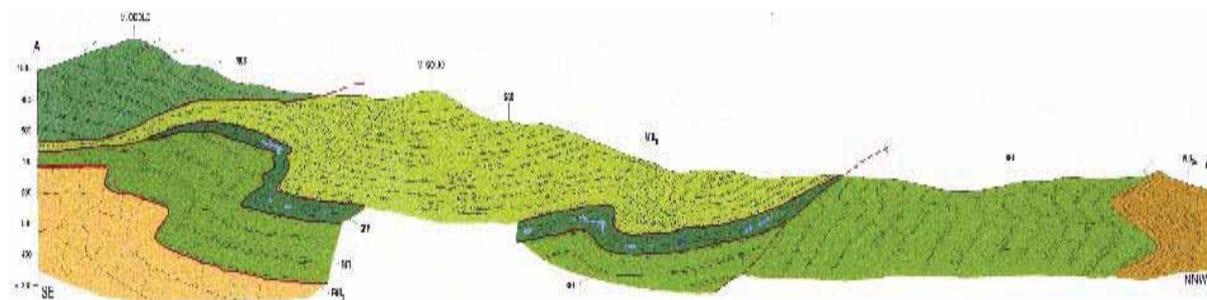


Estratto della Carta Geologica Regionale

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 breccie 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. I NQUADRAMENTO I DROLOGICO E I DROGEOLOGICO

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.

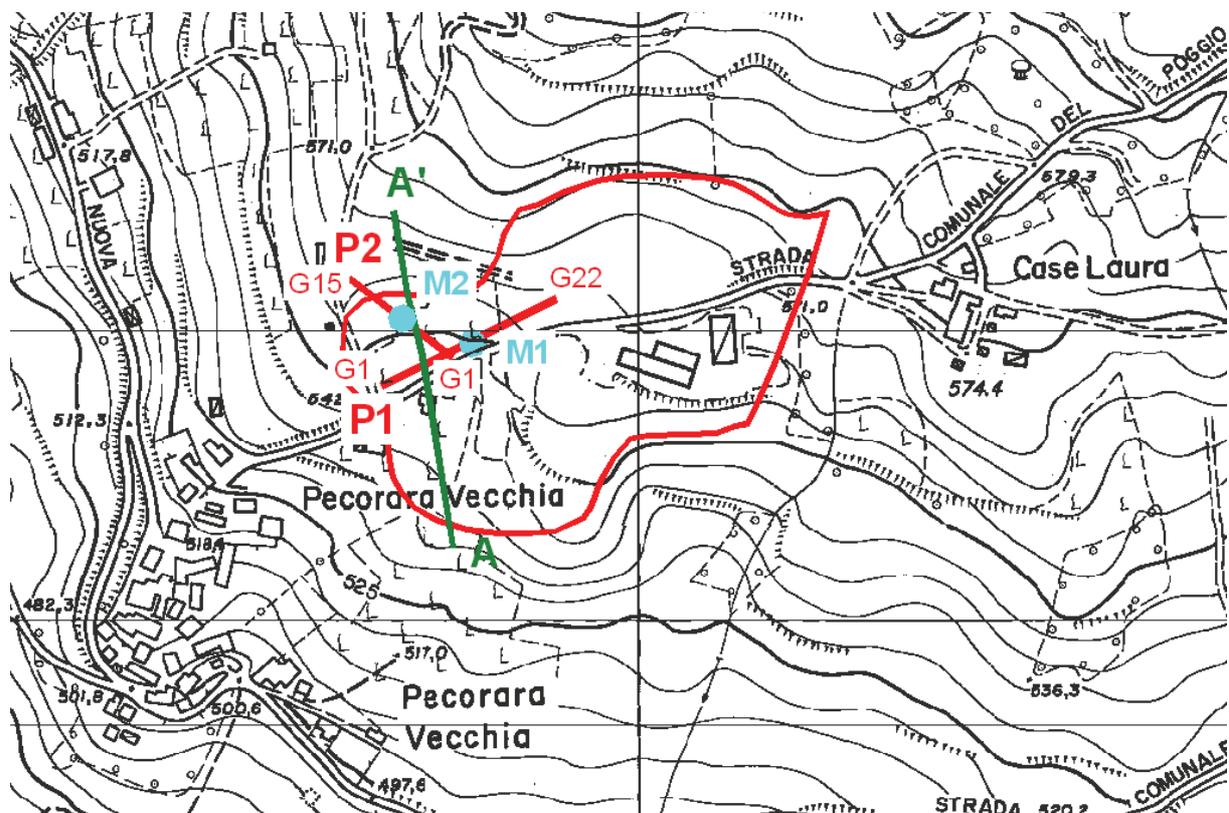
Il drenaggio delle acque è favorito sia dall'assetto morfologico dell'area, che non presenta contropendenze significative, che dall'intensa fatturazione del substrato roccioso che determina una veloce infiltrazione delle acque meteoriche.

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 spazati 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'attrezzatura utilizzata è composta da:

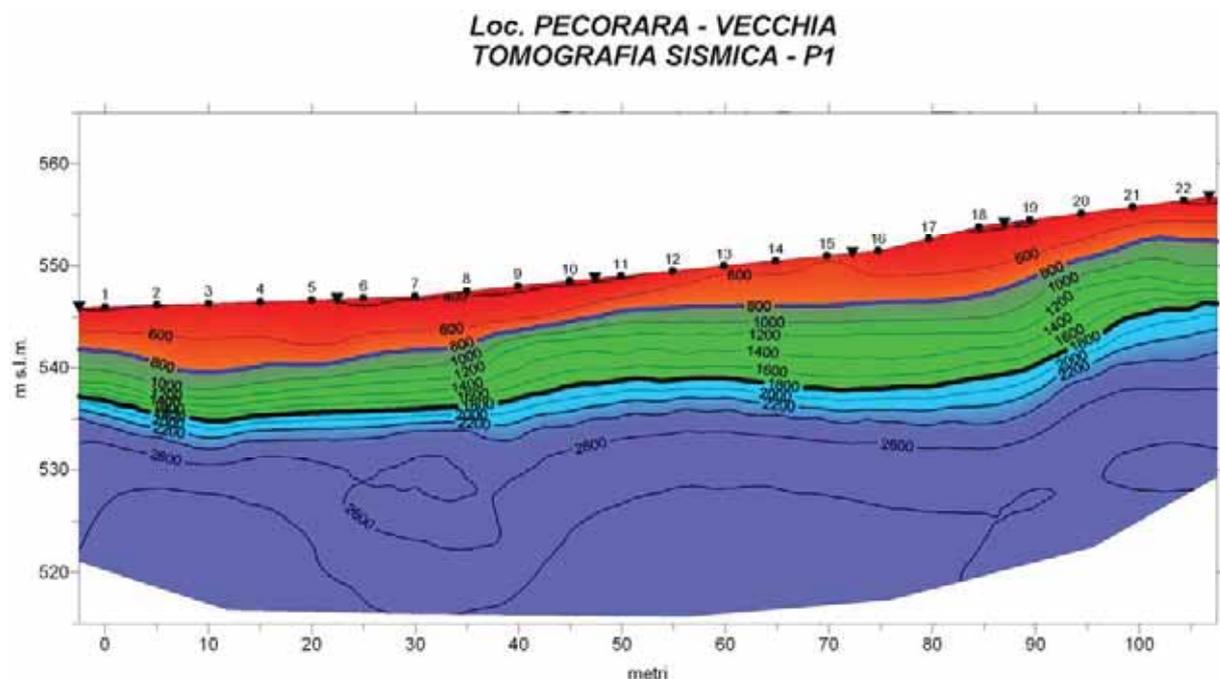
- Sismografo modulare Geode 3-1000+ canali,
- Massa battente da 10 Kg,
- Piastra di battuta in alluminio 15x15x2,5cm,
- Batteria ricaricabile 12 V,

- 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 verticali, 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 evidenzia 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 VELOCITÀ DELLE ONDE SISMICHE "S"

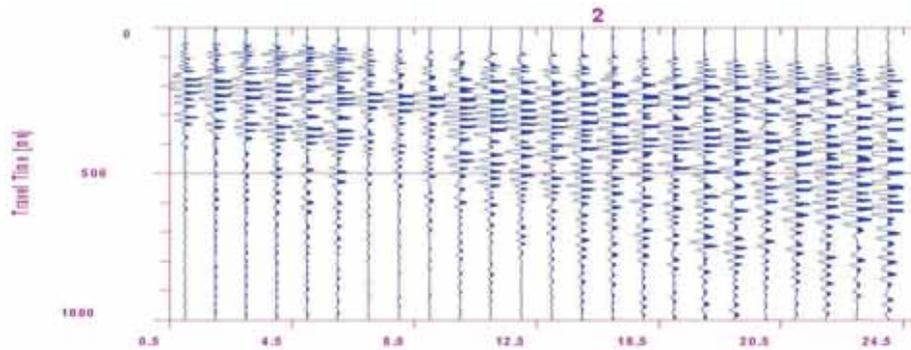
Per la determinazione del profilo di velocità delle onde "S" e della categoria del suolo di fondazione è stato utilizzato il metodo "Masw". I profili "Masw" sono stati realizzati in corrispondenza dei 2 stendimenti sismico-tomografici.

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 avvalorata 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

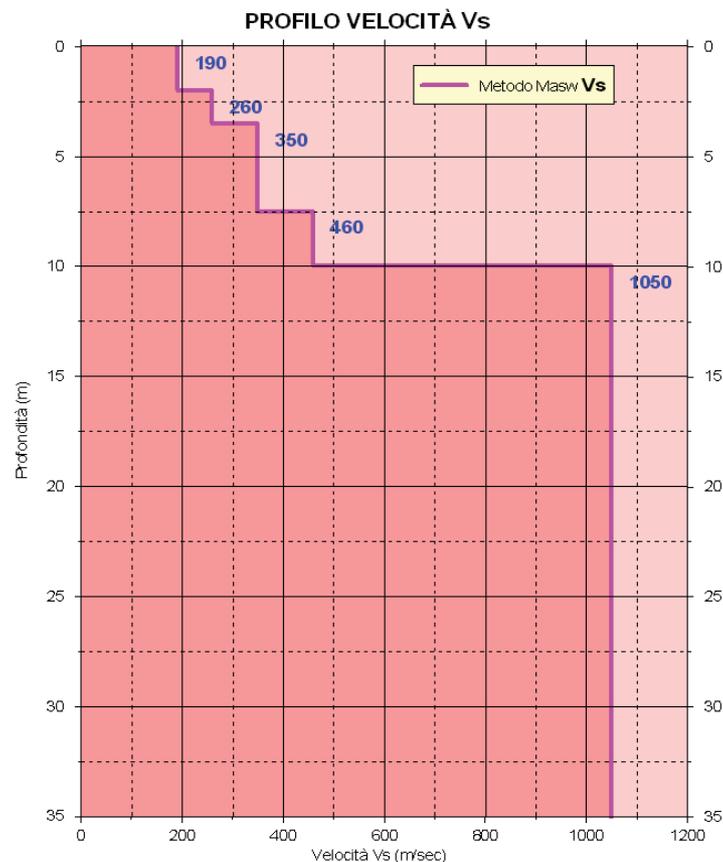
Sono stati realizzati 2 stendimenti di 15/22 geofoni, con distanza intergeofonica di 5 m. La lunghezza delle registrazioni è stata di 1 sec, con un passo di campionamento di 0.25 ms.



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 ($V_s < 300$ 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	$\gamma = 1.80$ t/ mc $\gamma = 1.95$ t/ mc $\phi = 22^\circ$ $\phi = 20^\circ$ $C = 0.06$ 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	$\gamma = 1.90$ t/ mc $\gamma = 2.05$ t/ mc $\phi = 26^\circ$ $\phi = 24^\circ$ $C = 0.08$ Kg/ cmq
Livello C	Litologia: substrato roccioso compatto	
Oltre -9/-10 m	Peso di volume Angolo di attrito	$\gamma = 2.25$ t/ mc $\phi = 45^\circ$

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 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 $\leq 15^\circ$ 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;

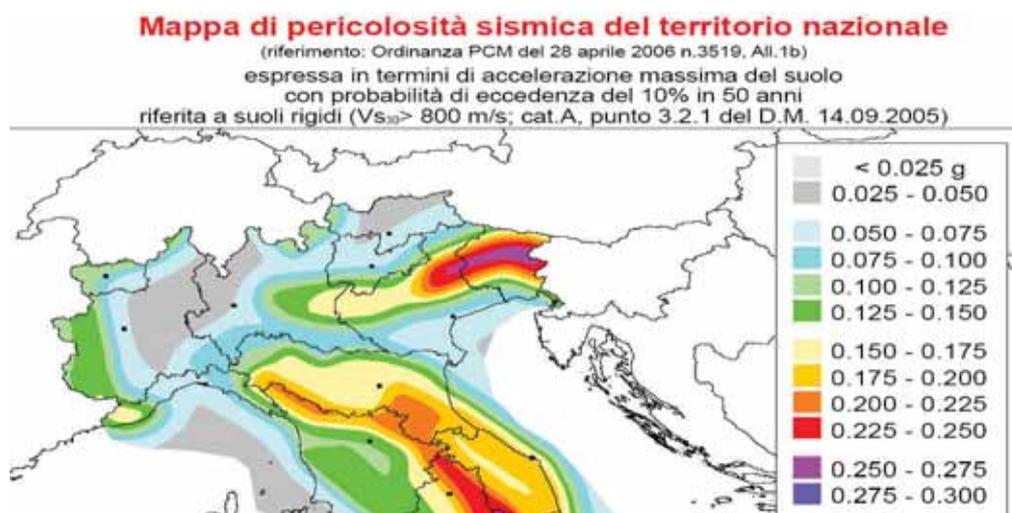
b) un'analisi più approfondita (terzo livello di approfondimento) è invece richiesta nei seguenti casi (vedere Allegato A1):

- 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 simogenetica 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.



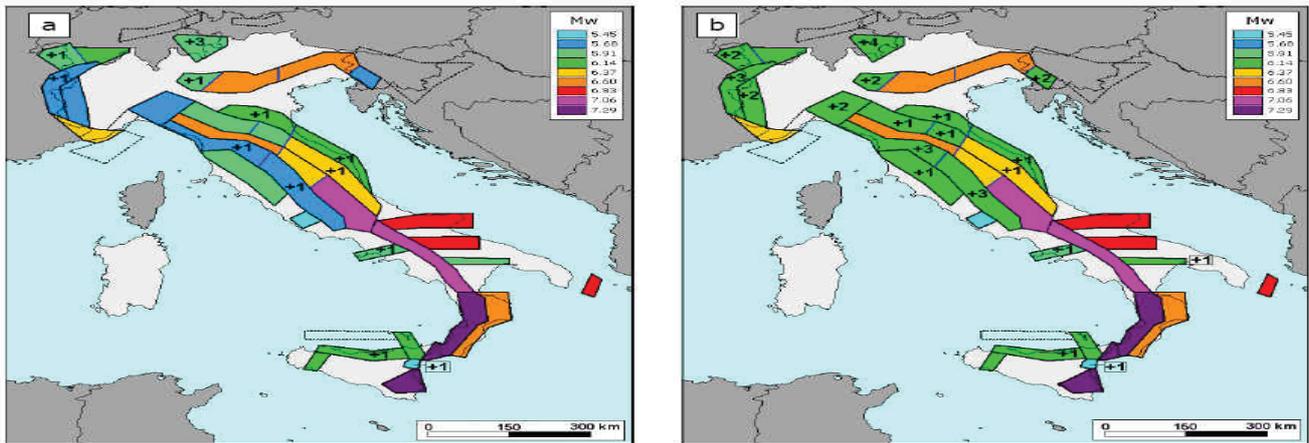


Figura 36. Valori di Mw_{max} corrispondenti ai due insiemi: a) "osservati" (Mw_{max1}); b) "cautelativi" (Mw_{max2}).

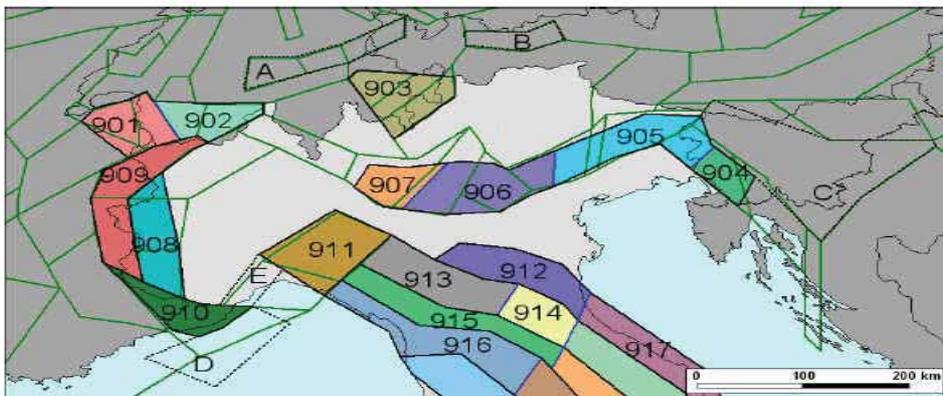


Figura 10. Zonazione sismogenetica ZS9 a confronto con la zonazione del progetto SESAME nell'area alpina (Jiménez et al., 2001; linee di colore verde).

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 a_g 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 $V_s \geq 800$ m/s si devono usare le seguenti tabelle

F.A. P.G.A.

V_{sH} 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 - $0.1s < T_0 < 0.5s$

V_{sH} 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 - $0.5s < T_0 < 1.0s$

V_{sH} 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 V_s sono riassunti nella 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 ($V_s > 800$ m/s) prevista per il Comune di Pecorara è di 0.099g.

7.5 SPETTRO DI RI SPOSTA (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 a_{refg} 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 $a_{refg}=0.098$ per il comune di Pecorara e il fattore di amplificazione (1.8), è stato calcolato lo spettro di risposta del sito d'interesse.

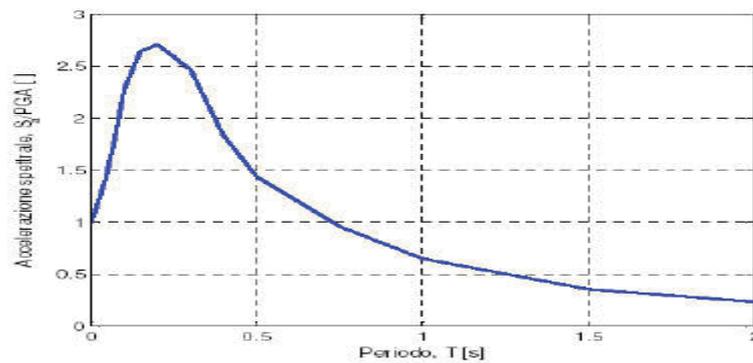
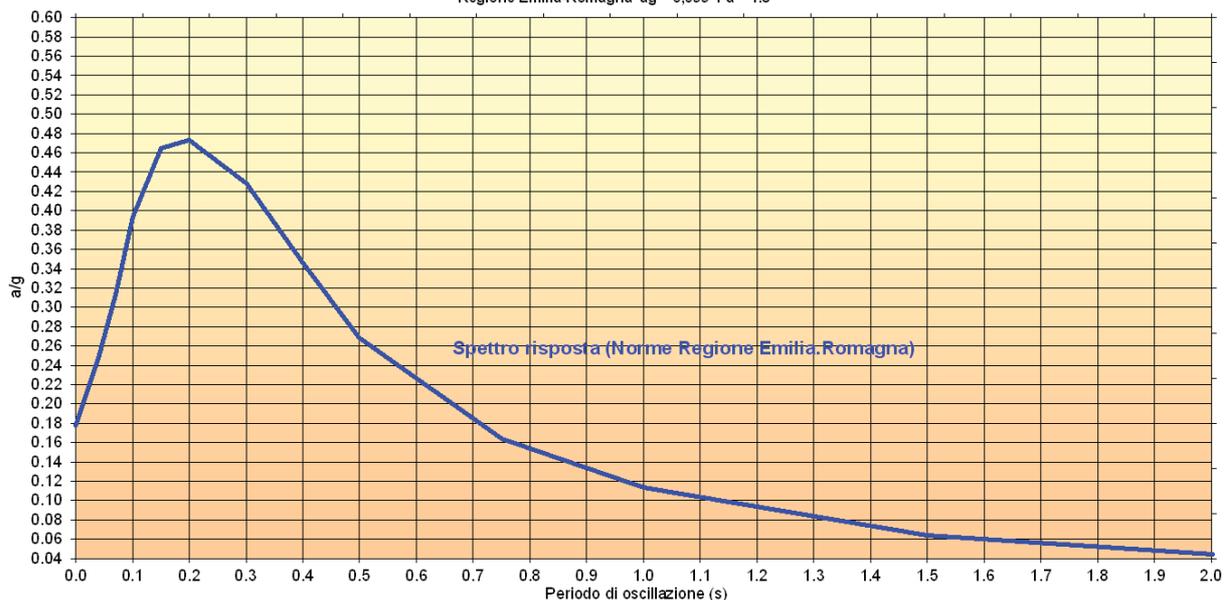


Figura 1 - Spettro di risposta normalizzato ($T_R = 475$ anni, smorzamento = 5%) per l'Emilia-Romagna

Loc. PECORARA VECCHIA

SPETTRO DI RISPOSTA ELASTICO COMPONENTE ORIZZONTALE
Regione Emilia-Romagna $a_g = 0,099$ $F_a = 1.8$



Spettro di risposta 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/m ³)	Peso saturo (Kg/m ³)	Coesione (kg/cm ²)	Coesione non drenata (kg/cm ²)	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

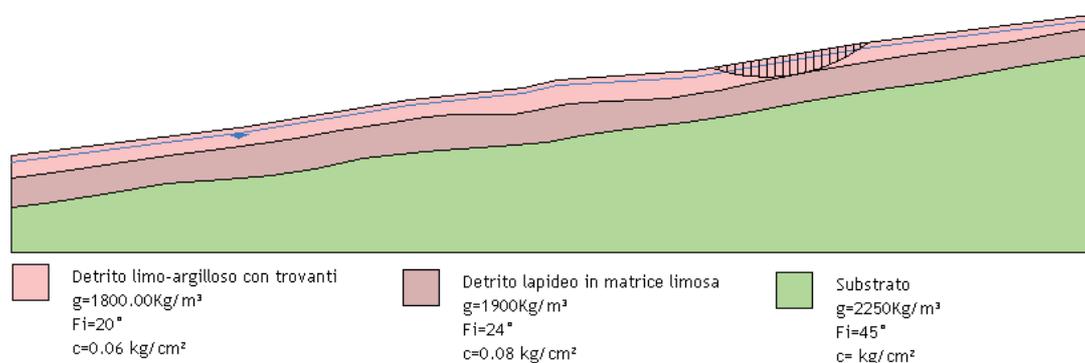
Modello geologico-geotecnico dell'area

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 a_g di 0.099×1.8 (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.

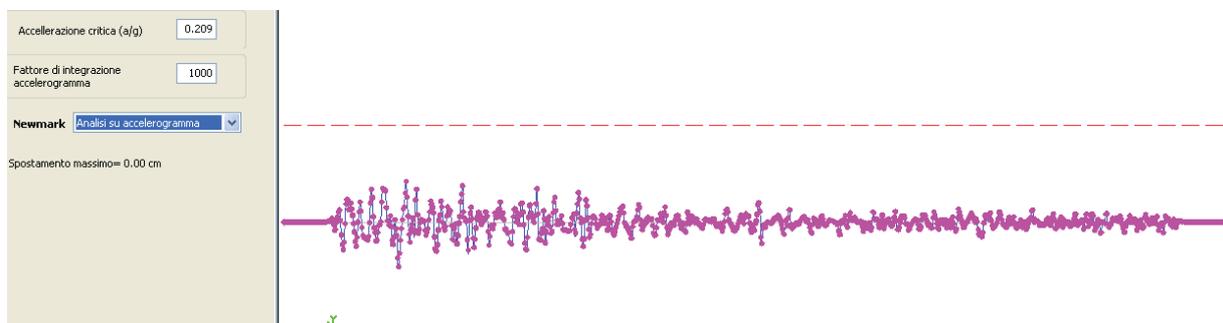


Verifica di stabilità del versante

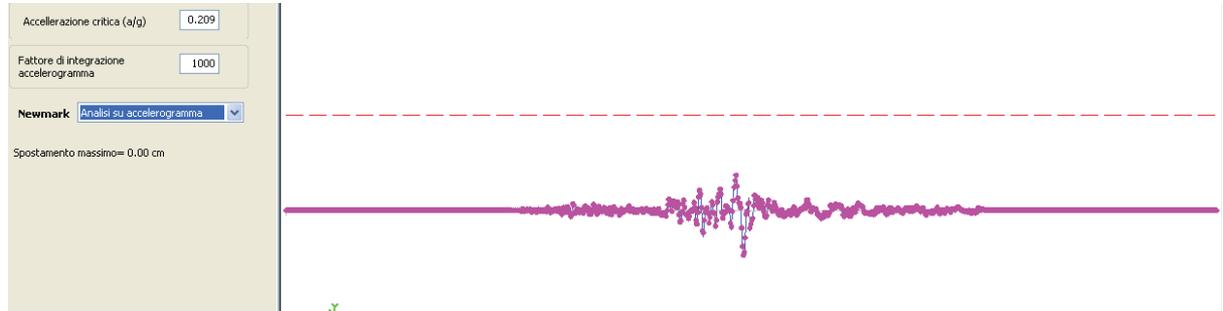
7.6.2 Analisi di stabilità dinamica (Metodo di NEWMARK)

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.

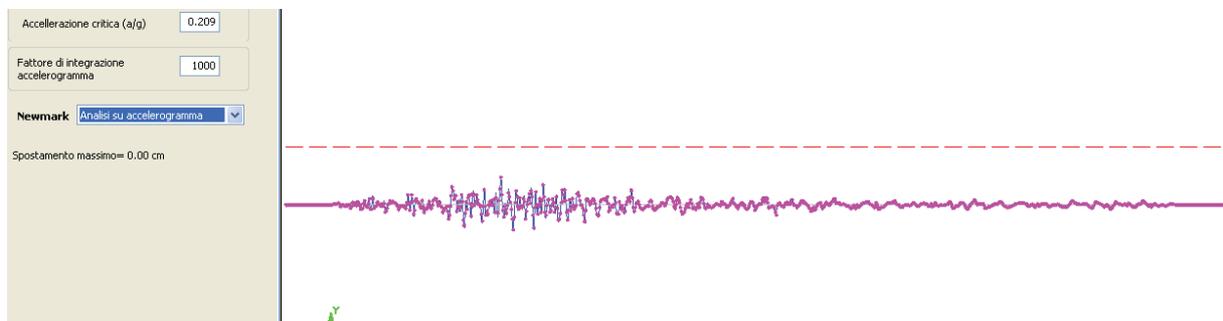
Le verifiche effettuate, con spostamenti nulli, confermano le condizioni di stabilità dell'area anche in condizioni sismiche dinamiche. Di seguito si riportano i risultati delle 3 analisi dinamiche relative ai 3 sismogrammi considerati; nei grafici il valore soglia dell'accelerazione in grado di produrre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



Accelerogramma 00046xa_033031Pecorara.txt



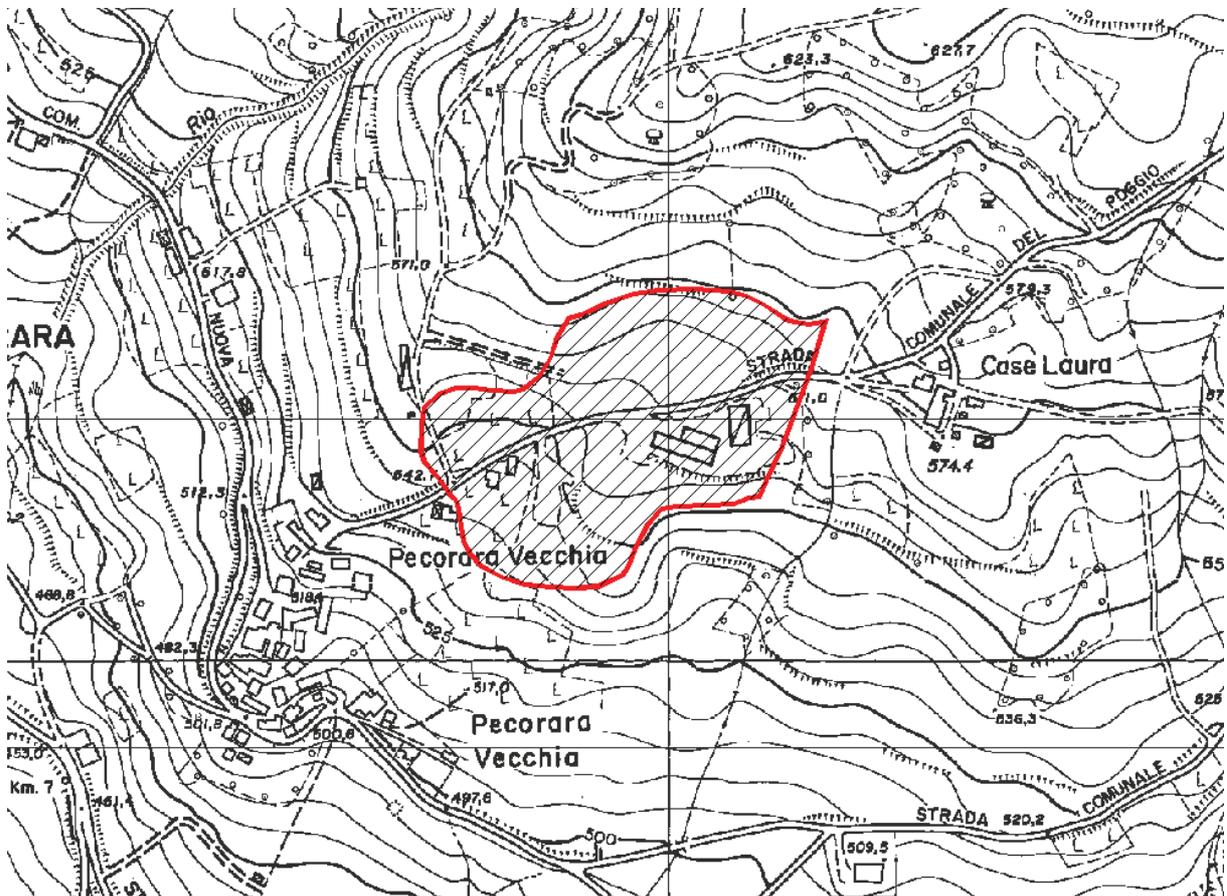
Accelerogramma 000126xa_033031Pecorara.txt



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 geni 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 (DI SSESTI 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 ampliamenti 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

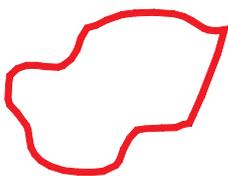
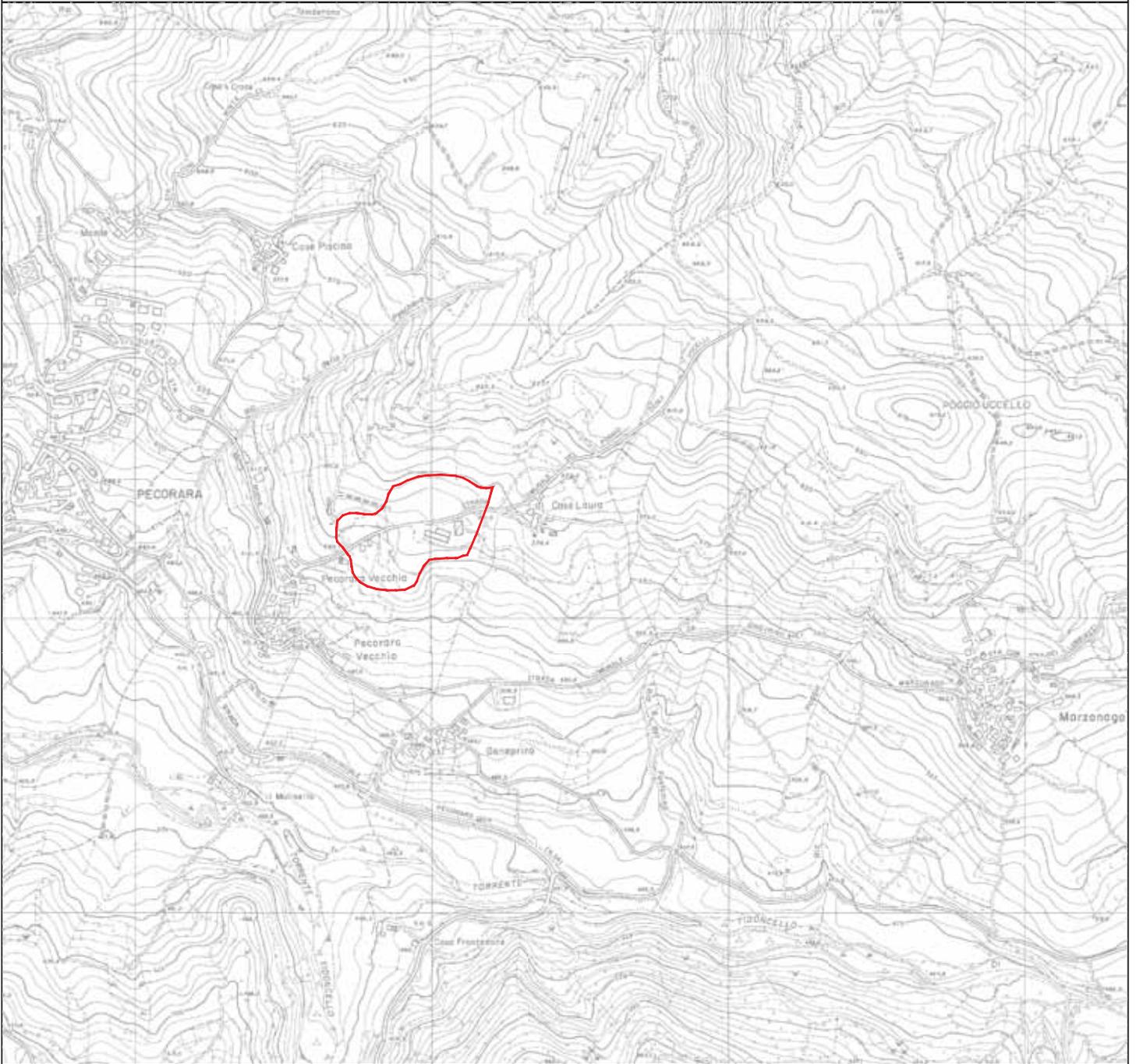
Dott. Alberto Lepori



ALLEGATI

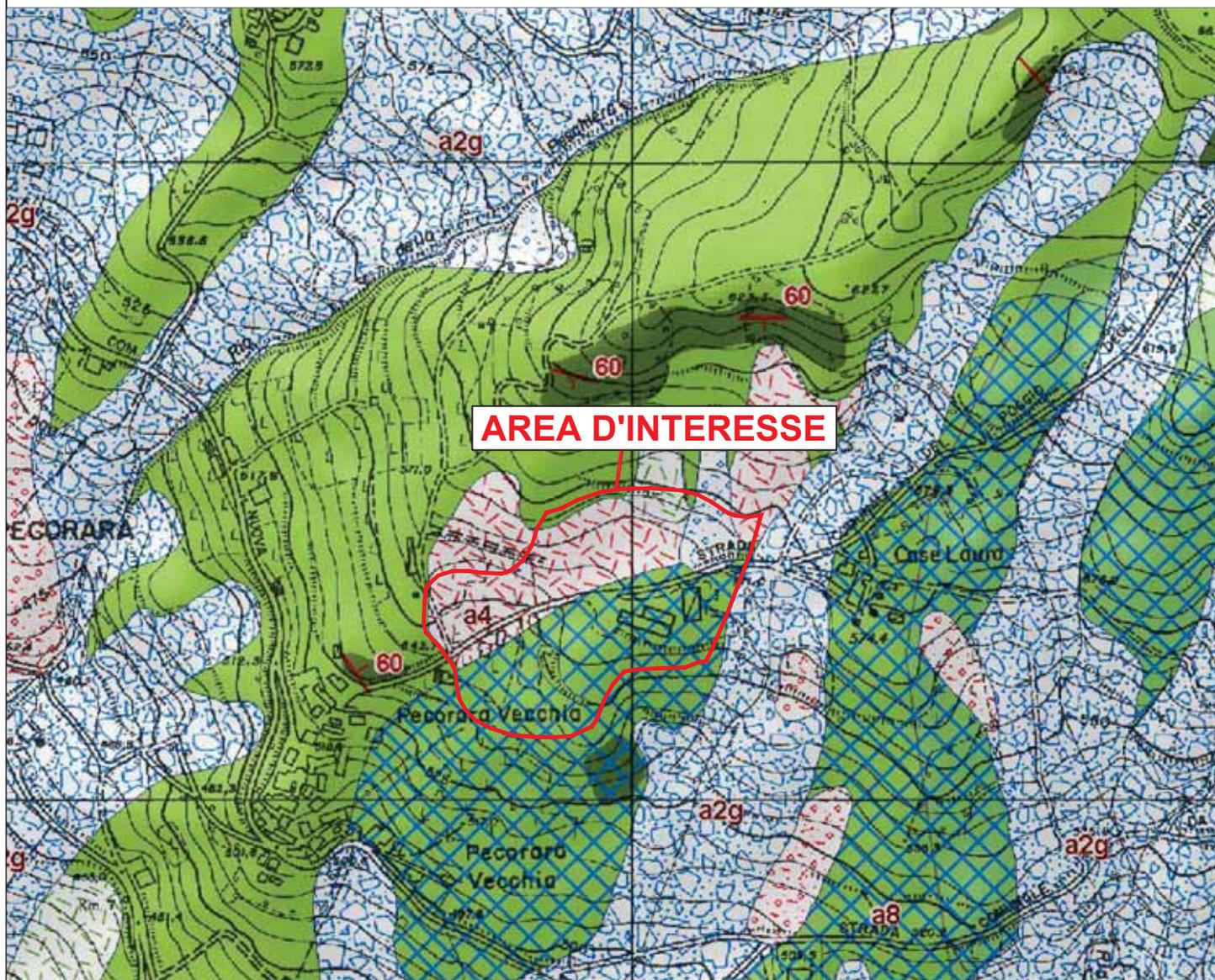
INQUADRAMENTO TERRITORIALE

Scala 1:10000



Area considerata

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

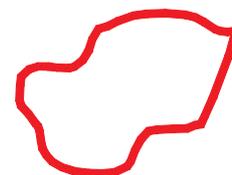
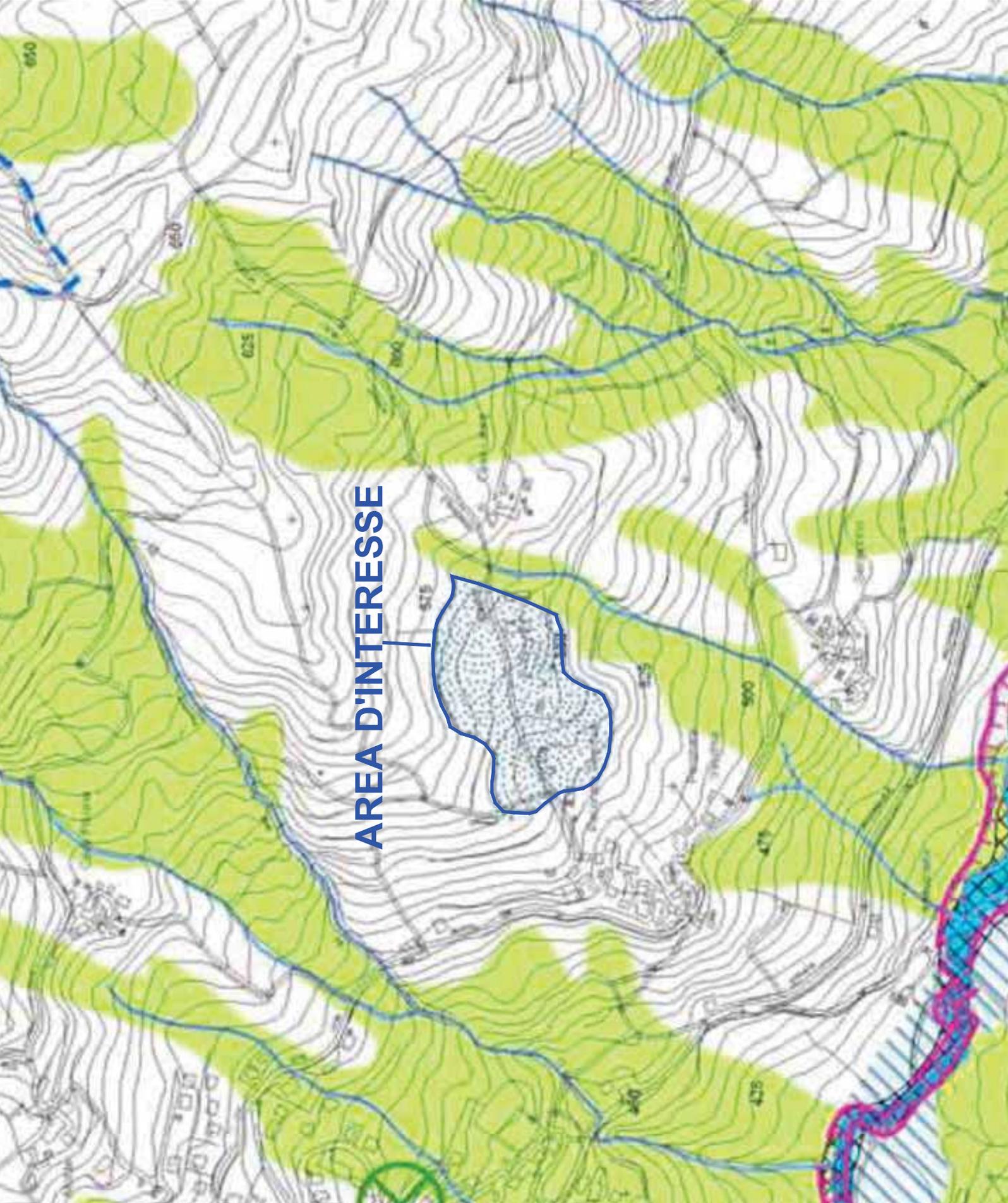


Fig.2

Studio geologico
di un'area localizzata
in loco. Peculiarità
"Classificazione del rischio
potenziale - de

TI

CARTA DE Estratt



AREA D'INTERESSE

Elementi morfologici



Area di frana attiva:
Accumulo gravitativo carico di materiali ed
con instabilità in atto.

Area di frana quiescente:
Accumulo gravitativo carico di materiali ed
attualmente quiescenti o stabilizzati.

Area di frana spazzata o retta:
Movimenti gravitativi quiescenti di cui non
presentano con profili regolari, vegetazione

Depositi alluvionali attuali:



**Chiusa scorie eterogenee od eterometriche, a matrice
Alveo di magra del torrente**

Depositi alluvionali in evoluzione che le
vegetazione e corrispondenti ad aree

**Depositi alluvionali terrazzati, re
Ghiese a matrice limoso-sabbiosa, spe
bruno-giallastro (2,5 Y 4/2 "Humid Sol
[Depositi alluvionali terrazzati e dispo
di parte eccezionali)
Classe Superiore**

**Depositi alluvionali terrazzati me
Ghiese a prevalente matrice limosa o li
di colore bruno-giallastro scuro o bruno
2,5 Y 5/2, 4/2 "Humid Sol Chert").
Classe medio-Superiore**

**Depositi alluvionali terrazzati are
Successioni di ghiese, sabbie e limi, del
di copertura a prevalente colore bruno
"Humid Sol Chert")
Ritrovare superiore" - Classe infer
Deposito eluvio-colluviale**

Studio geologico
di un'area localizzata
in loc. Pecorara
"Classificazione del rischio
potenziale - del
TI"

PLANIMETRIA

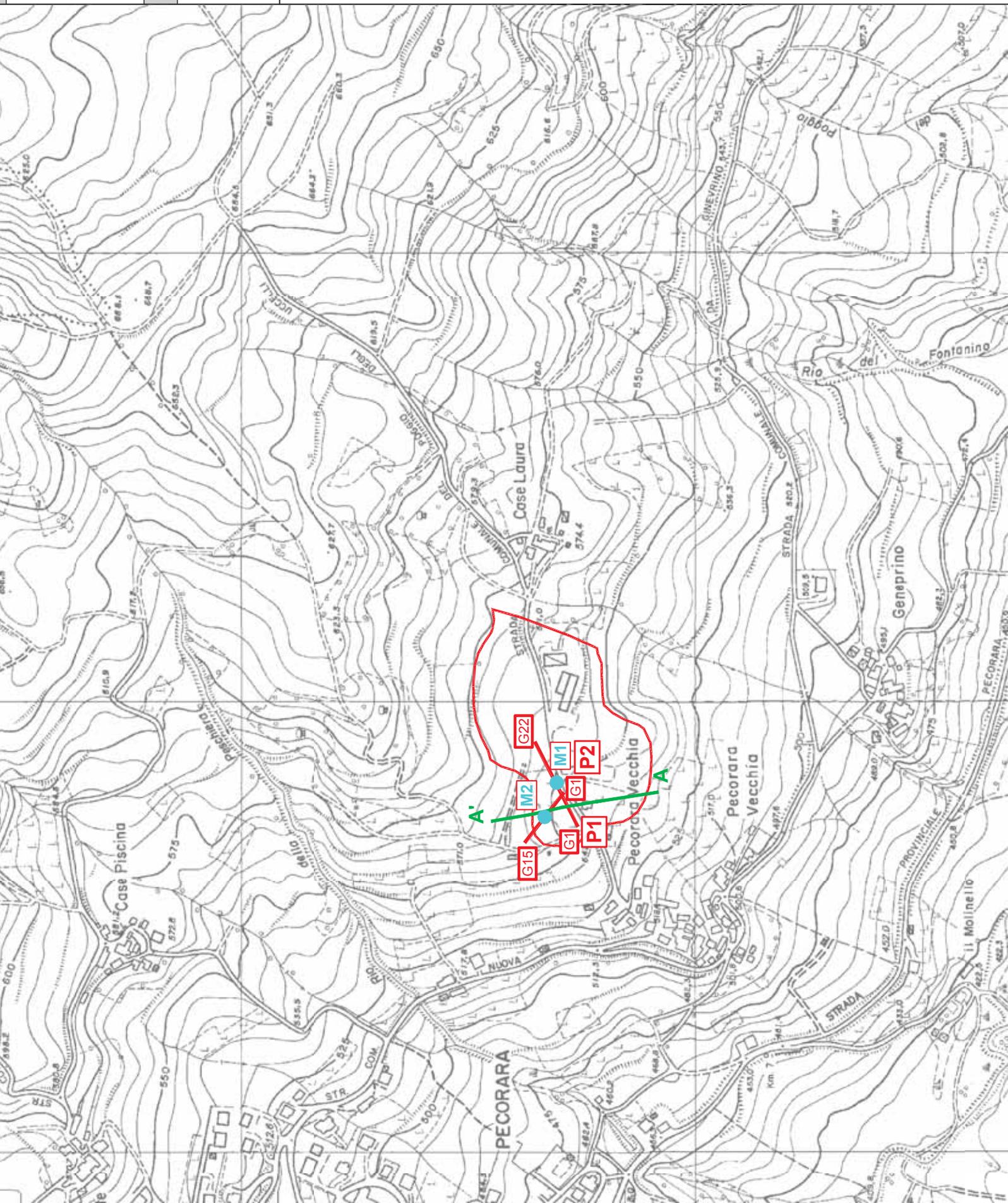
INDAGINI SISMICHE

Tracc
G1 P1-P2 G22

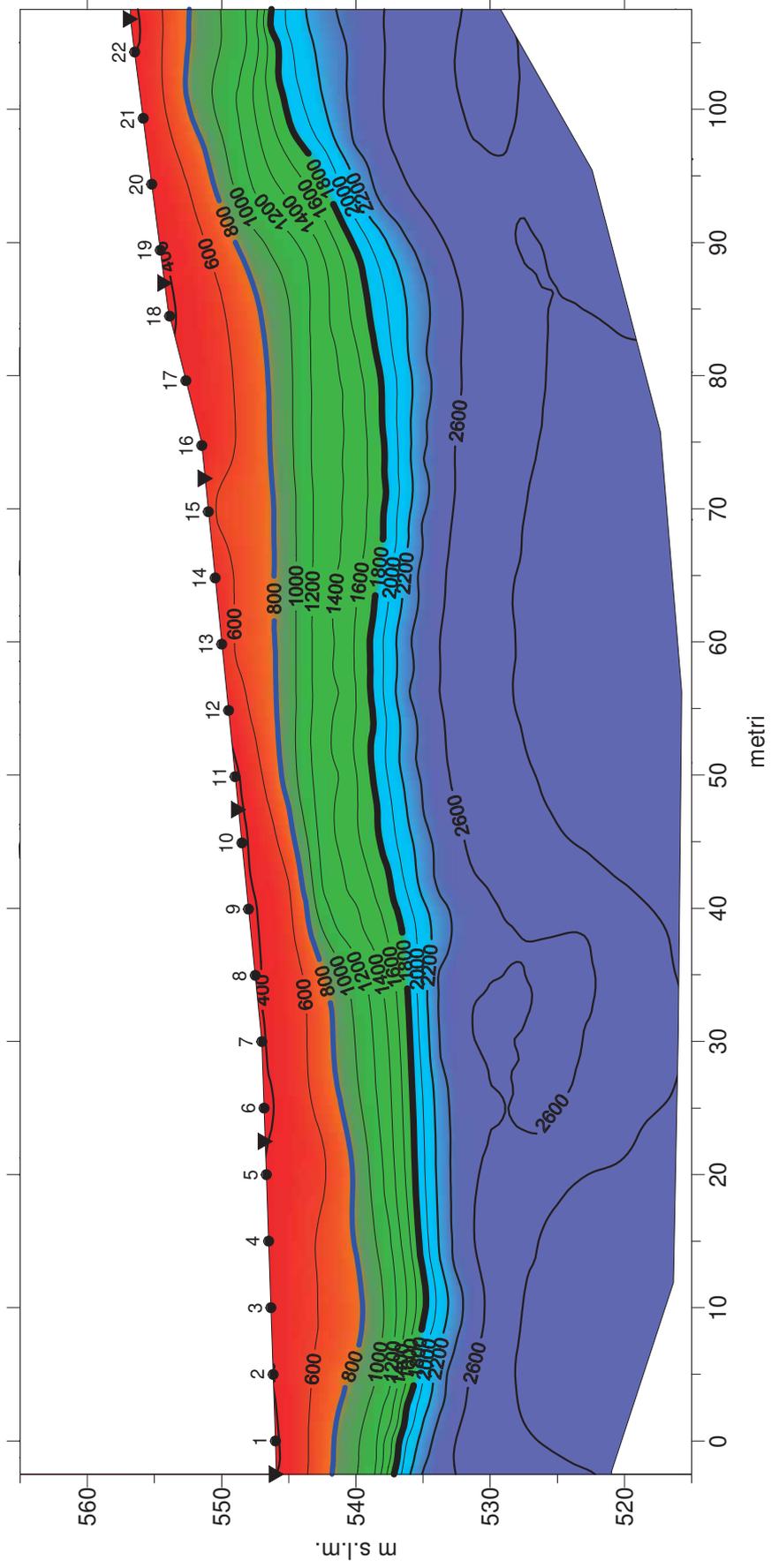
Prova
M1-M2

Tracc
A' A

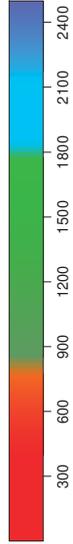
AREA DI



Loc. PECORARA - VECCHIA TOMOGRAFIA SISMICA - P1



Velocità sismiche m/sec



— Limite del materiale di copertura più allentato

— Passaggio al substrato più compatto

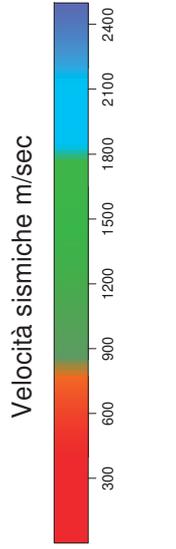
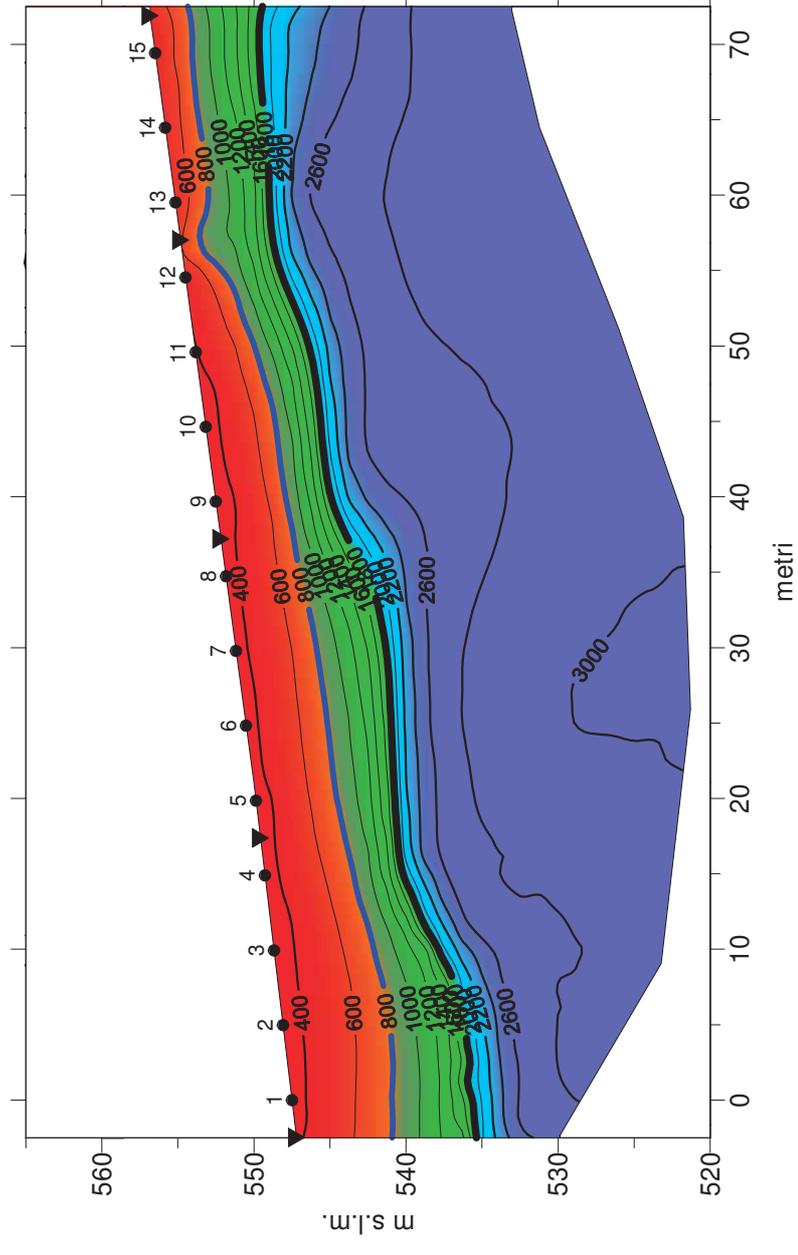
▼ Punti di energizzazione

● Punti di registrazione

Scala 1:500

Fig.5a

Loc. PECORARA - VECCHIA TOMOGRFIA SISMICA - P2

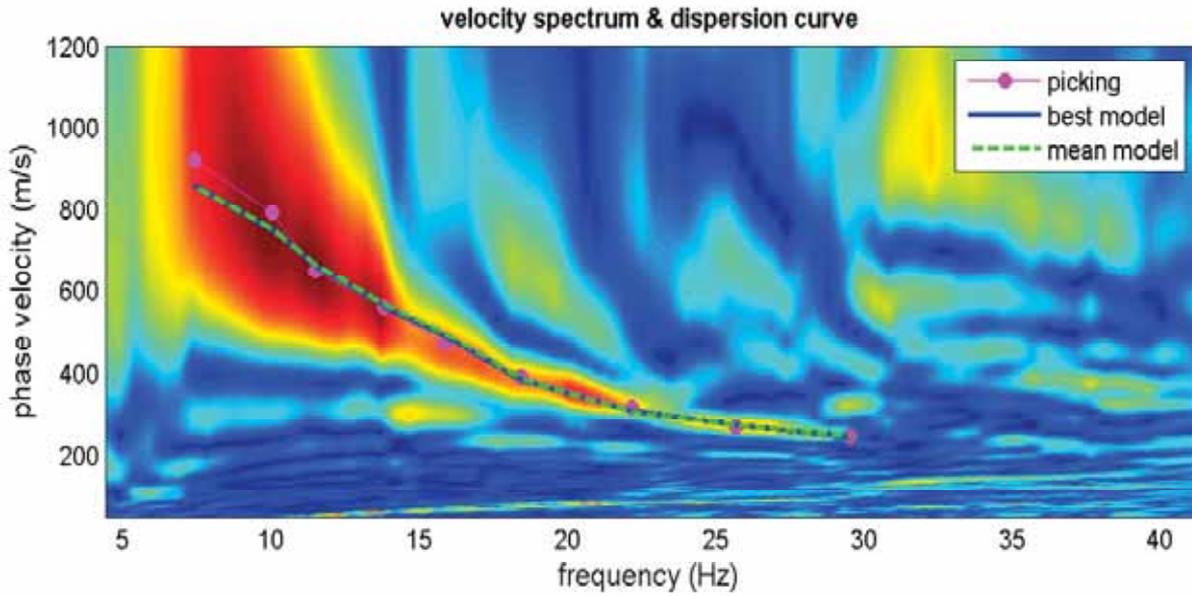


- Limite del materiale di copertura più allentato
- Passaggio al substrato più compatto
- ▼ Punti di energizzazione
- Punti di registrazione

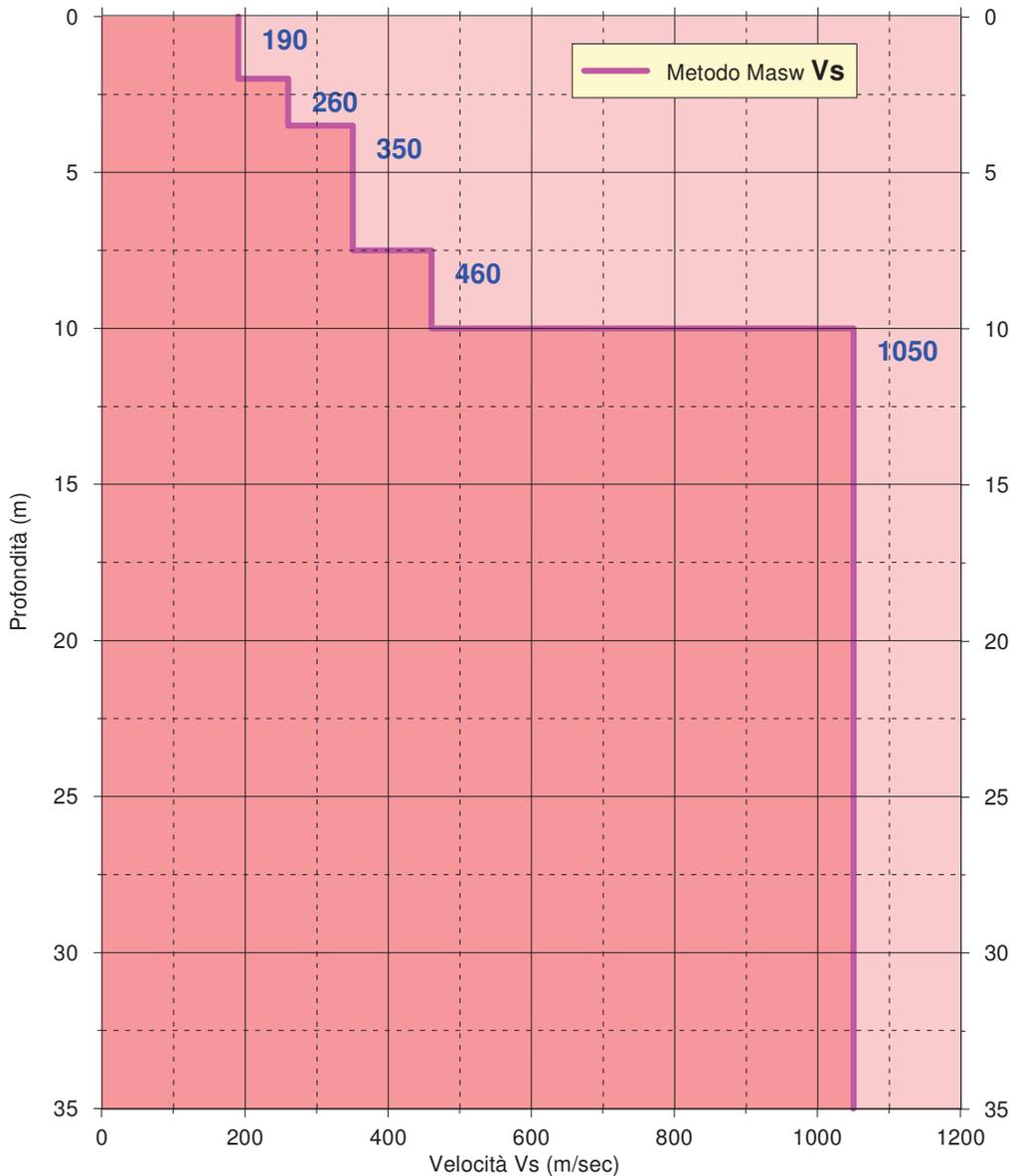
Scala 1:500

Fig.5b

SPETTRO VELOCITA' DI FASE - FREQUENZA CON CURVA DISPERSIONE



PROFILO VELOCITÀ Vs



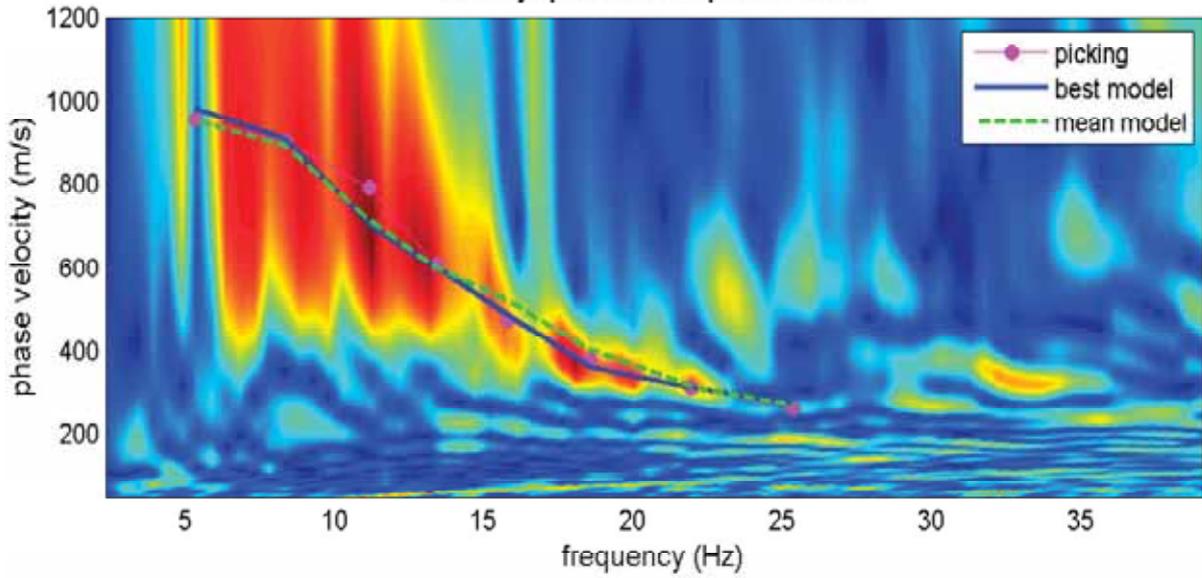
Vs30 dal p.c = 565

SUOLO DI FONDAZIONE TIPO "E"

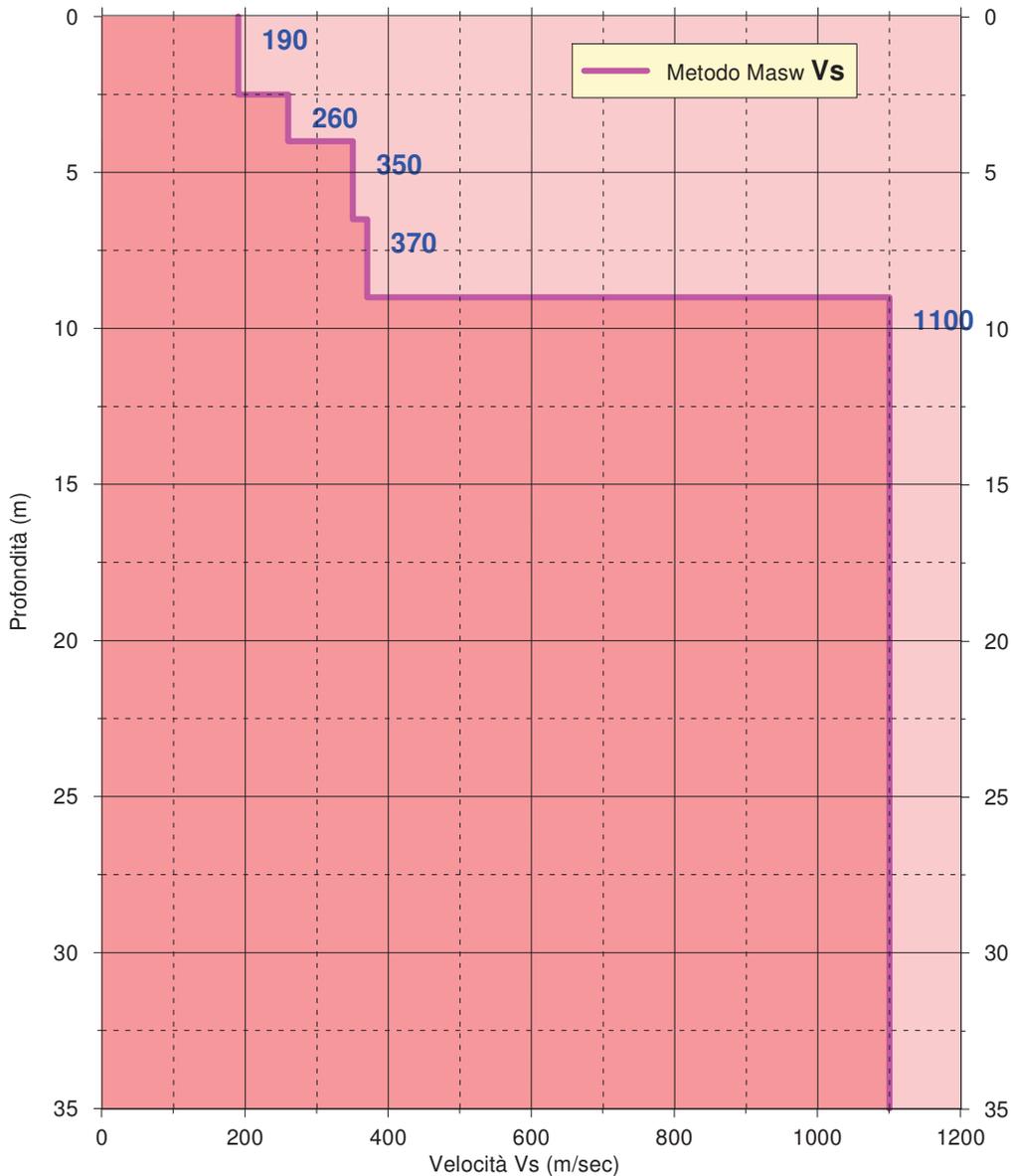
Fig.6a

SPETTRO VELOCITA' DI FASE - FREQUENZA CON CURVA DISPERSIONE

velocity spectrum & dispersion curve



PROFILO VELOCITÀ Vs



Vs30 dal p.c = 570

SUOLO DI FONDAZIONE TIPO "E"

Fig.6b

Studio geol
di un area localizzate
in loc. Pecor
"Classificazione del ris
potenziale - de

TI

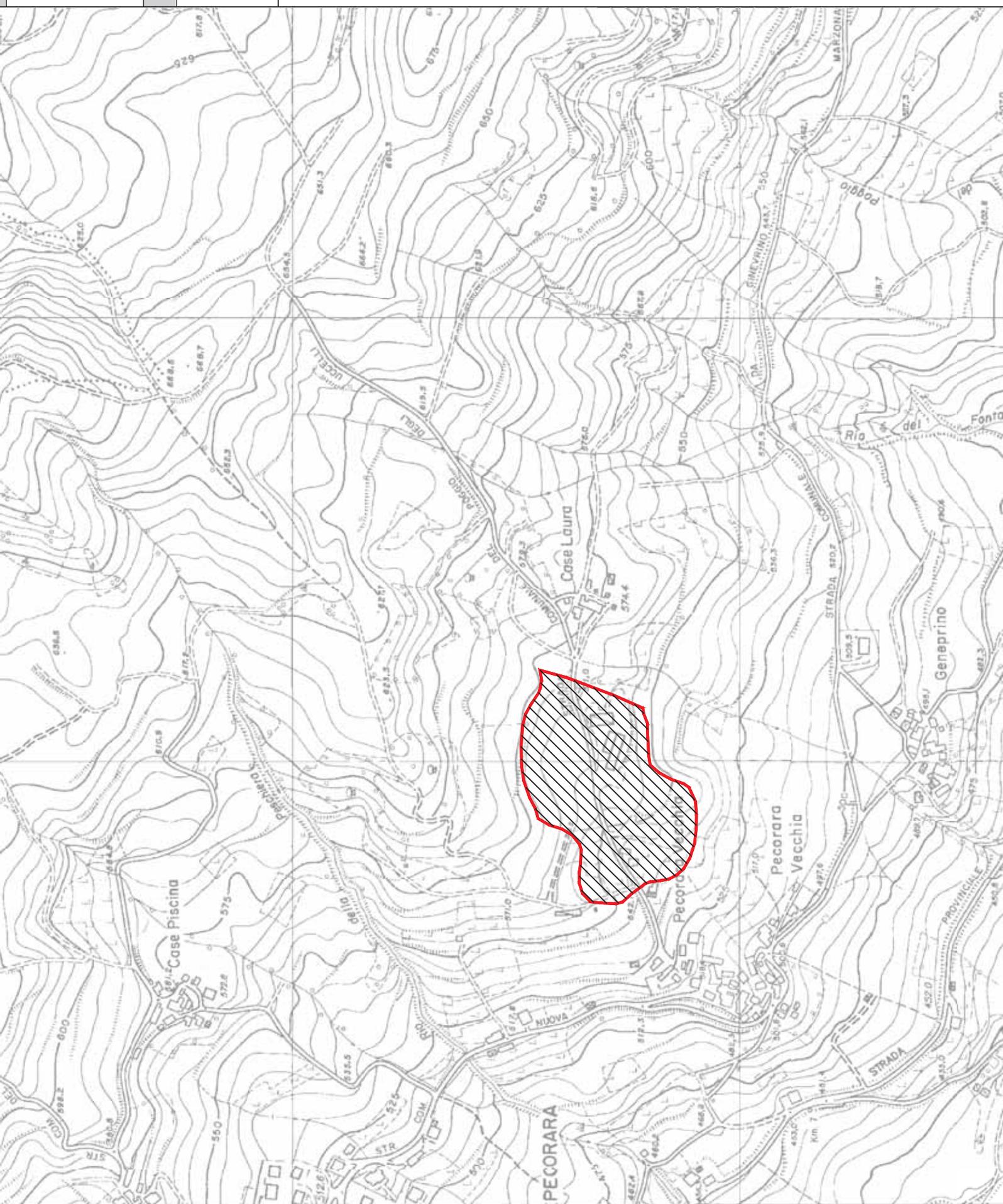
CARTA DEL "RIS

CLASSI DI RISCHIO



Classe 2 - Rischio

AREA DI S



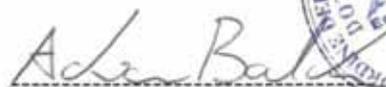
Comune di Pecorara (PC)



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

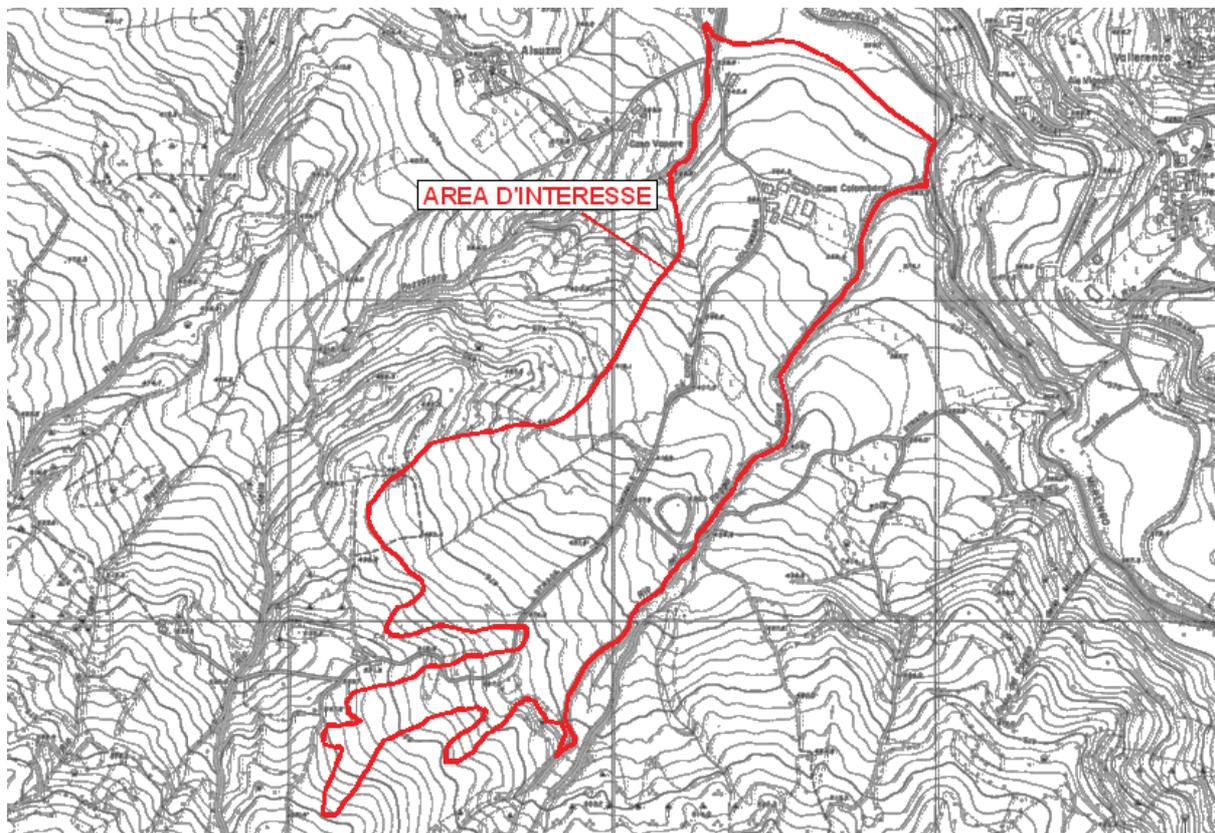
Sommario

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.

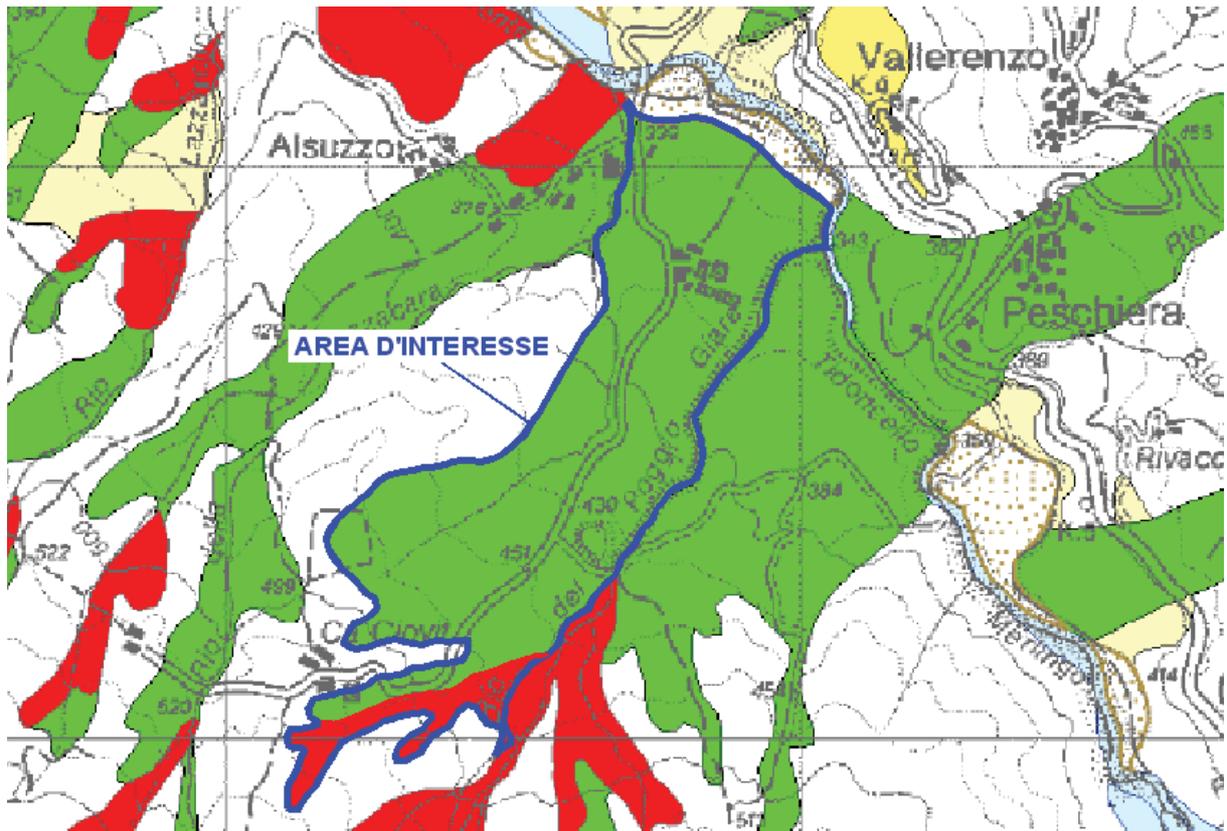


Inquadramento territoriale da CTR

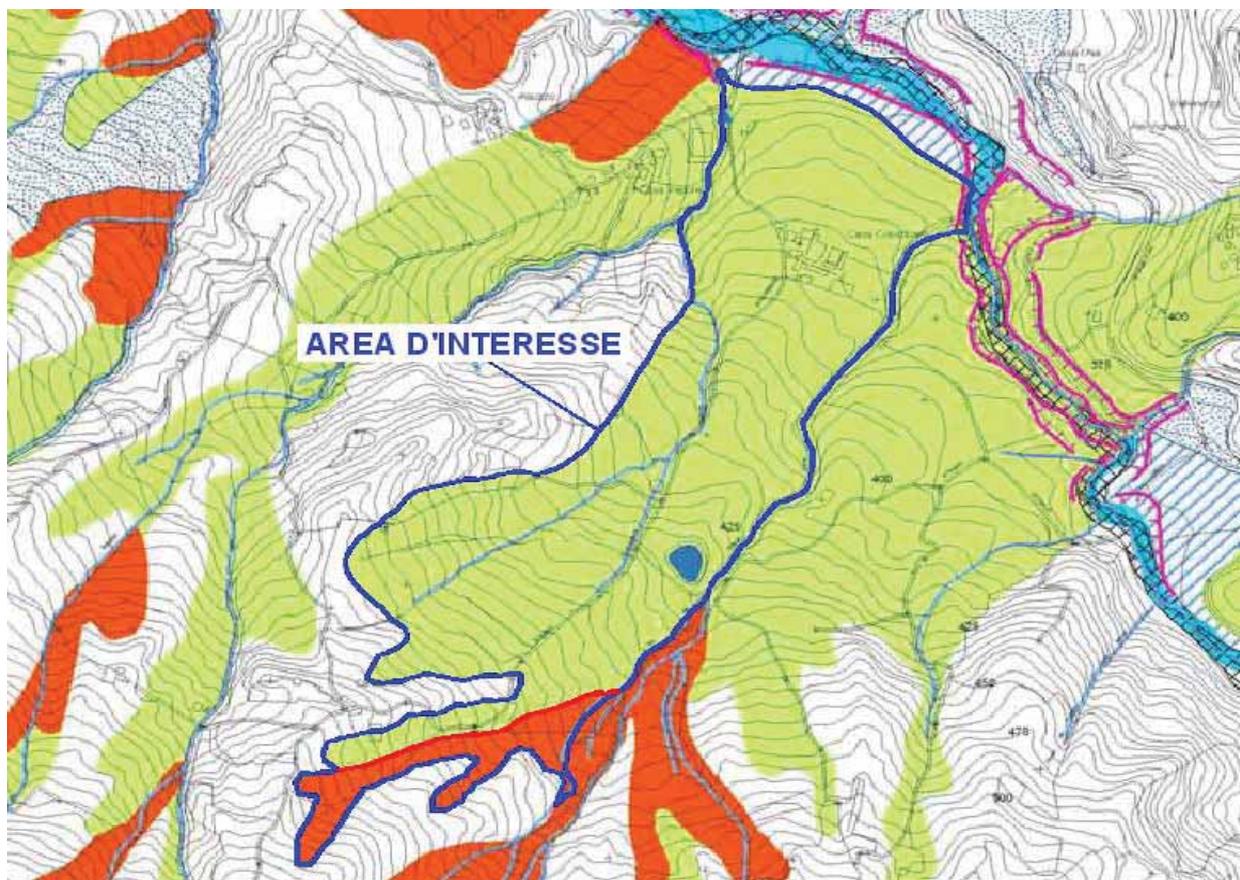
Nella carta del dissesto del PTCP della provincia di Piacenza e nella "Carta del Dissesto Comunale" allegata al PSC (in questo caso coincidenti), l'area d'interesse è classificata come frana quiescente. Le norme del PTCP, consentono (compatibilmente con il grado di "rischio" accertato mediante opportuni 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.

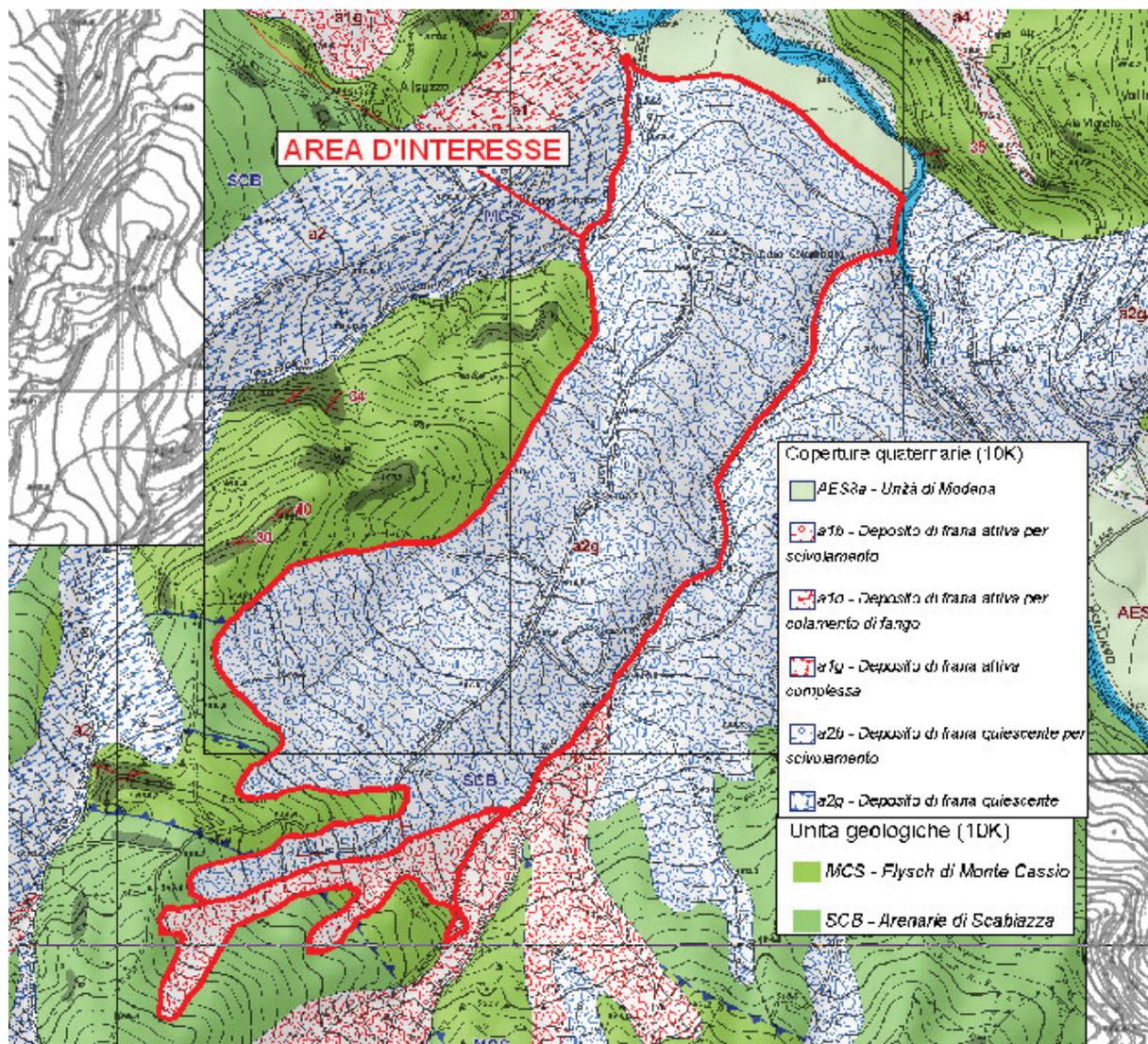
L'indagine geologico-sismica, conforme a quanto previsto dalla delibera del 2 Maggio 2007, n.112 (e successive integrazioni), in materia antisismica, ha compreso le seguenti fasi di studio:

- 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. I NQUADRAMENTO GEOLOGICO CO-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.



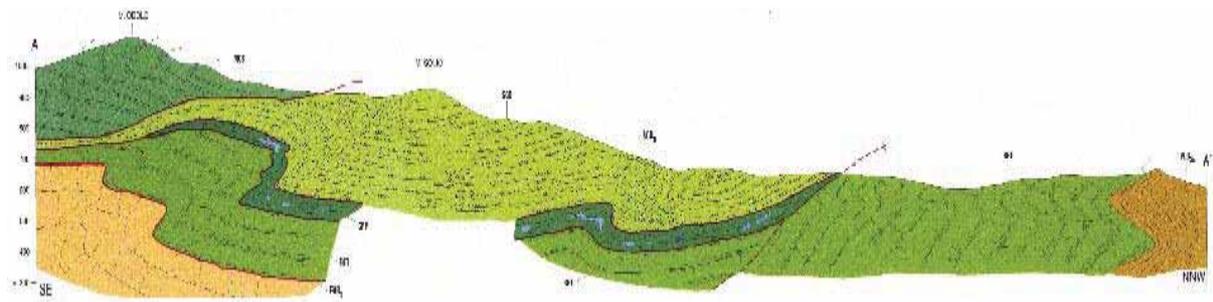
Estratto della Carta Geologica Regionale

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 strati 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 breccie 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 litotipi, 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 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.

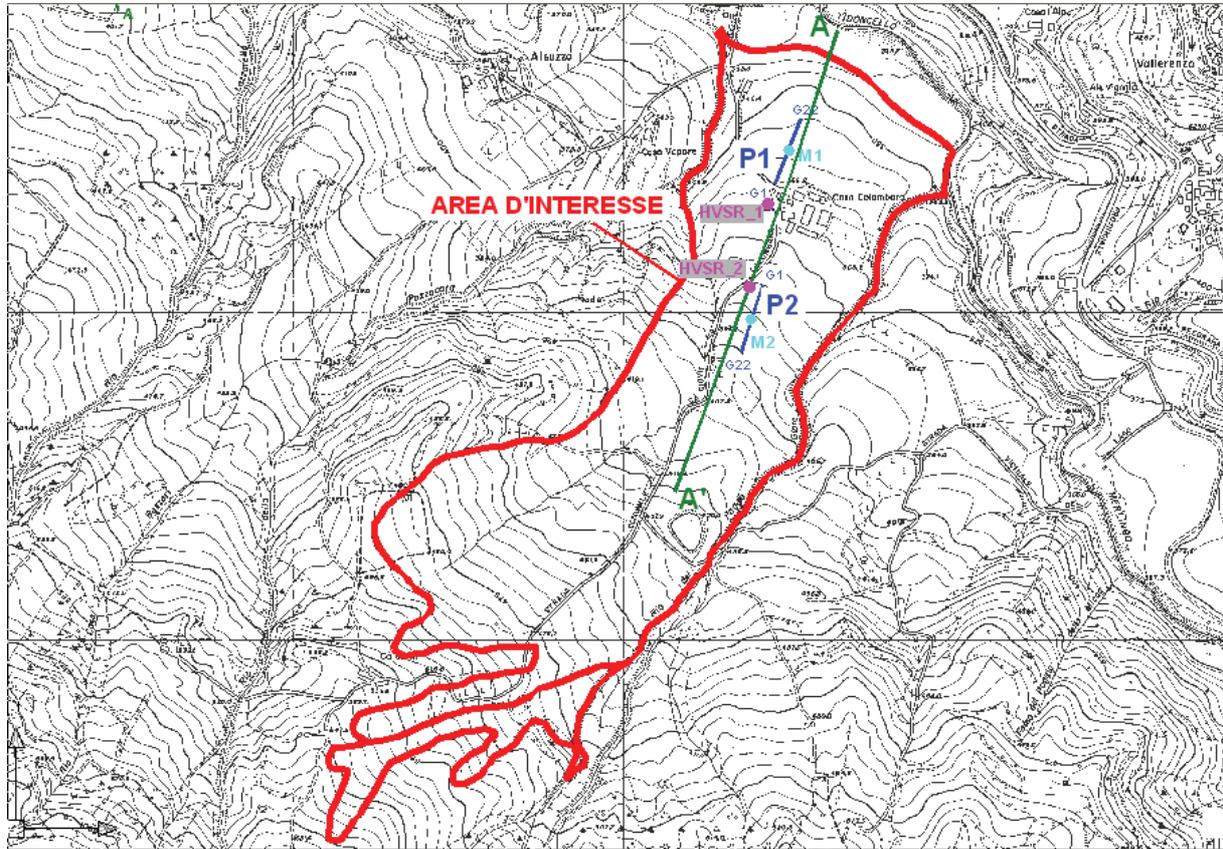
Sotto l'aspetto idrogeologico si possono sinteticamente ipotizzare due tipi di circolazione idrica:

- 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 spazati 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'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,

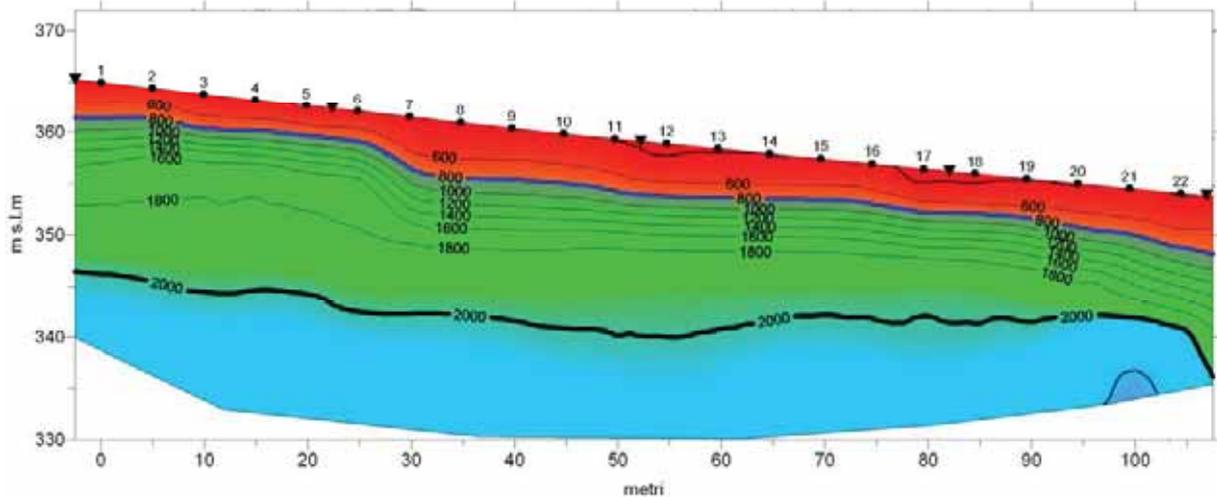
- Cavo per sismica a rifrazione stranded, 130 mt con 24 takeouts SPT-21 a 5 metri di intervallo e due code da 7.5 mt l'una terminate con connettore Bendix 61S,
- Geofoni GS20DX, 10 Hz verticali, 395 Ohm con puntale da 3" ed 1,5 mt di cavo terminato con mueller clip singola MC-20-SP,
- Computer portatile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

5.1.4 Elaborazione

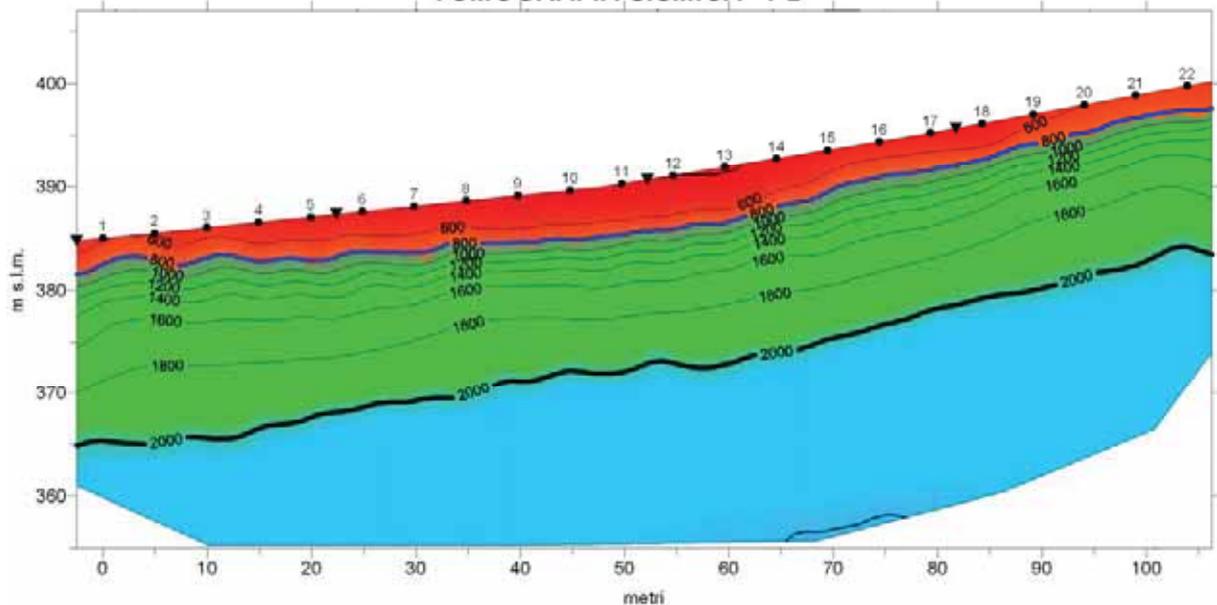
In questo caso i dati acquisiti sono stati interpretati secondo un metodo sismico-tomografico utilizzando il software SeisOpt@2D v4.0 prodotto dalla OPTIM. La procedura d'elaborazione ha comportato in una prima fase la lettura dei tempi dei primi arrivi sui sismogrammi. In seguito, sono stati ricostruiti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

5.1.5 Analisi dei risultati

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



Loc. Casa Colombara - Comune di Nibbiano
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 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

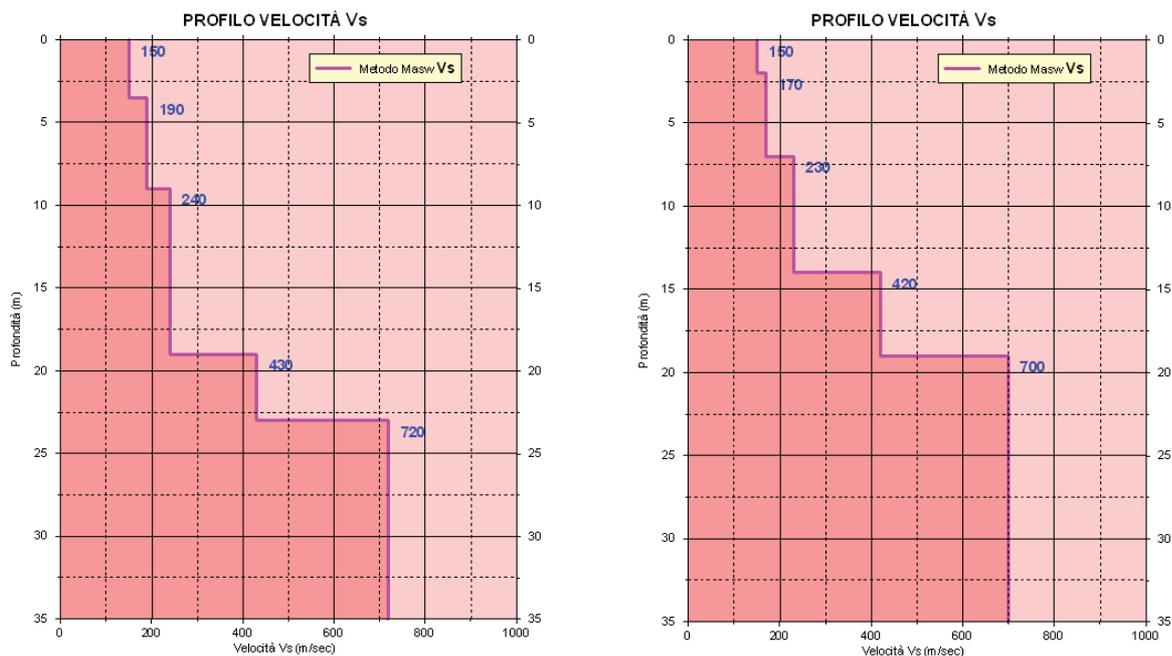
Il MASW (Park et al., 1999) è stato sviluppato in parte per superare le difficoltà dell'applicazione del SASW in ambienti rumorosi. La tecnica, che prevede la registrazione simultanea (in questo caso l'energizzazione è prodotta da una massa battente di almeno 10 Kg) di 12 o più canali, fornisce una ridondanza statistica delle misure di velocità di fase e ne avvalorata 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 ($V_s < 160$ 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 – (I POTESI 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 sofficie 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 f_0 . 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:

$$f_0 = V_s / 4H$$

dove **V_s** 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 **V_s** 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 **V_s** ottenute da misure **Masw** / **Esac-ReMi**, non risulta affidabile per la determinazione del profilo di velocità delle onde **S** e quindi della valutazione della **V_{s30}**.

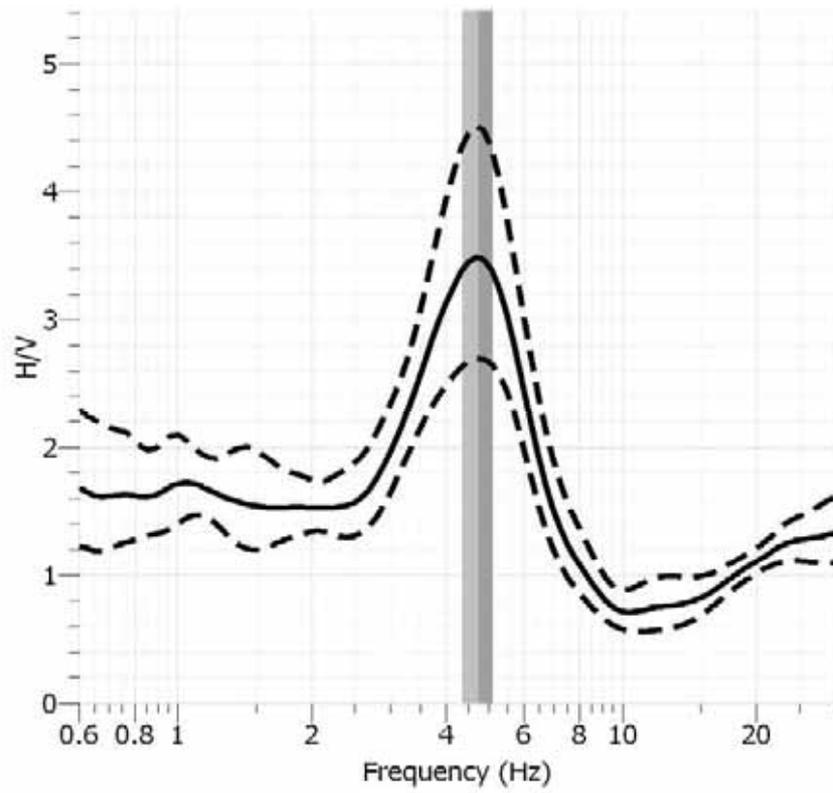
5.3.2 Strumentazione utilizzata e modalità di acquisizione

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**.

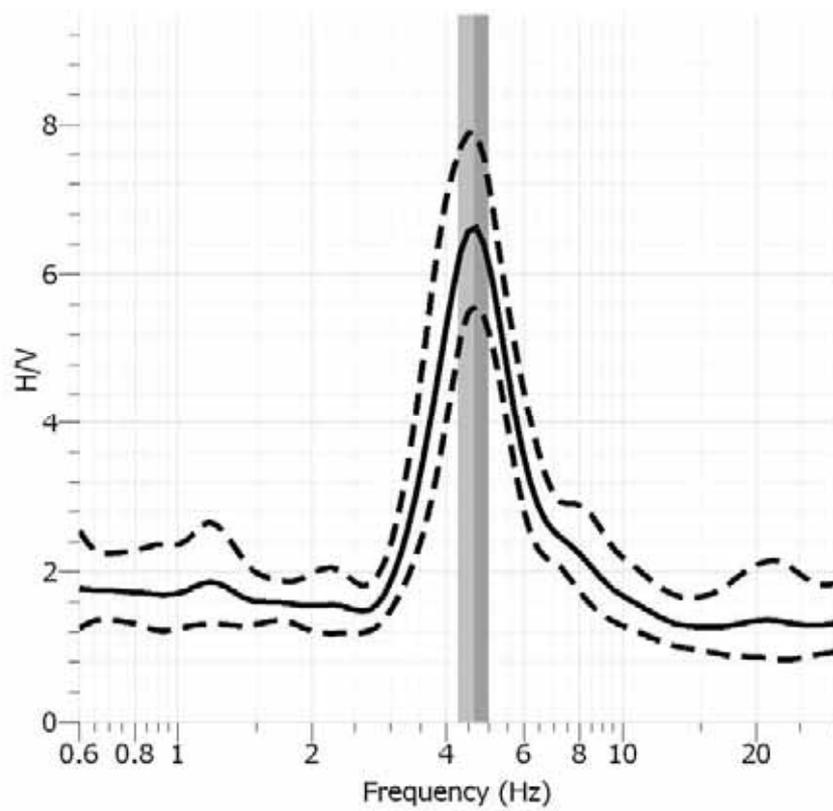
5.3.3 Elaborazione ed analisi dei dati

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	$\gamma = 1.80 \text{ t/ mc}$ $\gamma = 1.90 \text{ t/ mc}$ $\phi = 18^\circ$ $\phi = 16^\circ$ $C = 0.03 \text{ Kg/ cmq}$
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	$\gamma = 1.90 \text{ t/ mc}$ $\gamma = 2.00 \text{ t/ mc}$ $\phi = 23^\circ$ $\phi = 21^\circ$ $C = 0.1 \text{ Kg/ cmq}$
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	$\gamma = 1.95 \text{ t/ mc}$ $\gamma = 2.05 \text{ t/ mc}$ $\phi = 29^\circ$ $\phi = 26^\circ$ $C = 0.1 \text{ Kg/ cmq}$
Livello D	Litologia: substrato roccioso mediamente compatto	
Oltre -19/- 23 m	Peso di volume Angolo di attrito	$\gamma = 2.25 \text{ t/ mc}$ $\phi = 45^\circ$

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 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 $\leq 15^\circ$ 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.

Mapa di pericolosità sismica del territorio nazionale

(riferimento: Ordinanza PCM del 28 aprile 2006 n.3519, All.1b)

espressa in termini di accelerazione massima del suolo

con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni

riferita a suoli rigidi ($V_{s30} > 800$ m/s; cat.A, punto 3.2.1 del D.M. 14.09.2005)

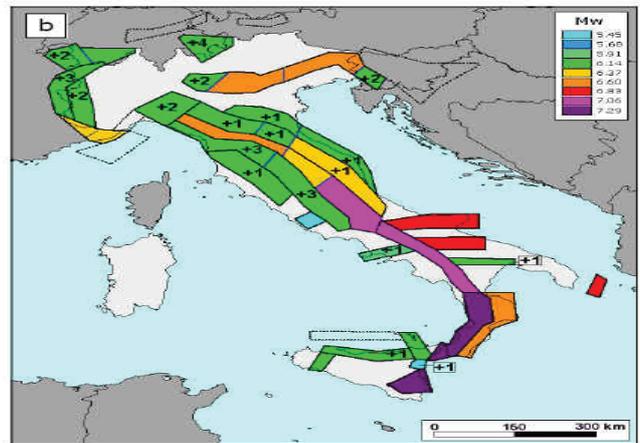
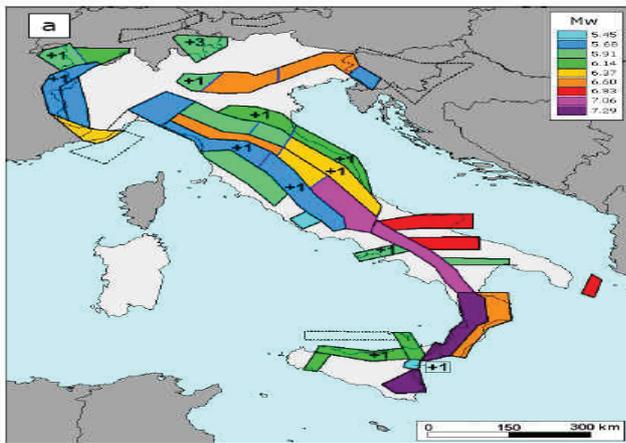
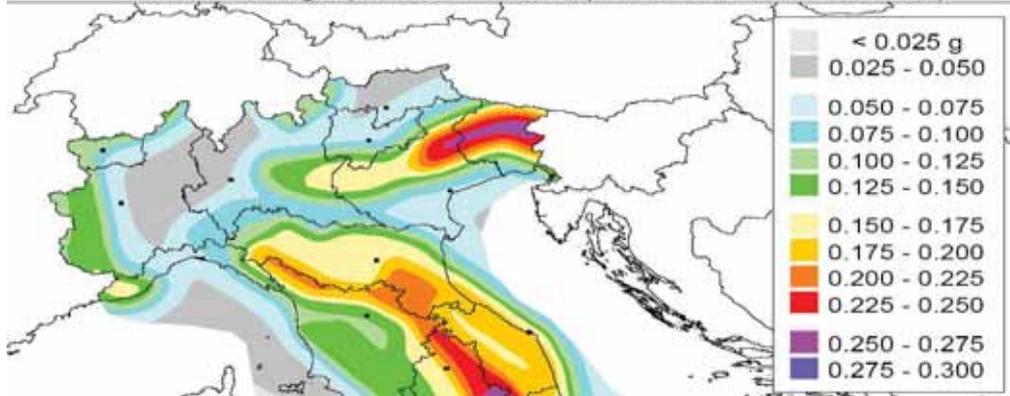


Figura 36. Valori di M_{wmax} corrispondenti ai due insiemi: a) "osservati" (M_{wmax1}); b) "cautelativi" (M_{wmax2}).

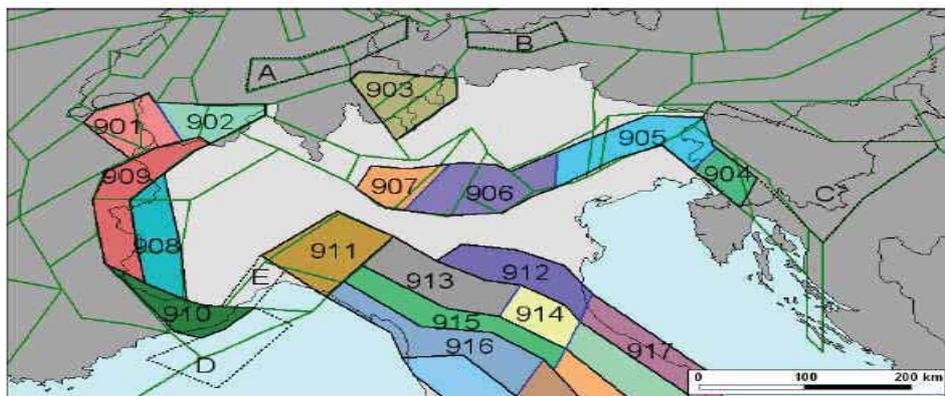


Figura 10. Zonazione sismogenetica ZS9 a confronto con la zonazione del progetto SESAME nell'area alpina (Jiménez et al., 2001; linee di colore verde).

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 α_g 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 $V_s \geq 800$ m/s si devono usare le seguenti tabelle

F.A. P.G.A.

V_{sH} 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 - $0.1s < T_0 < 0.5s$

V_{sH} 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 - $0.5s < T_0 < 1.0s$

V_{sH} 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 V_s sono riassunti nella 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 ($V_s > 800$ m/s) prevista per il Comune di Pecorara è di 0.099g.

7.5 SPETTRO DI RI SPOSTA (IN PGA) DELL'AREA

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

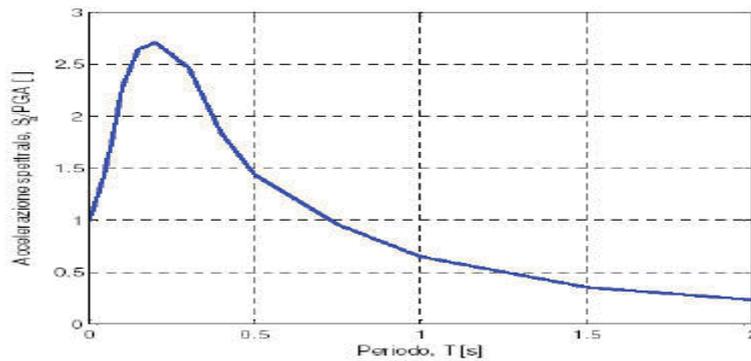
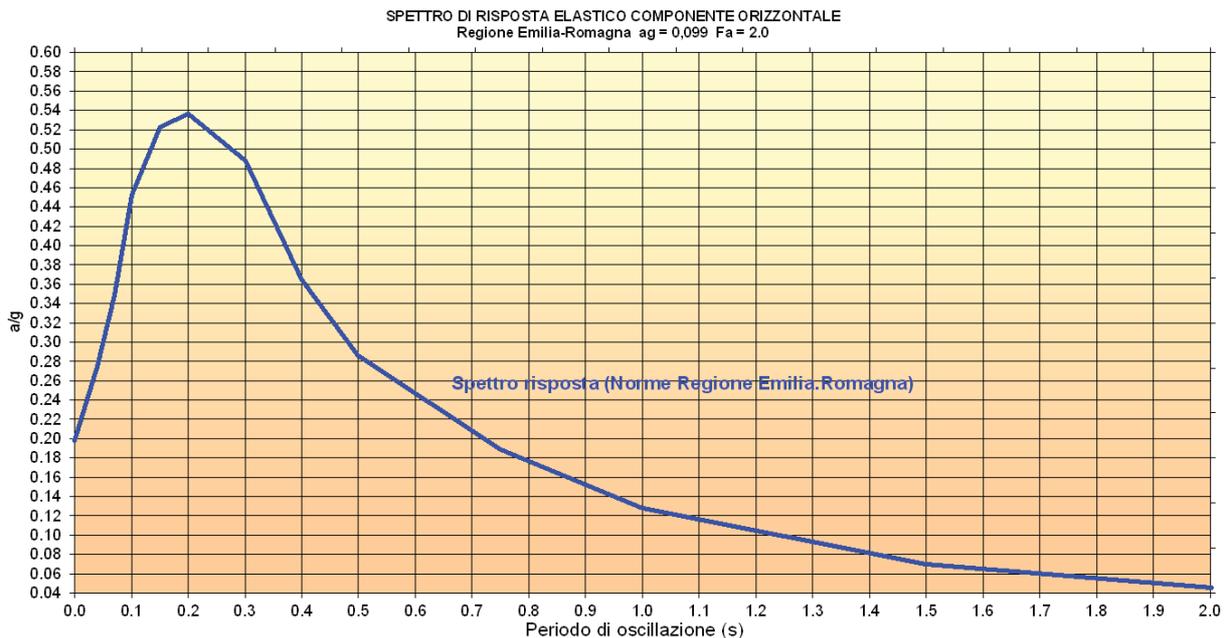


Figura 1 - Spettro di risposta normalizzato ($T_R = 475$ anni, smorzamento = 5%) per l'Emilia-Romagna

Dallo spettro di risposta normalizzato è

possibile ottenere, moltiplicando i valori della tabella 1 per il valore di a_{refg} 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 $a_{refg}=0.099$ per il comune di Pecorara e il fattore di amplificazione (2.0), è stato calcolato lo spettro di risposta del sito d'interesse.

Loc. CASA COLOMBARA - PECORARA



Spettro di risposta 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

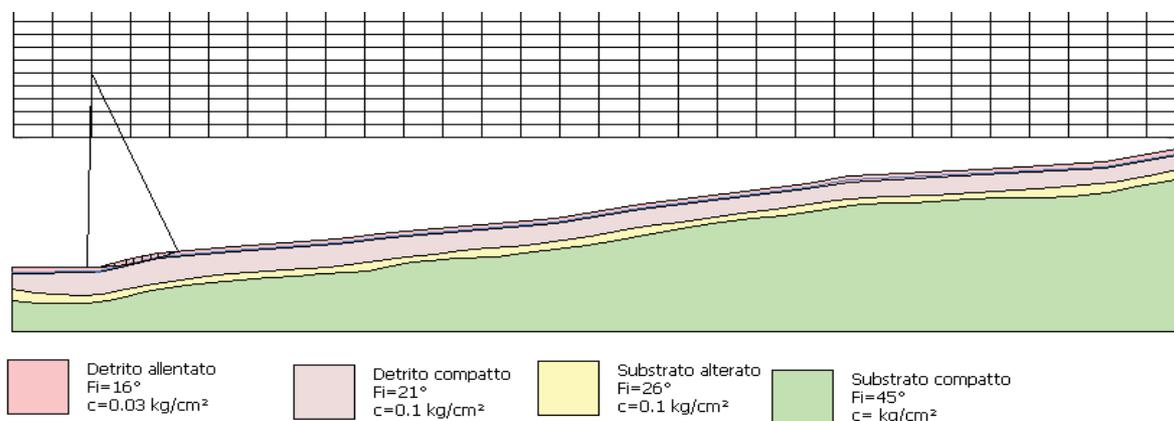
Per ricostruire l'assetto litostratigrafico e le caratteristiche geomeccaniche del versante, oltre alle considerazioni di carattere geologico, sono stati utilizzati i dati desunti dalle prove geofisiche realizzate, sintetizzati nei paragrafi precedenti.

Nr.	DB	Peso unità di volume (Kg/m ³)	Peso saturo (Kg/m ³)	Coesione (kg/cm ²)	Coesione non drenata (kg/cm ²)	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 a_g di 0.099×2.0 (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.

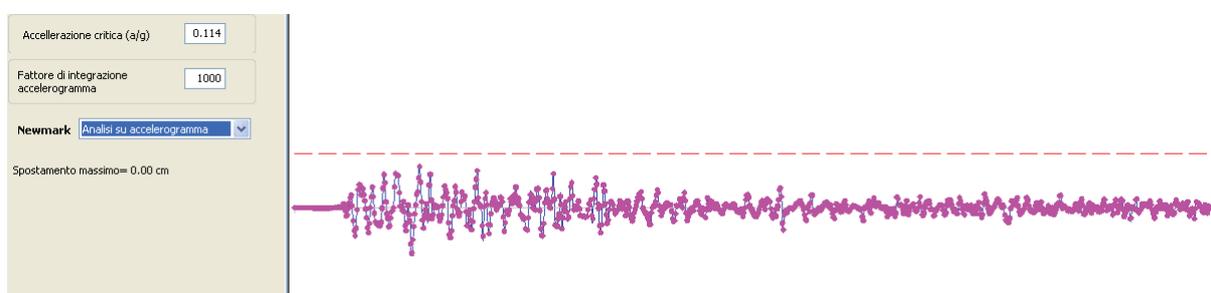


Verifica di stabilità del versante

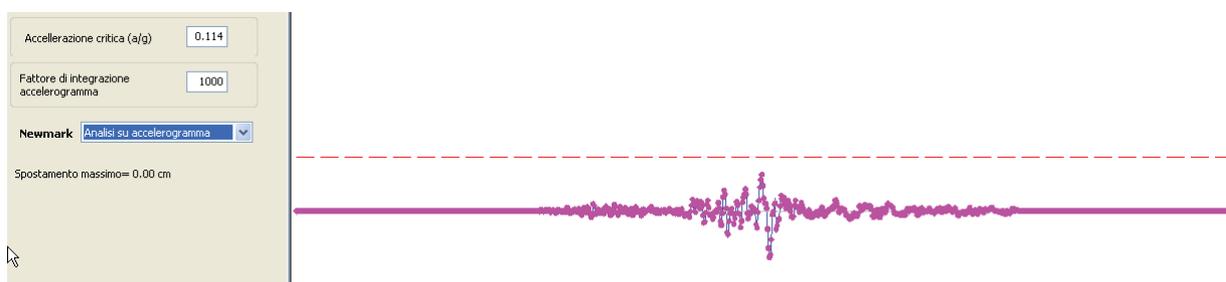
7.6.2 Analisi di stabilità dinamica (Metodo di NEWMARK)

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.

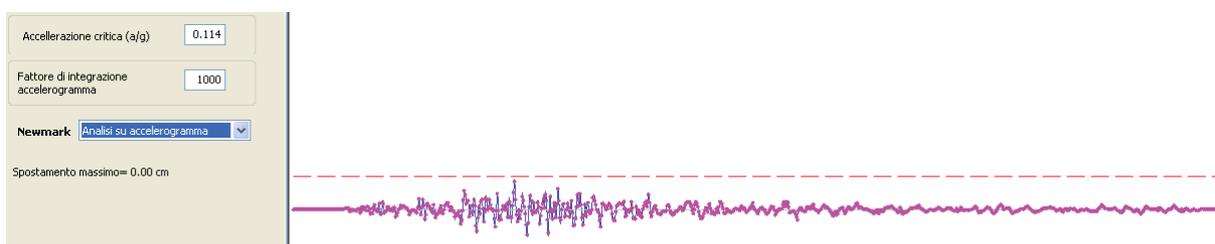
Le verifiche effettuate, con spostamenti praticamente nulli, confermano la sostanziale stabilità dell'area anche in condizioni sismiche dinamiche. Di seguito si riportano i risultati delle 3 analisi dinamiche relative ai 3 sismogrammi considerati; nei grafici il valore soglia dell'accelerazione in grado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



Accelerogramma 000046xa_033031Pecorara.txt



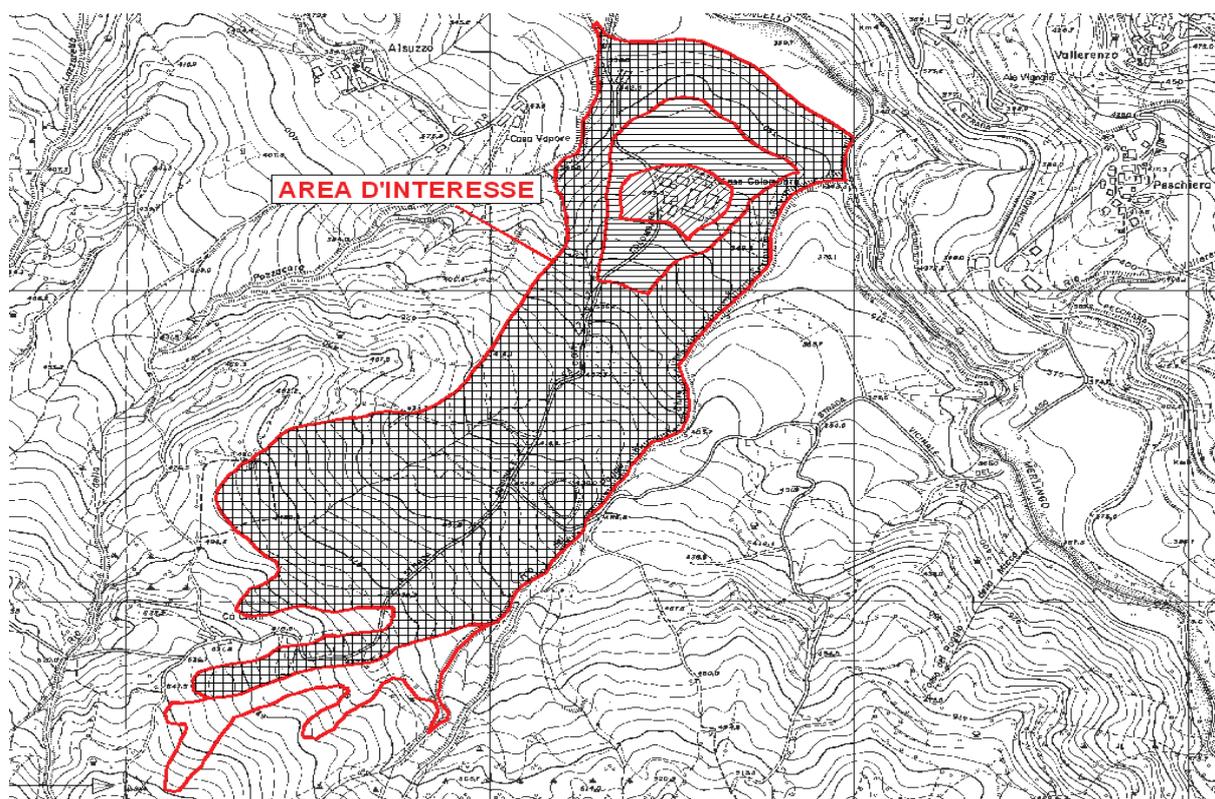
Accelerogramma 000126xa_033031Pecorara.txt



Accelerogramma 000354xa_033031Pecorara.txt

8. ZONIZZAZIONE DEL RISCHIO DEL CORPO DI FRANA QUI ESCENTE-DEPOSITO DI VERSANTE

Il corpo di detritico studiato è stato suddiviso, in base a criteri geologico-geomorfologici, in settori contraddistinti da un differente grado di "rischio". In linea di massima l'accumulo della paleofrana risulta nel complesso discretamente 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 QUI ESCENTE - 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 ampliamenti 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



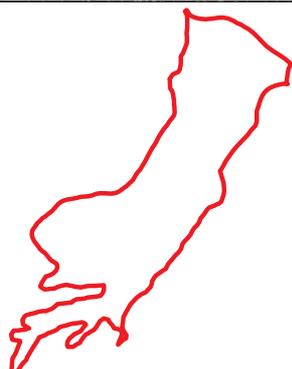
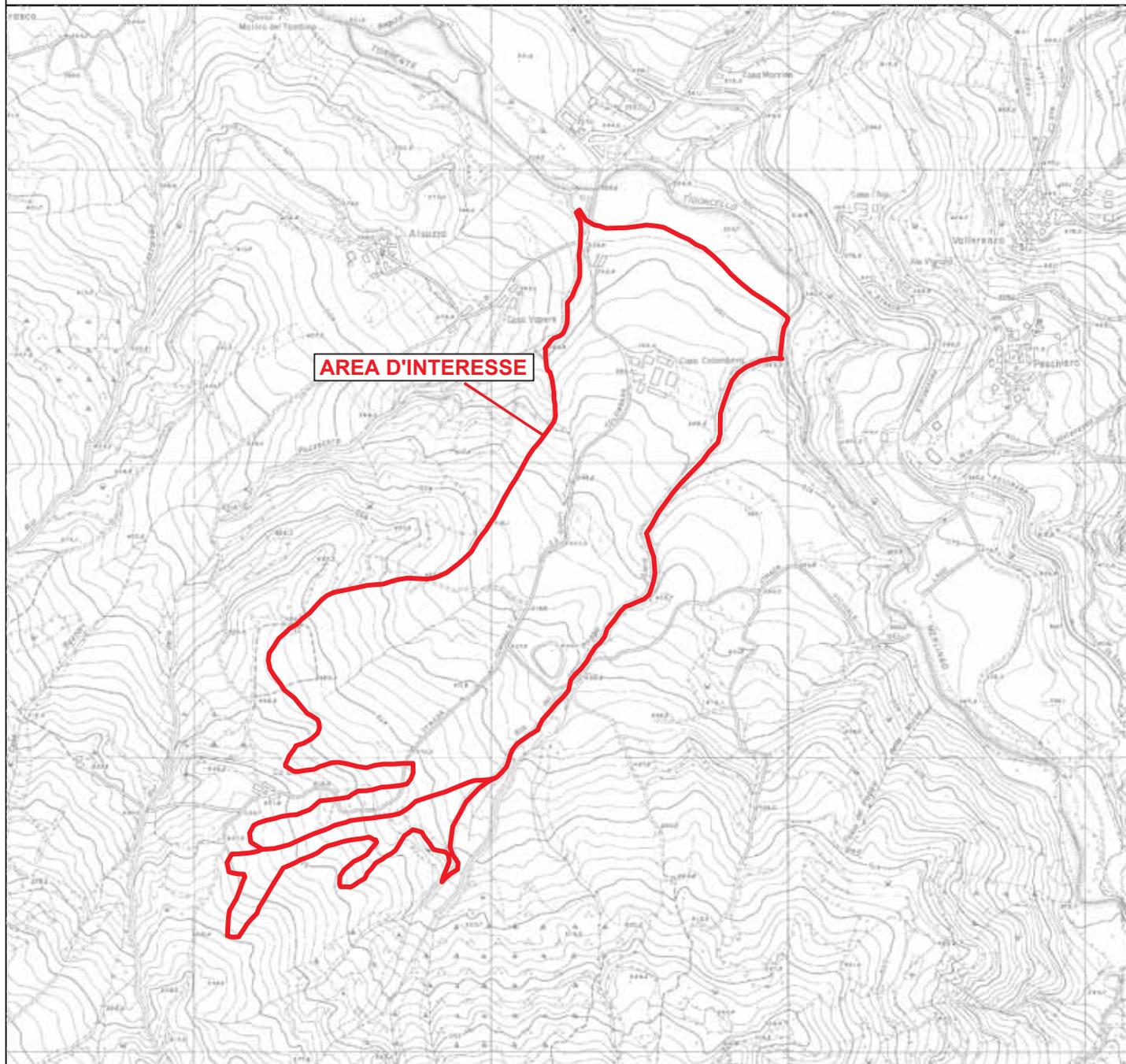
Dott. Alberto Lepori



ALLEGATI

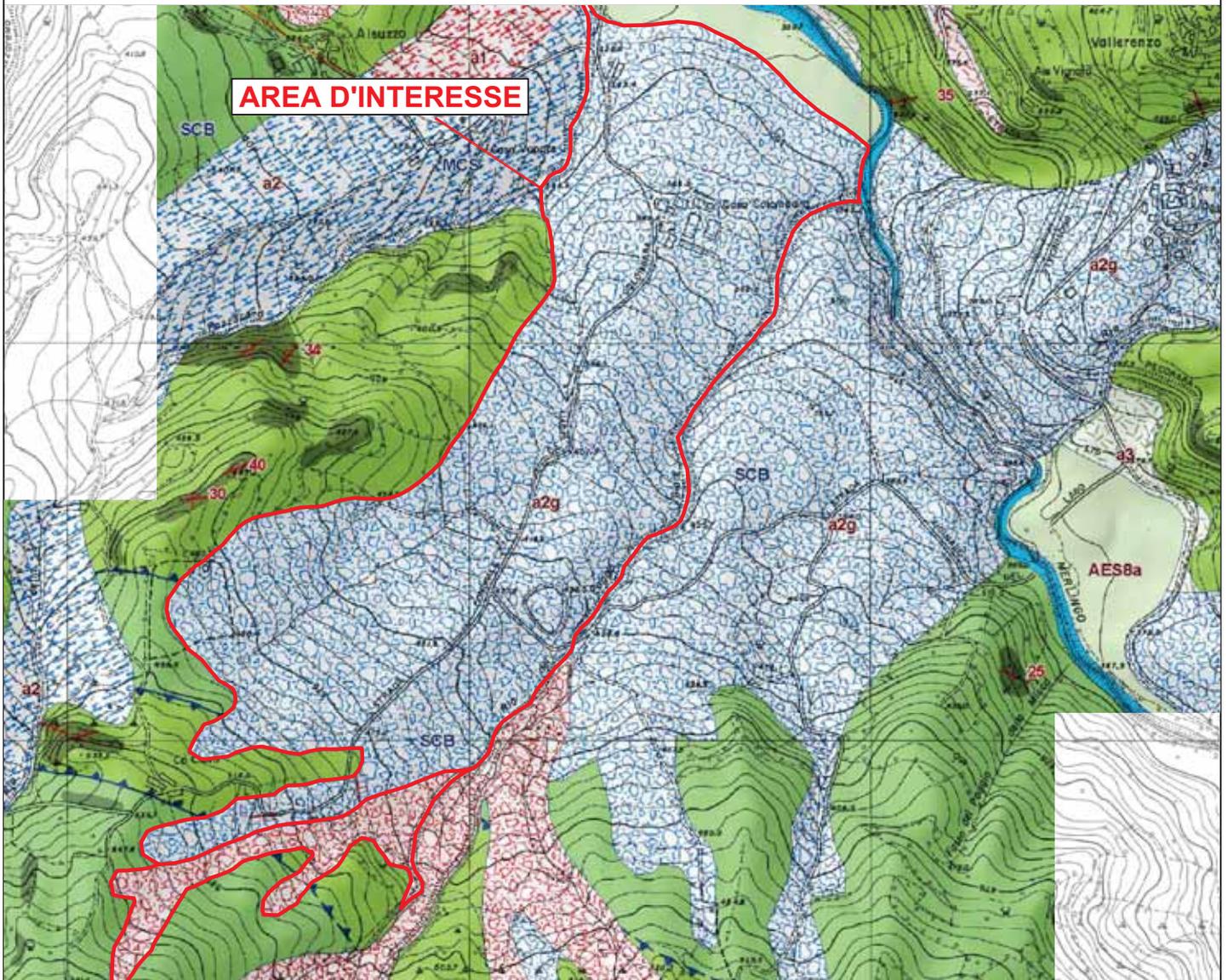
INQUADRAMENTO TERRITORIALE

Scala 1:10000



Area considerata

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 scivolamento**

Area considerata

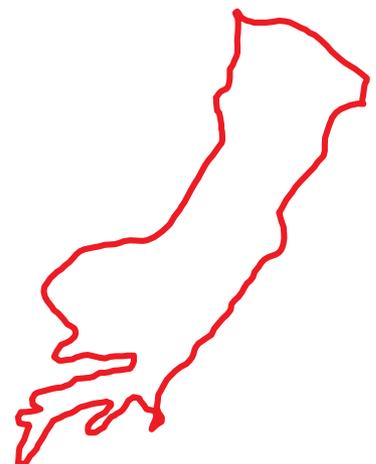


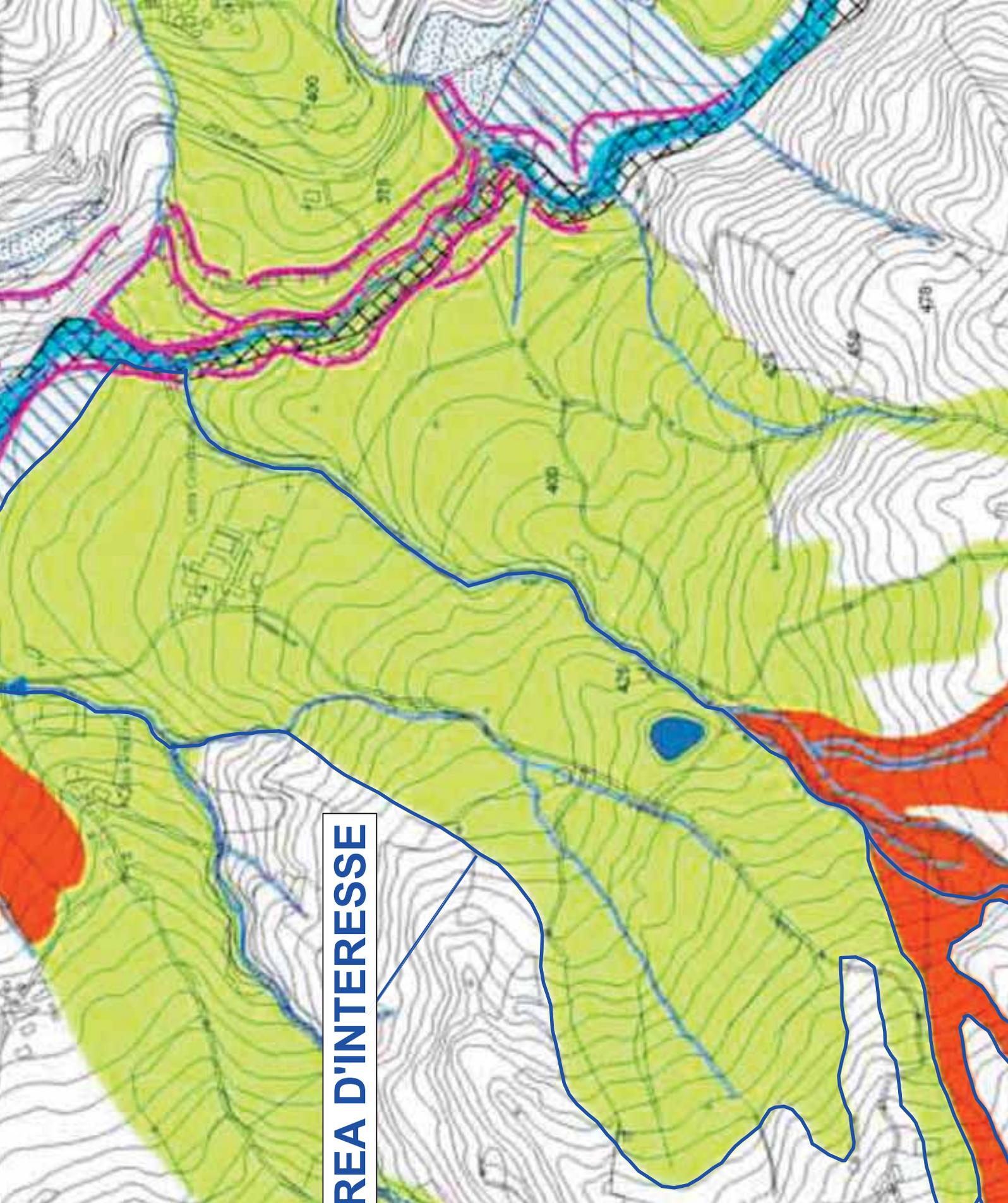
Fig.2

Studio geo
di un versante in
in loc. Casa Colombar
"Classificazione
di frana

TI

CARTA DE Estratt

AREA D'INTERESSE



Elementi morfologici



Area di frana attiva:
Accumulo gravitosi carico di materiali er
con versanti morfologici in atto.



Area di frana quiescente:
Accumulo gravitosi carico di materiali er
attualmente quiescenti o stabilizzati.



Area di frana spallizzata o retta
Movimenti gravitativi quiescenti di cui no
presentano con profili regolari, vegetazio



Depositi alluvionali attuali:
Ghiaie sciolte eterogenee ed eterometriche, a matrice
Alveo di magra del torrente



Depositi alluvionali in evoluzione che se
vegetazione e corrispondenti ad aree



Depositi alluvionali terrazzati, re
Ghiaie a matrice limoso-sabbiosa, spes
bruno-giallastro (2,5 Y 4/2 "Humid Soil
[Depositi alluvionali terrazzati e dispo
di piane eccezionali
Ciclone Superiore



Depositi alluvionali terrazzati me
Ghiaie a prevalente matrice limosa o li
di colore bruno-giallastro scuro o bruno
2,5 Y 5/2, 4/2 "Humid Soil Cherts").
Ciclone medio-Superiore



Depositi alluvionali terrazzati are
Successioni di ghiaie, sabbie e limi, del
di copertura a prevalente colore bruno
"Humid Soil Cherts").
Ritiro/come superiore" - -Ciclone infe
Deposito eluvio-colluviale

PLANIMETRIA

INDAGINI SISMICHE

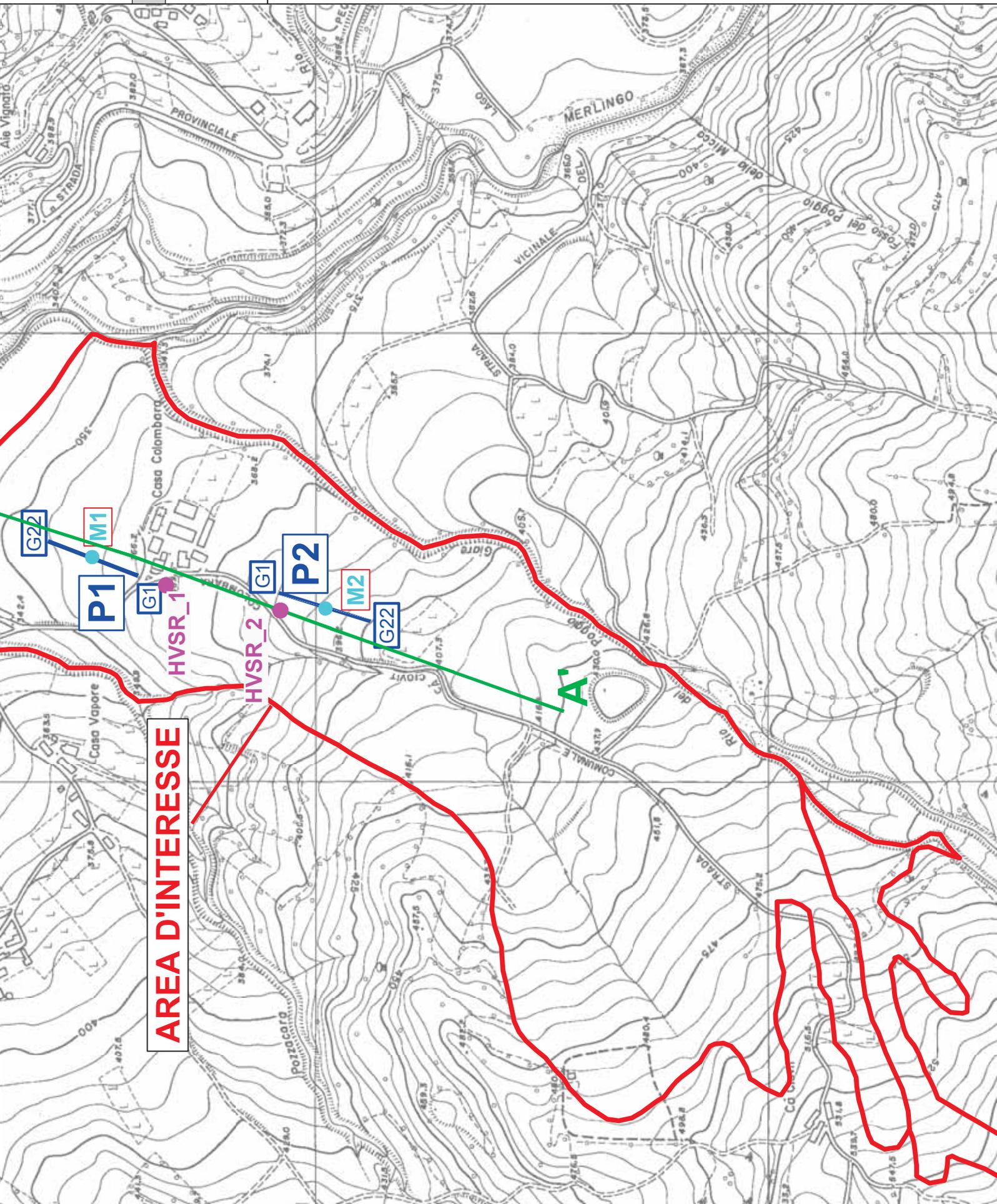
G1 **P1-P2** Tra

M1-M2 Pro

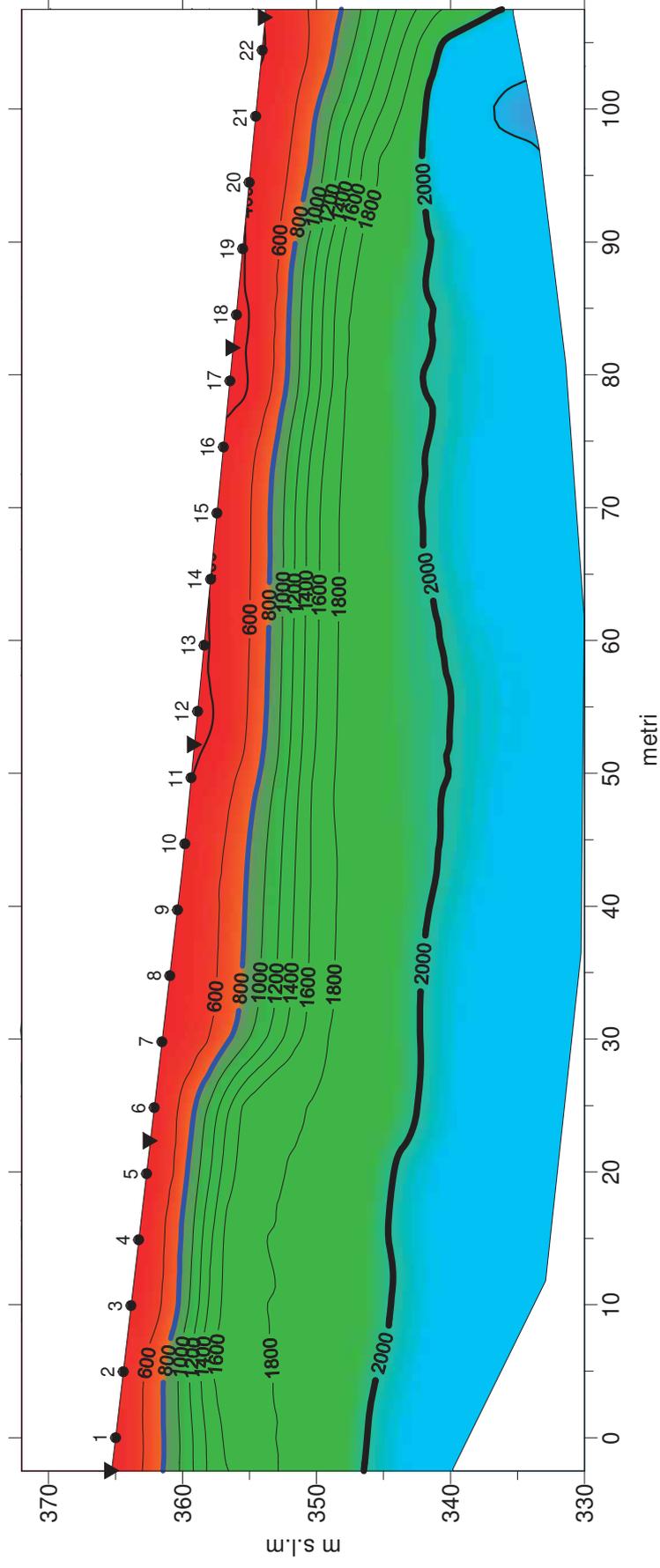
HVSR_1 Pro

A' A Tra

AREA DI STUDIO



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



Scala 1:500

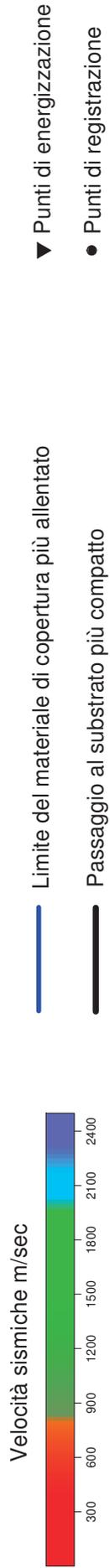
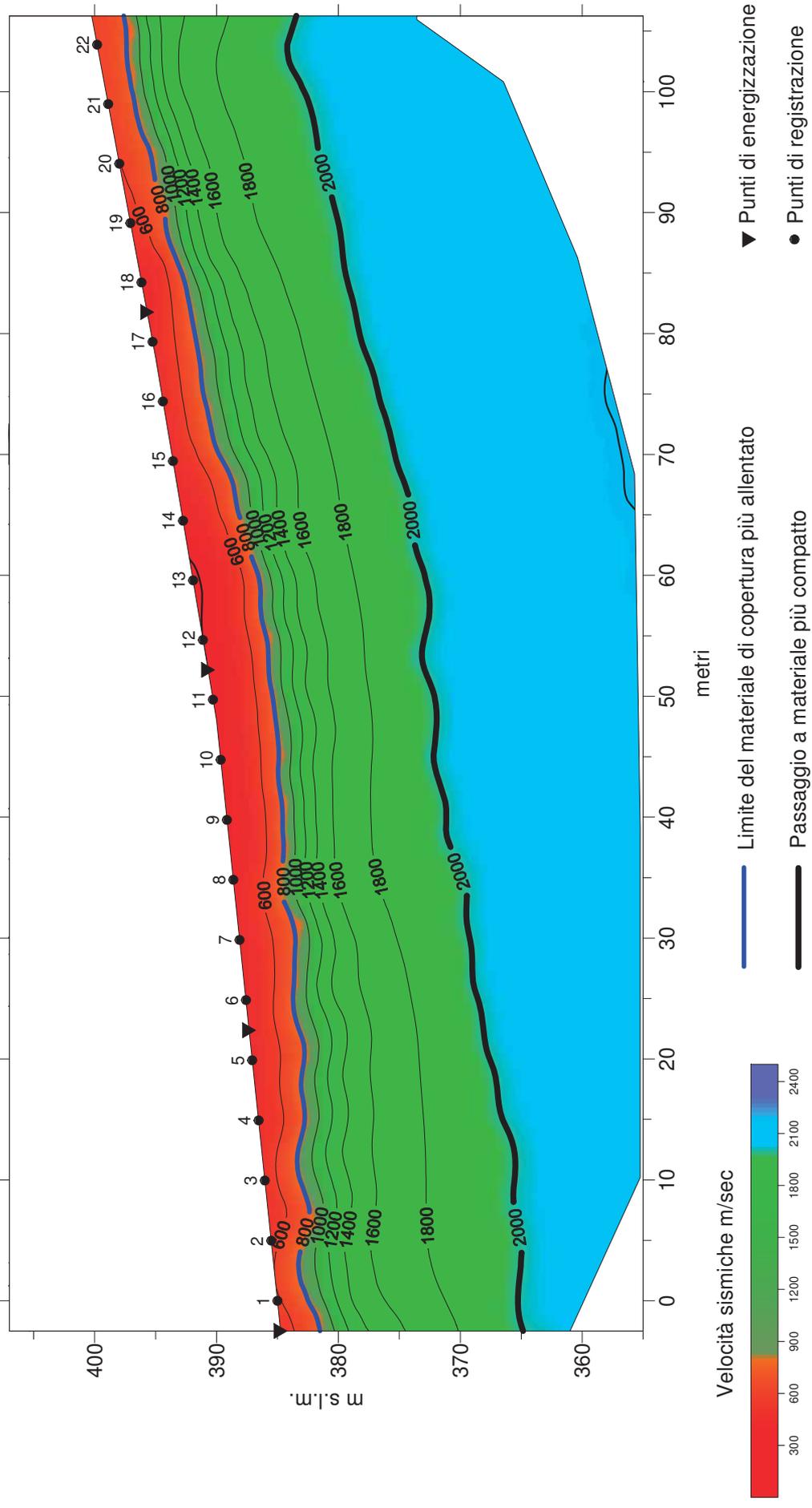


Fig.5a

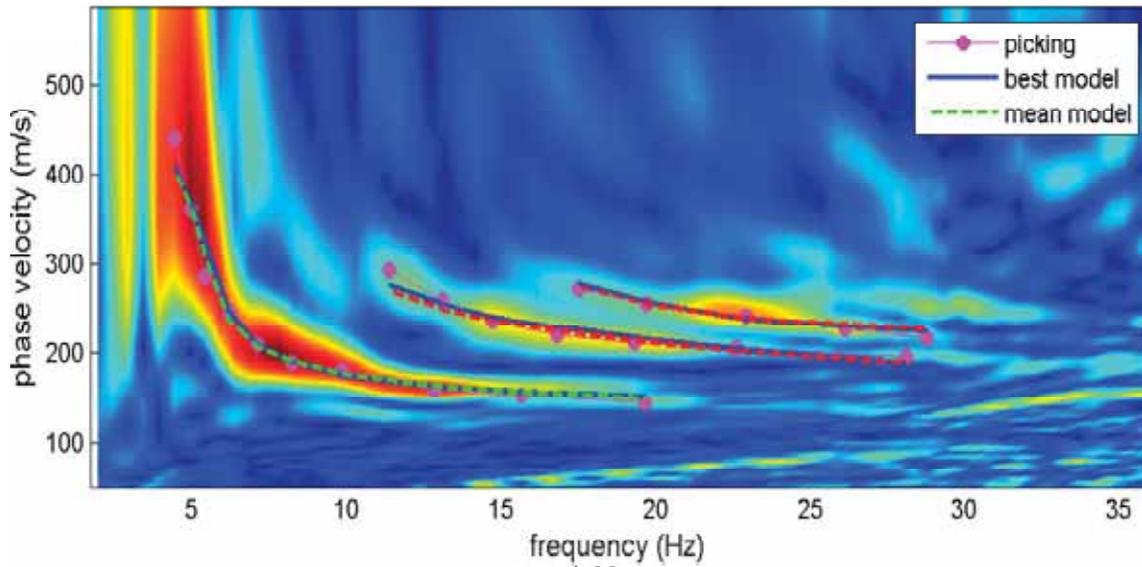
Loc. Casa Colombara - Comune di Nibbiano
TOMOGRAFIA SISMICA - P2



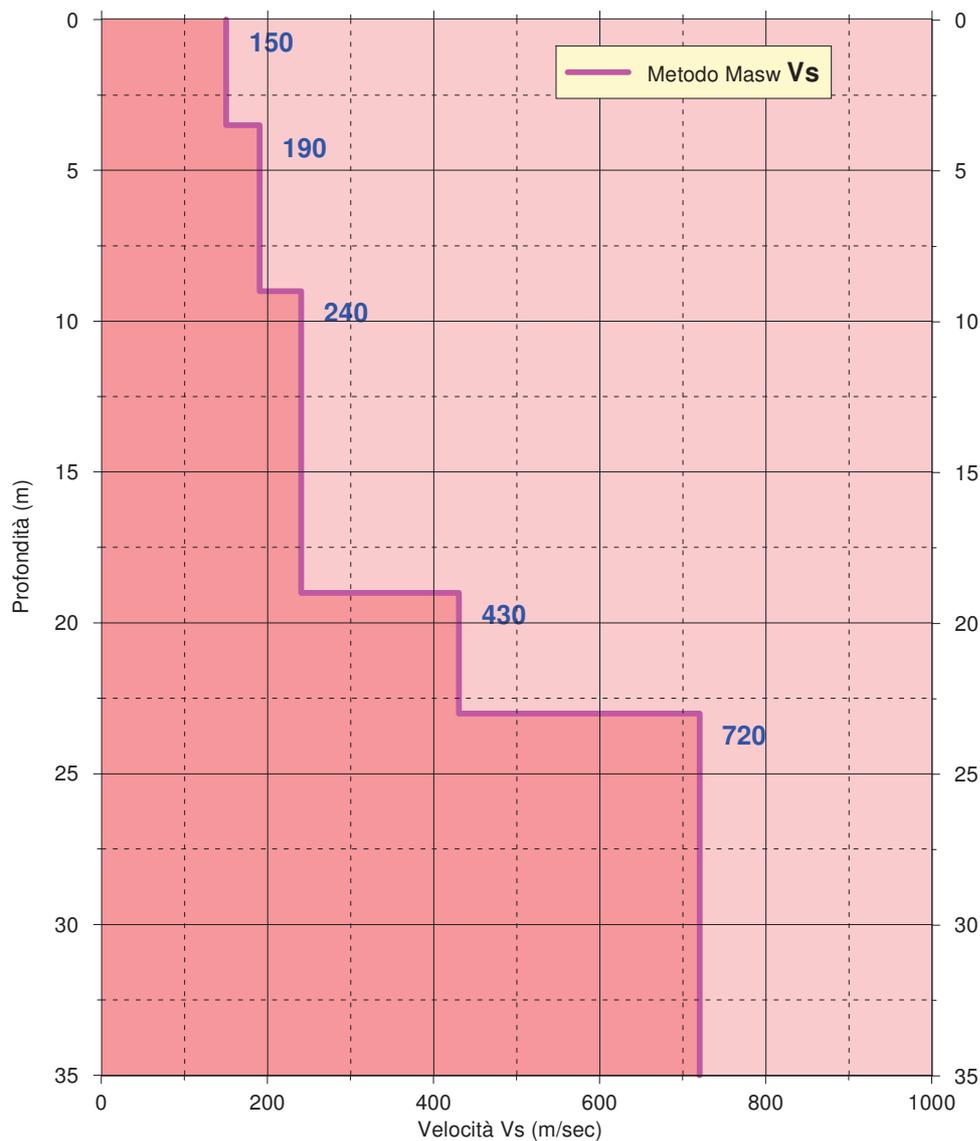
Scala 1:500

Fig.5b

SPETTRO VELOCITA' DI FASE - FREQUENZA CON CURVA DISPERSIONE
velocity spectrum & dispersion curve



PROFILO VELOCITA' Vs

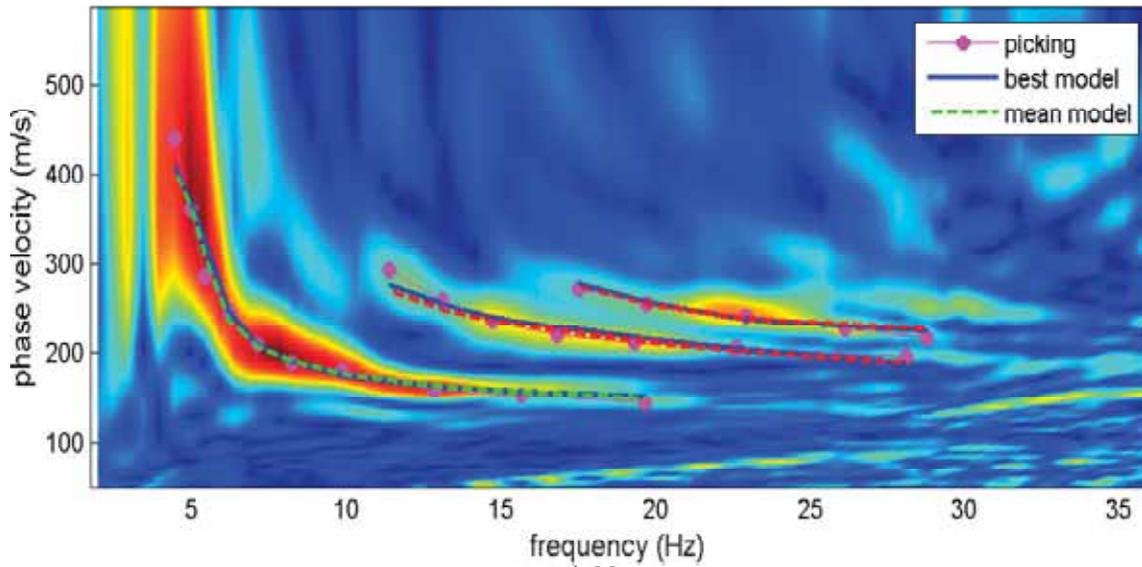


Vs30 dal p.c = 267

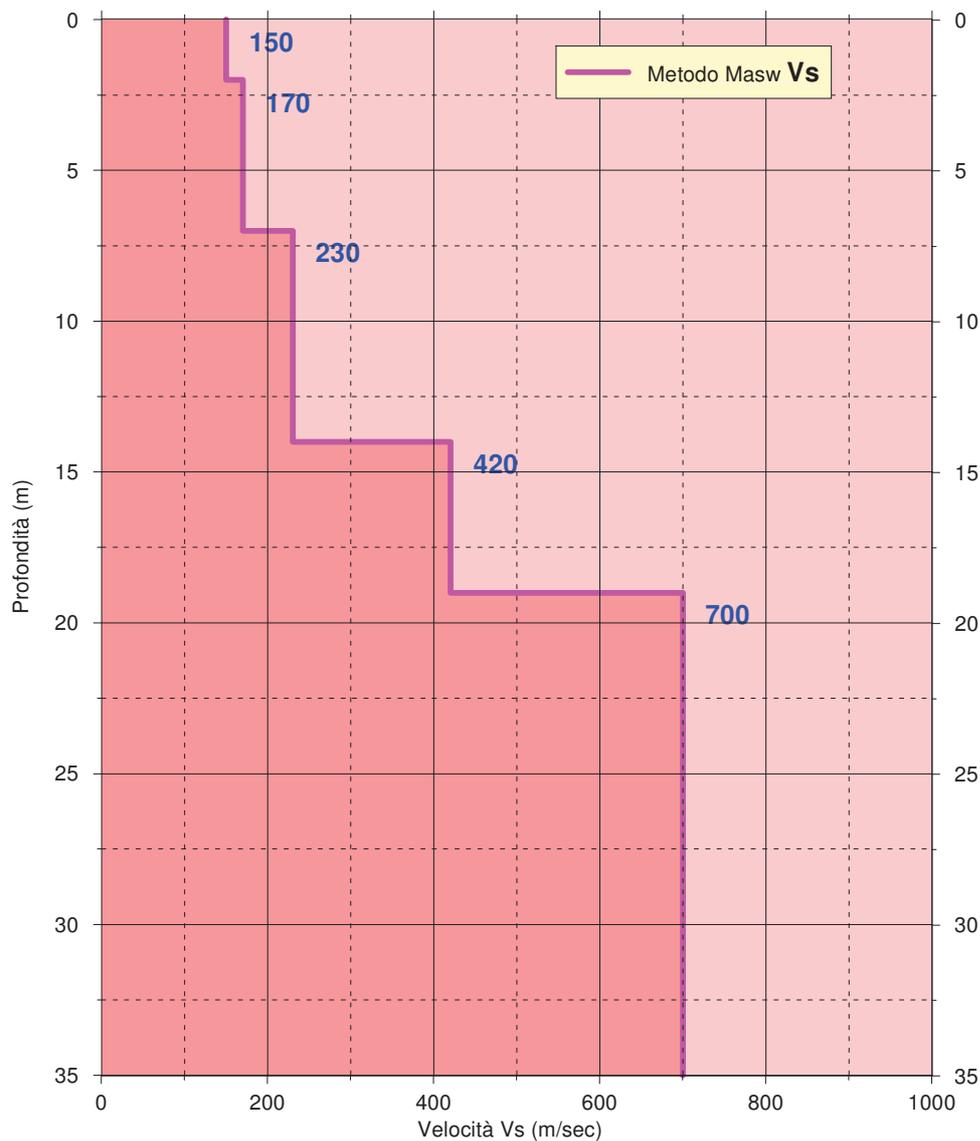
SUOLO DI FONDAZIONE TIPO "C"

Fig.6a

SPETTRO VELOCITA' DI FASE - FREQUENZA CON CURVA DISPERSIONE
velocity spectrum & dispersion curve



PROFILO VELOCITA' Vs



Vs30 dal p.c = 298

SUOLO DI FONDAZIONE TIPO "C"

Fig.6b

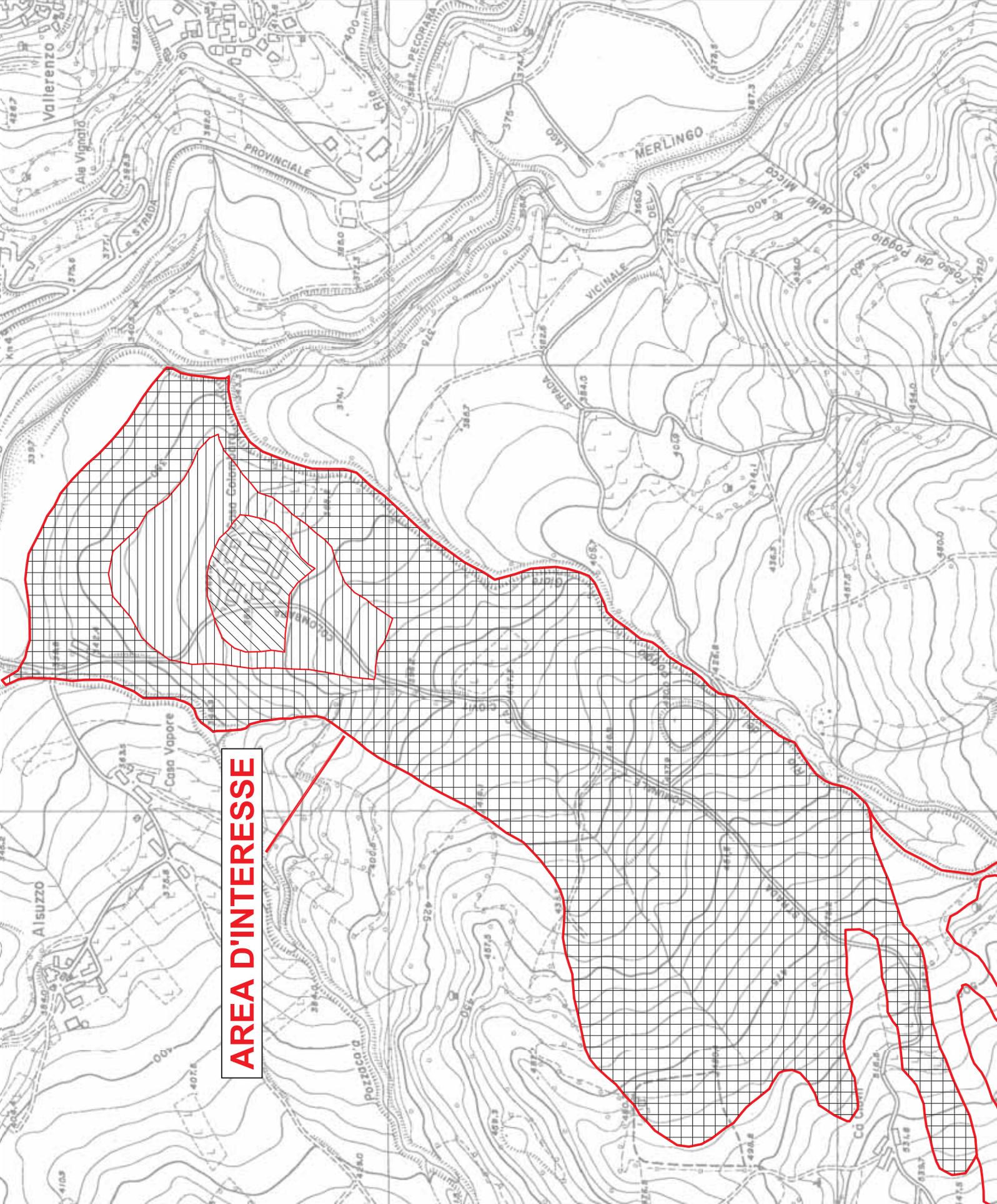
CARTA DEL "RISCHIO"

CLASSI DI RISCHIO

- Classe 2 - Rischio Medio
- Classe 3 - Rischio Alto
- Classe 4 - Rischio Molto Alto



AREA D'INTERESSE



AREA D'INTERESSE