

COMUNE DI FANANO Provincia di Modena



COMPARTO
PRODUTTIVO
"LA CELLA"

PROPOSTA DI
INSERIMENTO DI
NUOVA AREA

PROPONENTE:
Sig. Luigi Ferrari

TECNICO:
Ing. Geom. Nicola Bernardi

GIUGNO 2018

RELAZIONE GEOLOGICA

Studio Sargenti – Geologia. Ambiente. Paesaggio. Sistemi Informativi Territoriali
Daniele Sargenti – Geologo

via S.Croce 485 – Fanano tel 3357245004
e-mail daniele.sargenti@gmail.com

1	PREMESSA.....	3
2	RIFERIMENTO NORMATIVO	3
3	LOCALIZZAZIONE dell'AREA.....	3
3.1	UBICAZIONE CARTOGRAFICA GENERALE.....	3
4	METODOLOGIA DI LAVORO	5
4.1	IN GENERALE.....	5
4.2	INDAGINI SISMICHE – STRUMENTI E METODOLOGIE	5
4.2.1	CARATTERISTICHE ATTREZZATURA MASW	5
4.2.2	METODOLOGIA D'INDAGINE MASW	5
4.2.3	INDAGINE SISMICA MICROTREMORI.....	9
4.3	sondaggi e PROVE GEOTECNICHE.....	10
5	ZONAZIONE SISMOGENETICA e SISMICITÀ STORICA	10
6	MICROZONAZIONE SISMICA - METODOLOGIA.....	18
6.1	QUADRO DI RIFERIMENTO	18
6.2	Classificazione dell'area e del livello di approfondimento richiesto.....	21
7	INQUADRAMENTO GEOLOGICO	21
7.1	CARATTERISTICHE GEOLOGICHE GENERALI	21
7.2	CARATTERISTICHE GEOMORFOLOGICHE GENERALI.....	23
7.2.1	Geomorfologia e depositi continentali quaternari	23
7.3	PERICOLOSITA' SISMICA DI BASE.....	25
7.3.1	Sicurezza del Territorio: Rischio sismico: Aree suscettibili di effetti locali	25
8	INDAGINI GEOGNOSTICHE	27
8.1	INDAGINI DI REPERTORIO	27
8.2	MASW E MISURA HVSR	30
8.2.1	RISULTATI INDAGINE MASW.....	30
8.2.2	RISULTATI MISURA HVSR.....	31
9	CARATTERIZZAZIONE GEOLOGICA E GEOMORFOLOGICA LOCALE.....	33
9.1	Aspetti geologici e geomorfologici di dettaglio	33
9.2	Parametrizzazione geomeccanica preliminare	36
9.3	MICROZONAZIONE SISMICA.....	36
9.3.1	EFFETTI DI SITO	36
9.3.2	PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE – NTC 2018 – GeoStru PS Advanced 2018	37
9.3.3	PERICOLOSITÀ SISMICA DI SITO – NTC 2018 – GeoStru PS Advanced 2018.....	39
9.3.4	ANALISI DI II LIVELLO (D.A.L. 112 RER 2007): FATTORI DI AMPLIFICAZIONE F.A.	40
9.3.5	MICROZONAZIONE SISMICA	41
10	SCHEDA DI SINTESI	42
11	CONCLUSIONI	43

1 PREMESSA

La presente viene redatta per conto del Sig. Luigi Ferrari ed ha per oggetto l'analisi degli aspetti geologici di un'area posta in adiacenza al Villaggio Artigianale "La Cella" nel Comune di Fanano per la quale si inoltra istanza per il cambio d'uso da agricolo a comparto produttivo.

In particolare, lo studio è volto alla valutazione delle condizioni di sicurezza, anche finalizzata alla riduzione del rischio sismico.

Il lavoro è stato svolto d'intesa con il Proponente e con il Tecnico di riferimento, Ing. Geom. Nicola Bernardi.

2 RIFERIMENTO NORMATIVO

- DM MIN LL.PP. 11 mar 1988 e s.m.e.i.
- Circ LL.PP. 24 set 1988 n. 3048311
- *Assemblea legislativa della Regione Emilia-Romagna 68^ seduta della VIII Legislatura* Progr. n. 112 : Estratto dal resoconto integrale della seduta pomeridiana del 2 maggio 2007
- DM 14 gennaio 2008 Norme Tecniche per le Costruzioni
- "Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica" del Dipartimento Protezione Civile e Conferenza delle Regioni e P.A. (Gruppo di lavoro MS, 2008).
- Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici – istruzioni per l'applicazione delle norme Tecniche per le Costruzioni di cui al DM 14.01.2008. Circolare 2 febbraio 2009
- Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale 2009
- Delibera di Giunta Regionale dell'Emilia-Romagna n. 1302 (DGR 1302/2012)
- DM 17 gennaio 2018 – Aggiornamento delle "Norme Tecniche per le costruzioni"

3 LOCALIZZAZIONE DELL'AREA

3.1 UBICAZIONE CARTOGRAFICA GENERALE

Cartografia IGMI : FOGLIO 97 - Tavoletta I SO FANANO scala 1/25000

Carta Tecnica Regionale 2013:

- a) scala 1/25000 : TAVOLE 236 SO SESTOLA, 236 SE MONTESE
- b) scala 1/10000 : SEZIONE 236140 SESTOLA E 236150 MONTE BELVEDERE
- c) scala 1/5000 : ELEMENTI 236141 TRENTINO, 236154 BOSCO DEI TAMARONI

Ortofoto AGEA, anno 2014 : 236140 SESTOLA e 236150 MONTE BELVEDERE

Bacino idrografico principale: TORRENTE LEO

Si identifica inoltre la posizione assoluta attraverso le coordinate e le quote. Le coordinate sono

LAT	LONG	QUOTA	riportate nel sistema WGS84 e corrispondono indicativamente al centro dell'area, così come la quota.
44.233715	10.831098	526msm	

Il lotto che si propone misura 7530mq in forma quadrangolare irregolare con lato maggiore di 123m.

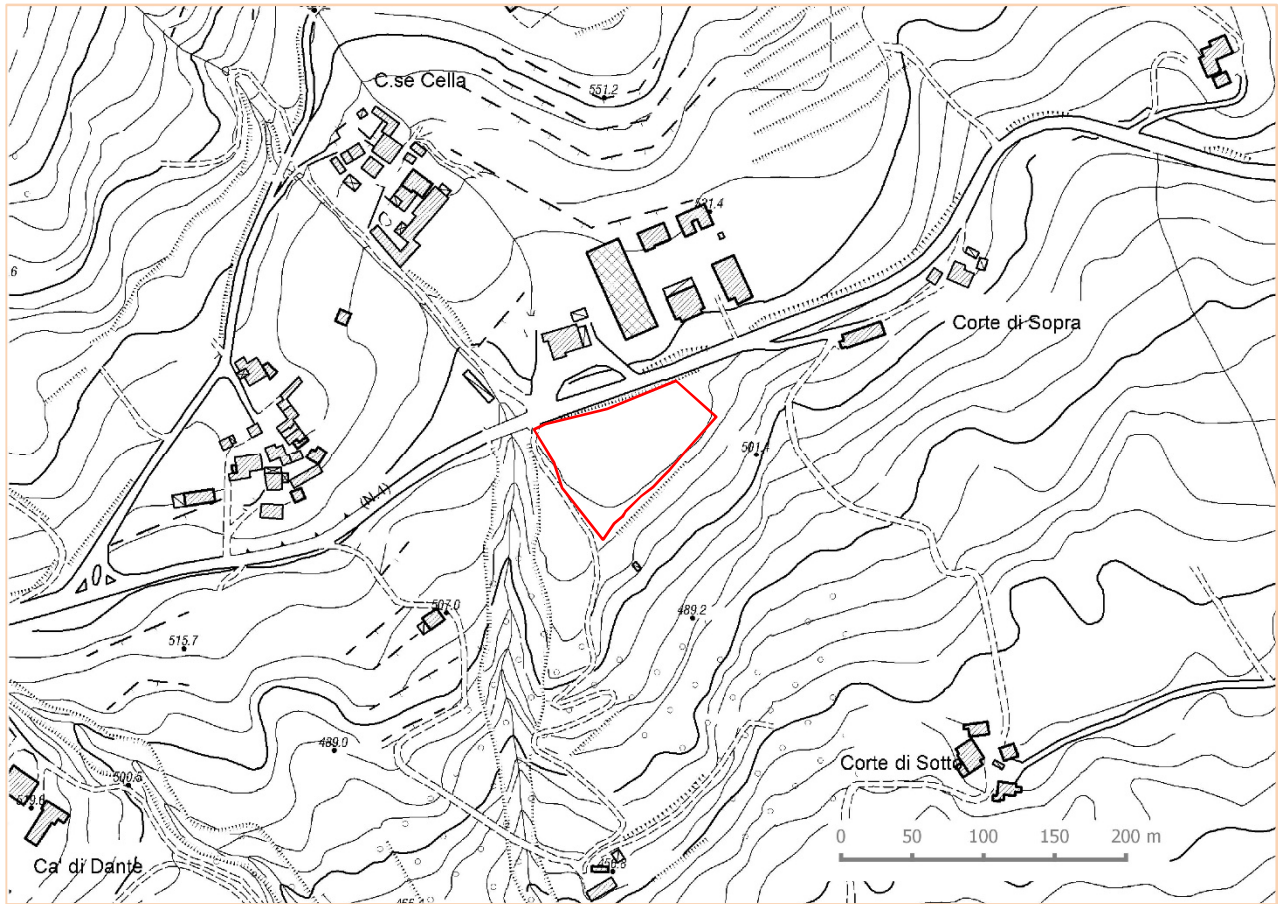


Tavola 1 – Inquadramento Area – Estratto CTR 1:5.000 (2013)



Tavola 2 – Inquadramento Area – Estratto Google Earth (2017)

4.1 IN GENERALE

Il lavoro è stato sviluppato articolando i diversi elementi che compongono la modellazione geologica e sismica dell'area secondo la logica di seguito schematizzata.

DEFINIZIONE QUADRO CONOSCITIVO

- ANALISI CARATTERISTICHE GEOLOGICHE GENERALI
- ANALISI CARATTERISTICHE GEOMORFOLOGICHE GENERALI con particolare riferimento ai depositi continentali quaternari e ai dati emergenti dalla Ricerca storico-documentale e cartografica e ai Fattori antropici
- ZONAZIONE SISMOGENETICA E SISMICITÀ STORICA DEL COMUNE
- INDAGINI GEOGNOSTICHE DI REPERTORIO

INDAGINI GEOGNOSTICHE PUNTUALI

- GEOFISICA con PROVE SISMICHE V_{S30} CON METODO MASW e MISURE HVSR
- GEOTECNICA con RIFERIMENTO ALLE INDAGINI DI REPERTORIO

STESURA MODELLO GEOLOGICO E SISMICO LOCALE

4.2 INDAGINI SISMICHE – STRUMENTI E METODOLOGIE

E' stata svolta un'indagine geofisica con metodo MASW ed una misura dei microtrempi con tromino (HVSR).

Lo scopo della misura del parametro HVSR è di identificare la frequenza caratteristica del terreno, mentre l'indagine MASW è indirizzata a misurare le velocità delle onde sismiche (V_s) del sottosuolo e la valutazione del parametro V_{S30} come prescritto da:

- *Ordinanza del P.C.M. n° 3274 del 20 marzo 2003*
- *D.M. 14 gennaio 2008 "Norme tecniche per le Costruzioni".*
-

4.2.1 CARATTERISTICHE ATTREZZATURA MASW

Le indagini in sito sono state eseguite utilizzando un sismografo multicanale ad incrementi di segnale, della P.A.S.I. mod. 16SG24 a 24 canali. Le specifiche tecniche dello strumento sono:

- | | |
|----------------------------|--------------------------------------|
| -processore: | Pentium 200 MMx Intel, |
| -Trattamento dati: | Floating Point 32-Bit, |
| -Ambiente operativo: | Windows 3.11, |
| -Canali: | 24 |
| -Display: | VGA colori LCD_TFT 10,4" |
| -Supporto memorizz.: | Hard Disk 2,1 Gb |
| -Risoluzione acquisizione: | 6/24 bit |
| -Sonde ambiente interne: | temperatura, umidità relativa |
| -Formato dati: | Pasi (.osv) e SEG-2 (.dat), |
| -Durata acquisizioni: | Rifrazione, 32÷2048 ms |
| | Riflessione, 32÷16384 ms, |
| -Tempi campionamento: | da 16 μ s a 2 ms |
| -Filtri digitali: | Passa alto (25÷400 Hz) |
| | Passa Basso (100÷250 Hz) |
| | Notch (50÷180 Hz) |
| -Attivazione filtri: | in acquisizione o manualmente |
| -Trigger: | inibizione impulsi dovuti a rimbalzi |
- 24 geofoni da 4,5 Hz collegati in serie da due cavi con lunghezza 33 m l'uno per la prova MASW
 - Sorgente impulsiva: mazza battente da 10 Kg con piastra metallica 15x15 cm su cui battere, da disporre sul terreno.
 - Bindella metrica per posizionare i ricevitori.

4.2.2 METODOLOGIA D'INDAGINE MASW

L'indagine sismica di tipo MASW consente la determinazione diretta della velocità delle onde trasversali (Onde di taglio

- onde Sh/Sv) dei terreni anche in modo da ottenere una corretta caratterizzazione della categoria sismica del sottosuolo (V_{s30}). La prospezione Masw (in sismica attiva) è stata scelta in funzione delle limitazioni che affliggono in genere misure di onde Sh in metodi a rifrazione tradizionali (come ad es. difficoltà di generazione di onde polarizzate Sh o inversioni di velocità identificabili con difficoltà e/o valutabili con costosi lunghi ed impegnativi metodi sismici in foro es. Cross-Hole e Down-Hole).

La tecnica sismica Masw è stata ampiamente testata (perfezionata già dal 1999) ed è contemplata fra le indagini per la definizione rigorosa del profilo di Vs per caratterizzazione sismica del sito (*NTC-08 e ad es. Lai, Foti e Rota "Input sismico e stabilità geotecnica dei siti di costruzione - IUSS Press Eucentre 2009"*) e risulta migliore per la caratterizzazione del primo sottosuolo.

Le tecniche basate su utilizzo di registrazioni di microtrempi di origine naturale e/o antropica (tecniche passive) possono caratterizzare infatti il sottosuolo più in profondità, da diverse decine, sino alle volte anche a centinaia di metri (*Lai et alii - IUSS Press Eucentre 2009*) ma con minor risoluzione per la zona prossima alla superficie che invece più ci interessa.

Inoltre diversi autori (*Lachet e Bard 94, Bard 99, De Ferrari et alii - Università studi di Genova 2008*), segnalano che sistemi d'acquisizione in sismica passiva sono poco idonei per terreni alluvionali.

L'utilizzo di tecniche passive è possibile o consigliabile nel caso di intenso "rumore antropico" (che impedisce o maschera l'acquisizione dei dati in sismica attiva) e di discreto contrasto di impedenza sismica ($>2,5-3$) fra il substrato (sismico) ed il materasso alluvionale sovrastante

È importante l'interramento del sensore sismico passivo (per migliorare l'accoppiamento sensore-terreno), quindi altri autori (*Konno e Ohmachi 98, Bard 99, Bindi et alii 2000, Parolai et alii 2002*) consigliano di evitare terreni caratterizzati da: erba, fango, terreno saturo, neve, ghiaccio, materiali incoerenti in superficie (ghiaia, ciottoli, quindi piazzali rilevati ecc.), coperture artificiali con piastrelle, superfici sintetiche, ecc.

Valutando le sopracitate motivazioni per caratterizzare il sottosuolo dal punto di vista del profilo Vs/profondità sono state realizzate prospezioni Masw, (rilevazione onde di Rayleigh) con tecnica in sismica attiva.

Dal punto di vista operativo l'indagine è stata eseguita stendendo lungo una linea 24 ricevitori (geofoni) a una distanza intergeofonica costante ed energizzando a un'estremità dello stendimento con una mazza su una piastra di alluminio. La distanza tra il punto di energizzazione e il primo geofono è denominata "offset".

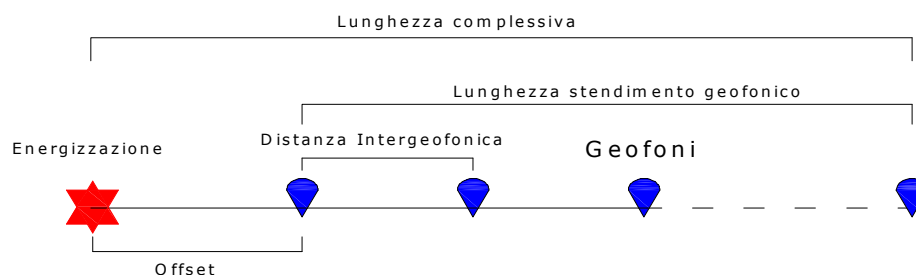


Figura 1 – SCHEMA ILLUSTRATIVO PROVA MASW

Le Basi Masw eseguite, per le possibilità operative presenti in corrispondenza dei siti di intervento, presentano (Compreso il punto di shot) la geometria indicata nei risultati delle prove.

Si ricorda che data la necessità di analizzare con elevato dettaglio le basse frequenze (tipicamente anche al di sotto dei 20 Hz), la tecnica di acquisizione per onde di superficie necessita di geofoni (ad asse verticale) con frequenza di taglio non superiore a 4,5 Hz.

Quindi le basi teoriche della tecnica di Acquisizione delle Masw, (analisi ed elaborazione delle onde di superficie di Rayleigh) sono completamente diverse dalle onde P o S degli stendimenti di sismica a riflessione o rifrazione. Nell'acquisizione con tecnica Masw, non è possibile caratterizzare la tecnica con un classico coefficiente geometrico che esprima la profondità di investigazione in funzione della lunghezza della stesa sismica come nella riflessione o nella rifrazione, ove infatti le metodiche di interpretazione si basano sui tempi di arrivo ai geofoni delle onde riflesse o rifratte (quindi si misurano dei tempi). Nella tecnica Masw non si misurano dei tempi, ma viene eseguita una trattazione spettrale dei sismogrammi e mediante trasformata di Fourier si restituisce lo spettro del segnale sismico nel dominio frequenza (f) n° d'onda (k), detto anche dominio f-k. La lunghezza dello stendimento dipende sia dal numero di ricevitori utilizzabili sia dallo spazio disponibile.

Normalmente si dispongono i ricevitori ad interasse costante compreso tra 0,5 m e 3,0 m. Con array a parità di numero di ricevitori un interasse di 3,0m consente di avere uno stendimento di ricevitori più lungo, e quindi una maggiore risoluzione della curva di dispersione lungo la coordinata numero d'onda k; tuttavia si riduce il numero d'onda di Nyquist oltre cui non si ha certezza sull'affidabilità del segnale misurato. Viceversa un interasse piccolo può essere necessario in piccoli spazi e consente un intervallo più ampio di numeri d'onda, ma comporta una minore risoluzione della curva di dispersione lungo i numeri d'onda.

La profondità investigata dalle onde di Rayleigh dipende più propriamente dalla lunghezza d'onda, dalla velocità delle onde di taglio Vs e dalla frequenza. (Stokoe II and Santamarina, 2000).

La relazione quindi che meglio consente di valutare la profondità di investigazione di un'indagine Masw è legata più che alla dimensione dello stendimento al valore della Vs assegnata ad una determinata profondità z dal piano campagna, calcolata in funzione della lunghezza d'onda, cioè:

$$z = \frac{\lambda}{(1,5 / 2,0)}$$

Inoltre si evidenzia che:

Con la tecnica Masw (indagine sismica non invasiva di superficie) si ottiene una modellazione del sottosuolo, basandosi sulla propagazione delle onde di Rayleigh, oggi realizzata mediante approcci multi stazioni, che risultano robusti ed efficienti (Foti, 2000; Lai e Wilmski, 2005) rispetto ai primi approcci del metodo, che si basavano essenzialmente su 2 ricevitori (Prova Sasw - Stoke et al., 1994).

Queste prove (masw-sasw) sfruttano la proprietà della dispersione geometrica, che rende la velocità di propagazione delle onde di Rayleigh (V_R) dipendente dalla frequenza di eccitazione in mezzi verticalmente eterogenei.

L'onda di Rayleigh costituisce un particolare tipo d'onda sismica ed è facilmente individuabile in quanto ha una velocità differente dai treni d'onda delle onde P ed S, risultando più lenta anche di queste ultime, con una velocità di propagazione $V_R \approx 0,9 \div 0,96 V_s$ (da V. Socco Lab. Geofisica Appl. Dip. Ing Territorio Politecnico di TORINO)

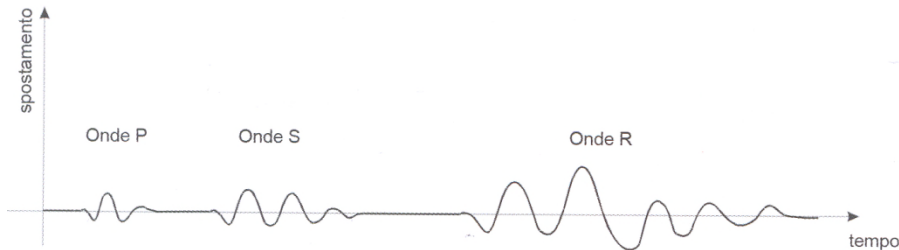
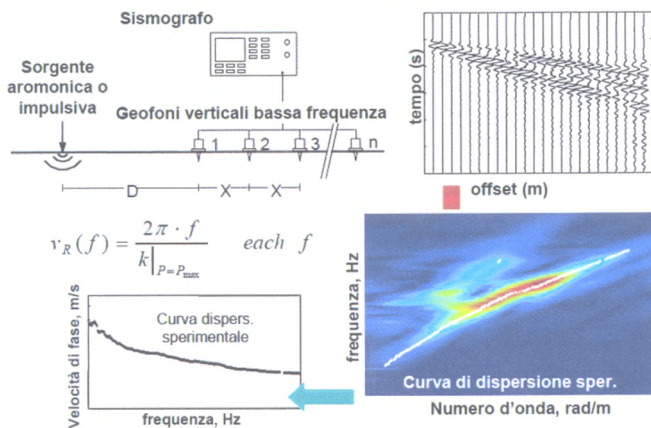


Figura 2 - SISMOGRAMMA CHE EVIDENZIA L'ARRIVO DISTINTO DI ONDE P, S E DI RAYLEIGH (da Crespellani e Facciorusso, *Dinamica dei terreni*)

L'onda di Rayleigh si trasmette infatti sulla superficie libera di un mezzo isotropo e omogeneo ed è il risultato dell'interferenza e della combinazione di onde sismiche di pressione (P-waves) e onde di taglio polarizzate verticalmente (Sv-waves).

La prova consiste nel produrre sulla superficie del terreno, in corrispondenza del sito da investigare, una sollecitazione (piccolo sisma) e nel registrare le vibrazioni prodotte sempre in corrispondenza della superficie, a distanze note e prefissate.

tecniche attive - Metodi multistazione



Il profilo di V_s viene determinato attraverso la soluzione di un problema matematico di inversione della curva di dispersione (V_R in funzione della frequenza). In un mezzo reale stratificato avviene una dispersione delle onde prodotte; in altre parole, una deformazione del treno d'onda, dovuto alla variazione della velocità di propagazione, con la frequenza, che varia in relazione alle caratteristiche di "rigidezza" di ogni singolo strato.

Figura 3 - Processo per la definizione della curva di dispersione

Nella figura a fianco esposta (da V. Socco Lab. Geofisica Appl. Dip. Ing Territorio Politecnico di TORINO) è ben riassunto il processo di acquisizione ed il passaggio alla curva di dispersione.

Gli elementi a bassa frequenza penetrano quindi più in profondità, con velocità di fase in genere più alta, rispetto alle componenti ad alta frequenza. Il calcolo

del profilo delle velocità delle onde di Rayleigh, visualizzato dai grafici $V(fase)/f(frequenza)$, tramite elaborazioni e programmi dedicati, è convertito in profili V_s / profondità.

INTERPRETAZIONE DATI ACQUISITI

L'interpretazione delle tecniche di rilievo sismico MASW traggono spunto come sopra accennato dalle prime tecniche studiate da Nazarian e Stokoe (1984-94) che per primi hanno presentato il metodo SASW che utilizzava una sorgente d'impulso e 2 soli sismometri di rilevazione (1 Hz).

Tale tecnica, come d'altronde anche la Masw, è basata sul fatto che osservando il segnale che si propaga nel suolo a seguito di una energizzazione, è notorio che la quasi totalità dell'energia (circa 2/3 o più) si propaga tramite onde superficiali (onde di Rayleigh).

A tale scopo Park et Alii (1999) hanno studiato e sviluppato il metodo MASW, per sopperire alle difficoltà d'applicazione, della tecnica Sasw in diverse situazioni.

La differenza principale è l'utilizzo simultaneo di 24 (o più) geofoni (sismometri polarizzati verticalmente - frequenza max 4,5 Hz) per consentire di ricavare numerosi profili di velocità V_s , ricavati dallo studio delle velocità di fase, dei numerosi treni d'onda di Rayleigh che sono registrati ai sismometri.

I geofoni possono essere spazati da 0,5 sino ad un max di circa 8-10 m, e forniscono una ridondanza statistica delle misure delle velocità di fase, avvalorandone quindi la veridicità (rispetto al metodo Sasw che si basava su di un'unica misura).

Le tracce dei sismogrammi possono essere salvate nel dominio temporale, permettendo quindi di distinguere ed evidenziare (nel record di registrazione) le onde di Rayleigh, caratterizzate da elevata ampiezza di segnale (la quasi totalità dell'energia prodotta si ripartisce nelle onde di Rayleigh).

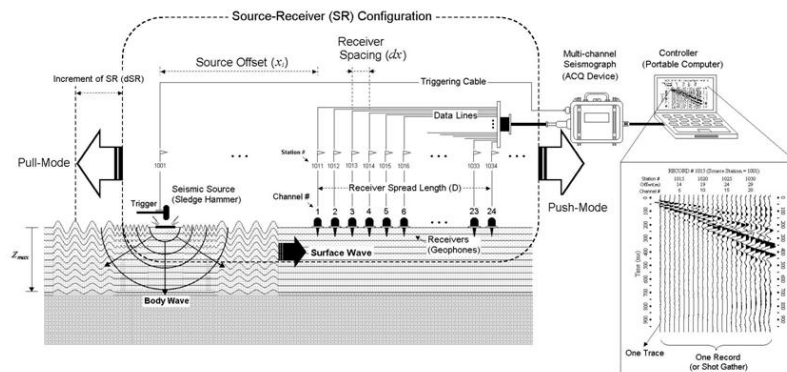


Figura 4 – MASW schema acquisizione dati

Dal sismogramma tramite una trasformata nel dominio, **frequenza (f) – numero d'onda (k)**, le tracce cui corrispondono i massimi spettrali (senza trascurare i modi superiori se presenti) si può così risalire alla curva di dispersione (cioè un grafico ampiezza/frequenza) mediante la relazione: $V_R(f) = f/k$ che consente di individuare il segnale proprio, relativo alle onde superficiali che interessano tale metodologia.

Il processo iniziale di individuazione della curva di dispersione caratteristica del sito in esame è ottenuto tramite il software (SWAN® vers. 2008) seguito poi da una fase di elaborazione-interpretazione; eseguendo una "analisi spettrale" si procede sostanzialmente nella risoluzione del cosiddetto problema inverso: a partire dalla curva di dispersione misurata in situ, si arriva al modello di stratificazione del terreno con i relativi parametri sismici, secondo il seguente schema:

- Concatenazione dei file contenenti i record di registrazione in situ.
- Fase di pre-processing per "ottimizzare" i record stessi in modo da migliorare la qualità dell'interpretazione, cioè eventuale filtraggio o "pulizia" dei dati grezzi.
- Passaggio dal sismogramma al dominio spettrale mediante trasformata FK.
- Picking dei punti dello spettro per ottenere la curva di dispersione sperimentale; la procedura consiste nel trovare per ogni frequenza dei massimi assoluti/relativi dello spettro FK, finalizzata alla individuazione del modo fondamentale di propagazione dell'onda (ovvero quello a velocità minore), senza trascurare (analisi multimodale) di ricercare anche eventuali modi superiori.
- Estrazione curva di dispersione sperimentale mediante la procedura sopra indicata dallo spettro FK.
- Inversione: tale procedura è avviata allo scopo di ottimizzare un modello stratigrafico che sia relativo e sovrapponibile alla curva di dispersione sperimentale propria del sito; in tale procedura il programma **SWAN®** utilizza una tecnica di inversione lineare tipo OCCAM che presenta il vantaggio di minimizzare l'errore quadratico medio tra dati sperimentali e dati teorici. In linea generale come in gran parte dei processi di inversione (definiti "try and error"), l'inversione viene fermata quando un determinato parametro, definito ϵ (cioè la differenza fra dato osservato e dato calcolato) è in genere $< 2-3\%$. L'inversione OCCAM, utilizzando differenze quadratiche medie, dà risultati ancora migliori di un'inversione lineare classica, dato che quando si raggiunge lo stop dell'inversione (ϵ_{MIN}), cioè un valore percentualmente molto piccolo, la sovrapposizione delle curve è davvero buona.
- Fase di ottimizzazione e di taratura della curva teorica, realizzata contestualmente alla procedura d'inversione, con inserimento (eventuale) di strati sino ad un massimo di 30, assegnazione di moduli di Poisson e taratura dello spessore degli strati mediante confronto con prove dirette (prove penetrometriche, stratigrafie di sondaggio, colonne di perforazioni di pozzi ecc.) ed eseguendo ulteriori processi di inversione allo scopo di raffinare il risultato ottenuto, cioè una curva di dispersione teorica finale molto ben sovrapposta a quella sperimentale.
- L'obiettivo finale, cioè l'ottenimento di un profilo verticale delle Vs, minimizzando le imprecisioni (risultati random), ottenendo quindi un modello ad elevata attendibilità e fortemente rappresentativo, mediante le tarature, del reale profilo Vs/profondità del sito in analisi, come d'altronde suggerito anche da ricercatori in ambito geofisico (es. Dal Moro et alii Gruppo Esplor. Geofisica - Dip. Geol e Scienze Marine Univ. Trieste "*cosa migliore è confrontare lo spettro di velocità osservato con le curve teoriche di dispersione di un modello che riteniamo plausibile per l'area sotto esame*").

Considerazioni sulle tecniche di inversione:

- Le tecniche d'inversione possono fornire soluzioni non univoche, ma proprio per ovviare a questa possibilità si eseguono TARATURE con dati reali del sito (prove cpt, stratigrafie ecc.), utilizzando anche parametri che esprimono la "rigidezza" degli strati individuati (es. coeff. Poisson), proprio per indirizzare l'inversione verso un modello molto vicino a quello reale.
- La funzione obiettivo (il misfit tra dato osservato e dato calcolato) è prossima a zero, solo in caso ideale, in assenza di rumore; per questo motivo il sismogramma può essere trattato o filtrato per ridurre al minimo o eliminare eventuali rumori o disturbi esterni, che non hanno nulla a che fare con l'onda sismica che stiamo analizzando.
- È fuorviante e sbagliato attribuire una percentuale di errore eseguendo un'operazione di alterazione delle velocità sismiche ottenute dall'esecuzione dei dettagliati processi di inversione sopra esposti (ad esempio attribuendo un errore globale del $\pm 10\%$, quindi alterando ad es. le velocità sismiche ottenute moltiplicando $\cdot 0,9$ le Vs dei singoli strati), perché in tal modo si vanificherebbe completamente l'elaborazione Masw, che è stata fatta con cura ed esperienza secondo principi codificati e consolidati. Infatti ipotizzando possa esistere un modello Vs/profondità analogo a quello definito con l'interpretazione corretta della prova Masw, ma con velocità alterate (cioè diminuite/aumentate del 10%) si otterrebbe un Macth fra curva sperimentale e teorica completamente non attendibile. A titolo di esempio si allegano alcune figure che illustrano tale erronea

operazione di alterazione delle Vs calcolate:

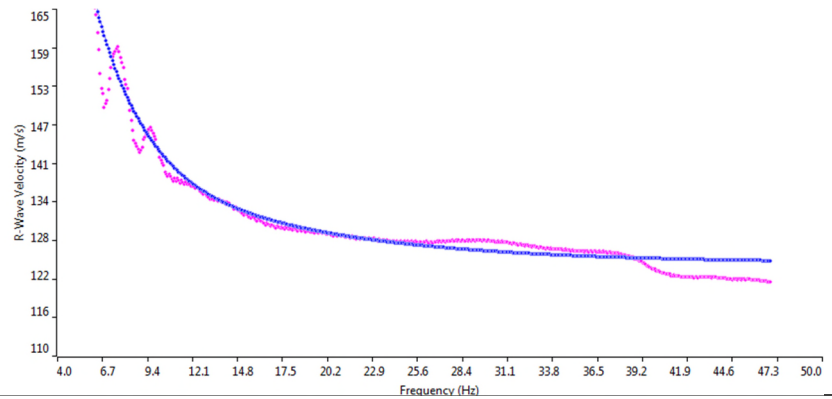


Figura 5 – GRAFICO CON SOVRAPPOSIZIONE FRA CURVA DISPERSIONE SPERIMENTALE (MAGENTA) E CURVA TEORICA (BLU) OTTENUTA DAL PROCESSO INVERSIONE MASW DOMINIO FREQUENZA/VELOCITÀ. SI NOTI LA QUASI PERFETTA CORRISPONDENZA DEL FITTING TRA LE DUE CURVE

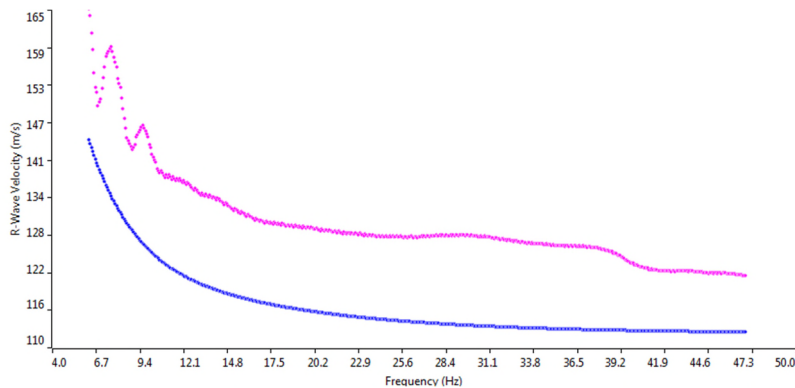


Figura 6 – GRAFICO CON SOVRAPPOSIZIONE FRA CURVA DISPERSIONE SPERIMENTALE (MAGENTA) E CURVA TEORICA "ALTERATA" MODIFICANDO LE Vs DIMINUENDOLE ERRONEAMENTE DEL 10% (BLU) DOMINIO FREQUENZA/VELOCITÀ. SI NOTI LA COMPLETA SFASATURA DELLA CURVA TEORICA, SINONIMO DI UN ALLONTANAMENTO DALLA REALE STRATIGRAFIA SISMICA CHE CARATTERIZZA IL SITO, QUINDI UN MODELLO NON ACCETTABILE

Le curve di dispersione sopra esposte sono da considerare indicative e non riferite alle indagini Masw della presente relazione; sono riferite ad un generico sito con una stratificazione di 5 strati, mantenuti identici nelle 2 simulazioni, con analoghi coefficienti di Poisson assegnati (variabili fra 0.45-0.48) e $V_{S30} \approx 190$ m/sec (grafico figura 3) e $V_{S30} \approx 170$ m/sec

4.2.3 INDAGINE SISMICA MICROTREMORI

A maggior dettaglio della caratterizzazione sismica, e per la determinazione delle frequenza fondamentale del terreno, sono state eseguite stazioni per l'acquisizione dei microtremori sismici (misura HVSR) in sito.

Per l'acquisizione dei dati di microtremore sismico, è stato utilizzato uno degli strumenti più diffusi per l'acquisizione di dati in sismica passiva a stazione singola, denominato "TROMINO"®, certificato e coperto da brevetto internazionale. Tale strumentazione appositamente progettata, rappresenta la nuova generazione di strumenti digitali per la misura ad alta risoluzione del rumore sismico ambientale e anche per la misura delle vibrazioni su strutture (norma Din4150 e UNI 9916).

Tecnicamente è un sismografo idoneo al rilievo del microtremore sismico, nell'intervallo di frequenze fra 0,1 e 512 Hz, mediante l'impiego di masse strumentali molto ridotte, con una struttura rigida non risonante e costruita con materiali non diffrangenti.

I sensori sono costituiti da una terna di velocimetri smorzati che trasmettono il segnale ad un sistema di acquisizione digitale a basso rumore e dinamica ≥ 23 bit.

Queste caratteristiche strumentali consentono un'elevata accuratezza nella misura dei dati, maggiore di 10^{-4} , sulle componenti spettrali maggiori/uguali a 0,1 Hz.

Praticamente si tratta di installare solidalmente al suolo il Tromino® e di misurare il tremore sismico, con durata di registrazione adeguata alla frequenza minima di interesse per il sito in analisi.

Per l'area in esame si ipotizza di misurare la frequenza della coltre sedimentaria, di copertura del bedrock sismico (quindi con spessore massimo ipotizzabile non superiore a 300 m); da ciò deriva una stima (in prima approssimazione) della frequenza dell'ordine di circa 0.5 Hz, che equivale ad un periodo $T = 2$ sec.

Pertanto per poter "osservare" e registrare con Tromino® queste frequenze, si tratta di mantenere in acquisizione lo strumento per una durata minima teorica di almeno 2 sec. Poiché poi il metodo si basa su tecniche di risoluzione spettrale elevata, il segnale viene acquisito su finestre temporali di almeno 10 volte più lunghe.

È opportuna, ed indispensabile, anche una ridondanza statistica (30-40 ripetizioni), che consente di mediare opportunamente le registrazioni, per evitare di interpretare rumori "locali" random.

In sintesi, per ottenere un'acquisizione di rumore sismico (microtremore) a scopi stratigrafici anche profondi, si devono quindi analizzare dati con durata di acquisizione minima di 15 minuti.

Il risultato della acquisizione eseguita nel sito in esame è quindi analizzato mediante il codice di calcolo 'Grilla' (ver. 6.1), che consente di archiviare, analizzare e permettere la revisione del segnale misurato in sito. Tale software consente di realizzare approfondite analisi spettrali di base e procedure per analisi HVSR (meglio nota come tecnica di Nakamura) secondo procedure codificate dal progetto di ricerca SESAME (2004).

I passi principali sono:

- ◆ uso di strumentazione certificata e/o verificata da opportune commissioni tecnico - scientifiche.
- ◆ analisi dettagliata dello spettro di Fourier delle componenti verticali del segnale per individuare ed eliminare componenti "monocromatiche" (possibile rumore antropico)
- ◆ eliminare (in genere la sequenza completa è di suddividere l'acquisizione in sotto finestre di 20 sec) le sotto finestre con contenuti TRANSIENTI, cioè le porzioni di segnale contenenti transienti legati a sorgenti vicine al sensore (cioè passi o passaggi di autoveicoli).
- ◆ calcolo H/V per ogni sottofinestra selezionata mediante:
 - eliminazione segnale di eventuali offset
 - calcolo spettri di Fourier
 - Smoothing degli spettri Fourier per minimizzare effetti di instabilità numerica del computo dei rapporti, ottimizzando caso per caso la percentuale di smoothing, per evitare di alterare le caratteristiche dello spettro intrinseco e quindi della curva H/V che ne deriva
 - Calcolo delle curve H/V in componente N-S - E-O - verticale
- ◆ Stima del valore medio dei rapporti spettrali per ciascuna sottofinestra e definizione deviazione standard
- ◆ Identificazione curve H/V dei picchi statisticamente più significativi e stima indice di affidabilità da opportuni test statistici che permettano di definire l'affidabilità della curva H/V ed identificare il picco più significativo su criteri quantitativi.
- ◆ Se l'acquisizione viene eseguita in diverse condizioni d'acquisizione (es. esecuzione in diverse ore del giorno, diverso processing dei dati, diverse condizioni atmosferiche ecc.), i risultati della curva H/V devono risultare paragonabili.

Il risultato dell'elaborazione è il grafico del "**Rapporto spettrale orizzontale su verticale**", presentato nella scheda "**misura microtremori (HVSR)**", che mette in evidenza (se presenti) picchi di amplificazione del segnale (HVSR >> 1) dovuti alla presenza nel sottosuolo di contrasti di impedenza sismica fra gli strati che inneschino amplificazioni del segnale sismico.

Il valore finale del HVSR in funzione della frequenza espresso nel grafico è indicato da una linea rossa che indica la media RMS delle componenti orizzontali rispetto alle verticali, mentre l'intervallo di confidenza (95%) relativo all'ampiezza HVSR è dato dalle linee nere sottili.

Il grafico "Spettro delle singole componenti" esprime invece l'andamento delle singole componenti registrate dal Tromino, componente N-S, componente E-O e componente Up-Down alle varie frequenze.

4.3 SONDAGGI E PROVE GEOTECNICHE

In questa fase, la collocazione in area già nota ed il rilievo diretto di campagna mi portano a ritenere sufficienti per la caratterizzazione stratigrafica utile a questo studio le risultanze delle consistenti campagne geognostiche condotte dallo scrivente a partire dal 1996 in occasione degli insediamenti degli stabilimenti esistenti subito a monte.

5 ZONAZIONE SISMOGENETICA E SISMICITÀ STORICA

La classificazione sismica dei Comuni della regione Emilia-Romagna è stata introdotta ai sensi del punto 3 dell'Allegato 1 dell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 maggio 2003. La stessa prevede che il territorio nazionale sia suddiviso in 4 zone sismiche, caratterizzate da quattro diversi valori di accelerazione (ag).

Codice ISTAT 2001	Provincia	COMUNE	Anno di			Categoria secondo la classificazione precedente (Decreti fino al 1984)	Categoria secondo la proposta del GdL del 1998	Zona ai sensi del presente documento (2003)	
			prima classificazione	declassificazione	riclassificazione				
8036002	MO	BOMPORTO	2003			N.C.	III	3	
8036003	MO	CAMPOGALLIANO	2003			N.C.	III	3	
8036004	MO	CAMPOSANTO	2003			N.C.	III	3	
8036005	MO	CARPI	2003			N.C.	III	3	
8036006	MO	CASTELFRANCO EMILIA	2003			N.C.	III	3	
8036007	MO	CASTELNUOVO RANGONE	2003			N.C.	III	3	
8036009	MO	CAVEZZO	2003			N.C.	III	3	
8036010	MO	CONCORDIA SULLA SECCHIA	2003			N.C.	III	3	
8036011	MO	FANANO	1927	1937	2003	N.C.	III	3	
8036012	MO	FINALE EMILIA	2003			N.C.	III	3	
8036014	MO	FIUMALBO	1927	1937	2003	N.C.	III	3	
8036017	MO	GUIGLIA	2003			N.C.	III	3	

Tabella 1 – Estratto tabella storia classificazione sismica dei Comuni

Nell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3519 del 28 aprile 2006 "Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formulazione degli elenchi delle medesime zone" all'allegato 1.A sono individuate quattro zone sismiche con accelerazione orizzontale massima convenzionale su suolo di tipo A, di ancoraggio dello spettro di risposta elastico.

Ciascuna zona viene individuata mediante valori di accelerazione massima al suolo a_g , con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni, riferiti a suoli rigidi caratterizzati da $V_{s30} > 800$ m/s secondo la tabella che segue:

zona	accelerazione con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni [ag]	accelerazione orizzontale massima convenzionale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico [ag]
1	$0,25 < a_g \leq 0,35g$	0,35g
2	$0,15 < a_g \leq 0,25g$	0,25g
3	$0,05 < a_g \leq 0,15g$	0,15g
4	$\leq 0,05g$	0,05g

Tabella 2 – Accelerazione orizzontale di riferimento per le 4 Zone sismiche sul territorio nazionale

I parametri di accelerazione massima orizzontale di picco al suolo, a_g , relativi all'area del Comune di Fanano, in base alla griglia delle NTC 14/01/2008, sono congruenti con quelli della classificazione sopra esposta.

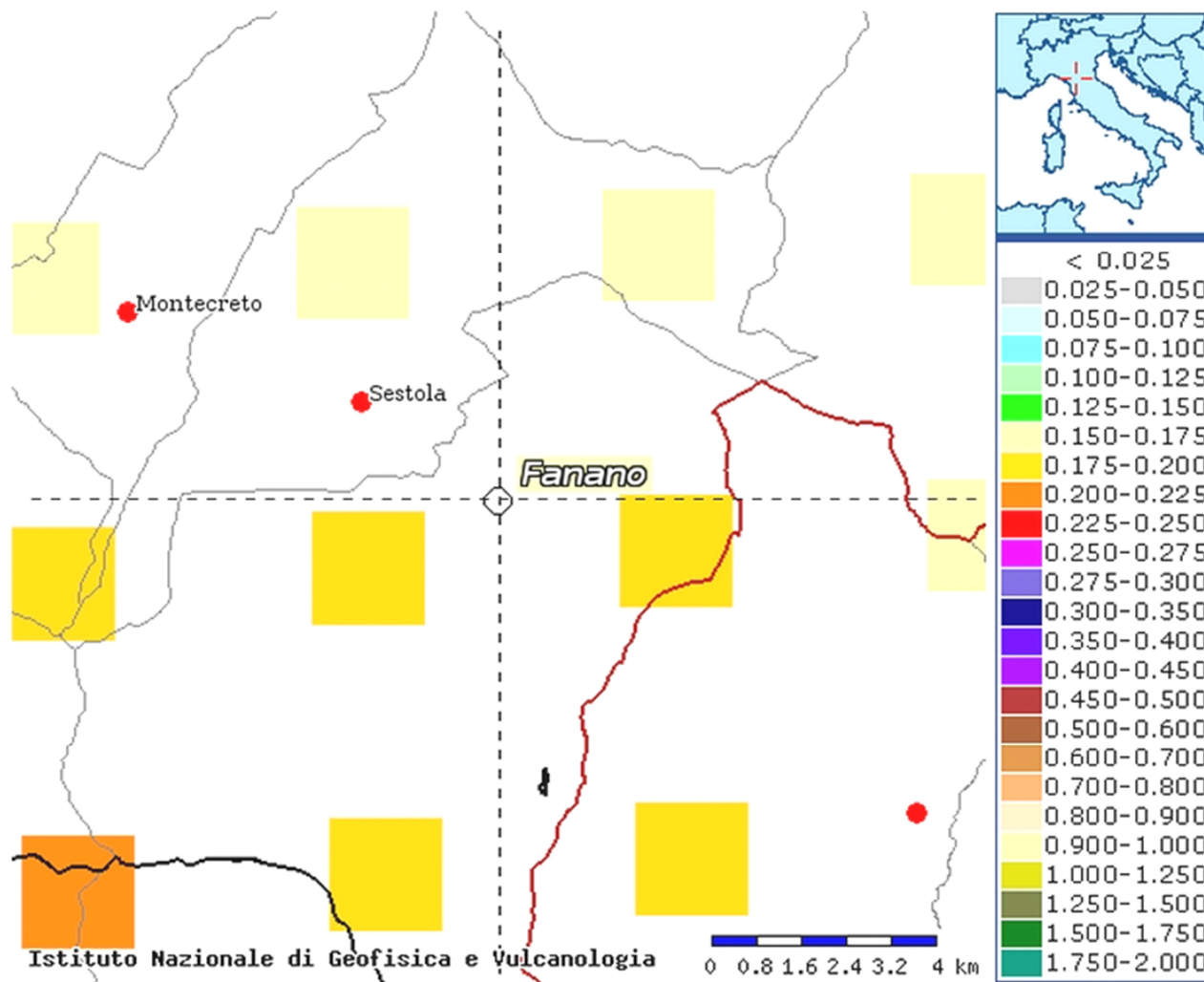


Figura 7 – INGV Valori di pericolosità sismica del Comune di Fanano in termini di accelerazione massima al suolo **ag(g)**

Una stima della pericolosità sismica del territorio comunale è fornita dalle carte dell'INGV del 2006 (OPCM3519/2006), espressa in termini di accelerazione massima del suolo (ag) con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni riferita ai suoli rigidi ($V_{s30} > 800\text{m/s}$ cat. A, punto 3.2.1 del DM 14.09.2005). I valori di ag per il Comune di Fanano, per un periodo di ritorno di 475 anni, sono di **ag = 0,15g ÷ 0,20g** con un'eccedenza dell'evento del 10% in 50 anni.

Il valore dell'accelerazione massima orizzontale di picco al suolo espressa in frazione dell'accelerazione di gravità **g** (a_{refg}) riportata nell'allegato A4, tabella 2, della Delibera dell'Assemblea Legislativa della Regione Emilia Romagna n. 112 del 2007 corrisponde per il **Comune di Fanano** $a_{refg} = 0,179g$. La Magnitudo attesa è **M = 5.439**

La zonazione sismica del territorio nazionale, che identifica le zone sorgenti a caratteristiche sismiche omogenee, elaborata da INGV, attribuisce l'area in oggetto alla **zona sismo genetica 913** (Meletti e Valensise, 2004)

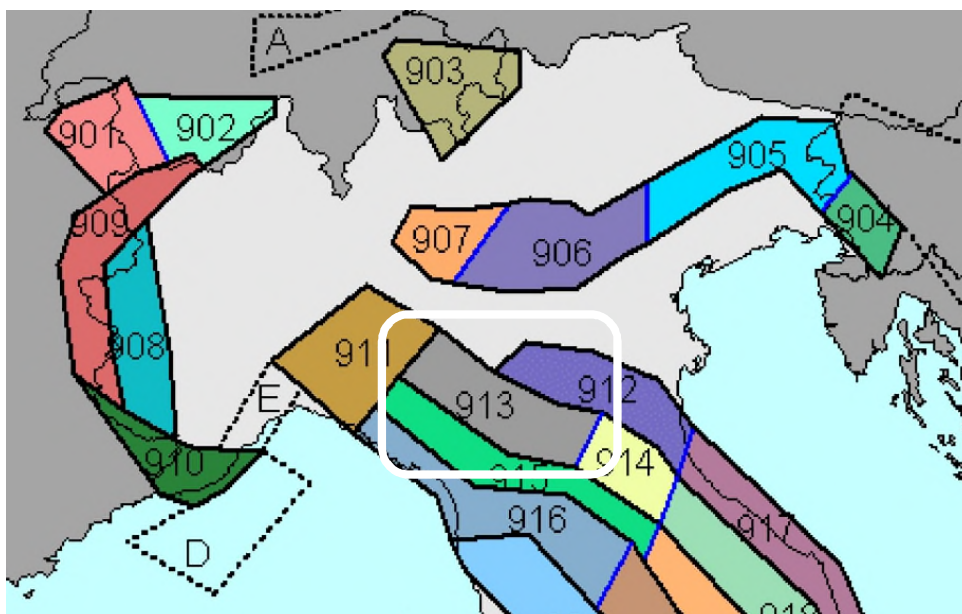


Figura 8 – Zonazione sismo genetica (INGV 2004). Alle zone 913 e 915 appartiene il territorio del Comune di Fanano

Nella tabella che segue vengono riportati i valori caratteristici della Zona 913 in termini di **Magnitudo-durata (Md)** e di **profondità efficace**, alla quale avviene il maggior numero di terremoti che determina la pericolosità della zona. Il calcolo della **Md** è basato sulla misura della durata del sismogramma; il concetto di base è quello di ritenere a ragione che maggiore è la Magnitudo di un evento, maggiore sarà la durata della registrazione. Essendo molto semplice e immediato misurare la durata del sismogramma, la **Md**, dal 1980, è entrata nel novero dei parametri che vengono forniti alla Protezione Civile.

Zona	Numero di eventi Md>2.0	Numero di eventi Md>2.5	Numero di eventi Md>3.0	Magnitudo massima (Md)	Classe di profondità (km)	Profondità efficace (km)
901	18	15	2	4.0	8-12	8
902	34	25	2	3.8	8-12	10
903	23	19	2	4.5	8-12	9
904	13	9	1	3.4	5-8	7 *
905	181	110	32	4.8	5-8	8 *
906	41	34	13	4.7	5-8	8 *
907	33	19	7	4.2	5-8	8 *
908	495	128	25	3.7	8-12	10
909	263	94	9	4.1	8-12	10
910	80	24	2	3.4	8-12	10
911	126	91	18	4.1	8-12	8
912	180	141	54	4.6	5-8	7
913	767	362	100	4.8	12-20	13
914	878	542	131	4.5	12-20	13
915	614	346	65	4.2	8-12	8
916	140	83	16	4.6	5-8	6 *

Tabella 3 - Valori di Md=Magnitudo/durata e profondità efficace relativi alla zona sismo genetica 913

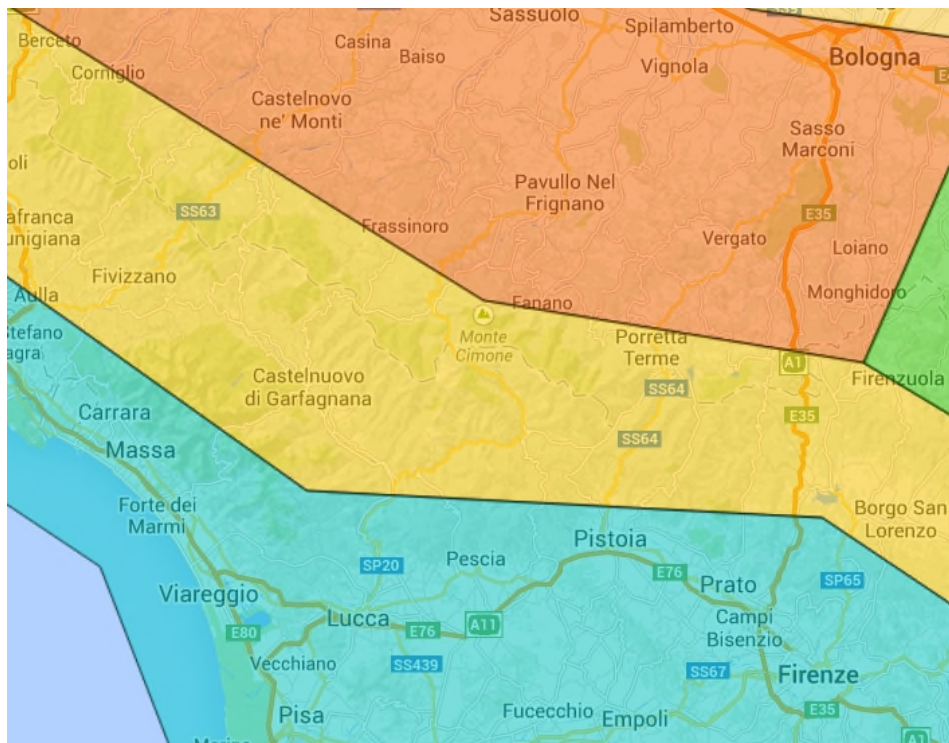


Figura 9 - Zonazione sismo genetica (INGV 2004)
Particolare
Alla zona 913 (color arancio)
appartiene l'area in esame

La sismicità storica del Comune di Fanano è reperibile al Catalogo Parametrico dei terremoti italiani CPTI11 (Rovida, Camassi, Gasperini e Stucchi, 2011 Milano, Bologna, <http://emidius.mi.ingv.it/CPTI>, DOI: 10.6092/INGV.IT-CPTI1)

Esso documenta eventi massimi sismici del 7° MCS.

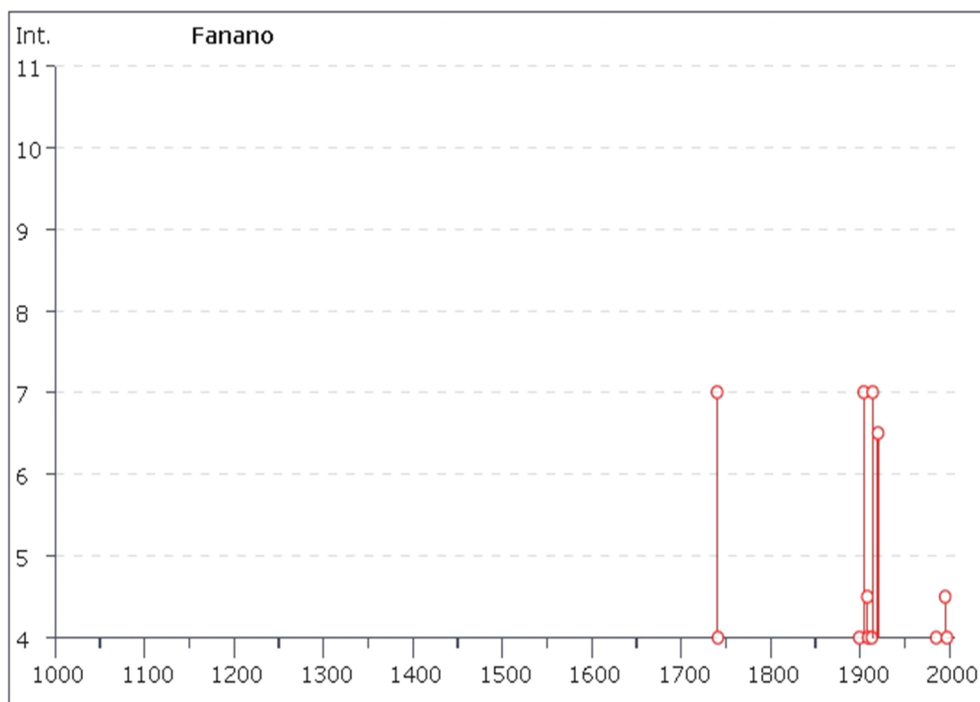


Figura 10 – Sismicità storica di Fanano con gradi di Intensità MCS registrati nel tempo

Storia sismica di Fanano [44.207, 10.794]

Numero di eventi: 30

Effetti	In occasione del terremoto del:						
I [MCS]	Data	Ax	Np	Io Mw			
7	1740 03 06 05:15	GARFAGNANA	31	7 5.24 ±0.35			
4	1741 04 24 09:00	FABRIANESE	145	9 6.21 ±0.13			
3-4	1887 02 23 05:21	Liguria occidentale	1516	6.97 ±0.15			
3-4	1891 06 07 01:06	Valle d' Illasi	403	8-9 5.86 ±0.06			
3	1895 05 18 19:55	Fiorentino	401	8 5.43 ±0.08			
4	1899 06 26 23:17	Valle del Bisenzio	138	7 5.06 ±0.15			
7	1904 06 10 11:15	Frignano	102	6 5.03 ±0.18			
4-5	1908 06 02 22:30	FRIGNANO	18	4-5 4.52 ±0.25			
4	1909 01 13 00:45	BASSA PADANA	799	6-7 5.53 ±0.09			
NF	1909 08 25 00:22	MURLO	283	7-8 5.37 ±0.10			
NF	1911 02 19 07:18	Romagna meridionale	181	7 5.28 ±0.11			
2-3	1911 09 13 22:29	Chianti	115	7 5.19 ±0.14			
4	1913 02 13 16:39	Appennino tosco-emiliano	27	5 4.54 ±0.25			
NF	1913 07 21 22:35	VALLE DEL LAMONE	43	5-6 4.78 ±0.19			
7	1914 10 27 09:22	Garfagnana	618	7 5.76 ±0.09			
NF	1915 01 13 06:52	Avezzano	1041	11 7.00 ±0.09			
6-7	1920 09 07 05:55	Garfagnana	756	10 6.48 ±0.09			
2	1923 06 28 15:11	FORMIGINE	22	6 4.88 ±0.24			
2	1956 04 26 03:00	Appennino tosco-emiliano	75	6 4.77 ±0.14			
2	1956 05 26 18:39	Appennino romagnolo	79	7 4.99 ±0.15			
2	1956 06 03 01:45	Appennino romagnolo	62				
3	1965 11 09 15:35	ALTA V. SECCHIA	32	5 4.74 ±0.25			
NF	1971 09 11 23:18	Correggio	15	5 4.23 ±0.31			
3	1983 11 09 16:29	Parmense	850	6-7 5.06 ±0.09			
4	1985 01 23 10:10	Garfagnana	73	6 4.65 ±0.15			
NF	1986 12 06 17:07	BONDENO	604	6 4.61 ±0.10			
4-5	1995 08 24 17:27	Appennino bolognese	56	6 4.48 ±0.09			
NF	1995 10 10 06:54	LUNIGIANA	341	7 4.85 ±0.09			
4	1997 12 24 17:53	Garfagnana	98	5 4.36 ±0.09			
3-4	2000 10 03 01:12	Appennino tosco-emiliano	62	5 4.27 ±0.09			

Tabella 4 - INGV Storia sismica di Fanano

Ax Area dei maggiori effetti	Np Numero di osservazioni macrosismiche
Mw Magnitudo momento	I (MCS) Intensità massima Mercalli Cancani Sieberg
Io Intensità epicentrale	

La recente pubblicazione *Assetto tettonico e potenzialità sismo genetica dell'Appennino Tosco-Emiliano-Romagnolo e Val Padana* (Regioni Toscana ed Emilia Romagna, Università di Siena, aprile 2013) contiene alcune mappature e tabelle relative alla sismicità storica di cui si riportano estratti di seguito, comprendenti il Comune di Fanano.

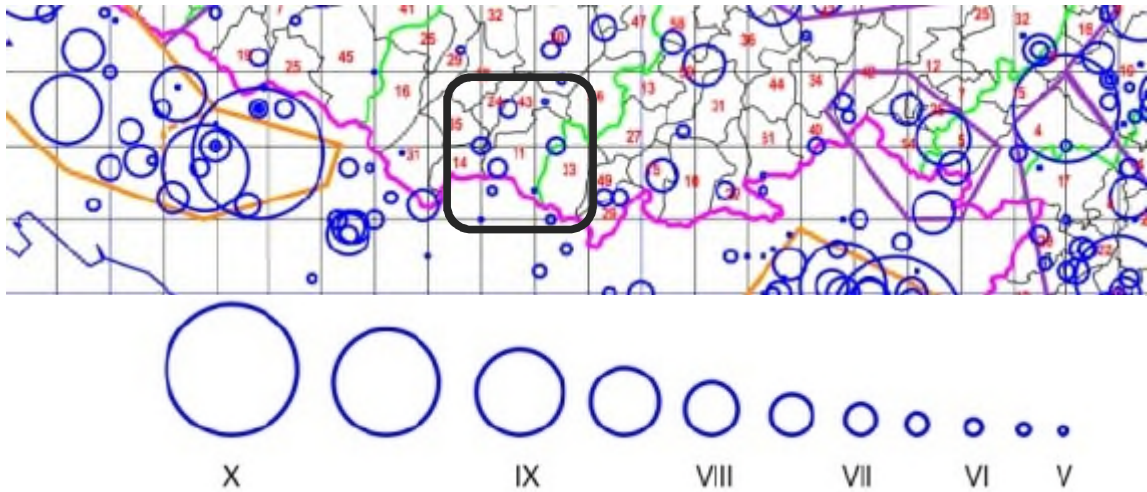


Figura 11 - Sismicità storica (Gruppo di Lavoro CPTI, 2004; Guidoboni e Comastri, 2005; Rovida et alii, 2011) Comune n.11 Fanano

MODENA		Intensità massima				Numero di risentimenti (da DBMI11)					
N	Comune	NP	MO	DB	AA	Anno	9≤I<10	8≤I<9	7≤I<8	6≤I<7	5≤I<6
1	Bastiglia	8	7	5	7 ^M	1996					1
2	Bomporto	8	7	5	7 ^M	1971-1996					2
3	Campogalliano	8	8	7	8 ^M	1832			1	4	4
4	Camposanto	8	7	6	7 ^M	1987				1	2
5	Carpì	8	7	7	7-8 ^C	1832-1928			2	11	11
6	Castelfranco Emilia	8	8	6	8 ^M	1929-1874				3	4
7	Castelnuovo Rangone	8-9	8	5-6	8 ^M	1929					3
8	Castelvetro di Modena	9	9	9		1501	1				1
9	Cavezzo	8	7	5-6	7 ^M	1978					3
10	Concordia sulla Secchia	8	7	7	7 ^M	1971			1	1	5
11	Fanano	7	8	7		1740-1914			3	2	
12	Finale Emilia	7-8	7	7	7-8 ^C	1574			1	6	5
13	Fiorano Modenese	9	9	7-8	9 ^C	1501			2	1	1
14	Fiumalbo	8	8	7		1920			1	2	3
15	Formigine	8-9	9	8-9		1501		1		1	2
16	Frassinoro	8	8	8		1920		1	4		4

Tabella 5 - Intensità massima e altre informazioni macrosismiche per alcuni Comuni della Provincia di Modena

NP = intensità massima proposta sulla base dei dati macrosismici e delle conoscenze sul quadro tettonico;
MO = intensità massima proposta da Molin et alii (1996);
DB = intensità massima ricavata dal catalogo DBMI11 (Locati et alii, 2011);
AA = intensità massima suggerita da altri lavori (**G**=Guidoboni et alii, 2005; **M**=Magri e Molin, 1986), o da scosse riportate dal catalogo CPTI11 (**C**=Rovida et alii, 2011; <http://emidius.mi.ingv.it/CPTI11/>) e dal sito www.ingv.it (**I**). Per ogni comune sono anche riportati l'anno del terremoto che ha prodotto l'intensità massima riportata nel catalogo DBMI11 (**Anno**) e il numero dei risentimenti per varie fasce di intensità.

Di recente, in occasione del Convegno "Nuovi studi sulla pericolosità sismogenetica proposta" (Bologna 5 dicembre 2017) è stata avanzata proposta di riconfigurazione della Zonazione sismogenetica. Vedi figura che segue.

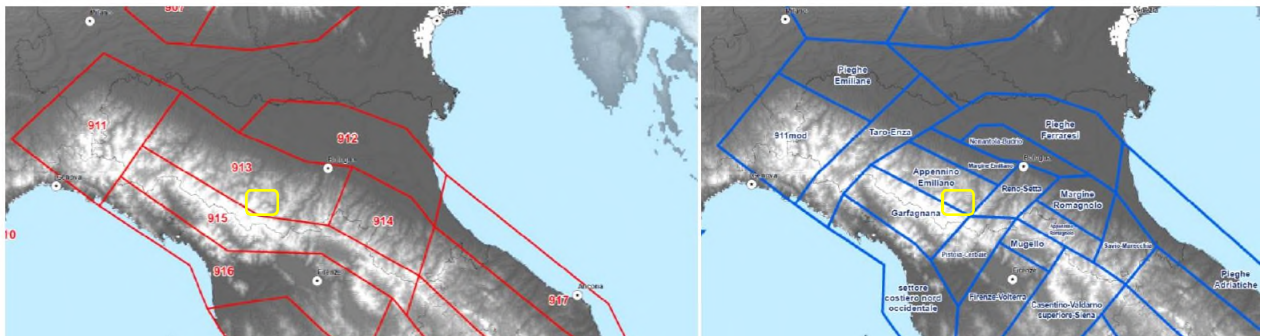


Figura 12 - Confronto tra zonazione sismogenetica ZS9 e nuova proposta (2017)

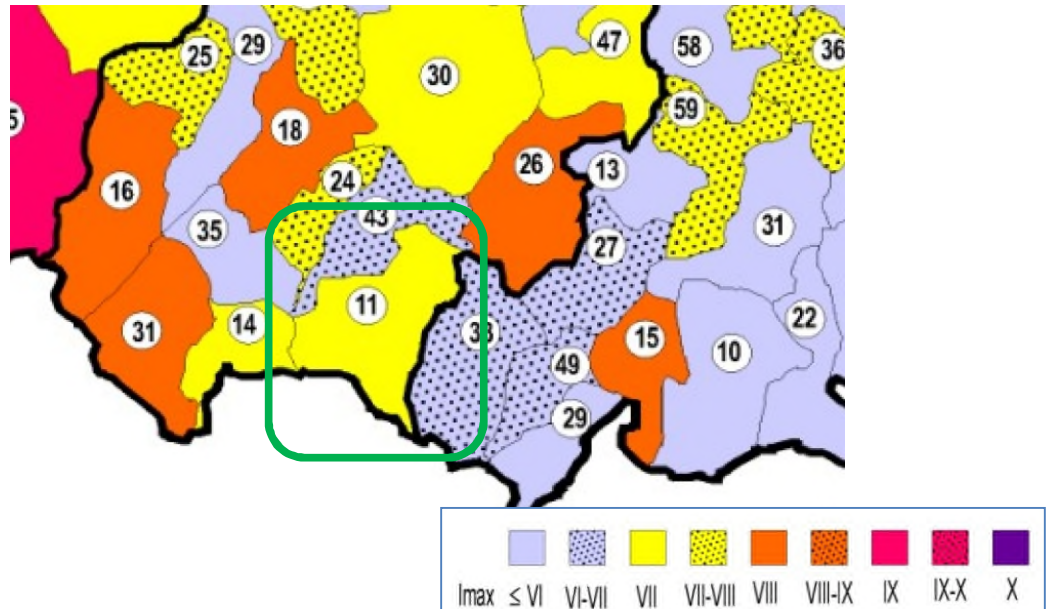


Figura 13 - Sintesi delle Imax MCS di alcuni Comuni dell'Emilia-Romagna *Catalogo di dati macrosismici DBMI11 (Locati et alii, 2011)*

Al Comune di Fanano (n.11) compete come già detto $I_{max} = VII$
 La stessa intensità viene confermata dall'elaborazione dello studio di cui sopra (vedi valori nella colonna NP della tabella 4.)

La Carta Sismotettonica della Regione Emilia Romagna (L. Martelli ed altri 2016), evidenzia in zona, sull'unità geologica 9, di appartenenza dell'area di questo studio e in prossimità della stessa, un solo epicentro sismico con magnitudo $4 < Mw < 5$. Vedi figura alla pagina che segue.

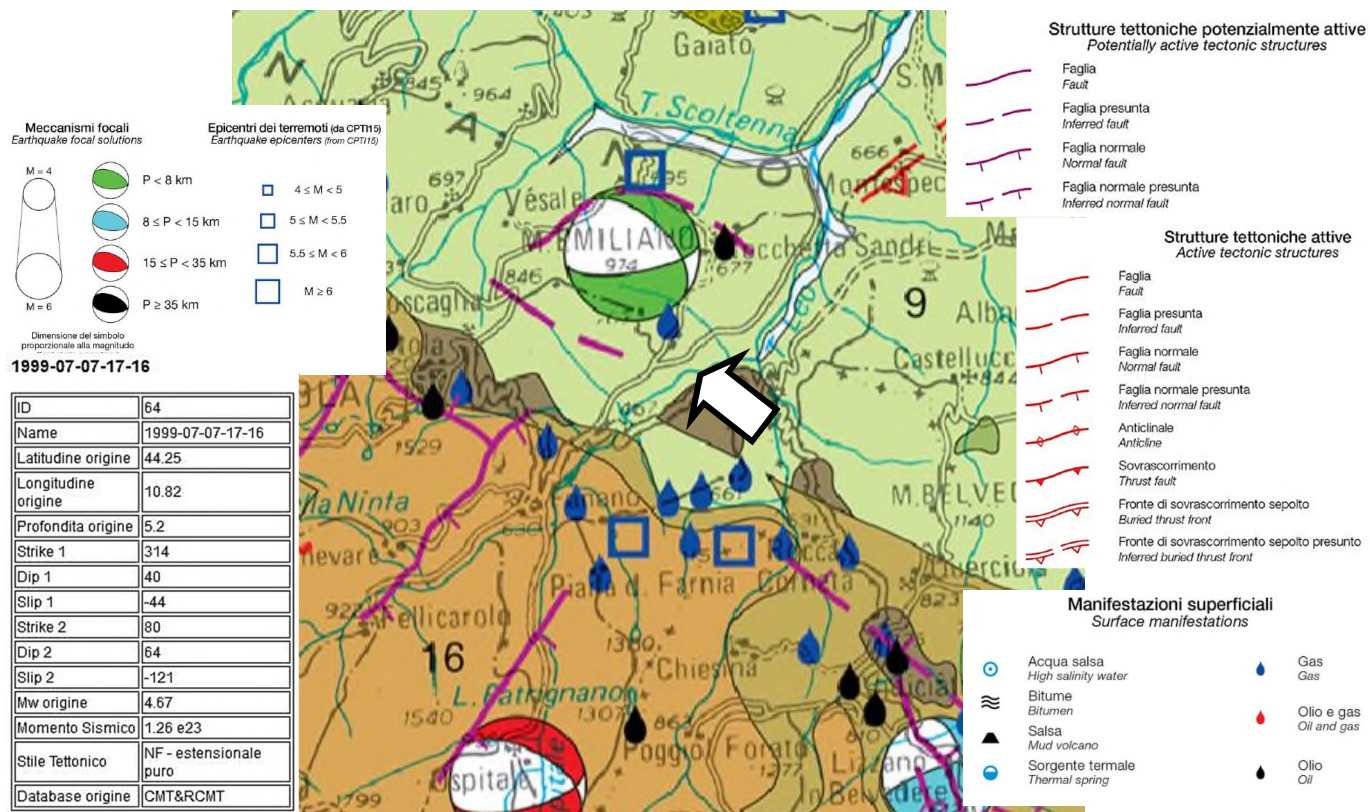


Figura 14 – Estratto Carta Sismotettonica della Regione Emilia Romagna – 2016 con scheda evento 1999 significativo per l'area in oggetto

6 MICROZONAZIONE SISMICA - METODOLOGIA

6.1 QUADRO DI RIFERIMENTO

Il quadro di riferimento è costituito dalla tavola "Carta delle Aree potenzialmente soggette ad effetti locali per eventi sismici" in scala 1:10.000, e dalla Carta del Dissesto del PTCP di cui si riporterà un estratto per ogni zona nel presente studio.

Per quanto riguarda il Rischio Sismico si realizzeranno i livelli di approfondimento secondo quanto indicato negli Allegati della deliberazione dell'Assemblea Legislativa della Regione Emilia-Romagna n. 112 del 2 maggio 2007.

Lo spettro di risposta di riferimento del bedrock sismico (suolo A) nel Comune di Fanano che come detto presenta il valore di $a_g = 0,179g$, con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni, viene visualizzato nella figura che segue.

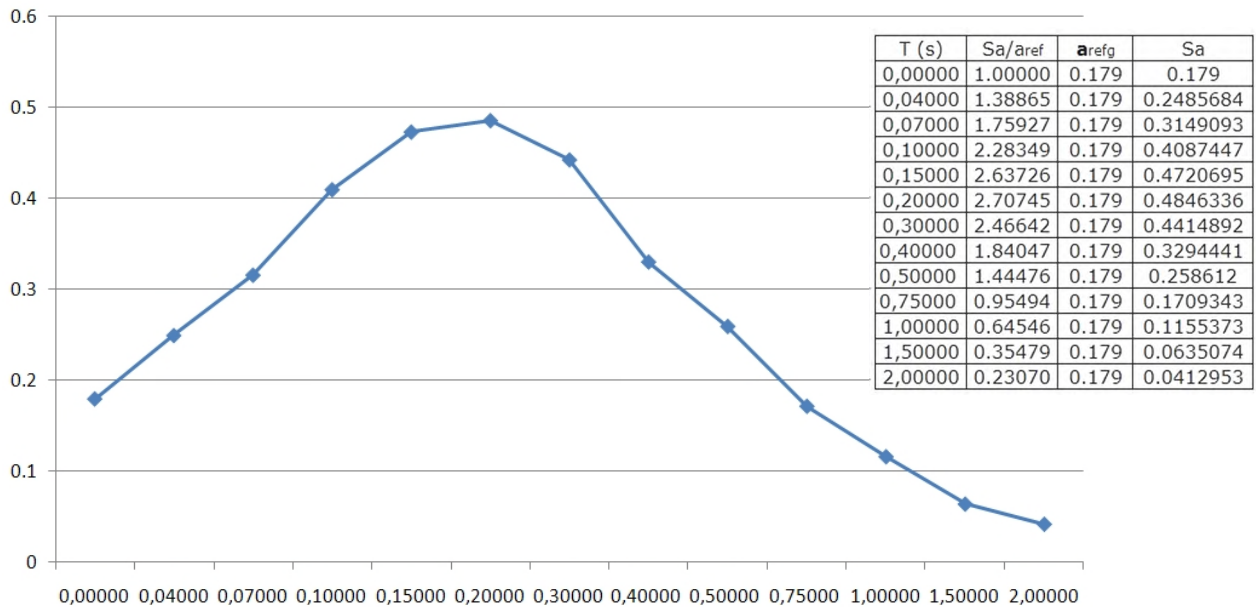


Figura 15 – Spettro di risposta a probabilità uniforme per il Comune di Fanano – D.A.L. Regione Emilia Romagna 112/2007

Il Comune di Fanano è dotato di Microzonazione Sismica non ancora validata dagli organi competenti. Lo studio non ha comunque riguardato l'area in oggetto. Quindi l'analisi della pericolosità verrà condotta attraverso approfondimenti per la definizione dei Fattori di Amplificazione correlati allo scuotimento sismico atteso al suolo, sulla base delle indicazioni contenute nelle disposizioni della D.A.L. 112/2007 della Regione Emilia Romagna e delle NTC del 2018.

Si ricorda in merito che la normativa richiede l'azione sismica di progetto sulla base della zona sismica di appartenenza del sito e la categoria sismica di suolo su cui sarà realizzata l'opera. La classificazione del suolo (tabella seguente) è convenzionalmente eseguita sulla base della velocità media equivalente di propagazione delle onde di taglio entro 30 m di profondità dove V_{s_i} e h_i sono la velocità delle onde di taglio e lo spessore dello stato i -esimo.

$$V_{S_{30}} = \frac{30}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{V_{s_i}}}$$

A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.</i>
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.</i>
C	<i>Depositati di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.</i>
D	<i>Depositati di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.</i>
E	<i>Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.</i>

Tabella 6 – CLASSIFICAZIONE DEI SUOLI SECONDO LE NUOVE NTC - D.M. 17/01/2018 Tab 3.2.II

Nel dettaglio, le norme di cui all'art. 14 del PTCP 2009 prevedono:

- Area instabile e soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche
Studi: valutazione del coefficiente di amplificazione litologico e del grado di stabilità del versante in condizioni dinamiche o pseudostatiche (nei casi in cui siano ammessi interventi);
Microzonazione sismica: approfondimenti di III livello
- Area instabile e soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche e topografiche
Studi: valutazione dei coefficienti di amplificazione litologico e topografico e del grado di stabilità in condizioni dinamiche o pseudostatiche (nei casi in cui siano ammessi interventi);
Microzonazione sismica: approfondimenti di III livello; nelle aree prossime ai bordi superiori di scarpate o a quote immediatamente superiori agli ambiti soggetti ad amplificazione per caratteristiche topografiche, lo studio di microzonazione sismica deve valutare anche gli effetti della topografia
- Area potenzialmente instabile e soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche
Studi: valutazione del coefficiente di amplificazione litologico e del grado di stabilità del versante in condizioni dinamiche o pseudostatiche;
Microzonazione sismica: approfondimenti di III livello
- Area potenzialmente instabile e soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche e topografiche
Studi: valutazione dei coefficienti di amplificazione litologico e topografico e del grado di stabilità del versante in condizioni dinamiche o pseudostatiche;
Microzonazione sismica: approfondimenti di III livello; nelle aree prossime ai bordi superiori di scarpate o a quote immediatamente superiori agli ambiti soggetti ad amplificazione per caratteristiche topografiche, lo studio di microzonazione sismica deve valutare anche gli effetti della topografia
- Area potenzialmente soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche
Studi: valutazione del coefficiente di amplificazione litologico;
Microzonazione sismica: approfondimenti di II livello
- **Area potenzialmente soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche e topografiche**
Studi: valutazione dei coefficienti di amplificazione litologico e topografico;
Microzonazione sismica: approfondimenti di II livello; nelle aree prossime ai bordi superiori di scarpate o a quote immediatamente superiori agli ambiti soggetti ad amplificazione per caratteristiche topografiche, lo studio di microzonazione sismica deve valutare anche gli effetti della topografia
- Area soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche e a potenziale liquefazione
Studi: valutazione del coefficiente di amplificazione litologico, del potenziale di liquefazione e dei cedimenti attesi;
Microzonazione sismica: approfondimenti di III livello
- Area soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche e a potenziali cedimenti
Studi: valutazione del coefficiente di amplificazione litologico e dei cedimenti attesi;
Microzonazione sismica: sono ritenuti sufficienti approfondimenti di II livello per la valutazione del coefficiente di amplificazione litologico e sono richiesti approfondimenti di III livello per la stima degli eventuali cedimenti.
- Area potenzialmente non soggetta ad effetti locali
Studi: indagini per caratterizzare V_{S30} ; in caso $V_{S30} > 800$ m/s non è richiesta nessuna ulteriore indagine, in caso $V_{S30} < 800$ m/s è richiesta la valutazione del coefficiente di amplificazione litologico;
Microzonazione sismica: valutazione degli effetti della topografia; in caso $V_{S30} < 800$ m/s valutazione anche del coefficiente di amplificazione litologico.
- Area potenzialmente soggetta ad amplificazione per caratteristiche topografiche
Studi: indagini per caratterizzare V_{S30} e valutazione del coefficiente di amplificazione topografico; in caso $V_{S30} > 800$ m/s è sufficiente la sola valutazione del coefficiente di amplificazione topografico, in caso $V_{S30} < 800$ m/s occorre valutare anche il coefficiente di amplificazione litologico;
Microzonazione sismica: non richiesta nel primo caso, nel secondo caso approfondimenti del II livello.

I livelli di approfondimento sono così delineati:

Elaborati da produrre

LIVELLO I: Carta comunale delle aree suscettibili di effetti locali – non disponibile.

LIVELLO II: Carta di microzonazione sismica. Coefficienti di amplificazione sismica. Valutazione della possibilità di liquefazione.

LIVELLO III: Perimetrazione dettagliata. Spettri di risposta per un periodo di ritorno di 475 anni con smorzamento = 5% e mappe di amplificazione.

Acquisizione dei dati

LIVELLO I: Bibliografia

LIVELLO II: Indagini dirette finalizzate alla determinazione della profondità del bed-rock sismico. Valutazione effetti topografici.

LIVELLO III: Tramite indagine diretta

6.2 CLASSIFICAZIONE DELL'AREA E DEL LIVELLO DI APPROFONDIMENTO RICHIESTO

Sulla base del quadro di riferimento di cui al punto precedente e dell'analisi riportata ai seguenti capitoli, l'area appartiene alla tipologia

AL Area potenzialmente soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche

Essendo però un ripiano sommitale prospiciente scarpata $>15^\circ$ verrà assunta la tipologia seguente:

ALT Area potenzialmente soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche e topografiche

Si produrranno comunque approfondimenti di II livello.

7 INQUADRAMENTO GEOLOGICO

7.1 CARATTERISTICHE GEOLOGICHE GENERALI

La zona è posta strutturalmente sul fianco sud della dorsale di M. Revedei - M. Emiliano, in chiusura verso NE. La Carta Geologica della Regione Emilia Romagna (2018) evidenzia i caratteri litostratigrafici riportati nella figura che segue. La fascia di versante fa parte della placca di torbiditi calcareo marnose e arenaceo pelitiche, ascrivibili di recente alla Formazione di M. Venere (MOV) (Cretaceo sup. - Paleocene), il cui elemento più elevato è costituito dal M. Emiliano (972msm).

Essa è in contatto tettonico con le Argille a Palombini di base (APA) (Cretaceo inf - Cenomaniano).

Gli affioramenti della formazione torbiditica sono nell'intorno alquanto rari e nella zona cartografata limitati all'emergenza subito a valle dell'area in esame ove si presenta intensamente fratturata e in giacitura a reggipoggio. Le indagini geognostiche porteranno ad una revisione della carta.

La testata del versante mostra i segni di una marcata azione tettonica determinante sistemi di faglie e fratture in reticolo tipicamente appenninico (NO-SE e NE-SO) a cui si intersecano litoclasti in sistemi secondari. I flysch evidenziano marginalmente volumi dislocati verso sud la cui presenza, in lembi distensivi formanti gradoni via via più scollati, caratterizza tutto il versante, fino al Torrente Leo. Il movimento delle masse rocciose ha poi favorito l'accumulo di detriti che le ricoprono in parte. Questi sono costituiti da depositi di falda al piede delle principali scarpate e da limi argillosi o argille limose, contenenti pietrame arenaceo di pezzatura eterogenea, di genesi tettonica e colluviale.

I clasti hanno origine nel disfacimento della roccia torbiditica. Gli spessori delle coltri detritiche vengono stimati in 5÷10m.

Più a est, la formazione argillosa APA è caratterizzata da estese coperture di detriti di origine gravitativa parzialmente e periodicamente attivi.

La stratigrafia ricomprende le seguenti Unità Liguri

MOV - Formazione di Monte Venere

Torbiditi arenaceo-marnose con base fine grigio-chiaro, in strati da medi a molto spessi, al tetto intervalli sottili o medi di argille scure o nerastre. Intercalazioni metriche di strati arenaceo-pelitici da sottili a spessi grigio brunastri, con rapporto A/P >1 , a luoghi prevalenti sugli strati calcareo-marnosi. Regolari intercalazioni di megatorbiditi calcareo-marnose in strati spessi fino a 15 m. Contatto inferiore non preservato. Torbiditi di ambiente marino profondo. Potenza fino a 900 m. Campaniano sup. - Maastrichtiano sup.

APA - Argille a palombini

Argilliti ed argilliti siltose grigio scure, più raramente verdi, rossastre o grigio-azzurrognole, fissili (nella pelite è spesso presente un clivaggio scaglioso a carattere pervasivo), alternate a calcilutiti silicizzate grigio chiare e grigio-verdi, biancastre in superficie alterata, talvolta con base arenitica da fine a

grossolana, in strati da medi a spessi (molto spesso discontinui per motivi tettonici) e più rari calcari marnosi grigi e verdi in strati spessi. Rapporto Argilla/Calcace quasi sempre >1. Frequenti intercalazioni di siltiti ed arenarie torbiditiche fini (talora mangesifere) a tetto pelitico in letti molto sottili e sottili di colore grigio scuro (o beige se alterate). La formazione in genere è intensamente deformata con perdita dell'originario ordine stratigrafico alla scala dell'affioramento; gli strati calcilutitici sono spesso "boudinati". Nei Fogli 219 -236 all'interno della formazione sono talora presenti lembi di ofioliti (of) giurassiche, spesso distinte in: arenarie ofiolitiche (ao), breccie ofiolitiche (bo), breccie poligeniche a elementi magmatici, calcarei e diasprigni: (bp1). Contatti ovunque tettonici o non affioranti. Sedimentazione pelagica argillosa, intervallata da risedimentazione di fanghi carbonatici. Potenza geometrica variabile da alcune decine ad alcune centinaia di metri. Barremiano - Turoniano?

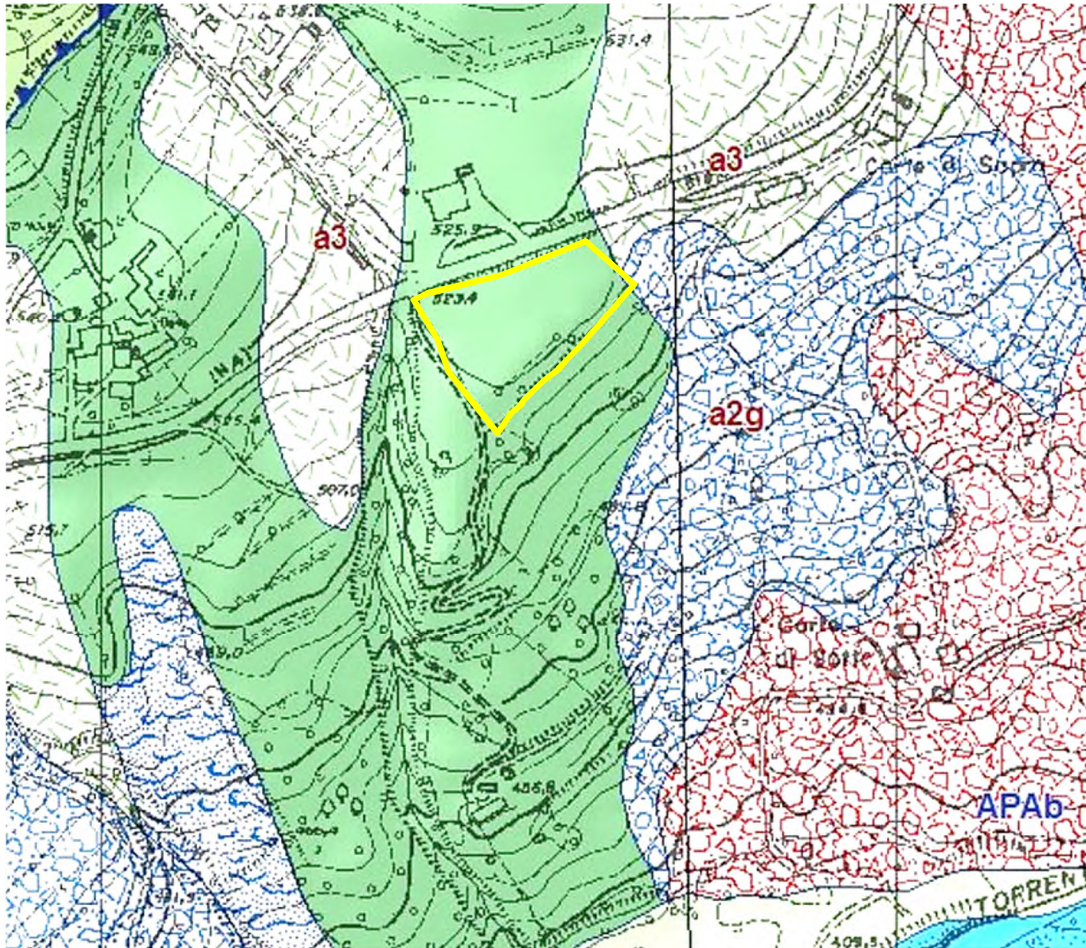


Tavola 3 – Estratto Carta Geologica Regione EmiliaRomagna 2018

Depositi quaternari continentali

	a1a - deposito di frana attiva per crollo e/o ribaltamento
	a1b - deposito di frana attiva per scivolamento
	a1d - deposito di frana attiva per colamento lento
	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 lento
	a2g - deposito di frana quiescente complessa
	a2h - deposito di frana quiescente per scivolamento in blocco o DGPV
	a3 - deposito di versante s.l.
	a4 - deposito eluvio-colluviale
	b1 - deposito alluvionale in evoluzione

Unità liguri

	MOV - formazione di Monte Venere
	AVT - argille variegata di Grizzana Morandi
	APM - arenarie del Poggio Mezzature
	APA - argille a palombini

Unità toscane

	CEV2 - arenarie di Monte Cervarola - membro del Torrente Fellicarolo
	CEV2b - arenarie di Monte Cervarola - litofacies pelitica
	CEV1 - arenarie di Monte Cervarola - membro del Torrente Dardagna
	MOD - arenarie del Monte Modino
	VLR - arenarie di Vallorsara
	MMA - marne di Marmoreto

Figura 16 – Legenda Carta Geologica Regione Emilia Romagna

7.2 CARATTERISTICHE GEOMORFOLOGICHE GENERALI

7.2.1 Geomorfologia e depositi continentali quaternari

In base alla genesi ed allo stato d'attività, i depositi superficiali recenti (Quaternario) possono essere divise in tre tipologie differenti; lo spessore è generalmente limitato a pochi metri per i depositi di versante e molto variabile, da pochi metri alla decina di metri, per i corpi di frana. Si riportano le descrizioni delle tipologie di sedimento che interessano la fascia di versante cartografata.

a1g - Deposito di frana attiva complessa

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

a2g - Deposito di frana quiescente complessa

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

a3 - Deposito di versante s.l.

Deposito costituito da litotipi eterogenei ed eterometrici più o meno caotici. Frequentemente l'accumulo si presenta con una tessitura costituita da clasti di dimensioni variabili immersi e sostenuti da una matrice pelitica e/o sabbiosa (che può essere alterata per ossidazione e pedogenesi), a luoghi stratificato e/o cementato. La genesi può essere dubitativamente gravitativa, da ruscellamento superficiale e/o da soliflusso.

b1 - Deposito alluvionale in evoluzione

Ghiaie, talora embriciate, sabbie e limi argillosi di origine fluviale, attualmente soggetti a variazioni dovute alla dinamica fluviale; detrito generalmente incoerente e caotico, costituito da clasti eterometrici ed eterogenei, talora arrotondati, in matrice sabbiosa, allo sbocco di impluvi e valli secondarie. Sono talora fissati da vegetazione (b1a).

Alla pagina seguente è riportato uno stralcio della Carta della sicurezza del territorio – 2.1 Rischi di frana – Carta del dissesto – Tav. 2.1 allegata alla variante al PTCP

Zone ed elementi caratterizzati da fenomeni di dissesto e instabilità				
			Aree interessate da frane attive	Art.15
			Aree interessate da frane quiescenti	
Zone ed elementi caratterizzati da potenziale instabilità				
			Aree potenzialmente instabili	Art.16
Aree a rischio idrogeologico elevato e molto elevato				
	Codice scheda 2.1.1 NR		Abitati da consolidare o da trasferire (perimetrazione approvata ai sensi dell'art.29 comma 2 del PTPR)	Art.17
			Aree a rischio idrogeologico molto elevato	Art.18A
			Aree a rischio da frana perimetrate e zonizzate a rischio molto elevato (R4) ed elevato (R3)	Art.18B

Figura 17 – Legenda Carta del Dissesto PTCP 2009

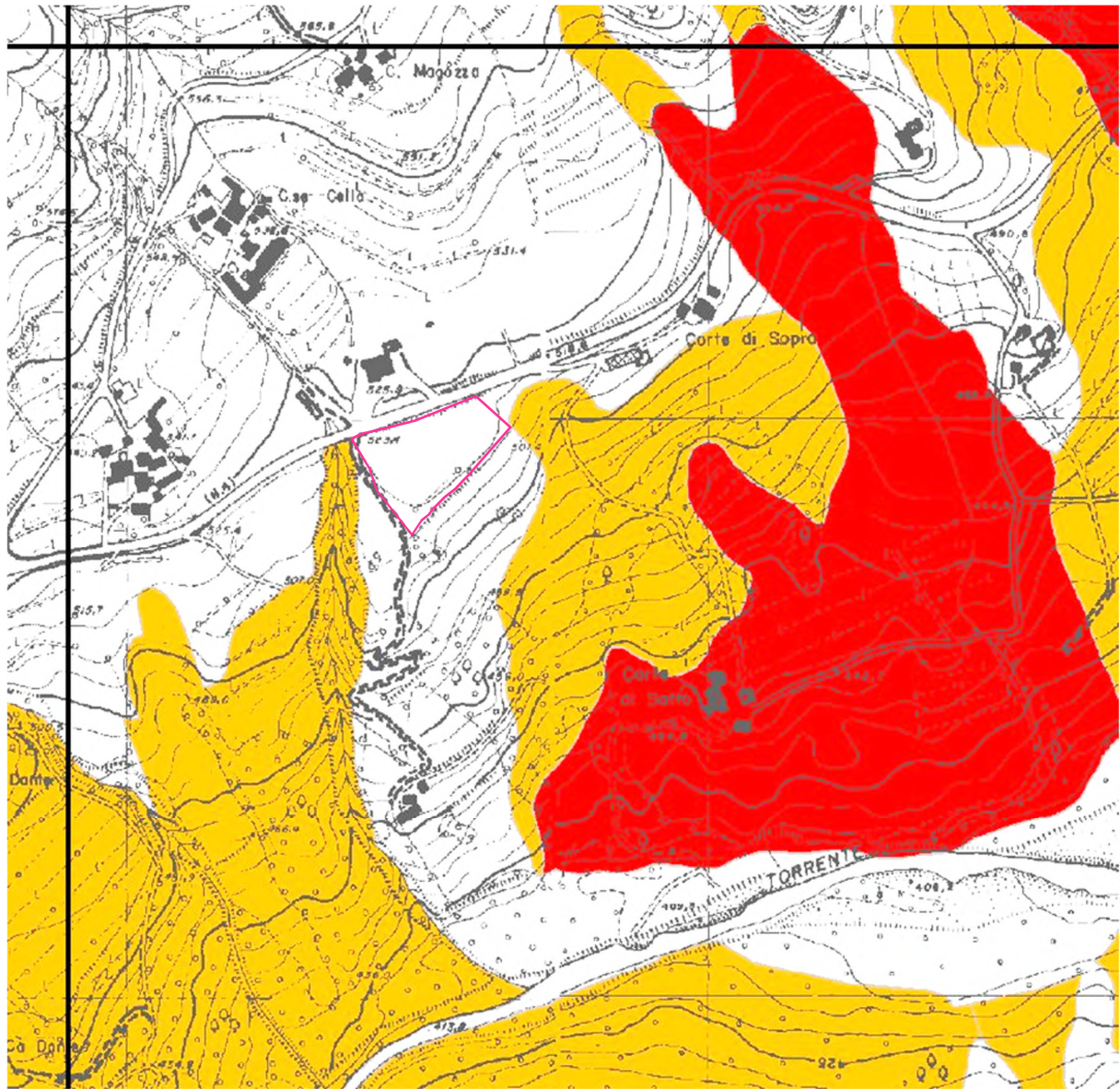


Tavola 4 - Estratto Carta del Dissesto PTCP 2009

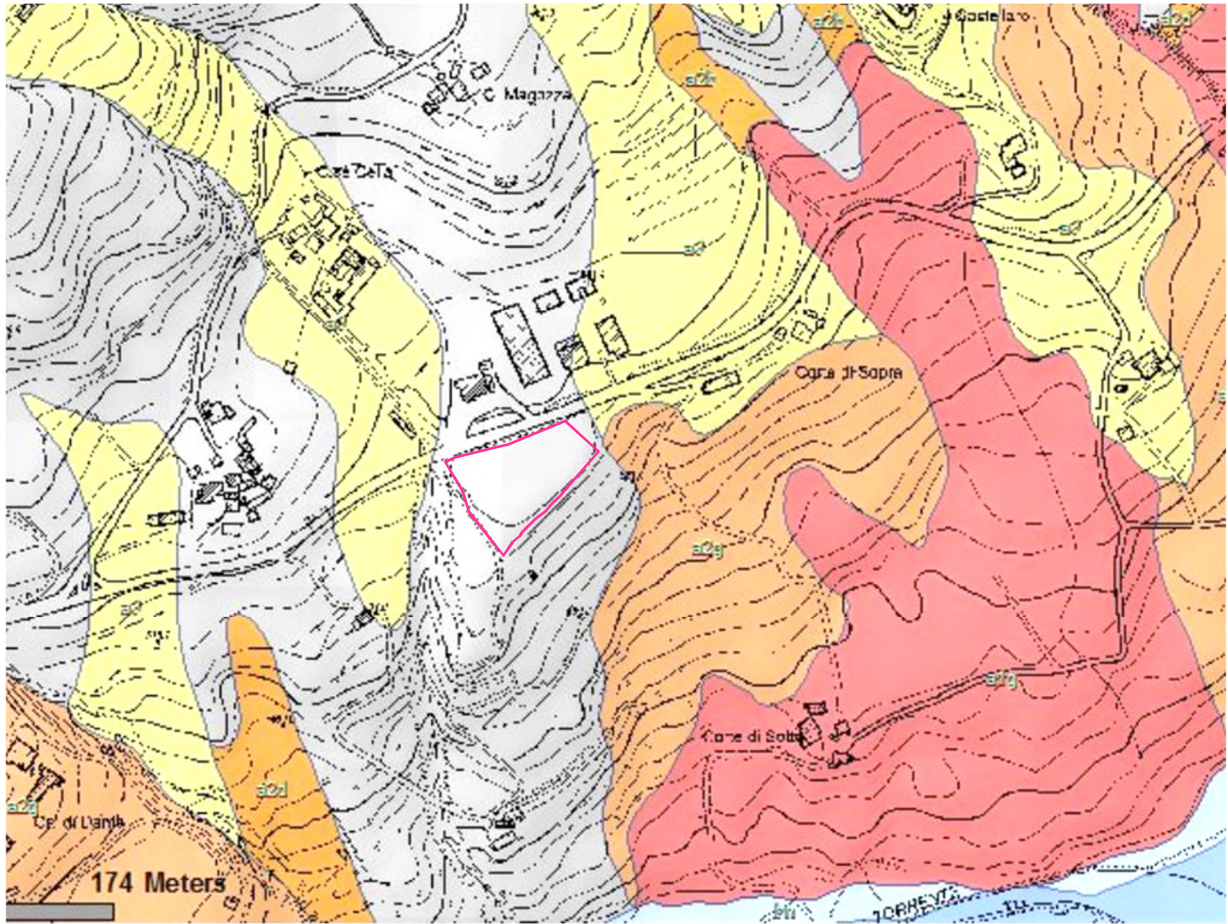


Tavola 5 – Estratto Carta del Dissesto Regione Emilia-Romagna - 2018

7.3 PERICOLOSITA' SISMICA DI BASE

7.3.1 Sicurezza del Territorio: Rischio sismico: Aree suscettibili di effetti locali

La CARTA DELLE AREE POTENZIALMENTE SOGGETTE AD EFFETTI LOCALI, realizzata per il Quadro Conoscitivo del PTCP della Provincia di Modena e di cui si riporta un estratto alla pagina che segue, deriva dalla carta geologica 1:10.000 dell'Appennino Emiliano-Romagnolo

L'Area risulta qui potenzialmente soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche e molto marginalmente, in corrispondenza della fascia dell'orlo di scarpata di valle, anche per caratteristiche topografiche.

Effetti attesi	
1	Area instabile e soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche studi *: valutazione del coefficiente di amplificazione litologico e del grado di stabilità del versante in condizioni dinamiche o pseudostatiche (nei casi in cui siano ammessi interventi); microzonazione sismica *: approfondimenti di III livello.
2	Area instabile e soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche e topografiche studi *: valutazione del coefficiente di amplificazione litologico e topografico e del grado di stabilità in condizioni dinamiche o pseudostatiche (nei casi in cui siano ammessi interventi); microzonazione sismica *: approfondimenti di III livello; nelle aree prossime ai bordi superiori di scarpate o a quote immediatamente superiori agli ambiti soggetti ad amplificazione per caratteristiche topografiche e nelle zone con accentuato contrasto di pendenza, lo studio di microzonazione sismica deve valutare anche gli effetti della topografia.
3	Area potenzialmente instabile e soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche studi *: valutazione del coefficiente di amplificazione litologico e del grado di stabilità del versante in condizioni dinamiche o pseudostatiche; microzonazione sismica *: approfondimenti di III livello.
4	Area potenzialmente instabile e soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche e topografiche studi *: valutazione del coefficiente di amplificazione litologico e topografico e del grado di stabilità del versante in condizioni dinamiche o pseudostatiche; microzonazione sismica *: approfondimenti di III livello; nelle aree prossime ai bordi superiori di scarpate o a quote immediatamente superiori agli ambiti soggetti ad amplificazione per caratteristiche topografiche e nelle zone con accentuato contrasto di pendenza, lo studio di microzonazione sismica deve valutare anche gli effetti della topografia.
5	Area potenzialmente soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche studi *: valutazione del coefficiente di amplificazione litologico; microzonazione sismica *: approfondimenti di II livello.
6	Area potenzialmente soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche e topografiche studi *: valutazione del coefficiente di amplificazione litologico e topografico; microzonazione sismica *: approfondimenti di II livello; nelle aree prossime ai bordi superiori di scarpate o a quote immediatamente superiori agli ambiti soggetti ad amplificazione per caratteristiche topografiche e nelle zone con accentuato contrasto di pendenza, lo studio di microzonazione sismica deve valutare anche gli effetti della topografia.
7	Area soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche e a potenziale liquefazione studi *: valutazione del coefficiente di amplificazione litologico, del potenziale di liquefazione e dei cedimenti attesi; microzonazione sismica *: approfondimenti di II livello.
8	Area soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche e potenziali cedimenti studi *: valutazione del coefficiente di amplificazione litologico e dei cedimenti attesi; microzonazione sismica *: sono ritenuti sufficienti approfondimenti di II livello per la valutazione del coefficiente di amplificazione litologico e sono richiesti approfondimenti di III livello per la stima degli eventuali cedimenti.
9	Area potenzialmente non soggetta ad effetti locali studi *: indagini per caratterizzare V_{s30} ; in caso V_{s30} maggiore/uguale di 800 m/s non è richiesta nessuna ulteriore indagine, in caso V_{s30} minore di 800 m/s è richiesta la valutazione del coefficiente di amplificazione litologico; microzonazione sismica *: non richiesta nel primo caso, nel secondo caso approfondimenti di II livello.
10	Area potenzialmente soggetta ad amplificazione per caratteristiche topografiche studi *: indagini per caratterizzare V_{s30} e valutazione del coefficiente di amplificazione topografico; in caso V_{s30} maggiore/uguale di 800 m/s è sufficiente la sola valutazione del coefficiente di amplificazione topografico, in caso V_{s30} minore di 800 m/s occorre valutare anche il coefficiente di amplificazione litologico; microzonazione sismica *: valutazione degli effetti della topografia, con particolare attenzione nelle aree prossime ai bordi di scarpata, negli ambiti immediatamente superiori ai settori soggetti ad amplificazione topografica, nelle zone con accentuato contrasto di pendenza; in caso V_{s30} minore di 800 m/s valutazione anche del coefficiente di amplificazione litologico.

Figura 18 - Legenda Carta delle aree suscettibili di effetti locali - PTCP 2009 (vedi Tavola che segue)

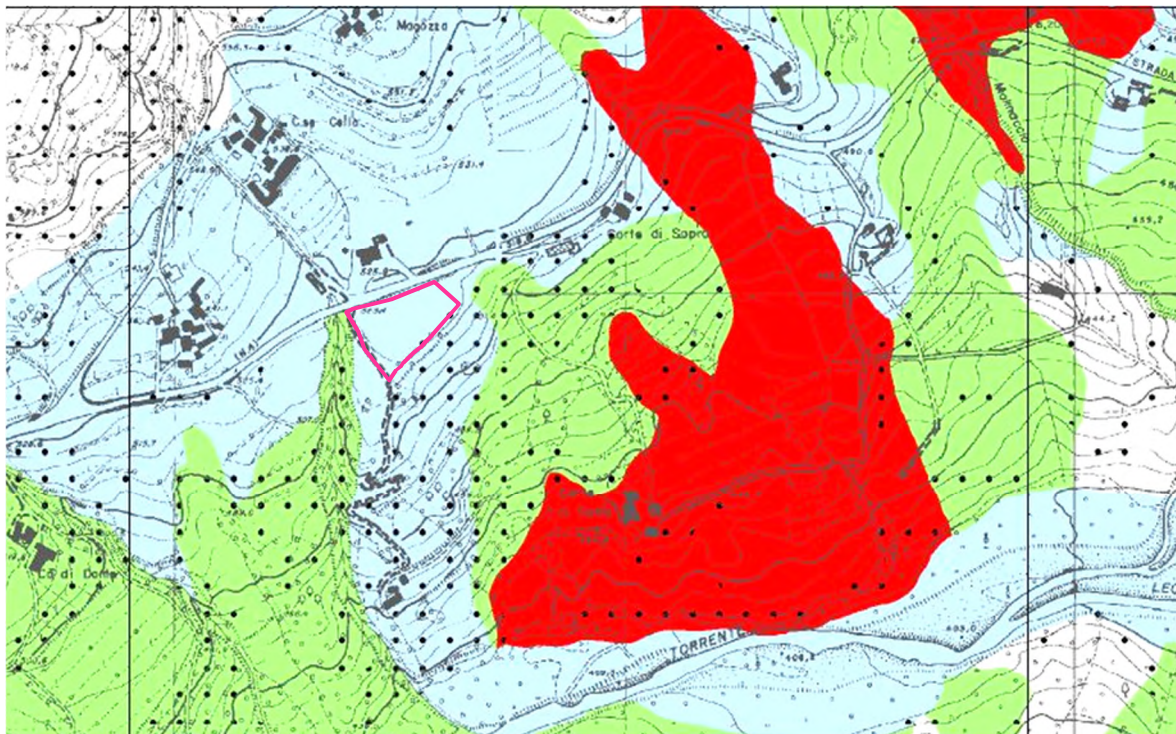


Tavola 6 - Carta del Rischio Sismico PTCP 2009

8.1 INDAGINI DI REPERTORIO

Un lavoro di questo tipo è sempre per me un'occasione per assemblare le conoscenze maturate sul versante in 30 anni di attività. Per questo motivo ho ritenuto di riprendere le prove e i sondaggi effettuati in corrispondenza del Comparto Produttivo "La Cella" di cui ho conservato documentazione.

Per motivi pratici, in questa trattazione non verranno riportate le certificazioni di tutte le indagini relative.

Successivamente, ho proceduto con l'organizzazione di campagna geognostica specifica, finalizzata alla caratterizzazione sismica.

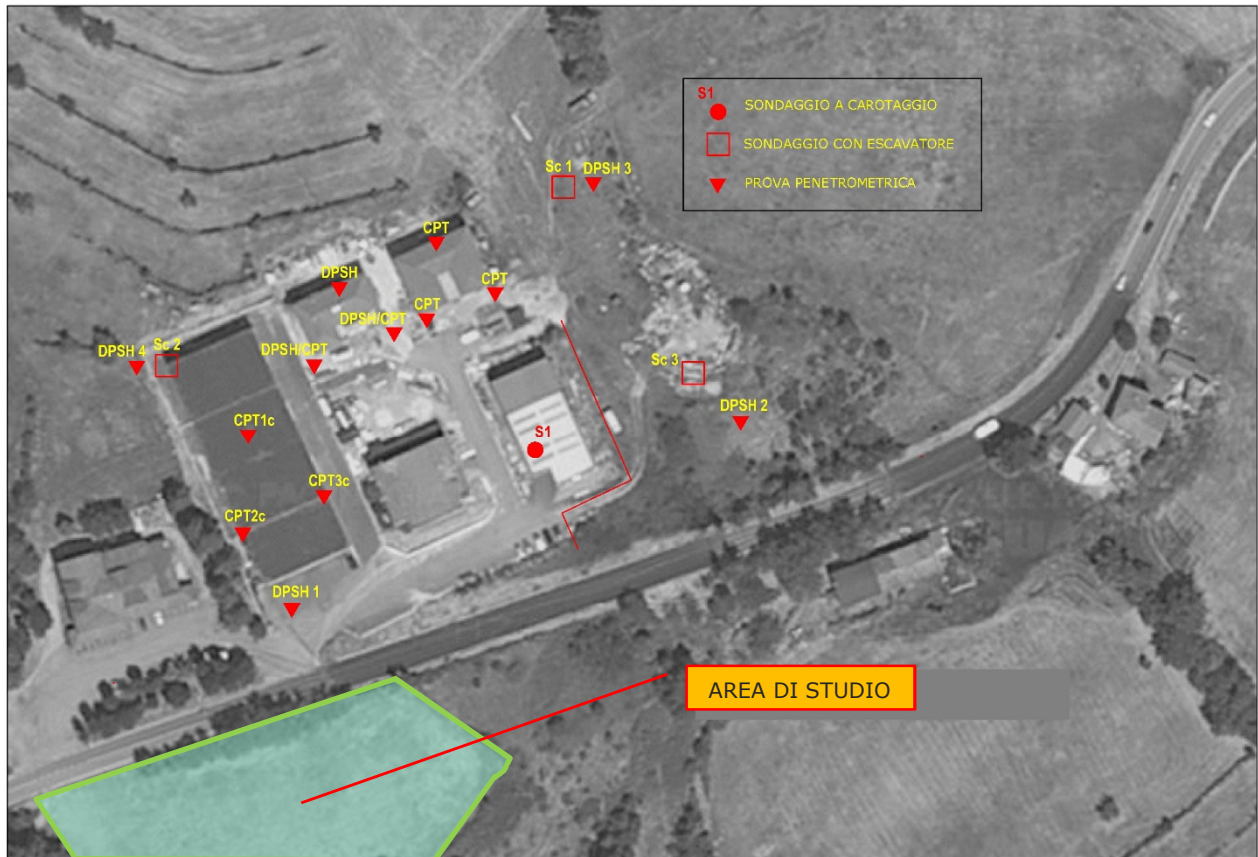


Tavola 7 – Carta delle Indagini da bibliografia (1996-2008) Redatta a cura dello scrivente nel 2008

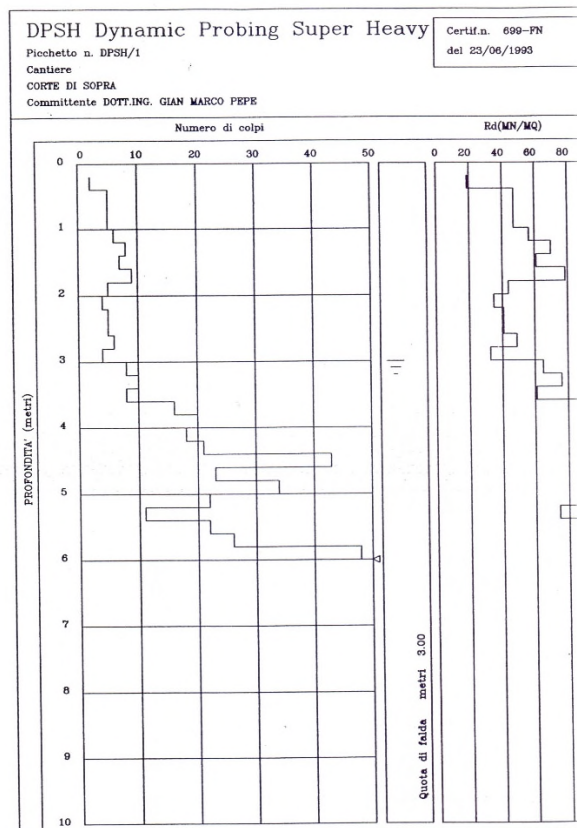
Il sondaggio a carotaggio continuo S1 ha consentito la reinterpretazione della stratigrafia locale, avendo evidenziato la presenza di un deposito dello spessore di 8m di sedimenti fini da attribuire al riempimento di una depressione di prima genesi tettonica e successivamente di un pacco di 16m di arenarie e siltiti (MOV), prima di raggiungere la base argillosa APA, forata per 4m.

Le prove penetrometriche hanno permesso di caratterizzare la coltre.

In particolare, quelle siglate CPT1c, CPT2c, CPT3c e DPSH1, prossime all'area in analisi, costituiscono riferimento per la ricostruzione stratigrafica e una prima modellazione geotecnica. Le prove statiche, eseguite il 7 febbraio 2005 sotto la mia direzione dalla Ditta Ugo Ferrari e ubicate come sopra, sono state spinte a rifiuto totale rispettivamente a -9.6m (CPT1c), -9.6m (CPT2c) e -7.6m (CPT3c).

E' stata registrata la presenza di livello piezometrico a partire da 3 ÷ 5m.

La prova DPSH1 evidenzia l'innalzamento del Bed-Rock verso valle e quindi nella direzione dell'area di studio, con attraversamento della coltre per 3.5m e successivamente dello starto alterato MOV.



PROVA PENETROMETRICA DINAMICA

CERTIFICATO N.RO : 699-FN CANTIERE :CORTE DI SOPRA

PROF.	NC	RD.	PROF.	NC	RD.	PROF.
0.20	2	18.83				
0.40	5	47.08				
0.60	5	47.08				
0.80	5	47.08				
1.00	6	56.49				
1.20	8	69.84				
1.40	7	61.11				
1.60	9	78.57				
1.80	5	43.65				
2.00	4	34.92				
2.20	5	40.69				
2.40	5	40.69				
2.60	6	48.83				
2.80	4	32.55				
3.00	8	65.11				
3.20	10	76.21				
3.40	8	60.97				
3.60	16	121.94				
3.80	20	152.43				
4.00	18	137.19				
4.20	21	150.49				
4.40	43	308.15				
4.60	23	164.83				
4.80	34	243.65				
5.00	22	157.66				
5.20	11	74.39				
5.40	22	148.77				
5.60	26	175.82				
5.80	48	324.60				
6.00	100	676.25				

LEGENDA : PROF. = PROFONDITA' DI INFISSIONE m.
NC = NUMERO COLPI N.RO
RD = RESISTENZA DINAMICA daN/cm²

Figura 19 – Diagramma e tabella prova penetrometrica DPSH1

Di seguito, riporto un prospetto riassuntivo dei valori di resistenza medi registrati con le prove penetrometriche statiche per gli strati significativi individuati, con $Q_{c\text{media}}$ = Resistenza specifica media alla punta del penetrometro statico in daN/cm²:

Prova	Strati	Prof. m	$Q_{c\text{media}}$
CPT1c	1	0.4-1.0	72.00
	2	1.0-1.8	10.25
	3	1.8-2.6	15.25
	4	2.6-4.4	12.00
	5	4.4-8.2	30.47
	6	8.2-9.6	47.57
CPT2c	1	0.8-1.4	34.75
	2	1.4-2.0	09.67
	3	2.0-3.0	39.40
	4	3.0-4.0	08.60
	5	4.0-5.2	13.83
	6	5.2-7.2	16.50
	7	7.2-9.6	35.50
CPT3c	1	0.4-0.8	12.00
	2	0.8-2.4	18.00
	3	2.4-3.0	11.33
	4	3.0-3.8	48.75
	5	3.8-4.8	93.60
	6	4.8-6.2	36.57
	7	6.2-7.4	86.67

Alla pagina che segue restituisco copia della stratigrafia del sondaggio S1.

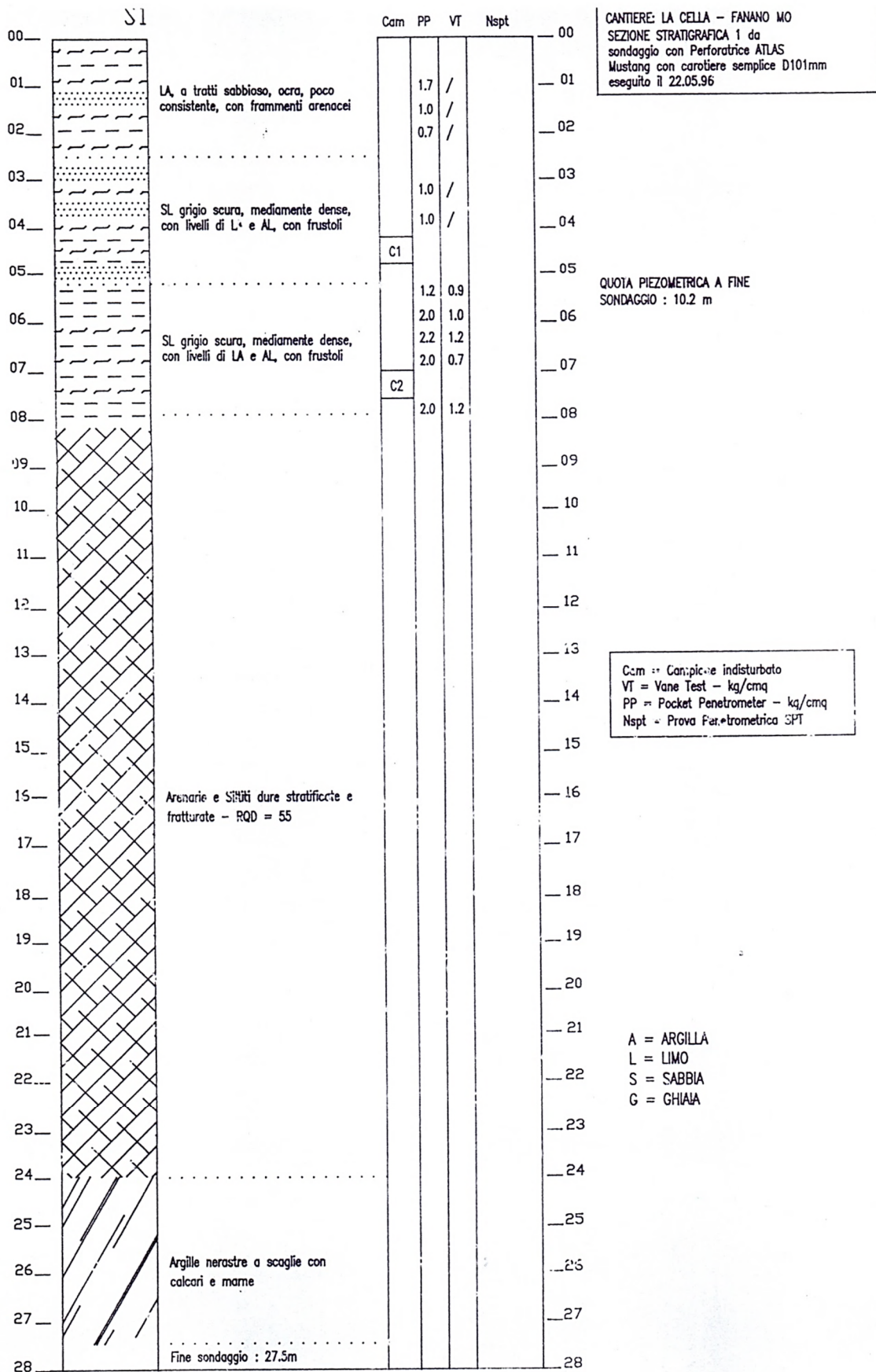


Figura 20 - Stratigrafia sondaggio S1 del 1996

8.2 MASW E MISURA HVSR





 misura con tromino
 prospezione MASW

Tavola 8 - Carta delle indagini integrative

8.2.1 RISULTATI INDAGINE MASW

Nome	Num Geofoni	Spaziatura geofoni	Lunghezza stesa	Distanza shot	Lunghezza totale	Vs ₃₀ m/sec	Categoria suolo
MASW	24	1,5	34,5	10	44,5	455	B

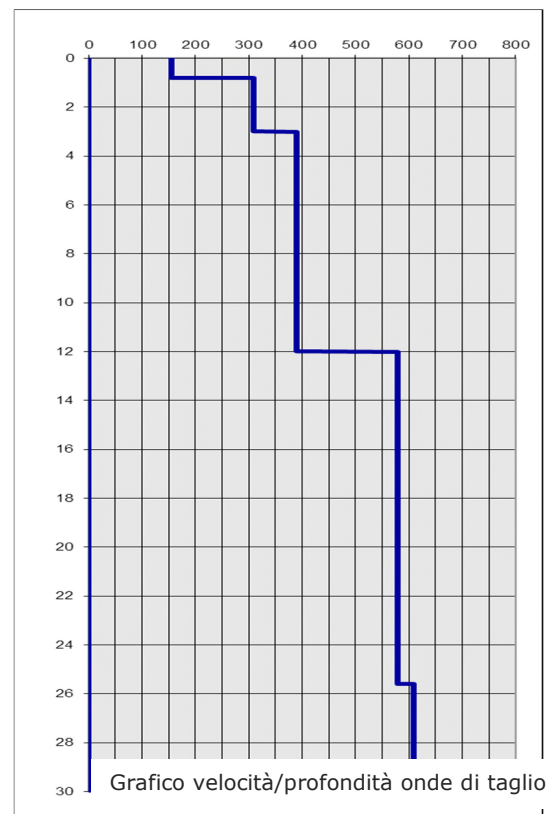
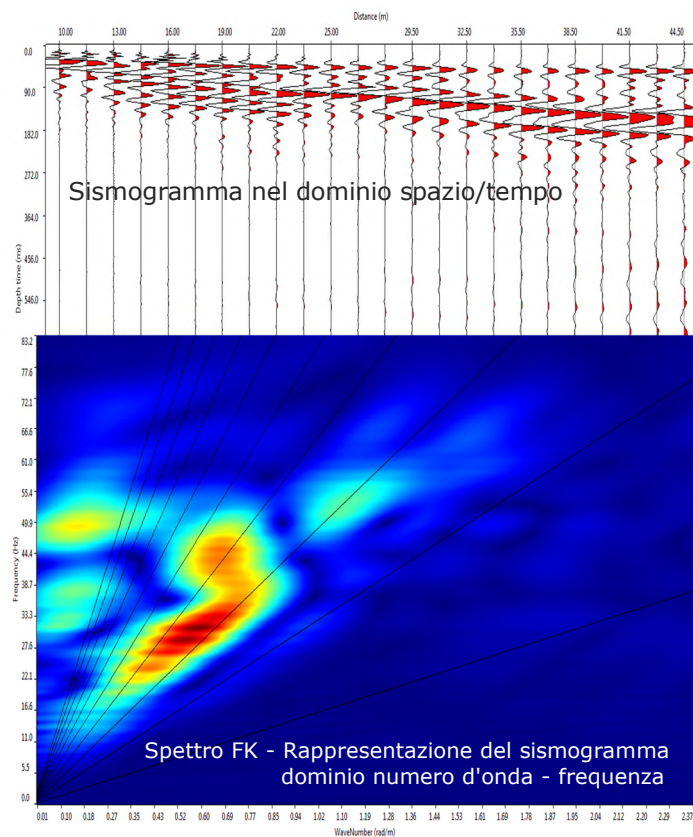


Figura 21 - Risultati prospezione MASW



Figura 22 – Piazzamento prospezione MASW



Figura 23 – Piazzamento Tromino

Tabella 7 - Sismostrati

Strato	profondità		Spess. m	Vel. m/s
	da	a		
Strato1	0.00	0.80	0.80	155
Strato2	0.80	3.00	2.20	310
Strato3	3.00	12.00	9.00	390
Strato4	12.00	25.60	13.60	580
Strato5	25.60	≥30.00	≥4.40	610

$$V_{S_{30}} = \frac{30}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{V_{S_i}}}$$

Dove:

h_i = spessore dello strato i-esimo

V_{si} = velocità onde S nello stato i-esimo

N = numero strati considerati

V_{S30} da pc a - 30 m = **455 m/sec**

8.2.2 RISULTATI MISURA HVSR

Strumento: TRZ-0099/01-10

Formato dati: 16 byte

Fondo scala [mV]: n.a.

Inizio registrazione: 28/06/18 09:51:45

Fine registrazione: 28/06/18 10:11:45

Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST; UP DOWN

Dato GPS non disponibile

Durata registrazione: 0h20'00". Analizzato 78% tracciato (selezione manuale)

Freq. campionamento: 128 Hz

Lunghezza finestre: 20 s

Tipo di lisciamento: Triangular window

Lisciamento: 10%

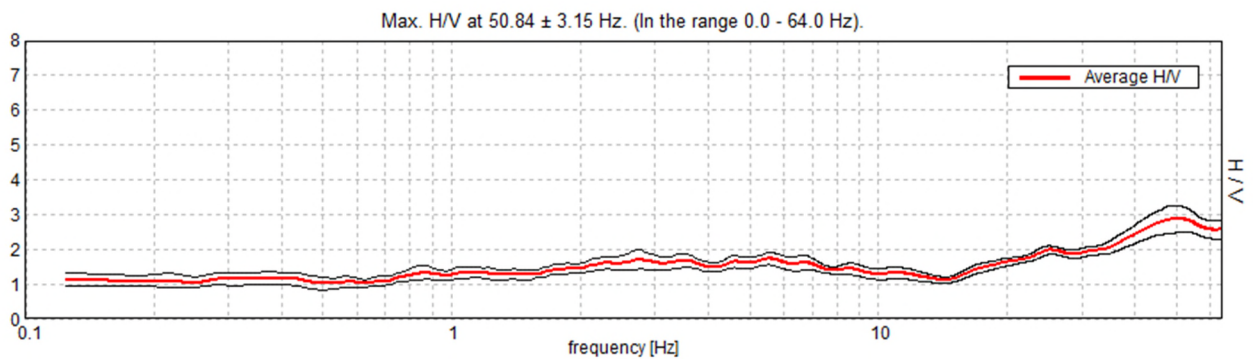


Figura 24 – Rapporto Spettrale orizzontale su verticale

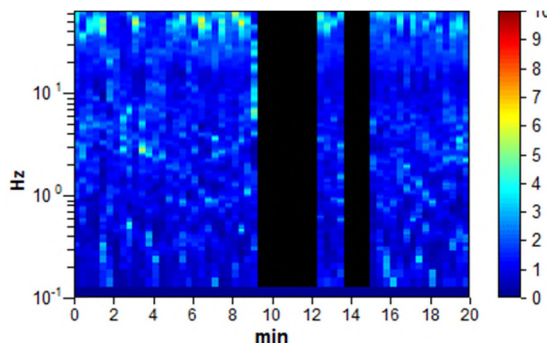


Figura 25 – Serie temporale H/V

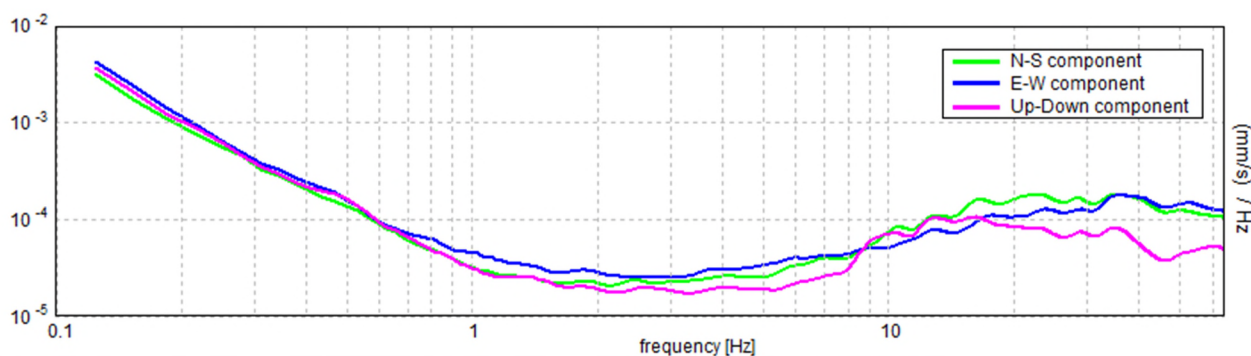


Figura 26 – Spettri delle singole componenti

Picco H/V a 50.84 ± 3.15 Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).

Criteri per una curva H/V affidabile

$f_0 > 10 / L_w$	50.84 > 0.50	OK	
$n_c(f_0) > 200$	47793.1 > 200	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Superato 0 volte su 1236	OK	
Criteri per un picco H/V chiaro [Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]			
Esiste f^- in $[f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	17.063 Hz	OK	
Esiste f^+ in $[f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$			NO
$A_0 > 2$	2.87 > 2	OK	
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.06204 < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	3.15447 < 2.54219		NO
$\sigma_A(f) < \theta(f_0)$	0.3774 < 1.58	OK	

L_w	lunghezza della finestra				
n_w	numero di finestre usate nell'analisi				
$n_c = L_w n_w f_0$	numero di cicli significativi				
f	frequenza attuale				
f_0	frequenza del picco H/V				
σ_f	deviazione standard della frequenza del picco H/V				
$\varepsilon(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$				
A_0	ampiezza della curva H/V alla frequenza f_0				
$A_{H/V}(f)$	ampiezza della curva H/V alla frequenza f				
f^-	frequenza tra $f_0/4$ e f_0 alla quale $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$				
f^+	frequenza tra f_0 e $4f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$				
$\sigma_A(f)$	deviazione standard di $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ è il fattore per il quale la curva $A_{H/V}(f)$ media deve essere moltiplicata o divisa				
$\sigma_{\log H/V}(f)$	deviazione standard della funzione $\log A_{H/V}(f)$				
$\theta(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$				
Valori di soglia per σ_f e $\sigma_A(f_0)$					
Intervallo di freq. [Hz]	< 0.2	0.2 - 0.5	0.5 - 1.0	1.0 - 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	0.25 f_0	0.2 f_0	0.15 f_0	0.10 f_0	0.05 f_0
$\theta(f_0)$ per $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ per $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

- ✓ i primi 3 criteri della voce **1)** definiscono se la registrazione è stata condotta x un tempo sufficientemente lungo rispetto alla frequenza del picco
- ✓ i secondi 6 criteri della voce **2)** dovrebbero stabilire se il picco è significativo dal punto statistico; è consigliato che ne siano soddisfatti il più possibile ma non necessariamente lo devono essere tutti.

9.1 ASPETTI GEOLOGICI E GEOMORFOLOGICI DI DETTAGLIO



Figura 27 – Panoramica da sud-est con evidenziato il ripiano dell'area



Figura 28 – Panoramica da est con evidenziato il ripiano e la scarpata prospiciente

L'analisi geomorfologica di dettaglio e le risultanze delle indagini geognostiche di repertorio e di quelle effettuate per la stesura della presente, portano ad una revisione della cartografia regionale che si esprime negli elaborati cartografici alle pagine che seguono.

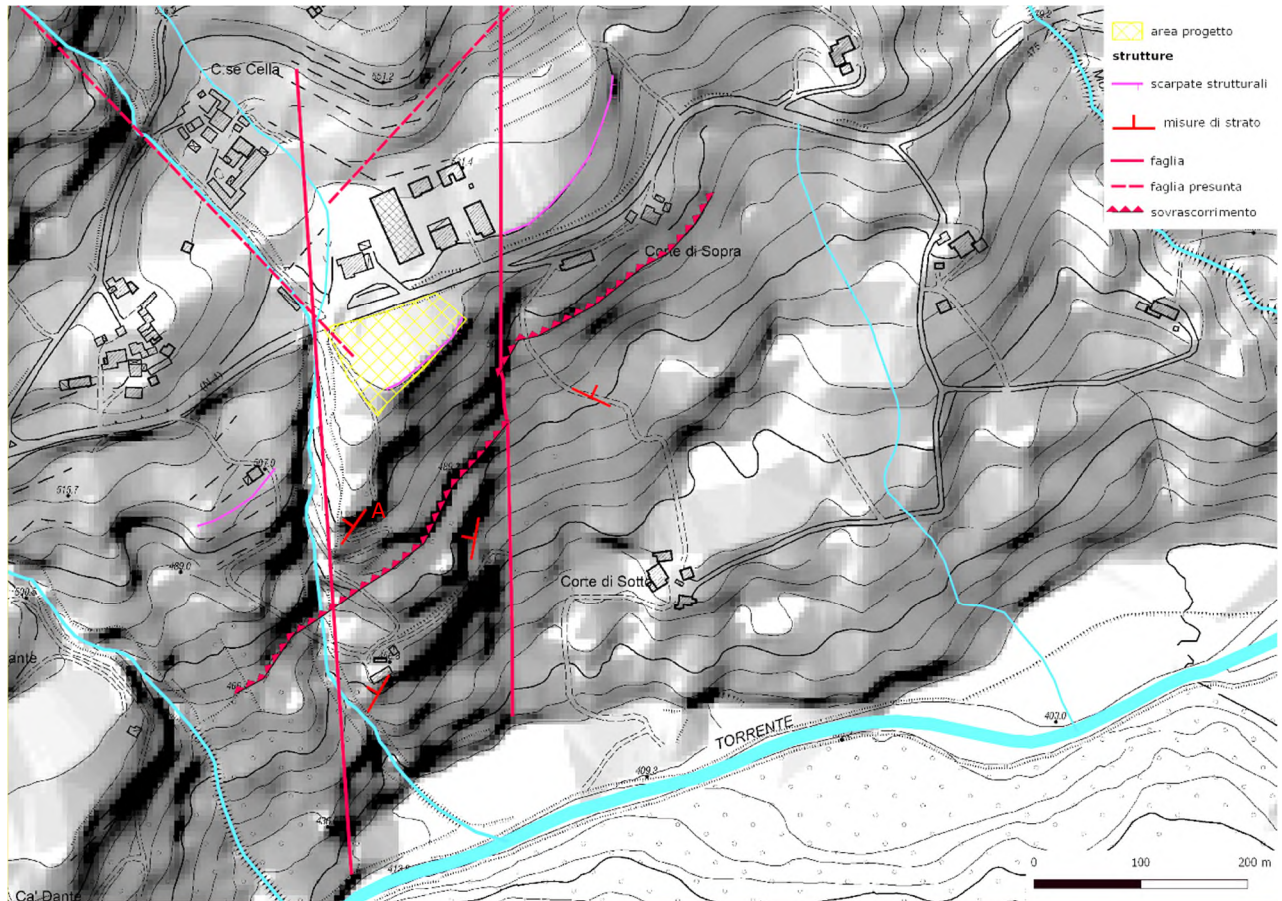


Figura 29 – Modello DTM con evidenziati i principali elementi strutturali – Elaborazione StudioSargentini



Figura 30 – Affioramento MOV a valle dell'area di studio - Punto A

Il ripiano in oggetto è parte del sistema di evoluzione distensiva del versante che ha interessato il flysch MOV via via sbloccato verso valle sulle Argille APA, in contatto tettonico. La superficie ben si raccorda, in continuità, con quella del Villaggio artigiano insediato e con quelle più ad ovest, segnate da orli strutturali orientati NE-SO.

L'approfondimento del torrente Leo ha segnato l'abbandono di queste quote sulle quali ha esercitato energia contribuendo alla modellazione e al riempimento con depositi anche a connotazione lacustre intorno a quota 527msm. La porzione più profonda della struttura di base, costituita dai flysch MOV, evidenzia piano in contropendenza, affiorante in prossimità degli orli di scarpata a sud.

Lo spessore massimo dei materiali sedimentari all'interno della vecchia depressione è stato misurato in 9m e decresce verso sud fino ai 3m misurati in corrispondenza del margine nord dell'area in esame. Evidente la fagliazione del blocco ad est e ad ovest dell'area, con linee N-S che configurano un grande prisma allungato nella stessa direzione, in cui si realizza il contatto tettonico MOV/APA. Non attivi i processi erosivi al piede del aversante da parte del Torrente Leo.

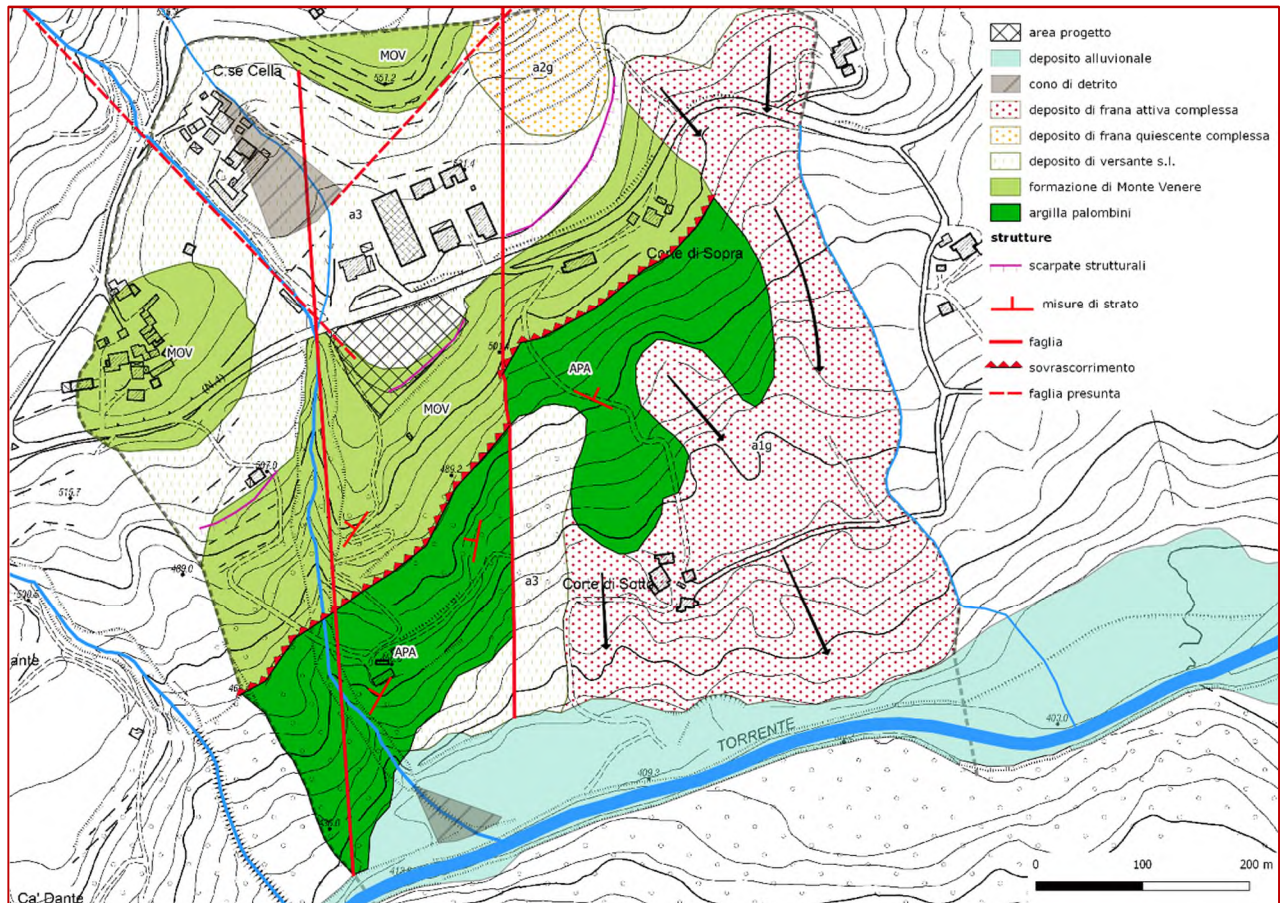


Figura 31 – Carta Geologica – Elaborazione StudioSargentini

Ritengo pertanto che non esistano presupposti di pericolosità geologica che possano riguardare le fasce di versante a monte ed a valle dell'area in analisi. L'analisi dell'edificato nell'intorno non ha evidenziato particolari problematiche e non si registrano processi di erosione potenziali o in atto. Ritengo pertanto che l'area sia idonea ad accogliere la previsione urbanistica.

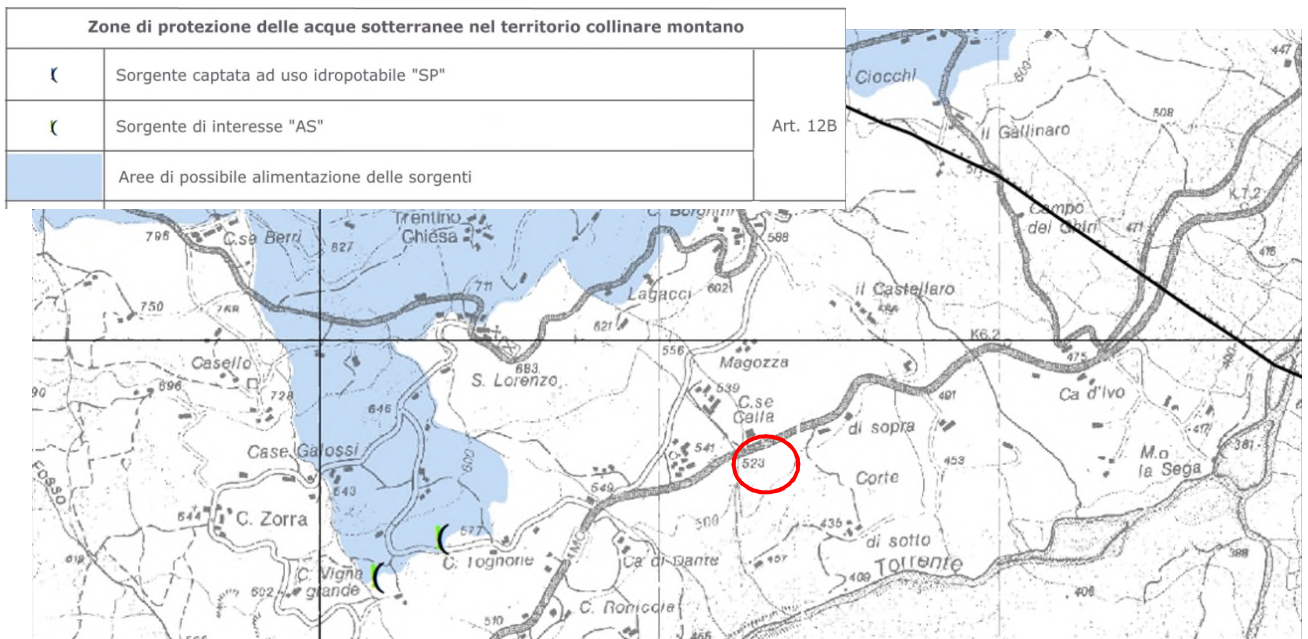


Figura 32 – PTCP 2009 – ESTRATTO CARTA RISCHIO INQUINAMENTO ACQUE: ZONE DI PROTEZIONE DELLE ACQUE SUPERFICIALI E SOTTERRANEE DESTINATE AL CONSUMO UMANO

L'area non risulta appartenere a zone di protezione degli acquiferi.

Non si registrano interferenze negative fra la proposta urbanistica e la rete idrografica superficiale, nel mantenimento della funzionalità del Fosso del Castagnatello, che corre in fregio sul lato ovest dell'area.

9.2 PARAMETRIZZAZIONE GEOMECCANICA PRELIMINARE

Sulla base delle prove effettuate direttamente e delle casistiche locali già verificate in opera, si fornisce un quadro preliminare dei valori caratteristici dello spessore superficiale (interessato dalle opere) dei terreni.

PROF.	LITO	Coesione efficace c'	Angolo attrito efficace Φ'	Coesione non drenata C_u	Peso volume γ	Modulo elastico E
		kN/mq	°	kN/mq	kN/mc	kN/mq
Fino a 3m	DETRITO	10	24	56	19	4500
3÷12m	FLYSCH MOLTO ALTERATO	200	25		22	20.000

Figura 33 – Parametri geomeccanici preliminari

9.3 MICROZONAZIONE SISMICA

9.3.1 EFFETTI DI SITO

Le Norme tecniche per le costruzioni di cui al DM 17 gennaio 2018, sono state emesse ai sensi delle leggi 5 novembre 1971, n. 1086, e 2 febbraio 1974, n. 64, così come riunite nel Testo Unico per l'Edilizia di cui al DPR 6 giugno 2001, n. 380, e dell'art. 5 del DL 28 maggio 2004, n. 136, convertito in legge, con modificazioni, dall'art. 1 della legge 27 luglio 2004, n. 186 e ss. mm. ii..

Detta normativa prevede anche la definizione delle categorie di sottosuolo secondo la seguente tabella:

A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.</i>
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.</i>
C	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.</i>
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.</i>
E	<i>Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.</i>

Tabella 8 – NTC 2018 tabella 3.2.II Categorie di sottosuolo

Sulla base della misurazione effettuata di $V_{s30} = 455\text{m/s}$ è possibile classificare il sottosuolo in analisi in Categoria B

Lo spessore superficiale dei 3m di coltre detritica sarà smantellato per potere raccordarsi con la quota della strada SP4. Di seguito dunque l'analisi verrà effettuata tenendo già conto di

questa asportazione. Escludendo dunque effetti locali per instabilità generale, liquefazione e cedimenti, si passa a valutare l'amplificazione determinata dalle caratteristiche litologiche e topografiche. La misurazione delle V_{S30} porta ai seguenti valori e conseguente tipo di sottosuolo (B) ai quali si aggiunge la categoria topografica determinata attraverso la misura della pendenza della fascia di versante, espressa in gradi :

Strato	profondità		Spess. m	Vel. m/s
	da	a		
Strato1	0.00	0.80	0.80	155
Strato2	0.80	3.00	2.20	310
Strato3	3.00	12.00	9.00	390
Strato4	12.00	25.60	13.60	580
Strato5	25.60	≥30.00	≥4.40	610

Tabella 9 – Tabella calcolo V_{S30}

$$V_{S30} = \frac{30}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{V_{S_i}}}$$

Dove:

h_i = spessore dello strato i-esimo

V_{Si} = velocità onde S nello stato i-esimo

N = numero strati considerati

V_{S30} da pc a -30 m = **455 m/sec**

Per quanto riguarda l'amplificazione topografica, secondo la più recente revisione delle Norme Tecniche in vigore, per configurazioni superficiali semplici si può adottare la classificazione di cui alla pagina che segue.

Prudenzialmente si adotterà il coefficiente di amplificazione topografica $S_T=1.2$, tenendo conto della posizione dell'area in analisi in sommità di una pendice alta oltre 30m e con pendenza media di 21.5°

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

Tabella 10 - NTC 2017
- Tab. 3.2.III -
Categorie topografiche

Le suesposte categorie topografiche si riferiscono a configurazioni geometriche prevalentemente bidimensionali, creste o dorsali allungate, e devono essere considerate nella definizione dell'azione sismica se di altezza maggiore di 30 m.

Per tener conto delle condizioni topografiche si utilizzano i valori del coefficiente topografico S_T riportati nella tabella sottostante, in funzione delle categorie topografiche definite nella Tab. 3.2.III delle NTC 2017 e dell'ubicazione dell'opera o dell'intervento.

Categoria topografica	Ubicazione dell'opera e dell'intervento	S_T
T1		1,0
T2	In corrispondenza della sommità del pendio	1,2
T3	In corrispondenza della cresta di un rilievo con pendenza media minore o uguale a 30°	1,2
T4	In corrispondenza della cresta di un rilievo con pendenza media maggiore di 30°	1,4

Tabella 11 - NTC 2018 - Tab. 3.2.V - Valori massimi del coefficiente di amplificazione topografica S_T

9.3.2 PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE - NTC 2018 - GeoStru PS Advanced 2018

Data: 03/07/2018

Vita nominale (V_n): 50 [anni]
Classe d'uso: II
Coefficiente d'uso (C_u): 1
Periodo di riferimento (V_r): 50 [anni]

Periodo di ritorno (T_r) SLO: 30 [anni]
Periodo di ritorno (T_r) SLD: 50 [anni]
Periodo di ritorno (T_r) SLV: 475 [anni]
Periodo di ritorno (T_r) SLC: 975 [anni]

Tipo di interpolazione: Media ponderata

Coordinate geografiche del punto

Latitudine (WGS84): 44,2337151 [°]
 Longitudine (WGS84): 10,8310986 [°]
 Latitudine (ED50): 44,2346649 [°]
 Longitudine (ED50): 10,8320990 [°]

Coordinate dei punti della maglia elementare del reticolo di riferimento che contiene il sito e valori della distanza rispetto al punto in esame

Punto	ID	Latitudine (ED50) [°]	Longitudine (ED50) [°]	Distanza [m]
1	17832	44,253550	10,768480	5485,49
2	17833	44,255130	10,838230	2327,32
3	18055	44,205160	10,840370	3346,47
4	18054	44,203580	10,770730	5988,77

Parametri di pericolosità sismica per TR diversi da quelli previsti nelle NTC, per i nodi della maglia elementare del reticolo di riferimento

Punto 1

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0,059	2,483	0,251
SLD	50	0,074	2,463	0,263
	72	0,086	2,466	0,268
	101	0,098	2,465	0,273
	140	0,111	2,463	0,279
	201	0,127	2,468	0,283
SLV	475	0,169	2,515	0,294
SLC	975	0,210	2,548	0,305
	2475	0,274	2,596	0,321

Punto 2

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0,058	2,488	0,252
SLD	50	0,073	2,470	0,264
	72	0,085	2,475	0,269
	101	0,097	2,472	0,274
	140	0,110	2,471	0,280
	201	0,125	2,477	0,284
SLV	475	0,166	2,531	0,294
SLC	975	0,208	2,551	0,304
	2475	0,271	2,595	0,320

Punto 3

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0,060	2,476	0,252
SLD	50	0,076	2,451	0,262
	72	0,089	2,445	0,267
	101	0,102	2,447	0,272
	140	0,116	2,444	0,278
	201	0,132	2,468	0,279
SLV	475	0,178	2,479	0,292
SLC	975	0,226	2,457	0,305
	2475	0,303	2,451	0,318

Punto 4

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0,060	2,469	0,251
SLD	50	0,077	2,444	0,262
	72	0,090	2,436	0,267
	101	0,103	2,437	0,271
	140	0,117	2,453	0,276
	201	0,135	2,467	0,277
SLV	475	0,188	2,387	0,291
SLC	975	0,236	2,386	0,300
	2475	0,308	2,452	0,318

Punto d'indagine

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0,059	2,481	0,252
SLD	50	0,074	2,460	0,263
SLV	475	0,173	2,492	0,293
SLC	975	0,217	2,499	0,304

9.3.3 PERICOLOSITÀ SISMICA DI SITO – NTC 2018 – GeoStru PS Advanced 2018

Coefficiente di smorzamento viscoso ξ :

5 %

Fattore di alterazione dello spettro elastico $\eta = [10/(5+\xi)]^{(1/2)}$:

1,000

Categoria sottosuolo:

B: Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs,30 compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero NSPT30 maggiore di 50 nei terreni a grana grossa e cu30 maggiore di 250 kPa nei terreni a grana fine).

Categoria topografica:

T2: Pendii con inclinazione media maggiore di 15°

Coefficienti sismici stabilità di pendii e fondazioni

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0,017	0,021	0,060	0,086
kv	0,008	0,011	0,030	0,043
amax [m/s ²]	0,833	1,052	2,446	3,019
Beta	0,200	0,200	0,240	0,280

ag = accelerazione orizzontale massima
 F0 = valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale
 Tc* = periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale
 Kh = coefficiente sismico orizzontale
 Kv = coefficiente sismico verticale
 Amax = accelerazione massima attesa al suolo
 Beta = coefficiente di riduzione per fondazioni

Fronti di scavo e rilevati

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	--	0,050	0,095	--
kv	--	0,025	0,047	--
amax [m/s ²]	0,833	1,052	2,446	3,019
Beta	--	0,470	0,380	--

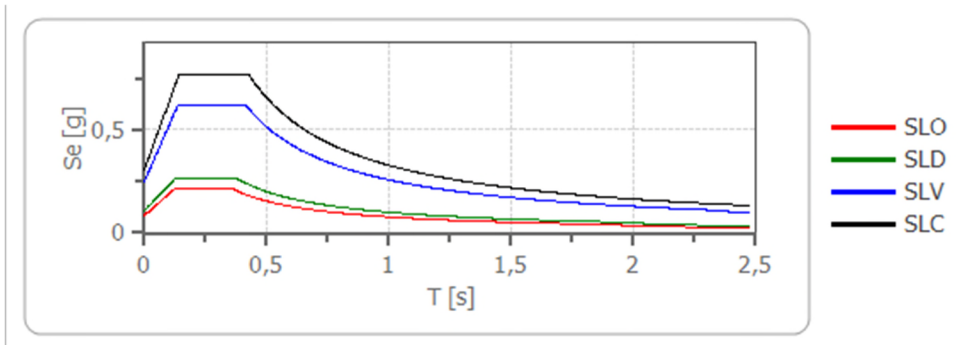


Figura 34 – SPETTRO DI RISPOSTA ELASTICA IN ACCELERAZIONE DELLE COMPONENTI ORIZZONTALI

	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	η [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(TB) [g]
SLO	1,0	0,059	2,481	0,252	1,200	1,450	1,200	1,440	1,000	0,122	0,365	1,836	0,085	0,211
SLD	1,0	0,074	2,460	0,263	1,200	1,440	1,200	1,440	1,000	0,126	0,378	1,898	0,107	0,264
SLV	1,0	0,173	2,492	0,293	1,200	1,410	1,200	1,440	1,000	0,138	0,413	2,293	0,249	0,622
SLC	1,0	0,217	2,499	0,304	1,180	1,400	1,200	1,416	1,000	0,142	0,425	2,470	0,308	0,769

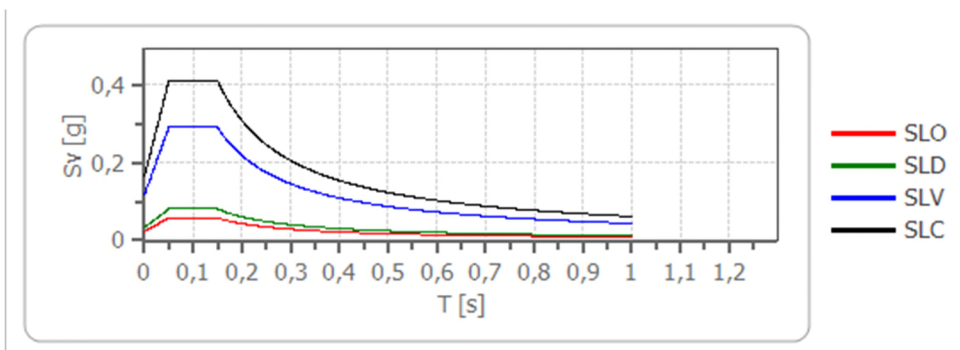


Figura 35 – SPETTRO DI RISPOSTA ELASTICO IN ACCELERAZIONE DELLE COMPONENTI VERTICALI

	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	η [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(TB) [g]
SLO	1,0	0,059	2,481	0,252	1	1,450	1,200	1,200	1,000	0,050	0,150	1,000	0,023	0,058
SLD	1,0	0,074	2,460	0,263	1	1,440	1,200	1,200	1,000	0,050	0,150	1,000	0,033	0,081
SLV	1,0	0,173	2,492	0,293	1	1,410	1,200	1,200	1,000	0,050	0,150	1,000	0,117	0,291
SLC	1,0	0,217	2,499	0,304	1	1,400	1,200	1,200	1,000	0,050	0,150	1,000	0,164	0,410

9.3.4 ANALISI DI II LIVELLO (D.A.L. 112 RER 2007): FATTORI DI AMPLIFICAZIONE F.A.

L'area in studio rientra nella zona "Appennino, con substrato marino caratterizzato da $V_{s30} < 800 \text{ m/s}$ "

Per il calcolo dei fattori F.A. sono da valutare due dati :

- lo spessore dei terreni di copertura fino al bed-rock $\rightarrow H = 3 \text{ m}$
- la velocità delle onde S nei terreni di copertura $\rightarrow V_{sH}$

$$V_{sH} = \frac{H}{\sum \frac{h_i}{V_{si}}} \quad V_{si} = \text{velocità in m/s dello strato i-esimo} \quad h_i = \text{spessore in metri dello strato i-esimo}$$

Nel nostro caso $V_{sH} = 3 / [(0.8/155) + (2.2/310) = 245 \text{ m/s}$

Di conseguenza :

F.A. P.G.A.

V_{sH} H	200	250	300	350	400	450	500	600	700	800
5	2.0	1.7	1.5	1.4	1.3	1.2	1.2	1.2	1.1	1.0
10	2.3	2.0	1.8	1.6	1.5	1.4	1.3	1.2	1.1	1.0
15	2.5	2.2	1.9	1.8	1.6	1.5	1.4	1.2	1.1	1.0
20	2.3	2.2	2.1	1.9	1.7	1.6	1.4	1.3	1.1	1.0
25	2.1	2.1	2.1	1.9	1.7	1.6	1.5	1.3	1.1	1.0
30	1.9	2.0	2.0	1.9	1.7	1.6	1.5	1.3	1.1	1.0
35	1.8	1.9	2.0	1.9	1.7	1.6	1.5	1.3	1.1	1.0
40	1.7	1.9	2.0	1.8	1.7	1.6	1.5	1.3	1.1	1.0

F.A. INTENSITA' SPETTRALE - $0.1 \text{ s} < T_0 < 0.5 \text{ s}$

V_{sH} H	200	250	300	350	400	450	500	600	700	800
5	1.7	1.5	1.4	1.4	1.4	1.3	1.3	1.2	1.1	1.0
10	2.2	1.9	1.7	1.6	1.5	1.4	1.3	1.2	1.1	1.0
15	2.6	2.2	1.9	1.7	1.6	1.5	1.4	1.2	1.1	1.0
20	2.6	2.5	2.2	1.9	1.7	1.5	1.4	1.2	1.1	1.0
25	2.4	2.6	2.3	2.0	1.8	1.6	1.5	1.3	1.1	1.0
30	2.2	2.4	2.3	2.1	1.9	1.7	1.6	1.3	1.1	1.0
35	2.0	2.2	2.3	2.2	1.9	1.8	1.6	1.4	1.2	1.0
40	1.8	2.0	2.3	2.3	2.1	1.8	1.6	1.4	1.2	1.0

F.A. INTENSITA' SPETTRALE - $0.5 \text{ s} < T_0 < 1.0 \text{ s}$

V_{sH} H	200	250	300	350	400	450	500	600	700	800
5	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.3	1.3	1.2	1.1	1.0
10	1.6	1.5	1.4	1.4	1.4	1.3	1.3	1.3	1.1	1.0
15	1.9	1.7	1.5	1.4	1.4	1.4	1.3	1.3	1.2	1.0
20	2.1	1.9	1.7	1.5	1.4	1.4	1.4	1.3	1.2	1.0
25	2.4	2.4	1.9	1.7	1.5	1.4	1.4	1.3	1.3	1.0
30	2.8	2.8	2.4	1.9	1.6	1.5	1.4	1.3	1.3	1.0
35	3.0	2.9	2.7	2.1	1.7	1.6	1.5	1.3	1.3	1.0
40	3.1	3.0	2.8	2.3	1.9	1.7	1.5	1.4	1.4	1.0

9.3.5 MICROZONAZIONE SISMICA

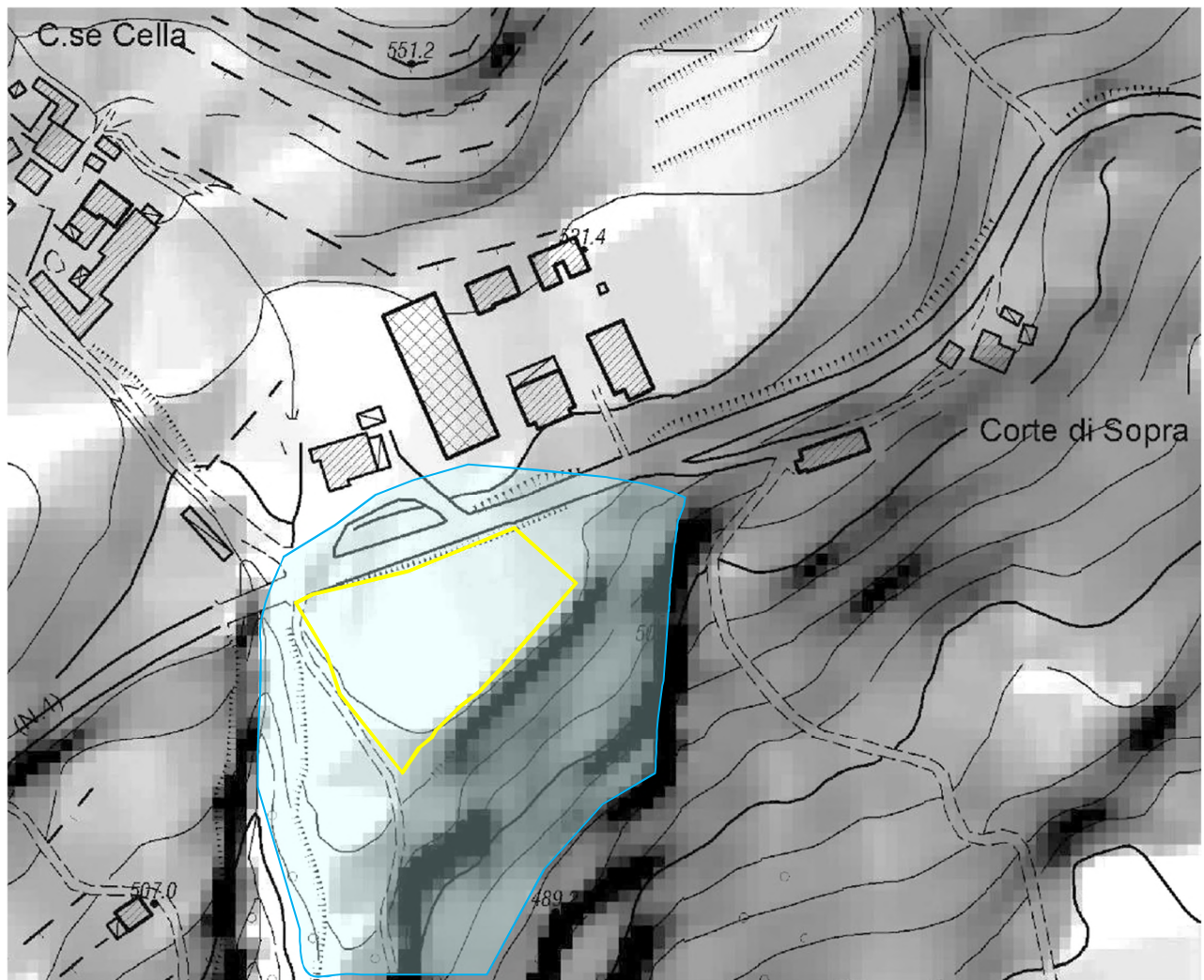


Figura 36 - Carta microzonazione sismica – base topografica estratto CTR 2013 CON DTM

Riferimento territoriale per le tabelle di cui alla D.G.R. 112/07	Appennino e margine appenninico-padano
Accelerazione massima orizzontale di picco al suolo per T_0 (a_{refg})	0.179
Velocità di riferimento di taglio del substrato marino ($>V_s$)	<800 m/s
Spessore del deposito di copertura considerato (H)	3 m
Velocità equivalente delle onde di taglio del deposito di copertura considerato (V_{sH})	245 m/s
Profondità Bedrock sismico	12 m
Velocità onde di taglio Bedrock like (V_s)	580 m/s
Velocità equivalente delle onde di taglio nei primi 30 m (V_{s30})	455 m/s
Coefficiente di amplificazione per categoria topografica (S_T)	1.2
Fattore di Amplificazione del P.G.A. (F.A. P.G.A.)	1.7
Fattore di Amplificazione Intensità Spettrale (F.A. $0.1s < T_0 < 0.5s$.)	1.5
Fattore di Amplificazione Intensità Spettrale (F.A. $0.5s < T_0 < 1.0s$.)	1.4
Accelerazione massima orizzontale di picco alla superficie ($a_{g/g} = a_{ref} * F.A. P.G.A. * S_T$)	0.365

Tabella 12 - VALUTAZIONE PARAMETRI SISMICI DEL SITO CON RIFERIMENTO ALLA DELIBERA N. 112/07

10 SCHEDA DI SINTESI

Come conclusione dello studio, viene ora restituita una scheda di sintesi

Fanano Trentino, Località Ca' Cella QUOTA 526 msm

Latitudine (WGS84): 44,2337151 [°]
 Longitudine (WGS84): 10,8310986 [°]
 Latitudine (ED50): 44,2346649 [°]
 Longitudine (ED50): 10,8320990 [°]

DESTINAZIONE URBANISTICA : **Attività produttive**

RISCHIO SISMICO da PTC : **Area potenzialmente soggetta ad effetti locali**

INSTABILITÀ da PTC : **Non segnalata**

FORMAZIONE : MOV **Formazione di Monte Venere**

LITOLOGIA superficiale : **manto detritico di disfacimento flysch - spessore 3m**

FALDA : **-3m**

MORFOLOGIA : **Ripiano su massa dislocata Pendio prospiciente di 21.5°** CATEGORIA TOPOGRAFICA : **T2**

V_{S30} MISURATA = **455 m/s** CATEGORIA SUOLO = **B**

PERICOLOSITÀ SISMICA : (periodo di ritorno di 475 anni) **Magnitudo: DL 112 R.E.R.= 5,439**

Accelerazione orizzontale massima al suolo : ag/g : DM 14.01.2008 = 0.291 - DL 112 R.E.R.= 0.365

MICROZONAZIONE SISMICA - LIVELLO DI APPROFONDIMENTO : **II**

HVRS Picco H/V a 50.84 ± 3.15 Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz)

PARAMETRI GEOTECNICI PRELIMINARI

PROF.	LITO	Coesione efficace c'	Angolo attrito efficace Φ'	Coesione non drenata Cu	Peso volume γ	Modulo elastico E
		kN/mq	°	kN/mq	kN/mc	kN/mq
Fino a 3m	DETRITO	10	24	56	19	4500
3÷12m	FLYSCH MOLTO ALTERATO	200	25		22	20.000

STABILITÀ : **Buona**

RISCHIO LIQUEFAZIONE IN CONDIZIONI SISMICHE : **Assente**

RISCHIO STABILITÀ PENDIO IN CONDIZIONI SISMICHE : **Assente**

PARERE EDIFICABILITÀ : **Edificabile**

TIPOLOGIA FONDAZIONE CONSIGLIATA : **Superficiale continua**

APPROFONDIMENTI CONSIGLIATI : **Sondaggi con escavatore**

PRESCRIZIONI : **Manutenzione periodica alveo Fosso del Castagnatello, in adiacenza al margine ovest**

11 CONCLUSIONI

L'analisi degli aspetti geologici di un'area posta in adiacenza al Villaggio Artigianale "La Cella" nel Comune di Fanano per la quale si inoltra istanza per il cambio d'uso da agricolo a comparto produttivo, ha permesso di verificare la compatibilità della previsione insediativa con le caratteristiche dell'ambiente geologico di riferimento.

Si certificano pertanto condizioni di sicurezza adeguate per quanto riguarda stabilità dei pendii e rischio sismico.

Restano fermi gli obblighi di approfondimento che la norma impone, in fase di piani di intervento e di progetto esecutivo

A disposizione per ogni chiarimento.

Fanano, 3 luglio 2018

Daniele Sargenti - Geologo