



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI TRIESTE

Microzonazione sismica

Casi studio

Veronica Pazzi - veronica.pazzi@units.it

MS I e II livello Pescaia

MS I e II livello Pesca



Attuazione dell'articolo 11 della legge 24 giugno 2009, n.77

MICROZONAZIONE SISMICA

Relazione illustrativa

scala 1:10.000

Regione Toscana
Comune di Pesca

| | | | | | |
|---------|---------|-----------------------|--|------|-------------|
| Regione | Toscana | Soggetto realizzatore | DREAM Italia | Data | Giugno 2015 |
| Comune | Pescia | Indagini Sismiche | Mannori & Burchietti Geologi Associati | | |

Attuazione dell'articolo 11 della legge 24 giugno 2009, n.77

MICROZONAZIONE SISMICA

di Secondo Livello

Relazione illustrativa

Regione Toscana
Comune di Pesca

| | | | | | |
|---------|----------------|-----------------------|---|------|----------------------|
| Regione | Toscana | Soggetto realizzatore | DREAM Italia | Data | Dicembre 2017 |
| Comune | Pescia | Indagini Sismiche | Mannori & Associati Geologia Tecnica | | |

Da Indirizzi e Criteri MS – Standard di rappresentazione

MS I e II livello Pescia

| CAPITOLO |
|--|
| 1. Introduzione |
| 2. Definizione della pericolosità di base e degli eventi di riferimento |
| 3. Assetto geologico e geomorfologico dell'area |
| 4. Dati geotecnici e geofisici |
| 5. Modello del sottosuolo |
| 6. Interpretazioni e incertezze |
| 7. Metodologie di elaborazione e risultati |
| 8. Elaborati cartografici: <i>Carta delle indagini;</i> <i>Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica;</i> <i>Carta di microzonazione sismica.</i> |
| 9. Confronto con la distribuzione di danni per eventi passati |
| 10. Bibliografia |
| 11. Allegati |

Indice

MS I LIVELLO

| | |
|--|---------|
| 1 - Introduzione | pag. 3 |
| 2 - Definizione della pericolosità di base e degli eventi di riferimento | pag. 4 |
| 3 - Assetto geologico e geomorfologico dell'area | pag. 5 |
| 4 - Dati geotecnici e geofisici | pag. 8 |
| 4.1 - Dati geotecnici | pag. 8 |
| 4.2 - Dati geofisici | pag. 8 |
| 4.2.1 - Raccolta dati | pag. 8 |
| 4.2.2 - Profili a rifrazione P/SH | pag. 11 |
| 4.2.3 - Profili ESAC | pag. 14 |
| 4.2.4 - Misure H/V | pag. 15 |
| 5 - Modello del sottosuolo | pag. 19 |
| 6 - Interpretazioni ed incertezze | pag. 21 |
| 7 - Metodologie di elaborazione dei risultati | pag. 21 |
| 8 - Elaborati cartografici | pag. 22 |
| 8.1 - Carta delle indagini | pag. 22 |
| 8.2 - Carta geologica | pag. 22 |
| 8.3 - Carta delle frequenze | pag. 24 |
| 8.4 - Carta Geologico Tecnica per la microzonazione sismica | pag. 24 |
| 8.5 - Carta delle MOPS (Livello1) | pag. 26 |
| 9 - Analisi dinamica edificio P.za XX settembre | pag. 29 |

Allegati

- Carta geologica
- Carta delle indagini
- Carta delle frequenze
- Carta geologico tecnica per la microzonazione sismica
- Sezioni geologico tecniche
- Carta delle MOPS (Livello1)
- Allegato contenente le indagini sismiche a rifrazione
- Allegato contenente le indagini HVSR
- Allegato contenente le indagini ESAC/Masw

MS II LIVELLO

INDICE

| | |
|---|----|
| 1 - Introduzione | 3 |
| 2 - Dati geotecnici e geofisici | 3 |
| 2.1 - Prove penetrometriche | 3 |
| 2.2 - Dati geofisici | 6 |
| 2.2.1 - Profilo P-SH | 6 |
| 2.2.2 - Profili ESAC | 6 |
| 2.2.3 - Misure H/V | 8 |
| 3 - Elaborati cartografici | 9 |
| 3.1 - Carta delle indagini | 9 |
| 3.2 - Carta delle frequenze naturali dei depositi | 9 |
| 3.3 - Carta di Microzonazione Sismica | 9 |
| 3.3.1 - Criteri e metodi | 9 |
| 3.3.2 - Assegnazione dei valori del fattore di amplificazione (FHa) | 12 |

Appendice

- Indagine sismica a rifrazione
- Indagini ESAC/Masw
- Indagini HVSR

Allegati

- Carta delle indagini
- Carta delle frequenze
- Carta di Microzonazione Sismica con FHa 0.1-0.5s
- Carta di Microzonazione Sismica con FHa 0.5-1.0s
- Carta di Microzonazione Sismica con FHa 0.1-1.0s

Da Indirizzi e Criteri MS

MS I e II livello Pescia

1 – Introduzione

Il presente studio si propone la modellizzazione del sottosuolo delle aree del sistema insediativo del territorio comunale di Pescia al fine di redigere la carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica di primo livello. Si tratta di un lavoro complesso che tiene conto non solo della situazione geologica e geomorfologica, ma anche delle caratteristiche geofisiche dei terreni di copertura e del substrato roccioso. La modellizzazione geologica e geomorfologica è stata ottenuta da una revisione delle cartografie allegate al Piano Strutturale, mentre i dati geofisici sono stati ricavati da precedenti indagini e da una specifica campagna di sismica.

Nel corso del lavoro ci siamo proposti una revisione critica dei dati di sottosuolo esistenti non solo in termini litostratigrafici, ma anche, con il contributo delle numerose indagini geofisiche, in prospettiva sismica. La costruzione dei modelli ha tenuto conto degli aspetti morfologici, geologici e sismici secondo un processo iterativo che ha comportato una revisione continua dei dati via via che venivano studiati i singoli aspetti. In particolare per il territorio di pianura, è stata eseguita preliminarmente un'analisi speditiva della morfologia in modo da definirne gli elementi maggiormente evidenti. Successivamente sono stati valutati tutti i dati di sottosuolo (pozzi, sondaggi e indagini geofisiche) disponibili con l'obiettivo di ricostruire le isobate del substrato e la composizione dei terreni di copertura. Infine sono state eseguite le indagini sismiche previste nell'ambito di questo progetto.

La sintesi di tutti questi dati, elaborati secondo questo processo, ha permesso la costruzione del modello geologico e geofisico dell'area.

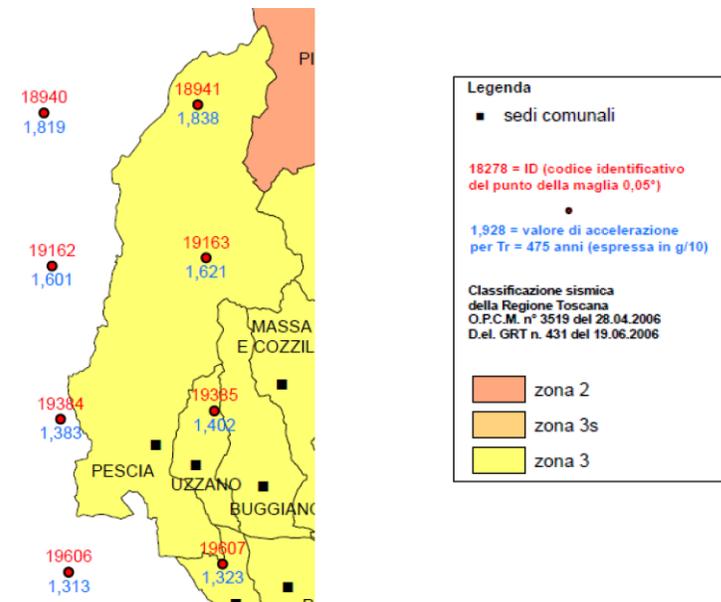
Lo studio ha interessato l'intera area di pianura, mentre per la porzione di territorio collinare sono stati analizzati i centri abitati di Vellano, Stiappa e Pontito.

Rispetto alle indagini minime indicate nel bando comunale (4 profili P/SH, 2 indagini Esac/Masw e 36 registrazioni H/V), nel corso del presente lavoro sono state eseguite, come offerta aggiuntiva, ulteriori n.5 indagini Esac/Masw e 20 registrazioni H/V. Sempre nell'ambito dell'offerta aggiuntiva è stato eseguito uno studio di analisi dinamica su di un edificio considerato di importanza strategica da parte dell'Ufficio Tecnico.

2 - Definizione della pericolosità di base e degli eventi di riferimento

Il territorio comunale di Pescia ricade in Zona 3 secondo la classificazione sismica della Regione Toscana ex DGRT 421/14.

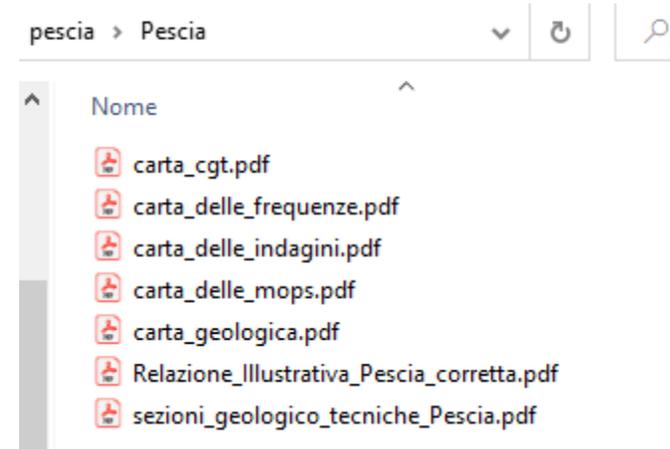
Come si vede dalla figura riportata di seguito, le accelerazioni massime attese per il periodo di riferimento Tr 475 variano da un massimo di circa 1.9 nell'estrema porzione settentrionale ad un minimo di poco meno di 1.3 nella parte meridionale, in corrispondenza della parte centrale della pianura.



MS I e II livello Pescia

Tabella 1.6-1 - Livello1. Sintesi delle indagini, elaborazioni e prodotti

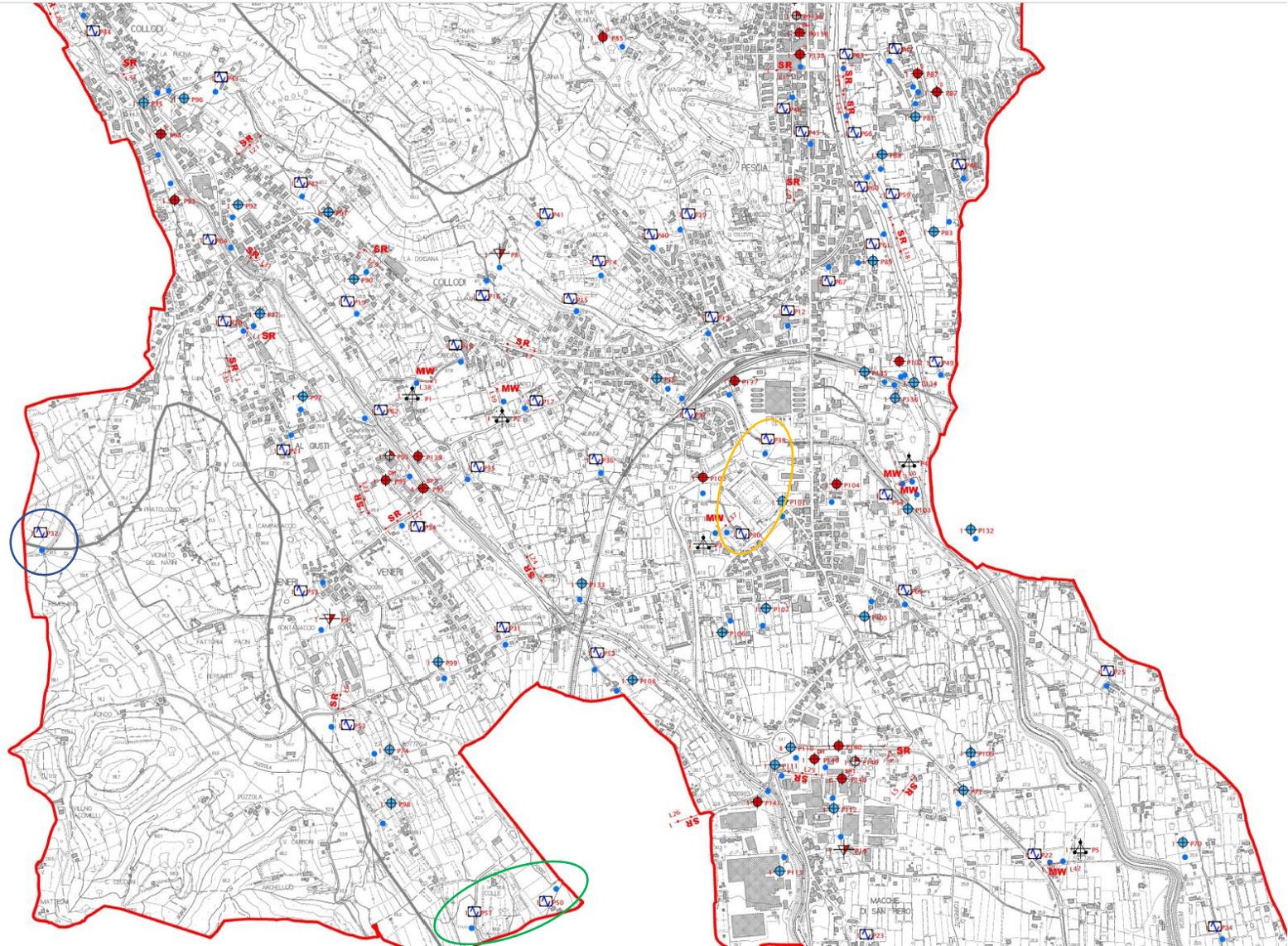
| | |
|--------------|--|
| Indagini | Raccolta dati pregressi: rilievi geologici, geomorfologici, geologico-tecnici e sondaggi |
| Elaborazioni | Sintesi dei dati e delle cartografie disponibili |
| Prodotti | <i>Carta delle indagini</i> <i>Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica</i> Relazione illustrativa della carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica <i>Carta geologico-tecnica</i> <i>Carta delle frequenze naturali (f0) dei terreni</i> |



MS I e II livello Pescaia

Legenda

-  Sondaggio a carotaggio continuo
-  Sondaggio a carotaggio continuo che intercetta il substrato
-  Sondaggio da cui sono stati prelevati campioni
-  Prova penetrometrica in foro (SPT)
-  Prova penetrometrica statica con punta meccanica (CPT)
-  Pozzo per acqua
-  Prova sismica in foro tipo Downhole
-  Stazione microtremore a stazione singola
-  Array sismico, ESAC/SPAC
-  Profilo sismico a rifrazione
-  MASW
-  Numero delle indagini eseguite
-  Limite di comune
-  Limite delle aree trattate



MS I e II livello Pescaia

Legenda

Classificazione in base al valore di ampiezza (A)

La dimensione del cerchio indica il valore dell'ampiezza secondo la seguente scala

- Misure HVSR con ampiezza < 2 (classe non rappresentata in carta)
- Misure HVSR con ampiezza compresa fra 2 e 3
- Misure HVSR con ampiezza > 3

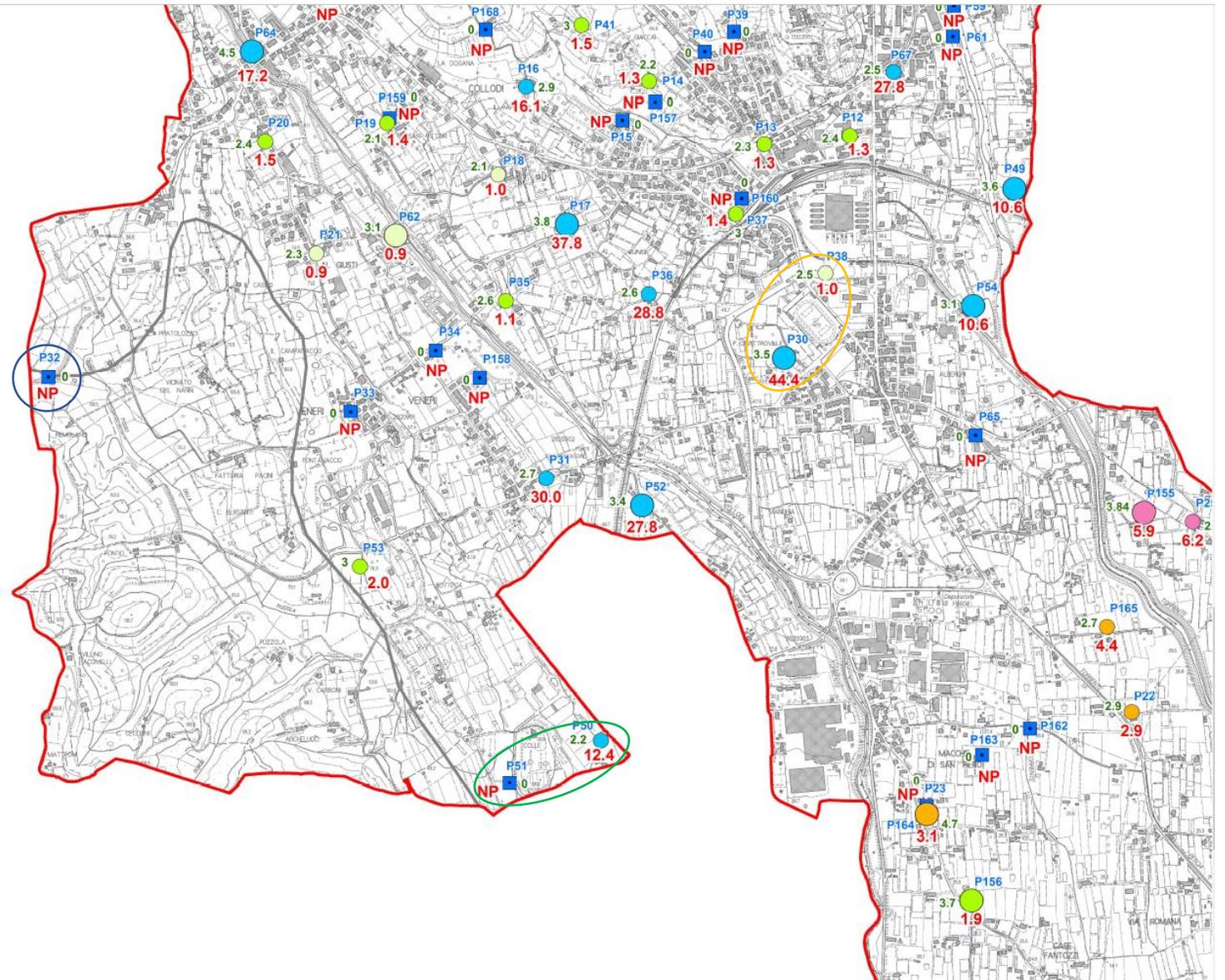
Classificazione in base al valore della frequenza di picco (f₀)

Il colore del cerchio indica il valore della frequenza di picco secondo la seguente scala

- 0 - 1.0 hz
- 1.0 - 2.5 hz
- 2.5 - 5.0 hz
- 5.0 - 7.5 hz
- 7.5 - 10.0 hz
- 10.0 - 60.0 hz

■ Misure HVSR per le quali non è stato riconosciuto alcun picco (NP)

- P12 Numero della misura
- 8.2 Valore della frequenza f₀ di picco (in hz)
- 2.2 Valore dell'ampiezza
- Aree trattate
- Limite di comune



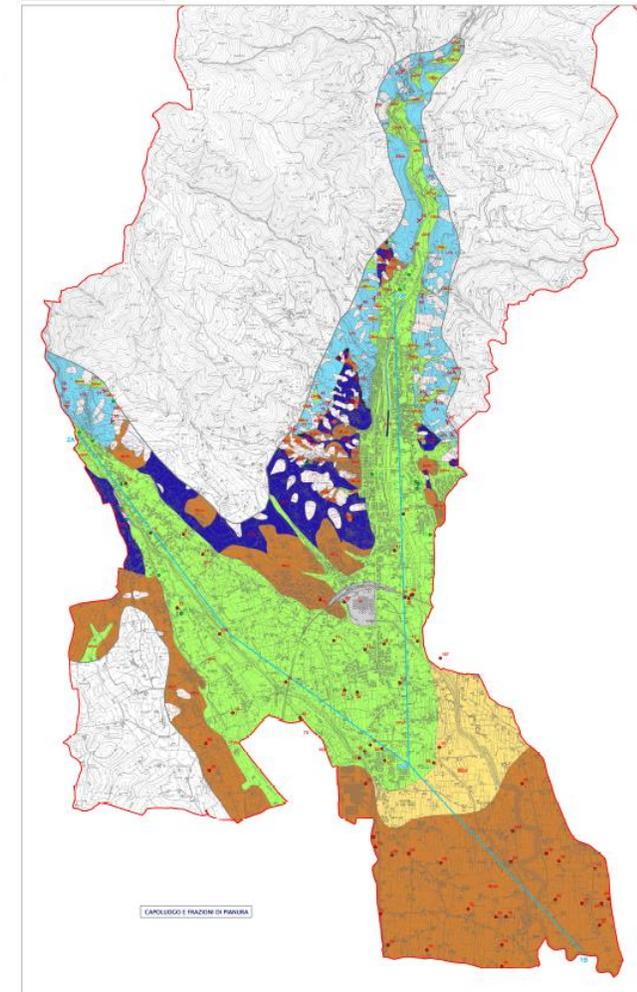
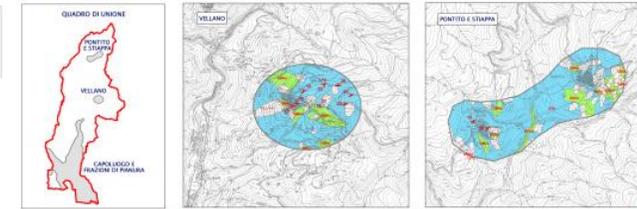
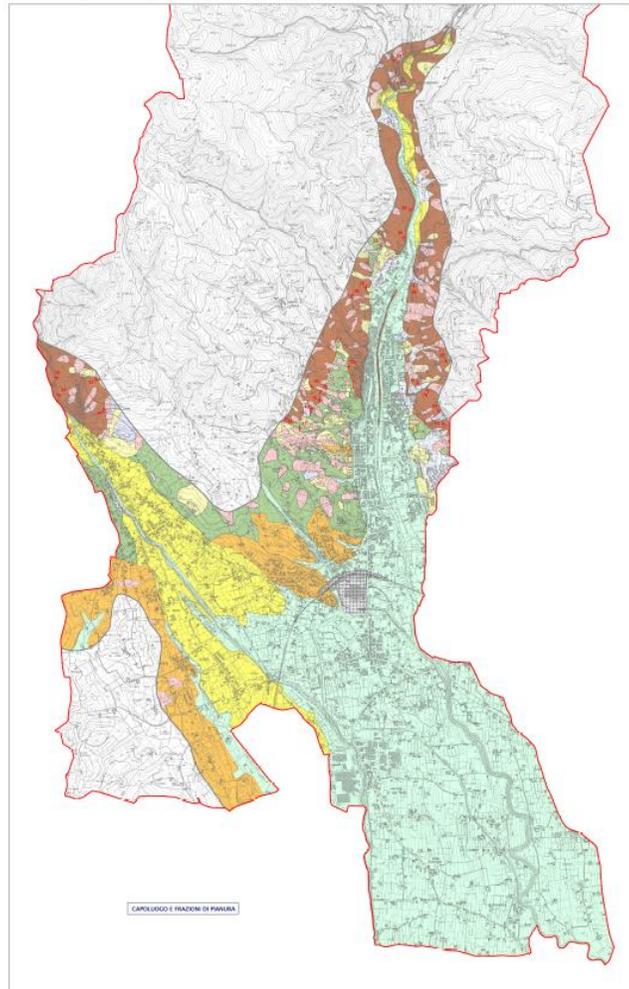
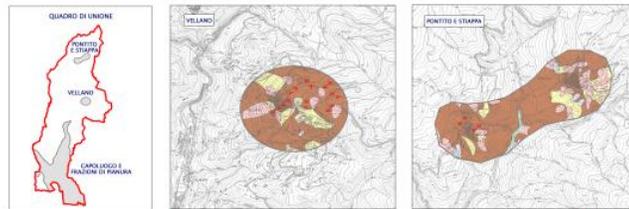
MS I e II livello Pescia

In merito alle misure H/V si osserva:

- Le misure sono risultate mediamente scadenti: ed appena n. 20 presentano un picco F_0 con $A \geq 3$; già da questo dato si deduce l'assenza di contrasti di impedenza molto marcati.
- l'elemento di maggior rilievo nell'analisi dei risultati è che nel territorio di pianura il substrato roccioso non è l'unico elemento a generare contrasti di impedenza significativi. Infatti immediatamente a valle dell'alta pianura compaiono una serie di picchi in frequenza riferibili ad un passaggio piuttosto superficiale (entro poche decine di metri) riferibile al contatto tra i depositi fluviali e quelli lacustri. Questo elemento d'altronde è coerente con quanto accennato al precedente paragrafo 4.2.1 a proposito della distribuzione delle velocità delle onde SH nei vari litotipi, da cui risultava la possibilità di passaggi di velocità anche bruschi tra questi due tipi di depositi. Nella figura riportata di seguito è stata evidenziata la linea di separazione tra l'area in cui prevale il contrasto di impedenza dovuto al substrato e quello indotto dai terreni lacustri.
- In molte misure sono stati rilevati indizi relativi a possibili inversioni di velocità (componente verticale al di sopra di quelle orizzontali); altri tipi di indagine (profili Esac e sismiche in foro) non segnalano fenomeni significativi di inversione, se non casi localizzati con diminuzioni di poche decine di metri al secondo. Si ritiene pertanto che si tratti di fenomeni di secondaria importanza, forse indotti da livelli estremamente superficiali.
- In corrispondenza dei profili ST14 e ST15, nell'alveo del Pescia di Pescia, è stata individuata un'area in cui una serie di misure H/V, eseguite a più riprese, non hanno individuato picchi in frequenza, anche se i dati stratigrafici facevano supporre la presenza del substrato a profondità comprese sicuramente entro i qualche decina di metri (misure nn. 3, 3bis, 4, 44, 45). Tra l'altro, trattandosi di una zona di rapido approfondimento del substrato, la mancanza di dati ha costituito un elemento piuttosto critico per la ricostruzione del modello del sottosuolo. Tra le possibili cause della presenza di un'area "cieca" rispetto alle misure H/V, quella maggiormente plausibile è che in questa zona tra la copertura alluvionale a bassa velocità ed il substrato roccioso "veloce", si trovi uno spessore di depositi lacustri a velocità intermedia (5-600 m/s) in grado di smorzare il contrasto di impedenza. Di questo si è tenuto conto in fase di interpretazione delle stese P/SH nn. 14 e 15 di cui si è discusso in precedenza.
- Arealmente le misure con f_0 compreso nell'intervallo 1-10Hz, considerato critico per la maggioranza degli edifici, non sono contigue né sono facilmente raccordabili con le pur poche informazioni relative alla profondità del substrato.

MS I e II livello Pescia

Carta geologico-technica



Legenda

Terreni di copertura

- Terreni contenenti resti di attività antropica
- Ghiaie pulite con granulometria poco assortita, miscela di ghiaia e sabbia di piana pedemontana
- Ghiaie pulite con granulometria poco assortita, miscela di ghiaia e sabbia di terrazzo fluviale
- Ghiaie pulite con granulometria poco assortita, miscela di ghiaia e sabbia di conoide alluvionale
- Ghiaie limose, miscela di ghiaia, sabbia e limo eluvio-colluviali
- Sabbie limose, miscela di sabbia e limo di piana pedemontana
- Limi inorganici, farina di roccia, sabbie fini limose o argillose, limi argillosi di bassa plasticità eluvio-colluviali
- Limi inorganici, farina di roccia, sabbie fini limose o argillose, limi argillosi di bassa plasticità di ambiente lacustre
- Limi inorganici, farina di roccia, sabbie fini limose o argillose, limi argillosi di bassa plasticità di piana pedemontana

Substrato geologico

- Substrato geologico molto fratturato o alterato (ALS)
- Substrato lapideo stratificato

Forme di superficie o sepolte

- Conoide alluvionale

Instabilità di versante

- Complessa attiva
- Complessa inattiva
- Complessa quiescente

Elementi tettonico strutturali

- Faglia con cinematisimo non definito non attiva

Elementi geologici e idrogeologici

- Sondaggio che non ha raggiunto il substrato geologico. Il numero indica la profondità del sondaggio
- Sondaggio che ha raggiunto il substrato geologico. Il numero indica la profondità del substrato

Traccia della sezione geologico-technica

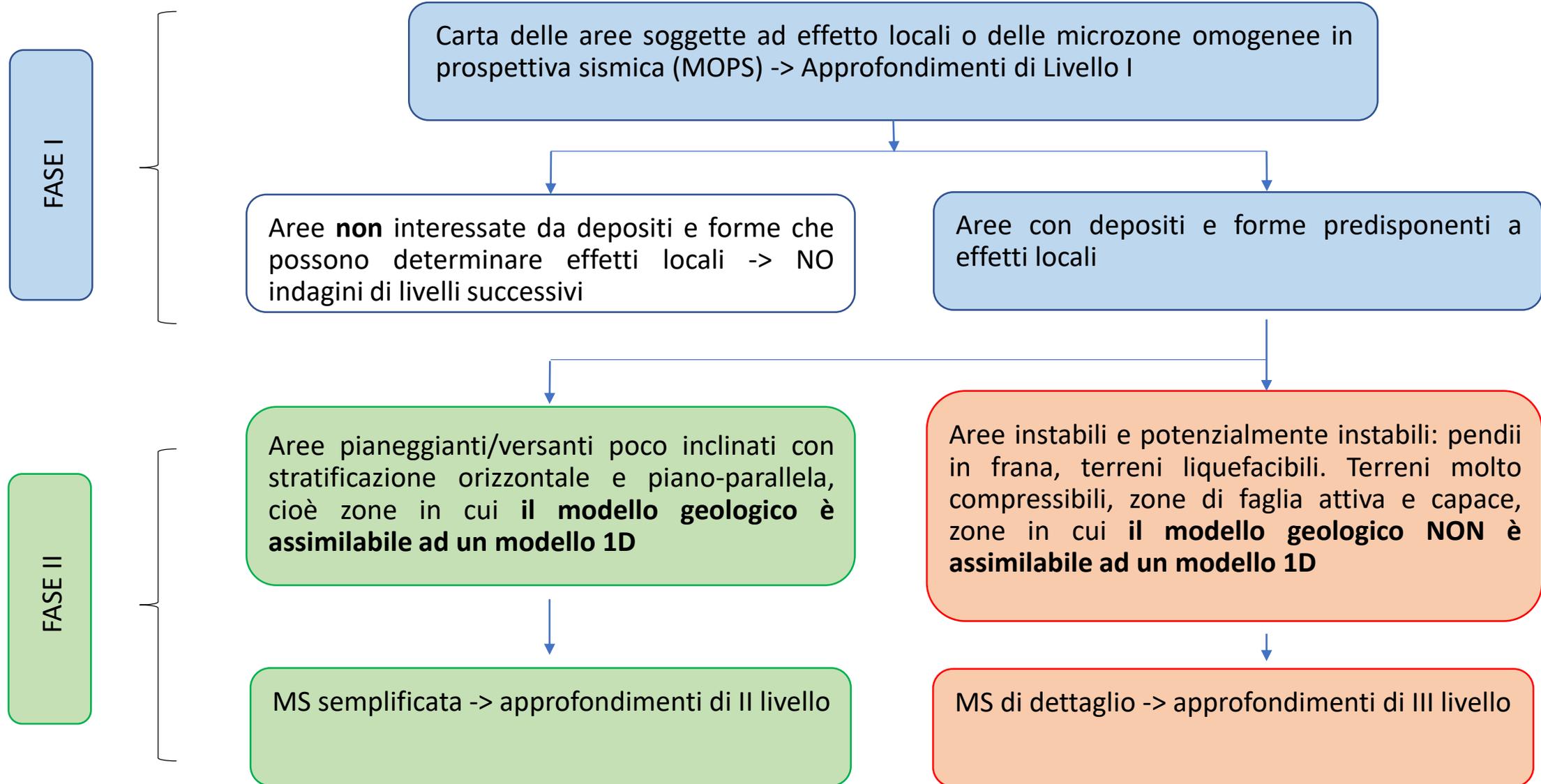
Misura di strato

Carta geologica

Legenda

- Riporto
- Frane attive
- Frane quiescenti
- Frane inattive
- Depositi detritici
- Conoide
- Depositi alluvionali attuali e recenti
- Depositi alluvionali terrazzati
- Argille e sabbie di Marginone-Mastromarco
- Macigno
- Sillano
- Misure di strato
- Contatti tettonici
- Aree trattate
- Limite di comune

MS: principi ed elementi



MS I e II livello Pescia

La valutazione dei Fattori di Amplificazione (FHa) è stata eseguita utilizzando gli Abachi Regionali realizzati dalla Regione Toscana in collaborazione con il Dipartimento di Scienze Fisiche, della Terra e dell'Ambiente dell' Università degli Studi di Siena.

Lo studio, in accordo con l'Amministrazione Comunale, è stato esteso all'intero territorio di pianura, tralasciando le zone di alta collina, in cui i prevalenti effetti 2D rendono i risultati dall'analisi di MS2 scarsamente cautelativi.

MS I e II livello Pescia

Tabella 1.6-1 - Livello1. Sintesi delle indagini, elaborazioni e prodotti

| | |
|--------------|--|
| Indagini | Raccolta dati pregressi: rilievi geologici, geomorfologici, geologico-tecnici e sondaggi |
| Elaborazioni | Sintesi dei dati e delle cartografie disponibili |
| Prodotti | <i>Carta delle indagini</i> <i>Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica</i> <i>Relazione illustrativa della carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica</i> |

Da Indirizzi e Criteri MS

Carta geologico-tecnica *Carta delle frequenze naturali (f0) dei terreni*

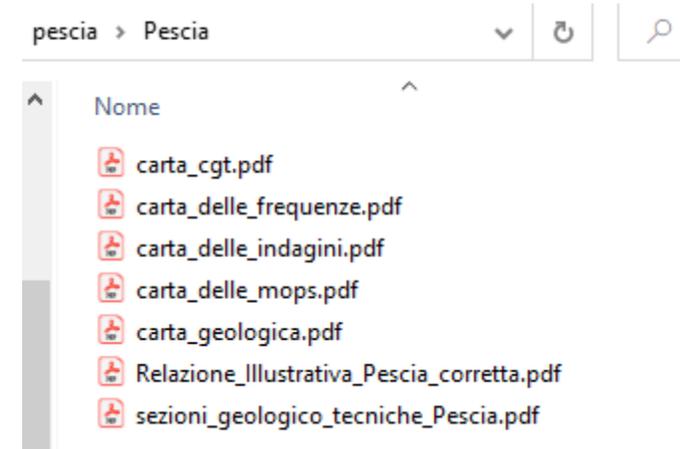
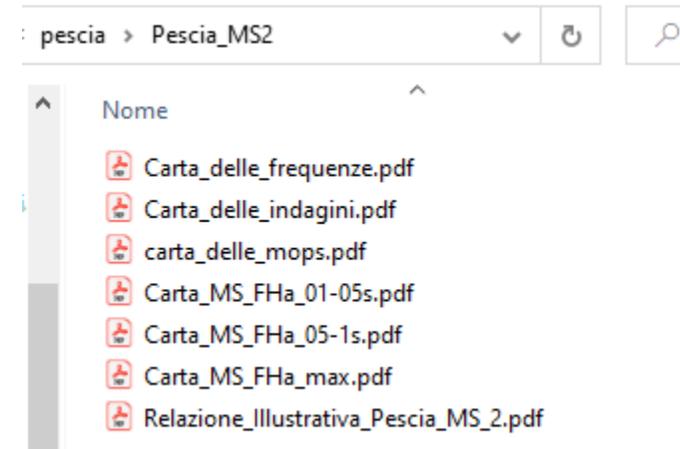


Tabella 1.6-2 - Livello2. Sintesi delle indagini, elaborazioni e prodotti

| | | |
|--------------|---|--|
| Indagini | Indagini geofisiche in foro del tipo DH o CH, cono sismico, sismica a rifrazione, analisi con tecniche attive e passive della dispersione delle onde superficiali per la stima di V_s , microtremori ed eventi sismici. | |
| Elaborazioni | Correlazioni e confronto con i risultati del livello 1, revisione del modello geologico, abachi per i fattori di amplificazione, abachi e formule empiriche per le instabilità di versante e per la liquefazione. | |
| Prodotti | <i>Carta delle indagini</i> <i>Carta di microzonazione sismica</i> <i>Relazione illustrativa della Carta di microzonazione sismica.</i> | <i>Carta delle Vs</i> <i>Carta dei fattori FA per diversi intervalli di periodi</i> |

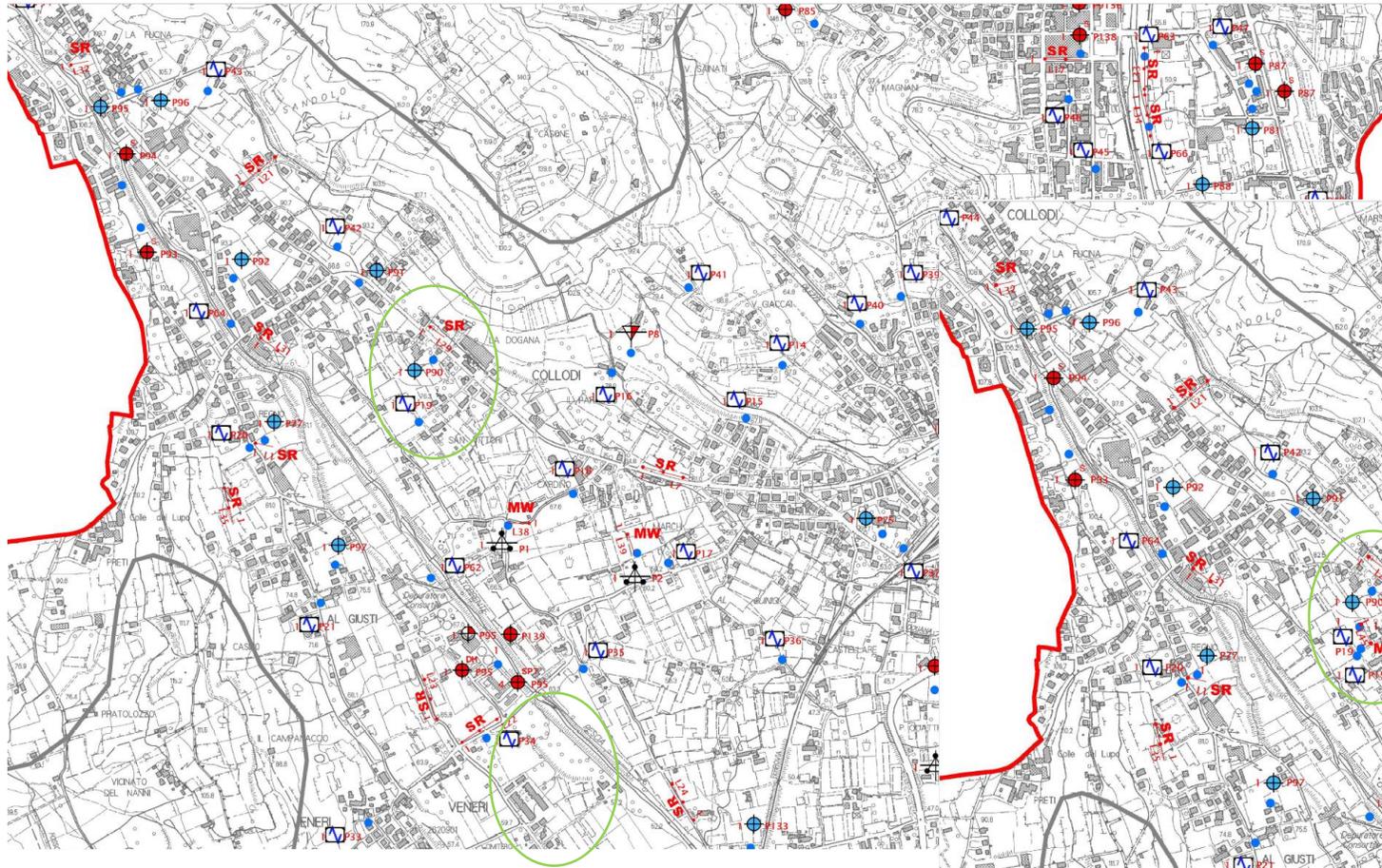
Da Indirizzi e Criteri MS



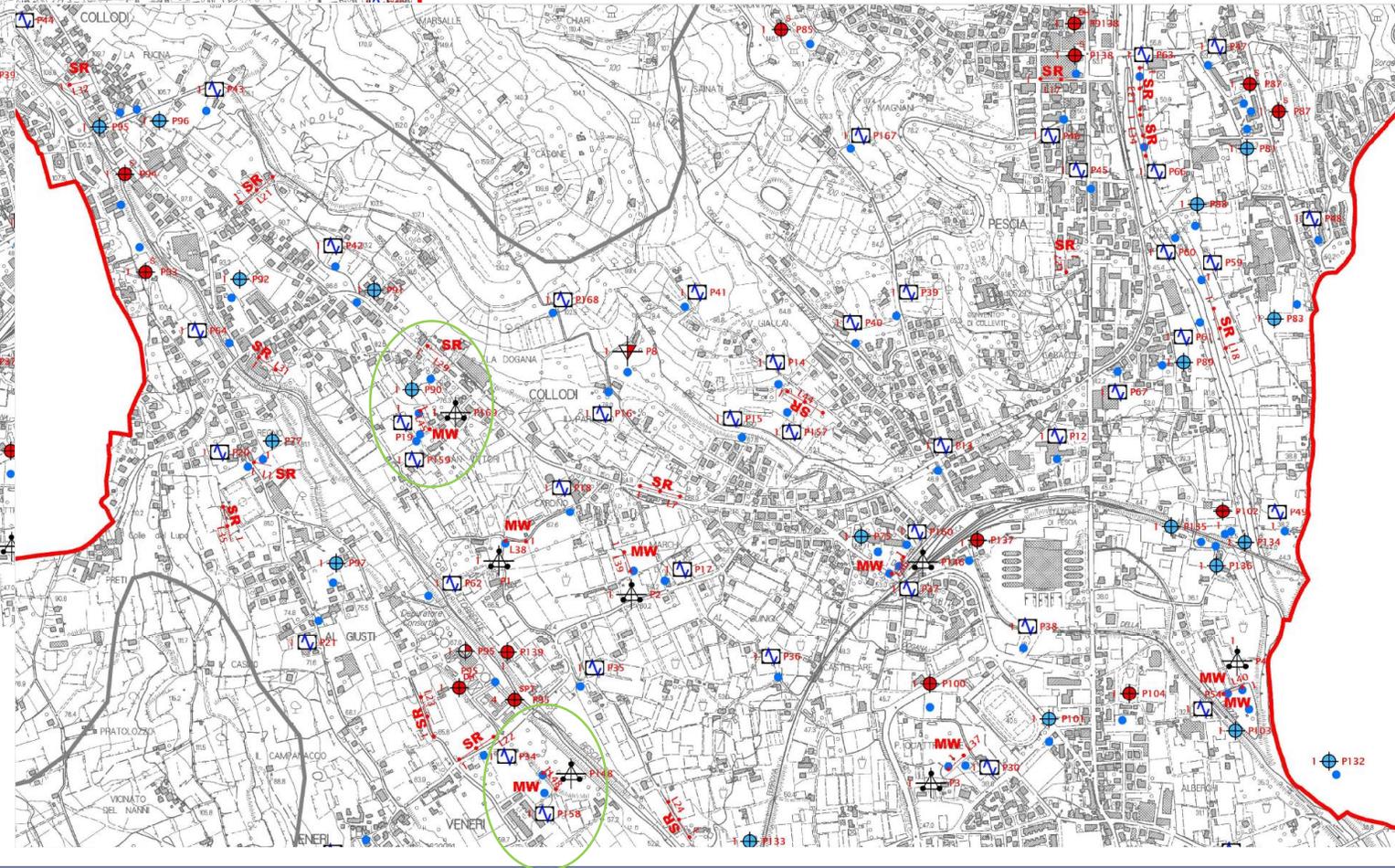
MS I e II livello Pescaia

integrata con l'esecuzione di:

- n. 4 prove penetrometriche statiche;
- n. 1 profilo in P/SH;
- n. 6 indagini Esac/Masw;
- n. 14 registrazioni H/V.



Carta indagini MS I



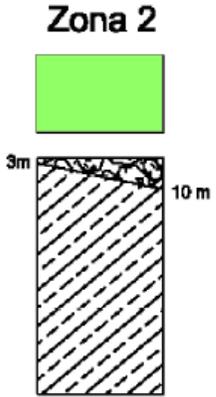
Carta indagini MS II

MS I e II livello Pescaia

3.3.2 – Assegnazione dei valori del fattore di amplificazione (FHa)

Nelle pagine che seguono viene riportata una descrizione sintetica dei processi utilizzati per l'assegnazione dei valori del fattore di amplificazione nelle varie Zone. Per ciascuna Zona vengono indicate le condizioni al contorno (Ag e profondità del substrato) e, in due tabelle distinte, l'elenco delle linee sismiche e delle misure di rumore presenti; il valore di dati anomali è stato evidenziato in corsivo. Nella terza tabella (in *grisé*), sono indicati i valori di f_0 e V_s scelti ed i valori di FHa per i periodi di $T_0=0.1-0.5$ e di $T_0=0.5-1.0$.

MS I e II livello Pescaia



Zona 2 – aree con copertura detritica su substrato LPS presenti nel territorio collinare. Le coltri detritiche sono state classificate come GM (Ghiaie limose, miscela di ghiaia sabbia e limo) in quanto derivanti dall’alterazione del Macigno. Gli spessori della copertura detritica sono stimati inferiori a m 10.

Zona 2

Le aree ricadenti nella parte più alta del Comune ricadono in $A_g(475 \text{ anni}) \geq 0.15g$;

le restanti aree ricadono in $A_g(475 \text{ anni}) < 0.15g$.

| Indagini sismiche | | |
|-------------------|----------|-------------|
| Numero | V_{s6} | V_s abaco |
| ST24 | 300 | 300 |

| Indagini HVSR | | |
|---------------|-------|-----|
| Numero | f_0 | A |
| 54 | 17.2 | 3.2 |
| 55 | 21.2 | 4.1 |

| Classi | |
|----------------|----------------------------|
| frequenza (Hz) | $f_0 < 1$ |
| | 1.5 $1 \leq f_0 < 2$ |
| | 2.5 $2 \leq f_0 < 3$ |
| | 3.5 $3 \leq f_0 < 4$ |
| | 4.5 $4 \leq f_0 < 5$ |
| | 5.5 $5 \leq f_0 < 6$ |
| | 6.5 $6 \leq f_0 < 7$ |
| | 7.5 $7 \leq f_0 < 8$ |
| | ≥ 8 |
| velocità (m/s) | $V_s < 200$ |
| | 300 $200 \leq V_s < 400$ |
| | 500 $400 \leq V_s < 600$ |
| | 700 $600 \leq V_s < 800$ |
| | $V_s \geq 800$ |

MS I e II livello Pescaia

Macroarea: TOSCANA APPENNINICA

Pericolosità sismica: GRUPPO 1+2

Basamento sismico: profondità < 30 m

| Abaco (substrato ≤ 30m) | | | |
|-----------------------------|---------------|--------|--------|
| Ag 475 < 0.15g Gruppo3 | FHa 0.1-0.5 s | Vs 300 | 1.5 |
| | FHa 0.5-1.0 s | | f0 ≥ 8 |
| Ag 475 ≥ 0.15g Gruppo1+2 | FHa 0.1-0.5 s | Vs 300 | 1.4 |
| | FHa 0.5-1.0 s | | f0 ≥ 8 |

Pericolosità sismica: GRUPPO 3

Basamento sismico: profondità < 30 m

| Classi | | |
|----------------|----------|----------------|
| frequenza (Hz) | f0 < 1 | |
| | 1.5 | 1 ≤ f0 < 2 |
| | 2.5 | 2 ≤ f0 < 3 |
| | 3.5 | 3 ≤ f0 < 4 |
| | 4.5 | 4 ≤ f0 < 5 |
| | 5.5 | 5 ≤ f0 < 6 |
| | 6.5 | 6 ≤ f0 < 7 |
| | 7.5 | 7 ≤ f0 < 8 |
| | ≥ 8 | |
| velocità (m/s) | Vs < 200 | |
| | 300 | 200 ≤ Vs < 400 |
| | 500 | 400 ≤ Vs < 600 |
| | 700 | 600 ≤ Vs < 800 |
| | | Vs ≥ 800 |

FA calcolato per corti periodi (0.1 < T < 0.5 s)

| VsH (m/s) | | f0 (Hz) | | | | | | | | 75° perc. | |
|-----------|--|---------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----------|-----|
| | | <1 | 1.5 | 2.5 | 3.5 | 4.5 | 5.5 | 6.5 | 7.5 | | ≥ 8 |
| <200 | | 0.8 | 1.3 | 1.9 | 2.2 | 2.1 | 2.0 | 1.8 | 1.8 | 1.4 | 1.8 |
| 300 | | 0.6 | 1.3 | 1.9 | 2.0 | 1.9 | 1.8 | 1.7 | 1.6 | 1.4 | 1.9 |
| 500 | | | 1.0 | 1.8 | 1.8 | 1.9 | 1.7 | 1.6 | 1.5 | 1.4 | 1.7 |
| 700 | | 0.8 | 1.1 | | | 1.4 | 1.6 | 1.6 | 1.5 | 1.3 | 1.5 |
| ≥800 | | | | | | | | | | 1.3 | 1.3 |

FA calcolato per corti periodi (0.1 < T < 0.5 s)

| VsH (m/s) | | f0 (Hz) | | | | | | | | 75° perc. | |
|-----------|--|---------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----------|-----|
| | | <1 | 1.5 | 2.5 | 3.5 | 4.5 | 5.5 | 6.5 | 7.5 | | ≥ 8 |
| <200 | | | 1.3 | 2.1 | 2.2 | 2.2 | 2.0 | 1.9 | 1.8 | 1.5 | 1.8 |
| 300 | | | 1.3 | 1.9 | 2.1 | 1.9 | 1.8 | 1.8 | 1.7 | 1.5 | 1.9 |
| 500 | | | 1.3 | 1.7 | 1.9 | 1.8 | 1.7 | 1.6 | 1.5 | 1.4 | 1.6 |
| 700 | | | 1.3 | | | 1.3 | 1.5 | 1.6 | 1.6 | 1.4 | 1.5 |
| ≥800 | | | | | | | | | | 1.3 | 1.3 |

FA calcolato per lunghi periodi (0.5 < T < 1 s)

| VsH (m/s) | | f0 (Hz) | | | | | | | | 75° perc. | |
|-----------|--|---------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----------|-----|
| | | <1 | 1.5 | 2.5 | 3.5 | 4.5 | 5.5 | 6.5 | 7.5 | | ≥ 8 |
| <200 | | 1.6 | 2.2 | 1.9 | 1.6 | 1.3 | 1.1 | 1.1 | 1.1 | 1.0 | 1.4 |
| 300 | | 1.5 | 2.3 | 1.8 | 1.5 | 1.2 | 1.1 | 1.1 | 1.1 | 1.0 | 1.6 |
| 500 | | | 2.2 | 1.6 | 1.4 | 1.2 | 1.1 | 1.1 | 1.1 | 1.0 | 1.2 |
| 700 | | 1.6 | 2.0 | | | 1.1 | 1.1 | 1.1 | 1.1 | 1.0 | 1.1 |
| ≥800 | | | | | | | | | | 1.0 | 1.0 |

FA calcolato per lunghi periodi (0.5 < T < 1 s)

| VsH (m/s) | | f0 (Hz) | | | | | | | | 75° perc. | |
|-----------|--|---------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----------|-----|
| | | <1 | 1.5 | 2.5 | 3.5 | 4.5 | 5.5 | 6.5 | 7.5 | | ≥ 8 |
| <200 | | | 2.3 | 1.9 | 1.7 | 1.4 | 1.1 | 1.1 | 1.1 | 1.0 | 1.5 |
| 300 | | | 2.3 | 1.9 | 1.6 | 1.3 | 1.2 | 1.1 | 1.1 | 1.1 | 1.6 |
| 500 | | | 2.2 | 1.7 | 1.4 | 1.2 | 1.1 | 1.1 | 1.1 | 1.1 | 1.2 |
| 700 | | | 2.3 | | | 1.1 | 1.1 | 1.1 | 1.1 | 1.0 | 1.1 |
| ≥800 | | | | | | | | | | 1.0 | 1.0 |

MS I e II livello Pescaia

MICROZONAZIONE SISMICA

 di Secondo Livello

Carta di microzonazione sismica

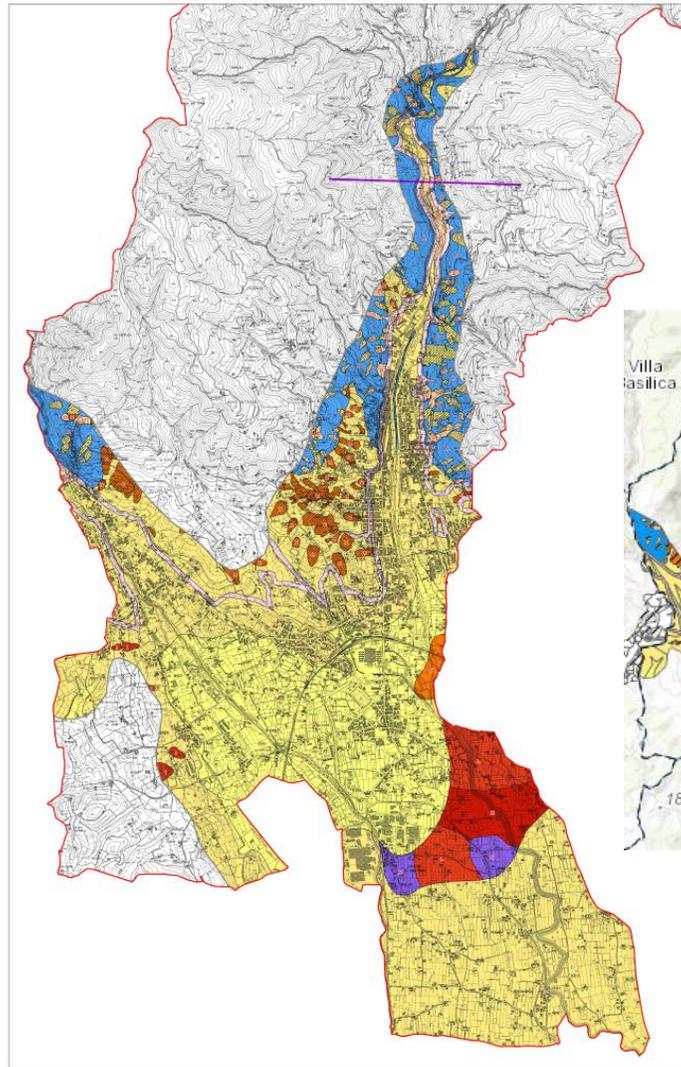
 FhA per 0.1s-0.5s

 scala 1:10.000

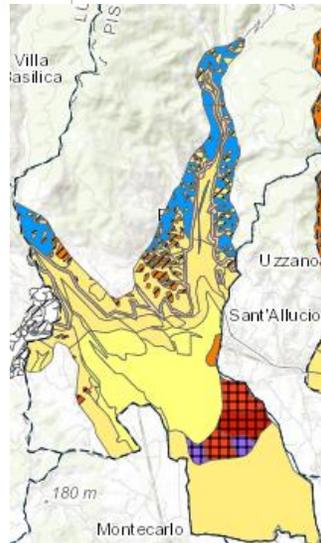
 Regione Toscana

 Comune di Pescaia

 Dicembre 2017



Fh 0.1 s – 0.5 s



<https://www.webms.it/servizi/viewer.php>

MICROZONAZIONE SISMICA

 di Secondo Livello

Carta di microzonazione sismica

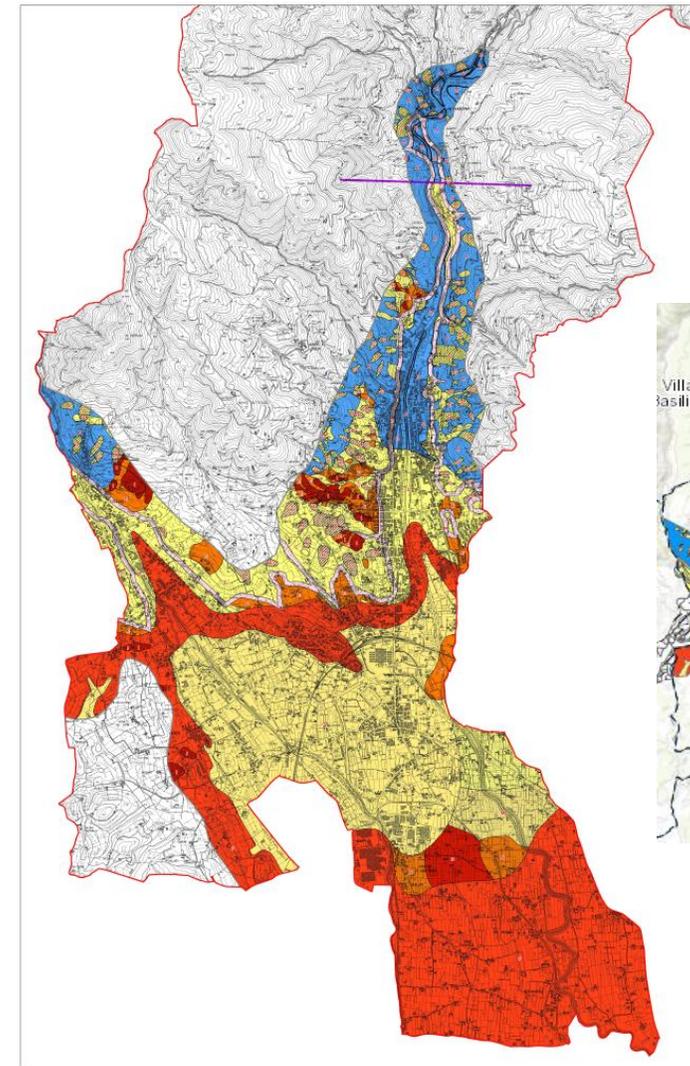
 FhA per 0.5s-1.0s

 scala 1:10.000

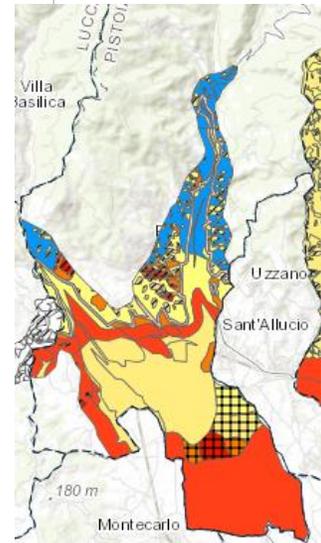
 Regione Toscana

 Comune di Pescaia

 Dicembre 2017



Fh 0.5 s – 1.0 s



<https://www.webms.it/servizi/viewer.php>

MS I e III livello Abetone

MS I e III livello Abetone



Attuazione dell'articolo 11 della legge 24 giugno 2009, n. 77

MICROZONAZIONE SISMICA

Relazione Tecnica - illustrativa
 Studio di Microzonazione Sismica - Livello 1

Regione Toscana
 Comune di Abetone

MODIFICATA A SEGUITO DI OSSERVAZIONE GENIO CIVILE

| | | | |
|--|----------------|------------------------------|---|
| Regione | TOSCANA | Soggetto realizzatore | Data |
| Comune di Abetone Variante generale al P.S. Responsabile del procedimento: Arch. Nicola Risaliti | | Geol. Paola Peccianti | Approvato con D.C.C. n° _____ del / / _____ |

Attuazione dell'articolo 11 della legge 24 giugno 2009, n. 77

MICROZONAZIONE SISMICA

Livello 3

Relazione illustrativa

Regione Toscana

Comune di Abetone Cutigliano

| | | |
|---|---|---------------------|
| Regione Toscana Comune di Abetone Cutigliano Servizio Urbanistica e Lavori Pubblici Responsabile Unico del Procedimento Arch. Nicola Risaliti Gruppo di Lavoro | Soggetto attuatore Geol. Paola Peccianti Indagini Geognostiche e Sismiche GEO-ENERGIZERS Snc Elaborazioni numeriche dati Geol. Massimiliano Perini Collaboratore Geol. Francesco Fiera | Data Luglio 2020 |
|---|---|---------------------|

Da Indirizzi e Criteri MS – Standard di rappresentazione

MS I e III livello Abetone

MS I LIVELLO

MS III LIVELLO

| CAPITOLO |
|--|
| 1. Introduzione |
| 2. Definizione della pericolosità di base e degli eventi di riferimento |
| 3. Assetto geologico e geomorfologico dell'area |
| 4. Dati geotecnici e geofisici |
| 5. Modello del sottosuolo |
| 6. Interpretazioni e incertezze |
| 7. Metodologie di elaborazione e risultati |
| 8. Elaborati cartografici: <i>Carta delle indagini;</i> <i>Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica;</i> <i>Carta di microzonazione sismica.</i> |
| 9. Confronto con la distribuzione di danni per eventi passati |
| 10. Bibliografia |
| 11. Allegati |

| INDICE | |
|--|----|
| 1 - PREMESSA E QUADRO NORMATIVO DI RIFERIMENTO | 1 |
| 2 - PERICOLOSITA' SISMICA DI BASE E METODOLOGIA DI LAVORO | 2 |
| 3 - QUADRO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO | 5 |
| 4 - CARTA DELLE INDAGINI | 5 |
| 5 - CARTA DELLA DISTRIBUZIONE DELLE FREQUENZE FONDAMENTALI | 7 |
| 6 - CARTA GEOLOGICO-TECNICA PER GLI STUDI DI MICROZONAZIONE SISMICA | 8 |
| 6.1 Unità geologico-tecniche distinte tra terreni di copertura e substrato geologico rigido e non rigido | 8 |
| 6.2 - Elementi tettonico - strutturali | 9 |
| 6.3 - Forme di superficie e sepolte | 9 |
| 6.4 - Elementi geologici ed idrogeologici | 10 |
| 6.5 - Elementi derivanti dall'instabilità di versante | 10 |
| 7 - CARTA DELLA MICROZONE OMOGENEE IN PROSPETTIVA SISMICA (MOPS) LIVELLO 1- | 11 |
| 7.1 - Area Mops "Faidello" | 13 |
| 7.2 - Area Mops "Serretto Ovest" (in sinistra idrografica del Fosso delle Motte) | 13 |
| 7.3 - Area Mops "Serretto Est - C. Ballantini" (in destra idrografica del Fosso delle Motte); | 14 |
| 7.4 - Abetone | 14 |
| 7.5 - Boscolungo - La Consuma | 15 |
| 7.6 - Le Regine - Fontana Vaccaia | 16 |
| 7.7 - Il Pianaccio | 16 |
| 7.8 - Mastro Carlo e Cecchetto | 16 |
| 7.9 - Villa La Roccia | 17 |
| 7.10 - Val di Luce | 17 |
| 7.11 - La Secchia | 17 |
| 7.12 - Area del Campeggio Bucaneve Bicchiera di Sopra | 17 |
| 8 - CARTA DELLA PERICOLOSITA' SISMICA | 17 |
| BIBLIOGRAFIA | 20 |

TAVOLE DI MICROZONAZIONE SISMICA

| | |
|--|----------------|
| Carta delle Indagini - Stralci | scala 1:2.000 |
| Carta geologico-technica per la microzonazione sismica | scala 1:10.000 |
| Carta della distribuzione delle frequenze naturali | scala 1:10.000 |
| Carta della Microzone Omogenee in prospettiva sismica (MOPS) livello 1 | scala 1:5.000 |
| Sezioni geologiche 1 (Abetone) e 2- (Le Regine) | scala 1:5.000 |
| Carta della Pericolosità Sismica | scala 1:5.000 |

| INDICE | |
|--|----|
| 1 - PREMESSA E QUADRO NORMATIVO DI RIFERIMENTO | 2 |
| 2 - PERICOLOSITA' SISMICA DI BASE E DEGLI EVENTI DI RIFERIMENTO | 5 |
| 3 - METODOLOGIA DI LAVORO | 16 |
| 4 - QUADRO GEOLOGICO EGEOMORFOLOGICO | 19 |
| 4.1 - Caratteri geomorfologici del territorio comunale | 19 |
| 4.2 - Cenni di tettonica | 19 |
| 4.3 - Geologia | 20 |
| 5 - DATI GEOTEKNICI E GEOFISICI | 25 |
| 5.1 - Dati pregressi | 25 |
| 5.2 - Piano di indagini geofisiche - nuova campagna livello 3 | 25 |
| 6 - MODELLO GEOLOGICO DEL SOTTOSUOLO | 27 |
| 6.1 - Formulazione del Modello Geologico-technico | 27 |
| 7 - MODELLAZIONE NUMERICA, METODOLOGIE DI ELABORAZIONE E RISULTATI | 31 |
| 7.1 - Sezioni modellate | 31 |
| 7.2 - Input sismico | 32 |
| 7.3 - Codici di calcolo utilizzati | 34 |
| 7.4 - Risultati della analisi di Risposta Sismica Locale | 36 |
| 7.4.1 - Spettri medi | 44 |
| 7.4.2 - Spettri Normalizzati | 49 |
| 7.5 - Instabilità di versante e relative verifiche | 51 |
| 7.5.1 - Risultati delle verifiche di stabilità | 53 |
| 7.5.2 - Calcolo degli spostamenti | 63 |
| 8 - INTERPRETAZIONI ED INCERTEZZE | 70 |
| 9 - ELABORATI CARTOGRAFICI | 71 |
| 9.1 - Aggiornamento della Carta delle indagini | 71 |
| 9.2 - Aggiornamento della Carta delle frequenze | 73 |
| 9.3 - Aggiornamento della Carta Geologico-Technica per gli studi di microzonazione sismica | 75 |
| 9.3.1 - Unità geologico-tecniche distinte tra terreni di copertura e substrato geologico | 75 |
| 9.3.2 - Elementi lineari | 78 |
| 9.3.3 - Forme di superficie e sepolte | 78 |
| 9.3.4 - Elementi tettonico-strutturali | 78 |
| 9.3.5 - Elementi geologici ed idrogeologici | 78 |
| 9.3.6 - Instabilità di versante | 79 |
| 9.4 - Aggiornamento della Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (M.O.P.S.) | 80 |
| 9.4.1 - Zone stabili | 80 |
| 9.4.2 - Zone stabili suscettibili di amplificazione | 80 |
| 9.4.3 - Zone di attenzione per le instabilità | 83 |
| 9.5 - Carta di Microzonazione Sismica - Livello 3 - Intervallo 0.1-0.5 sec | 84 |
| 9.5.1 - FA per Intervallo T= 0.1 - 0.5 sec | 84 |
| BIBLIOGRAFIA | 86 |

Da Indirizzi e Criteri MS

Appendice 1: CALCOLO DEGLI SPOSTAMENTI IN CONDIZIONI DINAMICHE

MS: principi ed elementi

Tabella 1.6-3 - Livello3. Sintesi delle indagini, elaborazioni e prodotti

| | | | |
|--------------|--|-----------------------|--|
| Indagini | Campagne di acquisizione dati sismometrici, sondaggi, prove in foro e in superficie per la determinazione del profilo di V_s , sismica a rifrazione, prove geotecniche in sito e di laboratorio, microtremiti. | | |
| Elaborazioni | Analisi numeriche 1D e 2D per amplificazioni, analisi dinamiche complete per la stima delle deformazioni permanenti. | | |
| Prodotti | <i>Carta delle indagini</i> <i>Carta di microzonazione sismica con approfondimenti</i> Relazione illustrativa della Carta di microzonazione sismica con approfondimenti. | <i>Carta delle Vs</i> | <i>Carta dei fattori FA per diversi intervalli di periodi calcolati con RSL</i> <i>Spettri RSL e Risultati analisi instabilità (FS, IL, cesimenti...)</i> |

La nuova campagna, per il livello 3, ha comportato l'esecuzione delle seguenti indagini aggiuntive:

- n.10 misure di rumore a stazione singola HVRS;
- n.1 sondaggio spinto fino a 30 metri di profondità, con prelievo di campione e relative analisi di laboratorio;
- n.1 indagine sismica Down-Hole;
- n. 7 indagini sismiche a rifrazione (SR) con onde P ed S
- n. 6 indagini sismiche a riflessione (SL)

Gli elaborati prodotti per il presente studio sono i seguenti:

Carte di livello 1 aggiornate

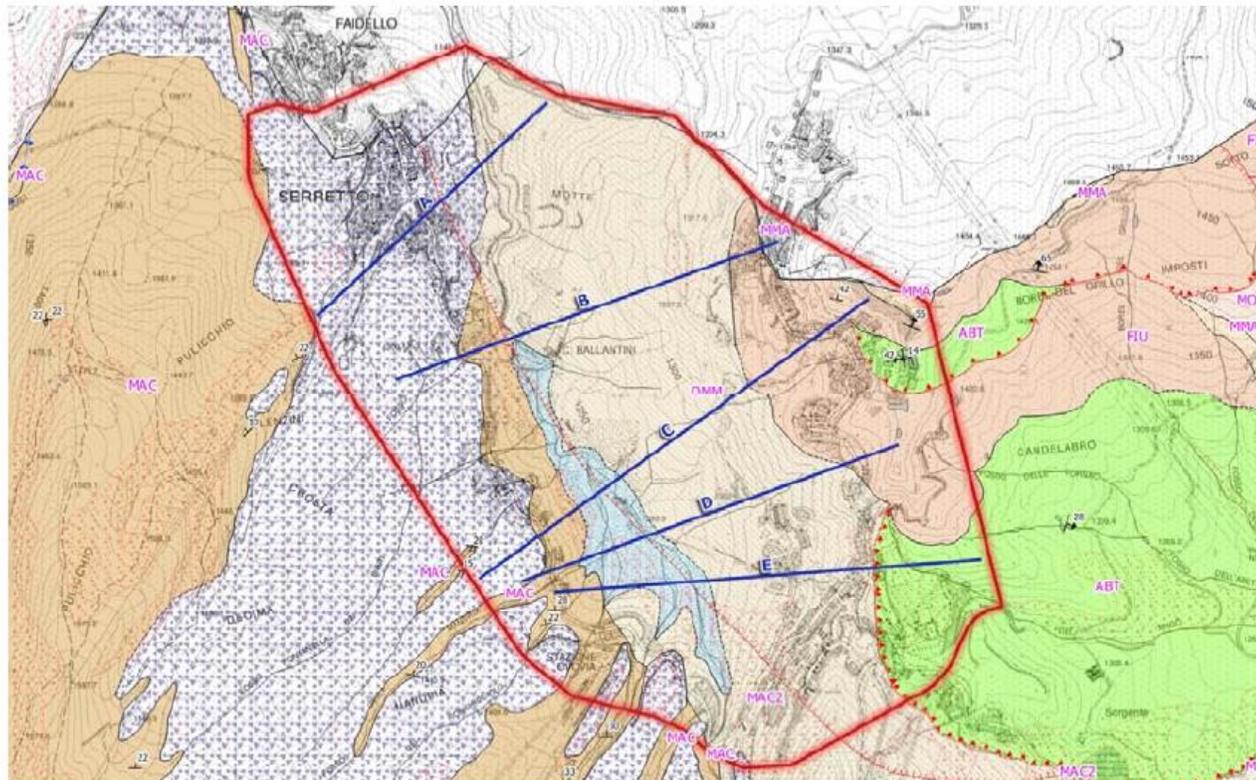
| | |
|---|----------------|
| Carta delle Indagini (n.6 Tavole) | scala 1: 5.000 |
| Carta geologico-tecnica per la microzonazione sismica (n.2 Tavole) | scala 1:10.000 |
| Carta delle frequenze (n.2 Tavole) | scala 1:10.000 |
| Carta della Microzone Omogenee in prospettiva sismica (MOPS) livello 1 (n.5 tavole) | scala 1: 5.000 |
| Sezioni geologiche (n. 2 Tavole) | scala 1: 5.000 |

Carte di livello 2

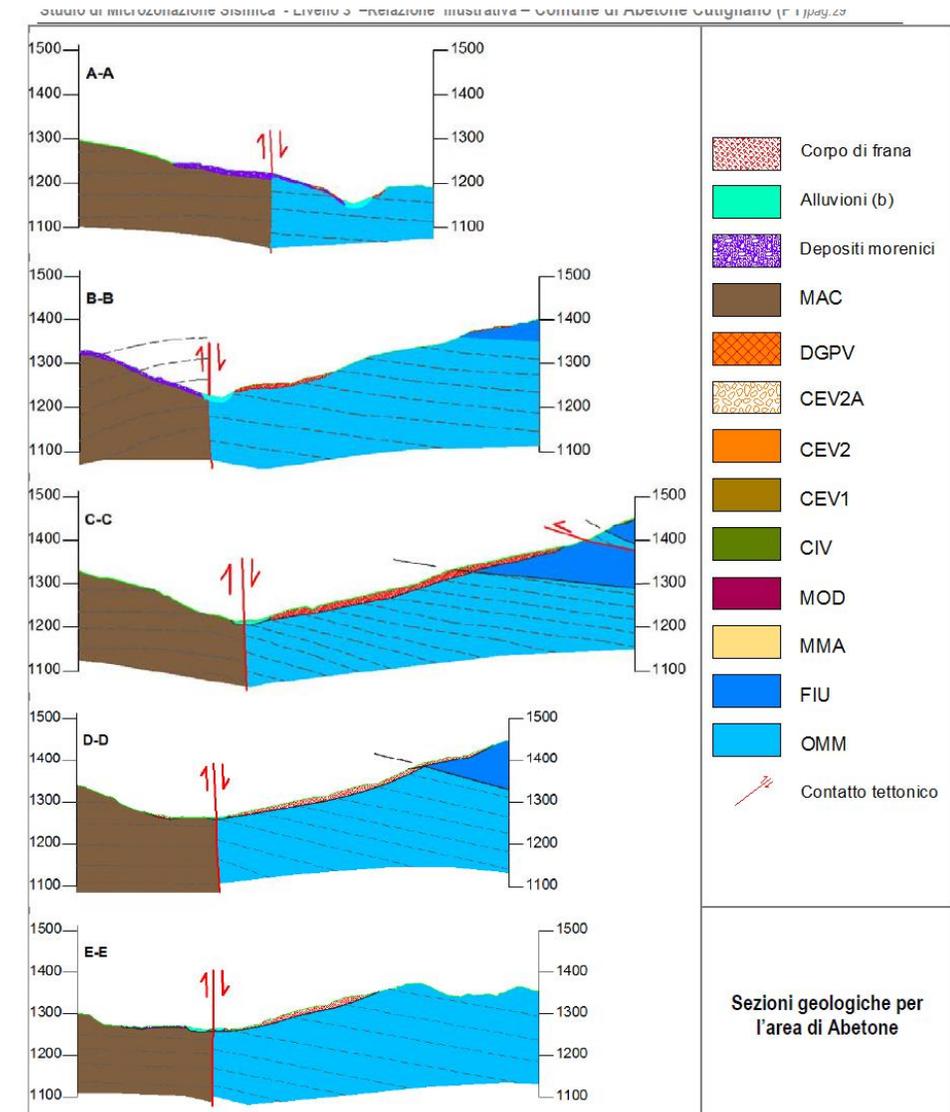
| | |
|---|----------------|
| Carta di Microzonazione Sismica Livello3 – Fattore di Amplificazione Fa 0.1 - 0.5s (n.2 Tav) | scala 1: 5.000 |
|---|----------------|

MS I e III livello Abetone

- Sulla base della campagna di indagini a disposizione è stata eseguita la parametrizzazione geotecnica e geofisica di riferimento per i litotipi presenti sul territorio. Esecuzione del modello geologico mediante n. 10 sezioni geologico-tecniche funzionali all'elaborazione dell'input geometrico delle sezioni stesse (5 per abitato di Abetone e 5 per abitato di Cutigliano);



Traccia sezioni ABETONE



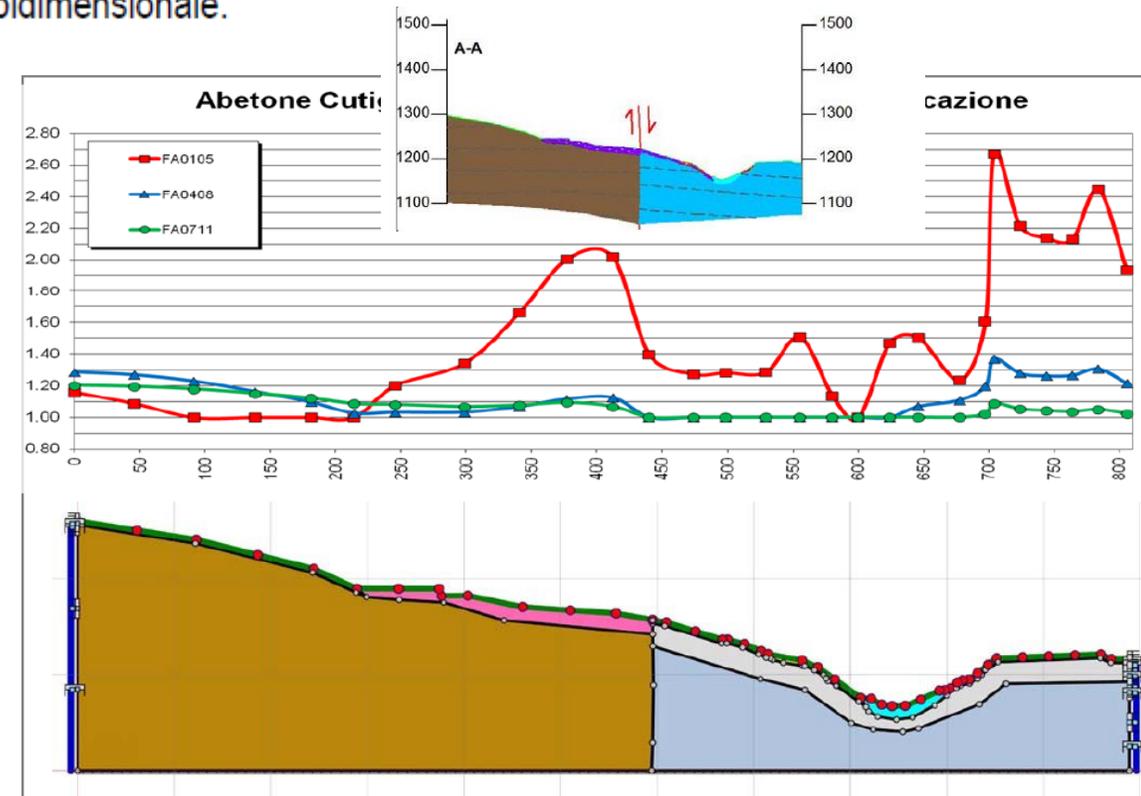
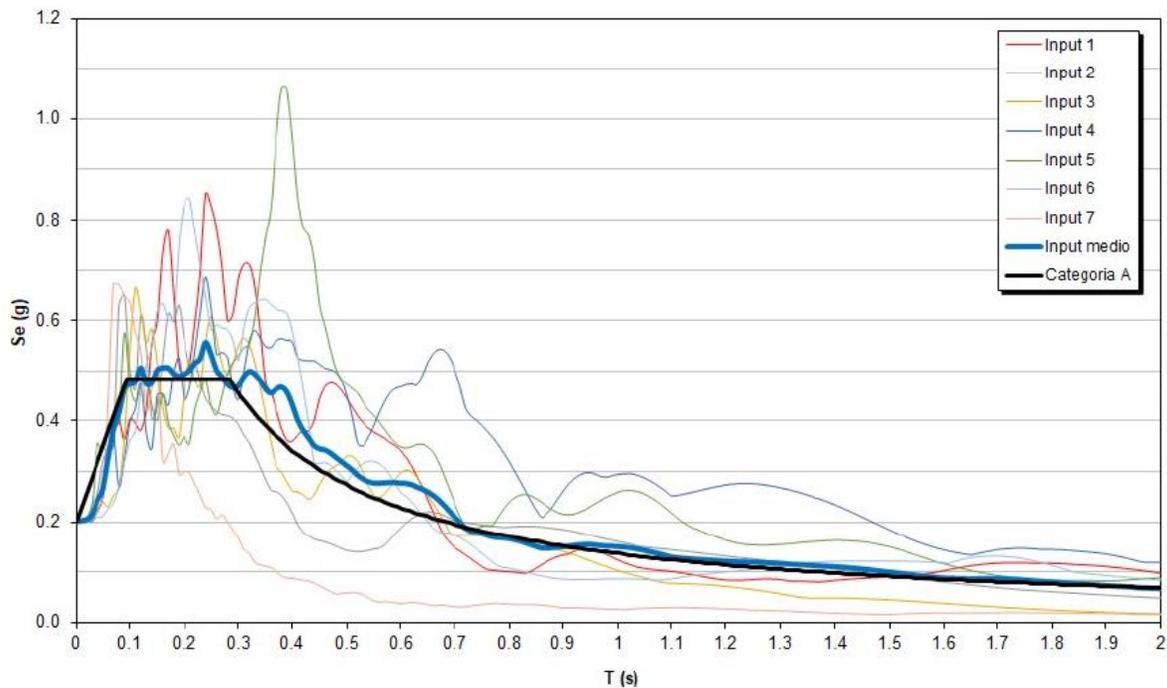
Sezioni geologiche per l'area di Abetone

MS I e III livello Abetone

- Elaborazione dell'input sismico di riferimento finalizzato alle analisi numeriche. Analisi di Risposta Sismica Locale 2D;
- produzione delle sezioni sismostratigrafiche, output con i valori di Fattori di amplificazione per 3 periodi (per i vari intervalli di periodo FA01-05 sec; FA04-08; FA07-11);

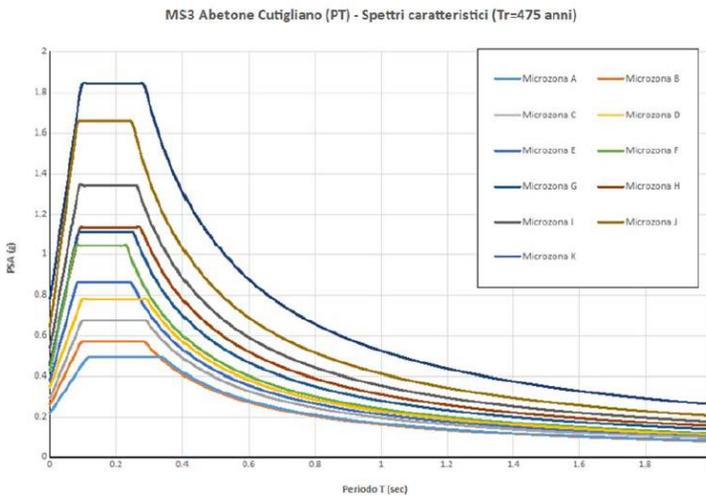
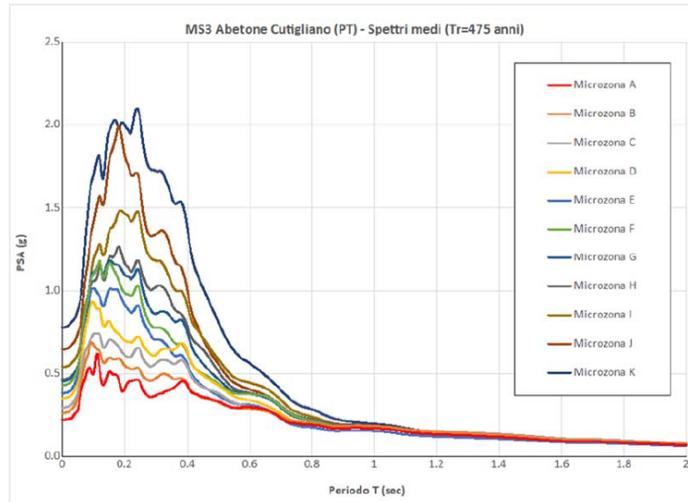
A tal fine è stato utilizzato il software LSR2D prodotto dalla Stacec srl ed in grado di garantire in modo efficace, attraverso l'analisi lineare equivalente nel dominio del tempo e delle tensioni totali, la modellazione delle onde in campo bidimensionale.

RSL2D - Abetone Cutigliano (PT)
(Spettri di input dell'analisi di calcolo)



MS I e III livello Abetone

- Per ogni area MOPS è stato quindi possibile attribuire dei valori delle FA corrispondenti al periodo 01-05 sec, sulla base dei quali è stata redatta la Carta di Microzonazione di livello 3



Attuazione dell'articolo 11 della legge 24 giugno 2009, n. 77

MICROZONAZIONE SISMICA

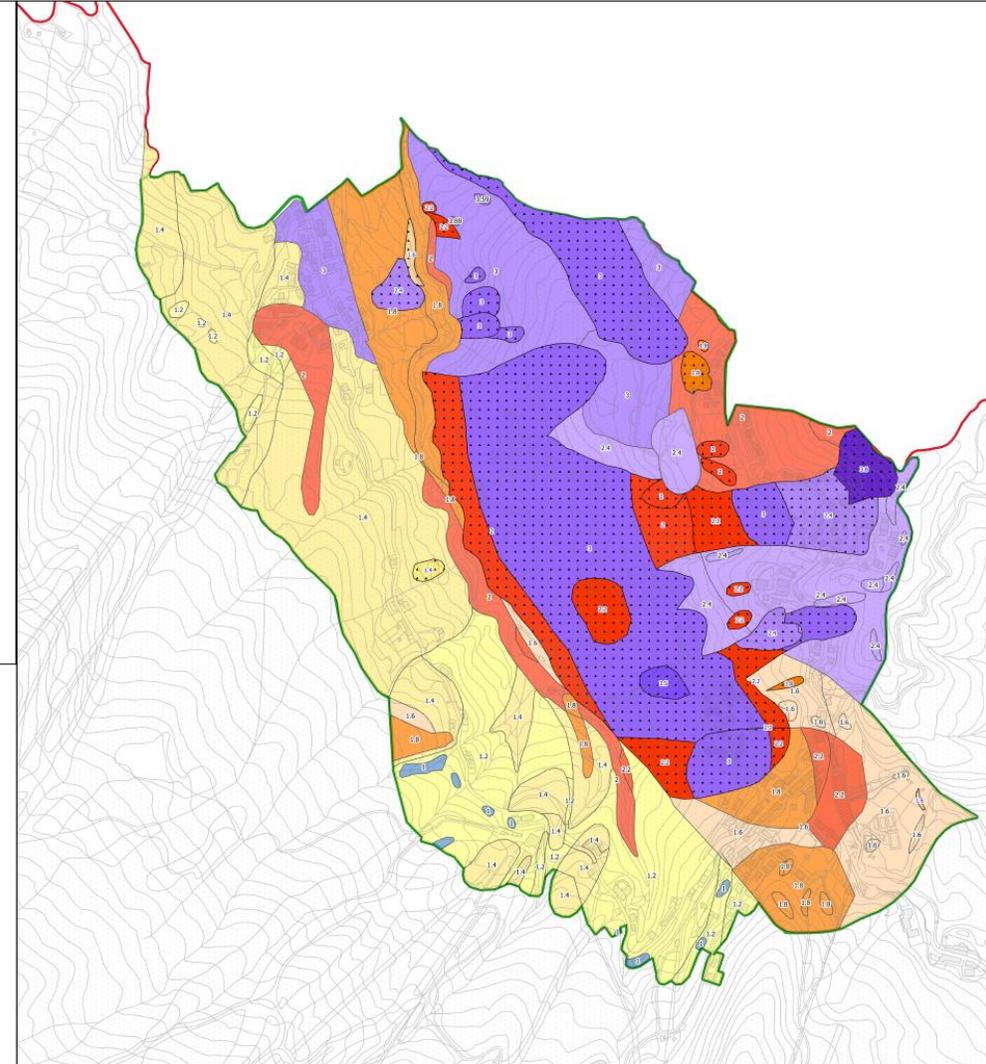
Carta di Microzonazione Sismica livello 3 - FA0105 - zona NW

Scala 1:5.000

Regione Toscana
Comune di Abetone Cutigliano

| | | |
|--|--|---------------------|
| Regione Toscana Comune di Abetone Cutigliano Servizio Urbanistica e Lavori Pubblici Responsabile Unico del Pradimento Arch. Nicola Risalti Gruppo di Lavoro | Soggetto attuatore Geol. Paola Peccatori Indagini Geoespistiche e Sismiche GEO-ENERGIZERS Snc Elaborazioni numeriche dati Geol. Massimiliano Perini collaboratore Geol. Francesco Fiera | Data Luglio 2020 |
|--|--|---------------------|

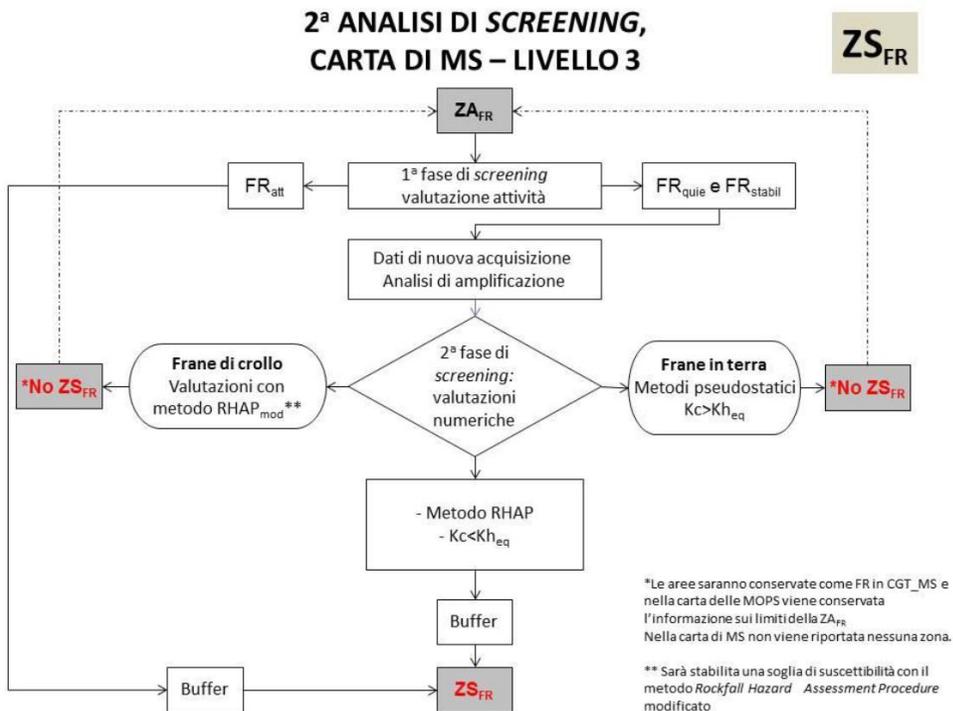
- Legenda**
- Zone stabili**
- FA < 1.04 - Microzona A
- Zone stabili suscettibili di amplificazione**
- FA 1.05 - 1.24 - Microzona B
 - FA 1.25 - 1.44 - Microzona C
 - FA 1.45 - 1.64 - Microzona D
 - FA 1.65 - 1.84 - Microzona E
 - FA 1.85 - 2.04 - Microzona F
 - FA 2.05 - 2.24 - Microzona G
 - FA 2.25 - 2.44 - Microzona H
 - FA 2.45 - 3.04 - Microzona I
 - FA 3.05 - 3.54 - Microzona J
 - FA > 3.55 - Microzona K
- Zone di suscettibilità per instabilità di versante**
- ZS FR - Zone di suscettibilità per frane in terra o di crollo - FA 1.05 - 1.24 - Microzona B; FRT=2 cm
 - ZS FR - Zone di suscettibilità per frane in terra o di crollo - FA 1.25 - 1.44 - Microzona C; FRT=2 cm
 - ZS FR - Zone di suscettibilità per frane in terra o di crollo - FA 1.45 - 1.64 - Microzona D; FRT=2 cm
 - ZS FR - Zone di suscettibilità per frane in terra o di crollo - FA 1.65 - 1.84 - Microzona E; FRT=2 cm
 - ZS FR - Zone di suscettibilità per frane in terra o di crollo - FA 1.85 - 2.04 - Microzona F; FRT=2 cm
 - ZS FR - Zone di suscettibilità per frane in terra o di crollo - FA 2.05 - 2.24 - Microzona G; FRT=2 cm
 - ZS FR - Zone di suscettibilità per frane in terra o di crollo - FA 2.25 - 2.44 - Microzona H; FRT=2 cm
 - ZS FR - Zone di suscettibilità per frane in terra o di crollo - FA 2.45 - 3.04 - Microzona I; FRT=2 cm
 - ZS FR - Zone di suscettibilità per frane in terra o di crollo - FA 3.05 - 3.54 - Microzona J; FRT=2 cm
 - ZS FR - Zone di suscettibilità per frane in terra o di crollo - FA > 3.55 - Microzona K; FRT=4 cm
- Limite comunale Abetone Cutigliano
 Limite area interessata da studi MDS di livello 3



MS I e III livello Abetone

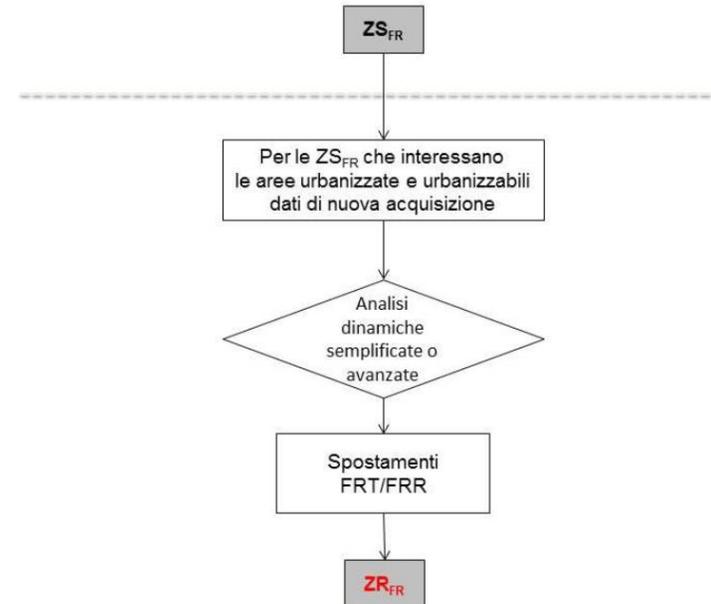
- Verifiche di stabilità del versante: nella fase di approfondimento relativa agli studi di MZS di Livello 3 sono state condotte specifiche analisi di calcolo sui fenomeni d'instabilità di versante individuati dagli studi precedenti, su 4 sezioni (2 per centro abitato), estendendo le verifiche a monte e a valle delle aree potenzialmente interessate dal movimento gravitativo. Le analisi, tenendo sempre come riferimento il periodo spettrale $T=0.5$ s e il $T_r=475$ anni, sono state eseguite in condizioni pseudostatiche e dinamiche semplificate al fine di definire lo spostamento teorico permanente.

2ª ANALISI DI SCREENING, CARTA DI MS – LIVELLO 3



ANALISI DEGLI SPOSTAMENTI, CARTA DI MS – LIVELLO 3

Z_{FR}



Gli spostamenti teorici permanenti sono stati verificati attraverso il "metodo degli spostamenti" consistente nell'analisi dinamica semplificata così come proposta da Biondi et al. 2011, utilizzando il codice di calcolo open source SSAP 2010 (vers. 4.9.9 – 2019, del prof. Geol. Lorenzo Borselli dell'Università di San Luis Potosi – Messico).



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI TRIESTE

Veronica Pazzi

Dipartimento di Matematica e Geoscienze

veronica.pazzi@units.it

www.units.it