

LA RISPOSTA SISMICA LOCALE: ANALISI 1D E 2D, TEORIA E ESEMPI APPLICATIVI

Floriana Pergalani

Politecnico di Milano – Dipartimento di Ingegneria Civile e Ambientale



**Ordine Geologi Veneto
Federazione Ordini Ingegneri Veneto
Progettare in Contesto Sismico
Aspetti Teorici, Metodi Analitici e Rischio Sismico**



29 gennaio 2021

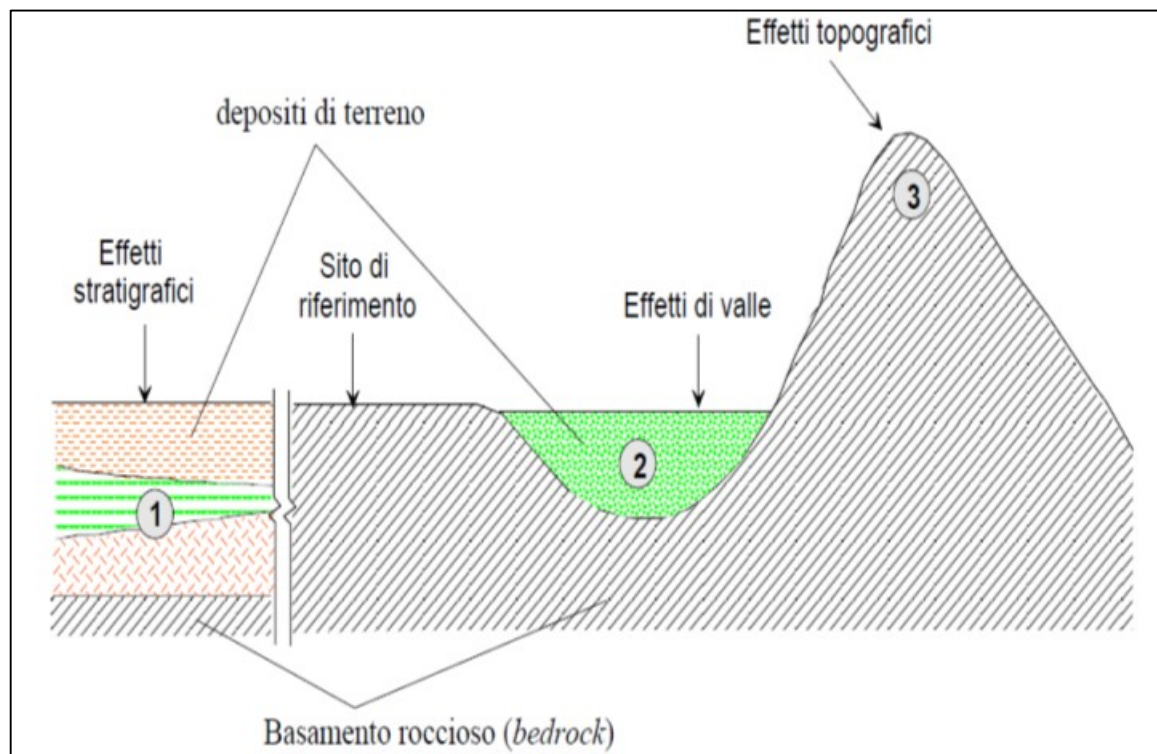


POLITECNICO MILANO 1863

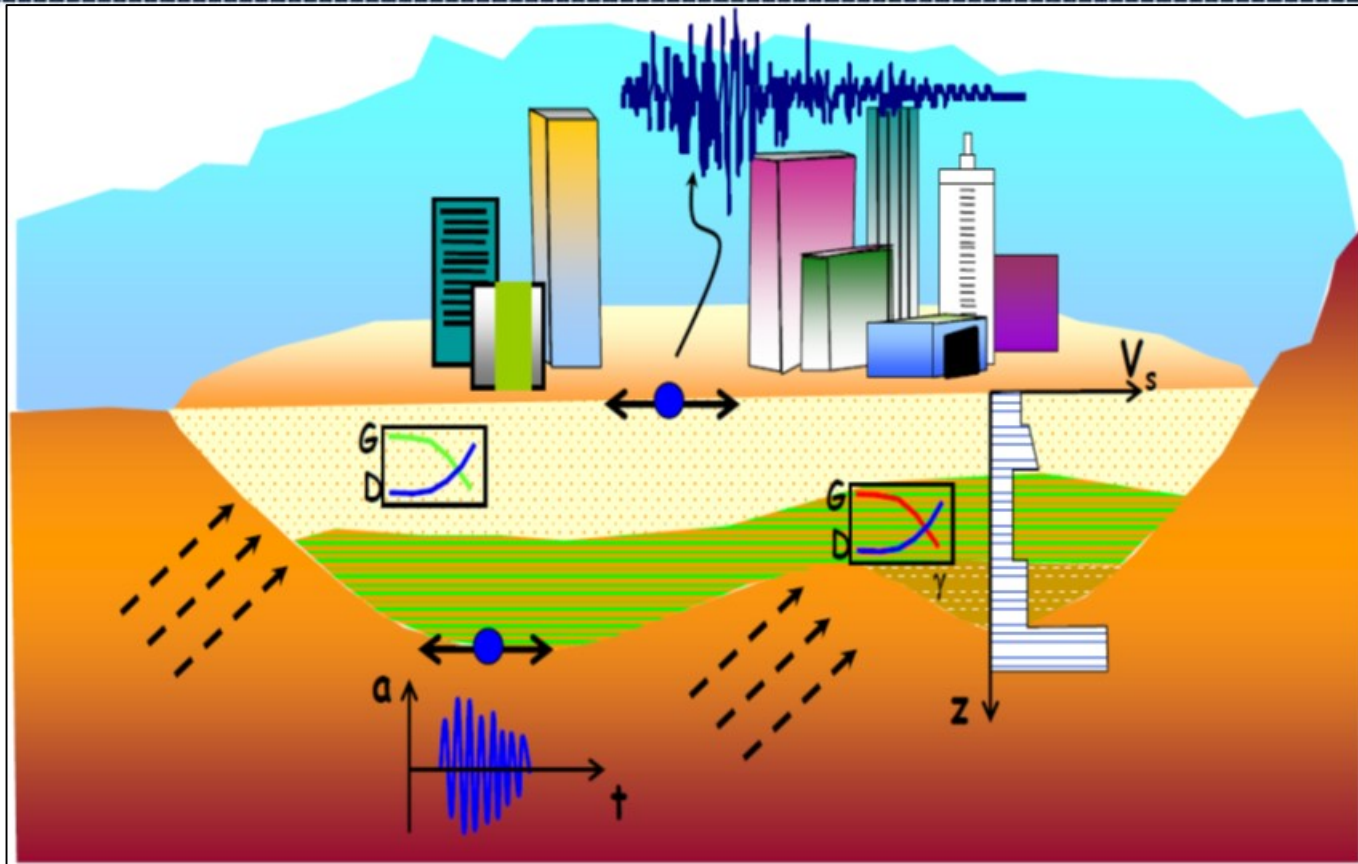
Amplificazione locale

A seconda dei principali fenomeni fisici responsabili della modifica delle caratteristiche del moto sismico è possibile distinguere effetti di sito:

1. stratigrafici (1D)
2. di valle (2D-3D)
3. topografici (2D-3D)



Amplificazione locale



Definizione del **moto sismico** di riferimento

Modello **geometrico** di sottosuolo (stratigrafia, morfologia)

Proprietà fisiche e meccaniche dei materiali

Modellazione numerica della risposta sismica locale

Rappresentazione del **moto in superficie** (accelerogrammi, spettri di risposta, etc.)

Input sismico

DM 17-01-2018 NTC E CIRCOLARE ESPLICATIVA

Al punto 3.2.3.6 e 7.11.3.5.2:

- **Accelerogrammi artificiali**
- **Accelerogrammi simulati - sintetici**
- **Accelerogrammi naturali – registrati**

Utilizzo di almeno 7 accelerogrammi per RSL e opere e sistemi geotecnici, escluso uso accelerogrammi artificiali.



Input sismico

SELEZIONE AUTOMATICA (*REXELite Itaca - Rexel – Seism Home Reluis – InSpector DPC*)

SELEZIONE MANUALE

Identificazione spettro di target

Selezione da banca dati in base ai criteri:

- Valore di massima accelerazione orizzontale attesa
- Registrazione su roccia o suolo categoria A
- Coppia magnitudo-distanza
- Meccanismo della sorgente
- Compatibilità della media con lo spettro di risposta di target derivato da NTC 2018 a meno delle tolleranze consentite (10% in difetto e 30% in eccesso)



Input sismico

REXELite



Istituto Nazionale
di Geofisica
e Vulcanologia

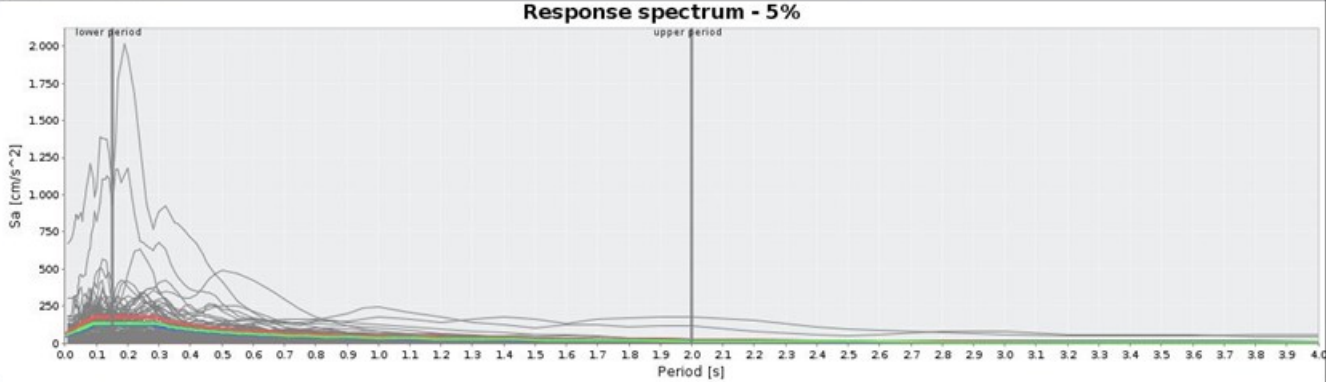


Itaca
Italian Accelerometric Archive

Homepage Waveforms Stations Events REXELite

REXELite Confirm Input Data

Response spectrum - 5%



Caratterizzazione sito

- **Modello geologico s.l.**
- **Costruzione delle colonne 1D o sezioni 2D da modellare**
- **Reperimento dei parametri geotecnici e geofisici necessari per la modellazione (velocità onde S , velocità onde P , modulo di taglio, coefficiente di Poisson, rapporto di smorzamento, densità, curve di decadimento)**



Definizione parametri

Effetti di sito o di amplificazione sismica

- Litologiche
- Morfologiche

Terreni con comportamento *STABILE* nei riguardi del sisma

Effetti di instabilità

- Movimenti franosi
- Cedimenti, densificazioni, liquefazioni

Terreni con comportamento *INSTABILE* nei riguardi del sisma

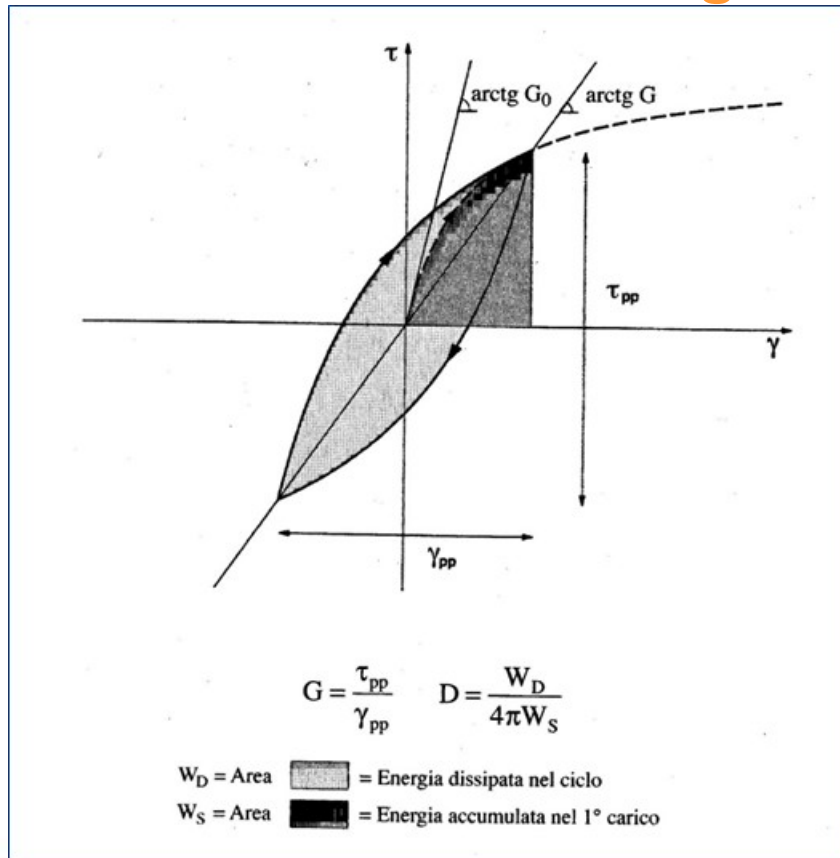
Effetti di sito di tipo areale estesi su tutta l'area con modalità diverse

Effetti di instabilità di tipo puntuale concentrati in piccoli areali



Definizione parametri

Dal punto di vista ingegneristico i moti più significativi ai fini della sicurezza delle strutture sono quelli orizzontali, indotti dalle onde di taglio S



Le proprietà meccaniche del terreno sono valutate sulla base del comportamento tensio-deformativo di taglio nel piano τ - γ

Si definiscono:

G_0 modulo di taglio iniziale o elastico (tangente all'origine)

G modulo di taglio secante (τ/γ)

D rapporto di smorzamento



Parametri a piccole deformazioni

Per la determinazione sperimentale del parametro G_0 si utilizzano:

- prove di laboratorio monotone (taglio torsionale o triassiali)
- prove di laboratorio cicliche (taglio torsionale ciclico o colonna risonante)
- prove sismiche di laboratorio (Bender Elements)
- prove sismiche in sito

Non c'è dipendenza con la velocità di deformazione
 $G_0 \text{ laboratorio} < G_0 \text{ in sito}$ con una sottostima $\leq 20\%$

Per la determinazione sperimentale del parametro D_0 si utilizzano:

- prove di laboratorio cicliche con frequenze di eccitazione 0.1-10 Hz

D_0 è fortemente dipendente da f (velocità di deformazione) per terreni fini

$f < 0.1 \text{ Hz}$ prevalgono gli effetti di creep dello scheletro solido

$0.1 < f < 10 \text{ Hz}$ prevale la componente di attrito

$f > 10 \text{ Hz}$ prevale l'effetto di viscosità del fluido interstiziale

Nel campo 0.1-10 Hz D_0 è più o meno costante ed è tipico dei terremoti



Parametri a medie e grandi deformazioni

Per la determinazione sperimentale delle curve $G-\gamma$ e $D-\gamma$ si utilizzano prove di laboratorio cicliche:

Per medi livelli deformativi:

taglio torsionale ciclico ($f = 0.01-1$ Hz)

colonna risonante ($f > 10$ Hz)

Per grandi livelli deformativi:

triassiale ciclica ($f = 0.01-10$ Hz)

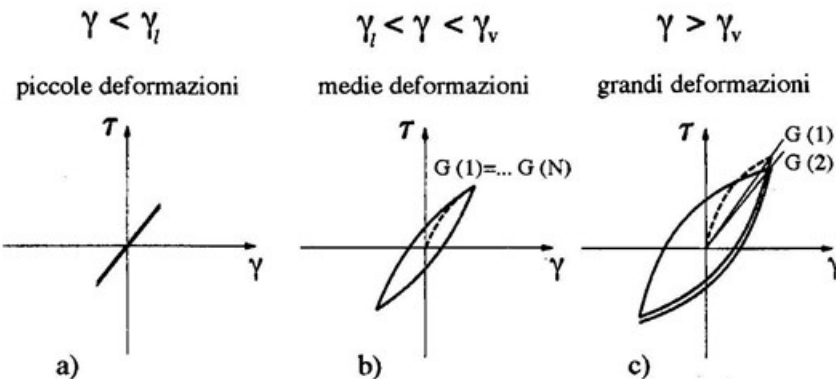
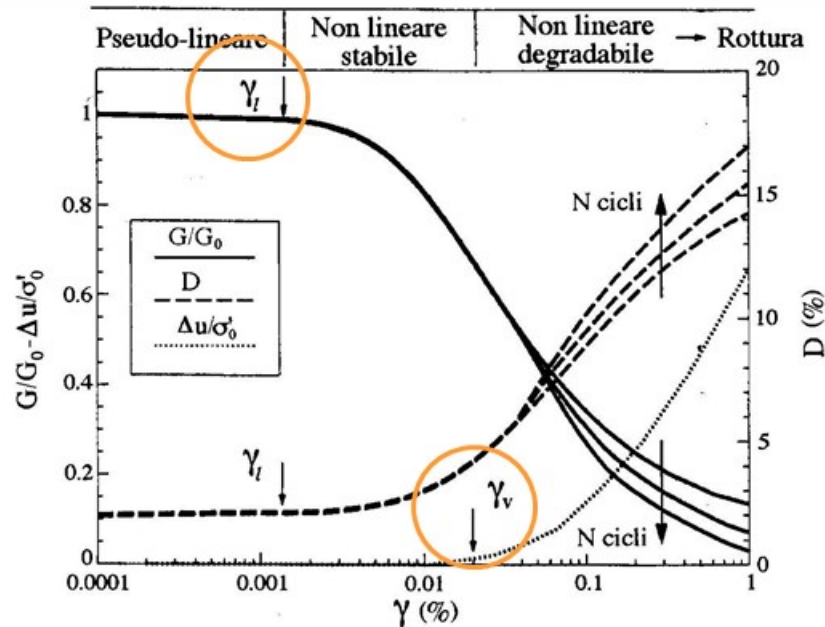
Influenza della velocità di deformazione sui risultati:

TRASCURABILE PER MATERIALI GRANULARI

FORTE PER MATERIALI FINI



Definizione parametri



Comportamento non lineare descritto dall'evoluzione dei parametri G e D al crescere di γ

γ_l = soglia elastica o di linearità
(0.0001 – 0.01 %)

γ_v = soglia volumetrica
(0.01 – 0.1 %)

- Modello elastico lineare (se $D_0=0$) o visco-elastico (D_0)
- Modello elastico lineare equivalente (coppie G - D)
- Modello non lineare elastoplastico con incrudimento (accoppiamento deformazioni distorsionali e volumetriche)



Scelta del modello di analisi

MODELLAZIONE NUMERICA

Scelta dei programmi di calcolo (monodimensionali, bidimensionali, ecc.) in funzione della situazione geologica da analizzare:

- Solo effetti litostratigrafici: modelli 1D
- Anche effetti geometria sepolta: modelli 2D
- Effetti topografici: modelli 2D



Scelta del modello di analisi

La prima scelta che deve essere effettuata riguarda l'utilizzo di modelli mono-dimensionali (1D) o bi-dimensionali (2D).

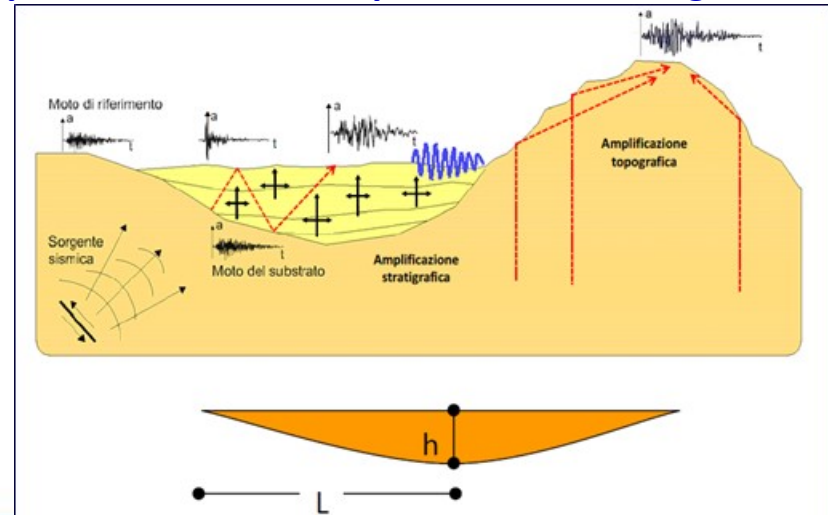
Tale scelta è strettamente legata alle condizioni “geologiche-geomorfologiche” del sito in analisi:

Condizioni stratigrafiche

I codici 1D possono essere utilizzati solo per situazioni schematizzabili con modelli che prevedano unità geofisiche-geotecniche piano-parallelle (tetto del substrato sismico e strati sub-orizzontali)

Fattori morfologici

Il fattore di forma della morfologia superficiale o sepolta influenza la scelta della schematizzazione geometrica (1D, 2D, 3D) per l'analisi dell'amplificazione stratigrafica e/o topografica di bacini e creste



Scelta del modello di analisi

Per le valli, può essere utilizzato il criterio che, in base al rapporto profondità (h)/semi-larghezza (l) del bacino, prevede una distinzione in:

- valli superficiali ($h/l < 0.25$): la risposta in frequenza a centro valle non è influenzata dal rapporto di forma ($f_{1D} = f_{2D}$);
- valli profonde ($h/l > 0.25$): le frequenze che caratterizzano la risposta bidimensionale sono maggiori di quelle valutate su profili 1D ($f_{2D} > f_{1D}$).

Un criterio non solo geometrico prevede che i modelli 1D possono essere utilizzati se è verificata la condizione nella quale:

$$\frac{h}{l} \leq 0.65 / \sqrt{C_v - 1}$$

Dove h è la profondità della valle (massimo spessore del deposito), l è la sua semi-ampiezza e C_v è il rapporto tra la velocità V_s nel substrato sismico e quella media nei terreni di riempimento della valle.

I codici di calcolo 1D possono essere utilizzati per la zona centrale della valle e solo nel caso in cui sia soddisfatto il più restrittivo dei due criteri precedenti.

In presenza di creste, cucuzzoli, dorsali (amplificazioni topografiche) è necessario utilizzare codici di calcolo 2D se la pendenza del fianco è maggiore di $i=15^\circ$ (in accordo con quanto indicato nelle NTC).



Alcuni SW disponibili (1D-TT-LE)

Nome	Produttore	Riferimento
Shake91 – 1992	Berkeley University	Schnabel et al., 1972 Idriss & Sun, 1992
Proshake – 1998	EduPro Civil System	EduPro Civil System, 1999 www.proshake.com
EERA – 2000	University of Southern California Los Angeles	Bardet et al., 2000 http://www.ce.memphis.edu/7137/eera.htm
Shake2000	Regsoft	www.shake2000.com
Deepsoil – 2001	Illinois University	Hashash & Park, 2001 http://deepsoil.cce.illinois.edu
STRATA – 2013	NEES	Ellen M. Rathje & Albert Kottke (2010) https://nees.org/resources/strata



Alcuni SW disponibili (1D-TT/TE-NL)

<i>Nome</i>	<i>Produttore</i>	<i>Caratteristiche</i>
<i>NERA – 2001</i>	University of Southern California Los Angeles	Bardet & Tobita, 2001 https://sites.google.com/site/tt60898/home/software

<i>Nome</i>	<i>Produttore</i>	<i>Caratteristiche</i>
<i>Charsoil - 1974</i>	Michigan University	Streeter et al., 1974
<i>Mash – 1978</i>	Berkeley University	Martin & Seed, 1978 (modello di Davidenkov)
<i>Desra_2 – 1978</i>	Vancouver University	Lee & Finn, 1978 Finn & Lee, 1982
<i>Desramod – 1986</i>	Rensselaer Polytechnic Institute New York	Vucetic, 1986
<i>D-MOD_2 – 1995</i>	GeoSyntec, California	Matasovic, 1995



Alcuni SW disponibili (2D-TT-LE)

Nome	Produttore	Caratteristiche
Quad4m – 1994	Berkeley University	Idriss et al., 1973 Hudson et al., 1994
Flush – 1975	Berkeley University	Lysmer et al., 1975
BESOIL – 1996	Sanò - DPC	Sanò T., 1996
QUAKE/W v5.0 – 2002	Geostudio / Geoslope Inter.	GeoSlope, 2002 www.geo-slope.com/products/quakew.aspx
LSR 2D	Stacec s.r.l.	http://www.stacec.it



Alcuni SW disponibili (2D/3D-TE-NL)

<i>Nome</i>	<i>Produttore</i>	<i>Caratteristiche</i>
<i>DYNAFLOW – 1983</i>	Princeton University	J.H. Prevost (ultima versione 2010) http://blogs.princeton.edu/prevost/dynaflow/
<i>TARA-3 – 1986</i>	Cambridge University	Finn et al., 1986 (messo a punto per rilevati geotecnici)
<i>GEFDYN - 1996</i>	Ecole Centrale Paris	Aubry & Modaressi, 1996 (valido per problemi geotecnici complessi)
<i>Flac – 2010</i>	Itasca	www.itascacg.com/software/flac
<i>Plaxis – 2008</i>	Plaxis	www.plaxis.nl



Tipo di discretizzazione

Modello a strati continui

Modello a masse concentrate

$u(z,t) =$ spostamento orizzontale

$\rho =$ densità

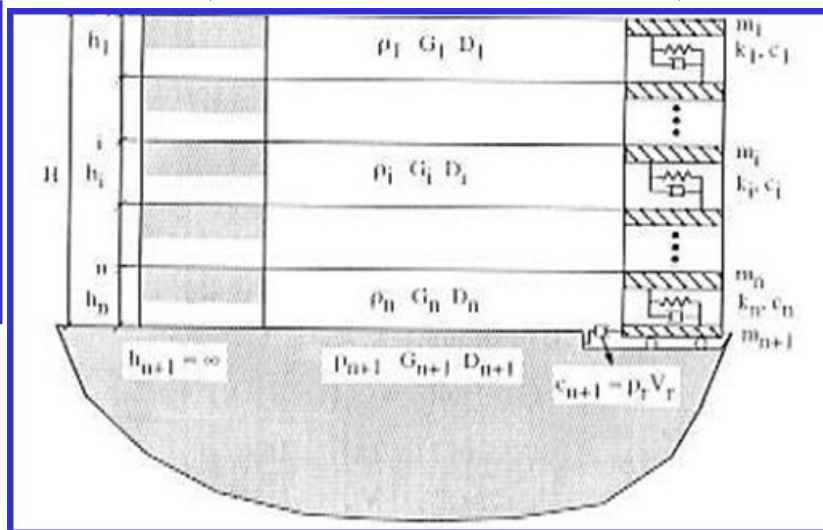
$\eta =$ coefficiente di viscosità

$G =$ modulo di taglio

$z =$ coordinata locale ($0 \leq z \leq h$)

$h =$ spessore

$$\rho \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = \frac{\partial \tau}{\partial z}$$



$u(z,t) =$ spostamento orizzontale

Matrici: M, C, K

$\rho =$ densità

$h =$ spessore

$\eta =$ coefficiente di viscosità

$G =$ modulo di taglio

$$[M]\{\ddot{u}\} + [C]\{\dot{u}\} + [K]\{u\} = -[M][I]\ddot{u}_g$$

Soluzione nel dominio della frequenza per ciascun strato i dell'equazione differenziale di equilibrio dinamico della propagazione verticale delle onde di taglio

Soluzione nel dominio del tempo per ciascuna massa m_i dell'equazione dinamica del moto; massa concentrata in corrispondenza dei nodi degli elementi



Codice di calcolo 1D

MONODIMENSIONALE (metodo della trave a taglio)

Terreno soggetto solo ad oscillazione orizzontale e deformazioni di taglio puro trascurando le dimensioni trasversali

CAMPO DI APPLICAZIONE

Situazioni piano-parallele ad uno o più strati ipotizzando lateralmente omogenea la stratigrafia presente ai lati della verticale di analisi

Esempio di situazioni riconducibili ad uno schema monodimensionale: aree centrali di estese valli alluvionali superficiali

FENOMENI CONSIDERATI

Amplificazione del moto sismico per effetto litologico:

INTRAPPOLAMENTO di onde *S* all'interno del deposito, favorito dal contrasto di impedenza fra terreno e bedrock sismico

RISONANZA determinata dalla prossimità tra le frequenze del moto al bedrock sismico e quelle naturali di vibrazione del deposito



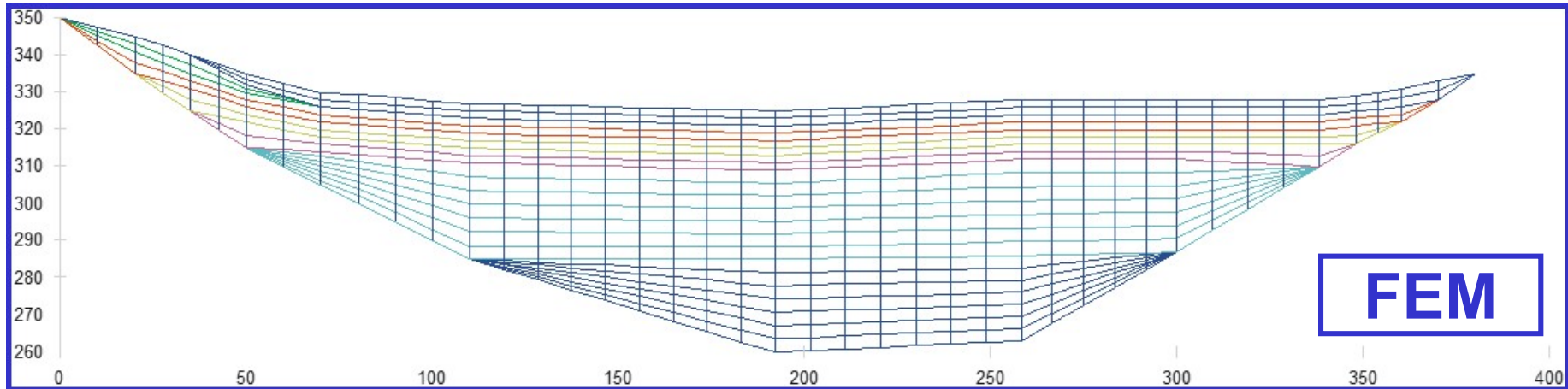
Codice di calcolo 1D

SHAKE-Capostipite dei programmi monodimensionali di analisi del comportamento sismico del terreno - adotta una serie di scelte di modellazione poi riprese in altri codici numerici

Tipo	: Monodimensionale
Discretizzazione	: A strati continui
Modello terreno	: Visco-elastico lineare
Analisi	: Sforzi totali
Implementazione non linearità	: Equivalente lineare
Tipo di soluzione	: Funzione trasferimento
Dominio di analisi	: Frequenze
Tipo di frontiera basale	: Assorbente - deformabile



Codice di calcolo 2D



$$h = \lambda / k$$

$$\lambda = V_s / f$$

$$h = V_s / (k f)$$

$$h \leq V_s / (6 \div 8) f_{\max}$$

$$L \leq (5 \div 10) h$$

h = altezza elementi

L = larghezza elementi

λ = lunghezza d'onda

f = frequenza

V_s = velocità onde di taglio

k = costante di proporzionalità consigliata

Rapporti consigliati per avere una buona riproducibilità del modello in termini di trasmissione delle onde, generalmente di frequenza max pari a 10-20 Hz



Codice di calcolo 2D

QUAD4M-Capostipite dei programmi bidimensionali di analisi del comportamento sismico del terreno - adotta una serie di scelte di modellazione poi riprese in altri codici numerici

Tipo	: Bidimensionale
Discretizzazione	: A masse concentrate
Modello terreno	: Visco-elastico lineare
Analisi	: Sforzi totali
Implementazione non linearità	: Equivalente lineare
Tipo di soluzione	: Derivazione numerica (u)
Dominio di analisi	: Tempo
Tipo di frontiera basale	: Assorbente - deformabile



Codice di calcolo 2D

ELCO-Programma bidimensionali di analisi del comportamento sismico del terreno - adotta una serie di scelte di modellazione

Tipo	: Bidimensionale
Discretizzazione	: Elementi di contorno
Modello terreno	: Elastico
Analisi	: Sforzi totali
Tipo di soluzione	: Funzioni di Green
Dominio di analisi	: Frequenze

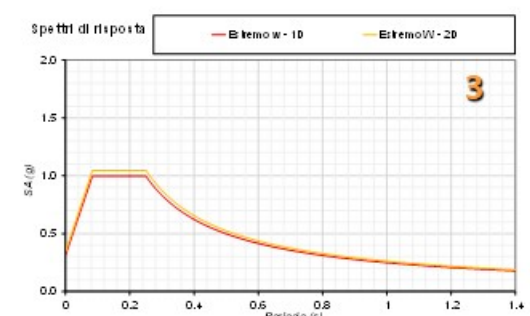
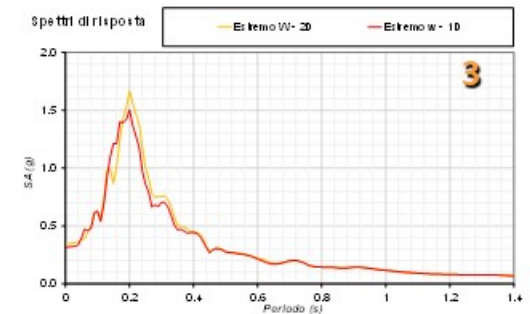
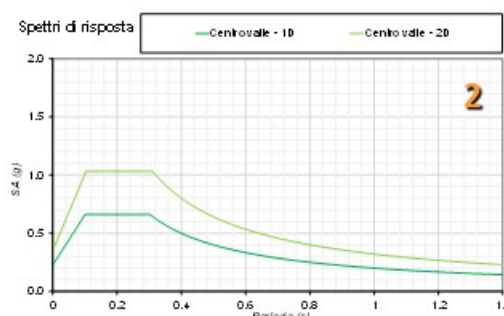
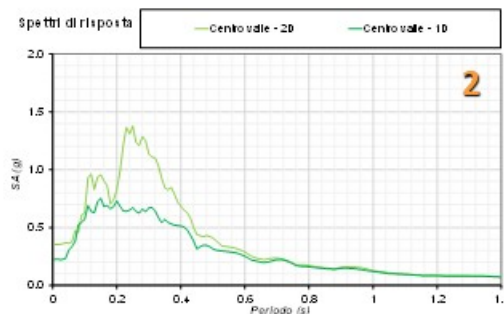
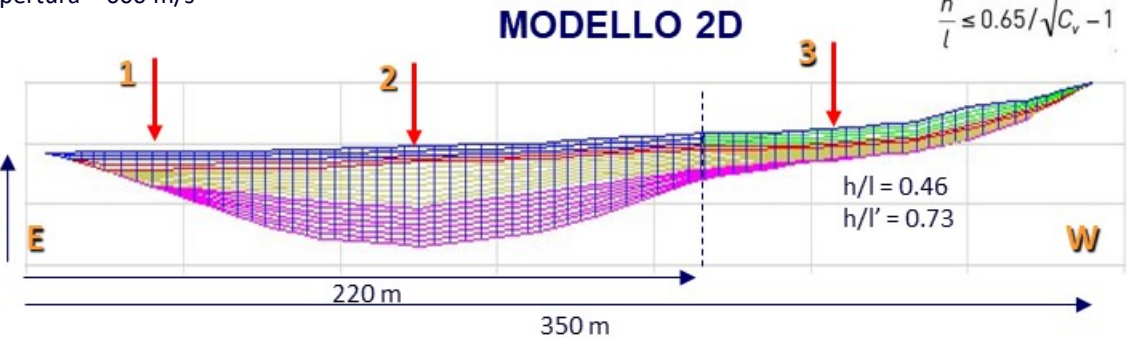
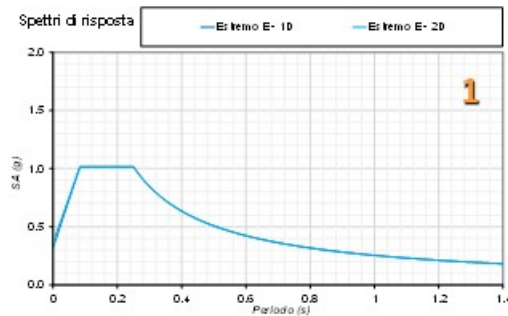
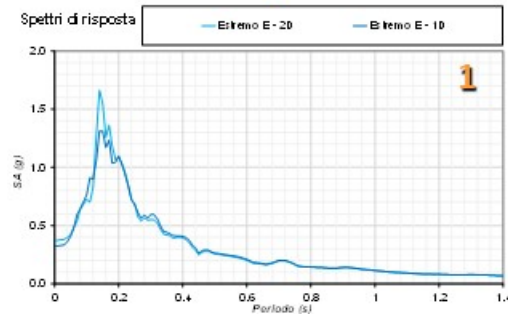
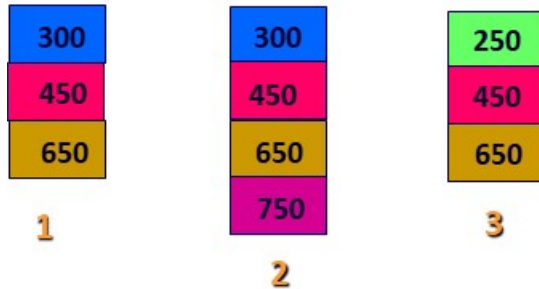


Confronto codici calcolo

Vs bedrock = 1200 m/s

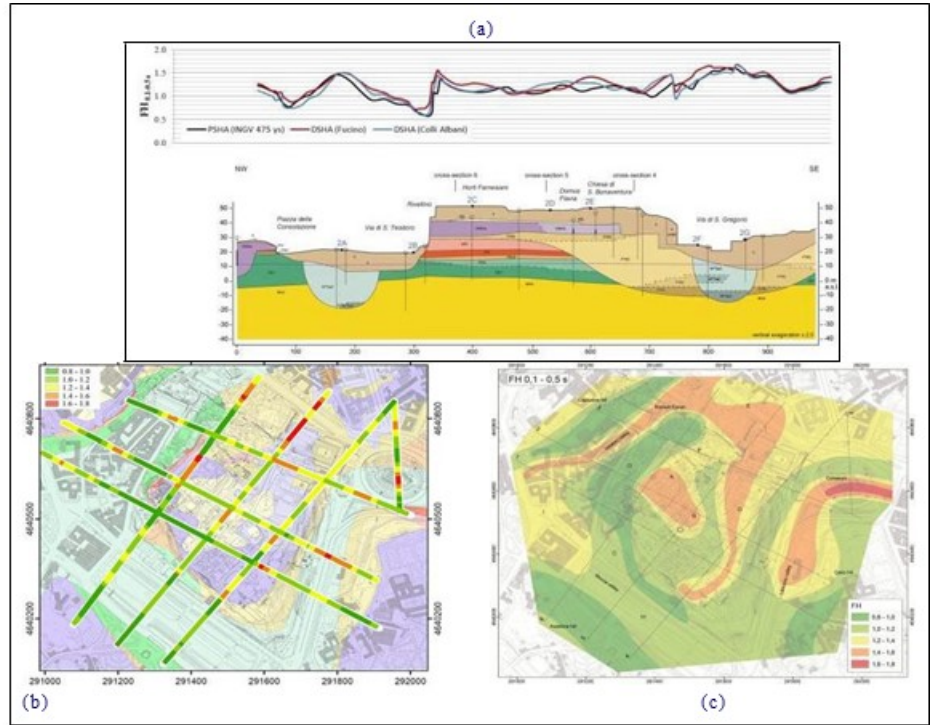
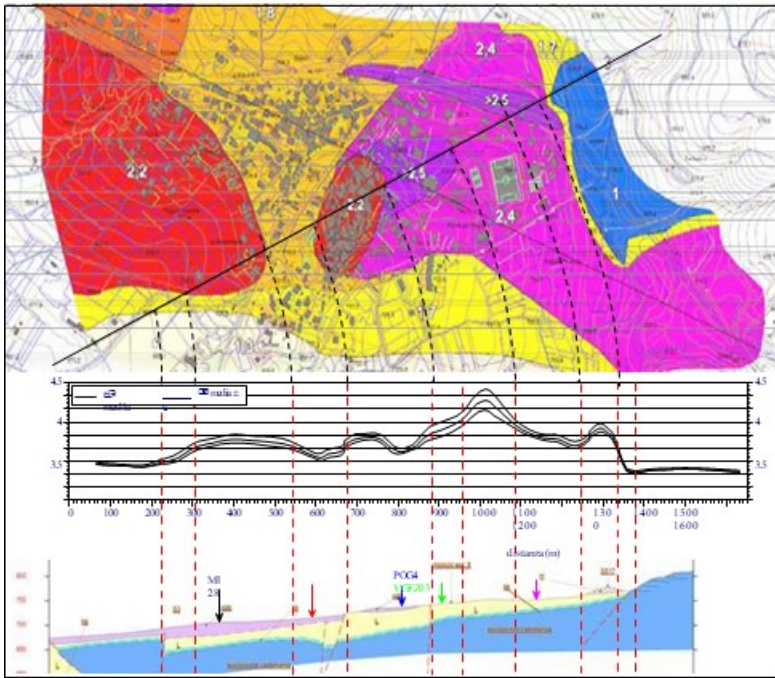
Vs media copertura = 600 m/s

MODELLI 1D



Scelta delle sezioni da analizzare

Compatibilmente con considerazioni di carattere logistico ed urbanistico, le modellazioni numeriche vanno preferibilmente condotte lungo sezioni topo-stratigrafiche ‘maestre’, tracciate lungo direzioni ortogonali o parallele rispetto ai lineamenti morfologici principali superficiali ed il più possibile ortogonali rispetto ai lineamenti morfologici sepolti. In entrambi i casi le sezioni dovranno contenere gli elementi stratigrafici e litologici fondamentali.



Definizione del substrato sismico

Per ogni modello stratigrafico, il substrato sismico sarà posizionato in corrispondenza del tetto del primo strato dell'Unità stratigrafica che presenta valori di velocità delle onde S maggiori di 750-800m/s con uno spessore ritenuto significativo in relazione al modello geologico del sito.



Discretizzazione dei modelli 1D e 2D

Nelle analisi numeriche sia 1D sia 2D si deve tenere in conto il problema legato alla discretizzazione dei modelli stessi. Lo spessore dei sotto-strati nel caso di modelli 1D, l'altezza degli elementi nel caso di modelli 2D a maglie quadrangolari, la dimensione del lato minore nel caso di modelli 2D a maglie triangolari, sono funzione della lunghezza d'onda relativa alla massima frequenza.

Una regola pratica per la discretizzazione degli elementi per i modelli 1D e 2D, può essere:

$$h_{\max} = \frac{\lambda_{\min}}{K} = \frac{\lambda_{\min}}{6 \div 8} = \frac{V_s}{(6 \div 8) f_{\max}}$$

dove $h_{\max}$ è lo spessore massimo dell'elemento nel caso di modelli 1D, l'altezza degli elementi nel caso di modelli 2D a maglie quadrangolari, o la dimensione del lato minore nel caso di modelli 2D a maglie triangolari, $\lambda_{\min}$ è la lunghezza d'onda, K è il coefficiente di stabilità, V_s è la velocità delle onde di taglio, $f_{\max}$ è la massima frequenza significativa del segnale di ingresso e di conseguenza, la massima frequenza che dovrà essere risolta nel modello numerico (valore consigliato: 20 Hz).

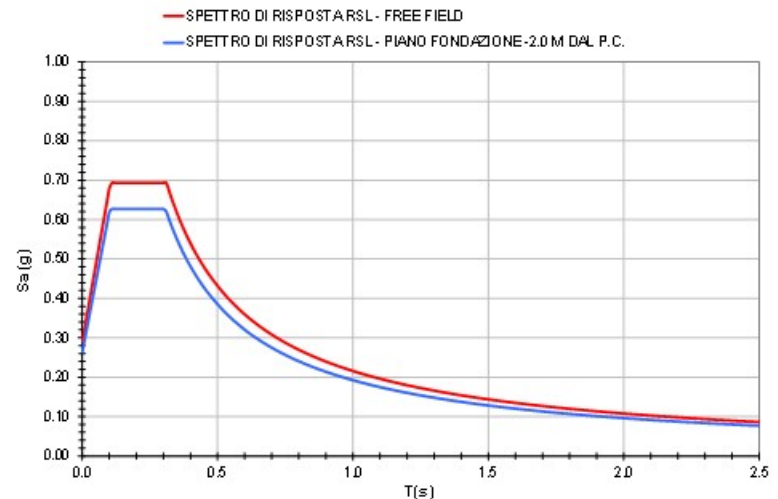
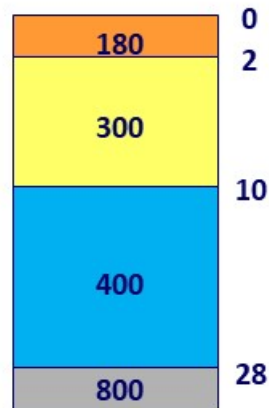


Il piano di riferimento

Una criticità spesso evidenziata è quella del piano di riferimento rispetto al quale si calcola il moto sismico

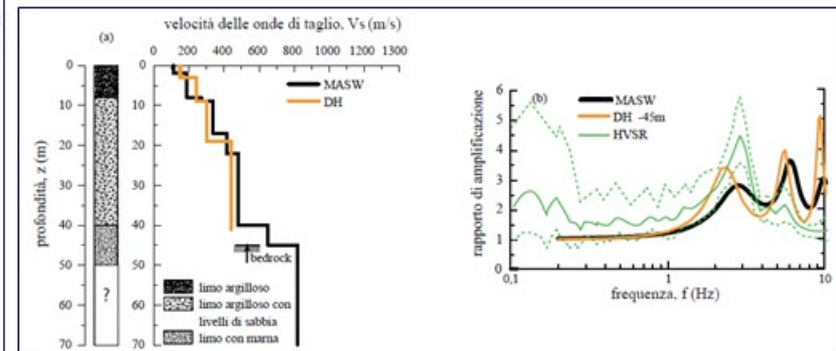
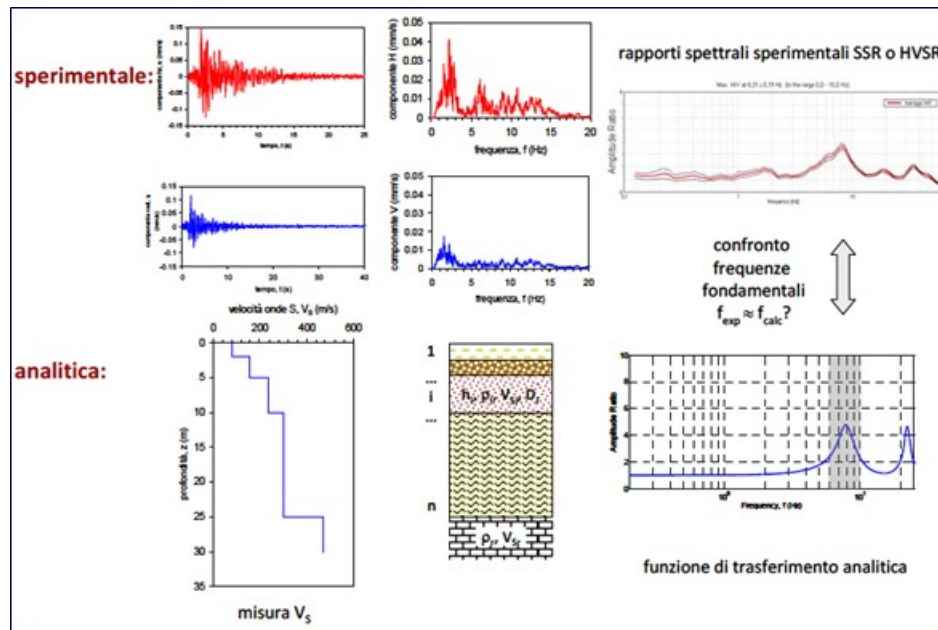
I risultati degli studi di MS3 sono riferiti al piano campagna in condizioni di free field

In NTC per la definizione dell'azione sismica con il metodo semplificato, si precisa a quale profondità calcolare il V_{s30} : per le fondazioni superficiali, tale profondità è riferita al piano di imposta delle stesse, mentre per le fondazioni su pali è riferita alla testa dei pali



Validazione modello di sottosuolo in base ai rapporti spettrali

Le misure di rumore ambientale o le registrazioni di eventi deboli possono essere utilizzate nella validazione dei modelli di sottosuolo 1D/2D/3D. Il buon accordo tra la frequenza fondamentale (e le successive armoniche) evidenziata dai rapporti HVSR o HVRS (rapporti spettrali a stazione singola basati rispettivamente su spettri di Fourier o risposta) o SSR (rapporti spettrali rispetto ad un sito di riferimento), e quella determinata numericamente, permette infatti di confermare la correttezza del modello di sottosuolo adottato per le modellazioni numeriche.



Risultati

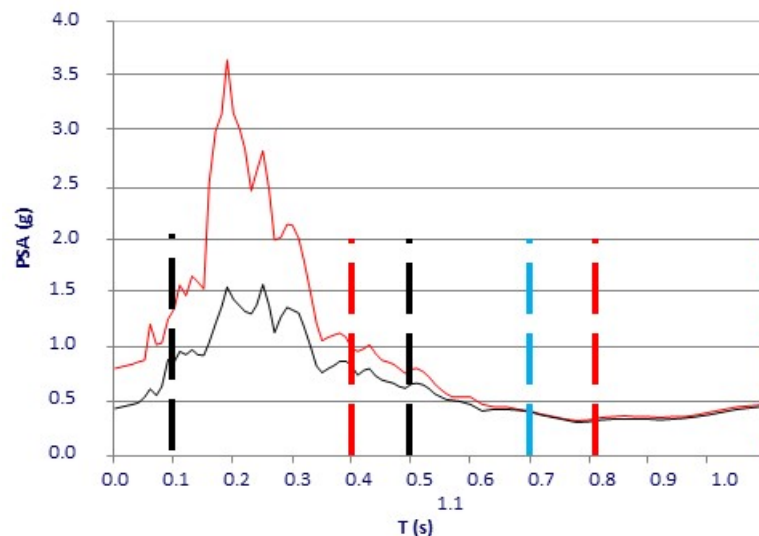
Ai fini della restituzione finale i risultati sono espressi sia in termini di Fattore di Amplificazione, sia in termini di spettro di risposta elastico in accelerazione al 5% dello smorzamento critico.

In particolare, la procedura di elaborazione dei risultati delle analisi 1D e 2D della RSL, prevede i seguenti passi:

Definizione del fattore di amplificazione (FA)

Per ogni input sismico, FA è ottenuto come rapporto tra l'integrale dello spettro elastico in accelerazione di output e l'integrale dello spettro elastico in accelerazione di input, nei tre intervalli di periodo 0.1-0.5, 0.4- 0.8, 0.7-1.1s. Per ciascun set di input sismici è calcolato poi separatamente il fattore di amplificazione medio.

$$Fa = SI_{out} / SI_{inp}$$



Risultati

Definizione dello spettro di risposta (SPRE)

Per ciascun set di input sismici è calcolata la media degli spettri di risposta elastici.

Lo spettro medio così ottenuto può essere linearizzato mediante la procedura, indicata negli ICMS, che porta ad individuare uno spettro in superficie con forma standard costituita da un ramo ad accelerazione crescente lineare, un ramo ad accelerazione costante, un ramo in cui l'accelerazione decresce con $1/T$ e quindi ha pseudo-velocità costante ed un ramo in cui l'accelerazione decresce con $1/T^2$ e quindi ha spostamento costante.

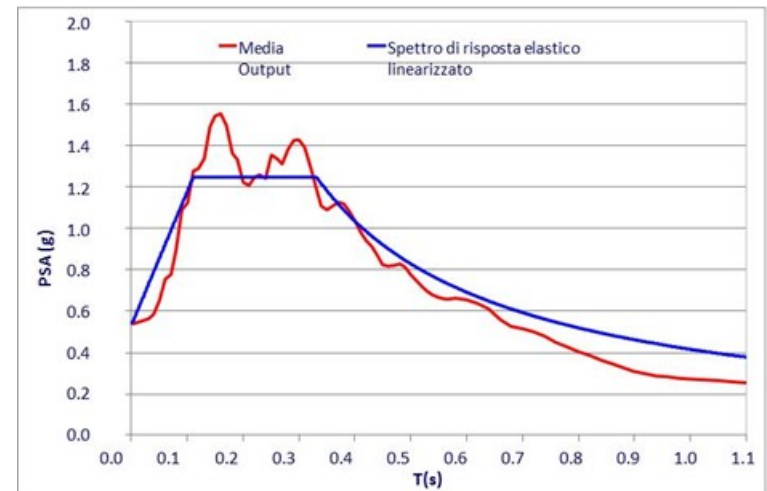
I passi procedurali sono così sintetizzati:

- a) si determina il periodo proprio per il quale è massimo il valore di accelerazione dello spettro di output (TA_o)
- b) si calcola il valore medio di accelerazione dello spettro ($SA_{m,o}$) nell'intorno di TA_o
- c) si determina lo spettro di pseudo-velocità (SV_o) a partire da quello di accelerazione e quindi il periodo proprio (TV_o) per il quale è massimo il valore dello spettro di pseudo-velocità
- d) si calcola il valore medio di pseudo-velocità dello spettro ($SV_{m,o}$) nell'intorno di TV_o

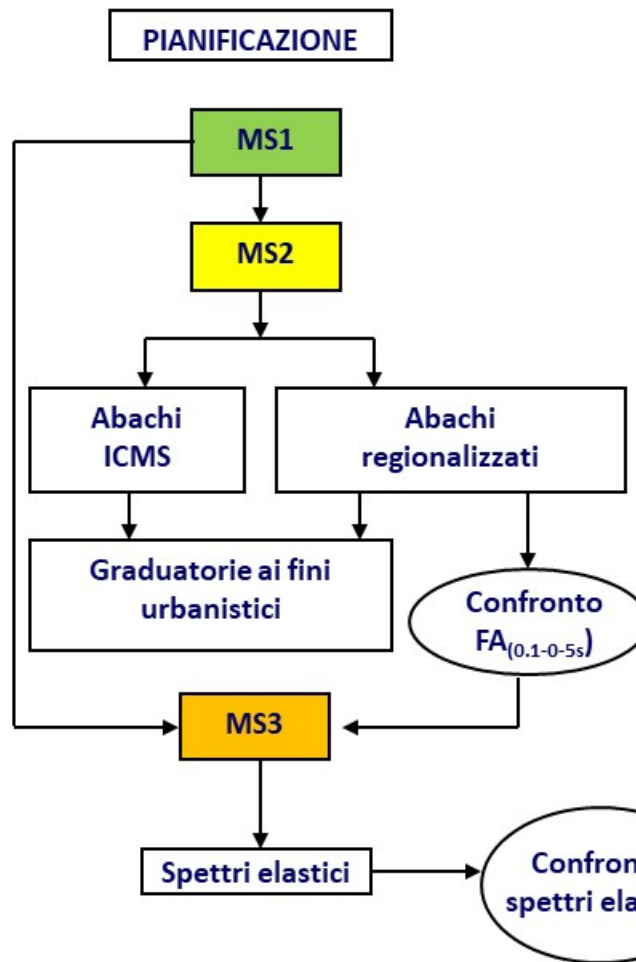


Risultati

- e) si determina il periodo proprio in corrispondenza del quale si incontrano i due rami dello spettro ad accelerazione costante e velocità costante: $T_C = 2\pi \sqrt{SV_{m,o}/SA_{m,o}}$
si determina T_B come $1/3 * T_C$;
si determina $T_D = 4ag + 1.6$ con ag uguale al valore di accelerazione a T uguale a zero
- f) Il ramo iniziale dello spettro fra $T=0$ e $T=T_B$ si assume lineare con $SA(0) = SA_o(0)$ e $SA(T_B) = SA_{m,o}$
- g) Il ramo dello spettro ad accelerazione spettrale costante, fra T_B e T_C , ha ordinate pari a $SA_{m,o}$;
- h) Il ramo dello spettro a velocità costante ($T > T_C$) ha ordinate pari a $SA_{m,o} * T_C / T$; lo spettro ha l'espressione precedente fino a $T=T_D$;
- i) Il ramo dello spettro oltre T_D ha l'espressione $SA_{m,o} * (T_C * T_D / T^2)$



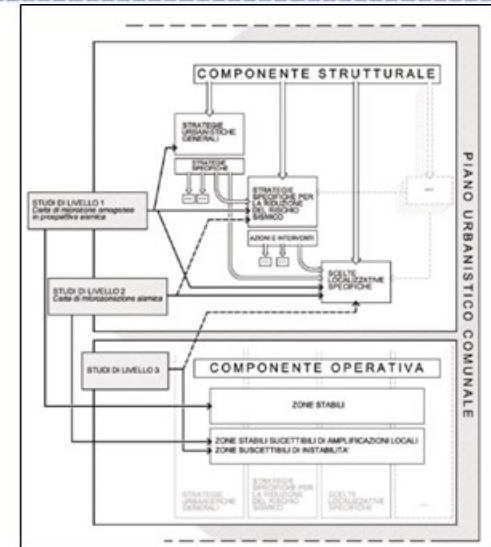
Procedura ICMS, 2008 - 2011



PROGETTAZIONE

Obbligo RSL

Procedura semplificata NTC con utilizzo categoria di sottosuolo individuata



Esempio: SCAI - AMATRICE



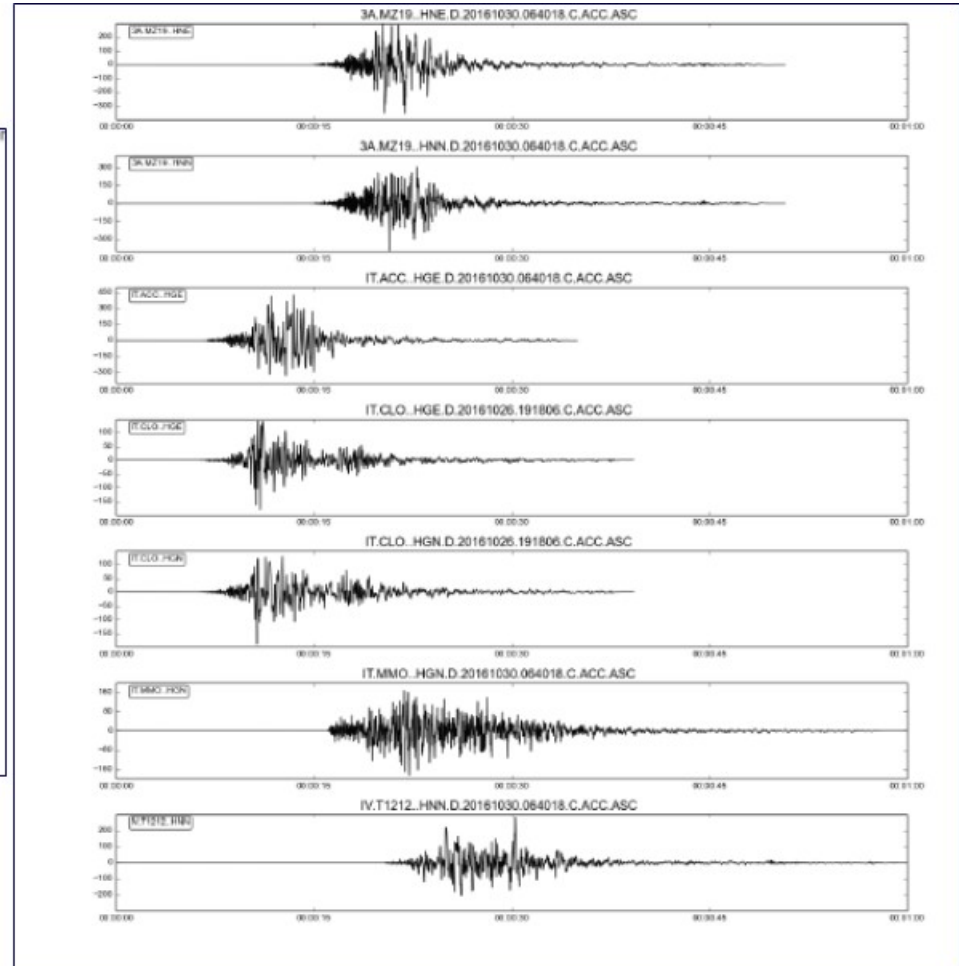
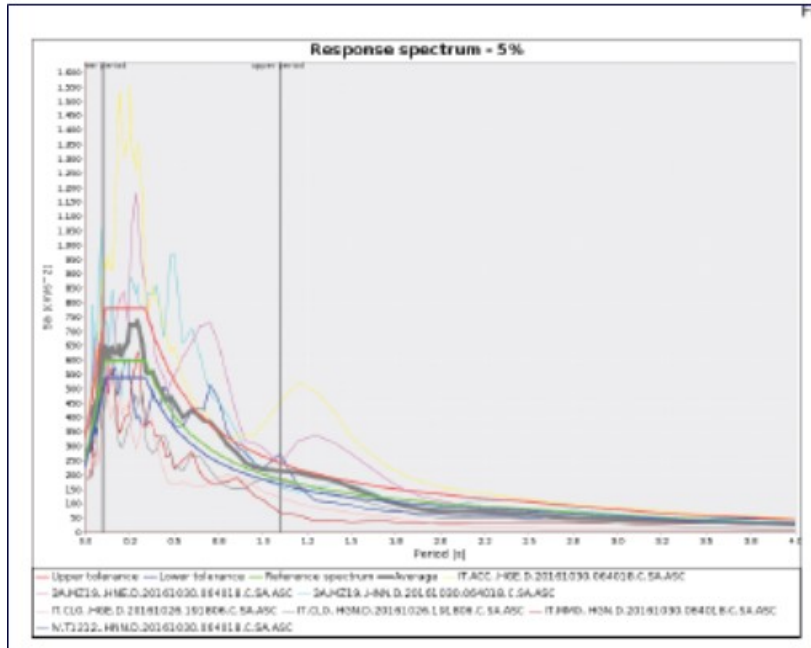
Esempio: SCAI - AMATRICE

Il percorso metodologico ha previsto diversi passi che possono essere così riassunti:

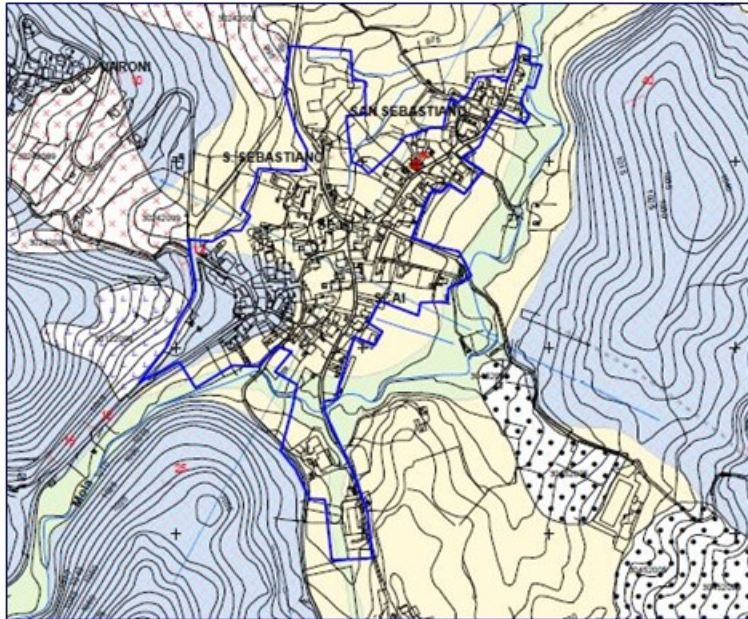
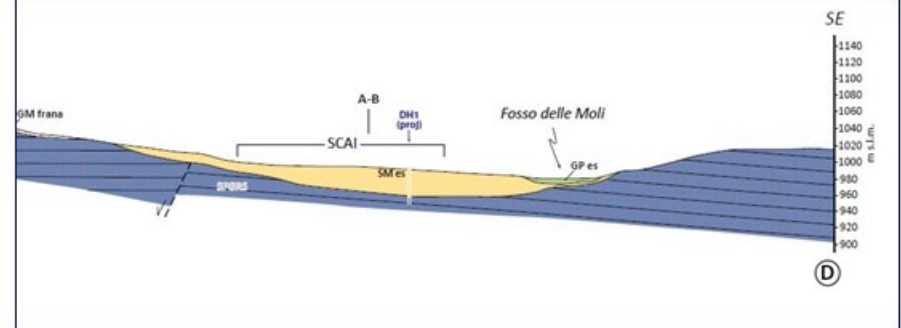
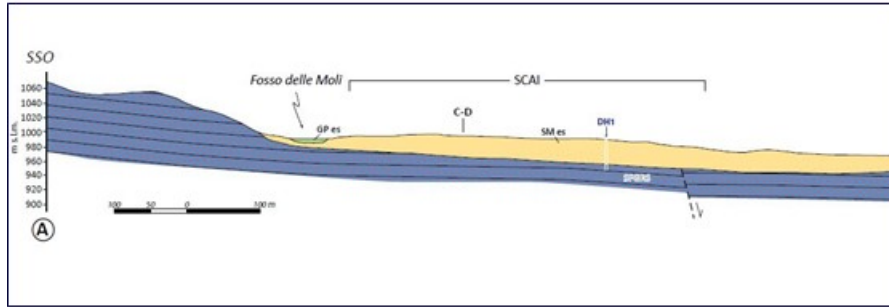
- individuazione degli input sismici;
- campagna di rilievi geologici e geomorfologici;
- campagna di misure geofisiche sia attive sia passive;
- campagna di indagini geotecniche in situ e di laboratorio;
- costruzione dei modelli geologici, geofisici e geotecnici e delle sezioni rappresentative;
- modellazione numerica 1D e 2D in corrispondenza delle sezioni rappresentative
- risultati



Input sismici



Rilievi geologici e geomorfologici



LEGENDA

Terreni di copertura

- RI**
TERRENI CONTINENTI RESTI DI ATTIVITA' ANTROPICA
Descrizione litologica: pietrame sciolto, eterometrico e di natura eterogenea.
- MH**
UMI INORGANICI, UMI SABBIOSI, SABBIE FINE
Descrizione litologica: depositi limoso-sabbiosi contenenti clasti più o meno grossolani la cui litologia è in funzione del substrato.
Formazione litostratigrafica: deposito colluviale/fluviatile.
Ambiente di deposizione: facies continentale, versante.
Eti: Olocene-Attuale.
- SM fd**
SABBIE LIMOSI, MISCELA DI SABBIA E LIMO
Descrizione litologica: depositi sabbiosi costituiti da ciottoli di dimensioni massime di 50 centimetri e ghiaie in matrice sabbiosa e sabbioso-limosa (fs).
Formazione litostratigrafica: deposito alluvionale recente e di piano esondabile.
Ambiente di deposizione: facies continentale, versante.
Eti: Olocene-Attuale.
- GP es**
GHIAIE FILUTE CON GRANULOMETRIA POCO ASSORTITA, MISCELA DI GHIAIA E SABBIA
Descrizione litologica: ghiaie eterometriche in matrice sabbiosa, sabbie con presenza di blocchi anche di dimensioni metriche. Questi depositi si distribuiscono su fondine, in aree di esondazione e in terrazzi fluviali coperti a pochi metri sugli alvei attuali.
Formazione litostratigrafica: deposito alluvionale recente e di piano esondabile.
Ambiente di deposizione: facies continentale, alveo fluviale.
Eti: Olocene-Attuale.
- GM tf/cd**
GHIAIE LIMOSI, MISCELA DI GHIAIA, SABBIA E LIMO
Descrizione litologica: depositi sabbiosi costituiti da ciottoli di dimensioni massime di 50 centimetri e ghiaie in matrice sabbiosa e sabbioso-limosa (fs).
Formazione litostratigrafica: deposito alluvionale torziato (fs), deposito di versante (cd).
Ambiente di deposizione: facies continentale, terrazzo fluviale (fs), versante (cd).
Eti: Pleistocene Superiore-Attuale.
- SM es/ca**
SABBIE LIMOSI, MISCELA DI SABBIA E LIMO
Descrizione litologica: sabbie giallastre e ad alternanze di ghiaie grossolane e fini.
Formazione litostratigrafica: Unità di Fanatiche Sommità, facies sabbiosa.
Ambiente di deposizione: facies continentale, fluviale (es) e conode alluvionale (ca).
Eti: Pleistocene Medio-Inferiore.
- GP es/ca**
GHIAIE FILUTE CON GRANULOMETRIA POCO ASSORTITA, MISCELA DI GHIAIA E SABBIA
Descrizione litologica: depositi fluviali e di conode alluvionale costituiti da ghiaie e sabbie da grossa a media, a lunga presenza di blocchi. La componente ghiaiosa è poligenica (non dominante componente fischelica), scarsamente cementata, talora stratificata, clasto-sedimentale, con scarsa matrice sabbiosa, con clasti eterometrici e subarrotolati. A ridosso, i depositi si mostrano talora ben stratificati e mediamente cementati, in matrice sabbiosa.
Formazione litostratigrafica: Unità di Fanatiche Sommità, facies ghiaiosa; Unità di Retrosi.
Ambiente di deposizione: facies continentale, fluviale (es) e conode alluvionale (ca).
Eti: Pleistocene Medio-Inferiore.

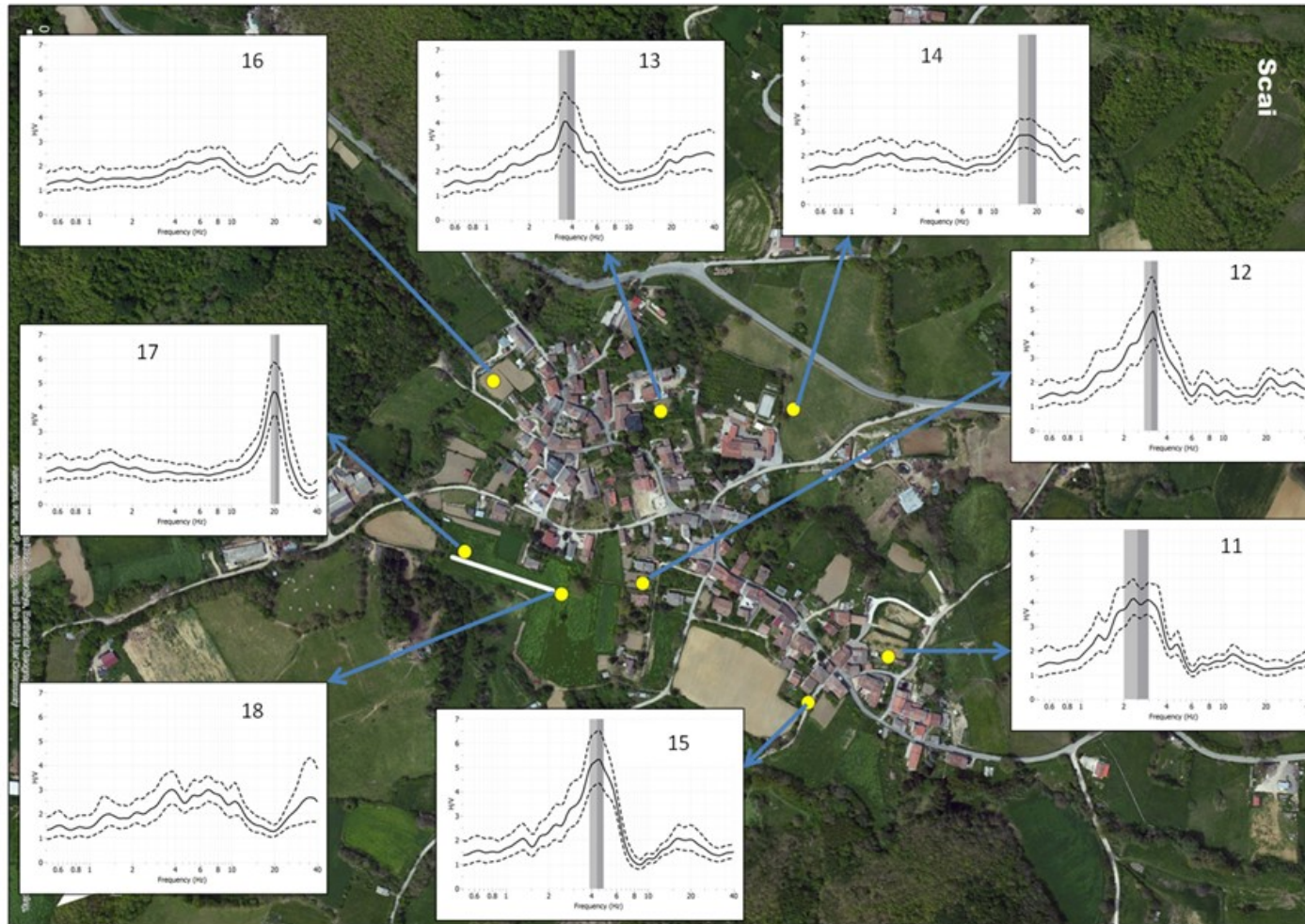
Substrato geologico

- SFALS**
ALTERNANZA DI LITOTIFI, STRATIFICATO, FRATTURATO/ALTERATO
Descrizione litologica: livelli pellici e pellico-arenacei in strati da decimetri a metri, intercalati da livelli decimetrici arenaceo-pellici. La litofacies presenta una colorazione variabile dal marrone chiaro al bruno, con stratificazione piano parallela ben sviluppata e presenza di impronte da corrente fluviale quali piccoli cauti e flutti cauti.
Formazione litostratigrafica: Formazione della Laga, litofacies pellico-arenacea.
Ambiente di deposizione: facies marina, sedimento sin-orogico (flysch).
Eti: Messiniano Inferiore.
- SFGRS**
GHIAIOLI CEMENTATI, STRATIFICATO, FRATTURATO/ALTERATO
Descrizione litologica: strati e bancate arenacee intercalate da livelli pellico-arenacei di spessore variabile da qualche decimetro a qualche metro (in prossimità dell'abitato di Armetrio). Le bancate si mostrano mal stratificate e presentano impronte da corrente fluviale quali piccole cauti e flutti cauti.
Formazione litostratigrafica: Formazione della Laga, litofacies arenaceo-pellica.
Ambiente di deposizione: facies marina, sedimento sin-orogico (flysch).
Eti: Messiniano Inferiore.
- SFAL**
ALTERNANZA DI LITOTIFI, FRATTURATO/ALTERATO
Descrizione litologica: successione di calcari marmosi e marmo calcareo amipelagico di colore variabile da grigio-azzurro a marrone, organizzata in strati di spessore da decimetrico a metrico. Intercalazioni di strati e bancate di calcareniti. Presenza di pieghe intra-formativoli (lumplings).
Formazione litostratigrafica: Marmosi con Gorgonia, Marmosi ad Orbulina.
Ambiente di deposizione: facies marina profonda (Marmosi ad Orbulina) e di scarpa (Marmosi con Gorgonia).
Eti: Langhiano-Tortoniano.
- SFLPS**
LAPIDEO STRATIFICATO, FRATTURATO/ALTERATO
Descrizione litologica: successione di calcari marmosi bianchi e rossi di spessore variabile da pochi cm a qualche decina di cm. Presenza di livelli marmosi e di argilli rosse e vendite. Presenza di calcari di colore sfumato al verde, con maggiore componente marmosa. Sono presenti noduli o lenti di sabbia grigio-nera e rossa, con spessori di alcuni centimetri. Scarna fratturazione molto frammentata.
Formazione litostratigrafica: Scaglia bianca e rossa.
Ambiente di deposizione: facies marina profonda.
Eti: Laccione Medio - Cretaceo Superiore.
- LPS**
LAPIDEO STRATIFICATO
Descrizione litologica: sequenza di calcari misti di colore bianco e bianco-avorio, compatti, a pasta finissima. Si presenta ben stratificato in strati di spessore da 20-30 cm. Viene fatto, la sequenza passa a calcari di colore sfumato al verde, con maggiore componente marmosa. Sono presenti noduli o lenti di sabbia grigio-nera e rossa, con spessori di alcuni centimetri. Scarna fratturazione.
Formazione litostratigrafica: Marmosi.



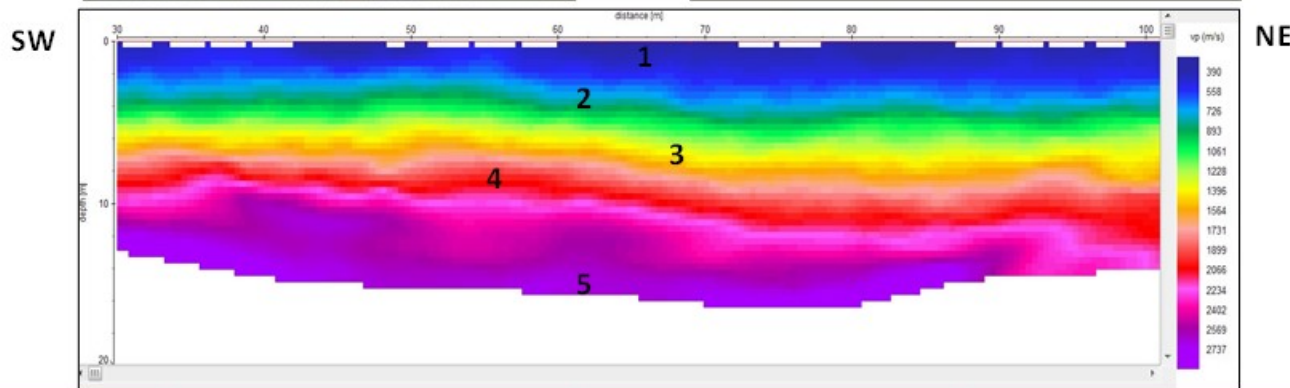
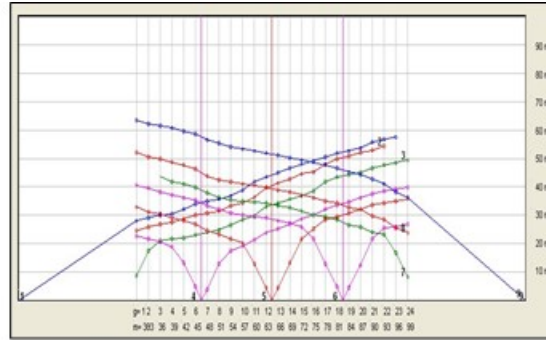
Misure geofisiche sia attive sia passive

n. 8 indagini HVSR, utilizzando sismometri a 3 componenti Trillium Compact della Nanometrics (20 s)



Misure geofisiche sia attive sia passive

n. 1 indagini di sismica a rifrazione in onde P, utilizzando 24 geofoni verticali, risonanza 4.5Hz

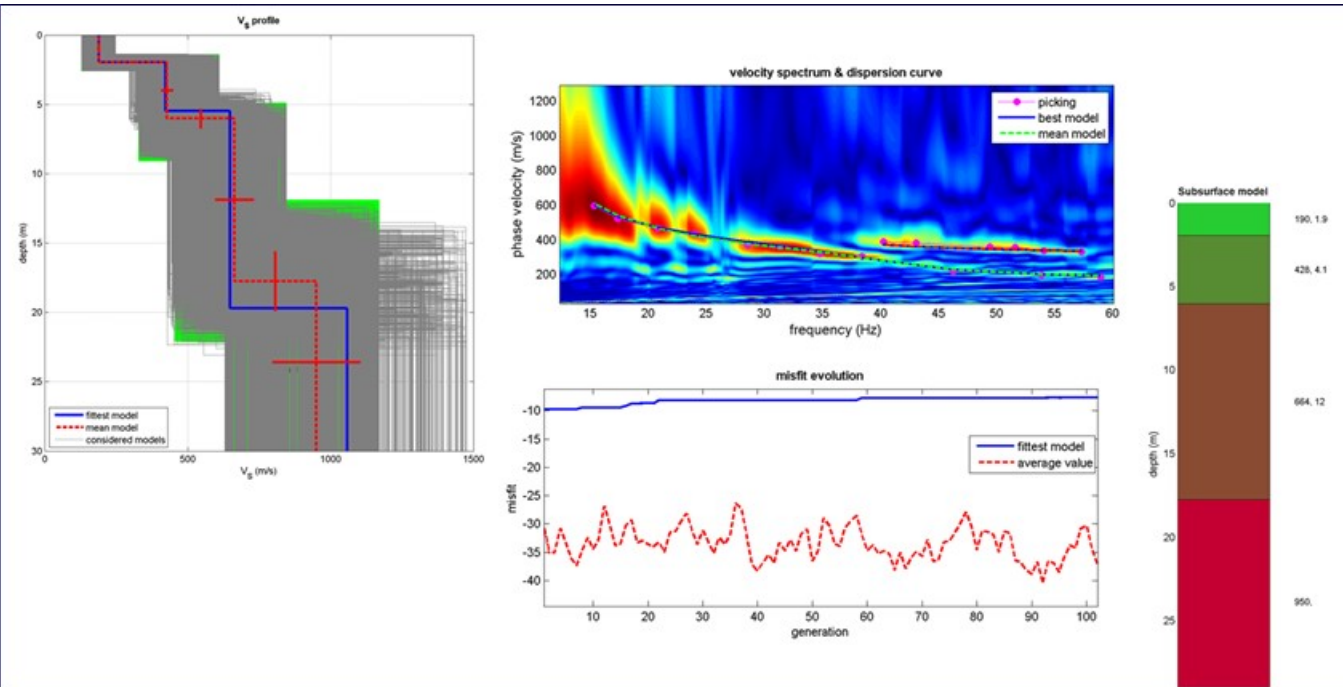


Unità	Profondità (m)	Spessore (m)	V_P (m/s)
1	2 - 3	2 - 3	300-500
2	5 - 7	3 - 4	700-1000
3	9 - 12	4 - 5	1200-1600
4	15 - 18	6 - 7	1600-2200
5	> 18	-	2200-2700



Misure geofisiche sia attive sia passive

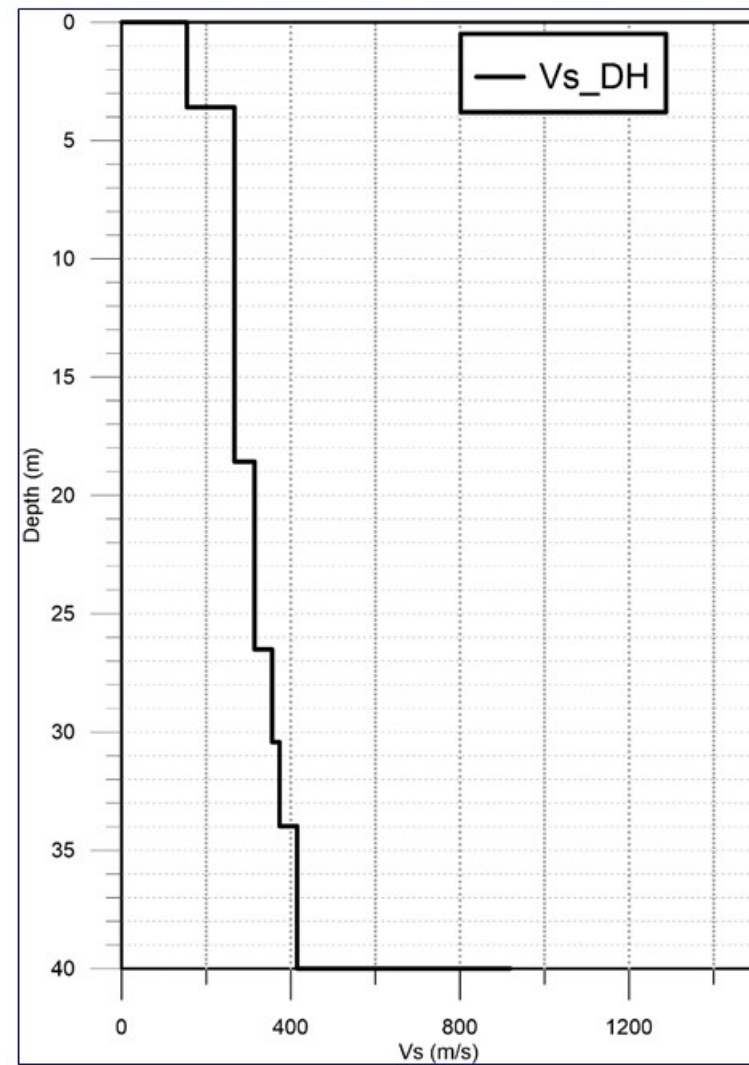
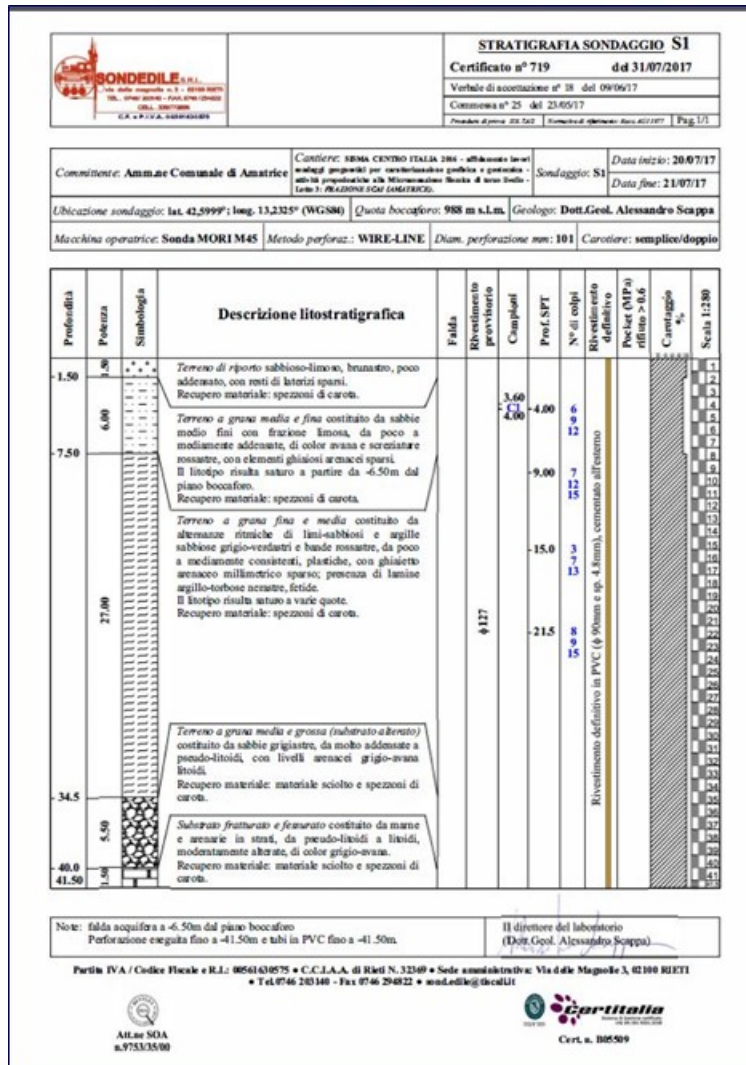
n. 1 indagini MASW, utilizzando 24 geofoni verticali, risonanza 4.5Hz



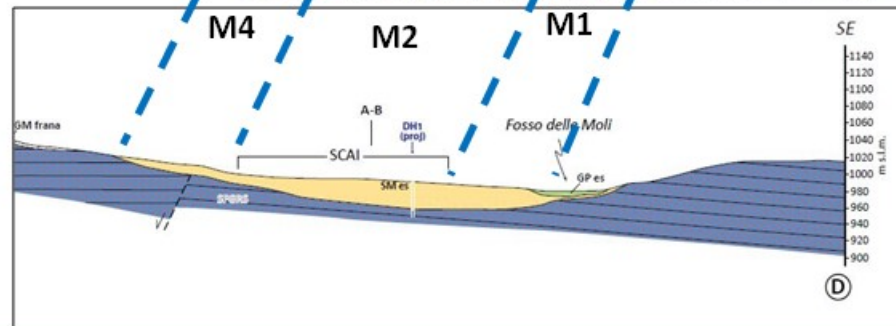
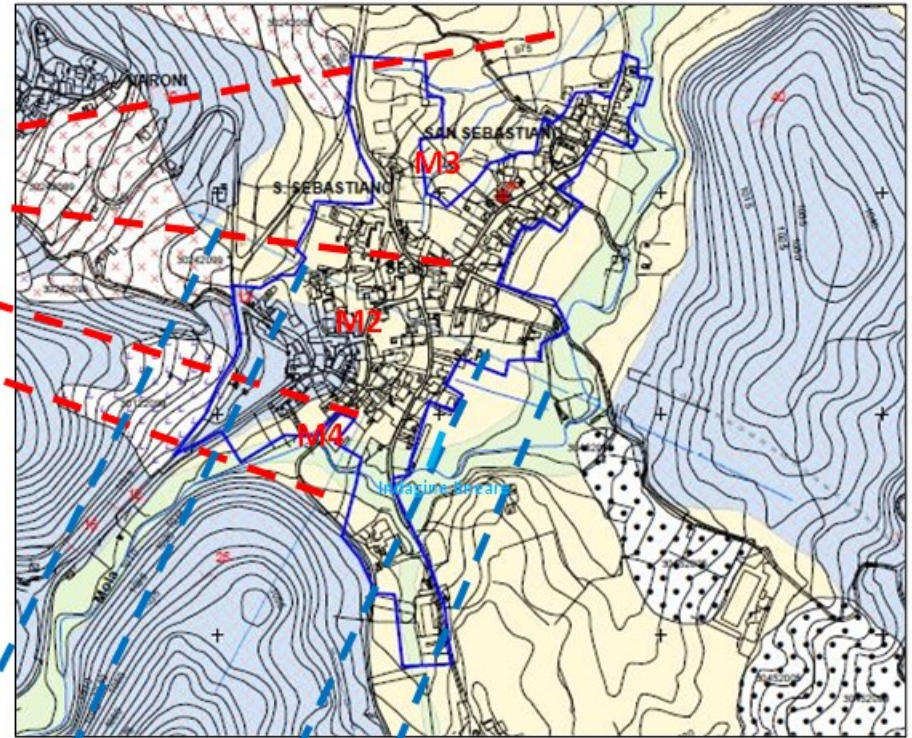
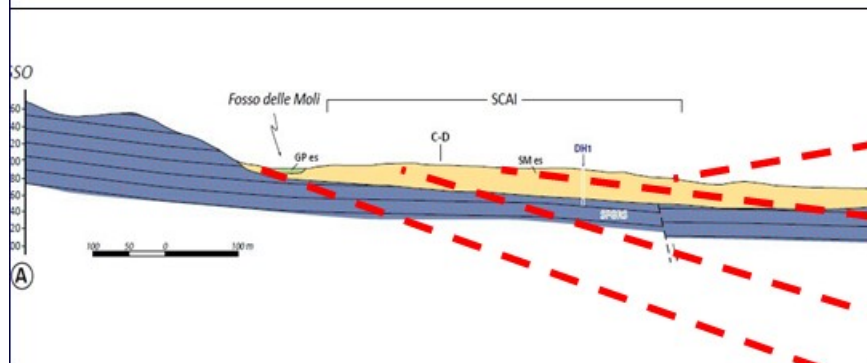
Sismo-strato	Unità geofisica	Unità geologica	Spessore (m)	V _s (m/s)
1	U1a	UASs_1	1.9	190
2	U4a	LAGp_1	4.1	428
3-4	U4b	LAGp_2	12.0	664
5	U5a	LAGa_1	-	950



Indagini geotecniche in situ e di laboratorio



Modelli geologici, geofisici e geotecnici e delle sezioni rappresentative



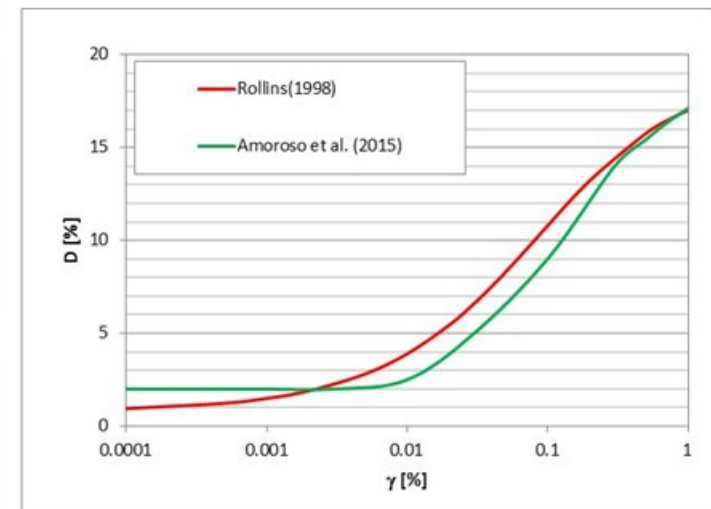
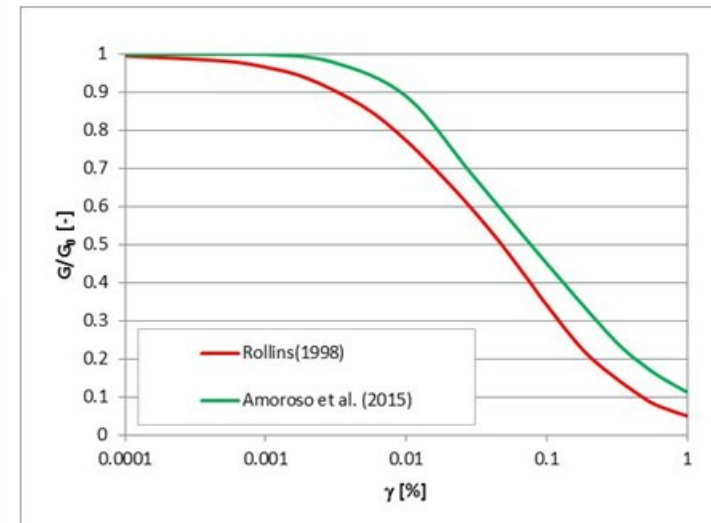
Modelli geologici, geofisici e geotecnici e delle sezioni rappresentative

UNITA'	M1			
	S (m)	V_s (m/s)	γ (kN/m ³)	Curve G/G0 e D/D0
U1a	1.9	190	17	Media fuso Rollins et al. (1998)
U4a	4.1	428	19	Terre rosse L'Aquila Amoroso et al. (2015)
U4b	12.0	664	20	Terre rosse L'Aquila Amoroso et al. (2015)
U5a	-	950	22	-
V_{S30}	597			

UNITA'	M2			
	S (m)	V_s (m/s)	γ (kN/m ³)	Curve G/G0 e D/D0
U1a	4.0	200	17	Media fuso Rollins et al. (1998)
U1b	12.0	320	18	Media fuso Rollins et al. (1998)
U4b	12.0	664	20	Terre rosse L'Aquila Amoroso et al. (2015)
U5a	-	950	22	-
V_{S30}	386			

UNITA'	M3			
	S (m)	V_s (m/s)	γ (kN/m ³)	Curve G/G0 e D/D0
U1a	4.0	200	17	Media fuso Rollins et al. (1998)
U1b	34.0	320	18	Media fuso Rollins et al. (1998)
U4b	12.0	664	20	Terre rosse L'Aquila Amoroso et al. (2015)
U5a	-	950	22	-
V_{S30}	296			

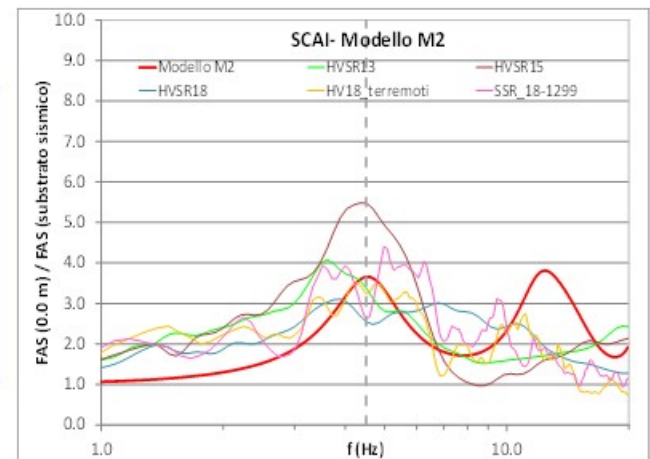
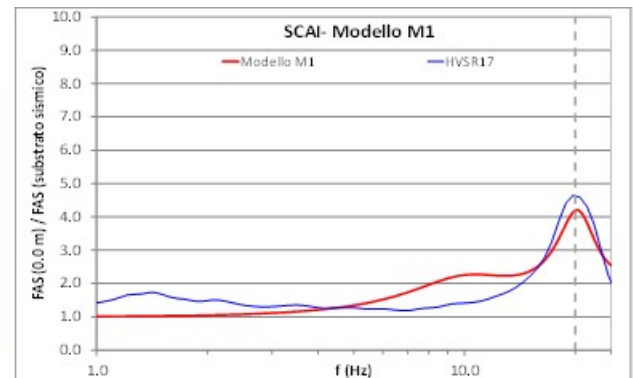
UNITA'	M4			
	S (m)	V_s (m/s)	γ (kN/m ³)	Curve G/G0 e D/D0
U4b	12.0	664	20	Terre rosse L'Aquila Amoroso et al. (2015)
U5a	-	950	22	-
V_{S30}	810			



Definizione dei modelli

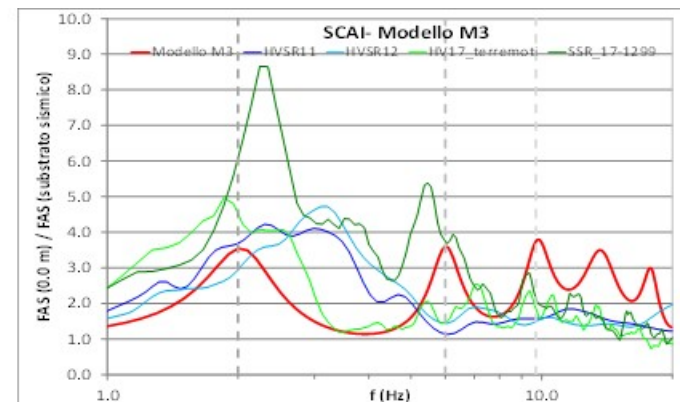
UNITA'	M1			
	S (m)	V _s (m/s)	γ (kN/m ³)	Curve G/G0 e D/D0
U1a	1.9	190	17	Media fuso Rollins et al. (1998)
U4a	4.1	428	19	Terre rosse L'Aquila Amoroso et al. (2015)
U4b	12.0	664	20	Terre rosse L'Aquila Amoroso et al. (2015)
U5a	-	950	22	-
V _{S30}	597			

UNITA'	M2			
	S (m)	V _s (m/s)	γ (kN/m ³)	Curve G/G0 e D/D0
U1a	4.0	200	17	Media fuso Rollins et al. (1998)
U1b	12.0	320	18	Media fuso Rollins et al. (1998)
U4b	12.0	664	20	Terre rosse L'Aquila Amoroso et al. (2015)
U5a	-	950	22	-
V _{S30}	386			

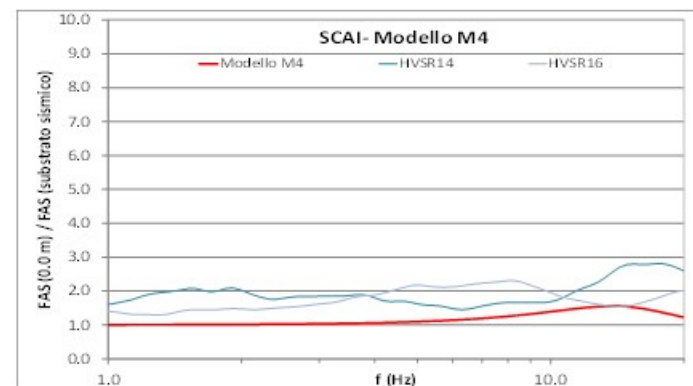


Definizione dei modelli

UNITA'	M3			
	S (m)	V_s (m/s)	γ (kN/m ³)	Curve G/G0 e D/D0
U1a	4.0	200	17	Media fuso Rollins et al. (1998)
U1b	34.0	320	18	Media fuso Rollins et al. (1998)
U4b	12.0	664	20	Terre rosse L'Aquila Amoroso et al. (2015)
U5a	-	950	22	-
V_{s30}	296			



UNITA'	M4			
	S (m)	V_s (m/s)	γ (kN/m ³)	Curve G/G0 e D/D0
U4b	12.0	664	20	Terre rosse L'Aquila Amoroso et al. (2015)
U5a	-	950	22	-
V_{s30}	810			



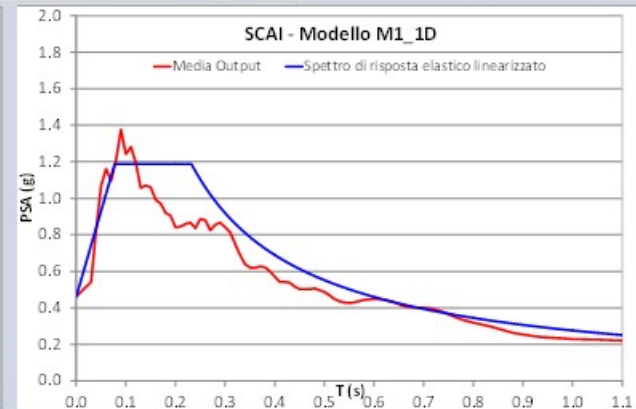
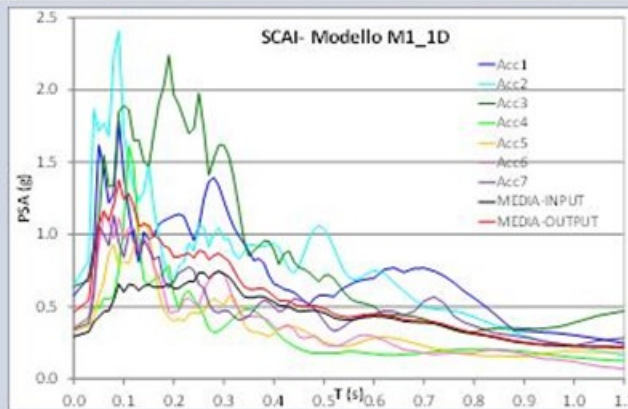
Modellazione numerica 1D e 2D

Fa

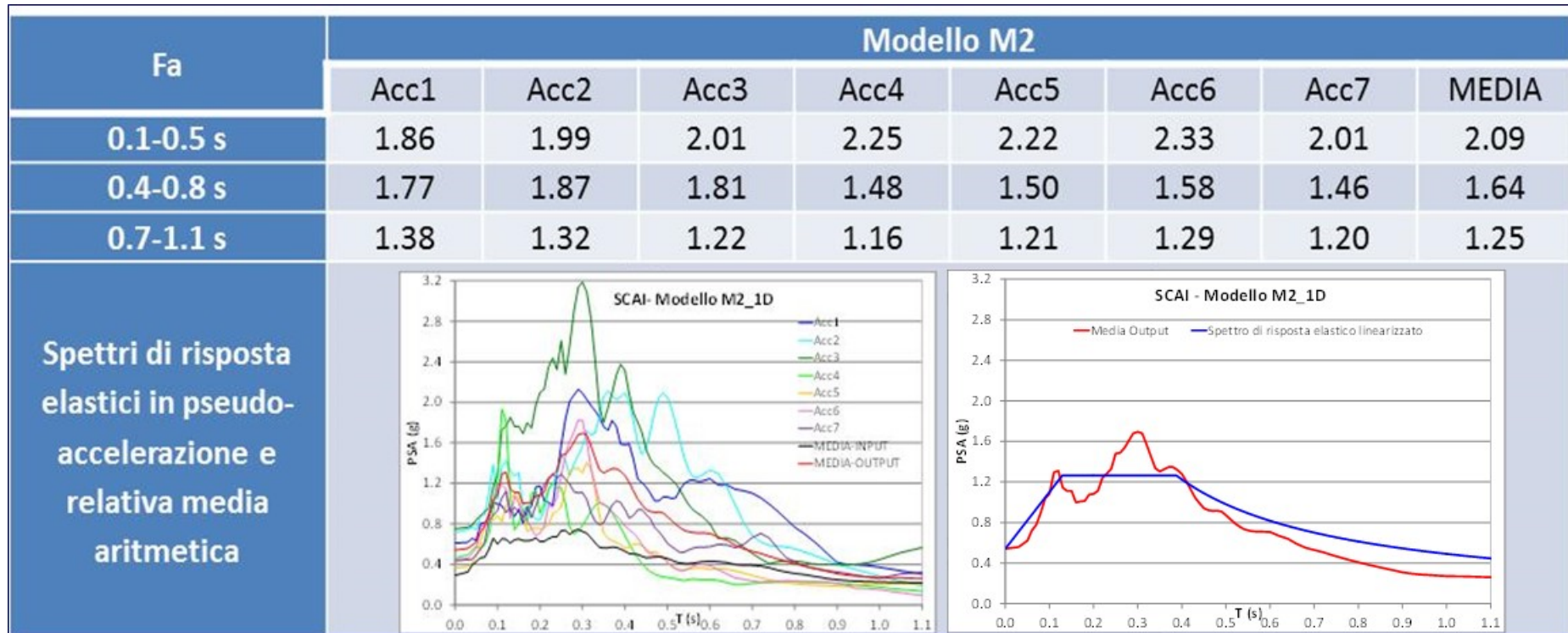
Modello M1

Acc1	Acc2	Acc3	Acc4	Acc5	Acc6	Acc7	MEDIA
1.24	1.26	1.30	1.34	1.29	1.30	1.25	1.28
1.04	1.05	1.06	1.04	1.05	1.05	1.04	1.05
1.02	1.02	1.03	1.02	1.02	1.03	1.02	1.02

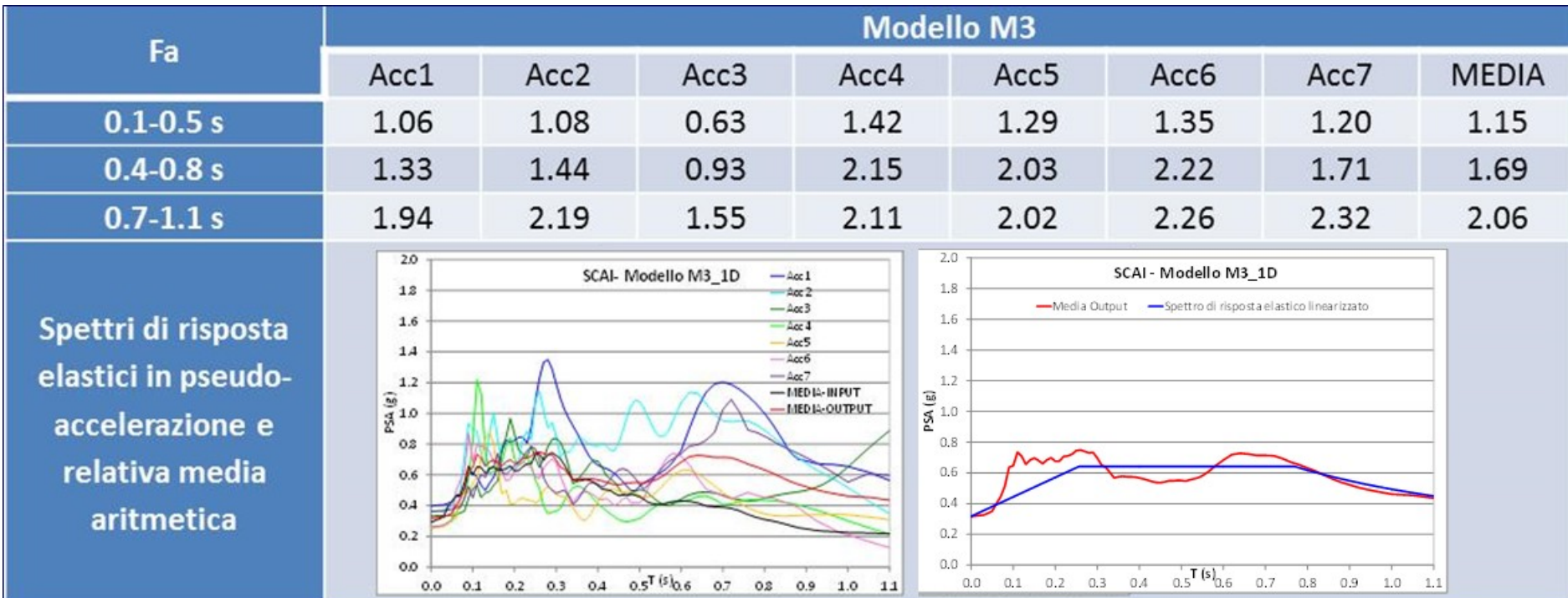
Spettri di risposta
elastici in pseudo-
accelerazione e
relativa media
aritmetica



Modellazione numerica 1D e 2D



Modellazione numerica 1D e 2D



Modellazione numerica 1D e 2D

Fa

Modello M4

Acc1

Acc2

Acc3

Acc4

Acc5

Acc6

Acc7

MEDIA

0.1-0.5 s

1.06

1.07

1.08

1.09

1.08

1.08

1.07

1.07

0.4-0.8 s

1.01

1.01

1.02

1.01

1.01

1.01

1.01

1.01

0.7-1.1 s

1.01

1.01

1.01

1.00

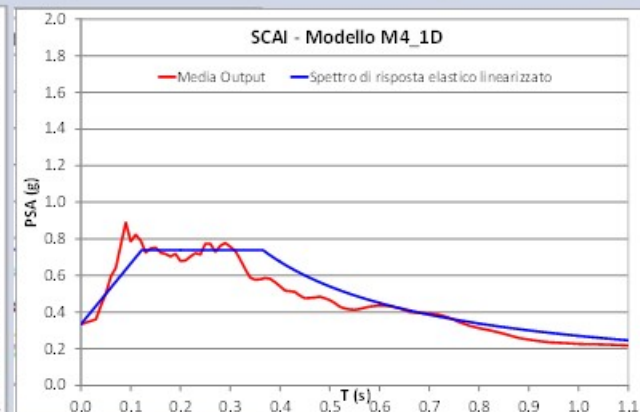
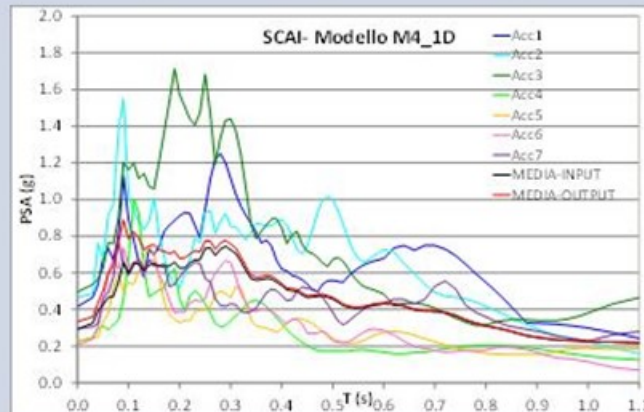
1.01

1.01

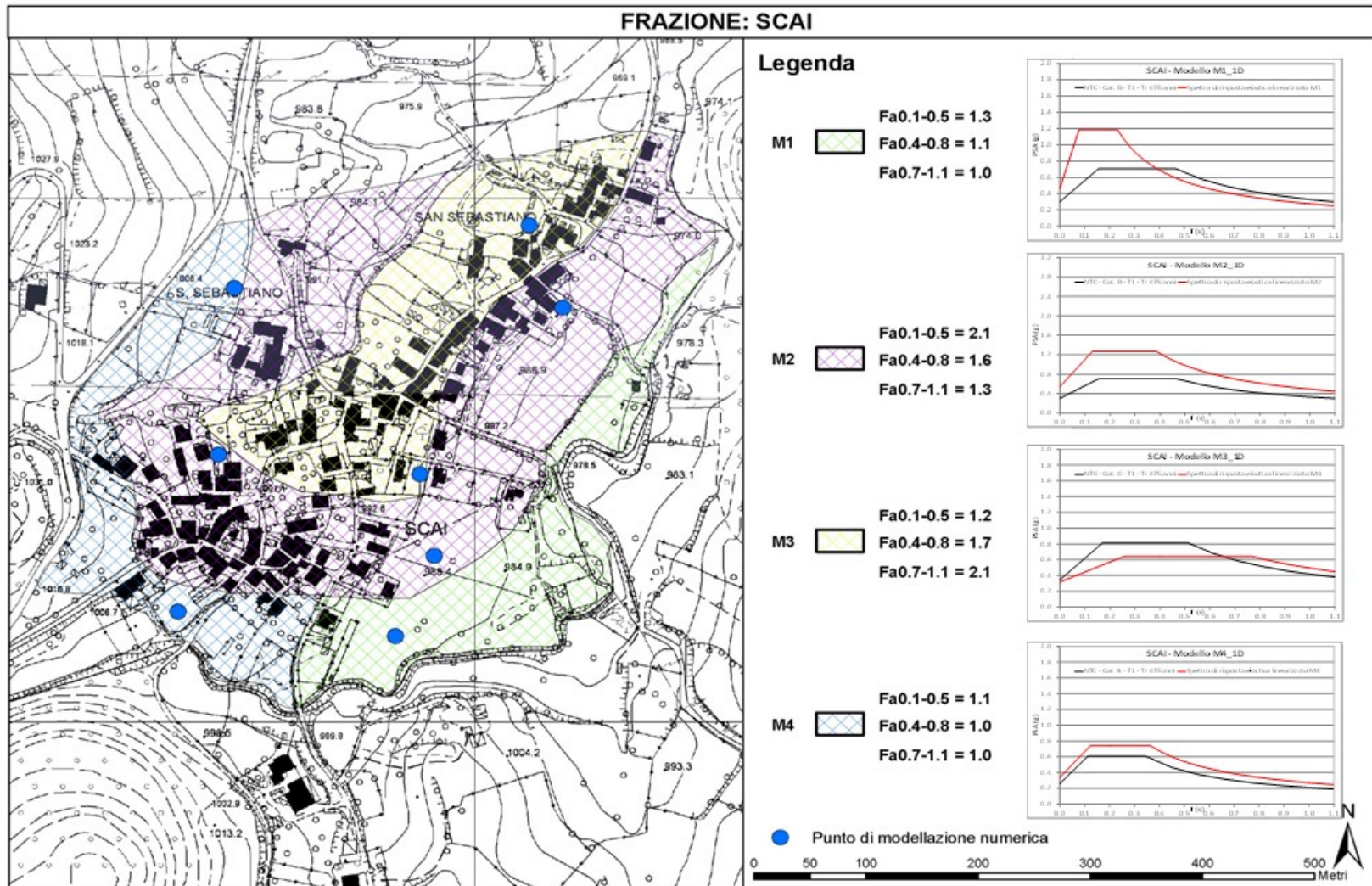
1.01

1.01

Spettri di risposta
elastici in pseudo-
accelerazione e
relativa media
aritmetica



Costruzione delle mappe MS3 e spettri di risposta

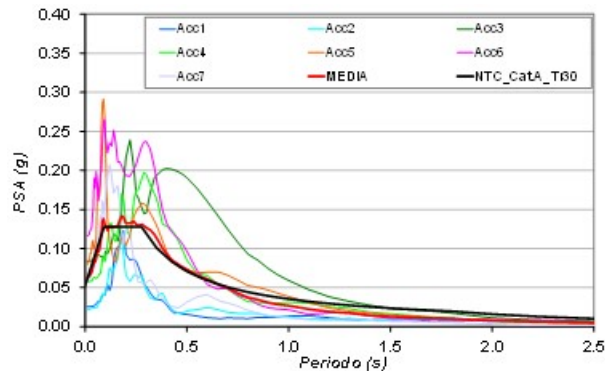


Esempio: SALA CONSILINA -Antiquarium

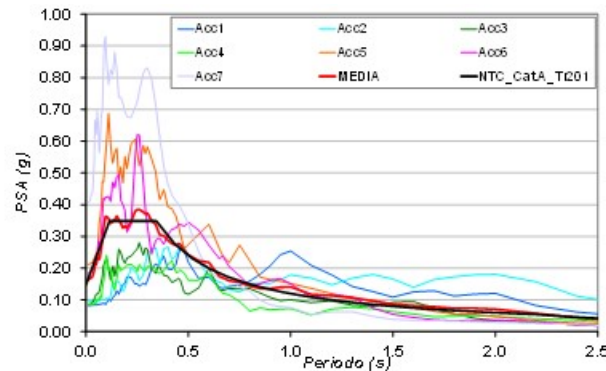


Input sismici

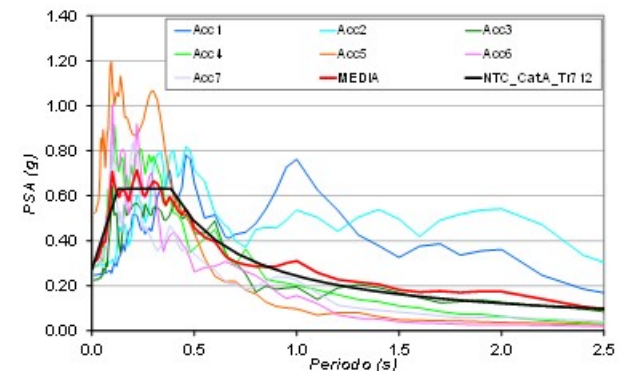
Evento	Data	Ora	Lat (°)	Lon (°)	Prof. (km)	Mw	ML	Regime tettonico
Irpinia	23-11-1980	18:34:53	40.76	15.31	15.0	6.9	6.5	Faglia normale
Irpinia	01-12-1980	19:04:29	40.88	15.31	9.0	-	4.6	Faglia normale
-	16-01-1981	00:37:45	40.84	15.44	10.5	5.2	4.6	Faglia normale
Appennino Lucano	09-09-1998	11:28:00	40.06	15.95	29.2	5.6	5.6	Faglia normale
L'Aquila	07-04-2009	09:26:29	42.34	13.39	9.6	5.1	4.8	Faglia normale
L'Aquila	07-04-2009	17:47:37	42.30	13.49	17.1	5.5	5.4	Faglia normale
Gran Sasso	09-04-2009	00:53:00	42.49	13.35	11.0	5.4	5.1	Faglia normale
-	25-10-2012	23:05:24	39.88	16.01	6.3	5.3	5.0	Faglia normale



Tr 30 anni



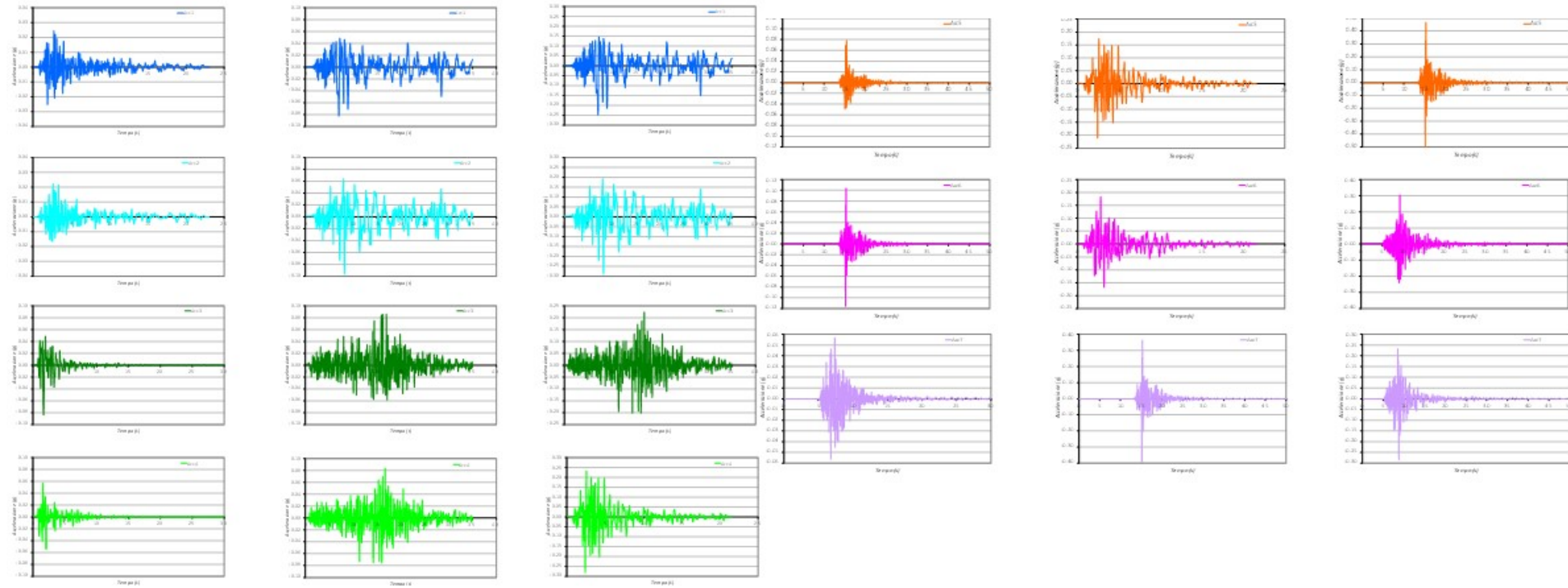
Tr 200 anni



Tr 712 anni



Input sismici



Modello geologico



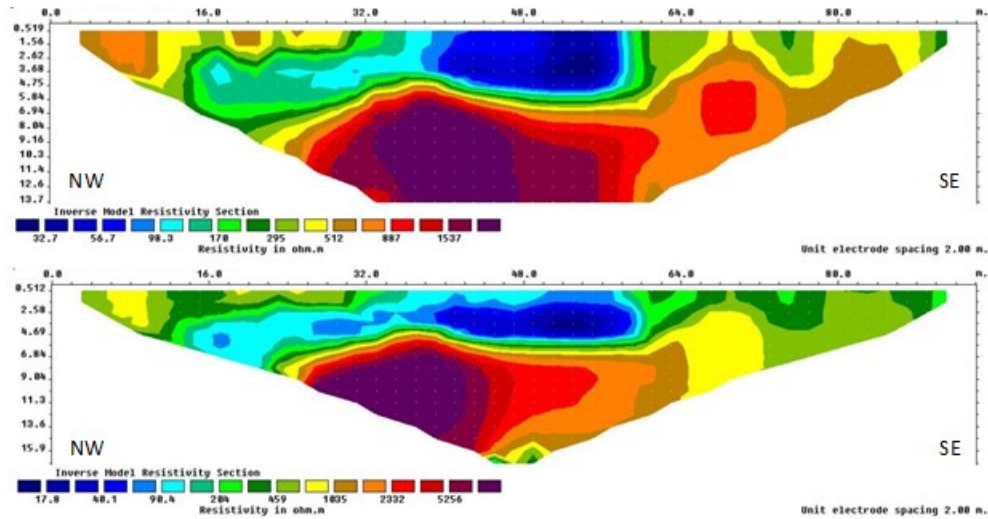
Modello geologico



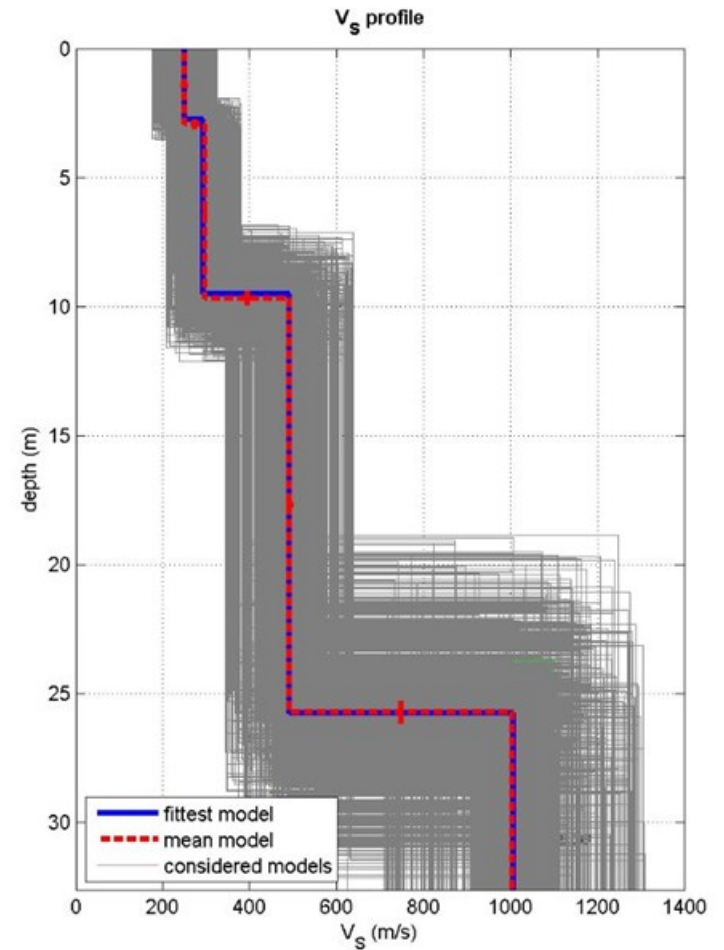
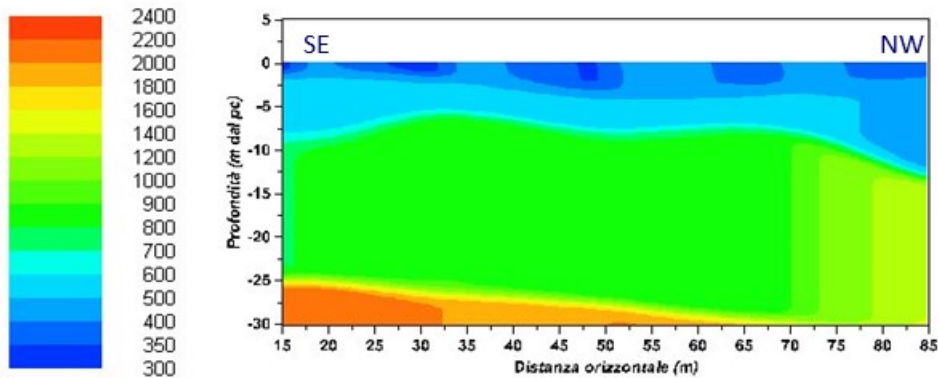
Modello geofisico



Modello geofisico

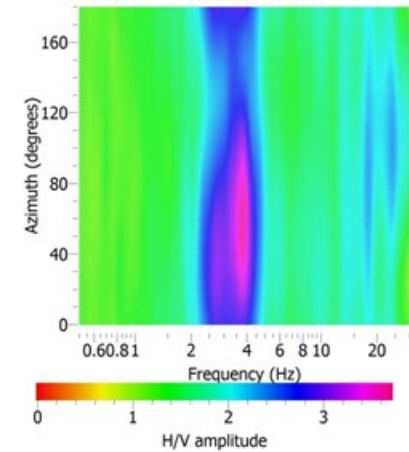
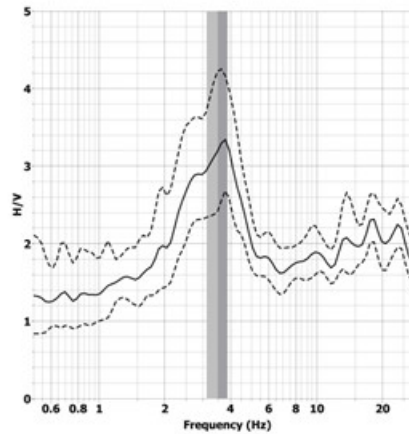
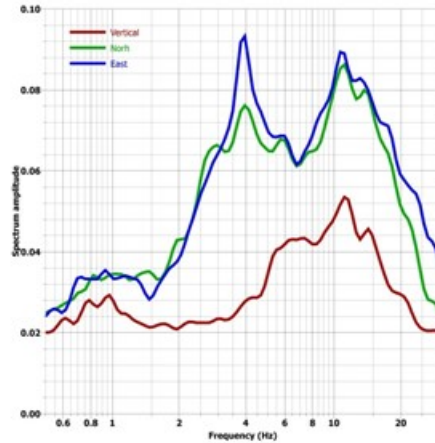


Velocità ONDE P (m/s)

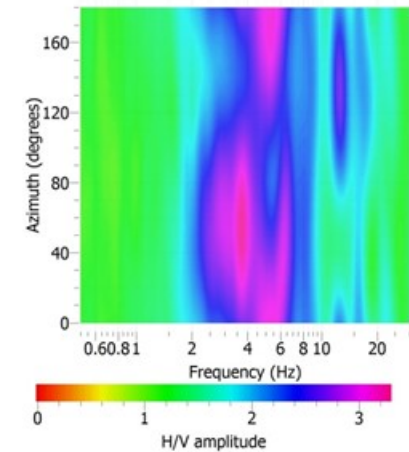
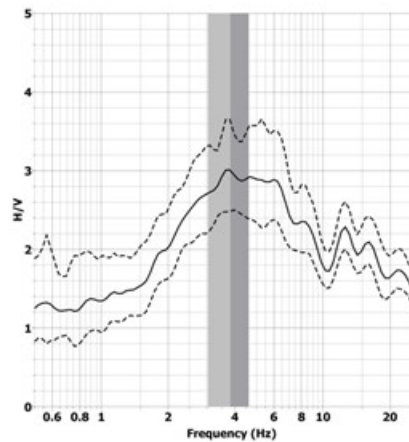
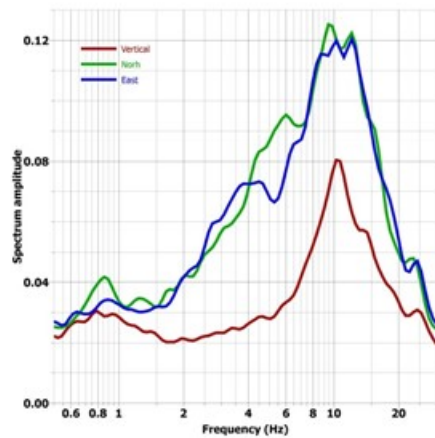


Modello geofisico

HVSR1

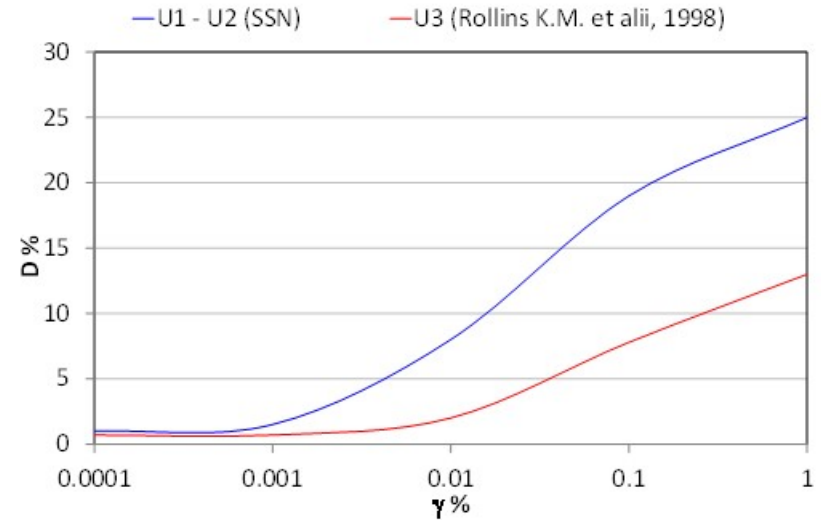
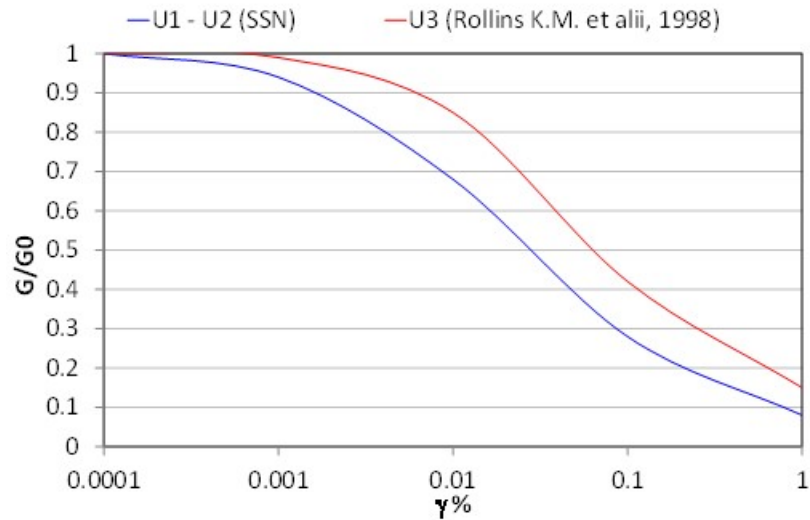


HVSR2

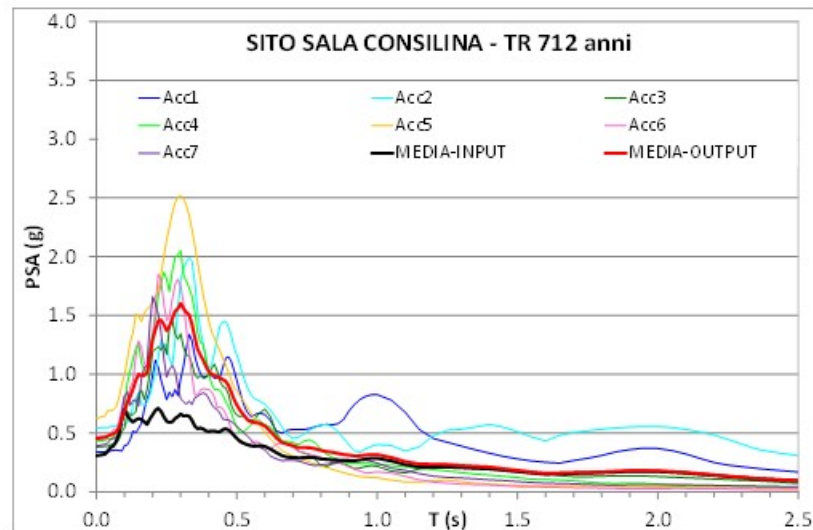
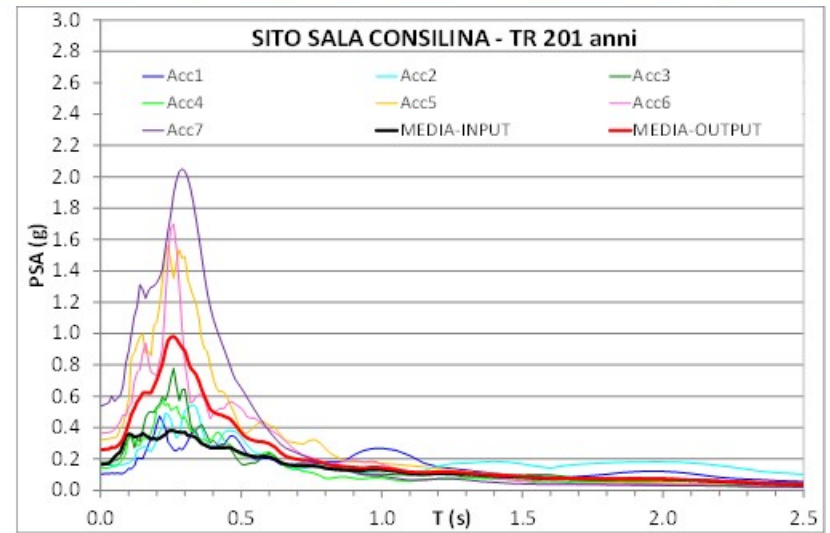
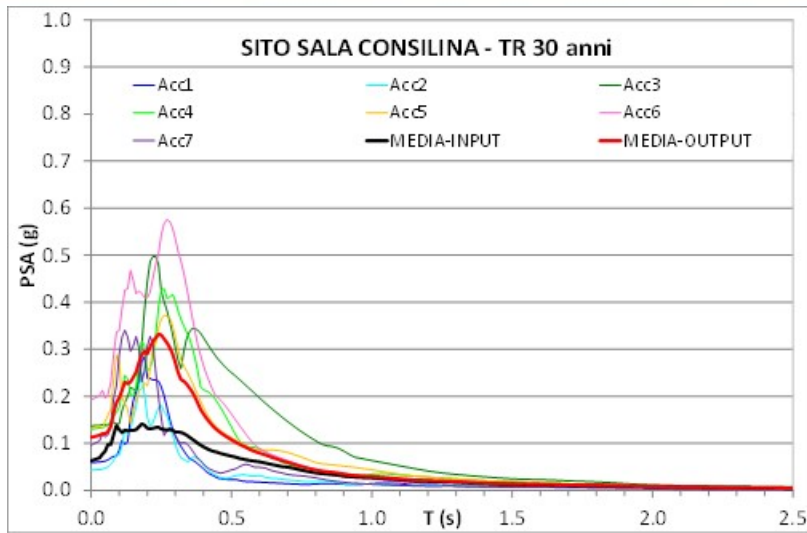


Modello geofisico

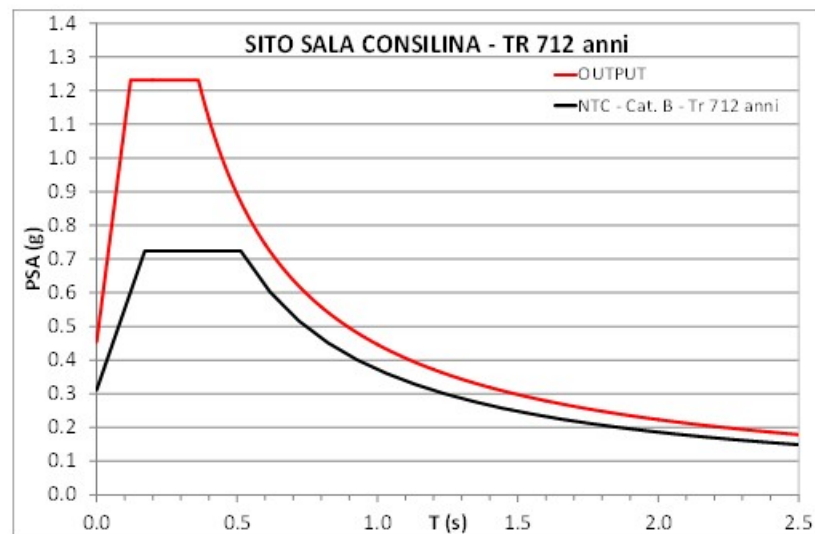
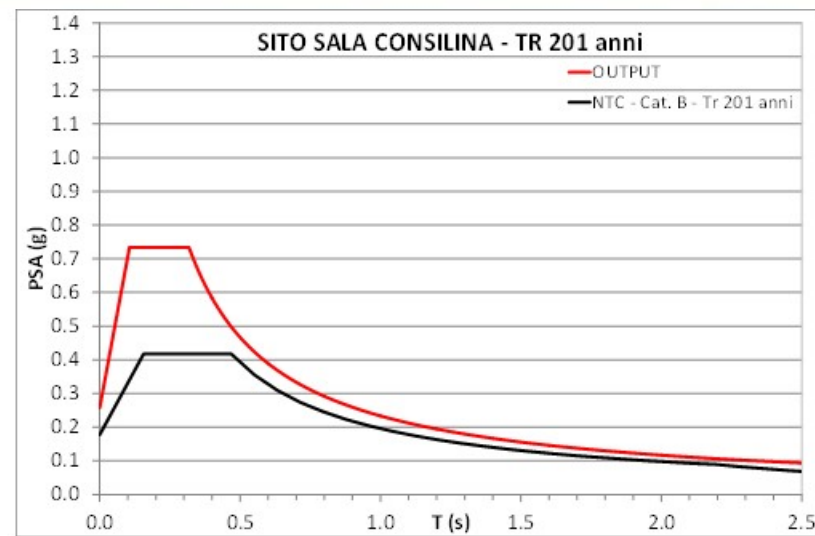
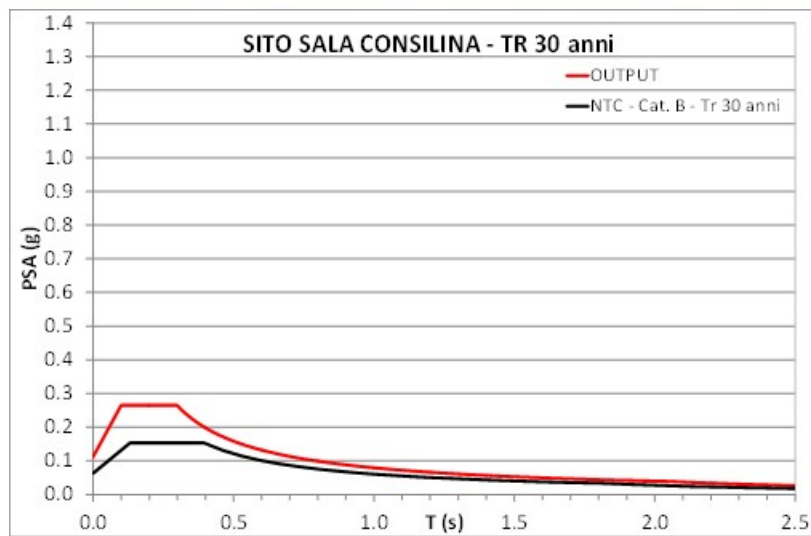
UNITA'	Litologia	S (m)	γ (kN/m ³)	V _P (m/s)	V _S (m/s)	ν	G (MPa)
U1	Deposito colluviale	3	18	450	240	0.30	105
U2	Deposito detritico-colluviale	7	19	550	300	0.29	174
U3	Deposito detritico	16	20	900	500	0.28	509
U4	Substrato roccioso	-	24	2000	1000	0.33	2446



Risultati



Risultati



Esempio: CANAZEI



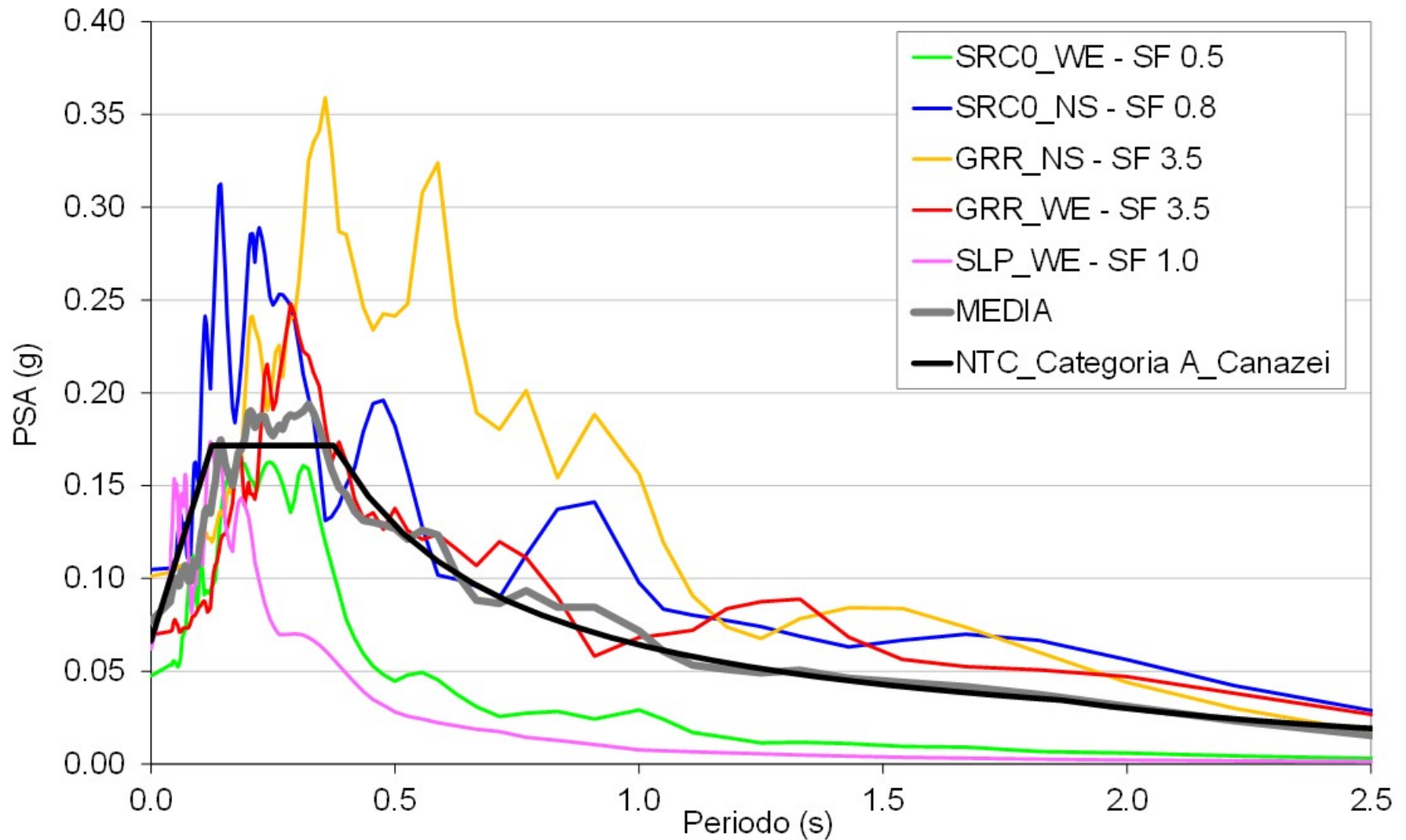
Input sismici

Evento	Data	Ora	Lat (°)	Lon (°)	Prof. (km)	Mw	ML	Regime tettonico
FRIULI 2° shock	1976-09-11	16:35:01	46.300	13.317	9.0	5.6	5.8	Faglia inversa
FRIULI 4° shock	1976-09-15	09:21:18	46.300	13.183	21.0	5.9	6.0	Faglia inversa
GOLFO DI PATTI	1978-04-15	23:33:47	38.268	15.112	22.0	6.0	5.5	Faglia trascorrente
MASSICCIO ORTLES	2001-07-17	15:06:15	46.698	11.075	-	4.8	5.3	Faglia trascorrente

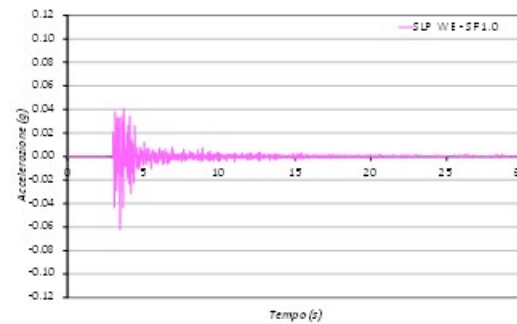
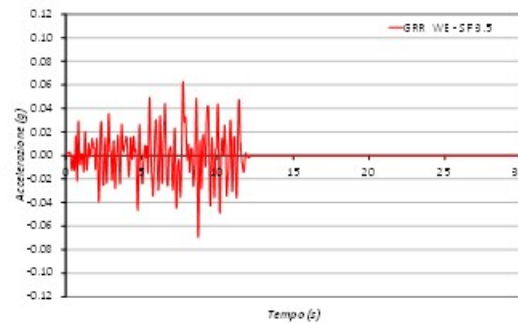
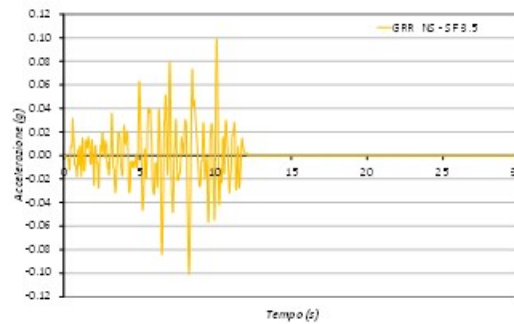
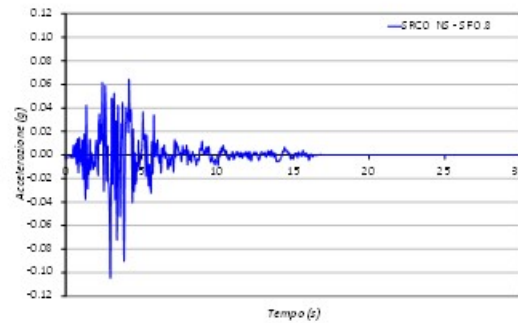
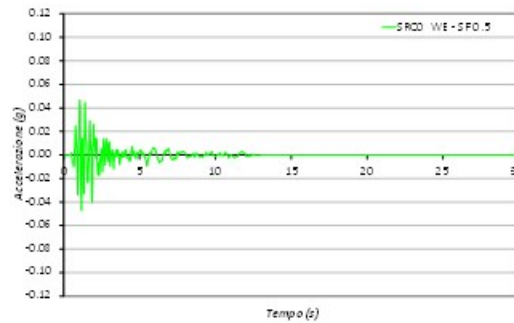
Sigla	Lat (°)	Long (°)	Distanza epicentrale (km)	Evento	Stazione	Comp.	Litologia	pga (g)
SRC0	46.226	12.998	25.9	FRIULI 2° shock	S. Rocco	W-E	Roccia	0.095
SRC0	46.226	12.998	16.4	FRIULI 4° shock	S. Rocco	N-S	Roccia	0.131
GRR	37.726	15.163	60.3	GOLFO DI PATTI	Giarre	N-S	Roccia	0.029
GRR	37.726	15.163	60.3	GOLFO DI PATTI	Giarre	W-E	Roccia	0.020
SLP	46.812	11.253	18.7	MASSICCIO ORTLES	S. Leonardo Val Passiria	W-E	Roccia	0.062



Input sismici

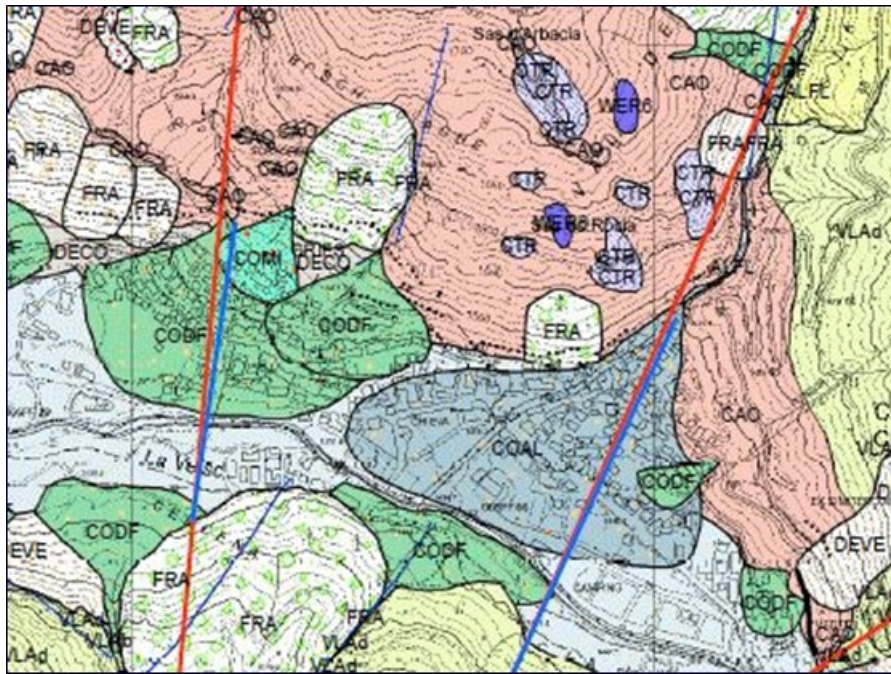


Input sismici



Modello geologico

Carta geologica a scala 1:10000



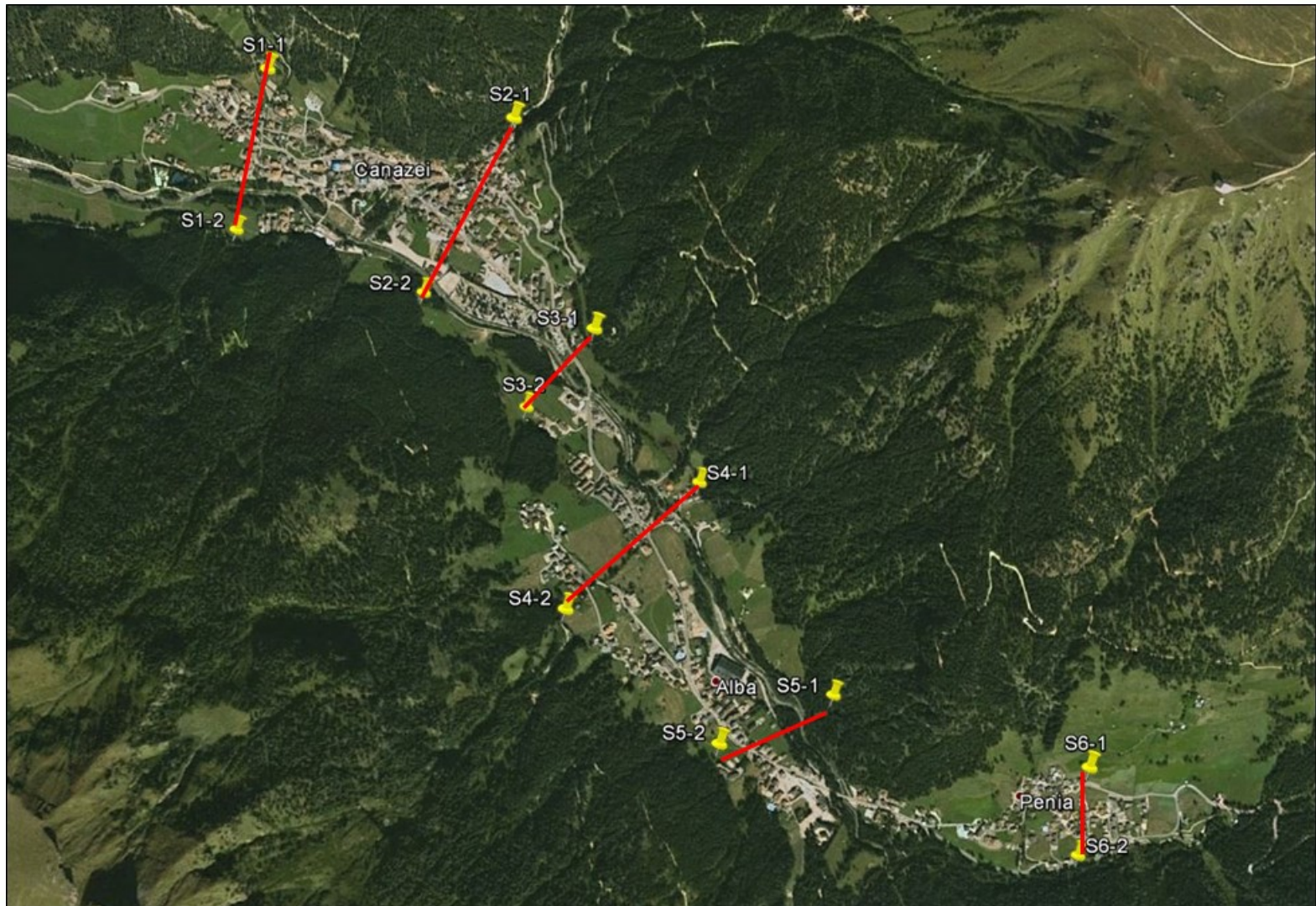
Depositi di fondovalle (ALFL) di origine alluvionale e/o fluvioglaciale
Conoidi di debris flow (CODF)
Conoidi alluvionali e/o fluvioglaciali (COAL)
Conoidi misti di debris flow e torrentizi alluvionali (COMI)
Coni di detrito (CODE)
Depositi di Frana (FRA)
Depositi di versante (DEVE)
Depositi colluviali (DECO)

Per quanto riguarda i depositi prequaternari, costituenti il bedrock geologico dell'area di studio, sono rappresentati principalmente dal Caotico eterogeneo (CAO) e dalle Pillow Breccie (VLAd).

Individuazione di n. 6 sezioni trasversali di analisi



Sezioni rappresentative



Indagini geofisiche



**Sezione 1: n. 4 HVSR
e n. 4 MASW**

**Sezione 2: n. 3 HVSR
e n. 3 MASW**

**Sezione 3: n. 4 HVSR
e n. 4 MASW**

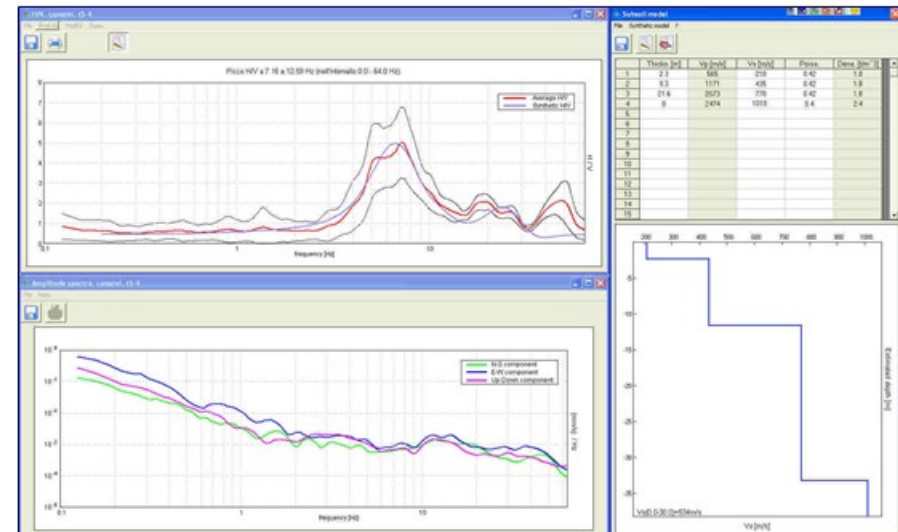
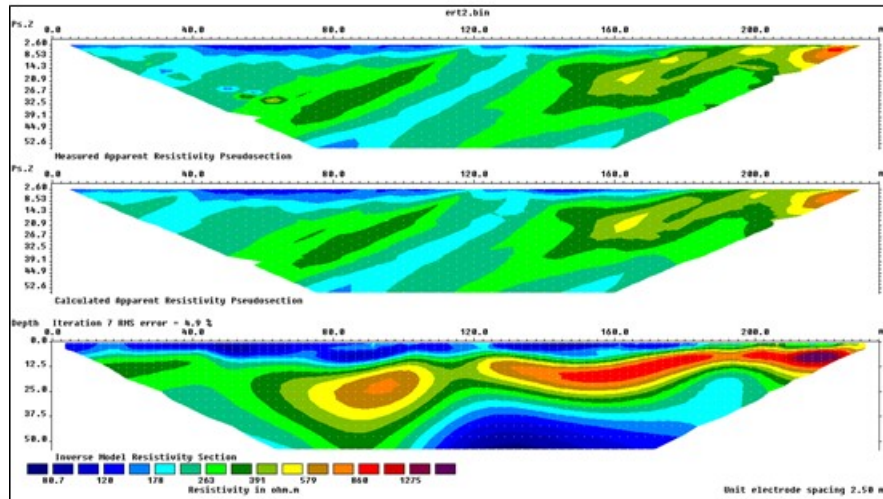
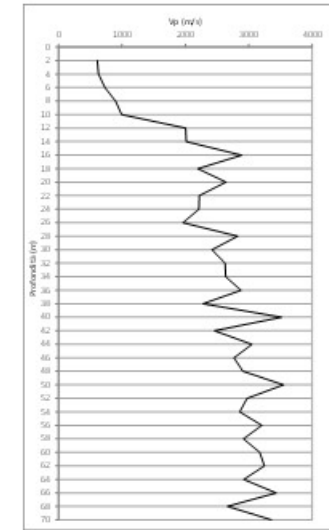
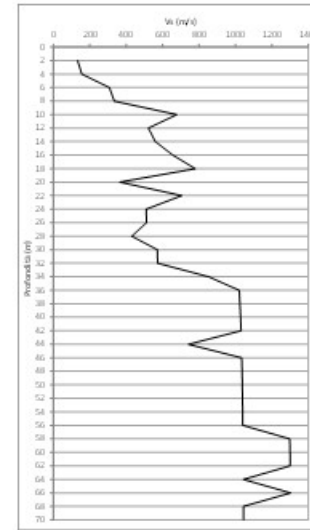
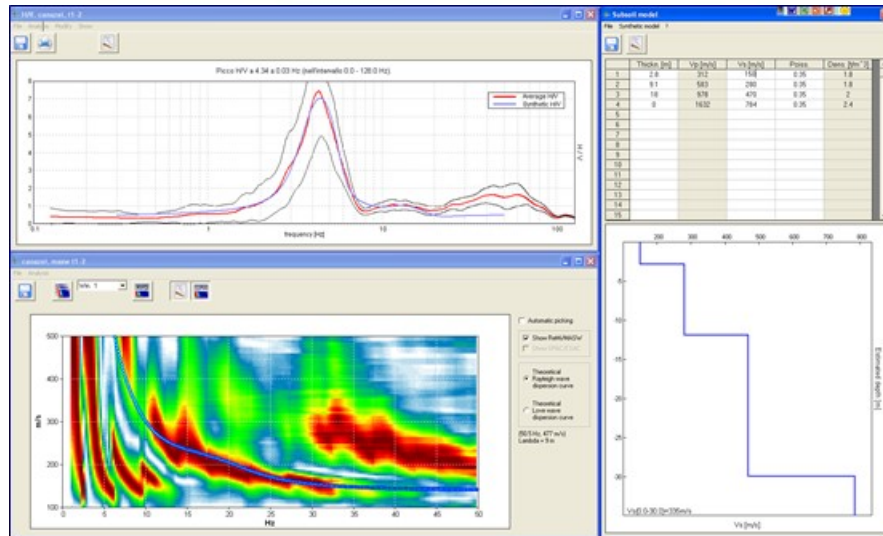
**Sezione 4: n. 4 HVSR
e n. 4 MASW**

**Sezione 5: n. 4 HVSR,
n. 3 MASW e n. 1 ERT**

**Sezione 6: n. 4 HVSR
e n. 3 MASW**



Indagini geofisiche



Sondaggio

STRATIGRAFIA 0 -20 m

Comitente Provincia Autonoma di Trento - Servizio Geologico (TN)	Sondaggio S1	S1	Son.gea.srl
Località Cortina (TN)	Profondità raggiunta 27.00 m		
Impresa esecutrice Son.gea.srl - Edo e Carlo (TN)	Data 27/09/2013		
Tipo Caricamento Continuo a rotazione	Fedejatore Geologo: Giuseppe Pignin		
		Pag. 1/1	

Quota (m)	Descrizione	Quota (m)	Sp. (m)	Sp. (m)	Eventuali Note
0.00	riperto: sabbia e ghiaia fine macinata con ciottoli	-0.40			
-1.00	ghiaia medio fine sub-angolare, con sabbia debolmente limosa argillosa marone scuro e ciottoli (o max 10 cm)	-3.00			
-3.00	Argilla limosa debolmente sabbiosa macinata	-3.40			
-4.00	ghiaia medio fine sub-angolare, con sabbia debolmente limosa argillosa marone	-4.40	7.00 - 2.00	-4.00 PC	
-5.00	ghiaia e sabbia debolmente limosa con rari ciottoli	-6.20			
-6.20	Alternanza di sabbia limosa e argilla limosa sabbiosa marone, con rara ghiaia	-7.20			1 colpo 45 cm
-7.20	Argilla debolmente limosa con rare lenti di sabbia fine	-7.40			-7.20 PC
-7.40	ghiaia e sabbia con ciottoli spigolosi	-8.20			
-8.20	Trovante: Basaltico	-8.40			
-8.40	ghiaia medio grossa spigolosa, con ciottoli poligenici varicolori e sabbia	-11.00			
-11.00	Trovante: Basaltico	-11.20			
-11.20	ghiaia con livelli sabbiosi limosi e ciottoli	-12.00			
-12.00	Trovante: Basaltico	-12.40			
-12.40	ghiaia e sabbia con ciottoli spigolosi poligenici	-14.00			
-14.00	ghiaia medio grossa sub-angolare, con sabbia debolmente limosa grigia e ciottoli	-17.00			
-17.00		-18.00			
-18.00		-19.00			
-19.00		-20.00			
-20.00		-21.00			
-21.00		-22.00			
-22.00		-23.00			
-23.00		-24.00			
-24.00		-25.00			
-25.00		-26.00			
-26.00		-27.00			
-27.00		-28.00			
-28.00		-29.00			
-29.00		-30.00			
-30.00		-31.00			
-31.00		-32.00			
-32.00		-33.00			
-33.00		-34.00			
-34.00		-35.00			
-35.00		-36.00			
-36.00		-37.00			
-37.00		-38.00			
-38.00		-39.00			
-39.00		-40.00			
-40.00		-41.00			
-41.00		-42.00			
-42.00		-43.00			
-43.00		-44.00			
-44.00		-45.00			
-45.00		-46.00			
-46.00		-47.00			
-47.00		-48.00			
-48.00		-49.00			
-49.00		-50.00			
-50.00		-51.00			
-51.00		-52.00			
-52.00		-53.00			
-53.00		-54.00			
-54.00		-55.00			
-55.00		-56.00			
-56.00		-57.00			
-57.00		-58.00			
-58.00		-59.00			
-59.00		-60.00			
-60.00		-61.00			
-61.00		-62.00			
-62.00		-63.00			
-63.00		-64.00			
-64.00		-65.00			
-65.00		-66.00			
-66.00		-67.00			
-67.00		-68.00			
-68.00		-69.00			
-69.00		-70.00			
-70.00		-71.00			
-71.00		-72.00			
-72.00		-73.00			
-73.00		-74.00			
-74.00		-75.00			
-75.00		-76.00			
-76.00		-77.00			
-77.00		-78.00			
-78.00		-79.00			
-79.00		-80.00			
-80.00		-81.00			
-81.00		-82.00			
-82.00		-83.00			
-83.00		-84.00			
-84.00		-85.00			
-85.00		-86.00			
-86.00		-87.00			
-87.00		-88.00			
-88.00		-89.00			
-89.00		-90.00			
-90.00		-91.00			
-91.00		-92.00			
-92.00		-93.00			
-93.00		-94.00			
-94.00		-95.00			
-95.00		-96.00			
-96.00		-97.00			
-97.00		-98.00			
-98.00		-99.00			
-99.00		-100.00			

Tra 0 - 10 m

Ghiaia da medio fine a medio grossolana con sabbia debolmente limosa e rari ciottoli alternata ad orizzonti decimetrici di sabbia limosa e limo argilloso (U1)



Tra 10 - 20 m

Ghiaia medio grossolana con sabbia debolmente limosa e ciottoli con rari trovanti (U2)



STRATIGRAFIA 20 - 40 m

Comitatata
Provincia Autonoma di Trento - Servizio Geologico (TN)

Località
Sarnano (TN)

Impresa operante
Son.geo.Srl - Etno e Caco (Pn)

Tipo Carotaggio
Continuo a colazione

Sondaggio
S1

Profondità raggiunta
- 39 m

Data
27/09/2013

Redattore
Geologo: Giuseppe Pilgion

S1

Son.geo.srl

Pagina 2/4

Alt	Descrizione	Quota	S.P. (m GHI)	Sub-PC (m GHI)	Eventuali Note
-20	Ghiaia medio grossa sub-arrotondata con sabbia limosa e ciottoli (Ø max 11 cm)				
-21	Ghiaia medio grossa sub-arrotondata con sabbia limosa e ciottoli (Ø max 11 cm)	-21.00			
-22	Ghiaia fine spigolosa con sabbia limosa marrone scuro e rari ciottoli (Ø max 11 cm)	-22.00			
-23	Ghiaia medio grossa sub-angolare con sabbia debolmente limosa e ciottoli (Ø max 13 cm)	-23.00			
-24	Tronante: Basaltico	-24.00			
-25	Ghiaia medio grossa sub-angolare con sabbia debolmente limosa e rari ciottoli (Ø max 11 cm)	-25.00			
-26	Tronante: Basaltico	-26.00			
-27	Ghiaia medio fine prevalentemente sub-angolare, con sabbia debolmente limosa marrone	-27.00			
-28	Ciottoli e tronanti poligenici (basaltici -doleritici)	-28.00			
-29	Ghiaia medio grossa, con sabbia limosa grigio scuro e ciottoli (Ø max 15 cm)	-29.00			
-30	Tronante: Basaltico	-30.00			
-31	Ghiaia medio grossa prevalentemente sub-angolare, con sabbia limosa grigio scuro e rari ciottoli (Ø max 8 cm)	-31.00			
-32	Ghiaia debolmente sabbiosa grigio chiaro, con ciottoli (Ø max 17 cm)	-32.00			
-33	Ghiaia medio grossa prevalentemente sub-angolare, con sabbia debolmente limosa grigio scuro e ciottoli (Ø max 11 cm)	-33.00			
-34	Ghiaia medio grossa prevalentemente sub-angolare, con sabbia debolmente limosa grigio scuro e ciottoli (Ø max 11 cm)	-34.00			
-35	Ghiaia medio grossa prevalentemente sub-angolare, con sabbia debolmente limosa grigio scuro e ciottoli (Ø max 11 cm)	-35.00			
-36	Ghiaia medio grossa prevalentemente sub-angolare, con sabbia debolmente limosa grigio scuro e ciottoli (Ø max 11 cm)	-36.00			
-37	Ghiaia medio grossa prevalentemente sub-angolare, con sabbia debolmente limosa grigio scuro e ciottoli (Ø max 11 cm)	-37.00			
-38	Ghiaia medio grossa prevalentemente sub-angolare, con sabbia debolmente limosa grigio scuro e ciottoli (Ø max 11 cm)	-38.00			
-39	Ghiaia medio grossa prevalentemente sub-angolare, con sabbia debolmente limosa grigio scuro e ciottoli (Ø max 11 cm)	-39.00			
-40	Ghiaia medio grossa sub-angolare, con sabbia grigio chiaro debolmente limosa e ciottoli (Ø max 11 cm)	-40.00			
-41	Ghiaia medio grossa sub-angolare, con sabbia grigio chiaro debolmente limosa e ciottoli (Ø max 11 cm)	-41.00			

Tra 20 - 30 m

Alternanze di ghiaia medio fine con sabbia limosa e di ghiaia medio grossolana con sabbia debolmente limosa e ciottoli di diametro da 10 a 15 cm (U3)



Tra 30 - 40 m

Alternanza di ghiaia media debolmente sabbiosa e ghiaia medio grossolana con sabbia debolmente limosa e ciottoli di diametro da 10 a 20 cm (U3)

Sondaggio

STRATIGRAFIA 40 - 60 m

Comune: Provincia Autonoma di Trento - Servizio Geologico (TIG)
Località: Canale (TN)
Impresa esecutrice: Son.geo.srl - Enea Cetto (TN)
Tipo Carotaggio: Continuo a rotazione

Sondaggio: S1
Profondità raggiunta: 72 m
Data: 27/09/2013
Redattore: Geologo: Giuseppe Pignatelli

S1

Son.geo.srl

Pag. 3/8

Quota (m)	Intervallo	Descrizione	Quota (m)	SAT (g/cm³)	Tube AC (cm Ø 7)	Eventual Note
-40		Ghiaia medio grossa prevalentemente sub-angolare, con sabbia limosa marrone scuro e rari ciottoli (Ø max 14 cm)	-42.50			
-42		Ghiaia medio grossa sub-angolare, con sabbia debolmente limosa grigio chiara e ciottoli (Ø max 16 cm)	-45.50			
-44		Ciottoli spigolosi dolomitici	-46.50			
-46		Ghiaia medio grossa sub-angolare, con sabbia marrone scura	-47.50			
-48		Trovante: Basaltico	-49.50			
-50		Ghiaia limosa sabbiosa scoriola, con ciottoli (Ø max 11 cm)	-52.50			
-52		Ghiaia limosa sabbiosa debolmente argillosa scoriola, con ciottoli (Ø max 12 cm)	-54.50			
-54		Ghiaia medio grossa prevalentemente sub-angolare, con sabbia limosa e rari ciottoli (Ø max 9 cm)	-56.50			
-56		Ghiaia medio grossa sub-angolare, con sabbia debolmente limosa grigio scuro e rari ciottoli (Ø max 8 cm)	-58.50			
-58		Ghiaia medio grossa sub-angolare, con sabbia limosa marrone scuro	-60.50			
-60			-62.50			
-62			-64.50			
-64			-66.50			
-66			-68.50			
-68			-70.50			
-70			-72.50			

Tra 40 - 50 m

Ghiaia medio grossolana con sabbia da limosa a debolmente limosa con ciottoli di diametro da 10 a 15 cm e trovanti (U3)



Tra 50 - 60 m

Ghiaia limosa sabbiosa debolmente limosa con ciottoli di diametro da 5 a 10 cm molto addensata (SUBSTRATO RIGIDO)



Sondaggio

STRATIGRAFIA 60 - 70 m

Committente Provincia Autonoma di Trento - Servizio Geologico (TIG)		Sondaggio S1		S1	Son.geo.srl	Pag. 4/4
Località Cembra (TN)		Profondità raggiunta - 70 m				
Impresa geologica Son.geo.srl - Via Cembra (TN)		Data 27.05.2011				
Tipo Caricamento Continuo a rotazione		Redattore Geologo Giuseppe Mignin				
Quota	Descrizione	Quota	Prof. (m)	Prof. (m)	Eventuali Note	
-60	Ghiaia medio grossa sub-angolare, con sabbia limosa argillosa marrone scuro e rari ciottoli (Ø max 5 cm)	-62.50				
-63	Ghiaia medio grossa spigolosa, con limo sabbioso debolmente argilloso grigio chiaro alternata da trovanti basaltici	-65.50				
-66	Ghiaia medio grossa prevalentemente sub-angolare, con limo sabbioso scottola e ciottoli (Ø max 5 cm)	-70.00				
-70					Fine Foro	
-71						
-72						
-73						
-74						
-75						
-76						
-77						
-78						
-79						
-80						
-81						

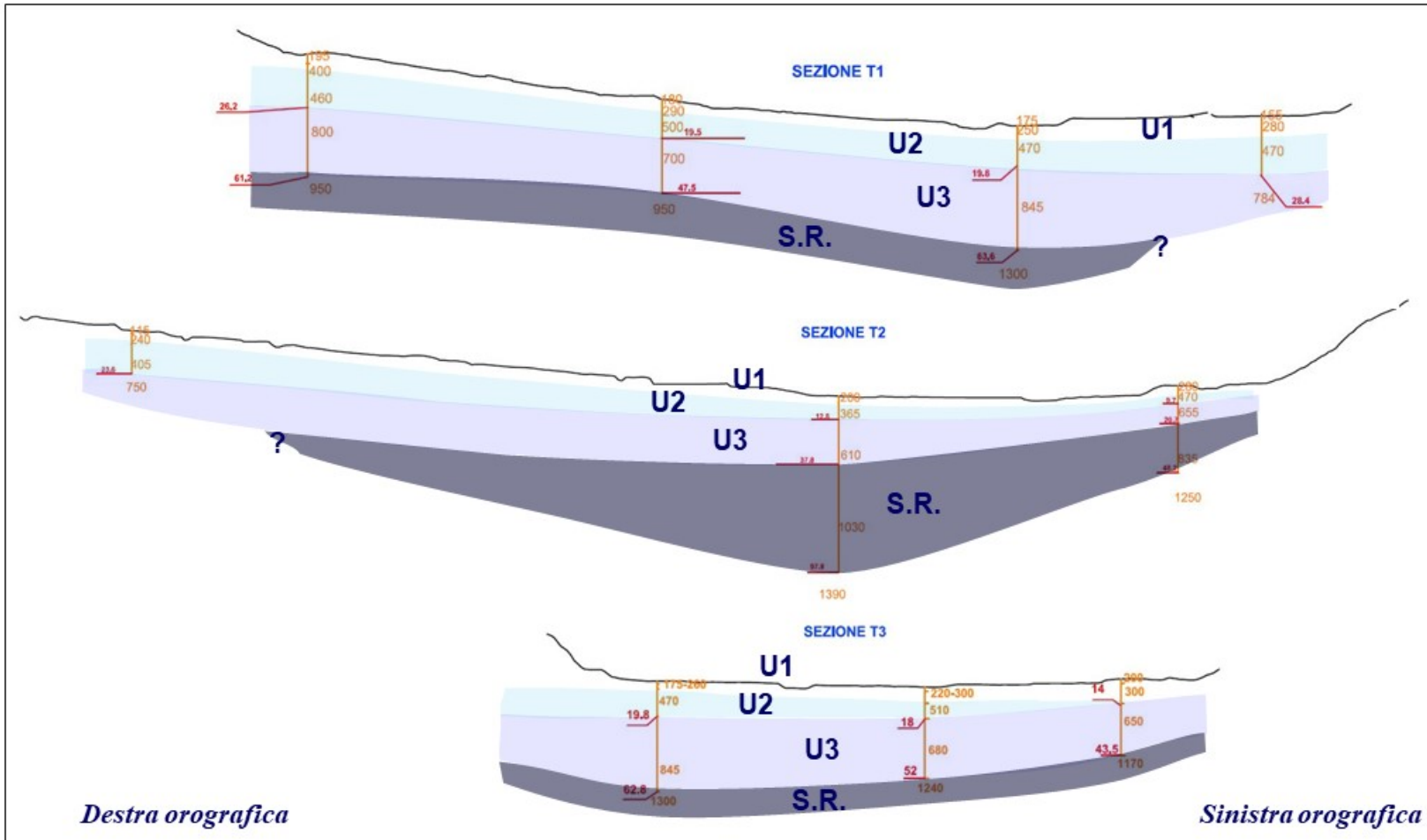
Tra 60 - 70 m

Ghiaia medio grossolana con sabbia limosa debolmente argillosa e ciottoli di diametro da 5 a 10 cm molto addensata (SUBSTRATO RIGIDO)



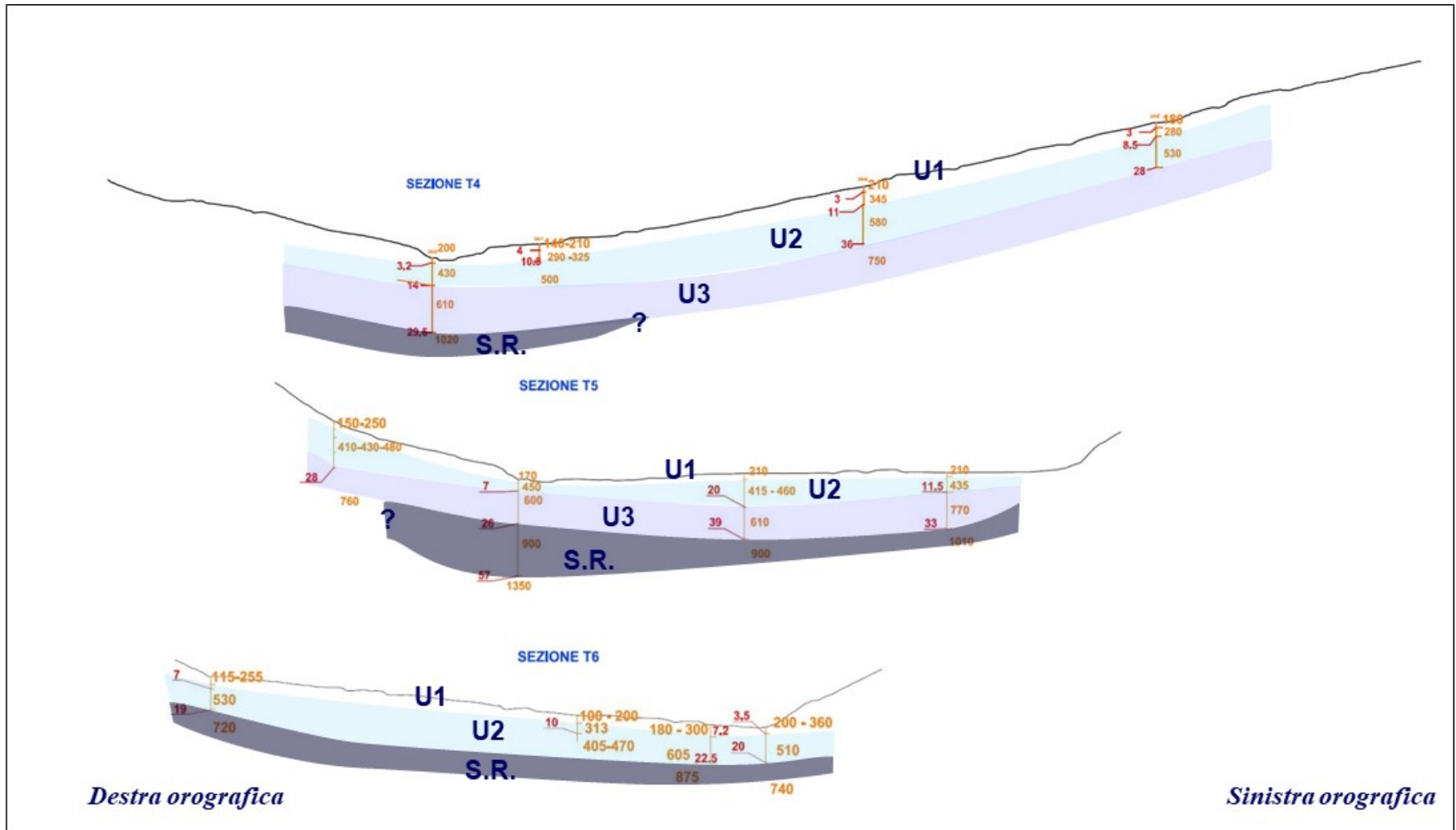
Sezioni geologico-geofisiche

SCHEMI RIASSUNTIVI



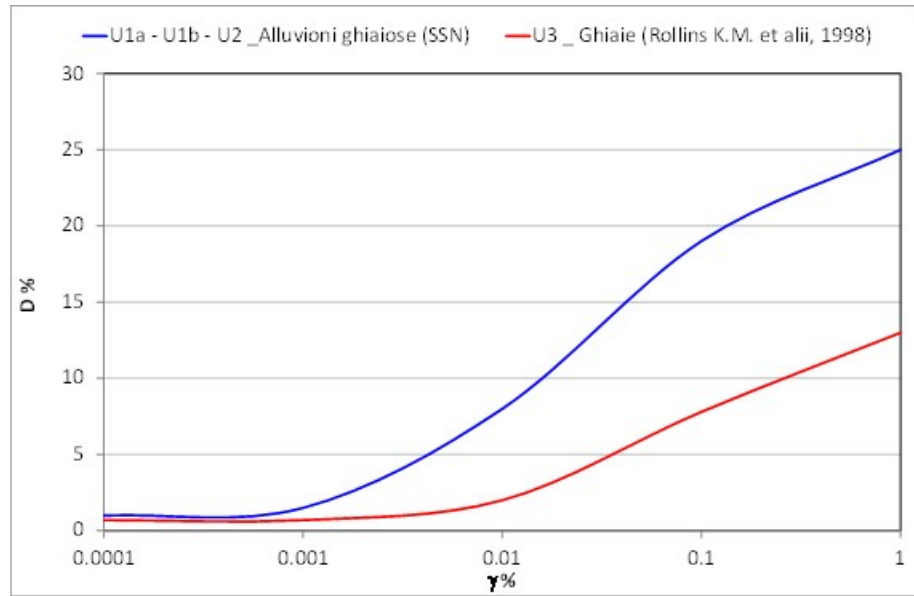
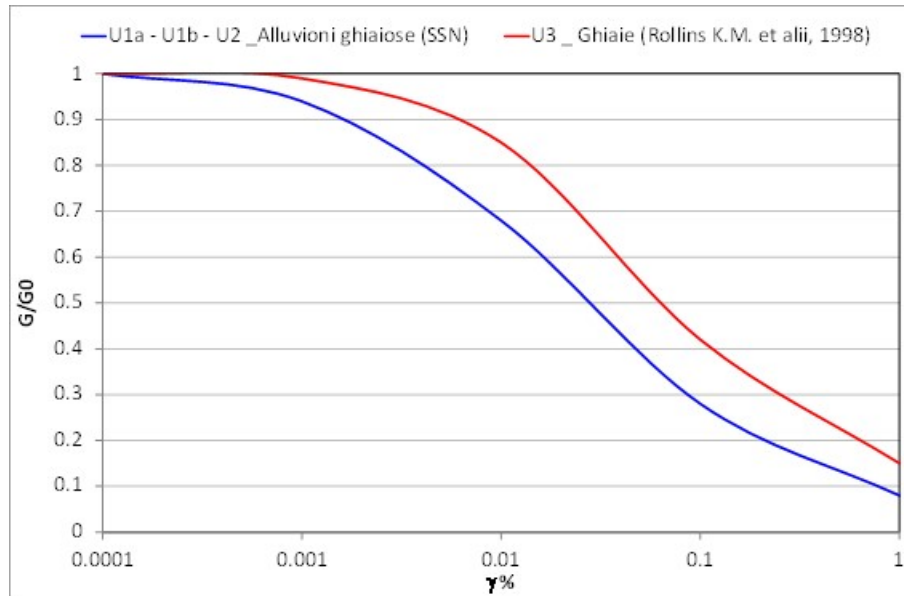
Sezioni geologico-geofisiche

SCHEMI RIASSUNTIVI



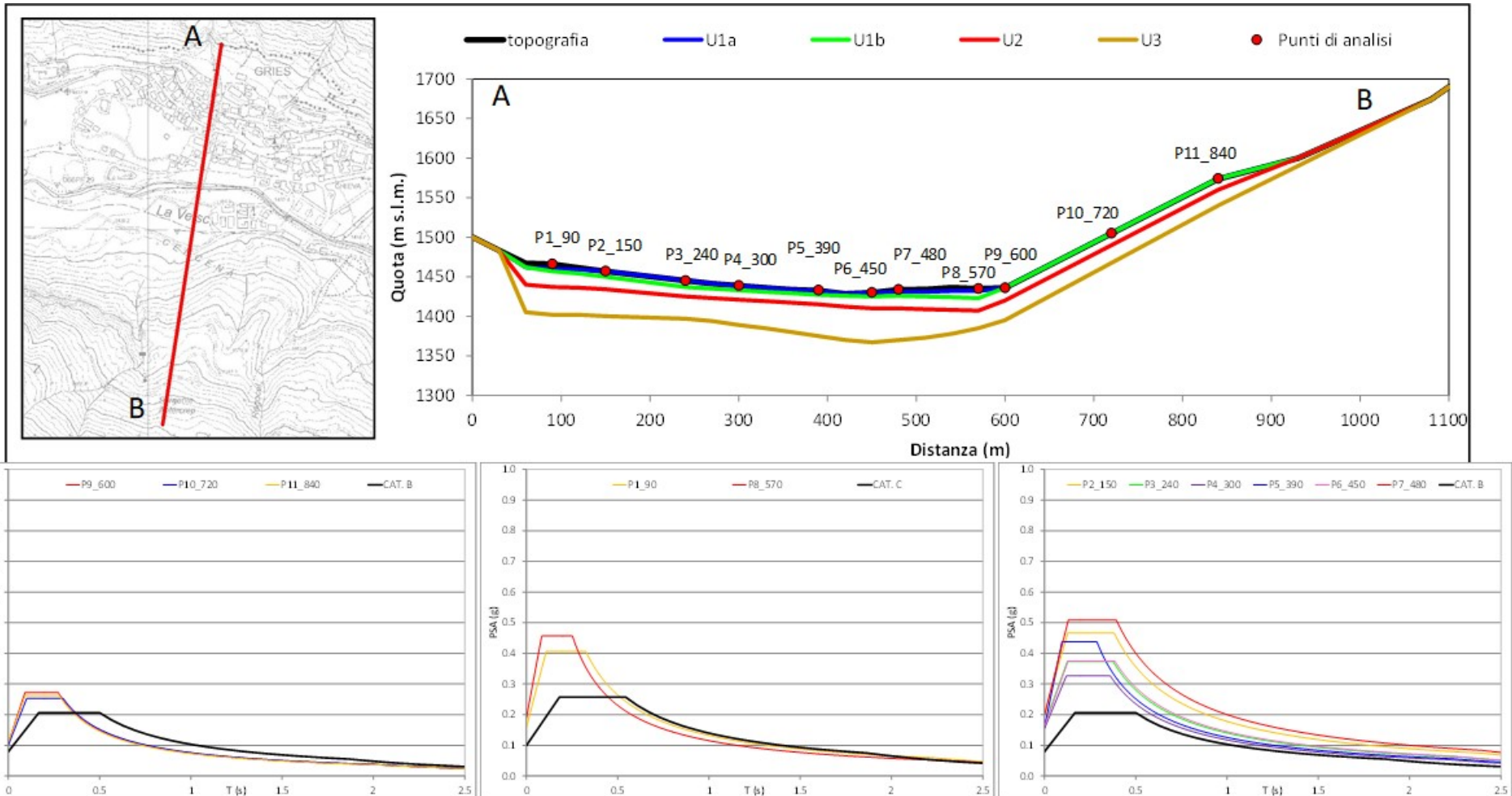
Modello geofisico

UNITA' GEOFISICA	γ (kN/m ³)	ν (-)	D_0 (%)	Vs (m/s)					
				Sezione 1	Sezione 2	Sezione 3	Sezione 4	Sezione 5	Sezione 6
U1a	18.5	0.40	0.010	200					
U1b	19.0	0.40	0.010	270	260	290	310	250	300
U2	20.0	0.45	0.010	470	410	490	510	440	520
U3	22.0	0.40	0.007	780	670	720	740	680	-
Bedrock	24.0	0.37	0.005	1000	930	1200	1000	940	800



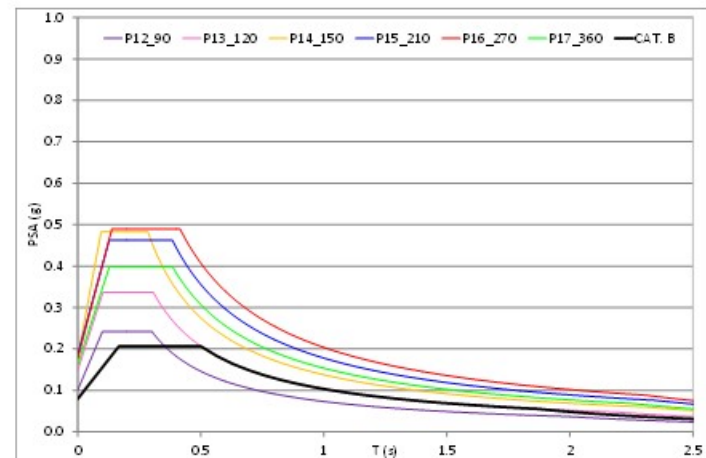
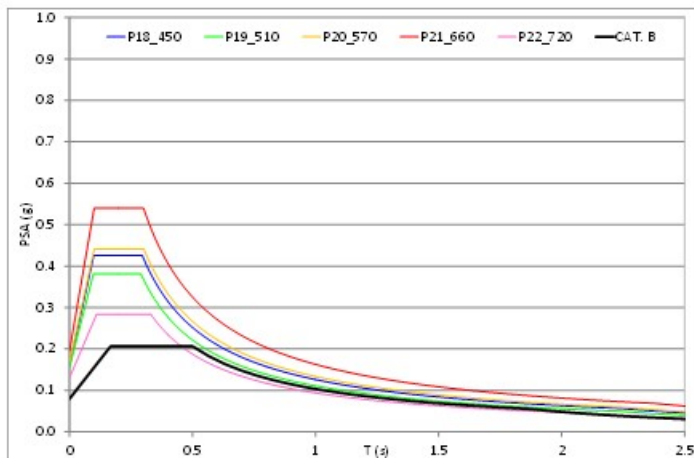
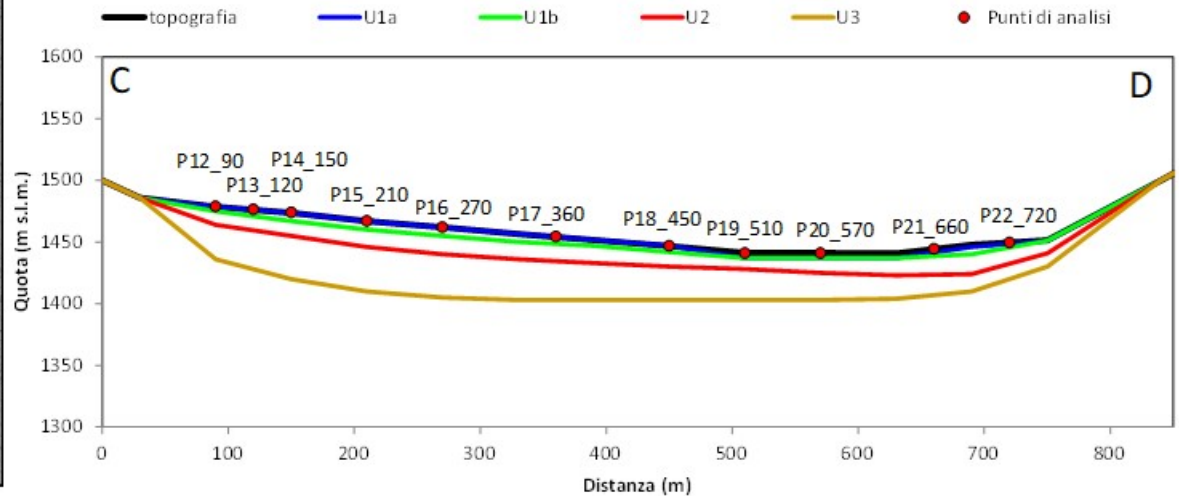
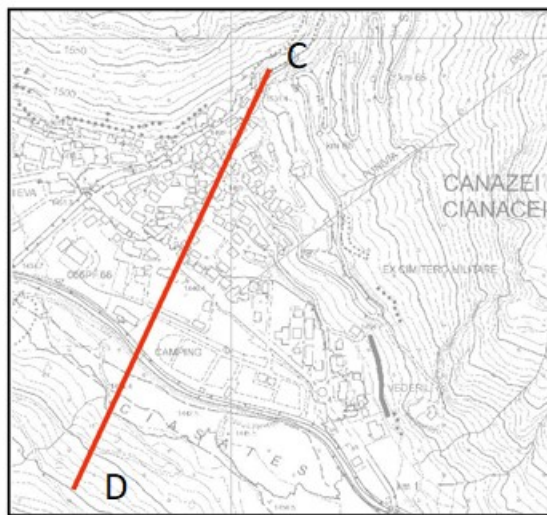
Sezioni analizzate

SEZIONE n. 1



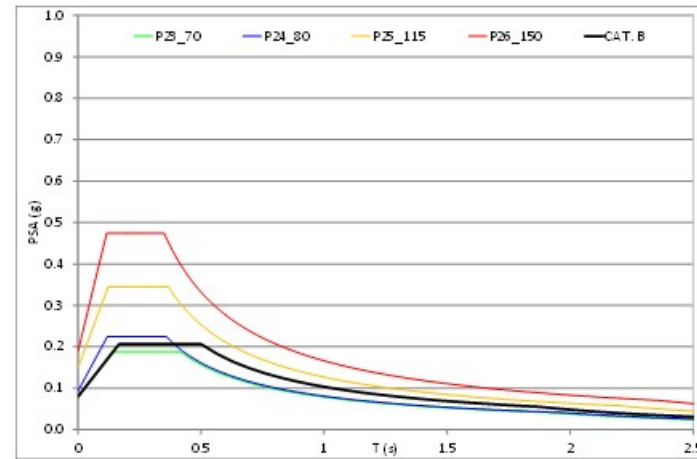
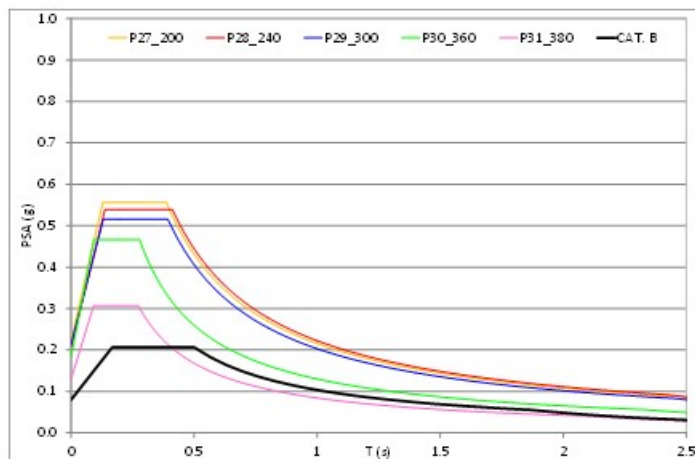
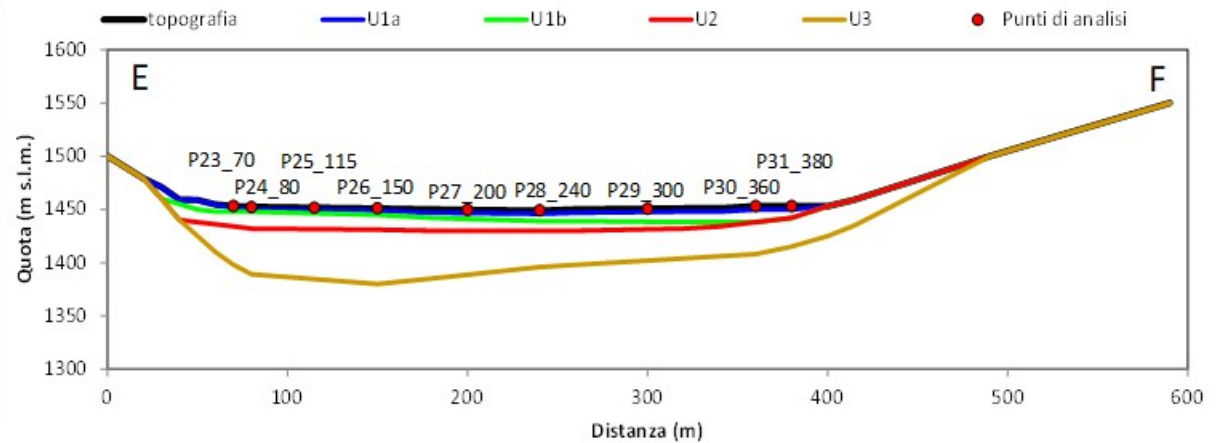
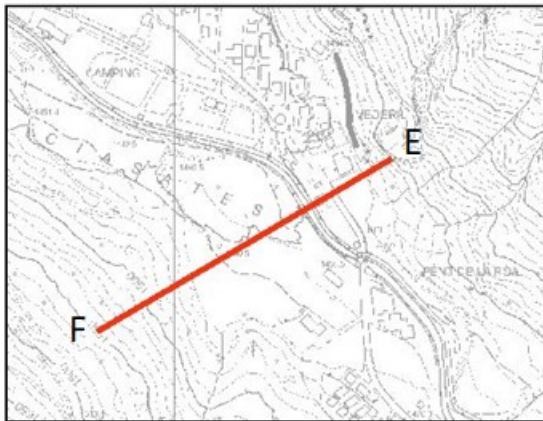
Sezioni analizzate

SEZIONE n. 2



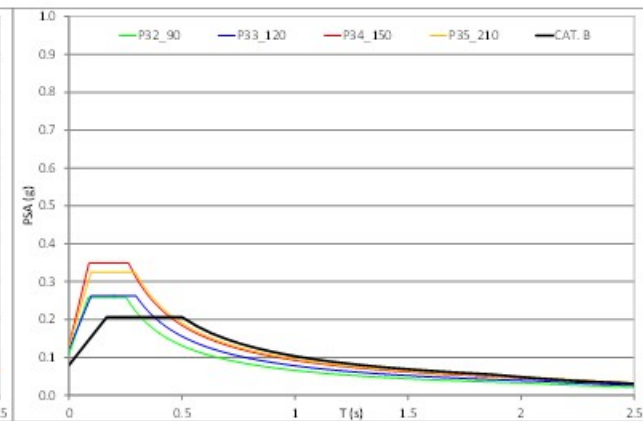
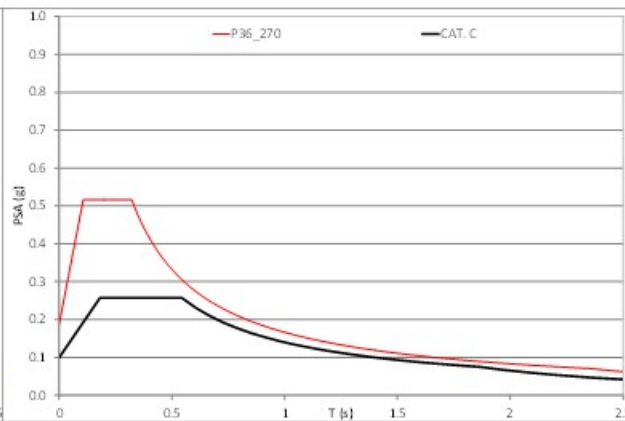
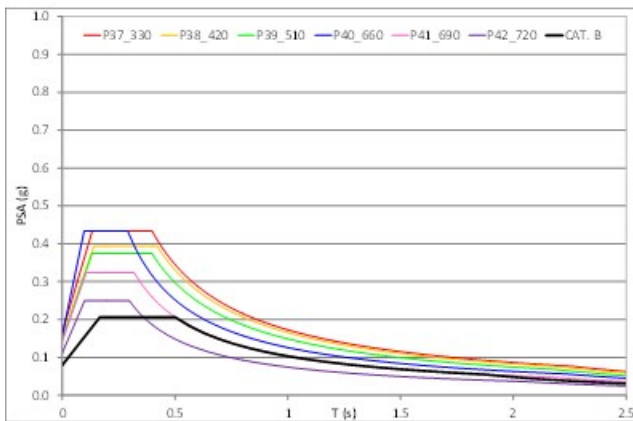
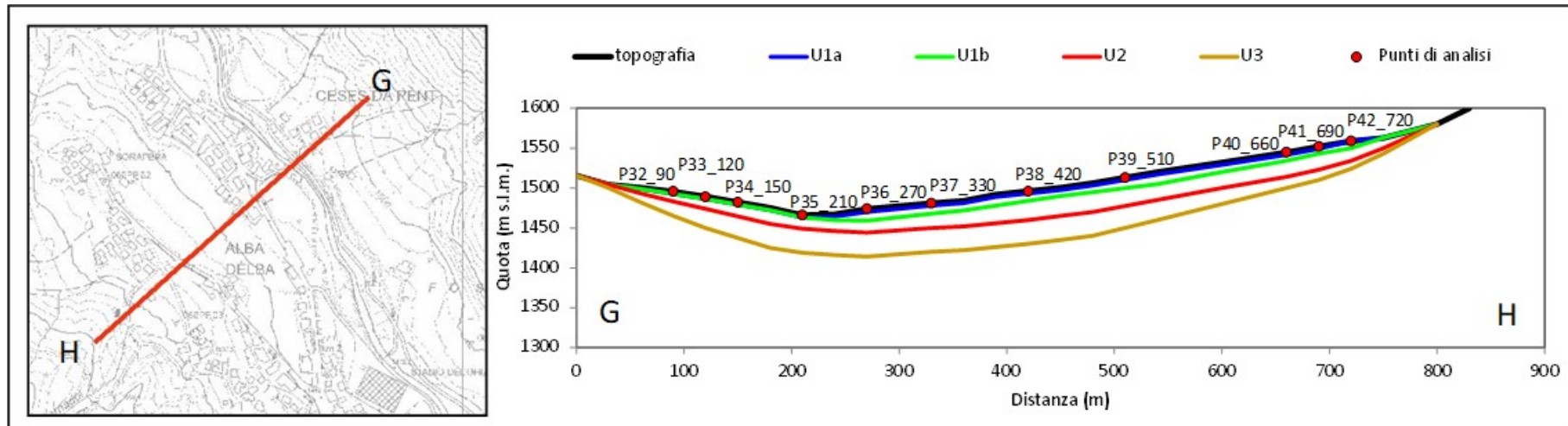
Sezioni analizzate

SEZIONE n. 3



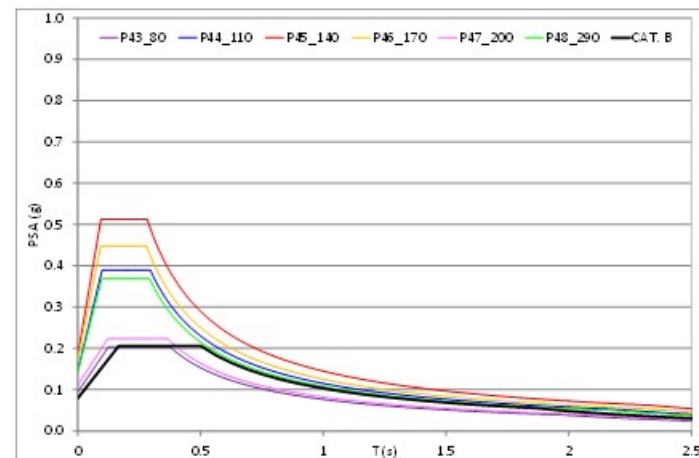
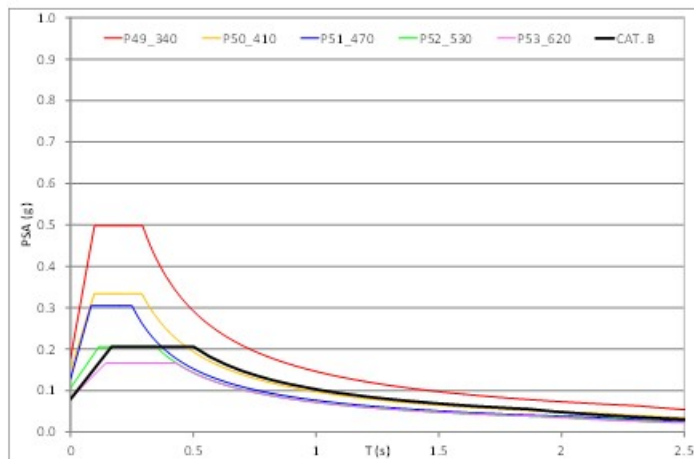
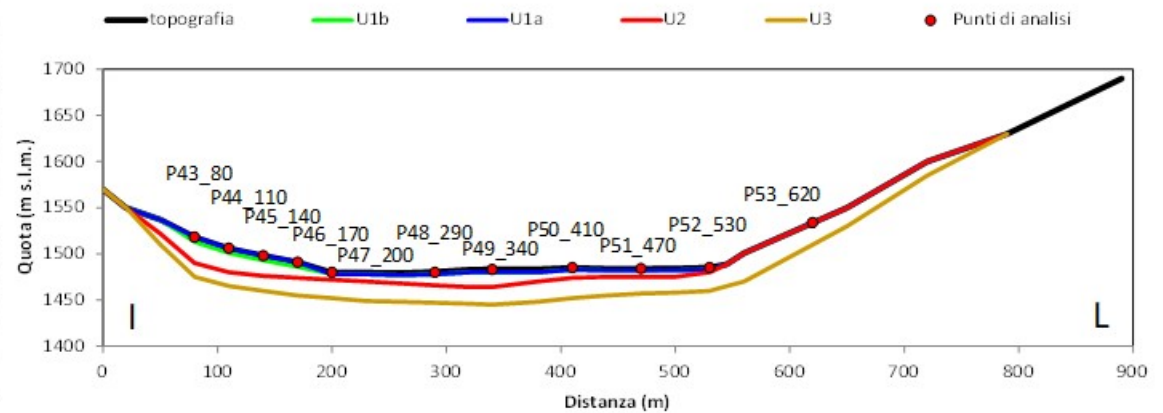
Sezioni analizzate

SEZIONE n. 4



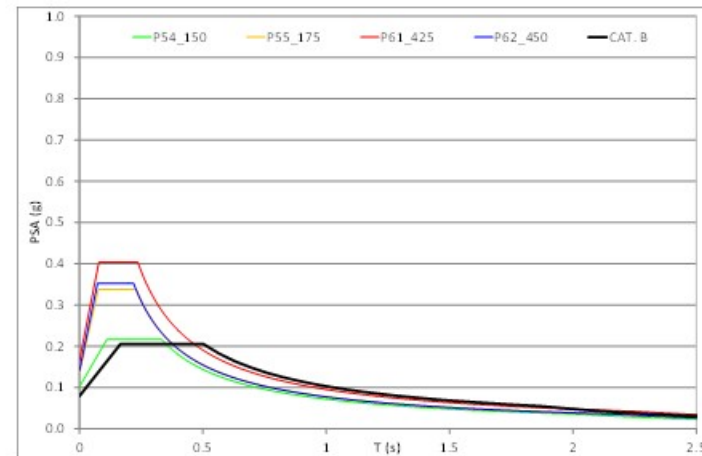
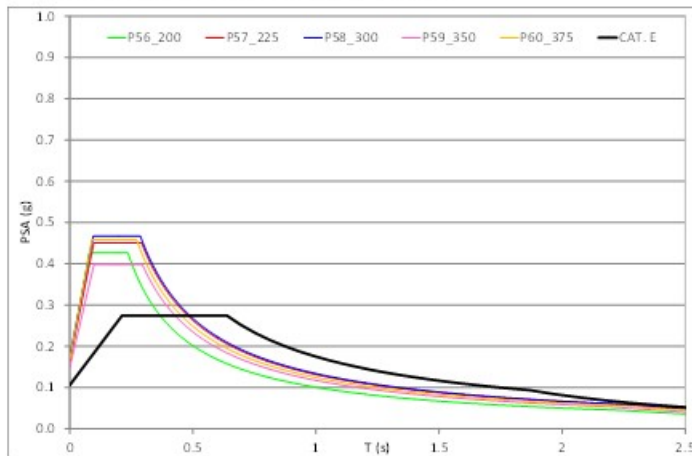
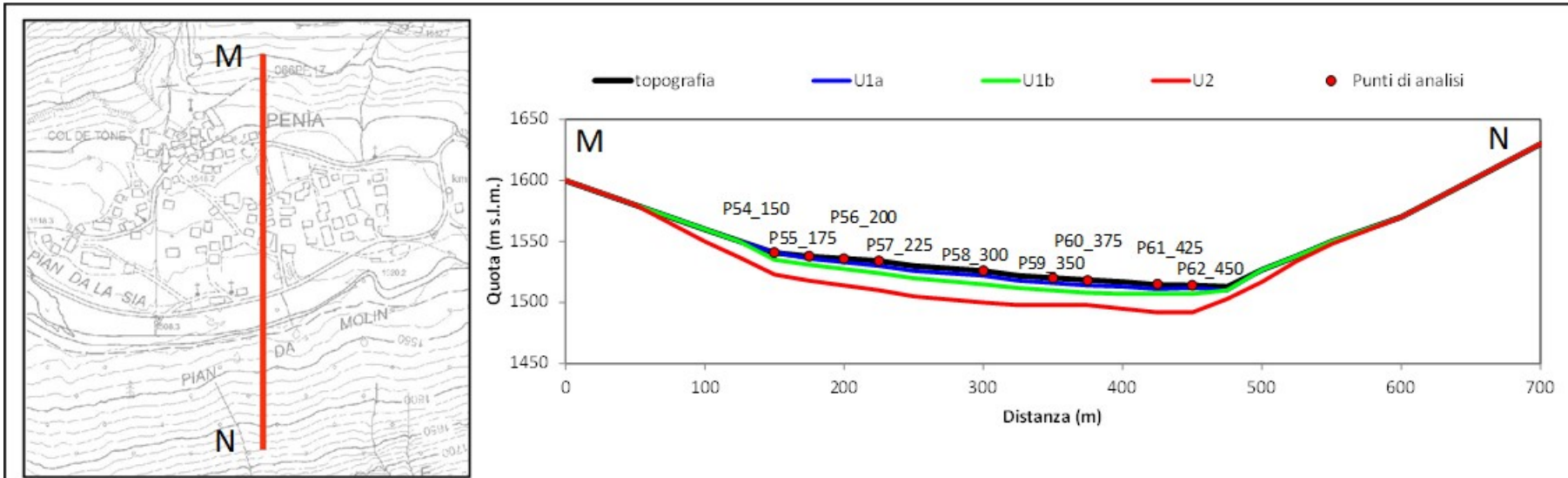
Sezioni analizzate

SEZIONE n. 5



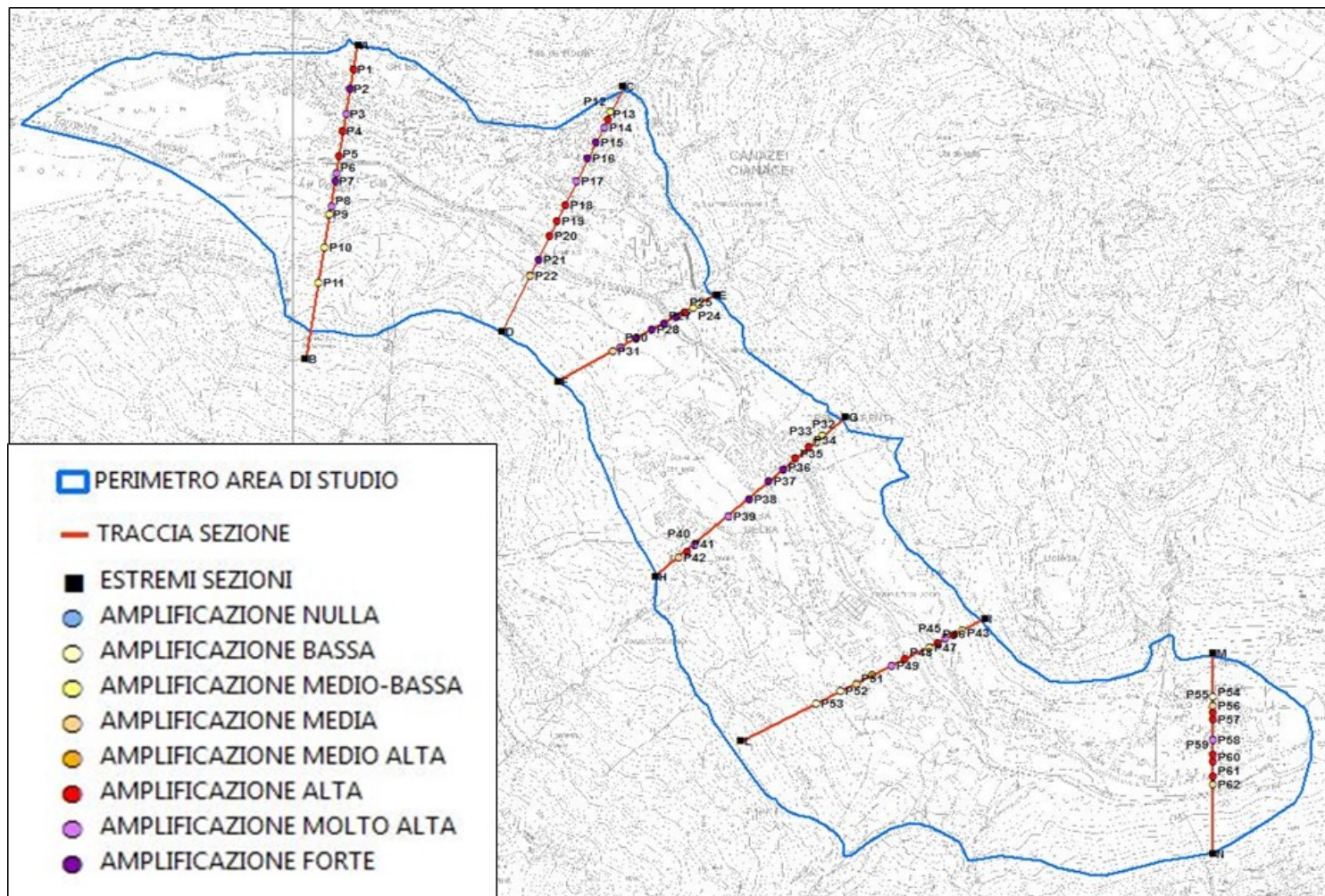
ATTIVITA' 5 – MODELLAZIONE

SEZIONE n. 6

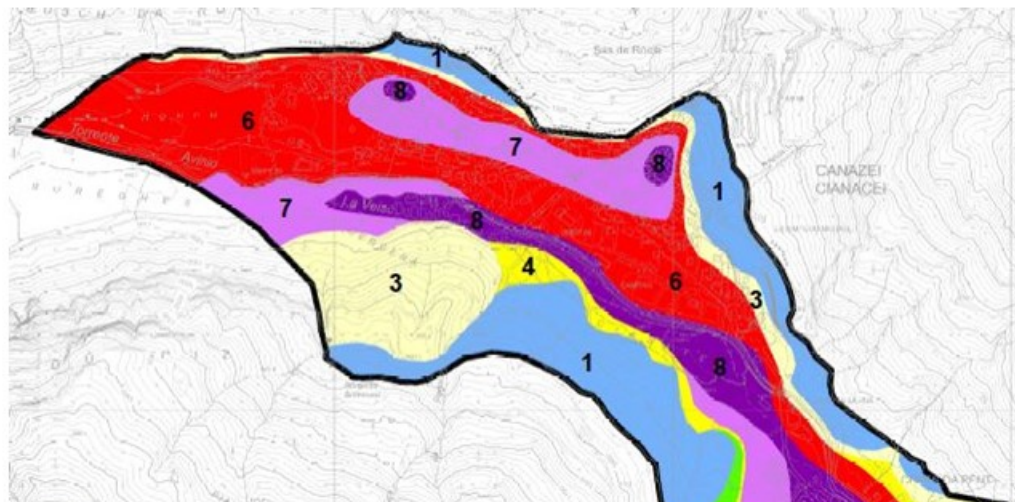


ATTIVITA' 5 – MODELLAZIONE

SEZIONI E PUNTI DI ANALISI



ATTIVITA' 6 – RISULTATI



LEGENDA

ZONE OMOGENEE IN TERMINI DI AMPLIFICAZIONE SISMICA

-  ZONA 1
-  ZONA 2
-  ZONA 3
-  ZONA 4
-  ZONA 5
-  ZONA 6
-  ZONA 7
-  ZONA 8

