



studio associato

Via Giorgio e Guido Paglia, n° 21 – 24122 BERGAMO – e-mail: bergamo@eurogeo.net
Tel. +39 035 248689 – +39 035 271216 – Fax +39 035 271216

REL. SS17 23/12/2011

Comune di Ambivere

Via Dante Alighieri, 2 – Ambivere (BG)



**AGGIORNAMENTO DELLA COMPONENTE GEOLOGICA,
IDROGEOLOGICA E SISMICA DEL P.G.T.
ai sensi della D.G.R. 8/1566 del 22 dicembre 2005
e della D.G.R. 8/7374 del 28 maggio 2008**

Relazione Geologica

Bergamo, dicembre 2011



Massimo Elitropi

Renato Caldarelli



Sommario

| | | |
|----------|---|-----------|
| 1 | PREMESSA | 3 |
| 2 | ANALISI DELLA SISMICITÀ DEL TERRITORIO E CARTA DELLA PERICOLOSITÀ | |
| | SISMICA LOCALE (TAV. 1) | 4 |
| 2.1 | Introduzione | 4 |
| 2.2 | Zonazione della pericolosità sismica locale | 6 |
| 2.2.1 | PRIMO LIVELLO | 6 |
| 2.2.2 | SECONDO LIVELLO | 7 |
| 2.2.3 | TERZO LIVELLO | 19 |
| 3 | CARTA DEI VINCOLI | 23 |
| 3.1 | Carta del dissesto con legenda uniformata al P.A.I. (TAV. 5) | 24 |
| 3.1.1 | AREE DI DISSESTO P.A.I. | 24 |
| 3.2 | Aree di salvaguardia delle captazioni idropotabili | 26 |
| 3.2.1 | AREA DI TUTELA ASSOLUTA | 26 |
| 3.2.2 | AREA DI RISPETTO | 26 |
| 4 | CARTA DI SINTESI (TAV. 3) | 27 |
| 4.1 | Aree pericolose dal punto di vista dell'instabilità dei versanti | 27 |
| 4.2 | Aree vulnerabili dal punto di vista idrogeologico | 27 |
| 4.3 | Aree vulnerabili dal punto di vista idraulico | 27 |
| 4.4 | Aree che presentano scadenti caratteristiche geotecniche | 28 |
| 4.5 | Ambiti di particolare interesse geomorfologico, scientifico, naturalistico ed educativo | 28 |
| 5 | CARTA DI FATTIBILITÀ DELLE AZIONI DI PIANO (TAV. 4) | 29 |
| 5.1 | Classi di fattibilità geologica | 29 |
| 5.2 | La fattibilità geologica nel comune di Ambivere | 32 |
| 5.2.1 | CLASSE 1 | 32 |
| 5.2.2 | CLASSE 2 | 32 |
| 5.2.3 | CLASSE 3 | 33 |
| 5.2.4 | CLASSE 4 | 34 |
| 5.3 | Normativa sismica | 35 |
| 5.3.1 | EFFETTI DI INSTABILITÀ (PSL Z1) | 36 |
| 5.3.2 | ZONE CON TERRENI DI FONDAZIONI PARTICOLARMENTE SCADENTI (PSL Z2) | 36 |
| 5.3.3 | EFFETTI DI AMPLIFICAZIONE MORFOLOGICA (PSL Z3) | 37 |
| 5.3.4 | EFFETTI DI AMPLIFICAZIONE LITOLOGICA (PSL Z4) | 37 |

Allegati

- 1 Schede regionali per la valutazione del Fattore di Amplificazione;
- 2 Velocità delle onde S, prove MASW Vs30;
- 3 Schede pozzi.

Tavole

- 1 Carta della Pericolosità Sismica Locale (scala 1:5.000);
- 2 Carta dei Vincoli (scala 1:5.000);
- 3 Carta di Sintesi (scala 1:5.000);
- 4A Carta della Fattibilità Geologica delle azioni di piano (scala 1:10.000);
- 4B Carta della Fattibilità Geologica delle azioni di piano (scala 1:5.000);
- 5 Carta del dissesto con legenda uniformata P.A.I. (scala 1:10.000).





1 PREMESSA

Con l'entrata in vigore della "Legge per il governo del territorio" (L.R. 12/05 dell'11 marzo 2005) la Regione Lombardia ha modificato l'approccio culturale alla materia urbanistica, sostituendo il principio della pianificazione con quello del governo del territorio. La successiva D.G.R. 8/1566 del 22 dicembre 2005, aggiornata con la D.G.R. 8/7374 del 28 maggio 2008, ha definito i criteri e gli indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del Piano di Governo del Territorio, in attuazione dell'art. 57 della Legge Regionale.

L'elemento tecnico di maggiore novità introdotto è rappresentato dall'elaborato della carta della pericolosità sismica con la quale sono individuate quelle parti del territorio comunale che, per litologia e/o conformazione geomorfologica del paesaggio, presentano maggiore sensibilità a un potenziale evento sismico.

La zonazione sismica è stata aggiunta alla carta della fattibilità geologica senza modifiche sostanziali alle perimetrazioni contenute nello "*Studio Geologico di Supporto del Piano Regolatore Generale*" del 2002, redatto ai sensi della L.R. 41/97, quale aggiornamento di un precedente studio geologico del 1999 che ha distinto gli elementi di pericolosità naturale presenti sul territorio di Ambivere.

A tali studi si rimanda per la consultazione della documentazione di analisi propedeutica agli elaborati di seguito descritti.



2 ANALISI DELLA SISMICITÀ DEL TERRITORIO E CARTA DELLA PERICOLOSITÀ SISMICA LOCALE (TAV. 1)

2.1 Introduzione

L'analisi sismica è articolata in tre livelli successivi di approfondimento implementati in relazione alla zona sismica di appartenenza del comune (O.P.C.M. n. 3274 del 20 marzo 2003), agli scenari di pericolosità sismica locale e alla tipologia delle costruzioni in progetto (allegato 5 alla D.G.R. 8/7374 e successive integrazioni).

Le zone sismiche sono quattro e sono così definite:

TABELLA 1: ZONE SISMICHE

| Zona | Valori di a_g |
|------|-----------------|
| 1 | 0,35g |
| 2 | 0,25g |
| 3 | 0,15g |
| 4 | 0,05g |

dove a_g è il valore dell'accelerazione orizzontale massima espresso come frazione della gravità (g).

Il territorio comunale di Ambivere ricade nella zona sismica 4 (bassa sismicità).

I livelli di approfondimento e le fasi di applicazione richieste dalla normativa sono riassunti nella tabella seguente.

TABELLA 2: LIVELLI DI APPROFONDIMENTO E FASI DI APPLICAZIONE DELLA NORMATIVA SULLA ZONIZZAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ SISMICA LOCALE

| zona sismica | Livelli di approfondimento e fasi di applicazione | | |
|--------------|---|---|--|
| | 1° livello fase pianificatoria | 2° livello fase pianificatoria | 3° livello fase progettuale |
| 4 | Obbligatorio | nelle zone PSL Z3 e Z4 solo per edifici strategici e rilevanti di nuova previsione (elenco tipologico di cui al d.d.u.o. n. 19904/03) | - nelle aree indagate con il 2° livello quando F_a calcolato > valore soglia comunale; - nelle zone PSL Z1 e Z2 per edifici strategici e rilevanti. |

Il primo livello di approfondimento comporta il riconoscimento delle aree nelle quali è possibile un'amplificazione dell'effetto sismico sulla base delle caratteristiche litologiche, geotecniche e morfologiche ricavabili dalle carte di inquadramento tematiche e confrontate con gli scenari previsti dalle direttive tecniche (Tabella 3).



A ciascuna area così individuata è attribuita una classe di pericolosità sismica e il relativo livello di approfondimento.

Le campiture che definiscono lo scenario di pericolosità sismica sono rappresentate nell'omonima tavola (TAV. 1).

L'applicazione del secondo livello di analisi consente di verificare se i valori di spettro elastico, previsti dal D.M. 14 settembre 2005, sono adatti alle tipologie di opere in progetto oppure se è necessario implementare il terzo livello di analisi per la definizione di nuovi spettri.

TABELLA 3: SCENARI DI PERICOLOSITÀ, EFFETTI E CLASSI DI PERICOLOSITÀ ASSOCIATE

| Sigla | SCENARIO PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE | EFFETTI | CLASSE DI PERICOLOSITA' SISMICA |
|--------------|---|--|---|
| Z1a | Zona caratterizzata da movimenti franosi attivi | Instabilità | H3 |
| Z1b | Zona caratterizzata da movimenti franosi quiescenti | | H2 - livello di approfondimento 3° |
| Z1c | Zona potenzialmente franosa o esposta a rischio di frana | | H2 - livello di approfondimento 3° |
| Z2 | Zone con terreni di fondazione particolarmente scadenti (riporti poco addensati, terreni granulari fini con falda superficiale) | Cedimenti e/o liquefazioni | H2 - livello di approfondimento 3° |
| Z3a | Zona di ciglio H > 10 m (scarpata con parete subverticale, bordo di cava, nicchia di distacco, orlo di terrazzo fluviale o di natura antropica) | Amplificazioni topografiche | H2 - livello di approfondimento 2° (3°) |
| Z3b | Zona di cresta rocciosa e/o cocuzzolo: appuntite – arrotondate | | |
| Z4a | Zona di fondovalle con presenza di depositi alluvionali e/o fluvio-glaciali granulari e/o coesivi | Amplificazioni litologiche e geometriche | H2 - livello di approfondimento 2° |
| Z4b | Zona pedemontana di falda di detrito, conoide alluvionale e conoide deltizio-lacustre | | |
| Z4c | Zona morenica con presenza di depositi granulari e/o coesivi (compresi le coltri loessiche) | | |
| Z4d | Zone con presenza di argille residuali e terre rosse di origine eluvio-colluviale | | |
| Z5 | Zona di contatto stratigrafico e/o tettonico tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche molto diverse | Comportamenti differenziali | H2 - livello di approfondimento 3° |

L'analisi di terzo livello prevede un approccio quantitativo. Va sempre applicata a progetti di edifici strategici e/o rilevanti che prevedono affollamenti significativi (elenco tipologico di cui al d.d.u.o. n. 19904/03), per l'analisi del potenziale di liquefazione del terreno, e dell'amplificazione litologica quando i valori soglia stabiliti dalla Regione Lombardia non sono verificati. Nelle zone a PSL Z3a e Z3b il terzo livello di approfondimento deve essere sempre applicato quando si prevedano costruzioni con strutture flessibili e sviluppo verticale compreso tra 5 e 15 piani.

Con gli aggiornamenti alle direttive tecniche contenute nella d.g.r. n 8/7374 del 28 maggio 2008 tale approfondimento deve essere preceduto dall'analisi della classe sismica di appartenenza del suolo.



Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto sono definite le seguenti categorie di profilo stratigrafico del suolo di fondazione (le profondità si riferiscono al piano di posa delle fondazioni).

A - *Formazioni litoidi o suoli omogenei molto rigidi* caratterizzati da valori di V_{s30} superiori a 800 m/s, comprendenti eventuali strati di alterazione superficiale di spessore massimo pari a 3 metri.

B - *Depositi di sabbie o ghiaie molto addensate o argille molto consistenti*, con spessori di diverse decine di metri, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{s30} compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero resistenza penetrometrica $N_{spt} > 50$, o coesione non drenata $C_u > 250$ kPa).

C - *Depositi di sabbie o ghiaie mediamente addensate o di argille di media consistenza*, con spessori variabili da diverse decine fino a centinaia di metri, caratterizzati da valori di V_{s30} compresi tra 180 e 360 m/s ($15 < N_{spt} < 50$, $70 < C_u < 250$ kPa).

D - *Depositi di terreni granulari da sciolti a poco addensati oppure coesivi da poco a mediamente consistenti*, caratterizzati da valori di $V_{s30} < 180$ m/s ($N_{spt} < 15$, $C_u < 70$ kPa).

E - *Profili di terreno costituiti da strati superficiali alluvionali*, con valori di V_{s30} simili a quelli dei tipi C o D e spessore compreso tra 5 e 20 m e giacenti su di un substrato di materiale più rigido con $V_{s30} > 800$ m/s.

2.2 Zonazione della pericolosità sismica locale

2.2.1 Primo livello

Il territorio comunale di Ambivere è stato suddiviso in diversi scenari di Pericolosità Sismica Locale seguendo lo schema contenuto nella Tabella 3.

Gli ambiti soggetti a dissesto idrogeologico sono stati inseriti nello scenario di pericolosità sismica locale **Z1b**. Si tratta di aree di frana quiescente, nella maggior parte dei casi connesse con fenomeni di pertinenza torrentizia.



Lo scenario **Z1b** comprende alcune porzioni del versante settentrionale del colle della Tribulina.

Nello scenario di pericolosità sismica locale **Z2** sono inserite le aree che presentano caratteristiche geotecniche scadenti che possono dare luogo a cedimenti. Ricadono in questo scenario i terreni di riporto (in prevalenza terrapieni nella fascia pianeggiante del territorio comunale) ed le aree il cui sottosuolo è formato da terreni prevalentemente fini con limitata capacità portante.

Nelle aree collinari la presenza di creste, cocuzzoli o scarpate rocciose è associata allo scenario di pericolosità sismica locale **Z3**, distinto in Z3a per le scarpate e Z3b per le creste e cocuzzoli. Nel territorio comunale di Ambivere sono state riconosciute forme appartenenti allo scenario **Z3b** mentre non sono state rilevate scarpate significative.

All'interno dello scenario di pericolosità sismica locale **Z4a** sono state inserite le morfologie di fondovalle formate dai depositi fluvioglaciali e alluvionali. Si tratta generalmente di depositi granulari compatibili con fenomeni di amplificazione litologica.

Sono state cartografate delle conoidi di limitate dimensioni che appartengono allo scenario di pericolosità sismica locale **Z4b**.

Le aree collinari caratterizzate dalla presenza di limi sabbiosi e argillosi di colore rossastro sono state inserite nello scenario di pericolosità sismica locale **Z4d**.

In alcuni casi si sono verificate sovrapposizioni tra scenari, come in località Genestaro dove, allo scenario Z4a si sovrappone lo Z2, o lo Z1b a sud di località Teggia. Sovrapposizioni si presentano anche tra lo scenario **Z4d** e lo scenario Z1b. In tutti questi casi è necessario applicare in fase progettuale gli approfondimenti previsti da ciascuno scenario.

2.2.2 Secondo livello

La procedura di secondo livello consiste in una valutazione semiquantitativa della risposta sismica dei terreni in termini di *Fattore di Amplificazione (Fa)* e nel confronto con i valori soglia del territorio comunale stabiliti dalla Regione Lombardia e dalle Norme Tecniche per le Costruzioni per ciò che concerne gli effetti di amplificazione morfologica (Tabella 4).



TABELLA 4: VALORI DI SOGLIA PER IL COMUNE DI AMBIVERE

| | Creste e scarpate | suolo tipo A | suolo tipo B | suolo tipo C | suolo tipo D | suolo tipo E |
|----------------------------------|-------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| periodo compreso tra 0,1 – 0,5 s | 1,4 – 1,2 | | 1,4 | 1,8 | 2,2 | 2,0 |
| periodo compreso tra 0,5 – 1,5 s | // | | 1,7 | 2,4 | 4,2 | 3,1 |

L'individuazione dei fattori di amplificazione è stata ottenuta rispettando le indicazioni contenute nell'allegato 5 della D.G.R. 8/7374 del 28 maggio 2008.

La procedura di calcolo del F_a differisce se riferita agli effetti morfologici (scenari Z3) piuttosto che litologici (scenari Z4).

Nelle aree ricadenti in classe Z3, la procedura presuppone l'identificazione del tipo di rilievo morfologico mediante la misura di parametri quali l'altezza del rilievo, la larghezza della base e l'estensione della cresta. La stima del F_a avviene mediante l'utilizzo delle schede morfologiche preparate dalla Regione Lombardia (Allegato 1).

La procedura di valutazione degli effetti litologici (scenari Z4) presuppone la conoscenza della litologia dei materiali presenti, della stratigrafia del sito e dell'andamento delle **velocità di propagazione delle onde sismiche di taglio (V_s)** nel primo sottosuolo. Mediante queste informazioni e l'utilizzo delle schede litologiche preparate dalla Regione Lombardia è possibile la stima del F_a .

2.2.2.1 Applicazione del secondo livello per le aree soggette ad amplificazione topografica

La procedura consente la stima del *Fattore di amplificazione* negli scenari di cresta rocciosa, scarpata o cocuzzolo, caratterizzati da pendii con inclinazione di almeno 10° e i cui rilievi sono costituiti da materiale con $V_s \geq 800$ m/s.

Gli effetti morfologici riguardano i suoli di tipo A così come sono definiti dall'O.P.C.M. n. 3274 del 20 marzo 2003.

La procedura di secondo livello per gli effetti morfologici fornisce F_a solo per l'intervallo 0,1 – 0,5 a causa di alcune limitazioni del metodo di calcolo utilizzato per la preparazione delle schede di valutazione.



Una volta individuate le creste e/o le scarpate, sono stati ricavati i parametri geometrici delle forme (Figura 1 e Figura 2), secondo i modelli stabiliti dalla Regione Lombardia.

Ad Ambivere non sono state rilevate scarpate significative. Si riporta tuttavia la procedura necessaria per il riconoscimento di tali ambiti poiché in fase progettuale, e quindi a una scala di maggior dettaglio, il tecnico incaricato possa accertare la presenza di tale scenario.

Zona di ciglio

La zona di ciglio è caratterizzata da irregolarità con fronti di altezza (H) maggiore o uguale a 10 metri e inclinazione (α) del fronte principale maggiore o uguale a 10° .

- le scarpate sono suddivise in tre tipologie (Figura 1):
- scarpate ideali con fronte superiore orizzontale;
- scarpate in pendenza con fronte superiore inclinato nello stesso verso del fronte principale;
- scarpate in contropendenza con fronte superiore inclinato nello verso opposto rispetto al fronte principale.

L'altezza H esprime la differenza di quota tra il piede e il ciglio del fronte principale. La geometria del fronte superiore è espressa dal parametro h, al quale corrisponde la differenza di quota tra il ciglio del fronte principale e la prima evidente irregolarità morfologica.

Sono da considerare scarpate solo quelle situazioni che presentano:

- un fronte superiore di estensione paragonabile al dislivello altimetrico massimo (H) o comunque non inferiore ai 15-20 metri;
- l'inclinazione (β) del fronte superiore inferiore o uguale ad un quinto dell'inclinazione (α) del fronte principale, nel caso delle scarpate in pendenza (per $\beta \geq 1/5\alpha$ la morfologia è da considerare pendio);
- il dislivello altimetrico minimo (h) minore di un terzo del dislivello altimetrico massimo (H), nel caso di scarpate in contropendenza (per $h \geq 1/3H$ la morfologia è da considerare cresta appuntita).

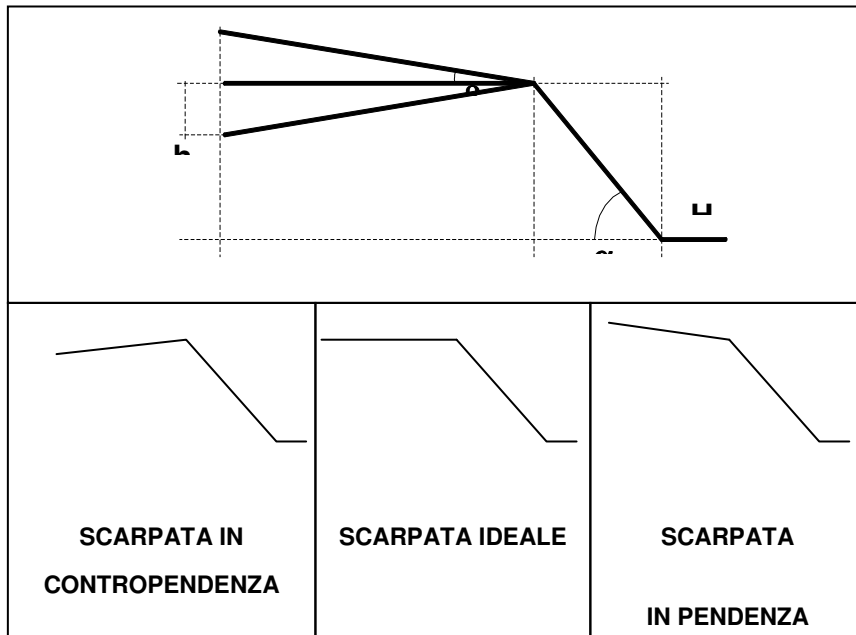


Figura 1: Estratto della scheda per il riconoscimento della tipologia di scarpata (Allegato 1)

Il *Fattore di amplificazione* è da assegnare utilizzando lo schema contenuto nella Tabella 5, i cui dati di ingresso descrivono la geometria della scarpata.

TABELLA 5: SCHEMA PER L'ASSEGNAZIONE DEL FATTORE DI AMPLIFICAZIONE E IL CALCOLO DELL'AREA DI INFLUENZA A MONTE DEL CIGLIO SUPERIORE DELLA SCARPATA.

| Classe altimetrica | Classe di inclinazione | Valore di F_a | Area di influenza |
|---|--------------------------------------|-----------------|-------------------|
| $10 \text{ m} \leq H \leq 20 \text{ m}$ | $10^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ$ | 1,1 | $A_i = H$ |
| $20 \text{ m} < H \leq 40 \text{ m}$ | $10^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ$ | 1,2 | $A_i = 3/4 H$ |
| $H > 40 \text{ m}$ | $10^\circ \leq \alpha \leq 20^\circ$ | 1,1 | $A_i = 2/3 H$ |
| | $20^\circ < \alpha \leq 40^\circ$ | 1,2 | |
| | $40^\circ < \alpha \leq 60^\circ$ | 1,3 | |
| | $60^\circ < \alpha \leq 70^\circ$ | 1,2 | |
| | $\alpha > 70^\circ$ | 1,1 | |

Il F_a assegnato al ciglio superiore della scarpata principale va scalato in maniera lineare fino ad assumere valore pari all'unità all'interno della relativa area di influenza.

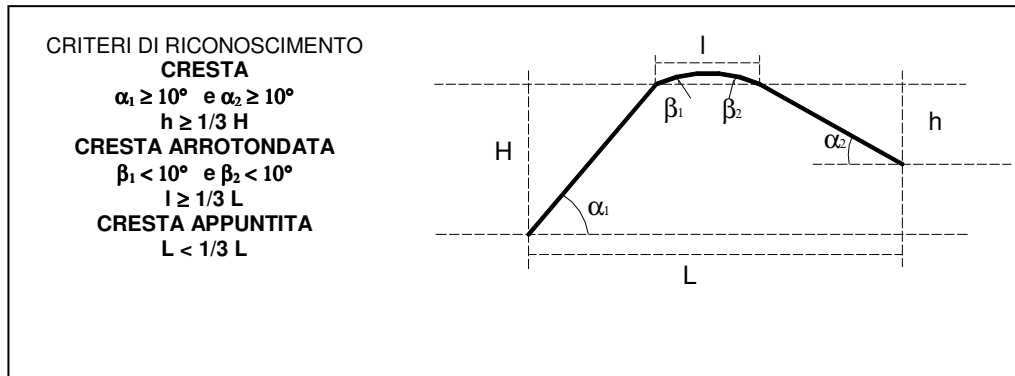
Zona di cresta rocciosa

Le creste rocciose possono essere suddivise in due categorie:

- creste appuntite: caratterizzate da un rilievo con una larghezza di cresta (l) molto inferiore alla larghezza della base (L);



- creste arrotondate: caratterizzate da un rilievo con una larghezza di cresta paragonabile a quella della base oppure pari ad almeno 1/3 di essa; la zona di cresta deve essere pianeggiante o subpianeggiante con inclinazioni inferiori ai 10°.



| | L > 350 | 250 < L < 350 | 150 < L < 250 | L < 150 |
|---------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|
| Creste Appuntite | $Fa_{0,1-0,5} = e^{1,11H/L}$ | $Fa_{0,1-0,5} = e^{0,93H/L}$ | $Fa_{0,1-0,5} = e^{0,73H/L}$ | $Fa_{0,1-0,5} = e^{0,40H/L}$ |
| Creste Arrotondate | $Fa_{0,1-0,5} = e^{0,47H/L}$ | | | |

Figura 2: Estratto della scheda per il riconoscimento della tipologia di cresta e il calcolo del fattore di amplificazione (Allegato 1)

I parametri che descrivono la morfologia della cresta e che consentono l'utilizzo della scheda di valutazione sono i seguenti:

- larghezza alla base del rilievo L;
- larghezza in cresta del rilievo l;
- dislivello altimetrico massimo H e minimo dei versanti h;
- coefficiente di forma H/L.

All'interno della scheda di valutazione sono state scelte, per ogni rilievo analizzato, le curve più appropriate per il calcolo del fattore di amplificazione nell'intervallo 0,1 – 0,5.

Il Fa calcolato, approssimato alla prima cifra decimale, va assegnato all'area corrispondente alla larghezza di cresta (l). Lungo il versante il Fa si scala linearmente sino ad assumere valore pari all'unità alla base del pendio.



Successivamente tale valore deve essere confrontato con i valori soglia stabiliti dalla Regione Lombardia.

Valori soglia per il fenomeno dell'amplificazione topografica

Sono riportati i valori soglia (St) desunti dalle recenti Norme tecniche per le Costruzioni 2008 (Tabella 6) che vanno considerati con un margine di errore di $\pm 0,1$.

TABELLA 6: VALORI SOGLIA St (NUOVE NORME TECNICHE PER LE COSTRUZIONI 2008 - NTC08).

| Categoria | Caratteristiche della superficie topografica | | St |
|-----------|---|--|-----|
| T2 | Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$ | In corrispondenza della sommità del pendio | 1,2 |
| T3 | Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$ | In corrispondenza della cresta del rilievo | 1,2 |
| T4 | Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$ | In corrispondenza della cresta del rilievo | 1,4 |

2.2.2.2 Applicazione del secondo livello per le aree soggette ad amplificazione litologica

Procedura

Il primo punto della procedura di secondo livello prevede l'identificazione della litologia prevalente e il raffronto del profilo delle **Vs** con l'apposito abaco contenuto nelle schede fornite dalla Regione Lombardia.

Attualmente sono disponibili 6 schede per 6 differenti litologie prevalenti.

Una volta individuata la scheda di riferimento, è stato verificato l'andamento delle **Vs** con la profondità utilizzando gli abachi riportati nelle schede di valutazione.

Nel caso in cui l'andamento delle **Vs** con la profondità non ricada nel campo di validità della scheda litologica corrispondente deve essere utilizzata la scheda che presenta l'andamento delle **Vs** più simile a quello riscontrato nell'indagine. In alcuni casi la valutazione del *fattore di amplificazione* è stata eseguita utilizzando più di una scheda e scegliendo la situazione più cautelativa.

Ove possibile è stata utilizzata la scheda litologica corrispondente, negli altri casi è stata utilizzata la curva con maggiore approssimazione per la stima del valore di Fa negli intervalli 0,1 – 0,5 s e 0,5 – 1,5 s.



Il periodo proprio del sito (T) è stato calcolato considerando la stratigrafia fino alla profondità in cui il valore della velocità V_s è uguale o maggiore a 800 m/s, mediante la seguente equazione:

$$T = \frac{4 \times \sum_{i=1}^n h_i}{\left(\frac{\sum_{i=1}^n V_{s_i} \times h_i}{\sum_{i=1}^n h_i} \right)}$$

dove h_i e V_s sono lo spessore e la velocità dello strato i -esimo.

Laddove le prospezioni non abbiano investigato una profondità tale da raggiungere strati con $V_s = 800$ m/s, tale limite è stato interpolato manualmente.

Il *fattore di amplificazione* ottenuto, con un'approssimazione di +0,1 è stato confrontato con i valori soglia stabiliti dalla Regione Lombardia.

Lo sviluppo della velocità delle onde S con la profondità è stato ottenuto mediante prospezioni geofisiche di tipo MASW realizzate negli scenari di Pericolosità Sismica Locale Z4a, Z4b, Z4d (Allegato 2).

La metodologia MASW

Teoria

Nella maggior parte delle indagini sismiche per le quali si utilizzano le onde compressive, più di due terzi dell'energia sismica totale generata viene trasmessa nella forma di onde di Rayleigh, la componente principale delle onde superficiali. Ipotizzando una variazione di velocità dei terreni in senso verticale, ciascuna componente di frequenza dell'onda superficiale ha una diversa velocità di propagazione (chiamata velocità di fase) che, a sua volta, corrisponde ad una diversa lunghezza d'onda per ciascuna frequenza che si propaga. Questa proprietà si chiama dispersione.

Sebbene le onde superficiali siano considerate rumore per le indagini sismiche che utilizzano le onde di corpo (riflessione e rifrazione), la loro proprietà dispersiva può essere utilizzata per studiare le proprietà elastiche dei terreni superficiali.



La costruzione di un profilo verticale di velocità delle onde di taglio (**V_s**), ottenuto dall'analisi delle onde piane della modalità fondamentale delle onde di Rayleigh è una delle pratiche più comuni per utilizzare le proprietà dispersive delle onde superficiali. Questo tipo di analisi fornisce i parametri fondamentali comunemente utilizzati per valutare la rigidità superficiale, una proprietà critica per molti studi geotecnici.

L'intero processo comprende tre passi successivi: l'acquisizione delle onde superficiali (ground roll), la costruzione di una curva di dispersione (il grafico della velocità di fase rispetto alla frequenza) e l'inversione della curva di dispersione per ottenere il profilo verticale delle **V_s**.

Le onde di superficie sono facilmente generate da una sorgente sismica quale, ad esempio, una mazza battente. La configurazione base di campo e la routine di acquisizione per la procedura MASW sono generalmente le stesse utilizzate in una convenzionale indagine a riflessione (CMP). Questa similitudine permette di ottenere, con la procedura MASW, delle sezioni superficiali di velocità che possono essere utilizzate per accurate correzioni statiche dei profili a riflessione. MASW può essere efficace con anche solo dodici canali di registrazione collegati a geofoni singoli a bassa frequenza (<10Hz).

Le onde di dispersione superficiali si caratterizzano per la relazione tra la frequenza, l'energia e la capacità di penetrazione. Le componenti a bassa frequenza (lunghezze d'onda maggiori), sono caratterizzate da forte energia e grande capacità di penetrazione, mentre le componenti ad alta frequenza (lunghezze d'onda corte), hanno meno energia e una penetrazione superficiale. Grazie a queste proprietà, una metodologia che utilizzi le onde superficiali può fornire informazioni sulle variazioni delle proprietà elastiche dei materiali prossimi alla superficie al variare della profondità. La velocità delle onde S (**V_s**) è il fattore dominante che governa le caratteristiche della dispersione.

Il principale vantaggio di un metodo di registrazione multicanale è la capacità di riconoscimento dei diversi comportamenti, che consente di identificare ed estrarre il segnale utile dall'insieme di varie e differenti tipi di onde sismiche. Quando un impatto è applicato sulla superficie del terreno, tutte queste onde sono simultaneamente generate con differenti proprietà di attenuazione, velocità e contenuti spettrali. Queste proprietà sono individualmente identificabili in una registrazione multicanale e lo stadio



successivo del processo fornisce grande versatilità nell'estrazione delle informazioni utili.

Procedura in sito

Ciascuna base sismica è stata ottenuta con la stesa di un cavo sismico per una lunghezza di 24 o di 48 metri con 24 geofoni e una spaziatura dei punti di ricezione pari a 1 o 2 metri a seconda della situazione morfologica dell'area indagata. Per ogni linea sismica sono stati impostati due punti di energizzazione (shots), tipicamente il primo a 5 metri dal primo geofono e il secondo a 10 metri, talvolta le distanze possono mutare a seconda della logistica del sito.

La strumentazione utilizzata per l'acquisizione dei dati a rifrazione è consistita in un sismografo ECHO 24/2002 e 24 geofoni a frequenza naturale di 4,5 Hz. L'energizzazione del terreno (sorgente di energia) è stata ottenuta impiegando una mazza e una piastra appoggiata al terreno.

Il rilievo altimetrico dei punti-geofono e dei punti di energizzazione non si è reso necessario in quanto il piano topografico è risultato pianeggiante.

La procedura MASW può sintetizzarsi in tre stadi distinti:

1. acquisizione dei dati di campo;
2. estrazione della curva di dispersione;
3. inversione della curva di dispersione per ottenere il profilo verticale delle **Vs** (profilo 1-D) che descrive la variazione di Vs con la profondità.

Interpretazione delle misure

Una molteplicità di tecniche diverse sono state utilizzate nel tempo per ricavare la curva di dispersione, ciascuna con i suoi vantaggi e svantaggi.

L'inversione della curva di dispersione viene realizzata iterativamente utilizzando la curva di dispersione misurata come riferimento sia per la modellizzazione diretta che per la procedura ai minimi quadrati. Dei valori approssimati per il rapporto di Poisson e per la densità sono necessari per ottenere il profilo verticale **Vs** dalla curva di dispersione e sono solitamente stimati utilizzando misure prese in loco o valutando le tipologie dei materiali. Quando si generano le onde piane della modalità fondamentale delle onde di Reyleigh, sono generate anche una molteplicità di tipi diversi di onde.



Fra queste le onde di corpo, le onde superficiali non piane, le onde riverberate (back scattered) dalle disomogeneità superficiali, il rumore ambientale e quello imputabile alle attività umane. Le onde di corpo sono in vario modo riconoscibili in un sismogramma multicanale. Quelle rifratte e riflesse sono il risultato dell'interazione fra le onde e l'impedenza acustica (il contrasto di velocità) fra le superfici di discontinuità, mentre le onde di corpo dirette viaggiano, come è implicito nel nome, direttamente dalla sorgente ai ricevitori (geofoni). Le onde che si propagano a breve distanza dalla sorgente sono sempre onde superficiali. Queste onde, in prossimità della sorgente, seguono un complicato comportamento non lineare e non possono essere trattate come onde piane.

Le onde superficiali riverberate (back scattered) possono essere prevalenti in un sismogramma multicanale se in prossimità delle misure sono presenti discontinuità orizzontali quali fondazioni e muri di contenimento. Le ampiezze relative di ciascuna tipologia di rumore generalmente cambiano con la frequenza e la distanza dalla sorgente. Ciascun rumore, inoltre, ha diverse velocità e proprietà di attenuazione che possono essere identificate sulla registrazione multicanale grazie all'utilizzo di modelli di coerenza e in base ai tempi di arrivo e all'ampiezza di ciascuno. La scomposizione di un campo di onde registrate in un formato a frequenza variabile consente l'identificazione della maggior parte del rumore, analizzando la fase e la frequenza indipendentemente dalla distanza dalla sorgente.

La scomposizione può essere quindi utilizzata in associazione con la registrazione multicanale per minimizzare il rumore durante l'acquisizione. Una volta scomposto il sismogramma, un'opportuna misura di coerenza applicata nel tempo e nel dominio della frequenza può essere utilizzata per calcolare la velocità di fase rispetto alla frequenza. La velocità di fase e la frequenza sono le due variabili (x ; y), il cui legame costituisce la curva di dispersione.

Le prospezioni sismiche sono state interpretate mediante il software SWAN (GeoStudi Aster SRL, 2007). L'utilizzo di questo software consente di preprocessare i dati grezzi acquisiti, epurandoli da eventuali disturbi. Successivamente, partendo dal sismogramma medio di sito, sono calcolati gli spettri FK (Frequenza-Numero d'onda) ed FV (Frequenza-Velocità).

La distribuzione dei picchi evidenziati dagli spettri viene ulteriormente analizzata per ricavare la curva di dispersione sperimentale che viene confrontata con quella teorica.



Una volta trovata un'interpolazione tra le due curve il programma esegue l'inversione per ricostruire il profilo delle **Vs** con la profondità. Il profilo così ottenuto può essere ulteriormente modificato per aumentare il grado di interpolazione tra la curva di dispersione sperimentale e quella teorica.

Analisi dei risultati ottenuti

Sono state realizzate tre prove MASW nei siti individuati dai numeri da 1 a 3 (TAV. 1).

Tutte e tre le prove sono state eseguite sui terreni appartenenti allo scenario di pericolosità sismica locale Z4a che occupano il fondovalle tra i rilievi di Ambivere e Palazzago e il settore orientale del territorio comunale che si apre sulla pianura brembana.

La prova 1 è stata realizzata in prossimità di via Buonarroti, su depositi di origine fluvioglaciale di età pleistocenica. La prova 2 in prossimità della località Somasca su terreni di origine mista fluviale, di versante e colluviale, di epoca pleistocenica. L'indagine numero 3 è stata effettuata sui depositi più recenti, di età olocenica e di origine alluvionale, su un lembo di terreno compreso tra via Kennedy e il torrente Dordo.

Nel confronto con i valori soglia previsti dalla normativa sismica sono stati utilizzati i fattori di amplificazione più cautelativi.

Dai profili delle **Vs** (Allegato 2) è stato possibile ricavare il *fattore di amplificazione* (TABELLA 7) e quindi il confronto con i valori soglia (TABELLA 8).

TABELLA 7: FATTORI DI AMPLIFICAZIONE STIMATI

| | periodo compreso tra 0,1 – 0,5 s | periodo compreso tra 0,5 – 1,5 | Vs30 m/s |
|--------|--|--------------------------------------|-------------|
| Sito 1 | 1,2 | 1,0 | 591-593 |
| Sito 2 | 1,5-1,6 | 1,2 | 365-364 |
| Sito 3 | 1,3 | 1,1 | 537-518 |



TABELLA 8: CONFRONTO TRA VALORI CALCOLATI E VALORI SOGLIA DEL FATTORE DI AMPLIFICAZIONE

| Periodo | suolo tipo B | | suolo tipo C | | suolo tipo D | | suolo tipo E | |
|---------------|--------------|------------|--------------|------------|--------------|------------|--------------|------------|
| | 0,1 -0,5 | 0,5 – 1,5 | 0,1 -0,5 | 0,5 – 1,5 | 0,1 -0,5 | 0,5 – 1,5 | 0,1 -0,5 | 0,5 – 1,5 |
| Soglia | 1,4 | 1,7 | 1,8 | 2,4 | 2,2 | 4,2 | 2,0 | 3,1 |
| Sito 1 | 1,2 | 1,0 | | | | | | |
| Sito 2 | 1,5-1,6 | 1,2 | 1,5-1,6 | 1,2 | | | | |
| Sito 3 | 1,3 | 1,1 | | | | | | |

Le velocità delle onde S calcolate collocano il sottosuolo di Ambivere nella classe di suolo B, a eccezione della prova 2 che ha fornito V_{s30} al limite tra un suolo di tipo B e di tipo C.

Pur ricadendo nello stesso scenario di pericolosità sismica locale ed essendo state eseguite su terreni dalle caratteristiche deposizionali simili, i valori del fattore di amplificazione sono risultati piuttosto eterogenei e in alcuni casi al limite oppure oltre i valori di soglia.

2.2.2.3 Considerazioni conclusive

Amplificazione topografica

L'analisi di secondo livello non è stata estesa agli scenari di cresta e di scarpata morfologica poiché lo strumento urbanistico non prevede la realizzazione di edifici strategici e rilevanti in tali ambiti.

La metodologia prevede che in caso di progetto di edifici strategici e rilevanti è necessario valutare se in un intorno significativo dell'area di progetto sussistano geometrie del terreno compatibili con tali scenari. In caso di risposta affermativa dovrà essere ricavato il *Fattore di amplificazione* in conformità con la normativa vigente e come descritto nei capitoli precedenti. In caso di superamento del valore soglia (TABELLA 6) dovrà essere applicato il terzo livello di approfondimento sismico.

È sempre necessario applicare il terzo livello di approfondimento sismico nel caso di costruzioni con strutture flessibili e sviluppo verticale indicativamente compreso tra i 5 e i 15 piani.

Sulla base degli aggiornamenti alle direttive tecniche proposti con D.G.R. n 8/7374 del 28 maggio 2008, tale approfondimento dovrà essere preceduto dall'analisi della classe sismica di appartenenza del suolo.



Amplificazione litologica

Le prove geofisiche di tipo MASW hanno indagato le aree limitrofe ai nuclei edificati.

I fattori di amplificazione calcolati sono risultati in alcuni casi non verificati o molto prossimi al limite dei valori soglia, in particolare per l'intervallo del periodo di oscillazione 0,1 – 0,5 s.

Le risultanze delle prove sismiche hanno anche evidenziato che localmente i suoli si collocano a cavallo tra le tipologie B e C.

In fase progettuale dovrà pertanto essere sempre verificata la classe di appartenenza del sottosuolo e calcolato il *Fattore di Amplificazione*.

2.2.3 Terzo livello

L'applicazione del terzo livello di approfondimento prevede un approccio quantitativo per la valutazione della pericolosità sismica locale. Tale approccio potrà essere svolto ricorrendo a metodologie strumentali o numeriche.

Le metodologie strumentali prevedono lo sviluppo di una campagna di acquisizione dati tramite prove specifiche (nell'allegato 5 alla D.G.R. 8/7374 sono indicati a titolo esemplificativo il metodo di Nakamyre (1989) e il metodo dei rapporti spettrali (Kanai e Tanaka, 1981).

Le metodologie numeriche consistono nella ricostruzione di un modello geometrico e meccanico dell'area di studio e nell'applicazione di codici di calcolo (monodimensionali, bidimensionali o tridimensionali) per la valutazione della risposta sismica locale.

La scelta del metodo e le modalità di applicazione sono a discrezione del professionista incaricato che valuterà la possibilità di integrare le due metodologie per compensare i vantaggi e gli svantaggi dei differenti approcci.



2.2.3.1 Effetti di instabilità (PSL Z1)

L'analisi di terzo livello prevede la caratterizzazione dei singoli movimenti franosi con la valutazione degli indici di stabilità in condizioni statiche, pseudostatiche e dinamiche.

Per i movimenti franosi di tipo rotazionale e traslazionale la relazione geologica di approfondimento si articolerà nei seguenti punti principali:

- ricostruzione di un modello geologico del movimento franoso tramite rilievi e/o indagini geognostiche atti a definirne la geometria, le superfici di scivolamento, i livelli di falda ecc., e individuazione di sezioni geologiche e geomorfologiche;
- individuazione dei parametri geotecnici necessari all'analisi di stabilità: peso di volume (γ), angolo di attrito (Φ) residuo e di picco, coesione (c) di picco e residua (nel caso si adotti il criterio di rottura di Mohr-Coulomb);
- individuazione degli accelerogrammi di input nel caso di analisi dinamiche;
- analisi numeriche al calcolatore per la valutazione del fattore di sicurezza (F_s) in condizioni statiche, del valore del coefficiente di accelerazione orizzontale critica (k_c) in condizioni pseudostatiche e in termini di spostamento atteso in condizioni dinamiche.

Per i movimenti tipo crolli e ribaltamenti la relazione geologica si articolerà nei seguenti punti principali:

- inquadramento geologico in un intorno significativo ed esecuzione di alcune sezioni geologiche e topografiche (scala 1:10.000);
- individuazione dei parametri dell'input sismico (valori del picco di accelerazione, valore di picco di velocità);
- rilievi geomeccanici per la classificazione degli ammassi rocciosi;
- identificazione dei principali cinematismi di rotture degli ammassi rocciosi;
- descrizione e rilievo della pista di scendimento dei massi;
- costruzione del modello numerico delle piste di scendimento e verifiche di caduta massi con vari metodi e statistiche di arrivo.



2.2.3.2 Zone con terreni di fondazioni particolarmente scadenti (PSL Z2)

Le aree nelle quali il primo sottosuolo è formato da terreni di riporto sono state inserite nello scenario di Pericolosità Sismica Locale Z2 a causa delle indefinibili caratteristiche geomeccaniche del materiale.

Nei terreni appartenenti a questo scenario il verificarsi di un evento sismico può causare cedimenti e/o fenomeni di liquefazione.

L'analisi di terzo livello prevede la valutazione quantitativa dei cedimenti mediante l'esecuzione di accertamenti geognostici e l'impiego di procedure note in letteratura e scelte a discrezione del professionista incaricato.

L'analisi sismica di terzo livello per il calcolo del potenziale di liquefazione del terreno dovrà essere preceduta da un approfondimento geognostico che accerti tale pericolo mediante l'impiego di procedure note in letteratura (nell'allegato 5 alla D.G.R. 8/7374 è indicato a titolo esemplificativo il metodo di Crespellani T., 1991 – La liquefazione del terreno in condizioni sismiche – Zanichelli Bologna).

2.2.3.3 Effetti di amplificazione morfologica (PSL Z3)

Gli scenari di pericolosità sismica locale **Z3a**, scarpate morfologiche, e **Z3b**, creste morfologiche sono rappresentati nella carta della pericolosità sismica locale da linee.

Tali elementi individuano gli ambiti soggetti ad amplificazione topografica. In questi ambiti il fattore di amplificazione deve essere calcolato per la quota di cresta o di ciglio e successivamente interpolato linearmente sino alla base del pendio dove assume valore pari all'unità. Possono pertanto essere soggette ad amplificazione topografica anche aree non collocate nelle immediate vicinanze delle creste e delle scarpate.

Nello scenario Z3 dovrà essere applicare il terzo livello di approfondimento sismico nei seguenti casi:

- aree di cresta o scarpata nel caso si prevedano costruzioni con strutture flessibili e sviluppo verticale indicativamente compreso tra i 5 e i 15 piani;



- aree di cresta o scarpata se in un intorno significativo dell'area di progetto si rilevino asperità morfologiche ricadenti nella casistica delle PSL Z3 e il *fattore di amplificazione*, calcolato caso per caso, sia maggiore del valore soglia *St*.

La valutazione quantitativa dei fenomeni di amplificazione prevede l'utilizzo di metodologie strumentali o numeriche, a discrezione del professionista incaricato.

Le metodologie strumentali prevedono lo sviluppo di una campagna di acquisizione dati tramite prove specifiche (nell'allegato 5 alla D.G.R. 8/7374 sono indicati a titolo esemplificativo il metodo di Nakamura (1989) e il metodo dei rapporti spettrali (Kanai e Tanaka, 1981)).

Le metodologie numeriche consistono nella ricostruzione di un modello geometrico e meccanico dell'area di studio e nell'applicazione di codici di calcolo (monodimensionali, bidimensionali o tridimensionali) per la valutazione della risposta sismica locale.

La scelta del metodo e le modalità di applicazione sono a discrezione del professionista incaricato che valuterà la possibilità di integrare le due metodologie per compensare i vantaggi e gli svantaggi dei differenti approcci.

2.2.3.4 Effetti di amplificazione litologica (PSL Z4)

L'applicazione del terzo livello di approfondimento prevede un approccio quantitativo per la valutazione della pericolosità sismica locale che potrà essere svolto ricorrendo a metodologie strumentali o numeriche.

Per l'analisi dell'amplificazione litologica le metodologie strumentali prevedono lo sviluppo di una campagna di acquisizione dati tramite prove specifiche (nell'allegato 5 alla D.G.R. 8/1566 sono indicate a titolo esemplificativo il metodo di Nakamyre (1989) e il metodo dei rapporti spettrali (Kanai e Tanaka, 1981)). Le metodologie numeriche consistono nella ricostruzione di un modello geometrico e meccanico dell'area di studio e nell'applicazione di codici di calcolo (monodimensionali, bidimensionali o tridimensionali) per la valutazione della risposta sismica locale.

La scelta del metodo è a discrezione del professionista che valuterà la possibilità di integrare le due metodologie per compensare gli svantaggi dei differenti approcci.



3 CARTA DEI VINCOLI

Nella Carta dei Vincoli sono rappresentate le limitazioni d'uso del territorio derivanti dalle normative in vigore di contenuto prettamente idrogeologico e/o ambientale, paesaggistico.

Nel territorio di Ambivere sono presenti:

- Vincoli di **polizia idraulica** sul reticolo idrografico identificato ai sensi del R.D. n. 523/1904 art.96, D.G.R. 7/7868 del 25 gennaio 2002 e della D.G.R. 7/13950 del 1 agosto 2003. In questa fase, che definiamo transitoria, il reticolo idrico principale è vincolato ai sensi del R.D. n. 523/1904 art. 96, mentre il reticolo idrico minore dal regolamento allegato allo “Studio del reticolo minore”.
- Vincoli derivanti dalla pianificazione di bacino ai sensi della L. 183/89, art. 17 comma 5 e in particolare del **Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico**, adottato con delibera del Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino del Fiume Po n° 18/2001 del 26/04/2001 e recepita dalla Regione Lombardia nella D.G.R. 7/7365 dell'11/12/2001.

Nella tavola sono riportate le aree di dissesto con legenda uniformata al P.A.I. individuate nella tavola 7 della Componente geologica della pianificazione territoriale ai sensi della L.R. 41/97 (Pedrali, 2002). In tale studio sono stati riconosciuti e cartografati i seguenti tematismi:

- Trasporto di massa sui conoidi:
 - **Cp**, aree di conoidi attivi o potenzialmente attivi parzialmente protette da opere di difesa e di sistemazione a monte - (pericolosità elevata);
- Aree franose:
 - **Fq**, aree interessate da frane quiescenti - (pericolosità elevata);
- esondazioni e dissesti morfologici di carattere torrentizio lungo le aste dei corsi d'acqua:
 - **Em**, aree a pericolosità media o elevata.



Agli ambiti ricadenti in tali perimetrazioni si applicano le prescrizioni contenute nell'art. 9 delle Norme Tecniche di Attuazione del PAI.

- **aree di salvaguardia delle captazioni ad uso idropotabile** ai sensi di D.L. 152/99, D.L. 258/00 e D.G.R. 7-12693/2003 (Allegato 3).

3.1 Carta del dissesto con legenda uniformata al P.A.I. (TAV. 5)

La *Carta del dissesto con legenda uniformata al P.A.I.* è la riproposizione di quella redatta nel precedente studio del 2003 (Pedrali). Tale elaborato è inserito nel presente studio con lo scopo di facilitarne la consultazione.

3.1.1 Aree di dissesto P.A.I.

Sulla tavola sono stati individuati i seguenti tematismi:

- Trasporto di massa sui conoidi:
 - Cp, aree di conoidi attivi o potenzialmente attivi parzialmente protette da opere di difesa e di sistemazione a monte - (pericolosità elevata).

Sul territorio di Ambivere sono state evidenziate dal precedente studio geologico 5 conoidi, sparse lungo i versanti collinari meridionali. Sono tutte conoidi di limitate dimensioni.

- Aree franose:
 - **Fq**, frana quiescente - (pericolosità elevata).
- Esondazioni e dissesti morfologici di carattere torrentizio lungo le aste dei corsi d'acqua:
 - **Em**, aree a pericolosità media o elevata.

A ciascun ambito si applicano le relative prescrizioni contenute nelle Norme Tecniche di Attuazione del PAI, art. 9 e in particolare il comma 3, 6bis e 8:

- **Comma 3:** Nelle aree Fq, oltre agli interventi di cui al precedente comma 2, sono consentiti:



- gli interventi di manutenzione straordinaria, di restauro e di risanamento conservativo, così come definiti alle lettere b) e c) dell'art. 31 della L. 5 agosto 1978, n. 457, senza aumenti di superficie e volume;
 - gli interventi di ampliamento degli edifici esistenti per adeguamento igienico-funzionale;
 - gli interventi di ampliamento e ristrutturazione di edifici esistenti, nonché di nuova costruzione, purché consentiti dallo strumento urbanistico adeguato al presente Piano ai sensi e per gli effetti dell'art. 18, fatto salvo quanto disposto dalle linee successive;
 - la realizzazione di nuovi impianti di trattamento delle acque reflue e l'ampliamento di quelli esistenti, previo studio di compatibilità dell'opera con lo stato di dissesto esistente validato dall'Autorità competente; sono comunque escluse la realizzazione di nuovi impianti di smaltimento e recupero dei rifiuti, l'ampliamento degli stessi impianti esistenti, l'esercizio delle operazioni di smaltimento e recupero dei rifiuti, così come definiti dal D. Lgs. 5 febbraio 1997, n. 22. È consentito l'esercizio delle operazioni di smaltimento e recupero dei rifiuti già autorizzate ai sensi dello stesso D.Lgs. 22/1997 (o per le quali sia stata presentata comunicazione di inizio attività, nel rispetto delle norme tecniche e dei requisiti specificati all'art. 31 del D.Lgs. 22/1997) alla data di entrata in vigore del Piano, limitatamente alla durata dell'autorizzazione stessa. Tale autorizzazione può essere rinnovata fino a esaurimento della capacità residua derivante dall'autorizzazione originaria per le discariche e fino al termine della vita tecnica per gli impianti a tecnologia complessa, previo studio di compatibilità validato dall'Autorità competente. Alla scadenza devono essere effettuate le operazioni di messa in sicurezza e ripristino del sito, così come definite all'art. 6 del suddetto decreto legislativo.
- **Comma 6bis:** Nelle aree *Em* compete alle Regioni e agli Enti locali, attraverso gli strumenti di pianificazione territoriale e urbanistica, regolamentare le attività consentite, i limiti e i divieti, tenuto anche conto delle indicazioni dei programmi di previsione e prevenzione ai sensi della L. 24 febbraio 1992, n. 225. Gli interventi ammissibili devono in ogni caso essere soggetti a uno studio di compatibilità con le condizioni di dissesto validato dall'autorità competente.



- **Comma 8:** Nelle aree *Cp*, oltre a quanto consentito per le aree *Ca* è possibile realizzare:
 - gli interventi di ristrutturazione edilizia, così come definiti alla lettera d) dell'art. 31 della L. 5 agosto 1978, n. 457, senza aumenti di superficie e volume;
 - gli interventi di ampliamento degli edifici esistenti per adeguamento igienico-funzionale;
 - la realizzazione di nuovi impianti di trattamento delle acque reflue.

3.2 Aree di salvaguardia delle captazioni idropotabili

3.2.1 Area di tutela assoluta

Sono le aree di raggio uguale a 10 metri a protezione assoluta delle captazioni di acque sotterranee destinate al consumo umano, pozzi o sorgenti. Per tali ambiti valgono le prescrizioni contenute nel documento “direttive per la disciplina delle attività all’interno delle aree di rispetto (comma 6 art. 21 del DLGS 11 maggio 1999, n. 152 e successive modificazioni)” approvato con D.G.R. 10 aprile 2003 n. 7/12693 e pubblicato sul B.U.R.L. Serie Ordinaria n. 17 del 22 aprile 2003 (Allegato 7) e ribadito nell’art. 94 del D.Lgs 152 del 3 aprile 2006.

Le aree di tutela assoluta devono essere adeguatamente protette e adibite esclusivamente a opere di captazione e alle infrastrutture accessorie. È vietato al loro interno ogni tipo di intervento.

3.2.2 Area di rispetto

Le zone di rispetto sono porzioni di territorio circostanti le zone di protezione assoluta con raggio di 200 m dal centro la captazione. In tali ambiti valgono le prescrizioni contenute nel documento “direttive per la disciplina delle attività all’interno delle aree di rispetto (comma 6 art. 21 del DLGS 11 maggio 1999, n. 152 e successive modificazioni)” approvato con D.G.R. 10 aprile 2003 n. 7/12693 e pubblicato sul B.U.R.L. Serie Ordinaria n. 17 del 22 aprile 2003 (Allegato 7) e ribadito nell’art. 94 del D.Lgs 152 del 3 aprile 2006.



4 CARTA DI SINTESI (TAV. 3)

La Carta di Sintesi è costituita da una serie di poligoni ognuno dei quali definisce una porzione di territorio caratterizzata da pericolosità omogenea per la presenza di uno o più fenomeni di rischio in atto o potenziale, o da vulnerabilità idrogeologica. La sovrapposizione di più ambiti genera poligoni misti per pericolosità determinata da più fattori.

La delimitazione dei poligoni è basata su valutazioni della pericolosità e sulle aree di influenza dei fenomeni ricavate dallo studio geologico depositato in comune.

4.1 Aree pericolose dal punto di vista dell'instabilità dei versanti

fq: area di frana quiescente.

sl1: area su pendio acclive interessata recentemente o in passato da fenomeni gravitativi quali frane scivolamenti di coperture detritiche e, in zone limitate, distacchi di roccia.

sl2: area a pericolosità potenziale legata alla possibilità di innesco di scivolamenti di coperture detritiche a tessitura mista o del substrato roccioso fratturato, su pendii acclivi.

4.2 Aree vulnerabili dal punto di vista idrogeologico

tor: area di pertinenza torrentizia, le cui dinamiche sono governate dallo scorrimento di acque all'interno di solchi di ruscellamento concentrato o torrenti. Le criticità sono causate dall'erosione accelerata delle sponde e dalla possibilità di innesco di scivolamenti superficiali. Sono comprese le fasce perimetrali alle incisioni torrentizie lungo i versanti collinari.

4.3 Aree vulnerabili dal punto di vista idraulico

La definizione delle aree vulnerabili dal punto di vista idraulico è desunta con precisione dalla 'Componente geologica della pianificazione territoriale' (Pedrali, 2003) che ha analizzato approfonditamente quest'aspetto, facendo a sua volta riferimento allo studio 'Sistemazione idraulica del torrente Dordo nei comuni di Filago, Madone e Bonate Sotto – Progetto Preliminare' (Bacchi, Taccolini, Colombo, Regione Lombardia, 1999).



in1: area di pertinenza dei corsi d'acqua, comprende gli alvei naturali e le relative sponde.

in2: area con possibilità di allagamento con modesti valori di velocità della corrente e altezze d'acqua inferiori al metro a meno delle zone interrate.

4.4 Aree che presentano scadenti caratteristiche geotecniche

ar: area caratterizzata dalla presenza di terreni di riporto.

gt1: area con terreni fini, mediocri o scadenti dal punto di vista geotecnico oppure aree con consistenti disomogeneità tessiturali verticali e laterali dovute prevalentemente all'eterogeneità di facies dei depositi glaciali.

gt2: area pianeggiante con terreni costituiti da depositi colluviali o fluvioglaciali antichi.

gt3: area pianeggiante con terreni costituiti da depositi fluvioglaciali con caratteristiche geotecniche medie e sormontati da suoli di limitato spessore.

4.5 Ambiti di particolare interesse geomorfologico, scientifico, naturalistico ed educativo

sor: ambiti di tutela delle sorgenti pedecollinari.



5 CARTA DI FATTIBILITÀ DELLE AZIONI DI PIANO (TAV. 4)

5.1 Classi di fattibilità geologica

I dati raccolti ed elaborati nei capitoli precedenti consentono, mediante l'analisi dei vari elementi che caratterizzano l'area in esame, di suddividere il territorio in settori a maggiore o minore vocazione urbanistica. Si tratta di una classificazione della pericolosità che fornisce indicazioni generali sulle destinazioni d'uso, sulle cautele generali da adottare per gli interventi, sugli studi e le indagini necessarie in caso di intervento e sulle opere di riduzione degli eventuali rischi territoriali, ciò al di là di ogni considerazione di carattere economico e amministrativo, ma esclusivamente in funzione dei diversi parametri naturali che caratterizzano il territorio.

È opportuno ricordare che i cambiamenti di destinazione d'uso di una qualsiasi parte del territorio devono derivare dalla lettura incrociata della carta della fattibilità e della carta dei vincoli dove sono rappresentate le limitazioni derivanti dalla normativa in vigore.

La D.G.R. 8/7374 del 28 maggio 2008 adotta quattro classi di fattibilità.

Classe 1 (bianca) - Fattibilità senza particolari limitazioni

La classe comprende quelle aree che non presentano particolari limitazioni all'utilizzo a scopi edificatori e/o alla modifica della destinazione d'uso e per le quali deve essere direttamente applicato quanto prescritto dalle Norme Tecniche per le costruzioni, di cui alla normativa nazionale.

Classe 2 (verde) – Fattibilità con modeste limitazioni

La classe comprende le zone nelle quali sono state riscontrate modeste limitazioni all'utilizzo a scopi edificatori e/o alla modifica della destinazione d'uso, che possono essere superate mediante approfondimenti di indagine e accorgimenti tecnico-costruttivi e senza l'esecuzione di opere di difesa. Per gli ambiti assegnati a questa classe devono essere indicati gli eventuali approfondimenti da effettuare e le specifiche costruttive degli interventi edificatori.



Classe 3 (gialla) – Fattibilità con consistenti limitazioni

La classe comprende le zone nelle quali sono state riscontrate consistenti limitazioni all'utilizzo a scopi edificatori e/o alla modifica della destinazione d'uso per le condizioni di pericolosità/vulnerabilità individuate, per il superamento delle quali potrebbero rendersi necessari interventi specifici o opere di difesa. Il professionista deve in alternativa:

- se dispone fin da subito di elementi sufficienti, definire puntualmente per le eventuali*
- se dispone fin da subito di elementi sufficienti, definire puntualmente per le eventuali previsioni urbanistiche le opere di mitigazione del rischio da realizzare e le specifiche costruttive degli interventi edificatori, in funzione della tipologia del fenomeno che ha generato la pericolosità/vulnerabilità del comparto;*
- se non dispone di elementi sufficienti, definire puntualmente i supplementi di indagine relativi alle problematiche da approfondire, la scala e l'ambito di territoriale di riferimento (puntuale, quali caduta massi, o relativo ad ambiti più estesi coinvolti dal medesimo fenomeno quali ad es. conoidi, interi corsi d'acqua ecc.) e la finalità degli stessi al fine di accertare la compatibilità tecnico-economica degli interventi con le situazioni di dissesto in atto o potenziale e individuare di conseguenza le prescrizioni di dettaglio per poter procedere o meno all'edificazione. Si specifica che le indagini e gli approfondimenti prescritti per le classi di fattibilità 2, 3 e 4 (limitatamente ai casi consentiti) devono essere realizzati prima della progettazione degli interventi in quanto propedeutici alla pianificazione dell'intervento e alla progettazione stessa.*

Copia delle indagini effettuate e della relazione geologica di supporto deve essere consegnata, congiuntamente alla restante documentazione, in sede di presentazione dei Piani attuativi (l.r. 12/05, art. 14) o in sede di richiesta del permesso di costruire (l.r. 12/05, art. 38).

Si specifica che gli approfondimenti di cui sopra, non sostituiscono, anche se possono comprendere, le indagini previste dalle Norme Tecniche per le costruzioni, di cui alla normativa nazionale.

Classe 4 (rossa) – Fattibilità con gravi limitazioni

L'alta pericolosità/vulnerabilità comporta gravi limitazioni all'utilizzo a scopi edificatori e/o alla modifica della destinazione d'uso. Deve essere esclusa qualsiasi nuova



edificazione, se non opere tese al consolidamento o alla sistemazione idrogeologica per la messa in sicurezza dei siti. Per gli edifici esistenti sono consentite esclusivamente le opere relative a interventi di demolizione senza ricostruzione, manutenzione ordinaria e straordinaria, restauro, risanamento conservativo, come definiti dall'art. 27, comma 1, lettere a), b), c) della l.r. 12/05, senza aumento di superficie o volume e senza aumento del carico insediativo. Sono consentite le innovazioni necessarie per l'adeguamento alla normativa antisismica.

Il professionista deve fornire indicazioni in merito alle opere di sistemazione idrogeologica e, per i nuclei abitati esistenti, quando non é strettamente necessario provvedere al loro trasferimento, dovranno essere predisposti idonei piani di protezione civile ed inoltre deve essere valutata la necessità di predisporre sistemi di monitoraggio geologico che permettano di tenere sotto controllo l'evoluzione dei fenomeni in atto.

Eventuali infrastrutture pubbliche e di interesse pubblico possono essere realizzate solo se non altrimenti localizzabili; dovranno comunque essere puntualmente e attentamente valutate in funzione della tipologia di dissesto e del grado di rischio che determinano l'ambito di pericolosità/vulnerabilità omogenea. A tal fine, alle istanze per l'approvazione da parte dell'autorità comunale, deve essere allegata apposita relazione geologica e geotecnica che dimostri la compatibilità degli interventi previsti con la situazione di grave rischio idrogeologico.



5.2 La fattibilità geologica nel comune di Ambivere

5.2.1 CLASSE 1

In questa classe ricadono le zone per le quali non sussistono particolari limitazioni d'uso, caratterizzate da superfici topografiche pianeggianti e da un sottosuolo con discrete proprietà meccaniche.

In queste zone non sono stati riscontrati fenomeni di dissesto idrogeologico.

Si applicano altresì le prescrizioni previste per le aree di rispetto delle captazioni idropotabili agli ambiti che vi ricadono (parag. 3.2).

5.2.2 CLASSE 2

In relazione alle condizioni di rischio riscontrate sono state individuate due sottoclassi.

- 2a

In questa classe ricadono le zone dove sono state rilevate modeste limitazioni alla modifica delle destinazioni d'uso. Vi sono incluse le aree con pendenza medio-bassa (inferiore ai 10°) e substrato roccioso affiorante o subaffiorante.

Qualsiasi modifica alle destinazioni d'uso di queste aree è subordinata alla realizzazione di un accertamento geognostico sulla base di quanto contenuto nel D.M. 11 marzo 1988 e nelle N.T.C. del 14 gennaio 2008.

Tale accertamento potrà essere effettuato mediante indagini geognostiche ad hoc, oppure essere basato sulla conoscenza della situazione geologica idrogeologica locale derivante dall'esperienza del tecnico incaricato.

Si applicano altresì le prescrizioni previste dall'art. 9 delle N.d.A. del P.A.I. per le aree di dissesto che ricadono nelle rispettive perimetrazioni P.A.I. (parag. 3.1.1).

- 2b

In questa sottoclasse ricadono le aree pianeggianti o subpianeggianti i cui terreni sono costituiti dai depositi fluvioglaciali antichi o colluviali. Le limitazioni sono relative alla presenza di terreni con mediocri proprietà meccaniche fino ad una profondità di circa 3, 4 metri.



Qualsiasi modifica alle destinazioni d'uso di queste aree è subordinata alla realizzazione di un accertamento geognostico sulla base di quanto contenuto nel D.M. 11 marzo 1988 e nelle N.T.C. del 14 gennaio 2008.

Tale accertamento potrà essere effettuato mediante indagini geognostiche ad hoc, oppure essere basato sulla conoscenza della situazione geologica idrogeologica locale derivante dall'esperienza del tecnico incaricato.

Si applicano altresì le prescrizioni previste dall'art. 9 delle N.d.A. del P.A.I. per le aree di dissesto che ricadono nelle rispettive perimetrazioni P.A.I. (parag. 3.1.1).

5.2.3 CLASSE 3

In questa classe ricadono le zone dove sono state riscontrate consistenti limitazioni alla modifica delle destinazioni d'uso dei terreni per l'entità e la natura dei pericoli individuati sia localmente che nelle aree immediatamente limitrofe.

In relazione alle condizioni di rischio riscontrate sono state individuate tre sottoclassi.

- 3a

La sottoclasse 3a comprende quelle parti del territorio di Ambivere che presentano terreni a granulometria fine su pendii inclinati (superiore ai 25°) oppure il substrato roccioso affiorante o subaffiorante con giacitura degli strati sfavorevole alla stabilità. Vi sono inoltre compresi quelle fasce di terreno che costituiscono le scarpate fluviali inattive dei terrazzi fluvio-glaciali.

L'utilizzo di queste aree è subordinato alla realizzazione di approfondimenti e indagini geognostiche ad hoc (D.M. 11 marzo 1988 e nelle N.T.C. del 14 giugno 2008) necessari per la caratterizzazione puntuale dei parametri geotecnici del sottosuolo nonché della situazione idrogeologica locale in un intorno significativo, al fine di procedere all'analisi di stabilità del complesso pendio-opera.

Si applicano altresì le prescrizioni previste dall'art. 9 delle N.d.A. del P.A.I. per le aree di dissesto che ricadono nelle rispettive perimetrazioni P.A.I. (parag. 3.1.1).



- 3b

La sottoclasse 3b individua le aree il cui primo sottosuolo è formato da materiale di riporto con consistenti disomogeneità tessiturali verticali e laterali.

L'utilizzo di queste aree è subordinato alla realizzazione di indagini geognostiche ad hoc (D.M. 11 marzo 1988 e nelle N.T.C. del 14 gennaio 2008), necessarie per la caratterizzazione puntuale dei parametri meccanici del sottosuolo, nonché della situazione idrogeologica locale.

Si applicano altresì le prescrizioni previste per le aree di dissesto P.A.I. agli ambiti che ricadono nelle rispettive perimetrazioni (parag. 3.1.1).

- 3c

In questa sottoclasse ricadono le aree allagabili limitrofe alle aste torrentizie e quelle i cui terreni sono depositi colluviali, fluvio-glaciali.

Gli interventi in quest'area non dovranno modificare i fenomeni idraulici naturali che possono aver luogo, né costituire significativo ostacolo al deflusso e/o limitare in maniera significativa la capacità d'invaso. A tal fine i progetti dovranno essere corredati da un'analisi di compatibilità idraulica che documenti l'assenza delle suddette interferenze o indichi i rimedi progettuali per ovviare a tale rischio quali ad esempio sopralzi, recinzioni impermeabili e altri accorgimenti tecnici necessari a garantire la sicurezza dei locali in caso di allagamento (altezza degli impianti elettrici dalla pavimentazione).

Valgono inoltre le prescrizioni previste per la sottoclasse 3b.

Si applicano altresì le prescrizioni previste dall'art. 9 delle N.d.A. del P.A.I. per le aree di dissesto che ricadono nelle rispettive perimetrazioni P.A.I. (parag. 3.1.1).

5.2.4 CLASSE 4

In classe 4 dovrà essere esclusa qualsiasi edificazione, se non opere tese al consolidamento o alla sistemazione idrogeologica per la messa in sicurezza dei siti. Per gli edifici esistenti saranno consentite esclusivamente le opere relative a interventi di demolizione senza ricostruzione, manutenzione ordinaria e straordinaria, restauro, risanamento conservativo come definiti dall'art. 27 lettere a), b) e c) della L.R. 12/05.



Eventuali infrastrutture pubbliche e di interesse pubblico potranno essere realizzate solo se non altrimenti localizzabili e dovranno comunque essere puntualmente valutate in funzione della tipologia di dissesto e del grado di rischio che determinano l'ambito di pericolosità/vulnerabilità omogenea. A tal fine, alle istanze per l'approvazione da parte dell'autorità comunale, dovrà essere allegata apposita relazione geologica e geotecnica che dimostri la compatibilità degli interventi previsti con la situazione di rischio presente.

In relazione alle condizioni di rischio riscontrate sono state individuate due sottoclassi.

- 4a

Nella sottoclasse 4a ricadono le aree di pertinenza torrentizia, le aree interessate da movimenti franosi superficiali, le aree soggette a crollo, transito e accumulo di massi, le aree inondabili nonché le aree in evidente dissesto idrogeologico.

Interventi tesi al consolidamento dei versanti e/o alla mitigazione del pericolo esistente potranno consentire una modifica del grado di pericolosità presente.

Si applicano altresì le prescrizioni previste dall'art. 9 delle N.d.A. del P.A.I. per le aree di dissesto che ricadono nelle rispettive perimetrazioni P.A.I. (parag. 3.1.1).

- 4b

La sottoclasse 4b include le parti più prossime alla zona di emergenza delle risorgive pedecollinari, per la valenza ambientale e idrogeologica che rivestono tali ambiti.

5.3 Normativa sismica

Il comune di Ambivere ricade nella zona sismica 4, così come definita nell'O.P.C.M. n. 3274 del 20 marzo 2003.

La normativa regionale prevede l'applicazione del 2° livello di approfondimento sismico nelle zone a PSL Z3 e Z4 solo nelle aree in cui è prevista la realizzazione di edifici strategici e rilevanti (elenco tipologico di cui al D.D.U.O. N. 19904/03).

Al mosaico della fattibilità sono sovrapposte due campiture trasparenti che individuano gli ambiti dove è necessario verificare puntualmente il *Fattore di amplificazione* e



quelli in cui è necessario applicare direttamente il 3° livello di approfondimento sismico, in fase di progettazione.

Nelle aree in cui coesistono differenti scenari di Pericolosità Sismica Locale dovranno essere approfonditi gli aspetti relativi a ciascuno scenario e utilizzati per la progettazione i parametri più restrittivi.

5.3.1 Effetti di instabilità (PSL Z1)

L'analisi di terzo livello prevede la quantificazione dell'instabilità delle zone franose intesa come valutazione degli indici di stabilità in condizioni statiche, pseudostatiche e dinamiche. L'analisi prevede un approccio puntuale, finalizzato alla quantificazione dei singoli movimenti.

Gli approfondimenti devono essere eseguiti secondo le indicazioni riportate nell'allegato 5 della D.G.R. 8/7374 del 28 maggio 2008 e riassunte nel paragrafo 2.2.3.1.

5.3.2 Zone con terreni di fondazioni particolarmente scadenti (PSL Z2)

L'analisi di terzo livello prevede la valutazione quantitativa dei cedimenti e dove necessario del potenziale di liquefazione mediante l'esecuzione di accertamenti geognostici e l'impiego di procedure note in letteratura e scelte a discrezione del professionista incaricato.

Il terzo livello di approfondimento dovrà essere applicato rispettando le direttive tecniche regionali riassunte nel paragrafo 2.2.3.2.

Potrà essere evitata l'applicazione del terzo livello di approfondimento sismico utilizzando lo spettro di norma caratteristico della categoria di suolo superiore, seguendo il seguente schema:

- in sostituzione dello spettro per la classe sismica B si può utilizzare quello previsto per il suolo di classe C; nel caso in cui la soglia non fosse sufficientemente cautelativa si può utilizzare lo spettro previsto per il suolo di classe D;
- in sostituzione dello spettro per la classe sismica C si può utilizzare quello previsto per il suolo di classe D;



- in sostituzione dello spettro per la classe sismica E si può utilizzare quello previsto per il suolo di classe D.

5.3.3 Effetti di amplificazione morfologica (PSL Z3)

Lo scenario di pericolosità sismica locale **Z3** è rappresentato nella carta della pericolosità sismica locale da linee. Tali elementi individuano gli ambiti soggetti ad amplificazione topografica. In questi ambiti il *fattore di amplificazione* deve essere calcolato per la quota di cresta e successivamente interpolato linearmente sino alla base del pendio dove assume valore pari all'unità. Possono pertanto essere soggette ad amplificazione morfologica anche aree non collocate nelle immediate vicinanze delle creste rocciose.

In fase di progettazione si dovrà pertanto accertare se l'ambito oggetto di studio è potenzialmente soggetto ad amplificazione topografica, in quanto parte, prossima fino a distale, di un ciglio di scarpata o di una cresta rocciosa.

Il terzo livello di approfondimento dovrà essere applicato rispettando le direttive tecniche regionali riassunte nel paragrafo 2.2.3.3.

Potrà essere evitata l'applicazione del terzo livello di approfondimento sismico utilizzando lo spettro di norma caratteristico della categoria di suolo superiore, seguendo il seguente schema:

- in sostituzione dello spettro per la classe sismica B si può utilizzare quello previsto per il suolo di classe C; nel caso in cui la soglia non fosse sufficientemente cautelativa si può utilizzare lo spettro previsto per il suolo di classe D;
- in sostituzione dello spettro per la classe sismica C si può utilizzare quello previsto per il suolo di classe D;
- in sostituzione dello spettro per la classe sismica E si può utilizzare quello previsto per il suolo di classe D.

5.3.4 Effetti di amplificazione litologica (PSL Z4)

Nello scenario Z4 è richiesta l'applicazione del secondo livello di approfondimento nel caso di progetto di edifici strategici e rilevanti che prevedano



affollamenti significativi (elenco tipologico di cui al d.d.u.o. n. 19904/03) e l'approfondimento di terzo livello per l'analisi dell'amplificazione litologica, solo quando il *fattore di amplificazione* calcolato è maggiore del valore soglia.

Il terzo livello di approfondimento dovrà essere applicato rispettando le direttive tecniche regionali riassunte nel paragrafo 2.2.3.4. Tali approfondimenti dovranno essere preceduti dalla definizione della classe sismica di appartenenza del suolo (A, B, C, D, E).

Potrà essere evitata l'applicazione del terzo livello di approfondimento sismico utilizzando lo spettro di norma caratteristico della categoria di suolo superiore, seguendo il seguente schema:

- in sostituzione dello spettro per la classe sismica B si può utilizzare quello previsto per il suolo di classe C; nel caso in cui la soglia non fosse sufficientemente cautelativa si può utilizzare lo spettro previsto per il suolo di classe D;
- in sostituzione dello spettro per la classe sismica C si può utilizzare quello previsto per il suolo di classe D;
- in sostituzione dello spettro per la classe sismica E si può utilizzare quello previsto per il suolo di classe D.

Dott. Geol. Renato Caldarelli

Dott. Geol. Massimo Elitropi

Renato Caldarelli

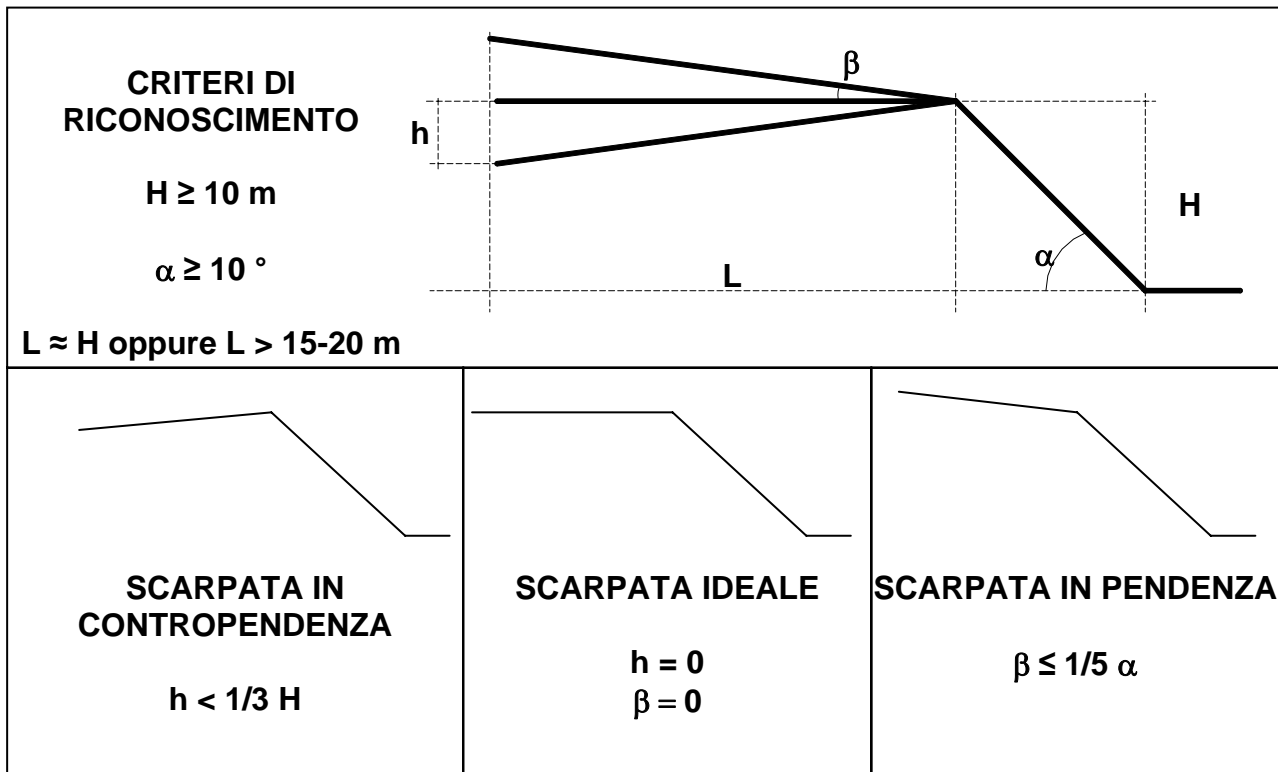


Massimo Elitropi

ALLEGATI

**SCHEDE REGIONALI PER LA
VALUTAZIONE DEL FATTORE DI
AMPLIFICAZIONE**

EFFETTI MORFOLOGICI – SCARPATA - SCENARIO Z3a



| Classe altimetrica | Classe di inclinazione | Valore di F_a | Area di influenza |
|---|--------------------------------------|-----------------|-----------------------|
| $10 \text{ m} \leq H \leq 20 \text{ m}$ | $10^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ$ | 1.1 | $A_i = H$ |
| $20 \text{ m} < H \leq 40 \text{ m}$ | $10^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ$ | 1.2 | $A_i = \frac{3}{4} H$ |
| $H > 40 \text{ m}$ | $10^\circ \leq \alpha \leq 20^\circ$ | 1.1 | $A_i = \frac{2}{3} H$ |
| | $20^\circ < \alpha \leq 40^\circ$ | 1.2 | |
| | $40^\circ < \alpha \leq 60^\circ$ | 1.3 | |
| | $60^\circ < \alpha \leq 70^\circ$ | 1.2 | |
| | $\alpha > 70^\circ$ | 1.1 | |

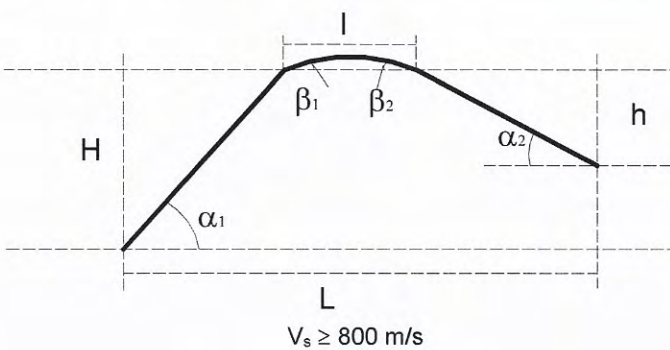
EFFETTI MORFOLOGICI – CRESTE - SCENARIO Z3b

CRITERI DI RICONOSCIMENTO

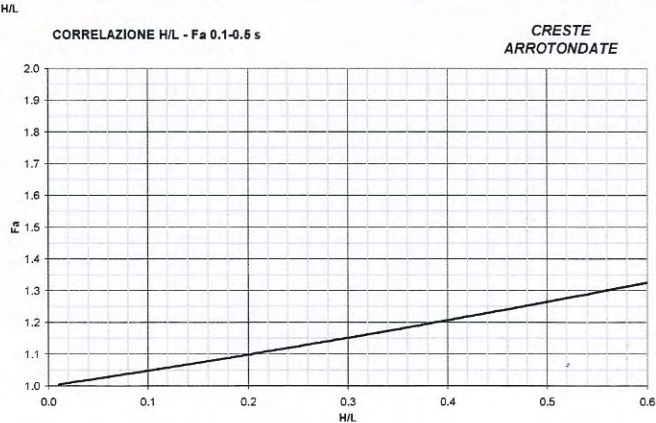
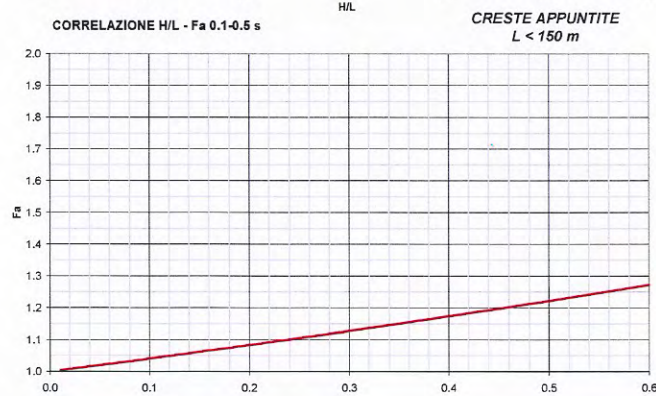
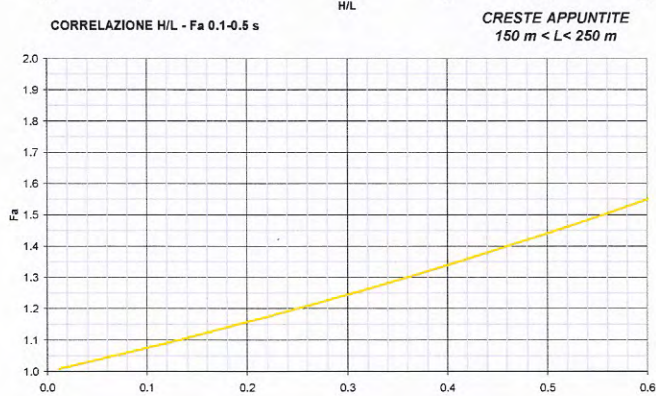
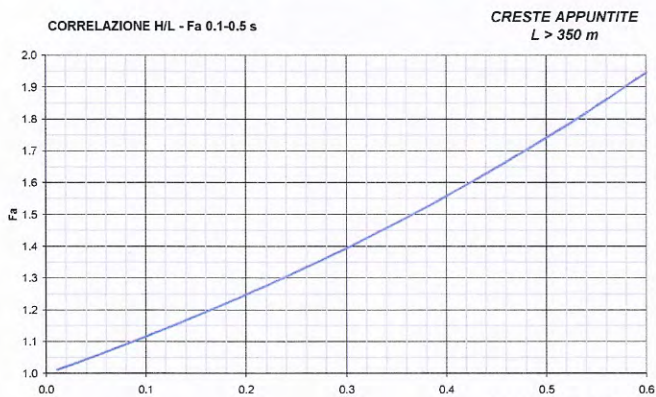
CRESTA
 $\alpha_1 \geq 10^\circ$ e $\alpha_2 \geq 10^\circ$
 $h \geq 1/3 H$

CRESTA ARROTONDATA
 $\beta_1 < 10^\circ$ e $\beta_2 < 10^\circ$
 $l \geq 1/3 L$

CRESTA APPUNTITA
 $l < 1/3 L$



| | $L > 350$ | $250 < L < 350$ | $150 < L < 250$ | $L < 150$ |
|---------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|
| Creste Appuntite | $Fa_{0.1-0.5} = e^{1.11H/L}$ | $Fa_{0.1-0.5} = e^{0.93H/L}$ | $Fa_{0.1-0.5} = e^{0.73H/L}$ | $Fa_{0.1-0.5} = e^{0.40H/L}$ |
| Creste Arrotondate | $Fa_{0.1-0.5} = e^{0.47H/L}$ | | | |



EFFETTI LITOLOGICI – SCHEDA LITOLOGIA GHIAIOSA

PARAMETRI INDICATIVI

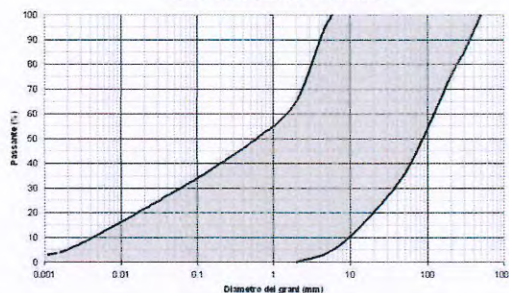
GRANULOMETRIA:

Da ghiaie e ciottoli con blocchi a ghiaie e sabbie limose debolmente argillose passando per ghiaie con sabbie limose, ghiaie sabbiose, ghiaie con limo debolmente sabbiose e sabbie con ghiaie

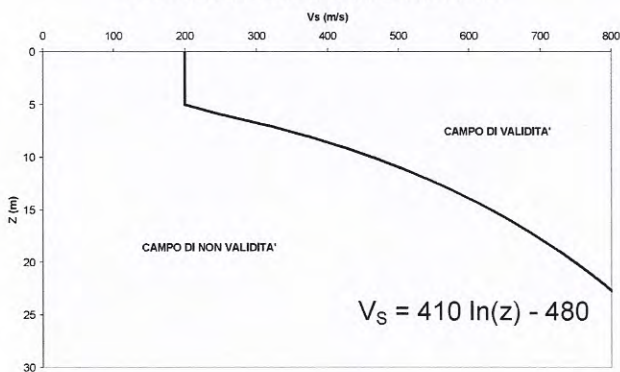
NOTE:

- Comportamento granulare
- Struttura granulo-sostenuta
- Frazione ghiaiosa superiore al 35%
- Frequenti clasti con $D_{max} > 20$ cm
- Frazione sabbiosa fino ad un massimo del 65%
- Matrice limoso - argillosa fino ad un massimo del 30% con frazione argillosa subordinata (fino al 5%)
- Presenza di eventuali trovanti con $D > 50$ cm
- Presenza di eventuali orizzonti localmente cementati

FUSO GRANULOMETRICO INDICATIVO



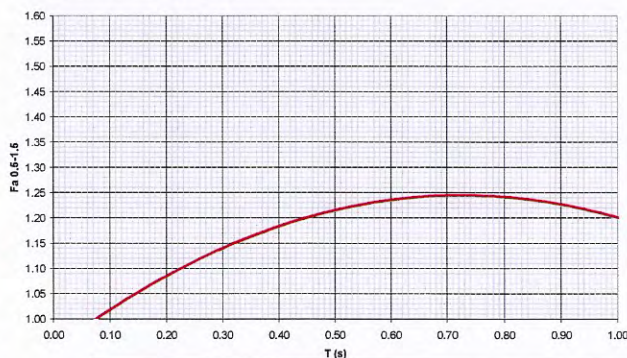
ANDAMENTO DEI VALORI DI V_s CON LA PROFONDITA'



Profondità primo strato (m)

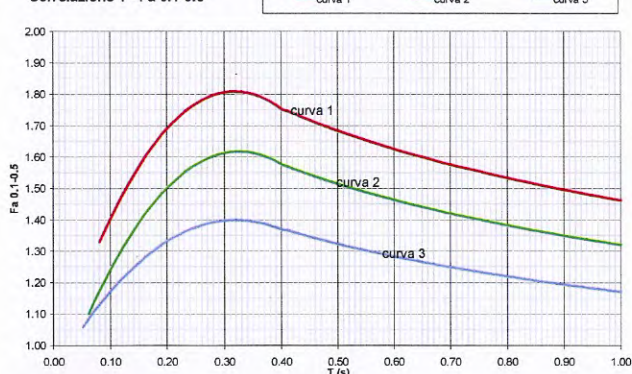
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 12 | 14 | 16 | 18 | |
|-----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|---|
| 200 | | | | 1 | 1 | | | | | | | | | | |
| 250 | | | | 2 | 2 | 2 | | | | | | | | | |
| 300 | | | | 3 | 3 | 3 | 3 | | | | | | | | |
| 350 | | | | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | | | | | | | |
| 400 | | | | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | | | | | | |
| 450 | | | | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | | | | | |
| 500 | | | | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | | | | |
| 600 | | | | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | | | |
| 700 | | | | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 |

Correlazione T - Fa 0.5-1.5 s



$$Fa_{0.5-1.5} = -0.58T^2 + 0.84T + 0.94$$

Correlazione T - Fa 0.1-0.5



| Curva | Tratto polinomiale | Tratto logaritmico |
|-------|--|---------------------------------|
| 1 | $0.08 < T \leq 0.40$ | $0.40 < T \leq 1.00$ |
| | $Fa_{0.1-0.5} = -8.5T^2 + 5.4T + 0.95$ | $Fa_{0.1-0.5} = 1.46 - 0.32LnT$ |
| 2 | $0.06 < T \leq 0.40$ | $0.40 < T \leq 1.00$ |
| | $Fa_{0.1-0.5} = -7.4T^2 + 4.8T + 0.84$ | $Fa_{0.1-0.5} = 1.32 - 0.28LnT$ |
| 3 | $0.05 < T \leq 0.40$ | $0.40 < T \leq 1.00$ |
| | $Fa_{0.1-0.5} = -4.7T^2 + 3.0T + 0.92$ | $Fa_{0.1-0.5} = 1.17 - 0.22LnT$ |

EFFETTI LITOLOGICI – SCHEDA LITOLOGIA LIMOSO – ARGILLOSA TIPO 1

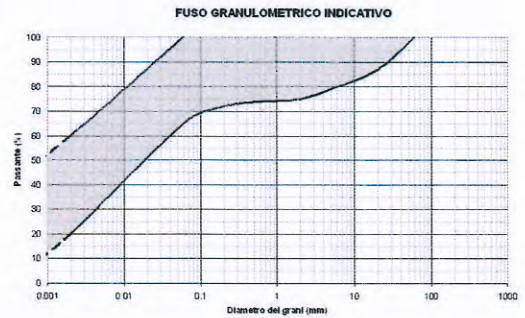
PARAMETRI INDICATIVI

GRANULOMETRIA:

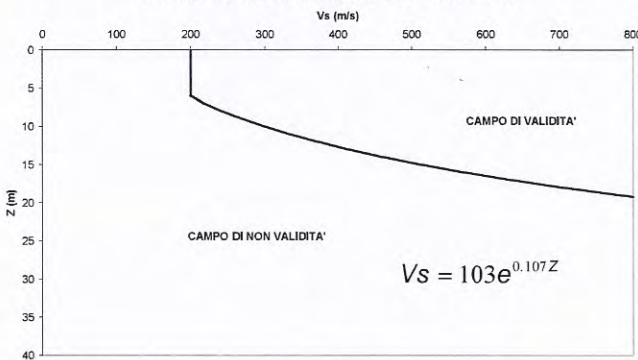
Da limi ghiaioso – argillosi debolmente sabbiosi ad argille con limi passando per limi argillosi, limi con sabbie argillose, limi e sabbie con argille, argille ghiaiose, argille ghiaiose debolmente limose ed argille con sabbie debolmente limose

NOTE:

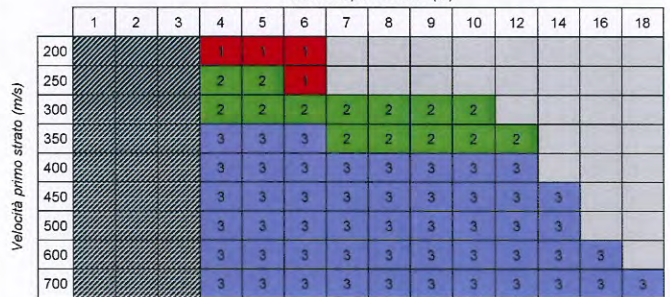
- Comportamento coesivo
- Struttura matrice-sostenuta
- Frazione limosa superiore al 40%
- Presenza di clasti immersi con $D_{max} < 2-3$ cm
- Frazione ghiaiosa fino ad un massimo del 25%
- Frazione sabbiosa fino ad un massimo del 35%
- Frazione argillosa compresa tra 20% e 60%
- Presenza di eventuali sottili orizzonti ghiaioso fini e sabbioso medio-grossolani



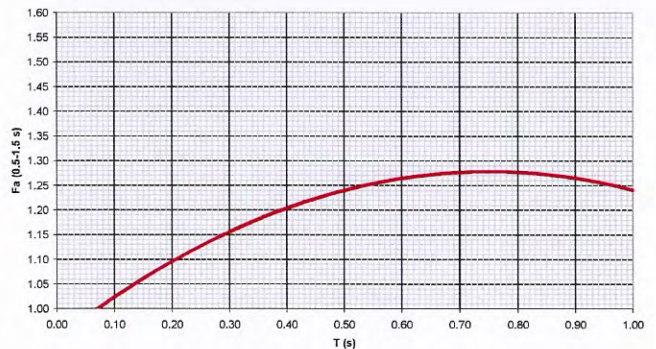
ANDAMENTO DEI VALORI DI Vs CON LA PROFONDITA'



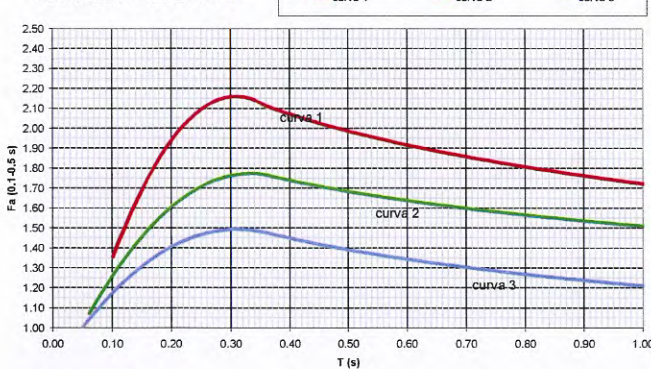
Profondità primo strato (m)



Correlazione T - Fa 0.5-1.5 s



Correlazione T - Fa 0.1-0.5 s



$$Fa_{0.5-1.5} = -0.6T^2 + 0.9T + 0.94$$

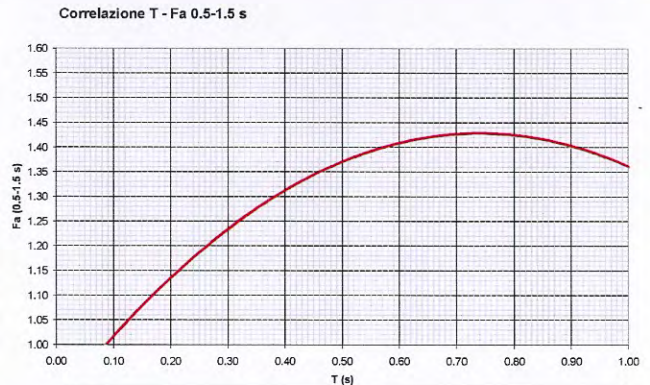
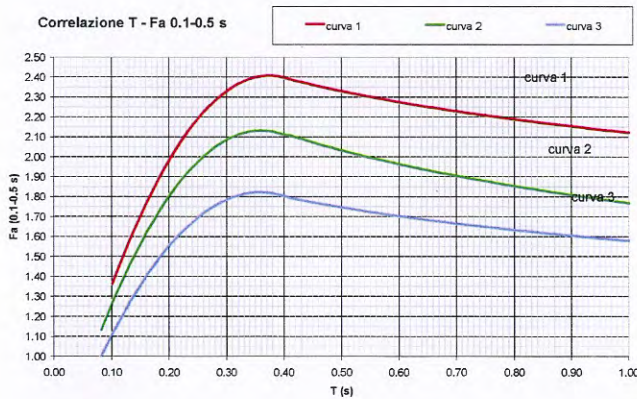
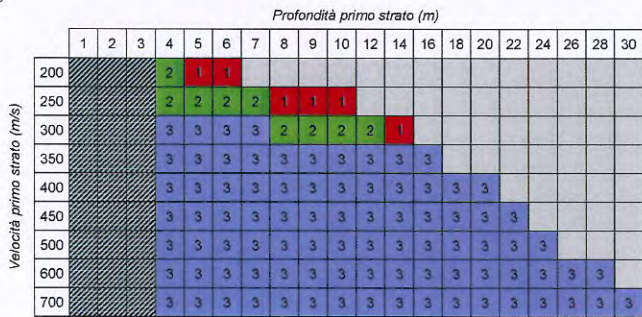
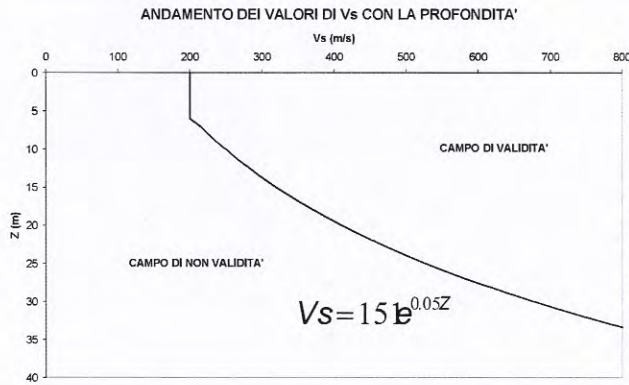
| Curva | Tratto polinomiale | Tratto logaritmico |
|-------|--|---------------------------------|
| 1 | $0.08 < T \leq 0.35$ | $0.35 < T \leq 1.00$ |
| | $Fa_{0.1-0.5} = -18.7T^2 + 11.5T + 0.39$ | $Fa_{0.1-0.5} = 1.72 - 0.38LnT$ |
| 2 | $0.06 < T \leq 0.35$ | $0.35 < T \leq 1.00$ |
| | $Fa_{0.1-0.5} = -9.5T^2 + 6.3T + 0.73$ | $Fa_{0.1-0.5} = 1.51 - 0.25LnT$ |
| 3 | $0.05 < T \leq 0.35$ | $0.35 < T \leq 1.00$ |
| | $Fa_{0.1-0.5} = -7.3T^2 + 4.5T + 0.80$ | $Fa_{0.1-0.5} = 1.21 - 0.26LnT$ |

EFFETTI LITOLOGICI – SCHEDA LITOLOGIA LIMOSO – ARGILLOSA TIPO 2

PARAMETRI INDICATIVI

GRANULOMETRIA e NOTE: come per la litologia limoso - argillosa TIPO 1, a cui in aggiunta è possibile associare i seguenti range di valori per alcuni parametri geotecnici significativi validi per argille con limi ghiaiosi debolmente sabbiosi:

| PARAMETRO | | INTERVALLO |
|---|---------------------------------|-------------|
| Peso di volume naturale | γ [kN/m ³] | 19.5-20.0 |
| Peso specifico particelle solide | γ_s [kN/m ³] | 25.7-26.7 |
| Contenuto d'acqua naturale | w [%] | 20-25 |
| Limite di liquidità | w _L [%] | 30-50 |
| Limite di plasticità | w _P [%] | 15-20 |
| Indice di plasticità | I _P [%] | 15-30 |
| Indice dei vuoti | e | 0.5-0.7 |
| Grado di saturazione | S _r [%] | 90-100 |
| Coefficiente di spinta a riposo | K ₀ | 0.5-0.6 |
| Indice di compressione | C _c | 0.15-0.30 |
| Indice di rigonfiamento | C _s | 0.02-0.06 |
| Coefficiente di consolidazione secondaria | C _a | 0.001-0.005 |
| Grado di consolidazione | OCR | 1-3 |
| Numero colpi prova SPT (nei primi 10 m) | N _{spt} | 15-30 |



$$Fa_{0.5-1.5} = -T^2 + 1.48T + 0.88$$

| Curva | Tratto polinomiale | Tratto logaritmico |
|-------|--|---------------------------------|
| 1 | 0.10 < T ≤ 0.40 | 0.40 < T ≤ 1.00 |
| | $Fa_{0.1-0.5} = -13.9T^2 + 10.4T + 0.46$ | $Fa_{0.1-0.5} = 2.12 - 0.30LnT$ |
| 2 | 0.08 < T ≤ 0.40 | 0.40 < T ≤ 1.00 |
| | $Fa_{0.1-0.5} = -12.8T^2 + 9.2T + 0.48$ | $Fa_{0.1-0.5} = 1.77 - 0.38LnT$ |
| 3 | 0.05 < T ≤ 0.40 | 0.40 < T ≤ 1.00 |
| | $Fa_{0.1-0.5} = -10.6T^2 + 7.6T + 0.46$ | $Fa_{0.1-0.5} = 1.58 - 0.24LnT$ |

EFFETTI LITOLGICI – SCHEDA LITOLOGIA LIMOSO – SABBIOSA TIPO 1

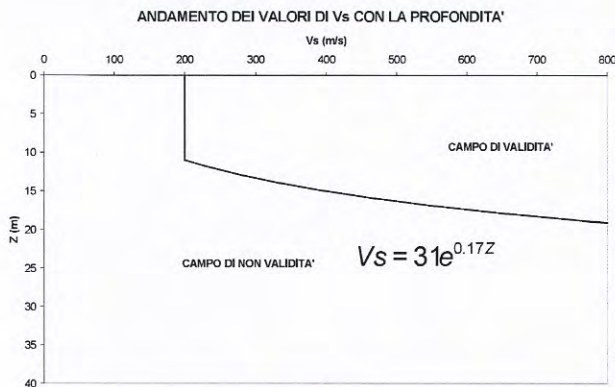
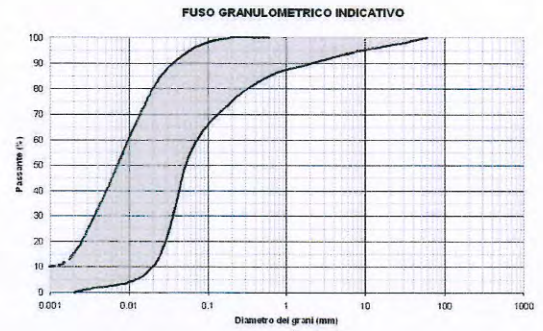
PARAMETRI INDICATIVI

GRANULOMETRIA:

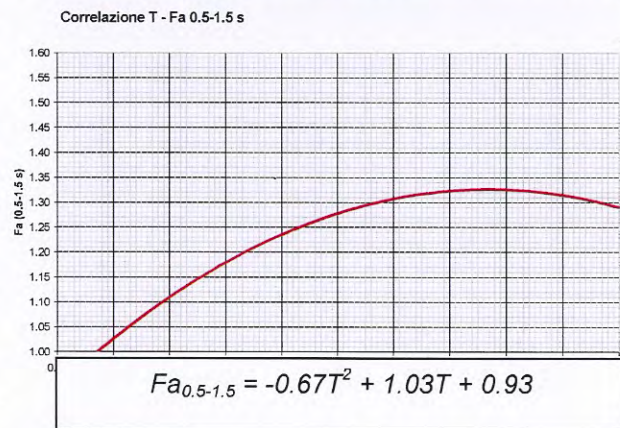
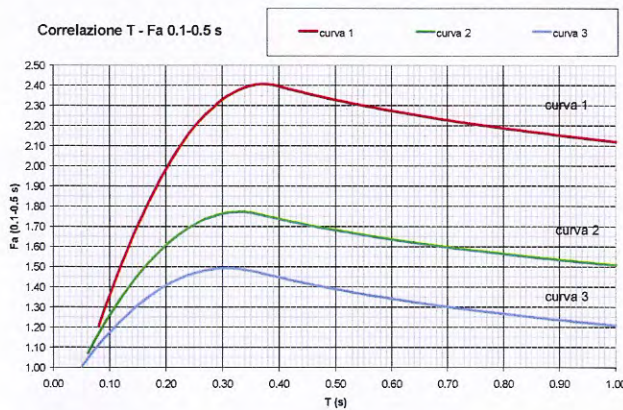
Da limi con sabbie debolmente ghiaiose a limi debolmente sabbioso-argillosi passando per limi con sabbie, limi debolmente argillosi, limi debolmente sabbiosi, limi debolmente ghiaiosi e sabbie con limi debolmente argillosi

NOTE:

- Comportamento coesivo
 - Frazione limosa ad un massimo del 95%
 - Presenza di clasti immersi con $D_{max} < 2-3$ cm
 - Frazione ghiaiosa fino ad un massimo del 10%
 - Frazione sabbiosa fino ad un massimo del 45%
 - Frazione argillosa fino ad un massimo del 15%
- A FIANCO: range di valori per alcuni parametri geotecnici significativi validi per limi sabbiosi debolmente argillosi



| | | Profondità primo strato (m) | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------------------------|-----|-----------------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 |
| Velocità primo strato (m/s) | 200 | | | | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | | | | | | |
| | 250 | | | | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 | | | | | |
| | 300 | | | | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | | | | | |
| | 350 | | | | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 2 | | | | |
| | 400 | | | | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| | 450 | | | | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| | 500 | | | | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| | 600 | | | | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| 700 | | | | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | |



| Curva | Tratto polinomiale | Tratto logaritmico |
|-------|--|---------------------------------|
| 1 | $0.08 < T \leq 0.40$ | $0.40 < T \leq 1.00$ |
| | $Fa_{0.1-0.5} = -13.9T^2 + 10.4T + 0.46$ | $Fa_{0.1-0.5} = 2.12 - 0.30LnT$ |
| 2 | $0.06 < T \leq 0.35$ | $0.35 < T \leq 1.00$ |
| | $Fa_{0.1-0.5} = -9.5T^2 + 6.3T + 0.73$ | $Fa_{0.1-0.5} = 1.51 - 0.25LnT$ |
| 3 | $0.05 < T \leq 0.35$ | $0.35 < T \leq 1.00$ |
| | $Fa_{0.1-0.5} = -7.3T^2 + 4.5T + 0.80$ | $Fa_{0.1-0.5} = 1.21 - 0.26LnT$ |

EFFETTI LITOLGICI - SCHEDA LITOLOGIA LIMOSO - SABBIOSA TIPO 2

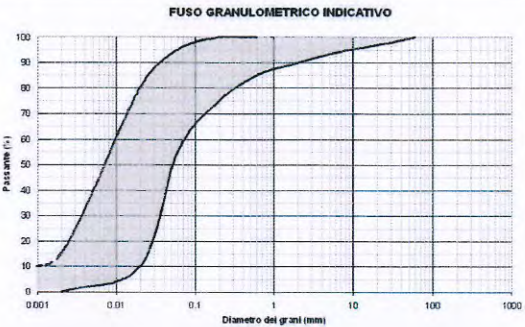
PARAMETRI INDICATIVI

GRANULOMETRIA:

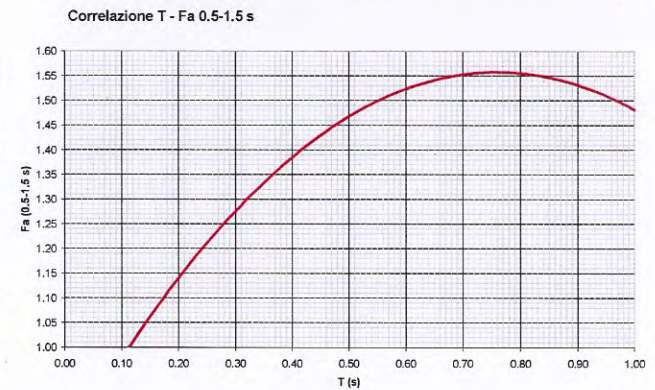
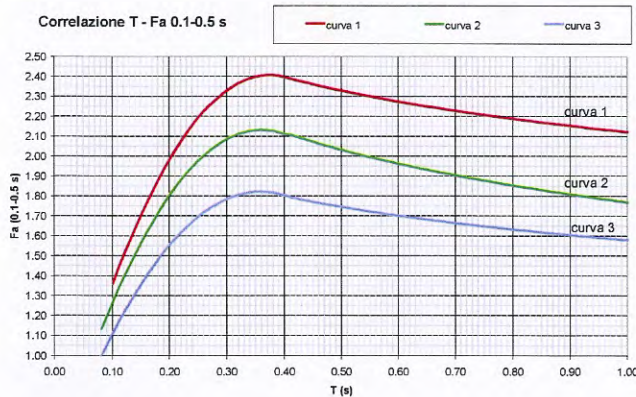
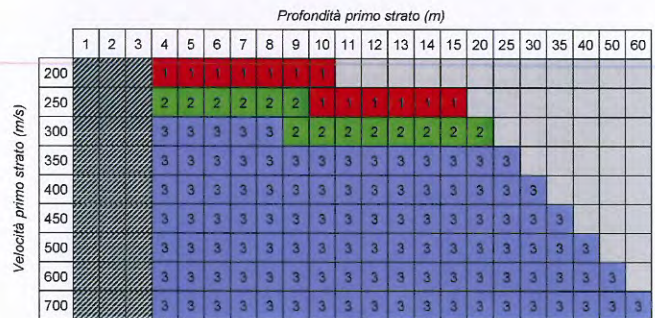
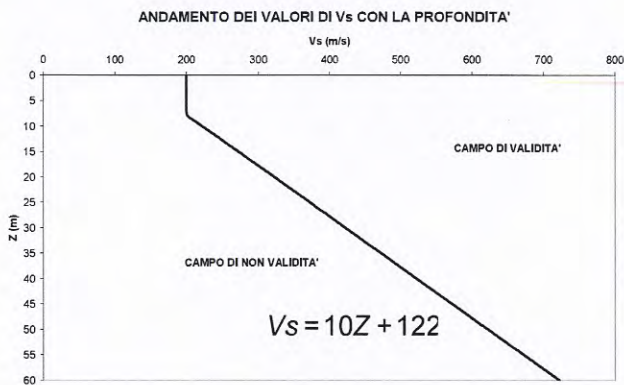
Da limi con sabbie debolmente ghiaiose a limi debolmente sabbioso-argillosi passando per limi con sabbie, limi debolmente argillosi, limi debolmente sabbiosi, limi debolmente ghiaiosi e sabbie con limi debolmente argillosi

NOTE:

- Comportamento coesivo
- Frazione limosa ad un massimo del 95%
- Presenza di clasti immersi con $D_{max} < 2-3$ cm
- Frazione ghiaiosa fino ad un massimo del 10%
- Frazione sabbiosa fino ad un massimo del 45%
- Frazione argillosa fino ad un massimo del 15%
- A FIANCO: range di valori per alcuni parametri geotecnici significativi validi per limi sabbiosi debolmente argillosi



| PARAMETRO | INTERVALLO |
|---|---|
| Peso di volume naturale | γ (kN/m ³) 18.5-19.5 |
| Peso specifico particelle solide | γ_s (kN/m ³) 26.0-27.9 |
| Contenuto d'acqua naturale | w (%) 25-30 |
| Limite di liquidità | w _L (%) 25-35 |
| Limite di plasticità | w _p (%) 15-20 |
| Indice di plasticità | I _p (%) 5-15 |
| Indice dei vuoti | e 0.6-0.9 |
| Grado di saturazione | S _r (%) 90-100 |
| Coefficiente di spinta a riposo | K ₀ 0.4-0.5 |
| Indice di compressione | C _c 0.10-0.30 |
| Indice di rigonfiamento | C _s 0.03-0.05 |
| Coefficiente di consolidazione secondaria | C _α 0.002-0.006 |
| Numero colpi prova SPT (nei primi 10 m) | N _{spt} 0-20 |



$$Fa_{0.5-1.5} = -1.33T^2 + 2.02T + 0.79$$

| Curva | Tratto polinomiale | Tratto logaritmico |
|-------|--|---------------------------------|
| 1 | $0.10 < T \leq 0.40$ | $0.40 < T \leq 1.00$ |
| | $Fa_{0.1-0.5} = -13.9T^2 + 10.4T + 0.46$ | $Fa_{0.1-0.5} = 2.12 - 0.30LnT$ |
| 2 | $0.08 < T \leq 0.40$ | $0.40 < T \leq 1.00$ |
| | $Fa_{0.1-0.5} = -12.8T^2 + 9.2T + 0.48$ | $Fa_{0.1-0.5} = 1.77 - 0.38LnT$ |
| 3 | $0.05 < T \leq 0.40$ | $0.40 < T \leq 1.00$ |
| | $Fa_{0.1-0.5} = -10.6T^2 + 7.6T + 0.46$ | $Fa_{0.1-0.5} = 1.58 - 0.24LnT$ |

EFFETTI LITOLOGICI – SCHEDA LITOLOGIA SABBIOSA

PARAMETRI INDICATIVI

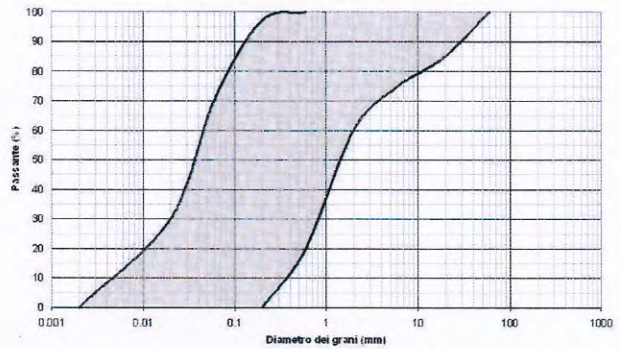
GRANULOMETRIA:

Da sabbia con ghiaia e ciottoli a limo e sabbia passando per sabbie ghiaiose, sabbie limose, sabbie con limo e ghiaia, sabbie limose debolmente ghiaiose, sabbie ghiaiose debolmente limose e sabbie

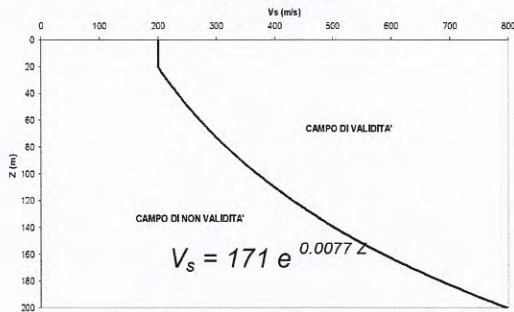
NOTE:

- Comportamento granulare
- Struttura granulo-sostenuta
- Clasti con $D_{max} > 20$ cm inferiori al 15%
- Frazione ghiaiosa inferiore al 25%
- Frazione limosa fino ad un massimo del 70%

FUSO GRANULOMETRICO INDICATIVO



ANDAMENTO DELLE Vs CON LA PROFONDITA' LITOLOGIA SABBIOSA



$$V_s = 171 e^{0.0077 Z}$$

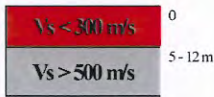
Profondità primo strato (m)

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----|-----|-----|------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|----|
| | 1-3 | 4 | 5-12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 20 | 25 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 90 | 110 | 130 | 140 | 160 | 180 | |
| 200 | 2 | 1-2 | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | NA | NA | NA | | | | | | | | | |
| 250 | 2 | 1-2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 3 | 3 | NA | NA | NA | | | | | | | | |
| 300 | 2 | 1-2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 3 | 3 | NA | NA | NA | | | | | | | | |
| 350 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 | NA | NA | | | | | | | |
| 400 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | NA | NA | NA | | | | | |
| 450 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | NA | NA | NA | NA | | | |
| 500 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | NA | NA | NA | NA | | |
| 600 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | NA | NA | NA | NA | NA |
| 700 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | NA | NA | NA | NA |

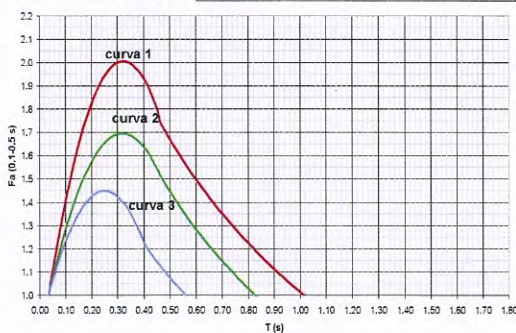
ove la sigla NA indica $Fa = 1$

il riquadro rosso indica la condizione stratigrafica per cui è necessario utilizzare le curve 1

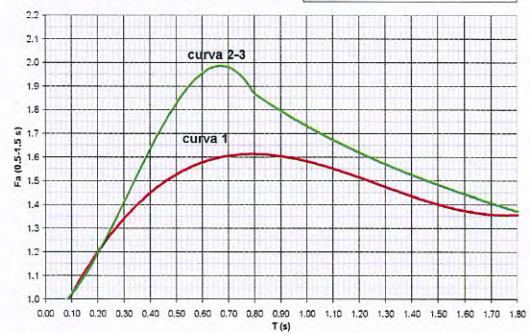
CONDIZIONE: strato con spessore compreso tra 5 e 12 m e velocità media V_s minore o uguale a 300 m/s poggiante su strato con velocità maggiore di 500 m/s



Correlazione T - Fa 0.1-0.5 s



Correlazione T - Fa (0.5-1.5 s)



| Curva | Tratto polinomiale | Tratto logaritmico | Tratto rettilineo |
|-------|--|--|-------------------------------------|
| 1 | $0.03 \leq T \leq 0.50$ $Fa_{0.1-0.5} = -12.21 T^2 + 7.79 T + 0.76$ | $0.50 < T \leq 1.00$ $Fa_{0.1-0.5} = 1.01 - 0.94 \ln T$ | $T > 1.00$ $Fa_{0.1-0.5} = 1.00$ |
| 2 | $0.03 \leq T \leq 0.45$ $Fa_{0.1-0.5} = -8.65 T^2 + 5.44 T + 0.84$ | $0.45 < T \leq 0.80$ $Fa_{0.1-0.5} = 0.83 - 0.88 \ln T$ | $T > 0.80$ $Fa_{0.1-0.5} = 1.00$ |
| 3 | $0.03 \leq T \leq 0.40$ $Fa_{0.1-0.5} = -9.68 T^2 + 4.77 T + 0.86$ | $0.50 < T \leq 0.55$ $Fa_{0.1-0.5} = 0.62 - 0.65 \ln T$ | $T > 0.55$ $Fa_{0.1-0.5} = 1.00$ |

| Curva | |
|-------|--|
| 1 | $0.08 \leq T \leq 1.80$ $Fa_{0.5-1.5} = 0.57 T^2 - 2.18 T^2 + 2.38 T + 0.81$ |
| 2 | $0.08 \leq T < 0.80$ |
| 3 | $0.80 \leq T \leq 1.80$ $Fa_{0.5-1.5} = -6.11 T^3 + 5.79 T^2 + 0.44 T + 0.93$ $Fa_{0.5-1.5} = 1.73 - 0.61 \ln T$ |

**VELOCITÀ DELLE ONDE S,
PROVE MASW VS30**

SITO 1 (energizzazione 7,5m)

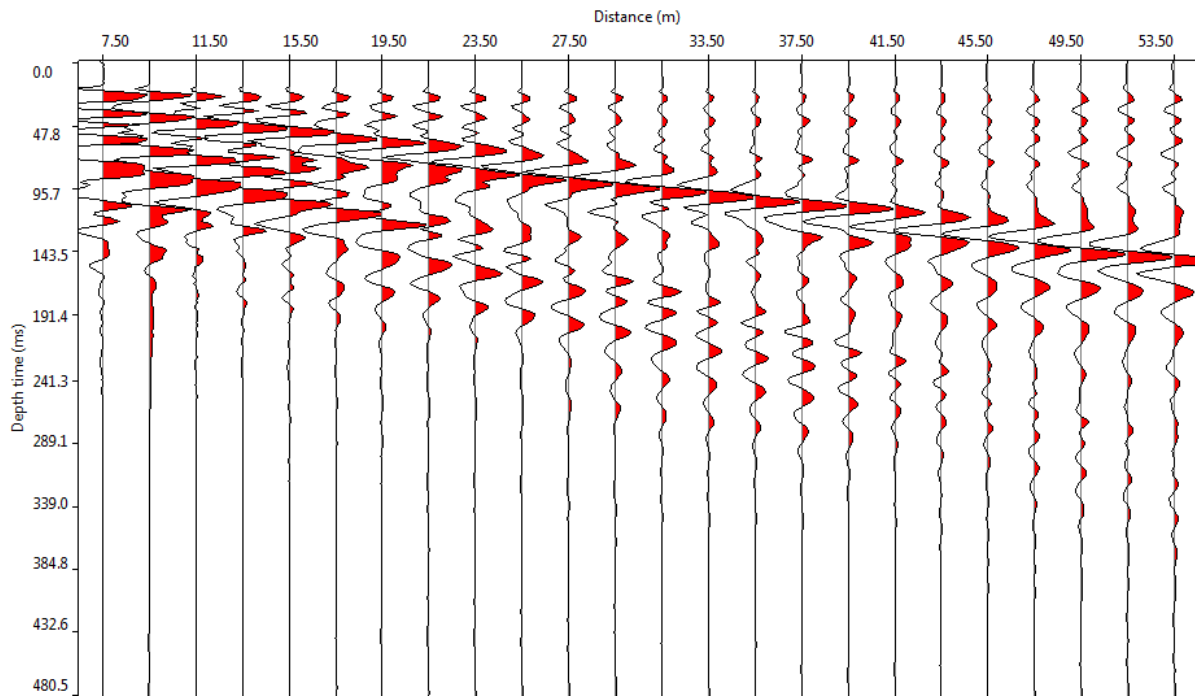


Fig. 1: Sismogramma medio

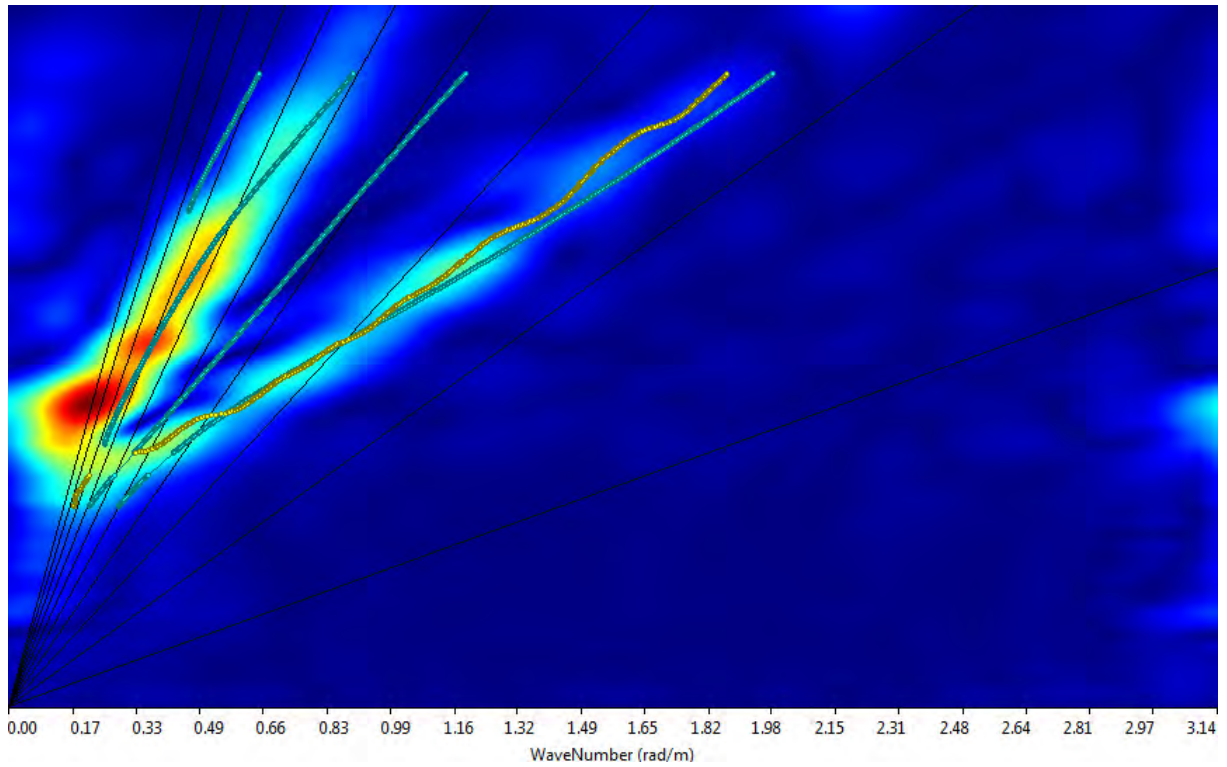


Fig. 2: Spettro Frequenza-velocità

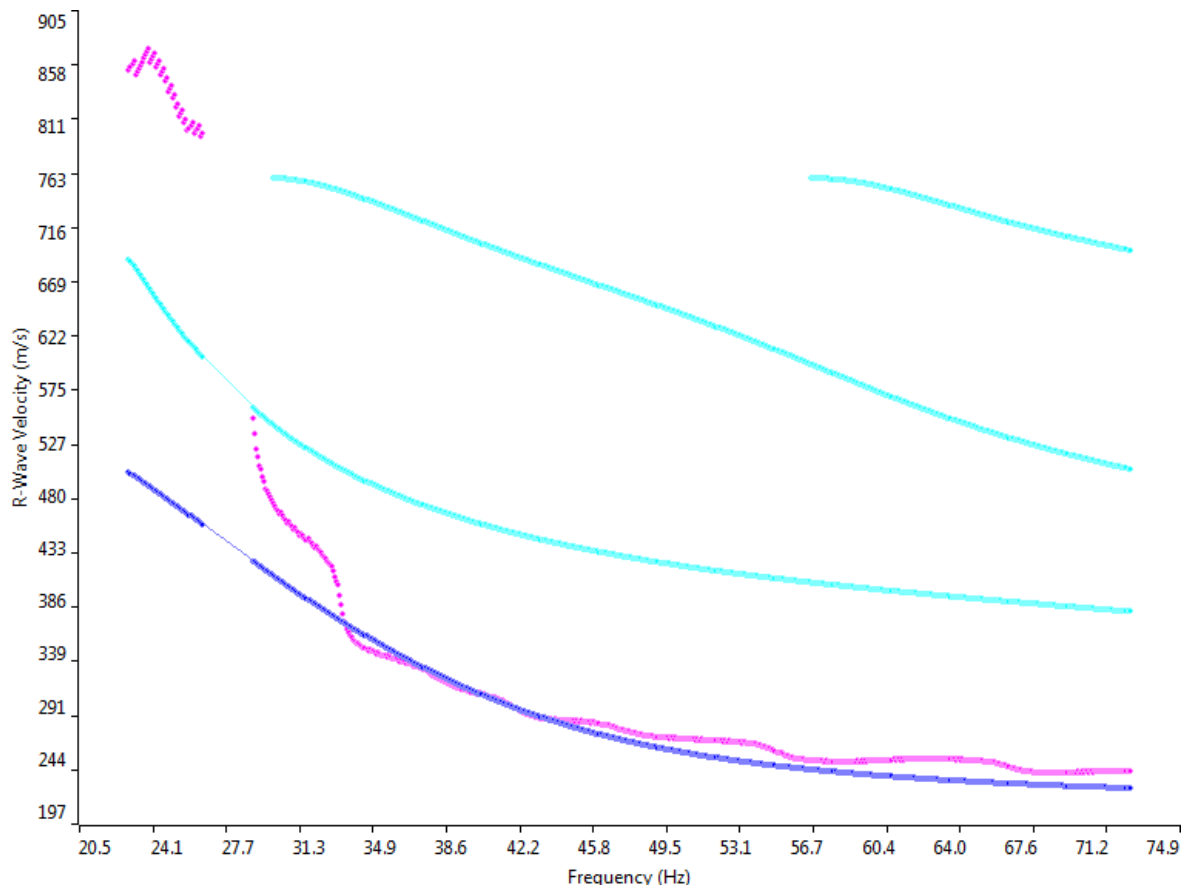


Fig. 3: Curva di dispersione sperimentale (viola) e teorica (blu)

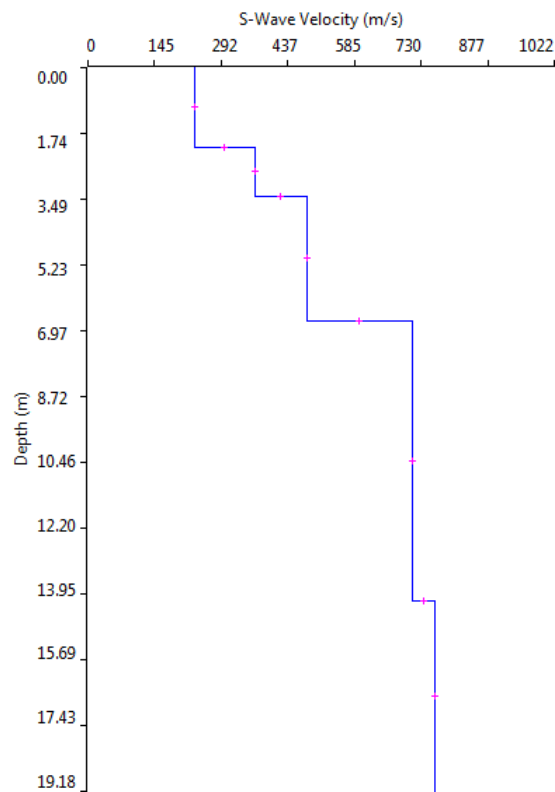


Fig. 4: Distribuzione Vs

SITO 1 (energizzazione 15m)

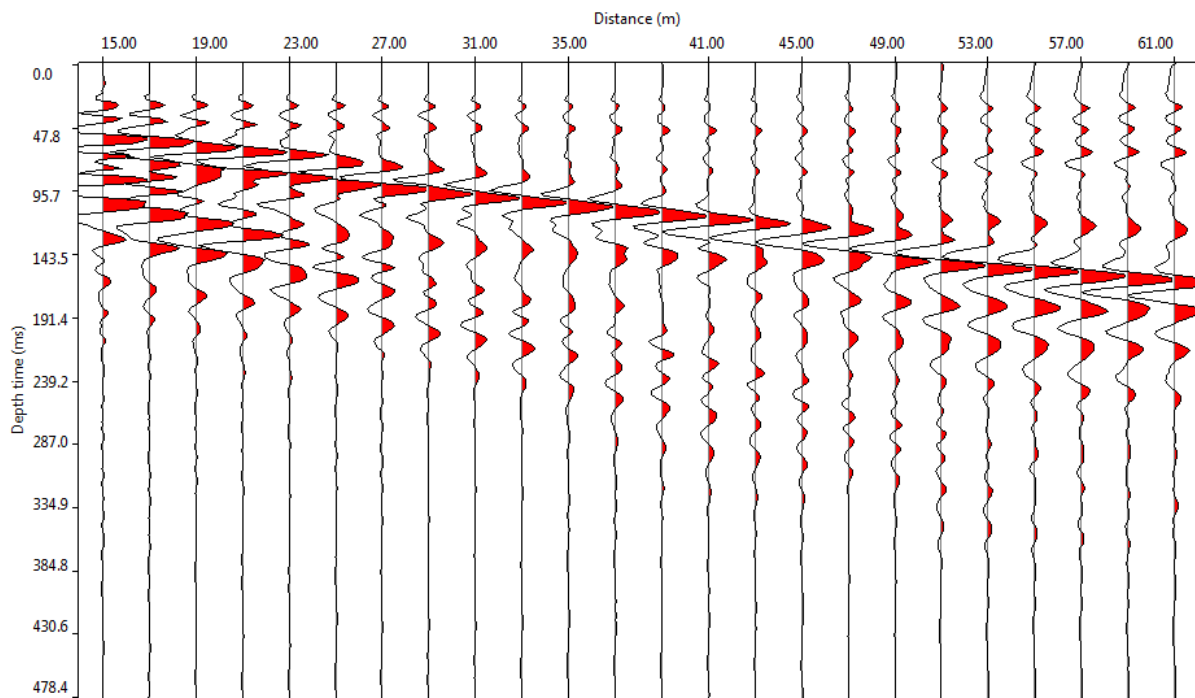


Fig. 5: Sismogramma medio

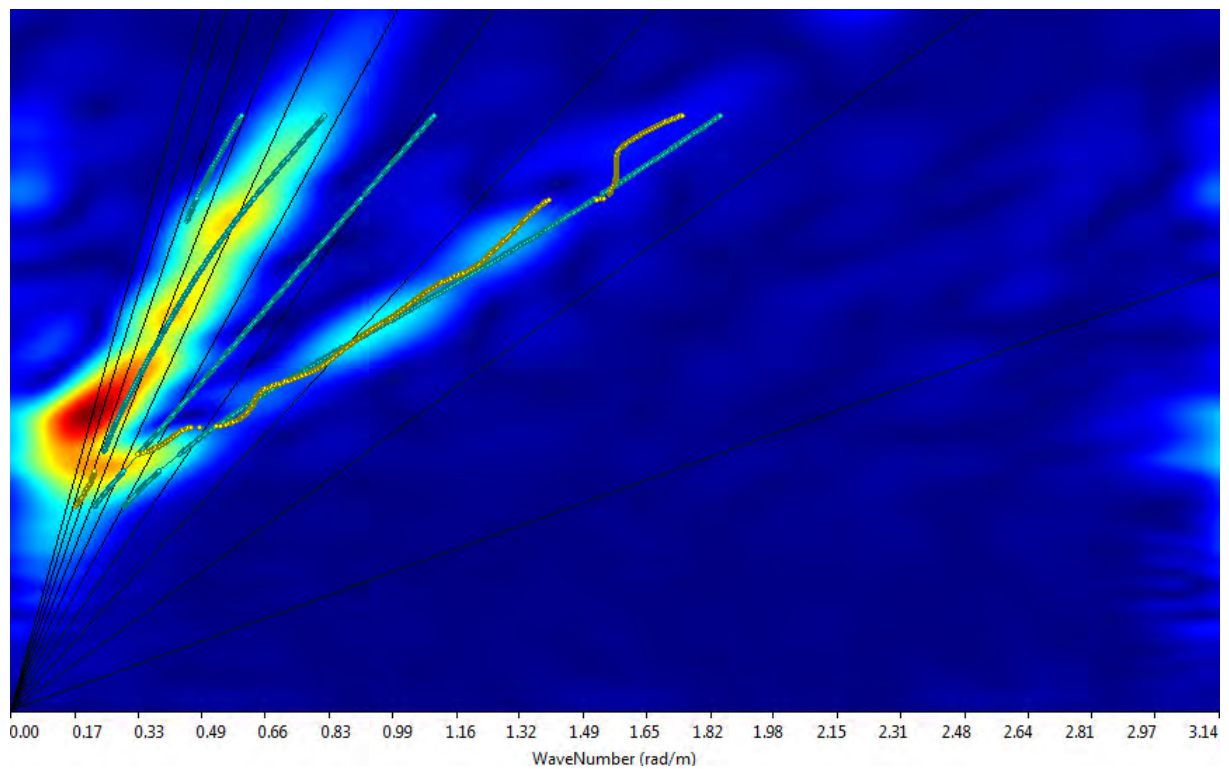


Fig. 6: Spettro Frequenza-velocità

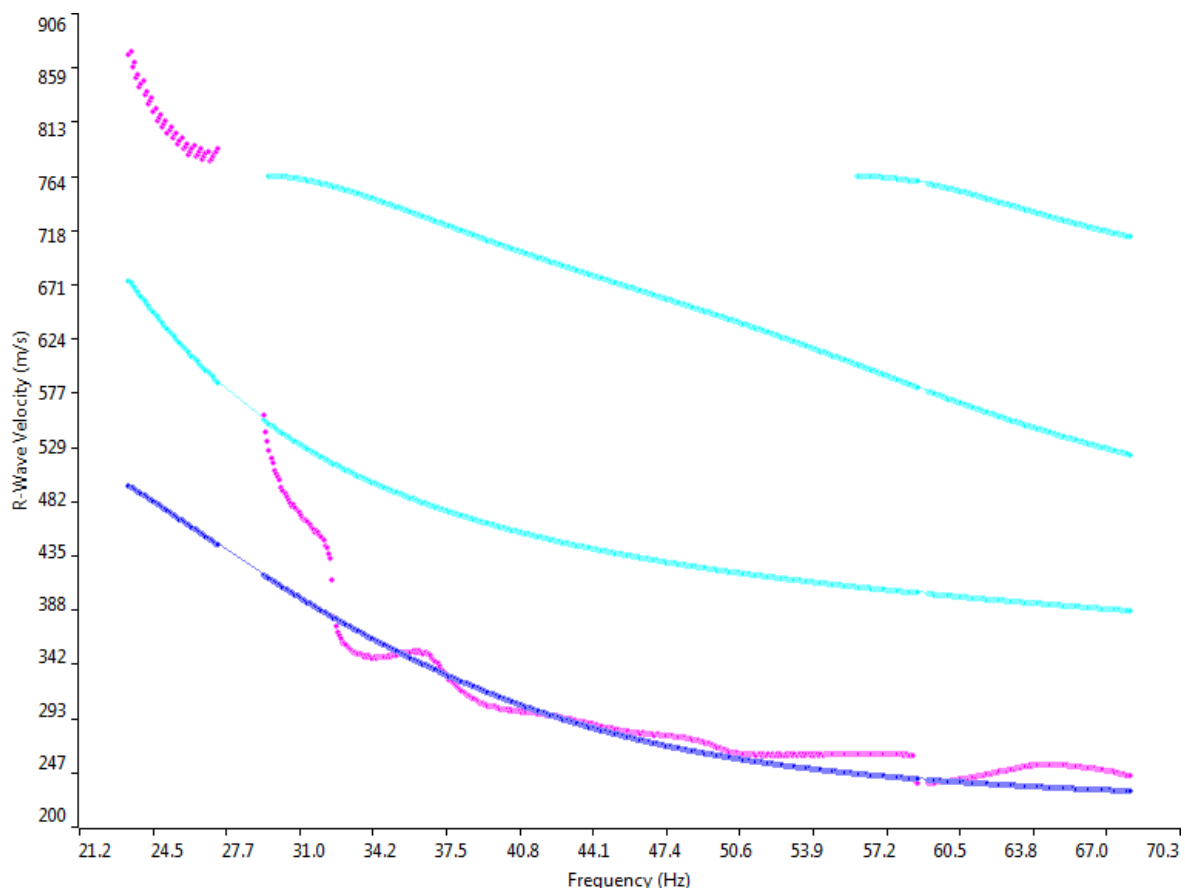


Fig. 7: Curva di dispersione sperimentale (viola) e teorica (blu)

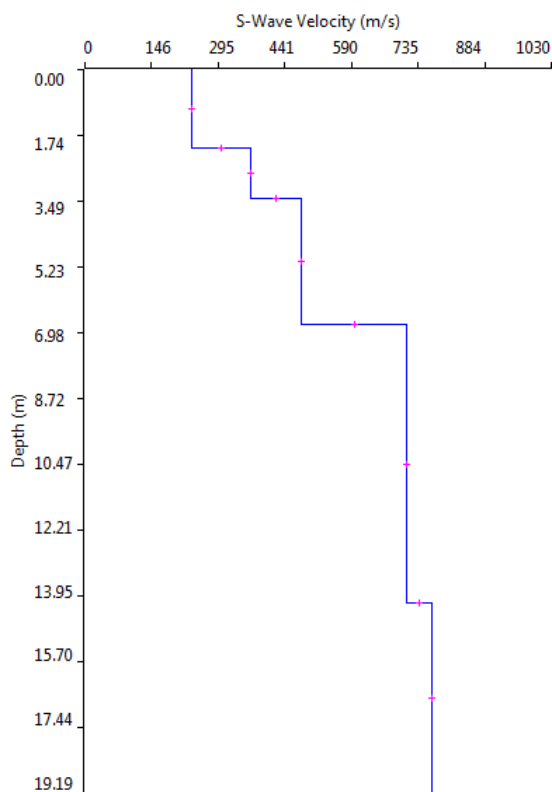


Fig. 8: Distribuzione Vs

SITO 2 (energizzazione 5m)

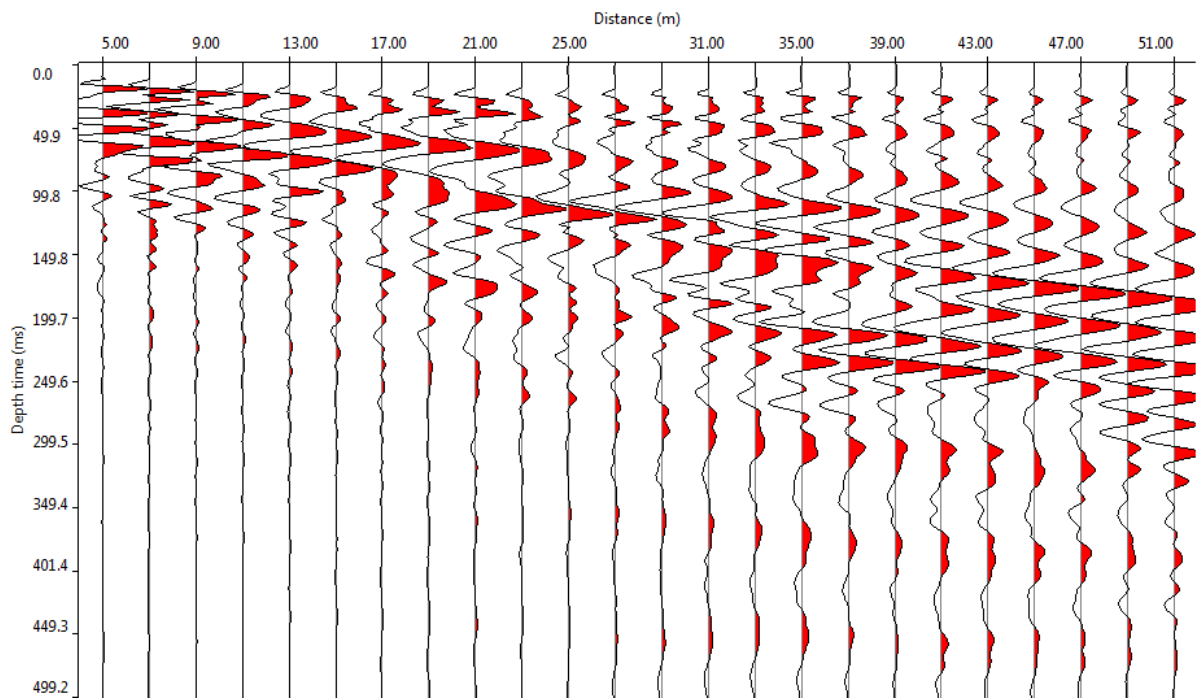


Fig. 9: Sismogramma medio

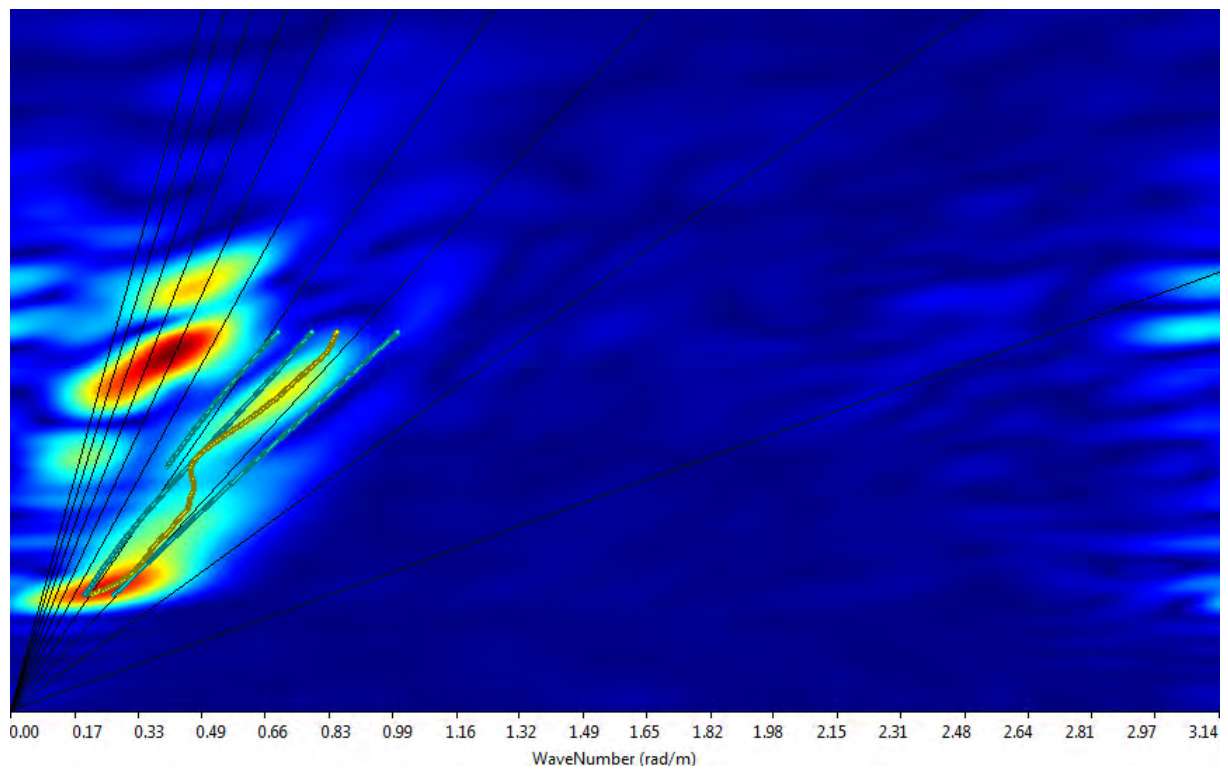


Fig. 10: Spettro Frequenza-velocità

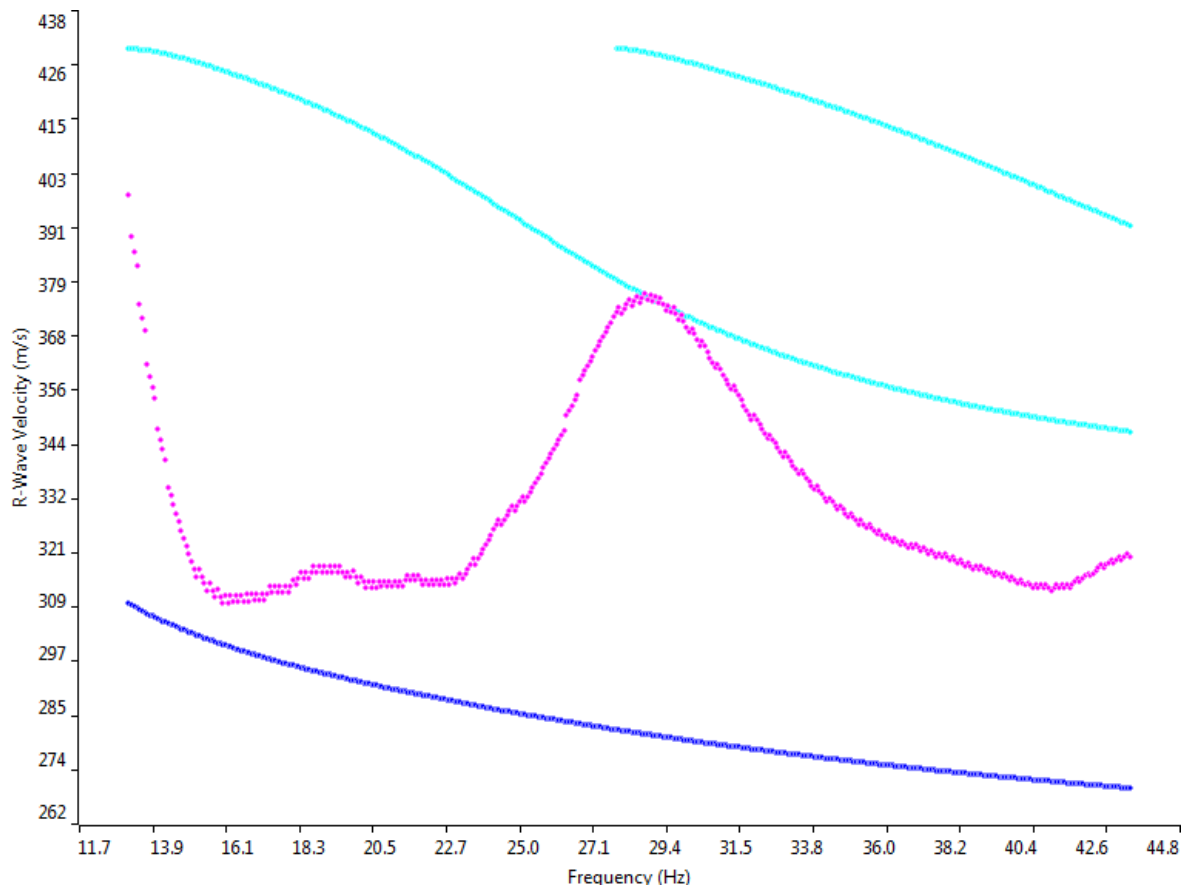


Fig. 11: Curva di dispersione sperimentale (viola) e teorica (blu)

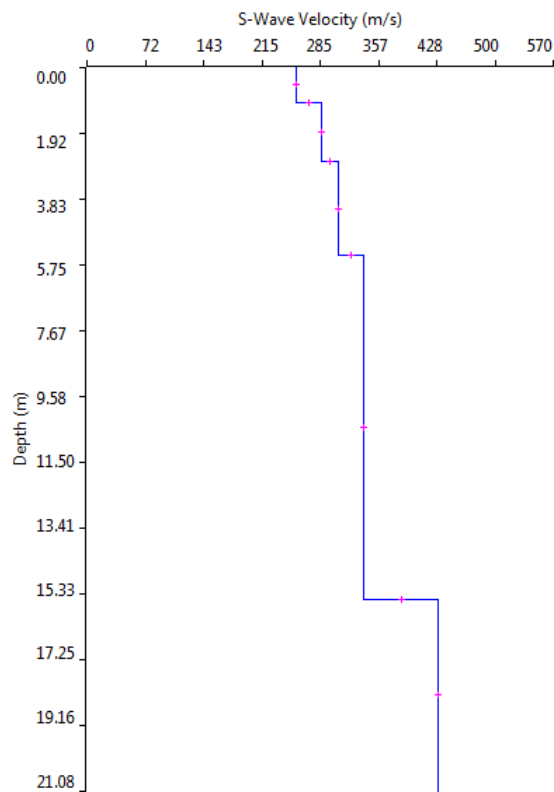


Fig. 12: Distribuzione Vs

SITO 2 (energizzazione 13,5m)

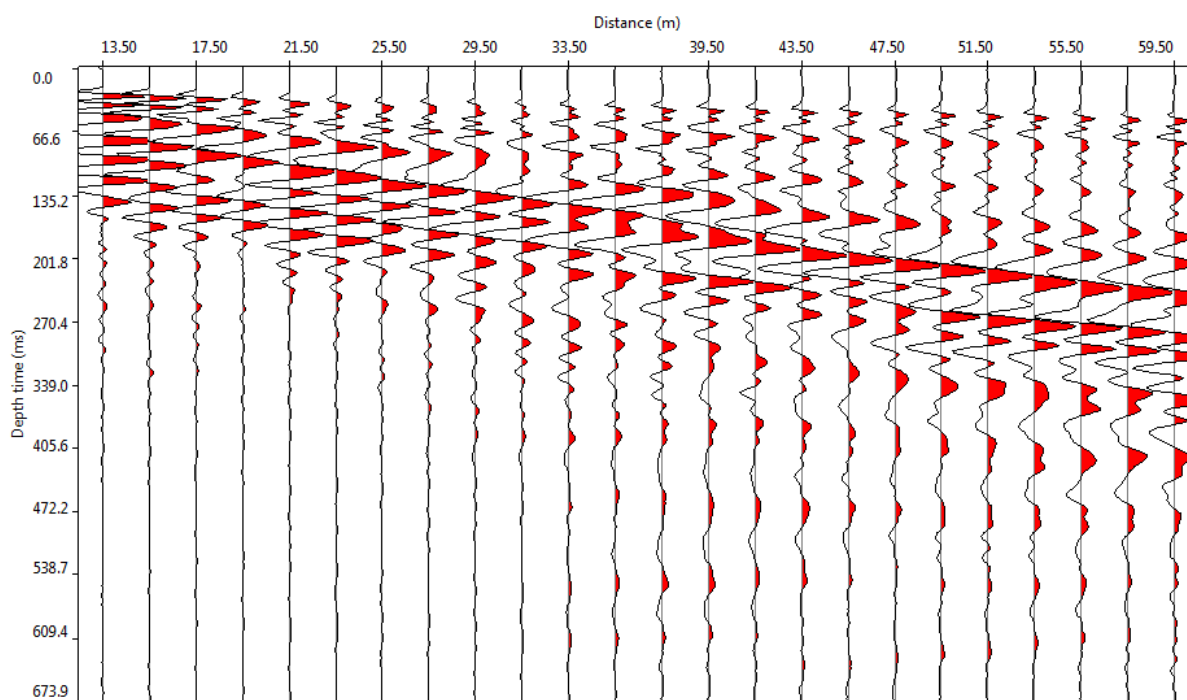


Fig. 13: Sismogramma medio

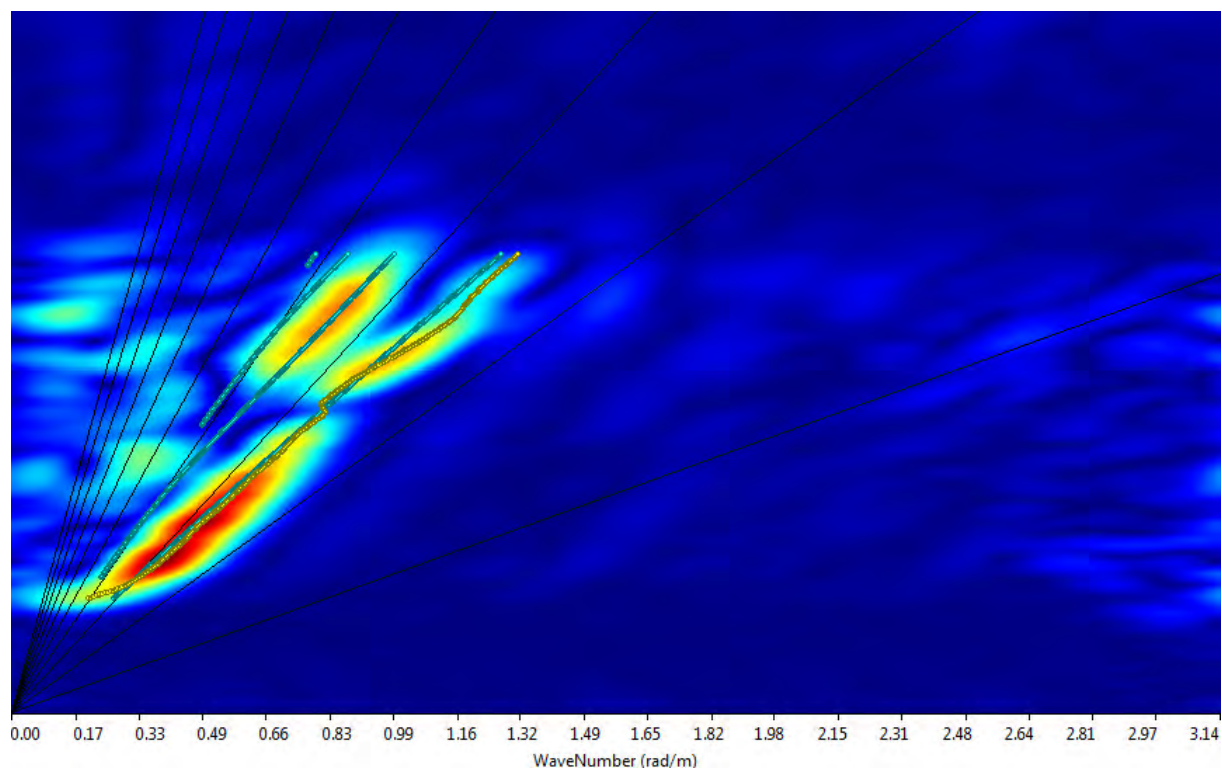


Fig. 14: Spettro Frequenza-velocità

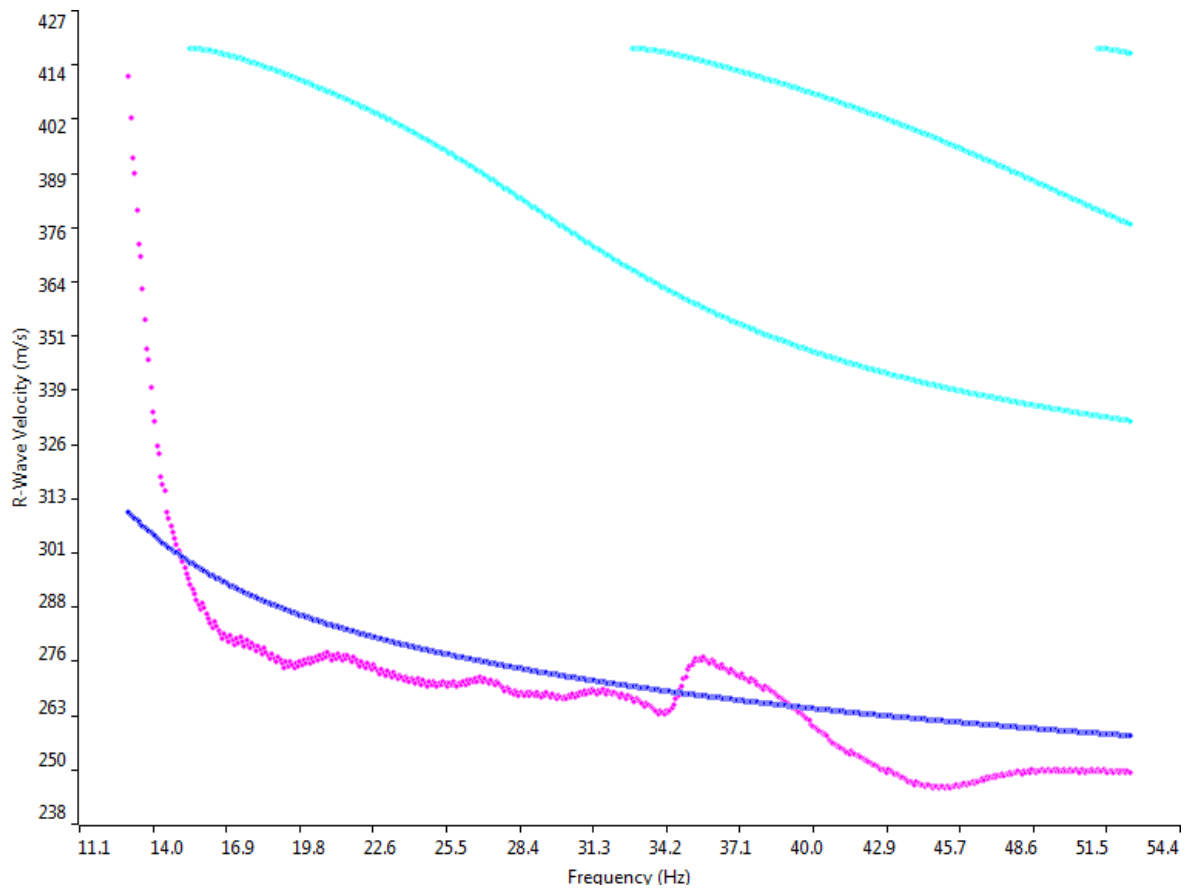


Fig. 15: Curva di dispersione sperimentale (viola) e teorica (blu)

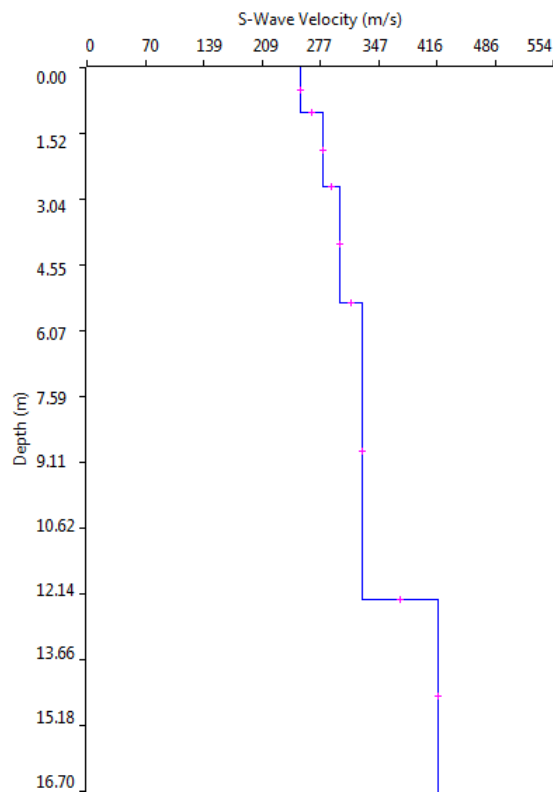


Fig. 16: Distribuzione Vs

SITO 3 (energizzazione 8m)

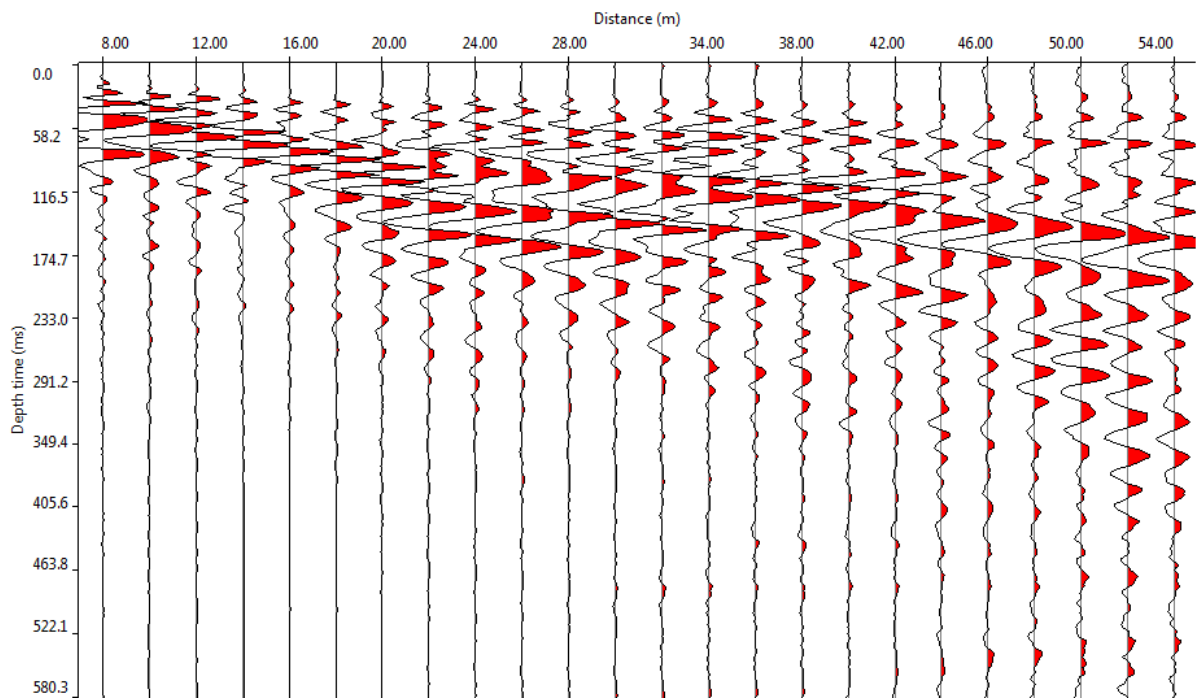


Fig. 17: Sismogramma medio

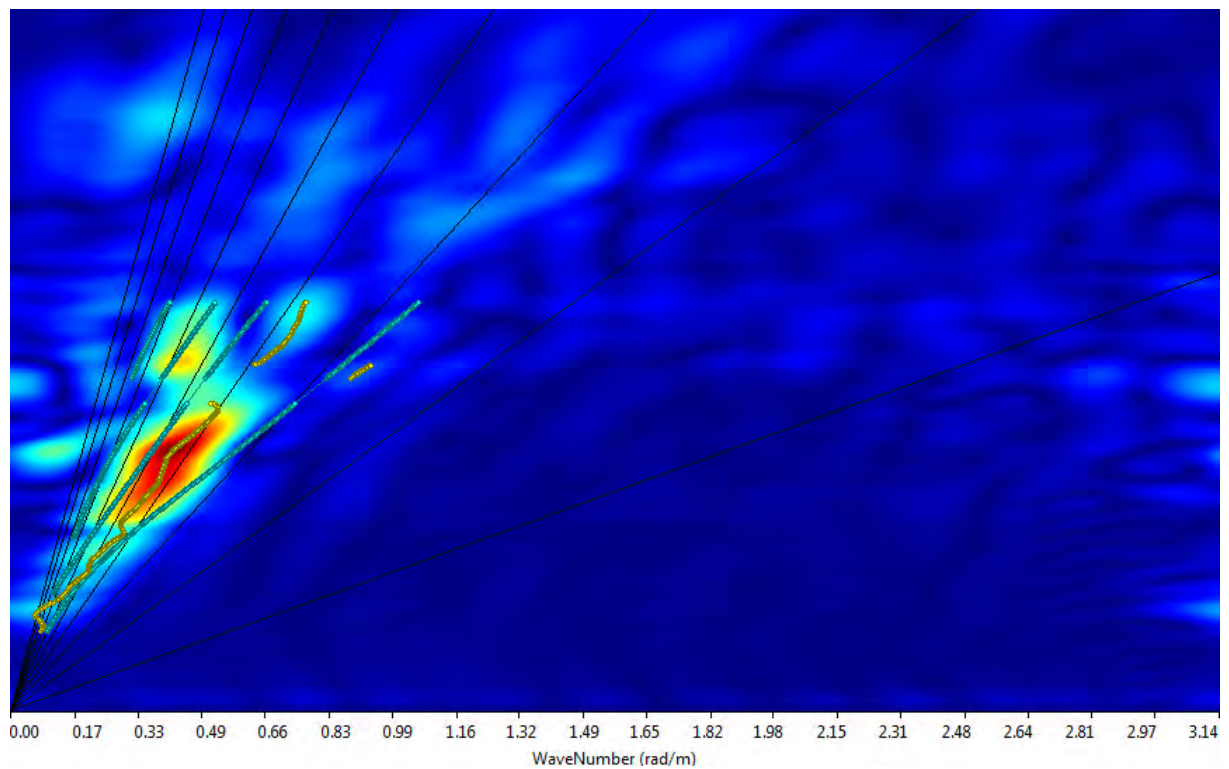


Fig. 18: Spettro Frequenza-velocità

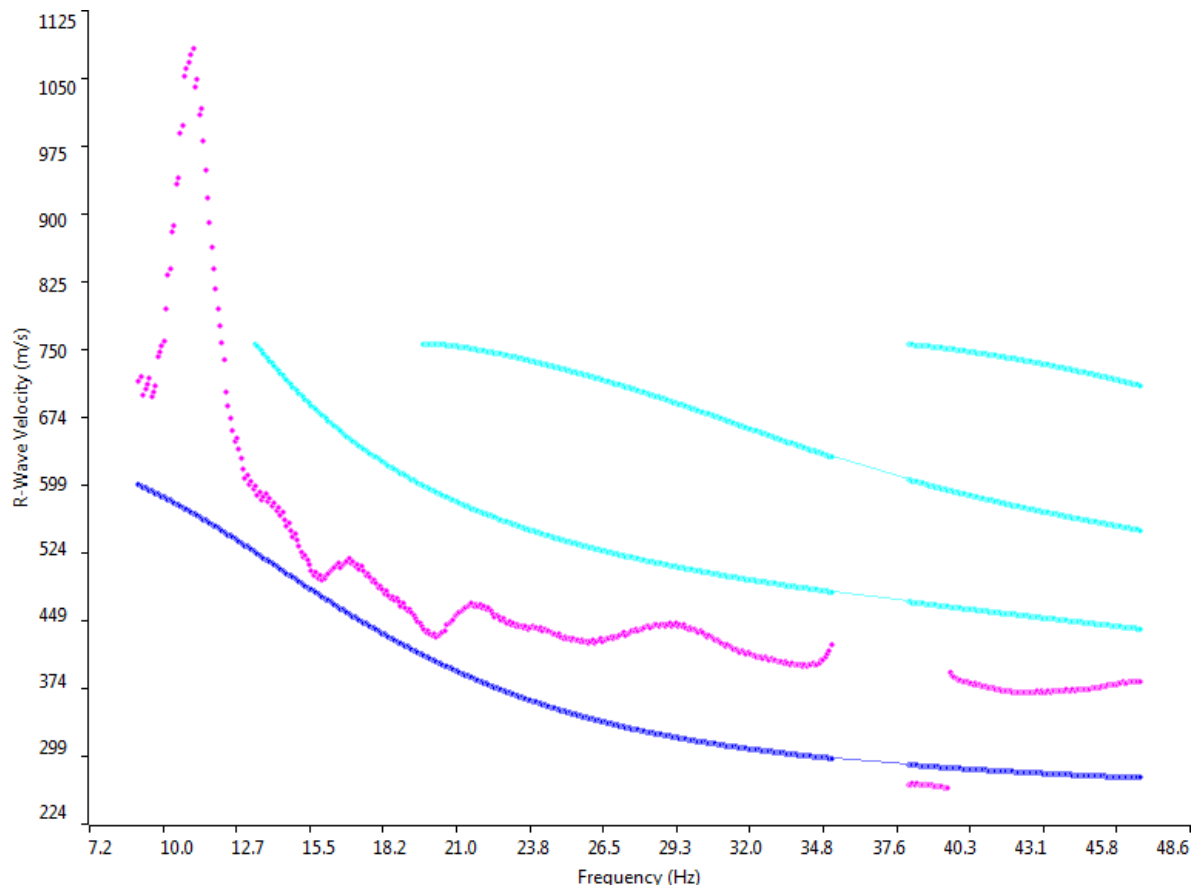


Fig. 19: Curva di dispersione sperimentale (viola) e teorica (blu)

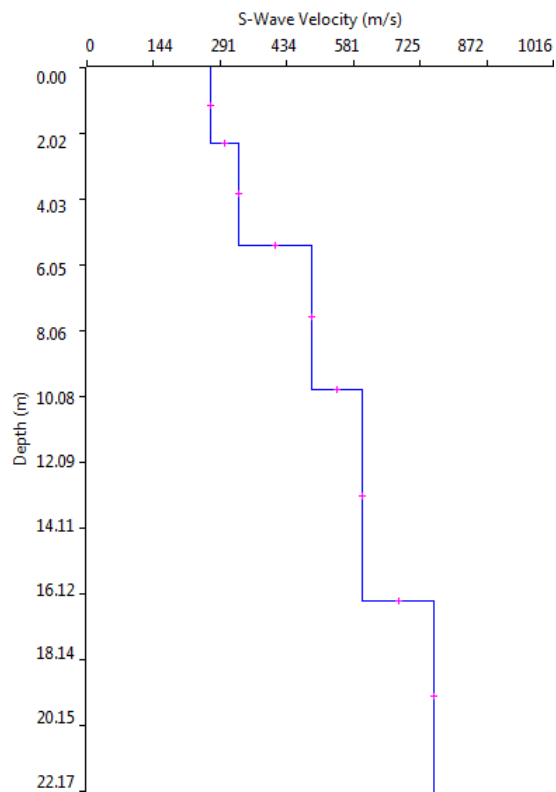


Fig. 20: Distribuzione Vs

SITO 3 (energizzazione 15m)

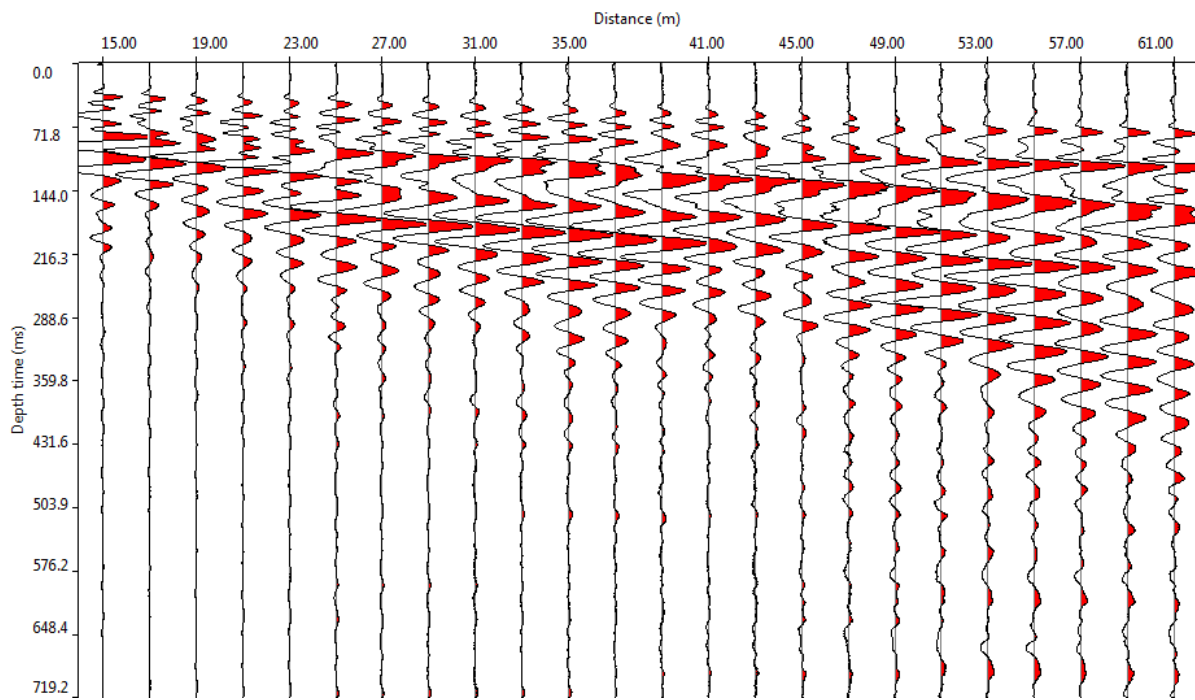


Fig. 21: Sismogramma medio

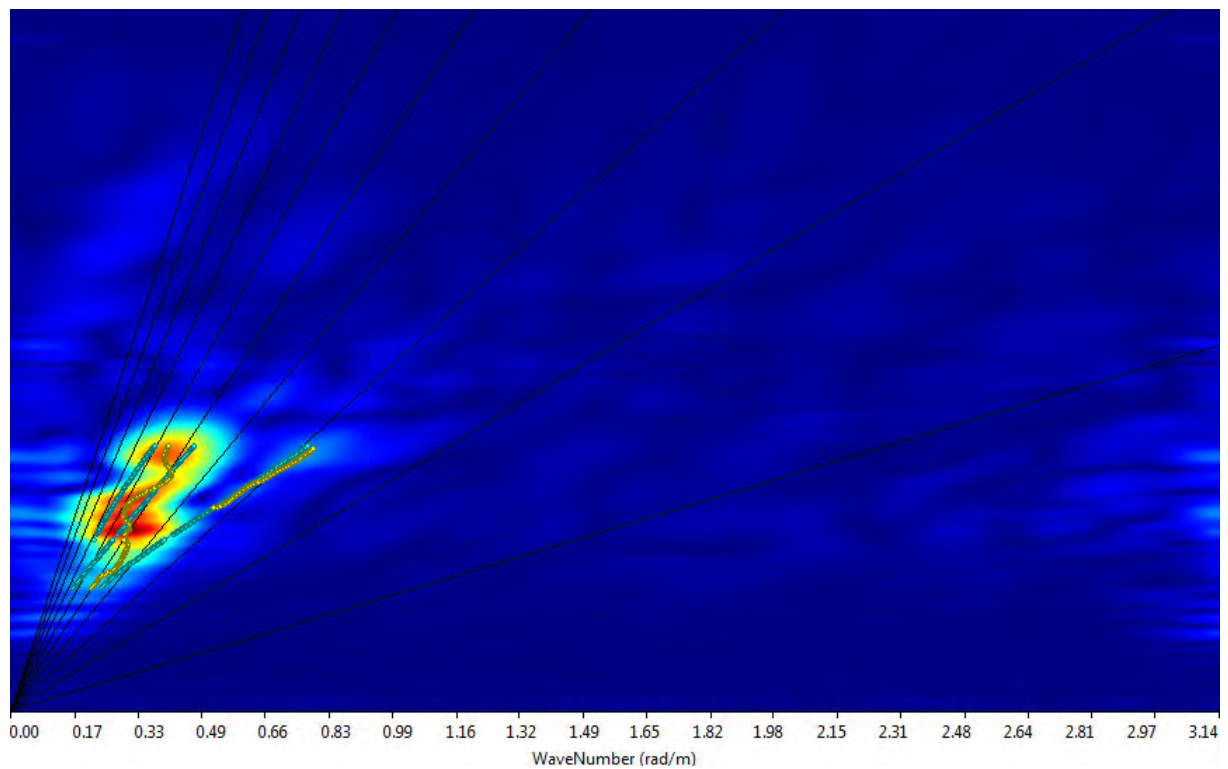


Fig. 22: Spettro Frequenza-velocità

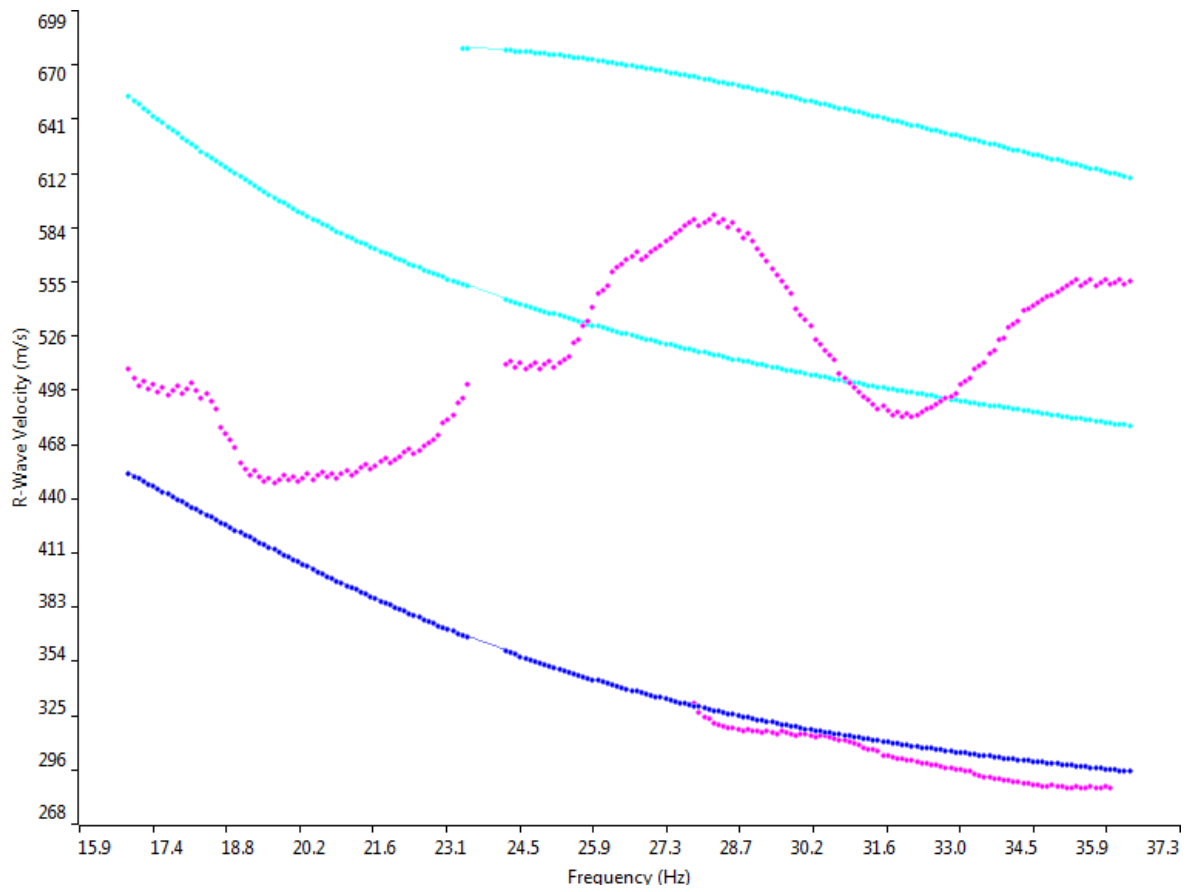


Fig. 23: Curva di dispersione sperimentale (viola) e teorica (blu)

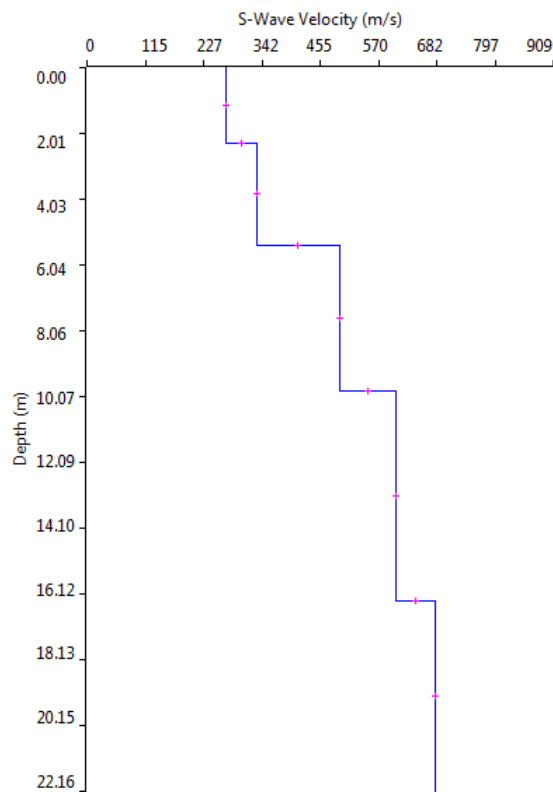


Fig. 24: Distribuzione Vs

SCHEDA CENSIMENTO POZZI

3 – STRATIGRAFIA

| N. livello | Inizio livello (cm) | Spessore livello (cm) | Descrizione |
|------------|---------------------|-----------------------|---|
| 1 | | 200 | Terreno vegetale |
| 2 | 200 | 400 | Orizzonte di terreni sciolti formati essenzialmente da sabbia e ghiaie con rari ciottoli |
| 3 | 600 | 1000 | Deposito di materiale sciolto a granulometria eterogenea ma globalmente grossolana con trovanti di dimensioni anche decimetriche |
| 4 | 1600 | 5000 | Conglomerato poligenico con grado di cementazione molto variabile passante talvolta a materiale quasi completamente sciolto; è molto fratturato e poroso; all'interno di tale conglomerato sono presenti lenti di argilla e di ghiaia |
| 5 | 6600 | 400 | Orizzonte di sabbia e ghiaia ben lavate |
| 6 | 7000 | 700 | Lente di argilla sovraconsolidata di colore variabile con piccoli ciottoli |

7 – PERIMETRAZIONE DELLE AREE DI SALVAGUARDIA (8)

| CRITERI DI PERIMETRAZIONE (AREA DI RISPETTO) | | | | |
|--|---|-----------|--|---------------|
| geometrico | X | temporale | | idrogeologico |
| data del provvedimento di autorizzazione | | | | |



NOTE ESPLICATIVE PER LA COMPILAZIONE DELLA SCHEDA

1. Nel caso all'opera sia già stata attribuito un codice, si chiede di riportarlo senza modificarlo, altrimenti si può procedere a assegnare una nuova numerazione
2. Disuso: si intende che il pozzo non è utilizzato, ma non è stato regolarmente sigillato
3. Potabile, Industriale, Agricolo, misto, altro
4. Indicare il numero delle tubazioni installate ed i rispettivi diametri
5. Indicare il tipo e la profondità dei setti impermeabili installati
6. Allegare tutti i dati disponibili relativi a prove di pompaggio e relativa interpretazione (con indicazione della portata critica), misurazioni dei livelli statici e dinamici (chiaramente datati), qualsiasi dato che aiuti a quantificare le caratteristiche degli acquiferi filtrati
7. Indicare (citandone le fonti) le caratteristiche idrochimiche degli acquiferi filtrati ed allegare i referti di analisi chimiche disponibili
8. Indicare accanto al tipo di metodo utilizzato per la delimitazione gli estremi dell'autorizzazione rilasciata dall'Ente competente (se presente)