

AUTONOME PROVINZ BOZEN SÜDTIROL PROVINCIA AUTONOMA DI BOLZANO ALTO ADIGE

COMUNE DI KASTELRUTH COMUNE DI CASTELROTTO

**SEISMISCHE
UNTERSUCHUNGEN:**
- N.1 DOWNHOLE
- N.1 MASW
- N.1 HVSR
**IN PONTIVES
RECYCLINGHOF**

INDAGINI SISMICHE:
- N.1 DOWNHOLE
- N.1 MASW
- N.1 HVSR
**A PONTIVES
AREA RICICLAGGIO**



ZUR BESTIMMUNG DER TRANSVERSALWELLEN – VS30

entsprechend dem M.D. 14/01/2008 und des Rundschreibens des C.S.LL.PP. 617/2009 „Anleitungen für die Anwendung der Technischen Normen für Bauten gemäß M.D. 14. Januar 2008“

PER LA DEFINIZIONE DELLE ONDE SISMICHE DI TAGLIO - VS30

ai sensi del D.M. 14/01/2008 e della Circolare del C.S.LL.PP. 617/2009 "Istruzioni per l'applicazione delle Norme tecniche per le costruzioni di cui al D.M. 14 gennaio 2008"


**ORDINE DEI GEOLOGI
GEOLOGENKAMMER
TRENTINO ALTO ADIGE / SÜDTIROL
DOTT. GEOL.
N. 236 RONZANI GIOVANNI**

**AUTONOME PROVINZ BOZEN SÜDTIROL
 PROVINCIA AUTONOMA DI BOLZANO ALTO ADIGE**

**GEMEINDE KASTELRUTH
 COMUNE DI CASTELROTTO**

SEISMISCHE UNTERSUCHUNG ZUR BESTIMMUNG SEISMISCHER TRANSVERSAL WELLEN – „VS30“

entsprechend dem M.D. 14/01/2008 und dem Rundschreiben des C.S.LL.PP. 617/2009 „Anleitung für die Anwendung der Technischen Normen für Bauten gemäß M.D. 14. Januar 2008“

SEISMISCHE UNTERSUCHUNGEN und SEISMISCHES GUTACHTEN

INDAGINE SISMICA PER LA DEFINIZIONE DELLE ONDE SISMICHE DI TAGLIO – „VS30“

ai sensi del D.M. 14/01/2008 e della Circolare del C.S.LL.PP. 617/2009 "Istruzioni per le costruzioni di cui al D.M. 14 gennaio 2008"

INDAGINI SISMICHE e RELAZIONE SISMICA

INHALTSVERZEICHNIS / SOMMARIO

1 SEISMISCHE UNTERSUCHUNGEN – BESTIMMUNG DER Vs30 UND DER VIBRATIONS- PERIODEN – ZUSAMMENFASSUNG DER ERGEBNISSE	3
1 INDAGINE SISMICA – DEFINIZIONE DELLE Vs30 E PERIODI DI VIBRAZIONE – RISULTATI DI SINTESI.....	3
1.1 Vs 30	4
1.1 Vs 30	4
1.2 Schwingzeit	6
1.2 Periodo di vibrazione	6
1.3 Geotechnische Parameter	7
1.3 Parametri geotecnici.....	7
2 TECHNISCHE ANGABEN UND EIGENSCHAFTEN DER GERÄTE	7
2 NOTE TECNICHE E CARATTERISTICHE DELLA STRUMENTAZIONE	7
2.1 Seismische Untersuchung down-hole	8
2.1 Indagine sismica down-hole	8
2.2 PASSIVE SEISMISCHE UNTERSUCHUNGEN – HVSr (Horizontal to Vertical Spectral Ratio)	9
2.2 INDAGINE SISMICA PASSIVA - HVSr (Horizontal to Vertical Spectral Ratio).....	9
2.3 AKTIVE SEISMISCHE UNTERSUCHUNGEN – MASW (Multichannel Analysis of Surface Wave).....	9
2.3 INDAGINE SISMICA ATTIVA - MASW (Multichannel Analysis of Surface Wave).....	9

ANLAGEN / ALLEGATI:

- 1 – CHOROGRAPHIE – LOKALISIERUNG DER DURCHGEFÜHRTEN UNTERSUCHUNGEN
COROGRAFIA – LOCALIZZAZIONE DELLE INDAGINI ESEGUITE
- 2 – SEISMISCHE UNTERSUCHUNGEN VOM TYP DOWNHOLE
INDAGINI SISMICHE TIPO DOWNHOLE
- 3 – SEISMISCHE UNTERSUCHUNGEN VOM TYP MASW
INDAGINI SISMICHE TIPO MASW
- 4 – SEISMISCHE UNTERSUCHUNGEN VOM TYP HVSR
INDAGINI SISMICHE TIPO HVSR

SEISMISCHE UNTERSUCHUNG ZUR BESTIMMUNG SEISMISCHER TRANSVERSAL WELLEN – „VS30“

entsprechend dem M.D. 14/01/2008 und dem Rundschreiben des C.S.LL.PP. 617/2009 „Anleitung für die Anwendung der Technischen Normen für Bauten gemäß M.D. 14. Januar 2008“

1 SEISMISCHE UNTERSUCHUNGEN – BESTIMMUNG DER V_{s30} UND DER VIBRATIONS- PERIODEN – ZUSAMMENFASSUNG DER ERGEBNISSE

Im Untersuchungsgebieten wurden seismische Untersuchungen durchgeführt, um in Übereinstimmung mit den NTC, dem M.D. 14. Januar 2008 und den dazugehörigen Anwendungsrichtlinien des C.S.LL.PP, Circ. 617/2009 (14. März 2009) die Ausbreitungsgeschwindigkeit der V_s zu bestimmen (NTC, Absatz 3.2.2).

Die Untersuchungen umfassen außerdem die Ermittlung von weiteren Elementen, welche die Ausbreitung der seismischen Wellen beeinflussen z.B. Präsenz und eventuelle Tiefe eines steifen Untergrundes oder einer ähnlichen Formation (wie in den NTC vorgeschrieben; Absatz 7.11.2).

Für das Untersuchungsgebiet wird auch die Abschätzung der eventuellen Hauptschwingzeiten des Bodens dargestellt (hervorgerufen durch steife Schichten oder Ähnlichem). Der Vergleich derselben mit der Abschätzung der Schwingzeit der geplanten Struktur erlaubt die Prüfung von eventuellen Verstärkungerscheinungen, die durch Resonanzphänomene hervorgerufen werden können.

Es wurden folgende Untersuchungen durchgeführt:

- 1 aktive seismische Untersuchung innerhalb des Bohrlochs vom Typ

INDAGINE SISMICA PER LA DEFINIZIONE DELLE ONDE SISMICHE DI TAGLIO – „VS30“

ai sensi del D.M. 14/01/2008 e della Circolare del C.S.LL.PP. 617/2009 “Istruzioni per le costruzioni di cui al D.M. 14 gennaio 2008”

1 INDAGINE SISMICA – DEFINIZIONE DELLE V_{s30} E PERIODI DI VIBRAZIONE – RISULTATI DI SINTESI

Nel sito in esame sono state eseguite indagini sismiche al fine di valutare, in ottemperanza alle NTC, D.M. 14 gennaio 2008 e alle relative istruzioni del C.S.LL.PP, Circ. 617/2009 (14 marzo 2009), la velocità di propagazione delle V_s (NTC, paragrafo 3.2.2).

Le indagini hanno inoltre compreso l'accertamento di ulteriori elementi che influenzano la propagazione delle onde sismiche quali la presenza e l'eventuale profondità di un substrato rigido od una formazione ad esso assimilabile (come prescritto dalle NTC; paragrafo 7.11.2).

Per l'area in esame si fornisce infatti anche la stima di eventuali periodi principali di vibrazione del terreno (causati dalla presenza di substrati rigidi o assimilabili), il confronto di questi con la stima dei periodi di vibrazione della struttura in progetto consente di verificare se sono possibili fenomeni amplificativi dovuti a risonanza.

L'indagine in oggetto è consistita nell'esecuzione di:

- N. 1 indagine sismica attiva diretta in foro tipo DOWN-HOLE spinta sino alla

DOWN-HOLE bis in eine Tiefe von 15 m unter GOK;

- 1 aktive seismische Oberflächenuntersuchung vom Typ MASW
- 1 passive, punktuelle seismische Untersuchung vom Typ HVSR;

Weiters wurden die stratigraphischen Kenntnisse aus Untersuchungen berücksichtigt, welche im Projektgebiet durchgeführt worden sind. Im Lageplan in der Anlage sind die Gebiete dargestellt, in welchem die seismischen Untersuchungen durchgeführt worden sind.

In den Kapiteln 2.1, 2.2 und 2.3 am Ende des Textes sind die Durchführungsarten sowie die technischen Eigenschaften des verwendeten Geräts beschrieben. Für dieses werden außerdem auch die theoretischen Grundlagen für die Interpretation und die entsprechenden bibliographischen Bezugsdaten wiedergegeben.

Nachfolgend sind die erhaltenen Daten der Untersuchungen dargestellt:

1.1 Vs30

Die Auswertungen der durchgeführten Untersuchungen sind in den Tabellen in der Anlage detailliert dargestellt. Bezüglich der Analyse wird hervorgehoben, dass die DOWN-HOLE- Untersuchungen die Basis für die Bestimmung des Tiefenprofils der Vs-Werte darstellen, da mittels dieser Untersuchungen die Geschwindigkeiten dieser Wellen direkt gemessen werden können. Die MASW- Untersuchung wurde als generelle Kontrolle des ersten Teils verwendet.

Die HVSR- Untersuchung wurde verwendet, um das Vorhandensein von steifen Untergründen in der Tiefe zu bestimmen und folglich den Verlauf der Vs in größeren Tiefen bezüglich der oben erwähnten Untersuchung abzuschätzen. Somit konnten Vs- Werte bezüglich der ersten 30 m unter der Geländeoberfläche (GOF) und tiefer bestimmt werden. Bei der Erstellung des Modells wurden zudem die regionalen stratigraphischen Kenntnisse berücksichtigt.

profondità di 15 metri dal piano campagna;

- N.1 indagine di sismica attiva di superficie tipo MASW;
- N. 1 indagine sismica passiva a stazione singola tipo HVSR;

Si sono altresì considerate le conoscenze stratigrafiche da indagini eseguite nell'area in esame. Le indagini sismiche sono state eseguite nelle aree indicate nella planimetria in allegato.

Nei paragrafi a fine testo 2.1, 2.2 e 2.3, sono descritte le modalità esecutive nonché le caratteristiche tecniche delle strumentazioni utilizzate per effettuare le indagini eseguite, per queste vengono inoltre riportate le basi teoriche relative all'interpretazione ed i corrispondenti riferimenti bibliografici.

Direttamente a seguire sono riportati i risultati ottenuti dalle indagini.

1.1 Vs30

Le elaborazioni delle indagini eseguite sono dettagliatamente riportate nei tabulati in Allegato. Per quanto riguarda l'analisi si evidenzia che le indagini DOWN-HOLE hanno rappresentato la base della definizione del profilo in approfondimento dei valori Vs in quanto tramite queste vengono direttamente misurate le velocità delle onde in oggetto. L'indagine MASW è stata utilizzata di verifica generale per questa prima porzione.

L'indagine HVSR è stata utilizzata per valutare la presenza di substrati rigidi in profondità e di conseguenza per stimare l'andamento delle Vs in ulteriore approfondimento rispetto alle prove sopra citate, così da stimare valori di Vs relativi ai 30 metri di profondità dal piano campagna e oltre. Nella definizione del modello si sono inoltre considerate le conoscenze stratigrafiche regionali.

UNTERSUCHUNGSGBIET

Aus der DOWN-HOLE- Untersuchung gehen Böden mit mäßigen Vs- Geschwindigkeiten hervor, welche mit der Tiefe leicht zunehmen. Die HVSR- Untersuchung hat aufgezeigt, dass es über mehrere 10er- Meter in der Tiefe keine nennenswerten steifen Schichten gibt.

Allerdings tritt bei 2Hz ein deutlicher Frequenzpeak auf. Durch die Auswertung dieses Peaks kann der steife Untergrund (Kies?) in einer Tiefe von zirka 25-30 Metern geschätzt werden.

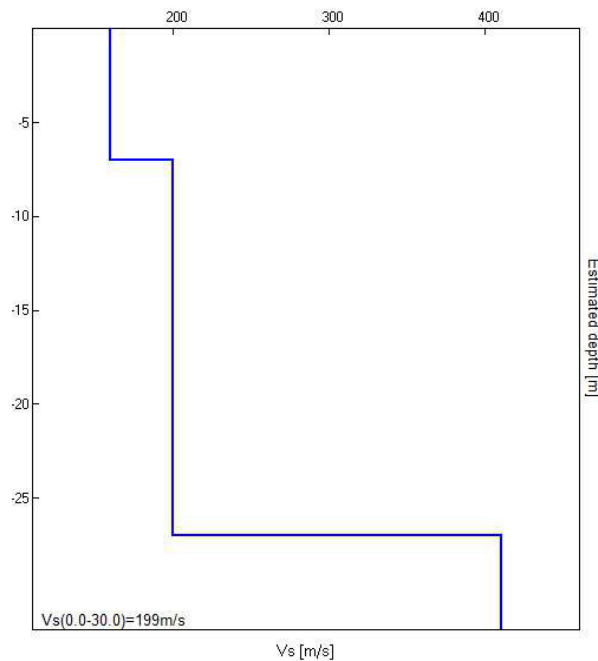
Das geschätzte Modell der Vs30 ergibt folgendes Tiefenprofil:

SITO IN ESAME

L'indagine DOWN HOLE ha evidenziato la presenza di terreni con velocità medio basse delle Vs, con un leggero incremento con la profondità. L'indagine HVSR ha evidenziato che per alcune decine di metri in approfondimento non vi è la presenza di significativi orizzonti rigidi.

E' comunque ben visibile un picco in frequenza a circa 2Hz, l'elaborazione di questo consente di stimare la presenza del substrato rigido (ghiaie?) a circa 25-30 metri di profondità.

Il modello di stima delle Vs30 è risultato con il seguente profilo in approfondimento:



Für das Untersuchungsgebiet ergibt sich somit ein Wert für die Vs30 von **200 m/sec**. Dieser Wert bezieht sich auf Vs30 von der GOF.

Basierend auf der Tabelle 3.2.II der NTC und unter Berücksichtigung des erhaltenen Parameters Vs30, entfällt der untersuchte Untergrund in die **Kategorie C** (180m/sec<Vs<360m/sec).

Per il sito in esame è risultato un valore delle Vs30 pari a circa **200 m/sec**. Tale valore è riferito a Vs30 a partire dal p.c.

Sulla base della Tabella 3.2.II delle NTC e considerando il parametro Vs30 ottenuto la categoria di sottosuolo a cui ascrivere il terreno in oggetto risulta la **categoria C** (180m/sec<Vs<360m/sec).

Tabella 3.2.II – Categorie di sottosuolo

Categoria	Descrizione
A	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.
B	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $N_{SPT,30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{v,30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina).
C	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < N_{SPT,30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_{v,30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).
D	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 180 m/s (ovvero $N_{SPT,30} < 15$ nei terreni a grana grossa e $c_{v,30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina).
E	Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con $V_s \geq 800$ m/s).

Tabella 3.2.III – Categorie aggiuntive di sottosuolo.

Categoria	Descrizione
S1	Depositi di terreni caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 100 m/s (ovvero $10 < c_{v,30} < 20$ kPa), che includono uno strato di almeno 8 m di terreni a grana fina di bassa consistenza, oppure che includono almeno 3 m di torba o di argille altamente organiche.
S2	Depositi di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti.

Tabellenauszug aus den NTC
Tabelle stralcio da NTC

1.2 SCHWINGZEIT

Mithilfe der HVSR - Untersuchung war es außerdem möglich, die Hauptschwingfrequenzen des Bodens zu bestimmen. Um eine doppelte Resonanz zu vermeiden, die die Bebenauswirkungen verstärken könnten, ist ein Vergleich der Bodenschwingungen mit den Schwingungen der geplanten Struktur geeignet.

UNTERSUCHUNGSGBIET

Hauptfrequenz des Untergrundes = 2,0Hz

Die Auswertung eines möglichen Auftreten von Resonanzphänomenen obliegt auf jeden Fall dem Projektanten, nach erfolgter Festlegung der Eigenfrequenzen des Projektes.

In der nachfolgenden Grafik ist eine vorläufige Auswertung der Hauptfrequenzen von Gebäuden dargestellt. Die Schätzung basiert auf den Angaben der NTC (MD 14.01.2008), Absatz 7.3.3.2, wo es heißt "per costruzioni civili o industriali che non superino i 40 m di altezza e la cui massa sia approssimativamente uniformemente distribuita lungo l'altezza T1 può essere stimato, in assenza di calcoli più dettagliati, utilizzando la formula seguente: $T = C \times H^{3/4}$, wobei gilt: H entspricht der Gebäudehöhe in Metern von der Gründungsfläche, C ist ein Parameter, der

1.2 PERIODO DI VIBRAZIONE

Tramite l'indagine HVSR è stato inoltre possibile definire le principali frequenze di vibrazione del terreno. Al fine di evitare fenomeni di doppia risonanza in grado di amplificare gli effetti del sisma è infatti opportuno confrontare le frequenze di vibrazione del terreno con quelle previste per la struttura in progetto.

SITO IN ESAME:

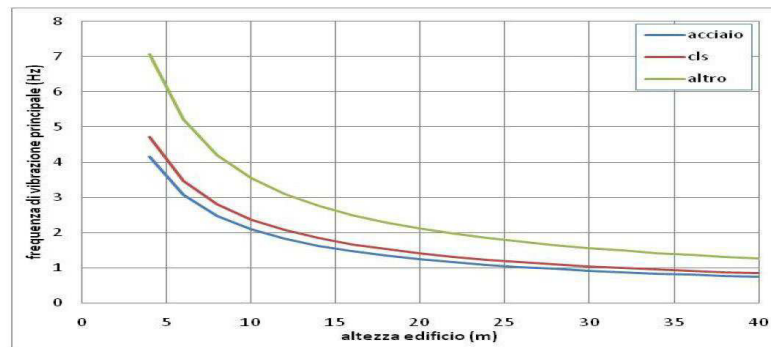
frequenza fondamentale terreno = 2,0Hz

La valutazione della possibilità o meno di risonanza tra le frequenze è a cura del progettista, definite le frequenze delle strutture in progetto.

Si riporta a seguito nel grafico la preliminare valutazione della frequenza di vibrazione principale per edifici stimata sulla base di quanto indicato nelle NTC (DM 14.01.2008) paragrafo 7.3.3.2 ovvero, "per costruzioni civili o industriali che non superino i 40 m di altezza e la cui massa sia approssimativamente uniformemente distribuita lungo l'altezza T1 può essere stimato, in assenza di calcoli più dettagliati, utilizzando la formula seguente: $T = C \times H^{3/4}$, dove: H è l'altezza della costruzione, in metri dal piano di fondazione, C parametro dipendente dal

vom Material der Struktur abhängt.

materiale della struttura.



1.3 GEOTECHNISCHE PARAMETER

Mithilfe von Korrelationen aus der Literatur war es möglich, direkt aus der Ausbreitungsgeschwindigkeit der seismischen Wellen eine Abschätzung geotechnischer Parameter durchzuführen. Die abgeschätzten Parameter, deren Formeln zur Berechnung in der Anlage dargestellt sind, sind die folgenden:

- mittlerer Poisson- Koeffizient
- mittlerer Schermodul
- mittlerer Steifemodul
- mittlerer Elastizitätsmodul
- mittlerer volumetrischer Kompressionsmodul

Die Ergebnisse der vorläufigen Auswertungen, sind im relativen Bericht dargestellt.

Beim Gebrauch dieser müssen v.a. die Problematiken berücksichtigt werden, die an das Triggersignal gebunden sind, diese dürfen nicht vernachlässigt werden, da sich hier lokale Ungenauigkeiten ergeben können. Es wird darauf hingewiesen, dass das vorliegende Gutachten in Hinblick auf die Auswertung der Vs30 zur seismischen Klassifizierung ausgearbeitet wurde. Hierfür kann die oben beschriebene Problematik auf jeden Fall vernachlässigt werden.

2 TECHNISCHE ANGABEN UND EIGENSCHAFTEN DER GERÄTE

In der Anlage sind die detaillierten

1.3 PARAMETRI GEOTECNICI

Attraverso correlazioni di letteratura è possibile la valutazione e la stima di parametri geotecnici direttamente legati alla velocità di propagazione delle onde nel terreno. I parametri stimati, le cui formule per la valutazione sono riportate in allegato, sono i seguenti:

- coefficiente di Poisson medio
- modulo di deformazione a taglio medio
- modulo di compressibilità edometrica medio
- modulo di Young medio
- modulo di compressibilità volumetrica medio

I risultati delle elaborazioni preliminari sono riportati nel relativo report.

Nell'utilizzo di questi sono da considerare soprattutto le problematiche legate al segnale di trigger, non trascurabili e che possono dare origine a locali imprecisioni.

Si evidenzia infatti che lo studio in esame è finalizzato alla valutazione delle Vs30 ai fini della classificazione sismica, ove tale problematica è in ogni caso del tutto trascurabile.

2 NOTE TECNICHE E CARATTERISTICHE DELLA STRUMENTAZIONE

In allegato sono riportati i report dettagliati

Auswertungen der Untersuchungen dargestellt.

delle elaborazioni delle indagini.

2.1 SEISMISCHE UNTERSUCHUNG DOWN-HOLE

2.1 INDAGINE SISMICA DOWN-HOLE

Mit der seismischen Untersuchung DOWN-HOLE (DH) wird jene Zeit ermittelt, welche für die P- und S- Wellen notwendig ist, um sich von einer oberflächlichen seismischen Quelle bis hin zu einem Empfänger innerhalb eines Bohrlochs auszubreiten.

Nel metodo sismico DOWN-HOLE (DH) viene misurato il tempo necessario per le onde P e S di spostarsi tra una sorgente sismica, posta in superficie, e i ricevitori, posti all'interno di un foro di sondaggio.

Für die Durchführung der Untersuchung sind notwendig:

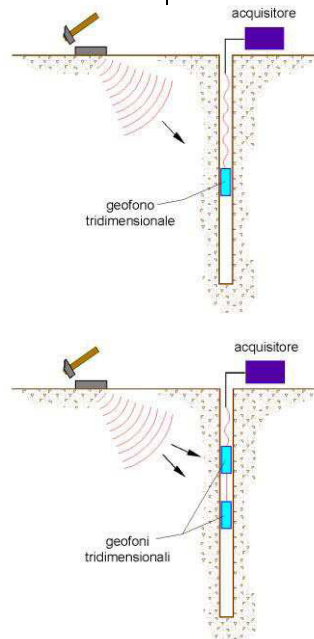
Per l'esecuzione della prova si sono utilizzati:

- Mechanische Anregungsquelle, welche imstande ist energiereiche, gerichtete, elastische Wellen zu produzieren (Platte und Schlagbalken; Anregung mittels Vorschlaghammer 8 kg);
- 3-dimensionales Bohrlochgeofon (Modell PASI – GFA 60/120) mit geeigneter Antwortfrequenz (10Hz), ausgerüstet mit einem Mechanismus zum Blockieren an der Bohrlochwand;
- Digitaler- Mehrkanal Seismograph zur Registrierung der Wellen (SoilSpy-Rosina)
- Trigger, benötigt zur Identifizierung des Startzeitpunktes der dynamischen Beschleunigung.

- sorgente meccanica in grado di generare onde elastiche ricche di energia e direzionali (piastra e traversina di battuta; energizzazione tramite mazza 8 kg);
- geofono da foro tridimensionale (modello Pasi – GFA 60/120), con appropriata risposta in frequenza (10 Hz), e dotato di sistema di ancoraggio alle pareti del tubo-foro a pressione;
- sismografo multicanale digitale per la registrazione delle forme d'onda (SoilSpy-Rosina);
- trigger, necessario per l'identificazione dell'istante di partenza della sollecitazione dinamica.

Durchführungsschema (ein Empfänger und zwei Empfänger):

Schemi di esecuzione (un ricevitore o due ricevitori):



Für eine effiziente Messung der V_s ist es notwendig, das Bohrloch mit einem kleinen Durchmesser (generell <15cm) anzufertigen und während der Bohrarbeiten abzustützen und auszukleiden. Dadurch kann der störende Effekt des Bodens minimiert werden. Der Zwischenraum Rohr- Erdreich muss dann sorgfältig mit geeignetem Mörtel gefüllt werden, normalerweise bestehend aus Wasser, Zement und Bentonit. Die Durchführung dieser Arbeiten obliegt der ausführenden Bohrfirma.

Per una efficace misura delle V_s durante la perforazione, per ridurre l'effetto di disturbo nel terreno, è opportuno sostenere e rivestire il foro e realizzarlo di piccolo diametro (in genere < 15 cm); il foro deve poi essere accuratamente riempito nell'intercapedine tubo-terreno con malta a ritiro controllato, generalmente composta di acqua, cemento e bentonite; queste operazioni sono a cura della ditta esecutrice il foro.

Die Interpretation der durchgeführten Untersuchung ist im entsprechenden Bericht in der Anlage dargestellt. Hierfür wurde das Softwarepaket „Downhole“ der Firma Geostru verwendet, für welches wir eine reguläre Lizenz haben. Die Auswertung erfolgte unter Verwendung der „direkten“ Methode sowie auch der „Intervall“- Methode, wie in der Anlage angeführt.

L'interpretazione dell'indagine eseguita è riportata nel relativo report in Allegato, per questa si è utilizzato lo specifico software „Downhole“ distribuito dalla ditta Geostru di cui si dispone di regolare licenza. L'elaborazione è avvenuta utilizzando sia il metodo „diretto“ che il metodo „intervallo“, come esposto in allegato.

2.2 PASSIVE SEISMISCHE UNTERSUCHUNGEN – HVSr (HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO)

Die HVSr-Technik hat ihre jüngste Entwicklung in Japan erfahren (Nakamura 1989, 2001) und besteht in der Auswertung von aufgezeichneten Mikrobeben (passive Seismik), wobei das Spektrumverhältnis zwischen horizontalen und vertikalen Komponenten der Bewegung (Verhältnis H/V) ausgewertet wird. Die Hauptannahme, die dieser Methode zugrunde liegt, ist, dass Mikrobeben sowohl von vertikalen Raumwellen, als auch von Oberflächenwellen (vorwiegend Rayleigh-Wellen) stammen und dass die Vertikalkomponente (V) des Bebens keine Verstärkungen beim Übergang vom Felsuntergrund an die Oberfläche erfährt. Das für diese Analyse verwendete Gerät registriert die Mikrobeben auf drei Hauptachsen: Z, N-S und E-W.

Die Ausarbeitung der Daten erfolgt mit Spektraltechniken FFT auf den drei Bodenbewegungskomponenten, wodurch sich das Verhältnis H/V zur Bewertung der Frequenz des Untersuchungsgebietes ergibt. Dieses stellt den grundlegenden Parameter zur Bestimmung von eventuellen seismischen Verstärkungseffekten dar. Ausgehend von diesem ist es möglich, die Geschwindigkeitsentwicklung der Scherwellen V_s bis in eine Tiefe von über 30m unter GOK zu rekonstruieren, indem die Kurve H/V am ersten bekannten stratigraphischen Übergang oder am bekannten V_s -Wert der ersten Schicht (z.B. durch die MASW – Untersuchungen) geeicht wird.

Für die Ausarbeitung der Daten wird die in den Richtlinien SESAME (Site Effects assessment using Ambient Excitations) empfohlene Vorgehensweise befolgt. Es handelt sich dabei um ein europäisches Forschungsprojekt der Jahre 2003-2005, mit dem Ziel die seismischen Mikrozonierungstechniken mittels Umweltschall zu standardisieren und zu verbessern. Vor Durchführung der Spektrumverhältnisanalyse werden die registrierten, seismischen Spuren überprüft, wobei zunächst Störungssignale und Aufnahmesignale eliminiert werden, die für eine Analyse nicht geeignet sind. Sobald der Anteil an stabilen Signalen ausgewählt worden ist, werden für alle drei Bewegungskomponenten die Spektralampplitude und das Schallstärkespektrum berechnet. Anschließend wird für den natürlichen Schall mit der Bewertung der Energieverteilung in Funktion der Frequenz fortgefahren.

Technische Eigenschaften des verwendeten Geräts und der durchgeführten Untersuchungen:

Empfänger: Tromino Engy
Versuchsfrequenz: 128 Hz
Aufnahmezeit: 16 Minuten

Für die Auswertung wurde die Software Grilla verwendet. Die detaillierten Ergebnisse der durchgeführten Untersuchungen sind in der folgenden Anlage wiedergegeben.

2.3 AKTIVE SEISMISCHE UNTERSUCHUNGEN – MASW (MULTICHANNEL ANALYSIS OF SURFACE WAVE)

Es handelt sich dabei um eine eher rezente Untersuchungsmethode, die vor allem von den Forschern des Kansas Geological Survey (Park et al., 1999) vorangetrieben worden ist, und die die Bestimmung des detaillierten Verlaufs der seismischen Scherwellen (V_s) in der Tiefe mithilfe der Analyse der Ausbreitung der Oberflächenwellen (Rayleigh) erlaubt.

Durch diese Methode erhält man die Verteilungskurve der Oberflächenwellen. Aus dieser wird im Anschluss eine Inversion des Steifemodells des Untergrunds durchgeführt bis man die beste Übereinstimmung zwischen den Versuchs- und

2.2 INDAGINE SISMICA PASSIVA - HVSr (HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO)

La tecnica HVSr ha avuto recente sviluppo principalmente in Giappone (Nakamura 1989, 2001) e consiste nell'elaborazione delle registrazioni di microtremori (sismica passiva) valutando il rapporto spettrale tra le componenti orizzontali e verticali del moto (rapporto H/V). Le principali assunzioni che stanno alla base di questa metodologia sono che i microtremori derivano sia da onde di volume incidenti verticalmente e sia da onde superficiali (prevalentemente di Rayleigh) e che la componente verticale (V) del rumore nel passare dal bedrock alla superficie non subisce amplificazioni. Lo strumento utilizzato per questa analisi registra i microtremori sui tre assi principali, Z; N-S ed E-W.

L'elaborazione dei dati avviene con tecniche spettrali FFT sulle tre componenti del moto del suolo tali da restituire il rapporto H/V per la valutazione delle frequenze del sito, parametro fondamentale per valutare eventuali effetti di amplificazione sismica. A partire da questo, vincolando la curva H/V al primo limite stratigrafico noto o al valore noto delle V_s del primo strato (ad esempio definito tramite la tecnica MASW) è possibile ricostruire l'andamento delle velocità delle onde di taglio VS sino a profondità ben superiori ai 30 metri dal piano campagna.

Per l'elaborazione dei dati viene seguita la procedura consigliata nelle linee guida SESAME (Site Effects assessment using Ambient Excitations), un progetto di ricerca europeo condotto nel triennio 2003-2005 al fine di standardizzare e migliorare le tecniche di microzonazione sismica attraverso le misure del rumore ambientale. Preliminarmente alla procedura di analisi dei rapporti spettrali, le tracce sismiche registrate sono verificate eliminando i disturbi transienti e quelle parti di registrazioni non adatte all'analisi. Una volta selezionata la parte di segnale stabile si calcolano, per ognuna delle tre componenti del moto, le ampiezze spettrali e gli spettri di potenza del rumore, procedendo successivamente, per il rumore naturale, alla valutazione della distribuzione energetica in frequenza.

Caratteristiche tecniche della strumentazione utilizzata e dell'indagine eseguita:

Strumento acquirettore: Tromino Engy
Frequenza di campionamenti: 128 Hz
Tempo di acquisizione: 16 minuti

Per l'elaborazione si è fatto uso del software Grilla, i risultati dettagliati dell'indagine eseguita sono riportati nell'Allegato a seguire.

2.3 INDAGINE SISMICA ATTIVA - MASW (MULTICHANNEL ANALYSIS OF SURFACE WAVE)

Si tratta di una metodologia di indagine assai recente, messa a punto dai ricercatori del Kansas Geological Survey (Park et al., 1999), e che permette, dall'analisi della propagazione delle onde superficiali (Rayleigh), di determinare accuratamente l'andamento della velocità delle onde sismiche di taglio (V_s) con la profondità.

Per mezzo di questo metodo si ottiene la curva di dispersione delle onde superficiali. Da questa viene poi effettuata una inversione del modello di rigidità del sottosuolo fino ad ottenere la miglior corrispondenza tra dati sperimentali e dati

theoretischen Daten erhält, ebenso wird der Vs30-Wert für jede Schicht im Untergrund ermittelt.

Technische Eigenschaften des verwendeten Geräts und der durchgeführten Untersuchungen:

Verwendetes Gerät: Digitaler Seismograph Soilspy Rosina

Anzahl der Geophone: 12 zu 4,5 Hz

Abstand Geophone: 3,0 m

Länge der Versuchsanordnung: 33 m

Versuchsfrequenz: 2048 Hz

Aufnahmezeit: bis zu 2 sec

Für die Ausarbeitung wurde die Software Soilspy und Grilla verwendet. Die detaillierten Ergebnisse der durchgeführten Untersuchungen sind in der folgenden Anlage wiedergegeben.

teorici, nonché la relativa definizione della Vs30 per ogni singolo strato individuato nel sottosuolo.

Caratteristiche tecniche della strumentazione utilizzata e dell'indagine eseguita:

Strumento utilizzato: Sismografo digitale Soilspy Rosina

Geofoni: 12 da 4,5 Hz

Interdistanza geofoni: 3,0 m

Lunghezza stendimento: 33 m

Frequenza di campionamento: 2048 Hz

Durata acquisizione: sino a 2 secondi

Per l'elaborazione si è fatto uso del software Soilspy e Grilla. I risultati dettagliati dell'indagine eseguita sono riportati nell'Allegato a seguire.

Brixen / Bressanone, 20/11/2013



GEMEINDE KASTELRUTH
 COMUNE DI CASTELROTTO

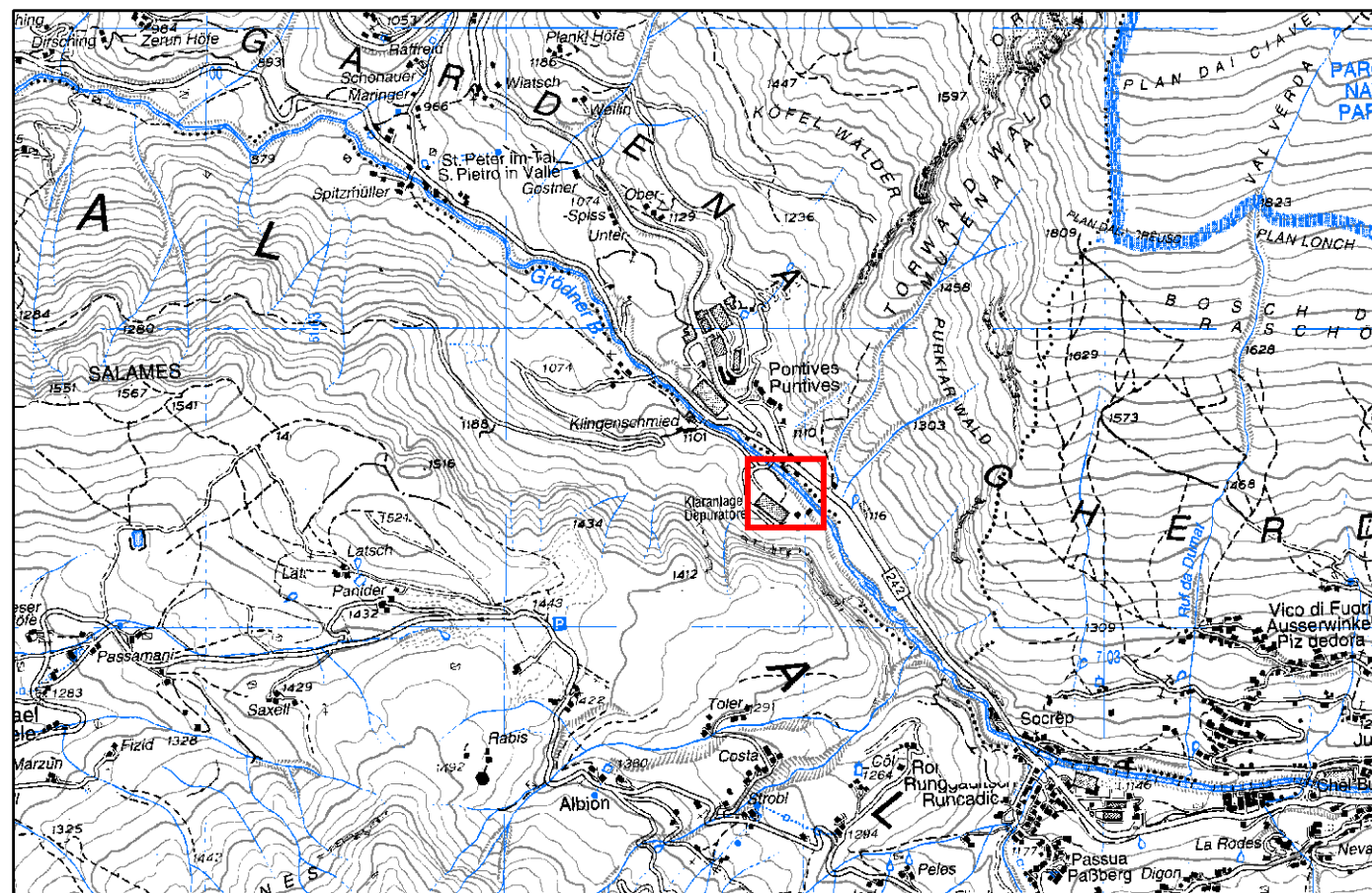
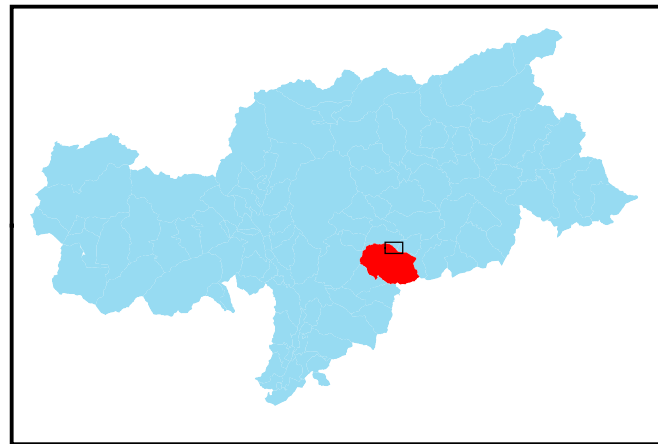
AUTONOME PROVINZ BOZEN - SÜDTIROL
 PROVINCIA AUTONOMA DI BOLZANO - ALTO ADIGE

**SEISMISCHE UNTERSUCHUNGEN VOM TYP DOWNHOLE
 BEI DER KLÄRANLAGE IN PONTIVES**

**INDAGINI SISMICHE DEL TIPO DOWNHOLE
 AL DEPURATORE A PONTIVES**

**Chorographie
 Corografia**

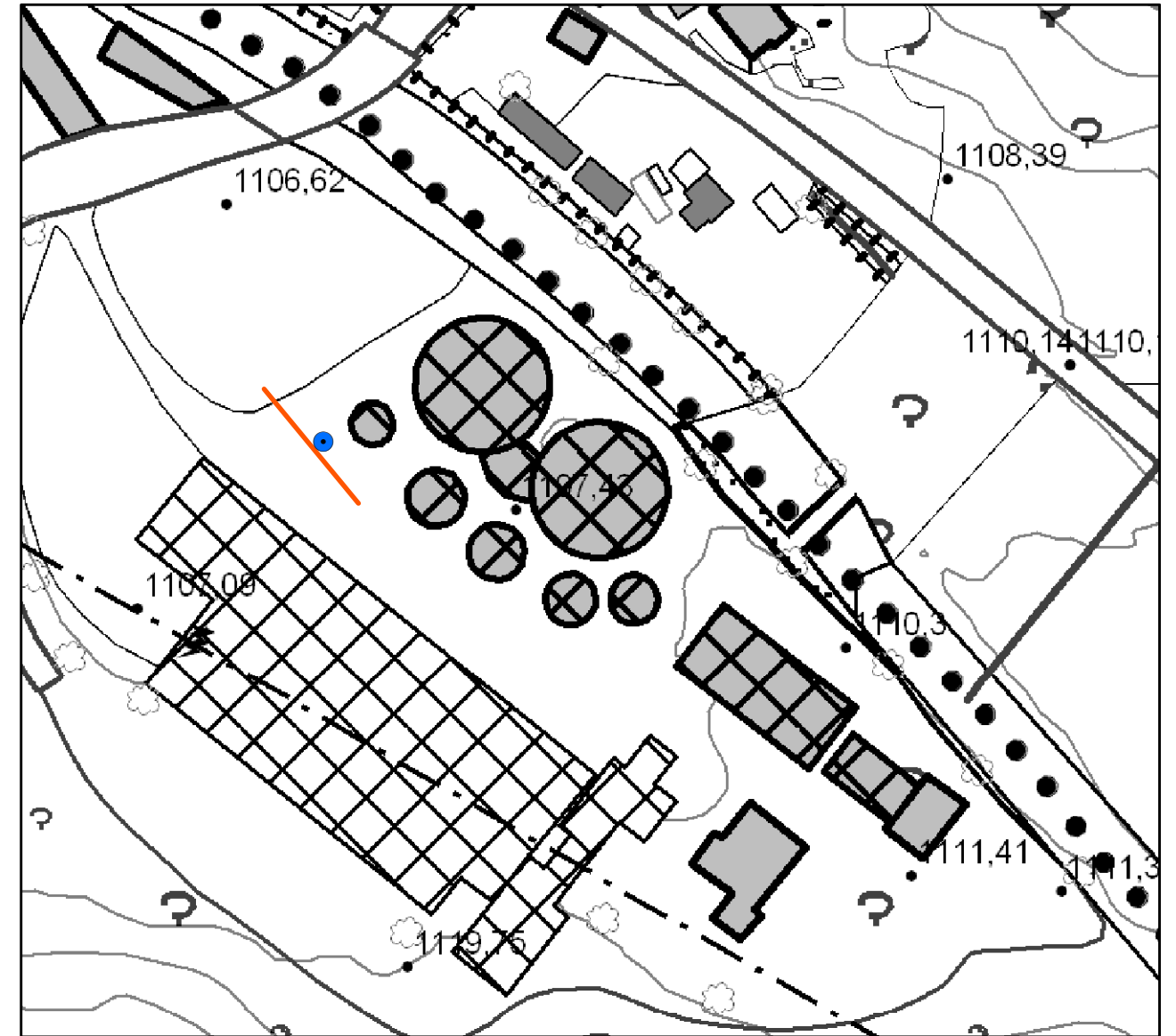
Maßstab / Scala 1:25 000



Auszug aus der topographischen Karte der Provinz im Maßstab 1:25.000. Blatt 11-IV-SE
 Stralcio da carta topografica della provincia in scala 1:25.000. foglio 11-IV-SE

**Lokalisierung der durchgeführten Untersuchungen
 Localizzazione degli indagini eseguite**

Maßstab / Scala 1:1 500



Auszug aus der technischen Grundkarte der Provinz im Maßstab 1:5.000. Blatt 08164
 Stralcio da carta tecnica della Provincia in scala 1:5.000. foglio 08164

Legende / Legenda

- seismische Untersuchungen DOWNHOLE
 indagine sismica DOWNHOLE
- seismische Geophonauslage (MASW+REMI)
 stendimento sismico (MASW+REMI)

**GEMEINDE KASTELRUTH
COMUNE DI CASTELROTTO**

**AUTONOME PROVINZ BOZEN
PROVINCIA AUTONOMA DI BOLZANO**

**SEISMISCHE UNTERSUCHUNGEN VOM TYP DOWNHOLE
INDAGINI SISMICHE TIPO DOWNHOLE**

MISURE DOWN-HOLE

Interpretazione in down hole con il metodo diretto

Per poter interpretare il down hole con il metodo diretto, inizialmente, bisogna correggere i tempi di tragitto (t) misurati lungo i percorsi sorgente-ricevitore per tenere conto dell'inclinazione del percorso delle onde. Se d è la distanza della sorgente dall'asse del foro (figura 3), r la distanza fra la sorgente e la tripletta di sensori, z la profondità di misura è possibile ottenere i tempi corretti (t_{corr}) mediante la seguente formula di conversione:

$$1.0) t_{\text{corr}} = \frac{z}{r} t$$

Calcolati i tempi corretti sia per le onde P che per le onde S si realizza il grafico $t_{\text{corr}} - z$ in modo che la velocità media delle onde sismiche in strati omogenei di terreno è rappresentata dall'inclinazione dei segmenti di retta lungo i quali si allineano i dati sperimentali (figura 4).

Ottenuti graficamente i sismostrati si ottengono la densità media, funzione della velocità e della profondità, e i seguenti parametri:

1) coefficiente di Poisson medio:

$$2.0) \nu_{\text{medio}} = 0.5 \frac{\left(\frac{V_p}{V_s}\right)^2 - 2}{\left(\frac{V_p}{V_s}\right)^2 - 1}$$

2) modulo di deformazione a taglio medio:

$$3.0) G_{\text{medio}} = \rho V_s^2$$

3) modulo di compressibilità edometrica medio:

$$4.0) E_{\text{dmedio}} = \rho V_p^2$$

4) modulo di Young medio:

$$5.0) E_{\text{medio}} = 2\rho V_s^2 (1 + \nu)$$

5) modulo di compressibilità volumetrica medio:

$$6.0) E_{\text{vmedio}} = \rho \left(V_p^2 - \frac{4}{3} V_s^2 \right)$$

Interpretazione in down hole con il metodo intervallo

Con il metodo intervallo i tempi di tragitto dell'onda sismica si misurano fra due ricevitori consecutivi (figura 5) posti a differente profondità, consentendo così di migliorare la qualità delle misure (*velocità d'intervallo*).

Quando si dispone di un solo ricevitore, cioè nell'ipotesi in cui le coppie non corrispondano ad un unico impulso, i valori di velocità determinati vengono definiti di *pseudo-intervallo*, consentendo solo un'apparente migliore definizione del profilo di velocità.

Ottenute le misure è possibile calcolare i tempi corretti con la 1.0) e la velocità intervallo delle onde P e S, con relativo grafico (figura 6), con la formula seguente:

$$7.0) V_{p,s} = \frac{z_2 - z_1}{t_{2\text{corr}} - t_{1\text{corr}}}$$

Ottenute le velocità intervallo si calcolano la densità, il coefficiente di Poisson, il modulo di deformazione a taglio, il modulo di compressibilità edometrica, il modulo di Young, il modulo di compressibilità volumetrica per ogni intervallo con le formule riportate sopra.

Il metodo intervallo presenta però dei limiti:

- a) non tiene conto della velocità degli strati sovrastanti;
- b) non è applicabile nel caso in cui $t_{2corr} < t_{1corr}$.

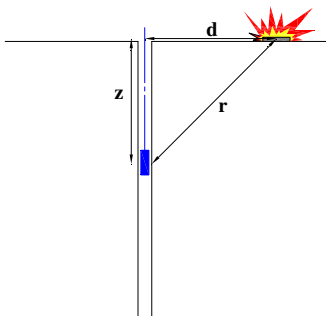


Figura 3 – Schema di down hole con metodo diretto

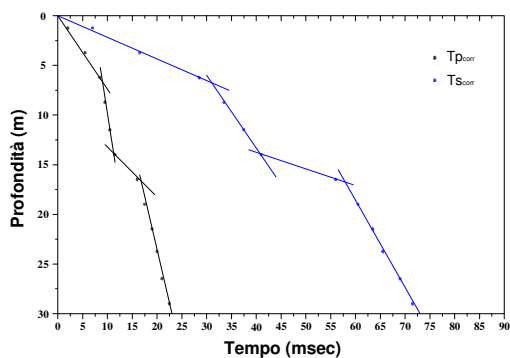


Figura 4 – Dromocrone

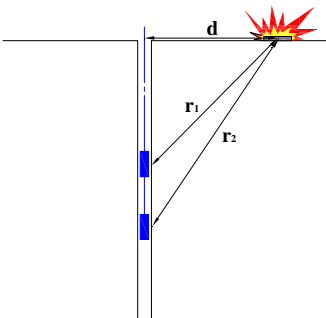


Figura 5 – Schema di down hole con metodo intervallo

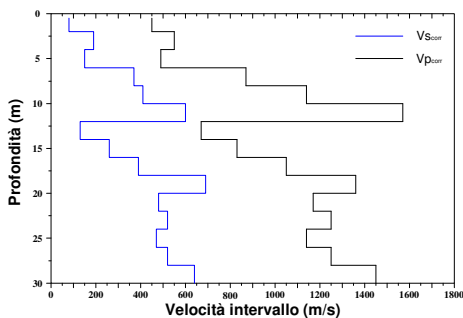


Figura 6 – Profilo delle velocità sismiche con metodo intervallo

Ambedue le procedure d'interpretazione sopra descritte sono comunque suscettibili di una critica fondamentale, cioè si basano sull'ipotesi che i percorsi delle onde siano rettilinei e coincidenti con quelli che collegano la sorgente ai ricevitori. Di solito ciò non è esatto, dato che, prima di giungere ai ricevitori, le onde subiscono fenomeni di rifrazione che ne modificano il percorso.

INTERPRETAZIONE DELLE MISURE

Dati iniziali

Offset scoppio (m)	Numero di ricezioni	Posizione primo geofono (m)	Interdistanza (m)
2	15	1	1

Dati misure down hole

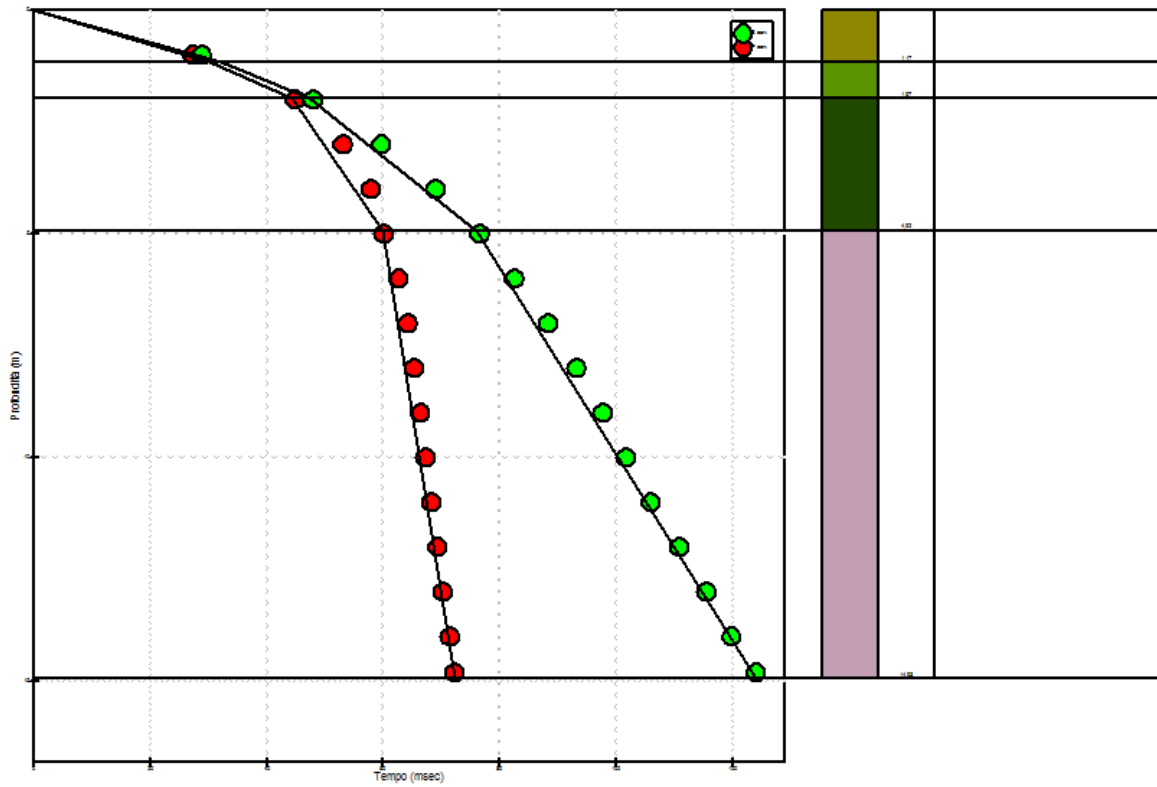
Registrazione Nr.	Z (m)	Tp (msec)	Ts (msec)
1	1,00	60,8	64,4
2	2,00	63,4	67,8
3	3,00	63,8	71,7
4	4,00	64,7	77,1
5	5,00	64,7	82,5
6	6,00	66	87
7	7,00	66,8	91,9
8	8,00	67,3	96,1
9	9,00	68,00	100,1
10	10,00	68,6	103,7
11	11,00	69,4	107,7
12	12,00	70,3	112,4
13	13,00	71,1	116,9
14	14,00	72,20	121,1
15	14,80	72,9	125,20

Risultati

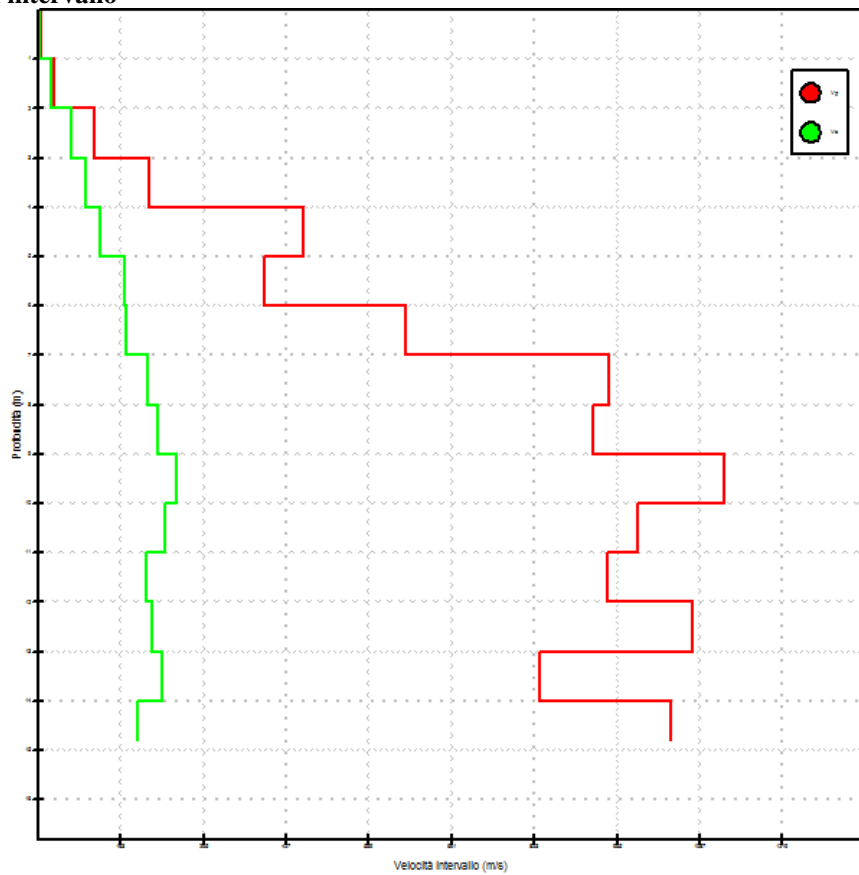
SR (m)	Tpcorr (msec)	Tscorr (msec)
2,2361	27,1906	28,8006
2,8284	44,8306	47,9418
3,6056	53,0848	59,658
4,4721	57,8694	68,9603
5,3852	60,0724	76,5993
6,3246	62,6131	82,5355
7,2801	64,2298	88,3641
8,2462	65,2906	93,2307
9,2195	66,3807	97,7163
10,198	67,2678	101,6862
11,1803	68,2806	105,9628
12,1655	69,3435	110,8707
13,153	70,2732	115,5406
14,1421	71,4744	119,8829
14,9345	72,2434	124,0723

Vp (m/s)	Vs (m/s)	g (kN/mc)	ni	G (MPa)	Ed (MPa)	E (MPa)	Ev (MPa)
-	-	-	--	-	-	-	--
56,69	52,24	14,61	--	4,07	4,79	8,14	--
121,15	85,35	15,78	0,0073	11,72	23,62	23,61	7,99
209,00	107,50	16,31	0,3201	19,22	72,65	50,74	47,02
453,93	130,91	16,82	0,4546	29,39	353,41	85,50	314,22
393,59	168,46	17,63	0,3879	51,02	278,50	141,62	210,47
618,54	171,57	17,55	0,4583	52,68	684,69	153,65	614,45
942,68	205,48	18,14	0,4751	78,10	1643,79	230,41	1539,65
917,35	222,94	18,36	0,4686	93,05	1575,51	273,31	1451,44
1127,27	251,90	18,75	0,4737	121,32	2429,61	357,58	2267,85
987,36	233,83	18,37	0,4703	102,42	1826,16	301,18	1689,60
940,83	203,75	17,75	0,4754	75,14	1602,14	221,72	1501,95
1075,61	214,14	17,88	0,4794	83,61	2109,39	247,39	1997,91
832,50	230,29	18,11	0,4586	97,94	1279,87	285,71	1149,29
1040,32	190,96	17,31	0,4826	64,37	1910,34	190,87	1824,52

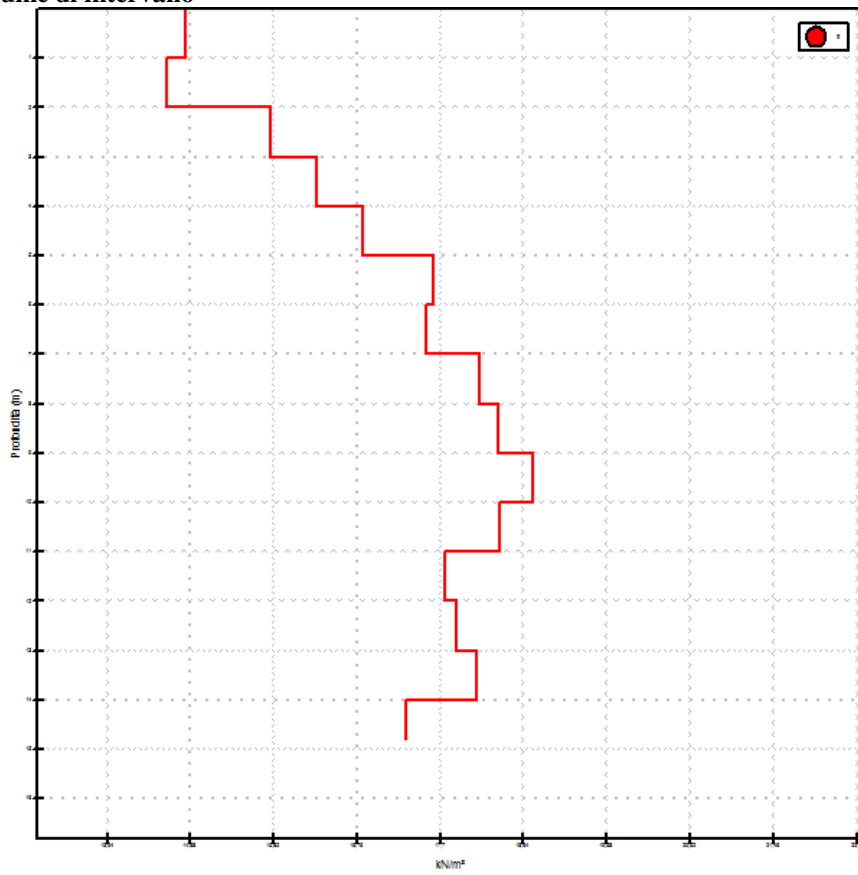
Dromocrone



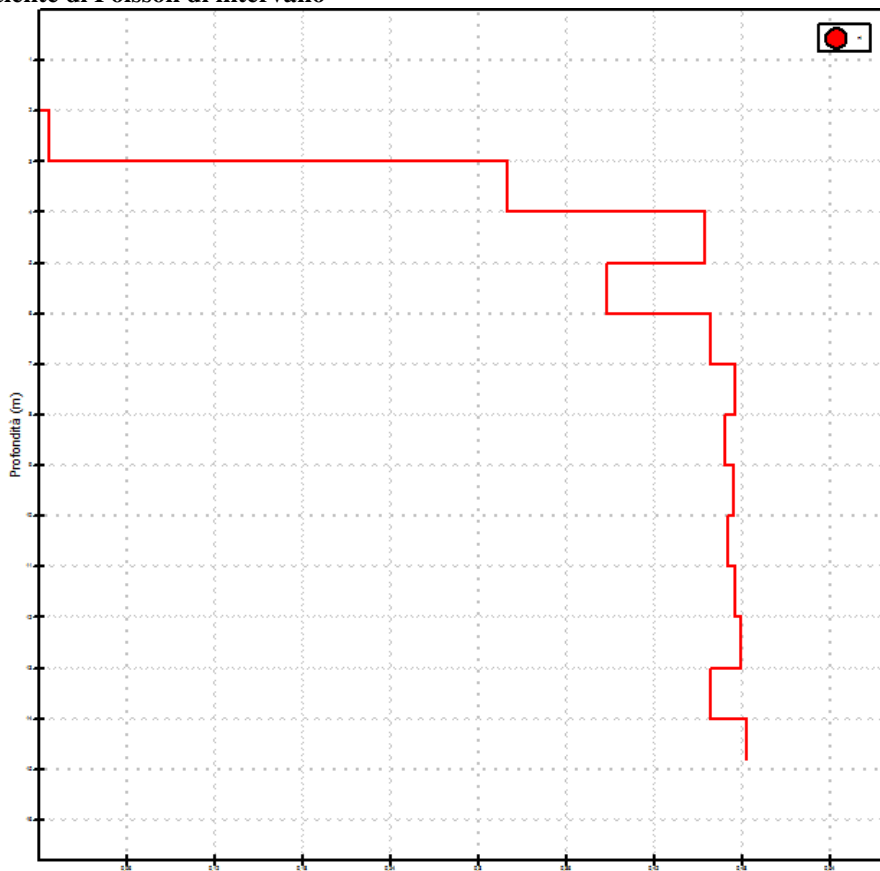
Profilo velocità di intervallo

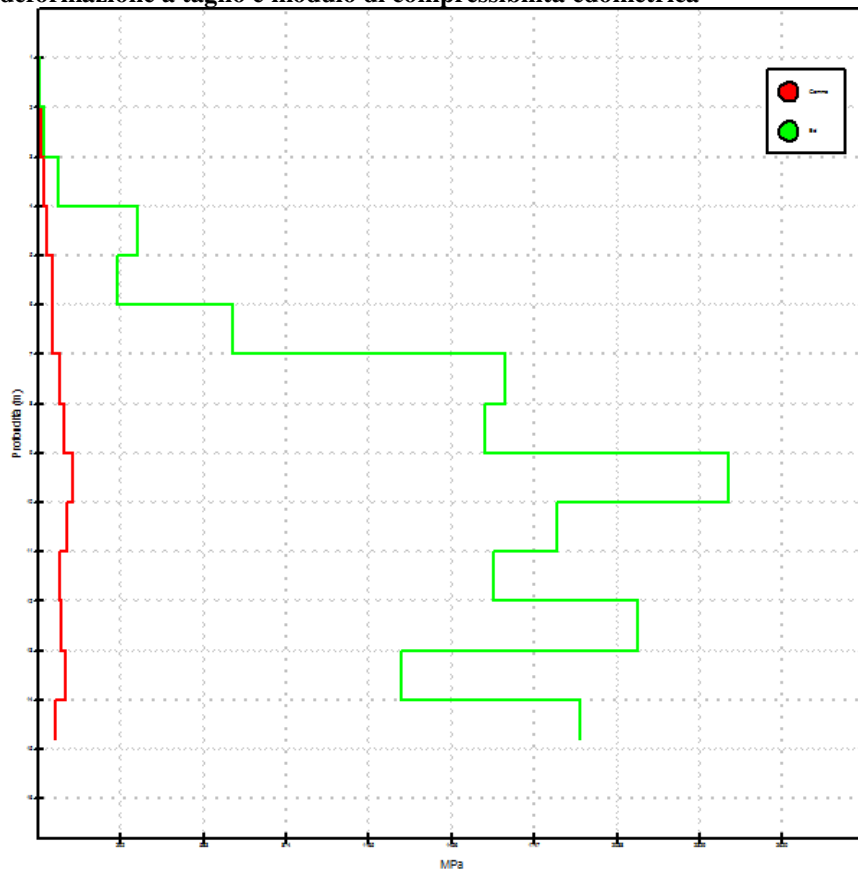
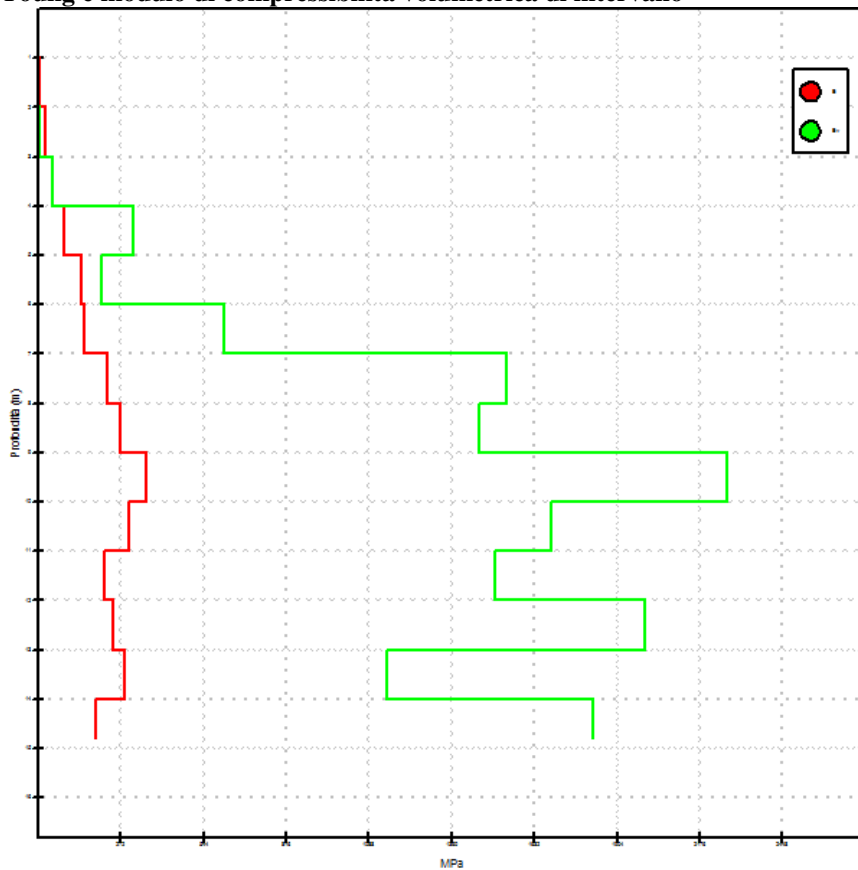


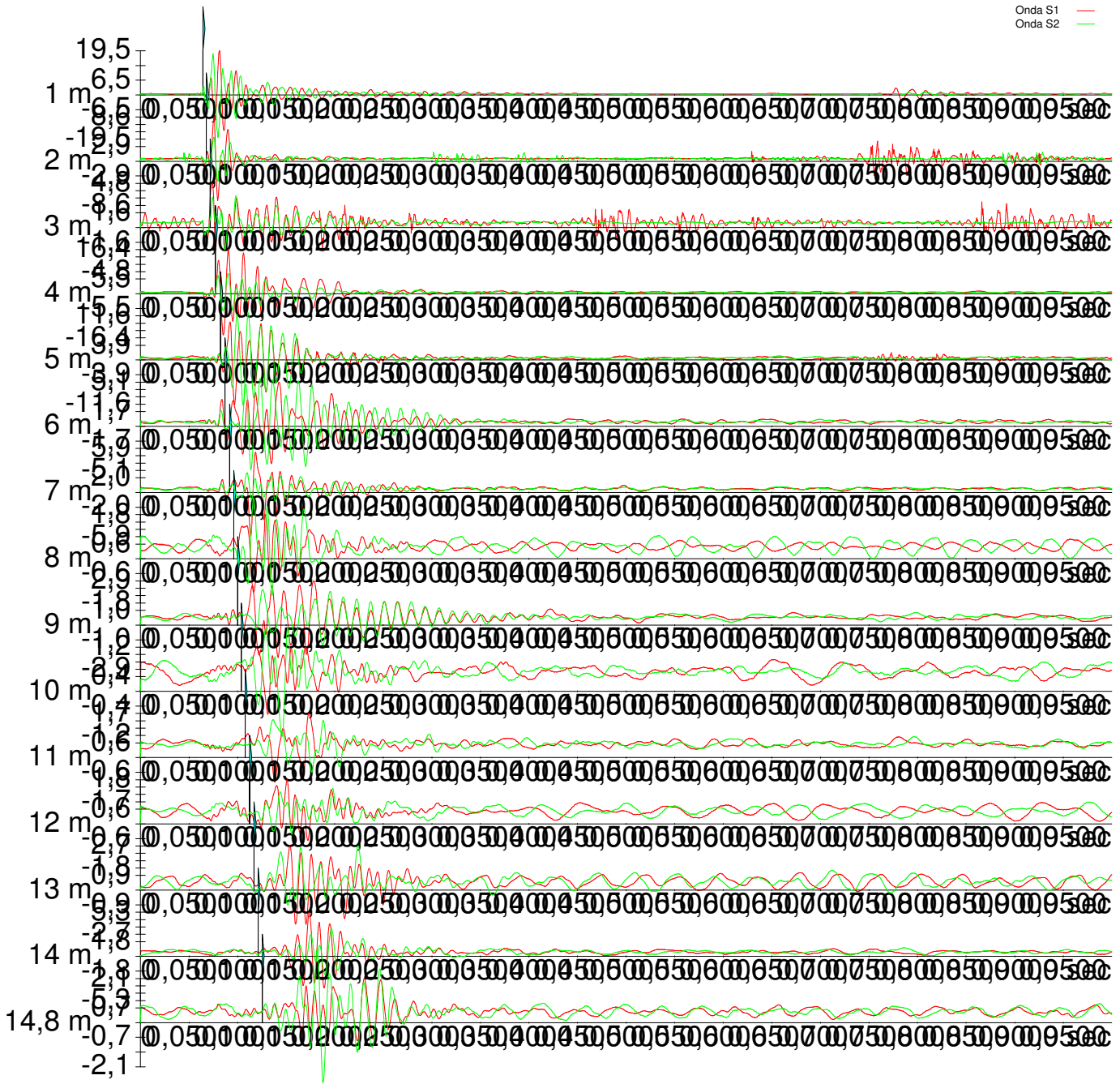
Profilo peso di volume di intervallo

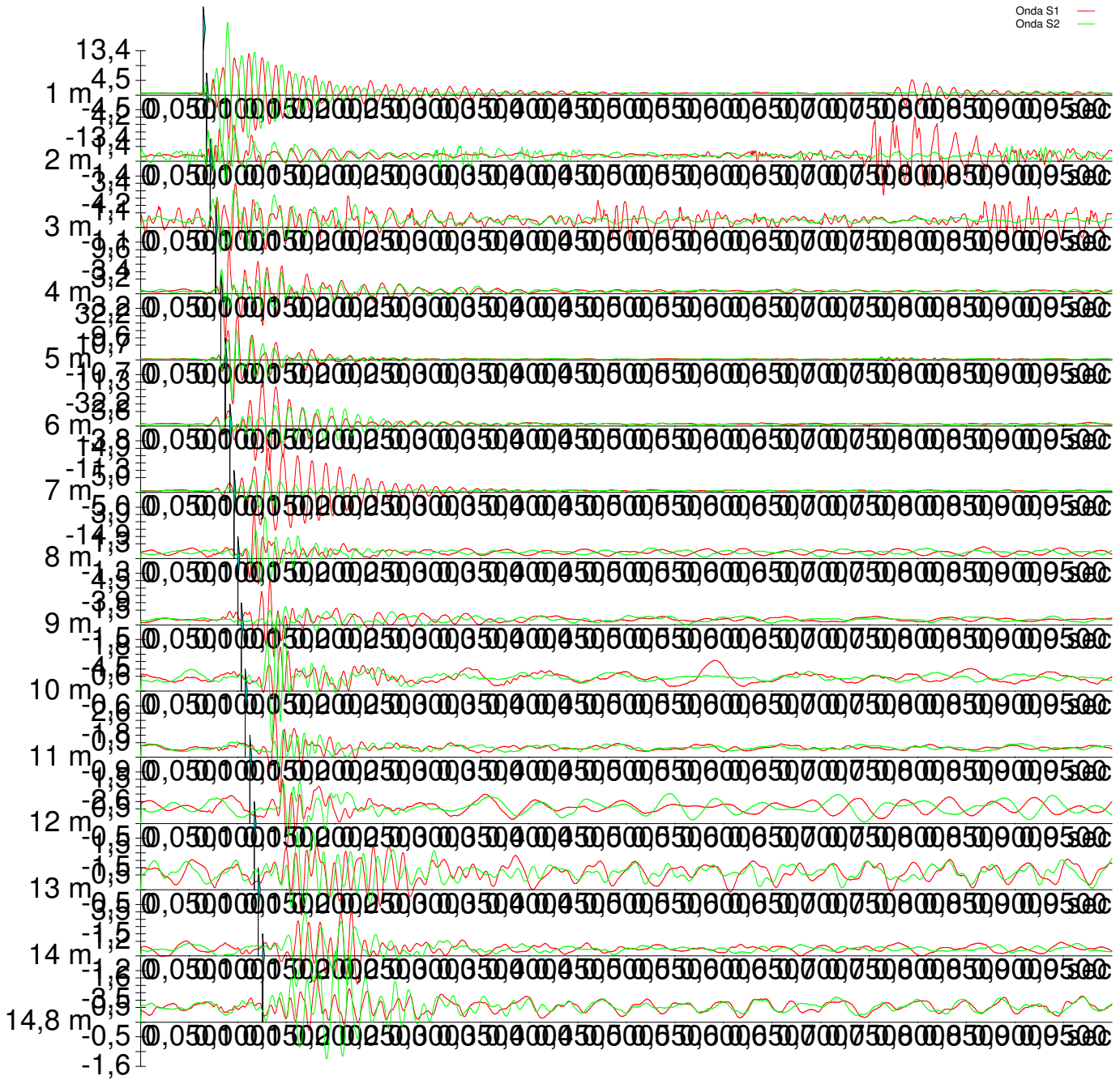


Profilo coefficiente di Poisson di intervallo



Profili modulo di deformazione a taglio e modulo di compressibilità edometrica**Profili modulo di Young e modulo di compressibilità volumetrica di intervallo**





GEMEINDE KASTELRUTH
COMUNE DI CASTELROTTO

AUTONOME PROVINZ BOZEN
PROVINCIA AUTONOMA DI BOLZANO

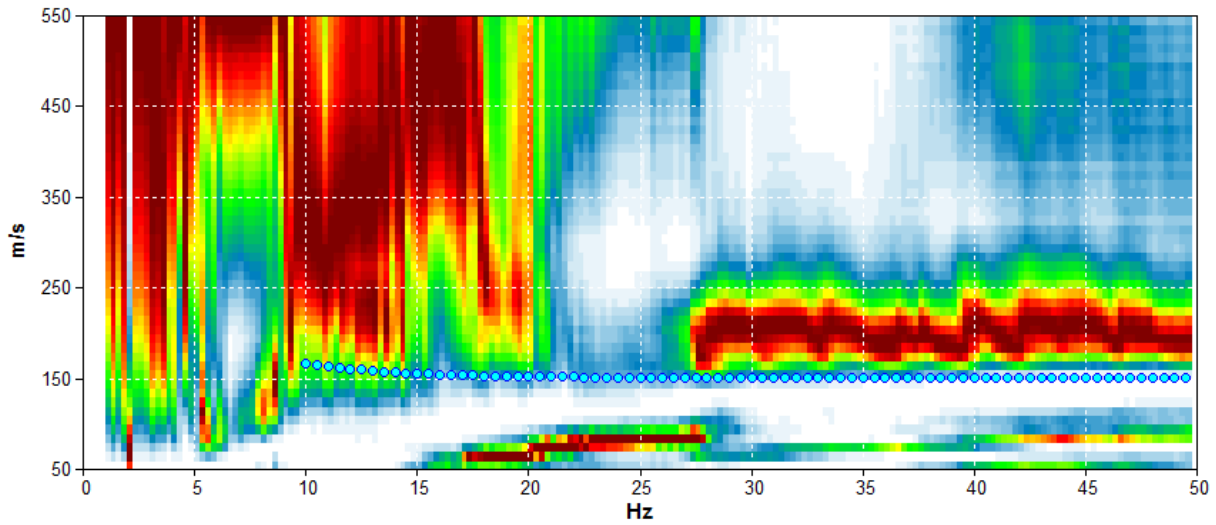
SEISMISCHE UNTERSUCHUNGEN VOM TYP MASW

INDAGINI SISMICHE TIPO MASW

PONTIVES – ECOCENTER - MASW

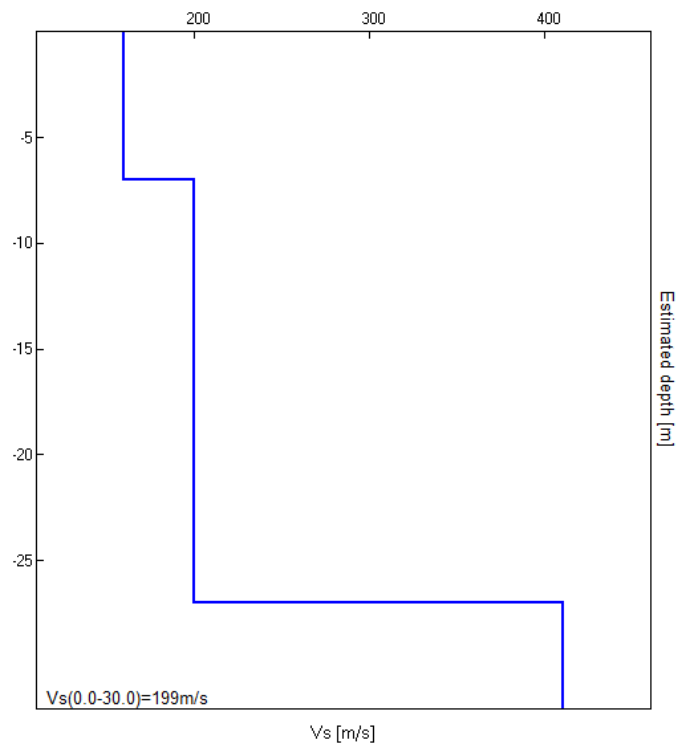
Array geometry (x): 0.0 3.0 6.0 9.0 12.0 15.0 18.0 21.0 24.0 27.0 30.0 33.0 m.

MODELLED RAYLEIGH WAVE PHASE VELOCITY DISPERSION CURVE



Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
7.00	7.00	160	0.40
27.00	20.00	200	0.40
inf.	inf.	410	0.40

Vs(0.0-30.0)=199m/s



**GEMEINDE KASTELRUTH
COMUNE DI CASTELROTTO**

**AUTONOME PROVINZ BOZEN
PROVINCIA AUTONOMA DI BOLZANO**

SEISMISCHE UNTERSUCHUNGEN VOM TYP HVSR

INDAGINI SISMICHE TIPO HVSR

PONTIVES – ECOCENTER - HVSR

Instrument: TRZ-0193/01-12

Start recording: 12/11/13 16:48:56 End recording: 12/11/13 17:04:56

Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

Trace length: 0h16'00". Analyzed 52% trace (manual window selection)

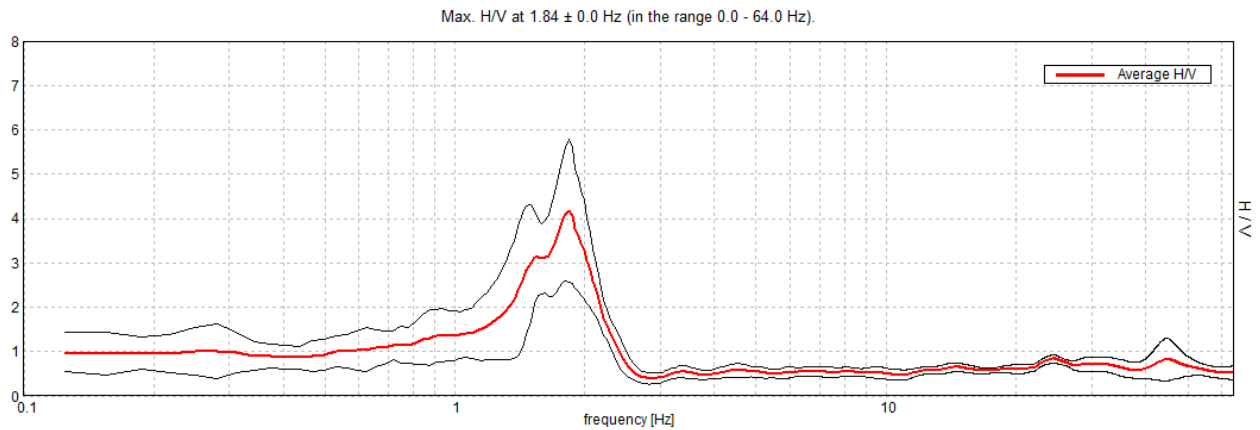
Sampling rate: 128 Hz

Window size: 20 s

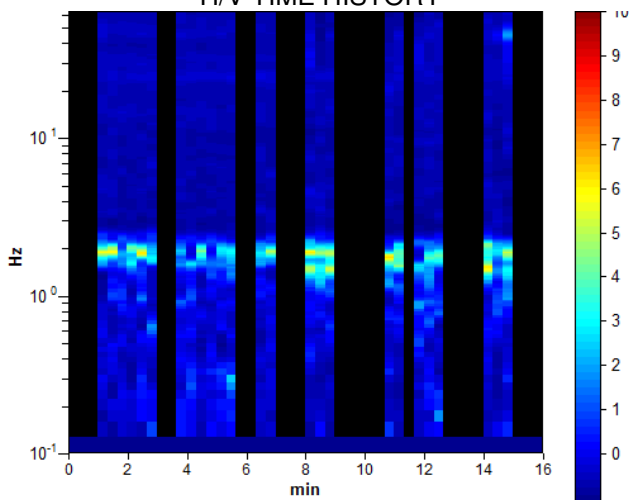
Smoothing type: Triangular window

Smoothing: 10%

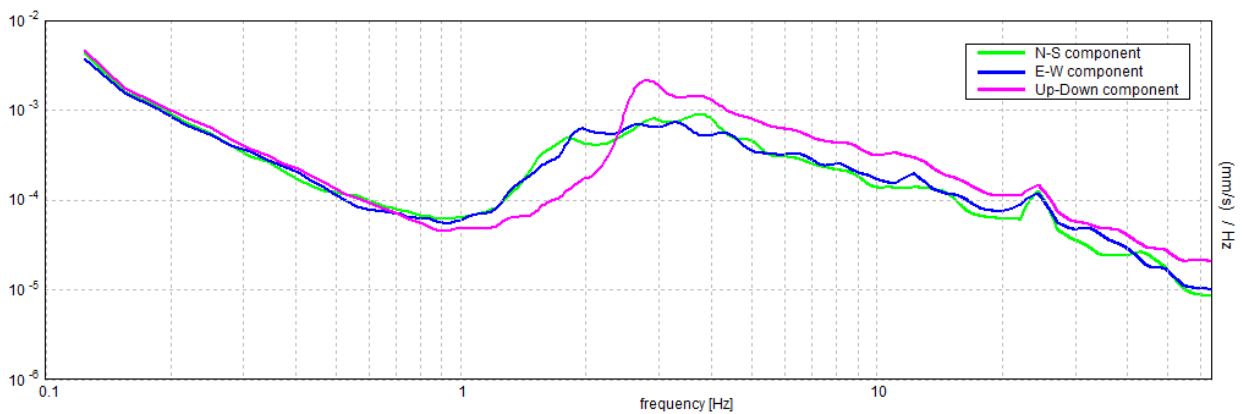
HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO



H/V TIME HISTORY

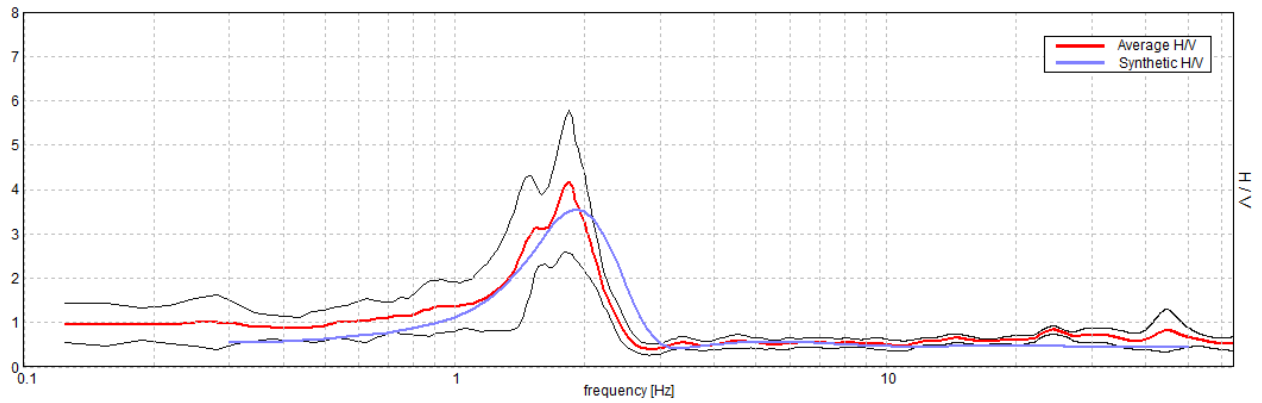


SINGLE COMPONENT SPECTRA



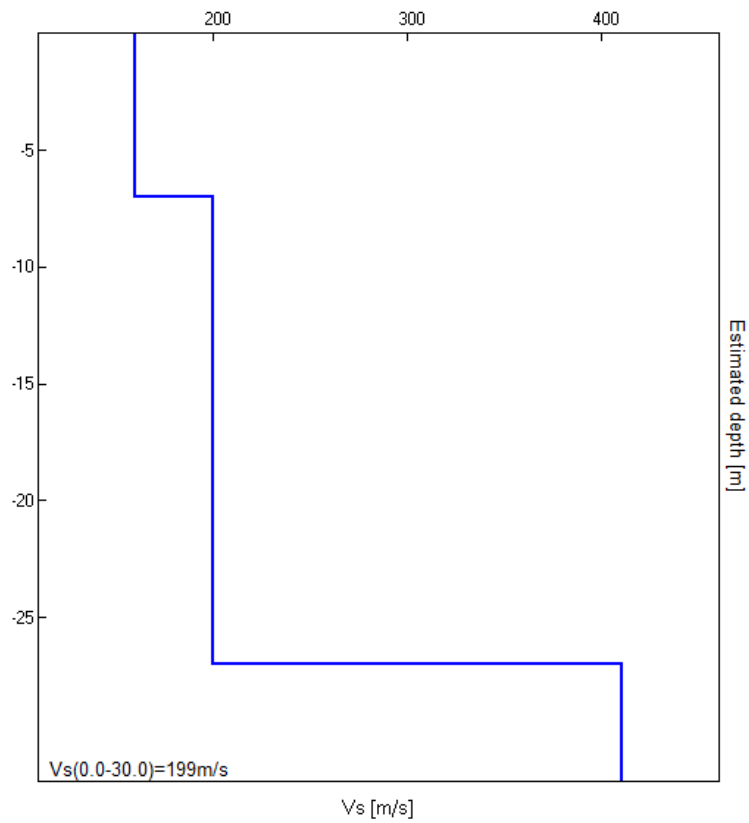
EXPERIMENTAL vs. SYNTHETIC H/V

Max. H/V at 1.84 ± 0.0 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).



Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
7.00	7.00	160	0.40
27.00	20.00	200	0.40
inf.	inf.	410	0.40

Vs(0.0-30.0)=199m/s



[According to the SESAME, 2005 guidelines. Please read carefully the *Grilla* manual before interpreting the following tables.]

Max. H/V at 1.84 ± 0.0 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).

Criteria for a reliable H/V curve

[All 3 should be fulfilled]

$f_0 > 10 / L_w$	1.84 > 0.50	OK	
$n_c(f_0) > 200$	921.9 > 200	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Exceeded 0 out of 90 times	OK	

Criteria for a clear H/V peak

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

Exists f^- in $[f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	1.344 Hz	OK	
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	2.188 Hz	OK	
$A_0 > 2$	4.18 > 2	OK	
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.00117 < 0.05$	OK	
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.00217 < 0.18438$	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.7642 < 1.78$	OK	

L_w	window length
n_w	number of windows used in the analysis
$n_c = L_w n_w f_0$	number of significant cycles
f	current frequency
f_0	H/V peak frequency
σ_f	standard deviation of H/V peak frequency
$\varepsilon(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
A_0	H/V peak amplitude at frequency f_0
$A_{H/V}(f)$	H/V curve amplitude at frequency f
f^-	frequency between $f_0/4$ and f_0 for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
f^+	frequency between f_0 and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	standard deviation of $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided
$\sigma_{\log H/V}(f)$	standard deviation of $\log A_{H/V}(f)$ curve
$\theta(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Threshold values for σ_f and $\sigma_A(f_0)$

Freq. range [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	$0.25 f_0$	$0.2 f_0$	$0.15 f_0$	$0.10 f_0$	$0.05 f_0$
$\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ for $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20