

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



INFRASTRUTTURE FERROVIARIE STRATEGICHE DEFINITE DALLA LEGGE OBIETTIVO N. 443/01e s.m.i.



Progetto cofinanziato
dalla Unione Europea

CUP: J94F04000020001

U.O. GEOLOGIA

PROGETTO DEFINITIVO

ASSE FERROVIARIO MONACO - VERONA

ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA

LOTTO 1: FORTEZZA - PONTE GARDENA

GEOLOGIA ED IDROGEOLOGIA

INDAGINI GEOFISICHE

INDAGINI SISMICHE RE.MI, MASW E SISMICA A RIFRAZIONE IN CORRISPONDENZA DEGLI IMBOCCHI

SCALA:

-

COMMESSA LOTTO FASE ENTE TIPO DOC. OPERA/DISCIPLINA Progr. REV.

I B L 1 1 0 D 6 9 I G G E 0 0 0 5 0 2 6 A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato	Data
A	Emissione Esecutiva	C.Corno		S. Rodani		C. Mazzocchi		F. Marchese	

File:

n. Elab.:

INDAGINI SISMICHE RE.MI., MASW E SISMICA A RIFRAZIONE IN CORRISPONDENZA DEGLI IMBOCCHI

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IBL1	10	D 69 IG	GE 00 05 026	A	2 di 48

INDICE

1	PREMESSA	3
2	RIFERIMENTO NORMATIVO	4
3	REGISTRAZIONE DEI MICROTREMORI (REFRACTION MICROTREMOR – RE.MI)	5
3.1	CENNI METODOLOGICI	5
3.2	MODALITÀ D’INTERVENTO	6
3.3	ELABORAZIONE DATI	6
4	STENDIMENTI SISMICI CON METODO “MASW” E CENNI METODOLOGICI	7
4.1	MODALITÀ ESECUTIVE DELLE PROVE “MASW”	8
4.2	ELABORAZIONE DATI	8
5	SINTESI DEI RISULTATI	9
6	SISMICA A RIFRAZIONE	11
6.1	ELABORAZIONE DATI	11
6.1.1	<i>Metodo delle intercette</i>	11
6.1.2	<i>Elaborazione tomografica</i>	12
6.2	ANALISI DEI RISULTATI	12

1 PREMESSA


Sono riassunti i risultati della classificazione sismica dei suoli ottenuti a seguito di specifiche prove geofisiche nei settori degli imbocchi.

Sono state eseguite:

- Prove RE.MI (microtremori)
- Prove MASW

e rielaborazione di prove Cross-Hole.

Si allegano, inoltre, i profili tomografici sismici registrati in corrispondenza degli imbocchi stessi per la valutazione delle litologie superficiali.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA					
	LOTTO 1: FORTEZZA – PONTE GARDENA					
INDAGINI SISMICHE RE.MI., MASW E SISMICA A RIFRAZIONE IN CORRISPONDENZA DEGLI IMBOCCHI	COMMESSA IBL1	LOTTO 10	CODIFICA D 69 IG	DOCUMENTO GE 00 05 026	REV. A	FOGLIO 4 di 48

2 RIFERIMENTO NORMATIVO

La nuova normativa “Norme tecniche per le costruzioni” afferma che ai fini della definizione della azione sismica di progetto (punto 3.2.2), deve essere valutata l’influenza delle condizioni litologiche e morfologiche locali sulle caratteristiche del moto del suolo in superficie, mediante studi specifici di risposta sismica locale.

In mancanza di tali studi si può utilizzare la classificazione dei terreni descritta di seguito. La classificazione deve riguardare i terreni compresi tra il piano di imposta delle fondazioni degli edifici ed un substrato rigido di riferimento, (bedrock) ovvero quelli presenti ad una profondità commisurata all’estensione ed all’importanza dell’opera.

La classificazione può essere basata sulla stima dei valori della velocità media delle onde sismiche di taglio V_{S30} ovvero sul numero medio di colpi NSPT ottenuti in una prova penetrometrica dinamica ovvero sulla coesione non drenata media c_u . In base alle grandezze sopra definite si identificano le seguenti le categorie del suolo di fondazione:

- A** – *Formazioni litoidi o suoli omogenei molto rigidi* caratterizzati da valori di V_{S30} superiori a 800 m/s, comprendenti eventuali livelli di alterazione superficiale con spessore massimo pari a 5m.
- 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 NSPT > 50, o coesione non drenata $c_u > 250$ kPa).
- C** – *Depositi di sabbie e 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 ($15 < NSPT < 50$, $70 < c_u < 250$ 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 ($NSPT < 15$, $c_u < 70$ 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, giacenti su di un substrato di materiale più rigido con $V_{S30} > 800$ m/s.

A queste cinque categorie principali si aggiungono altre due categorie per le quali sono richiesti studi speciali per la definizione dell’azione sismica da considerare:


- S1** - Depositi costituiti da, o che includono, uno strato spesso almeno 10 m di argille/limi di bassa consistenza, con elevato indice di plasticità ($PI > 40$) e contenuto di acqua, caratterizzati da valori di $V_{S30} < 100$ m/s ($10 < c_u < 20$ kPa).
- S2** - Depositi di terreni soggetti a liquefazione, argille sensitive, o qualsiasi altra categoria di terreno non classificabile nei tipi precedenti

La classificazione è effettuata sulla base del parametro V_{S30} che rappresenta la velocità delle onde di taglio S riferita a 30 m di profondità e calcolata con l’espressione:

$$V_{s30} = \frac{30}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{V_i}}$$

dove h_i e V_i indicano lo spessore (in m) e la velocità delle onde di taglio (per deformazioni di taglio $\gamma < 10^{-6}$) dello strato i-esimo, per un totale di N strati presenti nei 30m superiori.

Il sito è classificato sulla base del valore di V_{S30} , se disponibile, altrimenti sulla base del valore di NSPT.

 <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p>QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA</p> <p>LOTTO 1: FORTEZZA – PONTE GARDENA</p>					
<p>INDAGINI SISMICHE RE.MI., MASW E SISMICA A RIFRAZIONE IN CORRISPONDENZA DEGLI IMBOCCHI</p>	<p>COMMESSA IBL1</p>	<p>LOTTO 10</p>	<p>CODIFICA D 69 IG</p>	<p>DOCUMENTO GE 00 05 026</p>	<p>REV. A</p>	<p>FOGLIO 5 di 48</p>

3 REGISTRAZIONE DEI MICROTREMORI (REFRACTION MICROTREMOR – RE.MI)

3.1 Cenni metodologici

Le tecniche correntemente utilizzate (Down-Hole, Cross-Hole) per la stima delle velocità delle onde di taglio per caratterizzare un sito sotto il profilo della risposta sismica, dovendo necessitare di almeno un foro di 30 m nel quale eseguire la prova, sono normalmente troppo onerose per essere impiegate come indagine di routine negli studi di microzonazione e di classificazione dei profili stratigrafici dei suoli di fondazione per progettazioni di opere non concentrate in areali ristretti.

Le metodologie d'indagine indiretta per la determinazione delle velocità delle onde di taglio V_s , quale la sismica a rifrazione in SH, sono limitate dalla incapacità di rilevare livelli a bassa velocità sismica sottostanti a livelli a velocità sismica più elevata, che rappresentano i casi invece più significativi per la determinazione del profilo di velocità VS. Presentano altresì lo svantaggio di una tecnica di acquisizione non semplice, avendo la necessità di generare in superficie onde direzionali con apposite attrezzature, e di richiedere dispositivi di acquisizione relativamente lunghi per garantire la profondità d'indagine dei 30 m, ma soprattutto di dover operare in ambienti con poco rumore di fondo, di fatto praticamente impossibile da riscontrare in ambiti urbanizzati, industriali, o in adiacenza a strade o a linee ferroviarie, come il caso in esame.

Altre metodologie di prospezione, quali le prove di misura di onde di superficie SASW (Spectral Analysis of Surface Waves), o le prove MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves), pur avendo capacità di discriminazione dei livelli lenti all'interno di unità sismiche più veloci, hanno anch'esse la necessità di ambienti relativamente tranquilli per l'acquisizione e, comunque presentano metodologie di rilievo sicuramente laboriose e complesse.

La tecnica di prospezione "Refraction Microtremor" (Re.Mi) utilizzata capovolge il concetto comune del parametro "segnale-disturbo", per il quale tradizionalmente il primo (segnale) ha necessità di essere rilevato in condizioni favorevoli quindi in assenza o scarsità di rumore. Viceversa, in presenza di forte rumore di fondo (es. ambiente urbano), le tradizionali rilevazioni sismiche hanno sempre trovato una condizione di difficile applicazione a causa della difficoltà di discriminare il segnale dal rumore.

Con questa nuova tecnica, il disturbo, il "noise" ambientale diventa il segnale utilizzato per la caratterizzazione sismica. Sono i microtremori (rumore di fondo generato dal traffico stradale, ferroviario e comunque il rumore presente costantemente in ambito urbanizzato) a costituire la sorgente di energia utile allo scopo.

Numerose sperimentazioni hanno consentito di appurare che le registrazioni del rumore di fondo ambientale, effettuate con uno stendimento sismico normalmente utilizzato per la sismica a rifrazione, possono essere utilizzate, con opportune procedure di acquisizione e elaborazione, per stimare la velocità delle onde di taglio (V_s) fino a profondità che possono essere superiori a 100m, con una precisione del 20%.

La metodologia d'indagine più applicata per la determinazione del profilo verticale di velocità delle onde di taglio V_s , è stata proposta e sperimentata da J.N.Louie del Seismological Laboratory and Dept. of Geological Sciences dell'Università del Nevada, ed è basata su due aspetti fondamentali:

- uno pratico, rappresentato dal fatto che alcuni sistemi di acquisizione di sismica a rifrazione (con dinamica a 24bit) sono in grado di registrare onde di superficie con frequenze fino a 2 Hz per intervalli di tempo sufficientemente lunghi (30 sec);

- uno teorico, sulla base del quale una semplice trasformata bidimensionale (p-f) slowness-frequency della registrazione di un rumore di fondo (microtremor) è in grado di separare le onde di Rayleigh (onde di superficie) da altri tipi di onde che compongono il sismogramma, rendendo possibile il riconoscimento delle vere velocità di fase dalle velocità apparenti.

3.2 Modalità d'intervento

L'acquisizione dei dati per la definizione della Vs30 è stata svolta tramite l'acquisizione e la registrazione del noise ambientale impiegando geofoni da 14Hz ed un acquisitore digitale multicanale a 24 canali con dinamica a 24bit.

E' stato acquisito un profilo sismico costituito da uno stendimento di 24 geofoni equispaziati di 5m. Sono stati raccolti 30 records di lunghezza di 30 sec. con campionamento ogni 2ms. L'ubicazione del singolo punto di determinazione della Vs30, è riportato nella planimetria allegata.

3.3 Elaborazione dati

La procedura di elaborazione adottata per la classificazione dei profili del suolo di fondazione ha utilizzato la tecnica sopra descritta utilizzando il pacchetto software SeisOpt Re.Mi. 2.0 prodotto dalla Optim Software LLC.

Come prima fase è stata eseguita un'analisi spettrale del sismogramma che ha consentito di elaborare una immagine della distribuzione del segnale di velocità sismica in funzione delle diverse frequenze che lo compongono .

Da tale elaborazione è stata poi estrapolata la curva di attenuazione del segnale caratteristico e in funzione del suo andamento (curva di dispersione) si è risaliti alla stratigrafia sismica in termini di velocità delle onde di taglio.

Il risultato finale dell'elaborazione consiste quindi nella rappresentazione grafica del profilo di velocità e nel calcolo della relativa Vs 30.

4 STENDIMENTI SISMICI CON METODO “MASW” E CENNI METODOLOGICI

Il metodo Masw (Multichannel Analysis of Surface Waves) è una tecnica di indagine non invasiva (non è necessario eseguire perforazioni o scavi e ciò limita i costi), che individua il profilo di velocità delle onde di taglio verticali V_s , basandosi sulla misura delle onde superficiali fatta in corrispondenza di diversi sensori (accelerometri o geofoni) posti sulla superficie del suolo. Il contributo predominante alle onde superficiali è dato dalle onde di Rayleigh, che viaggiano con una velocità correlata alla rigidità della porzione di terreno interessata dalla propagazione delle onde.

In un mezzo stratificato le onde di Rayleigh sono dispersive, cioè onde con diverse lunghezze d'onda si propagano con diverse velocità di fase e velocità di gruppo (Achenbach, J.D., 1999, Aki, K. and Richards, P.G., 1980) o detto in maniera equivalente la velocità di fase (o di gruppo) apparente delle onde di Rayleigh dipende dalla frequenza di propagazione.

La natura dispersiva delle onde superficiali è correlabile al fatto che onde ad alta frequenza con lunghezza d'onda corta si propagano negli strati più superficiali e quindi danno informazioni sulla parte più superficiale del suolo, invece onde a bassa frequenza si propagano negli strati più profondi e quindi interessano gli strati più profondi. Il metodo di indagine MASW si distingue in metodo attivo e metodo passivo (Zywicki, D.J.1999) o in una combinazione di entrambi.


Nel metodo attivo, utilizzato nell'indagine, le onde superficiali generate in un punto sulla superficie del suolo sono misurate da uno stendimento lineare di sensori.

Nel metodo passivo lo stendimento dei sensori può essere sia lineare, sia circolare e si misura il rumore ambientale di fondo esistente. Il metodo attivo generalmente consente di ottenere una velocità di fase (o curva di dispersione) sperimentale apparente nel range di frequenze compreso tra 5Hz e 70Hz, quindi dà informazioni sulla parte più superficiale del suolo, sui primi 30m-50m, in funzione della rigidità del suolo. Il metodo passivo in genere consente di tracciare una velocità di fase apparente sperimentale compresa tra 0 Hz e 10Hz, quindi dà informazioni sugli strati più profondi del suolo, generalmente al di sotto dei 50m, in funzione della rigidità del suolo.

L'elaborazione dei dati con il metodo MASW prevede tre fasi di lavoro:

1. la prima fase prevede il calcolo della velocità di fase (o curva di dispersione) apparente sperimentale,
2. la seconda fase consiste nel calcolare la velocità di fase apparente numerica,
3. la terza ed ultima fase consiste nell'individuazione del profilo di velocità delle onde di taglio verticali V_s , modificando opportunamente lo spessore h , le velocità delle onde di taglio V_s e di compressione V_p (o in maniera alternativa alle velocità V_p è possibile assegnare il coefficiente di Poisson), la densità di massa degli strati che costituiscono il modello del suolo, fino a raggiungere una sovrapposizione ottimale tra la velocità di fase (o curva di dispersione) sperimentale e la velocità di fase (o curva di dispersione) numerica corrispondente al modello di suolo assegnato.

Il modello di suolo e quindi il profilo di velocità delle onde di taglio verticali possono essere individuati con procedura manuale o con procedura automatica o con una combinazione delle due. Generalmente si assegnano il numero di strati del modello, il coefficiente di Poisson, la densità di massa e si variano lo spessore h e la velocità V_s degli strati.

	<p>QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA</p> <p>LOTTO 1: FORTEZZA – PONTE GARDENA</p>					
<p>INDAGINI SISMICHE RE.MI., MASW E SISMICA A RIFRAZIONE IN CORRISPONDENZA DEGLI IMBOCCHI</p>	<p>COMMESSA IBL1</p>	<p>LOTTO 10</p>	<p>CODIFICA D 69 IG</p>	<p>DOCUMENTO GE 00 05 026</p>	<p>REV. A</p>	<p>FOGLIO 8 di 48</p>

Nella procedura manuale l'utente assegna per tentativi diversi valori delle velocità V_s e degli spessori h , cercando di avvicinare la curva di dispersione numerica alla curva di dispersione sperimentale. Nella procedura automatica la ricerca del profilo di velocità ottimale è affidata ad un algoritmo di ricerca globale o locale che cerca di minimizzare l'errore tra la curva sperimentale e la curva numerica. In genere quando l'errore relativo, tra curva sperimentale e curva numerica è compresa tra il 5% e il 10% si ha un soddisfacente accordo tra le due curve e il profilo di velocità delle onde di taglio V_s e quindi il tipo di suolo sismico conseguente rappresentano una soluzione valida da un punto di vista ingegneristico.

4.1 Modalità esecutive delle prove "MASW"

Sono stati realizzati stendimenti di 24 geofoni spazati di 2 m. La lunghezza delle registrazioni è stata di 1 sec, con un passo di campionamento di 0.125 ms. L'energizzazione, realizzata a distanze di 5 m e 10 m dal primo geofono e dall'ultimo geofono, è stata ottenuta con una massa battente di 10 Kg.

Per ogni punto di energizzazione, dato il rumore di fondo, il segnale è stato incrementato sommando 5-6 battute.

Si ricorda che il punto di determinazione del profilo delle V_s in profondità, si riferisce al centro dello stendimento geofonico. Per l'acquisizione dei sismogrammi è stato utilizzato un sismografo modulare a 24 bit di tipo "Geode" della Geometrics a 24 canali e elevata dinamica. I geofoni utilizzati hanno una frequenza propria di 4.5 Hz.

4.2 Elaborazione dati

Il software utilizzato per l'elaborazione dei dati è il "SurfSeis" della Kansas Geological Surveys.

In una prima fase è stata calcolata la velocità di fase (o curva di dispersione apparente sperimentale).

In una seconda ed ultima fase, individuato il profilo di velocità delle onde di taglio verticali V_s , modificando opportunamente lo spessore h , le velocità delle onde di taglio V_s e di compressione V_p (o in maniera alternativa alle velocità V_p è possibile assegnare il coefficiente di Poisson), la densità di massa degli strati che costituiscono il modello del suolo, fino a raggiungere una sovrapposizione ottimale tra la velocità di fase (o curva di dispersione) sperimentale e la velocità di fase (o curva di dispersione) numerica corrispondente al modello di velocità assegnato.

I dati sismici acquisiti, ed elaborati, hanno consentito di determinare i profili di velocità delle onde "S" sino a 35m dal p.c.

La velocità delle onde di taglio, essendo legata alle caratteristiche dello scheletro del materiale, costituisce un parametro di grande rilevanza per la definizione delle caratteristiche geomeccaniche dei materiali. Risulta evidente che a velocità elevate corrispondono materiali con buone caratteristiche geomeccaniche, viceversa a bassi valori corrispondono materiali con scadenti caratteristiche geotecniche.

5 SINTESI DEI RISULTATI

La tabella allegata sintetizza i valori di V_{s30} calcolati e conseguente categoria di suolo sismico; sono inseriti in tabella l'elaborazione in V_{s30} di n. 3 prove Cross-Hole a sigla D11, D2 e relativamente al Viadotto Isarco la prova D7.

Località (imbocco)	Nome Prova	V_{s30} (m/sec)	Categoria suolo
Ponte Gardena (Sud)	R01	520	B
Ponte Gardena (Nord)	R02	660	B
Albes	R03	540	B
Varna	R04	475	B
Varna	R05	465	B
Varna	R06	530	B
Fortezza	R07	710	B
Fortezza	R08	690	B
Isarco	R09	845	E
Isarco	R10	850	E
Chiusa	CROSS-HOLE CH-D11	605	B
Fortezza	CROSS-HOLE CH-D2	1000	A
Viadotto Isarco	CROSS-HOLE CH-D7	469	B




QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA

LOTTO 1: FORTEZZA – PONTE GARDENA

INDAGINI SISMICHE RE.MI., MASW E SISMICA A RIFRAZIONE IN CORRISPONDENZA DEGLI IMBOCCHI

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IBL1	10	D 69 IG	GE 00 05 026	A	10 di 48

	<p>QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA</p> <p>LOTTO 1: FORTEZZA – PONTE GARDENA</p>					
<p>INDAGINI SISMICHE RE.MI., MASW E SISMICA A RIFRAZIONE IN CORRISPONDENZA DEGLI IMBOCCHI</p>	<p>COMMESSA IBL1</p>	<p>LOTTO 10</p>	<p>CODIFICA D 69 IG</p>	<p>DOCUMENTO GE 00 05 026</p>	<p>REV. A</p>	<p>FOGLIO 11 di 48</p>

6 SISMICA A RIFRAZIONE

L'indagine sismica a rifrazione consiste nella registrazione dei tempi di arrivo delle onde di compressione (P), create allo scopo tramite opportuna energizzazione, e rifratte dalle superfici di discontinuità fisica del sottosuolo.

La registrazione si realizza attraverso uno stendimento di geofoni disposti a intervalli regolari lungo il profilo da indagare. L'equidistanza tra i geofoni e il loro numero dipendono dal dettaglio e dalla profondità d'indagine richiesti.

La misura dei tempi di arrivo delle onde P ai diversi geofoni permette di ricostruire l'andamento e la profondità degli orizzonti rifrattori presenti nel sottosuolo.

L'attrezzatura utilizzata è costituita da:

- Sismografo a 24 canali, con possibilità di stack degli impulsi sismici, filtri analogici e digitali programmabili (filtri attivi tipo high pass, band pass e band reject), guadagno verticale del segnale (in ampiezza) e sensibilità tra 6 e 92 decibel, registrazione dei dati in digitale per elaborazioni successive con formato in uscita minimo a 16 bit;
- 24 geofoni verticali a frequenza propria variabile tra 8 e 14 Hz;
- Sistema di energizzazione adeguato costituito da cannoncino sismico calibro 8 (equipaggiato con cartucce industriali a pallettoni in Pb ed in grado di fornire una velocità alla bocca di 400-600 m/s) e/o massa battente.

La "copertura" dei tiri sulle basi sismiche è stata tale da consentire una corretta e dettagliata ricostruzione del campo di velocità locale fino alle profondità stabilite dal progetto delle indagini in numero di 7 tiri interni più 2 tiri esterni.

6.1 Elaborazione dati


L'elaborazione dei dati dovrà essere realizzata mediante software ad elevata valenza diagnostica in grado di fornire i valori dei parametri di velocità, relativi ai rifrattori individuali, per ogni stazione geofonica.

6.1.1 Metodo delle intercette

Con software dedicato vengono letti i tempi di "primo arrivo" degli impulsi sismici ai vari geofoni (raggi diretti e rifratti) e ricostruiti i relativi diagrammi spazio tempo.

Le dromocrone si interpretano applicando algoritmi di calcolo basati sul metodo "time delay" di Hawkins e sul metodo delle "intercette".

I risultati di tale interpretazione consentono la caratterizzazione in termini di velocità sismica dei materiali costituenti il sottosuolo dell'area indagata e la ricostruzione geometrica delle unità sismiche caratterizzanti il sottosuolo stesso.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA					
	LOTTO 1: FORTEZZA – PONTE GARDENA					
INDAGINI SISMICHE RE.MI., MASW E SISMICA A RIFRAZIONE IN CORRISPONDENZA DEGLI IMBOCCHI	COMMESSA IBL1	LOTTO 10	CODIFICA D 69 IG	DOCUMENTO GE 00 05 026	REV. A	FOGLIO 12 di 48

6.1.2 Elaborazione tomografica

I dati relativi alle sezioni sismiche saranno ulteriormente elaborati secondo il metodo sismico-tomografico. Questa procedura, analizza e ricostruisce, tramite i tempi di primo arrivo, i percorsi dei raggi sismici grazie ad un algoritmo di “ray-tracing”. La sezione indagata viene suddivisa in celle di dimensioni regolari in modo che ogni elemento sia attraversato dai molteplici raggi sismici, compresi tra i punti di sparo e i punti di ricezione. La prima fase di “processing” prevede il calcolo, a partire da un semplice modello iniziale, di un modello “diretto”, mentre la successiva inversione è basata su un algoritmo di ottimizzazione e regolarizzazione. La routine di “inversione” bidimensionale attraverso l’assegnazione di una velocità teorica ad ogni singola cella, per iterazioni successive, né calcola la velocità “reale”. Le iterazioni vengono ripetute fino al raggiungimento del minor scarto possibile tra i valori di velocità teorica e calcolata.

Il risultato finale dell’elaborazione consiste in una sezioni di velocità sismica nella quale ad gli cella è stato assegnato un valori di velocità. Tali valori vengono infine elaborati graficamente tramite apposite “routine” di “gridding” e “countouring”. A differenza delle sezioni elaborate con il metodo delle intercette, queste sezioni non presentano una distinzione in unità sismiche caratterizzate da precisi valori di velocità sismica, ma da una variazione continua della velocità stessa, risultando particolarmente efficace nella individuazione delle variazioni laterali di velocità sismica presenti lungo le sezioni.

6.2 Analisi dei risultati

I profili sismici effettuati hanno permesso di definire specifiche unità geofisiche distinte per velocità sismica

- Imbocco Isarco

Sono stati registrati i profili **P42-P43** in sponda destra Isarco e **P43** in sponda sinistra.

Con valori di velocità inferiori a 1800 m/sec si individuano i terreni di copertura e/o di alterazione del substrato, seguono unità geofisiche più addensate con valori massimi dell’ordine di 4000 m/sec.

La sezione P42 mostra un approfondimento dell’unità più veloce nella porzione centrale del profilo, mentre la sezione P44 evidenzia come il substrato più addensato sia in posizione più elevata.

Specifico nella sezione P43, dopo un discreto spessore dei materiali di copertura dell’ordine di 15/18 metri, la posizione di un nucleo del substrato litoide ad elevata velocità sismica nella porzione iniziale del profilo.

- Imbocco Chiusa

I materiali di copertura a velocità sismica inferiori a 1800 m/sec assumono localmente potenze dell’ordine di 15 metri alla base della sezione e di circa 18 metri nella porzione sommitale.

INDAGINI SISMICHE RE.MI., MASW E SISMICA A RIFRAZIONE IN CORRISPONDENZA DEGLI IMBOCCHI

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IBL1	10	D 69 IG	GE 00 05 026	A	13 di 48

Imbocco intercon. Ponte Gardena BD

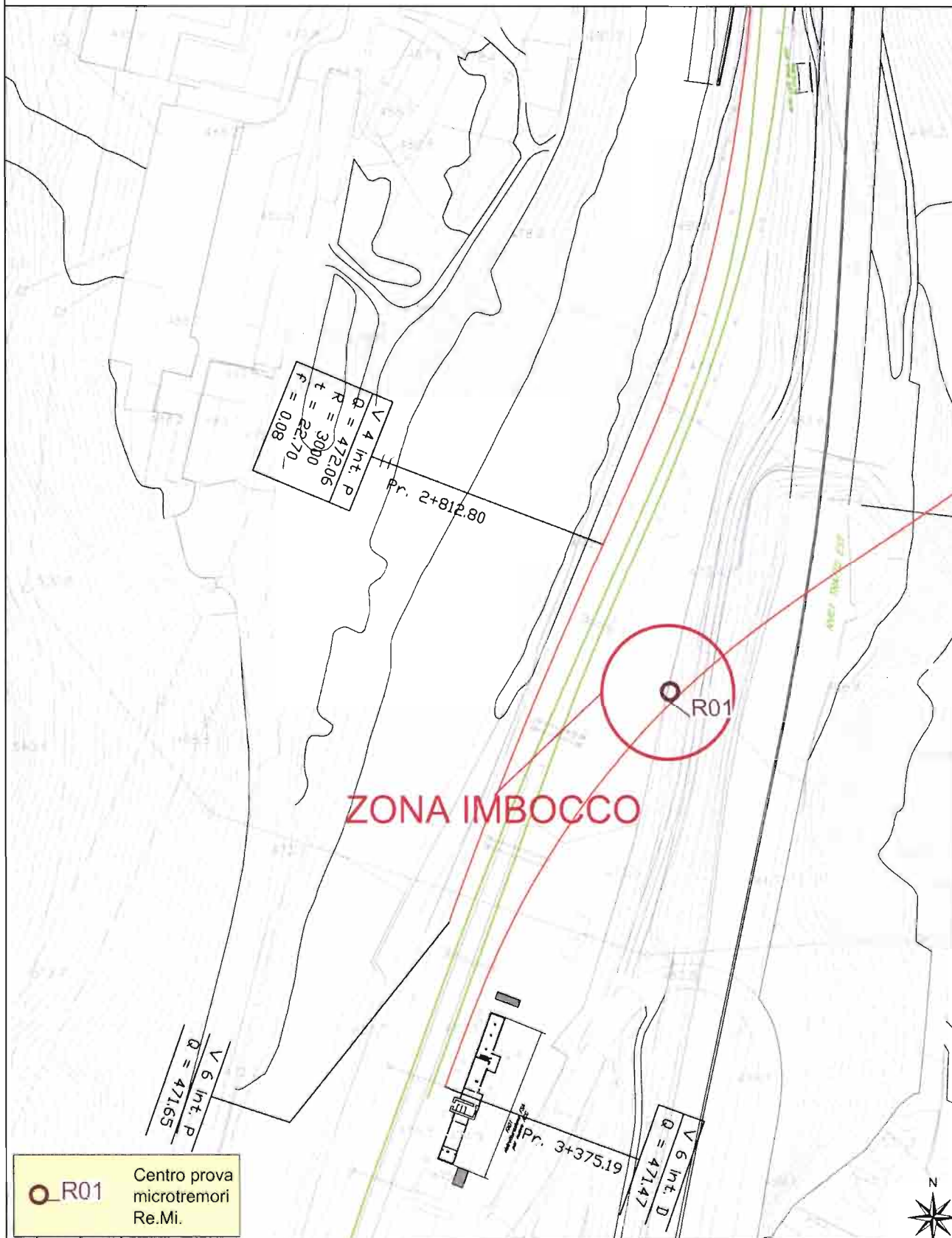


INDAGINI SISMICHE RE.MI., MASW E SISMICA A RIFRAZIONE IN CORRISPONDENZA DEGLI IMBOCCHI

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IBL1	10	D 69 IG	GE 00 05 026	A	14 di 48

Imbocco intercon. Ponte Gardena BD

Ubicazione indagini - scala 1:2.000



R01

Centro prova
microtremori
Re.Mi.

INDAGINI SISMICHE RE.MI., MASW E SISMICA A RIFRAZIONE IN CORRISPONDENZA DEGLI IMBOCCHI

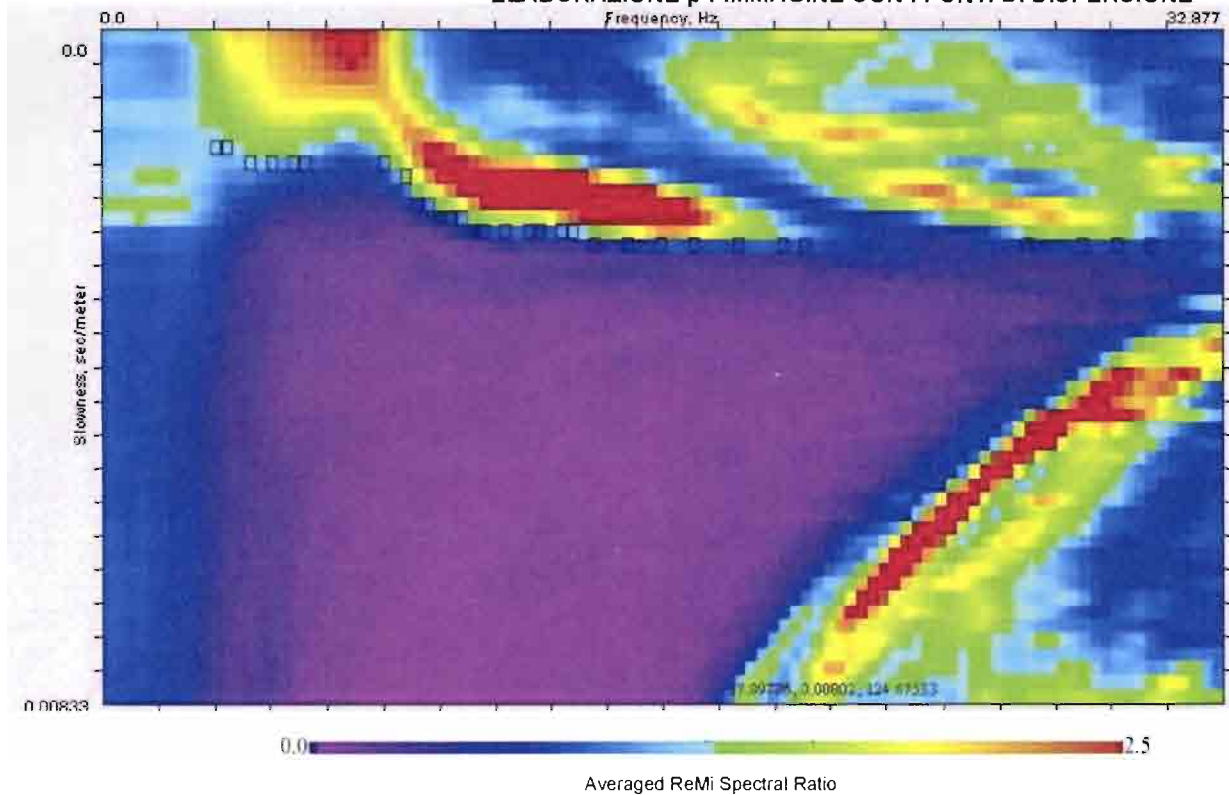
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IBL1	10	D 69 IG	GE 00 05 026	A	15 di 48

Imbocco intercon. Ponte Gardena BD

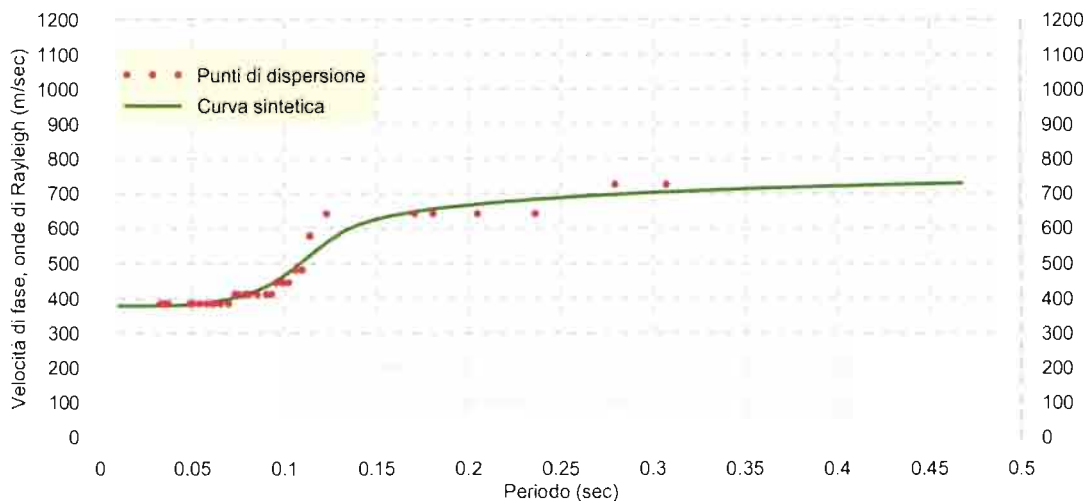
Prova Microtremori Re.Mi.

R01

ELABORAZIONE p-f IMMAGINE CON I PUNTI DI DISPERSIONE



CURVA DI DISPERSIONE



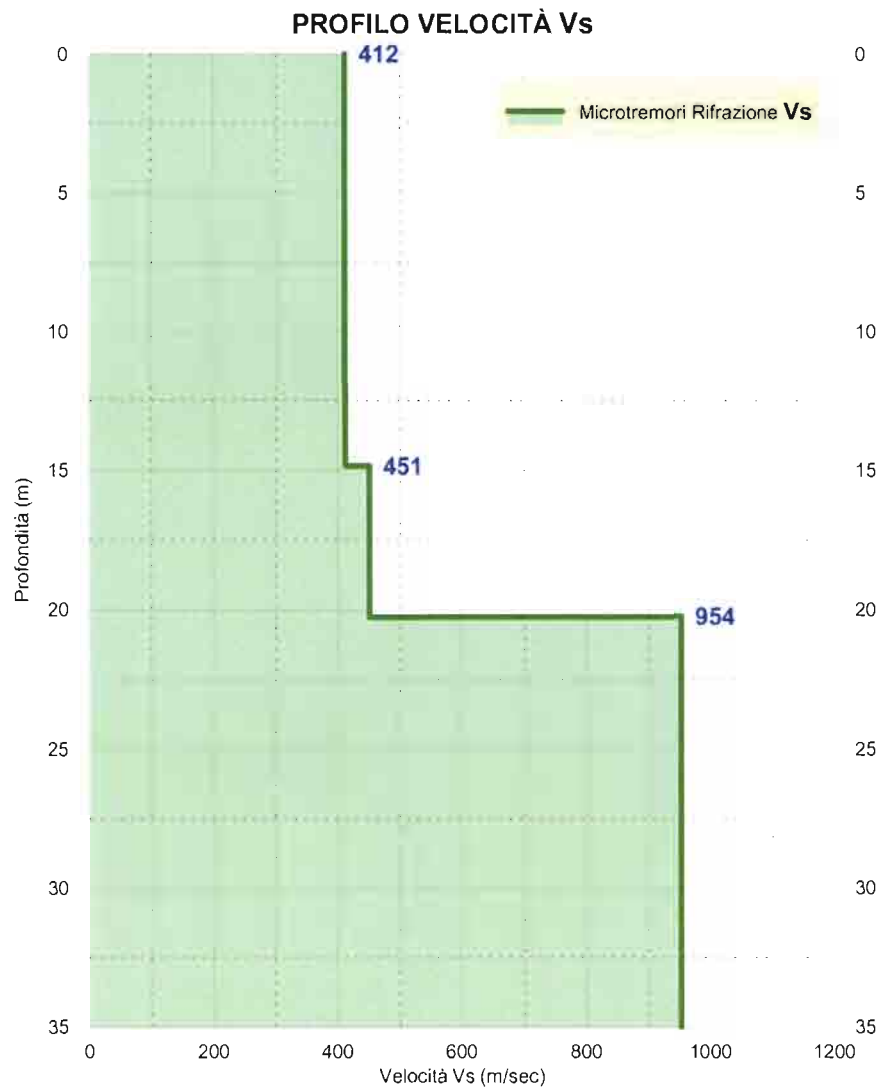
INDAGINI SISMICHE RE.MI., MASW E SISMICA A RIFRAZIONE IN CORRISPONDENZA DEGLI IMBOCCHI

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IBL1	10	D 69 IG	GE 00 05 026	A	16 di 48

Imbocco intercon. Ponte Gardena BD

Prova Microtremori Re.Mi.

R01



$V_{s30} = 520$ m/sec Categoria suolo: B

INDAGINI SISMICHE RE.MI., MASW E SISMICA A RIFRAZIONE IN CORRISPONDENZA DEGLI IMBOCCHI

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IBL1	10	D 69 IG	GE 00 05 026	A	17 di 48

Imbocco intercon. Ponte Gardena BP

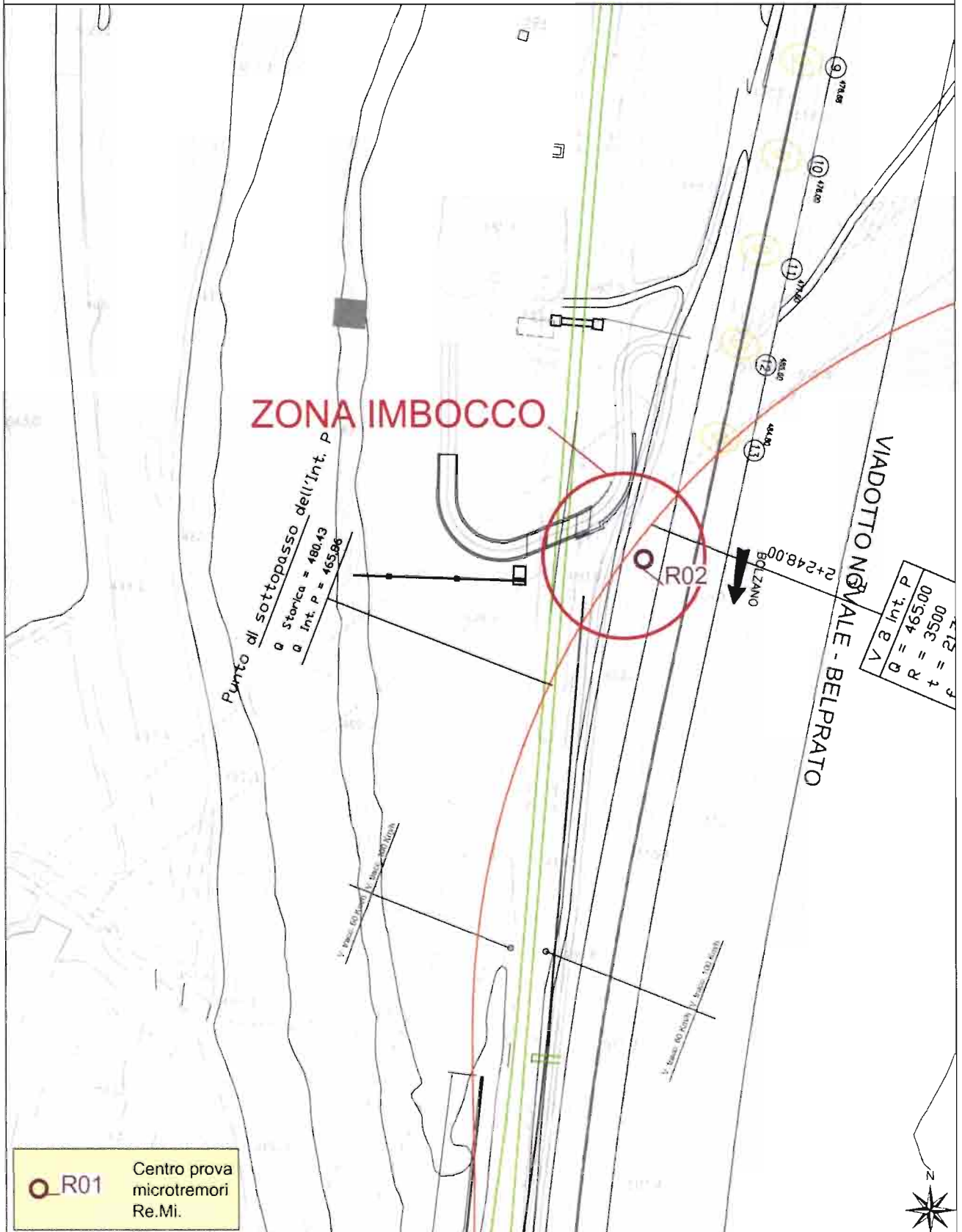


INDAGINI SISMICHE RE.MI., MASW E SISMICA A RIFRAZIONE IN CORRISPONDENZA DEGLI IMBOCCHI

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IBL1	10	D 69 IG	GE 00 05 026	A	18 di 48

Imbocco intercon. Ponte Gardena BP

Ubicazione indagini - scala 1:2.000



INDAGINI SISMICHE RE.MI., MASW E SISMICA A RIFRAZIONE IN CORRISPONDENZA DEGLI IMBOCCHI

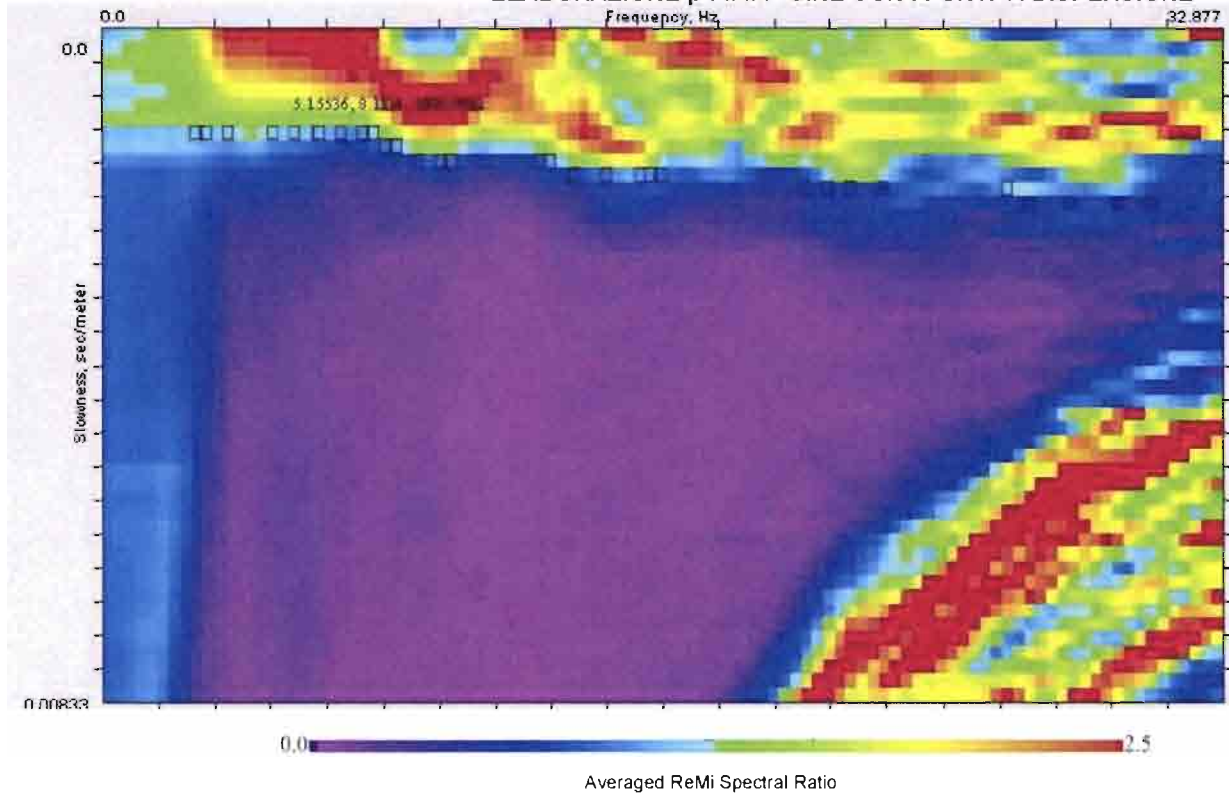
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IBL1	10	D 69 IG	GE 00 05 026	A	19 di 48

Imbocco intercon. Ponte Gardena BP

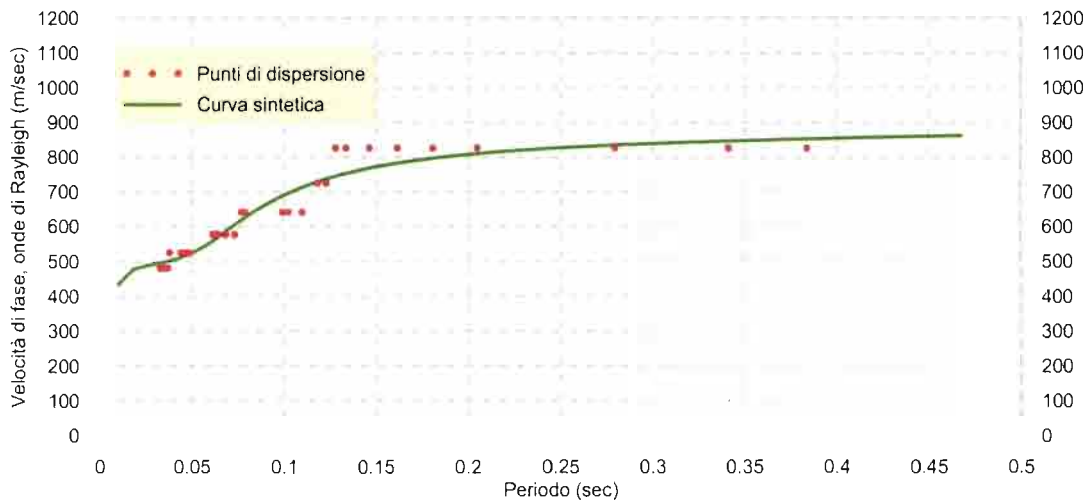
Prova Microtremori Re.Mi.

R02

ELABORAZIONE p-f IMMAGINE CON I PUNTI DI DISPERSIONE



CURVA DI DISPERSIONE



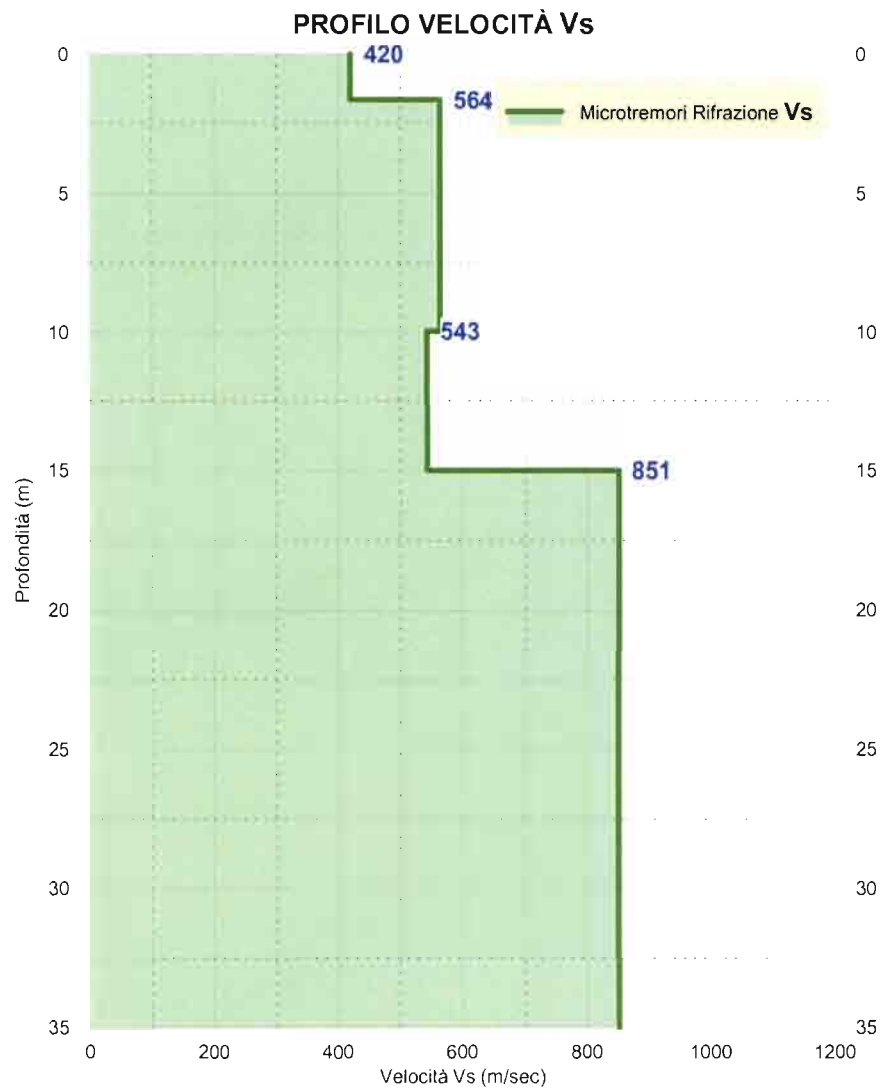
INDAGINI SISMICHE RE.MI., MASW E SISMICA A RIFRAZIONE IN CORRISPONDENZA DEGLI IMBOCCHI

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IBL1	10	D 69 IG	GE 00 05 026	A	20 di 48

Imbocco Intercon. Ponte Gardena BP

Prova Microtremori Re.Mi.

R02

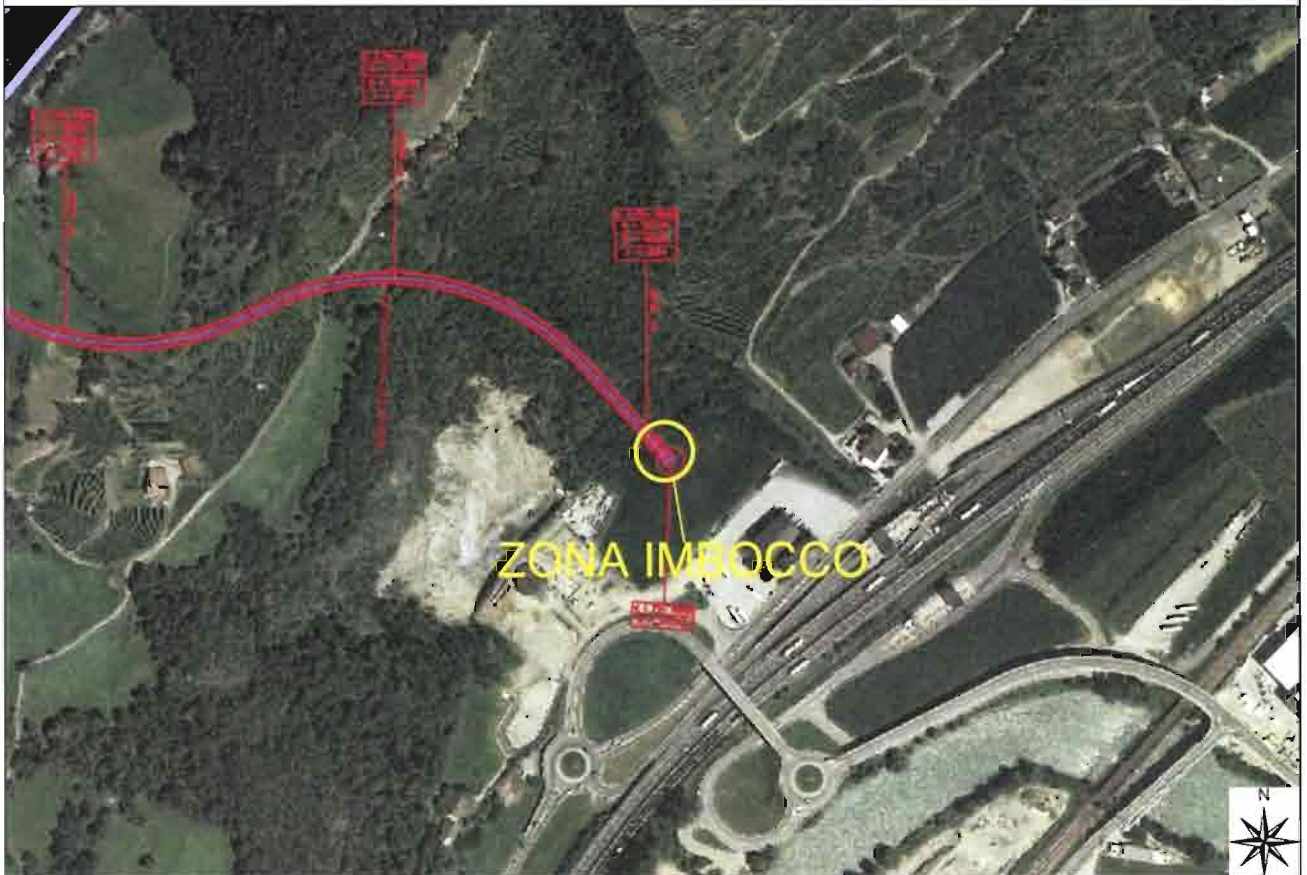


$V_{s_{30}} = 660$ m/sec Categoria suolo: B

INDAGINI SISMICHE RE.MI., MASW E SISMICA A RIFRAZIONE IN CORRISPONDENZA DEGLI IMBOCCHI

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IBL1	10	D 69 IG	GE 00 05 026	A	21 di 48

Imbocco fin. Albes

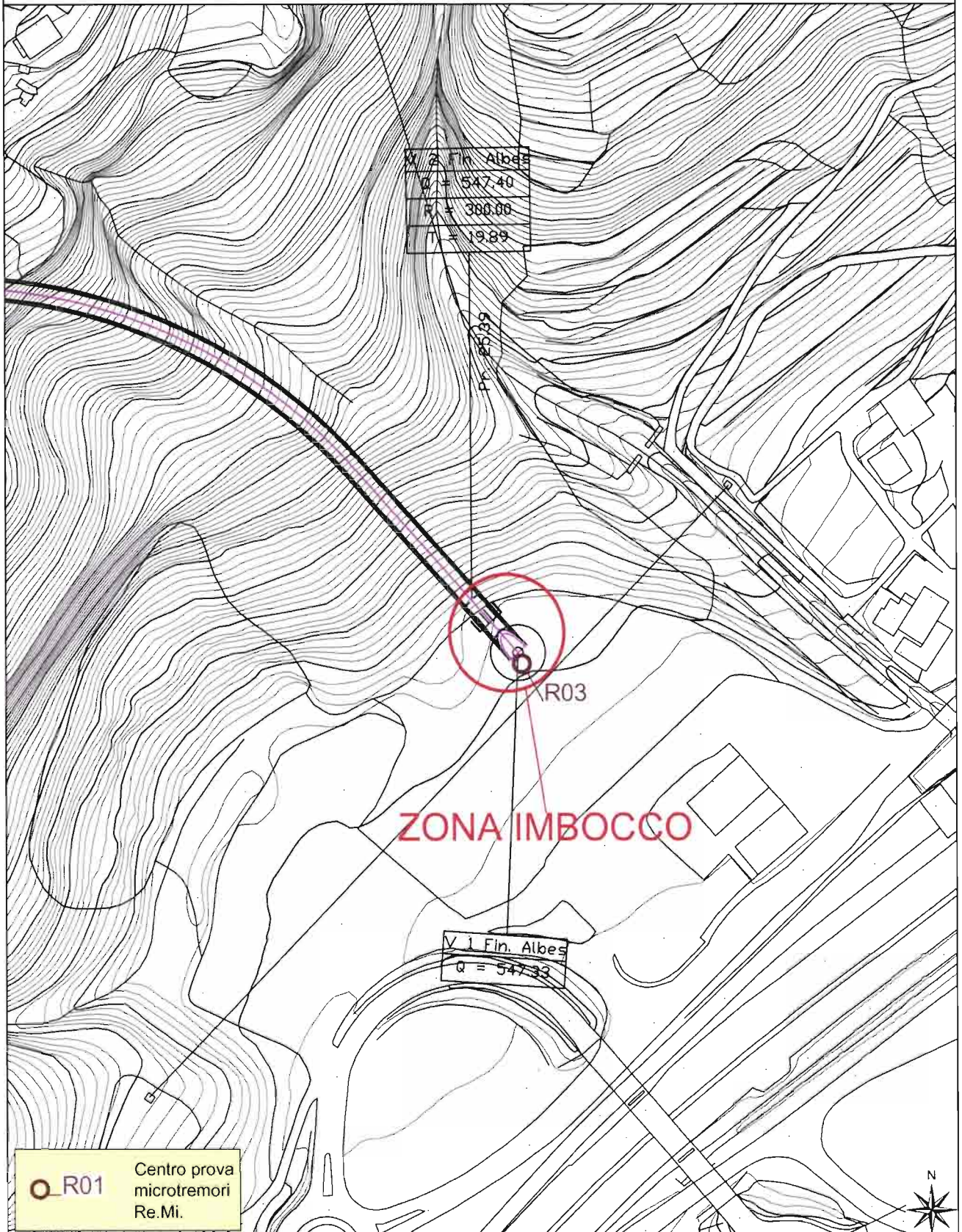


INDAGINI SISMICHE RE.MI., MASW E SISMICA A RIFRAZIONE IN CORRISPONDENZA DEGLI IMBOCCHI

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IBL1	10	D 69 IG	GE 00 05 026	A	22 di 48

Imbocco fin. Albes

Ubicazione indagini - scala 1:2.000

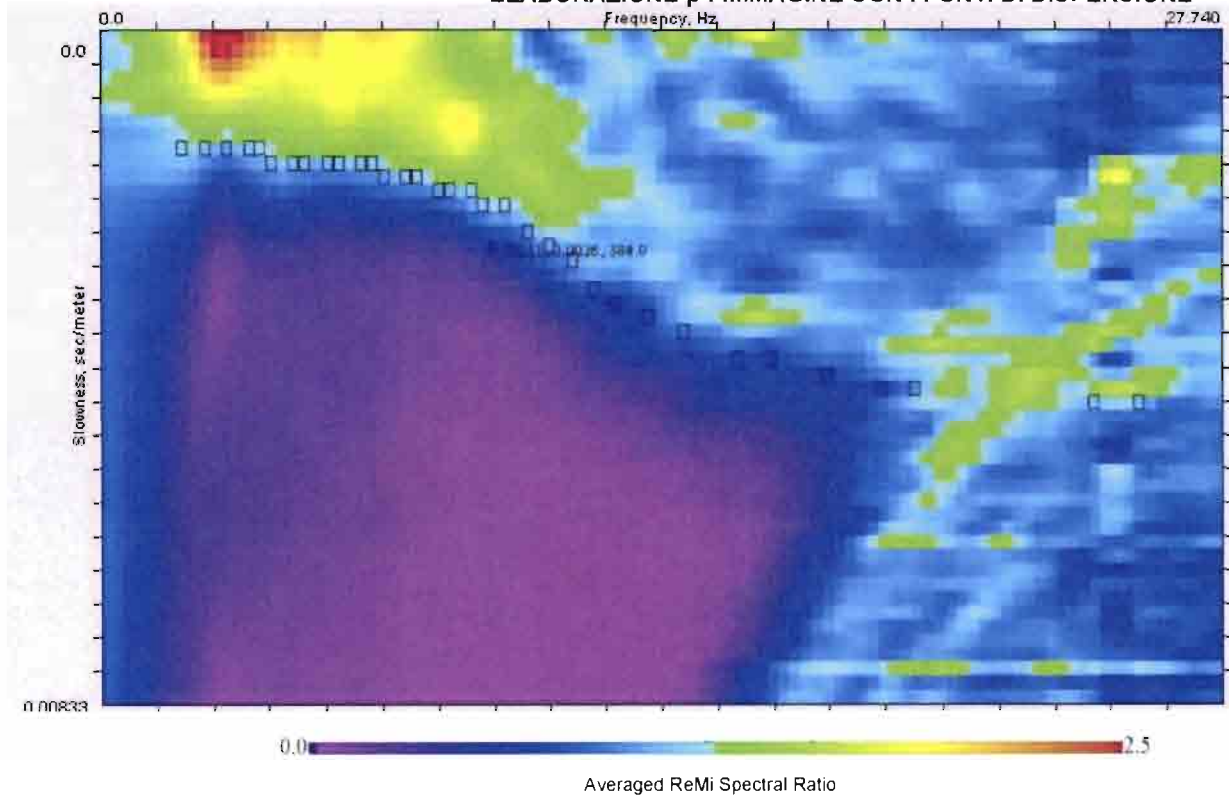


Imbocco fin. Albes

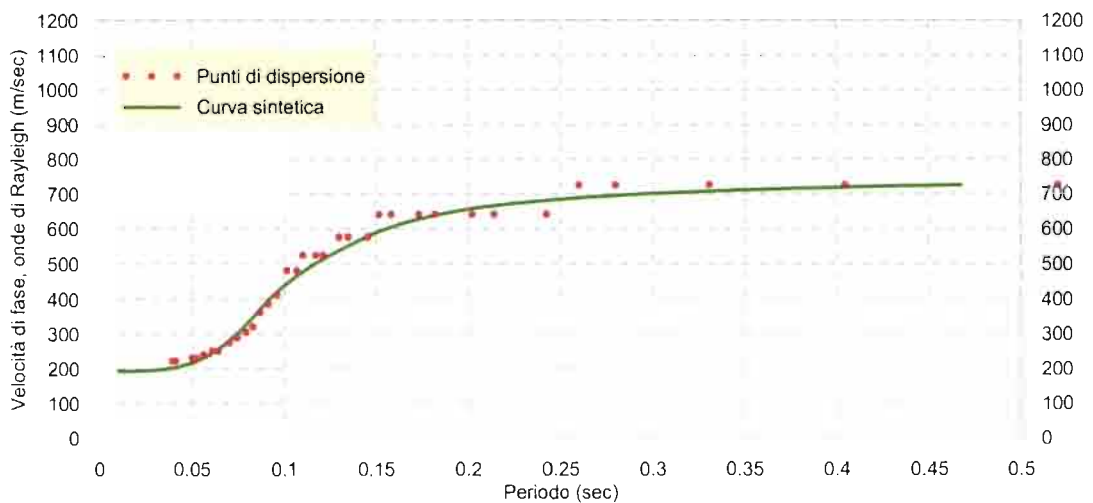
Prova Microtremori Re.Mi.

R03

ELABORAZIONE p-f IMMAGINE CON I PUNTI DI DISPERSIONE



CURVA DI DISPERSIONE



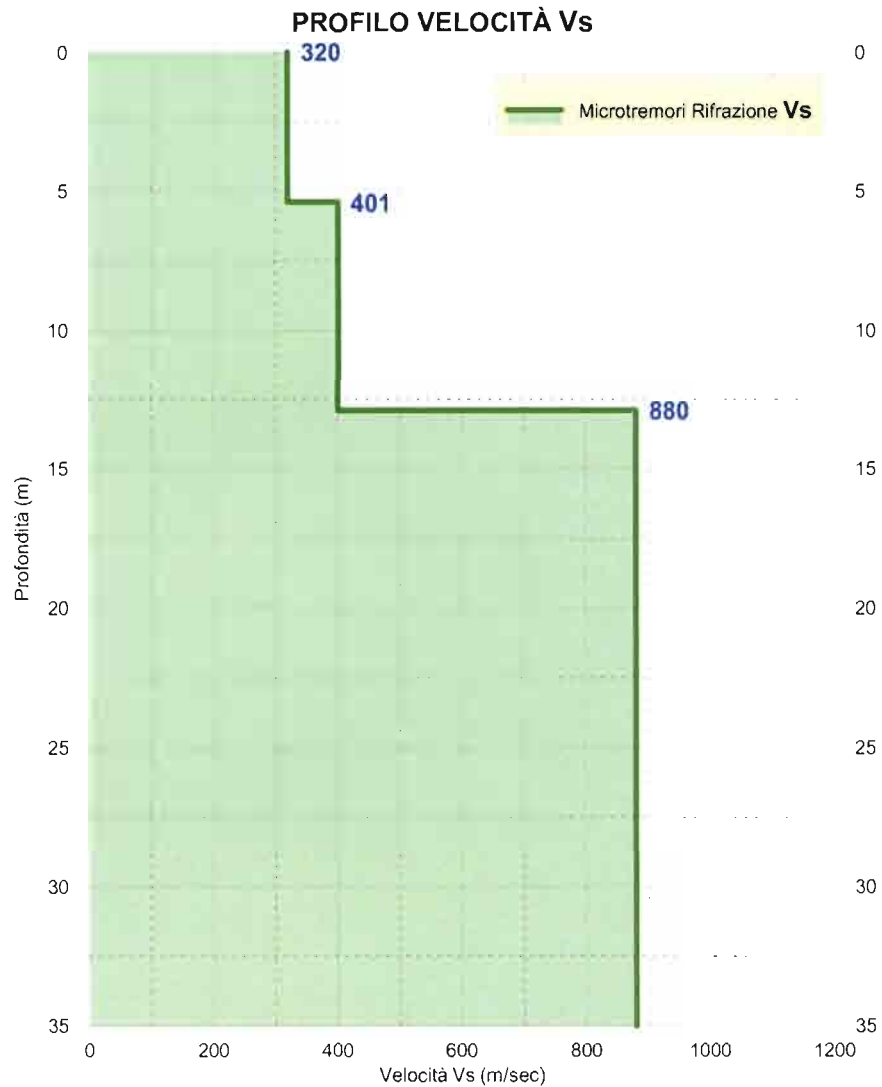
INDAGINI SISMICHE RE.MI., MASW E SISMICA A RIFRAZIONE IN CORRISPONDENZA DEGLI IMBOCCHI

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IBL1	10	D 69 IG	GE 00 05 026	A	24 di 48

Imbocco fin. Albes

Prova Microtremori Re.Mi.

R03

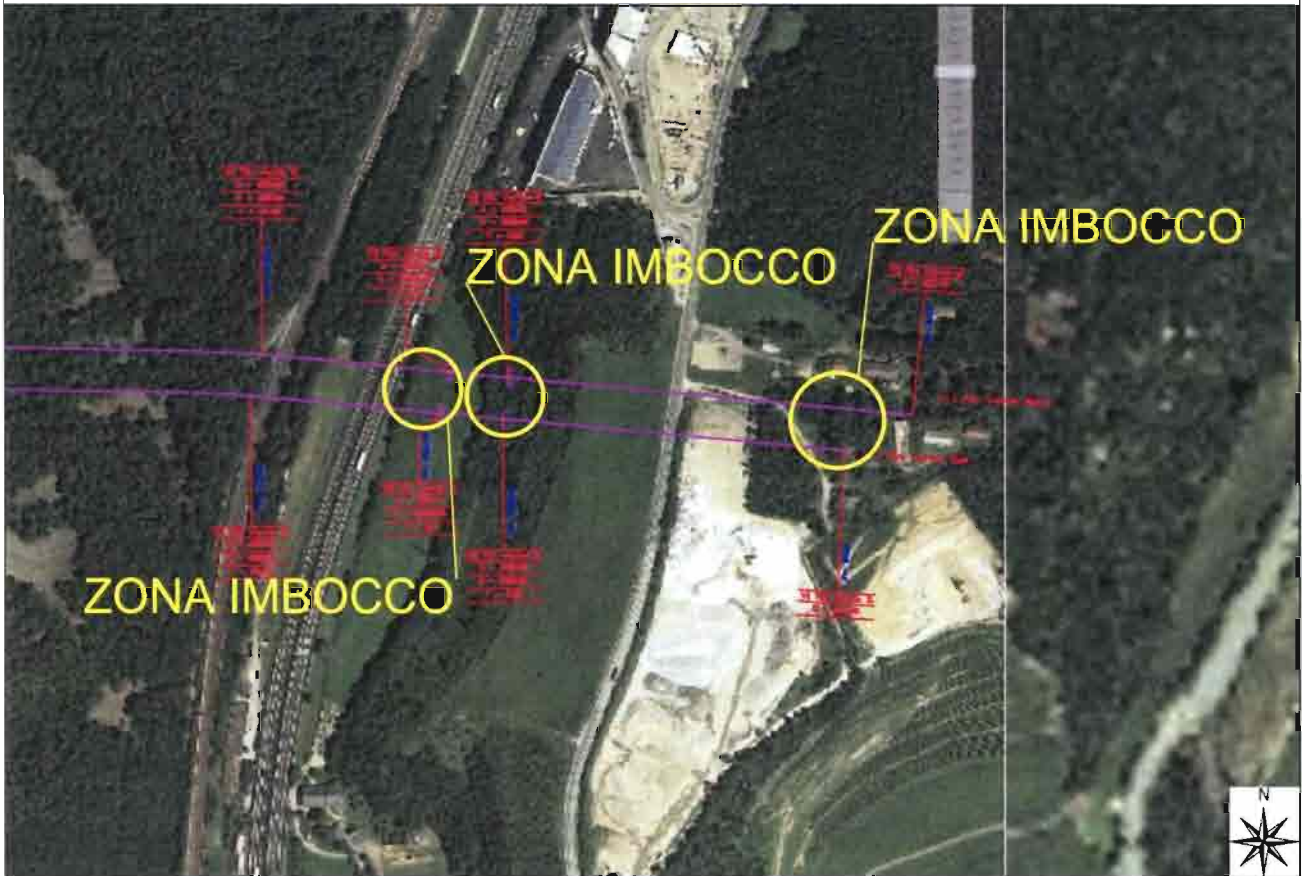


$V_{s30} = 540$ m/sec Categoria suolo: B

INDAGINI SISMICHE RE.MI., MASW E SISMICA A RIFRAZIONE IN CORRISPONDENZA DEGLI IMBOCCHI

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IBL1	10	D 69 IG	GE 00 05 026	A	25 di 48

Imbocco fin. Varna

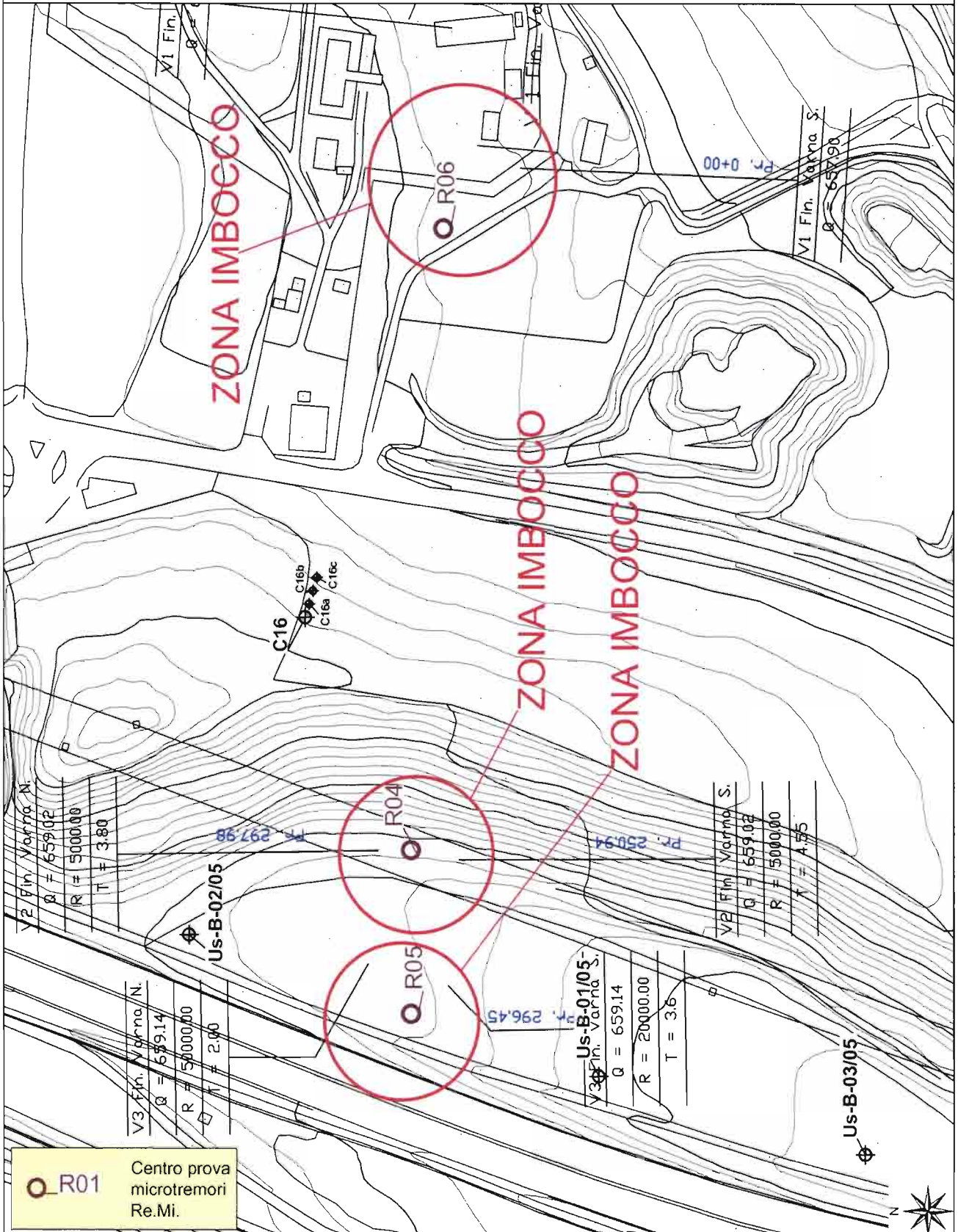


INDAGINI SISMICHE RE.MI., MASW E SISMICA A RIFRAZIONE IN CORRISPONDENZA DEGLI IMBOCCHI

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IBL1	10	D 69 IG	GE 00 05 026	A	26 di 48

Imbocco fin. Varna

Ubicazione indagini - scala 1:2.000

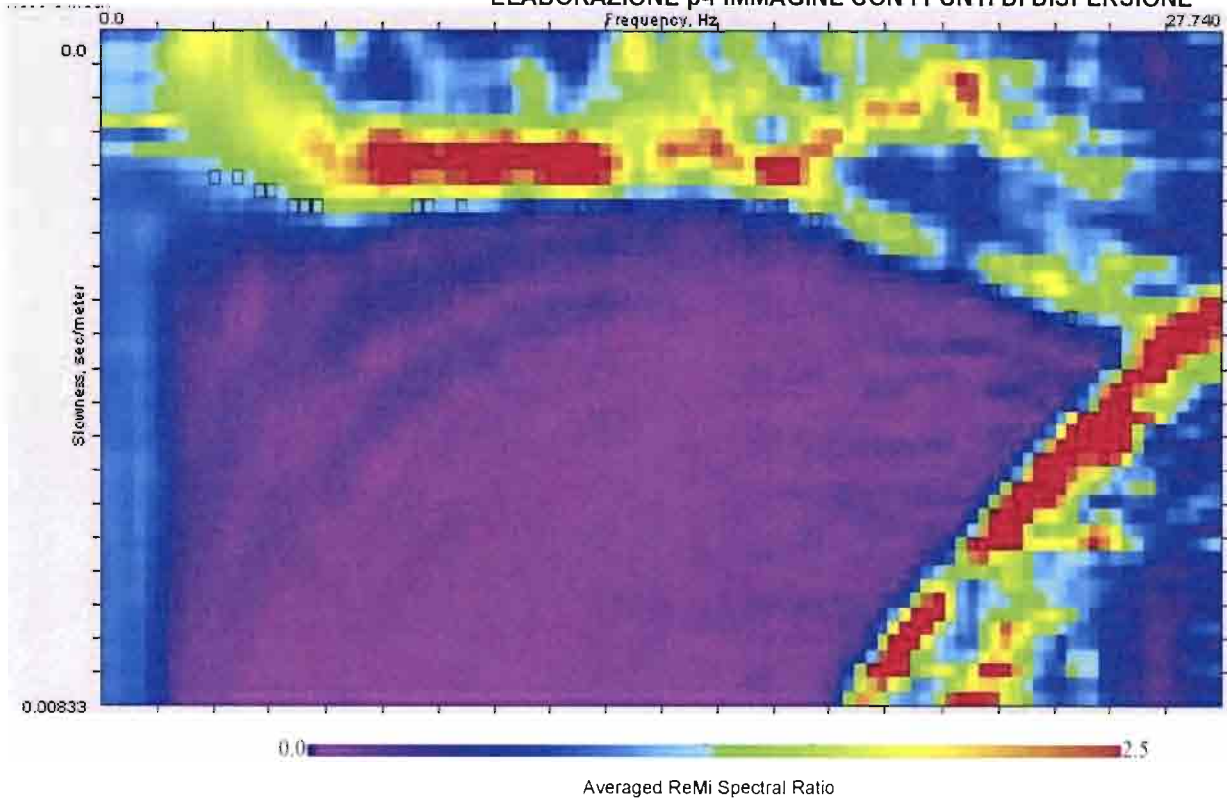


Imbocco fin. Varna

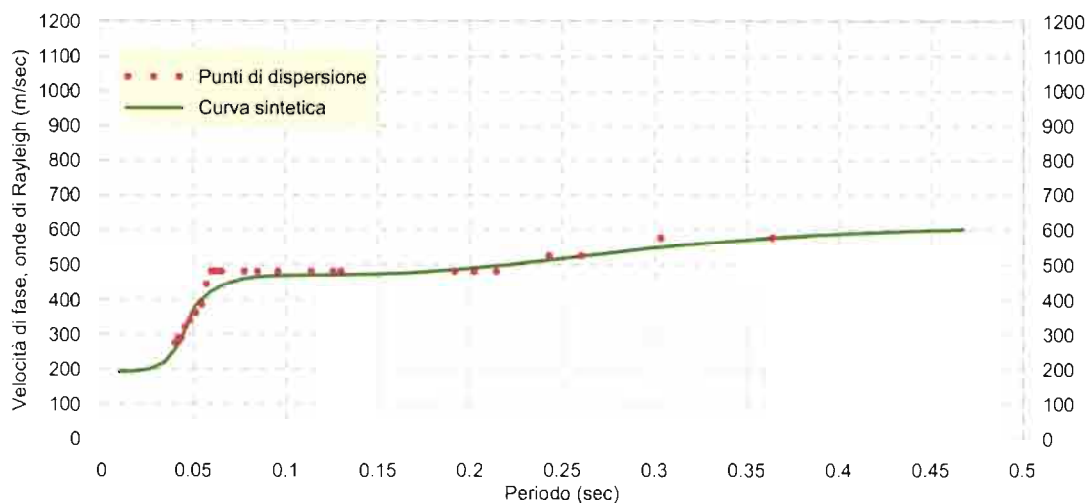
Prova Microtremori Re.Mi.

R04

ELABORAZIONE p-f IMMAGINE CON I PUNTI DI DISPERSIONE



CURVA DI DISPERSIONE



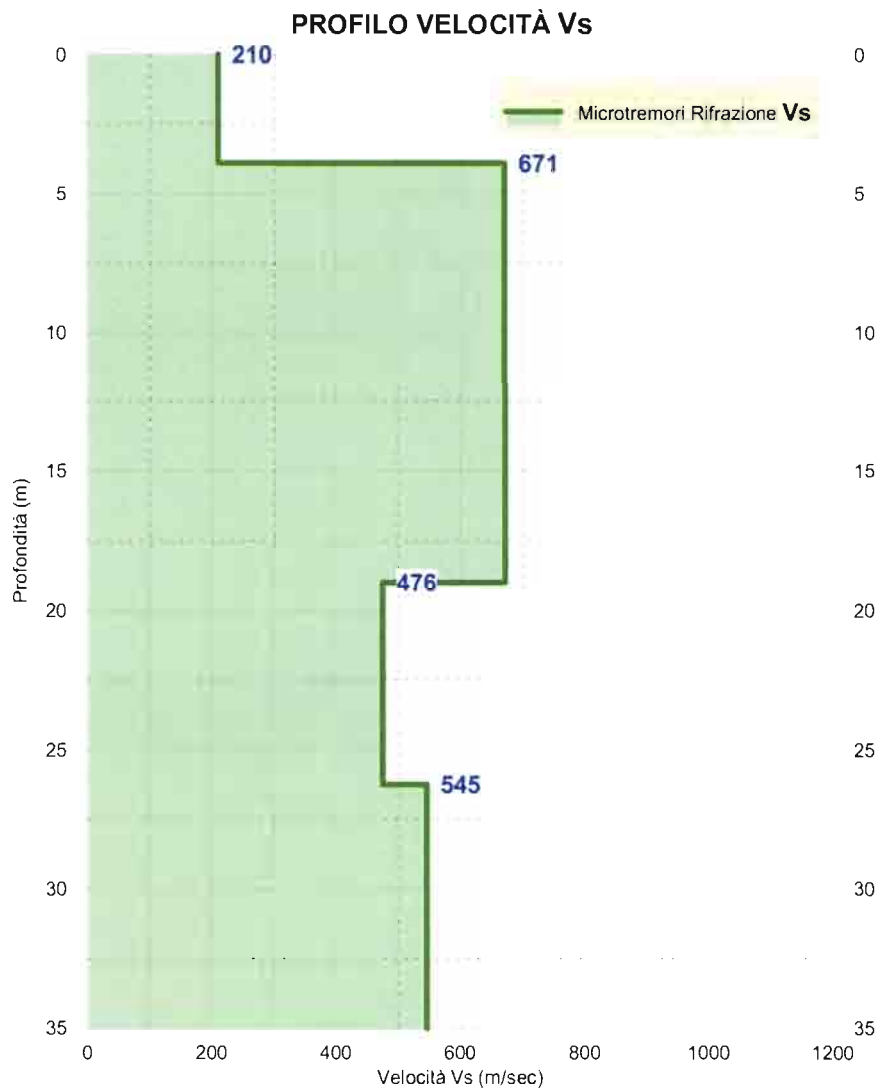
INDAGINI SISMICHE RE.MI., MASW E SISMICA A RIFRAZIONE IN CORRISPONDENZA DEGLI IMBOCCHI

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IBL1	10	D 69 IG	GE 00 05 026	A	28 di 48

Imbocco fin. Varna

Prova Microtremori Re.Mi.

R04



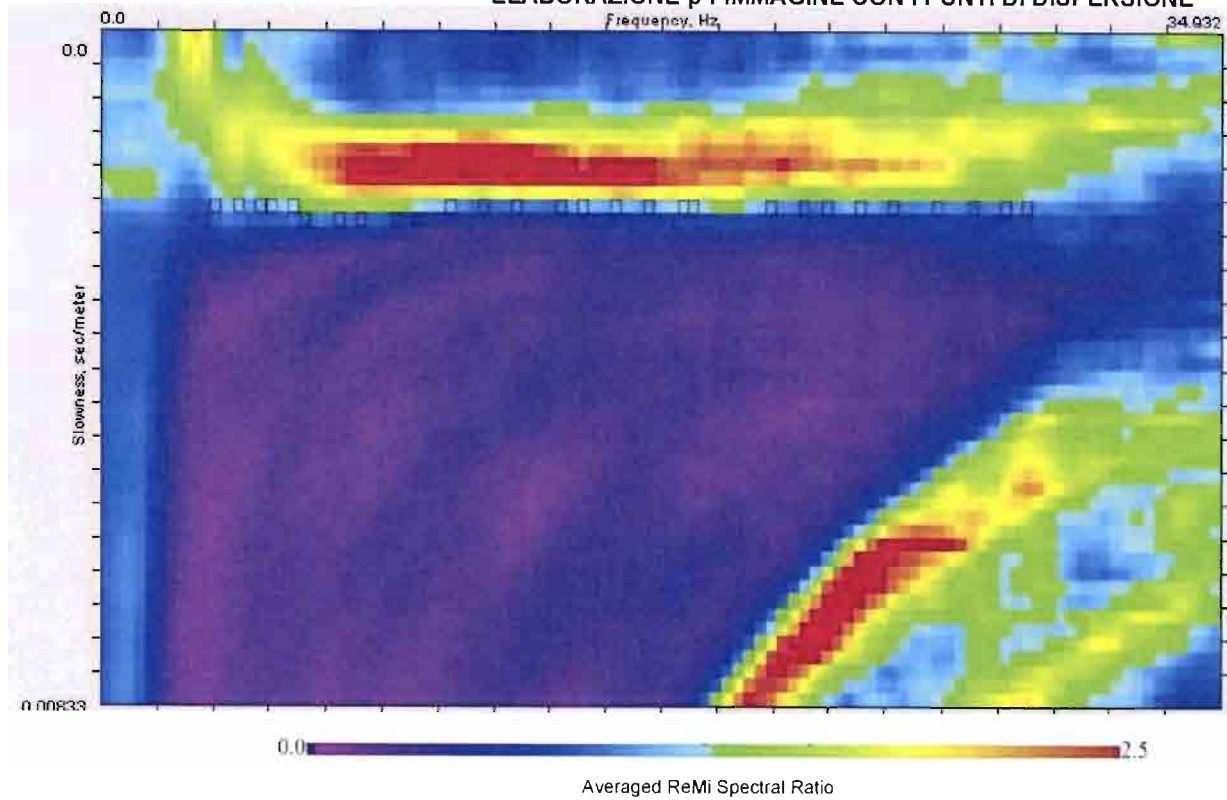
$V_{s30} = 475$ m/sec Categoria suolo: B

Imbocco fin. Varna

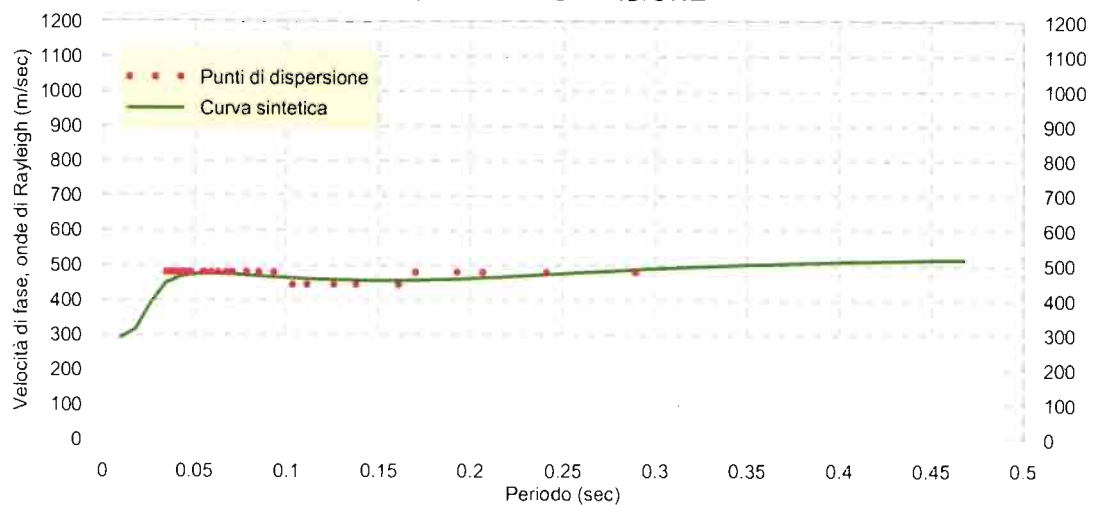
Prova Microtremori Re.Mi.

R05

ELABORAZIONE p-f IMMAGINE CON I PUNTI DI DISPERSIONE



CURVA DI DISPERSIONE



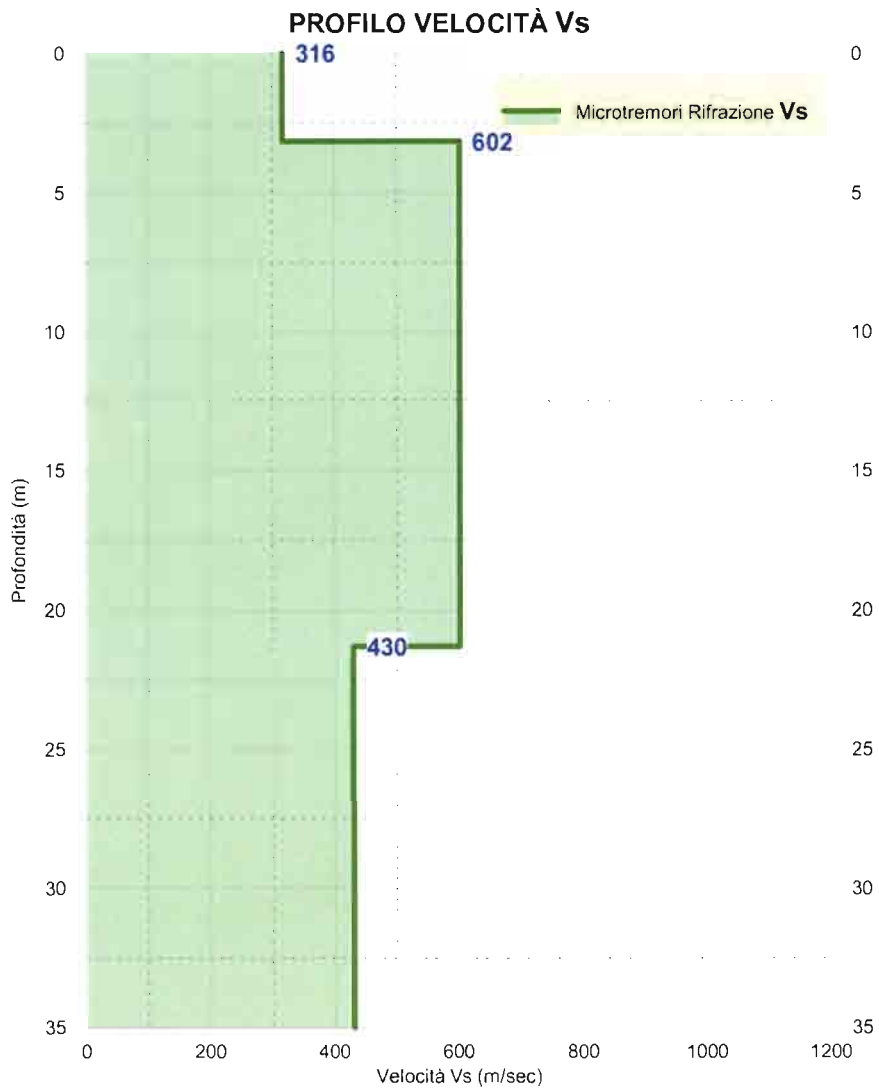
INDAGINI SISMICHE RE.MI., MASW E SISMICA A RIFRAZIONE IN CORRISPONDENZA DEGLI IMBOCCHI

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IBL1	10	D 69 IG	GE 00 05 026	A	30 di 48

Imbocco fin. Varna

Prova Microtremori Re.Mi.

R05



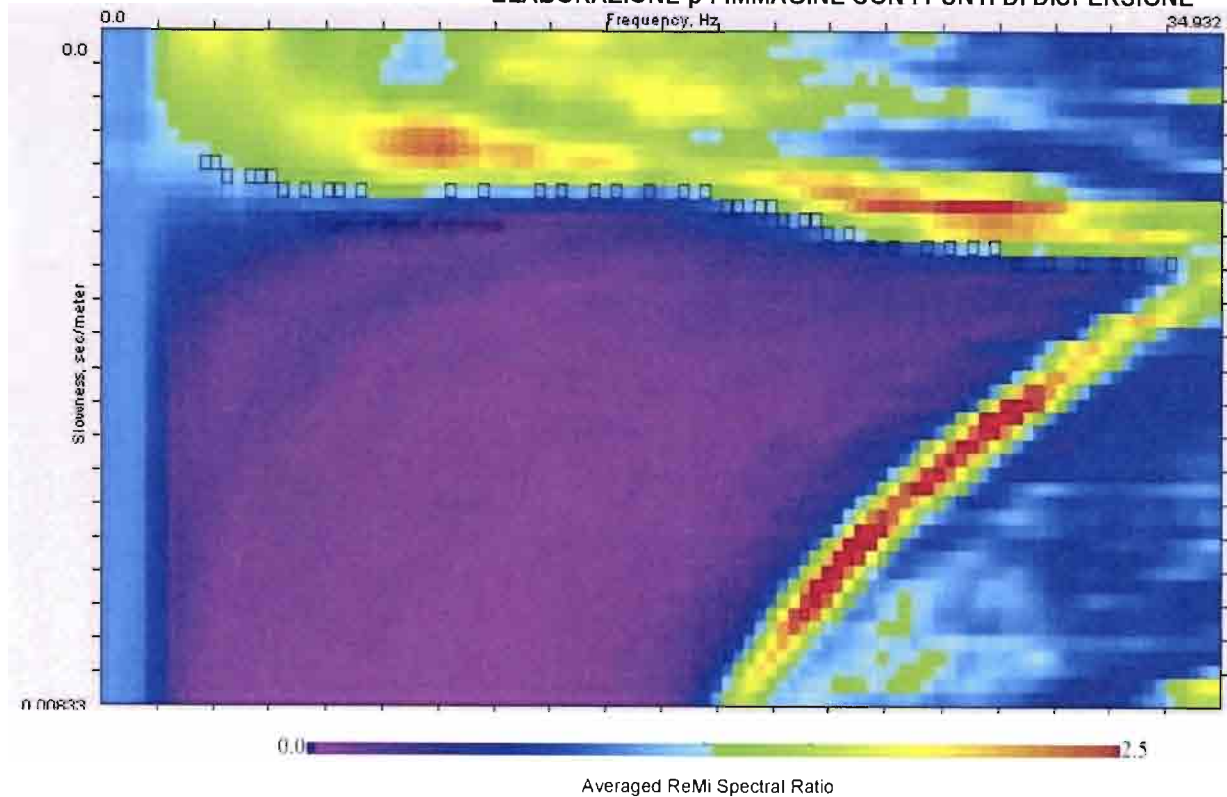
$V_{s_{30}}=495$ m/sec Categoria suolo: B

Imbocco fin. Varna

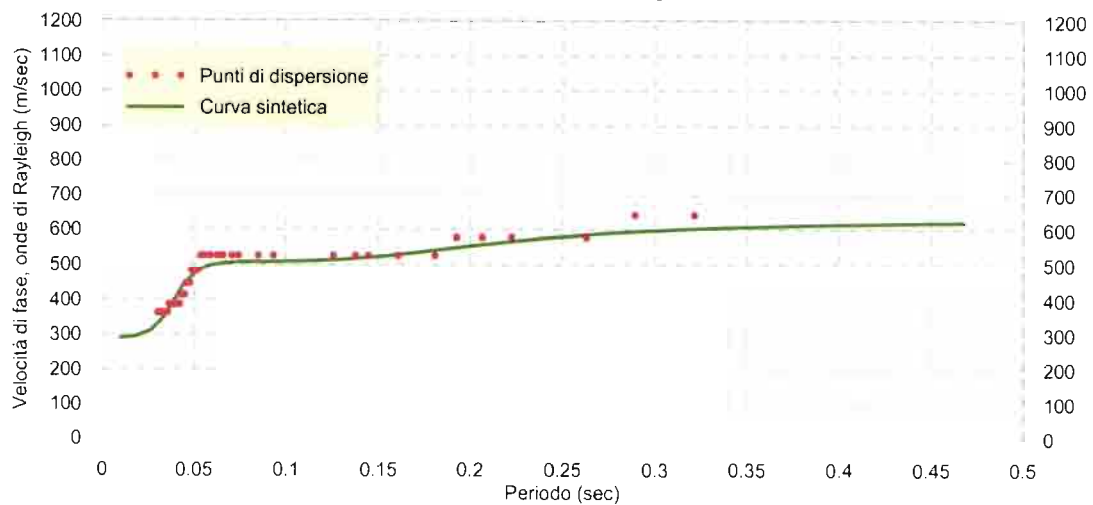
Prova Microtremori Re.Mi.

R06

ELABORAZIONE p-f IMMAGINE CON I PUNTI DI DISPERSIONE



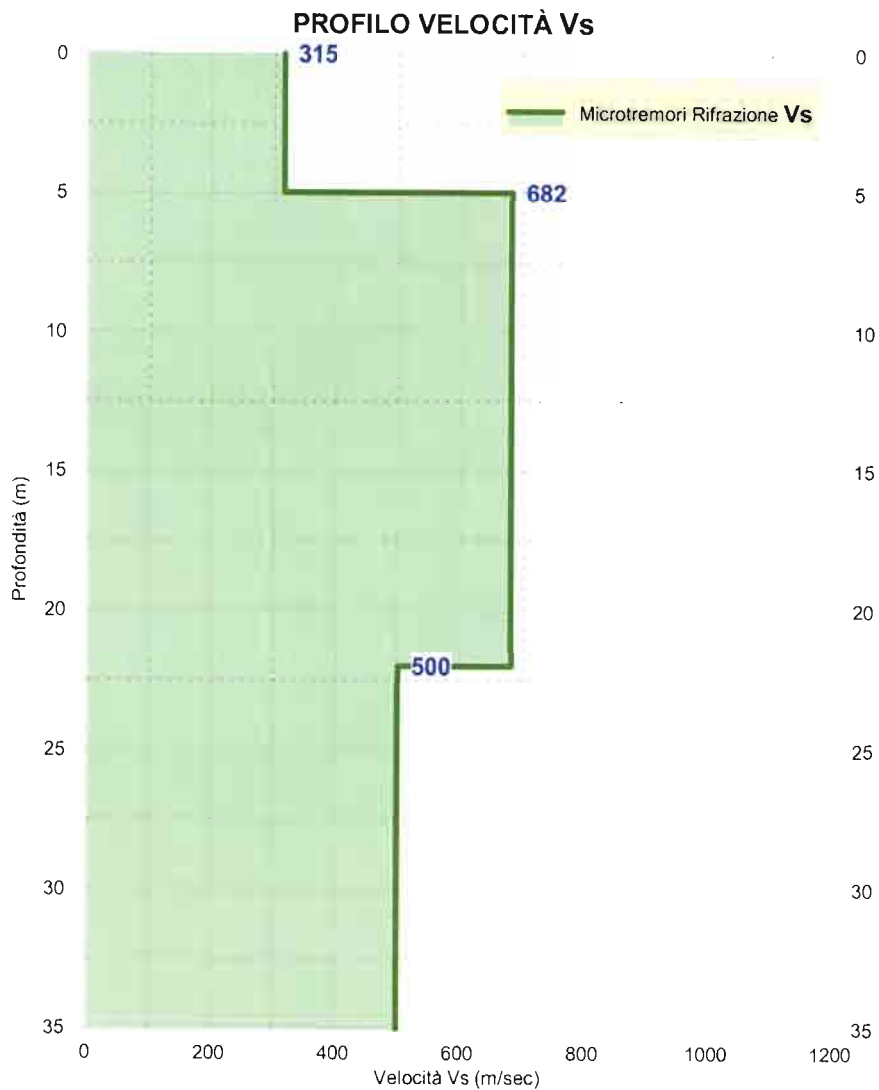
CURVA DI DISPERSIONE



Imbocco fin. Varna

Prova Microtremori Re.Mi.

R06

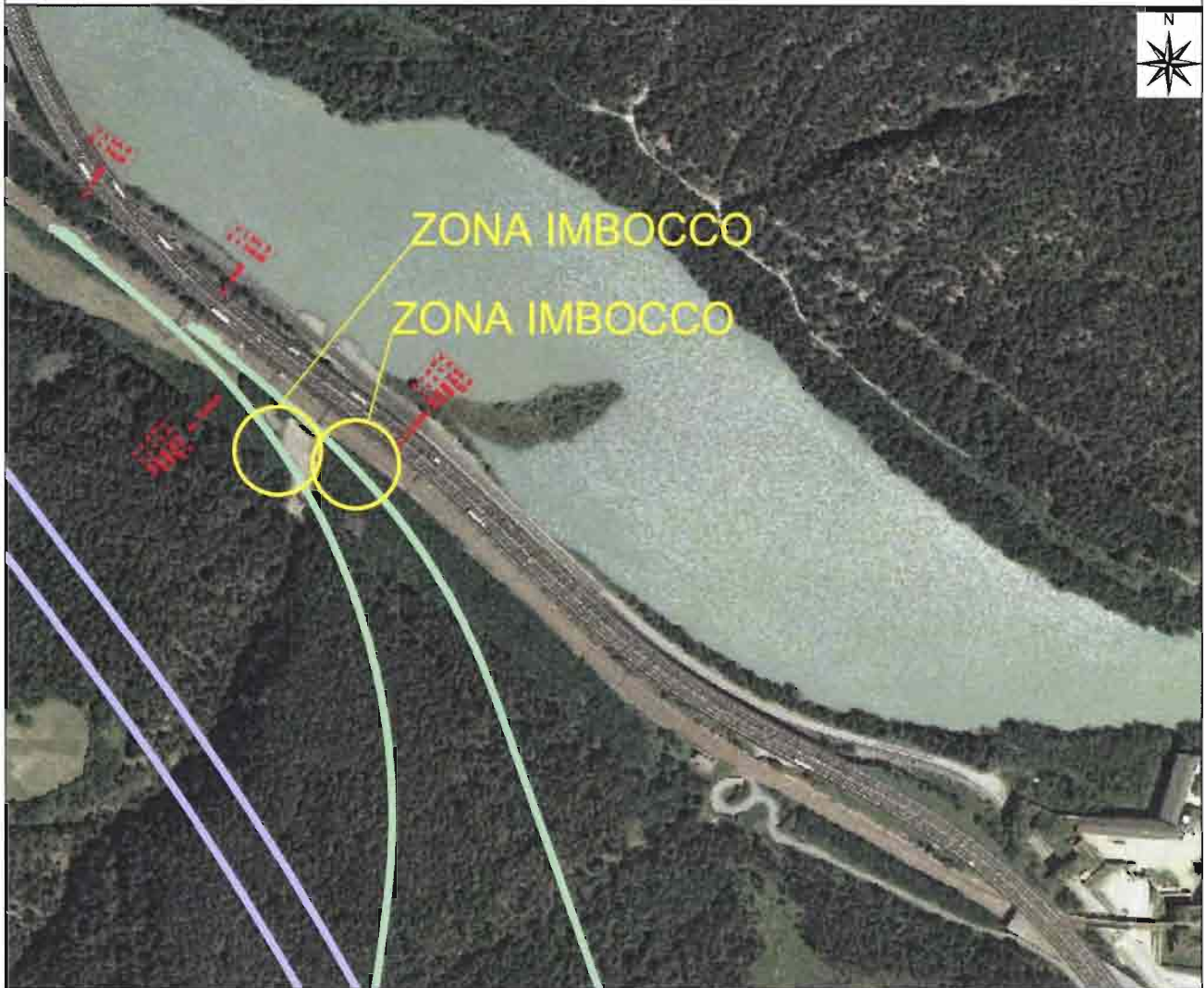


$V_{s30} = 530$ m/sec Categoria suolo: B

INDAGINI SISMICHE RE.MI., MASW E SISMICA A RIFRAZIONE IN CORRISPONDENZA DEGLI IMBOCCHI

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IBL1	10	D 69 IG	GE 00 05 026	A	33 di 48

Imbocco intercon. Fortezza

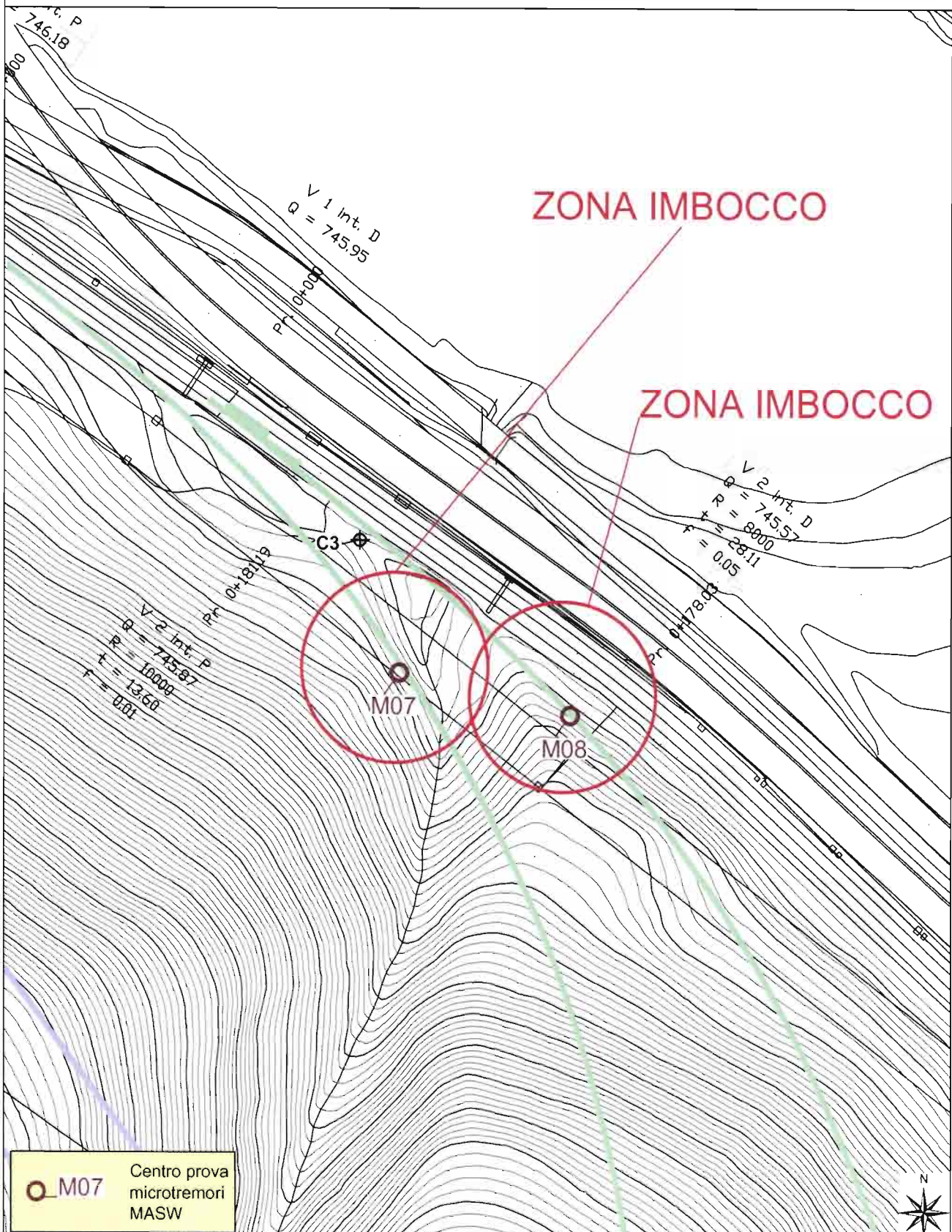


INDAGINI SISMICHE RE.MI., MASW E SISMICA A RIFRAZIONE IN CORRISPONDENZA DEGLI IMBOCCHI

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IBL1	10	D 69 IG	GE 00 05 026	A	34 di 48

Imbocco intercon. Fortezza

Ubicazione indagini - scala 1:2.000



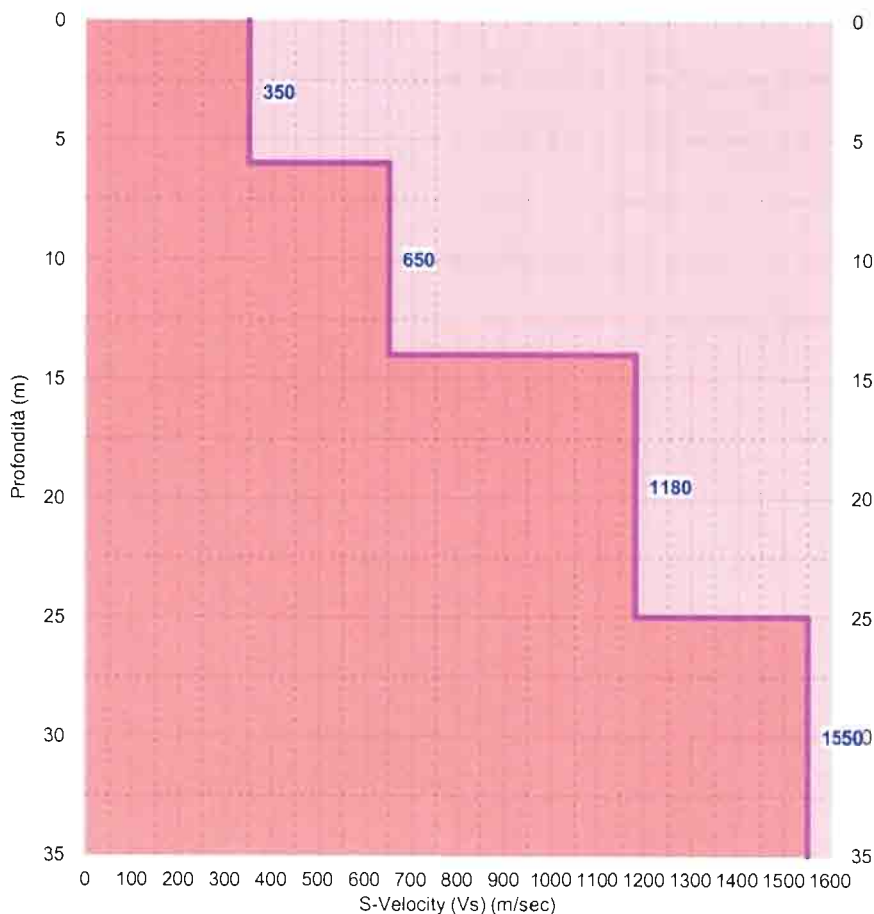
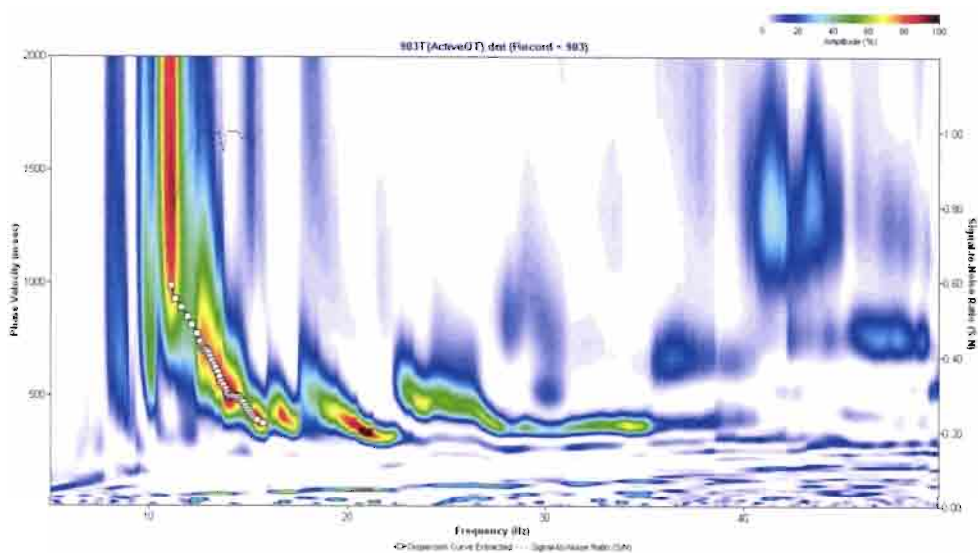
INDAGINI SISMICHE RE.MI., MASW E SISMICA A RIFRAZIONE IN CORRISPONDENZA DEGLI IMBOCCHI

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IBL1	10	D 69 IG	GE 00 05 026	A	35 di 48

Imbocco intercon. Fortezza

Prova Microtremori MASW

M07

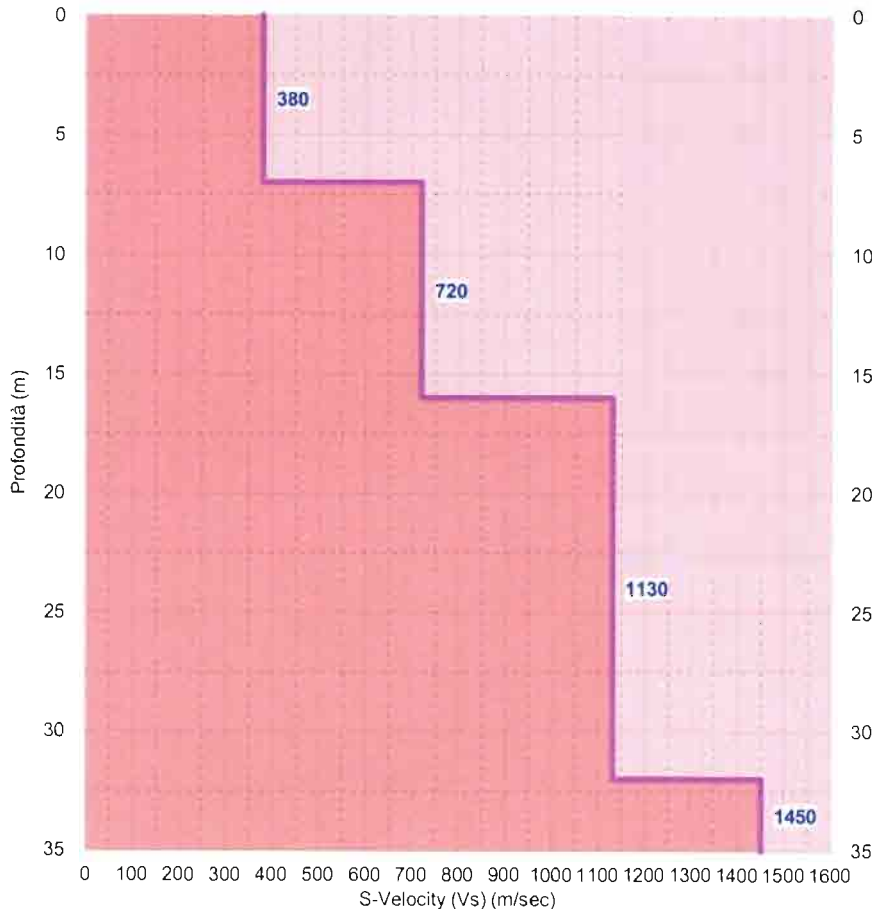
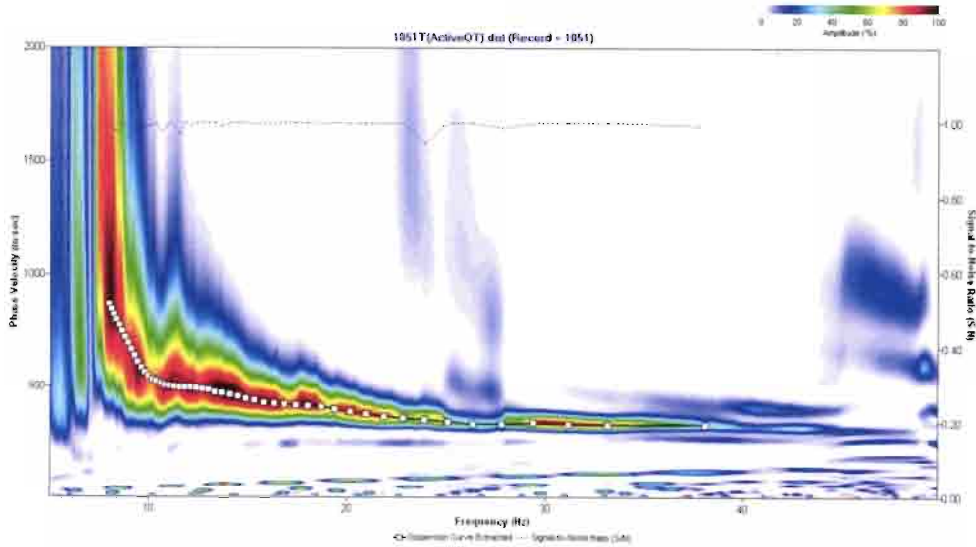


V_{s30} = 710 m/sec Categoria suolo: B

Imbocco intercon. Fortezza

Prova Microtremori MASW

M08



$V_{s30} = 690$ m/sec Categoria suolo: B

INDAGINI SISMICHE RE.MI., MASW E SISMICA A RIFRAZIONE IN CORRISPONDENZA DEGLI IMBOCCHI

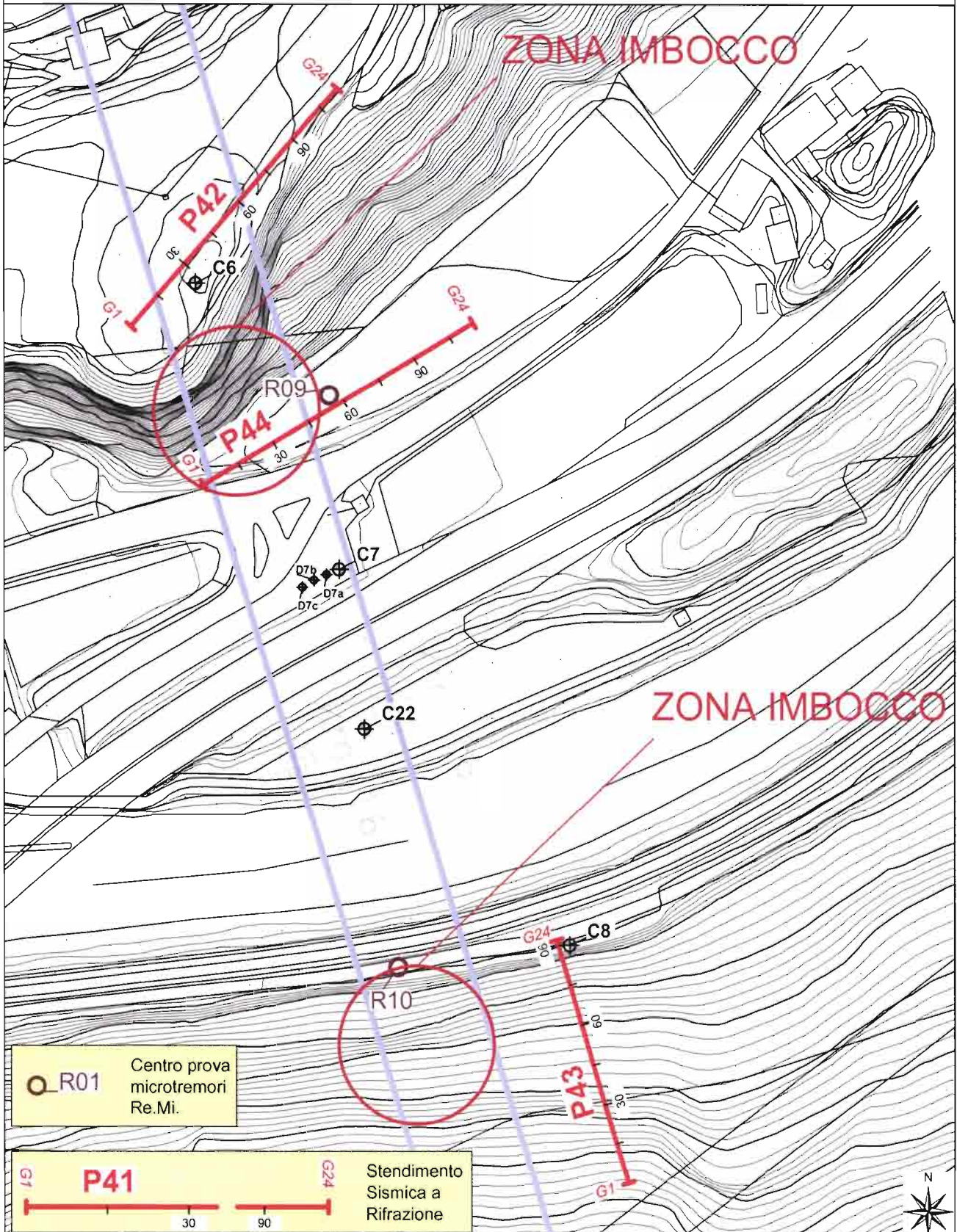
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IBL1	10	D 69 IG	GE 00 05 026	A	37 di 48

**Imbocco gall. Scaleres (sud)
e gall. Gardena (nord)**



Imbocco gall. Scaleres (sud)
e gall. Gardena (nord)

Ubicazione indagini - scala 1:2.000

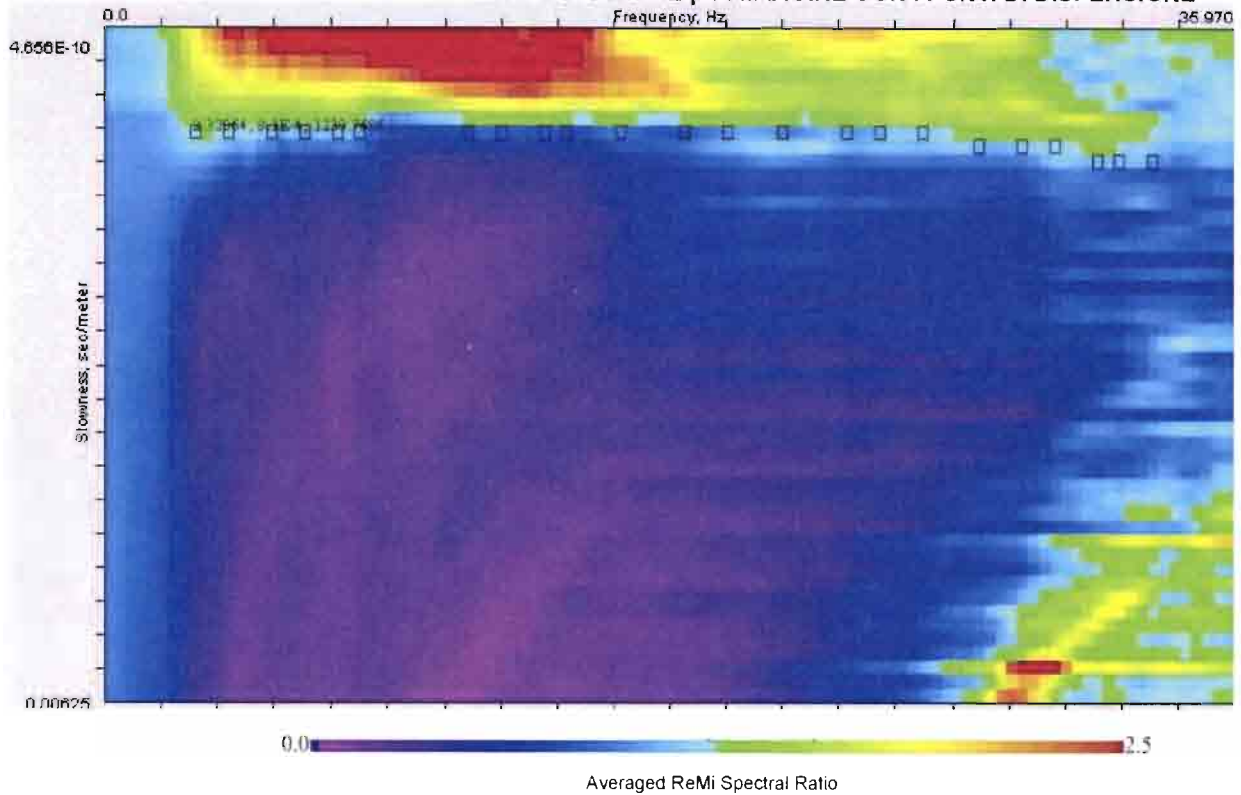


Imbocco gall. Scaleres (sud)
e gall. Gardena (nord)

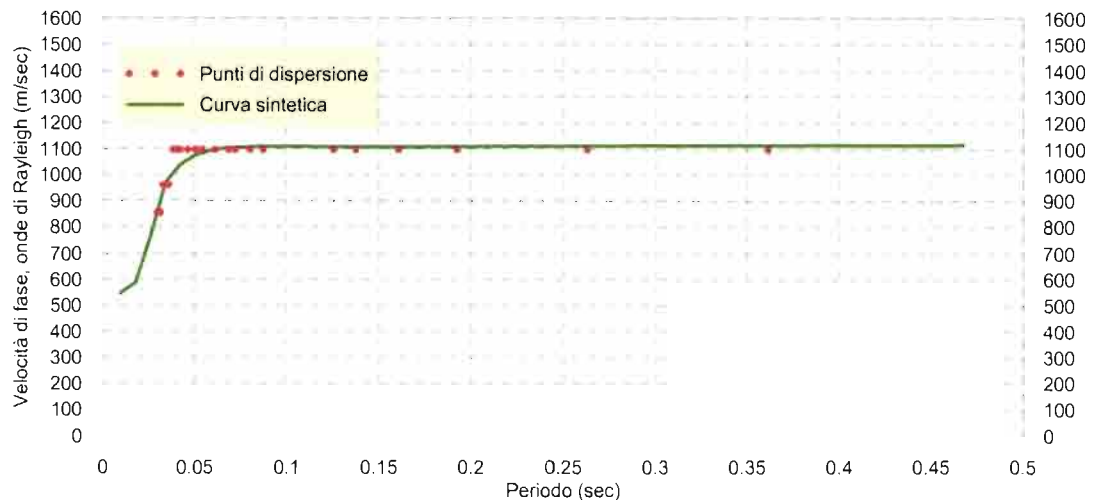
Prova Microtremori Re.Mi.

R09

ELABORAZIONE p-f IMMAGINE CON I PUNTI DI DISPERSIONE



CURVA DI DISPERSIONE



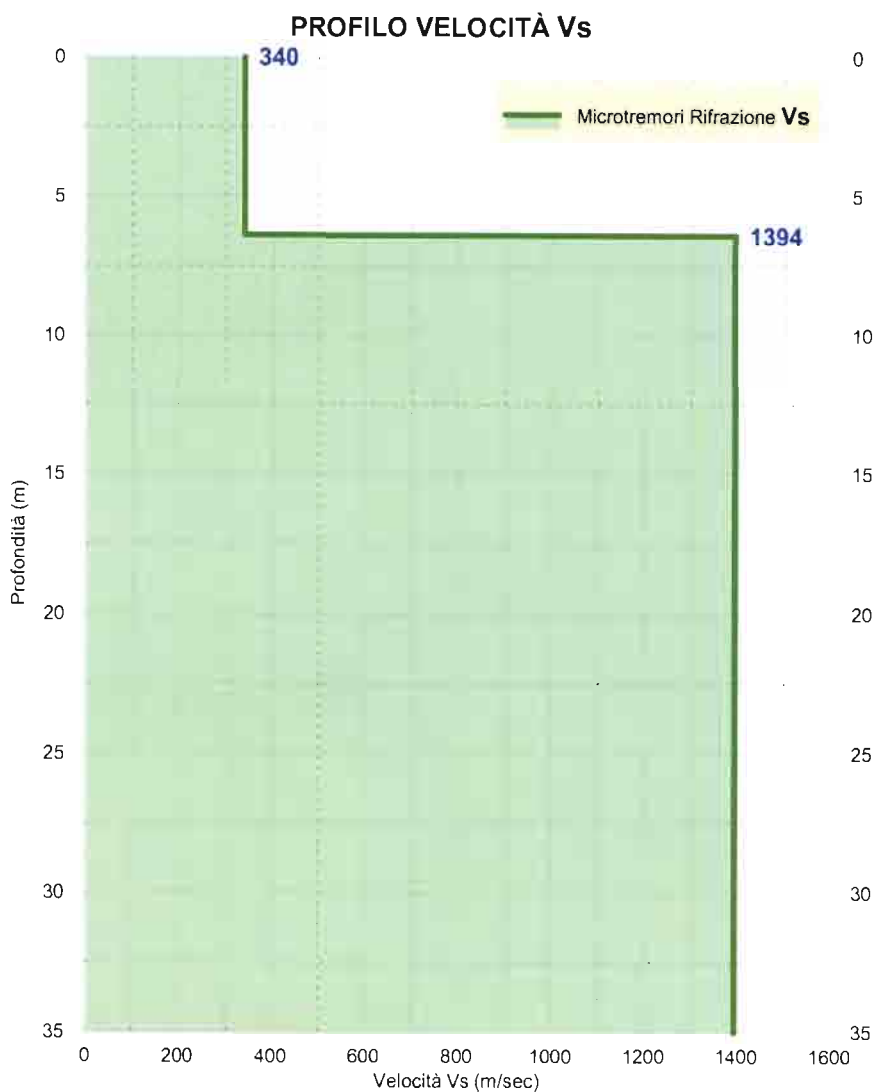
INDAGINI SISMICHE RE.MI., MASW E SISMICA A RIFRAZIONE IN CORRISPONDENZA DEGLI IMBOCCHI

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IBL1	10	D 69 IG	GE 00 05 026	A	40 di 48

Imbocco gall. Scaleres (sud)
e gall. Gardena (nord)

Prova Microtremori Re.Mi.

R09



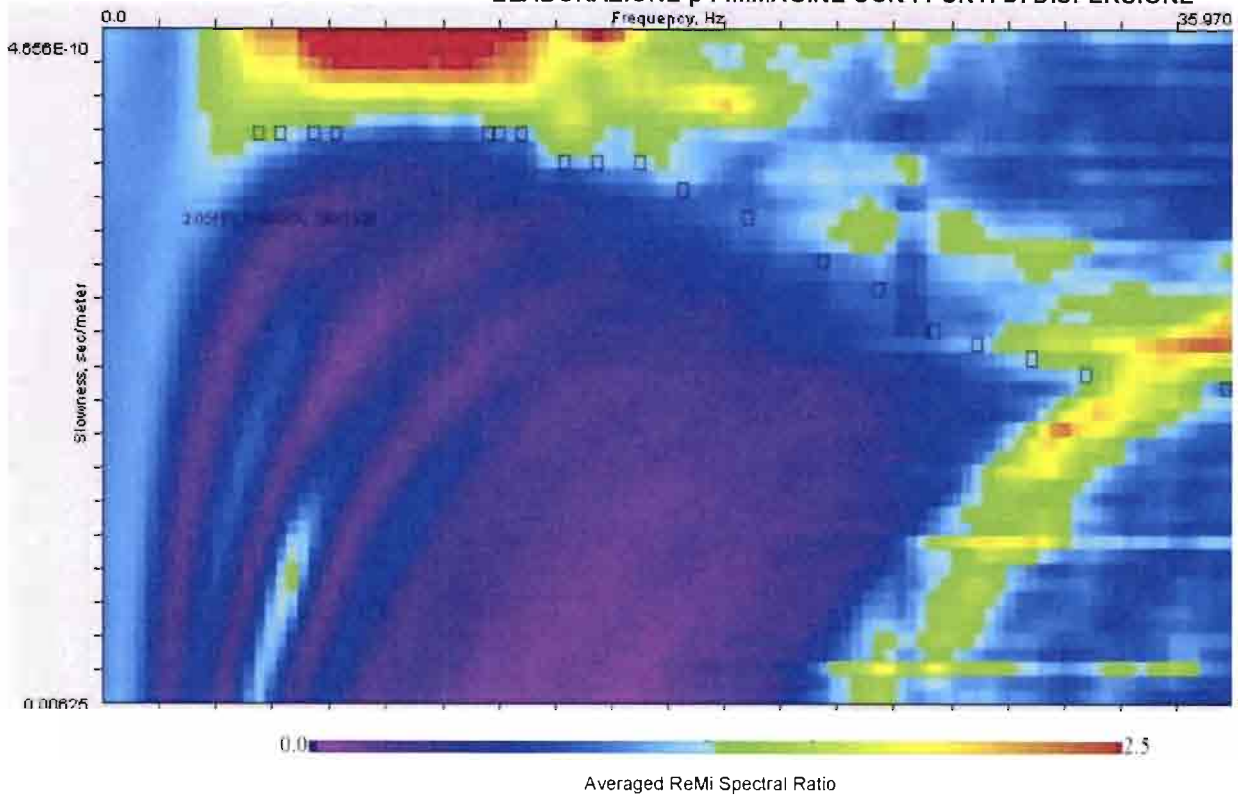
$V_{s30} = 845$ m/sec Categoria suolo: E

Imbocco gall. Scaleres (sud)
e gall. Gardena (nord)

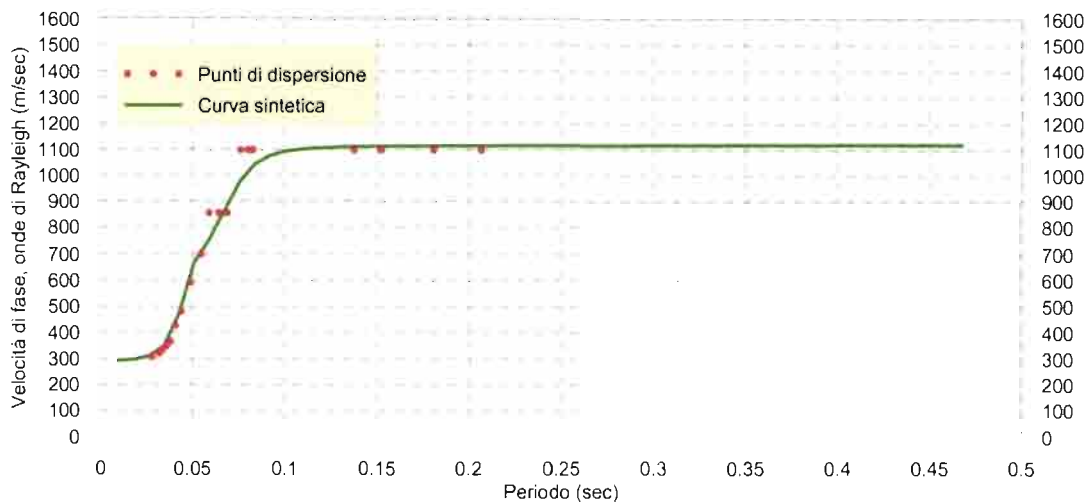
Prova Microtremori Re.Mi.

R10

ELABORAZIONE p-f IMMAGINE CON I PUNTI DI DISPERSIONE



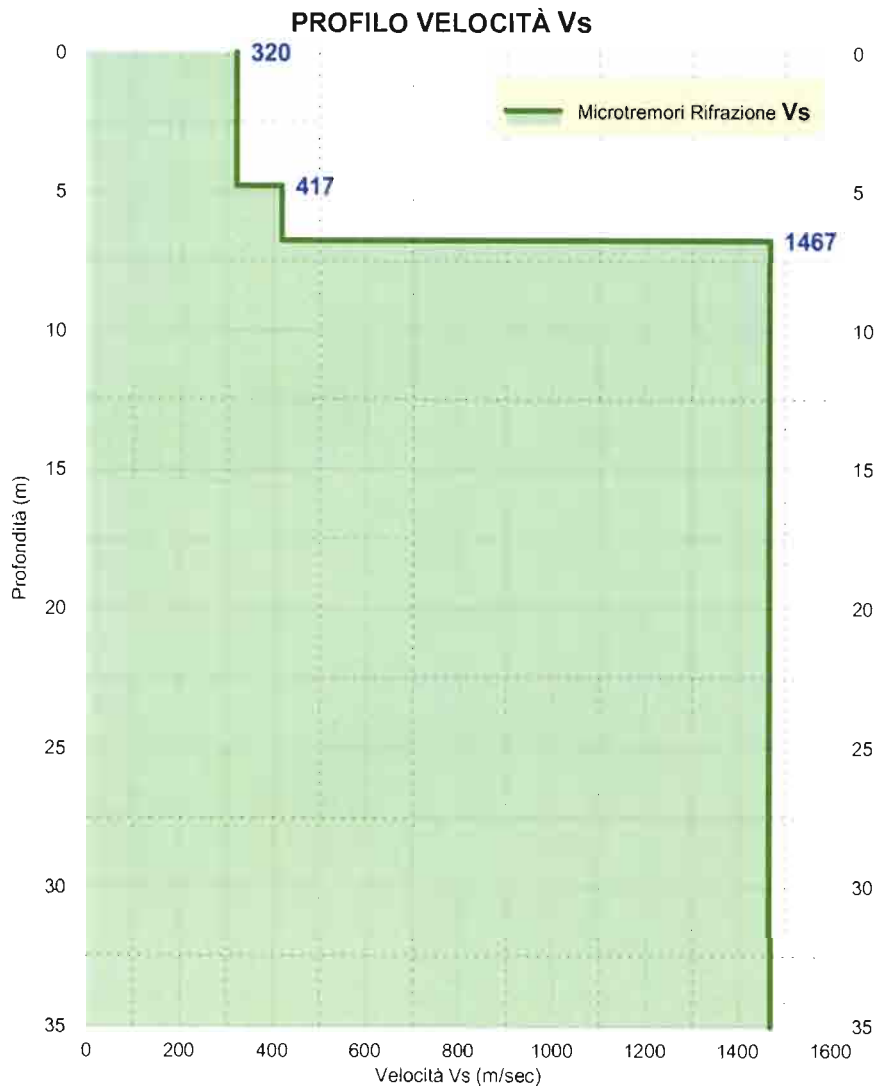
CURVA DI DISPERSIONE



Imbocco gall. Scaleres (sud)
e gall. Gardena (nord)

Prova Microtremori Re.Mi.

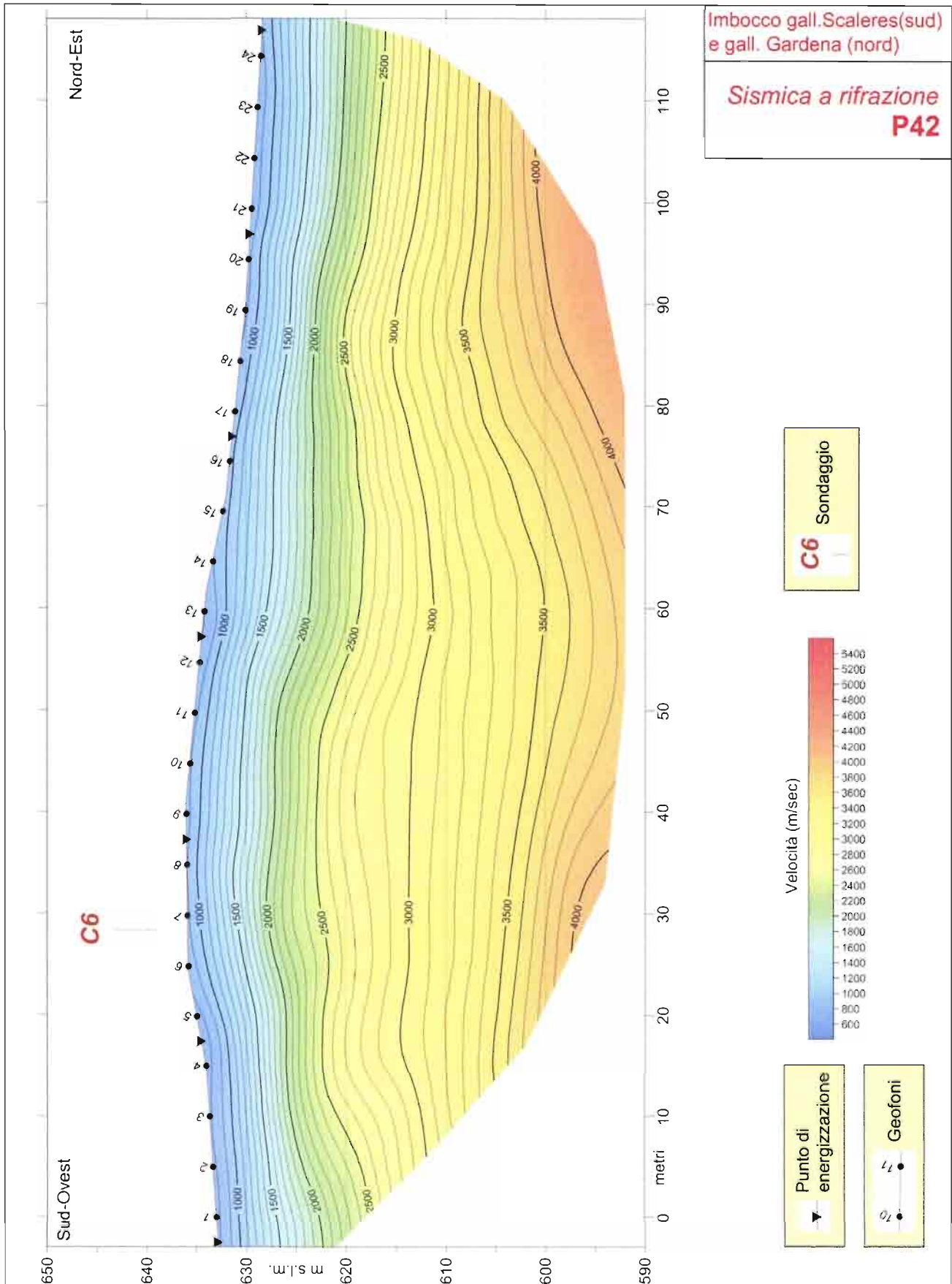
R10



$V_{s30} = 850$ m/sec Categoria suolo: E

INDAGINI SISMICHE RE.MI., MASW E SISMICA A RIFRAZIONE IN CORRISPONDENZA DEGLI IMBOCCHI

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IBL1	10	D 69 IG	GE 00 05 026	A	43 di 48

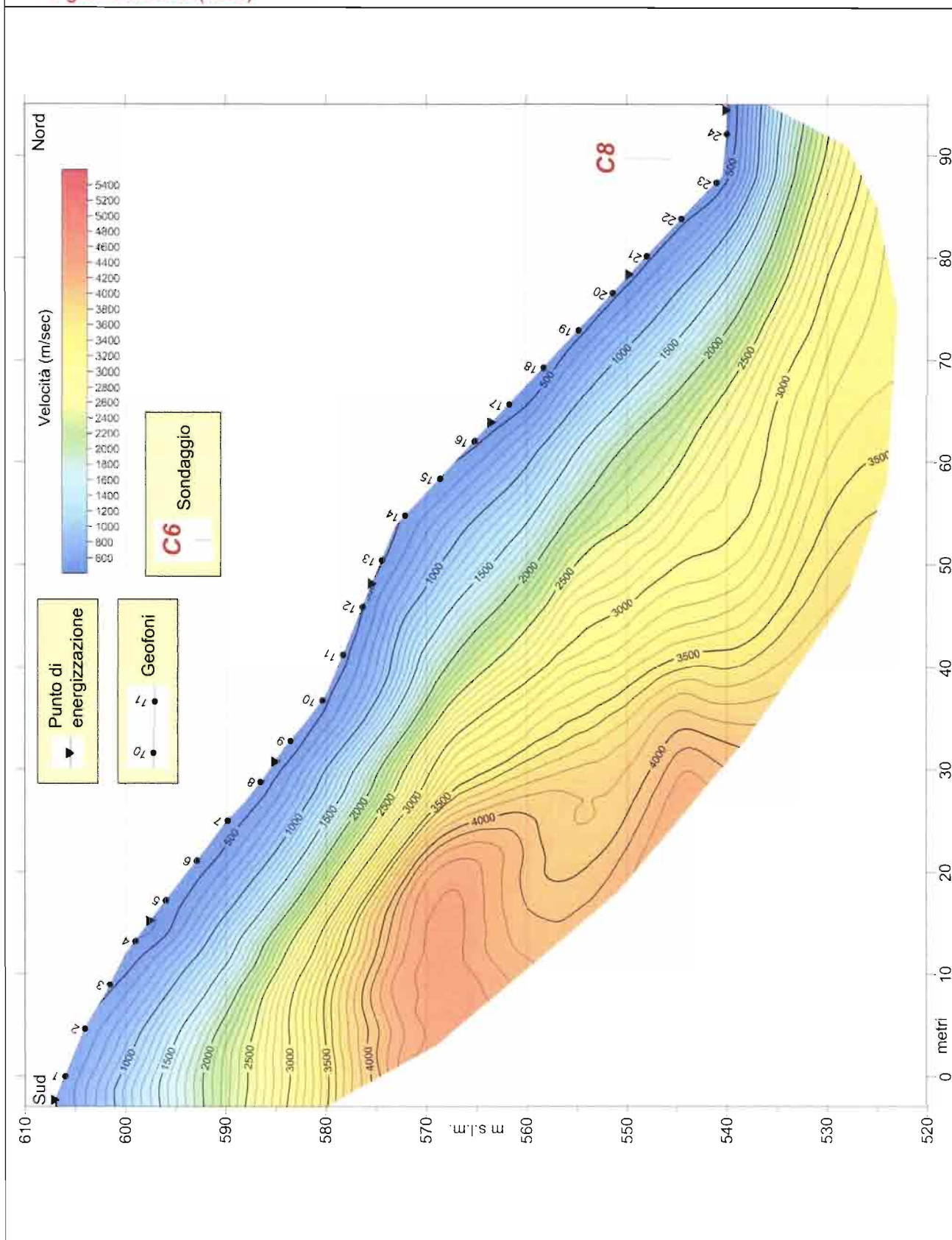


INDAGINI SISMICHE RE.MI., MASW E SISMICA A RIFRAZIONE IN CORRISPONDENZA DEGLI IMBOCCHI

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IBL1	10	D 69 IG	GE 00 05 026	A	44 di 48

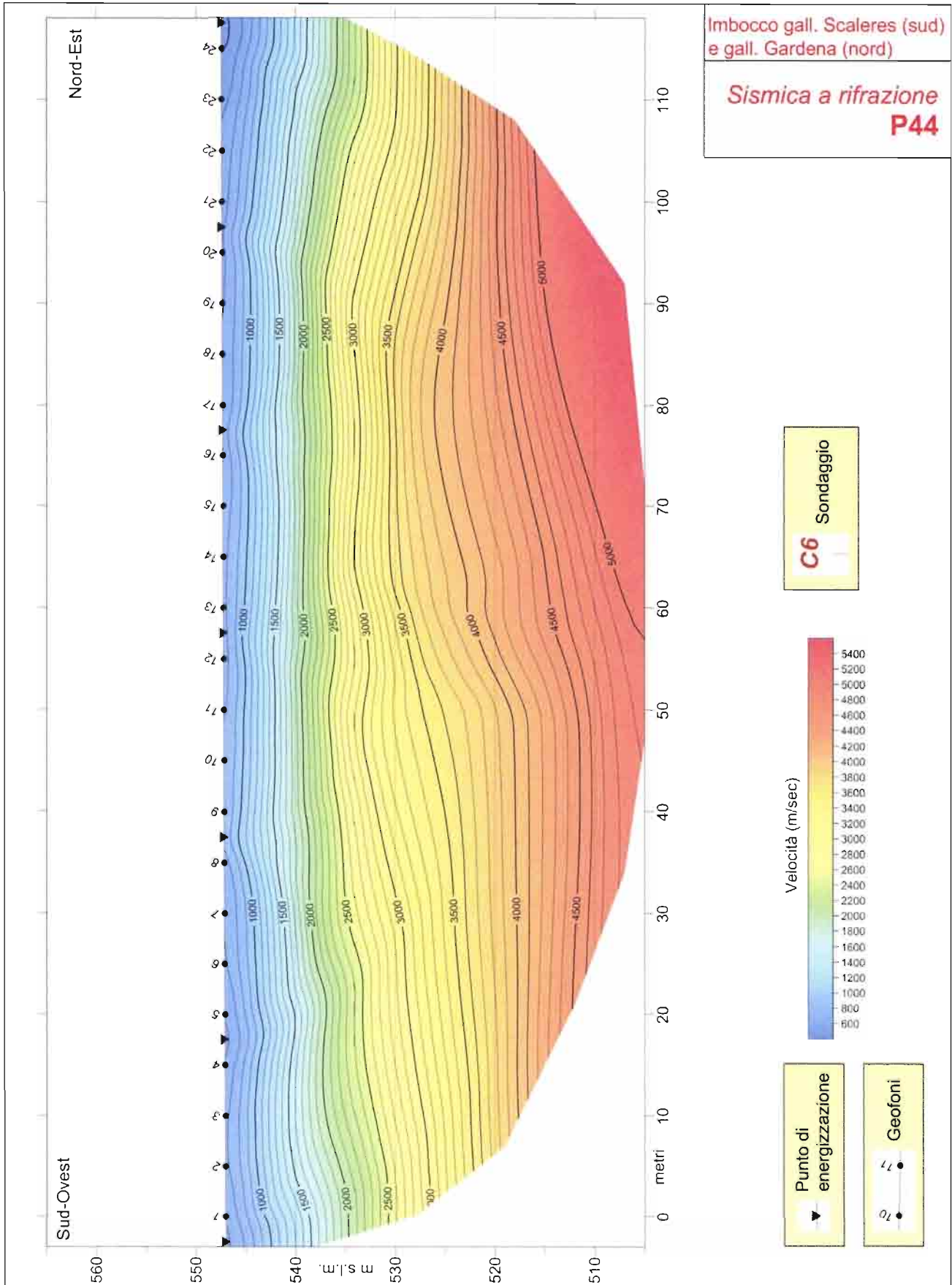
Imbocco gall. Scaleres (sud)
e gall. Gardena (nord)

Sismica a rifrazione P43



INDAGINI SISMICHE RE.MI., MASW E SISMICA A RIFRAZIONE IN CORRISPONDENZA DEGLI IMBOCCHI

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IBL1	10	D 69 IG	GE 00 05 026	A	45 di 48



INDAGINI SISMICHE RE.MI., MASW E SISMICA A RIFRAZIONE IN CORRISPONDENZA DEGLI IMBOCCHI

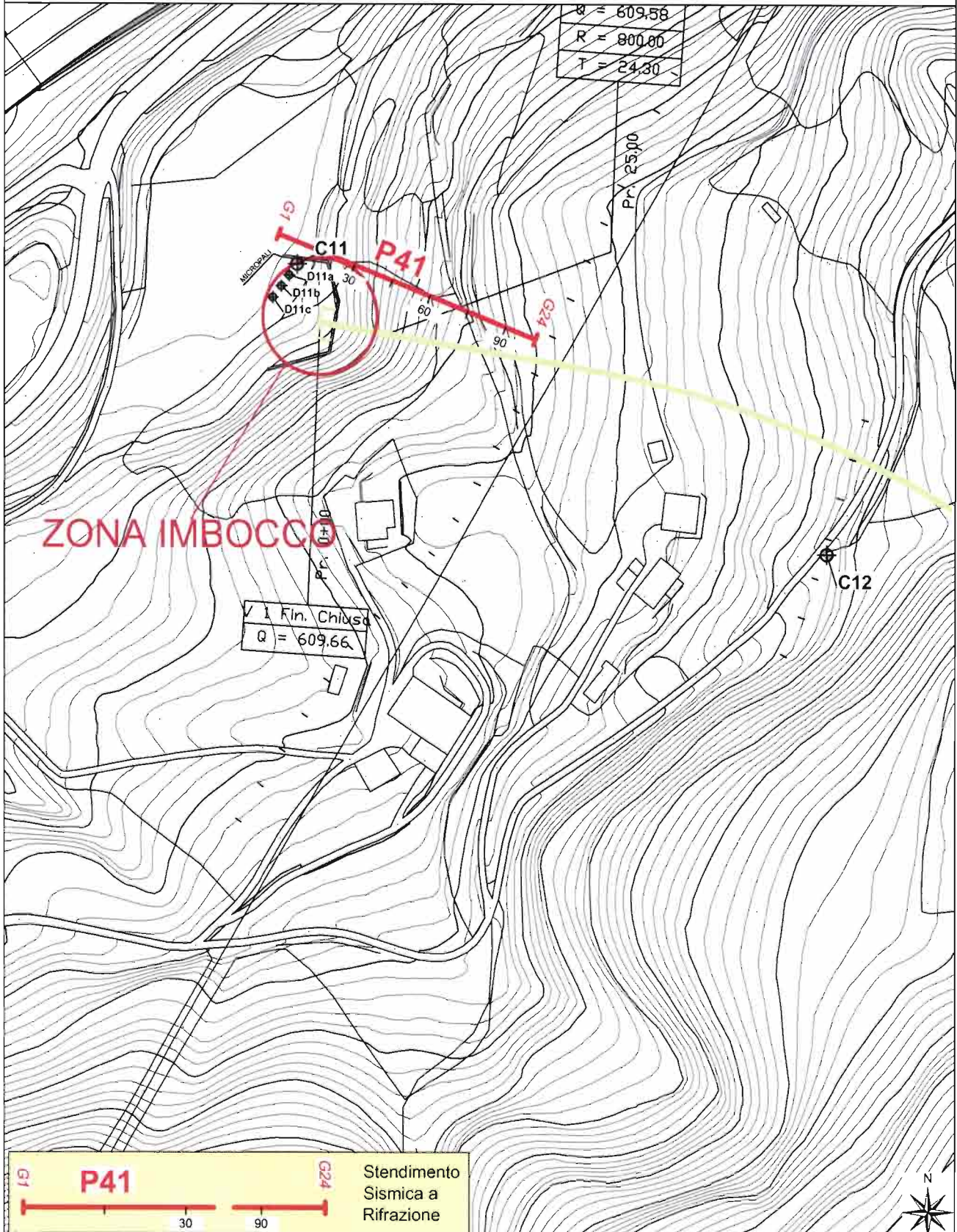
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IBL1	10	D 69 IG	GE 00 05 026	A	46 di 48

Imbocco fin. Chiusa



Imbocco fin. Chiusa

Ubicazione indagini - scala 1:2.000



Imbocco fin. Chiusa

Sismica a rifrazione P41

