

COMMITTENTE:



DIREZIONE INVESTIMENTI
DIREZIONE PROGRAMMI INVESTIMENTI
DIRETTRICE SUD – PROGETTO ADRIATICA

DIREZIONE LAVORI:



APPALTATORE:



PROGETTAZIONE:

MANDATARIA

MANDANTI



PROGETTO ESECUTIVO

LINEA PESCARA - BARI
RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI - LESINA
LOTTO 1- RADDOPPIO RIPALTA – LESINA

RAPPORTO TECNICO INDAGINI PREGRESSE

L'Appaltatore	COMPAT S.c.a.r.l. Il Direttore Tecnico	I progettisti (il Direttore della progettazione)
data	firmat. Gianguido Babini)	data
		firma PROFESSIONALE

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA / DISCIPLINA	PROGR	REV	SCALA
L I 0 7	0 0	V	Z Z	I G	G E 0 0 0 5	0 0 1	A	---

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato/Data
A	PRIMA EMISSIONE	D. FABBRICATORE	Ottobre 2021	C. LEONETTI	Ottobre 2021	G. CERCHIARO	Ottobre 2021	DI GIROLAMO n. Elab.



LINEA PESCARA - BARI

RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-
LESINA: Lotto 1: Ripalta - Lesina

PROSPEZIONI GEOFISICHE

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
LI00	01	D 69 IG GE0005 001	A	2 DI 66

INDICE

1	PREMESSA	3
1.1	ESEMPI DELLE ATTIVITÀ SVOLTE.....	4
2	PROSPEZIONI ELETTROMAGNETICHE	6
2.1	PROSPEZIONI ELETTROMAGNETICHE	7
2.1.1	<i>Principio di funzionamento del sistema</i>	7
2.2.1	<i>Onda trasmessa ed onda ricevuta</i>	8
2.2.2	<i>Acquisizione dati</i>	8
3	PROVA MASW / RE.MI. – RIFERIMENTO NORMATIVO (<i>NTC2008 DEL 14/01/2008</i>).....	25
4	STENDIMENTI SISMICI CON METODO “MASW” E “RE.MI.” CENNI METODOLOGICI.....	25
4.1	MODALITÀ ESECUTIVE DELLA PROVA “MASW” E “RE.MI.”	27
4.2	ELABORAZIONE DATI	27
4.3	ANALISI SEZIONI INTERPRETATIVE	28
4.3.1	<i>Sezione AA’ (tav. F)</i>	28
4.3.2	<i>Sezione BB’ (tav. G)</i>	28
4.3.3	<i>Sezione CC’ (tav. H)</i>	29
4.4	DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA DELL’ATTIVITÀ DI REGISTRAZIONE	30
5	SPETTRI, CURVE DI DISPERSIONE E LOG VELOCITÀ ONDE VS (RE.MI.).....	31
6	REGISTRAZIONI / SPETTRI PROVE MASW	42
7	PROVE DOWN-HOLE	53
7.1	DESCRIZIONE / ACQUISIZIONE PROVA D-H.....	53
7.2	ELABORAZIONE E RESTITUZIONE DEI DATI	54
7.3	ANALISI DEI RISULTATI	54

1 PREMESSA

A seguito dell'Ordine n. 100030379 di attivazione n. 1 su A.Q. n. 200000990 del 15/01/2015, sono state eseguite specifiche indagini geofisiche a supporto della progettazione definitiva relativa al Lotto 1 – Ripalta - Lesina.

Le indagini geofisiche sono state eseguite lungo l'asse del progetto in cinque aree diverse da Nord verso Sud denominate **A, B, C, D, E**; nella figura successiva ne è riportato l'inquadramento geografico.



La collocazione delle aree **A-E** è riportata in scala 1:20.000 sull'aerofotogrammetrico nella tav. **0** del documento "ELABORATI GRAFICI" (PROGR. **002**), nel quale sono presenti anche le planimetrie di riferimento in scala 1:2.000 (Tav. **A-E**).

L'attività si è articolata in differenti metodologie geofisiche strutturate in:

- Analisi elettromagnetiche per l'identificazione di eventuali anomalie metalliche in corrispondenza della piazzola di perforazione di otto sondaggi denominati **S1 - S2** (area **A**), **S3** (area **B**), **S4** (area **C**), **S5 - S6** (area **D**), **S7 - S8** (area **E**);
- N. 10 prove sismiche di tipo Re.Mi. / MASW, denominate **XA - XB - XC - XM** (area **E**), **XD - XE** (area **D**), **XF** (area **C**), **XG** (area **B**), **XH - XI** (area **A**), con stendimenti di 24 geofoni intervallati ogni 5.00m per le prove da **XA** a **XI** e 2.5m per la **XM**. Le indagini sismiche Re.Mi. / MASW sono finalizzate alla definizione dei valori di V_{s30} e classificazione della categoria dei suoli e utilizzate per la ricostruzione di tre sezioni in V_s (**AA'** in area **A**, **BB'** in area **D** e **CC'** in area **E**), ottenute interpolando i valori di velocità V_s , estratti dalla suddivisione di ogni singola prova sismica in tre specifici settori di 12 geofoni ciascuno.

Lo schema di riferimento è il seguente (GXX: *identifica il numero di geofono*):

Centro 1	G1	G12
Centro 2	G7	G18
Centro 3	G13	G24

in planimetria i centri sono individuati dalla sigla **A1, B1,**, **M1** e **M3**.

- N. 3 Prove Down-Hole in foro per la definizione dei moduli dinamici dei terreni carotati, eseguite nei sondaggi attrezzati situati nei siti **S1** (area **A**), **S3** (area **B**) e **S7** (area **E**) e denominati rispettivamente **H1, H3** e **H7**.

Di seguito vengono descritte le singole attività svolte e relativa interpretazione dei dati geofisici acquisiti unitamente agli allegati di riferimento e specifica documentazione fotografica.

1.1 Esempi delle attività svolte

PIAZZOLA DI SONDAGGIO - Rilievi Elettromagnetici-





LINEA PESCARA - BARI

RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-
LESINA: Lotto 1: Ripalta - Lesina

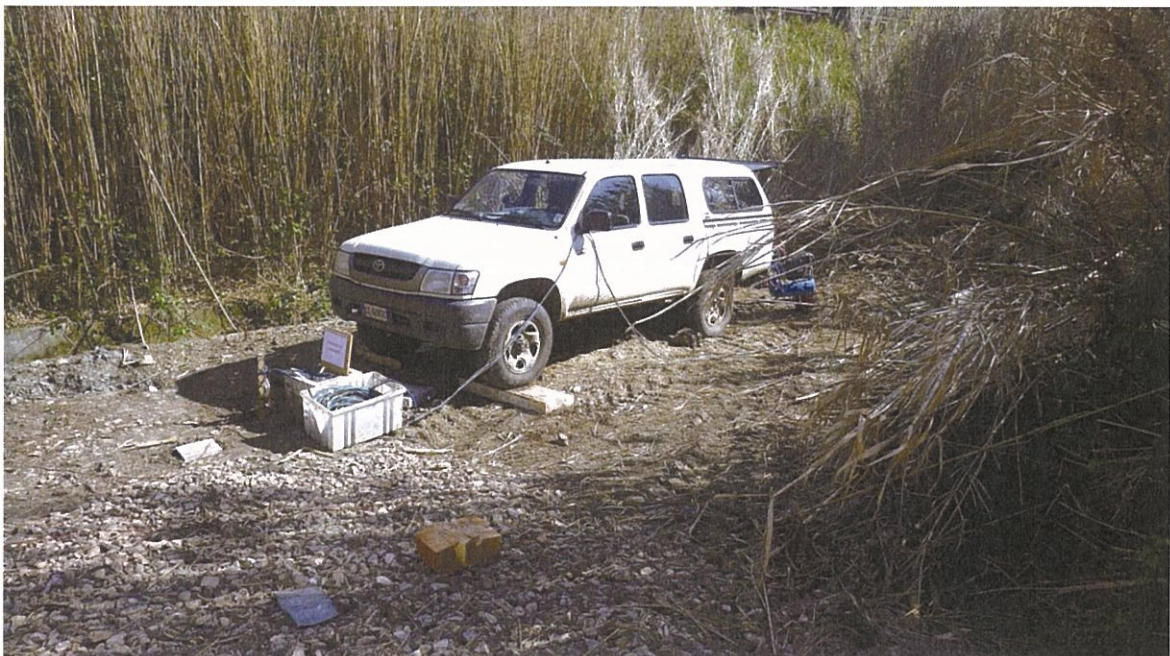
PROSPEZIONI GEOFISICHE

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
L100	01	D 69	IG GE0005 001	A	5 DI 66

INDAGINE SISMICA Prova Re.Mi / MASW



INDAGINE SISMICA Prova Down-Hole



2 PROSPEZIONI ELETTROMAGNETICHE

Al fine di valutare la presenza di eventuali anomalie metalliche in corrispondenza dei punti d'indagine sono stati eseguiti specifici controlli elettromagnetici con magliatura 1x1 metro.

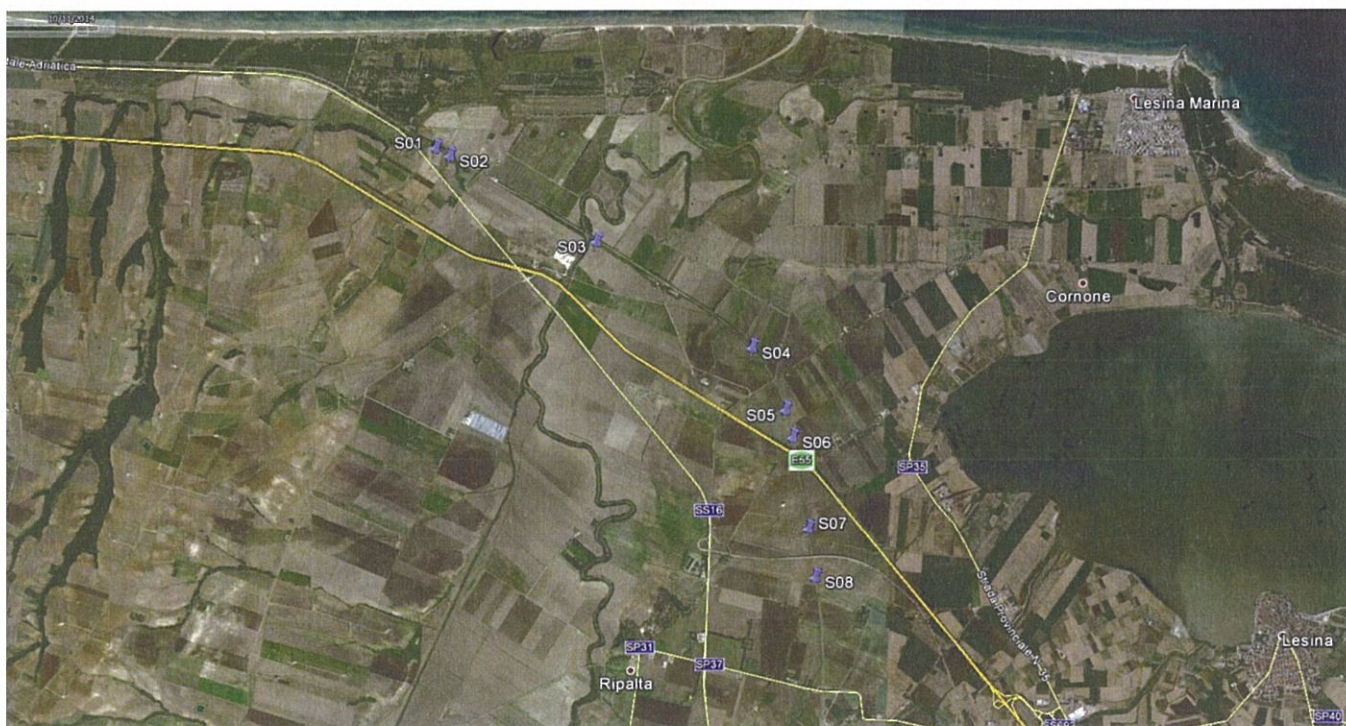
Sono state effettuate misure con registratore GEONICS EM31 con coil da 3,66 metri e successivo controllo con GEONICS EM38 con coil da 1,00 metro in aeree unitarie di circa 100 mq.

Per ogni punto sono stati acquisiti dati "in fase" e "in quadratura di fase" valutando sia la conducibilità elettrica che la suscettività magnetica.

Le misure acquisite non hanno evidenziato specifiche condizioni anomale permettendo di localizzare il punto di sondaggio in settori omogenei privi di interferenze.

In corrispondenza delle aree di misura sono stati lasciati specifici contrassegni (picchetti/segni identificativi).

Sono state verificate le piazzole relative alle aree di sondaggio **S1, S2, S3, S4, S5, S6, S7 e S8**, l'inquadramento seguente, estratto da Google Earth, mostra l'ubicazione geografica dei punti indagati.



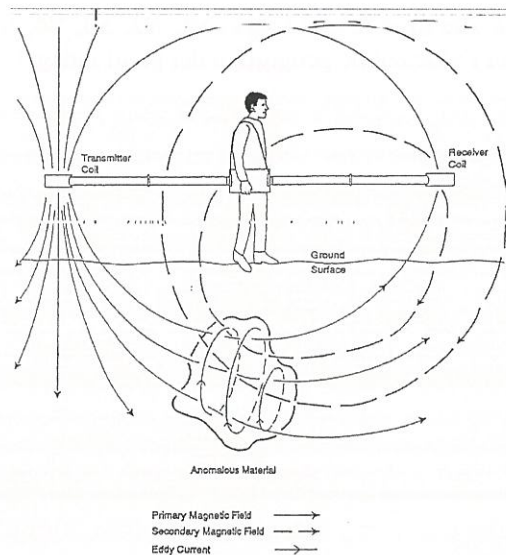
Per ulteriore controllo le aree sono state visionate anche con specifico cerca servizi VOLTA T16 per localizzazione di sottoservizi.

2.1 Prospezioni elettromagnetiche

Il rilievo elettromagnetico rappresenta attualmente una delle tecniche di prospezione più risolutive per le indagini non distruttive finalizzate alla ricerca di materiali inquinanti, quali: rifiuti, melme, ecc. e per la localizzazione di oggetti metallici (fusti, tubature, ecc.) sepolti nel sottosuolo.

Con il rilievo elettromagnetico, infatti, non avendo la necessità di creare contatti fisici di elettrodi con il terreno, può essere realizzata un'esplorazione veloce e nello stesso tempo dettagliata e specifica anche in vaste aree. In tal modo è possibile ottenere, con una prospezione sistematica a maglie regolari, uno "screening" accurato del sottosuolo, con la capacità di individuare e delimitare con precisione i trend e gli andamenti degli elementi strutturali presenti.

Lo strumento "GEONICS EM31" è costituito da un sistema ad induzione elettromagnetica "low induction number" a frequenza di 9,8 KHz. Portatile alimentato a batterie, è costituito da due sensori: un trasmettitore e un ricevitore, posizionati a distanza fissa di 3,66 metri su un supporto rigido solidale all'apparecchiatura (v. illustrazione sotto).



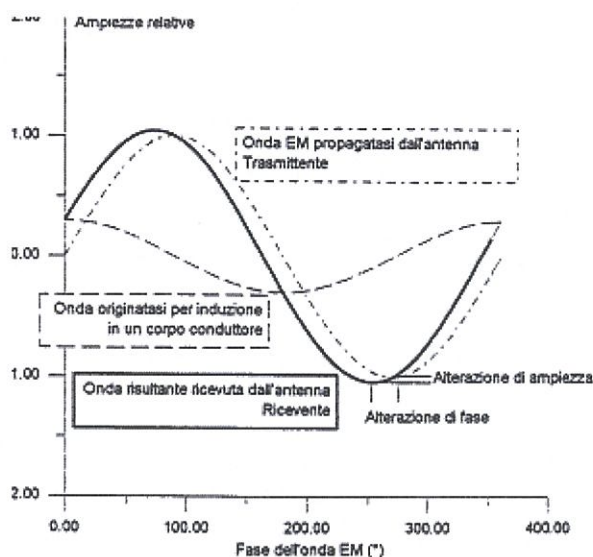
2.1.1 Principio di funzionamento del sistema

Il sistema utilizzato sfrutta il fenomeno fisico dell'induzione elettromagnetica che si verifica nei corpi conduttori di elettricità quando un'onda elettromagnetica (EM), propagandosi nello spazio, attraversa tal corpo.

In particolare, si può determinare la presenza del corpo conduttore nel sottosuolo eseguendo misure in superficie con vari dispositivi; quello in questione opera secondo lo schema seguente:

- un apparato trasmittente (Tx) invia nello spazio circostante, tramite un'antenna alloggiata ad una estremità del dispositivo di misura, un segnale a frequenza costante e di ampiezza grossomodo uniforme;
- un apparato ricevente (Rx) posto all'altra estremità del dispositivo (3,66/1,00 m di distanza) riceve:
 1. il segnale EM propagatosi nell'aria;
 2. un segnale di riferimento direttamente dall'antenna trasmittente

Il segnale ricevuto tramite l'antenna risulterà, in assenza di conduttori nella zona circostante gli apparati, perfettamente in fase ed attenuato per la quantità dipendente dalla distanza, rispetto a quello trasmesso direttamente; nella realtà, invece, i fenomeni di induzione nei terreni conduttivi presenti nel sottosuolo provocano una maggiore alterazione del segnale ricevuto (vedi seguente diagramma).



2.2.1 Onda trasmessa ed onda ricevuta

L'analisi dell'alterazione del segnale porta alla determinazione della conducibilità apparente dello spazio circostante che, nelle esplorazioni di superficie, si può riferire al sottosuolo della zona in esame, in quanto il semispazio sopra la superficie è praticamente isolante. Questo fatto viene spiegato con il fenomeno dell'induzione elettromagnetica che produce una circolazione di corrente secondo spire virtuali che tendono a concentrarsi nelle zone a maggiore conducibilità e, pertanto, producono una maggiore alterazione del segnale all'antenna ricevente.

Il valore risultante viene convenzionalmente riferito al sottosuolo nel punto di stazione, tuttavia è necessario tener presente che il risultato è dipendente anche dalla posizione reciproca del Trasmettitore e del Ricevitore e dalla forma dell'oggetto anomalo. Infatti, mentre nel caso di situazioni di anomalie molto estese la variazione reciproca delle posizioni dei due apparati non comporta variazioni significative dei risultati delle misure, nel caso di anomalie molto ristrette (dimensioni inferiori al dispositivo) e sviluppate secondo una direzione preferenziale, i valori possono essere molto differenti tra un caso e l'altro. Anche al variare dell'angolo tra la linea del dispositivo e la linea di allungamento dell'oggetto anomalo si hanno notevoli variazioni del valore misurato; quindi è opportuno valutare i risultati non solo in base all'entità dei valori, ma anche in funzione delle dimensioni e delle caratteristiche delle situazioni anomale.

2.2.2 Acquisizione dati

Il dispositivo ricevente rileva sia la componente in fase che in quadratura di fase del campo secondario (indotto) rispetto a quello primario. Dai valori in "quadratura di fase" si risale automaticamente ai valori di conducibilità elettrica (misurata in millimhos/metro), mentre dai valori "in fase" (misurati in percentuale rispetto al campo elettromagnetico primario) si possono ricavare indicazioni sulla presenza di masse metalliche sepolte.

Le misure sono visualizzate analogicamente sul display dell'apparecchiatura e memorizzate in un "datalogger" collegato allo strumento.

I dati registrati, riversati su calcolatore e opportunamente elaborati, sono rappresentati graficamente in modo da evidenziare la distribuzione e la geometria delle eventuali anomalie riscontrate.

Rilievo elettromagnetico Piazzola Sondaggio **S1**

Panoramica

Documentazione Fotografica Piazzola S1

Rilievo EM31

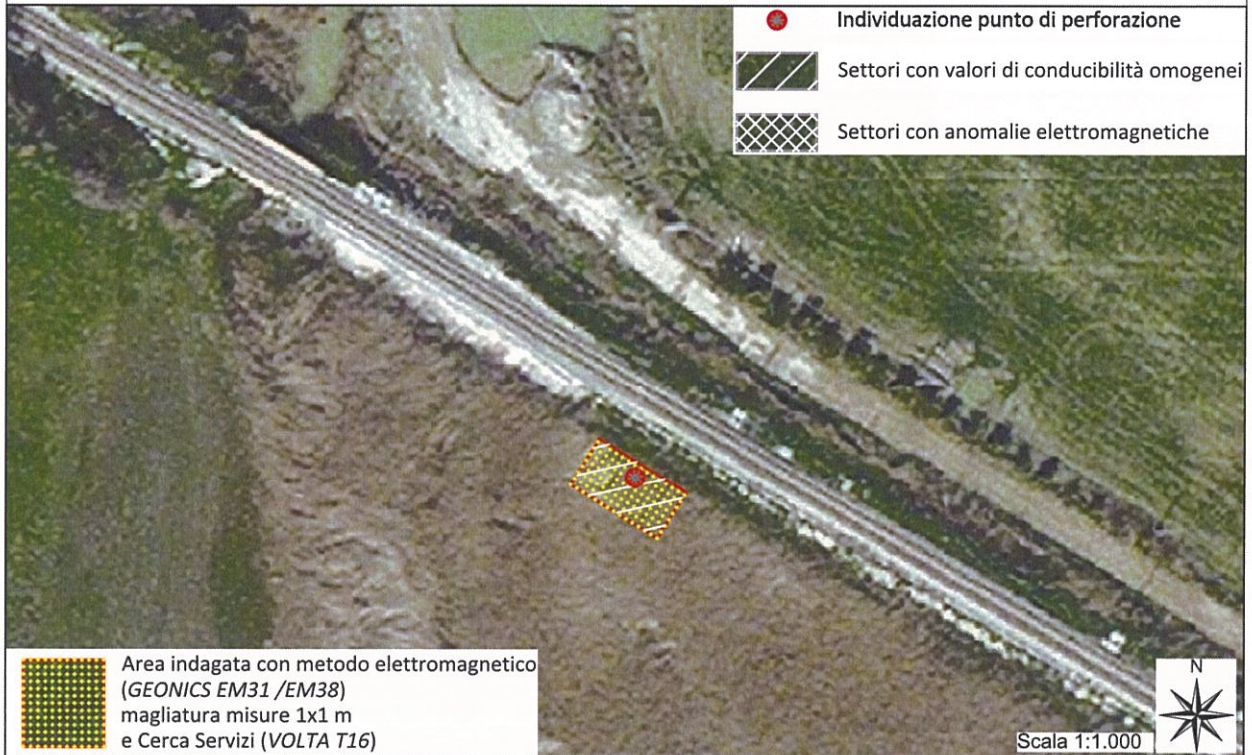


Rilievo EM38



Rilievo VOLTA T16



Rilievo elettromagnetico Piazzola Sondaggio **S2**

Panoramica

Documentazione Fotografica Piazzola S2

Rilievo EM31



Rilievo EM38



Rilievo VOLTA T16



Rilievo elettromagnetico Piazzola Sondaggio S3



Panoramica

Documentazione Fotografica Piazzola S3

Rilievo EM31



Rilievo EM38



Rilievo VOLTA T16



Rilievo elettromagnetico Piazzola Sondaggio **S4**

Panoramica

Documentazione Fotografica Piazzola S4

Rilievo EM31



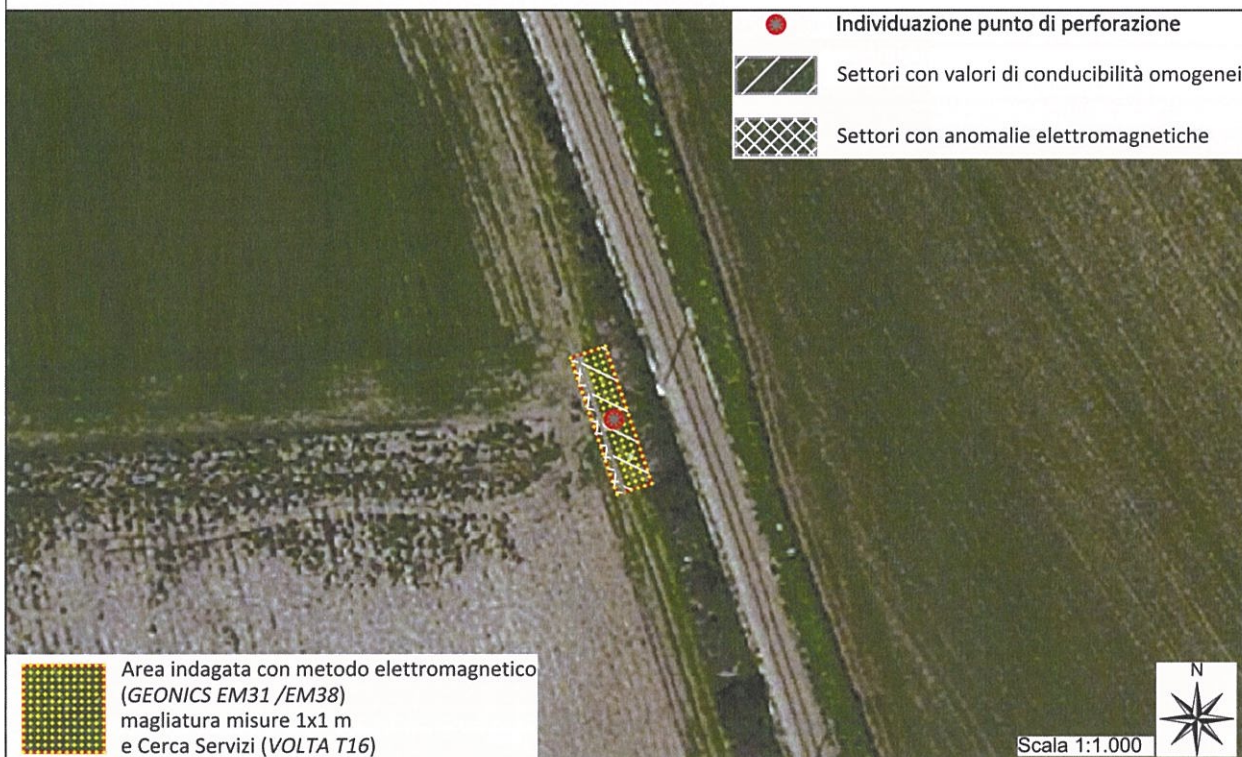
Rilievo EM38



Rilievo VOLTA T16



Rilievo elettromagnetico Piazzola Sondaggio S5



Panoramica

Documentazione Fotografica Piazzola S5*Rilievo EM31**Rilievo EM38**Rilievo VOLTA T16*

Rilievo elettromagnetico Piazzola Sondaggio **S6**

Panoramica

Documentazione Fotografica Piazzola S6*Rilievo EM31**Rilievo EM38**Rilievo VOLTA T16*



LINEA PESCARA - BARI

RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-
LESINA: Lotto 1: Ripalta - Lesina

PROSPEZIONI GEOFISICHE

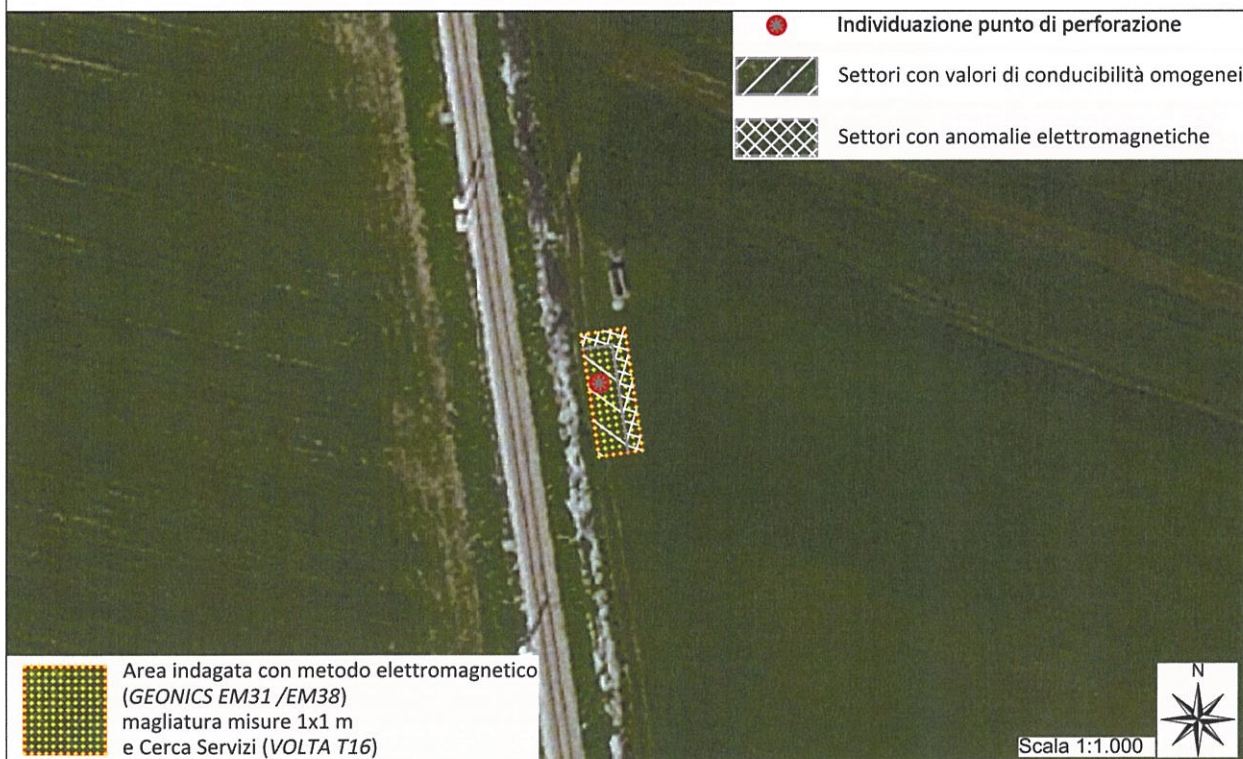
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
LI00	01	D 69 IG	GE0005 001	A	21 DI 66

Rilievo elettromagnetico Piazzola Sondaggio S7



Panoramica

Documentazione Fotografica Piazzola S7*Rilievo EM31**Rilievo EM38**Rilievo VOLTA T16*

Rilievo elettromagnetico Piazzola Sondaggio **S8**

Panoramica

Documentazione Fotografica Piazzola S8

Rilievo EM31



Rilievo EM38



Rilievo VOLTA T16



3 PROVA MASW / RE.MI. – RIFERIMENTO NORMATIVO (NTC2008 DEL 14/01/2008)

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 VS ovvero sul numero medio di colpi NSPT ottenuti in una prova penetrometrica dinamica ovvero sulla coesione non drenata media cu. 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 $g < 10^{-6}$) dello strato i-esimo, per un totale di N strati presenti nei 30m superiori.

4 STENDIMENTI SISMICI CON METODO “MASW” E “RE.MI.” 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 Vs, 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.



LINEA PESCARA - BARI

RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-
LESINA: Lotto 1: Ripalta - Lesina

PROSPEZIONI GEOFISICHE

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
L100	01	D 69 IG GE0005 001	A	26 DI 66

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 ρ e si variano lo spessore h e la velocità V_s degli strati.

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.

La tecnica di prospezione "Refraction Microtremor" (Re.Mi), utilizzata nell'ambito di questo progetto, 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. La metodologia d'indagine più applicata per la determinazione del profilo

	LINEA PESCARA - BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA: Lotto 1: Ripalta - Lesina				
	PROSPEZIONI GEOFISICHE	PROGETTO LI00	LOTTO 01	CODIFICA DOCUMENTO D 69 IG GE0005 001	REV. A

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 (almeno 10 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.

4.1 Modalità esecutive della prova “MASW” e “Re.Mi.”

In considerazione delle particolari condizioni logistiche locali, per poter definire con una discreta certezza il dato medio di V_{S30} , si è proceduto ad acquisire sia profili sismici di tipo “MASW” sia “Re.Mi.”. Nel capitolo 8 si riportano le registrazioni / spettri delle prove MASW.

L'acquisizione dei dati per la definizione della V_s è stata realizzata tramite la registrazione del rumore ambientale, impiegando geofoni da 4.5Hz, ed un acquisitore digitale a 24 canali della Geometrics tipo “Geode” con dinamica a 24bit.

La registrazione simultanea del segnale sismico dei 24 geofoni ha consentito la suddivisione di ogni singola prova in tre settori composti da 12 geofoni ciascuno, ottenendo in questo modo tre differenti Centri di misura:

1: tra G6-G7, 2: tra G12-G13 e 3 tra G18-G19

i cui esiti della elaborazione sono stati utilizzati per la definizione di tre sezioni in Velocità V_s AA', BB' e CC'.

4.2 Elaborazione dati

I dati della prova “MASW” sono stati elaborati con il software “WinMasw – Eliosoft”.



Per la metodologia “Re.Mi.” per l'elaborazione dei dati si è utilizzato il pacchetto software SeisOpt Re.Mi. 5.0 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 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 (V_s).

Il risultato finale dell'elaborazione è consistito, quindi, nella rappresentazione grafica del profilo di velocità.

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.

La tabella allegata sintetizza i valori di V_{S30} calcolati e conseguente categoria di suolo sismico:

Sigla Prova	V_{S30} (m/sec)	Categoria suolo
XA	352	C
XB	336	C
XC	382	B
XD	333	C
XE	355	C
XF	402	B
XG	208	C
XH	372	B
XI	342	C
XM	380	B

4.3 Analisi sezioni interpretative

Al fine di analizzare in modo comparato i dati acquisiti sono state elaborate tre sezioni esplicative utilizzando i dati stratigrafici emergenti dai sondaggi meccanici, i dati ricavati (Vs) dai Down-Hole ed i valori di Velocità Vs ottenuti dalle elaborazioni delle prove MASW e Re.Mi. (in questo caso per ogni singola prova sono stati estrapolati i valori corrispondenti a tre differenti centri di misura come precedentemente esplicitato in paragrafo 4.1)

Le sezioni ottenute sono state denominate:

AA', posta nell'area A, direzione NW-SE

BB', localizzata nell'area D, direzione N-S

CC', situata nell'area E, direzione N-S

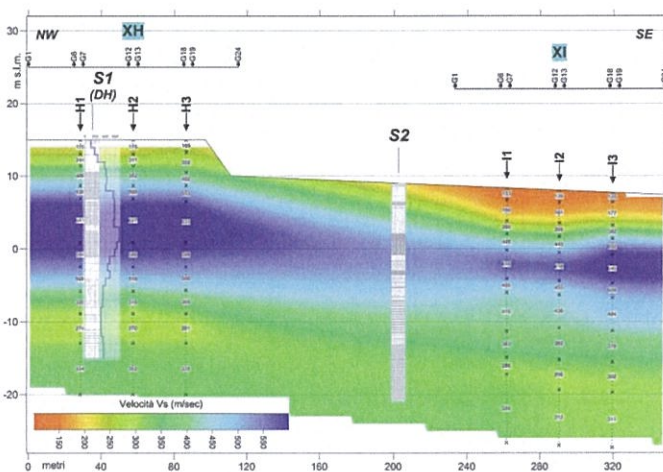
i relativi elaborati grafici sono riportati in scala X=1:2000, Y=1:500 nelle Tav. F-G-H (PROGR 002)

4.3.1 Sezione AA' (tav. F)

Le litologie prevalenti sono caratterizzate nella porzione superficiale da elementi limoso - argillosi, sovrastanti litologie ghiaiose ed alla base alternanze di argille e sabbie.

L'analisi dei dati elaborati ha permesso di definire in linea generale tre differenti unità geofisiche correlabili a differenti valori di velocità sismica Vs.

- I. **Unità superficiale:** con velocità sismica Vs variabile fra 100 – 250 m/sec (con valori più elevati sul terrazzo) relativi a limi argillosi / argille
- II. **Unità intermedia:** ad elevata velocità sismica Vs tendenti a 500/600 m/sec, definite da ghiaie addensate
- III. **Unità di fondo:** con velocità attorno a 300/350 definita da alternanze di sabbie e argille.



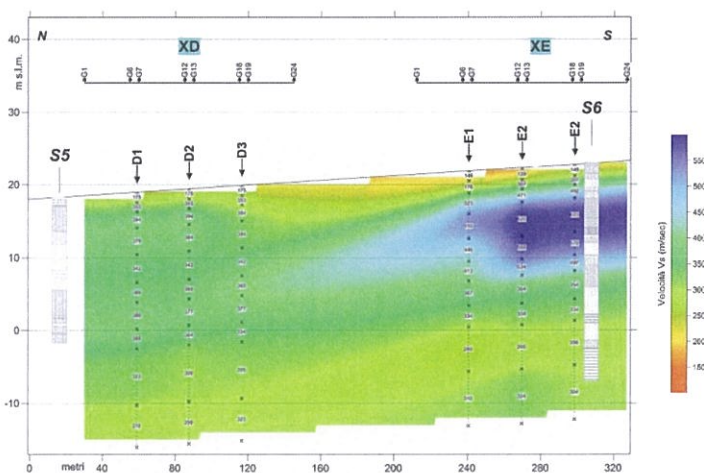
I rapporti stratigrafici fra le unità sopra descritte sono evidenziate nella sezione illustrativa allegata. (tav. F)

4.3.2 Sezione BB' (tav. G)

Le litologie prevalenti sono caratterizzate da alternanze di limi ed argille con locali presenze di ghiaie / sabbie

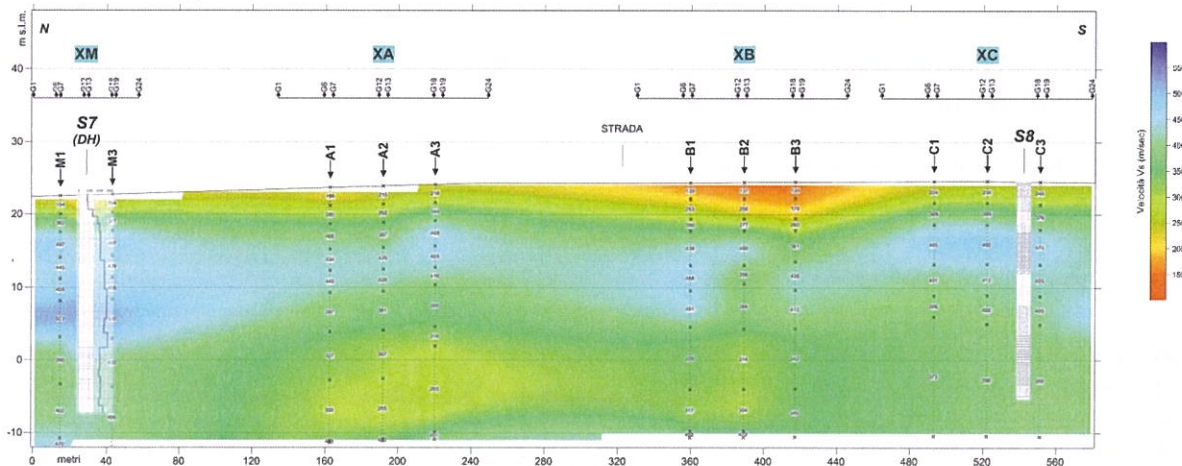
L'analisi dei dati elaborati sintetizzano tre differenti unità geofisiche di massima correlabili a differenti valori di velocità sismica Vs.

- I. **Unità superficiale:** con velocità Vs attorno a 200 m/sec relativi a limi / argille
- II. **Unità intermedia:** variabile nella porzione Nord con velocità Vs di 300/350 m/sec, che si incrementa nella porzione sud sino a 500/550 m/sec (sabbie e ghiaie)
- III. **Unità di fondo:** assai regolare attorno a 250/300 m/sec, definita da limi/argillosi



4.3.3 Sezione CC' (tav. H)

Le litologie prevalenti sono caratterizzate da elementi limo-argillosi, sovrastanti litologie sabbioso-ghiaiose con elementi di fondo di tipo sabbioso-limosi.



L'analisi comparativa dei dati elaborati ha permesso di definire in linea generale tre differenti unità geofisiche di massima correlabili a differenti valori di velocità sismica V_s .

- I. **Unità superficiale:** con velocità V_s attorno 100-200 m/sec definite da litologie limose / argillose prevalenti
- II. **Unità intermedia:** di tipo sabbioso con ghiaie (prevalenti nel settore settentrionale), riferibili a velocità dell'ordine di 400-500 m/sec
- III. **Unità di fondo:** con velocità V_s di 250-300 m/sec con sabbie e limo prevalenti (assai regolari nella porzione centrale della sezione)

4.4 Documentazione fotografica dell'attività di registrazione



Stendimento sismico per registrazione Re.Mi. / MASW



Energizzazione Prova MASW



Attrezzatura di registrazione



LINEA PESCARA - BARI

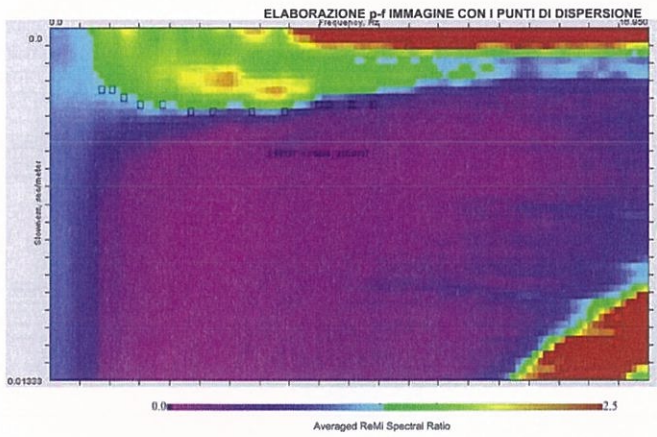
RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-
LESINA: Lotto 1: Ripalta - Lesina

PROSPEZIONI GEOFISICHE

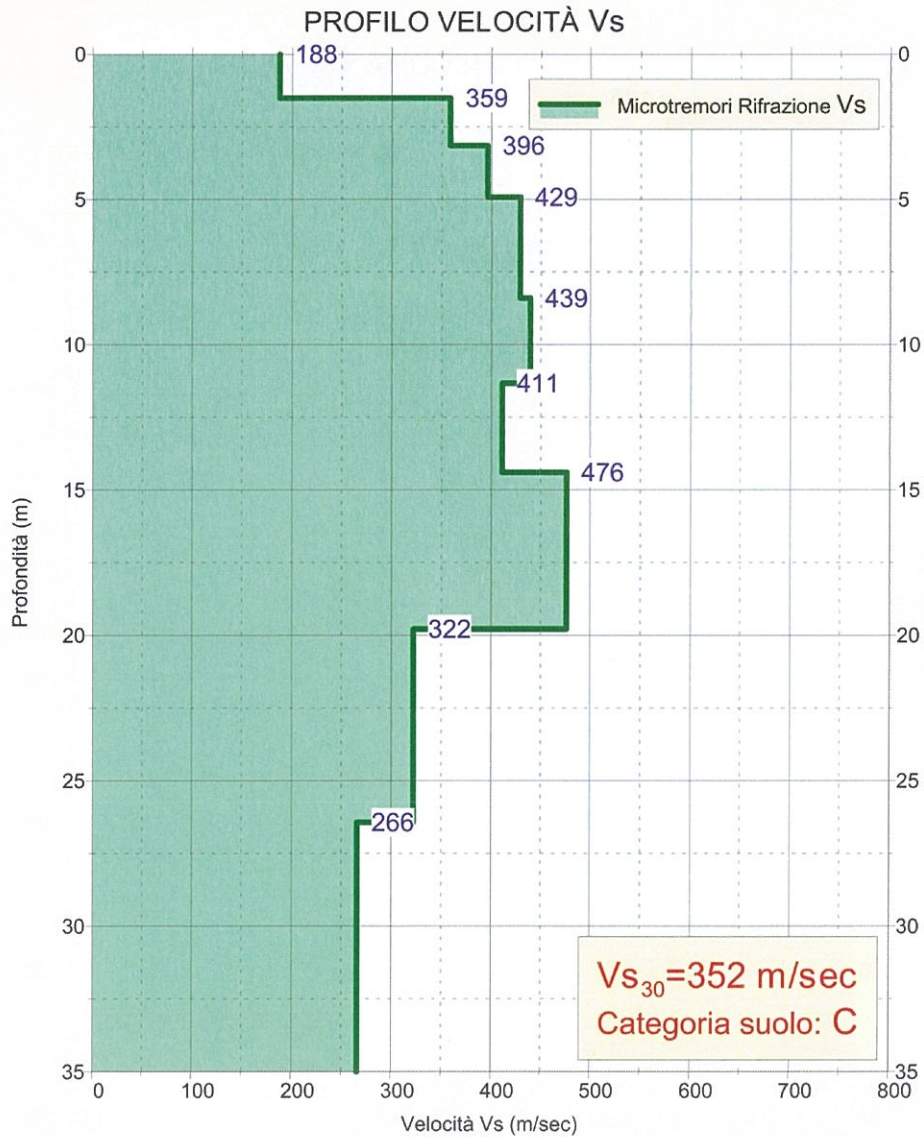
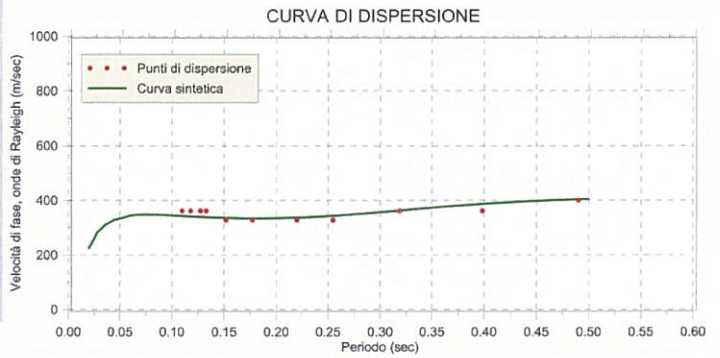
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
LI00	01	D 69 IG GE0005 001	A	31 DI 66

5 SPETTRI, CURVE DI DISPERSIONE e LOG VELOCITÀ ONDE V_s (Re.Mi.)

Prove **XA, XB, XC, XD, XE, XF, XG, XH, XI, XM**



Prova Re.Mi. - **XA**



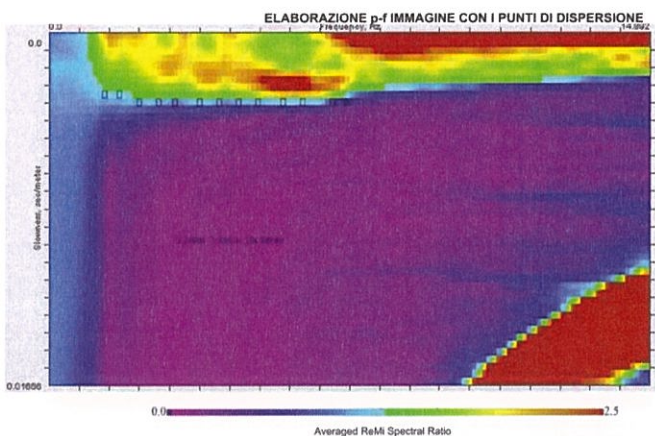


LINEA PESCARA - BARI

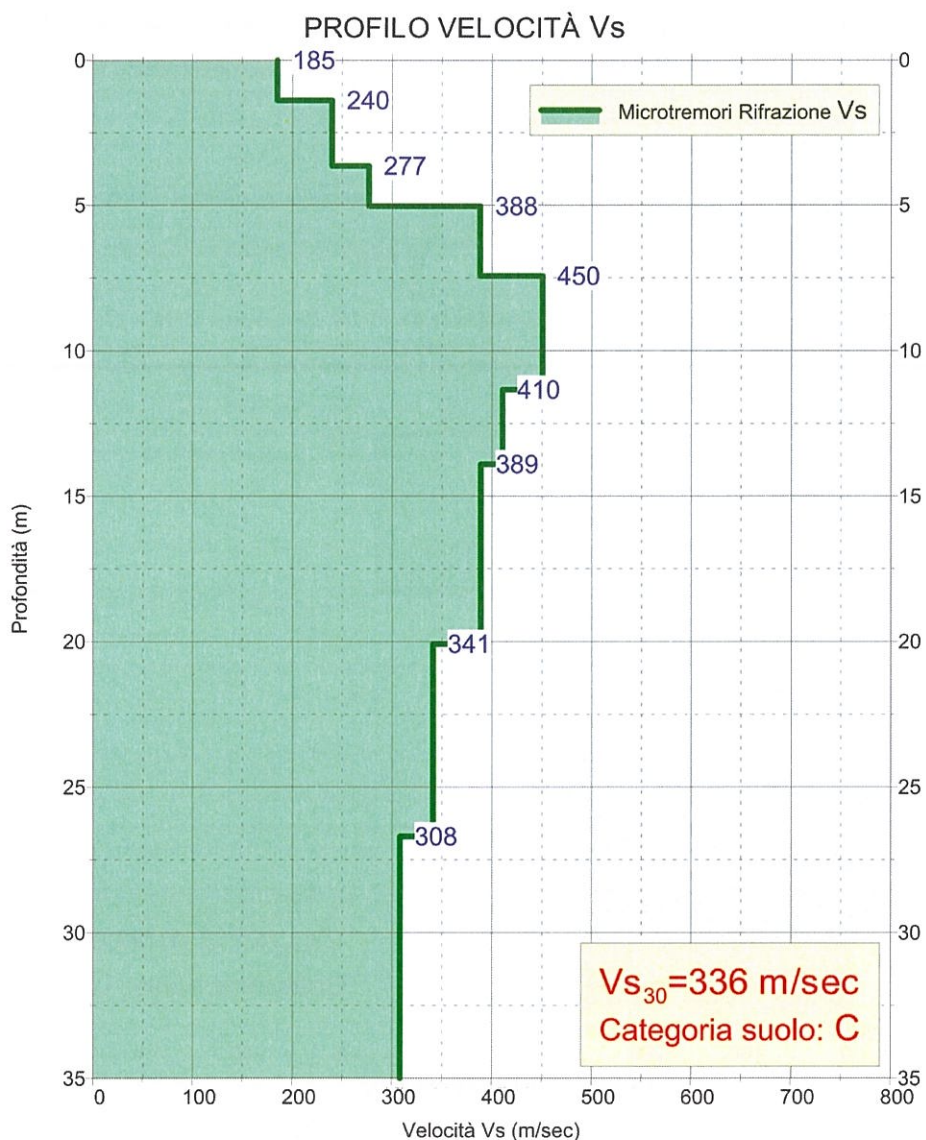
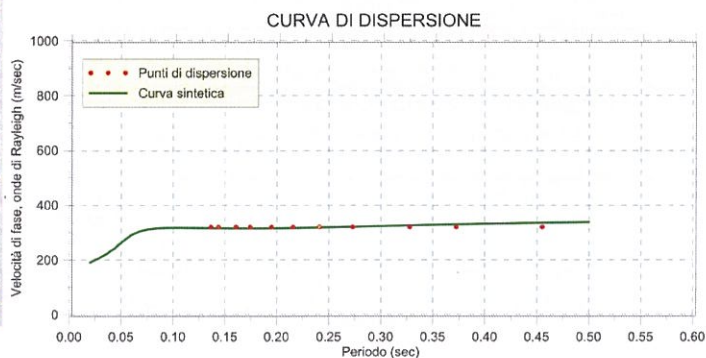
RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-
LESINA: Lotto 1: Ripalta - Lesina

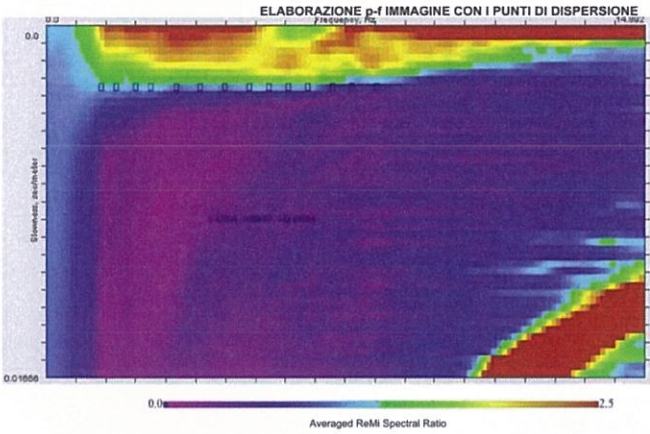
PROSPEZIONI GEOFISICHE

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
LI00	01	D 69 IG GE0005 001	A	33 DI 66

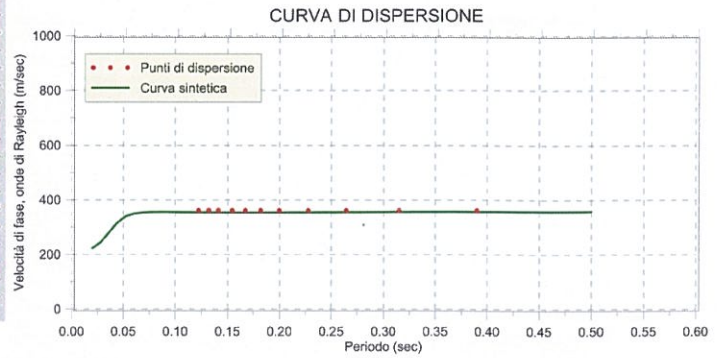


Prova Re.Mi. - XB

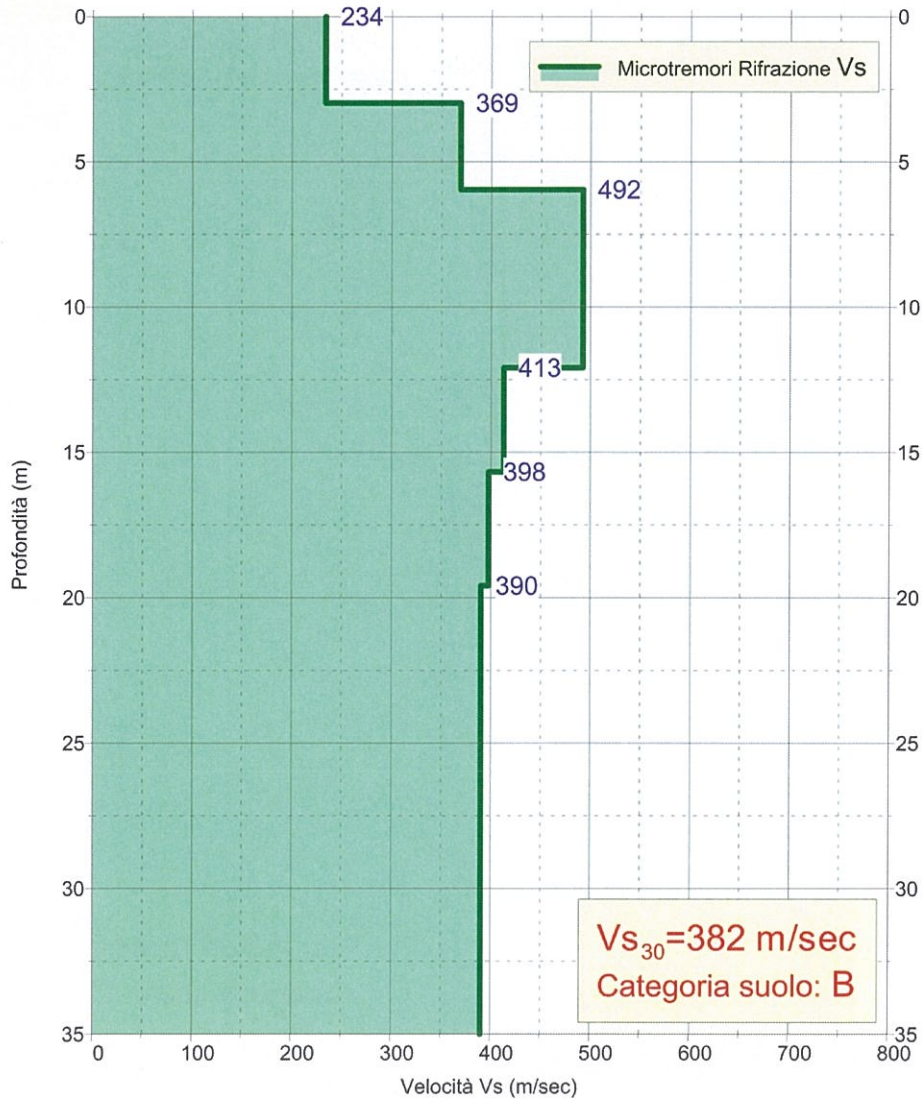


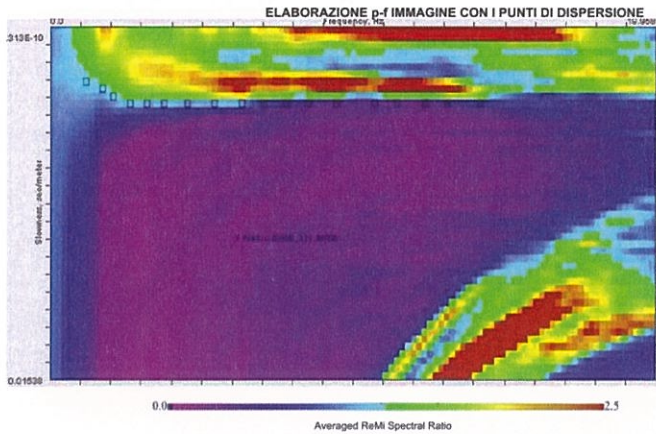


Prova Re.Mi. - XC

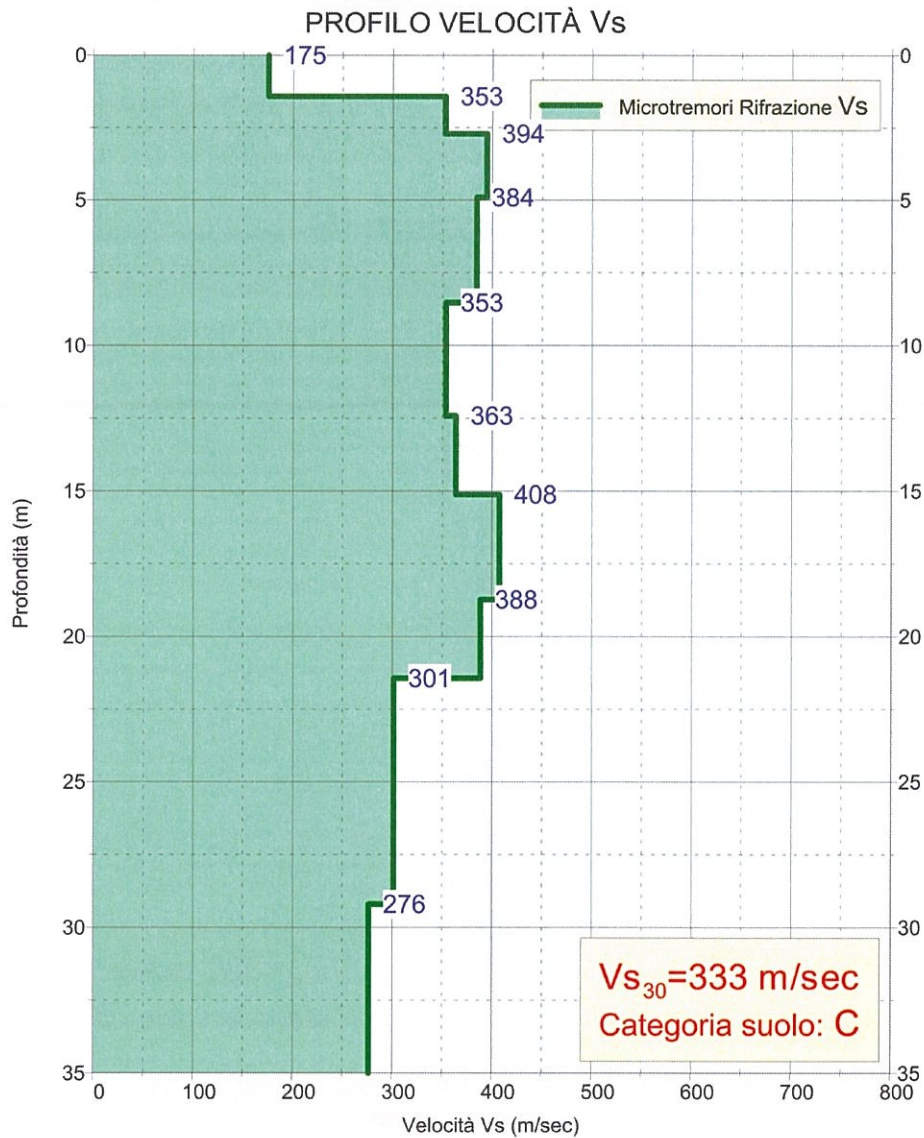
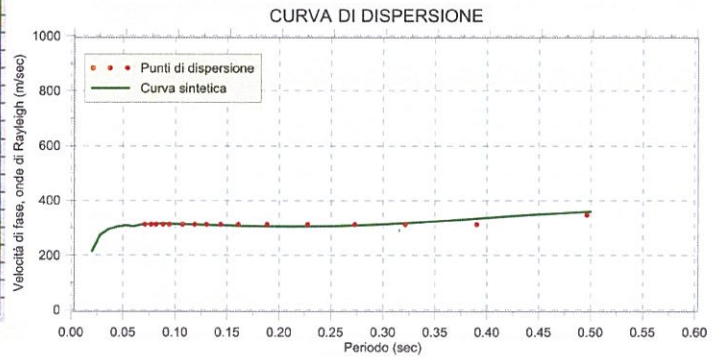


PROFILO VELOCITÀ Vs

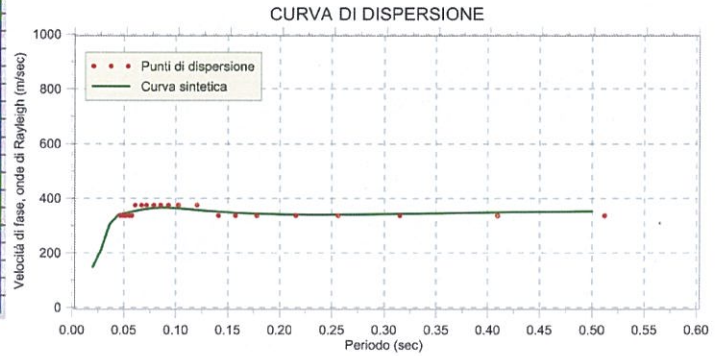
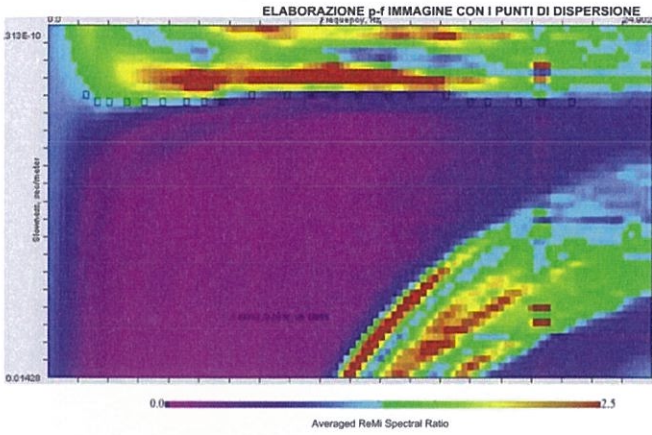




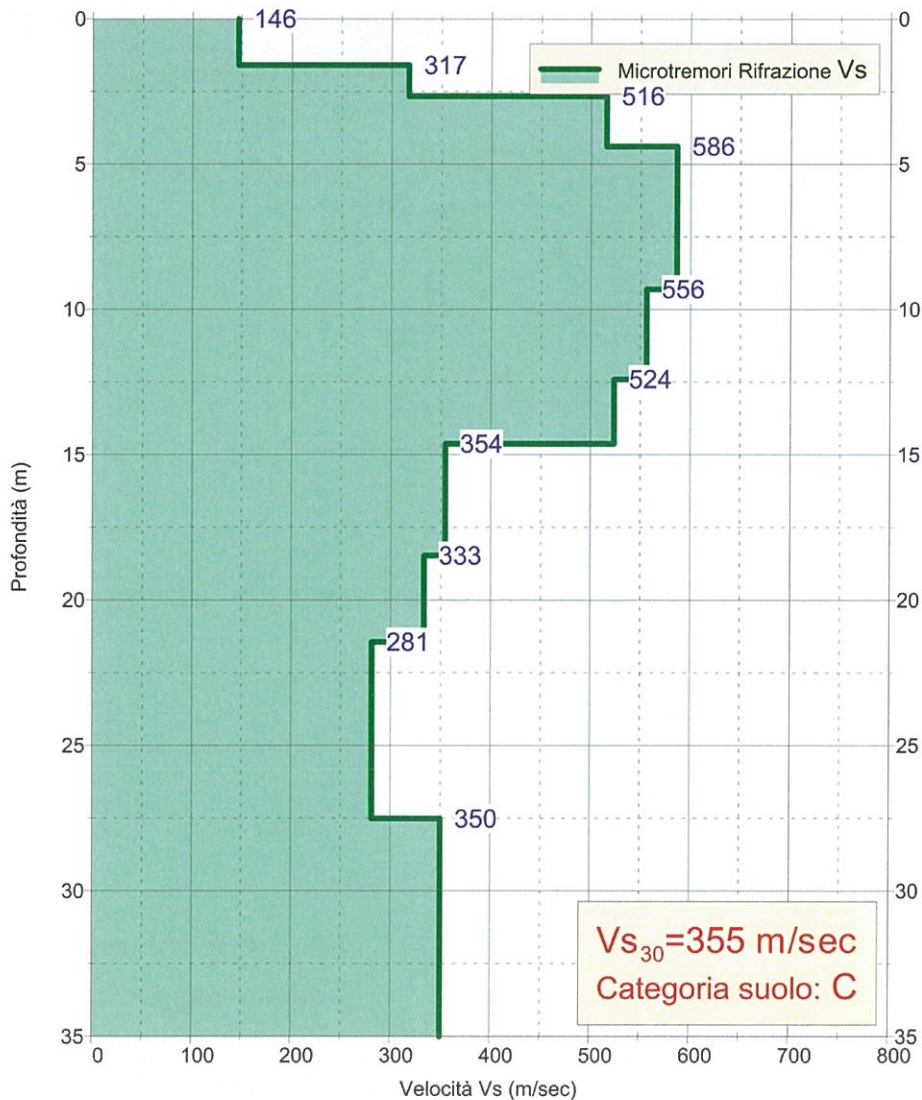
Prova Re.Mi. - XD



Prova Re.Mi. - XE



PROFILO VELOCITÀ Vs

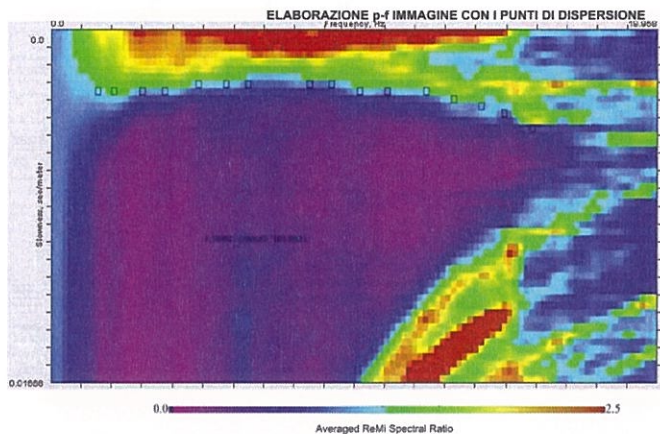




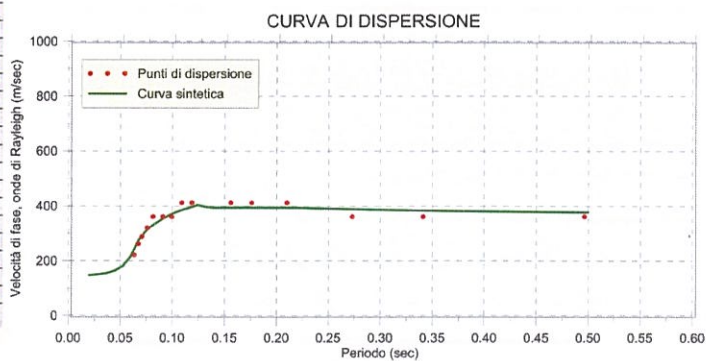
LINEA PESCARA - BARI
RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-
LESINA: Lotto 1: Ripalta - Lesina

PROSPEZIONI GEOFISICHE

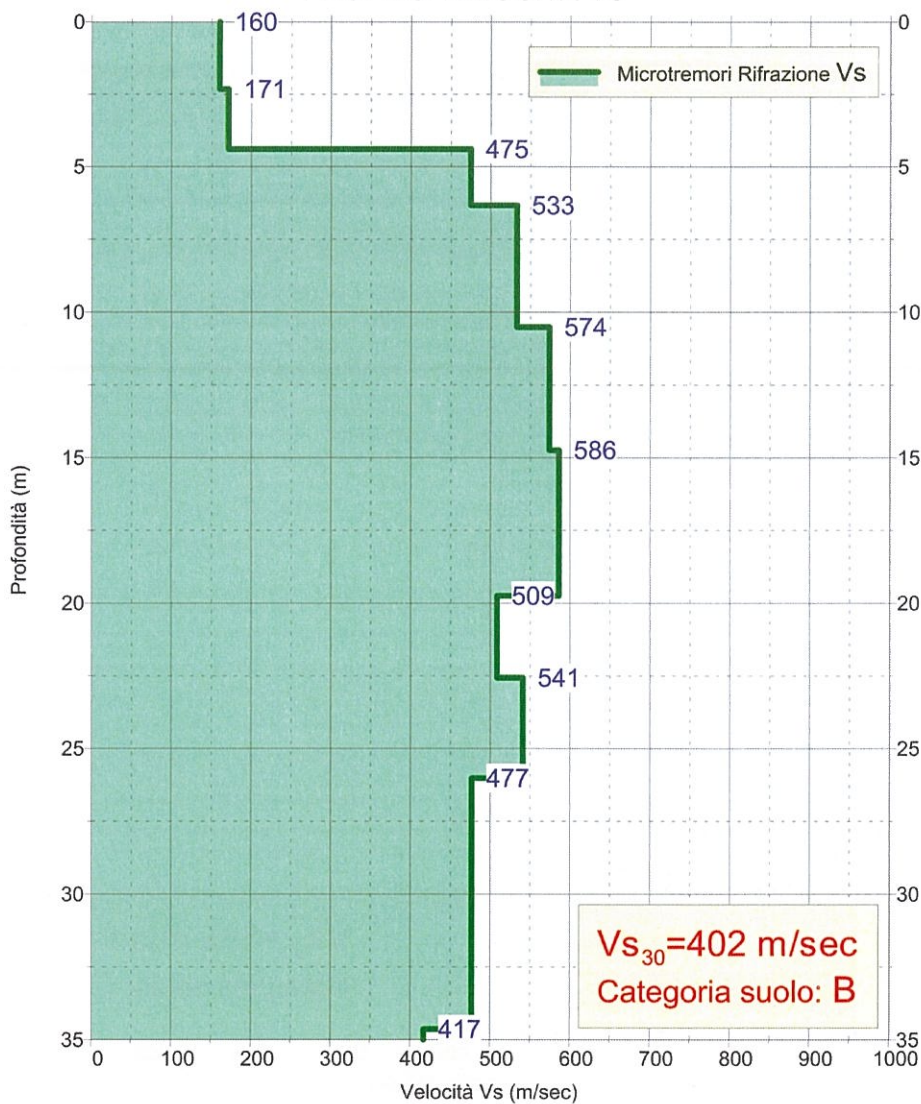
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
LI00	01	D 69 IG GE0005 001	A	37 DI 66

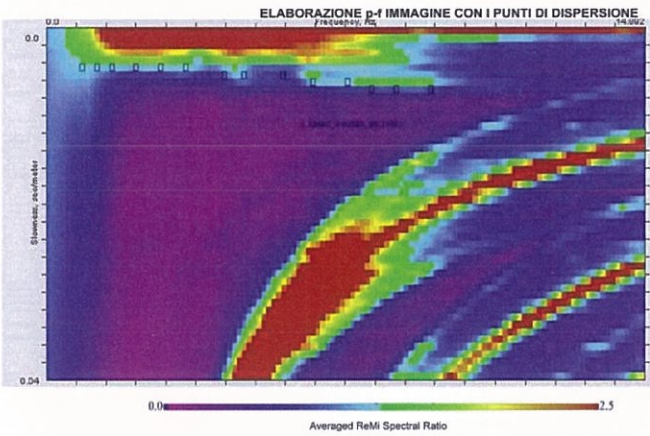


Prova Re.Mi. - **XF**

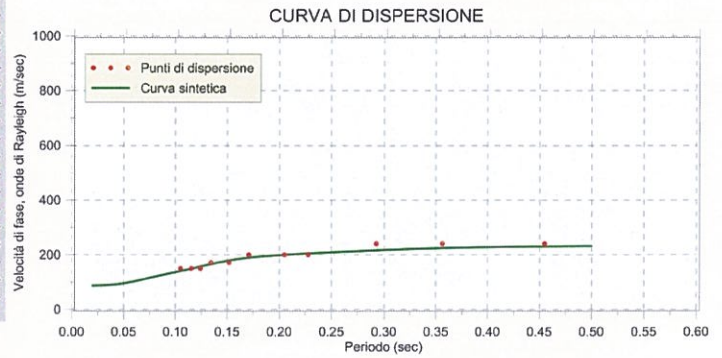


PROFILO VELOCITÀ Vs

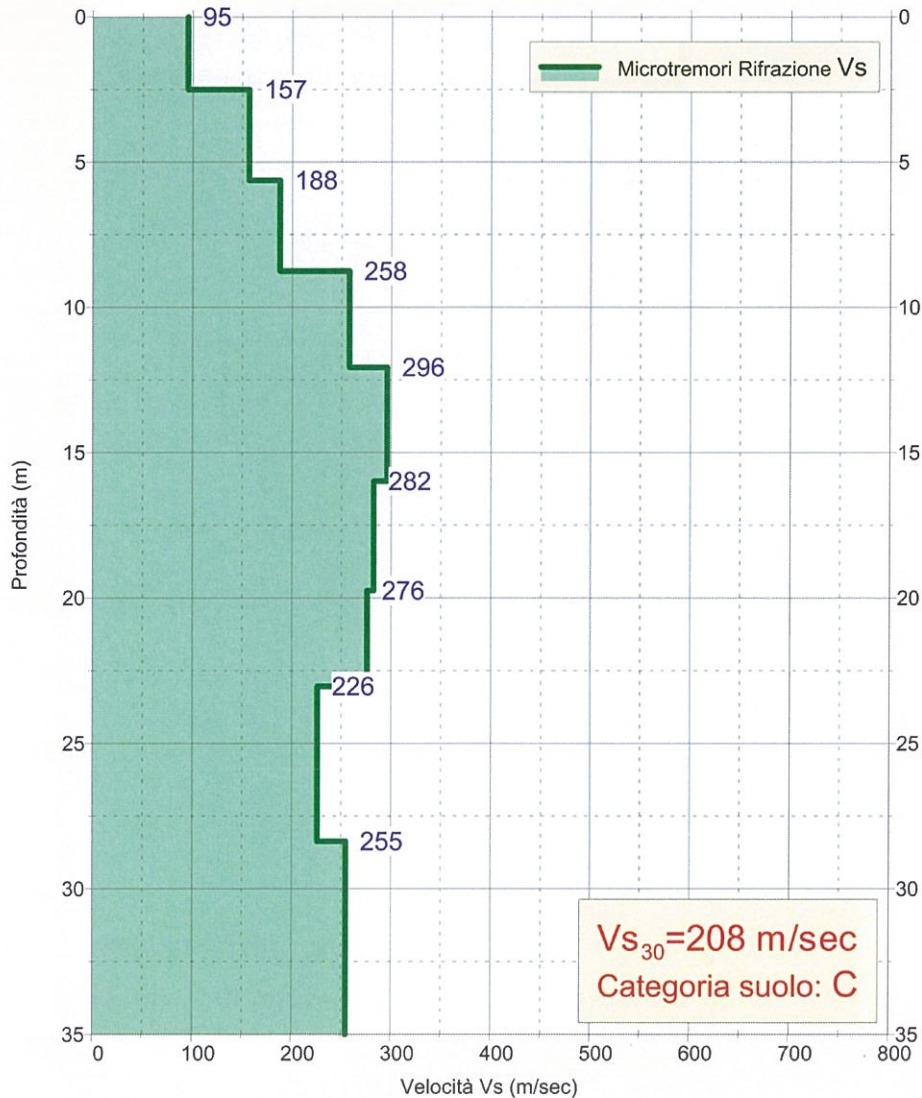


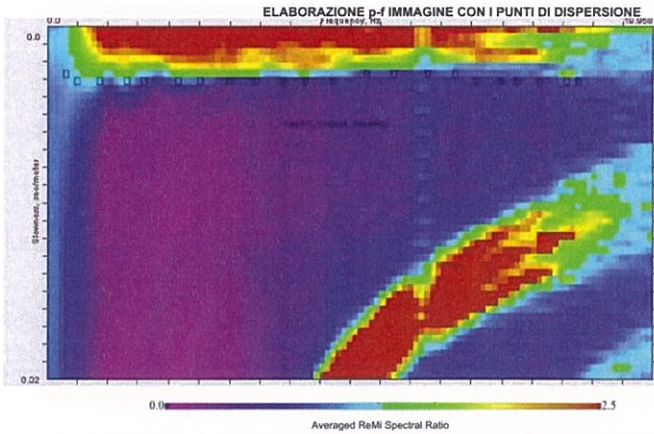


Prova Re.Mi. - XG

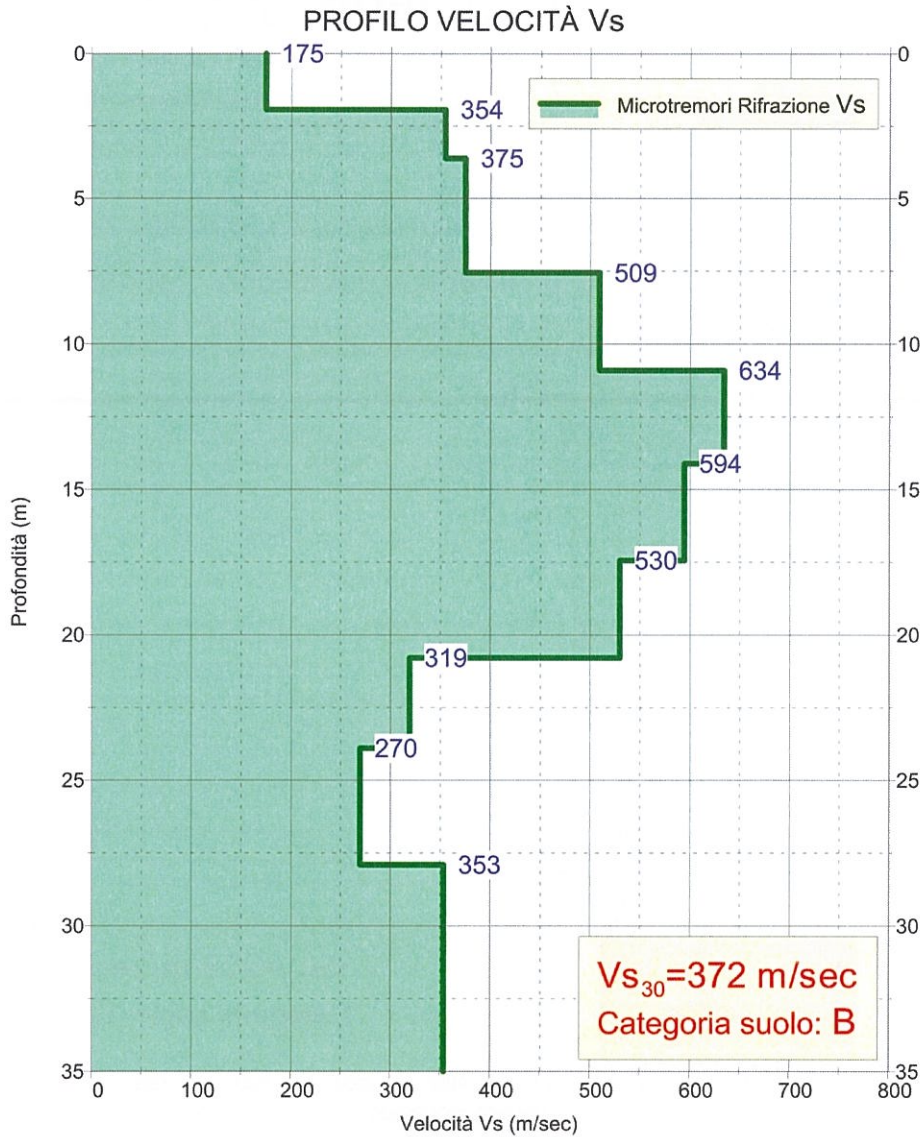
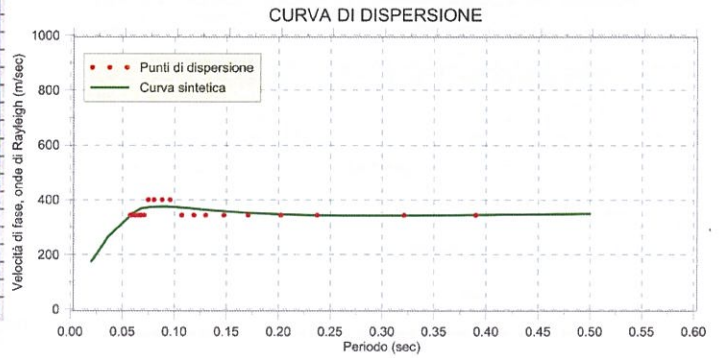


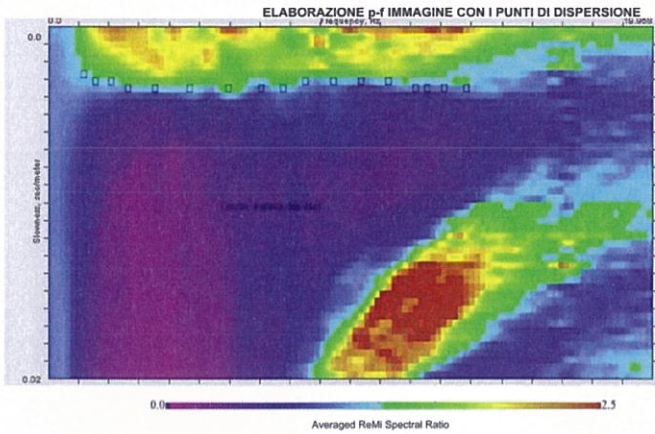
PROFILO VELOCITÀ Vs



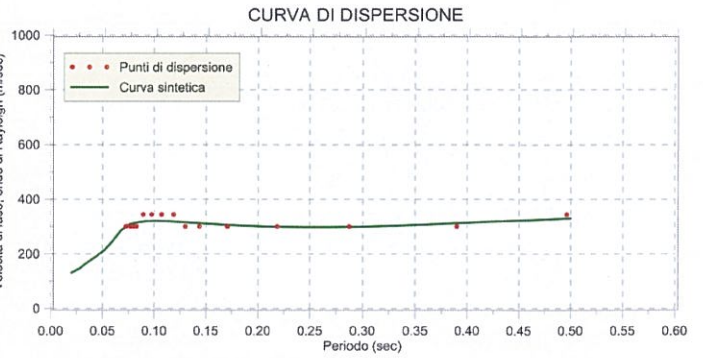


Prova Re.Mi. - XH

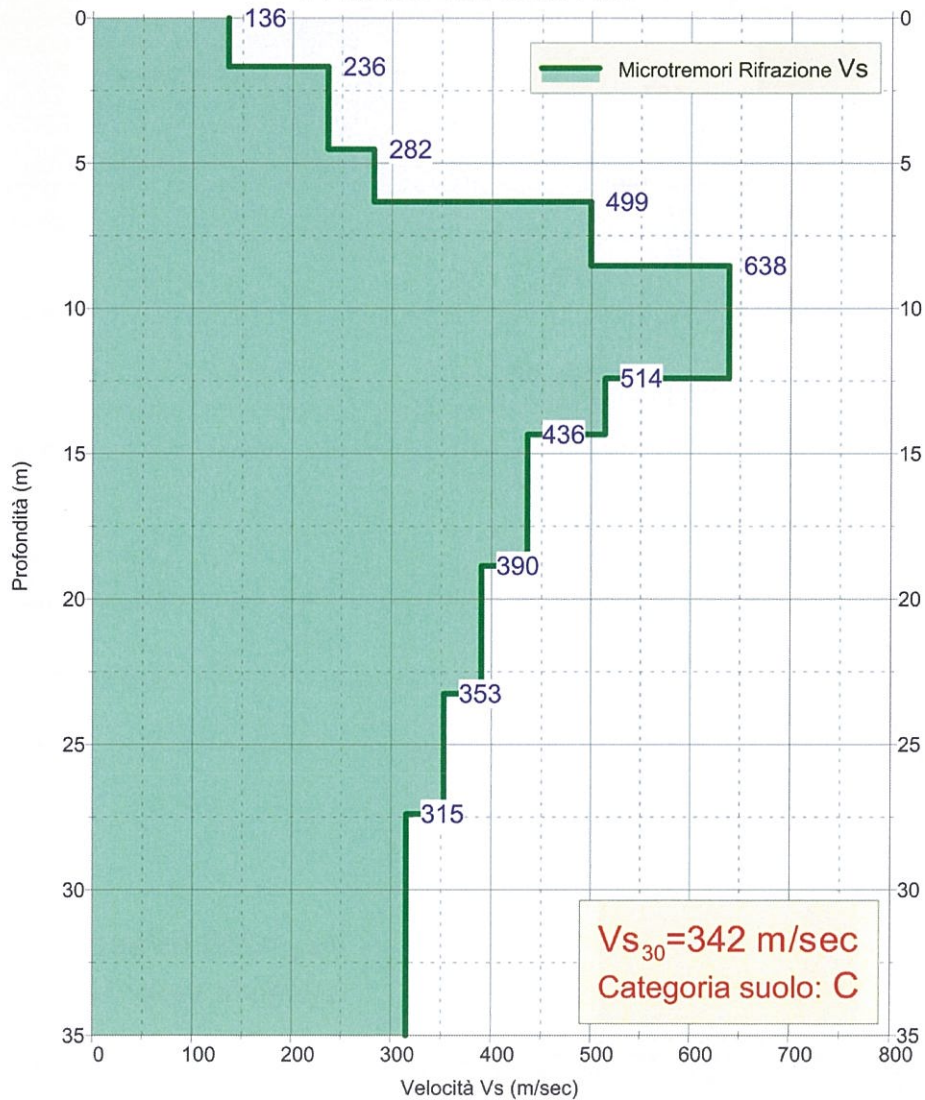


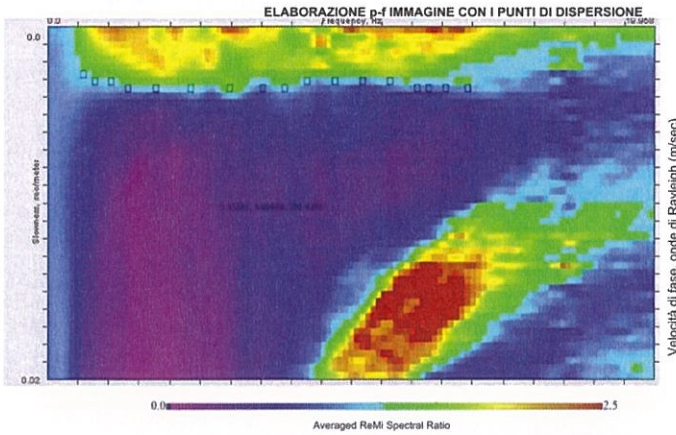


Prova Re.Mi. - XI

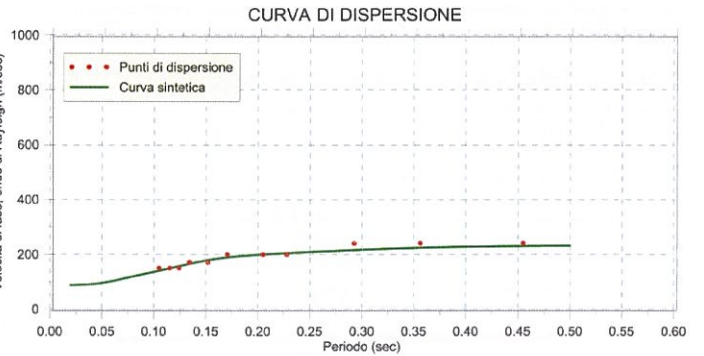


PROFILO VELOCITÀ Vs

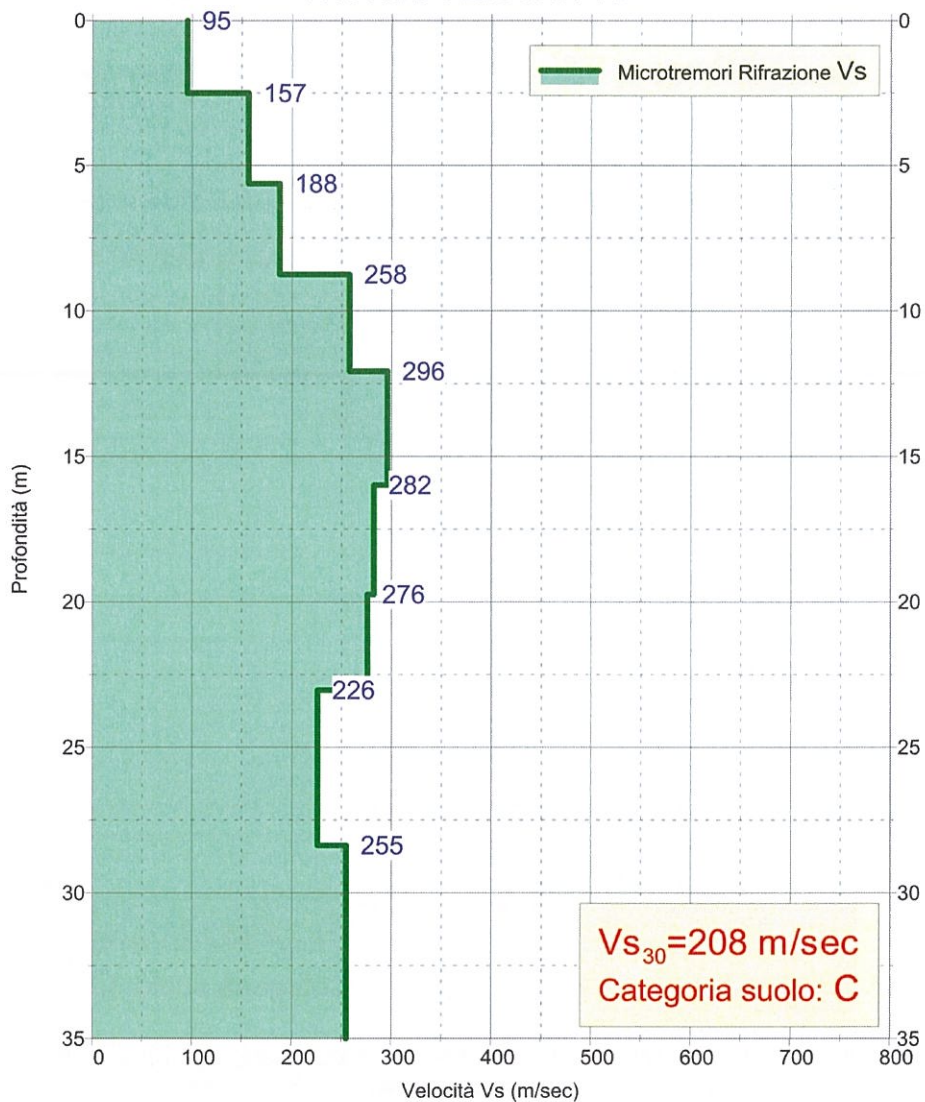




Prova Re.Mi. - XM



PROFILO VELOCITÀ Vs





LINEA PESCARA - BARI

RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-
LESINA: Lotto 1: Ripalta - Lesina

PROSPEZIONI GEOFISICHE

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
LI00	01	D 69 IG GE0005 001	A	42 DI 66

6 REGISTRAZIONI / SPETTRI PROVE MASW

Prove **XA, XB, XC, XD, XE, XF, XG, XH, XI, XM**



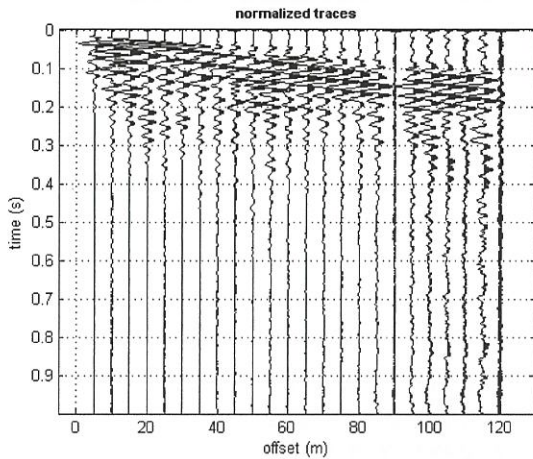
LINEA PESCARA - BARI

RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-
LESINA: Lotto 1: Ripalta - Lesina

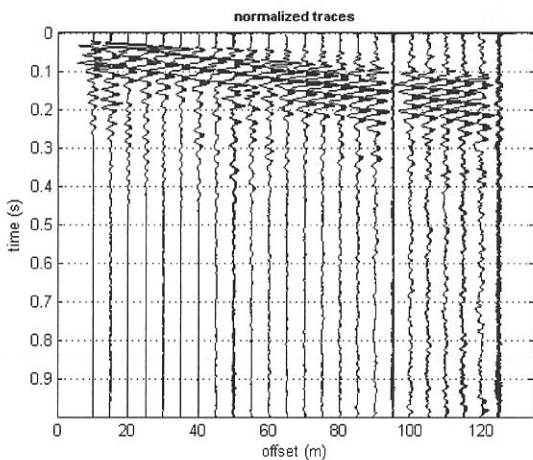
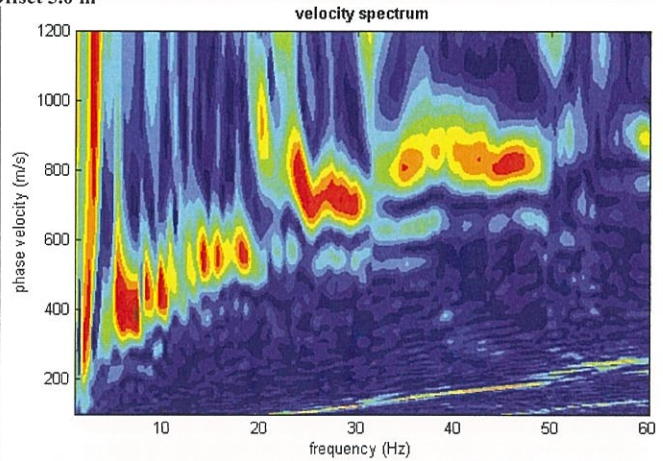
PROSPEZIONI GEOFISICHE

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
L100	01	D 69 IG GE0005 001	A	43 DI 66

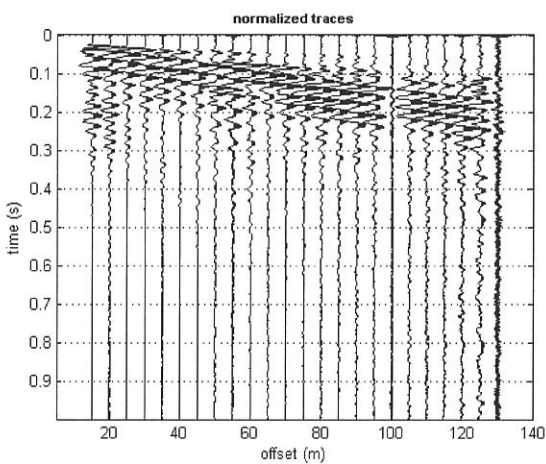
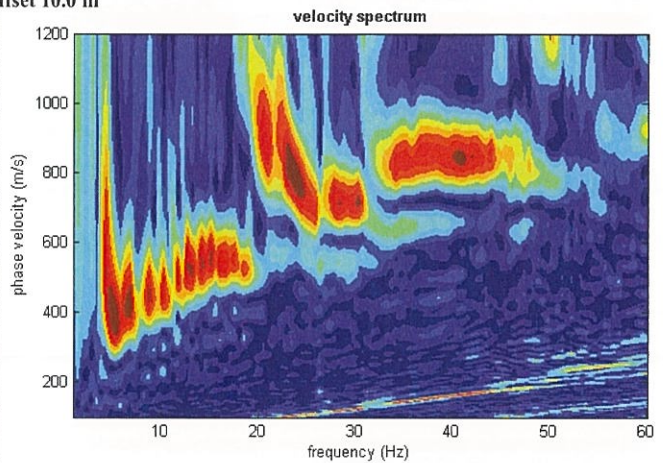
REGISTRAZIONI / SPETTRI PROVA MASW - XA



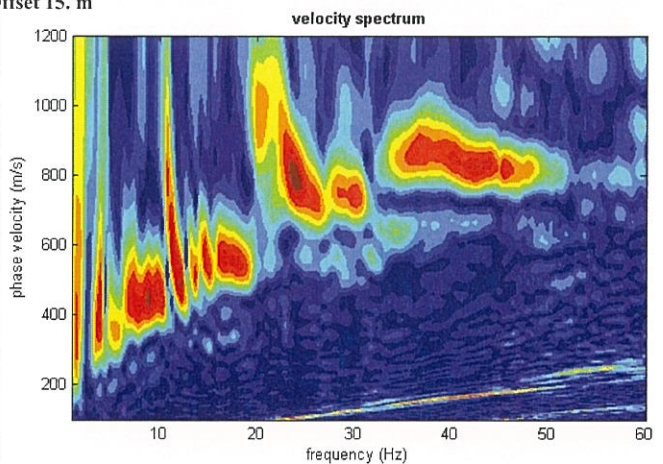
Offset 5.0 m

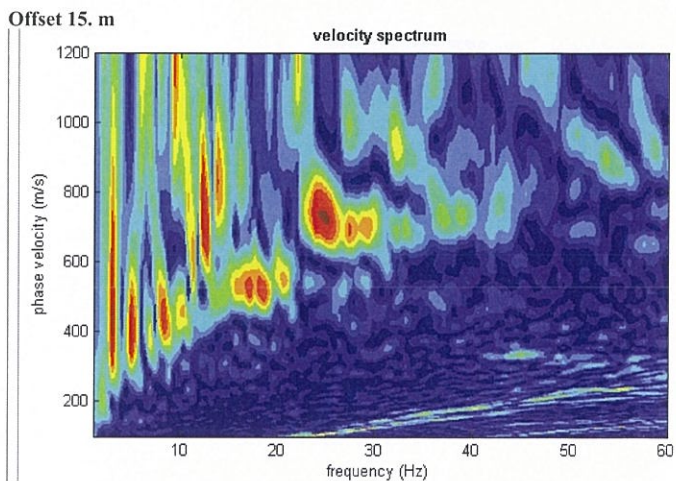
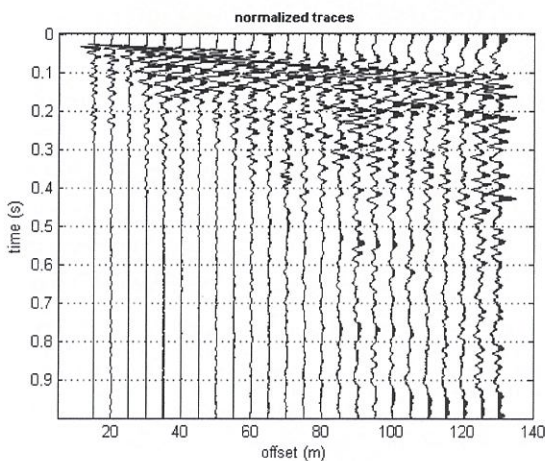
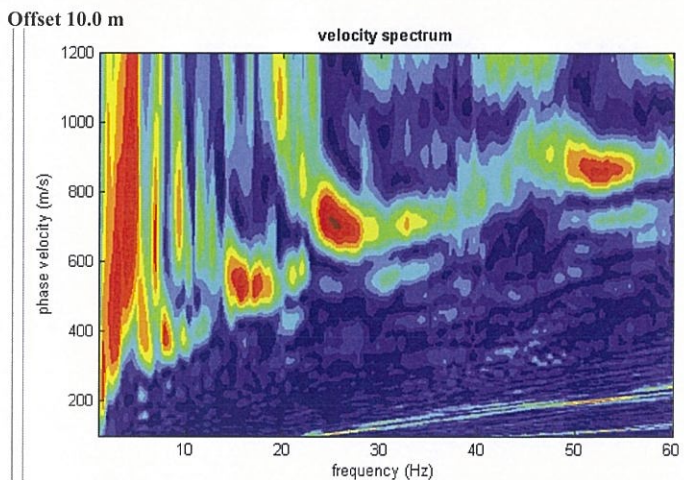
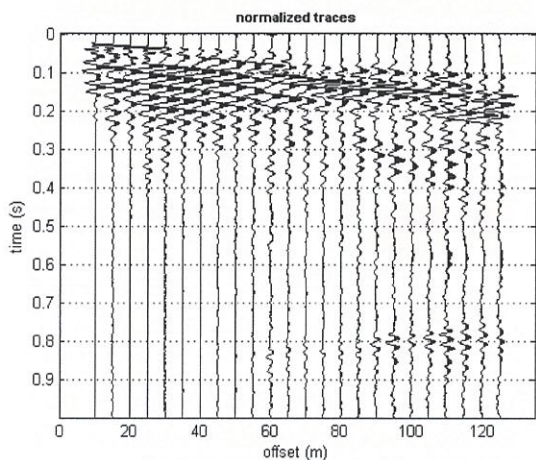
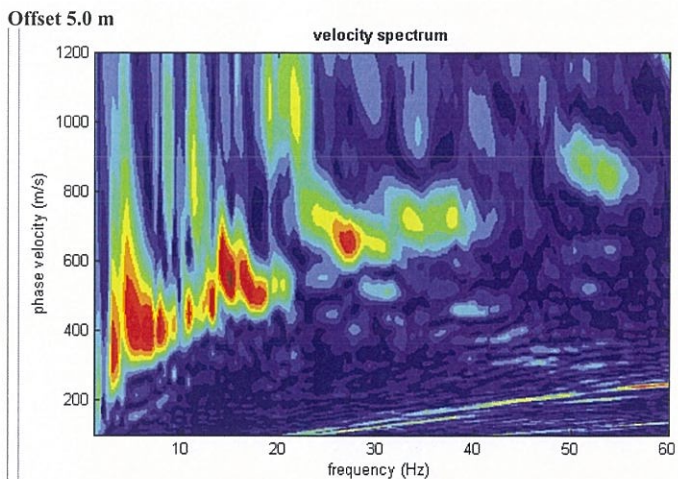
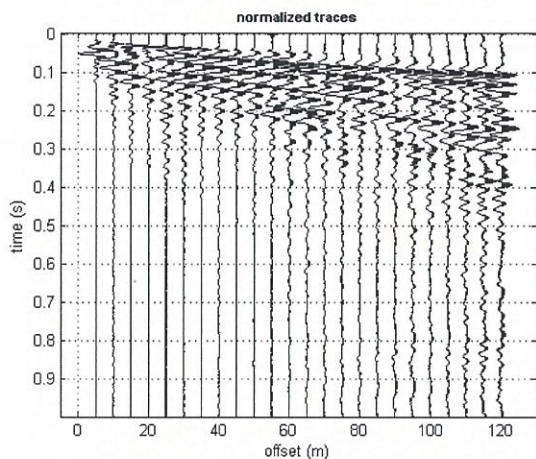


Offset 10.0 m

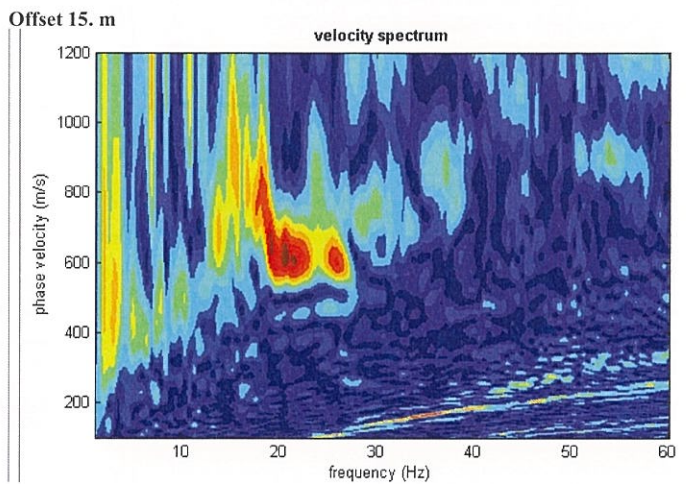
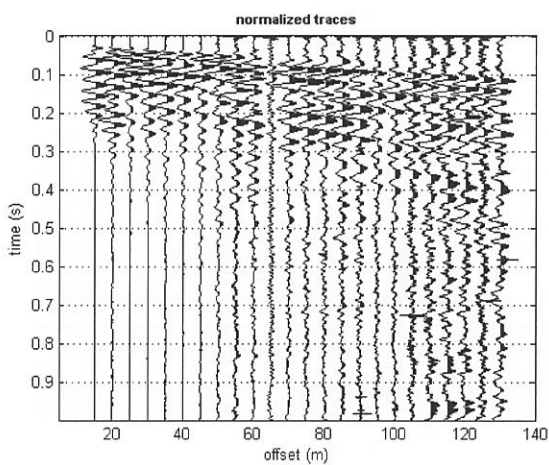
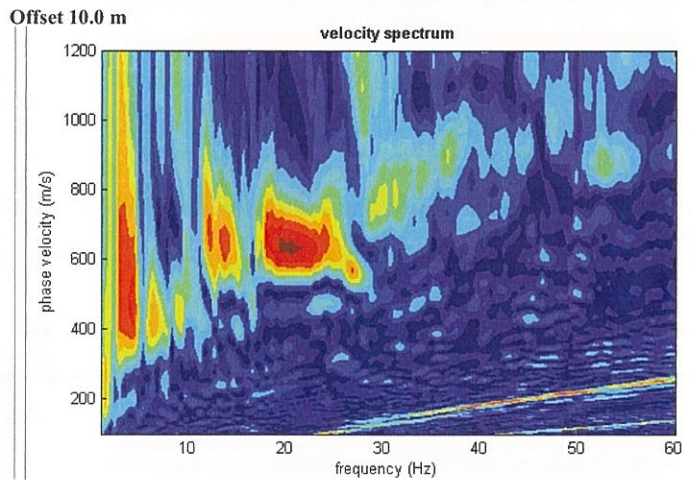
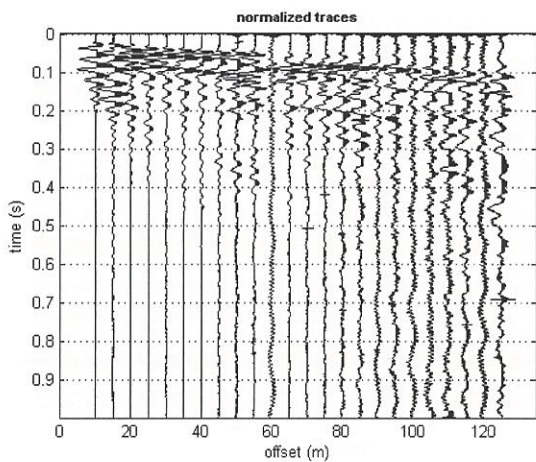
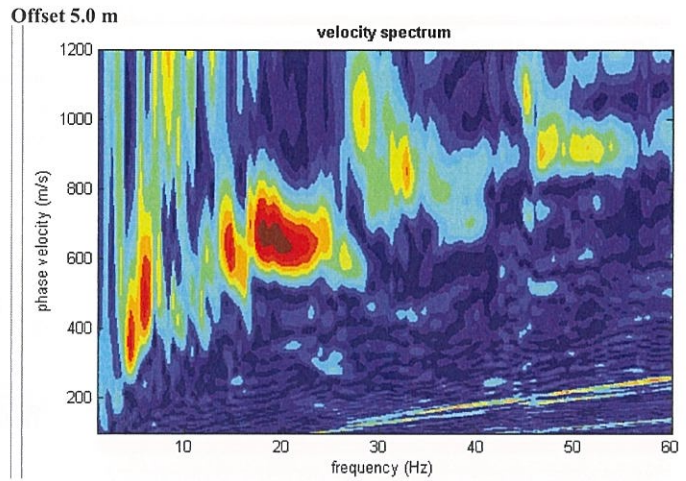
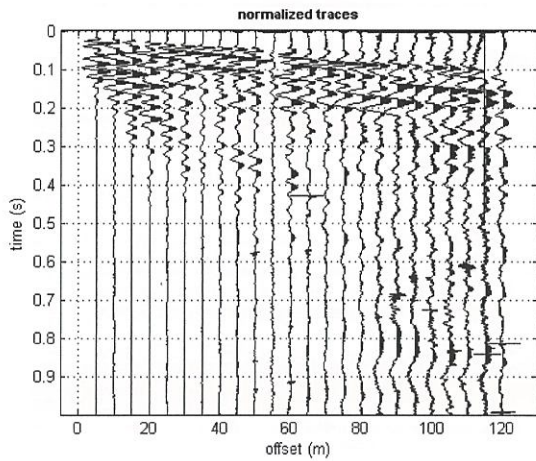


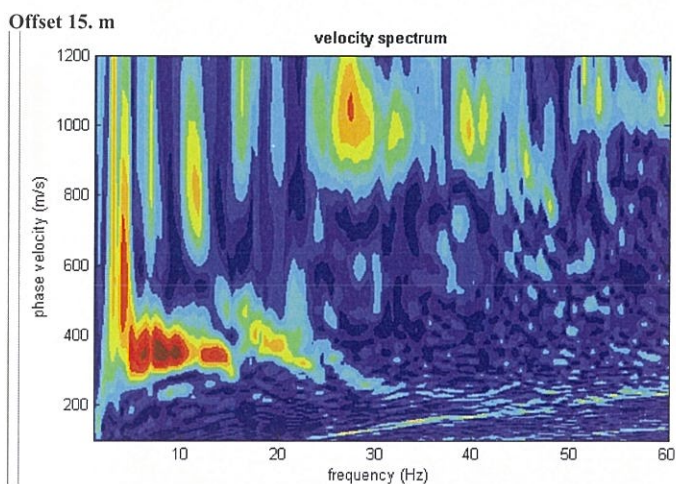
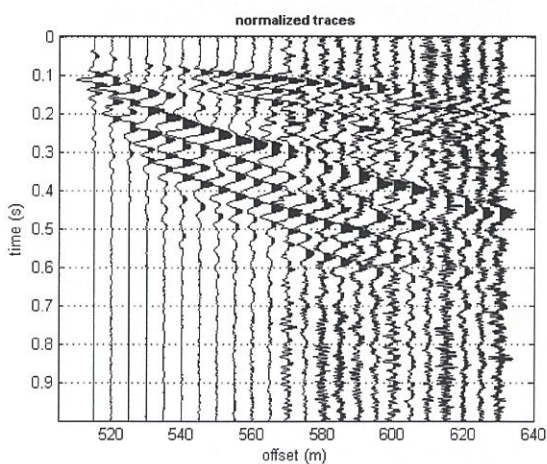
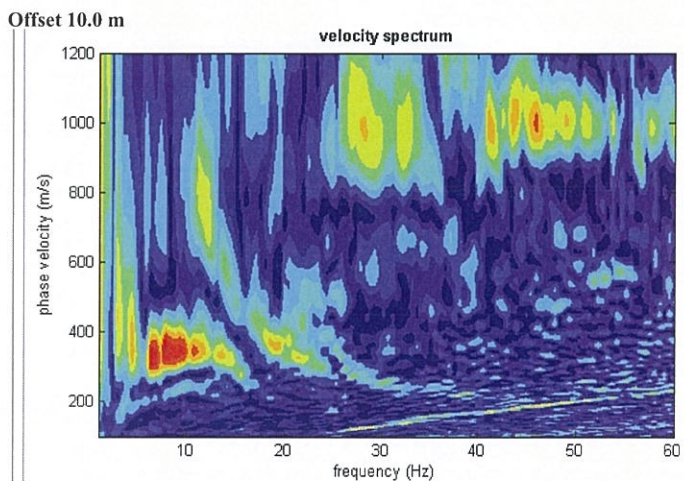
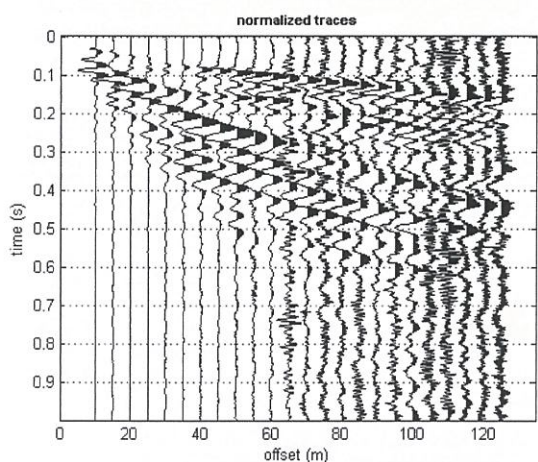
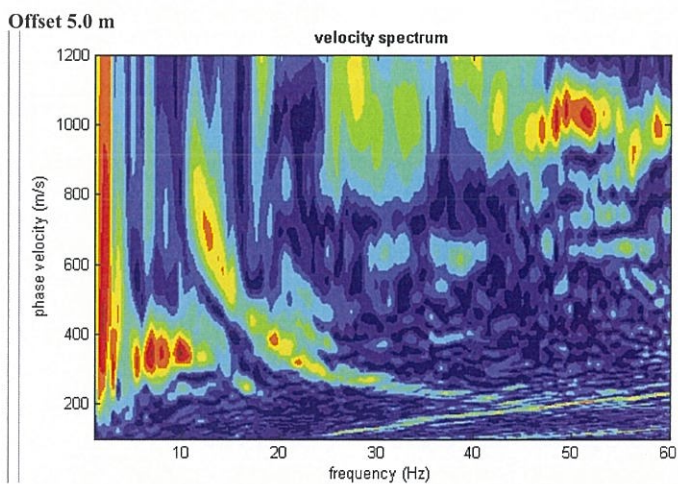
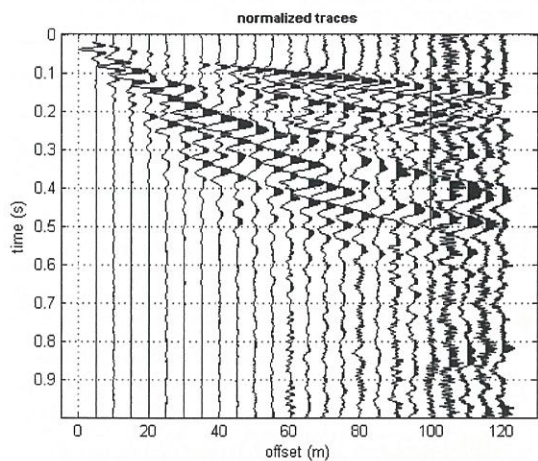
Offset 15. m



REGISTRAZIONI / SPETTRI PROVA MASW - XB


REGISTRAZIONI / SPETTRI PROVA MASW - XC



REGISTRAZIONI / SPETTRI PROVA MASW - XD




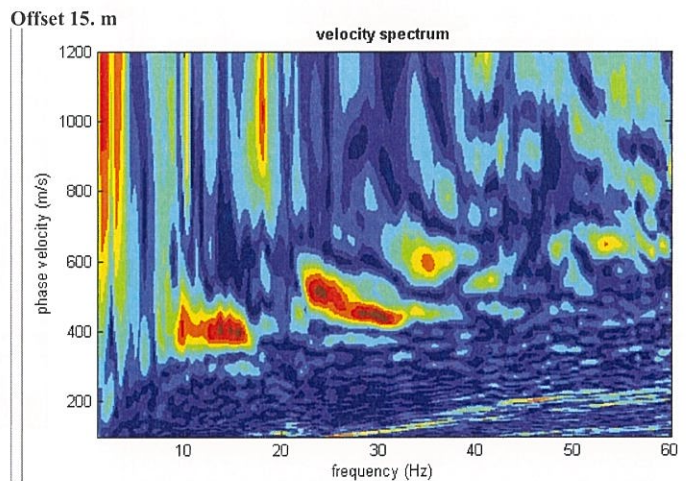
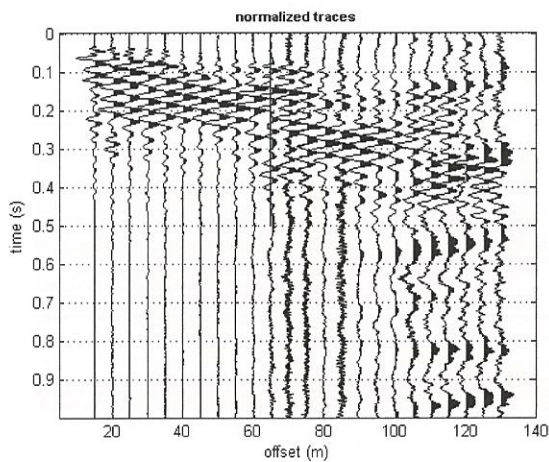
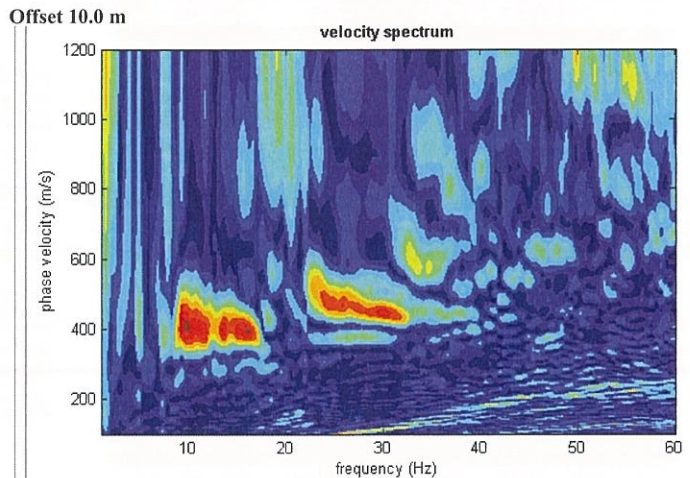
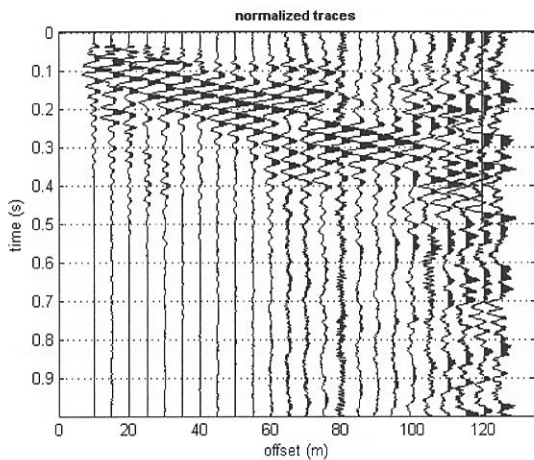
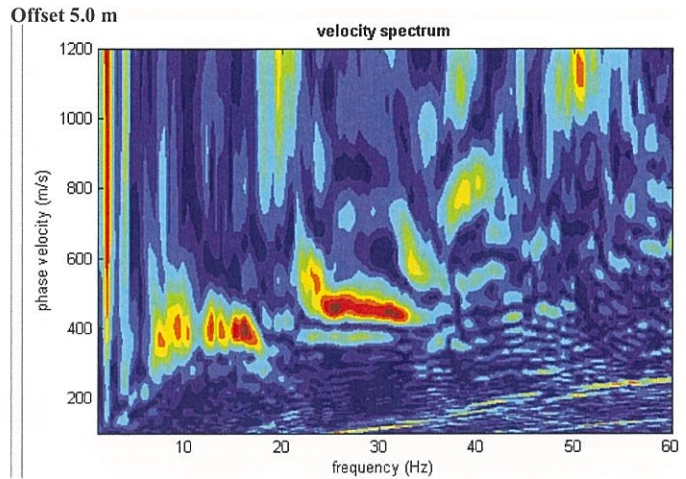
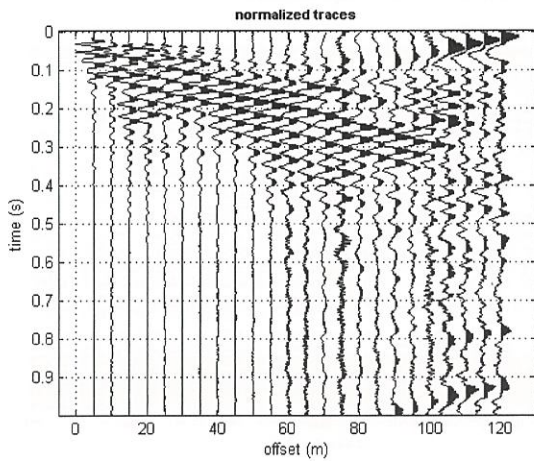
LINEA PESCARA - BARI

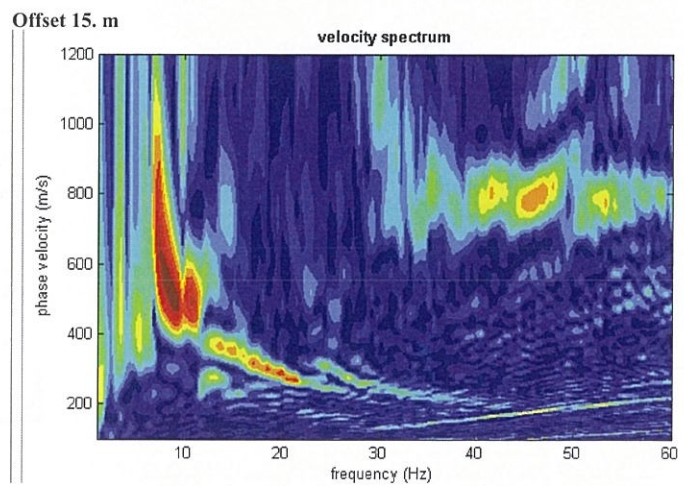
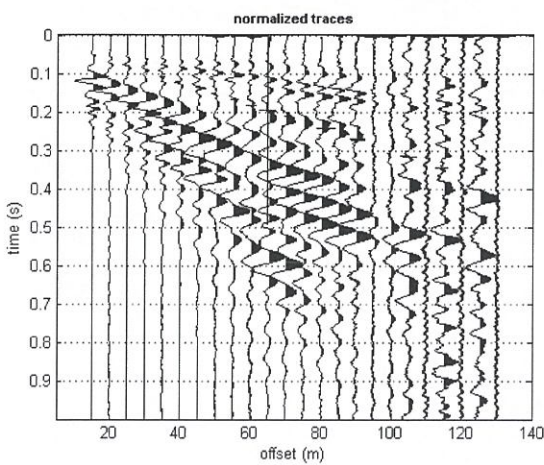
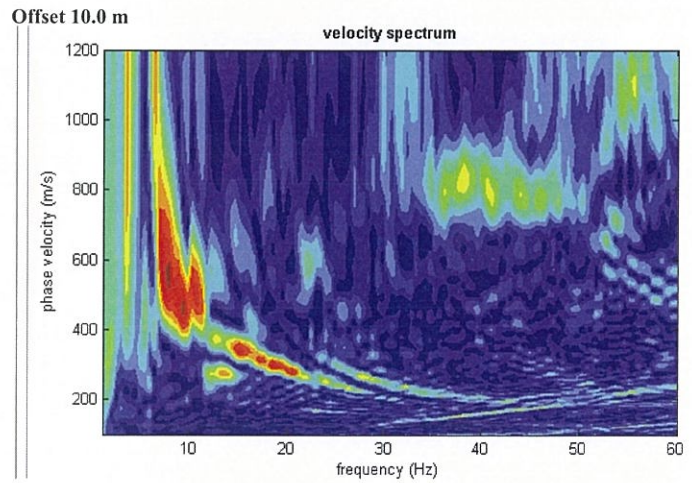
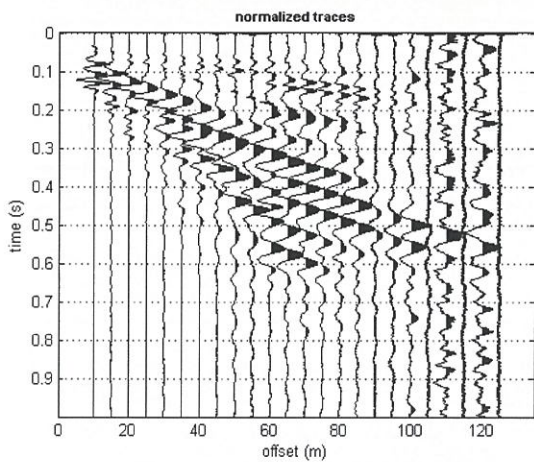
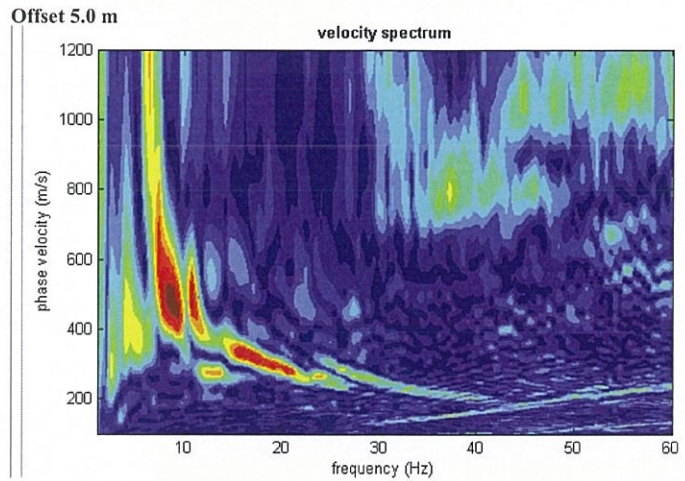
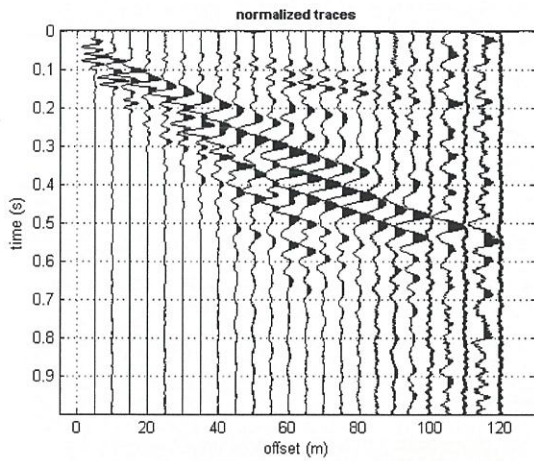
RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-
LESINA: Lotto 1: Ripalta - Lesina

PROSPEZIONI GEOFISICHE

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
LI00	01	D 69 IG GE0005 001	A	47 DI 66

REGISTRAZIONI / SPETTRI PROVA MASW - **XE**



REGISTRAZIONI / SPETTRI PROVA MASW - XF




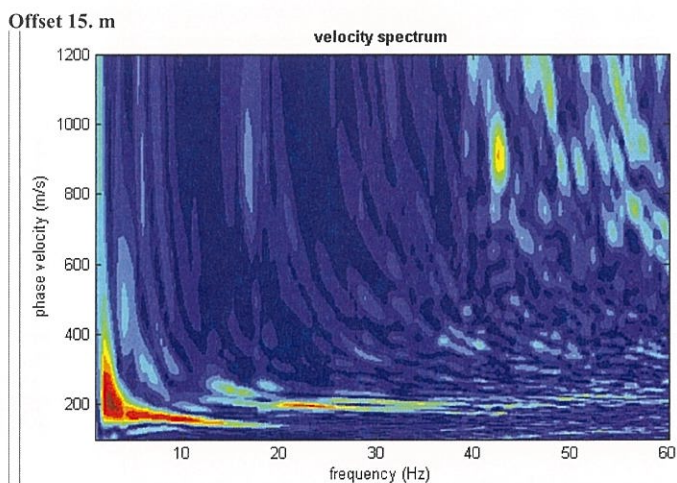
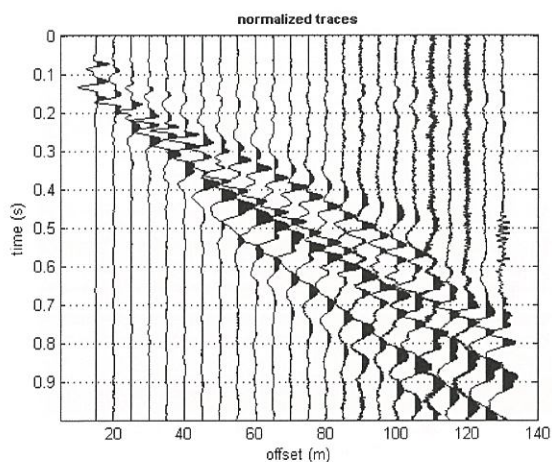
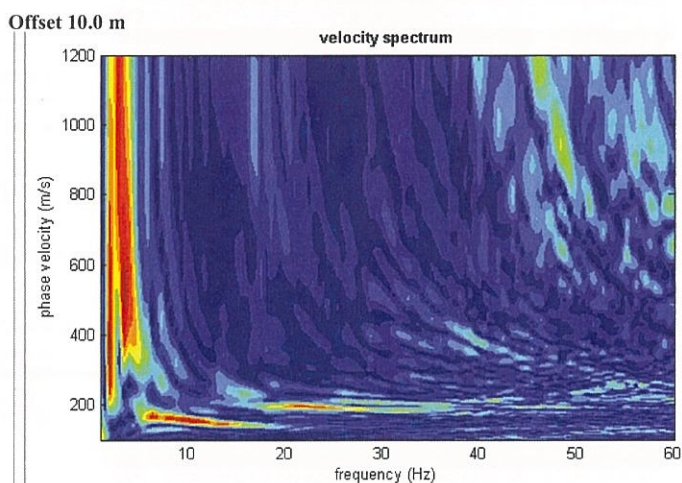
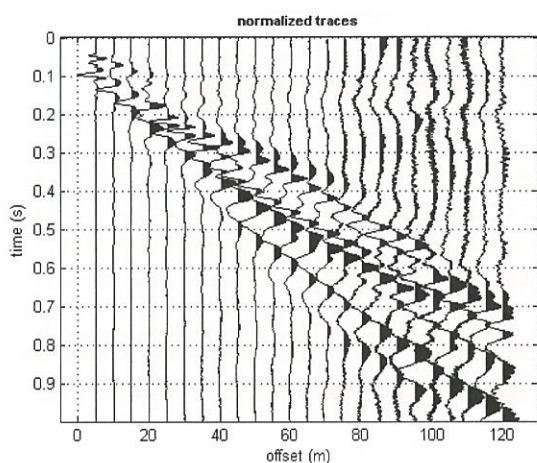
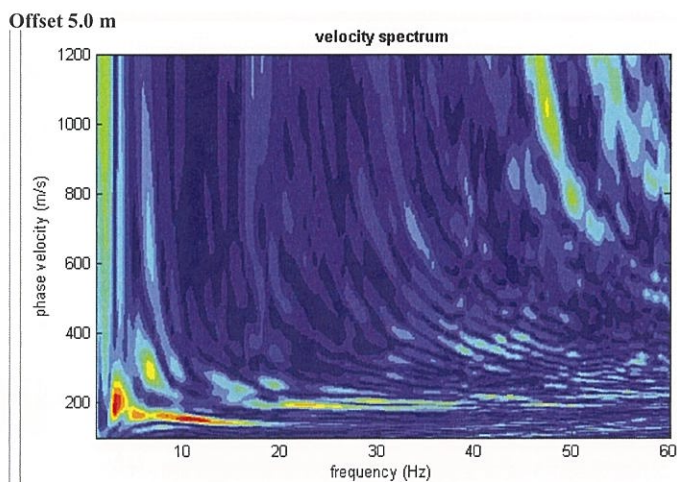
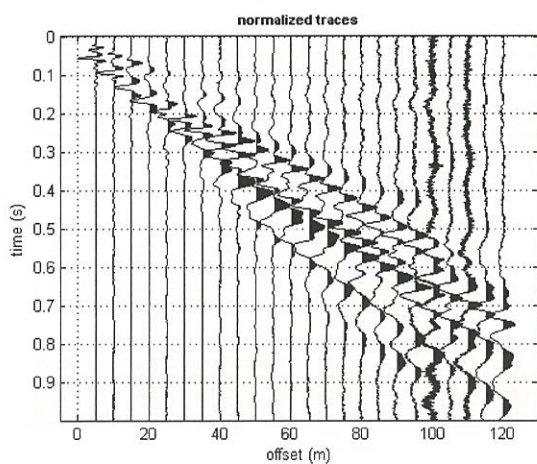
LINEA PESCARA - BARI

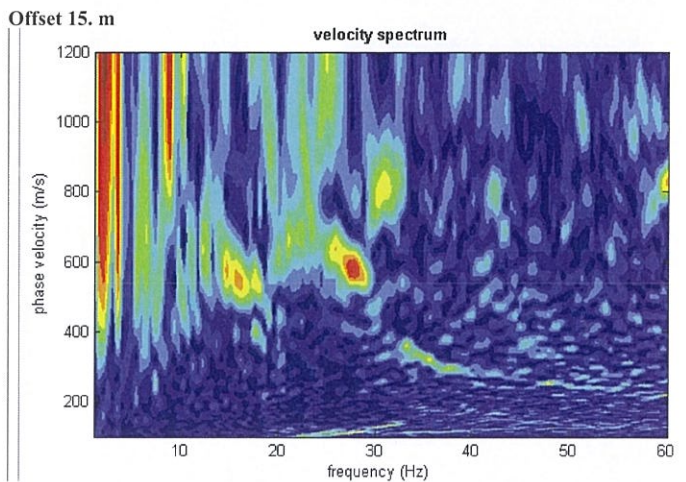
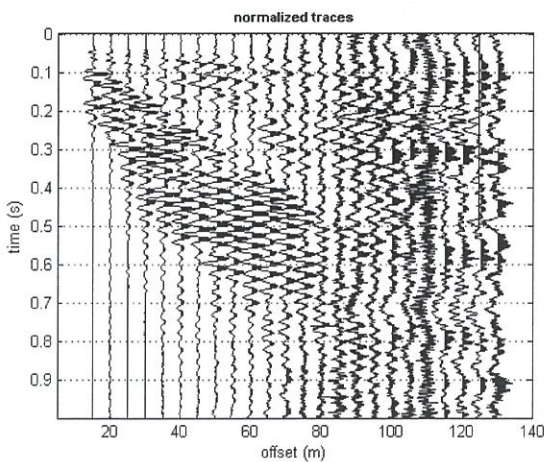
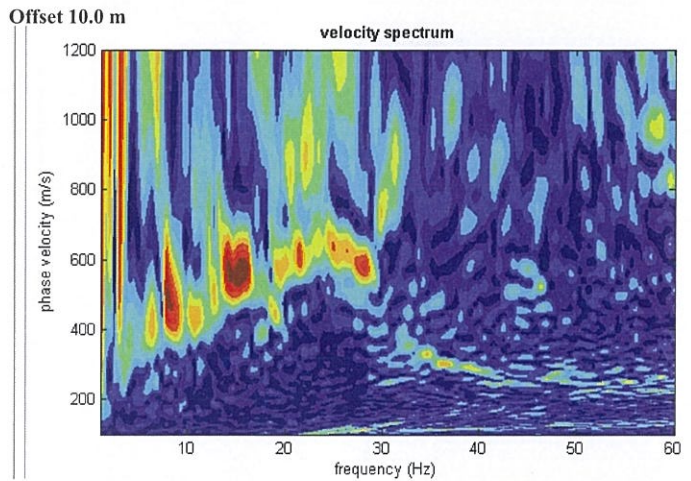
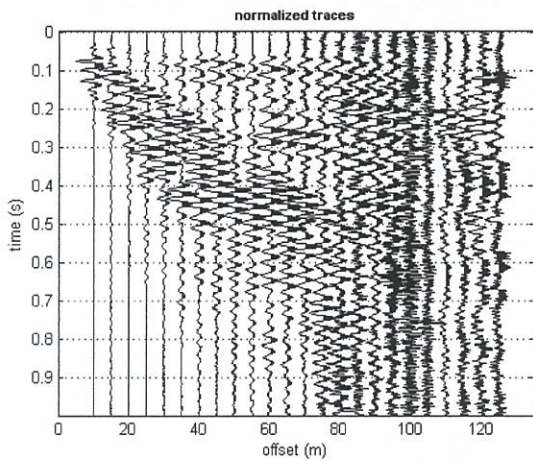
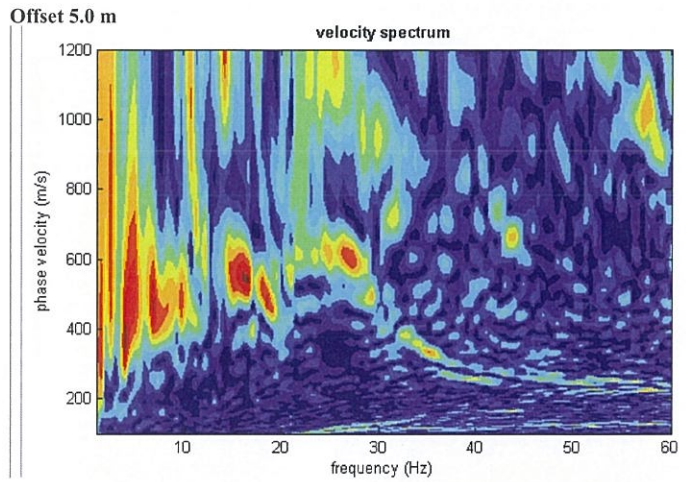
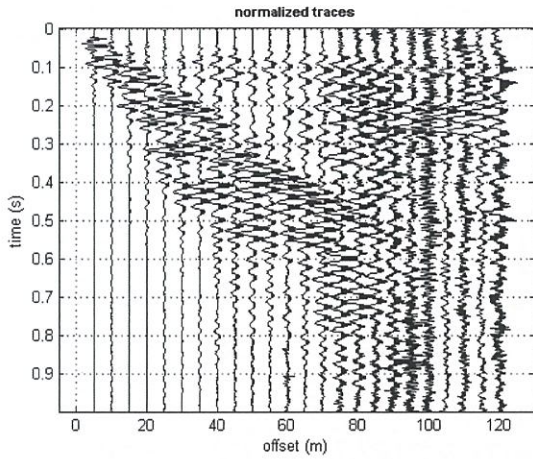
RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-
LESINA: Lotto 1: Ripalta - Lesina

PROSPEZIONI GEOFISICHE

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
LI00	01	D 69 IG GE0005 001	A	49 DI 66

REGISTRAZIONI / SPETTRI PROVA MASW - XG



REGISTRAZIONI / SPETTRI PROVA MASW – XH




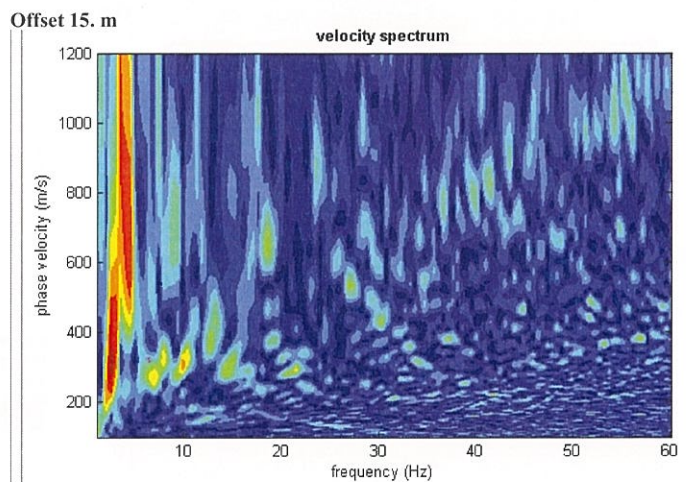
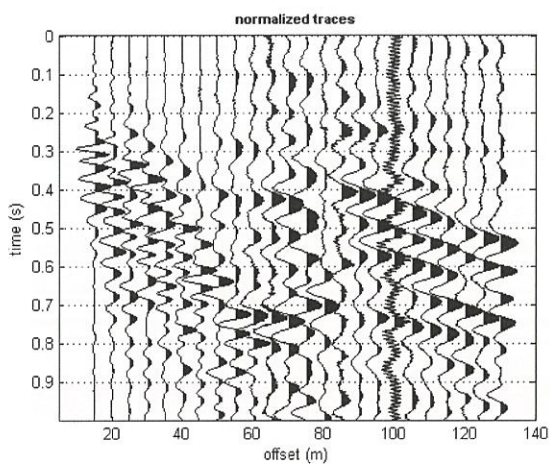
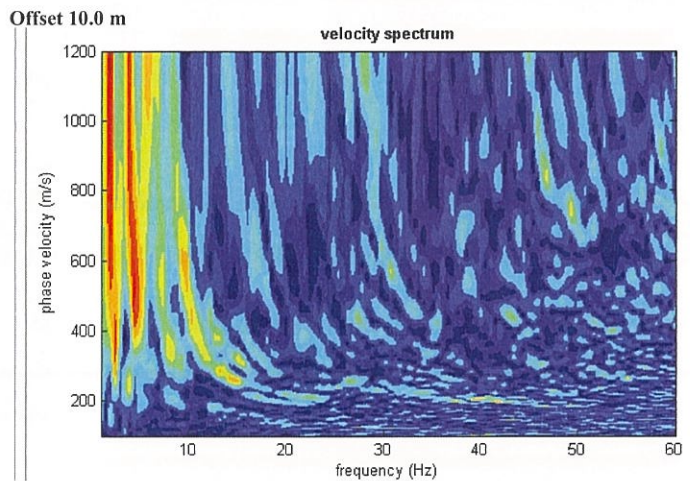
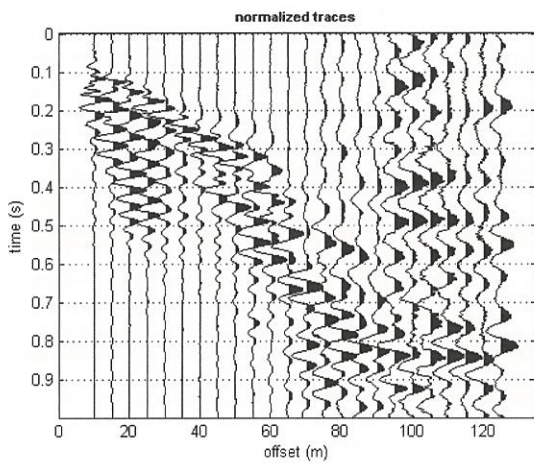
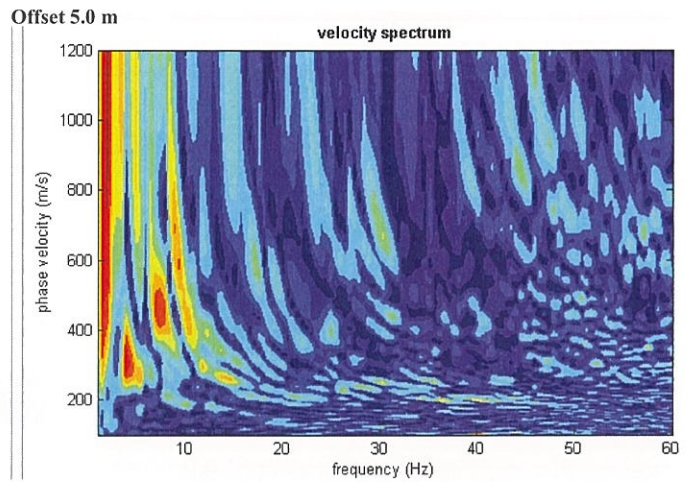
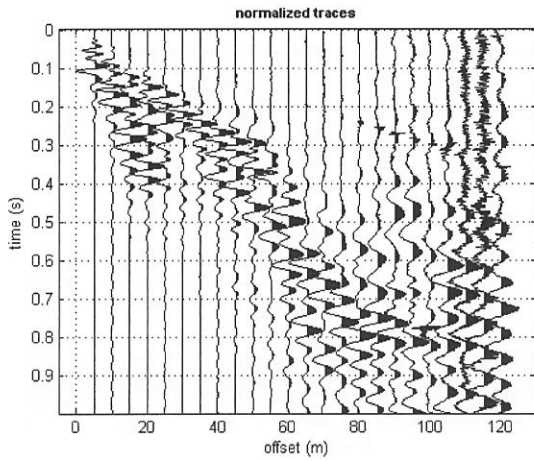
LINEA PESCARA - BARI

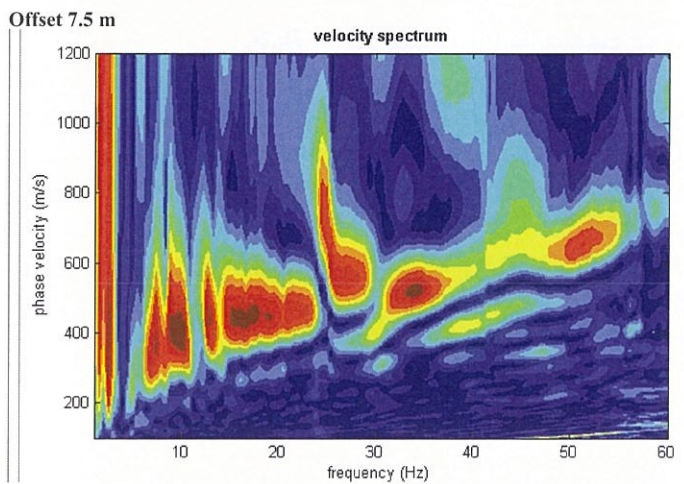
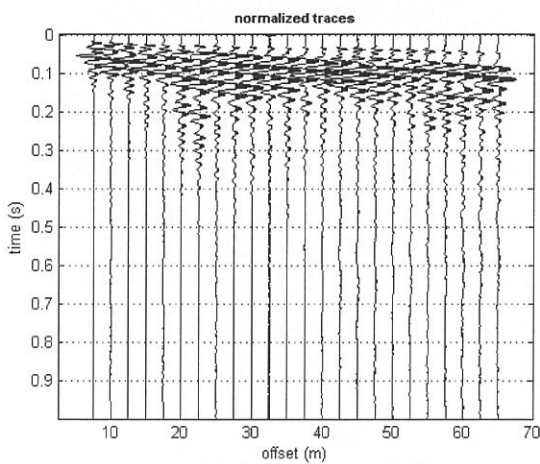
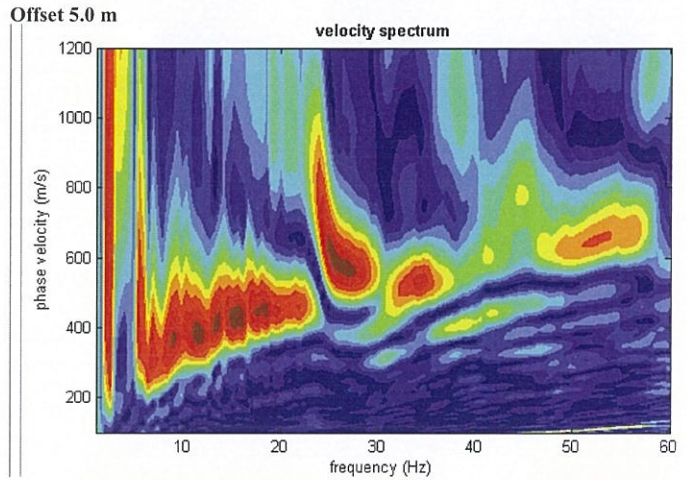
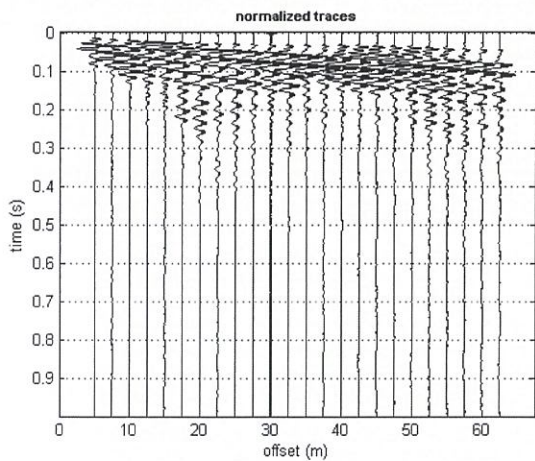
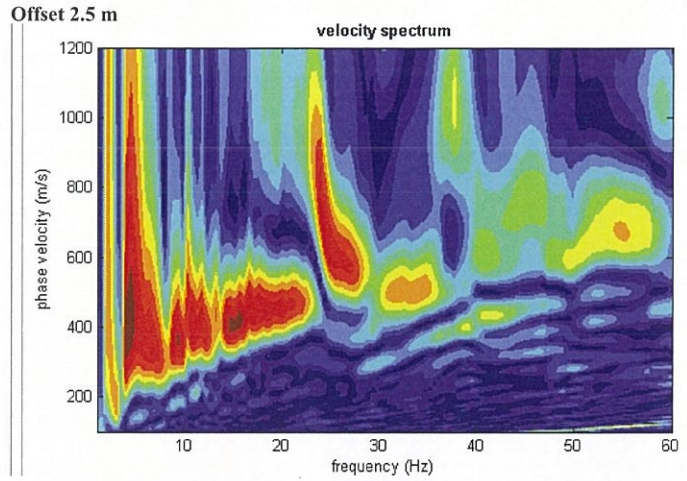
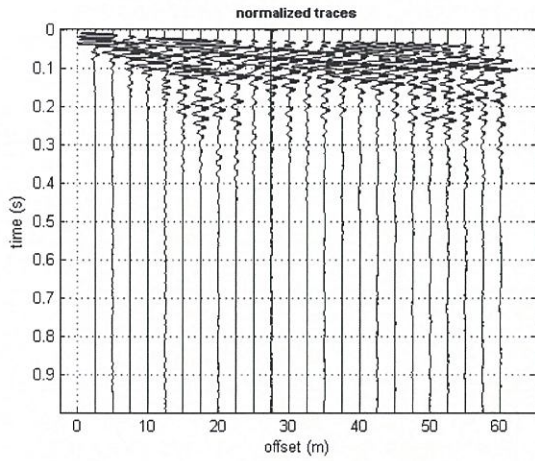
RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-
LESINA: Lotto 1: Ripalta - Lesina

PROSPEZIONI GEOFISICHE

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
LI00	01	D 69 IG GE0005 001	A	51 DI 66

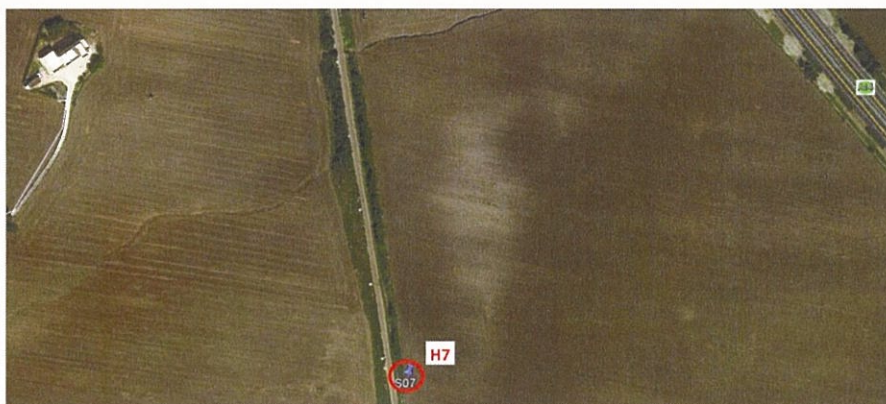
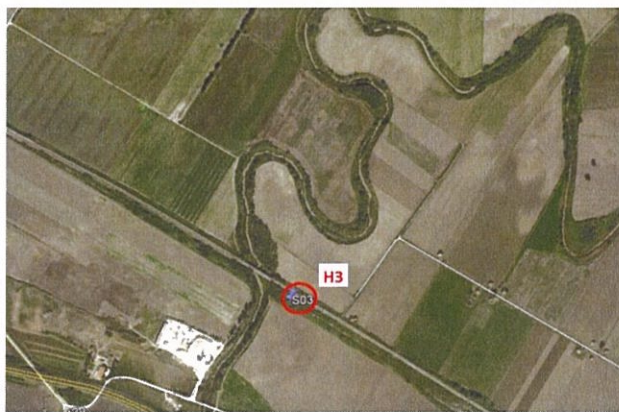
REGISTRAZIONI / SPETTRI PROVA MASW - XI



REGISTRAZIONI / SPETTRI PROVA MASW - XM


7 PROVE DOWN-HOLE

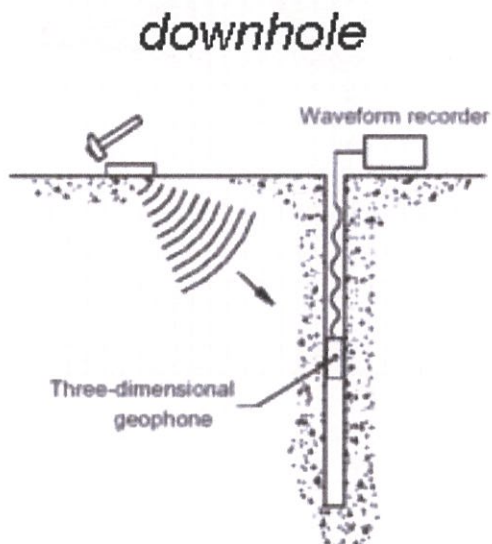
In corrispondenza dei sondaggio S1, S3 e S7 opportunamente attrezzati sono stati effettuati le prova D-H, denominate H1, H3 e H7; le singole ubicazioni sono riportate nella seguenti foto aeree, per la loro collocazione sull'aerofotogrammetrico fare riferimento alle Tav. A, B ed E, inserite nel documento "ELABORATI GRAFICI", PROGR 002.



7.1 Descrizione / acquisizione prova D-H

La tecnica del Down-Hole consiste nel misurare i tempi di arrivo delle onde sismiche P e S generate da una specifica sorgente ad un geofono tridimensionale (costituito da tre geofoni orientati secondo le tre direzioni spaziali) posto in un foro di sondaggio a profondità crescenti.

Le onde di taglio (S), sono state generate con impulsi orizzontali battendo sul lato di una tavola zavorrata dal peso di un'autovettura. Le Onde di compressione (P) sono state create con impulsi verticali generati da una massa battente in prossimità del sondaggio (v. schema a lato).





LINEA PESCARA - BARI

RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-
LESINA: Lotto 1: Ripalta - Lesina

PROSPEZIONI GEOFISICHE

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
LI00	01	D 69 IG GE0005 001	A	54 DI 66

7.2 Elaborazione e restituzione dei dati

Sui sismogrammi registrati sono stati "letti" i tempi di arrivo sia delle onde sismiche P che delle onde S, per ogni intervallo di profondità. Il calcolo delle velocità sismiche è stato realizzato attraverso la misura della differenza di tempi fra posizioni differenti del geofono ed il punto di energizzazione.

Nei grafici alleati sono visualizzati i sismogrammi acquisiti, l'andamento delle velocità sismiche d'intervallo.

Nella tabella di sintesi sono rappresentate le velocità delle onde P e S calcolate ad intervalli di 1 metro; sono inoltre riportati i valori dei principali parametri dei materiali, ricavati dall'indagine sismica:

- Velocità Onde P= VP
- Velocità Onde S= VS
- Rapporto VP/VS
- Rapporto di Poisson σ
- Modulo di taglio G din
- Modulo di Young E din
- Modulo di compressione Ev

Per il calcolo dei moduli dinamici sono stati utilizzati i valori di γ = peso di volume valutati sulla base delle litologie presenti.

7.3 Analisi dei risultati

I risultati acquisiti e sintetizzati negli elaborati di seguito allegati possono essere riassunti in:

Down-Hole H1: valore di V_{s30} pari a **372 m/sec** definisce un suolo di **Categoria B**.

- **Si osservano valori di V_p** fino a -5.00 dal p.c. valori inferiori a 100 m/sec, seguono sino a -12.00 m dal p.c. valori compresi tra 1300-1600 m/sec, quindi un elemento relativamente veloce sino a -16.00 m dal p.c. (valori attorno a 1900 m/sec) ed un progressivo decadimento delle velocità medie attorno a 1100 m/sec
- **Relativamente alle velocità V_s** i valori si stabilizzano mediamente tra 350/500 m/sec con un incremento nella porzione centrale della prova con valori di 600/680 m/sec

Down-Hole H3: valore di V_{s30} pari a **198 m/sec** definisce un suolo di **Categoria C**.

- **Si osservano valori di V_p** tra 800-1200 m/sec sino a -12.00 dal p.c., quindi un incremento di 1200/1400 m/sec con picco di 1850 m/sec sino a -23.00, con successivo decremento attorno a 1000 m/sec a fondo foro
- **Relativamente alle velocità V_s** si stabilizzano tra 150/200 m/sec con locali incrementi a 350 m/sec alla profondità di -13/-14.00 m dal p.c.

Down-Hole H7: valore di V_{s30} pari a **396 m/sec** definisce un suolo di **Categoria B**.

- **Si osservano valori di V_p** inferiori a 1000 m/sec sino a -4.00 m dal p.c. quindi valori di 1500 m/sec fino a -9.00 dal p.c., segue un'unità di 1500/1800 m/sec sino a -20.00 dal p.c., infine sino a fondo foro velocità di V_p di 2000/2300 m/sec
- **Relativamente alle velocità V_s** si osservano valori inferiori a 420 m/sec sino a -10.00 m dal p.c., valori di velocità tra 500/550 sino a -21.00 dal p.c., quindi una recessione a 400 m/sec sino a fondo foro

Documentazione fotografica Down-Hole H1

Sondaggio*Energizzazione Onde P**Energizzazione Onde S*

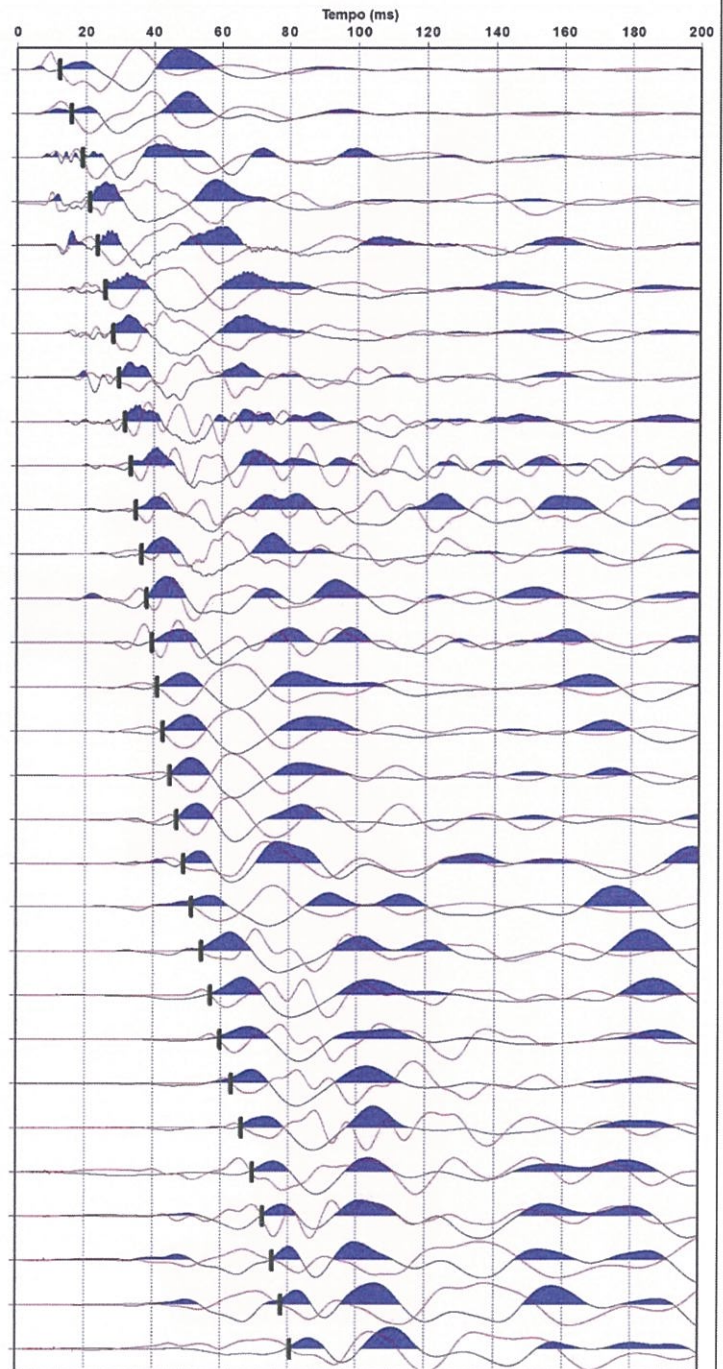
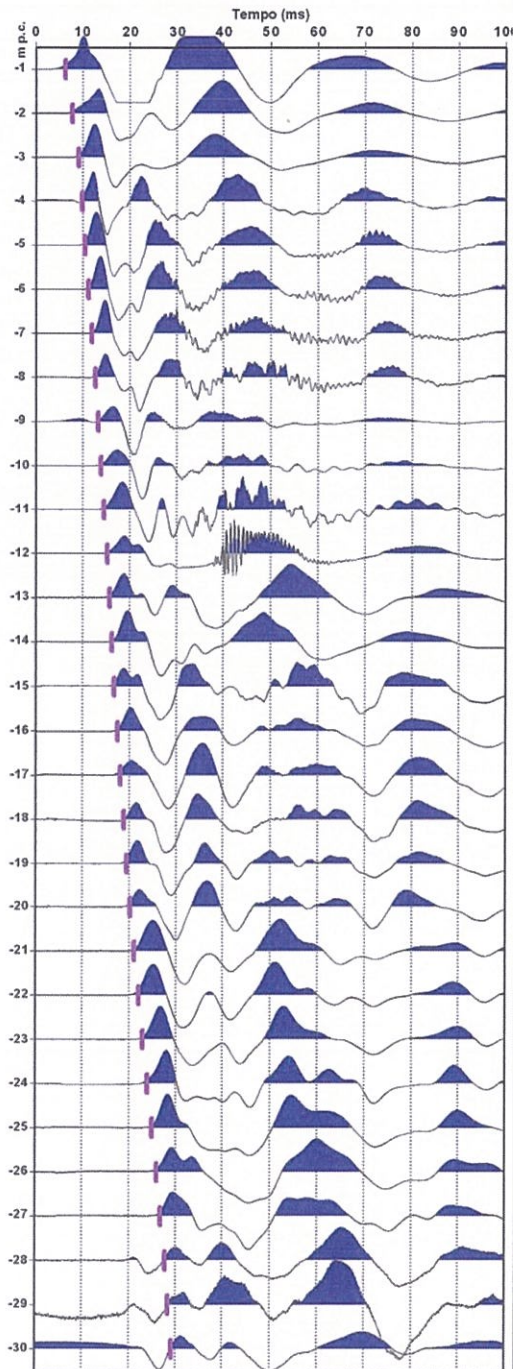
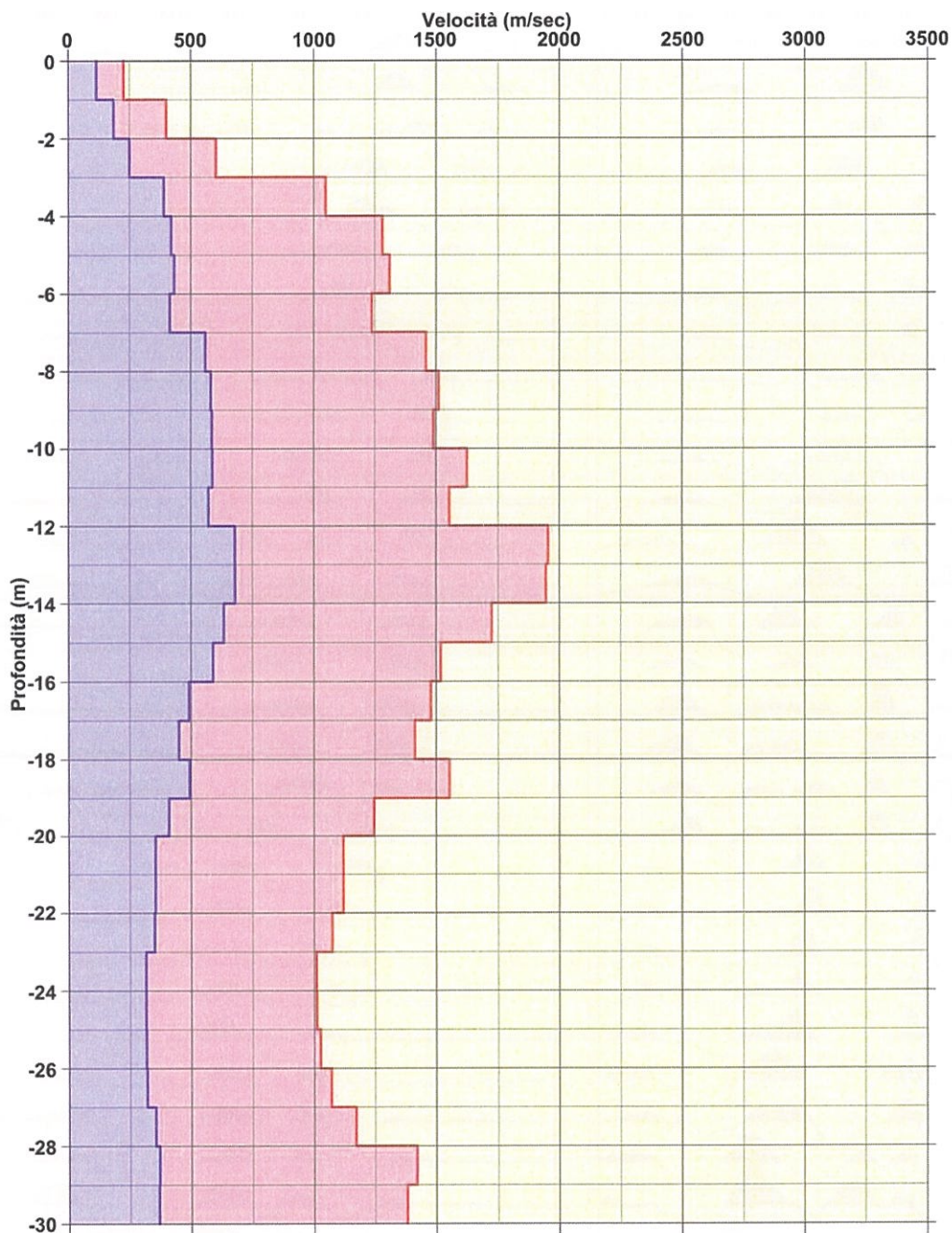
SISMOGRAMMI
DOWN HOLE
H1


GRAFICO VELOCITÀ
DOWN HOLE
H1

 Velocità
Onde VSH

 Velocità
Onde VP

 $V_{s30} = 372$ m/sec

 Classificazione sismica del
suolo di fondazione:

Categoria B

Documentazione fotografica Down-Hole H3

Sondaggio



Energizzazione Onde P



Energizzazione Onde S



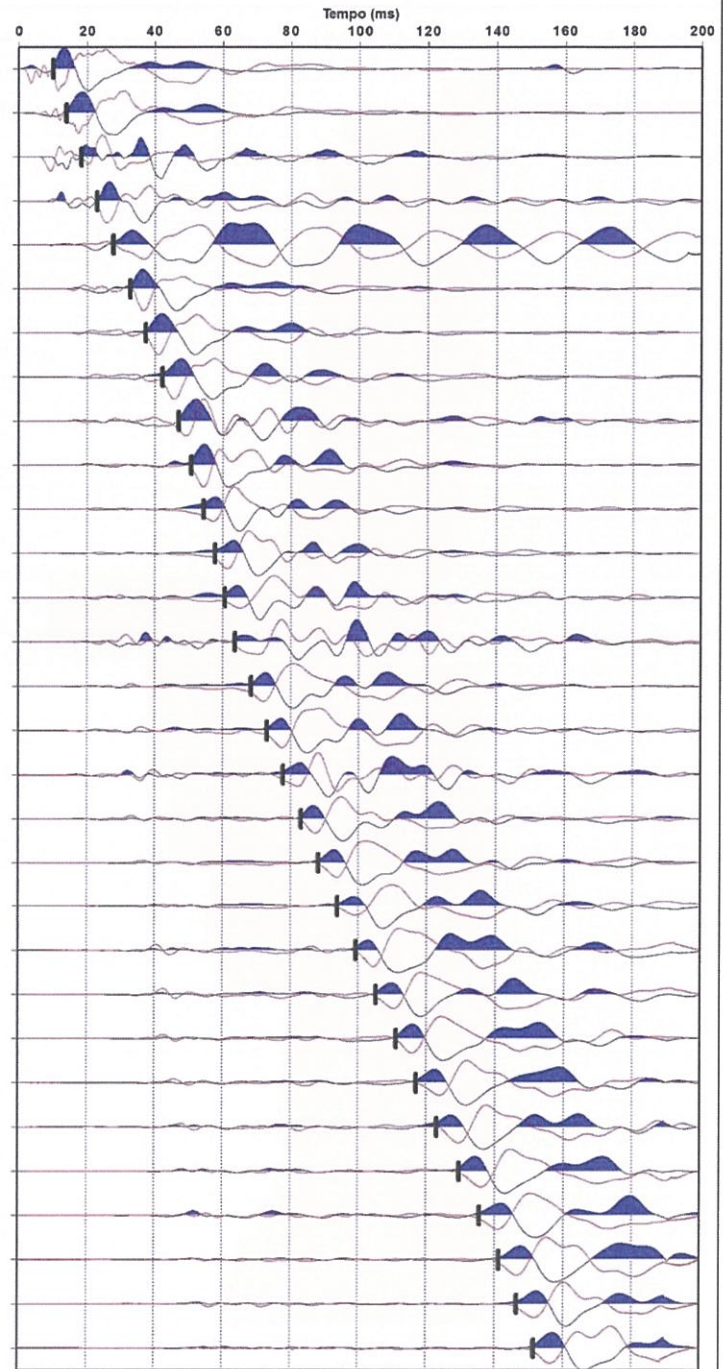
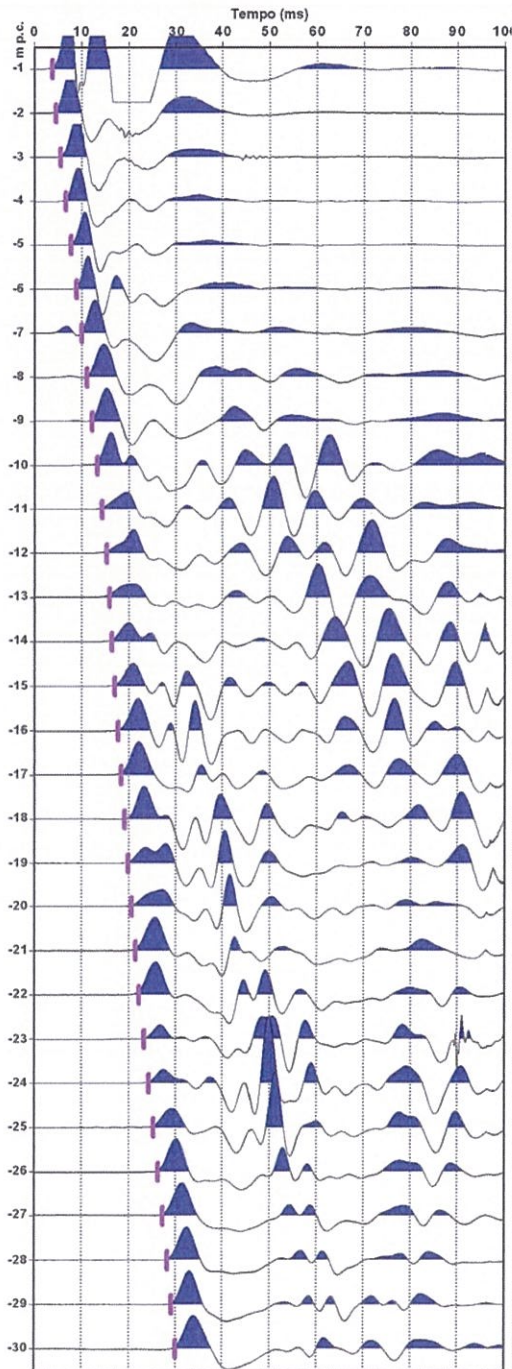
SISMOGRAMMI
DOWN HOLE
H3


GRAFICO VELOCITÀ
DOWN HOLE
H3

 Velocità
 Onde VSH

 Velocità
 Onde VP

 $V_{s30} = 198$ m/sec

 Classificazione sismica del
 suolo di fondazione:

Categoria C

Documentazione fotografica Down-Hole H7

Sondaggio



Energizzazione Onde P



Energizzazione Onde S



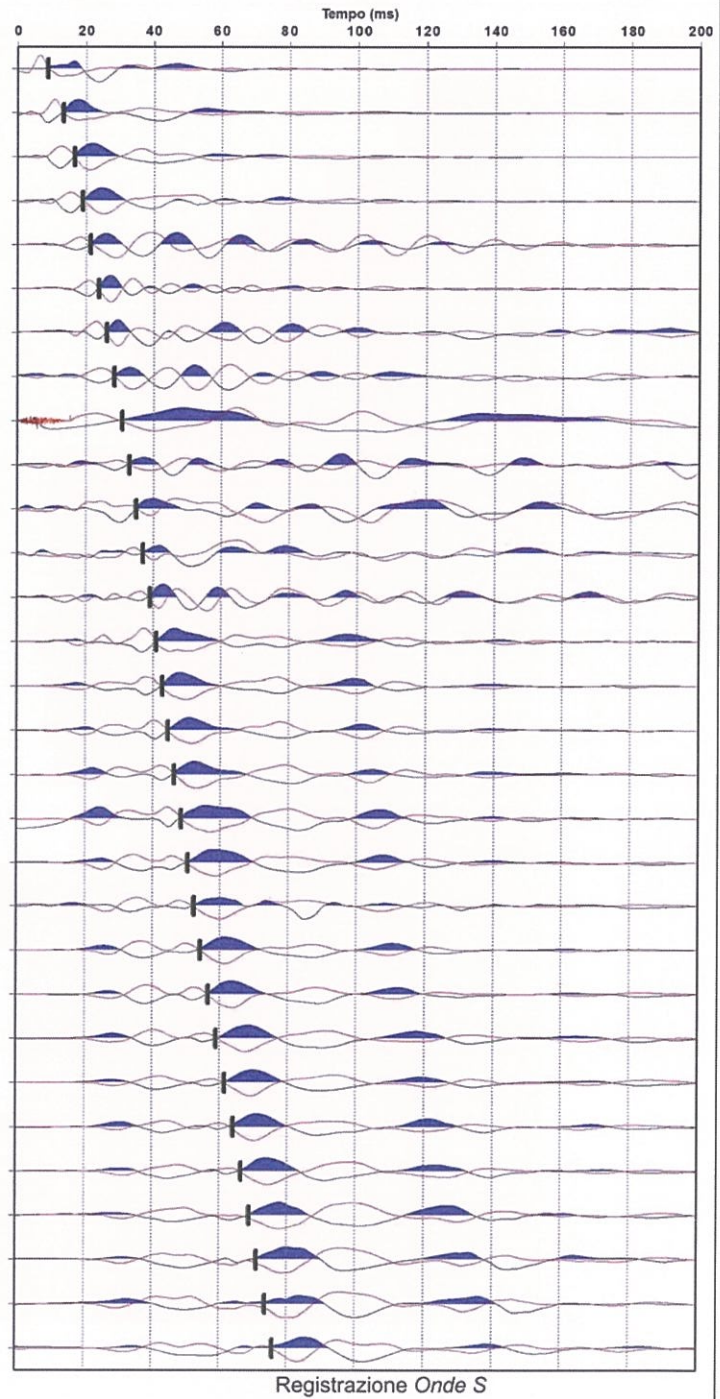
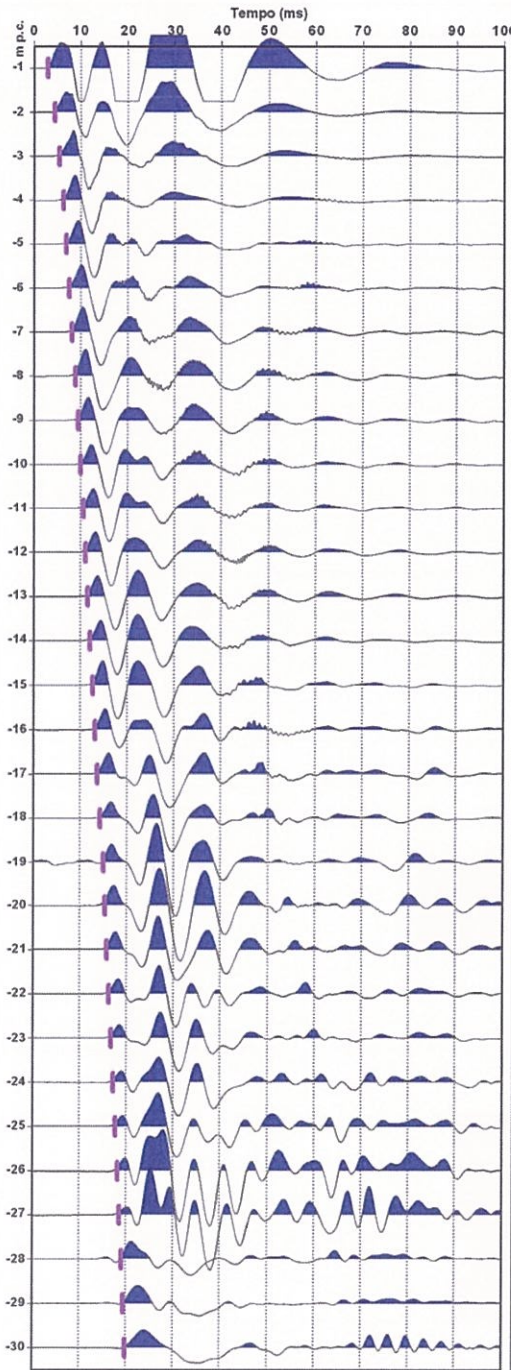
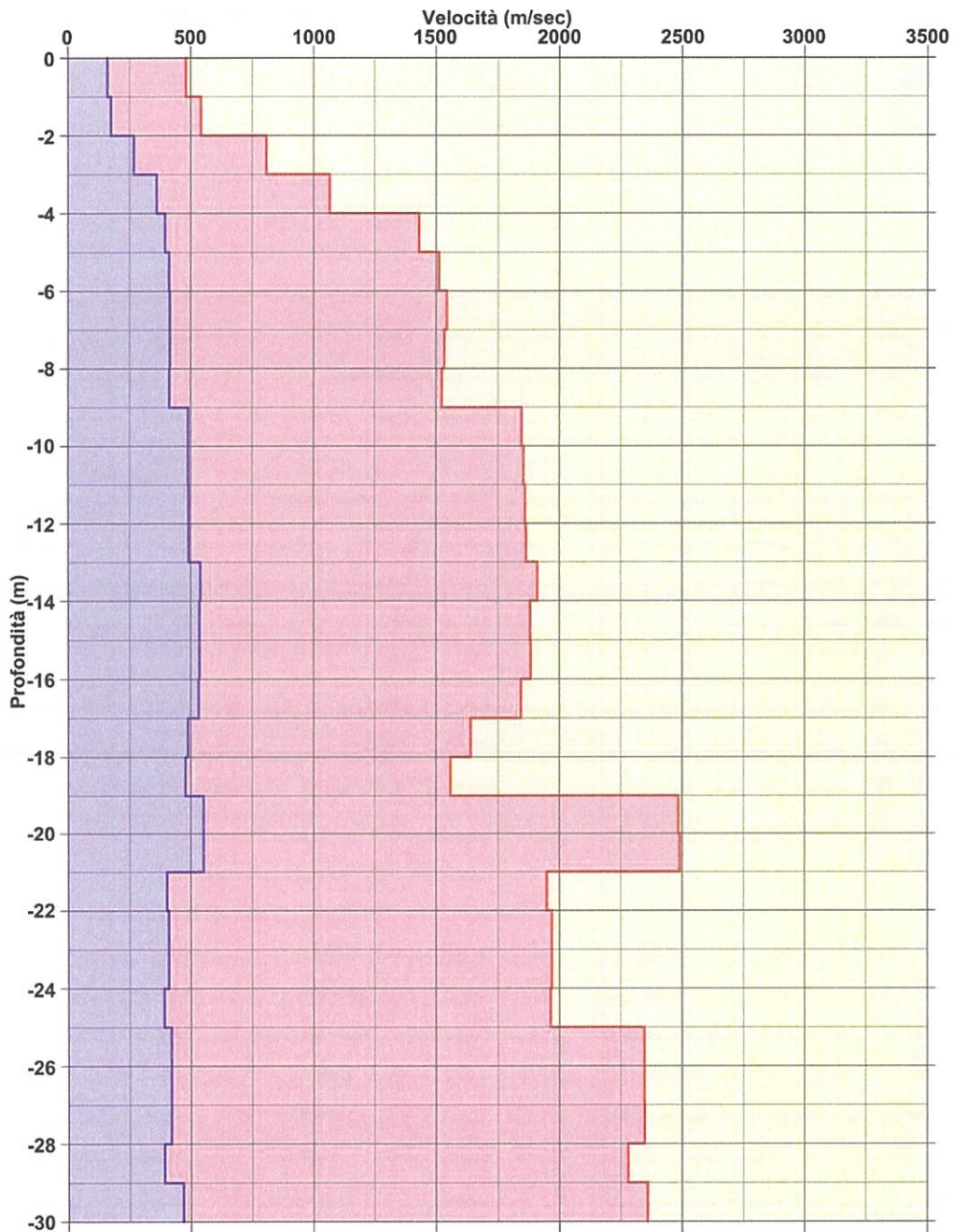
SISMOGRAMMI
DOWN HOLE
H7


GRAFICO VELOCITÀ
DOWN HOLE
H7

 Velocità
 Onde VSH

 Velocità
 Onde VP

 $V_{s30} = 396$ m/sec

 Classificazione sismica del
 suolo di fondazione:

Categoria B

