



Regione Lombardia



COMUNE DI CALVISANO

Committente: "Comune di Calvisano" - Piazza Caduti, 4 - 25012 - Calvisano (BS)

AGGIORNAMENTO DELLA COMPONENTE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA DEL PGT COMUNALE
(art. 57 L.R. 12/05 e smi - DGR IX/2616/11)



ALLEGATO 3: RACCOLTA REPORT ILLUSTRATIVI CAMPAGNA D'INDAGINI GEOFISICHE

Geol. Alessandro Schiepatti



Geol. Fabio Fenaroli



Prima stesura
versione: rev.00

Pisogne, gennaio 2017

Via Giuseppe Palini, 5
25055 Pisogne (BS)
cell. 328.059.00.24
geologo.fenaroli@gmail.com



GEOLOGO
FABIO
FENAROLI

INDICE

1. INDAGINI GEOFISICHE: CENNI TEORICI.....	3
1.1 Cenni teorici.....	3
1.2 Sismica a rifrazione.....	6
1.3 Procedure di elaborazione e inversione tomografica del dato sismico.....	7
1.4 Classificazione sismica dei sottosuoli mediante metodologia MASW	9
2. STRUMENTAZIONE UTILIZZATA	9
2.1 Acquisizione dati	9
2.2 Sorgenti di energizzazione	10
2.3 Ricevitori	10
3. ACQUISIZIONE DATI E MODALITÀ OPERATIVE DI CAMPAGNA	11
3.1 Indagine sismica tipo MASW	11
4. ANALISI ED ELABORAZIONE DEI DATI	12
4.1 Indagine sismica tipo MASW	12
5. APPLICAZIONE DELLE NTC08: DETERMINAZIONE CATEGORIA SOTTOSUOLO.....	13
6. VALUTAZIONE DELLA SUSCETTIBILITÀ SISMICA DELL'AREA.....	14
6.1 Effetti litologici.....	14
7. REPORT INTERPRETATIVI	16

1. INDAGINI SISMICHE

1.1. Cenni teorici

La prospezione sismica si occupa dell'esplorazione del sottosuolo attraverso metodi di studio di tipo indiretto, dove per metodi di tipo indiretto si intendono quelle metodologie di studio in grado di definire la presenza e la tipologia di una determinata anomalia nel sottosuolo, identificandone indirettamente le caratteristiche salienti, analizzando i parametri fisico meccanici dedotti dal metodo di prospezione utilizzato. I metodi sismici, in generale, permettono di effettuare un'analisi dettagliata di differenti tipologie di materiale, sfruttando le proprietà di questi ultimi quando sono attraversati da un'onda di tipo sismico. Le varie metodologie di indagine si basano sulla propagazione delle onde sismiche da una sorgente di energia artificiale a una serie di ricevitori (geofoni). Il passaggio delle onde attraverso il mezzo indagato e le variazioni che esse ne subiscono permettono di ricostruire le caratteristiche meccaniche e geometriche del sottosuolo.

Le onde di tipo sismico possono essere in generale classificate come:

- onde di volume
 - P: onde primarie o di compressione
 - S: onde secondarie o di taglio
- onde di superficie
 - L: onde di Love (caratterizzate da un movimento longitudinale e trasversale)
 - R: onde di Rayleigh (caratterizzate da un movimento ellittico retrogrado)

Quando un'onda sismica che si propaga nel sottosuolo incontra un limite tra materiali con differenti proprietà fisico meccaniche, subisce delle modificazioni salienti sia nel suo percorso, sia nelle intrinseche caratteristiche energetiche. Le caratteristiche del mezzo e l'angolo di incidenza dei raggi sismici determineranno la traiettoria dell'onda sismica. Quando un'onda longitudinale piana incontra una superficie di separazione tra due mezzi isotropi con caratteristiche elastiche differenti, una parte dell'energia si riflette nello stesso mezzo in cui l'onda incidente si propaga, mentre una parte si rifrange nell'altro.

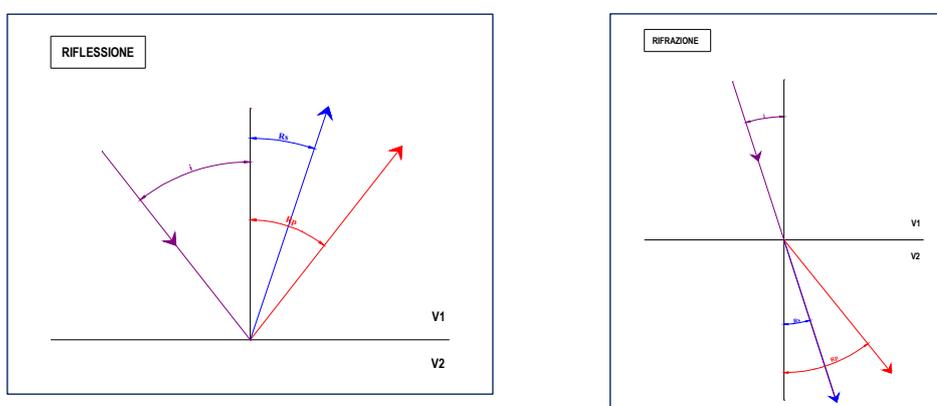


Fig 1: Schematizzazione grafica dei principi di riflessione e rifrazione di un'onda

Riflessione: l'angolo di incidenza (i) è uguale all'angolo di riflessione dell'onda compressionale P (R_p), mentre l'angolo di riflessione dell'onda di taglio S (R_s) è legato all'angolo di incidenza dall'equazione:

$$\sin(R_s) = \frac{V_s}{V_p} \cdot \sin(i)$$

Rifrazione: l'angolo di riflessione dell'onda compressionale P (R_p) è legato all'angolo di incidenza dall'equazione:

$$\frac{\sin(i)}{\sin(R_p)} = \frac{V_{p1}}{V_{p2}}$$

L'angolo di riflessione dell'onda di taglio S (R_s) è legato all'angolo di incidenza dall'equazione:

$$\frac{\sin(i)}{\sin(R_s)} = \frac{V_{p1}}{V_{s2}}$$

Quando $\sin(i) = \frac{V_{p1}}{V_{p2}}$ il valore di $\sin(R_p)$ risulta pari a 1 e l'angolo pari a 90° ; pertanto le onde

compressionali rifratte non attraversano il mezzo ma si propagano lungo l'interfaccia. In questo caso si parla di angolo critico e di riflessione totale.

La presenza di discontinuità o anisotropie nel mezzo modifica ampiezza e periodo delle onde sismiche. La velocità delle onde dipende dalle caratteristiche meccaniche del materiale attraversato, in particolare da: densità (γ), coefficiente di Poisson (ρ), modulo di Young (E) e modulo di taglio (G).

$$\rho = \frac{V_p^2 - 2 \cdot V_s^2}{2 \cdot (V_p^2 - V_s^2)}$$

$$E = V_p^2 \cdot \gamma \cdot \frac{(1 + \rho) \cdot (1 - 2\rho)}{1 - \rho}$$

$$G = \frac{\gamma \cdot V_s^2}{g}$$

V_p = velocità delle onde P

V_s = velocità delle onde S

g = accelerazione di gravità

Nella tabella di seguito vengono indicati valori di riferimento della velocità P per alcuni materiali

Litotipi	Velocità onde P V_p (m/s)		Velocità onde S V_s (m/s)		
	Valore minimo	Valore massimo	Valore minimo	Valore massimo	
Rocce ignee	Andesite	6100	6400	3300	3500
	Basalto	6000	7200	1800	3500
	Basalto fratturato*	950	1350	480	700
	Diorite	5800	6600	—	—
	Dunite	6700	7100	3800	4100
	Gabbro	6200	7200	3300	3500
	Granito	5500	6100	900	3300
	Granito fratturato*	1000	1750	500	950
	Lafite	5400	5750	3100	3200
	Riolite	5000	5900	2600	3200
Rocce metamorfiche	Anfibolite	5800	7100	3400	4000
	Argilloscisto	3500	5400	—	—
	Gneiss	3500	7000	2700	3500
	Marmo	3700	6900	2500	390
	Quarzite	5100	6000	3500	4000
	Scisto	3500	5700	—	—
	Serpentinite	5500	6500	2200	3000
	Anidrite	4500	6500	—	—
Rocce sedimentarie	Argille	2100	4400	800	2100
	Calcere	2000	7000	1000	3300
	Calcere fratturato*	750	1500	330	650
	Calcarenite	1400	4400	800	2500
	Arenaria	2000	6000	900	3100
	Arenaria fratturata*	800	2100	360	950
	Dolomia	2500	6500	1200	3800
	Duomo salino	4500	5000	—	—
	Gesso	2000	3500	—	—
	Marna	1500	2000	300	500
	Alluvioni	300	600	—	—
	Argilla	1000	2500	300	600
Terreni	Argilla sabbiosa	600	2900	200	450
	Ghiaia	750	1000	200	500
	Limo	650	1250	240	480
	Permafrost	3500	4000	—	—
	Sabbia asciutta	200	1000	—	—
	Sabbia satura	600	2300	250	450
	Sabbia silicea	600	1800	200	600
	Sabbia e ghiaia	300	1800	300	600
Talite	1500	2500	—	—	

Tabella 1: Valori di riferimento delle velocità P per le varie tipologie di materiali

1.2. Sismica a rifrazione

Il metodo sismico a rifrazione utilizza le onde sismiche che vengono rifratte dalle discontinuità presenti nel sottosuolo ad es. l'interfaccia tra due mezzi a differente velocità. La condizione indispensabile perché la tecnica sia utilizzata con profitto e le risposte siano corrette e interpretabili, è che, in un ipotetico sottosuolo dominato dalla presenza di più strati, la velocità dell'onda sismica nello strato superiore sia sempre minore della velocità dell'onda sismica nello strato inferiore ($V_1 < V_2$)

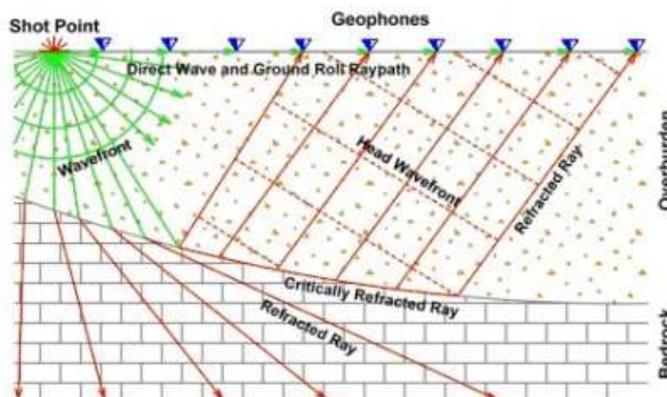


Fig. 2: Schema tipico di un'indagine sismica a rifrazione

Misurando i tempi di primo arrivo (FBP First Break Point) degli impulsi ai geofoni e le distanze tra gli stessi viene costruito un diagramma (dromocrona) nel quale in ascisse vengono rappresentate le distanze e in ordinate i tempi.

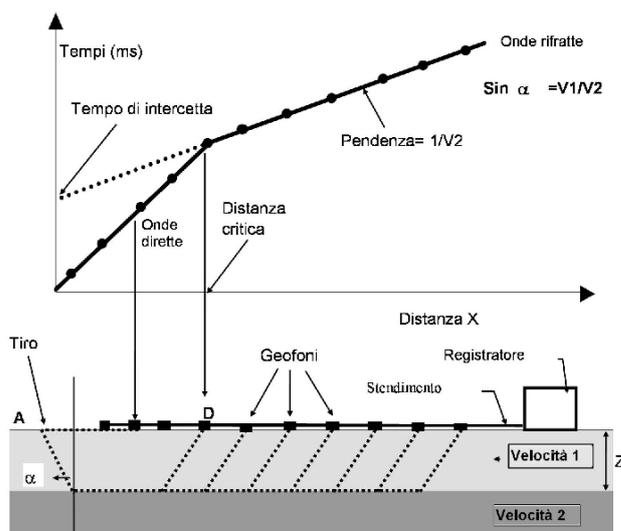


Fig. 3: Sismica a rifrazione: dromocrona su diagramma tempo/distanza

Le onde dirette viaggiano dalla sorgente al ricevitore con velocità V_1 (nella dromocrona sono rappresentate dalla linea che dall'origine ha una pendenza pari a $1/V_1$) e raggiungono i ricevitori in un tempo:

$$t = \frac{x}{V_1}$$

Le onde rifratte viaggiano lungo l'interfaccia a una profondità z (nella dromocrona sono rappresentate dalla linea retta con pendenza $1/V_2$ che intercetta l'asse dei tempi a $x=0$) e raggiungono i ricevitori in un tempo (tempo di intercetta):

$$T_i = \frac{x}{V_2} + \frac{2z\sqrt{V_2^2 - V_1^2}}{V_2 * V_1}$$

Il punto di intersezione tra le due rette, definito come punto di ginocchio, permette di calcolare la profondità del rifratte.

1.3. Procedure di elaborazione e inversione tomografica del dato sismico

La tomografia è una tecnica basata sull'individuazione delle anomalie nelle velocità di propagazione delle onde sismiche, la quale consente di ottenere una risoluzione nettamente maggiore rispetto ad altri metodi, permettendo quindi di ricostruire la presenza nel sottosuolo di anomalie anche particolarmente complesse. Nel dettaglio, è possibile ricostruire la distribuzione geometrica degli elementi che costituiscono un'ipotetica sezione di sottosuolo partendo dall'analisi del comportamento delle onde che lo attraversano. Agendo infatti sull'analisi delle onde sismiche che attraversano il sottosuolo, analizzando i tempi di arrivo delle onde rifratte, e tenendo in considerazione anche i profili e le geometrie di acquisizione, è possibile ricostruire un modello di velocità che può essere migliorato attraverso successive iterazioni fino al raggiungimento di una sovrapposizione ottimale tra i tempi di arrivo misurati e quelli calcolati. L'utilizzo di questa tecnica richiede un maggior numero di sorgenti di scoppio e di punti di ricezione delle onde sismiche in modo tale da ottenere una distribuzione dei raggi sismici abbastanza omogenea e con una densità che viene predefinita in funzione del "target" da raggiungere.

I metodi di inversione tomografica applicati a metodologie di prospezione sismica attiva trovano numerose applicazioni per indagini di tipo geotecnico:

- ricostruzione sismo-stratigrafica;
- definizione dei parametri meccanici dei sismostrati indagati
- individuazione di faglie e fratture;
- localizzazione di oggetti sepolti, massi erratici.
- definizione delle geometrie e dell'andamento del bedrock

Gli obiettivi elencati possono essere raggiunti poiché la velocità sismica è un parametro che dipende dalle caratteristiche meccaniche del materiale quali: porosità, resistenza al taglio, compressibilità, quantità di fratture, saturazione e contenuto di argilla.

Misurando i tempi di arrivo o le ampiezze delle onde sismiche è possibile ottenere la distribuzione nel mezzo indagato di velocità sismica (modello di velocità) o attenuazione (modello cinematico); parametri che permettono di definire le caratteristiche meccaniche del sottosuolo.

L'efficacia del metodo dipende:

- dalla capacità di penetrazione delle onde in funzione delle caratteristiche litologiche;
- dalla sua definizione, ossia da quanto il suo percorso nel mezzo sia assimilabile a un raggio (rettilineo o curvilineo) inteso come distanza più breve tra il punto sorgente e l'orizzonte fisico.

La tecnica tomografica si basa sulla ripetizione, lungo la traccia dello stendimento sismico, di punti di energizzazione in modo da poter ottenere una sequenza di tracce sismiche progressive.

Pertanto in campagna tutto ciò si ottiene lasciando fissi i geofoni lungo lo stendimento e realizzando vari punti di energizzazione mediante mazza battente, cannoncino o altra forma di energizzazione. Operativamente si procede con la stesa a terra dei geofoni, quindi si prosegue energizzando a intervalli regolari consecutivi, in modo da aumentare il potere di risoluzione e una ottimale copertura dei raggi sismici.

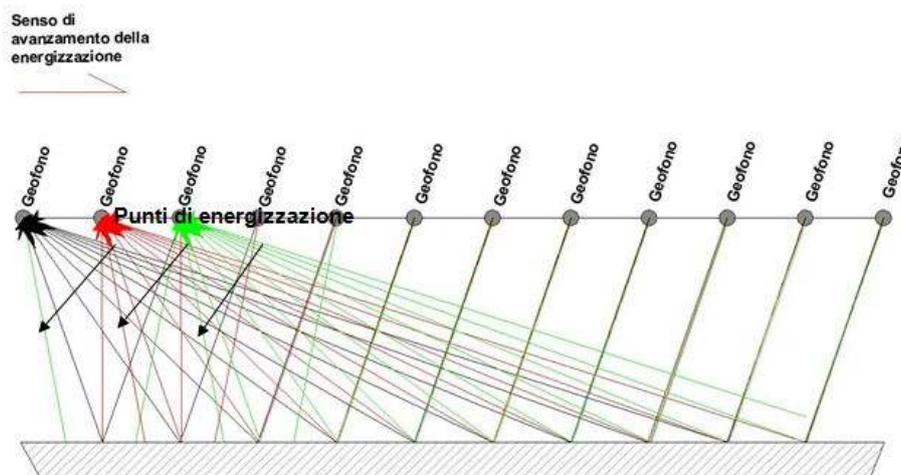


Fig. 4: Schema di esecuzione di un'indagine sismica a rifrazione

Ogni raggio sismico che attraversa un ipotetico oggetto o struttura presente tra il punto di energizzazione e quello di ricezione, viene modificato in maniera univoca dalle caratteristiche del mezzo attraversato (memoria della radiazione); le informazioni che derivano dall'interpretazione di tali modifiche, poiché sono distribuite lungo tutto il percorso, se considerate da sole, fornirebbero notizie parziali delle proprietà dell'oggetto lungo quel percorso. L'opportuna combinazione simultanea di tutte le memorie di radiazione consente di incrementare il database di informazioni ottenute, consentendo di definire con precisione forme geometriche e attribuirle a strutture sepolte. Per il trattamento dei dati e per la ricostruzione tomografica

dell'immagine si utilizza una suddivisione dell'area di studio in celle elementari, calcolando per ciascuna di queste un valore di velocità congruente con il tempo di tragitto medio rilevato dai percorsi dei raggi sismici che lo attraversano. La presentazione delle elaborazioni eseguite dà come risultato una mappa della distribuzione delle onde sismiche in una sezione piana contenente sorgenti e geofoni. La fase di elaborazione consiste in una inversione che può partire dalla specificazione di un iniziale modello di velocità, risolvendo il problema sia in maniera diretta, che inversa, e individuando la distribuzione dei valori di velocità che minimizza la somma dei quadrati degli scarti tra i tempi misurati e i tempi calcolati per tutte le perturbazioni sismiche prodotte.

Tra le tecniche di inversione si ricorda la metodologia WET (Wavepath Eikonal Traveltime), la quale consente di ottenere sezioni di maggiore dettaglio del sottosuolo indagato.

1.4. Classificazione sismica dei sottosuoli mediante metodologia MASW

Il metodo MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) è una tecnica di indagine non invasiva 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. 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 del suolo.

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 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.

Nel seguito faremo riferimento al metodo MASW attivo che consente la classificazione sismica dei suoli, perché fornisce il profilo di velocità entro i primi 30m di profondità.

Il metodo MASW consiste in tre fasi (Roma, 2002): (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 e le velocità delle onde di taglio, 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.

2. STRUMENTAZIONE UTILIZZATA

Le prove sono state effettuate con la strumentazione di seguito riportata.

2.1. Acquisizione dei dati

I dati sono stati acquisiti con sismografo PASI Gea24 dotato di 24 canali a 24 bit, possibilità di stacking, filtri analogici e digitali. Di seguito si riportano le caratteristiche tecniche del sismografo.

SPECIFICHE TECNICHE GEA 24	
Numero di canali	24 can.+trigger (can. AUX) - 2 unità serializzabili per un tot. di 48 can.
Conversione Dati	Convertitore Analogico/Digitale Sigma-Delta 24 bit reali (compatibile con geofoni analogici a qualsiasi frequenza di risonanza)
Intervallo Campionamento	Acquisizioni "a pacchetto": - fino a 125 microsec (8000sps) con 24 can. - fino a 31.25 microsec (32000sps) con 6 can. Acquisizione continua: - fino a 4000 microsec (250sps) con 24 can. - fino a 500 microsec (2000sps) con 3 can.
Lunghezza Acquisizione	27500 campioni @ 24 can. (+aux) 174500 campioni @ 3 can. (+aux) Numero di campioni illimitato per acquisizioni continue
Guadagno Preamp.	0/52 dB, selezionabile via software
Stacking	Numero di stacking illimitato
Impedenza di ingresso	2M Ω m // 22nF
Rapporto S/N	117db @1ksps
Distorsione	0.007% @16kHz
Largh. Banda -3dB Largh. Banda +/- 0.1dB	6.8kHz@32ksps - 0.21 kHz@1ksps 3.5 kHz@32ksps - 0.11 kHz@1ksps
Filtri	Passa Basso:125-200-500-1000Hz Passa Alto: 10-20-30-40-50-70-100-150-200-300-400Hz
Filtri "Notch"	50-60Hz + armoniche
Trigger	Contatto normalmente chiuso, normalmente aperto (es. per uso con esplosivo), segnale analogico (geofono starter, starter piezoelettrico), trigger TTL. Sensibilità del trigger regolabile via software
Visualizzazione Tracce	Wiggle-trace (formato oscilloscopio) / area variabile
Noise-monitor	Tutti i canali + trigger
Canale AUX (ausiliario)	1x (per il trigger o qualsiasi altro segnale in ingresso)
Interfaccia comunicazione	1x USB 2.0 per PC esterno (di fornitura Cliente)
Formato Dati	SEG2, SAF (altri formati su richiesta)
Alimentazione	5VDC da USB, 0.25A
Temp.operativa/stoccaggio	-30°C to +80°C
Umidità	80% umidità relativa, non condensante
Dimensioni	24cm x19.5cm x11cm
Peso	2 Kg

2.2. Sorgenti di energizzazione

Per le indagini di tipo MASW e a rifrazione in fase d'acquisizione è stata utilizzata come sorgente di energia la massa battente; essa è costituita da un martello avente massa da 10 kg utilizzato da un operatore: l'impulso viene generato attraverso il colpo del martello su una piastra in alluminio appoggiata al terreno. Tale sorgente energizzante, leggera e facilmente manovrabile, consente la ripetizione delle energizzazioni per un singolo punto, permettendo di adottare tecniche di stacking e migliorando il rapporto tra segnale e rumore: a tal fine, per ogni punto di energizzazione, sono state eseguite in sommatoria dalle 2 alle 10 energizzazioni. L'istante di trigger è fornito da un geofono starter o da collegamento elettrico in chiusura all'istante dell'energizzazione.

2.3. Ricevitori

Per le indagini di sismica di tipo MASW sono stati utilizzati geofoni con asse verticale con frequenza pari a 4,5 Hz, collegati un cavo sismico, per trasferimento del segnale al sismografo, take out massimo di 10 m.

3. ACQUISIZIONE DATI E MODALITA' OPERATIVE DI CAMPAGNA

3.1. Indagine sismica di tipo MASW

L'indagine ha previsto l'esecuzione di 18 profili realizzati con tecnica sismica a rifrazione metodologia MASW. I profili sono stati realizzati in posizioni ritenute vincolanti per la definizione delle caratteristiche sismostratigrafiche locali, quindi dimensionati e posizionati in maniera tale da ottenere un ottimo dettaglio del segnale in corrispondenza dell'area di maggiore interesse. Nella tabella si riporta l'area di lavoro, la codifica della linea la lunghezza di ciascuna sezione di rilievo, l'interdistanza geofonica.

Stendimento	Località	Interdistanza geofonica (m)	Passo energizzazione (m)	Lunghezza stendimento (m)	Profondità raggiunta (m)
Masw 1-13-09-16	Via Amerigo Vesucci / Scuole Viadana B.	4	+/- 4-8	92	Ca.35
Masw 2-13-09-16	Via Kennedy / passaggio a livello ferrovia Brescia-Parma	4	+/- 4-8	92	Ca.45
Masw 3-13-09-16	Via Donatello /	4	+/- 4-8	92	Ca.35

Stendimento	Località	Interdistanza geofonica (m)	Passo energizzazione (m)	Lunghezza stendimento (m)	Profondità raggiunta (m)
	Cimitero Malpaga				
Masw 4-13-09-16	Via Don Bertolini / Malpaga Ovest	4	+/- 4-8	92	Ca.38
Masw 5-13-09-16	Via Fontanelle / Mezzane Nord	4	+/- 4-8	92	Ca.39
Masw 6-13-09-16	Via Paolo Brognoli / Mezzane Sud	4	+/- 4-8	92	Ca.42
Masw 7-17-09-16	Via per Carpenedolo / Cascina Sacchetti	4	+/- 4-8	92	Ca.35
Masw 8-17-09-16	Via per Carpenedolo / Cascina Maggio	4	+/- 4-8	92	Ca.46
Masw 9-17-09-16	Via Zille Superiore	4	+/- 4-8	92	Ca.38
Masw 10-22-09-16	Cascina San Francesco	4	+/- 4-8	92	Ca.35
Masw 11-22-09-16	Cascina Pistadorae	3	+/- 3-6	92	Ca.33
Masw 12-24-09-16	Viadana SE	4	+/- 4-8	92	Ca.33
Masw 13-24-09-16	Cascina Salvine	4	+/- 4-8	92	Ca.40
Masw 14-24-09-16	Cascina Colomberone Sud	3	+/- 3-6	69	Ca.33
Masw 15-24-09-16	Località Belvedere	3	+/- 3-6	69	Ca.37
Masw 16-24-09-16	Via Zille Inferiore	3	+/- 3-6	69	Ca.49

Stendimento	Località	Interdistanza geofonica (m)	Passo energizzazione (m)	Lunghezza stendimento (m)	Profondità raggiunta (m)
Masw 17-24-09-16	Cascina Misericordia	4	+/- 4-8	92	Ca.32
Masw 18-24-09-16	Via Filippo Turati	4	+/- 4-8	92	Ca.33

L'indagine è stata eseguita infiggendo a terra i geofoni e collegandoli alla strumentazione di acquisizione: in seguito si è provveduto a energizzare mediante mazza battente

4. ANALISI ED ELABORAZIONE DEI DATI

4.1. Indagini sismica tipo MASW

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 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 (Roma, 2002, Roma, 2001, Joh, 1998) 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 rappresenta una soluzione valida da un punto di vista ingegneristico. Dopo aver determinato il profilo di velocità delle onde di taglio verticali V_s è possibile procedere al calcolo della velocità equivalente nei primi 30m di profondità V_{s30} e quindi individuare la categoria sismica del suolo.

L'elaborazione dei dati sismici con metodo MASW è stata effettuata per mezzo del software SWAN che, mediante la trasformata di Fourier, è in grado di fornire indicazioni sulla suddivisione delle unità litologiche del sottosuolo mediante l'individuazione delle onde V_s .

5. APPLICAZIONE DELLE NTC08: DETERMINAZIONE DELLA CATEGORIA DI SOTTOSUOLO

Con l'introduzione dell'O.P.C.M. n. 3274 del 20 Marzo 2003 e successive modifiche sono stati rivisti i criteri per l'individuazione delle zone sismiche. Inoltre, sono state definite le nuove norme tecniche per la progettazione di nuovi edifici, di nuovi ponti, per le opere di fondazione, per le strutture di sostegno, ecc.

La suddetta nuova norma sulle costruzioni (D.M. LL.PP. 14/01/2008) fornisce le nuove classificazioni sismiche individuate sulla base del documento “*Proposta di riclassificazione sismica del territorio nazionale*”. In particolare, l’intero territorio nazionale è stato suddiviso in quattro livelli: da 1, più pericoloso, a 4 meno sensibile.

Nello specifico il territorio comunale di **Calvisano** ricade in **zona 3**.

Per quanto riguarda le normative precedenti si ha:

- | | |
|--|-----------------|
| • Codice ISTAT 2001 | 03017034 |
| • Categoria secondo la classificazione precedente (Decreti sino al 1998) | NC |
| • Categoria secondo la proposta del G.d.L. del 1998 | 3 |
| • <u>Zona ai sensi dell’O.P.C.M. 2003</u> | 3 |
| • <u>Zona ai sensi della DGR 7/14964/03 "Disposizioni preliminari per l'attuazione dell'OPCM 3274/03 .</u> | 3 |

I suoli di fondazione sono suddivisi in cinque classi (A, B, C, D, E) più due speciali (S1 e S2), in base alle loro caratteristiche stratigrafiche ed alla velocità media delle onde sismiche di taglio (trasversali) entro 30 metri di profondità, ovvero alle V_{s30} :

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

$$i = 1, N$$

h_i = Spessore in metri dello strato i -esimo

V_i = Velocità dell'onda di taglio i -esima

N = Numero di strati

Mediante le analisi condotte è stato possibile calcolare per ogni stendimento il valore delle V_{s30} , e di conseguenza, in base alla classificazione attuale imposta dalle nuove Norme Tecniche per le Costruzioni (D.M. LL.PP. 14 Gennaio 2008), risalire per ogni terreno indagato alla relativa classe di suolo.

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

Tab. III :Categorie di sottosuolo (tratta da Tab. 3.2.II delle NTC 2008)

6. VALUTAZIONE DELLA SUSCETTIBILITA' SISMICA DELL'AREA

6.1. Effetti litologici

Al fine di determinare i valori di F_a dal punto di vista degli effetti litologici, sono stati utilizzati i risultati emersi dall'esecuzione degli stendimenti geofisici eseguiti con metodo MASW i quali hanno permesso la compilazione di apposite schede messe a disposizione dalla Regione Lombardia. Con tale indagine si è calcolato il valore di F_a (fattore di amplificazione) da confrontare con i limiti di riferimento indicati dalla Regione Lombardia.

Per ottenere il suddetto F_a è necessario ricavare il valore di V_{s30} (onde sismiche di taglio o trasversali) utilizzando le velocità V_s degli strati intercettati mediante la formula precedentemente riportata. In questo modo si risale al tipo di suolo relativa per la specifica area di indagine.

Sulla base di parametri geotecnici e litologici, si individua la litologia prevalente del sito e da questo dato si sceglie la relativa scheda di riferimento riportata nella D.G.R.IX/2616 del 30 Dicembre 2011. Nello specifico la normativa regionale riporta 6 tipi di schede litologiche:

- scheda per le litologie prevalentemente ghiaiose;
- scheda per le litologie prevalentemente limoso-argillose (tipo 1 e tipo 2);
- scheda per le litologie prevalentemente limoso-sabbiose (tipo 1 e tipo 2);
- scheda per le litologie sabbiose (da utilizzarsi in zone di pianura).

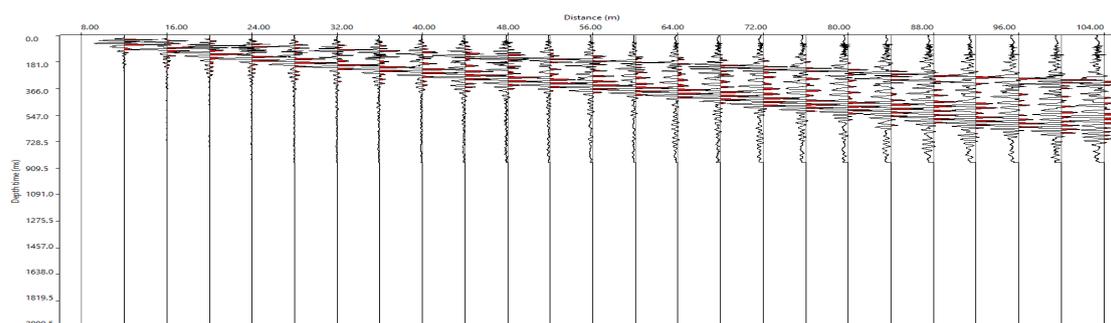
Si riportano, in un apposito diagramma all'interno di queste schede, i valori delle Vs relative ad ogni strato. Tale confronto permette di verificare se si rientra o meno nel campo di validità della scheda di riferimento. Successivamente, calcolando i valori delle Vs del primo strato, sarà possibile, mediante abachi forniti dalla D.G.R. IX/2616/11, risalire alle curve più appropriate per la determinazione del fattore di amplificazione, riferito a una data classe di suolo e a un valore determinato del periodo "T". Il valore di (Fa) verrà quindi confrontato con quello riportato in bibliografia in funzione della struttura da realizzare: intervallo 0,1-0,5 s - riferito a strutture relativamente basse, regolari e piuttosto rigide e intervallo 0,5-1,5 s - riferito a strutture più alte e flessibili.

La "taratura" delle indagini geofisiche di tipo MASW, utili per una corretta interpretazione sismostratigrafica e necessaria per l'assegnazione delle relative schede litologiche, quindi per il calcolo di FA, è stata ottenuta per confronto mediante le stratigrafie e i dati di bibliografia disponibili; Di seguito le risultanze delle indagini di tipo geofisico eseguite.

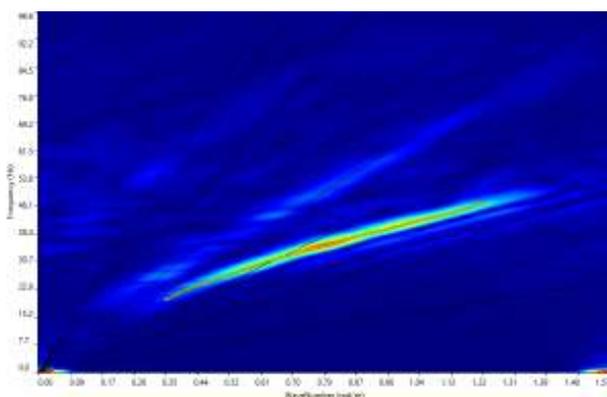
7. REPORT INTERPRETATIVI

MASW_1-13-09-16_VIA AMERIGO VESPUCCI / SCUOLE VIADANA

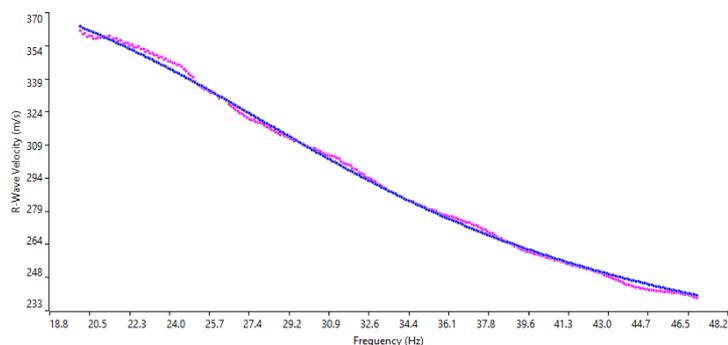
Stendimento	Interdistanza geofonica (m)	Passo energizzazione (m)	Lunghezza stendimento (m)	Profondità raggiunta (m)
Masw_1_13/09/16	4	+/- 4-8	92	Ca.35



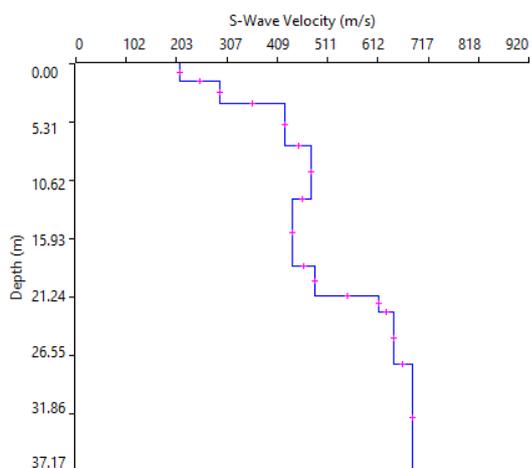
Sismogramma MASW_1-13-09-16



Spettro F/K



Curva di dispersione



Profilo di Velocità

Vs 30 (m/s)	Categoria di Suolo NTC2008
449	B

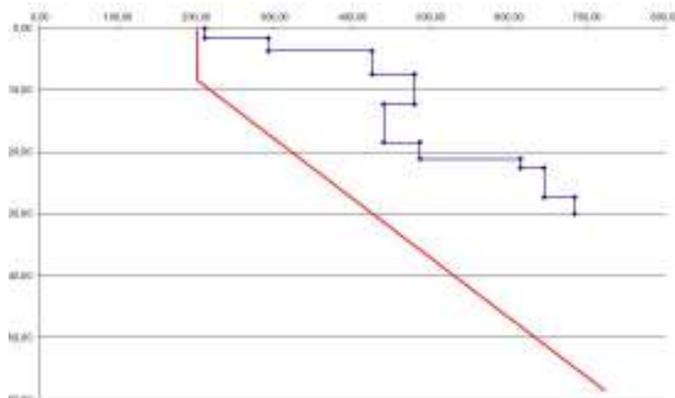
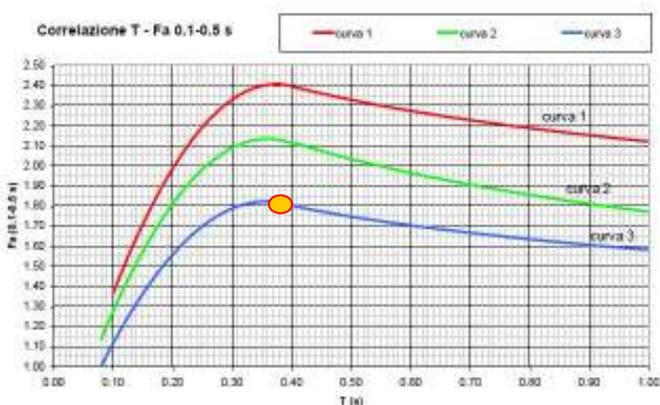


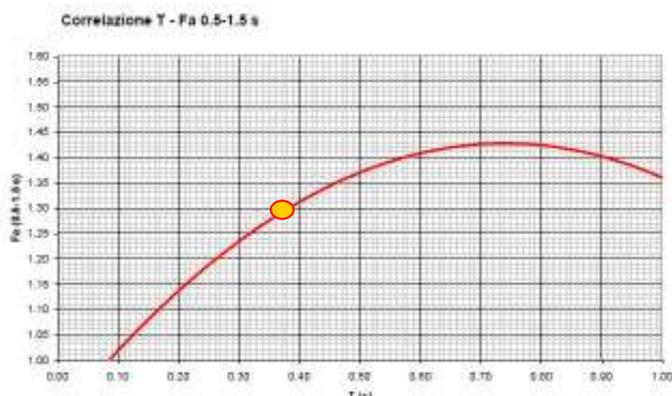
Gráfico Vs-Profondità per la litologia "limoso argillosa II"



Abaco per l'individuazione della curva di riferimento



Abaco di riferimento per la litologia "limoso-argillosa II" per determinare Fa sulla base di T e della curva di riferimento (riferito ad edifici bassi)



Abaco di riferimento per la litologia "limoso-argillosa II" per determinare Fa sulla base di T e della curva di riferimento (riferito ad edifici alti)

Periodo "T" calcolato	Fa calcolato 01-0.5	Fa calcolato 0.5-1.5
0.373	1.82	1.28

VALORI SOGLIA PER IL PERIODO COMPRESO TRA 0.1 - 0,5s					
COMUNE	Classificazione sismica del sito	Valori di soglia			
		Suolo tipo B	Suolo tipo C	Suolo tipo D	Suolo tipo E
Calvisano	3	1.5	1.9	2.3	2.0

VALORI SOGLIA PER IL PERIODO COMPRESO TRA 0.5 - 1,5s					
COMUNE	Classificazione sismica del sito	Valori di soglia			
		Suolo tipo B	Suolo tipo C	Suolo tipo D	Suolo tipo E
Calvisano	3	1.7	2.4	4.3	3.1



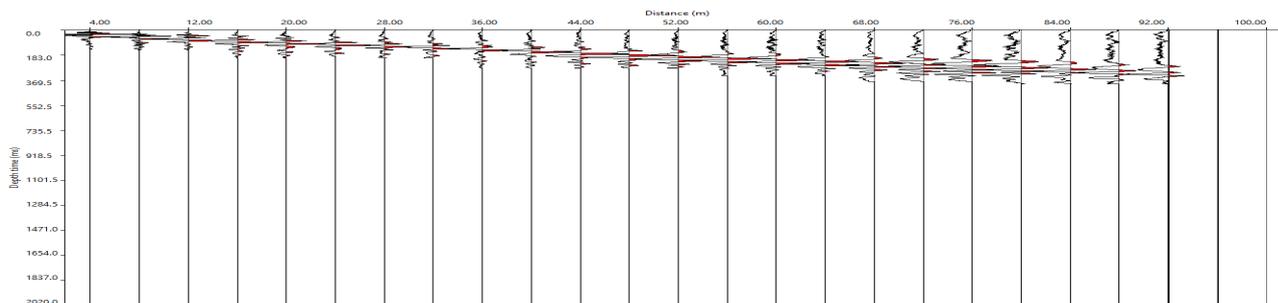
Foto 1: MASW 1-13-09-16-Panoramica verso NW



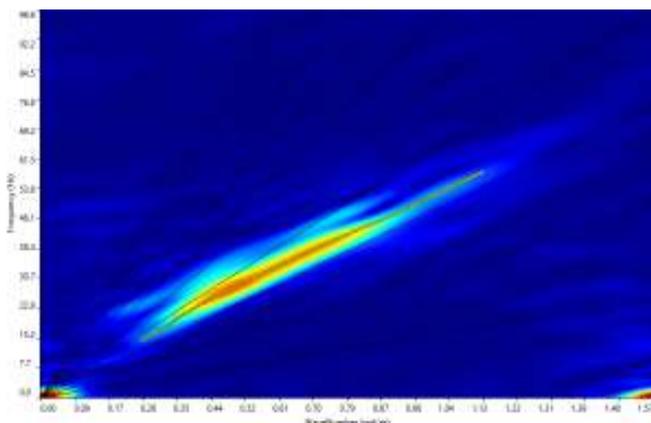
Foto 2: MASW 1-13-09-16-Panoramica verso SE

MASW_2-13-09-16_VIA KENNEDY / PASSAGGIO A LIVELLO FERROVIA BRESCIA-PARMA

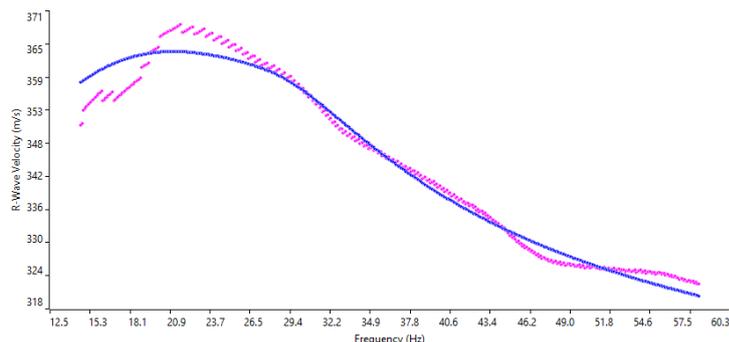
Stendimento	Interdistanza geofonica (m)	Passo energizzazione (m)	Lunghezza stendimento (m)	Profondità raggiunta (m)
Masw_2_13/09/16	4	+/- 4-8	92	Ca.45



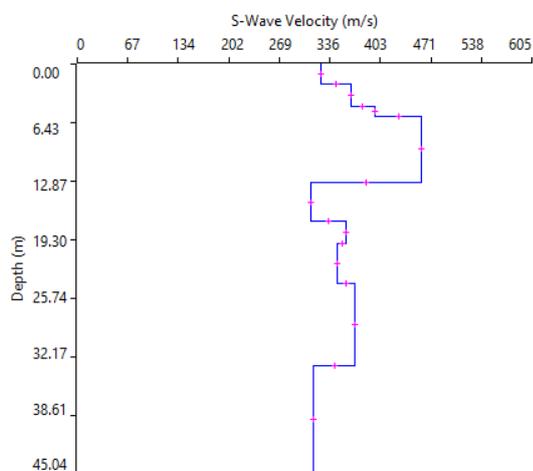
Sismogramma MASW_2-13-09-16



Spettro F/K



Curva di dispersione



Profilo di Velocità

Vs 30 (m/s)	Categoria di Suolo NTC2008
369	B

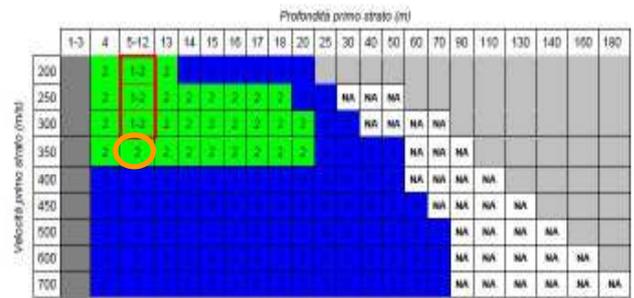
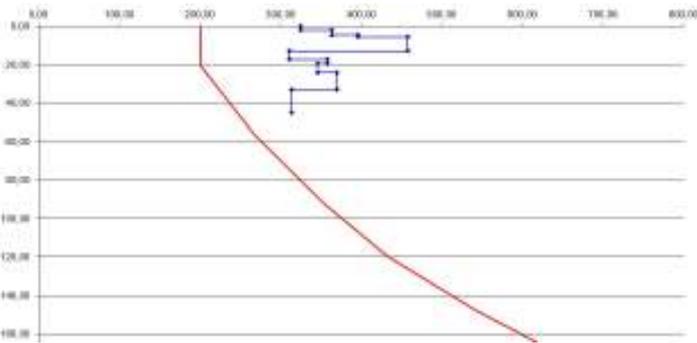
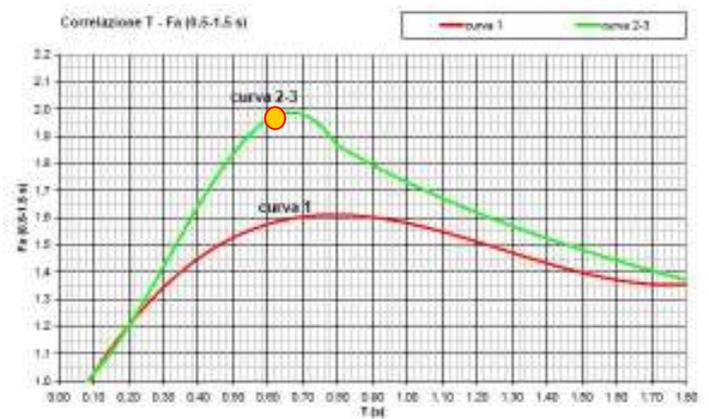
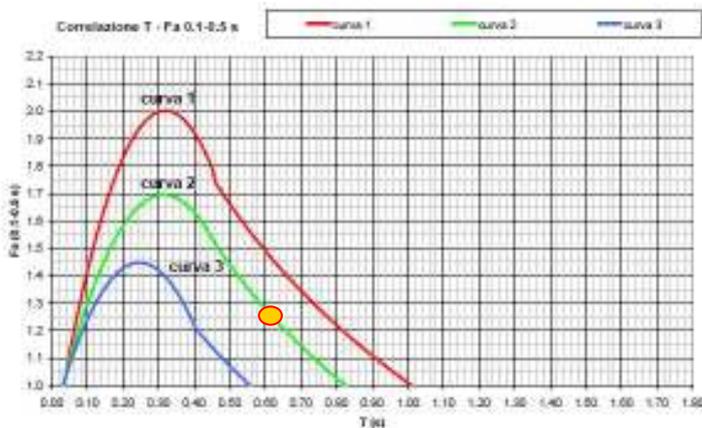


Grafico Vs-Profondità per la litologia "sabbiosa"

Abaco per l'individuazione della curva di riferimento



Abaco di riferimento per la litologia "sabbiosa" per determinare Fa sulla base di T e della curva di riferimento (riferito ad edifici bassi)

Abaco di riferimento per la litologia "sabbiosa" per determinare Fa sulla base di T e della curva di riferimento (riferito ad edifici alti)

Periodo "T" calcolato	Fa calcolato 01-0.5	Fa calcolato 0.5-1.5
0.615	1.25	1.92

VALORI SOGLIA PER IL PERIODO COMPRESO TRA 0.1 - 0,5s					
COMUNE	Classificazione sismica del sito	Valori di soglia			
		Suolo tipo B	Suolo tipo C	Suolo tipo D	Suolo tipo E
Calvisano	3	1.5	1.9	2.3	2.0

VALORI SOGLIA PER IL PERIODO COMPRESO TRA 0.5 - 1,5s					
COMUNE	Classificazione sismica del sito	Valori di soglia			
		Suolo tipo B	Suolo tipo C	Suolo tipo D	Suolo tipo E
Calvisano	3	1.7	2.4	4.3	3.1

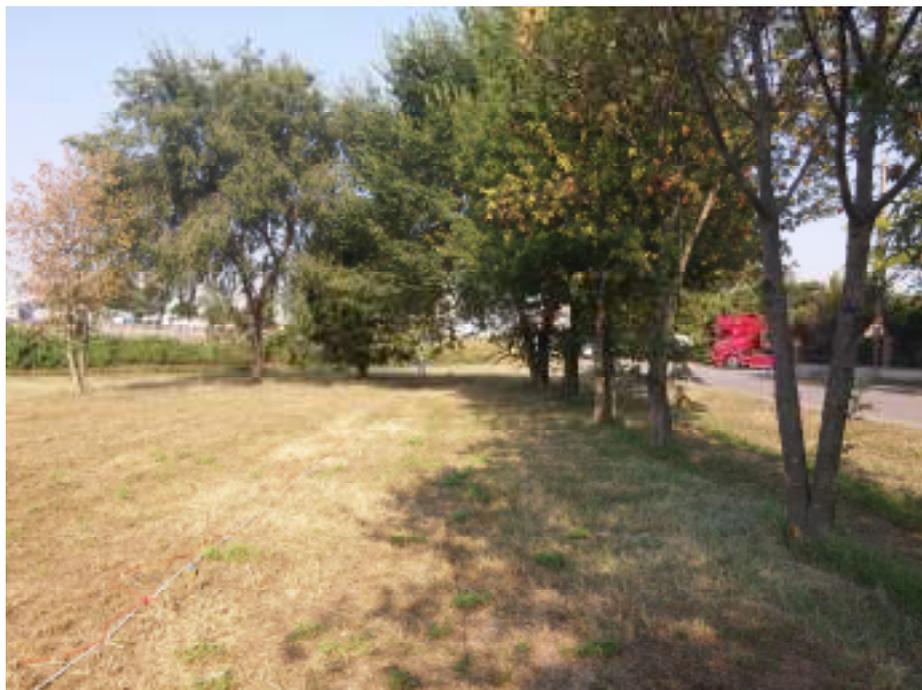


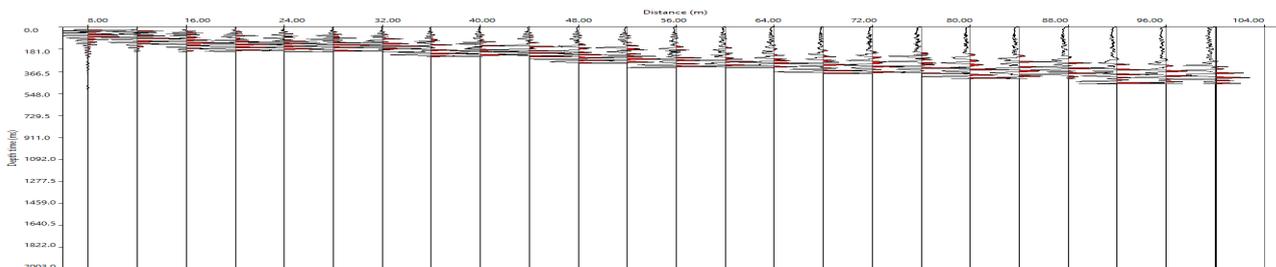
Foto 3: MASW 2-13-09-16-Panoramica verso W



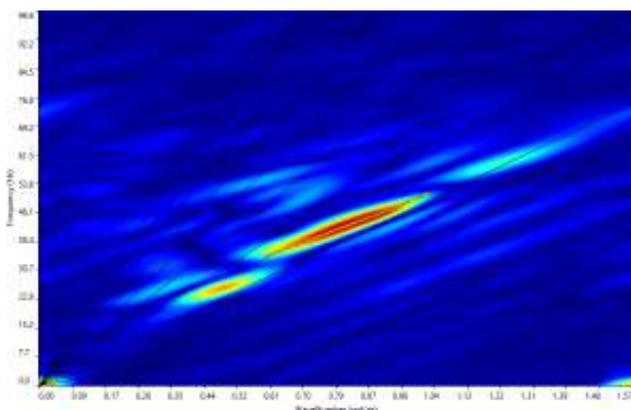
Foto 4: MASW 2-13-09-16-Panoramica verso E

MASW_3-13-09-16_VIA DONATELLO / CIMITERO MALPAGA

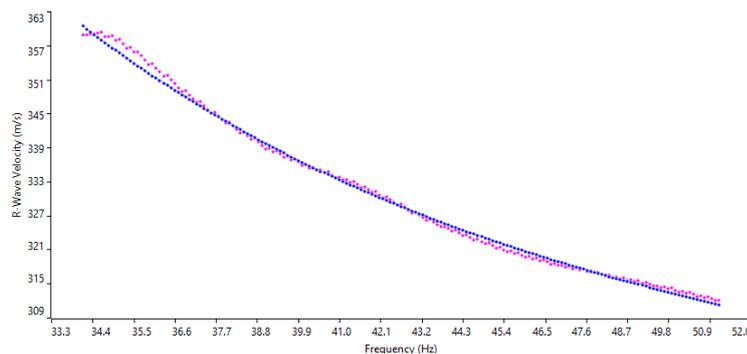
Stendimento	Interdistanza geofonica (m)	Passo energizzazione (m)	Lunghezza stendimento (m)	Profondità raggiunta (m)
Masw_3_13/09/16	4	+/- 4-8	92	Ca.35



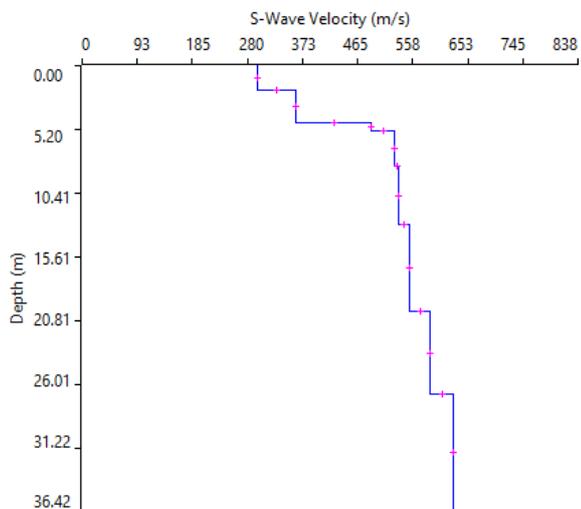
Sismogramma MASW_3-13-09-16



Spettro F/K



Curva di dispersione



Profilo di Velocità

Vs 30 (m/s)	Categoria di Suolo NTC2008
507	B

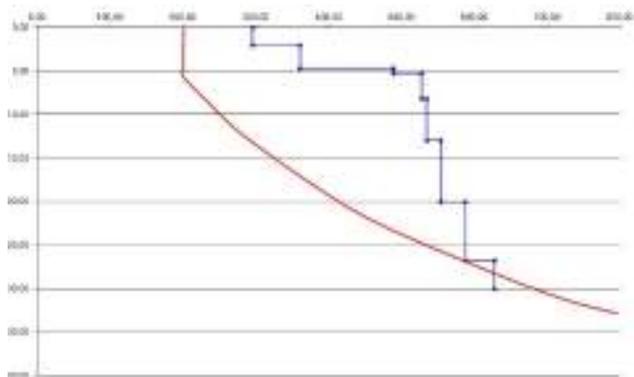
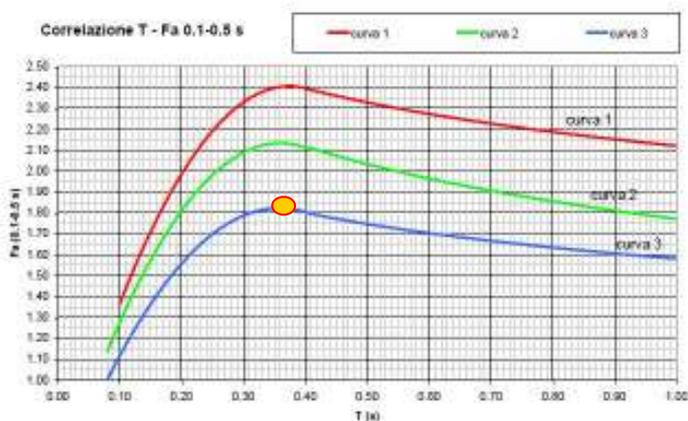


Grafico Vs-Profondità per la litologia "limoso argillosa II"

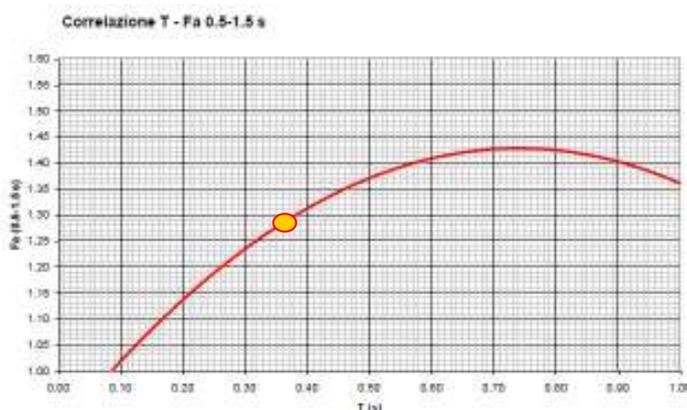


Abaco per l'individuazione della curva di riferimento



Abaco di riferimento per la litologia "limoso-argillosa II" per determinare Fa sulla base di T e della curva di riferimento

(riferito ad edifici bassi)



Abaco di riferimento per la litologia "limoso-argillosa II" per determinare Fa sulla base di T e della curva di riferimento

(riferito ad edifici alti)

Periodo "T" calcolato	Fa calcolato 01-0.5	Fa calcolato 0.5-1.5
0.364	1.81	1.28

VALORI SOGLIA PER IL PERIODO COMPRESO TRA 0.1 - 0,5s					
COMUNE	Classificazione sismica del sito	Valori di soglia			
		Suolo tipo B	Suolo tipo C	Suolo tipo D	Suolo tipo E
Calvisano	3	1.5	1.9	2.3	2.0

VALORI SOGLIA PER IL PERIODO COMPRESO TRA 0.5 - 1,5s					
COMUNE	Classificazione sismica del sito	Valori di soglia			
		Suolo tipo B	Suolo tipo C	Suolo tipo D	Suolo tipo E
Calvisano	3	1.7	2.4	4.3	3.1



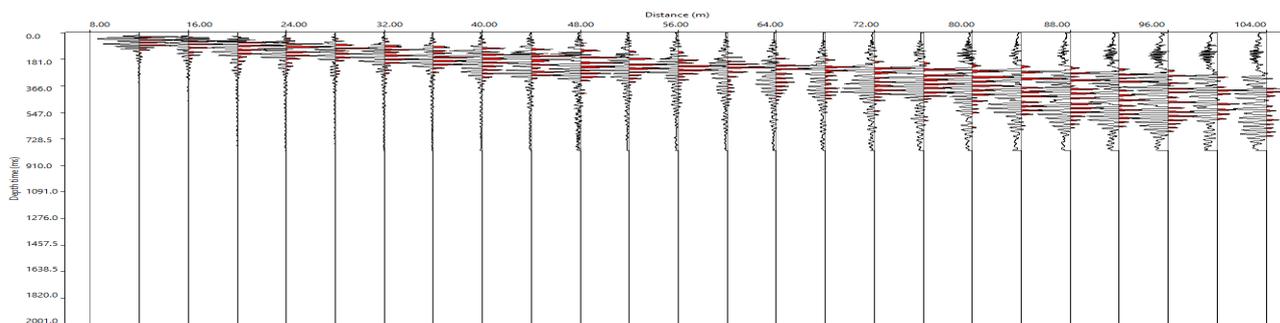
Foto 5: MASW 3-13-09-16-Panoramica verso N



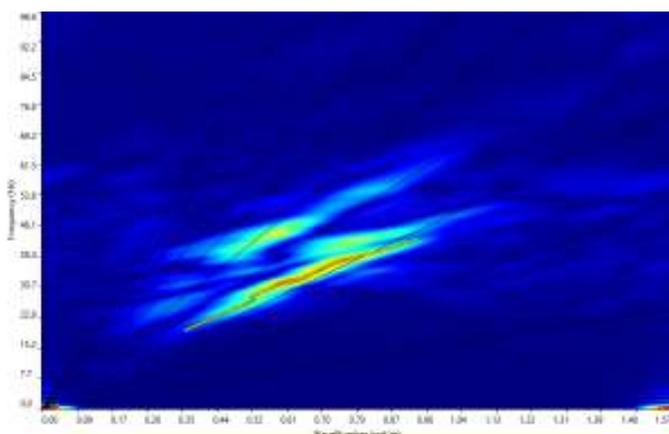
Foto 6: MASW 3-13-09-16-Panoramica verso S

MASW_4-13-09-16_VIA DON BERTOLINI / MALPAGA OVEST

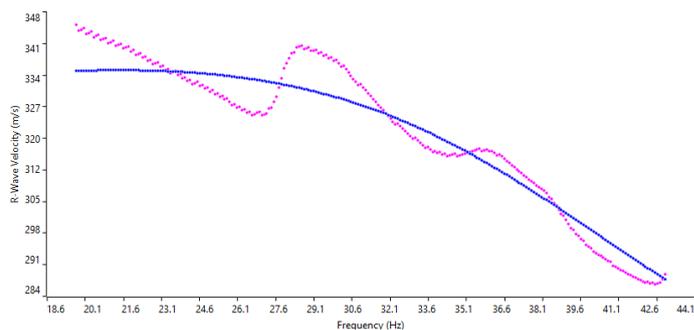
Stendimento	Interdistanza geofonica (m)	Passo energizzazione (m)	Lunghezza stendimento (m)	Profondità raggiunta (m)
Masw_4_13/09/16	4	+/- 4-8	92	Ca.38



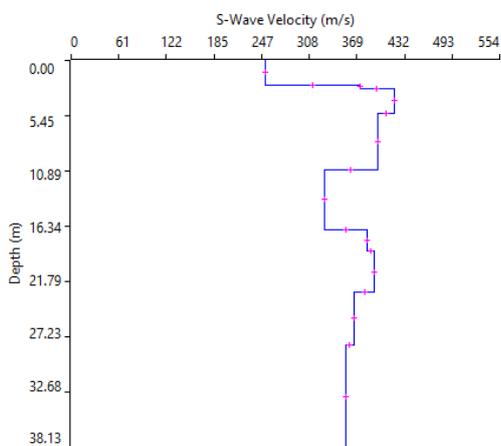
Sismogramma MASW_4-13-09-16



Spettro F/K



Curva di dispersione



Profilo di Velocità

Vs 30 (m/s)	Categoria di Suolo NTC2008
357	C

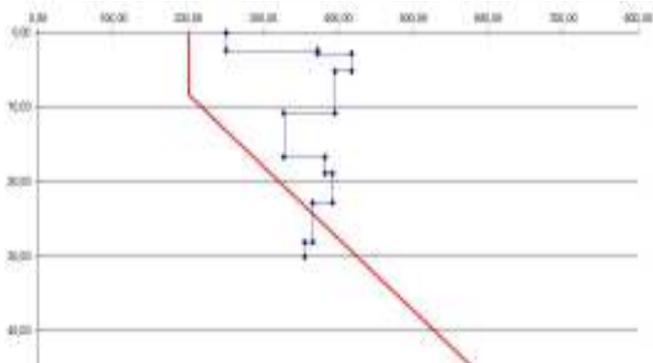
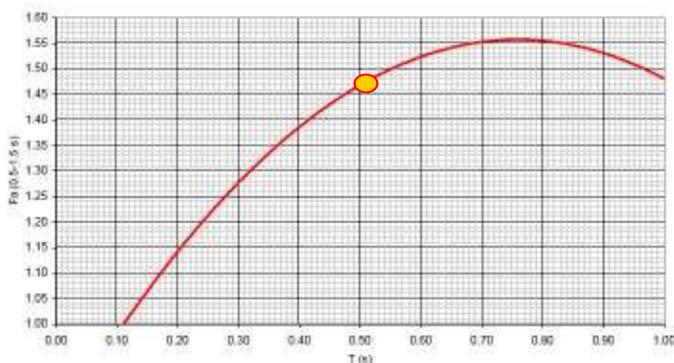
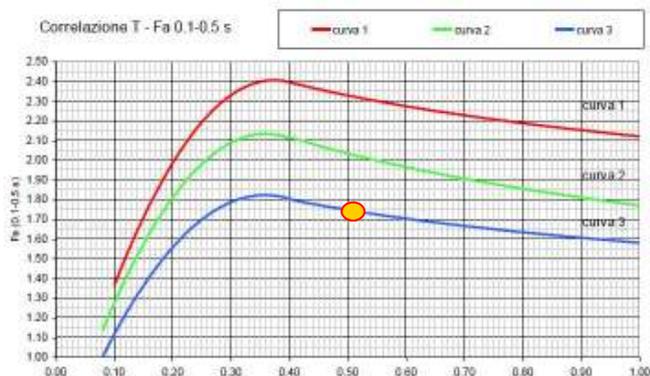


Grafico Vs-Profondità per la litologia "limoso sabbiosa II"

Abaco per l'individuazione della curva di riferimento



Abaco di riferimento per la litologia "limoso-sabbiosa II" per determinare Fa sulla base di T e della curva di riferimento (riferito ad edifici bassi)

Abaco di riferimento per la litologia "limoso-sabbiosa II" per determinare Fa sulla base di T e della curva di riferimento (riferito ad edifici alti)

Periodo "T" calcolato	Fa calcolato 01-0.5	Fa calcolato 0.5-1.5
0.515	1.75	1.47

VALORI SOGLIA PER IL PERIODO COMPRESO TRA 0.1 - 0,5s					
COMUNE	Classificazione sismica del sito	Valori di soglia			
		Suolo tipo B	Suolo tipo C	Suolo tipo D	Suolo tipo E
Calvisano	3	1.5	1.9	2.3	2.0

VALORI SOGLIA PER IL PERIODO COMPRESO TRA 0.5 - 1,5s					
COMUNE	Classificazione sismica del sito	Valori di soglia			
		Suolo tipo B	Suolo tipo C	Suolo tipo D	Suolo tipo E
Calvisano	3	1.7	2.4	4.3	3.1



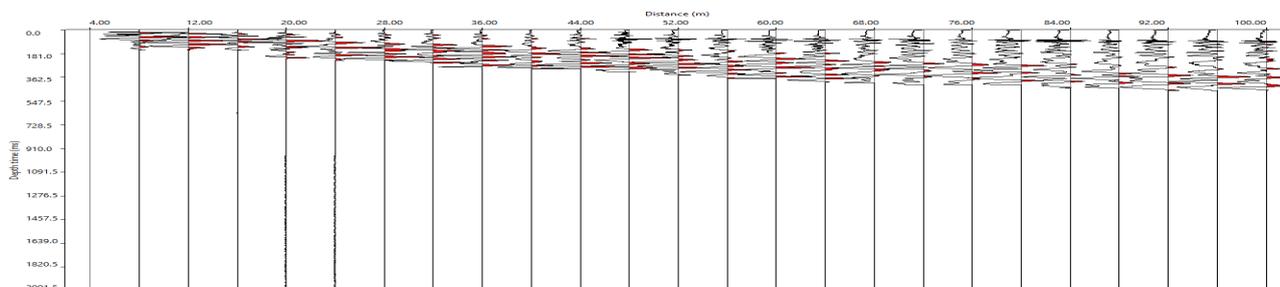
Foto 7: MASW 4-13-09-16-Panoramica verso N



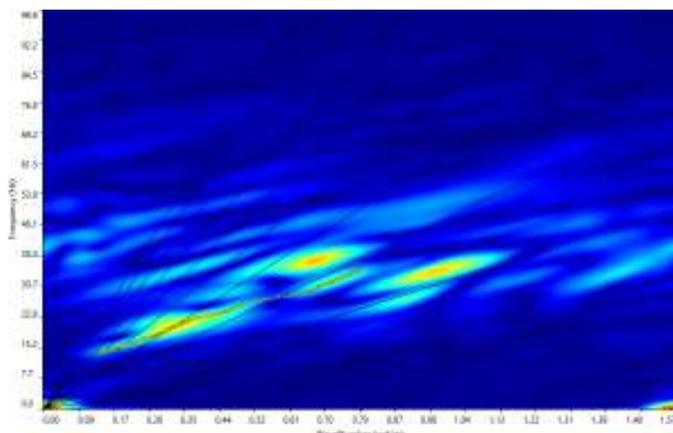
Foto 8: MASW 4-13-09-16-Panoramica verso S

MASW_5-13-09-16_VIA FONTANELLE / MEZZANE NORD

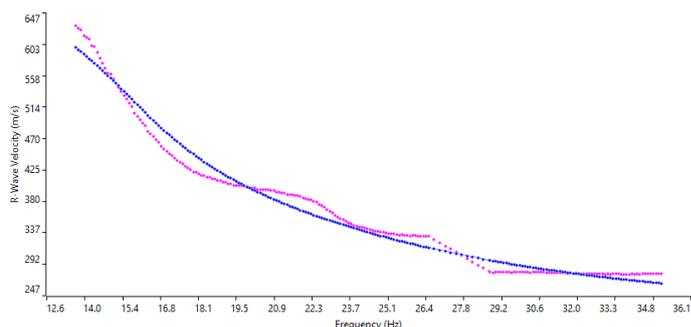
Stendimento	Interdistanza geofonica (m)	Passo energizzazione (m)	Lunghezza stendimento (m)	Profondità raggiunta (m)
Masw_5_13/09/16	4	+/- 4-8	92	Ca.39



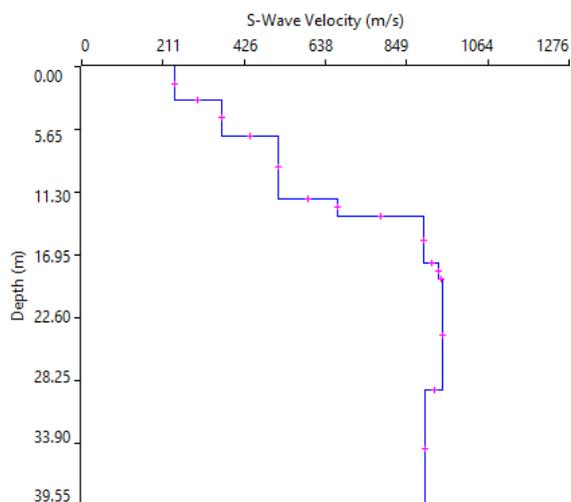
Sismogramma MASW_5-13-09-16



Spettro F/K



Curva di dispersione



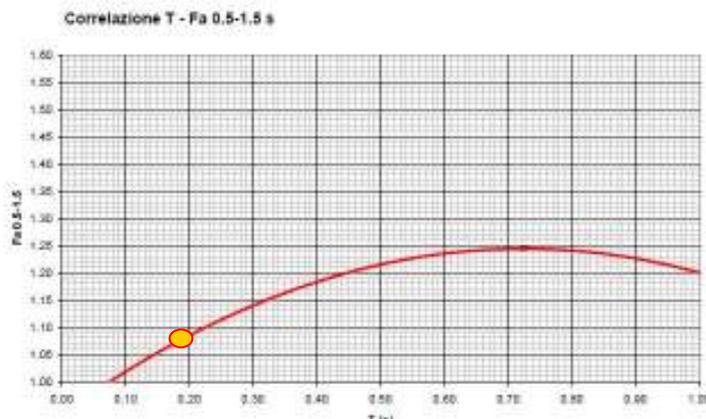
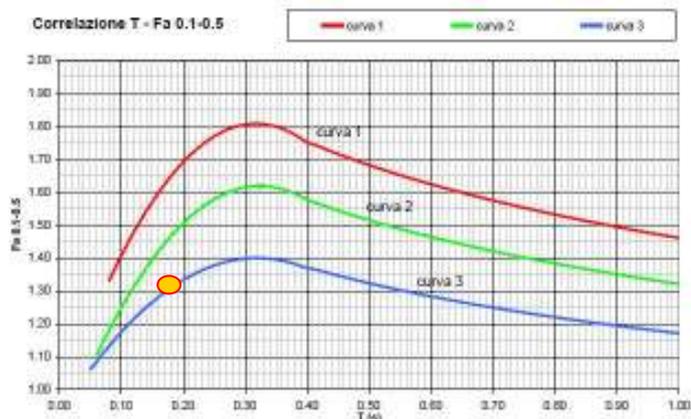
Profilo di Velocità

Vs 30 (m/s)	Categoria di Suolo NTC2008
572	B



Grafico Vs-Profondità per la litologia "ghiaiosa"

Abaco per l'individuazione della curva di riferimento



Abaco di riferimento per la litologia "ghiaiosa" per determinare Fa sulla base di T e della curva di riferimento (riferito ad edifici bassi)

Abaco di riferimento per la litologia "ghiaiosa" per determinare Fa sulla base di T e della curva di riferimento (riferito ad edifici alti)

Periodo "T" calcolato	Fa calcolato 01-0.5	Fa calcolato 0.5-1.5
0.187	1.32	1.09

VALORI SOGLIA PER IL PERIODO COMPRESO TRA 0.1 - 0,5s					
COMUNE	Classificazione sismica del sito	Valori di soglia			
		Suolo tipo B	Suolo tipo C	Suolo tipo D	Suolo tipo E
Calvisano	3	1.5	1.9	2.3	2.0

VALORI SOGLIA PER IL PERIODO COMPRESO TRA 0.5 - 1,5s					
COMUNE	Classificazione sismica del sito	Valori di soglia			
		Suolo tipo B	Suolo tipo C	Suolo tipo D	Suolo tipo E
Calvisano	3	1.7	2.4	4.3	3.1



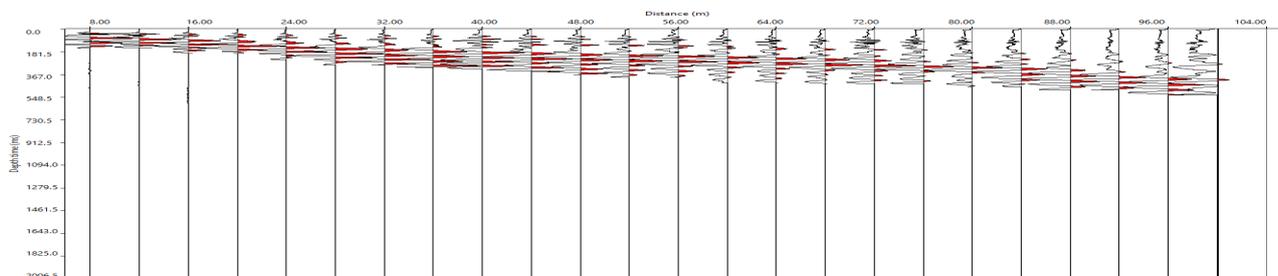
Foto 9: MASW 5-13-09-16-Panoramica verso S



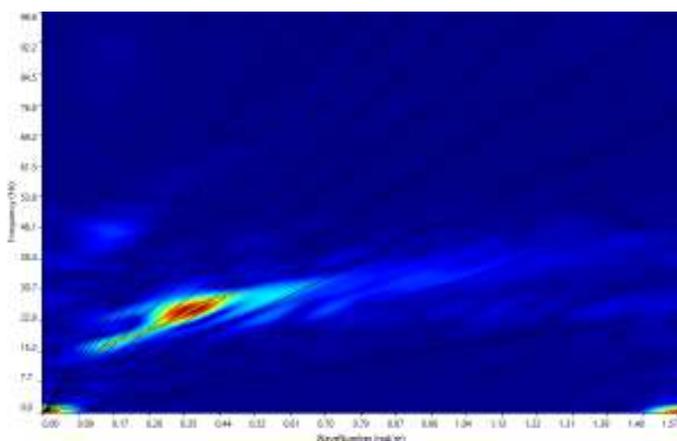
Foto 10: MASW 5-13-09-16-Panoramica verso N

MASW_6-13-09-16_VIA PAOLO BROGNOLI / MEZZANE SUD

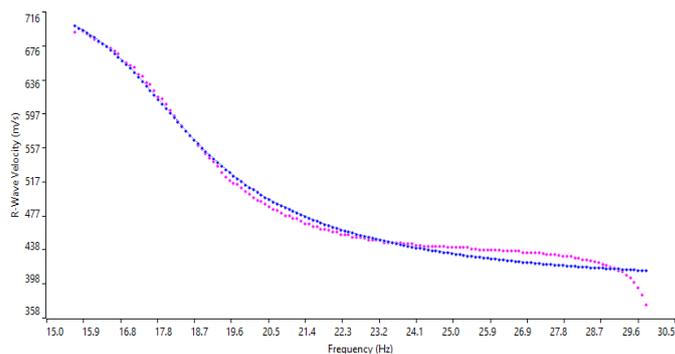
Stendimento	Interdistanza geofonica (m)	Passo energizzazione (m)	Lunghezza stendimento (m)	Profondità raggiunta (m)
Masw_6_13/09/16	4	+/- 4-8	92	Ca.42



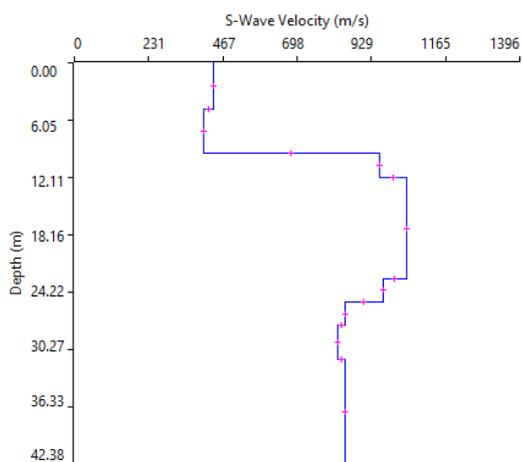
Sismogramma MASW_6-13-09-16



Spettro F/K



Curva di dispersione



Profilo di Velocità

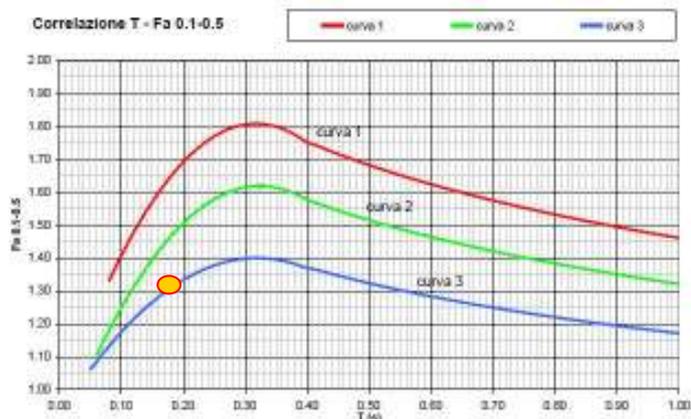
Vs 30 (m/s)	Categoria di Suolo NTC2008
684	B



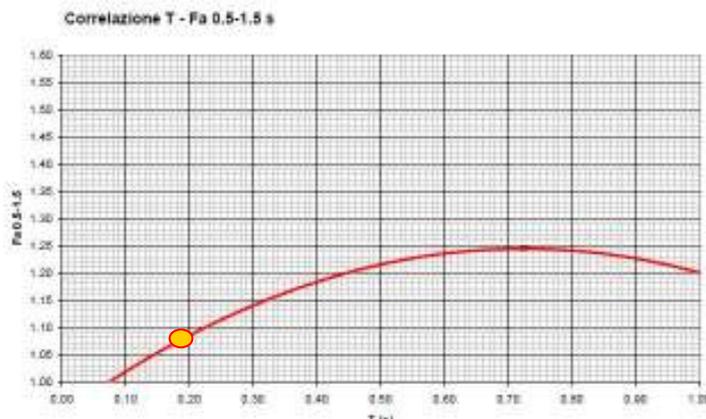
Grafico Vs-Profondità per la litologia "ghiaiosa"



Abaco per l'individuazione della curva di riferimento



Abaco di riferimento per la litologia "ghiaiosa"
per determinare Fa sulla base di T e della curva di riferimento
(riferito ad edifici bassi)



Abaco di riferimento per la litologia "ghiaiosa"
per determinare Fa sulla base di T e della curva di riferimento
(riferito ad edifici alti)

Periodo "T" calcolato	Fa calcolato 01-0.5	Fa calcolato 0.5-1.5
0.180	1.30	1.08

VALORI SOGLIA PER IL PERIODO COMPRESO TRA 0.1 - 0,5s					
COMUNE	Classificazione sismica del sito	Valori di soglia			
		Suolo tipo B	Suolo tipo C	Suolo tipo D	Suolo tipo E
Calvisano	3	1.5	1.9	2.3	2.0

VALORI SOGLIA PER IL PERIODO COMPRESO TRA 0.5 - 1,5s					
COMUNE	Classificazione sismica del sito	Valori di soglia			
		Suolo tipo B	Suolo tipo C	Suolo tipo D	Suolo tipo E
Calvisano	3	1.7	2.4	4.3	3.1



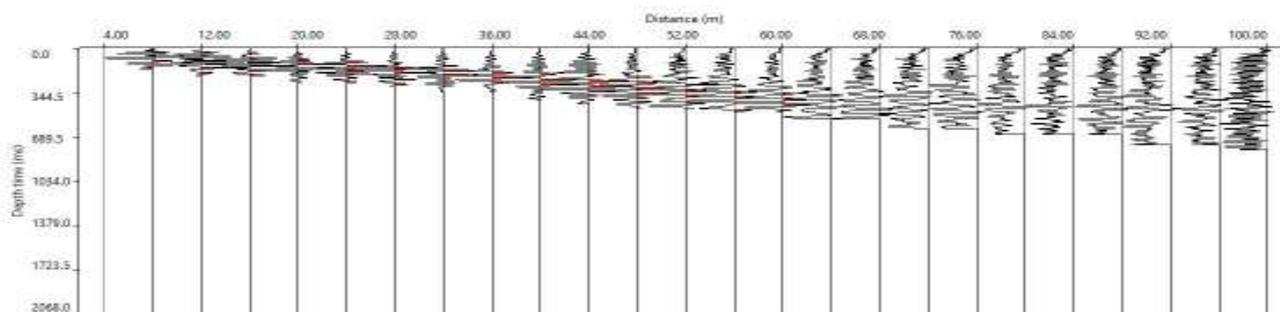
Foto 11: MASW 6-13-09-16-Panoramica verso W



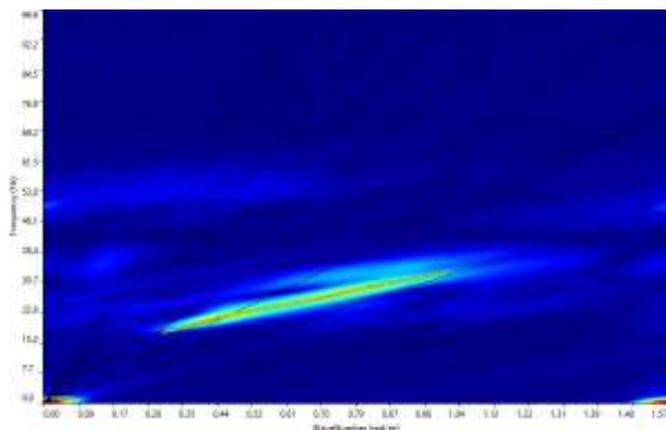
Foto 12: MASW 6-13-09-16-Panoramica verso E

MASW_7-17-09-16_VIA PER CARPENEDOLO / CASCINA SACCHETTI

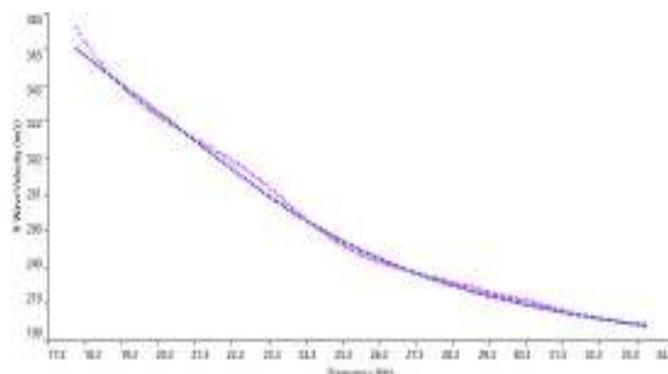
Stendimento	Interdistanza geofonica (m)	Passo energizzazione (m)	Lunghezza stendimento (m)	Profondità raggiunta (m)
Masw_7_17/09/16	4	+/- 4-8	92	Ca.35



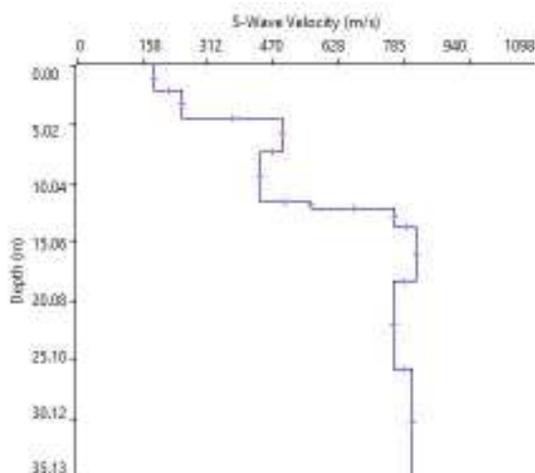
Sismogramma MASW_7-17-09-16



Spettro F/K



Curva di dispersione



Profilo di Velocità

Vs 30 (m/s)	Categoria di Suolo NTC2008
499	B

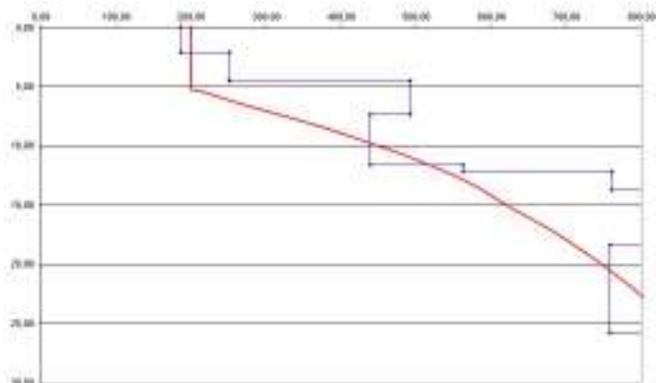
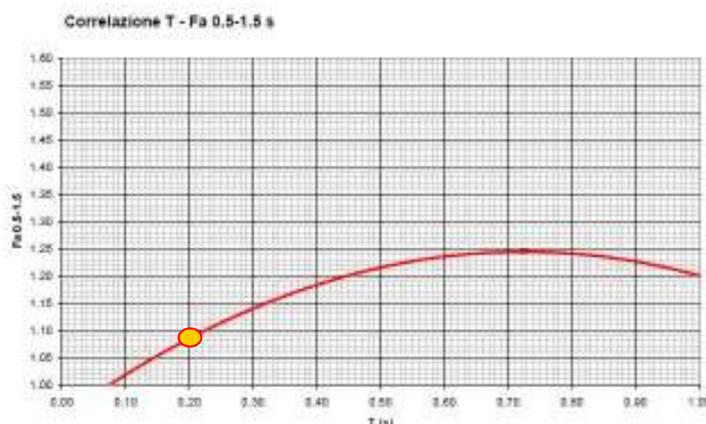
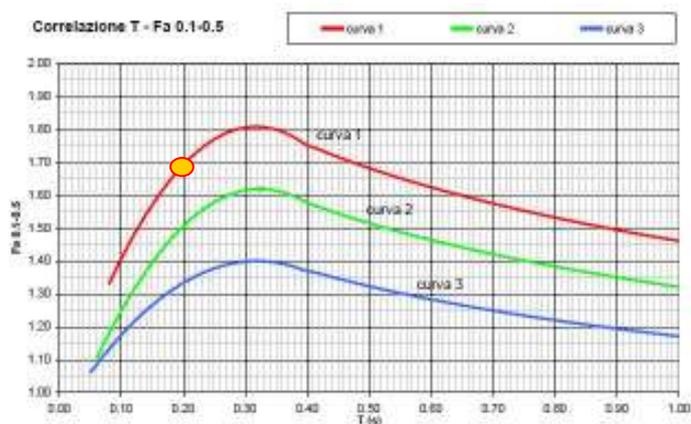


Grafico Vs-Profondità per la litologia "ghiaiosa"

Abaco per l'individuazione della curva di riferimento



Abaco di riferimento per la litologia "ghiaiosa"
per determinare Fa sulla base di T e della curva di riferimento
(riferito ad edifici bassi)

Abaco di riferimento per la litologia "ghiaiosa"
per determinare Fa sulla base di T e della curva di riferimento
(riferito ad edifici alti)

Periodo "T" calcolato	Fa calcolato 01-0.5	Fa calcolato 0.5-1.5
0.198	1.69	1.08

VALORI SOGLIA PER IL PERIODO COMPRESO TRA 0.1 - 0,5s					
COMUNE	Classificazione sismica del sito	Valori di soglia			
		Suolo tipo B	Suolo tipo C	Suolo tipo D	Suolo tipo E
Calvisano	3	1.5	1.9	2.3	2.0

VALORI SOGLIA PER IL PERIODO COMPRESO TRA 0.5 - 1,5s					
COMUNE	Classificazione sismica del sito	Valori di soglia			
		Suolo tipo B	Suolo tipo C	Suolo tipo D	Suolo tipo E
Calvisano	3	1.7	2.4	4.3	3.1



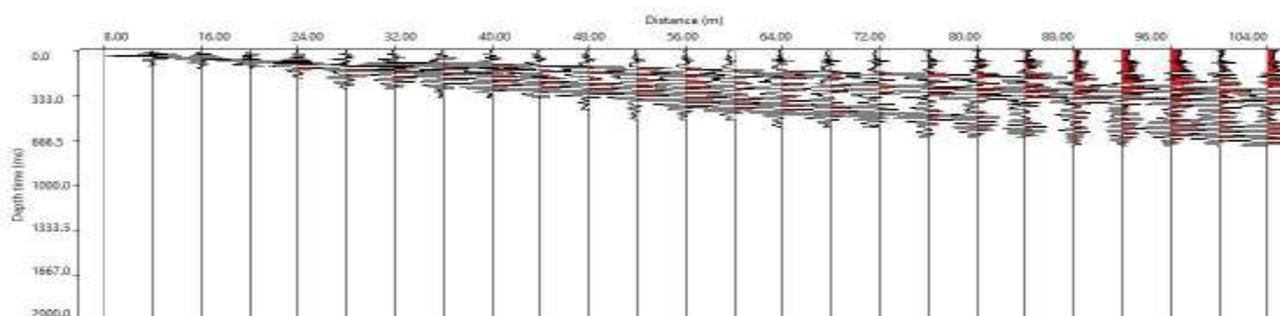
Foto 13: MASW 7-17-09-16-Panoramica verso E



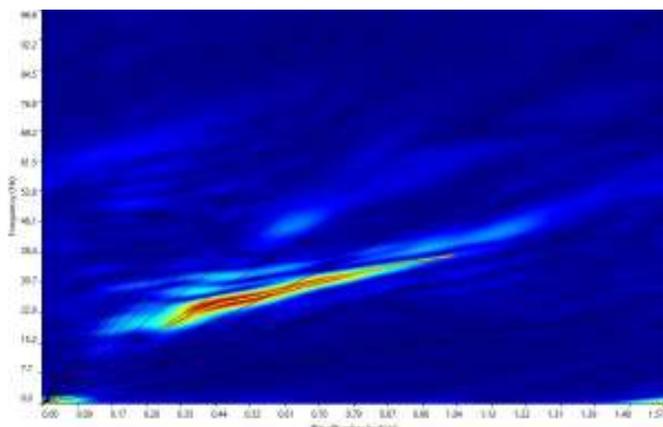
Foto 14: MASW 7-17-09-16-Panoramica verso W

MASW_8-17-09-16_VIA PER CARPENEDOLO / CASCINA MAGGIO

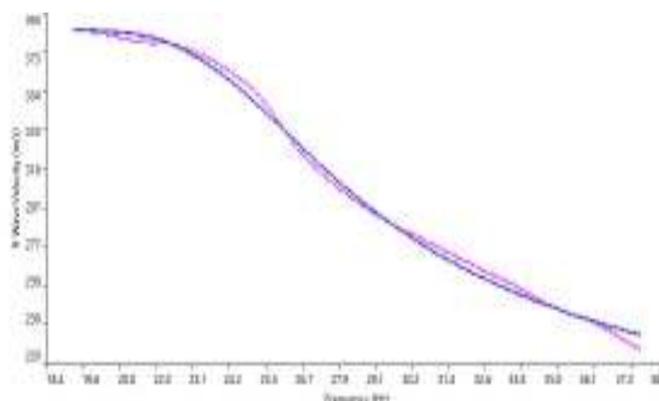
Stendimento	Interdistanza geofonica (m)	Passo energizzazione (m)	Lunghezza stendimento (m)	Profondità raggiunta (m)
Masw_8_17/09/16	4	+/- 4-8	92	Ca.46



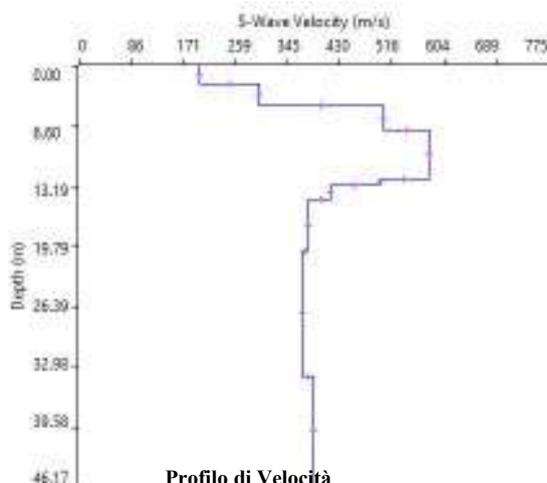
Sismogramma MASW_8-17-09-16



Spettro F/K



Curva di dispersione



Profilo di Velocità

Vs 30 (m/s)	Categoria di Suolo NTC2008
379	B

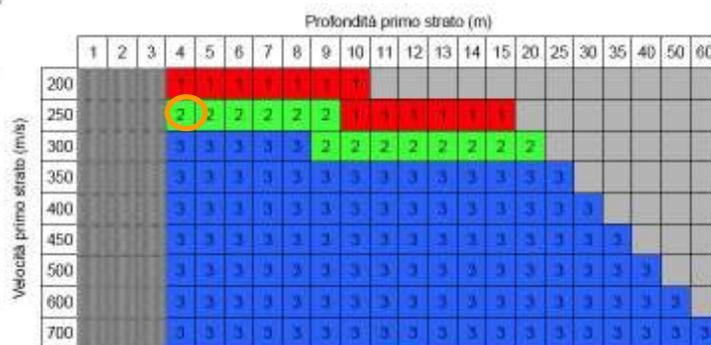
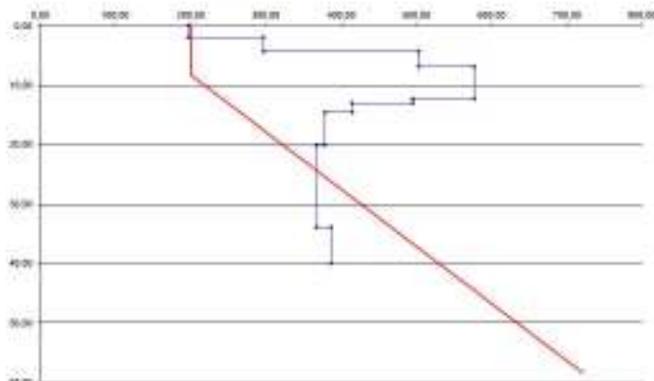
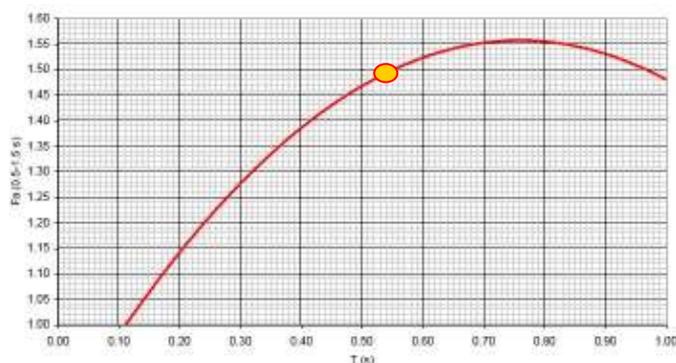


Grafico Vs-Profondità per la litologia "limoso sabbiosa II"

Abaco per l'individuazione della curva di riferimento



Abaco di riferimento per la litologia "limoso-sabbiosa II" per determinare Fa sulla base di T e della curva di riferimento (riferito ad edifici bassi)

Abaco di riferimento per la litologia "limoso-sabbiosa II" per determinare Fa sulla base di T e della curva di riferimento (riferito ad edifici alti)

Periodo "T" calcolato	Fa calcolato 01-0.5	Fa calcolato 0.5-1.5
0.539	2,00	1.49

VALORI SOGLIA PER IL PERIODO COMPRESO TRA 0.1 - 0,5s					
COMUNE	Classificazione sismica del sito	Valori di soglia			
		Suolo tipo B	Suolo tipo C	Suolo tipo D	Suolo tipo E
Calvisano	3	1.5	1.9	2.3	2.0

VALORI SOGLIA PER IL PERIODO COMPRESO TRA 0.5 - 1,5s					
COMUNE	Classificazione sismica del sito	Valori di soglia			
		Suolo tipo B	Suolo tipo C	Suolo tipo D	Suolo tipo E
Calvisano	3	1.7	2.4	4.3	3.1



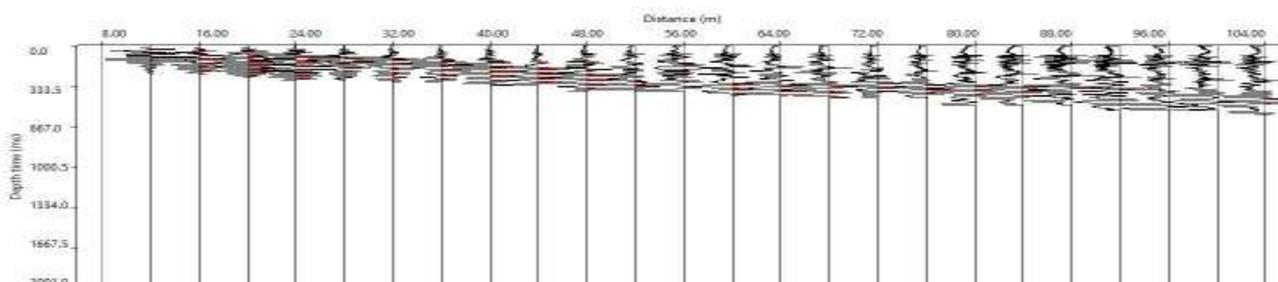
Foto 15: MASW 8-17-09-16-Panoramica verso N



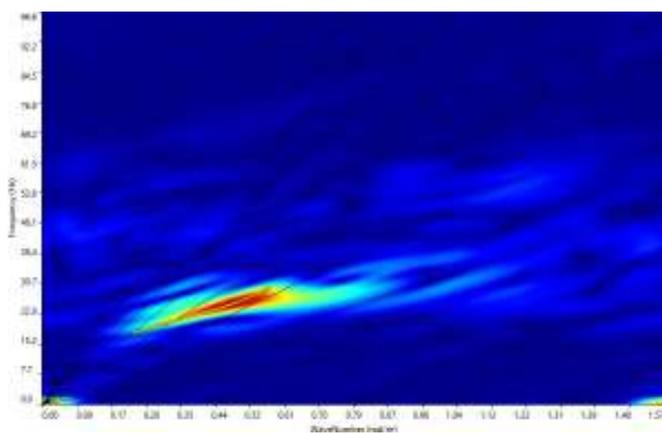
Foto 16: MASW 8-17-09-16-Panoramica verso S

MASW_9-17-09-16_VIA ZILLE SUPERIORE

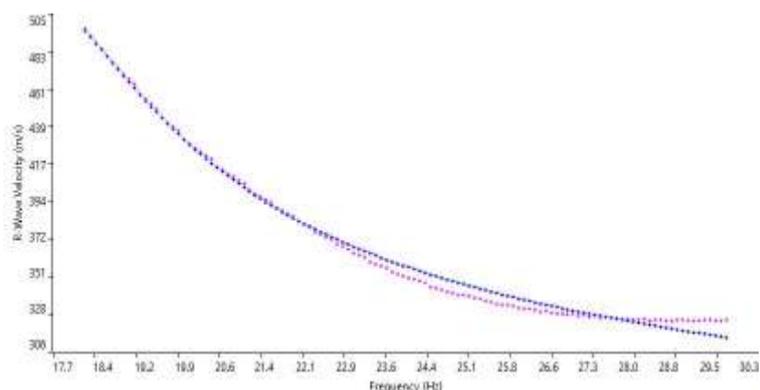
Stendimento	Interdistanza geofonica (m)	Passo energizzazione (m)	Lunghezza stendimento (m)	Profondità raggiunta (m)
Masw_9_17/09/16	4	+/- 4-8	92	Ca.38



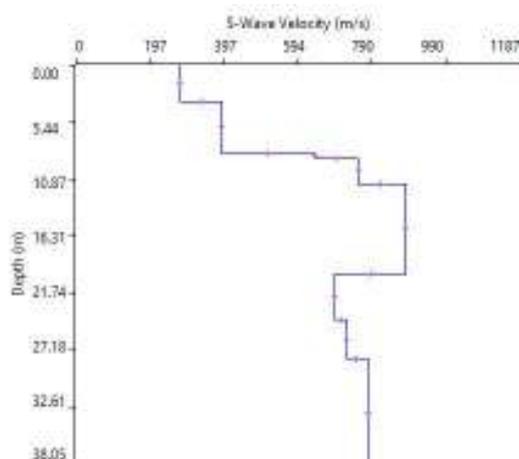
Sismogramma MASW_9-17-09-16



Spettro F/K



Curva di dispersione



Profilo di Velocità

Vs 30 (m/s)	Categoria di Suolo NTC2008
567	B

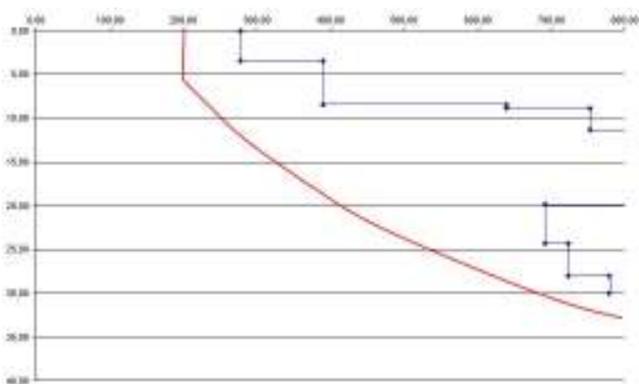
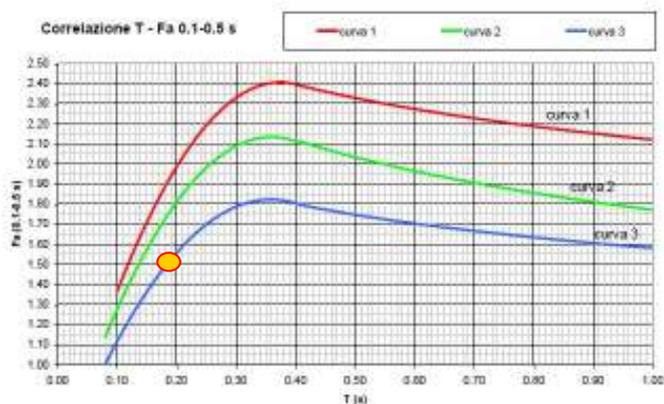


Grafico Vs-Profondità per la litologia "limoso argillosa II"



Abaco per l'individuazione della curva di riferimento



Abaco di riferimento per la litologia "limoso-argillosa II" per determinare Fa sulla base di T e della curva di riferimento (riferito ad edifici bassi)



Abaco di riferimento per la litologia "limoso-argillosa II" per determinare Fa sulla base di T e della curva di riferimento (riferito ad edifici alti)

Periodo "T" calcolato	Fa calcolato 01-0.5	Fa calcolato 0.5-1.5
0.181	1.50	1.15

VALORI SOGLIA PER IL PERIODO COMPRESO TRA 0.1 - 0,5s					
COMUNE	Classificazione sismica del sito	Valori di soglia			
		Suolo tipo B	Suolo tipo C	Suolo tipo D	Suolo tipo E
Calvisano	3	1.5	1.9	2.3	2.0

VALORI SOGLIA PER IL PERIODO COMPRESO TRA 0.5 - 1,5s					
COMUNE	Classificazione sismica del sito	Valori di soglia			
		Suolo tipo B	Suolo tipo C	Suolo tipo D	Suolo tipo E
Calvisano	3	1.7	2.4	4.3	3.1



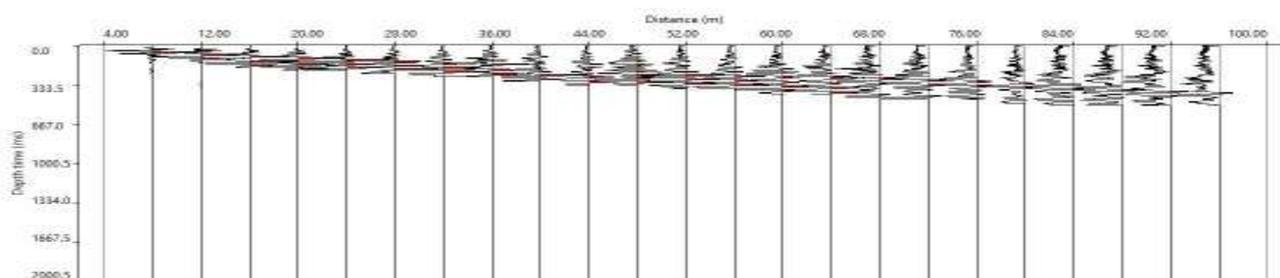
Foto 17: MASW 9-17-09-16-Panoramica verso E



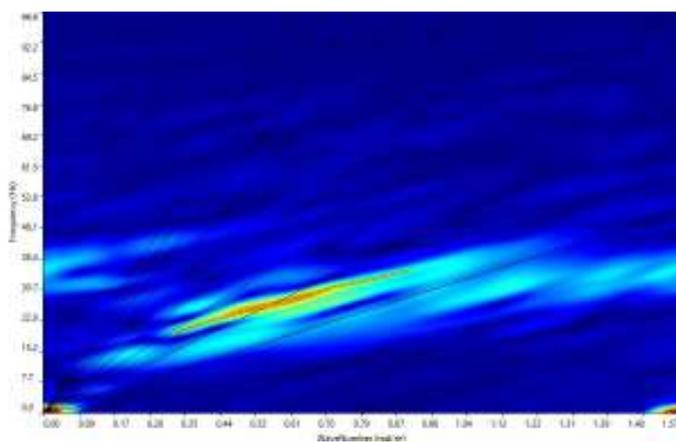
Foto 18: MASW 9-17-09-16-Panoramica verso W

MASW_10-22-09-16_LOCALITA' "CASCINA SAN FRANCESCO"

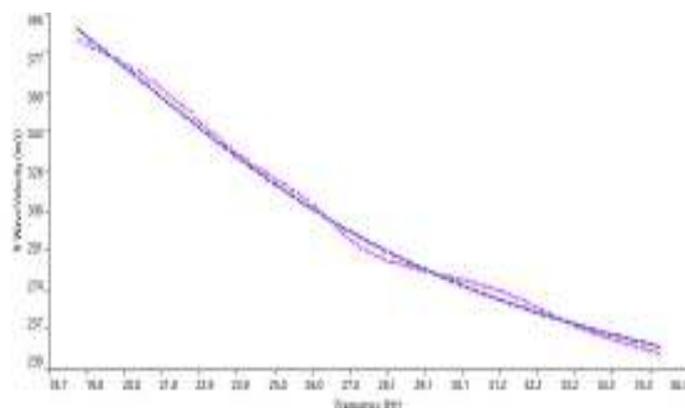
Stendimento	Interdistanza geofonica (m)	Passo energizzazione (m)	Lunghezza stendimento (m)	Profondità raggiunta (m)
Masw_10_17/09/16	4	+/- 4-8	92	Ca.35



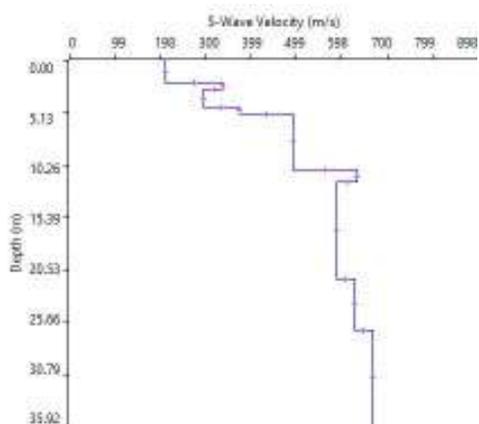
Sismogramma MASW_10-22-09-16



Spettro F/K



Curva di dispersione



Profilo di Velocità

Vs 30 (m/s)	Categoria di Suolo NTC2008
481	B

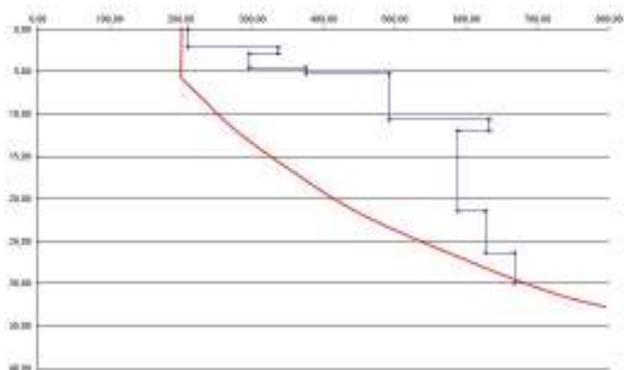
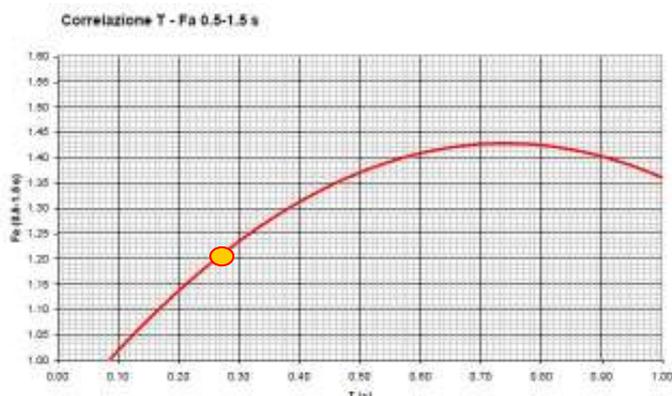
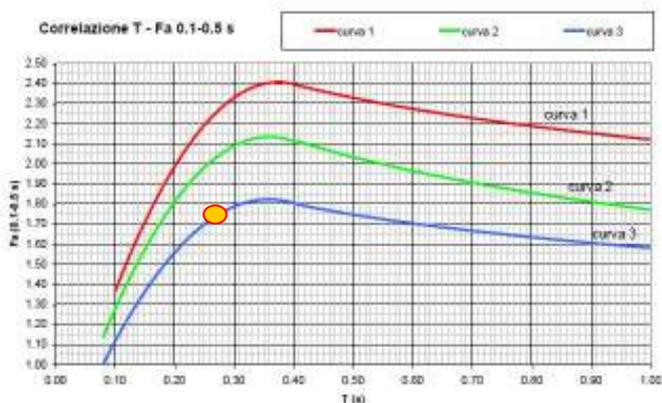


Grafico Vs-Profondità per la litologia “limoso argillosa II”

Abaco per l’individuazione della curva di riferimento



Abaco di riferimento per la litologia “limoso-argillosa II”
per determinare Fa sulla base di T e della curva di riferimento
(riferito ad edifici bassi)

Abaco di riferimento per la litologia ”limoso –argillosa II”
per determinare Fa sulla base di T e della curva di riferimento
(riferito ad edifici alti)

Periodo “T” calcolato	Fa calcolato 01-0.5	Fa calcolato 0.5-1.5
0.277	1.75	1.21

VALORI SOGLIA PER IL PERIODO COMPRESO TRA 0.1 - 0,5s					
COMUNE	Classificazione sismica del sito	Valori di soglia			
		Suolo tipo B	Suolo tipo C	Suolo tipo D	Suolo tipo E
Calvisano	3	1.5	1.9	2.3	2.0

VALORI SOGLIA PER IL PERIODO COMPRESO TRA 0.5 - 1,5s					
COMUNE	Classificazione sismica del sito	Valori di soglia			
		Suolo tipo B	Suolo tipo C	Suolo tipo D	Suolo tipo E
Calvisano	3	1.7	2.4	4.3	3.1



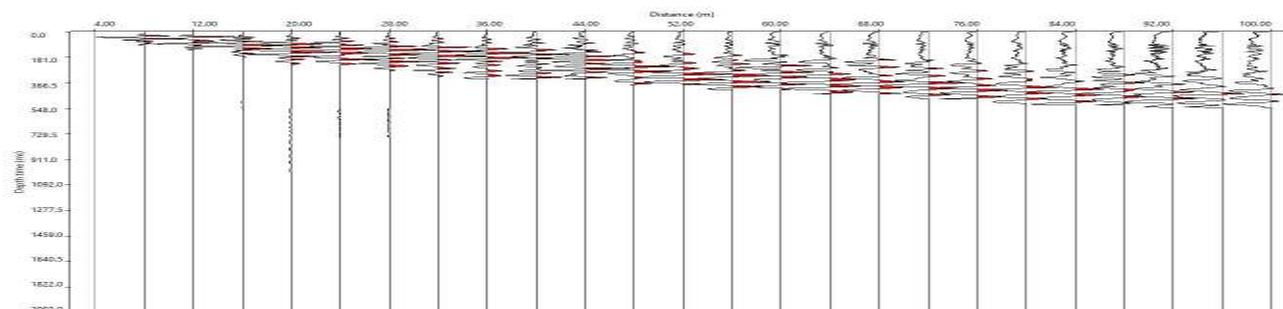
Foto 19: MASW 10-22-09-16-Panoramica verso E



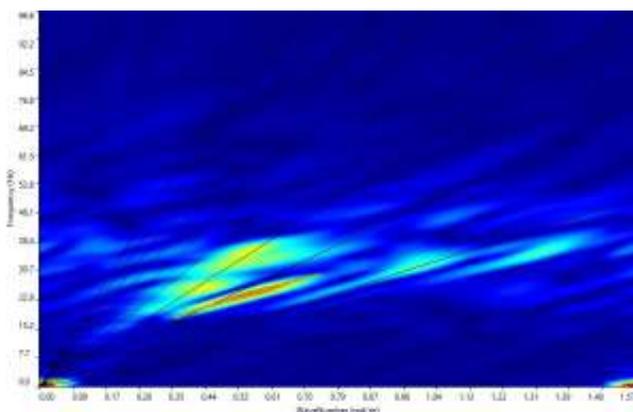
Foto 20: MASW 10-22-09-16-Panoramica verso W

MASW_11-22-09-16_LOCALITA' "CASCINA PISTADORA"

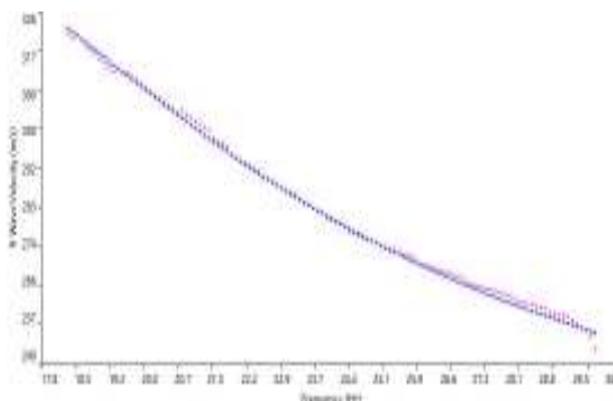
Stendimento	Interdistanza geofonica (m)	Passo energizzazione (m)	Lunghezza stendimento (m)	Profondità raggiunta (m)
Masw_11_22/09/16	4	+/- 4-8	92	Ca.33



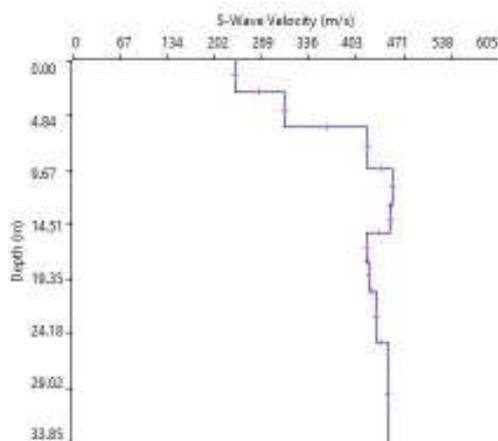
Sismogramma MASW_11-22-09-16



Spettro F/K



Curva di dispersione



Profilo di Velocità

Vs 30 (m/s)	Categoria di Suolo NTC2008
386	B

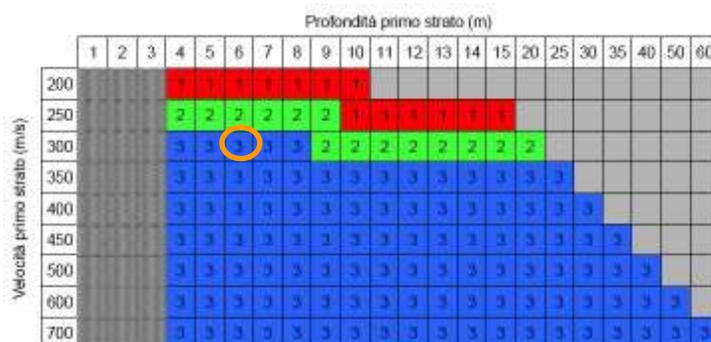
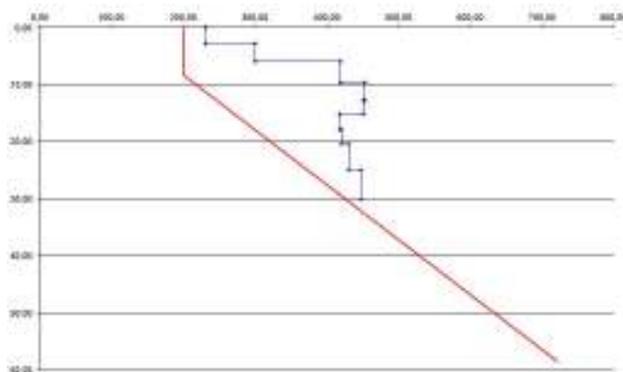
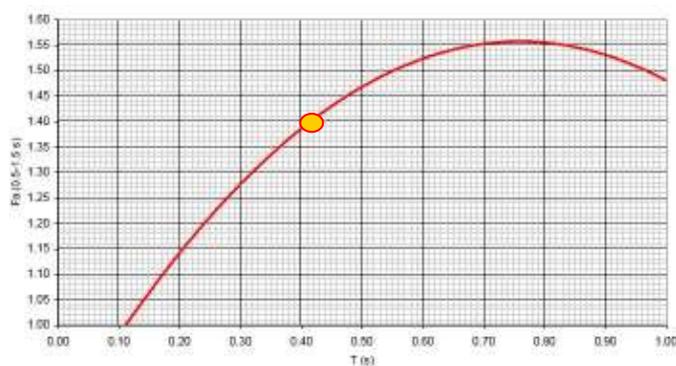
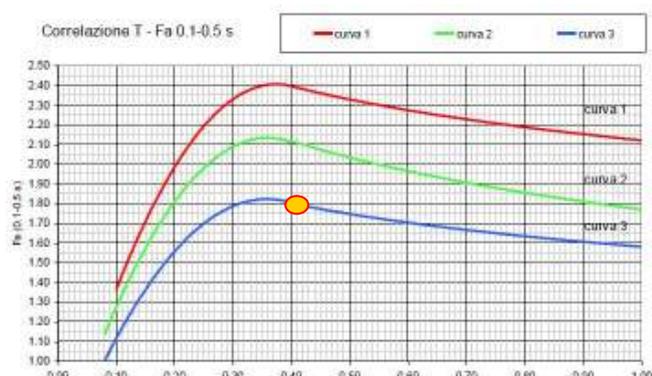


Grafico Vs-Profondità per la litologia "limoso sabbiosa II"

Abaco per l'individuazione della curva di riferimento



Abaco di riferimento per la litologia "limoso-sabbiosa II" per determinare Fa sulla base di T e della curva di riferimento (riferito ad edifici bassi)

Abaco di riferimento per la litologia "limoso-sabbiosa II" per determinare Fa sulla base di T e della curva di riferimento (riferito ad edifici alti)

Periodo "T" calcolato	Fa calcolato 01-0.5	Fa calcolato 0.5-1.5
0.413	1.80	1.40

VALORI SOGLIA PER IL PERIODO COMPRESO TRA 0.1 - 0,5s					
COMUNE	Classificazione sismica del sito	Valori di soglia			
		Suolo tipo B	Suolo tipo C	Suolo tipo D	Suolo tipo E
Calvisano	3	1.5	1.9	2.3	2.0

VALORI SOGLIA PER IL PERIODO COMPRESO TRA 0.5 - 1,5s					
COMUNE	Classificazione sismica del sito	Valori di soglia			
		Suolo tipo B	Suolo tipo C	Suolo tipo D	Suolo tipo E
Calvisano	3	1.7	2.4	4.3	3.1



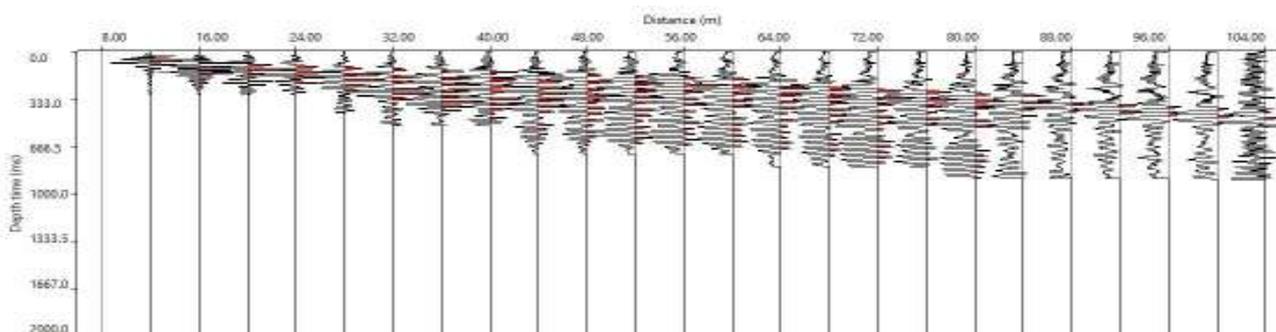
Foto 21: MASW 11-22-09-16-Panoramica verso W



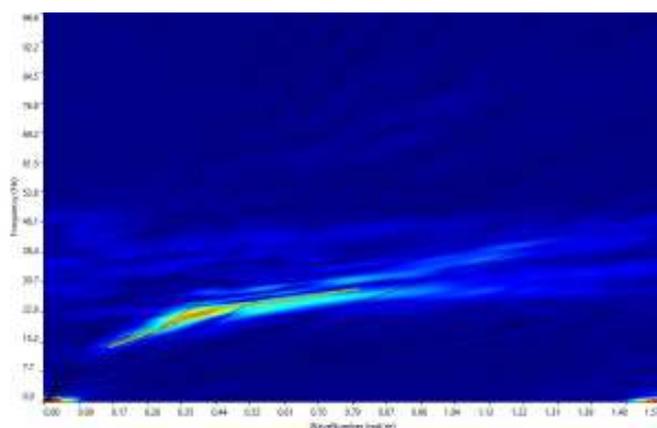
Foto 22: MASW 11-22-09-16-Panoramica verso E

MASW_12-24-09-16_VIADANA SUD-EST

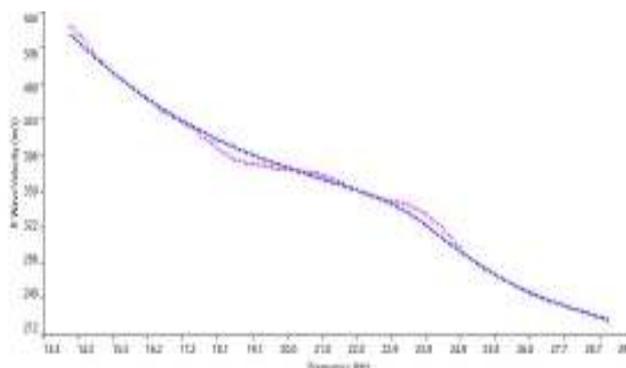
Stendimento	Interdistanza geofonica (m)	Passo energizzazione (m)	Lunghezza stendimento (m)	Profondità raggiunta (m)
Masw_12_24/09/16	4	+/- 4-8	92	Ca.33



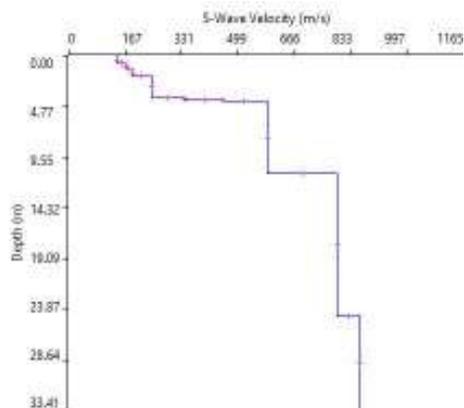
Sismogramma MASW_12-24-09-16



Spettro F/K



Curva di dispersione



Profilo di Velocità

Vs 30 (m/s)	Categoria di Suolo NTC2008
536	B

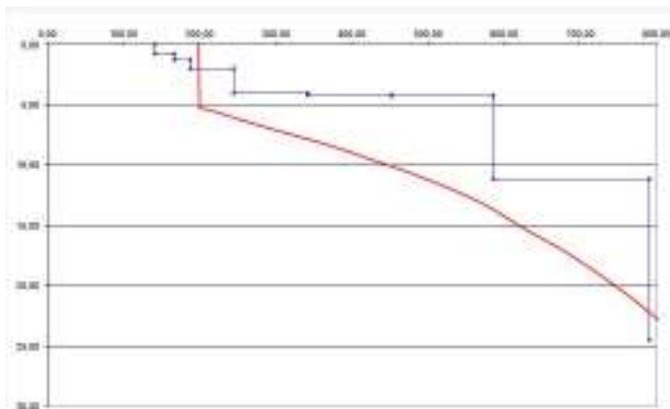
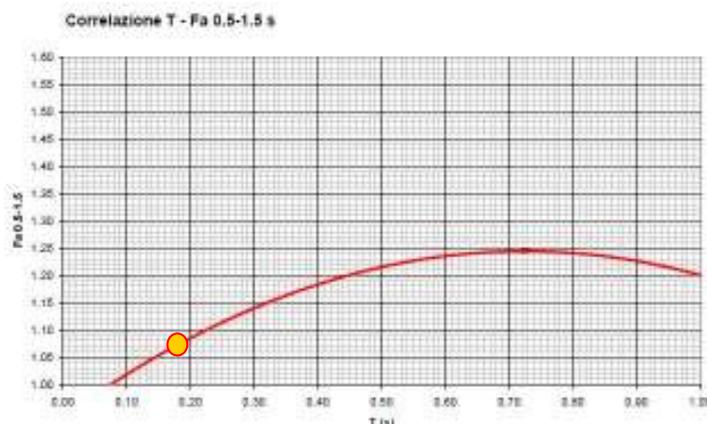
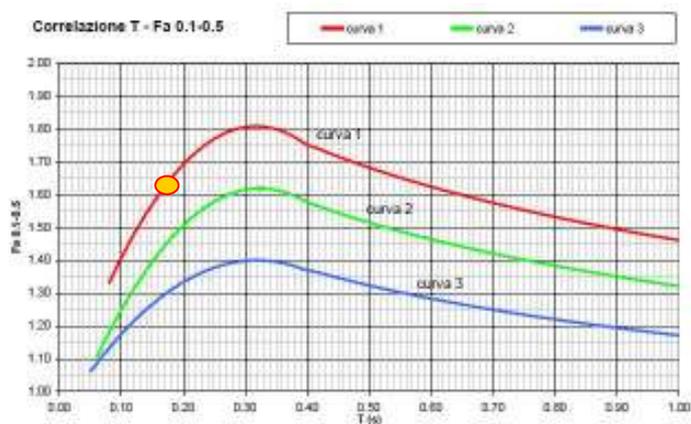


Gráfico Vs-Profondità per la litologia “ghiaiosa”

Abaco per l'individuazione della curva di riferimento



Abaco di riferimento per la litologia “ghiaiosa” per determinare Fa sulla base di T e della curva di riferimento (riferito ad edifici bassi)

Abaco di riferimento per la litologia “ghiaiosa” per determinare Fa sulla base di T e della curva di riferimento (riferito ad edifici alti)

Periodo “T” calcolato	Fa calcolato 01-0.5	Fa calcolato 0.5-1.5
0.176	1.64	1.07

VALORI SOGLIA PER IL PERIODO COMPRESO TRA 0.1 - 0,5s					
COMUNE	Classificazione sismica del sito	Valori di soglia			
		Suolo tipo B	Suolo tipo C	Suolo tipo D	Suolo tipo E
Calvisano	3	1.5	1.9	2.3	2.0

VALORI SOGLIA PER IL PERIODO COMPRESO TRA 0.5 - 1,5s					
COMUNE	Classificazione sismica del sito	Valori di soglia			
		Suolo tipo B	Suolo tipo C	Suolo tipo D	Suolo tipo E
Calvisano	3	1.7	2.4	4.3	3.1



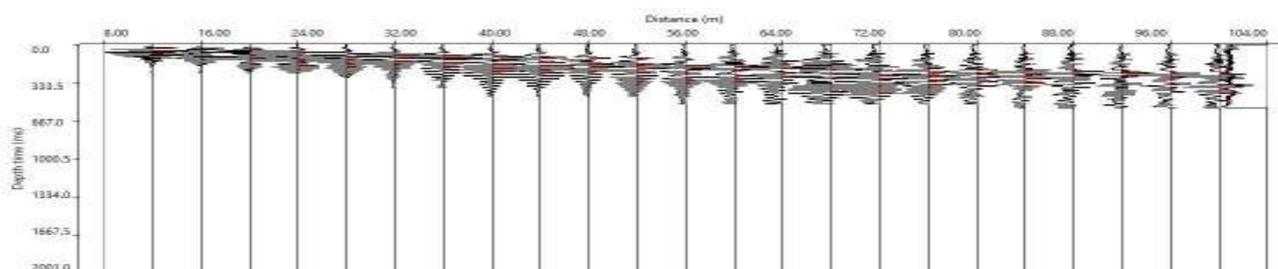
Foto 23: MASW 12-24-09-16-Panoramica verso S



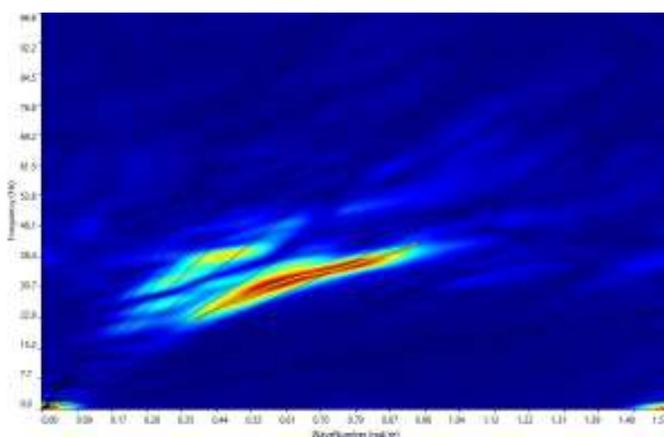
Foto 24: MASW 12-24-09-16-Panoramica verso N

MASW_13-24-09-16_LOCALITA' "CASCINA SALVINE"

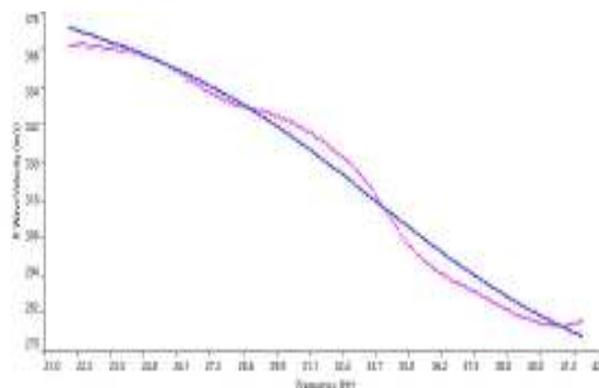
Stendimento	Interdistanza geofonica (m)	Passo energizzazione (m)	Lunghezza stendimento (m)	Profondità raggiunta (m)
Masw_13_24/09/16	4	+/- 4-8	92	Ca.40



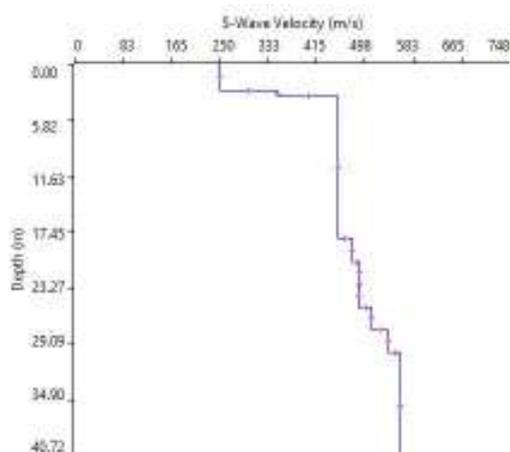
Sismogramma MASW_13-24-09-16



Spettro F/K



Curva di dispersione



Profilo di Velocità

Vs 30 (m/s)	Categoria di Suolo NTC2008
435	B

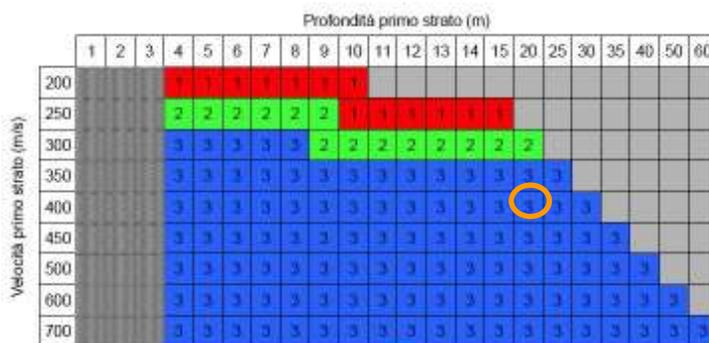
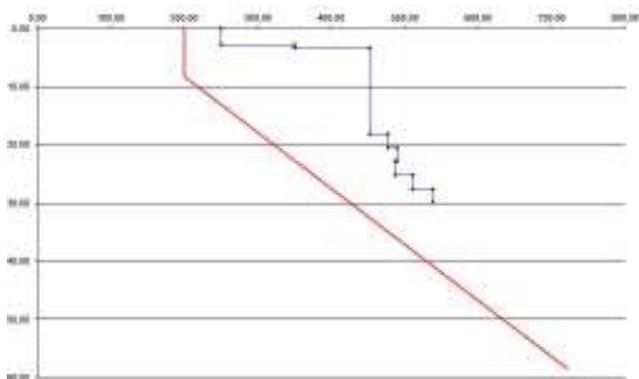
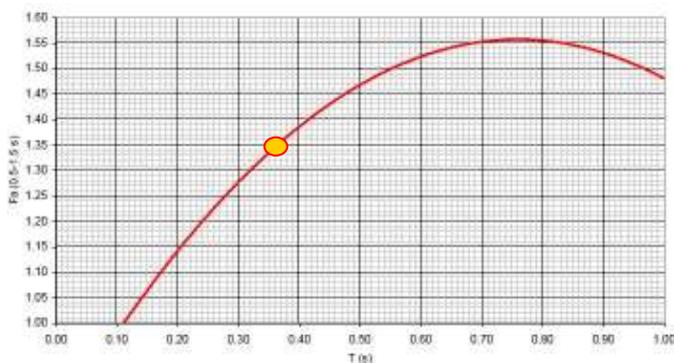
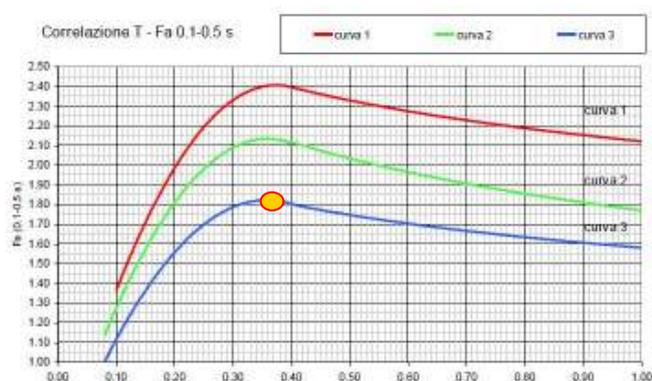


Grafico Vs-Profondità per la litologia "limoso sabbiosa II"

Abaco per l'individuazione della curva di riferimento



Abaco di riferimento per la litologia "limoso-sabbiosa II" per determinare Fa sulla base di T e della curva di riferimento (riferito ad edifici bassi)

Abaco di riferimento per la litologia "limoso-sabbiosa II" per determinare Fa sulla base di T e della curva di riferimento (riferito ad edifici alti)

Periodo "T" calcolato	Fa calcolato 01-0.5	Fa calcolato 0.5-1.5
0.368	1.81	1.35

VALORI SOGLIA PER IL PERIODO COMPRESO TRA 0.1 - 0,5s					
COMUNE	Classificazione sismica del sito	Valori di soglia			
		Suolo tipo B	Suolo tipo C	Suolo tipo D	Suolo tipo E
Calvisano	3	1.5	1.9	2.3	2.0

VALORI SOGLIA PER IL PERIODO COMPRESO TRA 0.5 - 1,5s					
COMUNE	Classificazione sismica del sito	Valori di soglia			
		Suolo tipo B	Suolo tipo C	Suolo tipo D	Suolo tipo E
Calvisano	3	1.7	2.4	4.3	3.1



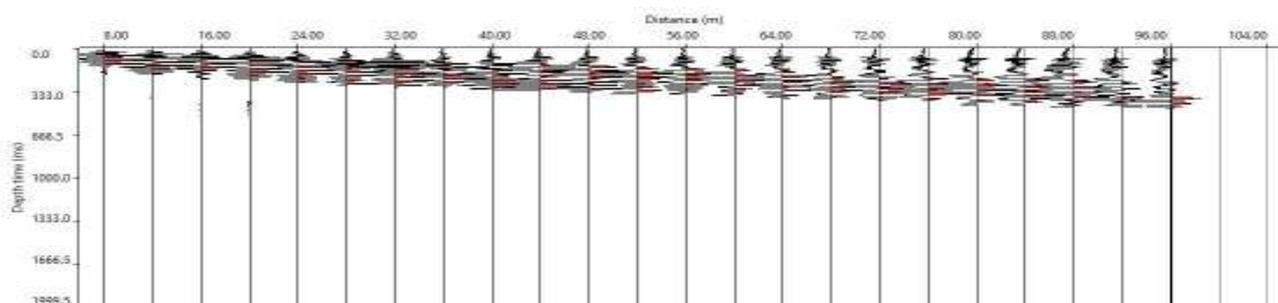
Foto 25: MASW 13-24-09-16-Panoramica verso S



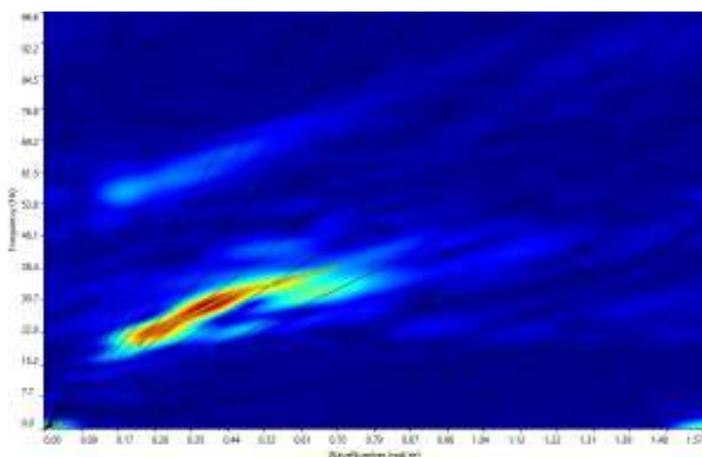
Foto 26: MASW 13-24-09-16-Panoramica verso N

MASW_14-24-09-16_LOCALITÀ "CASCINA COLOMBERONE SUD"

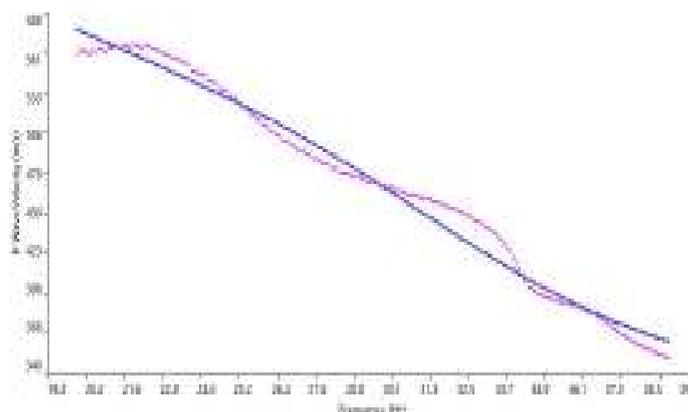
Stendimento	Interdistanza geofonica (m)	Passo energizzazione (m)	Lunghezza stendimento (m)	Profondità raggiunta (m)
Masw_14_24/09/16	4	+/- 4-8	92	Ca.33



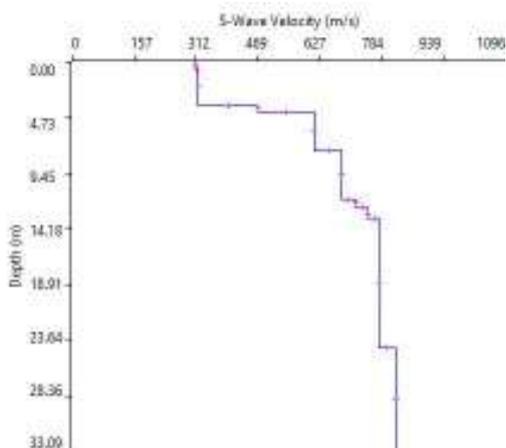
Sismogramma MASW_14-24-09-16



Spettro F/K



Curva di dispersione



Profilo di Velocità

Vs 30 (m/s)	Categoria di Suolo NTC2008
630	B

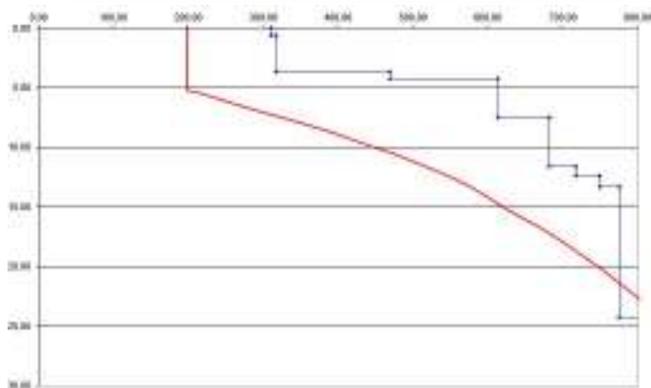
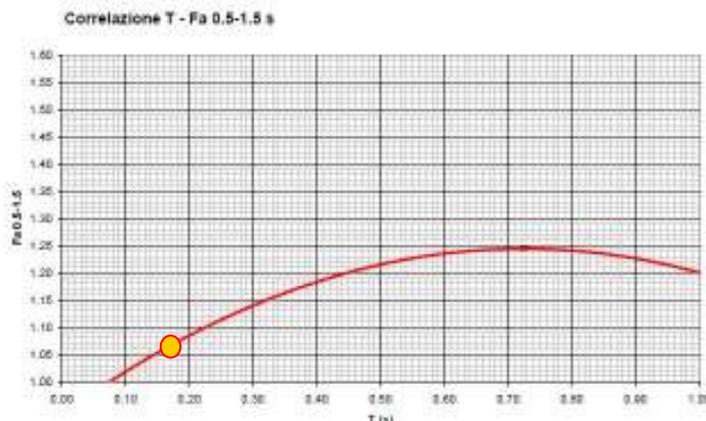
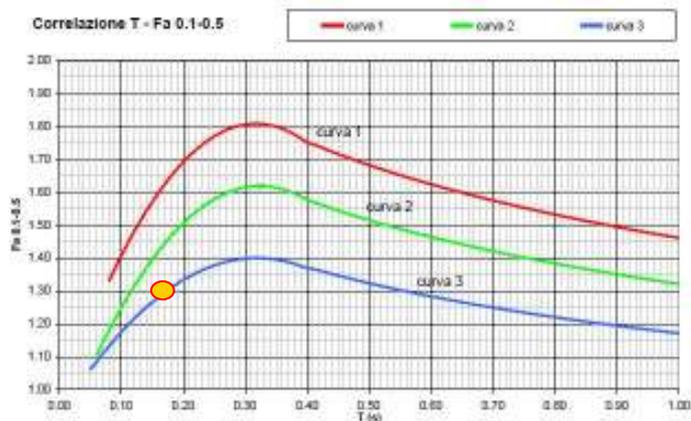


Grafico Vs-Profondità per la litologia "ghiaiosa"

Abaco per l'individuazione della curva di riferimento



Abaco di riferimento per la litologia "ghiaiosa"
per determinare Fa sulla base di T e della curva di riferimento
(riferito ad edifici bassi)

Abaco di riferimento per la litologia "ghiaiosa"
per determinare Fa sulla base di T e della curva di riferimento
(riferito ad edifici alti)

Periodo "T" calcolato	Fa calcolato 01-0.5	Fa calcolato 0.5-1.5
0.171	1.30	1.06

VALORI SOGLIA PER IL PERIODO COMPRESO TRA 0.1 - 0,5s					
COMUNE	Classificazione sismica del sito	Valori di soglia			
		Suolo tipo B	Suolo tipo C	Suolo tipo D	Suolo tipo E
Calvisano	3	1.5	1.9	2.3	2.0

VALORI SOGLIA PER IL PERIODO COMPRESO TRA 0.5 - 1,5s					
COMUNE	Classificazione sismica del sito	Valori di soglia			
		Suolo tipo B	Suolo tipo C	Suolo tipo D	Suolo tipo E
Calvisano	3	1.7	2.4	4.3	3.1



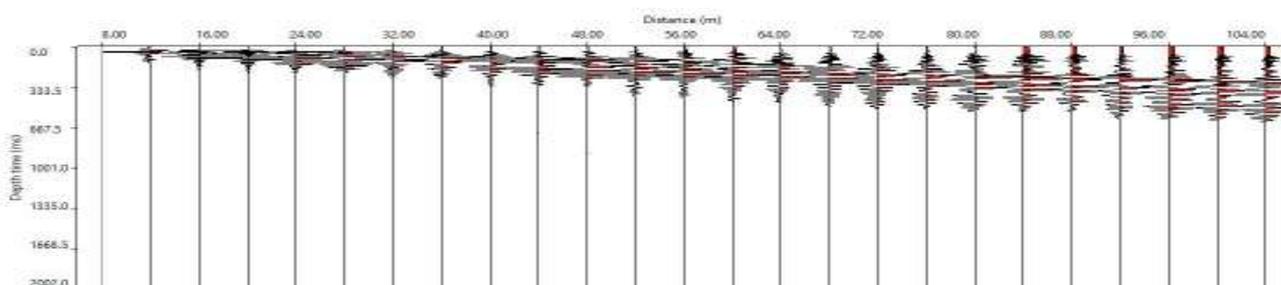
Foto 27: MASW 14-24-09-16-Panoramica verso N



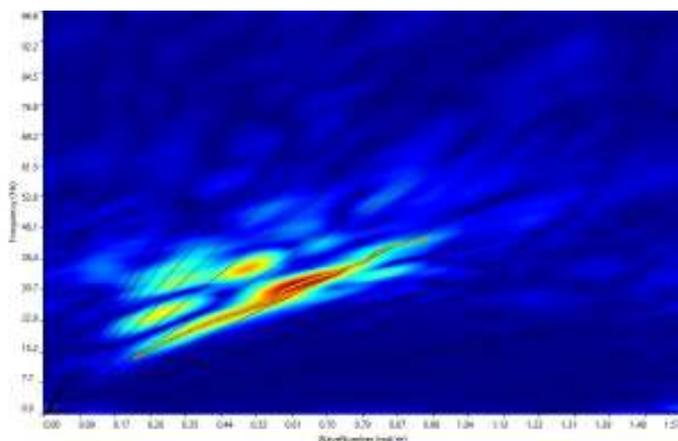
Foto 28: MASW 14-24-09-16-Panoramica verso S

MASW_15-24-09-16_LOCALITÀ BELVEDERE

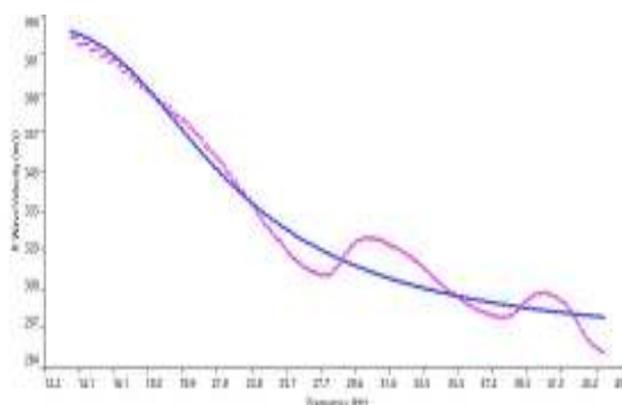
Stendimento	Interdistanza geofonica (m)	Passo energizzazione (m)	Lunghezza stendimento (m)	Profondità raggiunta (m)
Masw_15_24/09/16	4	+/- 4-8	92	Ca.37



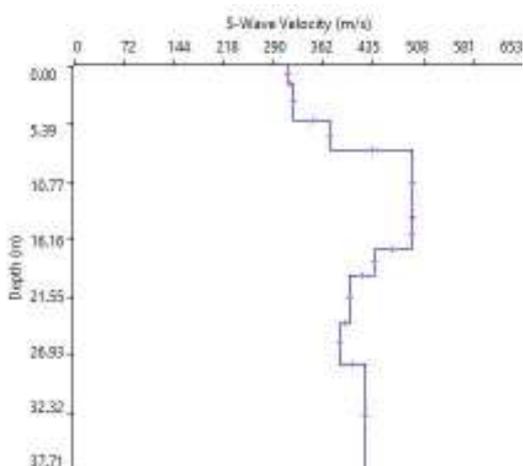
Sismogramma MASW_15-24-09-16



Spettro F/K



Curva di dispersione



Profilo di Velocità

Vs 30 (m/s)	Categoria di Suolo NTC2008
405	B

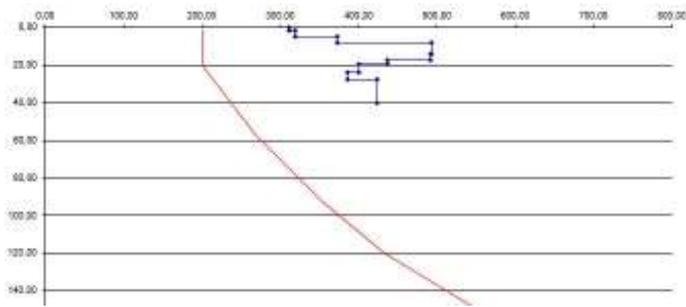
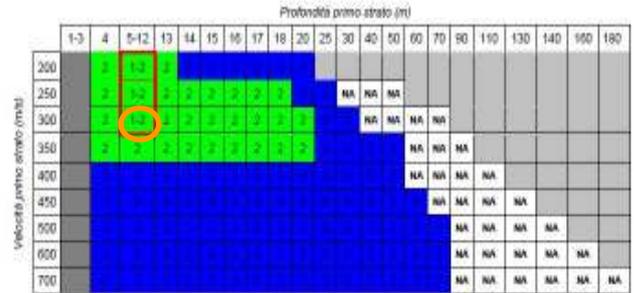
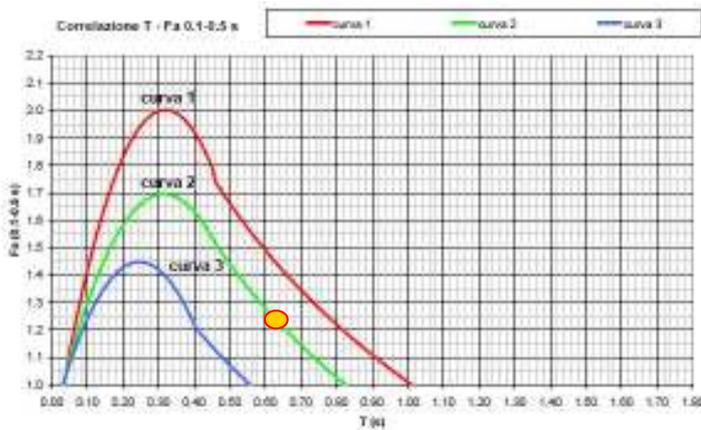


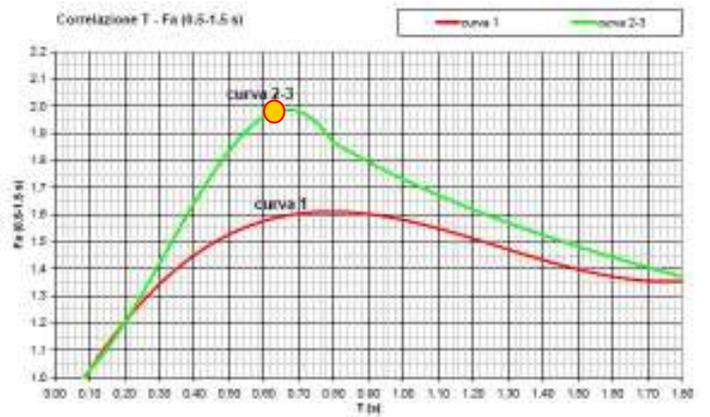
Grafico Vs-Profondità per la litologia "sabbiosa"



Abaco per l'individuazione della curva di riferimento



Abaco di riferimento per la litologia "sabbiosa" per determinare Fa sulla base di T e della curva di riferimento (riferito ad edifici bassi)



Abaco di riferimento per la litologia "sabbiosa" per determinare Fa sulla base di T e della curva di riferimento (riferito ad edifici alti)

Periodo "T" calcolato	Fa calcolato 01-0.5	Fa calcolato 0.5-1.5
0.627	1.23	1.97

VALORI SOGLIA PER IL PERIODO COMPRESO TRA 0.1 - 0,5s					
COMUNE	Classificazione sismica del sito	Valori di soglia			
		Suolo tipo B	Suolo tipo C	Suolo tipo D	Suolo tipo E
Calvisano	3	1.5	1.9	2.3	2.0

VALORI SOGLIA PER IL PERIODO COMPRESO TRA 0.5 - 1,5s					
COMUNE	Classificazione sismica del sito	Valori di soglia			
		Suolo tipo B	Suolo tipo C	Suolo tipo D	Suolo tipo E
Calvisano	3	1.7	2.4	4.3	3.1



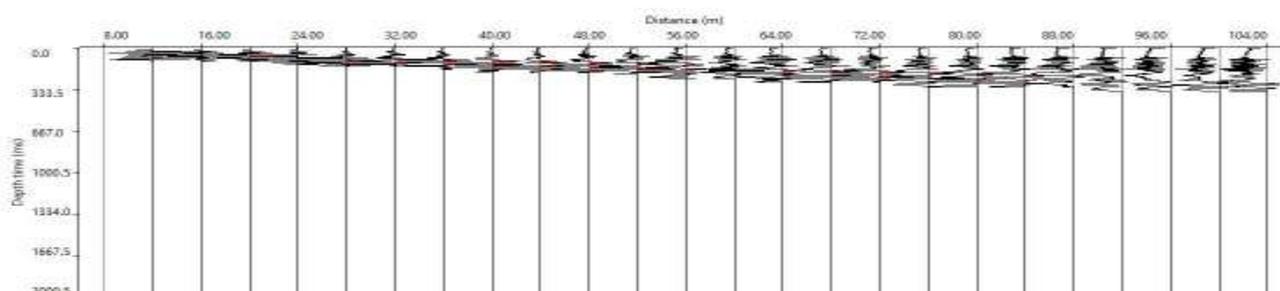
Foto 29: MASW 15-24-09-16-Panoramica verso NW



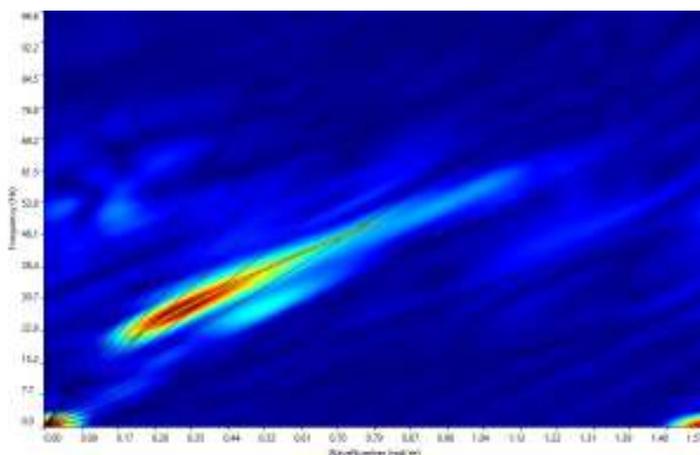
Foto 30: MASW 15-24-09-16-Panoramica verso SE

MASW_16-24-09-16_VIA ZILLE INFERIORE

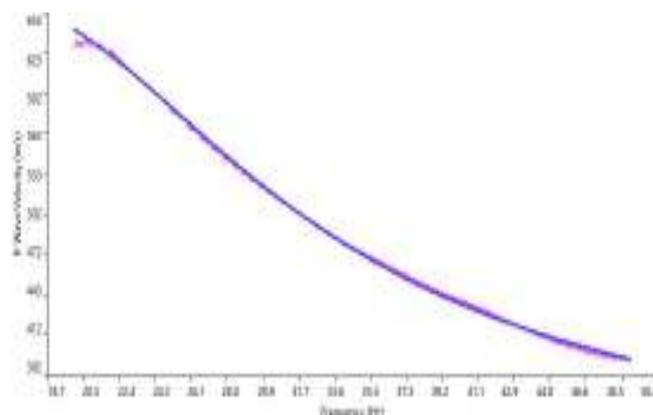
Stendimento	Interdistanza geofonica (m)	Passo energizzazione (m)	Lunghezza stendimento (m)	Profondità raggiunta (m)
Masw_16_24/09/16	4	+/- 4-8	92	Ca.49



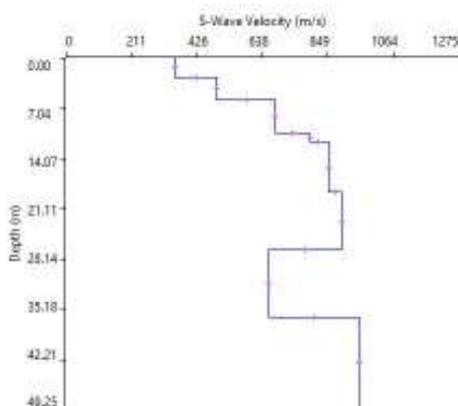
Sismogramma MASW_16-24-09-16



Spettro F/K



Curva di dispersione



Profilo di Velocità

Vs 30 (m/s)	Categoria di Suolo NTC2008
673	B

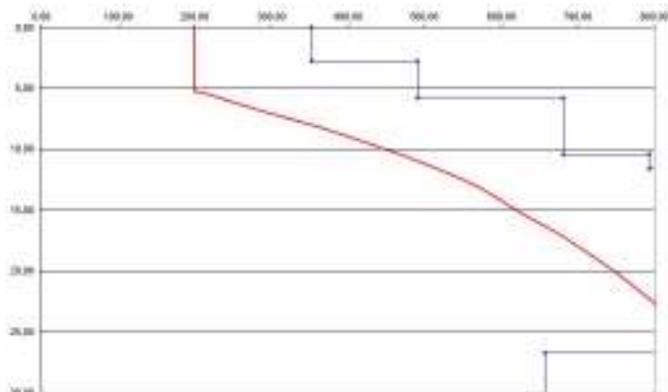
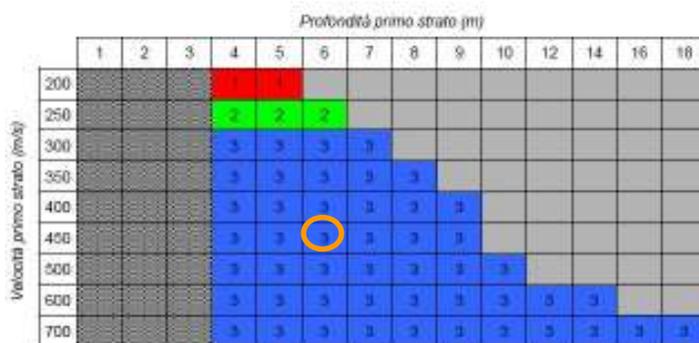
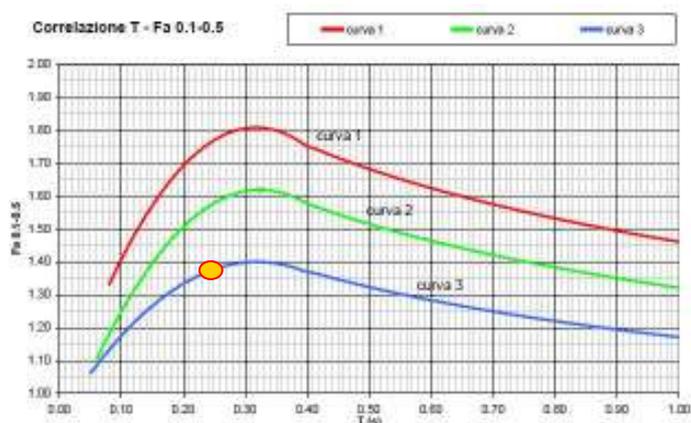


Grafico Vs-Profondità per la litologia "ghiaiosa"



Abaco per l'individuazione della curva di riferimento



Abaco di riferimento per la litologia "ghiaiosa"
per determinare Fa sulla base di T e della curva di riferimento
(riferito ad edifici bassi)



Abaco di riferimento per la litologia "ghiaiosa"
per determinare Fa sulla base di T e della curva di riferimento
(riferito ad edifici alti)

Periodo "T" calcolato	Fa calcolato 01-0.5	Fa calcolato 0.5-1.5
0.240	1.37	1.11

VALORI SOGLIA PER IL PERIODO COMPRESO TRA 0.1 - 0,5s					
COMUNE	Classificazione sismica del sito	Valori di soglia			
		Suolo tipo B	Suolo tipo C	Suolo tipo D	Suolo tipo E
Calvisano	3	1.5	1.9	2.3	2.0

VALORI SOGLIA PER IL PERIODO COMPRESO TRA 0.5 - 1,5s					
COMUNE	Classificazione sismica del sito	Valori di soglia			
		Suolo tipo B	Suolo tipo C	Suolo tipo D	Suolo tipo E
Calvisano	3	1.7	2.4	4.3	3.1



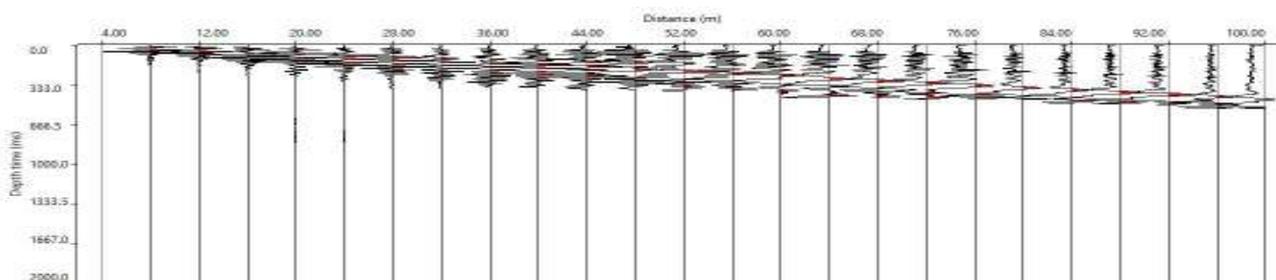
Foto 31: MASW 16-24-09-16-Panoramica verso N



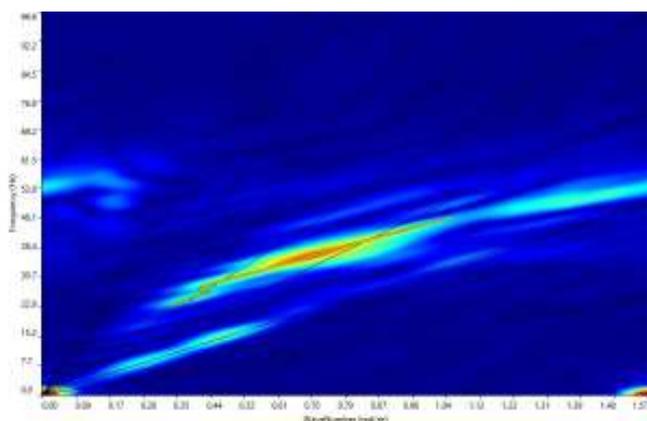
Foto 32: MASW 16-24-09-16-Panoramica verso S

MASW_17-24-09-16_LOCALITÀ "CASCINA MISERICORDIA"

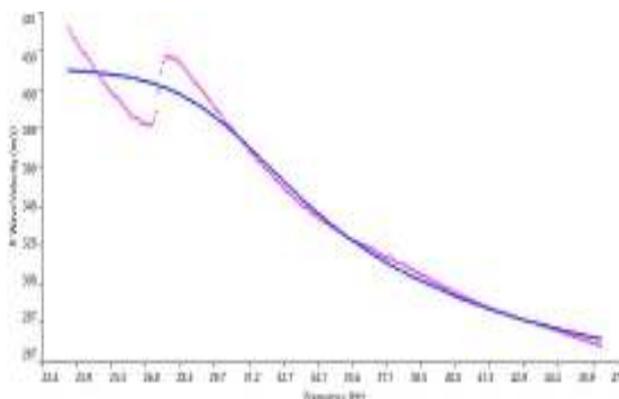
Stendimento	Interdistanza geofonica (m)	Passo energizzazione (m)	Lunghezza stendimento (m)	Profondità raggiunta (m)
Masw_17_24/09/16	4	+/- 4-8	92	Ca.32



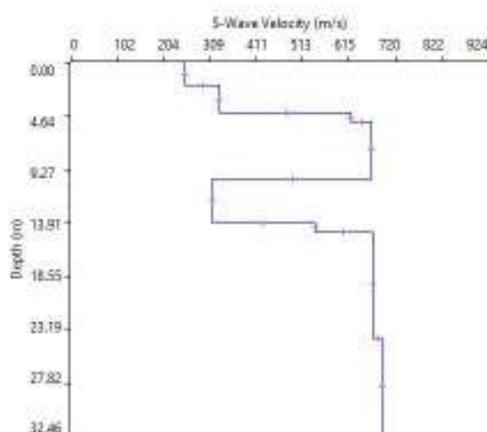
Sismogramma MASW_17-24-09-16



Spettro F/K



Curva di dispersione



Profilo di Velocità

Vs 30 (m/s)	Categoria di Suolo NTC2008
500	B

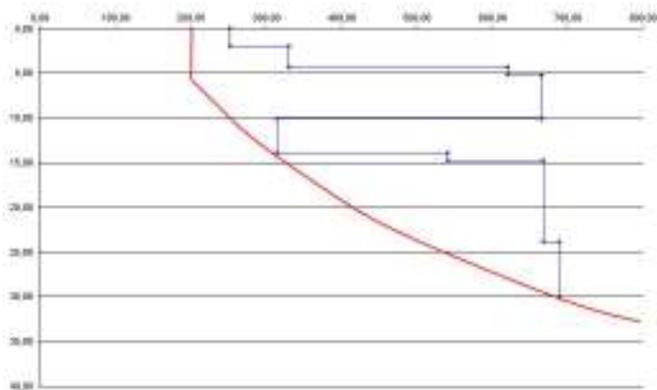
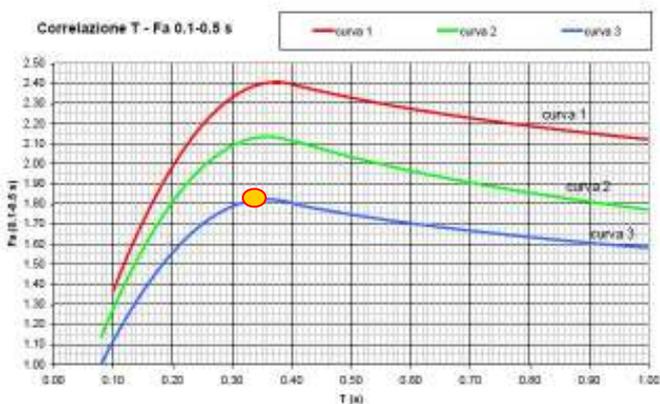


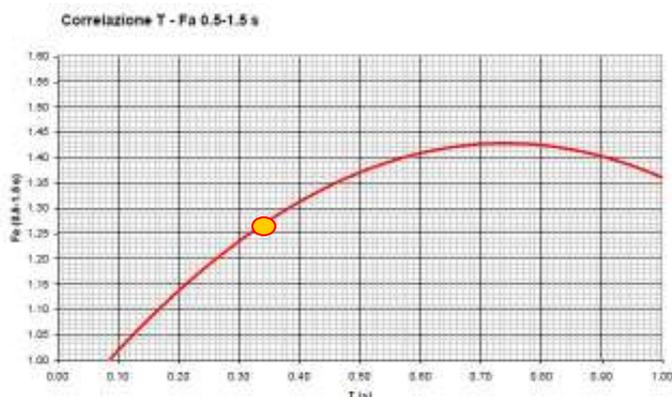
Grafico Vs-Profondità per la litologia "limoso argillosa II" riferimento



Abaco per l'individuazione della curva di



Abaco di riferimento per la litologia "limoso-argillosa II" per determinare Fa sulla base di T e della curva di riferimento (riferito ad edifici bassi)



Abaco di riferimento per la litologia "limoso-argillosa II" per determinare Fa sulla base di T e della curva di riferimento (riferito ad edifici alti)

Periodo "T" calcolato	Fa calcolato 01-0.5	Fa calcolato 0.5-1.5
0.338	1.82	1.26

VALORI SOGLIA PER IL PERIODO COMPRESO TRA 0.1 - 0,5s					
COMUNE	Classificazione sismica del sito	Valori di soglia			
		Suolo tipo B	Suolo tipo C	Suolo tipo D	Suolo tipo E
Calvisano	3	1.5	1.9	2.3	2.0

VALORI SOGLIA PER IL PERIODO COMPRESO TRA 0.5 - 1,5s					
COMUNE	Classificazione sismica del sito	Valori di soglia			
		Suolo tipo B	Suolo tipo C	Suolo tipo D	Suolo tipo E
Calvisano	3	1.7	2.4	4.3	3.1



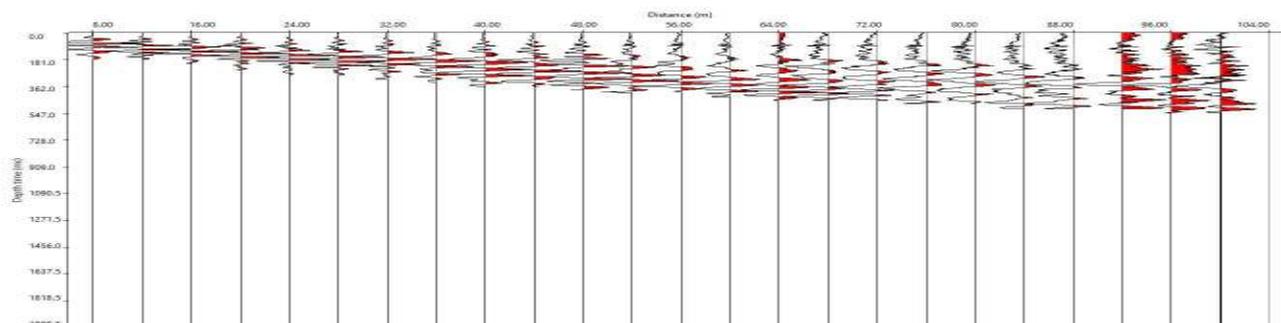
Foto 33: MASW 17-24-09-16-Panoramica verso E



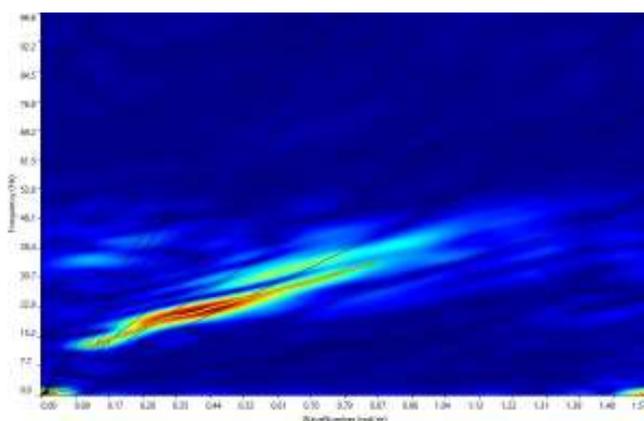
Foto 34: MASW 17-24-09-16-Panoramica verso W

MASW_18-24-09-16_VIA FILIPPO TURATI

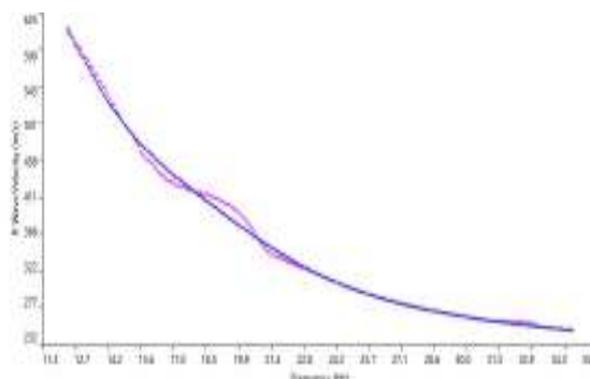
Stendimento	Interdistanza geofonica (m)	Passo energizzazione (m)	Lunghezza stendimento (m)	Profondità raggiunta (m)
Masw_18_24/09/16	4	+/- 4-8	92	Ca.33



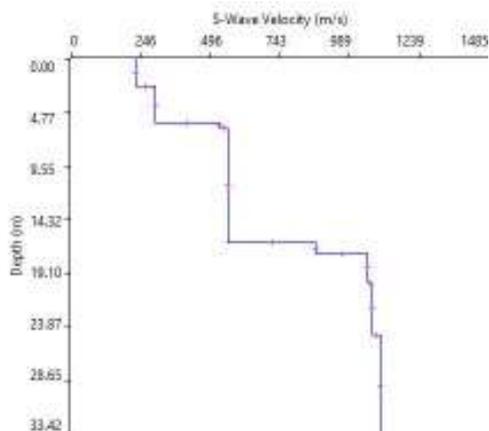
Sismogramma MASW_18-24-09-16



Spettro F/K



Curva di dispersione



Profilo di Velocità

Vs 30 (m/s)	Categoria di Suolo NTC2008
561	B

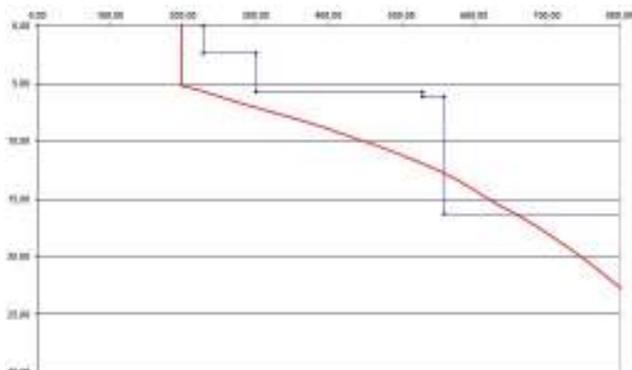
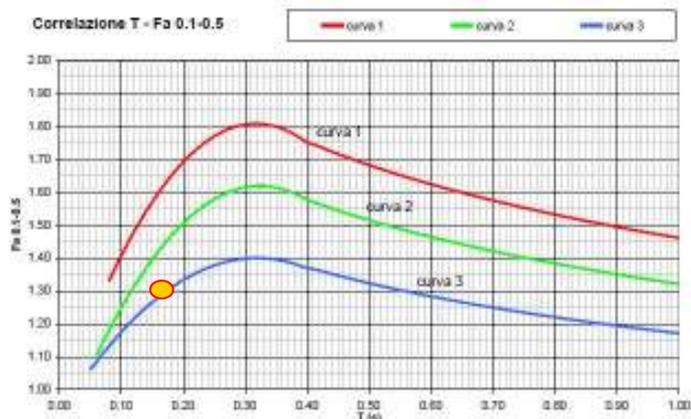


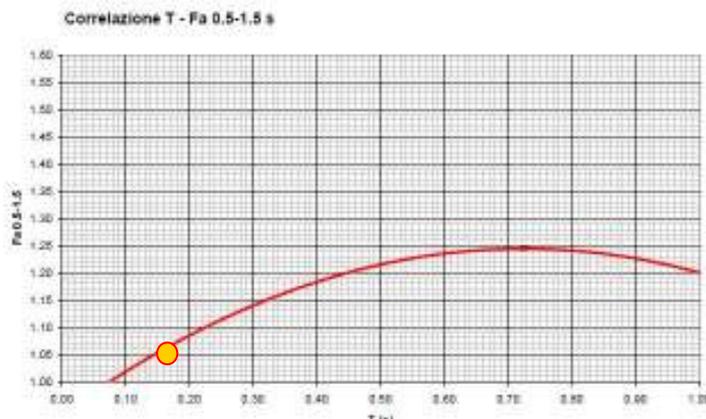
Grafico Vs-Profondità per la litologia "ghiaiosa"



Abaco per l'individuazione della curva di riferimento



Abaco di riferimento per la litologia "ghiaiosa" per determinare Fa sulla base di T e della curva di riferimento (riferito ad edifici bassi)



Abaco di riferimento per la litologia "ghiaiosa" per determinare Fa sulla base di T e della curva di riferimento (riferito ad edifici alti)

Periodo "T" calcolato	Fa calcolato 01-0.5	Fa calcolato 0.5-1.5
0.162	1.28	1.06

VALORI SOGLIA PER IL PERIODO COMPRESO TRA 0.1 - 0,5s					
COMUNE	Classificazione sismica del sito	Valori di soglia			
		Suolo tipo B	Suolo tipo C	Suolo tipo D	Suolo tipo E
Calvisano	3	1.5	1.9	2.3	2.0

VALORI SOGLIA PER IL PERIODO COMPRESO TRA 0.5 - 1,5s					
COMUNE	Classificazione sismica del sito	Valori di soglia			
		Suolo tipo B	Suolo tipo C	Suolo tipo D	Suolo tipo E
Calvisano	3	1.7	2.4	4.3	3.1



Foto 35: MASW 18-24-09-16-Panoramica verso W



Foto 36: MASW 18-24-09-16-Panoramica verso E