

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>WBS CLIENTE</b> <b>NR/17157/R-L01</b> <b>COD.TECNICO</b> <b>20083</b>	<b>COMMESSA SAIPEM</b> <b>023088</b> <b>UNITÀ</b> <b>100</b>
	<b>LOCALITÀ</b> Veneto-Friuli Venezia Giulia	<b>SPC. 100-LA-E-80078</b>	
	<b>PROGETTO</b> Met. Mestre-Trieste Tratto Silea – Gonars – Lotto 1	Fg. 1 di 30	<b>Rev.</b> <b>0</b>

**ALLEGATO 4:**

**Prove sismiche MASW**  
**GEORES Srl, Dicembre 2018**



## **RELAZIONE GEOFISICA**

Data  
18 Dicembre 2018

Committente  
Saipem S.p.A.

Cantiere  
Metanodotto Mestre - Trieste

Tipologia di lavoro  
Indagine geofisica con metodologia MASW e tomografia  
elettrica 2D

SaipemSpA-Mestre-Trieste-MASW-T.pdf



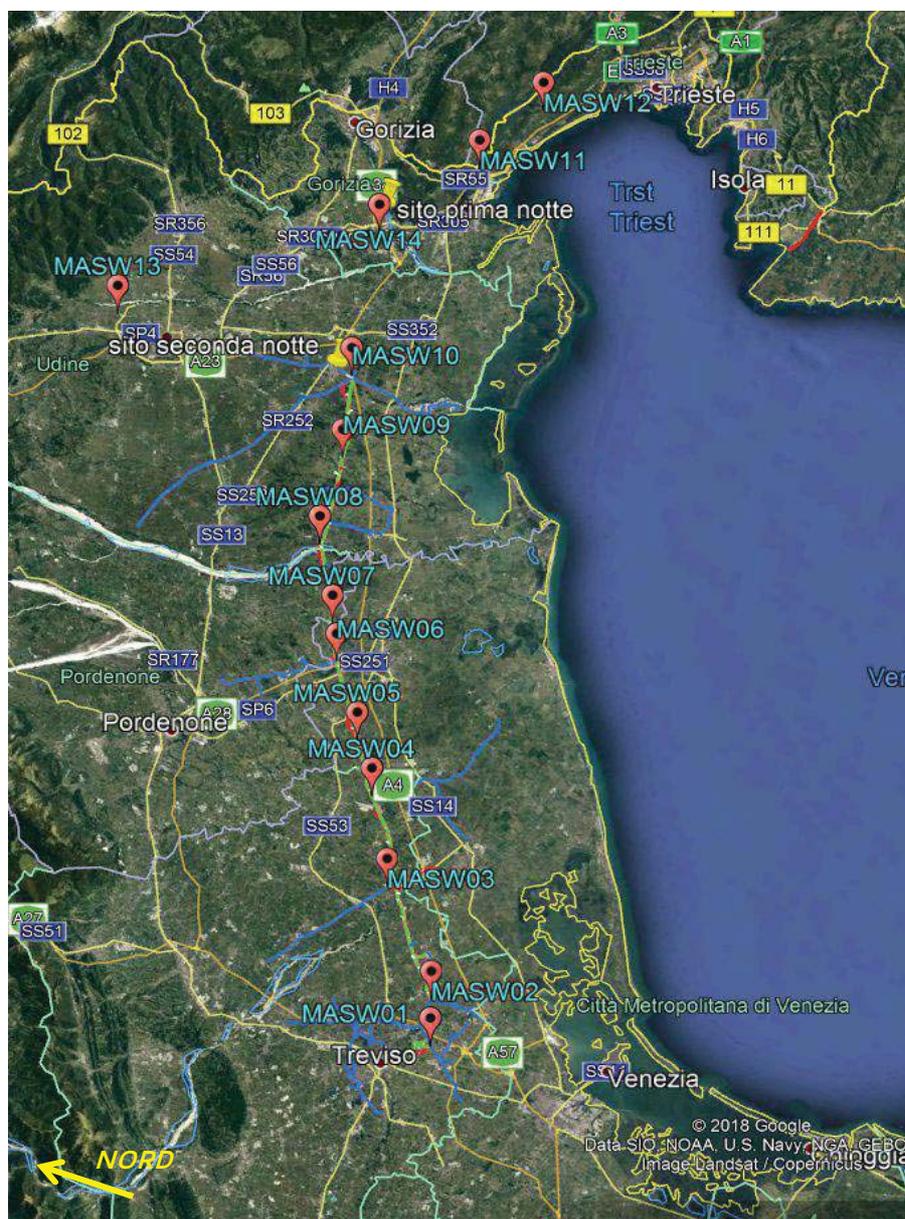
Data	Dicembre 2018
Riferimento	Rifacimento Metanodotto Mestre - Trieste
Tipologia di lavoro	Analisi MASW e Indagine di omografia elettrica 2D
Committente	Saipem S.p.A.

## 1. Premessa

GEORES S.r.l. ha eseguito delle indagini geofisiche per il rifacimento del Metanodotto Mestre-Trieste. Le indagini sono state eseguite con il duplice scopo di

- 1) determinare la  $V_{seq}$  e la sismo-stratigrafia dei settori oggetto di intervento (per tutti i siti analizzati);
- 2) evidenziare settori di sottosuolo ad elevata probabilità di individuazione di zone con vuoti / cavità (per i siti in località "Medeazza (TS)" e "Prepotto (TS)").

Le indagini sono state effettuate su n°14 siti lungo il tracciato, come riportato sinteticamente nella immagine di *figura 1*.



*Figura 1: immagine da satellite con indicazione dei siti in studio*



Data	Dicembre 2018
Riferimento	Rifacimento Metanodotto Mestre - Trieste
Tipologia di lavoro	Analisi MASW e Indagine di tomografia elettrica 2D
Committente	Saipem S.p.A.

Sono allegati alla presente relazione:

ALLEGATO 1: RAPPORTI DI PROVA INDAGINE MASW

TAVOLE 1-2: RISULTATI DELL'INDAGINE DI TOMOGRAFIA ELETTRICA 2D

## 2. ANALISI SISMICA DEL TIPO MASW

Sono state eseguite indagini geofisiche del tipo masw (*Multichannel Analysis of Surface Waves*).

L'indagine è consistita, su ciascun punto indicato dalla Committenza, nella realizzazione di n. 1 sezione sismica a 24 canali consentendo la determinazione delle  $V_{seq}$  nell'area in oggetto e consentendo la definizione dell'assetto sismo-stratigrafico del sito.

Il sistema Masw consiste nel misurare le velocità delle onde superficiali a differenti frequenze, la variazione delle quali viene chiamata dispersione, dovuta alla stratificazione delle velocità delle onde S nella determinazione dello spettro di velocità. Grazie ad un metodo di inversione della curva di dispersione con software winMASW 5.2 PRO, le misure permettono di determinare il profilo verticale delle  $V_{seq}$  che rappresenta un valore medio della velocità delle onde S entro i metri considerati. Lo strumento è composto da una sorgente di onde sismiche, da 24 geofoni posti a distanza di 3.0 m, con frequenza 4,5 Hz, per la misurazione dell'intensità e dei tempi di arrivo del treno di onde, e da un dispositivo hardware di registrazione dei dati. La sorgente delle onde sismiche è costituita dall'impatto di un martello di 10 kg su una piastra posizionata perpendicolarmente al terreno, in grado di generare un treno di onde sismiche, i cui tempi di arrivo e l'intensità delle stesse vengono registrate dai geofoni ed inviate al sismografo centrale di acquisizione. L'energizzazione è realizzata alla distanza di 5 m dal primo geofono (è eseguita sia da un lato che dall'altro dello stendimento). Si realizzano diverse energizzazioni e si misura l'attenuazione del segnale sismico lungo la stesa. I risultati della prova consistono in una curva di dispersione ed in uno spettro di velocità, con un profilo verticale delle onde S.

*Si sottolinea che le analisi del tipo MASW, determinando valori delle  $V_{seq}$  ricavati lungo uno stendimento di lunghezza di circa 69 metri, possono mediare eventuali variazioni laterali delle stratigrafie.*

L'elaborazione dei dati con il metodo MASW prevede varie fasi di lavoro tra cui il calcolo della velocità di fase (o curva di dispersione) e l'individuazione del profilo di velocità delle onde di taglio verticali  $V_s$ ; ciò si ottiene modificando opportunamente lo spessore  $h$ , le velocità delle onde di taglio  $V_s$  e il coefficiente di Poisson, 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 sono stati individuati con procedura manuale, assegnando il numero di strati del modello e il coefficiente di Poisson e variando lo spessore  $h$  e la velocità  $V_s$  degli strati.



Data	Dicembre 2018
Riferimento	Rifacimento Metanodotto Mestre - Trieste
Tipologia di lavoro	Analisi MASW e Indagine di tomografia elettrica 2D
Committente	Saipem S.p.A.

Per l'acquisizione dei sismogrammi è stato utilizzato un **Sismografo DAQLINK 3 Seismic Source** 24 bit, 24 geofoni a 4.5Hz, mazza da 10 Kg.

SISMOGRAFO DAQLINK III - CARATTERISTICHE TECNICHE	
	Sismografo compatto a 24 bit, numero di canali per modulo da 3 a 24, ampio range dinamico 144db, output dei dati in SEG-Y, SEG-2 o ASCII, possibilità di scaricare i dati in modalità wireless e opzione per test dei geofoni ed accelerometri. Lunghezza di registrazione : fino a 4 mld di campioni. Intervalli di campionamento: 0.0208, 0.0625, 0.125, 0.250, 0.500, 1.00, 2.00, 4.00, 8.00, 16.00 ms.

Figura 2: sismografo Daqlink III

I dati derivati dalla elaborazione delle prove masw consentono la classificazione del sottosuolo in funzione dei valori della velocità di propagazione delle onde di taglio,  $V_s$ .

La classificazione del sottosuolo si effettua infatti in base alle condizioni stratigrafiche ed ai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio,  $V_{Seq}$  (in m/s), definita dalla seguente espressione:

$$V_{S,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{S,i}}}$$

in cui:

$h_i$  spessore dell'i-esimo strato;

$V_{S,i}$  velocità delle onde di taglio nell'i-esimo strato;

N numero di strati;

H profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da  $V_S$  non inferiore a 800 m/s.

Per depositi con profondità H del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio  $V_{Seq}$  è definita dal parametro  $V_{s30}$ , ottenuto ponendo  $H=30$  m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.

Si riportano in Allegato 1 i singoli rapporti di prova delle masw elaborate, per ciascun sito, con relativa ubicazione in pianta, dati di output e risultati ottenuti (sismo-stratigrafia e categoria di sottosuolo).



Data	Dicembre 2018
Riferimento	Rifacimento Metanodotto Mestre - Trieste
Tipologia di lavoro	Analisi MASW e Indagine di tomografia elettrica 2D
Committente	Saipem S.p.A.

### 3. TOMOGRAFIA ELETTRICA 2D

#### 3.1 Metodologia d'indagine

Il sistema dei profili elettrici superficiali con dispositivo multi-array per Tomografia Elettrica di Resistività è una metodologia innovativa in quanto evoluzione delle misure geoelettriche classiche, intesa ed applicata in modo tale da ottenere risoluzioni spaziali elevate. Il sistema permette di ricostruire la distribuzione in due dimensioni della resistività reale nel sottosuolo con una risoluzione che dipende dalla distanza tra gli elettrodi.

Tutti gli elettrodi sono collegati, mediante un apposito cavo multi-conduttore, allo strumento di acquisizione. La corrente viene applicata ad una coppia di elettrodi misurando poi la differenza di potenziale tra tutte le altre coppie di elettrodi disponibili nella configurazione scelta. Si passa poi ad una seconda coppia di trasmissione e così via fino a raggiungere il numero massimo di misure indipendenti sui poli e dipoli disponibili. Si ottengono così centinaia di misure per ciascuna sezione di interesse e, con un apposito algoritmo di inversione, è possibile ricostruire la distribuzione bidimensionale di resistività reale del sottosuolo.

Le misure sono state interpretate mediante uno specifico software dedicato capace di ricostruire la distribuzione di resistività reale in due dimensioni legata alle caratteristiche geologico stratigrafiche, idrogeologiche e strutturali di ciascun sito indagato.

#### 3.2 Strumentazione utilizzata

Lo strumento di acquisizione utilizzato, il georesistivimetro multielettrodo multicanale IRIS SYSCAL PRO, è capace di gestire contemporaneamente oltre 256 elettrodi e di personalizzare, tramite specifico software applicativo, tutte le misure desiderate e la loro posizione nel sottosuolo. Questo strumento ha una precisione strumentale di circa 0,5% ed utilizza una alimentazione in corrente continua fino a 2,5 A.

Caratteristiche tecniche:

Iris SYSCAL Pro acquisition unit

- 10 canali di acquisizione
- Voltaggio utilizzato per l'indagine: 400 V
- Durata immissione corrente: 500 ms
- Cavi multipolari schermati ad alta sensibilità (multicore cables)
- 48 elettrodi di misura

#### 3.3 Rappresentazione dei risultati

Nelle immagini di resistività ottenute dall'elaborazione dei dati acquisiti con metodo di tomografia elettrica i valori di resistività reale ottenuti vengono rappresentati attraverso curve di iso-resistività e gli intervalli (range) di resistività sono evidenziati adottando specifiche colorazioni (dal blu al rosso).

Le curve di iso-resistività permettono inoltre di precisare i contrasti tra aree resistive adiacenti e circoscrivono le forme che derivano dal loro andamento.



Data	Dicembre 2018
Riferimento	Rifacimento Metanodotto Mestre - Trieste
Tipologia di lavoro	Analisi MASW e Indagine di tomografia elettrica 2D
Committente	Saipem S.p.A.

Le zone *blu-azzurre*, in cui i valori di resistività elettrica sono bassi e pressoché uniformi e costanti, se ubicate in prossimità della superficie topografica individuano terreni di natura fine o media (coltre alterata, terre rosse ecc...); se poste a maggiori profondità, queste zone possono indicare la presenza di depositi di substrato intensamente fratturati (anche, eventualmente, con fratture riempite in materiale fine) o umidi (settori di drenaggio preferenziale delle acque sotterranee).

*Qualora individuate in forme particolarmente circoscritte queste aree possono indicare la presenza di settori con vuoti o cavità.*

Le aree di colore *verde* possono essere attribuite a terreni di substrato da poco a mediamente fratturati.

Le aree *gialle* e quelle *arancioni-rosse* possono indicare, nel caso di specie, la presenza di depositi di substrato da poco fratturati a compatti.

### 3.4 Risultati ottenuti

L'indagine di tomografia elettrica ha mostrato delle significative variazioni di resistività sia in senso laterale che verticale.

I risultati sono mostrati nelle tavole allegate 1-2, unitamente ad una interpretazione stratigrafica degli stessi. I profili sono stati interpretati tenendo conto della presenza, su entrambi i siti indagati, dei litotipi calcareo-litoidi (rappresentati nella *Carta Geologica d'Italia*, nella *Carta Geologica del Carso Classico* - Progetto GEO-CGT, G. Lizzi, F. Cucchi, C. Piano *et al.* e individuati e ben visibili in affioramento).

In superficie si assiste alla presenza, saltuariamente e per spessori assai esigui (massimi di 1-2 m) di depositi basso-resistivi presumibilmente riferibili ad un primo orizzonte in terreni di copertura; può trattarsi di depositi detritici di alterazione o anche di litotipi in granulometria fine / medio-fine (terre rosse, depositi eluvio-colluviali...).

Al di sotto della coltre più superficiale si individuano dei depositi ad elevata resistività (prevalentemente in un intervallo compreso tra 2000 e 5000 ohm m), verosimilmente imputabili ai calcari litoidi; si tratta in tale caso di depositi compatti o caratterizzati da un basso grado di fratturazione (settori indicati con lettera "A" in *figura 3*).

Talora gli orizzonti resistivi sono "interrotti" da depositi a minore resistività (colorazione verde, azzurra o blu in forme estese e amorfe); questi settori possono essere imputabili alla presenza di litotipi da mediamente a molto fratturati (settori indicati con lettera "B" in *figura 3*) e potrebbero anch'essi contenere all'interno delle zone con vuoti.

Infine sono state individuate delle zone a bassa resistività (colorazione blu), interpretabili come zone ad elevato stato di fratturazione (anche, eventualmente, con presenza di riempimento in materiale fine entro le discontinuità, e umide - settori di drenaggio preferenziale nel sottosuolo);



Data	Dicembre 2018
Riferimento	Rifacimento Metanodotto Mestre - Trieste
Tipologia di lavoro	Analisi MASW e Indagine di omografia elettrica 2D
Committente	Saipem S.p.A.

non può essere del tutto esclusa l'ipotesi che in alcuni di questi settori siano presenti fenomeni di dissoluzione in atto, con possibile sviluppo di vuoti o cavità (settoe indicato con la lettera "C" in figura 3). Queste zone basso-resistive potrebbero anche essere imputabili a materiali cataclastici.

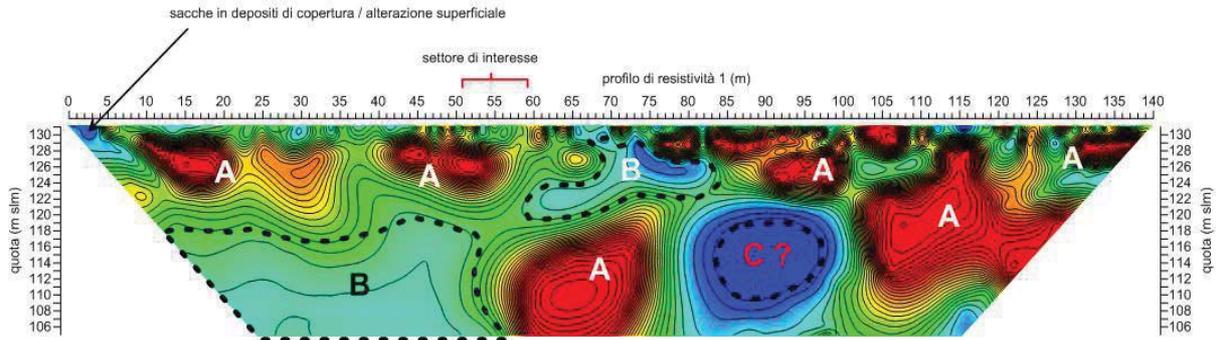


Figura 3: esempio di ipotesi interpretativa fornita per i profili di resistività elettrica: le zone "A" (prevalenti) sono presumibilmente riferibili a depositi di substrato compatti o poco fratturati; il grado di fratturazione può ipotizzarsi più elevato nei settori a minore resistività (settori "B"); con la lettera "C" è indicata una zona a bassa resistività circoscritta: non può essere qui del tutto esclusa l'ipotesi di presenza di numerose discontinuità (zona cataclastica?), con sviluppo di fenomeni di dissoluzione e possibile formazione di vuoti o cavità.

Si ricorda come l'indagine geofisica sia una tecnica non invasiva; molte sono le variabili che possono influire affinché alcuni target possano rimanere invisibili o lievemente spostati (ad es. "rumore" legato alla presenza di strutture o attività antropiche, incertezza dovuta alla parametrizzazione del modello geofisico, perdite di dati, saturazione dei segnali ecc...). Il modello geofisico può pertanto essere definitivamente confermato solo attraverso l'indagine di tipo diretto.

Si specifica inoltre come l'interpretazione dei profili sia basata sull'ipotesi di presenza di zone umide nel sottosuolo; solo i dati derivanti da indagini dirette possono tuttavia confermare tale assunzione; in caso di rinvenimento di ambiente arido nel sottosuolo anche settori resistivi in forme particolarmente circoscritte potrebbero essere riferibili a zone con vuoti.

Sulla base degli strumenti interpretativi forniti e per un maggior dettaglio sui risultati dell'indagine si rimanda alla visione degli allegati grafici ed in particolare delle tavole 1-2.

Frosinone, 18 Dicembre 2018

Dott. Geol. Marco Ferrante



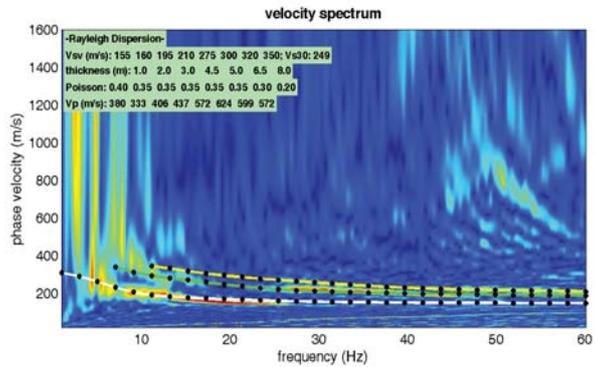
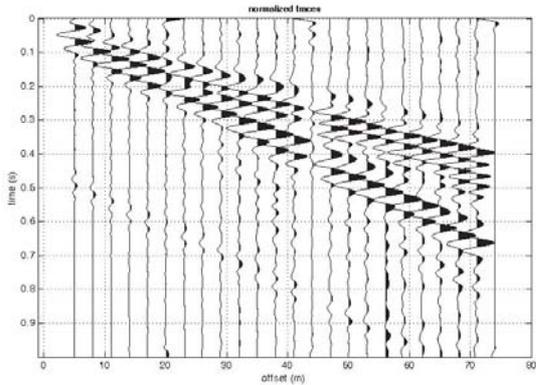
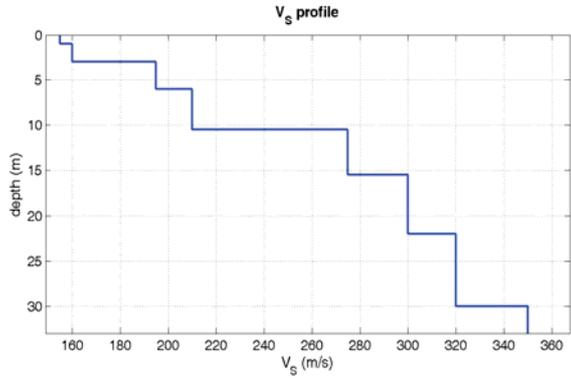
# ALLEGATO 1

## RAPPORTI DI PROVA INDAGINE MASW

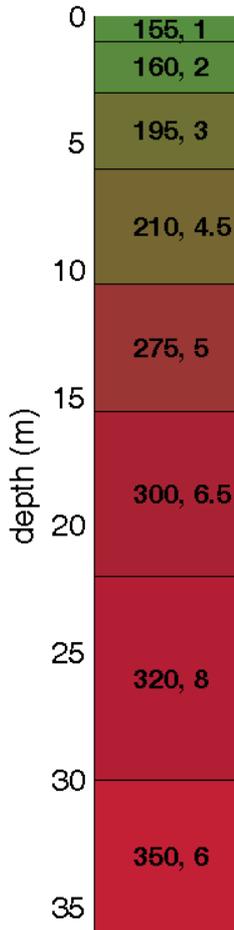




output prova MASW



**Subsurface model**



Vs (m/s): 155 160 195 210 275 300 320 350  
 Thickness (m): 1.0, 2.0, 3.0, 4.5, 5.0, 6.5, 8.0

Density (gr/cm3) (approximate values): 1.82 1.79 1.84 1.85  
 1.92 1.94 1.93 1.92

Seismic/Dynamic Shear modulus (MPa) (approximate values): 44 46 70 82 145 175 198 235

Estimated static shear modulus (MPa) (approximate values):  
 0 0 0 0 0 0 0

Analyzing Phase velocities  
 Analysis: Rayleigh Waves

Approximate values for Vp and Poisson (please, see manual)

Vp (m/s): 380 333 406 437 572 624 599 572  
 Poisson: 0.40 0.35 0.35 0.35 0.35 0.35 0.30 0.20

Vs30 (m/s): 249

← Vs (m/s), Thickness (m)

## risultati prova MASW

In base ai risultati ottenuti la categoria del suolo di fondazione del sito esaminato è: **C** (la categoria di sottosuolo è calcolata dall'attuale p.c.).

Dalla normativa (NTC 2018):

**A** - Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.

**B** - Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.

**C** - **Deposit** di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.

**D** - Deposit

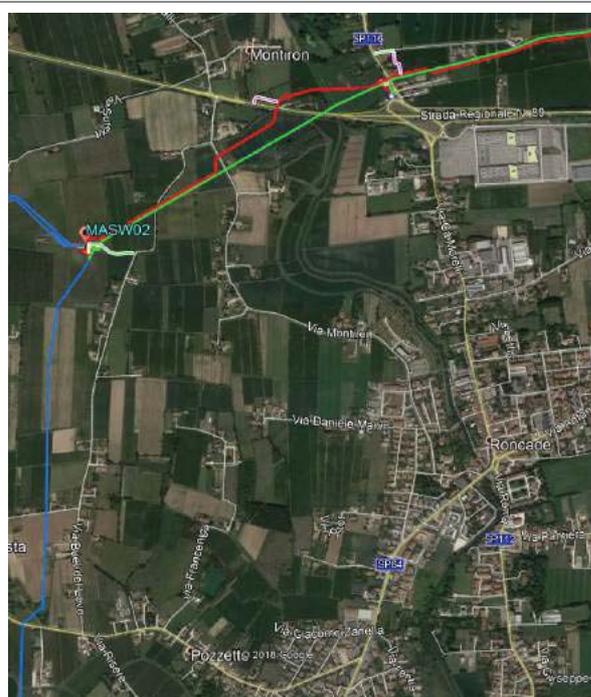
di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.

**E** - Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.



## RISULTATI DELLA PROVA MW02

### ubicazione prova masw



Ubicazione generale lungo il tracciato



Ubicazione - dettaglio

### dati generali prova masw



Committente: Saipem S.p.A.

Sito: MW02

Data inizio e fine prova: 07/12/2018

Strumento: sismografo 24 bit DAQLink III

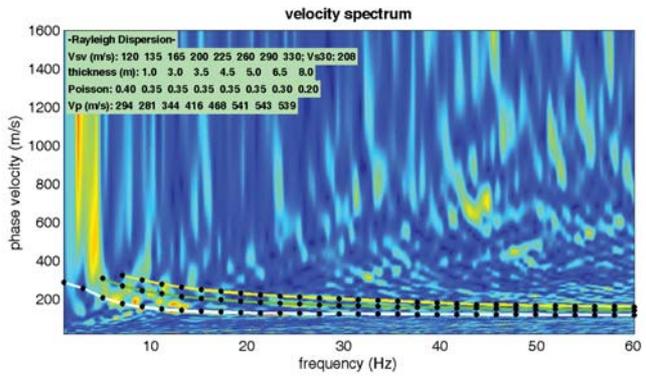
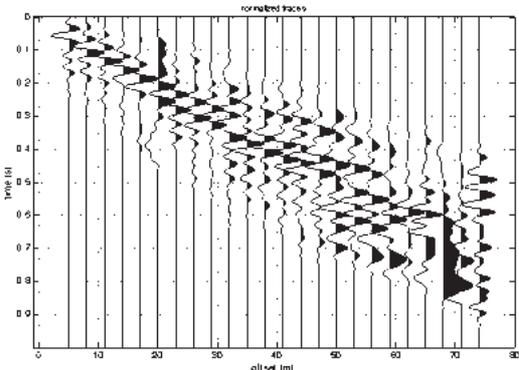
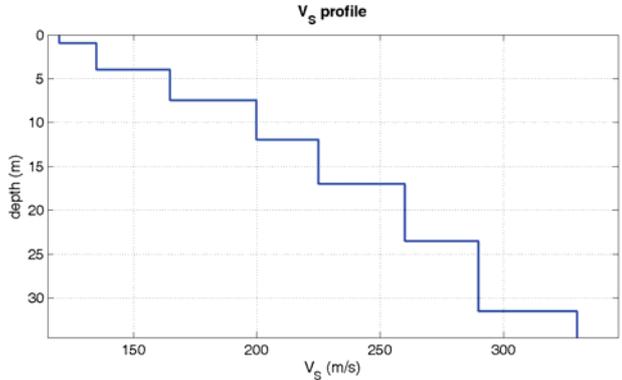
Energizzazione: massa battente 10 kg

N° geofoni: 24 con interspazio 3 metri

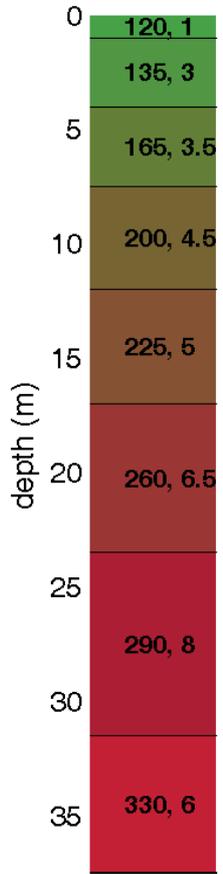
Software di processing: winMASW 5.2 PRO

Tipologia di processing: modelling diretto

output prova MASW



**Subsurface model**



Vs (m/s): 120 135 165 200 225 260 290 330  
 Thickness (m): 1.0, 3.0, 3.5, 4.5, 5.0, 6.5, 8.0

Density (gr/cm3) (approximate values): 1.76 1.75 1.80  
 1.84 1.87 1.91 1.91 1.90  
 Seismic/Dynamic Shear modulus (MPa) (approximate values): 25 32 49 74 95 129 160 207  
 Estimated static shear modulus (MPa) (approximate values): 0 0 0 0 0 0 0 0

Analyzing Phase velocities  
 Analysis: Rayleigh Waves

Approximate values for Vp and Poisson (please, see manual)

Vp (m/s): 294 281 344 416 468 541 543 539  
 Poisson: 0.40 0.35 0.35 0.35 0.35 0.35 0.30 0.20

Vs30 (m/s): 208

← Vs (m/s), Thickness (m)

## risultati prova MASW

In base ai risultati ottenuti la categoria del suolo di fondazione del sito esaminato è: **C** (la categoria di sottosuolo è calcolata dall'attuale p.c.).

Dalla normativa (NTC 2018):

**A** - Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.

**B** - Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.

**C** - **Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.**

**D** - Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.

**E** - Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.

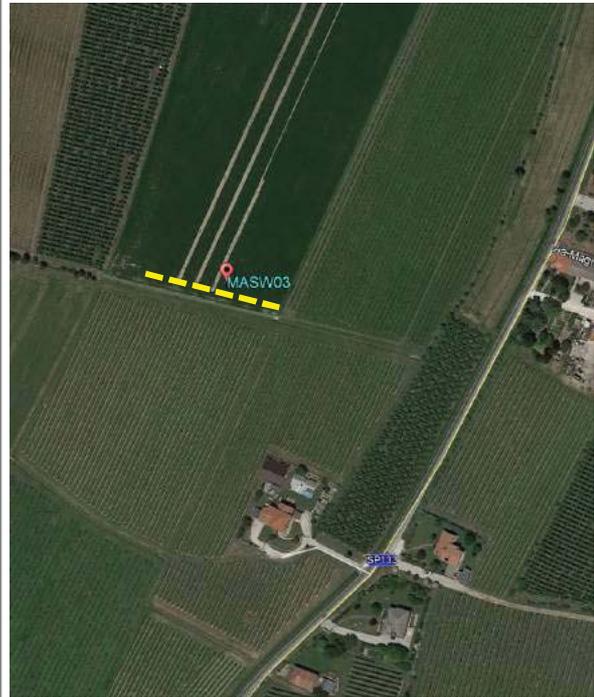


## RISULTATI DELLA PROVA MW03

### ubicazione prova masw



Ubicazione generale lungo il tracciato



Ubicazione - dettaglio

### dati generali prova masw



Committente: Saipem S.p.A.

Sito: MW03

Data inizio e fine prova: 07/12/2018

Strumento: sismografo 24 bit DAQLink III

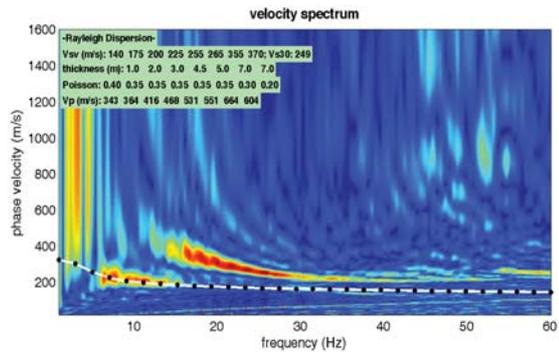
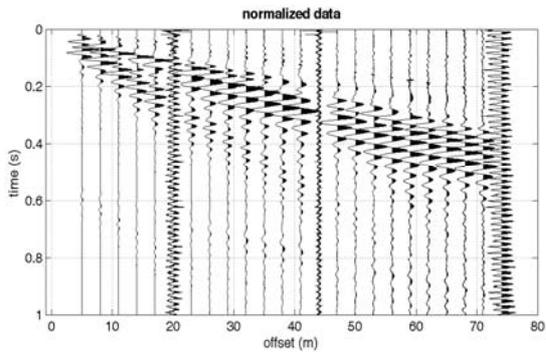
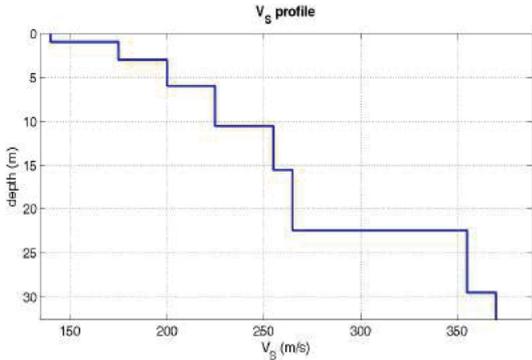
Energizzazione: massa battente 10 kg

N° geofoni: 24 con interspazio 3 metri

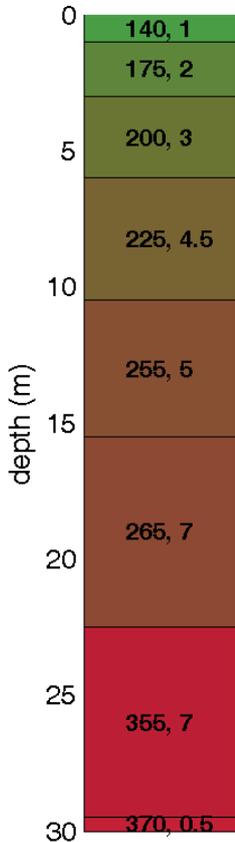
Software di processing: winMASW 5.2 PRO

Tipologia di processing: modelling diretto

output prova MASW



**Subsurface model**



Vs (m/s): 140 175 200 225 255 265 355 370  
 Thickness (m): 1.0, 2.0, 3.0, 4.5, 5.0, 7.0, 7.0

Density (gr/cm<sup>3</sup>) (approximate values): 1.80 1.81 1.84  
 1.87 1.90 1.91 1.95 1.93

Seismic/Dynamic Shear modulus (MPa) (approximate values): 35 55 74 95 124 134 246 264

Estimated static shear modulus (MPa) (approximate values): 0 0 0 0 0 0 0 0

Approximate values for Vp and Poisson (please, see manual)

Vp (m/s): 343 364 416 468 531 551 664 604

Poisson: 0.40 0.35 0.35 0.35 0.35 0.35 0.30 0.20

Vs30 (m/s): 249

← Vs (m/s), Thickness (m)

## risultati prova MASW

In base ai risultati ottenuti la categoria del suolo di fondazione del sito esaminato è: **C** (la categoria di sottosuolo è calcolata dall'attuale p.c.).

Dalla normativa (NTC 2018):

**A** - Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.

**B** - Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.

**C** - **Deposit** di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.

**D** - Deposit

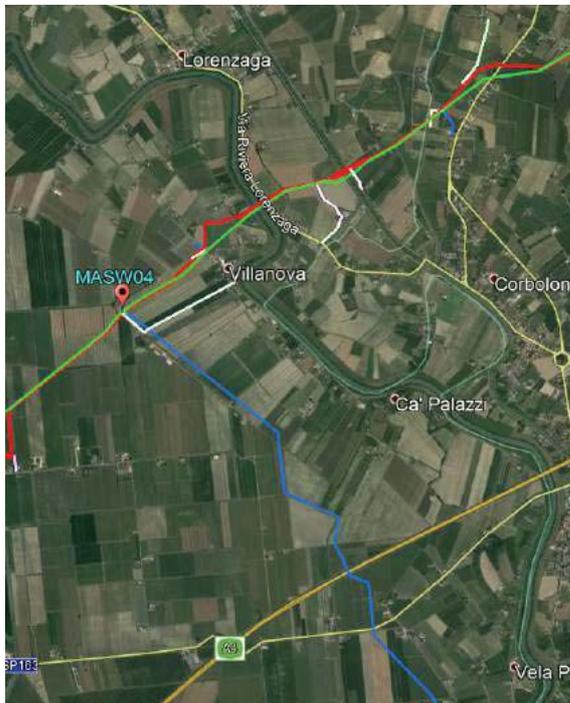
di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.

**E** - Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.



## RISULTATI DELLA PROVA MW04

### ubicazione prova masw



Ubicazione generale lungo il tracciato



Ubicazione - dettaglio

### dati generali prova masw



Committente: Saipem S.p.A.

Sito: MW04

Data inizio e fine prova: 07/12/2018

Strumento: sismografo 24 bit DAQLink III

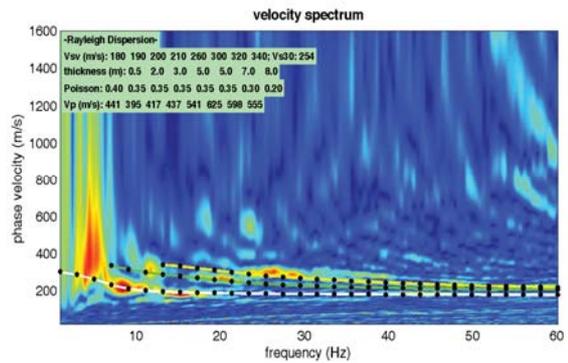
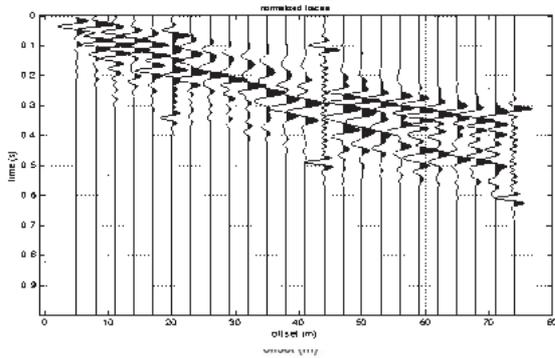
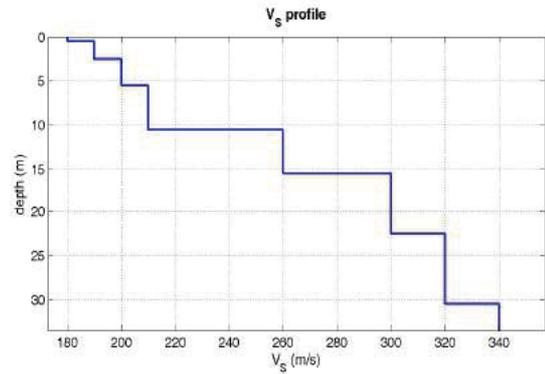
Energizzazione: massa battente 10 kg

N° geofoni: 24 con interspazio 3 metri

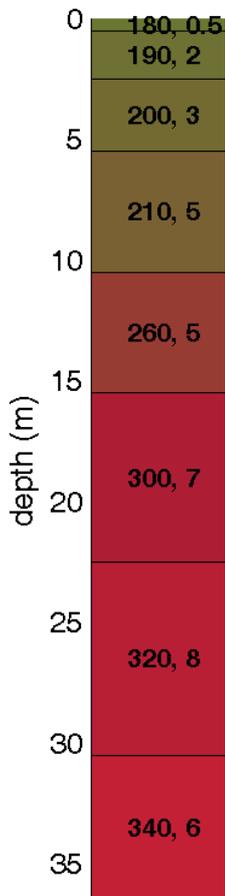
Software di processing: winMASW 5.2 PRO

Tipologia di processing: modelling diretto

output prova MASW



**Subsurface model**



Vs (m/s): 180 190 200 210 260 300 320 340  
 Thickness (m): 0.5, 2.0, 3.0, 5.0, 5.0, 7.0, 8.0

Density (gr/cm3) (approximate values): 1.86 1.83 1.84  
 1.85 1.91 1.94 1.93 1.91

Seismic/Dynamic Shear modulus (MPa) (approximate values): 60 66 74 82 129 175 198 221

Estimated static shear modulus (MPa) (approximate values): 0 0 0 0 0 0 0 0

Analyzing Phase velocities  
 Analysis: Rayleigh Waves

Approximate values for Vp and Poisson (please, see manual)

Vp (m/s): 441 395 417 437 541 625 598 555  
 Poisson: 0.40 0.35 0.35 0.35 0.35 0.35 0.30 0.20

Vs30 (m/s): 254

← Vs (m/s), Thickness (m)

## risultati prova MASW

In base ai risultati ottenuti la categoria del suolo di fondazione del sito esaminato è: **C** (la categoria di sottosuolo è calcolata dall'attuale p.c.).

Dalla normativa (NTC 2018):

**A** - Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.

**B** - Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.

**C** - **Deposit** di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.

**D** - Deposit

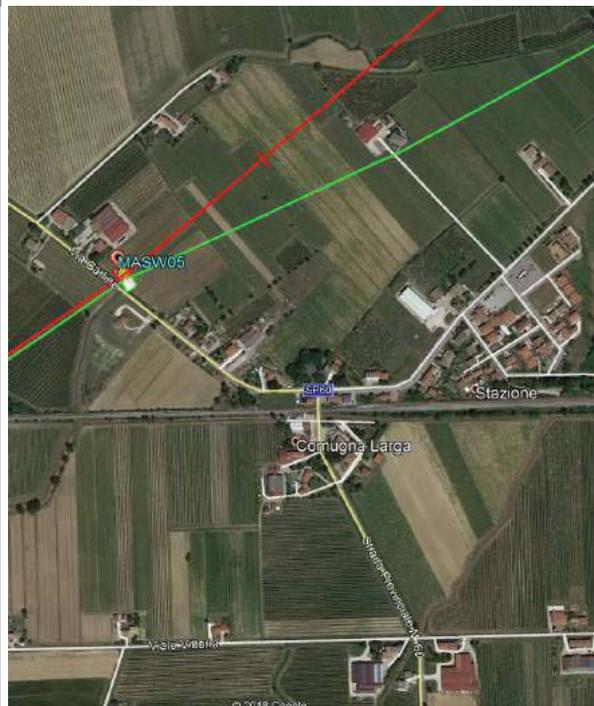
di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.

**E** - Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.



## RISULTATI DELLA PROVA MW05

### ubicazione prova masw



Ubicazione generale lungo il tracciato



Ubicazione - dettaglio

### dati generali prova masw



Committente: Saipem S.p.A.

Sito: MW05

Data inizio e fine prova: 07/12/2018

Strumento: sismografo 24 bit DAQLink III

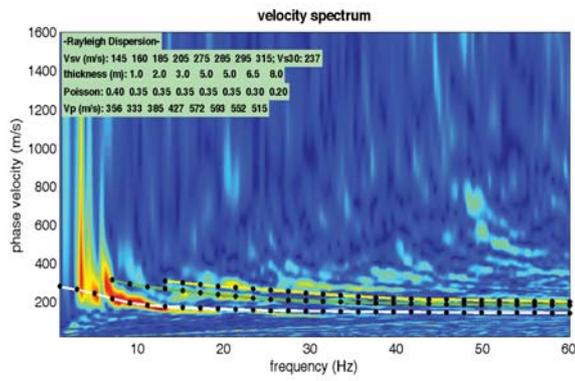
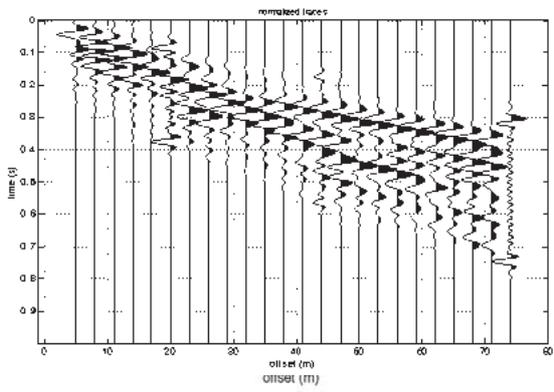
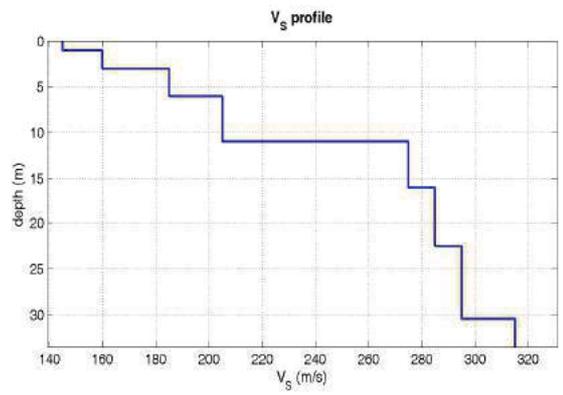
Energizzazione: massa battente 10 kg

N° geofoni: 24 con interspazio 3 metri

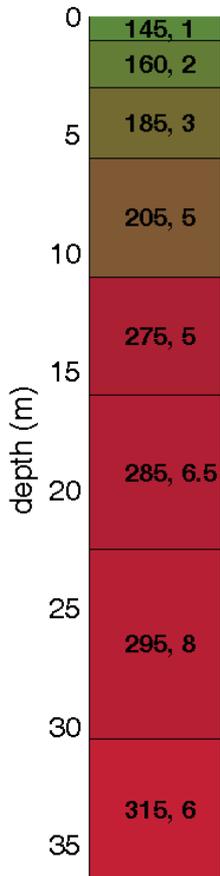
Software di processing: winMASW 5.2 PRO

Tipologia di processing: modelling diretto

output prova MASW



**Subsurface model**



Vs (m/s): 145 160 185 205 275 285 295 315  
 Thickness (m): 1.0, 2.0, 3.0, 5.0, 5.0, 6.5, 8.0

Density (gr/cm<sup>3</sup>) (approximate values): 1.80 1.79 1.82 1.85 1.92 1.93 1.91 1.89

Seismic/Dynamic Shear modulus (MPa) (approximate values): 38 46 62 78 145 157 166 188

Estimated static shear modulus (MPa) (approximate values): 0 0 0 0 0 0 0 0

Analyzing Phase velocities  
 Analysis: Rayleigh Waves

Approximate values for Vp and Poisson (please, see manual)

Vp (m/s): 356 333 385 427 572 593 552 515

Poisson: 0.40 0.35 0.35 0.35 0.35 0.35 0.30 0.20

Vs30 (m/s): 237

← Vs (m/s), Thickness (m)

## risultati prova MASW

In base ai risultati ottenuti la categoria del suolo di fondazione del sito esaminato è: **C** (la categoria di sottosuolo è calcolata dall'attuale p.c.).

Dalla normativa (NTC 2018):

**A** - Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.

**B** - Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.

**C** - **Deposit** di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.

**D** - Deposit

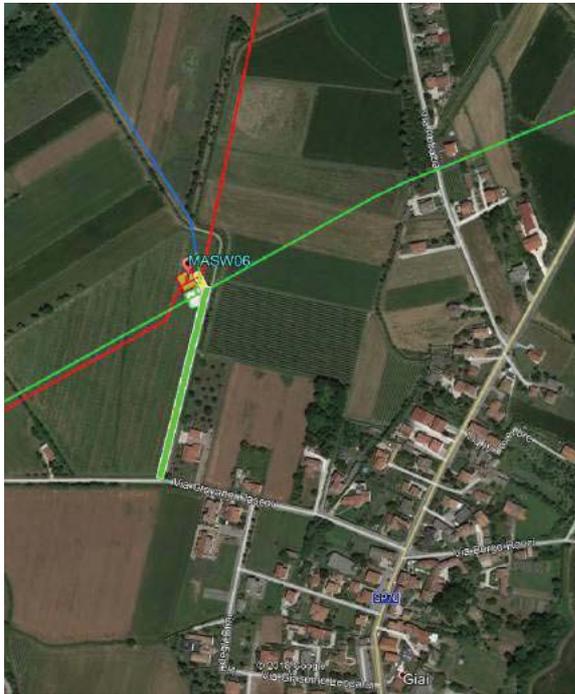
di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.

**E** - Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.



## RISULTATI DELLA PROVA MW06

### ubicazione prova masw



Ubicazione generale lungo il tracciato



Ubicazione - dettaglio

### dati generali prova masw



Committente: Saipem S.p.A.

Sito: MW06

Data inizio e fine prova: 07/12/2018

Strumento: sismografo 24 bit DAQLink III

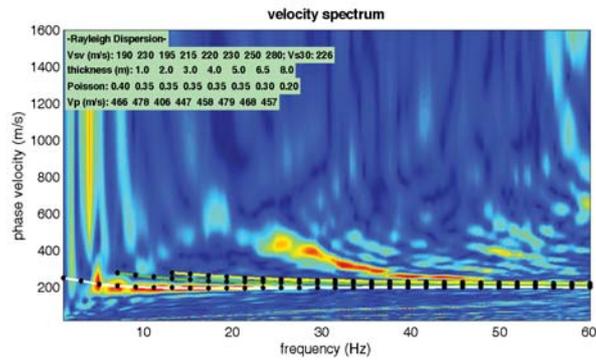
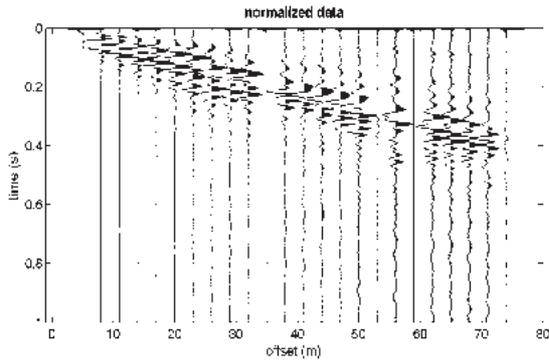
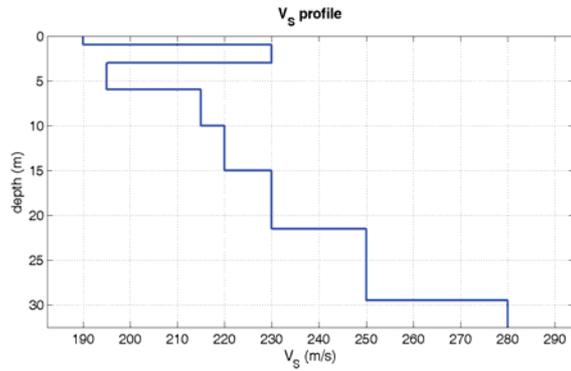
Energizzazione: massa battente 10 kg

N° geofoni: 24 con interspazio 3 metri

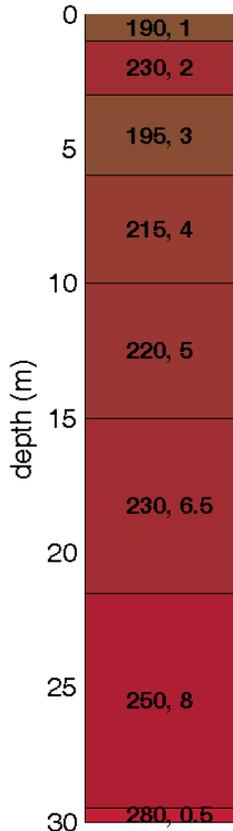
Software di processing: winMASW 5.2 PRO

Tipologia di processing: modelling diretto

output prova MASW



**Subsurface model**



Vs (m/s): 190 230 195 215 220 230 250 280

Thickness (m): 1.0, 2.0, 3.0, 4.0, 5.0, 6.5, 8.0

Density (gr/cm<sup>3</sup>) (approximate values): 1.87 1.88 1.84  
1.86 1.87 1.88 1.87 1.86

Seismic/Dynamic Shear modulus (MPa) (approximate values): 67 99 70 86 90 99 117 146

Estimated static shear modulus (MPa) (approximate values): 0 0 0 0 0 0 0 0

Approximate values for Vp and Poisson (please, see manual)

Vp (m/s): 466 478 406 447 458 479 468 457

Poisson: 0.40 0.35 0.35 0.35 0.35 0.35 0.30 0.20

Vs30 (m/s): 226

← Vs (m/s), Thickness (m)

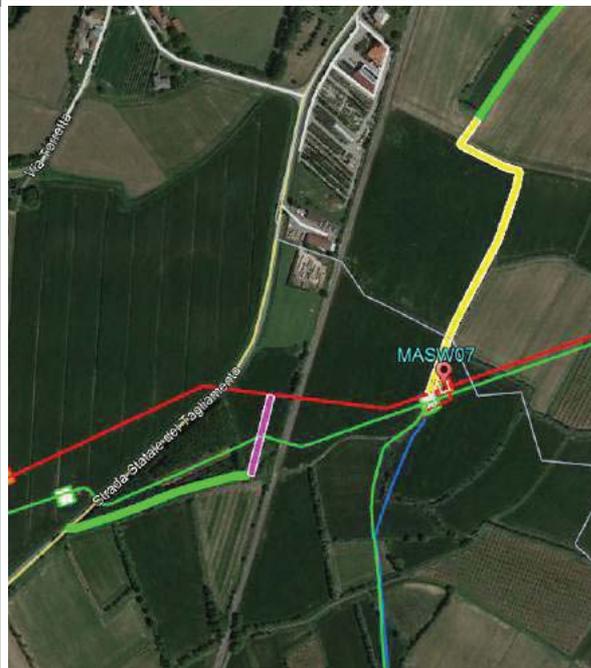
## **risultati prova MASW**

categoria di sottosuolo non attribuibile per presenza di inversione di velocità.

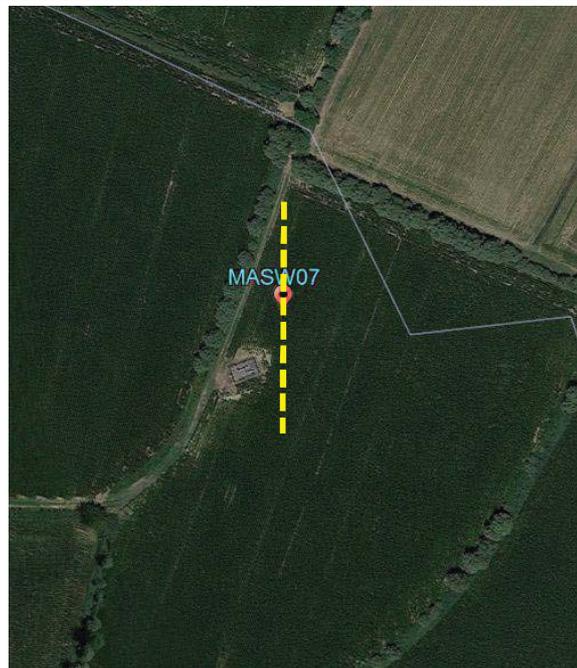


## RISULTATI DELLA PROVA MW07

### ubicazione prova masw



Ubicazione generale lungo il tracciato



Ubicazione - dettaglio

### dati generali prova masw



Committente: Saipem S.p.A.

Sito: MW07

Data inizio e fine prova: 07/12/2018

Strumento: sismografo 24 bit DAQLink III

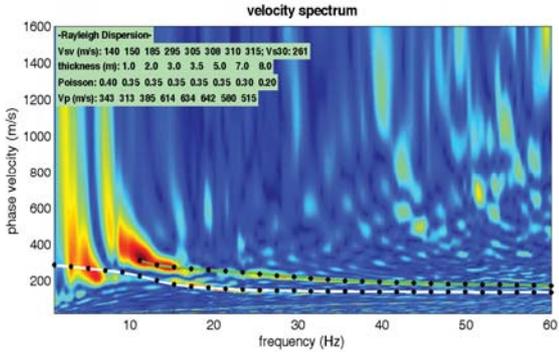
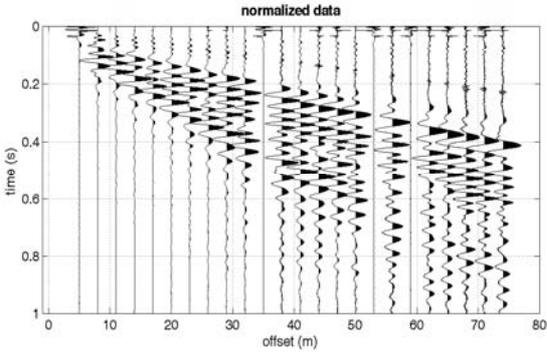
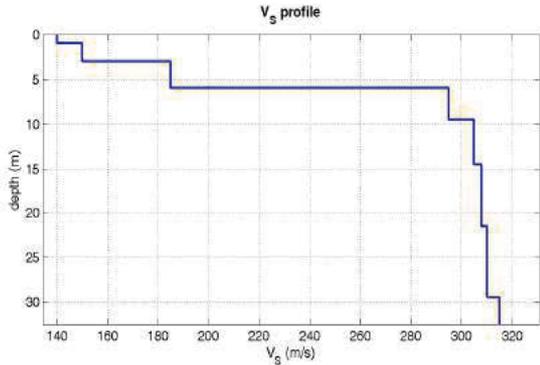
Energizzazione: massa battente 10 kg

N° geofoni: 24 con interspazio 3 metri

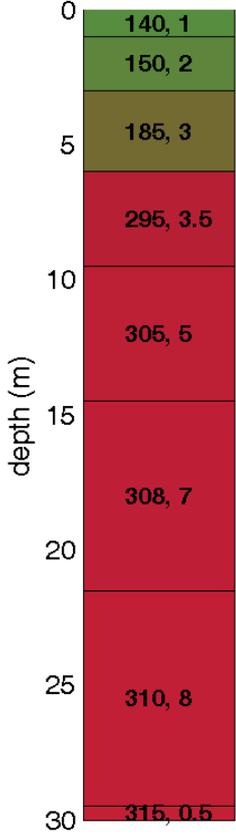
Software di processing: winMASW 5.2 PRO

Tipologia di processing: modelling diretto

output prova MASW



**Subsurface model**



Vs (m/s): 140 150 185 295 305 308 310 315  
 Thickness (m): 1.0, 2.0, 3.0, 3.5, 5.0, 7.0, 8.0

Density (gr/cm<sup>3</sup>) (approximate values): 1.80 1.77 1.82 1.94  
 1.94 1.95 1.92 1.89  
 Seismic/Dynamic Shear modulus (MPa) (approximate values):  
 35 40 62 168 181 185 185 188  
 Estimated static shear modulus (MPa) (approximate values):  
 0 0 0 0 0 0 0 0

Analyzing Phase velocities  
 Analysis: Rayleigh Waves

Approximate values for Vp and Poisson (please, see manual)

Vp (m/s): 343 313 385 614 634 642 580 515  
 Poisson: 0.40 0.35 0.35 0.35 0.35 0.35 0.30 0.20

Vs30 (m/s): 261

← Vs (m/s), Thickness (m)

## risultati prova MASW

In base ai risultati ottenuti la categoria del suolo di fondazione del sito esaminato è: **C** (la categoria di sottosuolo è calcolata dall'attuale p.c.).

Dalla normativa (NTC 2018):

**A** - Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.

**B** - Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.

**C** - **Deposit** di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.

**D** - Deposit

 di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.

**E** - Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.