



Comune di Cavallino-Treporti

Città Metropolitana di Venezia

COMMITTENTE: EUTECNE S.r.l.

OGGETTO: Ampliamento del cimitero di Treporti

INDAGINE SISMICA

Data :04 novembre 2021

Dr. Geol. Luca Capecchi

Ordine Geologi Regione del Veneto n. 243
Via Anita Garibaldi, 12/E – 30016 JESOLO (VENEZIA)
Tel. E Fax. +390421565805 – cell. +393292114676

E. Mail : luca.capecchi1@tin.it — luca.capecchi@epap.sicurezza postale.it

Web : www.capecchiluca-geologo.it



INDICE

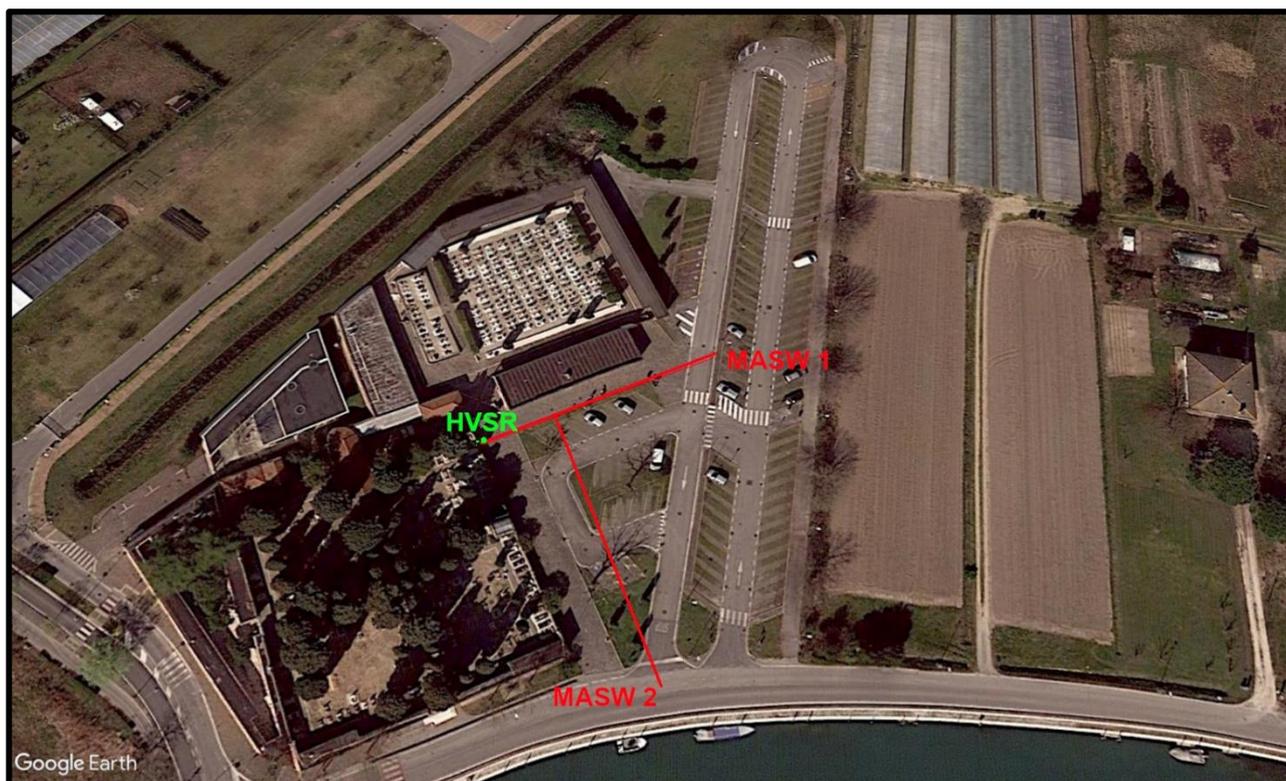
INDAGINE SISMICA	1
PREMESSA.....	2
INDAGINE HVSR	3
<i>TREPORTI, CIMITERO HVSR (E-W).....</i>	<i>4</i>
<i>TREPORTI, CIMITERO HVSR (N-S).....</i>	<i>6</i>
INDAGINE MASW	8
<i>TREPORTI, CIMITERO MASW 1.....</i>	<i>9</i>
<i>TREPORTI, CIMITERO MASW 2.....</i>	<i>10</i>
CATEGORIA DEL SUOLO DI FONDAZIONE.....	11

INDAGINE SISMICA

PREMESSA

Per incarico della Società **EUTECNE S.r.l.**, Via A. Volta, 88 – 06135 Perugia il sottoscritto Dottor Geol. Luca Capecchi titolare dello **STUDIO GEOTEST** P.zza 1° Maggio, 21/2 – 30016 Jesolo (Ve) ha eseguito una campagna d' indagine sismica per la determinazione della categoria del suolo di fondazione dell'area sede del futuro ampliamento del Cimitero di Treporti.

La campagna d' indagine è stata eseguita sia con metodi passivi (HVSr) che con metodi attivi (MASW), questo perché i metodi che utilizzano l'energizzazione del terreno forniscono indicazioni più dettagliate per le pozioni superficiali del sottosuolo, mentre quelli che sfruttano il "rumore naturale" per quelle più profonde.



INDAGINE HVSR

La tecnica d'indagine consiste nella misura mediante velocimetro triassiale per i siti individuati.

La metodologia puntuale risulta assai interessante ed efficace perché consente la modellazione del sottosuolo in prospettiva sismica, oltre alla definizione della risposta sismica locale attraverso l'individuazione della frequenza fondamentale del sito e dell'amplificazione (rapporto spettrale H/V).

Inoltre consente la valutazione della Vs30, nel caso in esame anche avvalendosi delle prove penetrometriche già eseguite.

Gli esiti delle misure e delle elaborazioni dei dati geofisici acquisiti sono esposti nella presente e consentono di caratterizzare la sequenza sismo stratigrafica

L'indagine sismica è stata eseguita il 14 marzo 2014 utilizzando un tromometro digitale composto da tre velocimetri elettrodinamici ad alta definizione con intervallo di frequenza compreso tra 0,1 e 512 Hz disposti ortogonalmente tra loro.

L'indagine geofisica è basata sulla tecnica di Nakamura e sul rapporto spettrale H/V che consente di evidenziare le caratteristiche sismostratigrafiche.

La risposta sismica locale è data dall'insieme delle modifiche in ampiezza, durata e contenuto in frequenza che il moto sismico subisce in relazione alla formazione rocciosa di base (R) e in relazione agli strati di terreno sovrastanti fino alla superficie topografica (S).

La teoria di Nakamura relaziona lo spettro di risposta del substrato roccioso (rapporto spettrale H / V = 1) con quello effettivamente misurato in superficie espressa sia nel campo del tempo che delle frequenze.

Il moto sismico è amplificato in corrispondenza delle frequenze naturali f_n di vibrazione del deposito:

$$f_n = 1 / T_n = (V_s * (2n - 1)) / (4 * H) \text{ con } n = 1, 2, [1]$$

mentre risulta ridotto di amplificazione alle frequenze elevate a causa dello smorzamento del terreno.

Di particolare importanza è la prima frequenza naturale di vibrazione del deposito f_1 , denominata frequenza fondamentale di risonanza :

$$f_1 = 1 / T_1 = V_s / 4H [2]$$

Pertanto interpretando il minimo della componente verticale come risonanza del modo fondamentale dell'onda di Rayleigh e i picchi delle componenti orizzontali come contributo delle onde SH, si individuano le discontinuità sismo stratigrafiche significative.

Dall'analisi nel campo delle frequenze vengono quindi individuati i sismostrati più significativi su cui si basano una serie di simulazioni che consentono di pervenire al modello sismo stratigrafico del sito.

Il tromometro è stato applicato al terreno previa regolarizzazione e idoneo accoppiamento.

TREPORTI, CIMITERO HVSR (E-W)

Strumento: TE3-0283/02-17

Formato dati: 32 bit

Fondo scala [mV]: 51

Inizio registrazione: 25/10/2021 11:31:06 Fine registrazione: 25/10/2021 11:59:06

Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

Dato GPS non disponibile

Durata registrazione: 0h28'00". Analizzato 81% tracciato (selezione manuale)

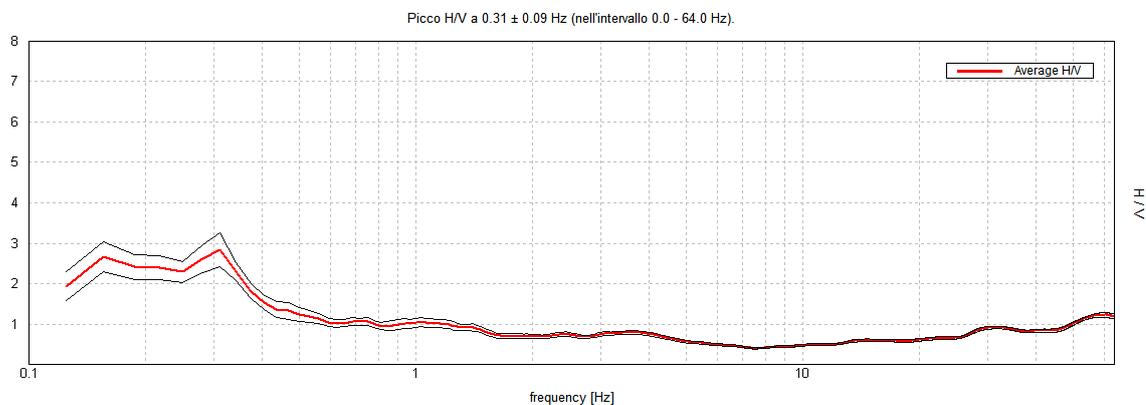
Freq. campionamento: 128 Hz

Lunghezza finestre: 20 s

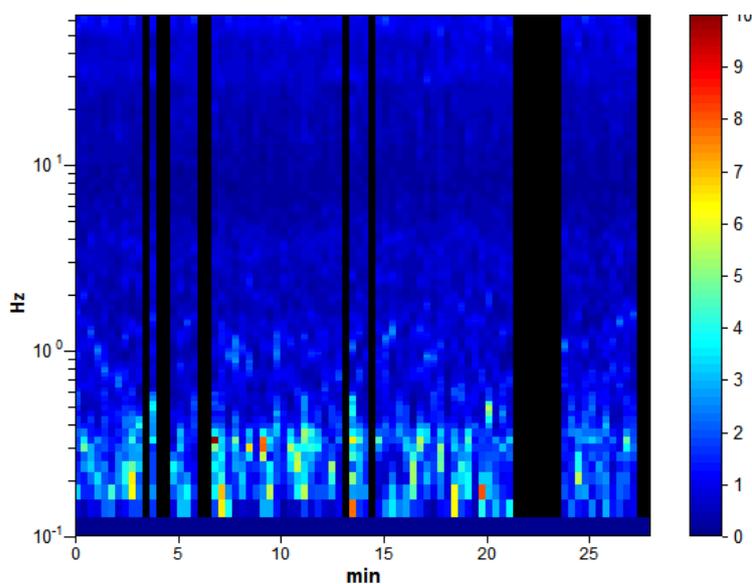
Tipo di lisciamento: Triangular window

Lisciamento: 10%

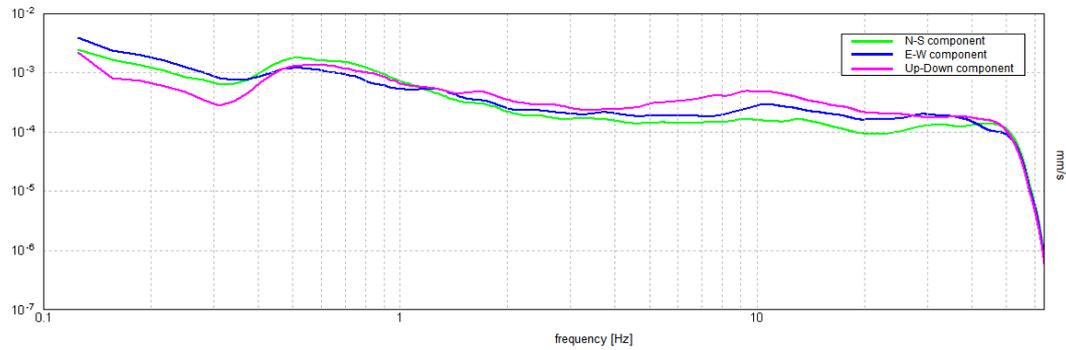
RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE



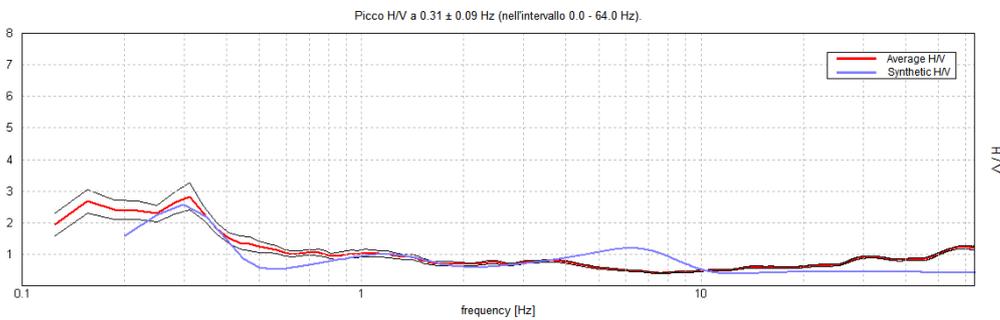
SERIE TEMPORALE H/V



SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI

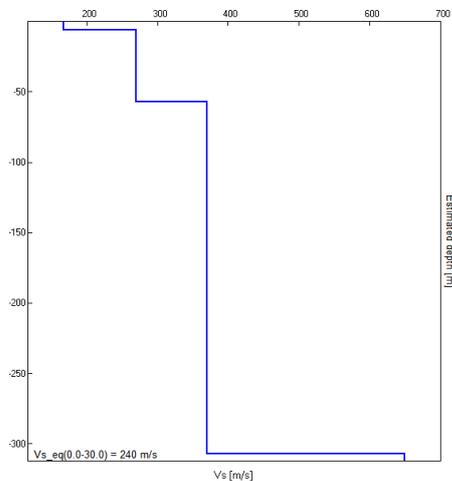


H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO



Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Rapporto di Poisson
6.00	6.00	167	0.42
57.00	51.00	270	0.47
307	250	370	0.45
Inf.	Inf.	650	0.43

Vs(0.0-30.0)=240m/s



TREPORTI, CIMITERO HVSR (N-S)

Strumento: TE3-0283/02-17

Formato dati: 32 bit

Fondo scala [mV]: 51

Inizio registrazione: 25/10/2021 11:31:06 Fine registrazione: 25/10/2021 11:59:06

Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

Dato GPS non disponibile

Durata registrazione: 0h28'00". Analizzato 81% tracciato (selezione manuale)

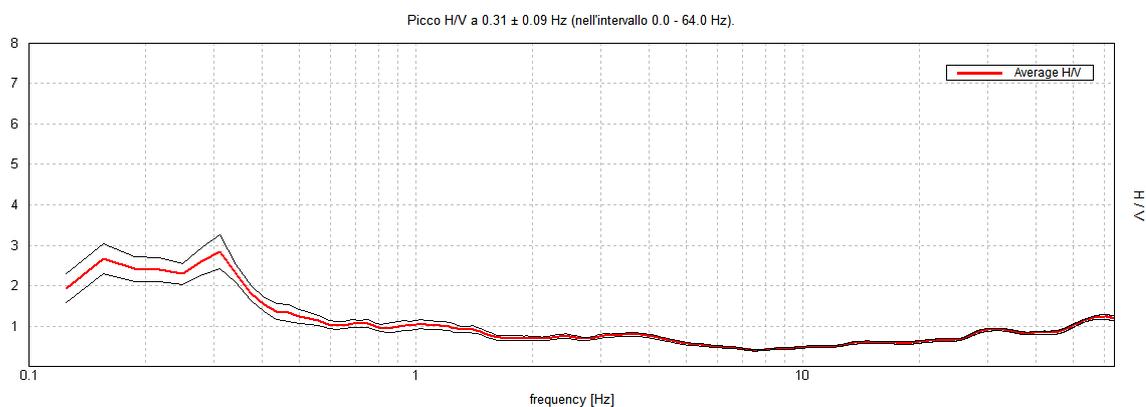
Freq. campionamento: 128 Hz

Lunghezza finestre: 20 s

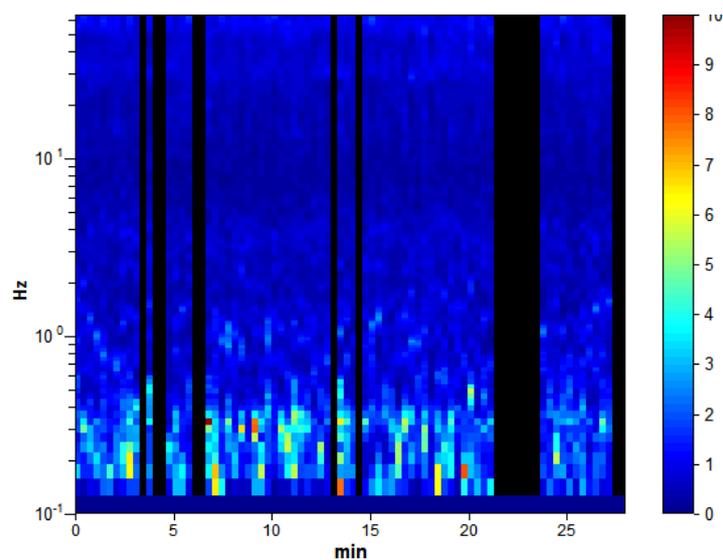
Tipo di lisciamento: Triangular window

Lisciamento: 10%

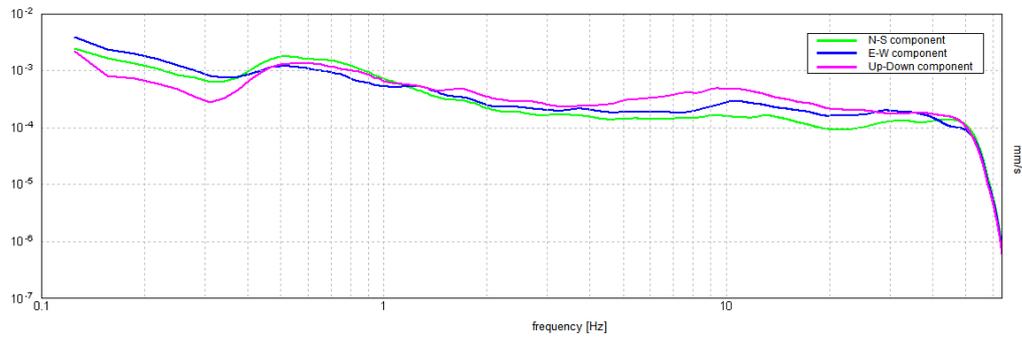
RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE



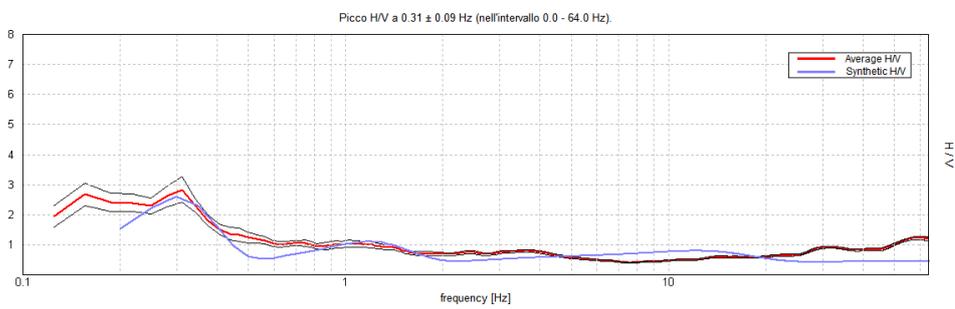
SERIE TEMPORALE H/V



SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI

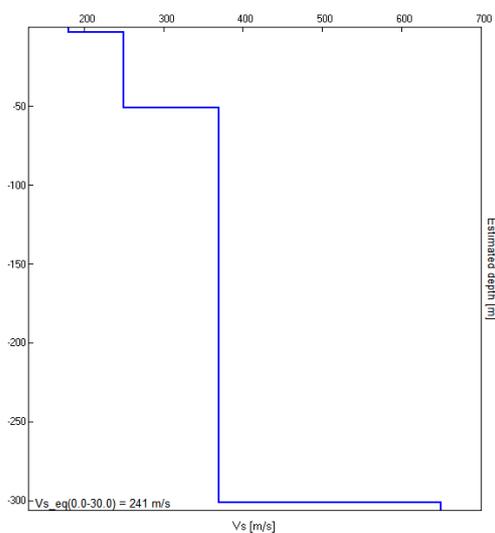


H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO



Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Rapporto di Poisson
3.00	3.00	180	0.42
51.00	48.00	250	0.47
301	250	370	0.45
Inf.	Inf.	650	0.43

Vs(0.0-30.0)=241m/s



INDAGINE MASW

Il metodo MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) è una tecnica d'indagine che permette di individuare il profilo delle onde di taglio V_s , sulla base della prima misura delle onde superficiali eseguita in corrispondenza di diversi sensori posti sulla superficie del suolo. Il contributo predominante alle onde superficiali è dato dalle onde di Rayleigh, che viaggiano ad una velocità correlata alla rigidità della porzione di terreno interessata dalla propagazione delle onde.

In un mezzo stratificato, le onde di Rayleigh sono dispersive (fenomeno della dispersione geometrica), cioè onde con diverse lunghezze d'onda si propagano con diverse velocità di fase e velocità di gruppo.

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 informazione sulla parte più superficiale del suolo. Il metodo di indagine MASW è di tipo attivo in quanto le onde superficiali sono generate in un punto sulla superficie del suolo (tramite energizzazione con massa battente parallelamente all'Array) e misurate da uno stendimento lineare di sensori.

Il metodo consente di ottenere una velocità di fase (o curva di dispersione) sperimentale apparente con un range di frequenze comprese tra 1 e 50 Hz fornendo informazioni parte del sottosuolo compresa nei primi 10-30 m, in funzione della rigidità del suolo e delle caratteristiche della sorgente.

Il metodo MASW è stato eseguito utilizzando il velocimetro triassiale associato ad uno stendimento a canali con geofono (su una lunghezza di 44m), con energizzazione del terreno eseguita con massa battente da 16 kg.

Le serie temporali multicanale sono elaborate nel dominio frequenza-velocità di fase al fine di discriminare l'energia associata alle onde di Rayleigh.

TREPORTI, CIMITERO MASW 1

Inizio registrazione: 25/10/2021 11:31:06 Fine registrazione: 25/10/2021 11:59:06

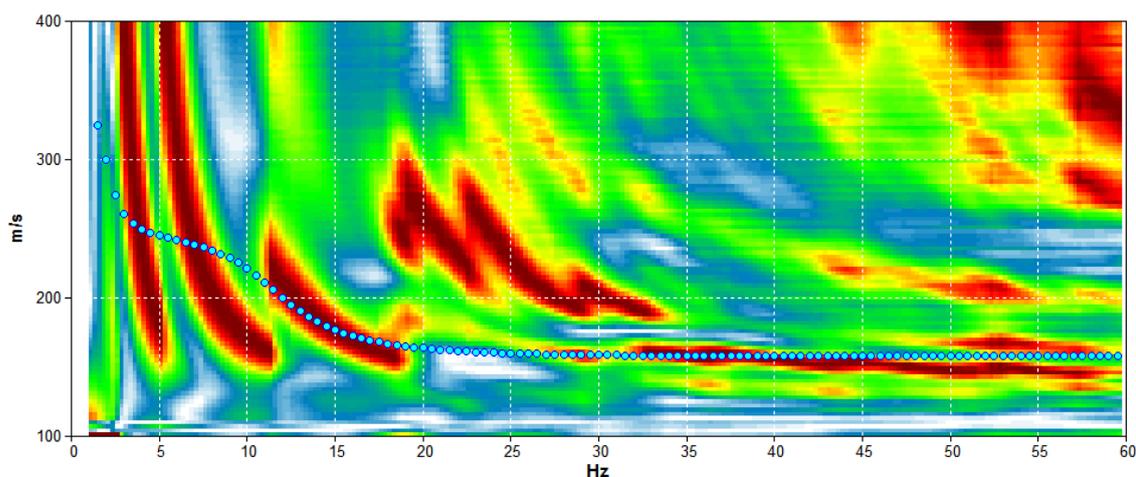
Durata registrazione: 0h28'00". Analizzato 81% tracciato (selezione manuale)

Freq. campionamento: 128 Hz

Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

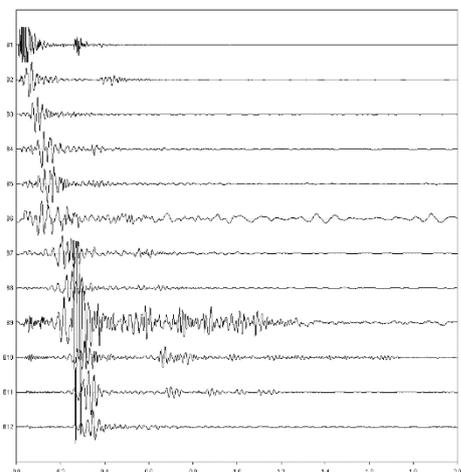
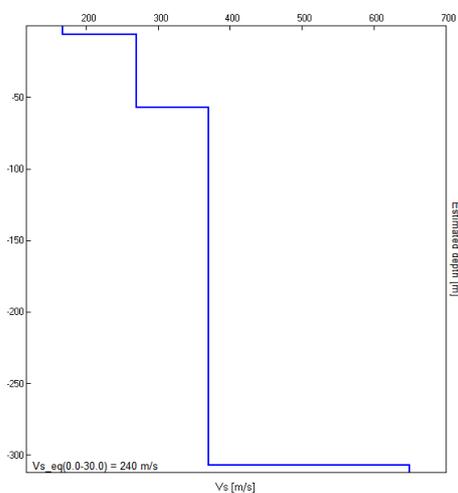
Array geometry (x): 0.0 4.0 8.0 12.0 16.0 20.0 24.0 28.0 32.0 36.0 40.0 44.0 m.

MODELLED RAYLEIGH WAVE PHASE VELOCITY DISPERSION CURVE



Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Rapporto di Poisson
6.00	6.00	167	0.42
57.00	51.00	270	0.47
307.00	250	370	0.45
Inf.	Inf.	650	0.43

Vs(0.0-30.0)=240m/s



TREPORTI, CIMITERO MASW 2

Inizio registrazione: 25/10/2021 11:31:06 Fine registrazione: 25/10/2021 11:59:06

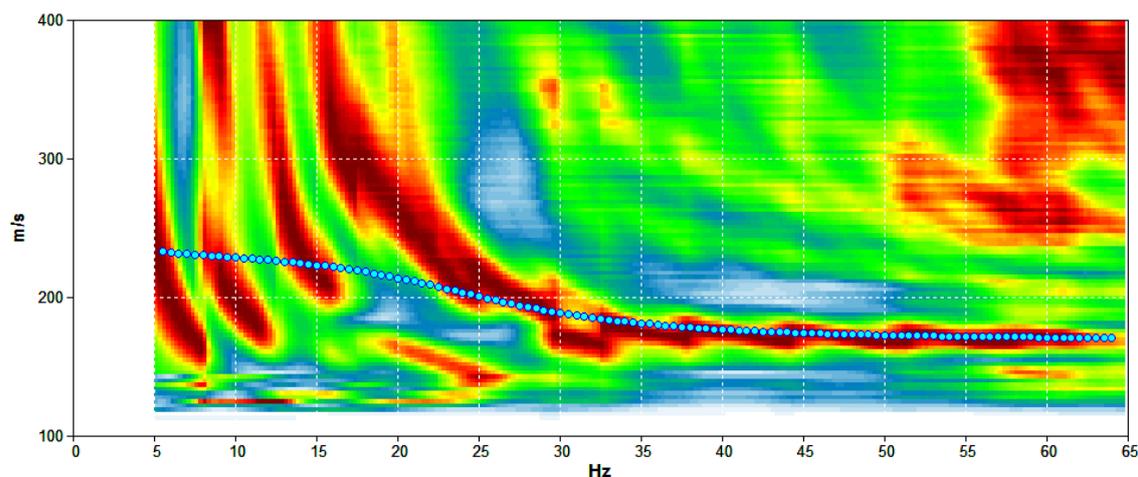
Durata registrazione: 0h28'00". Analizzato 81% tracciato (selezione manuale)

Freq. campionamento: 128 Hz

Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

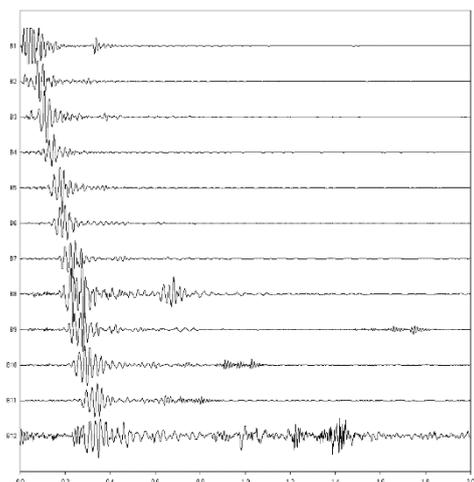
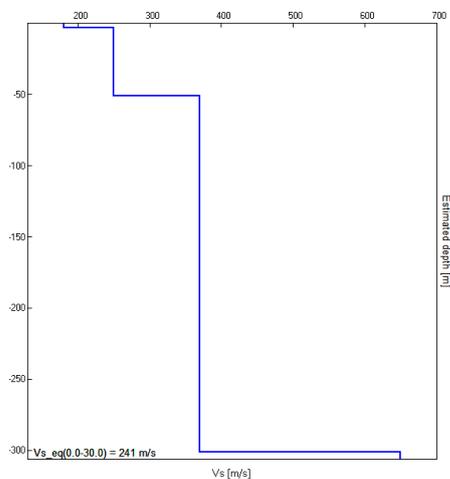
Array geometry (x): 0.0 4.0 8.0 12.0 16.0 20.0 24.0 28.0 32.0 36.0 40.0 44.0 m.

MODELLED RAYLEIGH WAVE PHASE VELOCITY DISPERSION CURVE



Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Rapporto di Poisson
3.00	3.00	180	0.42
51.00	48.00	250	0.47
301	250	370	0.45
Inf.	Inf.	650	0.43

Vs(0.0-30.0)=241 m/s



CATEGORIA DEL SUOLO DI FONDAZIONE

Dall'analisi dell'andamento delle componenti (E-W e N-S, in rapporto all'andamento Up-Down) vengono progressivamente individuati gli orizzonti sismostratigrafici significativi; tralasciando i picchi non significativi (frequenze superiori a 100 Hz).

L'indagine MASW ha consentito di tarare la velocità dei primi strati significativi.

Attraverso una serie di operazioni iterative il modello è stato affinato fino a verificare la convergenza dei dati.

Il comportamento direzionale del rapporto H/V ha consentito di evidenziare la continuità degli orizzonti.

Sulla base delle risultanze dell'indagine eseguita è stato formulato un modello sismo stratigrafico a 4 strati, associando la modellazione al rapporto spettrale H/V rilevato per il sito, si evidenzia l'attendibilità della modellazione.

A seguito della modellazione proposta e del conseguente valore delle $V_{s(0,0-30,0)}=240 \div 241$ m/s la categoria del suolo di fondazione risulta:

Categoria suolo tipo:C

C - Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < NSPT, 30 < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < cu, 30 < 250$ kPa nei terreni a grana fine).

Jesolo, 04 novembre 2021

