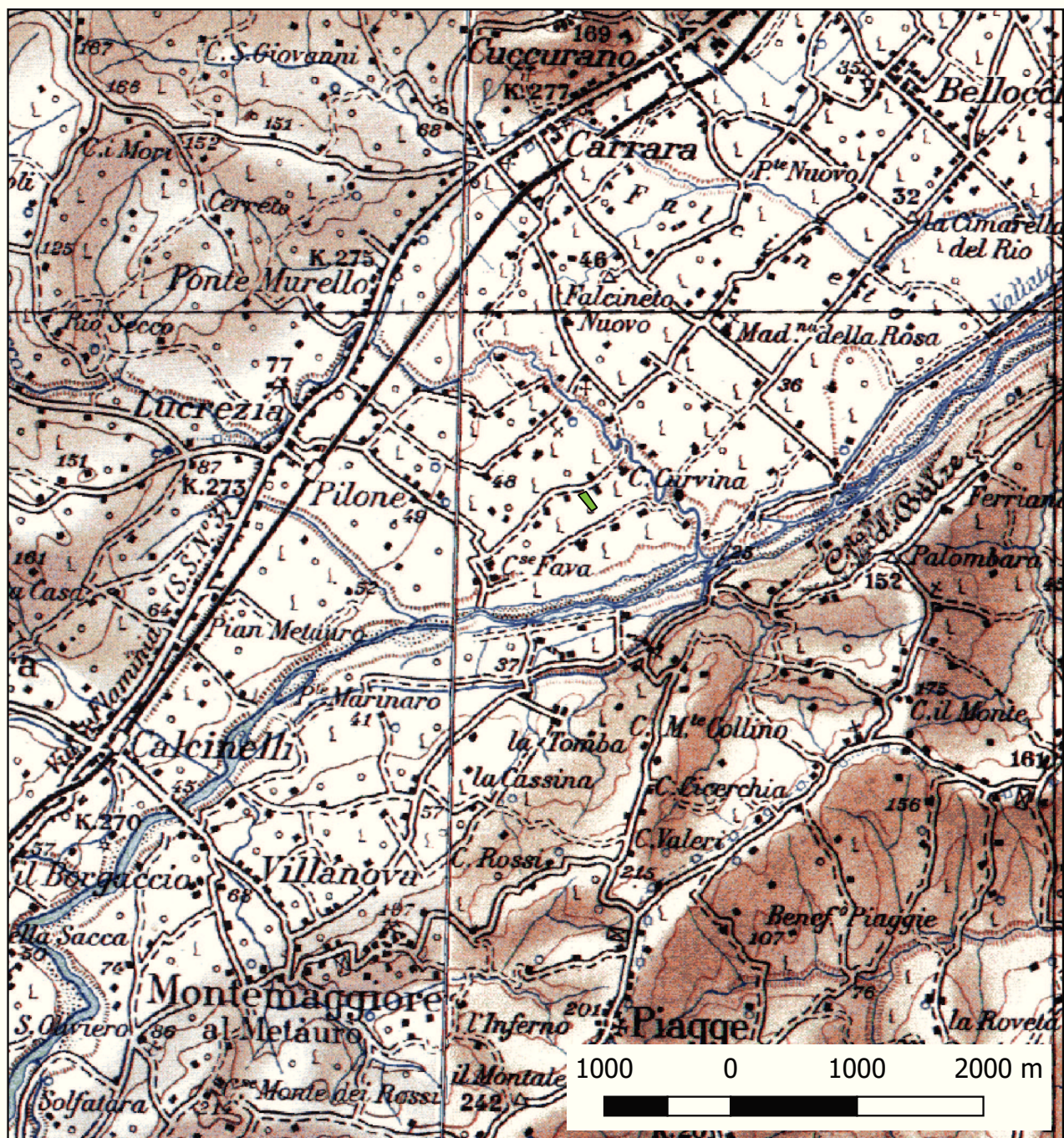


COROGRAFIA



Legenda

 Area in variante urbanistica

LOCALIZZAZIONE AREA IN VARIANTE

Legenda

- C.T.R. 280040
- Area oggetto di variante
- Fiume Metauro

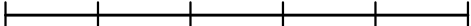
100 0 100 200 300 400 500 m



CARTA GEOLOGICA

 Area in Variante

0 500 m



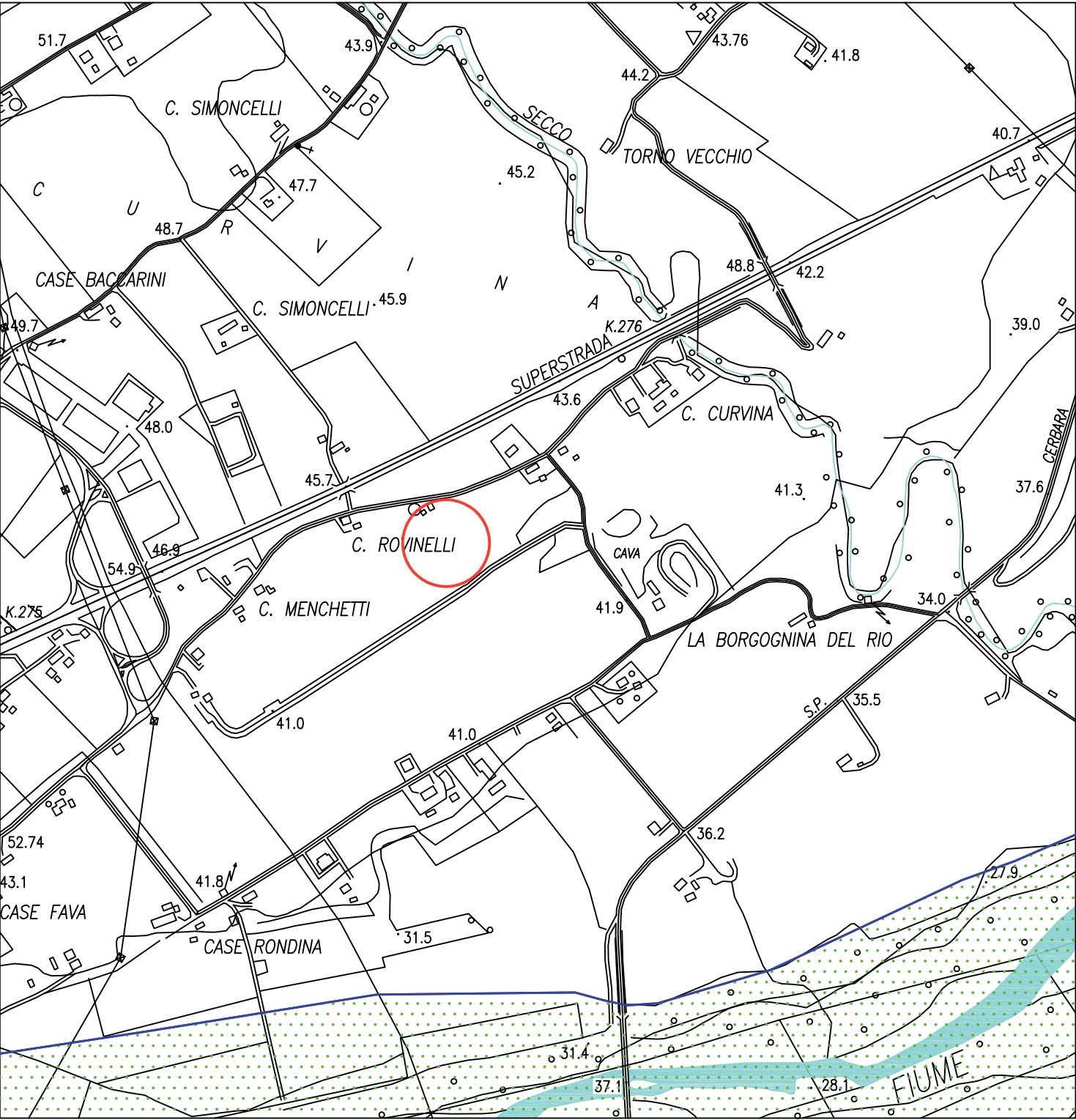
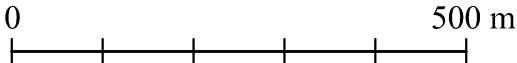

 Depositi recenti e attuali
del Fiume Metauro

 Depositi alluvionali terrazzati
del 4°ordine (Pleistocene inf.)

 Depositi alluvionali terrazzati del
3°ordine (Pleistocene inf.-medio)

CARTA GEOMOFOLOGICA

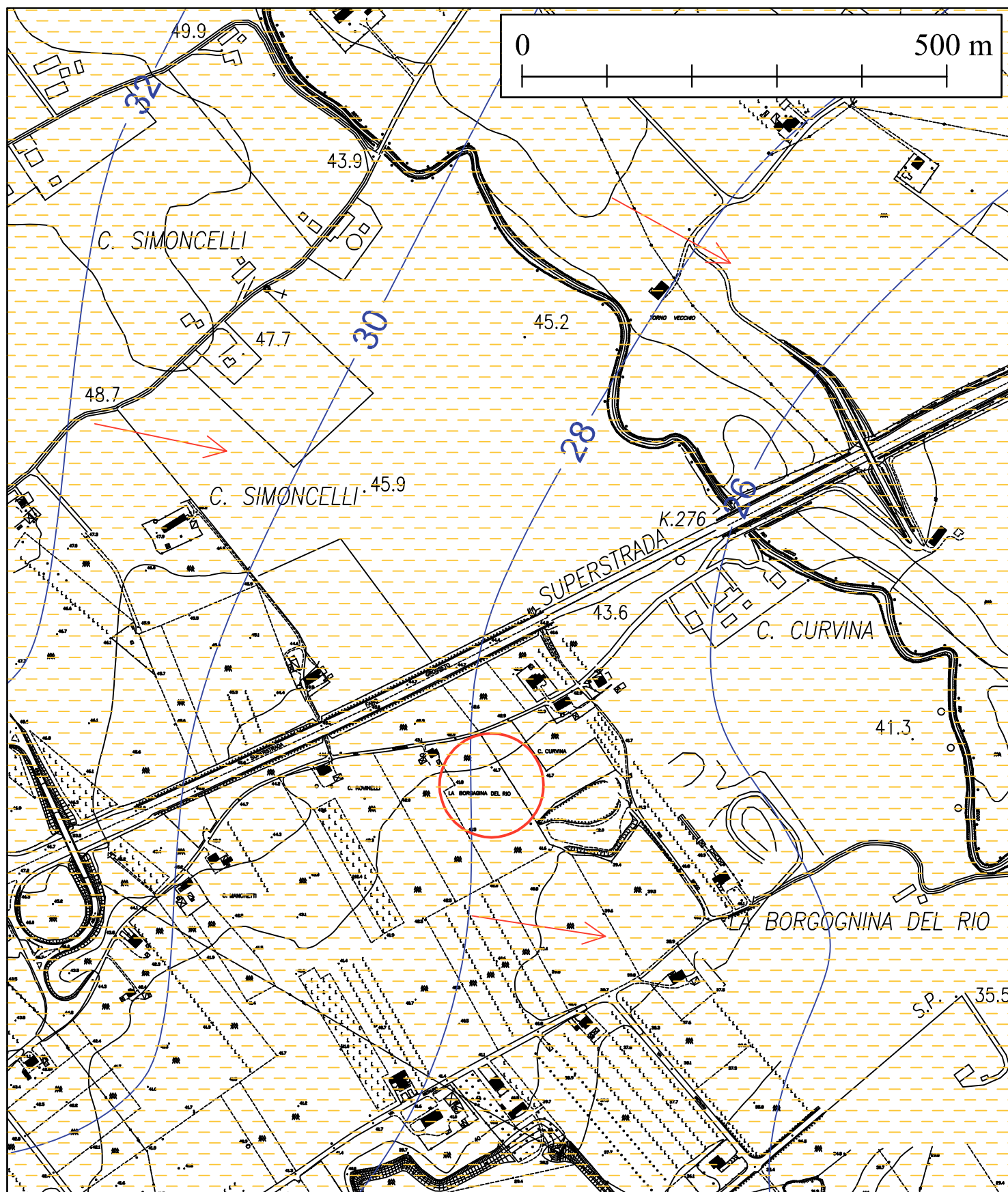
Area in Variante



Area esondabile dal Fiume Metauro

CARTA IDROGEOLOGICA

○ Area in Variante



Terreni a permeabilità elevata



Isofreatica con equidistanza di 2 m



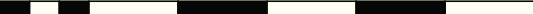
Vettori di flusso della falda

LOCALIZZAZIONE AREA IN VARIANTE
RISPETTO AL RETICOLO IDROGRAFICO

Legenda

-  Area oggetto di variante
-  Fiume Metauro
-  Rio Secco

100 0 100 200 300 400 500 m



Analisi Sistemi Integrati Terra Acqua Ambiente
Dott. Geol. Alberto Antinori





**GEODE
LABORATORIO GEOTECNICO
RIMINI**

Indagine geofisica

SISTEMA QUALITA'

Azienda certificata ISO 9001:2000. Cert. SGS n. IT05/1218

MOD. 85
REV. 00
DATA 08/03/10
PAG. 1 DI 14

Dott. Geol. Alberto ANTINORI



INDAGINE SISMICA MASW
(Multichannel Analysis of Surface Waves)

Spett. **SOLARI METALLI srl**

Via XI Settembre 2001
LUCREZIA di CARTOCETO (PU)

Rif.: G19-071B	Esec: 02.04.2019	Cod. doc.: 01/14	N. pag.: 14	Allegati:	
00	19/05/14		S. Ronci	M. Mularoni	M. Mularoni
Rev.	Data	Descrizione	Elaborato	Controllato	Approvato



GEODE
LABORATORIO GEOTECNICO
RIMINI

Indagine geofisica

SISTEMA QUALITA'

Azienda certificata ISO 9001:2000. Cert. SGS n. IT05/1218

MOD. 85

REV. 00

DATA

08/03/10

PAG. 2 DI 14

INDICE

1 - PREMESSA	3
2 – CENNI SUL METODO MASW	3
2.1 - PROPAGAZIONE DELLE ONDE DI SUPERFICIE.....	3
2.2 – TECNICA MASW.....	4
3 – STRUMENTAZIONE E MODALITA' DI ACQUISIZIONE	7
4 – ELABORAZIONE DATI	7
4.1 – DATI SPERIMENTALI.....	8
4.2 – RISULTATI DELLE ANALISI	9
4.3 – CURVA DI DISPERSIONE.....	10
4.4 – PROFILO IN SITO.....	11
4.5 – RISULTATI FINALI E CALCOLO DELLE V_{seq}	14

Indice delle figure

Figura 1 – Foto aerea da Google Maps.....	Errore. Il segnalibro non è definito.
Figura 2 – Rappresentazione grafica della propagazione delle onde superficiali di Rayleigh	4
Figura 3 – Segnali sismici che evidenziano (in rosso) le onde superficiali di Rayleigh.....	4
Figura 4 – Segnali sismici acquisiti dai geofoni lungo uno stendimento.	5
Figura 5 – Curva di dispersione delle velocità di fase in funzione della frequenza.....	6
Figura 6 – Confronto fra le Curve di dispersione sperimentali relative a diverse acquisizioni.....	8
Figura 7 – Tracce sperimentali	9
Figura 8 – Curva dispersione sperimentale.....	9
Figura 9 – Curva di dispersione.....	10
Figura 10 – Velocità numeriche – punti sperimentali (verde), modi di Rayleigh (ciano)..	12
Figura 11 – Profilo V_s numerico	13



GEODE
LABORATORIO GEOTECNICO
RIMINI

Indagine geofisica

SISTEMA QUALITA'

Azienda certificata ISO 9001:2000. Cert. SGS n. IT05/1218

MOD. 85

REV. 00

DATA

08/03/10

PAG. 3 DI 14

1 - PREMESSA

La presente relazione riporta le elaborazioni ed i risultati ottenuti dall'esecuzione di un'indagine geofisica consistente in un rilievo con metodologia MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) al fine di caratterizzare il profilo sismico del sottosuolo.

Scopo dell'indagine è quello di definire l'andamento della velocità delle onde sismiche di taglio con la profondità (V_s -z) al fine di determinare il parametro V_{seq} in accordo con le NTC 2018.

La campagna di indagine è stata eseguita, su incarico del Dott. ALBERTO ANTINORI, il giorno 2 Aprile 2019, in via XI Settembre in località LUCREZIA di CARTOCETO (PU).

Figura 1 – Foto aerea da Google Maps.



2 – CENNI SUL METODO MASW

2.1 - PROPAGAZIONE DELLE ONDE DI SUPERFICIE

Il metodo si basa sul rilievo di onde di superficie (onde di Rayleigh); queste si generano in corrispondenza della superficie libera del mezzo quando viene sollecitato acusticamente e sono polarizzate in un piano verticale (Fig. 2). In questo tipo di onde le particelle descrivono un movimento di tipo ellittico la cui ampiezza decresce esponenzialmente con la distanza dalla superficie libera. L'asse maggiore delle ellissi è normale alla superficie libera del mezzo ed alla direzione di propagazione delle onde e le particelle compiono questo movimento ellittico in senso retrogrado alla direzione di propagazione delle onde che vengono così generate. Le onde superficiali di Rayleigh, quando si propagano in un mezzo omogeneo, non presentano dispersione e la loro velocità è uguale a $0.92V_s$. In un mezzo disomogeneo, quale la Terra, la loro velocità varia in

Rif.: G19-071B	Esec: 02.04.2019	Cod. doc.: 01/14	N. pag.: 14	Allegati:	
00	19/05/14		S. Ronci	M. Mularoni	M. Mularoni
Rev.	Data	Descrizione	Elaborato	Controllato	Approvato

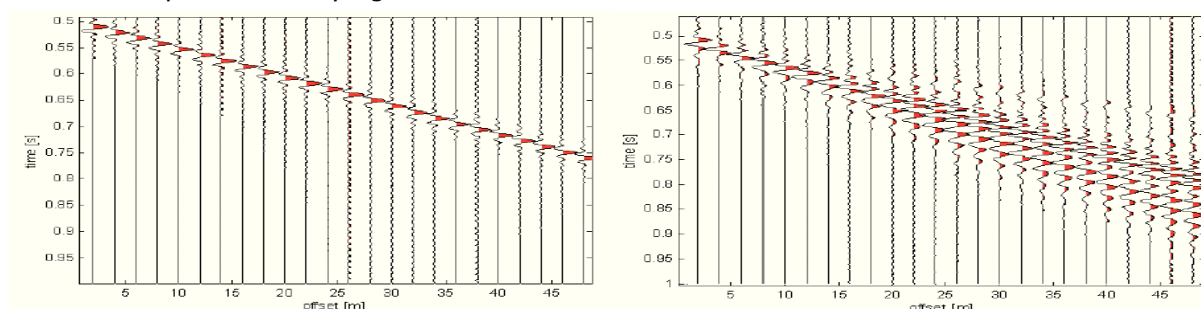
funzione della lunghezza d'onda tra i limiti 0 e 0.92 Vs. La teoria della propagazione delle onde superficiali è ben conosciuta ed è descritta dettagliatamente da Ewing et al. (1957).

Figura 2 – Rappresentazione grafica della propagazione delle onde superficiali di Rayleigh caratterizzata dall'oscillazione polarizzata in un piano verticale e con movimento delle particelle retrogrado rispetto al senso di propagazione dell'onda.



La proprietà fondamentale delle onde superficiali di Rayleigh, sulla quale si basa l'analisi per la determinazione delle V_s , è costituita dal fenomeno della dispersione che si manifesta in mezzi stratificati (Fig. 3). Ciò consente, analizzando la variazione delle velocità di fase delle onde di Rayleigh in funzione della lunghezza d'onda (o della frequenza, che dipende dall'inverso della lunghezza d'onda), di determinare la variazione della velocità delle onde di taglio con la profondità tramite il processo d'inversione.

Figura 3 – Segnali sismici che evidenziano (in rosso) le onde superficiali di Rayleigh in un mezzo non stratificato (a sinistra) e in un mezzo stratificato (a destra). Risulta evidente il fenomeno della dispersione delle onde superficiali di Rayleigh in un mezzo stratificato.



2.2 – TECNICA MASW

La modellazione del sottosuolo mediante l'impiego di comuni geofoni verticali (a 4.5Hz) e l'analisi delle onde superficiali di Rayleigh viene ottenuta con le seguenti tecniche: ReMi (Refraction Microtremor), FTAN (Frequency Time Analysis), SASW (Spectral Analysis of Surface Waves); su quest'ultima si basa il metodo MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves).

Tale metodo utilizza le onde superficiali di Rayleigh registrate da una serie di geofoni lungo uno stendimento rettilineo e collegati ad un comune sismografo multicanale; successivamente le tracce vengono analizzate attraverso complesse tecniche computazionali, basate su un approccio di riconoscimento di modelli multistrato di terreno.

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. 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

Rif.: G19-071B	Esec: 02.04.2019	Cod. doc.: 01/14	N. pag.: 14	Allegati:	
00	19/05/14		S. Ronci	M. Mularoni	M. Mularoni
Rev.	Data	Descrizione	Elaborato	Controllato	Approvato

 GEODE LABORATORIO GEOTECNICO RIMINI	Indagine geofisica	MOD. 85 REV. 00 DATA 08/03/10 PAG. 5 DI 14
	SISTEMA QUALITA' Azienda certificata ISO 9001:2000. Cert. SGS n. IT05/1218	

al fatto che le onde ad alta frequenza con lunghezza d'onda corta si propagano negli strati più superficiali, mentre le onde a bassa frequenza raggiungono gli strati più profondi.

Il metodo di indagine MASW si distingue in metodo attivo e metodo passivo -REMI- (Zywicki, D.J., 1999); è qui impiegata la tecnica attiva così definita in quanto le onde superficiali sono generate artificialmente in un punto sulla superficie del suolo (tramite energizzazione con mazza battente o con fucile sismico). Tale metodo consente di ottenere una velocità di fase (o curva di dispersione) sperimentale apparente nel range di frequenza compreso tra 5Hz e 70 Hz, quindi dà informazioni nei primi 30-50 m, in funzione della rigidezza del suolo.

In un mezzo verticalmente eterogeneo, costituito cioè da strati aventi proprietà meccaniche differenti, la propagazione delle onde superficiali presenta un comportamento dispersivo (a frequenze diverse corrispondono diverse velocità di fase). Ciò vuol dire che lunghezze d'onda diverse interessano strati diversi ai quali dono associate proprietà meccaniche diverse: ogni lunghezza d'onda si propaga ad una velocità di fase che dipende dalle caratteristiche dello strato interessato dalla propagazione. Quindi, nel caso di un mezzo eterogeneo, le onde superficiali non hanno una singola velocità ma una velocità di fase che è funzione della frequenza: tale fenomeno, dipende dalla distribuzione spaziale delle proprietà sismiche del sottosuolo è noto come dispersione geometrica e la relazione che lega la frequenza alla velocità di fase prende il nome di curva di dispersione.

Alle alte frequenza, la velocità di fase coincide con la velocità delle onde di Rayleigh dello strato più superficiale, mentre, alle basse frequenze, l'effetto degli strati più profondi diventa importante, e la velocità di fase tende asintoticamente alla velocità dello strato più profondo come se questo fosse esteso infinitamente in profondità. La curva di dispersione gioca un ruolo centrale nell'utilizzo delle onde di Rayleigh ai fini della caratterizzazione dei terreni, infatti, è funzione delle caratteristiche di rigidezza del mezzo e, posto di riuscire a misurarla sperimentalmente, può essere utilizzata per un processo inverso avente come obiettivo la stima delle caratteristiche di rigidezza stesse.

La propagazione delle onde di Rayleigh in un mezzo verticalmente eterogeneo è un fenomeno multi-modale: data una determinata stratigrafia, in corrispondenza di una certa frequenza, possono esistere diverse lunghezze d'onda. Di conseguenza, ad una determinata frequenza possono corrispondere diverse velocità di fase, ad ognuna delle quali corrisponde un modo di propagazione, e differenti modi di vibrazione possono esibirsi simultaneamente (armoniche superiori).

La curva di dispersione ottenuta elaborando i dati derivanti dalle indagini sismiche con il metodo SWM è una curva apparente, derivante dalla sovrapposizione delle curve relative ai vari modi di vibrazione, e che per i limiti indotti dal campionamento non necessariamente coincide con i singoli modi nei diversi intervalli di frequenza campionati.

Il processo di caratterizzazione basato sul metodo delle onde superficiali può essere suddiviso nelle tre fasi di:

- 1) Acquisizione
- 2) Processing
- 3) Inversione

1) Acquisizione. Successive acquisizioni multicanale dei segnali sismici (Fig. 4), generati da una sorgente energizzante artificiale (mazza battente), ai due estremi di uno stendimento rettilineo di geofoni.

Figura 4 – Segnali sismici acquisiti dai geofoni lungo uno stendimento.

Rif.: G19-071B	Esec: 02.04.2019	Cod. doc.: 01/14	N. pag.: 14	Allegati:	
00	19/05/14		S. Ronci	M. Mularoni	M. Mularoni
Rev.	Data	Descrizione	Elaborato	Controllato	Approvato



GEODE
LABORATORIO GEOTECNICO
RIMINI

Indagine geofisica

SISTEMA QUALITA'

Azienda certificata ISO 9001:2000. Cert. SGS n. IT05/1218

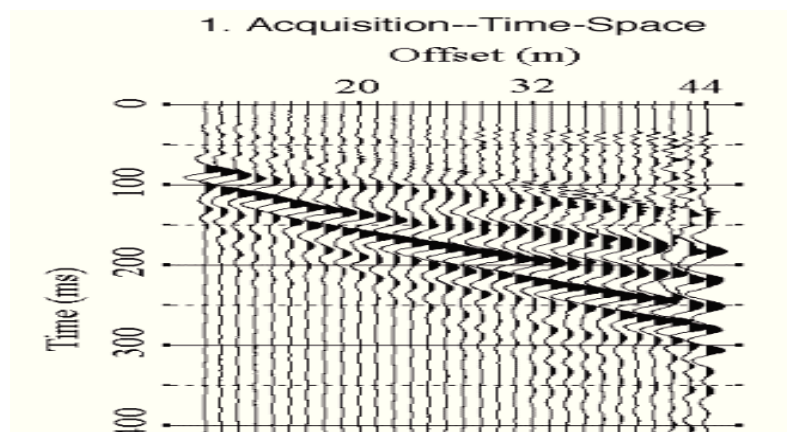
MOD. 85

REV. 00

DATA

08/03/10

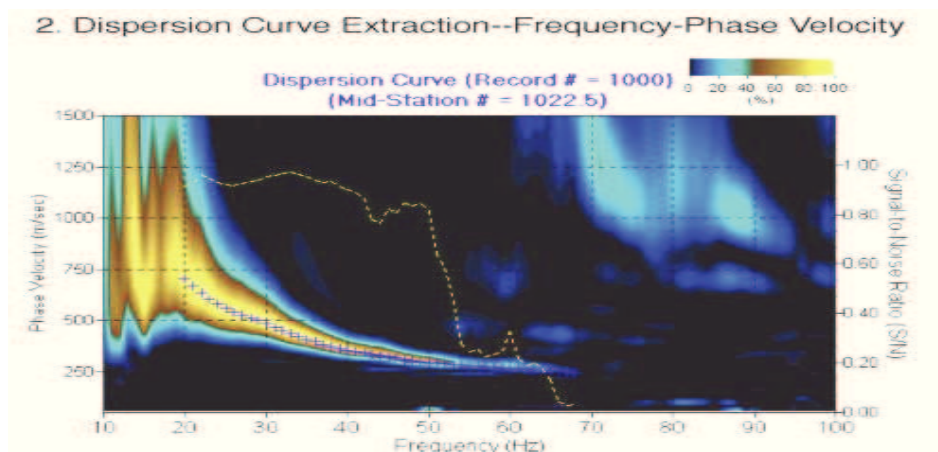
PAG. 6 DI 14



2 Processing. Estrazione del modo fondamentale dalle curve di dispersione delle velocità di fase delle onde superficiali di Rayleigh (una curva per ogni acquisizione) (Fig. 5);

I dati acquisiti vengono sottoposti ad una fase di processing che consente di stimare la curva di dispersione, ovvero la velocità di fase delle onde di Rayleigh in funzione della frequenza. Esistono diverse tecniche di processing per estrarre dai sismogrammi le caratteristiche dispersive del sito; nel caso in esame il software si avvale del “metodo Roma” per ottenere la curva di dispersione apparente numerica (*Roma V. 2001 Automated Inversion of Rayleigh Geometrical Dispersion Relation for Geotechnical Soil Identification*, 3rd WCSC (World Conference on Structural Control), Como, April 2002). La metodologia più diffusa è l'analisi spettrale in dominio f-k (frequenza-numero d'onda).

Figura 5 – Curva di dispersione delle velocità di fase in funzione della frequenza delle onde superficiali di Rayleigh.



3. Inversione. Inversione delle curve di dispersione per ottenere profili verticali 1D delle Vs (un profilo verticale per ogni curva di dispersione, posizionato nel punto medio di ogni stendimento geofonico);

La fase di inversione –deve essere preceduta da una parametrizzazione del sottosuolo che viene di norma schematizzato come un mezzo visco-elastico a strati piano-paralleli, omogenei ed isotropi, nel quale l'eterogeneità è rappresentata dalla differenziazione delle caratteristiche meccaniche degli strati. Il processo di inversione è iterativo: a partire da un profilo di primo tentativo, costruito sulla base di metodi semplificati ed eventualmente delle informazioni note a priori riguardo la stratigrafia, il problema viene risolto diverse volte variando i parametri che definiscono il modello.

Rif.: G19-071B	Esec: 02.04.2019	Cod. doc.: 01/14	N. pag.: 14	Allegati:	
00	19/05/14		S. Ronci	M. Mularoni	M. Mularoni
Rev.	Data	Descrizione	Elaborato	Controllato	Approvato

 GEODE LABORATORIO GEOTECNICO RIMINI	Indagine geofisica	MOD. 85 REV. 00 DATA 08/03/10 PAG. 7 DI 14
	SISTEMA QUALITA' Azienda certificata ISO 9001:2000. Cert. SGS n. IT05/1218	

Il processo termina quando viene individuato quel set di parametri di modello che minimizza la differenza tra il set di dati sperimentali (curva di dispersione misurata) e il set di dati calcolati (curva di dispersione sintetica). Usualmente, algoritmi di minimizzazione ai minimi quadrati vengono utilizzati per automatizzare la procedura.

Lo scopo è quello di raggiungere una sovrapposizione ottimale tra la curva di dispersione sperimentale e la curva di dispersione numerica corrispondente al modello di suolo assegnato; l'affidabilità del profilo di velocità V_s trovato durante il processo di inversione è valutata tramite la definizione dell'errore relativa tra le due curve

3 – STRUMENTAZIONE E MODALITA' DI ACQUISIZIONE

La strumentazione utilizzata è composta da: un acquisitore a 24 canali della SARA Electronics Instruments a 16 bit (registratore DOREMI), 24 geofoni a frequenza di 4.5 Hz e da un personal computer. Come sistema di energizzazione è stato utilizzata una mazza di 8 kg battente su un piattello metallico. L'indagine MASW è stata realizzata predisponendo un stendimento lineare di 48 m di lunghezza con 24 geofoni a 4.5 Hz equidistanziati di 2 m. Per l'acquisizione dei dati sono state effettuate diverse energizzazioni da una estremità del profilo ad una distanza di 2 m dal primo geofono.

I dati sono stati elaborati tramite il software MASW (V. Roma, 2007). L'analisi consiste nella trasformazione dei segnali registrati in uno spettro bidimensionale "f-k" che analizza l'energia di propagazione delle onde superficiali lungo la linea sismica. In questo grafico è possibile distinguere il "modo fondamentale" delle onde di superficie. Sullo spettro di frequenza viene eseguito un "picking" attribuendo ad un certo numero di punti una o più velocità di fase per un determinato numero di frequenze. Tali valori vengono successivamente riportati su un diagramma periodo-velocità di fase per l'analisi della curva di dispersione e l'ottimizzazione del modello interpretativo. Variando la geometria del modello di partenza ed i valori di velocità delle onde S si modifica automaticamente la curva calcolata di dispersione fino a conseguire un buon "fitting" con i valori sperimentali.

4 – ELABORAZIONE DATI

La prima fase dell'elaborazione consiste nell'ottenere le curve di dispersione di ogni acquisizione eseguita. Il confronto delle curve consente di scartare eventuali rilievi anomali (disturbati ad esempio dal rumore di fondo), quindi di scegliere un rilievo che risulti ripetibile e che garantisca quindi una buona rappresentatività (Fig.6).

Individuata una curva di dispersione affidabile occorre definire il range di frequenze utili entro cui è possibile assegnare i punti significativi su cui ricostruire il modello attendibile di V_s (piking) (fig.7). Alte frequenze sono relative ai primissimi strati del sottosuolo; alle basse frequenze (cioè per profondità relativamente alte) la curva di dispersione assume contorni poco definiti tendendo rapidamente all'asintoto verticale.

Si riportano in figura 6 le curve di dispersione di alcune acquisizioni. Si rilevano differenze fra le serie di rilievi che hanno indotto a ritenere preferibile eseguire l'analisi sull'ottava traccia rilevata che permette un piking fino a frequenze relativamente basse.

Rif.: G19-071B	Esec: 02.04.2019	Cod. doc.: 01/14	N. pag.: 14	Allegati:	
00	19/05/14		S. Ronci	M. Mularoni	M. Mularoni
Rev.	Data	Descrizione	Elaborato	Controllato	Approvato



GEODE
LABORATORIO GEOTECNICO
RIMINI

Indagine geofisica

SISTEMA QUALITA'

Azienda certificata ISO 9001:2000. Cert. SGS n. IT05/1218

MOD. 85

REV. 00

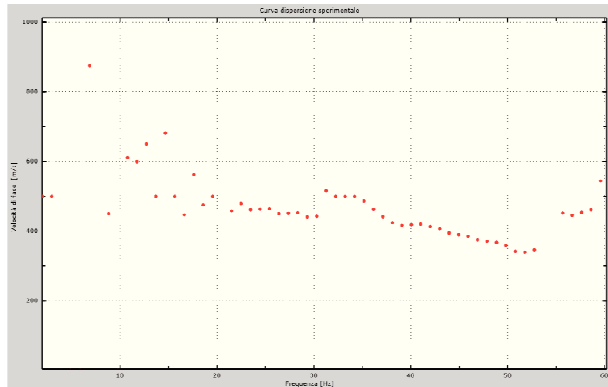
DATA

08/03/10

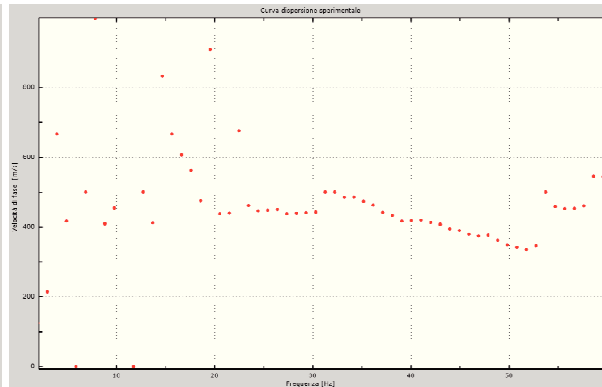
PAG. 8 DI 14

Figura 6 – Confronto fra le Curve di dispersione sperimentali relative a diverse acquisizioni (Curve di dispersione delle velocità di fase in funzione della frequenza delle onde superficiali di Rayleigh, rappresentazione generata dal Software "MASW 2007")

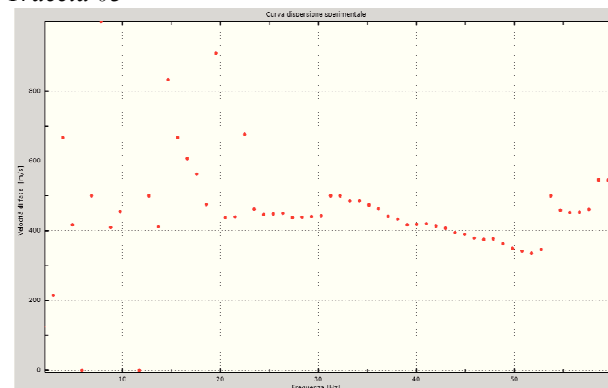
Traccia 01



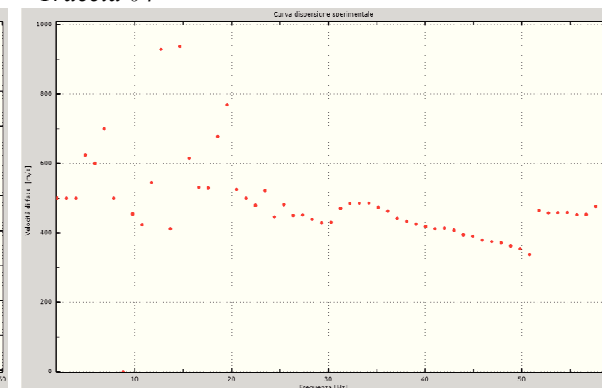
Traccia 02



Traccia 03



Traccia 04



4.1 – DATI SPERIMENTALI

Nome del file della traccia: 2019-04-01_16-30-29_02000_00100_024_Acquis.drm

Numero di ricevitori.....24

Numero di campioni temporali2000

Passo temporale di acquisizione0.5 ms

Numero di ricevitori usati per l'analisi24

L'intervallo considerato per l'analisi comincia a.....0ms

L'intervallo considerato per l'analisi termina a999 ms

Rif.: G19-071B	Esec: 02.04.2019	Cod. doc.: 01/14	N. pag.: 14	Allegati:	
00	19/05/14		S. Ronci	M. Mularoni	M. Mularoni
Rev.	Data	Descrizione	Elaborato	Controllato	Approvato



GEODE
LABORATORIO GEOTECNICO
RIMINI

Indagine geofisica

SISTEMA QUALITA'

Azienda certificata ISO 9001:2000. Cert. SGS n. IT05/1218

MOD. 85

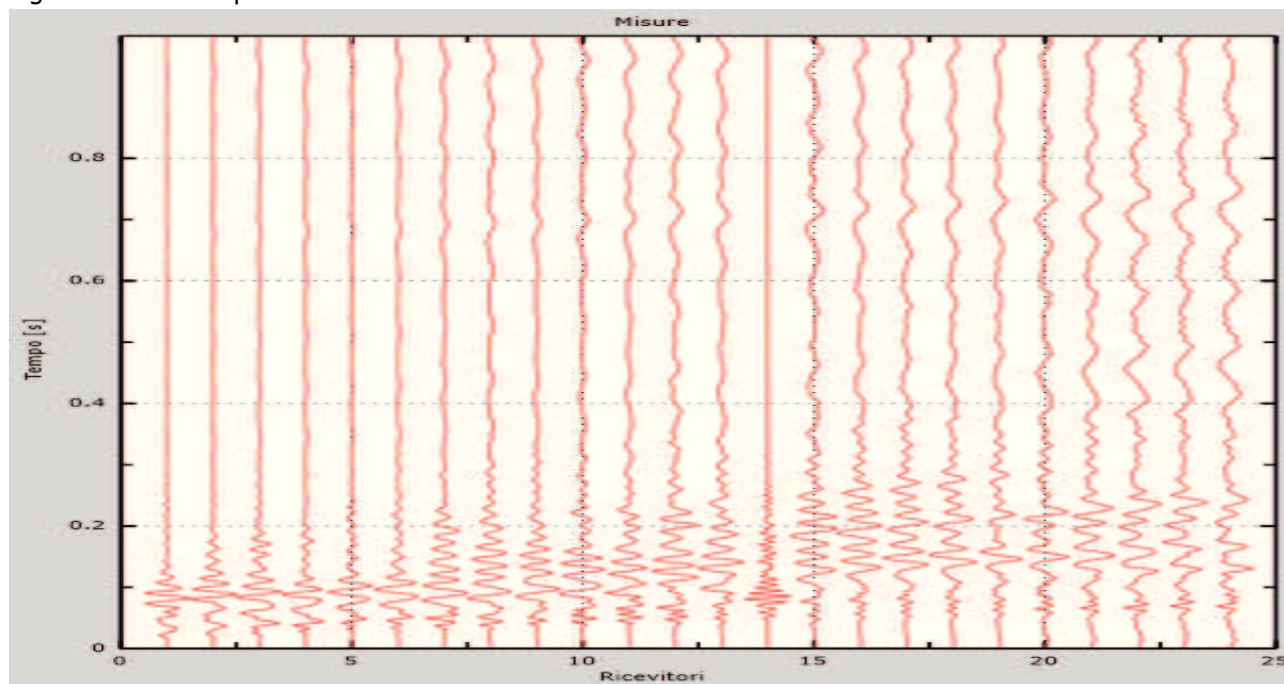
REV. 00

DATA

08/03/10

PAG. 9 DI 14

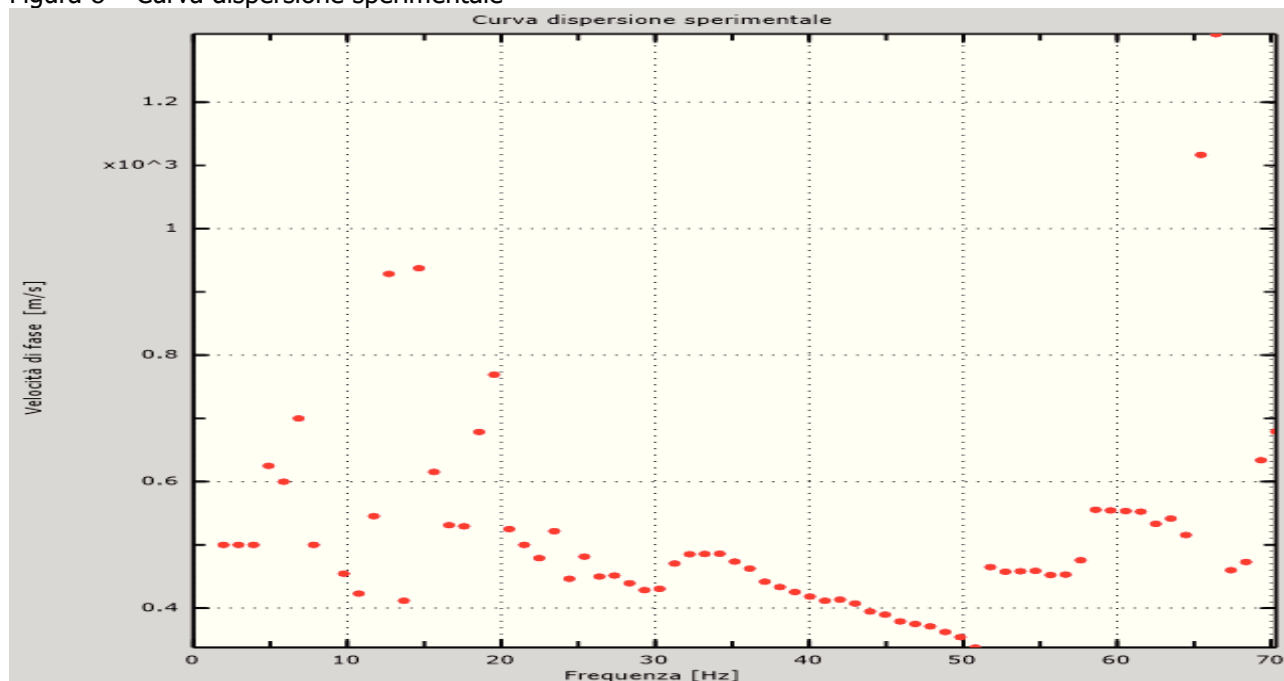
Figura 7 – Tracce sperimentali



4.2 – RISULTATI DELLE ANALISI

Frequenza finale = 70 Hz; Frequenza iniziale = 2Hz

Figura 8 – Curva dispersione sperimentale



Rif.: G19-071B	Esec: 02.04.2019	Cod. doc.: 01/14	N. pag.: 14	Allegati:	
00	19/05/14		S. Ronci	M. Mularoni	M. Mularoni
Rev.	Data	Descrizione	Elaborato	Controllato	Approvato



GEODE
LABORATORIO GEOTECNICO
RIMINI

Indagine geofisica

SISTEMA QUALITA'

Azienda certificata ISO 9001:2000. Cert. SGS n. IT05/1218

MOD. 85

REV. 00

DATA

08/03/10

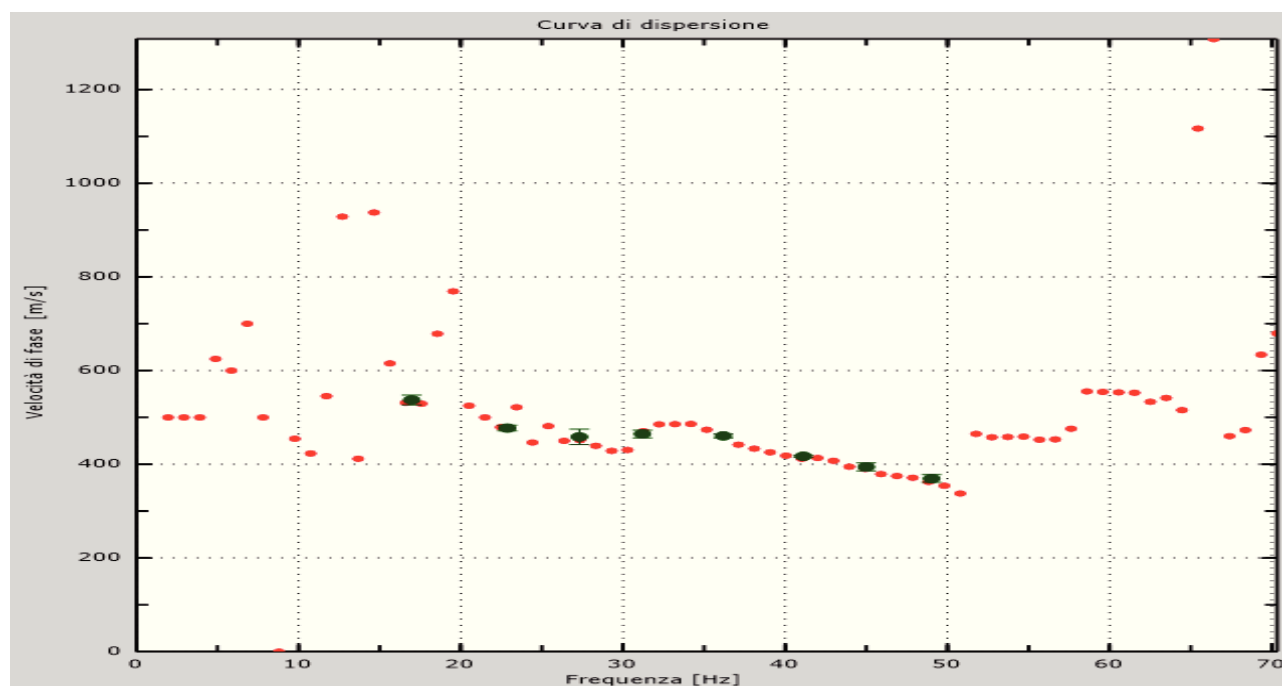
PAG. 10 DI 14

4.3 – CURVA DI DISPERSIONE

Tabella 1: Curva di dispersione

Freq. [Hz]	V. fase [m/s]	V. fase min [m/s]	V. fase Max [m/s]
16.9749	537.133	526.782	547.483
22.8705	477.099	470.889	483.309
27.3096	458.468	441.907	475.029
31.1937	464.678	456.398	472.959
36.1877	460.538	456.398	464.678
41.1123	417.066	414.995	419.136
44.9965	394.294	386.014	402.575
49.0194	369.453	361.172	377.733

Figura 9 – Curva di dispersione



Rif.: G19-071B	Esec: 02.04.2019	Cod. doc.: 01/14	N. pag.: 14	Allegati:	
00	19/05/14		S. Ronci	M. Mularoni	M. Mularoni
Rev.	Data	Descrizione	Elaborato	Controllato	Approvato

 GEODE LABORATORIO GEOTECNICO RIMINI	Indagine geofisica	MOD. 85 REV. 00 DATA 08/03/10 PAG. 11 DI 14
	SISTEMA QUALITA' Azienda certificata ISO 9001:2000. Cert. SGS n. IT05/1218	

4.4 – PROFILO IN SITO

Numero di strati (escluso semispazio)4
Spaziatura ricevitori [m]2m
Numero ricevitori24
Numero modi 1
Numero di strati (escluso semispazio)5
Spaziatura ricevitori [m]2m
Numero ricevitori24
Numero modi 1

Strato 1

h [m] 1
z [m] -1
Densità [kg/m³] 1650
Poisson 0.49
Vs [m/s] 150
Vp [m/s] 1071.21
Vs min [m/s] 66.666667
Vs max [m/s] 225.000000
Vs fin.[m/s] 150.000

Strato 2

h [m] 3
z [m] -4
Densità [kg/m³] 1850
Poisson 0.49
Vs [m/s] 400
Vp [m/s] 2856.57
Vs min [m/s] 219.05
Vs max [m/s] 600.000000
Vs fin.[m/s] 400.000

Strato 3

h [m] 3
z [m] -7
Densità [kg/m³] 1950
Poisson 0.49
Vs [m/s] 500
Vp [m/s] 3570.71
Vs min [m/s] 254.70
Vs max [m/s] 750.000000
Vs fin.[m/s] 500.000

Rif.: G19-071B	Esec: 02.04.2019	Cod. doc.: 01/14	N. pag.: 14	Allegati:	
00	19/05/14		S. Ronci	M. Mularoni	M. Mularoni
Rev.	Data	Descrizione	Elaborato	Controllato	Approvato



GEODE
LABORATORIO GEOTECNICO
RIMINI

Indagine geofisica

SISTEMA QUALITA'

Azienda certificata ISO 9001:2000. Cert. SGS n. IT05/1218

MOD. 85

REV. 00

DATA

08/03/10

PAG. 12 DI 14

Strato 4

h [m]3
z [m] -10
Densità [kg/m³]2100
Poisson0.49
Vs [m/s]530
Vp [m/s]3784.96
Vs min [m/s]265.06
Vs max [m/s]795.000000
Vs fin.[m/s]530.000

Strato 5

h [m]0
z [m] -oo
Densità [kg/m³]2100
Poisson0.49
Vs [m/s]570
Vp [m/s]4070.61
Vs min [m/s]298.41
Vs max [m/s]855.000000
Vs fin.[m/s]570.000

Tabella di riepilogo delle Velocità di taglio del modello elaborato

Modello 1			
Strato	Spessore(m)	Profondità (m)	Vs (m/s)
1	1	1	150
2	3	4	400
3	3	7	500
4	3	10	530
5	-	-	570

Rif.: G19-071B	Esec: 02.04.2019	Cod. doc.: 01/14	N. pag.: 14	Allegati:	
00	19/05/14		S. Ronci	M. Mularoni	M. Mularoni
Rev.	Data	Descrizione	Elaborato	Controllato	Approvato



GEODE
LABORATORIO GEOTECNICO
RIMINI

Indagine geofisica

SISTEMA QUALITA'

Azienda certificata ISO 9001:2000. Cert. SGS n. IT05/1218

MOD. 85

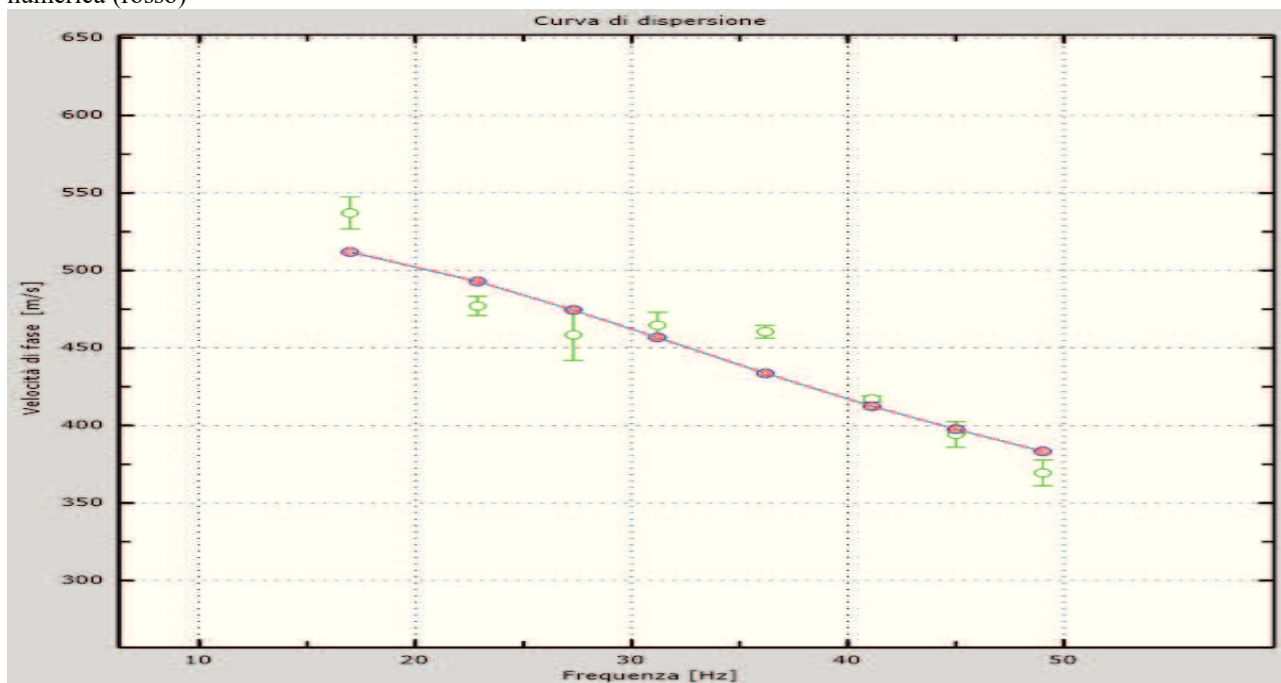
REV. 00

DATA

08/03/10

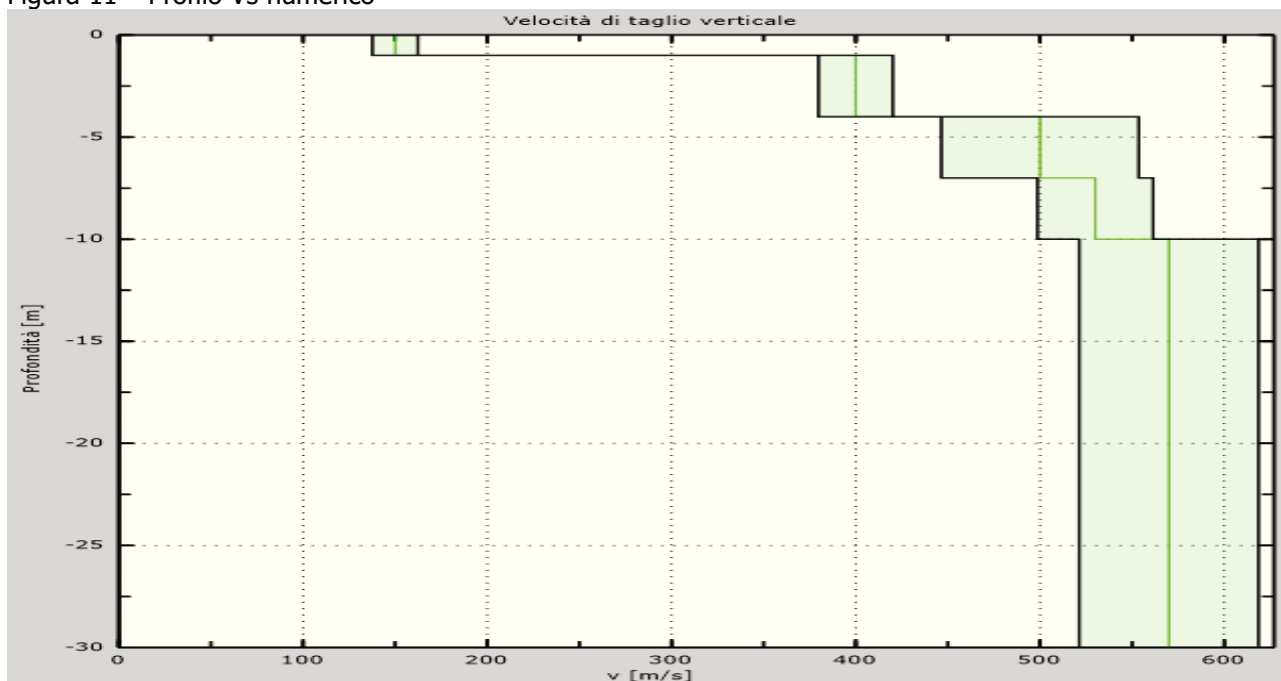
PAG. 13 DI 14

Figura 10 – Velocità numeriche – punti sperimentali (verde), modi di Rayleigh (ciano), curva apparente (blu), curva numerica (rosso)



Dall'inversione della curva di dispersione si ottiene il seguente modello medio di velocità delle onde sismiche di taglio con la profondità.

Figura 11 – Profilo Vs numerico



Rif.: G19-071B	Esec: 02.04.2019	Cod. doc.: 01/14	N. pag.: 14	Allegati:	
00	19/05/14		S. Ronci	M. Mularoni	M. Mularoni
Rev.	Data	Descrizione	Elaborato	Controllato	Approvato

 GEODE LABORATORIO GEOTECNICO RIMINI	Indagine geofisica	MOD. 85 REV. 00 DATA 08/03/10 PAG. 14 DI 14
	SISTEMA QUALITA' Azienda certificata ISO 9001:2000. Cert. SGS n. IT05/1218	

4.5 – RISULTATI FINALI E CALCOLO DELLE Vs30

A partire dal modello sismico monodimensionale riportato nel capitolo precedente, è possibile calcolare il valore delle Vseq, che rappresenta la “velocità equivalente” di propagazione delle onde di taglio calcolata in riferimento all’espressione riportata nelle NTC.2018 (“*Norme tecniche per le costruzioni*”):

$$V_{s,eq} = H / \sum (h_i/V_{si})$$

Dove: h_i spessore dell’i-esimo strato; V_{si} Velocità onde di taglio strato i-esimo, H Profondità del substrato (Substrato con Vs>800 m/s e Hmax=30 metri)

Utilizzando la formula sopra riportata si ottiene il seguente valore (quota iniziale: piano campagna)

Vseq =492 m/s

Rif.: G19-071B	Esec: 02.04.2019	Cod. doc.: 01/14	N. pag.: 14	Allegati:	
00	19/05/14		S. Ronci	M. Mularoni	M. Mularoni
Rev.	Data	Descrizione	Elaborato	Controllato	Approvato