

**PROVINCIA DI BARI
COMUNE DI MOLFETTA**

COMMITTENTE:

**Spett.le
Dott. Geol. Ignazio Luciano Mancini
Via T. Fiore, 14 – 70056 Molfetta (BA)**

PROGETTO:

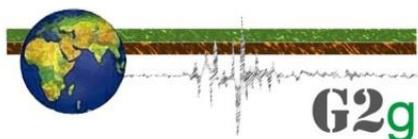
**RISTRUTTURAZIONE URBANISTICA
DELLE VOLUMETRIE ESISTENTI NEL
COMPARTO EDILIZIO N. 17. AI SENSI
DELL'ART 34 COMMA 2 DELLE N.T.A. DEL
P.R.G.C.**

**Molfetta - PIANO DI LOTTIZZAZIONE PRIVATO
Relazione GEOFISICA**

OGGETTO:

**Indagini Geofisiche di integrazione alla relazione
Geologica: Rifrazione, MASW.**

A CURA DI: **G2g snc** di Pierpaolo Moretti e Davide de Palma



Dott. Geol. Pierpaolo Moretti
Ordine dei Geologi della
Regione Puglia n°786

Dott. Davide de Palma
Geofisico

1. Introduzione e normativa di riferimento

La presente relazione tecnica riferisce sui risultati della campagna di indagine geofisica eseguita in data 15/10/2014, nel comune di Molfetta per i lavori di **ristrutturazione urbanistica delle volumetrie esistenti nel comparto edilizio n.17 ai sensi dell' art.34 comma 2 delle N.T.A. del P.R.G.C.**

Lo studio, come da piano di indagine, ha seguito il seguente sviluppo:

- n°3 prospezioni di sismica a rifrazione in onde P (REF).
- n°2 prospezione MASW (Multichannel analysis of Surface Waves)
- Elaborazione dei dati raccolti.

Lo scopo dell'indagine, oltre alla stima del parametro V_{s30} caratteristico dell'area, ovvero la velocità equivalente delle onde sismiche di taglio nei primi 30 m di profondità rispetto alla quota di imposta della fondazione, come prescritto dall'art. 3.2.2 del D.M. 14 gennaio 2008, è quello di offrire un contributo all'implementazione di un modello geologico - geotecnico dell'area di indagine.

Infatti mediante l'indagine di sismica a rifrazione in onde P si è potuto caratterizzare la stratigrafia sismica del sottosuolo in termini di spessori e velocità sismiche in onde P (V_p) mentre l'indagine MASW ha reso possibile la valutazione dei valori di velocità



Fig.1 – ubicazione area di indagine (CTR, SIT Puglia).

delle onde di taglio mediate sui primi 30 m (V_{s30}), così come previsto da:

- **D. Min. Infrastrutture 14/01/2008** (Suppl. Ord. alla G.U. 4.2.2008, n. 29 – *Approvazione delle norme tecniche per le costruzioni*).

- **Circ. Min. Infrastrutture e Trasporti 02/02/2009, n. 617 C.S.LL.PP.** (Suppl.Ord. alla G.U. 26.2.2009, n. 47 – *Istruzioni per l'applicazione delle "Nuove norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 14 gennaio 2008*)

ed ha fornito la una stima degli spessori e delle velocità sismiche in onde S (V_s).

Pertanto, mediante i risultati delle indagini sismiche (spessori, V_p e V_s) è stato possibile ottenere una stima dei moduli dinamici caratterizzanti i litotipi oggetto di studio.

Inoltre le indagini sono state condotte seguendo norme ASTM internazionali, in particolare:

- **Linee guida per indagini geofisiche A.S.G** (Associazione Società di Geofisica)
- **ASTM D 5777 - 95** (Standard Guide for Using the Seismic Refraction Method for Subsurface Investigation).

2. Ubicazione indagini

L'indagini sismiche sono state eseguite in due zone differenti (vedi fig. 2). Le indagini REF01, REF02, MASW01 sono state eseguite nella *Zona 1*, mentre le indagini REF03 e MASW02 in *Zona 2*.

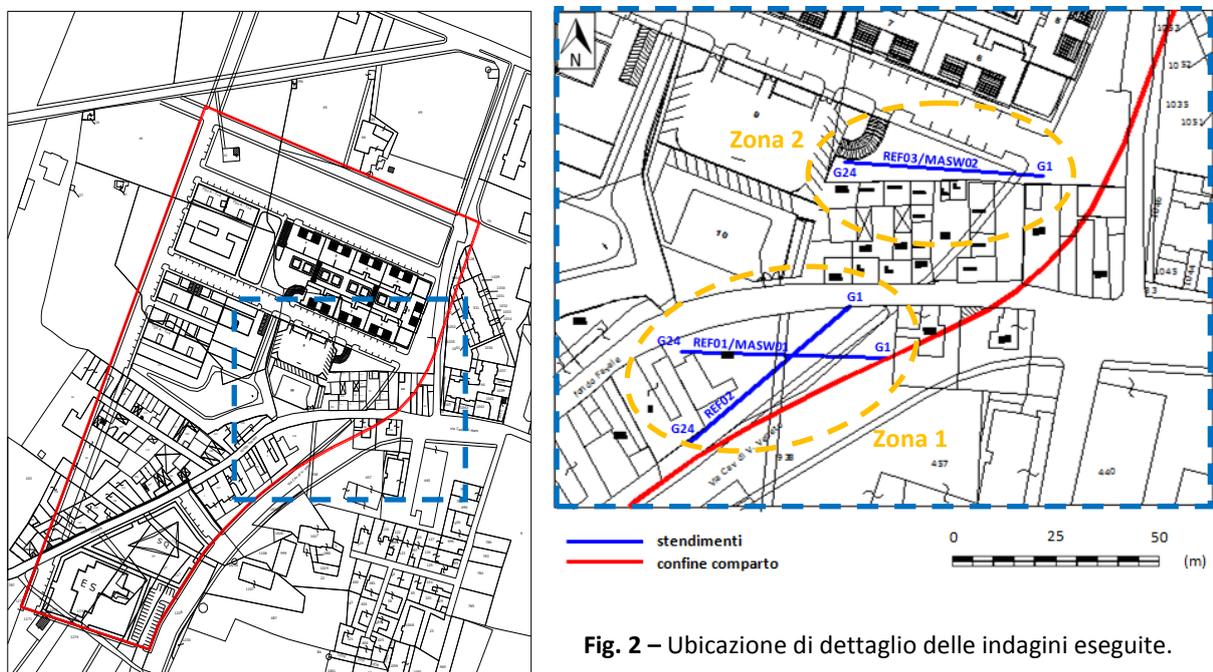


Fig. 2 – Ubicazione di dettaglio delle indagini eseguite.

Per le coordinate relative all'indagini di sismica a rifrazione e MASW si è fatto riferimento al sistema geografico UTM (Tab. I).

	E (m)	N (m)	E (m)	N (m)	Lunghezza (m)
REF01- MASW01	632899,47	4562573,45	632857,77	4562539,76	50
REF02	632906,22	4562563,23	632853,64	4562565,67	50
REF03- MASW02	632950,34	4562610,71	632904,51	4562614,47	46

Tab.I – Coordinate degli estremi dei profili di sismica a rifrazione e MASW. Sistema di riferimento UTM - datum WGS84 - fuso 33T

3. Descrizione dei metodi

3.1 Sismica 2D in onde P

Le indagini di sismica a rifrazione permettono la ricostruzione delle geometrie e degli spessori dei depositi di copertura, le profondità del substrato (entro i limiti di penetrazione del metodo), la verifica di eventuali discontinuità laterali nonché di determinare le caratteristiche fisico-meccaniche dei materiali attraverso la determinazione dei moduli elastici dinamici mediante correlazioni tra i valori di V_p e V_s ed i suddetti parametri. In tal caso la stima della sismostratigrafia in onde S è stata effettuata mediante indagine MASW. Il metodo sismico a rifrazione si basa sul concetto della birifrazione delle onde elastiche a seguito del fronte d'onda conico. Data una sorgente di onde elastiche ed uno stendimento di geofoni lungo un profilo giungeranno in superficie ai geofoni onde dirette, onde riflesse ed onde rifratte. Tali onde giungono sulla superficie rifrangente (discontinuità individuata fra due corpi aventi proprietà meccaniche diverse) con un angolo di incidenza critico (legge di Snell) e vengono quindi rifratte con un angolo di 90° propagandosi parallelamente alla superficie rifrangente e venendo nuovamente rifratte verso la superficie con lo stesso angolo di incidenza. I contrasti di proprietà alla base di tale fenomeno possono essere legati a cause stratigrafiche, strutturali, idrogeologiche. Sulla superficie da investigare si posizionano i trasduttori del moto del suolo (velocimetri o accelerometri) ad una certa distanza dalla sorgente sismica che può essere una massa battente (diversamente applicata e guidata), un fucile sismico o una carica esplosiva a seconda della lunghezza dello stendimento e della profondità di indagine richiesta.

Nell'indagine sismica a rifrazione i trasduttori situati più vicino alla sorgente rilevano prima l'onda diretta che arriva con velocità legata alle caratteristiche meccaniche dello strato di terreno più superficiale, mentre quelli più lontani rilevano le onde rifratte che viaggiano a velocità più elevata. Conoscendo i tempi di primo arrivo e la distanza geofono-sorgente, tramite l'analisi delle curve dei primi arrivi ad ogni trasduttore (dromocrone) si può determinare la velocità dei vari strati; da qui produrre una stratigrafia sismica da correlare alle formazioni geologiche o discontinuità presenti nella serie investigata nel sottosuolo. I principi sin qui esposti sono validi indipendentemente dal tipo di polarizzazione dell'onda (P o SH). L'indagine di sismica a rifrazione si basa sulla determinazione dei primi arrivi (*First Break Picking*) i quali sottoposti ad un apposito algoritmo di inversione, permette di ricostruire la distribuzione bidimensionale delle velocità sismiche.

3.2 MASW

Il metodo MASW, Multichannel Analysis of Surface Waves, (Park et al., 1999) è una tecnica di indagine che individua il profilo di velocità delle onde di taglio verticali V_s , basandosi sulla misura delle onde superficiali fatta in corrispondenza di diversi sensori (accelerometri o geofoni) posti sulla superficie del suolo. La determinazione

delle Vs viene ottenuta tramite inversione delle curve di dispersione delle onde di Rayleigh.

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.

A partire dall'intero campo d'onda, acquisito in campagna utilizzando un numero variabile di geofoni (di solito 12-24) allineati a spaziatura regolare (similmente a un classico esperimento di sismica a rifrazione), l'obiettivo del metodo è di derivare una curva di dispersione sperimentale velocità di fase – frequenza ($cf - f$), la cui forma è associata alle proprietà meccaniche del terreno da indagare. Dato che le onde superficiali mostrano le ampiezze e le durate maggiori nel dominio spazio-tempo, anche nel dominio frequenza-velocità di fase, i massimi dello spettro saranno relativi alle differenti frequenze con cui si propagano le onde superficiali stesse. Dall'estrazione delle coppie frequenza velocità di fase corrispondenti ai massimi d'intensità dello spettro si deriva la curva di dispersione sperimentale. In realtà, l'interpretazione degli spettri risulta spesso complicata dall'intrecciarsi dei modi superiori rispetto a quello fondamentale e/o alla generazione e propagazione di onde guidate. Per la definizione del profilo di velocità delle onde di taglio è poi necessario procedere alla fase d'inversione della curva di dispersione per ottenere un modello delle proprietà fisiche del sottosuolo. Un miglioramento nell'individuazione di un modello più accurato può essere ottenuto, come è stato fatto nel presente lavoro, utilizzando, nel processo di inversione, curve relative a più modi di vibrazione

4. Strumentazione utilizzata

4.1 Sismica a rifrazione e MASW

L'attrezzatura utilizzata sia per le indagini di sismica a rifrazione che MASW consta di:

- sistema energizzante per le onde P e Rayleigh :: la sorgente è costituita da una mazza del peso di 8 Kg battente verticalmente su una piastra di alluminio (fig.3a) adagiata opportunamente al suolo, per la generazione prevalente di onde P ad alta frequenza ricche di energia, con forme d'onda ripetibili e direzionali.

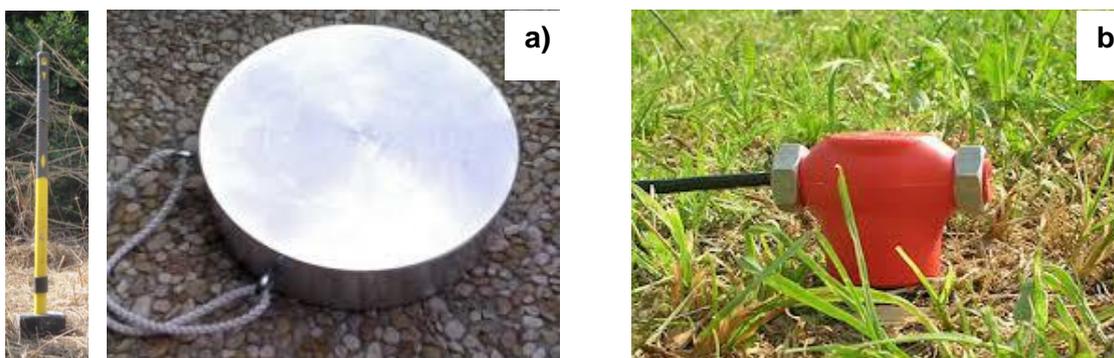


Fig. 3 - Foto del sistema energizzante utilizzato per la generazione onde P e del sistema di ricezione: a), mazza (8 Kg) e piastra di battuta, b) geofoni verticali.

- sistema di ricezione: per le indagini sono stati utilizzati 24 geofoni verticali (onde P) del tipo elettromagnetico a bobina mobile, con frequenza caratteristica di 4.5 Hz (fig.3b).
- trigger: le metodologie utilizzate, in quanto attive, prevedono che l'inizio della registrazione sia individuato mediante un *trigger* il quale consiste in un circuito elettrico che viene chiuso nell'istante in cui la massa battente colpisce la piastra. L'impulso generato, inviato al sistema di acquisizione, consente di fissare il tempo zero di riferimento per il calcolo dei tempi di percorso delle onde generate.
- sistema di acquisizione dati: nel nostro caso è stato utilizzato un sismografo costituito da un sistema a multicanale a conversione digitale. Il modello (M.A.E. A6000SE) è lo stesso menzionato per la geoelettrica (fig.4b) trattandosi di un sistema *combo* che sviluppa ottime performance sia per acquisizione di sismiche che per misure geoelettriche. Tale modello possiede risoluzione di acquisizione pari a 24 bit (Tecnologia Delta Sigma) ed è in grado di registrare su ciascun canale in forma digitale le forme d'onda e di conservarle su memoria di massa dinamica minima a 24 bit (Tab.III).
Esso è collegato a ciascuno dei geofoni in ed al sensore del trigger e consente quindi di registrare in forma numerica e visualizzare come tracce su un apposito monitor le vibrazioni a partire dall'impulso inviato dal trigger.

Converters	24 bit resolution, sigma-delta technology
Dynamic range:	144 dB (theoretical)
Maximum distortion	+/-0.0010%
Band width	2Hz-30KHz
Common mode rejection	110 dB at 60 Hz
Diaphony:	-120dB at 20Hz
Noise threshold of the programmable amplifier	27 nV
Trigger precision:	1/30 of the sampling time
Maximum range of inlet signal	+/-5V
Inlet impedance at 1000 samples/second	20MΩ
Amplification levels	0 dB, 6 dB, 12 dB, 18 dB, 24 dB, 30 dB, 36 dB
Anti-alias filter	-3dB
Pre-trigger time	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 50, 100, 200

Tab. II: specifiche tecniche M.A.E. A6000SE (esplorazione sismica)

5. Acquisizione

5.1 Sismica a rifrazione in onde P

Lo stendimento sismico è stato realizzato utilizzando 24 canali d'acquisizione, adottando una distanza intergeofonica pari a 2.0 m. L'acquisizione dei dati sismici è stata condotta secondo la seguente configurazione spazio temporale:

- n° geofoni: 22-24
- distanza intergeofonica: 2.00 m
- n° 4/9 shot per ogni punto di energizzazione da sottoporre al processo di stacking in fase di processing per ottimizzare il rapporto signal/noise.
- tempo di acquisizione: 0.7 s
- intervallo di campionamento 0,25 μ s.

Al fine di ottenere una migliore risoluzione della sismostratigrafia, i punti di energizzazione, detti punti di scoppio (shot points) rispetto al profilo, vengono disposti ai suoi estremi (end) ed a distanze variabili entro il profilo stesso (punti di scoppio centrali). In questa occasione sono stati utilizzati 10 *shot points*.

- 2 *end-shots* posti rispettivamente a -2 e +48 m rispetto al geofono 1.
- 8 intermedi posti rispettivamente in corrispondenza del 2°, 5°, 8°, 11°, 14°, 17°, 20° e 23° geofono.

I dati sismici sono stati acquisiti utilizzando un numero di *shots* piuttosto elevato contribuendo ad incrementare la capacità risolutiva del metodo.

5.2 MASW

L'acquisizione dei dati sismici è stata condotta secondo la seguente configurazione:

- n° geofoni: 22-24
- distanza intergeofonica di 2.00 m per complessivi 46-42 m di rilievo
- n° 2 punti di energizzazione distanti -15 m e -10 m dal primo e dall'ultimo geofono dello stendimento.
- n° 4/8 shot per ogni punto di energizzazione da sottoporre al processo di stacking in fase di processing per ottimizzare il rapporto signal/noise.
- tempo di acquisizione: 2.8 s
- frequenza di campionamento: 4000 Hz

6. ELABORAZIONE

6.1 Sismica in onde p

Il processing dei dataset di sismica a rifrazione in onda P è stato condotto mediante il Software RAYFRACT (Intelligent Resources Inc., Canada), studiato per l'elaborazione di dati relativi ad indagini sismiche eseguite in superficie, realizzate sia con onde P che S, per scopi geotecnico-ingegneristici, ambientali, nonché per l'esplorazione nel campo delle georisorse. Rayfract consente sia la ricostruzione della geometria dei rifrattori con la sismica a rifrazione tradizionale, che la realizzazione di dettagliati modelli di velocità del sottosuolo con le più evolute tecniche tomografiche.

Il metodo della tomografia sismica è una tecnica di indagine che permette l'individuazione di anomalie nella velocità di propagazione delle onde sismiche con un alto potere risolutivo, in funzione delle modalità di acquisizione, offrendo la possibilità di ricostruire anomalie e discontinuità stratigrafiche anche particolarmente complesse.

Lo schema di processing tomografico utilizzato nel presente lavoro è basato sulla creazione di un modello iniziale ottenuto mediante interpretazione con una tecnica sofisticata di processo dei tempi di primo arrivo basata sui metodi dei "Fronti d'onda" (Brückl 1987; Jones and Jovanovich 1985) e del Plus-minus (Hagedoorn 1959), fondata su una regressione del campo dei tempi di primo arrivo (Brückl 1987). Tale metodo può essere considerato un'ottimizzazione dell'algoritmo del GRM, capace di risolvere l'immagine dei rifrattori con andamenti topografici molto accidentati. A partire dal modello sopraccitato è stato quindi utilizzato il codice di calcolo per la modellazione

tomografica che utilizza, nell'algoritmo d'inversione, un "raytracing" con raggi curvilinei e metodi di calcolo ai minimi quadrati attraverso il metodo Delta t-v (Gebrande and Miller 1985), al fine di migliorare il riconoscimento e la localizzazione di strutture di forma anomala, stabilizzando la soluzione dell'algoritmo d'iterazione.

Si ricostruisce in tal modo un modello di velocità, che può essere migliorato attraverso successive iterazioni: la fase di calcolo si conclude quando si ha la migliore sovrapposizione fra i tempi di primo arrivo calcolati e quelli misurati.

6.2 MASW

L'analisi dei dati acquisiti dalla metodologia avviene attraverso le seguenti fasi:

1. Calcolo dello spettro di velocità;
2. Individuazione del *modo fondamentale* e degli eventuali superiori;
3. Calcolo della curva di dispersione mediante modellazione diretta, cioè attribuzione degli spessori e delle velocità relative, sulla base di dati riguardanti il sito acquisiti precedentemente tramite indagini dirette o bibliografia. In alternativa *picking* della curva di dispersione, cioè selezione dei punti che si ritengono appartenere ad un determinato *modo*;
4. Inversione della curva di dispersione e conseguente individuazione del profilo di velocità Vs.

Nel metodo MASW le onde superficiali generate in un punto sulla superficie del suolo sono misurate da uno stendimento lineare di sensori. In questo caso il segnale può essere rappresentato come una funzione $u(x,t)$ dove x è lo spazio e t il tempo. Applicando ai segnali la trasformata di Fourier lungo l'asse dei tempi otteniamo la funzione $U(x,f)$:

$$U(x, f) = \int u(x, t) e^{ift} dt \quad (1)$$

La funzione $U(x,f)$ può essere espressa come la moltiplicazione di due termini separati:

$$U(x, f) = P(x, f) A(x, f) \quad (2)$$

dove $P(x,f)$ e $A(x,f)$ rappresentano rispettivamente lo spettro di fase e di ampiezza.

Nella funzione $U(x,f)$ ogni componente in frequenza è completamente separata dalle altre e l'informazione del tempo di arrivo è preservata nello spettro di fase $P(x,f)$.

Nella funzione $P(x,f)$ sono contenute inoltre tutte le informazioni relative alla dispersione delle onde superficiali di Rayleigh mentre la funzione $A(x,f)$ contiene tutte le informazioni inerenti l'attenuazione e la divergenza sferica. Tenendo conto della rappresentazione esponenziale dello spettro di fase la (2) può essere espressa come:

$$U(x, f) = e^{-i\theta x} A(x, f) \quad (3)$$

Dove $F=f/cf$ con f = frequenza angolare e cf = velocità di fase per ogni frequenza.

Operando un integrale di linea in dx e normalizzando per il modulo della funzione $|U(x,f)|$, otteniamo la funzione $V(f,\varphi)$:

$$V(f, \varphi) = \int e^{i\theta x} [U(x, f) / |U(x, f)|] dx = \int e^{-i(\Phi-\varphi)x} [A(x, f) / |A(x, f)|] dx \quad (4)$$

La funzione $V(f,\varphi)$, ottenuta dalla trasformazione integrale, può essere pensata come la somma, lungo tutto lo stendimento, del campo d'onda relativo ad ogni frequenza,

applicando uno shift di fase dipendente dall'offset, al campo d'onda, per un'assunta velocità di fase $cf = f/\varphi$.

La normalizzazione al modulo della funzione $|U(x,f)|$, minimizza i fenomeni di attenuazione e di divergenza sferica. Risulta ovvio che la funzione $V(f, \varphi)$ avrà un massimo in corrispondenza di un valore:

$$\varphi = F = f / cf \quad (5)$$

Per un dato valore di φ dove si verifica un massimo della funzione $V(f,\varphi)$, la velocità di fase cf può essere determinata.

Tenendo conto che $cf = f/\varphi$ la funzione $V(f,\varphi)$ può essere trasformata nella funzione $I(f,cf)$ che viene definita spettro di velocità di fase. In essa lungo l'asse cf appariranno dei picchi che soddisferanno, per ogni frequenza, l'equazione (5). Il luogo dei punti lungo questi massimi, per differenti valori di frequenza f , permettono di identificare le curve di dispersione delle velocità di fase dei modi di oscillazione dell'onda superficiale di Rayleigh.

Generalmente quando la rigidità degli strati aumenta gradualmente con la profondità il modo fondamentale risulta predominante a tutte le frequenze. Tuttavia esistono diverse stratigrafie, con strati rigidi compresi tra strati soffici o strati soffici compresi tra strati rigidi o con variazioni brusche di rigidità con la profondità, in cui i modi superiori al primo diventano predominanti in certi intervalli di frequenza (Roma, 2006). Per la definizione del profilo di velocità delle onde di taglio è poi necessario procedere alla fase d'inversione della curva di dispersione per ottenere un modello delle proprietà fisiche del sottosuolo. Nel nostro caso il processing dei dataset è stato condotto mediante il modulo MASW del Software ZondST2D.

6.3 Calcolo moduli dinamici

Per il calcolo della densità, fondamentale per la stima dei moduli dinamici, si è optato per la correlazione ben nota in letteratura tra V_p e γ (Nafe & Drake, 1965). In tal modo è stato possibile ottenere una stima del modulo di Poisson e dei moduli dinamici mediante correlazioni tra i valori di V_p (sismica a rifrazione) e V_s (MASW) caratterizzanti i singoli sismostrati individuati.

Normalmente i moduli vengono calcolati mediante spessori e valori di V_p e V_s provenienti da sismica a rifrazione in onde P ed SH ottenendo come risultato una mappatura 2D di tali parametri. Nel presente lavoro i valori relativi alla sismostatigrafia in onde S sono stati ottenuti dall'indagine MASW. Si precisa pertanto che tali valori rappresentano una stima monodimensionale dei moduli dinamici.

Il modulo di Young E (o modulo di elasticità longitudinale) è definito a partire dalla legge di Hooke:

$$E = \sigma / \varepsilon$$

σ : sforzo, viene misurato in pascal.

ε : deformazione, è una grandezza adimensionale, spesso la si esprime in percentuale.

Il modulo di Young viene determinato dal diagramma sforzo-deformazione (fig.6a) mediante la formula appena vista, nel tratto in cui il materiale subisce una deformazione elastica (ovvero rimuovendo lo sforzo il materiale deve essere in grado di ritornare alle dimensioni iniziali).

Il **modulo di taglio μ** , detto anche modulo di scorrimento, di rigidità o di elasticità tangenziale, è una costante di lamè che esprime il rapporto sforzo-deformazione tangenziali (fig.6b).

Data una piastra di lunghezza indefinita di spessore h , perpendicolare all'asse x , sulle cui facce agisce una coppia di tensioni tangenziali (o di taglio) di verso opposto T_1 e $-T_1$, si produrrà uno spostamento $\delta l / 2$ nel senso delle z positive e $\delta l / 2$ nel senso

opposto. In pratica è come se una faccia rimanesse ferma e si producesse uno spostamento di δl .

Lo spostamento totale δl sarà in relazione allo sforzo di taglio T_1 e allo spessore h secondo la relazione:

$$\delta l = \frac{1}{\mu} h T_1$$

dove μ è il modulo di taglio.

Considerando lo spostamento angolare α , ponendo l'angolo uguale alla sua tangente, la relazione diventerà semplicemente:

$$\alpha = \frac{T_1}{\mu}$$

Il modulo bulk k (o modulo di compressibilità) di una materiale definisce la capacità della stessa di resistere ad una forza di compressione uniforme. È definito come l'incremento di pressione necessario a causare un relativo decremento di volume (fig.6c) secondo la relazione:

$$K = -V \frac{\partial p}{\partial V}$$

dove K è appunto il modulo di compressibilità, p la pressione e V il volume.

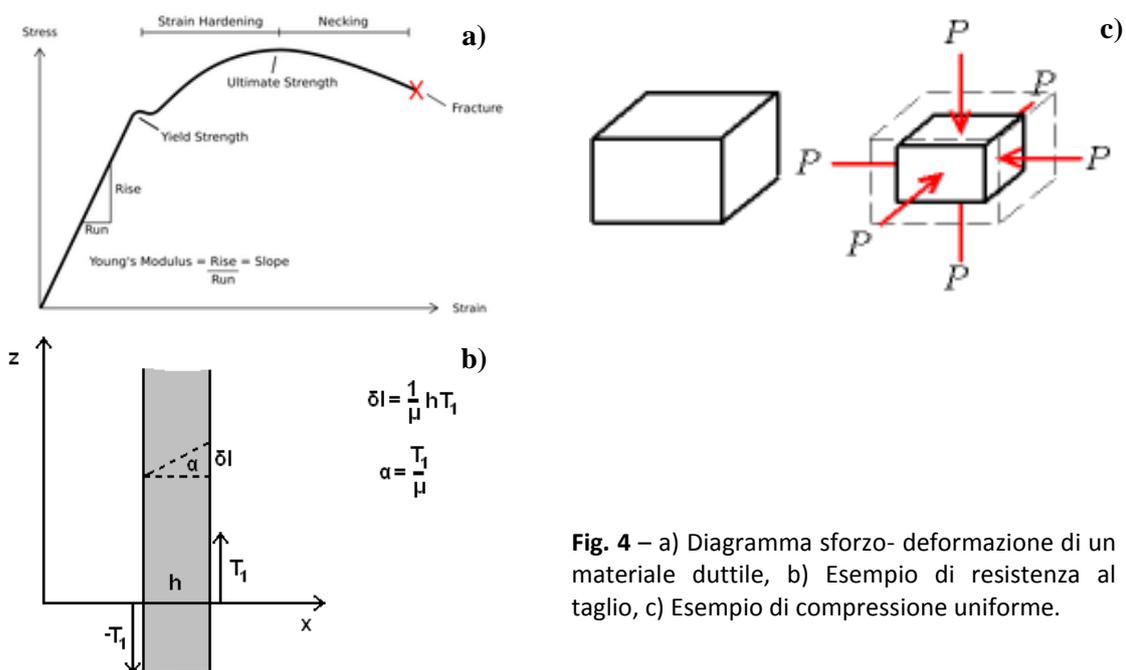


Fig. 4 – a) Diagramma sforzo- deformazione di un materiale duttile, b) Esempio di resistenza al taglio, c) Esempio di compressione uniforme.

Le correlazioni tra V_p , V_s e moduli, utilizzate nel presente lavoro, sono le seguenti:

Poisson	$\nu = (V_p^2 - 2 \cdot V_s^2) / 2 \cdot (V_p^2 - V_s^2)$
Young	$E = [2 \cdot \gamma \cdot V_s^2 \cdot (1 + \nu)] / 10000$
Shear	$G = (\gamma \cdot V_s^2) / 10000$
Bulk	$K = [\gamma \cdot V_p^2 - (4/3 \cdot V_s^2)] / 10000$

le quali restituiscono valori dei moduli in MPa.

7. Risultati

7.1 Zona 1

7.1.1 Sismica a rifrazione – REF01/REF02

Le tomografie sismiche elaborate (vedi ALL.I) appaiono sovrapponibili in termini di spessori e velocità rilevate e pertanto verranno trattate di seguito in maniera congiunta. L'indagine suggerisce un sottosuolo costituito dall'alto verso il basso da due unità sismostratigrafiche di base:

Uc – unità di copertura

Ub – unità del substrato

L'unità **UC** si estende per uno spessore variabile da circa 0.8 m nel margine NE a 1.5 m in corrispondenza del margine SW. Tale unità sismostratigrafica si suddivide in due subunità. La prima **UC1**, presenta Vp comprese tra 400 – 500 m/s con una distribuzione di Vp piuttosto variabile mentre la sottostante **UC2** risulta caratterizzata da Vp comprese tra 600 – 1100 m/s, con un aumento progressivo in profondità.

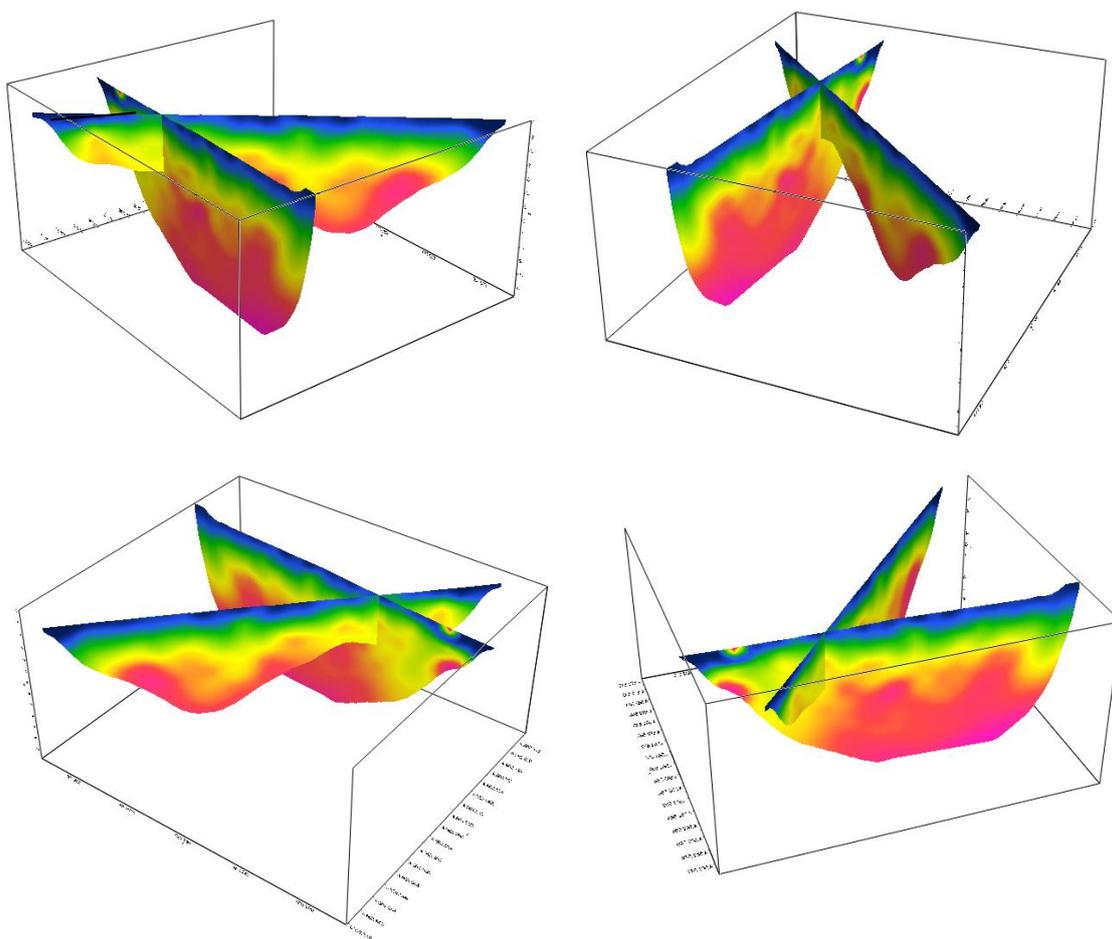


Fig. 5 – visualizzazioni prospettive delle tomografie sismiche effettuate.

Sottostante tale subunità si assiste ad un netto incremento di Vp riferibile alle unità sismostratigrafiche corrispondenti al substrato. Dall'alto verso il basso si riconosce una prima subunità **UB1** caratterizzata da Vp comprese tra 1400-2100 m/s con spessore variabile tra 1.0-2.0 m e distribuzione dei valori piuttosto uniforme ad eccezione della pozione ubicata a NE caratterizzata da un approfondimento sino a profondità pari a

circa 5 m da p.c.. Il top di tale unità presenta una lieve e locale superficializzazione nella prima metà dello stendimento.

Segue l'unità sismostratigrafica **UB2** (V_p : 2200-2600 m/s) caratterizzata da un andamento del top piuttosto irregolare dovuta ad un irregolare distribuzione in profondità di porzioni dell'ammasso roccioso con un minore grado di fratturazione/alterazione il quale influenza le caratteristiche geomeccaniche di questa formazione e le corrispondenti V_p rilevate. Chiude la sequenza sismostratigrafica attraverso un contatto individuato a profondità variabili tra 3.5 m e 4.5 m da p.c. la subunità **UB3** caratterizzata da $V_p > 2700$ m/s.

7.1.2 MASW – MASW01

Quest'indagine MASW (vedi ALL.I) è stata effettuata per estrapolare una sismostratigrafia in onde S da poter correlare ai valori di V_p al fine di ottenere una stima dei moduli dinamici relativi ai sismostrati indagati.

L'analisi in frequenza è stata condotta sino ad una frequenza di 80 Hz sufficiente ad indagare il volume di sottosuolo di interesse.

In tale range di frequenza la curva di dispersione appare dominata dal modo fondamentale di vibrazione e presenta dei chiari picchi in ampiezza dello spettro frequenza/velocità.

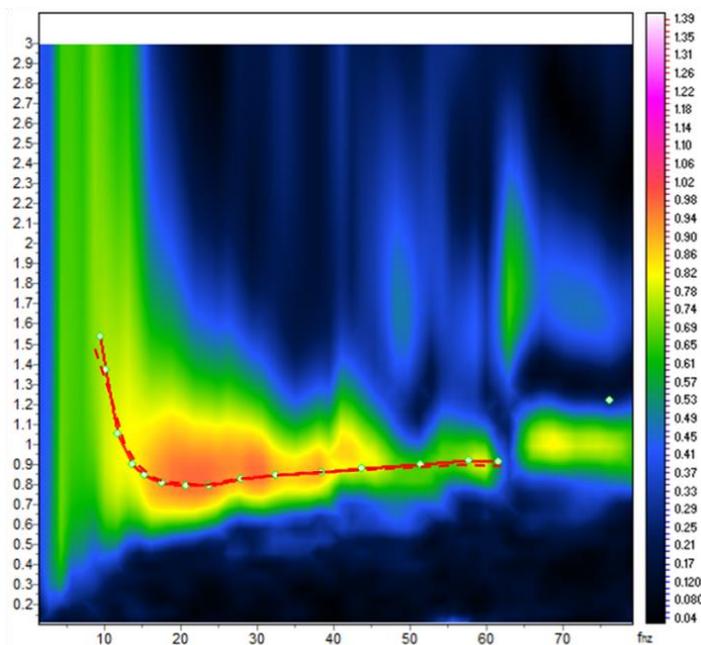


Fig. 6 – Spettro frequenza/velocità di fase. sovrainposte sono i picking del modo fondamentale (rosso), del I modo di vibrazione (blue) e le curve di dispersione sintetiche (viola).

L'indagine MASW suggerisce un sottosuolo assimilabile a quello evidenziato dall'indagine di sismica a rifrazione (fig.10).

Infatti si riconosce dall'alto verso il basso una unità di copertura (UC) con V_s comprese tra 300-490 m/s che poggia, attraverso un contatto netto su di un sismostrato UB1 spesso circa 1 m con V_s pari a 640 m/s. Segue un brusco incremento di velocità dovuto al sismostrato UB2 spesso poco più di 2 m con V_s pari a 1050 m/s. Chiude la sequenza la subunità UB3 ($V_s > 1470$).

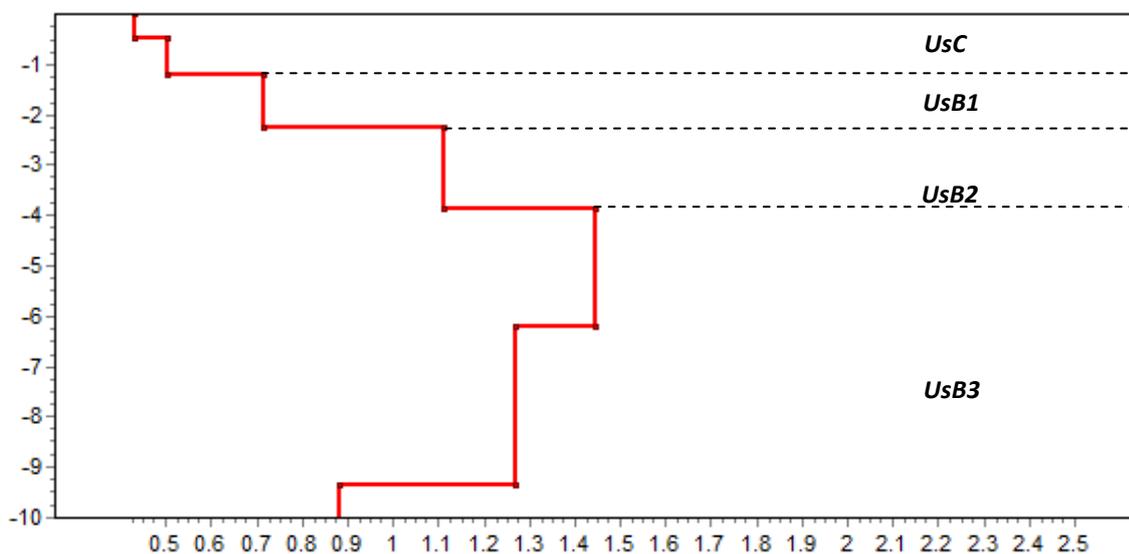


Fig. 7 - Profilo di Vs (Km/s).

Si riporta la tabella riepilogativa dell'andamento delle velocità delle onde S con la profondità per i sismostrati individuati attraverso l'analisi del modello di inversione.

Strato	Profondità Top (m)	Spessore (m)	Vs (Km/s)
1	0	0.5	0.43
2	0.5	0.7	0.50
3	1.2	1.1	0.71
4	2.3	1.6	1.11
5	3.9	2.4	1.45
6	6.3	3.1	1.27
7	9.4	5	0.88
8	14.4	9	0.76
9	23.4	-	0.99

Tab. III - tabella riepilogativa: andamento della velocità delle onde (Vs) con la profondità

7.1.3 Calcolo dei moduli dinamici

Inoltre considerando l'analogia tra le unità sismostratigrafiche individuate dai due metodi sismici applicati a tale studio ($V_p - V_s$), in termini di spessori e di coerenza tra i rapporti V_p/V_s è stato possibile effettuare una stima approssimativa dei valori dei moduli dinamici (cap.6.3) caratterizzanti le unità, riassunte nella seguente tabella.

Strato	V_p (m/s)	V_s (m/s)	ν -Poisson	E -Young (MPa)	G -Shear (MPa)	K -Bulk (MPa)
UC2	600-1100	430-500	0.39	948.60	342.07	1393.91
UB1	1400-2100	710	0.36	2581.87	972.91	2485.58
UB2	2200-2600	1110	0.33	6616.58	2488.84	6458.34
UB2	>2700	1450	0.30	11565.35	4457.30	9511.73

Tab. IV - Tabella rappresentativa dei moduli dinamici calcolati.

7.2 Zona 2

7.2.1 Sismica a rifrazione – REF03

La tomografia sismica elaborata (vedi ALL.I) suggerisce un sottosuolo costituito dall'alto verso il basso dalle medesime unità sismostratigrafiche di base su esposte (Uc ed Ub).

L'unità **UC** si estende per uno spessore variabile da circa 0.0 m nel margine W a 1.0 m in corrispondenza del margine E. Tale unità sismostratigrafica risulta caratterizzata da Vp comprese tra 600 – 1100 m/s con una distribuzione dei valori piuttosto variabile. Pertanto tale subunità risulta assimilabile a **UC2**. Sottostante tale subunità si assiste ad un netto incremento di Vp riferibile alle unità sismostratigrafiche corrispondenti al substrato. Dall'alto verso il basso si riconosce una prima subunità **UB1** caratterizzata da Vp comprese tra 1400-2100 m/s con spessore variabile tra 1.0-5.0 m, con massimi localizzati lungo le progressive 14-22 m e 32-44 m in corrispondenza dei quali al top della subunità UsB1 sono presenti degli abbassamenti localizzati di Vp con valori che rasentano i 1200. Segue la subunità **UB2** (Vp:2100-2700) caratterizzata da spessori variabili ed il cui top segue la morfologia suesposta. Chiude la sequenza la subunità **UB3** (Vp:>2800) evidente maggiormente nel settore E dello stendimento il cui top presenta immersione verso E.

7.2.2 MASW – M2

La curva di dispersione, analogamente a quanto esposto per l'indagine MASW01 appare dominata dal modo fondamentale di vibrazione.

L'indagine (vedi ALL.I) suggerisce un sottosuolo associabile a quello evidenziato dall'indagine di sismica a rifrazione in termini di velocità e spessori rilevati (fig10).

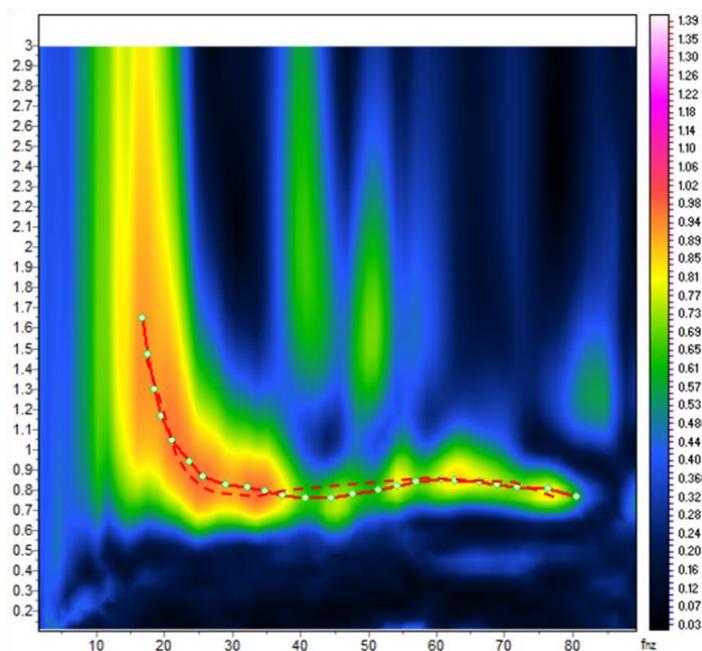


Fig. 8 – Spettro frequenza/velocità di fase. sovrainposte sono i picking del modo fondamentale (rosso), del I modo di vibrazione (blue) e le curve di dispersione sintetiche (viola).

Infatti, la sismostratigrafia evidenzia un orizzonte (**UC**) caratterizzato da Vs 350-490 m/s e spessore pari a circa 1.0 m cui segue un sismostrato più veloce (**UB1**: 640 m/s) spesso circa 2.0 m. Al di sotto di tale subunità è presente **UB2** (Vs: 980 m/s). Chiude la sequenza la subunità **UB3** (Vs>1470 m/s) che presenta una inversione di velocità a partire da 6.6 m da p.c..

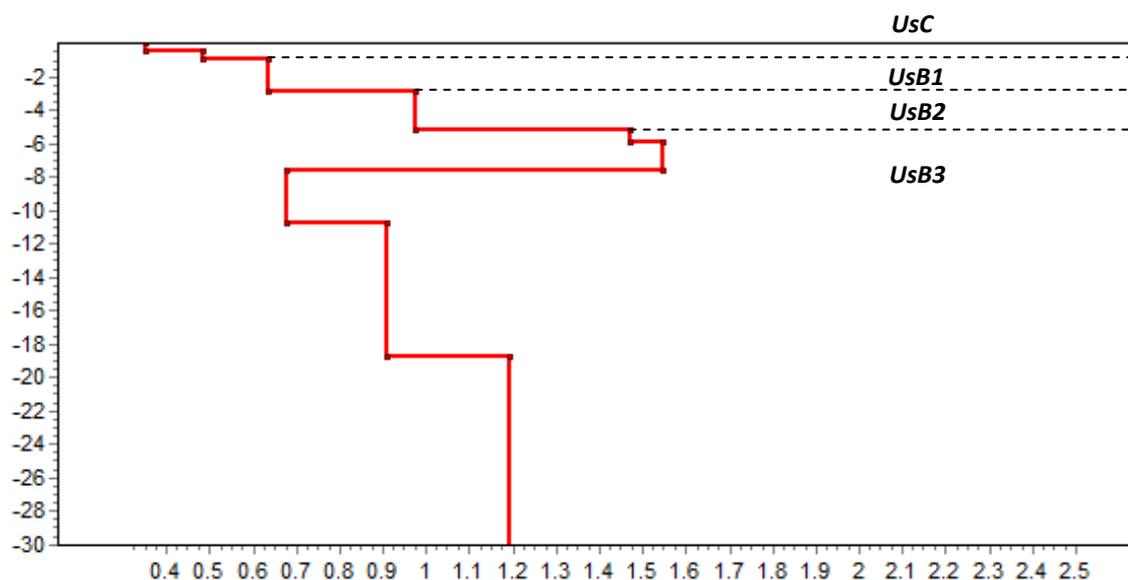


Fig. 9 - Profilo di Vs (Km/s).

Si riporta la tabella riepilogativa dell'andamento delle velocità delle onde S con la profondità per i sismostrati individuati attraverso l'analisi del modello di inversione.

Strato	Profondità Top (m)	Spessore (m)	Vs (Km/s)
1	0	0.5	0.30
2	0.5	0.5	0.49
3	0.9	2.0	0.64
4	2.9	2.3	0.98
5	5.2	0.8	1.47
6	6.0	1.6	1.55
7	7.6	3.2	0.68
8	10.7	8.0	0.91
9	18.7	-	1.19

Tab. V – tabella riepilogativa: andamento della velocità delle onde (Vs) con la profondità

La problematica inerente la classificazione del terreno da un punto di vista sismico è stata oggetto di numerose ordinanze e normative (OPCM 3274; DM 14/09/2005); in ultimo, il Decreto del Ministero per le Infrastrutture del 14 gennaio 2008, che costituisce l'approvazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni.

Nel suddetto Decreto al par. 3.2.2. “Categorie di Sottosuolo e Condizioni Topografiche”, facente parte del più ampio capitolo riguardante l'Azione Sismica, si riporta che “... per la definizione dell'azione sismica si può fare riferimento a un approccio semplificato, che si basa sull'individuazione di categorie di sottosuolo di riferimento”.

Fatta salva la necessità della caratterizzazione geotecnica dei terreni nel “volume significativo”, ai fini della identificazione della categoria di sottosuolo, la classificazione si effettua in base ai valori della velocità equivalente V_{s30} di propagazione delle onde di taglio entro i primi 30 m di profondità. Per le fondazioni superficiali, tale profondità è riferita al piano di imposta delle stesse.

Tali categorie sono riepilogate nella tabella di seguito riportata.

Categoria di suolo		
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	$V_{s,30} > 800$ m/s
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)	$360 \text{ m/s} < V_{s,30} < 800 \text{ m/s}$ (terreni a grana grossa) ovvero $N_{SPT,30} > 50$ (terreni a grana grossa) ovvero $c_{u,30} > 250$ kPa (terreni a grana fina)
C	<i>Depositi 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)	$180 \text{ m/s} < V_{s,30} < 360 \text{ m/s}$ (terreni a grana grossa) ovvero $15 < N_{SPT,30} < 50$ (terreni a grana grossa) ovvero $70 < c_{u,30} < 250$ kPa (terreni a grana fina)
D	<i>Depositi 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)	$V_{s,30} < 180$ m/s (terreni a grana grossa) ovvero $N_{SPT,30} < 15$ (terreni a grana grossa) ovvero $c_u < 70$ kPa (terreni a grana fina)
E	<i>Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con $V_s > 800$ m/s)</i>	

Tab. VI - Tabella di suddivisione delle categorie di suolo

Sono, inoltre, definite ulteriori due categorie che prevedono specifiche analisi per la definizione delle azioni sismiche, particolarmente nei casi in cui la presenza di terreni suscettibili di liquefazione e/o di argille d'elevata sensibilità possa comportare fenomeni di collasso del terreno.

S1	<i>Depositi di terreni caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 100 m/s (ovvero $10 < c_{u,30} < 20$ kPa), che includono uno strato di almeno 8 m di terreni a grana fina di bassa consistenza, oppure che includono almeno 3 m di torba o di argille altamente organiche</i>	$V_{s,30} < 100$ m/s ovvero $10 < c_{u,30} < 20$ kPa
S2	<i>Depositi di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti.</i>	

Tab. VI - Tabella di suddivisione delle categorie di suolo

La velocità equivalente delle onde di taglio V_{s30} è definita dall'espressione:

$$V_{s30} = \frac{30}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{V_{s_i}}} \quad (6)$$

dove:

h_i è lo spessore (in metri) dell'*i*-esimo strato compreso nei primi 30 m di profondità;

V_{s_i} velocità (in m/s) delle onde di taglio nell'*i*-esimo strato.

Pertanto se si considerano i valori della velocità di propagazione delle onde “S”, misurata da piano campagna è possibile evidenziare che il valore V_{s30} è risultato essere pari a circa **942 m/s** consentendo, per l’area in esame la definizione di un suolo appartenente alla **categoria A**.

7.2.3 Calcolo dei moduli dinamici

Anche in questo caso, mediante l’utilizzo delle informazioni relative a V_p , V_s e spessore dei sismo strati individuati è stato possibile effettuare una stima approssimativa dei valori dei moduli dinamici (cap.6.3) caratterizzanti le unità, riassunte nella seguente tabella.

Strato	V_p (m/s)	V_s (m/s)	ν -Poisson	E -Young (MPa)	G-Shear (MPa)	K-Bulk (MPa)
UC2	600-1100	350-490	0.39	948.60	342.07	1393.91
UB1	1400-2100	640	0.37	2162.73	790.53	2728.76
UB2	2200-2600	980	0.35	5413.49	2000.00	6153.33
UB2	>2700	1500	0.28	12180.54	4770.00	9094.80

Tab. VII -Tabella rappresentativa dei moduli dinamici calcolati.

7.3 Associazioni litostratigrafiche

La subunità UC1, presente nella indagini relative alla Zona 1 risulta associabile a terreno vegetale. La subunità UC2 risulta assimilabile a materiali di riporto inconsistenti caratterizzati da zone a maggiormente areate (V_p basse) e da zone a maggiore presenza di clasti/maggiore consistenza (V_p relativamente elevate).

La subunità UB1 presenta V_p caratteristiche di un litotipo calcareo ad alto grado di alterazione/fatturazione, con una distribuzione di V_p piuttosto uniforme e spessore regolare fatta eccezione per i primi 14 m (REF01 e REF02) in cui si assiste ad un approfondimento di tale subunità. All’interno di tale sismostrato si assiste in REF03 alla presenza di zone anomale con V_p che rasentano i 1200 e che possono essere associabili a riempimenti di cavità con materiale di riporto o a zone costituite da calcare estremamente fratturate/alterate. Tale ambiguità non è risolvibile con i soli metodi sismici.

La subunità UB2 presenta velocità sismiche proprie di un litotipo calcareo con un grado di fatturazione/alterazione medio cui segue, chiudendo la sequenza sismostratigrafica rilevata, l’unità UB3, assimilabile ad un litotipo calcareo con grado di fatturazione/alterazione medio-basso.

Sismostrato	V_p (m/s)	V_s (m/s)	Litotipo di riferimento
UC2	600-1100	350-500	Materiale di riporto
UB1	1400-2100	640-710	Calcare ad alto grado di fatturazione/alterazione
UB2	2200-2600	980-1110	Calcare a medio grado di fatturazione/alterazione
UB3	>2700	1450-1500	Calcare a basso grado di fatturazione/alterazione

Tab. VIII -Tabella rappresentativa dei moduli dinamici calcolati.

8. Bibliografia

Achenbach, J.D. (1999) - *The effect of velocity inversions on H/V*, Pure Appl. Geophys.(accepted).

Aki, K. and Richards, P.G. (1980) - *Quantitative Seismology, Theory and Methods* Vol. 1-2 W.H. Freeman & Co., New York.

Brückl, E. (1987) - *The interpretation of travelttime fields in refraction seismology*. Geophys Prospect., Vol. 35, 973 – 992.

Gebrande, H. and Miller, H. (1985) - *Refraktionsseismik* (in German). In: F. Bender (Editor), *Angewandte Geowissenschaften II*. Ferdinand Enke, Stuttgart; p. 226-260. ISBN 3-432-91021-5.

Hagedoorn J.G. (1959) - *The Plus-Minus Method of Interpreting Seismic Refraction Sections*. Geophysical Prospecting, Vol. 7, p. 158-182.

Jones, G.M. and Jovanovich, D.B. (1985) - *A ray inversion method for refraction analysis*. Geophysics, Vol. 50, p. 1701-1720.

Nafe, J.E., and Drake, C., (1965) – *Interpretation theory in applied geophysics*. Grant & West .

Park, C.B., Miller, R.D., and Xia J., (1999) - *Multichannel Analysis of surface waves* - Geophysics, **64**, 800-808.

Roma, V., (2006) – *Caratterizzazione sismica dei suoli con Il metodo MASW (Multichannel Analysis of surface waves)* http://www.masw.it/downloads/Opuscolo_MASW_22_Gen_2007.pdf. microtremor on the ground surface, QR of RTI, 30, 25-33.

Sen, Z., Sadagah, H. (2003) - *Modified rock mass classification system by continuous rating*. Engineering Geology, 67: 269-280.

ALLEGATO I
Elaborati Indagini geofisiche

REF01 – MASW01

	Lat (m)	Long (m)
Shot1	4562573.45	632899.47
Shot10	4562539.76	632857.77

Lavoro: Diagnostica strutturale presso Sala Murat, Bari

Indagine:
REF01-MASW01

Data esecuzione:
15/10/2014

Tavola 1:
Ubicazione indagini
REF01 – MASW01

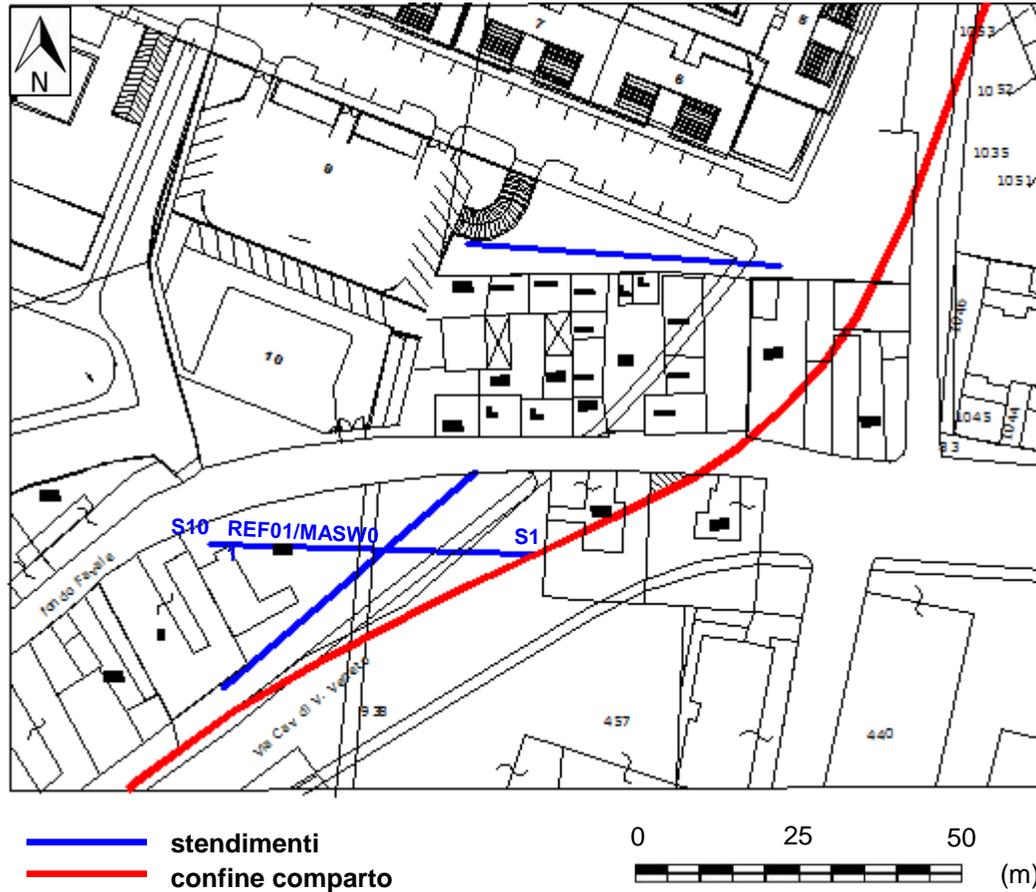
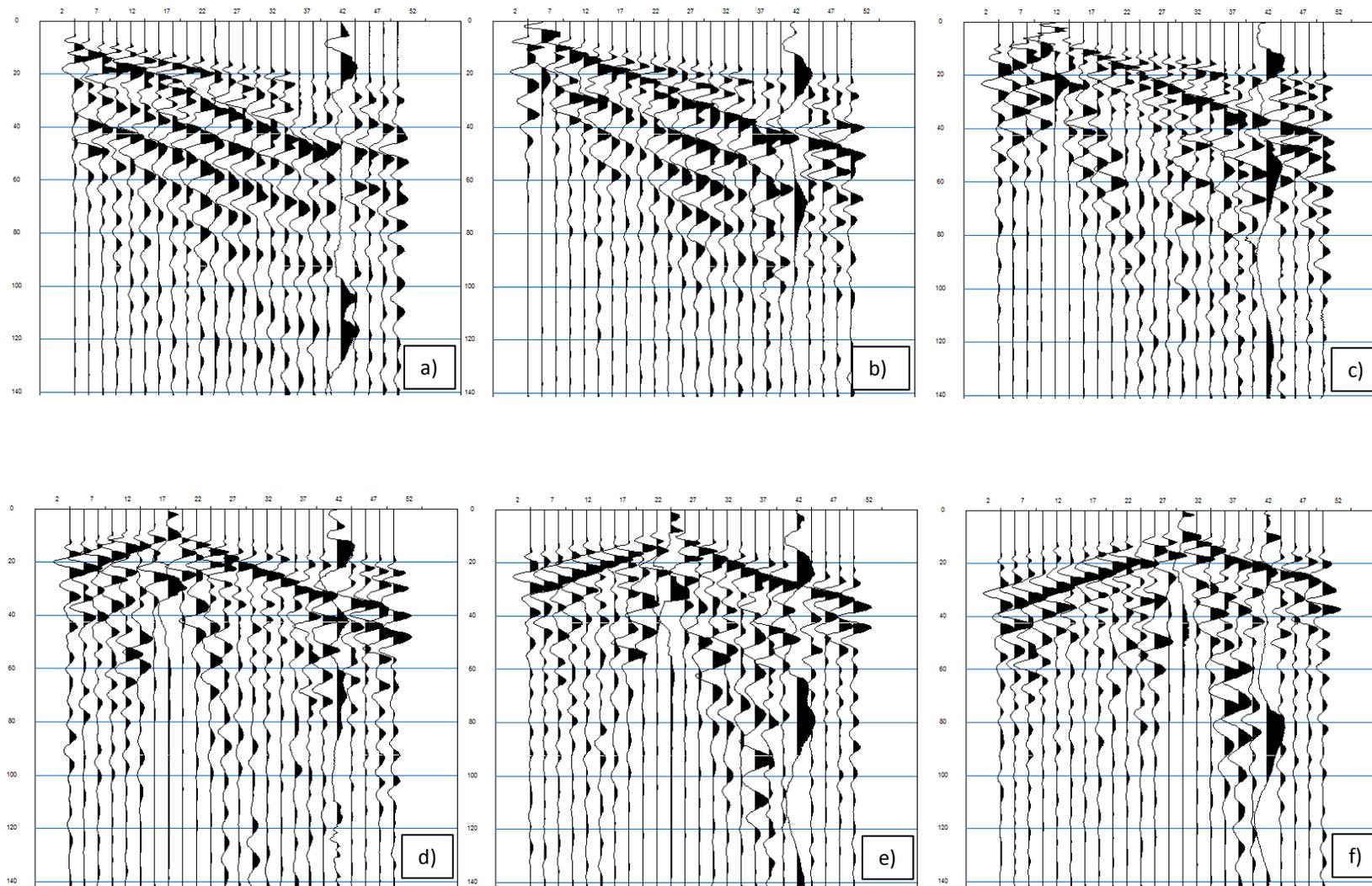


Fig.1 – ubicazione indagine sismica a rifrazione in onde P e MASW.

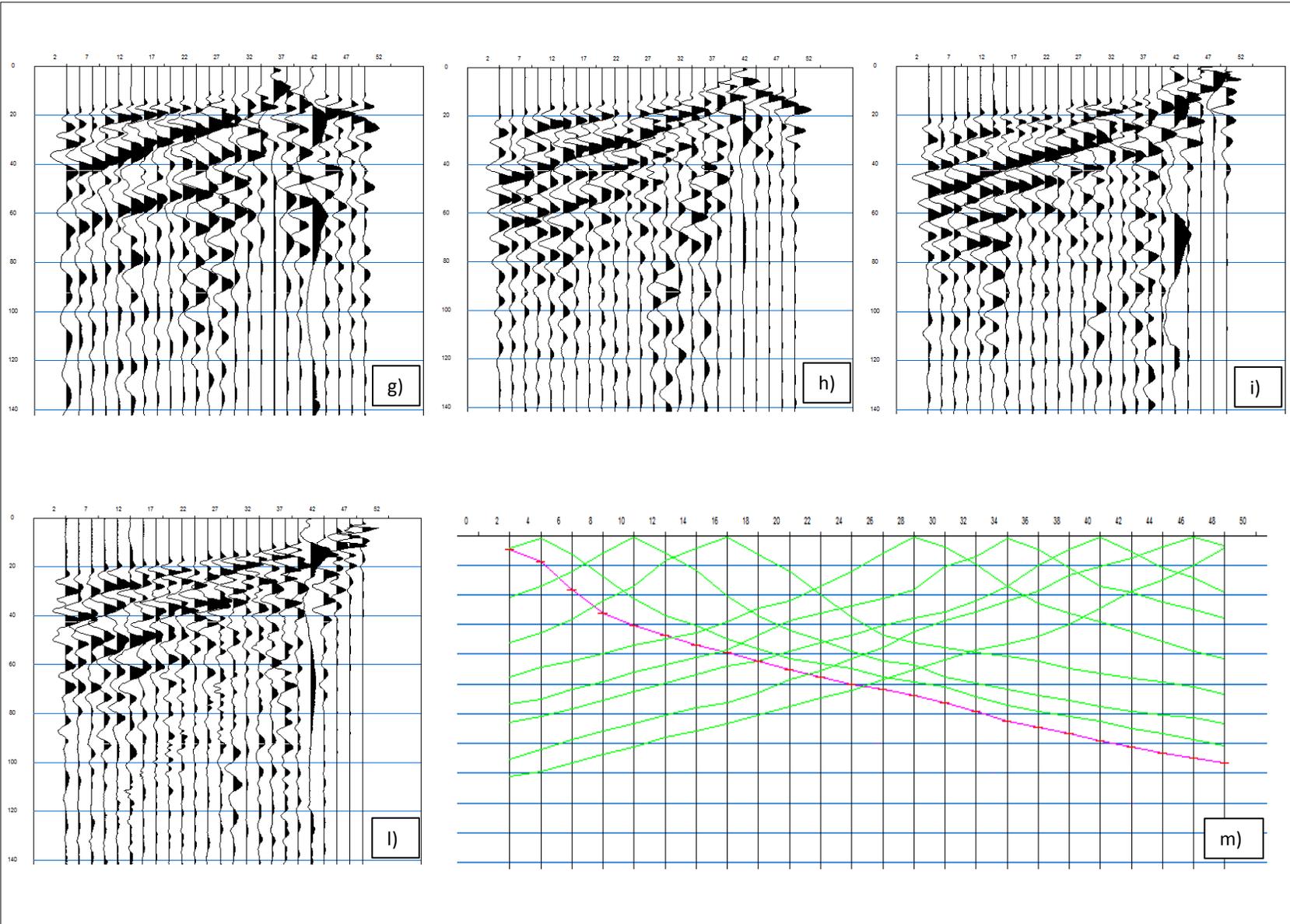


Lavoro:
 RISTRUTTURAZIONE
 URBANISTICA DELLE
 VOLUMETRIE ESISTENTI
 NEL COMPARTO EDILIZIO
 N.17
 AI SENSI DELL' ART.34
 COMMA 2 DELLE N.T.A. DEL
 P.R.G.C.

Indagine:
 REF01
Data esecuzione:
 15/10/2014

Tavola 2:
 Dromocrone
 tomografia sismica
 REF01

Fig. 2 – sismogrammi scoppi a) n°1, b) n°2, c) n°3, d) n°4, e) n°5, f) n°6.

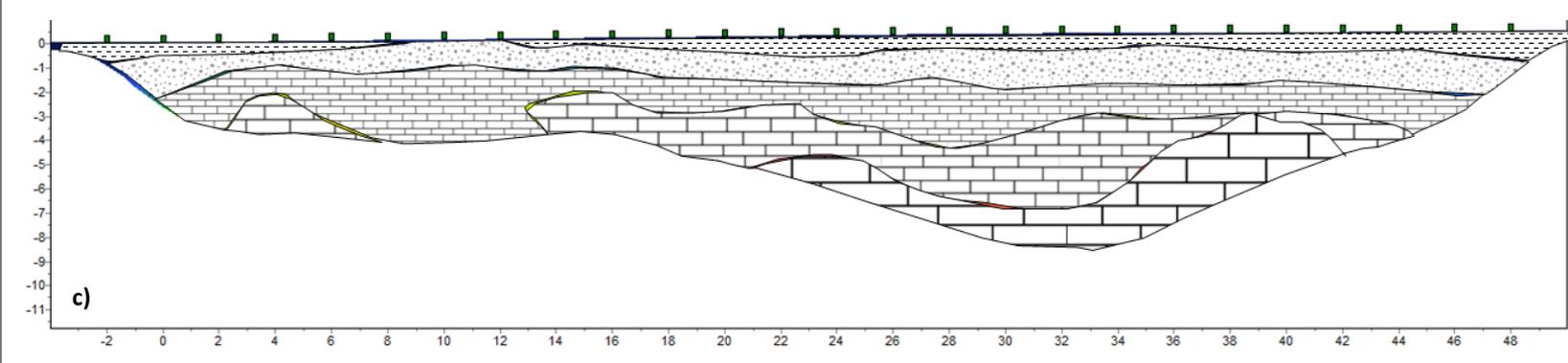
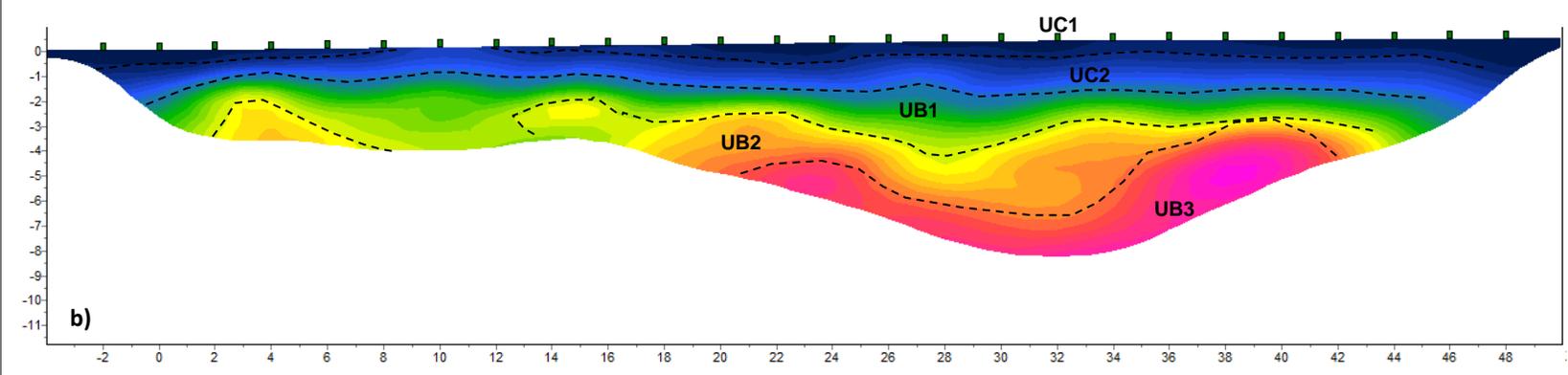
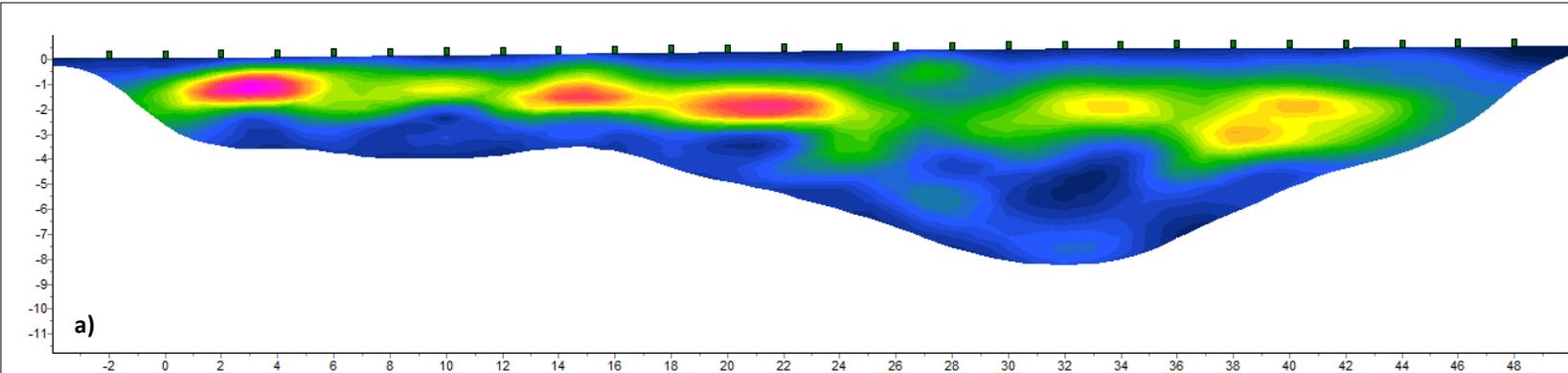


Lavoro:
 RISTRUTTURAZIONE
 URBANISTICA DELLE
 VOLUMETRIE ESISTENTI
 NEL COMPARTO EDILIZIO
 N.17
 AI SENSI DELL' ART.34
 COMMA 2 DELLE N.T.A. DEL
 P.R.G.C.

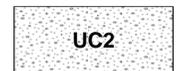
Indagine:
 REF01
Data esecuzione:
 15/10/2014

Tavola 3:
 Dromocrone
 tomografia sismica
 REF01

Fig. 3 – sismogrammi scoppi g) n°7, h) n°8, i) n°9, l) n°10 e m) dromocrone.



Terreno vegetale



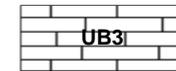
Materiale di riporto



Calcare ad alta
fratturazione/alterazione



Calcare a media
fratturazione/alterazione



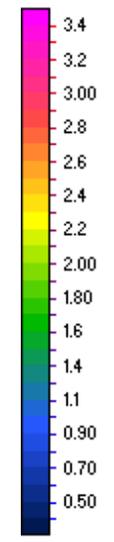
Calcare a medio-bassa
fratturazione/alterazione

Lavoro:
RISTRUTTURAZIONE
URBANISTICA DELLE
VOLUMETRIE ESISTENTI
NEL COMPARTO EDILIZIO
N.17
AI SENSI DELL' ART.34
COMMA 2 DELLE N.T.A. DEL
P.R.G.C.

Indagine:
REF01

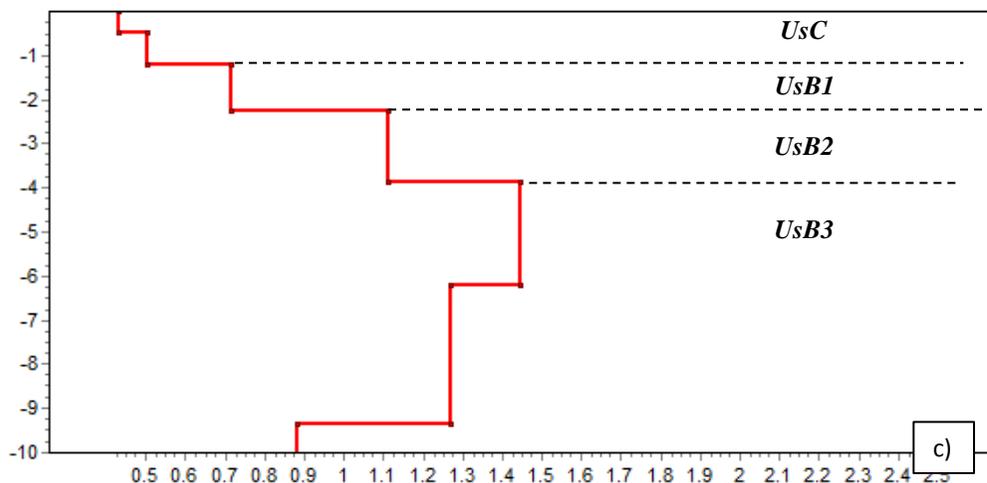
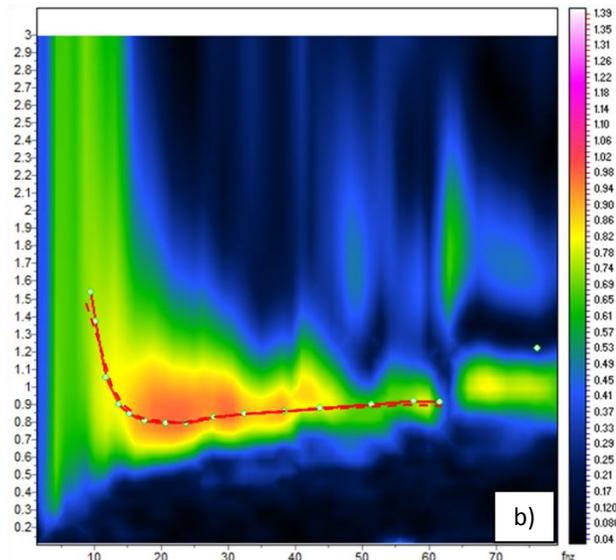
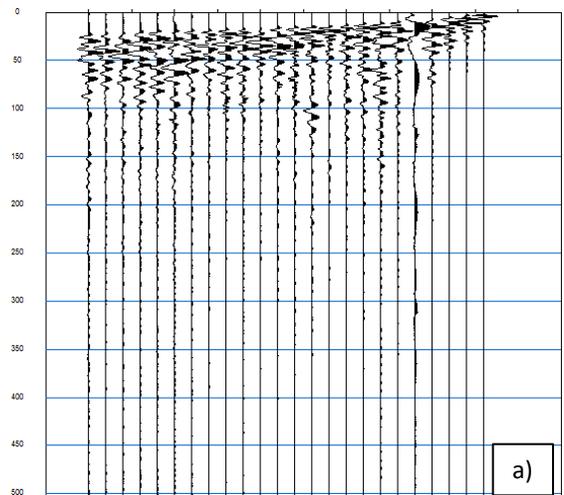
Data esecuzione:
15/10/2014

Tavola 4: Tomografia
sismica REF01



(Km/s)

Fig. 4 – a) gradiente verticale di velocità, b) tomografia sismica in onde P, c) modello schematico.



Strato	Profondità Top (m)	Spessore (m)	Vs (Km/s)
1	0	0.5	0.43
2	0.5	0.7	0.50
3	1.2	1.1	0.71
4	2.3	1.6	1.11
5	3.9	2.4	1.45
6	6.3	3.1	1.27
7	9.4	5	0.88
8	14.4	9	0.76
9	23.4	-	0.99

Lavoro:
RISTRUTTURAZIONE
URBANISTICA DELLE
VOLUMETRIE ESISTENTI
NEL COMPARTO EDILIZIO
N.17
AI SENSI DELL' ART.34
COMMA 2 DELLE N.T.A. DEL
P.R.G.C.

Indagine:
MASW01
Data esecuzione:
15/10/2014

Tavola 5:
Sismogrammi, spettro
F-V, profilo Vs e
tabella
sismostratigrafia

Fig. 5 – a) sismogrammi , b) spettro frequenza-velocità di fase, c) profilo Vs-profondità , d) tabella sismostratigrafia.

REF02

	Lat (m)	Long (m)
Shot1	4562563.23	632906.22
Shot10	4562565.67	632853.64

Lavoro:
RISTRUTTURAZIONE
URBANISTICA DELLE
VOLUMETRIE ESISTENTI
NEL COMPARTO EDILIZIO
N.17
AI SENSI DELL' ART.34
COMMA 2 DELLE N.T.A. DEL
P.R.G.C.

Indagine:
REF02
Data esecuzione:
15/10/2014

Tavola 6:
Ubicazione indagine
REF02

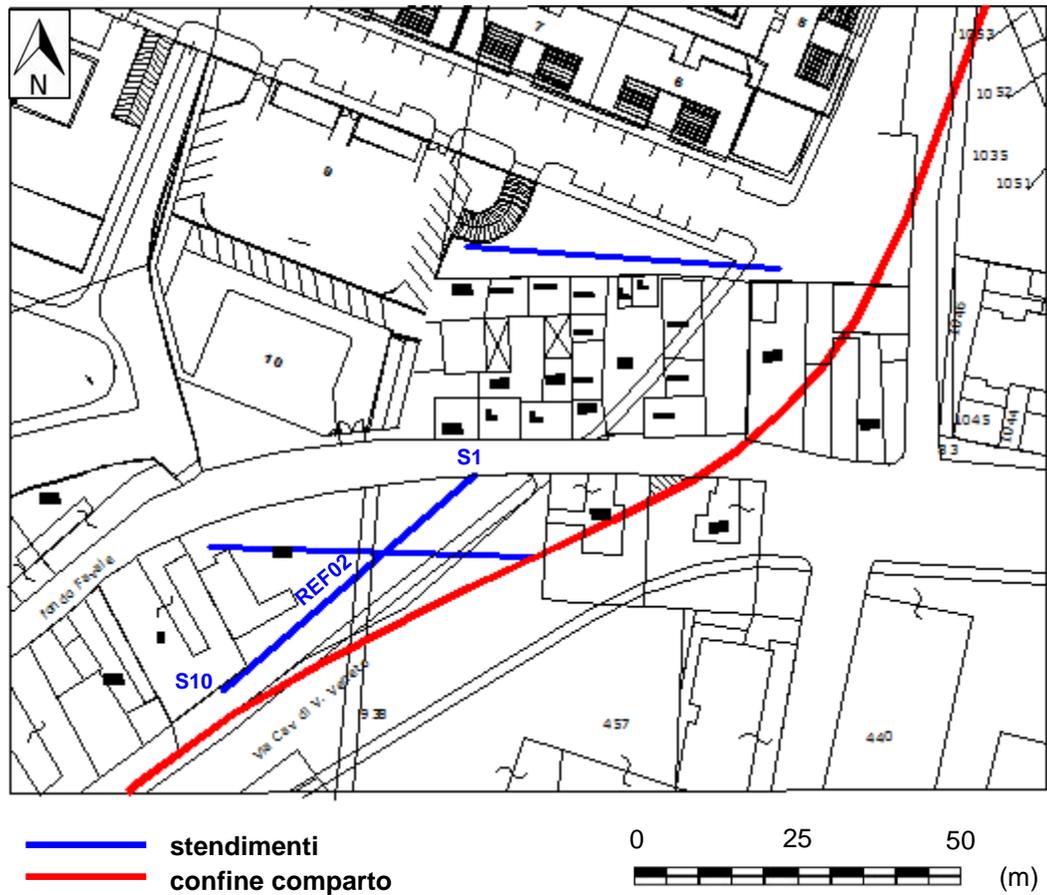
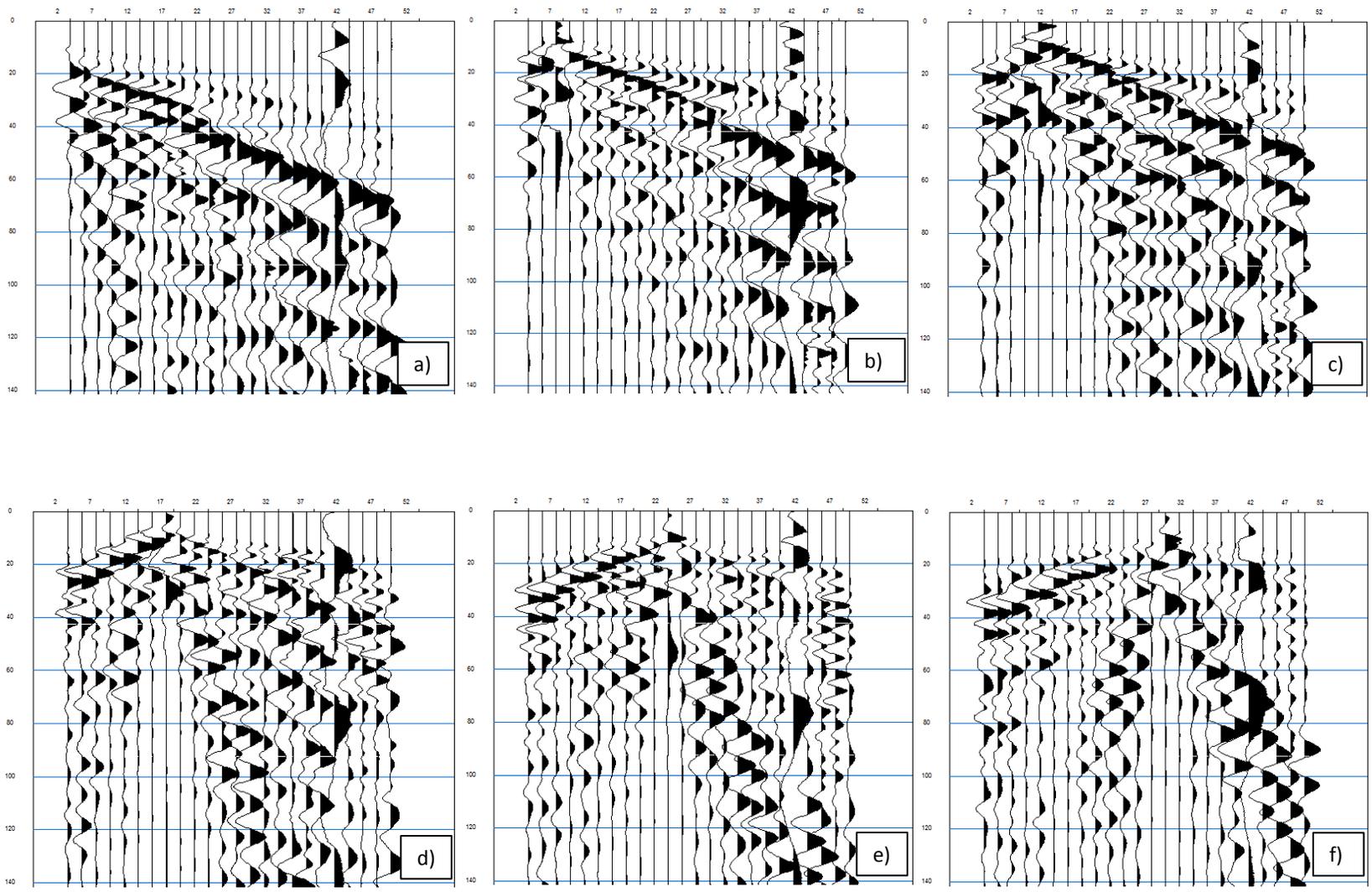


Fig. 6 – ubicazione indagine di sismica a rifrazione in onde P.



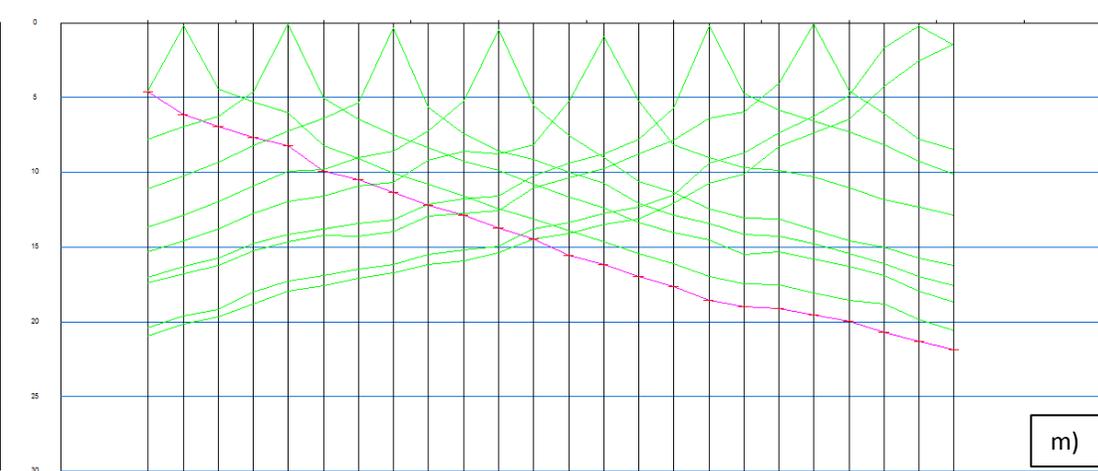
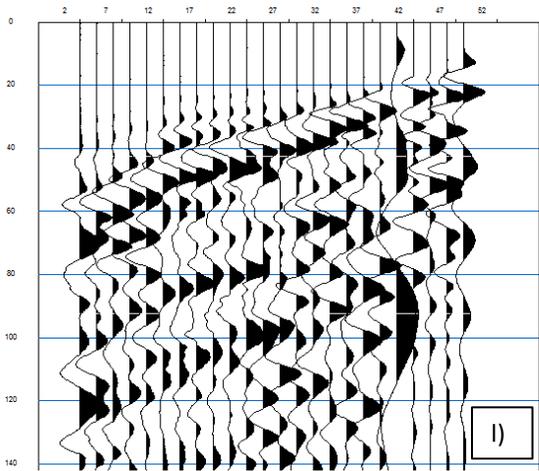
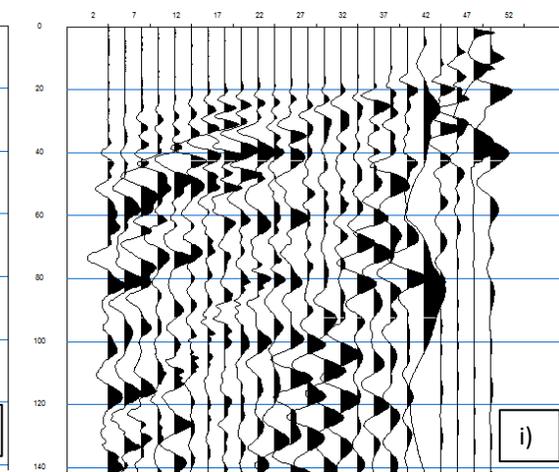
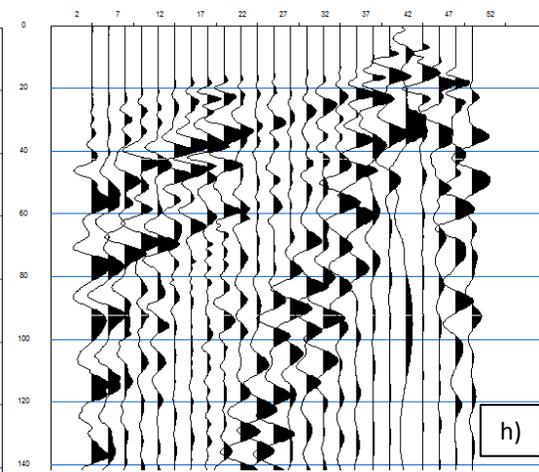
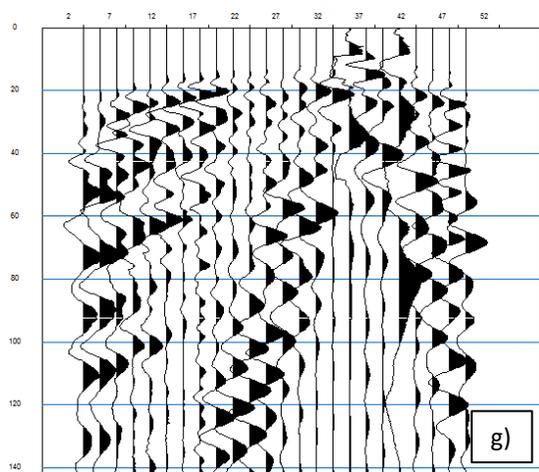
Lavoro:
 RISTRUTTURAZIONE
 URBANISTICA DELLE
 VOLUMETRIE ESISTENTI
 NEL COMPARTO EDILIZIO
 N.17
 AI SENSI DELL' ART.34
 COMMA 2 DELLE N.T.A. DEL
 P.R.G.C.

Indagine:
 REF02

Data esecuzione:
 15/10/2014

Tavola 7:
 Dromocrone
 tomografia sismica
 REF02

Fig. 7 – sismogrammi scoppi a) n°1, b) n°2, c) n°3, d) n°4, e) n°5, f) n°6.

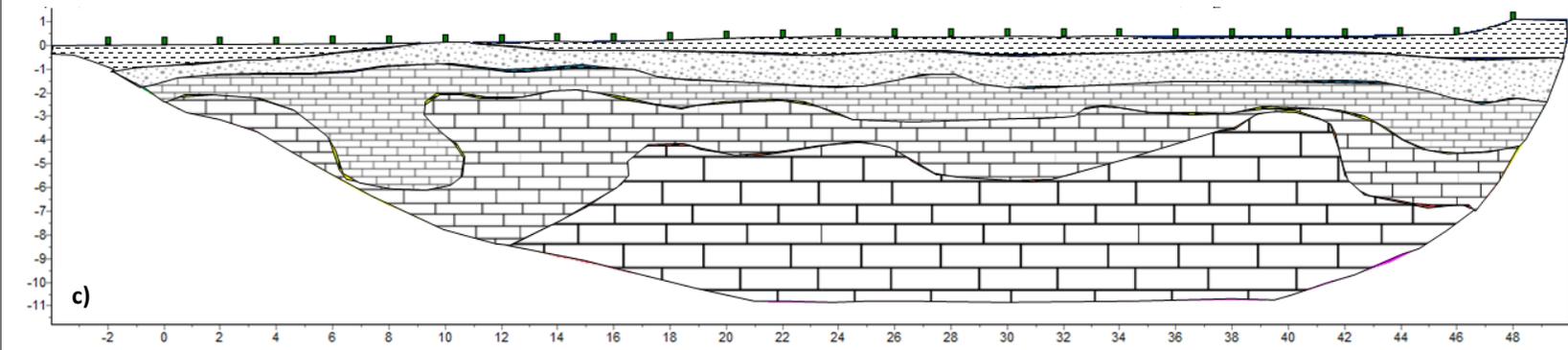
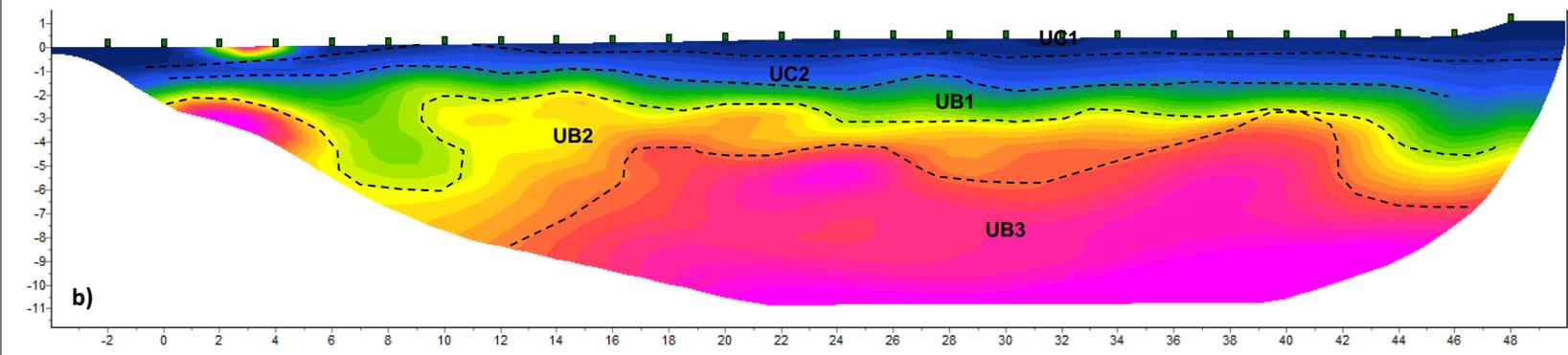
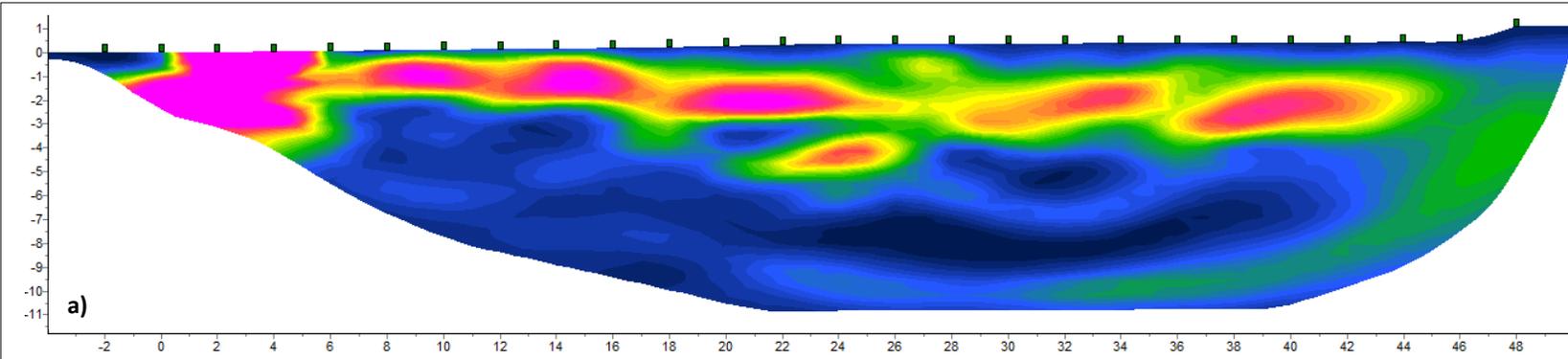


Lavoro:
 RISTRUTTURAZIONE
 URBANISTICA DELLE
 VOLUMETRIE ESISTENTI
 NEL COMPARTO EDILIZIO
 N.17
 AI SENSI DELL' ART.34
 COMMA 2 DELLE N.T.A. DEL
 P.R.G.C.

Indagine:
 REF02
Data esecuzione:
 15/10/2014

Tavola 8:
 Dromocrone
 tomografia sismica
 REF02

Fig. 8 – sismogrammi scoppi g) n°7, h) n°8, i) n°9, l) n°10 e m) dromocrone.



UC1
 Terreno vegetale

UC2
 Materiale di riporto

UB1
 Calcare ad alta
 fratturazione/ alterazione

UB2
 Calcare a media
 fratturazione/ alterazione

UB3
 Calcare a medio-bassa
 fratturazione/ alterazione

Lavoro:
 RISTRUTTURAZIONE
 URBANISTICA DELLE
 VOLUMETRIE ESISTENTI
 NEL COMPARTO EDILIZIO
 N.17
 AI SENSI DELL' ART.34
 COMMA 2 DELLE N.T.A. DEL
 P.R.G.C.

Indagine:
 REF02

Data esecuzione:
 15/10/2014

Tavola 9: Tomografia
 sismica REF02

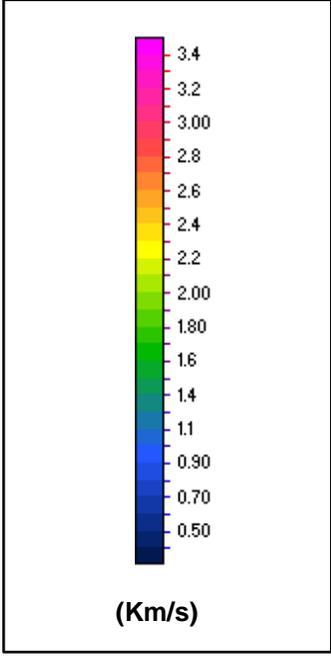


Fig. 9 – a) gradiente verticale di velocità, b) tomografia sismica in onde P, c) modello schematico.

REF03-MASW02

	Lat (m)	Long (m)
G1	4562610.71	632950.34
G24	4562614.47	632904.51

Lavoro:
RISTRUTTURAZIONE
URBANISTICA DELLE
VOLUMETRIE ESISTENTI
NEL COMPARTO EDILIZIO
N.17
AI SENSI DELL' ART.34
COMMA 2 DELLE N.T.A. DEL
P.R.G.C.

Indagine:
REF03-MASW02

Data esecuzione:
15/10/2014

Tavola 10:
Ubicazione indagini
REF01 - MASW01

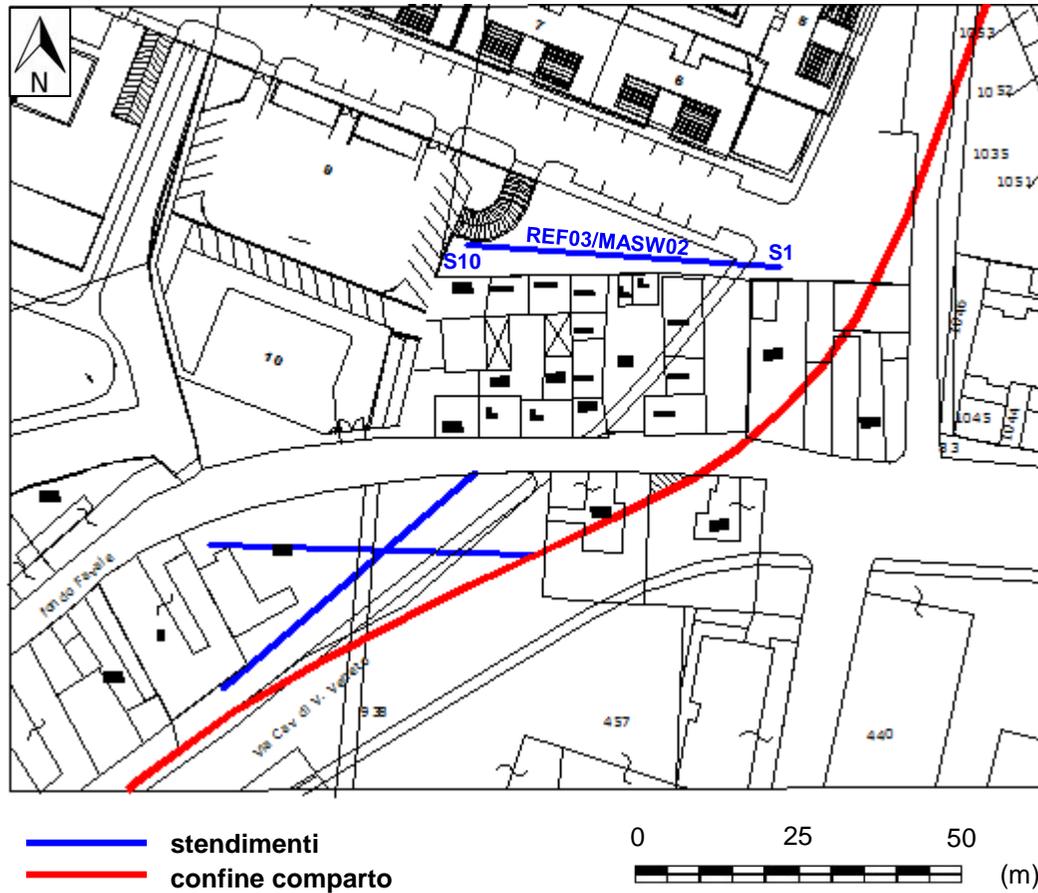


Fig. 11 – ubicazione indagine di sismica a rifrazione in onde P e MASW.

Lavoro:
RISTRUTTURAZIONE
URBANISTICA DELLE
VOLUMETRIE ESISTENTI
NEL COMPARTO EDILIZIO
N.17
AI SENSI DELL' ART.34
COMMA 2 DELLE N.T.A. DEL
P.R.G.C.

Indagine:
REF03
Data esecuzione:
15/10/2014

Tavola 11:
Dromocrone
tomografia sismica
REF03

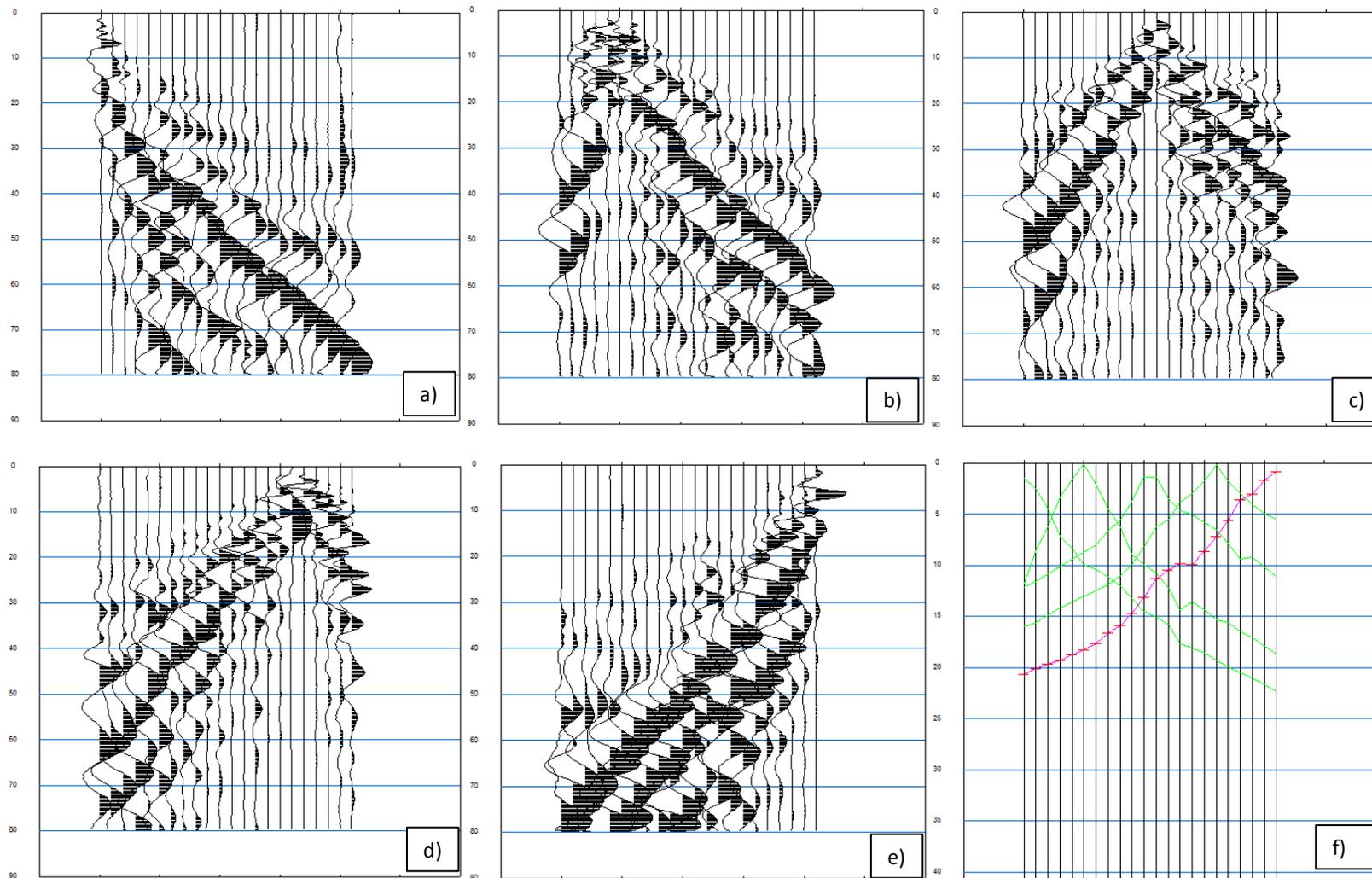
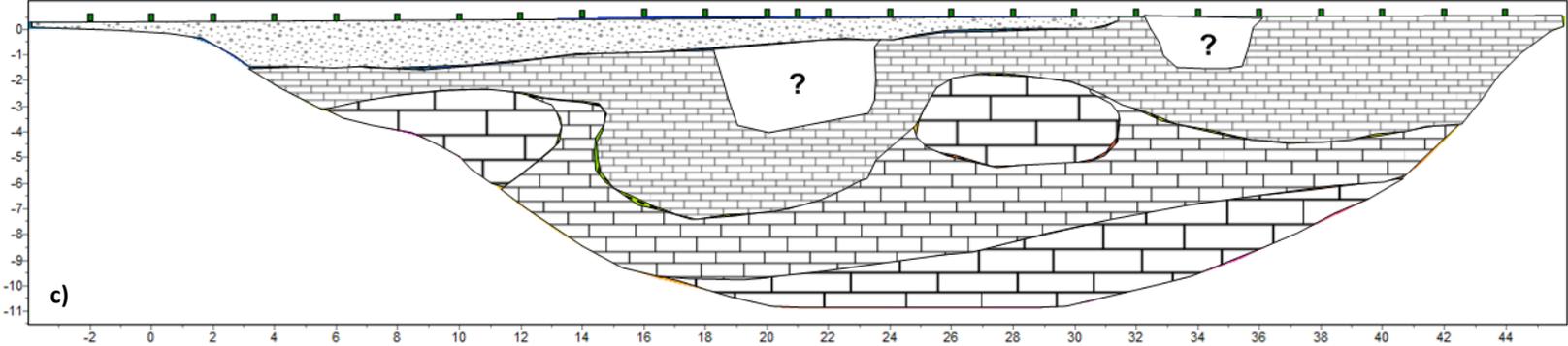
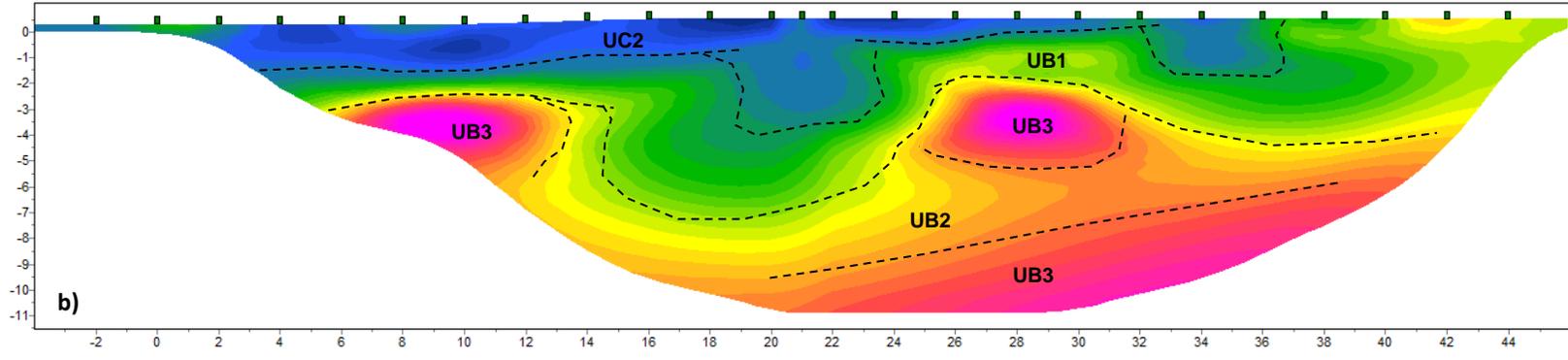
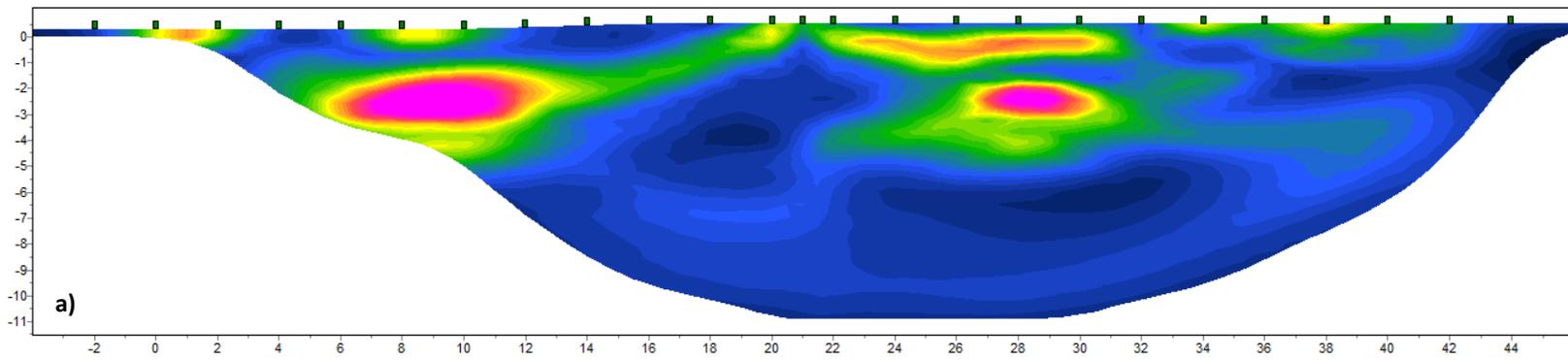


Fig. 12 – sismogrammi scoppi a) n°1, b) n°2, c) n°3, d) n°4, e) n°5 e f) dromocrone.



UC2	UB1	UB2	UB3
Materiale di riporto	Calcere ad alta fratturazione/ alterazione	Calcere a media fratturazione/ alterazione	Calcere a medio-bassa fratturazione/ alterazione

Lavoro:
RISTRUTTURAZIONE
URBANISTICA DELLE
VOLUMETRIE ESISTENTI
NEL COMPARTO EDILIZIO
N.17
AI SENSI DELL' ART.34
COMMA 2 DELLE N.T.A. DEL
P.R.G.C.

Indagine:
REF03

Data esecuzione:
15/10/2014

Tavola 12:
Tomografia sismica
REF03

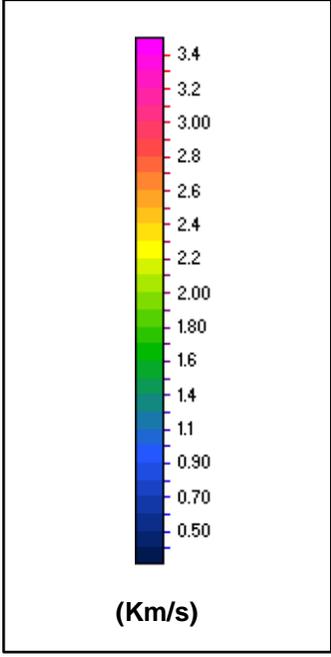
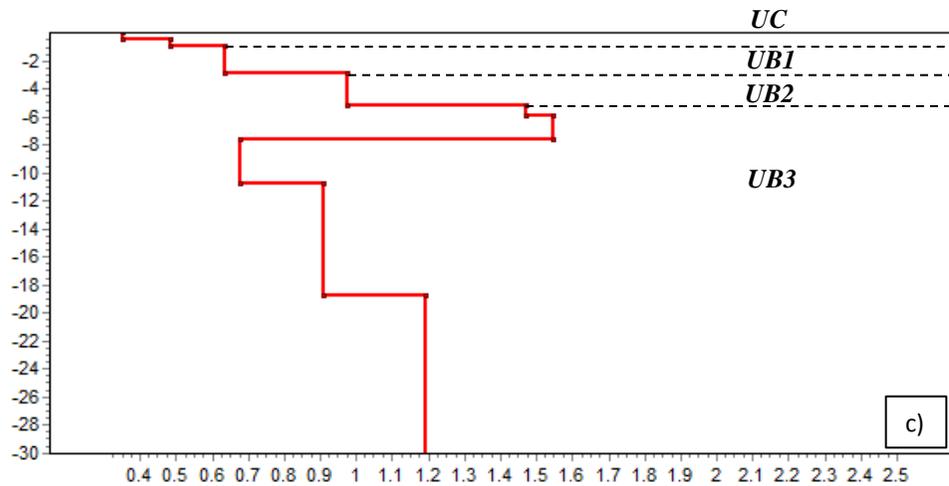
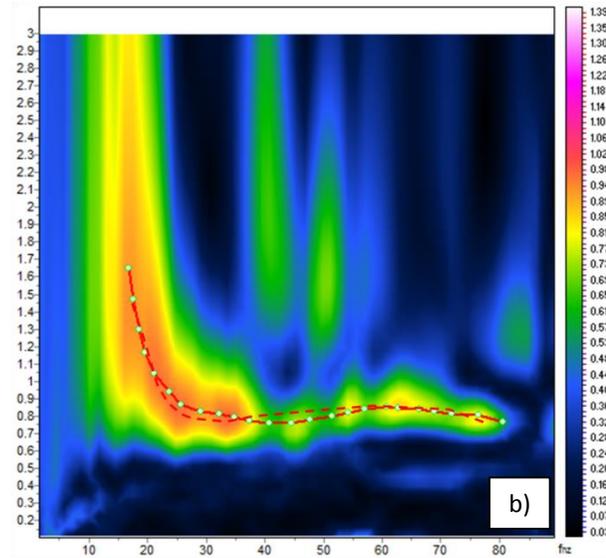
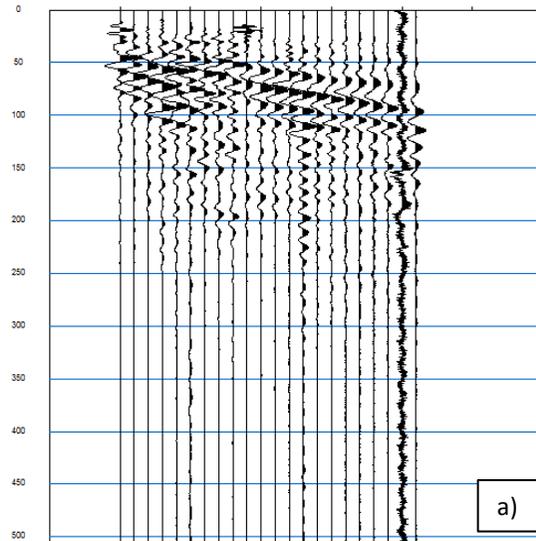


Fig. 13 – a) gradiente verticale di velocità, b) tomografia sismica in onde P, c) modello schematico.



Strato	Profondità Top (m)	Spessore (m)	Vs (Km/s)
1	0	0.5	0.35
2	0.5	0.5	0.49
3	0.9	2.0	0.64
4	2.9	2.3	0.98
5	5.2	0.8	1.47
6	6.0	1.6	1.55
7	7.6	3.2	0.68
8	10.7	8.0	0.91
9	18.7	-	1.19

Lavoro:
RISTRUTTURAZIONE
URBANISTICA DELLE
VOLUMETRIE ESISTENTI
NEL COMPARTO EDILIZIO
N.17
AI SENSI DELL' ART.34
COMMA 2 DELLE N.T.A. DEL
P.R.G.C.

Indagine:
MASW02

Data esecuzione:
15/10/2014

Tavola 13:
Sismogrammi, spettro
F-V, profilo Vs e
tabella
sismostratigrafia

Fig. 14 – a) sismogrammi , b) spettro frequenza-velocità di fase, c) profilo Vs-profondità , d) tabella sismostratigrafica.

ALLEGATO II
Documentazione fotografica



Lavoro:
RISTRUTTURAZIONE
URBANISTICA DELLE
VOLUMETRIE ESISTENTI
NEL COMPARTO EDILIZIO
N.17
AI SENSI DELL' ART.34
COMMA 2 DELLE N.T.A. DEL
P.R.G.C.

Indagine:
REF01_MASW01
Data esecuzione:
15/10/2014

Tavola 1:
Foto indagine sismica
REF01-MASW01

Fig. 1 - Foto indagine sismica a rifrazione in onde P e MASW.

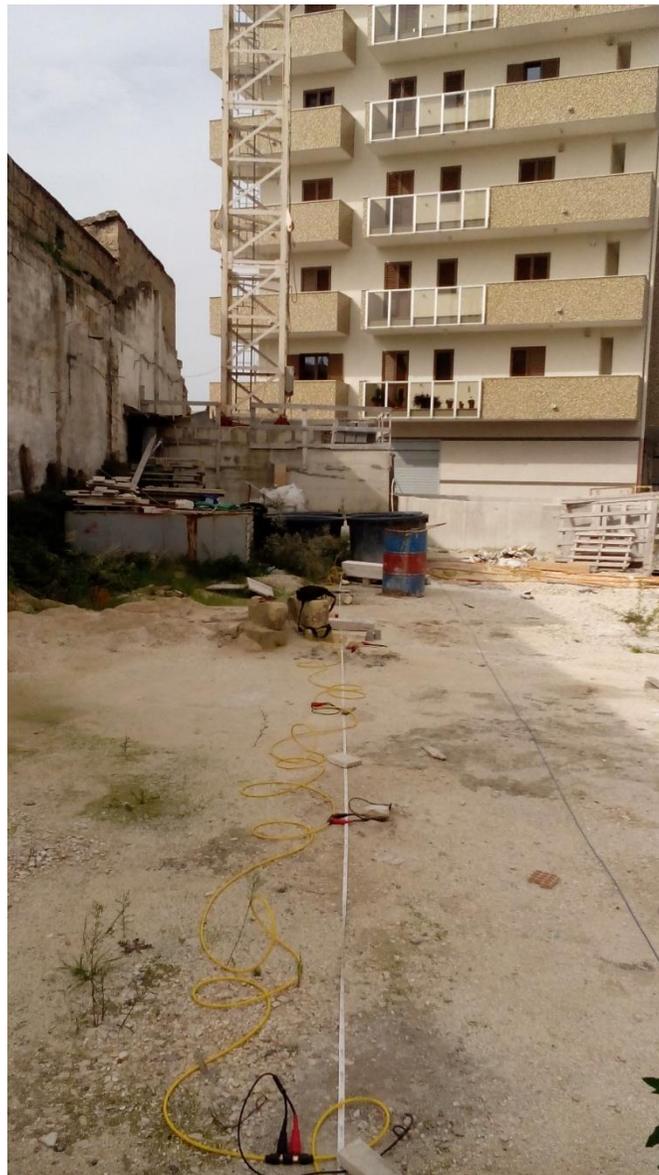
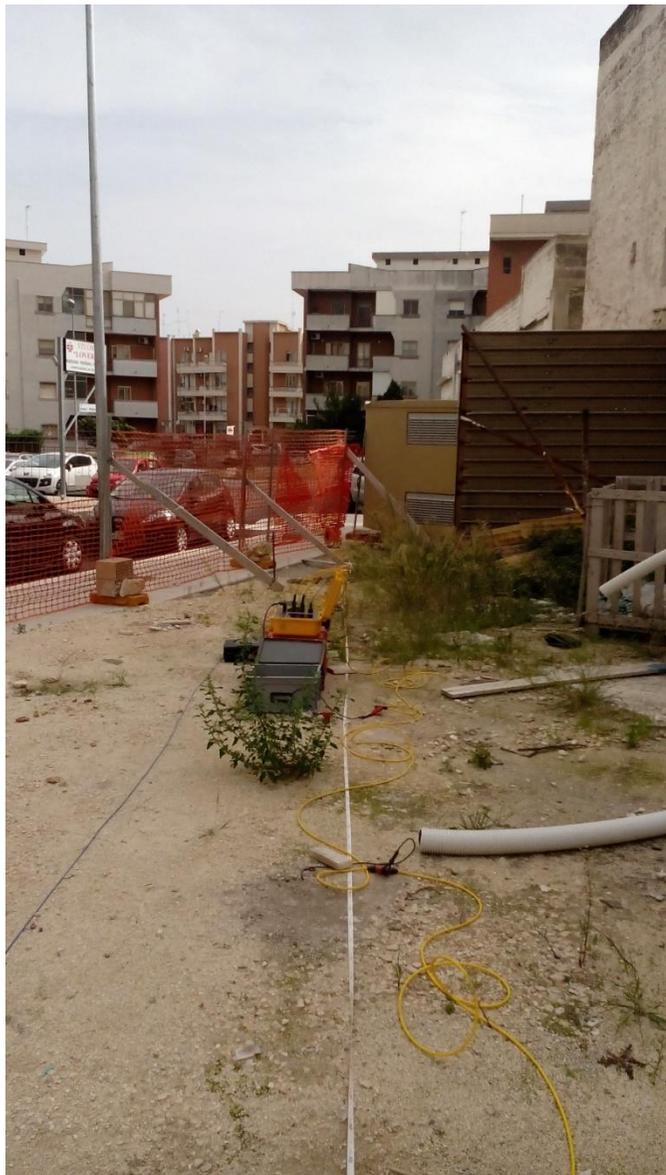


Lavoro:
RISTRUTTURAZIONE
URBANISTICA DELLE
VOLUMETRIE ESISTENTI
NEL COMPARTO EDILIZIO
N.17
AI SENSI DELL' ART.34
COMMA 2 DELLE N.T.A. DEL
P.R.G.C.

Indagine:
REF02
Data esecuzione:
15/10/2014

Tavola 2:
Foto indagine sismica
REF02

Fig. 2 - Foto indagine sismica a rifrazione in onde P



Lavoro:
RISTRUTTURAZIONE
URBANISTICA DELLE
VOLUMETRIE ESISTENTI
NEL COMPARTO EDILIZIO
N.17
AI SENSI DELL' ART.34
COMMA 2 DELLE N.T.A. DEL
P.R.G.C.

Indagine:
REF03-MASW02
Data esecuzione:
15/10/2014

Tavola 3:
Foto indagine
REF03- MASW02

Fig. 3 - Foto indagine sismica a rifrazione in onde P e MASW.