

COMUNE DI ANCONA

**PIANO DI RECUPERO**

Area ex Monopolio Valle Miano

Art. 29 bis N.T.A. del P.R.G. Vigente



PROPRIETA'  
**PROGETTO IMMOBILIARE S.R.L**  
PROCURATORE  
**EUROSPIN TIRRENICA S.p.A.**

ENTE APPROVANTE  
**Comune di Ancona**

PROGETTISTI

**Arch. Michele Legrottoglie**

**Arch. Paola Bravi**

Via G.Pastore, 10 - Osimo stazione  
Tel. 071 - 78.19.930  
michelelegro@gmail.com

Via R.Sanzio, 36 - 60125 ANCONA  
Tel. e Fax 071 - 89.47.25  
archpaolabravi@gmail.com

Relazione geologica, geomorfologica e compatibilità idraulica

All. U - 06

**APPROVAZIONE**

## COMUNE DI ANCONA PROVINCIA DI ANCONA

REALIZZAZIONE NUOVA SEDE EUROSPIN  
AREA EX MONOPOLIO VALLEMIANO

Committenza: Eurospin Tirrenica S.p.a.

### RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA p.p.

*il geologo*



Città di Castello, giugno 2016

## Sommario

1	PREMESSA.....	3
2	LOCALIZZAZIONE DELL'AREA DI INTERVENTO.....	3
3	INQUADRAMENTO DELL'AREA .....	4
3.1	MORFOLOGIA ED IDROGRAFIA.....	4
3.2	GEOLOGIA.....	4
3.3	GEOMORFOLOGIA.....	7
3.4	IDROGEOLOGIA.....	8
4	DETTAGLIO DELL'AREA DI INTERVENTO.....	8
4.1	GEOMORFOLOGIA.....	8
4.2	GEOLOGIA.....	9
5	INDAGINI IN SITU.....	9
5.1	PROVE PENETROMETRICHE.....	9
5.2	SONDAGGIO GEOGNOSTICO.....	10
5.3	INDAGINE SISMICA TIPO MASW 1D E 2D.....	11
6	STRATIGRAFIA GEOLOGICA.....	12
7	CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DE TERRENI.....	12
8	ASPETTI SISMICI.....	19
8.1	AZIONE SISMICA.....	19
8.2	AMPLIFICAZIONE SISMICA.....	20
8.3	LIQUEFAZIONE.....	20

### ALLEGATI

Ubicazione area di indagine.....	All.1
Carta geologica dell'area.....	All.2
Planimetria con ubicazione indagini .....	All.3
Cartografia PAI.....	All.4
Sondaggio geognostico.....	All.5
Risultati prove penetrometriche.....	All.6
Risultati prove di laboratorio.....	All.7

### APPENDICE

Rapporto indagini sismiche

## **1 PREMESSA**

Su incarico e per conto della Committenza è stata condotta un'indagine geologica e geotecnica sui terreni ove si intende realizzare l'intervento di cui al titolo.

Il progetto consiste nella riqualificazione tramite demolizione e ricostruzione di un complesso immobiliare che si compone di vari corpi perimetranti una corte centrale.

La nuova edificazione sarà costituita da un fabbricato con ingombro in pianta di circa 60 x 34 metri che si sviluppa sul solo piano terra.

Il presente lavoro è stato eseguito in accordo con la normativa vigente, in particolare con il D.M. 14 gennaio 2008. Esso prende dunque in esame i seguenti aspetti:

- verifica dei rischi di natura geologica (stabilità, esondabilità, liquefazione ecc.);
- definizione del modello stratigrafico;
- analisi degli aspetti sismici;
- caratterizzazione geotecnica dei terreni.;

Nel dettaglio è stato realizzato quanto segue:

- n.2 indagini sismica tipo MASW-CMP che consentono di ricostruire sezioni di velocità delle onde S e valutare la variabilità laterale dei terreni oltre a caratterizzare il sito dal punto di vista sismico;
- n.4 prove penetrometriche tipo DPSH per estendere lateralmente le informazioni stratigrafiche ed integrare i dati per la parametrizzazione geotecnica dei terreni;
- n.1 sondaggio geognostico con prove SPT in foro.

Per quanto di competenza geologica non sono emerse controindicazioni alla realizzazione dell'intervento in progetto.

## **2 LOCALIZZAZIONE DELL'AREA DI INTERVENTO**

L'area si trova nel Comune di Ancona, in via Valle Miano ai civici 28 e 30. E' inquadrata nella seguente cartografia:

- Carta Topografica d'Italia, scala 1:25.000, serie 25, foglio 282, sezione II "Ancona"
- Carta Geologica d'Italia, scala 1:50.000, foglio 282 "Ancona"
- Carta Geologica Regionale, Scala 1:10.000, sezione 282-150
- PAI, assetto idraulico, cartografia online
- PAI, assetto geomorfologico, cartografia online

### 3 INQUADRAMENTO DELL'AREA

#### 3.1 MORFOLOGIA ED IDROGRAFIA

L'area in oggetto si trova nella zona urbana di Ancona, in prossimità di Pian di S. Lazzaro, ovvero una zona di fondovalle delimitata a nord e a sud da rilievi collinari di modesta entità. A nord si tratta della collina della Cittadella che raggiunge la quota di oltre 100 metri s.l.m., a sud il rilievo supera invece di poco i 50 metri s.l.m.

Tutto il territorio è intensamente urbanizzato con presenza di abitazioni, strade e linea ferroviaria. Quest'ultima percorre tutto il fondovalle in direzione circa E-W e passa a confine con il lotto di terreno in esame.

Il reticolo idrografico naturale risulta pertanto completamente modificato dalle opere antropiche e le acque meteoriche sono regimate attraverso il sistema fognario.

Anche il corso d'acqua principale dell'area, il Fosso di Valle Miano che scorre in direzione circa SE-NW viene intercettato circa 100 metri ad est dell'area in esame e convogliato in uno scotolato in c.a. che devia in direzione nord.

Nel dettaglio l'area in esame si trova ad una quota di circa 14 metri s.l.m. e risulta pianeggiante nel tratto compreso fra la ferrovia e Via di Valle Miano.

#### 3.2 GEOLOGIA

L'area di studio si trova all'hanging wall di un sovrascorrimento che porta la Formazione a Colombacci (**FCO**) del Messiniano superiore al di sopra delle Argille Azzurre (**FAA**) del Plio-Pleistocene. Il sovrascorrimento, di direzione appenninica ed immergente verso SW, è cartografato circa 300 metri a NE dell'area di studio. Sia all'hanging wall che al foot wall del sovrascorrimento gli strati risultano in giacitura dritta ed immergenti verso SW con inclinazioni comprese fra 40 e 50°.

La formazione affiorante più antica è quella dello Schlier (**SCH**) che affiora diffusamente lungo la fascia costiera compresa tra la città di Ancona e l'abitato di Portonovo. E' costituita alla base da marne e marne calcaree piuttosto compatte, grigio-nocciola a frattura scagliosa, in bancate di qualche metro o in strati irregolari di 30-40 cm di spessore; il resto della formazione è costituito da marne grigio-nocciola grigio-brune con rare intercalazioni di marne calcaree grigiastre. La formazione termina superiormente con strati marnosi e argille brunastre ricche in materia organica, con frequenti bioturbazioni, alternati a strati marnosi bianco-grigiastri entrambi di spessore dell'ordine di qualche centimetro. La stratificazione è medio-spessa (circa 30-70 cm) e lo spessore complessivo della formazione è di circa 250 metri. L'età della formazione è *Tortoniano p.p. - Messiniano p. p.* L'ambiente deposizionale è emipelagico.

Sopra lo Schlier, in continuità stratigrafica con esso, si passa alla formazione Gessoso Solfifera (**GES**). Essa è costituita da argille bituminose e siltiti laminate in strati di spessore centimetrico, calcari solfiferi in strati spessi 2-10 cm, corpi lenticolari, di spessore talora metrico, costituiti da aggregati di cristalli centimetrici di selenite, di colore verde, dispersi in matrice pelitica bruno-violacea, da banchi de gessi nodulari biancastri e da un orizzonte cartografabile a prevalenti gessi microcristallini in strati laminati, sito al tetto della formazione (**GESb**). La formazione gessoso-solfifera affiora con continuità nella fascia costiera tra ancona e portonovo, con uno spessore di 40-50 metri. L'età della formazione è *Messiniano p.p.*, l'ambiente deposizionale è evaporitico.

Sempre in continuità stratigrafia segue la Formazione a Colombacci (**FCO**), costituita prevalentemente da argille e argille marnoso-siltose grigio-scure con sottili intercalazioni calcareo marnose biancastre (colombacci), ed arenacee. la stratificazione è medio-sottile. La parte inferiore della formazione (primi 15 m) è costituita da marne siltose brune in strati di 2-20 cm con sottili intercalazioni arenacee. Lo spessore complessivo della formazione è superiore ai 100 m. L'età è *Messiniano sup.*

L'Orizzonte del Trave (**tv**) è costituito da strati spessi 20-30 cm di arenarie silicoclastiche e di calcareniti. Questo orizzonte presenta uno spessore variabile da circa 2 m a nord (Ancona) a circa 15 m a sud (Scoglio del Trave). L'età della formazione è ascrivibile al *Messiniano sup.* L'ambiente deposizionale è di lago-mare.

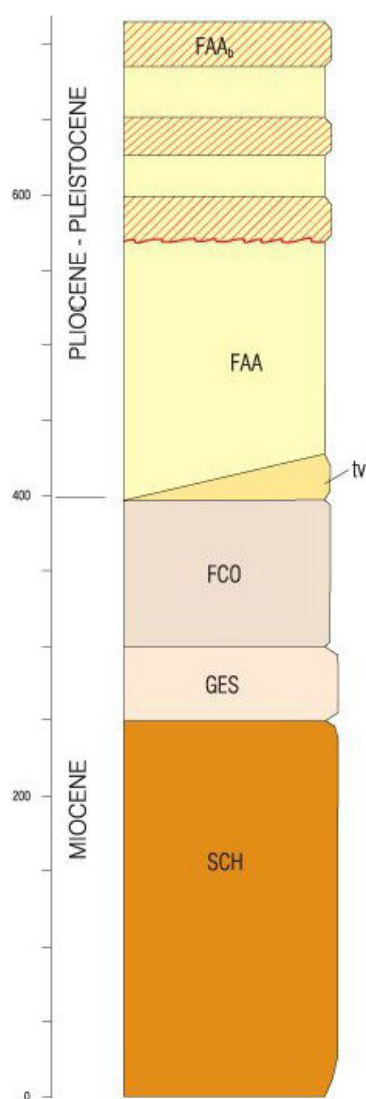
Al di sopra dell'Orizzonte del Trave si ha la Formazione delle Argille Azzurre (**FAA**). Essa è costituita da una porzione inferiore di natura prettamente pelitica di età *Pliocene inf.-med.*, sovrastata da terreni prevalentemente arenaceo-pelitici attribuibili al *Pleistocene basale*. All'interno di questa formazione è presente quindi una lacuna medio-pliocenica al di sopra della quale si ritrovano i terreni arenaceo-pelitici del Pleistocene inferiore depositatisi nel bacino di Monte Sicuro; questi ultimi poggiano in discordanza sia su quelli del Pliocene inferiore che su quelli del Pliocene medio *p.p.*

Nel territorio del foglio "Ancona" la formazione è caratterizzata da una successione prevalentemente pelitica che, nella sua porzione sommitale, è costituita principalmente da argille e argille marnose grigio-azzurre massive, più o meno siltose, in strati da sottili a sottilissimi, alternate a straterelli limoso-sabbiosi ocracei; raramente si osservano lenti sabbiose a granulometria molto fine di colore giallo o grigio, caratterizzanti pacchi di strati fittamente laminati. la stratificazione medio-sottile delle peliti è in genere mal distinguibile, la frattura è concoide e le tonalità grigio-azzurre; a luoghi, sono presenti sottili strati siltoso-sabbiosi a laminazione piano-parallela, osservabili al tetto degli strati argillosi. Nella parte alta della successione sono presenti tre orizzonti arenaceo-pelitici continui in tutta l'area, attribuibili alla litofacies arenaceo-pelitica.

In conclusione, i caratteri litostratigrafici delle Argille azzurre affioranti nell'area anconetana, nonché la presenza di contatti discordanti tra i vari termini della successione, suggeriscono

che, nell'insieme, questa presenta una estrema variabilità latero-verticale alla scala del bacino di sedimentazione. Questa variabilità registra la penecontemporanea risposta sedimentaria ad eventi tettonici locali. L'età della formazione si estende dal *Pliocene inf.* al *Pleistocene inf.*

La litofacies arenaceo-pelitica (**FAAb**) è caratterizzata da un'alternanza di strati, da sottili a medio-spessi, di sabbie e straterelli di peliti rappresentate sia da livelli di qualche centimetro di spessore, isolati e laminati, che da orizzonti pelitico-arenacei con spessori massimi di 30-50 cm. la frazione sabbiosa è data da sabbie gialle ocracee, localmente giallo arancio, talora grigiastre, con granulometria da media a fine e con rari livelli più grossolani. Gli strati più spessi si presentano gradati e con laminazione generalmente piano-parallela e/o ondulata, localmente incrociata. La frazione pelitica è costituita da materiale argilloso-siltoso in lamine singole o associate a lamine di sabbia. Si rinvencono, inoltre, particolari strutture sedimentarie legate probabilmente a fenomeni meccanici di fluidificazione e ad attività biologica di organismi fossatori. Tale litofacies è tipica della parte sommitale delle Argille azzurre e si ritrova sistematicamente alternata a livelli pelitici.



La figura a lato riassume lo schema stratigrafico della successione marina fin qui descritta.

I depositi continentali sono invece costituiti dal sistema del fiume Musone (**MUS**) che si articola nelle seguenti sottounità:

Coltre eluvio-colluviale (**MUS<sub>b2</sub>**): sono rappresentati per lo più da sedimenti fini, con granulometrie delle sabbie, limi e argille in proporzioni variabili, talora con subordinati frammenti arenitivi angolari. la tonalità generalmente scura di tali terreni è da attribuire alla elevata percentuale di materia organica inglobata e al notevole grado di saturazione in acqua. lungo i tratti di versante di raccordo fra superfici terrazzate successive, questi depositi contengono percentuali più o meno abbondanti di ciottoli rimaneggiati dai depositi alluvionali. Lo spessore supera frequentemente i 10-15 metri.

Depositi di spiaggia (**MUS<sub>g2</sub>**): quelli attuali sono costituiti da ghiaie e sabbie grossolane (**MUS<sub>g2a</sub>**), quelli antichi (**MUS<sub>g2b</sub>**) sono costituiti principalmente da ghiaie, con ciottoli di dimensione variabile e generalmente appiattiti.

Depositi di frana (**MUS<sub>a1</sub>**): tale unità è localizzata nelle zone di versante, più frequentemente su quelli dove il substrato è caratterizzato da giacitura a franapoggio o traversopoggio. Si tratta generalmente di colamenti o di frane complesse rappresentate da scivolamenti che evolvono in colamento. I

fenomeni interessano talvolta interi versanti e i loro contorni sono spesso mal definiti. Alcuni fenomeni franosi (come la frana di Ancona) hanno superfici di scivolamento relativamente profonde all'interno della roccia inalterata. La maggior parte di quelle osservate interessa tuttavia le coltri colluviale o il regolite e presenta piani di scivolamento superficiali, corrispondenti con il passaggio alla sottostante roccia inalterata. Quando questi fenomeni superficiali sono distinti in depositi di frana attivi (**MUS<sub>a1a</sub>**) quando attivi in tempi storici oppure in depositi di frana antica (**MUS<sub>a1b</sub>**) in caso contrario.

I depositi alluvionali (**MUS<sub>b</sub>**) comprendono l'insieme di terrazzi minori ascritti in letteratura al 4° ordine e le alluvioni, terrazzate o meno, costituiti da depositi eterometrici da limosi a ghiaiosi. Vi si differenziano i depositi alluvionali terrazzati (**MUS<sub>bn</sub>**) costituite da corpi limoso-argillosi, argilloso-limoso-sabbiosi, con intercalate lenti sabbiose e sabbioso-ghiaiose. Le superfici dei relativi terrazzi si trovano rispettivamente a quote di 15-30 metri s.l.m. e rilevate di meno di 15 metri sull'alveo. Lo spessore di tali depositi è generalmente superiore a 15-20 metri, con punte di oltre 50 metri nel comune di Falconara Marittima. Nelle zone urbanizzate tali successioni sono normalmente seppellite da materiali di origine antropica, con spessori fino a 2 metri e costituiti prevalentemente da pietrame calcareo anche grossolano, sovrapposto al vecchio terreno vegetale. Al di sotto, si ritrovano ampie lenti di terreni argillosi, raramente limosi e caratterizzati da un alto contenuto organico; tali successioni sono alternate a lenti prevalentemente limose e sabbiose, a scarsa consistenza in quanto sature d'acqua e a livelli poco spessi e più ghiaiosi. Al di sotto di questa successione argilloso-sabbiosa, sono state riconosciute sabbie addensate e consistenti, alla base delle quali si ritrovano spesse successioni ghiaiose. L'età dei depositi è riferibile all'Olocene.

### 3.3 GEOMORFOLOGIA

Tutta l'area circostante la zona di Ancona è caratterizzata da una elevata franosità. I fenomeni cartografati sono da mettere in relazione soprattutto alle caratteristiche litologiche ed ai processi morfo-evolutivi dei terreni che, in generale, presentano caratteri fisico-meccanici piuttosto scadenti. Le peliti della formazione della Argille Azzurre si presentano sovraconsolidate e con parametri geotecnici che non si discostano molto dai valori indicativi riportati di seguito:  $15 < \phi < 20^\circ$ ;  $1,5 < \gamma < 2 \text{ g/cm}^3$ ;  $1 < c_u < 1,6 \text{ kg/cm}^2$ . Laddove a causa dei processi di alterazione dovuti all'azione degli agenti atmosferici e delle acque meteoriche, le peliti si presentano alterate, è evidente che i suddetti parametri registrano un netto decadimento delle caratteristiche fisico-meccaniche del materiale. Caratteri geotecnici scadenti presenta anche la coltre superficiale costituita da pelite alterata e da depositi eluvio-colluviali provenienti dal disfacimento della pelite stessa.

La maggior parte dei fenomeni franosi che interessano l'area è caratterizzata da frane di colamento e da frane di tipo slump-earth flow; in quest'ultimo caso i fenomeni interessano sia le litofacies pelitiche che quelle arenaceo-pelitiche. I movimenti gravitativi sono evidenziati da



una tipica morfologia del versante con ripetuti avvallamenti e/o ondulazioni del terreno verso valle. Lungo la falesia costiera sono numerose anche le frane di crollo.

In generale, lo spessore dei diversi depositi franosi, nonché la natura dei terreni coinvolti, appaiono variabili in funzione delle tipologie di frana che si attivano; tra le frane censite sono prevalenti quelle di colamento costituite per la massima parte da terreni caotici comprendenti porzioni di substrato argilloso, blocchi eterometrici di arenari, cogoli diagenetici e materiali ciottolosi di origine alluvionale.

In riferimento alla distribuzione areale dei fenomeni franosi va osservato che la maggior parte è localizzata fra Ancona e Falconara dove affiorano, in prevalenza, i termini pelitici delle Argille Azzurre. Nell'area anconetana, i fenomeni franosi interessano anche alcuni centri abitati; tra questi il più significativo è quello in loc. Posatora che, ampiamente studiato, risulta essere un fenomeno gravitativo articolato che coinvolge sia i depositi marini plio-pleistocenici costituenti le Argille Azzurre, sia una coltre eluvio-colluviale che può avere spessore di alcune decine di metri. Il movimento principale è classificabile come DGPV caratterizzata da una forte componente traslazionale e con emersione a mare.

### **3.4 IDROGEOLOGIA**

Gli acquiferi presenti nel territorio anconetano sono rappresentati dalle litofacies arenaceo-pelitiche intercalate alle peliti pleistoceniche della formazione delle Argille azzurre. Tali corpi, che solitamente hanno una discreta continuità laterale ed affiorano sugli spartiacque principali, sono caratterizzati da permeabilità medio-alta. Gli acquiclude sono invece dati da marne argillose, da argille marnose e argille, ubicate alla base e al tetto delle unità arenacee. L'assetto giaciturale delle unità acquifere suggerisce quindi la possibilità di rinvenire, nell'area condizioni di acquiferi confinati.

L'occorrenza di acque sotterranee nei depositi terrigeni è testimoniata dalla presenza di sorgenti alimentate, per la maggior parte, da acquiferi modesti e poco profondi strettamente legati al regime pluviometrico.

## **4 DETTAGLIO DELL'AREA DI INTERVENTO**

### **4.1 GEOMORFOLOGIA**

Dal punto di vista geomorfologico l'area si trova in zona pianeggiante e non risulta interessata da fenomeni franosi. Sia la cartografia geologica (regionale e nazionale) che la cartografia PAI non riportano nell'area, né nelle sue vicinanze, la presenza di fenomeni franosi attivi o quiescenti. La frana più vicina dista oltre 350 metri in direzione NNW rispetto all'area di intervento, è classificata con pericolosità P2 ed identificata con il codice F-13-0132 nel PAI

dell'Autorità di Bacino della Regione Marche. La direzione di scivolamento è verso SW e pertanto anche una sua eventuale evoluzione non andrà ad interessare l'area oggetto di studio.

## **4.2 GEOLOGIA**

Con riferimento alla Carta Geologica d'Italia in scala 1:50.000, foglio 282 "Ancona", nell'area di studio è riportata la presenza di coltri eluvio-colluviali (**MUS<sub>b2</sub>**) già descritte al capitolo 3.2. Nei rilievi ai lati, a distanza non superiore a 150 metri sia in direzione nord che in direzione sud, affiora invece la formazione delle Argille Azzurre, anch'essa descritta al capitolo 3.2.

La stratigrafia di massima che si prefigura per l'area di intervento è dunque costituita dalla presenza di superficie della coltre eluvio-colluviale al di sopra della formazione delle Argille Azzurre. Lo spessore della coltre e l'eventuale presenza di falda vengono accertati tramite l'esecuzione delle indagini geognostiche di cui al capitolo 5 ed i risultati discussi al capitolo 6.

## **5 INDAGINI IN SITU**

Per la caratterizzazione stratigrafica dell'area in esame sono state eseguite le seguenti indagini:

- n. 4 prove penetrometriche DPSH fino alla profondità massima di 9.2 m;
- n. 2 indagini sismiche tipo MASW-CMPCC;
- n. 1 sondaggio geognostico;
- n. 2 prove SPT in foro.

L'ubicazione delle indagini è riportata in allegato 3. In particolare le prove penetrometriche e sismiche erano state eseguite per la fase relativa al piano attuativo mentre il sondaggio geognostico è stato effettuato recentemente per la fase esecutiva.

Delle quattro prove DPSH, due è stato possibile eseguirle all'interno dell'ingombro del fabbricato in progetto mentre le altre due, vista la presenza degli edifici esistenti, sono state fatte il più vicino possibile.

Le indagini sismiche tipo MASW-CMP sono state eseguite in direzioni circa parallele ai lati nord ed ovest del fabbricato in progetto.

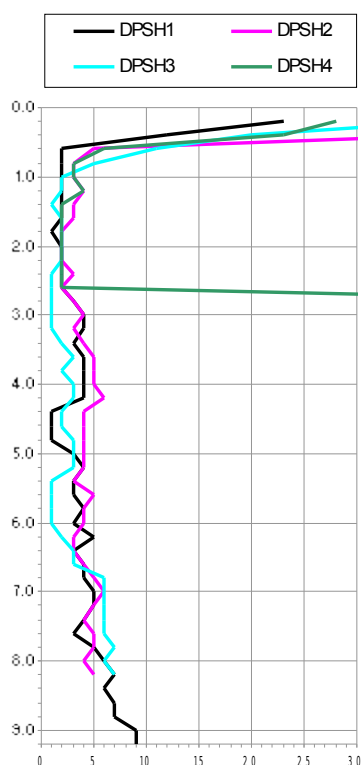
### **5.1 PROVE PENETROMETRICHE**

I risultati delle prove penetrometriche sono riportati in allegato 6. Qui di seguito si discutono le stratigrafie ottenute facendo riferimento alle unità litologiche discusse al capitolo 4.

In generale, le prove 1, 2 e 3 hanno attraversato, al di sotto della pavimentazione, terreni

caratterizzati da uno scarso grado di addensamento/consistenza fino alla profondità di circa 6 metri. In questo intervallo di profondità infatti, il numero di colpi  $N_{20}$  è normalmente sotto 5 e presenta intervalli, di spessore anche superiore al metro, con numero di colpi non superiore a 2.

Nel grafico seguente sono riportate le curve del numero di colpi  $N_{20}$  delle 4 prove dove si può osservare che, fino alla profondità di 6 metri l'andamento delle prove 1, 2 e 3 è oscillante attorno ad un valore medio inferiore a 5. Le oscillazioni all'interno della stessa prova o le differenze fra prova e prova indicano una certa variabilità litologica sia in senso verticale che in senso laterale.



Oltre la profondità di 6 metri, le curve delle tre prove assumono un andamento fra loro più simile sia come trend, debolmente crescente con la profondità, sia come valori. Il valore medio di  $N_{20}$  nell'intervallo di profondità 1-6 metri è infatti pari a 2.7 con una deviazione standard pari al 44% del valore medio. Nell'intervallo più profondo il valore medio di  $N_{20}$  è pari a 4.8 con deviazione standard pari al 28%.

Come caso a parte viene invece discussa la prova DPSH 4 in quanto essa oppone rifiuto alla penetrazione alla profondità di 2.8 metri dal p.c. Al fine di escludere la possibilità che si trattasse di un trovante la prova è stata ripetuta spostandosi lateralmente di circa 60 cm, ottenendo lo stesso risultato. Prima del rifiuto i valori del parametro  $N_{20}$  erano in linea con quelli delle altre prove, nello stesso intervallo di profondità.

Nei fori di prova è stato infine misurato il livello della falda idrica che, nelle prove 1 e 2 è risalita fino alle rispettive profondità di 1.25 ed 1.36 metri dal p.c. Visto che in tali prove le aste di perforazione erano risultate asciutte fino alla profondità di almeno 2.2 metri, si evince che la falda sia confinata ed in pressione, coerentemente con quanto riportato al capitolo 3.4. Nella prova 3, invece, la falda non è stata intercettata: le aste di perforazione sono risultate infatti completamente asciutte; non è stato possibile calare la sonda freaticometrica in quanto il foro si è richiuso per il crollo di alcuni ciottoli provenienti dallo strato di massicciata superficiale.

Anche nella prova n. 4 non è stata rinvenuta la presenza della falda.

## 5.2 SONDAGGIO GEOGNOSTICO

Il sondaggio geognostico a carotaggio continuo è stato portato fino alla profondità di 15 metri ed ha fornito risultati coerenti con quanto già ricavato dalle indagini precedenti. La

successione dei terreni è risultata prevalentemente argillosa salvo rilevare uno strato di ghiaietto fra 11.5 e 13.5 metri. La profondità della falda è stata misurata a circa 1.5 metri sotto il p.c. Da rilevare che a partire dal livello di falda fino a circa 4 metri di profondità il grado di consistenza delle argille è risultato molto scarso, al punto che in tale intervallo si ha avuto avanzamento delle aste di perforazione solo grazie al peso delle aste. Inoltre, durante le operazioni di recupero, a causa della scarsissima consistenza, le carote tendevano a scivolare fuori dal carotiere. Al fine di poterle recuperare, le carote di questo intervallo hanno dovuto essere compattate all'interno del carotiere fino a raggiungere una consistenza che gli consentiva di non scivolare. Le carote recuperate sono in questo intervallo particolarmente disturbate e di lunghezza inferiore a quella del carotiere. Lo scarso grado di consistenza incontrato è in accordo con i numerosi intervalli caratterizzati da 1 o 2 colpi N<sub>20</sub> nelle prove DPSH.

Oltre la profondità di 6 metri il grado di consistenza del litotipo argilloso aumenta. Alla profondità di 9 metri, il risultato della prova effettuata è 2-4-5 cui corrisponde un numero di colpi SPT pari a 9. Tale risultato è in linea con i risultati delle prove DPSH e fornisce ulteriore conferma della validità dei dati ottenuti dalle prove DPSH.

Una seconda prova SPT in foro è stata eseguita alla profondità di 12 metri, su litotipo sabbioso-ghiaioso. È stata utilizzata punta chiusa. Il risultato ottenuto è 3-7-8 per un numero di colpi SPT pari a 15.

### **5.3 INDAGINE SISMICA TIPO MASW 1D E 2D**

Sono stati disposti due stendimenti geofonici da 12 geofoni ciascuno, spazati di 4 metri per l'esecuzione di indagini tipo MASW e CMPCC.

L'indagine MASW monodimensionale ha la finalità di ricostruire l'andamento medio delle velocità delle onde S nel volume di terreno complessivo al di sotto dello stendimento geofonico. Da tale andamento si ricava il valore del parametro  $V_{s30}$  e la categoria di suolo di fondazione ai sensi delle NTC 2008.

Nel caso in esame, entrambe le linee, eseguite circa perpendicolarmente fra loro, forniscono lo stesso valore di  $V_{s30}$ , pari a 220 m/s, collocando, unitamente all'assenza di basamento sismico, il sito nella categoria di sottosuolo 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  $V_{s30}$  compresi tra 180 e 360 m/s*".

L'indagine MASW bidimensionale, ottenuta con metodo CMPCC (Common Mid-Point Cross-Correlation, *Hayashi e Suzuki 2004*) è un'analisi utilizzata per valutare i dati MASW e ricavare delle sezioni tomografiche  $V_s$ . L'analisi CMPCC può essere dunque considerata un'estensione del metodo MASW che incrementa la risoluzione laterale e l'accuratezza della

sezione Vs.

La sezione ottenuta dalla linea 1 risulta lateralmente omogenea, con velocità che crescono in modo graduale con la profondità. Quella ottenuta dalla linea 2, risulta leggermente più articolata, con un minimo relativo di velocità in corrispondenza della progressiva 16 ed un massimo assoluto alla profondità di 10 metri, oltre la progressiva 30. Il range di velocità della sezione varia comunque fra 160 e 195 m/s, pertanto le variazioni sono minime e scarsamente significative.

Una descrizione più approfondita dei metodi di indagine è riportata nel rapporto in appendice.

## **6 STRATIGRAFIA GEOLOGICA**

Con riferimento alla geologia generale dell'area la stratigrafia del sito è riconducibile ad un modello a due strati (escluso quello antropico superficiale) di cui, quello superiore è riconducibile alla coltre eluvio-colluviale, per la cui descrizione si rimanda a pag.6.

Lo strato inferiore è invece riconducibile alla formazione delle Argille Azzurre, descritte alle pag. 5 e 6.

La profondità del contatto è collocabile con maggiore affidabilità sulla base delle prove penetrometriche. Esso cade circa alla profondità di 6 m oltre la quale i valori di  $N_{20}$  assumono un trend leggermente crescente con la profondità.

Il rifiuto ottenuto nella prova DPSH 4 è compatibile con la presenza, alla sommità della formazione delle Argille Azzurre, degli strati che compongono la litofacies pelitico-arenacea (FAAb, pag.6). In questo caso, all'interno dell'area di intervento, sarebbe presente una discontinuità laterale che dimezza la profondità del contatto fra la coltre eluvio-colluviale ed il substrato sottostante. Tale discontinuità può essere data da dislocazione tettonica o da differente entità di erosione del substrato.

Altro scenario compatibile con il rifiuto netto incontrato nella prova DPSH 4 è la presenza di qualche tipo di sottoservizio, realizzato presumibilmente in calcestruzzo o muratura come, ad esempio, nel caso di vecchie fognature. Tale aspetto dovrebbe essere approfondito in fase esecutiva attraverso uno scavo che consenta di visualizzare direttamente la natura dell'anomalia.

## **7 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DE TERRENI**

La caratterizzazione geotecnica dei terreni viene fatta attraverso i risultati delle prove penetrometriche DPSH e delle prove SPT in foro.

Dalle prove DPSH si ricava il numero di colpi equivalenti  $N_{SPT}$  attraverso il coefficiente proprio dello strumento utilizzato, indicato dal costruttore in 1.5. I parametri geotecnici di resistenza e deformazione vengono quindi ricavati dal numero di colpi SPT, utilizzando le relazioni seguenti.

- *Angolo di resistenza al taglio,  $\phi'$*

correlazione di Shioi e Fukuni (*Road Bridge Specification*, 1982)

$$\phi (^{\circ}) = (15 \cdot N_{spt})^{0.5} + 15$$

- *Resistenza al taglio senza drenaggio,  $C_u$*

correlazioni di Terzaghi e Peck e DM-7:

$$c_u \text{ (kg/cm}^2\text{)} = 0.125 \cdot N_{spt} \text{ per argille di alta plasticità}$$

$$c_u \text{ (kg/cm}^2\text{)} = 0.075 \cdot N_{spt} \text{ per argille di media plasticità}$$

$$c_u \text{ (g/cm}^2\text{)} = 0.0375 \cdot N_{spt} \text{ per argille di bassa plasticità e argille limose}$$

$$c_u \text{ (kg/cm}^2\text{)} = 0.067 \cdot N_{spt} \text{ Terzaghi e Peck}$$

- *Modulo edometrico,  $E$*

correlazione di Stroud & Butler (1975)

$$E \text{ (kg/cm}^2\text{)} = 4.58 \cdot N_{spt}$$

Si riportano di seguito i risultati delle prove penetrometriche con i grafici di resistenza e le tabelle con i parametri geotecnici calcolati per ogni intervallo di misura delle prove penetrometriche. Nelle tabelle delle prove penetrometriche sono anche riportati i valori del coefficiente di reazione del terreno  $K_b$  riferito alla prova di carico su piastra. Esso viene calcolato come rapporto fra pressione applicata e cedimento di consolidazione corrispondente considerando un sovraccarico su fondazione di 30 cm di lato, simulando di fatto la prova di carico su piastra.

In tale calcolo il cedimento viene ottenuto come somma del cedimento dato da ogni singolo intervallo di 20 cm misurato nella prova penetrometrica. Il valore del modulo edometrico è quello corrispondente al singolo intervallo, calcolato con la formula indicata precedentemente.

Per ogni strato il cedimento è dato da:

$$\Delta h = H \Delta q / E$$

dove:

$\Delta h$  = cedimento

$H$  = spessore dello strato

$\Delta q$  = incremento di pressione verticale

$E$  = modulo edometrico

La propagazione in profondità della pressione verticale è calcolata secondo la teoria di Boussinesq.

## Prova DPSH-3303-01

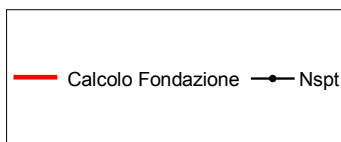
### TABELLE VALORI RESISTENZA

Data : 4/11/15  
 Cantiere: Eurospin Via di Valle Miano

Località: Ancona

Prof. (m)	N20	Nspt
--------------	-----	------

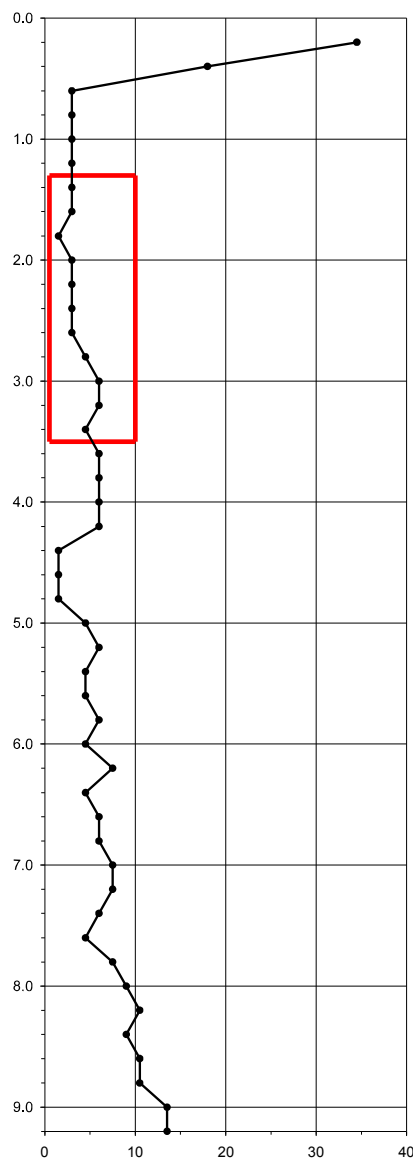
2.0	3.0	
-----	-----	--



$\gamma$ (g/cm <sup>3</sup> )	Cu (Kg/cm <sup>2</sup> )	$\phi'$ (°)	E (Kg/cm <sup>2</sup> )	Kb (Kg/cm <sup>2</sup> )
----------------------------------	-----------------------------	----------------	----------------------------	-----------------------------

0.38	21.7	13.7	0.48	
------	------	------	------	--

0.20	23	34.5
0.40	12	18.0
0.60	2	3.0
0.80	2	3.0
1.00	2	3.0
1.20	2	3.0
1.40	2	3.0
1.60	2	3.0
1.80	1	1.5
2.00	2	3.0
2.20	2	3.0
2.40	2	3.0
2.60	2	3.0
2.80	3	4.5
3.00	4	6.0
3.20	4	6.0
3.40	3	4.5
3.60	4	6.0
3.80	4	6.0
4.00	4	6.0
4.20	4	6.0
4.40	1	1.5
4.60	1	1.5
4.80	1	1.5
5.00	3	4.5
5.20	4	6.0
5.40	3	4.5
5.60	3	4.5
5.80	4	6.0
6.00	3	4.5
6.20	5	7.5
6.40	3	4.5
6.60	4	6.0
6.80	4	6.0
7.00	5	7.5
7.20	5	7.5
7.40	4	6.0
7.60	3	4.5
7.80	5	7.5
8.00	6	9.0
8.20	7	10.5
8.40	6	9.0
8.60	7	10.5
8.80	7	10.5
9.00	9	13.5
9.20	22	13.5



1.80	2.30	37.7	158.0	0.64
1.80	1.20	31.4	82.4	0.39
1.80	0.38	21.7	13.7	0.39
1.80	0.38	21.7	13.7	0.38
1.80	0.38	21.7	13.7	0.38
1.80	0.38	21.7	13.7	0.37
1.80	0.38	21.7	13.7	0.33
1.90	0.38	21.7	13.7	0.27
1.90	0.19	19.7	6.9	0.41
1.90	0.38	21.7	13.7	0.42
1.90	0.38	21.7	13.7	0.44
1.90	0.38	21.7	13.7	0.48
1.90	0.38	21.7	13.7	0.63
1.90	0.30	23.2	20.6	0.70
1.90	0.40	24.5	27.5	0.66
1.90	0.40	24.5	27.5	0.60
1.90	0.30	23.2	20.6	0.65
1.90	0.40	24.5	27.5	0.60
1.90	0.40	24.5	27.5	0.52
1.90	0.40	24.5	27.5	0.38
1.90	0.40	24.5	27.5	0.23
1.90	0.19	19.7	6.9	0.25
1.90	0.19	19.7	6.9	0.31
1.90	0.19	19.7	6.9	0.66
1.90	0.30	23.2	20.6	0.73
1.90	0.40	24.5	27.5	0.65
1.90	0.30	23.2	20.6	0.68
1.90	0.30	23.2	20.6	0.77
1.90	0.40	24.5	27.5	0.71
1.90	0.30	23.2	20.6	0.85
1.90	0.50	25.6	34.4	0.72
1.90	0.30	23.2	20.6	0.86
1.90	0.40	24.5	27.5	0.89
1.90	0.40	24.5	27.5	0.99
1.90	0.50	25.6	34.4	0.94
1.90	0.50	25.6	34.4	0.84
1.90	0.40	24.5	27.5	0.81
1.90	0.30	23.2	20.6	1.16
1.90	0.50	25.6	34.4	1.32
1.90	0.60	26.6	41.2	1.42
1.90	0.70	27.5	48.1	1.37
1.90	0.60	26.6	41.2	1.53
1.90	0.70	27.5	48.1	1.62
1.90	0.70	27.5	48.1	1.85
1.90	0.90	29.2	61.8	1.86
1.90	0.90	29.2	61.8	1.86

## Prova DPSH-3303-02

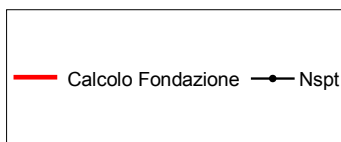
### TABELLE VALORI RESISTENZA

Data : 4/11/15  
 Cantiere: Eurospin Via di Valle Miano

Località: Ancona

Prof. (m)	N20	Nspt
--------------	-----	------

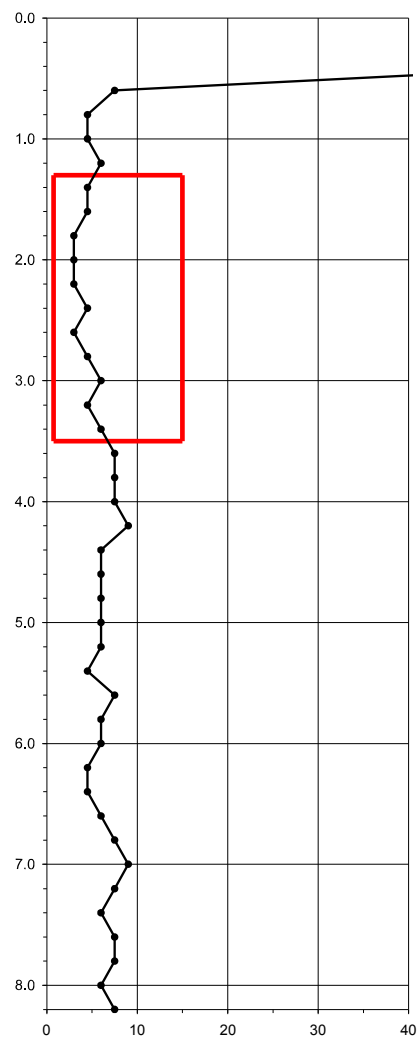
3.0	4.5	
-----	-----	--



$\gamma$ (g/cm <sup>3</sup> )	Cu (Kg/cm <sup>2</sup> )	$\phi'$ (°)	E (Kg/cm <sup>2</sup> )	Kb (Kg/cm <sup>3</sup> )
----------------------------------	-----------------------------	----------------	----------------------------	-----------------------------

0.38	23.2	20.6	0.56	
------	------	------	------	--

0.20	39	58.5
0.40	40	60.0
0.60	5	7.5
0.80	3	4.5
1.00	3	4.5
1.20	4	6.0
1.40	3	4.5
1.60	3	4.5
1.80	2	3.0
2.00	2	3.0
2.20	2	3.0
2.40	3	4.5
2.60	2	3.0
2.80	3	4.5
3.00	4	6.0
3.20	3	4.5
3.40	4	6.0
3.60	5	7.5
3.80	5	7.5
4.00	5	7.5
4.20	6	9.0
4.40	4	6.0
4.60	4	6.0
4.80	4	6.0
5.00	4	6.0
5.20	4	6.0
5.40	3	4.5
5.60	5	7.5
5.80	4	6.0
6.00	4	6.0
6.20	3	4.5
6.40	3	4.5
6.60	4	6.0
6.80	5	7.5
7.00	6	9.0
7.20	5	7.5
7.40	4	6.0
7.60	5	7.5
7.80	5	7.5
8.00	4	6.0
8.20	5	7.5



1.90	3.90	44.6	267.9	1.18
1.90	4.00	45.0	274.8	0.71
1.90	0.50	25.6	34.4	0.58
1.90	0.30	23.2	20.6	0.59
1.90	0.30	23.2	20.6	0.63
1.90	0.40	24.5	27.5	0.54
1.90	0.30	23.2	20.6	0.50
1.90	0.30	23.2	20.6	0.42
1.90	0.38	21.7	13.7	0.44
1.90	0.38	21.7	13.7	0.47
1.90	0.38	21.7	13.7	0.56
1.90	0.30	23.2	20.6	0.50
1.90	0.38	21.7	13.7	0.66
1.90	0.30	23.2	20.6	0.75
1.90	0.40	24.5	27.5	0.70
1.90	0.30	23.2	20.6	0.85
1.90	0.40	24.5	27.5	0.95
1.90	0.50	25.6	34.4	0.95
1.90	0.50	25.6	34.4	0.95
1.90	0.50	25.6	34.4	0.94
1.90	0.60	26.6	41.2	0.79
1.90	0.40	24.5	27.5	0.79
1.90	0.40	24.5	27.5	0.79
1.90	0.40	24.5	27.5	0.78
1.90	0.40	24.5	27.5	0.76
1.90	0.40	24.5	27.5	0.71
1.90	0.30	23.2	20.6	0.88
1.90	0.50	25.6	34.4	0.79
1.90	0.40	24.5	27.5	0.75
1.90	0.40	24.5	27.5	0.68
1.90	0.30	23.2	20.6	0.74
1.90	0.30	23.2	20.6	0.91
1.90	0.40	24.5	27.5	1.05
1.90	0.50	25.6	34.4	1.09
1.90	0.60	26.6	41.2	0.98
1.90	0.50	25.6	34.4	0.92
1.90	0.40	24.5	27.5	1.04
1.90	0.50	25.6	34.4	1.02
1.90	0.50	25.6	34.4	0.98
1.90	0.40	24.5	27.5	1.18
1.90	0.50	25.6	34.4	1.37



## Prova DPSH-3303-03

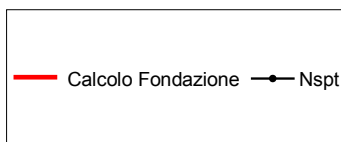
### TABELLE VALORI RESISTENZA

Data : 4/11/15  
 Cantiere: Eurospin Via di Valle Miano

Località: Ancona

Prof. (m)	N20	Nspt
--------------	-----	------

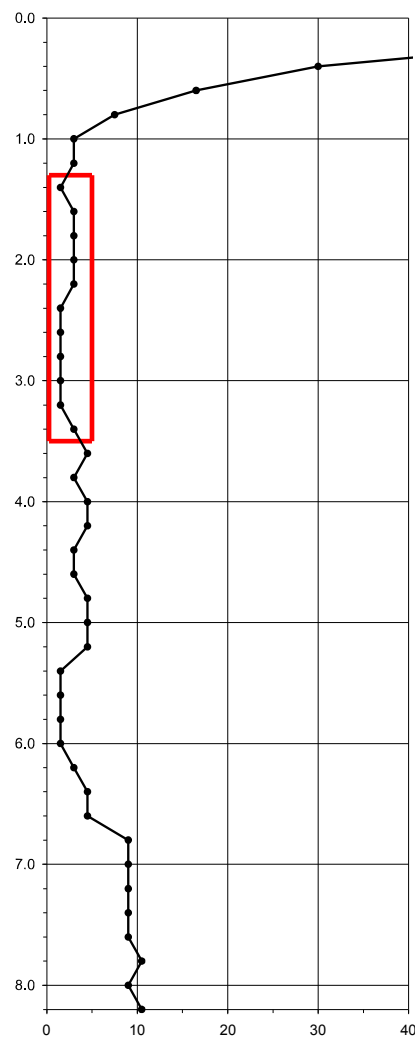
1.0		1.5
-----	--	-----



$\gamma$ (g/cm <sup>3</sup> )	Cu (Kg/cm <sup>2</sup> )	$\phi'$ (°)	E (Kg/cm <sup>2</sup> )	Kb (Kg/cm <sup>2</sup> )
----------------------------------	-----------------------------	----------------	----------------------------	-----------------------------

0.19		19.7	44.9	1.40
------	--	------	------	------

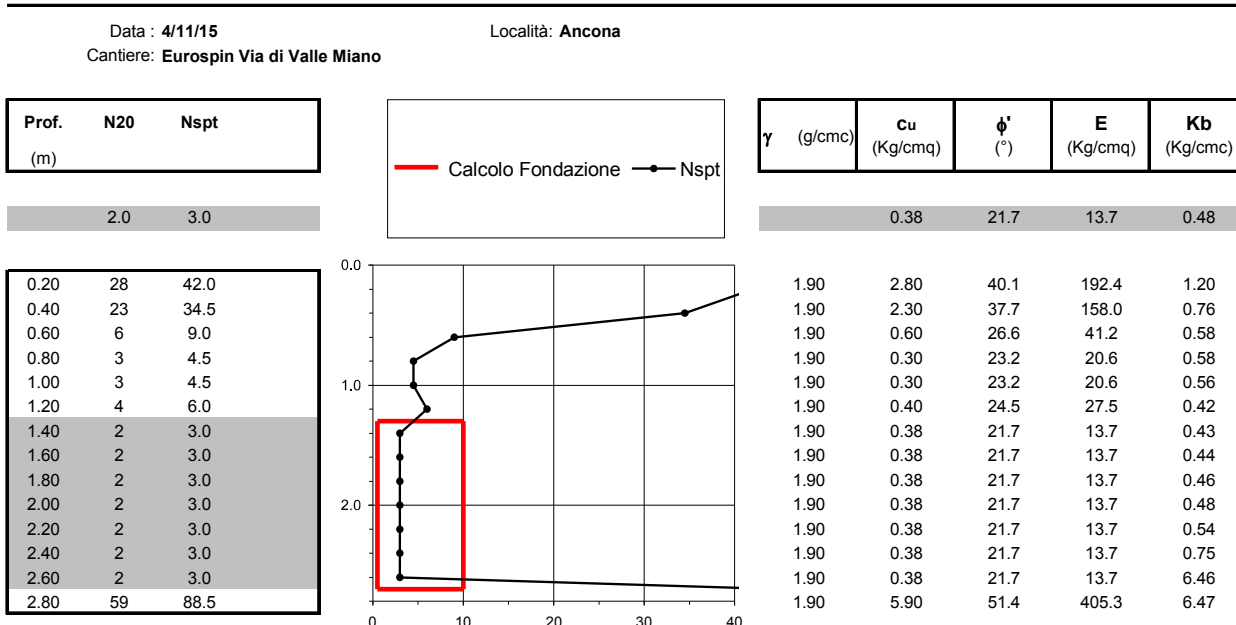
0.20	39	58.5
0.40	20	30.0
0.60	11	16.5
0.80	5	7.5
1.00	2	3.0
1.20	2	3.0
1.40	1	1.5
1.60	2	3.0
1.80	2	3.0
2.00	2	3.0
2.20	2	3.0
2.40	1	1.5
2.60	1	1.5
2.80	1	1.5
3.00	1	1.5
3.20	1	1.5
3.40	2	3.0
3.60	3	4.5
3.80	2	3.0
4.00	3	4.5
4.20	3	4.5
4.40	2	3.0
4.60	2	3.0
4.80	3	4.5
5.00	3	4.5
5.20	3	4.5
5.40	1	1.5
5.60	1	1.5
5.80	1	1.5
6.00	1	1.5
6.20	2	3.0
6.40	3	4.5
6.60	3	4.5
6.80	6	9.0
7.00	6	9.0
7.20	6	9.0
7.40	6	9.0
7.60	6	9.0
7.80	7	10.5
8.00	6	9.0
8.20	7	10.5



1.90	3.90	44.6	305.9	2.60
1.90	2.00	36.2	175.4	2.04
1.90	1.10	30.7	113.6	1.63
1.90	0.50	25.6	72.4	1.41
1.90	0.38	21.7	51.7	1.39
1.90	0.38	21.7	51.7	1.34
1.90	0.19	19.7	44.9	1.43
1.90	0.38	21.7	51.7	1.43
1.90	0.38	21.7	51.7	1.41
1.90	0.38	21.7	51.7	1.38
1.90	0.38	21.7	51.7	1.30
1.90	0.19	19.7	44.9	1.31
1.90	0.19	19.7	44.9	1.32
1.90	0.19	19.7	44.9	1.35
1.90	0.19	19.7	44.9	1.40
1.90	0.19	19.7	44.9	1.54
1.90	0.38	21.7	51.7	1.61
1.90	0.30	23.2	58.6	1.55
1.90	0.38	21.7	51.7	1.64
1.90	0.30	23.2	58.6	1.60
1.90	0.30	23.2	58.6	1.53
1.90	0.38	21.7	51.7	1.56
1.90	0.38	21.7	51.7	1.65
1.90	0.30	23.2	58.6	1.61
1.90	0.30	23.2	58.6	1.53
1.90	0.30	23.2	58.6	1.37
1.90	0.19	19.7	44.9	1.39
1.90	0.19	19.7	44.9	1.42
1.90	0.19	19.7	44.9	1.50
1.90	0.19	19.7	44.9	1.69
1.90	0.38	21.7	51.7	1.86
1.90	0.30	23.2	58.6	1.98
1.90	0.30	23.2	58.6	2.33
1.90	0.60	26.6	79.2	2.35
1.90	0.60	26.6	79.2	2.36
1.90	0.60	26.6	79.2	2.38
1.90	0.60	26.6	79.2	2.42
1.90	0.60	26.6	79.2	2.51
1.90	0.70	27.5	86.1	2.45
1.90	0.60	26.6	79.2	2.55
1.90	0.70	27.5	86.1	2.51

## Prova DPSH-3303-04

### TABELLE VALORI RESISTENZA



Ipotizzando l'utilizzo di una fondazione di tipo superficiale, posta alla profondità di circa 1.5 metri dal p.c. attuale e con larghezza compresa fra 2 e 3 metri, il cuneo di rottura della fondazione avrà un'altezza di circa 2 metri. Su questo intervallo di profondità di ogni prova (1.4 - 3.4 metri) vengono calcolati, come valori mediani, i corrispondenti parametri geotecnici.

A favore della sicurezza si deve fare riferimento ai valori più bassi ottenuti che sono:

- coesione non drenata  $c_u = 0.19 \text{ Kg/cm}^2$
- angolo di attrito  $\phi' = 19.7^\circ$

Tali valori sono da considerare come caratteristici nel caso di fondazione superficiale e ad essi andranno applicati i coefficienti parziali propri dell'approccio progettuale utilizzato.

Nel caso si opti per l'adozione di fondazione profonda si potrà invece fare riferimento ai parametri geotecnici riportati nella tabella seguente.

da (m)	a (m)	γ' (t/m <sup>3</sup> )	Cu (Kg/cm <sup>2</sup> )	φ' (°)
1,00	7,00	19,0	0,30	21,7
7,00	15,00	20,0	0,60	26,6

I valori del primo strato sono ricavati con lo stesso criterio utilizzato per la fondazione superficiale, ma nel diverso intervallo di profondità. Quelli del secondo strato sono ricavati dal numero di colpi SPT del sondaggio.

Anche dal profilo verticale Vs è possibile desumere, tramite alcune correlazioni empiriche riportate in letteratura, i parametri di resistenza geomeccanica e di compressibilità dei terreni interessati dal sovraccarico fondale.

Di seguito vengono descritti i metodi utilizzati per ricavare i parametri geotecnici dai valori di velocità delle onde di taglio.

La pressione di preconsolidazione (da cui si ricava il grado di sovraconsolidazione) è ottenuta dalla relazione di Mayne, Robertson e Lunne (1998):

$$\sigma'_p \text{ (KPa)} = 0.106 V_s^{1.47}$$

La pressione di preconsolidazione ha una buona correlazione con la resistenza alla punta del piezocono ( $q_t$ ) (Mayne, Christopher e Dejong, 2001):

$$q_t = 3\sigma'_p - \sigma'_{vo}$$

**dove:**

$\sigma'_p$  = pressione di preconsolidazione

$\sigma'_{vo}$  = pressione verticale efficace

La coesione non drenata ( $c_u$ ) si ricava dalla relazione seguente (Sabatini, 2002):

$$(c_u / \sigma'_v) = 0.23 \text{ OCR}^{0.80}$$

**dove:**

OCR = grado di sovraconsolidazione

$\sigma'_v$  = pressione verticale efficace

L'angolo di attrito ( $\phi'$ ) si ottiene dalla relazione di Robertson e Campanella (1983):

$$\phi' = \arctan[0.1 + 0.38 \log(q_t / \sigma'_{vo})]$$

Il valore ottenuto tiene conto del contributo dovuto dalla coesione.

Per i parametri di compressibilità è stato utilizzato il modulo di deformazione  $E_o$ , corrispondente alle deformazioni in campo sismico (ottenuto analiticamente dalle Vs misurate) ridotto opportunamente tramite un modulo di degradazione (Burns e Mayne, 1996). E' stato utilizzato un modulo di degradazione molto basso, corrispondente a livelli di deformazioni prossimi alla rottura: i valori  $E_s$  ottenuti risultano dunque cautelativi.

$$E_s = (E/E_o) 2 \rho V_s^2 (1 + \nu)$$

**dove:**

( $E/E_o$ ) = modulo di degradazione

$\rho$  = densità (=  $\gamma_t/g$ )

$\nu$  = rapporto di Poisson

Le relazioni sopra riportate vengono utilizzati per caratterizzare i terreni a profondità superiore a quella raggiunta dalle prove dirette. Delle due indagini MASW monodimensionale, a favore della sicurezza, si fa riferimento al valore di velocità più basso.

Nell'intervallo 9-15 metri il valore minimo di velocità è pari a 219 m/s. Nell'intervallo 15-30m il valore è di 255 m/s. Nella tabella seguente sono riportati i valori dei parametri geotecnici ricavati da tali valori di velocità che risultano cautelativi rispetto a quelli ottenuti dalle prove dirette.

Da	A	Vs	G <sub>0</sub>	Cu	φ'	Es	Eo
(m)	(m)	(m/sec)	KPa	(Kg/cmq)	(°)	(Kg/cmq)	(Kg/cmq)
9.0	15.0	219	88969	0.50	19.9	40	1957
15.0	30.0	255	122061	0.68	20.5	55	2685

*Sintesi parametri geotecnici da Vs*

## 8 ASPETTI SISMICI

### 8.1 AZIONE SISMICA

Viene qui definita l'azione sismica di progetto ai sensi del D.M. 14 gennaio 2008. Essa viene calcolata con approccio "sito dipendente" attingendo alle informazioni disponibili nel reticolo di riferimento (riportato nella tabella 1 nell'Allegato B del citato decreto). Le coordinate del sito di studio sono le seguenti:

**ED50:**                    43,606800 ° N    13,512102 ° E

Il sito ricade nel quadrilatero compreso fra i nodi della maglia indicati nella tabella seguente:

	ID	Latitudine [°]	Longitudine [°]	Distanza [m]
Sito 1	20979	43,584960	13,489960	3012,8
Sito 2	20980	43,584940	13,559000	4491,2
Sito 3	20758	43,634940	13,559040	4905,8
Sito 4	20757	43,634960	13,489970	3602,6

Gli altri parametri considerati per la definizione dell'azione sismica sono la vita nominale della costruzione, pari a 50 anni ed il coefficiente d'uso della costruzione, pari a 1 (costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali). L'azione sismica viene valutata per lo Stato Limite di salvaguardia della Vita (SLV). Il tempo di ritorno per l'azione sismica considerata è pari a 475

anni.

Il valore di accelerazione orizzontale massima  $a_g$ , calcolato come media ponderata dei valori di accelerazione ai 4 nodi della maglia, è pari a **0.174 g**.

In seguito a D.G.R. 1046 del 29/7/2003 il comune di Ancona è classificato in zona sismica 2.

## 8.2 AMPLIFICAZIONE SISMICA

Le indagini sismiche eseguite nell'area riconducono alla **categoria di suolo di fondazione C** (D.M. 14/01/2008), corrispondente a "*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  $V_{s30}$  compresi tra 180 e 360 m/s*".

Si precisa che il parametro  $V_{s30}$  rappresenta una media dei terreni presenti fino alla profondità di 30 metri i quali influenzano, nel loro insieme, l'amplificazione sismica locale da un punto di vista esclusivamente stratigrafico. Il fattore moltiplicativo  $S_s$  relativo alla categoria di suolo individuata è pari a 1.44.

Per quanto riguarda la componente topografica dell'amplificazione sismica, trovandosi in zona di pianura, si ha coefficiente  $S_T = 1$ .

Il coefficiente di amplificazione risultante  $S = S_s \times S_T$  è dunque uguale ad 1.44.

Per la categoria di suolo di fondazione "**C**" che si ottiene dal valore misurato del parametro  $V_{s30}$ , il fattore moltiplicativo  $S$  che rappresenta l'amplificazione locale risulta pari a 1.44. L'accelerazione sismica massima orizzontale secondo il D.M. 14 gennaio 2008 risulta pari a:

$$S \cdot a_g = 1.44 \cdot 0.174 \text{ g} = \mathbf{0.25056g}$$

## 8.3 LIQUEFAZIONE

Per valutare la suscettibilità a liquefazione della successione litologica si è fatto riferimento sia al numero di colpi SPT ottenuto dalle prove penetrometriche che alle caratteristiche granulometriche e di consistenza dello strato a prevalenza argilloso-limoso presente nell'intervallo 0.8 - 11.5 metri. Esso è stato caratterizzato attraverso il campione C1 prelevato nell'intervallo 4.3 - 4.8 m di profondità. Su tale campione è stata eseguita l'analisi granulometrica e la valutazione dei limiti di Atterberg. Il rapporto di prova è riportato in allegato 7.

La magnitudo di riferimento per la verifica a liquefazione è considerata pari a 5 in quanto, dai grafici di disaggregazione del valore di  $a(g)$  con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni, disponibili sul sito INGV all'indirizzo <http://esse1-gis.mi.ingv.it/>, per distanze inferiori a 10 Km dal nodo considerato la percentuale di terremoti di magnitudo compresa fra 5.0 e 5.5 è pari al

18.2% mentre è del 26.3% quella relativa a magnitudo comprese fra 4.5 e 5 e del 12.3% quella per magnitudo comprese fra 4 e 4.5.

La falda è considerata alla profondità di 1.25 metri dal p.c.

La verifica viene fatta utilizzando il metodo di *Iwasaki et al.* che utilizza i valori di  $N_{SPT}$  ed il diametro delle particelle corrispondente al 50% del passante. Data la litologia prevalentemente limoso-argillosa, per tale parametro si considera il limite superiore delle argille, pari a 0.001 mm. I valori di  $N_{SPT}$  considerati sono 1.5 e 3, misurati, sotto il livello di falda, nelle prove DPSH 1 e DPSH 3. Di seguito si riporta il foglio di calcolo utilizzato per la verifica.

Profondità [m]	$\gamma$ [kg/m <sup>3</sup> ]	Nspt [colpi/piede]	$\sigma_{VO}$ [kg/cm <sup>2</sup> ]	$\sigma'_{VO}$ [kg/cm <sup>2</sup> ]	$d_{50}$ [mm]	R	T	FS
2	1700	1.5	0.34	0.14	0.00527	0.0046	0.0104	0.45
2.6	1900	1.5	0.49	0.23	0.00527	0.0049	0.0090	0.54
3.2	2000	1.5	0.64	0.32	0.00527	0.0051	0.0085	0.60
3.8	2000	3	0.76	0.38	0.00527	0.0105	0.0084	1.24
5.4	2000	1.5	1.08	0.54	0.00527	0.0056	0.0083	0.68
6	2000	1.5	1.20	0.60	0.00527	0.0058	0.0083	0.69
			0.00	0.00		0.0000	0.0000	0.00
			0.00	0.00		0.0000	0.0000	0.00
			0.00	0.00		0.0000	0.0000	0.00
			0.00	0.00		0.0000	0.0000	0.00
			0.00	0.00		0.0000	0.0000	0.00
			0.00	0.00		0.0000	0.0000	0.00
			0.00	0.00		0.0000	0.0000	0.00
			0.00	0.00		0.0000	0.0000	0.00
			0.00	0.00		0.0000	0.0000	0.00

Zona 2	$a_{max}$	2	▼
--------	-----------	---	---

M	5
MSF	3.8115

Falda	1.25	[m]
-------	------	-----

- $\gamma$  Peso di volume terreno
- $d_{50}$  Particelle corrispondente al 50% di passante
- T sforzo tagliante indotto dal sisma
- R resistenza al taglio mobilabile nello strato
- M Magnitudo del sisma di riferimento
- MSF Coefficiente correttivo
- $\sigma_V$  Tensione verticale
- $\sigma'_{VO}$  Tensione verticale efficace

Il deposito è considerato non liquefacibile se  $F_s > 1$ .

Si osserva che il fattore di sicurezza scende sotto l'unità per quegli intervalli caratterizzati da 1.5 colpi SPT (1 colpo N<sub>20</sub> della DPSH). Tali intervalli sono presenti in prossimità della superficie (2.4 - 3.4 m nella prova DPSH 03) e quindi di spessore comparabile a quello che li separa dal piano di posa di una eventuale fondazione superficiale. Livelli analoghi sono individuati anche a profondità maggiori (4.4 - 5.0 m nella prova DPSH 01 e 5.4 - 6.2 m nella prova DPSH 03).

Risultati analoghi sono ottenuti facendo la verifica con il metodo Eurocodice 8 tramite il

programma Liquefy. Di seguito i risultati delle verifiche sulla prova DPSH 03.

Liquefaction potential estimation v.2.6

**Liquefaction potential estimation according to Eurocode 8 or American standards**

Ioannis Th. Ioannides - Dipl. Civil Engineer A.U.Th.  
Merarhias 56 - 621 22 SERRES tel.: 23210 46996 47001, email : ioannides@edrash.gr

**1. Soil layers data**

?thickness 10.00 (m) ? 19.00 (kN/m<sup>3</sup>)

No	H	gamma
1	10.00	19.00
2	10.00	19.00

**2. Test points data**  from CPT Data

Depth 2.00 (m) ?spt 2 % FC 30.00

No	Depth	Nspt	FC
20	4	4.5	70
21	4.2	4.5	70
22	4.4	3	70
23	4.6	3	70
24	4.8	4.5	70
25	5	4.5	70

**3. Calculation parameters**

G.W.T. 1.25 (m, -1 no water)  Import data  Calc. method  FC correction  Calc. params.

P.G.A. 0.25 (g)

Earthquake Magn. 5.5 (Richter)

Subsoil class C

Global factor of safety 1.0

EC8  US (NCEER)

**4. Calculation results**

No	Depth	Bulk ?	% FC	u (kPa)	sv (kPa)	s'v (kPa)	Nspt	N1(60)	?...	CSR	CRRm	F.S.
10	2.00	19.00	-	7.36	38.00	30.64	4	7.2	-	0.18	0.24	1.30
11	2.20	19.00	-	9.32	41.80	32.48	4	7.0	-	0.19	0.23	1.23
12	2.40	19.00	-	11.28	45.60	34.32	2	3.4	-	0.19	0.16	0.85
13	2.60	19.00	-	13.24	49.40	36.16	2	3.3	-	0.20	0.16	0.82
14	2.80	19.00	-	15.21	53.20	37.99	2	3.2	-	0.20	0.16	0.80
15	3.00	19.00	-	17.17	57.00	39.83	2	4.0	-	0.21	0.17	0.82
16	3.20	19.00	-	19.13	60.80	41.67	2	3.9	-	0.21	0.17	0.80
17	3.40	19.00	-	21.09	64.60	43.51	5	7.6	-	0.22	0.25	1.13
18	3.60	19.00	-	23.05	68.40	45.35	7	11.1	-	0.22	0.35	1.58
19	3.80	19.00	-	25.02	72.20	47.18	4	7.3	-	0.22	0.24	1.06
22	4.40	19.00	-	30.90	83.60	52.70	4	6.9	-	0.23	0.23	0.98
23	4.60	19.00	-	32.86	87.40	54.54	4	6.8	-	0.23	0.23	0.96
24	4.80	19.00	-	34.83	91.20	56.37	6	10.0	-	0.24	0.31	1.32
25	5.00	19.00	-	36.79	95.00	58.21	6	9.8	-	0.24	0.31	1.29
26	5.20	19.00	-	38.75	98.80	60.05	6	9.7	-	0.24	0.30	1.26
27	5.40	19.00	-	40.71	102.60	61.89	2	3.2	-	0.24	0.16	0.67
28	5.60	19.00	-	42.67	106.40	63.73	2	3.1	-	0.24	0.16	0.66
29	5.80	19.00	-	44.64	110.20	65.56	2	3.1	-	0.25	0.16	0.66
30	6.00	19.00	-	46.60	114.00	67.40	2	3.0	-	0.25	0.16	0.65
31	6.20	19.00	-	48.56	117.80	69.24	4	6.0	-	0.25	0.21	0.84
32	6.40	19.00	-	50.52	121.60	71.08	5	8.9	-	0.25	0.28	1.12
33	6.60	19.00	-	52.48	125.40	72.92	5	8.8	-	0.25	0.28	1.10
34	6.80	19.00	-	54.45	129.20	74.75	10	17.3	-	0.25	0.54	2.13
35	7.00	19.00	-	56.41	133.00	76.59	10	17.1	-	0.25	0.53	2.10
36	7.20	19.00	-	58.37	136.80	78.43	10	16.9	-	0.26	0.53	2.06
37	7.40	19.00	-	60.33	140.60	80.27	10	16.7	-	0.26	0.52	2.03
38	7.60	19.00	-	62.29	144.40	82.11	10	16.6	-	0.26	0.51	2.00
39	7.80	19.00	-	64.26	148.20	83.94	11	19.1	-	0.26	0.59	2.30
40	8.00	19.00	-	66.22	152.00	85.78	10	16.2	-	0.26	0.50	1.94
41	8.20	19.00	-	68.18	155.80	87.62	11	18.7	-	0.26	0.58	2.23

F.S. > 1.25, no liquefaction potential

In questo caso sono potenzialmente liquefacibili livelli con fattore di sicurezza inferiore ad 1.25 pertanto il rischio di liquefazione si estende fino alla profondità di 6.6 metri dal p.c. attuale.



I risultati sopra indicati sono basati solamente sui valori di resistenza e non tengono conto della composizione granulometrica del deposito. A questo scopo la valutazione di suscettibilità viene fatta sia in base alla curva granulometrica misurata che, come visibile nel rapporto di prova è esterna al campo di suscettibilità alla liquefazione. Inoltre la suscettibilità è stata valutata anche con i metodi di Boulanger & Idriss (2005) e di Bray & Sancio (2006) che si basano sulla percentuale di materiale fine ed alle caratteristiche di plasticità del materiale, in particolare dell'indice di plasticità ( $IP = 23.4$ ) ed del rapporto fra il contenuto d'acqua ed il limite di liquidità ( $w_c/LL = 24.6/44 = 0.56$ ). Con entrambi i metodi la suscettibilità a liquefazione è nulla per il contenuto d'acqua attuale

WSDOT Liquefaction Hazard Evaluation System (beta)

Site : Ancona Job No. : 3303 - Eurospin  
 Latitude : 43.606800 N Longitude : -13.512102 W Analyst : lg Data Process

Welcome | Soil Profile | **Susceptibility** | Initiation | Effects | Report

Layer	Description	DTC	PI	wc/LL	Boulanger Idriss	Bray Sancio	Susceptibility Index	Susceptible?
1	riporto	0.63	Unsat	Unsat	0.00	0.00	0.00	NO
2	argilla	5.25	23.4	56	0.00	0.00	0.00	NO

Threshold SI : 0.5 Weighting Factors : B-I 0.50 B-S 0.50 Evaluate

e resta prossima allo zero (0.0 per Boulanger & Idriss, 0.07 per Bray e Sancio) anche con contenuto d'acqua doppio rispetto al limite di liquidità.

WSDOT Liquefaction Hazard Evaluation System ( beta)

Site : Ancona Job No. : 3303 - Eurospin  
 Latitude : 43.606800 N Longitude : -13.512102 W Analyst : lg Data Process

Welcome | Soil Profile | **Susceptibility** | Initiation | Effects | Report

Layer	Description	DTC	PI	wc/LL	Boulanger Idriss	Bray Sancio	Susceptibility Index	Susceptible?
1	riporto	0.63	Unsat	Unsat	0.00	0.00	0.00	NO
2	argilla	5.25	23.4	2	0.00	0.07	0.04	NO

Threshold SI : 0.5 Weighting Factors : B-I 0.50 B-S

Evaluate

Questo significa sia che il materiale rappresentato dal campione esaminato non è suscettibile di liquefazione (anche in caso di variazione delle condizioni di imbibizione), sia che il materiale individuato nell'intervallo 1.5 - 4.0 metri del sondaggio, caratterizzato da contenuto d'acqua sicuramente maggiore, è anch'esso non suscettibile di liquefazione.

*il geologo*



## **ALLEGATI**

# Allegato 1 - Ubicazione area di intervento

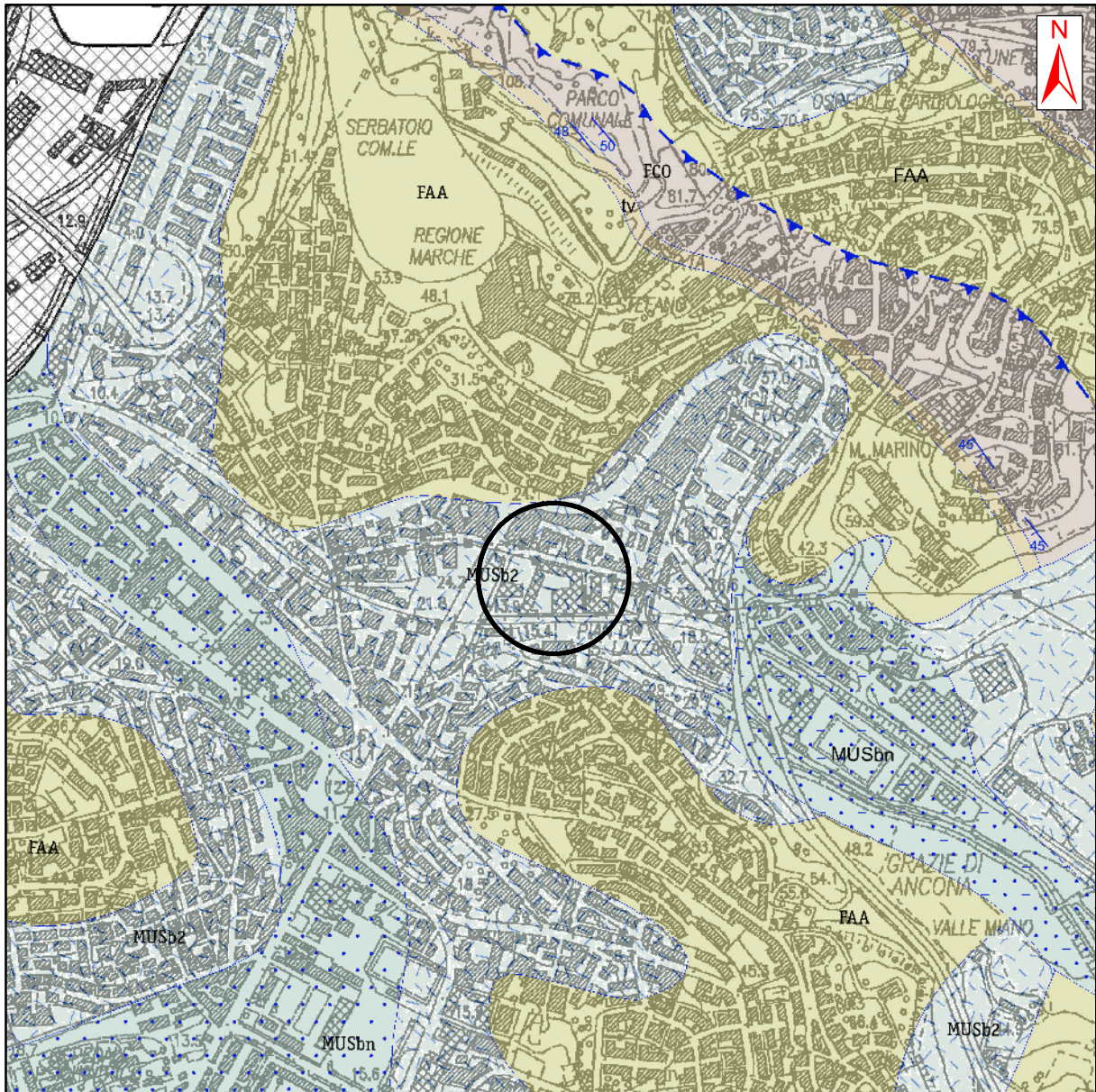
estratto da: Portale Cartografico Nazionale - Carta IGM, scala 1:25.000



Scala 1:25 000

## Allegato 2 - Carta geologica dell'area

estratto da: Carta Geologica Regionale, scala 1:10.000, Sezione 282-150 "Ancona"



### LEGENDA

- MUSb2 = Depositi eluvio-colluviali
- MUSbn = Depositi alluvionali terrazzati
- FAA = Formazione della Argille Azzurre (Zancleano p.p. - Emiliano p.p.)
- tv = Orizzonte del Trave (Messiniano sup p.p. - Pliocene in p.p.(?))
- FCO = Formazione a Colombacci (Miocene)

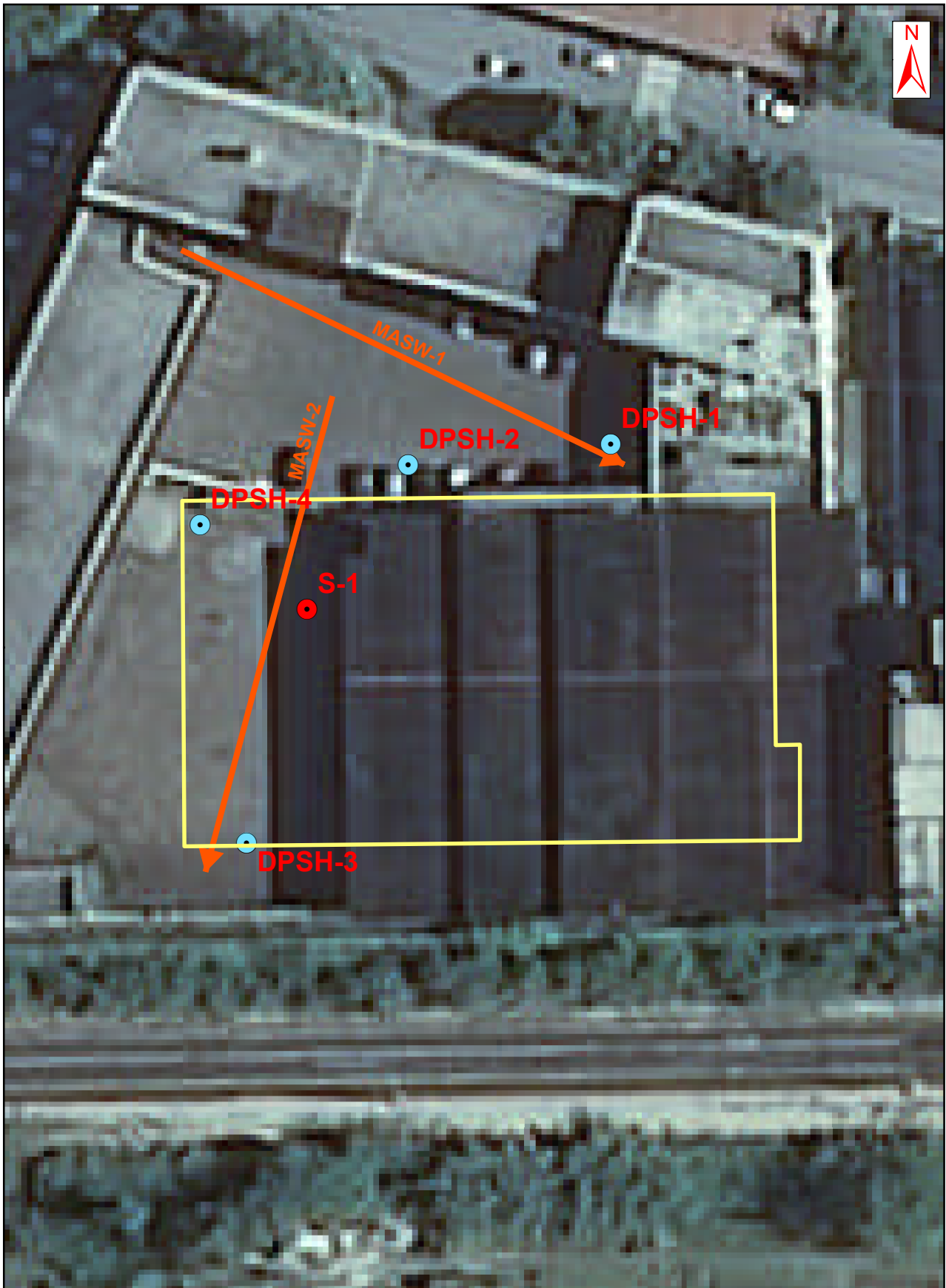
0 Metri 400





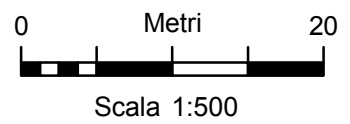
Scala 1:10 000

# Allegato 3 - Ubicazione Indagini

base estratta da: Portale Cartografico Nazionale - Ortofoto 2012

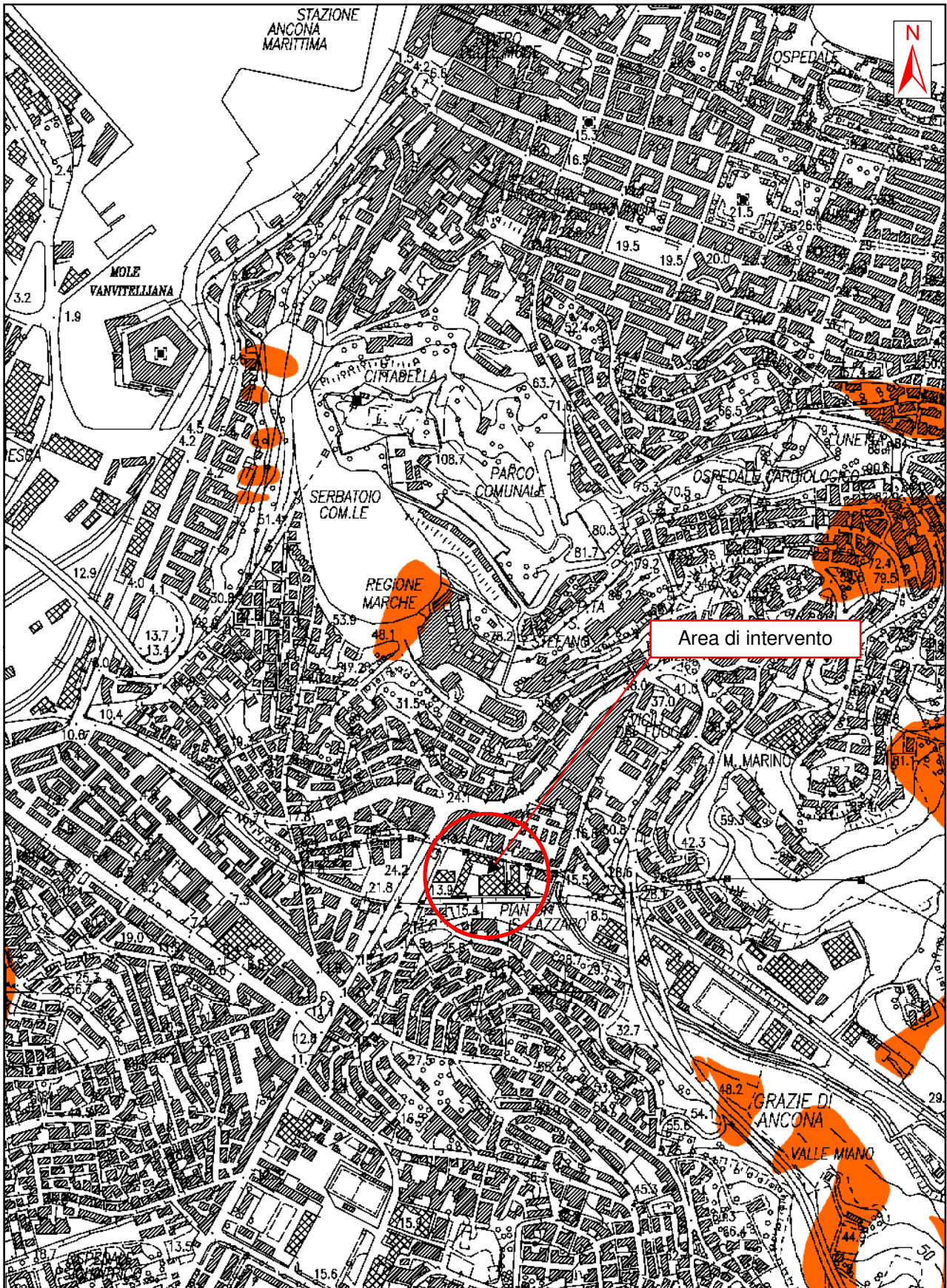


-  Profilo MASW
-  Prova DPSH
-  Sondaggio



# Allegato 4 - Cartografia PAI

estratto da: Portale Cartografico Nazionale - PAI Pericolosità idrogeologica



Scala 1:10 000

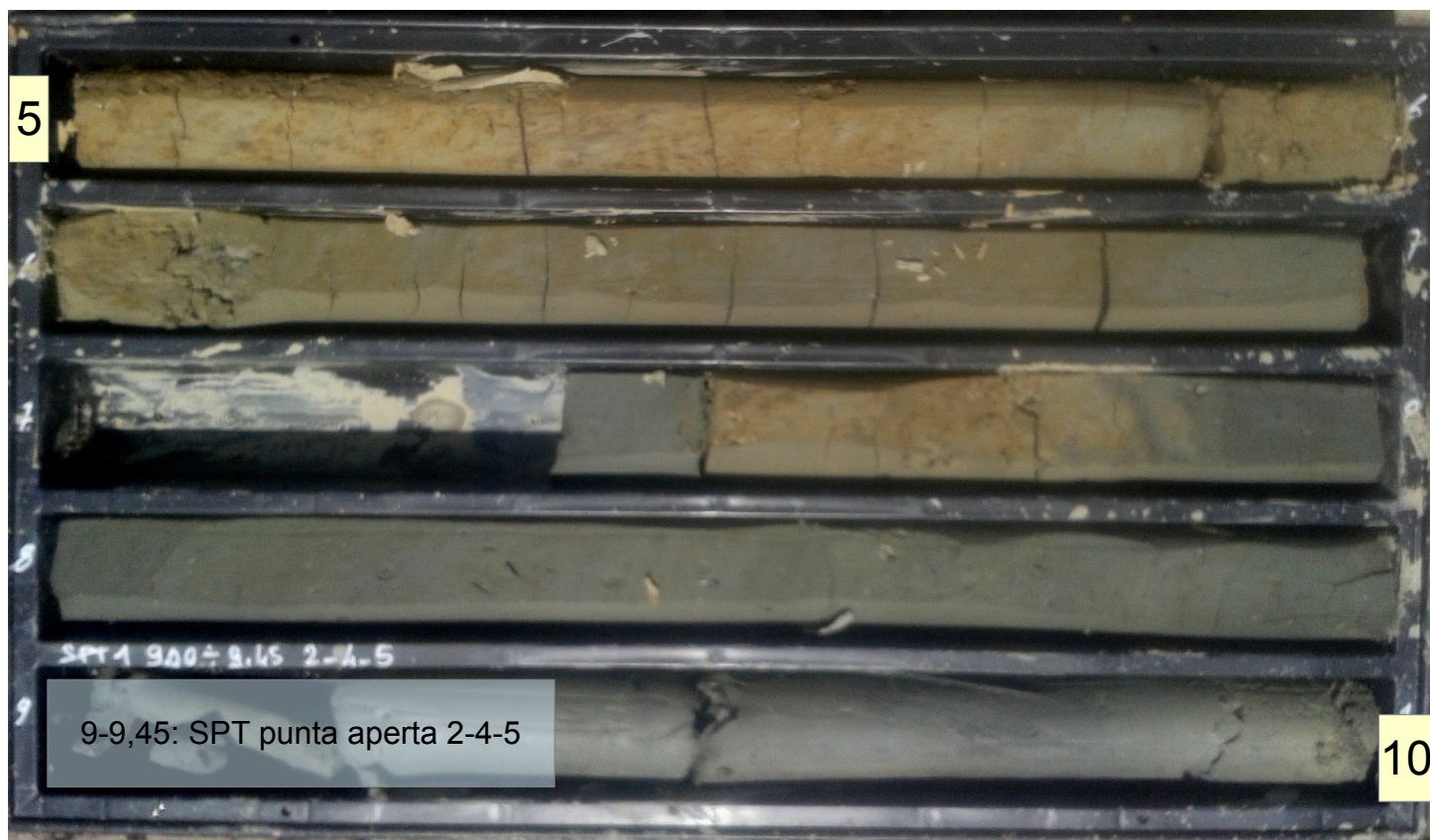
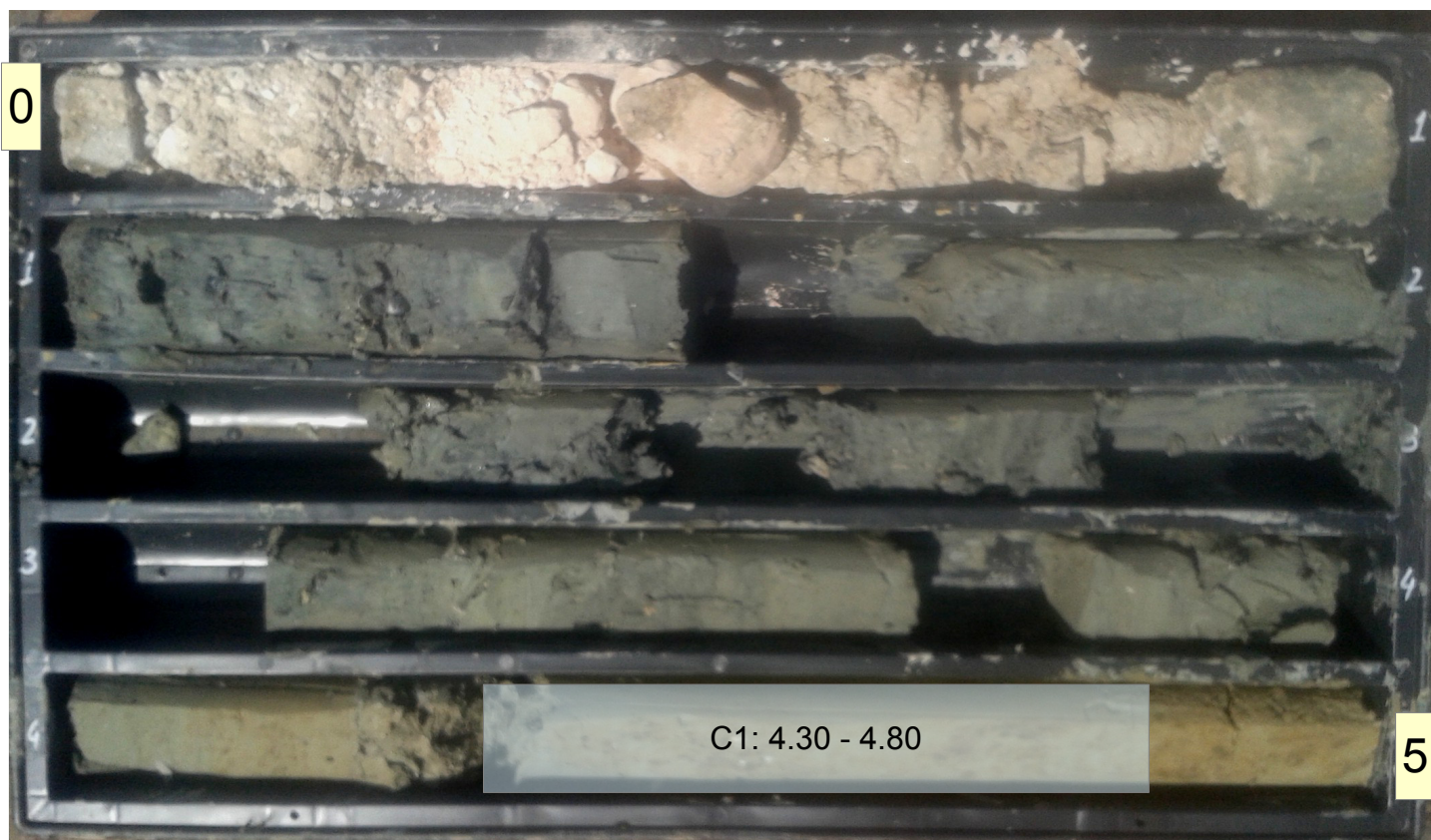
## Allegato 5 - Sondaggio geognostico

Lavoro: Punto Vendita Eurospin				Sondaggio: S1		
Ubicazione: Ancona - Via valle Miano				Diametro (mm)	Casing	Aste
Data inizio: 27/05/2016		Data fine: 27/05/2016				
Profondità (m)	Spessore	Log	Descrizione litologica	Campione	SPT	p.p.
1	0.8	0.8	Pavimentazione e sottofondo in breccino calcareo			
2	1.5	0.7	Argille grigie mediamente plastiche, insature			
3	4.0	2.5	Argille grigie molto plastiche, quasi liquide, sature. Avanzamento tramite il solo peso delle aste. Data la scarsissima consistenza le carote tendevano a scivolare fuori dal carotiere durante il sollevamento delle aste pertanto, in questo intervallo, risultano completamente rimaneggiate a causa delle numerose manovre necessarie al recupero.			
4	5.0	1.0	Passaggio graduale da argille grigie ad argille limose grigio-nocciola, mediamente consistenti, con sparsi rari clasti calcarei diametro < 1 cm	C1		
5	6.0	1.0	Passaggio da argille limose grigio-nocciola ad argille grigie mediamente consistenti. Livello a maggiore contenuto sabbioso fra 5.6 e 5.7 m. Presenza di frustoli di sostanza organica nerastri.			
6	7.5	1.5	Passaggio graduale da argille limose grigio-nocciola ad argille grigie da mediamente a poco consistenti.			

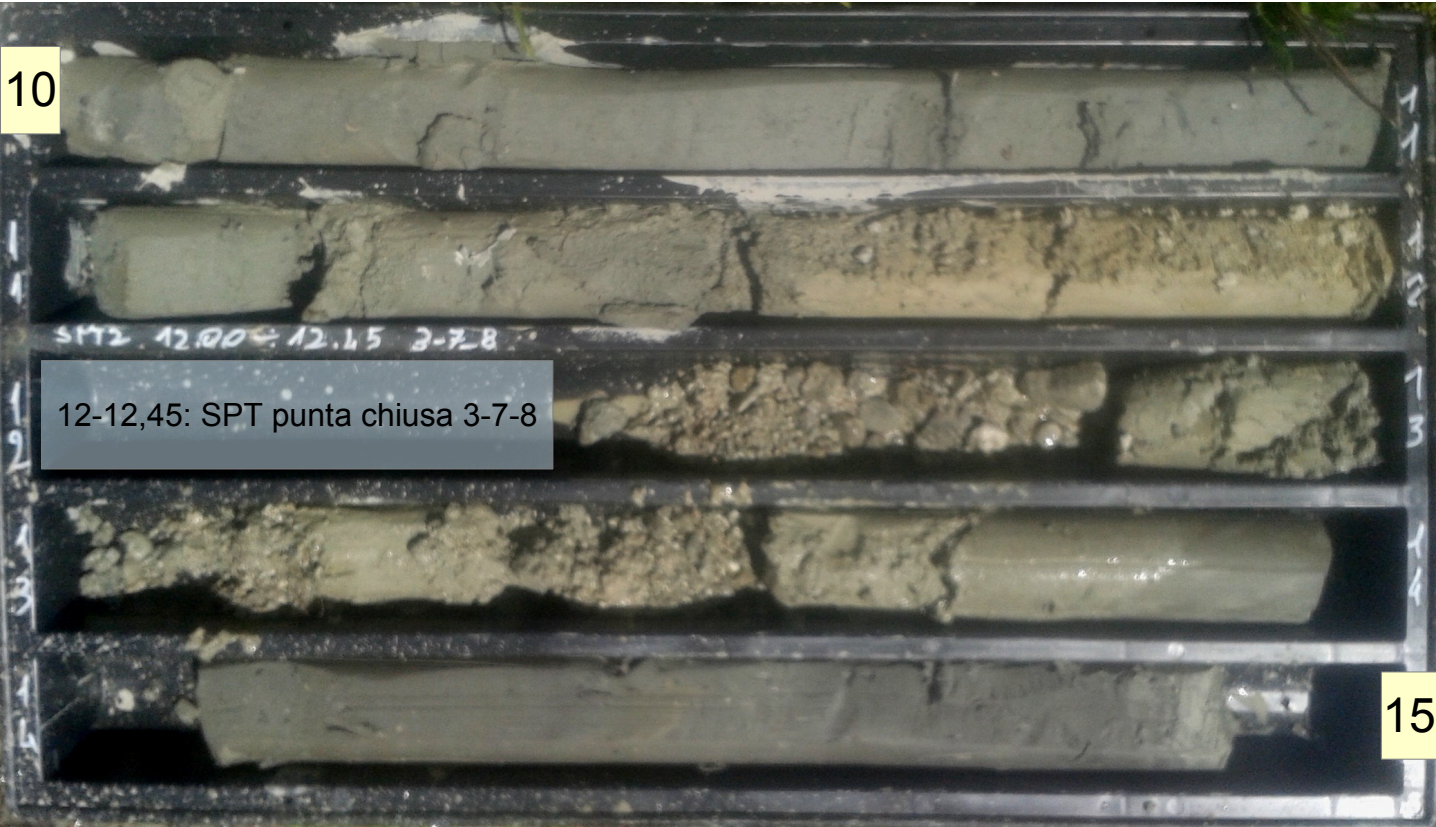


Lavoro: Punto Vendita Eurospin				Sondaggio: S1		
Ubicazione: Ancona - Via valle Miano				Diametro (mm)	Casing	Aste
Data inizio: 27/05/2016		Data fine: 27/05/2016				
Profondità (m)	Spessore	Log	Descrizione litologica	Campione	SPT	p.p.
8			Argille grigie mediamente consistenti			
9	9.0	1.5	Argille grigie con debole contenuto sabbioso fine nella parte basale		9.0-9.45 SPT <sub>pa</sub> 2-4-5	
10	10.5	1.5	Aumento del contenuto sabbioso in matrice argillosa grigia			
11	11.5	1.0	Ghiaiutto in matrice sabbiosa grigio-nocciola		12.0-12.45 SPT <sub>pc</sub> 3-7-8	
12			Argilla grigia mediamente consistente			
13	13.5	2.0				
14						
15	15.0	1.5				

## Allegato 5b - Documentazione fotografica sondaggio



10



12-12,45: SPT punta chiusa 3-7-8

SPT 12.00-12.15 3-7-8

15

<b>PROVE PENETROMETRICHE MECCANICHE / ELETTRICHE</b> <b>SCHEMA PENETROMETRO</b>		
	riferimento	<b>082-2015</b>

Committente: <b>Studio Geta</b>		
Cantiere:		
Località: <b>Ancona</b>		

<b>DPSH (S. Heavy)</b>		<b>DPSH (S. Heavy)</b>	
<b>Sigla</b>	<b>DPSH (S. Heavy)</b>	Nominativo o sigla dello strumento	
<b>Beta eff.</b>	<b>1,80</b>	Coefficiente Effettivo suggerito dal costruttore del penetrometro	
<b>M(massa)</b>	<b>64 kg</b>	Massa del Maglio Battente agente sulla batteria di aste	
<b>H(maglio)</b>	<b>0,75 m</b>	Altezza di caduta o corsa del maglio (toll. da 0.01m a 0.02m)	
<b>L(aste)</b>	<b>1,00 m</b>	Lunghezza delle aste utilizzabili, variabile da 1.00m a 2.00m (toll. da 0.1% a 0.2%)	
<b>M(aste)</b>	<b>8,00 kg</b>	Peso al metro lineare delle aste (N.B. indipendente dalla lunghezza delle aste)	
<b>M(sistema)</b>	<b>30 kg</b>	Massa del complesso asta di guida - testa di battuta	
<b>A(punta)</b>	<b>20,00 cm<sup>2</sup></b>	Area della superficie laterale del cono della punta	
<b>Alfa(punta)</b>	<b>90 °</b>	Angolo di apertura della punta conica variabile tra 60° e 90°	
<b>Prf.(1°asta)</b>	<b>0,80 m</b>	Profondità di giunzione della prima asta infissa	
<b>N</b>	<b>0,20 m</b>	Penetrazione standard, tratto di penetrazione per quale sono necessari Nx colpi	
<b>Rivest.</b>	<b>Sì</b>	Previsto uso di rivestimento delle aste o uso di fanghi	
<b>ø(punta)</b>	<b>50,50 mm</b>	Diametro della punta conica integra, cioè non soggetta ad usura (toll. da 0.3 a 0.5mm)	
<b>MaxCE%</b>	<b>50,00 %</b>	Massima compressione elastica consentita rispetto alla penetrazione	
<b>L/DM</b>	<b>2,00</b>	Rapporto tra la lunghezza e il diametro del maglio di battuta	
<b>D(tb)</b>	<b>100,00 mm</b>	Diametro della testa di battuta.	
<b>DEV(a)[&lt;5m]</b>	<b>2,00 °</b>	Deviazione massima delle aste dalla verticale nei primi 5.00 metri	
<b>DEV(a)[&gt;5m]</b>	<b>1,00 °</b>	Deviazione massima delle aste dalla verticale oltre i 5.00 metri	
<b>ECCmax(a)</b>	<b>0,02 mm</b>	Massima eccentricità consentita alle aste	
<b>Dest(aste)</b>	<b>32,00 mm</b>	Diametro esterno delle aste (toll. max 0.2mm)	
<b>Dint(aste)</b>		Diametro interno delle aste cave (toll. da 0.2mm a 0.3mm)	
<b>Dmin(punta)</b>	<b>49,00 mm</b>	Minimo diametro consentito per la punta conica usurata	
<b>hcl(punta)</b>	<b>50,50 mm</b>	Altezza del cilindro alla base del cono della punta (toll. da 1.00mm a 2.00mm)	
<b>Ras(punta)</b>	<b>11,00 mm</b>	Rastremazione del cono nella parte alta	
<b>Hc(punta)</b>		Altezza della parte conica della punta non soggetta ad usura (toll. da 0.1mm a 0.4mm)	
<b>RangeCP</b>	<b>5 - 100</b>	Massimo numero di colpi utile	
<b>Spinta</b>	<b>t</b>	Spinta nominale strumento	

<b>PROVA PENETROMETRICA DINAMICA</b> <b>LETTURE DI CAMPAGNA PUNTA E/O TOTALE</b>	<b>DIN</b>	<b>1</b>
	riferimento	<b>082-2015</b>

Committente: <b>Studio Geta</b>	U.M.: <b>kg/cm<sup>2</sup></b>	Data esec.: <b>04/11/2015</b>
Cantiere:	Pagina: <b>1</b>	Falda: <b>-1,25 m</b> da p.c.
Località: <b>Ancona</b>	Elaborato:	

H m	Asta n°	L1 n°	L2 n°	qcd kg/cm <sup>2</sup>	H m	Asta n°	L1 n°	L2 n°	qcd kg/cm <sup>2</sup>
0,20	1	23		171					
0,40	1	12		52					
0,60	2	2		9					
0,80	2	2		9					
<b>1,00</b>	2	2		9					
1,20	2	2		9					
1,40	2	2		9					
1,60	3	2		9					
1,80	3	1		4					
<b>2,00</b>	3	2		9					
2,20	3	2		9					
2,40	3	2		9					
2,60	4	2		9					
2,80	4	3		13					
<b>3,00</b>	4	4		17					
3,20	4	4		17					
3,40	4	3		13					
3,60	5	4		17					
3,80	5	4		17					
<b>4,00</b>	5	4		17					
4,20	5	4		17					
4,40	5	1		4					
4,60	6	1		4					
4,80	6	1		4					
<b>5,00</b>	6	3		13					
5,20	6	4		17					
5,40	6	3		13					
5,60	7	3		13					
5,80	7	4		17					
<b>6,00</b>	7	3		13					
6,20	7	5		22					
6,40	7	3		13					
6,60	8	4		17					
6,80	8	4		17					
<b>7,00</b>	8	5		22					
7,20	8	5		22					
7,40	8	4		17					
7,60	9	3		13					
7,80	9	5		22					
<b>8,00</b>	9	6		26					
8,20	9	7		31					
8,40	9	6		26					
8,60	10	7		31					
8,80	10	7		31					
<b>9,00</b>	10	9		39					
9,20	10	9		39					

H = profondità  
L1 = prima lettura (colpi punta)  
L2 = seconda lettura (colpi rivestimento)

qcd = resistenza dinamica punta  
Asta = numero di asta impiegata

<b>PROVA PENETROMETRICA DINAMICA</b> <b>LETTURE DI CAMPAGNA PUNTA E/O TOTALE</b>	<b>DIN</b>	<b>2</b>
	riferimento	<b>082-2015</b>

Committente: <b>Studio Geta</b>	U.M.: <b>kg/cm<sup>2</sup></b>	Data esec.: <b>04/11/2015</b>
Cantiere:	Pagina: <b>1</b>	Falda: <b>-1,36 m</b> da p.c.
Località: <b>Ancona</b>	Elaborato:	

H m	Asta n°	L1 n°	L2 n°	qcd kg/cm <sup>2</sup>	H m	Asta n°	L1 n°	L2 n°	qcd kg/cm <sup>2</sup>
0,20	1	39		291					
0,40	1	40		183					
0,60	2	5		23					
0,80	2	3		14					
<b>1,00</b>	2	3		14					
1,20	2	4		18					
1,40	2	3		14					
1,60	3	3		14					
1,80	3	2		9					
<b>2,00</b>	3	2		9					
2,20	3	2		9					
2,40	3	3		14					
2,60	4	2		9					
2,80	4	3		14					
<b>3,00</b>	4	4		18					
3,20	4	3		14					
3,40	4	4		18					
3,60	5	5		23					
3,80	5	5		23					
<b>4,00</b>	5	5		23					
4,20	5	6		27					
4,40	5	4		18					
4,60	6	4		18					
4,80	6	4		18					
<b>5,00</b>	6	4		18					
5,20	6	4		18					
5,40	6	3		14					
5,60	7	5		23					
5,80	7	4		18					
<b>6,00</b>	7	4		18					
6,20	7	3		14					
6,40	7	3		14					
6,60	8	4		18					
6,80	8	5		23					
<b>7,00</b>	8	6		27					
7,20	8	5		24					
7,40	8	4		19					
7,60	9	5		24					
7,80	9	5		24					
<b>8,00</b>	9	4		18					
8,20	9	5		23					

H = profondità  
L1 = prima lettura (colpi punta)  
L2 = seconda lettura (colpi rivestimento)

qcd = resistenza dinamica punta  
Asta = numero di asta impiegata

<b>PROVA PENETROMETRICA DINAMICA</b> <b>LETTURE DI CAMPAGNA PUNTA E/O TOTALE</b>	<b>DIN</b>	<b>3</b>
	riferimento	<b>082-2015</b>

Committente: <b>Studio Geta</b>	U.M.: <b>kg/cm<sup>2</sup></b>	Data esec.: <b>04/11/2015</b>
Cantiere:	Pagina: <b>1</b>	Falda: <b>Foro chiuso</b>
Località: <b>Ancona</b>	Elaborato:	

H m	Asta n°	L1 n°	L2 n°	qcd kg/cm <sup>2</sup>	H m	Asta n°	L1 n°	L2 n°	qcd kg/cm <sup>2</sup>
0,20	1	39		291					
0,40	1	20		91					
0,60	2	11		50					
0,80	2	5		23					
<b>1,00</b>	2	2		9					
1,20	2	2		9					
1,40	2	1		5					
1,60	3	2		9					
1,80	3	2		9					
<b>2,00</b>	3	2		9					
2,20	3	2		9					
2,40	3	1		5					
2,60	4	1		5					
2,80	4	1		5					
<b>3,00</b>	4	1		5					
3,20	4	1		5					
3,40	4	2		9					
3,60	5	3		14					
3,80	5	2		9					
<b>4,00</b>	5	3		14					
4,20	5	3		14					
4,40	5	2		9					
4,60	6	2		9					
4,80	6	3		14					
<b>5,00</b>	6	3		14					
5,20	6	3		14					
5,40	6	1		5					
5,60	7	1		5					
5,80	7	1		5					
<b>6,00</b>	7	1		5					
6,20	7	2		9					
6,40	7	3		14					
6,60	8	3		14					
6,80	8	6		27					
<b>7,00</b>	8	6		27					
7,20	8	6		27					
7,40	8	6		27					
7,60	9	6		27					
7,80	9	7		32					
<b>8,00</b>	9	6		27					
8,20	9	7		32					

H = profondità  
L1 = prima lettura (colpi punta)  
L2 = seconda lettura (colpi rivestimento)

qcd = resistenza dinamica punta  
Asta = numero di asta impiegata

<b>PROVA PENETROMETRICA DINAMICA</b> <b>LETTURE DI CAMPAGNA PUNTA E/O TOTALE</b>	<b>DIN</b>	<b>4</b>
	riferimento	<b>082-2015</b>

Committente: <b>Studio Geta</b>	U.M.: <b>kg/cm<sup>2</sup></b>	Data esec.: <b>04/11/2015</b>
Cantiere:	Pagina: <b>1</b>	Falda: <b>Non rilevata</b>
Località: <b>Ancona</b>	Elaborato:	

H m	Asta n°	L1 n°	L2 n°	qcd kg/cm <sup>2</sup>	H m	Asta n°	L1 n°	L2 n°	qcd kg/cm <sup>2</sup>
0,20	1	28		209					
0,40	1	23		148					
0,60	2	6		39					
0,80	2	3		19					
<b>1,00</b>	2	3		19					
1,20	2	4		26					
1,40	2	2		13					
1,60	3	2		13					
1,80	3	2		13					
<b>2,00</b>	3	2		13					
2,20	3	2		13					
2,40	3	2		13					
2,60	4	2		13					
2,80	4	59		380					

H = profondità  
L1 = prima lettura (colpi punta)  
L2 = seconda lettura (colpi rivestimento)

qcd = resistenza dinamica punta  
Asta = numero di asta impiegata





**TERRA S.n.c.**

via Vittorio Veneto 4 - 06055 Papiano (PG)  
tel: 075 8089539 fax: 075 7823018  
info@laboratorlogeotecnico.it

Azienda con sistema di gestione qualità  
UNI EN ISO 9001:2008 certificato

Laboratorio aut. con D.M. n° 2612 del 26/03/2010  
Settore A (prove di laboratorio sui terreni con estensione carico su pali)

COMMITTENTE: TECNODRILL S.r.l.

RIFERIMENTO: Ancona (AN)

SONDAGGIO: S1

CAMPIONE: C1

PROFONDITA': m 4.30 - 4.80

## MODULO RIASSUNTIVO

### CARATTERISTICHE FISICHE

Umidità naturale	24,6	%
Peso specifico	27,2	kN/m <sup>3</sup>

### LIMITI DI CONSISTENZA

Limite di liquidità	44,0	%
Limite di plasticità	20,6	%
Indice di plasticità	23,4	%
Indice di consistenza	0,83	
Passante al set. n° 40	NO	

### ANALISI GRANULOMETRICA

Ghiaia		%
Sabbia	2,8	%
Limo	48,8	%
Argilla	48,4	%

## **Allegato 7 - Rapporto prove di laboratorio**

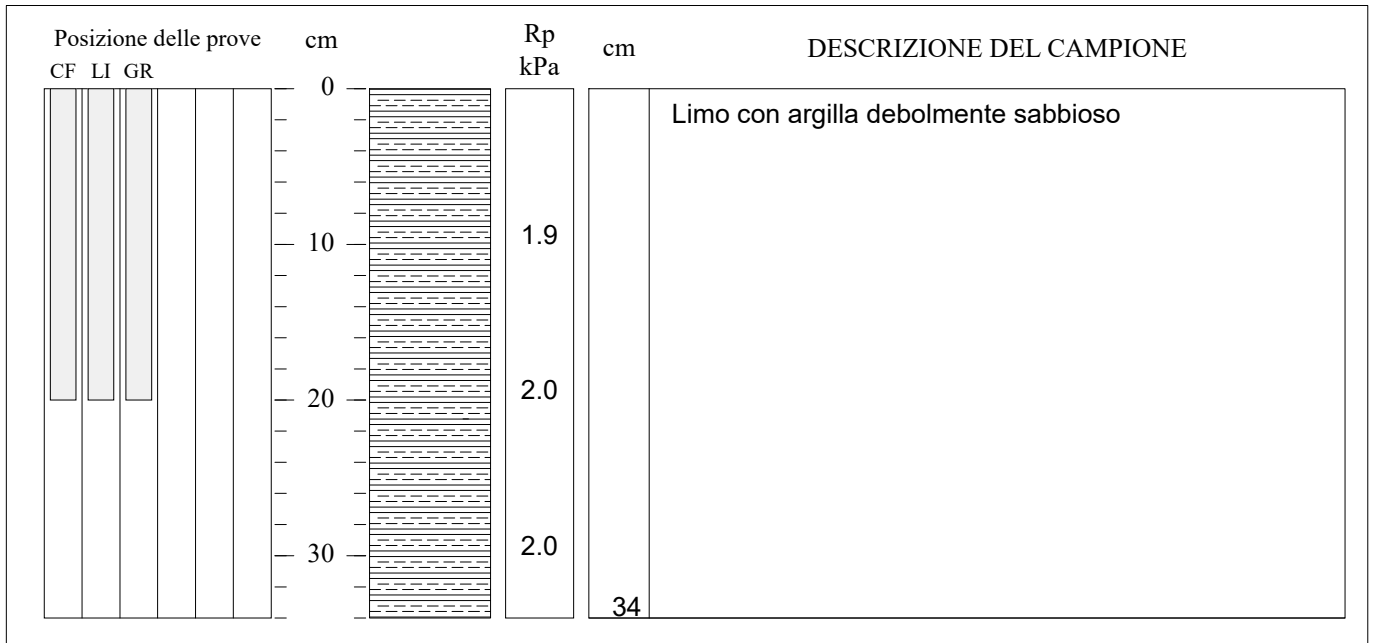
COMMITTENTE: TECNODRILL S.r.l.

RIFERIMENTO: Ancona (AN)

SONDAGGIO: S1

CAMPIONE: C1

PROFONDITA': m 4.30 - 4.80



TIPO DI CAMPIONE

- Cilindrico
- Cubico
- Massivo

QUALITÀ DEL CAMPIONE

- Q5 (Ottima)
- Q4 (Buona)
- Q3 (Sufficiente)
- Q2 (Insufficiente)
- Q1 (Pessima)



<b>CERTIFICATO DI PROVA N°:</b> 00426	Pagina 1/1	<b>DATA DI EMISSIONE:</b> 21/06/16	Inizio analisi: 17/06/16
<b>VERBALE DI ACCETTAZIONE N°:</b> 16/062 del 13/06/16		<b>Apertura campione:</b> 15/06/16	Fine analisi: 18/06/16

<b>COMMITTENTE:</b> TECNODRILL S.r.l.			
<b>RIFERIMENTO:</b> Ancona (AN)			
<b>SONDAGGIO:</b> S1	<b>CAMPIONE:</b> C1	<b>PROFONDITA':</b> m 4.30 - 4.80	

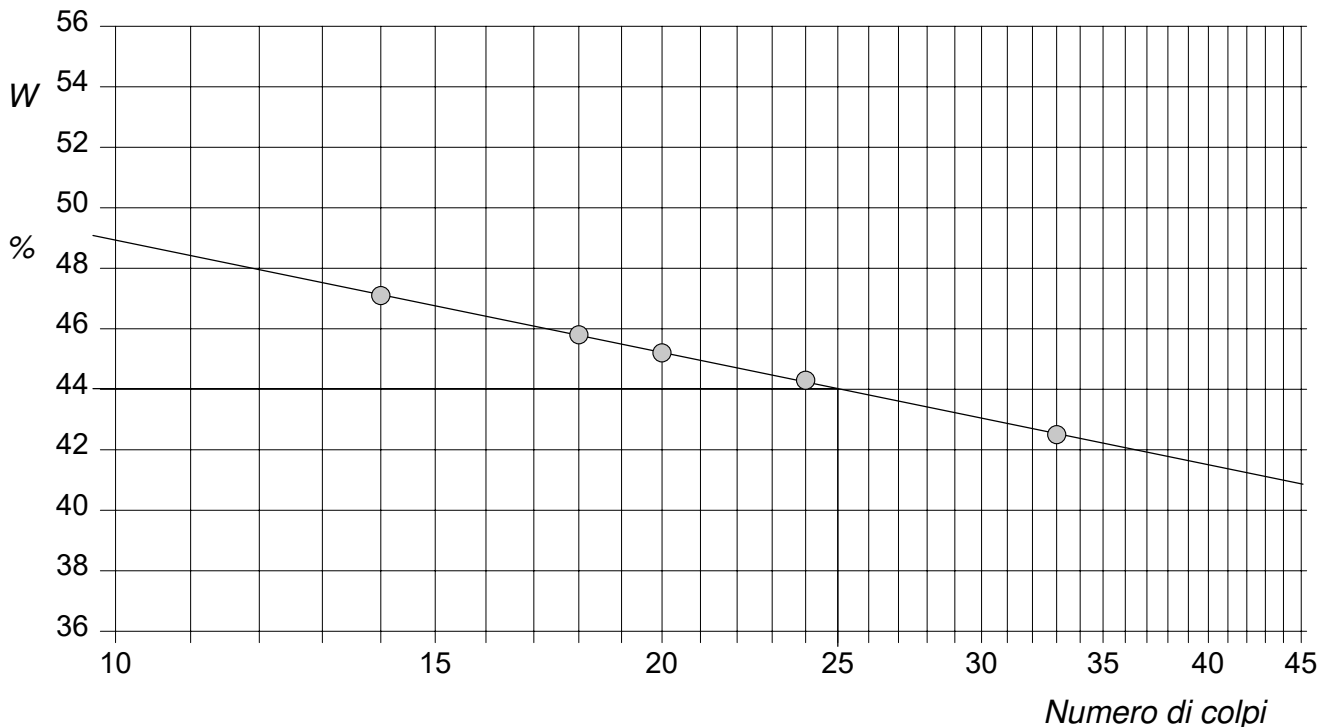
### LIMITI DI CONSISTENZA LIQUIDO E PLASTICO

Modalità di prova: Norma BS 1377-90

Limite di liquidità	44,0 %
Limite di plasticità	20,6 %
Indice di plasticità	23,4 %

LIMITE DI LIQUIDITA'						LIMITE DI PLASTICITA'		
Numero di colpi	14	18	20	24	33	Umidità (%)	20,7	20,4
Umidità (%)	47,1	45,8	45,2	44,3	42,5	Umidità media	20,6	

#### Determinazione del Limite di liquidità



Sperimentatore  
Simone Zucconi

Il direttore del laboratorio  
Paolo Bartocci



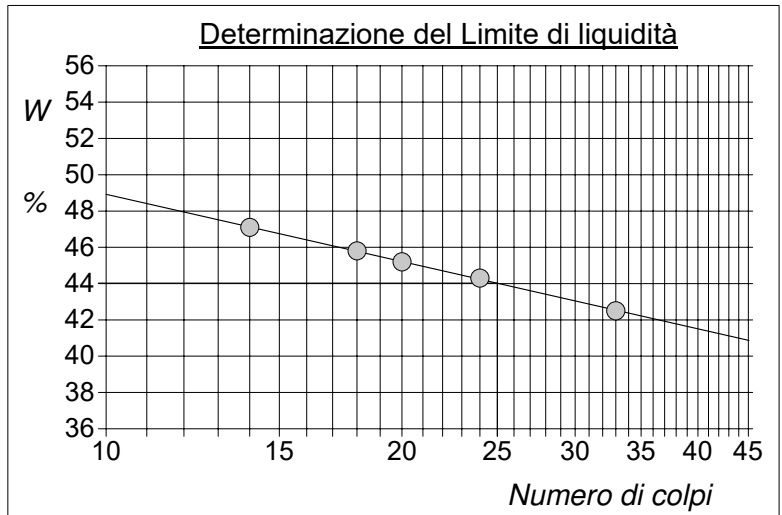
<b>CERTIFICATO DI PROVA N°:</b> 00426	Allegato 1	<b>DATA DI EMISSIONE:</b> 21/06/16	Inizio analisi: 17/06/16
<b>VERBALE DI ACCETTAZIONE N°:</b> 16/062 del 13/06/16		<b>Apertura campione:</b> 15/06/16	Fine analisi: 18/06/16

<b>COMMITTENTE:</b> TECNODRILL S.r.l.		
<b>RIFERIMENTO:</b> Ancona (AN)		
<b>SONDAGGIO:</b> S1	<b>CAMPIONE:</b> C1	<b>PROFONDITA':</b> m 4.30 - 4.80

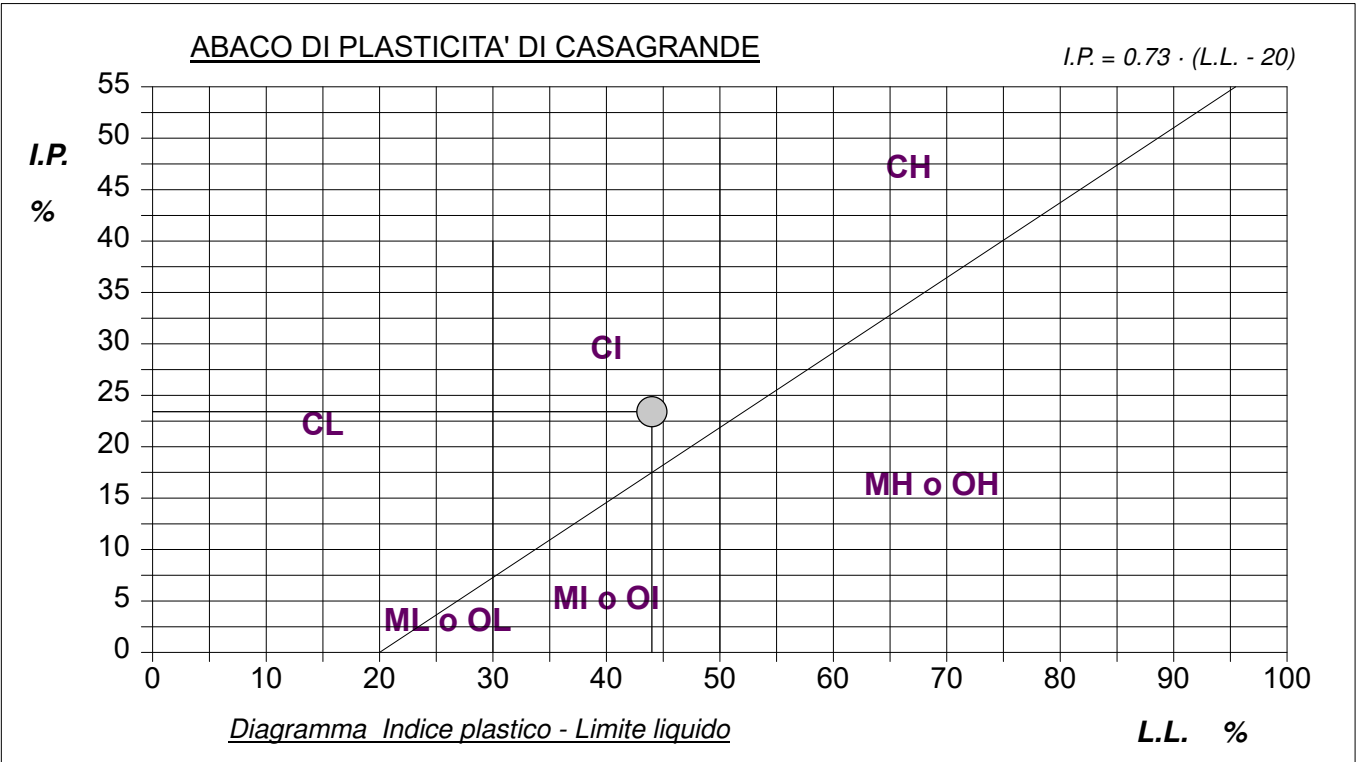
## ABACO DI CASAGRANDE

Modalità di prova: Norma BS 1377-90

Limite di liquidità	44,0	%
Limite di plasticità	20,6	%
Indice di plasticità	23,4	%
Indice di consistenza	0,83	
Passante al set. n° 40	NO	



<b>C - Argille inorganiche</b>	L - Bassa plasticità
M - Limi inorganici	<b>L - Media plasticità</b>
O - Argille e limi organici	H - Alta plasticità



Sperimentatore  
Simone Zucconi

Il direttore del laboratorio  
Paolo Bartocci



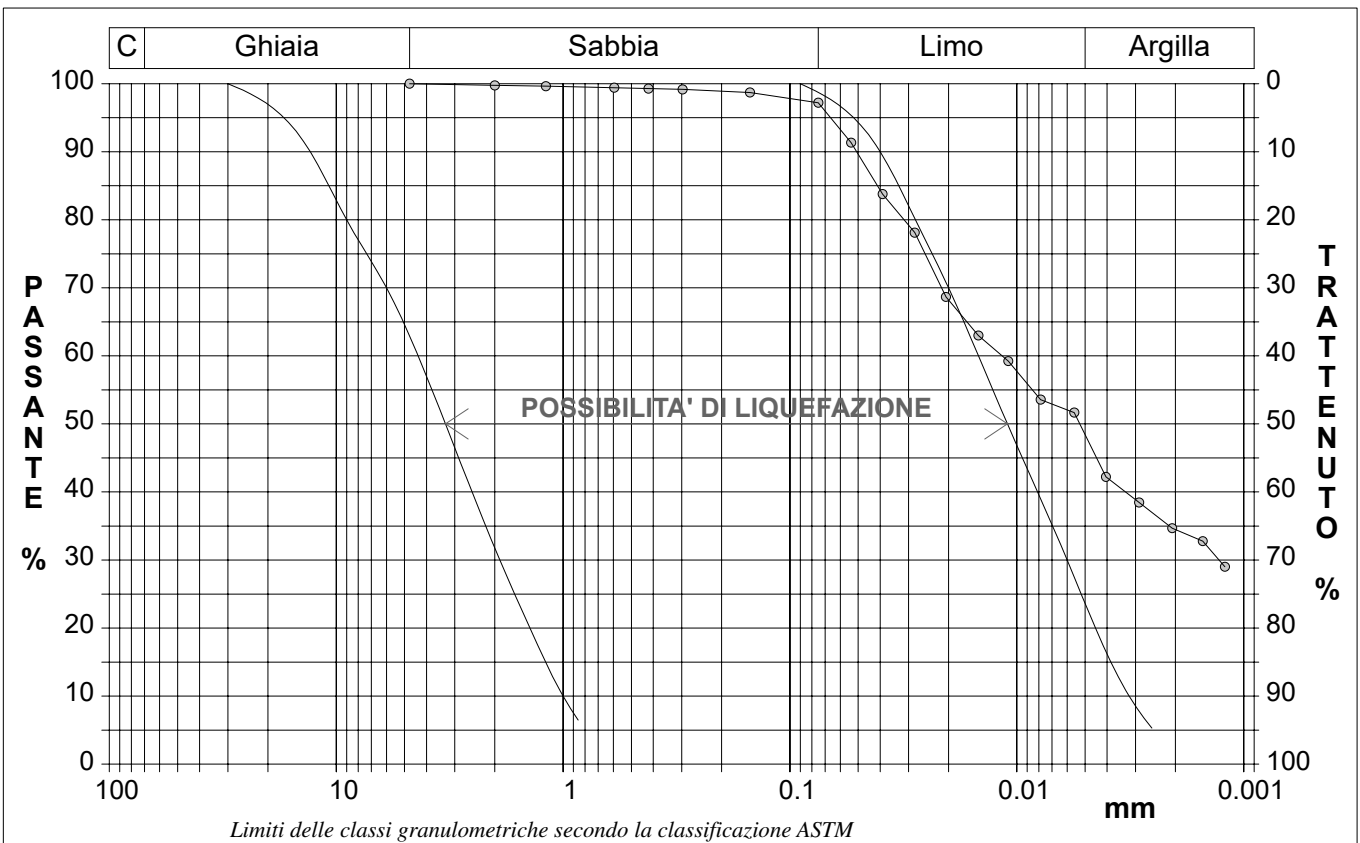
<b>CERTIFICATO DI PROVA N°:</b> 00427	Pagina 1/1	<b>DATA DI EMISSIONE:</b> 21/06/16	Inizio analisi: 15/06/16
<b>VERBALE DI ACCETTAZIONE N°:</b> 16/062 del 13/06/16		<b>Apertura campione:</b> 15/06/16	Fine analisi: 18/06/16

<b>COMMITTENTE:</b> TECNODRILL S.r.l.			
<b>RIFERIMENTO:</b> Ancona (AN)			
<b>SONDAGGIO:</b> S1	<b>CAMPIONE:</b> C1	<b>PROFONDITA':</b> m 4.30 - 4.80	

## ANALISI GRANULOMETRICA

Modalità di prova: Norma ASTM D 422

Ghiaia	0,0 %	Passante setaccio 10 (2 mm)	99,8 %	D10	0,00039 mm
Sabbia	2,8 %	Passante setaccio 40 (0.42 mm)	99,3 %	D30	0,00128 mm
Limo	48,8 %	Passante setaccio 200 (0.075 mm)	97,2 %	D50	0,00527 mm
Argilla	48,4 %			D60	0,01161 mm
<b>Coefficiente di uniformità</b>		<b>29,84</b>	<b>Coefficiente di curvatura</b>		<b>0,36</b>
				D90	0,05083 mm



Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %
4,7500	100,00	0,2970	99,16	0,0282	78,11	0,0056	51,67	0,0012	29,01
2,0000	99,75	0,1500	98,70	0,0205	68,67	0,0040	42,23		
1,1900	99,64	0,0750	97,20	0,0148	63,01	0,0029	38,45		
0,5950	99,41	0,0538	91,34	0,0109	59,23	0,0021	34,68		
0,4200	99,27	0,0391	83,78	0,0078	53,56	0,0015	32,79		

Sperimentatore  
Simone Zucconi

Il direttore del laboratorio  
Paolo Bartocci

## Indagine sismiche in Via Valle Miano 30, comune di Ancona (AN)

Committenza: Eurospin Tirrenica S.p.A.

### RAPPORTO TECNICO ED INTERPRETAZIONE DATI

SOMMARIO	
LOCALIZZAZIONE AREA DI INDAGINE E POSIZIONE STENDIMENTI GEOFONICI	pag. 2
METODOLOGIE DI INDAGINE: MASW1D	
Generalità sui metodi - acquisizione ed elaborazione dati	pag. 3
METODOLOGIE DI INDAGINE: metodo CMPCC per MASW2D	pag. 4
MASW linea 1	
Sismogrammi MASW1D_1	pag. 5
Filtri $f-v$ MASW1D_1	pag. 6
Curve di dispersione sintetica e sperimentale MASW1D_1	pag. 7
Modello di velocità - Interpretazione stratigrafica - $V_{s_{30}}$ e categoria di sottosuolo MASW1D_1	pag. 8
Curve di dispersione e modelli verticali MASW2D_1	pag. 9
Sezione $V_s$ MASW2D_1	pag. 10
MASW linea 2	
Sismogrammi MASW1D_2	pag. 11
Filtri $f-v$ MASW1D_2	pag. 12
Curve di dispersione sintetica e sperimentale MASW1D_2	pag. 13
Modello di velocità - Interpretazione stratigrafica - $V_{s_{30}}$ e categoria di sottosuolo MASW1D_2	pag. 14
Curve di dispersione e modelli verticali MASW2D_2	pag. 15
Sezione $V_s$ MASW2D_2	pag. 16
DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA	pag. 17

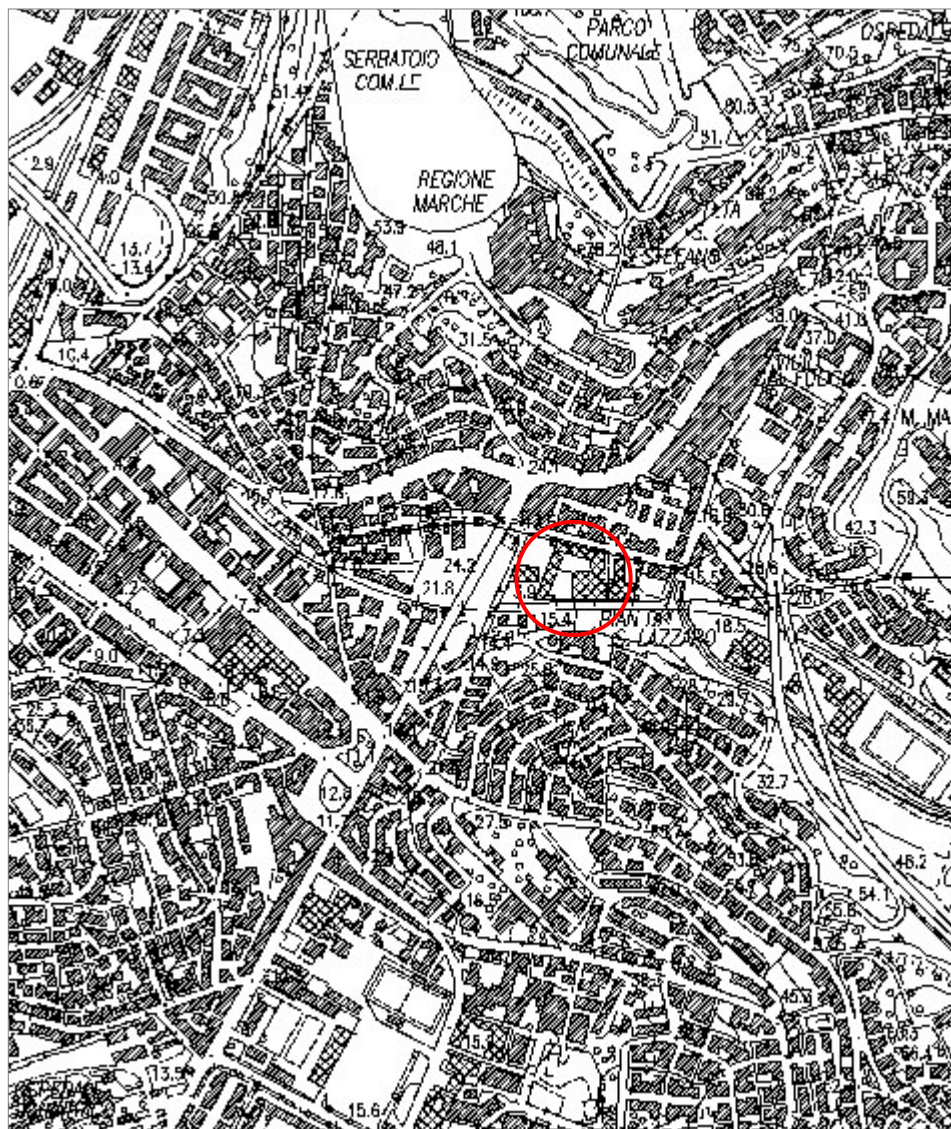
  
dott. geol. Luca Bombardiere  


  
dott. geol. Luciano Giombini  


  
dott. geol. Milko Mattiacci  


Città di Castello, novembre 2015

## LOCALIZZAZIONE AREA DI INDAGINE E POSIZIONE STENDIMENTI GEOFONICI



CTR Marche 282150 – scala 1:10000



Estratto da Portale Cartografico Nazionale: Ortofoto 2012 – scala 1:2000

# METODOLOGIE DI INDAGINE: MASW 1D

## GENERALITÀ SUL METODO

Il profilo verticale di velocità delle onde S può essere ricavato per modellazione delle velocità di fase delle onde di superficie (Rayleigh e/o Love). In particolare la curva *velocità di fase - periodo* delle onde di Rayleigh (denominata curva di dispersione), può essere convertita nel profilo *Vs - profondità*. Le onde di Rayleigh costituiscono un particolare tipo di onde superficiali che si propagano sulla superficie libera di un corpo isotropo ed omogeneo ed hanno origine dell'interferenza tra le onde di compressione (P) e quelle di taglio verticali (Sv). In un mezzo stratificato tali onde sono di tipo dispersivo e vengono denominate pseudo-Rayleigh. La dispersione è la deformazione di un treno d'onde dovuta ad una variazione di velocità con la frequenza.

La prova *MASW*, messa a punto nel 1999 da ricercatori del Kansas Geological Survey (Park *et al.*, 1999), permette di determinare l'andamento della velocità delle onde sismiche di taglio (o onde S) in funzione della profondità attraverso lo studio della propagazione delle onde superficiali o di Rayleigh generate artificialmente (metodo attivo).

Le registrazioni *MASW* vengono elaborate tramite trasformate bidimensionali *frequenza - velocità (f-v)*. Questi spettri di potenza permettono di individuare visivamente le onde di superficie sulla base del carattere dispersivo (tendenza all'aumento di velocità con la frequenza), della coerenza di fase e della potenza significativa. Successivamente si costruisce una sequenza di strati caratterizzati da spessore e velocità tali che la curva di dispersione calcolata per il suddetto modello si avvicini il più possibile a quella misurata nel grafico *f-v* o *f-s*. Il grado di corrispondenza fra la curva di dispersione misurata e quella calcolata è espresso dall'errore quadratico medio normalizzato con la deviazione standard (*Misfit Value*). Il modello sismostratigrafico che si ottiene è mediato su tutto il volume di sottosuolo posto al di sotto dello stendimento di acquisizione.

In questa indagine sono state utilizzate le onde di Rayleigh generate tramite energizzazione verticale.

## ACQUISIZIONE ED ELABORAZIONE DATI

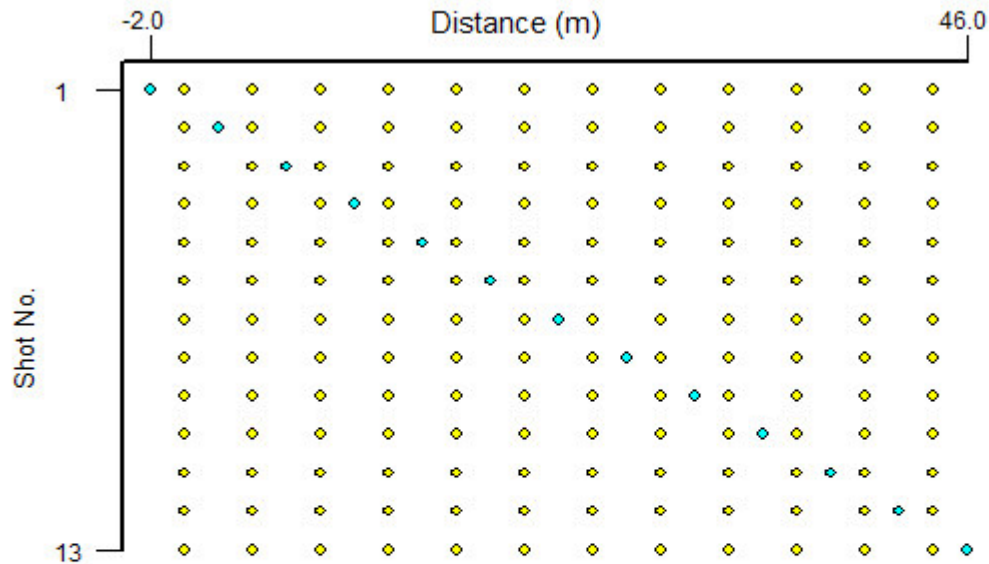
<u>Unità di acquisizione:</u>	Geometrics GEODE 24 canali - 24 bit
<u>Sensori:</u>	geofoni Geospace X-Phone, f.r. 10 Hz
<u>Energizzazione MASW:</u>	Mazza da 8 Kg su piastra metallica
<u>Numero geofoni:</u>	12
<u>Spaziatura geofoni:</u>	4 m
<u>Frequenza campionamento:</u>	8000 Hz
<u>Lunghezza registrazioni:</u>	1 sec
<u>n. stack per tiro MASW:</u>	3

L'elaborazione dei dati (pre-elaborazione, analisi spettrale, curva di dispersione, inversione) è stata eseguita con il programma commerciale **SeisImager/SW**

Le energizzazioni per le onde di superficie sono state eseguite a -2, +46 metri di distanza dal geofono n.1. L'elaborazione è stata eseguita su entrambe le energizzazioni, ottenendo due curve di dispersione separate e successivamente costruendo una curva di dispersione sperimentale di sintesi.



## METODOLOGIE DI INDAGINE: metodo CMPCC per MASW2D



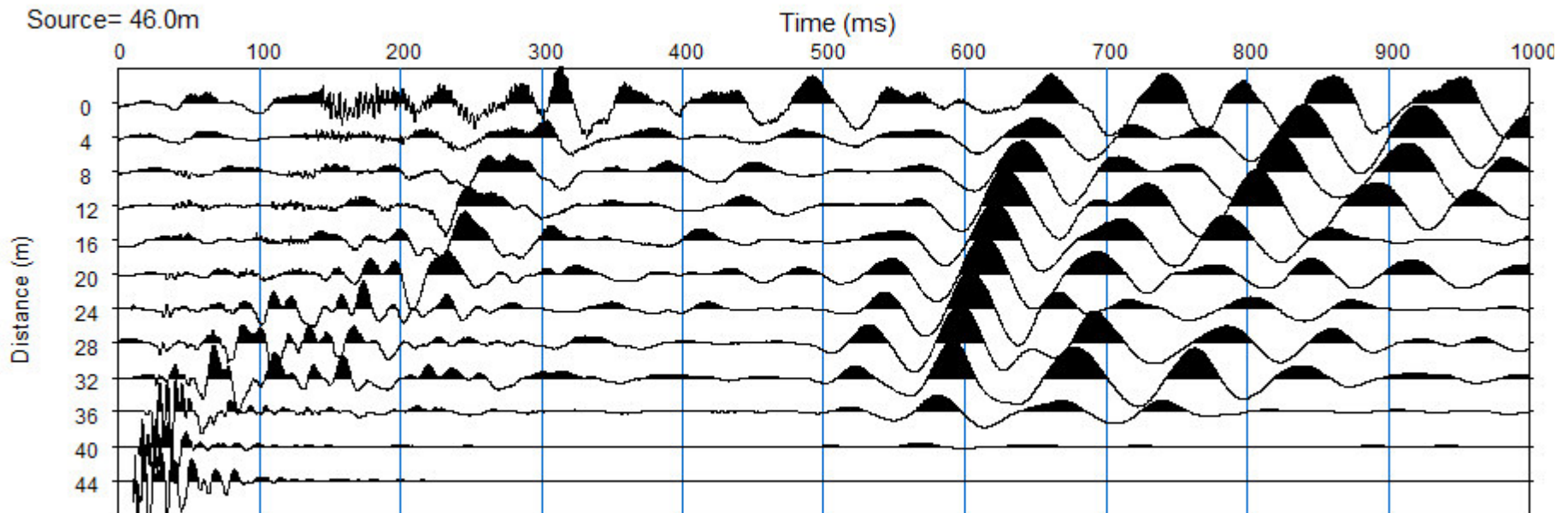
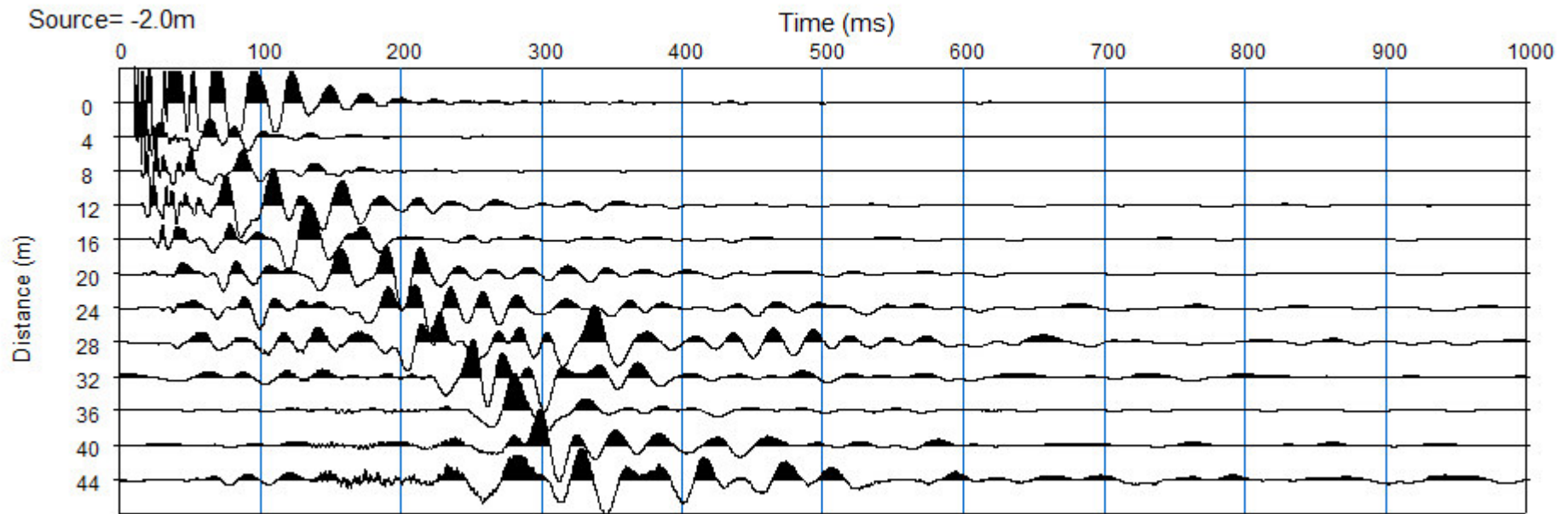
*Serie di energizzazioni per acquisizione MASW 2D*

Il grafico in alto mostra la disposizione geofonica e le energizzazioni che hanno costituito la base sismica per l'analisi CMPCC-MASW2D. I due tiri esterni posti a -2 e +46 dal primo geofono sono utilizzati anche per l'analisi MASW1D. Sono state eseguite 13 energizzazioni.

Il metodo CMPCC (*Common Mid-Point Cross-Correlation*, Hayhashi e Suzuki 2004) è un'analisi utilizzata per valutare i dati MASW e ricavare delle sezioni tomografiche Vs. L'analisi CMPCC può essere dunque considerata un'estensione del metodo MASW che incrementa significativamente la risoluzione laterale e l'accuratezza della sezione Vs. Il metodo consiste nelle seguenti fasi:

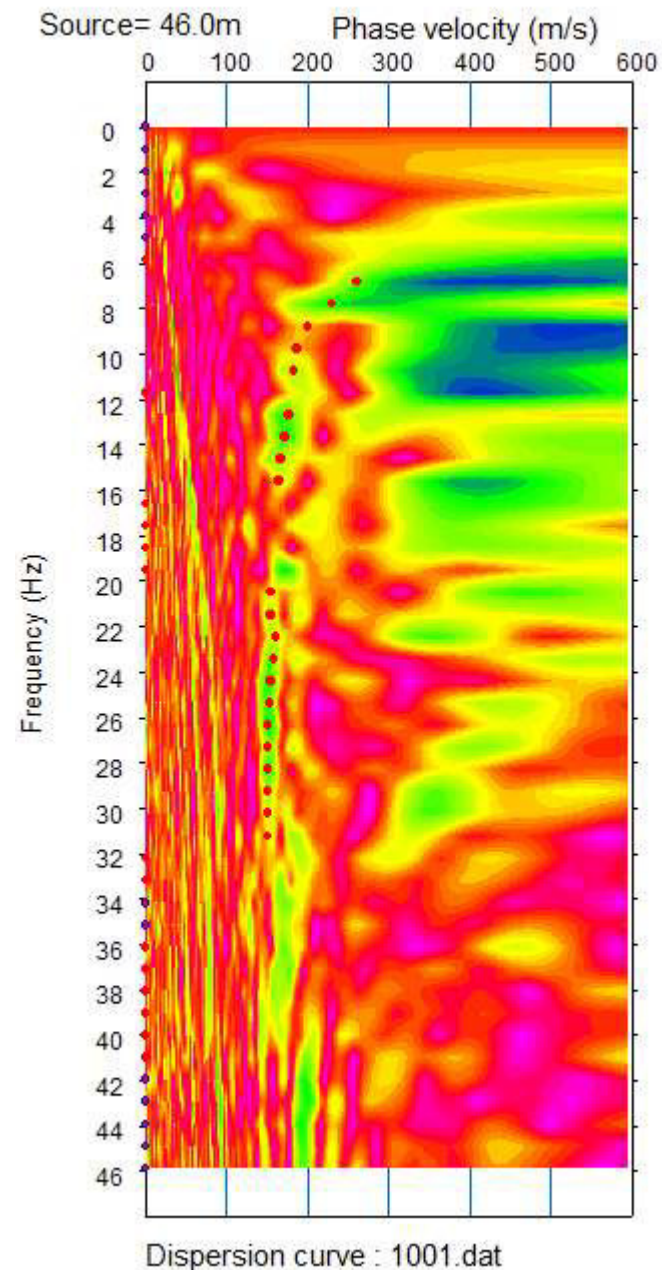
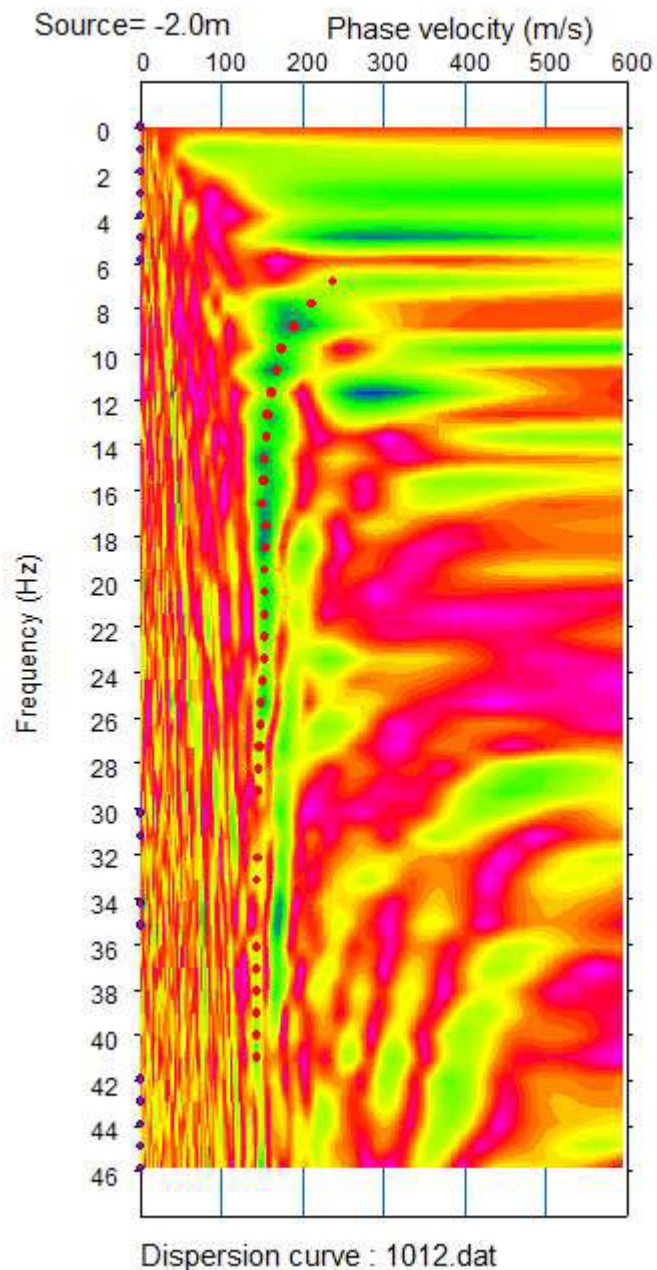
- per ogni energizzazione viene calcolata la correlazione incrociata di ogni coppia di registrazioni geofoniche;
- successivamente le correlazioni di coppie che hanno la stessa distanza (*spacing*) vengono sommate nel dominio del tempo in corrispondenza di ogni CMP (*common mid-point*);
- infine per ogni CMP le tracce composite di correlazione ottenute vengono assemblate ordinandole secondo la loro distanza. Si ottiene una base di dati (*CMPCC gather*) simile ad un insieme di registrazioni geofoniche. La posizione delle energizzazioni è sostituita dalla posizione dei CMP, la distanza dei geofoni è sostituita dalla distanza delle coppie sulle quali è stato effettuata la correlazione incrociata, il singolo segnale geofonico è sostituito dalla sommatoria delle correlazioni incrociate relative ad una distanza specifica. Per ricavare la curve di dispersione questa base di dati può essere trattata con i metodi classici utilizzati nel MASW (e.g. *Phase Shift*).

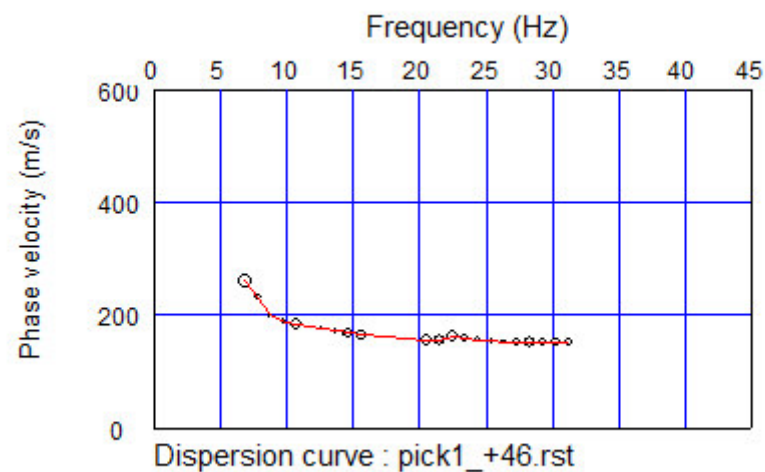
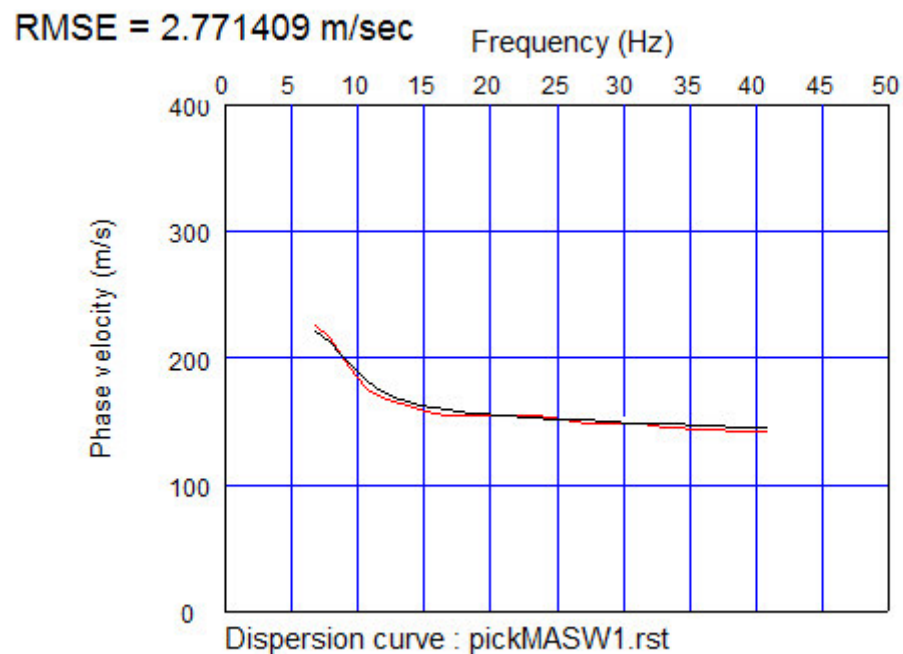
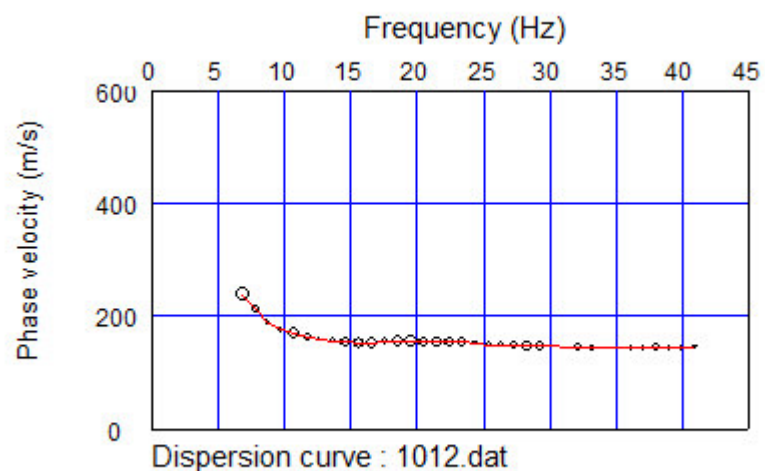
L'elaborazione dei dati (pre-elaborazione, analisi spettrale, curva di dispersione, inversione) è stata eseguita con il programma commerciale **SeisImager/SW**



### FILTRI $f-v$ LINEA MASW1D\_1

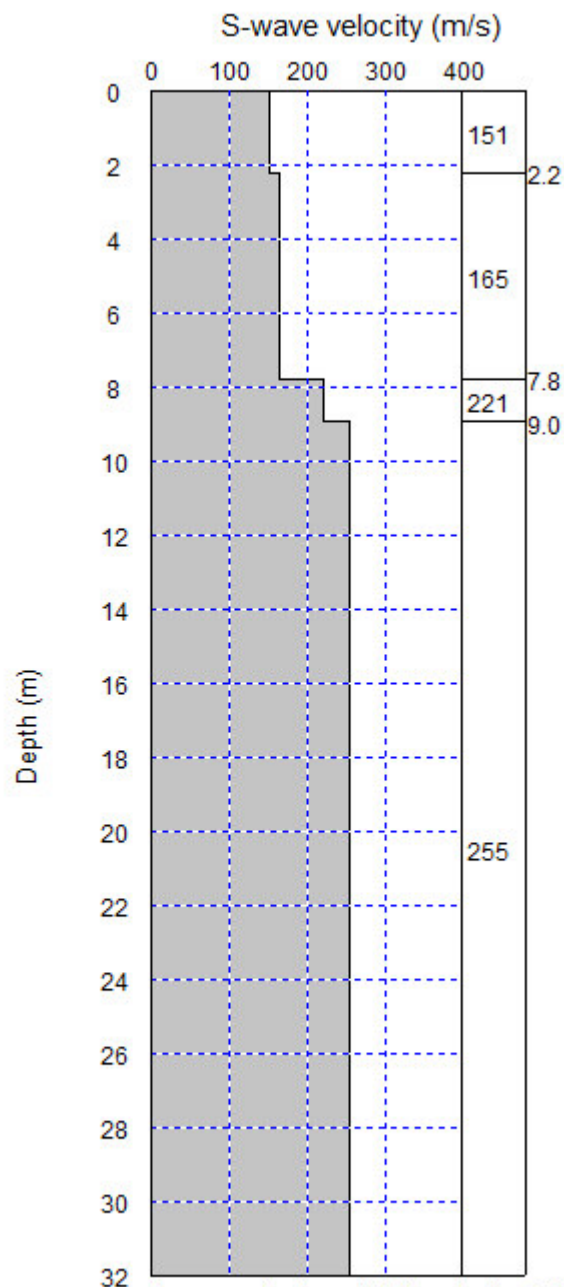
A lato sono riportati gli spettri frequenza - velocità relativi alle due energizzazioni eseguite a -2 e +46 metri dal primo geofono nello stendimento geofonico del MASW1. In entrambi i filtri si osserva la presenza di più ordini. Nel secondo spettro, l'ordine fondamentale appare inoltre piuttosto discontinuo. Il *picking* del modo fondamentale è stato comunque effettuato su entrambe le energizzazioni. Le due curve di dispersione sperimentale sono mostrate alla pagina seguente.





A lato sono riportate le curve sperimentali di dispersione fondamentale ricavate dagli spettri relativi alle due energizzazioni coniugate. Sommando queste due curve è stata ricavata la curva di dispersione fondamentale utilizzata per il processo di inversione (v. linea rossa nel grafico sovrastante)

Nel grafico sovrastante oltre alla curva di dispersione sperimentale è riportata anche la curva di dispersione sintetica relativa al modello caratterizzato dall'errore minore (linea nera), mostrato alla pagina seguente. L'errore quadratico medio risulta molto basso.



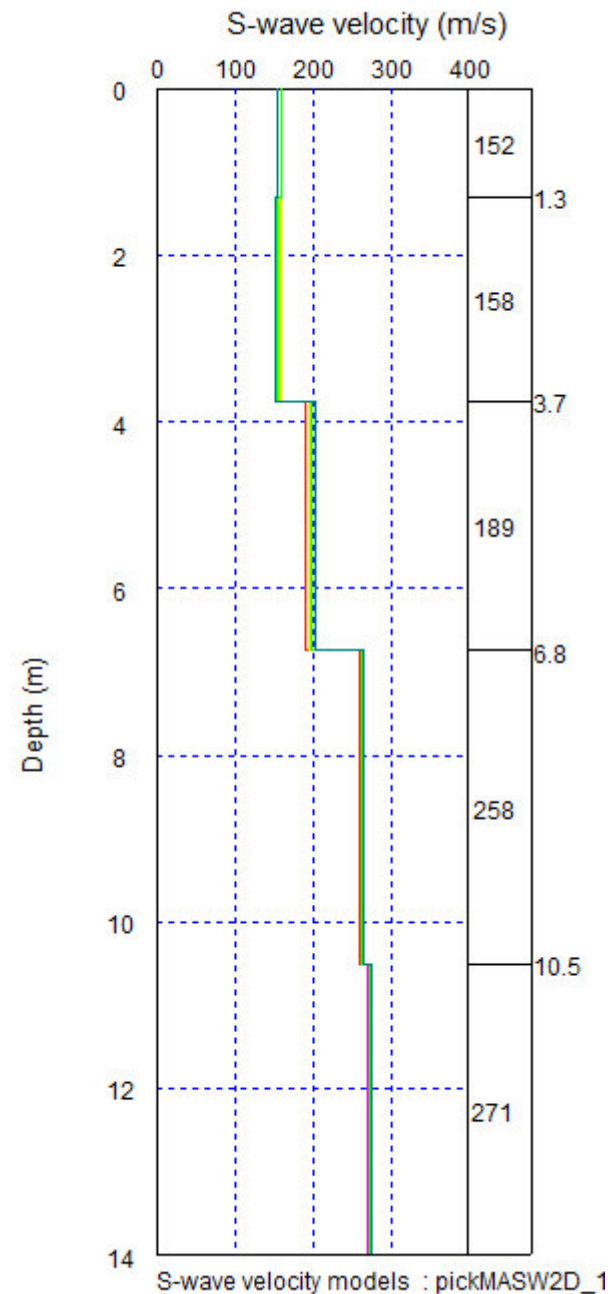
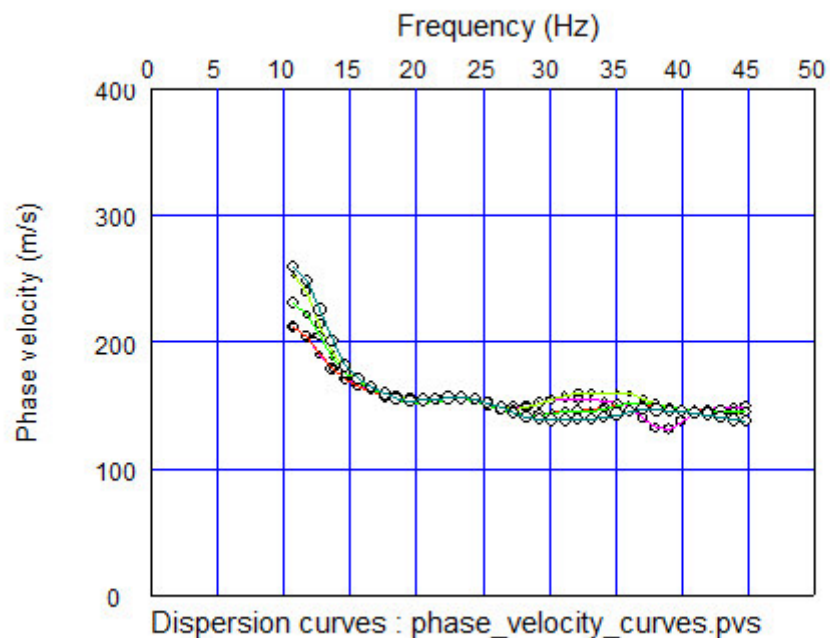
### INTERPRETAZIONE STRATIGRAFICA

Nel grafico a lato è mostrato il profilo verticale  $V_s$  caratterizzato dall'errore minimo rispetto alla curva di dispersione sperimentale. La sismostratigrafia ottenuta è descritta sinteticamente di seguito. Si precisa che le indagini eseguite mediano le condizioni stratigrafiche nel volume di sottosuolo posto al di sotto dell'intero stendimento geofonico. Altri modelli, caratterizzati da un errore leggermente superiore, dove gli strati presentano diversi valori di spessore e velocità, sono ugualmente possibili e pressoché equivalenti dal punto di vista analitico e geologico.

Il profilo mostra una sequenza di terreni da poco a mediamente addensati e/o consistenti con un debole incremento di velocità in profondità

### $V_{s30}$ E CATEGORIA DI SOTTOSUOLO (DM 14/01/2008)

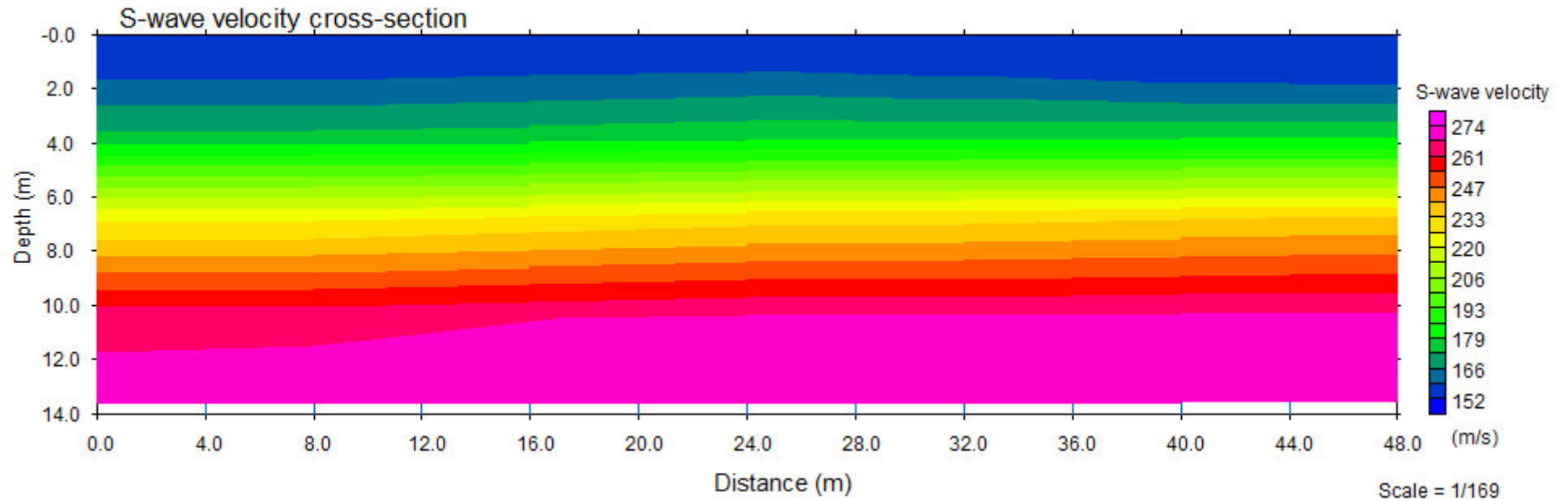
Il valore del parametro  $V_{s30}$  è pari a 220 m/s. Tale parametro, unitamente alle caratteristiche stratigrafiche del profilo  $V_s$ , colloca il sito nella **categoria di sottosuolo C** "Depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di  $V_{s30}$  compresi tra 180 m/s e 360 m/s".



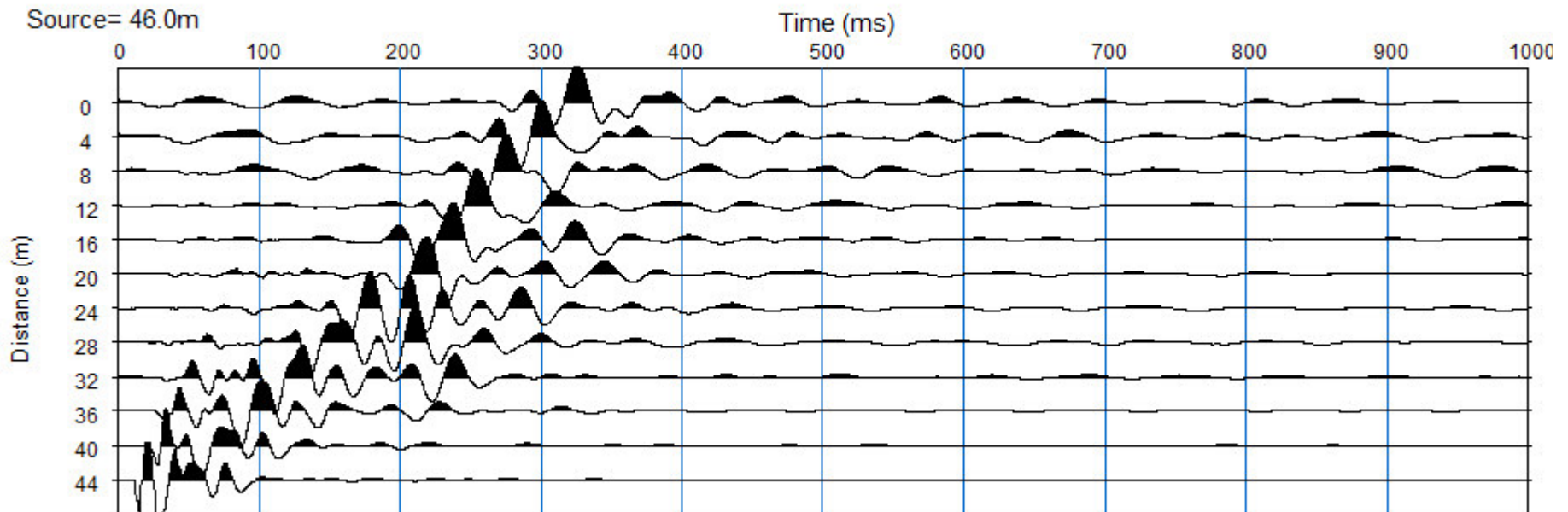
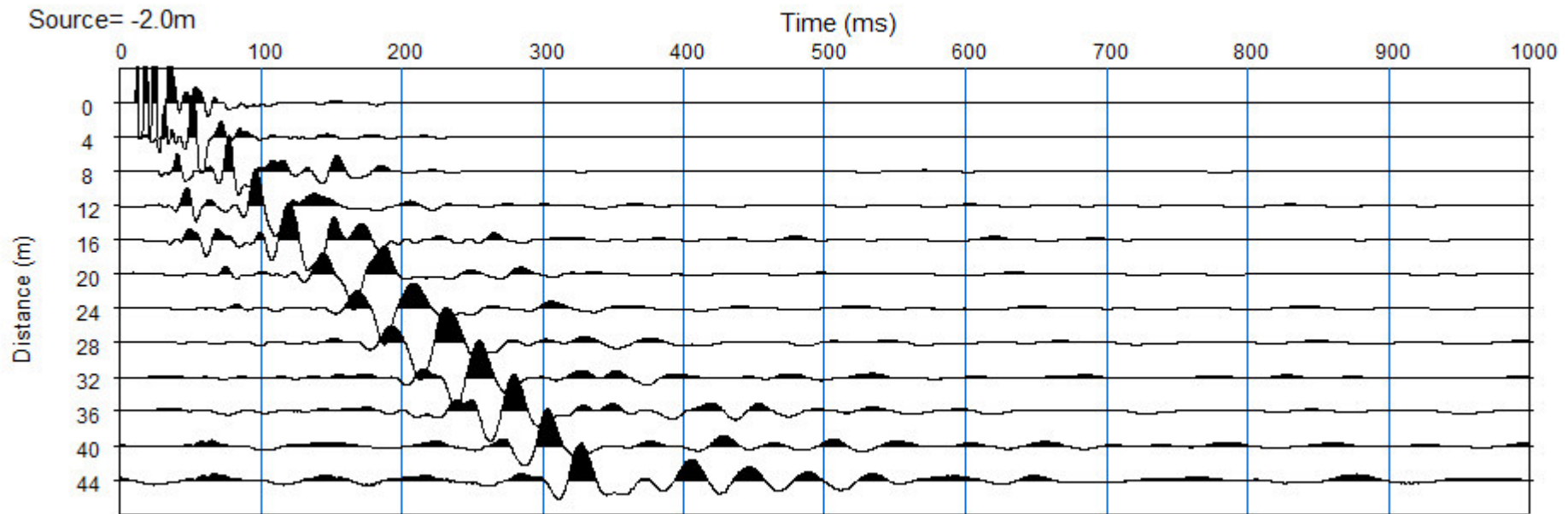
Il grafico sovrastante mostra le curve di dispersione ricavate dai CMPCC *gather* con la tecnica *Phase Shift* (Park et al., 1999) . Ogni singola curva è riferita ad un CMP ed è stata invertita per produrre i modelli Vs verticali mostrati a lato.

Già dal grafico a lato si nota che i profili verticali Vs ricavati si discostano poco dal profilo Vs medio ricavato dall'analisi MASW 1D mostrato precedentemente.

La disposizione laterale di questi profili secondo il CMP associato è la loro correlazione ha prodotto il modello MASW 2D mostrato alla pagina successiva.



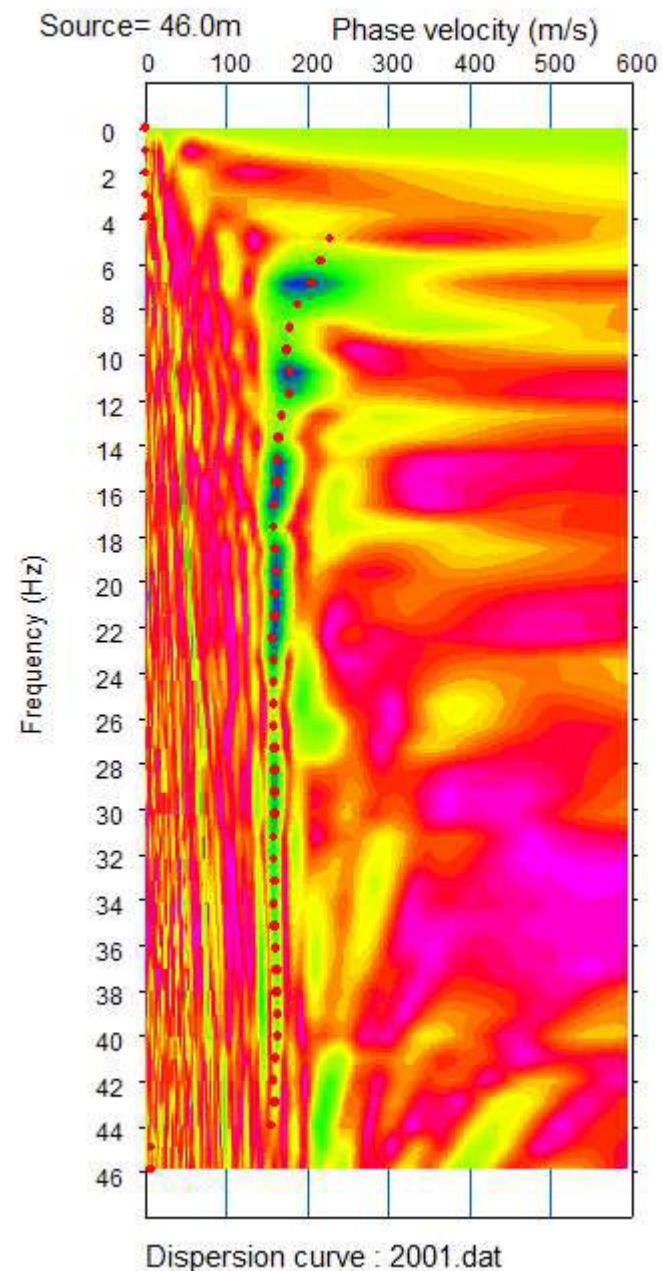
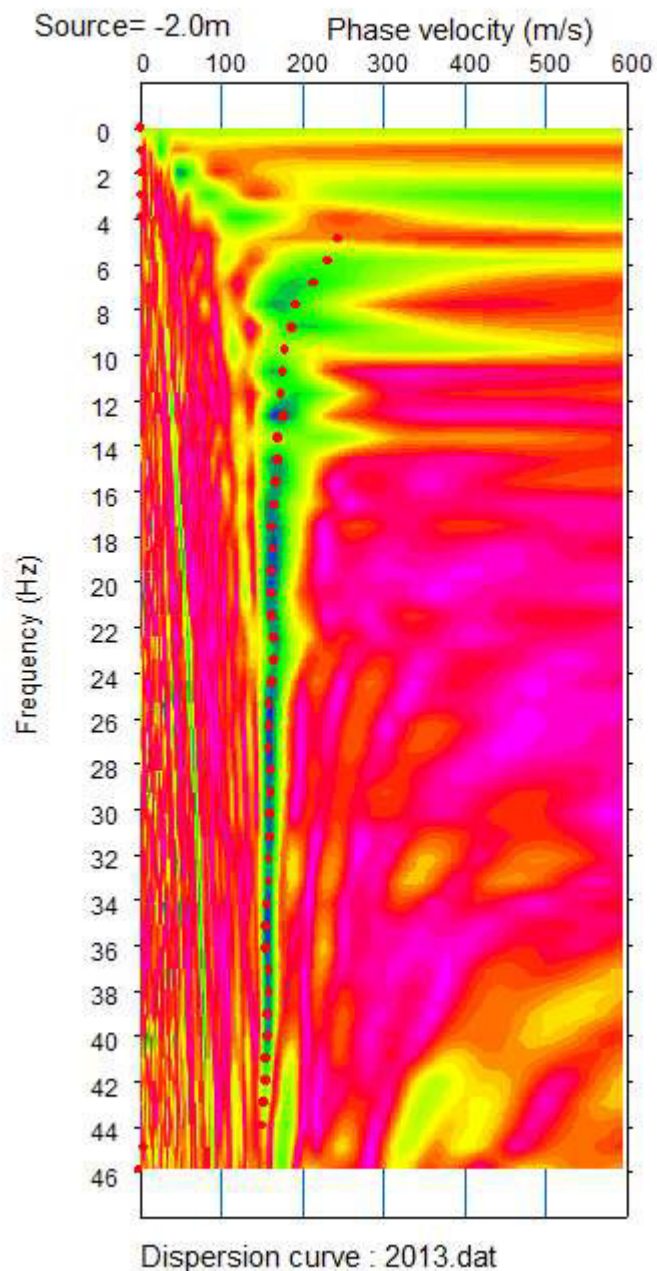
La tomografia Vs mostra un profilo con variazioni di velocità basse e con valori compresi fra 150 e 270 m/sec., gradualmente crescenti in profondità. L'indagine non risolve la pavimentazione ed i riporti antropici superficiali.

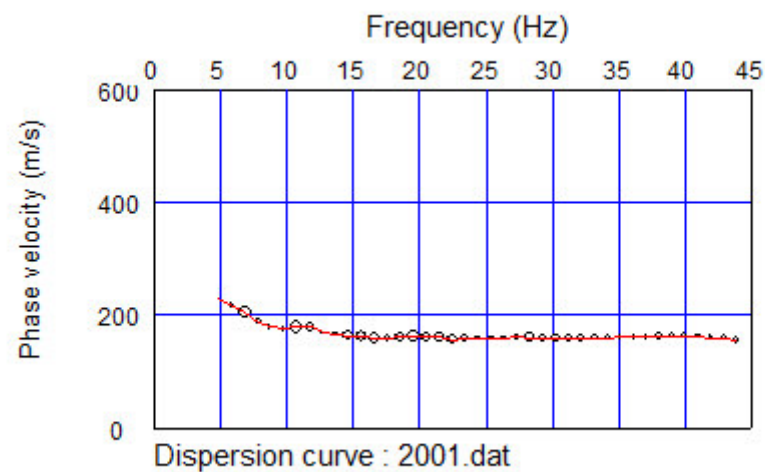
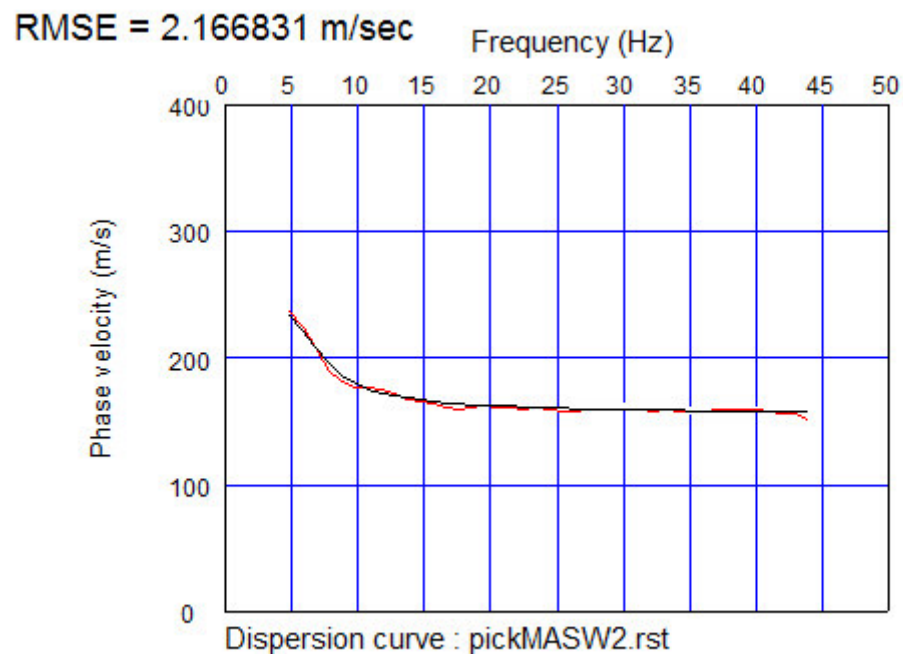
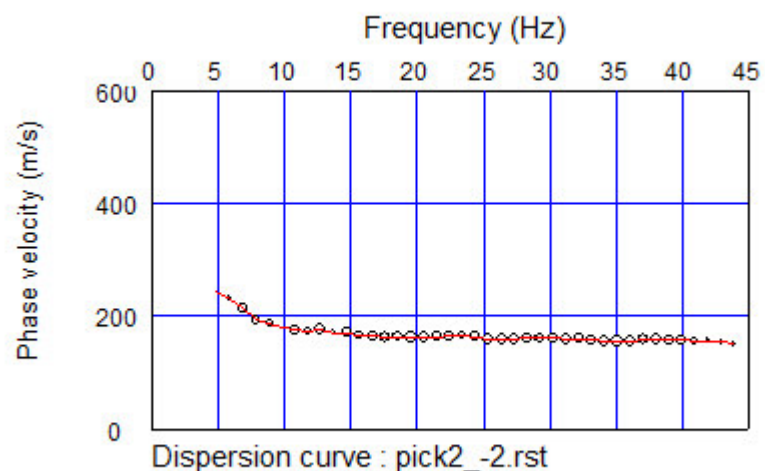




**FILTRI  $f-v$  LINEA MASW1D\_2**

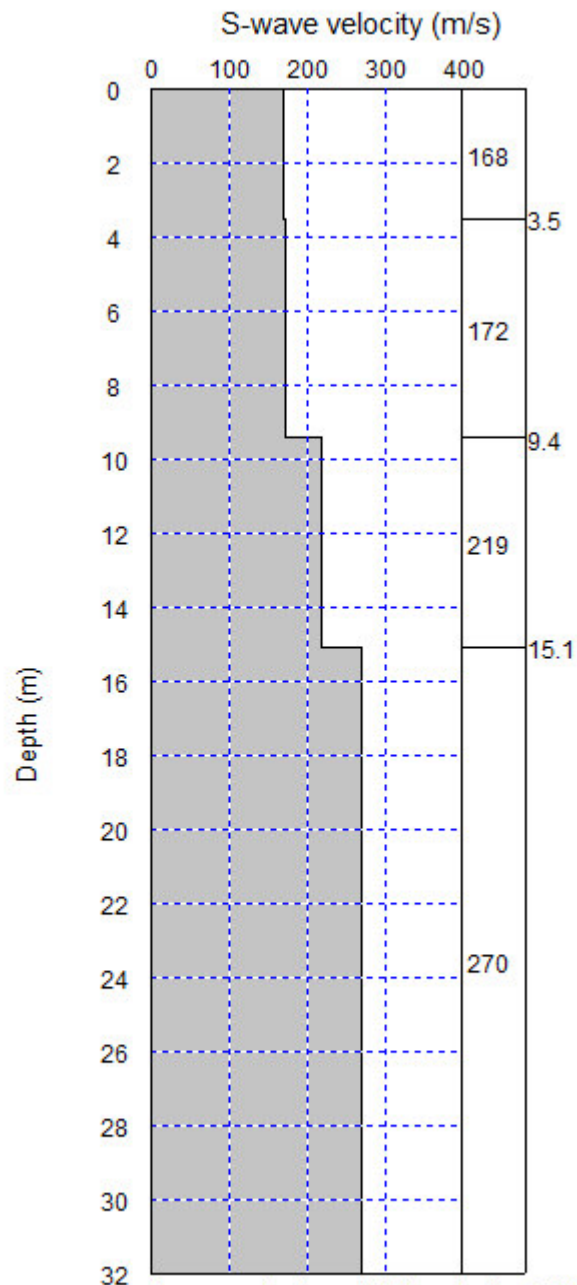
A lato sono riportati gli spettri frequenza - velocità relativi alle due energizzazioni eseguite a -2 e +46 metri dal primo geofono nello stendimento geofonico del MASW2. I due filtri sono molto simili e sono dominati dal modo fondamentale. Il *picking* del modo fondamentale è stato comunque effettuato su entrambe le energizzazioni. Le due curve di dispersione sperimentale sono mostrate alla pagina seguente.





A lato sono riportate le curve sperimentali di dispersione fondamentale ricavate dagli spettri relativi alle due energizzazioni coniugate. Sommando queste due curve è stata ricavata la curva di dispersione fondamentale utilizzata per il processo di inversione (v. linea rossa nel grafico sovrastante)

Nel grafico sovrastante oltre alla curva di dispersione sperimentale è riportata anche la curva di dispersione sintetica relativa al modello caratterizzato dall'errore minore (linea nera), mostrato alla pagina seguente. L'errore quadratico medio risulta molto basso.



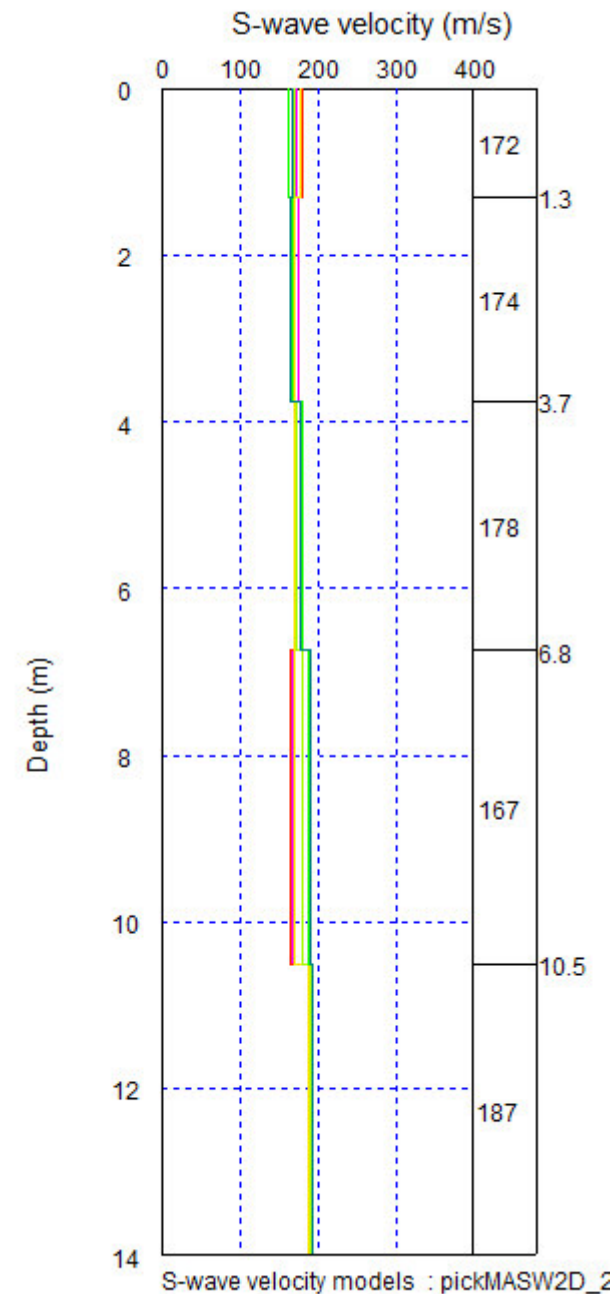
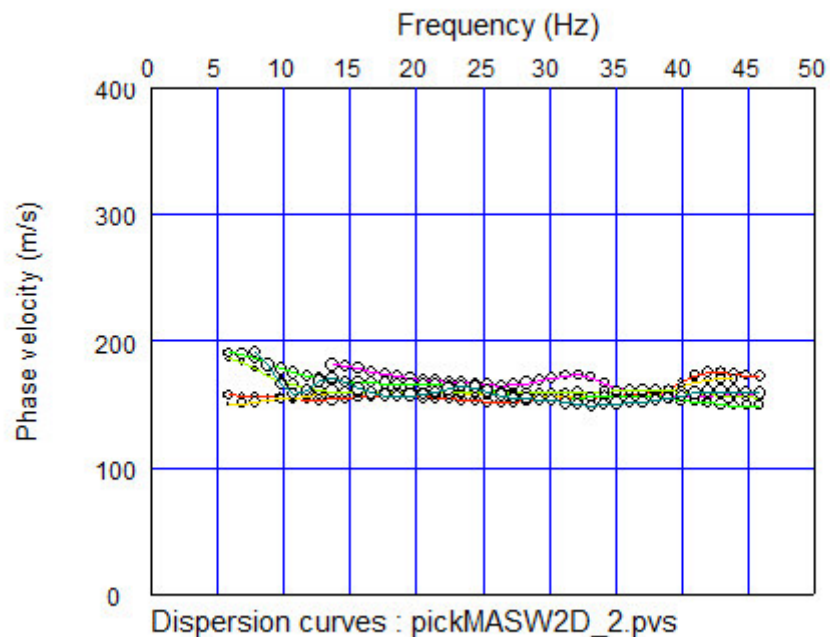
### INTERPRETAZIONE STRATIGRAFICA

Nel grafico a lato è mostrato il profilo verticale  $V_s$  caratterizzato dall'errore minimo rispetto alla curva di dispersione sperimentale. La sismostratigrafia ottenuta è descritta sinteticamente di seguito. Si precisa che le indagini eseguite mediano le condizioni stratigrafiche nel volume di sottosuolo posto al di sotto dell'intero stendimento geofonico. Altri modelli, caratterizzati da un errore leggermente superiore, dove gli strati presentano diversi valori di spessore e velocità, sono ugualmente possibili e pressoché equivalenti dal punto di vista analitico e geologico.

Il profilo, molto simile a quello ricavato nel MASW1, mostra una sequenza di terreni da poco a mediamente addensati e/o consistenti con un debole incremento di velocità in profondità

### $V_{s30}$ E CATEGORIA DI SOTTOSUOLO (DM 14/01/2008)

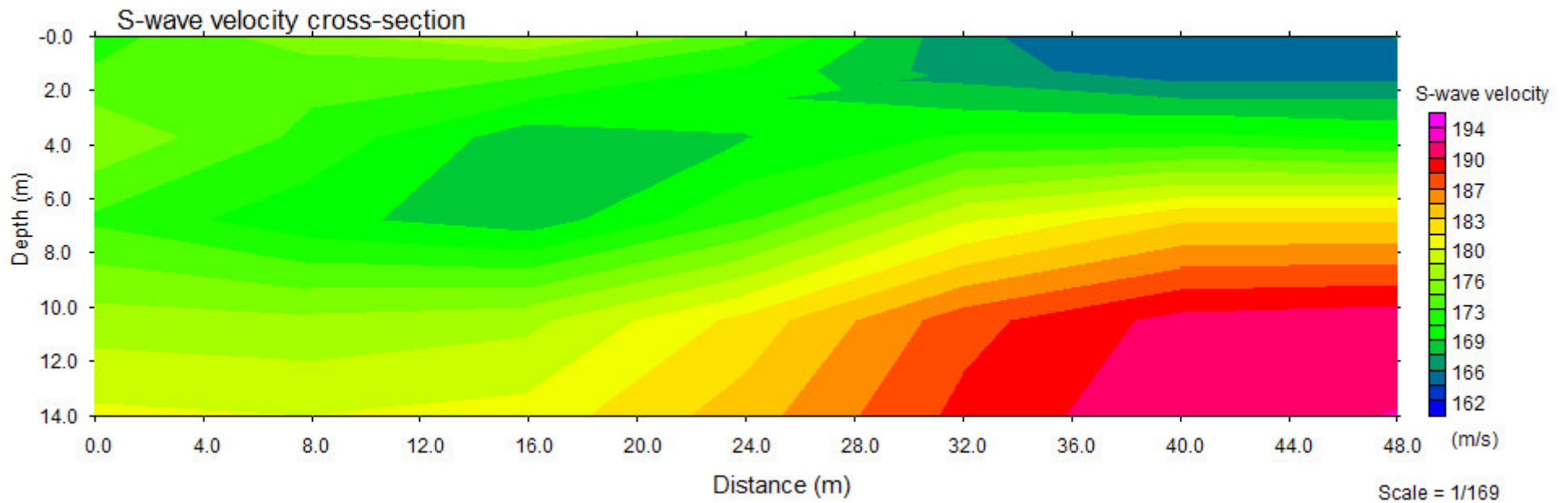
Il valore del parametro  $V_{s30}$  è lo stesso di quello già ricavato con il MASW1 (*i.e.* 220 m/s). Tale parametro, unitamente alle caratteristiche stratigrafiche del profilo  $V_s$ , colloca il sito nella **categoria di sottosuolo C** "Depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di  $V_{s30}$  compresi tra 180 m/s e 360 m/s".



Il grafico sovrastante mostra le curve di dispersione ricavate dai CMPCC *gather* con la tecnica *Phase Shift* (Park et al., 1999) . Ogni singola curva è riferita ad un CMP ed è stata invertita per produrre i modelli Vs verticali mostrati a lato.

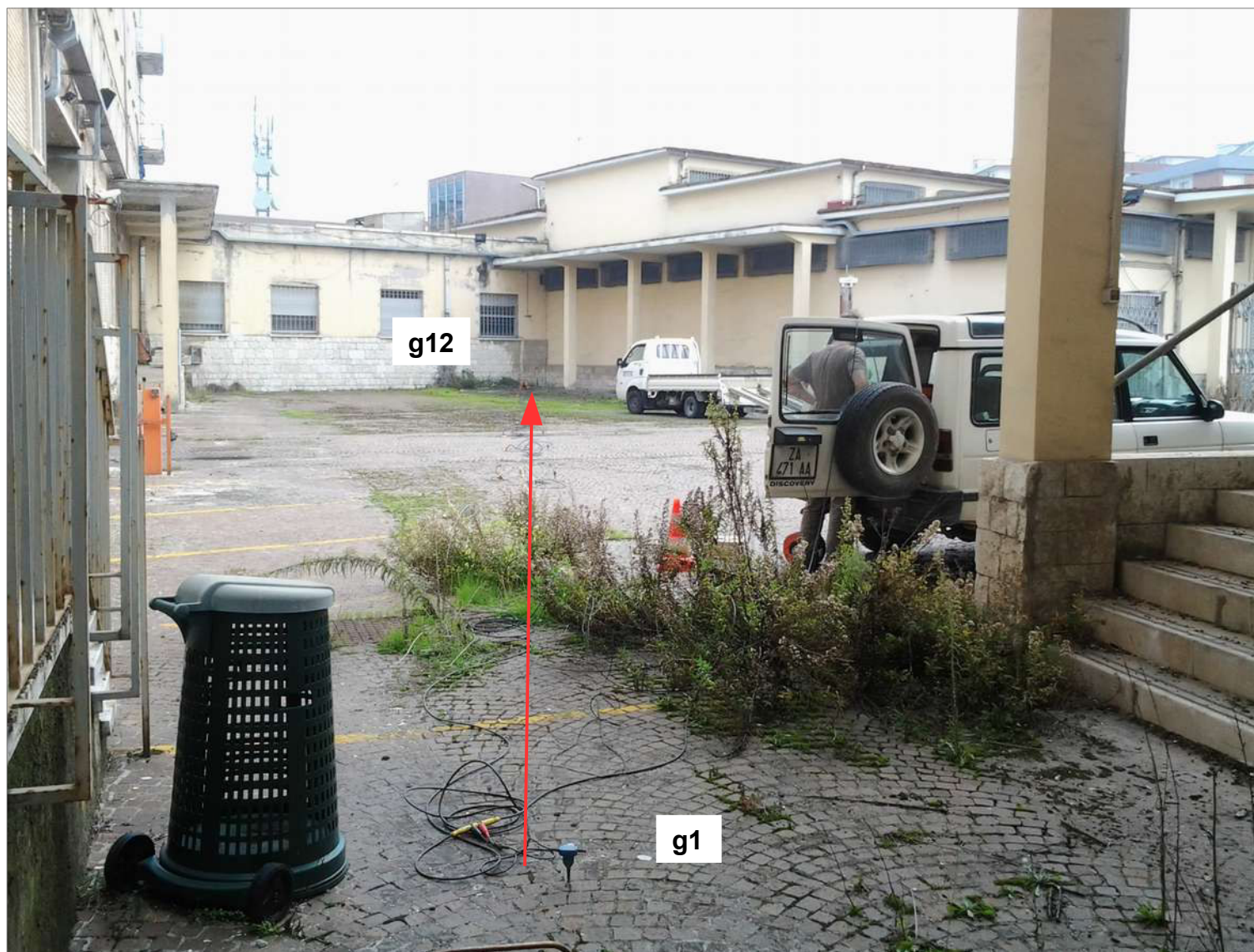
Anche in questa elaborazione, già dal grafico a lato si nota che i profili verticali Vs ricavati si discostano poco dal profilo Vs medio ricavato dall'analisi MASW 1D mostrato precedentemente.

La disposizione laterale di questi profili secondo il CMP associato è la loro correlazione ha prodotto il modello MASW 2D mostrato alla pagina successiva.



La tomografia Vs mostra un profilo con variazioni di velocità molto basse e con valori compresi fra 160 e 195 m/sec. Il gradiente è nel complesso debolmente crescente in profondità. L'indagine non risolve la pavimentazione e i riporti antropici superficiali.

# DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA MASW linea 1



## DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA MASW linea 2

