

REGIONE DEL VENETO

PROVINCIA DI VICENZA

COMUNE DI ZUGLIANO

PROGETTO:

NUOVA LOTTIZZAZIONE VIA MONTE BALDO
*INDAGINI GEOGNOSTICHE FINALIZZATE ALLA VERIFICA DELLA COMPATIBILITA'
GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA E GEOMORFOLOGICA DELL'INTERVENTO*

**RELAZIONE GEOLOGICA-IDROGEOLOGICA E
PARAMETRIZZAZIONE GEOTECNICA DEI TERRENI**

(D.M. 11.03.1988 - D.M. 14.01.2008)

COMMITTENTE:

GARZOTTO OSCAR, BORGO VALTER

DATA:

AGOSTO 2014

CODICE ELABORATO:

ZGL-GRBR

POSIZIONE ARCHIVIO:

REL-14

DR. GEOL. ANDREA MASSAGRANDE

Via Matteotti 31/A - 36010 Chiappano (VI) - Tel. e Fax: 0445/893216 - E-mail: andgrande@tiscalinet.it

Sommario

1.	Premessa	2
2.	Inquadramento geologico-territoriale dell'area	4
3.	Campagna di indagini geognostiche	7
4.	Scavo geognostico	7
5.	Indagine penetrometrica	8
6.	Test di permeabilità	9
7.	Indagine sismica MASW	12
7.1.	Premessa e normativa di riferimento.....	12
7.2.	Cenni teorici metodologia MASW.....	13
7.3.	Acquisizione ed elaborazione dei dati	14
7.4.	Profilo di velocità, Vs30 e categoria di sottosuolo	14
8.	Modello geologico e geotecnico.....	17
9.	Compatibilità geologica dell'intervento - considerazioni conclusive.....	19

Allegati a fine testo

- Planimetria alla scala 1:500 con l'ubicazione delle prove in sito
- Specifiche tecniche del penetrometro dinamico DPSH
- Tabelle e diagrammi penetrometrici
- Documentazione fotografica

1. PREMESSA

Su incarico e per conto dei *Sigg. Garzotto Oscar e Borgo Valter* è stata condotta una ricognizione dello stato dei luoghi ed una specifica campagna di indagini geognostiche sulla cui base è stata redatta la presente relazione di compatibilità (fattibilità) geologica, idrogeologica e geomorfologica a supporto della *Nuova Lottizzazione Via Monte Baldo* (Progettista: *Dr. Arch. Leonardi Nazzareno*) ricadente in Via Monte Baldo, nel Comune di Zugliano (figg. 1 e 2).

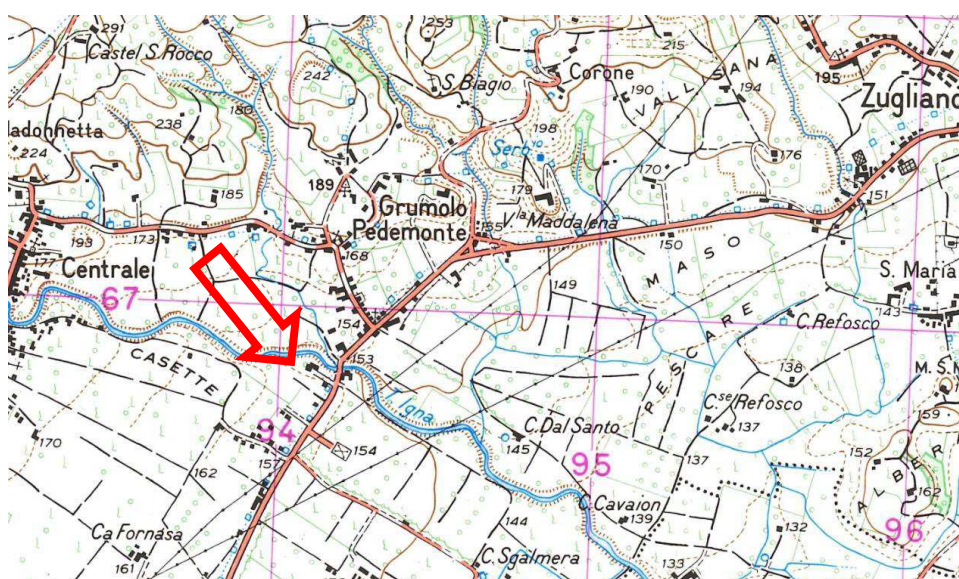


Fig. 1: Estratto IGM con l'indicazione dell'area di intervento

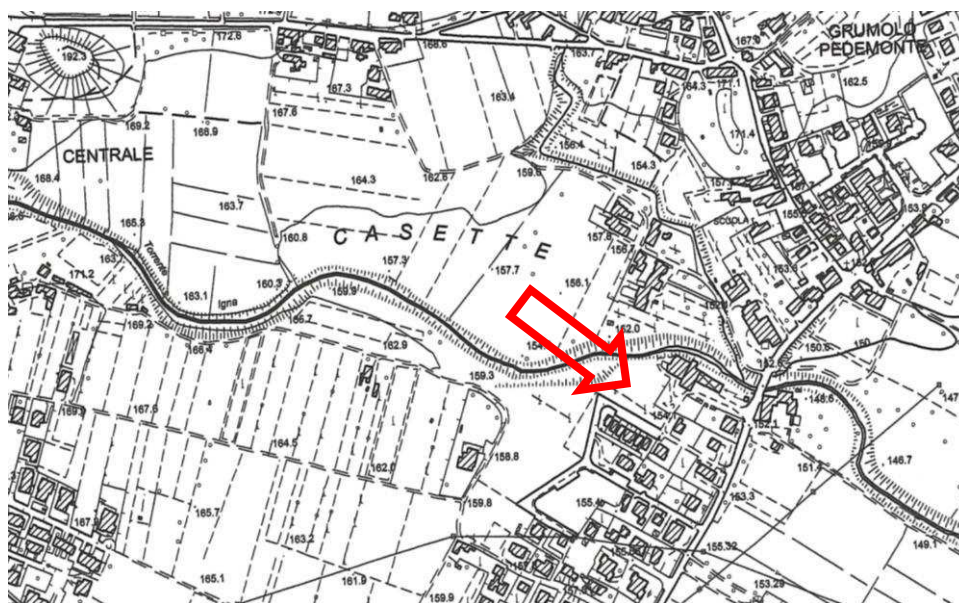


Fig. 2: Estratto CTR con l'indicazione dell'area di intervento

La presente relazione tecnica ottempera alle disposizioni normative vigenti ed in particolare al punto H “*Fattibilità geotecnica di opere su grandi aree*” del **D.M. 11.03.1988** “*Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l’esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione*”, nonché alla successiva **Circ. Min. LL.PP. 24.09.1988 n. 30483** contenente le relative istruzioni per l’applicazione, peraltro ribadite dalla **Circolare del Presidente della Giunta Regionale n. 9 del 5 aprile 2000**, relativa agli “*Indirizzi in materia di prescrizioni tecniche da osservare per la realizzazione di opere pubbliche e private. Obblighi derivanti dalla L. 2 Febbraio 1974, n. 64 e dal D.M. 11 Marzo 1988*”, ed alle “**Norme tecniche per le costruzioni**” **D.M. 14.01.2008**.

L’osservanza delle prescrizioni normative vigenti è fondamentale per garantire la sicurezza e la funzionalità del complesso opera-terreno, ed assicurare nel contempo la stabilità del territorio dal punto di vista geologico e geomorfologico. Dal punto di vista generale le scelte progettuali, i calcoli e le verifiche sui manufatti non possono quindi prescindere dalla caratterizzazione geologica e geotecnica del sottosuolo, che deve essere opportunamente indagato mediante rilievi in sito. L’ampiezza dell’indagine sperimentale deve estendersi in un intorno significativo e deve comprendere la porzione di sottosuolo direttamente influenzata dalle opere in progetto (volume significativo dell’indagine); deve essere inoltre proporzionata alle dimensioni, alla tipologia ed all’impatto dell’opera sul territorio, nonché alla complessità geologica del sottosuolo stesso.

Il presente studio si propone di valutare le possibili interazioni tra i proposti interventi di progetto e l’ambiente geologico nel suo insieme, ed in particolare di:

- verificare la situazione geologica generale dell’area,
- ricostruire l’assetto litologico-stratigrafico ed idrogeologico del sottosuolo,
- determinare le caratteristiche fisico-meccaniche dei terreni indagati,
- determinare il profilo verticale di velocità delle onde di taglio (Vs) dal quale si ricava il parametro Vs30 richiesto dalla normativa vigente,
- analizzare le problematiche geologico-tecniche del sito in esame,
- verificare la compatibilità (fattibilità) geologica, idrogeologica e geomorfologica delle azioni di progetto con lo stato dei luoghi,

- determinare i parametri geologici, idrogeologici e geotecnici di supporto alla definizione ed al dimensionamento delle opere di urbanizzazione (caratteristiche dei terreni di sottofondo per la viabilità e parcheggi, scavi per sottoservizi, misure di mitigazione idraulica, ecc.).

Dal punto di vista metodologico, lo studio è stato articolato come di seguito esposto:

1. **analisi degli elaborati tecnici progettuali;**
2. **acquisizione ed esame critico della bibliografia esistente;**
3. **analisi della situazione geologica locale;**
4. **esecuzione di n. 1 trincea esplorativa per la ricostruzione dell'assetto litologico-stratigrafico superficiale del sottosuolo;**
5. **esecuzione n. 1 test di permeabilità in foro per la valutazione delle caratteristiche di conducibilità idraulica del primo sottosuolo;**
6. **esecuzione di n. 3 prove penetrometriche dinamiche superpesanti (DPSH) per la parametrizzazione fisico-meccanica dei terreni indagati;**
7. **esecuzione di n. 1 prospezione sismica con metodologia MASW (Multi-channel Analysis of Surface Waves) per la definizione del profilo verticale della velocità di propagazione delle onde di taglio (Vs) e del parametro Vs30;**
8. **rilievo plano-altimetrico delle postazioni di prova;**
9. **elaborazione e interpretazione dei dati sperimentali;**
10. **analisi della compatibilità (fattibilità) geologica degli interventi di progetto;**
11. **sintesi ed indicazioni geologico-tecniche per le opere di progetto.**

Per la stesura della presente relazione tecnica, oltre ai dati sperimentali e alle osservazioni derivanti dai rilevamenti e dalle prove in sito effettuate nel mese di giugno 2014, sono stati utilizzati riferimenti di archivio e bibliografici.

2. INQUADRAMENTO GEOLOGICO-TERRITORIALE DELL'AREA

L'area oggetto del proposto intervento di progetto si ubica in Via Monte Baldo, all'interno dei limiti amministrativi del Comune di Zugliano; il sito è caratterizzato da un primo settore

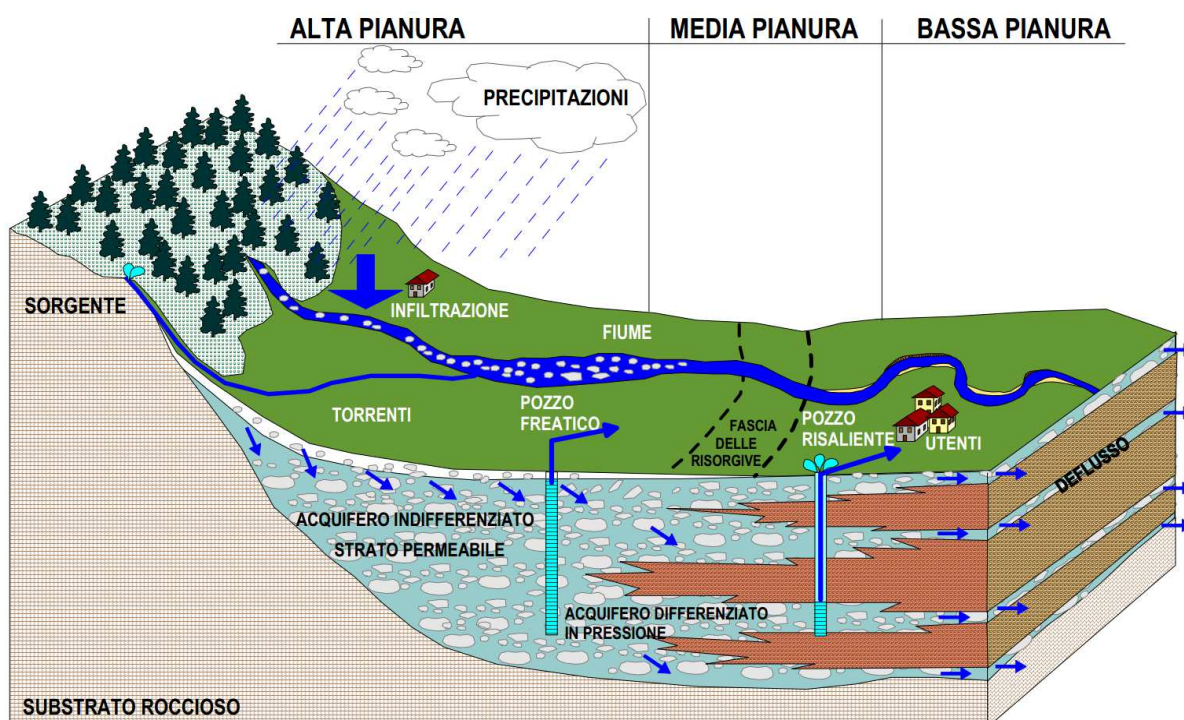


Fig. 4: Sezione schematica strutturale di riferimento della pianura veneta

Lungo la fascia settentrionale di alta pianura, dove il sottosuolo è interamente ghiaioso, esiste un'unica e potente falda idrica a carattere freatico, la cui alimentazione è garantita dalla dispersione idrica che si verifica dagli alvei dei corsi d'acqua al loro sbocco vallivo; in maniera del tutto secondaria anche l'infiltrazione diretta degli apporti meteorici e delle acque irrigue contribuisce alla formazione dei deflussi sotterranei.

La costituzione quasi interamente ghiaiosa del sottosuolo fa in modo che la situazione idrostrutturale tipica di quest'area di alta pianura sia caratterizzata dall'esistenza di un'unica falda di tipo freatico molto potente e produttiva, localizzata a diverse decine di metri di profondità dal p.c. locale, come si evince dai dati relativi a varie campagne freatimetriche.

Occorre peraltro precisare che alla scala locale possono verificarsi delle difformità più o meno accentuate, rispetto al trend generale dei deflussi sotterranei, che in contesti come quello in esame sono riconducibili essenzialmente alle interazioni esistenti tra il corso d'acqua (falda di sub-alveo) e la falda acquifera. Resta inteso che in assenza di misure sperimentali situ-specifiche da potersi svolgere entro piezometri non è determinabile con precisione la soggiacenza della tavola d'acqua rispetto al p.c. locale.

3. CAMPAGNA DI INDAGINI GEOGNOSTICHE

Allo scopo di caratterizzare gli elementi geologico-tecnici locali, accanto alle preliminari ricognizioni di superficie è stata eseguita una specifica campagna di indagini geognostiche in sito. Le prove sperimentali sono state condotte principalmente per riconoscere la natura litologica ed idrogeologica del sottosuolo e per parametrizzare le caratteristiche fisico-meccaniche e sismo-stratigrafiche dei terreni indagati. La campagna geognostica (la planimetria di progetto con l'ubicazione delle prove è allegata a fine testo), condotta e coordinata dallo scrivente, è stata articolata attraverso le sotto elencate attività in sito:

- **esecuzione di n. 1 scavo geognostico,**
- **esecuzione di n. 1 prova di permeabilità in foro,**
- **esecuzione di n. 3 prove penetrometriche dinamiche superpesanti (DPSH),**
- **esecuzione di n. 1 prospezione sismica con metodologia MASW (Multi-channel Analysis of Surface Waves).**

4. SCAVO GEOGNOSTICO

Allo scopo di verificare la natura litologica e la distribuzione stratigrafica dei terreni nel primo sottosuolo, è stato condotto n. 1 scavo geognostico (T1) spinto fino alla profondità di 2,80 m dal p.c. locale. La distribuzione dei terreni nel primo sottosuolo che si evince dallo scavo geognostico (documentazione fotografica allegata a fine testo: foto 1) può essere così schematizzata:

Orizzonte	Prof. (m dal p.c.)	Litologia
1	0,00-0,40	Terreno vegetale
2	0,40-1,40	Alternanze di terreni eterogenei ed eterometrici in matrice argilloso-limosa
3	1,40-1,70	Limi sabbiosi con resti vegetali
4	1,70-2,80	Ghiaie e ciottoli ($\varnothing = 10\div 15$ cm) in matrice sabbioso-limosa localmente leggermente argillosa

5. INDAGINE PENETROMETRICA

La prova penetrometrica dinamica consiste nell'infiggere verticalmente nel terreno una punta conica metallica, tramite la battitura da altezza prefissata di un maglio di peso standard; durante la percussione vengono misurati i colpi necessari alla penetrazione della punta (**N**) per una lunghezza prefissata.

Per quanto attiene al Penetrometro Superpesante (**DPSH**) in uso, il maglio ha una massa di 73 kg, l'altezza di caduta è pari a 75 cm e viene misurato il numero di colpi necessario all'infissione ogni 30 cm (**N₃₀**).

Lo strumento utilizzato è ampiamente standardizzato ed i risultati sono facilmente correlabili alla prova **SPT** (Standard Penetration Test), eseguita in foro di sondaggio e molto simile per modalità, da cui è possibile ricavare i parametri geotecnici necessari a caratterizzare i terreni.

Le specifiche tecniche delle strumentazioni in uso e le modalità esecutive sono codificate da precise norme internazionali, unitamente alle metodologie di interpretazione dei dati quantitativi (rif.: *Raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche - AGI 1977*).

Attraverso l'energia specifica per colpo è possibile inoltre calcolare la resistenza dinamica alla penetrazione di punta (**Rpd** in kg/cm²), che è funzione del numero di colpi **N**; a tal scopo si utilizza la correlazione nota come "*Formula degli Olandesi*", espressa come segue:

$$R_{pd} = M^2 H / (A e (M + P)) = M^2 H N / (A d (M + P))$$

dove:

Rpd = Resistenza dinamica alla punta

M = Peso massa battente

H = Altezza caduta libera

N = Numero colpi

A = Area base punta conica

d = Avanzamento punta

P = Peso totale aste e sistema battuta

e = infissione per colpo

Dall'analisi dei valori di resistenza dinamica e dell'andamento della resistenza stessa in funzione della profondità, si ottengono, per via indiretta, informazioni geologico-tecniche sui terreni attraversati. Un'ampia casistica internazionale permette inoltre di ottenere delle relazioni empiriche che legano i valori rilevati con i parametri di resistenza dei terreni attraversati (angolo di attrito o coesione).

Le tabelle dei valori di resistenza ed i diagrammi penetrometrici dinamici sono riportati negli allegati a fine testo, unitamente alle specifiche tecniche dello strumento in uso ed alla documentazione fotografica.

Dall'analisi delle diagrafie penetrometriche si osserva che le prove sono state interrotte al rifiuto strumentale (alla profondità massima di 5,10 m dal p.c. locale in corrispondenza della verticale P1), correlabile nella fattispecie con la presenza di ghiaie grossolane e ciottoli all'interno dei depositi alluvionali quaternari che non ne consentono la penetrazione. Le risultanze dell'indagine penetrometrica evidenziano che il substrato ghiaioso autoctono idoneo al posizionamento delle strutture fondazionali dei fabbricati è ubicato alla profondità dal p.c. locale variabile tra circa 0,90 e 1,20 m, nei lotti 1 e 2, e di 1,80 m nel lotto 3.

6. TEST DI PERMEABILITA'

Allo scopo di verificare le caratteristiche di conducibilità idraulica del primo sottosuolo, al termine dell'esecuzione della trincea esplorativa T1 è stato condotto n. 1 test di immissione d'acqua a carico variabile (K1), alla profondità di 2,80 m dal p.c. locale, con preventiva saturazione dei depositi, su un foro rivestito (tubo in pvc $\varnothing_{int} = 19,3$ cm) filtrante solo nella parte inferiore.

A seguire si riportano i dati sperimentali.

- alto: $K > 10^{-1}$ cm/s
- medio: $K = 10^{-1} \div 10^{-3}$ cm/s
- basso: $K = 10^{-3} \div 10^{-5}$ cm/s
- molto basso: $K = 10^{-5} \div 10^{-7}$ cm/s

Il previsto intervento di progetto comporterà una variazione dell'infiltrazione naturale delle acque meteoriche; all'interno dell'ambito in parola dovranno pertanto essere previsti idonei interventi di attenuazione (mitigazione) idraulica. Il descritto assetto litologico-stratigrafico locale (depositi a prevalente frazione ghiaioso-sabbiosa a partire dalla profondità di circa 1,70 metri dal p.c. locale) ed il grado di permeabilità (coefficiente di conducibilità idraulica: $K = 2 \cdot 10^{-2}$ cm/s alla profondità di 2,80 m dal p.c. locale) consentono la dispersione delle acque meteoriche, nel deposito alluvionale di base, attraverso pozzi perdenti e/o trincee drenanti.

Il dimensionamento/verifica dei dispositivi di regimazione idraulica dovrà essere effettuato nel rispetto delle disposizioni normative vigenti ed in particolare della D.G.R.V. n. 2948 del 06.10.2009, della D.G.R.V. n. 1841 del 19.06.2007 e della D.G.R.V. n. 1322 del 10.05.2006 che recepiscono la legge del 3 agosto 1998, n. 267 "Individuazione e perimetrazioni delle aree a rischio idraulico e idrogeologico. Nuove indicazioni per la formazione degli strumenti urbanistici" e del più recente Piano di Tutela delle Acque (Art. 121, Decreto legislativo 3 aprile 2006 n. 152, "Norme in materia ambientale") della Regione Veneto.

7. INDAGINE SISMICA MASW

7.1 PREMESSA E NORMATIVA DI RIFERIMENTO

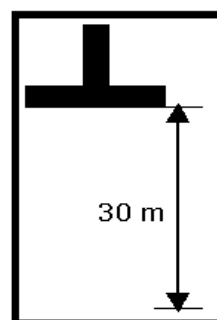
Lo studio geofisico è stato finalizzato alla definizione del modello sismico del sottosuolo ovvero della categoria del sottosuolo di fondazione attraverso il profilo di velocità delle onde di taglio V_s , nel rispetto delle vigenti disposizioni normative di riferimento:

- D.M. 14 gennaio 2008 - “*Norme tecniche per le costruzioni*” - paragrafo 3.2.2;
- Circolare 2 febbraio 2009 n. 617 del C.S.LL.PP. - “*Istruzioni per l’applicazione delle Norme tecniche per le costruzioni di cui al decreto ministeriale 14 gennaio 2008*”;
- OPCM n. 3274 del 20 marzo 2003 - “*Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zone sismiche*”;
- OPCM n. 3519 del 28 aprile 2006 - “*Criteri generali per l’individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l’aggiornamento degli elenchi delle stesse zone*”.

Sulla base della caratterizzazione geologica preliminare del sito è stata opportunamente adottata la metodologia di indagine MASW (Multi-channel Analysis of Surface Waves, analisi della dispersione delle onde superficiali da misure di sismica attiva, *Park et al.*, 1999). Tali prove consentono di definire il profilo verticale della velocità di propagazione delle onde di taglio (V_s), al fine di giungere ad una stima degli effetti di sito.

La scelta della categoria di sottosuolo, ovvero la classificazione sismica dei terreni di progetto, si basa sul valore medio della velocità delle onde di taglio nei primi 30 metri di profondità (V_{s30}). Essa è definita dalla relazione:

$$V_{s30} = \frac{30}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{v_i}}$$



Categorie di sottosuolo previste dalle NTC/2008

Categoria	Profilo stratigrafico	Parametri		
		Vs30 (m/s)	Nspt	Cu(KPa)
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m</i>	> 800	-	-
B	<i>Rocce tenere e 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</i>	360÷800	>50	>250
C	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o di terreni a grana fina mediamente consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità</i>	180÷360	15÷50	70÷250
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità</i>	<180	<15	<70
E	<i>Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con Vs > 800 m/s)</i>			

7.2 CENNI TEORICI DELLA METODOLOGIA MASW

La tecnica MASW è una metodologia d'indagine che permette di determinare il profilo di velocità delle onde di taglio Vs, basandosi sul calcolo della velocità delle onde superficiali. La determinazione della velocità delle onde superficiali avviene con l'utilizzo di sensori, posizionati con interdistanza regolare, lungo un allineamento sulla superficie del suolo da indagare. Da queste velocità superficiali è poi possibile ricavare la velocità delle onde di taglio Vs.

Le onde di superficie che coinvolgono il sottosuolo sono di due tipi: quelle di Rayleigh che si muovono su un piano radiale secondo un moto ellittico retrogrado e quelle di Love che si muovono sul piano orizzontale con un moto perpendicolare alla direzione di propagazione; le loro velocità sono direttamente correlate alla rigidità e ai parametri elastici dei terreni attraversati. Nei mezzi stratificati le onde di superficie sono dispersive, ovvero la profondità di penetrazione è relazionata alla frequenza dell'onda.

La metodologia MASW può essere *attiva* o *passiva*: nel sistema attivo le onde superficiali vengono generate da una sorgente nota e registrate da stendimenti lineari di sensori; nel metodo passivo lo stendimento di ricezione può essere lineare o circolare e si analizzano i segnali provenienti da sorgenti esterne non note per provenienza e natura.

7.3 ACQUISIZIONE ED ELABORAZIONE DEI DATI

L'acquisizione è stata effettuata tramite il sismografo *DBS280B Dolang*, a 24 bit e a 24 canali di registrazione, collegato a geofoni orizzontali con frequenza propria di 4,5 Hz in configurazione THF (per l'acquisizione in onde di Love). L'interdistanza dei sensori è stata fissata a 5,00 m ed è stato considerato, a seguito di energizzazioni ripetute, l'offset esterno pari a 5,00 m (la planimetria con l'ubicazione della linea sismica è allegata a fine testo). La procedura di elaborazione dei dati acquisiti in campagna prevede, in sintesi, i seguenti passi operativi:

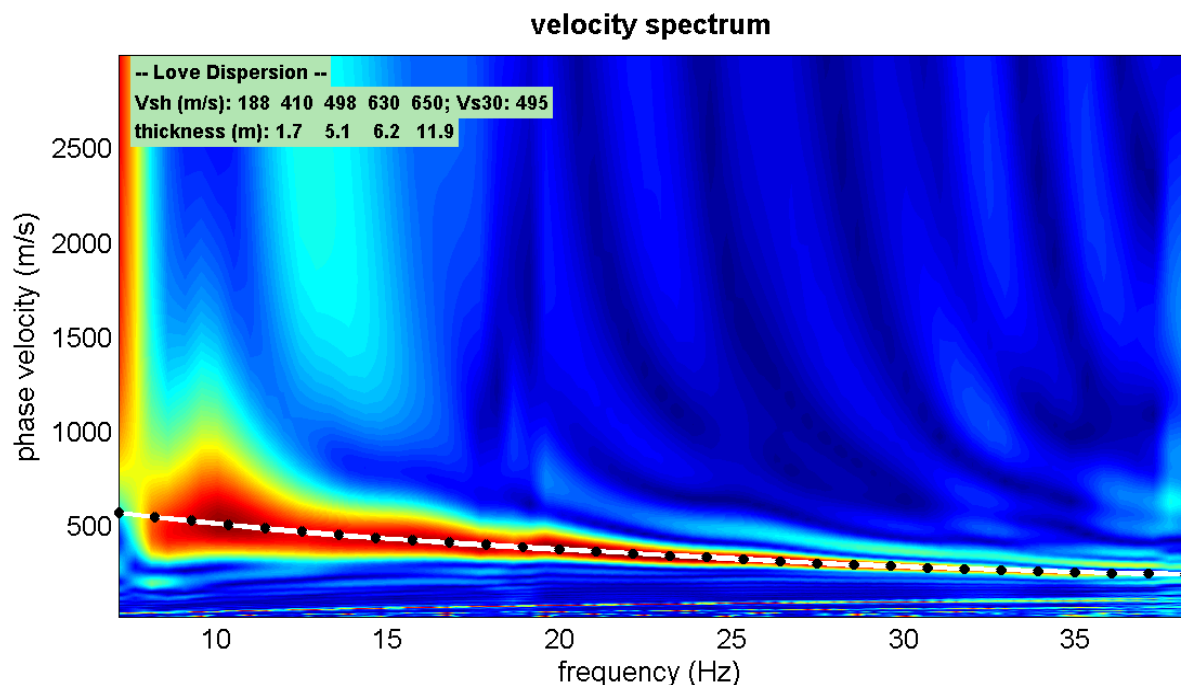
- generazione ed ottimizzazione dell'immagine di dispersione,
- calcolo della velocità di fase apparente numerica,
- analisi delle curve di dispersione ed individuazione dei modi (picking),
- modellazione e/o inversione,
- determinazione del profilo di velocità delle onde di taglio e del parametro Vs30.

Il modello di sottosuolo ed il relativo profilo di velocità delle onde di taglio possono essere individuati utilizzando una procedura manuale (vincolata) o automatica. Nella procedura manuale l'utente vincola i valori della velocità delle onde di taglio e degli spessori degli strati di modello. Nella procedura automatica, si utilizza invece un algoritmo (globale o locale) che minimizza i residui tra il picking sperimentale e le curve numeriche calcolate entro uno spazio di ricerca predefinito.

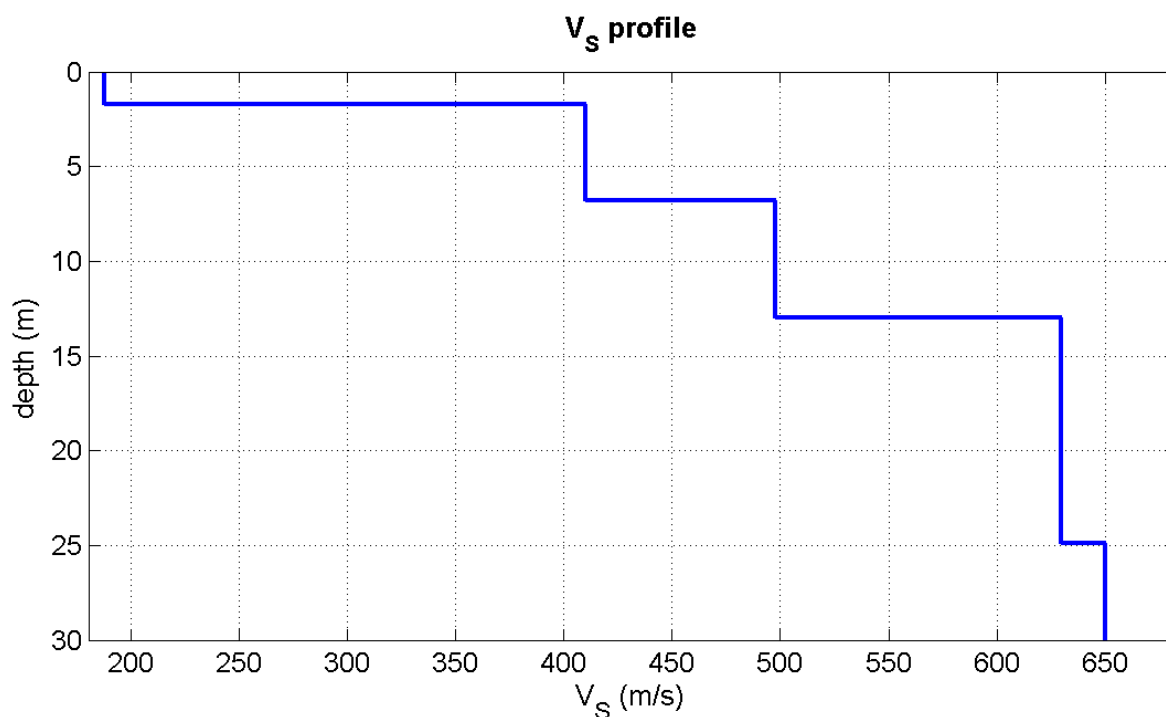
7.4 PROFILO DI VELOCITA', Vs30 E CATEGORIA DI SOTTOSUOLO

A seguire si riporta l'immagine di dispersione dell'acquisizione MASW con sorgente esterna (offset) pari a 5,00 m, ovvero lo spettro delle velocità di fase determinato sull'insieme delle

tracce registrate dai geofoni lungo lo stendimento sismico; la curva di dispersione, relativa al modo fondamentale che è stato identificato, è sovrapposta all'immagine.



Nel grafico che segue viene presentato il profilo verticale di velocità delle onde di taglio (V_s) in funzione della profondità, dal quale si è ricavato il parametro V_{s30} con riferimento al p.c. locale e la categoria di sottosuolo prevista dalle NTC/2008.



L'indagine MASW in onde di Love, ha consentito di determinare il seguente profilo verticale di velocità (V_s), a partire dal p.c. locale:

- strato 1: $V_{s_1} = 188$ m/s, spessore = 1,70 m,
- strato 2: $V_{s_2} = 410$ m/s, spessore = 5,10 m,
- strato 3: $V_{s_3} = 498$ m/s, spessore = 6,20 m,
- strato 4: $V_{s_4} = 630$ m/s, spessore = 11,90 m,
- strato 5: $V_{s_5} = 650$ m/s.

Con riferimento al valore di V_{s30} determinato ($V_{s30} = 495$ m/s al p.c. locale) ed alle "Norme tecniche per le costruzioni" (punto 3.2.2 del D.M. 14 gennaio 2008) il sito in esame risulta ascrivibile alla sequenza stratigrafica B "*Rocce tenere e 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 360 e 800 m/s (ovvero resistenza penetrometrica $N_{SPT,30} > 50$ nei terreni a grana grossa e coesione non drenata $c_{u,30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina)*".

In considerazione dell'assetto fisiografico locale (categoria T1 di cui al punto 3.2.2 del D.M. 14.01.2008), non si adotta, infine, alcun coefficiente di amplificazione topografica.

8. MODELLO GEOLOGICO E GEOTECNICO

La ricostruzione litologico-stratigrafica e la parametrizzazione fisico-meccanica dei terreni indagati, è stata ottenuta direttamente dall'analisi degli scavi geognostici ed indirettamente dall'interpretazione delle prove penetrometriche e dell'indagine sismica.

Con riferimento alla caratterizzazione geotecnica dei terreni a comportamento globalmente granulare, ed in particolare la valutazione dell'angolo di attrito (φ), sono stati utilizzati diversi metodi di calcolo riconducibili a vari autori, alcuni dei quali sono riportati a seguire:

- Metodi di *Peck-Hanson-Thornburn* e *Meyerhof* (fig. 5)
- Metodi di *Sowers* e *Malcev* (fig. 6)
- Metodo di *Owasaki & Iwasaki*: $\varphi = (20 * N_{SPT})^{1/2} + 15$
- Road Bridge Specification: $\varphi = (15 * N_{SPT})^{1/2} + 15$
- Japanese National Railway: $\varphi = 0.3 * N_{SPT} + 27$

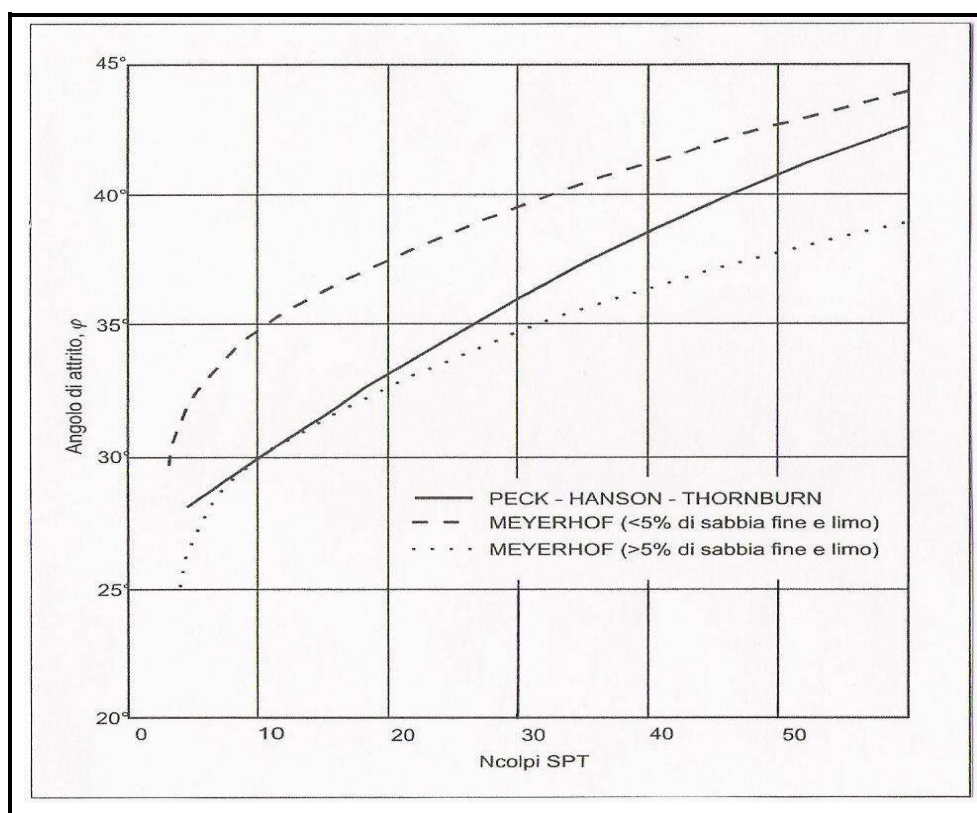


Fig. 5: Correlazione N_{SPT} - angolo di attrito (Metodi di Peck-Hanson-Thornburn e Meyerhof)

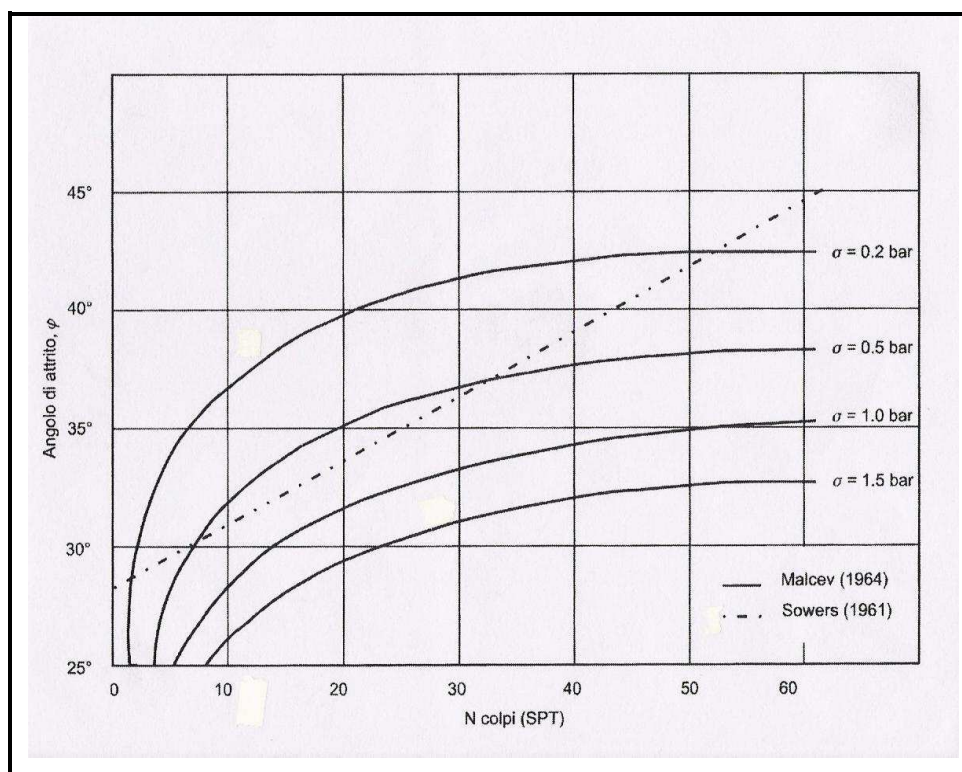


Fig. 6: Correlazione N_{SPT} - angolo di attrito (Metodi di Sowers e Malcev)

Nel caso specifico, è stata utilizzata la correlazione tra N_{30} del Penetrometro Dinamico Superpesante (DPSH) ed il numero di colpi equivalente dello Standard Penetration Test (N_{spt}), per la quale $N_{30}/N_{spt} = 0,8 \div 1,0$.

Sulla base delle risultanze sperimentali e mediante accorpamenti realizzati con criterio geotecnico, si possono distinguere le seguenti unità litotecniche con i relativi parametri geotecnici caratteristici (la normativa vigente prevede che la definizione dei parametri caratteristici nella progettazione geotecnica possa derivare da una “*stima cautelativa, effettuata dal progettista sulla base delle risultanze sperimentali, del valore del parametro appropriato per lo stato limite considerato*”), nell’ambito del settore di intervento:

- Unità A: coltre vegetale e terreni eterogenei ed eterometrici allentati fino alla profondità dal p.c. locale variabile tra circa 0,90 e 1,20 m, nei lotti 1 e 2, e di 1,80 m nel lotto 3,
- Unità B: ghiaie e ciottoli in matrice sabbioso-limosa localmente leggermente argillosa da moderatamente addensate ad addensate: peso di volume: $\gamma = 18 \text{ kN/m}^3$, angolo di attrito: $\varphi' = 33 \div 38^\circ$.

9. COMPATIBILITA' GEOLOGICA DELL'INTERVENTO CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Sulla base delle informazioni sperimentali acquisite nel corso delle indagini geognostiche effettuate e dall'analisi degli elaborati progettuali, possono essere formulate le seguenti considerazioni conclusive in merito alle problematiche connesse con l'esecuzione delle opere:

- **Assetto geologico-territoriale**

L'area oggetto del proposto intervento si ubica in Via Monte Baldo, all'interno dei limiti amministrativi del Comune di Zugliano; il sito è caratterizzato da un primo settore (lotti 1 e 2) leggermente degradante verso nord-est e da un settore (lotto 3) pianeggiante in adiacenza al Torrente Igna, con quote del p.c. naturale di circa 154 m s.l.m.

L'area di studio è ubicata entro il dominio dell'alta pianura, collocandosi allo sbocco della valle pedemontana, ed è caratterizzata da un potente materasso alluvionale a prevalente componente ghiaiosa.

La costituzione quasi interamente ghiaiosa del sottosuolo fa in modo che la situazione idrostrutturale tipica di quest'area di alta pianura sia caratterizzata dall'esistenza di un'unica falda di tipo freatico molto potente e produttiva, localizzata a diverse decine di metri di profondità dal p.c. locale, come si evince dai dati relativi a varie campagne freatimetriche. Occorre peraltro precisare che alla scala locale possono verificarsi delle difformità più o meno accentuate, rispetto al trend generale dei deflussi sotterranei, che in contesti come quello in esame sono riconducibili essenzialmente alle interazioni esistenti tra il corso d'acqua (falda di sub-alveo) e la falda acquifera. Resta inteso che in assenza di misure sperimentali situ-specifiche da potersi svolgere entro piezometri non è determinabile con precisione la soggiacenza della tavola d'acqua rispetto al p.c. locale. Si evidenzia che in condizioni di intense e prolungate precipitazioni meteoriche, non sono da escludere oscillazioni della superficie libera della falda di sub-alveo tali da interferire con eventuali comparti interrati (si segnala, in particolare, un dislivello di circa 1,70 m tra il fondo dell'alveo del Torrente Igna ed il p.c. attuale presso il lotto 3).

Sulla base delle risultanze sperimentali e mediante accorpamenti realizzati con criterio geotecnico, si possono distinguere le seguenti unità litotecniche con i relativi parametri geotecnici caratteristici, nell'ambito del settore di intervento:

Unità A: coltre vegetale e terreni eterogenei ed eterometrici allentati fino alla profondità dal p.c. locale variabile tra circa 0,90 e 1,20 m, nei lotti 1 e 2, e di 1,80 m nel lotto 3,

Unità B: ghiaie e ciottoli in matrice sabbioso-limosa localmente leggermente argillosa da moderatamente addensate ad addensate: peso di volume: $\gamma = 18 \text{ kN/m}^3$, angolo di attrito: $\varphi' = 33\div 38^\circ$.

- **Interventi di progetto**

Il proposto intervento prevede l'urbanizzazione dell'area; nelle aree destinate a viabilità e parcheggi si dovrà prevedere l'asportazione dello strato superficiale vegetale per uno spessore di circa 0,40 m e la sua sostituzione, successivamente alla compattazione del piano di posa, con materiali più competenti per rilevati.

Le risultanze dell'indagine geognostica evidenziano che il substrato ghiaioso autoctono, idoneo al posizionamento delle strutture fondazionali dei fabbricati, è ubicato ad una profondità dal p.c. locale variabile tra circa 0,90 e 1,20 m, nei lotti 1 e 2, e di 1,80 m nel lotto 3.

In considerazione del descritto assetto geologico ed idrogeologico locale è proponibile il rialzo del piano campagna locale, con riferimento al lotto 3, come indicato nel progetto.

In considerazione del descritto assetto idrogeologico locale, eventuali volumi interrati dovranno essere completamente impermeabilizzati.

- **Normativa Sismica**

In riferimento alla normativa strutturale in zona sismica, con le più recenti disposizioni (D.M. 14.01.2008) l'azione sismica di progetto viene definita a partire dalla "pericolosità sismica di base" del sito di costruzione calcolata attraverso le coordinate geografiche puntuali (latitudine e longitudine) nell'ambito di una predefinita griglia di calcolo.

Ai fini della determinazione dell'azione sismica di progetto, con le nuove disposizioni normative sono state inoltre distinte diverse categorie di profilo stratigrafico del terreno di fondazione.

Con riferimento al valore di V_{s30} determinato ($V_{s30} = 495 \text{ m/s}$ al p.c. locale) ed alle "Norme tecniche per le costruzioni" (punto 3.2.2 del D.M. 14 gennaio 2008) il sito in esame risulta ascrivibile alla sequenza stratigrafica B "*Rocce tenere e 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 360 e 800 m/s (ovvero resistenza penetrometrica $N_{SPT,30} > 50$ nei terreni a grana grossa e coesione non drenata $c_{u,30} > 250 \text{ kPa}$ nei terreni a grana fina)*".

In considerazione dell'assetto fisiografico locale (categoria T1 di cui al punto 3.2.2 del D.M. 14.01.2008), non si adotta, infine, alcun coefficiente di amplificazione topografica.

- **Stabilità dei fronti provvisionali di scavo**

Per la stabilità dei fronti provvisionali di scavo necessari per la realizzazione delle opere di mitigazione idraulica, per l'interramento dei sottoservizi, ecc. si dovranno realizzare scarpate con inclinazioni sull'orizzontale non superiori di 60°.

- **Regimazione delle acque meteoriche**

Il previsto intervento di progetto comporterà una variazione dell'infiltrazione naturale delle acque meteoriche; all'interno dell'ambito in parola dovranno pertanto essere previsti idonei interventi di attenuazione (mitigazione) idraulica. Il descritto assetto litologico-stratigrafico locale (depositi a prevalente frazione ghiaioso-sabbiosa a partire dalla profondità di circa 1,70 metri dal p.c. locale) ed il grado di permeabilità (coefficiente di conducibilità idraulica: $K = 2 \cdot 10^{-2}$ cm/s alla profondità di 2,80 m dal p.c. locale) consentono la dispersione delle acque meteoriche, nel deposito alluvionale di base, mediante pozzi perdenti e/o trincee drenanti.

Nel lotto 3, i dispositivi di dispersione dovranno essere convenientemente allontanati dal settore prossimo all'alveo del Torrente Igna, al fine di non interferire con le descritte dispersioni di sub-alveo del corso d'acqua (si consiglia di posizionare tali dispositivi in adiacenza all'area adibita a parcheggio).

- **Ispezioni geologico-tecniche**

In fase esecutiva dovranno essere verificate le ipotesi litologico-stratigrafiche e fisico-meccaniche descritte in precedenza in modo da validare il modello geologico-tecnico ipotizzato.

Sulla base delle ricognizioni di superficie e delle risultanze delle indagini geognostiche, non si ravvisano controindicazioni di natura geologica alla realizzazione del proposto intervento, ferme restando le predisposizioni tecnico-operative contenute nel presente documento.

Chiuppano, agosto 2014

Dr. Geol. Andrea MASSAGRANDE



Allegati

- Planimetria alla scala 1:500 con l'ubicazione delle prove in sito
- Specifiche tecniche del penetrometro dinamico DPSH
- Tabelle e diagrammi penetrometrici
- Documentazione fotografica

Foto 1: Scavo geognostico T1 (profondità 2,80 m)
Foto 2: Test di permeabilità K1 (profondità 2,80 m)
Foto 3: Prova penetrometrica P1
Foto 4: Prova penetrometrica P2
Foto 5: Prova penetrometrica P3
Foto 6: Indagine sismica (MASW)



Planimetria alla scala 1:500 con l'ubicazione delle prove in sito

PENETROMETRO DINAMICO IN USO : **DPSH73**

Classificazione ISSMFE (1988) dei penetrometri dinamici		
TIPO	Sigla riferimento	Peso Massa Battente M (kg)
Leggero	DPL (Light)	$M \leq 10$
Medio	DPM (Medium)	$10 < M < 40$
Pesante	DPH (Heavy)	$40 \leq M < 60$
Super pesante	DPSH (Super Heavy)	$M \geq 60$

CARATTERISTICHE TECNICHE : DPSH73

PESO MASSA BATTENTE	M = 73,00 kg
ALTEZZA CADUTA LIBERA	H = 0,75 m
PESO SISTEMA BATTUTA	M _s = 25,00 kg
DIAMETRO PUNTA CONICA	D = 50,40 mm
AREA BASE PUNTA CONICA	A = 20,00 cm ²
ANGOLO APERTURA PUNTA	$\alpha = 60^\circ$
LUNGHEZZA DELLE ASTE	L _a = 0,90 m
PESO ASTE PER METRO	M _a = 6,30 kg
PROF. GIUNZIONE 1 ^a ASTA	P ₁ = 0,90 m
AVANZAMENTO PUNTA	$\delta = 0,30$ m
NUMERO DI COLPI PUNTA	N = N(30) \Rightarrow Relativo ad un avanzamento di 30 cm
RIVESTIMENTO / FANGHI	NO
ENERGIA SPECIFICA x COLPO	Q = (MH)/(A δ) = 9,13 kg/cm ² (prova SPT : Q _{spt} = 7.83 kg/cm ²)
COEFF.TEORICO DI ENERGIA	$\beta_t = Q/Q_{spt} = 1,165$ (teoricamente : N _{spt} = $\beta_t N$)

Valutazione resistenza dinamica alla punta R_{pd} [funzione del numero di colpi N] (FORMULA OLANDESE) :

$$R_{pd} = M^2 H / [A e (M+P)] = M^2 H N / [A \delta (M+P)]$$

R_{pd} = resistenza dinamica punta [area A]
e = infissione per colpo = δ / N

M = peso massa battente (altezza caduta H)
P = peso totale aste e sistema battuta

UNITA' di MISURA (conversioni)

1 kg/cm² = 0.098067 MPa \approx 0,1 MPa
1 MPa = 1 MN/m² = 10.197 kg/cm²
1 bar = 1.0197 kg/cm² = 0.1 MPa
1 kN = 0.001 MN = 101.97 kg

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA TABELLE VALORI DI RESISTENZA

DIN 1

- committente : Garzotto Oscar, Borgo Valter
 - lavoro : Nuova Lottizzazione Via Monte Baldo
 - località : Via Monte Baldo - Zugliano (VI)
 - note :

- data : 12/06/2014
 - quota inizio : p.c.
 - prof. falda : Falda non rilevata
 - pagina : 1

Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm ²)	asta	Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm ²)	asta
0,00 - 0,30	4	25,7	1	2,70 - 3,00	41	226,3	4
0,30 - 0,60	8	51,4	1	3,00 - 3,30	26	143,5	4
0,60 - 0,90	22	141,4	1	3,30 - 3,60	27	149,0	4
0,90 - 1,20	18	109,7	2	3,60 - 3,90	46	242,5	5
1,20 - 1,50	11	67,0	2	3,90 - 4,20	44	232,0	5
1,50 - 1,80	6	36,6	2	4,20 - 4,50	42	221,4	5
1,80 - 2,10	21	121,6	3	4,50 - 4,80	48	242,2	6
2,10 - 2,40	24	139,0	3	4,80 - 5,10	50	252,3	6
2,40 - 2,70	32	185,3	3				

- PENETROMETRO DINAMICO tipo : **DPSH73**

- M (massa battente)= **73,00** kg - H (altezza caduta)= **0,75** m - A (area punta)= **20,00** cm² - D(diam. punta)= **50,40** mm

- Numero Colpi Punta N = N(30) [$\delta = 30$ cm]

- Uso rivestimento / fanghi iniezione : **NO**

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA TABELLE VALORI DI RESISTENZA

DIN 2

- committente : Garzotto Oscar, Borgo Valter
 - lavoro : Nuova Lottizzazione Via Monte Baldo
 - località : Via Monte Baldo - Zugliano (VI)
 - note :

- data : 12/06/2014
 - quota inizio : p.c.
 - prof. falda : Falda non rilevata
 - pagina : 1

Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm ²)	asta	Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm ²)	asta
0,00 - 0,30	3	19,3	1	1,50 - 1,80	37	225,4	2
0,30 - 0,60	10	64,3	1	1,80 - 2,10	26	150,6	3
0,60 - 0,90	8	51,4	1	2,10 - 2,40	47	272,2	3
0,90 - 1,20	22	134,0	2	2,40 - 2,70	50	289,6	3
1,20 - 1,50	25	152,3	2				

- PENETROMETRO DINAMICO tipo : **DPSH73**

- M (massa battente)= **73,00** kg - H (altezza caduta)= **0,75** m - A (area punta)= **20,00** cm² - D(diam. punta)= **50,40** mm

- Numero Colpi Punta N = N(**30**) [δ = 30 cm]

- Uso rivestimento / fanghi iniezione : **NO**

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA TABELLE VALORI DI RESISTENZA

DIN 3

- committente : Garzotto Oscar, Borgo Valter
 - lavoro : Nuova Lottizzazione Via Monte Baldo
 - località : Via Monte Baldo - Zugliano (VI)
 - note :

- data : 12/06/2014
 - quota inizio : p.c.
 - prof. falda : Falda non rilevata
 - pagina : 1

Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm ²)	asta	Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm ²)	asta
0,00 - 0,30	2	12,9	1	1,80 - 2,10	34	196,9	3
0,30 - 0,60	6	38,6	1	2,10 - 2,40	31	179,5	3
0,60 - 0,90	9	57,8	1	2,40 - 2,70	25	144,8	3
0,90 - 1,20	6	36,6	2	2,70 - 3,00	31	171,1	4
1,20 - 1,50	17	103,6	2	3,00 - 3,30	24	132,5	4
1,50 - 1,80	27	164,5	2	3,30 - 3,60	50	276,0	4

- PENETROMETRO DINAMICO tipo : **DPSH73**

- M (massa battente)= **73,00** kg - H (altezza caduta)= **0,75** m - A (area punta)= **20,00** cm² - D(diam. punta)= **50,40** mm

- Numero Colpi Punta N = N(**30**) [δ = 30 cm]

- Uso rivestimento / fanghi iniezione : **NO**

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA - Rpd

DIN 1

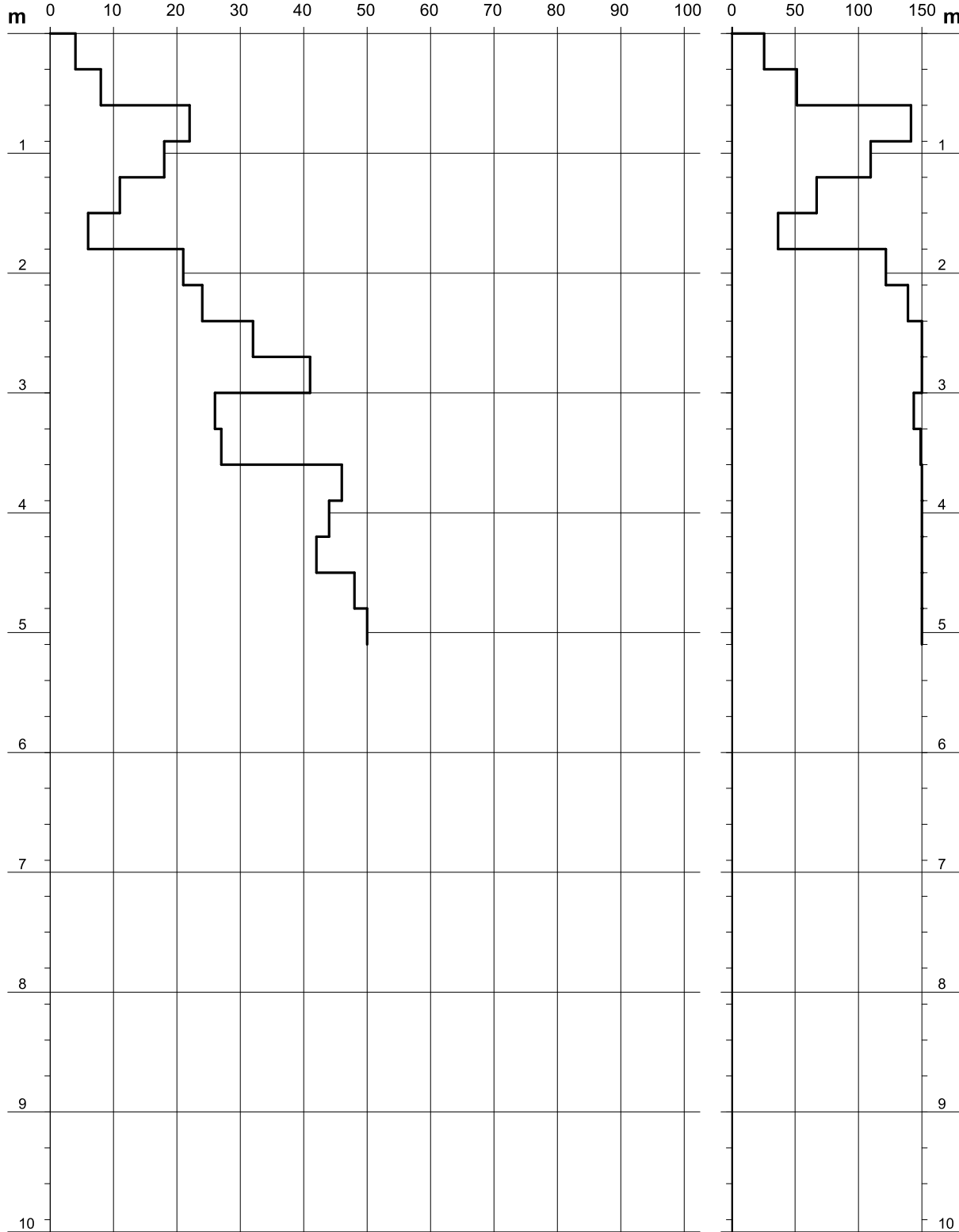
Scala 1: 50

- committente : Garzotto Oscar, Borgo Valter
- lavoro : Nuova Lottizzazione Via Monte Baldo
- località : Via Monte Baldo - Zugliano (VI)
- note :

- data : 12/06/2014
- quota inizio : p.c.
- prof. falda : Falda non rilevata
- pagina : 1

N = N(30) numero di colpi penetrazione punta - avanzamento $\delta = 30$ cm

Rpd (kg/cm²)



PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA - Rpd

DIN 2

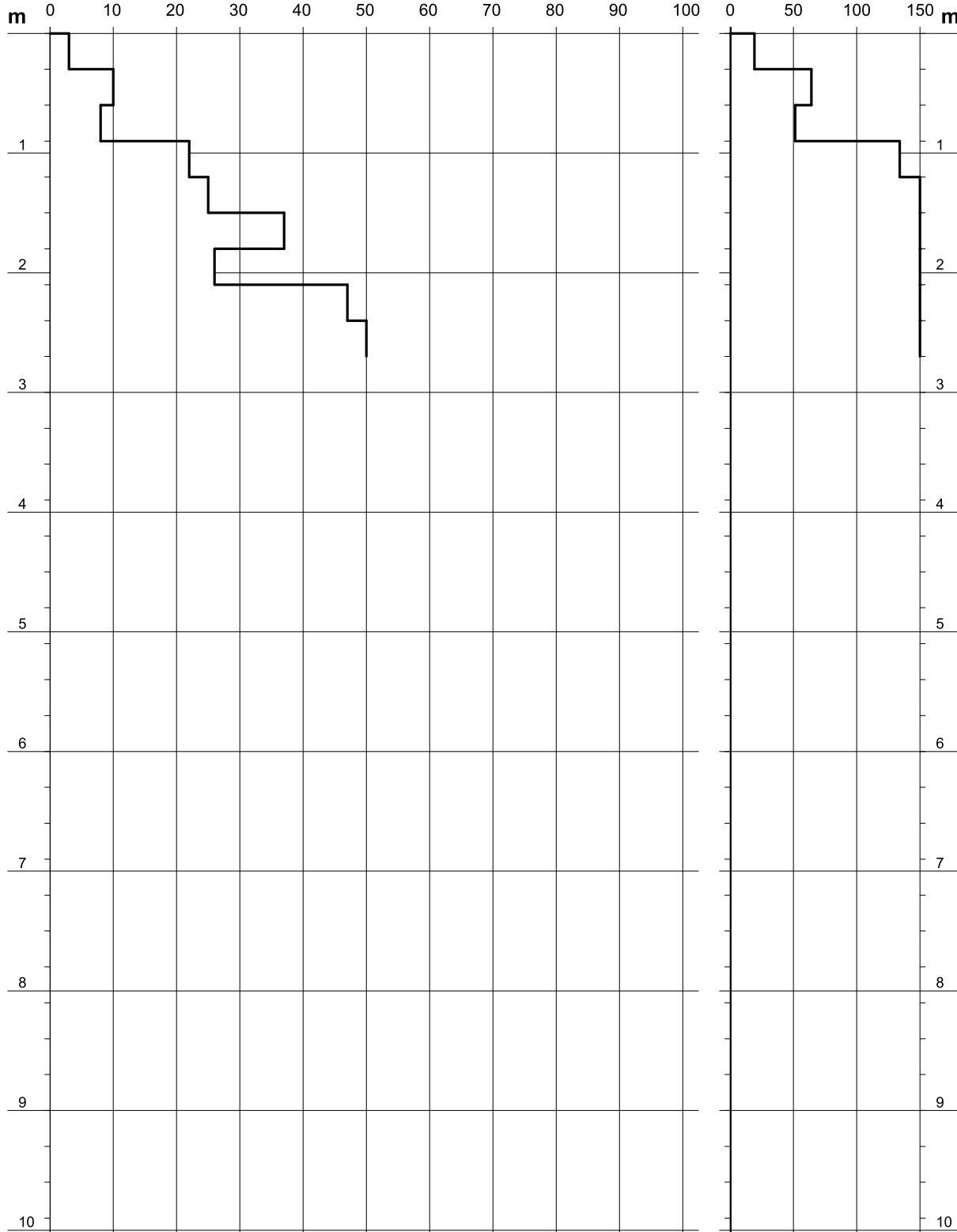
Scala 1: 50

- committente : Garzotto Oscar, Borgo Valter
- lavoro : Nuova Lottizzazione Via Monte Baldo
- località : Via Monte Baldo - Zugliano (VI)
- note :

- data : 12/06/2014
- quota inizio : p.c.
- prof. falda : Falda non rilevata
- pagina : 1

N = N(30) numero di colpi penetrazione punta - avanzamento $\delta = 30$ cm

Rpd (kg/cm²)



PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA - Rpd

DIN 3

Scala 1: 50

- committente : Garzotto Oscar, Borgo Valter
- lavoro : Nuova Lottizzazione Via Monte Baldo
- località : Via Monte Baldo - Zugliano (VI)
- note :

- data : 12/06/2014
- quota inizio : p.c.
- prof. falda : Falda non rilevata
- pagina : 1

N = N(30) numero di colpi penetrazione punta - avanzamento $\delta = 30$ cm

Rpd (kg/cm²)

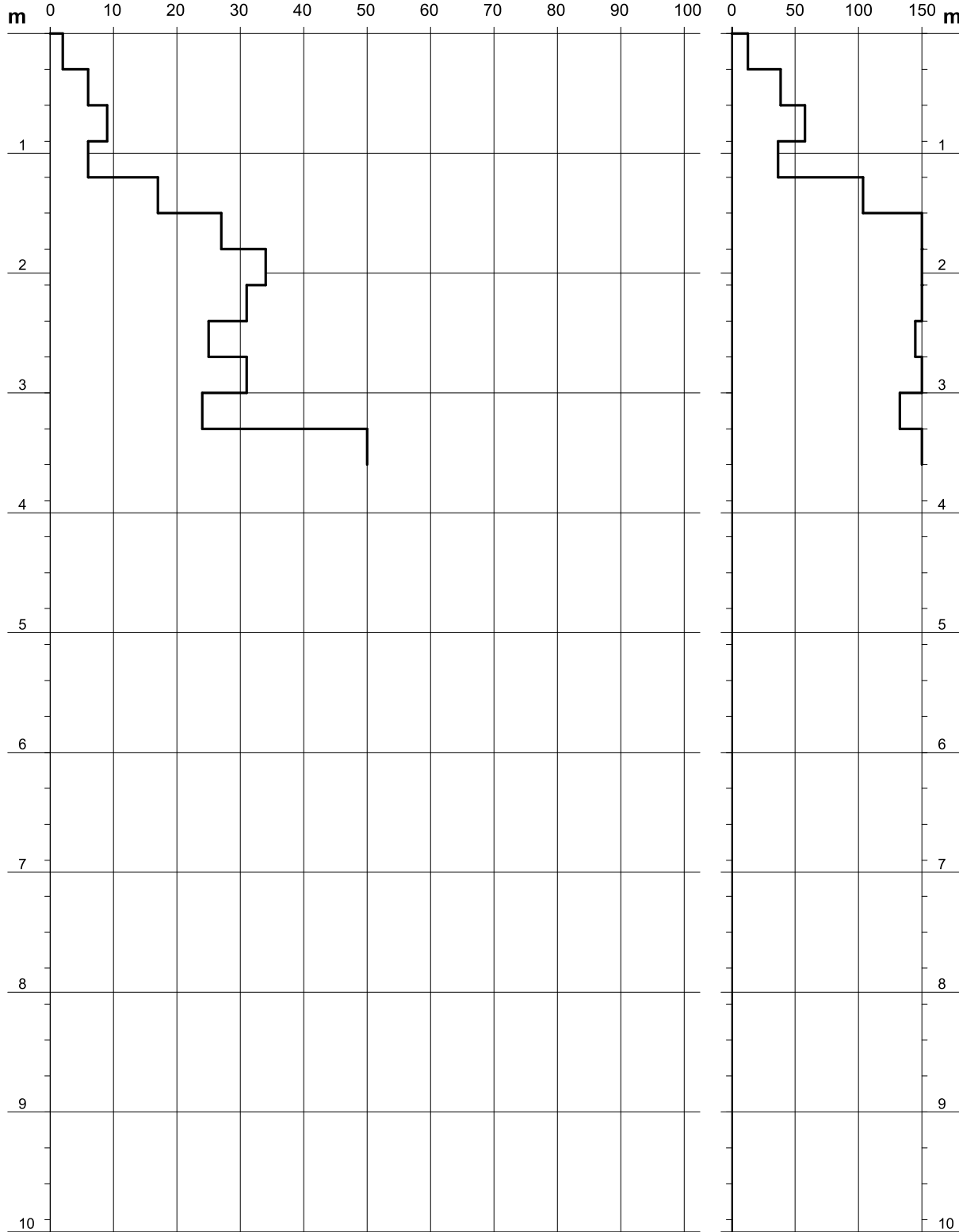




Foto 2: Test di permeabilità K1 (profondità 2,80 m)



Foto 1: Scavo geognostico T1 (profondità 2,80 m)



Foto 4: Prova penetrometrica P2

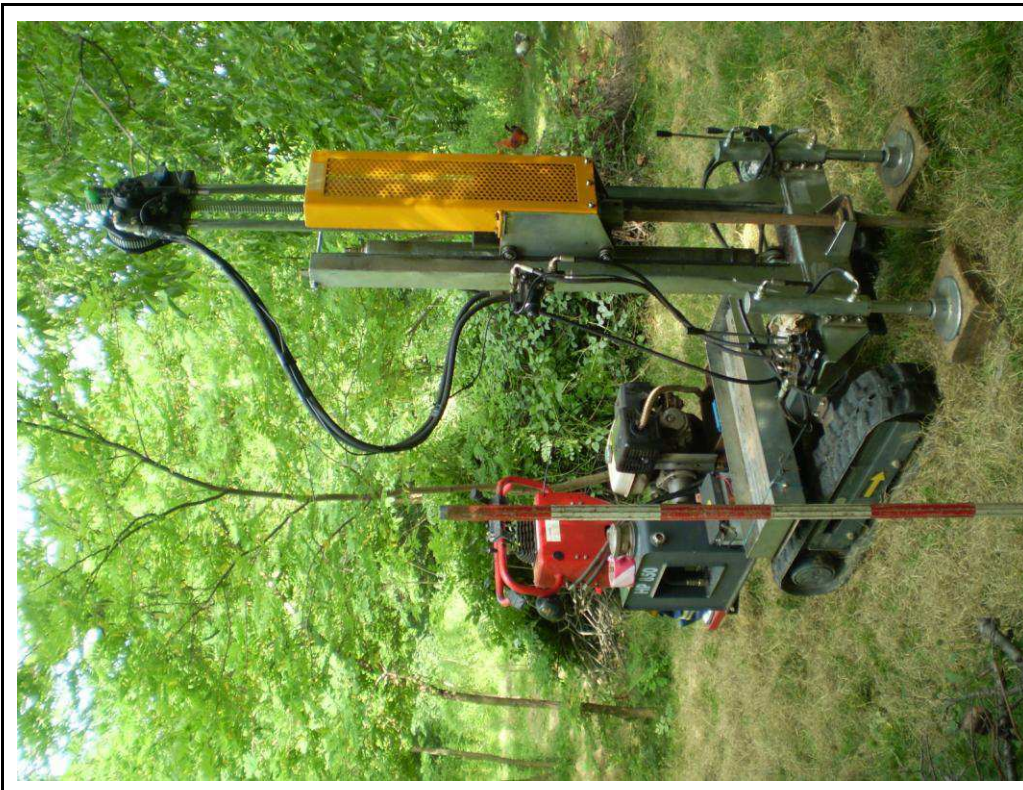


Foto 3: Prova penetrometrica P1

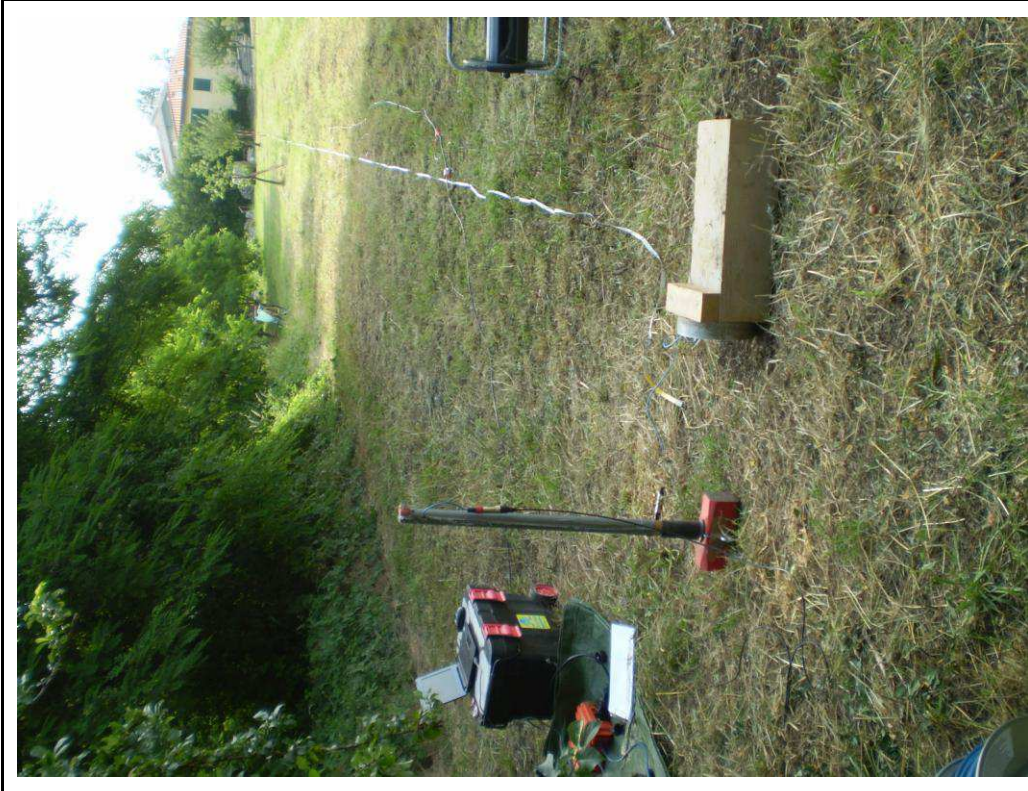


Foto 6: Indagine sismica (MASW)



Foto 5: Prova penetrometrica P3