

# **Studio Geologico**

**Dott. Rodolfo Marcelletti**

Via Carradori, 70 - 62100 Macerata  
Tel. E fax 0733/1990473 - Cell. 3384754525  
P. IVA 01155750431  
C.F. MRC RLF 56P23 E783D

***REALIZZAZIONE DI UN PREFABBRICATO TEMPORANEO  
AD USO AULE ED UFFICI A SERVIZIO DEL DIPARTIMENTO  
DI INFORMATICA IN LOCALITA' FIGARETO NEL  
COMUNE DI CAMERINO (MC)***

## ***RAPPORTO GEOLOGICO E SISMICO***

**Committenti:** UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI CAMERINO

**Data:** Macerata, Gennaio 2018

## INDICE

1. PREMESSA .....	2
2. PROGRAMMA D' INDAGINE.....	4
3. RIFERIMENTI CARTOGRAFICI .....	4
4. INQUADRAMENTO GEOLOGICO GENERALE .....	6
5. GEOLOGIA ,GEOMORFOLOGIA ED IDROGEOLOGIA DI DETTAGLIO AREA DI STUDIO .....	8
6. VULNERABILITA' GEOLOGICA ED IDROGEOLOGICA DELL'AREA DI STUDIO .....	8
7. INDAGINI GEOTECNICHE .....	11
7.1 Prove penetrometriche dinamiche DPSH.....	11
8. INDAGINI GEOFISICHE.....	11
8.1 Indagine sismica indiretta HVSR . .....	11
8.2 Indagini Sismica indiretta MASW .....	11
9.0 CATEGORIA DEL SUOLO E COEFFICIENTI SISMICI .....	13
9.1 Sito in esame (ED50).....	14
10 MODELLO GEOLOGICO DEL SOTTOSUOLO .....	17
11 PARAMETRI GEOTECNICI .....	18
12. CONCLUSIONI.....	19

Allegati nel testo:

- All 1 Ubicazione dell'area
- All 2 Stralcio carta geologica progetto CARG
- All 3 Stralcio carta MOPS
- All 4 Stralcio carta geologico-tecnica dagli studi di microzonazione sismica di I° livello
- All 5 Stralcio PAI
- All 6 Planimetria con ubicazione indagini
- All 7-10 Sezioni geologiche
- Rapporto prove HVSR – MASW
- Rapporto prove DPSH

## **1. PREMESSA**

La presente relazione geologica è stata redatta a supporto del progetto per la costruzione di un prefabbricato temporaneo ad uso aule ed uffici a servizio del Dipartimento di Informatica dell'Università di Camerino, da realizzarsi in località Figareto nel Comune di Camerino (MC).

Secondo quanto previsto dalle Norme tecniche per le Costruzioni 2008 (D.M. 14.01.2008), il presente rapporto geologico è finalizzato alla elaborazione del modello geologico, elemento imprescindibile per la redazione del successivo modello geotecnico (componente della relazione d'opera geotecnica). Il rapporto geologico e quello geotecnico costituiscono quindi due elaborati separati e distinti (vedi cap.6 NTC/08).

Sempre secondo la normativa vigente, il *rapporto geologico* è essenziale per la redazione del rapporto geotecnico (geologo e/o strutturista) e precede necessariamente le relative elaborazioni progettuali. L'analisi contenuta in detto documento si riferisce ad un'area vasta e al tempo stesso definisce nel dettaglio l'area di progetto e le interazioni con l'opera stessa. Il documento contiene:

- Analisi della documentazione esistente;
- Indagini geognostiche in profondità;
- Modello geologico del sottosuolo;
- Definizione del quadro idrogeologico;
- Aspetti geodinamici – sismicità.

Il *rapporto geotecnico* è una vera e propria *relazione d'opera*, da redigere sulla base dei dati prestazionali dell'opera (tipo, vita nominale, classe d'uso, livello di prestazione degli stati limite, ecc.), delle azioni e delle caratteristiche delle opere di sostegno e/o delle opere speciali necessarie per la realizzazione del progetto.

Scopo principale del presente studio è quello di definire i lineamenti geologici e geomorfologici dell'area, la stratigrafia puntuale del sito ed il modello geologico del sottosuolo e le sue caratteristiche geofisiche e sismiche.



Figura 1 - Area di studio

## 2. PROGRAMMA D' INDAGINE

Il presente lavoro si basa su risultati ottenuti da un accurato rilevamento geologico svolto in situ, completato dalle seguenti indagini necessarie per la ricostruzione lito-stratigrafica del sottosuolo ed alla caratterizzazione fisico-meccanica dei terreni individuati:

- N° 6 prove penetrometriche con mezzo pesante DPSH
- N° 1 Indagine sismica indiretta MASW;
- N. 1 Indagine sismica indirette di tipo HVSr.

Nella ricerca bibliografica sono stati utilizzati i dati geologici provenienti dalla microzonazione sismica di 1° livello del Comune di Camerino, quelli della Regione Marche relativi al P.A.I. ed al Progetto CARG.

Sono state inoltre consultate le perizie geologiche eseguite da altri Colleghi e relative alla realizzazione dell'adiacente Polo Informatico e ad il sottostante Dipartimento di Scienze Farmacologiche e Medicina Sperimentale.

In appendice vengono riportati i metodi ed i risultati delle varie indagini.

## 3. RIFERIMENTI CARTOGRAFICI

Nella Carta Geologica D'Italia scala 1:25.000, progetto Carg, l'area interessata si colloca nel Foglio 132 "Norcia".

Le coordinate geografiche (WGS84) sono le seguenti: latitudine:

**Lat. 43.139211° N**

**Long. 13.067837 E**

L'ubicazione è riportata nella cartografia in allegato.

## 4. INQUADRAMENTO GEOLOGICO GENERALE

Il rilevamento geologico effettuato e l'esame della bibliografia esistente ha permesso di individuare le seguenti unità litologiche presenti nell'area considerata:

- Associazione arenaceo-pelitica (Messiniano-Tortoniano medio): arenarie giallastre a granulometria medio-grossolana in strati spessi e medio-spessi separate da sottili livelli pelitici; presente nella parte bassa dell'area.
- Associazione pelitico-arenacea (Messiniano-Tortoniano medio): argille e argille marnose alternate a sottili strati arenacei.

Le due formazioni sono in continuità stratigrafica con un contatto di tipo parallelo.

L'area è tuttavia ricoperta da coltri di depositi eluvio-colluviali spesse in media tre metri, costituite da sedimenti fini prodotti dal disfacimento delle unità pelitico-arenacee sottostanti.

L'assetto strutturale delle suddette unità litologiche è contraddistinto da una giacitura debolmente inclinata a franapoggio; la continuità degli orizzonti stratigrafici è talora interrotta da sistemi di faglie con orientazione per lo più antiappenninica, ma anche NNO-SSE.

La geometria di questi depositi è lenticolare ed il loro spessore è variabile sia lateralmente che in profondità.

Tale coltre, nell'area in interesse, ricopre il substrato facente parte della ben nota Successione Umbro-Marchigiana.

Nei depositi eluvio-colluviali la permeabilità varia da impermeabile a semipermeabile secondo la presenza o meno di sabbie, l'Associazione pelitico-arenacea può essere considerata impermeabile.

## **5. GEOLOGIA ,GEOMORFOLOGIA ED IDROGEOLOGIA DI DETTAGLIO AREA DI STUDIO**

Il sito d'interesse è ubicato ad una quota di circa 579 m s.l.m. alla base di un versante esposto a sud avente pendenze comprese tra 3° (zona a valle) e 14.84°.

Da un punto di vista geologico, l'immediato sottosuolo è costituito da depositi continentali eluvio-colluviali sovrastanti l'Associazione pelitico-arenacea.

La parte alta del versante ove verrà realizzato il nuovo fabbricato è interessata da fenomeni gravitativi superficiali: Deformazioni plastiche (soliflussi), che coinvolgono soltanto le coltri superficiali eluvio-colluviali, cioè i primi due-tre metri di sedimenti, dato peraltro confermato da studi eseguiti in zona (*Consulenza geotecnica per gli interventi di consolidamento dell'area destinata alla costruzione della nuova sede del Dipartimento di Scienze della Terra, G. Calabresi, 1992*).

Le cause principali di dette deformazioni sono da ricercare, oltre che nelle scadenti caratteristiche geotecniche dei depositi colluviali, nella particolare abbondanza d'acqua che li permea.

Sia le coltri pelitiche superficiali che il substrato non permettono un'infiltrazione tale da costituire importanti deflussi idrici profondi.

Tuttavia nell'intero versante sono presenti falde freatiche che permeano la coltre superficiale e che sicuramente svolgono un ruolo fondamentale nel renderla instabile.

Esse sono alimentate principalmente dagli orizzonti arenacei che offrono un grado di permeabilità elevato rispetto alle peliti in cui sono interposte; inoltre la giacitura delle unità litologiche è a franapoggio – seppur di pochi gradi – e ciò contribuisce significativamente al deflusso idrico profondo preferenzialmente verso la zona in esame.



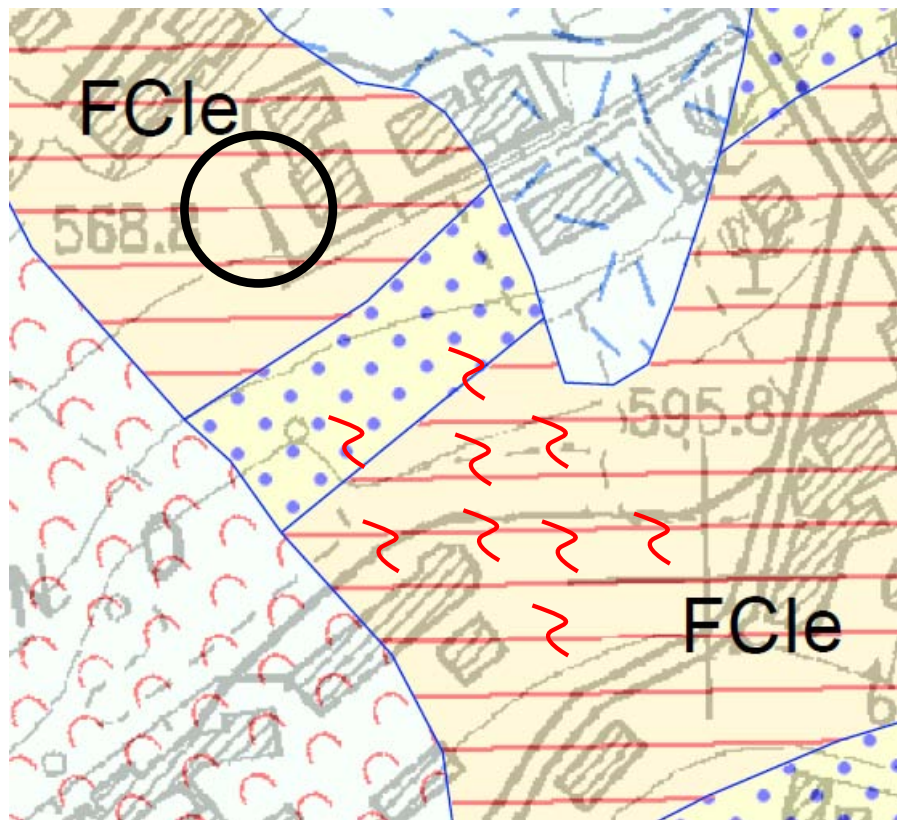


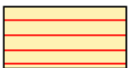


Figura 2 – Stralcio Carta geologica progetto CARG

**SUCCESSIONE UMBRO-MARCHIGIANO-ROMAGNOLA**

**SUCCESSIONE MIOCENICA**

	FCIc	FORMAZIONE DI CAMERINO litofacies arenacea Tortoniano p.p. - Messiniano p.p.
	FCId	FORMAZIONE DI CAMERINO litofacies arenaceo-pelitica Tortoniano p.p. - Messiniano p.p.
	FCle	FORMAZIONE DI CAMERINO litofacies pelitico-arenacea Tortoniano p.p. - Messiniano p.p.

 Soliflusso



## 6. VULNERABILITA' GEOLOGICA ED IDROGEOLOGICA DELL'AREA DI STUDIO

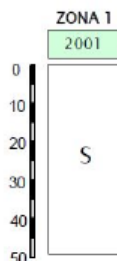
Lo stato di vulnerabilità geologia ed idrogeologia dell'area, a seguito di accurato rilevamento del sito, è stata approfondita attraverso la consultazione della documentazione relativa agli strumenti di programmazione e pianificazione territoriale su scala sovra comunale, facilmente reperibili.

Si è, quindi, proceduto all'esame dei seguenti documenti:

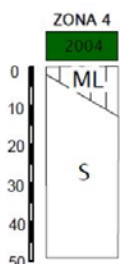
- Microzonazione sismica di 1° livello del Comune di Camerino
- Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI) della Regione Marche

Per quanto riguarda gli studi di Microzonazione Sismica di Primo Livello eseguita nel territorio comunale di Camerino, è stato possibile accertare attraverso la consultazione della carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (MOPS) che l'area di studio ricade all'interno di due Zone Stabili Suscettibili di amplificazione sismica locale (Zona 1 e Zona).

- **ZONA 1** - l'area è caratterizzata da un substrato geologico non rigido, con uno spessore che può arrivare fino ai 50 metri, in cui sono state raggruppate le litologie dell'Associazione *pelitico-arenacea*, *arenaceo-pelitica* ed *arenacea* e la porzione alterata dei litotipi dello *Schlier* e della *Scaglia cinerea*.



- **ZONA 4** - caratterizzata da una coltre eluvio-colluviale (ML) in prevalenza di natura limosa, sabbioso-limosa/sabbioso-argillosa, limoso-argillosa, mediamente addensata, con spessori compresi tra 3,5 e 25 metri, poggiate su substrato geologico non rigido comprendente le litologie dell'Associazione *pelitico-arenacea*, *arenaceo-pelitica* ed *arenacea* e la porzione alterata dello *Schlier* e della *Scaglia cinerea*.



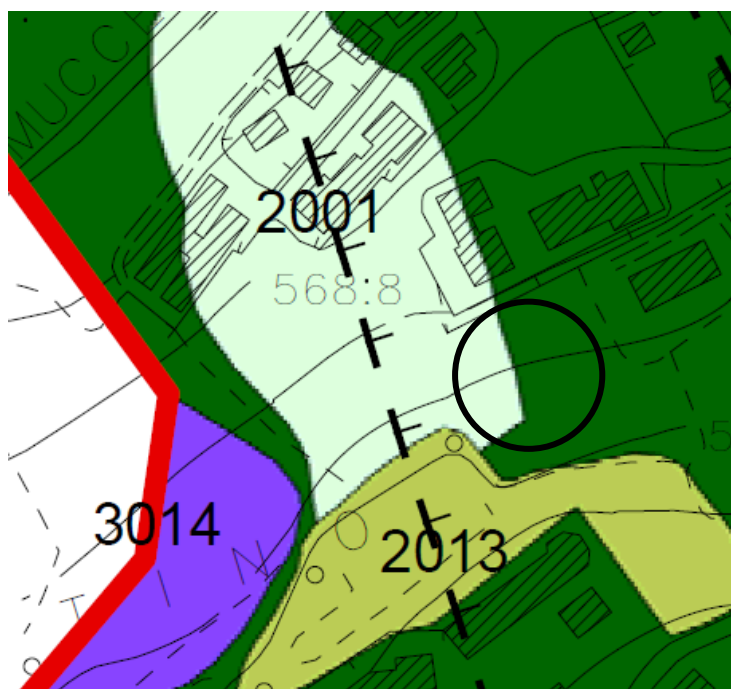


Figura 3 - stralcio carta MOPS

Per quanto riguarda il PAI piano per l'assetto idrogeologico, il rilevamento geologico-morfologico della zona, unitamente ai dati di letteratura, ha permesso di confermare i dati presenti nella carta.

Il sito in esame non risulta essere interessato da importanti fenomeni di dissesto attuali e/o futuri.

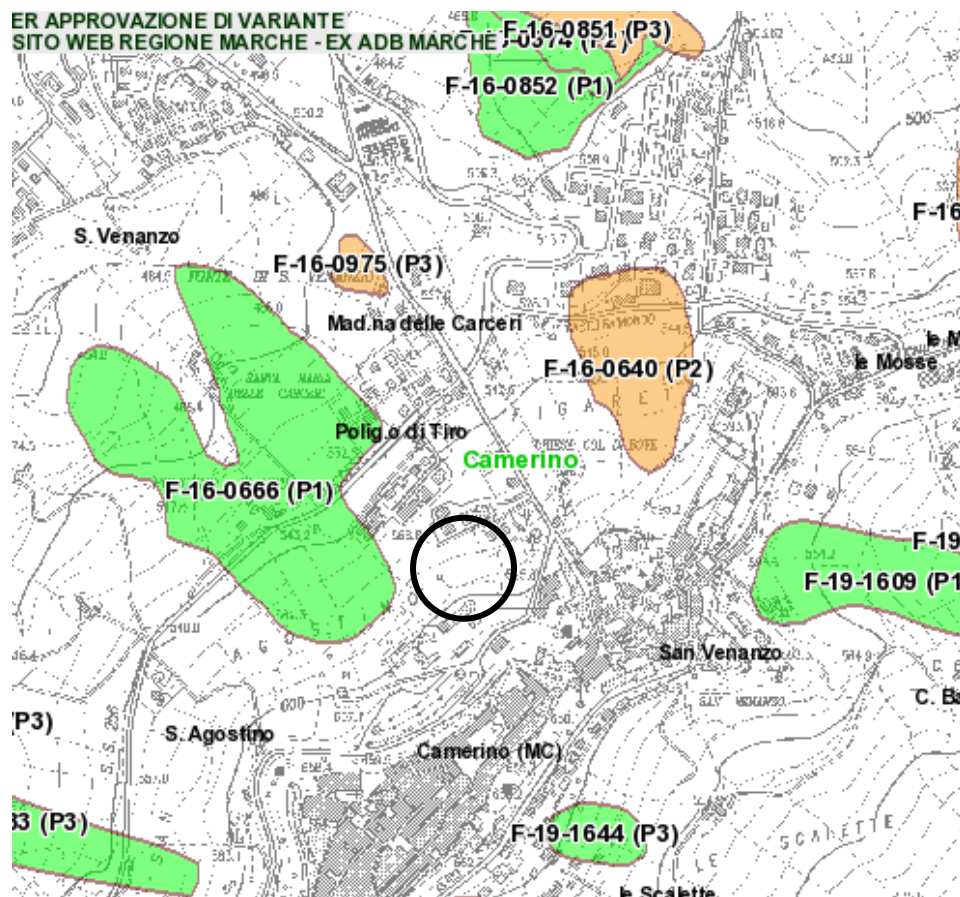


Figura 4 PAI

---

## **7. INDAGINI GEOTECNICHE**

### **7.1 Prove penetrometriche dinamiche DPSH**

Dall'interpretazione dei dati scaturiti da queste prove sono state ricavate le caratteristiche geotecniche dei sedimenti superficiali; sono state eseguite n° 6 prove, in appendice caratteristiche del mezzo e risultati.

Le prove sono state interrotte all'intercettazione di strati arenacei di medio spessore.

## **8. INDAGINI GEOFISICHE**

### **8.1 Indagine Sismica indiretta HVSR**

L'HVSR è in grado di fornire stime affidabili delle frequenze principali di risonanza dei sottosuoli che rappresentano un parametro fondamentale per il corretto dimensionamento degli edifici in termini di risposta sismica locale.

Nella prova HVSR il valore di picco del rapporto spettrale H/V è pari a 4.10 Hz  $\pm$ 0.25 Hz.

**Relazionando i due dati (velocità onde S di copertura e valore del rapporto spettrale H/V), è possibile identificare la profondità di risonanza del sottosuolo di interesse, applicando la seguente relazione**

**$f_r = V_s / 4h$   $V_{s1}$  =velocità delle onde S della copertura; h = spessore copertura**

**ne deriva che:  $h = V_s / (4 * f_r)$**

**si ottiene:**

**$h = 371 / 4 * 4.10 = 22$  m circa**

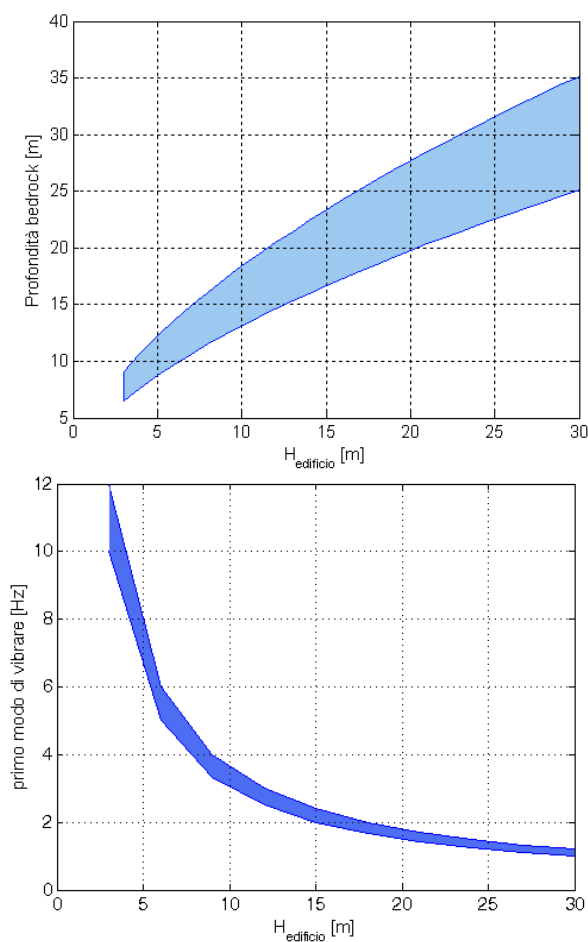
**Il seguente risultato identifica un contrasto di impedenza alla profondità di -22 metri circa dal piano campagna (probabile passaggio argille-arenaria).**

È molto importante, infatti, conoscere la frequenza di risonanza di ogni sito di edificazione così come quella delle opere che vi ricadono sopra o che li saranno realizzate. Relativamente a queste ultime, è noto, da un punto di vista empirico, che la frequenza di risonanza è governata principalmente dall'altezza che, per un edificio, può essere calcolata, in prima approssimazione, con la formula seguente:

***Frequenza edificio  $\approx$  10Hz / numero piani***

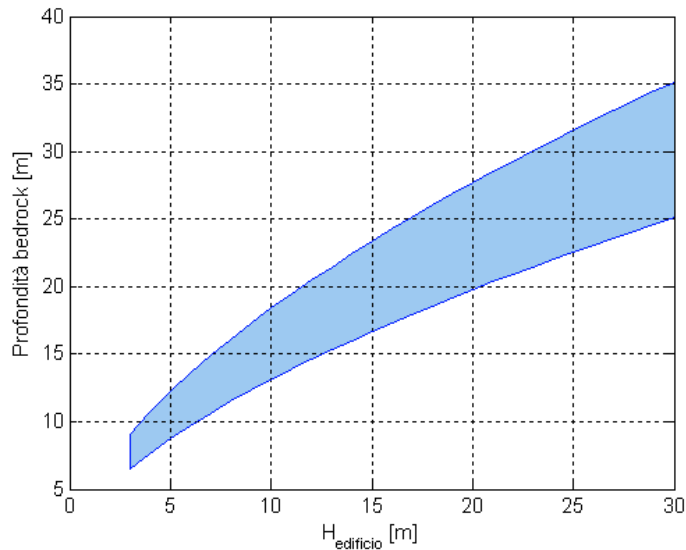
In caso di terremoto, la coincidenza tra le frequenze fondamentali di risonanza del sottosuolo e quella delle strutture sovrastanti può produrre pericolosi fenomeni di “*doppia risonanza*” con forte amplificazione delle sollecitazioni sulle strutture. Tale fenomeno non dipende dalla magnitudo del terremoto; infatti se le frequenze suolo-struttura coincidono, esse coincideranno sempre, indipendentemente dalla sorgente del moto del suolo (terremoto, macchinario o microtremore) e dalla sua grandezza.

Nella figura che segue i grafici mettono in relazione le frequenze di risonanza del sottosuolo all’altezza degli edifici.



**Figura 1:** relazione tra altezza di un edificio in c.a. (A) ed in muratura (B) e frequenza di risonanza del sito investigato: la zona in blu indica l'area più vulnerabile dal punto di vista dei fenomeni di doppia risonanza (da Masi et al., 2007)

Si può ricavare, come riportato nel grafico di figura 2, una relazione di prima approssimazione tra il numero di piani dell’edificio e lo spessore delle coperture nel sito dell’edificio stesso.



**Figura 2:** relazione tra lo spessore delle coperture e l'altezza degli edifici maggiormente vulnerabili per doppia risonanza.

Nel contesto degli studi per la mitigazione degli effetti dei terremoti è ormai opinione concorde che le azioni sismiche di progetto per le costruzioni debbano essere inclusive degli effetti di sito e che pertanto è bene tenere nella debita considerazione anche questo ulteriore tipo di informazione.

## **8.2 Indagine Sismica indiretta MASW**

Nell'area oggetto di studio è stata eseguita una indagine sismica di analisi spettrale delle onde superficiali con tecnica MASW (*Multichannel Analysis Surface Waves*).

Finalità dell'indagine è la valutazione della velocità delle onde secondarie o trasversali del terreno tramite le quali si possono determinare i parametri fisico – elastici del terreno.

In particolare il profilo verticale delle onde S ha permesso di valutare la velocità equivalente delle onde di taglio Vs30.

Nella prova MASW la velocità equivalente Vs30 è risultata pari a **371 m/s**.

## 9.0 CATEGORIA DEL SUOLO E COEFFICIENTI SISMICI

Osservando le disposizioni del D.M. 14/01/2008, in base ai risultati delle indagini sismiche in situ ( $V_{s30}=371$  m/s) l'area in interesse, secondo le N.T.C. 2008 ricade nella **Categoria 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  $V_{s,30}$  compresi tra 360 m/s e 800 m/s"

In base alle nuove NTC 2008 le azioni sismiche di progetto, in base alle quali valutare il rispetto dei diversi stati limite considerati, si definiscono a partire dalla "pericolosità sismica di base" del sito di costruzione. La pericolosità sismica è definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa  $ag$  in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale, nonché di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente  $S_e(T)$ , con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza PVR.

Le forme spettrali sono definite, per ciascuna delle probabilità di superamento nel periodo di riferimento PVR, a partire dai valori dei seguenti parametri su sito di riferimento rigido orizzontale:

- $ag$  accelerazione orizzontale massima al sito;
- $F_0$  valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale.
- $T_c$  periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Su questa base vengono di seguito riportati i parametri sismici dell'area in esame, in funzione della tipologia dell'edificio in progetto e della categoria topografica (superficie con pendenza  $<15^\circ = T_2$ ).

### 9.1 Sito in esame (ED50).

Tipo di elaborazione: Fondazioni

Sito in esame.

latitudine: 43,140168

longitudine: 13,068769

Classe: 3

Vita nominale: 10

Siti di riferimento

Sito 1 ID: 22970 Lat: 43,1339 Lon: 13,0105 Distanza: 4778,626

Sito 2 ID: 22971 Lat: 43,1342 Lon: 13,0790 Distanza: 1064,124

Sito 3 ID: 22749 Lat: 43,1842 Lon: 13,0787 Distanza: 4961,423

Sito 4 ID: 22748 Lat: 43,1839 Lon: 13,0101 Distanza: 6804,371

Parametri sismici



Categoria sottosuolo: B  
Categoria topografica: T2  
Periodo di riferimento: 35anni  
Coefficiente cu: 1,5

Operatività (SLO):

Probabilità di superamento: 81 %  
Tr: 30 [anni]  
ag: 0,066 g  
Fo: 2,434  
Tc\*: 0,276 [s]

Danno (SLD):

Probabilità di superamento: 63 %  
Tr: 35 [anni]  
ag: 0,070 g  
Fo: 2,435  
Tc\*: 0,279 [s]

Salvaguardia della vita (SLV):

Probabilità di superamento: 10 %  
Tr: 332 [anni]  
ag: 0,170 g  
Fo: 2,489  
Tc\*: 0,322 [s]

Prevenzione dal collasso (SLC):

Probabilità di superamento: 5 %  
Tr: 682 [anni]  
ag: 0,217 g  
Fo: 2,540  
Tc\*: 0,332 [s]

Coefficienti Sismici

SLO:

Ss: 1,200  
Cc: 1,420  
St: 1,200  
Kh: 0,019  
Kv: 0,009  
Amax: 0,926  
Beta: 0,200

SLD:

Ss: 1,200  
Cc: 1,420

St: 1,200  
Kh: 0,020  
Kv: 0,010  
Amax: 0,990  
Beta: 0,200

SLV:

Ss: 1,200  
Cc: 1,380  
St: 1,200  
Kh: 0,059  
Kv: 0,029  
Amax: 2,402  
Beta: 0,240

SLC:

Ss: 1,180  
Cc: 1,370  
St: 1,200  
Kh: 0,086  
Kv: 0,043  
Amax: 3,020  
Beta: 0,280

Dove:

**Ss**=amplificazione stratigrafica

**Cc**=coefficiente funzione della categoria di sottosuolo

**St**=amplificazione topografica

**Kh**=coefficiente d'intensità sismica orizzontale

**Kv**=coefficiente d'intensità sismica verticale

**Amax**=accelerazione orizzontale massima

**Beta**=coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima per il sito

Le coordinate espresse in questo file sono in ED50

Geostru software - [www.geostru.com](http://www.geostru.com)

Coordinate WGS84

latitudine: 43.139211

longitudine: 13.067837

## 10. MODELLO GEOLOGICO DEL SOTTOSUOLO

Lo studio geologico dell'area è stato svolto in ottemperanza al D.M. 14/01/2008.

Sono state eseguite specifiche prove in situ di tipo geofisico e geotecnico che hanno permesso di caratterizzare il volume di sottosuolo significativo.

Le indagini hanno evidenziato, dall'alto verso il basso, la seguente stratigrafia:

### Litotipo a) Eluvio-colluvioni: argille limo-sabbiose

Rappresentato da un aggregato caotico di argille normalconsolidate, limi e sabbie di colore (noto da altre indagini limitrofe) dall'avana al marrone; Lo spessore varia da 1.20 a 3.40 m.

Il deposito è suscettibile alla presenza di acqua che ne determina il rapido scadimento delle caratteristiche meccaniche.

La parte superficiale per uno spessore di 0.20 – 0.60 m, risulta alterata con resti vegetali, radici e ciottolini sparsi.

Classificazione AGI: da POCO CONSISTENTE a CONSISTENTE

### Litotipo b) SUBSTRATO ALTERATO: Associazione pelitico-arenacea alterata

Costituita da argille siltose sovraconsolidate di colore avana e sabbie caotiche, con concrezioni carbonatiche.

Lo spessore è di circa 0.60-3.60 m.; il litotipo presenta buone/ottime caratteristiche geotecniche. Classificazione AGI: ESTREMAMENTE CONSISTENTE

### Litotipo c) SUBSTRATO: Associazione pelitico-arenacea

Costituita da argille siltose sovraconsolidate di colore grigio con sottili orizzonti sabbiosi, a luoghi arenacei.

Lo spessore è di molte decine di metri; il litotipo presenta caratteristiche geotecniche ottime per la sua scarsa compressibilità.

Classificazione AGI: ESTREMAMENTE CONSISTENTE

## 11. PARAMETRI GEOTECNICI

Le caratteristiche meccaniche dei terreni derivano dall'interpretazione dei dati scaturiti dalle prove eseguite in situ e dagli esami di laboratorio su campioni di terreno.

### Litotipo a) Eluvio-colluvioni: argille limo-sabbiose

Angolo d'Attrito  $\varphi = 24^\circ - 26^\circ$

Coesione drenata  $C' = 0.00 - 0.08 \text{ Kg/cm}^2$

Coesione non drenata  $C_u = 0.15 - 0.84 \text{ Kg/cm}^2$

Peso di Volume  $\gamma_d = 1.70 - 2.03 \text{ g/cm}^3$

Modulo edometrico  $E_{ed} = 52 - 124 \text{ Kg/cm}^2$

### Litotipo b) Substrato alterato: Associazione pelitico arenacea alterata

Angolo d'Attrito  $\varphi = 28^\circ - 32^\circ$

Coesione drenata  $C' = 0.1 - 0.2 \text{ Kg/cm}^2$

Coesione non drenata  $C_u = 1.14 - 2.65 \text{ Kg/cm}^2$

Peso di Volume  $\gamma_d = 2.14 - 2.50 \text{ g/cm}^3$

Modulo edometrico  $E_{ed} = 281 - 422 \text{ Kg/cm}^2$

### Litotipo c) Substrato: Associazione pelitico-arenacea

Angolo d'Attrito  $\varphi = 32^\circ - 36^\circ$

Coesione  $C = 0.4 - 0.6 \text{ Kg/cm}^2$

Coesione non drenata  $C_u = 4.97 - 7.40 \text{ Kg/cm}^2$

Peso di Volume  $\gamma_d = 2.31 - 2.50 \text{ g/cm}^3$

## **12. CONCLUSIONI**

La realizzazione del nuovo fabbricato comporterà uno sbancamento per diversi metri del versante.

Dagli studi eseguiti e reperiti nell'area si può affermare che:

- **il substrato è stabile.**

- **la coltre superficiale è interessata da fenomeni franosi**, cioè da movimenti molto lenti (deformazioni plastiche) che interessano il versante in oggetto.

Dato il modesto spessore di tali depositi (2-3 m), si potrà ovviare al problema con **una adeguata opera di contenimento a monte del manufatto**, a continuare quella già realizzata per il vicino Polo Informatico, in modo da contrastare i valori di spinta forniti; si consiglia inoltre di eseguire un drenaggio a tergo di tale opera in maniera da abbassare il livello freatico così da limitare il valore della spinta.

Le acque raccolte dovranno poi essere opportunamente smaltite.

- il massimo sbancamento si avrà poco sotto lo spigolo del muro di contenimento del campo di calcio posto a monte del futuro fabbricato e, poichè tale spigolo risulta lesionato, ad evitare possibili scalzamenti al piede dello stesso si suggerisce, per sicurezza, di ridimensionare la lunghezza del fabbricato di qualche metro distanziandosi dal suddetto spigolo.



Pianta con interventi da realizzare

## Trincee drenanti

E' possibile migliorare le condizioni di equilibrio del pendio e conseguentemente ridurre la spinta sull'opera di contenimento realizzando un sistema di trincee drenanti. La rete di drenaggi proposta è costituita da un ramo parallelo all'opera di sostegno al quale saranno collegati rami secondari; Il numero e le distanze dei singoli rami saranno valutati in funzione dei fattori di stabilità del pendio e della profondità del substrato secondo metodi semiempirici (*Hutchinson, 1977, Bromhead, 1984*).

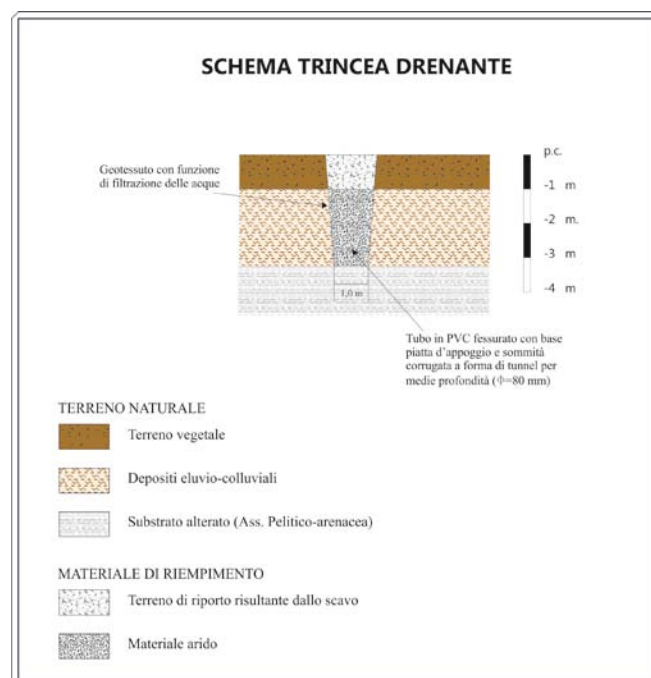
La realizzazione dei drenaggi dovrà avvenire partendo da valle verso monte per poter allontanare l'acqua senza ulteriori interventi sul pendio e in modo che la funzione drenante si espliciti sin dall'inizio della costruzione.

Le profondità che dovranno essere raggiunte variano da 2,50 m a 3.40 m e tutte le trincee dovranno essere riempite rapidamente limitando il tratto di scavo aperto.

Si consiglia inoltre di posare in opera del geotessile filtrante sulle pareti, collocare sul fondo un tubo di raccolta dell'acqua e riempire lo scavo con materiale arido di granulometria opportunamente modulata (pietrisco 15/50).

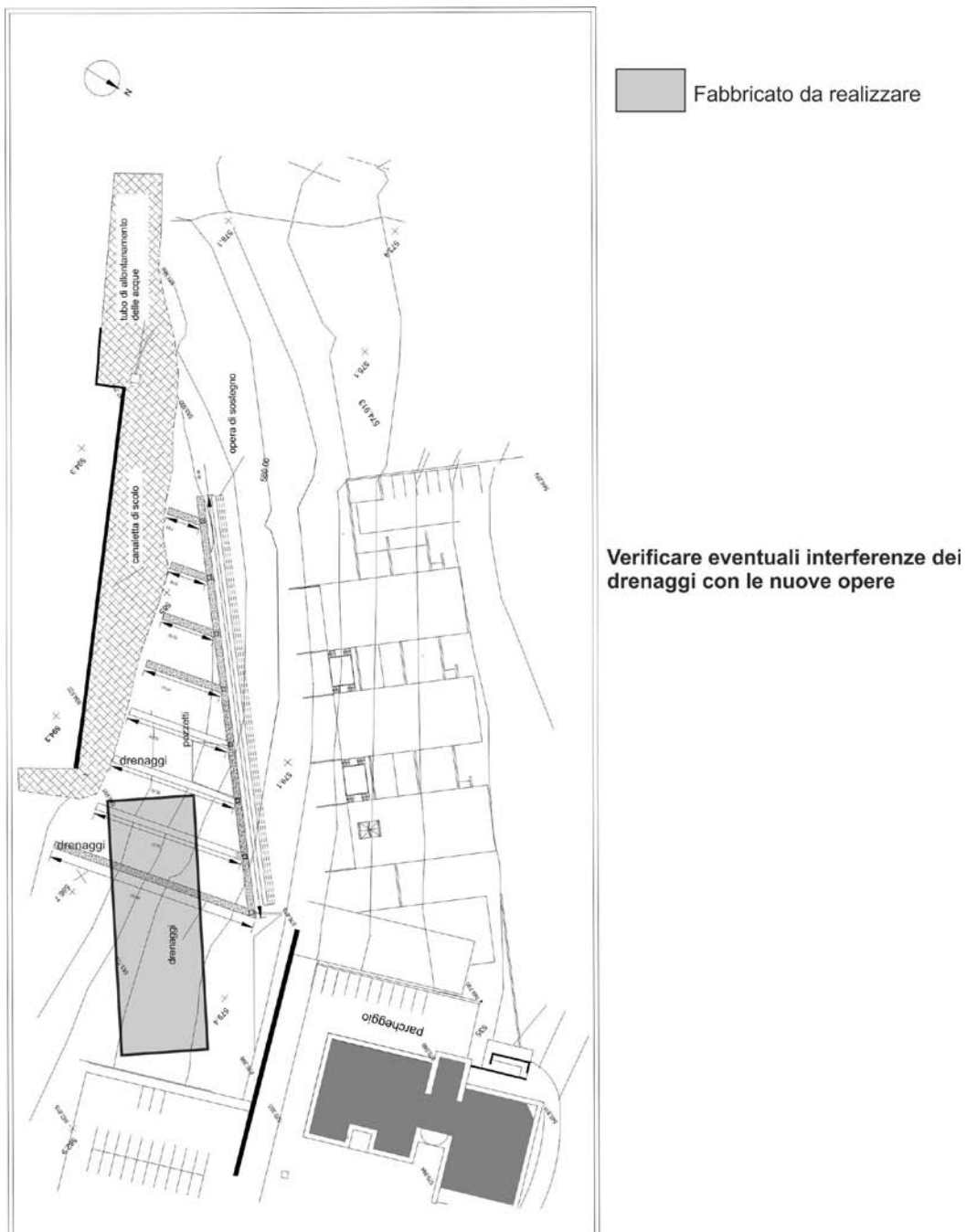
Sarà opportuno installare tubi di raccolta in PVC di tipo fessurato, con base d'appoggio piatta e sommità corrugata, adatti per medie profondità (fino a 4 m), di diametro  $F = 80$  mm. I tubi dei diversi rami potranno essere collegati a quello principale tramite pozzetti messi in opera sul fondo dello scavo.

La parte sommitale delle trincee potrà essere ricoperta con un adeguato spessore di terreno di risulta.





- In occasione del progetto per la costruzione della sottostante nuova sede del Dipartimento di Scienze Farmacologiche e Medicina Sperimentale e dello Stabulario d'Ateneo, venne progettato un intervento per la stabilizzazione del sovrastante versante con la realizzazione di drenaggi che interessano anche parte dell'area oggetto di studio: **è necessario verificare se questi interventi siano stati mai realizzati ed eventualmente se interferiscono con le opere da realizzare.**



Progetto sistemazione versante relativo alla realizzazione del Polo farmaceutico

## **Fondazioni**

Per la realizzazione del futuro fabbricato è prevista l'adozione di una tipologia di fondazione superficiale a platea nervata e per il raggiungimento del piano cantiere sono previsti sbancamenti a monte e riporti a valle.

Il piano di fondazione poggerà su litotipi diversi (cfr. sezioni 3 e 4) e pertanto si dovranno adottare i seguenti accorgimenti:

- I riporti andranno posti dopo lo scoticamento di almeno 60 cm del litotipo a) eluvio-collusioni alterate
- gli stessi riporti dovranno essere costituiti da materiale arido ed opportunamente compattati con mezzi meccanici in strati da 10 cm
- per i calcoli andranno utilizzati i parametri geotecnici del litotipo a) eluvio-colluvioni (situazione più sfavorevole)
- dovrà essere verificato il rapporto carico/cedimenti
- si dovrà eseguire la verifica di stabilità del versante una volta note le caratteristiche delle opere di sostegno
- a corollario dell'intervento si dovranno intercettare e convogliare le acque di ruscellamento superficiale all'esterno dell'area di costruzione, mediante una rete di drenaggio superficiale, a protezione del piano di fondazione della stessa struttura in modo tale da evitare ristagni nell'area di realizzazione del manufatto
- tutte le opere dovranno essere realizzate nel più assoluto rispetto delle norme per le costruzioni in zona sismica, ricordando che il Comune di Camerino è classificato sismico in Zona 2
- Il materiale di risulta proveniente dagli scavi dovrà essere trattato secondo quanto stabilito dal decreto legge 21giugno 2013,N. 69, ART.41bis, COMMA 1, recante disposizioni urgenti per il rilancio dell'economia, convertito con modifiche nella legge n.98 del 9 agosto 2013.

### **Risultati prove geofisiche**

Per quanto concerne la modellazione sismica del sito in esame, le indagini geofisiche eseguite (M.A.S.W e HVSR), hanno permesso di indentificare un valore di  $V_{s30}$  e fenomeni di risonanza nel terreno di sedime.

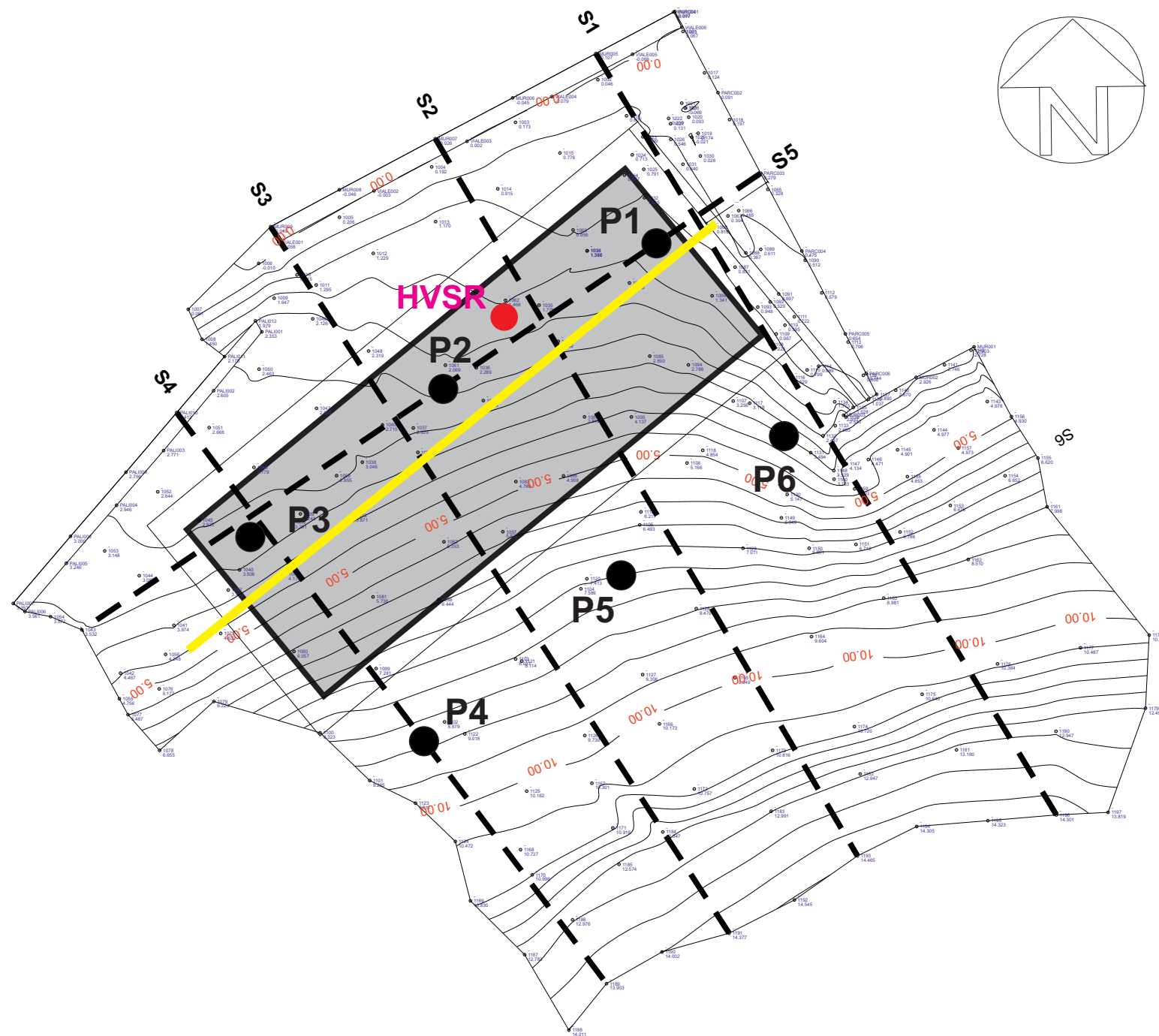
Dai risultati ottenuti, la categoria del sottosuol dell'area in esame risulta essere di **tipo B** ( $V_{s30}=371$  m/s) *“Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fine molto consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e valori del  $V_{S30}$  compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero  $NSPT_{30} > 50$  nei terreni a grana grossa e  $cu_{30} > 250$  kPa nei terreni a grana fina).”* mentre la categoria topografica è T2.

Dalla misure di frequenza frequenza fondamentale del terreno effettuata attraverso l'analisi del rumore sismico ambientale HVSR, è stato identificato un picco di frequenza con valore del rapporto spettrale **H/V pari a a 4.10.**




Gli studi di micro zonazione di livello III in corso, potranno meglio definire le amplificazioni sismiche del sito.

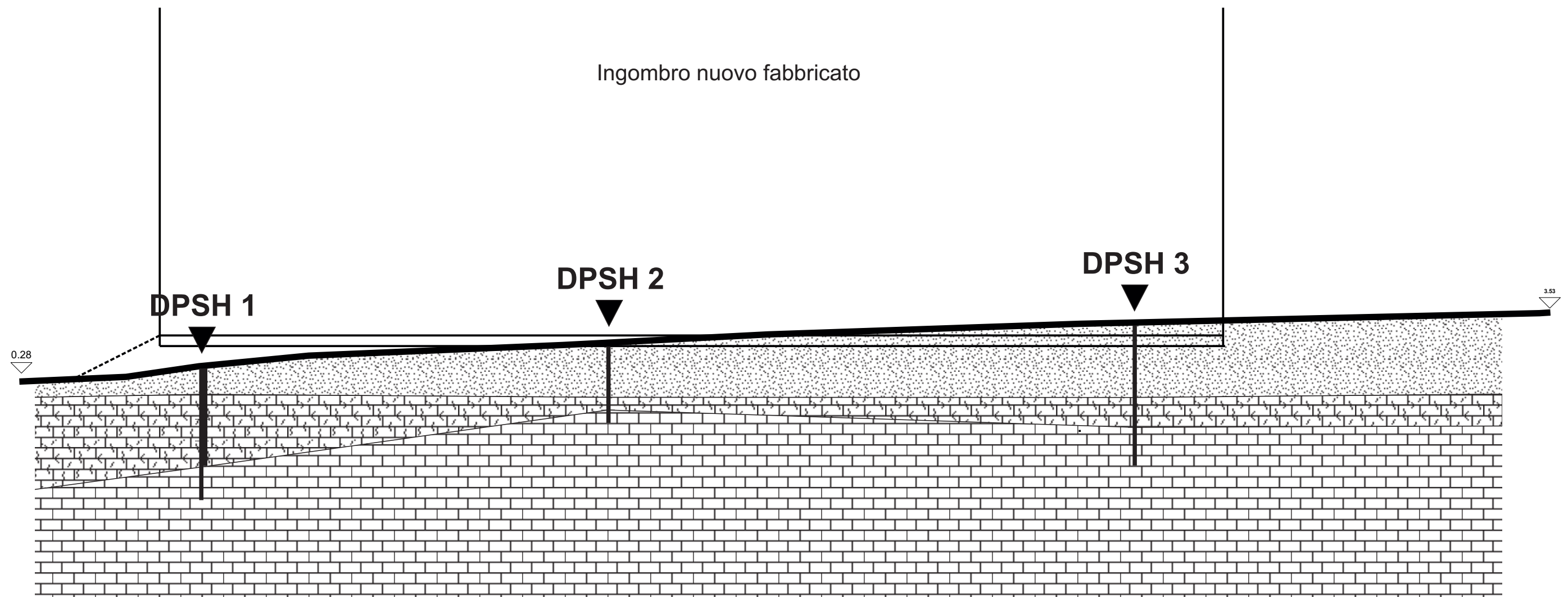
Macerata, Gennaio 2018




Dott. Geol. Rodolfo Marcelletti

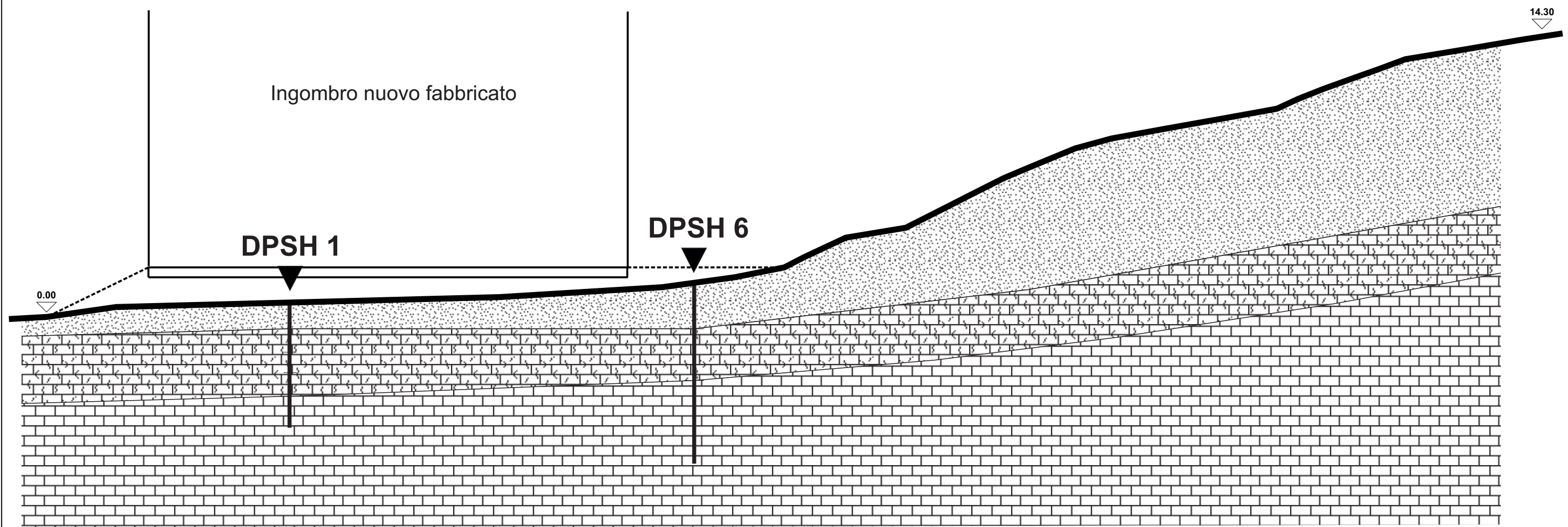





- Pn°** ● Prove penetrometriche DPSH eseguite
- HVSr** ● Prova sismica eseguita
- Prova sismica MASW eseguita
- Tracce di sezioni geologiche

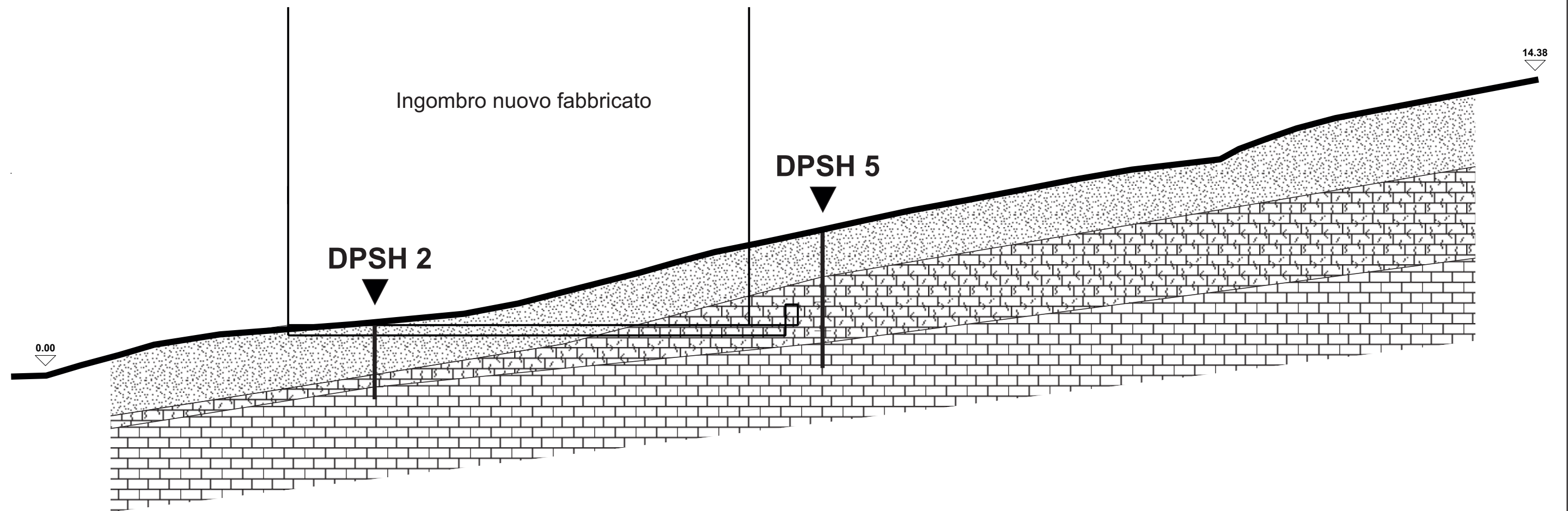
DPSHn°	▼	Prove penetrometriche dinamiche DPSH eseguite
		<b>Eluvio-colluvioni:</b> limi argillo-sabbiosi alterati superficialmente per 20-60 cm.
		<b>Substrato alterato:</b> argille frammiste ed arenarie
		<b>Substrato:</b> alternanze di argille ed arenarie in strati sottili e medi






DPSHn°	▼	Prove penetrometriche dinamiche DPSH eseguite
		<b>Eluvio-colluvioni:</b> limi argillo-sabbiosi alterati superficialmente per 20-60 cm.
		<b>Substrato alterato:</b> argille frammiste ed arenarie
		<b>Substrato:</b> alternanze di argille ed arenarie in strati sottili e medi

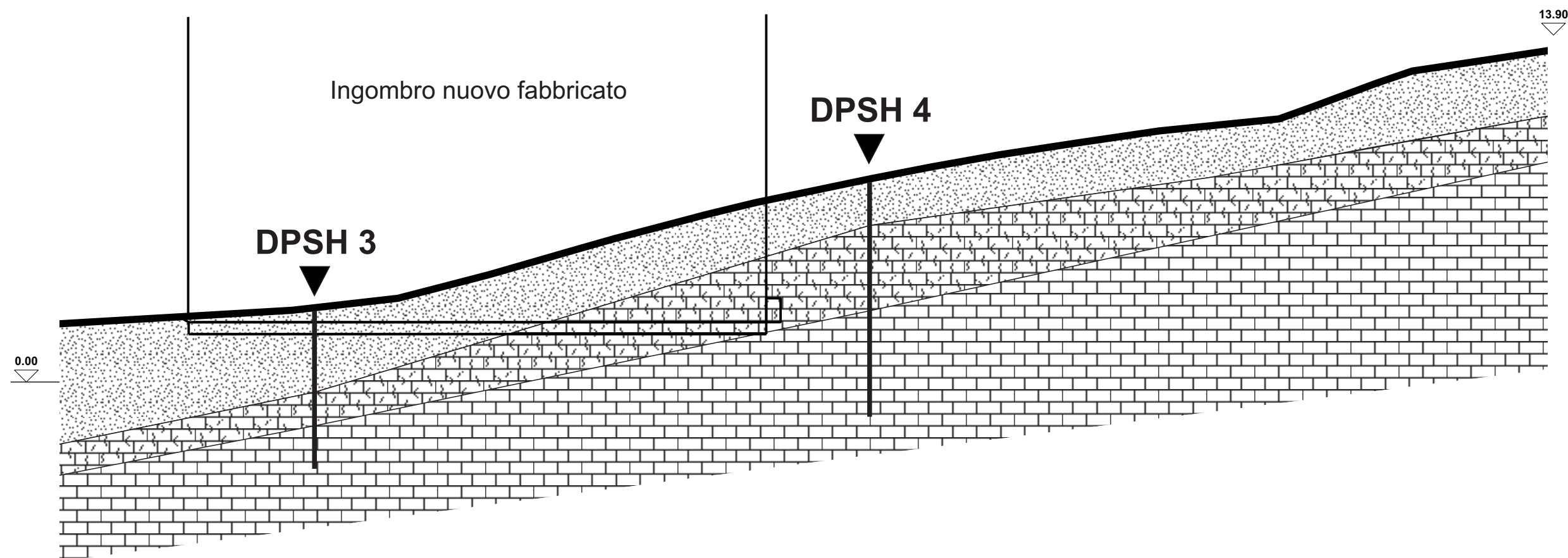


DPSHn°	▼	Prove penetrometriche dinamiche DPSH eseguite
		<b>Eluvio-colluvioni:</b> limi argillo-sabbiosi alterati superficialmente per 20-60 cm.
		<b>Substrato alterato:</b> argille frammiste ed arenarie
		<b>Substrato:</b> alternanze di argille ed arenarie in strati sottili e medi





DPSHn°	▼	Prove penetrometriche dinamiche DPSH eseguite
		<b>Eluvio-colluvioni:</b> limi argillo-sabbiosi alterati superficialmente per 20-60 cm.
		<b>Substrato alterato:</b> argille frammiste ed arenarie
		<b>Substrato:</b> alternanze di argille ed arenarie in strati sottili e medi



# REPORT INDIGINI SISMICHE.

## M.A.S.W (Multichannel Analysis of Surface Waves) E MISURA DI RUMORE SISMICO HVSR

**Località: Camerino**  
**Committente: Università degli studi di  
Camerino**  
**Regione: Marche**  
**Provincia: Macerata**



**Data: Dicembre 2017**

A.P n° 1959 Ordine dei Geologi del Lazio

Frazione Cossito, snc - 02012 Amatrice (RI) - Cell: 331.3432900 - Fax: 0746.825517 - P.Iva : 01129470579  
C.F NBBLRA88B69A258T - Email: lara.nibbi@gmail.com - Pec: lara.nibbi@pec.geologilazio.it

## INDICE

1. PREMESSA.....	2
2. PROVA MASW (Multichannel Analysis of Surface ) .....	2
Introduzione.....	2
Metodo di acquisizione .....	2
3 DESCRIZIONE DELLA STRUMENTAZIONE UTILIZZATA.....	4
4 PROVA SISMICA MASW 1.....	6
4.1 PARAMETRI DI ACQUISIZIONE: .....	6
4.2 RISULTATI OTTENUTI.....	6
5 MISURA DI RUMORE SISMICO AMBIENTALE HVSR .....	13
Elaborazione dati .....	14
6 CONCLUSIONI.....	18

## 1. PREMESSA

Su incarico dell'Università degli studi di Camerino, nell'ambito del progetto di realizzazione di un prefabbricato ad uso aule ed uffici a servizio del Dipartimento di Informatica, è stata realizzata una campagna di indagini sismiche condotta conformemente alle norme vigenti.

Per la definizione del parametro VS,30 e della categoria di sottosuolo è stato quindi eseguito nell'area di intervento, in data 30/12/2017, n.1 stendimento sismico di lunghezza pari a 54 m utilizzando la tecnica di indagine M.A.S.W. (Multichannel Analysis of Surface Waves) ed una misura di microtremore con metodoHVSR.

Nella presente relazione tecnica verrà illustrato il metodo di acquisizione, elaborazione ed i risultati ottenuti.

## 2. PROVA MASW (Multichannel Analysis of Surface )

### Introduzione

La geofisica osserva il comportamento delle onde che si propagano all'interno dei materiali. Un segnale sismico, infatti, si modifica in funzione delle caratteristiche del mezzo che attraversa. Le onde possono essere generate in modo artificiale attraverso l'uso di masse battenti, di scoppi, etc.

### Metodo di acquisizione

Il contributo predominante alle onde superficiali è dato dalle onde di Rayleigh, che viaggiano con una velocità correlata alla rigidità della porzione di terreno interessata dalla propagazione delle onde. In un mezzo stratificato le onde di Rayleigh sono dispersive, cioè onde con diverse lunghezze d'onda si propagano con diverse velocità di fase e velocità di gruppo (Achenbach, J.D., 1999, Aki, K. and Richards, P.G., 1980 ) o, detto in maniera equivalente, la velocità di fase (o di gruppo) apparente delle onde di Rayleigh dipende dalla frequenza di propagazione.

La natura dispersiva delle onde superficiali è correlabile al fatto che onde ad alta frequenza con lunghezza d'onda corta si propagano negli strati più superficiali e quindi danno informazioni sulla parte più superficiale del suolo; onde a bassa frequenza si propagano negli strati più profondi e quindi interessano gli strati più profondi del suolo.

I metodi di utilizzo delle MASW sono di tipo attivo e passivo; nel primo caso il concetto è quello di energizzare verticalmente con i metodi tradizionali e procedere ad un'analisi del segnale non più nel campo nel tempo, come si fa abitualmente con la rifrazione, ma nel dominio della frequenza.

Il metodo attivo generalmente consente di ottenere una velocità di fase (o curva di dispersione) sperimentale apparente nel range di frequenze compreso tra 5/10 Hz e 70/100 Hz, quindi fornisce informazioni sulla parte più superficiale del suolo, generalmente compresa nei primi 30m-50m, in funzione della rigidità del suolo e delle caratteristiche della sorgente.

Nel caso invece del metodo passivo, denominato anche MASW o ReMI a seconda degli autori, l'analisi delle frequenze viene condotta su registrazioni, che in questo caso devono essere prolungate per un tempo sufficientemente lungo, dei "naturali" rumori di fondo. I principali vantaggi pratici nell'utilizzo di queste tecniche sono evidentemente nella semplicità di acquisizione rispetto alla sismica a rifrazione; le onde di taglio infatti non sempre possono essere rilevate in modo soddisfacente sia per il basso rapporto segnale/rumore, sia per la mancanza degli spazi necessari per effettuare profili di lunghezza adeguata.

Il metodo passivo risulta inoltre particolarmente indicato in situazioni di elevato rumore di fondo caratteristico delle aree urbane, anche se può risentire negativamente di fonti di rumore orientate (fonti industriali).

Le tecniche di indagine M.A.S.W. (Multichannel analysis of surface waves) derivano da sperimentazioni condotte, alla fine degli anni '90, da ricercatori del Kansas Geological Survey. Tali indagini risultano fra le più utilizzate nel mondo poiché consentono di determinare una classificazione del suolo in modo speditivo e non invasivo generando, mediante una sorgente artificiale (generalmente una mazza battente su piastra), onde che si propagano lungo un piano verticale. Come nella prospezione sismica a rifrazione, tali energizzazioni possono essere ripetute più volte nello stesso punto, sommando in modo aritmetico i segnali per ottenere un aumento del rapporto segnale/rumore.

Data la necessità di analizzare con elevato dettaglio le basse frequenze (tipicamente anche al di sotto dei 20 Hz), vengono utilizzati geofoni ad asse verticale con frequenza di taglio non superiore a 4,5 Hz. Le acquisizioni sono eseguite con array lineari, in cui la distanza intergeofonica è costante.

L'analisi delle onde "S" mediante tecnica MASW viene eseguita attraverso la trattazione spettrale del sismogramma, cioè a seguito di una trasformata di Fourier che restituisce lo spettro del segnale nel dominio trasformato. L'osservazione dello spettro consente di notare che l'onda "S" si propaga a velocità variabile a seconda della frequenza dell'onda stessa: questo fenomeno è detto dispersione ed è caratteristico di questo tipo di onde.

La teoria sviluppata suggerisce di caratterizzare tale fenomeno mediante una funzione detta curva di dispersione, che associa ad ogni frequenza la velocità di propagazione dell'onda. Tale curva è facilmente estraibile dallo spettro del segnale poiché approssimativamente posa sui massimi del valore assoluto dello spettro. La curva di dispersione sperimentale viene confrontata con quella relativa ad un modello sintetico che verrà successivamente modificato in base alle differenze riscontrate tra le due curve. Ciò è finalizzato all'ottenimento di un modello sintetico che approssima nel miglior modo possibile la curva sperimentale a quella teorica. Questa delicata seconda fase di interpretazione è comunemente detta "fase di inversione".

### **3 DESCRIZIONE DELLA STRUMENTAZIONE UTILIZZATA**

#### **SISTEMA DI ACQUISIZIONE DATI**

- n.1 sismografo analogico a 24 canali DoReMi della ditta S.A.R.A. S.r.l., perfettamente idoneo per simica a rifrazione, acquisizione dati per calcolo di Vs30, monitoraggio vibrazioni, applicazioni sismologiche Down-Hole e VSP.
- n.1 PC portatile Dell per il salvataggio dei dati acquisiti.

#### **SISTEMA DI RICEZIONE**

- n.24 geofoni ad asse verticale con frequenza pari a 4,5 Hz, collegati al sistema di acquisizione tramite due cavi paralleli ognuno avente 12 connessioni spaziate 5 m.

#### **SISTEMA DI ENERGIZZAZIONE e STARTER**

- n.1 mazza da 8 Kg
- n.1 piastra di diametro pari a 20 cm.
- n.1 geofono starter collegato al sismografo tramite un cavo elettrico

#### **3.1 Metodi di elaborazione ed analisi dei dati sismici**

Per l'interpretazione dei dati sperimentali relativi alle indagini sismiche MASW è stato utilizzato un software di elaborazione Easy Masw della Geostru.

L'elaborazione del segnale consiste nella trattazione spettrale del sismogramma digitale, nella gestione delle tracce utili, nell'analisi spettrale, nell'individuazione delle curve di dispersione

delle onde di superficie e nell'esecuzione di procedure di inversione per interpretazione in termini di modello sismostratigrafico di  $V_s$ .

Lo scopo è quello di identificare il modello la cui curva di dispersione meno si scosta dai dati osservati. Tale modello sarà, evidentemente, caratterizzato dal minor errore della deviazione standard tra le velocità di fase osservate e calcolate.

I **vantaggi** dell'uso di tale tecnica sono:

- che è particolarmente indicata per suoli fortemente attenuanti ed ambienti rumorosi (la percentuale di energia convertita in onde di Rayleigh è di gran lunga predominante (67%) rispetto quella coinvolta nella generazione e propagazione delle onde P (7%) ed S (26%), inoltre, l'ampiezza delle onde superficiali dipende dalla radice quadrata della distanza ( $r^{1/2}$ ) e non da  $r$  come per le onde di corpo ( $V_p$ ,  $V_s$ ));
- che riconosce le inversioni di velocità (limite del metodo a rifrazione);
- che ha un costo moderato, tempi rapidi di esecuzione e scarso impatto sui luoghi di indagine.

I **limiti** dell'uso di tale tecnica sono:

- disponibilità di spazi sufficienti per gli stendimenti sismici;
- forniscono un profilo monodimensionale di  $V_s$ , non quantificando eventuali variazioni laterali.
- la profondità di penetrazione dipende dalla frequenza più bassa rilevabile nella curva di dispersione (approssimativamente  $\text{Prof.} = L_{\text{MAX}} / 2$ )
- il problema della non-univocità della soluzione del problema inverso (comune a tutti i metodi indiretti).



## 4 PROVA SISMICA MASW 1

### 4.1 PARAMETRI DI ACQUISIZIONE:

Lunghezza stendimento	54,0 m
N°geofoni	24
Frequenza geofoni	4.5Hz
N°energizzazioni	3
Frequenza di campionamento	1000 camp/s
Tempo passo di campionamento	1.00 ms
Tempo energizzazione	2.05 s

### 4.2 RISULTATI OTTENUTI

L'elaborazione dei dati ottenuti dall'indagine MASW in base a quanto descritto fin ora, ha consentito di ricavare sia il modello medio di distribuzione della velocità delle onde "S" che il parametro VS,30 relativi al sottosuolo del sito.

Il valore del parametro VS,30 ,riportato per convenzione al centro del relativo stendimento geofonico, è pari a:

**Vs30 [m/sec] 371**

La categoria di sottosuolo identificata :

**Categoria del suolo B**

Suolo di tipo 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 Vs,30 compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero NSPT,30 > 50 nei terreni a grana grossa e cu,30 > 250 kPa nei terreni a grana fina).

### Altri parametri geotecnici

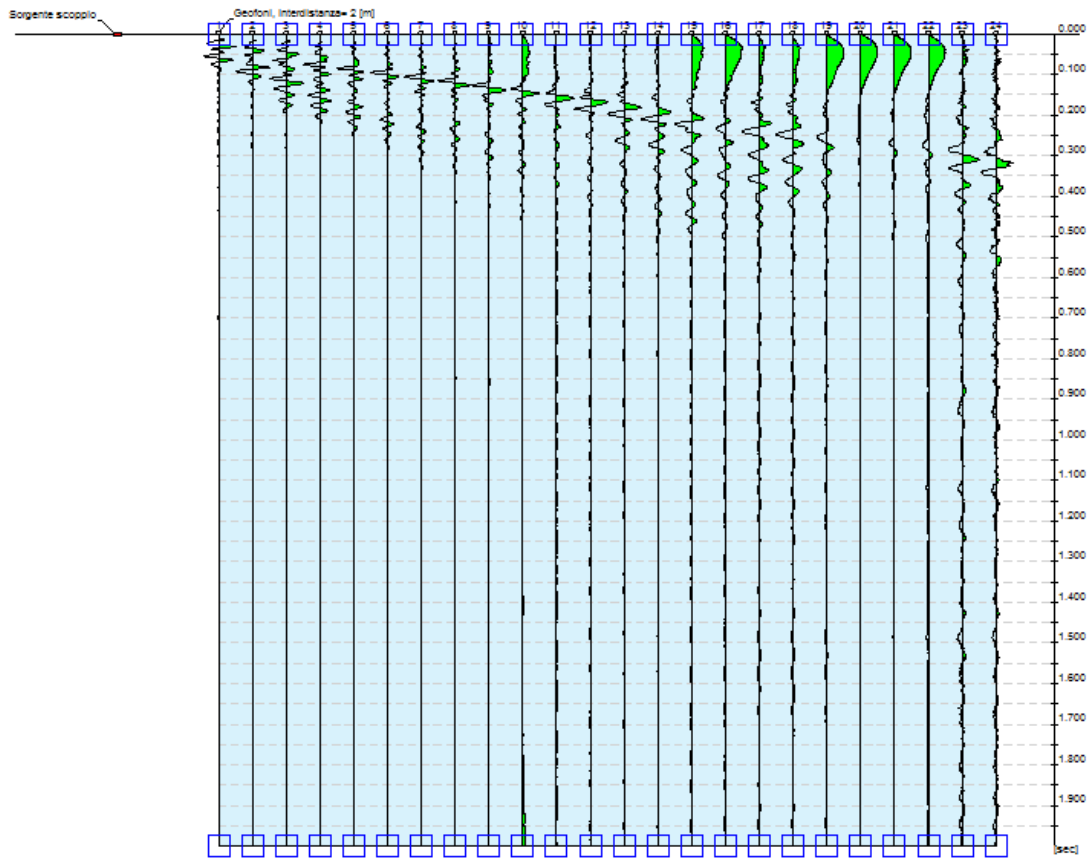
n.	Profondità [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Vp [m/s]	Densità [kg/mc]	Coefficiente Poisson	G0 [MPa]	Ed [MPa]	M0 [MPa]	Ey [MPa]	NSPT	Qc [kPa]
1	1.42	1.42	107.90	201.86	1800.00	0.30	20.96	73.35	45.41	54.49	20	34.22
2	2.45	1.03	212.64	397.80	1800.00	0.30	81.38	284.85	176.33	211.60	N/A	1034.61
3	6.62	4.17	274.30	513.17	1800.00	0.30	135.43	474.02	293.44	352.13	N/A	3719.79
4	oo	oo	490.98	918.54	1800.00	0.30	433.91	1518.68	940.13	1128.16	0	N/A

G0: Modulo di deformazione al taglio;

Ed: Modulo edometrico;  
M0: Modulo di compressibilità volumetrica;  
Ey: Modulo di Young;

### 4.3 GRAFICI ELABORAZIONE DATI:

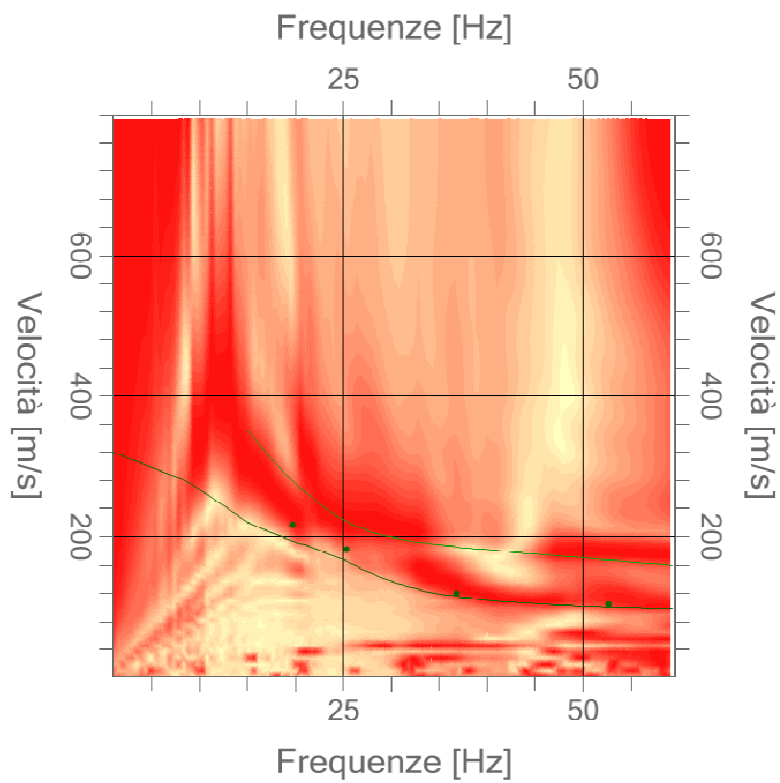
Tracce ottenute dall'indagine seguita in campagna con 24 geofoni ad interdistanza 1 metro.



#### Analisi spettrale

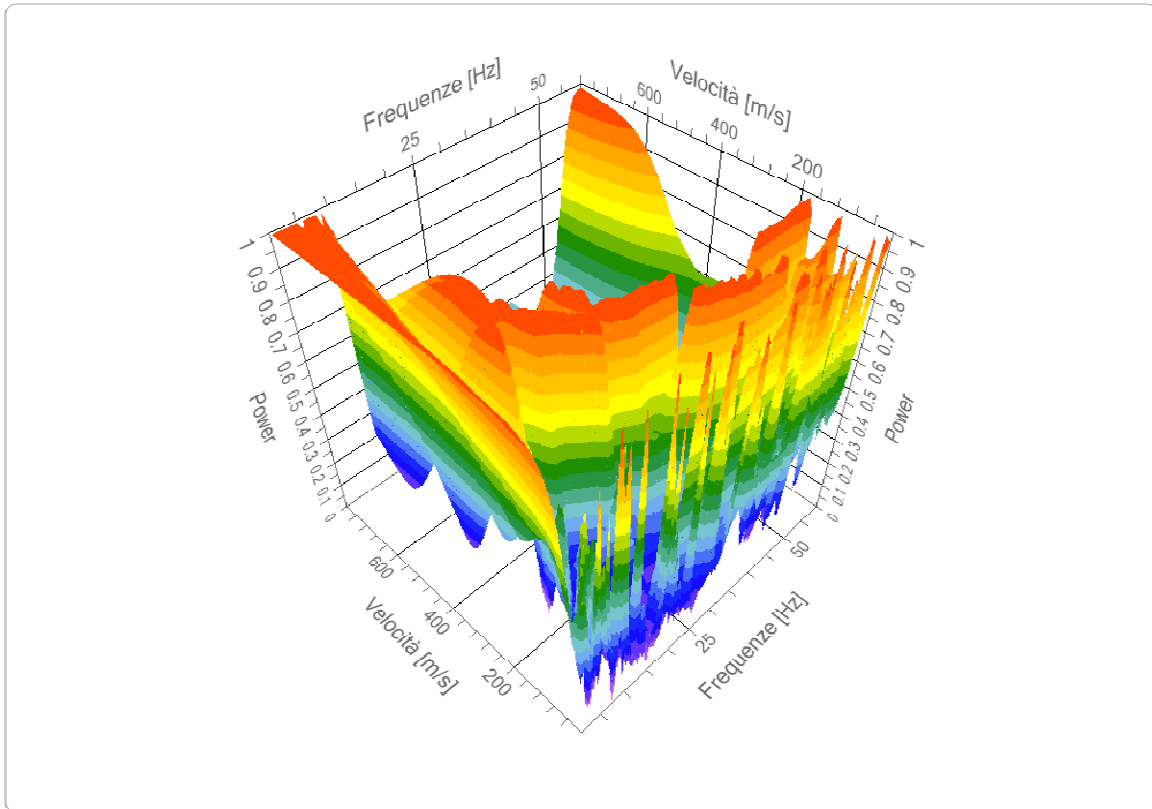
Frequenza minima di elaborazione [Hz]	1
Frequenza massima di elaborazione [Hz]	60
Velocità minima di elaborazione [m/sec]	1
Velocità massima di elaborazione [m/sec]	800
Intervallo velocità [m/sec]	1

Spettro Velocità di fase - Frequenze



Visualizzazione 3D – Phase velocity frequency spectrum

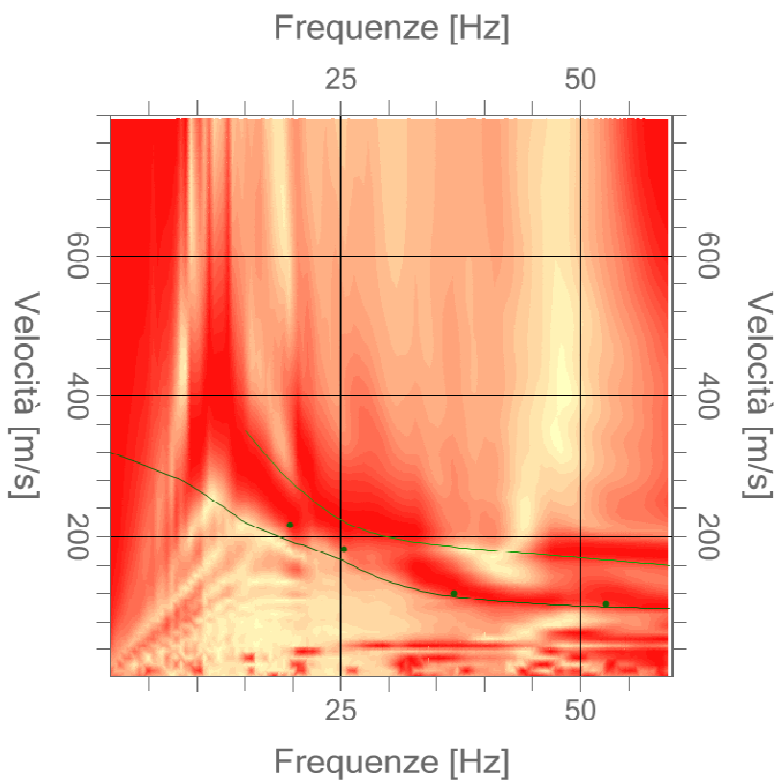
Spettro Velocità di fase - Frequenze



**Curva di dispersione**

n.	Frequenza [Hz]	Velocità [m/sec]	Modo
1	19.7	216.7	0
2	25.4	182.4	0
3	36.9	118.6	0
4	52.7	103.9	0

Spettro Velocità di fase - Frequenze



## Inversione

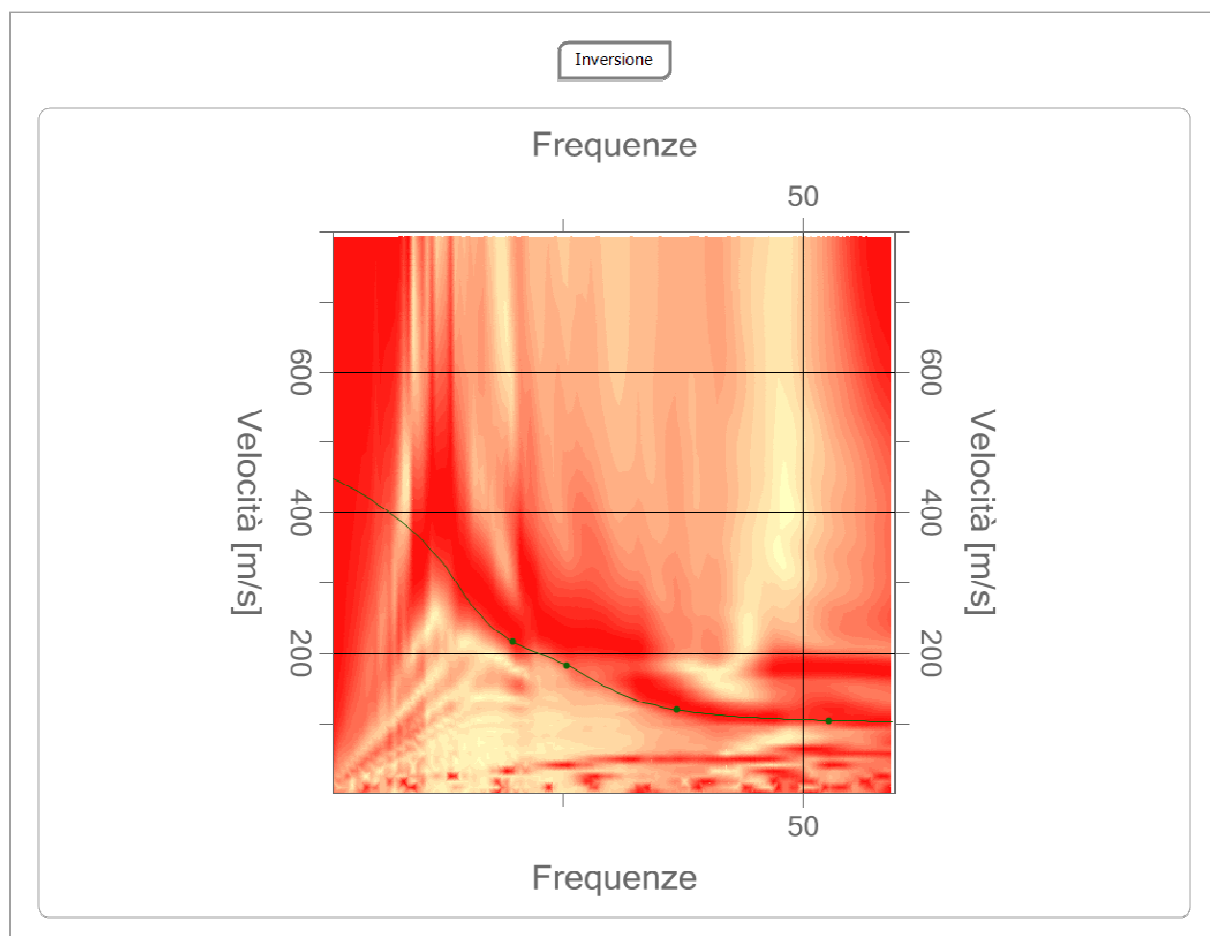
n.	Descrizione	Profondità [m]	Spessore [m]	Peso unità volume [kg/mc]	Coefficient e Poisson	Falda	Vp [m/sec]	Vs [m/sec]
1		1.42	1.42	1800.0	0.3	No	201.9	107.9
2		2.45	1.03	1800.0	0.3	No	397.8	212.6
3		6.62	4.17	1800.0	0.3	No	513.2	274.3
4		oo	oo	1800.0	0.3	No	918.5	491.0

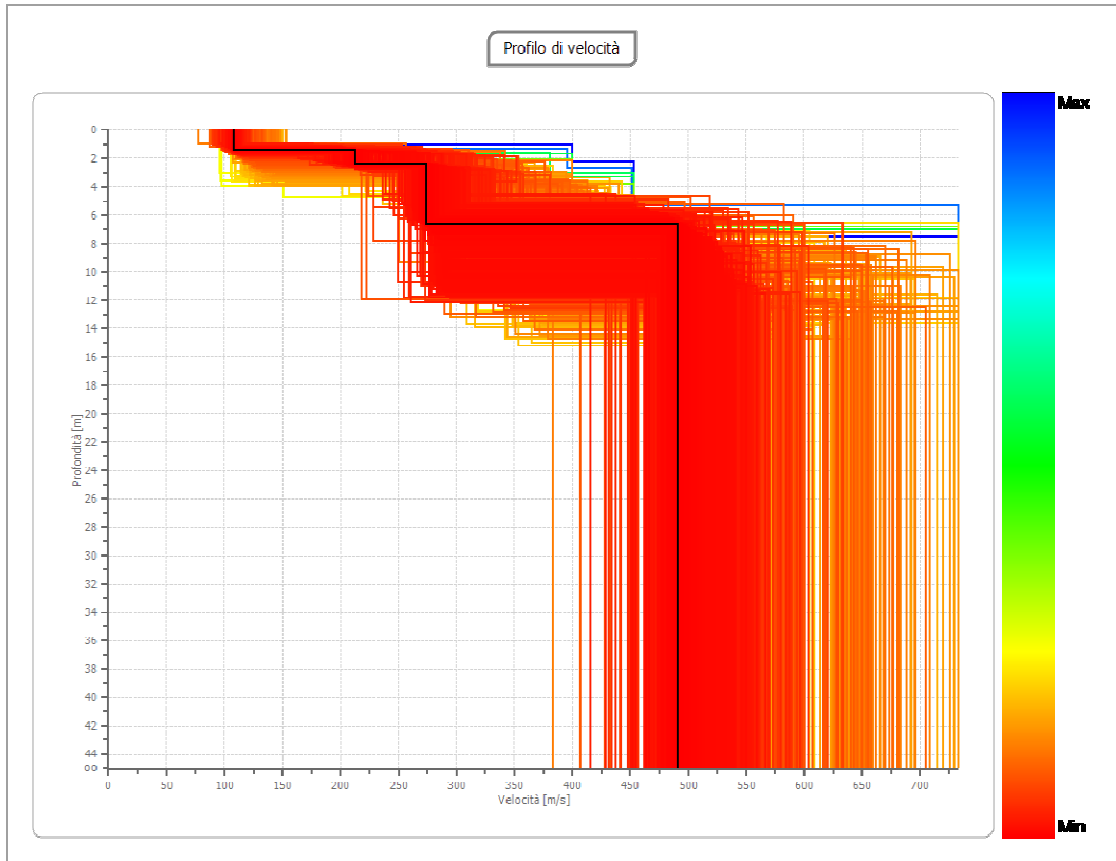
Percentuale di errore

0.000 %

Fattore di disadattamento della soluzione

0.000





Stendimento sismico MASW1



## 5 MISURA DI RUMORE SISMICO AMBIENTALE HVSR

La sismica passiva si basa sulla misura dei microtremori che sono sempre presenti sulla superficie terrestre e sono generati da fenomeni naturali (vento, onde marine) e artificiali (attività antropiche).

Il metodo di indagine utilizzato è quello a stazione singola dei rapporti spettrali (HVSR).

Il metodo HVSR consiste nello studio del rapporto spettrale tra la componente orizzontale del rumore e quella verticale (H/V spectrum). Il valore di tale rapporto è direttamente correlato con la frequenza di risonanza determinata dal passaggio tra due strati con una differenza significativa del contrasto di impedenza (velocità delle onde e densità del materiale).

Considerando due strati con differente impedenza acustica, la frequenza di risonanza ( $f_r$ ) è legata allo spessore e alla velocità delle onde di taglio  $V_s$  della copertura dalla seguente relazione:

$$f_r = V_s / 4 h$$

$V_{s1}$  = velocità delle onde S della copertura

$h$  = spessore copertura

L' HVSR è in grado di fornire stime affidabili delle frequenze principali di risonanza dei sottosuoli.

Lo strumento utilizzato per tali misurazioni è un sismografo GEOBOX marca SARA caratterizzato da sensori accelerometrici con frequenza propria 4.5Hz;

L'elaborazione è stata effettuata con un software dedicato Easy HVSR.

### Risultati Rapporto spettrale H/V

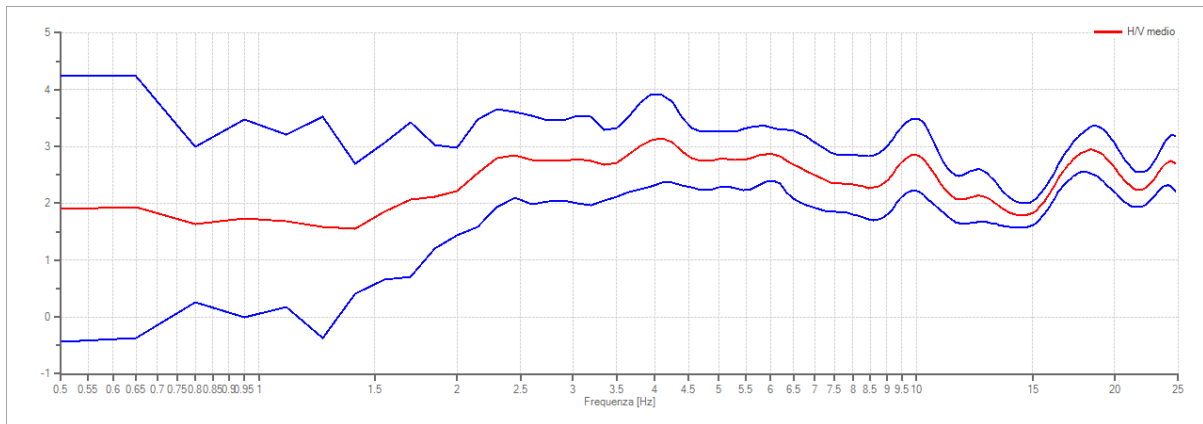
#### Dati riepilogativi:

Frequenza massima:	15.00 Hz
Frequenza minima:	0.50 Hz
Passo frequenze:	0.15 Hz
Tipo lisciamiento::	Konno & Ohmachi
Percentuale di lisciamiento:	10.00 %
Tipo di somma direzionale:	Media geometrica

#### **Risultati:**

**Frequenza del picco del rapporto H/V: 4.10 Hz ±0.25 Hz**

Grafico rapporto spettrale H/V



Verifiche SESAME:

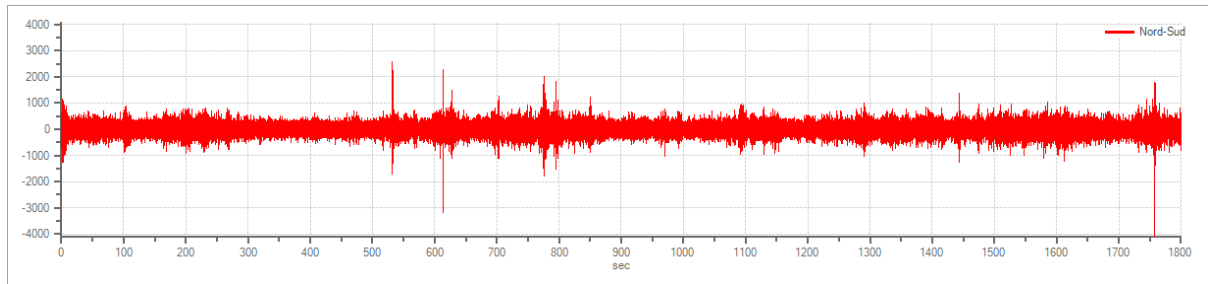
<b>Verifica</b>	<b>Esito</b>
$f_0 > 10/l_w$	Ok
$n_c(f_0) > 200$	Ok
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5 \cdot f_0 < f < 2 \cdot f_0$ se $f_0 > 0.5H$	Ok
$\sigma_A(f) < 3$ per $0.5 \cdot f_0 < f < 2 \cdot f_0$ se $f_0 < 0.5H$	Ok
$\exists f^- \in [f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f^-) < A_0/2$	Non superato
$\exists f^+ \in [f_0, 4 \cdot f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0/2$	Non superato
$A_0 > 2$	Ok
$f_{picco}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	Ok
$\sigma_f < \varepsilon(f)$	Ok
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	Ok

**Elaborazione dati**

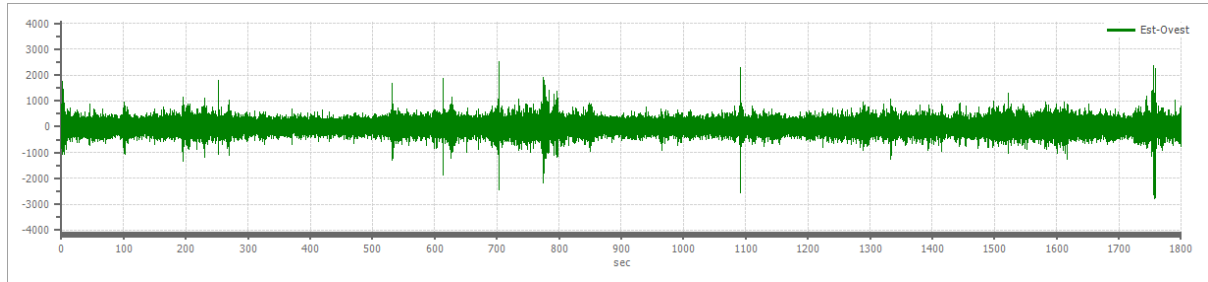
Dati riepilogativi:

Numero tracce:	3
Durata registrazione:	1800 s
Frequenza di campionamento:	200.00 Hz
Numero campioni:	360000
Direzioni tracce:	Nord-Sud; Est-Ovest; Verticale.

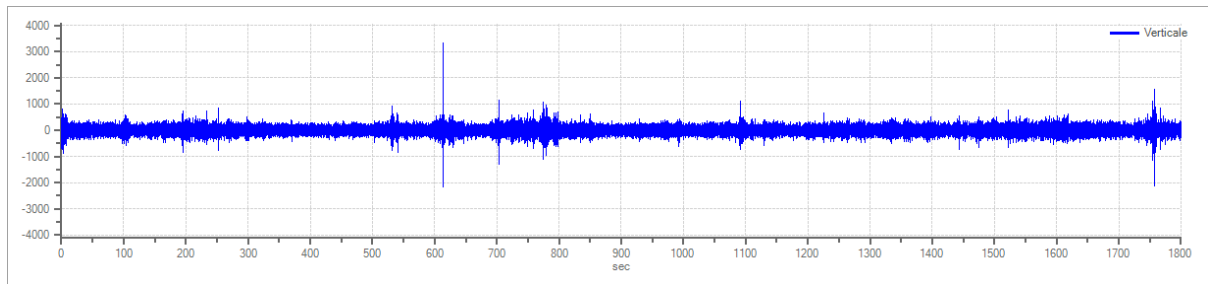
Grafici tracce:



Traccia in direzione Nord-Sud



Traccia in direzione Est-Ovest



Traccia in direzione Verticale

Dati riepilogativi:

Numero totale finestre selezionate: 89

Numero finestre incluse nel calcolo: 89

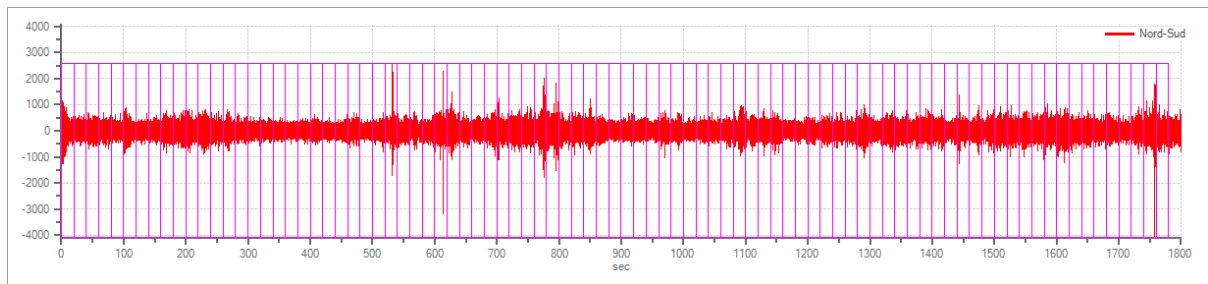
Dimensione temporale finestre: 20.000 s

Tipo di liscio: Konno & Ohmachi

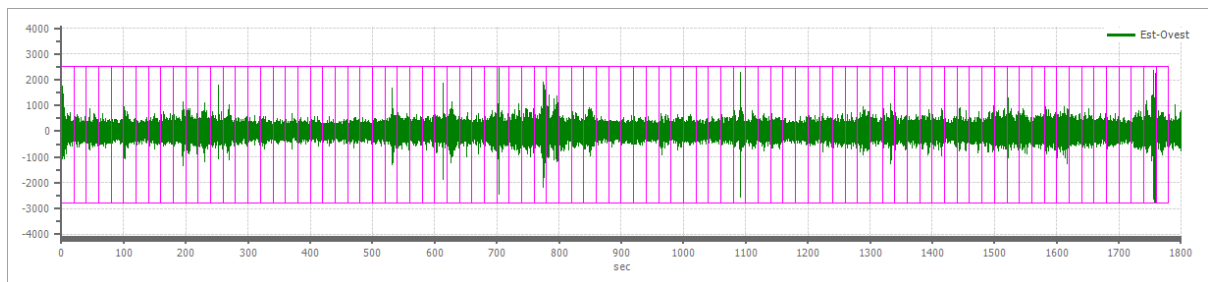
Percentuale di liscio: 30.00 %

Coefficiente di banda: 40.00

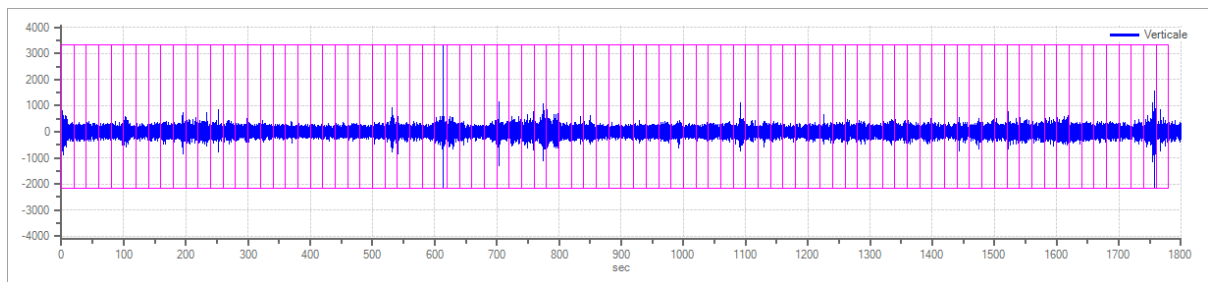
Grafici tracce con finestre selezionate:



Traccia e finestre selezionate in direzione Nord-Sud

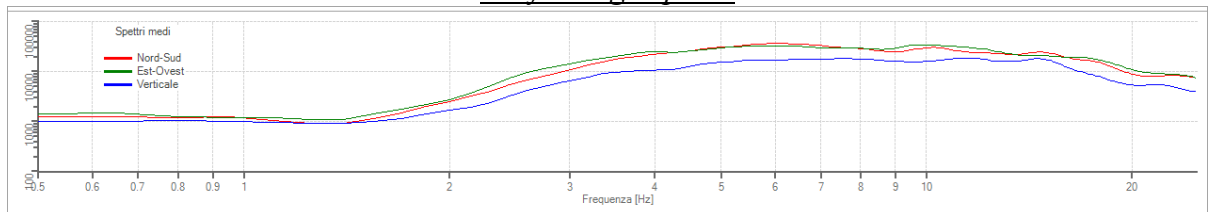


Traccia e finestre selezionate in direzione Est-Ovest

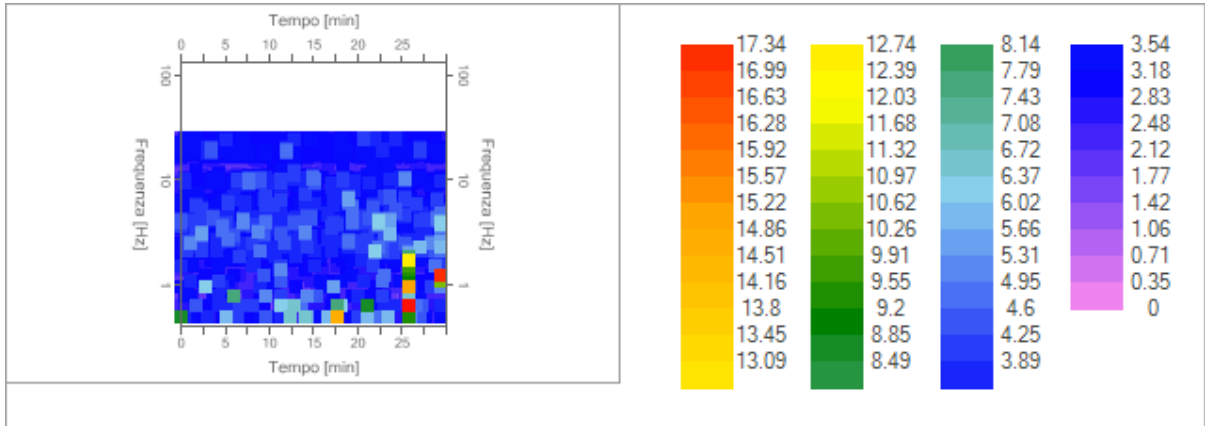


Traccia e finestre selezionate in direzione Verticale

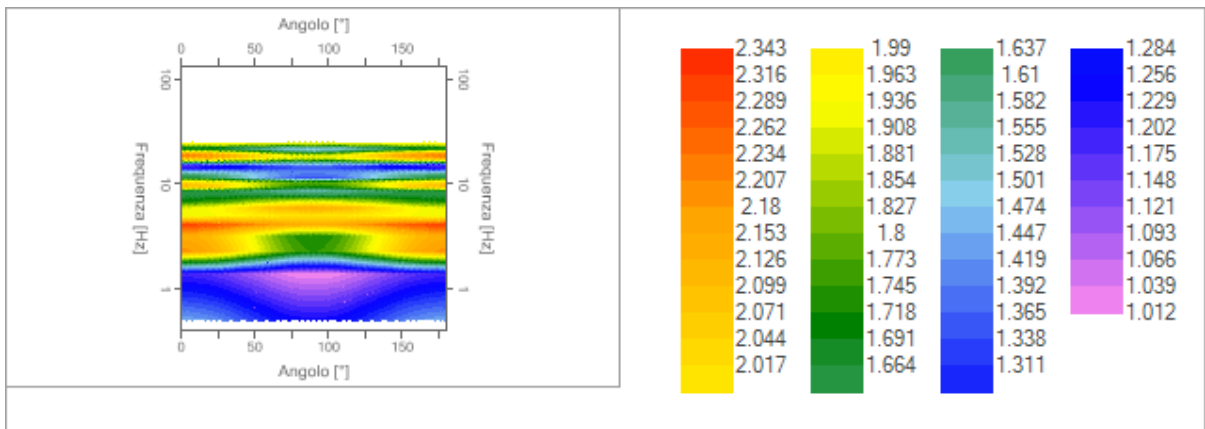
Grafici degli spettri



Spettri medi nelle tre direzioni



Mappa della stazionarietà degli spettri



Mappa della direzionalità degli spettri



**Punto d'acquisizione**

## **6 CONCLUSIONI**

La caratterizzazione geofisica del sottosuolo è stata effettuata attraverso l'esecuzione di una prova sismica indiretta tipo MASW e una misura di microtremore con tecnica HVSR.

I risultati ottenuti sono stati i seguenti:

La categoria di sottosuolo individuata risulta essere di **tipo B con valori di Vs30 pari a 371m/s** mentre la frequenza del picco del rapporto H/V identificata è: **4.10 Hz ±0.25 Hz**

Mettendo in relazione i due dati è possibile identificare la profondità di risonanza del sottosuolo di interesse, applicando la seguente relazione

$$fr = V_s \frac{1}{4} h$$

$V_{s1}$  =velocita delle onde S della copertura

$h$  = spessore copertura

ne deriva che:

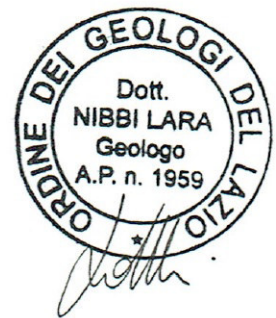
$$h = V_s / (4 * fr)$$

otteniamo:

$$h = 371/4 * 4.10 = 22 \text{ m circa}$$

Il seguente risultato indentifica un contrasto di impedenza alla profondit  di -22 metri circa da piano campagna.

Dott.ssa Geol. Lara Nibbi

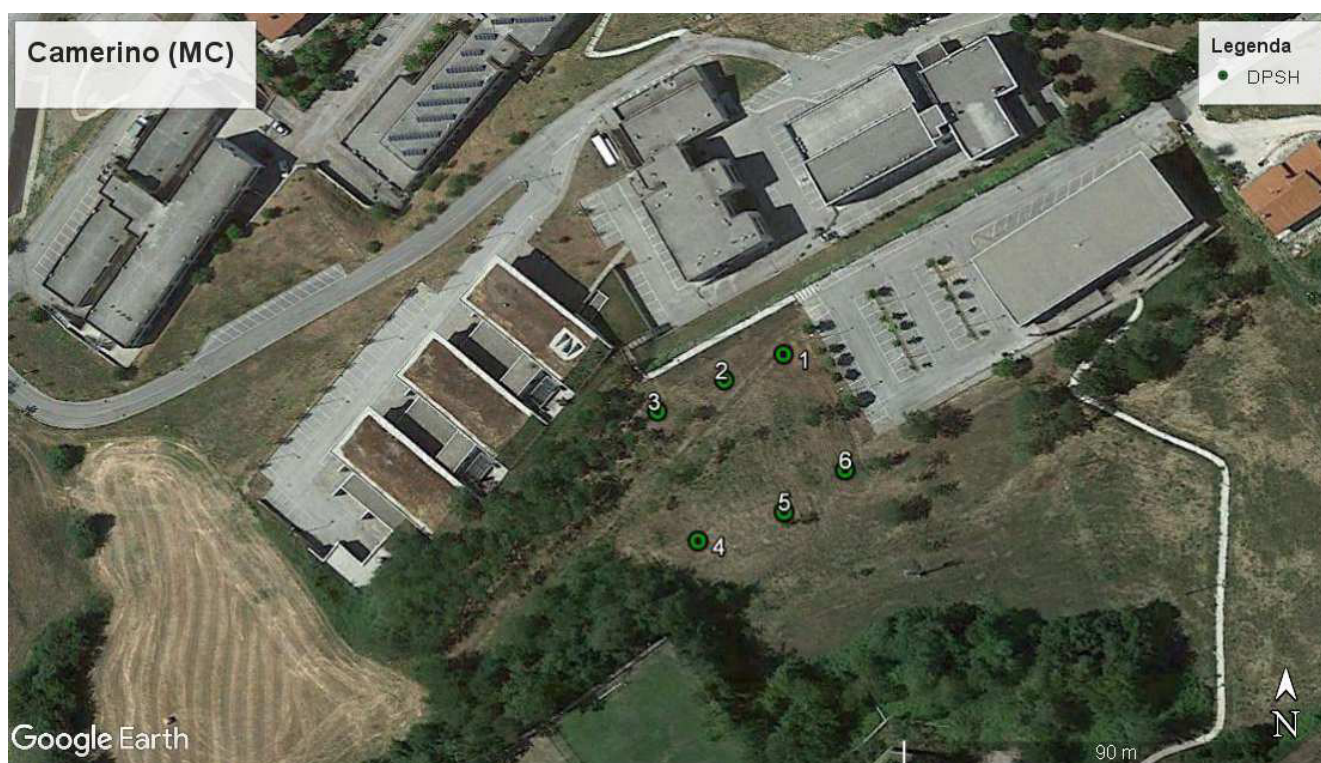




## REPORT PROVE PENETROMETRICHE SUPER PESANTI (DPSH)

**OGGETTO: Indagini geologiche per la realizzazione prefabbricato ad uso aule e uffici a servizio del dipartimento di informatica, Camerino (MC).**

**COMMITTENTE: UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI CAMERINO**



**Fig.1:** localizzazione prove penetrometriche super pesanti DPSH

**Ditta Esecutrice:**

GE.AR. S.a.s

**Responsabile Tecnico:**

Dott. Geol. Jacopo Pietrangeli

Dott. Geol. Gabriele Perotti

### **Caratteristiche Tecniche-Strumentali Sonda: DPSH (Dinamic Probing Super Heavy)**

<b>Rif. Norme</b>	DIN 4094
<b>Peso Massa battente</b>	73kg
<b>Altezza di caduta libera</b>	0,75m
<b>Peso sistema di battuta</b>	0,6kg
<b>Diametro punta conica</b>	51,00mm
<b>Area di base punta</b>	20,43cm <sup>2</sup>
<b>Lunghezza delle aste</b>	1m
<b>Peso aste a metro</b>	5,5kg/m
<b>Profondità giunzione prima asta</b>	0,40m
<b>Avanzamento punta</b>	0,20m
<b>Numero colpi per punta</b>	N(20)
<b>Coeff. Correlazione</b>	1,762
<b>Rivestimento/fanghi</b>	No
<b>Angolo di apertura punta</b>	90°

#### **Note illustrative - Diverse tipologie di penetrometri dinamici**

La prova penetrometrica dinamica consiste nell'infiggere nel terreno una punta conica (per tratti consecutivi  $\delta$ ) misurando il numero di colpi N necessari.

Le Prove Penetrometriche Dinamiche sono molto diffuse ed utilizzate nel territorio da geologi e geotecnici, data la loro semplicità esecutiva, economicità e rapidità di esecuzione.

La loro elaborazione, interpretazione e visualizzazione grafica consente di "catalogare e parametrizzare" il suolo attraversato con un'immagine in continuo, che permette anche di avere un raffronto sulle consistenze dei vari livelli attraversati e una correlazione diretta con sondaggi geognostici per la caratterizzazione stratigrafica.

La sonda penetrometrica permette inoltre di riconoscere abbastanza precisamente lo spessore delle coltri sul substrato, la quota di eventuali falde e superfici di rottura sui pendii, e la consistenza in generale del terreno.

L'utilizzo dei dati, ricavati da correlazioni indirette e facendo riferimento a vari autori, dovrà comunque essere trattato con le opportune cautele e, possibilmente, dopo esperienze geologiche acquisite in zona.

Elementi caratteristici del penetrometro dinamico sono i seguenti:

- peso massa battente M;
- altezza libera caduta H;
- punta conica: diametro base cono D, area base A (angolo di apertura  $\alpha$ );
- avanzamento (penetrazione)  $\delta$  ;
- presenza o meno del rivestimento esterno (fanghi bentonitici).

Con riferimento alla classificazione ISSMFE (1988) dei diversi tipi di penetrometri dinamici (vedi tabella sotto riportata) si rileva una prima suddivisione in quattro classi (in base al peso M della massa battente) :

- tipo LEGGERO (DPL);
- tipo MEDIO (DPM);
- tipo PESANTE (DPH);
- tipo SUPERPESANTE (DPSH).

### Classificazione ISSMFE dei penetrometri dinamici:

Tipo	Sigla di riferimento	Peso della massa M (kg)	Prof. max indagine battente (m)
Leggero	DPL (Light)	$M \leq 10$	8
Medio	DPM (Medium)	$10 < M < 40$	20-25
Pesante	DPH (Heavy)	$40 \leq M < 60$	25
Super pesante (Super Heavy)	DPSH	$M \geq 60$	25

### Correlazione con Nspt

Poiché la prova penetrometrica standard (SPT) rappresenta, ad oggi, uno dei mezzi più diffusi ed economici per ricavare informazioni dal sottosuolo, la maggior parte delle correlazioni esistenti riguardano i valori del numero di colpi Nspt ottenuto con la suddetta prova, pertanto si presenta la necessità di rapportare il numero di colpi di una prova dinamica con Nspt. Il passaggio viene dato da:

$$NSPT = \beta_t \cdot N$$

Dove:

$$\beta_t = \frac{Q}{Q_{SPT}}$$

in cui Q è l'energia specifica per colpo e Qspt è quella riferita alla prova SPT. L'energia specifica per colpo viene calcolata come segue:

$$Q = \frac{M^2 \cdot H}{A \cdot \delta \cdot (M + M')}$$

in cui:

- M peso massa battente.
- M' peso aste.
- H altezza di caduta.
- A area base punta conica.
- $\delta$  passo di avanzamento.

### Valutazione resistenza dinamica alla punta Rpd

Formula Olandesi

$$Rpd = \frac{M^2 \cdot H}{[A \cdot e \cdot (M + P)]} = \frac{M^2 \cdot H \cdot N}{[A \cdot \delta \cdot (M + P)]}$$

- Rpd resistenza dinamica punta (area A).
- e infissione media per colpo ( $\delta/N$ ).
- M peso massa battente (altezza caduta H).
- P peso totale aste e sistema battuta.

## Calcolo di $(N_1)_{60}$

$(N_1)_{60}$  è il numero di colpi normalizzato definito come segue:

$$(N_1)_{60} = CN \cdot N_{60} \text{ con } CN = \sqrt{(Pa'/\sigma_{vo})} \quad CN < 1.7 \quad Pa = 101.32 \text{ kPa} \quad (\text{Liao e Whitman 1986})$$

$$N_{60} = N_{SPT} \cdot (ER/60) \cdot C_S \cdot C_r \cdot C_d$$

ER/60 rendimento del sistema di infissione normalizzato al 60%.

$C_S$  parametro funzione della controcamicia (1.2 se assente).

$C_d$  funzione del diametro del foro (1 se compreso tra 65-115mm).

$C_r$  parametro di correzione funzione della lunghezza delle aste.

## Metodologia di Elaborazione.

Le elaborazioni sono state effettuate mediante un programma di calcolo automatico Dynamic Probing della *GeoStru Software*.

Il programma calcola il rapporto delle energie trasmesse (coefficiente di correlazione con SPT) tramite le elaborazioni proposte da Pasqualini (1983) - Meyerhof (1956) - Desai (1968) - Borowczyk-Frankowsky (1981).

Permette inoltre di utilizzare i dati ottenuti dall'effettuazione di prove penetrometriche per estrapolare utili informazioni geotecniche e geologiche.

Una vasta esperienza acquisita, unitamente ad una buona interpretazione e correlazione, permettono spesso di ottenere dati utili alla progettazione e frequentemente dati maggiormente attendibili di tanti dati bibliografici sulle litologie e di dati geotecnici determinati sulle verticali litologiche da poche prove di laboratorio eseguite come rappresentazione generale di una verticale eterogenea disuniforme e/o complessa.

In particolare consente di ottenere informazioni su:

- l'andamento verticale e orizzontale degli intervalli stratigrafici,
- la caratterizzazione litologica delle unità stratigrafiche,
- i parametri geotecnici suggeriti da vari autori in funzione dei valori del numero dei colpi e delle resistenza alla punta.

## Valutazioni statistiche e correlazioni

### Elaborazione Statistica

Permette l'elaborazione statistica dei dati numerici di Dynamic Probing, utilizzando nel calcolo dei valori rappresentativi dello strato considerato un valore inferiore o maggiore della media aritmetica dello strato (dato comunque maggiormente utilizzato); i valori possibili in immissione sono :

- **Media:** Media aritmetica dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.
- **Media minima:** Valore statistico inferiore alla media aritmetica dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.
- **Massimo:** Valore massimo dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.
- **Minimo:** Valore minimo dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.
- **Scarto quadratico medio:** Valore statistico di scarto dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.
- **Media deviata:** Valore statistico di media deviata dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.
- **Media (+ s):** Media + scarto (valore statistico) dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.
- **Media (- s):** Media - scarto (valore statistico) dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

**Distribuzione normale R.C.:** Il valore di  $N_{SPT,k}$  viene calcolato sulla base di una distribuzione normale o gaussiana, fissata una probabilità di non superamento del 5%, secondo la seguente relazione:

$$N_{spt,k} = N_{spt,medio} - 1.645 \cdot (\sigma_{N_{spt}})$$

dove  $\sigma_{N_{spt}}$  è la deviazione standard di  $N_{spt}$

**Distribuzione normale R.N.C.:** Il valore di  $N_{spt,k}$  viene calcolato sulla base di una distribuzione normale o gaussiana, fissata una probabilità di non superamento del 5%, trattando i valori medi di  $N_{spt}$  distribuiti normalmente:

$$N_{spt,k} = N_{spt,medio} - 1.645 \cdot (\sigma_{N_{spt}}) / \sqrt{n}$$

dove  $n$  è il numero di letture.

### Pressione ammissibile

Pressione ammissibile specifica sull'interstrato (con effetto di riduzione energia per svergolamento aste o no) calcolata secondo le note elaborazioni proposte da Herminier, applicando un coefficiente di sicurezza (generalmente = 20-22) che corrisponde ad un coefficiente di sicurezza standard delle fondazioni pari a 4, con una geometria fondale standard di larghezza pari a 1 m ed immersione  $d = 1$  m.

### Correlazioni geotecniche terreni incoerenti

#### Liquefazione

Permette di calcolare utilizzando dati  $N_{spt}$  il potenziale di liquefazione dei suoli (prevalentemente sabbiosi).

Attraverso la relazione di *SHI-MING (1982)*, applicabile a terreni sabbiosi, la liquefazione risulta possibile solamente se  $N_{spt}$  dello strato considerato risulta inferiore a  $N_{spt}$  critico calcolato con l'elaborazione di *SHI-MING*.

#### Correzione $N_{spt}$ in presenza di falda

$$N_{spt\ corretto} = 15 + 0.5 \cdot (N_{spt} - 15)$$

$N_{spt}$  è il valore medio nello strato

La correzione viene applicata in presenza di falda solo se il numero di colpi è maggiore di 15 (la correzione viene eseguita se tutto lo strato è in falda).

#### Angolo di Attrito

- Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof (1956) - Correlazione valida per terreni non molli a prof. < 5 m; correlazione valida per sabbie e ghiaie rappresenta valori medi. - Correlazione storica molto usata, valevole per prof. < 5 m per terreni sopra falda e < 8 m per terreni in falda (tensioni < 8-10 t/mq)
- Meyerhof (1956) - Correlazioni valide per terreni argillosi ed argillosi-marnosi fessurati, terreni di riporto sciolti e coltri detritiche (da modifica sperimentale di dati).
- Sowers (1961)- Angolo di attrito in gradi valido per sabbie in genere (cond. ottimali per prof. < 4 m. sopra falda e < 7 m per terreni in falda)  $\sigma > 5$  t/mq.
- De Mello - Correlazione valida per terreni prevalentemente sabbiosi e sabbioso-ghiaiosi (da modifica sperimentale di dati) con angolo di attrito < 38° .
- Malcev (1964) - Angolo di attrito in gradi valido per sabbie in genere (cond. ottimali per prof. > 2 m e per valori di angolo di attrito < 38° ).
- Schmertmann (1977)- Angolo di attrito (gradi) per vari tipi litologici (valori massimi). N.B. valori spesso troppo ottimistici poiché desunti da correlazioni indirette da  $D_r$  %.
- Shioi-Fukuni (1982) - ROAD BRIDGE SPECIFICATION, Angolo di attrito in gradi valido per sabbie - sabbie fini o limose e limi siltosi (cond. ottimali per prof. di prova > 8 m sopra falda e > 15 m per terreni in falda)  $\sigma > 15$  t/mq.
- Shioi-Fukuni (1982) - JAPANESE NATIONALE RAILWAY, Angolo di attrito valido per sabbie medie e grossolane fino a ghiaiose.

- Angolo di attrito in gradi (Owasaki & Iwasaki) valido per sabbie - sabbie medie e grossolane-ghiaiose (cond. ottimali per prof. > 8 m sopra falda e > 15 m per terreni in falda)  $s > 15$  t/mq.
- Meyerhof (1965) - Correlazione valida per terreni per sabbie con % di limo < 5% a profondità < 5 m e con (%) di limo > 5% a profondità < 3 m.
- Mitchell e Katti (1965) - Correlazione valida per sabbie e ghiaie.

#### **Densità relativa (%)**

- Gibbs & Holtz (1957) correlazione valida per qualunque pressione efficace, per ghiaie  $D_r$  viene sovrastimato, per limi sottostimato.
- Skempton (1986) elaborazione valida per limi e sabbie e sabbie da fini a grossolane NC a qualunque pressione efficace, per ghiaie il valore di  $D_r$  % viene sovrastimato, per limi sottostimato.
- Meyerhof (1957).
- Schultze & Menzenbach (1961) per sabbie fini e ghiaiose NC, metodo valido per qualunque valore di pressione efficace in depositi NC, per ghiaie il valore di  $D_r$  % viene sovrastimato, per limi sottostimato.

#### **Modulo Di Young ( $E_y$ )**

- Terzaghi - elaborazione valida per sabbia pulita e sabbia con ghiaia senza considerare la pressione efficace.
- Schmertmann (1978), correlazione valida per vari tipi litologici.
- Schultze-Menzenbach, correlazione valida per vari tipi litologici.
- D'Appollonia ed altri (1970), correlazione valida per sabbia, sabbia SC, sabbia NC e ghiaia.
- Bowles (1982), correlazione valida per sabbia argillosa, sabbia limosa, limo sabbioso, sabbia media, sabbia e ghiaia.

#### **Modulo Edometrico**

Begemann (1974) elaborazione desunta da esperienze in Grecia, correlazione valida per limo con sabbia, sabbia e ghiaia

- Buismann-Sanglerat, correlazione valida per sabbia e sabbia argillosa.
- Farrent (1963) valida per sabbie, talora anche per sabbie con ghiaia (da modifica sperimentale di dati).
- Menzenbach e Malcev valida per sabbia fine, sabbia ghiaiosa e sabbia e ghiaia.

#### **Stato di consistenza**

- Classificazione A.G.I. 1977

#### **Peso di Volume**

- Meyerhof ed altri, valida per sabbie, ghiaie, limo, limo sabbioso.

#### **Peso di volume saturo**

- Terzaghi-Peck (1948-1967)

#### **Modulo di poisson**

- Classificazione A.G.I.

#### **Potenziale di liquefazione (Stress Ratio)**

- Seed-Idriss (1978-1981). Tale correlazione è valida solamente per sabbie, ghiaie e limi sabbiosi, rappresenta il rapporto tra lo sforzo dinamico medio  $\tau$  e la tensione verticale di consolidazione per la valutazione del potenziale di liquefazione delle sabbie e terreni sabbio-ghiaiosi attraverso grafici degli autori.

#### **Velocità onde di taglio $V_s$ (m/s)**

- Tale correlazione è valida solamente per terreni incoerenti sabbiosi e ghiaiosi.

### **Modulo di deformazione di taglio ( $G$ )**

- Ohsaki & Iwasaki – elaborazione valida per sabbie con fine plastico e sabbie pulite.
- Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982) elaborazione valida soprattutto per sabbie e per tensioni litostatiche comprese tra 0,5 - 4,0 kg/cmq.

### **Modulo di reazione ( $K_0$ )**

- Navfac (1971-1982) - elaborazione valida per sabbie, ghiaie, limo, limo sabbioso.

### **Resistenza alla punta del Penetrometro Statico ( $Q_c$ )**

- Robertson (1983) -  $Q_c$

### **Correlazioni geotecniche terreni coesivi**

#### **Coazione non drenata**

- Benassi & Vannelli- correlazioni scaturite da esperienze ditta costruttrice Penetrometri SUNDA (1983).
- Terzaghi-Peck (1948-1967), correlazione valida per argille sabbiose-siltose NC con  $N_{spt} < 8$ , argille limose-siltose mediamente plastiche, argille marnose alterate-fessurate.
- Terzaghi-Peck (1948).  $C_u$  (min-max).
- Sanglerat, da dati Penetr. Statico per terreni coesivi saturi, tale correlazione non è valida per argille sensitive con sensitività  $> 5$ , per argille sovraconsolidate fessurate e per i limi a bassa plasticità.
- Sanglerat, (per argille limose-sabbiose poco coerenti), valori validi per resistenze penetrometriche  $< 10$  colpi, per resistenze penetrometriche  $> 10$  l'elaborazione valida è comunque quella delle "argille plastiche" di Sanglerat.
- (U.S.D.M.S.M.) U.S. Design Manual Soil Mechanics Coazione non drenata per argille limose e argille di bassa media ed alta plasticità, ( $C_u$ - $N_{spt}$ -grado di plasticità).
- Schmertmann (1975),  $C_u$  (Kg/cmq) (valori medi), valida per **argille** e **limi argillosi** con  $N_c = 20$  e  $Q_c/N_{spt} = 2$ .
- Schmertmann (1975),  $C_u$  (Kg/cmq) (valori minimi), valida per argille NC.
- Fletcher (1965), (Argilla di Chicago). Coazione non drenata  $C_u$  (Kg/cmq), colonna valori validi per argille a medio-bassa plasticità.
- Houston (1960) - argilla di media-alta plasticità.
- Shioi-Fukuni (1982), valida per suoli poco coerenti e plastici, argilla di media-alta plasticità.
- Begemann.
- De Beer.

### **Resistenza alla punta del Penetrometro Statico ( $Q_c$ )**

- Robertson (1983) -  $Q_c$

### **Modulo Edometrico-Confinato ( $M_0$ )**

- Stroud e Butler (1975),- per litotipi a media plasticità, valida per litotipi argillosi a media-medio-alta plasticità - da esperienze su argille glaciali.
- Stroud e Butler (1975), per litotipi a medio-bassa plasticità ( $IP < 20$ ), valida per litotipi argillosi a medio-bassa plasticità ( $IP < 20$ ) - da esperienze su argille glaciali.
- Vesic (1970), correlazione valida per argille molli (valori minimi e massimi).
- Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner Modulo Confinato - $M_0$  ( $E_{ed}$ ) (Kg/cmq)-, valida per litotipi argillosi e limosi-argillosi (rapporto  $Q_c/N_{spt}=1.5-2.0$ ).
- Buismann- Sanglerat, valida per argille compatte ( $N_{spt} < 30$ ) medie e molli ( $N_{spt} < 4$ ) e argille sabbiose ( $N_{spt} = 6-12$ ).

### **Modulo Di Young ( $E_y$ )**

- Schultze-Menzenbach - (Min. e Max.), correlazione valida per limi coerenti e limi argillosi con I.P.  $> 15$ .

- D'Appollonia ed altri (1983), correlazione valida per argille sature-argille fessurate.

***Stato di consistenza***

- Classificazione A.G.I. 1977.

***Peso di Volume***

- Meyerhof ed altri, valida per argille, argille sabbiose e limose prevalentemente coerenti.

***Peso di volume saturo***

- Meyerhof ed altri.



## Elaborazione DPSH

### Stima Parametri Geotecnici Prova n.1:

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm <sup>2</sup> )	Res. dinamica (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> )
0,20	1	0,855	10,57	12,37	0,53	0,62
0,40	4	0,851	42,08	49,46	2,10	2,47
0,60	5	0,847	48,97	57,81	2,45	2,89
0,80	4	0,843	39,00	46,25	1,95	2,31
1,00	5	0,840	48,55	57,81	2,43	2,89
1,20	11	0,836	106,36	127,18	5,32	6,36
1,40	22	0,733	186,42	254,37	9,32	12,72
1,60	21	0,730	166,33	227,98	8,32	11,40
1,80	19	0,776	160,13	206,27	8,01	10,31
2,00	21	0,723	164,87	227,98	8,24	11,40
2,20	20	0,770	167,21	217,13	8,36	10,86
2,40	18	0,767	149,91	195,41	7,50	9,77
2,60	22	0,714	160,78	225,10	8,04	11,25
2,80	22	0,711	160,14	225,10	8,01	11,25
3,00	23	0,709	166,77	235,33	8,34	11,77
3,20	21	0,706	151,70	214,87	7,58	10,74
3,40	19	0,753	146,46	194,40	7,32	9,72
3,60	22	0,701	149,18	212,85	7,46	10,64
3,80	23	0,698	155,42	222,53	7,77	11,13
4,00	22	0,696	148,15	212,85	7,41	10,64
4,20	22	0,694	147,66	212,85	7,38	10,64
4,40	21	0,691	140,48	203,18	7,02	10,16
4,60	22	0,689	139,14	201,87	6,96	10,09
4,80	25	0,687	157,62	229,40	7,88	11,47
5,00	26	0,685	163,43	238,57	8,17	11,93
5,20	25	0,683	156,68	229,40	7,83	11,47
5,40	25	0,681	156,23	229,40	7,81	11,47
5,60	24	0,679	142,22	209,42	7,11	10,47
5,80	26	0,677	153,65	226,87	7,68	11,34
6,00	25	0,675	147,35	218,14	7,37	10,91
6,20	50	0,574	250,31	436,29	12,52	21,81

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tipo	Clay Fraction (%)	Peso unità di volume (t/m <sup>3</sup> )	Peso unità di volume saturo (t/m <sup>3</sup> )	Tensione efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Coeff. di correlaz. con Nspt	NSPT	Descrizione
1,2	5	58,48	Coesivo	0	1,93	2,12	0,12	1,76	8,81	Limi Argillosi
4,6	21,18	217,06	Coesivo	0	2,38	2,5	0,64	1,76	37,32	Substrato Alterato
6,2	28,25	252,19	Coesivo	0	2,5	2,5	1,24	1,76	49,78	Substrato

### TERRENI COESIVI

#### Coesione non drenata (Kg/cm<sup>2</sup>)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Terzaghi -Peck	Sanglerat	Terzaghi -Peck (1948)	U.S.D.M .S.M	Schmert mann 1975	SUNDA (1983) Benassi e Vannelli	Fletcher (1965) Argilla di Chicago	Houston (1960)	Shioi - Fukui 1982	Begeman n	De Beer
[1] - Limi Argillosi	8,81	1,20	0,60	1,10	0,50	0,35	0,86	1,75	0,78	1,10	0,44	1,41	1,10
[2] - Substrato Alterato	37,32	4,60	2,52	4,67	0,00	1,37	3,72	6,51	2,93	3,91	1,87	5,88	4,67
[3] - Substrato	49,78	6,20	3,36	6,22	0,00	1,74	4,98	7,57	3,67	5,46	2,49	7,78	6,22

**Qc ( Resistenza punta Penetrometro Statico)**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Qc (Kg/cm <sup>2</sup> )
[1] - Limi Argillosi	8,81	1,20	Robertson (1983)	17,62
[2] - Substrato Alterato	37,32	4,60	Robertson (1983)	74,64
[3] - Substrato	49,78	6,20	Robertson (1983)	99,56

**Modulo Edometrico (Kg/cm<sup>2</sup>)**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Stroud e Butler (1975)	Vesic (1970)	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	Buisman-Sanglerat
[1] - Limi Argillosi	8,81	1,20	40,42	--	91,65	110,13
[2] - Substrato Alterato	37,32	4,60	171,22	--	382,43	373,20
[3] - Substrato	49,78	6,20	228,39	--	509,52	497,80

**Modulo di Young (Kg/cm<sup>2</sup>)**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Schultze	Apollonia
[1] - Limi Argillosi	8,81	1,20	80,92	88,10
[2] - Substrato Alterato	37,32	4,60	408,78	373,20
[3] - Substrato	49,78	6,20	552,07	497,80

**Classificazione AGI**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
[1] - Limi Argillosi	8,81	1,20	A.G.I. (1977)	CONSISTENTE
[2] - Substrato Alterato	37,32	4,60	A.G.I. (1977)	ESTREM. CONSISTENTE
[3] - Substrato	49,78	6,20	A.G.I. (1977)	ESTREM. CONSISTENTE

**Peso unità di volume**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m <sup>3</sup> )
[1] - Limi Argillosi	8,81	1,20	Meyerhof	1,93
[2] - Substrato Alterato	37,32	4,60	Meyerhof	2,38
[3] - Substrato	49,78	6,20	Meyerhof	2,50

**Peso unità di volume saturo**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m <sup>3</sup> )
[1] - Limi Argillosi	8,81	1,20	Meyerhof	2,12
[2] - Substrato Alterato	37,32	4,60	Meyerhof	2,50
[3] - Substrato	49,78	6,20	Meyerhof	2,50

**Velocità onde di taglio**

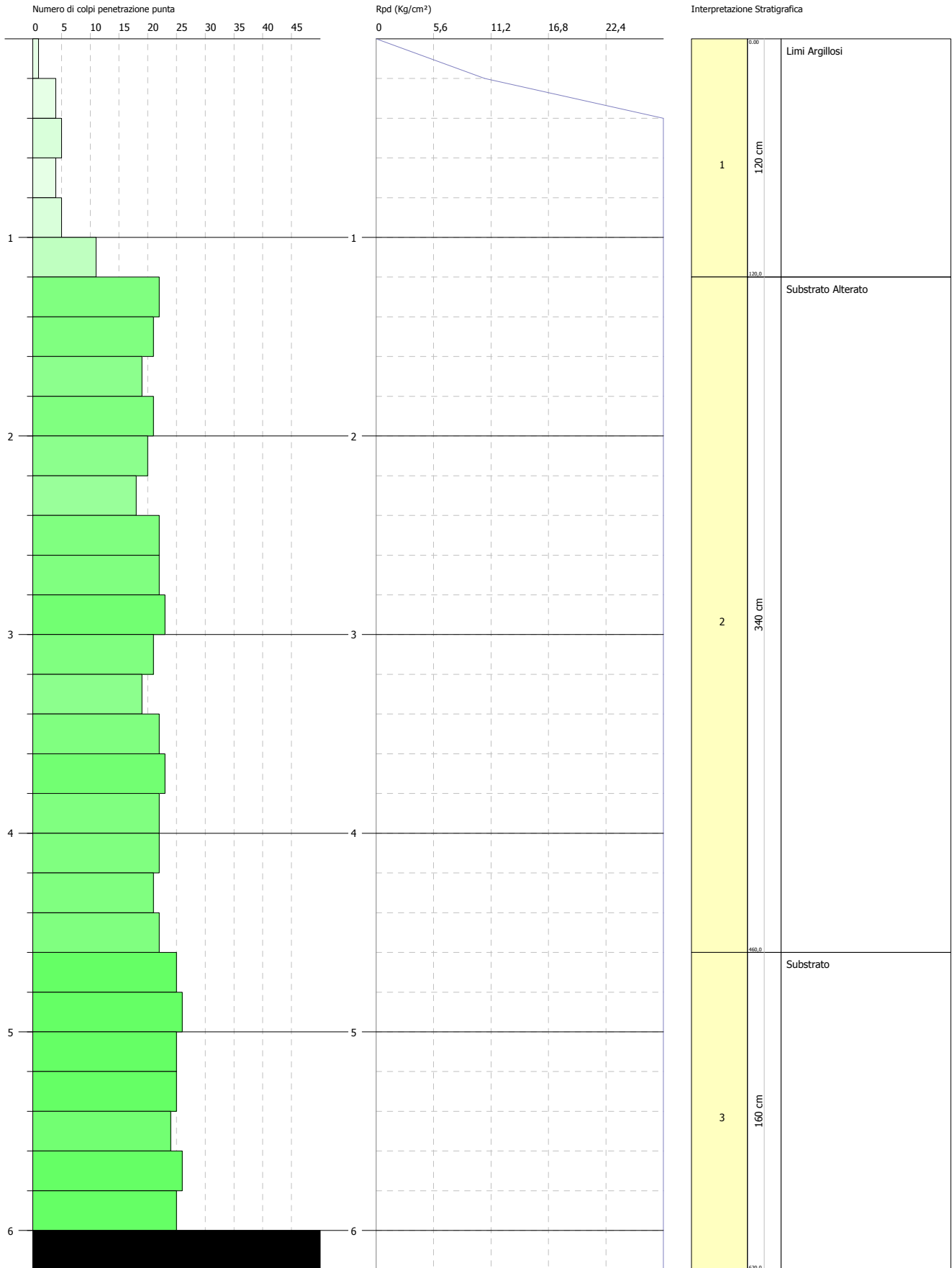
	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
[1] - Limi Argillosi	8,81	1,20		0
[2] - Substrato Alterato	37,32	4,60		0
[3] - Substrato	49,78	6,20		0

**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.1**  
**Strumento utilizzato... DPSH 73 DEEP DRILL**

Committente:  
 Descrizione:  
 Località:

Data: 18/12/2017

Scala 1:28



## Stima Parametri Geotecnici Prova n.2:

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm <sup>2</sup> )	Res. dinamica (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> )
0,20	1	0,855	10,57	12,37	0,53	0,62
0,40	1	0,851	10,52	12,37	0,53	0,62
0,60	1	0,847	9,79	11,56	0,49	0,58
0,80	2	0,843	19,50	23,12	0,98	1,16
1,00	1	0,840	9,71	11,56	0,49	0,58
1,20	3	0,836	29,01	34,69	1,45	1,73
1,40	5	0,833	48,15	57,81	2,41	2,89
1,60	5	0,830	45,03	54,28	2,25	2,71
1,80	15	0,776	126,42	162,85	6,32	8,14
2,00	14	0,773	117,52	151,99	5,88	7,60
2,20	16	0,770	133,77	173,70	6,69	8,69
2,40	21	0,717	163,50	227,98	8,17	11,40
2,60	22	0,714	160,78	225,10	8,04	11,25
2,80	25	0,711	181,98	255,79	9,10	12,79
3,00	25	0,709	181,27	255,79	9,06	12,79
3,20	26	0,706	187,81	266,03	9,39	13,30
3,40	25	0,703	179,93	255,79	9,00	12,79
3,60	75	0,601	436,02	725,64	21,80	36,28

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tipo	Clay Fraction (%)	Peso unità di volume (t/m <sup>3</sup> )	Peso unità di volume saturo (t/m <sup>3</sup> )	Tensione efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Coeff. di correlaz. con Nspt	NSPT	Descrizione
2,4	7,08	77,86	Coesivo	0	2,03	2,23	0,24	1,76	12,47	Limi Argillosi
3	24	245,56	Coesivo	0	2,5	2,5	0,56	1,76	42,29	Substrato Alterato
3,6	42	415,82	Coesivo	0	2,5	2,5	0,71	1,76	74	Substrato

### TERRENI COESIVI

#### Coesione non drenata (Kg/cm<sup>2</sup>)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Terzaghi -Peck	Sanglerat	Terzaghi -Peck (1948)	U.S.D.M .S.M	Schmertmann 1975	SUNDA (1983) Benassi e Vannelli	Fletcher (1965) Argilla di Chicago	Houston (1960)	Shioi - Fukui 1982	Begeman n	De Beer
[1] - Limi Argillosi	12,47	2,40	0,84	1,56	0,50	0,50	1,23	2,34	1,09	1,41	0,62	1,88	1,56
[2] - Substrato Alterato	42,29	3,00	2,86	5,29	0,00	1,52	4,22	7,37	3,24	4,50	2,12	7,02	5,29
[3] - Substrato	74	3,60	5,00	9,25	0,00	2,37	7,44	12,48	4,80	9,03	3,70	12,57	9,25

#### Qc ( Resistenza punta Penetrometro Statico)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Qc (Kg/cm <sup>2</sup> )
[1] - Limi Argillosi	12,47	2,40	Robertson (1983)	24,94
[2] - Substrato Alterato	42,29	3,00	Robertson (1983)	84,58
[3] - Substrato	74	3,60	Robertson (1983)	148,00

#### Modulo Edometrico (Kg/cm<sup>2</sup>)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Stroud e Butler (1975)	Vesic (1970)	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	Buisman-Sanglerat
[1] - Limi Argillosi	12,47	2,40	57,21	--	128,98	124,70
[2] - Substrato Alterato	42,29	3,00	194,03	--	433,12	422,90
[3] - Substrato	74	3,60	339,51	--	756,55	740,00

**Modulo di Young (Kg/cm<sup>2</sup>)**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Schultze	Apollonia
[1] - Limi Argillosi	12,47	2,40	123,01	124,70
[2] - Substrato Alterato	42,29	3,00	465,94	422,90
[3] - Substrato	74	3,60	830,60	740,00

**Classificazione AGI**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
[1] - Limi Argillosi	12,47	2,40	A.G.I. (1977)	CONSISTENTE
[2] - Substrato Alterato	42,29	3,00	A.G.I. (1977)	ESTREM. CONSISTENTE
[3] - Substrato	74	3,60	A.G.I. (1977)	ESTREM. CONSISTENTE

**Peso unità di volume**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m <sup>3</sup> )
[1] - Limi Argillosi	12,47	2,40	Meyerhof	2,03
[2] - Substrato Alterato	42,29	3,00	Meyerhof	2,50
[3] - Substrato	74	3,60	Meyerhof	2,50

**Peso unità di volume saturo**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m <sup>3</sup> )
[1] - Limi Argillosi	12,47	2,40	Meyerhof	2,23
[2] - Substrato Alterato	42,29	3,00	Meyerhof	2,50
[3] - Substrato	74	3,60	Meyerhof	2,50

**Velocità onde di taglio**

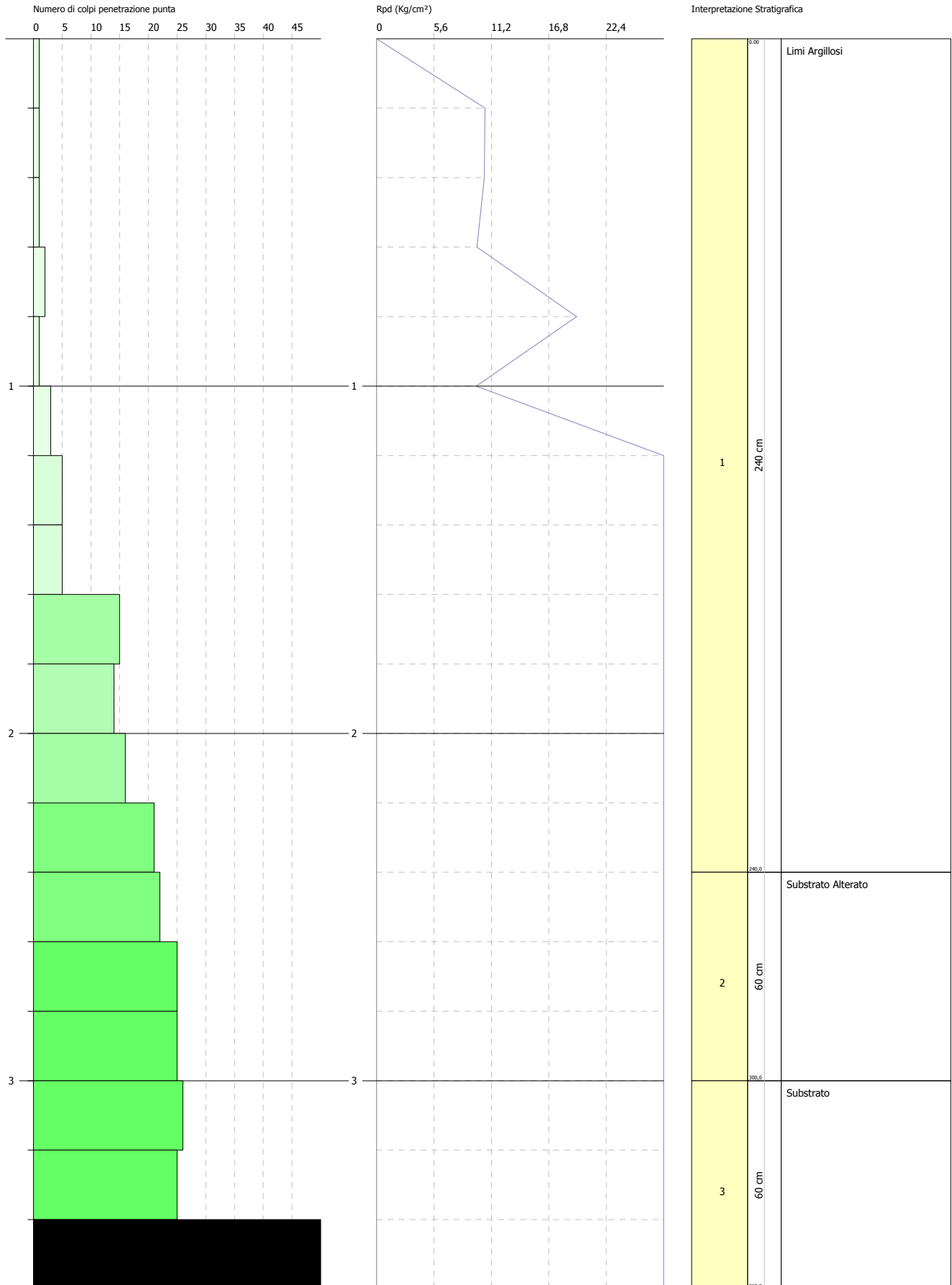
	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
[1] - Limi Argillosi	12,47	2,40		0
[2] - Substrato Alterato	42,29	3,00		0
[3] - Substrato	74	3,60		0

**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.2**  
**Strumento utilizzato... DPSH 73 DEEP DRILL**

Committente:  
 Descrizione:  
 Località:

Data: 18/12/2017

Scala 1:16



### Stima Parametri Geotecnici Prova n.3:

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm <sup>2</sup> )	Res. dinamica (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> )
0,20	1	0,855	10,57	12,37	0,53	0,62
0,40	1	0,851	10,52	12,37	0,53	0,62
0,60	2	0,847	19,59	23,12	0,98	1,16
0,80	3	0,843	29,25	34,69	1,46	1,73
1,00	3	0,840	29,13	34,69	1,46	1,73
1,20	2	0,836	19,34	23,12	0,97	1,16
1,40	2	0,833	19,26	23,12	0,96	1,16
1,60	1	0,830	9,01	10,86	0,45	0,54
1,80	1	0,826	8,97	10,86	0,45	0,54
2,00	2	0,823	17,87	21,71	0,89	1,09
2,20	2	0,820	17,81	21,71	0,89	1,09
2,40	5	0,817	44,36	54,28	2,22	2,71
2,60	1	0,814	8,33	10,23	0,42	0,51
2,80	2	0,811	16,60	20,46	0,83	1,02
3,00	1	0,809	8,27	10,23	0,41	0,51
3,20	6	0,806	49,48	61,39	2,47	3,07
3,40	3	0,803	24,66	30,70	1,23	1,53
3,60	17	0,751	123,50	164,48	6,18	8,22
3,80	19	0,748	137,58	183,83	6,88	9,19
4,00	21	0,696	141,42	203,18	7,07	10,16
4,20	18	0,744	129,52	174,15	6,48	8,71
4,40	33	0,641	204,80	319,28	10,24	15,96
4,60	23	0,689	145,46	211,05	7,27	10,55
4,80	25	0,687	157,62	229,40	7,88	11,47
5,00	30	0,685	188,57	275,28	9,43	13,76
5,20	28	0,683	175,48	256,93	8,77	12,85
5,40	30	0,681	187,48	275,28	9,37	13,76
5,60	29	0,679	171,85	253,05	8,59	12,65
5,80	28	0,677	165,47	244,32	8,27	12,22
6,00	30	0,675	176,82	261,77	8,84	13,09
6,20	28	0,674	164,60	244,32	8,23	12,22
6,40	31	0,622	168,25	270,50	8,41	13,52
6,60	35	0,620	180,60	291,12	9,03	14,56

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tipo	Clay Fraction (%)	Peso unità di volume (t/m <sup>3</sup> )	Peso unità di volume saturo (t/m <sup>3</sup> )	Tensione efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Coeff. di correlaz. con Nspt	NSPT	Descrizione
3,4	2,24	24,47	Coesivo	0	1,7	1,87	0,29	1,76	3,95	Limi Argillosi
4,8	22,29	212,19	Coesivo	0	2,48	2,5	0,75	1,76	39,27	Substrato Alterato
6,6	29,89	263,62	Coesivo	0	2,5	2,5	1,15	1,76	52,67	Substrato

### TERRENI COESIVI

#### Coesione non drenata (Kg/cm<sup>2</sup>)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Terzaghi -Peck	Sanglerat	Terzaghi -Peck (1948)	U.S.D.M .S.M	Schmert mann 1975	SUNDA (1983) Benassi e Vannelli	Fletcher (1965) Argilla di Chicago	Houston (1960)	Shioi - Fukui 1982	Begeman n	De Beer
[1] - Limi Argillosi	3,95	3,40	0,25	0,49	0,15	0,16	0,38	0,73	0,36	0,73	0,20	0,29	0,49
[2] - Substrato Alterato	39,27	4,80	2,65	4,91	0,00	1,43	3,92	6,37	3,05	4,14	1,96	6,16	4,91
[3] - Substrato	52,67	6,60	3,56	6,58	0,00	1,83	5,27	7,91	3,83	5,84	2,63	8,23	6,58

**Qc ( Resistenza punta Penetrometro Statico)**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Qc (Kg/cm <sup>2</sup> )
[1] - Limi Argillosi	3,95	3,40	Robertson (1983)	7,90
[2] - Substrato Alterato	39,27	4,80	Robertson (1983)	78,54
[3] - Substrato	52,67	6,60	Robertson (1983)	105,34

**Modulo Edometrico (Kg/cm<sup>2</sup>)**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Stroud e Butler (1975)	Vesic (1970)	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	Buisman-Sanglerat
[1] - Limi Argillosi	3,95	3,40	18,12	59,25	42,08	49,38
[2] - Substrato Alterato	39,27	4,80	180,17	--	402,32	392,70
[3] - Substrato	52,67	6,60	241,65	--	538,99	526,70

**Modulo di Young (Kg/cm<sup>2</sup>)**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Schultze	Apollonia
[1] - Limi Argillosi	3,95	3,40	25,03	39,50
[2] - Substrato Alterato	39,27	4,80	431,21	392,70
[3] - Substrato	52,67	6,60	585,31	526,70

**Classificazione AGI**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
[1] - Limi Argillosi	3,95	3,40	A.G.I. (1977)	POCO CONSISTENTE
[2] - Substrato Alterato	39,27	4,80	A.G.I. (1977)	ESTREM. CONSISTENTE
[3] - Substrato	52,67	6,60	A.G.I. (1977)	ESTREM. CONSISTENTE

**Peso unità di volume**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m <sup>3</sup> )
[1] - Limi Argillosi	3,95	3,40	Meyerhof	1,70
[2] - Substrato Alterato	39,27	4,80	Meyerhof	2,48
[3] - Substrato	52,67	6,60	Meyerhof	2,50

**Peso unità di volume saturo**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m <sup>3</sup> )
[1] - Limi Argillosi	3,95	3,40	Meyerhof	1,87
[2] - Substrato Alterato	39,27	4,80	Meyerhof	2,50
[3] - Substrato	52,67	6,60	Meyerhof	2,50

**Velocità onde di taglio**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
[1] - Limi Argillosi	3,95	3,40		0
[2] - Substrato Alterato	39,27	4,80		0
[3] - Substrato	52,67	6,60		0

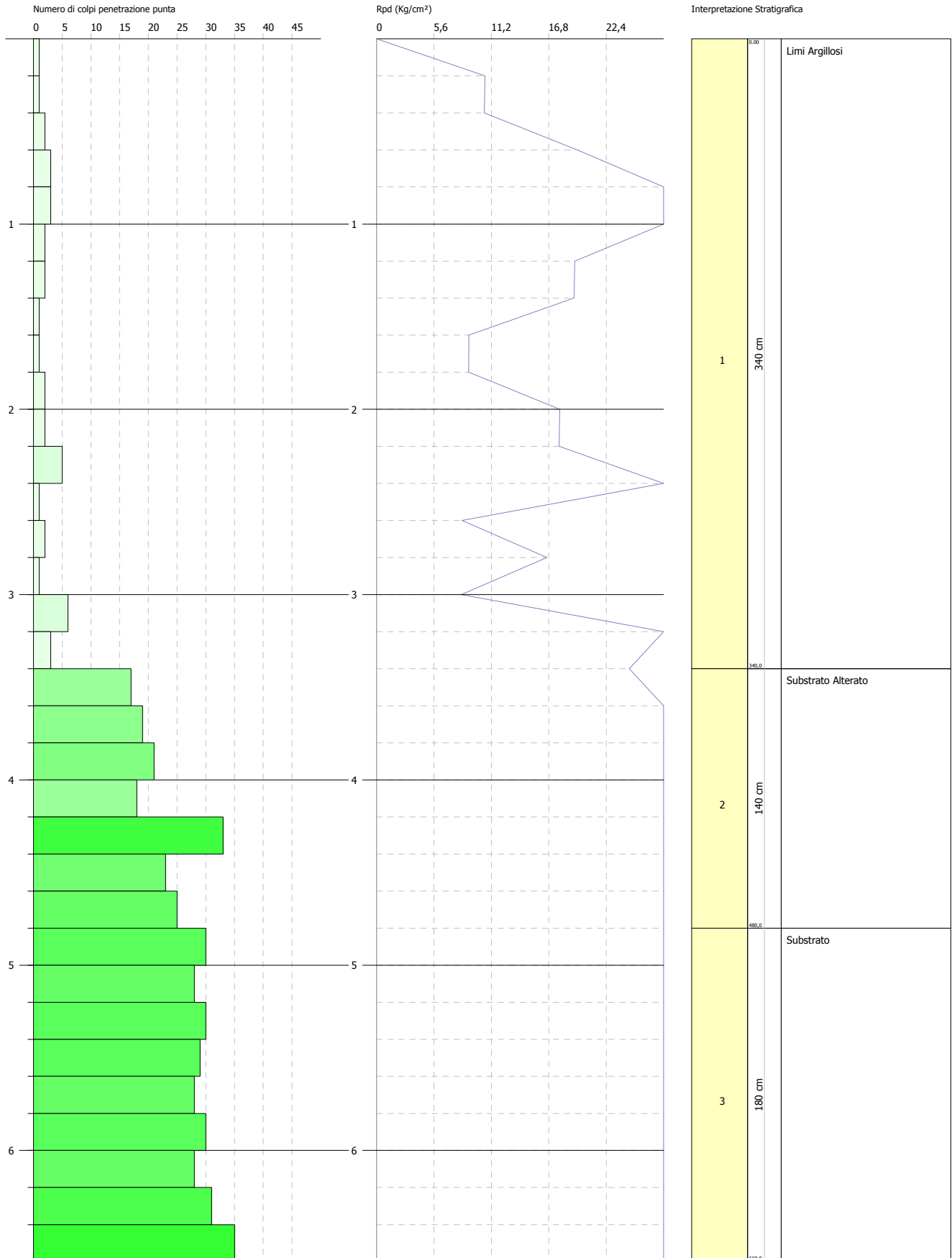


**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.3**  
**Strumento utilizzato... DPSH 73 DEEP DRILL**

Committente:  
 Descrizione:  
 Località:

Data: 18/12/2017

Scala 1:30



**Stima Parametri Geotecnici Prova n.4:**

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm <sup>2</sup> )	Res. dinamica (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> )
0,20	1	0,855	10,57	12,37	0,53	0,62
0,40	1	0,851	10,52	12,37	0,53	0,62
0,60	1	0,847	9,79	11,56	0,49	0,58
0,80	2	0,843	19,50	23,12	0,98	1,16
1,00	3	0,840	29,13	34,69	1,46	1,73
1,20	7	0,836	67,68	80,93	3,38	4,05
1,40	6	0,833	57,78	69,37	2,89	3,47
1,60	5	0,830	45,03	54,28	2,25	2,71
1,80	7	0,826	62,80	75,99	3,14	3,80
2,00	16	0,773	134,30	173,70	6,72	8,69
2,20	23	0,720	179,81	249,70	8,99	12,48
2,40	22	0,717	171,28	238,84	8,56	11,94
2,60	18	0,764	140,75	184,17	7,04	9,21
2,80	21	0,711	152,86	214,87	7,64	10,74
3,00	20	0,759	155,25	204,64	7,76	10,23
3,20	19	0,756	146,97	194,40	7,35	9,72
3,40	21	0,703	151,14	214,87	7,56	10,74
3,60	20	0,751	145,30	193,50	7,26	9,68
3,80	19	0,748	137,58	183,83	6,88	9,19
4,00	21	0,696	141,42	203,18	7,07	10,16
4,20	21	0,694	140,94	203,18	7,05	10,16
4,40	22	0,691	147,17	212,85	7,36	10,64
4,60	22	0,689	139,14	201,87	6,96	10,09
4,80	19	0,737	128,51	174,34	6,43	8,72
5,00	20	0,735	134,89	183,52	6,74	9,18
5,20	22	0,683	137,88	201,87	6,89	10,09
5,40	18	0,731	120,74	165,17	6,04	8,26
5,60	25	0,679	148,15	218,14	7,41	10,91
5,80	24	0,677	141,83	209,42	7,09	10,47
6,00	22	0,675	129,67	191,97	6,48	9,60
6,20	23	0,674	135,21	200,69	6,76	10,03
6,40	23	0,672	134,87	200,69	6,74	10,03
6,60	25	0,670	139,40	207,94	6,97	10,40
6,80	22	0,669	122,37	182,99	6,12	9,15
7,00	21	0,667	116,54	174,67	5,83	8,73
7,20	26	0,666	143,95	216,26	7,20	10,81
7,40	25	0,664	138,11	207,94	6,91	10,40
7,60	35	0,613	170,40	278,11	8,52	13,91
7,80	37	0,611	179,72	294,00	8,99	14,70
8,00	28	0,660	146,82	222,49	7,34	11,12
8,20	27	0,659	141,29	214,54	7,06	10,73
8,40	28	0,657	146,23	222,49	7,31	11,12
8,60	28	0,656	139,70	212,97	6,99	10,65
8,80	31	0,605	142,59	235,79	7,13	11,79
9,00	38	0,603	174,43	289,04	8,72	14,45
9,20	39	0,552	163,83	296,64	8,19	14,83
9,40	49	0,551	205,40	372,70	10,27	18,64
9,60	41	0,550	164,47	299,06	8,22	14,95
9,80	41	0,549	164,13	299,06	8,21	14,95

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tipo	Clay Fraction (%)	Peso unità di volume (t/m <sup>3</sup> )	Peso unità di volume saturo (t/m <sup>3</sup> )	Tensione efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Coeff. di correlaz. con Nspt	NSPT	Descrizione
1,8	3,67	41,63	Coesivo	0	1,83	1,89	0,16	1,76	6,47	Limi Argillosi
5,4	20,22	199,92	Coesivo	0	2,31	2,5	0,75	1,76	35,63	Substrato alterato
9,8	29,91	238,53	Coesivo	0	2,5	2,5	1,71	1,76	52,7	Substrato

TERRENI COESIVI

Coesione non drenata (Kg/cm<sup>2</sup>)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Terzaghi -Peck	Sanglerat	Terzaghi -Peck (1948)	U.S.D.M .S.M	Schmertmann 1975	SUNDA (1983) Benassi e Vannelli	Fletcher (1965) Argilla di Chicago	Houston (1960)	Shioi - Fukui 1982	Begeman n	De Beer
[1] - Limi Argillosi	6,47	1,80	0,40	0,81	0,25	0,26	0,63	1,25	0,58	0,92	0,32	0,92	0,81
[2] - Substrato alterato	35,63	5,40	2,41	4,45	0,00	1,31	3,55	6,00	2,82	3,71	1,78	5,47	4,45
[3] - Substrato	52,7	9,80	3,56	6,59	0,00	1,83	5,28	7,16	3,83	5,85	2,64	7,66	6,59

Qc ( Resistenza punta Penetrometro Statico)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Qc (Kg/cm <sup>2</sup> )
[1] - Limi Argillosi	6,47	1,80	Robertson (1983)	12,94
[2] - Substrato alterato	35,63	5,40	Robertson (1983)	71,26
[3] - Substrato	52,7	9,80	Robertson (1983)	105,40

Modulo Edometrico (Kg/cm<sup>2</sup>)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Stroud e Butler (1975)	Vesic (1970)	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	Buisman-Sanglerat
[1] - Limi Argillosi	6,47	1,80	29,68	--	67,78	80,88
[2] - Substrato alterato	35,63	5,40	163,47	--	365,20	356,30
[3] - Substrato	52,7	9,80	241,79	--	539,30	527,00

Modulo di Young (Kg/cm<sup>2</sup>)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Schultze	Apollonia
[1] - Limi Argillosi	6,47	1,80	54,01	64,70
[2] - Substrato alterato	35,63	5,40	389,35	356,30
[3] - Substrato	52,7	9,80	585,65	527,00

Classificazione AGI

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
[1] - Limi Argillosi	6,47	1,80	A.G.I. (1977)	MODERAT. CONSISTENTE
[2] - Substrato alterato	35,63	5,40	A.G.I. (1977)	ESTREM. CONSISTENTE
[3] - Substrato	52,7	9,80	A.G.I. (1977)	ESTREM. CONSISTENTE

Peso unità di volume

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m <sup>3</sup> )
[1] - Limi Argillosi	6,47	1,80	Meyerhof	1,83
[2] - Substrato alterato	35,63	5,40	Meyerhof	2,31
[3] - Substrato	52,7	9,80	Meyerhof	2,50

Peso unità di volume saturo

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m <sup>3</sup> )
[1] - Limi Argillosi	6,47	1,80	Meyerhof	1,89
[2] - Substrato alterato	35,63	5,40	Meyerhof	2,50
[3] - Substrato	52,7	9,80	Meyerhof	2,50

Velocità onde di taglio

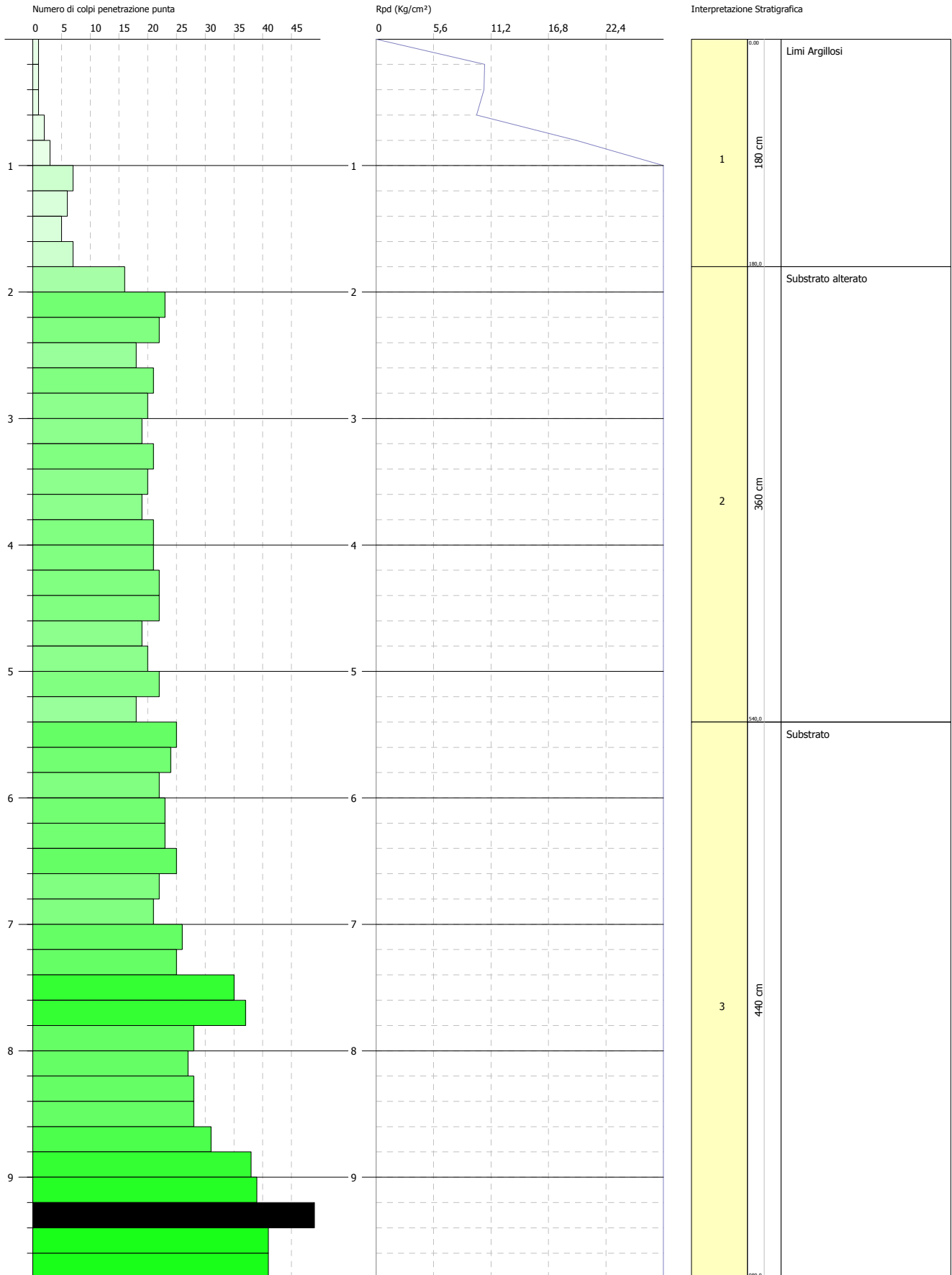
	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
[1] - Limi Argillosi	6,47	1,80		0
[2] - Substrato alterato	35,63	5,40		0
[3] - Substrato	52,7	9,80		0

**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.4**  
**Strumento utilizzato... DPSH 73 DEEP DRILL**

Committente:  
 Descrizione:  
 Località:

Data: 18/12/2017

Scala 1:44



### Stima Parametri Geotecnici Prova n.5:

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm <sup>2</sup> )	Res. dinamica (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> )
0,20	1	0,855	10,57	12,37	0,53	0,62
0,40	1	0,851	10,52	12,37	0,53	0,62
0,60	1	0,847	9,79	11,56	0,49	0,58
0,80	2	0,843	19,50	23,12	0,98	1,16
1,00	1	0,840	9,71	11,56	0,49	0,58
1,20	2	0,836	19,34	23,12	0,97	1,16
1,40	2	0,833	19,26	23,12	0,96	1,16
1,60	5	0,830	45,03	54,28	2,25	2,71
1,80	3	0,826	26,91	32,57	1,35	1,63
2,00	2	0,823	17,87	21,71	0,89	1,09
2,20	6	0,820	53,42	65,14	2,67	3,26
2,40	17	0,767	141,58	184,56	7,08	9,23
2,60	12	0,814	99,97	122,78	5,00	6,14
2,80	17	0,761	132,44	173,94	6,62	8,70
3,00	14	0,759	108,68	143,24	5,43	7,16
3,20	19	0,756	146,97	194,40	7,35	9,72
3,40	20	0,753	154,17	204,64	7,71	10,23
3,60	21	0,701	142,40	203,18	7,12	10,16
3,80	17	0,748	123,10	164,48	6,15	8,22
4,00	14	0,746	101,05	135,45	5,05	6,77
4,20	19	0,744	136,71	183,83	6,84	9,19
4,40	16	0,741	114,78	154,80	5,74	7,74
4,60	16	0,739	108,53	146,82	5,43	7,34
4,80	21	0,687	132,40	192,70	6,62	9,63
5,00	17	0,735	114,66	155,99	5,73	7,80
5,20	18	0,733	121,07	165,17	6,05	8,26
5,40	19	0,731	127,45	174,34	6,37	8,72
5,60	22	0,679	130,37	191,97	6,52	9,60
5,80	21	0,677	124,11	183,24	6,21	9,16
6,00	23	0,675	135,56	200,69	6,78	10,03
6,20	25	0,674	146,97	218,14	7,35	10,91
6,40	36	0,622	195,39	314,13	9,77	15,71
6,60	28	0,670	156,12	232,89	7,81	11,64
6,80	29	0,669	161,31	241,21	8,07	12,06
7,00	28	0,667	155,38	232,89	7,77	11,64
7,20	27	0,666	149,49	224,58	7,47	11,23
7,40	31	0,614	158,36	257,85	7,92	12,89
7,60	26	0,663	136,91	206,60	6,85	10,33
7,80	39	0,561	173,94	309,90	8,70	15,49
8,00	38	0,610	184,16	301,95	9,21	15,10
8,20	38	0,609	183,76	301,95	9,19	15,10
8,40	39	0,557	172,69	309,90	8,63	15,49
8,60	40	0,556	169,15	304,25	8,46	15,21
8,80	75	0,555	316,45	570,46	15,82	28,52

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tipo	Clay Fraction (%)	Peso unità di volume (t/m <sup>3</sup> )	Peso unità di volume saturo (t/m <sup>3</sup> )	Tensione efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Coeff. di correlaz. con Nspt	NSPT	Descrizione
2,2	2,36	26,45	Coesivo	0	1,71	1,87	0,19	1,76	4,16	Limi Argillosi
5,4	17,31	168,77	Coesivo	0	2,17	2,39	0,72	1,76	30,5	Substrato alterato
8,8	33,24	270,74	Coesivo	0	2,5	2,5	1,5	1,76	58,57	Substrato

### TERRENI COESIVI

**Coesione non drenata (Kg/cm<sup>2</sup>)**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Terzaghi -Peck	Sanglerat	Terzaghi -Peck (1948)	U.S.D.M .S.M	Schmertmann 1975	SUNDA (1983) Benassi e Vannelli	Fletcher (1965) Argilla di Chicago	Houston (1960)	Shioi - Fukui 1982	Begeman n	De Beer
[1] - Limi Argillosi	4,16	2,20	0,26	0,52	0,25	0,17	0,40	0,79	0,38	0,74	0,21	0,47	0,52
[2] - Substrato alterato	30,5	5,40	2,06	3,81	0,00	1,14	3,03	5,06	2,47	3,14	1,53	4,61	3,81
[3] - Substrato	58,57	8,80	3,95	7,32	0,00	1,99	5,87	8,12	4,13	6,67	2,93	8,89	7,32

**Qc ( Resistenza punta Penetrometro Statico)**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Qc (Kg/cm <sup>2</sup> )
[1] - Limi Argillosi	4,16	2,20	Robertson (1983)	8,32
[2] - Substrato alterato	30,5	5,40	Robertson (1983)	61,00
[3] - Substrato	58,57	8,80	Robertson (1983)	117,14

**Modulo Edometrico (Kg/cm<sup>2</sup>)**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Stroud e Butler (1975)	Vesic (1970)	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	Buisman-Sanglerat
[1] - Limi Argillosi	4,16	2,20	19,09	62,40	44,22	52,00
[2] - Substrato alterato	30,5	5,40	139,93	--	312,87	305,00
[3] - Substrato	58,57	8,80	268,72	--	599,17	585,70

**Modulo di Young (Kg/cm<sup>2</sup>)**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Schultze	Apollonia
[1] - Limi Argillosi	4,16	2,20	27,44	41,60
[2] - Substrato alterato	30,5	5,40	330,35	305,00
[3] - Substrato	58,57	8,80	653,16	585,70

**Classificazione AGI**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
[1] - Limi Argillosi	4,16	2,20	A.G.I. (1977)	MODERAT. CONSISTENTE
[2] - Substrato alterato	30,5	5,40	A.G.I. (1977)	ESTREM. CONSISTENTE
[3] - Substrato	58,57	8,80	A.G.I. (1977)	ESTREM. CONSISTENTE

**Peso unità di volume**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m <sup>3</sup> )
[1] - Limi Argillosi	4,16	2,20	Meyerhof	1,71
[2] - Substrato alterato	30,5	5,40	Meyerhof	2,17
[3] - Substrato	58,57	8,80	Meyerhof	2,50

**Peso unità di volume saturo**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m <sup>3</sup> )
[1] - Limi Argillosi	4,16	2,20	Meyerhof	1,87
[2] - Substrato alterato	30,5	5,40	Meyerhof	2,39
[3] - Substrato	58,57	8,80	Meyerhof	2,50

**Velocità onde di taglio**

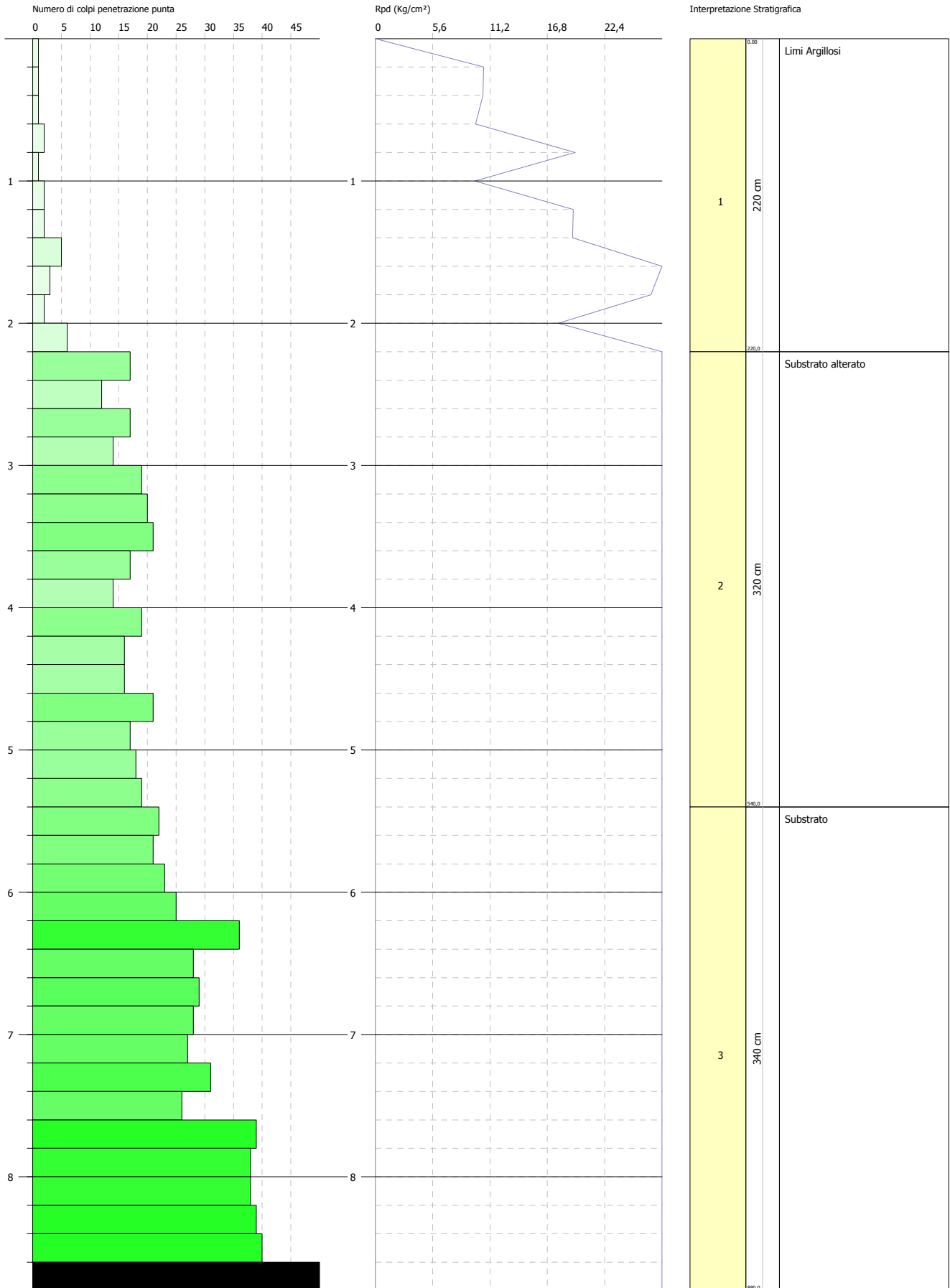
	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
[1] - Limi Argillosi	4,16	2,20		0
[2] - Substrato alterato	30,5	5,40		0
[3] - Substrato	58,57	8,80		0

**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.5**  
**Strumento utilizzato... DPSH 73 DEEP DRILL**

Committente:  
 Descrizione:  
 Località:

Data: 18/12/2017

Scala 1:39



**Stima Parametri Geotecnici Prova n.6:**

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm <sup>2</sup> )	Res. dinamica (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> )
0,20	1	0,855	10,57	12,37	0,53	0,62
0,40	1	0,851	10,52	12,37	0,53	0,62
0,60	3	0,847	29,38	34,69	1,47	1,73
0,80	4	0,843	39,00	46,25	1,95	2,31
1,00	3	0,840	29,13	34,69	1,46	1,73
1,20	2	0,836	19,34	23,12	0,97	1,16
1,40	11	0,833	105,93	127,18	5,30	6,36
1,60	9	0,830	81,05	97,71	4,05	4,89
1,80	6	0,826	53,83	65,14	2,69	3,26
2,00	5	0,823	44,68	54,28	2,23	2,71
2,20	9	0,820	80,13	97,71	4,01	4,89
2,40	13	0,767	108,27	141,13	5,41	7,06
2,60	16	0,764	125,11	163,71	6,26	8,19
2,80	15	0,761	116,86	153,48	5,84	7,67
3,00	16	0,759	124,20	163,71	6,21	8,19
3,20	15	0,756	116,03	153,48	5,80	7,67
3,40	16	0,753	123,34	163,71	6,17	8,19
3,60	12	0,801	92,98	116,10	4,65	5,81
3,80	18	0,748	130,34	174,15	6,52	8,71
4,00	15	0,746	108,27	145,13	5,41	7,26
4,20	17	0,744	122,32	164,48	6,12	8,22
4,40	18	0,741	129,12	174,15	6,46	8,71
4,60	19	0,739	128,88	174,34	6,44	8,72
4,80	17	0,737	114,98	155,99	5,75	7,80
5,00	25	0,685	157,14	229,40	7,86	11,47
5,20	23	0,683	144,15	211,05	7,21	10,55
5,40	26	0,681	162,48	238,57	8,12	11,93
5,60	24	0,679	142,22	209,42	7,11	10,47
5,80	23	0,677	135,92	200,69	6,80	10,03
6,00	35	0,625	191,02	305,40	9,55	15,27
6,20	36	0,624	195,93	314,13	9,80	15,71
6,40	31	0,622	168,25	270,50	8,41	13,52
6,60	31	0,620	159,96	257,85	8,00	12,89
6,80	35	0,619	180,13	291,12	9,01	14,56
7,00	34	0,617	174,54	282,80	8,73	14,14
7,20	31	0,616	158,74	257,85	7,94	12,89
7,40	35	0,614	178,79	291,12	8,94	14,56
7,60	31	0,613	150,93	246,33	7,55	12,32
7,80	36	0,611	174,86	286,06	8,74	14,30
8,00	32	0,610	155,08	254,27	7,75	12,71
8,20	35	0,609	169,25	278,11	8,46	13,91
8,40	39	0,557	172,69	309,90	8,63	15,49
8,60	36	0,606	165,93	273,82	8,30	13,69
8,80	39	0,555	164,55	296,64	8,23	14,83
9,00	75	0,553	315,75	570,46	15,79	28,52

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tipo	Clay Fraction (%)	Peso unità di volume (t/m <sup>3</sup> )	Peso unità di volume saturo (t/m <sup>3</sup> )	Tensione efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Coeff. di correlaz. con Nspt	NSPT	Descrizione
2,2	4,91	55,04	Coesivo	0	1,92	2,11	0,21	1,76	8,65	Limi Argillosi
4,8	15,92	157,2	Coesivo	0	2,14	2,31	0,7	1,76	28,05	Substrato Alterato
9	33,9	279,78	Coesivo	0	2,5	2,5	1,5	1,76	59,73	Substrato



## TERRENI COESIVI

### Coesione non drenata (Kg/cm<sup>2</sup>)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Terzaghi -Peck	Sanglerat	Terzaghi -Peck (1948)	U.S.D.M .S.M	Schmertmann 1975	SUNDA (1983) Benassi e Vannelli	Fletcher (1965) Argilla di Chicago	Houston (1960)	Shioi - Fukui 1982	Begeman n	De Beer
[1] - Limi Argillosi	8,65	2,20	0,58	1,08	0,50	0,35	0,85	1,65	0,77	1,09	0,43	1,24	1,08
[2] - Substrato Alterato	28,05	4,80	1,89	3,51	1,00	1,06	2,79	4,72	2,30	2,88	1,40	4,28	3,51
[3] - Substrato	59,73	9,00	4,03	7,47	0,00	2,02	5,99	8,39	4,19	6,83	2,99	9,06	7,47

### Qc ( Resistenza punta Penetrometro Statico)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Qc (Kg/cm <sup>2</sup> )
[1] - Limi Argillosi	8,65	2,20	Robertson (1983)	17,30
[2] - Substrato Alterato	28,05	4,80	Robertson (1983)	56,10
[3] - Substrato	59,73	9,00	Robertson (1983)	119,46

### Modulo Edometrico (Kg/cm<sup>2</sup>)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Stroud e Butler (1975)	Vesic (1970)	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	Buisman-Sanglerat
[1] - Limi Argillosi	8,65	2,20	39,69	--	90,02	108,13
[2] - Substrato Alterato	28,05	4,80	128,69	--	287,89	280,50
[3] - Substrato	59,73	9,00	274,04	--	611,00	597,30

### Modulo di Young (Kg/cm<sup>2</sup>)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Schultze	Apollonia
[1] - Limi Argillosi	8,65	2,20	79,08	86,50
[2] - Substrato Alterato	28,05	4,80	302,18	280,50
[3] - Substrato	59,73	9,00	666,50	597,30

### Classificazione AGI

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
[1] - Limi Argillosi	8,65	2,20	A.G.I. (1977)	CONSISTENTE
[2] - Substrato Alterato	28,05	4,80	A.G.I. (1977)	MOLTO CONSISTENTE
[3] - Substrato	59,73	9,00	A.G.I. (1977)	ESTREM. CONSISTENTE

### Peso unità di volume

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m <sup>3</sup> )
[1] - Limi Argillosi	8,65	2,20	Meyerhof	1,92
[2] - Substrato Alterato	28,05	4,80	Meyerhof	2,14
[3] - Substrato	59,73	9,00	Meyerhof	2,50

### Peso unità di volume saturo

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m <sup>3</sup> )
[1] - Limi Argillosi	8,65	2,20	Meyerhof	2,11
[2] - Substrato Alterato	28,05	4,80	Meyerhof	2,31
[3] - Substrato	59,73	9,00	Meyerhof	2,50

### Velocità onde di taglio

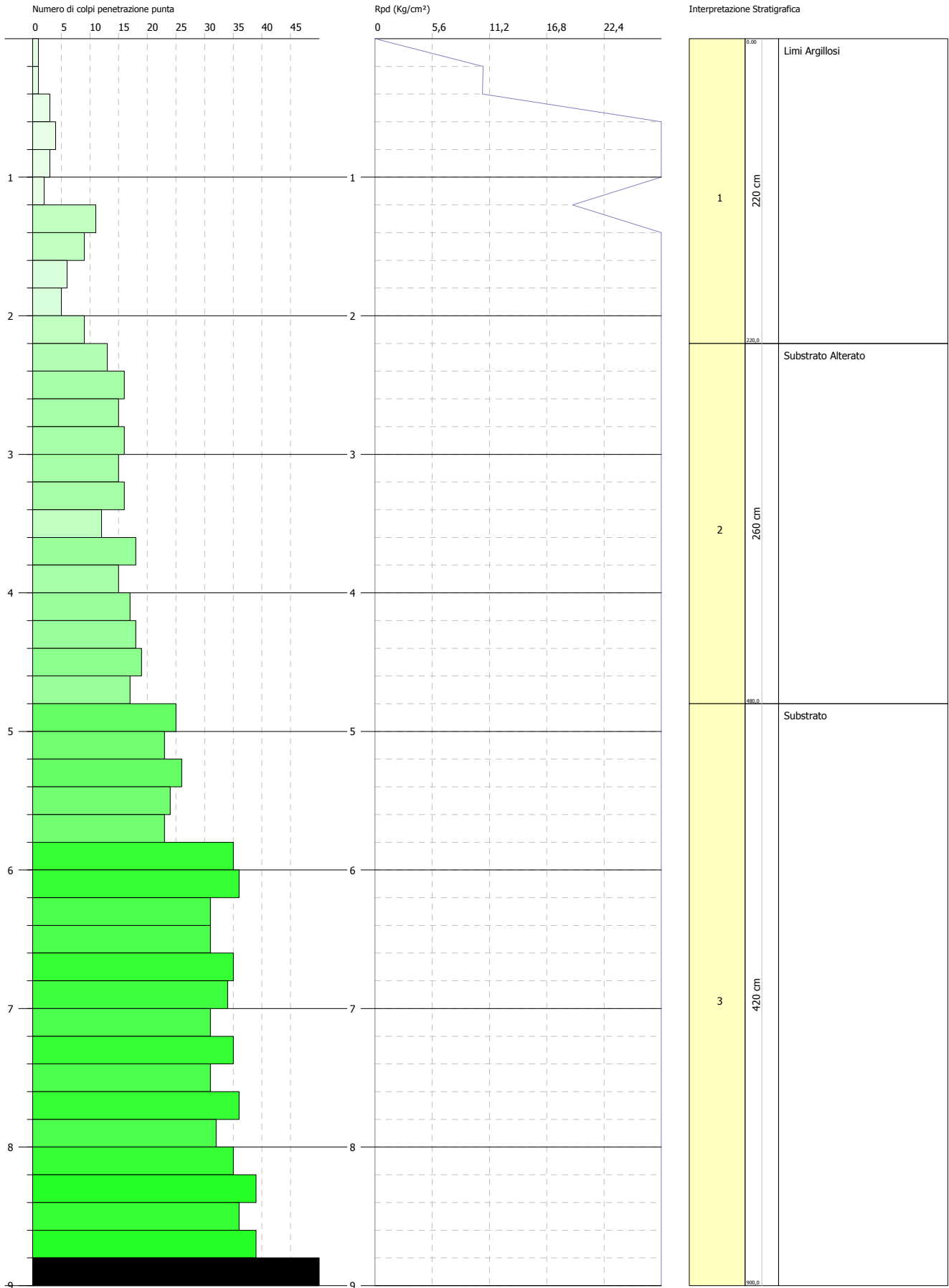
	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
[1] - Limi Argillosi	8,65	2,20		0
[2] - Substrato Alterato	28,05	4,80		0
[3] - Substrato	59,73	9,00		0

**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.6**  
**Strumento utilizzato... DPSH 73 DEEP DRILL**

Committente:  
 Descrizione:  
 Località:

Data: 18/12/2017

Scala 1:40



## Documentazione fotografica DPSH

### DPSH 1



### DPSH 2 (Con esecuzione di minicarotaggio fino alla profondita di 2,6 m)







DPSH 3





DPSH 4



DPSH 5





DPSH 6

