

**ANDREA PAOLETTI**  
GEOLOGO SPECIALISTA



## **COMUNE DI RECANATI (MC)**

### **INTERVENTO DI RECUPERO E RIQUALIFICAZIONE DEL: "PARCO COLLE DELL'INFINITO" - ANNUALITA' 2017**

#### **1° LOTTO FUNZIONALE**

- Lavori all'interno del parco storico del 1937
- Recupero dell'Orto ex-Convento S. Stefano

#### **RELAZIONE SPECIALISTICA GEOLOGICA – GEOTECNICA – SISMICA** *Rapporto Definitivo*

24 Luglio 2017

*Committente: Comune di Recanati*

**Dott. Geol. Andrea Paoletti**

*(Albo dei Geologi Specialisti delle Marche n. 212)*



*Opera dell'Ingegno, ogni diritto è riservato (Art. 99 Legge n. 633/41)*

**Studio di Geologia Tecnica e Ambientale**  
Via Purità n. 29  
62015 - MONTE SAN GIUSTO (MC)  
Cod.Fisc . PLT NDR 58L14 E783G  
Part. IVA 00831620430

tel. e fax 0733 530215  
cell 347 3681730  
e-mail: studiogeolpaoletti@alice.it  
e-mail: [andrea.paoletti@libero.it](mailto:andrea.paoletti@libero.it)  
PEC: andrea.paoletti1@epap.sicurezzaapostale.it

**- COMUNE DI RECANATI (MC) -**

**INTERVENTO DI RECUPERO E RIQUALIFICAZIONE DEL:  
"PARCO COLLE DELL'INFINITO" - ANNUALITA' 2017**

**1° LOTTO FUNZIONALE**

- Lavori all'interno del parco storico del 1937
- Recupero dell'Orto ex-Convento S. Stefano

-----

**RELAZIONE GEOLOGICA – GEOTECNICA- SISMICA**

**RAPPORTO DEFINITIVO**

**PREMESSA**

La presente relazione geologica con caratterizzazione geotecnica e sismica è finalizzata al recupero, consolidamento e restauro di un'opera di contenimento all'interno del Parco del Colle dell'Infinito in adiacenza del viale colle dell'Infinito in comune di Recanati e del suo paramento murario storico.

L'intervento in questione si rende necessario per le precarie condizioni di stabilità del muro di sostegno esistente in muratura di laterizio.

La presente relazione ha lo scopo di:

- fornire il Modello Geologico in base alle condizioni geomorfologiche e geologiche e litostratigrafiche della zona;
- fornire il Modello Geotecnico in base alla Parametrizzazione Geotecnica dei terreni rinvenuti mediante prospezioni geotecniche dirette;
- valutare il Modello Sismico locale in funzione della conformazione topografica e delle condizioni litostratigrafiche del sito in oggetto, con determinazione della *Categoria del Sottosuolo*.

Quanto sopra al fine di ottemperare:

- *al D.M. 11/3/88 e circolare applicativa*
- *alle Ordinanze Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274/2003 e 3519/2006*
- *alle Norme Tecniche sulle Costruzioni del D.M. 14/1/2008 (NTC 2008) e relativa circolare n. 617 del 2/2/2009.*

Nell'ambito dell'area sono state eseguite le seguenti prospezioni geotecniche in sito:

- **n. 4 Prove Penetrometriche Dinamiche continue (dpA, dpB, dpC, dpD)** mediante penetrometro dinamico superpesante secondo lo standard DPSH; le caratteristiche dello strumento utilizzato sono riportate in appendice.

- **n. 2 Prove Penetrometriche Statiche (cpt E e cpt1)** mediante penetrometro statico da 200 KN di spinta e punta meccanica Begemann; le caratteristiche dello strumento utilizzato sono riportate in appendice unitamente al Rapporto delle prove penetrometriche.



*Postazione dp B*

Le seguenti prospezioni geofisiche in sismica attiva:



- **n. 1 prospezione MASW;**
- **n. 1 prospezione sismica a rifrazione SH.**

La loro ubicazione è riportata in appendice unitamente ai *Rapporti di prova*.

E, n. 1 sondaggio geognostico S1, profondo 15 metri, nel quale sono state effettuate 2 prove SPT in foro e prelevati n°2 campioni di terreno.



## MODELLO GEOLOGICO

### CARATTERISTICHE GEOMORFOLOGICHE

L'area in esame è illustrata negli aspetti geologici e geomorfologici nelle Tavv. da 1 a 4 in appendice. È localizzata nella immediata adiacenza del nucleo storico dell'abitato di Recanati, nella parte sommitale del versante esposto ad ovest.

Localmente la topografia individua una pendenza piuttosto accentuata verso NNW, il versante sottostante ha pendenza dell'ordine di 23°.

Il rilevamento morfologico ha confermato<sup>1</sup> l'esistenza di una corona di frana attiva in corrispondenza della scarpata con influenza strutturale ubicata immediatamente a ridosso del viale Colle dell'Infinito.

Subito a valle gli studi condotti nel 2005 per il PRG hanno individuato un corpo di frana inattivo di frana complessa. Si ritiene che tale corpo in realtà sia più esteso ed attivo (o, al più, quiescente) rispetto a quello riportato nella cartografia di riferimento.

L'area di sedime dell'intervento in progetto si ubica una decina di metri a monte della citata corona di frana. Non ci sono evidenze, né testimonianze né documenti storici<sup>2</sup> che indicano l'esistenza di instabilità geomorfologica in corrispondenza del sedime del muro da consolidare. Il danneggiamento strutturale<sup>3</sup> e le lesioni rilevate sul muro stesso sono probabilmente riconducibili a degrado dei materiali, problemi di regimazione delle acque lato monte ed insufficiente approfondimento del piano di posa della fondazione.

I dissesti geomorfologici lungo il versante sottostante sopra descritti saranno oggetto di apposito progetto di mitigazione.

Il Piano per l'Assetto Idrogeologico dell'Autorità di Bacino (P.A.I.) perimetra alle tavole RI39c e RI46d, delle quali uno stralcio è riportato in Tav. 4, vari ambiti di versante (adv) interessati da dissesti gravitativi, a vari livelli di Pericolosità e Rischio. Il più prossimo è classificato con codice F-16-0045 a Pericolosità (P2) e Rischio Medio (R2). Questo include planimetricamente i dissesti sopra descritti ed il suo perimetro va a comprendere anche l'area di sedime dell'intervento in progetto.

<sup>1</sup> Vedi Tav 3.

<sup>2</sup> Si è presa visione anche di un dettagliato studio geomorfologico posto a corredo del PRG del 1984.

<sup>3</sup> Per maggiori dettagli si rimanda alla relazione tecnica di progetto.

## CARATTERISTICHE GEOLITOLOGICHE GENERALI

Geologicamente, la zona esaminata presenta un Substrato Geologico costituito da un'alternanza stratificata di Argille Limose leggermente marnose e Sabbie in veli, livelli e/o strati subordinati, attribuibili alla facies **Pelitico-Arenacea** della Formazione delle Argille Azzurre (CARG). Al tetto di questo si individua la facies **Arenacea** sub-affiorante nella parte alta del Colle.

La successione si presenta dunque in facies arenacea nella parte sommitale del versante ed in facies eminentemente pelitica nella fascia al di sotto di quota 275 metri; nella zona di passaggio si individua una fascia in facies arenaceo-pelitica; un membro di questa si rinvia anche a quote inferiori all'interno delle argille azzurre.

Strutturalmente il bed-rock è in assetto monoclinale con immersione di 3°÷10° tra Nord e Nord-Est. Localmente sono state rilevate giaciture discordanti con l'assetto regionale e anomale variazioni geolitologiche laterali che possono essere messe in relazione con famiglie di discontinuità strutturali (piccole faglie) che hanno probabilmente condizionato le morfologie ed i dissesti gravitativi della zona.

Dette faglie, di tipo distensivo, con andamento sia appenninico che antiappenninico sono note dalla letteratura; queste presentano modeste evidenze in superficie, possono presentare modesti rigetti e si manifestano per lo più attraverso lineazioni tettoniche che incrementano localmente lo stato di alterazione dei litotipi riducendone anche le caratteristiche geomeccaniche.

Si tratta di litotipi depositatisi in ambiente marino e di transizione a partire dal Pliocene medio fino al Pleistocene.

La porzione di tetto si presenta per alcuni metri piuttosto alterata e decompressa (giunti subverticali) e con giacitura da irregolare ad inclinata tra argille avana e sabbie giallastre; gradi di alterazione e fessurazione sono gradualmente decrescenti con l'aumentare della profondità.

La porzione stratigraficamente inferiore più compatta, è caratterizzata da argille da nocciola a grigio-azzurre, da poco alterate ad integre, stratificate a sabbie in veli, livelli e strati generalmente subordinati; la fessurazione diminuisce ulteriormente con la profondità.

Nella zona in esame tale substrato è ricoperto da aggregati di sedimenti limoso-argillosi, limoso-sabbiosi ed argilloso-sabbiosi prodotti dal disfacimento meteorico con trasporto gravitativo dei sedimenti del substrato. Essi costituiscono nel complesso una *Coltre detritico-colluviale* che non è stata individuata nel sito di intervento ma che è presente nel versante sottostante e laterale anche con rimaneggiamenti gravitativi.

Al suo interno, nel sito in esame, in base alla natura litostratigrafica ed alle caratteristiche geotecniche dei litotipi, sono distinguibili;

- *Coltre antropica*: Riporto
- *Formazione Arenacea*: sabbie prevalenti, da sciolte a variamente cementate
- *Formazione Pelitico-arenacea*: argilla limosa prevalente.

## CARATTERISTICHE LITOSTRATIGRAFICHE

Il sondaggio<sup>4</sup> S1, le prove penetrometriche<sup>5</sup> *Dinamiche* e *Statiche* eseguite, di cui si riportano in appendice le elaborazioni sotto forma di Tabelle, grafici e diagrammi parametrizzati, hanno permesso di definire nel sito la seguente successione locale dei terreni:

- a) Ripporto – costituito da terreni eterogenei con inclusioni di natura varia; lo spessore massimo individuato<sup>6</sup> con le indagini dirette è di 2,8 m in dpB. Lateralmente alla base del muro, in dpA, è individuabile fino a m 1,4 circa.
- b) Formazione arenacea alterata – sabbia fine e media di colore giallastro, localmente limosa e con elementi ghiaiosi minuti; sciolta. Presente fino a 5,2÷6,7 metri dalla sommità del terrapieno a monte del muro. In dpA è identificabile fino a 2,6 m con diversi gradi di addensamento.
- c) Formazione arenacea poco alterata – inalterata – sabbia da media a fina ben addensata, stratificata, con livelli variamente cementati e livelletti ghiaiosi a grana fina calcarei e silicei. Individuata fino a 12,3 m nel sondaggio S1.
- d) Formazione pelitico-arenacea – argille limose stratificate con sabbia in vari rapporti, prevale la porzione pelitica.

I rapporti stratigrafici ed il loro andamento sono evidenziati nella Sezione Geolitologica di Tav. 6.

## CARATTERISTICHE IDROGEOLOGICHE

La permeabilità dei terreni presenti è alquanto variabile ed è condizionata dalla locale presenza della frazione sabbiosa (permeabilità primaria), ma anche dalle discontinuità strutturali e dalla fessurazione dei sedimenti (permeabilità secondaria).

In generale i terreni rinvenuti hanno nel complesso una permeabilità primaria piuttosto buona.

Nel corso delle prove geotecniche in sito eseguite non sono state riscontrate manifestazioni idriche.

È comunque probabile l'esistenza di una modesta **falda idrica di versante** a valle della Strada Prov.le; qui infatti è stato individuato un pozzo con livello idrico a 2,5 m da piano campagna.

I terreni individuati attraverso i rilievi e nel corso delle indagini presentano le seguenti caratteristiche di permeabilità:

---

<sup>4</sup> Ad esso si faccia riferimento per una descrizione di dettaglio dei terreni attraversati.

<sup>5</sup> Per gli spessori in corrispondenza dell'opera in progetto si faccia riferimento specifico alle dpA e dpB.

<sup>6</sup> Saggi diretti effettuati sul muro indicano che al di sotto di tale quota il paramento di laterizi è a diretto contatto con le sabbie.

- a) Copertura antropica: i terreni di riporto hanno permeabilità variabile, generalmente buona, in relazione alla natura e granulometria dei diversi materiali presenti;
- b) Coltre eluvio-colluviale: permeabilità bassa per le porzioni più limoso-argillose, media per le porzioni più sabbiose;
- c) Formazione arenacea: permeabilità elevata per porosità;
- d) Formazione pelitico-arenacea:
  - molto alterata e alterata: permeabilità in senso verticale, per fessurazione, discreta per la presenza di diversi giunti e fratture nelle porzioni più argillose molto alterate; parallelamente alla stratificazione si ha una permeabilità primaria buona, per porosità, legata alle intercalazioni arenacee e proporzionale allo spessore della parte sabbiosa.
  - poco alterata e inalterata: permeabilità per fessurazione molto bassa per il diminuire dell'alterazione dei materiali; permeabilità per porosità media ma in diminuzione rispetto alla precedente unità per la presenza di interstrati sabbiosi generalmente più sottili.

Le famiglie di discontinuità strutturali legate alla tettonica influenzano significativamente la permeabilità. Infatti la presenza delle faglie distensive, citate nel quadro geologico dell'area, può contribuire a creare zone di drenaggio (e/o di alimentazione) che vanno a complicare la circolazione idrica della zona, differenziando zone anche molto vicine.

## MODELLO GEOTECNICO

### PARAMETRIZZAZIONE GEOTECNICA DEI TERRENI

Alcuni parametri geomeccanici rappresentativi dei litotipi presenti nell'area sono stati ottenuti mediante la esecuzione delle Prove Penetrometriche Statiche e Dinamiche, interpretate secondo le indicazioni di vari Autori. Inoltre sono state eseguite due prove SPT in foro (vedi S1) e sono stati prelevati due campioni di terreno (sabbie) in contenitore costituito da doppio sacchetto. Data la natura del materiale, durante il campionamento con - carotiere semplice- lo stato di addensamento naturale presente in sito ed anche lo stato di aggregazione dei grauli sono stati alterati (grado di qualità Q2). Su questi campioni sono state eseguite prove di identificazione volumetrica, granulometrie e prove di taglio; il rapporto di prova è in appendice.

Altri dati di carattere geotecnico derivano dagli esiti di prove di Laboratorio eseguite su campioni di terreno indisturbato prelevati nelle vicinanze del sito.

I parametri geotecnici medi dei terreni presenti possono essere attribuiti come segue:

**Tabella 1 - Parametri geotecnici nominali**

PARAMETRI GEOTECNICI NOMINALI	Copertura antropica	Substrato Arenaceo		Substrato Pelitico Arenaceo
	Riporto	Sabbie variamente limose; Sabbie alterate	Sabbie variamente cementate; Sabbie da poco alterate a inalterate	Argille e sabbie Stratificate; peliti prevalenti
	a	b	c	d
$\gamma$ (t/m <sup>3</sup> )	1,85	1,97-2,02	2,0-2,05	2,0-2,05
$N_{STP}$ (da SPT)	(45)		> 50	
$N_{STP}$ (da DPSH)	10 -12	fino 3,8 m 20-22; poi 34-37	> 50	
$\phi'$ (°)	da SPT 37° da DPSH 23°-25°	da Laboratorio su campione -a m 3,5- Q2: 26,8° fino 3,8 m 26°; poi 30°- 31°	da SPT 39° da DPSH 36°-37°	26°-27°
$C'$ (kg/cm <sup>2</sup> )	0	0,0-0,02 (per cementazione)	0,02- 0,2 (per cementazione)	0,20-0,25
$C_u$ (kg/cm <sup>2</sup> ) #	0,0	0,0	0,0	1,9 - 2,3
$\mu$	0,4-0,43	0,41-0,45	0,41-0,45	0,35-0,40

$\gamma$  = peso di volume;  
 $C_u$  = coesione non drenata;  
 $C'$  = coesione drenata;  
 $\phi'$  = angolo di attrito drenato;  
 $\mu$  = coefficiente di Poisson;

Per altri parametri si faccia riferimento ai rapporti delle prove geotecniche in appendice.

## MODELLO SISMICO

Le caratteristiche lito-stratigrafiche dei terreni e la loro configurazione a livello topografico del piano campagna hanno effetto sull'azione sismica che è esplicitazione della risposta sismica locale.

In questo capitolo vengono trattati gli aspetti geologico-morfologici che possono influire sulla risposta sismica locale. Questi sono essenzialmente legati alla litostratigrafia ed alla topografia.

### **Amplificazione stratigrafica**

Gli effetti della lito-stratigrafia sull'azione sismica sono riconducibili alla successione stratigrafica, alle proprietà meccaniche dei terreni e alle geometrie dei contatti tra gli strati.

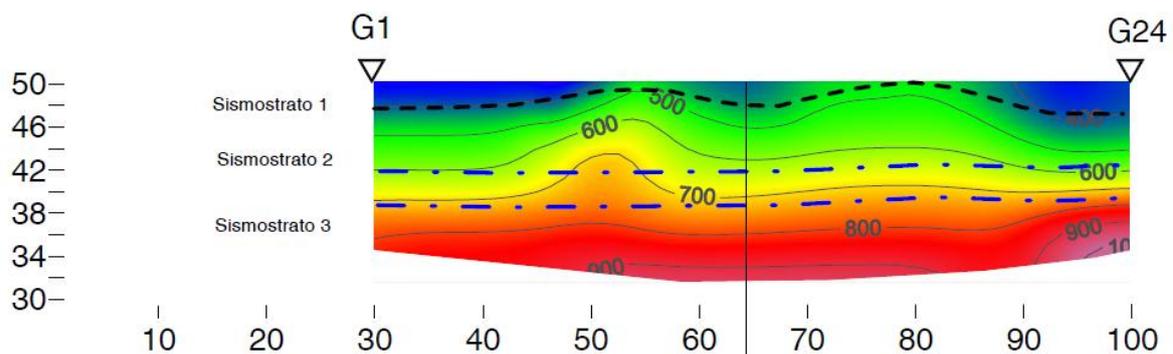
Tali effetti sono stimabili attraverso specifiche indagini di risposta sismica locale e la valutazione della velocità delle onde di taglio  $s$  nei primi 30 metri di profondità:

$$V_{s,30} = 30 / \sum_{i=1,N} (h_i / v_{s,i})$$

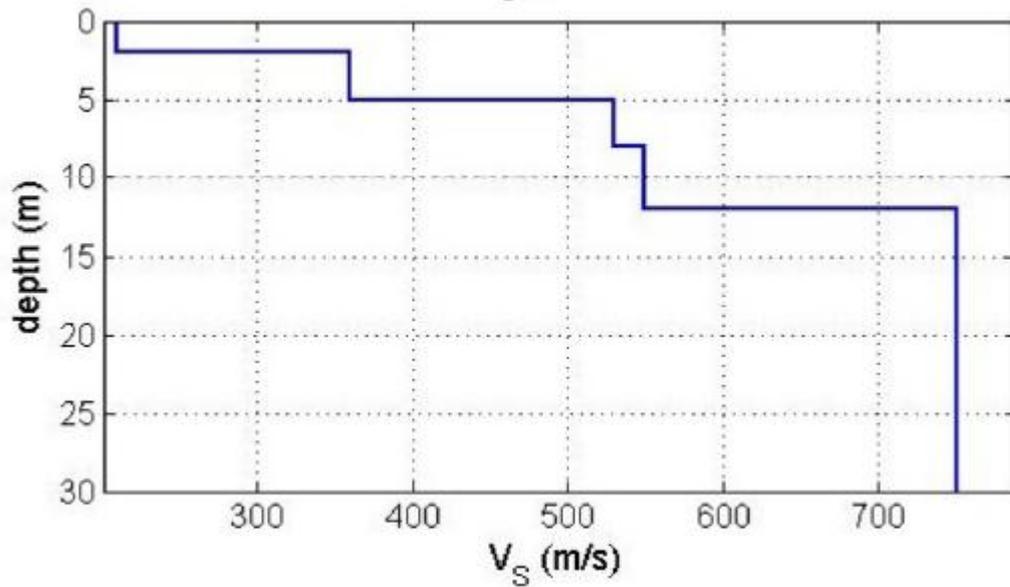
Nello specifico sono state eseguite indagini di sismica attiva, MASW e rifrazione in onde SH, realizzando due stendimenti geofonici atti a registrare molteplici spot elaborati secondo appropriati metodi interpretativi e di inversione illustrati nel report specifico.

L'indagine geofisica tipo MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) si basa sulla misurazione e sull'analisi delle onde di Rayleigh in un semispazio stratificato ed in corrispondenza di n.12 geofoni posti sulla superficie del suolo. Le onde di Rayleigh si trasmettono con una velocità correlata alla rigidezza della porzione di terreno interessata dalla propagazione delle onde e la velocità di fase (o di gruppo) apparente delle onde di Rayleigh dipende dalla frequenza di propagazione. Risalendo per steps alla curva di dispersione delle onde di Rayleigh, corrispondente al modello reale di sottosuolo in studio, si ottiene anche l'individuazione del profilo di velocità delle onde di taglio  $V_s$ .

I dati che si possono ricavare, anche con l'impiego della metodologia a rifrazione, sono spessori, profondità e velocità di propagazione delle onde S e delle onde P.



**Sezione sismica onde SH (velocità in m/s) in ordinata scala metrica delle profondità.**



Profilo delle Vs

<b>SISMOSTRATIGRAFIA (stima vs fino a 10 m)</b>				
	<b>Vs e Vp</b>	<b>Profondità</b>	<b>Moduli elastici</b>	
<b>Sismostrato1</b>	S: 130 - 170 m/s  Vp stimata 400 m/s	Da 0 a -2.5/-metri circa	Parametri stimati <b>Vp/Vs</b> = 2.4 - 2.8 <b>E</b> = 1000 - 1500Kg/cm <sup>2</sup> <b>G</b> = 300 - 500Kg/cm <sup>2</sup> <b>σ</b> = 0.4 - 0.43 <b>K</b> = 2000-3000Kg/cm <sup>2</sup>	
<b>Sismostrato2</b>	S: 320 - 370 m/s  Vp stimata 900 - 1200 m/s	Da -2.5 a - 5.0 metri circa	Parametri stimati <b>Vp/Vs</b> = 2.4 - 3.5 <b>E</b> = 6500 - 8000Kg/cm <sup>2</sup> <b>G</b> = 2000 - 3000Kg/cm <sup>2</sup> <b>σ</b> = 0.41 - 0.45 <b>K</b> = 12000-27000Kg/cm <sup>2</sup>	
<b>Sismostrato3</b>	S: 500 - 600 m/s  Vp stimata 1200 - 1400 m/s	Da -5.0 metri circa	Parametri stimati <b>Vp/Vs</b> = 2.0- 2.6 <b>E</b> = 15000 - 20000Kg/cm <sup>2</sup> <b>G</b> = 6000 - 7000Kg/cm <sup>2</sup> <b>σ</b> = 0.36 - 0.41 <b>K</b> = 20000-35000Kg/cm <sup>2</sup>	
<p><b>Parametri elastici dinamici:</b> <b>E</b>: Modulo di Young, <b>G</b>: modulo di taglio, <b>K</b>: Modulo di incompressibilità, <b>Vp/Vs</b>: rapporto velocità onde S/onde P, <b>σ</b>: modulo di poisson, <b>Ed</b>: Modulo edometrico medio a piccole deformazioni. Per il calcolo dei parametri elastici dinamici sono stati utilizzati valori indicativi di peso di volume compresi tra 1980 e 2100 Kg/m<sup>3</sup>.</p>				

**Sismostratigrafia da MASW immediatamente a monte del muro; stima parametri sismici.**

In base alle conoscenze geologiche e stratigrafiche acquisite nel corso della presente indagine e attraverso l'analisi delle acquisizioni sopra descritte è possibile classificare il sottosuolo investigato individuandolo in una delle categorie di terreno stabilite dal D.M. 14/1/2008 (tab. 3.2.II e 3.2.III NTC 2008).

Dalle indagini tutte, e sismiche in particolare, risulta che analizzando il profilo di velocità delle onde S il valore di  $V_{s,30}$  è **compreso tra 560 e 600 m/s** –ossia significativamente superiore al limite di 360 m/s che separa le categorie di sottosuolo B da C.

Sulla base di tutto quanto sopra esposto e documentato ritengo sia appropriato attribuire al sito indagato la categoria di sottosuolo B.

### **Amplificazione topografica**

I fenomeni di amplificazione sismica topografica tra la cresta di un rilievo o la sommità di un pendio e la base di questi aumentano in proporzione al rapporto altezza-larghezza del rilievo. In particolare, ai fini della definizione dell'amplificazione topografica vengono considerati i pendii o i rilievi aventi altezza maggiore di 30 m. Esistono quattro categorie topografiche descritte nel D.M. 14/1/2008 basate principalmente sulla pendenza media del rilievo o pendio in esame e sulla posizione relativa dell'area rispetto al pendio stesso.

L'area di indagine è posta nella parte alta del versante collinare la cui pendenza media supera i 15°. Secondo quanto stabilito dalla normativa vigente, è possibile assegnare al sito di progetto e alla configurazione superficiale considerata la categoria topografica **T2**.

\* \*

*Ai sensi della Legge 633/41 la presente relazione ed i suoi allegati sono da considerarsi opera dell'ingegno per la quale è vietata ogni riproduzione, anche parziale, non autorizzata – ogni diritto è riservato (Art. 99 Legge n. 633/41).*

Monte San Giusto, 24 luglio 2017

**Dott. Geol. Andrea Paoletti**

(Albo dei Geologi Specialisti delle Marche n. 212)

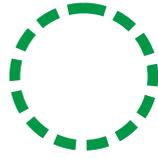


INDICE
--------

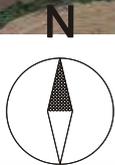
<b>PREMESSA</b>	<b>1</b>
<b>MODELLO GEOLOGICO</b>	<b>3</b>
<b>MODELLO GEOTECNICO</b>	<b>7</b>
<b>MODELLO SISMICO</b>	<b>8</b>

**APPENDICE:**

- Tav. 1 - Corografia
- Tav. 2 - Carta Geologica
- Tav. 3 - Carta Geomorfologica
- Tav. 4 - Estratto PAI (Aggiornamento 2016)
- Tav. 5 - Rilievo e dettaglio Indagini
- N° 1 Stratigrafia sondaggio S1 con documentazione fotografica
- Ubicazione Prove Penetrometriche in sito
- N° 8 pag. Tabelle e Diagrammi di N. 4 Prove Penetrometriche Dinamiche superpesanti
- N° 4 pag. Tabelle e Grafici di N. 2 Prove Penetrometriche Statiche 200 KN (CPT-E; CPT-1)
- N° 10 pag. Rapporto Prove Geotecniche di Laboratorio
- N° 7 pag. Rapporto Indagine Sismica MASW
- N° 15 pag. Rapporto Indagine Sismica a Rifrazione onde SH
- Tav. 6 - Sezione Geolitologica
- Tav. 7 - Modello Geotecnico
- Tav. 8 - Modello Sismico



Area d'intervento



tratto da: **Google Maps**

Immagini ©2015 DigitalGlobe, European Space Imaging, Dati cartografici ©2015 Google 100 m

**Committente:**

Comune di RECANATI (MC)

**Località:**

Parco del Colle dell'Infinito

**Oggetto:** INTERVENTO DI RECUPERO E RIQUALIFICAZIONE DEL:  
"PARCO COLLE DELL'INFINITO" - ANNUALITÀ 2017  
1° LOTTO FUNZIONALE

**COROGRAFIA**

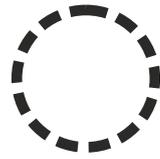
**Tav.**

**1**

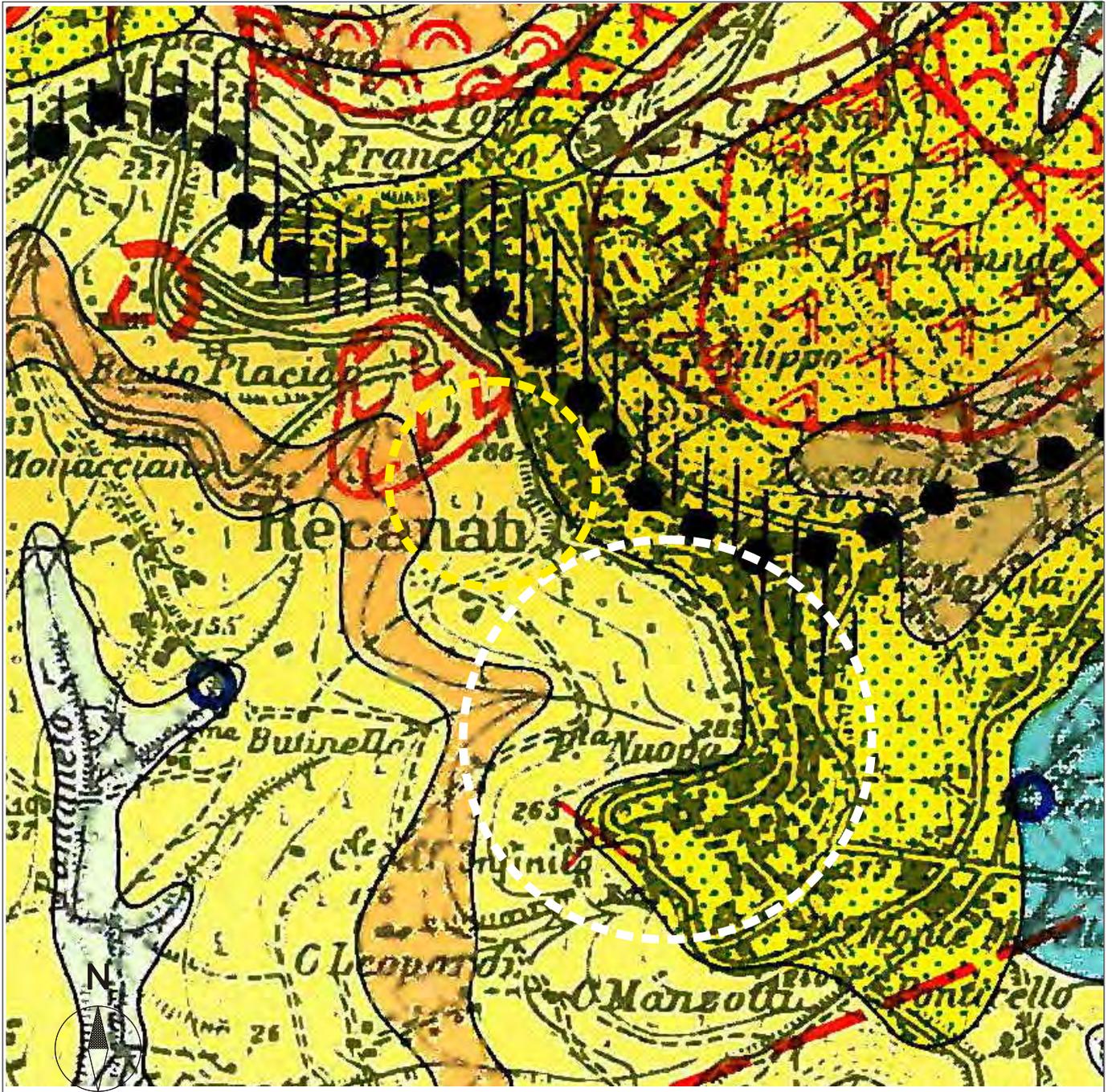
**Scala**

**Rif.**

**Dott. Geol. Andrea Paoletti**  
(n. 212 Albo dei Geologi Specialisti delle Marche)



Area d'intervento



tratta da: NANNI T., COLTORTI M. & GARZONIO C.A., 1997. Carta Geologica, idrogeologica e geomorfologica del bacino del Fiume Musone.

**Committente:** Comune di RECANATI (MC)  
**Località:** Parco del Colle dell'Infinito

**Oggetto:** INTERVENTO DI RECUPERO E RIQUALIFICAZIONE DEL:  
"PARCO COLLE DELL'INFINITO" - ANNUALITÀ 2017  
1° LOTTO FUNZIONALE

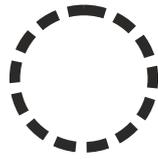
**Carta geologica**

**Tav.** 2

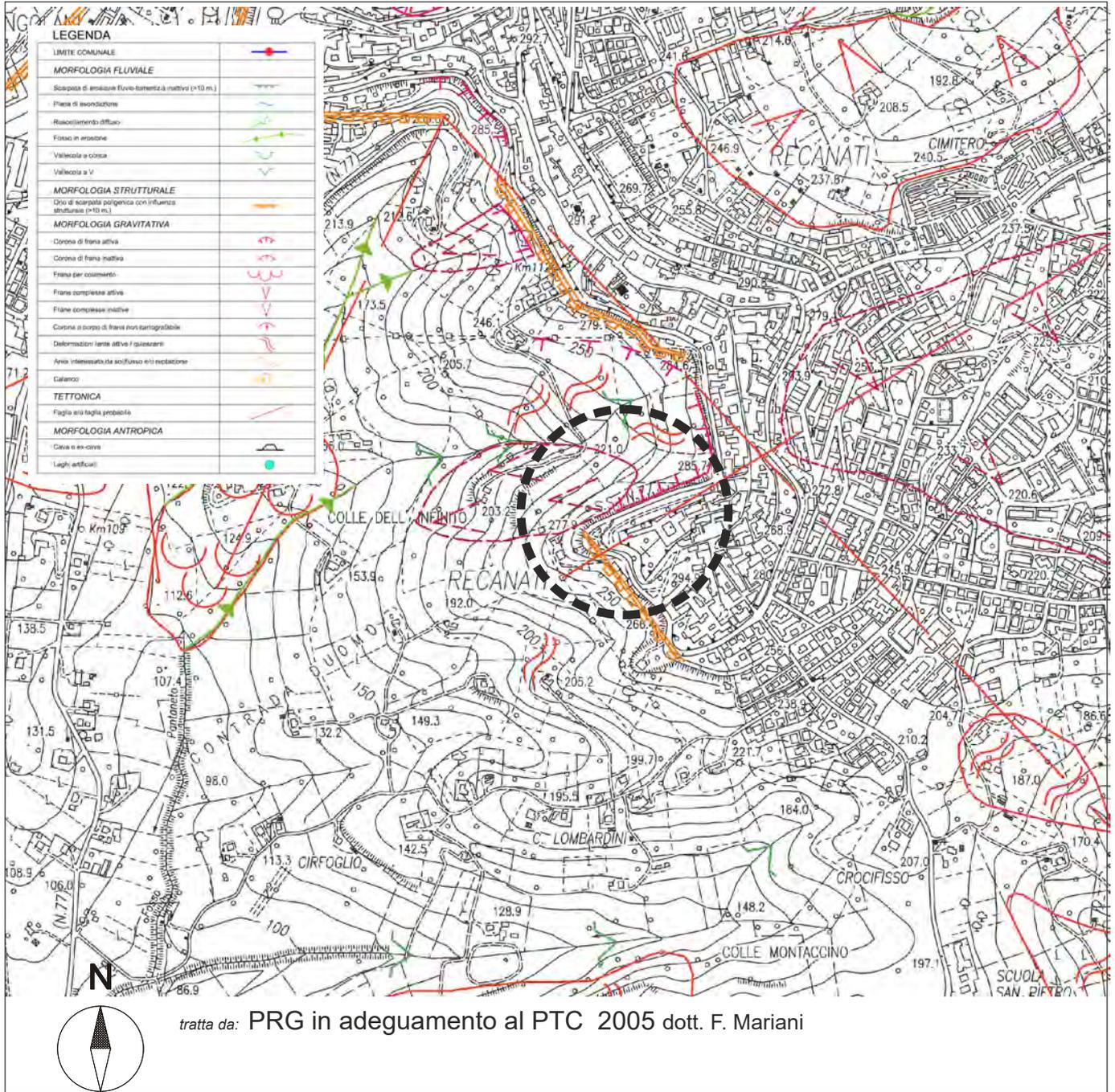
**Scala**

**Rif.**

**Dott. Geol. Andrea Paoletti**  
(n. 212 Albo dei Geologi Specialisti delle Marche)



Area d'intervento



**Committente:** Comune di RECANATI (MC)  
**Località:** Parco del Colle dell'Infinito

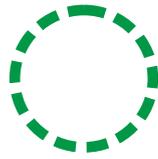
**Oggetto:** INTERVENTO DI RECUPERO E RIQUALIFICAZIONE DEL "PARCO COLLE DELL'INFINITO" - ANNUALITÀ 2017  
1° LOTTO FUNZIONALE

**Carta geomorfologica**

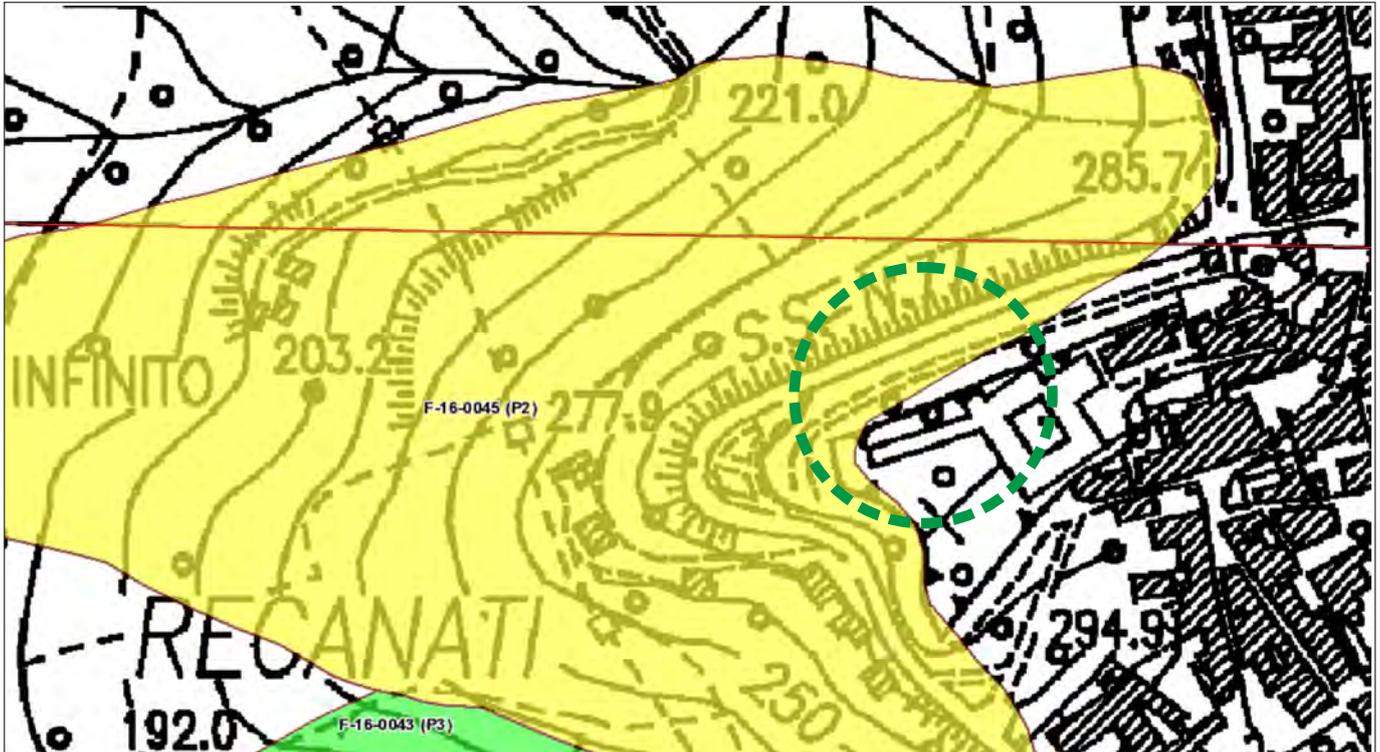
**Tav.** 3

**Scala** 1:10.000

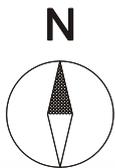
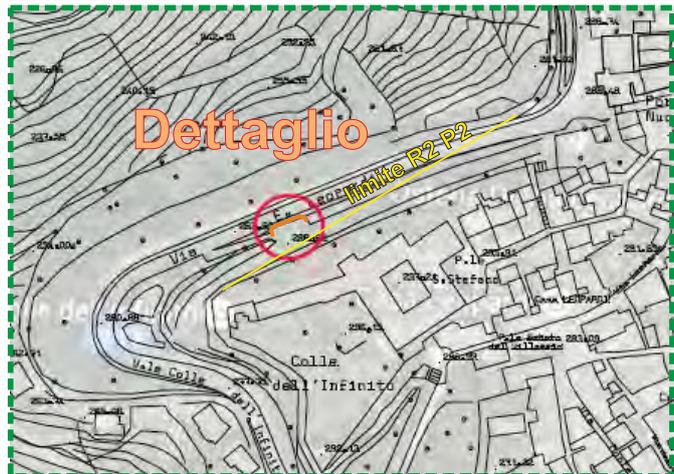
**Rif.**



Area d'intervento



FRANA agg. 2016  
Codice:F-16-0045  
Rischio:R2  
Pericolosità:P2

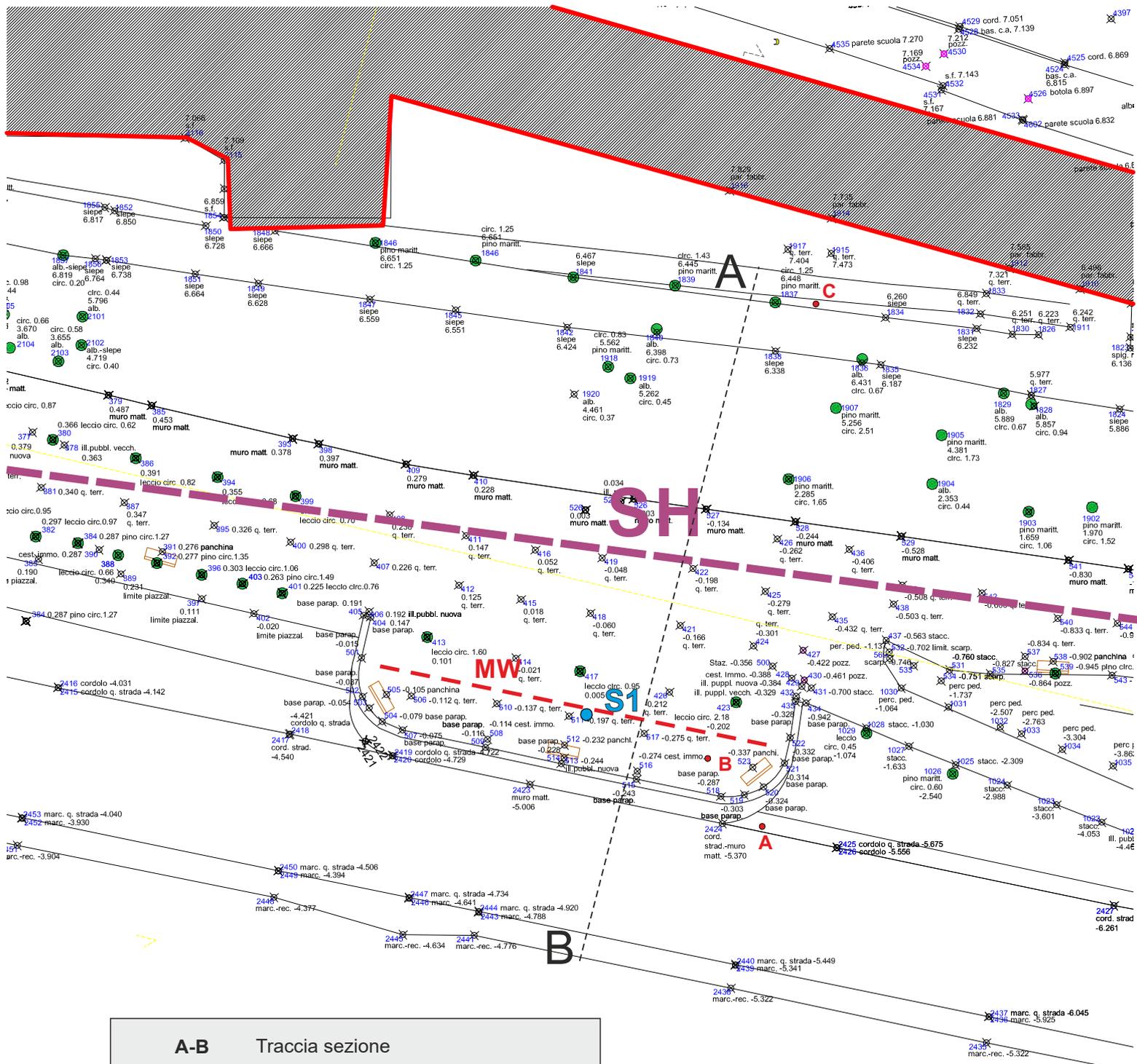


**Committente:** Comune di RECANATI (MC)  
**Località:** Parco del Colle dell'Infinito

**Oggetto:** INTERVENTO DI RECUPERO E RIQUALIFICAZIONE DEL:  
"PARCO COLLE DELL'INFINITO" - ANNUALITÀ 2017  
1° LOTTO FUNZIONALE

**Estratto P.A.I. agg. 2016**

<b>Tav.</b>	<b>4</b>	<b>Scala</b>	<b>Rif.</b>
-------------	----------	--------------	-------------



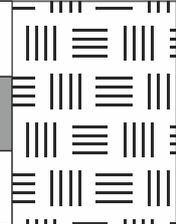
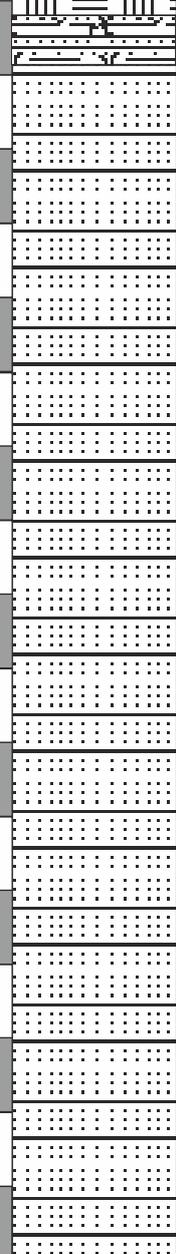
<b>A-B</b>	Traccia sezione
<b>S1</b>	Sondaggio geognostico
<b>B</b>	Prova Penetrometrica Dinamica DPSH
<b>MW</b>	Prospezione sismica MASW
<b>SH</b>	Prospezione Sismica rifrazione SH

**Committente:** Comune di RECANATI (MC)  
**Località:** Parco del Colle dell'Infinito

**Oggetto:** INTERVENTO DI RECUPERO E RIQUALIFICAZIONE DEL: "PARCO COLLE DELL'INFINITO" - ANNUALITÀ 2017  
1° LOTTO FUNZIONALE

# RILIEVO E DETTAGLIO INDAGINI

**Tav.** 5      **Scala** 1:500      **Rif.**

STRATIGRAFIA	QUOTE		LITOLOGIA	GEOLOGIA	ANNOTAZIONI
	P.c.	Parz.			
	0.15	0.15	<p><i>Limo sabbioso bruno scuro</i></p> <hr style="border-top: 1px dashed black;"/> <p><i>Limo sabbioso bruno chiaro con frammenti di laterizi; elementi ghiaiosi di 0,5÷2 cm di diametro.</i></p> <p>Prova SPT a 1,50m con punta chiusa: <math>N_{SPT}=45</math> (<math>N1=10</math>, <math>N2=20</math>, <math>N3=25</math>)</p>	Riporto	Foro rivestito fino a 1,60 m.
	1.60	1.45	<p><i>Sabbia limosa ben addensata con parti pseudocoesive di color bruno-giallastro.</i></p>		
	2.0	1.90	<p><i>Sabbia fine e media, giallastra, limosa con minuti elementi ghiaiosi e silicei di 3÷4 mm. Materiale spesso sciolto, talora intervallato da strati cementati con struttura sedimentaria piano-parallela suborizzontale.</i></p> <p>Da m 4,50 formazione più addensata, colorazione della sabbia è beige-ocracea con inclusi elementi silicei minuti.</p> <p>A 6,60 m elementi ghiaiosi di 3 cm di diametro.</p> <p>Da 6,70 m diminuisce alterazione. Livellotti cementati arealmente disposti in modo irregolare; si evidenziano tra 6,30÷7,30 e tra 7,60÷8,0 m, successivamente a 8,50, 8,90, 9,30 m.</p>	Formazione arenacea	Campione in sacchetto da m 3,40 a m 3,60
	3.0				
	4.0				
	5.0				
	6.0				
	7.0				
	8.0				
	9.0				
	10.0				

segue

STRATIGRAFIA	QUOTE		LITOLOGIA	GEOLOGIA	ANNOTAZIONI
	P.c.	Parz.			
11			<p>A 10,40 durante la prova SPT si osservano all'interno delle porzioni sabbiose inclusioni di minuti elementi ghiaiosi nerastrati calcarei e silicei.</p> <p><i>Prova SPT a 10,40m con punta aperta: <math>N_{SPT}</math>=rifiuto (N1=22, N2=&gt;50 con 8 cm di avanzamento)</i></p>	Formazione arenacea	Campione in sacchetto da m 10,10 a m 10,30
12					
13	12.30	10.40	<p>Argille limose stratificate con sabbia. Rapporto peliti/arenarie 4:1</p> <p>A 12,90 m ghiaia; successivamente argille con sabbia in rapporto 6:1 fino a 14 m.</p>	Formazione pelitico-arenacea	
14			<p>Da 14,20 a 14,25 m e da 14,60 a 15 m rapporto argilla e sabbia 5:1.</p>		
15	15.00				
16					
17					
18					
19					
20					

# Documentazione fotografica sondaggio S1

m 0,0



Cassa 1

Cassa 2

Cassa 3

m 15



**STRATI Indagini Geognostiche**  
Via Velluti 118 MACERATA  
via Piave 5 CIVITANOVA M.  
Tel. 0733 28 34 69 - 389 57 18 641  
fax 0733 28 78 24 [info@provepenetrometriche.it](mailto:info@provepenetrometriche.it)

## PROVA PENETROMETRICA DINAMICA

Committente: Comune Recanati  
Cantiere: Colle dell'Infinito  
Località: Recanati

### Caratteristiche Tecniche-Strumentali Sonda: DPSH TG 63-200 PAGANI

Rif. Norme	DIN 4094
Peso Massa battente	63,5 Kg
Altezza di caduta libera	0,75 m
Peso sistema di battuta	0,63 Kg
Diametro punta conica	51,00 mm
Area di base punta	20,43 cm <sup>2</sup>
Lunghezza delle aste	1 m
Peso aste a metro	6,31 Kg/m
Profondità giunzione prima asta	0,40 m
Avanzamento punta	0,20 m
Numero colpi per punta	N(20)
Coeff. Correlazione	1,47
Rivestimento/fanghi	No
Angolo di apertura punta	90 °

# Ubicazione prove penetrometriche

Via Monte Tabor

dp C

dp B

dp A

cpt E

dp D

Cpt1



90 m



**STRATI Indagini Geognostiche**  
 Via Velluti 118 MACERATA  
 via Piave 5 CIVITANOVA M.  
 Tel. 0733 28 34 69 - 389 57 18 641  
 fax 0733 28 78 24 info@provepenetrometriche.it

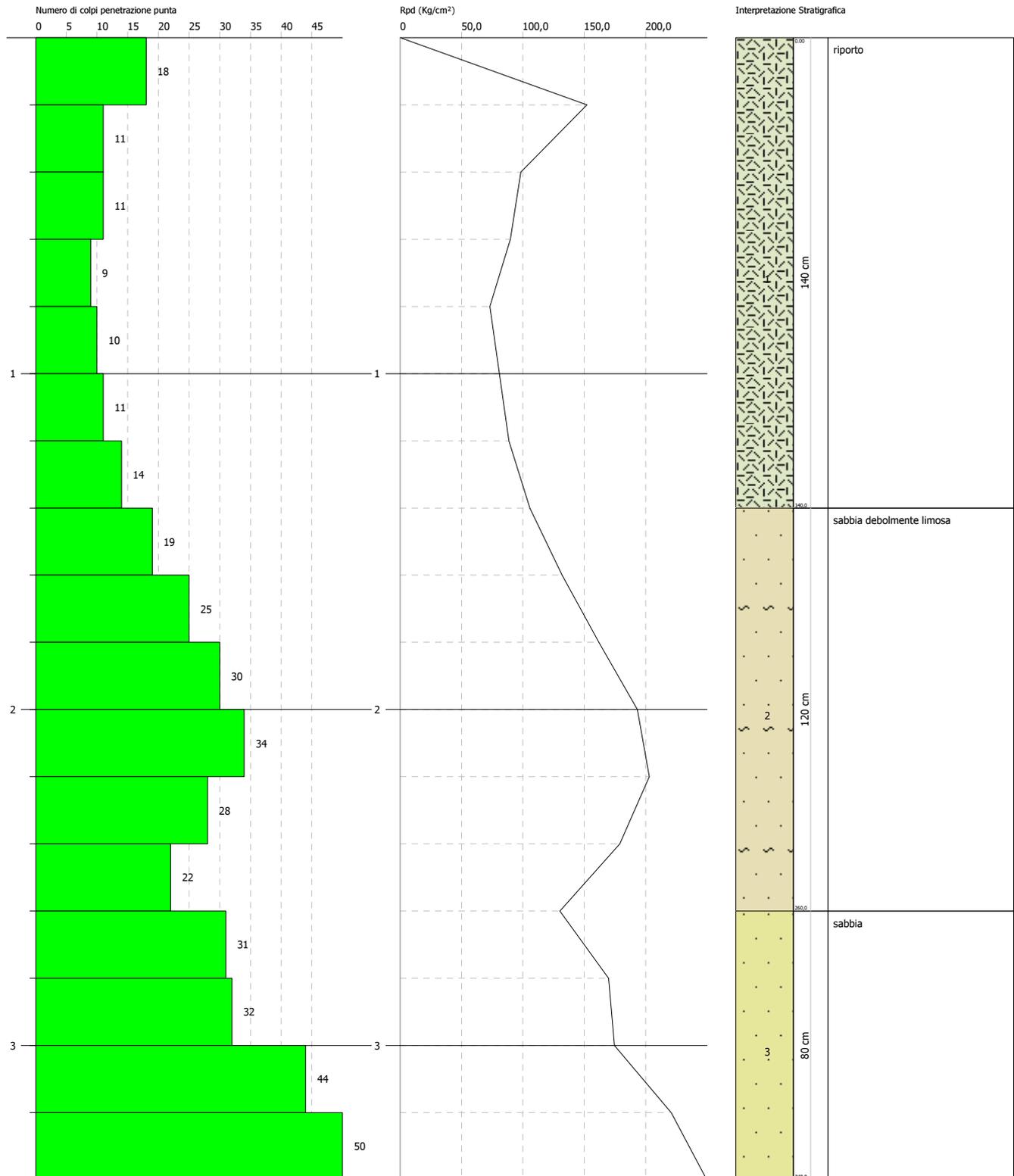
INTERPRETAZIONE  
 LITOSTRATIGRAFICA  
 PROPOSTA

**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA dp A**  
**Strumento utilizzato... DPSH TG 63-200 PAGANI**

Committente: Comune  
 Cantiere: Colle dell'Infinito  
 Località: Recanati

Data: 21/06/2017

Scala 1:17





**STRATI Indagini Geognostiche**  
 Via Velluti 118 MACERATA  
 via Piave 5 CIVITANOVA M.  
 Tel. 0733 28 34 69 - 389 57 18 641  
 fax 0733 28 78 24 info@provepenetrometriche.it

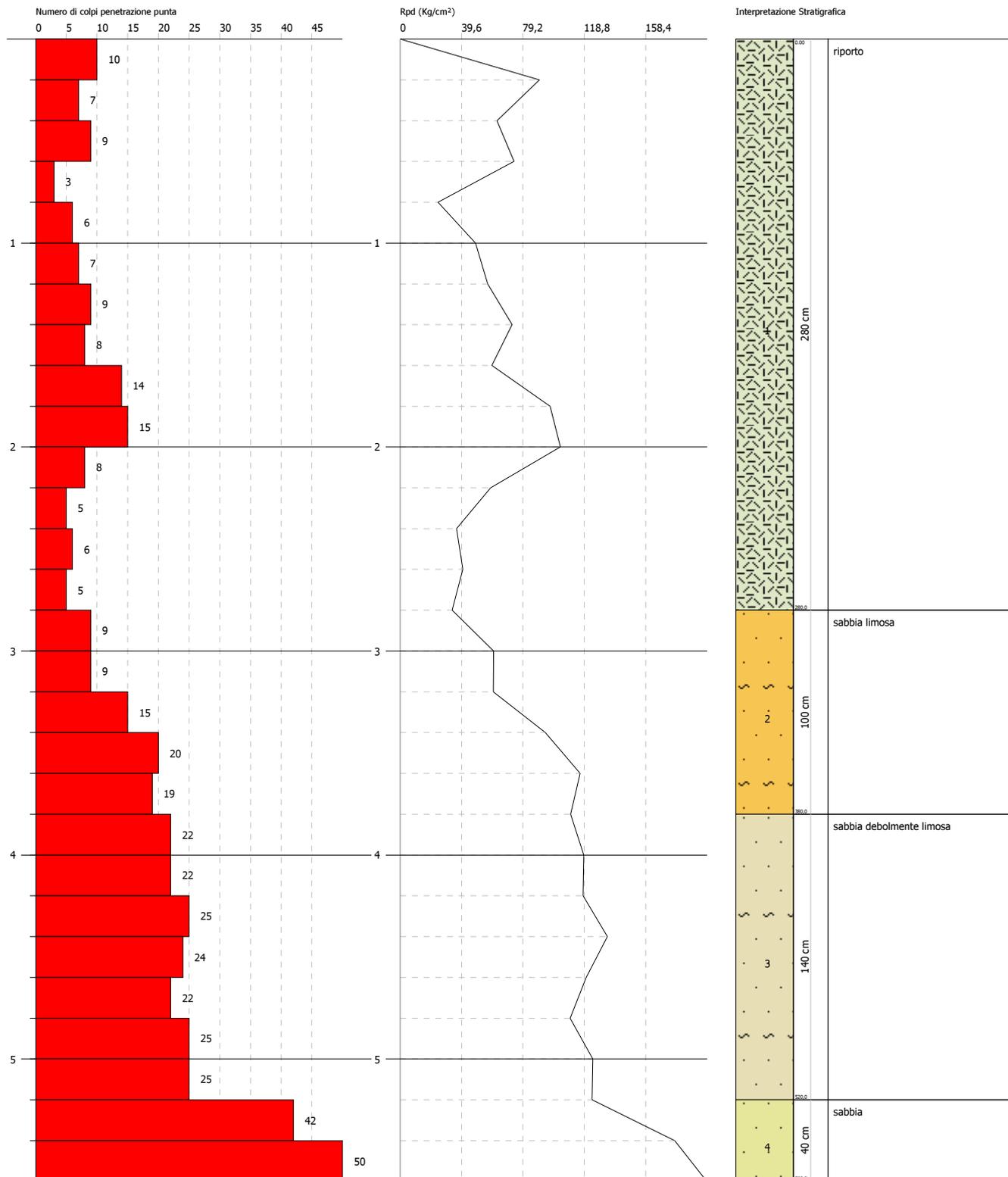
INTERPRETAZIONE  
 LITOSTRATIGRAFICA  
 PROPOSTA

**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA dp B**  
**Strumento utilizzato... DPSH TG 63-200 PAGANI**

Committente: Comune  
 Cantiere: Colle dell'Infinito  
 Località: Recanati

Data: 21/06/2017

Scala 1:28





**STRATI Indagini Geognostiche**  
 Via Velluti 118 MACERATA  
 via Piave 5 CIVITANOVA M.  
 Tel. 0733 28 34 69 - 389 57 18 641  
 fax 0733 28 78 24 info@provepenetrometriche.it

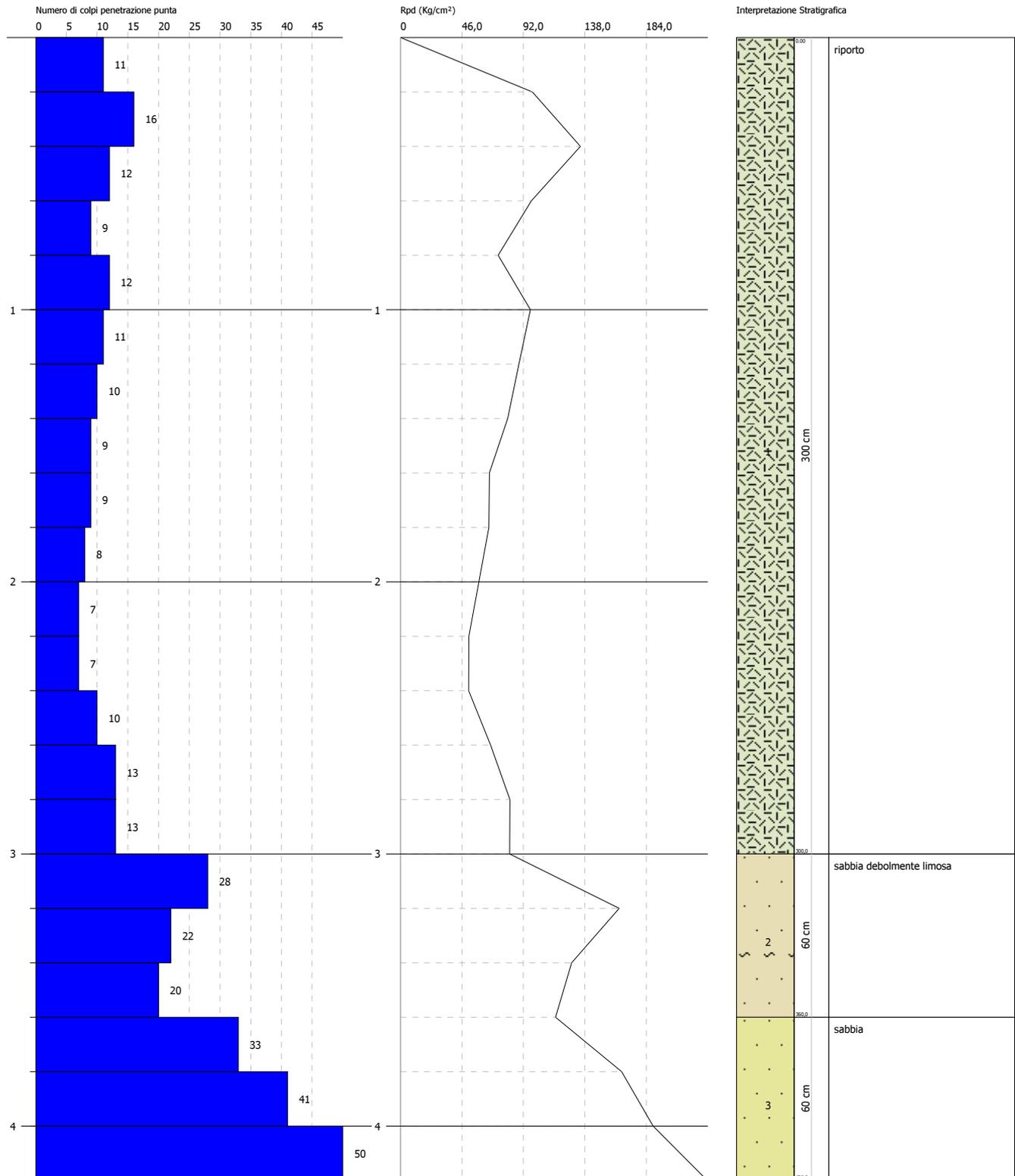
INTERPRETAZIONE  
 LITOSTRATIGRAFICA  
 PROPOSTA

**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA dp C**  
**Strumento utilizzato... DPSH TG 63-200 PAGANI**

Committente: Comune  
 Cantiere: Colle dell'Infinito  
 Località: Recanati

Data: 21/06/2017

Scala 1:21





**STRATI Indagini Geognostiche**  
 Via Velluti 118 MACERATA  
 via Piave 5 CIVITANOVA M.  
 Tel. 0733 28 34 69 - 389 57 18 641  
 fax 0733 28 78 24 info@provepenetrometriche.it

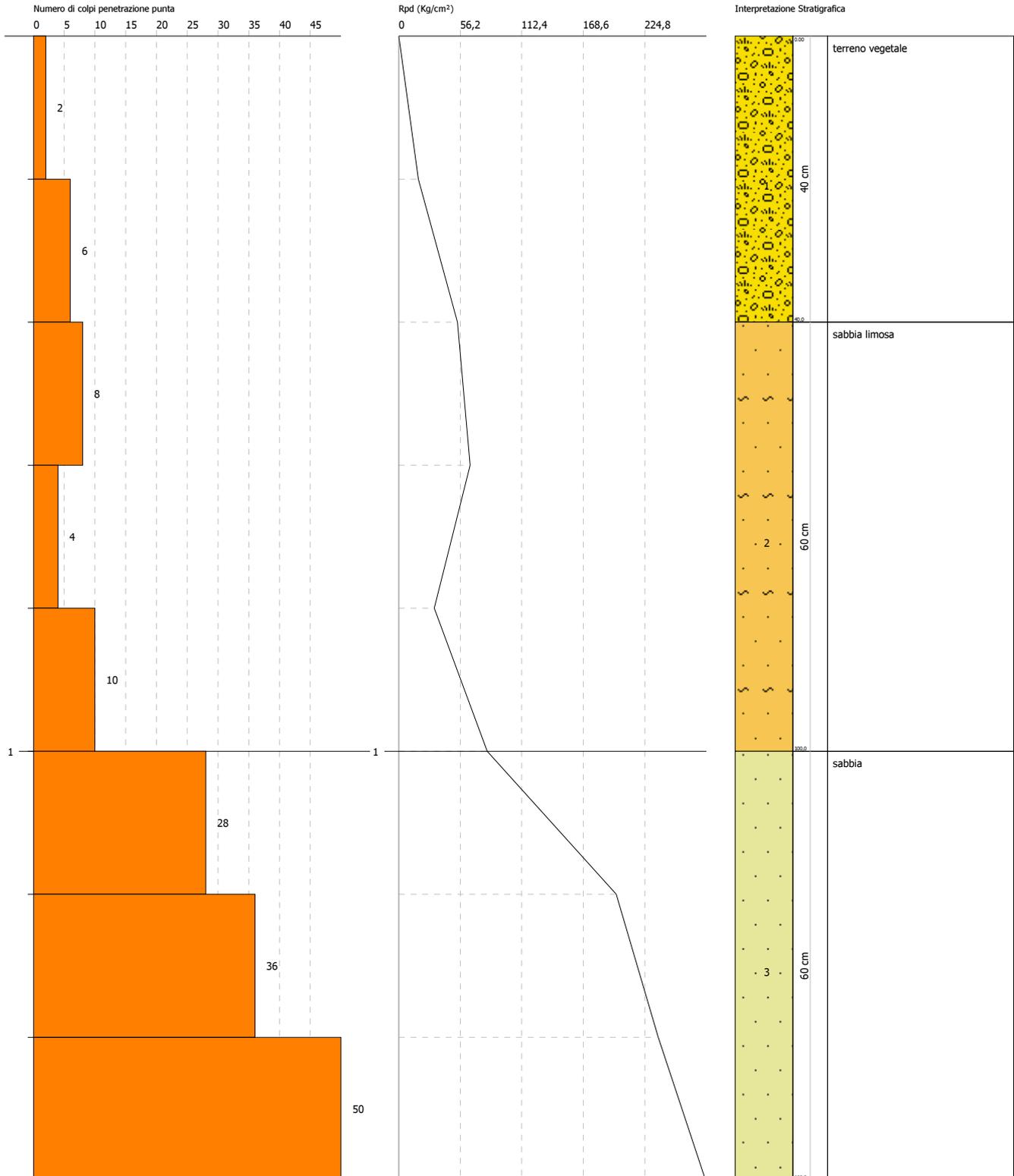
INTERPRETAZIONE  
 LITOSTRATIGRAFICA  
 PROPOSTA

**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA dp D**  
**Strumento utilizzato... DPSH TG 63-200 PAGANI**

Committente: Comune  
 Cantiere: Colle dell'Infinito  
 Località: Recanati

Data: 21/06/2017

Scala 1:8



## PROVA ...dp A

Strumento utilizzato... DPSH TG 63-200 PAGANI  
 Prova eseguita in data 21/06/2017  
 Profondità prova 3,40 mt  
 Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

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	18	0,805	152,18	189,13	7,61	9,46
0,40	11	0,851	98,33	115,58	4,92	5,78
0,60	11	0,847	89,85	106,08	4,49	5,30
0,80	9	0,843	73,19	86,79	3,66	4,34
1,00	10	0,840	80,98	96,43	4,05	4,82
1,20	11	0,836	88,71	106,08	4,44	5,30
1,40	14	0,783	105,69	135,01	5,28	6,75
1,60	19	0,780	131,98	169,31	6,60	8,47
1,80	25	0,726	161,80	222,77	8,09	11,14
2,00	30	0,723	193,33	267,33	9,67	13,37
2,20	34	0,670	203,03	302,97	10,15	15,15
2,40	28	0,717	178,93	249,50	8,95	12,48
2,60	22	0,714	130,13	182,20	6,51	9,11
2,80	31	0,661	169,81	256,73	8,49	12,84
3,00	32	0,659	174,56	265,01	8,73	13,25
3,20	44	0,606	220,82	364,39	11,04	18,22
3,40	50	0,603	249,86	414,08	12,49	20,70

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tipo	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
1,4	12	119,3	Incoerente	1,94	1,97	0,14	1,47	17,64	riporto
2,6	26,33	232,35	Incoerente	2,2	2,1	0,4	1,47	38,71	sabbia debolmente limosa
3,4	39,25	325,05	Incoerente	2,27	2,17	0,63	1,47	57,7	sabbia

### STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA dp A

Strato	Prof. (m)	Nspt	Tipo	Peso unità di volume (t/m <sup>3</sup> )	Peso unità di volume saturo (t/m <sup>3</sup> )	Angolo di resistenza al taglio (°)	Modulo Edometrico (Kg/cm <sup>2</sup> )	Modulo Elastico (Kg/cm <sup>2</sup> )	Modulo Poisson	Modulo di taglio G (Kg/cm <sup>2</sup> )	Velocità onde di taglio (m/s)
Strato (1) riporto	0,00-1,40	17,64	Incoerente	1,94	1,97	25,04	116,67	123,31	0,32	965,21	104,92
Strato (2) sabbia debolmente e limosa	1,40-2,60	38,71	Incoerente	2,20	2,10	31,06	457,62	457,48	0,28	2020,54	147,2
Strato (3) sabbia	2,60-3,40	57,7	Incoerente	2,27	2,17	36,49	663,47	681,56	0,24	2940,48	170,56

**PROVA ...dp B**

Strumento utilizzato...

DPSH TG 63-200 PAGANI

Prova eseguita in data

21/06/2017

Profondità prova

5,60 mt

Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

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	10	0,855	89,80	105,07	4,49	5,25
0,40	7	0,851	62,58	73,55	3,13	3,68
0,60	9	0,847	73,51	86,79	3,68	4,34
0,80	3	0,843	24,40	28,93	1,22	1,45
1,00	6	0,840	48,59	57,86	2,43	2,89
1,20	7	0,836	56,45	67,50	2,82	3,38
1,40	9	0,833	72,29	86,79	3,61	4,34
1,60	8	0,830	59,14	71,29	2,96	3,56
1,80	14	0,776	96,85	124,75	4,84	6,24
2,00	15	0,773	103,35	133,66	5,17	6,68
2,20	8	0,820	58,46	71,29	2,92	3,56
2,40	5	0,817	36,41	44,55	1,82	2,23
2,60	6	0,814	40,46	49,69	2,02	2,48
2,80	5	0,811	33,60	41,41	1,68	2,07
3,00	9	0,809	60,27	74,54	3,01	3,73
3,20	9	0,806	60,08	74,54	3,00	3,73
3,40	15	0,753	93,59	124,23	4,68	6,21
3,60	20	0,751	116,17	154,71	5,81	7,74
3,80	19	0,748	110,00	146,97	5,50	7,35
4,00	22	0,696	118,45	170,18	5,92	8,51
4,20	22	0,694	118,05	170,18	5,90	8,51
4,40	25	0,691	133,72	193,39	6,69	9,67
4,60	24	0,689	120,04	174,17	6,00	8,71
4,80	22	0,687	109,70	159,65	5,48	7,98
5,00	25	0,685	124,28	181,42	6,21	9,07
5,20	25	0,683	123,91	181,42	6,20	9,07
5,40	42	0,581	177,10	304,79	8,85	15,24
5,60	50	0,579	197,89	341,71	9,89	17,09

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tipo	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
2,8	8	74,51	Incoerente	1,79	1,93	0,25	1,47	11,76	riporto
3,8	14,4	115	Incoerente	2,02	1,99	0,6	1,47	21,17	sabbia limosa
5,2	23,57	175,77	Incoerente	2,17	2,07	0,86	1,47	34,65	sabbia debolmente limosa
5,6	46	323,25		0,0	0,0	1,01	1,47	67,62	sabbia

**STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA dp B**

Strato	Prof. (m)	Nspt	Tipo	Peso unità di volume (t/m <sup>3</sup> )	Peso unità di volume saturo (t/m <sup>3</sup> )	Angolo di resistenza al taglio (°)	Modulo Edometrico (Kg/cm <sup>2</sup> )	Modulo Elastico (Kg/cm <sup>2</sup> )	Modulo Poisson	Modulo di taglio G (Kg/cm <sup>2</sup> )	Velocità onde di taglio (m/s)
Strato (1) riporto	0,00-2,80	11,76	Incoerente	1,79	1,93	23,36	90,45	89,21	0,33	659,32	111,82
Strato (2) sabbia limosa	2,80-3,80	21,17	Incoerente	2,02	1,99	26,05	267,48	250,51	0,31	1145,75	146,06
Strato (3) sabbia debolmente limosa	3,80-5,20	34,65	Incoerente	2,17	2,07	29,9	413,61	409,57	0,29	1820,68	168,87
Strato (4) sabbia	5,20-5,60	67,62									

## PROVA ...dp C

Strumento utilizzato...  
 Prova eseguita in data  
 Profondità prova  
 Falda non rilevata

DPSH TG 63-200 PAGANI  
 21/06/2017  
 4,20 mt

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

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	11	0,855	98,78	115,58	4,94	5,78
0,40	16	0,801	134,62	168,12	6,73	8,41
0,60	12	0,847	98,02	115,72	4,90	5,79
0,80	9	0,843	73,19	86,79	3,66	4,34
1,00	12	0,840	97,18	115,72	4,86	5,79
1,20	11	0,836	88,71	106,08	4,44	5,30
1,40	10	0,833	80,32	96,43	4,02	4,82
1,60	9	0,830	66,53	80,20	3,33	4,01
1,80	9	0,826	66,27	80,20	3,31	4,01
2,00	8	0,823	58,68	71,29	2,93	3,56
2,20	7	0,820	51,16	62,38	2,56	3,12
2,40	7	0,817	50,97	62,38	2,55	3,12
2,60	10	0,814	67,43	82,82	3,37	4,14
2,80	13	0,761	81,98	107,66	4,10	5,38
3,00	13	0,759	81,68	107,66	4,08	5,38
3,20	28	0,706	163,71	231,89	8,19	11,59
3,40	22	0,703	128,16	182,20	6,41	9,11
3,60	20	0,751	116,17	154,71	5,81	7,74
3,80	33	0,648	165,52	255,27	8,28	12,76
4,00	41	0,596	189,03	317,16	9,45	15,86
4,20	50	0,594	229,63	386,78	11,48	19,34

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tipo	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	10,47	97,27	Incoerente	1,89	1,95	0,28	1,47	15,39	riporto
3,6	23,33	189,6	Incoerente	2,17	2,07	0,63	1,47	34,3	sabbia debolmente limosa
4,2	41,33	319,74	Incoerente	2,29	2,17	0,77	1,47	60,76	sabbia

### STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA dp C

Strato	Prof. (m)	Nspt	Tipo	Peso unità di volume (t/m <sup>3</sup> )	Peso unità di volume saturo (t/m <sup>3</sup> )	Angolo di resistenza al taglio (°)	Modulo Edometrico (Kg/cm <sup>2</sup> )	Modulo Elastico (Kg/cm <sup>2</sup> )	Modulo Poisson	Modulo di taglio G (Kg/cm <sup>2</sup> )	Velocità onde di taglio (m/s)
Strato (1) riporto	0,00-3,00	15,39	Incoerente	1,89	1,95	24,4	92,48	92,26	0,32	849,02	118,71
Strato (2) sabbia debolmente limosa	3,00-3,60	34,3	Incoerente	2,17	2,07	29,8	409,81	405,44	0,29	1803,39	158,78
Strato (3) sabbia	3,60-4,20	60,76	Incoerente	2,29	2,17	37,36	696,64	717,67	0,23	3086,84	181,04

## PROVA ...dp D

Strumento utilizzato...  
 Prova eseguita in data  
 Profondità prova  
 Falda non rilevata

DPSH TG 63-200 PAGANI  
 21/06/2017  
 1,60 mt

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

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	2	0,855	17,96	21,01	0,90	1,05
0,40	6	0,851	53,64	63,04	2,68	3,15
0,60	8	0,847	65,34	77,15	3,27	3,86
0,80	4	0,843	32,53	38,57	1,63	1,93
1,00	10	0,840	80,98	96,43	4,05	4,82
1,20	28	0,736	198,80	270,02	9,94	13,50
1,40	36	0,683	237,07	347,16	11,85	17,36
1,60	50	0,630	280,49	445,54	14,02	22,28

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tipo	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
0,4	4	42,03	Incoerente	1,58	1,89	0,03	1,47	5,88	terreno vegetale
1	7,33	70,72	Incoerente	1,76	1,92	0,12	1,47	10,78	sabbia limosa
1,6	38	354,24	Incoerente	2,26	2,16	0,24	1,47	55,86	sabbia

### STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA dp D

Strato	Prof. (m)	Nspt	Tipo	Peso unità di volume (t/m <sup>3</sup> )	Peso unità di volume saturo (t/m <sup>3</sup> )	Angolo di resistenza al taglio (°)	Modulo Edometrico (Kg/cm <sup>2</sup> )	Modulo Elastico (Kg/cm <sup>2</sup> )	Modulo Poisson	Modulo di taglio G (Kg/cm <sup>2</sup> )	Velocità onde di taglio (m/s)
Strato (1) terreno vegetale	0,00-0,40	5,88	Incoerente	1,58	1,89	21,68	64,22	55,10	0,34	343,66	68,13
Strato (2) sabbia limosa	0,40-1,00	10,78	Incoerente	1,76	1,92	23,08	154,86	212,50	0,33	607,54	96,35
Strato (3) sabbia	1,00-1,60	55,86	Incoerente	2,26	2,16	35,96	643,52	744,45	0,24	2852,25	144,33

---

# PROVA PENETROMETRICA STATICA

Committente: Comune Cantiere: Colle dell'Infinito Località: Recanati	
--	--

## Caratteristiche Strumentali PAGANI TG 63 (200 kN)

Rif. Norme	ASTM D3441-86
Diametro Punta conica meccanica	35,7
Angolo di apertura punta	60
Area punta	10
Superficie manicotto	150
Passo letture (cm)	20
Costante di trasformazione Ct	10

STRATI Indagini Geognostiche

Civitanova Marche



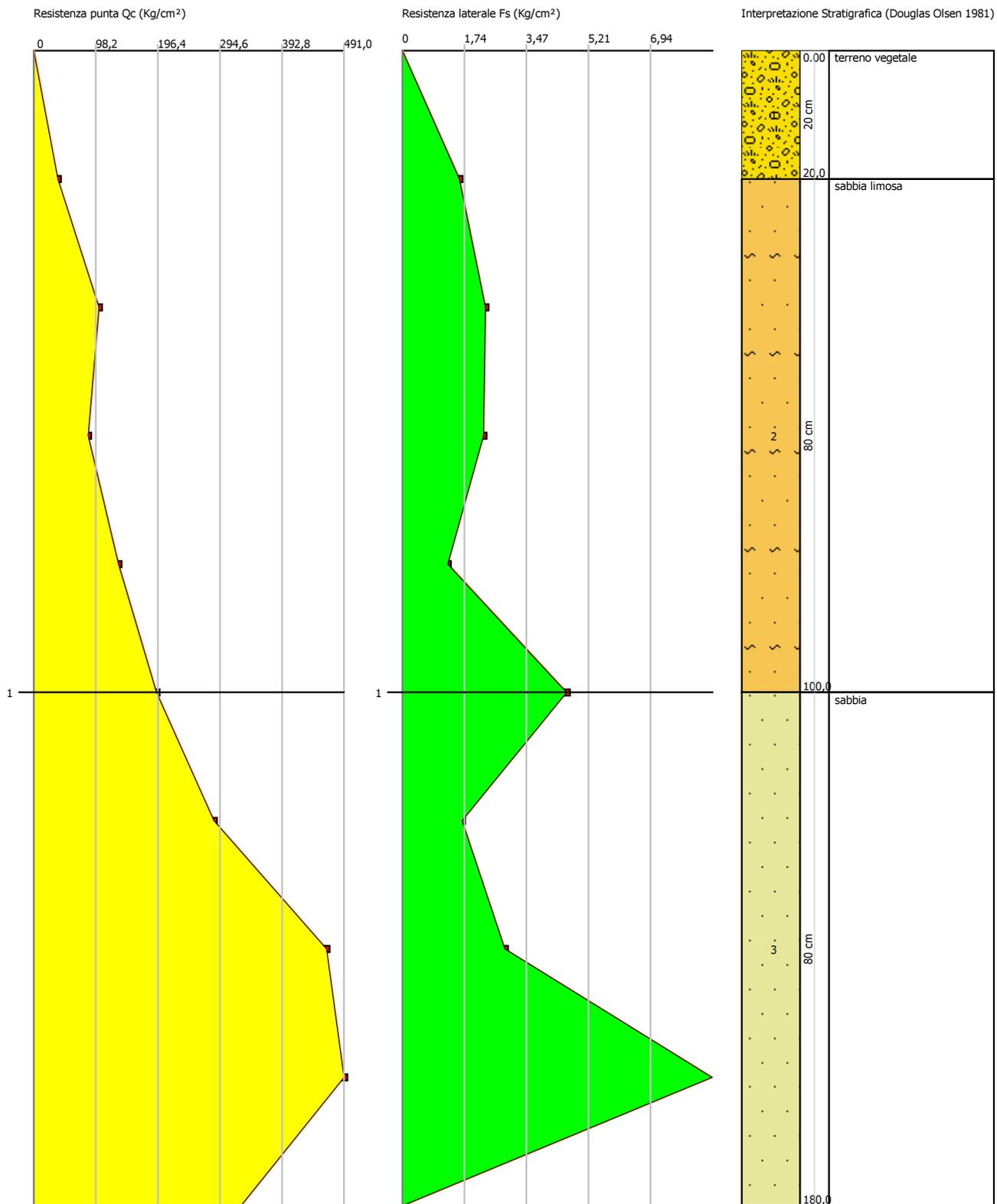
**STRATI Indagini Geognostiche**  
 Via Velluti 118 MACERATA  
 via Piave 5 CIVITANOVA M.  
 Tel. 0733 28 34 69 - 389 57 18 641  
 fax 0733 28 78 24 info@provepenetrometriche.it

**Interpretazione  
 litostratigrafica  
 proposta**

Probe CPT - Cone Penetration cpt E  
 Strumento utilizzato PAGANI TG 63 (200 kN)

Committente: Comune  
 Cantiere: Colle dell'Infinito  
 Località: Recanati

Data: 13/10/2016



PROVA ...cpt E

Committente: Comune  
 Strumento utilizzato: PAGANI TG 63 (200 kN)  
 Prova eseguita in data: 13/10/2016  
 Profondità prova: 1,80 mt  
 Località: Recanati

Profondità (m)	Lettura punta (Kg/cm <sup>2</sup> )	Lettura laterale (Kg/cm <sup>2</sup> )	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	qc/fs Begemann	fs/qcx100 (Schmertmann)
0,20	38,00	42,0	38,0	1,6	23,75	4,2
0,40	103,00	127,0	103,0	2,33	44,206	2,3
0,60	86,00	121,0	86,0	2,27	37,885	2,6
0,80	134,00	168,0	134,0	1,27	105,512	0,9
1,00	194,00	213,0	194,0	4,6	42,174	2,4
1,20	285,00	354,0	285,0	1,67	170,659	0,6
1,40	463,00	488,0	463,0	2,87	161,324	0,6
1,60	491,00	534,0	491,0	8,667	56,652	1,8
1,80	328,00	458,0	328,0	0,0		0,0

Prof. Strato (m)	qc Media (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs Media (Kg/cm <sup>2</sup> )	Gamma Medio (t/m <sup>3</sup> )	Comp. Geotecnico	Descrizione	
1,00	0,20	38,0	1,6	2,1	Incoerente-Coesivo	terreno vegetale
		107,667	1,957		2,3 Incoerente	sabbia limosa
	1,80	391,75	3,302	2,5	Incoerente	sabbia

**STIMA PARAMETRI GEOTECNICI**

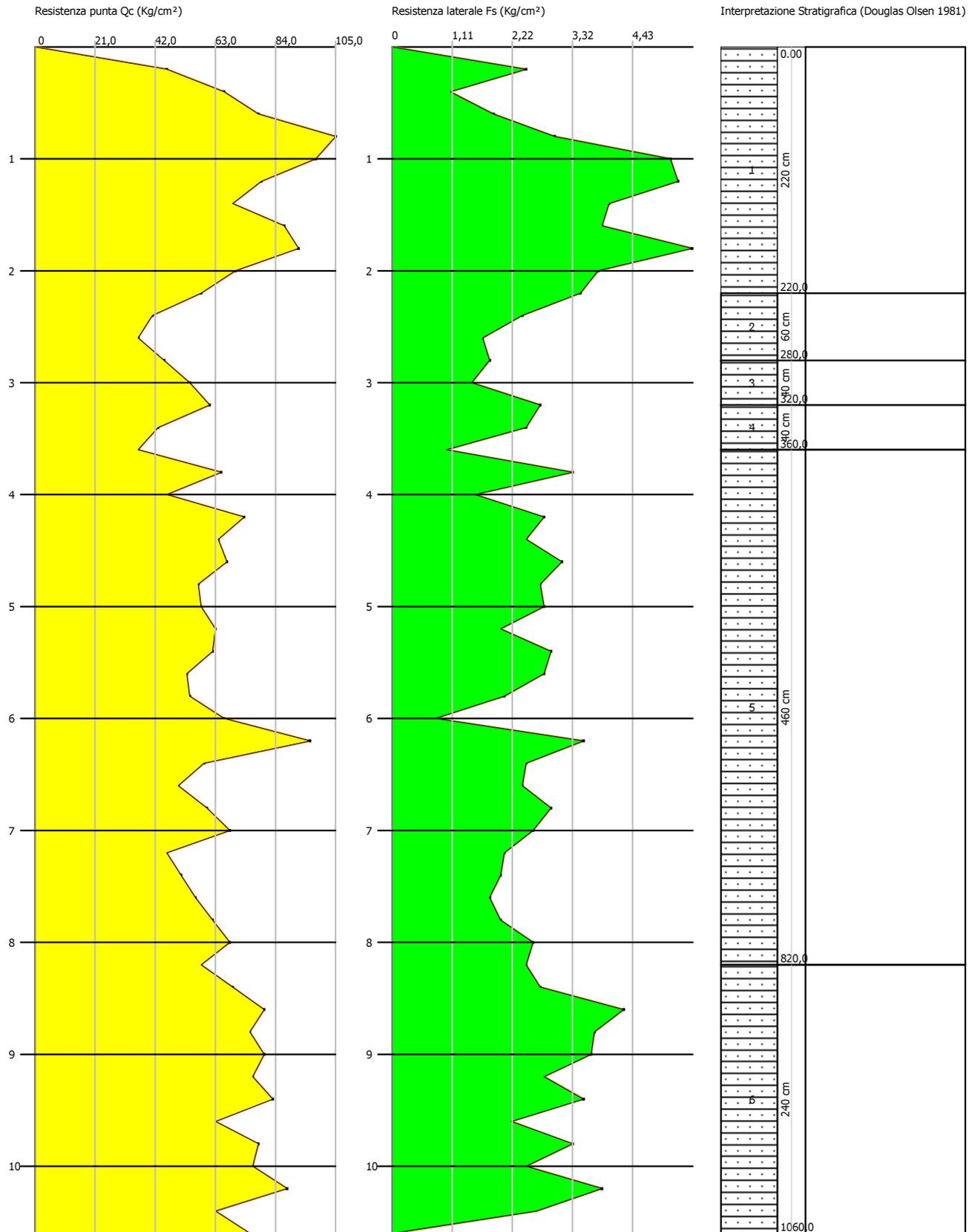
Nr: Numero progressivo strato  
 Prof: Profondità strato (m)  
 Tipo: C: Coesivo. I: Incoerente. CI: Coesivo-Incoerente  
 Cu: Coesione non drenata (Kg/cm<sup>2</sup>)  
 Eu: Modulo di defomazione non drenato (Kg/cm<sup>2</sup>)  
 Mo: Modulo Edometrico (Kg/cm<sup>2</sup>)  
 G: Modulo di deformazione a taglio (Kg/cm<sup>2</sup>)  
 OCR: Grado di sovraconsolidazione  
 Puv: Peso unità di volume (t/m<sup>3</sup>)  
 PuvS: Peso unità di volume saturo (t/m<sup>3</sup>)  
 Dr: Densità relativa (%)  
 Fi: Angolo di resistenza al taglio (°)  
 Ey: Modulo di Young (Kg/cm<sup>2</sup>)  
 Vs: Velocità onde di taglio (m/s)

Nr.	Prof.	Tipo	Cu	Eu	Mo	G	OCR	Puv	PuvS	Dr	Fi	Ey	Vs
1	0,20	CI	2,1	1424,2	95,0	258,5	<0.5	2,1	2,2	100,0	15,0	0,0	188,53
2	1,00	I	--	--	161,5	488,4	<0.5	1,8	2,1	100,0	39,3	0,0	308,40
3	1,80	I	--	--	587,6	1075,2	<0.5	1,9	2,2	100,0	16,5	0,0	476,41

Probe CPT - Cone Penetration Nr.1  
Strumento utilizzato PAGANI TG 63 (200 kN)

Committente: Comune  
Cantiere: Colle dell'Infinito  
Località: Recanati

Data: 13/10/2016



**Dati dichiarati nella richiesta di prove:**

Committente: **STRATI INDAGINI GEOGNOSTICHE s.a.s.**  
 Progetto/Opera: **OPERE CONSOLIDAMENTO COLLE DELL'INFINITO**  
 Località prelievo campioni: **RECANATI (MC) - COLLE DELL'INFINITO**  
 Sondaggio n.: **1**  
 Campione n.: **C1**

Data di prelievo: **28/06/17**  
 Profondità di prelievo: da m **3,40** a m **3,60**

## SCHEDA CAMPIONE

Tipo di perforazione (dichiarata):	<b>Carotaggio continuo</b>
Tipo contenitore:	<b>Sacchetto in plastica</b>
Data di apertura del campione:	<b>12/07/17</b>
Classe di Qualità:	<b>2</b>

SINTESI DELLE CARATTERISTICHE FISICHE E VOLUMETRICHE			
Contenuto in acqua	$W_n$	%	<b>6,50</b>
Massa volumica granuli solidi	$\rho_s$	[Mg/m <sup>3</sup> ]	<b>2,61</b>
Massa volumica naturale	$\rho_n$	[Mg/m <sup>3</sup> ]	<b>1,39</b>

**Prove eseguite**

- 1) Apertura campione rimaneggiato
- 2) Descrizione ed identificazione campione
- 3) Massa volumica (misure lineari)
- 4) Massa volumica dei granuli solidi

- 5) Granulometria per sedimentazione
- 6) Taglio diretto
- 7)
- 8)

**DESCRIZIONE**

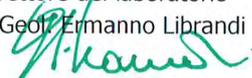
Sabbie fini limose, debolmente argillose, di colore marrone chiaro-giallastre ( 2.5Y 7/4 ) con ciottoli millimetrici e rari resti carboniosi.

### foto del campione



Note:

Il direttore del laboratorio  
 Dott. Geol. Ermanno Librandi





**techno geo** s.r.l

Via Cluana, 10 - 62010 MONTECOSARO (MC)  
Tel. 0733/566421 (n.2 linee r.a.)  
Fax 0733 864161  
Partita IVA e Codice Fiscale 00361380439  
C.C.I.A.A. Macerata 85918

**LABORATORIO PROVE GEOTECNICHE**

Decreto di concessione, n. 8084 del 10/09/10, per il rilascio dei certificati relativi alle prove geotecniche sui terreni (settore a), ai sensi dell'art. 8 D.P.R. 246.

Web: www.techno geo.it - e-mail: laboratorio@techno geo.it

A.L.I.G. - ASSOCIAZIONE LABORATORI DI INGEGNERIA E GEOTECNICA

**Certificato N. 110 /1 del 19/07/17**

Verbale d'accettazione N. 106/GT del 07/07/17

**Dati dichiarati nella richiesta di prove:**

Committente: **STRATI INDAGINI GEOGNOSTICHE s.a.s.**  
Progetto/Opera: **OPERE CONSOLIDAMENTO COLLE DELL'INFINITO**  
Località prelievo campioni: **RECANATI (MC) - COLLE DELL'INFINITO**  
  
Sondaggio n.: **1** Data di prelievo: **28/06/17**  
Campione n.: **C1** Profondità di prelievo: da m **3,40** a m **3,60**  
Tipo di contenitore: **Sacchetto in plastica**

**MASSA VOLUMICA DEI TERRENI A GRANA FINE  
(UNI CEN ISO/TS 17892-2)  
(Metodo delle misure lineari)**

Data della prova da: 13/07/17 a: 14/07/17

$m$	Massa del provino in condizioni di umidità naturale	[g]	99,98
$V$	Volume della fustella	[cm <sup>3</sup> ]	72,00
$w_n$	Contenuto in acqua del provino (UNI CEN ISO-ST 17892-1)	%	6,5
$\rho$	<b>Massa volumica in condizioni di umidità naturale</b>	[Mg/m <sup>3</sup> ]	<b>1,39</b>
$\rho_d$	<b>Massa volumica essiccata</b>	[Mg/m <sup>3</sup> ]	<b>1,30</b>

Note:

Lo sperimentatore  
Dott. Luca Bibini

Il direttore del laboratorio  
Dott. Geol. Ermanno Librandi



**technogeo s.r.l**

Via Cluana, 10 - 62010 MONTECOSARO (MC)

Tel. 0733/566421 (n.2 linee r.a.)

Fax 0733 864161

Partita IVA e Codice Fiscale 00361380439

C.C.I.A.A. Macerata 85918

**LABORATORIO PROVE GEOTECNICHE**

Autorizzazione n. 8084 del 10/09/10, per l'esecuzione e certificazione di prove su terre (Settore A) ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n. 380/2001. (Estensioni: Taglio torsionale, Prova di piastra, Prova di densità in sito, Prova di carico su pali, Prova CBR in sito).

Web: [www.technogeo.it](http://www.technogeo.it) - e-mail: [laboratorio@technogeo.it](mailto:laboratorio@technogeo.it)

A.L.I.G. - ASSOCIAZIONE LABORATORI DI INGEGNERIA E GEOTECNICA

**Certificato N. 110 /2 del 19/07/17**

Verbale d'accettazione N. 106/GT del 07/07/17

**Dati dichiarati nella richiesta di prove:**

Committente: **STRATI INDAGINI GEOGNOSTICHE s.a.s.**  
Progetto/Opera: **OPERE CONSOLIDAMENTO COLLE DELL'INFINITO**  
Località prelievo campioni: **RECANATI (MC) - COLLE DELL'INFINITO**  
Sondaggio n.: **1** Data di prelievo: **28/06/17**  
Campione n.: **C1** Profondità di prelievo: da m **3,40** a m **3,60**  
Tipo di contenitore: **Sacchetto in plast**

**MASSA VOLUMICA DEI GRANULI SOLIDI  
(UNI CEN ISO/TS 17892-3)  
(Metodo del picnometro)**

Data della prova da: **13/07/17** a: **14/07/17**

$m_0$	Massa del picnometro asciutto	[g]	43,767
$m_1$	Massa del picnometro riempito con sola acqua distillata	[g]	145,208
$m_2$	Massa del picnometro e del provino di terreno secco	[g]	95,758
$m_3$	Massa del picnometro con acqua distillata e provino di terreno saturato	[g]	177,368
$m_4$	Massa del provino di terreno secco	[g]	51,991
$\rho_{w,1}$	Densità dell'acqua distillata alla temperatura di prova	[Mg/m <sup>3</sup> ]	0,99598
$\rho_s$	<b>Massa volumica dei granuli solidi</b>	[Mg/m <sup>3</sup> ]	<b>2,61</b>

Note:

Lo sperimentatore

Dott. Luca Bibini

Il direttore del laboratorio

Dott. Geol. Ermanno Librandi



**Certificato N. 110 /3 del 19/07/17**  
Verbale d'accettazione N. 0106/GT del 07/07/17

**Dati dichiarati nella richiesta di prove:**

Committente: **STRATI INDAGINI GEOGNOSTICHE s.a.s.**  
Progetto/Opera: **OPERE CONSOLIDAMENTO COLLE DELL'INFINITO**  
Località prelievo campioni: **RECANATI (MC) - COLLE DELL'INFINITO**  
Sondaggio n.: **1** Data di prelievo: **28/06/17**  
Campione n.: **C1** Profondità di prelievo: da m **3,40** a m **3,60**  
Tipo di contenitore: **Sacchetto in plastica**

**DETERMINAZIONE DELLA DISTRIBUZIONE GRANULOMETRICA PER SETACCIATURA E SEDIMENTAZIONE (UNI CEN ISO/TS 17892-4)**

Data della prova da: 12/07/17 a: 14/07/17

Setacci ISO	Trattenuto	Passante
-	-	-
-	-	-
-	-	-
-	-	-
-	-	-
-	-	-
8,00	0,00	100,0
6,30	1,59	99,0
4,00	1,91	97,8
2,00	1,81	96,6
1,00	1,07	95,9
0,500	0,75	95,4
0,250	1,95	94,2
0,125	30,30	74,7
0,063	52,17	41,1

Diametro equivalente dei grani	Passante
0,0579	37,8
0,0430	30,8
0,0311	27,3
0,0225	23,8
0,0162	20,3
0,0085	15,0
0,0061	12,4
0,0044	9,8
0,0022	6,3
0,0013	2,8
-	-
-	-
-	-
-	-

Densimetro tipo ASTM - AASHTO N° 151 H

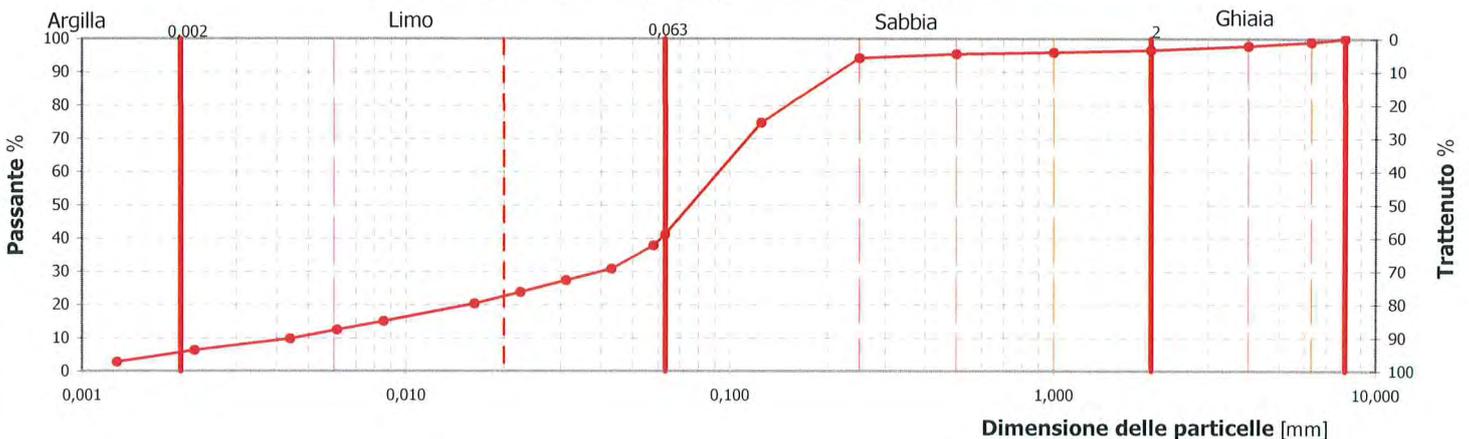
**Massa secca provino [g] 155,56**

**MASSA VOLUMICA DEI GRANULI SOLIDI  $\rho_s$**   
 Valore assunto **2,61 [Mg/m<sup>3</sup>]**  
 Valore determinato (Metodo del picnometro)

Metodo usato:

- umido
- asciutto

**DISTRIBUZIONE GRANULOMETRICA DELLE PARTICELLE**



Note:

Lo sperimentatore  
Dott. Luca Bibini

Il direttore del laboratorio  
Dott. Geol. Ermanno Librandi



technogeo s.r.l

Via Cluana, 10 - 62010 MONTECOSARO (MC)

Tel. 0733/566421 (n.2 linee r.a.)

Fax 0733 864161

Partita IVA e Codice Fiscale 00361380439

C.C.I.A.A. Macerata 85918

## LABORATORIO PROVE GEOTECNICHE

Autorizzazione n. 8084 del 10/09/10, per l'esecuzione e certificazione di prove su terre (Settore A) ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n. 380/2001. (Estensioni: Taglio torsionale, Prova di piastra, Prova di densità in sito, Prova di carico su pali, Prova CBR in sito).

Web: www.technogeo.it - e-mail: laboratorio@technogeo.it

A.L.I.G. - ASSOCIAZIONE LABORATORI DI INGEGNERIA E GEOTECNICA

**Certificato N. 110 /4 del 19/07/17**

Verbale d'accettazione N. 106/GT del 07/07/17

### Dati dichiarati nella richiesta di prove:

Committente: **STRATI INDAGINI GEOGNOSTICHE s.a.s.**  
 Progetto/Opera: **OPERE CONSOLIDAMENTO COLLE DELL'INFINITO**  
 Località prel. camp.: **RECANATI (MC) - COLLE DELL'INFINITO**  
 Sondaggio n.: **1**  
 Campione n.: **C1**  
 Tipo di contenitore: **Sacchetto in plastica**

Data di prelievo: **28/06/17**

Profondità di prelievo: da m **3,40** a m **3,60**

## PROVA DI TAGLIO DIRETTO (Valori di picco) (UNI CEN ISO/TS 17892-10)

Attrezzature utilizzate:	Modello	Matricola
Macchina digitale per prove di taglio diretto Tecnotest	<b>T 665/010</b>	<b>N. 98015</b>

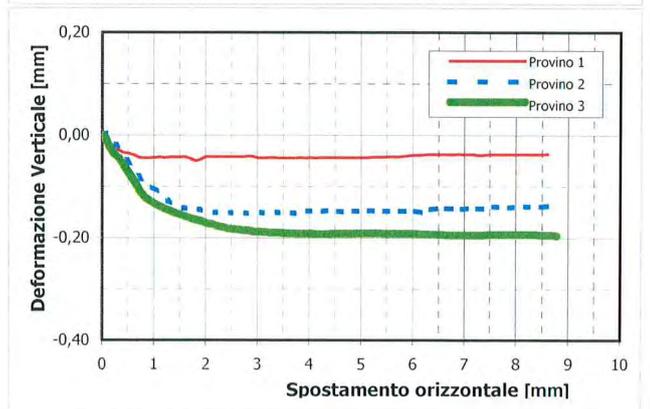
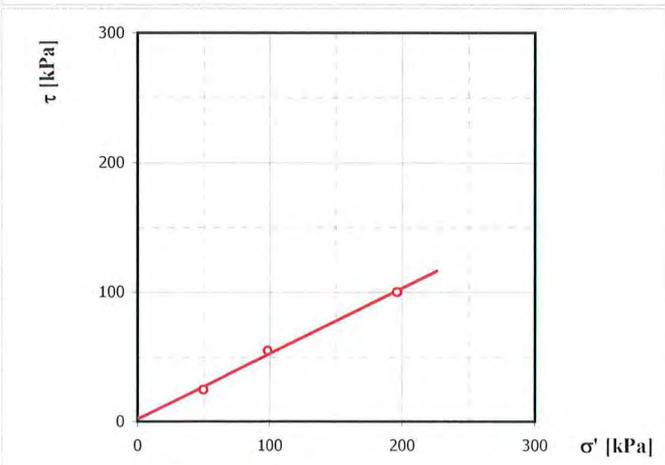
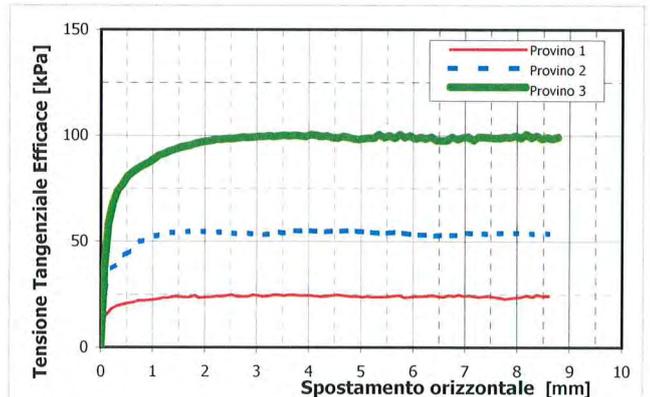
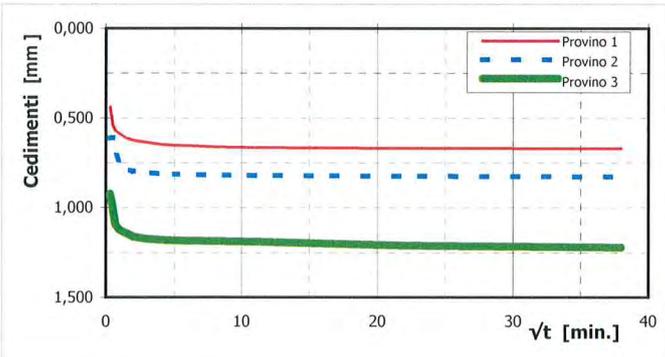
Data della prova da: 13/07/17  
a: 19/07/17

Posizione provini nel campione: -  
Metodo di preparazione provini: Ricostituiti.

CARATTERISTICHE INIZIALI					
Provino		P1	P2	P3	
Lato	L	60,0	60,0	60,0	[mm]
Altezza	H <sub>0</sub>	20,0	20,0	20,0	[mm]
Area	A	3600	3600	3600	[mm <sup>2</sup> ]
Contenuto in acqua	w	6,6	7,0	6,4	%
Massa volumica	ρ	1,39	1,38	1,40	[Mg/m <sup>3</sup> ]
Massa volumica secca	ρ <sub>d</sub>	1,30	1,29	1,32	[Mg/m <sup>3</sup> ]
Indice dei vuoti	e <sub>0</sub>	1,003	1,023	0,977	-
Grado di saturazione	S <sub>ro</sub>	17	18	17	%

Massa volumica dei granuli: ρ<sub>s</sub> = 2,61 [Mg/m<sup>3</sup>]  
Valore determinato [Metodo del picnometro]

MODALITA' DI PROVA		
Scatola	Condizione	
<input checked="" type="checkbox"/> quadrata <input type="checkbox"/> circolare	<input checked="" type="checkbox"/> sommersa	<input type="checkbox"/> asciutta
Velocità di deformazione	0,005	mm/min.
Tensione normale provino n. 1	49,0	[kPa]
Tensione normale provino n. 2	98,1	[kPa]
Tensione normale provino n. 3	196,1	[kPa]



Lo sperimentatore  
Dott. Luca Bibini

Il direttore del laboratorio  
Dott. Geol. Ermanno Librandi



technogeo s.r.l

Via Cluana, 10 - 62010 MONTECOSARO (MC)

Tel. 0733/566421 (n.2 linee r.a.)

Fax 0733 864161

Partita IVA e Codice Fiscale 00361380439

C.C.I.A.A. Macerata 85918

## LABORATORIO PROVE GEOTECNICHE

Autorizzazione n. 8084 del 10/09/10, per l'esecuzione e certificazione di prove su terre (Settore A) ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n. 380/2001. (Estensioni: Taglio torsionale, Prova di piastra, Prova di densità in sito, Prova di carico su pali, Prova CBR in sito).

Web: www.technogeo.it - e-mail: laboratorio@technogeo.it

A.L.I.G. - ASSOCIAZIONE LABORATORI DI INGEGNERIA E GEOTECNICA

**Certificato N. 110 /4 del 19/07/17**

Verbale d'accettazione N. 106/GT del 07/07/17

### Calcoli della fase di taglio

Provino n. 1						Provino n. 2						Provino n. 3					
$\Delta_H$	$\Delta_X$	$\tau$	$\Delta_H$	$\Delta_X$	$\tau$	$\Delta_H$	$\Delta_X$	$\tau$	$\Delta_H$	$\Delta_X$	$\tau$	$\Delta_H$	$\Delta_X$	$\tau$	$\Delta_H$	$\Delta_X$	$\tau$
[mm]	[mm]	[kPa]	[mm]	[mm]	[kPa]	[mm]	[mm]	[kPa]	[mm]	[mm]	[kPa]	[mm]	[mm]	[kPa]	[mm]	[mm]	[kPa]
0,000	0,00	0,0	-0,044	4,94	23,9	0,000	0,00	0,0	-0,149	5,02	54,4	0,000	0,00	0,0	-0,191	4,95	98,1
-0,008	0,05	13,1	-0,044	5,04	23,6	0,004	0,07	25,8	-0,147	5,12	54,2	-0,007	0,07	36,4	-0,191	5,05	98,3
-0,013	0,12	15,6	-0,044	5,14	23,9	-0,002	0,16	36,4	-0,147	5,22	54,2	-0,024	0,14	57,2	-0,191	5,15	98,6
-0,020	0,21	18,1	-0,043	5,24	23,6	-0,019	0,26	38,6	-0,145	5,32	53,9	-0,037	0,23	67,2	-0,191	5,25	98,6
-0,029	0,31	19,4	-0,043	5,34	23,6	-0,034	0,36	41,1	-0,148	5,42	54,2	-0,045	0,32	73,6	-0,191	5,35	100,3
-0,034	0,41	20,0	-0,043	5,44	23,6	-0,049	0,47	43,3	-0,148	5,52	53,9	-0,060	0,42	76,7	-0,192	5,45	98,9
-0,036	0,52	20,8	-0,042	5,54	23,9	-0,059	0,57	45,6	-0,148	5,62	54,2	-0,075	0,52	80,6	-0,192	5,55	99,7
-0,039	0,62	21,1	-0,042	5,64	24,2	-0,075	0,67	47,2	-0,148	5,73	54,4	-0,090	0,62	82,8	-0,192	5,65	98,6
-0,044	0,72	21,9	-0,042	5,74	24,4	-0,085	0,77	49,7	-0,148	5,83	53,9	-0,108	0,72	84,4	-0,192	5,75	100,3
-0,045	0,82	21,9	-0,041	5,85	23,3	-0,093	0,87	50,6	-0,149	5,93	53,3	-0,121	0,82	85,8	-0,192	5,84	98,9
-0,045	0,91	22,2	-0,040	5,95	23,6	-0,101	0,97	51,9	-0,147	6,03	53,3	-0,128	0,92	86,9	-0,192	5,94	99,7
-0,044	1,01	22,5	-0,039	6,06	23,9	-0,110	1,07	52,5	-0,150	6,14	53,1	-0,134	1,02	88,6	-0,192	6,05	98,3
-0,043	1,11	22,8	-0,039	6,16	23,9	-0,120	1,17	53,1	-0,145	6,24	53,1	-0,139	1,12	90,6	-0,193	6,15	98,9
-0,044	1,20	23,3	-0,038	6,27	24,2	-0,128	1,27	53,6	-0,145	6,34	53,1	-0,144	1,22	91,4	-0,193	6,25	98,3
-0,043	1,30	23,3	-0,038	6,38	24,4	-0,134	1,37	54,2	-0,143	6,44	52,5	-0,148	1,32	92,5	-0,194	6,35	99,2
-0,043	1,40	23,9	-0,038	6,48	23,9	-0,137	1,47	53,9	-0,143	6,55	52,8	-0,152	1,42	93,3	-0,194	6,45	97,5
-0,043	1,50	23,9	-0,038	6,58	23,6	-0,142	1,57	54,4	-0,143	6,65	52,8	-0,155	1,52	94,2	-0,194	6,55	97,5
-0,042	1,60	23,6	-0,038	6,69	24,4	-0,143	1,67	54,4	-0,143	6,75	52,8	-0,159	1,62	94,7	-0,195	6,65	97,5
-0,046	1,70	23,6	-0,038	6,79	24,2	-0,143	1,77	54,7	-0,145	6,85	52,8	-0,163	1,72	95,3	-0,195	6,75	99,2
-0,050	1,80	24,4	-0,037	6,89	24,7	-0,145	1,87	54,7	-0,144	6,96	53,6	-0,165	1,82	96,1	-0,195	6,86	98,1
-0,047	1,90	23,3	-0,038	6,98	24,2	-0,148	1,97	54,4	-0,142	7,06	53,9	-0,168	1,92	96,7	-0,195	6,96	98,9
-0,042	2,00	23,6	-0,038	7,08	24,4	-0,149	2,07	54,7	-0,142	7,16	53,6	-0,172	2,02	97,2	-0,195	7,06	99,2
-0,042	2,11	23,6	-0,038	7,18	23,9	-0,151	2,18	54,4	-0,143	7,26	53,9	-0,173	2,12	97,5	-0,195	7,16	97,8
-0,042	2,22	24,2	-0,039	7,27	23,6	-0,150	2,28	54,2	-0,143	7,37	53,6	-0,177	2,21	98,1	-0,195	7,26	99,2
-0,042	2,32	23,9	-0,039	7,37	23,9	-0,151	2,38	54,4	-0,142	7,47	53,3	-0,179	2,32	98,1	-0,195	7,36	99,2
-0,042	2,43	24,4	-0,038	7,47	24,2	-0,151	2,48	54,2	-0,139	7,57	53,6	-0,182	2,42	98,3	-0,194	7,46	98,9
-0,042	2,53	24,7	-0,038	7,57	23,6	-0,152	2,58	53,6	-0,140	7,67	53,9	-0,183	2,52	98,3	-0,194	7,56	98,6
-0,042	2,63	23,9	-0,038	7,67	23,3	-0,151	2,68	53,6	-0,139	7,77	53,9	-0,184	2,63	98,6	-0,194	7,66	98,6
-0,042	2,73	23,9	-0,038	7,77	22,8	-0,152	2,78	53,9	-0,141	7,88	53,6	-0,186	2,73	99,2	-0,194	7,77	99,2
-0,041	2,84	23,9	-0,038	7,87	23,1	-0,152	2,89	53,6	-0,140	7,98	53,9	-0,186	2,83	98,9	-0,194	7,87	98,9
-0,042	2,93	24,7	-0,038	7,97	23,3	-0,150	2,99	53,3	-0,141	8,08	53,9	-0,188	2,93	99,2	-0,194	7,97	99,7
-0,045	3,03	24,4	-0,038	8,08	23,6	-0,151	3,09	53,1	-0,139	8,18	53,6	-0,188	3,03	99,4	-0,194	8,07	98,6
-0,045	3,12	23,9	-0,038	8,18	24,4	-0,152	3,20	53,3	-0,139	8,28	53,6	-0,189	3,13	99,4	-0,194	8,17	100,3
-0,044	3,22	24,2	-0,038	8,29	23,6	-0,149	3,30	53,9	-0,139	8,38	53,3	-0,190	3,23	99,7	-0,194	8,27	98,9
-0,044	3,32	24,7	-0,038	8,39	24,7	-0,151	3,40	54,4	-0,139	8,48	53,9	-0,190	3,33	99,4	-0,194	8,37	99,7
-0,045	3,42	24,7	-0,038	8,49	24,2	-0,150	3,51	53,9	-0,138	8,58	53,6	-0,190	3,43	99,7	-0,195	8,47	98,3
-0,045	3,52	24,4	-0,037	8,60	24,2	-0,151	3,61	54,7	-0,152	3,71	55,0	-0,191	3,53	100,0	-0,195	8,57	98,9
-0,045	3,63	24,7				-0,147	3,83	55,0	-0,191	3,64	99,7	-0,191	3,64	99,7	-0,195	8,67	98,3
-0,045	3,73	24,7				-0,148	3,93	54,7	-0,192	3,74	100,0	-0,192	3,74	100,0	-0,196	8,78	99,2
-0,044	3,83	24,4				-0,148	4,02	55,0	-0,192	3,84	99,7	-0,192	3,84	99,7			
-0,045	3,93	24,4				-0,148	4,12	54,7	-0,192	3,94	99,4	-0,192	3,94	99,4			
-0,044	4,03	24,4				-0,148	4,22	54,4	-0,192	4,04	100,3	-0,192	4,04	100,3			
-0,045	4,14	24,2				-0,149	4,32	54,4	-0,193	4,14	100,0	-0,193	4,14	100,0			
-0,044	4,24	23,9				-0,147	4,42	54,4	-0,193	4,24	99,4	-0,193	4,24	99,4			
-0,044	4,35	24,2				-0,148	4,52	54,7	-0,193	4,34	99,7	-0,193	4,34	99,7			
-0,044	4,45	24,4				-0,148	4,62	54,7	-0,192	4,44	98,9	-0,192	4,44	98,9			
-0,044	4,55	24,7				-0,149	4,72	55,0	-0,192	4,55	98,6	-0,192	4,55	98,6			
-0,044	4,65	24,4				-0,148	4,82	54,7	-0,192	4,65	99,4	-0,192	4,65	99,4			
-0,044	4,75	24,2				-0,148	4,92	54,7	-0,192	4,75	99,2	-0,192	4,75	99,2			
-0,044	4,85	23,9				-0,148	4,92	54,7	-0,192	4,85	98,3	-0,192	4,85	98,3			

Note:

Lo sperimentatore  
Dott. Luca Bibini

Pagina 2 di 2

Il direttore del laboratorio  
Dott. Geol. Ermanno Librandi

[MOD. MG 08/03/02 r.0]

Il presente Documento si compone di pagine: 2

Committente: **STRATI INDAGINI GEOGNOSTICHE s.a.s.**  
 Progetto/Opera: **OPERE CONSOLIDAMENTO COLLE DELL'INFINITO**  
 Località prelievo campioni: **RECANATI (MC) - COLLE DELL'INFINITO**  
 Sondaggio n.: **1** Data di prelievo: **28/06/17**  
 Campione n.: **C1** Profondità di prelievo: da m **3,40** a m **3,60**  
 Tipo di contenitore: **Sacchetto in plastica**

## PROVA DI TAGLIO DIRETTO (Valori di picco)

(UNI CEN ISO/TS 17892-10)

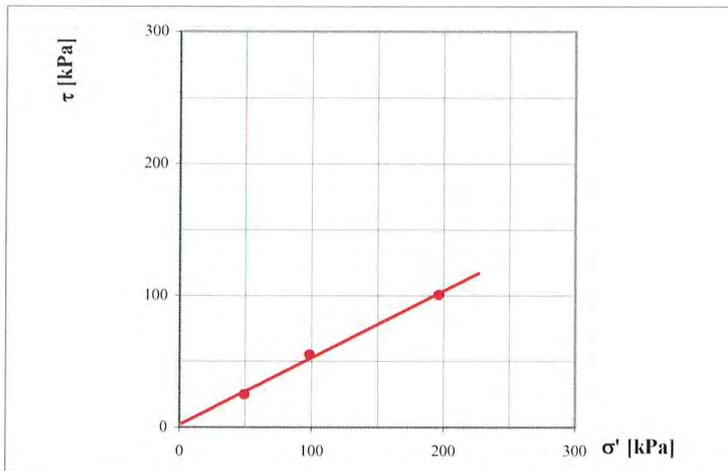
Attrezzature utilizzate:	Modello	Matricola
Macchina digitale per prove di taglio diretto Tecnotest	T 665/010	N. 98015

Posizione provini nel camp.: -  
 Metodo di preparaz. provini: Ricostituiti.  
 Data della prova da: 13/07/17 a: 19/07/17

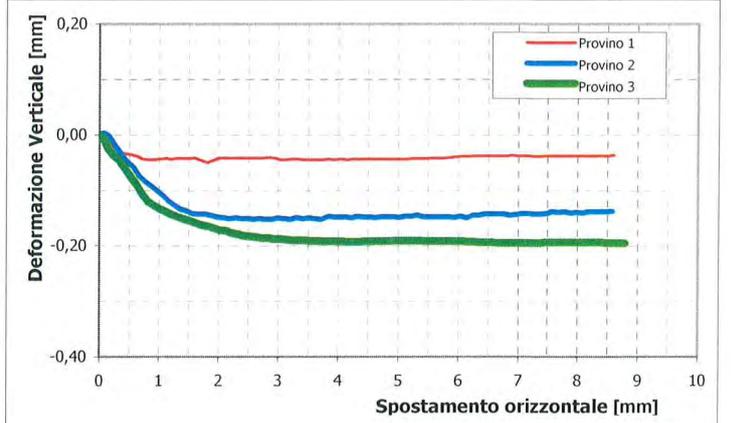
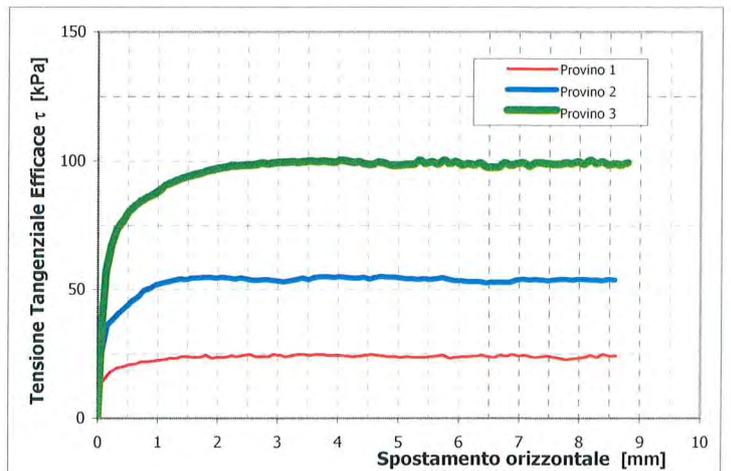
CARATTERISTICHE INIZIALI					
Provino		1	2	3	
Lato	L	60,0	60,0	60,0	[mm]
Altezza	H <sub>0</sub>	20,0	20,0	20,0	[mm]
Area	A	3600	3600	3600	[mm <sup>2</sup> ]
Contenuto in acqua	w	6,6	7,0	6,4	%
Massa volumica	ρ	1,39	1,38	1,40	[Mg/m <sup>3</sup> ]
Massa volumica secca	ρ <sub>d</sub>	1,30	1,29	1,32	[Mg/m <sup>3</sup> ]
Indice dei vuoti	e <sub>0</sub>	1,003	1,023	0,977	-
Grado di saturazione	S <sub>r0</sub>	17	18	17	%

**Massa volumica dei granuli:** ρ<sub>s</sub> = 2,61 [Mg/m<sup>3</sup>]  
 Valore determinato [Metodo del picnometro]

MODALITA' DI PROVA		
Scatola	Condizione	
<input checked="" type="checkbox"/> quadrata	<input type="checkbox"/> circolare	<input checked="" type="checkbox"/> sommersa
		<input type="checkbox"/> asciutta
Velocità di deformazione	0,005	mm/min.
Tensione normale provino n. 1	49,0	[kPa]
Tensione normale provino n. 2	98,1	[kPa]
Tensione normale prpvino n. 3	196,1	[kPa]



$\phi' = 26,85$ gradi $c' = 2,08$ kPa
--



Osservazioni: -

**Dati dichiarati nella richiesta di prove:**

Committente: **STRATI INDAGINI GEOGNOSTICHE s.a.s.**  
 Progetto/Opera: **OPERE CONSOLIDAMENTO COLLE DELL'INFINITO**  
 Località prelievo campioni: **RECANATI (MC) - COLLE DELL'INFINITO**

Sondaggio n.: **2** Data di prelievo: **28/06/17**  
 Campione n.: **C2** Profondità di prelievo: da m **10,10** a m **10,30**

## SCHEDA CAMPIONE

Tipo di perforazione (dichiarata):	<b>Carotaggio continuo</b>
Tipo contenitore:	<b>Sacchetto in plastica</b>
Data di apertura del campione:	<b>12/07/17</b>
Classe di Qualità:	<b>2</b>

SINTESI DELLE CARATTERISTICHE FISICHE E VOLUMETRICHE			
Contenuto in acqua	$W_n$	%	-
Massa volumica granuli solidi	$\rho_s$	[Mg/m <sup>3</sup> ]	<b>2,59</b>
Massa volumica naturale	$\rho_n$	[Mg/m <sup>3</sup> ]	-

**Prove eseguite**

- |  |          |
|--|----------|
| 1) Apertura campione rimaneggiato          | 5) _____ |
| 2) Descrizione ed identificazione campione | 6) _____ |
| 3) Massa volumica dei granuli solidi       | 7) _____ |
| 4) Granulometria per sedimentazione        | 8) _____ |

**DESCRIZIONE**

Sabbie limose, debolmente argillose, marrone chiaro ( 2,5Y 6/4 ) con rari ciottoli millimetrici.

**foto del campione**


Note:

Il direttore del laboratorio  
 Dott. Geol. *Ermanno Librandi*



**technogeo s.r.l**

Via Cluana, 10 - 62010 MONTECOSARO (MC)

Tel. 0733/566421 (n.2 linee r.a.)

Fax 0733 864161

Partita IVA e Codice Fiscale 00361380439

C.C.I.A.A. Macerata 85918

**LABORATORIO PROVE GEOTECNICHE**

Autorizzazione n. 8084 del 10/09/10, per l'esecuzione e certificazione di prove su terre (Settore A) ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n. 380/2001. (Estensioni: Taglio torsionale, Prova di piastra, Prova di densità in sito, Prova di carico su pali, Prova CBR in sito).

Web: www.technogeo.it - e-mail: laboratorio@technogeo.it

A.L.I.G. - ASSOCIAZIONE LABORATORI DI INGEGNERIA E GEOTECNICA

**Certificato N. 111 /1 del 19/07/17**

Verbale d'accettazione N 107/GT del 07/07/17

**Dati dichiarati nella richiesta di prove:**

Committente: **STRATI INDAGINI GEOGNOSTICHE s.a.s.**  
Progetto/Opera: **OPERE CONSOLIDAMENTO COLLE DELL'INFINITO**  
Località prelievo campioni: **RECANATI (MC) - COLLE DELL'INFINITO**  
Sondaggio n.: **2** Data di prelievo: **28/06/17**  
Campione n.: **C2** Profondità di prelievo: da m **10,10** a m **10,30**  
Tipo di contenitore: **Sacchetto in plast**

**MASSA VOLUMICA DEI GRANULI SOLIDI  
(UNI CEN ISO/TS 17892-3)  
(Metodo del picnometro)**

Data della prova da: **13/07/17** a: **14/07/17**

$m_0$	Massa del picnometro asciutto	[g]	39,134
$m_1$	Massa del picnometro riempito con sola acqua distillata	[g]	142,145
$m_2$	Massa del picnometro e del provino di terreno secco	[g]	101,877
$m_3$	Massa del picnometro con acqua distillata e provino di terreno saturato	[g]	180,764
$m_4$	Massa del provino di terreno secco	[g]	62,743
$\rho_{w,1}$	Densità dell'acqua distillata alla temperatura di prova	[Mg/m <sup>3</sup> ]	0,99568
$\rho_s$	<b>Massa volumica dei granuli solidi</b>	[Mg/m <sup>3</sup> ]	<b>2,59</b>

Note:

Lo sperimentatore  
Dott. Luca Bibini

Il direttore del laboratorio  
Dott. Geol. Ermanno Librandi



### Dati dichiarati nella richiesta di prove:

Committente: **STRATI INDAGINI GEOGNOSTICHE s.a.s.**  
 Progetto/Opera: **OPERE CONSOLIDAMENTO COLLE DELL'INFINITO**  
 Località prelievo campioni: **RECANATI (MC) - COLLE DELL'INFINITO**  
 Sondaggio n.: **2** Data di prelievo: **28/06/17**  
 Campione n.: **C2** Profondità di prelievo: da m **10,10** a m **10,30**  
 Tipo di contenitore: **Sacchetto in plastica**

## DETERMINAZIONE DELLA DISTRIBUZIONE GRANULOMETRICA PER SETACCIATURA E SEDIMENTAZIONE (UNI CEN ISO/TS 17892-4)

Data della prova da: 12/07/17 a: 14/07/17

SETACCIATURA	Setacci ISO	Trattenuto	Passante
	[mm]	[g]	%
	-	-	-
	-	-	-
	-	-	-
	-	-	-
	-	-	-
	-	-	-
	8,00	0,00	100,0
	6,30	1,03	99,5
	4,00	0,93	99,1
	2,00	1,84	98,2
	1,00	3,61	96,5
	0,500	2,89	95,2
	0,250	3,13	93,7
	0,125	48,77	70,9
	0,063	76,39	35,2

SEDIMENTAZIONE (Met. densimetrico)	Diametro equivalente dei grani	Passante
	[mm]	%
	0,0590	32,8
	0,0430	29,0
	0,0309	26,7
	0,0221	25,2
	0,0159	22,9
	0,0084	18,3
	0,0060	16,0
	0,0043	14,5
	0,0022	9,9
	0,0013	6,9
	-	-
	-	-
	-	-
	-	-

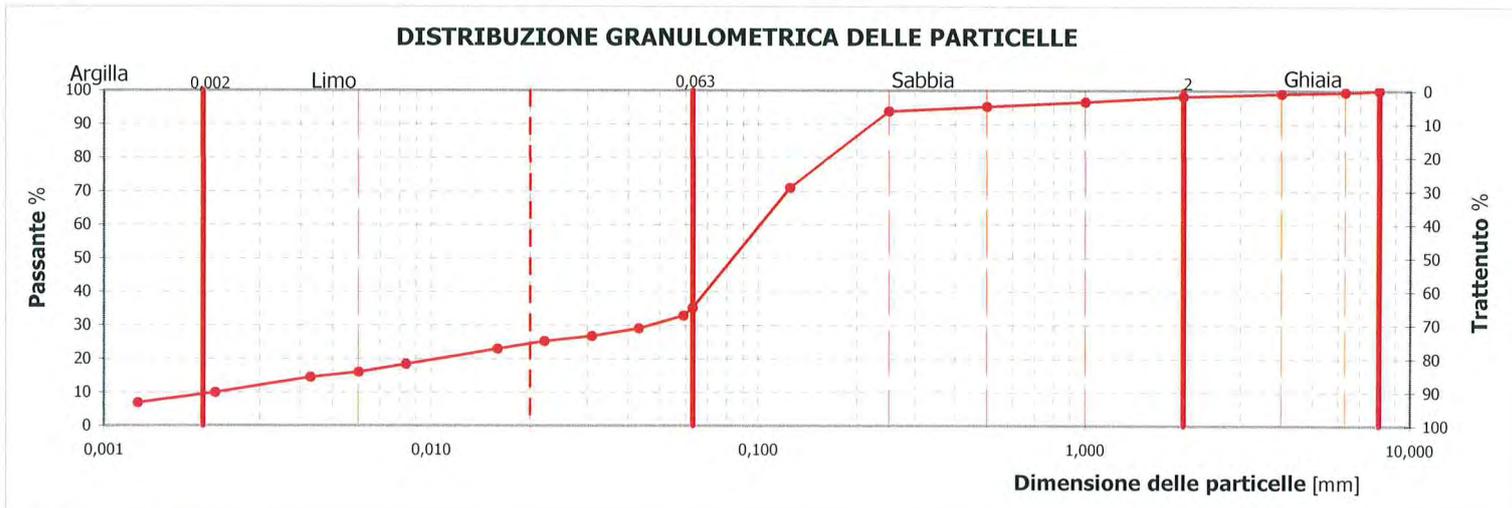
Densimetro tipo ASTM - AASHTO N° 151 H

<b>Massa secca provino</b>	[g]	<b>213,75</b>
----------------------------	-----	---------------

<b>MASSA VOLUMICA DEI GRANULI SOLIDI <math>\rho_s</math></b>		
<input type="checkbox"/> Valore assunto	<b>2,59</b>	[Mg/m <sup>3</sup> ]
<input checked="" type="checkbox"/> Valore determinato (Metodo del picnometro)		

Metodo usato:

- umido  
 asciutto



Note:

Lo sperimentatore  
 Dott. Luca Bibini

Il direttore del laboratorio  
 Dott. Geol. Ermanno Librandi

**Geo-sondaggi Snc**

**Indagini geofisiche e  
prove penetrometriche  
Statiche e Dinamiche**

Monte San Giusto (MC) - Via Campiglia 25  
Tel.0733/53663 - 3293126576 - 3292955106  
Fax 0733/4431173  
e-mail: [geosondaggi@yahoo.it](mailto:geosondaggi@yahoo.it)

Lavoro:

**INDAGINE SISMICA MEDIANTE METODOLOGIA MASW PER  
LA CARATTERIZZAZIONE DELLE VS IN LOCALITA' RECANATI  
(MC)**

Geologo: Andrea Paoletti

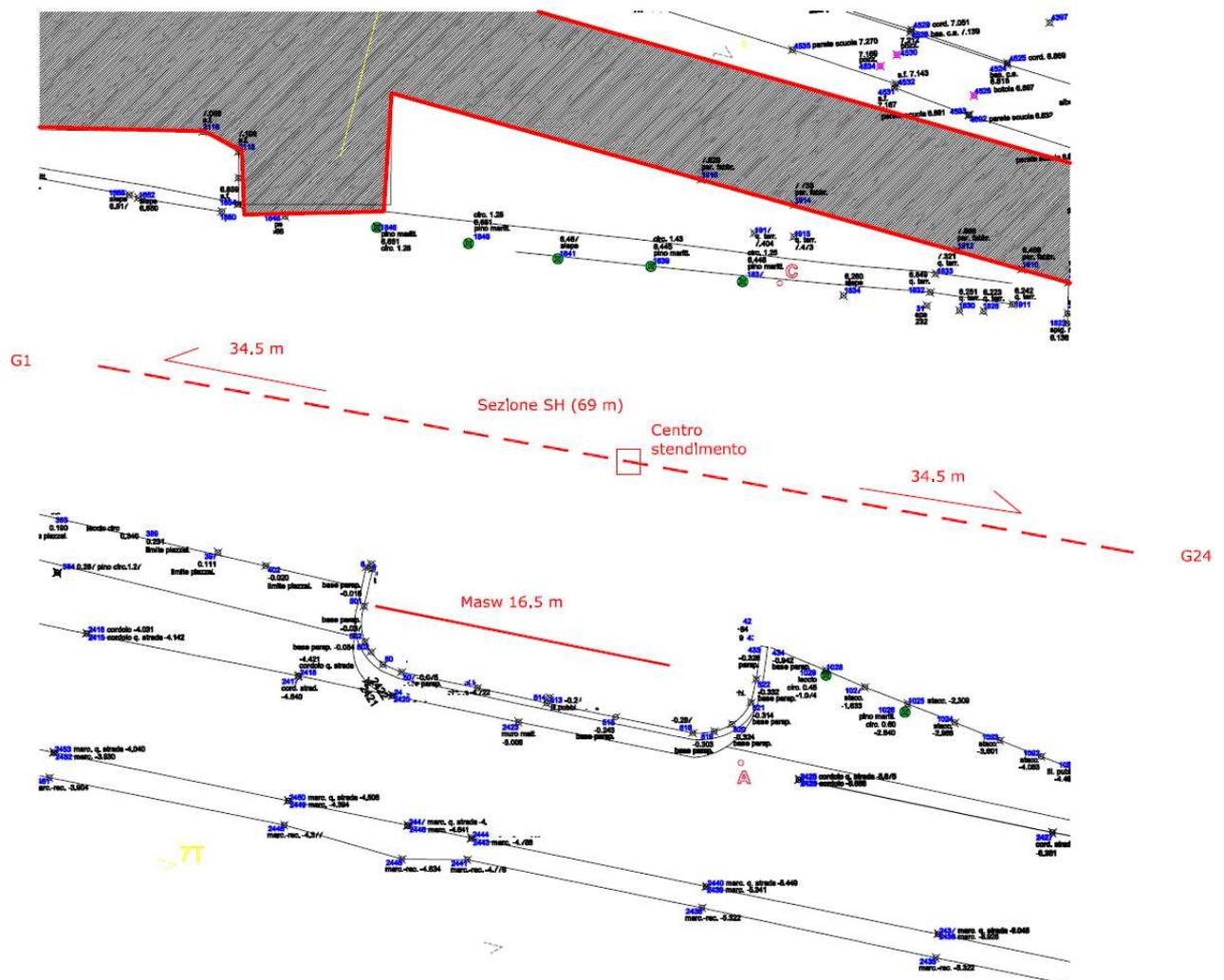
Data di consegna: 10 Luglio 2017

**GEO-SONDAGGI**  
di Gualtieri Carlo e Venanzi Sandro S.n.c.  
C.da Campiglia Bassa, 25  
62015 Monte San Giusto - MC  
P.IVA 01738660438

Esecuzione ed  
Elaborazione: **Dott. Geol. Carlo Gualtieri**

# GEOSONDAGGI

<b>TIPO DI INDAGINE:</b>	Indagine sismica <b>MASW</b> per la caratterizzazione delle Vs30. Direttive del D.M. del 14 gennaio 2008.
<b>LAVORO:</b>	
<b>COMMITTENTE:</b>	Geol. Andrea Paoletti
<b>LOCALITA':</b>	Giardini adiacenti al Viale Colle dell'Infinito - Recanati (MC)



<b>DATI TECNICI MASW componente THF</b>	
<b>STRUMENTAZIONE:</b>	SISMOGRAFO PASI GEA 12 canali ad accumulabilità di impulsi. La registrazione dei sismogrammi avviene in forma digitale.
<b>GEOFONI:</b>	A componente orizzontale con frequenza 4.5 Hz.
<b>LUNGHEZZA STENDIMENTO:</b>	Stendimento rettilineo MASW da 16.5 metri diretto lungo la stessa quota.
<b>SPAZIATURA INTERGEOFONICA:</b>	1.5 metri.
<b>TIPO DI ENERGIZZAZIONE:</b>	Massa battente da 10 Kg ai lati di una trave ancorata al terreno.
<b>MODALITA' DI ENERGIZZAZIONE:</b>	1 colpo a 3.0 m sia dal geofono 1.
<b>INIZIO REGISTRAZIONE:</b>	Il segnale di inizio registrazione, viene inviato allo strumento nel momento dell'energizzazione da un sensore (trigger) posto sulla massa battente.

<b>SISMOSTRATIGRAFIA (stima vs fino a 10 m)</b>				
	<b>Vs e Vp</b>	<b>Profondità</b>	<b>Moduli elastici</b>	
<b>Sismostrato1</b>	S: 130 - 170 m/s  Vp stimata 400 m/s	Da 0 a -2.5/- metri circa	Parametri stimati  <b>Vp/Vs</b> =2.4 - 2.8 <b>E</b> = 1000 -1500Kg/cm <sup>2</sup> <b>G</b> = 300 - 500Kg/cm <sup>2</sup> <b>σ</b> = 0.4 - 0.43 <b>K</b> = 2000-3000Kg/cm <sup>2</sup>	
<b>Sismostrato2</b>	S:320 - 370 m/s  Vp stimata 900 - 1200 m/s	Da -2.5 a - 5.0 metri circa	Parametri stimati  <b>Vp/Vs</b> =2.4 - 3.5 <b>E</b> = 6500 -8000Kg/cm <sup>2</sup> <b>G</b> = 2000 - 3000Kg/cm <sup>2</sup> <b>σ</b> = 0.41 - 0.45 <b>K</b> = 12000-27000Kg/cm <sup>2</sup>	
<b>Sismostrato3</b>	S:500 - 600 m/s  Vp stimata 1200 - 1400 m/s	Da -5.0 metri circa	Parametri stimati  <b>Vp/Vs</b> =2.0- 2.6 <b>E</b> = 15000 -20000Kg/cm <sup>2</sup> <b>G</b> = 6000 - 7000Kg/cm <sup>2</sup> <b>σ</b> = 0.36 - 0.41 <b>K</b> = 20000-35000Kg/cm <sup>2</sup>	
<p><b>Parametri elastici dinamici:</b> <b>E</b>: Modulo di Young, <b>G</b>: modulo di taglio, <b>K</b>: Modulo di incompressibilità, <b>Vp/Vs</b>: rapporto velocità onde S/onde P, <b>σ</b>: modulo di poisson, <b>Ed</b>: Modulo edometrico medio a piccole deformazioni. Per il calcolo dei parametri elastici dinamici sono stati utilizzati valori indicativi di peso di volume compresi tra 1980 e 2100 Kg/m<sup>3</sup>.</p>				

## CALCOLO Vs30

In riferimento al Testo Unico-Norme Tecniche per le costruzioni secondo le Direttive del D.M. del 14 gennaio 2008, sono stati ricavati dei coefficienti medi di **Vs30** entro 30 metri di profondità dati da:

$$V_{s30} = \frac{30}{\sum_{(i,n)} \frac{h_i}{V_i}}$$

Dove  $h_i$  e  $V_i$  indicano lo spessore in metri e la velocità delle onde di taglio dello strato  $i$ -esimo, per un totale di  $N$  strati presenti nei 30 metri superiori.

Tale parametro è necessario per la definizione delle CATEGORIE DI SUOLO DI FONDAZIONE.

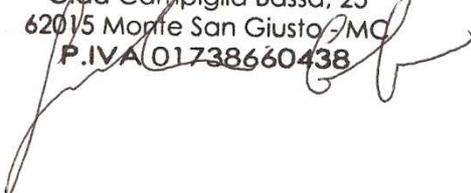
Per la **MASW**, si ricava un coefficiente **Vs30 da piano campagna di 564 m/s.**

Monte San Giusto, 10 Luglio 2017

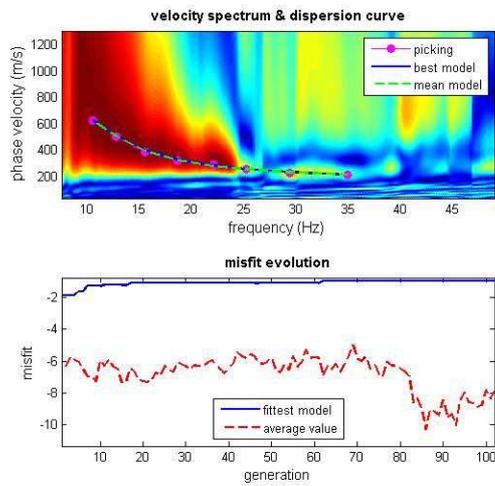
Elaborazione: **Dott. Carlo Gualtieri**

### GEO-SONDAGGI

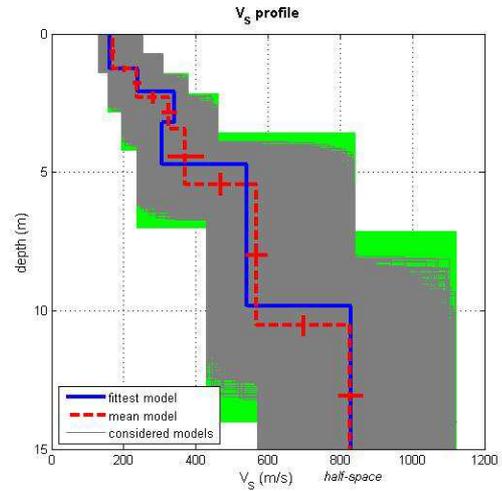
di Gualtieri Carlo e Venanzi Sandro S.n.c.  
C.da Campiglia Bassa, 25  
62015 Monte San Giusto (MC)  
P.IVA 01738660438



## Elaborazione tramite inversione

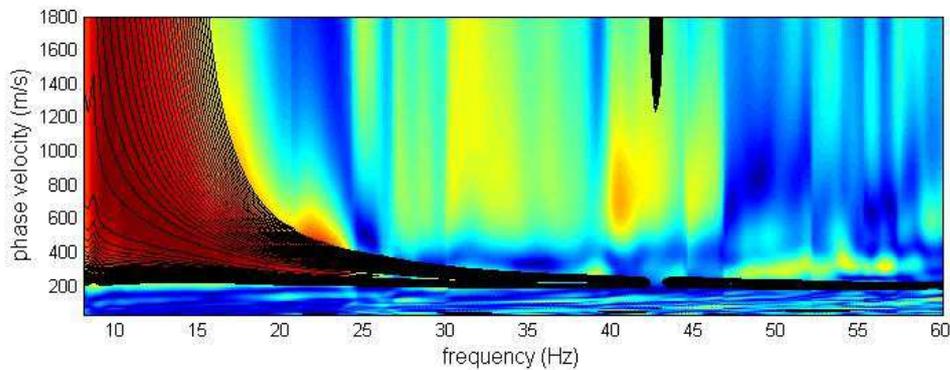
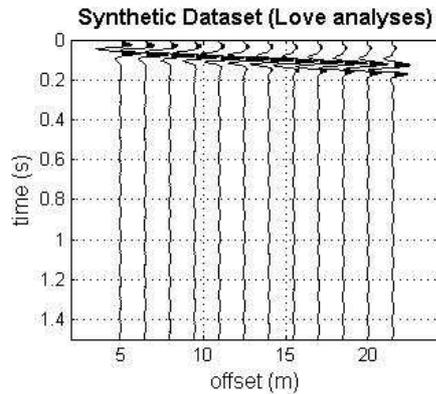
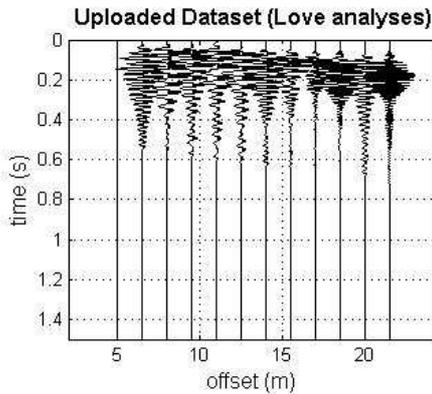


[www.wlmasw.com](http://www.wlmasw.com)



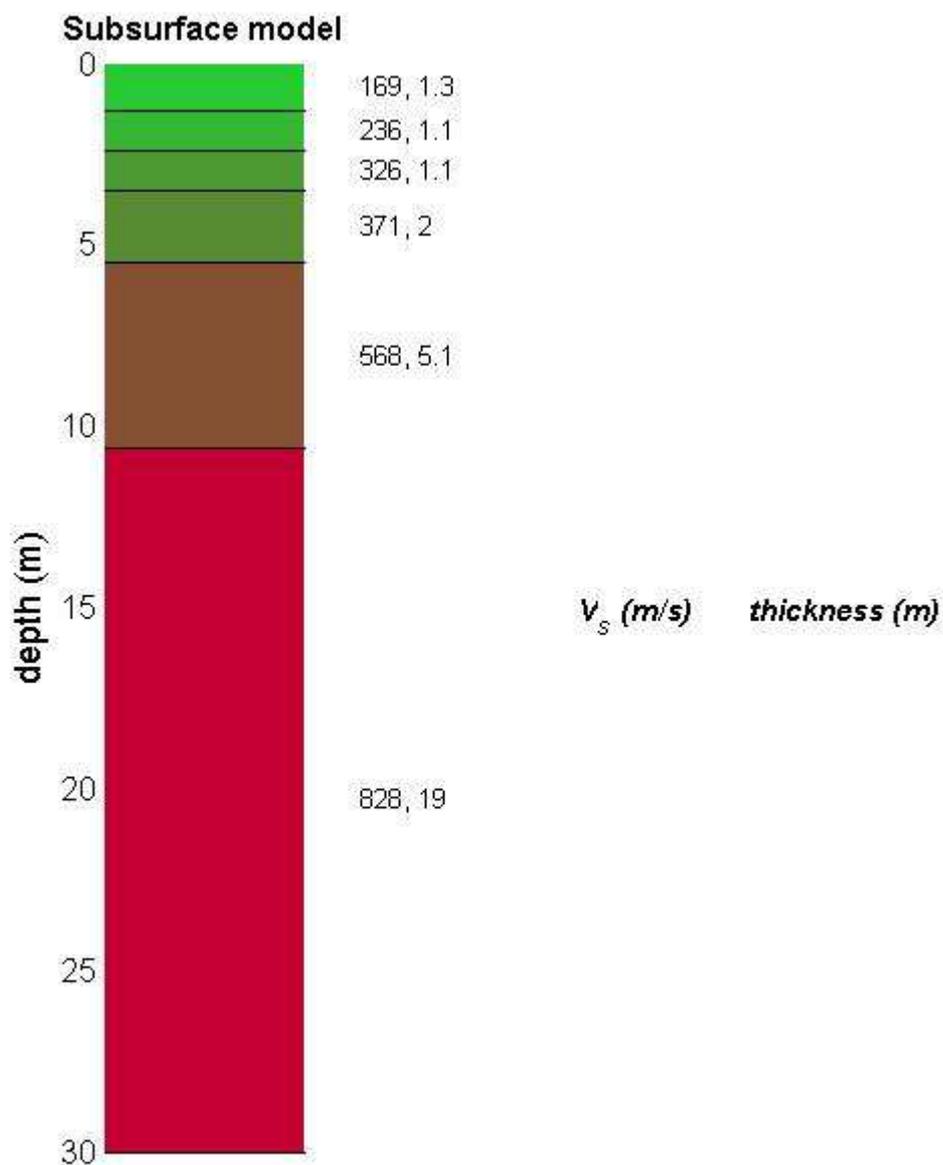
dataset: masw2.dat  
 dispersion curve: 1.cdp  
 $V_{s30}$  (best model): 564 m/s  
 $V_{s30}$  (mean model): 564 m/s

## Elaborazione full velocity spectrum inversion



Numero di sensori utilizzati:24  
 Durata di registrazione:1000 ms  
 Passo di campionamento: 250  $\mu$ s

### Sismostratigrafia risultante (prof. Attendibile 10 m)



**Geo-Sondaggi snc**

**Indagini geofisiche e  
prove penetrometriche  
Statiche e Dinamiche**

Monte San Giusto (MC) - Via Campiglia 25  
Tel.0733/53663 - 3293126576 - 3292955106  
Fax 0733/4431173  
e-mail: [geosondaggi@yahoo.it](mailto:geosondaggi@yahoo.it)

Lavoro:

**INDAGINE SISMICA MEDIANTE SISMICA A RIFRAZIONE IN  
ONDE SH PER LA RICOSTRUZIONE DELLA STRATIGRAFIA IN  
LOCALITA' RECANATI - COLLE DELL'INFINITO**

Geologo responsabile: *Andrea Paoletti*

Data di consegna: 10 Luglio 2017

**GEO-SONDAGGI**  
di Gualtieri Carlo e Venanzi Sandro S.n.c.  
C.da Campiglia Bassa, 25  
62015 Monte San Giusto MC  
P.IVA 01738660438

Esecuzione ed  
Elaborazione: **Dott. Geol. Carlo Gualtieri**

## **INDICE**

1. Introduzione.....	pag.	3.
2. Cenni teorici e metodologie di elaborazione.....	pag.	4.
3. Metodologia.....	pag.	11.
4. Interpretazione delle indagini – SISMOSTRATI –.....	pag.	12.

### **Appendice**

Planimetria  
Dromocrone

### **Allegato**

Sezione sismica SH

## **1. INTRODUZIONE**

Su incarico del Geologo Andrea Paoletti, la ditta Geo-sondaggi Snc è stata incaricata di effettuare indagini di sismica a rifrazione in onde SH presso i giardini adiacenti al Viale Colle dell'Infinito, Comune di Recanati (MC).

Lo scopo delle indagini è definire il modello sismico del sottosuolo mediante una sezione sismo-stratigrafica interpretativa.

L'indagine sismica è stata realizzata utilizzando la seguente metodologia:

- Stendimento di sismica a rifrazione in onde SH ed elaborazione con metodo delaytime e con tecnica tomografica.

Il profilo sismico è stato ubicato come da Planimetria (Appendice).

Si è utilizzato un sismografo Pasi 16S a 24 canali ad accumulabilità di impulsi e registrazione digitale.

Le energizzazioni di taglio sono state prodotte battendo con una mazza da 10 Kg sugli estremi di una trave ancorata al terreno.

L'indagine ad onde SH è consistita nell'esecuzione di 1 stendimento sismico della lunghezza di 69.0 m, secondo la direttrice G1-G24 con spaziatura intergeofonica di 3.0 m.

Le modalità d'esecuzione dell'indagine ed i risultati ottenuti sono descritti nei paragrafi seguenti.

La sezione sismostratigrafica prodotta è riportata in appendice.

## 2. CENNI TEORICI e METODOLOGIE DI ELABORAZIONE

L'indagine mediante sismica a rifrazione si basa sul principio della rifrazione delle onde elastiche longitudinali P o di compressione, generate da una qualsiasi sorgente. Nel momento in cui un'onda sismica incontra una superficie di separazione tra due corpi con differenti proprietà elastiche, la sua energia è parzialmente riflessa e parzialmente rifratta nel secondo mezzo. In sintesi tale metodologia è basata sulla misurazione dei tempi di arrivo delle onde P che sono registrati da appositi sensori (geofoni) posti a distanze note sulla superficie del suolo. L'istante di tempo in cui avviene l'energizzazione è il tempo 0, più precisamente il tempo in cui parte l'intera registrazione. Per calcolare le velocità e le profondità dei sismostrati dove le onde sono rifratte si utilizzano differenti metodologie di elaborazione, ciascuna delle quali interpreta alla propria maniera i valori dei sismogrammi ottenuti.

I concetti base che governano la rifrazione delle onde sismiche sono gli stessi dell'ottica geometrica e, a grande distanza dalla sorgente, l'approssimazione dei percorsi dei raggi dell'onda è ugualmente valida. La sismica a rifrazione è regolata dalla legge generale di Snell:

$$\sin i/V_{p,s} = \sin r/V_{p1,s1}, \text{ con}$$

$i$  = angolo del raggio incidente

$i_c$  = angolo del raggio incidente critico

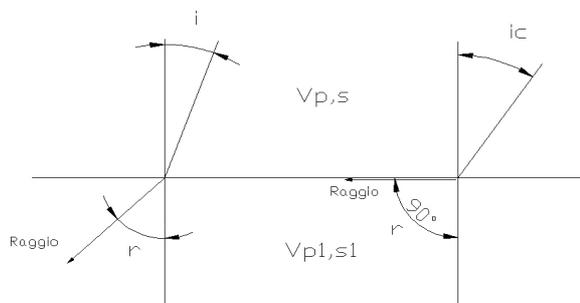
$r$  = angolo del raggio rifratto

$V_{p,s}$  = velocità dell'onda P o S nel primo mezzo

$V_{p1,s1}$  = velocità dell'onda P o S nel secondo mezzo

L'incidenza critica accade quando  $r=90^\circ$ ,  $\sin i_c = V_{p,s}/V_{p1,s1}$ .

Come caposaldo inoltre si stabilisce che nella porzione di terreno da indagare i parametri elastici del sottosuolo sono sufficientemente diversi tra loro e che le velocità delle onde siano sempre crescenti con la profondità.



## Metodo delle intercette

Consideriamo il caso più semplice di due strati con velocità dell'onda  $V_1$  e  $V_2$ , ( $V_2 > V_1$ ), separati da un'interfaccia orizzontale alla profondità  $h_1$ . Partendo da una sorgente  $S$  l'onda sismica si muoverà in tutte le direzioni. Tra le varie onde ce n'è una che incontrerà l'interfaccia con un angolo critico  $i_c$ , dato da  $\sin^{-1}(V_1/V_2)$ ; l'onda viaggerà con velocità  $V_2$  lungo la superficie di separazione tra i due strati per poi emergere verso la superficie, sempre con lo stesso angolo di incidenza  $i_c$ .

Sulla base di tale principio si può applicare alla pratica quanto illustrato finora: su un grafico distanza ( $x$ ) - tempo ( $y$ ) si proiettano i primi arrivi delle onde rifratte, misurati su ciascun geofono disposto lungo lo stendimento sismico. Come illustrato nel grafico (figura 1), i primi arrivi delle onde dirette saranno rappresentati da una linea retta con pendenza  $1/V_1$ , mentre quelli provenienti dallo strato 2, saranno anche loro linee dritta ma con pendenza  $1/V_2$ .

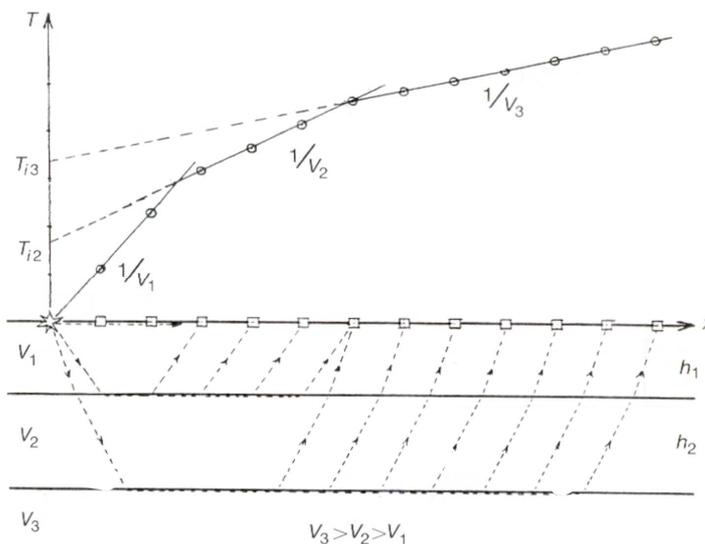


Figura 1

Ciascuna retta prolungata intercetterà, nell'asse dei tempi, un tempo  $T_i$  detto tempo intercetta. Dal grafico è possibile, tramite l'analisi delle rette tempo/distanza e dei tempi intercetta  $T_i$  di ogni strato, calcolare le profondità  $h$  dell'interfaccia sotto ogni punto di scoppio secondo la seguente equazione:

$$h = T_i / 1/2\sqrt{(V_2^2 - V_1^2)}/V_1V_2$$

La profondità può essere anche calcolata mediante la distanza di crossover: essa è lo spazio lineare sul profilo che intercorre tra il punto di scoppio e il punto in cui il primo arrivo dato dal raggio dell'interfaccia intercettata con velocità  $V_2$  risale in superficie. Tale metodo può essere esteso alle situazioni multistrato, assumendo sempre velocità crescenti verso il basso. Si può valutare inoltre l'inclinazione degli strati effettuando spari opposti e intermedi allo stendimento (figura 2).

Questo è un metodo che viene utilizzato per semplici geometrie degli strati, interfacce orizzontali o debolmente inclinate, con cui viene data una prima approssimazione delle geometrie dei vari rifrattori.

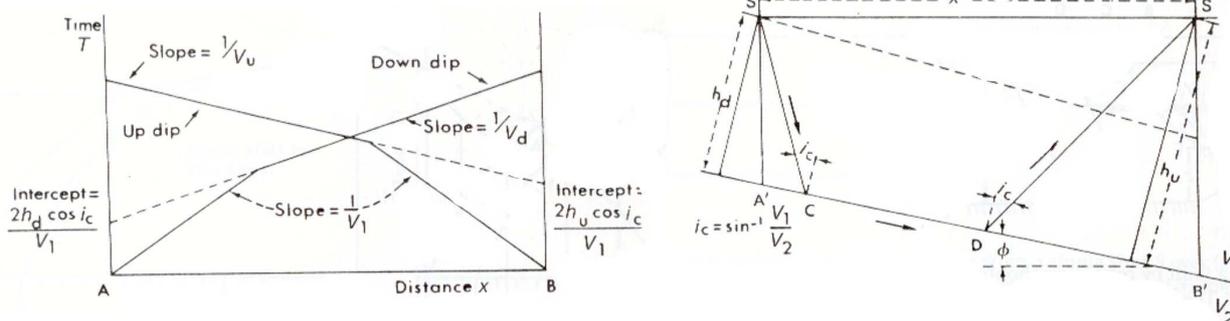


Figura 2

Oltre a questa metodologia ve ne sono altre più complesse, descritte brevemente di seguito, che sono utilizzate per ottenere un maggior dettaglio e precisione e per ricostruzioni dei rifrattori con morfologie più articolate.

### Metodi reciproci

Quando si procede alla mappatura di rifrattori inclinati o irregolari con pendenze non uniformi, le linee (dromocrone) tempo-distanza non saranno più dritte ma curve, per questo si procede al metodo della separazione dei tempi di ritardo (metodo plus-minus). Questa tecnica rende più efficace la determinazione della profondità, della forma del rifratore e migliora la determinazione della sua velocità. L'uso di questo metodo richiede l'utilizzo di almeno due speri contigui, posti alle estremità di uno stendimento lineare di geofoni i cui tratti di dromocrona determinati risultino provenire dallo stesso rifratore. Questi metodi possono essere utilizzati anche nei casi multistrato facendo attenzione a scindere i primi arrivi provenienti da un rifratore rispetto a quelli che provengono da altri.

**Metodo plus-minus (t+, t-):** Per mezzo di due o più energizzazioni esterne, si ottengono una curva Plus e una curva Minus date da:

$$T(+) = t_a + t_b - t_{ab} = 2p \cos(i_c) / V_1$$

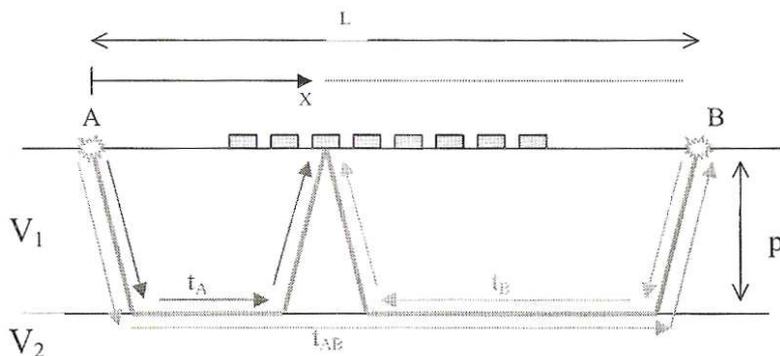
$$T(-) = t_a - t_b - t_{ab} = k + 2x / V_2$$

p; spessore del primo strato che si ricava una volta trovato il termine plus,

$$p = T(+) V_1 / 2 \cos(i_c).$$

V<sub>1</sub>; velocità del nel primo strato calcolato con gli arrivi diretti.

i<sub>c</sub>; angolo critico calcolato secondo la legge di snell ( $i_c = \arcsen V_1 / V_2$ ).



In pratica il termine plus ha lo stesso significato fisico del tempo intercetta e permette di stimare la forma e la profondità del rifratore mentre il coefficiente angolare della retta che unisce i tempi minus serve per ricavare la velocità  $V_2$  del sismostrato intercettato. Nel caso di variazioni laterali di velocità nel rifratore, la curva minus plottata per posizioni successive dei geofoni può mostrare pendenze differenti, da esse possono essere calcolate le velocità locali del rifratore corrispondente ad ogni intervallo  $\Delta x$ .

**Il metodo GRM**, sviluppato da Palmer nel 1980 - 1981, è un procedimento flessibile e potente nell'interpretazione della rifrazione sismica che ben studia le configurazioni irregolari del rifratore e le sue variazioni laterali delle velocità. Il punto di forza di questa tecnica sta proprio nelle variazioni laterali delle velocità. Il metodo utilizza una coppia di geofoni che capta i raggi provenienti dagli spari posti alle estremità lontane degli stendimenti.

Si prendono in esame due geofoni in posizioni  $x$  e  $y$  e a distanza  $xy$  e le due curve:

$$T_1 = \frac{1}{2} (t_{ay} + t_{bx} - t_{ab} - xy/V_2); \quad T_1 = p \cos(ic)/V_1$$

$$T_2 = \frac{1}{2} (t_{ay} - t_{bx} + t_{ab})$$

Si considera la distanza  $y$  come somma di  $x$  e  $xy$  e si riscrivono i tempi rifratti in funzione della variabile  $x$  e  $V_2$ :

$$t_{ay} = k_1 + x/V_2$$

$$t_{bx} = k_2 - x/V_2$$

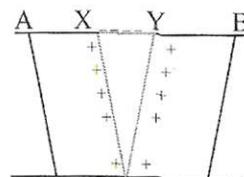
$$t_{ab} = k_3$$

segue: '0o.

$$T_2 = k_4 + x/V_2$$

$P = T_1 V_1 / \cos(ic)$  spessore del primo strato che si ricava una volta trovato il termine  $T_1$ .

Se si tiene conto di un valore di  $xy$  ottimo oltre a calcolare  $p$ , l'equazione  $T_2$  è una retta con pendenza  $m=1/V_2$  e da cui si ricava  $V_2$  (velocità del secondo strato).



Il principale vantaggio di questo metodo è che dà la possibilità di scegliere un valore opportuno di  $xy$  in grado di diminuire le incertezze nel caso di irregolarità del rifratore. Si cerca quindi, studiando le curve  $T_1$  e  $T_2$ , di prendere l' $xy$  ottimale per il quale i primi arrivi

considerati sono relativi a raggi provenienti dallo stesso punto del rifrattore o da una zona localizzata al massimo delle possibilità.

## **Metodo di ottimizzazione per le inversioni dei tempi di primo arrivo.**

La rifrazione tomografica è un'altra tecnica di interpretazione di dati sismici a rifrazione. In questo metodo si usa una griglia di celle e ad ognuna di esse, attraverso calcoli di inversione dei primi arrivi, viene attribuito un valore di velocità; la distribuzione di tali velocità crea un profilo bidimensionale del sottosuolo. Questo specifico calcolo tomografico è stato effettuato con il software seisoPT2D. Il programma di elaborazione consente di ottenere un modello di velocità ottimizzato, utilizzando soltanto i primi tempi di arrivo delle onde e la geometria dello stendimento sismico e, a differenza di altri, non necessita, come informazione iniziale, di una prima ipotesi di struttura del sottosuolo. Il procedimento è utilizzato, oltre che per esplorazioni petrolifere e minerarie, per studiare frane, per valutare la rippabilità delle rocce e per scopi geotecnici. Il procedimento dell'elaborazione informatica è basato su uno schema detto "*generalized simulated annealing optimization*". L'algoritmo esegue e migliora ripetute modellazioni del terreno che sono accettate o respinte sulla base del criterio delle probabilità. Questo presupposto dà la possibilità all'algoritmo di svincolarsi da una non unica soluzione del tempo minimo di viaggio dell'onda e di raggiungere un unico modello ottimizzato della struttura del sottosuolo, basato sulle velocità delle onde. L'algoritmo non fa assunzioni sulla struttura del sottosuolo, può identificare strutture verticali e forti gradienti laterali di velocità, se presenti, e di rilevare situazioni in cui ci sono aumenti graduali di velocità con la profondità.

Il procedimento risulta essere ideale in aree in cui sono presenti variazioni consistenti di velocità e dove la topografia del rifrattore e della superficie topografica è molto irregolare e/o sono presenti strutture articolate in prossimità del piano di campagna. La metodologia assume un carattere determinante soprattutto nei casi in cui non si conosce il modello geologico di partenza. L'utilizzo di dati aggiuntivi non può che migliorare ulteriormente il modello finale calcolato, rendendolo più robusto, se si vuole si può quindi intervenire manualmente nel programma inserendo vincoli precisi.

Lo schema statistico di ottimizzazione, detto "*Monte Carlo*", a differenza della sismica a rifrazione classica, effettuata in genere con un numero limitato di scoppi (generalmente da 5 a 7), necessita di un maggiore numero di punti di energizzazione coniugati, così da avere un'alta molteplicità nei punti della griglia di calcolo che saranno così densi di dati (Common Depth Point). In tal modo si è in grado di ottenere un'immagine ad alta risoluzione dell'immediato sottosuolo. Il calcolo base utilizza una sicura soluzione alle differenze finite dell'equazione eikonale che trasforma i tempi di arrivo in modelli di velocità.

Di seguito si descrive brevemente il metodo di ottimizzazione:

- 1- Calcolo dei i tempi di arrivo verso un modello iniziale. Determinazione dell'errore quadratico minimo  $E_0$ . Per ogni iterazione  $i$  si definisce un errore quadratico minimo, l'errore è dato da una funzione detta "funzione obiettivo":

$$E_i = (1/n)(\sum (t_j^{obs} - t_j^{cal})^2)$$

$n$ : numero di dati osservati

$t_j^{obs}$ : tempi osservati

$t_j^{cal}$ : tempi calcolati

la somma va da  $j=1$  a  $j=n$ .

- 2- Creazione di una perturbazione delle velocità nel modello aggiungendo box con velocità casuali ma costanti, seguite da una lisciatura (*smoothing*) attraverso una mediazione tra celle adiacenti. Durante l'ottimizzazione le celle possono assumere nell'intero modello qualsiasi velocità tra due valori massimo e minimo fissati inizialmente dall'operatore. I limiti scelti a priori costituiscono l'informazione che rende più stabile e robusta l'ottimizzazione. Ulteriori informazioni o vincoli miglioreranno ulteriormente tale stabilità.

- 3- Il nuovo modello è accettato incondizionatamente se l'errore è più piccolo ( $E_1 < E_0$ ), ed è nel contempo subordinato a una probabilità data da:

$$P_c = \exp(-(E_{min} - E_1)^q / DE/T) \text{ quando } E_1 > E_0.$$

$$DE = E_0 - E_1$$

$T$  = fattore temperatura

$q$  = parametro empirico

$E_{min}$  = è il valore della funzione obiettivo al minimo globale

L'accettazione subordinata a modelli con un più grande errore minimo quadratico, consente all'algoritmo di uscire dalla situazione di minimo locale e di continuare la ricerca del minimo globale. Man mano che l'inversione si appresta a raggiungere il suo minimo globale, il fattore  $(E_{min} - E_1)^q$  rende la probabilità di accettare che si cada erroneamente verso un minimo locale tendente a zero.

- 4- Il criterio di convergenza richiede che ci sia, tra elaborazioni successive, differenza tra errori quadratici e che la probabilità di accettare nuovi modelli con errore più grande diventi via via piccolissima. Quest'ultima condizione si ottiene nel momento in cui si raggiunge un grande numero di iterazioni (50.000 o più).

L'*Annealing* provvede a cercare un gruppo di modelli finali con un errore tra loro comparabile. Questo fa sì che si può scegliere il modello che meglio rappresenta la geologia del

sito. Questa proprietà è importante per calcolare le incertezze associate con i modelli di velocità finali. Esperimenti fatti con questo metodo su modelli sintetici hanno mostrato una precisa corrispondenza.

Altra prerogativa importante è che in base ai risultati si tracciano le traiettorie dei raggi, così da separare zone del sottosuolo che sono ben coperte da essi da altre che non lo sono.

Un vantaggio dell'utilizzo dei raggi è che la quota minima raggiunta dai loro percorsi definisce la massima profondità di indagine, mentre con i metodi tradizionali si ha solo una stima di essa. Nei casi in cui ci sono dati insufficienti l'inversione tomografica può generare falsi modelli, per questo si ha bisogno di molteplici spari per avere l'accuratezza del modello.

L'elaborazione tomografica per questo tipo di indagine è stata effettuata con risoluzione media per avere un'idea delle fattezze geologiche principali. Essa è stata poi confrontata con le altre metodologie.

### **3. METODOLOGIA**

#### **Sismica a rifrazione**

La prospezione è stata realizzata con un SISMOGRAFO PASI 16S a 24 canali ad accumulabilità di impulsi, con la registrazione dei sismogrammi in forma digitale ed utilizzando geofoni da 10.0 Hz a componente orizzontale. L'istante di tempo zero, cioè il segnale di inizio registrazione, è stato inviato allo strumento dal geofono starter posto in prossimità di dove avveniva l'energizzazione.

Per l'indagine è stata realizzata una traccia rettilinea da 24 Geofoni posizionati come segue:

- Geofoni disposti a 3.0 m di distanza l'uno dall'altro, per una lunghezza complessiva dell'impianto di 69.0 m.

Le energizzazioni in SH sono state prodotte nelle modalità indicate di seguito:

- 1 endshot a 1.5 metri dal geofono 1, 1 endshot a 1.5 m dal geofono 24, 1 sparo centrale tra i geofoni 12 – 13, 2 spari intermedi tra i geofoni 6-7 e 18-19, 2 spari esterni alla distanza di 30 m da G1 e G24.

Nota: sono state analizzate anche le onde di superficie (love) relative ad una battuta esterna alla stesa. La curva di dispersione con il relativo profilo sismostratigrafico è riportata nello stesso allegato della sezione sismica. L'andamento delle curve di dispersione è perfettamente congruente con le Vs della sezione sh.

## 4. INTERPRETAZIONE DELLE INDAGINI

### 4.1 - SISMOSTRATIGRAFIA ONDE S

I principali sismostrati individuati lungo il profilo G1 - G24 e graficamente rappresentati in appendice, sono i seguenti:

**SISMOSTRATO 1** - questa unità è caratterizzata da velocità Vs comprese tra 250 e 400 m/s. Lo spessore di tale sismostrato (2-4 m) è pressoché costante per tutta la lunghezza del profilo. Sono presenti deboli variazioni laterali di velocità non facilmente risolvibili con questo dettaglio.

**SISMOSTRATO 2** - unità caratterizzata da velocità Vs di 500/600 m/s. Tale sismostrato ha uno spessore di circa 6-8 m. L'inizio del passaggio al sismostrato più compatto è stato posizionato in un range tra -8 e -11 m da piano campagna (linee continue nere nella sezione allegata).

**SISMOSTRATO 3** - unità caratterizzata da velocità Vs comprese tra 700 e 850 m/s. Tale sismostrato inizia a circa -8/-11 m di profondità.

In riferimento al Testo Unico-Norme Tecniche per le costruzioni secondo le Direttive del D.M. del 14 gennaio 2008, è stato ricavato il coefficiente **Vs30** che è pari a circa 600.

10 Luglio 2017

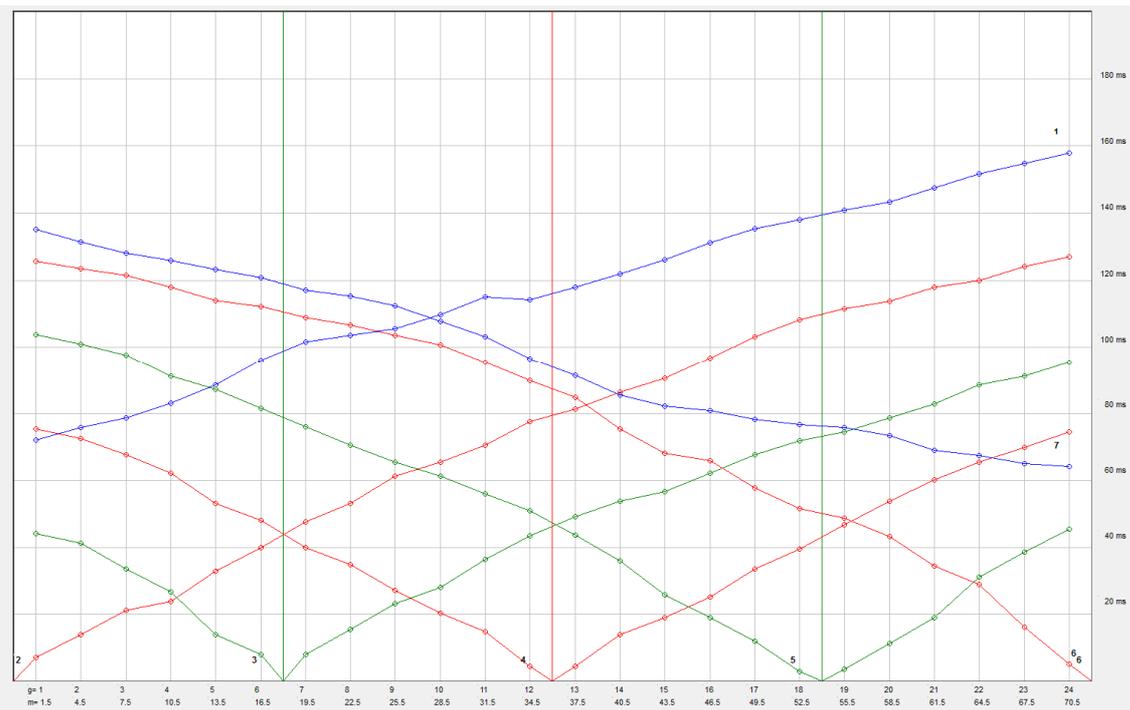
Esecuzione ed  
Elaborazione: **Dott. Geol. Carlo Gualtieri**

**GEO-SONDAGGI**  
di Gualtieri Carlo e Venanzi Sandro S.n.c.  
C.da Campiglia Bassa, 25  
62015 Monte San Giusto - MC  
P.IVA 01738660438





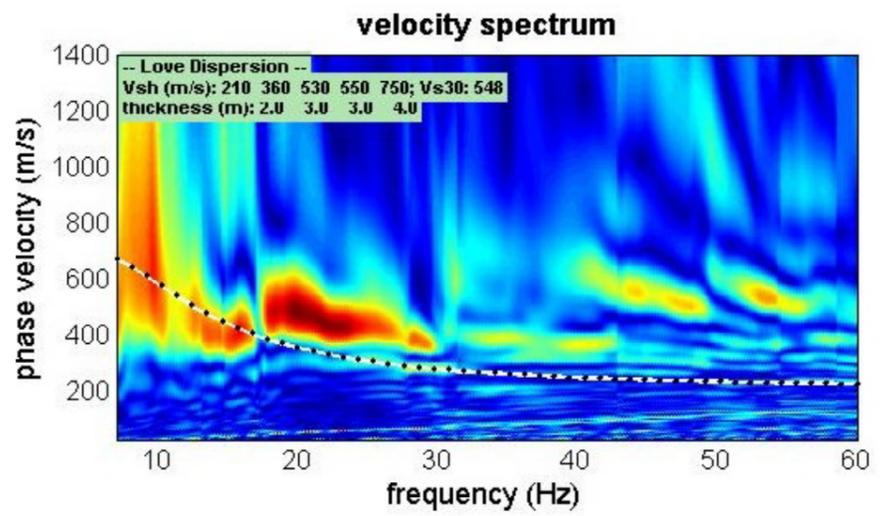
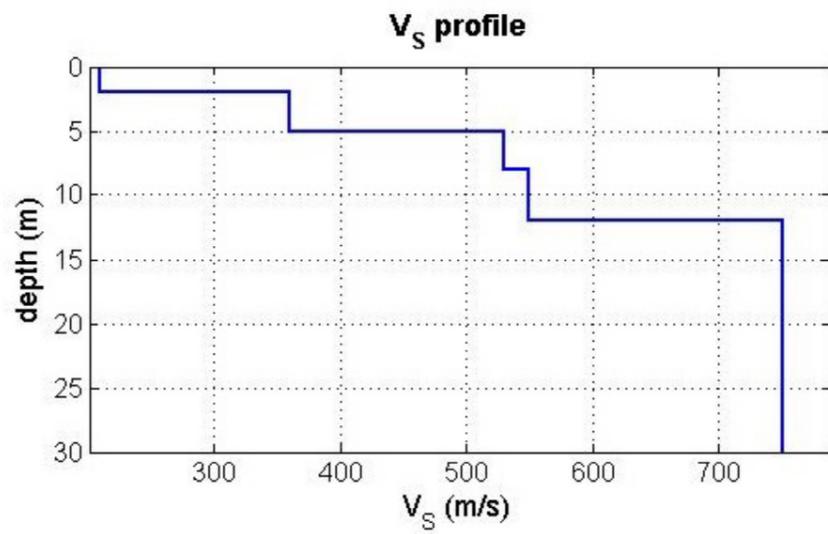
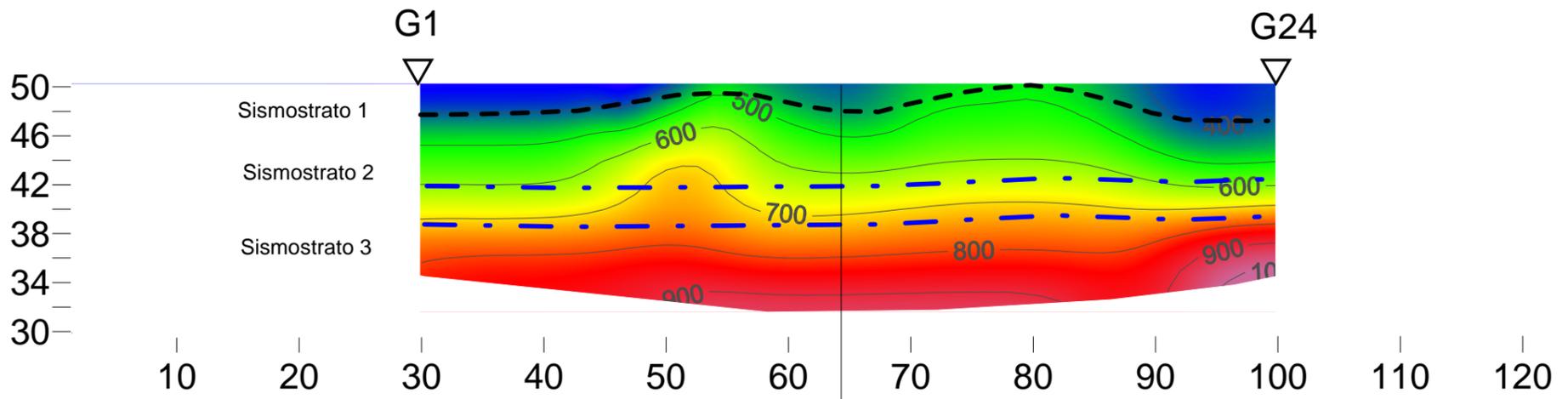
## DROMOCRONE



End G1

End G24

# SEZIONE SISMICA ONDE SH (m/s)



--- Probabile andamento sismostrato superficiale

- . - Inizio substrato

**Dott. Geol. Andrea Paoletti**  
(n. 212 Albo dei Geologi Specialisti delle Marche)

**Committente:** Comune di RECANATI (MC)  
**Località:** Parco del Colle dell'Infinito

**Oggetto:** INTERVENTO DI RECUPERO E RIQUALIFICAZIONE DEL:  
"PARCO COLLE DELL'INFINITO" - ANNUALITÀ 2017  
1° LOTTO FUNZIONALE

# SEZIONE GEOLITOLOGICA

**Tav.** 6

**Scala** 1:100

**Rif.**

**A** dP C

Parco Colle dell'Infinito

**Sond 1**

dP B

a) Riporto

N<sub>SPT</sub>=45

b) Formazione arenacea alterata

Camp. 1

dP A

viale Colle dell'Infinito

c) Formazione arenacea meno alterata/inalterata

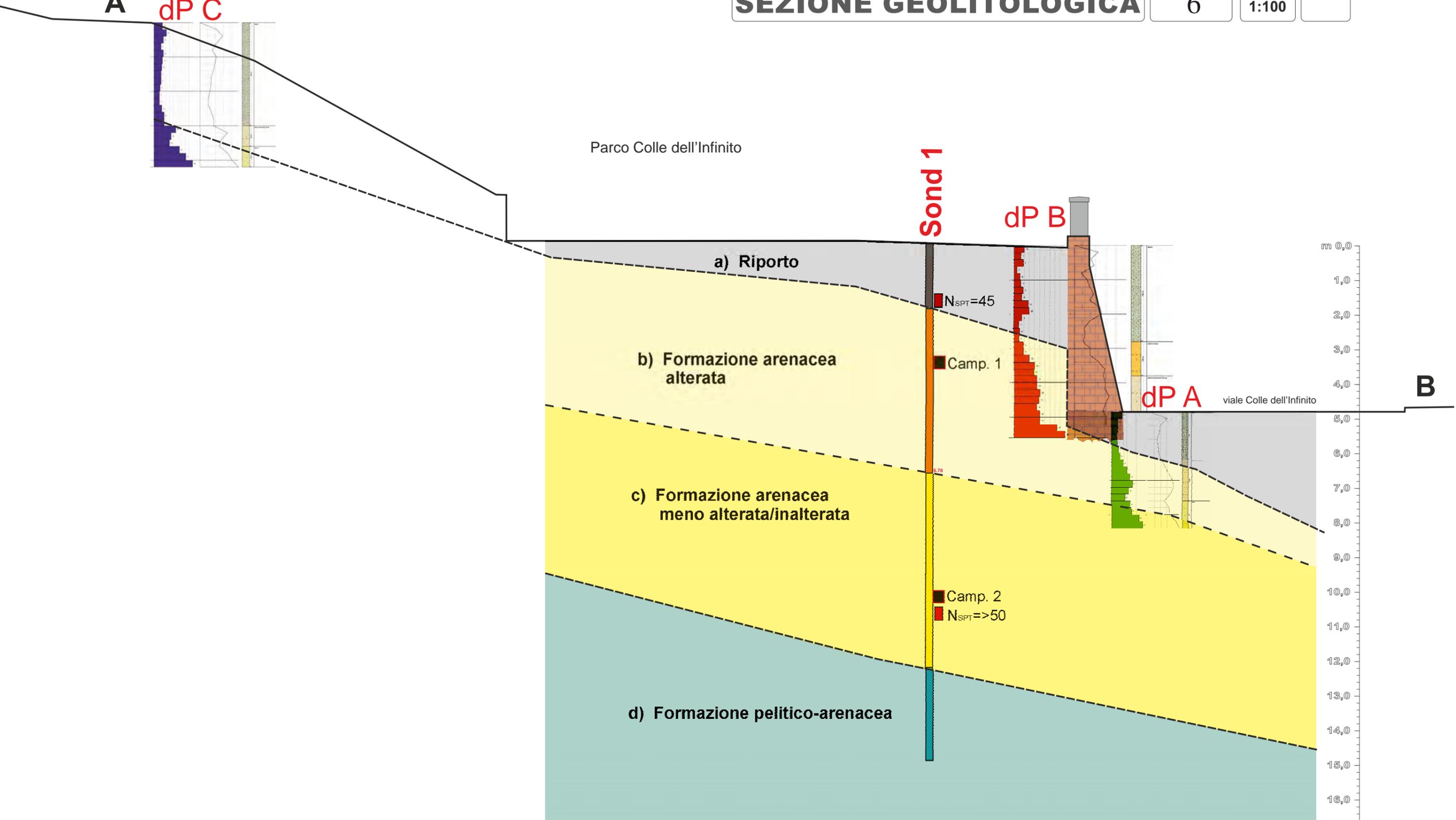
Camp. 2

N<sub>SPT</sub>>50

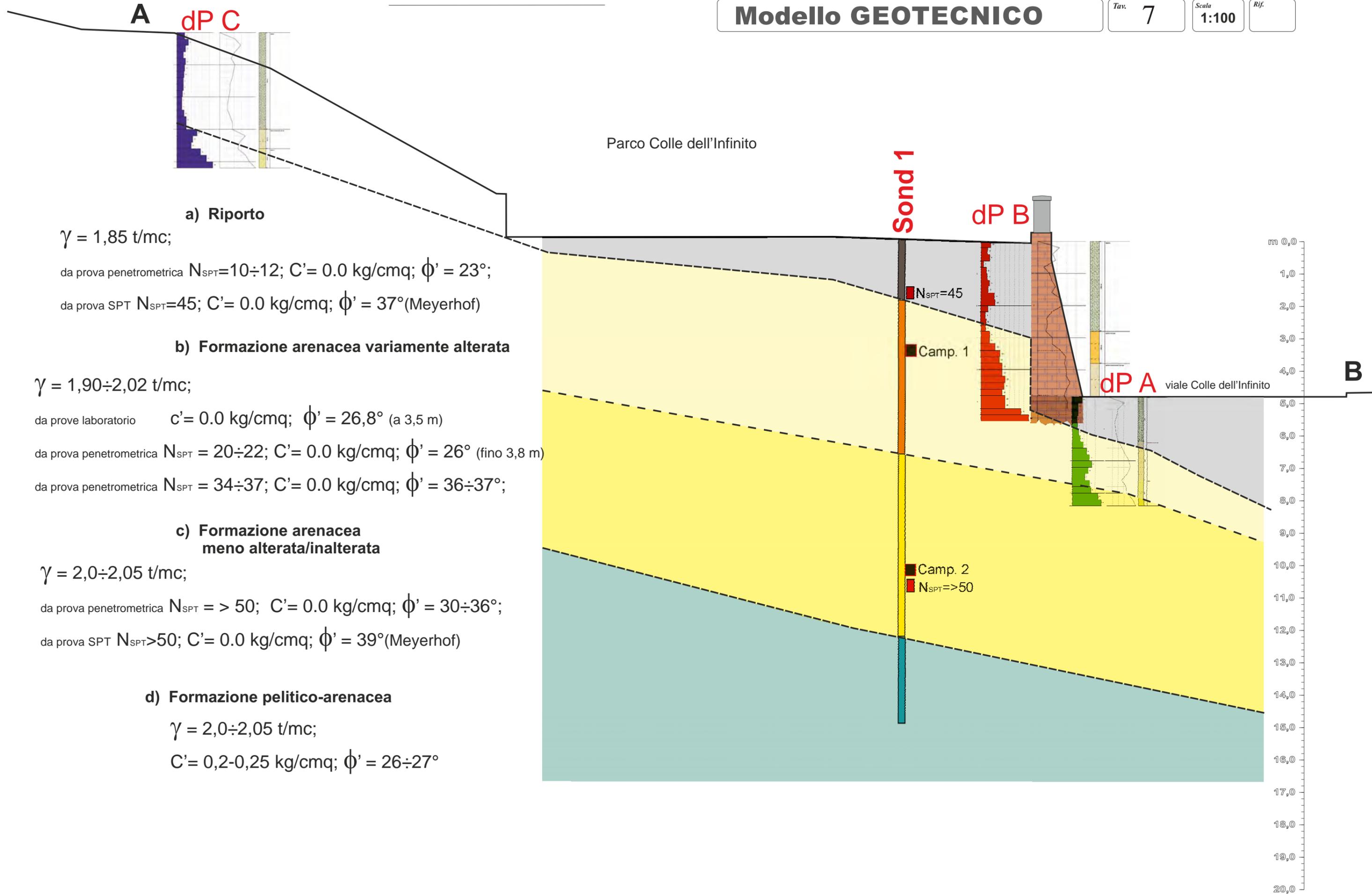
d) Formazione pelitico-arenacea



**B**



# Modello GEOTECNICO



# Modello SISMICO

A

Schema sismostrati

$V_s = 200-250$  m/s

$V_s = 350$  m/s

$V_s = 550$  m/s

$V_s = 750-800$  m/s

Parco Colle dell'Infinito

SH

Sond 1  
Masw

viale Colle dell'Infinito

B

