

DOTT. GEOL. SERGIO SOLERI

Via C. Carrà, 45 – 87036 Rende (CS) -- tel. 392 3508574 – e-mail: [sergiosol@libero.it](mailto:sergiosol@libero.it)



## *COMUNE DI CASTROLIBERO*

Municipio: Via XX settembre 87040 Castrolibero (CS)

### *PROGETTO*

Completamento e messa a norma del Campo di Calcio a 5  
in Località Centro Storico

## RELAZIONE GEOLOGICA

PROGETTO ESECUTIVO

Elaborato n°: **20**

Relazione geologica

Visti e Pareri:

### **Committente:**

Amministrazione Comunale di  
Castrolibero

### **Il Geologo:**

Dott. Geol. Sergio Soleri

---

## INDICE

1 - Premessa .....	3
2 - Ubicazione area di intervento e caratteristiche morfologiche.....	3
3 - Inquadramento Geologico .....	6
4 - Elementi di idrogeologia.....	10
5 - Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI) .....	10
6 - Modello geologico e Caratterizzazione geotecnica dei terreni .....	14
6.1 - CAMPAGNA INDAGINI .....	14
6.1.1 SCAVI ESPLORATIVI E PROVE GEOTECNICHE DI LABORATORIO SU C.I.....	15
6.1.2 PROVE GEOTECNICHE DI LABORATORIO SU C.I. ....	15
6.1.3 PROVE PENETROMETRICHE .....	17
LITOSTRATIGRAFIA .....	20
7 - Modello sismostratigrafico .....	23
ALLEGATI .....	26

---

## 1 - Premessa

---

Il sottoscritto Dott. Geol. Sergio Soleri, iscritto all'albo dei geologi della Calabria con n°547, ha redatto la presente relazione geologica su incarico dell'Amministrazione Comunale di Castrolibero con lo scopo di definire il modello geologico del sito che ospiterà la struttura oggetto dell'intervento "Completamento e messa a norma del Campo di Calcio a 5 in località Centro Storico – Comune di Castrolibero (CS)"

Per la ricostruzione del modello geologico sono state effettuate le seguenti attività di rilevamento, di ricerca e di indagine:

- Rilevamento di superficie, integrato da consultazioni bibliografiche e cartografiche delle aree direttamente interessate e delle aree adiacenti, per un'estensione sufficientemente ampia agli scopi dell'incarico;
- Fotointerpretazione dell'area in esame attraverso foto aeree a diversa scala;
- Scavo esplorativo;
- Prove geotecniche di laboratorio;
- Indagine geofisica MASW.

È stato effettuato uno studio preliminare inizialmente di tipo bibliografico sulla situazione geologica generale dell'area e sulle formazioni ivi affioranti, integrato successivamente da un attento rilevamento di campagna e dall'osservazione stereoscopica delle foto aeree, elementi indispensabili per definire il contesto geomorfologico in cui l'area stessa si inserisce.

La relazione preliminare che segue, in ossequio con quanto previsto dalle vigenti normative, comprende ed illustra:

- I lineamenti geologici e geomorfologici della zona;
- La successione litostratigrafia locale;
- Lo schema della circolazione idrica superficiale e profonda.

Ulteriori e necessarie informazioni sullo stato fisico e sui caratteri meccanici dei terreni sono state desunte dai risultati ottenuti da indagini eseguite nel sito di studio per studi pregressi.

---

## 2 - Ubicazione area di intervento e caratteristiche morfologiche

---

L'area oggetto di studio in riferimento alla cartografia I.G.M. ricade:

- Foglio n. 559, "Cosenza", della Carta Topografica d'Italia dell'I.G.M.I., scala 1:50.000;
- Foglio n. 559, sezione II "Cosenza", della Carta Topografica d'Italia dell'I.G.M.I., scala 1:25.000, serie 25, edizione 1 del 1994, da aerofotografie del 1983;
- Tavoleta 236-IV-NE "Marano Marchesato" della Carta d'Italia dell'I.G.M.I., scala 1:25.000, da aerofotografie del 1953;
- Sezione 236-IV-NE-A "Marano Marchesato" della carta tecnica della Calabria, a cura del CASMEZ, da aerofotografie del 1954, scala 1:10.000;
- Cartografia tecnica comunale da aerofotogrammetria del 1991, volo SCAME, scala 1:5.000;

Documentazione aerofotografica consultata

- Volo della ditta Rossi srl di Brescia del 19/05/2004, strisciata n.3.
- Volo SCAME, 24/02/1991, in scala 1:10.000, foglio n. 236, strisciata n.2.

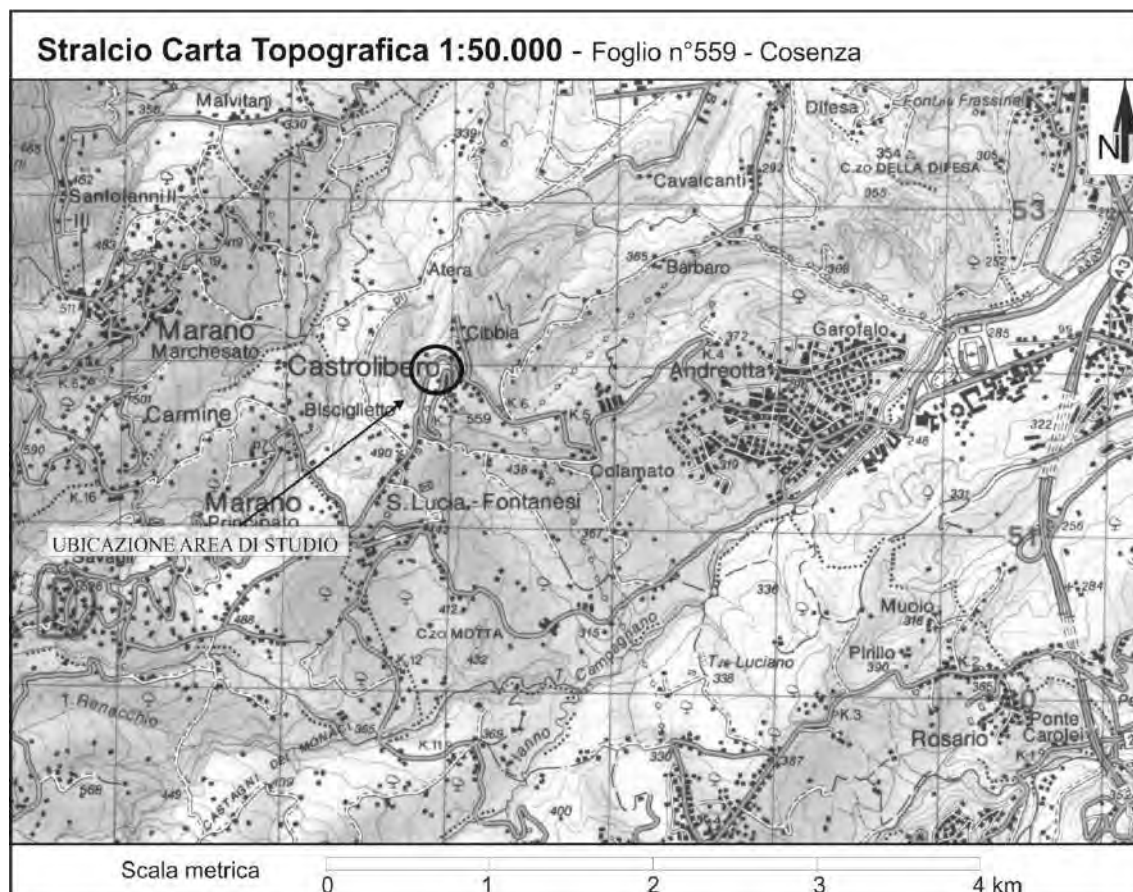


Fig. 1: Carta ubicazione area di studio

Il sito è ubicato a Nord del Centro Storico di Castrolibero, alle seguenti coordinate:

Coordinate ED50

latitudine: 39,3107308045575

longitudine: 16,1945268638122

Coordinate WGS84

latitudine: 39.309714

longitudine: 16.193717



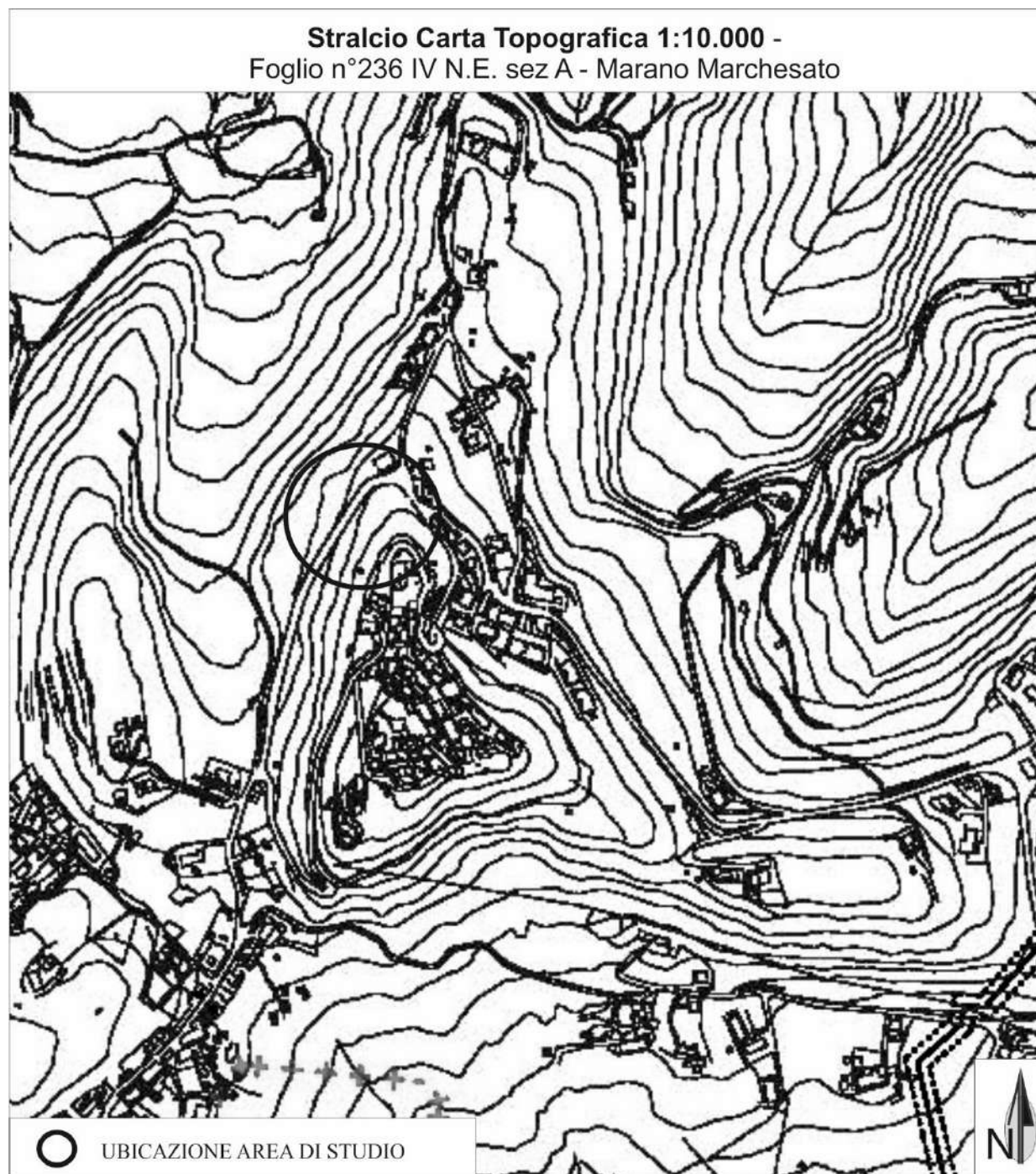


Fig. 2: Carta ubicazione area di studio in scala 1:10.000 mod.





Fig. 3: Carta ubicazione area di studio su foto aerea.

### 3 – Inquadramento Geologico

L'area in esame rientra nel territorio comunale di Castrolibero che, dal punto di vista geologico-strutturale, ricade nella fascia di raccordo tra la media Valle del Crati ad est e le prime propaggini della Catena Costiera tirrenica calabrese ad ovest, e risente di un quadro tettonogenetico piuttosto complesso e articolato. La ricostruzione evolutiva della tettonica recente, nell'area esaminata, può essere inquadrata in tre sistemi più significativi che presentano il seguente andamento:

- I° sistema, ad allineamento prevalentemente N-S;
- II° sistema, ad allineamento NW-SE;

- III° sistema, ad allineamento NE-SW.

Dal punto di vista geomorfologico l'area è inserita sulla fascia collinare di raccordo tra la valle del Crati e la Catena Costiera, alla quota di circa 520 m s.l.m.

In un quadro geologico generale (si veda Fig. 4 – Stralcio carta geologica ufficiale della Casmez – tavoletta 236-IV-NE “Marano Marchesato”, scala 1:25.000) l'area è caratterizzata da formazioni sedimentarie di età compresa tra il Miocene medio-superiore e il Pleistocene, tipica della formazione calcarea bianco-rosata, costituita prevalentemente da calcareniti, talora includenti ciottoli di rocce ignee e metamorfiche.

Della serie Miocenica fanno parte le Argille fogliettate grigie con frequenti intercalazioni di arenarie tenere ed i calcari e calcareniti bianco – giallastri, talora rosati.

Al di sopra delle formazioni mioceniche sono presenti i terreni del ciclo pliocenico, rappresentato da un'alternanza di litotipi argillosi di colore grigiastro e sabbioso-arenacei grigio-bruno e giallastro.

Dal rilevamento geologico di dettaglio, unitamente agli scavi esplorativi ed ai tagli antropici eseguiti per i lavori di modellazione del versante posto subito a monte del campo sportivo, si desume che i terreni affioranti si identificano in depositi sedimentari caratterizzati da Limi con sabbie (fig. 4) di colore giallastro-grigiastro con sottili intercalazioni di silts argillosi, e rari strati di arenarie debolmente cementate. Tali litotipi poggiano sulle argille limose di colore grigio chiaro (fig. 5).





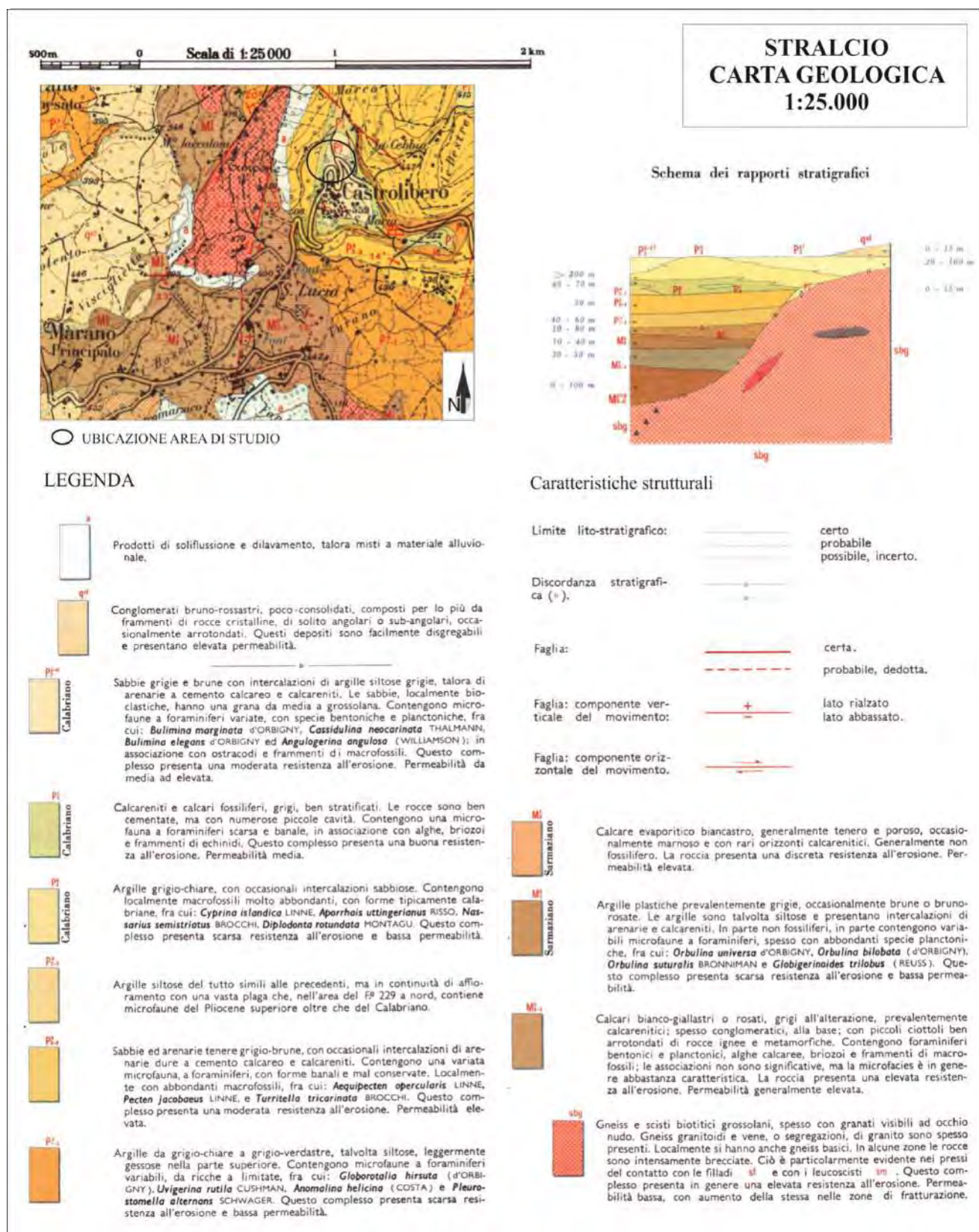
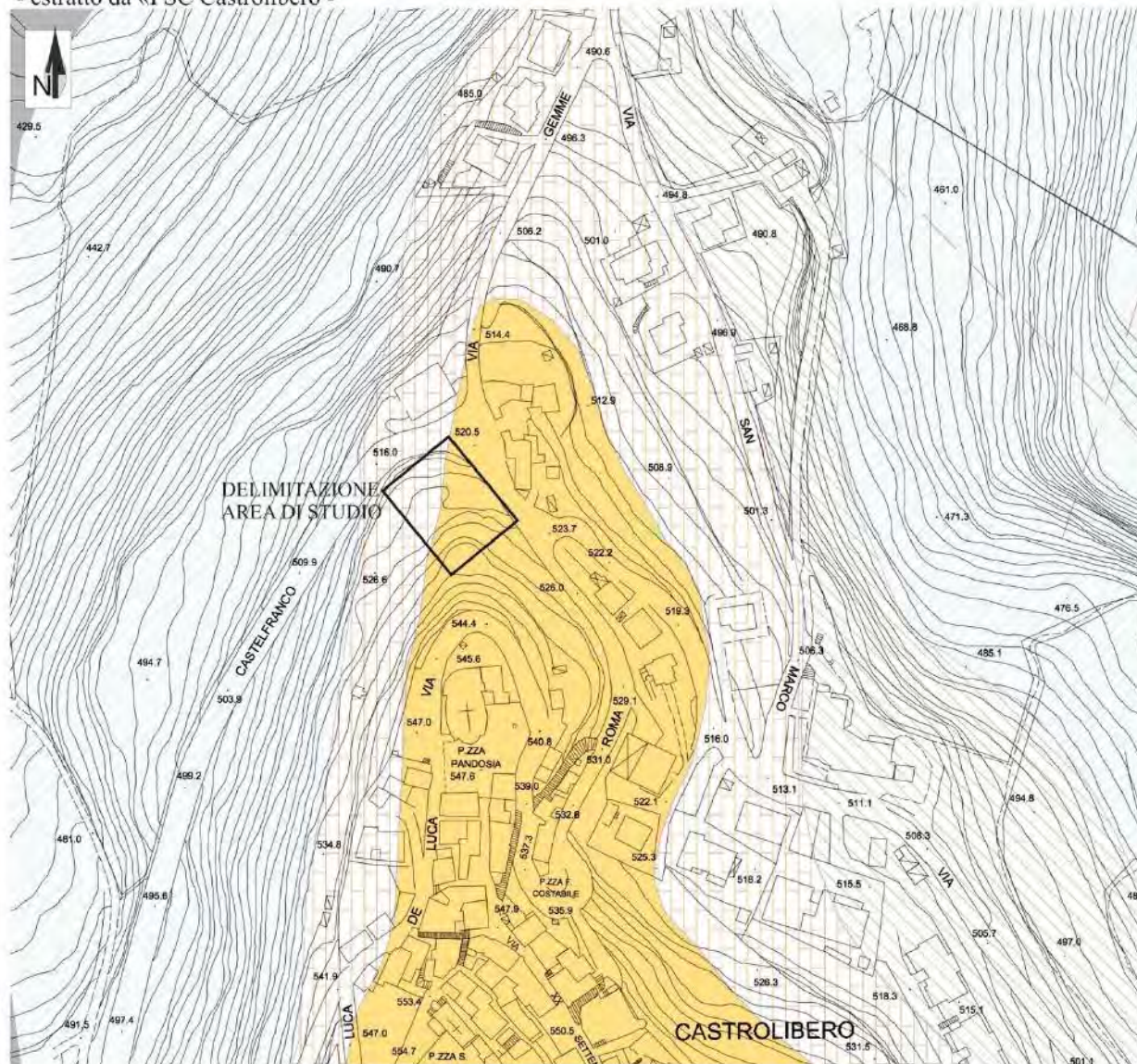


Fig. 6: Stralcio carta geologica ufficiale della Casmez – tavoletta 236-IV-NE “Marano Marchesato”, scala 1:25.000



## STRALCIO CARTA GEOLOGICA 1:5.000 mod.

- estratto da «PSC Castrolibero -



## LEGENDA

- 1 - Sabbie e conglomerati a grana da media a grossolana di colore dal grigio al bruno e con locali intercalazioni di argille siltose, arenarie e calcareniti.
- 2 - Calcari e calcari fossiliferi di colore grigiastro.
- 3 - Argille ed argille limose con frequenti intercalazioni sabbiose di colore grigio chiaro.
- 4 - Sabbie e sabbie limose di colore grigio-brunastro con zonature giallastre. Sono presenti frequenti intercalazioni arenacee.
- 5 - Argille limose (Pliocene Inf.) di colore grigio-azzurro. In affioramento si presentano localmente alterate con scadenti caratteristiche meccaniche.
- 6 - Calcari bianco-giallastri con occasionali orizzonti calcarenitici.
- 7 - Limiti stratigrafici.
- 8 - Contatti tettonici certi o probabili

Fig. 7: Stralcio carta geologica di dettaglio in scala 1:5.000 mod. (estratto dal "PSC Castrolibero")

---

#### 4 - Elementi di idrogeologia

---

L'idrogeologia è regolata in massima parte dalle caratteristiche fisiche dei litotipi ed in particolare dal grado di permeabilità legato alla granulometria, oltre che dai rapporti giaciturali del complesso sabbioso con la formazione argillosa sottostante e dall'acclività del versante.

I complessi idrogeologici principali di seguito riportati sono stati definiti in base al grado di permeabilità:

- complesso sabbioso-limoso, da poco a mediamente permeabile per porosità; le acque sotterranee circolano nelle interconnessioni tra i granuli.
- complesso argilloso, caratterizzato da un grado di permeabilità molto basso; la porzione superficiale di tale complesso si presenta moderatamente alterata e micro-fessurata, tale orizzonte, fungendo da "aquitard" ed a contatto con il complesso sabbioso-limoso sovrastante, genera una faldasospesa e temporanea che condiziona negativamente le caratteristiche geotecniche del litotipo.

---

#### 5 - Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI)

---

Il Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI) è stato redatto dall'Autorità di Bacino della Calabria ai sensi dell'art. 1-bis della L. 365/2000, dell'art. 17 Legge 18 Maggio 1989 n. 183, dell'art. 1 Legge 3 agosto 1998 n. 267. Dall'art. 1 del PAI si evince che "il PAI ha valore di piano territoriale di settore e rappresenta lo strumento conoscitivo, normativo e di pianificazione mediante il quale l'Autorità di Bacino Regionale della Calabria, pianifica e programma le azioni e le norme d'uso finalizzate alla salvaguardia delle popolazioni, degli insediamenti, delle infrastrutture e del suolo". Il PAI persegue l'obiettivo di garantire al territorio di competenza dell'Autorità di Bacino adeguati livelli di sicurezza rispetto all'assetto geomorfologico, relativo alla dinamica dei versanti e al pericolo di frana, l'assetto idraulico, relativo alla dinamica dei corsi d'acqua e al pericolo d'inondazione...", "... Le finalità del PAI sono perseguite mediante:

- *l'adeguamento degli strumenti urbanistici e territoriali;*
- *la definizione del rischio idrogeologico e di erosione costiera in relazione ai fenomeni di dissesto considerati;*
- *la costituzione di vincoli e prescrizioni, di incentivi e di destinazioni d'uso del suolo in relazione al diverso livello di rischio;*
- *l'individuazione di interventi finalizzati al recupero naturalistico e ambientale, nonché alla tutela e al recupero dei valori monumentali e ambientali presenti e/o alla riqualificazione delle aree degradate;*
- *l'individuazione di interventi su infrastrutture e manufatti di ogni tipo, anche edilizi, che determinino rischi idrogeologici, anche con finalità di rilocalizzazione;*
- *la sistemazione dei versanti e delle aree instabili a protezione degli abitati e delle infrastrutture adottando modalità di intervento che privilegino la conservazione e il recupero delle caratteristiche naturali del terreno".*

Dalla consultazione degli elaborati cartografici, allegati al P.A.I., nell'area in esame non risulta interessata da alcun vincolo geomorfologico (Fig. 8 e Fig. 9) o idraulico (fig. 10). Bisogna comunque considerare che



il nuovo aggiornamento PAI 2016 (Fig. 11), non ancora entrato in vigore, individua un corpo di frana con pericolosità "IP4" a SSE dell'area d'intervento. A tal proposito si ritiene necessario evidenziare che l'intero versante a monte del campo sportivo è stato interessato recentemente (2014-2015) da interventi di consolidamento, attraverso una paratia di pali di grosso diametro che attraversano trasversalmente il versante nella porzione medio-bassa, interventi di risagomatura del versante e sistemazione idraulica superficiale. Attualmente non si rinvencono fenomeni di instabilità.

Di seguito sono riportati gli stralci delle cartografie P.A.I. relative all'area in esame.

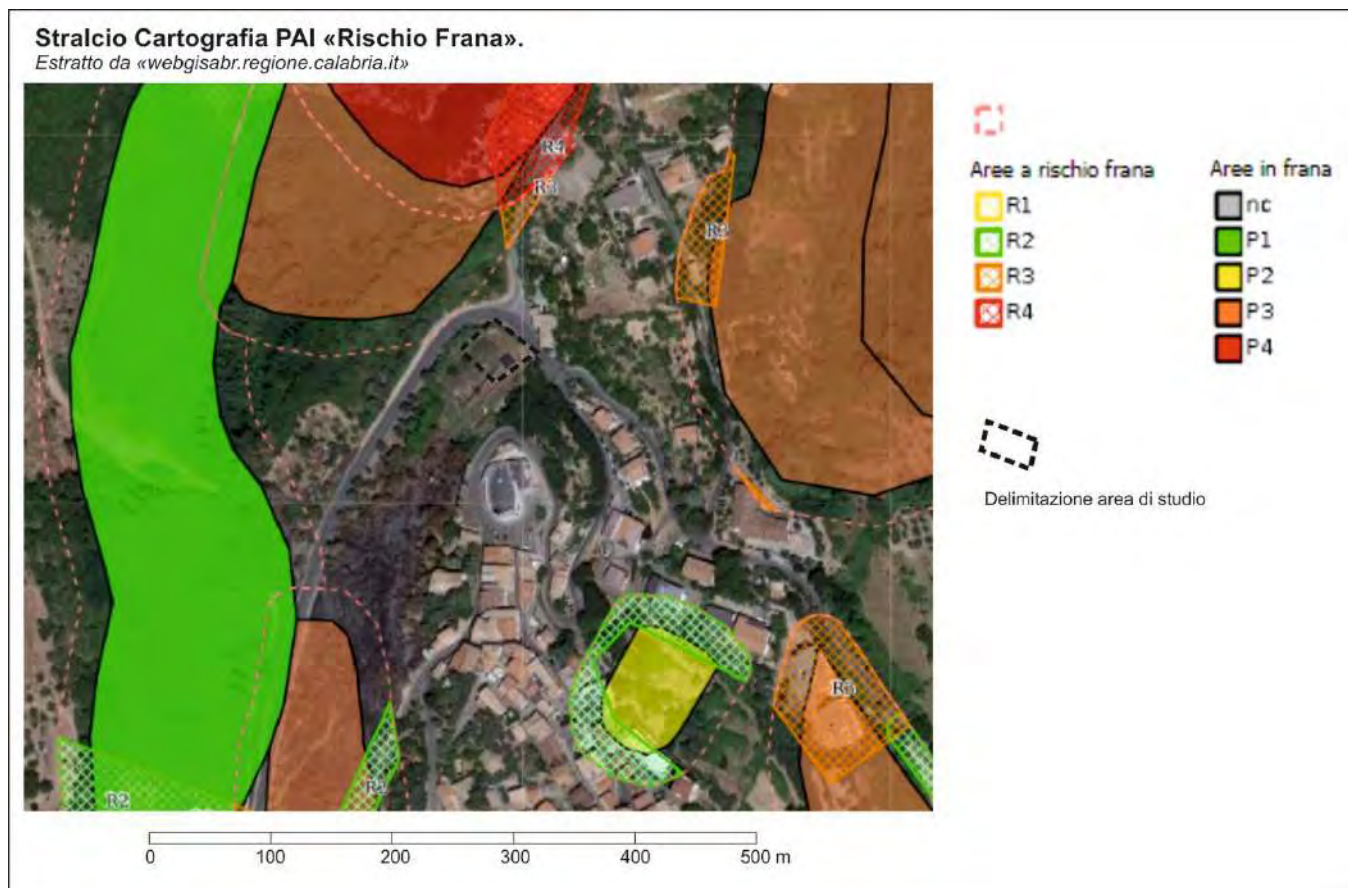
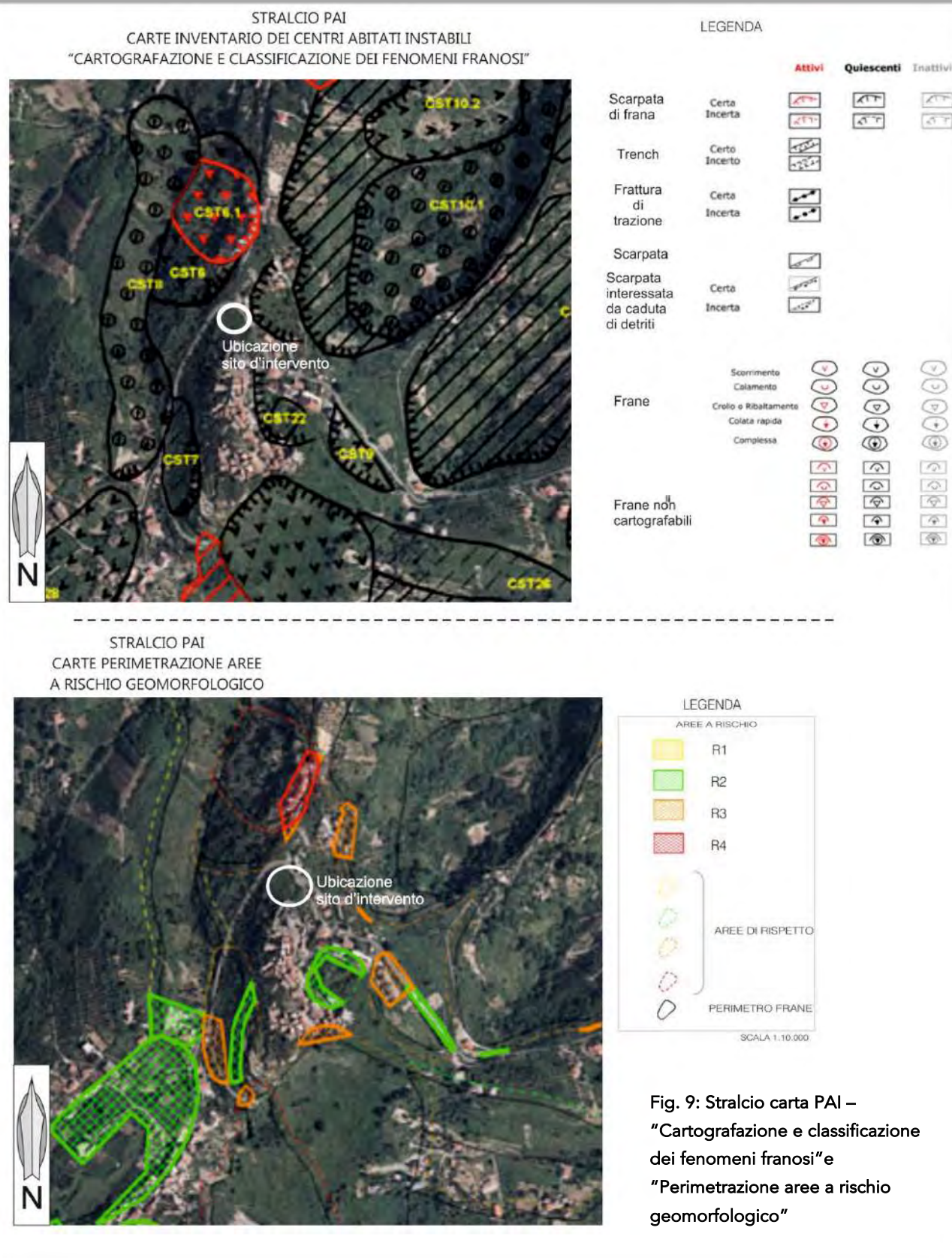


Fig. 8: Stralcio carta PAI - rischio geomorfologico dell'area in esame ([webgisbr.regione.calabria.it](http://webgisbr.regione.calabria.it))







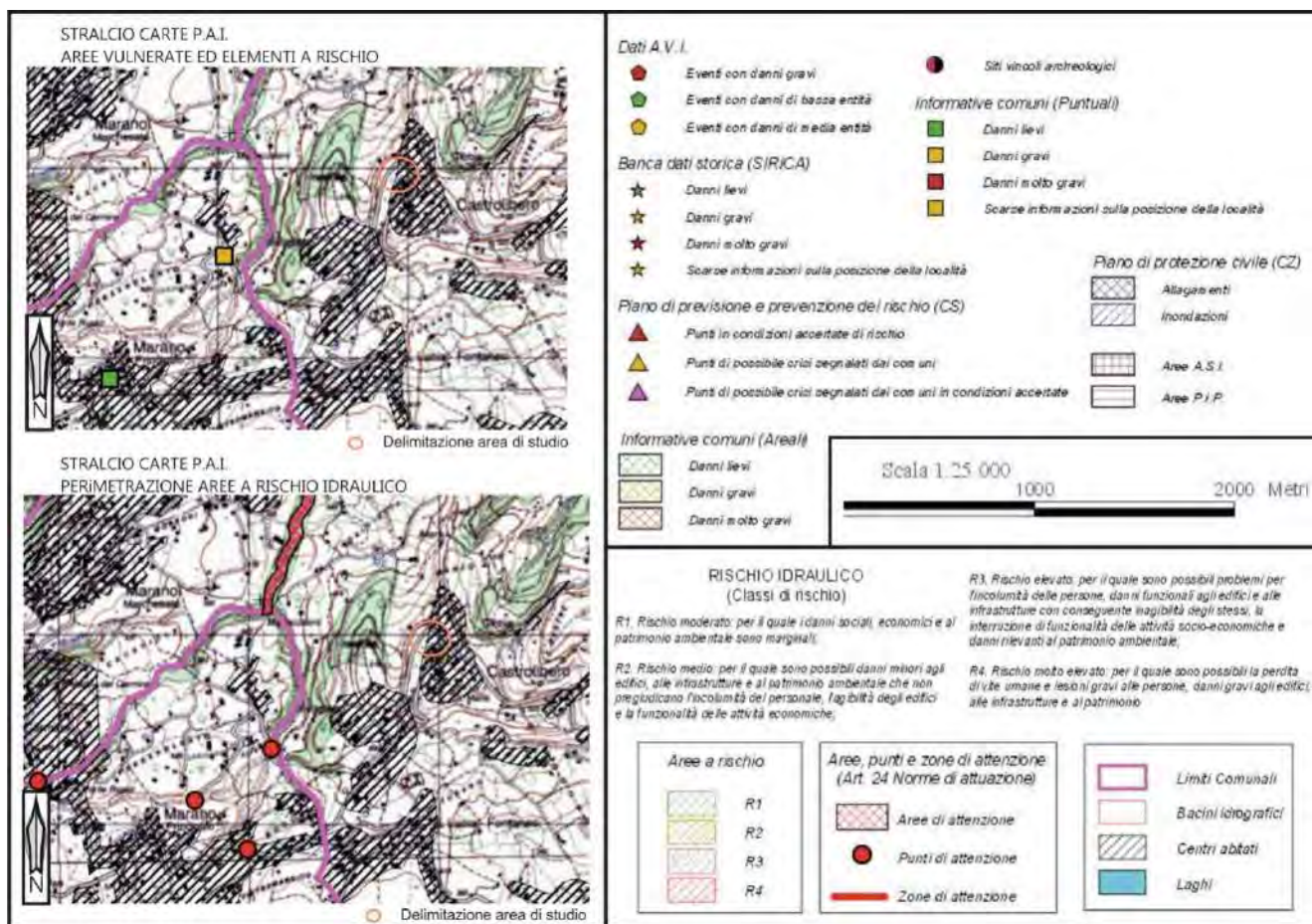
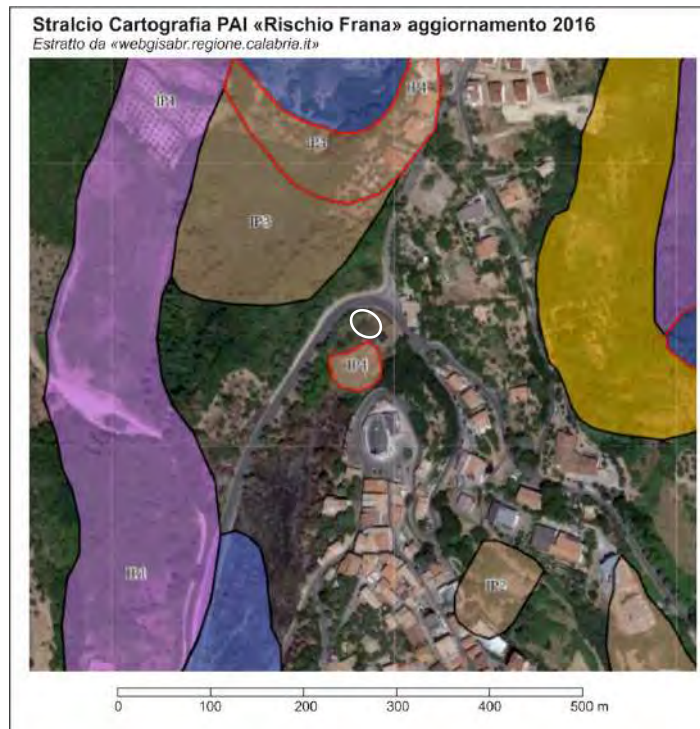


Fig. 10: Stralcio carta PAI – “Aree vulnerate ed elementi a rischio idraulico” e “Perimetrazione aree a rischio idraulico”

Fig. 11: Stralcio carta PAI (aggiornamento 2016) – attualmente non entrato in

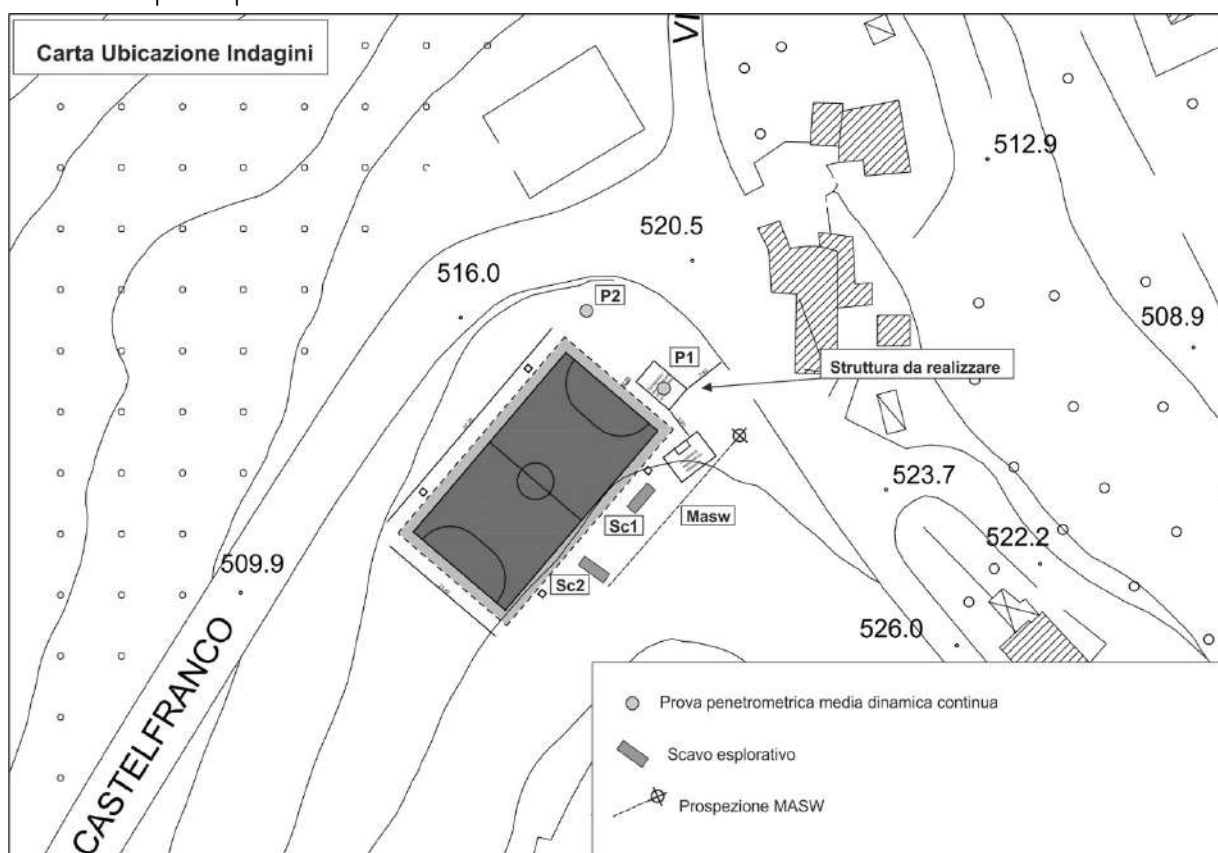


## 6 - Modello geologico e Caratterizzazione geotecnica dei terreni

### 6.1 - CAMPAGNA INDAGINI

Le normative vigenti, ed in particolare le Norme Tecniche per le Costruzioni del 2008, prevedono una approfondita caratterizzazione geologica, sia dal punto di vista geotecnico che sismico. Pertanto, si è ritenuto necessario integrare i risultati ottenuti da campagne geognostiche pregresse attraverso ulteriori indagini finalizzate alla ricostruzione lito-stratigrafica e sismo-stratigrafica dell'area sino alla profondità prevista dalla normativa vigente ed alla definizione e caratterizzazione geotecnica degli orizzonti che rientrano nel "volume significativo". Di seguito vengono elencate le indagini eseguite a corredo del presente studio e quelle pregresse, ubicate nel sito d'intervento.

- n°2 scavi esplorativi, finalizzati al prelievo di n°2 campioni indisturbati;
- prove geotecniche di laboratorio su n°2 campioni, ed in particolare:
  - contenuto d'acqua naturale,
  - peso di volume naturale,
  - peso specifico dei granuli,
  - granulometria,
  - taglio diretto.
- esecuzione prospezione MASW;
- esecuzione n°2 prove penetrometriche medie dinamiche continue.





### 6.1.1 SCAVI ESPLORATIVI E PROVE GEOTECNICHE DI LABORATORIO SU C.I.

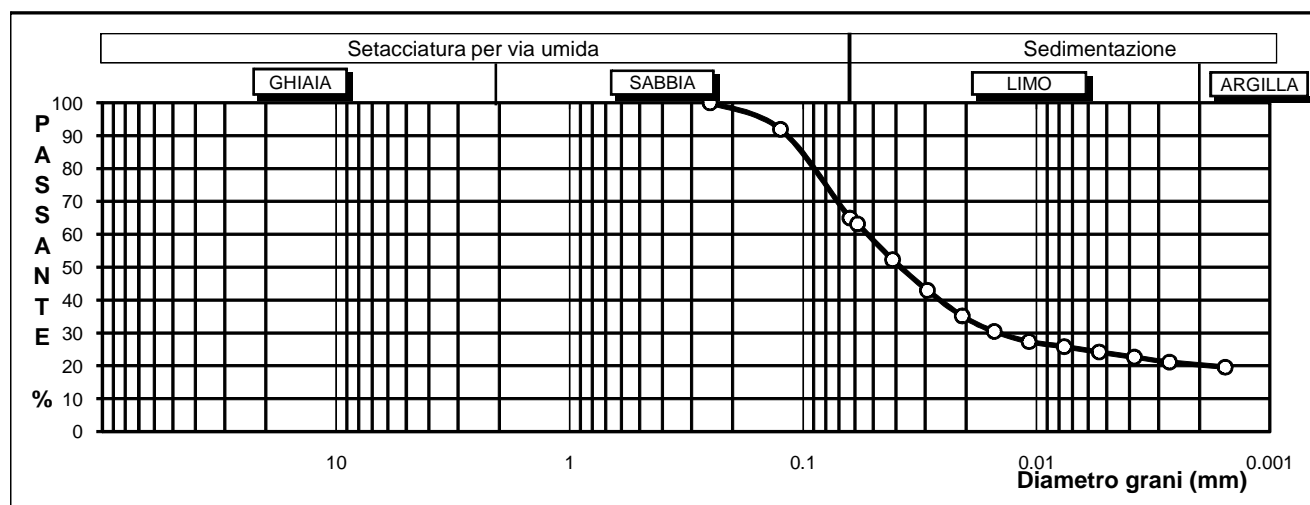
Gli **scavi esplorativi**, ubicati a circa 20 m dall'impronta della struttura in progetto, hanno raggiunto la massima profondità d'investigazione di circa 3,50 m dal p.c. Dall'esame visivo delle pareti dello scavo e dal materiale estratto si riscontra la presenza di Limo con Argilla scarsamente consistente di colore marrone chiaro-verdastro, intensamente pedogenizzato nella porzione più superficiale. Alla profondità di 1,00 m dal p.c. è stato prelevato un campione S2 C1 identificativo del litotipo investigato, è stato sigillato accuratamente e consegnato al laboratorio geotecnico I.P.G. s.n.c.

Il campione S1 C1, prelevato in prossimità dell'impronta della struttura da realizzare, alla profondità di 0,50 m dal p.c., è identificativo dell'orizzonte litologico superficiale, investigato nel corso delle prove penetrometriche eseguite.

### 6.1.2 PROVE GEOTECNICHE DI LABORATORIO SU C.I.

Il campione **S1C1** è caratterizzato granulometricamente da **Limo con Sabbia Argilloso** poco consistente di colore marroncino chiaro-verdastro, con contenuto d'acqua naturale del 26,45 %, peso dell'unità di volume naturale pari a 19,593 KN/m<sup>3</sup> e peso specifico dei grani di 26.68 KN/m<sup>3</sup>.

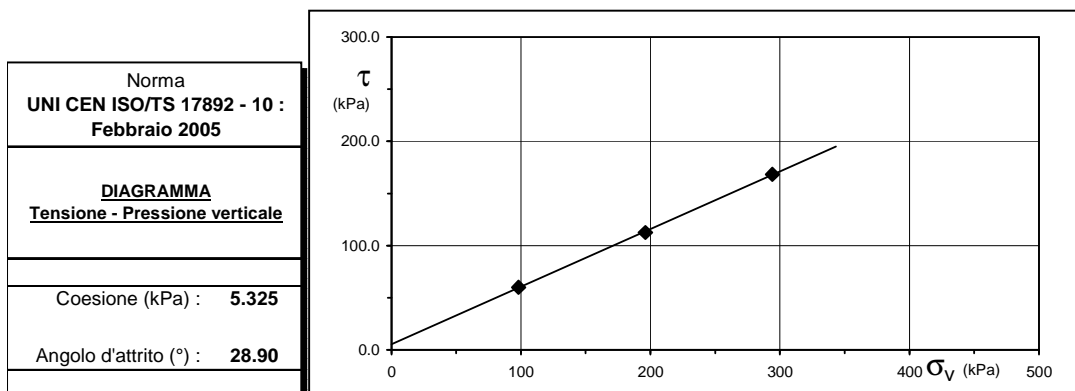
Di seguito viene riportata la curva granulometrica.



Dalla prova di taglio diretto risulta un angolo d'attrito di  $28,90^\circ$  ed una coesione drenata di 5,32kPa.

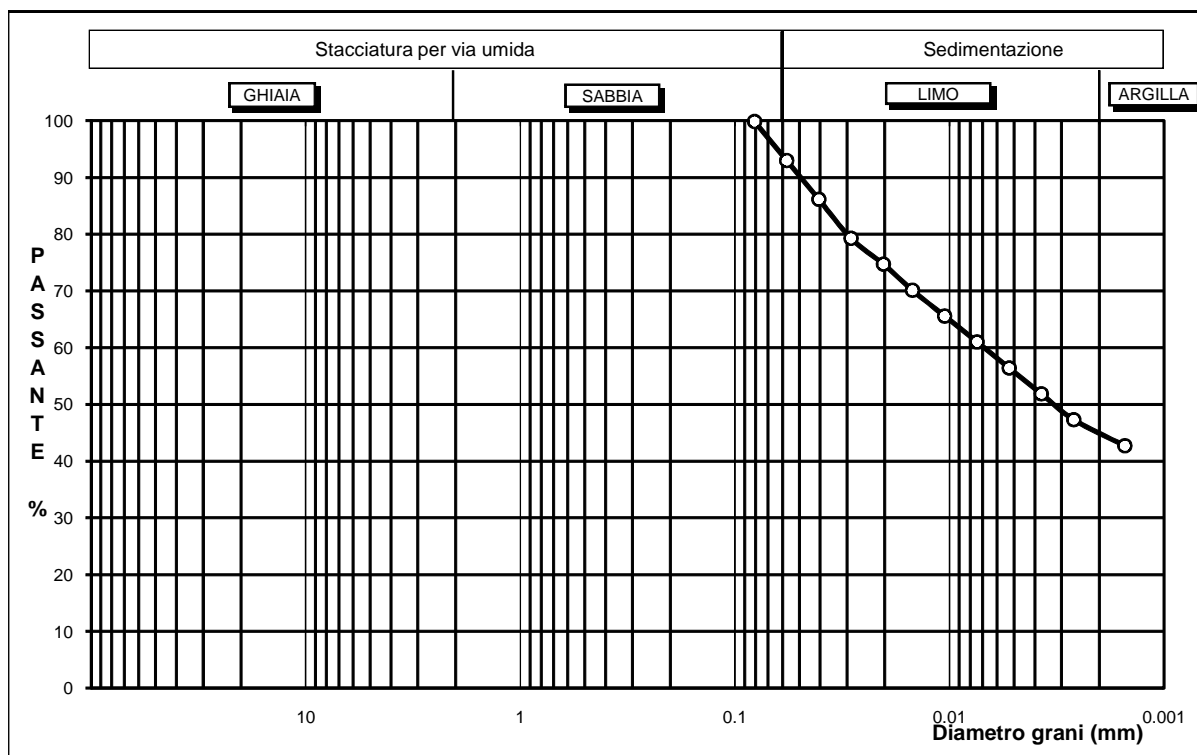
### S1 C1 da m. 0.50 Prova di taglio diretto – Valori di Picco

Carico applicato (kPa)	98.07	196.13	294.20
Tensione a rottura (kPa)	59.96	112.61	168.24
Spost. Oriz. a rottura (mm)	3.11	5.65	4.87



Il campione S2C1 è caratterizzato granulometricamente da **Limo con Sabbia Argilloso** poco consistente di colore marroncino chiaro-verdastro, con contenuto d'acqua naturale del 26,45 %, peso dell'unità di volume naturale pari a 19,593 KN/m<sup>3</sup> e peso specifico dei grani di 26.68 KN/m<sup>3</sup>.

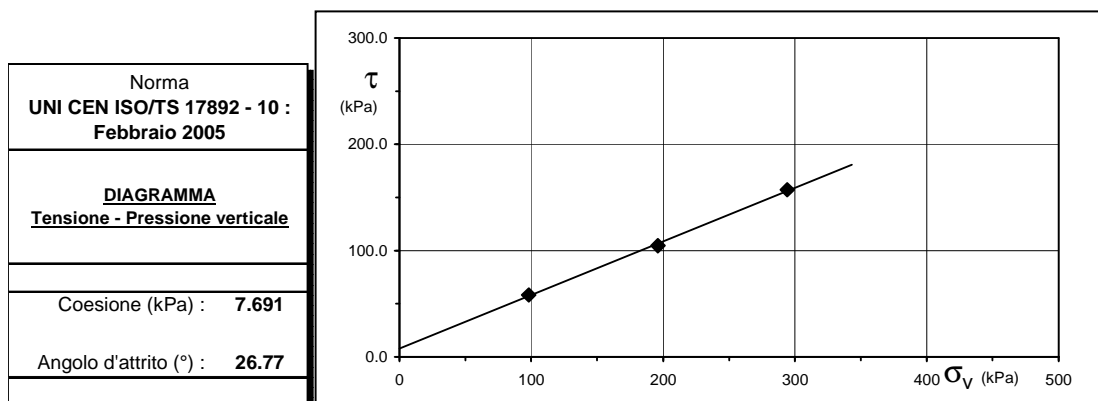
Di seguito viene riportata la curva granulometrica.



Dalla prova di taglio diretto risulta un angolo d'attrito di  $26,77^\circ$  ed una coesione drenata di 7,69kPa.

### S2 C1 da m. 1.00 Prova di taglio diretto – Valori di Picco

Carico applicato (kPa)	98.07	196.13	294.20
Tensione a rottura (kPa)	58.23	104.50	157.17
Spost. Oriz. a rottura (mm)	2.89	4.87	5.17



Per maggiori informazioni sulle prove geotecniche si rimanda ai certificati di laboratorio allegati alla presente.

### 6.1.3 PROVE PENETROMETRICHE

Le prove penetrometriche sono state eseguite mediante un penetrometro oleodinamico medio (DPM) della PAGANI, aventi le seguenti caratteristiche tecniche:

- Peso del maglio: 30 kg (M)                      - Lunghezza aste: 1.0 m (L)                      - Altezza di caduta: 0.2 m (h)
- Sezione punta conica:  $0.001 \text{ m}^2$  (A)                      - Peso delle aste: 2.4 kg/ml (P) - Intervallo d'infissione: 0.1 m (I)

Operativamente la prova consiste nell'infiggere nel terreno, sotto l'azione di un maglio, una punta conica, solidale con la batteria di perforazione. Rilevando il numero di colpi necessari per produrre l'affondamento di un tratto di 10 cm delle aste di perforazione, si possono ottenere informazioni sullo stato di addensamento dei terreni granulari e sulla consistenza dei terreni coesivi attraversati. La prova sopra descritta, essendo continua, permette di localizzare livelli di spessore ridotto a minore resistenza di difficile individuazione impiegando altre metodologie d'indagine. Sono state eseguite n°2 prove penetrometriche in modo da ricostruire l'andamento degli orizzonti litologici che caratterizzano l'area d'intervento. Dall'elaborazione delle prove eseguite si evidenzia un orizzonte superficiale di riporto di spessore variabile da 1.40 a 1,60 m costituito granulometricamente da limi con sabbia argillosi e caratterizzato da un  $N_{spt}$  medio pari a 1,7-2 e da scadenti parametri geotecnici, soprattutto dal punto di vista dei cedimenti. Al di sotto di tale profondità si assiste ad un leggero aumento del valore  $N_{spt}$ , variabile da 4 a 8, successivamente, alla profondità di 3,40 m dal p.c., in entrambe le prove si rileva un numero di colpi tale da non permettere la prosecuzione della stessa. Di seguito sono riportati gli istogrammi delle prove eseguite. In allegato vengono riportate le elaborazioni che hanno permesso di ottenere una completa caratterizzazione geotecnica degli orizzonti investigati.

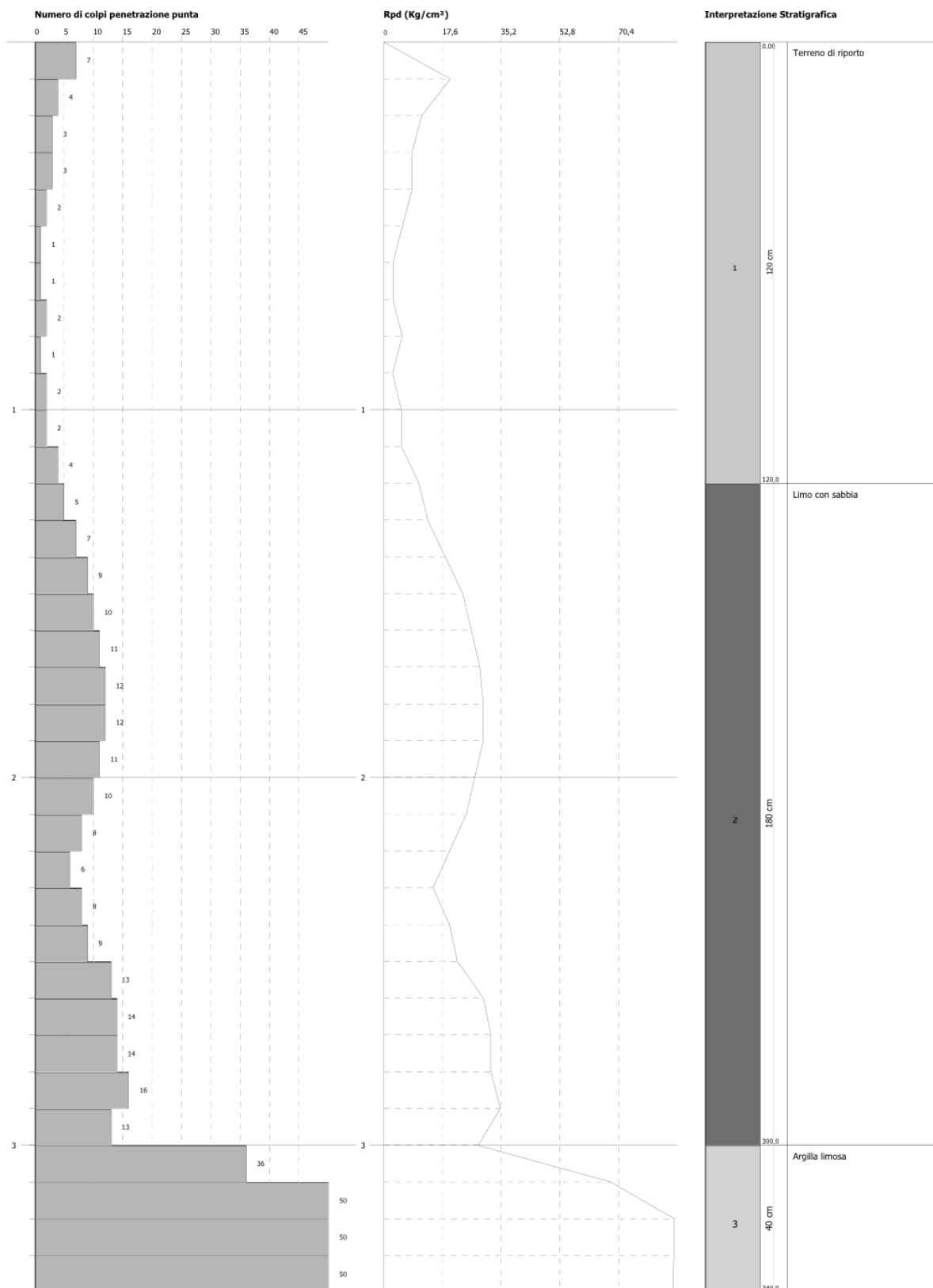


**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.1**  
**Strumento utilizzato... DPM (DL030 10) (Medium)**  
**DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA-Rpd**

Committente :  
 Cantiere :  
 Località :

Data :08/01/2018

Si

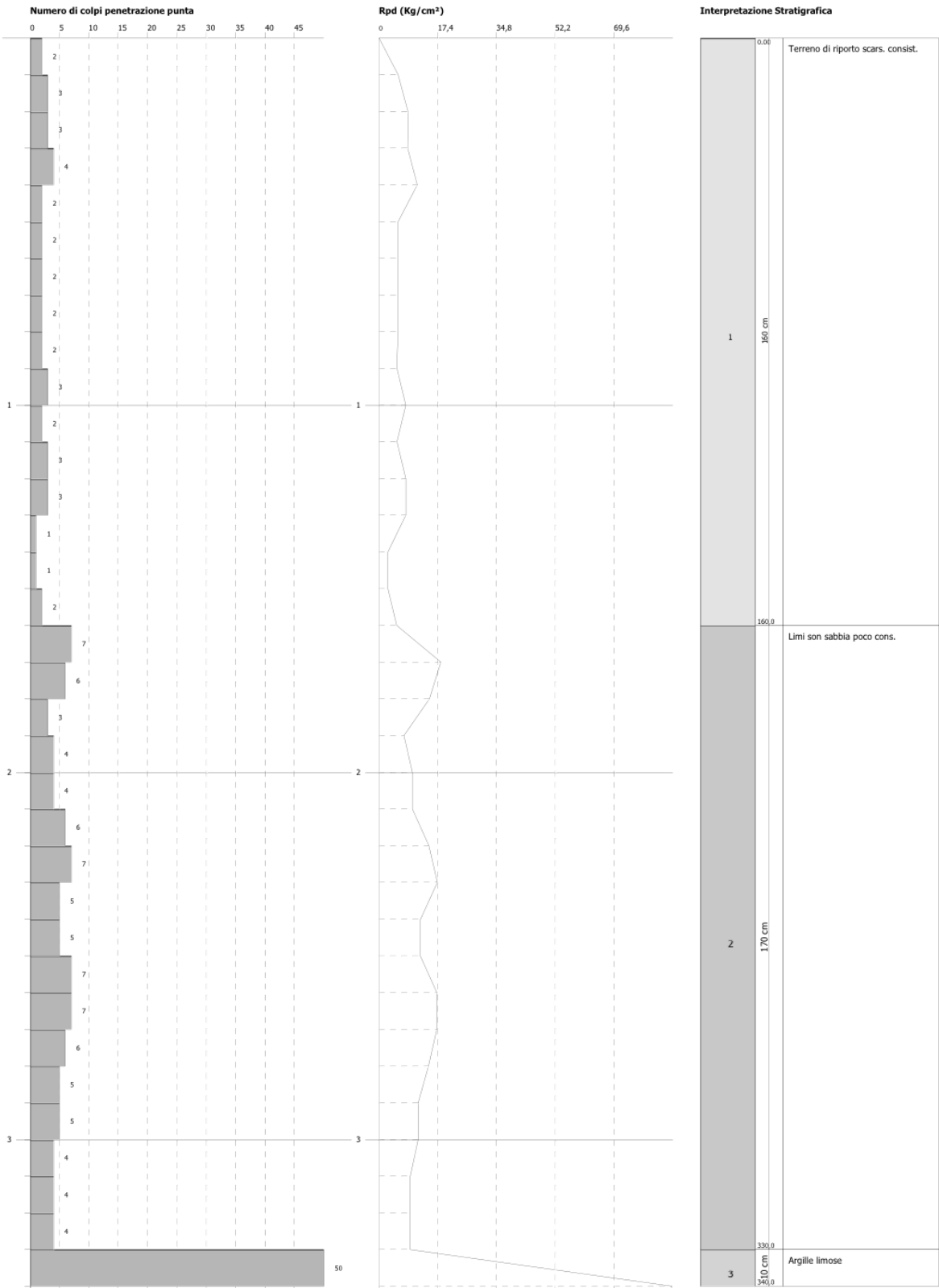


PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.2  
Strumento utilizzato... DPM (DL030 10) (Medium)  
DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA-Rpd

Committente :  
Cantiere :  
Località :

Data :06/01/2018

Scala 1:15



### LITOSTRATIGRAFIA

Facendo riferimento al piano campagna è presente, al di sotto di un ridotto orizzonte superficiale di materiale pedogenico (spessore variabile tra 1,00 m - 1,50 m) scarsamente consistente e cedevole, una successione di terreni composta da depositi sedimentari coerenti a granulometria fine, costituita da limi con sabbie argillosi di colore marrone chiaro-giallastro poco consistenti e subordinatamente Limo con argilla di colore grigio-azzurro moderatamente consistente.



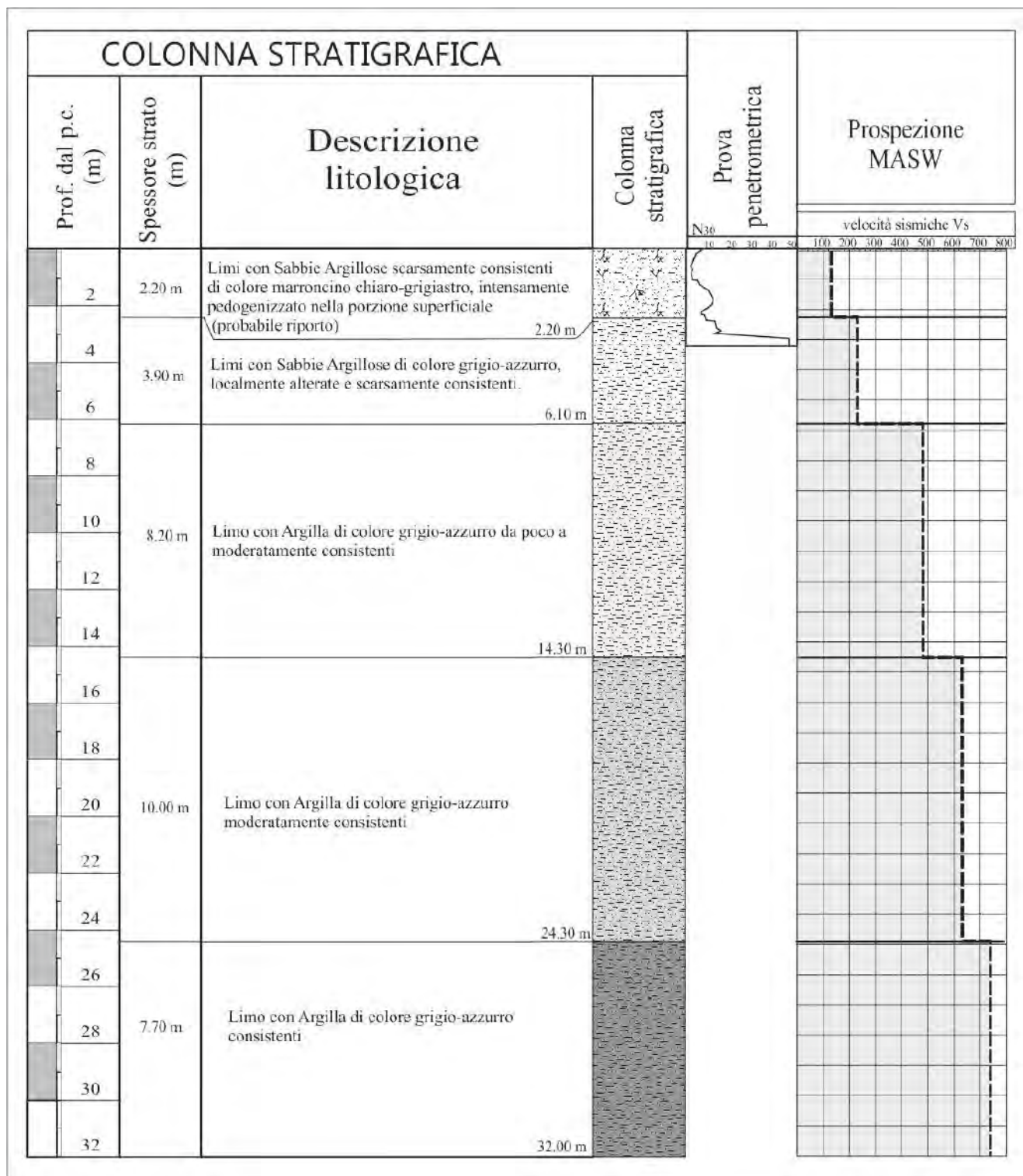
Foto 12: Litotipi presenti nel sito in studio – prelievo del campione



Foto 13: Scavo esplorativo eseguito a circa 20 m dall'impronta della struttura in progetto. Risultano evidenti le argille limose di colore grigiastro.



Dai risultati delle prove in sito eseguite, unitamente alle informazioni raccolte da indagini pregresse, è stato possibile ricostruire, con un buon grado di dettaglio, la successione litostratigrafica del sito in studio.



Di seguito viene riportata una tabella di sintesi dei parametri geotecnici ottenuti da prove di laboratorio eseguite su n°2 campioni identificativi dei terreni presenti nel lotto d'intervento.

**Tabella 1 – Principali parametri geotecnici ottenuti da prove di laboratorio (2011)**

Campione	Profondità m dal p.c.	Descrizione granulometrica	Classi granulometriche	Peso di volume $\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	Angolo d'attrito $\phi$ (°)	Coesione drenata C (kPa)
S1 C1	0.50-1.00	Limo con Sabbia Argilloso	Argilla: 20% Limo: 45% Sabbia: 35% Ghiaia: 0%	19.60	28.90°	5.32
S1 C2	1.00-1.50	Limo con argilla	Argilla: 45% Limo: 51% Sabbia: 4% Ghiaia: 0%	19.36	26.77°	7.69

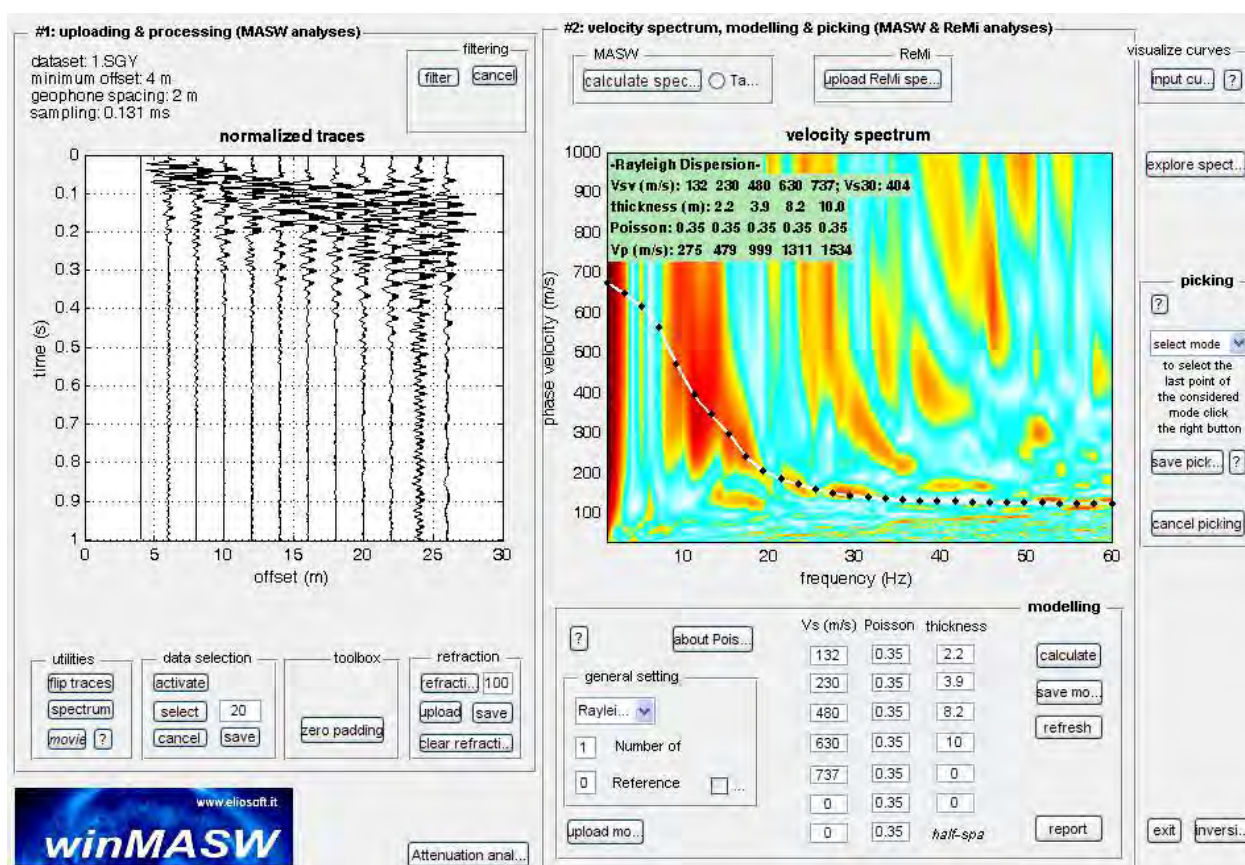
Dall'esame visivo delle pareti dello scavo esplorativo risulta evidente che i terreni investigati presentano frequenti variazioni granulometriche ma di modesta entità (prove granulometriche sui campioni esaminati – tabella 1). Dalle prove di laboratorio è stato possibile determinare i parametri di resistenza al taglio in condizioni drenate (prova di taglio diretto con resistenza di picco). I risultati ottenuti consentono di affermare che le due tipologie di terreno presenti nel sito in esame assumono caratteristiche meccaniche (resistenza al taglio in condizioni drenate) del tutto simili tra loro.

## 7 - Modello sismostratigrafico

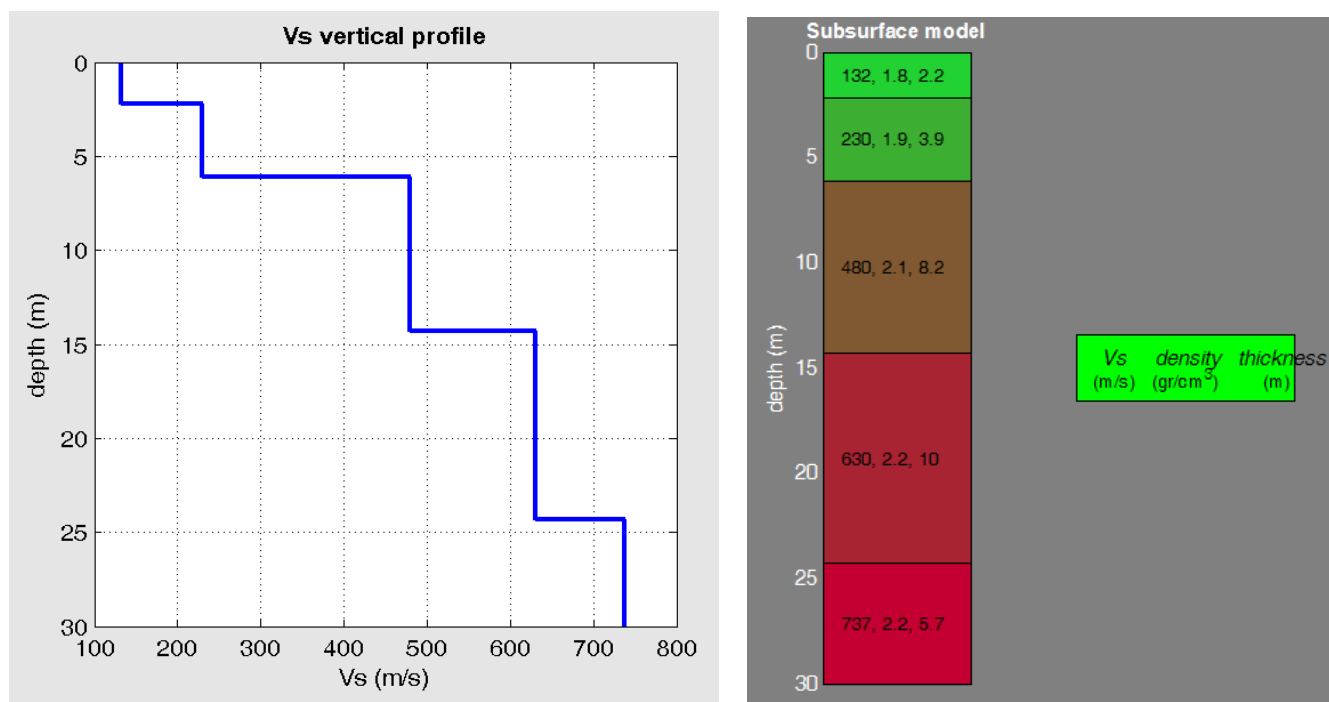
Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto le nuove norme tecniche propongono la definizione dell'azione sismica secondo un approccio semplificato, che si basa sull'individuazione di categorie di sottosuolo di riferimento. In particolare propongono l'adozione di un sistema di caratterizzazione geofisica e geotecnica del profilo stratigrafico del suolo, mediante cinque tipologie di suoli (A - B - C - D - E più altri due speciali: S1 e S2), da individuare in relazione ai parametri di velocità delle onde di taglio mediate sui primi 30 metri di terreno ( $V_{s30}$ ).

Per la valutazione degli effetti di amplificazione stratigrafica è stata quindi determinata la categoria di sottosuolo in funzione del valore di  $V_{s30}$  misurato in sito mediante indagine sismica MASW, eseguita nel lotto di studio.

Il metodo delle onde superficiali attive (MASW) è un metodo di caratterizzazione sismica basato sull'analisi della dispersione geometrica delle onde superficiali di Rayleigh registrate da geofoni posti lungo uno stendimento sulla superficie del suolo.



**Foto 14:** A sinistra è riportato lo spettro di risposta elastico, mentre a destra lo spettro di velocità calcolato



**Foto 15:** A sinistra il grafico del profilo verticale delle velocità sismiche S (Vs), a destra la sismostratigrafia elaborata della prova eseguita.

$$\mathbf{Vs30 = 404 \text{ m/s}}$$

Se si considerano differenti profondità del piano fondazionale, il parametro diventa:

- al piano fondazionale posto a -1,00 m dal p.c.:  $\mathbf{Vs30 = 441 \text{ m/s}}$
- al piano fondazionale posto a -1,50 m dal p.c.:  $\mathbf{Vs30 = 462 \text{ m/s}}$
- al piano fondazionale posto a -2,00 m dal p.c.:  $\mathbf{Vs30 = 485 \text{ m/s}}$
- al piano fondazionale posto a -2,50 m dal p.c.:  $\mathbf{Vs30 = 502 \text{ m/s}}$
- al piano fondazionale posto a -3,00 m dal p.c.:  $\mathbf{Vs30 = 515 \text{ m/s}}$

**Considerando il piano fondazionale posto a -1,20 m dal p.c.:**

$$\mathbf{Vs30 = 450 \text{ m/s}}$$



Categorie	Descrizione
A	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di $V_{s30}$ superiori a 800 m/s, comprendenti eventuali strati di alterazione superficiale di spessore massimo pari a 3 m.
<b>B</b>	<b>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, con spessori superiori a 30m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di <math>V_{s30}</math>, compresi fra 360 m/s e 800 m/s (<math>N_{spt,30} &gt; 50</math> nei terreni a grana grossa o <math>c_{u30} &gt; 250</math> kPa nei terreni a grana fina).</b>
C	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti, con spessori superiori a 30 metri, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s30}$ compresi fra 180 e 360 m/s ( $15 < N_{spt,30} < 50$ nei terreni a grana grossa, $70 < c_{u30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).
D	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati oppure di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 metri, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s30} < 180$ m/s ( $N_{spt,30} < 15$ nei terreni a grana grossa, $c_{u30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina).
E	Terreni di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m, giacenti su un substrato di riferimento ( $V_s > 800$ m/s).

*Categorie aggiuntive di sottosuolo:*

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

I moduli sono stati determinati partendo dalle velocità delle onde trasversali ottenute nel profilo MASW; la dispersione delle onde di Rayleigh dipende essenzialmente dalla  $V_s$  e dalla potenza degli strati (geometria). Pertanto è opportuno precisare che i parametri elastici calcolati, rappresentano delle stime preliminari ed hanno, quindi, soltanto un valore indicativo.

**Tabella 2 – Principali parametri sismici ottenuti dalla prova MASW**

N. STRATO	SPESSORE (m)	$V_s$ (m/s)	$V_p$ (m/s)	DENSITA' ( $g/cm^3$ )	MODULO DI TAGLIO (MPa)	MODULO DI BULK (MPa)	MODULO DI YOUNG (MPa)
1	2,2	132	313	1,77	31	133	86
2	3,9	230	546	1,91	101	434	281
3	8,2	480	1139	2,09	481	2065	1338
4	10,0	630	1495	2,15	854	3670	2378
5	Semi-Spazio	737	1749	2,19	1189	5113	3312

Rende, Gennaio 2018

Il Geologo  
Dott. Sergio Soleri

---

## ALLEGATI

---

## “TABELLA DI SINTESI DATI GEOLOGICI”

(ai sensi dell'art 3, comma 6, lettera i del Regolamento Regionale N 7 del 28 giugno 2012 - testo coordinato con le modifiche ed integrazioni di cui al R.R. n. 2 del 19 marzo 2013)

### Condizioni stratigrafiche e topografiche

**a) Approccio utilizzato per la valutazione dell'amplificazione**

- ☒ Semplificato
- ☐ Numerico mono-dimensionale
- ☐ Numerico bi-dimensionale

*Posizione del punto d'indagine:*

**b) Latitudine della stratigrafia** 39.309714°

**c) Longitudine della stratigrafica** 16.193717°

**d) Quota del piano campagna [m. s.l.m.]** 523

**e) Differenza fra la quota del piano campagna e la quota di imposta delle fondazioni [m]** 1 m

**f) Metodo di calcolo della velocità delle onde di taglio ( $V_{s30}$ )**

- ☐ DOWN-HOLE
- ☐ SPT/CU
- ☐ SASW
- ☒ MASW
- ☐ CROSS-HOLE
- ☐ Altre misure

**g) Sismostratigrafia utilizzata nella modellazione derivante dalle indagini geognostiche e sismiche eseguite a partire dal piano campagna:**

<i>Litologia</i>	<i>Descrizione</i>	<i>Profondità dello strato base dal piano di campagna [m]<sup>(1)</sup></i>	<i>V<sub>s</sub> [m/s]</i>	<i>SPT<sup>(2)</sup></i>	<i>CU [kPa]<sup>(2)</sup></i>
Limi con Sabbie Argillose	Limi con Sabbie Argillose scarsamente consistenti di colore marroncino chiaro grigiastro (probabile materiale di riporto)	2.2	132	-	-
Limi con Sabbie Argillose	Limi con Sabbie Argillose di colore grigio-azzurro, localmente alterate e scarsamente consistenti ( <i>Pleistocene</i> )	6.10	230	-	-
Limo con Argilla	Limo con Argilla di colore grigio-azzurro da poco a moderatamente consistente ( <i>Pleistocene</i> )	14.30	480	-	-
Limo con Argilla	Limo con Argilla di colore grigio-azzurro moderatamente consistente ( <i>Pleistocene</i> )	24.30	630	-	-
Limo con Argilla	Limo con Argilla di colore grigio-azzurro consistente ( <i>Pleistocene</i> )	35	737	-	-

Note: 1) la profondità minima dell'ultimo strato dichiarato in stratigrafia deve essere di 30 m (misurati dal piano d'imposta delle fondazioni)

2) dato richiesto in caso di scelta del metodo SPT/CU al precedente punto f)



**“TABELLA DI SINTESI DATI GEOLOGICI”**

(ai sensi dell'art 3, comma 6, lettera i del Regolamento Regionale N 7 del 28 giugno 2012 - testo coordinato con le modifiche ed integrazioni di cui al R.R. n. 2 del 19 marzo 2013)

**h) Categoria topografica T2****Geologia: informazioni generali**

- **Categoria di sottosuolo: B**
- **Profondità del Bedrock:**
  - ☒ > 30 metri
  - ☐ < 30 metri
  - ☐ Sconosciuta
- **Stratificazione del deposito: SI**  
**Se SI:**
  - ☒ Sub-orizzontale piano parallela
  - ☐ Inclinata
  - ☐ Incrociata
  - ☐ Irregolare
  - ☐ Altro
- **Presenza di discontinuità:** (contatti stratigrafici e/o tettonici, bordi di bacino, discordanze stratigrafiche,...) **NO**
- **Presenza di faglie capaci: NO**
- **Presenza di frana: NO**
- **Profondità della falda [m]: >30**

**Morfologia: informazioni generali****Ubicazione dell'opera**

- ☐ Pianura
  - Pianura aperta
  - Fondovalle di valle stretta ( $C > 0.25$ )
  - Fondovalle di valle larga ( $C < 0.25$ )
- ☒ Rilievo isolato
  - Alla base del pendio
  - A metà del pendio
  - Sulla sommità o in cresta
- ☐ Cresta stretta
- ☐ Cresta larga

# PROVA PENETROMETRICA DINAMICA

Committente: DOTT. GEOL. SERGIO SOLERI

Cantiere: Completamento e messa a norma del Campo di Calcio a 5 in Località Centro Storico

Località: CENTRO STORICO DI CASTROLIBERO

## Caratteristiche Tecniche-Strumentali Sonda: DPM (DL030 10) (Medium)

Rif. Norme	DIN 4094
Peso Massa battente	30 Kg
Altezza di caduta libera	0,20 m
Peso sistema di battuta	21 Kg
Diametro punta conica	35,68 mm
Area di base punta	10 cm <sup>2</sup>
Lunghezza delle aste	1 m
Peso aste a metro	2,9 Kg/m
Profondità giunzione prima asta	0,80 m
Avanzamento punta	0,10 m
Numero colpi per punta	N(10)
Coeff. Correlazione	0,761
Rivestimento/fanghi	No
Angolo di apertura punta	60 °

OPERATORE

RESPONSABILE

## **PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE CONTINUE** **(DYNAMIC PROBING)**

**DPSH – DPM (... scpt ecc.)**

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

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

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

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

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

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

Elementi caratteristici del penetrometro dinamico sono i seguenti:

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

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

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

Classificazione ISSMFE dei penetrometri dinamici:

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

### penetrometri in uso in Italia

In Italia risultano attualmente in uso i seguenti tipi di penetrometri dinamici (non rientranti però nello Standard ISSMFE):

- DINAMICO LEGGERO ITALIANO (DL-30) (MEDIO secondo la classifica ISSMFE)  
massa battente M = 30 kg, altezza di caduta H = 0.20 m, avanzamento  $\delta = 10$  cm, punta conica ( $\alpha=60-90^\circ$ ), diametro D 35.7 mm, area base cono A=10 cm<sup>2</sup> rivestimento / fango bentonitico : talora previsto;
- DINAMICO LEGGERO ITALIANO (DL-20) (MEDIO secondo la classifica ISSMFE)  
massa battente M = 20 kg, altezza di caduta H=0.20 m, avanzamento  $\delta = 10$  cm, punta conica ( $\alpha= 60-90^\circ$ ), diametro D 35.7 mm, area base cono A=10 cm<sup>2</sup> rivestimento / fango bentonitico : talora previsto;
- DINAMICO PESANTE ITALIANO (SUPERPESANTE secondo la classifica ISSMFE)  
massa battente M = 73 kg, altezza di caduta H=0.75 m, avanzamento  $\delta=30$  cm, punta conica ( $\alpha = 60^\circ$ ), diametro D = 50.8 mm, area base cono A=20.27 cm<sup>2</sup> rivestimento: previsto secondo precise indicazioni;
- DINAMICO SUPERPESANTE (Tipo EMILIA)  
massa battente M=63.5 kg, altezza caduta H=0.75 m, avanzamento  $\delta=20-30$  cm, punta conica conica ( $\alpha = 60^\circ-90^\circ$ ) diametro D = 50.5 mm, area base cono A = 20 cm<sup>2</sup>, rivestimento / fango bentonitico : talora previsto.

### Correlazione con Nspt

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



con  $N_{spt}$ . Il passaggio viene dato da:

$$N_{spt} = \beta_t N$$

Dove:

in cui  $Q$  è l'energia specifica per colpo e  $Q_{spt}$  è quella riferita alla prova SPT.

L'energia specifica per colpo viene calcolata come segue:

in cui

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

### **Valutazione resistenza dinamica alla punta $R_{pd}$**

Formula Olandesi

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

### **Metodologia di Elaborazione.**

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

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

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

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

In particolare consente di ottenere informazioni su:

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

### **Valutazioni statistiche e correlazioni**

#### **Elaborazione Statistica**

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

**Media**

Media aritmetica dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

**Media minima**

Valore statistico inferiore alla media aritmetica dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

**Massimo**

Valore massimo dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

**Minimo**

Valore minimo dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

**Scarto quadratico medio**

Valore statistico di scarto dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

**Media deviata**

Valore statistico di media deviata dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

**Media + s**

Media + scarto (valore statistico) dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

**Media - s**

Media - scarto (valore statistico) dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

**Pressione ammissibile**

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

**Correlazioni geotecniche terreni incoerenti**

**Liquefazione**

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

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

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

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

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

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

**Angolo di Attrito**

Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof 1956 - Correlazione valida per terreni non molli a prof.  $< 5$  mt.; correlazione valida per sabbie e ghiaie rappresenta valori medi. - Correlazione storica molto usata, valevole per prof.  $< 5$  mt. per terreni sopra falda e  $< 8$  mt. per terreni in falda (tensioni  $< 8-10$  t/mq)

Meyerhof 1956 - Correlazioni valide per terreni argillosi ed argillosi-marnosi fessurati, terreni di riporto sciolti e coltri detritiche (da modifica sperimentale di dati).

Sowers 1961)- Angolo di attrito in gradi valido per sabbie in genere (cond. ottimali per prof.  $< 4$  mt. sopra falda e  $< 7$  mt. per terreni in falda)  $\phi > 5$  t/mq.

De Mello - Correlazione valida per terreni prevalentemente sabbiosi e sabbioso-ghiaiosi (da modifica sperimentale di dati) con angolo di attrito  $< 38^\circ$  .

Malcev 1964 - Angolo di attrito in gradi valido per sabbie in genere (cond. ottimali per prof.  $> 2$  m. e per valori di angolo di attrito  $< 38^\circ$  ).

Schmertmann 1977- Angolo di attrito (gradi) per vari tipi litologici (valori massimi). N.B. valori spesso troppo ottimistici poiché desunti da correlazioni indirette da  $D_r$  %.

Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION) Angolo di attrito in gradi valido per sabbie - sabbie fini o limose e limi siltosi (cond. ottimali per prof. di prova > 8 mt. sopra falda e > 15 mt. per terreni in falda)  $\sigma > 15$  t/mq.

Shioi-Fukuni 1982 (JAPANESE NATIONAL RAILWAY) Angolo di attrito valido per sabbie medie e grossolane fino a ghiaiose.

Angolo di attrito in gradi (Owasaki & Iwasaki) valido per sabbie - sabbie medie e grossolane-ghiaiose (cond. ottimali per prof. > 8 mt. sopra falda e > 15 mt. per terreni in falda)  $\sigma > 15$  t/mq.

Meyerhof 1965 - Correlazione valida per terreni per sabbie con % di limo < 5% a profondità < 5 mt. e con % di limo > 5% a profondità < 3 mt.

Mitchell e Katti (1965) - Correlazione valida per sabbie e ghiaie.

#### **Densità relativa (%)**

Gibbs & Holtz (1957) correlazione valida per qualunque pressione efficace, per ghiaie  $D_r$  viene sovrastimato, per limi sottostimato.

Skempton (1986) elaborazione valida per limi e sabbie e sabbie da fini a grossolane NC a qualunque pressione efficace, per ghiaie il valore di  $D_r$  % viene sovrastimato, per limi sottostimato.

Meyerhof (1957).

Schultze & Menzenbach (1961) per sabbie fini e ghiaiose NC, metodo valido per qualunque valore di pressione efficace in depositi NC, per ghiaie il valore di  $D_r$  % viene sovrastimato, per limi sottostimato.

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

Terzaghi - elaborazione valida per sabbia pulita e sabbia con ghiaia senza considerare la pressione efficace.

Schmertmann (1978), correlazione valida per vari tipi litologici.

Schultze-Menzenbach, correlazione valida per vari tipi litologici.

D'Appollonia ed altri (1970), correlazione valida per sabbia, sabbia SC, sabbia NC e ghiaia

Bowles (1982), correlazione valida per sabbia argillosa, sabbia limosa, limo sabbioso, sabbia media, sabbia e ghiaia.

#### **Modulo Edometrico**

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

Buisman-Sanglerat, correlazione valida per sabbia e sabbia argillosa.

Farrent (1963) valida per sabbie, talora anche per sabbie con ghiaia (da modifica sperimentale di dati).

Menzenbach e Malcev valida per sabbia fine, sabbia ghiaiosa e sabbia e ghiaia.

#### **Stato di consistenza**

Classificazione A.G.I. 1977

#### **Peso di Volume Gamma**

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

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

Bowles 1982, Terzaghi-Peck 1948-1967. Correlazione valida per peso specifico del materiale pari a circa  $\gamma = 2,65$  t/mc e per peso di volume secco variabile da 1,33 ( $N_{spt} = 0$ ) a 1,99 ( $N_{spt} = 95$ )

#### **Modulo di poisson**

Classificazione A.G.I.

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

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

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

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



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

Ohsaki & Iwasaki – elaborazione valida per sabbie con fine plastico e sabbie pulite.

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

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

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

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

Robertson 1983  $Q_c$

## **Correlazioni geotecniche terreni coesivi**

### **Coesione non drenata**

Benassi & Vannelli- correlazioni scaturite da esperienze ditta costruttrice Penetrometri SUNDA 1983.

Terzaghi-Peck (1948-1967), correlazione valida per argille sabbiose-siltose NC con  $N_{spt} < 8$  , argille limose-siltose mediamente plastiche, argille marnose alterate-fessurate.

Terzaghi-Peck (1948).  $C_u$  min-max.

Sanglerat , da dati Penetr. Statico per terreni coesivi saturi , tale correlazione non è valida per argille sensitive con sensitività  $> 5$ , per argille sovraconsolidate fessurate e per i limi a bassa plasticità.

Sanglerat , (per argille limose-sabbiose poco coerenti), valori validi per resistenze penetrometriche  $< 10$  colpi, per resistenze penetrometriche  $> 10$  l'elaborazione valida è comunque quella delle "argille plastiche " di Sanglerat.

(U.S.D.M.S.M.) U.S. Design Manual Soil Mechanics Coesione non drenata per argille limose e argille di bassa media ed alta plasticità , ( $C_u$ - $N_{spt}$ -grado di plasticità).

Schmertmann 1975  $C_u$  (Kg/cmq) (valori medi), valida per **argille** e **limi argillosi** con  $N_c=20$  e  $Q_c/N_{spt}=2$ .

Schmertmann 1975  $C_u$  (Kg/cmq) (valori minimi), valida per argille NC .

Fletcher 1965 - (Argilla di Chicago) . Coesione non drenata  $C_u$  (Kg/cmq), colonna valori validi per argille a medio-bassa plasticità .

Houston (1960) - argilla di media-alta plasticità.

Shioi-Fukuni 1982 , valida per suoli poco coerenti e plastici, argilla di media-alta plasticità.

Begemann.

De Beer.

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

Robertson 1983  $Q_c$

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

Stroud e Butler (1975) - per litotipi a media plasticità, valida per litotipi argillosi a media-medio-alta plasticità - da esperienze su argille glaciali.

Stroud e Butler (1975), per litotipi a medio-bassa plasticità ( $IP < 20$ ), valida per litotipi argillosi a medio-bassa plasticità ( $IP < 20$ ) - da esperienze su argille glaciali .

Vesic (1970) correlazione valida per argille molli (valori minimi e massimi).

Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner Modulo Confinato - $M_o$  (Eed) (Kg/cmq)-, valida per litotipi argillosi e limosi-argillosi (rapporto  $Q_c/N_{spt}=1.5-2.0$ ).

Buisman- Sanglerat, valida per argille compatte (  $N_{spt} < 30$ ) medie e molli (  $N_{spt} < 4$ ) e argille sabbiose (  $N_{spt}=6-12$ ).

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

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

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

### **Stato di consistenza**

**Peso di Volume Gamma**

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

**Peso di volume saturo**

Correlazione Bowles (1982), Terzaghi-Peck (1948-1967), valida per condizioni specifiche: peso specifico del materiale pari a circa  $G=2,70$  (t/mc) e per indici dei vuoti variabili da 1,833 ( $N_{spt}=0$ ) a 0,545 ( $N_{spt}=28$ )

**PROVA ... Nr.1**

Strumento utilizzato...

DPM (DL030 10) (Medium)

Prova eseguita in data

08/01/2018

Profondità prova

3,40 mt

Falda non rilevata

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> )
0,10	7	0,857	20,02	23,38	1,00	1,17
0,20	4	0,855	11,42	13,36	0,57	0,67
0,30	3	0,853	8,54	10,02	0,43	0,50
0,40	3	0,851	8,52	10,02	0,43	0,50
0,50	2	0,849	5,67	6,68	0,28	0,33
0,60	1	0,847	2,83	3,34	0,14	0,17
0,70	1	0,845	2,82	3,34	0,14	0,17
0,80	2	0,843	5,63	6,68	0,28	0,33
0,90	1	0,842	2,67	3,17	0,13	0,16
1,00	2	0,840	5,32	6,34	0,27	0,32
1,10	2	0,838	5,31	6,34	0,27	0,32
1,20	4	0,836	10,60	12,68	0,53	0,63
1,30	5	0,835	13,22	15,85	0,66	0,79
1,40	7	0,833	18,48	22,18	0,92	1,11
1,50	9	0,831	23,71	28,52	1,19	1,43
1,60	10	0,830	26,29	31,69	1,31	1,58
1,70	11	0,828	28,86	34,86	1,44	1,74
1,80	12	0,826	31,42	38,03	1,57	1,90
1,90	12	0,825	29,84	36,18	1,49	1,81
2,00	11	0,823	27,30	33,17	1,37	1,66
2,10	10	0,822	24,77	30,15	1,24	1,51
2,20	8	0,820	19,78	24,12	0,99	1,21
2,30	6	0,819	14,81	18,09	0,74	0,90
2,40	8	0,817	19,71	24,12	0,99	1,21
2,50	9	0,816	22,13	27,14	1,11	1,36
2,60	13	0,764	29,96	39,20	1,50	1,96
2,70	14	0,763	32,20	42,21	1,61	2,11
2,80	14	0,761	32,14	42,21	1,61	2,11
2,90	16	0,760	34,97	46,01	1,75	2,30
3,00	13	0,759	28,36	37,38	1,42	1,87
3,10	36	0,657	68,04	103,51	3,40	5,18
3,20	50	0,606	87,12	143,77	4,36	7,19
3,30	50	0,605	86,94	143,77	4,35	7,19
3,40	50	0,603	86,75	143,77	4,34	7,19

**STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.1****TERRENI COESIVI****Coesione non drenata**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Cu (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato 1	2,03	1,20	Terzaghi-Peck	0,13
Strato 2	7,94	3,00	Terzaghi-Peck	0,50
Strato 3	35,39	3,40	Terzaghi-Peck	2,39

**Qc ( Resistenza punta Penetrometro Statico)**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Qc (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato 1	2,03	1,20	Robertson (1983)	4,06
Strato 2	7,94	3,00	Robertson (1983)	15,88
Strato 3	35,39	3,40	Robertson (1983)	70,78

**Modulo Edometrico**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Eed (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato 1	2,03	1,20	Stroud e Butler (1975)	9,31
Strato 2	7,94	3,00	Stroud e Butler (1975)	36,43
Strato 3	35,39	3,40	Stroud e Butler (1975)	162,37

**Modulo di Young**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Ey (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato 1	2,03	1,20	Apollonia	20,30
Strato 2	7,94	3,00	Apollonia	79,40
Strato 3	35,39	3,40	Apollonia	353,90

**Classificazione AGI**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
Strato 1	2,03	1,20	Classificaz. A.G.I. (1977)	POCO CONSISTENTE
Strato 2	7,94	3,00	Classificaz. A.G.I. (1977)	MODERAT. CONSISTENTE
Strato 3	35,39	3,40	Classificaz. A.G.I. (1977)	ESTREM. CONSISTENTE

**Peso unità di volume**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m <sup>3</sup> )
Strato 1	2,03	1,20	Meyerhof ed altri	1,56
Strato 2	7,94	3,00	Meyerhof ed altri	1,90
Strato 3	35,39	3,40	Meyerhof ed altri	2,30

**Peso unità di volume saturo**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m <sup>3</sup> )
--	------	------------------	--------------	---

Strato 1	2,03	1,20	Bowles 1982, Terzaghi-Peck 1948/1967	1,85
Strato 2	7,94	3,00	Bowles 1982, Terzaghi-Peck 1948/1967	1,90
Strato 3	35,39	3,40	Bowles 1982, Terzaghi-Peck 1948/1967	2,56

## TERRENI INCOERENTI

### Densità relativa

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Densità relativa (%)
Strato 1	2,03	1,20	2,03	Gibbs & Holtz 1957	33,59
Strato 2	7,94	3,00	7,94	Gibbs & Holtz 1957	57,52
Strato 3	35,39	3,40	35,39	Gibbs & Holtz 1957	100

### Angolo di resistenza al taglio

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato 1	2,03	1,20	2,03	Sowers (1961)	28,57
Strato 2	7,94	3,00	7,94	Sowers (1961)	30,22
Strato 3	35,39	3,40	35,39	Sowers (1961)	37,91

### Modulo di Young

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo di Young (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato 1	2,03	1,20	2,03	Bowles (1982) Sabbia Media	---
Strato 2	7,94	3,00	7,94	Bowles (1982) Sabbia Media	---
Strato 3	35,39	3,40	35,39	Bowles (1982) Sabbia Media	251,95

### Modulo Edometrico

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo Edometrico (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato 1	2,03	1,20	2,03	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	31,63
Strato 2	7,94	3,00	7,94	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	43,77
Strato 3	35,39	3,40	35,39	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	100,16

### Classificazione AGI

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
Strato 1	2,03	1,20	2,03	Classificazione A.G.I. 1977	SCIOLTO
Strato 2	7,94	3,00	7,94	Classificazione A.G.I. 1977	POCO ADDENSATO



Strato 3	35,39	3,40	35,39	Classificazione A.G.I. 1977	ADDENSATO
----------	-------	------	-------	--------------------------------	-----------

#### Peso unità di volume

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma (t/m³)
Strato 1	2,03	1,20	2,03	Meyerhof ed altri	1,40
Strato 2	7,94	3,00	7,94	Meyerhof ed altri	1,66
Strato 3	35,39	3,40	35,39	Meyerhof ed altri	2,18

#### Peso unità di volume saturo

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma Saturo (t/m³)
Strato 1	2,03	1,20	2,03	Terzaghi-Peck 1948-1967	1,87
Strato 2	7,94	3,00	7,94	Terzaghi-Peck 1948-1967	1,91
Strato 3	35,39	3,40	35,39	Terzaghi-Peck 1948-1967	---

#### Modulo di Poisson

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
Strato 1	2,03	1,20	2,03	(A.G.I.)	0,35
Strato 2	7,94	3,00	7,94	(A.G.I.)	0,34
Strato 3	35,39	3,40	35,39	(A.G.I.)	0,28

#### Modulo di deformazione a taglio

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	G (Kg/cm²)
Strato 1	2,03	1,20	2,03	Ohsaki (Sabbie pulite)	126,46
Strato 2	7,94	3,00	7,94	Ohsaki (Sabbie pulite)	455,77
Strato 3	35,39	3,40	35,39	Ohsaki (Sabbie pulite)	1857,21

#### Velocità onde

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Velocità onde m/s
Strato 1	2,03	1,20	2,03		78,36
Strato 2	7,94	3,00	7,94		154,98
Strato 3	35,39	3,40	35,39		327,19

#### Liquefazione

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Potenziale Liquefazione
Strato 1	2,03	1,20	2,03	Seed (1979) (Sabbie e ghiaie)	< 0.04
Strato 2	7,94	3,00	7,94	Seed (1979) (Sabbie e ghiaie)	< 0.04
Strato 3	35,39	3,40	35,39	Seed (1979) (Sabbie e ghiaie)	0.10-0.35

#### Modulo di reazione Ko

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Ko
--	------	---------------------	-------------------------------------	--------------	----

Strato 1	2,03	1,20	2,03	Navfac 1971-1982	0,28
Strato 2	7,94	3,00	7,94	Navfac 1971-1982	1,65
Strato 3	35,39	3,40	35,39	Navfac 1971-1982	6,32

#### Qc ( Resistenza punta Penetrometro Statico)

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Qc (Kg/cm²)
Strato 1	2,03	1,20	2,03	Robertson 1983	4,06
Strato 2	7,94	3,00	7,94	Robertson 1983	15,88
Strato 3	35,39	3,40	35,39	Robertson 1983	70,78

#### PROVA ... Nr.2

Strumento utilizzato... DPM (DL030 10) (Medium)  
Prova eseguita in data 08/01/2018  
Profondità prova 3,50 mt  
Falda non rilevata

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm²)	Res. dinamica (Kg/cm²)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm²)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm²)
0,10	2	0,857	5,72	6,68	0,29	0,33
0,20	3	0,855	8,56	10,02	0,43	0,50
0,30	3	0,853	8,54	10,02	0,43	0,50
0,40	4	0,851	11,36	13,36	0,57	0,67
0,50	2	0,849	5,67	6,68	0,28	0,33
0,60	2	0,847	5,66	6,68	0,28	0,33
0,70	2	0,845	5,64	6,68	0,28	0,33
0,80	2	0,843	5,63	6,68	0,28	0,33
0,90	2	0,842	5,33	6,34	0,27	0,32
1,00	3	0,840	7,98	9,51	0,40	0,48
1,10	2	0,838	5,31	6,34	0,27	0,32
1,20	3	0,836	7,95	9,51	0,40	0,48
1,30	3	0,835	7,93	9,51	0,40	0,48
1,40	1	0,833	2,64	3,17	0,13	0,16
1,50	1	0,831	2,63	3,17	0,13	0,16
1,60	2	0,830	5,26	6,34	0,26	0,32
1,70	7	0,828	18,37	22,18	0,92	1,11
1,80	6	0,826	15,71	19,01	0,79	0,95
1,90	3	0,825	7,46	9,05	0,37	0,45
2,00	4	0,823	9,93	12,06	0,50	0,60
2,10	4	0,822	9,91	12,06	0,50	0,60
2,20	6	0,820	14,84	18,09	0,74	0,90
2,30	7	0,819	17,28	21,11	0,86	1,06
2,40	5	0,817	12,32	15,08	0,62	0,75
2,50	5	0,816	12,30	15,08	0,61	0,75
2,60	7	0,814	17,19	21,11	0,86	1,06
2,70	7	0,813	17,16	21,11	0,86	1,06
2,80	6	0,811	14,68	18,09	0,73	0,90
2,90	5	0,810	11,65	14,38	0,58	0,72
3,00	5	0,809	11,63	14,38	0,58	0,72

3,10	4	0,807	9,29	11,50	0,46	0,58
3,20	4	0,806	9,27	11,50	0,46	0,58
3,30	4	0,805	9,26	11,50	0,46	0,58
3,40	50	0,603	86,75	143,77	4,34	7,19
3,50	0	0,802	86,75	143,77	4,34	7,19

## STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.2

### TERRENI COESIVI

#### Coesione non drenata

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Cu (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato 1	1,76	1,60	Terzaghi-Peck	0,11
Strato 2	3,99	3,30	Terzaghi-Peck	0,25
Strato 3	38,05	3,40	Terzaghi-Peck	2,57

#### Qc ( Resistenza punta Penetrometro Statico)

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Qc (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato 1	1,76	1,60	Robertson (1983)	3,52
Strato 2	3,99	3,30	Robertson (1983)	7,98
Strato 3	38,05	3,40	Robertson (1983)	76,10

#### Modulo Edometrico

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Eed (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato 1	1,76	1,60	Stroud e Butler (1975)	8,08
Strato 2	3,99	3,30	Stroud e Butler (1975)	18,31
Strato 3	38,05	3,40	Stroud e Butler (1975)	174,57

#### Modulo di Young

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Ey (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato 1	1,76	1,60	Apollonia	17,60
Strato 2	3,99	3,30	Apollonia	39,90
Strato 3	38,05	3,40	Apollonia	380,50

#### Classificazione AGI

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
Strato 1	1,76	1,60	Classificaz. A.G.I. (1977)	PRIVO DI CONSISTENZA
Strato 2	3,99	3,30	Classificaz. A.G.I. (1977)	POCO CONSISTENTE
Strato 3	38,05	3,40	Classificaz. A.G.I. (1977)	ESTREM. CONSISTENTE

#### Peso unità di volume

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m <sup>3</sup> )
Strato 1	1,76	1,60	Meyerhof ed altri	1,54
Strato 2	3,99	3,30	Meyerhof ed altri	1,70
Strato 3	38,05	3,40	Meyerhof ed altri	2,42

#### Peso unità di volume saturo

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m³)
Strato 1	1,76	1,60	Bowles 1982, Terzaghi-Peck 1948/1967	1,85
Strato 2	3,99	3,30	Bowles 1982, Terzaghi-Peck 1948/1967	1,87
Strato 3	38,05	3,40	Bowles 1982, Terzaghi-Peck 1948/1967	2,66

## TERRENI INCOERENTI

### Densità relativa

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Densità relativa (%)
Strato 1	1,76	1,60	1,76	Gibbs & Holtz 1957	30,71
Strato 2	3,99	3,30	3,99	Gibbs & Holtz 1957	40,16
Strato 3	38,05	3,40	38,05	Gibbs & Holtz 1957	100

### Angolo di resistenza al taglio

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato 1	1,76	1,60	1,76	Sowers (1961)	28,49
Strato 2	3,99	3,30	3,99	Sowers (1961)	29,12
Strato 3	38,05	3,40	38,05	Sowers (1961)	38,65

### Modulo di Young

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo di Young (Kg/cm²)
Strato 1	1,76	1,60	1,76	Bowles (1982) Sabbia Media	---
Strato 2	3,99	3,30	3,99	Bowles (1982) Sabbia Media	---
Strato 3	38,05	3,40	38,05	Bowles (1982) Sabbia Media	265,25

### Modulo Edometrico

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo Edometrico (Kg/cm²)
Strato 1	1,76	1,60	1,76	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	31,08
Strato 2	3,99	3,30	3,99	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	35,66
Strato 3	38,05	3,40	38,05	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	105,62

### Classificazione AGI

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
--	------	------------------	----------------------------------	--------------	---------------------



Strato 1	1,76	1,60	1,76	Classificazione A.G.I. 1977	SCIOLTO
Strato 2	3,99	3,30	3,99	Classificazione A.G.I. 1977	SCIOLTO
Strato 3	38,05	3,40	38,05	Classificazione A.G.I. 1977	ADDENSATO

#### Peso unità di volume

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma (t/m³)
Strato 1	1,76	1,60	1,76	Meyerhof ed altri	1,39
Strato 2	3,99	3,30	3,99	Meyerhof ed altri	1,49
Strato 3	38,05	3,40	38,05	Meyerhof ed altri	2,19

#### Peso unità di volume saturo

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma Saturo (t/m³)
Strato 1	1,76	1,60	1,76	Terzaghi-Peck 1948-1967	1,87
Strato 2	3,99	3,30	3,99	Terzaghi-Peck 1948-1967	1,88
Strato 3	38,05	3,40	38,05	Terzaghi-Peck 1948-1967	---

#### Modulo di Poisson

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
Strato 1	1,76	1,60	1,76	(A.G.I.)	0,35
Strato 2	3,99	3,30	3,99	(A.G.I.)	0,35
Strato 3	38,05	3,40	38,05	(A.G.I.)	0,28

#### Modulo di deformazione a taglio

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	G (Kg/cm²)
Strato 1	1,76	1,60	1,76	Ohsaki (Sabbie pulite)	110,58
Strato 2	3,99	3,30	3,99	Ohsaki (Sabbie pulite)	238,69
Strato 3	38,05	3,40	38,05	Ohsaki (Sabbie pulite)	1988,14

#### Velocità onde

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Velocità onde m/s
Strato 1	1,76	1,60	1,76		72,97
Strato 2	3,99	3,30	3,99		109,86
Strato 3	38,05	3,40	38,05		339,27

#### Liquefazione

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Potenziale Liquefazione
Strato 1	1,76	1,60	1,76	Seed (1979) (Sabbie e ghiaie)	< 0.04
Strato 2	3,99	3,30	3,99	Seed (1979) (Sabbie e ghiaie)	< 0.04
Strato 3	38,05	3,40	38,05	Seed (1979) (Sabbie e ghiaie)	> 0.35

**Modulo di reazione Ko**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Ko
Strato 1	1,76	1,60	1,76	Navfac 1971-1982	0,21
Strato 2	3,99	3,30	3,99	Navfac 1971-1982	0,75
Strato 3	38,05	3,40	38,05	Navfac 1971-1982	6,65

**Qc ( Resistenza punta Penetrometro Statico)**

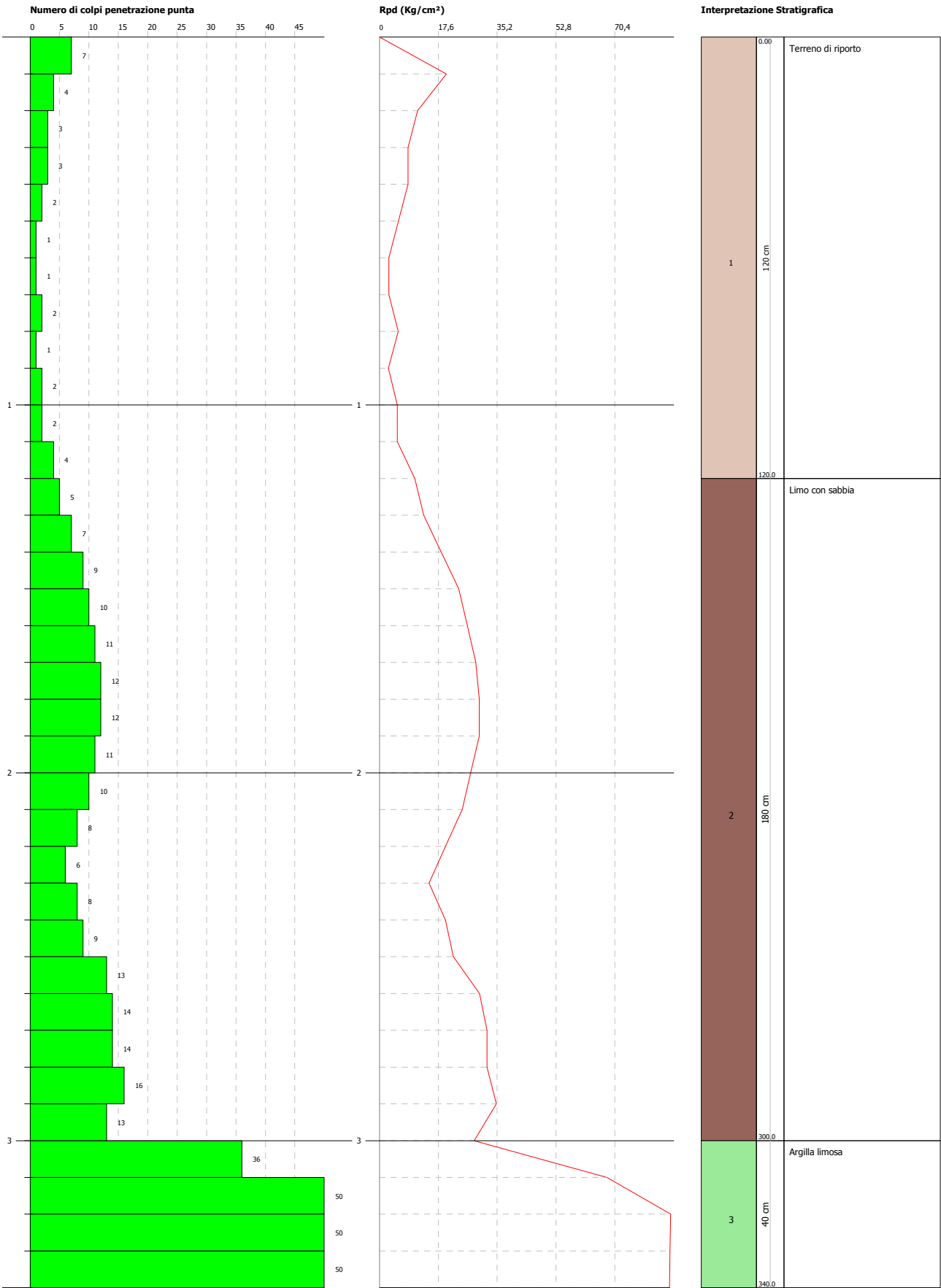
	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Qc (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato 1	1,76	1,60	1,76	Robertson 1983	3,52
Strato 2	3,99	3,30	3,99	Robertson 1983	7,98
Strato 3	38,05	3,40	38,05	Robertson 1983	76,10

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.1  
Strumento utilizzato... DPM (DL030 10) (Medium)  
DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA-Rpd

Committente :  
Cantiere :  
Località :

Data :08/01/2018

Scala 1:15

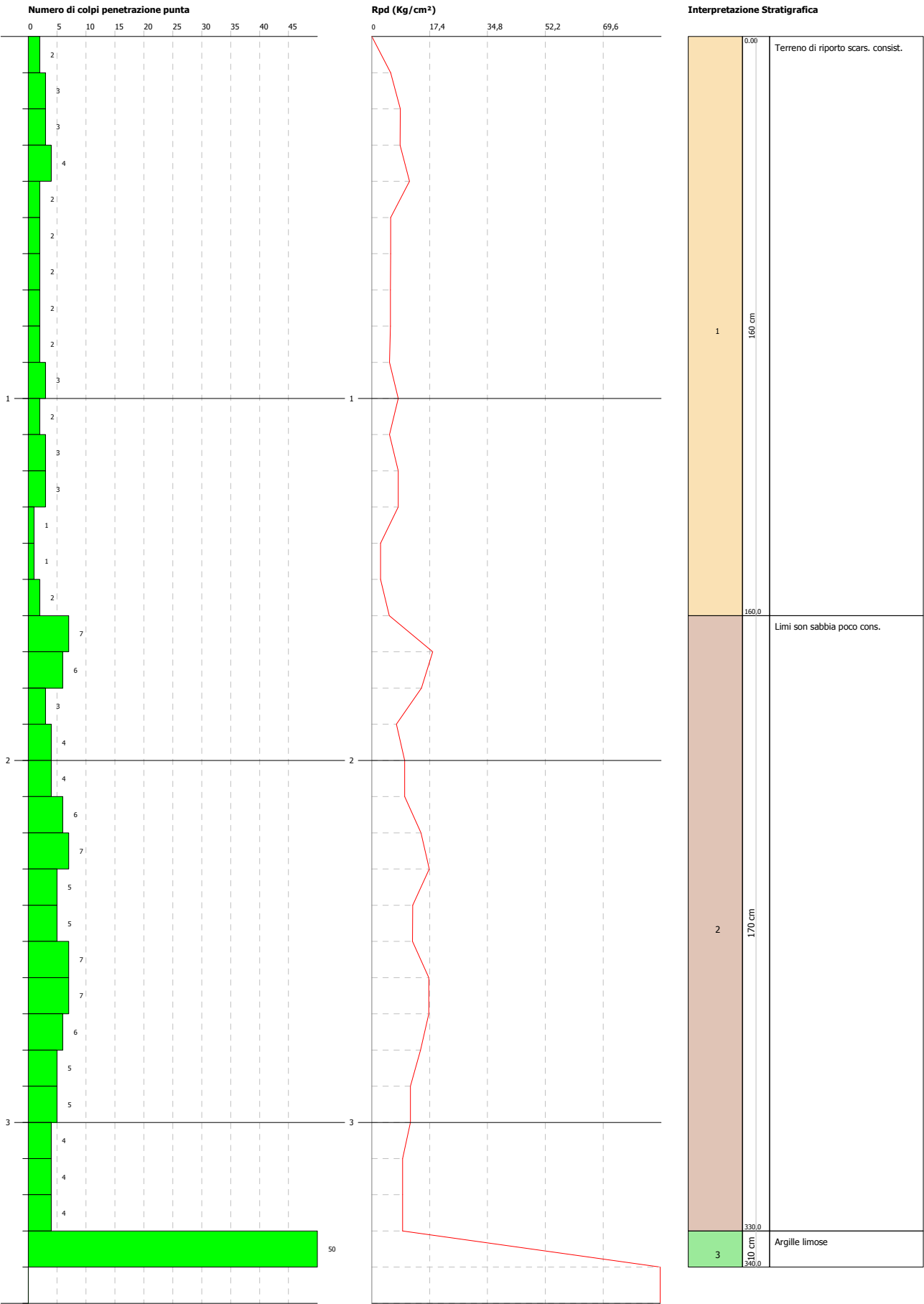


PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.2  
Strumento utilizzato... DPM (DL030 10) (Medium)  
DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA-Rpd

Committente :  
Cantiere :  
Località :

Data :08/01/2018

Scala 1:15





# **I.P.G. s.n.c. – Istituto Prove Geotecniche**

Di Santo Marcello, Celia Domenico, Soleri Sergio, Valenza Massimiliano

Via Orto Matera n° 21 Castrolibero (CS) Tel -Fax 0984 465174 – E-Mail: ipg2004@libero.it www.ipg2004.it

**Certificazione Ufficiale - Prove di laboratorio sui terreni**

**Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti**

**Decreto N. 8014/09-12-2009 (D.P.R. 380/01)**

**Indagine: Prove geotecniche a supporto dello studio  
geomorfologico preliminare "Campo Sportivo  
Centro Storico Castrolibero (CS).**

**Committente: Dott. Geol. Sergio Soleri**

# I.P.G. s.n.c. – Istituto Prove Geotecniche

Di Santo Marcello, Celia Domenico, Soleri Sergio, Valenza Massimiliano  
Via Orto Matera n° 21 Castrolibero (CS) Tel.-Fax 0984 465174 – E-Mail: ipg2004@libero.it www.ipg2004.it

**Certificazione Ufficiale - Prove di laboratorio sui terreni**  
**Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti**  
**Decreto N. 8014/09-12-2009 (D.P.R. 380/01)**

## APERTURA CAMPIONE

Data arrivo campione:	26/01/2011	Data Apertura:	02/02/2011	Pagine Certificato :	1
Verbale Accettazione:	238	Certificato numero :	4032	Data Certificato :	22/02/2011

**INDAGINE :** Prove geotecniche a supporto dello studio geomorfologico preliminare "Campo Sportivo Centro Storico Castrolibero (CS).

**COMMITTENTE :** Dott. Geol. Sergio Soleri

**SCAVO:** 1 **Campione :** 1 **PROFONDITA' :** m 0.50

**NORMA DI RIFERIMENTO : UNI EN ISO 14688-1 : Gennaio 2003 - UNI EN ISO 14688-2 : Novembre 2004**

Caratteristiche del campione	Contenitore		Stato del campione	
	<input type="checkbox"/>	Fustella	<input type="checkbox"/>	Disturbato o Rimaneggiato
	<input type="checkbox"/>	PVC	<input checked="" type="checkbox"/>	Disturbo limitato
	<input checked="" type="checkbox"/>	Busta	<input type="checkbox"/>	Indisturbato

### Caratteristiche determinabili

Classe di qualità dichiarata : (Q1-Q5)	Q5	Qualità del campione effettiva :				
		Disturbato o Rimaneggiato			Disturbo limitato	Indisturbato
		Q1	Q2	Q3	Q4	Q5
Profilo stratigrafico						
Composizione granulometrica					<input checked="" type="checkbox"/>	
Contenuto d'acqua naturale					<input checked="" type="checkbox"/>	
Peso dell'unità di volume					<input checked="" type="checkbox"/>	
Caratteristiche meccaniche					<input checked="" type="checkbox"/>	

### Prove non eseguibili

### Descrizione visiva del campione

Limo con Sabbia Argilloso poco consistente di colore marrone chiaro-grigiastro.

### Note

Il Vicedirettore Dott. Geologo Domenico Celia

Lo Sperimentatore Dott. Geologo Massimiliano Valenza

# I.P.G. s.n.c. – Istituto Prove Geotecniche

Di Santo Marcello, Celia Domenico, Soleri Sergio, Valenza Massimiliano  
Via Otto Matera n° 21 Castrolibero (CS) Tel -Fax 0984 465174 – E-Mail: ipg2004@libero.it www.ipg2004.it

**Certificazione Ufficiale - Prove di laboratorio sui terreni**  
**Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti**  
**Decreto N. 8014/09-12-2009 (D.P.R. 380/01)**

## MISURA DEL CONTENUTO D'ACQUA

Data arrivo campione:	26/01/2011	Data esecuzione prova:	02/02/2011	Pagine Certificato :	1
Verbale Accettazione:	238	Certificato numero :	4033	Data Certificato :	22/02/2011

**INDAGINE :** Prove geotecniche a supporto dello studio geomorfologico preliminare "Campo Sportivo Centro Storico Castrolibero (CS).

**COMMITTENTE :** Dott. Geol. Sergio Soleri

**SCAVO:** 1 **Campione :** 1 **PROFONDITA' : m** 0.50

**NORMA DI RIFERIMENTO : UNI CEN ISO/TS 17892 - 1 : Febbraio 2005**

### DATI SPERIMENTALI

Tara numero	1 <sup>a</sup> misurazione		2 <sup>a</sup> misurazione	
	74		38	
Massa Tara	1 <sup>a</sup> misurazione		2 <sup>a</sup> misurazione	
	6.30	g	13.75	g
Massa Terreno Umido + Tara	1 <sup>a</sup> misurazione		2 <sup>a</sup> misurazione	
	382.30	g	638.70	g
Massa Terreno Secco + Tara	1 <sup>a</sup> misurazione		2 <sup>a</sup> misurazione	
	304.70	g	505.90	g
Contenuto d'acqua <b>w</b>	1 <sup>a</sup> misurazione		2 <sup>a</sup> misurazione	
	26.01	%	26.98	%
Media delle misurazioni <b>w</b>	26.49			%

Il Vicedirettore Dott. Geologo Domenico Celia

Lo Sperimentatore Dott. Geologo Massimiliano Valenza

# I.P.G. s.n.c. – Istituto Prove Geotecniche

Di Santo Marcello, Celia Domenico, Soleri Sergio, Valenza Massimiliano  
Via Orto Matera n° 21 Castrolibero (CS) Tel -Fax 0984 465174 – E-Mail: ipg2004@libero.it www.ipg2004.it

**Certificazione Ufficiale - Prove di laboratorio sui terreni**  
**Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti**  
**Decreto N. 8014/09-12-2009 (D.P.R. 380/01)**

## MISURA DEL PESO DELL'UNITA' DI VOLUME

Data arrivo campione: 26/01/2011 Data esecuzione prova: 02/02/2011 Pagine Certificato : 1

Verbale Accettazione: 238 Certificato numero : 4034 Data Certificato : 22/02/2011

INDAGINE : Prove geotecniche a supporto dello studio geomorfologico preliminare "Campo Sportivo Centro Storico Castrolibero (CS).

COMMITTENTE : Dott. Geol. Sergio Soleri

SCAVO: 1 Campione : 1 PROFONDITA': m 0.50

**NORMA DI RIFERIMENTO : UNI CEN ISO/TS 17892 - 2 : Febbraio 2005**

METODO UTILIZZATO

Metodo con misurazioni lineari

### DATI SPERIMENTALI

Massa del campione utilizzato	1 <sup>a</sup> misurazione		2 <sup>a</sup> misurazione	
	143.8	g	143.9	g
Volume del campione	1 <sup>a</sup> misurazione		2 <sup>a</sup> misurazione	
	72	cm <sup>3</sup>	72	cm <sup>3</sup>
Peso dell'Unità di Volume	1 <sup>a</sup> misurazione		2 <sup>a</sup> misurazione	
	19.586	(kN/m <sup>3</sup> )	19.600	(kN/m <sup>3</sup> )
Media delle misurazioni $\gamma$	19.593		(kN/m <sup>3</sup> )	

Il Vicedirettore Dott. Geologo Domenico Celia

Lo Sperimentatore Dott. Geologo Massimiliano Valenza

# I.P.G. s.n.c. – Istituto Prove Geotecniche

Di Santo Marcello, Celia Domenico, Soleri Sergio, Valenza Massimiliano  
Via Orto Matera n° 21 Castrolibero (CS) Tel -Fax 0984 465174 – E-Mail: ipg2004@libero.it www.ipg2004.it

**Certificazione Ufficiale - Prove di laboratorio sui terreni**  
**Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti**  
**Decreto N. 8014/09-12-2009 (D.P.R. 380/01)**

## **MISURA DEL PESO SPECIFICO DEI GRANI**

Data arrivo campione: 26/01/2011 Data esecuzione prova: 04/02/2011 Pagine Certificato: 1

Verbale Accettazione: 238 Certificato numero: 4035 Data Certificato: 22/02/2011

INDAGINE: Prove geotecniche a supporto dello studio geomorfologico preliminare "Campo Sportivo Centro Storico Castrolibero (CS).

COMMITTENTE: Dott. Geol. Sergio Soleri

SCAVO: 1 Campione: 1 PROFONDITA': m 0.50

**NORMA DI RIFERIMENTO : UNI CEN ISO/TS 17892 - 3 : Febbraio 2005**

### DATI SPERIMENTALI

Temperatura 17 °C Densità acqua  $\gamma_w$  9.79488 kN/m<sup>3</sup>

Massa Picnometro	1 <sup>a</sup> misurazione		2 <sup>a</sup> misurazione	
	30.740	g	30.946	g
Massa Campione	1 <sup>a</sup> misurazione		2 <sup>a</sup> misurazione	
	10	g	10	g
Massa Campione + Massa Picnometro	1 <sup>a</sup> misurazione		2 <sup>a</sup> misurazione	
	40.740	g	40.946	g
Massa Picnometro + acqua	1 <sup>a</sup> misurazione		2 <sup>a</sup> misurazione	
	82.980	g	83.327	g
Massa Campione + Massa Picnometro + acqua	1 <sup>a</sup> misurazione		2 <sup>a</sup> misurazione	
	89.308	g	89.658	g
Peso specifico $\gamma_s$	1 <sup>a</sup> misurazione		2 <sup>a</sup> misurazione	
	26.675	(kN/m <sup>3</sup> )	26.696	(kN/m <sup>3</sup> )
Media delle misurazioni $\gamma_s$	26.685			(kN/m <sup>3</sup> )

Il Vicedirettore Dott. Geologo Domenico Celia

Lo Sperimentatore Dott. Geologo Massimiliano Valenza



# I.P.G. s.n.c. – Istituto Prove Geotecniche

Di Santo Marcello, Celia Domenico, Soleri Sergio, Valenza Massimiliano  
Via Orto Matera n° 21 Castrolibero (CS) Tel -Fax 0984 465174 – E-Mail: ing2004@libero.it www.ing2004.it

## Certificazione Ufficiale - Prove di laboratorio sui terreni

Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti

Decreto N° 8014/00-12-2000 (D.P.R. 380/01)

## ANALISI GRANULOMETRICA mediante setacci e/o crivelli e per sedimentazione

Data arrivo campione: 26/01/2011

Data esecuzione prova: 04/02/2011

Pagine Certificato: 1

Verbale Accettazione: 238

Certificato numero: 4036

Data Certificato: 22/02/2011

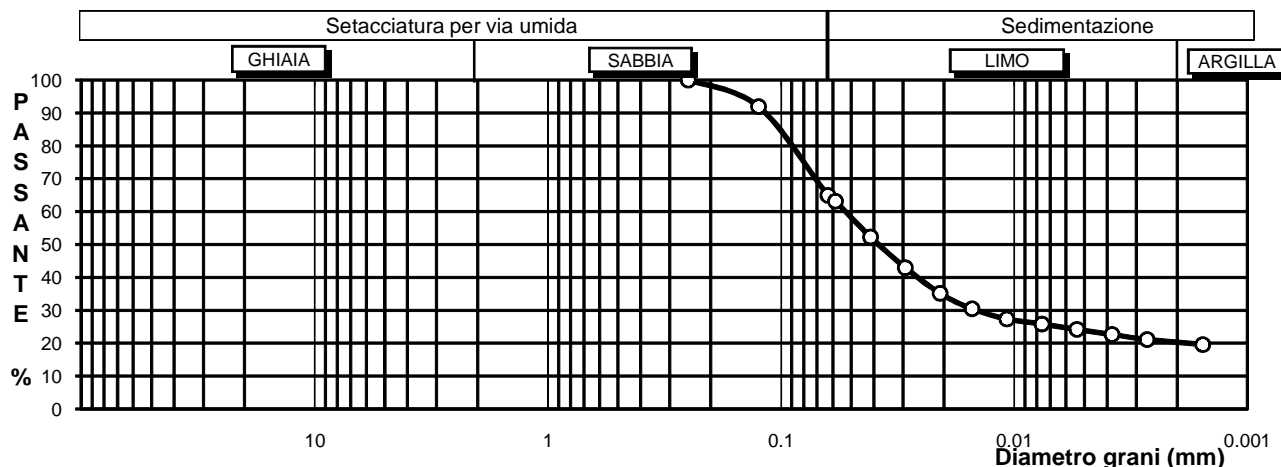
INDAGINE: Prove geotecniche a supporto dello studio geomorfologico preliminare "Campo Sportivo Centro Storico Castrolibero (CS).

COMMITTENTE: Dott. Geol. Sergio Soleri

SCAVO: 1

Campione: 1

PROFONDITA': m 0.50



### DATI SEDIMENTAZIONE

Tempo $\Delta t$ (min)	Densità miscela	Diametro grani (mm)	Percentuale %	Tempo $\Delta t$ (min)	Densità miscela	Diametro grani (mm)	Percentuale %	Massa del campione utilizzata:	
0.5	1.02	0.082458	68	60	1.0065	0.007605	26	35	g
1	1.0185	0.058373	63	120	1.006	0.005379	24	Qualità del campione	
2	1.015	0.041386	52	240	1.0055	0.003805	23	Q1	
4	1.012	0.029331	43	480	1.005	0.002692	21	Q2	
8	1.0095	0.020779	35	1440	1.0045	0.001555	20	Q3	
15	1.008	0.015192	31					Q4	•
30	1.007	0.01075	27					Q5	

### DATI SETACCIATURA

Diametro (mm)	Massa tratt. gr.	Trattenuto %	Passante %	Diametro (mm)	Massa tratt. gr.	Trattenuto %	Passante %	Massa del campione utilizzata:	
0	0	0	100.00	0	0	0	100.00	294	g
0	0	0	100.00	0.000	0	0	100.00	Qualità del campione	
0	0	0	100.00	0.250	0	0	100.00	Q1	
0	0	0	100.00	0.125	23	8	92.00	Q2	
0	0	0	100.00	0.063	104	35	65.00	Q3	
0	0	0	100.00					Q4	•
0	0	0	100.00					Q5	

### NORMA DI RIFERIMENTO : UNI CEN ISO/TS 17892 - 4 : Febbraio 2005

Classificazione UNI CEN ISO/TS 14688 - 1 :				Limo con Sabbia Argilloso				ciSaSi	
Percentuali classi granulometriche:	Ghiaia	0%	Sabbia	35%	Limo	45%	Argilla	20%	

Il Vicedirettore Dott. Geol. Domenico Celia

Lo Sperimentatore Dott. Geol. Massimiliano Valenza

# I.P.G. s.n.c. – Istituto Prove Geotecniche

Di Santo Marcello, Celia Domenico, Soleri Sergio, Valenza Massimiliano  
Via Orto Matera n° 21 Castrolibero (CS) Tel -Fax 0984 465174 – E-Mail: ipg2004@libero.it www.ipg2004.it

**Certificazione Ufficiale - Prove di laboratorio sui terreni**  
**Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti**  
**Decreto N. 8014/09-12-2009 (D.P.R. 380/01)**

**PROVA DI TAGLIO DIRETTO**  
**(Pagina 1 di 3)**

Data arrivo campione: 26/01/2011 Data esecuzione prova: 02/02/2011 Pagine Certificato : 1 di 3  
Verbale Accettazione: 238 Certificato numero : 4037 Data Certificato : 22/02/2011

**INDAGINE :** Prove geotecniche a supporto dello studio geomorfologico preliminare "Campo Sportivo Centro Storico Castrolibero (CS).

**COMMITTENTE :** Dott. Geol. Sergio Soleri

**SCAVO:** 1 **Campione :** 1 **PROFONDITA' :** m 0.50

**NORMA DI RIFERIMENTO : UNI CEN ISO/TS 17892 - 10 : Febbraio 2005**

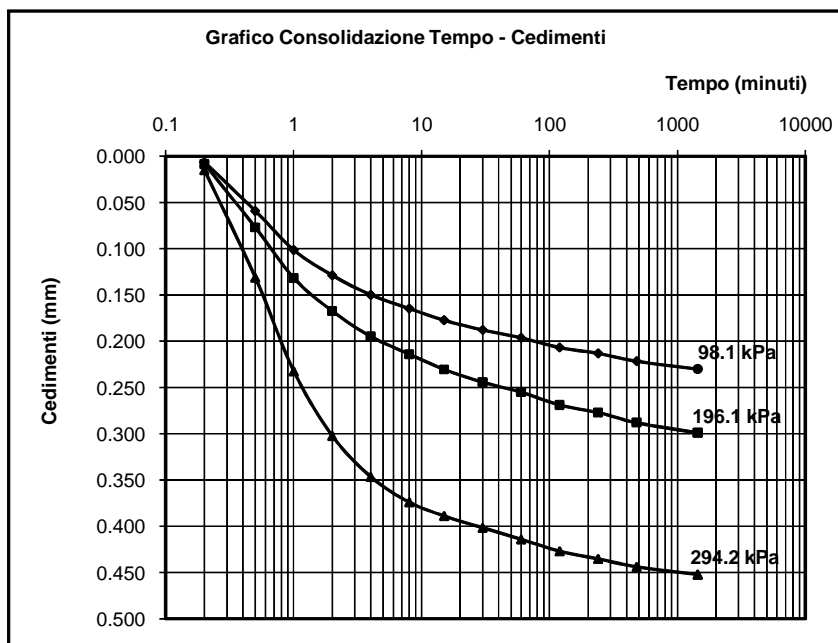
**METODO UTILIZZATO**

**PROVA ESEGUITA CON SCATOLA DI CASAGRANDE 6 cm X 6 cm X 2 cm**

CONDIZIONI INIZIALI DEI PROVINI				CONDIZIONI FINALI DEI PROVINI			
Provino n°	1	2	3	Provino n°	1	2	3
Condizioni del provino	Disturbo lim.	Disturbo lim.	Disturbo lim.	Massa provini Finale (g)	141.4	140.4	139.3
Massa provini Iniziale (g)	143.00	142.80	142.70	Massa secca provini (g)	113.5	112.8	113
Peso di Volume (kN/m <sup>3</sup> )	19.48	19.45	19.44	Cont. d'acqua Fin.(%)	24.58	24.47	23.27
Cont. d'acqua Iniz.(%)	25.99	26.60	26.28				
Carico applicato (kPa)	98.07	196.13	294.20				
t <sub>100</sub> (min)	480	480	480	Vel. di scorr. mm/min	0.003		

**DATI SPERIMENTALI REGISTRATI IN FASE DI CONSOLIDAZIONE**

Tempo minuti	Cedimenti in fase di Consolidazione (mm)		
	Provino 1	Provino 2	Provino 3
0.2	0.006	0.008	0.015
0.5	0.059	0.077	0.131
1	0.101	0.132	0.233
2	0.129	0.167	0.302
4	0.150	0.195	0.347
8	0.165	0.214	0.374
15	0.177	0.230	0.389
30	0.188	0.244	0.402
60	0.196	0.255	0.414
120	0.207	0.269	0.427
240	0.213	0.277	0.436
480	0.222	0.288	0.444
1440	0.230	0.299	0.452
-			
-			
-			



Il Vicedirettore Dott. Geologo Domenico Celia

Lo Sperimentatore Dott. Geologo Massimiliano Valenza

# I.P.G. s.n.c. – Istituto Prove Geotecniche

Di Santo Marcello, Celia Domenico, Soleri Sergio, Valenza Massimiliano  
Via Orto Matera n° 21 Castrolibero (CS) Tel -Fax 0984 465174 – E-Mail: ipg2004@libero.it www.ipg2004.it

**Certificazione Ufficiale - Prove di laboratorio sui terreni**  
**Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti**  
**Decreto N. 8014/09-12-2009 (D.P.R. 380/01)**

**PROVA DI TAGLIO DIRETTO**  
**(Pagina 2 di 3)**

Data arrivo campione: 26/01/2011 Data esecuzione prova: 02/02/2011 Pagine Certificato : 2 di 3  
Verbale Accettazione: 238 Certificato numero : 4037 Data Certificato : 22/02/2011

INDAGINE : Prove geotecniche a supporto dello studio geomorfologico preliminare "Campo Sportivo Centro Storico Castrolibero (CS).

COMMITTENTE : Dott. Geol. Sergio Soleri

SCAVO: 1 Campione : 1 PROFONDITA' : m 0.50

## DATI SPERIMENTALI REGISTRATI IN FASE DI ROTTURA DEI PROVINI

Provino 1			Provino 2			Provino 3		
$\Delta H$ verticale (mm)	$\Delta X$ orizzontale (mm)	$\tau$ (kPa)	$\Delta H$ verticale (mm)	$\Delta X$ orizzontale (mm)	$\tau$ (kPa)	$\Delta H$ verticale (mm)	$\Delta X$ orizzontale (mm)	$\tau$ (kPa)
0.0000	0.00	0.00	0.0000	0.00	0.00	0.0000	0.00	0.00
0.0498	0.26	12.88	0.0357	0.18	43.67	0.0225	0.07	15.88
0.0945	0.54	31.64	0.0608	0.45	63.33	0.0502	0.28	53.91
0.1116	0.81	41.57	0.0715	0.72	73.31	0.0848	0.55	79.16
0.1116	1.10	47.82	0.0715	1.00	79.86	0.1108	0.82	95.90
0.0962	1.38	51.87	0.0715	1.28	84.85	0.1281	1.11	108.66
0.0756	1.67	54.44	0.0625	1.59	89.22	0.1420	1.40	118.88
0.0550	1.95	56.65	0.0518	1.89	92.96	0.1472	1.69	127.67
0.0344	2.25	58.49	0.0375	2.18	96.08	0.1489	1.98	134.48
0.0103	2.53	58.86	0.0232	2.45	98.89	0.1489	2.27	140.16
-0.0052	2.82	58.86	0.0089	2.75	101.38	0.1489	2.56	145.26
-0.0223	3.11	59.96	-0.0071	3.03	103.88	0.1506	2.85	149.23
-0.0395	3.40	59.23	-0.0232	3.33	105.75	0.1472	3.14	152.92
-0.0498	3.69	58.49	-0.0393	3.60	107.93	0.1437	3.43	156.04
-0.0584	3.98	58.12	-0.0554	3.89	109.18	0.1385	3.72	158.88
-0.0618	4.27	56.65	-0.0715	4.19	110.12	0.1350	4.01	161.72
-0.0618	4.56	54.81	-0.0876	4.47	110.74	0.1333	4.30	163.99
-0.0567	4.84	55.18	-0.1001	4.77	111.05	0.1316	4.58	166.82
-0.0498	5.14	55.18	-0.1090	5.07	111.37	0.1281	4.87	168.24
-0.0447	5.43	55.55	-0.1144	5.33	111.99	0.1229	5.16	165.12
-0.0378	5.71	55.55	-0.1179	5.65	112.61	0.1212	5.46	161.72
-0.0326	6.00	55.55	-0.1197	5.94	112.61	0.1212	5.75	156.04
-0.0275	6.29	55.55	-0.1215	6.24	112.30	0.1264	6.05	153.21
-0.0240	6.57	55.55	-0.1215	6.53	110.74			

Il Vicedirettore Dott. Geologo Domenico Celia

Lo Sperimentatore Dott. Geologo Massimiliano Valenza

# I.P.G. s.n.c. – Istituto Prove Geotecniche

Di Santo Marcello, Celia Domenico, Soleri Sergio, Valenza Massimiliano  
Via Orto Matera n° 21 Castrolibero (CS) Tel -Fax 0984 465174 – E-Mail: ipg2004@libero.it www.ipg2004.it

**Certificazione Ufficiale - Prove di laboratorio sui terreni**  
**Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti**  
**Decreto N. 8014/09-12-2009 (D.P.R. 380/01)**

**PROVA DI TAGLIO DIRETTO**  
**(Pagina 3 di 3)**

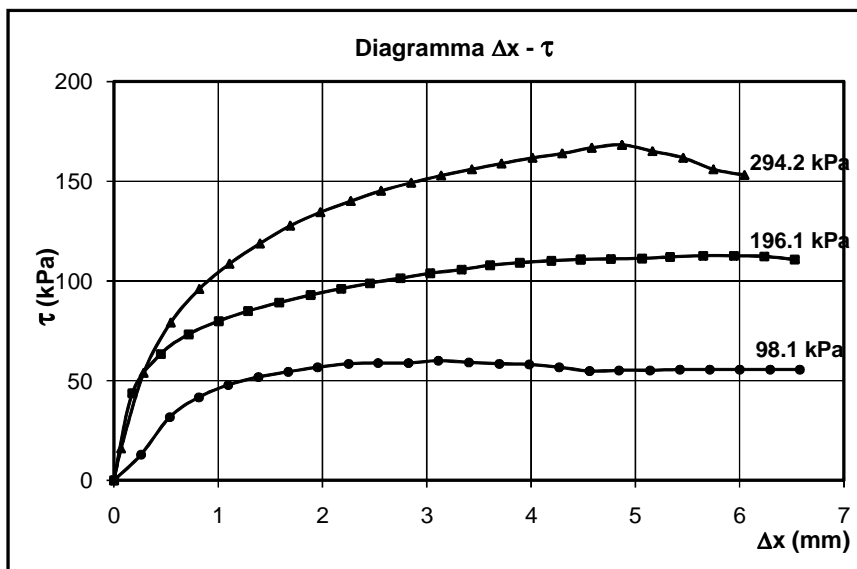
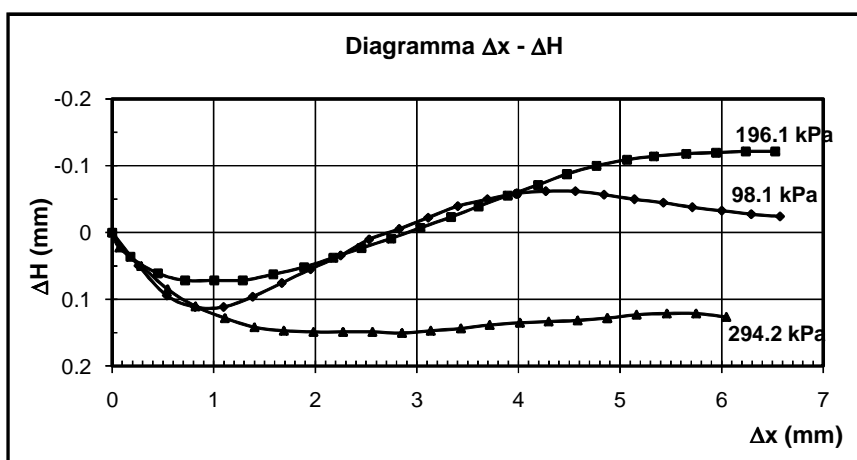
Data arrivo campione:	26/01/2011	Data esecuzione prova:	02/02/2011	Pagine Certificato :	3 di 3
Verbale Accettazione:	238	Certificato numero :	4037	Data Certificato :	22/02/2011

**INDAGINE :** Prove geotecniche a supporto dello studio geomorfologico preliminare "Campo Sportivo Centro Storico Castrolibero (CS).

**COMMITTENTE :** Dott. Geol. Sergio Soleri

**SCAVO:** 1 **Campione :** 1 **PROFONDITA' : m** 0.50

## DIAGRAMMI DELLA FASE DI ROTTURA



Il Vicedirettore Dott. Geologo Domenico Celia

Lo Sperimentatore Dott. Geologo Massimiliano Valenza

# I.P.G. s.n.c. – Istituto Prove Geotecniche

Di Santo Marcello, Celia Domenico, Soleri Sergio, Valenza Massimiliano  
Via Orto Matera n° 21 Castrolibero (CS) Tel.-Fax 0984.465174 – E-Mail: ipg2004@libero.it www.ipg2004.it

**Certificazione Ufficiale - Prove di laboratorio sui terreni**  
**Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti**  
**Decreto N. 8014/09-12-2009 (D.P.R. 380/01)**

## APERTURA CAMPIONE

Data arrivo campione:	26/01/2011	Data Apertura:	02/02/2011	Pagine Certificato :	1
Verbale Accettazione:	238	Certificato numero :	4038	Data Certificato :	22/02/2011

**INDAGINE :** Prove geotecniche a supporto dello studio geomorfologico preliminare "Campo Sportivo Centro Storico Castrolibero (CS).

**COMMITTENTE :** Dott. Geol. Sergio Soleri

**SCAVO:** 2 **Campione :** 1 **PROFONDITA' :** m 1.00

**NORMA DI RIFERIMENTO : UNI EN ISO 14688-1 : Gennaio 2003 - UNI EN ISO 14688-2 : Novembre 2004**

Caratteristiche del campione	Contenitore		Stato del campione	
	<input type="checkbox"/>	Fustella	<input type="checkbox"/>	Disturbato o Rimaneggiato
	<input type="checkbox"/>	PVC	<input checked="" type="checkbox"/>	Disturbo limitato
	<input checked="" type="checkbox"/>	Busta	<input type="checkbox"/>	Indisturbato

### Caratteristiche determinabili

Classe di qualità dichiarata : (Q1-Q5)	Q5	Qualità del campione effettiva :				
		Disturbato o Rimaneggiato			Disturbo limitato	Indisturbato
		Q1	Q2	Q3	Q4	Q5
Profilo stratigrafico						
Composizione granulometrica					<input checked="" type="checkbox"/>	
Contenuto d'acqua naturale					<input checked="" type="checkbox"/>	
Peso dell'unità di volume					<input checked="" type="checkbox"/>	
Caratteristiche meccaniche					<input checked="" type="checkbox"/>	

### Prove non eseguibili

### Descrizione visiva del campione

Limo con Argilla poco consistente di colore grigio-azzurra.

### Note

Il Vicedirettore Dott. Geologo Domenico Celia

Lo Sperimentatore Dott. Geologo Massimiliano Valenza



# I.P.G. s.n.c. – Istituto Prove Geotecniche

Di Santo Marcello, Celia Domenico, Soleri Sergio, Valenza Massimiliano  
Via Otto Matera n° 21 Castrolibero (CS) Tel.-Fax 0984 465174 – E-Mail: ipg2004@libero.it www.ipg2004.it

**Certificazione Ufficiale - Prove di laboratorio sui terreni**  
**Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti**  
**Decreto N. 8014/09-12-2009 (D.P.R. 380/01)**

## MISURA DEL CONTENUTO D'ACQUA

Data arrivo campione:	26/01/2011	Data esecuzione prova:	02/02/2011	Pagine Certificato :	1
Verbale Accettazione:	238	Certificato numero :	4039	Data Certificato :	22/02/2011

**INDAGINE :** Prove geotecniche a supporto dello studio geomorfologico preliminare "Campo Sportivo Centro Storico Castrolibero (CS).

**COMMITTENTE :** Dott. Geol. Sergio Soleri

**SCAVO:** 2 **Campione :** 1 **PROFONDITA' : m** 1.00

**NORMA DI RIFERIMENTO : UNI CEN ISO/TS 17892 - 1 : Febbraio 2005**

## DATI SPERIMENTALI

Tara numero	1 <sup>a</sup> misurazione		2 <sup>a</sup> misurazione	
	50		26	
Massa Tara	1 <sup>a</sup> misurazione		2 <sup>a</sup> misurazione	
	6.55	g	14.00	g
Massa Terreno Umido + Tara	1 <sup>a</sup> misurazione		2 <sup>a</sup> misurazione	
	306.70	g	695.50	g
Massa Terreno Secco + Tara	1 <sup>a</sup> misurazione		2 <sup>a</sup> misurazione	
	244.60	g	552.50	g
Contenuto d'acqua <b>w</b>	1 <sup>a</sup> misurazione		2 <sup>a</sup> misurazione	
	26.09	%	26.56	%
Media delle misurazioni <b>w</b>	26.32			%

Il Vicedirettore Dott. Geologo Domenico Celia

Lo Sperimentatore Dott. Geologo Massimiliano Valenza

# I.P.G. s.n.c. – Istituto Prove Geotecniche

Di Santo Marcello, Celia Domenico, Soleri Sergio, Valenza Massimiliano  
Via Orto Matera n° 21 Castrolibero (CS) Tel -Fax 0984 465174 – E-Mail: ipg2004@libero.it www.ipg2004.it

**Certificazione Ufficiale - Prove di laboratorio sui terreni**  
**Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti**  
**Decreto N. 8014/09-12-2009 (D.P.R. 380/01)**

## MISURA DEL PESO DELL'UNITA' DI VOLUME

Data arrivo campione: 26/01/2011

Data esecuzione prova: 02/02/2011

Pagine Certificato : 1

Verbale Accettazione: 238

Certificato numero : 4040

Data Certificato : 22/02/2011

INDAGINE : Prove geotecniche a supporto dello studio geomorfologico preliminare "Campo Sportivo Centro Storico Castrolibero (CS).

COMMITTENTE : Dott. Geol. Sergio Soleri

SCAVO: 2 Campione : 1 PROFONDITA': m 1.00

**NORMA DI RIFERIMENTO : UNI CEN ISO/TS 17892 - 2 : Febbraio 2005**

METODO UTILIZZATO

Metodo con misurazioni lineari

### DATI SPERIMENTALI

Massa del campione utilizzato	1 <sup>a</sup> misurazione		2 <sup>a</sup> misurazione	
	142.2	g	142.1	g
Volume del campione	1 <sup>a</sup> misurazione		2 <sup>a</sup> misurazione	
	72	cm <sup>3</sup>	72	cm <sup>3</sup>
Peso dell'Unità di Volume	1 <sup>a</sup> misurazione		2 <sup>a</sup> misurazione	
	19.368	(kN/m <sup>3</sup> )	19.355	(kN/m <sup>3</sup> )
Media delle misurazioni $\gamma$	19.361		(kN/m <sup>3</sup> )	

Il Vicedirettore Dott. Geologo Domenico Celia

Lo Sperimentatore Dott. Geologo Massimiliano Valenza

# I.P.G. s.n.c. – Istituto Prove Geotecniche

Di Santo Marcello, Celia Domenico, Soleri Sergio, Valenza Massimiliano  
Via Orto Matera n° 21 Castrolibero (CS) Tel -Fax 0984 465174 – E-Mail: ipg2004@libero.it www.ipg2004.it

**Certificazione Ufficiale - Prove di laboratorio sui terreni**  
**Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti**  
**Decreto N. 8014/09-12-2009 (D.P.R. 380/01)**

## MISURA DEL PESO SPECIFICO DEI GRANI

Data arrivo campione: 26/01/2011 Data esecuzione prova: 04/02/2011 Pagine Certificato: 1

Verbale Accettazione: 238 Certificato numero: 4041 Data Certificato: 22/02/2011

INDAGINE: Prove geotecniche a supporto dello studio geomorfologico preliminare "Campo Sportivo Centro Storico Castrolibero (CS).

COMMITTENTE: Dott. Geol. Sergio Soleri

SCAVO: 2 Campione: 1 PROFONDITA': m 1.00

**NORMA DI RIFERIMENTO : UNI CEN ISO/TS 17892 - 3 : Febbraio 2005**

### DATI SPERIMENTALI

Temperatura 17 °C Densità acqua  $\gamma_w$  9.79488 kN/m<sup>3</sup>

Massa Picnometro	1 <sup>a</sup> misurazione		2 <sup>a</sup> misurazione	
	30.740	g	30.946	g
Massa Campione	1 <sup>a</sup> misurazione		2 <sup>a</sup> misurazione	
	10	g	10	g
Massa Campione + Massa Picnometro	1 <sup>a</sup> misurazione		2 <sup>a</sup> misurazione	
	40.740	g	40.946	g
Massa Picnometro + acqua	1 <sup>a</sup> misurazione		2 <sup>a</sup> misurazione	
	82.980	g	83.327	g
Massa Campione + Massa Picnometro + acqua	1 <sup>a</sup> misurazione		2 <sup>a</sup> misurazione	
	89.336	g	89.674	g
Peso specifico $\gamma_s$	1 <sup>a</sup> misurazione		2 <sup>a</sup> misurazione	
	26.879	(kN/m <sup>3</sup> )	26.813	(kN/m <sup>3</sup> )
Media delle misurazioni $\gamma_s$	26.846			(kN/m <sup>3</sup> )

Il Vicedirettore Dott. Geologo Domenico Celia

Lo Sperimentatore Dott. Geologo Massimiliano Valenza

# I.P.G. s.n.c. – Istituto Prove Geotecniche

Di Santo Marcello, Celia Domenico, Soleri Sergio, Valenza Massimiliano  
Via Orto Matera n° 21 Castrolibero (CS) Tel.-Fax 0984 465174 – E-Mail: ing2004@libero.it www.ing2004.it

**Certificazione Ufficiale - Prove di laboratorio sui terreni**  
**Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti**  
**Decreto N. 8014/09-12-2009 (D.P.R. 380/01)**

**ANALISI GRANULOMETRICA**  
**per sedimentazione**

Data arrivo campione: 26/01/2011

Data esecuzione prova: 04/02/2011

Pagine Certificato: 1

Verbale Accettazione: 238

Certificato numero: 4042

Data Certificato: 22/02/2011

**INDAGINE:** Prove geotecniche a supporto dello studio geomorfologico preliminare "Campo Sportivo Centro Storico Castrolibero (CS).

**COMMITTENTE:** Dott. Geol. Sergio Soleri

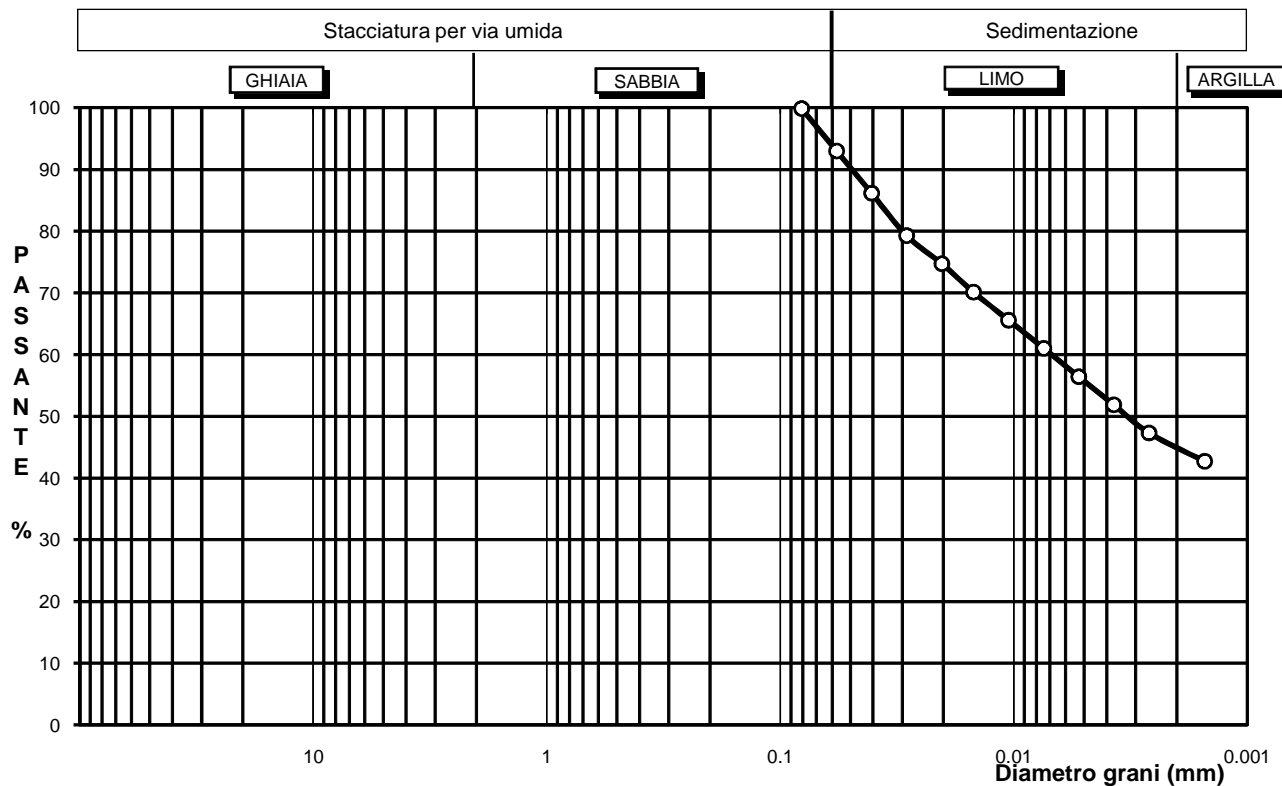
**SCAVO:**

2

**Campione:**

1

**PROFONDITA':** m 1.00



**NORMA DI RIFERIMENTO : UNI CEN ISO/TS 17892 - 4 : Febbraio 2005**

Classificazione UNI CEN ISO/TS 14688 - 1 :	Limo con Argilla		CISi	
Percentuali classi granulometriche:	Sabbia	4%	Limo	51%
			Argilla	45%

Tempo $\Delta t$ (min)	Densità miscela	Diametro grani (mm)	Percentuale %	Tempo $\Delta t$ (min)	Densità miscela	Diametro grani (mm)	Percentuale %	Massa del campione utilizzata:	
0.5	1.0205	0.080925	100	60	1.012	0.007435	61	36	g
1	1.019	0.057288	93	120	1.011	0.005261	56	Qualità del campione	
2	1.0175	0.040555	86	240	1.01	0.003723	52	Q1	DATI SEDIMENTAZIONE
4	1.016	0.02871	79	480	1.009	0.002635	47	Q2	
8	1.015	0.020316	75	1440	1.008	0.001522	43	Q3	
15	1.014	0.014848	70					Q4	
30	1.013	0.010507	66					Q5	

Il Vicedirettore Dott. Geologo Domenico Celia

Lo Sperimentatore Dott. Geologo Massimiliano Valenza

# I.P.G. s.n.c. – Istituto Prove Geotecniche

Di Santo Marcello, Celia Domenico, Soleri Sergio, Valenza Massimiliano  
Via Orto Matera n° 21 Castrolibero (CS) Tel -Fax 0984 465174 – E-Mail: ipg2004@libero.it www.ipg2004.it

**Certificazione Ufficiale - Prove di laboratorio sui terreni**  
**Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti**  
**Decreto N. 8014/09-12-2009 (D.P.R. 380/01)**

**LIMITI DI ATTERBERG**  
**(LIQUIDO E PLASTICO congiuntamente)**

Data arrivo campione: 26/01/2011

Data esecuzione prova: 04/02/2011

Pagine Certificato: 1

Verbale Accettazione: 238

Certificato numero: 4043

Data Certificato: 22/02/2011

INDAGINE: Prove geotecniche a supporto dello studio geomorfologico preliminare "Campo Sportivo Centro Storico Castrolibero (CS).

COMMITTENTE: Dott. Geol. Sergio Soleri

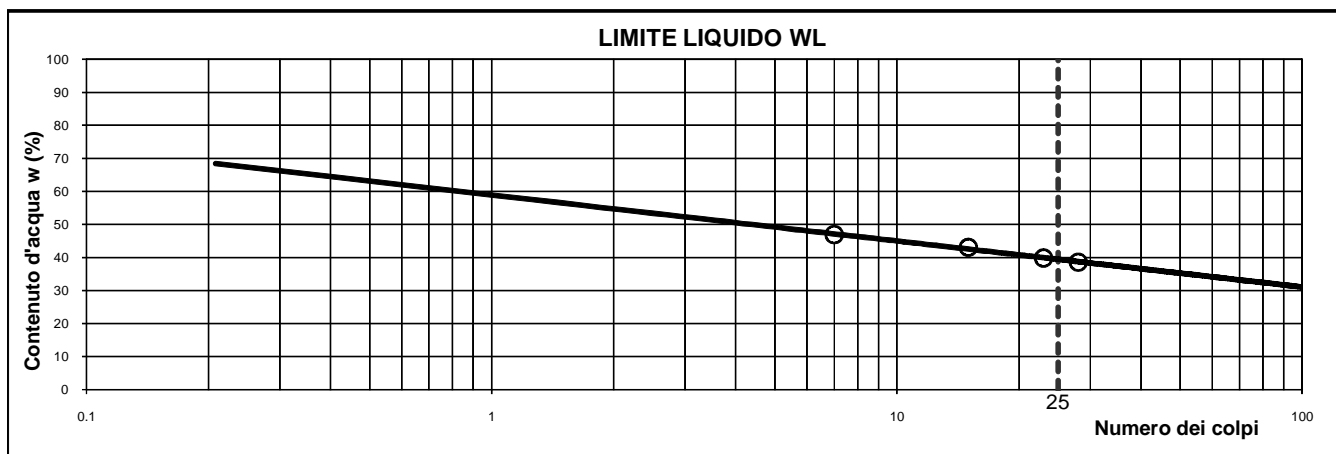
SCAVO: 2

Campione: 1

PROFONDITA': m 1.00

**Norma di riferimento: CNR - UNI 10014: 1964**

## DATI SPERIMENTALI



LIMITE DI LIQUIDITA' W <sub>L</sub>				
Numero contenitore	226	5	230	16
Massa contenitore (g)	11.07	11.28	11.27	13.06
Massa Terreno Umido (g)	17.86	21.10	18.60	20.85
Massa Terreno Secco (g)	15.69	18.14	16.51	18.68
Numero colpi	7	15	23	28

LIMITE DI PLASTICITA' W <sub>P</sub>		
Numero contenitore	4	222
Massa contenitore (g)	7.29	11.23
Massa T. Umido (g)	10.74	14.85
Massa T. Secco (g)	10.02	14.09

LIMITE DI RITIRO W <sub>R</sub>		
Limite di ritiro	-	-
Rapporto di ritiro	-	-
Ritiro volumetrico	-	-
Ritiro lineare	-	-

W<sub>L</sub> (%) = 39.50

W<sub>P</sub> (%) = 26.47

I<sub>P</sub> (%) = 13.03

A = 0.29

I<sub>c</sub> (%) = 1.01

Il Vicedirettore Dott. Geologo Domenico Celia

Lo Sperimentatore Dott. Geologo Massimiliano Valenza



# I.P.G. s.n.c. – Istituto Prove Geotecniche

Di Santo Marcello, Celia Domenico, Soleri Sergio, Valenza Massimiliano  
Via Orto Matera n° 21 Castrolibero (CS) Tel -Fax 0984 465174 – E-Mail: ipg2004@libero.it www.ipg2004.it

**Certificazione Ufficiale - Prove di laboratorio sui terreni**  
**Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti**  
**Decreto N. 8014/09-12-2009 (D.P.R. 380/01)**

**PROVA DI TAGLIO DIRETTO**  
**(Pagina 1 di 3)**

Data arrivo campione: 26/01/2011 Data esecuzione prova: 02/02/2011 Pagine Certificato : 1 di 3  
Verbale Accettazione: 238 Certificato numero : 4044 Data Certificato : 22/02/2011

**INDAGINE :** Prove geotecniche a supporto dello studio geomorfologico preliminare "Campo Sportivo Centro Storico Castrolibero (CS).

**COMMITTENTE :** Dott. Geol. Sergio Soleri

**SCAVO:** 2 **Campione :** 1 **PROFONDITA' :** m 1.00

**NORMA DI RIFERIMENTO : UNI CEN ISO/TS 17892 - 10 : Febbraio 2005**

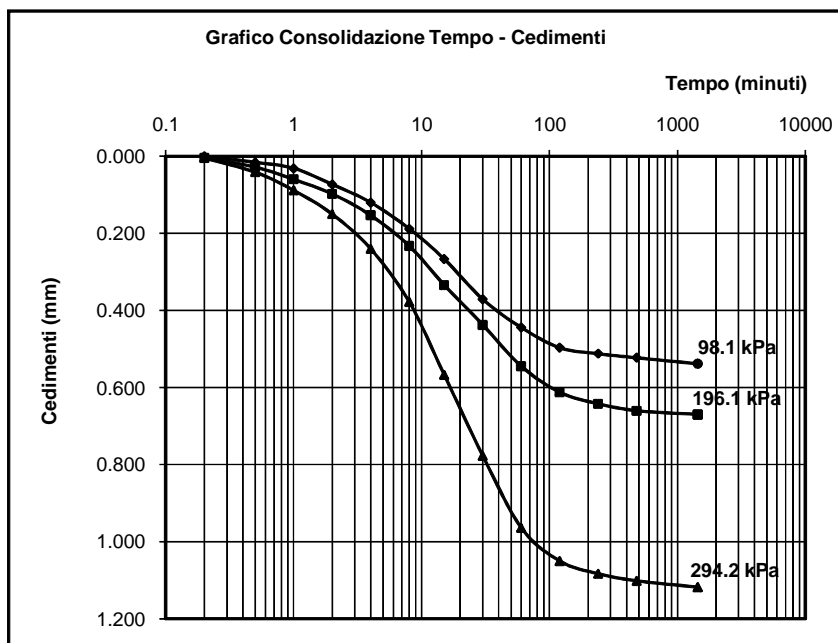
**METODO UTILIZZATO**

PROVA ESEGUITA CON SCATOLA DI CASAGRANDE 6 cm X 6 cm X 2 cm

CONDIZIONI INIZIALI DEI PROVINI				CONDIZIONI FINALI DEI PROVINI			
Provino n°	1	2	3	Provino n°	1	2	3
Condizioni del provino	Disturbo lim.	Disturbo lim.	Disturbo lim.	Massa provini Finale (g)	140.4	139.4	138.4
Massa provini Iniziale (g)	141.80	142.20	141.60	Massa secca provini (g)	112.2	112.2	112.2
Peso di Volume (kN/m <sup>3</sup> )	19.31	19.37	19.29	Cont. d'acqua Fin.(%)	25.13	24.24	23.35
Cont. d'acqua Iniz.(%)	26.38	26.74	26.20				
Carico applicato (kPa)	98.07	196.13	294.20				
t <sub>100</sub> (min)	480	480	480	Vel. di scorr. mm/min	0.003		

**DATI SPERIMENTALI REGISTRATI IN FASE DI CONSOLIDAZIONE**

Tempo minuti	Cedimenti in fase di Consolidazione (mm)		
	Provino 1	Provino 2	Provino 3
0.2	0.000	0.004	0.004
0.5	0.016	0.028	0.041
1	0.031	0.060	0.088
2	0.073	0.097	0.150
4	0.120	0.153	0.241
8	0.188	0.233	0.378
15	0.266	0.334	0.567
30	0.371	0.438	0.777
60	0.444	0.545	0.964
120	0.496	0.613	1.051
240	0.512	0.642	1.083
480	0.522	0.660	1.102
1440	0.538	0.670	1.118
-			
-			
-			



Il Vicedirettore Dott. Geologo Domenico Celia

Lo Sperimentatore Dott. Geologo Massimiliano Valenza

# I.P.G. s.n.c. – Istituto Prove Geotecniche

Di Santo Marcello, Celia Domenico, Soleri Sergio, Valenza Massimiliano  
Via Orto Matera n° 21 Castrolibero (CS) Tel -Fax 0984 465174 – E-Mail: ipg2004@libero.it www.ipg2004.it

**Certificazione Ufficiale - Prove di laboratorio sui terreni**  
**Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti**  
**Decreto N. 8014/09-12-2009 (D.P.R. 380/01)**

**PROVA DI TAGLIO DIRETTO**  
**(Pagina 2 di 3)**

Data arrivo campione: 26/01/2011 Data esecuzione prova: 02/02/2011 Pagine Certificato : 2 di 3

Verbale Accettazione: 238 Certificato numero : 4044 Data Certificato : 22/02/2011

INDAGINE : Prove geotecniche a supporto dello studio geomorfologico preliminare "Campo Sportivo Centro Storico Castrolibero (CS).

COMMITTENTE : Dott. Geol. Sergio Soleri

SCAVO: 2 Campione : 1 PROFONDITA' : m 1.00

## DATI SPERIMENTALI REGISTRATI IN FASE DI ROTTURA DEI PROVINI

Provino 1			Provino 2			Provino 3		
$\Delta H$ verticale (mm)	$\Delta X$ orizzontale (mm)	$\tau$ (kPa)	$\Delta H$ verticale (mm)	$\Delta X$ orizzontale (mm)	$\tau$ (kPa)	$\Delta H$ verticale (mm)	$\Delta X$ orizzontale (mm)	$\tau$ (kPa)
0.0000	0.00	0.00	0.0000	0.00	0.00	0.0000	0.00	0.00
0.0000	0.15	9.98	0.0038	0.06	5.73	0.0103	0.10	14.54
0.0151	0.37	21.61	0.0153	0.27	25.23	0.0288	0.27	47.28
0.0502	0.59	29.41	0.0478	0.51	45.59	0.0678	0.52	75.65
0.0854	0.81	34.67	0.0803	0.74	59.92	0.1049	0.73	96.36
0.1105	1.03	40.67	0.1109	0.98	69.96	0.1336	0.95	110.54
0.1255	1.26	44.72	0.1338	1.21	76.55	0.1583	1.19	120.49
0.1406	1.48	48.62	0.1529	1.45	81.85	0.1809	1.45	127.66
0.1557	1.72	51.62	0.1701	1.69	86.58	0.1994	1.69	133.20
0.1707	1.96	53.73	0.1854	1.96	91.74	0.2159	1.94	137.28
0.1808	2.19	55.53	0.1988	2.19	93.90	0.2344	2.20	140.38
0.1908	2.43	56.73	0.2103	2.42	96.33	0.2467	2.44	143.47
0.1958	2.66	57.78	0.2217	2.67	98.20	0.2652	2.69	146.08
0.2059	2.89	58.23	0.2332	2.92	99.92	0.2755	2.91	148.04
0.2109	3.11	58.08	0.2447	3.17	101.35	0.2878	3.16	150.00
0.2159	3.35	58.08	0.2542	3.40	102.35	0.3022	3.40	151.46
0.2210	3.57	57.93	0.2638	3.65	103.21	0.3104	3.66	153.26
0.2260	3.81	57.93	0.2695	3.89	103.50	0.3187	3.92	154.40
0.2310	4.04	57.93	0.2791	4.14	103.79	0.3228	4.17	154.72
0.2310	4.27	57.78	0.2848	4.37	104.07	0.3289	4.42	155.38
0.2360	4.50	57.63	0.2925	4.61	104.36	0.3351	4.68	156.19
0.2410	4.73	57.63	0.2982	4.87	104.50	0.3392	4.92	157.01
0.2410	4.97	57.48	0.3020	5.12	104.50	0.3433	5.17	157.17
0.2461	5.20	57.48	0.3059	5.37	104.22	0.3475	5.45	156.84
0.2511	5.43	57.33	0.3097	5.60	103.64	0.3475	5.69	156.68
0.2511	5.66	57.33	0.3173	5.87	103.21			
0.2561	5.88	57.33						

Il Vicedirettore Dott. Geologo Domenico Celia

Lo Sperimentatore Dott. Geologo Massimiliano Valenza

# I.P.G. s.n.c. – Istituto Prove Geotecniche

Di Santo Marcello, Celia Domenico, Soleri Sergio, Valenza Massimiliano  
Via Orto Matera n° 21 Castrolibero (CS) Tel -Fax 0984 465174 – E-Mail: ipg2004@libero.it www.ipg2004.it

**Certificazione Ufficiale - Prove di laboratorio sui terreni**  
**Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti**  
**Decreto N. 8014/09-12-2009 (D.P.R. 380/01)**

**PROVA DI TAGLIO DIRETTO**  
**(Pagina 3 di 3)**

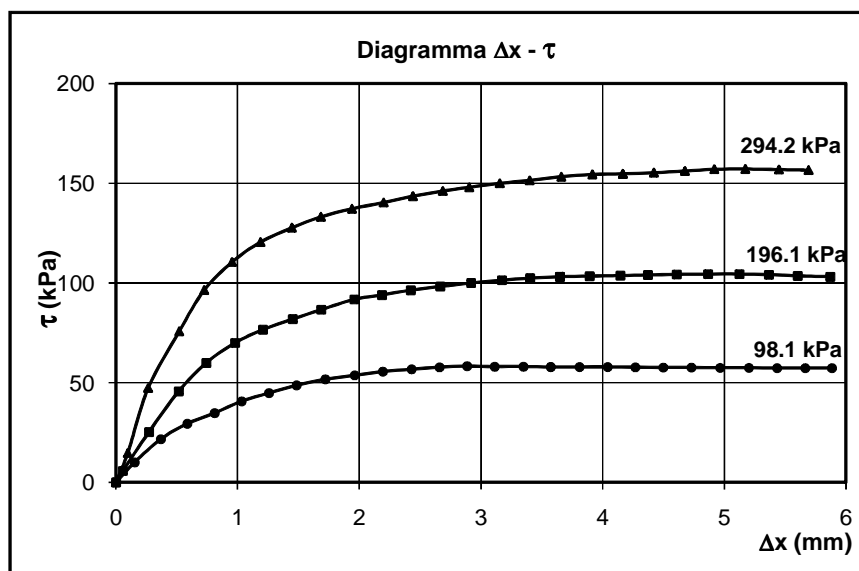
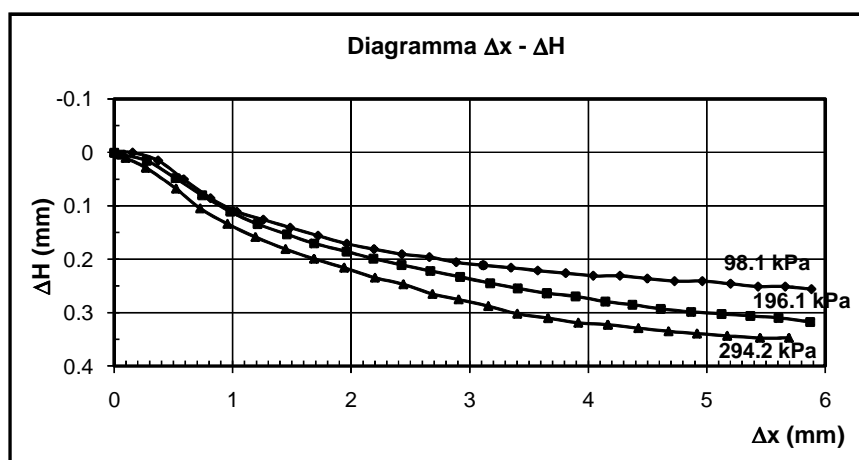
Data arrivo campione:	26/01/2011	Data esecuzione prova:	02/02/2011	Pagine Certificato :	3 di 3
Verbale Accettazione:	238	Certificato numero :	4044	Data Certificato :	22/02/2011

**INDAGINE :** Prove geotecniche a supporto dello studio geomorfologico preliminare "Campo Sportivo Centro Storico Castrolibero (CS).

**COMMITTENTE :** Dott. Geol. Sergio Soleri

**SCAVO:** 2 **Campione :** 1 **PROFONDITA' : m** 1.00

## DIAGRAMMI DELLA FASE DI ROTTURA



Il Vicedirettore Dott. Geologo Domenico Celia

Lo Sperimentatore Dott. Geologo Massimiliano Valenza

# I.P.G. s.n.c. – Istituto Prove Geotecniche

Di Santo Marcello, Celia Domenico, Soleri Sergio, Valenza Massimiliano  
Via Orto Matera n° 21 Castrolibero (CS) Tel -Fax 0984 465174 – E-Mail: ipg2004@libero.it www.ipg2004.it

**Certificazione Ufficiale - Prove di laboratorio sui terreni**  
**Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti**  
**Decreto N. 8014/09-12-2009 (D.P.R. 380/01)**

**PROVA DI TAGLIO DIRETTO RESIDUO**  
**(Pagina 1 di 3)**

Data arrivo campione: 26/01/2011 Data esecuzione prova: 02/02/2011 Pagine Certificato : 1 di 3  
Verbale Accettazione: 238 Certificato numero : 4045 Data Certificato : 22/02/2011

**INDAGINE :** Prove geotecniche a supporto dello studio geomorfologico preliminare "Campo Sportivo Centro Storico Castrolibero (CS).

**COMMITTENTE :** Dott. Geol. Sergio Soleri

**SCAVO:** 2 **Campione :** 1 **PROFONDITA' : m** 1.00

**Norma di riferimento : UNI CEN ISO/TS 17892 - 10 : Febbraio 2005**

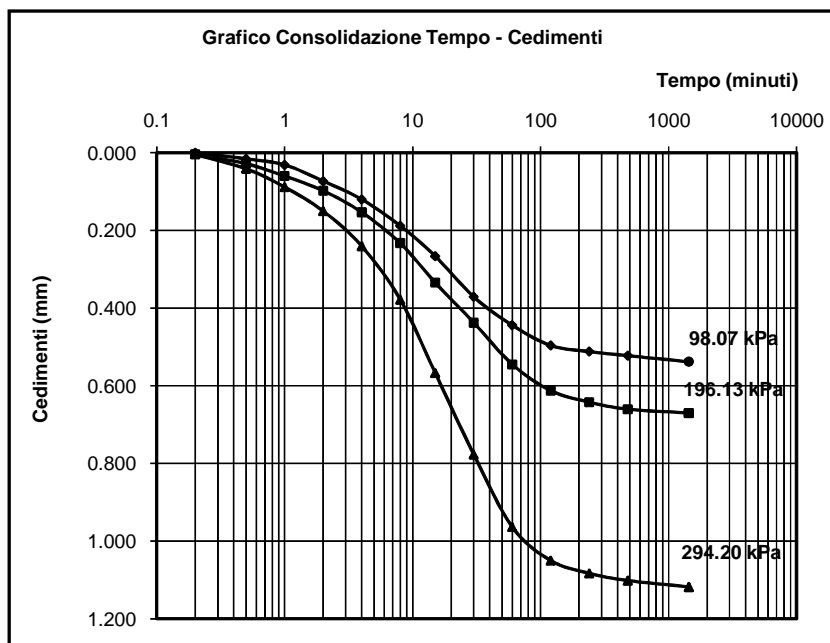
**METODO UTILIZZATO**

**Registrazione della Resistenza Residua dopo 5 cicli di Taglio in andata e ritorno**  
**PROVA ESEGUITA CON SCATOLA DI CASAGRANDE 6 cm X 6 cm X 2 cm,**

CONDIZIONI INIZIALI DEI PROVINI					CONDIZIONI FINALI DEI PROVINI			
Provino n°	1	2	3		Provino n°	1	2	3
Condizioni del provino	Disturbo lim.	Disturbo lim.	Disturbo lim.		Massa provini Finale (g)	140.4	139.4	138.4
Massa provini Iniziale (g)	141.80	142.20	141.60		Massa secca provini (g)	112.2	112.2	112.2
Peso di Volume (kN/m <sup>3</sup> )	19.31	19.37	19.29		Cont. d'acqua Fin.(%)	25.13	24.24	23.35
Cont. d'acqua Iniz.(%)	26.38	26.74	26.20					
Carico applicato (kPa)	98.07	196.13	294.20					

## DATI SPERIMENTALI REGISTRATI IN FASE DI CONSOLIDAZIONE

Tempo minuti	Cedimenti in fase di Consolidazione (mm)		
	Provino 1	Provino 2	Provino 3
0.2	0.000	0.004	0.004
0.5	0.016	0.028	0.041
1	0.031	0.060	0.088
2	0.073	0.097	0.150
4	0.120	0.153	0.241
8	0.188	0.233	0.378
15	0.266	0.334	0.567
30	0.371	0.438	0.777
60	0.444	0.545	0.964
120	0.496	0.613	1.051
240	0.512	0.642	1.083
480	0.522	0.660	1.102
1440	0.538	0.670	1.118
-			
-			
-			



Il Vicedirettore Dott. Geologo Domenico Celia

Lo Sperimentatore Dott. Geologo Massimiliano Valenza





# I.P.G. s.n.c. – Istituto Prove Geotecniche

Di Santo Marcello, Celia Domenico, Soleri Sergio, Valenza Massimiliano  
Via Orto Matera n° 21 Castrolibero (CS) Tel -Fax 0984 465174 – E-Mail: ipg2004@libero.it www.ipg2004.it

**Certificazione Ufficiale - Prove di laboratorio sui terreni**  
**Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti**  
**Decreto N. 8014/09-12-2009 (D.P.R. 380/01)**

**PROVA DI TAGLIO DIRETTO RESIDUO**  
**(Pagina 3 di 3)**

Data arrivo campione: 26/01/2011

Data esecuzione prova: 02/02/2011

Pagine Certificato : 3 di 3

Verbale Accettazione: 238

Certificato numero : 4045

Data Certificato : 22/02/2011

INDAGINE : Prove geotecniche a supporto dello studio geomorfologico preliminare "Campo Sportivo Centro Storico Castrolibero (CS).

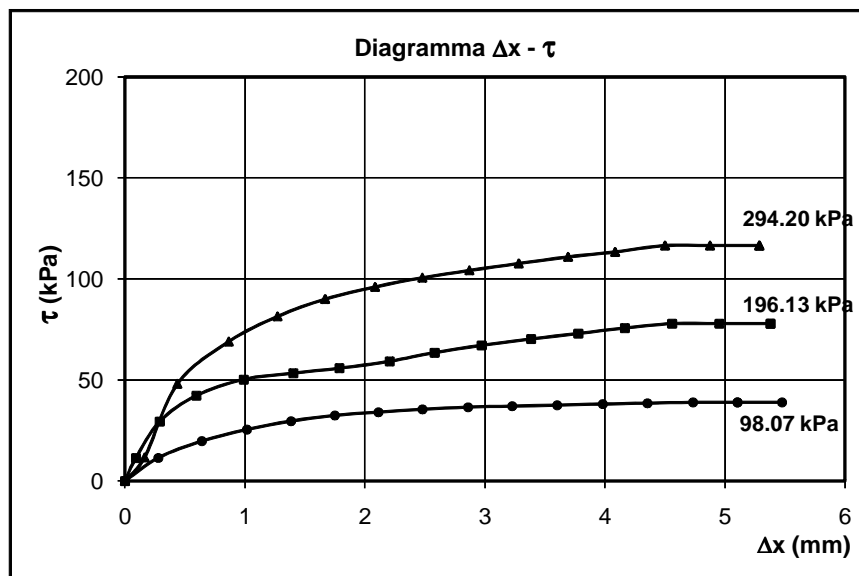
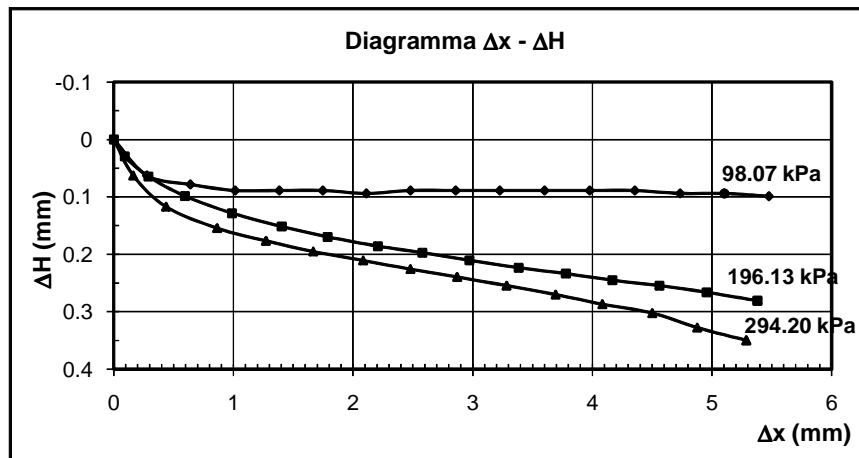
COMMITTENTE : Dott. Geol. Sergio Soleri

SCAVO: 2

Campione : 1

PROFONDITA': m 1.00

## DIAGRAMMI DELLA FASE DI ROTTURA



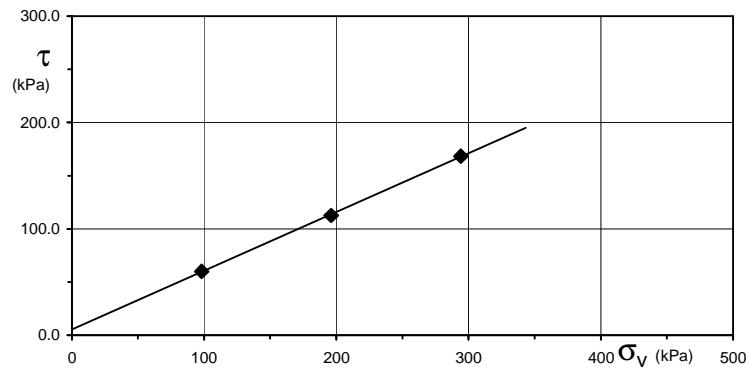
Il Vicedirettore Dott. Geologo Domenico Celia

Lo Sperimentatore Dott. Geologo Massimiliano Valenza

### S1 C1 da m. 0.50 Prova di taglio diretto – Valori di Picco

Carico applicato (kPa)	98.07	196.13	294.20
Tensione a rottura (kPa)	59.96	112.61	168.24
Spost. Oriz. a rottura (mm)	3.11	5.65	4.87

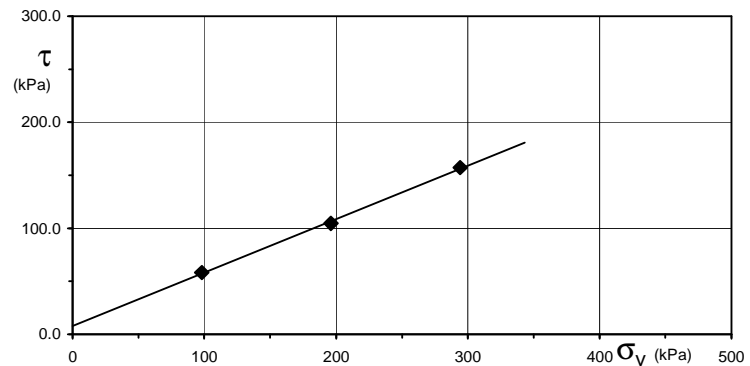
Norma <b>UNI CEN ISO/TS 17892 - 10 : Febbraio 2005</b>
<b>DIAGRAMMA</b> <b>Tensione - Pressione verticale</b>
Coesione (kPa) : <b>5.325</b>
Angolo d'attrito (°) : <b>28.90</b>



### S2 C1 da m. 1.00 Prova di taglio diretto – Valori di Picco

Carico applicato (kPa)	98.07	196.13	294.20
Tensione a rottura (kPa)	58.23	104.50	157.17
Spost. Oriz. a rottura (mm)	2.89	4.87	5.17

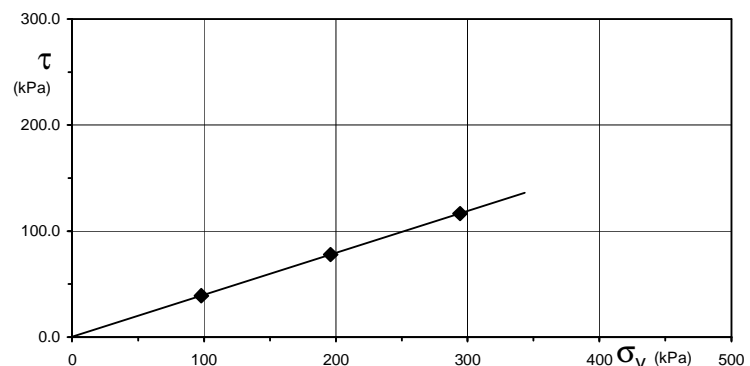
Norma <b>UNI CEN ISO/TS 17892 - 10 : Febbraio 2005</b>
<b>DIAGRAMMA</b> <b>Tensione - Pressione verticale</b>
Coesione (kPa) : <b>7.691</b>
Angolo d'attrito (°) : <b>26.77</b>



### S2 C1 da m. 1.00 Prova di taglio diretto – Residuo

Carico applicato (kPa)	98.07	196.13	294.20
Tensione a rottura (kPa)	38.94	77.91	116.52
Spost. Oriz. a rottura (mm)	4.73	4.56	4.50

Norma <b>UNI CEN ISO/TS 17892 - 10 : Febbraio 2005</b>
<b>DIAGRAMMA</b> <b>Tensione - Pressione verticale</b>
Coesione (kPa) : <b>0.207</b>
Angolo d'attrito (°) : <b>21.58</b>





STUDIO TECNICO DI GEOLOGIA  
Dott. Geologo DANIELA DISTILO  
Via L. Repaci, 37 – 87036 RENDE (CS)  
Tel. e fax 0984-465056 P.IVA 02611930781  
C.F.DSTDNL77A53D086H  
e-mail daniela\_distilo@libero.it

## COMUNE DI CASTROLIBERO (Provincia di Cosenza)

INDAGINE SISMICA DI TIPO MASW.

PROGETTO DEFINITIVO DEI "LAVORI DI MESSA IN SICUREZZA  
VERSANTE CENTRO STORICO A TUTELA DELLA VIABILITÀ COMUNALE"

COMMITTENTE: *Dott. Geol. Sergio Soleri*

### ▪ Rapporto di prova

- Caratterizzazione della prospezione di tipo Masw
- Analisi spettrale
- Documentazione fotografica

Rende, 3 maggio 2013

IL GEOLOGO: Dott.ssa Daniela Distilo



## **1. PREMESSA**

In data 02/05/2013 su committenza del Dott. Geol. *Sergio Soleri* è stato eseguito, nel Comune di Castrolibero (CS), n°1 stendimento sismico di tipo MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves).

L'indagine geofisica, condotta nel rispetto dello stato dell'arte e delle linee guida dettate dalla letteratura scientifica, è conforme alla vigente normativa sismica e in particolare ai contenuti dell'O.P.C.M. n. 3274/2003 "*Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica*" e s.m.i., al D.M. 14 gennaio 2008 "*Approvazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni*" e alla Circolare 2 febbraio 2009, n. 617, del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, contenente le Istruzioni per l'applicazione delle "*Nuove norme tecniche per le costruzioni*" di cui al D.M. 14 gennaio 2008.

## **2. PROSPEZIONI SISMICHE BASATE SULL'ANALISI DELLE ONDE SUPERFICIALI DI RAYLEIGH**

Le onde di Rayleigh sono polarizzate in un piano verticale e si generano in corrispondenza della superficie libera del mezzo quando viene sollecitato acusticamente. In questo tipo di onde le particelle descrivono un movimento di tipo ellittico la cui ampiezza decresce esponenzialmente con la distanza dalla superficie libera. L'asse maggiore delle ellissi è normale alla superficie libera del mezzo ed alla direzione di propagazione delle onde e le particelle compiono questo movimento ellittico in senso retrogrado rispetto alla direzione di propagazione delle onde che vengono generate. Le onde di Rayleigh, quando si propagano in un mezzo omogeneo, non presentano dispersione. In un mezzo disomogeneo, quale la Terra, la loro velocità varia in funzione della lunghezza d'onda.

La determinazione della velocità delle onde di taglio Vs tramite le misure delle onde superficiali di Rayleigh risulta particolarmente indicata per suoli altamente attenuanti e ambienti rumorosi poiché la percentuale di energia convertita in onde di Rayleigh è di gran lunga predominante (67%) rispetto a quella coinvolta nella generazione e propagazione delle onde P (7%) ed S (26%).

I metodi basati sull'analisi delle onde superficiali di Rayleigh forniscono una buona risoluzione e non sono limitati dalla presenza di inversioni di velocità in profondità.

Inoltre la propagazione delle onde di Rayleigh, anche se influenzata dalla  $V_p$  e dalla densità, è funzione innanzitutto della  $V_s$ , parametro di fondamentale importanza per la caratterizzazione geotecnica di un sito secondo quanto previsto dalle recenti normative antisismiche (D.M. 14.01.2008 "Norme tecniche per le Costruzioni").

La proprietà fondamentale delle onde superficiali di Rayleigh, sulla quale si basa l'analisi per la determinazione delle  $V_s$ , è costituita dal fenomeno della dispersione che si manifesta in mezzi stratificati. Pertanto, analizzando la curva di dispersione, ossia la variazione della velocità di fase delle onde di Rayleigh in funzione della lunghezza d'onda (o della frequenza, che è inversamente proporzionale alla lunghezza d'onda), è possibile determinare la variazione della velocità delle onde di taglio con la profondità tramite processo di inversione. Le tecniche di analisi delle onde di Rayleigh vengono realizzate con procedure operative poco onerose ed hanno un grado di incertezza nella determinazione delle  $V_s$  <15%. La modellazione del sottosuolo mediante l'impiego di comuni geofoni verticali a 4.5Hz e l'analisi delle onde superficiali di Rayleigh viene ottenuta con le seguenti metodologie: ReMi (Refraction Microtremor), FTAN (Frequency Time ANalysis), SASW (Spectral Analysis of Surface Waves), MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves).

### **3. CARATTERIZZAZIONE DELLA PROSPEZIONE DI TIPO MASW**

Il metodo MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) è una tecnica di indagine non invasiva che permette di individuare il profilo di velocità delle onde di taglio  $V_s$ , sulla base della misura delle onde superficiali eseguita in corrispondenza di diversi sensori (geofoni nel caso specifico) posti sulla superficie del suolo. Il contributo predominante alle onde di taglio è dato dalle onde di Rayleigh, che viaggiano con una velocità correlata alla rigidezza della porzione di terreno interessata dalla propagazione delle onde. In un mezzo stratificato le onde di Rayleigh sono dispersive (fenomeno della dispersione geometrica), cioè onde con diverse lunghezze d'onda si propagano con diverse velocità di fase e velocità di gruppo (achenbach J. D. 1999, Aki K. And Richards P.G. 1980) o detto in maniera equivalente la velocità di fase apparente delle onde di Rayleigh dipende dalla frequenza di propagazione: onde ad alta frequenza con lunghezza d'onda corta si propagano negli strati più superficiali e quindi danno informazioni sulla parte più superficiale del suolo, invece onde a bassa frequenza si propagano negli strati più profondi del suolo. Il metodo di indagine MASW utilizzato è di

tipo attivo in quanto le onde superficiali sono generate in un punto sulla superficie del suolo (tramite energizzazione con mazza battente) e misurate da uno stendimento lineare di sensori. Il metodo attivo generalmente consente di ottenere una velocità di fase (o curva di dispersione) sperimentale apparente nel range di frequenze compreso tra 5-10 Hz e 70-100 Hz, quindi fornisce informazioni sulla parte più superficiale del suolo, generalmente compresa nei primi 30-50 m, in funzione della rigidità del suolo e delle caratteristiche della sorgente.

I fondamenti teorici del metodo MASW fanno riferimento ad un semispazio stratificato con strati paralleli ed orizzontali, quindi una limitazione alla sua applicabilità potrebbe essere rappresentata dalla presenza di pendenze significative superiori a 20°, sia della topografia sia delle diverse discontinuità elastiche.

#### **4. MODELLIZZAZIONE E RISULTATI**

E' possibile simulare, a partire da un modello geotecnico sintetico caratterizzato da spessore, densità, coefficiente di Poisson, velocità delle onde S e velocità delle Onde P, la curva di dispersione teorica la quale lega velocità e lunghezza d'onda secondo la relazione:

$$v = \lambda \times \nu$$

Modificando i parametri del modello geotecnico sintetico, si può ottenere una sovrapposizione della curva di dispersione teorica con quella sperimentale: questa fase è detta di inversione e consente di determinare il profilo delle velocità in mezzi a differente rigidità. L'elaborazione dei dati è stata eseguita mediante software "WinMASW 4.3 PRO" della EliaSoft.

#### **AQUISIZIONE DELLE TRACCE**

Per l'acquisizione dei dati in situ è stato utilizzato un sismografo *Ambrogeo* 12/24 canali. Le oscillazioni del suolo sono state rilevate da 12 geofoni verticali (a 4,5Hz) posizionati lungo il profilo di indagine con offset di 2,00m (X). Come sorgente sismica è stata utilizzata una mazza da 8 kg che impatta verticalmente su una piastra in alluminio. Al fine di avere più dataset, sono state eseguite più acquisizioni con diversi offset minimi (2X; 4X; ... ); la durata dell'acquisizione è pari a 1000,0 msec, con un periodo di campionamento di 0,131 msec.

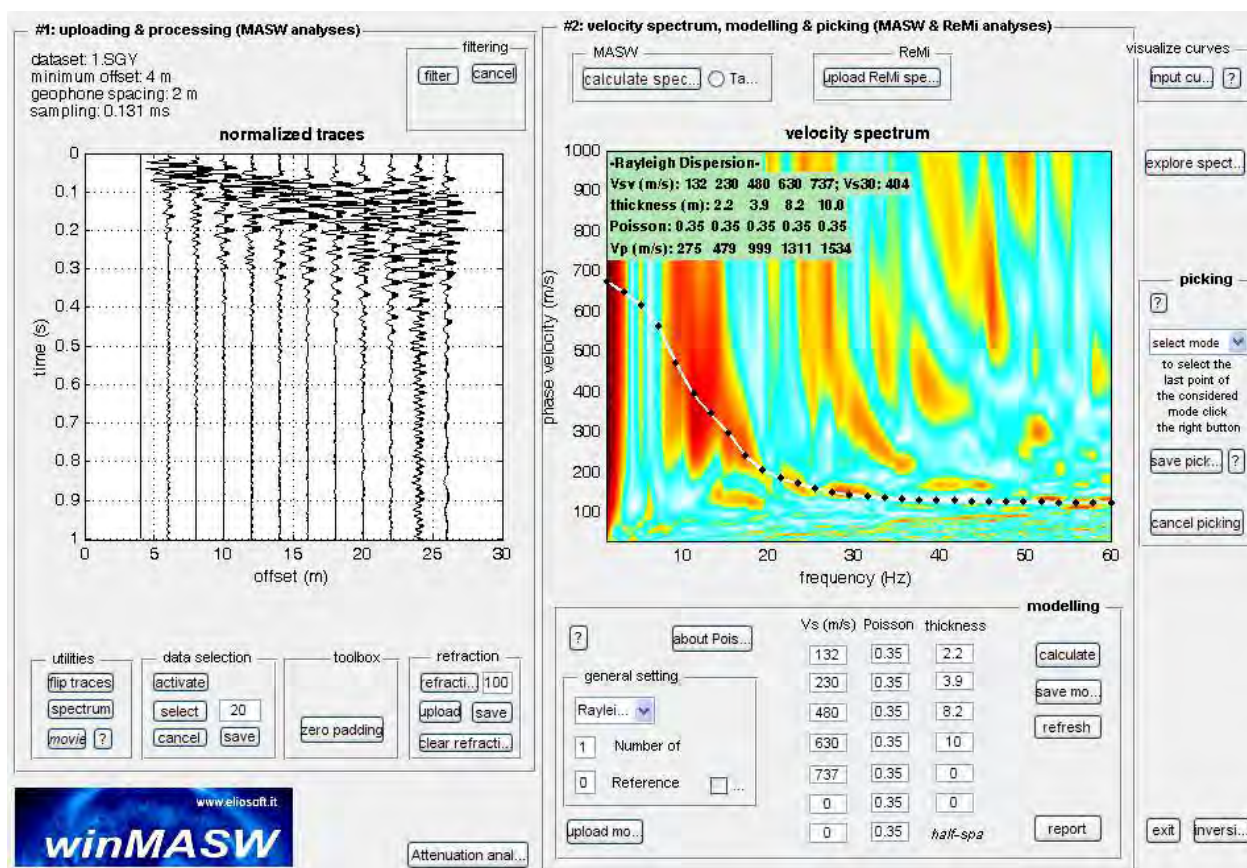


Figura 1: A sinistra è riportato lo spettro elastico, a destra, lo spettro di velocità calcolato

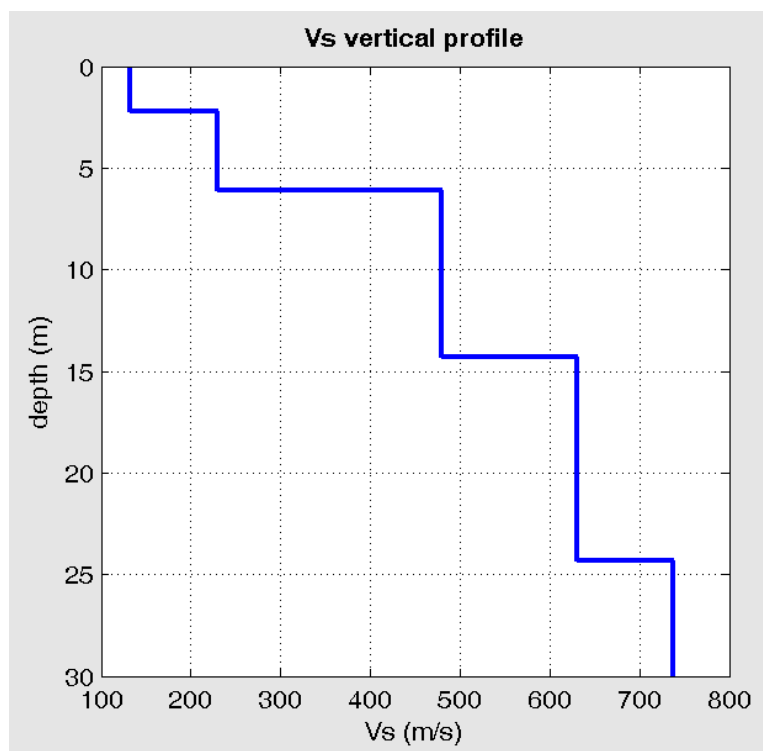
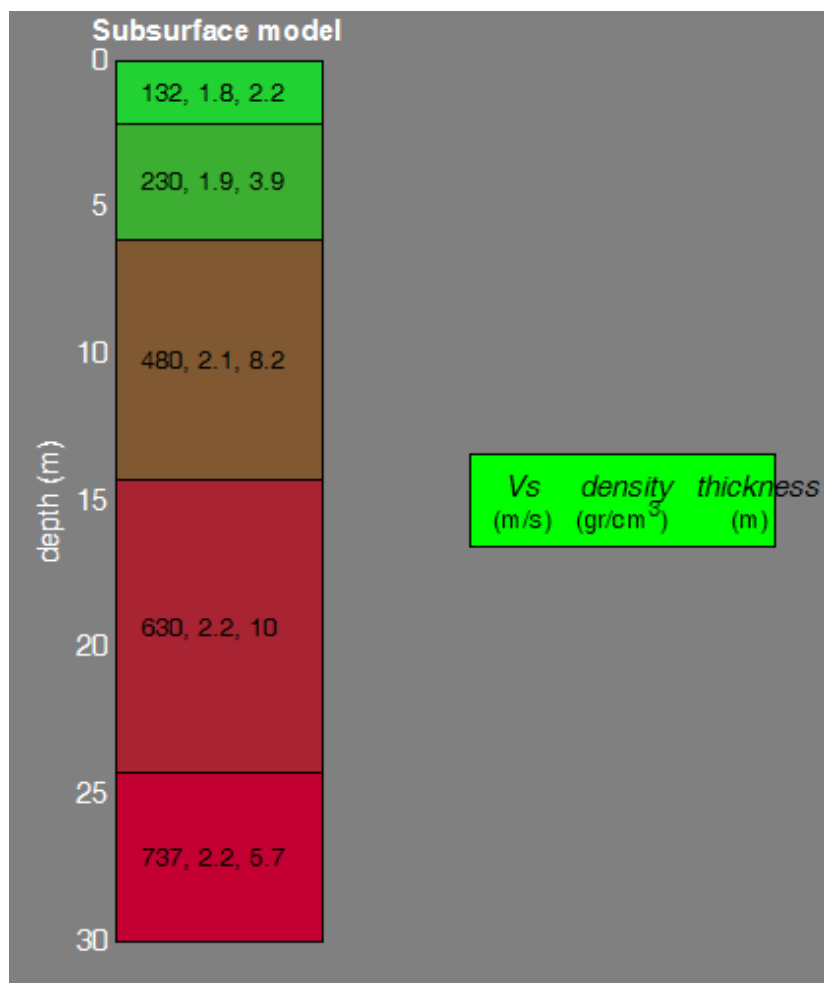


Figura 2: Profilo verticale Vs





**Figura 3:** Sismostratigrafia a partire dal piano campagna.

$$\mathbf{Vs30 = 404 \text{ m/s}}$$

Se si considerano differenti profondità del piano fondazionale, il parametro diventa:

- al piano fondazionale posto a -1,00 m dal p.c.: **Vs30 = 441 m/s**
- al piano fondazionale posto a -1,50 m dal p.c.: **Vs30 = 462 m/s**
- al piano fondazionale posto a -2,00 m dal p.c.: **Vs30 = 485 m/s**
- al piano fondazionale posto a -2,50 m dal p.c.: **Vs30 = 502 m/s**
- al piano fondazionale posto a -3,00 m dal p.c.: **Vs30 = 515 m/s**

## 5. PARAMETRI ELASTICI

I moduli sono stati determinati partendo dalle velocità delle onde trasversali ottenute nel profilo MASW; la dispersione delle onde di Rayleigh dipende essenzialmente dalla Vs e dalla potenza degli strati (geometria). Pertanto è opportuno

precisare che i parametri elastici calcolati, rappresentano delle stime preliminari ed hanno, quindi, soltanto un valore indicativo.

N. STRATO	SPESSORE (m)	Vs (m/s)	Vp (m/s)	DENSITA' (g/cm <sup>3</sup> )	MODULO DI TAGLIO (MPa)	MODULO DI BULK (MPa)	MODULO DI YOUNG (MPa)
1	2,2	132	313	1,77	31	133	86
2	3,9	230	546	1,91	101	434	281
3	8,2	480	1139	2,09	481	2065	1338
4	10,0	630	1495	2,15	854	3670	2378
5	Semi-Spazio	737	1749	2,19	1189	5113	3312

## 6. DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



**Figura 4:** Ubicazione stendimento di tipo Masw

Rende, 3 maggio 2013

IL GEOLOGO: Dott.ssa Daniela Distilo

*Daniela Distilo*

Stampa del Geologo: Regione Calabria, Ordine dei Geologi, Daniela Distilo, Albo n° 694.