

Accordo di Collaborazione tra  
l'Istituto di Geologia Ambientale e Geoingegneria del C.N.R. e il Dipartimento  
di Ingegneria Civile e Ambientale dell'Università degli Studi di Firenze  
per attività propedeutiche alla Microzonazione Sismica  
nella Macroarea 3 - Amatrice

## **RAPPORTO FINALE**

### **Gruppo di Lavoro:**

Prof.ssa Ing. Claudia Madiari (Responsabile)

Prof. Ing. Giovanni Vannucchi

Dott. Ing. Roberto Bardotti

Dott. Ing. Johann Facciorusso

Dott.ssa Ing. Elisa Gargini

Dott. Ing. Stefano Renzi

Niccolò Bandini

Andrea Geppetti

Firenze, 14 Novembre 2017

## INDICE

1	INTRODUZIONE .....	4
2	PROVE DOWN HOLE .....	5
2.1	Località Capricchia .....	10
2.2	Località Cascello .....	16
2.3	Località Cornillo Vecchio .....	22
2.4	Località Moletano (Cossara) .....	27
2.5	Località Retrosi .....	33
2.6	Località Rocchetta .....	38
2.7	Località Sant'Angelo .....	44
2.8	Località Sommati .....	50
2.9	Località Voceto .....	56
2.10	Profili di Vs per analisi 1D della RSL .....	62
3	PROVE DI LABORATORIO .....	69
3.1	Prove di classificazione .....	72
3.2	Prove dinamiche e cicliche .....	73
3.2.1	Relazione $G/G_0 - \gamma$ .....	73
3.2.2	Relazione $D - \gamma$ .....	76
3.3	Curve di rigidezza e smorzamento per la modellazione della RSL .....	80

## Simbologia

$D_0$ : rapporto di smorzamento iniziale  
 $D$ : rapporto di smorzamento  
 $D_r$ : densità relativa  
 $D_{1000}$ : valore di  $D$  stimato dopo 1000 minuti dall'inizio della consolidazione  
 $e$ : indice dei vuoti  
 $e_0$ : indice dei vuoti iniziale  
 $G$ : modulo di taglio  
 $G_0$ : modulo di taglio iniziale  
 $G_{1000}$ : valore di  $G$  stimato dopo 1000 minuti dall'inizio della consolidazione  
 $G_s$ : densità specifica dei grani  
 $I_G$ : coefficiente di incremento di  $G$  nel tempo  
 $N_G$ : incremento normalizzato di  $G$  nel tempo  
 $I_D$ : coefficiente di decremento di  $D$  nel tempo  
 $N_D$ : decremento normalizzato di  $D$  nel tempo  
 $I_c$ : indice di consistenza  
 $I_p$ : indice di plasticità  
 $V_p$ : velocità di propagazione delle onde P  
 $V_s$ : velocità di propagazione delle onde S  
 $w$ : contenuto d'acqua naturale  
 $w_L$ : limite di liquidità  
 $w_p$ : limite di plasticità  
 $z$ : profondità media di prelievo del campione  
 $z_w$ : profondità della falda  
 $\gamma$ : ampiezza della deformazione di taglio  
 $\gamma_n$ : peso dell'unità di volume totale  
 $\gamma_s$ : peso di volume dei solidi  
 $\sigma'_c$ : tensione efficace di consolidazione (isotropa) in laboratorio  
 $\sigma'_{vo}$ : tensione verticale efficace in sito  
 $\rho$ : densità

## 1 INTRODUZIONE

Il presente rapporto contiene i risultati delle attività eseguite nell'ambito dell'Accordo di Collaborazione tra l'Istituto di Geologia Ambientale e Geoingegneria del Consiglio Nazionale delle Ricerche (CNR IGAG) e il Dipartimento di Ingegneria Civile e Ambientale (DICEA) dell'Università degli Studi di Firenze. Tale accordo si inserisce nel quadro di quanto previsto nell'Accordo tra CNR IGAG e DPC per lo svolgimento di indagini propedeutiche alla microzonazione sismica e acquisizioni di tipo geofisico, geomorfologico, geologico e geotecnico, nella Macroarea 3 – Amatrice.

Come previsto dall'art. 2 del suddetto accordo di collaborazione, le attività affidate e svolte dal DICEA hanno riguardato l'acquisizione e l'elaborazione di dati geotecnici ed in particolare:

- l'esecuzione di una campagna di prove Down Hole in alcune frazioni del Comune di Amatrice;
- l'esecuzione di prove geotecniche di laboratorio su campioni disturbati e indisturbati prelevati nel corso di alcune perforazioni di sondaggio eseguite nel centro abitato di Amatrice e in alcune frazioni;
- l'elaborazione dei dati acquisiti dalle suddette prove in sito e di laboratorio



## 2 PROVE DOWN HOLE

Le prove Down Hole sono state eseguite in nove frazioni del comune di Amatrice, nel periodo compreso tra il 1° agosto e il 5 settembre 2017 ed hanno profondità comprese tra i 20 e i 50 metri, come riepilogato nella Tabella 1.

Tabella 1. Riepilogo delle Prove Down Hole eseguite

Località	Profondità raggiunta [m]	Data di esecuzione
Capricchia	31	10/08/2017
Cascello	49	24/08/2017
Cornillo Vecchio	20	23/08/2017
Moletano (Cossara)	31	23/08/2017
Retrosi	50	09/08/2017
Rocchetta	50	05/09/2017
Sant'Angelo	40	01/08/2017
Sommati	39	02/08/2017
Voceto	50	05/09/2017

Per l'esecuzione delle prove è stata utilizzata l'apparecchiatura in dotazione al Laboratorio Geotecnico del DICeA, che presenta le seguenti caratteristiche:

- **sistema di ricezione** costituito da due geofoni da foro (Geostuff, modello BHG-2 a 10Hz) ciascuno dotato di tre sensori, due orizzontali e uno verticale, accoppiati verticalmente ad una distanza fissa  $\Delta z = z_2 - z_1 = 1\text{m}$  e orizzontalmente in modo che i trasduttori orizzontali mantengano sempre un orientamento concorde tra loro (Figura 1);
- **sorgente di onde S** realizzata tramite una coppia di pendoli e di elementi in legno, rivestiti di alluminio forgiato in modo tale da garantire la perfetta aderenza al terreno, collocati in superficie ad una distanza L (distanza battuta sinistra) o R (distanza battuta destra) dal foro (Figura 2);
- **sorgente di onde P** ottenuta utilizzando un treppiedi con un tubo guida sormontato da un verricello manuale che solleva un peso metallico il quale, una volta rilasciato, cade su una piastra di battuta collocata in superficie a distanza H dal foro (Figura 3);

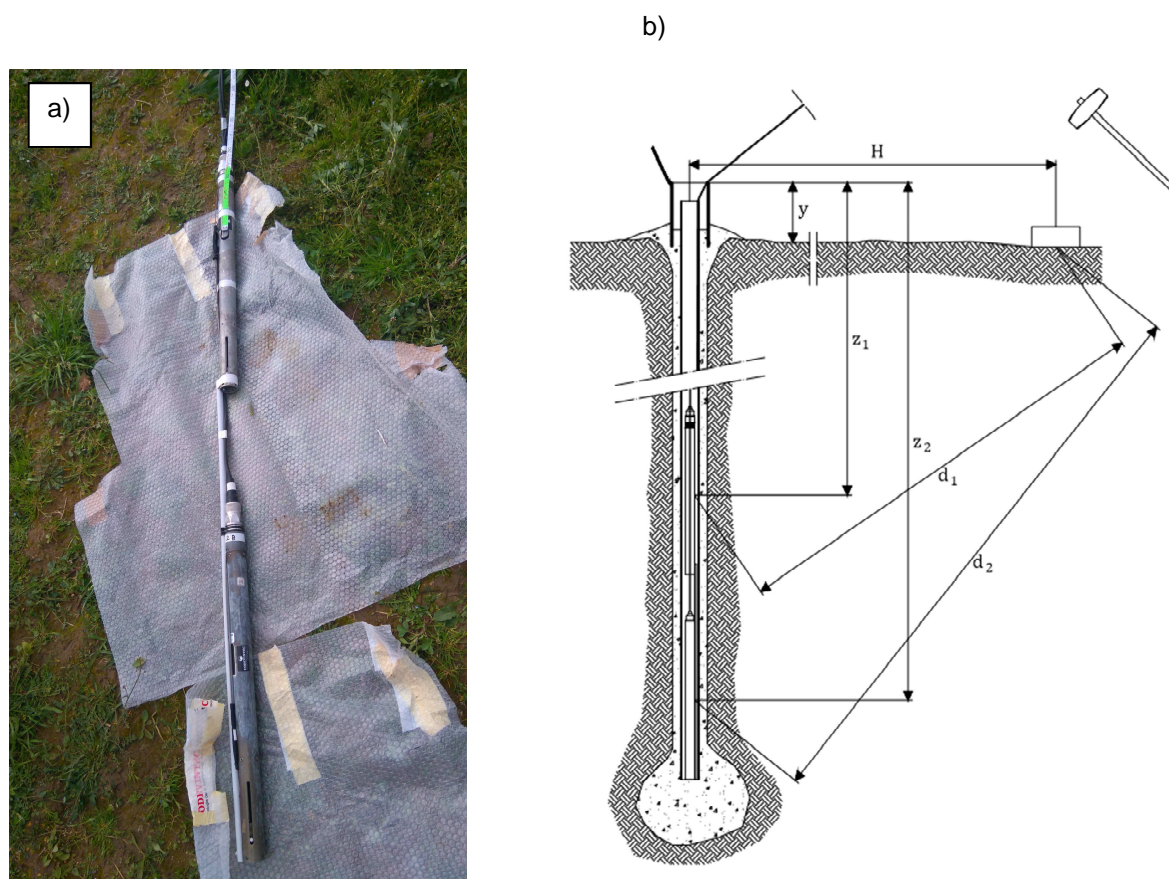


Figura 1. Sistema di ricezione a due geofoni con dettaglio dell'elemento di collegamento (a); schema relativo alla disposizione dei geofoni all'interno del foro di sondaggio (b).



Figura 2. Sistema di energizzazione orizzontale (sorgente di onde S): telaio con pendolo e blocco di battuta.



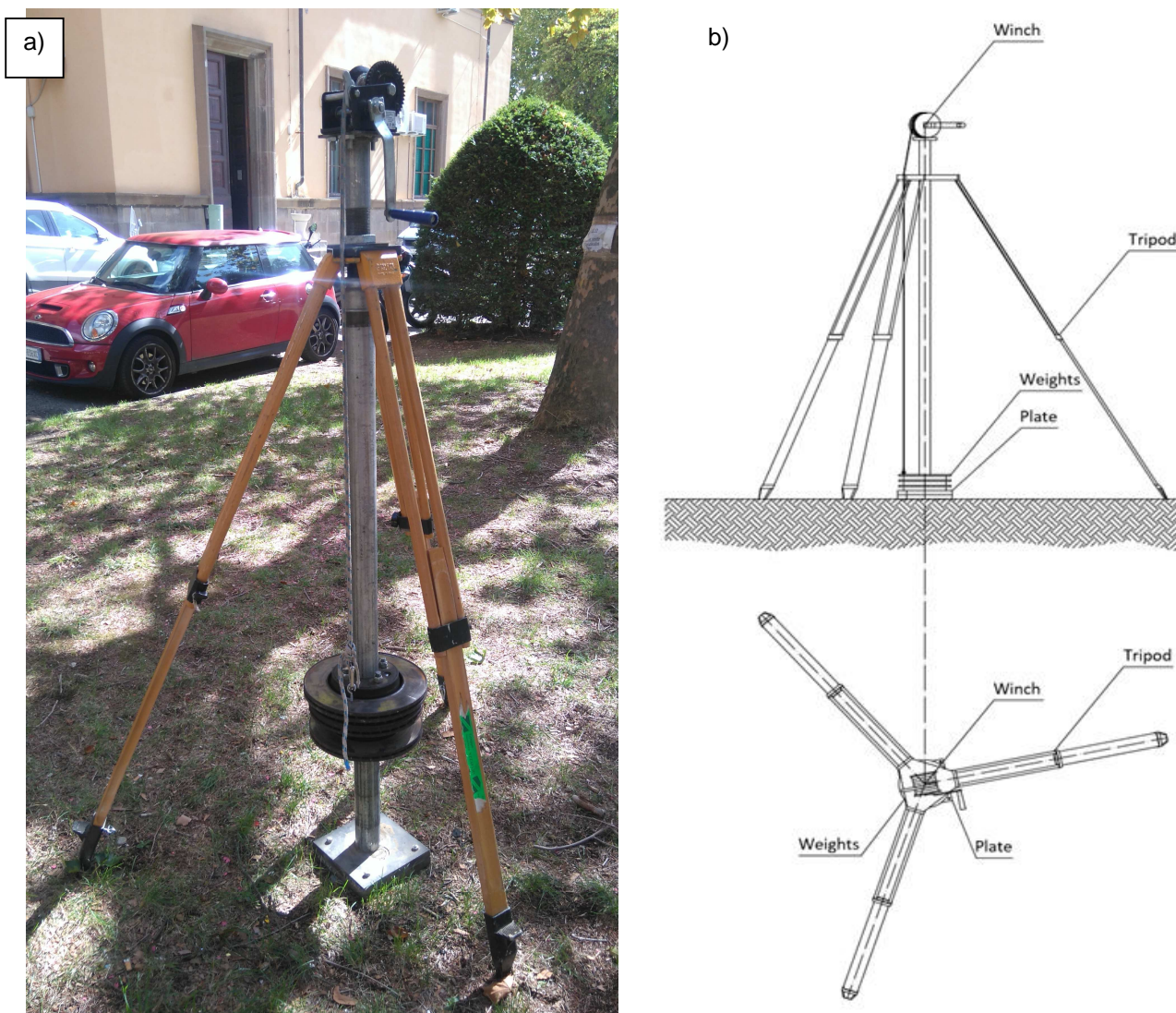
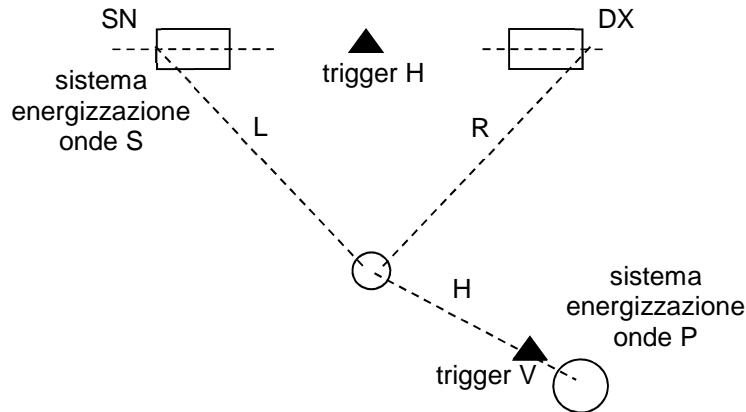


Figura 3. Sistema di energizzazione verticale (a); schema relativo alla sorgente delle onde P (b).

- **sistema di trigger** realizzato attraverso due geofoni di superficie, uno verticale (trigger V) ed uno orizzontale (trigger H), per la rilevazione dell'istante di partenza delle onde P ed S;
- **sistema di acquisizione** costituito da un sismografo modulare Geometrics modello Geode a 16 canali.

Uno schema della disposizione in pianta dei vari componenti del sistema di energizzazione e di ricezione, con la relativa simbologia, è riportato in Figura 4.



**Figura 4. Schema della prova down-hole.**

Durante le prove vengono effettuate misure di velocità delle onde P ed S ad ogni metro di profondità, partendo da fondo foro e procedendo verso il piano campagna. Per ogni determinazione di velocità delle onde S vengono generalmente effettuate due battute sulla piastra destra (DX) e due battute sulla piastra sinistra (SN) (Figura 4); per la misura della velocità delle onde P vengono effettuate una o due battute verticali (V), in relazione alla qualità del segnale acquisito. In fase di acquisizione, le battute effettuate per ciascuna direzione (DX, SN e V) sono sommate e registrate senza l'applicazione di alcun filtro, con intervallo di campionamento pari a 0.25ms.

Per ciascuna serie di battute (orizzontale destra, DX, orizzontale sinistra, SN, e verticale, V) sono acquisiti i segnali registrati dalle due terne di trasduttori dei due ricevitori (superiore, SUP, e inferiore, INF). Per ciascun metro di profondità esplorata, le registrazioni dei due trasduttori orizzontali concordi (X o Y) corrispondenti alla medesima battuta (orizzontale destra, DX, oppure orizzontale sinistra, SN) e le registrazioni dei due trasduttori verticali (Z) corrispondenti alla medesima battuta verticale (V) sono utilizzate, rispettivamente, per la determinazione dei tempi di arrivo delle onde S e delle onde P.

I tempi di arrivo stimati in corrispondenza dei geofoni superiore e inferiore, vengono poi corretti per tenere conto della distanza orizzontale tra sorgente e foro (Figura 1), secondo la formula:

$$t_{x,i}^* = t_{x,i} \cdot \frac{(z_i - y)}{\sqrt{H^2 + (z_i - y)^2}}$$

Nota la differenza tra i tempi di arrivo,  $\Delta t_x^* = t_{x,2}^* - t_{x,1}^*$ , delle onde S e P, la corrispondente velocità relativa al metro di terreno investigato è ricavata utilizzando il metodo dell'intervallo:

$$V_x = \frac{\Delta z}{\Delta t_x^*}$$

L'analisi visuale può essere integrata, soprattutto di fronte a soluzioni non univoche, con uno studio parallelo della funzione di cross correlazione  $CC(\tau)$  calcolata a partire dai segnali registrati da una coppia concorde di trasduttori, così definita:

$$CC(\tau) = \int_{-\infty}^{+\infty} g(t) \cdot h(t + \tau) dt$$

dove  $g(t)$  rappresenta la registrazione del trasduttore superiore ed  $h(t)$  la corrispondente registrazione del trasduttore inferiore. Il valore di  $\tau$  che rende massima la funzione di cross-correlazione rappresenta il tempo di trasferimento delle onde da un ricevitore all'altro.

Considerato che per ciascun metro di terreno investigato sono disponibili, per la misura della velocità delle onde S, quattro coppie di segnali (SN\_X\_SUP e SN\_X\_INF, SN\_Y\_SUP e SN\_Y\_INF, DX\_X\_SUP e DX\_X\_INF, DX\_Y\_SUP e DX\_Y\_INF), vengono determinati per ciascuna coppia, laddove possibile, i corrispondenti valori di velocità, utilizzando sia il metodo visuale di intervallo che la funzione di cross-correlazione.

Anche la stima dei tempi di arrivo delle onde P viene effettuata sia mediante il metodo visuale di intervallo sia tramite la funzione di cross-correlazione con riferimento, per ciascun metro di terreno investigato, alla coppia di segnali disponibili (V\_Z\_SUP e V\_Z\_INF).

I valori di velocità ottenuti con le diverse tecniche vengono successivamente mediati, escludendo eventualmente i valori che, sulla base del giudizio esperto, non sono ritenuti plausibili.

Nei paragrafi seguenti sono riportati i risultati dell'elaborazione della prova Down Hole per ciascun sito.

I files contenenti le registrazioni sono contenuti nella cartella RAW\_DATA.ZIP allegata, nel formato nativo **.seg-2**. A richiesta possono essere trasformati e forniti in formato ASCII.

## 2.1 Località Capricchia

L'ubicazione del foro di sondaggio S1 nel quale è stata eseguita la prova Down Hole in località Capricchia è indicata in Figura 5.



*Figura 5. Ubicazione del sondaggio da un estratto di Google Maps.*

In Figura 6 e Figura 7 si riportano, rispettivamente per le onde S e per le onde P, i punti che rappresentano i valori di velocità determinati con le metodologie sopra descritte ed i profili medi ottenuti con i criteri precedentemente illustrati. I profili medi di  $V_S$  e  $V_P$  sono rappresentati nello stesso grafico in Figura 8.

Alle profondità per le quali non è stato possibile definire un valore medio affidabile, è stato attribuito un valore intermedio tra quelli relativi alle profondità superiore e inferiore.



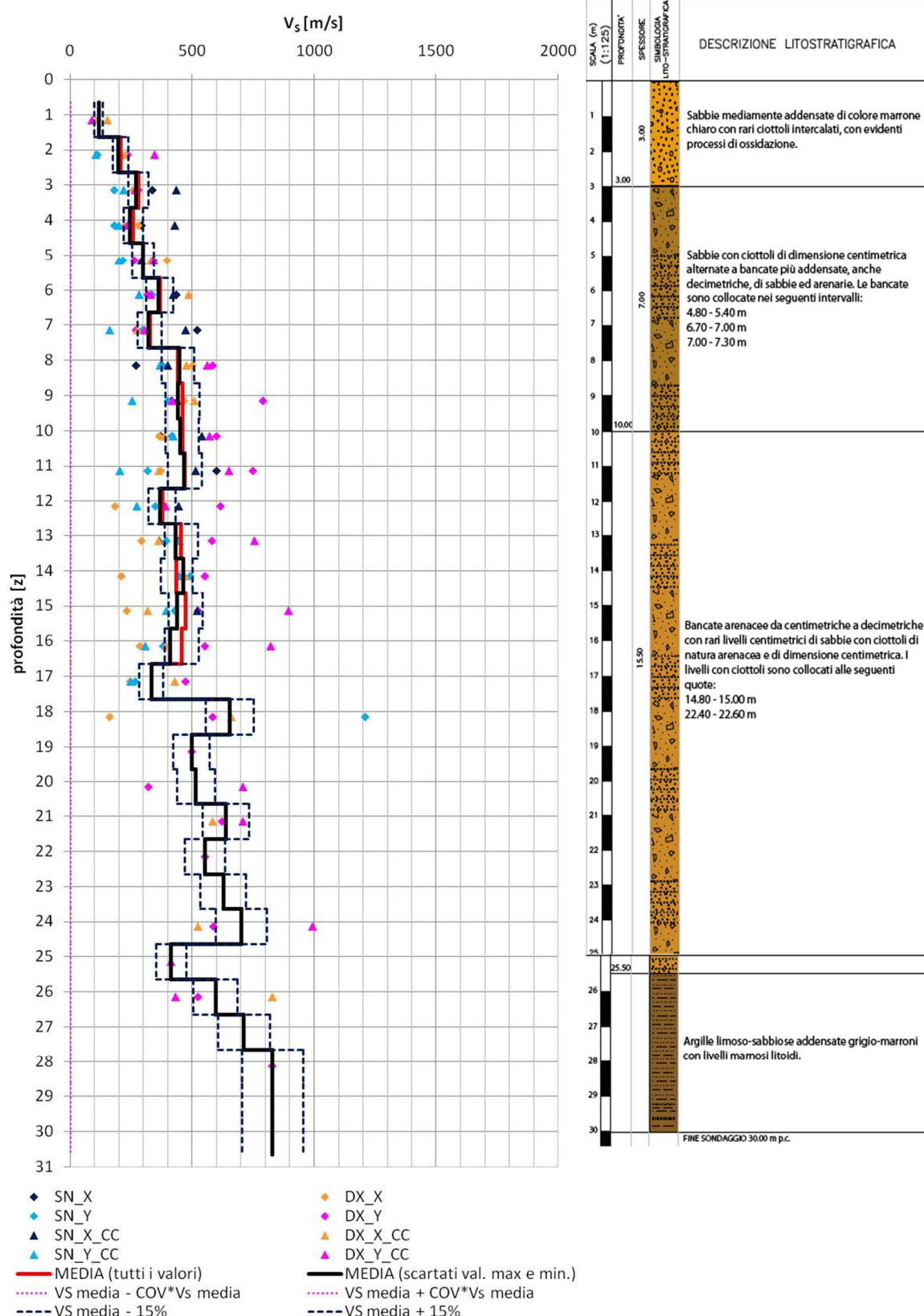


Figura 6. Valori di velocità delle onde S ottenuti con diverse tecniche di interpretazione dei segnali e profilo medio di Vs dalla prova DH-S1 a Capricchia (i segmenti tratteggiati del profilo medio si riferiscono ai valori ottenuti mediante interpolazione).

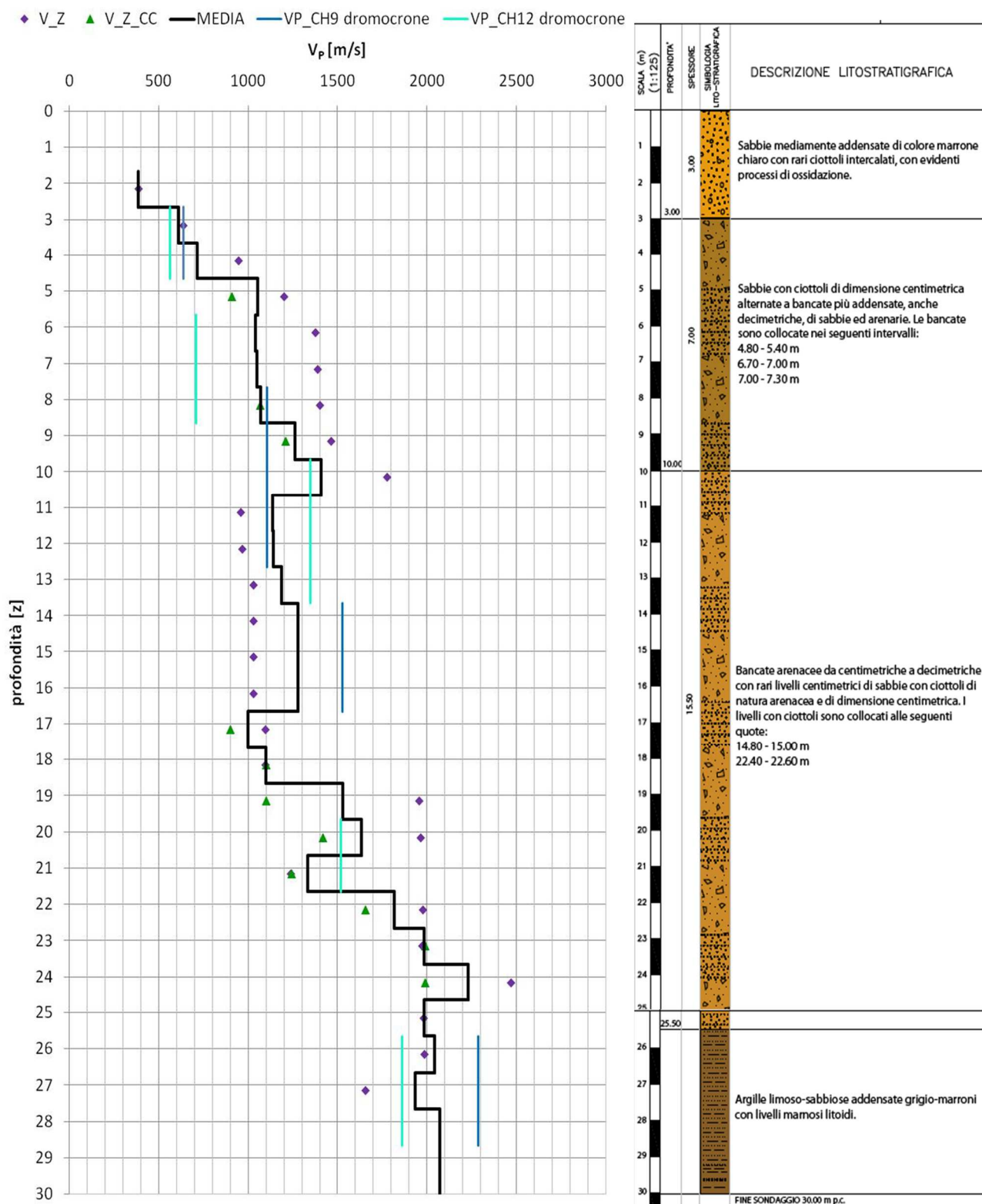


Figura 7. Valori di velocità delle onde P ottenuti con diverse tecniche di interpretazione dei segnali e profilo medio di  $V_s$  dalla prova DH-S1 a Capricchia (i segmenti tratteggiati del profilo medio si riferiscono ai valori ottenuti mediante interpolazione).



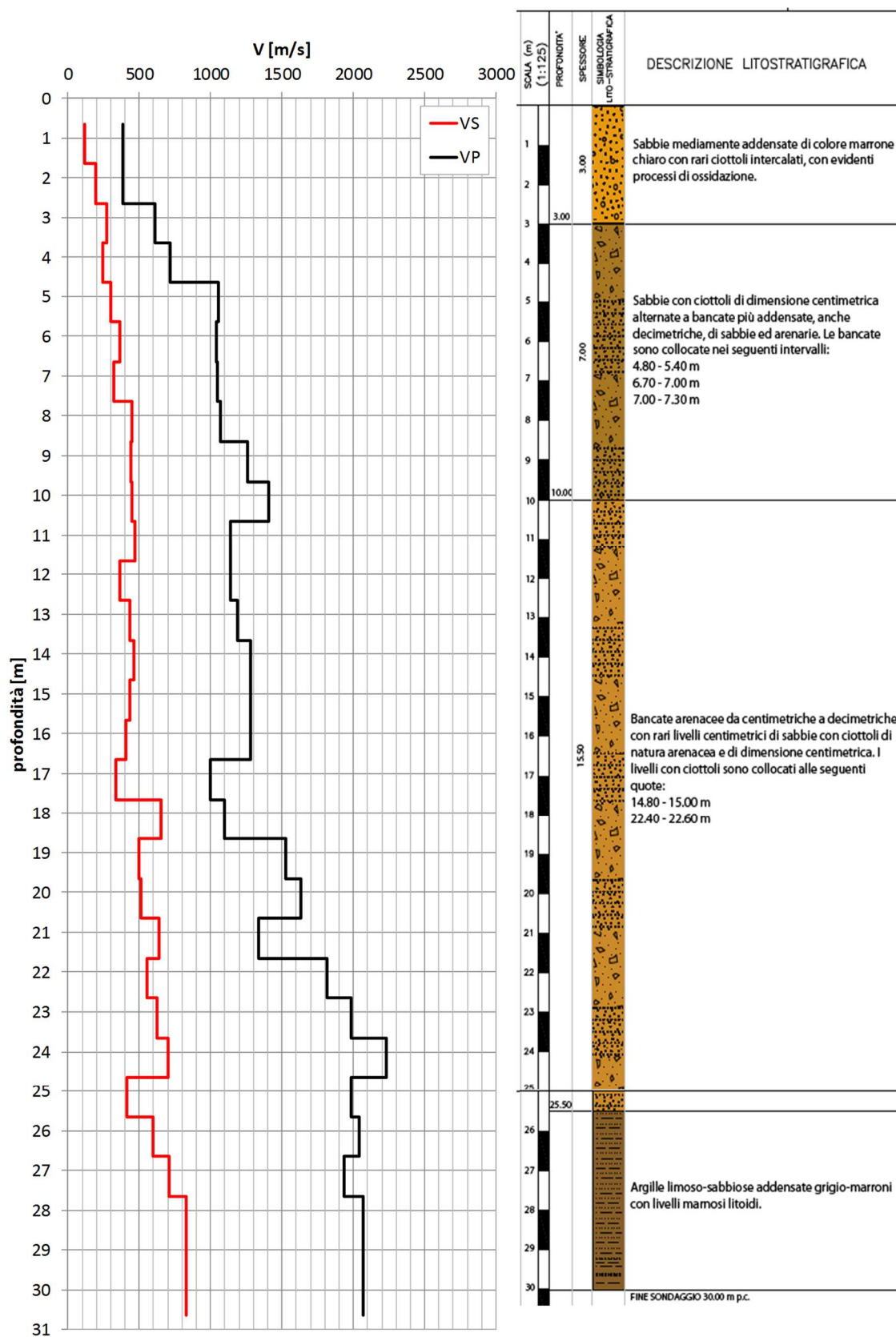


Figura 8. Profili medi di velocità delle onde S e P ottenuti dalla prova DH-S1 a Capricchia.

I valori numerici di  $V_S$  e  $V_P$  sono riportati, unitamente ai valori calcolati del coefficiente di Poisson,  $\nu$ , nella Tabella 2, al variare della profondità.

**Tabella 2. Valori medi delle velocità  $V_S$ ,  $V_P$  e del coefficiente di Poisson  $\nu$  per la DH-S1 a Capricchia.**

z [m]	$V_S$ [m/s]	$V_P$ [m/s]	$\nu$ [-]
0.65	117	386	0.45
1.65	117	386	0.45
1.65	197	386	0.32
2.65	197	386	0.32
2.65	271	612	0.38
3.65	271	612	0.38
3.65	243	715	0.43
4.65	243	715	0.43
4.65	298	1054	0.46
5.65	298	1054	0.46
5.65	362	1041	0.43
6.65	362	1041	0.43
6.65	320	1048	0.45
7.65	320	1048	0.45
7.65	448	1071	0.39
8.65	448	1071	0.39
8.65	441	1260	0.43
9.65	441	1260	0.43
9.65	452	1409	0.44
10.65	452	1409	0.44
10.65	468	1137	0.40
11.65	468	1137	0.40
11.65	367	1139	0.44
12.65	367	1139	0.44
12.65	432	1188	0.42
13.65	432	1188	0.42
13.65	464	1279	0.42
14.65	464	1279	0.42
14.65	437	1279	0.43
15.65	437	1279	0.43
15.65	409	1279	0.44
16.65	409	1279	0.44
16.65	333	998	0.44
17.65	333	998	0.44
17.65	653	1100	0.23
18.65	653	1100	0.23
18.65	497	1530	0.44
19.65	497	1530	0.44
19.65	515	1633	0.44
20.65	515	1633	0.44
20.65	638	1333	0.35
21.65	638	1333	0.35
21.65	553	1816	0.45
22.65	553	1816	0.45
22.65	627	1982	0.44
23.65	627	1982	0.44
23.65	701	2229	0.45
24.65	701	2229	0.45
24.65	415	1983	0.48
25.65	415	1983	0.48
25.65	596	2043	0.45

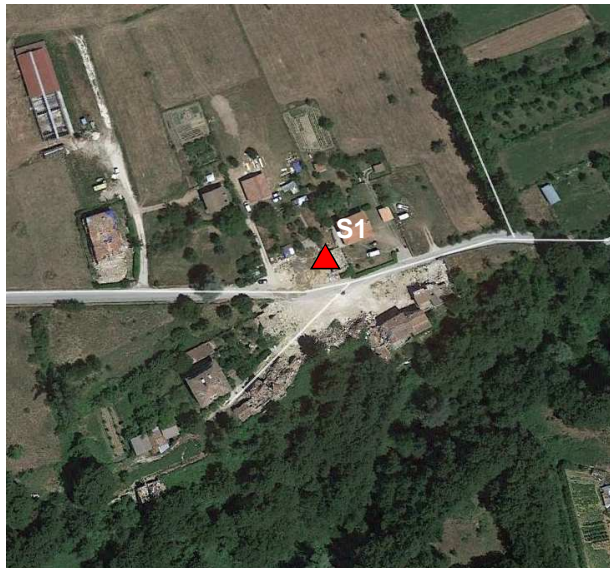
---

26.65	596	2043	0.45
26.65	713	1934	0.42
27.65	713	1934	0.42
27.65	830	2073	0.40
28.65	830	2073	0.40
28.65	830	2073	0.40
29.65	830	2073	0.40
29.65	830	2073	0.40
30.65	830	2073	0.40

---

## 2.2 Località Cascello

L'ubicazione del foro di sondaggio S1 nel quale è stata eseguita la prova Down Hole in località Cascello è indicata in Figura 9.



*Figura 9. Ubicazione del sondaggio da un estratto di Google Maps.*

In Figura 10 e Figura 11 si riportano, rispettivamente per le onde S e per le onde P, i punti che rappresentano i valori di velocità determinati con le metodologie sopra descritte ed i profili medi ottenuti con i criteri precedentemente illustrati. I profili medi di  $V_S$  e  $V_P$  sono rappresentati nello stesso grafico in Figura 12.

Alle profondità per le quali non è stato possibile definire un valore medio affidabile, è stato attribuito un valore intermedio tra quelli relativi alle profondità superiore e inferiore.

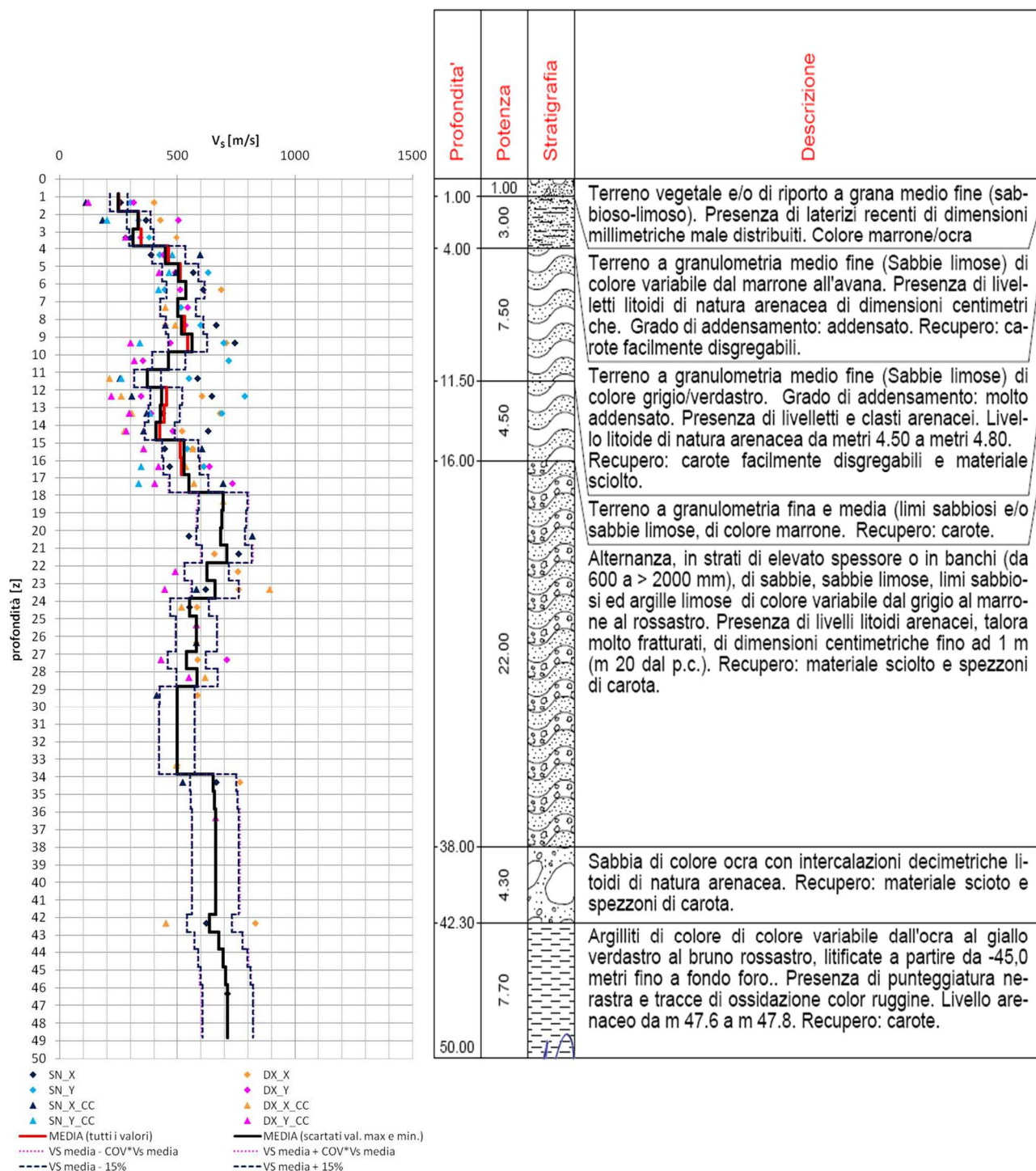


Figura 10. Valori di velocità delle onde S ottenuti con diverse tecniche di interpretazione dei segnali e profilo medio di  $V_s$  dalla prova DH-S1 a Cascello (i segmenti tratteggiati del profilo medio si riferiscono ai valori ottenuti mediante interpolazione).



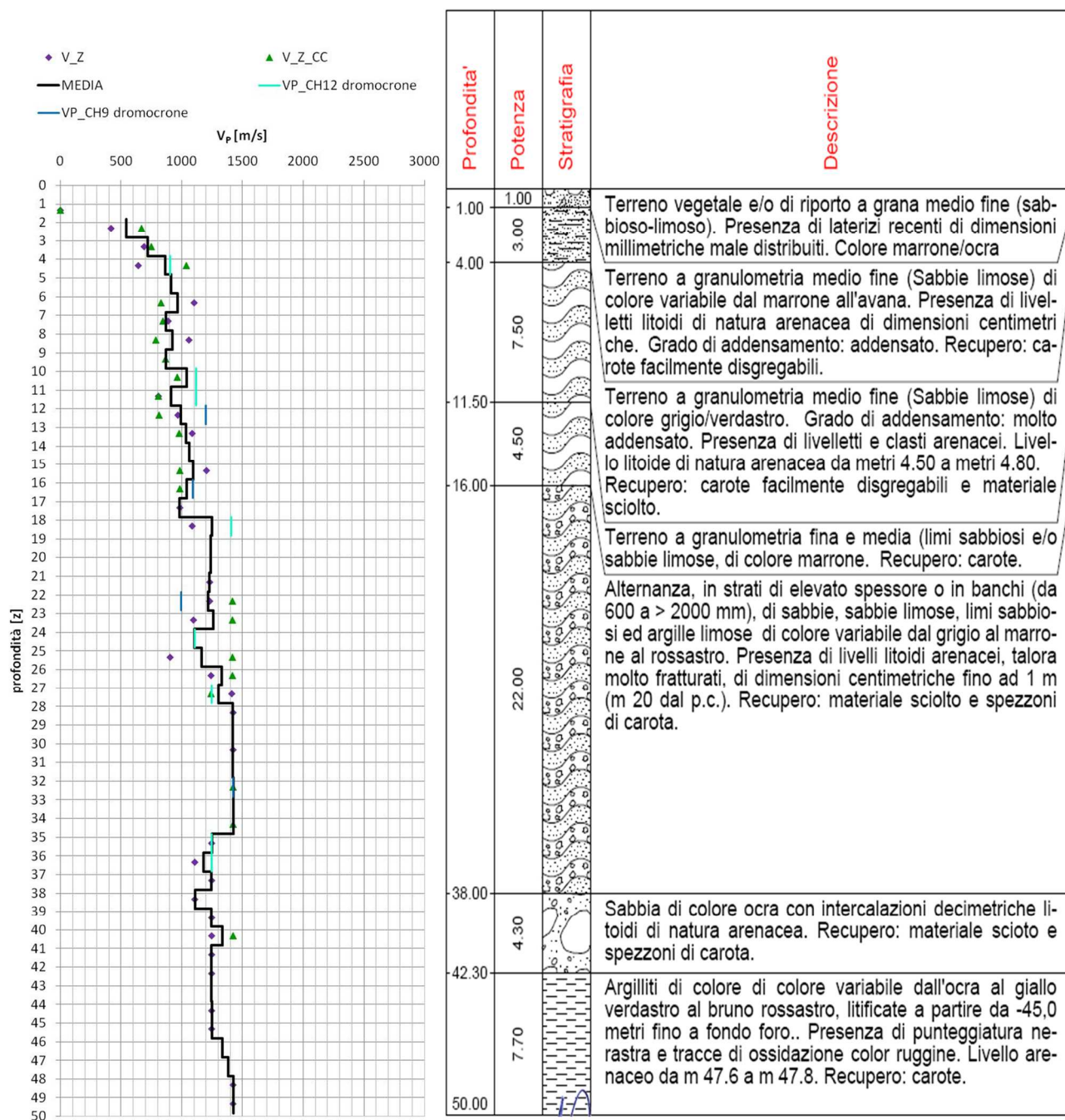


Figura 11. Valori di velocità delle onde P ottenuti con diverse tecniche di interpretazione dei segnali e profilo medio di  $V_s$  dalla prova DH-S1 a Cascello (i segmenti tratteggiati del profilo medio si riferiscono ai valori ottenuti mediante interpolazione).

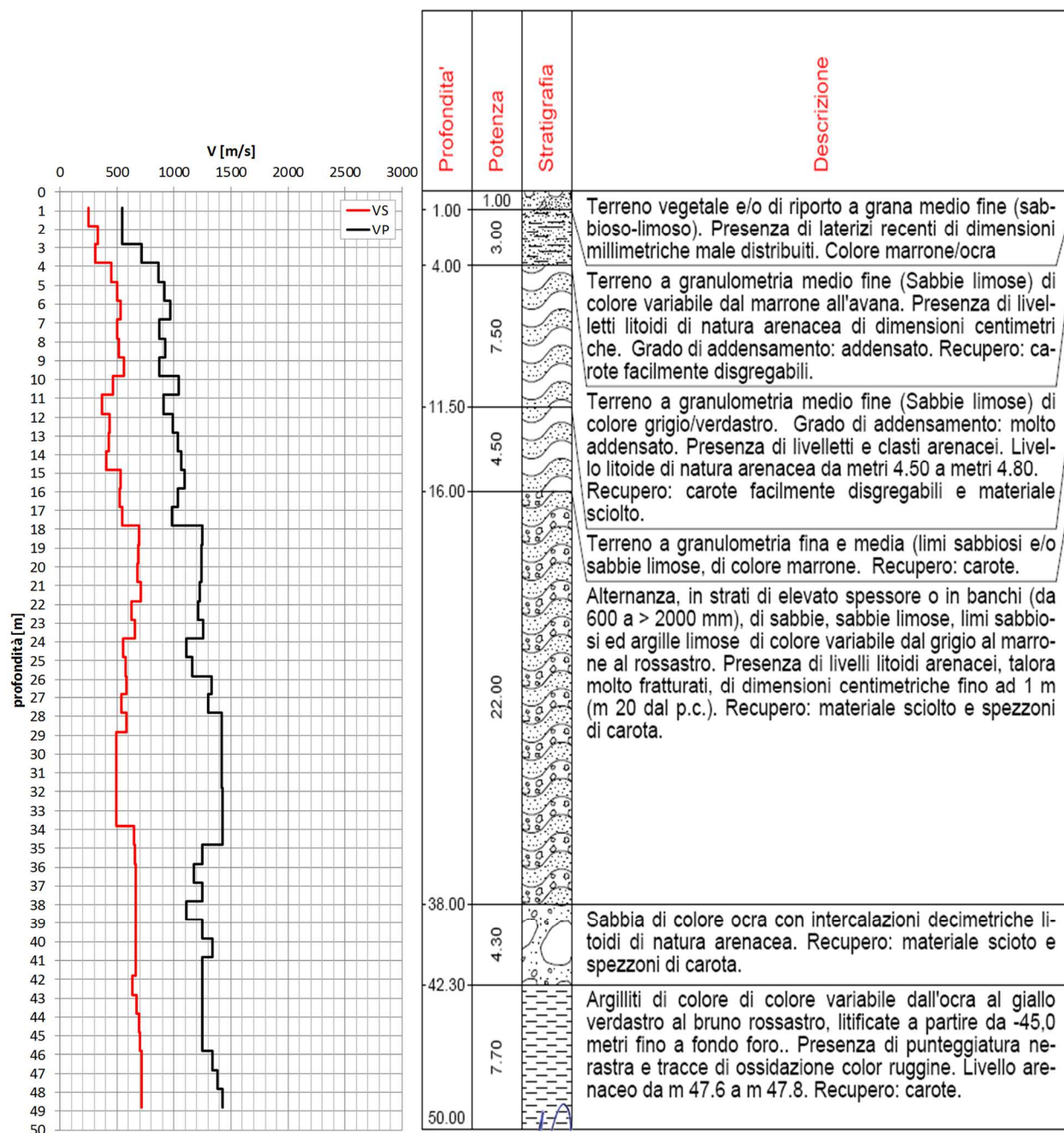


Figura 12. Profili medi di velocità delle onde S e P ottenuti dalla prova DH-S1 a Cascello.

I valori numerici di  $V_S$  e  $V_P$  sono riportati, unitamente ai valori calcolati del coefficiente di Poisson,  $\nu$ , nella Tabella 3, al variare della profondità.

**Tabella 3. Valori medi delle velocità  $V_S$ ,  $V_P$  e del coefficiente di Poisson  $\nu$  per la DH-S1 a Cascello.**

z [m]	$V_S$ [m/s]	$V_P$ [m/s]	$\nu$ [-]
0.82	248	544	0.37
1.82	248	544	0.37
1.82	333	544	0.20
2.82	333	544	0.20
2.82	310	718	0.39
3.82	310	718	0.39
3.82	449	862	0.31
4.82	449	862	0.31
4.82	503	914	0.28
5.82	503	914	0.28
5.82	535	966	0.28
6.82	535	966	0.28
6.82	502	869	0.25
7.82	502	869	0.25
7.82	518	925	0.27
8.82	518	925	0.27
8.82	563	869	0.14
9.82	563	869	0.14
9.82	463	1040	0.38
10.82	463	1040	0.38
10.82	373	911	0.40
11.82	373	911	0.40
11.82	433	994	0.38
12.82	433	994	0.38
12.82	427	1033	0.40
13.82	427	1033	0.40
13.82	410	1063	0.41
14.82	410	1063	0.41
14.82	529	1094	0.35
15.82	529	1094	0.35
15.82	528	1038	0.33
16.82	528	1038	0.33
16.82	548	982	0.27
17.82	548	982	0.27
17.82	695	1248	0.28
18.82	695	1248	0.28
18.82	689	1239	0.28
19.82	689	1239	0.28
19.82	683	1239	0.28
20.82	683	1239	0.28
20.82	710	1230	0.25
21.82	710	1230	0.25
21.82	625	1215	0.32
22.82	625	1215	0.32
22.82	660	1258	0.31
23.82	660	1258	0.31
23.82	552	1106	0.33
24.82	552	1106	0.33
24.82	580	1161	0.33
25.82	580	1161	0.33
25.82	582	1332	0.38



26.82	582	1332	0.38
26.82	539	1301	0.40
27.82	539	1301	0.40
27.82	583	1422	0.40
28.82	583	1422	0.40
28.82	499	1422	0.43
29.82	499	1422	0.43
29.82	498	1422	0.43
30.82	498	1422	0.43
30.82	498	1423	0.43
31.82	498	1423	0.43
31.82	498	1424	0.43
32.82	498	1424	0.43
32.82	498	1424	0.43
33.82	498	1424	0.43
33.82	652	1424	0.37
34.82	652	1424	0.37
34.82	657	1248	0.31
35.82	657	1248	0.31
35.82	662	1178	0.27
36.82	662	1178	0.27
36.82	662	1246	0.30
37.82	662	1246	0.30
37.82	662	1108	0.22
38.82	662	1108	0.22
38.82	662	1246	0.30
39.82	662	1246	0.30
39.82	662	1335	0.34
40.82	662	1335	0.34
40.82	662	1246	0.30
41.82	662	1246	0.30
41.82	636	1246	0.32
42.82	636	1246	0.32
42.82	675	1246	0.29
43.82	675	1246	0.29
43.82	694	1247	0.28
44.82	694	1247	0.28
44.82	704	1247	0.27
45.82	704	1247	0.27
45.82	713	1336	0.30
46.82	713	1336	0.30
46.82	713	1381	0.32
47.82	713	1381	0.32
47.82	713	1426	0.33
48.82	713	1426	0.33

## 2.3 Località Cornillo Vecchio

L'ubicazione del foro di sondaggio S1 nel quale è stata eseguita la prova Down Hole in località Cornillo Vecchio è indicata in Figura 13.



*Figura 13. Ubicazione del sondaggio da un estratto di Google Maps.*

In Figura 14 e Figura 15 si riportano, rispettivamente per le onde S e per le onde P, i punti che rappresentano i valori di velocità determinati con le metodologie sopra descritte ed i profili medi ottenuti con i criteri precedentemente illustrati. I profili medi di  $V_s$  e  $V_p$  sono rappresentati nello stesso grafico in Figura 16.

Alle profondità per le quali non è stato possibile definire un valore medio affidabile, è stato attribuito un valore intermedio tra quelli relativi alle profondità superiore e inferiore.

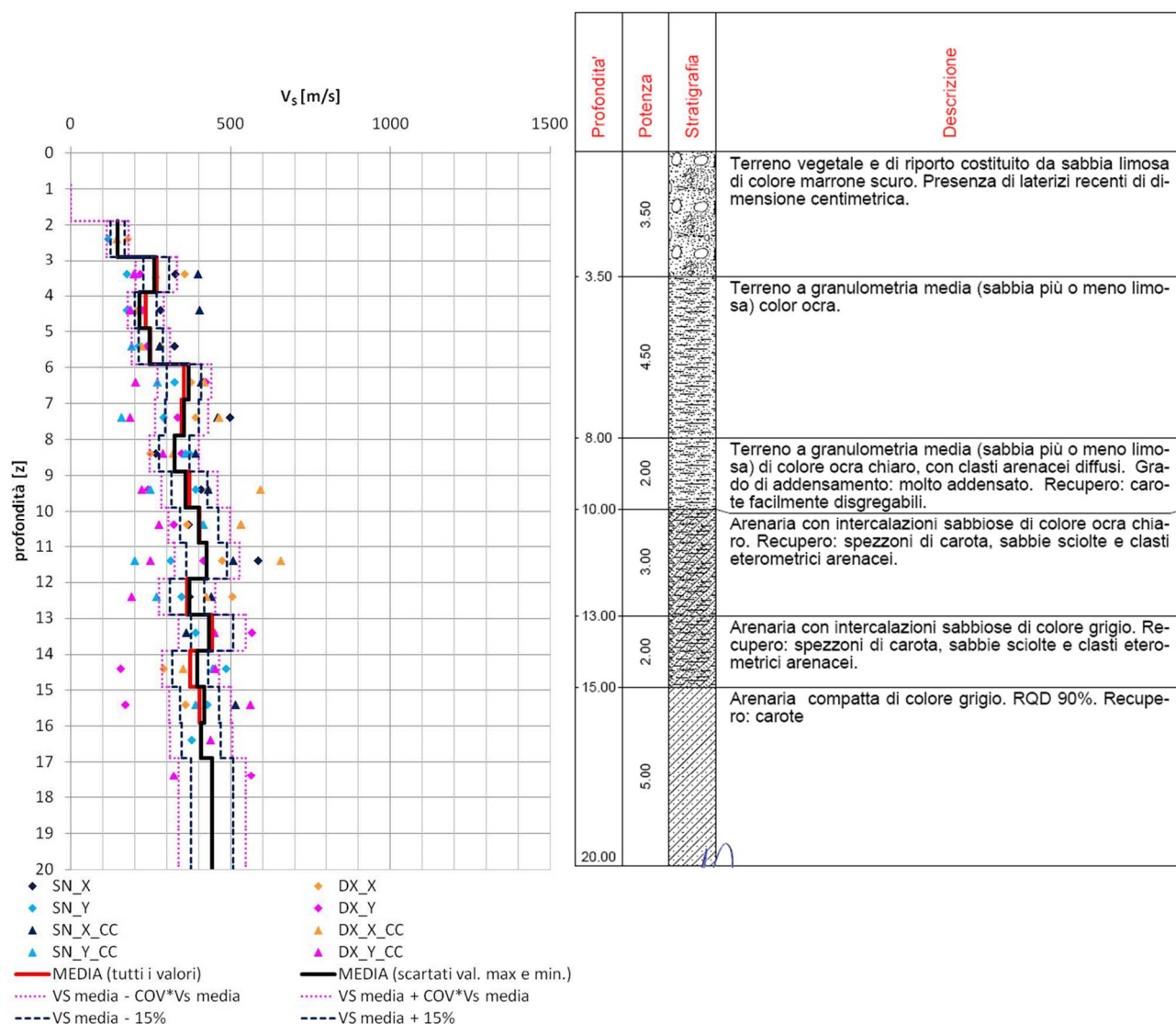


Figura 14. Valori di velocità delle onde S ottenuti con diverse tecniche di interpretazione dei segnali e profilo medio di  $V_s$  dalla prova DH-S1 a Cornillo Vecchio (i segmenti tratteggiati del profilo medio si riferiscono ai valori ottenuti mediante interpolazione).

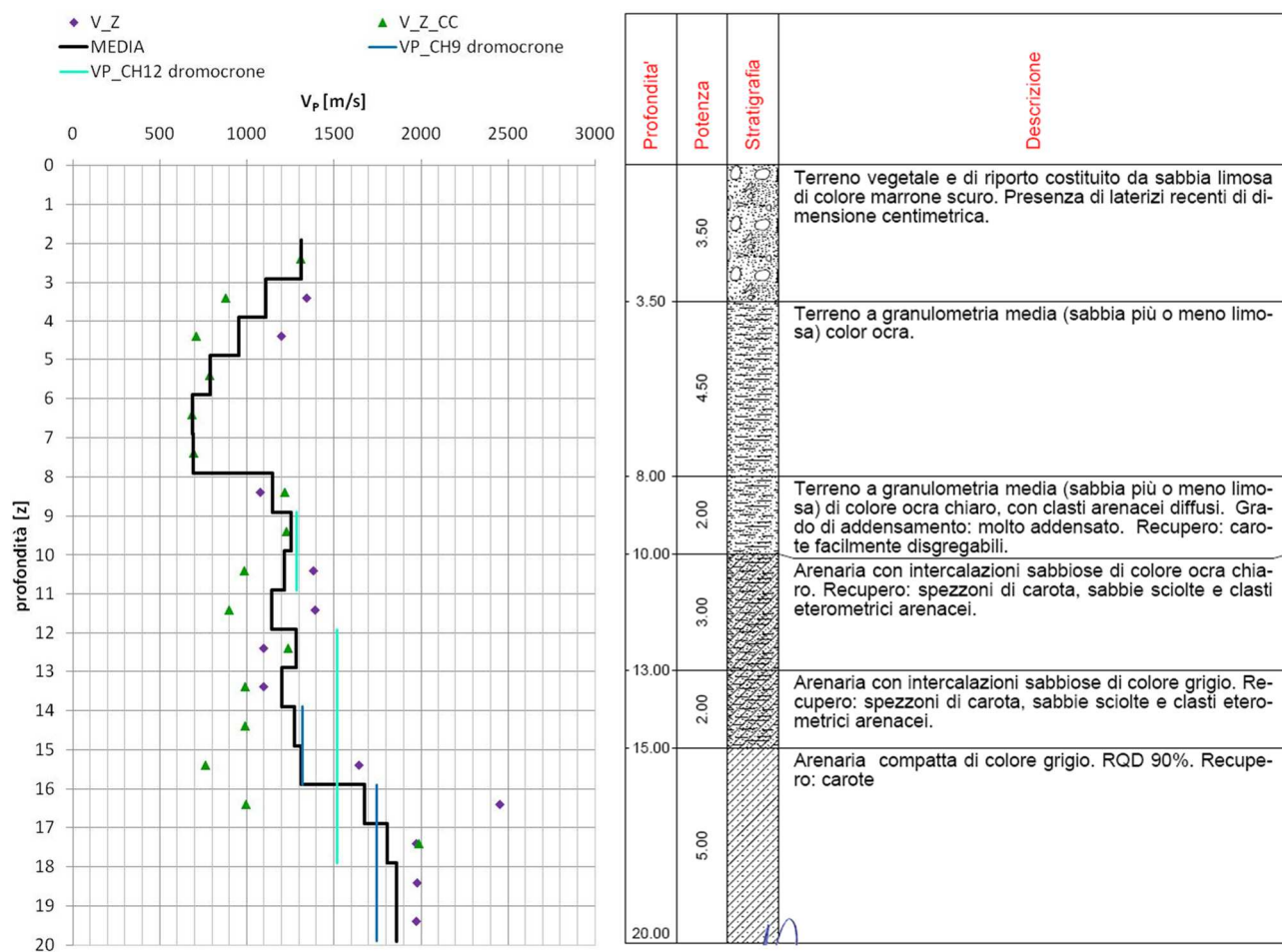


Figura 15. Valori di velocità delle onde P ottenuti con diverse tecniche di interpretazione dei segnali e profilo medio di  $V_s$  dalla prova DH-S1 a Cornillo Vecchio (i segmenti tratteggiati del profilo medio si riferiscono ai valori ottenuti mediante interpolazione).

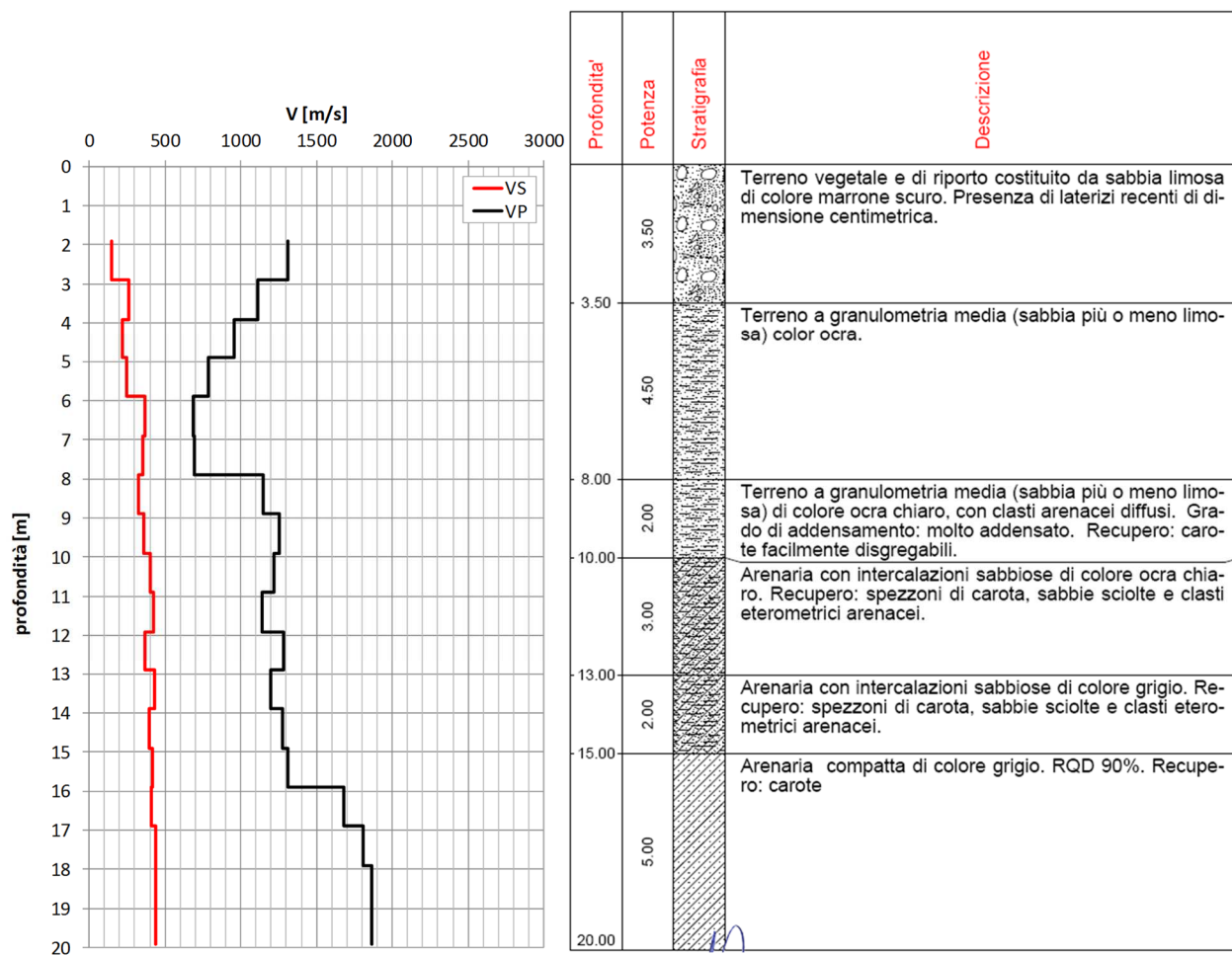


Figura 16. Profili medi di velocità delle onde S e P ottenuti dalla prova DH-S1 a Cornillo Vecchio.

I valori numerici di  $V_s$  e  $V_p$  sono riportati, unitamente ai valori calcolati del coefficiente di Poisson,  $\nu$ , nella Tabella 4, al variare della profondità.

**Tabella 4. Valori medi delle velocità  $V_s$ ,  $V_p$  e del coefficiente di Poisson  $\nu$  per la DH-S1 a Cornillo Vecchio.**

$z$ [m]	$V_s$ [m/s]	$V_p$ [m/s]	$\nu$ [-]
0.90	-	-	-
1.90	-	-	-
1.90	146	1312	0.49
2.90	146	1312	0.49
2.90	261	1110	0.47
3.90	261	1110	0.47
3.90	216	954	0.47
4.90	216	954	0.47
4.90	247	788	0.45
5.90	247	788	0.45
5.90	369	686	0.30
6.90	369	686	0.30
6.90	354	693	0.32
7.90	354	693	0.32
7.90	325	1150	0.46
8.90	325	1150	0.46
8.90	359	1256	0.46
9.90	359	1256	0.46
9.90	402	1217	0.44
10.90	402	1217	0.44
10.90	424	1144	0.42
11.90	424	1144	0.42
11.90	371	1282	0.45
12.90	371	1282	0.45
12.90	434	1201	0.43
13.90	434	1201	0.43
13.90	396	1275	0.45
14.90	396	1275	0.45
14.90	418	1310	0.44
15.90	418	1310	0.44
15.90	407	1677	0.47
16.90	407	1677	0.47
16.90	442	1806	0.47
17.90	442	1806	0.47
17.90	442	1862	0.47
18.90	442	1862	0.47
18.90	442	1861	0.47
19.90	442	1861	0.47



## 2.4 Località Moletano (Cossara)

L'ubicazione del foro di sondaggio S1 nel quale è stata eseguita la prova Down Hole in località Moletano (Cossara) è indicata in Figura 17.



*Figura 17. Ubicazione del sondaggio da un estratto di Google Maps.*

In Figura 18 e Figura 19 si riportano, rispettivamente per le onde S e per le onde P, i punti che rappresentano i valori di velocità determinati con le metodologie sopra descritte ed i profili medi ottenuti con i criteri precedentemente illustrati. I profili medi di  $V_s$  e  $V_p$  sono rappresentati nello stesso grafico in Figura 20. Alle profondità per le quali non è stato possibile definire un valore medio affidabile, è stato attribuito un valore intermedio tra quelli relativi alle profondità superiore e inferiore.

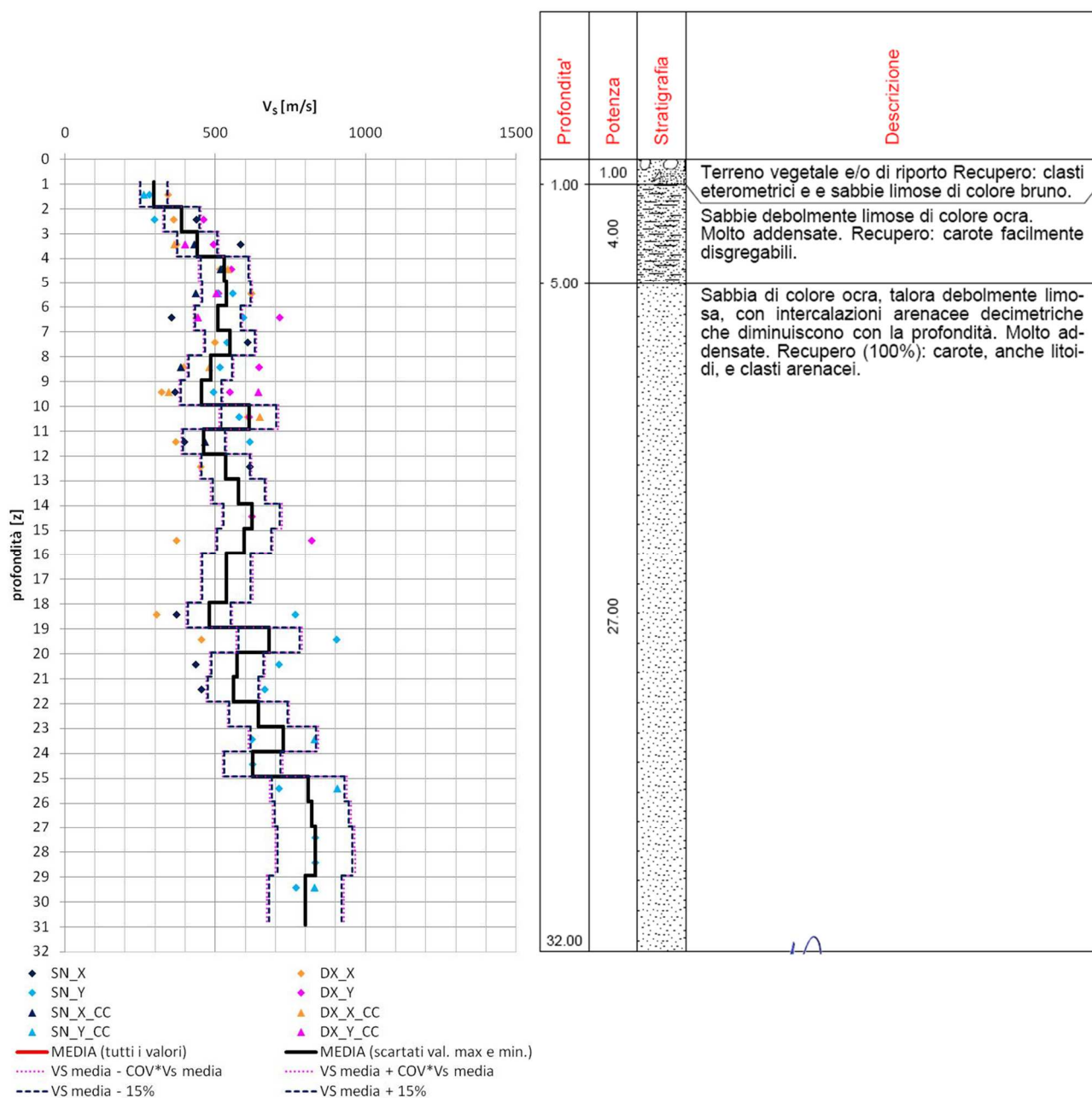


Figura 18. Valori di velocità delle onde S ottenuti con diverse tecniche di interpretazione dei segnali e profilo medio di  $V_s$  dalla prova DH-S1 a Moletano (i segmenti tratteggiati del profilo medio si riferiscono ai valori ottenuti mediante interpolazione).



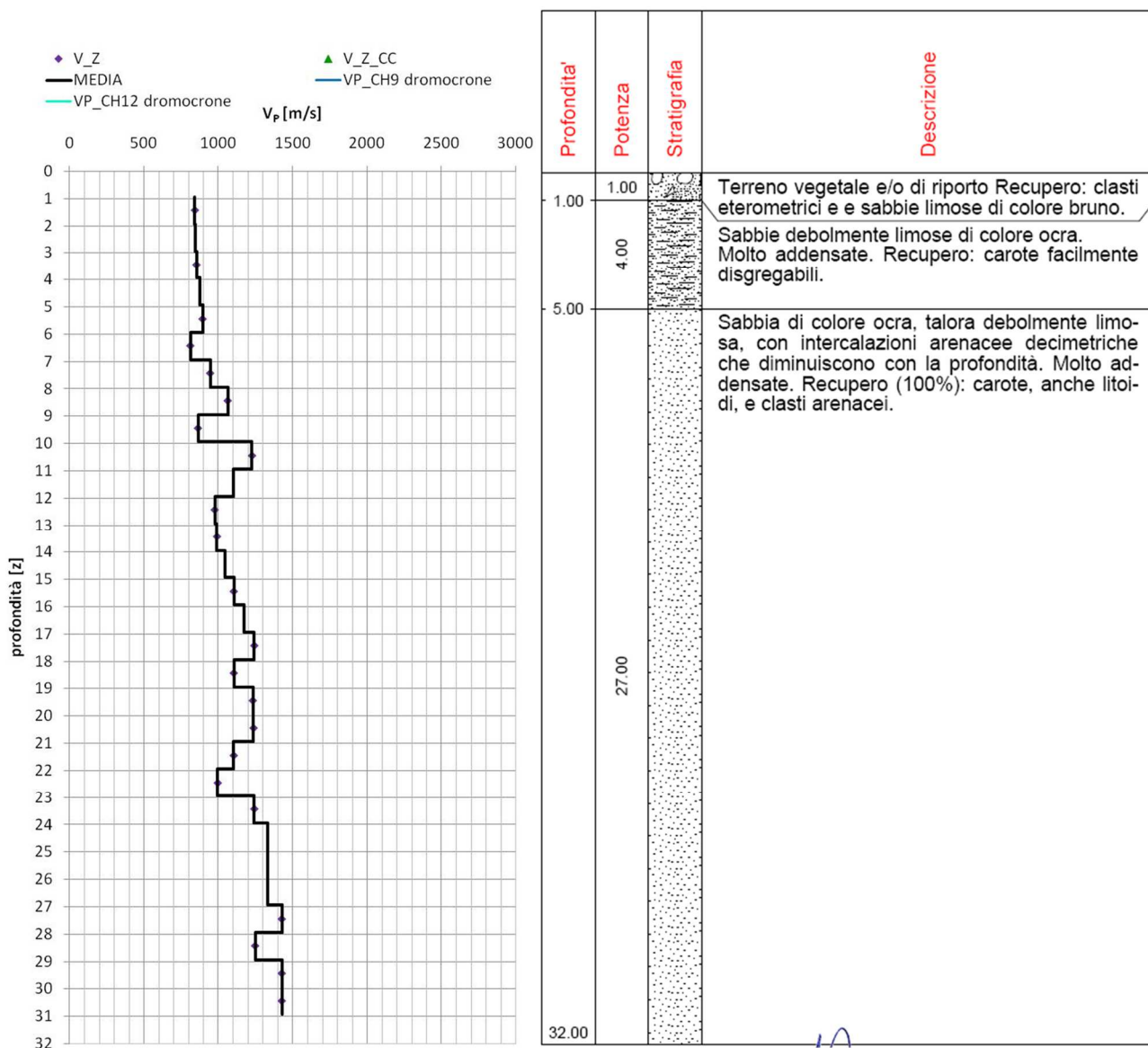


Figura 19. Valori di velocità delle onde P ottenuti con diverse tecniche di interpretazione dei segnali e profilo medio di  $V_s$  dalla prova DH-S1 a Moletano (i segmenti tratteggiati del profilo medio si riferiscono ai valori ottenuti mediante interpolazione).

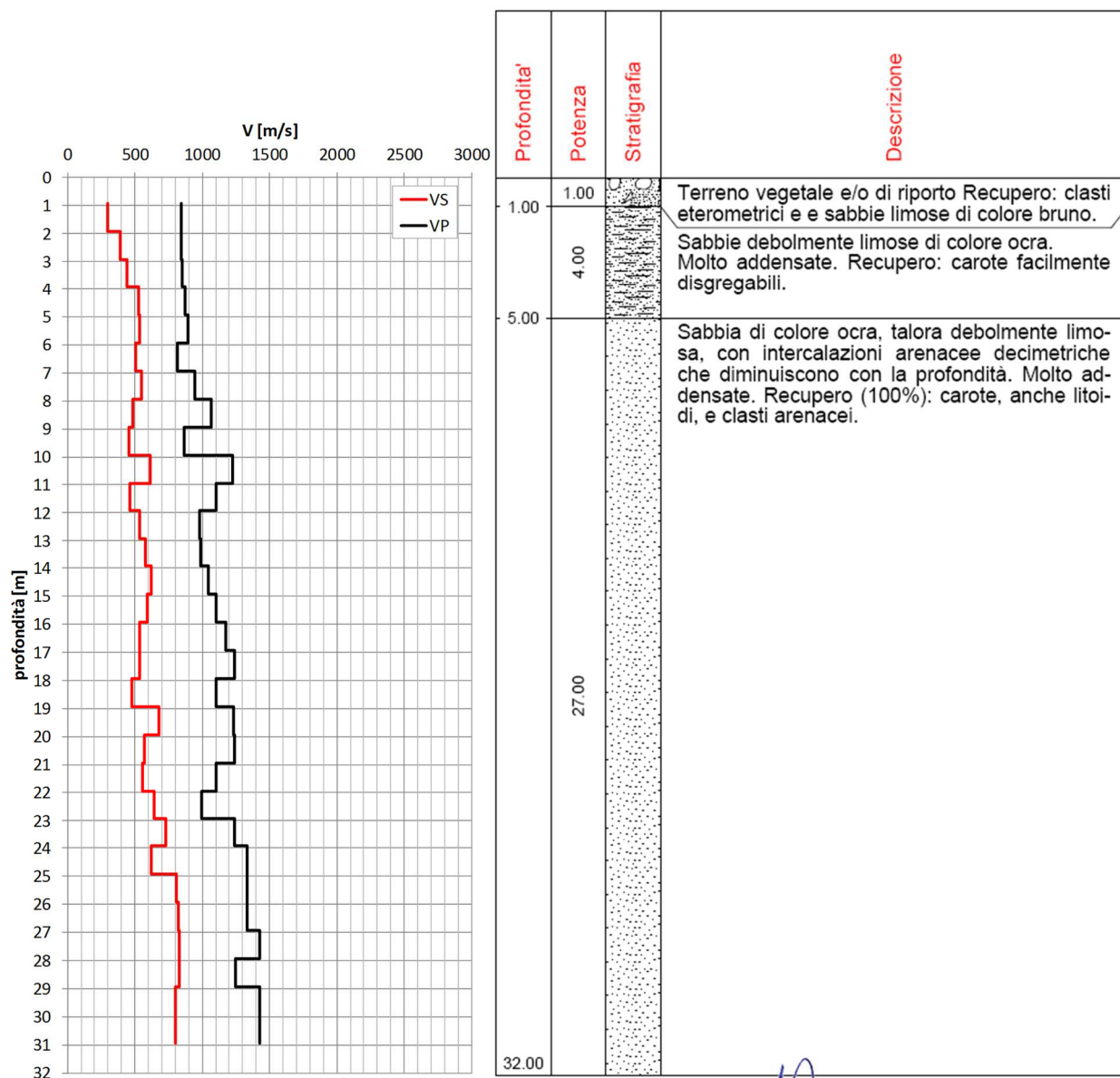


Figura 20. Profili medi di velocità delle onde S e P ottenuti dalla prova DH-S1 a Moletano.

I valori numerici di  $V_S$  e  $V_P$  sono riportati, unitamente ai valori calcolati del coefficiente di Poisson,  $\nu$ , nella Tabella 5, al variare della profondità.

**Tabella 5. Valori medi delle velocità  $V_s$ ,  $V_p$  e del coefficiente di Poisson  $\nu$  per la DH-S1 a Moletano.**

z [m]	$V_s$ [m/s]	$V_p$ [m/s]	$\nu$ [-]
0.94	295	841	0.43
1.94	295	841	0.43
1.94	389	848	0.37
2.94	389	848	0.37
2.94	440	854	0.32
3.94	440	854	0.32
3.94	530	875	0.21
4.94	530	875	0.21
4.94	536	896	0.22
5.94	536	896	0.22
5.94	508	814	0.18
6.94	508	814	0.18
6.94	548	946	0.25
7.94	548	946	0.25
7.94	484	1064	0.37
8.94	484	1064	0.37
8.94	453	865	0.31
9.94	453	865	0.31
9.94	611	1225	0.33
10.94	611	1225	0.33
10.94	462	1101	0.39
11.94	462	1101	0.39
11.94	534	978	0.29
12.94	534	978	0.29
12.94	577	990	0.24
13.94	577	990	0.24
13.94	621	1047	0.23
14.94	621	1047	0.23
14.94	595	1105	0.30
15.94	595	1105	0.30
15.94	537	1172	0.37
16.94	537	1172	0.37
16.94	537	1240	0.38
17.94	537	1240	0.38
17.94	480	1105	0.38
18.94	480	1105	0.38
18.94	679	1232	0.28
19.94	679	1232	0.28
19.94	573	1237	0.36
20.94	573	1237	0.36
20.94	560	1102	0.33
21.94	560	1102	0.33
21.94	643	994	0.14
22.94	643	994	0.14
22.94	726	1240	0.24
23.94	726	1240	0.24
23.94	623	1333	0.36
24.94	623	1333	0.36
24.94	808	1333	0.21
25.94	808	1333	0.21
25.94	820	1333	0.20
26.94	820	1333	0.20
26.94	831	1427	0.24
27.94	831	1427	0.24
27.94	831	1248	0.10

---

28.94	831	1248	0.10
28.94	799	1428	0.27
29.94	799	1428	0.27
29.94	799	1427	0.27
30.94	799	1427	0.27

---

## 2.5 Località Retrosi

L'ubicazione del foro di sondaggio S1 nel quale è stata eseguita la prova Down Hole in località Retrosi è indicata in Figura 21.



*Figura 21. Ubicazione del sondaggio da un estratto di Google Maps.*

In Figura 22 e Figura 23 si riportano, rispettivamente per le onde S e per le onde P, i punti che rappresentano i valori di velocità determinati con le metodologie sopra descritte ed i profili medi ottenuti con i criteri precedentemente illustrati. I profili medi di  $V_s$  e  $V_p$  sono rappresentati nello stesso grafico in Figura 24.

Alle profondità per le quali non è stato possibile definire un valore medio affidabile, è stato attribuito un valore intermedio tra quelli relativi alle profondità superiore e inferiore.

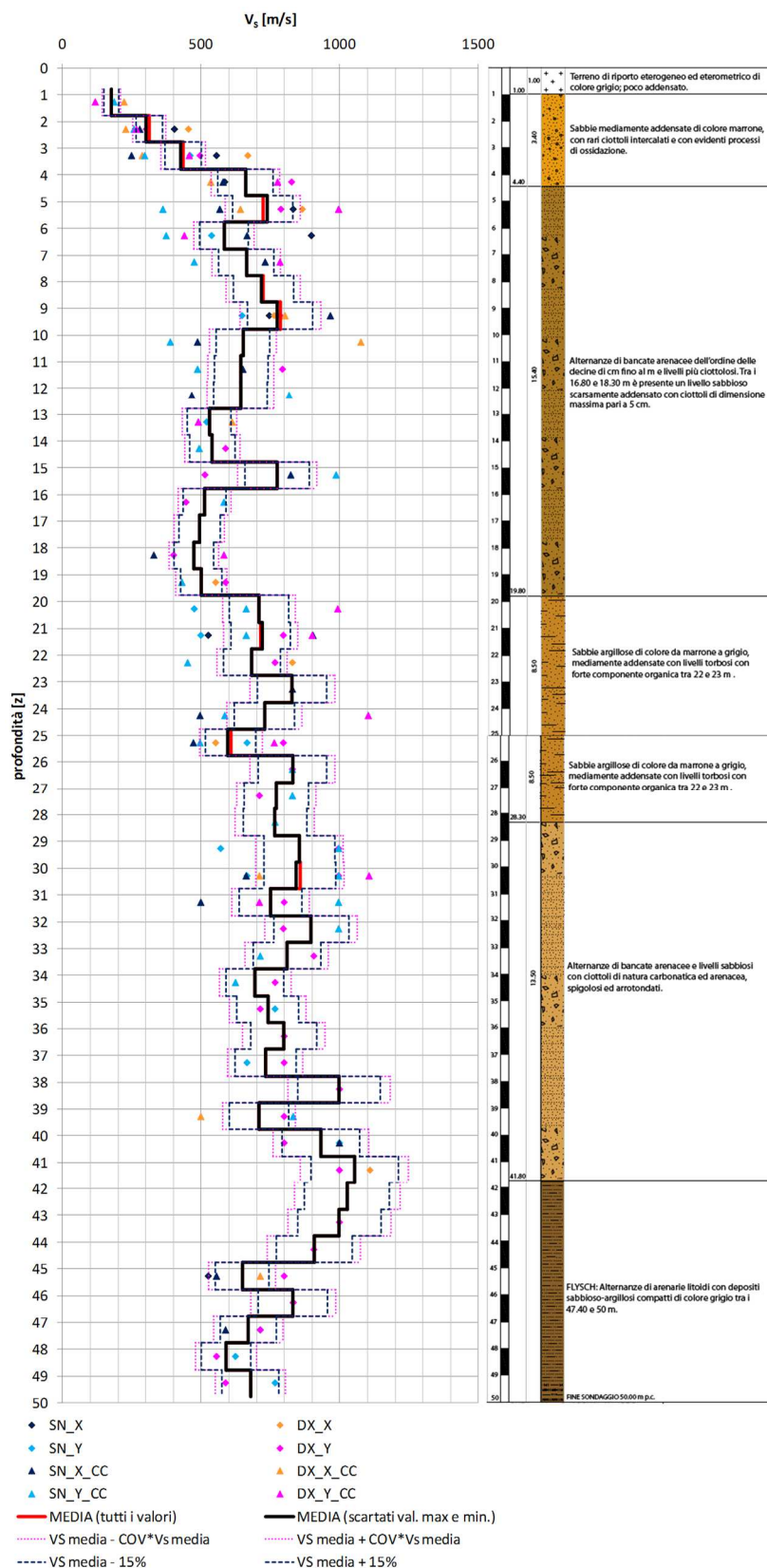


Figura 22. Valori di velocità delle onde S ottenuti con diverse tecniche di interpretazione dei segnali e profilo medio di  $V_s$  dalla prova DH-S1 a Retrosi (i segmenti tratteggiati del profilo medio si riferiscono ai valori ottenuti mediante interpolazione).



♦ V\_Z ▲ V\_Z\_CC — MEDIA — VP\_CH9 dromocrone — VP\_CH12 dromocrone

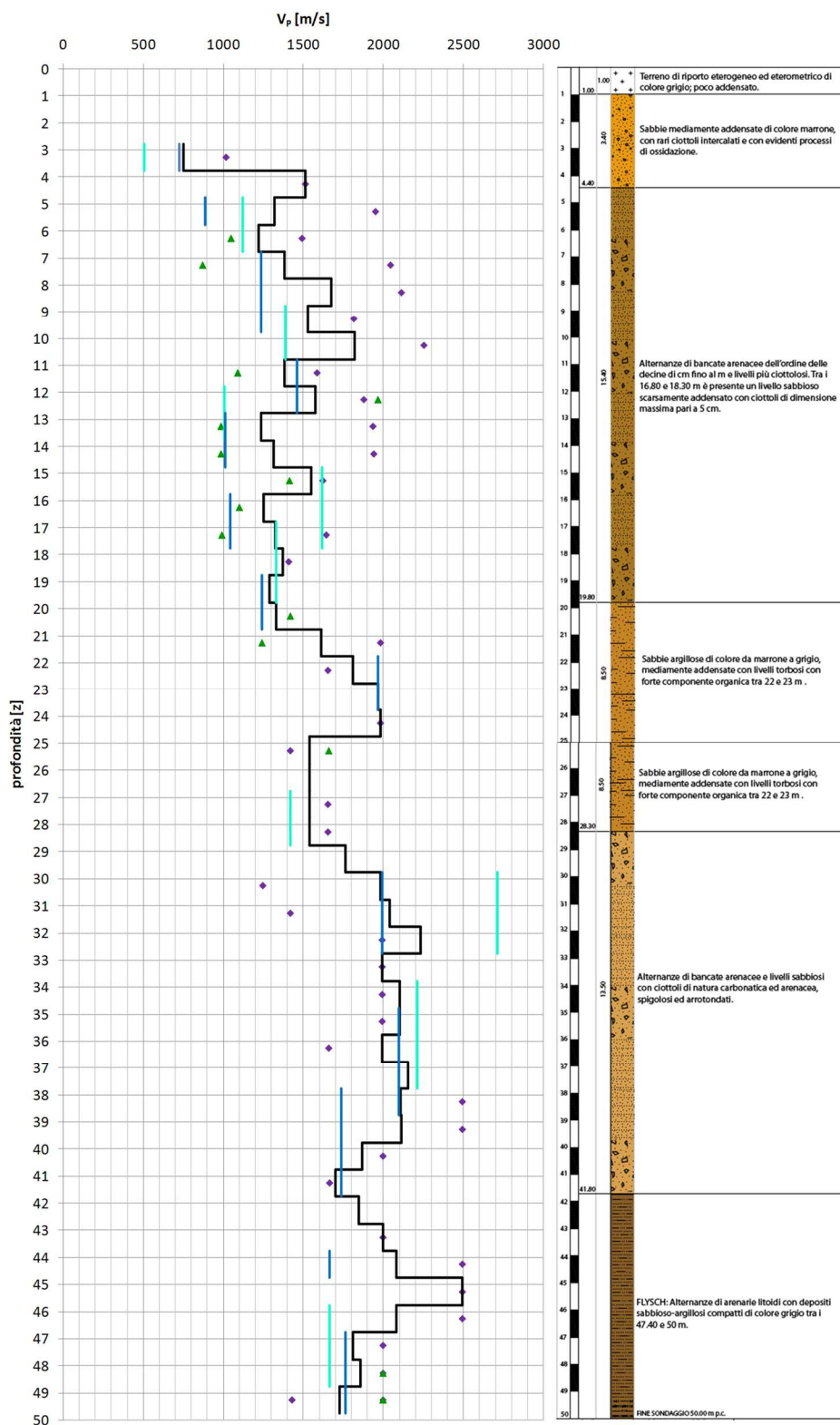


Figura 23. Valori di velocità delle onde P ottenuti con diverse tecniche di interpretazione dei segnali e profilo medio di  $V_s$  dalla prova DH-S1 a Retrosi (i segmenti tratteggiati del profilo medio si riferiscono ai valori ottenuti mediante interpolazione).

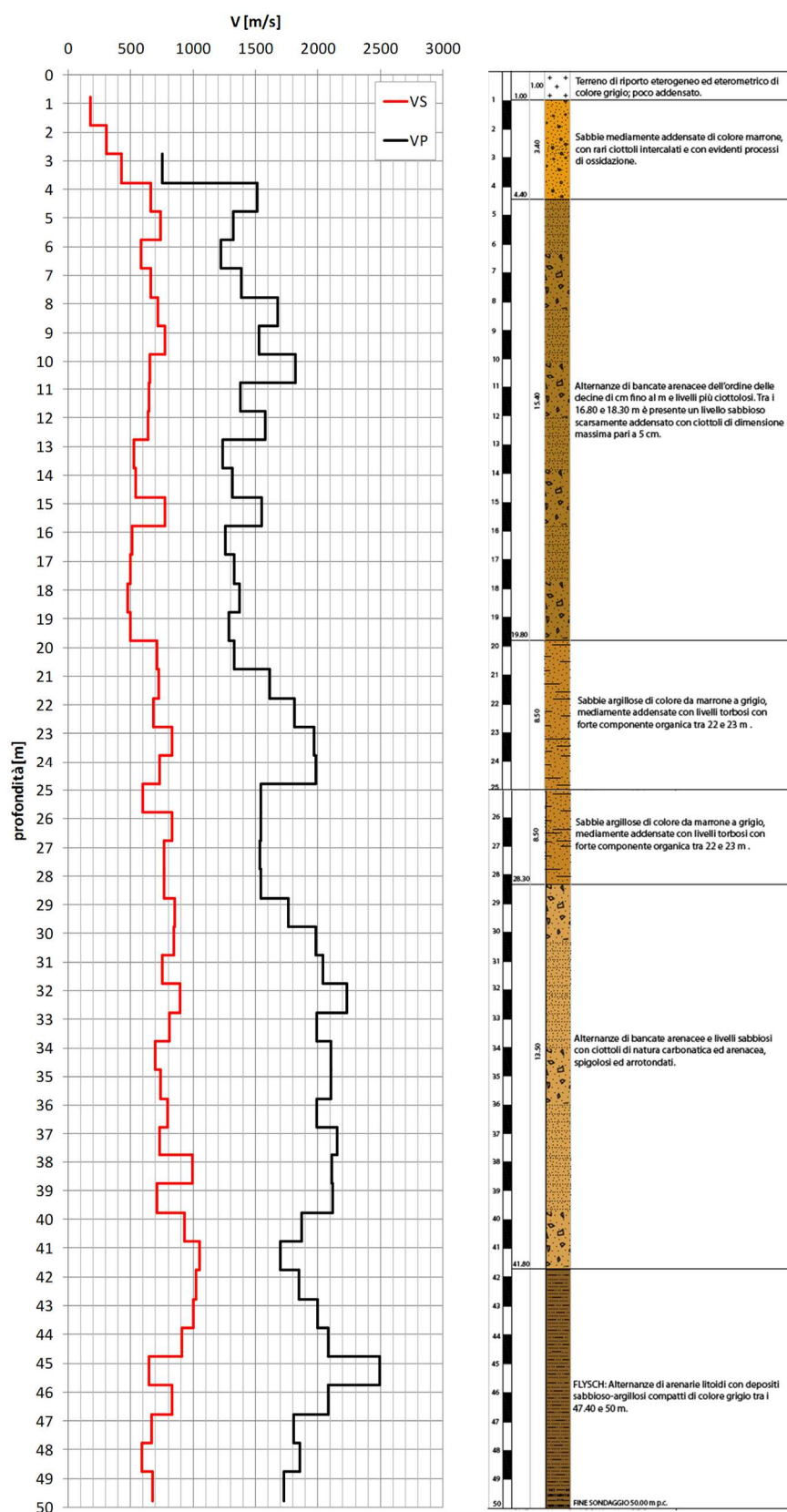


Figura 24. Profili medi di velocità delle onde S e P ottenuti dalla prova DH-S1 a Retrosi.



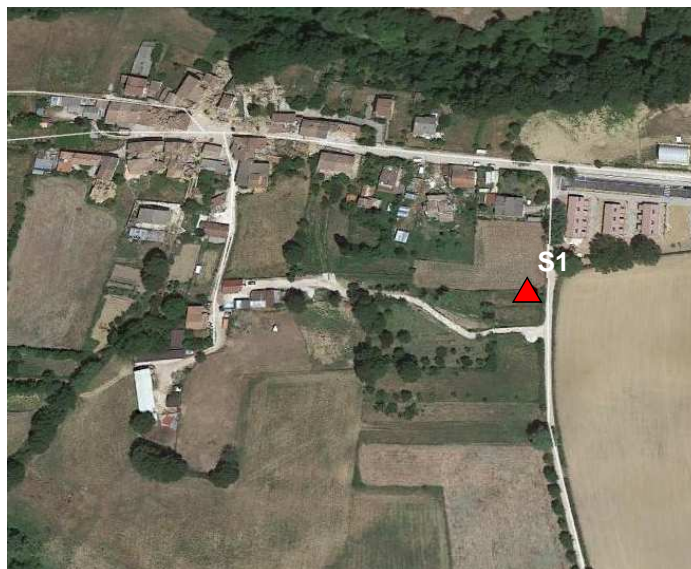
I valori numerici di  $V_S$  e  $V_P$  sono riportati, unitamente ai valori calcolati del coefficiente di Poisson,  $\nu$ , nella Tabella 6, al variare della profondità.

**Tabella 6. Valori medi delle velocità  $V_S$ ,  $V_P$  e del coefficiente di Poisson  $\nu$  per la DH-S1 a Retrosi.**

z [m]	$V_S$ [m/s]	$V_P$ [m/s]	$\nu$ [-]
1.26	177	-	-
2.26	302	-	-
3.26	427	750	0.26
4.26	661	1512	0.38
5.26	740	1320	0.27
6.26	583	1221	0.35
7.26	663	1384	0.35
8.26	719	1676	0.39
9.26	774	1528	0.33
10.26	651	1822	0.43
11.26	645	1381	0.36
12.26	642	1577	0.40
13.26	529	1235	0.39
14.26	541	1315	0.40
15.26	775	1552	0.33
16.26	514	1255	0.40
17.26	494	1326	0.42
18.26	474	1371	0.43
19.26	501	1288	0.41
20.26	710	1332	0.30
21.26	722	1612	0.37
22.26	683	1813	0.42
23.26	829	1969	0.39
24.26	729	1985	0.42
25.26	596	1540	0.41
26.26	830	1539	0.30
27.26	771	1538	0.33
28.26	766	1539	0.34
29.26	855	1761	0.35
30.26	843	1984	0.39
31.26	751	2042	0.42
32.26	898	2233	0.40
33.26	810	1991	0.40
34.26	696	2104	0.44
35.26	741	2102	0.43
36.26	799	1992	0.40
37.26	732	2157	0.43
38.26	998	2109	0.36
39.26	710	2115	0.44
40.26	932	1866	0.33
41.26	1054	1700	0.19
42.26	1026	1848	0.28
43.26	999	1997	0.33
44.26	908	2080	0.38
45.26	648	2493	0.46
46.26	833	2080	0.40
47.26	672	1808	0.42
48.26	590	1856	0.44

## 2.6 Località Rocchetta

L'ubicazione del foro di sondaggio nel quale è stata eseguita la prova Down Hole in località Rocchetta è indicata in Figura 25.



*Figura 25. Ubicazione del sondaggio da un estratto di Google Maps.*

In Figura 26 e Figura 27 si riportano, rispettivamente per le onde S e per le onde P, i punti che rappresentano i valori di velocità determinati con le metodologie sopra descritte ed i profili medi ottenuti con i criteri precedentemente illustrati. I profili medi di  $V_s$  e  $V_p$  sono rappresentati nello stesso grafico in Figura 28.

Alle profondità per le quali non è stato possibile definire un valore medio affidabile, è stato attribuito un valore intermedio tra quelli relativi alle profondità superiore e inferiore.

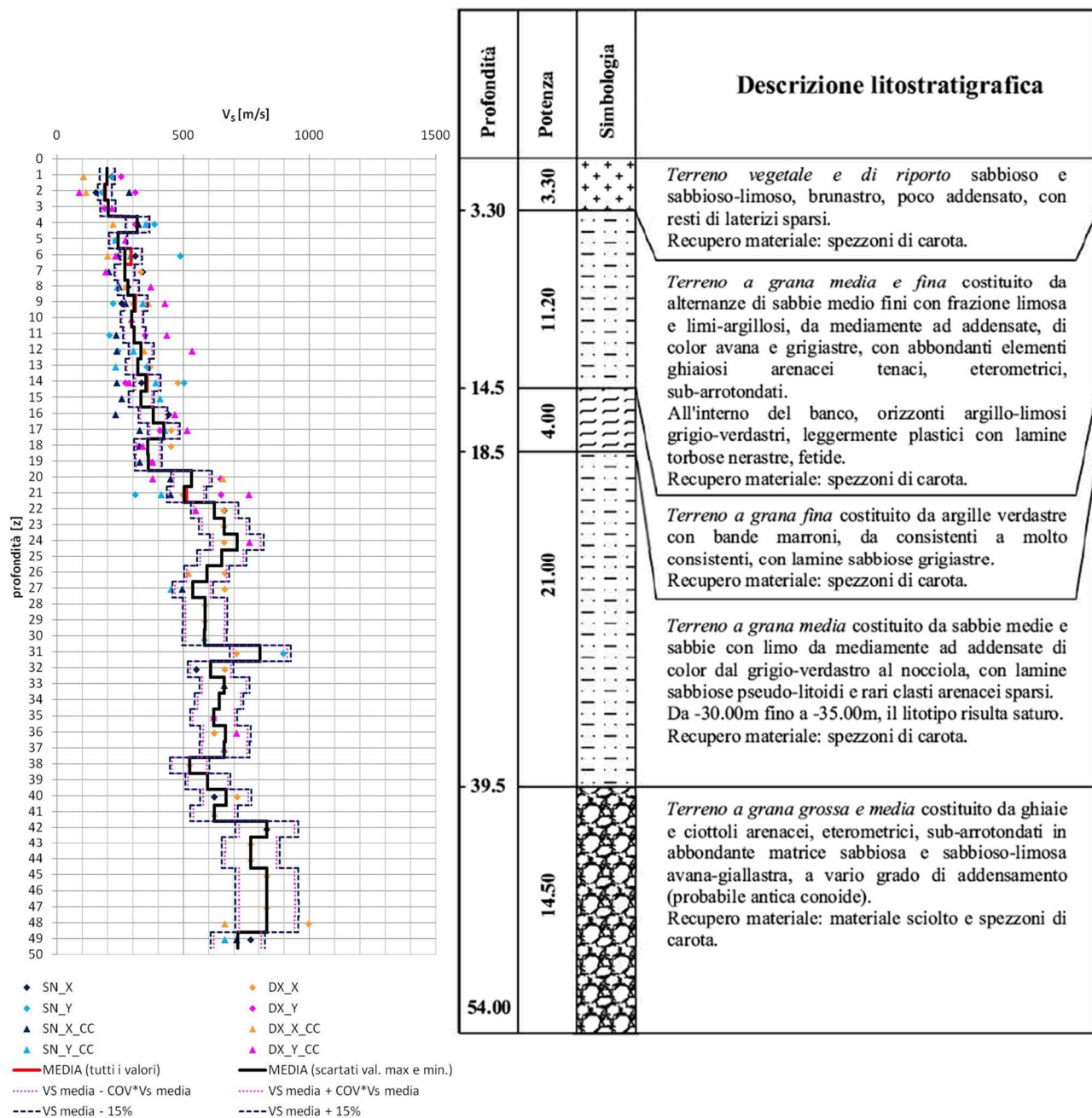


Figura 26. Valori di velocità delle onde S ottenuti con diverse tecniche di interpretazione dei segnali e profilo medio di Vs dalla prova DH-S1 a Rocchetta (i segmenti tratteggiati del profilo medio si riferiscono ai valori ottenuti mediante interpolazione).

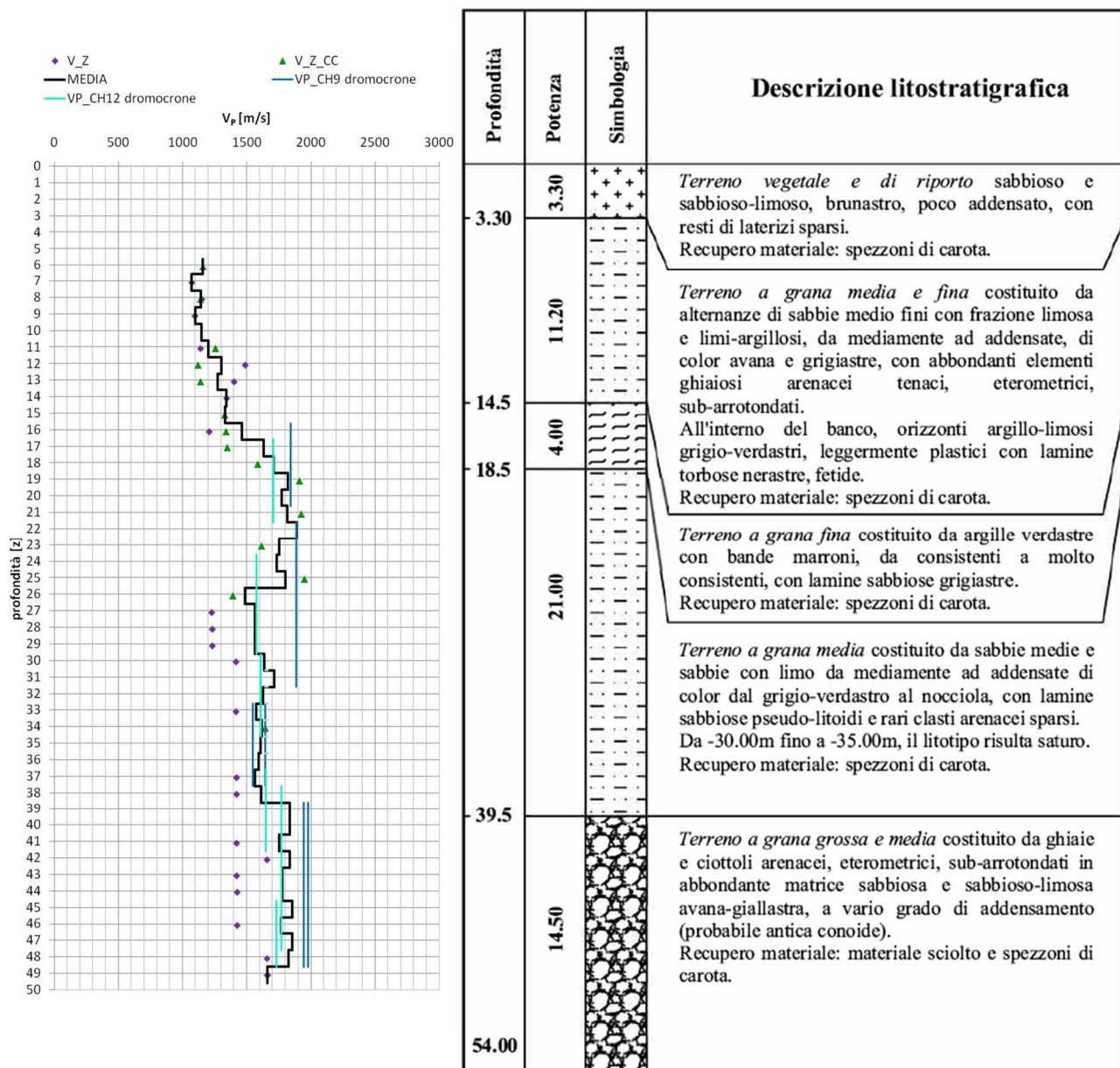


Figura 27. Valori di velocità delle onde P ottenuti con diverse tecniche di interpretazione dei segnali e profilo medio di  $V_s$  dalla prova DH-S1 a Rocchetta (i segmenti tratteggiati del profilo medio si riferiscono ai valori ottenuti mediante interpolazione).



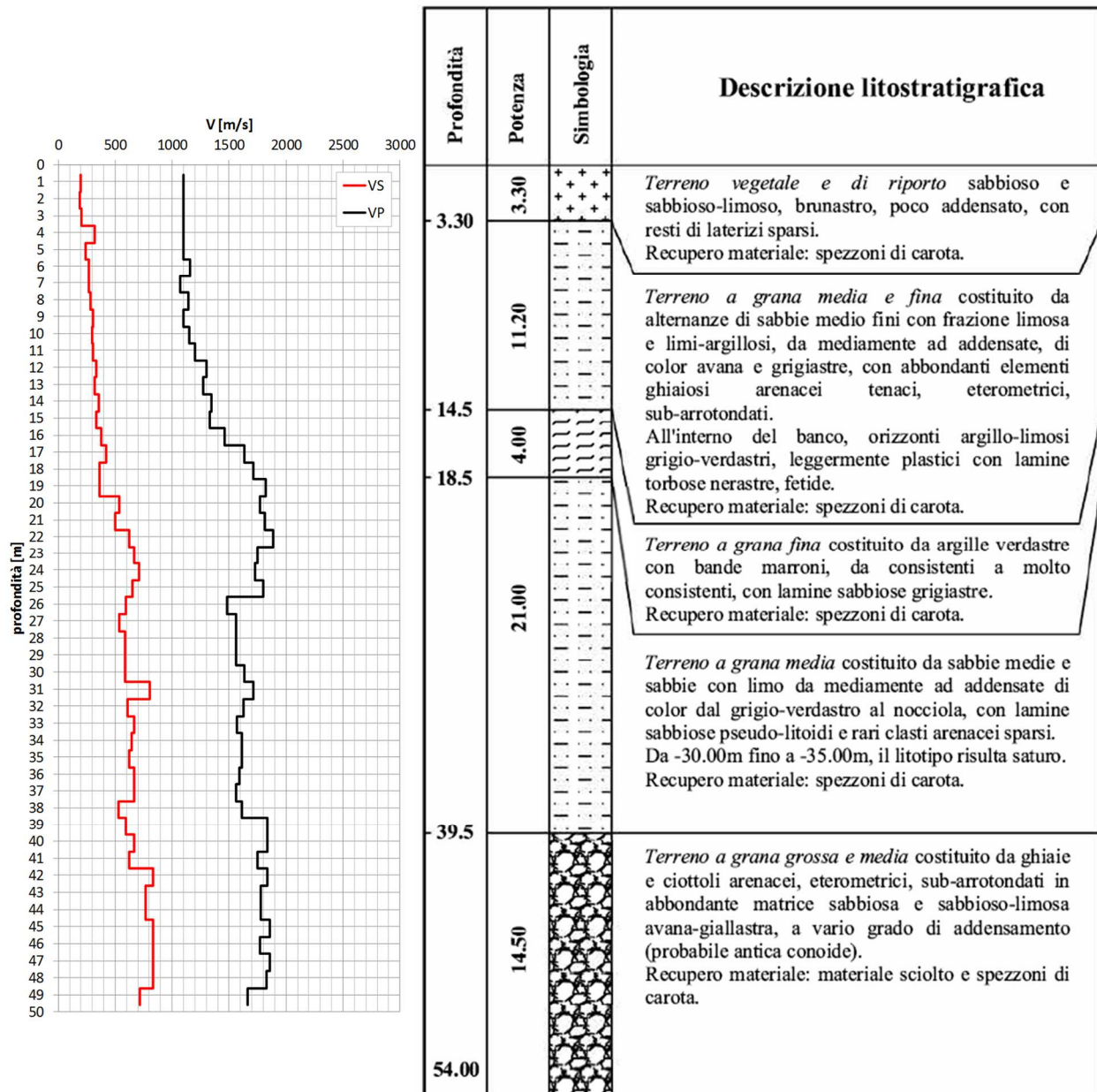


Figura 28. Profili medi di velocità delle onde S e P ottenuti dalla prova DH-S1 a Rocchetta.

I valori numerici di  $V_S$  e  $V_P$  sono riportati, unitamente ai valori calcolati del coefficiente di Poisson,  $\nu$ , nella Tabella 7, al variare della profondità.



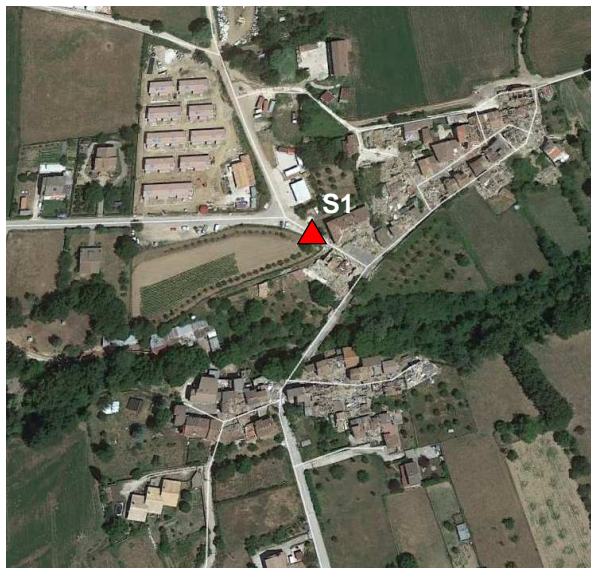
Tabella 7. Valori medi delle velocità  $V_s$ ,  $V_p$  e del coefficiente di Poisson  $\nu$  per la DH-S1 a Rocchetta.

z [m]	$V_s$ [m/s]	$V_p$ [m/s]	$\nu$ [-]
0.60	200	1100	0.48
1.60	200	1100	0.48
1.60	191	1100	0.48
2.60	191	1100	0.48
2.60	204	1100	0.48
3.60	204	1100	0.48
3.60	319	1100	0.45
4.60	319	1100	0.45
4.60	243	1100	0.47
5.60	243	1100	0.47
5.60	269	1157	0.47
6.60	269	1157	0.47
6.60	269	1070	0.47
7.60	269	1070	0.47
7.60	283	1143	0.47
8.60	283	1143	0.47
8.60	307	1096	0.46
9.60	307	1096	0.46
9.60	298	1147	0.46
10.60	298	1147	0.46
10.60	307	1199	0.46
11.60	307	1199	0.46
11.60	333	1303	0.46
12.60	333	1303	0.46
12.60	320	1270	0.47
13.60	320	1270	0.47
13.60	353	1342	0.46
14.60	353	1342	0.46
14.60	334	1329	0.47
15.60	334	1329	0.47
15.60	381	1463	0.46
16.60	381	1463	0.46
16.60	425	1632	0.46
17.60	425	1632	0.46
17.60	361	1711	0.48
18.60	361	1711	0.48
18.60	362	1819	0.48
19.60	362	1819	0.48
19.60	534	1774	0.45
20.60	534	1774	0.45
20.60	503	1817	0.46
21.60	503	1817	0.46
21.60	625	1886	0.44
22.60	625	1886	0.44
22.60	663	1750	0.42
23.60	663	1750	0.42
23.60	713	1731	0.40
24.60	713	1731	0.40
24.60	653	1803	0.42
25.60	653	1803	0.42
25.60	594	1485	0.40
26.60	594	1485	0.40
26.60	538	1563	0.43
27.60	538	1563	0.43
27.60	587	1564	0.42
28.60	587	1564	0.42

28.60	587	1565	0.42
29.60	587	1565	0.42
29.60	585	1637	0.43
30.60	585	1637	0.43
30.60	806	1712	0.36
31.60	806	1712	0.36
31.60	609	1624	0.42
32.60	609	1624	0.42
32.60	664	1571	0.39
33.60	664	1571	0.39
33.60	643	1616	0.41
34.60	643	1616	0.41
34.60	622	1609	0.41
35.60	622	1609	0.41
35.60	668	1594	0.39
36.60	668	1594	0.39
36.60	664	1564	0.39
37.60	664	1564	0.39
37.60	526	1613	0.44
38.60	526	1613	0.44
38.60	598	1834	0.44
39.60	598	1834	0.44
39.60	669	1834	0.42
40.60	669	1834	0.42
40.60	623	1752	0.43
41.60	623	1752	0.43
41.60	832	1836	0.37
42.60	832	1836	0.37
42.60	768	1778	0.39
43.60	768	1778	0.39
43.60	768	1778	0.39
44.60	768	1778	0.39
44.60	832	1854	0.37
45.60	832	1854	0.37
45.60	832	1768	0.36
46.60	832	1768	0.36
46.60	832	1854	0.37
47.60	832	1854	0.37
47.60	832	1827	0.37
48.60	832	1827	0.37
48.60	716	1662	0.39
49.60	716	1662	0.39

## 2.7 Località Sant'Angelo

L'ubicazione del foro di sondaggio S1 nel quale è stata eseguita la prova Down Hole in località Sant'Angelo è indicata in Figura 29.



*Figura 29. Ubicazione del sondaggio da un estratto di Google Maps.*

In Figura 30 e Figura 31 si riportano, rispettivamente per le onde S e per le onde P, i punti che rappresentano i valori di velocità determinati con le metodologie sopra descritte ed i profili medi ottenuti con i criteri precedentemente illustrati. I profili medi di  $V_s$  e  $V_p$  sono rappresentati nello stesso grafico in Figura 32.

Alle profondità per le quali non è stato possibile definire un valore medio affidabile, è stato attribuito un valore intermedio tra quelli relativi alle profondità superiore e inferiore.

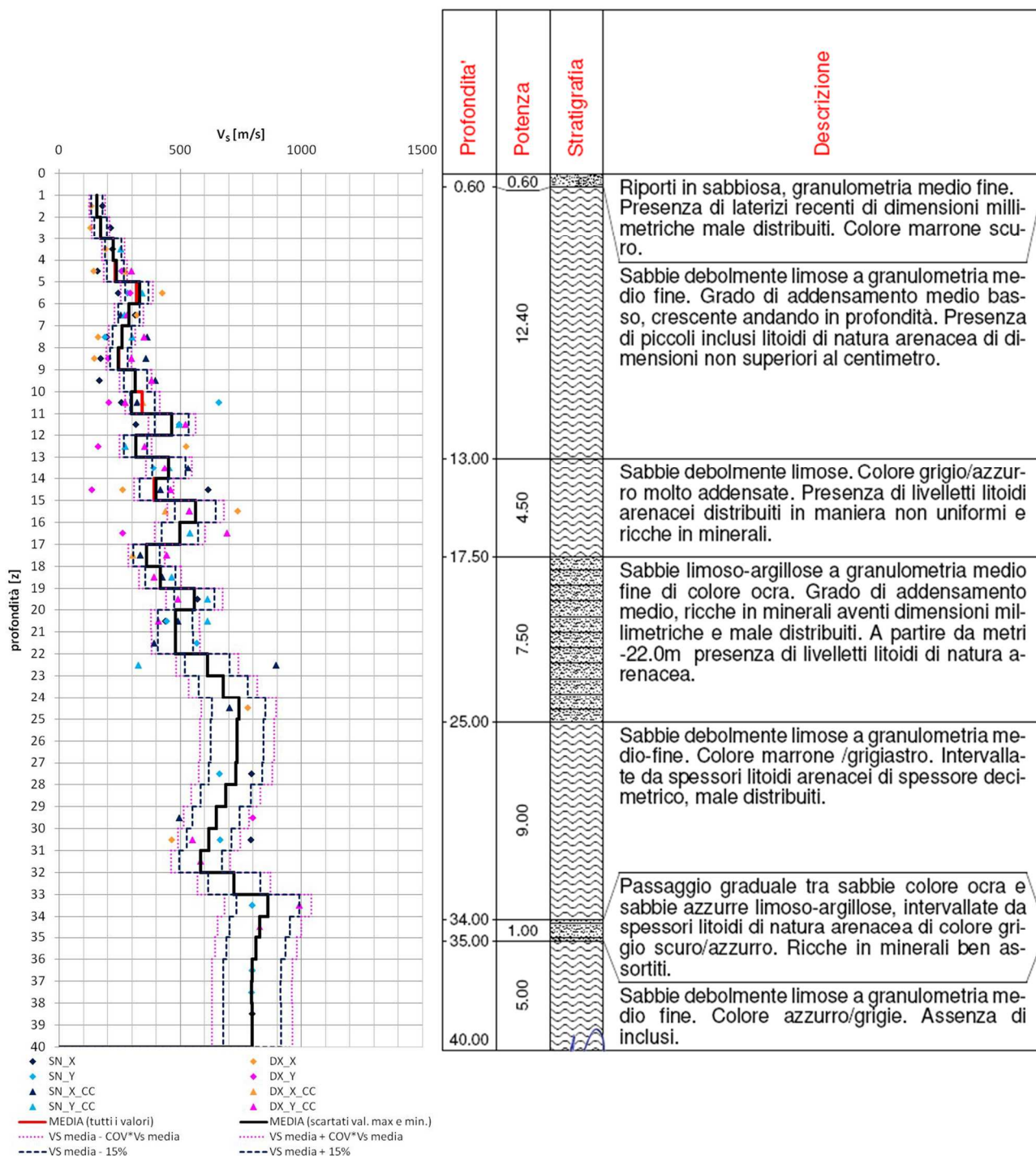


Figura 30. Valori di velocità delle onde S ottenuti con diverse tecniche di interpretazione dei segnali e profilo medio di Vs dalla prova DH-S1 a Sant'Angelo (i segmenti tratteggiati del profilo medio si riferiscono ai valori ottenuti mediante interpolazione).

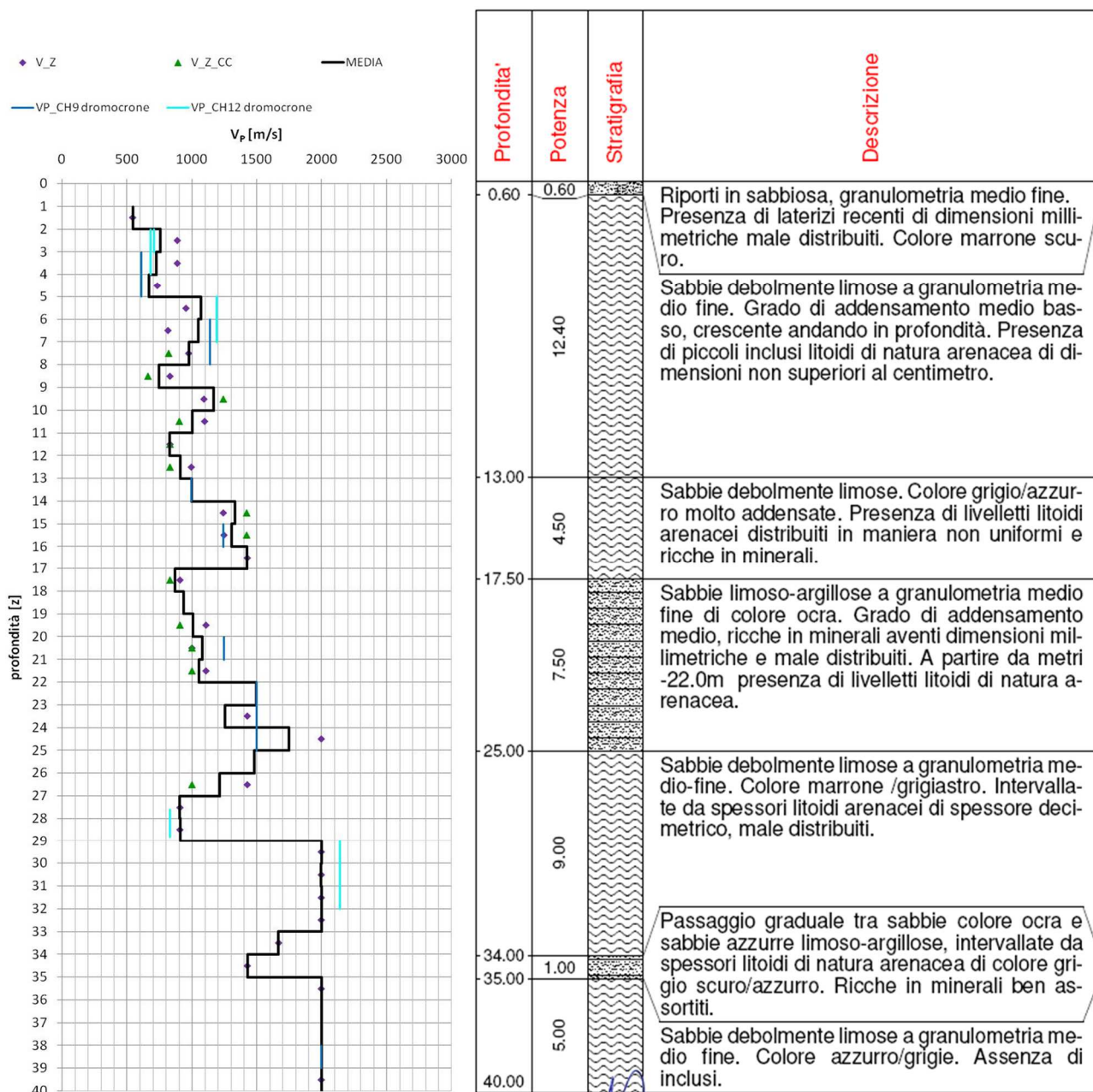


Figura 31. Valori di velocità delle onde P ottenuti con diverse tecniche di interpretazione dei segnali e profilo medio di  $V_s$  dalla prova DH-S1 a Sant'Angelo (i segmenti tratteggiati del profilo medio si riferiscono ai valori ottenuti mediante interpolazione).



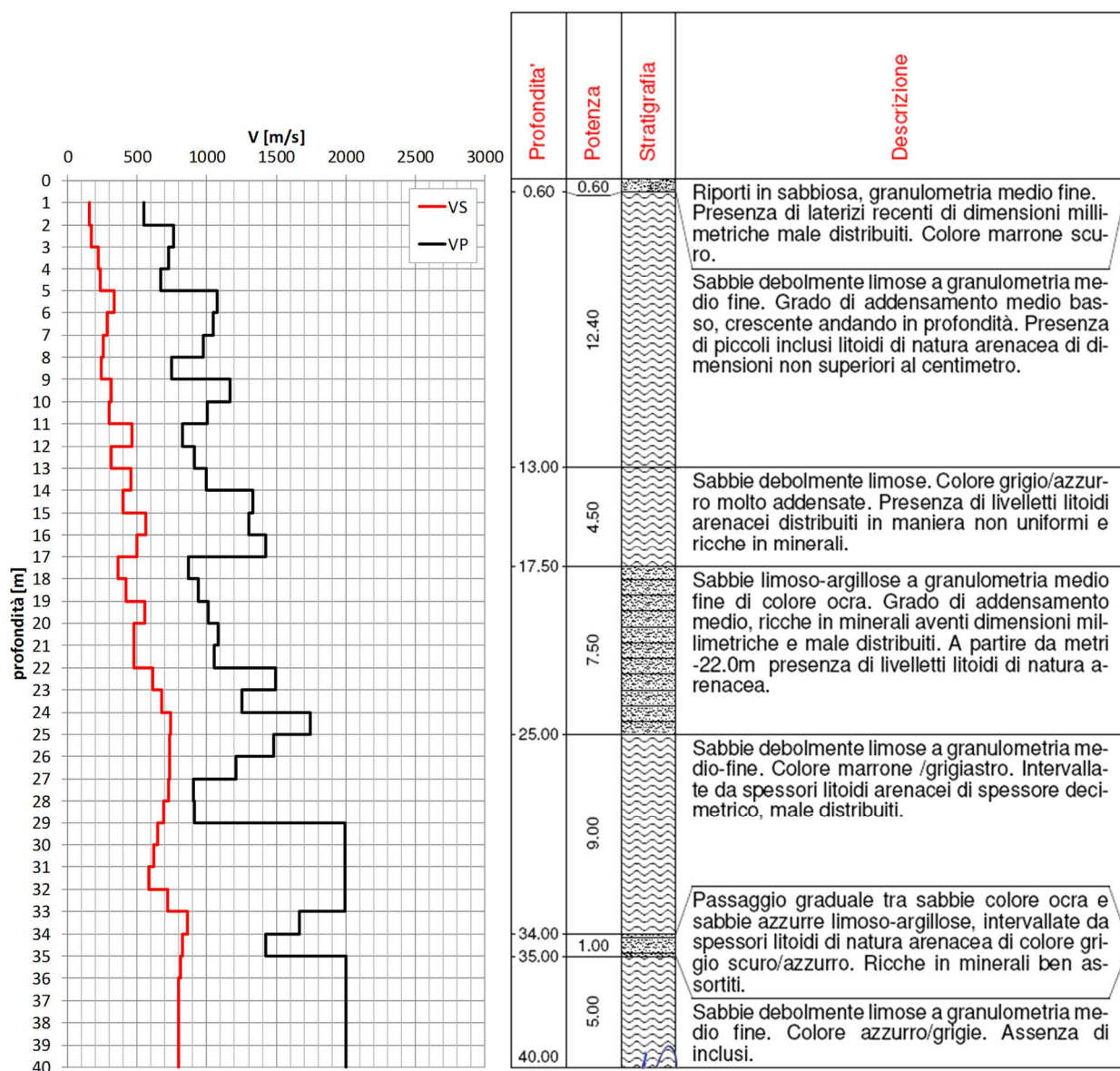


Figura 32. Profili medi di velocità delle onde S e P ottenuti dalla prova DH-S1 a Sant'Angelo.

I valori numerici di  $V_S$  e  $V_P$  sono riportati, unitamente ai valori calcolati del coefficiente di Poisson,  $\nu$ , nella Tabella 8, al variare della profondità.

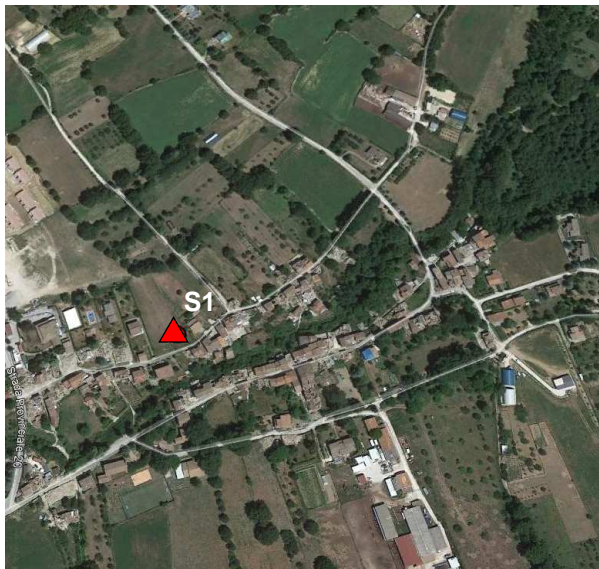
**Tabella 8. Valori medi delle velocità  $V_s$ ,  $V_p$  e del coefficiente di Poisson  $\nu$  per la DH-S1 a Sant'Angelo.**

$z$ [m]	$V_s$ [m/s]	$V_p$ [m/s]	$\nu$ [-]
1.00	156	545	0.46
2.00	156	545	0.46
2.00	170	759	0.47
3.00	170	759	0.47
3.00	222	726	0.45
4.00	222	726	0.45
4.00	237	670	0.43
5.00	237	670	0.43
5.00	332	1072	0.45
6.00	332	1072	0.45
6.00	288	1048	0.46
7.00	288	1048	0.46
7.00	258	979	0.46
8.00	258	979	0.46
8.00	243	744	0.44
9.00	243	744	0.44
9.00	315	1167	0.46
10.00	315	1167	0.46
10.00	299	1002	0.45
11.00	299	1002	0.45
11.00	465	829	0.27
12.00	465	829	0.27
12.00	315	913	0.43
13.00	315	913	0.43
13.00	452	996	0.37
14.00	452	996	0.37
14.00	399	1333	0.45
15.00	399	1333	0.45
15.00	562	1304	0.39
16.00	562	1304	0.39
16.00	498	1426	0.43
17.00	498	1426	0.43
17.00	361	869	0.40
18.00	361	869	0.40
18.00	417	939	0.38
19.00	417	939	0.38
19.00	557	1008	0.28
20.00	557	1008	0.28
20.00	478	1082	0.38
21.00	478	1082	0.38
21.00	480	1053	0.37
22.00	480	1053	0.37
22.00	611	1497	0.40
23.00	611	1497	0.40
23.00	676	1252	0.29
24.00	676	1252	0.29
24.00	741	1747	0.39
25.00	741	1747	0.39
25.00	734	1480	0.34
26.00	734	1480	0.34
26.00	734	1213	0.21
27.00	734	1213	0.21
27.00	728	908	-0.40
28.00	728	908	-0.40
28.00	688	908	-0.17
29.00	688	908	-0.17

29.00	648	1997	0.44
30.00	648	1997	0.44
30.00	618	1994	0.45
31.00	618	1994	0.45
31.00	583	1998	0.45
32.00	583	1998	0.45
32.00	722	1997	0.42
33.00	722	1997	0.42
33.00	861	1666	0.32
34.00	861	1666	0.32
34.00	827	1428	0.25
35.00	827	1428	0.25
35.00	812	1999	0.40
36.00	812	1999	0.40
36.00	796	1999	0.41
37.00	796	1999	0.41
37.00	795	1999	0.41
38.00	795	1999	0.41
38.00	796	1999	0.41
39.00	796	1999	0.41
39.00	796	1998	0.41
40.00	796	1998	0.41

## 2.8 Località Sommati

L'ubicazione del foro di sondaggio S1 nel quale è stata eseguita la prova Down Hole in località Sommati è indicata in Figura 33.



*Figura 33. Ubicazione del sondaggio da un estratto di Google Maps.*

In Figura 34 e Figura 35 si riportano, rispettivamente per le onde S e per le onde P, i punti che rappresentano i valori di velocità determinati con le metodologie sopra descritte ed i profili medi ottenuti con i criteri precedentemente illustrati. I profili medi di  $V_s$  e  $V_p$  sono rappresentati nello stesso grafico in Figura 36.

Alle profondità per le quali non è stato possibile definire un valore medio affidabile, è stato attribuito un valore intermedio tra quelli relativi alle profondità superiore e inferiore.

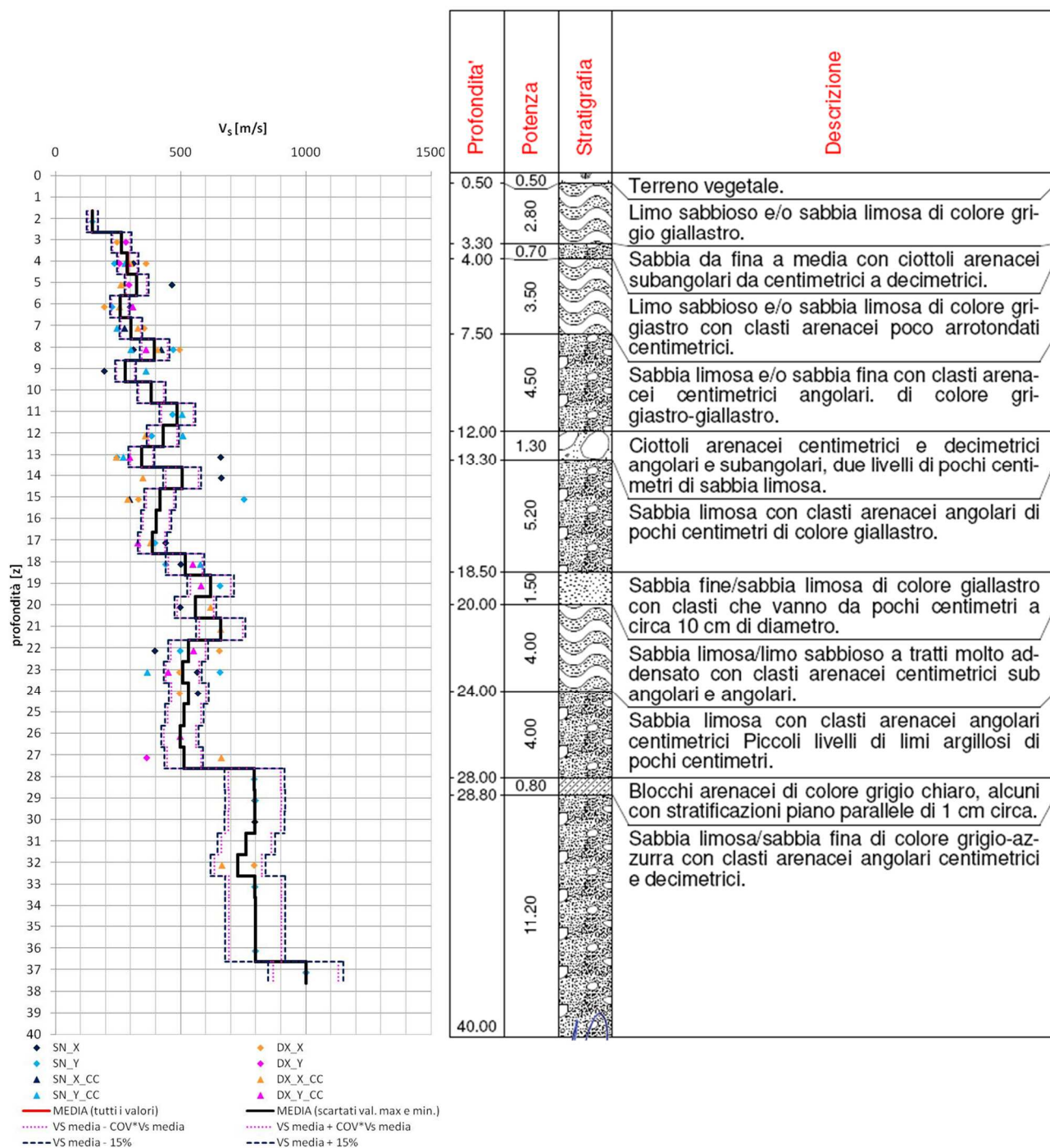


Figura 34. Valori di velocità delle onde S ottenuti con diverse tecniche di interpretazione dei segnali e profilo medio di  $V_s$  dalla prova DH-S1 a Sommati (i segmenti tratteggiati del profilo medio si riferiscono ai valori ottenuti mediante interpolazione).



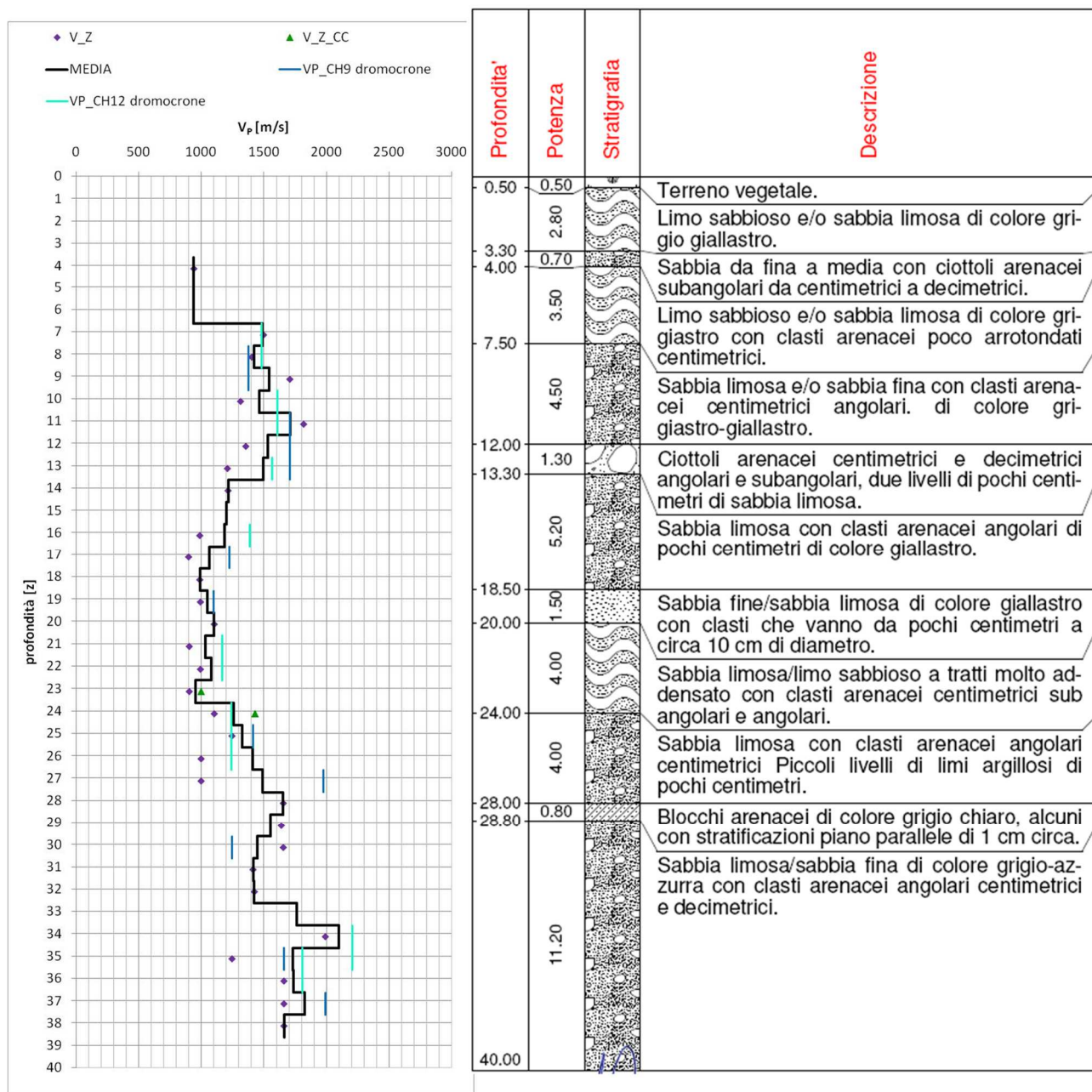


Figura 35. Valori di velocità delle onde P ottenuti con diverse tecniche di interpretazione dei segnali e profilo medio di  $V_S$  dalla prova DH-S1 a Sommati (i segmenti tratteggiati del profilo medio si riferiscono ai valori ottenuti mediante interpolazione).

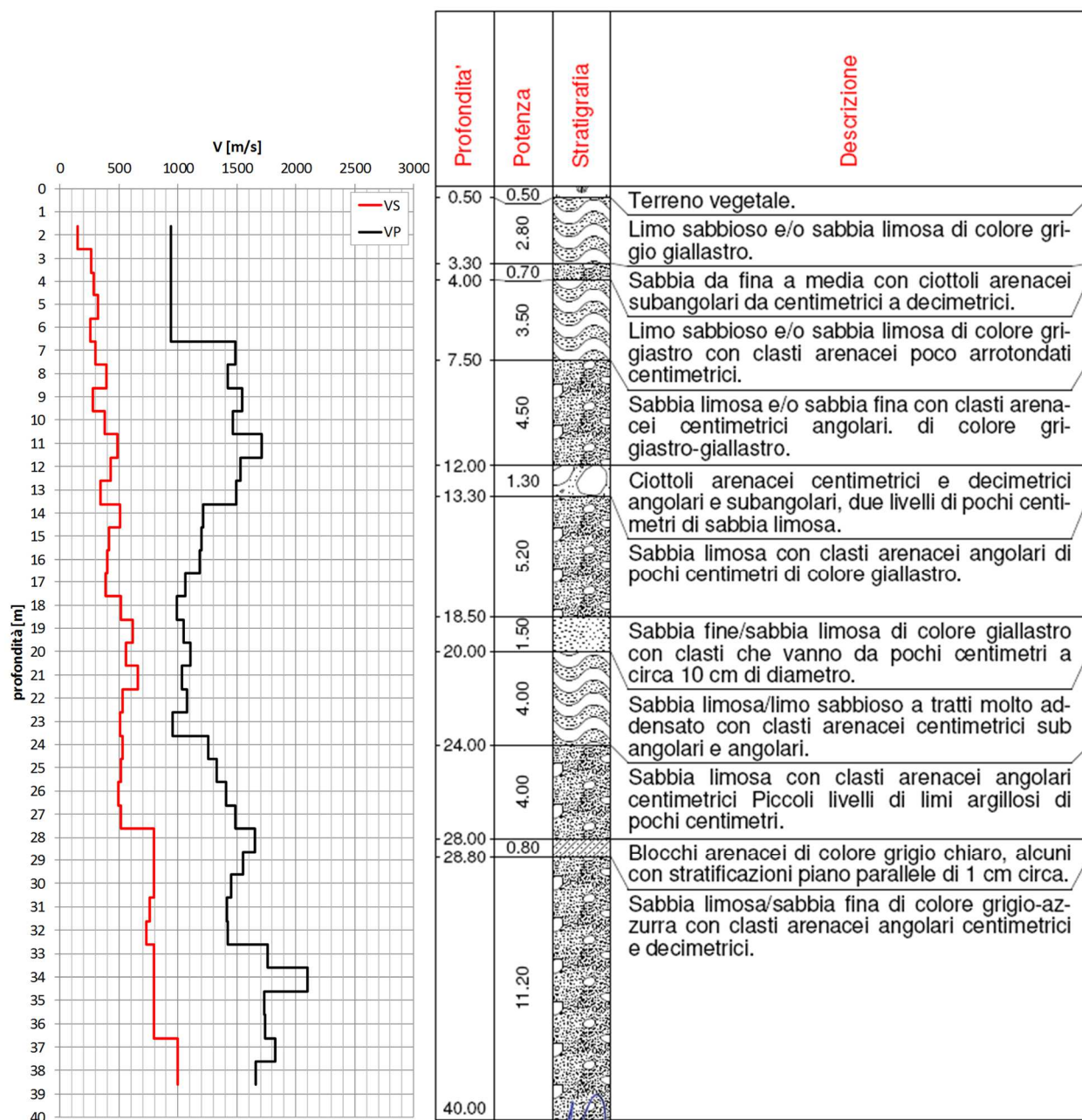


Figura 36. Profili medi di velocità delle onde S e P ottenuti dalla prova DH-S1 a Sommati.

I valori numerici di  $V_s$  e  $V_p$  sono riportati, unitamente ai valori calcolati del coefficiente di Poisson,  $\nu$ , nella Tabella 9, al variare della profondità.

**Tabella 9. Valori medi delle velocità  $V_s$ ,  $V_p$  e del coefficiente di Poisson  $\nu$  per la DH-S1 a Sommati.**

z [m]	$V_s$ [m/s]	$V_p$ [m/s]	$\nu$ [-]
-	-	-	-
1.62	-	-	-
1.62	148	940	0.49
2.62	148	940	0.49
2.62	263	940	0.46
3.62	263	940	0.46
3.62	285	940	0.45
4.62	285	940	0.45
4.62	323	940	0.43
5.62	323	940	0.43
5.62	257	940	0.46
6.62	257	940	0.46
6.62	301	1489	0.48
7.62	301	1489	0.48
7.62	395	1421	0.46
8.62	395	1421	0.46
8.62	279	1543	0.48
9.62	279	1543	0.48
9.62	382	1464	0.46
10.62	382	1464	0.46
10.62	486	1712	0.46
11.62	486	1712	0.46
11.62	429	1532	0.46
12.62	429	1532	0.46
12.62	343	1494	0.47
13.62	343	1494	0.47
13.62	505	1216	0.40
14.62	505	1216	0.40
14.62	417	1202	0.43
15.62	417	1202	0.43
15.62	402	1188	0.44
16.62	402	1188	0.44
16.62	386	1062	0.42
17.62	386	1062	0.42
17.62	517	991	0.31
18.62	517	991	0.31
18.62	619	1046	0.23
19.62	619	1046	0.23
19.62	558	1102	0.33
20.62	558	1102	0.33
20.62	660	1035	0.16
21.62	660	1035	0.16
21.62	530	1080	0.34
22.62	530	1080	0.34
22.62	507	953	0.30
23.62	507	953	0.30
23.62	532	1259	0.39
24.62	532	1259	0.39
24.62	514	1330	0.41
25.62	514	1330	0.41
25.62	497	1409	0.43
26.62	497	1409	0.43
26.62	513	1488	0.43
27.62	513	1488	0.43
27.62	794	1654	0.35

28.62	794	1654	0.35
28.62	796	1552	0.32
29.62	796	1552	0.32
29.62	795	1451	0.29
30.62	795	1451	0.29
30.62	762	1415	0.30
31.62	762	1415	0.30
31.62	729	1423	0.32
32.62	729	1423	0.32
32.62	797	1761	0.37
33.62	797	1761	0.37
33.62	797	2099	0.42
34.62	797	2099	0.42
34.62	797	1731	0.37
35.62	797	1731	0.37
35.62	798	1736	0.37
36.62	798	1736	0.37
36.62	999	1826	0.29
37.62	999	1826	0.29
37.62	999	1662	0.22
38.62	999	1662	0.22

## 2.9 Località Voceto

L'ubicazione del foro di sondaggio S1 nel quale è stata eseguita la prova Down Hole in località Voceto è indicata in Figura 37.



*Figura 37. Ubicazione del sondaggio da un estratto di Google Maps.*

In Figura 38 e Figura 39 si riportano, rispettivamente per le onde S e per le onde P, i punti che rappresentano i valori di velocità determinati con le metodologie sopra descritte ed i profili medi ottenuti con i criteri precedentemente illustrati. I profili medi di  $V_S$  e  $V_P$  sono rappresentati nello stesso grafico in Figura 40. Alle profondità per le quali non è stato possibile definire un valore medio affidabile, è stato attribuito un valore intermedio tra quelli relativi alle profondità superiore e inferiore.



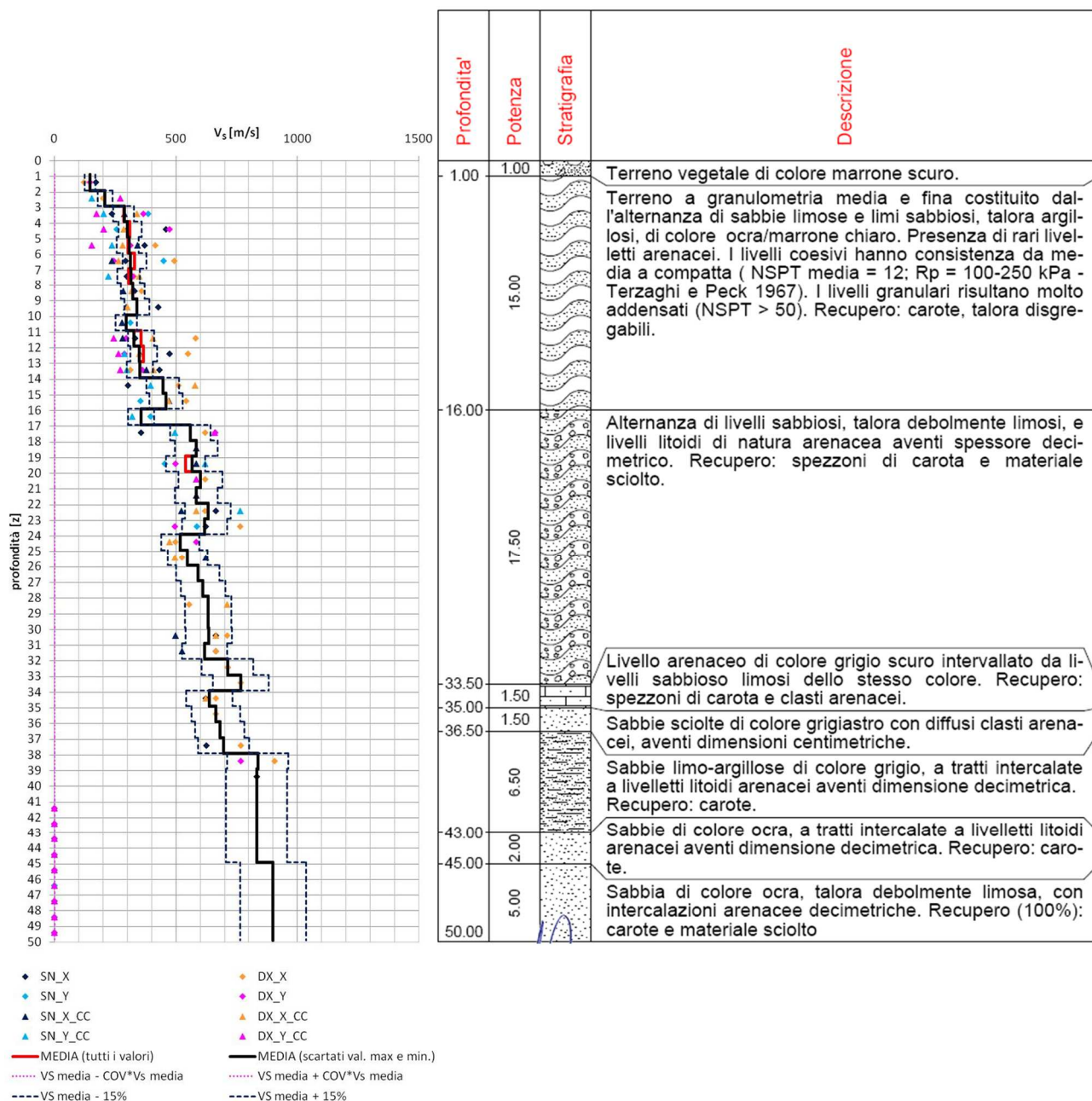


Figura 38. Valori di velocità delle onde S ottenuti con diverse tecniche di interpretazione dei segnali e profilo medio di  $V_s$  dalla prova DH-S1 a Voceto (i segmenti tratteggiati del profilo medio si riferiscono ai valori ottenuti mediante interpolazione).

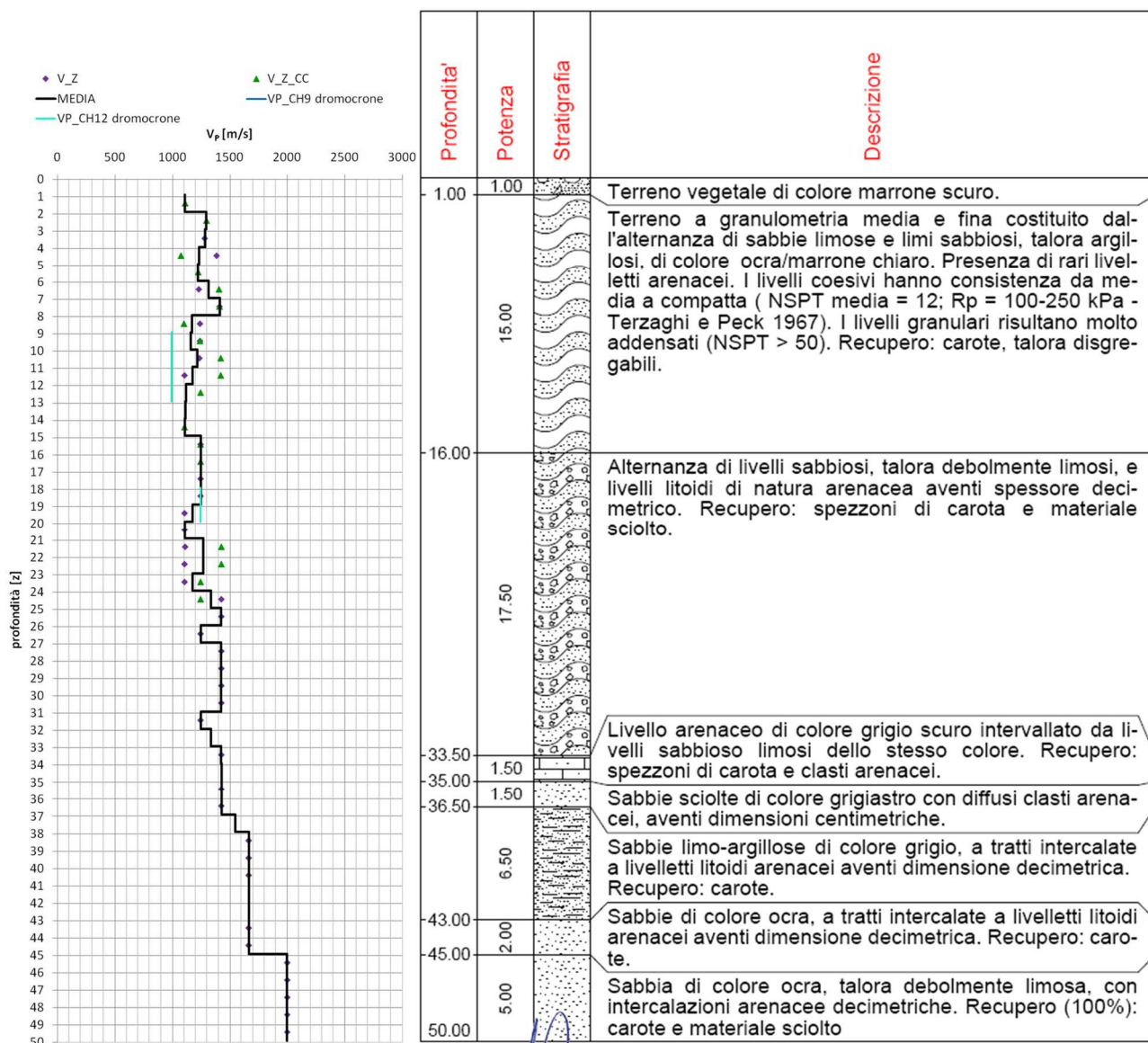


Figura 39. Valori di velocità delle onde P ottenuti con diverse tecniche di interpretazione dei segnali e profilo medio di Vs dalla prova DH-S1 a Voceto (i segmenti tratteggiati del profilo medio si riferiscono ai valori ottenuti mediante interpolazione).

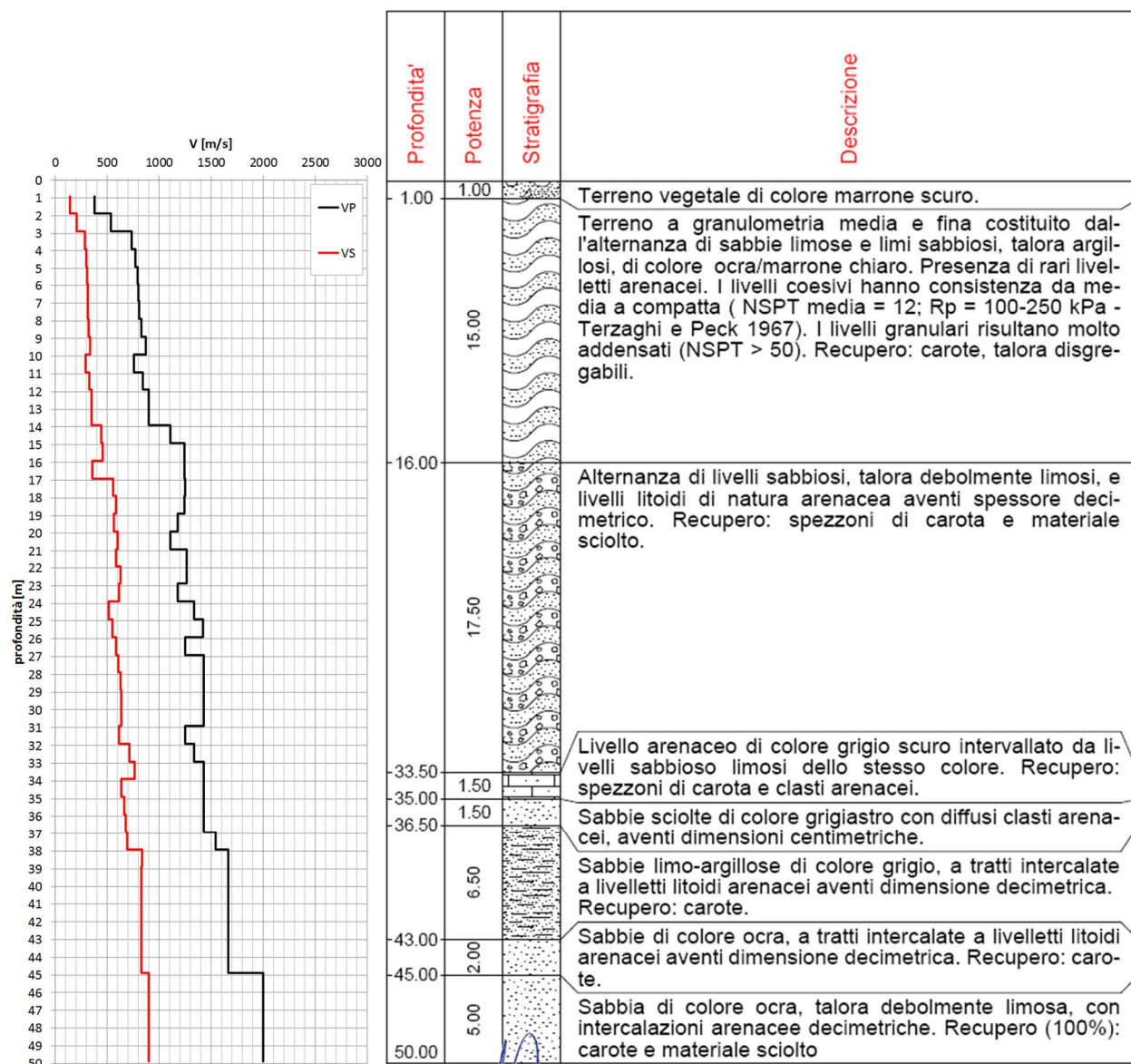


Figura 40. Profili medi di velocità delle onde S e P ottenuti dalla prova DH-S1 a Voceto.

I valori numerici di  $V_S$  e  $V_P$  sono riportati, unitamente ai valori calcolati del coefficiente di Poisson,  $\nu$ , nella Tabella 10, al variare della profondità.

Tabella 10. Valori medi delle velocità  $V_s$ ,  $V_p$  e del coefficiente di Poisson  $\nu$  per la DH-S1 a Voceto.

z [m]	$V_s$ [m/s]	$V_p$ [m/s]	$\nu$ [-]
0.90	148	378	0.41
1.90	148	378	0.41
1.90	209	535	0.41
2.90	209	535	0.41
2.90	288	737	0.41
3.90	288	737	0.41
3.90	301	770	0.41
4.90	301	770	0.41
4.90	309	791	0.41
5.90	309	791	0.41
5.90	313	802	0.41
6.90	313	802	0.41
6.90	315	807	0.41
7.90	315	807	0.41
7.90	323	828	0.41
8.90	323	828	0.41
8.90	341	873	0.41
9.90	341	873	0.41
9.90	296	759	0.41
10.90	296	759	0.41
10.90	329	842	0.41
11.90	329	842	0.41
11.90	351	898	0.41
12.90	351	898	0.41
12.90	353	903	0.41
13.90	353	903	0.41
13.90	447	1108	0.40
14.90	447	1108	0.40
14.90	459	1247	0.42
15.90	459	1247	0.42
15.90	357	1247	0.46
16.90	357	1247	0.46
16.90	559	1248	0.37
17.90	559	1248	0.37
17.90	584	1246	0.36
18.90	584	1246	0.36
18.90	568	1177	0.35
19.90	568	1177	0.35
19.90	602	1109	0.29
20.90	602	1109	0.29
20.90	585	1268	0.36
21.90	585	1268	0.36
21.90	632	1268	0.33
22.90	632	1268	0.33
22.90	618	1179	0.31
23.90	618	1179	0.31
23.90	519	1337	0.41
24.90	519	1337	0.41
24.90	548	1425	0.41
25.90	548	1425	0.41
25.90	591	1248	0.36
26.90	591	1248	0.36
26.90	612	1426	0.39
27.90	612	1426	0.39
27.90	633	1426	0.38
28.90	633	1426	0.38

28.90	634	1426	0.38
29.90	634	1426	0.38
29.90	635	1427	0.38
30.90	635	1427	0.38
30.90	619	1248	0.34
31.90	619	1248	0.34
31.90	713	1337	0.30
32.90	713	1337	0.30
32.90	767	1427	0.30
33.90	767	1427	0.30
33.90	638	1427	0.38
34.90	638	1427	0.38
34.90	665	1427	0.36
35.90	665	1427	0.36
35.90	681	1427	0.35
36.90	681	1427	0.35
36.90	696	1546	0.37
37.90	696	1546	0.37
37.90	837	1665	0.33
38.90	837	1665	0.33
38.90	832	1665	0.33
39.90	832	1665	0.33
39.90	832	1665	0.33
40.90	832	1665	0.33
40.90	832	1665	0.33
41.90	832	1665	0.33
41.90	832	1665	0.33
42.90	832	1665	0.33
42.90	832	1665	0.33
43.90	832	1665	0.33
43.90	832	1665	0.33
44.90	832	1665	0.33
44.90	900	1998	0.33
45.90	900	1998	0.33
45.90	900	1998	0.33
46.90	900	1998	0.33
46.90	900	1998	0.33
47.90	900	1998	0.33
47.90	900	1999	0.33
48.90	900	1999	0.33
48.90	900	1999	0.33
49.90	900	1999	0.33



## 2.10 Profili di $V_s$ per analisi 1D della RSL

Per un utilizzo più agevole dei risultati sopra descritti, ai fini della definizione di modelli numerici per analisi monodimensionali della Risposta Sismica Locale, si ritiene utile fornire, per ciascuna delle verticali indagate, un profilo di velocità delle onde S 'regolarizzato', ovvero costante a tratti all'interno dei diversi materiali individuati nella successione stratigrafica. Da Figura 41 a Figura 49 è rappresentato graficamente l'andamento del profilo di  $V_s$  con la profondità per ciascuno dei 9 siti di indagine. Nella tabella adiacente al grafico sono indicati: la profondità progressiva, il valore di  $V_s$  e la sigla del corrispondente litotipo per l'attribuzione delle curve di decadimento del modulo di taglio  $G(\gamma)/G_0$  e del rapporto di smorzamento  $D(\gamma)$  con la deformazione di taglio  $\gamma$ . Come si può osservare, la tipologia di materiale rilevato nel corso della perforazione di sondaggio (LITO UNIFI) non è sempre coincidente con quella indicata nella Carta Geologico Tecnica (LITO CGT).

CAPRICCHIA			
z [m]	$V_s$ [m/s]	LITO UNIFI	LITO CGT
0	157	SM	GP
3	157		
3	294	GP	GP
8	294		
8	425	GP	GP
10	425		
10	425	SFGRS	SFGRS
18	425		
18	598	SFGRS	SFGRS
27	598		
27	702	?	SFGRS
30	702		

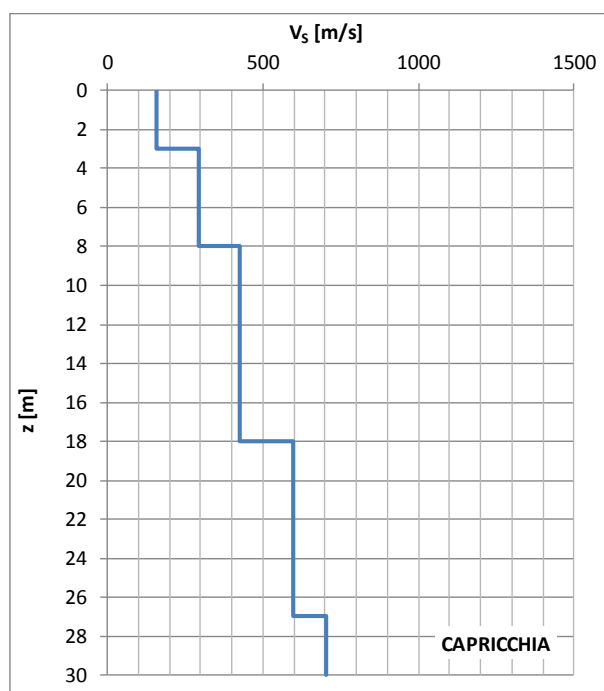


Figura 41. Valori di  $V_s$  e profilo 'regolarizzato'

CASCELLO			
z [m]	V <sub>s</sub> [m/s]	LITO UNIFI	LITO CGT
0	297	VEG.	SM
4	297		
4	471	SM	SM
15	471		
15	535	GP	GP
18	535		
18	627	GP	GP
29	627		
29	498	GP	GP
34	498		
34	657	SFALS	SFALS
42	657		
42	702	SFALS	SFALS
50	702		

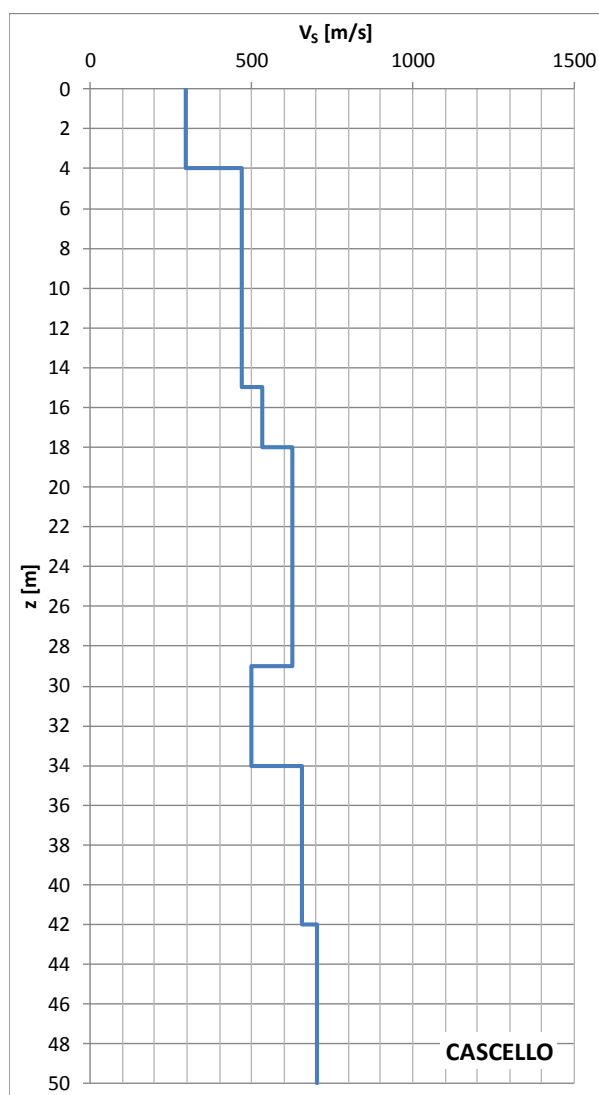


Figura 42. Valori di Vs e profilo 'regolarizzato'

CORNILLO VECCHIO			
z [m]	V <sub>s</sub> [m/s]	LITO UNIFI	LITO CGT
0	146	VEG.	GP
3	146		
3	241	SM/GP	GP
6	241		
6	352	SM/GP	GP
10	352		
10	412	SFALS/SFGRS	SFALS
18	412		
18	442	SFGRS	SFGRS
20	442		

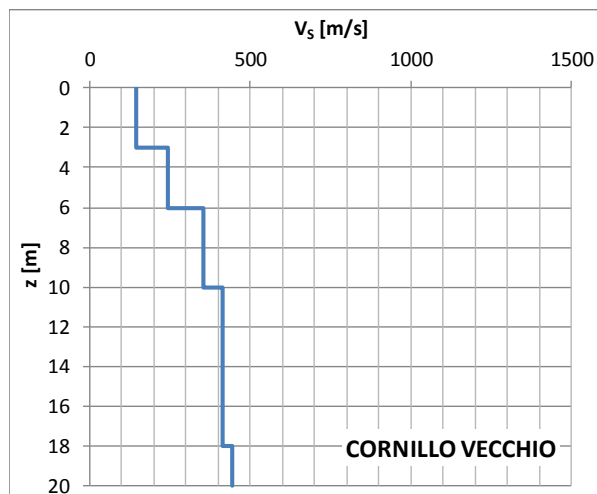


Figura 43. Valori di Vs e profilo 'regolarizzato'

MOLETANO (COSSARA)			
z [m]	V <sub>s</sub> [m/s]	LITO UNIFI	LITO CGT
0	380	SM	SFGRS
5	380		
5	530	SFGRS	SFGRS
16	530		
16	600	SFGRS	SFGRS
25	600		
25	850	SFGRS	SFGRS
32	850		

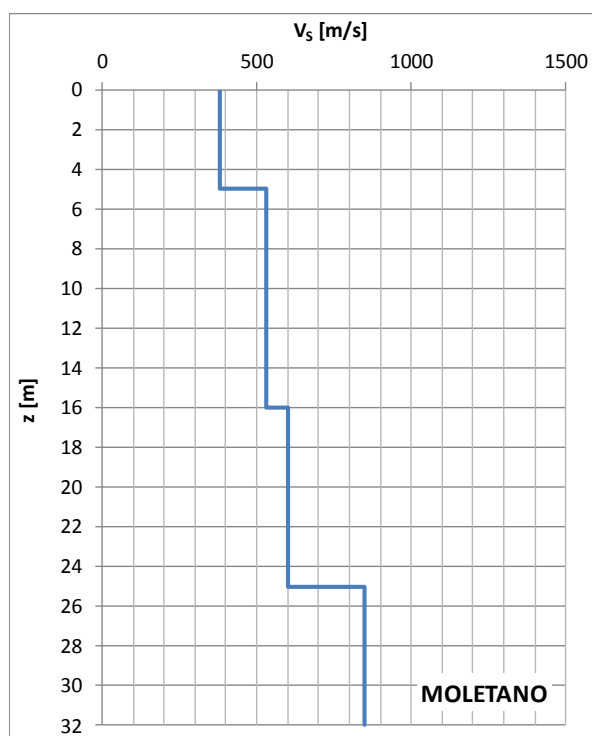


Figura 44. Valori di Vs e profilo 'regolarizzato'

RETROSI			
z [m]	V <sub>s</sub> [m/s]	LITO UNIFI	LITO CGT
0	302	SM	GP
4	302		
4	675	SFALS/GP	GP
13	675		
13	547	SFALS/GP	GP
20	547		
20	737	SM	GP
28	737		
28	814	SFALS/GP	GP
42	814		
42	911	SFGRS	SFGRS
47	911		
47	647	SFGRS	SFGRS
50	647		

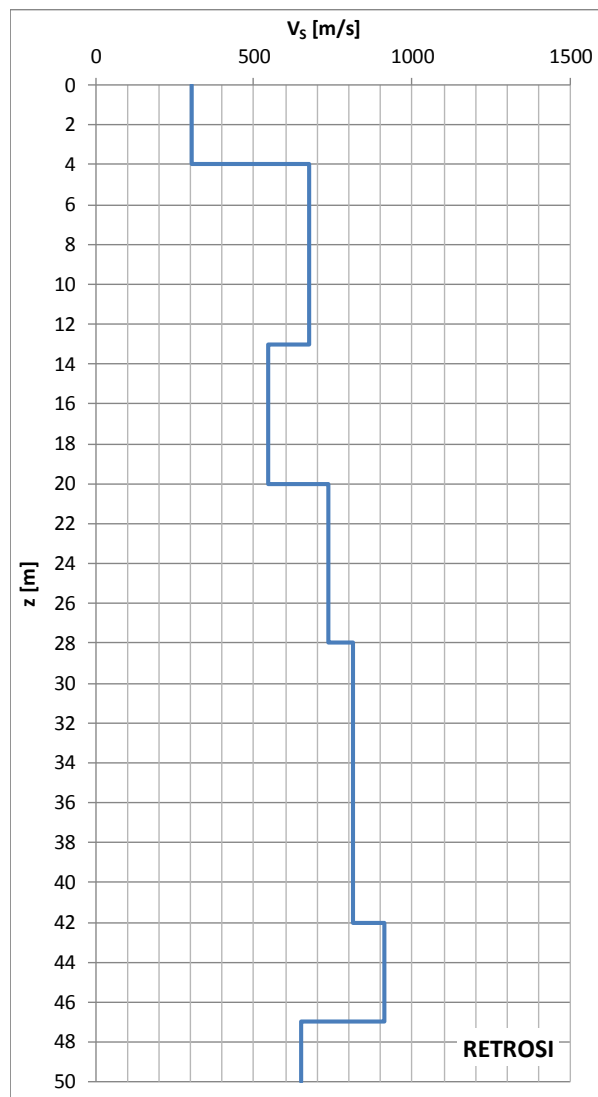


Figura 45. Valori di Vs e profilo 'regolarizzato'

ROCCHETTA			
z [m]	V <sub>s</sub> [m/s]	LITO UNIFI	LITO CGT
0	198	VEG.	SM
3	198		
3	345	SM	SM
20	345		
20	632	SM	SM
42	632		
42	802	GP	GP
50	802		

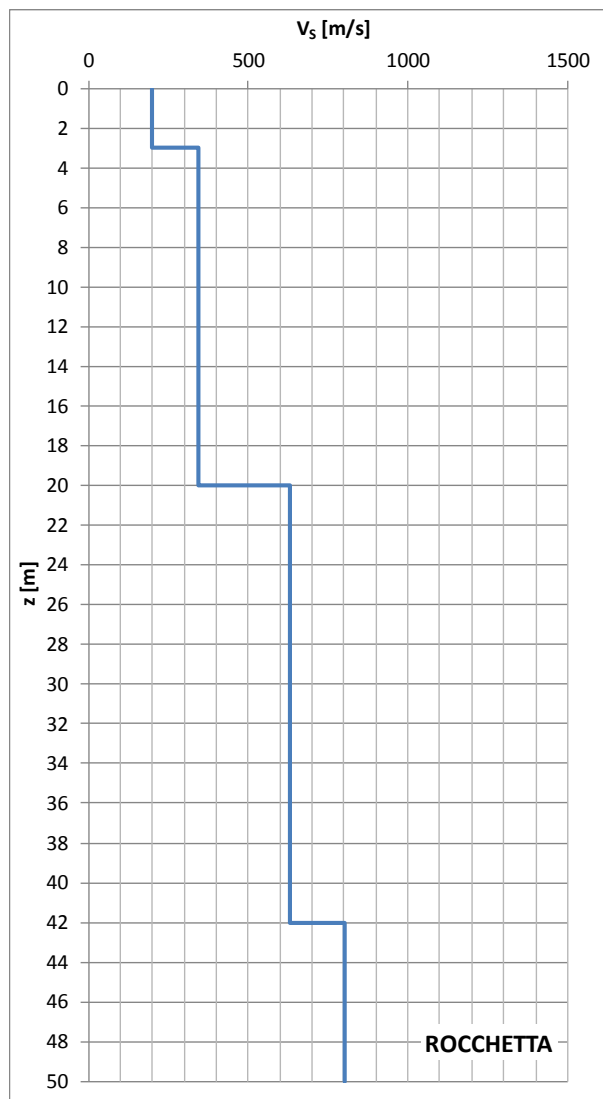


Figura 46. Valori di Vs e profilo 'regolarizzato'



SANT'ANGELO			
z [m]	V <sub>s</sub> [m/s]	LITO UNIFI	LITO CGT
0	297	SM	SM
13	297		
13	478	SM	GP
17.5	478		
17.5	511	SM	GP
25	511		
25	688	SM	GP
34	688		
34	812	SM	GP
40	812		

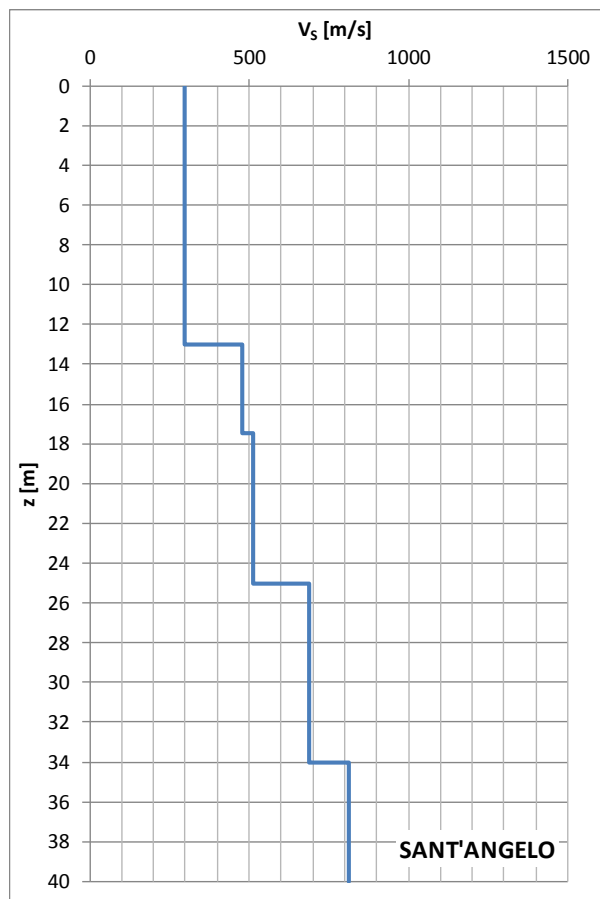


Figura 47. Valori di Vs e profilo 'regolarizzato'

SOMMATI			
z [m]	V <sub>s</sub> [m/s]	LITO UNIFI	LITO CGT
0	148	SM	SM
3	148		
3	286	SM	SM
7.5	286		
7.5	402	SM	GP
18.5	402		
18.5	589	SM	GP
21	589		
21	515	SM	GP
29	515		
29	785	SM	GP
38	785		
38	999	SM	GP
40	999		

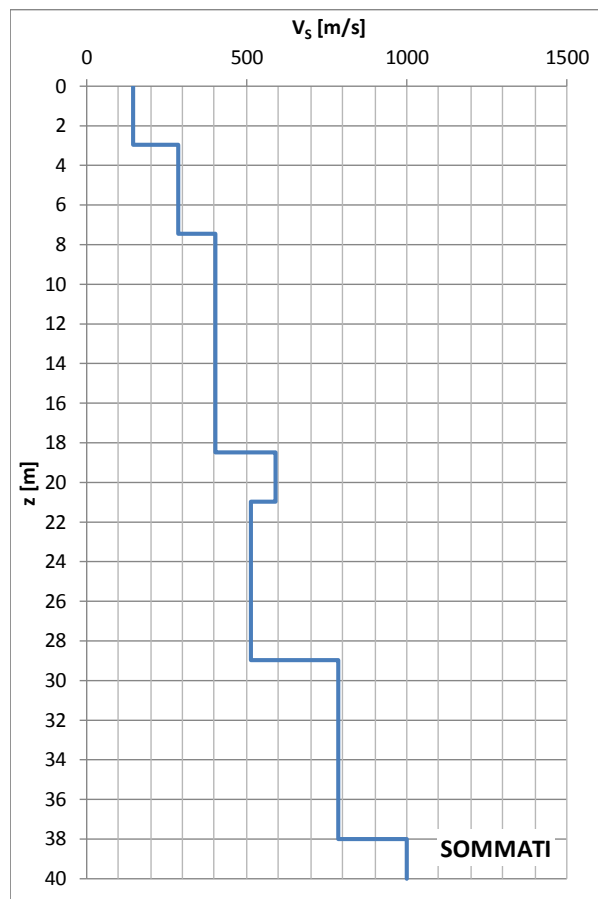


Figura 48. Valori di  $V_s$  e profilo 'regolarizzato'

VOCETO			
z [m]	V <sub>s</sub> [m/s]	LITO UNIFI	LITO CGT
0	178	SM	SM
3	178		
3	342	SM	SM
17	342		
17	596	SM	SFGRS
32	596		
32	740	SFGRS	SFGRS
34	740		
34	670	SFGRS	SFGRS
38	670		
38	833	SFGRS	SFGRS
45	833		
45	900	SFGRS	SFGRS
50	900		

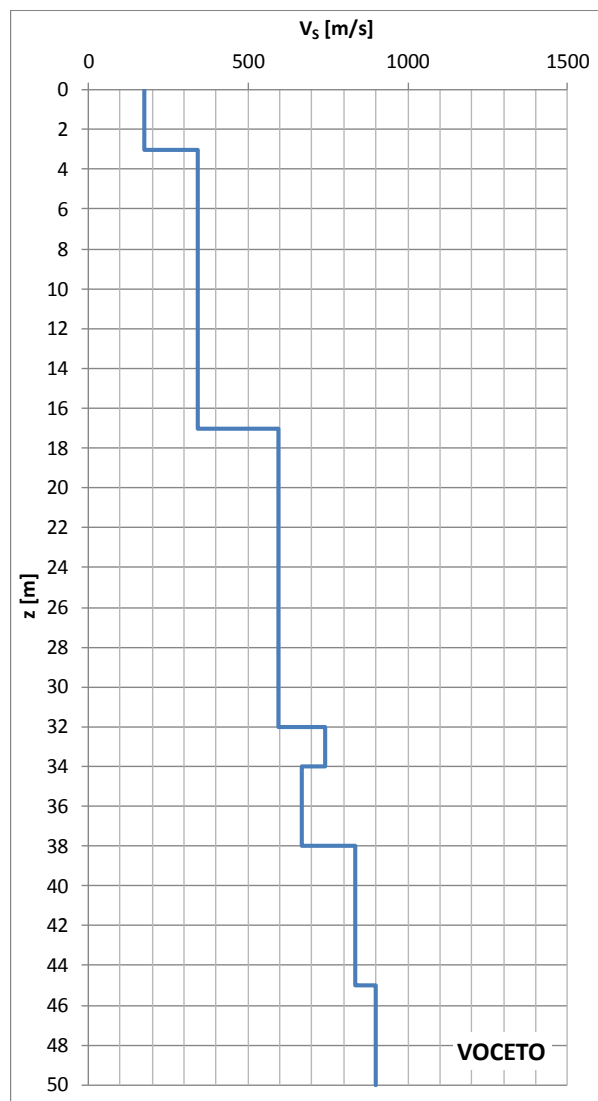


Figura 49. Valori di Vs e profilo 'regolarizzato'

### 3 PROVE DI LABORATORIO

Le prove di laboratorio sono state eseguite su tutti i campioni rimaneggiati prelevati dalle cassette catalogatrici dei sondaggi DH1, DH2 e DH3 (Amatrice – centro storico, San Cipriano, centro storico) e sui campioni estratti nel corso dei sondaggi DH1 (Amatrice – centro storico), S1- Saletta e S1-Sommati, pervenuti in fustella al Laboratorio Geotecnico del DICeA e dichiarati indisturbati dal coordinatore delle attività di esecuzione dei sondaggi geognostici incaricato dal Comune di Amatrice. Va segnalato che, in contrasto con quanto dichiarato dal suddetto coordinatore, i campioni provenienti dal sondaggio DH1 (Amatrice – centro storico) sono risultati disturbati, in quanto totalmente privi di paraffinatura alle estremità, e pertanto non utilizzabili per l'esecuzione di prove di caratterizzazione meccanica.

Il programma di prove eseguito sui campioni indisturbati ha compreso:

- a) prove di classificazione e prove per la misura delle proprietà fisiche (determinazione dei limiti di Atterberg e della distribuzione granulometrica mediante vagliatura meccanica; misure del peso specifico, del peso di volume e del contenuto d'acqua naturale);
- b) prove dinamiche e cicliche con l'apparecchio di colonna risonante (RC) per la misura dei seguenti parametri dinamici:
  - valori iniziali del modulo di taglio,  $G_0$ , e del rapporto di smorzamento,  $D_0$ , e delle loro variazioni con la pressione efficace di confinamento, con l'indice dei vuoti e con il tempo  $t$  (per la valutazione dei cosiddetti 'time effects');
  - leggi di variazione, con l'ampiezza della deformazione, del modulo di taglio,  $G(\gamma)$ , e del rapporto di smorzamento,  $D(\gamma)$ ;
  - soglie di deformazione elastica,  $\gamma_l$ , e volumetrica,  $\gamma_v$ .

Sui campioni rimaneggiati e sui campioni disturbati sono state eseguite solo prove per la determinazione dei limiti di consistenza e/o della granulometria.

Tutte le prove sono state effettuate secondo procedure standardizzate, in conformità con le indicazioni contenute in norme tecniche e raccomandazioni esistenti per l'esecuzione delle indagini geotecniche (UNI CEN ISO; Raccomandazioni AGI; ASTM)

In particolare, le prove RC effettuate hanno previsto le seguenti fasi:

- *Fase 1* - sul provino, saturato e consolidato isotropicamente ad un valore di tensione  $\sigma'_c$  minore della tensione litostatica efficace verticale in sito, sono state eseguite misure del modulo di taglio iniziale,  $G_0$ , per diversi valori della deformazione di taglio;
- *Fase 2* - impostando la tensione efficace di consolidazione,  $\sigma'_c$ , ad un valore pari all'incirca alla tensione litostatica efficace verticale in sito, sono state effettuate misure di  $G_0$  (e talora anche del rapporto di smorzamento  $D_0$ ) a prefissati intervalli di tempo durante il processo di consolidazione; a consolidazione primaria avvenuta, le misure sono state ripetute per diversi valori della deformazione di taglio;
- *Fase 3* - a pressione efficace costante, pari a quella raggiunta in fase di consolidazione, sono state effettuate misure di  $G$  e di  $D$  per valori crescenti dell'ampiezza della deformazione di taglio fino al valore massimo consentito dall'apparecchiatura.

Di seguito sono riassunte le principali informazioni (denominazione, profondità di prelievo, note e tipo di prove eseguite) relative ai campioni pervenuti in fustella (Tabella 11) e ai campioni rimaneggiati (Tabella 12)

**Tabella 11. Riepilogo dei campioni pervenuti in fustella**

Cantiere	Camp.	Prof. [m]	Prove eseguite	Note
Amatrice	DH1 C1	2.50-300	Limiti di Atterberg	Campione disturbato per mancanza di paraffina alle estremità
Amatrice	DH1 C2	6.50-7.00	Granulometria	Campione disturbato per mancanza di paraffina alle estremità
Saletta	S1 C1	2.00-2.50	Limiti di Atterberg, Granulometria, Proprietà fisiche, RC	Paraffinatura scarsa - Analisi granulometrica condotta sulla parte alta del campione; rimanenti analisi sulla parte centrale
Sommati	S1 C1	2.50-3.00	Limiti di Atterberg, Granulometria, Proprietà fisiche, RC	-
Sommati	S1 C2	5.50-6.00	Limiti di Atterberg, Granulometria, Proprietà fisiche, RC	Analisi granulometrica condotta sulla parte bassa del campione; rimanenti analisi sulla parte alta

**Tabella 12. Riepilogo dei campioni rimaneggiati da DH1, DH2 E DH3 – AMATRICE e prove eseguite**

Cantiere	Camp.	Prof. [m]	Prove eseguite
Amatrice	DH1 R1	3.50	Limiti di Atterberg
Amatrice	DH1 R2	9.30	Granulometria
Amatrice	DH1 R3	18.90	Granulometria
Amatrice	DH1 R4	24.60	Granulometria
Amatrice	DH1 R5	34.40	Granulometria
Amatrice	DH1 R6	43.20	-
Amatrice	DH1 R7	49.10	Limiti di Atterberg
Amatrice	DH2 R1	2.50	Granulometria
Amatrice	DH2 R2	7.00	Granulometria
Amatrice	DH2 R3	14.50	Granulometria
Amatrice	DH2 R4	17.50	Granulometria
Amatrice	DH2 R5	29.50	Granulometria
Amatrice	DH3 R1	4.80	Granulometria
Amatrice	DH3 R2	7.70	-
Amatrice	DH3 R3	18.80	Granulometria
Amatrice	DH3 R4	29.70	-
Amatrice	DH3 R5	33.00	Granulometria
Amatrice	DH3 R6	39.00	-
Amatrice	DH3 R7	47.00	-
Amatrice	DH3 R8	51.90	Limiti di Atterberg



I risultati di ciascuna prova sono riportati nell'ALLEGATO della presente relazione; nei paragrafi che seguono, invece, vengono riassunti e commentati i principali risultati ottenuti dall'analisi dei campioni.

### 3.1 Prove di classificazione

In Tabella 13, per ciascun campione, sono riportati: una descrizione sintetica del materiale; le percentuali di ghiaia (G), sabbia (S) e frazione passante al setaccio ASTM 200 (FC) presenti nella distribuzione granulometrica; i valori del limite liquido,  $w_L$  e dell'indice di plasticità,  $I_P$ .

Tabella 13. Descrizione e proprietà indici dei campioni analizzati

Cantiere	Camp.	Prof. media [m]	Descrizione	Granul. [%]	$w_L$ [%]	$I_P$ [%]
Amatrice	DH1 C1	2.75	Limo argilloso sabbioso di colore marrone rossastro con venature grigie, molto consistente. Presenza di ossidazioni e di punti torbosi.	-	29	14
Amatrice	DH1 C2	6.75	Sabbia media e fine con limo di colore marrone; nella parte alta il colore è marrone rossiccio	53.6(S) 46.4(FC)	-	-
Saletta	S1 C1	2.25	Limo e sabbia medio-fine di colore marrone rossiccio, mediamente consistente	53.0(S) 47.0(FC)	30	14
Sommati	S1 C1	2.75	Sabbia media e fine con limo di colore marrone scuro. La frazione sabbiosa aumenta verso il basso. Presenza di punti torbosi.	54.3(S) 45.7(FC)	24	8
Sommati	S1 C2	5.75	P. bassa: sabbia fine e media con limo di colore marrone con qualche venatura grigiastra (granulometria) – P. alta: limo sabbioso di colore marrone, molle (limiti)	50.7(S) 49.3(FC)	27	9
Amatrice	DH1 R1	3.50	Limo argilloso di colore marrone rossastro con tracce di ossidazione. Presenti lenti di sabbia fine di colore giallo.	-	38	21
Amatrice	DH1 R2	9.30	Ghiaia e sabbia con limo argilloso di colore grigio chiaro con alcune ossidazioni rossastre. I clasti hanno generalmente spigoli subarrotondati. La frazione sabbiosa è prevalentemente fine.	37.4(G) 30.2(S) 32.4(FC)	-	-
Amatrice	DH1 R3	18.90	Limo con sabbia fine e ghiaia avente spigoli da arrotondati a sub angolari con diametro massimo pari a 2 cm, di colore grigio chiaro.	16.6(G) 39.5(S) 43.9(FC)	-	-
Amatrice	DH1 R4	24.60	Ghiaia e sabbia in matrice limosa di colore marrone chiaro. Clasti con spigoli sub arrotondati e diametro massimo 3 cm.	43.7(G) 29.3(S) 27.0(FC)	-	-
Amatrice	DH1 R5	34.40	Ghiaia con sabbia prevalentemente medio fine in matrice limo-argillosa di colore marrone chiaro. Clasti di origine arenacea con spigoli in prevalenza sub arrotondati e diametro massimo 4 cm.	44.5(G) 28.9(S) 26.6(FC)	-	-
Amatrice	DH1 R6	43.20	Ghiaia di natura arenacea in matrice sabbiosa prevalentemente fine di colore marrone chiaro.	-	-	-
Amatrice	DH1 R7	49.10	Marna argillosa alterata di colore marrone-grigio con stratificazioni di colore rossastro.	-	35	18
Amatrice	DH2 R1	2.50	Sabbia medio fine con limo debolmente ghiaiosa, di colore marrone scuro. I clasti hanno spigoli in genere sub angolari e diametro massimo 1,5 cm.	10.0(G) 51.6(S) 38.4(FC)	-	-

Amatrice	DH2 R2	7.00	Sabbia media e fine con limo debolmente ghiaiosa, di colore marrone scuro. I clasti hanno spigoli sub-angolari con massima dimensione pari a 1 cm circa.	12.8(G) 41.4(S) 45.8(FC)	-	-
Amatrice	DH2 R3	14.50	Sabbia media e fine con limo, ghiaiosa, di colore grigio chiaro. I clasti hanno spigoli sub angolari e massima dimensione 2 cm.	20.1(G) 43.8(S) 36.1(FC)	-	-
Amatrice	DH2 R4	17.50	Sabbia media e fine con ghiaia grossa debolmente limosa, di colore marrone scuro. I clasti hanno spigoli sub arrotondati e massima dimensione pari a 3-4 cm.	35.2(G) 53.6(S) 11.2(FC)	-	-
Amatrice	DH2 R5	29.50	Sabbia media e fine con limo debolmente ghiaiosa, di colore grigio. I clasti hanno spigoli sub angolari e massima dimensione pari a 2 cm.	8.8(G) 46.2(S) 45.0(FC)	-	-
Amatrice	DH3 R1	4.80	Limo con sabbia media e fine di colore avana, con presenza di ossidazioni.	48.5(S) 51.5(FC)	-	-
Amatrice	DH3 R2	7.70	Sabbia fine di colore avana chiaro.	-	-	-
Amatrice	DH3 R3	18.80	Sabbia fine con ghiaia in matrice limosa di colore marrone chiaro. I clasti hanno diametro massimo 3-4cm.	28.9(G) 34.3(S) 36.8(FC)	-	-
Amatrice	DH3 R4	29.70	Sabbia fine di colore marrone chiaro con ciottoli arenacei con diametro massimo 8 cm.	-	-	-
Amatrice	DH3 R5	33.00	Sabbia fine con ghiaia in matrice limosa di colore marrone chiaro. I clasti di origine arenacea hanno spigoli sub arrotondati con diametro massimo 5 cm.	34.5(G) 42.2(S) 23.3(FC)	-	-
Amatrice	DH3 R6	39.00	Sabbia fine con ghiaia di colore marrone chiaro.	-	-	-
Amatrice	DH3 R7	47.00	Sabbia fine con ghiaia di origine arenacea di colore marrone chiaro. Clasti con diametro massimo pari a 2 cm.	-	-	-
Amatrice	DH3 R8	51.90	Alternanza di pietra arenacea e marna argillosa di colore marrone. Presenza di ossidazioni rossastre.	-	38	24

### 3.2 Prove dinamiche e cicliche

Per caratterizzare il comportamento del terreno in presenza di azioni dinamiche e cicliche e per determinare i parametri richiesti dai codici di calcolo comunemente impiegati nelle analisi della Risposta Sismica Locale (RSL), è stata effettuata sui campioni indisturbati disponibili una prova multistage con misura degli effetti del tempo di consolidazione utilizzando l'apparecchiatura di Colonna Risonante (RC). Nell'ambito della sperimentazione di cui si riferisce nel presente Rapporto, i tre campioni indisturbati, ovvero i campioni S1C1 e S1C2 prelevati a Sommati e il campione S1C1 prelevato a Saletta, sono stati sottoposti a prova RC.

Le caratteristiche fisiche dei campioni analizzati, i parametri di classificazione e le principali grandezze determinate mediante la prova RC sono riassunti in Tabella 14. I risultati ottenuti sono sintetizzati e commentati nei paragrafi seguenti.

#### 3.2.1 Relazione $G/G_0 - \gamma$

I valori sperimentali del modulo di taglio  $G$  in funzione della deformazione di taglio  $\gamma$  ottenuti durante il decadimento (Fase 3 – v. par. 3) sono riportati nei certificati in ALLEGATO.

**Tabella 14. Principali parametri di classificazione e dinamici misurati per i campioni esaminati.**

Campione	S1C1 (Sommati)	S1C2 (Sommati)	S1C1 (Saletta)
Profondità, z [m]	2.75	5.75	2.25
Gravità specifica, G <sub>s</sub> [-]	2.65	2.68	2.69
Densità, ρ [Mg/m <sup>3</sup> ]	2.10	2.00	2.02
Limite liquido, w <sub>L</sub> [%]	24	27	-
Indice di plasticità, I <sub>P</sub> [%]	8	9	-
Contenuto d'acqua, w [%]	19.0	24.8	19.4
Indice di consistenza, I <sub>c</sub> [-]	0.62	0.25	-
Classificazione USCS	SC	CL	-
Indice dei vuoti, e <sub>0</sub> [-]	0.504	0.661	0.564
Pressione di consolidazione, σ' <sub>c</sub> [kPa]	80	110	80
Modulo di rigidezza iniziale, G <sub>0</sub> [MPa]	74.01	89.7	84.5
Rapporto di smorzamento iniziale, D <sub>0</sub> [%]	2.33	1.75	2.53
Soglia elastica, γ [%]*	2.04 10 <sup>-3</sup>	2.30 10 <sup>-3</sup>	1.75 10 <sup>-3</sup>
Soglia volumetrica, γ <sub>v</sub> [%]**	3.31 10 <sup>-2</sup>	1.84 10 <sup>-2</sup>	2.74 10 <sup>-2</sup>

\*determinata in corrispondenza di G/G<sub>0</sub> = 0.98

\*\*determinata per Δu/σ'<sub>v0</sub> x100 = 1%

Per l'identificazione di una funzione continua di G al variare di γ, utile ad esempio per la definizione di un modello numerico, è stato adattato ai risultati sperimentali il modello iperbolico di Hardin e Drnevich, nella forma modificata da Yokota et al. (1981) [Yokota, K., Imai, T. and Konno, M., 1981, "Dynamic Deformation Characteristics of Soil Determined by Laboratory Tests," OYO Technical Report, n. 3], definito dalla seguente espressione:

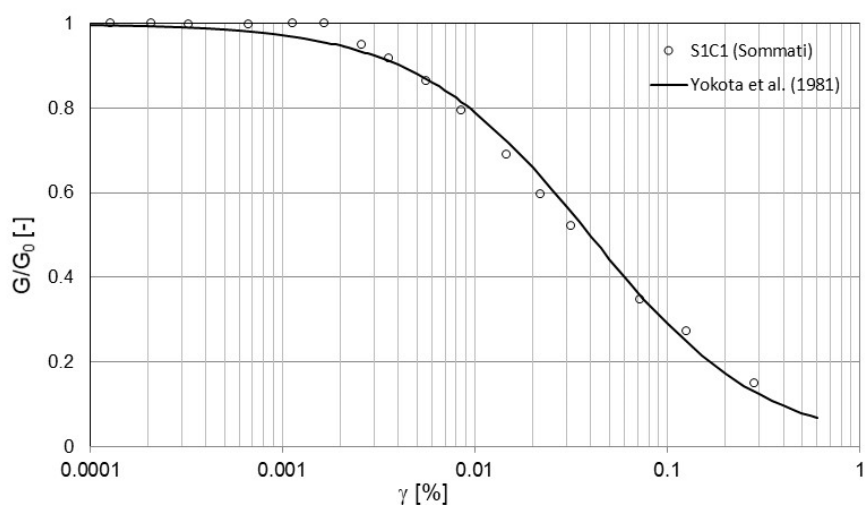
$$\frac{G}{G_0} = \frac{1}{1 + \alpha \cdot \gamma^\beta}$$

I parametri α e β della relazione sopra riportata sono stati determinati a partire dalle misure sperimentali mediante regressioni lineari su variabili logaritmiche per ciascuno dei campioni esaminati e sono riportati nella Tabella 15, insieme al corrispondente coefficiente di determinazione, R<sup>2</sup>, che come si può osservare, è piuttosto elevato.

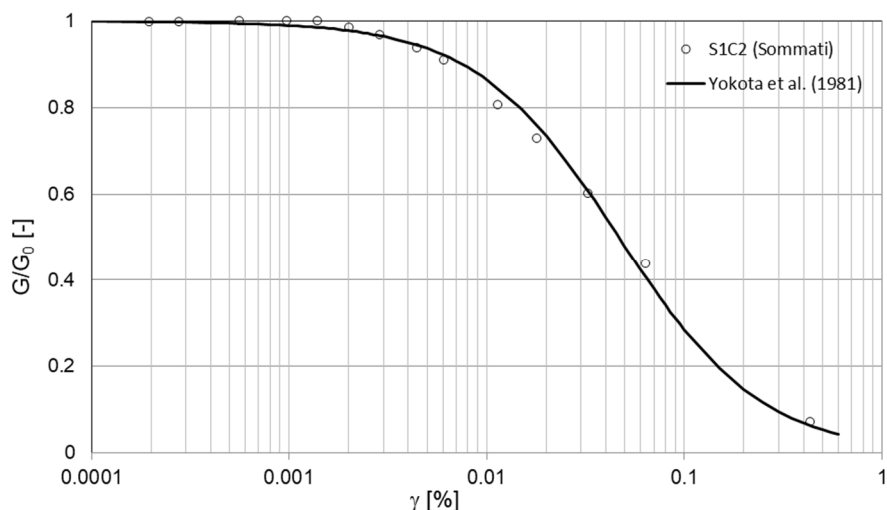
**Tabella 15. Parametri del modello di Yokota et al. (1981) adattati ai valori sperimentali di G(γ)/G<sub>0</sub> e rispettivo coefficiente di determinazione per i campioni esaminati.**

campione	S1C1 (Sommati)	S1C2 (Sommati)	S1C1 (Saletta)	S1C1 (Saletta+Sommati)
R <sup>2</sup>	0.987	0.989	0.976	0.982
α	23	41	27	25
β	0.967	1.210	0.9935	1.007

Le curve di decadimento del modulo di taglio normalizzato ottenute separatamente per il campione S1C1 (Sommati), S1C2 (Sommati) e S1C1 (Saletta) sono riportate rispettivamente in Figura 50, Figura 51 e Figura 52, insieme ai corrispondenti valori sperimentali. Le curve ottenute per ciascun campione sono poi confrontate in Figura 53, dove si evidenzia che, considerato che i campioni S1C1 (Sommati) e S1C1 (Saletta) si riferiscono a litologie e profondità confrontabili, le curve ottenute sono molto simili e, quindi, può essere adattato un unico modello ai dati sperimentali provenienti dai due campioni in modo da ottenere un'unica curva di decadimento, riportata sempre in Figura 53. I parametri  $\alpha$  e  $\beta$  che definiscono il modello così ottenuto sono riportati sempre in Tabella 15 insieme al coefficiente di determinazione,  $R^2$ .



**Figura 50. Curva di variazione del modulo di taglio normalizzato  $G/G_0$  con l'ampiezza della deformazione di taglio  $\gamma$  ottenuta per il campione S1C1 (Sommati) adattando ai dati sperimentali il modello di Yokota et al. (1981).**



**Figura 51. Curva di variazione del modulo di taglio normalizzato  $G/G_0$  con l'ampiezza della deformazione di taglio  $\gamma$  ottenuta per il campione S1C2 (Sommati) adattando ai dati sperimentali il modello di Yokota et al. (1981).**

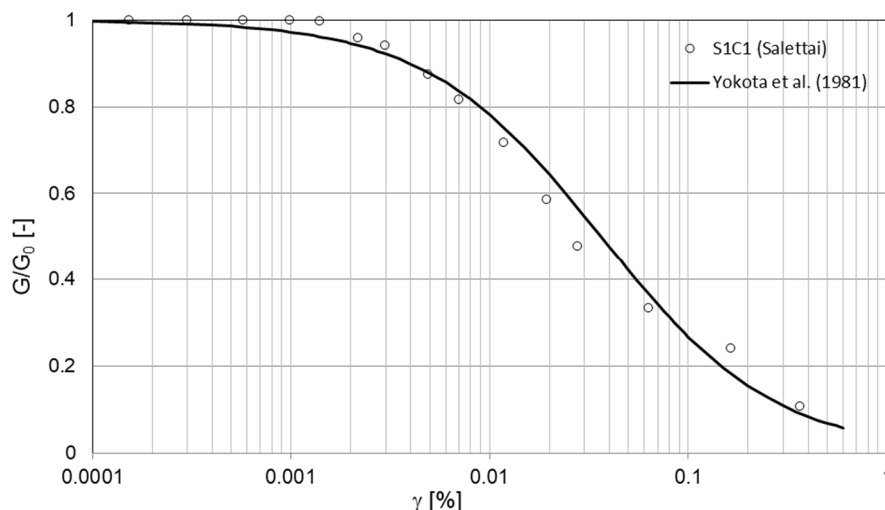


Figura 52. Curva di variazione del modulo di taglio normalizzato  $G/G_0$  con l'ampiezza della deformazione di taglio  $\gamma$  ottenuta per il campione S1C1 (Saletta) adattando ai dati sperimentali il modello di Yokota et al. (1981).

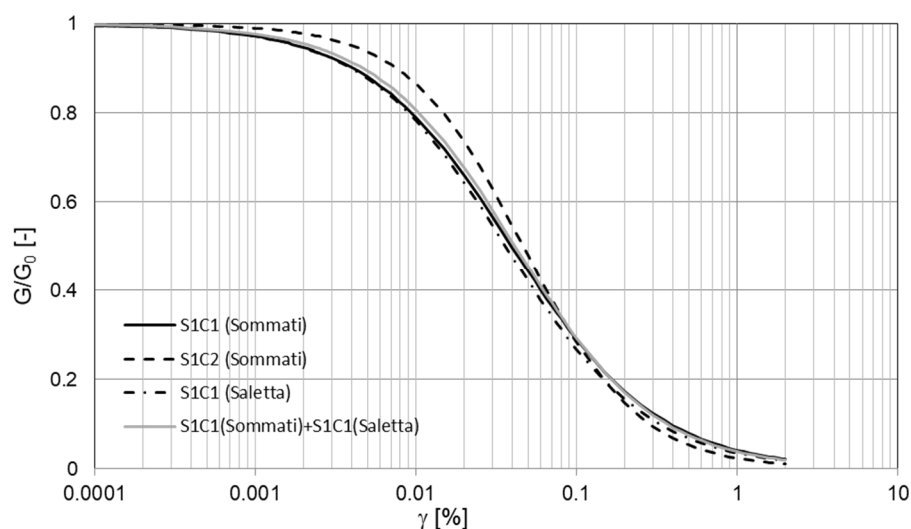


Figura 53. Curve di variazione del modulo di taglio normalizzato  $G/G_0$  con l'ampiezza della deformazione di taglio  $\gamma$  ottenute per i campioni esaminati adattando ai dati sperimentali il modello di Yokota et al. (1981).

### 3.2.2 Relazione D- $\gamma$

I valori del rapporto di smorzamento  $D$  in corrispondenza dei diversi livelli deformativi  $\gamma$  imposti sono stati ottenuti a partire dalle misure effettuate durante il decadimento (Fase 3 – v. par. 3) mediante la procedura “Amplitude Decay Method”.

Per esprimere analiticamente  $D$  in funzione di  $\gamma$ , è stata adattata ai dati sperimentali (riportati nei certificati in ALLEGATO) la seguente relazione di Yokota et al. (1981):



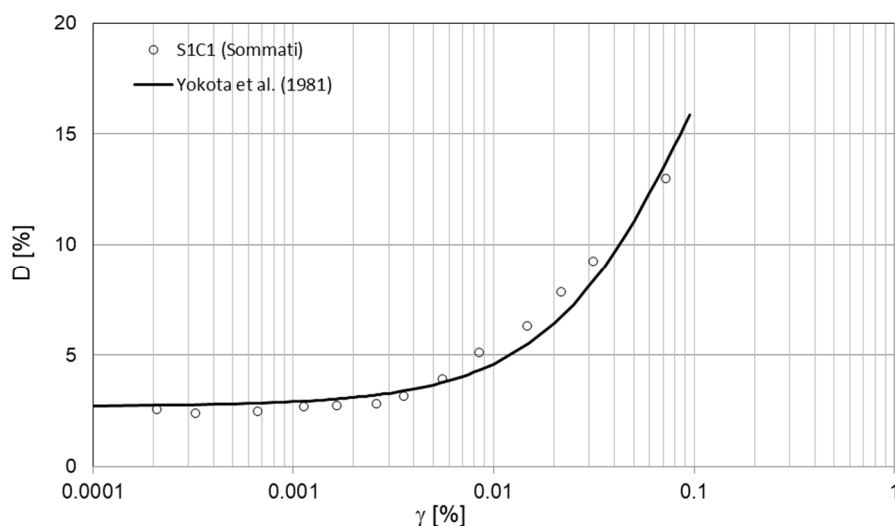
$$D = D_{\max} \cdot e^{\left( \lambda \cdot \frac{G}{G_0} \right)}$$

I valori dei parametri del modello  $\lambda$  e  $D_{\max}$  e il relativo coefficiente di determinazione  $R^2$  per ciascuno dei campioni sono riportati nella Tabella 16.

**Tabella 16. Parametri del modello di Yokota et al. (1981) adattati ai valori sperimentali di  $D(\gamma)$  e rispettivo coefficiente di determinazione per i campioni esaminati.**

campione	S1C1 (Sommati)	S1C2 (Sommati)	S1C1 (Saletta)	S1C1 (Saletta+Sommati)
$R^2$	0.985	0.991	0.963	0.948
$\lambda$	-2.523	-2.879	-2.278	-2.353
$D_{\max}$	34	40	33	32

In Figura 54, Figura 55 e Figura 56 sono rappresentati, rispettivamente, i valori sperimentali di  $D$  ottenuti per i campioni S1C1 (Sommati), S1C2 (Sommati) e S1C1 (Saletta) e le relative curve  $D(\gamma)$  ricavate all'adattamento del modello di Yokota et al. (1981). In Figura 57 sono invece confrontate le curve ottenute e, come per le curve  $G/G_0-\gamma$ , è riportata anche la curva ottenuta adattando il modello ai dati sperimentali relativi ad entrambi i campioni S1C1 (Sommati) e S1C1 (Saletta), con i relativi parametri riportati in Tabella 16.



**Figura 54. Curva di variazione del rapporto di smorzamento  $D$  con l'ampiezza della deformazione di taglio  $\gamma$  ottenuta per il campione S1C1 (Sommati) adattando ai dati sperimentali il modello di Yokota et al. (1981).**

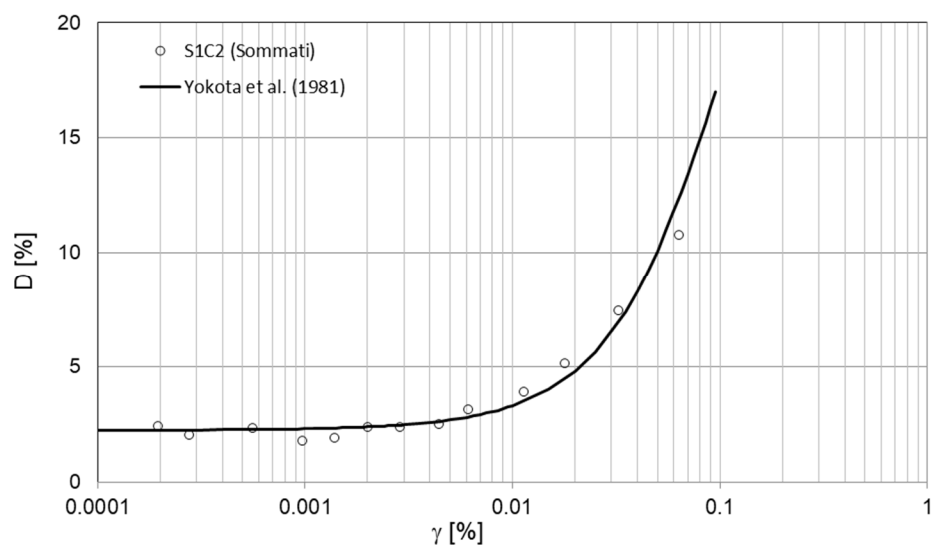


Figura 55. Curva di variazione del rapporto di smorzamento  $D$  con l'ampiezza della deformazione di taglio  $\gamma$  ottenuta per il campione S1C2 (Sommati) adattando ai dati sperimentali il modello di Yokota et al. (1981).

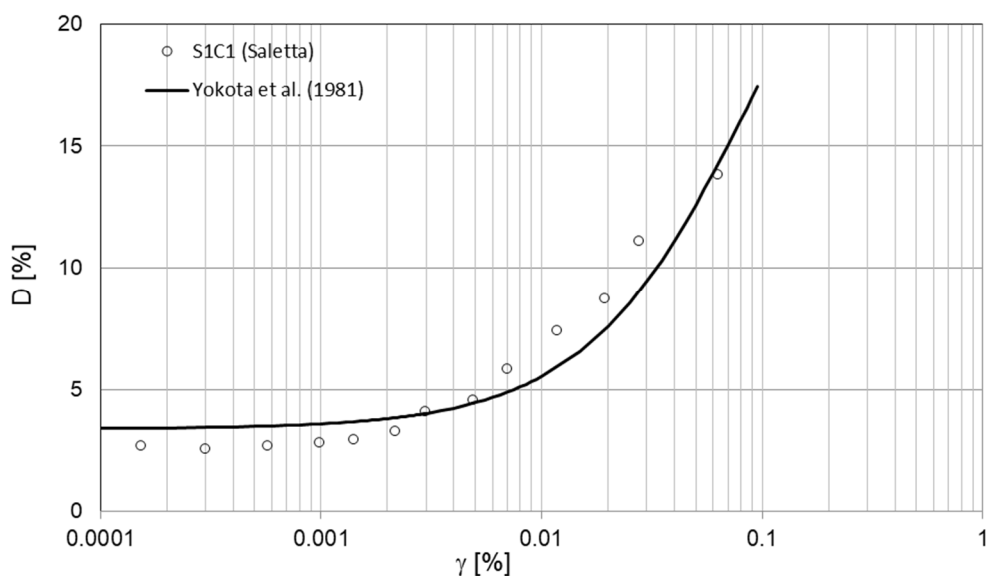


Figura 56. Curva di variazione del rapporto di smorzamento  $D$  con l'ampiezza della deformazione di taglio  $\gamma$  ottenuta per il campione S1C1 (Saletta) adattando ai dati sperimentali il modello di Yokota et al. (1981).

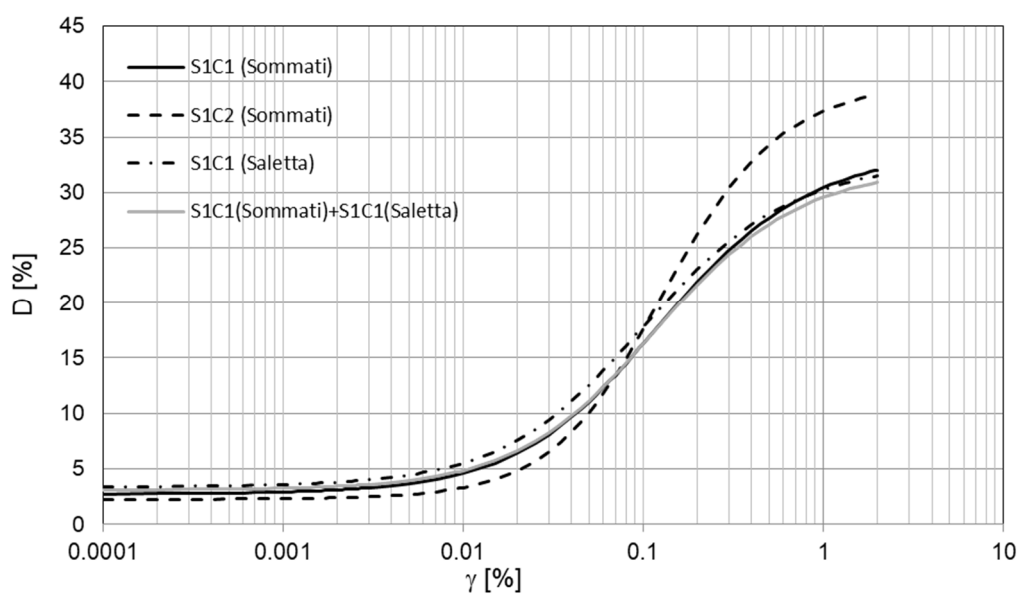


Figura 57. Curve di variazione del rapporto di smorzamento  $D$  con l'ampiezza della deformazione di taglio  $\gamma$  ottenute per i campioni esaminati adattando ai dati sperimentali il modello di Yokota et al. (1981).

### 3.3 Curve di rigidezza e smorzamento per la modellazione della RSL

Per un utilizzo più agevole dei risultati sopra descritti, ai fini della definizione dei modelli numerici che vengono di norma impiegati nelle analisi della RSL, si ritiene utile fornire per i campioni indagati anche i valori del modulo di taglio normalizzato e del rapporto di smorzamento in corrispondenza di una serie di valori della deformazione di taglio, opportunamente distribuiti lungo le curve dei modelli di Yokota et al. adattate ai dati sperimentali. Tali valori sono riportati nella Tabella 17.

Tabella 17. Valori del modulo di taglio normalizzato e del rapporto di smorzamento per i campioni esaminati.

Campione	S1C1 (Sommati)		S1C2 (Sommati)		S1C1 (Saletta)		S1C1 Sommati + S1C1 Saletta	
$\gamma$ [%]	G/G <sub>0</sub> [-]	D [%]	G/G <sub>0</sub> [-]	D [%]	G/G <sub>0</sub> [-]	D [%]	G/G <sub>0</sub> [-]	D [%]
0.00005	0.998426	2.726797	0.999745	2.248521	0.998565	3.376973	0.998856	3.091187
0.00010	0.996928	2.737122	0.999409	2.250692	0.997147	3.3879	0.997703	3.099582
0.00050	0.985604	2.816457	0.995876	2.273711	0.986041	3.474716	0.988489	3.167499
0.00100	0.972244	2.91302	0.990511	2.309105	0.972586	3.582874	0.977131	3.253277
0.00200	0.94715	3.103434	0.978321	2.391597	0.946862	3.79912	0.955075	3.426542
0.00500	0.880807	3.668965	0.93708	2.693154	0.877604	4.448448	0.894166	3.954459
0.01000	0.790829	4.604097	0.865564	3.308986	0.78267	5.522533	0.807829	4.845047
0.02000	0.659208	6.417703	0.735688	4.809602	0.643973	7.574732	0.676538	6.598386
0.03000	0.56654	8.108286	0.63021	6.516482	0.547313	9.440701	0.581655	8.248593
0.04000	0.497401	9.6537	0.546134	8.301444	0.476021	11.10561	0.509962	9.764028
0.05000	0.443704	11.05443	0.478785	10.07804	0.42124	12.58181	0.453914	11.14022
0.07500	0.350199	13.99594	0.359975	14.18898	0.32728	15.58509	0.3559	14.02927
0.10000	0.28981	16.29967	0.28424	17.64662	0.2677	17.85087	0.292572	16.28309
0.20000	0.17272	21.90233	0.146522	26.23506	0.155124	23.06981	0.170657	21.69192
0.50000	0.079265	27.72695	0.05362	34.28153	0.068798	28.08382	0.075595	27.12831
0.75000	0.054971	29.47972	0.033527	36.32337	0.04706	29.50967	0.051559	28.70653
1.00000	0.042187	30.44621	0.023908	37.34355	0.03578	30.27787	0.039098	29.56055
2.00000	0.022038	32.03415	0.010478	38.81597	0.018296	31.50819	0.019843	30.93036
5.00000	0.009206	33.0883	0.003482	39.60578	0.007444	32.29694	0.007981	31.80564

# ALLEGATO

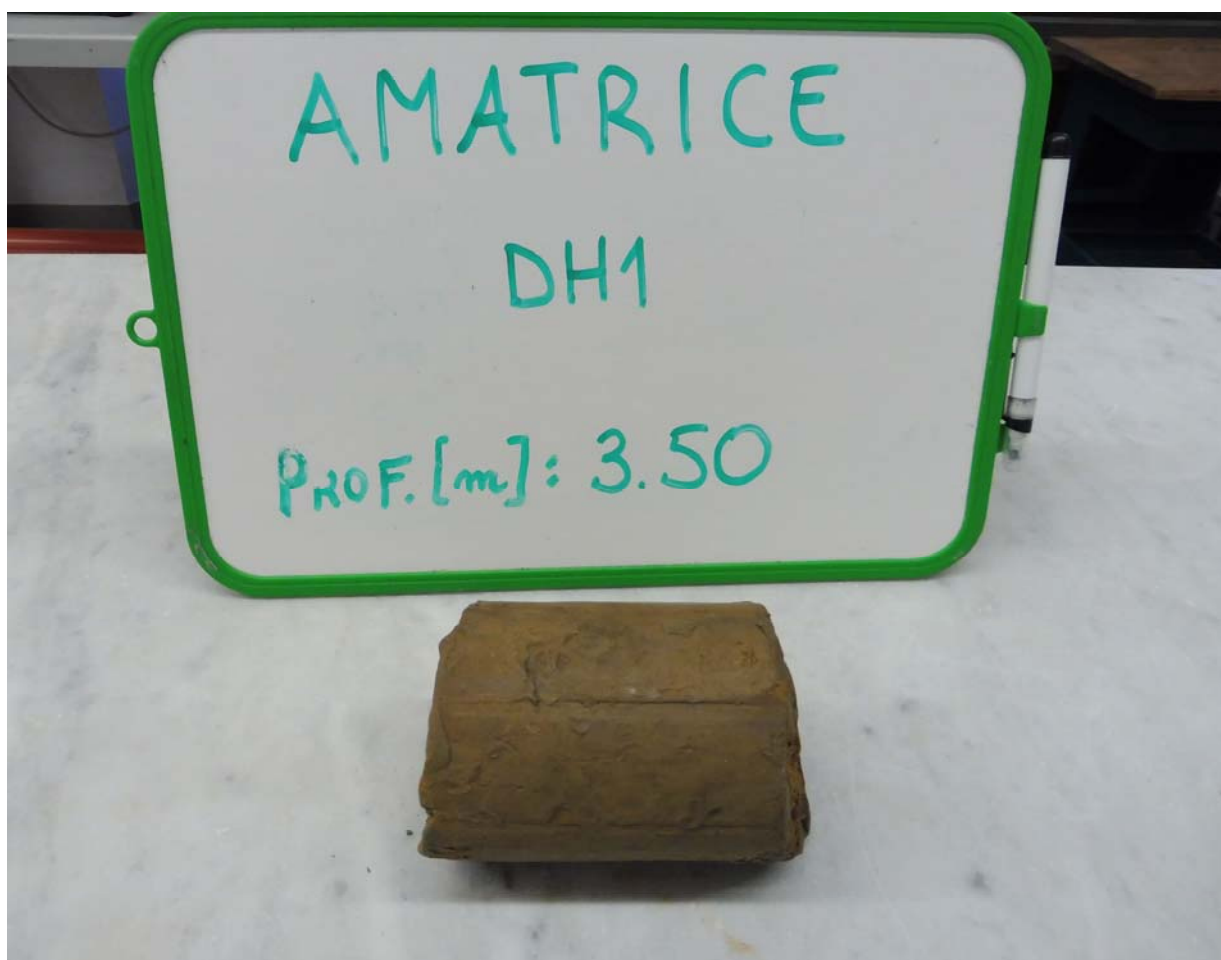


UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI  
FIRENZE

**DICEA**  
DIPARTIMENTO  
DI INGEGNERIA CIVILE  
E AMBIENTALE

Laboratorio di Geotecnica

**Committente:** Centro MS  
**Cantiere:** Amatrice  
**Sondaggio:** DH1  
**Campione:**  
**Profondità:** 3,50 m



**Fotografia**





UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI  
FIRENZE

**DICEA**  
DIPARTIMENTO  
DI INGEGNERIA CIVILE  
E AMBIENTALE

Laboratorio di Geotecnica

**Committente:** Centro MS

**Cantiere:** Amatrice

**Sondaggio:** DH1

**Campione:**

**Profondità:** 3,50 m

CONTENITORE DEL CAMPIONE: sacchetto di plastica

#### DESCRIZIONE:

Limo argilloso di colore marrone rossastro con tracce di ossidazione.  
Presenti lenti di sabbia fine di colore giallo.

PENETROMETRO TASCABILE:

P.P. [kPa] =

SCISSOMETRO TASCABILE:

T.V. [kPa] =

CONTENUTO NATURALE IN ACQUA:

w [%] =

PESO DI VOLUME:

$\gamma$  [kN/m<sup>3</sup>] =

PESO SPECIFICO DEI COSTITUENTI SOLIDI:

$\gamma_s$  [kN/m<sup>3</sup>] =

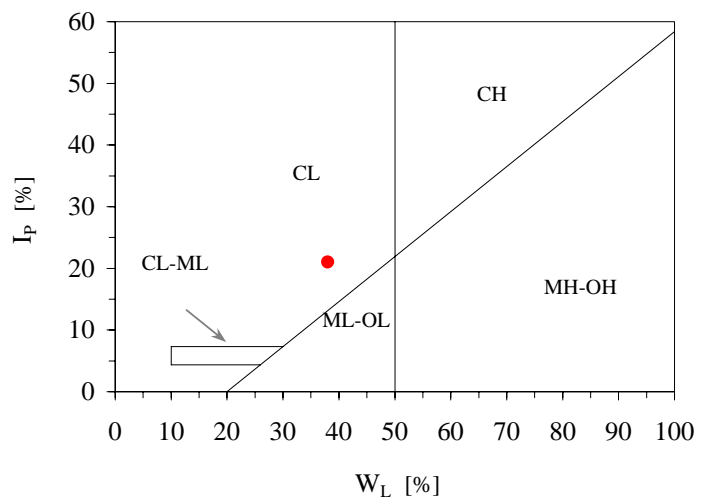
LIMITI DI ATTERBERG (\*):

LIMITE DI LIQUIDITÀ  $W_L$  [%] = 38

LIMITE DI PLASTICITÀ  $W_P$  [%] = 17

INDICE DI PLASTICITÀ  $I_P$  [%] = 21

CLASSIFICAZIONE U.S.C.S. = CL



(\*) determinazione effettuata sul passante al vaglio n° 40 ASTM

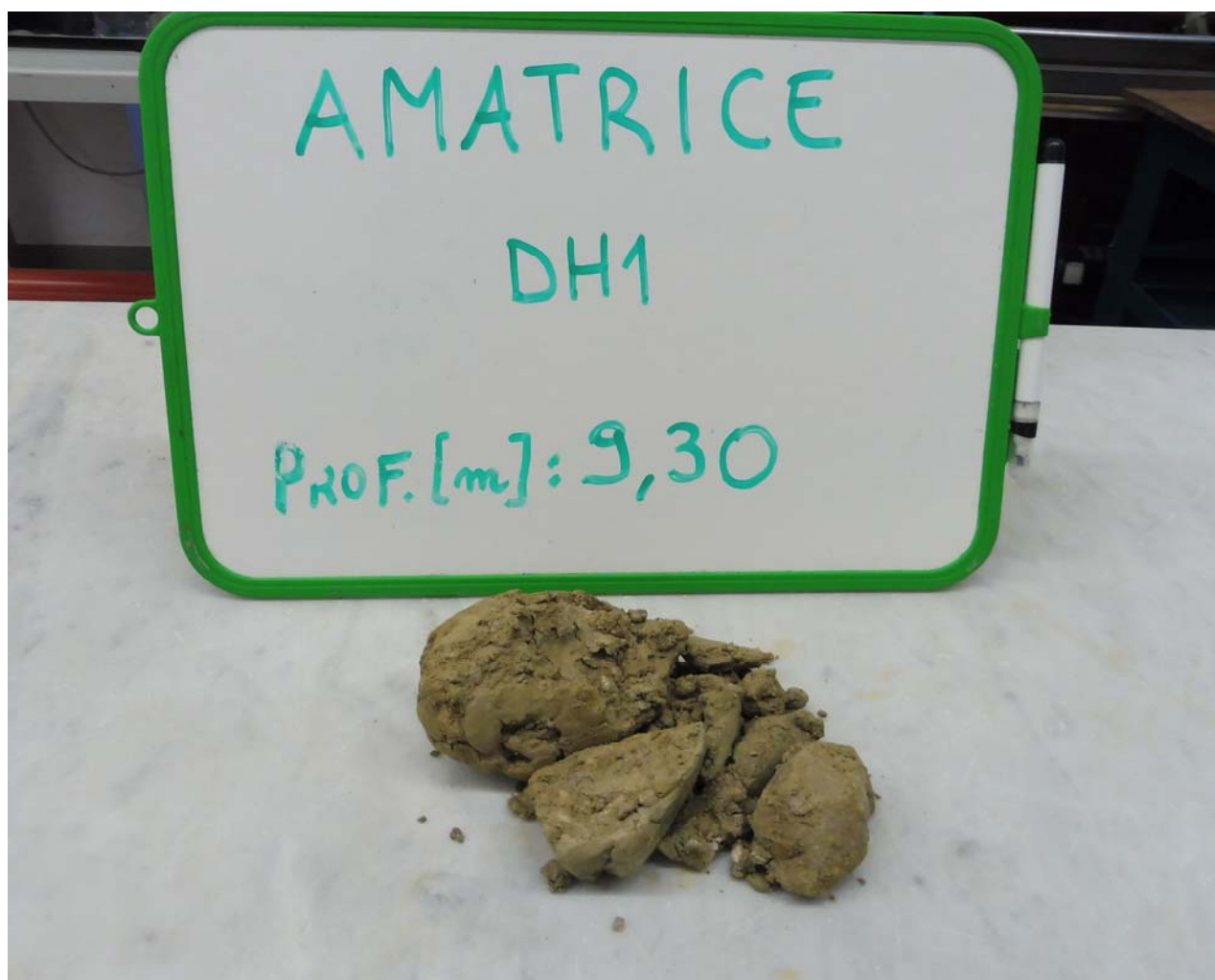


UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI  
FIRENZE

**DICEA**  
DIPARTIMENTO  
DI INGEGNERIA CIVILE  
E AMBIENTALE

Laboratorio di Geotecnica

**Committente:** Centro MS  
**Cantiere:** Amatrice  
**Sondaggio:** DH1  
**Campione:**  
**Profondità:** 9,30 m



**Fotografia**



UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI  
FIRENZE

**DICEA**  
DIPARTIMENTO  
DI INGEGNERIA CIVILE  
E AMBIENTALE

Laboratorio di Geotecnica

## COMPOSIZIONE GRANULOMETRICA

**Committente:** Centro MS

**Cantiere:** Amatrice

**Sondaggio:** DH1

**Campione:**

**Profondità:** 9,30 m

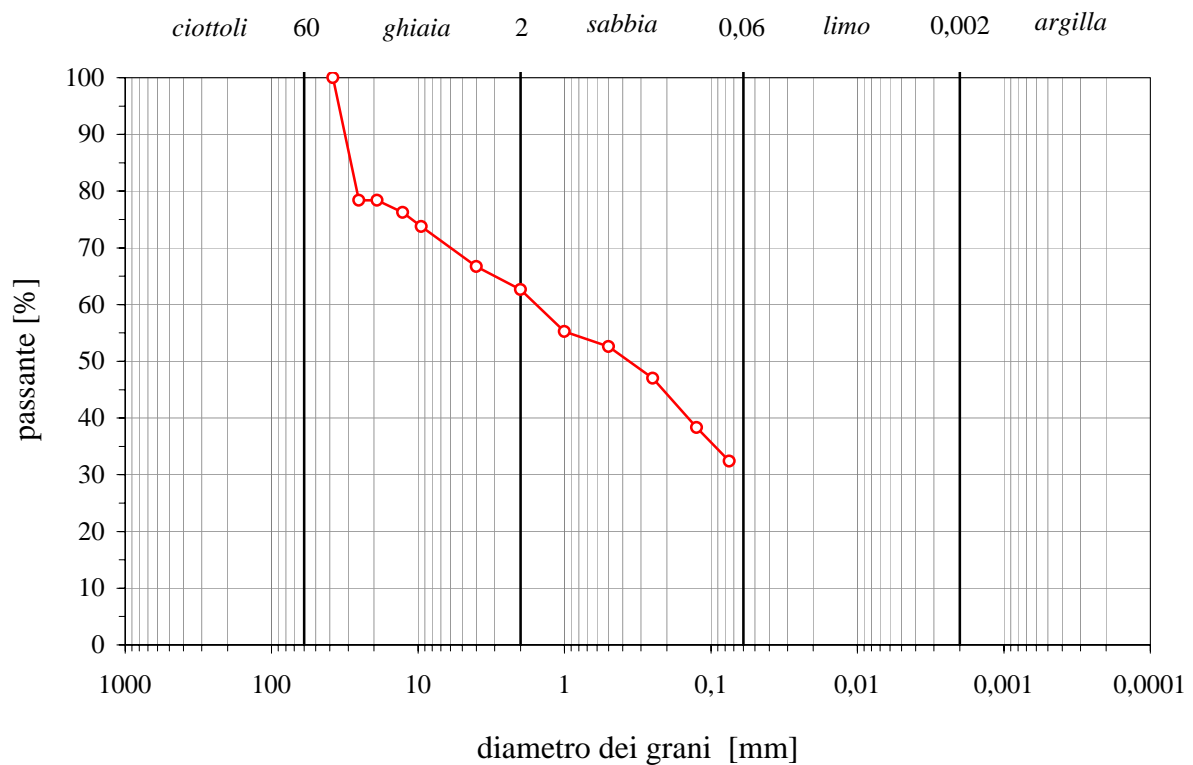
### Descrizione:

Ghiaia e sabbia con limo argillosa di colore grigio chiaro con alcune ossidazioni rossastre.

I clasti hanno generalmente spigoli subarrotondati.

La frazione sabbiosa è prevalentemente fine.

numero setaccio ASTM	apertura maglie [mm]	percentuale passante [%]
3 "	76,200	
2 "	50,800	
1,5 "	38,100	100,00
1 "	25,400	78,40
3/4 "	19,050	78,40
1/2 "	12,700	76,23
3/8 "	9,520	73,76
	4,000	66,71
10	2,000	62,63
18	1,000	55,24
35	0,500	52,61
60	0,250	47,02
	0,125	38,29
200	0,075	32,39



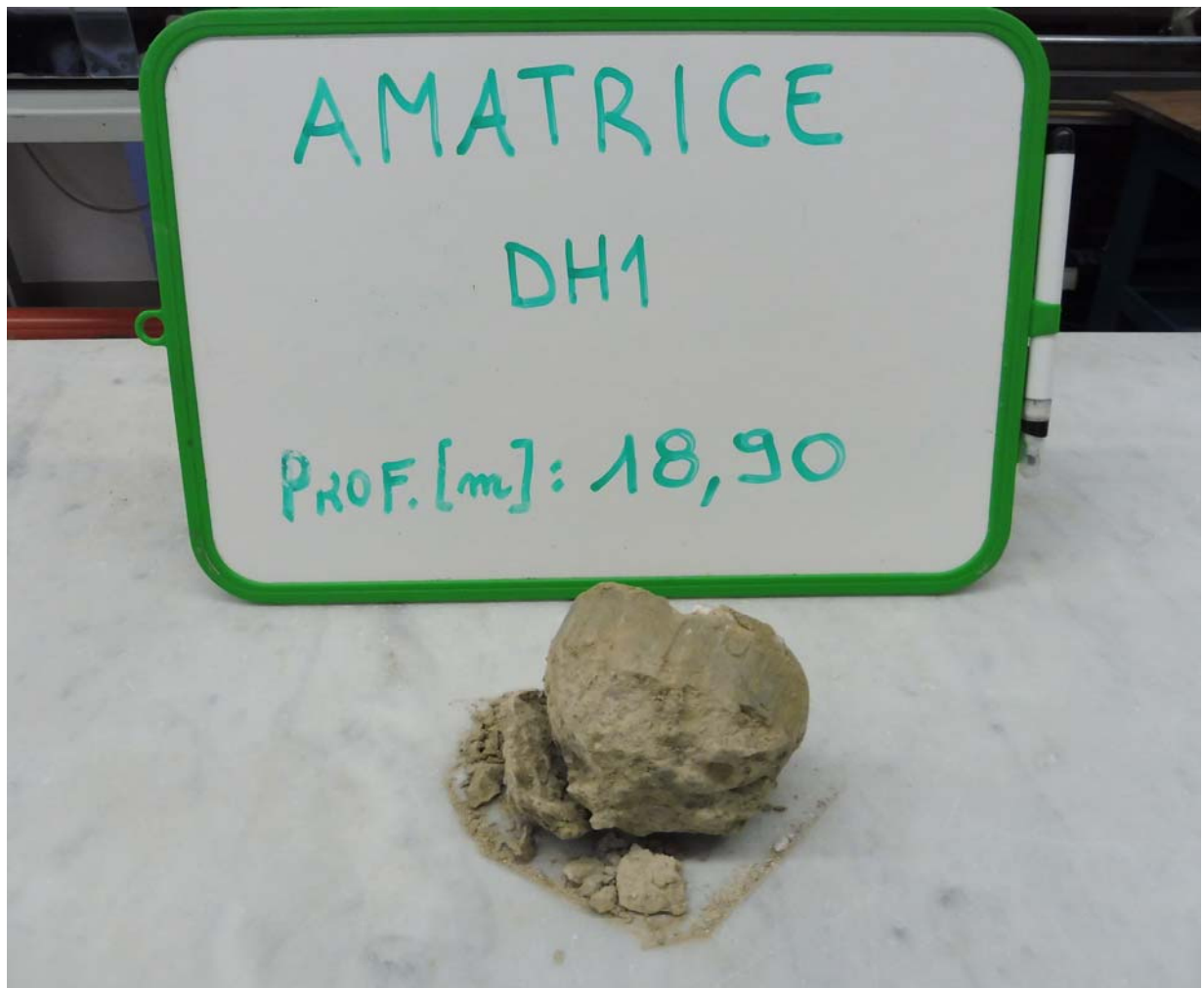


UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI  
FIRENZE

**DICEA**  
DIPARTIMENTO  
DI INGEGNERIA CIVILE  
E AMBIENTALE

Laboratorio di Geotecnica

**Committente:** Centro MS  
**Cantiere:** Amatrice  
**Sondaggio:** DH1  
**Campione:**  
**Profondità:** 18,90 m



**Fotografia**



UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI  
FIRENZE

**DICEA**  
DIPARTIMENTO  
DI INGEGNERIA CIVILE  
E AMBIENTALE

Laboratorio di Geotecnica

## COMPOSIZIONE GRANULOMETRICA

**Committente:** Centro MS

**Cantiere:** Amatrice

**Sondaggio:** DH1

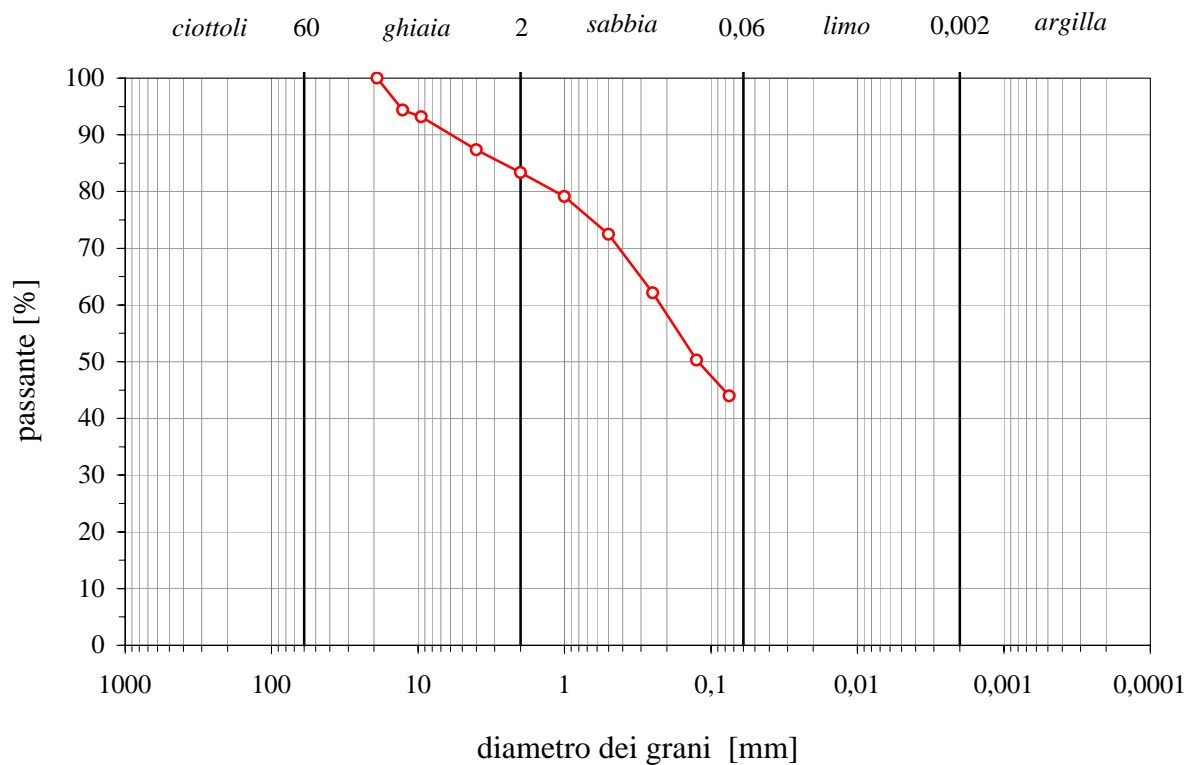
**Campione:**

**Profondità:** 18,90 m

### Descrizione:

Limo con sabbia fine e ghiaia avente spigoli da arrotondati a sub angolari con diametro massimo pari a 2 cm, di colore grigio chiaro.

numero setaccio ASTM	apertura maglie [mm]	percentuale passante [%]
3 "	76,200	
2 "	50,800	
1,5 "	38,100	
1 "	25,400	
3/4 "	19,050	100,00
1/2 "	12,700	94,38
3/8 "	9,520	93,17
	4,000	87,36
10	2,000	83,36
18	1,000	79,11
35	0,500	72,43
60	0,250	62,16
	0,125	50,26
200	0,075	43,94





UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI  
FIRENZE

**DICEA**  
DIPARTIMENTO  
DI INGEGNERIA CIVILE  
E AMBIENTALE

Laboratorio di Geotecnica

**Committente:** Centro MS  
**Cantiere:** Amatrice  
**Sondaggio:** DH1  
**Campione:**  
**Profondità:** 24,60 m



**Fotografia**





UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI  
FIRENZE

**DICEA**  
DIPARTIMENTO  
DI INGEGNERIA CIVILE  
E AMBIENTALE

Laboratorio di Geotecnica

## COMPOSIZIONE GRANULOMETRICA

**Committente:** Centro MS

**Cantiere:** Amatrice

**Sondaggio:** DH1

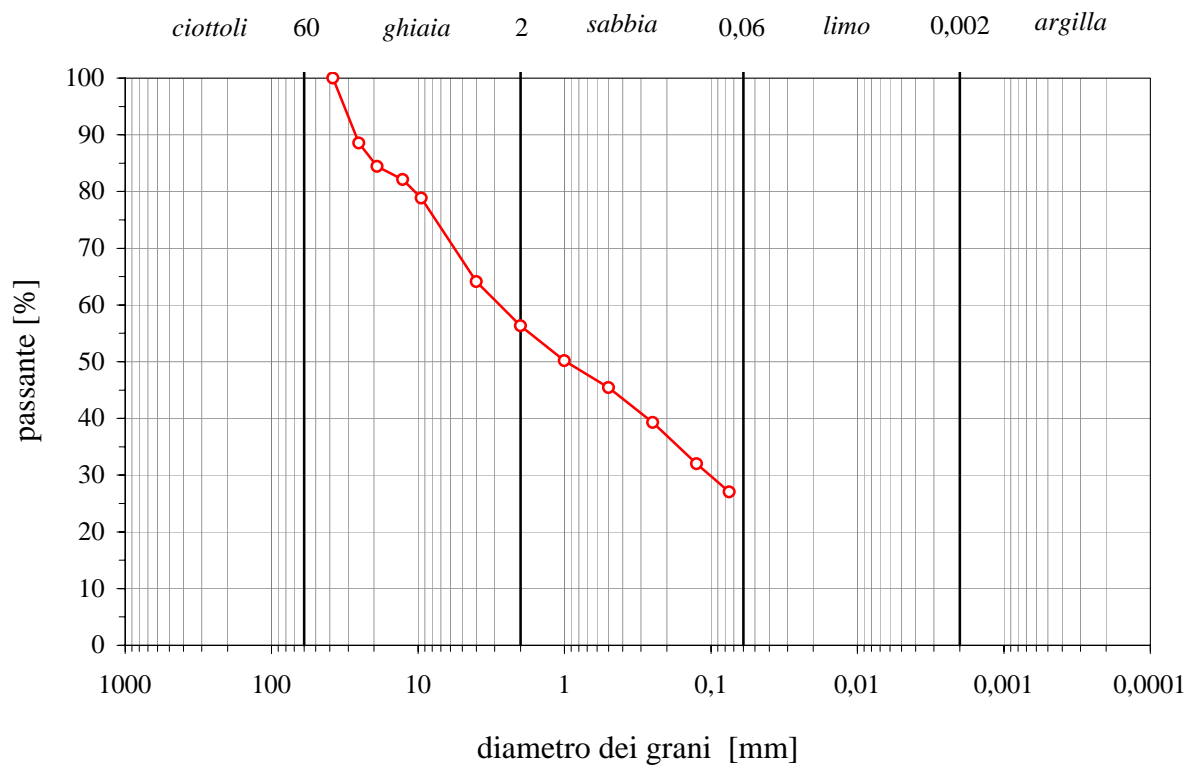
**Campione:**

**Profondità:** 24,60 m

### Descrizione:

Ghiaia e sabbia in matrice limosa di colore marrone chiaro. Clasti con spigoli sub arrotondati e diametro massimo 3 cm.

numero setaccio ASTM	apertura maglie [mm]	percentuale passante [%]
3 "	76,200	100,00
2 "	50,800	
1,5 "	38,100	
1 "	25,400	
3/4 "	19,050	
1/2 "	12,700	
3/8 "	9,520	
	4,000	64,10
10	2,000	56,33
18	1,000	50,17
35	0,500	45,42
60	0,250	39,30
	0,125	32,00
200	0,075	27,02



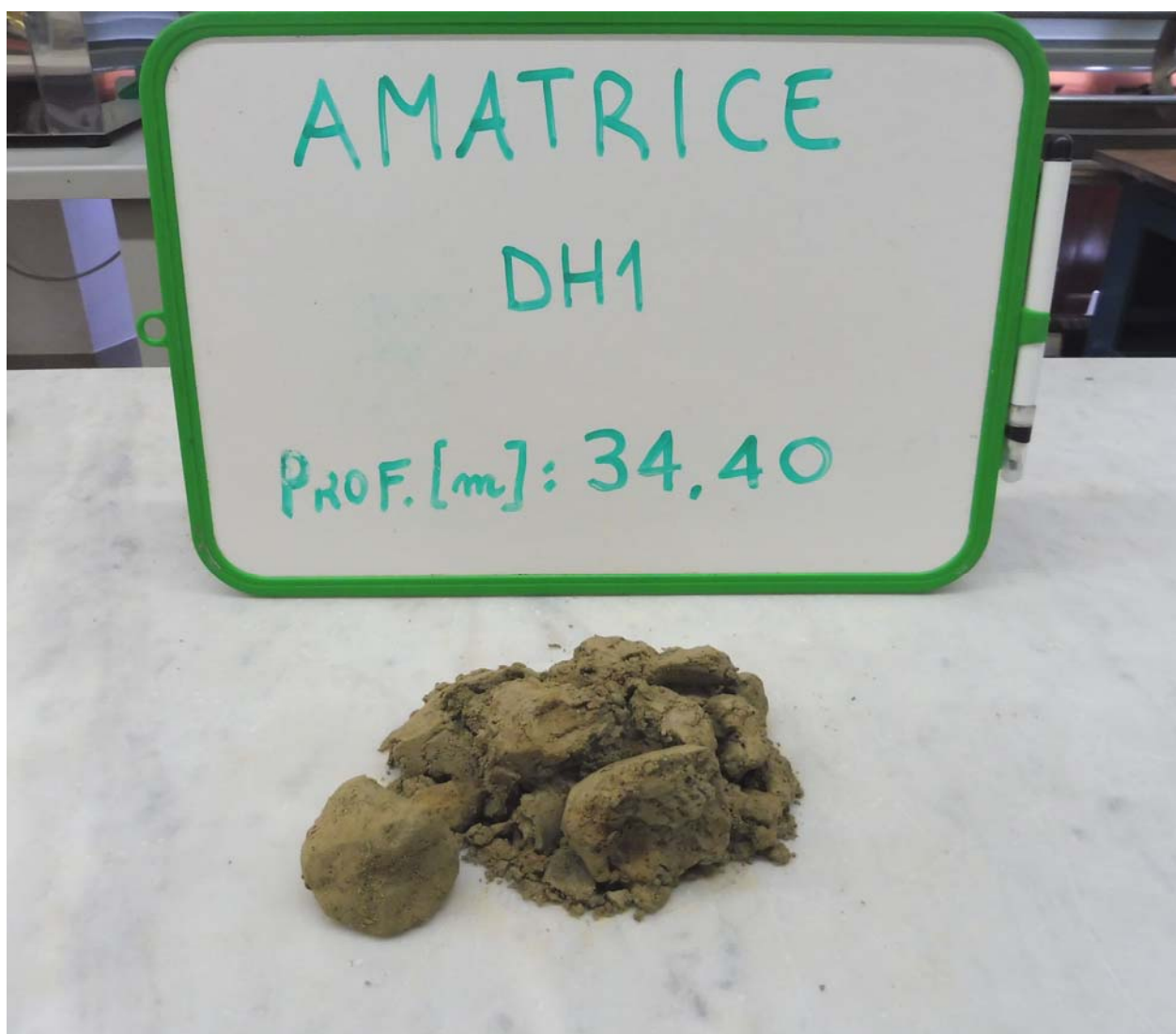


UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI  
FIRENZE

**DICEA**  
DIPARTIMENTO  
DI INGEGNERIA CIVILE  
E AMBIENTALE

Laboratorio di Geotecnica

**Committente:** Centro MS  
**Cantiere:** Amatrice  
**Sondaggio:** DH1  
**Campione:**  
**Profondità:** 34,40 m



**Fotografia**



UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI  
FIRENZE

**DICEA**  
DIPARTIMENTO  
DI INGEGNERIA CIVILE  
E AMBIENTALE

Laboratorio di Geotecnica

## COMPOSIZIONE GRANULOMETRICA

**Committente:** Centro MS

**Cantiere:** Amatrice

**Sondaggio:** DH1

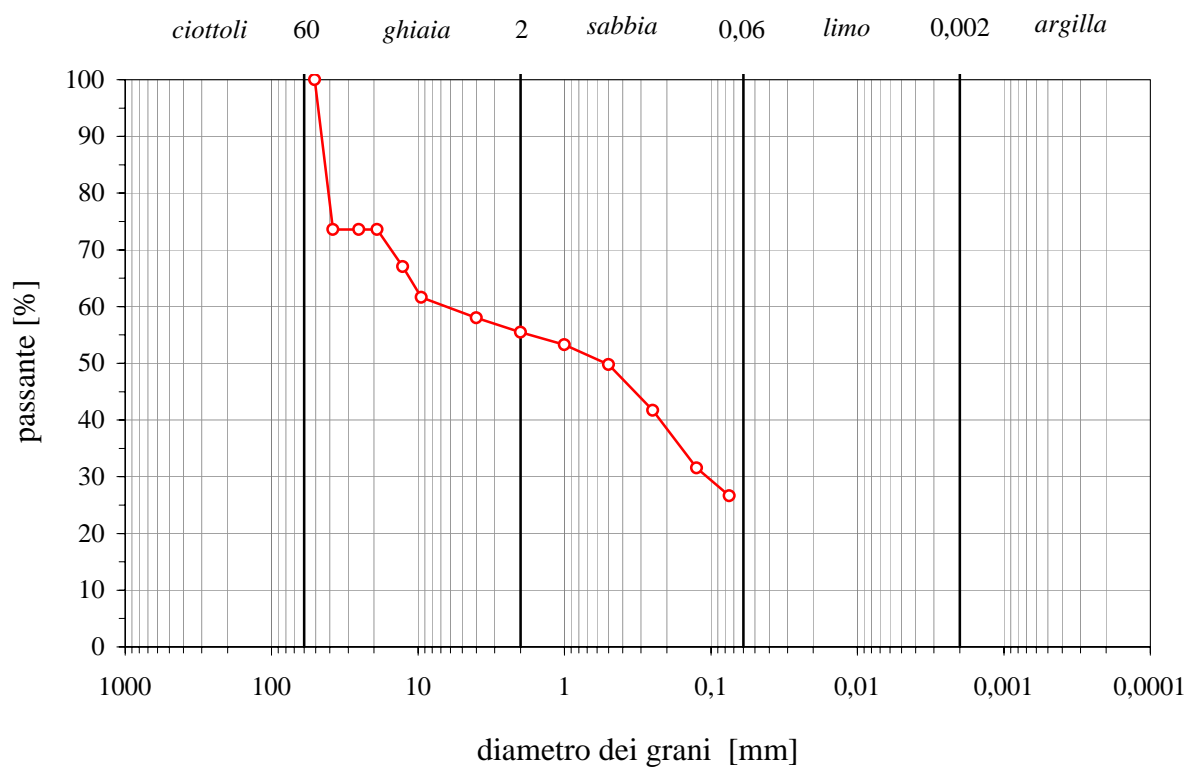
**Campione:**

**Profondità:** 34,40 m

### Descrizione:

Ghiaia con sabbia prevalentemente medio fine in matrice limo-argillosa di colore marrone chiaro. I clasti sono di origine arenacea con spigoli in prevalenza sub arrotondati e diametro massimo 4 cm.

numero setaccio ASTM	apertura maglie [mm]	percentuale passante [%]
3 "	76,200	
2 "	50,800	100,00
1,5 "	38,100	73,59
1 "	25,400	73,59
3/4 "	19,050	73,59
1/2 "	12,700	67,03
3/8 "	9,520	61,63
	4,000	58,03
10	2,000	55,48
18	1,000	53,29
35	0,500	49,78
60	0,250	41,71
	0,125	31,53
200	0,075	26,63





UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI  
FIRENZE

**DICEA**  
DIPARTIMENTO  
DI INGEGNERIA CIVILE  
E AMBIENTALE

Laboratorio di Geotecnica

**Committente:** Centro MS

**Cantiere:** Amatrice

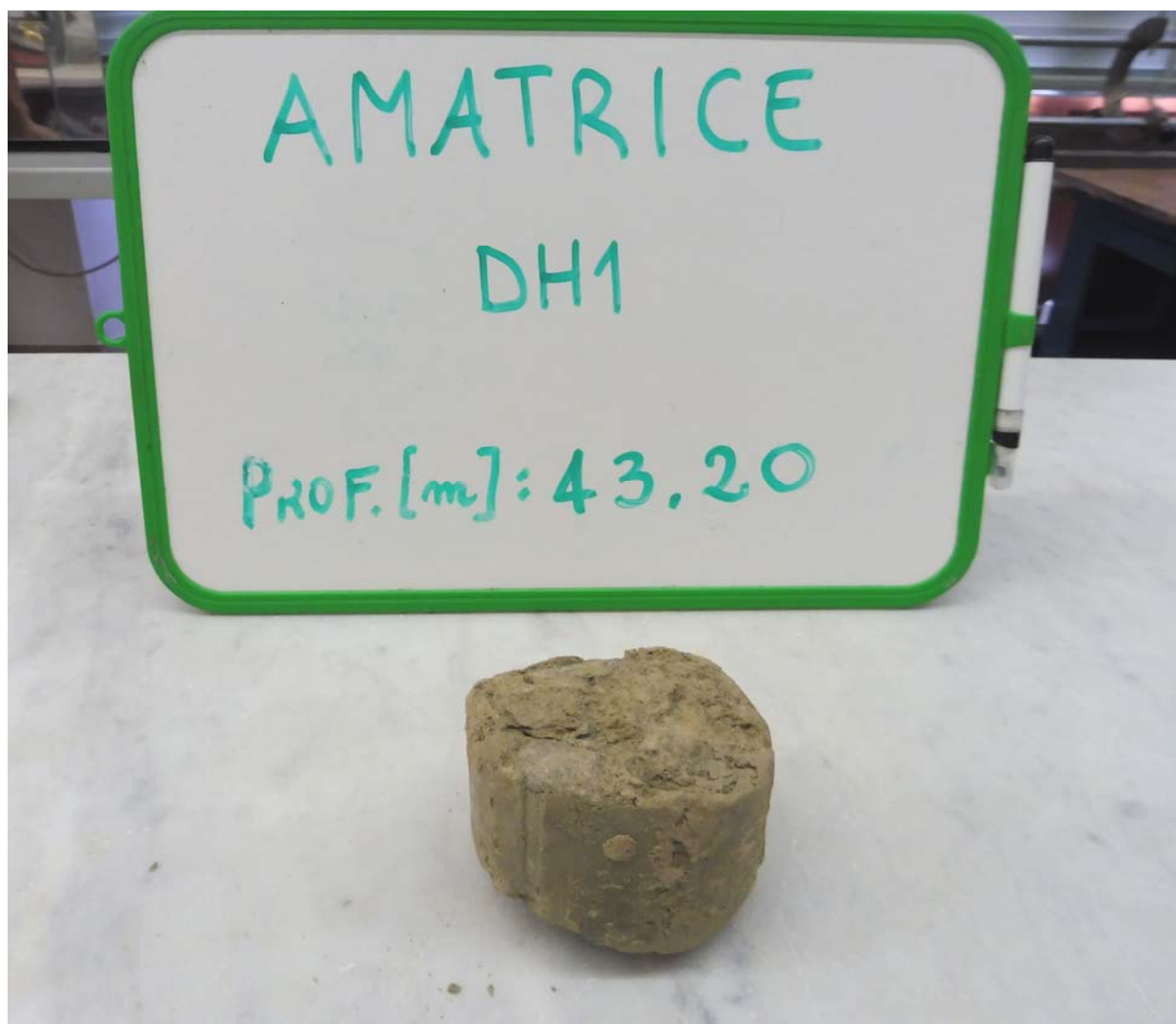
**Sondaggio:** DH1

**Campione:**

**Profondità:** 43,20 m

**Descrizione:**

Ghiaia di natura arenacea in matrice sabbiosa prevalentemente fine di colore marrone chiaro.



**Fotografia**



UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI  
FIRENZE

**DICEA**  
DIPARTIMENTO  
DI INGEGNERIA CIVILE  
E AMBIENTALE

Laboratorio di Geotecnica

**Committente:** Centro MS  
**Cantiere:** Amatrice  
**Sondaggio:** DH1  
**Campione:**  
**Profondità:** 49,10 m



**Fotografia**



UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI  
FIRENZE  
**DICEA**  
DIPARTIMENTO  
DI INGEGNERIA CIVILE  
E AMBIENTALE

Laboratorio di Geotecnica

**Committente:** Centro MS  
**Cantiere:** Amatrice  
**Sondaggio:** DH1  
**Campione:**  
**Profondità:** 49,10 m

CONTENITORE DEL CAMPIONE: sacchetto di plastica

**DESCRIZIONE:**

Marna argillosa alterata di colore marrone-grigio con stratificazioni di colore rossastro.

PENETROMETRO TASCABILE:

P.P. [kPa] =

SCISSOMETRO TASCABILE:

T.V. [kPa] =

CONTENUTO NATURALE IN ACQUA:

w [%] =

PESO DI VOLUME:

$\gamma$  [kN/m<sup>3</sup>] =

PESO SPECIFICO DEI COSTITUENTI SOLIDI:

$\gamma_s$  [kN/m<sup>3</sup>] =

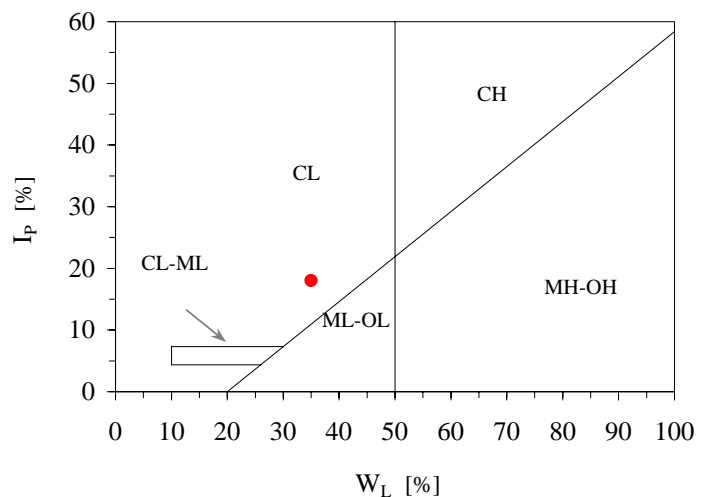
LIMITI DI ATTERBERG (\*):

LIMITE DI LIQUIDITÀ  $W_L$  [%] = 35

LIMITE DI PLASTICITÀ  $W_P$  [%] = 17

INDICE DI PLASTICITÀ  $I_P$  [%] = 18

CLASSIFICAZIONE U.S.C.S. = CL



(\*) determinazione effettuata sul passante al vaglio n° 40 ASTM





UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI  
FIRENZE

**DICEA**  
DIPARTIMENTO  
DI INGEGNERIA CIVILE  
E AMBIENTALE

Laboratorio di Geotecnica

**Committente:** Centro MS  
**Cantiere:** Amatrice  
**Sondaggio:** DH2  
**Campione:**  
**Profondità:** 2,50 m



**Fotografia**



UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI  
FIRENZE

**DICEA**  
DIPARTIMENTO  
DI INGEGNERIA CIVILE  
E AMBIENTALE

Laboratorio di Geotecnica

## COMPOSIZIONE GRANULOMETRICA

**Committente:** Centro MS

**Cantiere:** Amatrice

**Sondaggio:** DH2

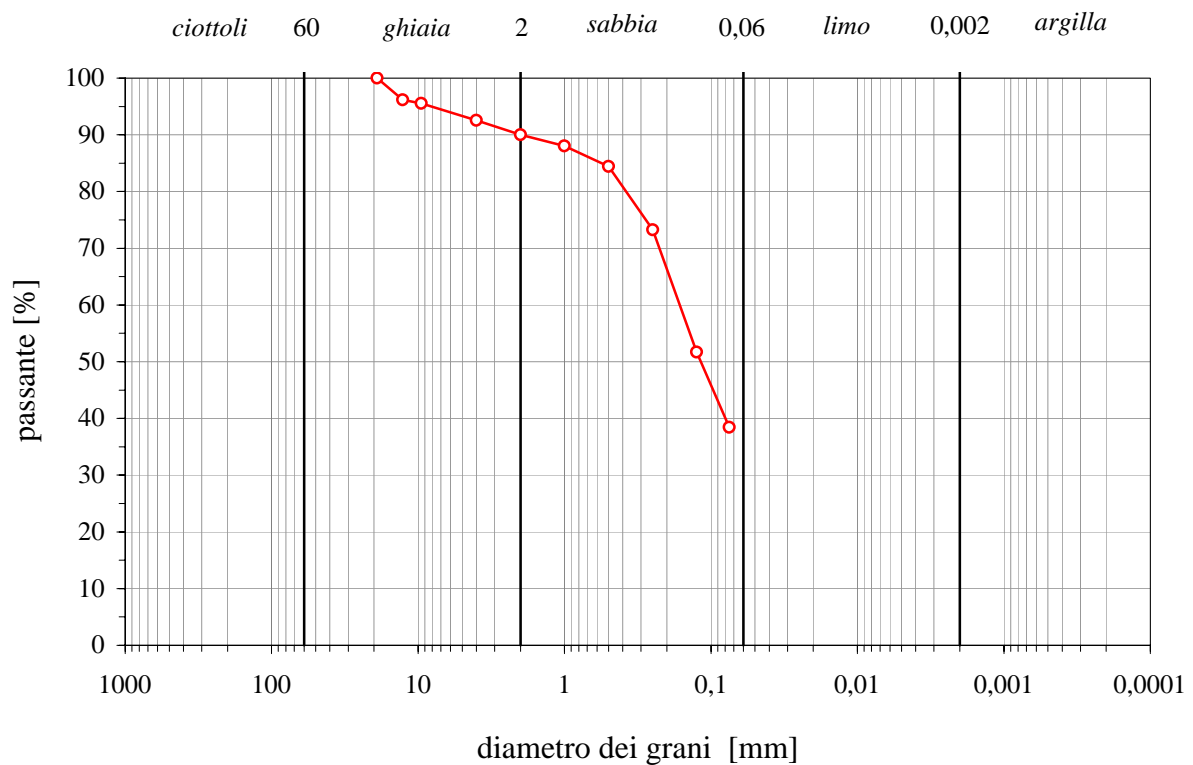
**Campione:**

**Profondità:** 2,50 m

### Descrizione:

Sabbia medio fine con limo debolmente ghiaiosa, di colore marrone scuro. I clasti hanno spigoli in genere sub angolari e diametro massimo 1,5 cm.

numero setaccio ASTM	apertura maglie [mm]	percentuale passante [%]
3 "	76,200	
2 "	50,800	
1,5 "	38,100	
1 "	25,400	
3/4 "	19,050	100,00
1/2 "	12,700	96,15
3/8 "	9,520	95,52
	4,000	92,58
10	2,000	90,00
18	1,000	88,06
35	0,500	84,45
60	0,250	73,27
	0,125	51,71
200	0,075	38,43





UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI  
FIRENZE

**DICEA**  
DIPARTIMENTO  
DI INGEGNERIA CIVILE  
E AMBIENTALE

Laboratorio di Geotecnica

**Committente:** Centro MS  
**Cantiere:** Amatrice  
**Sondaggio:** DH2  
**Campione:**  
**Profondità:** 7,00 m



**Fotografia**



UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI  
FIRENZE

**DICEA**  
DIPARTIMENTO  
DI INGEGNERIA CIVILE  
E AMBIENTALE

Laboratorio di Geotecnica

## COMPOSIZIONE GRANULOMETRICA

**Committente:** Centro MS

**Cantiere:** Amatrice

**Sondaggio:** DH2

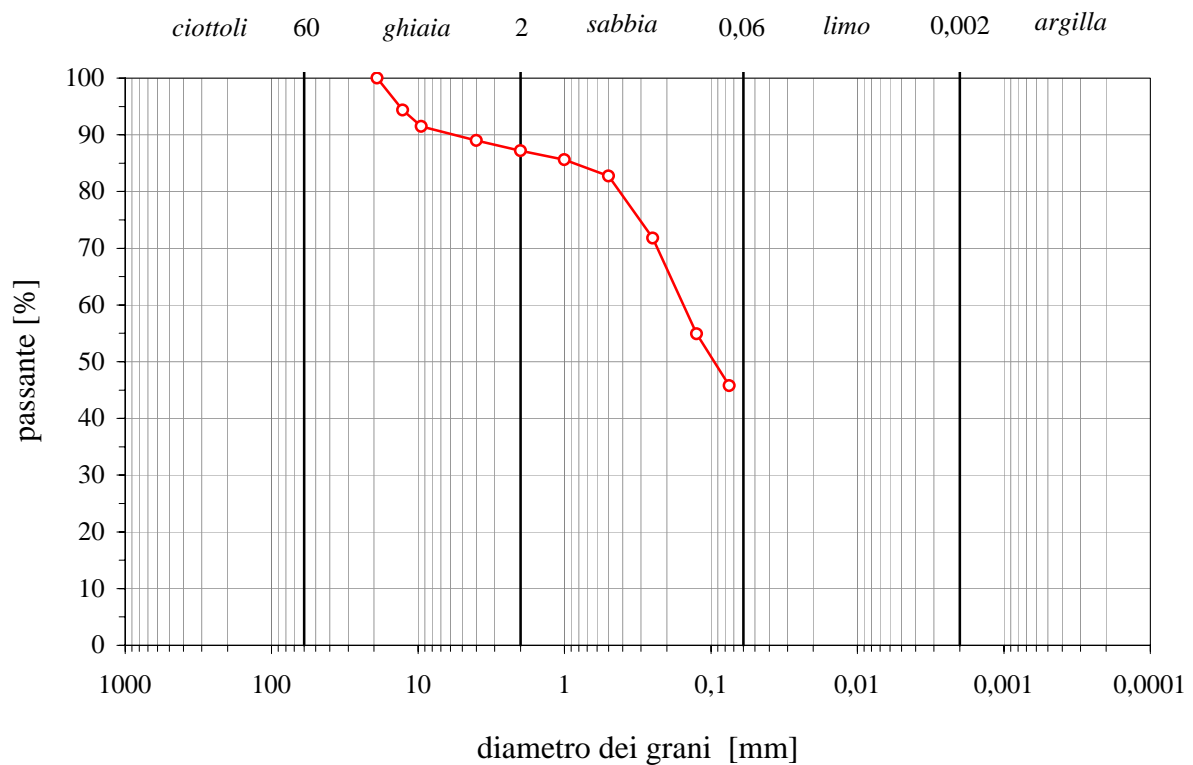
**Campione:**

**Profondità:** 7,00 m

### Descrizione:

Sabbia media e fine con limo debolmente ghiaiosa, di colore marrone scuro. I clasti hanno spigoli sub-angolari con massima dimensione pari a 1 cm circa.

numero setaccio ASTM	apertura maglie [mm]	percentuale passante [%]
3 "	76,200	
2 "	50,800	
1,5 "	38,100	
1 "	25,400	
3/4 "	19,050	100,00
1/2 "	12,700	94,35
3/8 "	9,520	91,46
	4,000	88,99
10	2,000	87,18
18	1,000	85,61
35	0,500	82,71
60	0,250	71,78
	0,125	54,93
200	0,075	45,77



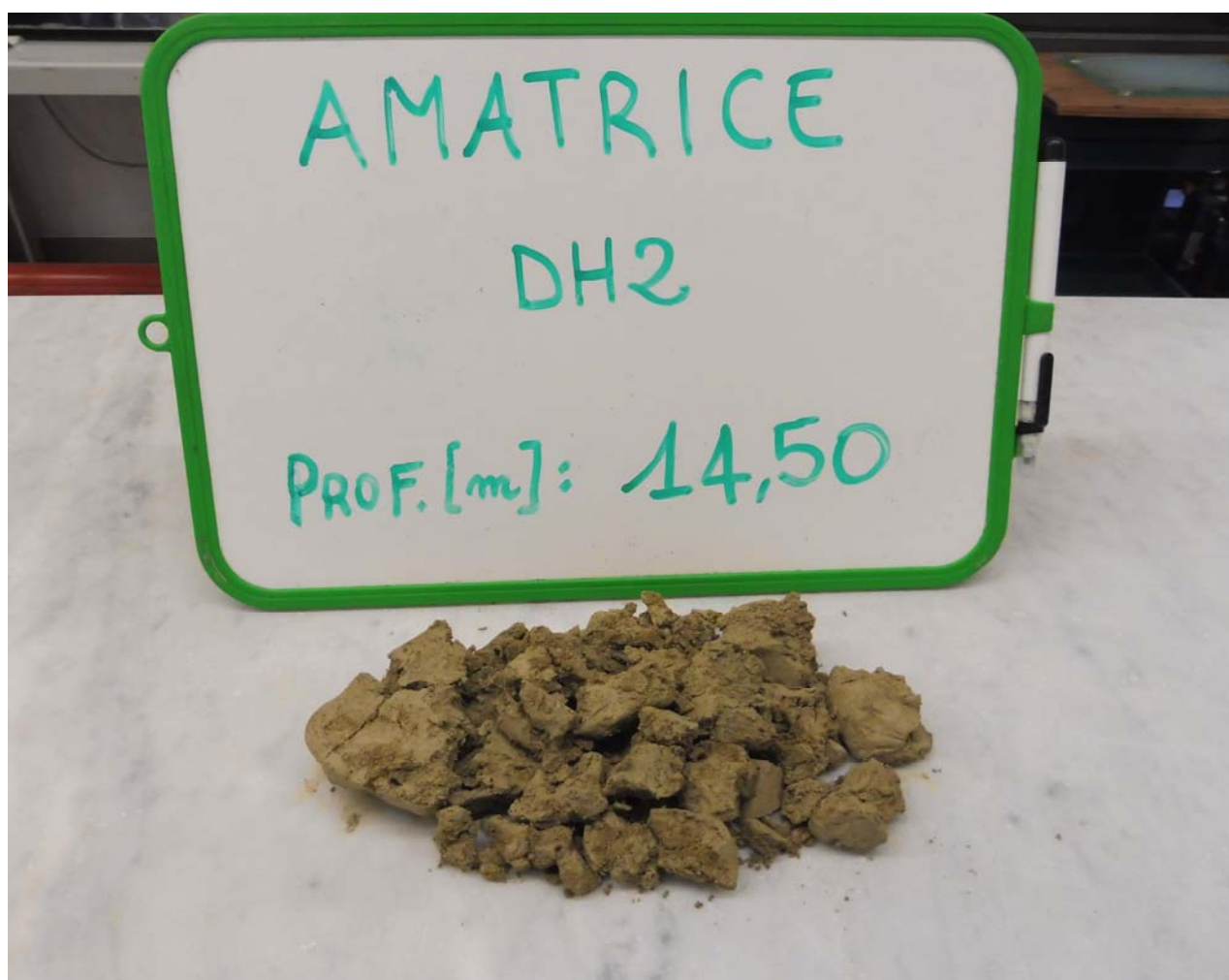


UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI  
FIRENZE

**DICEA**  
DIPARTIMENTO  
DI INGEGNERIA CIVILE  
E AMBIENTALE

Laboratorio di Geotecnica

**Committente:** Centro MS  
**Cantiere:** Amatrice  
**Sondaggio:** DH2  
**Campione:**  
**Profondità:** 14,50 m



**Fotografia**



UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI  
FIRENZE

**DICEA**  
DIPARTIMENTO  
DI INGEGNERIA CIVILE  
E AMBIENTALE

Laboratorio di Geotecnica

## COMPOSIZIONE GRANULOMETRICA

**Committente:** Centro MS

**Cantiere:** Amatrice

**Sondaggio:** DH2

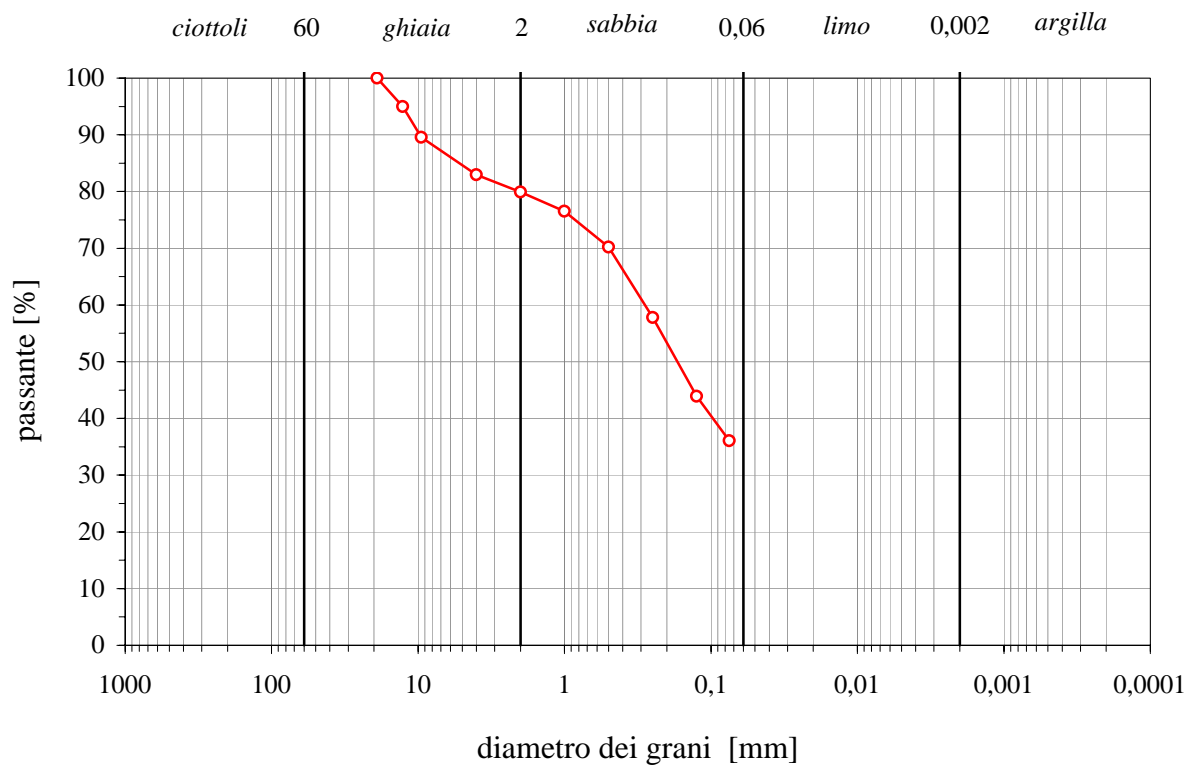
**Campione:**

**Profondità:** 14,50 m

### Descrizione:

Sabbia media e fine con limo, ghiaiosa, di colore grigio chiaro. I clasti hanno spigoli sub angolari e massima dimensione 2 cm.

numero setaccio ASTM	apertura maglie [mm]	percentuale passante [%]
3 "	76,200	
2 "	50,800	
1,5 "	38,100	
1 "	25,400	
3/4 "	19,050	100,00
1/2 "	12,700	94,96
3/8 "	9,520	89,56
	4,000	82,98
10	2,000	79,90
18	1,000	76,52
35	0,500	70,23
60	0,250	57,77
	0,125	43,88
200	0,075	36,07





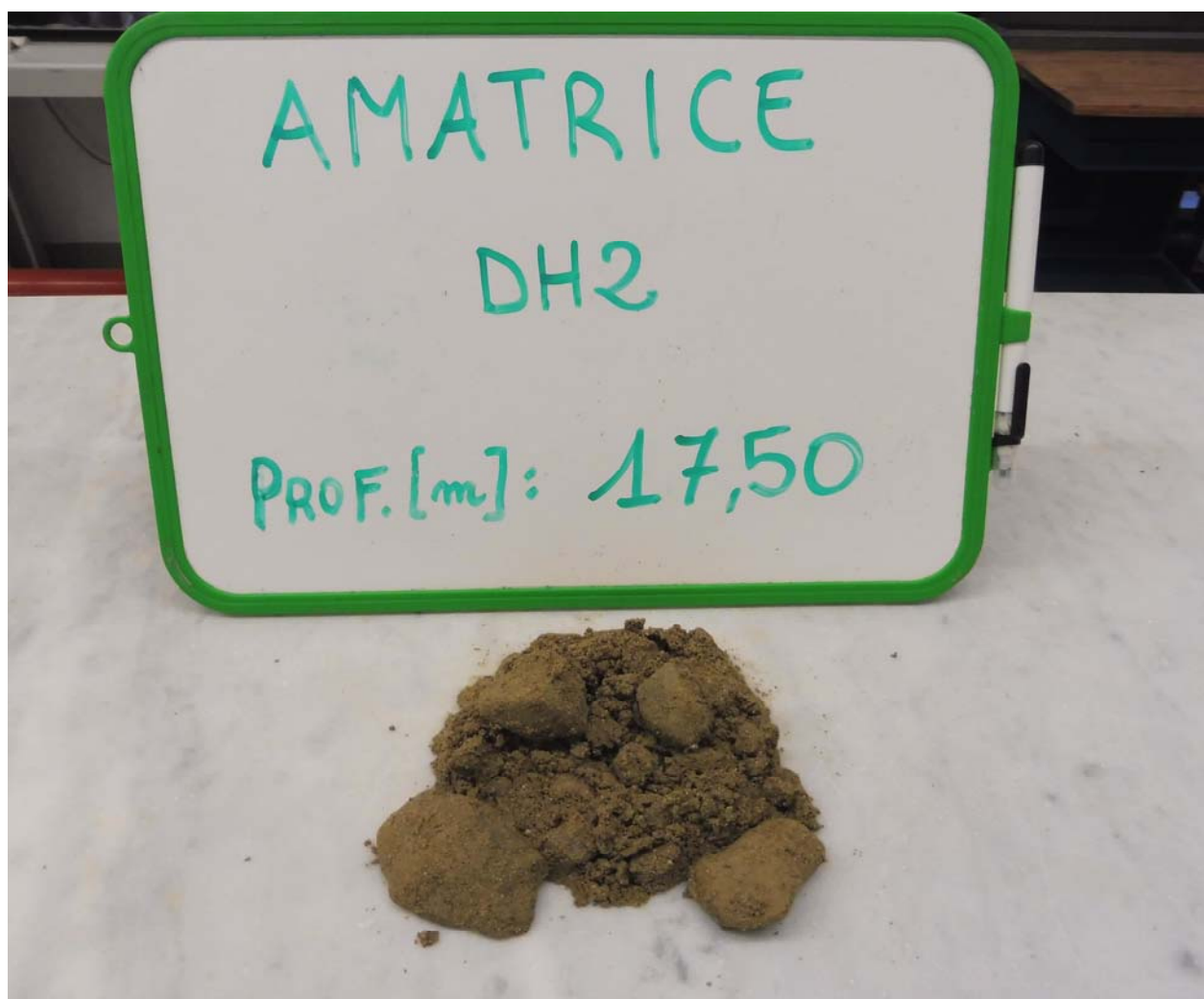


UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI  
FIRENZE

**DICEA**  
DIPARTIMENTO  
DI INGEGNERIA CIVILE  
E AMBIENTALE

Laboratorio di Geotecnica

**Committente:** Centro MS  
**Cantiere:** Amatrice  
**Sondaggio:** DH2  
**Campione:**  
**Profondità:** 17,50 m



**Fotografia**



UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI  
FIRENZE

**DICEA**  
DIPARTIMENTO  
DI INGEGNERIA CIVILE  
E AMBIENTALE

Laboratorio di Geotecnica

## COMPOSIZIONE GRANULOMETRICA

**Committente:** Centro MS

**Cantiere:** Amatrice

**Sondaggio:** DH2

**Campione:**

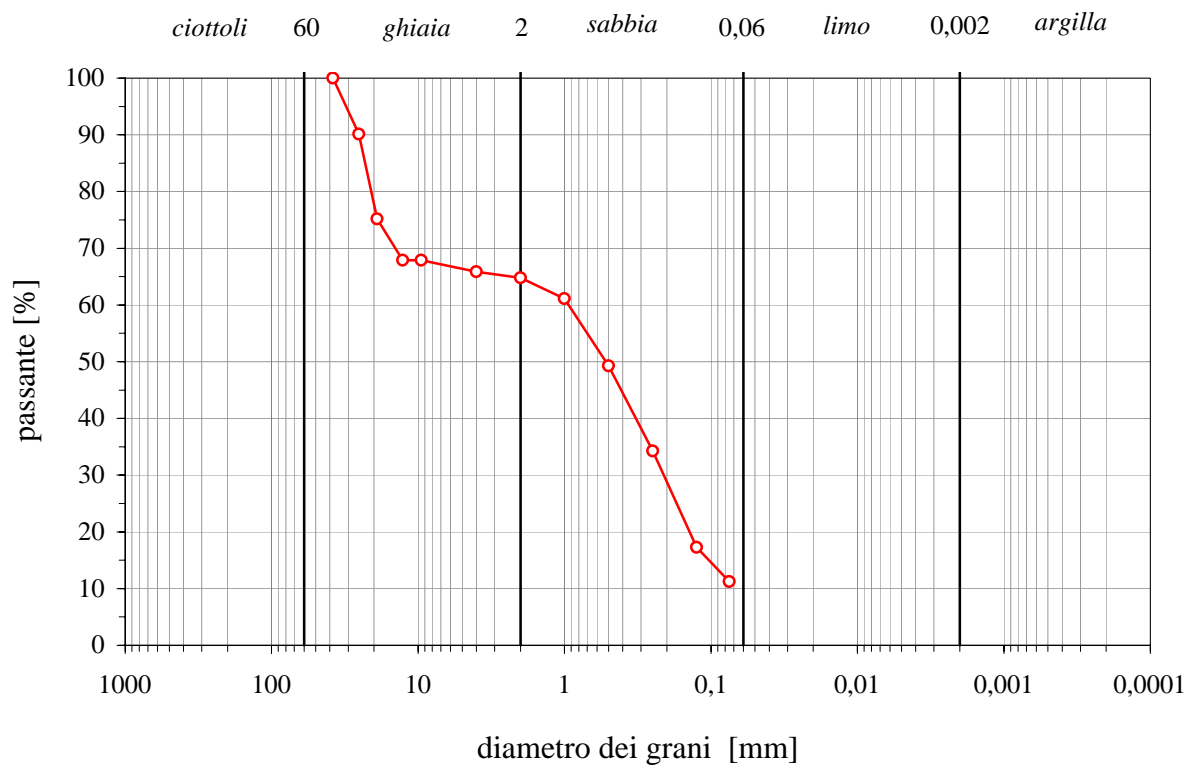
**Profondità:** 17,50 m

### Descrizione:

Sabbia media e fine con ghiaia grossa debolmente limosa, di colore marrone scuro.

I clasti hanno spigoli sub arrotondati e massima dimensione pari a 3 - 4 cm.

numero setaccio ASTM	apertura maglie [mm]	percentuale passante [%]
3 "	76,200	
2 "	50,800	
1,5 "	38,100	100,00
1 "	25,400	90,12
3/4 "	19,050	75,17
1/2 "	12,700	67,89
3/8 "	9,520	67,89
	4,000	65,88
10	2,000	64,77
18	1,000	61,11
35	0,500	49,25
60	0,250	34,28
	0,125	17,27
200	0,075	11,23



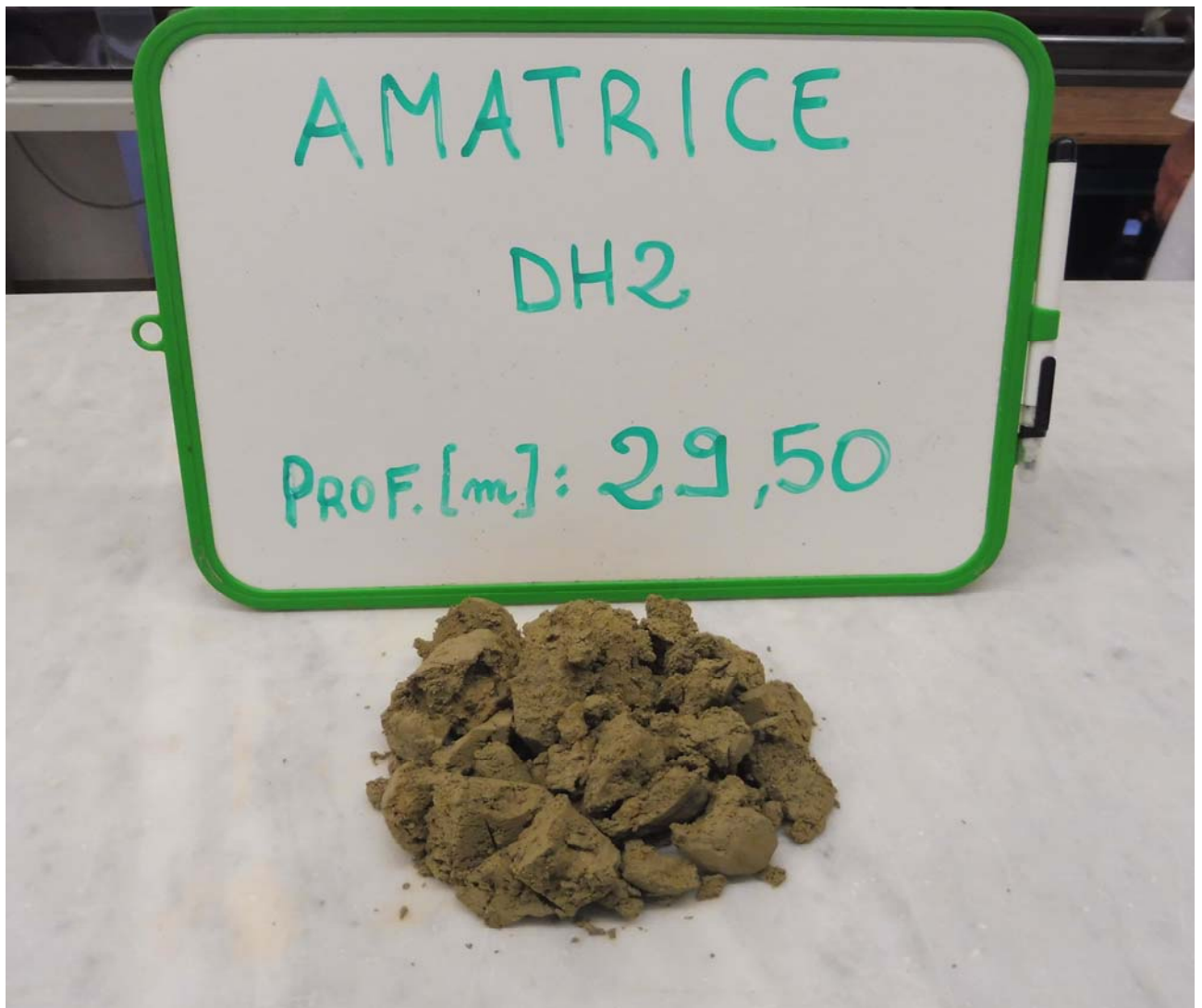


UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI  
FIRENZE

**DICEA**  
DIPARTIMENTO  
DI INGEGNERIA CIVILE  
E AMBIENTALE

Laboratorio di Geotecnica

**Committente:** Centro MS  
**Cantiere:** Amatrice  
**Sondaggio:** DH2  
**Campione:**  
**Profondità:** 29,50 m



**Fotografia**



UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI  
FIRENZE

**DICEA**  
DIPARTIMENTO  
DI INGEGNERIA CIVILE  
E AMBIENTALE

Laboratorio di Geotecnica

## COMPOSIZIONE GRANULOMETRICA

**Committente:** Centro MS

**Cantiere:** Amatrice

**Sondaggio:** DH2

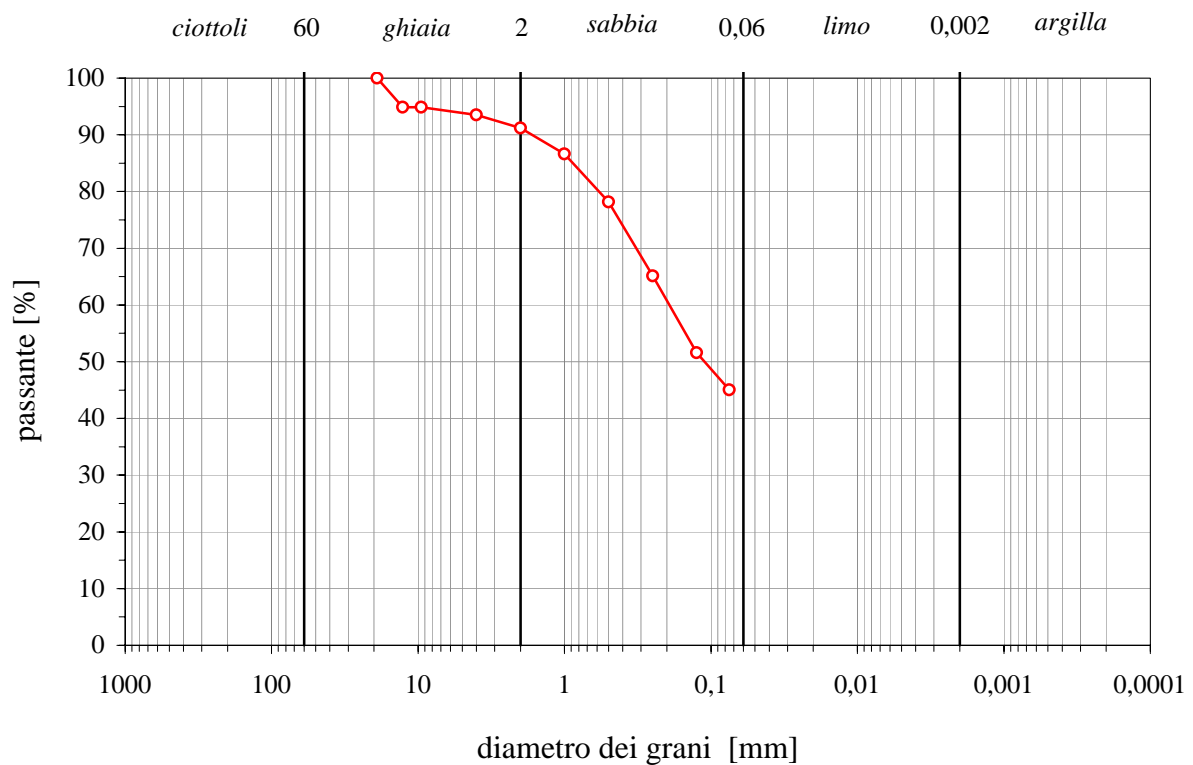
**Campione:**

**Profondità:** 29,50 m

### Descrizione:

Sabbia media e fine con limo debolmente ghiaiosa, di colore grigio. I calsti hanno spigoli sub angolari e massima dimensione pari a 2 cm.

numero setaccio ASTM	apertura maglie [mm]	percentuale passante [%]
3 "	76,200	
2 "	50,800	
1,5 "	38,100	
1 "	25,400	
3/4 "	19,050	100,00
1/2 "	12,700	94,85
3/8 "	9,520	94,85
	4,000	93,53
10	2,000	91,21
18	1,000	86,61
35	0,500	78,18
60	0,250	65,13
	0,125	51,57
200	0,075	45,04



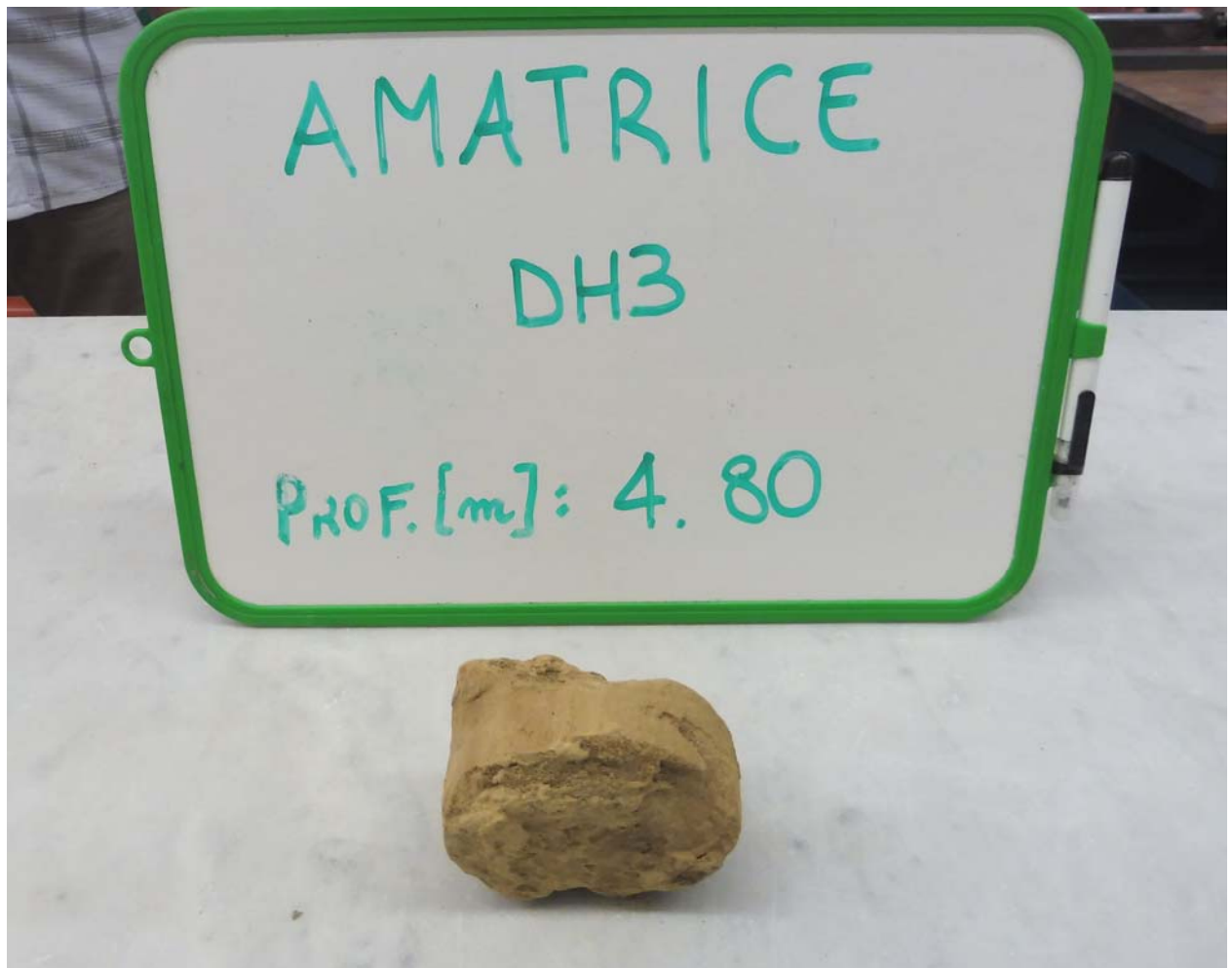


UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI  
FIRENZE

**DICEA**  
DIPARTIMENTO  
DI INGEGNERIA CIVILE  
E AMBIENTALE

Laboratorio di Geotecnica

**Committente:** Centro MS  
**Cantiere:** Amatrice  
**Sondaggio:** DH3  
**Campione:**  
**Profondità:** 4,80 m



**Fotografia**



UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI  
FIRENZE

**DICEA**  
DIPARTIMENTO  
DI INGEGNERIA CIVILE  
E AMBIENTALE

Laboratorio di Geotecnica

## COMPOSIZIONE GRANULOMETRICA

**Committente:** Centro MS

**Cantiere:** Amatrice

**Sondaggio:** DH3

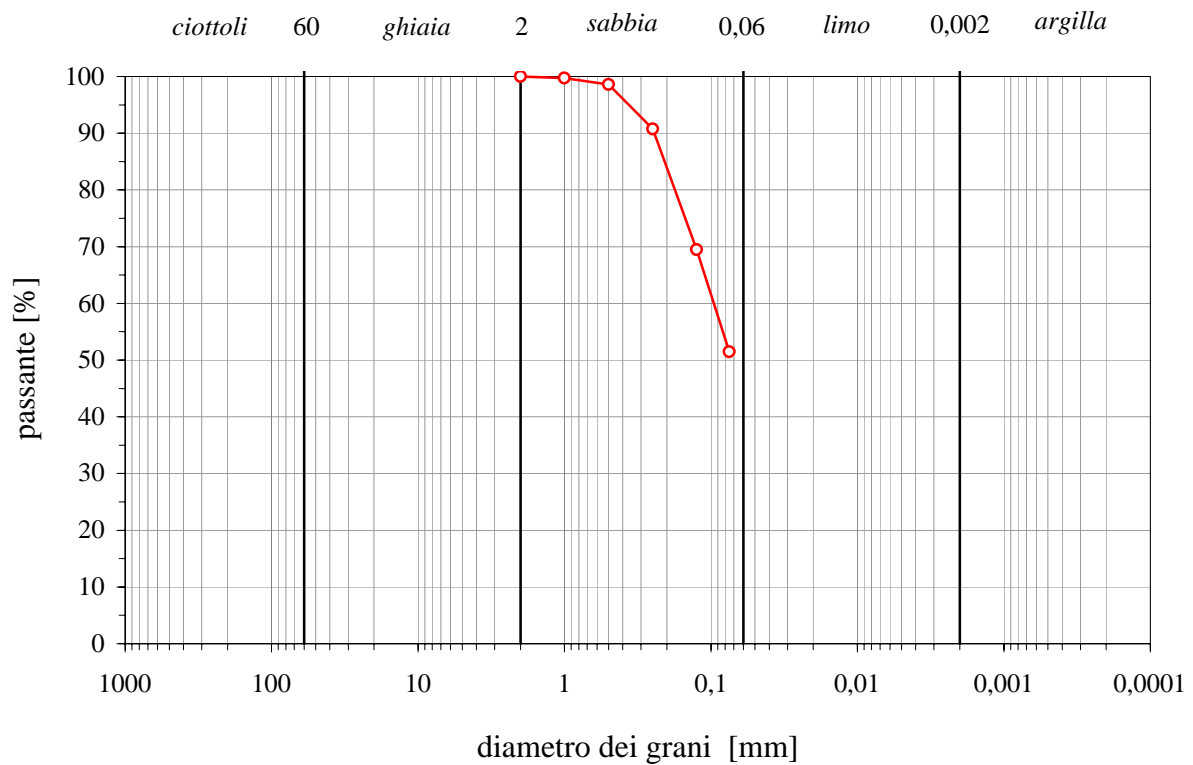
**Campione:**

**Profondità:** 4,80 m

**Descrizione:**

Limo con sabbia media e fine di colore avana,  
con presenza di ossidazioni.

numero setaccio ASTM	apertura maglie [mm]	percentuale passante [%]
3 "	76,200	
2 "	50,800	
1,5 "	38,100	
1 "	25,400	
3/4 "	19,050	
1/2 "	12,700	
3/8 "	9,520	
	4,000	
10	2,000	100,00
18	1,000	99,74
35	0,500	98,57
60	0,250	90,74
	0,125	69,44
200	0,075	51,47







UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI  
FIRENZE

**DICEA**  
DIPARTIMENTO  
DI INGEGNERIA CIVILE  
E AMBIENTALE

Laboratorio di Geotecnica

**Committente:** Centro MS

**Cantiere:** Amatrice

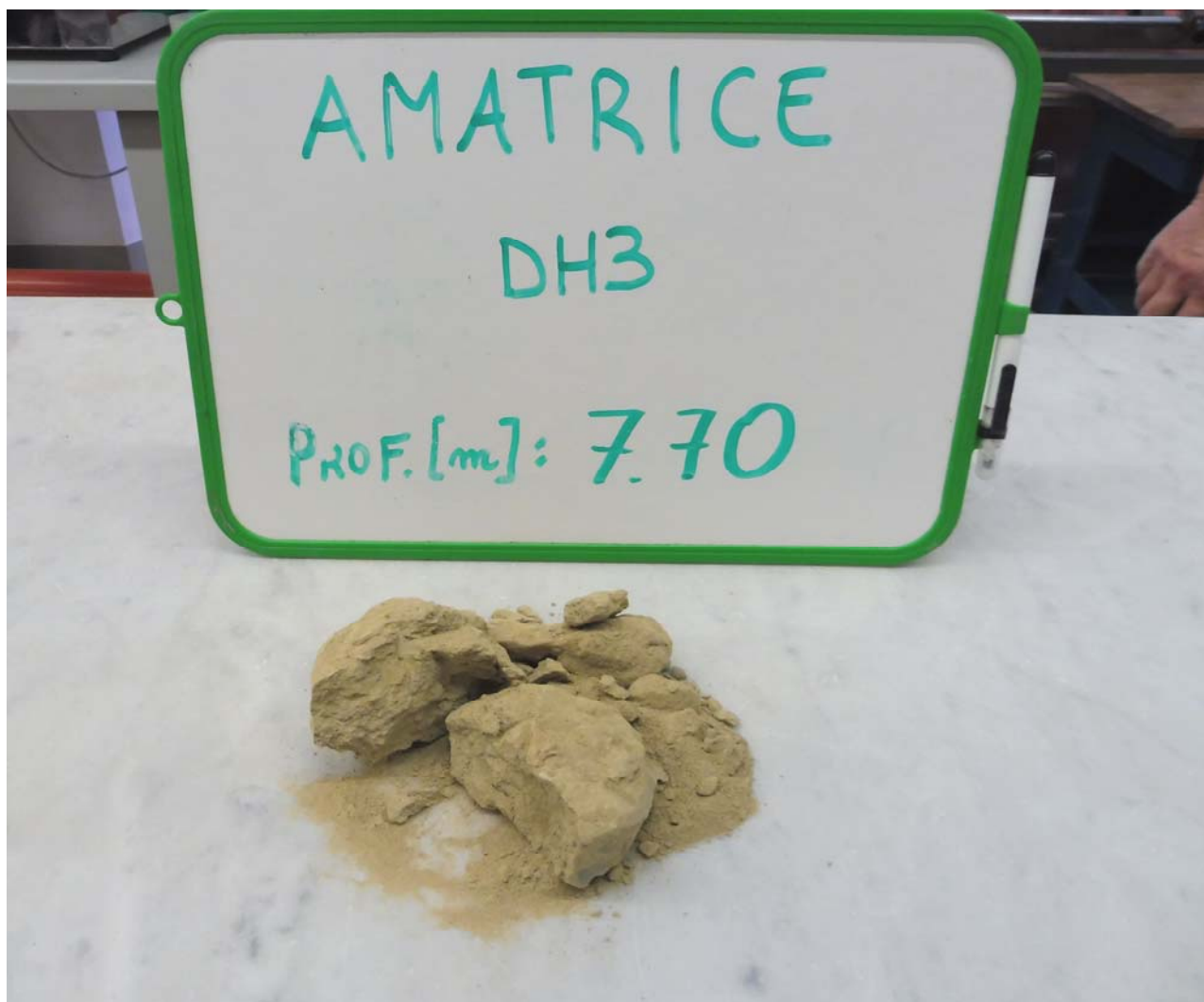
**Sondaggio:** DH3

**Campione:**

**Profondità:** 7,70 m

**Descrizione:**

Sabbia fine di colore avana chiaro.



**Fotografia**

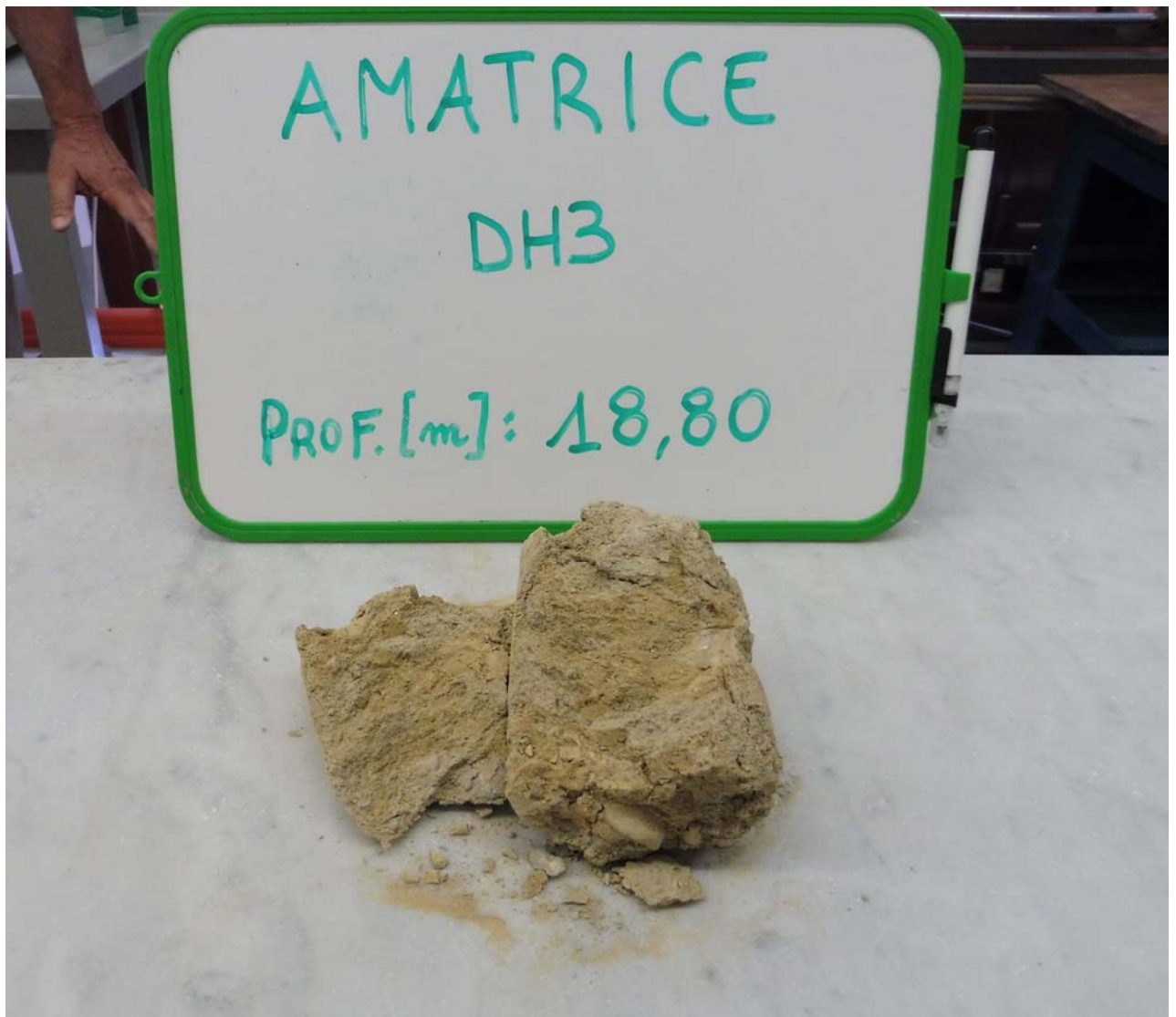


UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI  
FIRENZE

**DICEA**  
DIPARTIMENTO  
DI INGEGNERIA CIVILE  
E AMBIENTALE

Laboratorio di Geotecnica

**Committente:** Centro MS  
**Cantiere:** Amatrice  
**Sondaggio:** DH3  
**Campione:**  
**Profondità:** 18,80 m



**Fotografia**



UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI  
FIRENZE

**DICEA**  
DIPARTIMENTO  
DI INGEGNERIA CIVILE  
E AMBIENTALE

Laboratorio di Geotecnica

## COMPOSIZIONE GRANULOMETRICA

**Committente:** Centro MS

**Cantiere:** Amatrice

**Sondaggio:** DH3

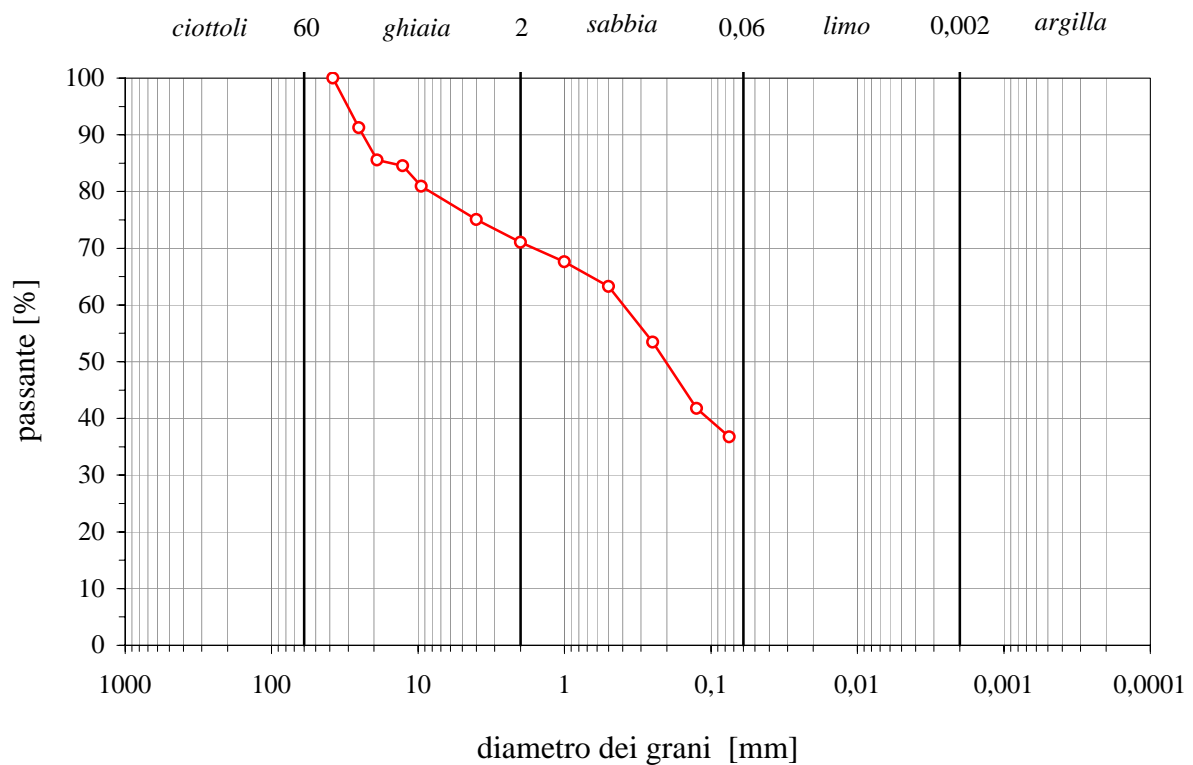
**Campione:**

**Profondità:** 18,80 m

### Descrizione:

Sabbia fine con ghiaia in matrice limosa di colore marrone chiaro. I clasti hanno diametro massimo 3-4cm.

numero setaccio ASTM	apertura maglie [mm]	percentuale passante [%]
3 "	76,200	100,00
2 "	50,800	
1,5 "	38,100	
1 "	25,400	91,26
3/4 "	19,050	85,58
1/2 "	12,700	84,54
3/8 "	9,520	80,94
	4,000	75,05
10	2,000	71,06
18	1,000	67,61
35	0,500	63,24
60	0,250	53,46
	0,125	41,74
200	0,075	36,76





UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI  
FIRENZE

**DICEA**  
DIPARTIMENTO  
DI INGEGNERIA CIVILE  
E AMBIENTALE

Laboratorio di Geotecnica

**Committente:** Centro MS

**Cantiere:** Amatrice

**Sondaggio:** DH3

**Campione:**

**Profondità:** 29,70 m

**Descrizione:**

Sabbia fine di colore marrone chiaro con ciottoli arenacei con diametro massimo 8 cm.



**Fotografia**

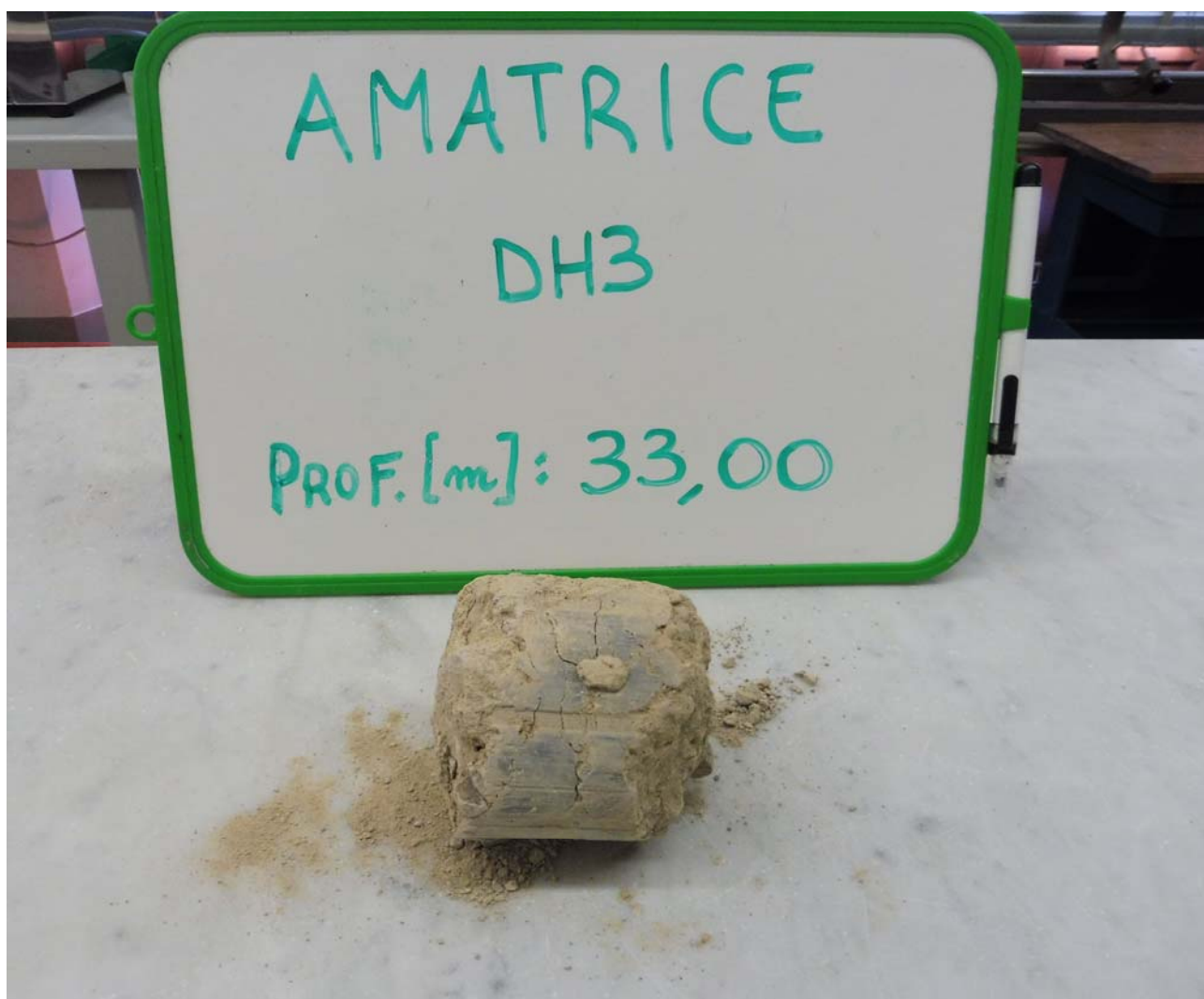


UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI  
FIRENZE

**DICEA**  
DIPARTIMENTO  
DI INGEGNERIA CIVILE  
E AMBIENTALE

Laboratorio di Geotecnica

**Committente:** Centro MS  
**Cantiere:** Amatrice  
**Sondaggio:** DH3  
**Campione:**  
**Profondità:** 33,00 m



**Fotografia**





UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI  
FIRENZE

**DICEA**  
DIPARTIMENTO  
DI INGEGNERIA CIVILE  
E AMBIENTALE

Laboratorio di Geotecnica

## COMPOSIZIONE GRANULOMETRICA

**Committente:** Centro MS

**Cantiere:** Amatrice

**Sondaggio:** DH3

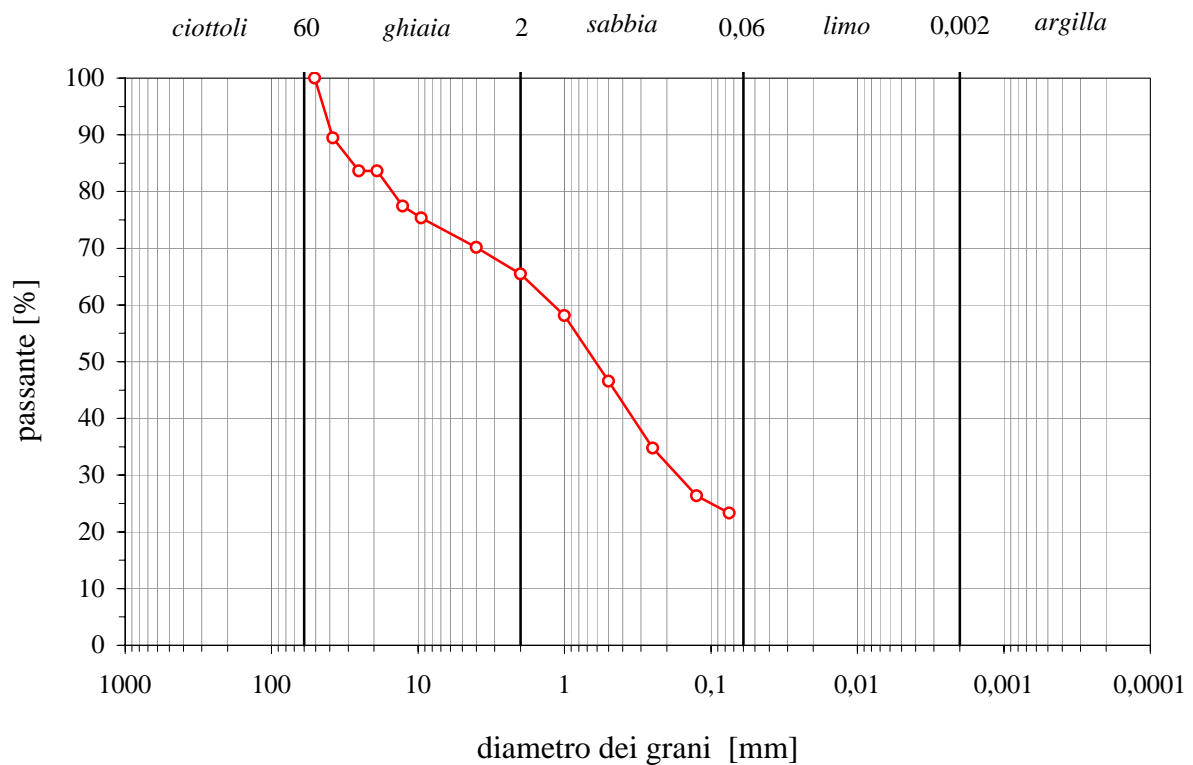
**Campione:**

**Profondità:** 33,00 m

### Descrizione:

Sabbia fine con ghiaia in matrice limosa di colore marrone chiaro. I clasti di origine arenarea hanno spigoli sub arrotondati con diametro massimo 5 cm.

numero setaccio ASTM	apertura maglie [mm]	percentuale passante [%]
3 "	76,200	100,00
2 "	50,800	
1,5 "	38,100	89,43
1 "	25,400	83,63
3/4 "	19,050	83,63
1/2 "	12,700	77,45
3/8 "	9,520	75,33
	4,000	70,16
10	2,000	65,48
18	1,000	58,13
35	0,500	46,56
60	0,250	34,75
	0,125	26,36
200	0,075	23,30







UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI  
FIRENZE

**DICEA**  
DIPARTIMENTO  
DI INGEGNERIA CIVILE  
E AMBIENTALE

Laboratorio di Geotecnica

**Committente:** Centro MS

**Cantiere:** Amatrice

**Sondaggio:** DH3

**Campione:**

**Profondità:** 39,00 m

**Descrizione:**

Sabbia fine con ghiaia di colore marrone chiaro.



**Fotografia**



UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI  
FIRENZE

**DICEA**  
DIPARTIMENTO  
DI INGEGNERIA CIVILE  
E AMBIENTALE

Laboratorio di Geotecnica

**Committente:** Centro MS

**Cantiere:** Amatrice

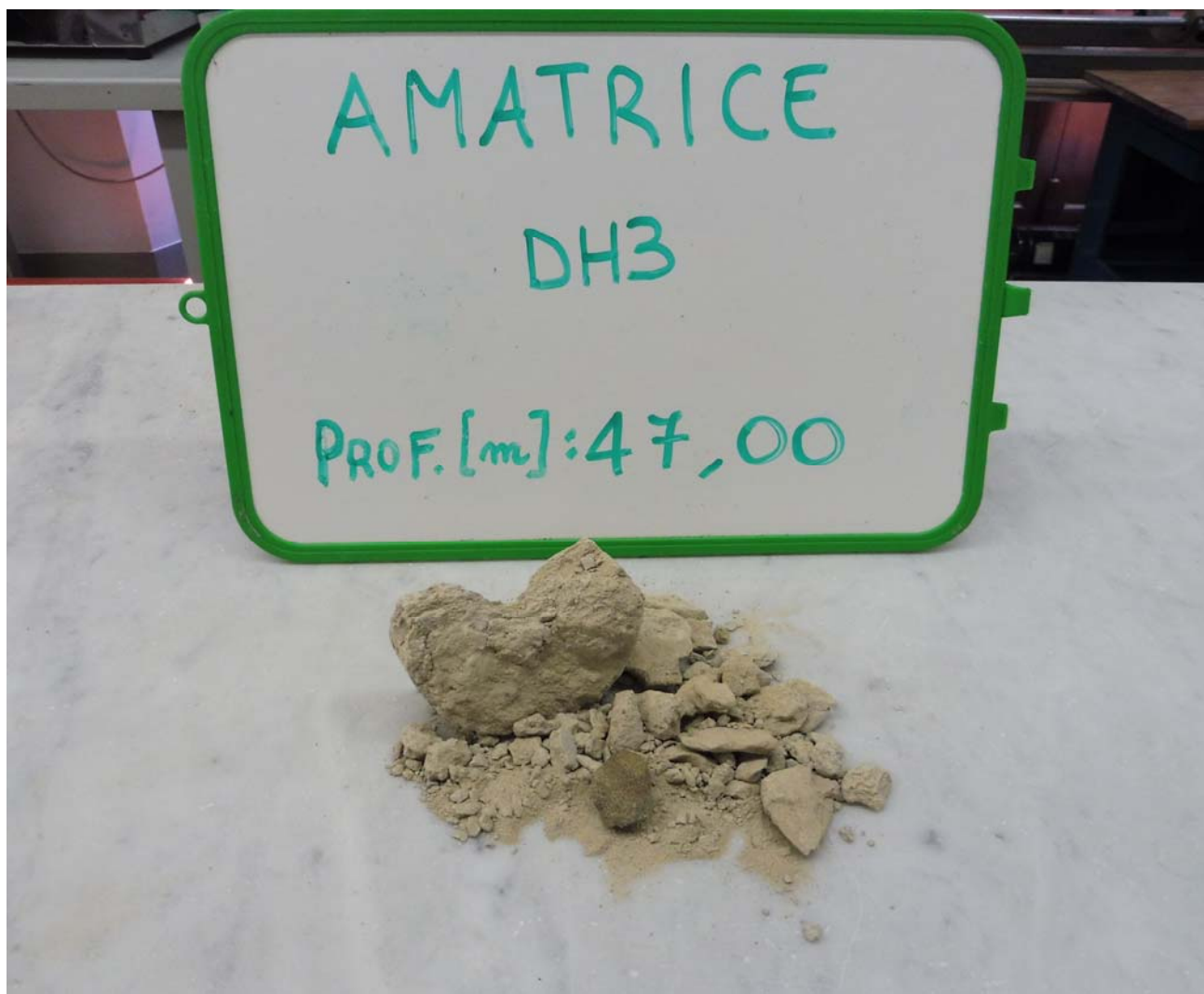
**Sondaggio:** DH3

**Campione:**

**Profondità:** 47,00 m

**Descrizione:**

Sabbia fine con ghiaia di origine arenacea di colore marrone chiaro. Clasti con diametro massimo pari a 2 cm.



**Fotografia**



UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI  
FIRENZE

**DICEA**  
DIPARTIMENTO  
DI INGEGNERIA CIVILE  
E AMBIENTALE

Laboratorio di Geotecnica

**Committente:** Centro MS  
**Cantiere:** Amatrice  
**Sondaggio:** DH3  
**Campione:**  
**Profondità:** 51,90 m



**Fotografia**



UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI  
FIRENZE

**DICEA**  
DIPARTIMENTO  
DI INGEGNERIA CIVILE  
E AMBIENTALE

Laboratorio di Geotecnica

**Committente:** Centro MS

**Cantiere:** Amatrice

**Sondaggio:** DH3

**Campione:**

**Profondità:** 51,90 m

CONTENITORE DEL CAMPIONE: sacchetto di plastica

#### DESCRIZIONE:

Alternanza di pietra arenacea e marna argillosa di colore marrone.

Presenza di ossidazioni rossastre.

PENETROMETRO TASCABILE:

P.P. [kPa] =

SCISSOMETRO TASCABILE:

T.V. [kPa] =

CONTENUTO NATURALE IN ACQUA:

w [%] =

PESO DI VOLUME:

$\gamma$  [kN/m<sup>3</sup>] =

PESO SPECIFICO DEI COSTITUENTI SOLIDI:

$\gamma_s$  [kN/m<sup>3</sup>] =

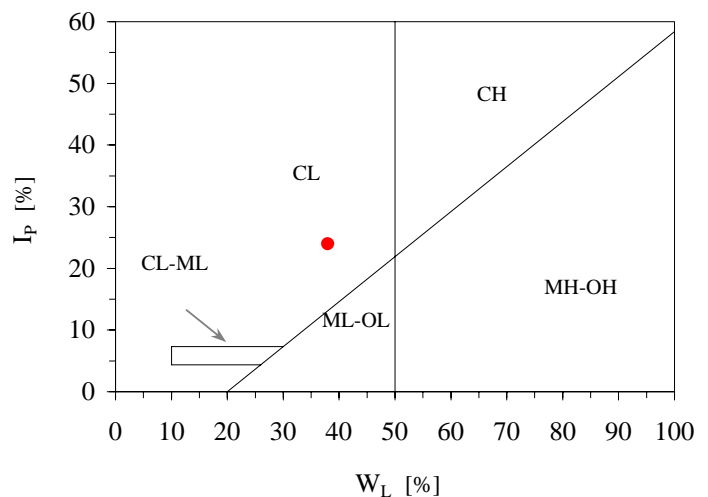
LIMITI DI ATTERBERG (\*):

LIMITE DI LIQUIDITÀ  $W_L$  [%] = 38

LIMITE DI PLASTICITÀ  $W_P$  [%] = 14

INDICE DI PLASTICITÀ  $I_P$  [%] = 24

CLASSIFICAZIONE U.S.C.S. = CL



(\*) determinazione effettuata sul passante al vaglio n° 40 ASTM





UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI  
FIRENZE

**DICEA**  
DIPARTIMENTO  
DI INGEGNERIA CIVILE  
E AMBIENTALE

Laboratorio di Geotecnica

**Committente:** IGAG (CNR)  
**Cantiere:** Amatrice (RI)  
**Sondaggio:** DH1  
**Campione:** C1  
**Profondità:** da m 2,50 a 3,00



**Fotografia**



**Alto**



**Basso**



UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI  
FIRENZE  
**DICEA**  
DIPARTIMENTO  
DI INGEGNERIA CIVILE  
E AMBIENTALE

Laboratorio di Geotecnica

**Committente:** IGAG (CNR)  
**Cantiere:** Amatrice (RI)  
**Sondaggio:** DH1  
**Campione:** C1  
**Profondità:** da m 2,50 a 3,00

CONTENITORE DEL CAMPIONE: fustella in acciaio. Manca la paraffinatura; i tappi sono non sigillati  
CONDIZIONI DEL CONTENITORE: mediocri  
FORMA DEL CAMPIONE: cilindrico  
LUNGHEZZA CAMPIONE [cm]: 51                      DIAMETRO CAMPIONE [cm]: 8.4

**DESCRIZIONE:**

Limo argilloso sabbioso di colore marrone rossastro con venature grigie, estremamente consistente. Presenza di ossidazioni e di punti torbosi.

La mancanza di paraffina alle estremità ha causato l'essiccazione del campione.

Eseguiti soltanto i limiti di Atterberg.

PENETROMETRO TASCABILE:                                              P.P. [kPa] =                      > 600

SCISSOMETRO TASCABILE:                                              T.V. [kPa] =

CONTENUTO NATURALE IN ACQUA:                                              w [%] =

PESO DI VOLUME:                                               $\gamma$  [kN/m<sup>3</sup>] =

PESO SPECIFICO DEI COSTITUENTI SOLIDI:                                               $\gamma_s$  [kN/m<sup>3</sup>] =

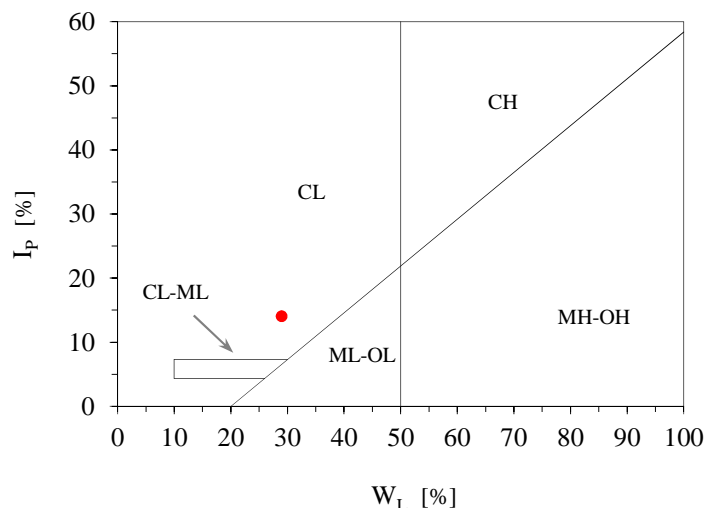
**LIMITI DI ATTERBERG (\*) :**

LIMITE DI LIQUIDITÀ       $W_L$  [%] = 29

LIMITE DI PLASTICITÀ       $W_P$  [%] = 15

INDICE DI PLASTICITÀ       $I_P$  [%] = 14

CLASSIFICAZIONE U.S.C.S. = CL



(\*) determinazione effettuata sul passante al vaglio n° 40 ASTM





UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI  
FIRENZE

**DICEA**  
DIPARTIMENTO  
DI INGEGNERIA CIVILE  
E AMBIENTALE

Laboratorio di Geotecnica

**Committente:** IGAG (CNR)  
**Cantiere:** Amatrice  
**Sondaggio:** DH1  
**Campione:** C2  
**Profondità:** da m 6,50 a 7,00



**Fotografia**



UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI  
FIRENZE  
**DICEA**  
DIPARTIMENTO  
DI INGEGNERIA CIVILE  
E AMBIENTALE

Laboratorio di Geotecnica

**Committente:** IGAG (CNR)  
**Cantiere:** Amatrice  
**Sondaggio:** DH1  
**Campione:** C2  
**Profondità:** da m 6,50 a 7,00

CONTENITORE DEL CAMPIONE: fustella metallica completamente priva di paraffinatura

CONDIZIONI DEL CONTENITORE: mediocri

FORMA DEL CAMPIONE: cilindrico

LUNGHEZZA CAMPIONE [cm]: 44

DIAMETRO CAMPIONE [cm]: 8.2

DESCRIZIONE:

Sabbia media e fine con limo di colore marrone; nella parte alta il colore è marrone rossiccio.

PENETROMETRO TASCABILE:

P.P. [kPa] =

alto  
basso

SCISSOMETRO TASCABILE:

T.V. [kPa] =

CONTENUTO NATURALE IN ACQUA:

w [%] =

alto  
basso

PESO DI VOLUME:

$\gamma$  [kN/m<sup>3</sup>] =

PESO SPECIFICO DEI COSTITUENTI SOLIDI:

$\gamma_s$  [kN/m<sup>3</sup>] =

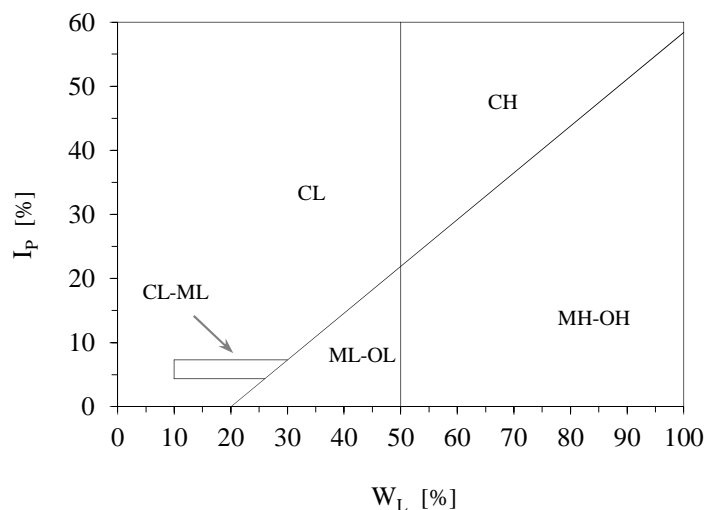
LIMITI DI ATTERBERG (\*):

LIMITE DI LIQUIDITÀ  $W_L$  [%] =

LIMITE DI PLASTICITÀ  $W_P$  [%] =

INDICE DI PLASTICITÀ  $I_P$  [%] =

CLASSIFICAZIONE U.S.C.S. =



(\*) determinazione effettuata sul passante al vaglio n° 40 ASTM



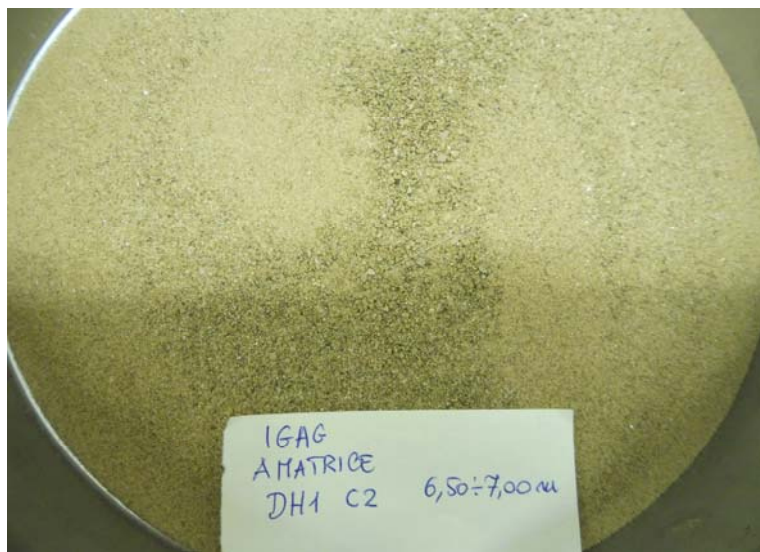
UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI  
FIRENZE

**DICEA**  
DIPARTIMENTO  
DI INGEGNERIA CIVILE  
E AMBIENTALE

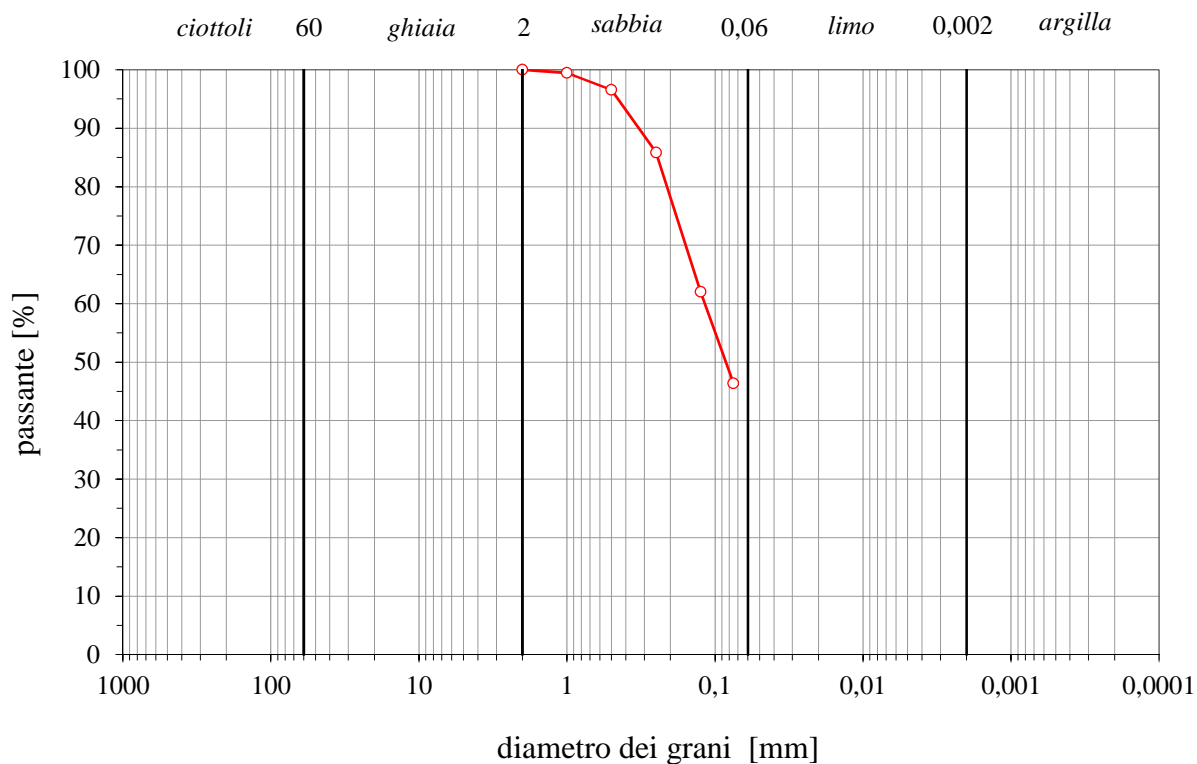
Laboratorio di Geotecnica

## COMPOSIZIONE GRANULOMETRICA

**Committente:** IGAG (CNR)  
**Cantiere:** Amatrice  
**Sondaggio:** DH1  
**Campione:** C2  
**Profondità:** da m 6,50 a 7,00



numero setaccio ASTM	apertura maglie [mm]	percentuale passante [%]
3 "	76,200	
2 "	50,800	
1,5 "	38,100	
1 "	25,400	
3/4 "	19,050	
1/2 "	12,700	
3/8 "	9,520	
	4,000	
10	2,000	100,00
18	1,000	99,46
35	0,500	96,57
60	0,250	85,81
	0,125	62,04
200	0,075	46,37





UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI  
FIRENZE

**DICEA**  
DIPARTIMENTO  
DI INGEGNERIA CIVILE  
E AMBIENTALE

Laboratorio di Geotecnica

**Committente:** IGAG (CNR)  
**Cantiere:** Amatrice - Frazione Saletta  
**Sondaggio:** S1  
**Campione:** C1  
**Profondità:** da m 2,00 a 2,50



**Fotografia**



**Committente:** IGAG (CNR)  
**Cantiere:** Amatrice - Frazione Saletta  
**Sondaggio:** S1  
**Campione:** C1  
**Profondità:** da m 2,00 a 2,50

CONTENITORE DEL CAMPIONE: fustella metallica priva di tappi e con paraffinatura scarsa

CONDIZIONI DEL CONTENITORE: mediocri

FORMA DEL CAMPIONE: cilindrico

LUNGHEZZA CAMPIONE [cm]: 46

DIAMETRO CAMPIONE [cm]: 8.3

**DESCRIZIONE:**

Limo e sabbia medio-fine di colore marrone rossiccio, mediamente consistente.

L'analisi granulometrica è stata condotta nella parte alta del campione, mentre le rimanenti analisi sono state fatte nella parte centrale.

PENETROMETRO TASCABILE:

P.P. [kPa] = 115 - 135 alto  
195 - 215 basso

SCISSOMETRO TASCABILE:

T.V. [kPa] =

CONTENUTO NATURALE IN ACQUA:

w [%] = 21,9 alto  
18,7 basso

PESO DI VOLUME:

$\gamma$  [kN/m<sup>3</sup>] = 19,82

PESO SPECIFICO DEI COSTITUENTI SOLIDI:

$\gamma_s$  [kN/m<sup>3</sup>] = 26,37

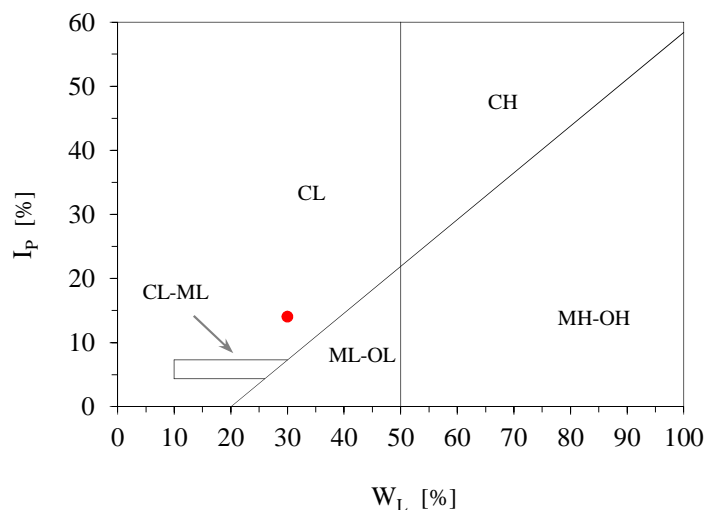
LIMITI DI ATTERBERG (\*):

LIMITE DI LIQUIDITÀ  $W_L$  [%] = 30

LIMITE DI PLASTICITÀ  $W_P$  [%] = 16

INDICE DI PLASTICITÀ  $I_P$  [%] = 14

CLASSIFICAZIONE U.S.C.S. = CL



(\*) determinazione effettuata sul passante al vaglio n° 40 ASTM





UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI  
FIRENZE

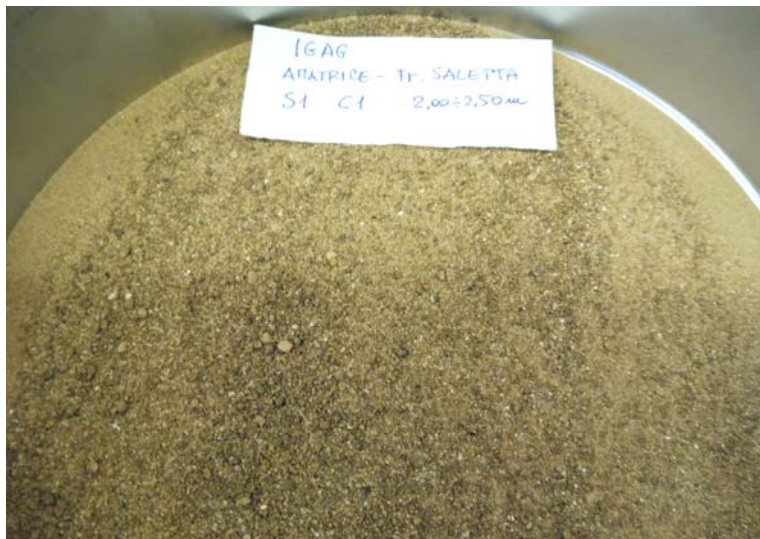
**DICEA**  
DIPARTIMENTO  
DI INGEGNERIA CIVILE  
E AMBIENTALE

Laboratorio di Geotecnica

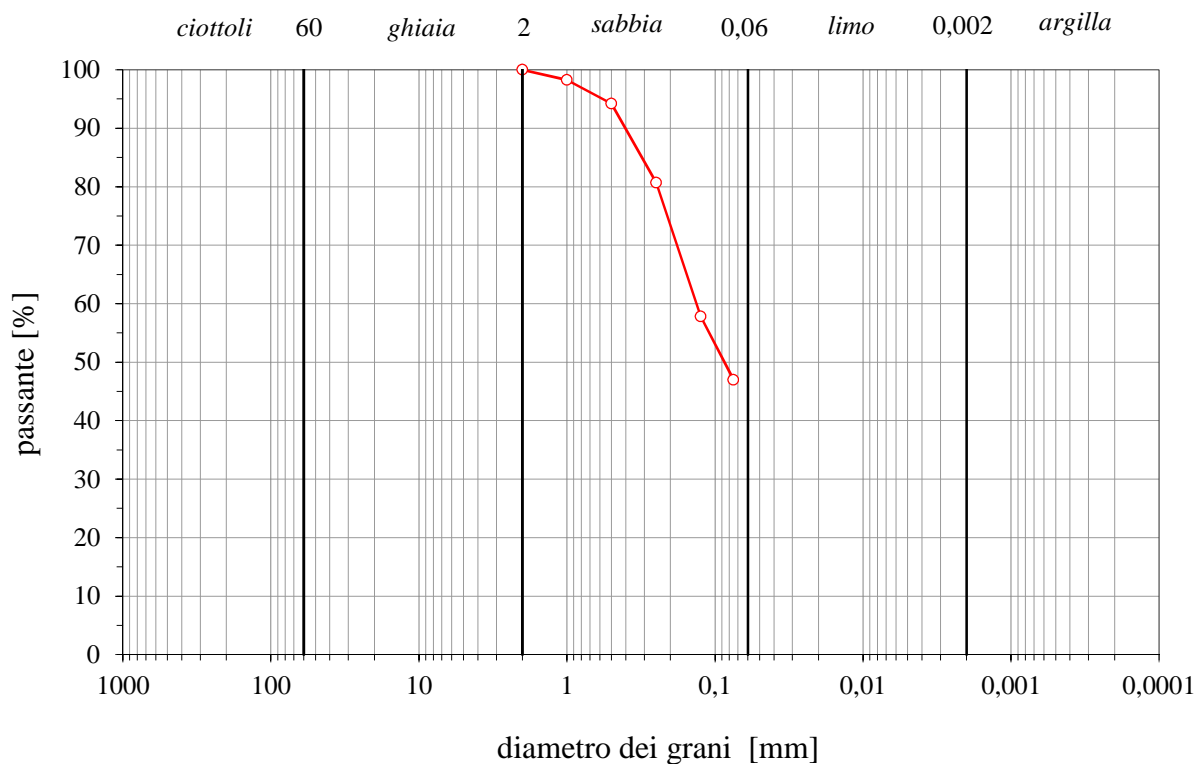
## COMPOSIZIONE GRANULOMETRICA

**Committente:** IGAG (CNR)  
**Cantiere:** Amatrice - Frazione Saletta  
**Sondaggio:** S1  
**Campione:** C1  
**Profondità:** da m 2,00 a 2,50

Parte Alta



numero setaccio ASTM	apertura maglie [mm]	percentuale passante [%]
3 "	76,200	
2 "	50,800	
1,5 "	38,100	
1 "	25,400	
3/4 "	19,050	
1/2 "	12,700	
3/8 "	9,520	
	4,000	
10	2,000	100,00
18	1,000	98,24
35	0,500	94,18
60	0,250	80,71
	0,125	57,80
200	0,075	47,00







Committente:	CENTRO MS	
Cantiere:	Saletta (RI)	
Sondaggio:	S1	
Campione:	C1	
Profondità [m]:	2.00 - 2.50	

Data inizio:	23.10.17
Pagina:	1/5
Sigla:	RC1_S1C1(Sal)

**CICLO NUMERO 1: Saturazione**

$\sigma_c =$	227	kPa	$u =$	200	kPa	$\sigma'_c =$	27	kPa
$V_i =$	86.87	cm <sup>3</sup>	$H_i =$	7.62	cm	$M_i =$	175.50	g
$V_f =$	86.48	cm <sup>3</sup>	$H_f =$	7.61	cm	$M_f =$	178.49	g
$\Delta V =$	0.397	cm <sup>3</sup>	$\Delta H =$	0.012	cm	$\Delta M =$	-2.999	g

Step	G [kPa]	$\gamma$ [%]	D [%]
1	50213.3	0.000473	3.123853
2	50190.8	0.000756	3.418602
3	50148.4	0.001040	2.971955

**CICLO NUMERO 2: Consolidazione**

$\sigma_c =$	280	kPa	$u =$	200	kPa	$\sigma'_c =$	80	kPa
$V_i =$	86.48	cm <sup>3</sup>	$H_i =$	7.61	cm	$M_i =$	178.49	g
$V_f =$	85.55	cm <sup>3</sup>	$H_f =$	7.60	cm	$M_f =$	177.56	g
$\Delta V =$	0.930	cm <sup>3</sup>	$\Delta H =$	0.009	cm	$\Delta M =$	0.930	g

Step	G [kPa]	$\gamma$ [%]	D [%]
1	84467.4	0.000361	2.5042
2	84452.5	0.000464	2.6333
3	84453.9	0.000638	2.6511

**CICLO NUMERO 3: Decadimento RC**

$\sigma_c =$	280	kPa	$u =$	200	kPa	$\sigma'_c =$	80	kPa
$V_i =$	85.55	cm <sup>3</sup>	$H_i =$	7.60	cm	$M_i =$	177.56	g
$V_f =$	85.55	cm <sup>3</sup>	$H_f =$	7.59	cm	$M_f =$	177.56	g
$\Delta V =$	0.000	cm <sup>3</sup>	$\Delta H =$	0.004	cm	$\Delta M =$	0.000	g

Step	G [kPa]	$\gamma$ [%]	D [%]	$\Delta u$ [kPa]
1	84438.9	0.0001	-	-
2	84453.9	0.0002	2.64	-
3	84424.0	0.0003	2.53	-
4	84453.9	0.0006	2.63	-
5	84431.4	0.0010	2.76	-
6	84237.6	0.0014	2.90	-
7	80935.6	0.0022	3.24	-
8	79455.8	0.0030	4.02	-
9	73949.1	0.0049	4.51	-
10	68887.7	0.0070	5.77	-



Committente:	CENTRO MS	
Cantiere:	Saletta (RI)	
Sondaggio:	S1	
Campione:	C1	
Profondità [m]:	2.00 - 2.50	

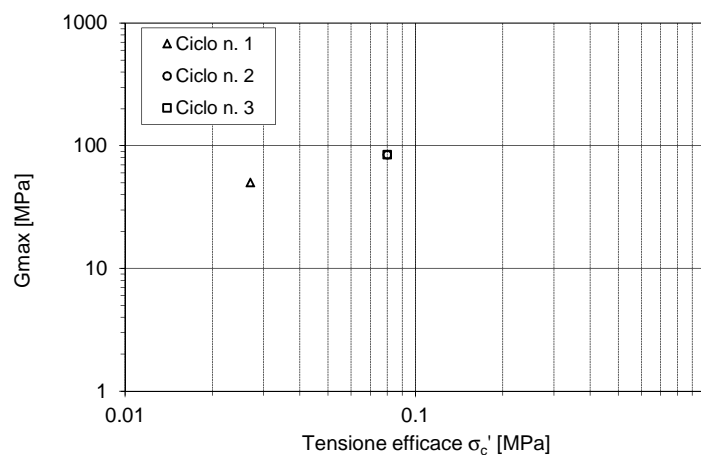
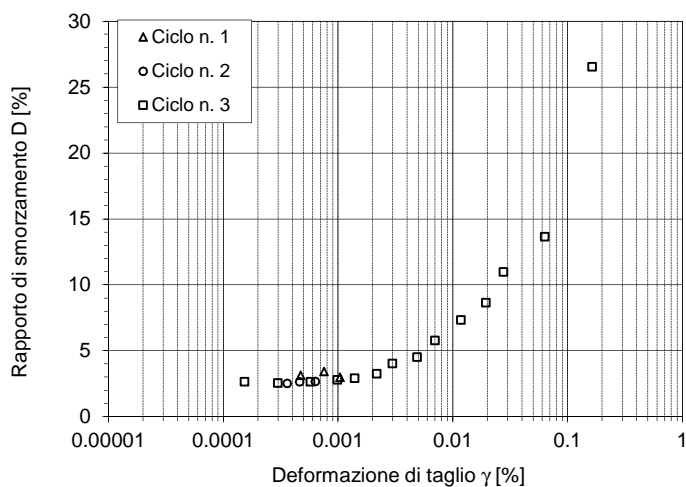
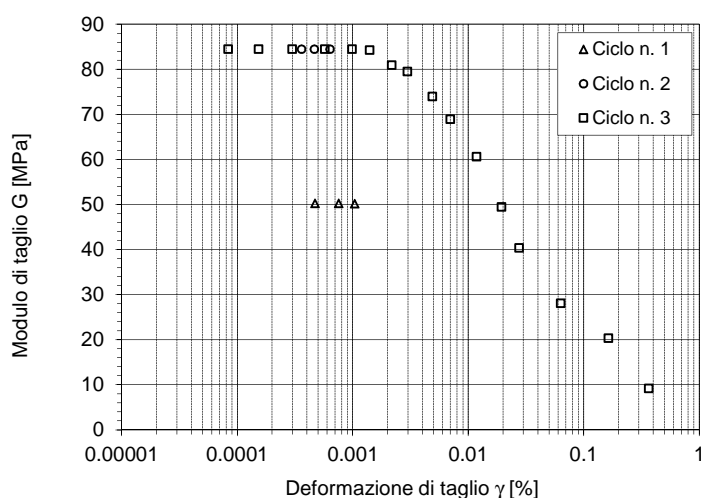
Data inizio:	23.10.17
Pagina:	2/5
Sigla:	RC1_S1C1(Sal)

Step	G [kPa]	$\gamma$ [%]	D [%]	$\Delta u$ [kPa]
11	60583.3	0.0118	7.31	-
12	49444.8	0.0194	8.62	0.3
13	40359.1	0.0277	10.97	0.8
14	28085.8	0.0633	13.64	3.2
15	20309.1	0.1640	26.52	11.5
16	9132.3	0.3647	-	17.8



Committente:	CENTRO MS	
Cantiere:	Saletta (RI)	
Sondaggio:	S1	
Campione:	C1	
Profondità [m]:	2.00 - 2.50	

Data inizio:	23.10.17
Pagina:	3/5
Sigla:	RC1_S1C1(Sal)



Ciclo n.	1	2	3
e [-]	0.581	0.564	0.564
$\sigma'_c$ [MPa]	0.027	0.080	0.080
$G_{max}$ [MPa]	50.2	84.5	84.5

PROVINO: Indisturbato  
PREPARAZIONE: Provino ottenuto per tornitura;  
inserita una membrana;  
consolidazione isotropa  
SUPERFICI DI APOGGIO: Spilli  
 $G_S = 2.688$  [-]

$\sigma'_{cn}$ = 80 kPa u = 200 kPa	iniziale	fine ciclo n. 3
H [cm]	7.620	7.595
A [cm <sup>2</sup> ]	11.401	11.264
V [cm <sup>3</sup> ]	86.875	85.548
w [%]	19.359	19.929
$\rho$ [Mg/m <sup>3</sup> ]	2.020	2.076
$\epsilon_{a,cn}$ [%]	0.333	$\epsilon_{v,cn}$ [%] = 1.527

#### LEGENDA

A = area  
H = altezza  
V = volume  
w = contenuto d'acqua  
 $\rho$  = densità  
 $\sigma'_{cn}$  = tensione efficace ultimo ciclo  
u = pressione interstiziale  
 $\epsilon_{a,cn}$  = deform. assiale ultimo ciclo  
 $\epsilon_{v,cn}$  = deform. volumetrica ultimo ciclo  
 $G_S$  = peso specifico costituenti solidi  
e = indice dei vuoti  
G = modulo di taglio  
 $G_{max}$  = modulo di taglio massimo  
 $\gamma$  = deformazione di taglio  
D = rapporto di smorzamento  
M = massa  
 $\Delta V$  = variazione di volume  
 $\Delta M$  = variazione di massa  
 $\Delta H$  = variazione di altezza

#### NOTE

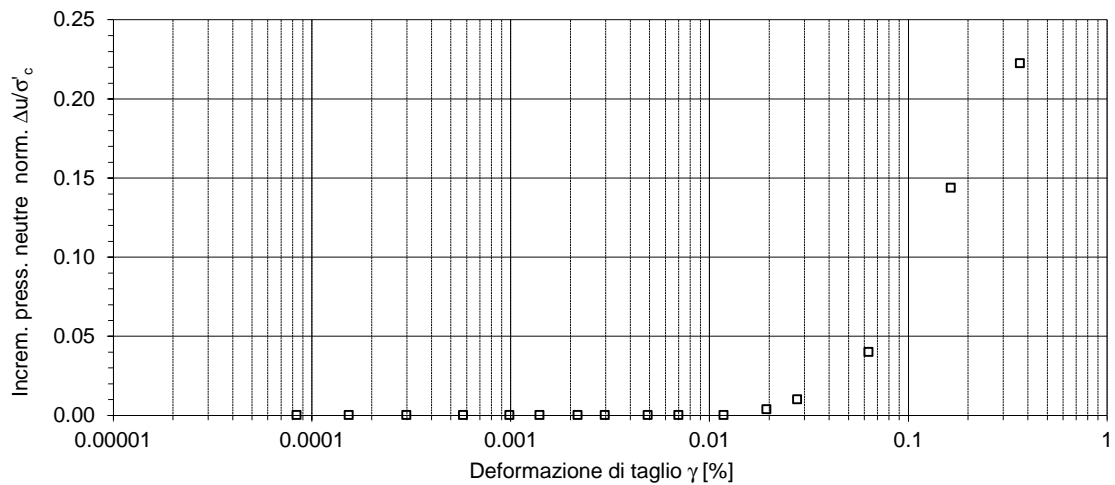
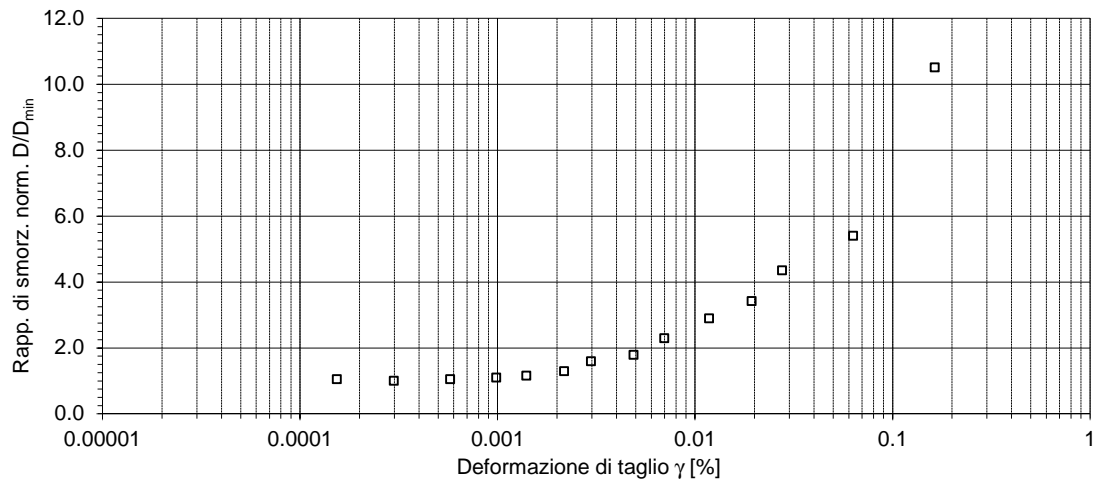
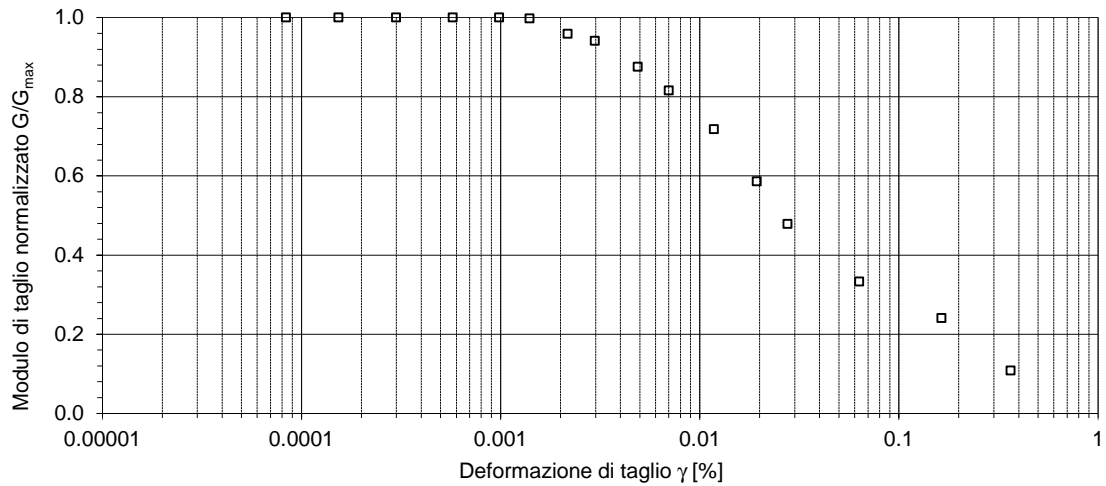
CICLO NUMERO 1: Saturazione  
CICLO NUMERO 2: Consolidazione  
CICLO NUMERO 3: Decadimento RC  
OSSERVAZIONI

I valori di D sono stati determinati con il metodo amplitude decay facendo riferimento in tutti i cicli alle ampiezze del primo e del secondo picco dell'oscillazione libera smorzata.



Committente:	CENTRO MS	
Cantiere:	Saletta (RI)	
Sondaggio:	S1	
Campione:	C1	
Profondità [m]:	2.00 - 2.50	

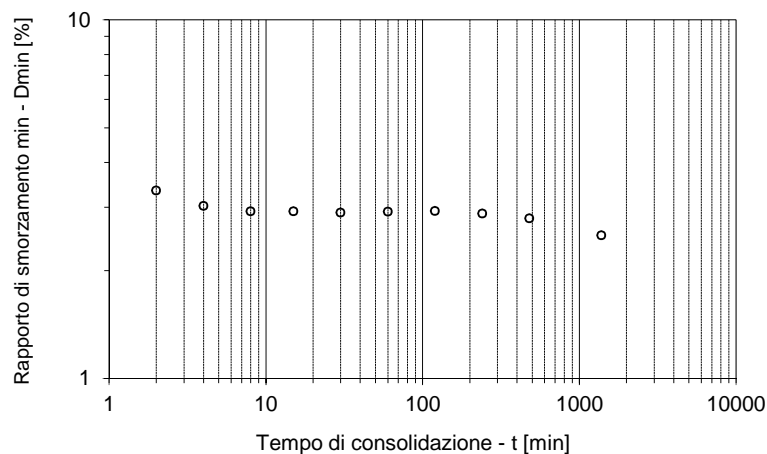
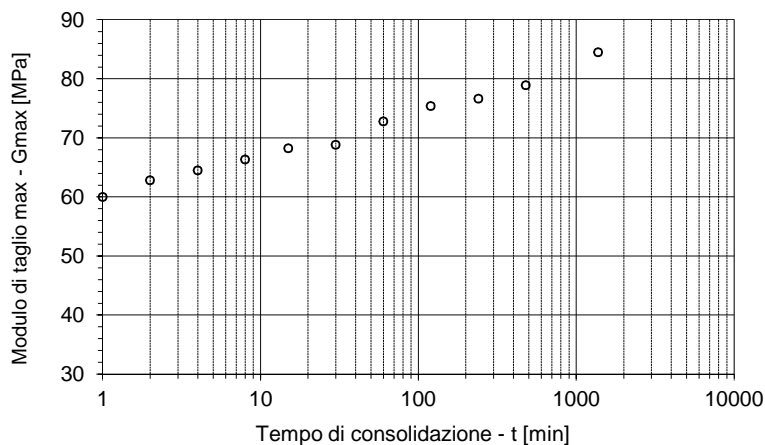
Data inizio:	23.10.17
Pagina:	4/5
Sigla:	RC1_S1C1(Sal)





Committente:	CENTRO MS
Cantiere:	Saletta (RI)
Sondaggio:	S1
Campione:	C1
Profondità [m]:	2.00 - 2.50

Data inizio:	23.10.17
Pagina:	5/5
Sigla:	RC1_S1C1(Sal)



INTERVALLO DI TENSIONE EFFICACE

EFFICACE DI CONFINAMENTO:

da  $\sigma'_c = 0.027$  MPa

a  $\sigma'_c = 0.080$  MPa

$I_G = \Delta G / \Delta \log(t)$

$N_G = 100 \cdot (I_G / G_{1000})$

Mediante regressione lineare su  
3 punti si ottiene

$G_{1000} = 82.77$  MPa

$I_G = 10.491$  MPa

$N_G = 12.674$  %

$R^2 = 0.9864$

$I_D = \Delta D / \Delta \log(t)$

$N_D = 100 \cdot (I_D / D_{1000})$

Mediante regressione lineare su  
9 punti si ottiene

$D_{1000} = 2.70$  %

$I_D = 0.143$  %

$N_D = 5.295$  %

$R^2 = 0.6577$

Step	t [min]	$\gamma$ [%]	$G_{max}$ [MPa]	$D_{min}$ [%]
1	1	0.000566	59.97	-
2	2	0.000601	62.77	3.34
3	4	0.000607	64.47	3.03
4	8	0.000605	66.28	2.93
5	15	0.000603	68.20	2.92
6	30	0.000650	68.78	2.90
7	60	0.000651	72.76	2.92
8	120	0.000648	75.34	2.93
9	240	0.000657	76.60	2.88
10	480	0.000662	78.89	2.80
11	1380	0.000638	84.45	2.50

#### LEGENDA

$\gamma$  = deformazione di taglio

t = tempo

G = modulo di taglio

D = rapporto di smorzamento

$\Delta t$  = variazione di tempo

$\Delta G$  = variazione di G nell'intervallo  $\Delta t$

$\Delta D$  = variazione di D nell'intervallo  $\Delta t$

$I_G$  = coeff. di incremento assoluto di G

$N_G$  = indice di incremento relativo di G

$I_D$  = coeff. di incremento assoluto di D

$N_D$  = indice di incremento relativo di D

G = modulo di taglio

$G_{1000}$  = modulo di taglio per t = 1000min

$D_{1000}$  = rapporto di smorz. per t = 1000min

$G_{max}$  = modulo di taglio massimo

#### NOTE

CICLO NUMERO 2: Consolidazione



UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI  
FIRENZE

**DICEA**  
DIPARTIMENTO  
DI INGEGNERIA CIVILE  
E AMBIENTALE

Laboratorio di Geotecnica

**Committente:** IGAG (CNR)  
**Cantiere:** Sommati  
**Sondaggio:** S1  
**Campione:** C1  
**Profondità:** da m 2,50 a 3,00



**Fotografia**





**Committente:** IGAG (CNR)  
**Cantiere:** Sommati  
**Sondaggio:** S1  
**Campione:** C1  
**Profondità:** da m 2,50 a 3,00

CONTENITORE DEL CAMPIONE: fustella metallica

CONDIZIONI DEL CONTENITORE: buone

FORMA DEL CAMPIONE: cilindrico

LUNGHEZZA CAMPIONE [cm]: 53

DIAMETRO CAMPIONE [cm]: 8.4

**DESCRIZIONE:**

Sabbia media e fine con limo di colore marrone scuro. La frazione sabbiosa aumenta verso il basso. Presenza di punti torbosi.

PENETROMETRO TASCABILE:

P.P. [kPa] =

alto  
basso

SCISSOMETRO TASCABILE:

T.V. [kPa] =

CONTENUTO NATURALE IN ACQUA:

w [%] = 19,2  
17,9

alto  
basso

PESO DI VOLUME:

$\gamma$  [kN/m<sup>3</sup>] = 20,60

PESO SPECIFICO DEI COSTITUENTI SOLIDI:

$\gamma_s$  [kN/m<sup>3</sup>] = 26,03

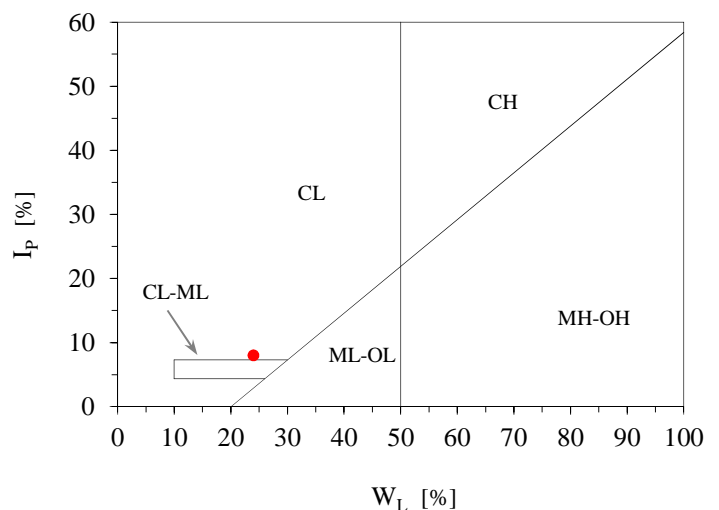
**LIMITI DI ATTERBERG (\*):**

LIMITE DI LIQUIDITÀ  $W_L$  [%] = 24

LIMITE DI PLASTICITÀ  $W_P$  [%] = 16

INDICE DI PLASTICITÀ  $I_P$  [%] = 8

CLASSIFICAZIONE U.S.C.S. = SC



(\*) determinazione effettuata sul passante al vaglio n° 40 ASTM



UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI  
FIRENZE

**DICEA**  
DIPARTIMENTO  
DI INGEGNERIA CIVILE  
E AMBIENTALE

Laboratorio di Geotecnica

## COMPOSIZIONE GRANULOMETRICA

**Committente:** IGAG (CNR)

**Cantiere:** Sommati

**Sondaggio:** S1

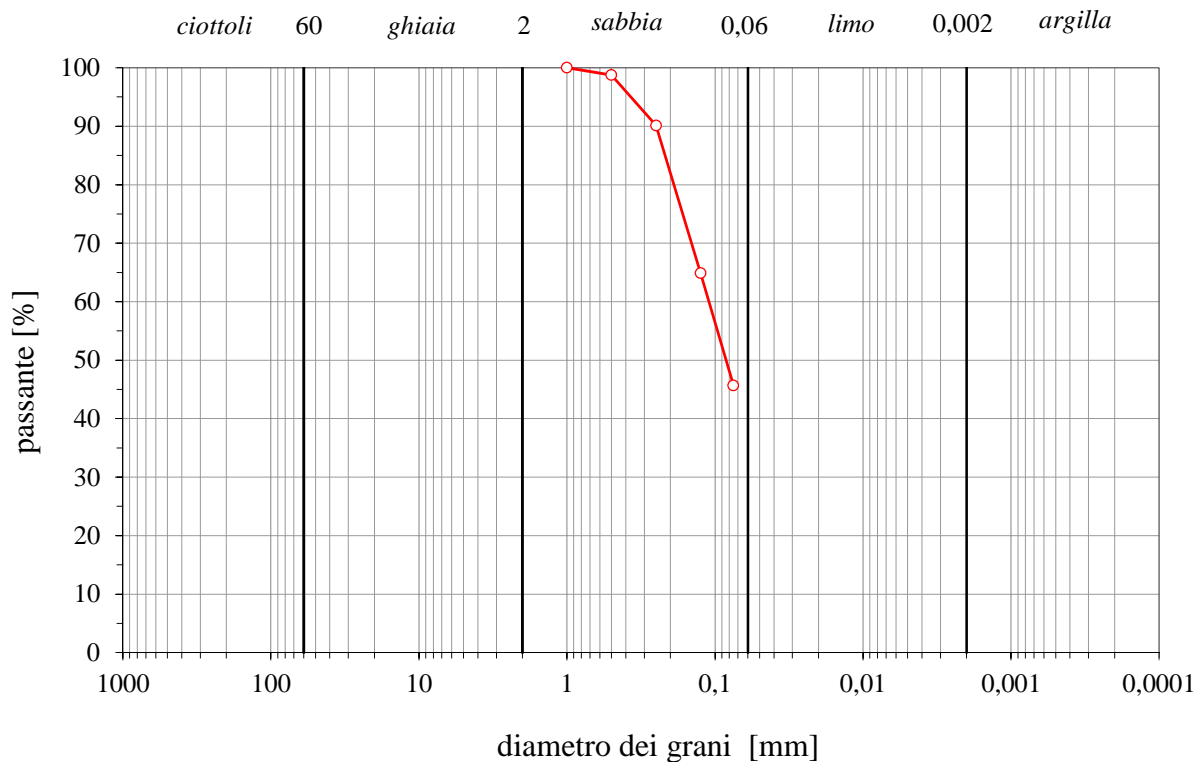
**Campione:** C1

**Profondità:** da m 2,50 a 3,00

Parte Bassa



numero setaccio ASTM	apertura maglie [mm]	percentuale passante [%]
3 "	76,200	
2 "	50,800	
1,5 "	38,100	
1 "	25,400	
3/4 "	19,050	
1/2 "	12,700	
3/8 "	9,520	
	4,000	
10	2,000	
18	1,000	100,00
35	0,500	98,77
60	0,250	90,10
	0,125	64,89
200	0,075	45,65





Committente:	IGAG	
Cantiere:	Sommati	
Sondaggio:	S1	
Campione:	C1	
Profondità [m]:	2.50 - 3.00	

Data inizio:	06.11.17
Pagina:	1/5
Sigla:	RC1_S1C1(Som)

**CICLO NUMERO 1: Saturazione**

$\sigma_c =$	214	kPa	$u =$	200	kPa	$\sigma'_c =$	14	kPa
$V_i =$	86.87	cm <sup>3</sup>	$H_i =$	7.62	cm	$M_i =$	182.52	g
$V_f =$	86.95	cm <sup>3</sup>	$H_f =$	7.62	cm	$M_f =$	184.06	g
$\Delta V =$	-0.072	cm <sup>3</sup>	$\Delta H =$	-0.002	cm	$\Delta M =$	-1.535	g

Step	G [kPa]	$\gamma$ [%]	D [%]
1	33270.9	0.000821	2.923739
2	33297.1	0.001328	2.830645
3	32868.9	0.001874	2.821235

**CICLO NUMERO 2: Consolidazione**

$\sigma_c =$	280	kPa	$u =$	200	kPa	$\sigma'_c =$	80	kPa
$V_i =$	86.95	cm <sup>3</sup>	$H_i =$	7.62	cm	$M_i =$	184.06	g
$V_f =$	85.46	cm <sup>3</sup>	$H_f =$	7.61	cm	$M_f =$	182.57	g
$\Delta V =$	1.488	cm <sup>3</sup>	$\Delta H =$	0.010	cm	$\Delta M =$	1.488	g

Step	G [kPa]	$\gamma$ [%]	D [%]
1	72925.1	0.000341	2.2769
2	72939.7	0.000634	2.4113
3			

**CICLO NUMERO 3: Decadimento RC**

$\sigma_c =$	280	kPa	$u =$	200	kPa	$\sigma'_c =$	80	kPa
$V_i =$	85.46	cm <sup>3</sup>	$H_i =$	7.61	cm	$M_i =$	182.57	g
$V_f =$	85.46	cm <sup>3</sup>	$H_f =$	7.60	cm	$M_f =$	182.57	g
$\Delta V =$	0.000	cm <sup>3</sup>	$\Delta H =$	0.007	cm	$\Delta M =$	0.000	g

Step	G [kPa]	$\gamma$ [%]	D [%]	$\Delta u$ [kPa]
1	73946.3	0.0001	-	-
2	73952.4	0.0002	2.50	-
3	73909.7	0.0003	2.33	-
4	73897.5	0.0007	2.41	-
5	73949.0	0.0011	2.64	-
6	74010.1	0.0017	2.68	-
7	70354.1	0.0026	2.77	-
8	67820.0	0.0036	3.09	-
9	63938.2	0.0056	3.84	-
10	58865.2	0.0085	5.05	-



Committente:	IGAG	
Cantiere:	Sommati	
Sondaggio:	S1	
Campione:	C1	
Profondità [m]:	2.50 - 3.00	

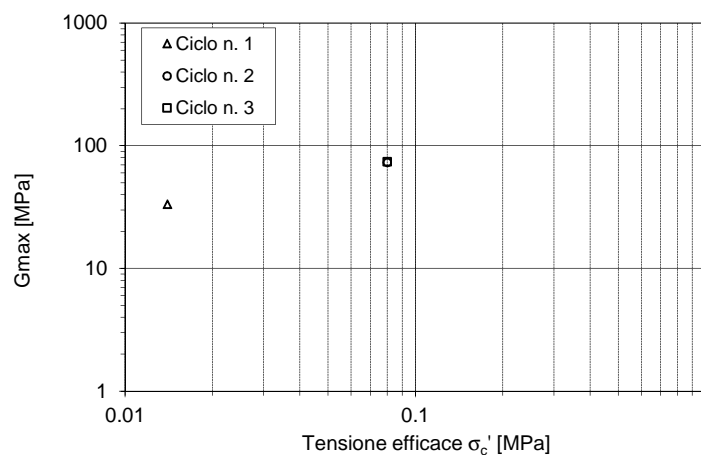
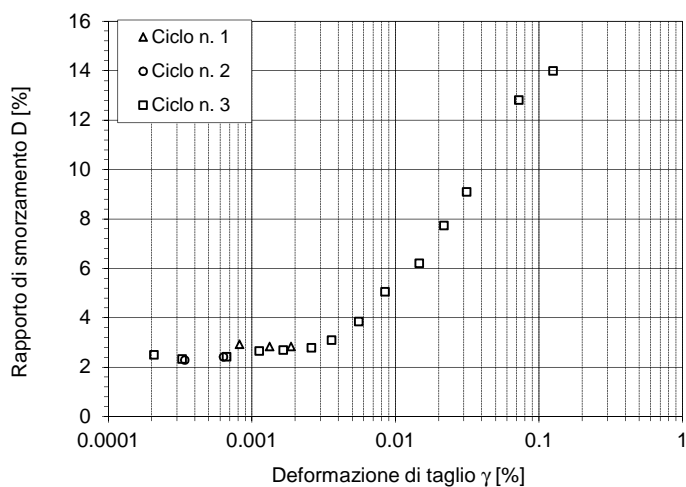
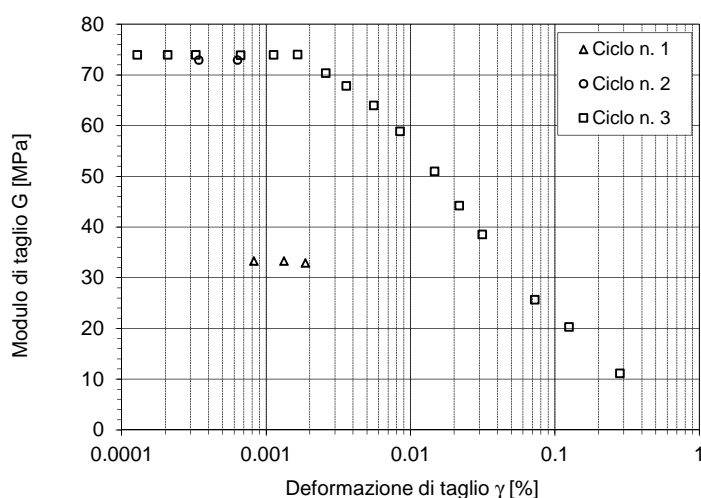
Data inizio:	06.11.17
Pagina:	2/5
Sigla:	RC1_S1C1(Som)

Step	G [kPa]	$\gamma$ [%]	D [%]	$\Delta u$ [kPa]
11	50985.1	0.0147	6.20	-
12	44193.8	0.0218	7.72	-
13	38526.3	0.0315	9.08	0.7
14	25663.7	0.0725	12.80	2.8
15	20257.8	0.1255	13.98	6.8
16	11132.4	0.2827	-	15.0



Committente:	IGAG	
Cantiere:	Sommati	
Sondaggio:	S1	
Campione:	C1	
Profondità [m]:	2.50 - 3.00	

Data inizio:	06.11.17
Pagina:	3/5
Sigla:	RC1_S1C1(Som)



Ciclo n.	1	2	3
e [-]	0.504	0.478	0.478
$\sigma'_c$ [MPa]	0.014	0.080	0.080
G <sub>max</sub> [MPa]	33.3	72.9	74.0

PROVINO: Indisturbato  
PREPARAZIONE: Provino ottenuto per tornitura;  
inserita una membrana;  
consolidazione isotropa  
SUPERFICI DI APPOGGIO: Spilli  
G<sub>S</sub> = 2.653 [-]

$\sigma'_{cn}$ = 80 kPa u = 200 kPa	iniziale	fine ciclo n. 3
H [cm]	7.620	7.605
A [cm <sup>2</sup> ]	11.401	11.237
V [cm <sup>3</sup> ]	86.875	85.459
w [%]	18.986	17.841
$\rho$ [Mg/m <sup>3</sup> ]	2.101	2.136
$\epsilon_{a,cn}$ [%]	0.199	$\epsilon_{v,cn}$ [%] = 1.630

#### LEGENDA

A = area  
H = altezza  
V = volume  
w = contenuto d'acqua  
 $\rho$  = densità  
 $\sigma'_{cn}$  = tensione efficace ultimo ciclo  
u = pressione interstiziale  
 $\epsilon_{a,cn}$  = deform. assiale ultimo ciclo  
 $\epsilon_{v,cn}$  = deform. volumetrica ultimo ciclo  
G<sub>S</sub> = peso specifico costituenti solidi  
e = indice dei vuoti  
G = modulo di taglio  
G<sub>max</sub> = modulo di taglio massimo  
 $\gamma$  = deformazione di taglio  
D = rapporto di smorzamento  
M = massa  
 $\Delta V$  = variazione di volume  
 $\Delta M$  = variazione di massa  
 $\Delta H$  = variazione di altezza

#### NOTE

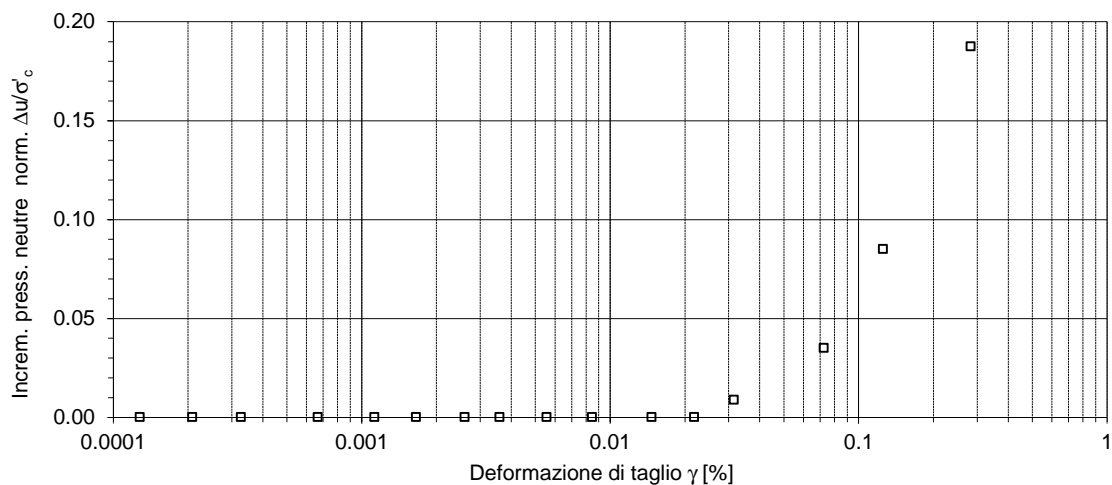
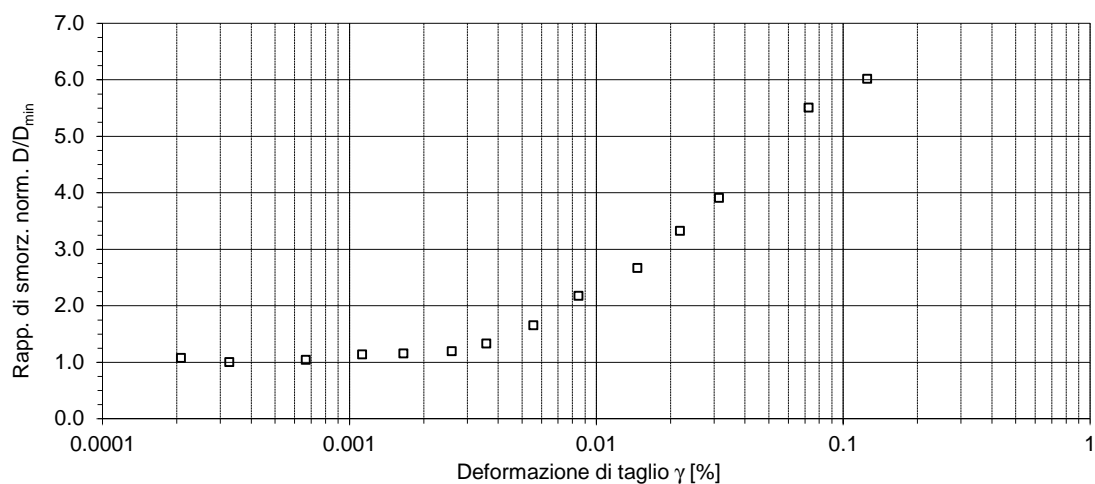
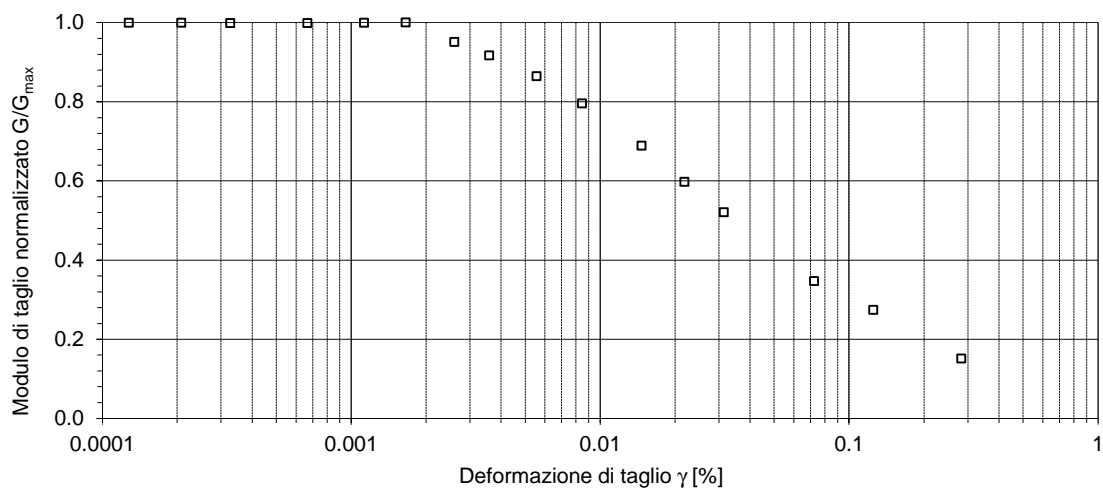
CICLO NUMERO 1: Saturazione  
CICLO NUMERO 2: Consolidazione  
CICLO NUMERO 3: Decadimento RC  
OSSERVAZIONI

I valori di D sono stati determinati con il metodo amplitude decay facendo riferimento in tutti i cicli alle ampiezze del primo e del secondo picco dell'oscillazione libera smorzata.



Committente:	IGAG	
Cantiere:	Sommati	
Sondaggio:	S1	
Campione:	C1	
Profondità [m]:	2.50 - 3.00	

Data inizio:	06.11.17
Pagina:	4/5
Sigla:	RC1_S1C1(Som)

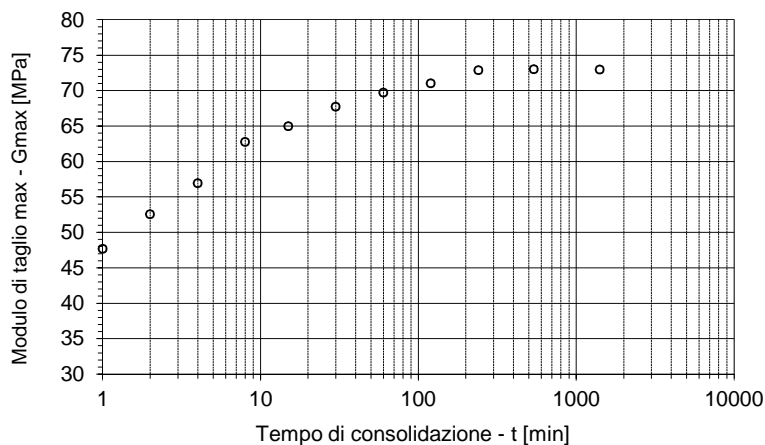






Committente:	IGAG
Cantiere:	Sommati
Sondaggio:	S1
Campione:	C1
Profondità [m]:	2.50 - 3.00

Data inizio:	06.11.17
Pagina:	5/5
Sigla:	RC1_S1C1(Som)



INTERVALLO DI TENSIONE EFFICACE

EFFICACE DI CONFINAMENTO:

da  $\sigma'_c = 0.014$  MPa

a  $\sigma'_c = 0.080$  MPa

$$I_G = \Delta G / \Delta \log(t)$$

$$N_G = 100 \cdot (I_G / G_{1000})$$

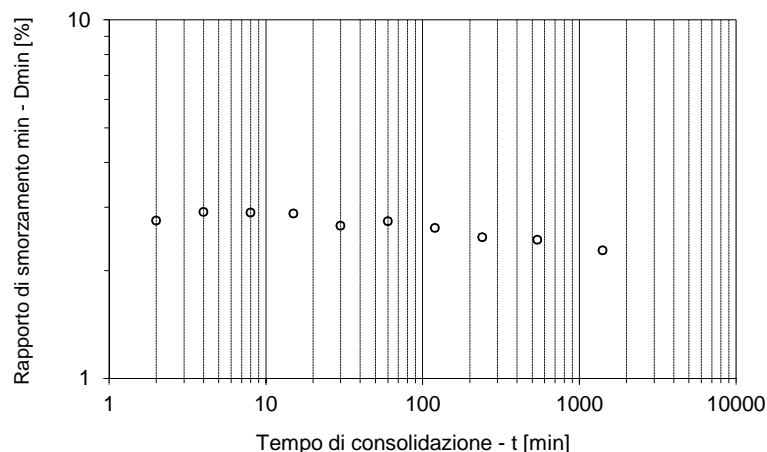
Mediante regressione lineare su  
3 punti si ottiene

$$G_{1000} = 72.95 \text{ MPa}$$

$$I_G = 0.117 \text{ MPa}$$

$$N_G = 0.160 \%$$

$$R^2 = 0.8252$$



$$I_D = \Delta D / \Delta \log(t)$$

$$N_D = 100 \cdot (I_D / D_{1000})$$

Mediante regressione lineare su  
9 punti si ottiene

$$D_{1000} = 2.35 \%$$

$$I_D = 0.257 \%$$

$$N_D = 10.937 \%$$

$$R^2 = 0.9443$$

Step	t [min]	$\gamma$ [%]	G <sub>max</sub> [MPa]	D <sub>min</sub> [%]
1	1	0.000804	47.66	-
2	2	0.000812	52.54	2.76
3	4	0.000860	56.94	2.91
4	8	0.000866	62.72	2.90
5	15	0.000889	64.98	2.88
6	30	0.000787	67.71	2.66
7	60	0.000806	69.72	2.74
8	120	0.000828	71.02	2.63
9	240	0.000778	72.87	2.48
10	540	0.000721	72.99	2.43
11	1410	0.000634	72.94	2.28

#### LEGENDA

$\gamma$  = deformazione di taglio

t = tempo

G = modulo di taglio

D = rapporto di smorzamento

$\Delta t$  = variazione di tempo

$\Delta G$  = variazione di G nell'intervallo  $\Delta t$

$\Delta D$  = variazione di D nell'intervallo  $\Delta t$

$I_G$  = coeff. di incremento assoluto di G

$N_G$  = indice di incremento relativo di G

$I_D$  = coeff. di incremento assoluto di D

$N_D$  = indice di incremento relativo di D

G = modulo di taglio

$G_{1000}$  = modulo di taglio per t = 1000min

$D_{1000}$  = rapporto di smorz. per t = 1000min

$G_{max}$  = modulo di taglio massimo

#### NOTE

CICLO NUMERO 2: Consolidazione



UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI  
FIRENZE

**DICEA**  
DIPARTIMENTO  
DI INGEGNERIA CIVILE  
E AMBIENTALE

Laboratorio di Geotecnica

**Committente:** CENTRO MS  
**Cantiere:** Sommati  
**Sondaggio:** S1  
**Campione:** C2  
**Profondità:** da m 5,50 a 6,00



**Fotografia**



**Committente:** CENTRO MS  
**Cantiere:** Sommati  
**Sondaggio:** S1  
**Campione:** C2  
**Profondità:** da m 5,50 a 6,00

CONTENITORE DEL CAMPIONE: fustella in acciaio

CONDIZIONI DEL CONTENITORE: buone

FORMA DEL CAMPIONE: cilindrico

LUNGHEZZA CAMPIONE [cm]: 28

DIAMETRO CAMPIONE [cm]: 8.3

DESCRIZIONE:

**P.A:** limo sabbioso di colore marrone, molle.

**P.B:** sabbia fine e media con limo di colore marrone con qualche venatura grigiastra (eseguita soltanto la granulometria).

PENETROMETRO TASCABILE:

P.P. [kPa] = 35 alto

SCISSOMETRO TASCABILE:

T.V. [kPa] =

CONTENUTO NATURALE IN ACQUA:

w [%] = 25,3 alto  
16,6 basso

PESO DI VOLUME:

$\gamma$  [kN/m<sup>3</sup>] = 19,64

PESO SPECIFICO DEI COSTITUENTI SOLIDI:

$\gamma_s$  [kN/m<sup>3</sup>] = 26,26

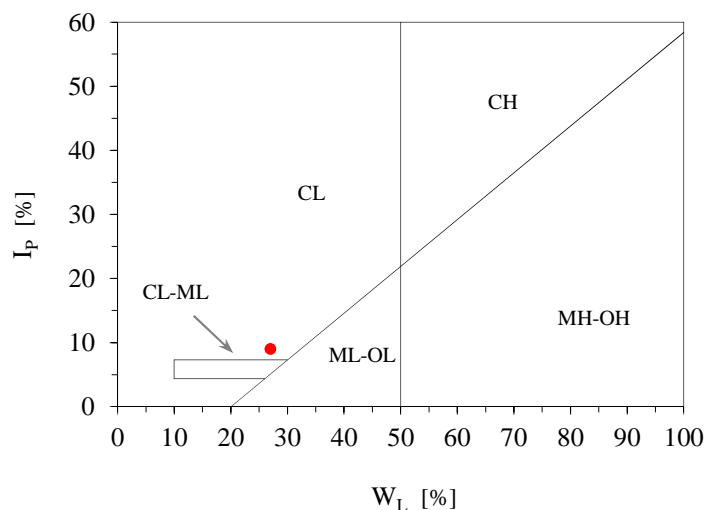
LIMITI DI ATTERBERG (\*):

LIMITE DI LIQUIDITÀ  $W_L$  [%] = 27

LIMITE DI PLASTICITÀ  $W_P$  [%] = 18

INDICE DI PLASTICITÀ  $I_P$  [%] = 9

CLASSIFICAZIONE U.S.C.S. = CL



(\*) determinazione effettuata sul passante al vaglio n° 40 ASTM



UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI  
FIRENZE

**DICEA**  
DIPARTIMENTO  
DI INGEGNERIA CIVILE  
E AMBIENTALE

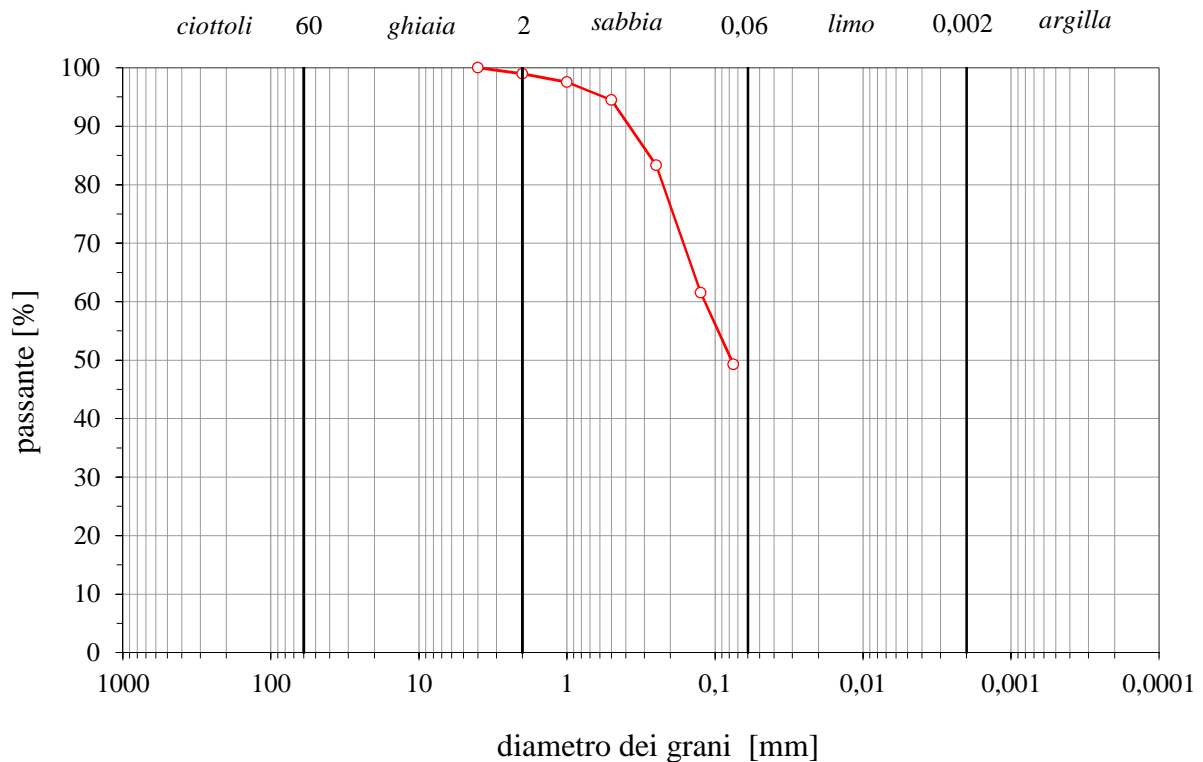
Laboratorio di Geotecnica

## COMPOSIZIONE GRANULOMETRICA

**Committente:** CENTRO MS  
**Cantiere:** Sommati  
**Sondaggio:** S1  
**Campione:** C2  
**Profondità:** da m 5,50 a 6,00

Parte bassa

numero setaccio ASTM	apertura maglie [mm]	percentuale passante [%]
3 "	76,200	
2 "	50,800	
1,5 "	38,100	
1 "	25,400	
3/4 "	19,050	
1/2 "	12,700	
3/8 "	9,520	
	4,000	
10	2,000	98,95
18	1,000	97,54
35	0,500	94,46
60	0,250	83,29
	0,125	61,53
200	0,075	49,25





Committente:	Centro MS	
Cantiere:	Sommati (RI)	
Sondaggio:	S1	
Campione:	C2	
Profondità [m]:	5.50 - 6.00	

Data inizio:	23.08.17
Pagina:	1/5
Sigla:	RC1_S1C2 (Som)

**CICLO NUMERO 1: Saturazione**

$\sigma_c =$	208	kPa	$u =$	200	kPa	$\sigma'_c =$	8	kPa
$V_i =$	86.87	cm <sup>3</sup>	$H_i =$	7.62	cm	$M_i =$	173.92	g
$V_f =$	86.51	cm <sup>3</sup>	$H_f =$	7.61	cm	$M_f =$	174.78	g
$\Delta V =$	0.369	cm <sup>3</sup>	$\Delta H =$	0.011	cm	$\Delta M =$	-0.860	g

Step	G [kPa]	$\gamma$ [%]	D [%]
1	18835.9	0.001211	3.000171
2	18398.8	0.002327	2.900517
3	18394.2	0.003036	2.960611

**CICLO NUMERO 2: Consolidazione**

$\sigma_c =$	310	kPa	$u =$	200	kPa	$\sigma'_c =$	110	kPa
$V_i =$	86.51	cm <sup>3</sup>	$H_i =$	7.61	cm	$M_i =$	174.78	g
$V_f =$	81.41	cm <sup>3</sup>	$H_f =$	7.49	cm	$M_f =$	169.69	g
$\Delta V =$	5.092	cm <sup>3</sup>	$\Delta H =$	0.118	cm	$\Delta M =$	5.092	g

Step	G [kPa]	$\gamma$ [%]	D [%]
1	90040.9	0.000224	2.0408
2	89416.0	0.000429	1.9916
3	89733.5	0.000710	2.0341

**CICLO NUMERO 3: Decadimento RC**

$\sigma_c =$	310	kPa	$u =$	200	kPa	$\sigma'_c =$	110	kPa
$V_i =$	81.41	cm <sup>3</sup>	$H_i =$	7.49	cm	$M_i =$	169.69	g
$V_f =$	81.41	cm <sup>3</sup>	$H_f =$	7.49	cm	$M_f =$	169.69	g
$\Delta V =$	0.000	cm <sup>3</sup>	$\Delta H =$	0.005	cm	$\Delta M =$	0.000	g

Step	G [kPa]	$\gamma$ [%]	D [%]	$\Delta u$ [kPa]
1	89582.5	0.0001	-	-
2	89614.2	0.0002	2.40	-
3	89503.1	0.0003	2.01	-
4	89717.6	0.0006	2.30	-
5	89701.7	0.0010	1.75	-
6	89726.9	0.0014	1.89	-
7	88443.7	0.0020	2.33	-
8	86883.7	0.0029	2.35	-
9	84159.0	0.0045	2.45	-
10	81581.2	0.0061	3.10	-



UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI  
FIRENZE  
**DICEA**  
DIPARTIMENTO  
DI INGEGNERIA CIVILE  
E AMBIENTALE

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI FIRENZE  
DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA CIVILE E AMBIENTALE  
Laboratorio di Geotecnica  
**PROVA DI COLONNA RISONANTE**

Committente:	Centro MS	
Cantiere:	Sommati (RI)	
Sondaggio:	S1	
Campione:	C2	
Profondità [m]:	5.50 - 6.00	

Data inizio:	23.08.17
Pagina:	2/5
Sigla:	RC1_S1C2 (Som)

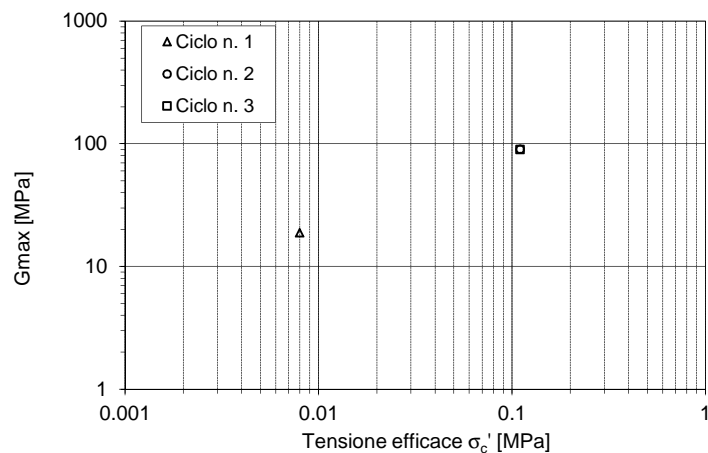
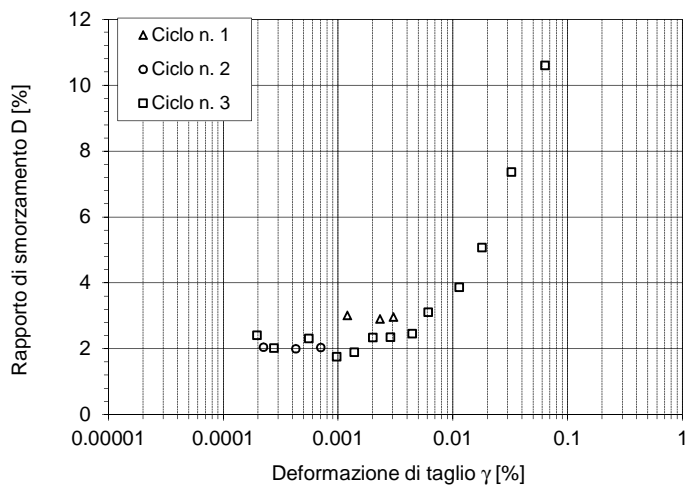
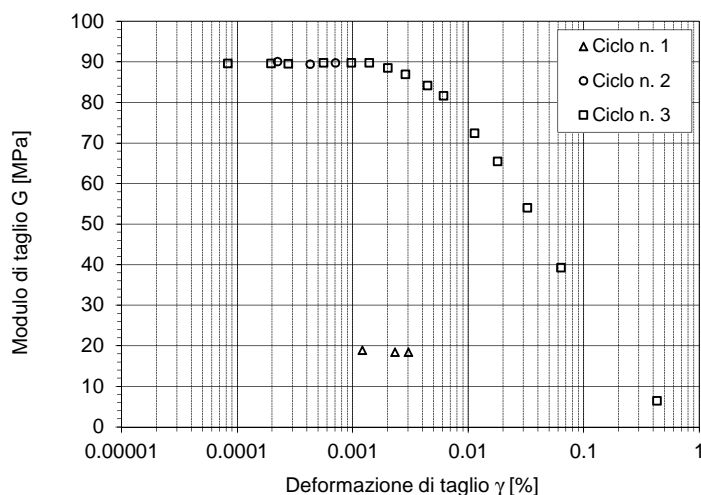
Step	G [kPa]	$\gamma$ [%]	D [%]	$\Delta u$ [kPa]
11	72364.0	0.0114	3.86	0.3
12	65390.5	0.0180	5.06	1.0
13	53974.2	0.0326	7.35	3.9
14	39250.4	0.0637	10.60	12.6
15	6417.7	0.4328	-	74.0





Committente:	Centro MS	
Cantiere:	Sommati (RI)	
Sondaggio:	S1	
Campione:	C2	
Profondità [m]:	5.50 - 6.00	

Data inizio:	23.08.17
Pagina:	3/5
Sigla:	RC1_S1C2 (Som)



Ciclo n.	1	2	3
$e$ [-]	0.661	0.564	0.564
$\sigma'_c$ [MPa]	0.008	0.110	0.110
$G_{max}$ [MPa]	18.8	90.0	89.7

PROVINO:	Indisturbato
PREPARAZIONE:	Provino ottenuto per fustellazione, inserita una membrana, consolidazione isotropa
SUPERFICI DI APPOGGIO:	Spilli
$G_s$	2.677 [-]

$\sigma'_{cn}$ =	110 kPa	
$u$ =	200 kPa	
	iniziale	fine ciclo n. 3
H [cm] =	7.620	7.487
A [cm <sup>2</sup> ] =	11.401	10.874
V [cm <sup>3</sup> ] =	86.875	81.414
w [%] =	24.782	20.588
$\rho$ [Mg/m <sup>3</sup> ] =	2.002	2.084
$\varepsilon_{a,cn}$ [%] =	1.747	$\varepsilon_{v,cn}$ [%] = 6.286

#### LEGENDA

$A$  = area  
 $H$  = altezza  
 $V$  = volume  
 $w$  = contenuto d'acqua  
 $\rho$  = densità  
 $\sigma'_{cn}$  = tensione efficace ultimo ciclo  
 $u$  = pressione interstiziale  
 $\epsilon_{a,cn}$  = deform. assiale ultimo ciclo  
 $\epsilon_{v,cn}$  = deform. volumetrica ultimo ciclo  
 $G_s$  = peso specifico costituenti solidi  
 $e$  = indice dei vuoti  
 $G$  = modulo di taglio  
 $G_{max}$  = modulo di taglio massimo  
 $\gamma$  = deformazione di taglio  
 $D$  = rapporto di smorzamento  
 $M$  = massa  
 $\Delta V$  = variazione di volume  
 $\Delta M$  = variazione di massa  
 $\Delta H$  = variazione di altezza

#### NOTE

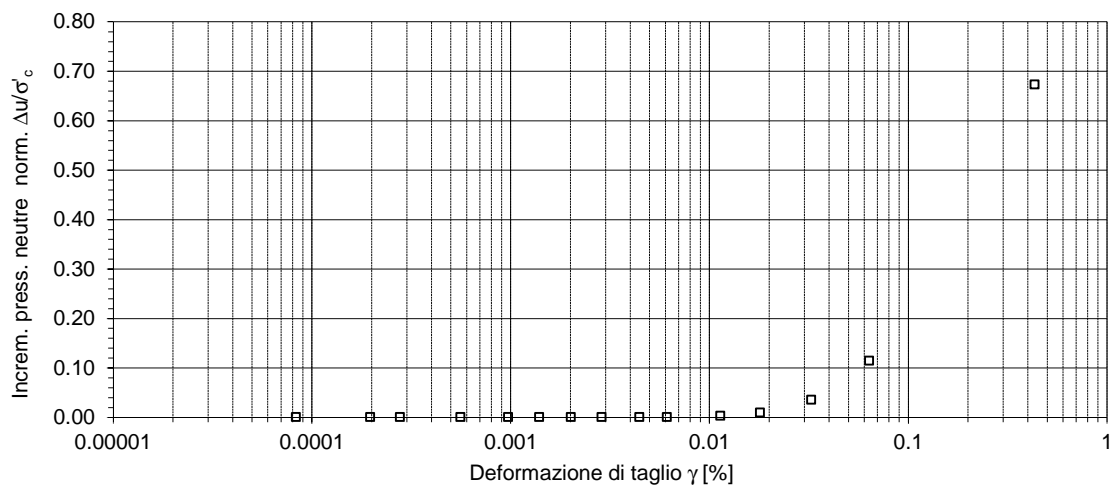
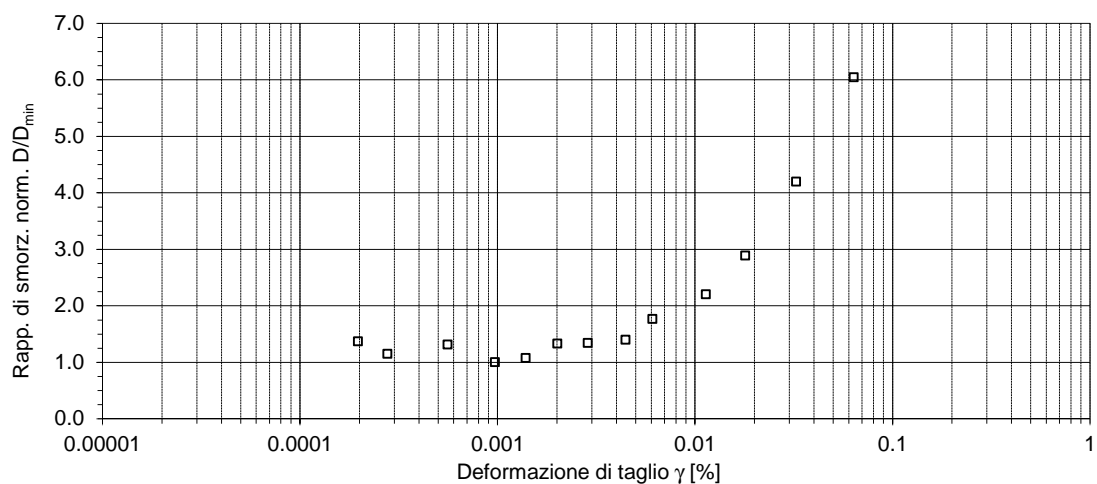
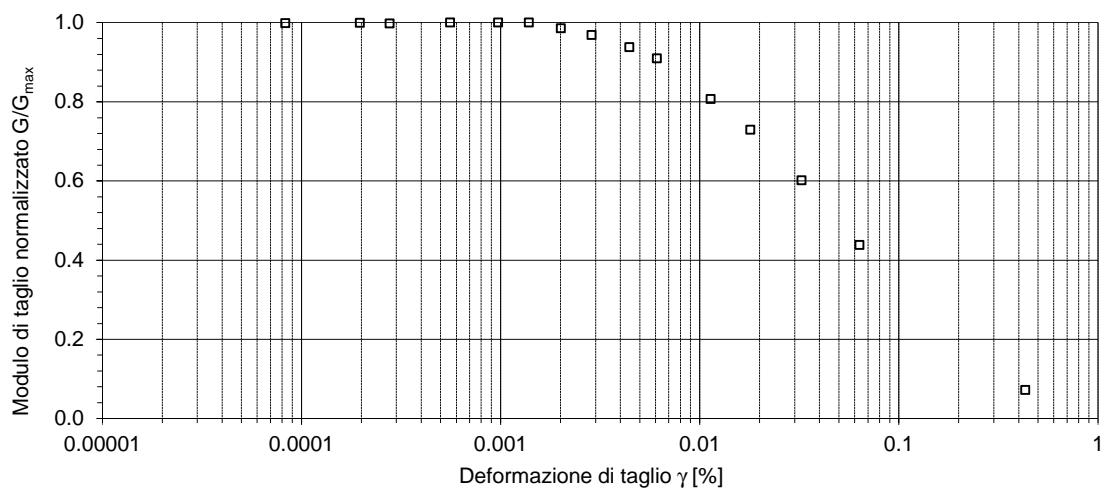
CICLO NUMERO 1: Saturazione  
CICLO NUMERO 2: Consolidazione  
CICLO NUMERO 3: Decadimento RC  
OSSERVAZIONI

I valori di  $D$  sono stati determinati con il metodo amplitude decay facendo riferimento in tutti i cicli alle ampiezze del primo e del secondo picco dell'oscillazione libera smorzata.



Committente:	Centro MS	
Cantiere:	Sommati (RI)	
Sondaggio:	S1	
Campione:	C2	
Profondità [m]:	5.50 - 6.00	

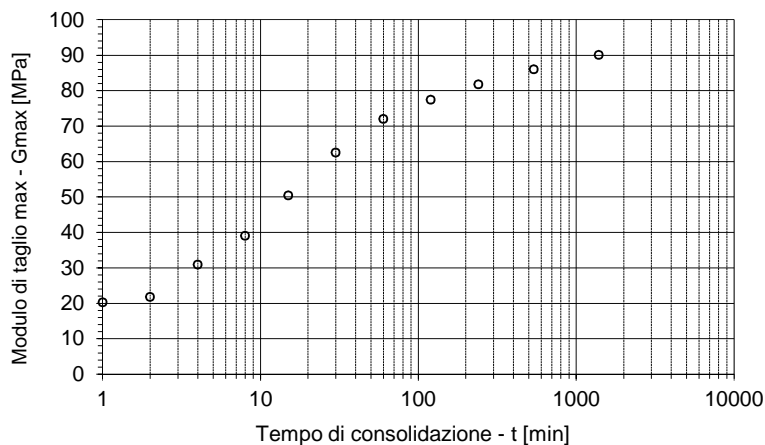
Data inizio:	23.08.17
Pagina:	4/5
Sigla:	RC1_S1C2 (Som)





Committente:	Centro MS
Cantiere:	Sommati (RI)
Sondaggio:	S1
Campione:	C2
Profondità [m]:	5.50 - 6.00

Data inizio:	23.08.17
Pagina:	5/5
Sigla:	RC1_S1C2 (Som)



INTERVALLO DI TENSIONE EFFICACE

EFFICACE DI CONFINAMENTO:

da  $\sigma'_c = 0.008$  MPa

a  $\sigma'_c = 0.110$  MPa

$$I_G = \Delta G / \Delta \log(t)$$

$$N_G = 100 \cdot (I_G / G_{1000})$$

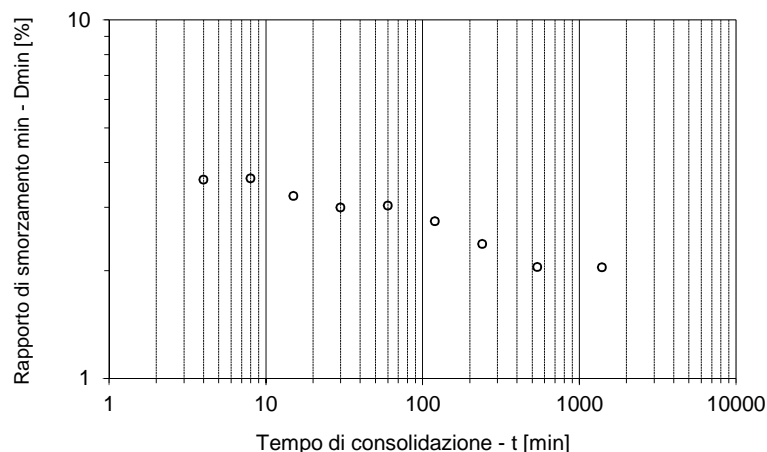
Mediante regressione lineare su  
5 punti si ottiene

$$G_{1000} = 88.57 \text{ MPa}$$

$$I_G = 10.818 \text{ MPa}$$

$$N_G = 12.214 \%$$

$$R^2 = 0.9968$$



$$I_D = \Delta D / \Delta \log(t)$$

$$N_D = 100 \cdot (I_D / D_{1000})$$

Mediante regressione lineare su  
11 punti si ottiene

$$D_{1000} = 2.03 \%$$

$$I_D = 0.686 \%$$

$$N_D = 33.770 \%$$

$$R^2 = 0.9581$$

Step	t [min]	$\gamma$ [%]	$G_{max}$ [MPa]	$D_{min}$ [%]
1	1	0.001219	20.26	-
2	2	0.000978	21.81	-
3	4	0.000944	30.93	3.58
4	8	0.001097	39.05	3.61
5	15	0.001004	50.44	3.22
6	30	0.000949	62.46	3.00
7	60	0.000765	71.98	3.03
8	120	0.000787	77.40	2.74
9	240	0.000716	81.72	2.37
10	540	0.000654	85.95	2.04
11	1395	0.000224	90.04	2.04
12	1400	0.000429	89.42	1.99
13	1405	0.000710	89.73	2.03

#### LEGENDA

$\gamma$  = deformazione di taglio

t = tempo

G = modulo di taglio

D = rapporto di smorzamento

$\Delta t$  = variazione di tempo

$\Delta G$  = variazione di G nell'intervallo  $\Delta t$

$\Delta D$  = variazione di D nell'intervallo  $\Delta t$

$I_G$  = coeff. di incremento assoluto di G

$N_G$  = indice di incremento relativo di G

$I_D$  = coeff. di incremento assoluto di D

$N_D$  = indice di incremento relativo di D

G = modulo di taglio

$G_{1000}$  = modulo di taglio per t = 1000min

$D_{1000}$  = rapporto di smorz. per t = 1000min

$G_{max}$  = modulo di taglio massimo

#### NOTE

CICLO NUMERO 2: Consolidazione