

**COMUNE DI SCICLI**  
**LIBERO CONSORZIO COMUNALE DI RAGUSA**

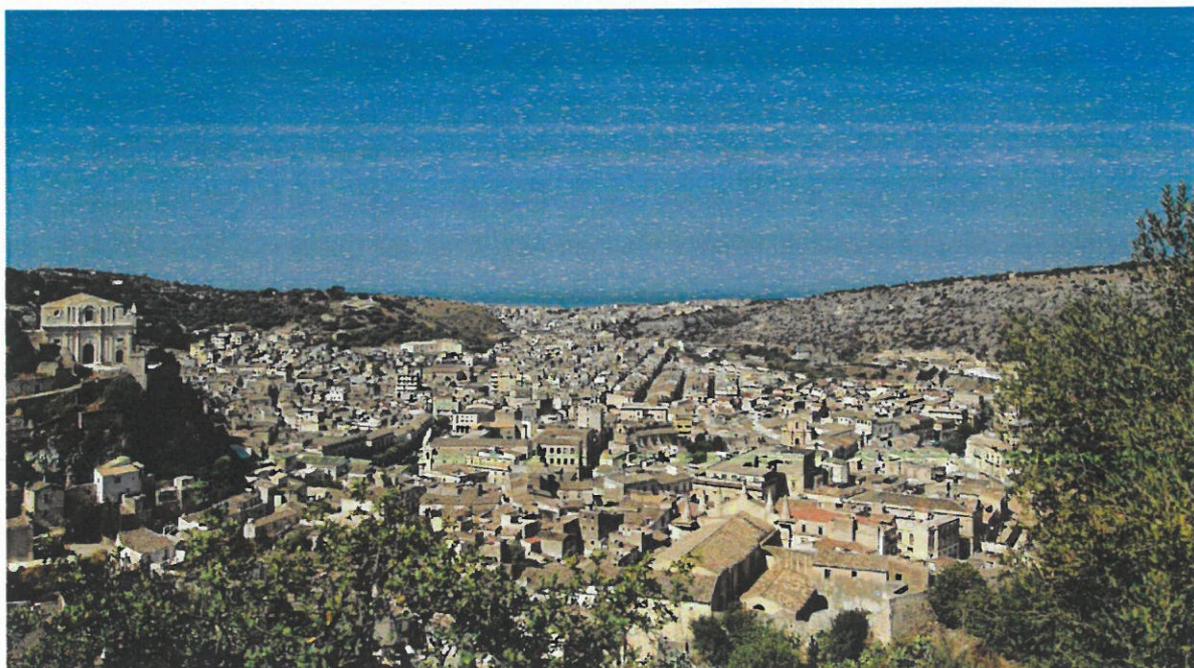
**OGGETTO:** Programma operativo FERS SICILIA 2014/2020 ASSE 10 AZIONE 10.7.1 - DDG n.4056 del 13 Settembre 2018 assegnazione di contributi per la valutazione del rischio sismico degli edifici scolastici previste dall'OPCM 3274/2003. Comunicazione aggiudicazione e avvio del servizio CIG 9623405D05

**COMMITTENTE:** Comune di Scicli

**Data emissione:** 02/10/2023

**PSI 05/23**

Indagini geognostiche e geofisiche



Il Direttore del Laboratorio  
Ing. Calogero Palumbo Piccionello

Lo Sperimentatore  
Geol. Filippo Maria Gruppuso  
**GEOservice s.r.l.**  
Geol. Filippo Gruppuso

## PREMESSA

La Geoservice S.r.l., in data 24/07/2023 e in data 25/07/2023, ha eseguito le indagini geognostiche e geofisiche relative ai lavori di cui all'oggetto, sviluppate in tipologie "dirette" ed "indirette" secondo le indicazioni contenute nel C.M.E. ed impartite dai tecnici incaricati.

La campagna geognostica e geofisica è stata così articolata:

- Esecuzione n°5 prove penetrometriche dinamiche continue
- Esecuzione di n°8 indagini sismiche tipo MASW
- Esecuzione di n°2 indagini sismiche tipo HVSR

### PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE CONTINUE

Le prove penetrometriche sono state eseguite i giorni 24/07/2023 e 25/07/2023, utilizzando un penetrometro dinamico di marca Deep Drill modello DM-30 le cui caratteristiche sono definite in allegato. La prova consiste nella misura della resistenza alla penetrazione di una punta conica di dimensioni standard, infissa per battitura nel terreno, per mezzo di un idoneo dispositivo di percussione. Il dato ottenuto dalla prova è il numero dei colpi per l'infissione di 10 cm della punta (N10); essa viene fatta penetrare in maniera continua fino alla profondità desiderata o fino al raggiungimento del fondo scala quando si superano i 60 colpi per 10 cm.

Il penetrometro utilizzato è prodotto dalla "Deep Drill" ed è denominato "Penetrometro Dinamico Leggero Italiano" DM30. Secondo la classificazione ISSMFE rientra tra i penetrometri di tipo "Medium DPM" avendo una massa battente di 30 kg (compresa tra 10 kg e 40 kg).

I risultati delle prove sono stati esposti negli elaborati, di seguito allegati, in cui vengono definiti i dati di campagna, i diagrammi, i metodi statistici e le stratigrafie con le relative caratterizzazioni geotecniche.

<b>Scuola</b>	<b>Prova</b>	<b>Profondità (m)</b>	<b>Rilievo di falda</b>
San Nicolò (A2)	P1	1,70	NON RILEVATA
Don Milani Via dei Fiori (A4)	P2	2,00	NON RILEVATA
Don Milani/Infanzia (A5)	P3	1,50	NON RILEVATA
Vittorini Primaria Cava D'Aliga (A7)	P4	1,10	NON RILEVATA
Vittorini Infanzia Donnalucata (A9)	P5	1,00	NON RILEVATA

### CORRELAZIONE CON NSPT

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

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

Dove:

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

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

L'energia specifica per colpo viene calcolata come segue:

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

in cui

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

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

Formula Olandesi

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

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

### ELABORAZIONE STATISTICA

L'elaborazione statistica dei dati numerici avviene utilizzando, nel calcolo dei valori rappresentativi dello strato considerato, un valore inferiore o maggiore della media aritmetica dello strato (dato comunque maggiormente utilizzato);

Dal numero di colpi  $N_{spt}$  così ricavato, il programma ha automaticamente estrapolato i valori dei parametri geotecnici attribuibili ai terreni, in conformità a delle tabelle di correlazione sperimentali costruite da diversi autori (per maggiori informazioni si rimanda a testi specialistici egl AA. Terzaghi & Peck 1948-1967, Peck – Hanson – Thorburn 1953-1974, D'Apollonia e Altri 1970).

### RISULTATI

Le risultanze delle prove penetrometriche consistono nella stesura di una colonna stratigrafica, derivante dall'accorpamento dei terreni che hanno medesime caratteristiche meccaniche di resistenza all'avanzamento della punta, a cui si associano le litologie ed i relativi parametri geotecnici.

In calce alla relazione verranno prodotti gli elaborati derivanti dall'interpretazione delle prove penetrometriche consistenti, per ogni prova, in una tabella con il numero di colpi (dati di campagna) e il valore di resistenza alla punta corrispondente, un grafico esemplificativo dei dati suddetti e l'elaborazione statistica dei dati.

A2 – SCUOLA SAN NICOLÒ

**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA  
TABELLE VALORI DI RESISTENZA**

**DIN 1**

- committente : Comune di Scicli  
- lavoro : A2 San Nicolò  
- località : Scicli (Rg)  
- note :

- data : 25/07/2023  
- quota inizio :  
- prof. falda : Falda non rilevata  
- pagina : 1

Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm <sup>2</sup> )	asta	Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm <sup>2</sup> )	asta
0,00 - 0,10	2	7,8	1	0,90 - 1,00	3	11,2	2
0,10 - 0,20	10	39,1	1	1,00 - 1,10	12	44,6	2
0,20 - 0,30	35	137,0	1	1,10 - 1,20	5	18,6	2
0,30 - 0,40	27	105,7	1	1,20 - 1,30	9	33,5	2
0,40 - 0,50	15	58,7	1	1,30 - 1,40	22	81,8	2
0,50 - 0,60	18	70,4	1	1,40 - 1,50	35	130,2	2
0,60 - 0,70	24	93,9	1	1,50 - 1,60	25	93,0	2
0,70 - 0,80	6	23,5	1	1,60 - 1,70	60	223,1	2
0,80 - 0,90	2	7,4	2				

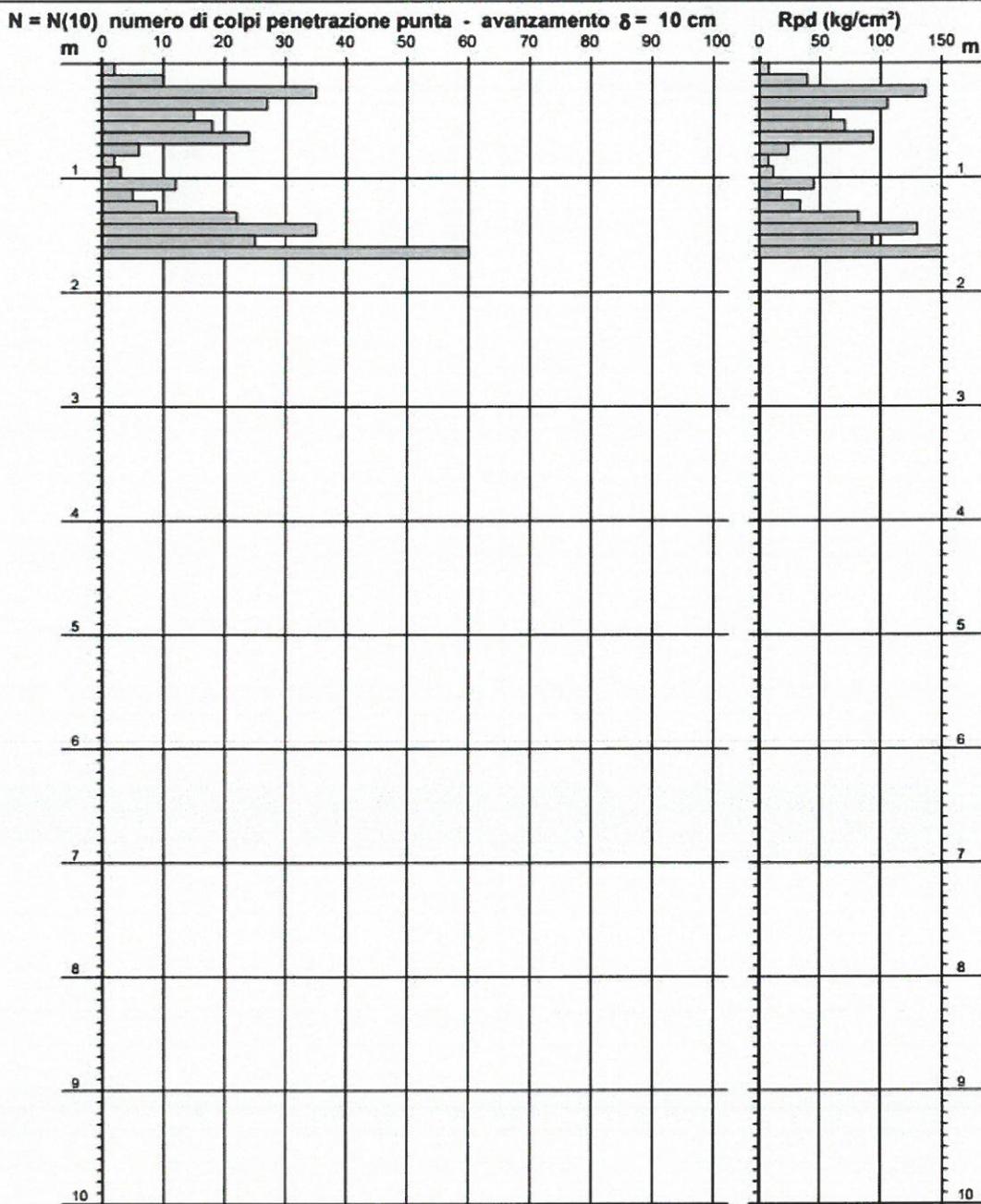
**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA  
DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA - Rpd**

**DIN 1**

Scala 1: 50

- committente : Comune di Scicli  
- lavoro : A2 San Nicolò  
- località : Scicli (Rg)  
- note :

- data : 25/07/2023  
- quota inizio :  
- prof. falda : Falda non rilevata  
- pagina : 1



## PROVA PENETROMETRICA DINAMICA ELABORAZIONE STATISTICA

DIN 1

- committente : Comune di Scicli  
 - lavoro : A2 San Nicolò  
 - località : Scicli (Rg)  
 - note :

- data : 25/07/2023  
 - quota inizio :  
 - prof. falda : Falda non rilevata  
 - pagina : 1

n°	Profondità (m)		PARAMETRO	ELABORAZIONE STATISTICA						VCA	β	Nspt	
				M	min	Max	½(M+min)	s	M-s				M+s
1	0,00	1,00	N	14,2	2	35	8,1	11,6	2,6	25,8	14	0,77	11
			Rpd	55,5	7	137	31,5	45,6	9,9	101,1	55		
2	1,00	1,60	N	18,0	5	35	11,5	11,3	6,7	29,3	18	0,77	14
			Rpd	66,9	19	130	42,8	42,1	24,9	109,0	67		
3	1,60	1,70	N	60,0	60	60	60,0	---	---	---	60	0,77	46
			Rpd	223,1	223	223	223,1	---	---	---	223		

M: valore medio min: valore minimo Max: valore massimo s: scarto quadratico medio VCA: valore caratteristico assunto  
 N: numero Colpi Punta prova penetrometrica dinamica (avanzamento  $\delta = 10$  cm) Rpd: resistenza dinamica alla punta (kg/cm<sup>2</sup>)  
 β: Coefficiente correlazione con prova SPT (valore teorico  $\beta_t = 0,77$ ) Nspt: numero colpi prova SPT (avanzamento  $\delta = 30$  cm)

## Nspt - PARAMETRI GEOTECNICI

DIN 1

n°	Prof.(m)		LITOLOGIA	Nspt	NATURA GRANULARE				NATURA COESIVA				
					DR	σ'	E'	Ysat	Yd	Cu	Ysat	W	e
1	0,00	1,00	Terreno di copertura	11	36,5	---	276	1,94	1,51	---	---	---	---
2	1,00	1,60	Sabbie variamente addensate	14	41,0	31,2	299	1,96	1,53	---	---	---	---
3	1,60	1,70	Arenarie/Calcarenti	46	81,0	40,0	546	2,13	1,82	---	---	---	---

Nspt: numero di colpi prova SPT (avanzamento  $\delta = 30$  cm)

DR % = densità relativa σ' (\*) = angolo di attrito efficace E' (kg/cm<sup>2</sup>) = modulo di deformazione drenato W% = contenuto d'acqua  
 e (-) = indice dei vuoti Cu (kg/cm<sup>2</sup>) = coesione non drenata Ysat, Yd (t/m<sup>3</sup>) = peso di volume saturo e secco (rispettivamente) del terreno

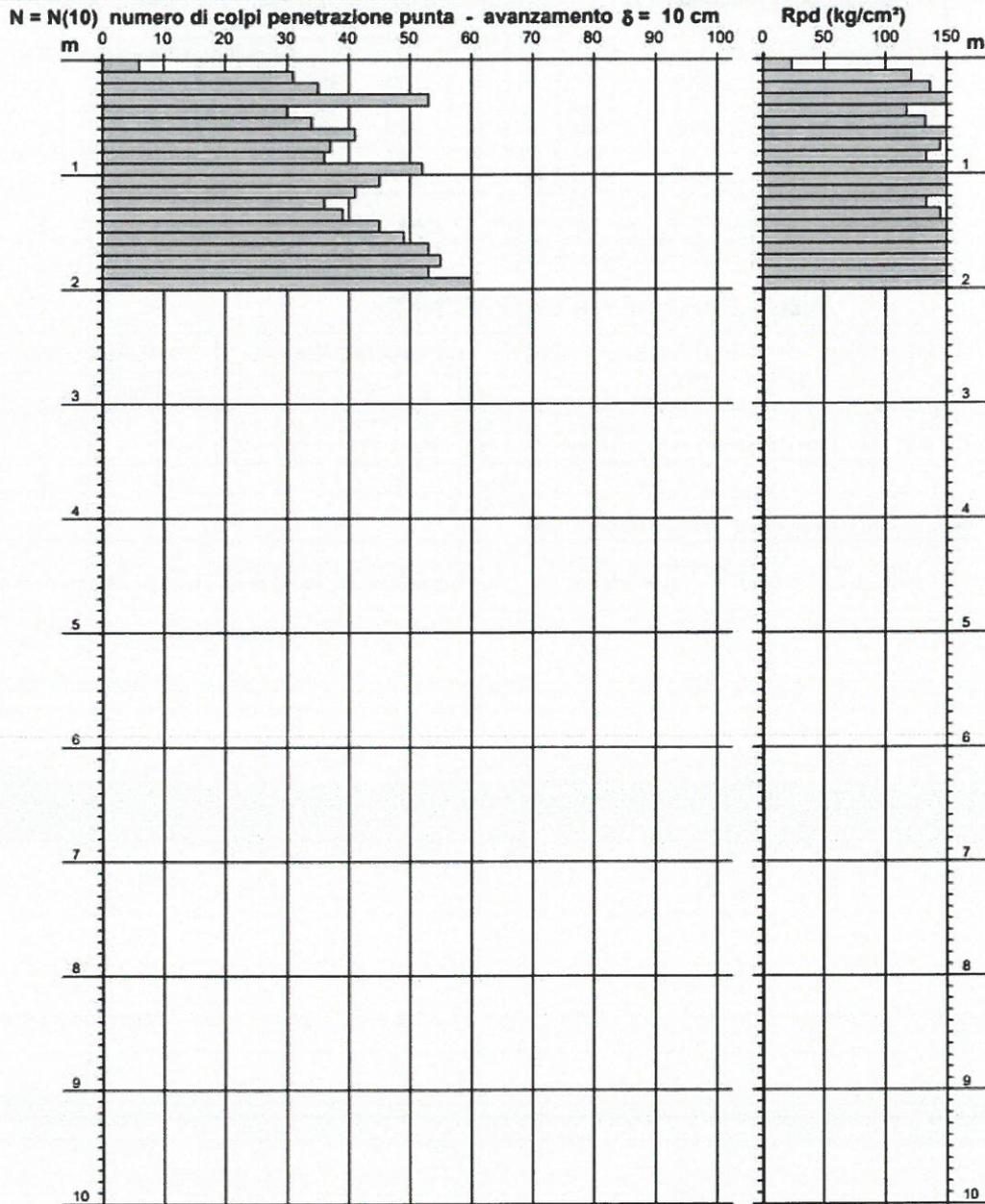
**A4 – SCUOLA DON MILANI VIA DEI FIORI**

**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA  
DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA - Rpd**

**DIN 2**

Scala 1: 50

- committente :	Comune di Scicli	- data :	24/07/2023
- lavoro :	A4 Don Milani, via Dei Fiori	- quota inizio :	
- località :	Scicli (Rg)	- prof. falda :	Falda non rilevata
- note :		- pagina :	1



**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA  
ELABORAZIONE STATISTICA**

**DIN 2**

- committente : Comune di Scicli  
 - lavoro : A4 Don Milani, via Dei Fiori  
 - località : Scicli (Rg)  
 - note :  
 - data : 24/07/2023  
 - quota inizio :  
 - prof. falda : Falda non rilevata  
 - pagina : 1

n°	Profondità (m)	PARAMETRO	ELABORAZIONE STATISTICA							VCA	$\beta$	Nspt
			M	min	Max	$\frac{1}{2}(M+min)$	s	M-s	M+s			
0	0,00 0,10		0,0	0	0	0,0	---	---	---	0	0,00	0

M: valore medio min: valore minimo Max: valore massimo s: scarto quadratico medio VCA: valore caratteristico assunto  
 N: numero Colpi Punta prova penetrometrica dinamica (avanzamento  $\delta = 10$  cm) Rpd: resistenza dinamica alla punta (kg/cm<sup>2</sup>)  
 $\beta$ : Coefficiente correlazione con prova SPT (valore teorico  $\beta^t = 0,77$ ) Nspt: numero colpi prova SPT (avanzamento  $\delta = 30$  cm)

**Nspt - PARAMETRI GEOTECNICI**

**DIN 2**

n°	Prof.(m)	LITOLOGIA	Nspt	NATURA GRANULARE					NATURA COESIVA				
				DR	$\phi'$	E'	Ysat	Yd	Cu	Ysat	W	e	
---	0.00 0.10	Terreno di copertura	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
2	0.10 1.90	Sabbie e ghiaie addensate	31	66.0	36.3	430	2.06	1.70	---	---	---	---	---
3	1.90 2.00	Arenarie/Calcareniti	46	81.0	40.0	546	2.13	1.82	---	---	---	---	---

Nspt: numero di colpi prova SPT (avanzamento  $\delta = 30$  cm)

DR % = densità relativa  $\phi'$  (\*) = angolo di attrito efficace E' (kg/cm<sup>2</sup>) = modulo di deformazione drenato W% = contenuto d'acqua  
 e (-) = indice dei vuoti Cu (kg/cm<sup>2</sup>) = coesione non drenata Ysat, Yd (t/m<sup>3</sup>) = peso di volume saturo e secco (rispettivamente) del terreno

**A5 – SCUOLA DON MILANI INFANZIA**

**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA  
TABELLE VALORI DI RESISTENZA**

**DIN 3**

- committente : Comune di Scicli  
- lavoro : A5 Don Milani, Infanzia  
- località : Scicli (Rg)  
- note :

- data : 24/07/2023  
- quota inizio :  
- prof. falda : Falda non rilevata  
- pagina : 1

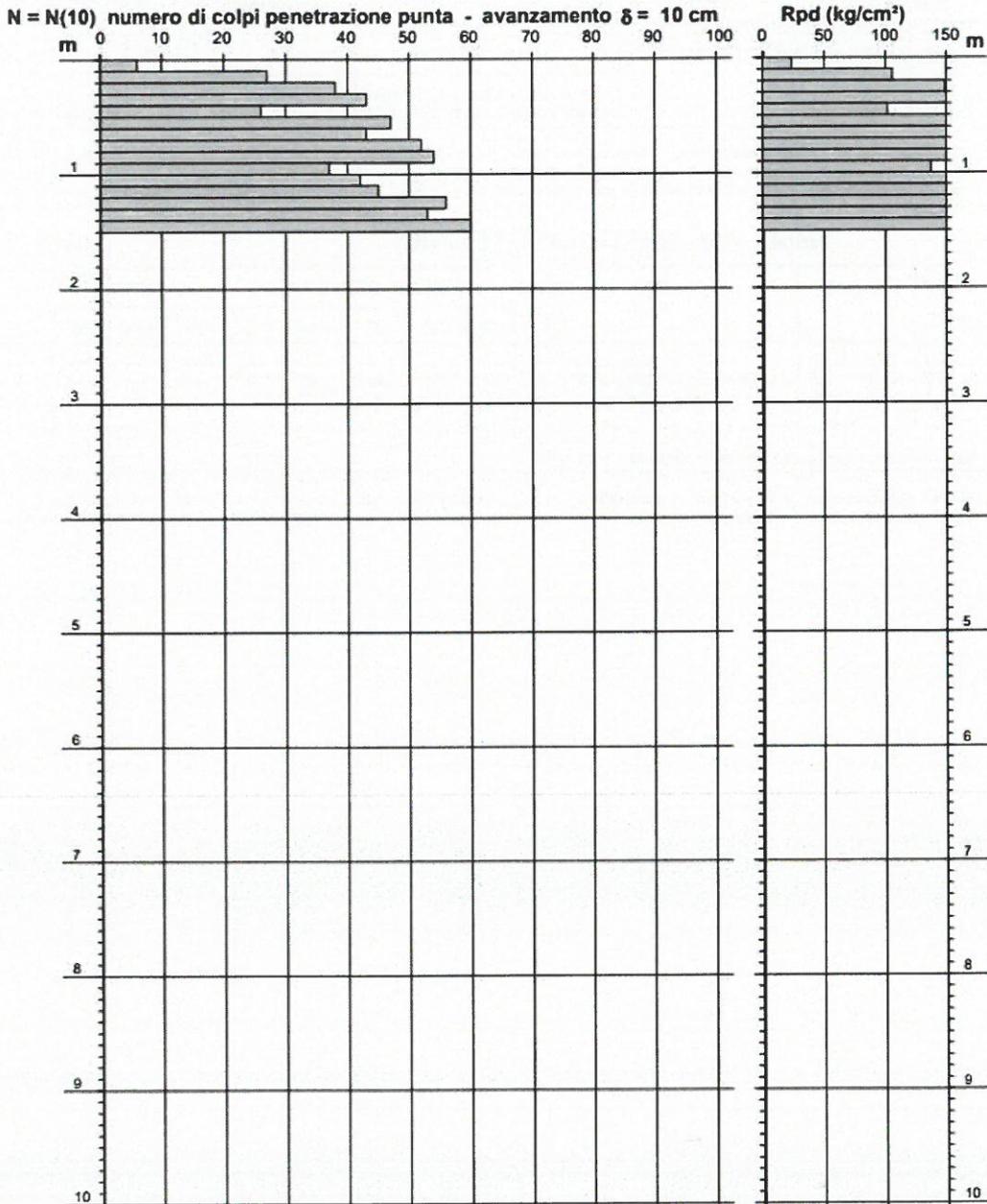
Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm <sup>2</sup> )	asta	Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm <sup>2</sup> )	asta
0,00 - 0,10	6	23,5	1	0,80 - 0,90	54	200,8	2
0,10 - 0,20	27	105,7	1	0,90 - 1,00	37	137,6	2
0,20 - 0,30	38	148,7	1	1,00 - 1,10	42	156,2	2
0,30 - 0,40	43	168,3	1	1,10 - 1,20	45	167,4	2
0,40 - 0,50	26	101,7	1	1,20 - 1,30	56	208,3	2
0,50 - 0,60	47	183,9	1	1,30 - 1,40	53	197,1	2
0,60 - 0,70	43	168,3	1	1,40 - 1,50	60	223,1	2
0,70 - 0,80	52	203,5	1				

**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA  
DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA - Rpd**

**DIN 3**

Scala 1: 50

- committente :	Comune di Scicli	- data :	24/07/2023
- lavoro :	A5 Don Milani, Infanzia	- quota inizio :	
- località :	Scicli (Rg)	- prof. falda :	Falda non rilevata
- note :		- pagina :	1



## PROVA PENETROMETRICA DINAMICA ELABORAZIONE STATISTICA

DIN 3

- committente : Comune di Scicli  
 - lavoro : A5 Don Milani, Infanzia  
 - località : Scicli (Rg)  
 - note :  
 - data : 24/07/2023  
 - quota inizio :  
 - prof. falda : Falda non rilevata  
 - pagina : 1

n°	Profondità (m)		PARAMETRO	ELABORAZIONE STATISTICA						VCA	β	Nspt	
				M	min	Max	½(M+min)	s	M-s				M+s
0	0.00	0.10		0.0	0	0	0.0	---	---	---	0	0.00	0

M: valore medio min: valore minimo Max: valore massimo s: scarto quadratico medio VCA: valore caratteristico assunto  
 N: numero Colpi Punta prova penetrometrica dinamica (avanzamento  $\delta = 10$  cm) Rpd: resistenza dinamica alla punta (kg/cm<sup>2</sup>)  
 β: Coefficiente correlazione con prova SPT (valore teorico  $\beta_t = 0,77$ ) Nspt: numero colpi prova SPT (avanzamento  $\delta = 30$  cm)

## Nspt - PARAMETRI GEOTECNICI

DIN 3

n°	Prof.(m)		LITOLOGIA	Nspt	NATURA GRANULARE				NATURA COESIVA				
					DR	e'	E'	Ysat	Yd	Cu	Ysat	W	e
---	0.00	0.10	Termo di copertura	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
2	0.10	1.40	Sabbie e ghiaie addensate	31	66.0	36.3	430	2.06	1.70	---	---	---	---
3	1.40	1.50	Arenarie/Calcareniti	46	81.0	40.0	546	2.13	1.82	---	---	---	---

Nspt: numero di colpi prova SPT (avanzamento  $\delta = 30$  cm)

DR % = densità relativa e' (\*) = angolo di attrito efficace E' (kg/cm<sup>2</sup>) = modulo di deformazione drenato W% = contenuto d'acqua  
 e (-) = indice dei vuoti Cu (kg/cm<sup>2</sup>) = coesione non drenata Ysat, Yd (t/m<sup>3</sup>) = peso di volume saturo e secco (rispettivamente) del terreno

A7 – SCUOLA PRIMARIA VITTORINI CAVA D'ALIGA

**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA  
TABELLE VALORI DI RESISTENZA**

**DIN 4**

- committente : Comune di Scicli  
- lavoro : A7 Vittorini, cava D'Aliga  
- località : Scicli (Rg)  
- note :

- data : 25/07/2023  
- quota inizio :  
- prof. falda : Falda non rilevata  
- pagina : 1

Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm <sup>2</sup> )	asta	Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm <sup>2</sup> )	asta
0,00 - 0,10	10	39,1	1	0,60 - 0,70	14	54,8	1
0,10 - 0,20	13	50,9	1	0,70 - 0,80	15	58,7	1
0,20 - 0,30	9	35,2	1	0,80 - 0,90	29	107,9	2
0,30 - 0,40	13	50,9	1	0,90 - 1,00	49	182,2	2
0,40 - 0,50	20	78,3	1	1,00 - 1,10	60	223,1	2
0,50 - 0,60	17	66,5	1				

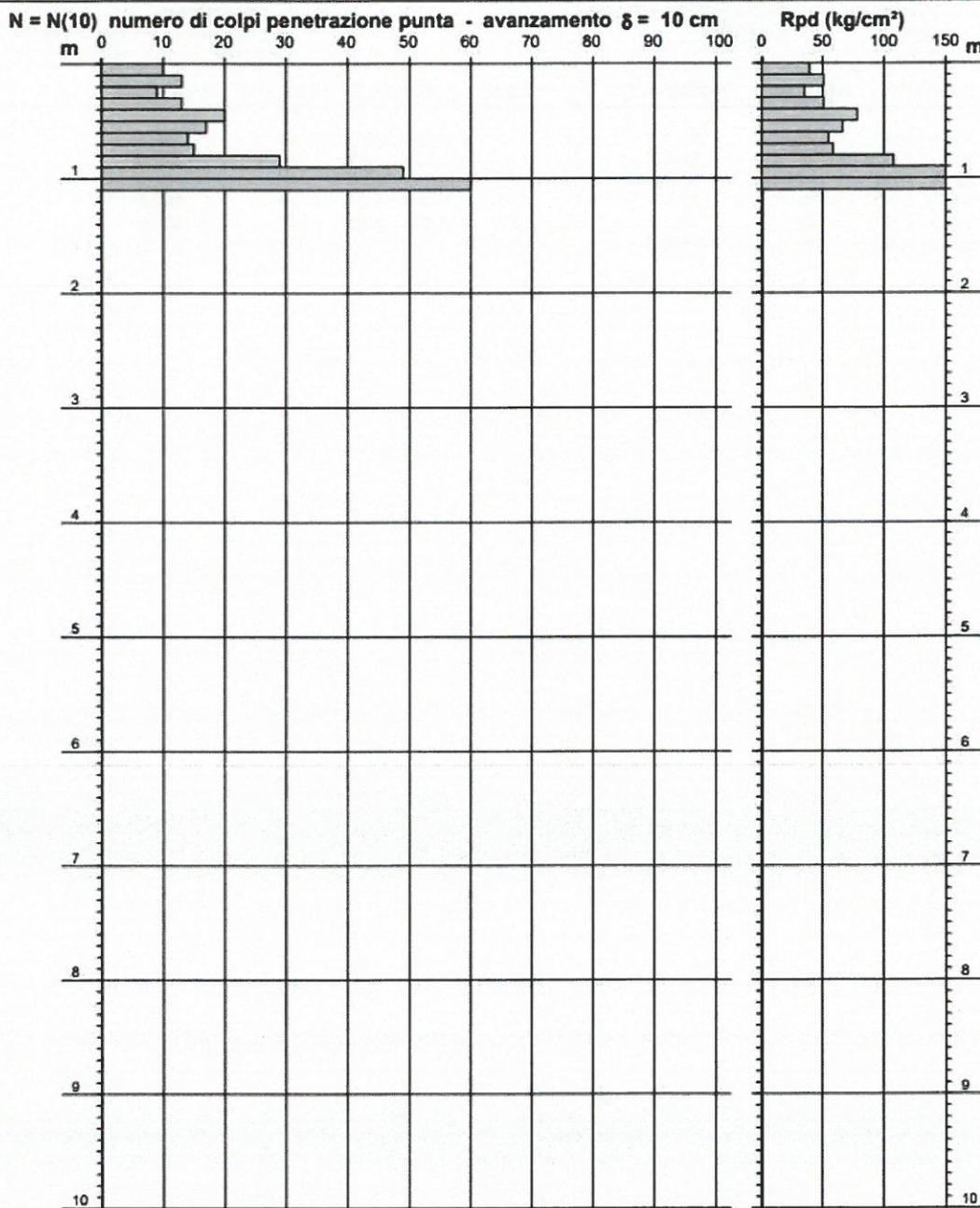
**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA  
DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA - Rpd**

**DIN 4**

Scala 1: 50

- committente : Comune di Scicli  
- lavoro : A7 Vittorini, cava D'Aliga  
- località : Scicli (Rg)  
- note :

- data : 25/07/2023  
- quota inizio :  
- prof. falda : Falda non rilevata  
- pagina : 1



## PROVA PENETROMETRICA DINAMICA ELABORAZIONE STATISTICA

DIN 4

- committente : Comune di Scicli  
 - lavoro : A7 Vittorini, cava D'Aliga  
 - località : Scicli (Rg)  
 - note :

- data : 25/07/2023  
 - quota inizio :  
 - prof. falda : Falda non rilevata  
 - pagina : 1

n°	Profondità (m)	PARAMETRO	ELABORAZIONE STATISTICA							VCA	β	Nspt
			M	min	Max	½(M+min)	s	M-s	M+s			
1	0,00 0,30	N	10,7	9	13	9,8	---	---	---	11	0,77	8
		Rpd	41,7	35	51	38,5	---	---	---	43		
2	0,30 1,00	N	22,4	13	49	17,7	12,9	9,5	35,3	22	0,77	17
		Rpd	85,6	51	182	68,2	46,8	38,8	132,4	84		
3	1,00 1,10	N	60,0	60	60	60,0	---	---	---	60	0,77	46
		Rpd	223,1	223	223	223,1	---	---	---	223		

M: valore medio min: valore minimo Max: valore massimo s: scarto quadratico medio VCA: valore caratteristico assunto  
 N: numero Colpi Punta prova penetrometrica dinamica (avanzamento  $\delta = 10$  cm) Rpd: resistenza dinamica alla punta (kg/cm<sup>2</sup>)  
 β: Coefficiente correlazione con prova SPT (valore teorico  $\beta = 0,77$ ) Nspt: numero colpi prova SPT (avanzamento  $\delta = 30$  cm)

## Nspt - PARAMETRI GEOTECNICI

DIN 4

n°	Prof.(m)	LITOLOGIA	Nspt	NATURA GRANULARE					NATURA COESIVA			
				DR	ϕ'	E'	Ysat	Yd	Cu	Ysat	W	e
1	0,00 0,30	Terreno di copertura	8	28.3	---	253	1.91	1.46	---	---	---	---
2	0,30 1,00	Sabbie limose	17	45.5	32.1	322	1.97	1.56	---	---	---	---
		Arenarie/Calcareniti	46	81.0	40.0	546	2.13	1.82	---	---	---	---

Nspt: numero di colpi prova SPT (avanzamento  $\delta = 30$  cm)

DR % = densità relativa ϕ' (°) = angolo di attrito efficace E' (kg/cm<sup>2</sup>) = modulo di deformazione drenato W% = contenuto d'acqua  
 e (-) = indice dei vuoti Cu (kg/cm<sup>2</sup>) = coesione non drenata Ysat, Yd (t/m<sup>3</sup>) = peso di volume saturo e secco (rispettivamente) del terreno

**A9 – SCUOLA INFANZIA VITTORINI DONNALUCATA**

**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA**

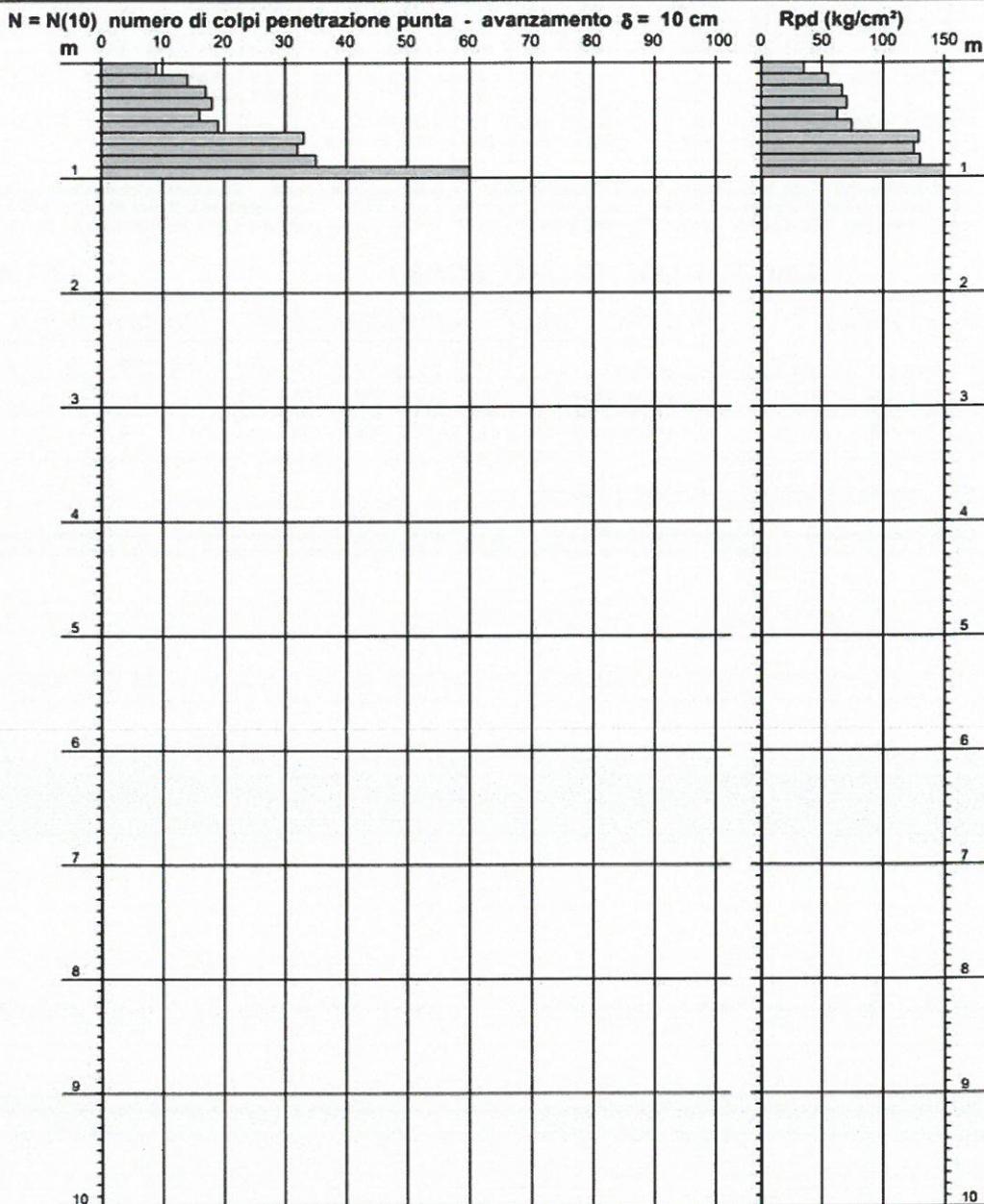
**DIN 5**

**DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA - Rpd**

Scala 1: 50

- committente : Comune di Scicli  
- lavoro : A8 Vittorini, Donna Lucata  
- località : Scicli (Rg)  
- note :

- data : 25/07/2023  
- quota inizio :  
- prof. falda : Falda non rilevata  
- pagina : 1



**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA  
ELABORAZIONE STATISTICA**

**DIN 5**

- committente :	Comune di Scicli	- data :	25/07/2023
- lavoro :	A8 Vittorini, Donna Lucata	- quota inizio :	
- località :	Scicli (Rg)	- prof. falda :	Falda non rilevata
- note :		- pagina :	1

n°	Profondità (m)	PARAMETRO	ELABORAZIONE STATISTICA						VCA	β	Nspt	
			M	min	Max	½(M+min)	s	M-s				M+s
0	0,00 0,10		0,0	0	0	0,0	---	---	---	0	0,00	0

M: valore medio min: valore minimo Max: valore massimo s: scarto quadratico medio VCA: valore caratteristico assunto  
 N: numero Colpi Punta prova penetrometrica dinamica (avanzamento  $\delta = 10$  cm) Rpd: resistenza dinamica alla punta (kg/cm<sup>2</sup>)  
 β: Coefficiente correlazione con prova SPT (valore teorico  $\beta^t = 0,77$ ) Nspt: numero colpi prova SPT (avanzamento  $\delta = 30$  cm)

**Nspt - PARAMETRI GEOTECNICI**

**DIN 5**

n°	Prof.(m)	LITOLOGIA	Nspt	NATURA GRANULARE					NATURA COESIVA				
				DR	ϕ'	E'	Ysat	Yd	Cu	Ysat	W	e	
---	0.00 0.10	Terreno di coertura	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
2	0.10 0.90	Sabbie limose	16	44.0	31.8	315	1.97	1.55	---	---	---	---	---
3	0.90 1.00	Arenarie/Calcarenti	46	81.0	40.0	546	2.13	1.82	---	---	---	---	---

Nspt: numero di colpi prova SPT (avanzamento  $\delta = 30$  cm)

DR % = densità relativa ϕ' (\*) = angolo di attrito efficace E' (kg/cm<sup>2</sup>) = modulo di deformazione drenato W% = contenuto d'acqua  
 e (-) = indice dei vuoti Cu (kg/cm<sup>2</sup>) = coesione non drenata Ysat, Yd (t/m<sup>2</sup>) = peso di volume saturo e secco (rispettivamente) del terreno

## PROVA SISMICA MULTICANALE MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves)

La metodologia consente di determinare il profilo di velocità delle onde di taglio verticali VS, basandosi sulla misura delle onde superficiali. In particolare, i bassi valori di lunghezze d'onda (alte frequenze) interessano gli strati superficiali mentre quelle a maggior lunghezza d'onda (minore frequenza) interessano anche gli strati più profondi. In un mezzo stratificato le onde di Rayleigh sono dispersive, cioè onde con diverse lunghezze d'onda si propagano con diverse velocità di fase e velocità di gruppo o detto in maniera equivalente la velocità di fase (o di gruppo) apparente delle onde di Rayleigh dipende dalla frequenza di propagazione, ossia sono onde la cui velocità dipende dalla frequenza.

La velocità di propagazione delle onde di Rayleigh (Vr) e delle onde di taglio (Vs) sono dipendenti e sono legati dalla relazione (Richart et al. 1970):

$$Vr^6 - 8Vs^2 Vr^4 + (24-16Vs^2/Vp^2) Vs^4 Vr^2 + (16Vs^6/Vp^6 - 1) Vs^6 = 0$$

la velocità di propagazione delle onde di Rayleigh (Vr) è leggermente inferiore alla velocità delle onde di taglio (Vs), ovvero seguendo Achenbach (1999):

$$Vr = (0.862 + 1.14 n/1 + n) Vs$$

n = modulo di poisson

che significa che al variare di n, la Vr è inferiore rispetto alla Vs di un valore compreso tra 0.862 e 0.955 traducendosi nel fatto che misurando la Vr si ottiene la Vs con un errore di calcolo del tutto trascurabile potendosi così scrivere la relazione  $Vr = 0.91Vs \pm 0.046$ .

### STRUMENTAZIONE E CONFIGURAZIONE GEOMETRICA UTILIZZATA

La strumentazione utilizzata è costituita da un sismografo multicanale PASI GEA 24, avente le seguenti caratteristiche tecniche:

- sovracampionamento e post-processing e possibilità di campionamento fino a 100000 c/sec;
- sistema di comunicazione e di trasmissione del "tempo zero" (time break)
- filtri High Pass e Band Reject
- geofoni verticali (P) con periodo proprio di 4.5 Hz;
- massa battente pesante di 9 Kg.

La configurazione spaziale in sito è equivalente ad un dispositivo geometrico punto di scoppio-geofoni "base distante in linea". In particolare è stato utilizzato il seguente set-up:

- 24 geofoni con interspazio (Gx) di 2.0 metri;
- n.2 energizzazioni ad offset (Sx) di 2.0 e 5.0 metri;
- tempo di campionamento di 1 ms;
- tempo di acquisizione pari a 1024 msec.

### ELABORAZIONE DATI

L'analisi MASW può essere ricondotta in diverse fasi:

- La prima fase ha previsto l'acquisizione dei segnali in campagna e la ricostruzione grafica dei treni d'onda
- la seconda fase ha previsto la trasformazione delle serie temporali nel dominio frequenza  $f$  – numero d'onda  $K$  – ampiezza;
- la terza fase è consistita nell'individuazione delle coppie  $f$ - $k$  cui corrispondono i massimi spettrali d'energia (densità spettrale); essi consentono di risalire alla curva di dispersione delle onde di Rayleigh nel piano  $V_{fase}$  (m/sec) – frequenza (Hz).
- la quarta fase ha previsto il calcolo della curva di dispersione teorica attraverso la formulazione del profilo di velocità delle onde di taglio verticali  $V_s$ , modificando opportunamente lo spessore  $h$  degli strati che costituiscono il modello del suolo;
- la quinta ed ultima fase è consistita nella modifica della curva teorica fino a raggiungere una sovrapposizione ottimale tra la velocità di fase (o curva di dispersione) sperimentale e la velocità di fase (o curva di dispersione) numerica corrispondente al modello di suolo.

La definizione del modello di suolo e i relativi spessori sono stati inseriti come input prima dell'inversione e la curva di dispersione teorica calcolata attraverso l'inversione del modello di velocità evidenzia un buon accordo con la curva di dispersione sperimentale.

A1 – SCUOLA VITTORINI SCICLI

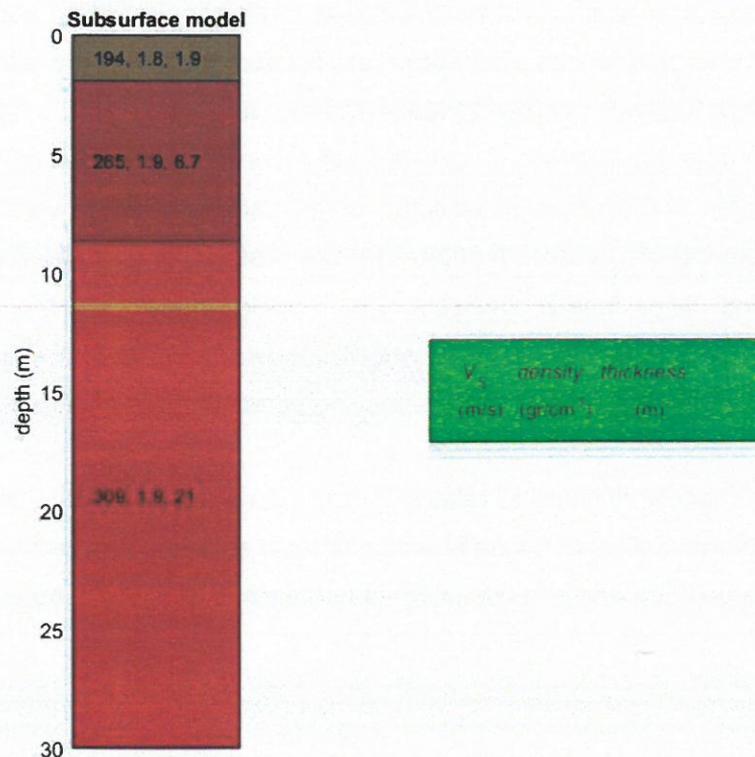
Definizione categoria di suolo

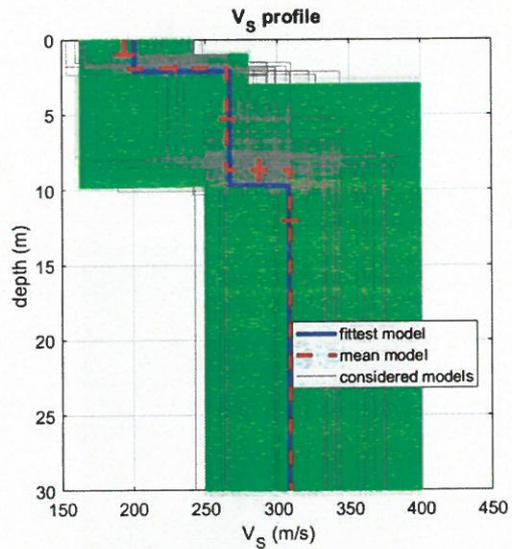
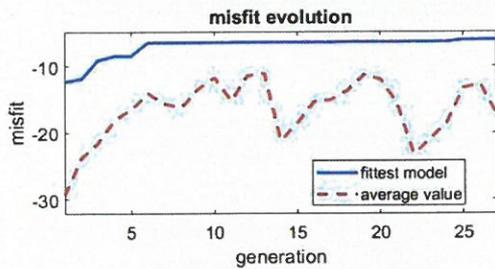
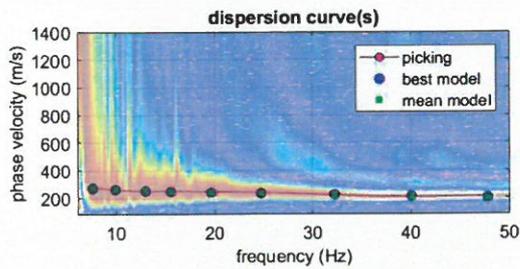
Una volta effettuata l'inversione, il software di elaborazione dedicato (WINMASW), stila il profilo di velocità definitivo, con i relativi spessori, visibili nelle tabelle seguenti; dall'inversione, viene ricavato il valore del parametro  $V_{s,eq}$  e  $V_{s,30}$  :

M1  $V_{s,30}$  &  $V_{s,eq} = 287.0$  m/s

per cui, secondo la Tab. 3.2.II del D.M. del 17/01/18, i terreni del sottosuolo dell'area in studio appartengono alla categoria C

MASW 1





dataset: 2023-07-24\_17-05\_scicli\_mw1\_a1\_3m.dat  
 dispersion curve: picking.cdp  
 Vs30 & VsE (best model): 286 286 m/s  
 Vs30 & VsE (mean model): 287 287 m/s

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

A2 – SCUOLA SAN NICOLÒ

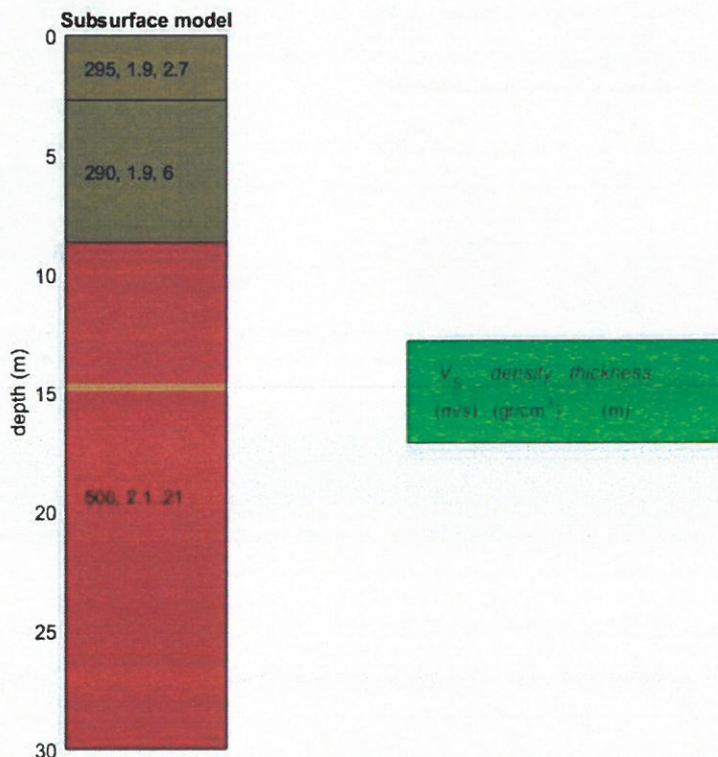
Definizione categoria di suolo

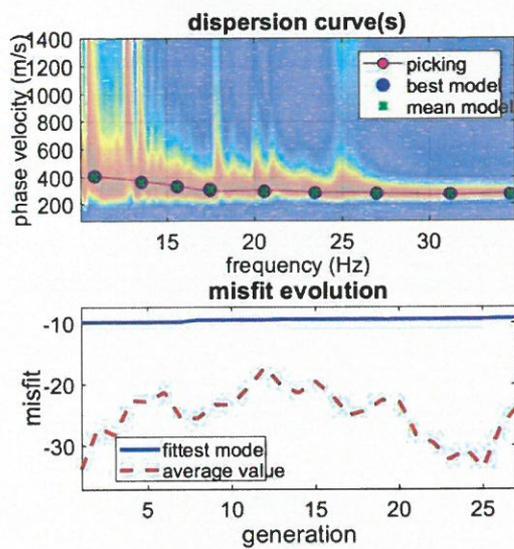
Una volta effettuata l'inversione, il software di elaborazione dedicato (WINMASW), stila il profilo di velocità definitivo, con i relativi spessori, visibili nelle tabelle seguenti; dall'inversione, viene ricavato il valore del parametro  $V_{s,eq}$  e  $V_{s,30}$  :

M2  $V_{s,30}$  &  $V_{s,eq}$  = 414.0 m/s

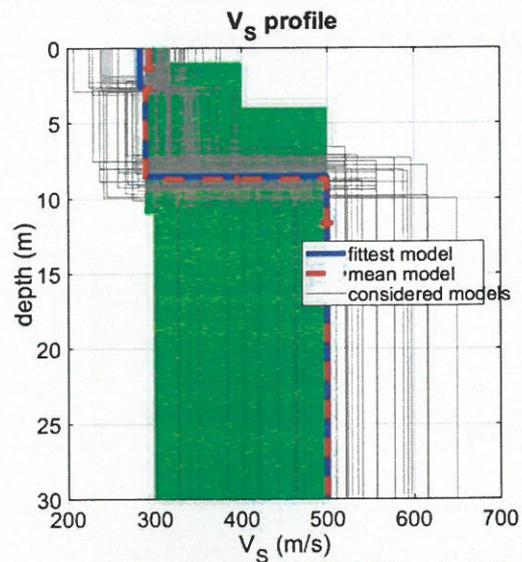
per cui, secondo la Tab. 3.2.II del D.M. del 17/01/18, i terreni del sottosuolo dell'area in studio appartengono alla **categoria B**

MASW 2





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



dataset: 2023-07-25\_08-58\_scicli\_mw2\_a2\_5m.dat  
dispersion curve: picking.cdp  
Vs30 & VsE (best model): 414 414 m/s  
Vs30 & VsE (mean model): 414 414 m/s

A3 – SCUOLA DON MILANI

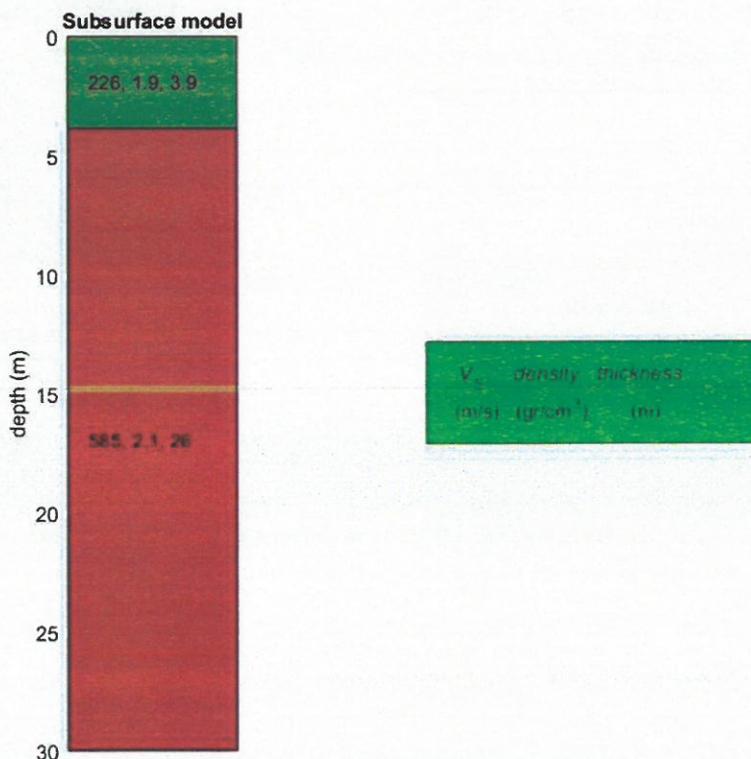
Definizione categoria di suolo

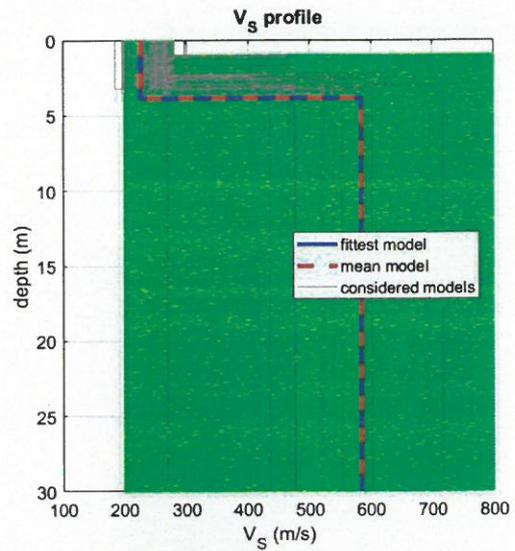
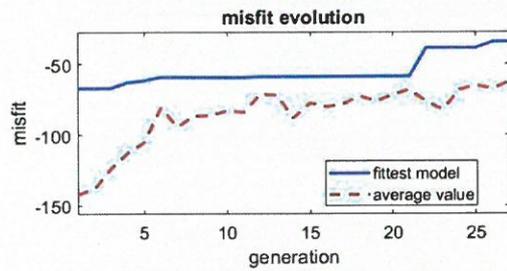
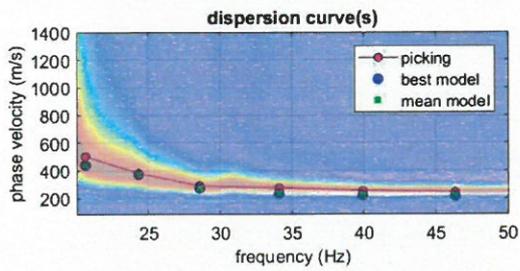
Una volta effettuata l'inversione, il software di elaborazione dedicato (WINMASW), stila il profilo di velocità definitivo, con i relativi spessori, visibili nelle tabelle seguenti; dall'inversione, viene ricavato il valore del parametro  $V_{s,eq}$  e  $V_{s,30}$  :

M3  $V_{s,30}$  &  $V_{s,eq}$  = 486.0 m/s

per cui, secondo la Tab. 3.2.II del D.M. del 17/01/18, i terreni del sottosuolo dell'area in studio appartengono alla **categoria B**

MASW 3





dataset: 2023-07-24\_13-56\_scicli\_mw3\_a3\_5m.dat  
 dispersion curve: picking.cdp  
 Vs30 & VsE (best model): 486 486 m/s  
 Vs30 & VsE (mean model): 486 486 m/s

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

A4 – SCUOLA DON MILANI VIA DEI FIORI

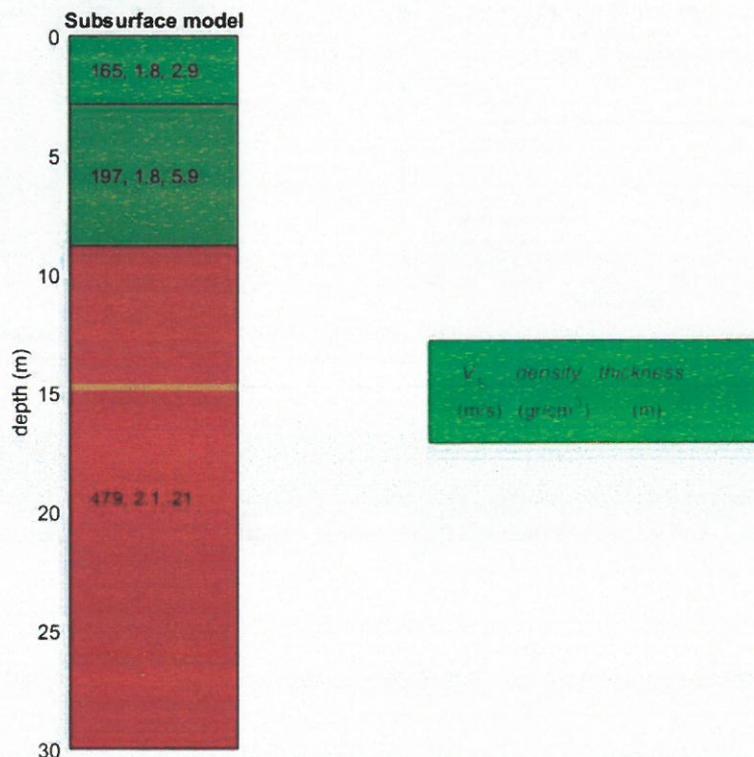
Definizione categoria di suolo

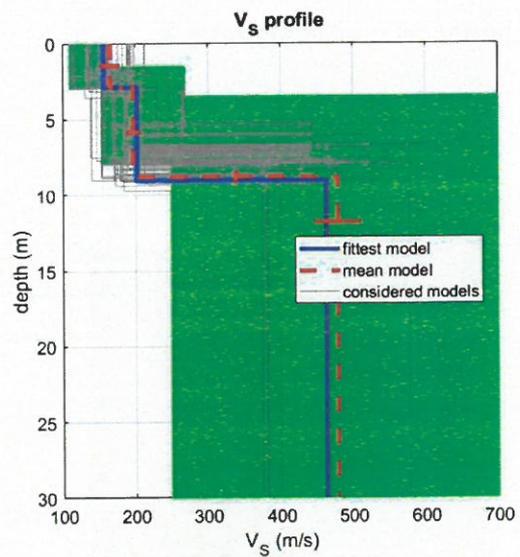
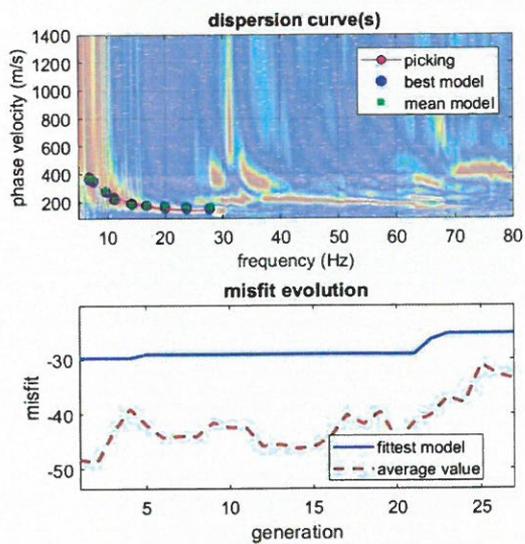
Una volta effettuata l'inversione, il software di elaborazione dedicato (WINMASW), stila il profilo di velocità definitivo, con i relativi spessori, visibili nelle tabelle seguenti; dall'inversione, viene ricavato il valore del parametro  $V_{s,eq}$  e  $V_{s,30}$  :

M4  $V_{s,30}$  &  $V_{s,eq}$  = 327.0 m/s

per cui, secondo la Tab. 3.2.II del D.M. del 17/01/18, i terreni del sottosuolo dell'area in studio appartengono alla categoria C

MASW 4





dataset: 2023-07-24\_12-26-\_scicli\_mw4\_a4\_5m.dat  
 dispersion curve: picking2.cdp  
 Vs30 & VsE (best model): 319 319 m/s  
 Vs30 & VsE (mean model): 327 327 m/s

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

A5 – SCUOLA INFANZIA DON MILANI

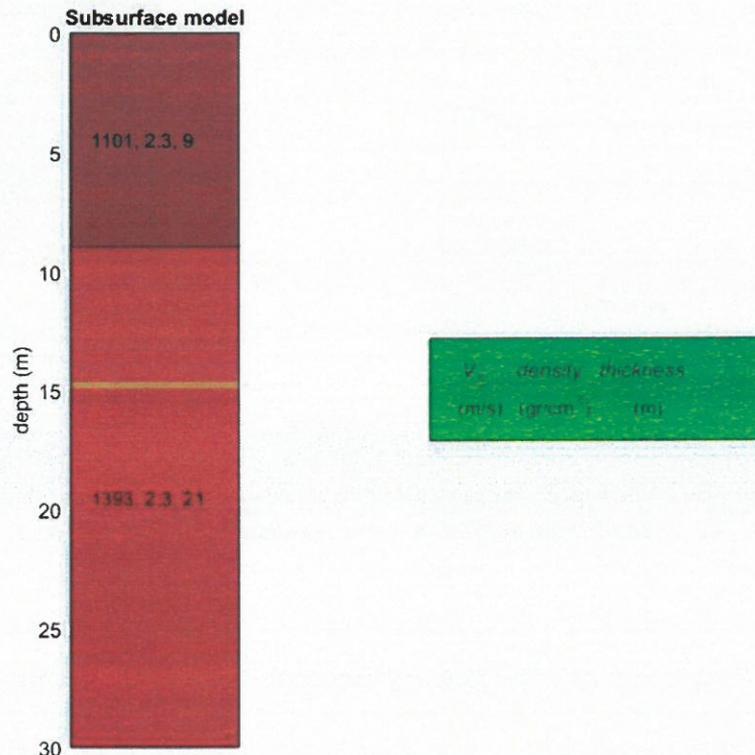
Definizione categoria di suolo

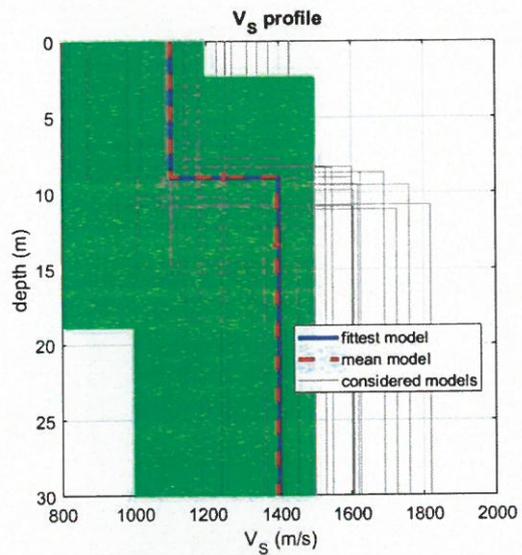
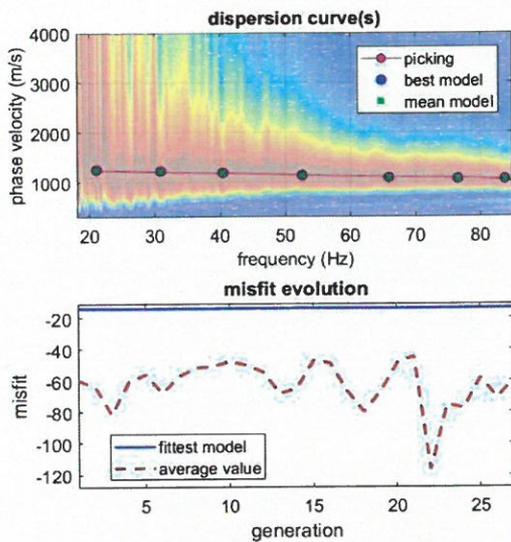
Una volta effettuata l'inversione, il software di elaborazione dedicato (WINMASW), stila il profilo di velocità definitivo, con i relativi spessori, visibili nelle tabelle seguenti; dall'inversione, viene ricavato il valore del parametro  $V_{s,eq}$  e  $V_{s,30}$  :

M5  $V_{s,30}$  &  $V_{s,eq}$  = 1291.0 m/s

per cui, secondo la Tab. 3.2.II del D.M. del 17/01/18, i terreni del sottosuolo dell'area in studio appartengono alla categoria A

MASW 5





dataset: 2023-07-24\_13-19\_scicli\_mw5\_a5\_3m.dat  
dispersion curve: picking2.cdp  
Vs30 & VsE (best model): 1294 0 m/s  
Vs30 & VsE (mean model): 1291 0 m/s

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

A7 – SCUOLA PRIMARIA VITTORINI CAVA D'ALIGA

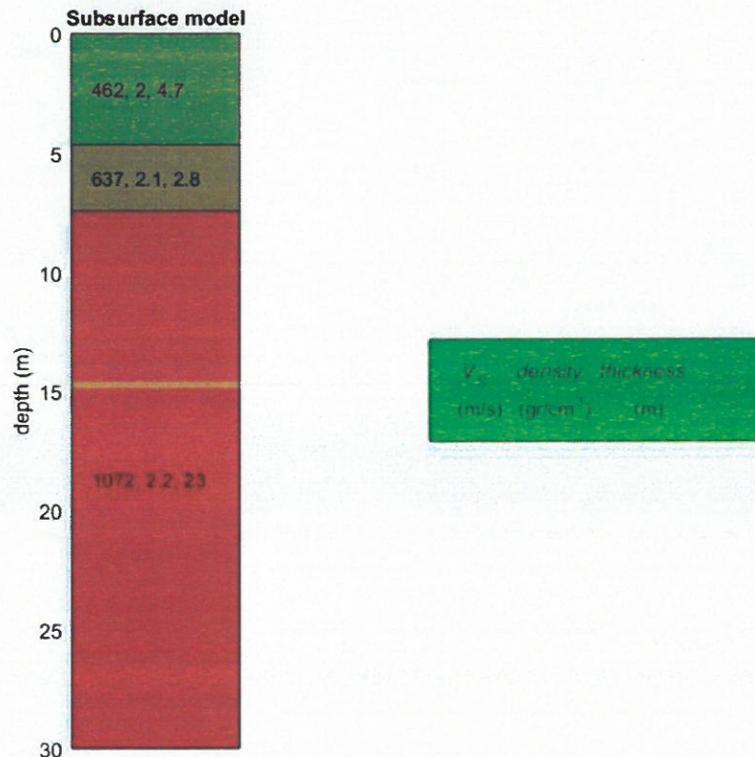
Definizione categoria di suolo

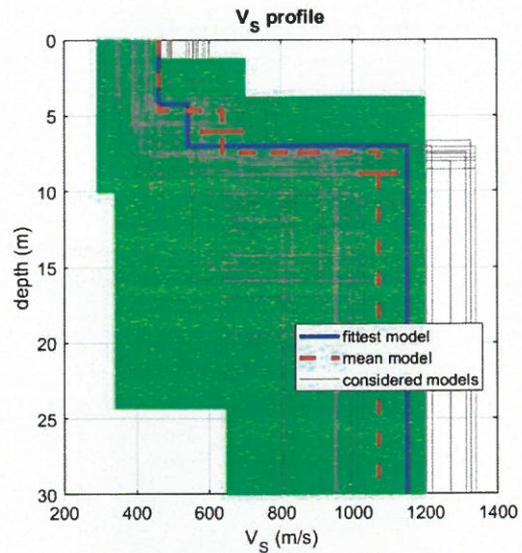
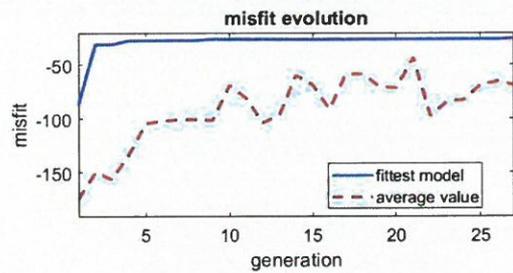
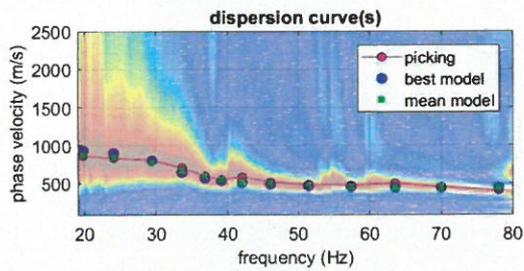
Una volta effettuata l'inversione, il software di elaborazione dedicato (WINMASW), stila il profilo di velocità definitivo, con i relativi spessori, visibili nelle tabelle seguenti; dall'inversione, viene ricavato il valore del parametro  $V_{s,eq}$  e  $V_{s,30}$  :

M7  $V_{s,30} = 845.0$  m/s  $V_{s,eq} = 515.0$  m/s

per cui, secondo la Tab. 3.2.II del D.M. del 17/01/18, i terreni del sottosuolo dell'area in studio appartengono alla categoria B

MASW 7





dataset: 2023-07-25\_11-41\_scicli\_mw7\_a7\_5m.dat  
 dispersion curve: picking2.cdp  
 Vs30 & VsE (best model): 876 491 m/s  
 Vs30 & VsE (mean model): 845 515 m/s

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

A9 – SCUOLA INFANZIA VITTORINI DONNALUCATA

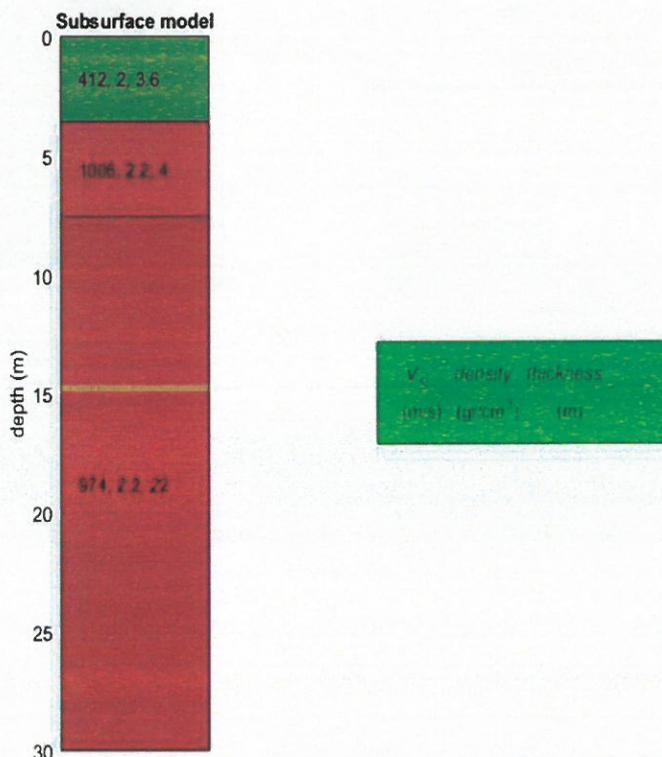
Definizione categoria di suolo

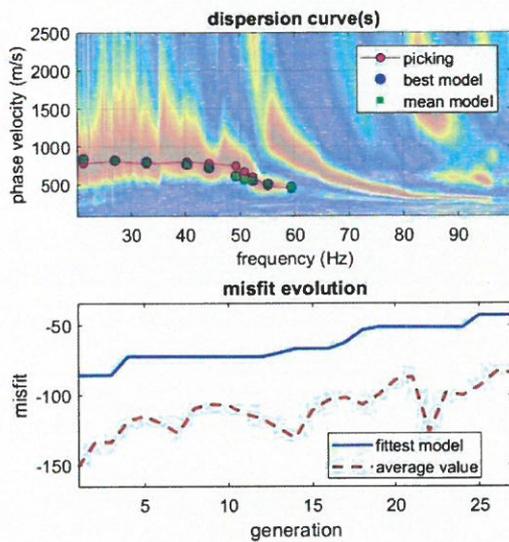
Una volta effettuata l'inversione, il software di elaborazione dedicato (WINMASW), stila il profilo di velocità definitivo, con i relativi spessori, visibili nelle tabelle seguenti; dall'inversione, viene ricavato il valore del parametro Vs,eq e Vs,30 :

M9 Vs,30 = 841.0 m/s Vs,eq = 412.0 m/s

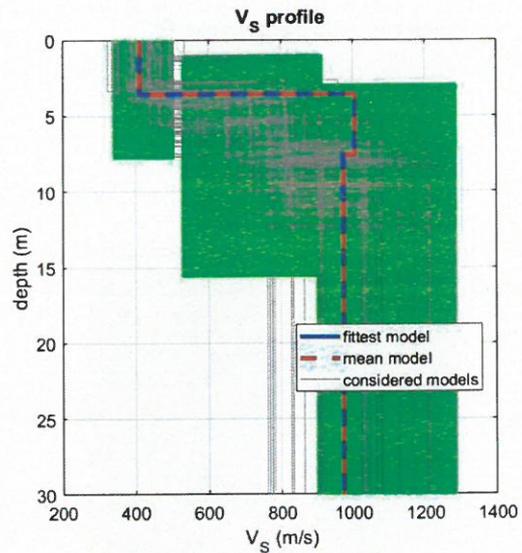
per cui, secondo la Tab. 3.2.II del D.M. del 17/01/18, i terreni del sottosuolo dell'area in studio appartengono alla **categoria B**

MASW 9





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



dataset: 2023-07-25\_10-29\_scicli\_mw9\_a9\_3m.dat  
dispersion curve: picking2.cdp  
Vs30 & VsE (best model): 841 412 m/s  
Vs30 & VsE (mean model): 841 412 m/s

A10 – SCUOLA INFANZIA VITTORINI CAVA D'ALIGA

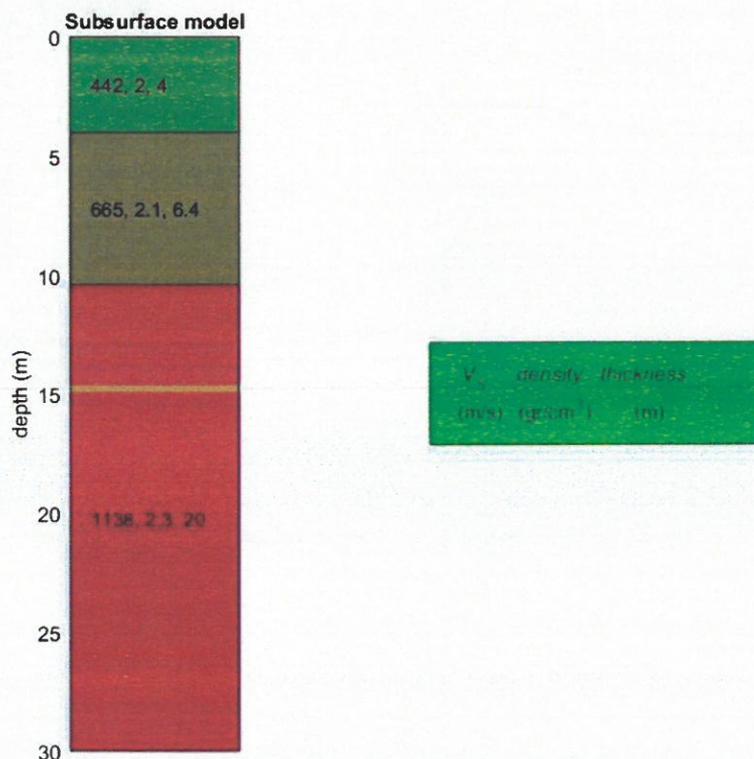
Definizione categoria di suolo

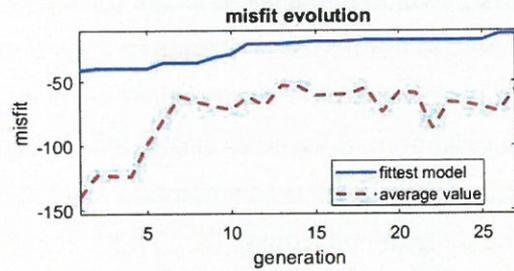
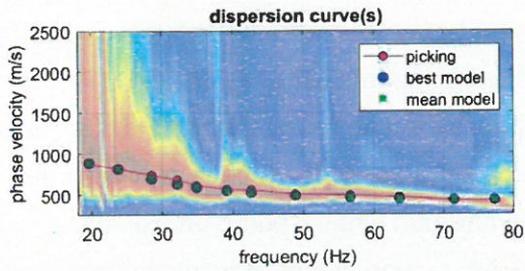
Una volta effettuata l'inversione, il software di elaborazione dedicato (WINMASW), stila il profilo di velocità definitivo, con i relativi spessori, visibili nelle tabelle seguenti; dall'inversione, viene ricavato il valore del parametro  $V_{s,eq}$  e  $V_{s,30}$  :

M6  $V_{s,30} = 836.0$  m/s  $V_{s,eq} = 557.0$  m/s

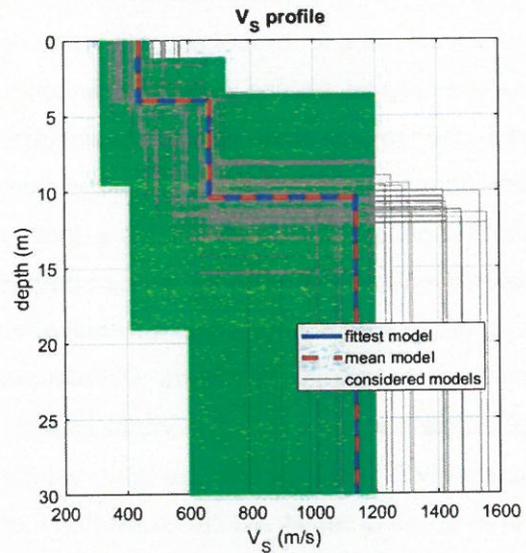
per cui, secondo la Tab. 3.2.II del D.M. del 17/01/18, i terreni del sottosuolo dell'area in studio appartengono alla categoria B

MASW 6





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



dataset: 2023-07-25\_11-42\_scicli\_mw6\_a10\_3m.dat  
dispersion curve: picking2.cdp  
V<sub>s30</sub> & V<sub>sE</sub> (best model): 835 557 m/s  
V<sub>s30</sub> & V<sub>sE</sub> (mean model): 836 557 m/s

## PROVA SISMICA PASSIVA HVSR

Attrezzatura utilizzata: PASI GEA 24  
Geofono da 2 Hz  
Durata registrazione: 0h30'00"  
Freq. campionamento: 128 Hz  
Lunghezza finestre: 30 s

La tecnica HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratio) consiste nel misurare direttamente, sfruttando il rumore di fondo ambientale (microtremori), le frequenze di risonanza degli edifici e dei terreni costituenti il sottosuolo, allo scopo di stimare gli effetti di sito e la vulnerabilità sismica dell'opera. Per rumore ambientale di fondo s'intende l'insieme delle vibrazioni che si propagano nel terreno dovute sia a fenomeni naturali, moto ondoso, perturbazioni atmosferiche, ecc., sia all'azione antropica, traffico veicolare, macchinari, ecc.. Si è riconosciuto, a partire dagli anni settanta, che i microtremori tendono a eccitare le frequenze naturali di oscillazione dei terreni, permettendone l'individuazione. In pratica ciò che viene misurato sono, in certo intervallo di frequenze, solitamente 0.1-100 Hz, le velocità dei microtremori lungo il piano orizzontale e verticale (H e V) e il rapporto fra le due componenti (H/V). I valori di massimo locale (picchi positivi) di H/V ai quali corrispondono minimi locali di V individuano le frequenze di risonanza degli strati di terreno lungo la verticale di misura. Più elevato è il valore del rapporto H/V maggiore è il contrasto di impedenza sismica e quindi la variazione di velocità delle onde S fra livelli stratigrafici contigui. La tecnica HVSR richiede l'utilizzo di un velocimetro triassiale, cioè di un sismometro a stazione singola in grado di registrare i microtremori lungo le due direzioni orizzontali (X, Y) e lungo quella verticale (Z), in un ampio intervallo di frequenze (0.1-100 Hz) e per una durata sufficientemente lunga (mediamente 10-20 minuti).

Il moto indotto nel terreno viene misurato in termini di velocità attraverso tre velocimetri, uno per ogni direzione di misura (X, Y e Z), secondo il passo di campionamento impostato dall'operatore. Le misure registrate vengono poi elaborate e restituite graficamente in forma di spettri H/V (rapporto H/V in funzione della frequenza, dove H è la media delle misure lungo X e Y) e spettri V (componente verticale del moto in funzione della frequenza).

Attraverso la tecnica HVSR è possibile: valutare in maniera quantitativa gli effetti di sito (risposta sismica locale e suscettibilità alla liquefazione del terreno); ricavare il profilo delle velocità delle onde S con la profondità e calcolare il parametro Vs30; analizzare la vulnerabilità sismica degli edifici, esistenti o in progetto.

A6 – SCUOLA D'ANTONI LIPPARINI

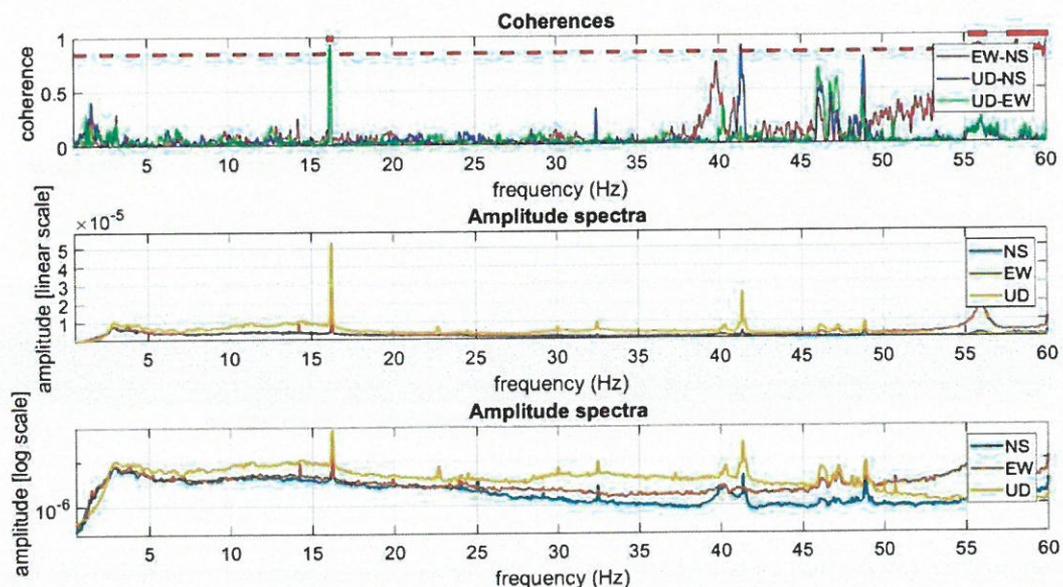
Definizione categorie di sottosuolo

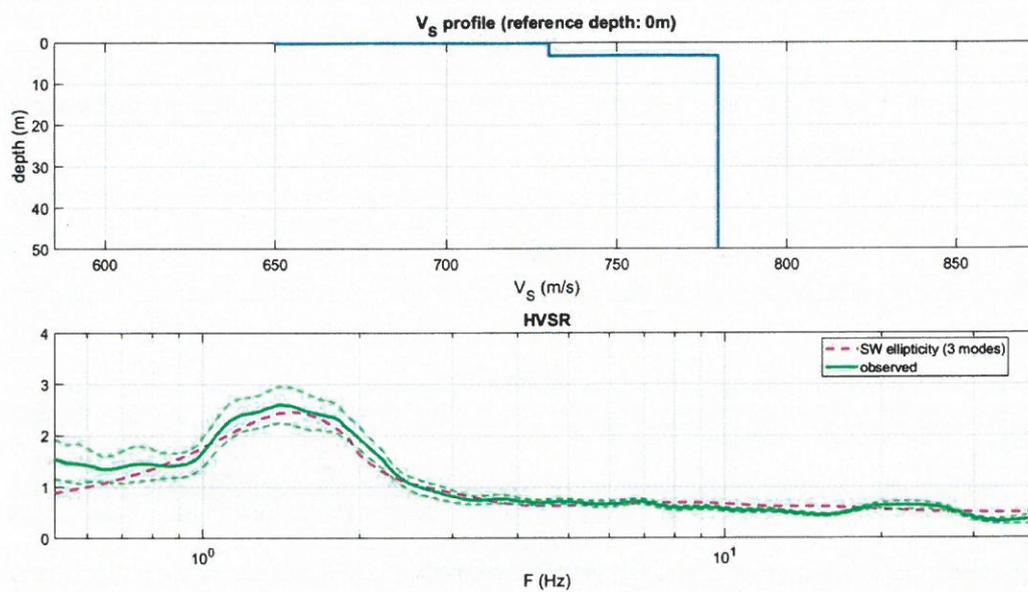
Il software di elaborazione dedicato, stila il profilo di velocità definitivo con i relativi spessori visibili nella tabella seguente, infatti, viene ricavato il valore del parametro Vs30:

H1 Vs,30 & Vs,eq = 774.0 m/s

per cui, secondo la Tab. 3.2.II del D.M. del 17/01/18, i terreni del sottosuolo dell'area in studio appartengono alla **categoria B**

HVSR 1





A8 – SCUOLA MEDIA ALLENDE VITTORINI DONNALUCATA

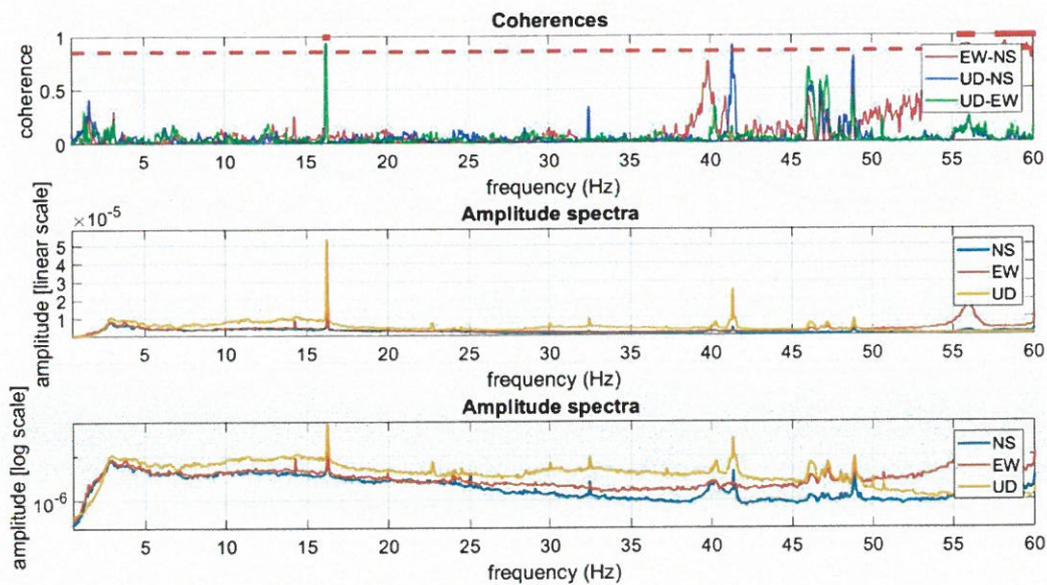
Definizione categorie di sottosuolo

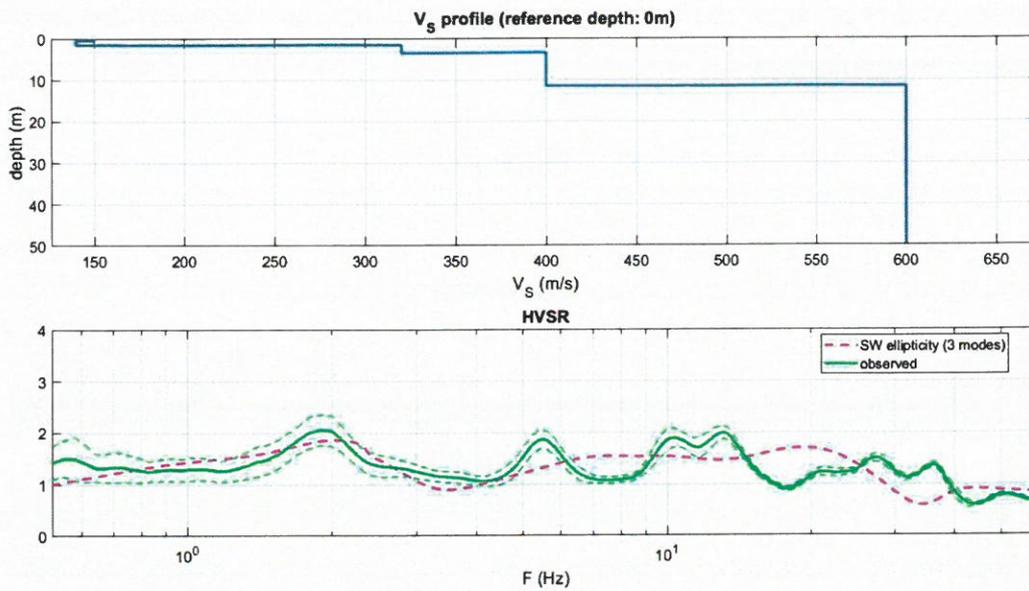
Il software di elaborazione dedicato, stila il profilo di velocità definitivo con i relativi spessori visibili nella tabella seguente, infatti, viene ricavato il valore del parametro Vs30:

H2 Vs,30 & Vs,eq = 444.0 m/s

per cui, secondo la Tab. 3.2.II del D.M. del 17/01/18, i terreni del sottosuolo dell'area in studio appartengono alla **categoria B**

HVSR 2





**DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA**



P1



P2



P3



P4



P5



MASW 1



MASW 2



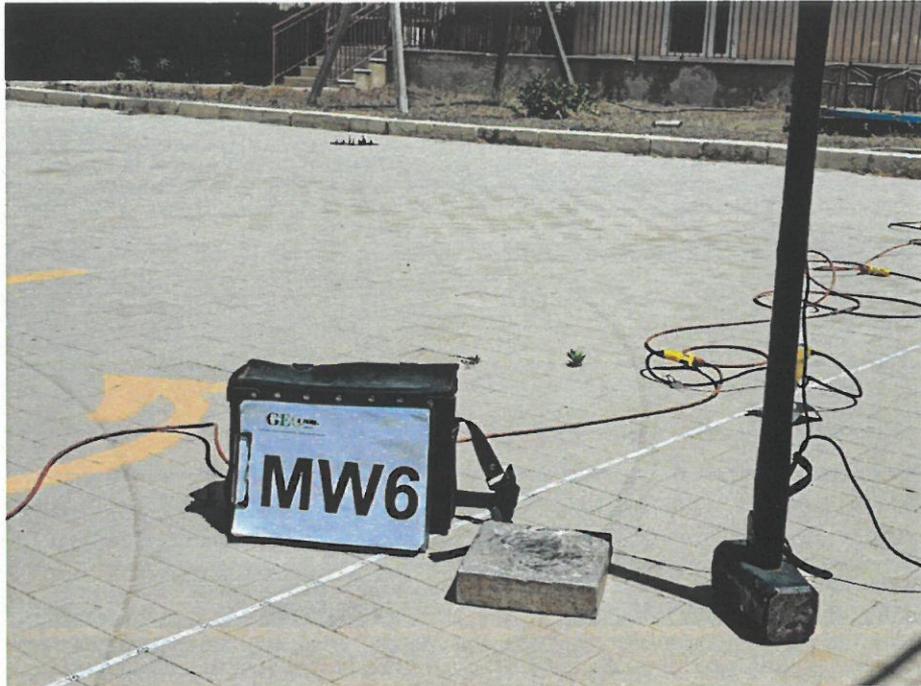
MASW 3



MASW 4



MASW 5



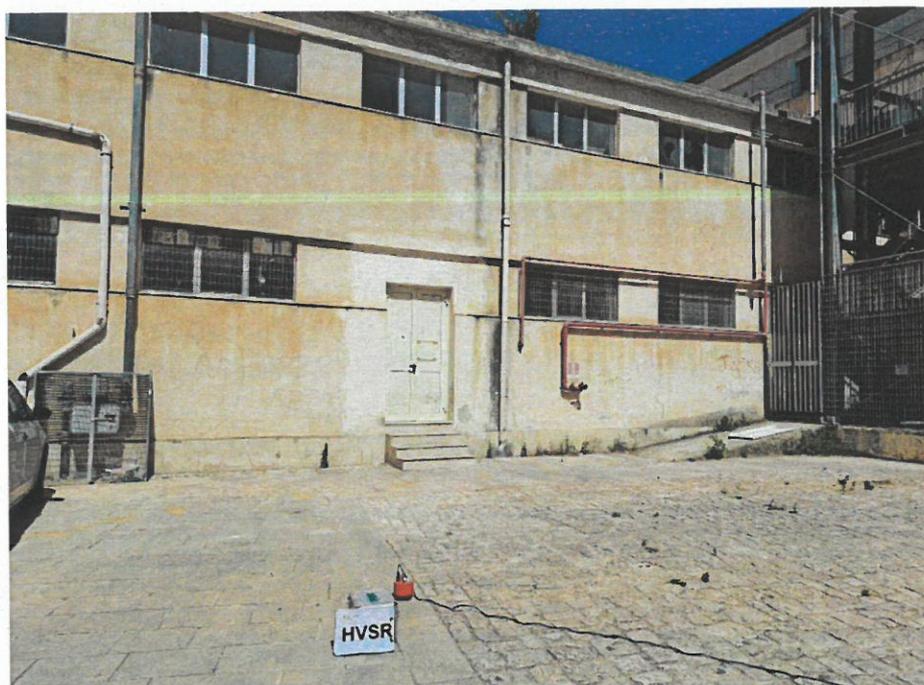
MASW 6



MASW 7



MASW 9

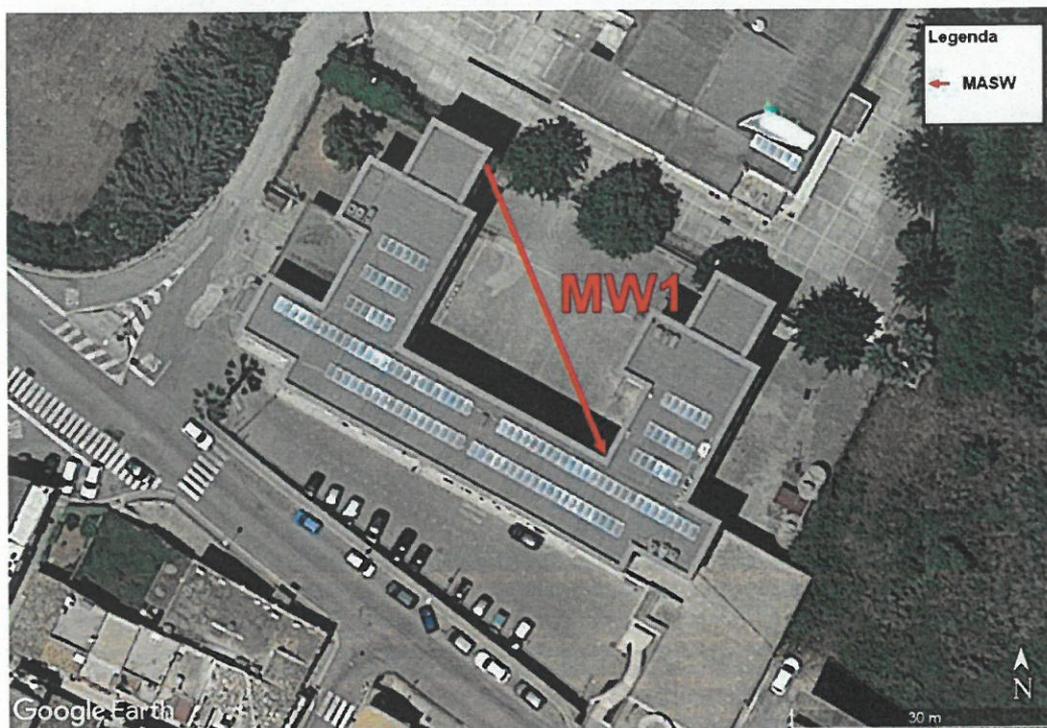


HVSr 1

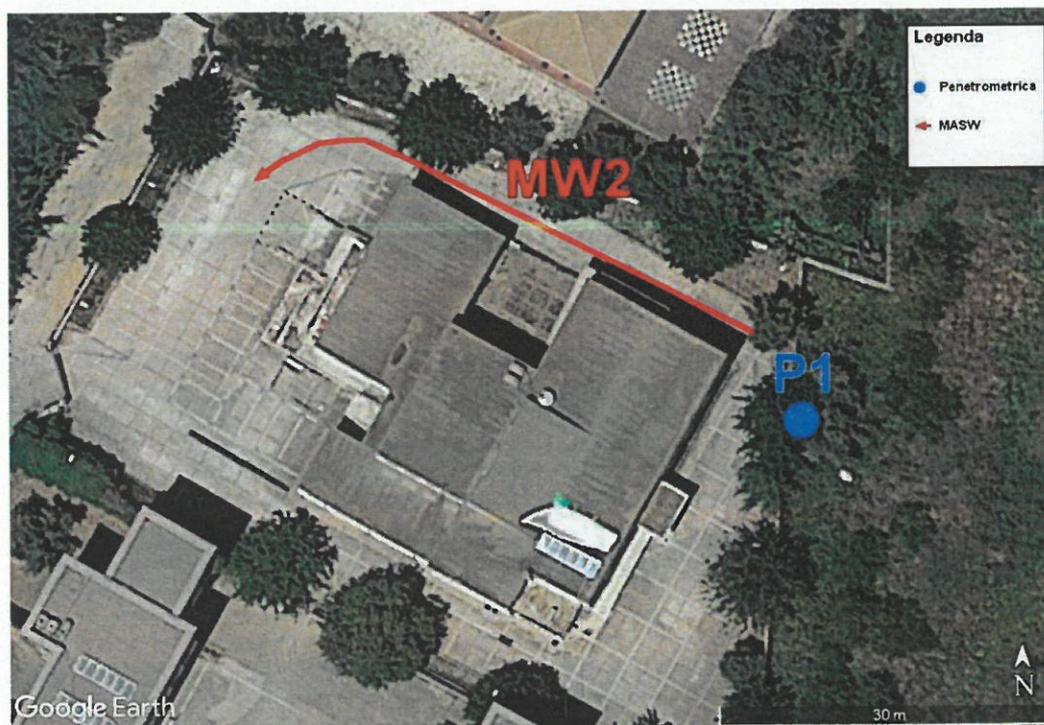


HVSR 2

**PLANIMETRIE INDAGINI**



**A1 – SCUOLA VITTORINI SCICLI**



**A2 – SCUOLA SAN NICOLÒ**



**A3 – SCUOLA DON MILANI**



**A4 – SCUOLA DON MILANI VIA DEI FIORI**



**A5 – SCUOLA INFANZIA DON MILANI**



**A6 – SCUOLA D'ANTONI LIPPARINI**



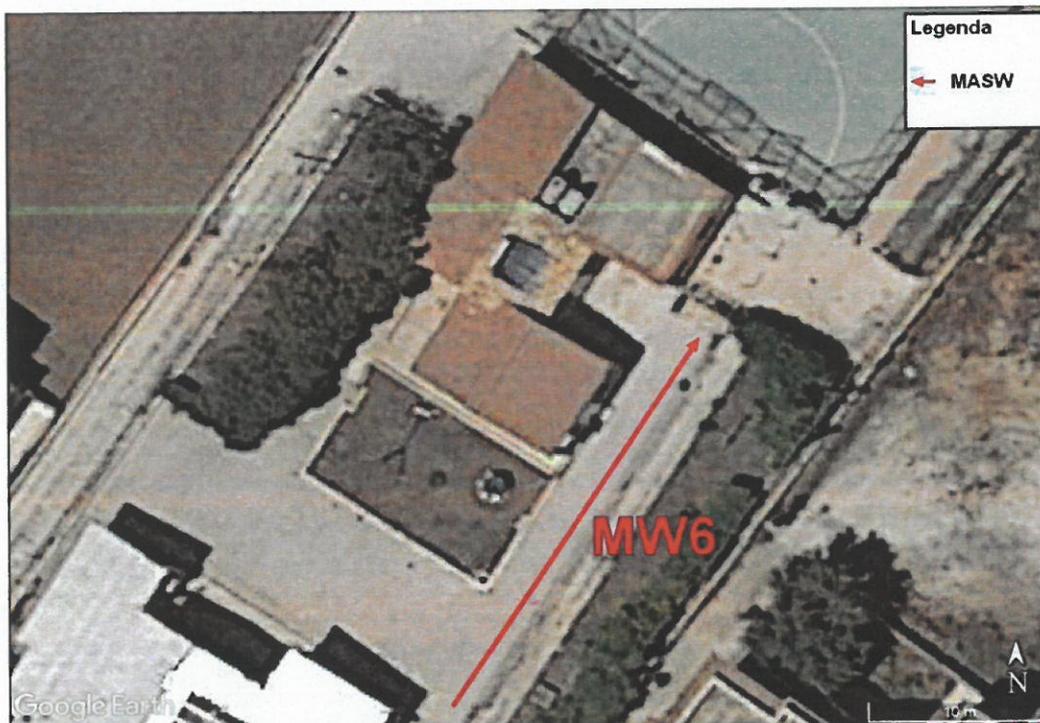
**A7 – SCUOLA PRIMARIA VITTORINI CAVA D'ALIGA**



**A8 – SCUOLA MEDIA ALLENDE VITTORINI DONNALUCATA**



**A9 – SCUOLA INFANZIA VITTORINI DONNALUCATA**



**A10 – SCUOLA INFANZIA VITTORINI CAVA D'ALIGA**

