

**COMUNE DI ALESSANDRIA**

**CAVA LA BOLLA – SPINETTA MARENGO  
DISCARICA PER PIETRISCO  
FERROVIARIO CONTENENTE AMIANTO**

**RELAZIONE INDAGINI GEOGNOSTICHE**

**SILPDUE S.R.L.**



**SILPDUE S.R.L.**



**CAVA LA BOLLA – SPINETTA MARENGO (AL)**

**DISCARICA PER PIETRISCO FERROVIARIO CONTENENTE AMIANTO**

**RELAZIONE INDAGINI GEOGNOSTICHE**

DOCUMENTO FIRMATO DIGITALMENTE DALL' ING. GIOVANNI FERRO  
ISCRITTO ALL'ORDINE DEGLI INGEGNERI DI SAVONA N. 637

DOCUMENTO FIRMATO DIGITALMENTE DALL' ING. MARIO MANASSERO  
ISCRITTO ALL'ORDINE DEGLI INGEGNERI DI TORINO N. 6134Y

DOCUMENTO FIRMATO DIGITALMENTE DAL DOTT. GEOL. FABIO BRUNAMONTE  
ISCRITTO ALL'ORDINE DEI GEOLOGI DEL LAZIO AP SEZ. A N. 548

Doc. N. A23-008/ R08-1  
3 Aprile 2025

I. S. A. F. – Ingegneria e Servizi Ambientali Ferro S.r.l.  
Via Paleocapa 19/2 – 17100 Savona  
C. F., P. IVA e Registro Imprese: 01314810092 – C. C. I. A. A. Savona REA N. 135423  
Tel. 019-806914 - Fax 019-802027 – E-mail: isaf@isafsrl.it

## INDICE

1.0	INTRODUZIONE	2
2.0	CAMPAGNA DI INDAGINI GEOGNOSTICHE IN SITO	3
2.1	Sondaggi e Prove SPT	3
2.2	Indagine Geofisica	3
2.3	Campionamenti e Prove Geotecniche di Laboratorio	4
ALLEGATO I:	Sondeco - Discarica per Pietrisco Ferroviario Contenente Amianto - Cava La Bolla – Spinetta Marengo (AL) - Indagine Geognostica - Note Tecnico/Esecutive	
ALLEGATO II:	TechGea –Discarica per Pietrisco Ferroviario Contenente Amianto - Cava La Bolla – Spinetta Marengo (AL) - Indagini Geofisiche in Sito	
ALLEGATO III:	IsmGeo - Discarica per Pietrisco Ferroviario Contenente Amianto - Cava La Bolla – Spinetta Marengo (AL) - Prove Geotecniche di Laboratorio	

## **1.0 INTRODUZIONE**

Scopo della presente relazione è presentare i risultati delle indagini geognostiche condotte al sito della discarica nell'area ex Cava La Bolla.

I risultati sono stati valutati ed interpretati nel rapporto dedicato all'inquadramento geologico e idrogeologico del sito (RELAZIONE GEOLOGICA E IDROGEOLOGICA, Doc. N. A23-008/R05-1).



## **2.0 CAMPAGNA DI INDAGINI GEOGNOSTICHE IN SITO**

Nell'ambito del progetto è stata eseguita un'approfondita campagna d'indagine geotecnica, comprendente indagini dirette, con finalità stratigrafico-geotecniche, rilievi sismici di superficie, svolgimento di prove geotecniche di laboratorio. Le indagini in sito e in laboratorio sono state condotte con le seguenti finalità:

- definizione e verifica puntuale della natura e stratigrafia dei terreni sino alla profondità necessaria per la definizione del volume significativo di sottosuolo relativamente all'intervento in programma, ovvero 30 m rispetto alla quota del piano campagna medio originario (circa 95,0 m slm);
- svolgimento di prove in foro per la caratterizzazione geotecnica in sito e idraulica dei terreni;
- prelievo di campioni di terreno per la caratterizzazione composizionale e geotecnica tramite prove di laboratorio;
- svolgimento di rilievi sismici (prove MASW) per la definizione del profilo verticale di velocità delle onde di taglio S e l'attribuzione della categoria sismica di suolo.

Le indagini, condotte in sito nel Febbraio 2025, sono riassunte nei paragrafi seguenti.

Le indagini hanno permesso di avere conferma della stratigrafia costituita da terreni prevalentemente a granulometria grossolana e di procedere alla loro caratterizzazione geotecnica ai fini del progetto della discarica.

### **2.1 SONDAGGI E PROVE SPT**

Sono stati eseguiti n. 5 sondaggi a carotaggio continuo, impostati in corrispondenza dell'impronta dell'opera in progetto, spinti sino a raggiungere la profondità di 30 m rispetto al piano campagna medio originario, con definizione e verifica puntuale della natura e stratigrafia dei terreni.

Inoltre, in relazione alla natura dei terreni al sito, prevalentemente a granulometria grossolana, per la caratterizzazione geotecnica dei terreni è stata prevista sia l'esecuzione di prove penetrometriche in foro (Standard Penetration Test – SPT).

Per verificare la possibile eterogeneità dei terreni e disporre di dati rappresentativi, in tutti i sondaggi le prove SPT sono state eseguite ad ogni intervallo di manovra, ovvero ogni 1.5 m di profondità, per l'intero sviluppo del foro.

I risultati completi dei sondaggi e prove SPT sono riportati in Allegato I.

### **2.2 INDAGINE GEOFISICA**

Per la definizione della classe sismica di suolo, sono stati eseguiti due rilievi sismici con la metodologia MASW (Multi Channel Analysis of Surface Waves). La prova MASW rappresenta una tecnica di indagine sismica di tipo non invasivo, basata sulla propagazione delle

onde superficiali di Rayleigh, per determinare il profilo verticale della velocità delle onde di taglio  $V_s$  nel sottosuolo.

I risultati completi dell'indagine geofisica sono riportati in Allegato II.

### **2.3 CAMPIONAMENTI E PROVE GEOTECNICHE DI LABORATORIO**

Nel corso dei sondaggi eseguiti è stata prelevata una serie di campioni di terreno da sottoporre a prove di laboratorio per la loro caratterizzazione geotecnica. La tipologia dei depositi attraversati, pressoché interamente costituiti da materiali granulari incoerenti con granulometria prevalentemente grossolana ha consentito solo il prelievo di campioni di tipo rimaneggiato, ottenuti direttamente dai carotaggi.

I risultati completi delle prove di laboratorio sui campioni di terreno prelevati sono riportati in Allegato III.

**ALLEGATO I**

**Discarica per Pietrisco Ferroviario Contenente Amianto  
Cava La Bolla – Spinetta Marengo (AL)  
Sondecò - Indagine Geognostica - Note Tecnico/Esecutive**




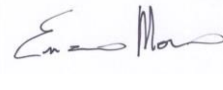

# SILPDUE S.R.L. / AB GREEN S.R.L.

CANTIERE: CAVA “LA BOLLA”

DISCARICA PER PIETRISCO FERROVIARIO CONTENENTE AMIANTO  
FRAZIONE SPINETTA MARENGO - ALESSANDRIA

## INDAGINE GEOGNOSTICA

Note tecnico – esecutive

Rev.	Data	Redazione	Verifica	Approvazione	Descrizione
Ø	24/03/2025	dott. Stellato S. 	dott. geol. Mosso E. 	dott. geol. Chiesa G. 	Prima Emissione

**Sondeco S.r.l.** – Strada della Commenda 11 - 10149 Torino - Tel 011.7393610

sondeco@sondeco.it - sondeco@pec.it - www.sondeco.it

C.F. e P. IVA 06855970015 - CCIAA TO 818733 - Cap. Soc. € 25.000,00 i.v.

## **Silpdue S.r.l. / AB Green S.r.l.**

### **INDAGINE GEOGNOSTICA**

#### **Cava “La Bolla” – Fraz. Spinetta Marengo - Alessandria**

Su incarico delle Società “*Silpdue S.r.l.*” e “*AB Green S.r.l.*” è stata eseguita, nel periodo dal 10 febbraio al 13 marzo 2025, una indagine geognostica costituita da n° 5 sondaggi a carotaggio, ubicata presso la cava denominata “La Bolla” sita in frazione Spinetta Marengo (Fig. 1 e 2), nel territorio comunale di Alessandria; tale indagine aveva lo scopo di valutare l’assetto litostratigrafico e di acquisire i parametri geotecnici necessari alla valutazione di fattibilità ed alla progettazione di una nuova discarica per pietrisco ferroviario contenente amianto.

#### **SONDAGGI**

I sondaggi sono stati eseguiti a rotazione con carotaggio continuo utilizzando una sonda idraulica tipo Casagrande “C6” montata su carro cingolato; per tutta la lunghezza si sono utilizzati carotieri semplici aventi Ø 127 e 101 mm. Per stabilizzare in corso d’opera le pareti del foro sono stati impiegati rivestimenti metallici provvisori Ø 127 mm.

Il sondaggio *SC-01* è stato spinto fino alla profondità di m 25.00 dal piano campagna ed in corso d’opera sono state eseguite n° 15 prove SPT (Standard Penetration Test); le risultanze e le quote di esecuzione sono riportate nella stratigrafia allegata.

Il sondaggio *SC-02* è stato spinto fino alla profondità di m 25.00 dal piano campagna ed in corso d’opera sono state eseguite n° 16 prove SPT; le risultanze e le quote di esecuzione sono riportate nella stratigrafia allegata.

**Certificato n° 1674 del 24/03/2025**

Il sondaggio *SC-03* è stato spinto fino alla profondità di m 27.00 dal piano campagna ed in corso d'opera sono state eseguite n° 17 prove SPT; le risultanze e le quote di esecuzione sono riportate nella stratigrafia allegata.

Il sondaggio *SC-04* è stato spinto fino alla profondità di m 27.00 dal piano campagna ed in corso d'opera sono state eseguite n° 18 prove SPT; le risultanze e le quote di esecuzione sono riportate nella stratigrafia allegata.

Il sondaggio *SC-05* è stato spinto fino alla profondità di m 30.00 dal piano campagna ed in corso d'opera sono state eseguite n° 20 prove SPT; le risultanze e le quote di esecuzione sono riportate nella stratigrafia allegata.

Il livello idrico (non stabilizzato) rilevato nel corso delle operazioni di perforazione è riportato nelle schede stratigrafiche.

Al termine delle perforazioni, il laboratorio geotecnico incaricato dalla Committenza ha provveduto al prelievo di una serie di campioni rimaneggiati su alcuni sondaggi (per un totale di n° 14 campioni).

I testimoni del carotaggio sono stati riposti in n° 28 cassette catalogatrici, opportunamente classificate e ricoverate in cantiere, a disposizione della Committenza.

**PROVE IN FORO - SPT**

Le prove SPT sono state eseguite secondo le prescrizioni stabilite dalle specifiche AGI 1977 e approfondite dalla norma UNI EN ISO 22476-3:2012.

La sottostante **Tabella 1** riporta le caratteristiche del dispositivo di battuta con maglio a sganciamento automatico (tipo "Nenzi") utilizzato per l'esecuzione delle prove in foro di tipo SPT:

<b>CARATTERISTICHE TECNICHE DEL MARTINO A SGANCIO AUTOMATICO (PROVE "SPT")</b>	
Peso totale dispositivo di battitura	115,00 kg
Massa maglio	63,50 kg
Altezza di caduta libera	760,00 mm
Diametro esterno aste di infissione	50,00 mm

**Certificato n° 1674 del 24/03/2025**

Peso aste di infissione (tipo B)	7,00 kg/m
Lunghezza campionatore Raymond (comprendente scarpa e raccordo per le aste)	813,00 mm
Diametro esterno campionatore Raymond	51,00 mm
Diametro interno campionatore Raymond	35,00 mm
Angolo di spoglia della punta aperta	20°
Angolo di apertura della punta conica	60°

**Tabella 1**

Le risultanze e le quote di esecuzione delle prove SPT eseguite sono riportate nelle stratigrafie allegate.

**PROVE SU CAROTA – PENETROMETRO TASCABILE**

Nel sondaggio SC-05 sono state effettuate su livelli coesivi compatibili una serie di determinazioni con:

- Pocket Penetrometer: penetrometro tascabile Pasi P1000;

I risultati sono riportati nella **Tabella 2** sottostante:

			<b>Pocket Penetrometer</b>	
<b>N° Sondaggio</b>	<b>N° Prova</b>	<b>Prof. prova</b>	<b>Diametro punta standard</b>	<b>Resistenza alla compressione semplice (UCS)</b>
<b>SC-05</b>	1	15.30 m	6.35 mm	0.10 MPa
<b>SC-05</b>	2	16.30 m	6.35 mm	0.15-0.20 MPa
<b>SC-05</b>	3	16.40 m	6.35 mm	0.30 MPa
<b>SC-05</b>	4	17.50 m	6.35 mm	0.25 MPa
<b>SC-05</b>	5	17.80 m	6.35 mm	0.40 MPa
<b>SC-05</b>	6	26.80 m	6.35 mm	0.10 MPa

**Tabella 2**

**Certificato n° 1674 del 24/03/2025****RIEPILOGO SONDAGGI**

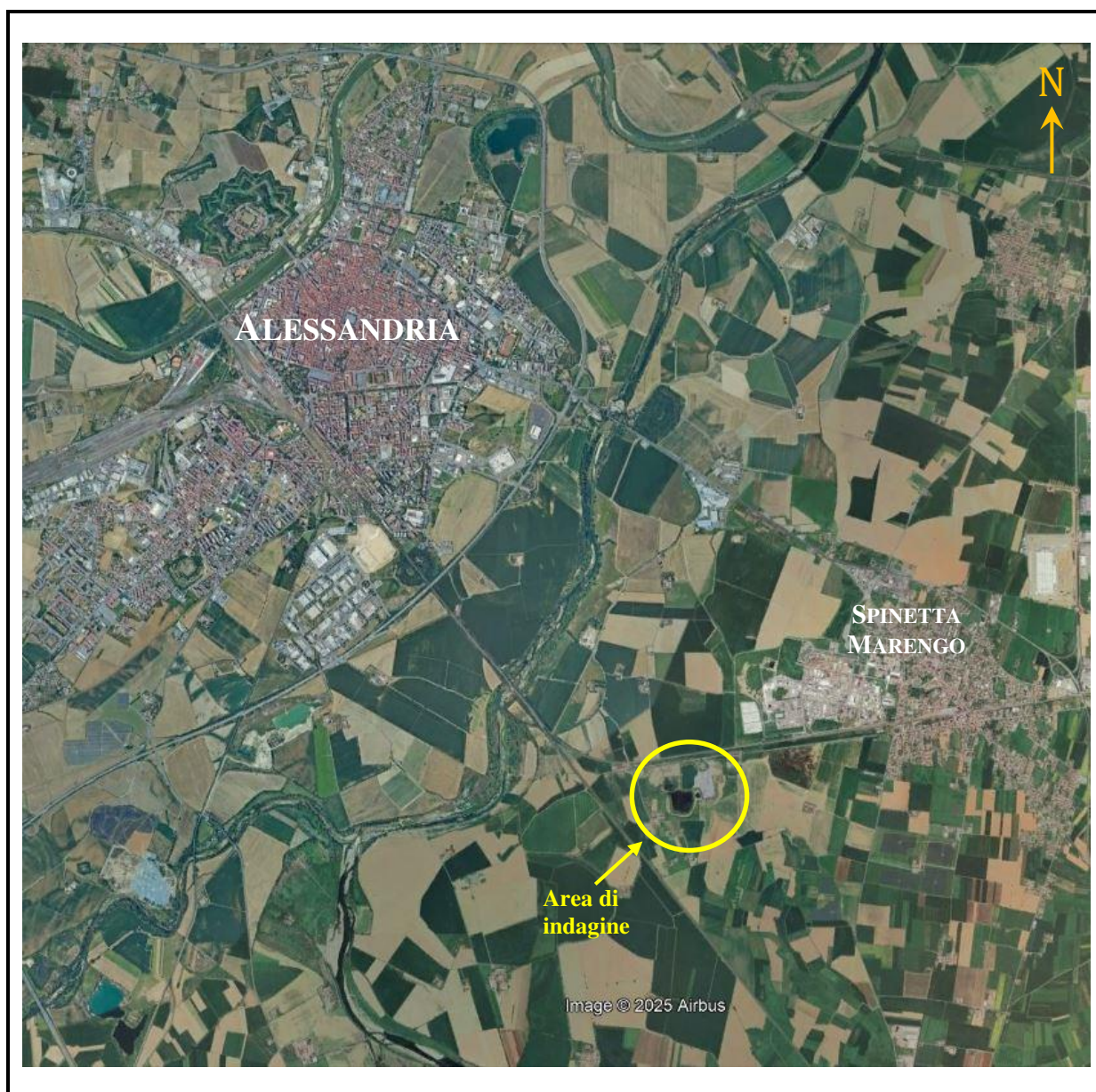
Le coordinate approssimate, la profondità di perforazione dei sondaggi, il numero di prove SPT eseguite in ciascuno e la posizione dei campioni selezionati sono riepilogati nella **Tabella 3** seguente:

<b>Sondaggio n°</b>	<b>Coordinate del punto di indagine (GPS – gradi decimali)</b>	<b>Metodologia di perforazione</b>	<b>Profondità (m)</b>	<b>N° prove SPT</b>	<b>Campioni selezionati (Profondità – m)</b>
SC-01	44.877400, 8.650000	Carotaggio continuo	25.00	15	C1 (m.4.0-5.0) C2 (m.8.0-9.0) C3 (m.12.0-13.0) C4 (m.18.0-19.0)
SC-02	44.876500, 8.652200	Carotaggio continuo	25.00	16	C1 (m.3.0-4.0) C2 (m.11.0-12.0) C3 (m.14.0-15.0) C4 (m.17.0-18.0) C5 (m.24.0-25.0)
SC-03	44.875800, 8.654600	Carotaggio continuo	27.00	17	C1 (m.3.0-4.0) C2 (m.8.0-9.0) C3 (m.14.0-15.0) C4 (m.18.0-19.0) C5 (m.24.0-25.0)
SC-04	44.878250, 8.651750	Carotaggio continuo	27.00	18	-
SC-05	44.874600, 8.653700	Carotaggio continuo	30.00	20	-

**Tabella 3**

Si trasmette in allegato la documentazione tecnica relativa all'indagine eseguita.





**Fig. 1:** Inquadramento area di indagine.

*(immagine satellitare estratta da Google Earth Pro)*






**Fig. 2:** Ubicazione delle indagini eseguite.

*(immagine satellitare estratta da Google Earth Pro)*


**Allegato  
stratigrafico**

## Certificato n° 1674 del 24/03/2025

	Committente	Silpdue s.r.l. - AB Green s.r.l.		SONDAGGIO	FOGLIO
	Cantiere	Cava "La Bolla"		SC-01	1/2
	Località	Alessandria - Località Spinetta Marengo			
	Data Inizio	10/02/25	Data Fine	13/02/25	Quota (p.c.)

Profondità'	Potenza	Scala 1:75	Stratigrafia	Descrizione	Falda	Perforazione	Rivestimento	% Carotaggio	RQD	Piezometro	Inclinometro	Prove S.P.T.	Campioni
0.50	0.50			Terreno parzialmente rimaneggiato sabbioso ghiaioso.		127						1.50	
		1		Ghiaia eterometrica subarrotondata con sporadici piccoli ciottoli (diam. max 6-8 cm) in matrice sabbiosa grossolana, sciolta; colore bruno chiaro.	1.80							11-16-13 p.a.	
	4.70	2										3.00	
		3										9-16-16 p.a.	
		4										4.50	4.00
		5										11-15-15 p.a.	<b>C1</b>
5.20	0.30	6		Ghiaia medio fine ossidata in subordinata matrice sabbiosa grossolana; colore bruno rossiccio.								6.00	
5.50	1.40	7		Ghiaia media con sabbia medio grossolana, sciolta; colore bruno chiaro.								13-20-21 p.a.	
6.90	1.70	8		Ghiaia eterometrica, subarrotondata e/o subangolare, in matrice sabbiosa fine e limoso sabbiosa; colore bruno giallastro.		127		90				7.50	
8.60	0.40	9		Limo argilloso ed argilla limosa, fittamente stratificati ed a tratti debolmente ossidati; colore giallo rossiccio.	101							15-12-12 p.a.	8.00
9.00	0.60	10		Ghiaia eterometrica in abbondante matrice limoso sabbiosa; colore bruno giallastro.								10.50	
9.60	0.90	11		Ghiaia eterometrica con piccoli ciottoli in matrice sabbiosa eterometrica debolmente limosa; colore bruno giallastro.								11-22-20 p.a.	
10.50		12		Ghiaia eterometrica con sporadici piccoli ciottoli (diam. max 6-8 cm) in matrice sabbiosa, sabbioso limosa e limoso sabbiosa, addensata; colore variabile da bruno a bruno grigiastro.								12.00	12.00
	9.30	13										18-24-25 p.a.	<b>C3</b>
		14										13.50	
		15										42-31-22 p.a.	13.00
												15.00	
												12-18-21 p.a.	


## Certificato n° 1674 del 24/03/2025

	Committente	Silpdue s.r.l. - AB Green s.r.l.		SONDAGGIO	FOGLIO
	Cantiere	Cava "La Bolla"		SC-01	2/2
	Località	Alessandria - Località Spinetta Marengo			
	Data Inizio	10/02/25	Data Fine	13/02/25	Quota (p.c.)

Profondità	Potenza	Scala 1:75	Stratigrafia	Descrizione	Falda	Perforazione	Rivestimento	% Carotaggio	RQD	Piezometro	Inclinometro	Prove S.P.T.	Campioni
												15.00	
				Ghiaia eterometrica con sporadici piccoli ciottoli (diam. max 6-8 cm) in matrice sabbiosa, sabbioso limosa e limoso sabbiosa, addensata; colore variabile da bruno a bruno grigiastro.								12-18-21 p.a.	
												16.50	
												15-18-19 p.a.	
												18.00	
												13-18-23 p.a.	18.00
												19.50	
19.80												12-10-12 p.a.	
				Ghiaia medio fine in abbondante matrice limoso sabbiosa, debolmente ossidata; colore bruno rossiccio.		101		90				21.00	
20.90												13-30-26 p.a.	
21.00				Ciottolo litoide; colore grigio chiaro.								22.50	
				Ghiaia eterometrica con piccoli ciottoli (diam. max 6-8 cm) in matrice sabbiosa e sabbioso limosa, addensata ed a tratti ossidata; colore bruno chiaro grigiastro con passate decimetriche bruno rossicce.								20-50-44 p.a.	
												24.00	
												33-29-35 p.a.	
25.00													

Nella colonna "Falda" si riporta il livello idrico non stabilizzato rilevato in fase di sondaggio.


## Certificato n° 1674 del 24/03/2025

<div></div>				Committente Silpdue s.r.l. - AB Green s.r.l.		SONDAGGIO		FOGLIO	
				Cantiere Cava "La Bolla"		SC-02 1/2			
				Località Alessandria - Località Spinetta Marengo					
				Data Inizio 14/02/25		Data Fine 20/02/25		Quota (p.c.)	

Profondita '	Potenza	Scala 1:75	Stratigrafia	Descrizione	Falda	Perforazione	Rivestimento	% Carotaggio	RQD	Piezometro	Inclinometro	Prove S.P.T.	Campioni
0.60	0.60			Terreno di riporto e/o rimaneggiato sabbioso ghiaioso ciottoloso.		127						1.50	
1.50	0.90	1		Ghiaia eterometrica subarrotondata, con piccoli ciottoli, in abbondante matrice sabbioso limosa, ossidata; colore bruno chiaro rossiccio.	1.10							12-11-10 p.a.	
		2		Ghiaia eterometrica con frequenti piccoli ciottoli (diam. max 6-8 cm) in matrice sabbiosa grossolana, sciolta. Presenza di orizzonti pluricentrici con matrice sabbioso limosa, addensata. Colore bruno chiaro.								3.00	3.00
	4.00	3										10-13-11 p.a.	C1
		4										4.50	4.00
		5										14-19-14 p.a.	
5.50		6		Ghiaia eterometrica con ciottoli subarrotondati (diam. max 8-10 cm) in matrice sabbiosa fine e limoso sabbiosa, talora abbondante; colore bruno giallastro.								6.00	
		7										13-9-13 p.a.	
	5.20	8				127		90				7.50	
		9				101						13-8-11 p.a.	
		10										9.00	
		11										12-8-21 p.a.	
10.70		12		Ghiaia eterometrica con rari piccoli ciottoli (diam. max 6-8 cm) in matrice sabbiosa, sabbioso limosa e limoso sabbiosa, addensata ed a tratti debolmente ossidata; colore variabile da bruno a bruno grigiastro a bruno giallo rossiccio.								10.50	11.00
		13										33-33-26 p.a.	C2
	5.30	14										12.00	12.00
		15										13-19-18 p.a.	
												13.50	14.00
												13-13-13 p.a.	C3
												15.00	14.00
												15-18-16 p.a.	15.00




## Certificato n° 1674 del 24/03/2025

	Committente	Silpdue s.r.l. - AB Green s.r.l.		SONDAGGIO	FOGLIO
	Cantiere	Cava "La Bolla"		SC-02	2/2
	Località	Alessandria - Località Spinetta Marengo			
	Data Inizio	14/02/25	Data Fine	20/02/25	Quota (p.c.)

Profondita'	Potenza	Scala 1:75	Stratigrafia	Descrizione	Falda	Perforazione	Rivestimento	% Carotaggio	RQD	Piezometro	Inclinometro	Prove S.P.T.	Campioni	
	5.30			Ghiaia eterometrica con rari piccoli ciottoli (diam. max 6-8 cm) in matrice sabbiosa, sabbioso limosa e limoso sabbiosa, addensata ed a tratti debolmente ossidata; colore variabile da bruno a bruno grigiastro a bruno giallo rossiccio.								15-18-16 p.a.		
16.00	0.30				Limo argilloso ed argilla limosa, fittamente stratificati e debolmente ossidati. Presenza di un interstrato inglobante ghiaia eterometrica tra m 16.30 - 16.60.								16.50	
16.30	0.30													5-7-9 p.a.
16.60		1.40										18.00	C4	
18.00				Ghiaia media e medio fine con rari piccoli ciottoli (diam. max 6-8 cm) in matrice sabbiosa e sabbioso limosa, a tratti ossidata, talora abbondante; colore variabile bruno chiaro e bruno grigiastro con passate decimetriche bruno giallo rossicce.								18.00	18.00	
													9-33-28 p.a.	
													19.50	
													14-35-R p.a.	
													21.00	
													41-40-33 p.a.	
													22.50	
													33-44-R p.a.	
												24.00	24.00	
25.00												40-R p.a.	C5	

Nella colonna "Falda" si riporta il livello idrico non stabilizzato rilevato in fase di sondaggio.


## Certificato n° 1674 del 24/03/2025

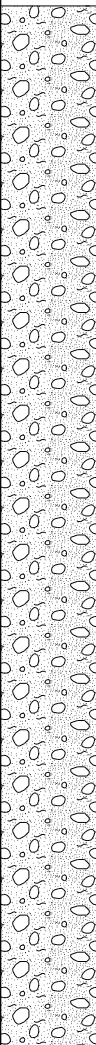
<div></div>				Committente Silpdue s.r.l. - AB Green s.r.l.		SONDAGGIO		FOGLIO	
				Cantiere Cava "La Bolla"		SC-03 1/2			
				Località Alessandria - Località Spinetta Marengo					
				Data Inizio 20/02/2025		Data Fine 26/02/2025		Quota (p.c.)	

Profondita '	Potenza	Scala 1:75	Stratigrafia	Descrizione	Falda	Perforazione	Rivestimento	% Carotaggio	RQD	Piezometro	Inclinometro	Prove S.P.T.	Campioni	
0.50	0.50			Terreno parzialmente rimaneggiato sabbioso limoso ghiaioso.										
	3.00	1		Sabbia eterometrica con ghiaia eterometrica, sciolta, e con piccoli ciottoli (diam. max 6-8 cm); colore bruno chiaro.		127						1.50		
		2									11-10-9 p.a.			
		3									3.20			
3.50		4		Ghiaia eterometrica con rari piccoli ciottoli (diam. max 6-8 cm) in matrice sabbiosa e sabbioso limosa, poco addensata; colore bruno giallastro e bruno grigiastro.								12-15-13 p.a.	3.00	
	3.50	5										4.50	4.00	
		6										7-8-12 p.a.		
		7									6.00			
7.00		8		Ghiaia eterometrica con abbondanti ciottoli subarrotondati e/o subangolari (diam. max 10-12 cm) in matrice limosa e limoso sabbiosa; colore bruno giallastro.								20-20-18 p.a.		
	5.00	9										7.50	8.00	
		10										11-10-11 p.a.	C2	
		11									9.00	9.00		
		12										10-16-11 p.a.		
12.00		13		Alternanze pluridecimetriches di ghiaia medio fine in matrice sabbiosa, da sciolta a poco addensata, e di ghiaia media con ciottoli subarrotondati (diam. max 8-10 cm) in matrice limosa e limoso sabbiosa, addensata ed a tratti debolmente ossidata; colore variabile da bruno chiaro grigiastro a bruno giallastro.								10.50		
	15.00	14											28-18-15 p.a.	
		15											13.50	14.00
												30-26-20 p.a.	C3	
												15.00		
												23-30-32 p.a.	15.00	




## Certificato n° 1674 del 24/03/2025

	Committente	Silpdue s.r.l. - AB Green s.r.l.	SONDAGGIO	FOGLIO
	Cantiere	Cava "La Bolla"	SC-03	2/2
	Località	Alessandria - Località Spinetta Marengo		
	Data Inizio	20/02/2025	Data Fine	26/02/2025
				Quota (p.c.)


Profondità	Potenza	Scala 1:75	Stratigrafia	Descrizione	Falda	Perforazione	Rivestimento	% Carotaggio	RQD	Piezometro	Inclinometro	Prove S.P.T.	Campioni
27.00	15.00	16		Alternanze pluridecimetriche di ghiaia medio fine in matrice sabbiosa, da sciolta a poco addensata, e di ghiaia media con ciottoli subarrotondati (diam. max 8-10 cm) in matrice limosa e limoso sabbiosa, addensata ed a tratti debolmente ossidata; colore variabile da bruno chiaro grigiastro a bruno giallastro.	101	127	90					15.00	18.00 <b>C4</b> 19.00
		17										23-30-32 p.a.	
		18										16.50	
		19										6-8-8 p.a.	
		20										18.00	
		21										26-15-18 p.a.	24.00 <b>C5</b> 25.00
		22										19.50	
		23										28-28-27 p.a.	
		24										21.00	
		25										16-15-16 p.a.	
		26										22.50	
		27										18-21-20 p.a.	
												24.00	
												15-10-16 p.a.	
												25.50	
												26-40-R p.a.	
												27.00	
												28-R p.a.	

Nella colonna "Falda" si riporta il livello idrico non stabilizzato rilevato in fase di sondaggio.

## Certificato n° 1674 del 24/03/2025


<div></div>				Committente Silpdue s.r.l. - AB Green s.r.l.		SONDAGGIO		FOGLIO					
				Cantiere Cava "La Bolla"		SC-04 1/2							
				Località Alessandria - Località Spinetta Marengo									
				Data Inizio 07/03/2025		Data Fine 13/03/2025		Quota (p.c.)					
Profondita '	Potenza	Scala 1:75	Stratigrafia	Descrizione	Falda	Perforazione	Rivestimento	% Carotaggio	RQD	Piezometro	Inclinometro	Prove S.P.T.	Campioni
0.60	0.60			Terreno di riporto sabbioso ghiaioso ciottoloso di pavimentazione del piazzale manovra.		127						1.50	
	2.90	1		Ghiaia eterometrica subarrotondata (probabilmente parzialmente rimaneggiata al tetto) con rari piccoli ciottoli (diam. max 6-8 cm) in matrice sabbioso e sabbioso limosa, sciolta; colore bruno chiaro.								8-7-8 p.a.	
		2										3.00	
		3										12-11-12 p.a.	
3.50		4		Ghiaia eterometrica con sporadici piccoli ciottoli subarrotondati e subangolari (diam. max 6-8 cm) in matrice sabbiosa, a tratti debolmente limosa; colore bruno chiaro.	4.60							4.50	
	4.30	5										10-12-14 p.a.	
		6										6.00	
		7										12-20-25 p.a.	
7.80		8		Ghiaia eterometrica con ciottoli subarrotondati (diam. max 8-10 cm) in matrice ossidata sabbioso limosa e limoso sabbiosa, a tratti debolmente argillosa; colore bruno giallo rossiccio.	101	127		90				7.50	
	3.50	9										13-21-21 p.a.	
		10										9.00	
		11										11-18-15 p.a.	
11.30		12		Ghiaia eterometrica con rari piccoli ciottoli (diam. max 6-8 cm) in matrice sabbiosa, sabbioso limosa e limoso sabbiosa, addensata ed a tratti debolmente ossidata; colore variabile da bruno a bruno grigiastro a bruno giallo rossiccio.								10.50	
	8.80	13										11-6-7 p.a.	
		14										12.00	
		15										13-14-19 p.a.	
												13.50	
												15-35-25 p.a.	
												15.00	
												18-16-17 p.a.	

## Certificato n° 1674 del 24/03/2025

	Committente	Silpdue s.r.l. - AB Green s.r.l.		SONDAGGIO	FOGLIO
	Cantiere	Cava "La Bolla"		SC-04	2/2
	Località	Alessandria - Località Spinetta Marengo			
	Data Inizio	07/03/2025	Data Fine	13/03/2025	Quota (p.c.)


Profondità	Potenza	Scala 1:75	Stratigrafia	Descrizione	Falda	Perforazione	Rivestimento	% Carotaggio	RQD	Piezometro	Inclinometro	Prove S.P.T.	Campioni
												15.00	
				Ghiaia eterometrica con rari piccoli ciottoli (diam. max 6-8 cm) in matrice sabbiosa, sabbioso limosa e limoso sabbiosa, addensata ed a tratti debolmente ossidata; colore variabile da bruno a bruno grigiastro a bruno giallo rossiccio.								18-16-17 p.a.	
												16.50	
												14-41-30 p.a.	
												18.00	
												16-27-21 p.a.	
												19.50	
												20-15-16 p.a.	
20.10	0.40			Limo argilloso ed argilla limosa con sparso ghiaietto fine, debolmente ossidato; colore bruno giallo rossiccio.								21.00	
20.50				Ghiaia media e medio fine con rari piccoli ciottoli (diam. max 6-8 cm) in matrice sabbiosa e sabbioso limosa, a tratti ossidata, talora abbondante; colore variabile da bruno chiaro a bruno grigiastro.								15-25-40 p.a.	
												22.50	
												23-24-25 p.a.	
												24.00	
												31-45-R p.a.	
												25.50	
												45-R p.a.	
27.00												27.00	
28-38-R p.a.													
Nella colonna "Falda" si riporta il livello idrico non stabilizzato rilevato in fase di sondaggio.													

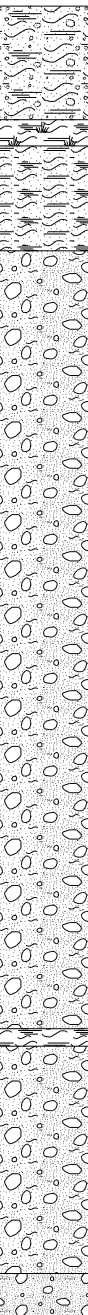
## Certificato n° 1674 del 24/03/2025

	Committente	Silpdue s.r.l. - AB Green s.r.l.		SONDAGGIO	FOGLIO
	Cantiere	Cava "La Bolla"		SC-05	1/2
	Località	Alessandria - Località Spinetta Marengo			
	Data Inizio	03/03/2025	Data Fine		
					Quota (p.c.)

Profondità'	Potenza	Scala 1:75	Stratigrafia	Descrizione	Falda	Perforazione	Rivestimento	% Carotaggio	RQD	Piezometro	Inclinometro	Prove S.P.T.	Campioni
0.50	0.50			Terreno parzialmente rimaneggiato sabbioso limoso ghiaioso.									
	1.70	1		Sabbia eterometrica con ghiaia eterometrica, sciolta, e con rari piccoli ciottoli (diam. max 6-8 cm); colore bruno chiaro.		127						1.50	
		2										11-9-6 p.a.	
2.20		3		Ghiaia eterometrica con rari piccoli ciottoli (diam. max 6-8 cm) in matrice sabbiosa e sabbioso limosa, poco addensata; colore bruno giallastro e bruno grigiastro.								3.00	
		4										8-7-7 p.a.	
		5										4.50	
		6										20-19-15 p.a.	
	8.20	7			6.20							8-10-13 p.a.	
		8										7.50	
		9				101	127	90				9-10-12 p.a.	
		10										9.00	
		11										16-22-16 p.a.	
10.40		12		Ghiaia eterometrica con abbondanti ciottoli subarrotondati e/o subangolari (diam. max 10-12 cm) in matrice limosa e limoso sabbiosa; colore bruno giallastro. Presenza di matrice maggiormente argillosa da m 14.60 - 16.30.								10.50	
		13										15-18-14 p.a.	
	4.20	14										12.00	
		15										23-20-23 p.a.	
												13.50	
14.60	1.70											21-18-19 p.a.	
												15.00	
												8-6-6 p.a.	

## Certificato n° 1674 del 24/03/2025

	Committente	Silpdue s.r.l. - AB Green s.r.l.		SONDAGGIO	FOGLIO
	Cantiere	Cava "La Bolla"		SC-05	2/2
	Località	Alessandria - Località Spinetta Marengo			
	Data Inizio	03/03/2025	Data Fine	06/03/2025	Quota (p.c.)

Profondità	Potenza	Scala 1:75	Stratigrafia	Descrizione	Falda	Perforazione	Rivestimento	% Carotaggio	RQD	Piezometro	Inclinometro	Prove S.P.T.	Campioni
16.30	1.70	16		Ghiaia eterometrica con abbondanti ciottoli subarrotondati e/o subangolari (diam. max 10-12 cm) in matrice limosa e limoso sabbiosa; colore bruno giallastro. Presenza di matrice maggiormente argillosa da m 14.60 - 16.30.								15.00	
16.60	0.30	17		Limo argilloso torboso; colore bruno nerastro.								8-6-6 p.a.	
17.80	1.20	18		Limo, limo sabbioso e limo argilloso; colore bruno chiaro giallastro.								17.00	
		19		Alternanze pluridecimetriche di ghiaia medio fine in matrice sabbiosa, da sciolta a poco addensata, e di ghiaia media con ciottoli subarrotondati (diam. max 8-10 cm) in matrice limosa e limoso sabbiosa, addensata ed a tratti debolmente ossidata; colore variabile da bruno chiaro grigiastro a bruno giallastro.								3-5-7 p.a.	
		20										18.00	
		21										25-35-40 p.a.	
		22										19.50	
		23										25-40-R p.a.	
		24										21.00	
		25										21-20-33 p.a.	
		26										22.50	
		27										33-24-33 p.a.	
		28										24.00	
		29										24-21-26 p.a.	
26.70	0.20	27		Argilla limosa; colore giallastro.								25.50	
26.90		28		Ghiaia eterometrica con ciottoli (diam. max 8-10 cm) in matrice sabbioso limosa, a tratti abbondante; colore variabile da bruno a bruno giallastro.								10-14-25 p.a.	
29.50	0.50	30		Sabbia eterometrica con ghiaia fine, debolmente ossidata; colore bruno rossiccio.								27.00	
30.00												32-R p.a.	
												28.50	
												R p.a.	
												30.00	
												23-28-28 p.a.	

Nella colonna "Falda" si riporta il livello idrico non stabilizzato rilevato in fase di sondaggio.

**Allegato  
fotografico**



**Certificato n° 1674 del 24/03/2025**

**Foto 1:** Sondaggio SC-01 - cassa 1 - da 0.00 m a 5.00 m.



**Foto 2:** Sondaggio SC-01 - cassa 2 - da 5.00 m a 10.00 m.



**Certificato n° 1674 del 24/03/2025**

**Foto 3:** Sondaggio SC-01 - cassa 3 - da 10.00 m a 15.00 m.



**Foto 4:** Sondaggio SC-01 - cassa 4 - da 15.00 m a 20.00 m.



**Certificato n° 1674 del 24/03/2025**

**Foto 5:** Sondaggio SC-01 - cassa 5 - da 20.00 m a 25.00 m.



**Foto 6:** Postazione sondaggio SC-01.



**Certificato n° 1674 del 24/03/2025**

**Foto 7:** Sondaggio SC-02 - cassa 1 - da 0.00 m a 5.00 m.



**Foto 8:** Sondaggio SC-02 - cassa 2 - da 5.00 m a 10.00 m.



**Certificato n° 1674 del 24/03/2025**

**Foto 9:** Sondaggio SC-02 - cassa 3 - da 10.00 m a 15.00 m.



**Foto 10:** Sondaggio SC-02 - cassa 4 - da 15.00 m a 20.00 m.



**Certificato n° 1674 del 24/03/2025**

**Foto 11:** Sondaggio SC-02 - cassa 5 - da 20.00 m a 25.00 m.

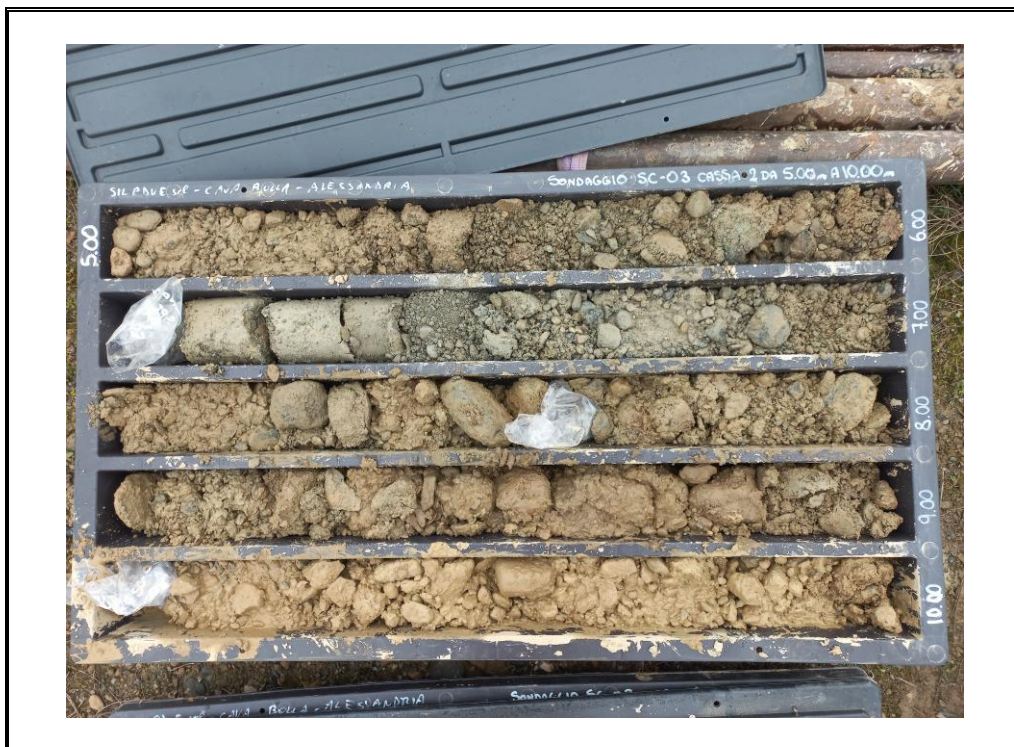


**Foto 12:** Postazione sondaggio SC-02.



**Certificato n° 1674 del 24/03/2025**

**Foto 13:** Sondaggio SC-03 - cassa 1 - da 0.00 m a 5.00 m.

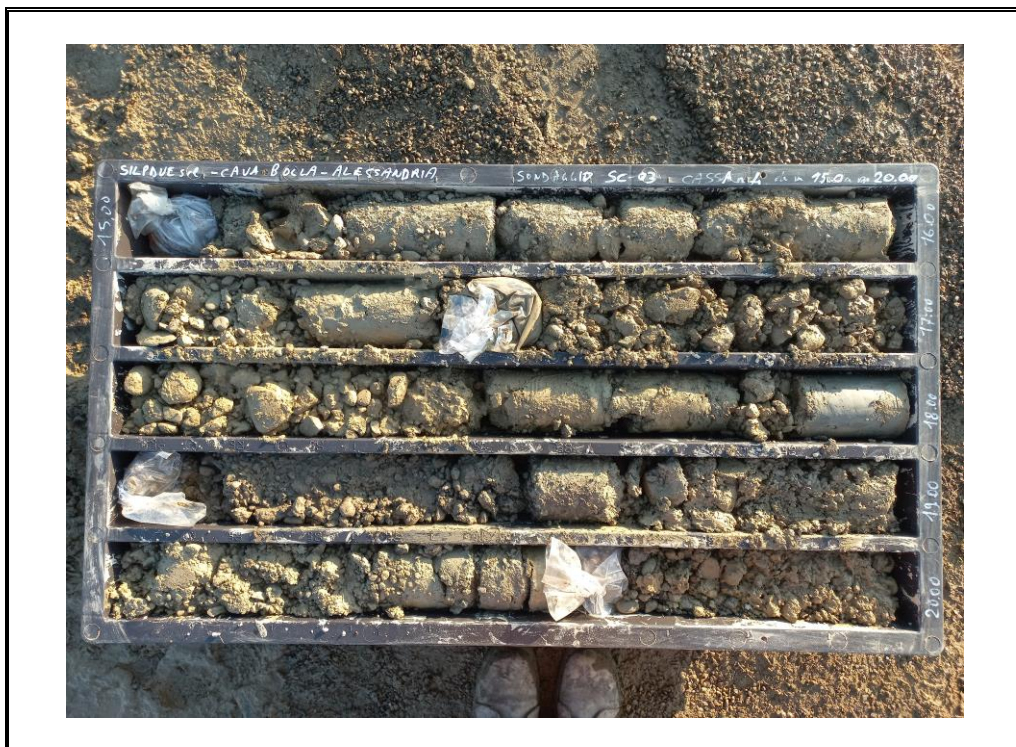


**Foto 14:** Sondaggio SC-03 - cassa 2 - da 5.00 m a 10.00 m.



**Certificato n° 1674 del 24/03/2025**

**Foto 15:** Sondaggio SC-03 - cassa 3 - da 10.00 m a 15.00 m.



**Foto 16:** Sondaggio SC-03 - cassa 4 - da 15.00 m a 20.00 m.



**Certificato n° 1674 del 24/03/2025**

**Foto 17:** Sondaggio SC-03 - cassa 5 - da 20.00 m a 25.00 m.

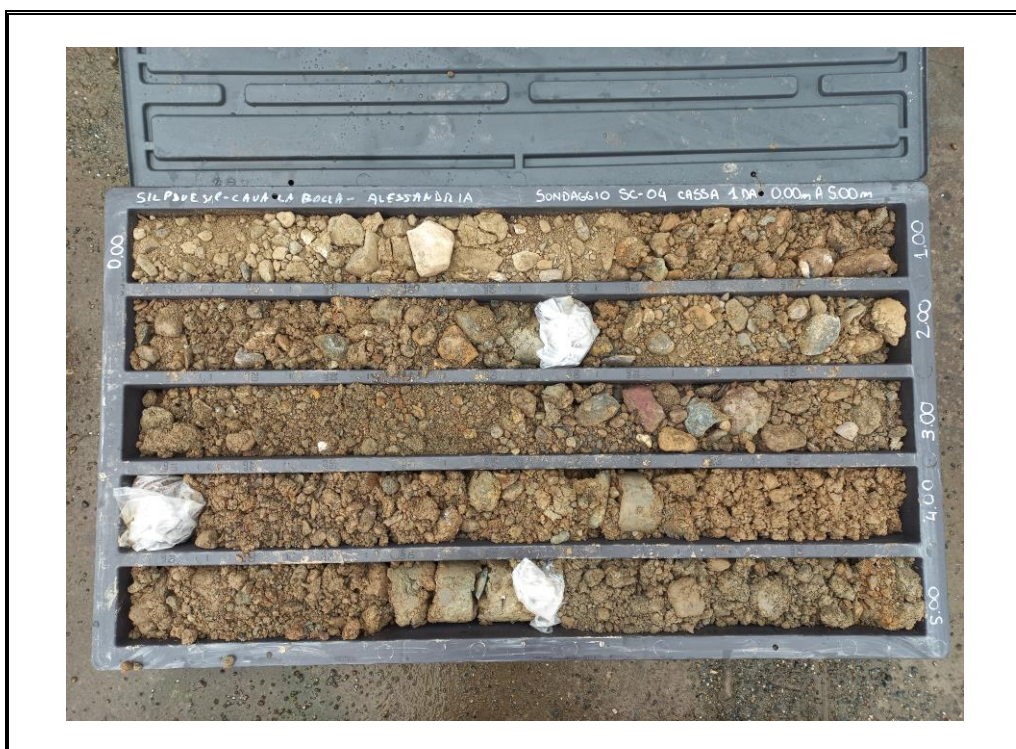


**Foto 18:** Sondaggio SC-03 - cassa 6 - da 25.00 m a 27.00 m.



**Certificato n° 1674 del 24/03/2025**

**Foto 19:** Postazione sondaggio SC-03.



**Foto 20:** Sondaggio SC-04 - cassa 1 - da 0.00 m a 5.00 m.



**Certificato n° 1674 del 24/03/2025**

**Foto 21:** Sondaggio SC-04 - cassa 2 - da 5.00 m a 10.00 m.



**Foto 22:** Sondaggio SC-04 - cassa 3 - da 10.00 m a 15.00 m.



**Certificato n° 1674 del 24/03/2025**

**Foto 23:** Sondaggio SC-04 - cassa 4 - da 15.00 m a 20.00 m.



**Foto 24:** Sondaggio SC-04 - cassa 5 - da 20.00 m a 25.00 m.

**Certificato n° 1674 del 24/03/2025**

**Foto 25:** Sondaggio SC-04 - cassa 6 - da 25.00 m a 27.00 m.





**Foto 26:** Postazione sondaggio SC-04.



**Foto 27:** Sondaggio SC-05 - cassa 1 - da 0.00 m a 5.00 m.



**Foto 28:** Sondaggio SC-05 - cassa 2 - da 5.00 m a 10.00 m.



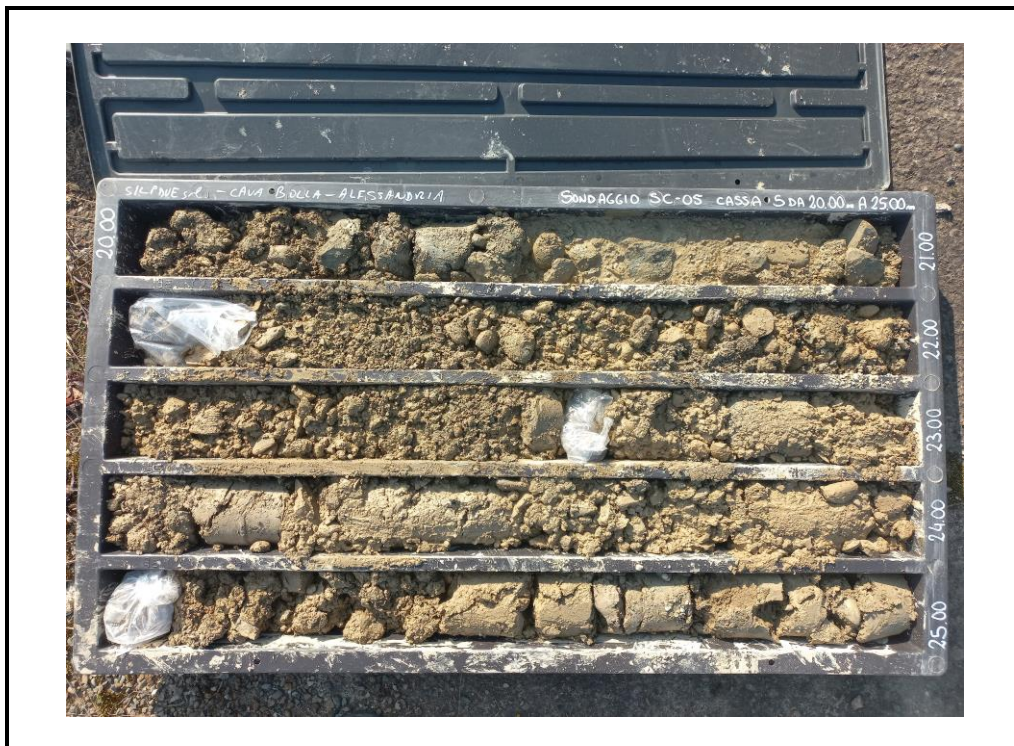
**Certificato n° 1674 del 24/03/2025**

**Foto 29:** Sondaggio SC-05 - cassa 3 - da 10.00 m a 15.00 m.



**Foto 30:** Sondaggio SC-05 - cassa 4 - da 15.00 m a 20.00 m.

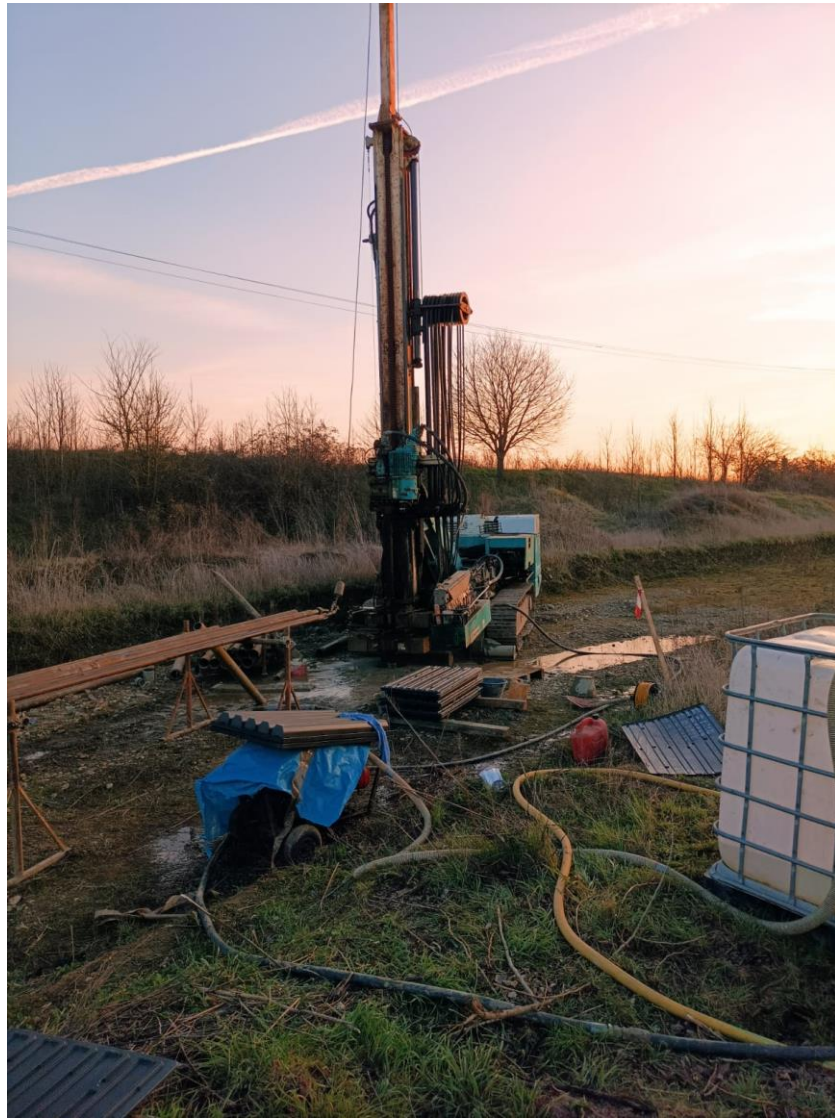


**Certificato n° 1674 del 24/03/2025**

**Foto 31:** Sondaggio SC-05 - cassa 5 - da 20.00 m a 25.00 m.



**Foto 32:** Sondaggio SC-05 - cassa 6 - da 25.00 m a 30.00 m.



**Foto 33:** Postazione sondaggio SC-05.



**ALLEGATO II**

**Discarica per Pietrisco Ferroviario Contenente Amianto  
Cava La Bolla – Spinetta Marengo (AL)  
TechGea – Indagini Geofisiche in Sito**

Committente:

**Cava La Bolla**

Progetto:

**Realizzazione discarica per pietrisco ferroviario contenente amianto**



Relazione n:	25-045
Redatto da:	Dott. Geol. Emmanuele Duò
Controllato da:	Dott. Geol. Mario Naldi
Data:	Marzo 2025
Revisione:	0

Sommario

1. INTRODUZIONE ..... 1

2. UBICAZIONE INDAGINI ..... 1

3. STRUMENTAZIONE UTILIZZATA ED ELABORAZIONE DATI..... 2

3.1. INDAGINI SISMICHE PER ONDE DI SUPERFICIE (MASW) ..... 2

4. RISULTATI OTTENUTI..... 4

4.1. CLASSIFICAZIONE SISMICA DI SITO ..... 4

5. CONCLUSIONI ..... 6

In allegato:

Appendice A	Certificati indagini MASW
Appendice B	Cenni sulla metodologia sismica per onde di superficie

## 1. INTRODUZIONE

La presente relazione illustra e descrive le indagini sismiche per onde di superficie realizzate in data 10 Febbraio 2025 per conto di Cava La Bolla all'interno dell'ex area di coltivazione, localizzata in Località Spinetta Marengo (AL). La campagna di indagini è stata progettata dal Consulente Tecnico, Prof. Geol. Brunamonte, che ne ha definito ubicazione e caratteristiche, in relazione agli obiettivi e alle finalità dello studio stesso.

Le indagini sismiche per onde di superficie o MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) sono finalizzate a definire il modello di velocità delle onde di taglio ed il parametro  $V_{s30}$  per la classificazione sismica dei suoli.

I risultati delle analisi sono illustrati nei report tecnici allegati al testo e commentati nelle pagine seguenti.

## 2. UBICAZIONE INDAGINI

La disposizione dei punti di misura è illustrata nelle planimetrie riportate nei certificati di prova allegati al testo su base ortofotogrammetrica satellitare *Google Satellite*.

Di seguito sono riportate le coordinate del centro stendimento per le due prove sismiche per onde di superficie (Tabella 1).

PUNTO	EST (m)	NORD (m)
M1	472622.8	4969075.3
M2	472573.9	4969402.8

*Tabella 1: coordinate proiettate del centro degli stendimenti sismici per onde di superficie nel sistema di riferimento WGS84 UTM*

### 3. STRUMENTAZIONE UTILIZZATA ED ELABORAZIONE DATI

#### 3.1. INDAGINI SISMICHE PER ONDE DI SUPERFICIE (MASW)

L'acquisizione dei dati sismici è stata realizzata con sismografo Daq Link IV (Seismic Source, USA) a 24 canali. L'unità di acquisizione, dotata di un convertitore analogico/digitale a 24 bit (unità Daq Link IV), è fornita di una connessione di rete standard 10/100 (base RJ45) per la comunicazione con un laptop su cui è installato il software (VibraScope ® v.2.4.40) che gestisce la visualizzazione, l'analisi e la memorizzazione delle forme d'onda registrate.



*Figura 1: Strumentazione utilizzata – Sismografo Daq Link IV*

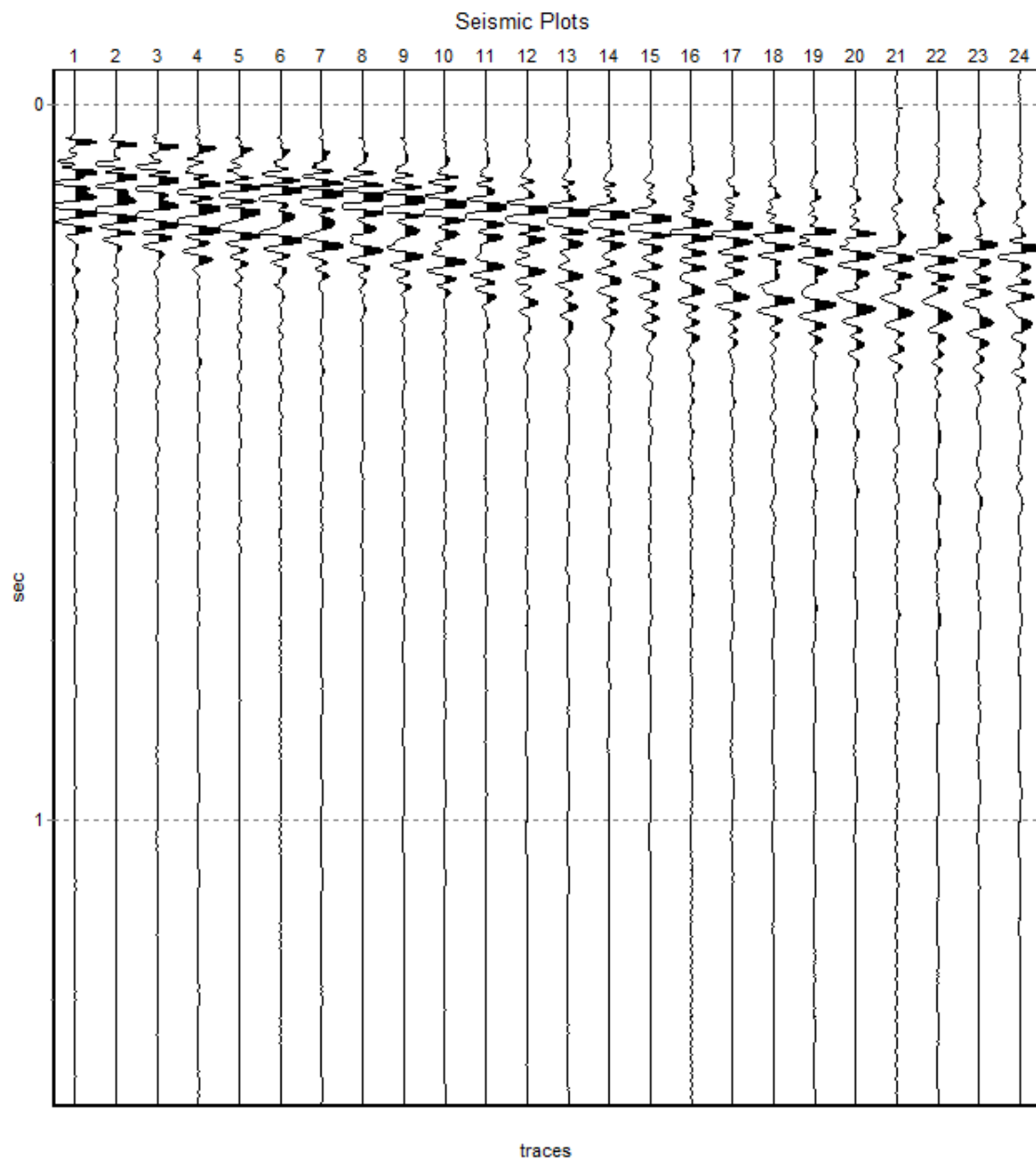
I sensori utilizzati (geofoni, Weihai Sunfull) possiedono una frequenza di risonanza pari a 4,5 Hz per l'acquisizione in onde di superficie con distorsione inferiore allo 0.2%. L'interdistanza geofonica adottata per le indagini in onde di superficie è stata pari a 3 metri per la prova M1 e pari a 1.5 metri per la prova M2.

La generazione del segnale sismico è stata realizzata con mazza da 10 Kg dotata di interruttore inerziale in corrispondenza di 10 basi di energizzazione disposte ad un'estremità dello stendimento.

Nella Figura 2 a pagina seguente si riporta, a titolo di esempio, uno *shot gather* acquisito in sito.

I dati relativi alle indagini MASW sono stati elaborati con il software Surfseis V. 6.4.1 (Kansas University, USA), che analizza la curva di dispersione sperimentale per le onde di Rayleigh. L'inversione numerica della curva, secondo un processo iterativo ai minimi quadrati, consente di ottenere un profilo di velocità delle onde di taglio nel sottosuolo.

Cenni teorici relativi alla metodologia di indagine sono riportati in Appendice C.



*Figura 2: Shot gather acquisito durante la prova M2*



## 4. RISULTATI OTTENUTI

I risultati delle indagini geofisiche sono presentati in singoli certificati allegati al testo del presente documento; nel seguito del capitolo si illustrano e commentano i dati ottenuti.

### 4.1. CLASSIFICAZIONE SISMICA DI SITO

Secondo la normativa sismica vigente, costituita per la Regione Piemonte dalla D.G.R. n. 6-887 del 30.12.2019 e s.m.i., il Comune di Alessandria ricade in zona sismica 3.

Il DM 17-01-2018 individua come parametro di riferimento per la classificazione sismica dei suoli la velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio  $V_{S,eq}$  (in m/s) e viene calcolato mediante l'espressione:

$$V_{S,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{S,i}}}$$

dove  $h_i$  e  $V_i$  indicano rispettivamente lo spessore (in m) e la velocità (in m/s) delle onde di taglio (per deformazioni di taglio  $\gamma < 10^{-6}$ ) dello strato  $i$ -esimo, per un totale di  $N$  strati presenti tra il piano campagna ed il substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da  $V_S$  non inferiore a 800 m/s.

Per depositi con profondità  $H$  del substrato superiore a 30 metri, la velocità equivalente delle onde di taglio  $V_{S,eq}$  è definita dal parametro  $V_{S,30}$ , ottenuto ponendo  $H=30$  m. nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.

#### PROVA MASW 1

Il modello di velocità delle onde di taglio ottenuto mediante la prova MASW M1 evidenzia una successione stratigrafica media costituita da tre sismostrati fondamentali:

Livello	Profondità [m da p.c.]	Descrizione	Velocità Vs [m/s]
1	0 ÷ 1	Primo sismostrato costituito da materiali rimaneggiati e depositi a bassa densità	150
2	1 ÷ 15	Secondo sismostrato costituito da depositi ad addensamento medio	250 ÷ 400
3	15 ÷ 30	Terzo sismostrato caratterizzato da depositi a densità crescente da media ad elevata	450 ÷ 740

Tabella 2 – Assetto sismo-stratigrafico emerso dalla prova MASW 1

Il valore di  $V_{S,eq}$  ( $V_{S30}$ ) calcolato al piano campagna è pari a 392 m/s. E' pertanto possibile definire il contesto geotecnico esaminato come suolo di classe sismica "B".

Suolo	Descrizione geotecnica	$V_{s18}$ [m/s]
<b>B</b>	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.	392 m/s

Tabella 3: Definizione classe sismica di sito

### PROVA MASW 2

Il modello di velocità delle onde di taglio ottenuto mediante la prova MASW M2 evidenzia una successione stratigrafica media costituita da tre sismostrati fondamentali:

Livello	Profondità [m da p.c.]	Descrizione	Velocità $V_s$ [m/s]
1	0 ÷ 2.4	Primo sismostrato costituito da materiali rimaneggiati e depositi a bassa densità	180 ÷ 210
2	2.4 ÷ 12	Secondo sismostrato costituito da depositi a grado d'addensamento medio.	270 ÷ 360
3	12 ÷ 30	Terzo sismostrato, caratterizzato da depositi a densità crescente da media ad elevata	450 ÷ 710

Tabella 4 – Assetto sismo-stratigrafico emerso dalla prova MASW 2

Il valore di  $V_{S,eq}$  ( $V_{S30}$ ) calcolato al piano campagna è pari a 372 m/s. E' pertanto possibile definire il contesto geotecnico esaminato come suolo di classe sismica "B".

Suolo	Descrizione geotecnica	$V_{s30}$ [m/s]
<b>B</b>	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.	372 m/s

Tabella 5: Definizione classe sismica di sito

## 5. CONCLUSIONI

Le indagini sismiche eseguite in data 10 Febbraio 2025 presso Cava La Bolla, ubicata in Località Spinetta Marengo, nel comune di Alessandria, hanno fornito indicazioni preliminari utili per la definizione del modello geologico-tecnico di sottosuolo, nell'ambito della redazione di studi di valutazione di fattibilità di una discarica per pietrisco ferroviario contenente amianto.

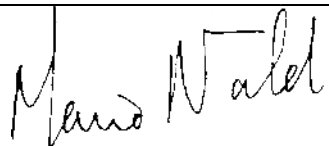
Le indagini per onde di superficie hanno definito la classe sismica di sito individuando terreni con caratteristiche geotecniche compatibili con suoli di tipo B; le sequenze sismostratigrafiche risultanti dalle prove eseguite presentano livelli ad addensamento crescente con la profondità senza evidenti inversioni di densità.

### ***Techgea S.r.l.***

Redatto da: Dott. Geol. Emmanuele Duò




Controllato da: Dott. Geol. Mario Naldi

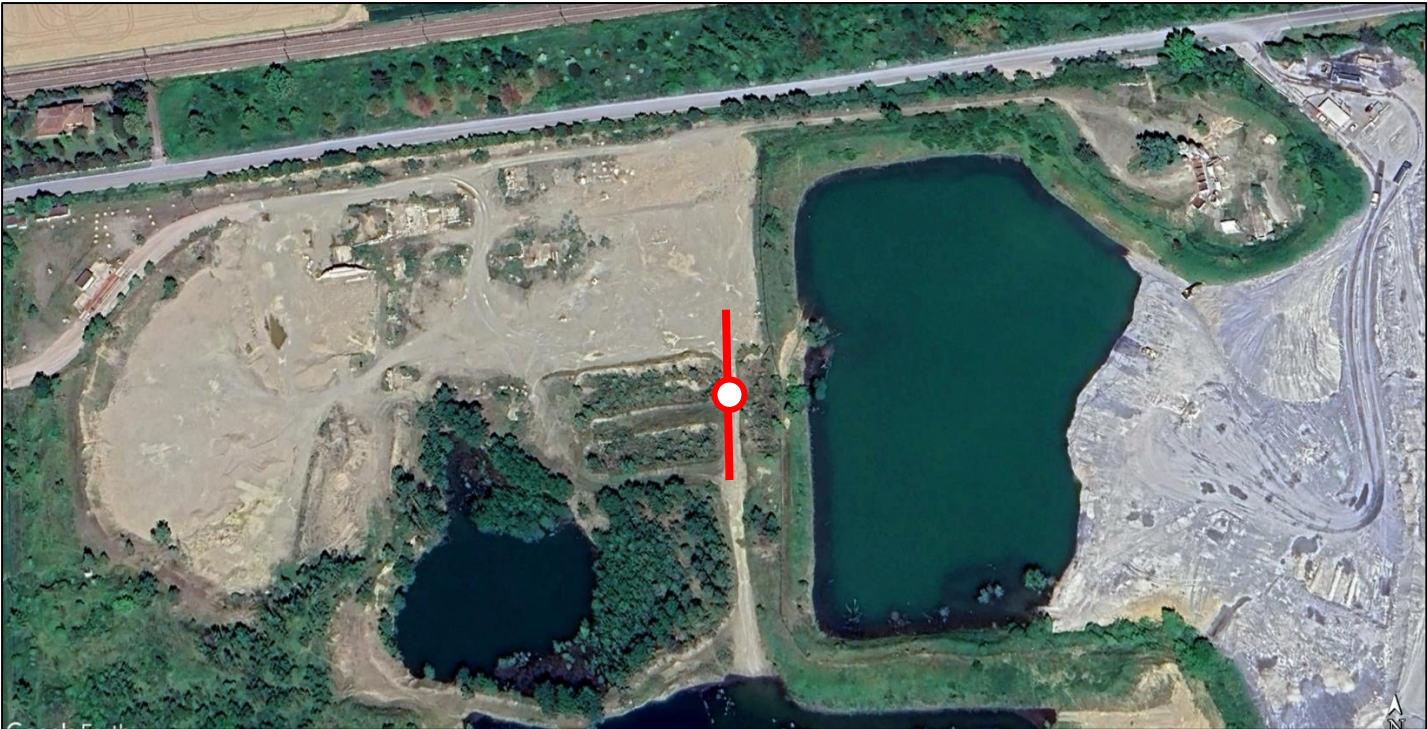


## **APPENDICE A**



COMMITTENTE	Cava Bolla	Azienda certificata UNI EN ISO 9001:2015 Certificato n. IT312205 Bureau Veritas Italia S.p.A.	
RELAZIONE	25-045 A		
LOCALITA'	Spinetta Marengo - Alessandria		
DATA	Febbraio 2025		
			APPENDICE A
			M1 - Pagina 1

UBICAZIONE INDAGINE MASW



Ubicazione centro MASW	Zona	EST	472573.9
Coordinate UTM WGS84	32N	NORD	4969402.8


LEGENDA

- Stendimento linea MASW
- Centro linea MASW Ubicaz. profilo Vseq

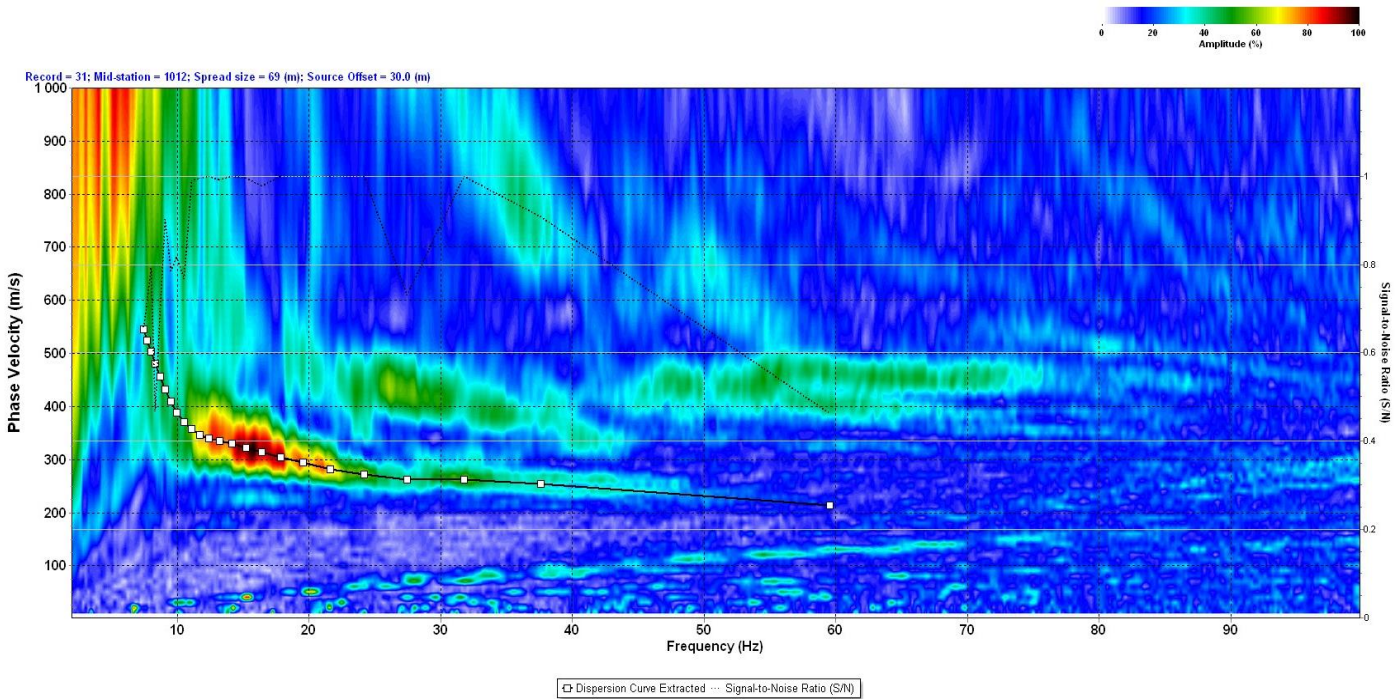
DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



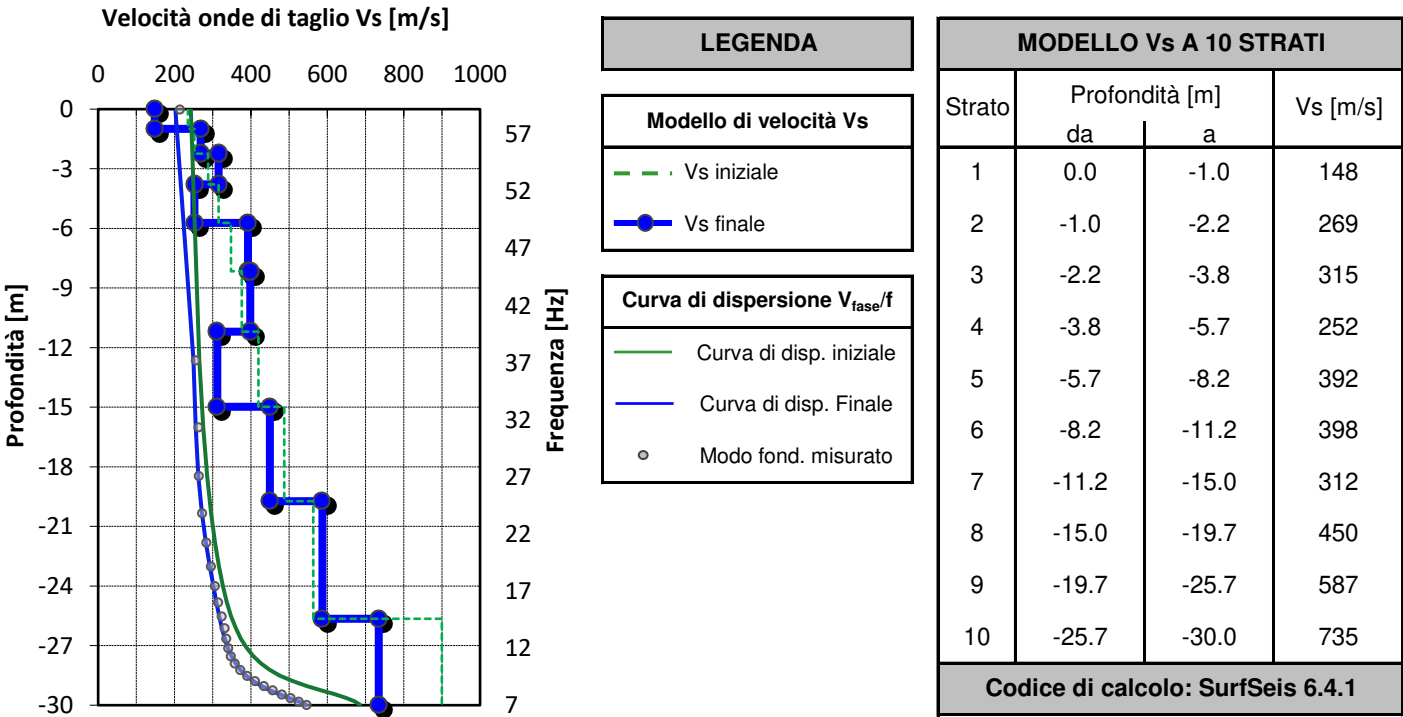


COMMITTENTE	Cava Bolla	SISMOGRAFO	DAQ LINK IV	
RELAZIONE	25-045 A	GEOFONI	24 (freq. 4.5 Hz)	
LOCALITA'	Spinetta Marengo - Alessandria	ACQUISITION TIME	1.0 s	APPENDICE A
DATA	Febbraio 2025	SAMPLE INTERVAL	0.50 ms	M1 - Pagina 2

PROVA MASW 1 - CURVA DI DISPERSIONE DELLE ONDE DI RAYLEIGH




PROFILO DI VELOCITA' DELLE ONDE DI TAGLIO



SUOLO	DESCRIZIONE GEOTECNICA	Vs <sub>eq</sub> [m/s]
B	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.	392 (media pesata sugli spessori compresi tra 0 e -30 m)



COMMITTENTE	Cava Bolla	Azienda certificata UNI EN ISO 9001:2015 Certificato n. IT312205 Bureau Veritas Italia S.p.A.	
RELAZIONE	25-045 B		
LOCALITA'	Spinetta Marengo - Alessandria		
DATA	Febbraio 2025		
			APPENDICE A
			M2 - Pagina 1

UBICAZIONE INDAGINE MASW



Ubicazione centro MASW	Zona	EST	472622.8
Coordinate UTM WGS84	32N	NORD	4969075.3

LEGENDA


Stendimento linea MASW

Centro linea MASW Ubicaz. profilo Vseq

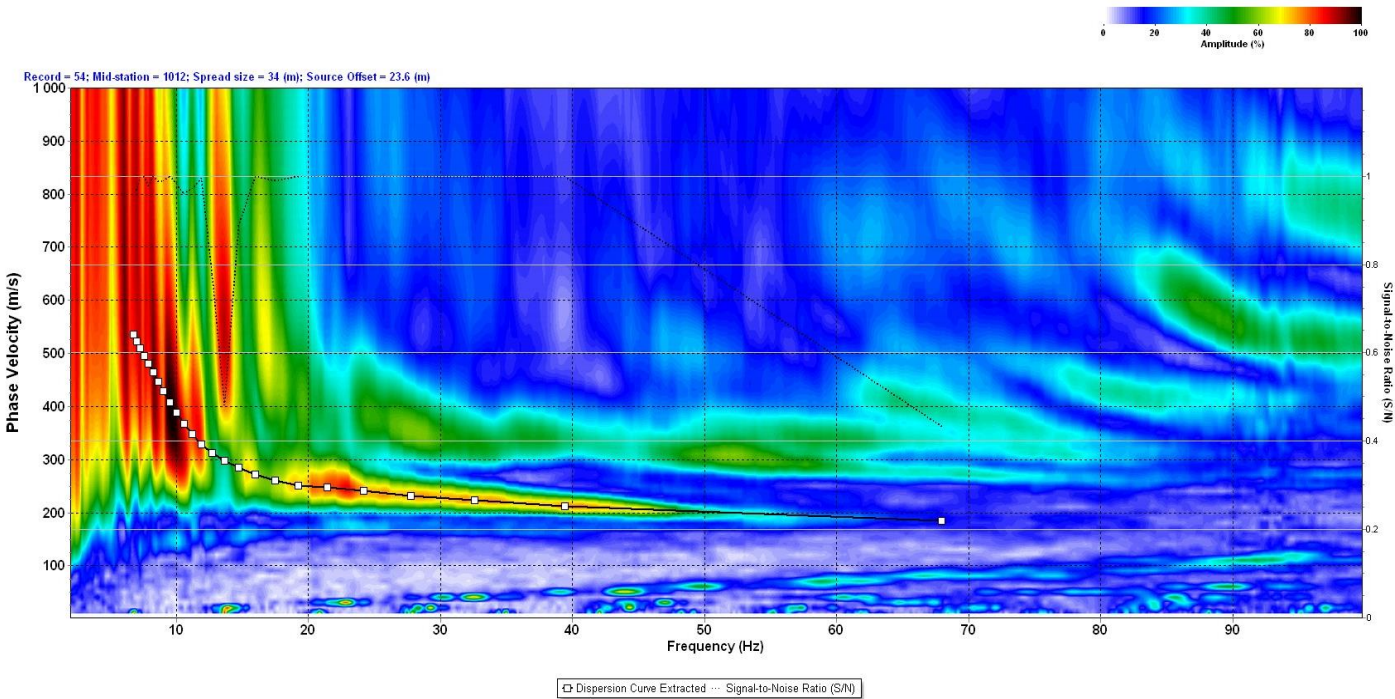
DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



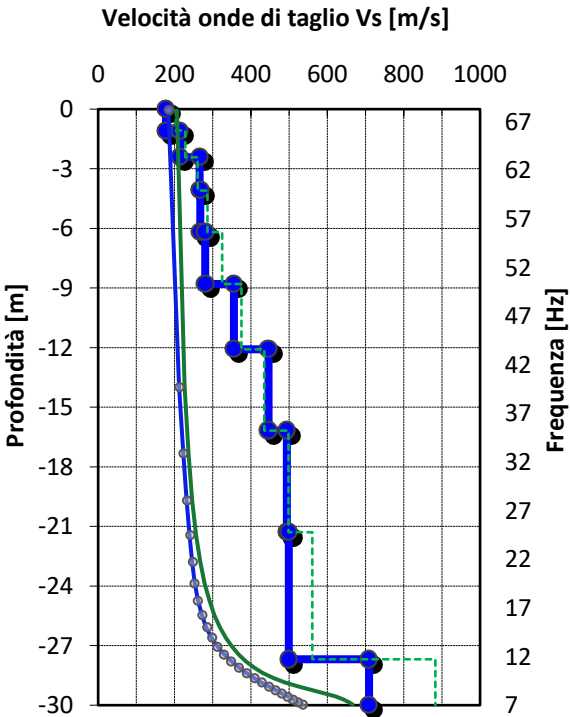


COMMITTENTE	Cava Bolla	SISMOGRAFO	DAQ LINK IV	
RELAZIONE	25-045 B	GEOFONI	24 (freq. 4.5 Hz)	
LOCALITA'	Spinetta Marengo - Alessandria	ACQUISITION TIME	1.0 s	APPENDICE A
DATA	Febbraio 2025	SAMPLE INTERVAL	0.50 ms	M2 - Pagina 2

PROVA MASW 2 - CURVA DI DISPERSIONE DELLE ONDE DI RAYLEIGH



PROFILO DI VELOCITA' DELLE ONDE DI TAGLIO



LEGENDA

Modello di velocità Vs

--- Vs iniziale

—●— Vs finale

Curva di dispersione  $V_{fase}/f$

— Curva di disp. iniziale

— Curva di disp. Finale

○ Modo fond. misurato

MODELLO Vs A 10 STRATI

Strato	Profondità [m]		Vs [m/s]
	da	a	
1	0.0	-1.1	178
2	-1.1	-2.4	214
3	-2.4	-4.1	266
4	-4.1	-6.2	268
5	-6.2	-8.8	281
6	-8.8	-12.1	355
7	-12.1	-16.2	446
8	-16.2	-21.3	494
9	-21.3	-27.7	499
10	-27.7	-30.0	709

Codice di calcolo: SurfSeis 6.4.1

SUOLO	DESCRIZIONE GEOTECNICA	$V_{seq}$ [m/s]
<b>B</b>	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.	372 (media pesata sugli spessori compresi tra 0 e -30 m)

## **APPENDICE B**

## Teoria della metodologia MASW

Le prove MASW servono per determinare il profilo di velocità delle onde di taglio  $V_s$ , e quindi risalire a:

- il tipo di suolo sismico (A, B, C, D, E, S1, S2);
- le azioni sismiche con cui progettare e verificare le opere di Ingegneria Civile;
- il modulo di rigidezza del terreno;
- i cedimenti e gli spostamenti delle opere interagenti con il terreno: edifici, ponti, rilevati arginali, opere di sostegno, ecc.

La propagazione delle onde di Rayleigh in un mezzo verticalmente eterogeneo è un fenomeno multimodale: data una determinata stratigrafia, in corrispondenza di una certa frequenza, possono esistere diverse lunghezze d'onda. Di conseguenza, ad una determinata frequenza possono corrispondere diverse velocità di fase, ad ognuna delle quali corrisponde un modo di propagazione e differenti modi di vibrazione possono esibirsi simultaneamente.

La curva di dispersione ottenuta elaborando i dati derivanti dalle indagini sismiche col metodo SWM (surface waves multichannel) è una curva apparente derivante dalla sovrapposizione delle curve relative ai vari modi di vibrazione, e che per i limiti indotti dal campionamento non necessariamente coincide con singoli modi nei diversi intervalli di frequenza campionati.

Il processo di caratterizzazione basato sul metodo delle onde superficiali, schematizzato in Figura 1 e 2, può essere suddiviso in tre fasi:

- Acquisizione (Figura 1);
- Elaborazione (Figura 2);
- Inversione (Figura 3).



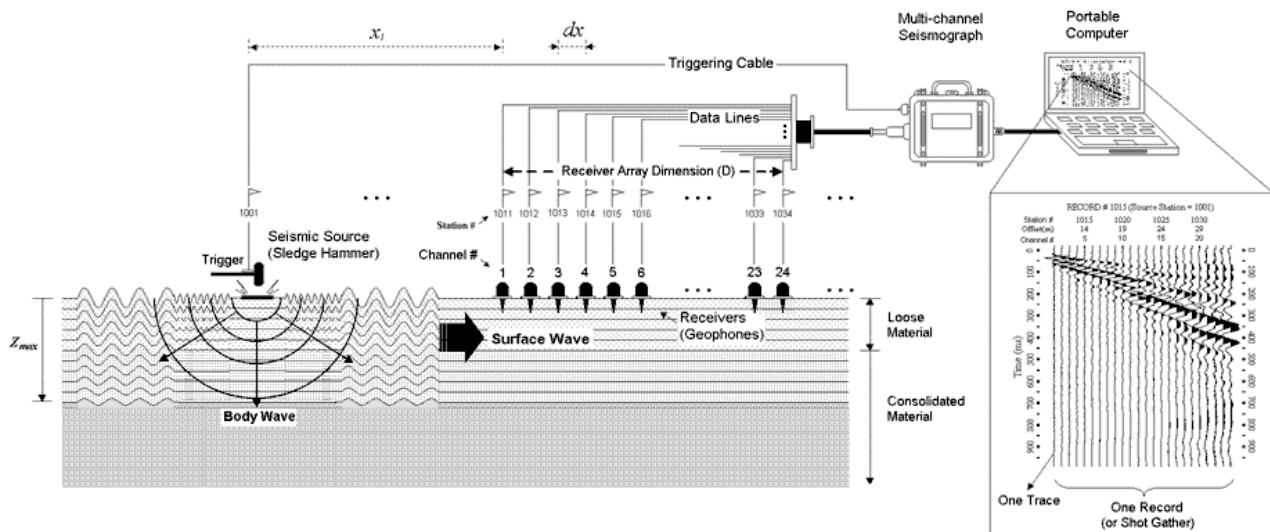


Figura 1 - Schema di acquisizione dati MASW

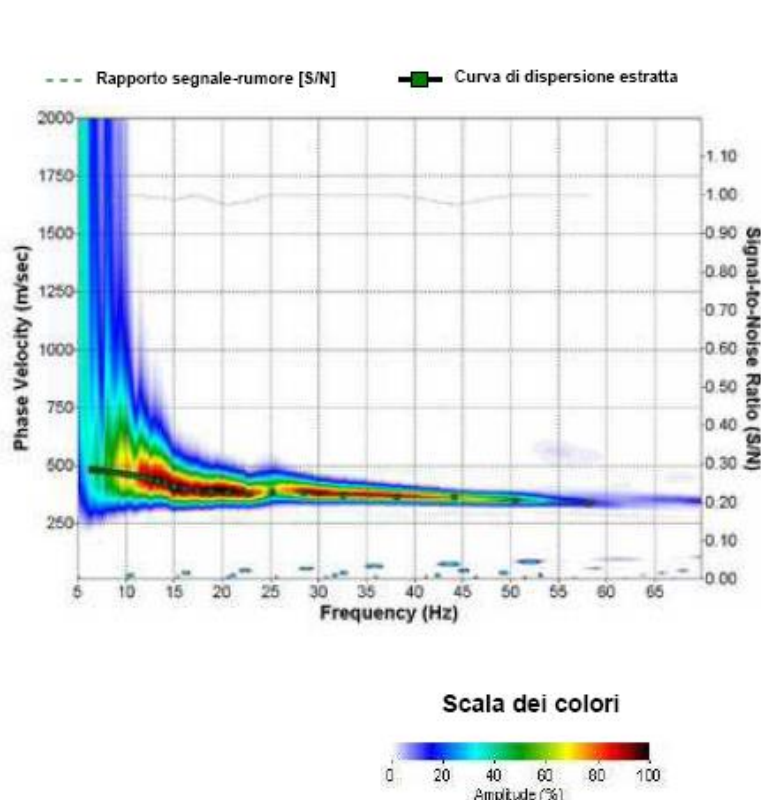


Figura 3 - Curva di dispersione della velocità Vs in funzione della frequenza e della velocità di fase

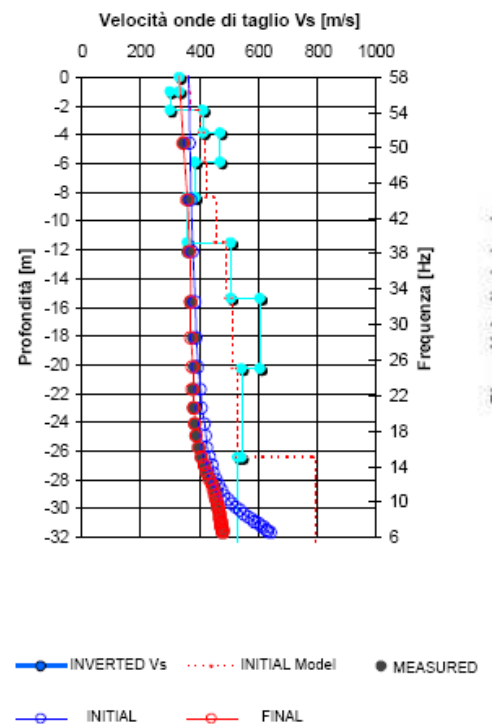


Figura 2 - Modello di propagazione delle velocità delle onde Vs

I dati acquisiti vengono sottoposti ad una fase di processing che consente di stimare la curva di dispersione caratteristica del sito in oggetto ovvero, la velocità di fase delle onde di Rayleigh in

funzione della frequenza (il codice di calcolo utilizzato è SurfSeis ® versione 2.0, Kansas University USA).

Esistono diverse tecniche di processing per estrarre dai sismogrammi le caratteristiche dispersive del sito. La metodologia più diffusa è l'analisi spettrale in dominio f-k (frequenza-numero d'onda). I dati sismici registrati vengono sottoposti a una doppia trasformata di Fourier che consente di passare dal dominio x-t (spazio tempo) al dominio f-k.

Lo spettro f-k del segnale consente di ottenere una curva di dispersione per le onde di Rayleigh, nell'ipotesi che nell'intervallo di frequenze analizzato le onde che si propagano con il maggiore contenuto di energia siano proprio le onde di Rayleigh, e se le caratteristiche del sito sono tali da consentire la propagazione delle onde superficiali e un comportamento dispersivo delle stesse. Si dimostra infatti che la velocità delle onde di Rayleigh è associata ai massimi dello spettro f-k; si può ottenere facilmente una curva di dispersione individuando ad ogni frequenza il picco spettrale, al quale è associato un numero d'onda k e quindi una velocità delle onde di Rayleigh  $V_R$ , determinabile in base alla teoria delle onde dalla relazione:

$$V_R(f) = 2\pi f/k$$

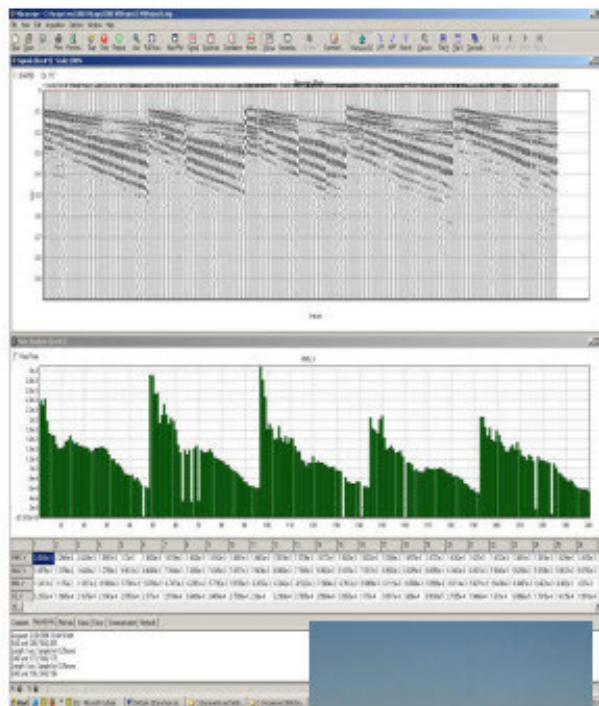
Riportando le coppie di valori ( $V_R, f$ ) in un grafico, si ottiene la curva di dispersione utilizzabile nella successiva fase di inversione (Figura 2). La fase di inversione deve essere preceduta da una parametrizzazione del sottosuolo, che viene di norma schematizzato come un mezzo visco-elastico a strati piano-paralleli, omogenei ed isotropi, nel quale l'eterogeneità è rappresentata dalla differenziazione delle caratteristiche meccaniche degli strati.

Il processo di inversione è iterativo: a partire da un profilo di primo tentativo, costruito sulla base di metodi semplificati, ed eventualmente delle informazioni note a priori riguardo la stratigrafia, il problema diretto viene risolto diverse volte variando i parametri che definiscono il modello. Il processo termina quando viene individuato quel set di parametri di modello che minimizza la differenza fra il set di dati sperimentali (curva di dispersione misurata) e il set di dati calcolati (curva di dispersione sintetica). Usualmente, algoritmi di minimizzazione ai minimi quadrati vengono utilizzati per automatizzare la procedura (Figura 3).

## Specifiche tecniche della strumentazione sismica

### DAQLink 4 Specifications

- 1 to 24 channels per unit
- Weatherproof enclosure
- Multiple units can be used together for large channel count
- A/D conversion:**
  - 24 bit high-speed sigma delta converters
- Dynamic range:**
  - 144 dB (system)
  - Greater than 125 dB (measured at 2msec)
- Bandwidth:**
  - DC to 20 KHz –
  - Digital Filter Bandwidth = 85% of (sample rate)
- Common Mode Rejection:**
  - Greater than 100 dB
- Crosstalk:**
  - Better than 125 dB
- Noise Floor:**
  - 0.15 microvolt RMS noise (2 msec sample rate)
- Trigger Accuracy:**
  - +/- 1 microsecond at all sample rates
- Maximum Input Signal:**
  - X 1 gain: 6.6 volts peak to peak
  - X 4 gain: 1.65 volts peak to peak
  - X 16 gain: 0.412 volts peak to peak
- Input Impedance:**
  - 100 K ohms
- Preamplifier Gains:**
  - X1,X4 and X16 standard; software selectable
- Anti-alias Filters:**
  - 85 % of Nyquist frequency
- Digital Filters:**
  - Low Cut – User Selectable frequency
  - Notch – 50 or 60 Hz standard – User selectable
  - High Cut – User Selectable
- Sample Interval:**
  - 0.0156, 0.0208, 0.0625, 0.125, 0.250, 0.500, 1.00, 2.00, 4.00, 8.00 millisecond
- Sample Frequency:**
  - 64000, 48000, 16000, 8000, 4000, 2000, 1000, 500, 250, 125 samples/second
- Record Length:**
  - Up to 16 Gbytes/ number of channels
- Pre-trigger delay:**
  - 10 second
- Continuous Recording Option**
- GPS Interface Standard**
  - Internal Clock synchronized to GPS time
  - GPS Time and Position saved with data
- Internal Storage:**
  - Compact Flash style storage media
  - Standard FAT16 or FAT32 file system
  - (Maximum file size = 32GB)
- 100Mbit Ethernet**
  - Download speed 8MByte/sec; real time transfer
- Power consumption:**
  - 24 channels – less than 0.14 watts/channel
- Built in Line Testing and Instrument Tests**
- Size:** 380x250x40 mm
- Weight:** 2.0 Kg



**ALLEGATO III**

**Discarica per Pietrisco Ferroviario Contenente Amianto  
Cava La Bolla – Spinetta Marengo (AL)  
IsmGeo - Prove Geotecniche di Laboratorio**





Via Pastrengo, 9 – 24068 Seriate (Bg)  
Tel: 035 303120  
Fax: 035 290388  
E-mail: [ismgeo@ismgeo.it](mailto:ismgeo@ismgeo.it)

Istituto  
Sperimentale  
Modelli  
GEOtecnici

*Concessione Ministeriale Decreto n° 55126 del 12 luglio 2006 - Settori A, B e C*

## CAVA LA BOLLA – SPINETTA MARENGO (AL)

### REALIZZAZIONE DISCARICA PER PIETRISCO FERROVIARIO CONTENENTE AMIANTO

#### PROVE GEOTECNICHE DI LABORATORIO

Prog. L001;Doc. RAT 095/2025

Redatto da:	Dott.ssa Corinne Sirtoli	10/03/2025
Rivisto e Approvato da:	Ing. Andrea Saccenti	

## LISTA DI DISTRIBUZIONE

Nominativo	Riferimento
Committente: Silpdue s.r.l. e AB Green s.r.l.	Ing. Alberto Minardi Geotechnical Engineering Dott. Fabio Brunamonte Geotechnical Engineering

## STORIA DELLE MODIFICHE

Data	Versione	Descrizione cambiamenti	Riferimento
Marzo 2025	00	Prima versione	

## Documenti in ingresso

[1] Prove eseguite

## INDICE

<b>1.</b>	<b>PREMESSA.....</b>	<b>4</b>
<b>2.</b>	<b>ATTIVITÀ DI LABORATORIO.....</b>	<b>4</b>
2.1.	Campioni esaminati e programma di prova.....	4
2.2.	Tipi di prove eseguite.....	4
2.3.	Conservazione, apertura e descrizione dei campioni .....	4
2.3.1.	Conservazione ed apertura dei campioni indisturbati .....	4
2.4.	Prove di classificazione .....	4
2.4.1.	Determinazione dei Limiti di liquidità e di plasticità (LLP).....	4
2.4.2.	Analisi Granulometrica (Gr) .....	5
<b>3.</b>	<b>TABELLE .....</b>	<b>6</b>

## ELENCO TABELLE

Tab. 1 – Elenco delle prove effettuate

## Allegato A – Certificati prove eseguite



## 1. PREMESSA

L'Istituto Sperimentale Modelli Geotecnici ISMGEO S.r.l. di Seriate ha eseguito, su incarico di Silpdue s.r.l. e AB Green s.r.l., una campagna di prove geotecniche di laboratorio su campioni prelevati presso la località CAVA LA BOLLA – SPINETTA MARENGO (AL)

Il presente rapporto contiene la descrizione del programma di prova adottato, le modalità di prova ed i relativi certificati.

## 2. ATTIVITÀ DI LABORATORIO

### 2.1. Campioni esaminati e programma di prova

Tutte le prove sono state condotte nel rispetto delle procedure tecniche interne, redatte sulla base delle raccomandazioni AGI e ASTM, tenendo conto degli sviluppi dello stato dell'arte.

Ogni prova è stata identificata con i seguenti termini:

Committente: Silpdue s.r.l. e AB Green s.r.l.  
Cantiere: Cava La Bolla - Discarica per pietrisco ferroviario contenente amianto  
Sondaggio: Codice di identificazione del sondaggio  
Campione: Codice di identificazione del campione  
Profondità: Profondità di prelievo da piano campagna del materiale sottoposto a prova  
Prova: Codice della prova (sigla di identificazione e numero d'ordine progressivo).

Le sigle adottate per l'identificazione delle prove sono indicate tra parentesi nel testo seguente e sono riportate sul certificato di prova relativo.

In tab.1 è riportato l'elenco dei campioni disponibili e le prove su di essi eseguite.

### 2.2. Tipi di prove eseguite

Sulla base del programma di prova, della natura e delle caratteristiche dei materiali, sono state eseguite le seguenti prove:

- Analisi granulometrica (Gr)
- Determinazione dei limiti di plasticità e di liquidità (LLP)

### 2.3. Conservazione, apertura e descrizione dei campioni

#### 2.3.1. Conservazione ed apertura dei campioni indisturbati

Dopo il controllo dei dati identificativi, i campioni ricevuti sono stati ricoverati in camera climatica in cui temperatura e umidità relativa vengono mantenute costanti rispettivamente a 20°C e oltre 85 %.

Per ogni campione indisturbato aperto sono stati rilevati i dati identificativi (sondaggio e numero d'ordine progressivo). Il modulo di prova è stato quindi compilato con data di consegna, data di apertura e con ogni altra informazione disponibile riguardo le modalità di campionamento.

Per tutti i campioni in fustella esaminati è stata adottata l'estrusione orizzontale: con un estrusore pneumatico, provvisto di variatore di pressione e di teste intercambiabili in funzione del diametro interno del carotiere, il campione è stato estratto e depositato su un banco posto allo stesso livello del bordo della fustella; dopo una cauta scorticazione del terreno per liberarlo dal velo costituito dal fango di perforazione è stata ottenuta una ripresa fotografica.

### 2.4. Prove di classificazione

#### 2.4.1. Determinazione dei Limiti di liquidità e di plasticità (LLP)

Per la definizione del limite di liquidità è stato impiegato il Cucchiaino di Casagrande eseguendo tre determinazioni e definendo per interpolazione il contenuto d'acqua corrispondente alla chiusura del solco dopo 25 colpi; per il limite di plasticità il contenuto d'acqua è stato determinato su cilindretti di terreno

Tipologia	Titolo	Versione e Data	Identificativo	Data stampa	Pag.	di
Prog. L001; Doc. RAT 095/2025	Cava La Bolla	10/03/25	25_Cava La Bolla	10/03/25	4	8

rullati a mano fino alla comparsa delle screpolature in corrispondenza di un diametro degli stessi di 3 mm. La prova è stata condotta sul materiale preventivamente setacciato al vaglio n. 40 ASTM (0.425 mm). I risultati sono presentati sul certificato “Caratteristiche Generali del Campione”

#### **2.4.2.      Analisi Granulometrica (Gr)**

La determinazione della curva granulometrica è stata eseguita per vagliatura del materiale trattenuto al vaglio n.200 ASTM e per sedimentazione del passante allo stesso vaglio. Il materiale è stato preparato per via umida, cioè suddividendo trattenuto e passante al suddetto vaglio mediante lavaggio. Per la vagliatura sono stati impiegati vagli tarati della serie ASTM; per la sedimentazione, cilindri graduati e densimetri tarati; quale antiflocculante è stata impiegata una soluzione di sodio esametafosfato (40 g/l). Sul certificato “Analisi granulometrica” sono presentati la curva granulometrica e alcuni parametri significativi da essa desunti.

### 3. TABELLE



Sondaggio	Campione	Analisi Granulometrica per vagliatura	Analisi Granulometrica per sedimentazione	Limiti di Atterberg
SC-01	C1	1	1	1
SC-01	C2	1	1	1
SC-01	C3			
SC-01	C4	1	1	1
SC-02	C1	1		1
SC-02	C2	1		1
SC-02	C3			
SC-02	C4	1	1	1
SC-02	C5			
SC-03	C1	1	1	1
SC-03	C2			
SC-03	C3	1	1	1
SC-03	C4			
SC-03	C5	1		1

Tab. 1 – Elenco dei campioni disponibili e delle prove su di essi eseguite.

## Allegato A

### Certificati prove eseguite

---

Tipologia	Titolo	Versione e Data	Identificativo	Data stampa	Pag.	di
Prog. L001; Doc. RAT 095/2025	Cava La Bolla	10/03/25	25_Cava La Bolla	10/03/25	<b>8</b>	8

rev.	data emiss.	sperimentatore	direttore
0	18/03/2025	Kellah	Saccenti

Normativa di riferimento: ASTM D422

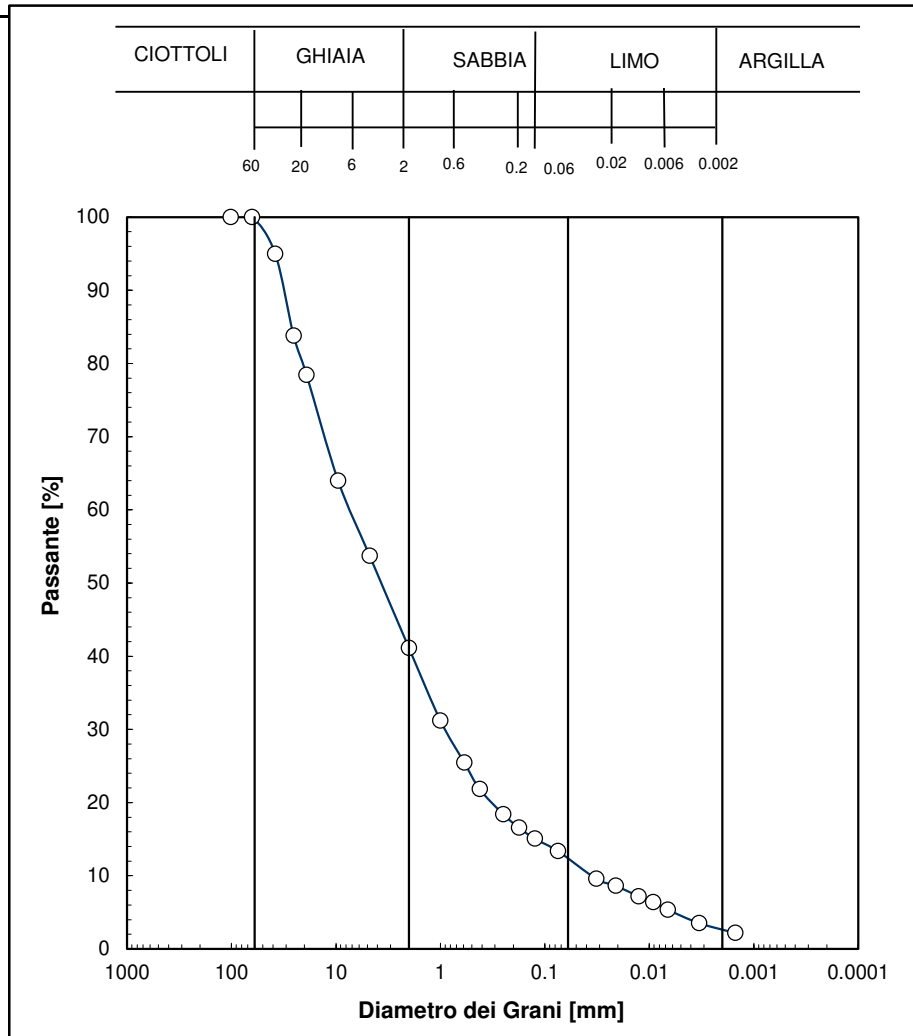
Classificazione di riferimento: AGI 1977

N° certificato di prova:

N° verbale di accettazione: 082/2024

**Committente:** Silpdue s.r.l. e AB Green s.r.l.  
**Cantiere:** Cava La Bolla - Discarica per pietrisco ferroviario contenente amianto  
**Sondaggio:** SC-01  
**Campione:** C1  
**Profondità prelievo [m]:** 4 - 5  
**Prova:** Gr 1  
**Data prova:** 07/03/2025

Vagliatura		
Diametro vaglio	Massa tratt.	Massa tratt.
[mm]	[g]	[%]
101.6	0	0
63.5	0	0
38.1	77.9	5.0
25.4	174.2	11.2
19.1	83.0	5.3
9.53	224.7	14.5
4.75	159.7	10.3
2	195.7	12.6
1	154.2	9.9
0.59	89.5	5.8
0.42	56.5	3.6
0.25	53.3	3.4
0.177	28.6	1.8
0.125	23.1	1.5
0.075	26.5	1.7
Aerometria		
Tempo	Temp.	Lettura
[min]	[°C]	[-]
2	14.5	1.0295
5	14.6	1.0271
15	14.6	1.0235
30	14.5	1.0215
60	14.6	1.0189
257	15.3	1.0142
1354	15.0	1.0109



Curva granulom.	
Diametro	Passante
[mm]	[%]
1.02.E+02	100.0
6.35.E+01	100.0
3.81.E+01	95.0
2.54.E+01	83.8
1.91.E+01	78.4
9.53.E+00	64.0
4.75.E+00	53.7
2.00.E+00	41.1
1.00.E+00	31.2
5.90.E-01	25.5
4.20.E-01	21.8
2.50.E-01	18.4
1.77.E-01	16.6
1.25.E-01	15.1
7.50.E-02	13.4
3.23.E-02	9.6
2.10.E-02	8.6
1.27.E-02	7.2
9.17.E-03	6.4
6.66.E-03	5.4
3.33.E-03	3.5
1.50.E-03	2.2
-	-
-	-
-	-
-	-
-	-

Prova	Simbolo	Profondità		Massa secca materiale	Metodo preparazione materiale	% < 0.075mm	% CIOTTOLI	% GHIAIA	% SABBIA	% LIMO	% ARGILLA	Massa materiale aerometria	L max	D <sub>60</sub>	D <sub>50</sub>
		da m	a m	[g]								[g]	[mm]	[mm]	[mm]
Gr 1	x	4.00	5.00	1554.7	VIA UMIDA	13	1	58	28	10	3	53	-	7.3.E+00	3.7.E+00

NOTE:





## DETERMINAZIONE LIMITI DI ATTERBERG

D.P.R. 06.06.2001 n.380 - Circ. 7618/STC del 08.09.2010 Autorizzazione n° 55126 del 12 luglio 2006 - Settori A e B

Sperimentatore: Meani  
Direttore: Saccenti  
Data emissione: 07/03/2025  
Rev.

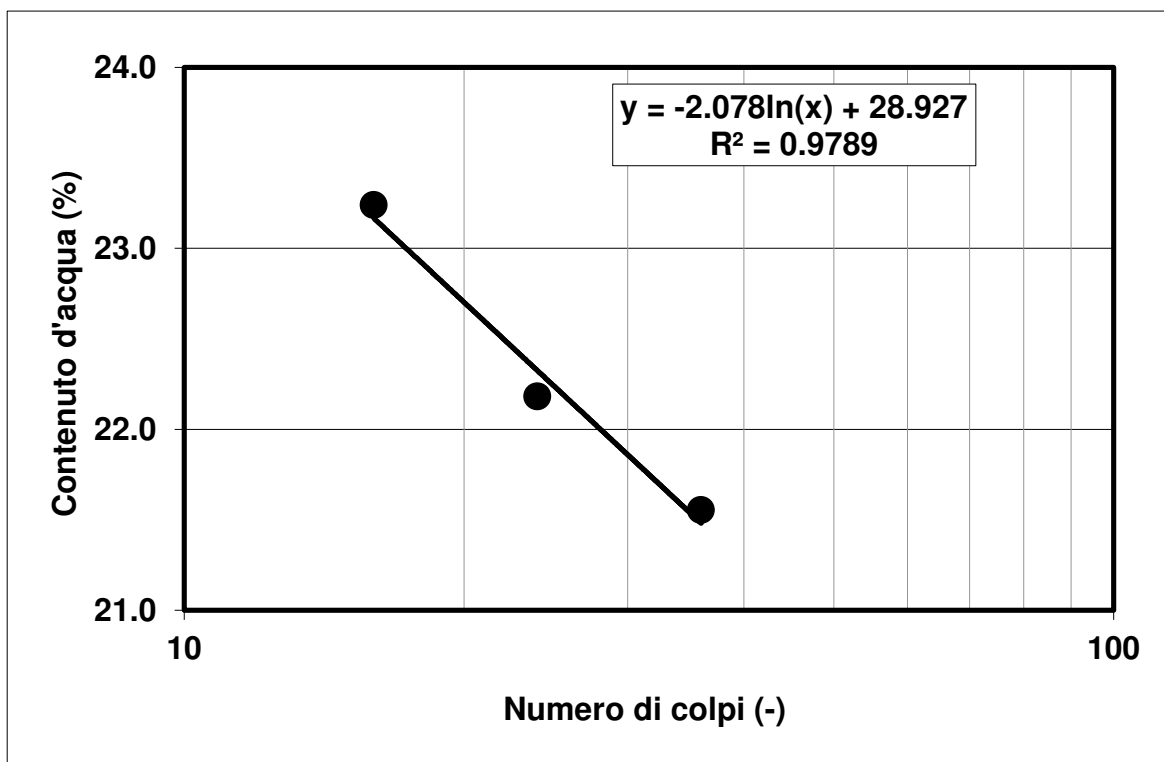
Normativa di riferimento: ASTM D4318  
N° certificato di prova:  
N° verbale di accettazione: 082/2024

**Committente:** Silpdue s.r.l. e AB Green s.r.l.  
**Cantiere:** Cava La Bolla - Discarica per pietrisco ferroviario contenente amianto  
**Sondaggio:** SC-01  
**Campione:** C1  
**Profondità prova [m]:** 4.00 - 5.00  
**Prova:** LLP1  
**Data prova:** 03/03/2025

Limite Liquido			
	prova 1	prova 2	prova 3
numero colpi	16	24	36
massa tara (g)	22.27	22.24	22.07
massa umido + tara (g)	94.98	90.93	96.46
massa secco + tara (g)	81.27	78.46	83.27
umidità (%)	23.24	22.18	21.55

Limite Plastico		
massa tara (g)	3.25	3.28
massa umido + tara (g)	20.62	20.97
massa secco + tara (g)	17.97	18.30
umidità (%)	18.00	17.78

<b>LL (%)</b>	<b>22.2</b>
<b>LP (%)</b>	<b>17.9</b>
<b>IP (%)</b>	<b>4.3</b>



Note:

rev.	data emiss.	sperimentatore	direttore
0	07/03/2025	Kellah	Saccenti

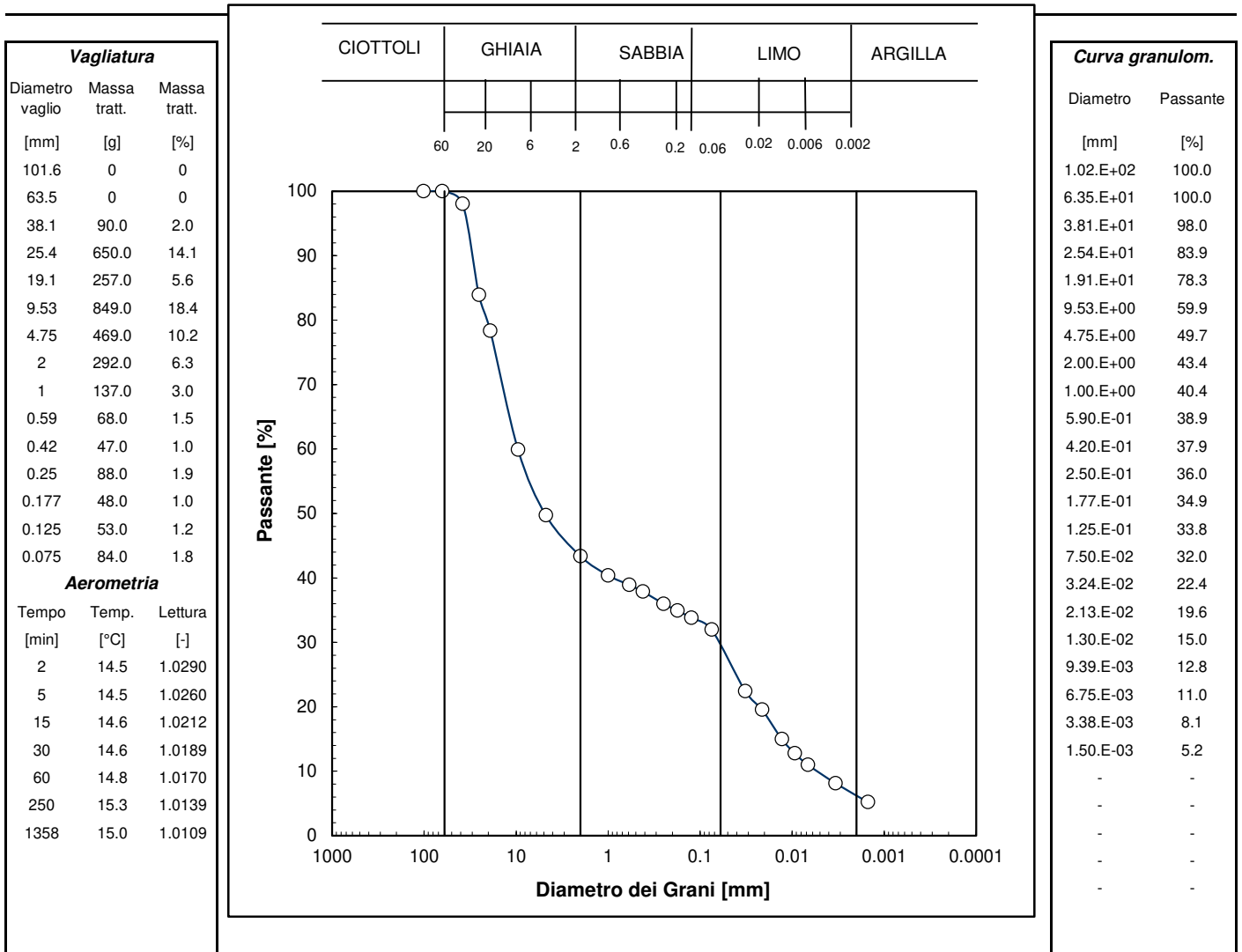
Normativa di riferimento: ASTM D422

Classificazione di riferimento: AGI 1977

N° certificato di prova:

N° verbale di accettazione: 082/2024

**Committente:** Silpdue s.r.l. e AB Green s.r.l.  
**Cantiere:** Cava La Bolla - Discarica per pietrisco ferroviario contenente amianto  
**Sondaggio:** SC-01  
**Campione:** C2  
**Profondità prelievo [m]:** 8 - 9  
**Prova:** Gr 1  
**Data prova:** 03/03/2025



Prova	Simbolo	Profondità		Massa secca materiale [g]	Metodo preparazione materiale	% < 0.075mm	% CIOTTOLI	% GHIAIA	% SABBIA	% LIMO	% ARGILLA	Massa materiale aerometria [g]	L max [mm]	D <sub>60</sub> [mm]	D <sub>50</sub> [mm]
		da m	a m												
Gr 1	x	8.00	9.00	4603.5	VIA UMIDA	32	0	57	14	23	6	53	5.2	9.6.E+00	4.8.E+00

NOTE:



## DETERMINAZIONE LIMITI DI ATTERBERG

D.P.R. 06.06.2001 n.380 - Circ. 7618/STC del 08.09.2010 Autorizzazione n° 55126 del 12 luglio 2006 - Settori A e B

Sperimentatore: Meani  
Direttore: Saccenti  
Data emissione: 07/03/2025  
Rev.

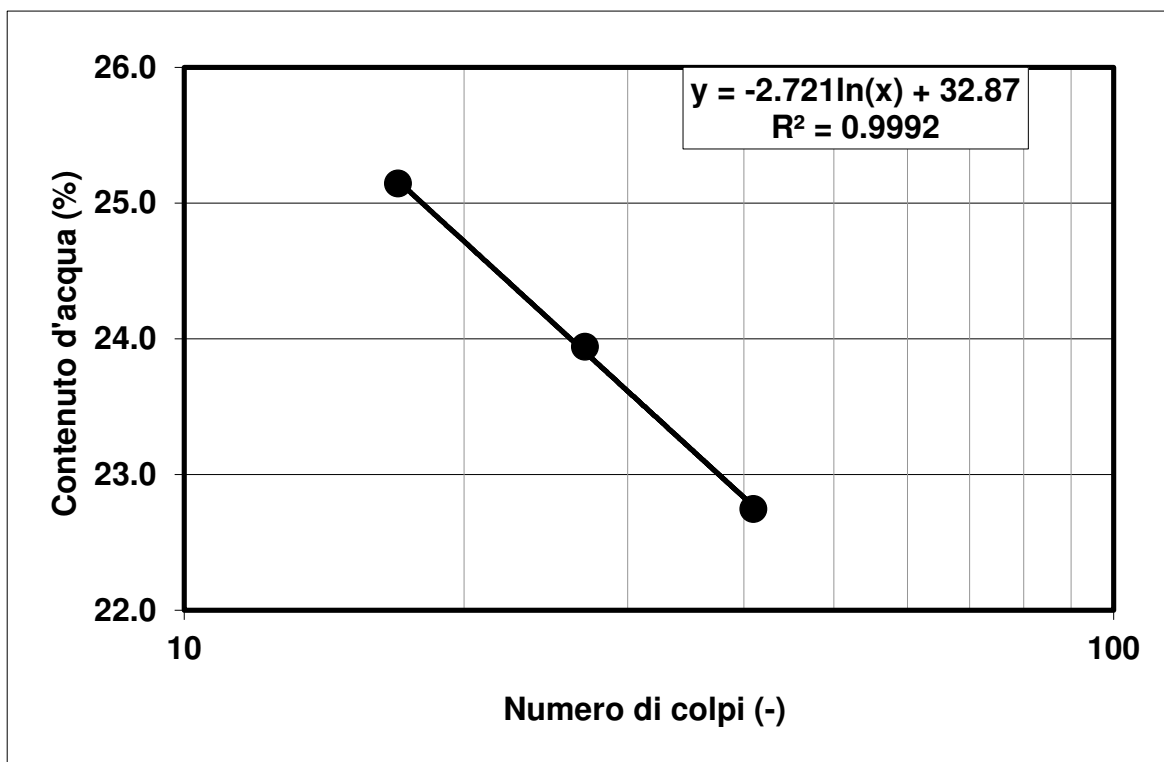
Normativa di riferimento: ASTM D4318  
N° certificato di prova:  
N° verbale di accettazione: 082/2024

**Committente:** Silpdue s.r.l. e AB Green s.r.l.  
**Cantiere:** Cava La Bolla - Discarica per pietrisco ferroviario contenente amianto  
**Sondaggio:** SC-01  
**Campione:** C2  
**Profondità prova [m]:** 8.00 - 9.00  
**Prova:** LLP1  
**Data prova:** 03/03/2025

Limite Liquido			
	prova 1	prova 2	prova 3
numero colpi	17	27	41
massa tara (g)	22.17	22.28	22.44
massa umido + tara (g)	86.03	86.27	90.60
massa secco + tara (g)	73.20	73.91	77.97
umidità (%)	25.14	23.94	22.74

Limite Plastico		
massa tara (g)	3.32	3.24
massa umido + tara (g)	20.31	21.31
massa secco + tara (g)	17.49	18.27
umidità (%)	19.90	20.23

<b>LL (%)</b>	<b>24.1</b>
<b>LP (%)</b>	<b>20.1</b>
<b>IP (%)</b>	<b>4.0</b>



Note:

rev.	data emiss.	sperimentatore	direttore
0	07/03/2025	Kellah	Saccenti

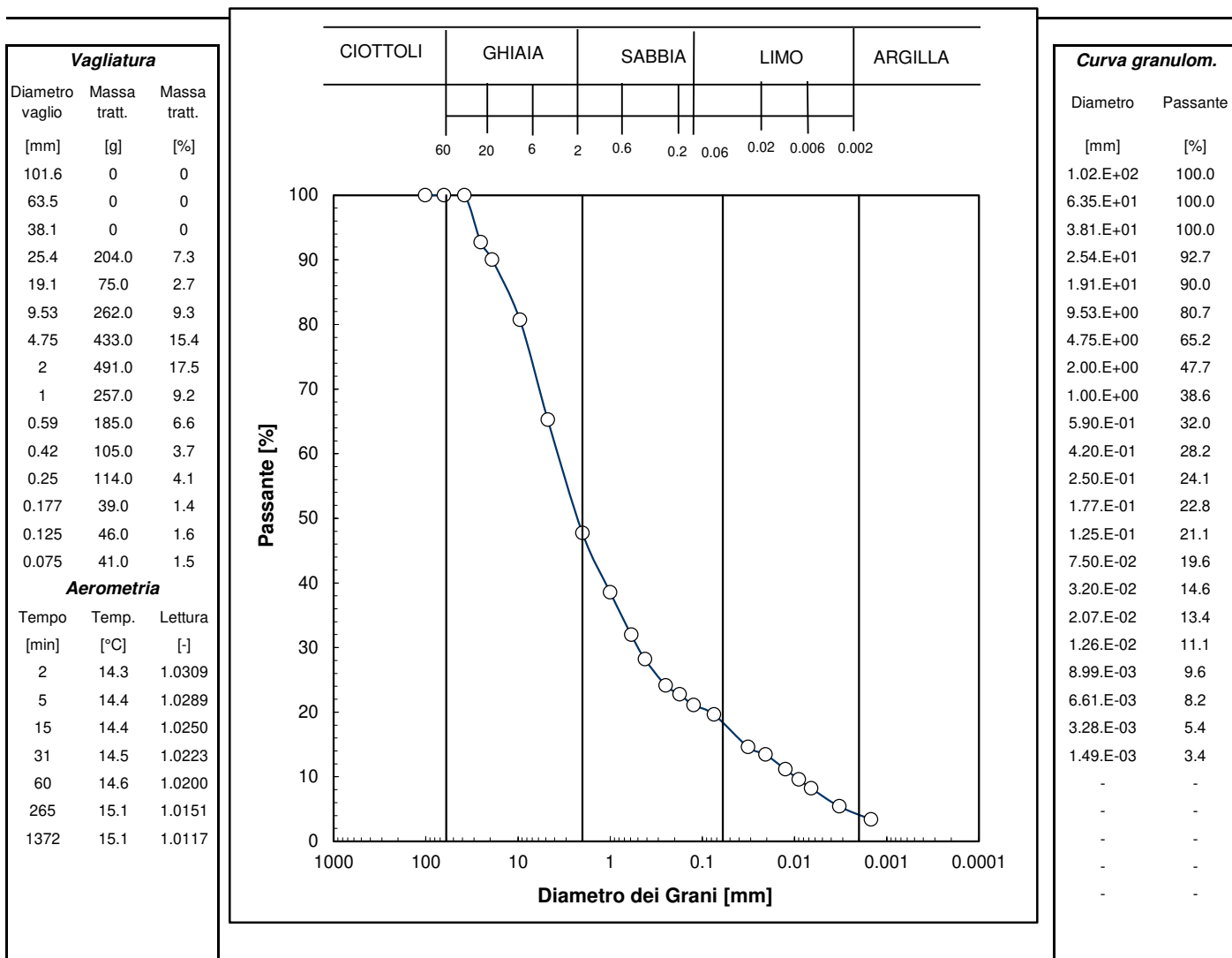
Normativa di riferimento: ASTM D422

Classificazione di riferimento: AGI 1977

N° certificato di prova:

N° verbale di accettazione: 082/2024

**Committente:** Silpdue s.r.l. e AB Green s.r.l.  
**Cantiere:** Cava La Bolla - Discarica per pietrisco ferroviario contenente amianto  
**Sondaggio:** SC-01  
**Campione:** C4  
**Profondità prelievo [m]:** 18 - 19  
**Prova:** Gr 1  
**Data prova:** 03/03/2025



Prova	Simbolo	Profondità		Massa secca materiale	Metodo preparazione materiale	% < 0.075mm	% CIOTTOLI	% GHIAIA	% SABBIA	% LIMO	% ARGILLA	Massa materiale aerometria	L max	D <sub>60</sub>	D <sub>50</sub>
		da m	a m	[g]								[g]	[mm]	[mm]	[mm]
Gr 1	x	18.00	19.00	2802.7	VIA UMIDA	20	-	52	29	14	5	53	5.5	3.7.E+00	2.2.E+00

NOTE:





## DETERMINAZIONE LIMITI DI ATTERBERG

D.P.R. 06.06.2001 n.380 - Circ. 7618/STC del 08.09.2010 Autorizzazione n° 55126 del 12 luglio 2006 - Settori A e B

Sperimentatore: Meani  
Direttore: Saccenti  
Data emissione: 07/03/2025  
Rev.

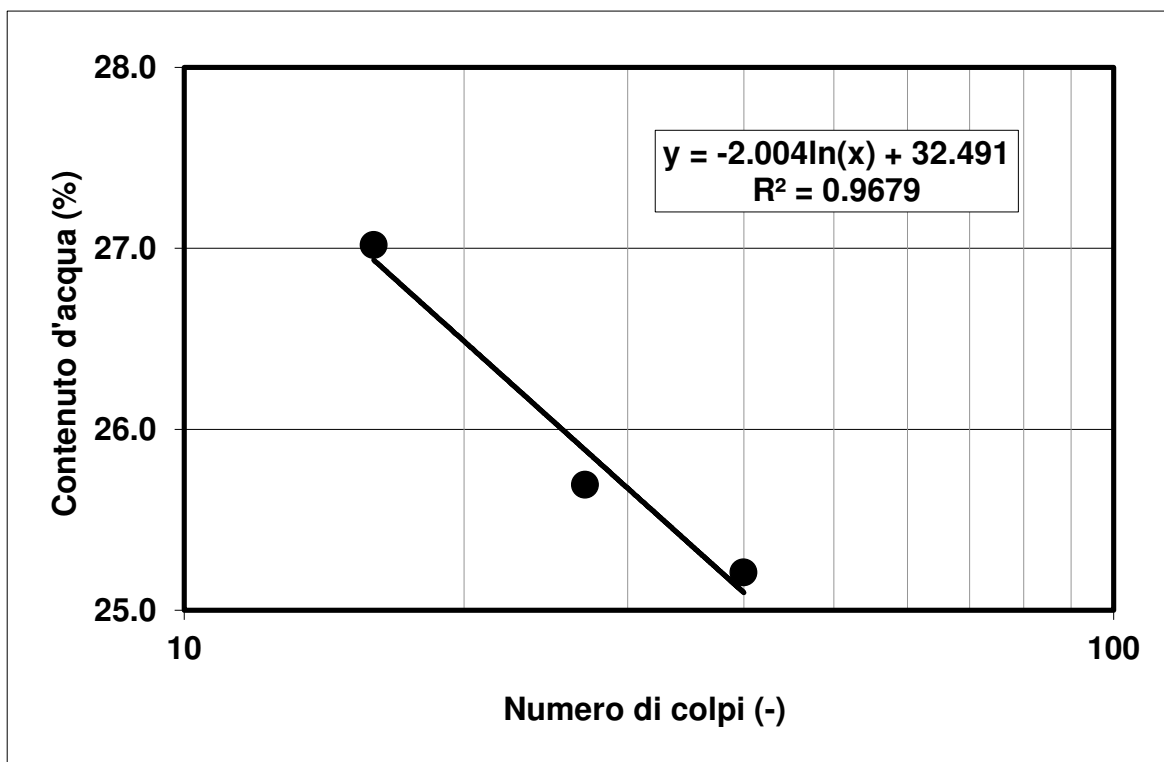
Normativa di riferimento: ASTM D4318  
N° certificato di prova:  
N° verbale di accettazione: 082/2024

**Committente:** Silpdue s.r.l. e AB Green s.r.l.  
**Cantiere:** Cava La Bolla - Discarica per pietrisco ferroviario contenente amianto  
**Sondaggio:** SC-01  
**Campione:** C4  
**Profondità prova [m]:** 18.00 - 19.00  
**Prova:** LLP1  
**Data prova:** 03/03/2025

Limite Liquido			
	prova 1	prova 2	prova 3
numero colpi	16	40	27
massa tara (g)	22.21	22.23	22.07
massa umido + tara (g)	99.03	73.34	87.87
massa secco + tara (g)	82.69	63.05	74.42
umidità (%)	27.02	25.21	25.69

Limite Plastico		
massa tara (g)	21.87	22.16
massa umido + tara (g)	33.10	33.54
massa secco + tara (g)	31.14	31.61
umidità (%)	21.14	20.42

<b>LL (%)</b>	<b>26.0</b>
<b>LP (%)</b>	<b>20.8</b>
<b>IP (%)</b>	<b>5.3</b>



Note:

rev.	data emiss.	sperimentatore	direttore
0	06/03/2025	Kellah	Saccenti

Normativa di riferimento: ASTM D422

*Classificazione di riferimento: AGI 1977*

*N° certificato di prova:*

*N° verbale di accettazione: 082/2024*

**Committente:** Silpdue s.r.l. e AB Green s.r.l.

**Cantiere:** Cava La Bolla - Discarica per pietrisco ferroviario contenente amianto

**Sondaggio:** SC-02

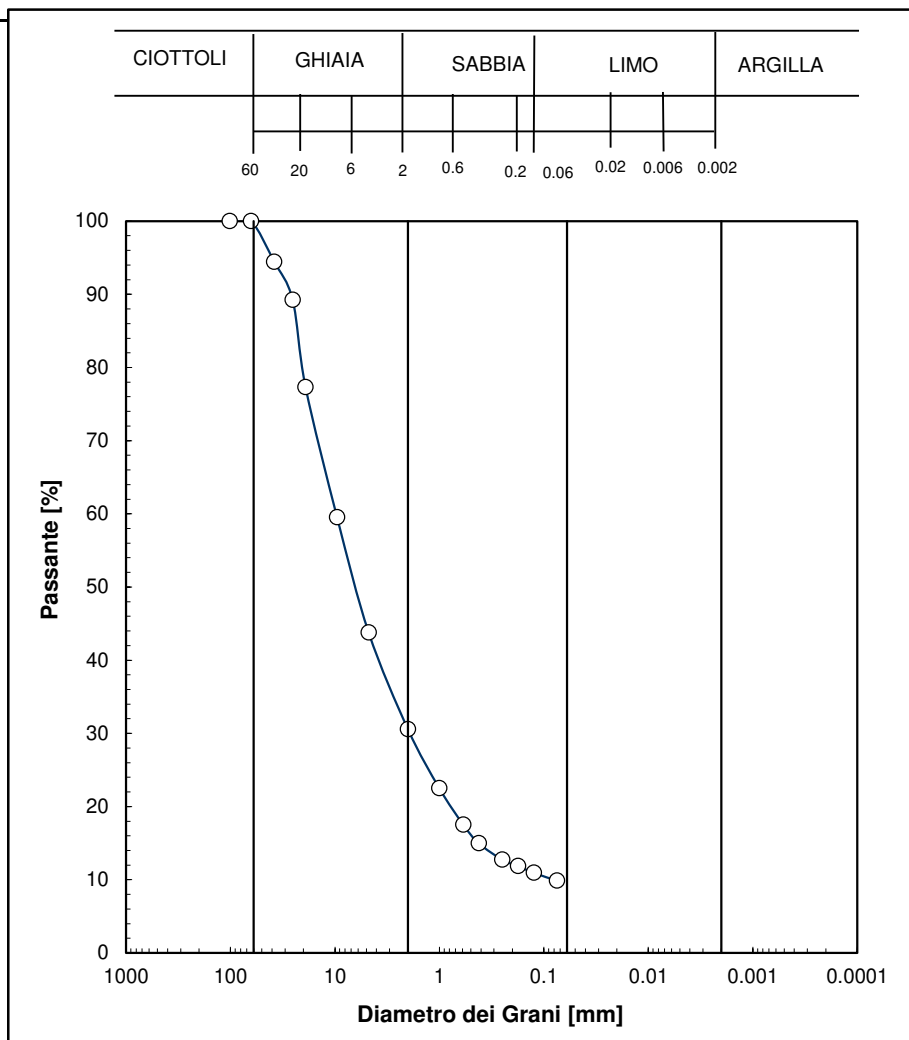
**Campione:** C1

**Profondità prelievo [m]:** 3 - 4

**Prova:** Gr 1

**Data prova:** 03/03/2025

Vagliatura		
Diametro vaglio	Massa tratt.	Massa tratt.
[mm]	[g]	[%]
101.6	0	0
63.5	0	0
38.1	338.0	5.6
25.4	316.0	5.2
19.1	726.0	11.9
9.53	1082.0	17.8
4.75	957.9	15.8
2	803.0	13.2
1	491.0	8.1
0.59	302.0	5.0
0.42	154.0	2.5
0.25	137.0	2.3
0.177	52.0	0.9
0.125	57.0	0.9
0.075	65.0	1.1
Aerometria		
Tempo	Temp.	Lettura
[min]	[°C]	[-]

[illegible]

Prova	Simbolo	Profondità		Massa secca materiale	Metodo preparazione materiale	% < 0.075mm	CIOTTOLI	% GHIAIA	% SABBIA	% LIMO	% ARGILLA	Massa materiale aerometria	L max	D <sub>60</sub>	D <sub>50</sub>
		da m	a m	[g]								[g]	[mm]		
Gr 1	x	3.00	4.00	6081.3	VIA UMIDA	10	1	69	21	9*	0*	0	8	9.7.E+00	6.3.E+00

NOTE:



## DETERMINAZIONE LIMITI DI ATTERBERG

D.P.R. 06.06.2001 n.380 - Circ. 7618/STC del 08.09.2010 Autorizzazione n° 55126 del 12 luglio 2006 - Settori A e B

Sperimentatore: Meani  
Direttore: Saccenti  
Data emissione: 07/03/2025  
Rev.

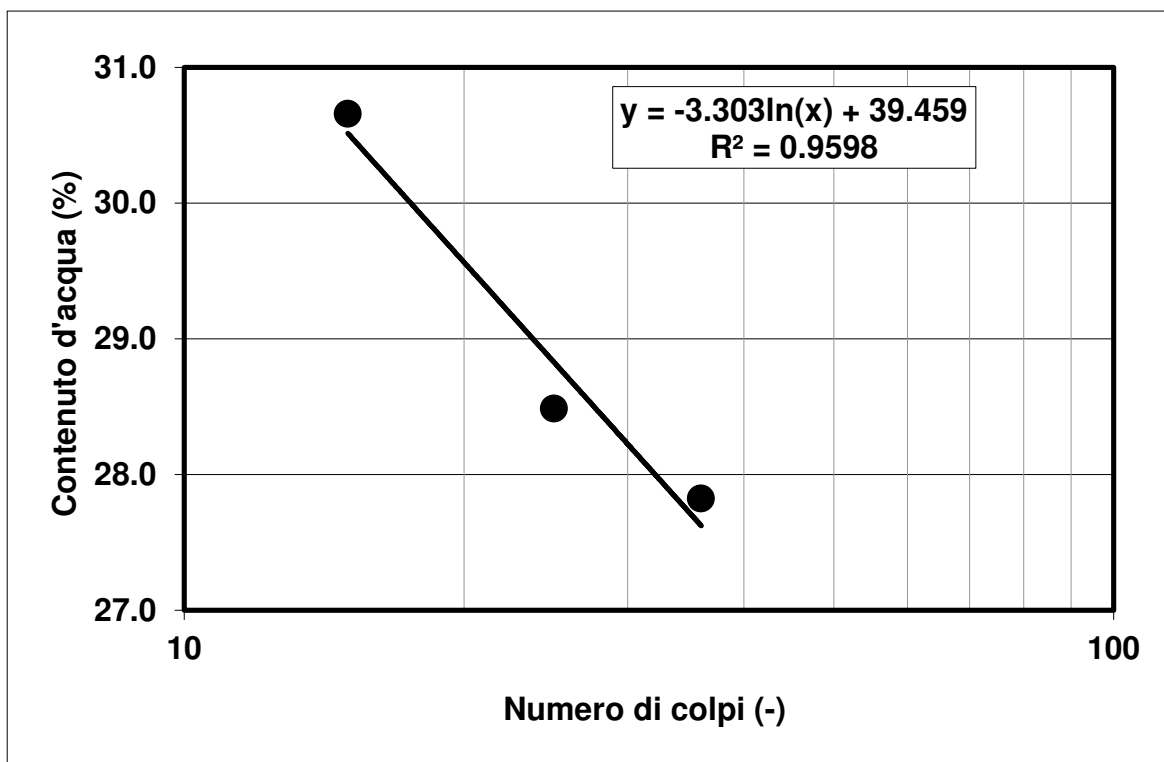
Normativa di riferimento: ASTM D4318  
N° certificato di prova:  
N° verbale di accettazione: 082/2024

**Committente:** Silpdue s.r.l. e AB Green s.r.l.  
**Cantiere:** Cava La Bolla - Discarica per pietrisco ferroviario contenente amianto  
**Sondaggio:** SC-02  
**Campione:** C1  
**Profondità prova [m]:** 3.00 - 4.00  
**Prova:** LLP1  
**Data prova:** 03/03/2025

Limite Liquido			
	prova 1	prova 2	prova 3
numero colpi	15	25	36
massa tara (g)	22.14	22.05	22.20
massa umido + tara (g)	59.56	81.77	80.18
massa secco + tara (g)	50.78	68.53	67.56
umidità (%)	30.66	28.49	27.82

Limite Plastico		
massa tara (g)	3.26	3.23
massa umido + tara (g)	35.12	34.85
massa secco + tara (g)	29.83	29.55
umidità (%)	19.91	20.14

<b>LL (%)</b>	<b>28.8</b>
<b>LP (%)</b>	<b>20.0</b>
<b>IP (%)</b>	<b>8.8</b>



Note:

rev.	data emiss.	sperimentatore	direttore
0	06/03/2025	Kellah	Saccenti

*Normativa di riferimento: ASTM D422*

*Classificazione di riferimento: AGI 1977*

*N° certificato di prova:*

*N° verbale di accettazione: 082/2024*

**Committente:** Silpdue s.r.l. e AB Green s.r.l.

**Cantiere:** Cava La Bolla - Discarica per pietrisco ferroviario contenente amianto

**Sondaggio:** SC-02

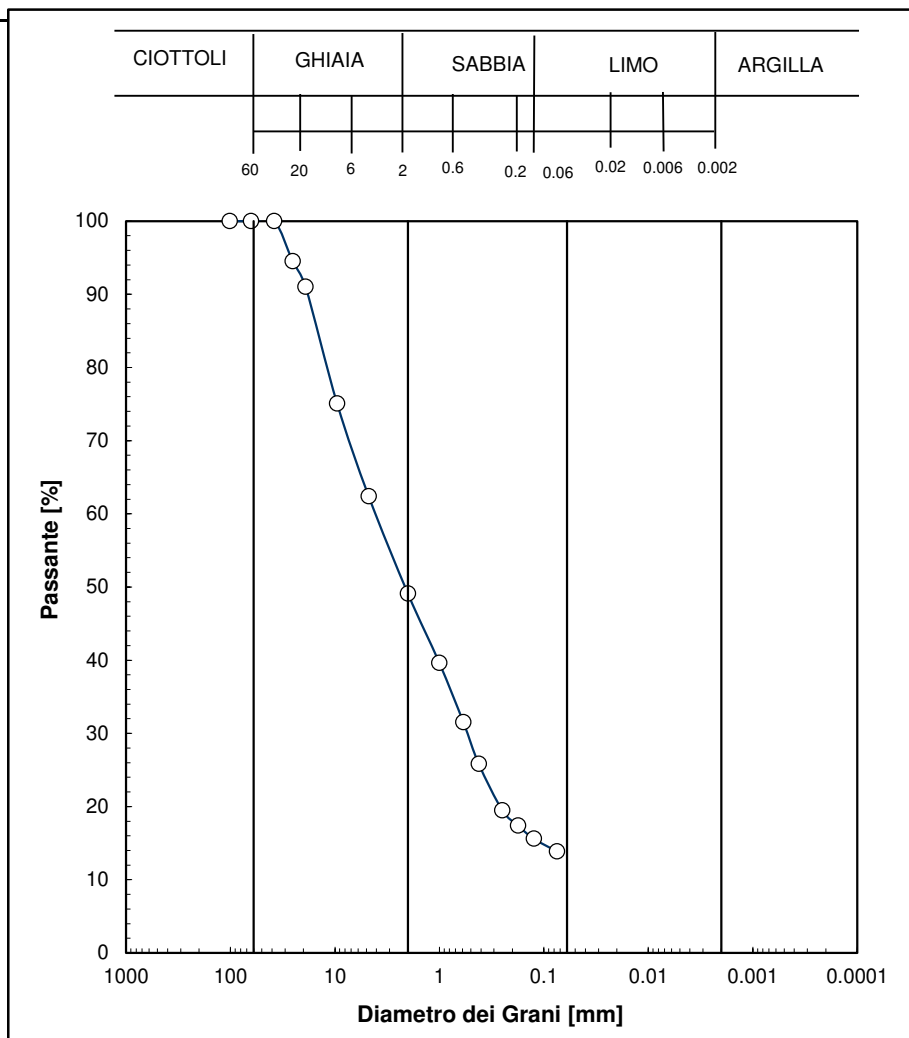
**Campione:** C2

**Profondità prelievo [m]:** 11 - 12

**Prova:** Gr 1

**Data prova:** 03/03/2025

Vagliatura		
Diametro vaglio	Massa tratt.	Massa tratt.
[mm]	[g]	[%]
101.6	0	0
63.5	0	0
38.1	0	0
25.4	227.0	5.5
19.1	145.0	3.5
9.53	662.0	16.0
4.75	526.0	12.7
2	552.0	13.3
1	393.0	9.5
0.59	335.0	8.1
0.42	237.0	5.7
0.25	263.0	6.3
0.177	87.0	2.1
0.125	74.0	1.8
0.075	72.0	1.7
Aerometria		
Tempo	Temp.	Lettura
[min]	[°C]	[-]

[illegible]

Prova	Simbolo	Profondità		Massa secca materiale	Metodo preparazione materiale	% < 0.075mm	CIOTTOLI	% GHIAIA	% SABBIA	% LIMO	% ARGILLA	Massa materiale aerometria	L max	D <sub>60</sub>	D <sub>50</sub>
		da m	a m	[g]								[g]	[mm]		
Gr 1	x	11.00	12.00	4148.5	VIA UMIDA	14	-	51	36	13*	0*	0	4.8	4.1.E+00	2.1.E+00

NOTE:





## DETERMINAZIONE LIMITI DI ATTERBERG

D.P.R. 06.06.2001 n.380 - Circ. 7618/STC del 08.09.2010 Autorizzazione n° 55126 del 12 luglio 2006 - Settori A e B

Sperimentatore: Meani  
Direttore: Saccenti  
Data emissione: 07/03/2025  
Rev.

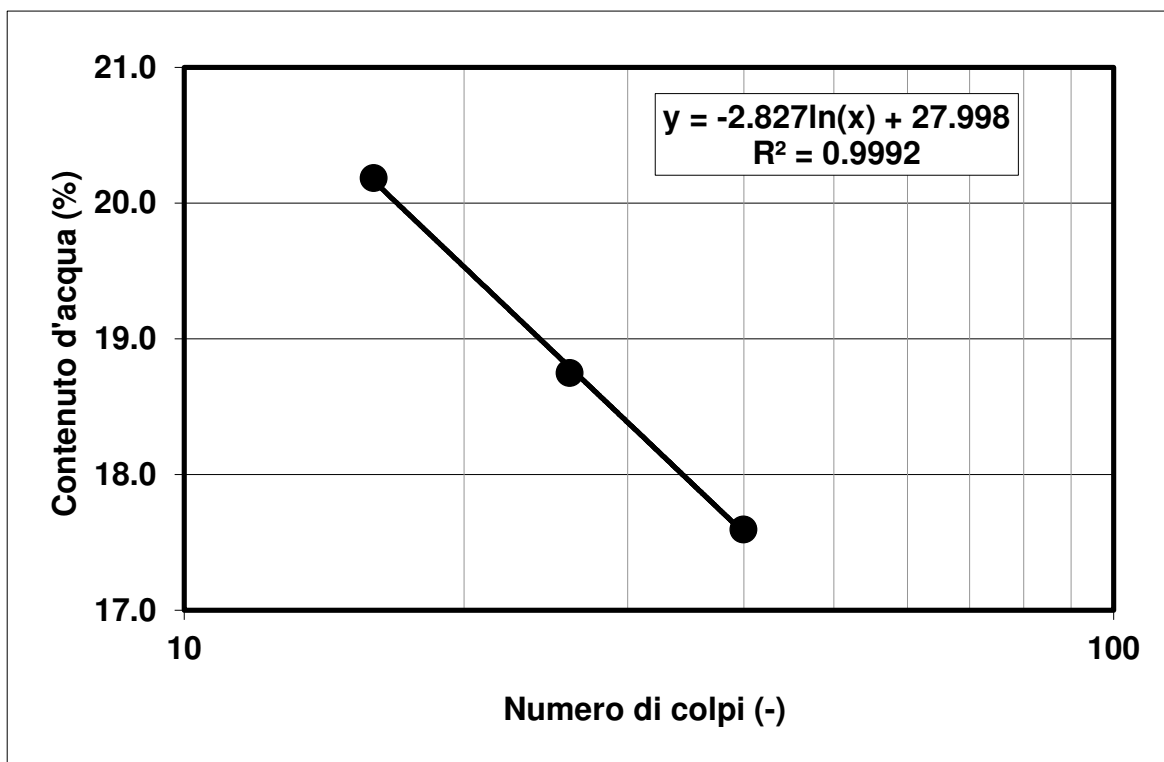
Normativa di riferimento: ASTM D4318  
N° certificato di prova:  
N° verbale di accettazione: 082/2024

**Committente:** Silpdue s.r.l. e AB Green s.r.l.  
**Cantiere:** Cava La Bolla - Discarica per pietrisco ferroviario contenente amianto  
**Sondaggio:** SC-02  
**Campione:** C2  
**Profondità prova [m]:** 11.00 - 12.00  
**Prova:** LLP1  
**Data prova:** 03/03/2025

Limite Liquido			
	prova 1	prova 2	prova 3
numero colpi	16	26	40
massa tara (g)	3.24	3.28	3.23
massa umido + tara (g)	47.01	56.49	64.32
massa secco + tara (g)	39.66	48.09	55.18
umidità (%)	20.18	18.75	17.59

Limite Plastico		
massa tara (g)	3.24	3.22
massa umido + tara (g)	24.95	24.92
massa secco + tara (g)	21.94	21.97
umidità (%)	16.10	15.73

<b>LL (%)</b>	<b>18.9</b>
<b>LP (%)</b>	<b>15.9</b>
<b>IP (%)</b>	<b>3.0</b>



Note:

rev.	data emiss.	sperimentatore	direttore
0	07/03/2025	Kellah	Saccenti

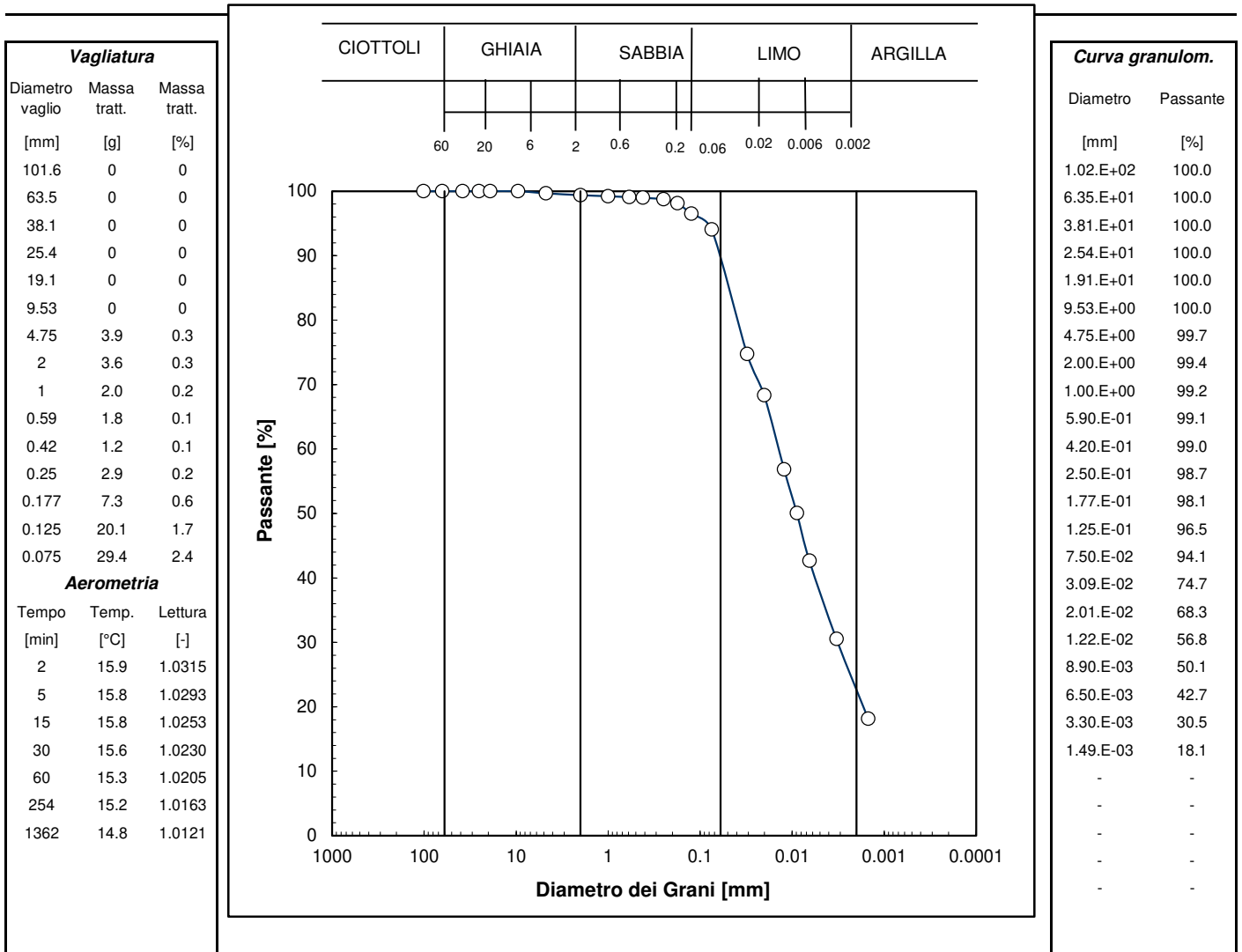
Normativa di riferimento: ASTM D422

Classificazione di riferimento: AGI 1977

N° certificato di prova:

N° verbale di accettazione: 082/2024

**Committente:** Silpdue s.r.l. e AB Green s.r.l.  
**Cantiere:** Cava La Bolla - Discarica per pietrisco ferroviario contenente amianto  
**Sondaggio:** SC-02  
**Campione:** C4  
**Profondità prelievo [m]:** 17 - 18  
**Prova:** Gr 1  
**Data prova:** 03/03/2025



Prova	Simbolo	Profondità		Massa secca materiale [g]	Metodo preparazione materiale	% < 0.075mm	% CIOTTOLI	% GHIAIA	% SABBIA	% LIMO	% ARGILLA	Massa materiale aerometria [g]	L max [mm]	D <sub>60</sub> [mm]	D <sub>50</sub> [mm]
		da m	a m												
Gr 1	x	17.00	18.00	1217.4	VIA UMIDA	94	-	1	10	66	23	52	-	1.4.E-02	8.9.E-03

NOTE:



## DETERMINAZIONE LIMITI DI ATTERBERG

D.P.R. 06.06.2001 n.380 - Circ. 7618/STC del 08.09.2010 Autorizzazione n° 55126 del 12 luglio 2006 - Settori A e B

Sperimentatore: Meani  
Direttore: Saccenti  
Data emissione: 07/03/2025  
Rev.

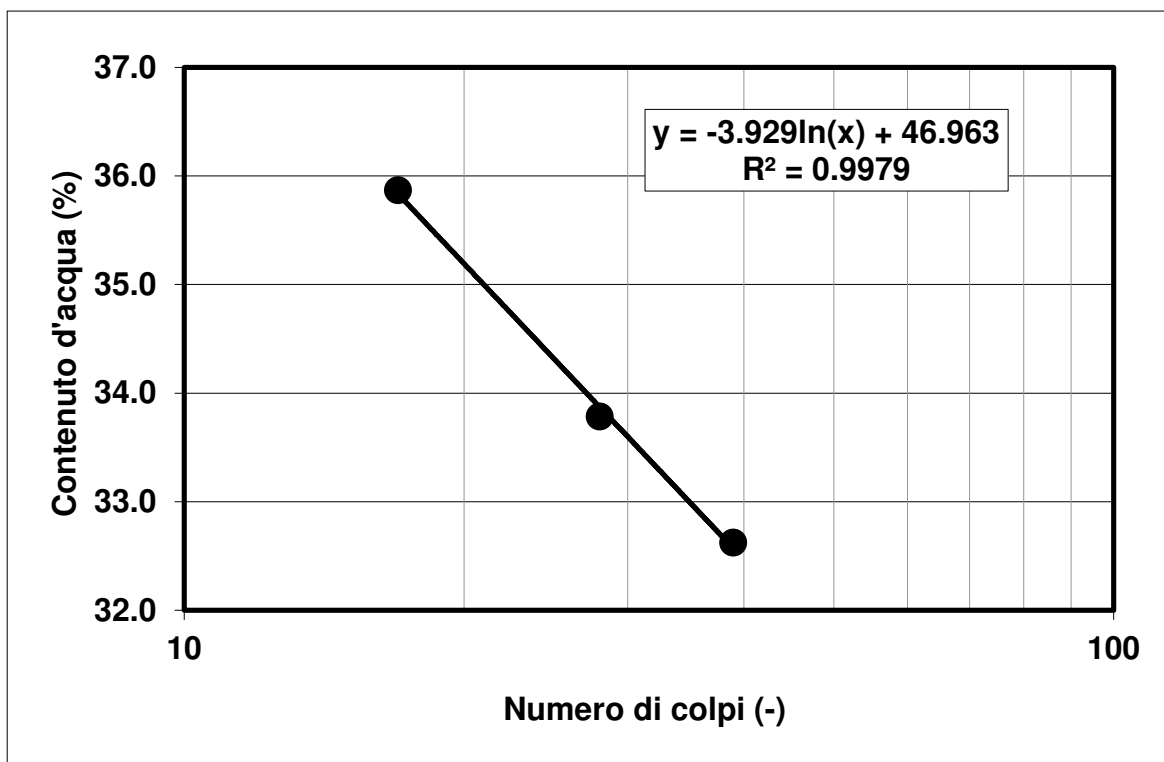
Normativa di riferimento: ASTM D4318  
N° certificato di prova:  
N° verbale di accettazione: 082/2024

**Committente:** Silpdue s.r.l. e AB Green s.r.l.  
**Cantiere:** Cava La Bolla - Discarica per pietrisco ferroviario contenente amianto  
**Sondaggio:** SC-02  
**Campione:** C4  
**Profondità prova [m]:** 17.00 - 18.00  
**Prova:** LLP1  
**Data prova:** 03/03/2025

Limite Liquido			
	prova 1	prova 2	prova 3
numero colpi	17	28	39
massa tara (g)	3.30	3.24	3.28
massa umido + tara (g)	95.77	96.38	99.39
massa secco + tara (g)	71.36	72.86	75.75
umidità (%)	35.87	33.78	32.62

Limite Plastico		
massa tara (g)	3.27	3.30
massa umido + tara (g)	19.58	18.00
massa secco + tara (g)	16.65	15.41
umidità (%)	21.90	21.39

<b>LL (%)</b>	<b>34.3</b>
<b>LP (%)</b>	<b>21.6</b>
<b>IP (%)</b>	<b>12.7</b>



Note:

rev.	data emiss.	sperimentatore	direttore
0	07/03/2025	Kellah	Saccenti

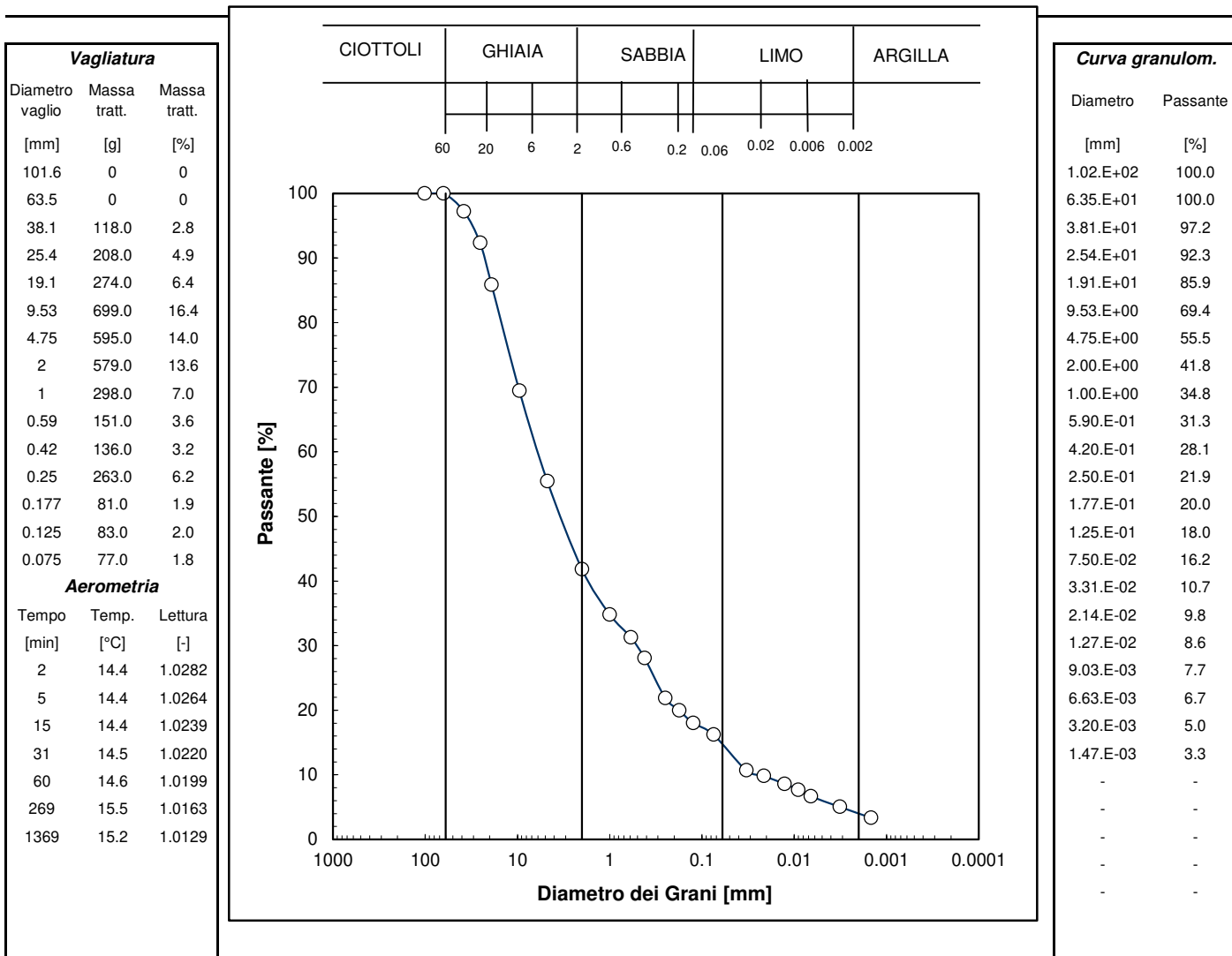
Normativa di riferimento: ASTM D422

Classificazione di riferimento: AGI 1977

N° certificato di prova:

N° verbale di accettazione: 082/2024

**Committente:** Silpdue s.r.l. e AB Green s.r.l.  
**Cantiere:** Cava La Bolla - Discarica per pietrisco ferroviario contenente amianto  
**Sondaggio:** SC-03  
**Campione:** C1  
**Profondità prelievo [m]:** 3 - 4  
**Prova:** Gr 1  
**Data prova:** 03/03/2025



Prova	Simbolo	Profondità		Massa secca materiale	Metodo preparazione materiale	% < 0.075mm	% CIOTTOLI	% GHIAIA	% SABBIA	% LIMO	% ARGILLA	Massa materiale aerometria	L max	D <sub>60</sub>	D <sub>50</sub>
		da m	a m	[g]								[g]	[mm]	[mm]	[mm]
Gr 1	x	3.00	4.00	4251.7	VIA UMIDA	16	0	58	27	11	4	53	6.4	6.0.E+00	3.4.E+00

NOTE:





## DETERMINAZIONE LIMITI DI ATTERBERG

D.P.R. 06.06.2001 n.380 - Circ. 7618/STC del 08.09.2010 Autorizzazione n° 55126 del 12 luglio 2006 - Settori A e B

Sperimentatore: Meani  
Direttore: Saccenti  
Data emissione: 07/03/2025  
Rev.

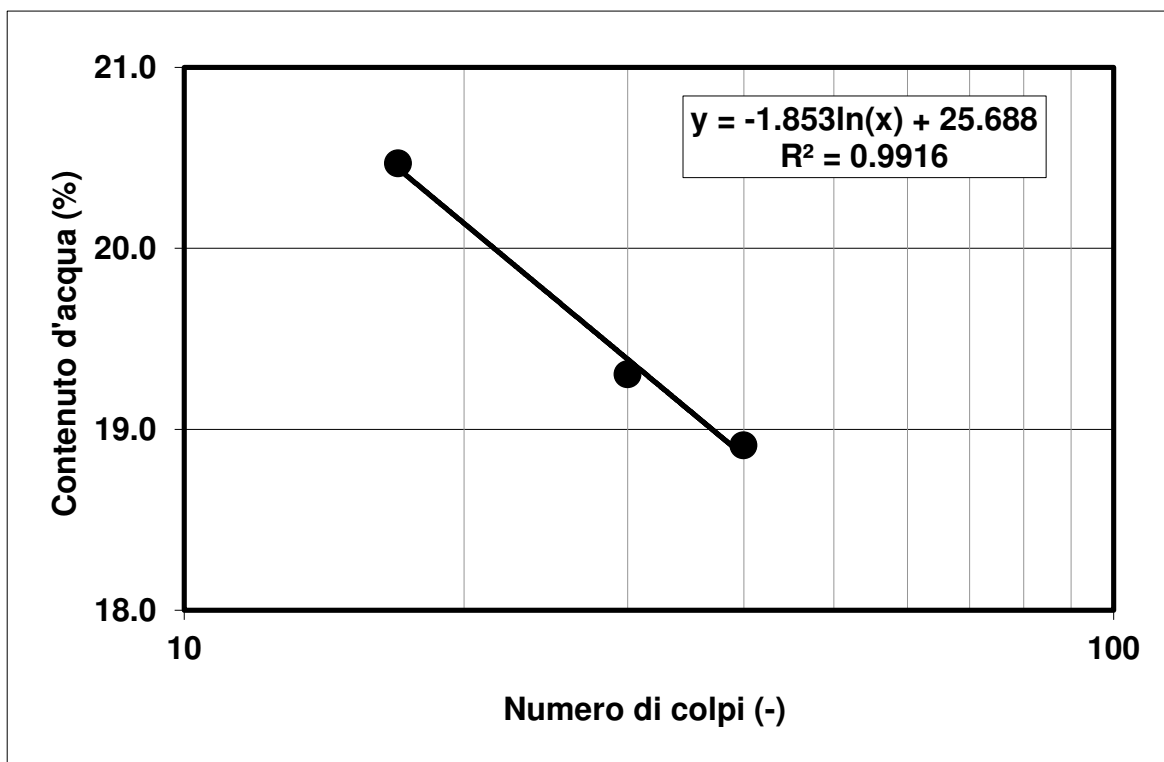
Normativa di riferimento: ASTM D4318  
N° certificato di prova:  
N° verbale di accettazione: 082/2024

**Committente:** Silpdue s.r.l. e AB Green s.r.l.  
**Cantiere:** Cava La Bolla - Discarica per pietrisco ferroviario contenente amianto  
**Sondaggio:** SC-03  
**Campione:** C1  
**Profondità prova [m]:** 3.00 - 4.00  
**Prova:** LLP1  
**Data prova:** 03/03/2025

Limite Liquido			
	prova 1	prova 2	prova 3
numero colpi	17	30	40
massa tara (g)	22.60	22.37	22.28
massa umido + tara (g)	76.69	77.13	77.49
massa secco + tara (g)	67.50	68.27	68.71
umidità (%)	20.47	19.30	18.91

Limite Plastico		
massa tara (g)	3.26	3.29
massa umido + tara (g)	21.66	21.70
massa secco + tara (g)	19.08	19.10
umidità (%)	16.31	16.45

<b>LL (%)</b>	<b>19.7</b>
<b>LP (%)</b>	<b>16.4</b>
<b>IP (%)</b>	<b>3.3</b>



Note:

rev.	data emiss.	sperimentatore	direttore
0	07/03/2025	Kellah	Saccenti

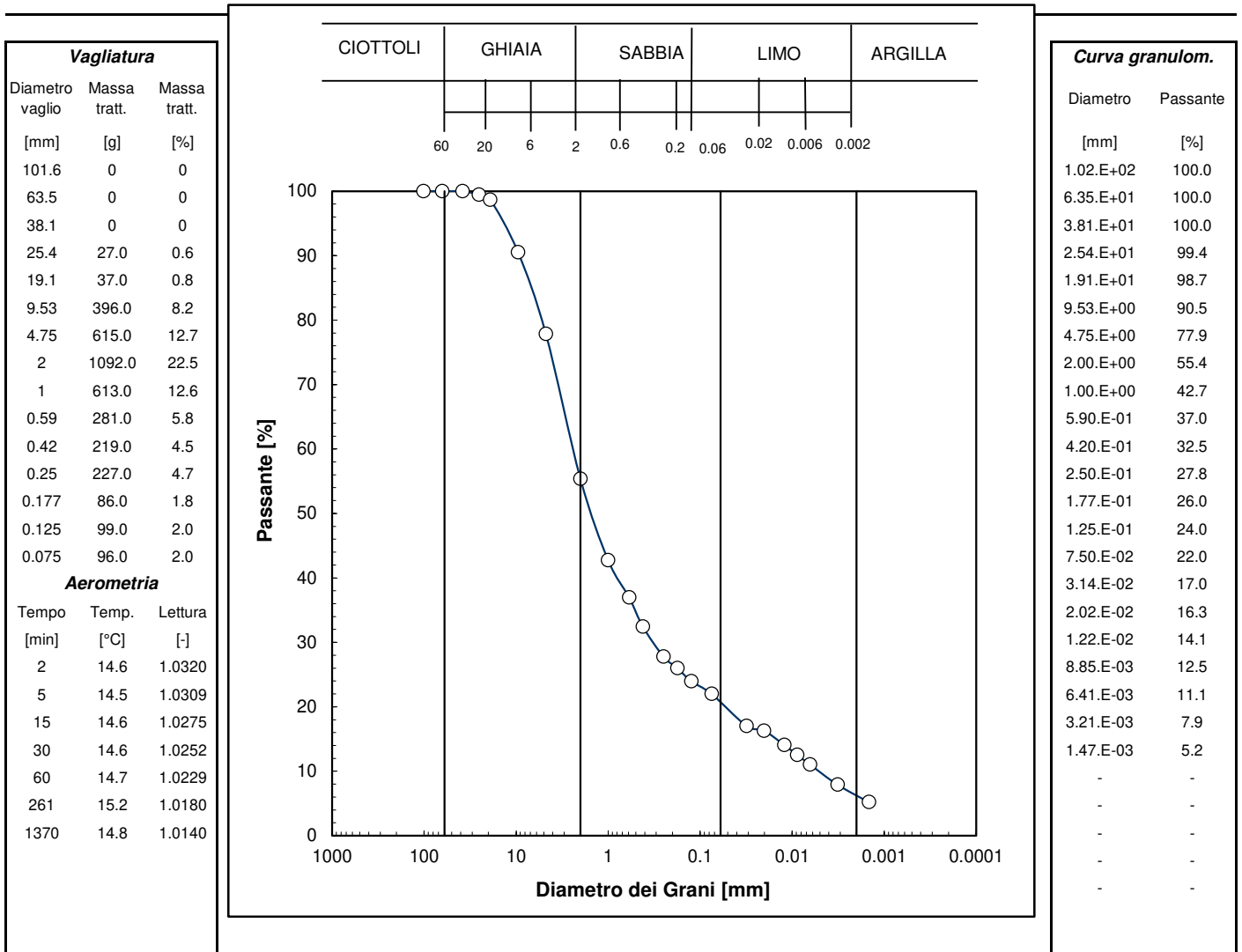
Normativa di riferimento: ASTM D422

Classificazione di riferimento: AGI 1977

N° certificato di prova:

N° verbale di accettazione: 082/2024

**Committente:** Silpdue s.r.l. e AB Green s.r.l.  
**Cantiere:** Cava La Bolla - Discarica per pietrisco ferroviario contenente amianto  
**Sondaggio:** SC-03  
**Campione:** C3  
**Profondità prelievo [m]:** 14 - 15  
**Prova:** Gr 1  
**Data prova:** 03/03/2025



Prova	Simbolo	Profondità		Massa secca materiale	Metodo preparazione materiale	% < 0.075mm	% CIOTTOLI	% GHIAIA	% SABBIA	% LIMO	% ARGILLA	Massa materiale aerometria	L max	D <sub>60</sub>	D <sub>50</sub>
		da m	a m	[g]								[g]			
Gr 1	x	14.00	15.00	4855.8	VIA UMIDA	22	-	45	35	14	6	53	3.6	2.4.E+00	1.5.E+00

NOTE:



## DETERMINAZIONE LIMITI DI ATTERBERG

D.P.R. 06.06.2001 n.380 - Circ. 7618/STC del 08.09.2010 Autorizzazione n° 55126 del 12 luglio 2006 - Settori A e B

Sperimentatore: Meani  
Direttore: Saccenti  
Data emissione: 07/03/2025  
Rev.

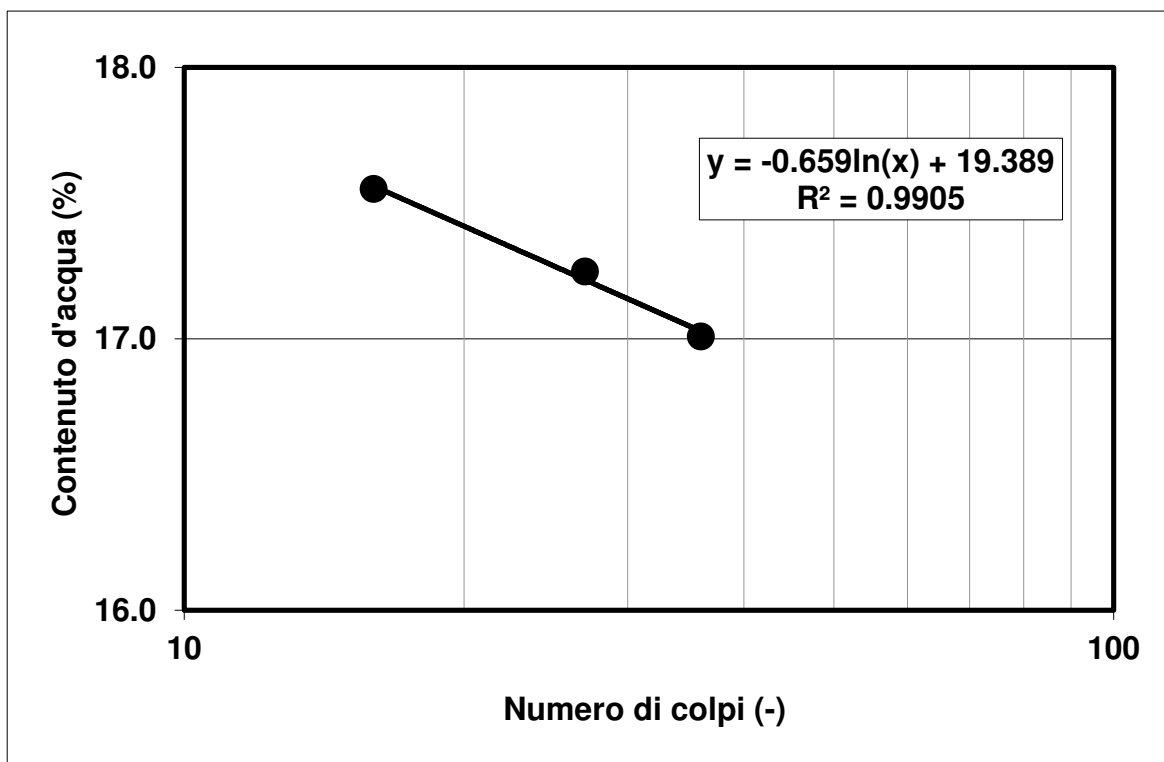
Normativa di riferimento: ASTM D4318  
N° certificato di prova:  
N° verbale di accettazione: 082/2024

**Committente:** Silpdue s.r.l. e AB Green s.r.l.  
**Cantiere:** Cava La Bolla - Discarica per pietrisco ferroviario contenente amianto  
**Sondaggio:** SC-03  
**Campione:** C3  
**Profondità prova [m]:** 14.00 - 15.00  
**Prova:** LLP1  
**Data prova:** 03/03/2025

Limite Liquido			
	prova 1	prova 2	prova 3
numero colpi	16	27	36
massa tara (g)	22.15	21.50	22.44
massa umido + tara (g)	89.93	69.29	80.16
massa secco + tara (g)	79.81	62.26	71.77
umidità (%)	17.55	17.25	17.01

Limite Plastico		
massa tara (g)	3.24	3.26
massa umido + tara (g)	30.12	30.40
massa secco + tara (g)	26.83	27.14
umidità (%)	13.95	13.65

<b>LL (%)</b>	<b>17.3</b>
<b>LP (%)</b>	<b>13.8</b>
<b>IP (%)</b>	<b>3.5</b>



Note:

rev.	data emiss.	sperimentatore	direttore
0	07/03/2025	Kellah	Saccenti

Normativa di riferimento: ASTM D422

*Classificazione di riferimento: AGI 1977*

*N° certificato di prova:*

*N° verbale di accettazione: 082/2024*

**Committente:** Silpdue s.r.l. e AB Green s.r.l.

**Cantiere:** Cava La Bolla - Discarica per pietrisco ferroviario contenente amianto

**Sondaggio:** SC-03

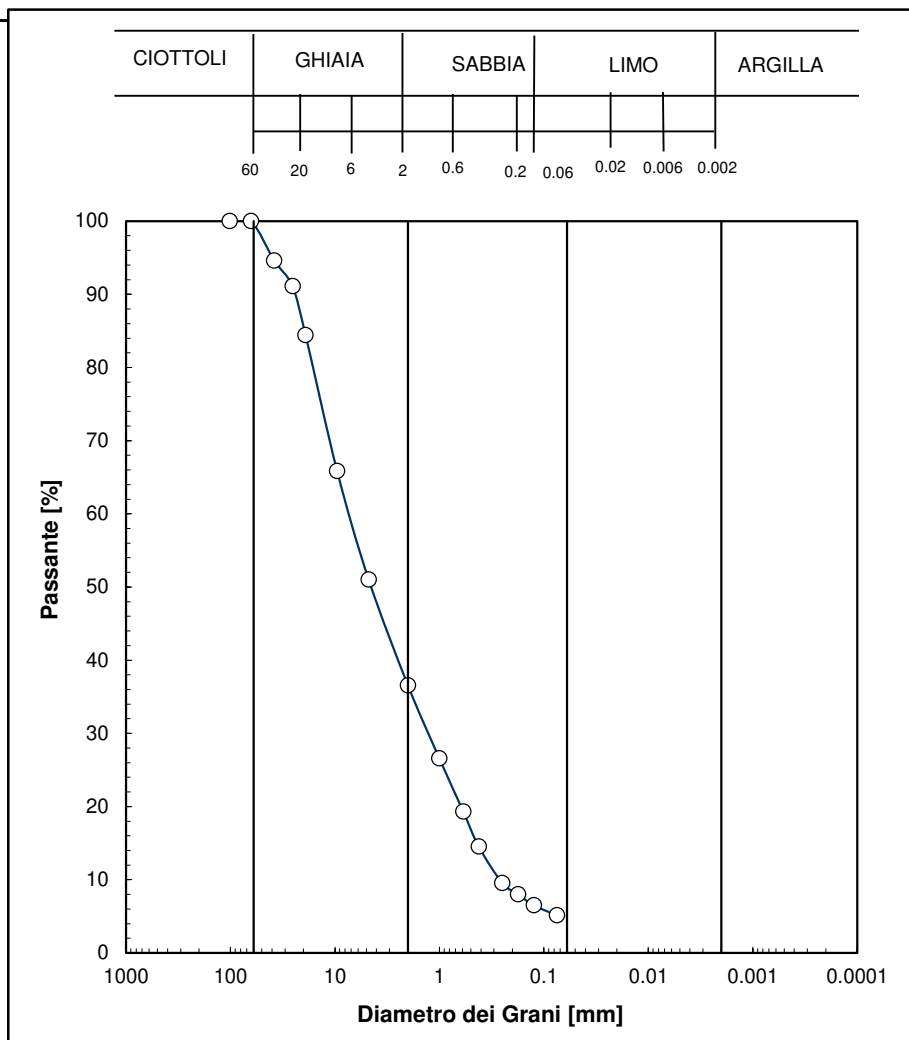
**Campione:** C5

**Profondità prelievo [m]:** **24 - 25**

**Prova:** Gr 1

**Data prova:** 03/03/2025

Vagliatura		
Diametro vaglio	Massa tratt.	Massa tratt.
[mm]	[g]	[%]
101.6	0	0
63.5	0	0
38.1	274.6	5.4
25.4	179.0	3.5
19.1	338.9	6.7
9.53	944.7	18.6
4.75	756.4	14.9
2	734.6	14.4
1	508.0	10.0
0.59	369.9	7.3
0.42	242.9	4.8
0.25	253.2	5.0
0.177	78.1	1.5
0.125	76.8	1.5
0.075	70.0	1.4
Aerometria		
Tempo	Temp.	Lettura
[min]	[°C]	[-]

[illegible]

Prova	Simbolo	Profondità		Massa secca materiale	Metodo preparazione materiale	% < 0.075mm	CIOTTOLI	% GHIAIA	% SABBIA	% LIMO	% ARGILLA	Massa materiale aerometria	L max	D <sub>60</sub>	D <sub>50</sub>
		da m	a m	[g]								[g]	[mm]		
Gr 1	x	24.00	25.00	5088.3	VIA UMIDA	5	1	63	32	4*	0*	0	6.8	7.2.E+00	4.5.E+00

NOTE:





## DETERMINAZIONE LIMITI DI ATTERBERG

D.P.R. 06.06.2001 n.380 - Circ. 7618/STC del 08.09.2010 Autorizzazione n° 55126 del 12 luglio 2006 - Settori A e B

Sperimentatore: Meani  
Direttore: Saccenti  
Data emissione: 07/03/2025  
Rev.

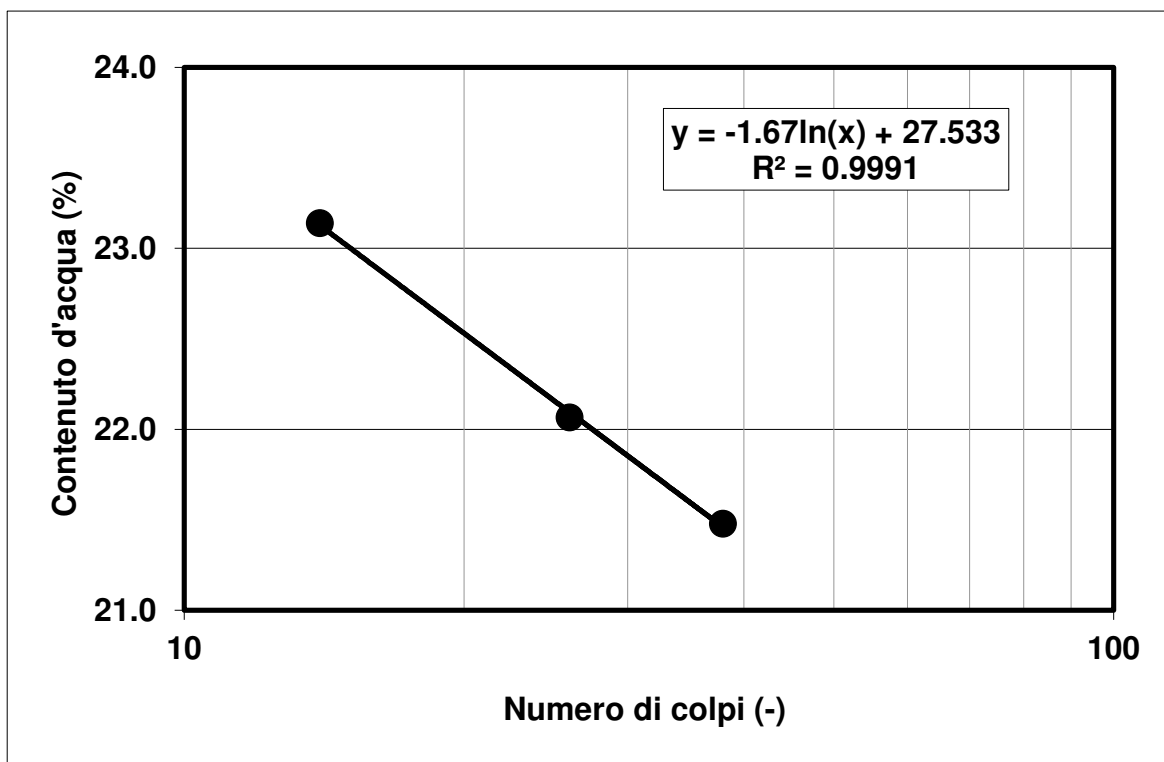
Normativa di riferimento: ASTM D4318  
N° certificato di prova:  
N° verbale di accettazione: 082/2024

**Committente:** Silpdue s.r.l. e AB Green s.r.l.  
**Cantiere:** Cava La Bolla - Discarica per pietrisco ferroviario contenente amianto  
**Sondaggio:** SC-03  
**Campione:** C5  
**Profondità prova [m]:** 24.00 - 25.00  
**Prova:** LLP1  
**Data prova:** 03/03/2025

Limite Liquido			
	prova 1	prova 2	prova 3
numero colpi	14	26	38
massa tara (g)	3.27	3.36	3.25
massa umido + tara (g)	86.24	103.55	72.82
massa secco + tara (g)	70.65	85.44	60.52
umidità (%)	23.14	22.06	21.48

Limite Plastico		
massa tara (g)	3.28	3.39
massa umido + tara (g)	20.95	19.60
massa secco + tara (g)	18.17	17.08
umidità (%)	18.67	18.41

<b>LL (%)</b>	<b>22.2</b>
<b>LP (%)</b>	<b>18.5</b>
<b>IP (%)</b>	<b>3.6</b>



Note: