



IMPIANTO	CODICE CKS
Impianto idroelettrico di Levane	GRE.OEM.R.90.IT.H.49017.09.009.00
Diga di Levane: Progetto di Sovralzo ai fini di laminazione	

DIGA DI LEVANE

O&M Hydro Italy

Northern Central Area - Territorial Unit Lucca - UE Levane

Comune di Montevarchi - Provincia di Arezzo

PROGETTO DI SOVRALZO AI FINI DI LAMINAZIONE - PROGETTO DEFINITIVO

PROVE DI LABORATORIO GEOTECNICO E GEOMECCANICO

00	19/05/2020	Prima emissione	P. Vendrame	A. Nardi G. Ceroni	A. Masera
REV.	DATA	DESCRIZIONE REVISIONI	ELABORATO	VERIFICATO	APPROVATO
ELABORATO CESI N. C0007830		NOME FILE R03 Prove di laboratorio geotecnico e geomeccanico.docx	SCALA -	FOGLIO -	
NUMERO E DATA ORDINE		Ordine n. 3500053942 del 28/09/2019			
IL PROGETTISTA			Timbro e firma per presa visione		
 CESI S.p.A. Via Rubattino 54 I-20134 Milano - Italy Tel: +39 02 21251 Fax: +39 02 21255440 e-mail: info@cesi.it www.cesi.it Engineering & Environment - ISMES Division Structural & Civil Engineering					
			ING. ALBERTO MASERA		DOTT. GEOL. GIOVANNI CERONI
IL COMMITTENTE					
 ENEL GREEN POWER ITALIA S.r.l. Power Generation Italy O&M Hydro Italy Northern Central Area			DATA		ING. M. SESSEGO
PER PRESA VISIONE ING. RESPONSABILE			No. HYD		
DATA			ING. S. GABBRIELLI		

RAPPORTO

USO RISERVATO

APPROVATO

C0007830

Cliente ENEL Green Power S.p.A.

Oggetto DIGA DI LEVANE (comune di Montevarchi e Terranuova Bracciolini AR)
Progetto di sovrizzo ai fini di laminazione – Progetto definitivo
PROVE DI LABORATORIO GEOTECNICO E GEOMECCANICO

Ordine Contratto Aperto di Servizi n. 3500053854 del 26/09/2019 nell'ambito del
Contratto Aperto di Servizi n. 8400140386 del 07/05/2019

Note Rev. 00 – A1300002142 – Lettera di trasmissione C0009658

La parziale riproduzione di questo documento è permessa solo con l'autorizzazione scritta del CESI.

N. pagine 5 **N. pagine fuori testo** 53

Data 19/05/2020

Elaborato STC - Vendrame Paolo

C0007830 115028 ALT

Verificato STC - Ceroni Giovanni, INE - Nardi Andrea

C0007830 114952 VER

C0007830 3011309 VER

Approvato INE - Masera Alberto (Project Manager)

C0007830 114993 APP

CESI S.p.A.

Via Rubattino 54
I-20134 Milano - Italy
Tel: +39 02 21251
Fax: +39 02 21255440
e-mail: info@cesi.it
www.cesi.it

Capitale sociale € 8.550.000 interamente versato
C.F. e numero iscrizione Reg. Imprese di Milano 00793580150
P.I. IT00793580150
N. R.E.A. 429222

© Copyright 2020 by CESI. All rights reserved

Pag. 1/5

Indice

1	PREMESSA	4
	ALLEGATO A.....	5

STORIA DELLE REVISIONI

Numero revisione	Data	Protocollo	Lista delle modifiche e/o dei paragrafi modificati
00	19/05/2020	C0007830	Prima emissione

1 PREMESSA

Nell'ambito della progettazione definitiva dell'intervento di sovrizzo della diga di Levane (Comune di Montevarchi e Terranuova Bracciolini, AR, **Figura 1-1**), ai fini della laminazione degli eventi di piena del fiume Arno, ENEL Green Power ha incaricato CESI della riedizione della *Relazione Geologica, Geomeccanica e Geognostica*, a corredo del progetto ENEL PRODUZIONE S.p.A. del 2015, tenendo conto dei commenti del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici (Comunicazione Prot. 51/2016 del maggio 2017).



Figura 1-1 – Vista da valle dello sbarramento di Levane (foto ENEL)

Per chiarezza e in breve sintesi, si ricorda che i commenti in argomento riferivano di incertezze sulla modellazione geologica nella zona della spalla sinistra, ove non erano di fatto eseguite indagini, e della mancata valorizzazione delle informazioni storiche, anche pertinenti la realizzazione della stessa diga, a servizio delle più recenti indagini per una migliore definizione del quadro interpretativo. A tal fine ENEL Green Power ha incaricato CESI della realizzazione di tre sondaggi geognostici eseguiti nel periodo 27 novembre – 17 dicembre 2019 (doc. CESI prot. C0006135) mirati ad accrescere le informazioni inerenti la zona di spalla sinistra, e propedeutici anche all'acquisizione di dati utili per la definizione di alcune fasi del progetto.

In particolare, durante la realizzazione dei sondaggi sono stati raccolti campioni litoidi nel substrato marnoso-arenaceo e rimaneggiati nella copertura detritica superficiale, da sottoporre a prove di laboratorio sia geotecnico (campioni di terreno) che geomeccanico (spezzoni di carote litoidi).

La natura eterogenea dei materiali non ha consentito, al pari delle precedenti indagini eseguite in sito, la realizzazione di campioni indisturbati o semidisturbati.

Per il compimento delle prove di laboratorio previste dal piano indagini. CESI si è avvalsa della collaborazione della società ISMGEO s.r.l., stante il contratto quadro in essere.

Il rapporto completo delle prove eseguite, comprensivo dei certificati di prova è riportato integralmente in allegato A.

ALLEGATO A

ISMGEO S.R.L.

DIGA DI LEVANE (AR)
PROVE GEOMECCANICHE DI LABORATORIO

PROG. L001;DOC. RAT 014/2020



Via Pastrengo, 9 – 24068 Seriate (Bg)
Tel: 035 303120
E-mail: ismgeo@ismgeo.it
Internet: www.ismgeo.it

Istituto
Sperimentale
Modelli
GEOtecnici

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

DIGA DI LEVANE (AR)

PROVE GEOMECCANICHE DI LABORATORIO

Prog. L001;Doc. RAT 014/2020

PAD C0007869 (2757738) - USO RISERVATO

Redatto da:	Giuseppe Angeloni 	19/05/2020
Rivisto e Approvato da:	Andrea Saccenti 	

LISTA DI DISTRIBUZIONE

Nominativo	Riferimento
Committente: CESI S.P.A.	

STORIA DELLE MODIFICHE

Data	Versione	Descrizione cambiamenti	Riferimento
Maggio 2020	00	Prima versione	

Documenti in ingresso

[1] Ordine quadro CESI

INDICE

1.	PREMESSA.....	4
2.	ATTIVITA' ESEGUITE.....	4
2.1.	Generalità.....	4
2.2.	Campioni disponibili e programma di prova.....	4
2.3.	Modalità di esecuzione delle prove.....	4
2.3.1.	Descrizione macroscopica dei provini di roccia.....	4
2.3.2.	Determinazione del peso di volume apparente.....	5
2.3.3.	Determinazione del peso di volume reale.....	5
2.3.4.	Determinazione della velocità delle onde elastiche longitudinali (V_p).....	5
2.3.5.	Prova di compressione monoassiale con misura delle deformazioni assiali e radiali (UXDC).....	5
2.3.6.	Determinazione dei Limiti di liquidità e di plasticità (LLP).....	6
2.3.7.	Analisi Granulometrica (Gr).....	6

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

Allegato A – Fotografie dei campioni e descrizione

Allegato B – Certificati delle prove eseguite sulla roccia di fondazione della diga

Allegato C – Analisi mineralogiche

1. PREMESSA

L'ISM GEO S.r.l. di Seriate ha eseguito, su incarico di CESI S.P.A., una serie di indagini di laboratorio finalizzate alla caratterizzazione di alcuni campioni prelevati presso la DIGA DI LEVANE (AR).

Il presente Rapporto Tecnico Finale descrive il programma di prova adottato e presenta i certificati relativi alle prove eseguite.

2. ATTIVITA' ESEGUITE

2.1. Generalità

Le prove di laboratorio sono state eseguite con riferimento alle procedure tecniche interne, redatte sulla base delle norme ASTM, ISRM e UNI, tenendo conto degli sviluppi dello stato dell'arte.

Ogni prova di laboratorio è stata identificata con i seguenti termini:

- Committente: CESI S.P.A.
- Cantiere: DIGA DI LEVANE
- Sondaggio: Codice di identificazione del sondaggio
- Campione: Codice di identificazione del campione
- Profondità: Profondità di prelievo del campione
- Prova: Sigla identificativa della prova.

2.2. Campioni disponibili e programma di prova

Le prove hanno interessato campioni appartenenti a 2 sondaggi.

Sulla base del programma di prova, redatto a cura della Committente, sono state eseguite le seguenti attività:

- preparazioni di provini cilindrici mediante operazioni di taglio e rettifica;
- fotografia e descrizione dei provini;
- determinazioni del peso di volume apparente e reale (γ);
- misura della velocità delle onde elastiche longitudinali (V_p);
- prove di compressione monoassiale con misura delle deformazioni assiali e radiali (UXDC);
- analisi mineralogiche.
- analisi granulometrica
- limiti di Atterberg

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

2.3. Modalità di esecuzione delle prove

2.3.1. Descrizione macroscopica dei provini di roccia

I provini di roccia sottoposti a prove di laboratorio sono oggetto di una sintetica descrizione macroscopica nella quale vengono evidenziati i seguenti principali aspetti composizionali e tessiturali:

- natura litologica (classificazione della roccia, colore, individuazione di eventuali porzioni a differente composizione mineralogica ecc.);
- caratteristiche tessiturali (grana dei costituenti mineralogici, andamento delle superfici di laminazione sedimentaria o di scistosità ecc.);
- caratteristiche strutturali (grado di compattezza, orientazione, lunghezza ed apertura di eventuali discontinuità, presenza di cavità e natura dell'eventuale riempimento ecc.).

Le descrizioni dei campioni di roccia, con la relativa documentazione fotografica, sono presentati in Allegato A.

2.3.2. Determinazione del peso di volume apparente

La determinazione del peso di volume apparente è stata effettuata mediante la misurazione della massa e delle dimensioni dei provini di forma regolare predisposti per l'esecuzione delle prove meccaniche o preparati appositamente.

I risultati delle prove sono presentati nella "TABELLA RIASSUNTIVA CARATTERISTICHE FISICO – MECCANICHE" riportata in Allegato B.

2.3.3. Determinazione del peso di volume reale

Il peso di volume reale è stato calcolato con il metodo dei picnometri tarati, utilizzando una quantità opportuna di materiale essiccato in forno e successivamente disgregato in mortaio. Per ogni prova sono state eseguite due determinazioni indipendenti e il valore fornito è la media di queste.

I risultati delle prove sono presentati nella "TABELLA RIASSUNTIVA CARATTERISTICHE FISICO – MECCANICHE" riportata in Allegato B.

2.3.4. Determinazione della velocità delle onde elastiche longitudinali (V_p)

La velocità di propagazione delle onde elastiche longitudinali di compressione (V_p) viene determinata come rapporto tra le dimensioni assiali del campione ed il tempo di primo arrivo delle onde elastiche. Quest'ultimo è misurato mediante un'apparecchiatura costituita da:

- un generatore di impulsi;
- due trasduttori di ceramica piezoelettrica applicati alle teste del campione per la trasmissione e la ricezione del segnale;
- un amplificatore collegato ad un oscilloscopio digitale;
- un misuratore di intervalli di tempo ad alta risoluzione.

I risultati delle prove sono presentati nella "TABELLA RIASSUNTIVA CARATTERISTICHE FISICO – MECCANICHE" riportata in Allegato B.

2.3.5. Prova di compressione monoassiale con misura delle deformazioni assiali e radiali (UXDC)

Le prove di compressione monoassiale e triassiale su provini di roccia o calcestruzzo sono eseguite utilizzando una pressa avente le seguenti caratteristiche:

- Telaio di contrasto in acciaio ad alta rigidezza;
- Attuatore oleodinamico a doppio effetto per l'applicazione del carico assiale, alimentato da una centralina oleodinamica e servocontrollato da un sistema automatico per il controllo della deformazione e del carico;
- Centralina oleodinamica provvista di sistema automatico di servocontrollo per l'applicazione della pressione in cella;
- Cella di prova in cui alloggiare i provini.

Per la misura del carico applicato e delle deformazioni assiali e radiali del campione sono stati impiegati:

- trasduttori di spostamento aventi fondo scala di 10 mm, classe di accuratezza migliore di 0.3% f.s.;
- cella di carico avente fondo scala 100 ton, accuratezza migliore di 0.1% f.s.;
- condizionatori di segnale aventi classe di accuratezza migliore di 0.1% del valore di uscita;

La prova è eseguita su provini cilindrici aventi rapporti di snellezza (L/D), quando possibile, prossimi 2. Dopo la preparazione mediante taglio e successiva rettifica delle estremità, il provino è stato posizionato all'interno della cella di prova ed isolato mediante l'applicazione di una membrana in lattice rinforzato e degli anelli per la tenuta. La cella è stata successivamente riempita d'olio. Due trasduttori di spostamento, collegati ad appositi rilevatori, hanno consentito la misura delle deformazioni assiali e radiali del provino. Dopo l'applicazione della pressione di confinamento, quando richiesto, si è iniziata la fase di rottura a deformazione controllata, in modo tale da ottenere la rottura in un tempo pari a 10 – 30 minuti. La rottura è stata protratta sino alla definizione della resistenza residua del provino.

I risultati delle prove sono presentati nel certificato “PROVA DI COMPRESSIONE MONOASSIALE - TRIASSIALE IN CONTROLLO DI DEFORMAZIONE”, costituito da 1 foglio e riportato in Allegato B.

2.3.6. Determinazione dei Limiti di liquidità e di plasticità (LLP).

Per la definizione del limite di liquidità è stato impiegato il Cucchiario 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 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”

2.3.7. 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.

Sondaggio	Campione	Materiale	Profondità		Prove Eseguite						
			da m	a m	Foto Descr.	MVA Vp	MVR	UXDc	Mineral Petrog	Gr	LLP
SS1	1	roccia	14.70	15.00	1	1	1	1	1		
	2	roccia	20.70	21.00	1	1	1	1			
	3	roccia	25.00	25.20	1	1	1	1			
	4	roccia	34.30	34.50	1	1	1	1			
	5	roccia	37.70	38.00	1	1	1	1			
	CR1	terra	3.70	4.00						1	1
	CR2	terra	6.70	7.00						1	1
SS2	1	roccia	12.00	12.40	1	1	1	1			
	2	terra	13.00	13.30	1						
	3	roccia	18.30	18.70	1	1	1	1	1		
	4	roccia	22.21	22.60	1	1	1	1			
	5	roccia	24.20	24.90	1	1	1	1	1		
	CR1	terra	4.00	4.30						1	1
	CR2	terra	5.70	5.90						1	1
Totale					10	9	9	9	3	4	4

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

Allegato A

Fotografie e descrizione dei campioni

Rev	data emiss.	eseguito da	elaborato da
0	27/01/2020	Ranzini	Sirtoli

Committente:	CESI S.p.A.
Cantiere:	DIGA DI LEVANE
Sondaggio:	SS1
Campione:	C1
Profondità prelievo [m]:	14.70 – 15.00
Data prova:	14/01/2020



DESCRIZIONE MACROSCOPICA: Roccia sedimentaria a grana fine e medio fine di colore grigio verdastro scuro con debole reazione all'HCl (Siltite arenacea). Tessitura mista clastico-particellare, struttura caratterizzata da rare discontinuità debolmente ondulate inclinate di circa 45°.

Rev	data emiss.	eseguito da	elaborato da
0	27/01/2020	Ranzini	Sirtoli

Committente:	CESI S.p.A.
Cantiere:	DIGA DI LEVANE
Sondaggio:	SS1
Campione:	C2
Profondità prelievo [m]:	20.70 – 21.00
Data prova:	14/01/2020



DESCRIZIONE MACROSCOPICA: Roccia sedimentaria a grana fine e medio fine di colore grigio scuro con debole reazione all'HCl (Siltite arenacea). Tessitura mista clastico-particellare, struttura caratterizzata da stratificazione poco visibile inclinata di circa 30°.

Rev	data emiss.	eseguito da	elaborato da
0	27/01/2020	Ranzini	Sirtoli

Committente:	CESI S.p.A.
Cantiere:	DIGA DI LEVANE
Sondaggio:	SS1
Campione:	C3
Profondità prelievo [m]:	25.00 – 25.20
Data prova:	14/01/2020



DESCRIZIONE MACROSCOPICA: Roccia sedimentaria a grana fine e medio fine di colore grigio scuro con discreta reazione all'HCl (Siltite arenacea). Tessitura mista clastico-particellare, struttura caratterizzata da stratificazione poco visibile inclinata di circa 30° con lineazioni grigio chiaro. Presenza al bottom del campione di un livello arenaceo caratterizzato da stratificazione ondulata.

Rev	data emiss.	eseguito da	elaborato da
0	27/01/2020	Ranzini	Sirtoli

Committente:	CESI S.p.A.
Cantiere:	DIGA DI LEVANE
Sondaggio:	SS1
Campione:	C4
Profondità prelievo [m]:	34.30 – 34.50
Data prova:	15/01/2020



DESCRIZIONE MACROSCOPICA: Roccia sedimentaria a grana medio fine di colore grigio e priva di reazione all'HCl (Arenaria). Tessitura clastico particellare con struttura compatta ed omogenea.

Rev	data emiss.	eseguito da	elaborato da
0	27/01/2020	Ranzini	Sirtoli

Committente:	CESI S.p.A.
Cantiere:	DIGA DI LEVANE
Sondaggio:	SS1
Campione:	C5
Profondità prelievo [m]:	37.70 – 38.00
Data prova:	15/01/2020



DESCRIZIONE MACROSCOPICA: Roccia sedimentaria a grana medio fine di colore grigio e grigio giallastro con discreta reazione all'HCl (Siltite arenacea). Tessitura mista clastico particellare, struttura caratterizzata da stratificazione con livelli da irregolari a ondulati, fino a localmente convoluti.

Rev	data emiss.	eseguito da	elaborato da
0	27/01/2020	Ranzini	Sirtoli

Committente:	CESI S.p.A.
Cantiere:	DIGA DI LEVANE
Sondaggio:	SS2
Campione:	C1
Profondità prelievo [m]:	12.00 – 12.40
Data prova:	15/01/2020



DESCRIZIONE MACROSCOPICA: Roccia sedimentaria a grana medio grossolana di colore grigio giallastro con scarsa reazione all'HCl (Arenaria). Tessitura mista clastico particellare, struttura complessivamente omogenea con rare discontinuità subverticale verso il top del campione con riempimento calcitico biancastro.

Rev	data emiss.	eseguito da	elaborato da
0	27/01/2020	Ranzini	Sirtoli

Committente:	CESI S.p.A.
Cantiere:	DIGA DI LEVANE
Sondaggio:	SS2
Campione:	C2
Profondità prelievo [m]:	13.00 – 13.30
Data prova:	15/01/2020



DESCRIZIONE MACROSCOPICA: Roccia fortemente cataclasata e milonitizzata di colore grigio verdastro.

Rev	data emiss.	eseguito da	elaborato da
0	27/01/2020	Ranzini	Sirtoli

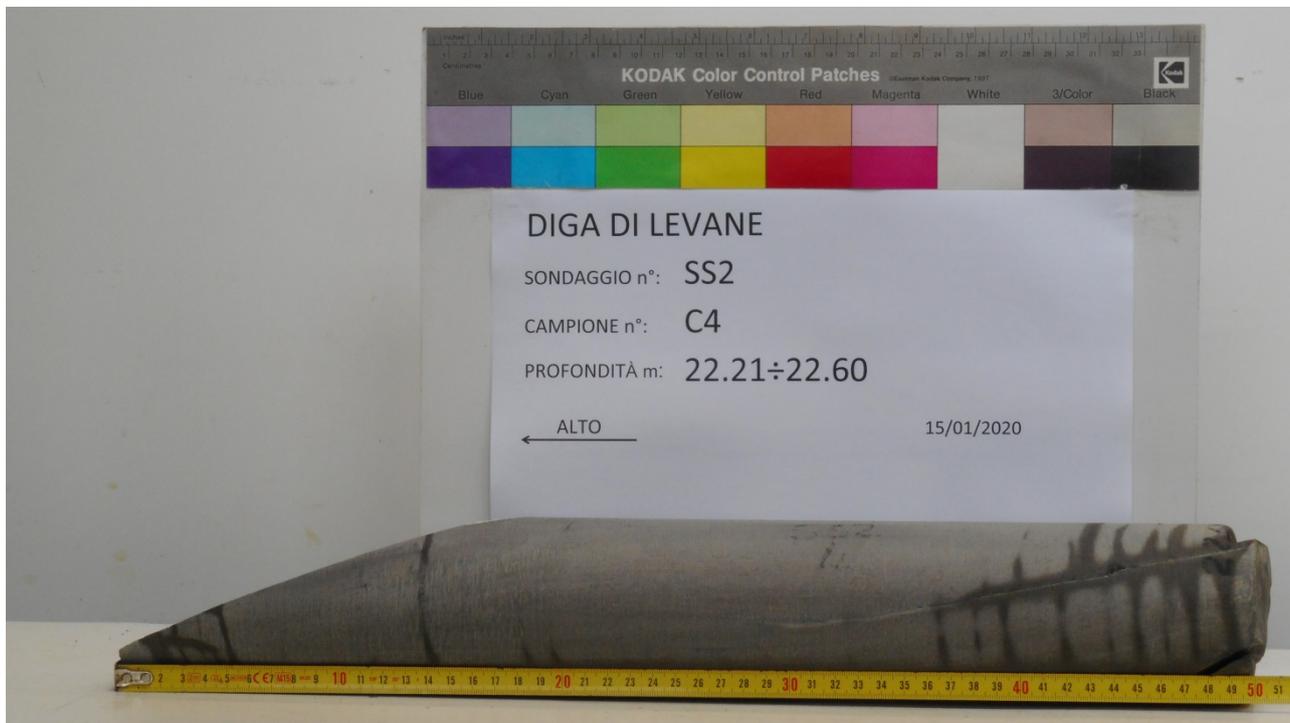
Committente:	CESI S.p.A.
Cantiere:	DIGA DI LEVANE
Sondaggio:	SS2
Campione:	C3
Profondità prelievo [m]:	18.30 – 18.70
Data prova:	14/01/2020



DESCRIZIONE MACROSCOPICA: Roccia sedimentaria a grana medio fine di colore grigio con discreta reazione all'HCl (Arenaria). Tessitura clastico particellare, struttura complessivamente omogenea caratterizzata da qualche nodulo centimetrico irregolare di colore grigio scuro-nerastro a grana fine.

Rev	data emiss.	eseguito da	elaborato da
0	27/01/2020	Ranzini	Sirtoli

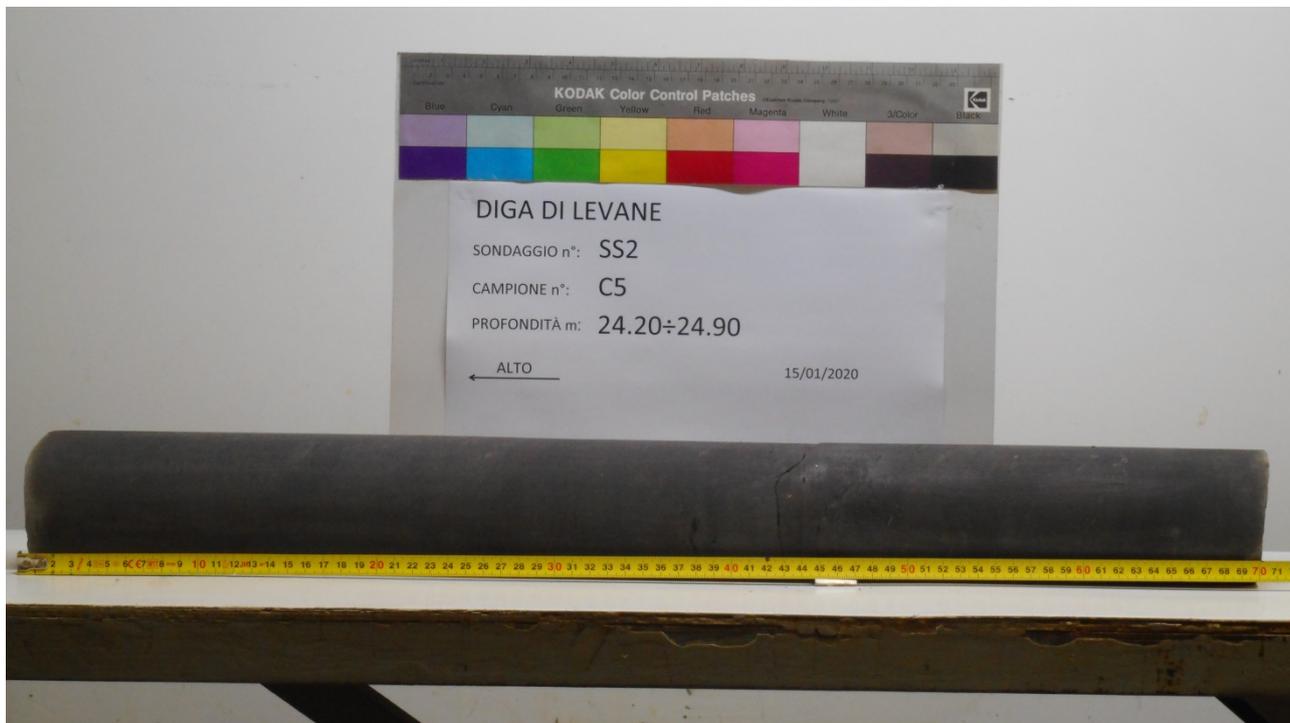
Committente:	CESI S.p.A.
Cantiere:	DIGA DI LEVANE
Sondaggio:	SS2
Campione:	C4
Profondità prelievo [m]:	22.21 – 22.60
Data prova:	15/01/2020



DESCRIZIONE MACROSCOPICA: Roccia sedimentaria a grana fine di colore grigio scuro con buona reazione all'HCl (Siltite). Tessitura mista clastico particellare, struttura caratterizzata da debolissima stratificazione planare e parallela suborizzontale o debolmente inclinata di circa 30°. Presenza di discontinuità subverticali planari chiuse e debolmente ossidate.

Rev	data emiss.	eseguito da	elaborato da
0	27/01/2020	Ranzini	Sirtoli

Committente:	CESI S.p.A.
Cantiere:	DIGA DI LEVANE
Sondaggio:	SS2
Campione:	C5
Profondità prelievo [m]:	24.20 – 24.90
Data prova:	15/01/2020



DESCRIZIONE MACROSCOPICA: Roccia sedimentaria a grana fine di colore grigio scuro con discreta reazione all'HCl (Siltite). Tessitura mista clastico particellare, struttura caratterizzata da debolissima stratificazione planare parallela inclinata da 30° a 45°.

Allegato B

Certificati delle prove eseguite



DESCRIZIONE CAMPIONE RIMANEGGIATO E CARATTERISTICHE GENERALI

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

rev.	data emiss.	sperimentatore	direttore
0	23/03/2020	Angeloni	Saccenti

N° verbale di accettazione: 098/2019

N° certificato di prova:

Committente:	CESI S.p.A.
Cantiere:	DIGA DI LEVANE
Sondaggio:	SS1
Campione:	CR1
Profondità prelievo [m]:	3.70 - 4.00
Prova:	Dc
Data fine descrizione:	23/03/2020

Dati Generali del Campione

Tipo contenitore: Sacchetto PVC
Forma campione: -
Dimensioni Campione: $\Phi =$ - cm L= - cm
Classe del terreno: 1

Descrizione

(Normativa di riferimento: AGI 1977)

Ghiaia sabbiosa limosa debolmente argillosa con rari ciottoli

Risultati caratteristiche generali

Prova	Risultato della prova	Normativa di riferimento	N° certificato di prova
-	-	-	
-	-	-	
-	-	-	
-	-	-	
-	-	-	
-	-	-	
-	-	-	
-	-	-	
-	-	-	
-	-	-	
Gr 1	-	ASTM D422/90	

Note:

-

rev.	data emiss.	sperimentatore	direttore
0	23/03/2020	Angeloni	Saccenti

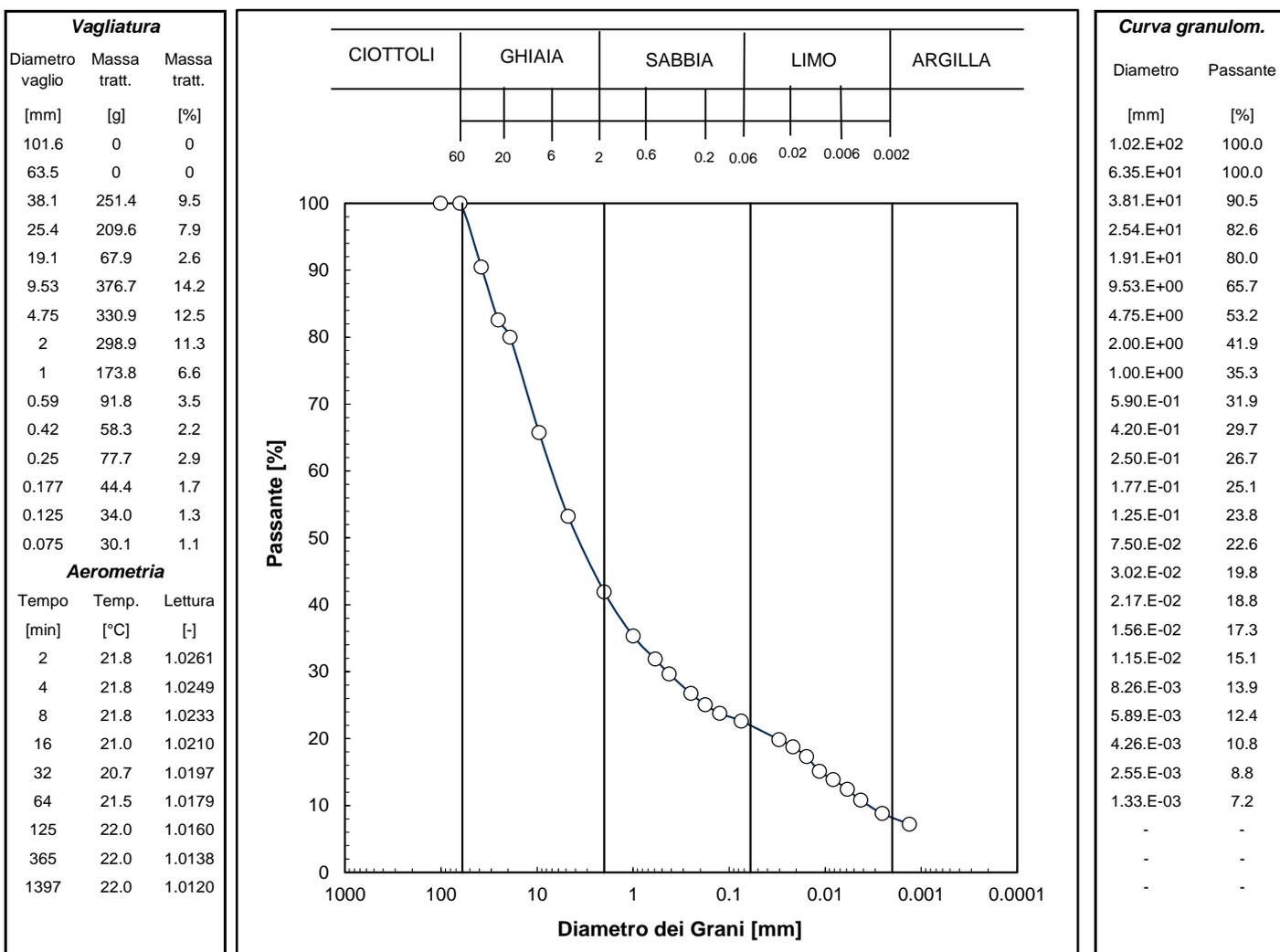
Normativa di riferimento: ASTM D422

Classificazione di riferimento: AGI 1977

N° certificato di prova:

N° verbale di accettazione: 098/2019

Committente:	CESI S.p.A.
Cantiere:	DIGA DI LEVANE
Sondaggio:	SS1
Campione:	CR1
Profondità prelievo [m]:	3.7 - 4
Prova:	Gr 1
Data prova:	21/02/2020



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 ₆₀ [mm]	D ₅₀ [mm]
		da m	a m												
Gr 1	x	3.70	4.00	2643.8	VIA UMIDA	23	1	57	20	14	8	40	-	6.9.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: Diaby
Direttore: Saccenti
Data emissione: 30/04/2020
Rev.

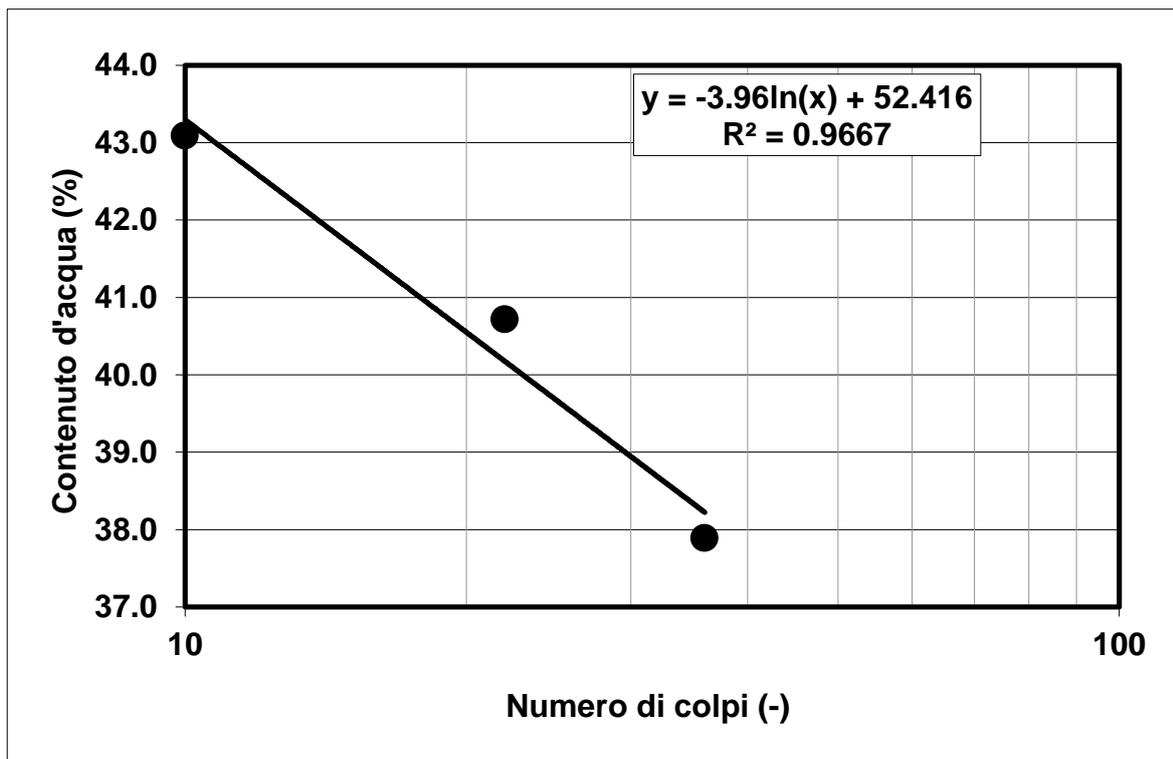
Normativa di riferimento: ASTM D4318
N° certificato di prova:
N° verbale di accettazione: 098/2019

Committente: CESI S.P.A.
Cantiere: DIGA DI LEVANE
Sondaggio: SS1
Campione: CR1
Profondità prova [m]: 3.70 - 4.00
Prova: LLP1
Data prova: 03/02/2020

Limite Liquido			
	prova 1	prova 2	prova 3
numero colpi	36	22	10
massa tara (g)	22.24	22.24	22.26
massa umido + tara (g)	80.25	75.60	74.53
massa secco + tara (g)	64.31	60.16	58.79
umidità (%)	37.89	40.72	43.09

Limite Plastico		
massa tara (g)	2.14	2.17
massa umido + tara (g)	20.53	21.11
massa secco + tara (g)	17.19	17.67
umidità (%)	22.19	22.19

LL (%)	39.7
LP (%)	22.2
IP (%)	17.5



Note:



DESCRIZIONE CAMPIONE RIMANEGGIATO E CARATTERISTICHE GENERALI

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

rev.	data emiss.	sperimentatore	direttore
0	23/03/2020	Angeloni	Saccenti

N° verbale di accettazione: 098/2019

N° certificato di prova:

Committente:	CESI S.p.A.
Cantiere:	DIGA DI LEVANE
Sondaggio:	SS1
Campione:	CR2
Profondità prelievo [m]:	6.70 - 7.00
Prova:	Dc
Data fine descrizione:	23/03/2020

Dati Generali del Campione

Tipo contenitore: Sacchetto PVC
Forma campione: -
Dimensioni Campione: $\Phi =$ - cm L= - cm
Classe del terreno: 1

Descrizione

(Normativa di riferimento: AGI 1977)

Ghiaia sabbiosa limosa debolmente argillosa

Risultati caratteristiche generali

Prova	Risultato della prova	Normativa di riferimento	N° certificato di prova
-	-	-	
-	-	-	
-	-	-	
-	-	-	
-	-	-	
-	-	-	
-	-	-	
-	-	-	
-	-	-	
-	-	-	
Gr 1	-	ASTM D422/90	

Note:

-

rev.	data emiss.	sperimentatore	direttore
0	23/03/2020	Angeloni	Saccenti

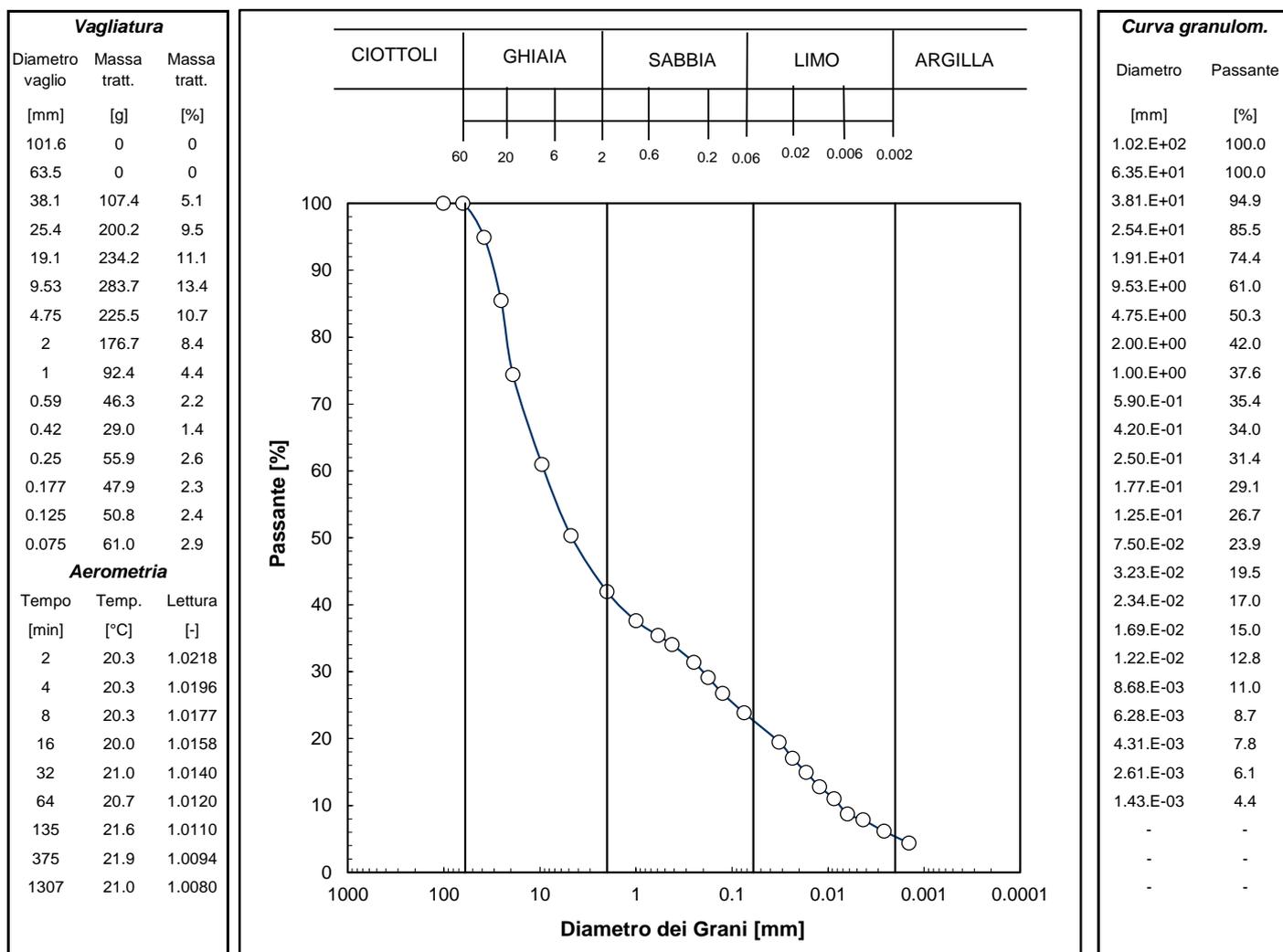
Normativa di riferimento: ASTM D422

Classificazione di riferimento: AGI 1977

N° certificato di prova:

N° verbale di accettazione: 098/2019

Committente:	CESI S.p.A.
Cantiere:	DIGA DI LEVANE
Sondaggio:	SS1
Campione:	CR2
Profondità prelievo [m]:	6.7 - 7
Prova:	Gr 1
Data prova:	21/02/2020



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 ₆₀ [mm]	D ₅₀ [mm]
		da m	a m												
Gr 1	x	6.70	7.00	2115.7	VIA UMIDA	24	1	57	19	17	5	34	-	8.9.E+00	4.6.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: Diaby
Direttore: Saccenti
Data emissione: 30/04/2020
Rev.

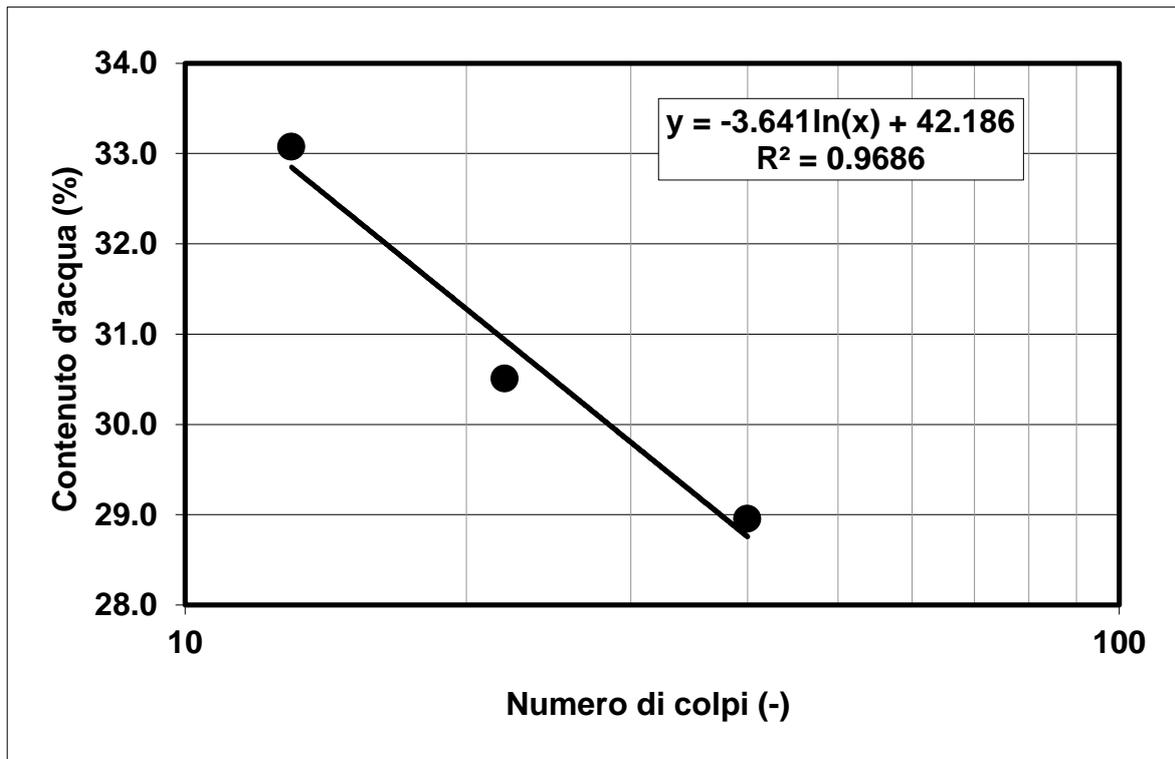
Normativa di riferimento: ASTM D4318
N° certificato di prova:
N° verbale di accettazione: 098/2019

Committente: CESI S.P.A.
Cantiere: DIGA DI LEVANE
Sondaggio: SS1
Campione: CR2
Profondità prova [m]: 6.70 - 7.00
Prova: LLP1
Data prova: 03/02/2020

Limite Liquido			
	prova 1	prova 2	prova 3
numero colpi	22	13	40
massa tara (g)	22.52	22.63	22.14
massa umido + tara (g)	80.40	82.50	80.26
massa secco + tara (g)	66.87	67.62	67.21
umidità (%)	30.51	33.07	28.95

Limite Plastico		
massa tara (g)	22.25	22.05
massa umido + tara (g)	43.79	46.07
massa secco + tara (g)	40.50	42.37
umidità (%)	18.03	18.21

LL (%)	30.5
LP (%)	18.1
IP (%)	12.3



Note:



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

rev.	data	sperimentatore	direttore
0	28/01/2020	Angeloni	Saccenti

N° verbale di accettazione:

098/2019

Committente:	CESI S.p.A.
Cantiere:	DIGA DI LEVANE
Sondaggio:	SS1 - SS2
Data prova:	27/01/2020

provino - campione	profondità da (m)	profondità a (m)	prova eseguita	diámetro medio D (mm)	altezza media H (mm)	peso di volume apparente (kN/m ³)	peso di volume reale (kN/m ³)	velocità onde p (m/s)	resistenza di picco (MPa)	pressione di contenimento (MPa)	modulo tangente al 50% σ (MPa)	Indice Point Load (MPa) $I_s(50)$	resistenza alla trazione brasiliana (MPa)	porosità (%)
C1	14.78	14.94	UXDC1	78.40	156.94	25.38	26.79	2660	20.6		4900			5.3
C1	14.94	14.97	MIN											
C2	20.82	20.98	UXDC1	77.71	157.33	25.96	26.88	3278	45.6		11460			3.4
C3	25.03	25.19	UXDC1	77.60	154.94	25.52	27.10	1867	23.4		2310			5.8
C4	34.33	34.49	UXDC1	78.35	159.65	23.84	26.41	3801	40.8		8160			9.7
C5	37.83	37.99	UXDC1	78.64	154.60	25.78	26.76	1933	28.3		5520			3.7
C1	12.22	12.38	UXDC1	78.37	158.42	24.71	26.56	2400	24.3		3670			7.0
C3	18.48	18.52	MIN											
C3	18.52	18.68	UXDC1	78.25	155.83	25.70	26.66	3246	52.4		9700			3.6
C4	21.28	21.44	UXDC1	78.18	131.59	26.07	26.80	2193	36.4		7130			2.7
C5	24.69	24.73	MIN											
C5	24.73	24.89	UXDC1	78.42	155.68	25.82	26.85	3177	67.1		16710			3.8

Legenda prove:

- PL - Indice Point Load I_{s50} (ASTM D5731/08)
- UXCC - Comp.monoassiale controllo carico (ASTM D7012/10)
- UXDC - Comp. monoassiale controllo deformazione con misura def. (ASTM D7012/10)
- TXDC - Comp.triassiale controllo deformazione con misura def. (ASTM D7012/10)
- TDGN - Ttaglio diretto su giunto naturale (ASTM D5607/08)
- TIB - Trazione indiretta Brasiliana (ASTM 3967/08)
- MIN - Analisi mineralogica

Note:



PROVA DI COMPRESSIONE MONOASSIALE IN CONTROLLO DI DEFORMAZIONE

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

rev.	data emiss.	sperimentatore	responsabile
0	28/01/2020	Angeloni	Saccenti

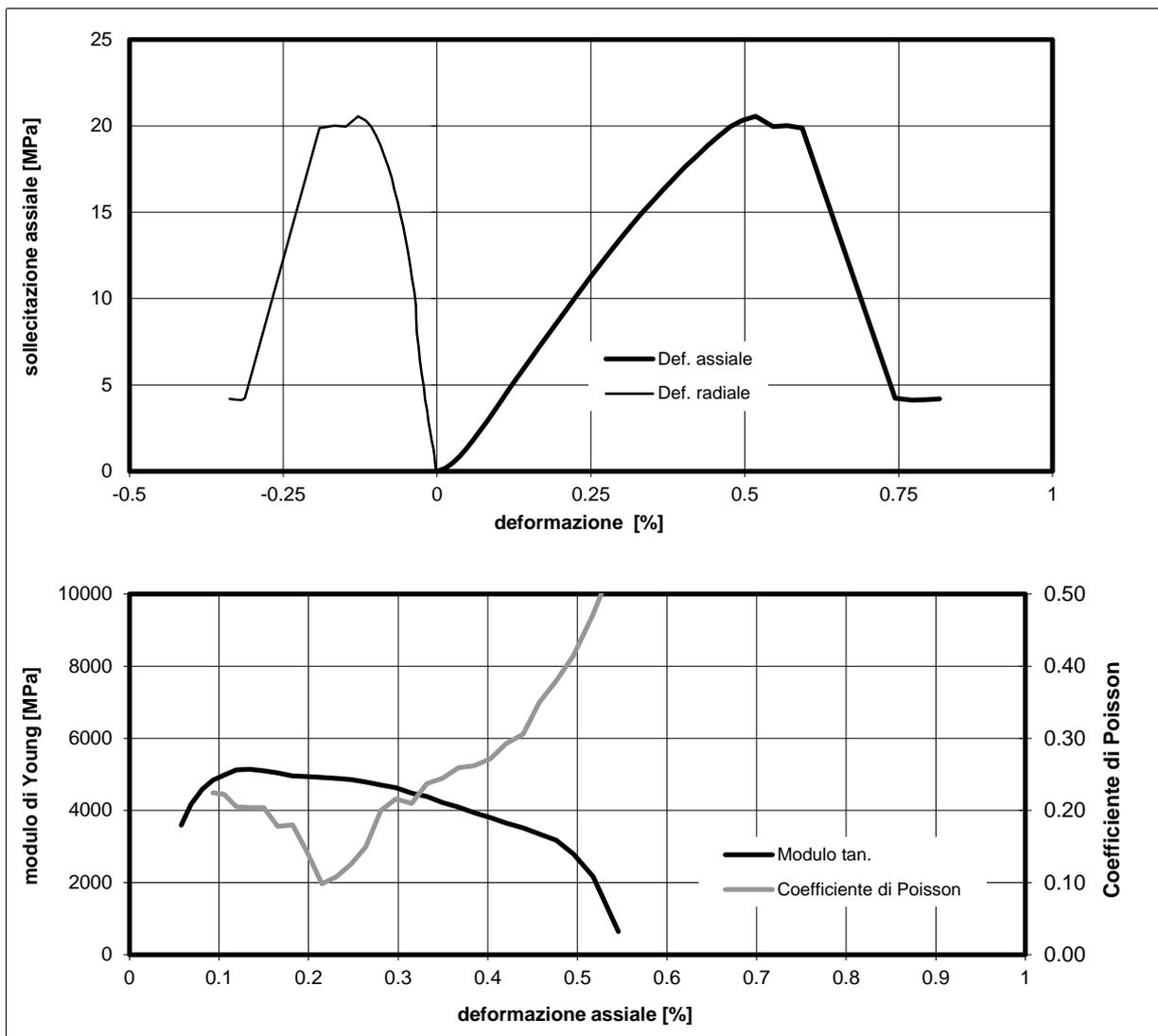
Normativa di riferimento: ASTM D7012/10

N° certificato di prova:

N° verbale di accettazione: 098/2019

Committente:	CESI S.p. A
Cantiere:	DIGA DI LEVANE
Sondaggio:	SS1
Provino:	C1
Profondità prelievo [m]:	14.78 - 14.94
Prova:	UXDC1
Data prova:	27/01/2020

Dati provino			
Altezza (cm):	15.69	Peso di volume (KN/m³):	25.38
Diametro (cm):	7.84	Contenuto d'acqua (%):	-



Risultati prova	Resistenza di picco σ_p [MPa]:	20.6
	Resistenza residua σ_r [MPa]:	-
	Modulo di Young tangente al 50% di σ_p [MPa]:	4900
	Coefficiente di Poisson tangente al 50% di σ_p :	0.11

Note:

rev.	data emiss.	sperimentatore	responsabile
0	28/01/2020	Angeloni	Saccenti

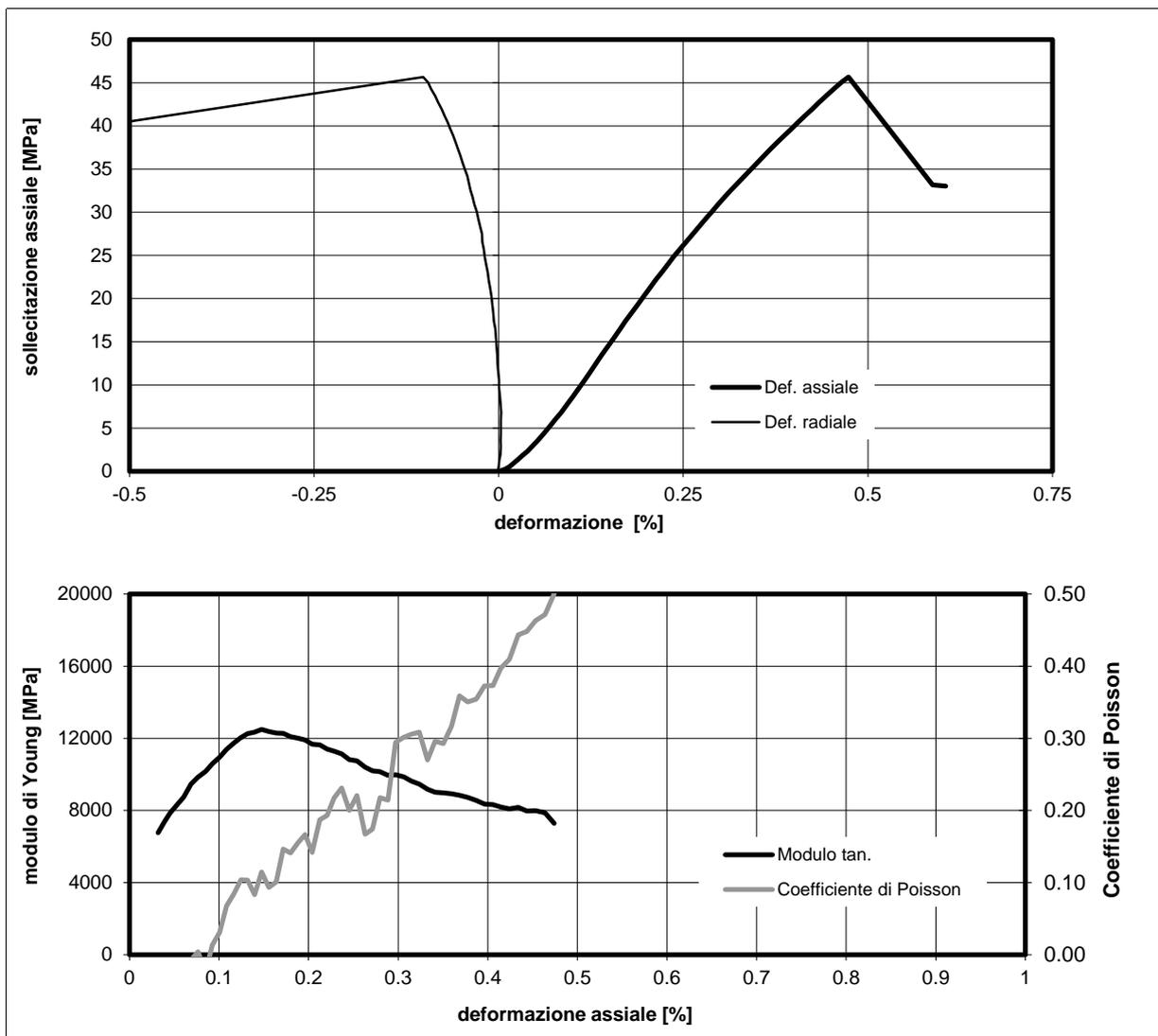
Normativa di riferimento: ASTM D7012/10

N° certificato di prova:

N° verbale di accettazione: 098/2019

Committente:	CESI S.p. A
Cantiere:	DIGA DI LEVANE
Sondaggio:	SS1
Provino:	C2
Profondità prelievo [m]:	20.82 - 20.98
Prova:	UXDC1
Data prova:	27/01/2020

Dati provino			
Altezza (cm):	15.73	Peso di volume (KN/m³):	25.96
Diametro (cm):	7.77	Contenuto d'acqua (%):	-



Risultati prova	Resistenza di picco σ_p [MPa]:	45.6
	Resistenza residua σ_r [MPa]:	-
	Modulo di Young tangente al 50% di σ_p [MPa]:	11460
	Coefficiente di Poisson tangente al 50% di σ_p :	0.19

Note:

rev.	data emiss.	sperimentatore	responsabile
0	28/01/2020	Angeloni	Saccenti

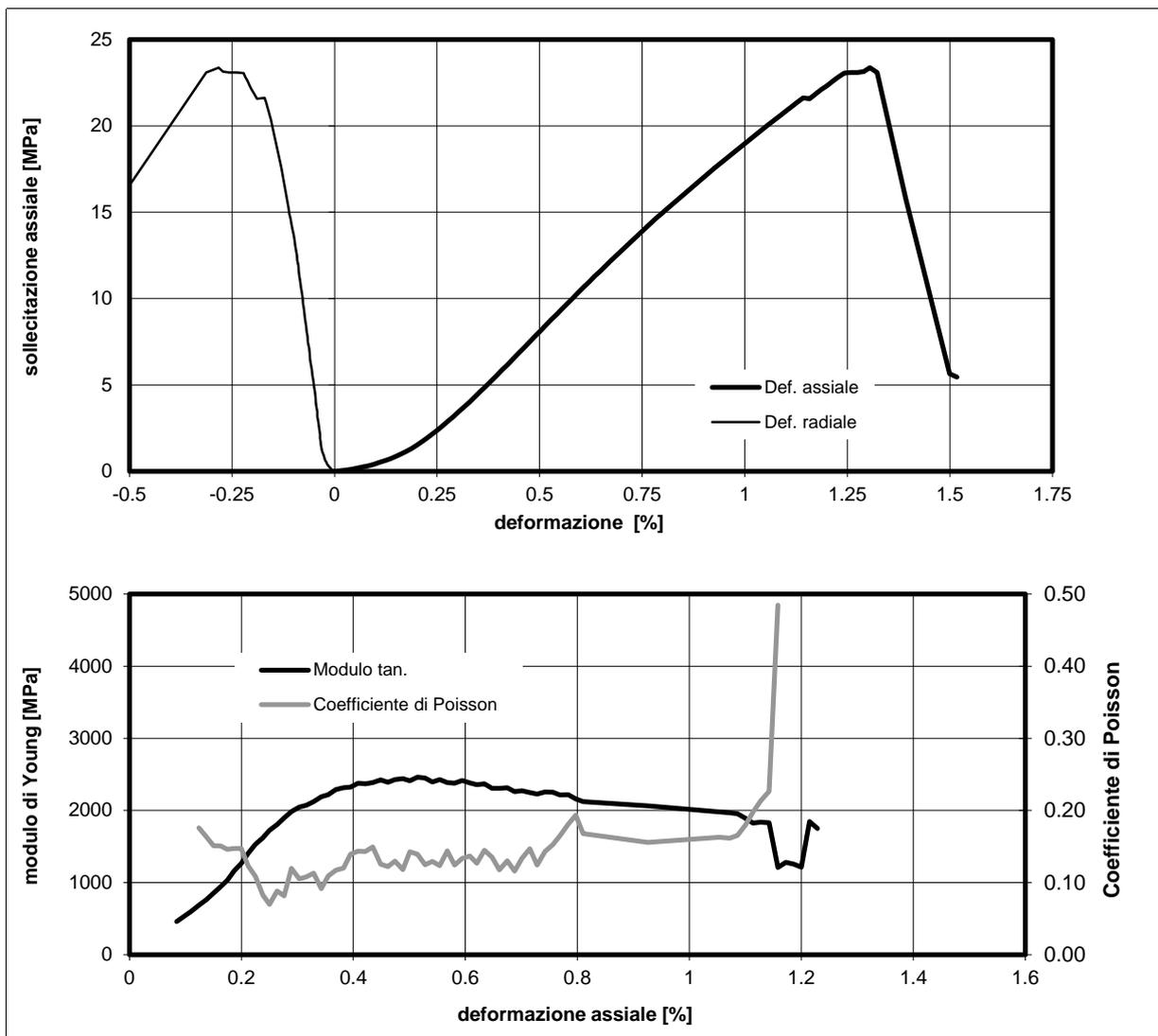
Normativa di riferimento: ASTM D7012/10

N° certificato di prova:

N° verbale di accettazione: 098/2019

Committente:	CESI S.p. A
Cantiere:	DIGA DI LEVANE
Sondaggio:	SS1
Provino:	C3
Profondità prelievo [m]:	25.03 - 25.19
Prova:	UXDC1
Data prova:	27/01/2020

Dati provino			
Altezza (cm):	15.49	Peso di volume (KN/m³):	25.52
Diametro (cm):	7.76	Contenuto d'acqua (%):	-



Risultati prova	Resistenza di picco σ_p [MPa]:	23.4
	Resistenza residua σ_r [MPa]:	-
	Modulo di Young tangente al 50% di σ_p [MPa]:	2310
	Coefficiente di Poisson tangente al 50% di σ_p :	0.12

Note:

rev.	data emiss.	sperimentatore	responsabile
0	28/01/2020	Angeloni	Saccenti

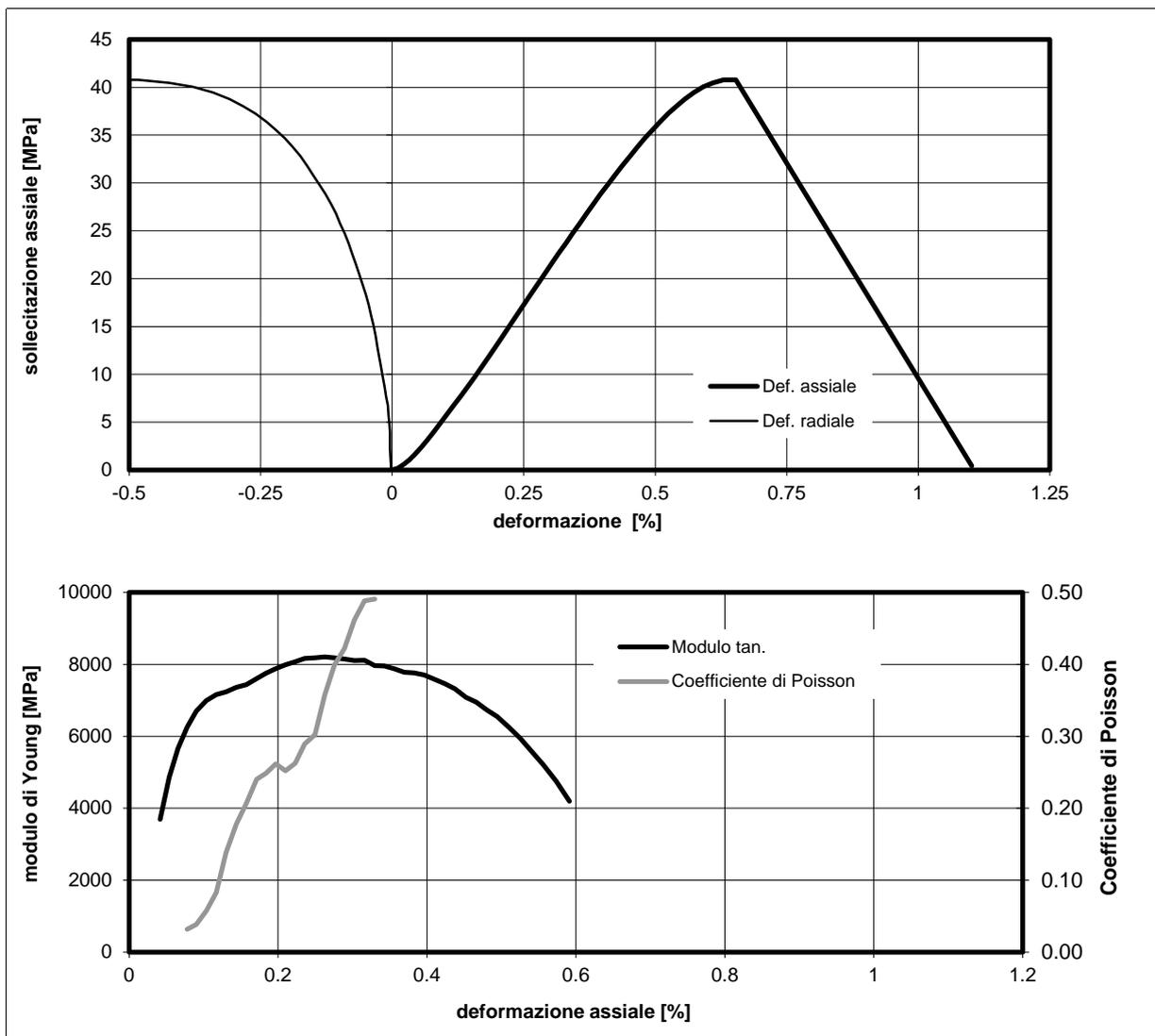
Normativa di riferimento: ASTM D7012/10

N° certificato di prova:

N° verbale di accettazione: 098/2019

Committente:	CESI S.p. A
Cantiere:	DIGA DI LEVANE
Sondaggio:	SS1
Provino:	C4
Profondità prelievo [m]:	34.33 - 34.49
Prova:	UXDC1
Data prova:	27/01/2020

Dati provino			
Altezza (cm):	15.97	Peso di volume (KN/m³):	23.84
Diametro (cm):	7.84	Contenuto d'acqua (%):	-



Risultati prova	Resistenza di picco σ_p [MPa]:	40.8
	Resistenza residua σ_r [MPa]:	-
	Modulo di Young tangente al 50% di σ_p [MPa]:	8160
	Coefficiente di Poisson tangente al 50% di σ_p :	0.42

Note:

rev.	data emiss.	sperimentatore	responsabile
0	28/01/2020	Angeloni	Saccenti

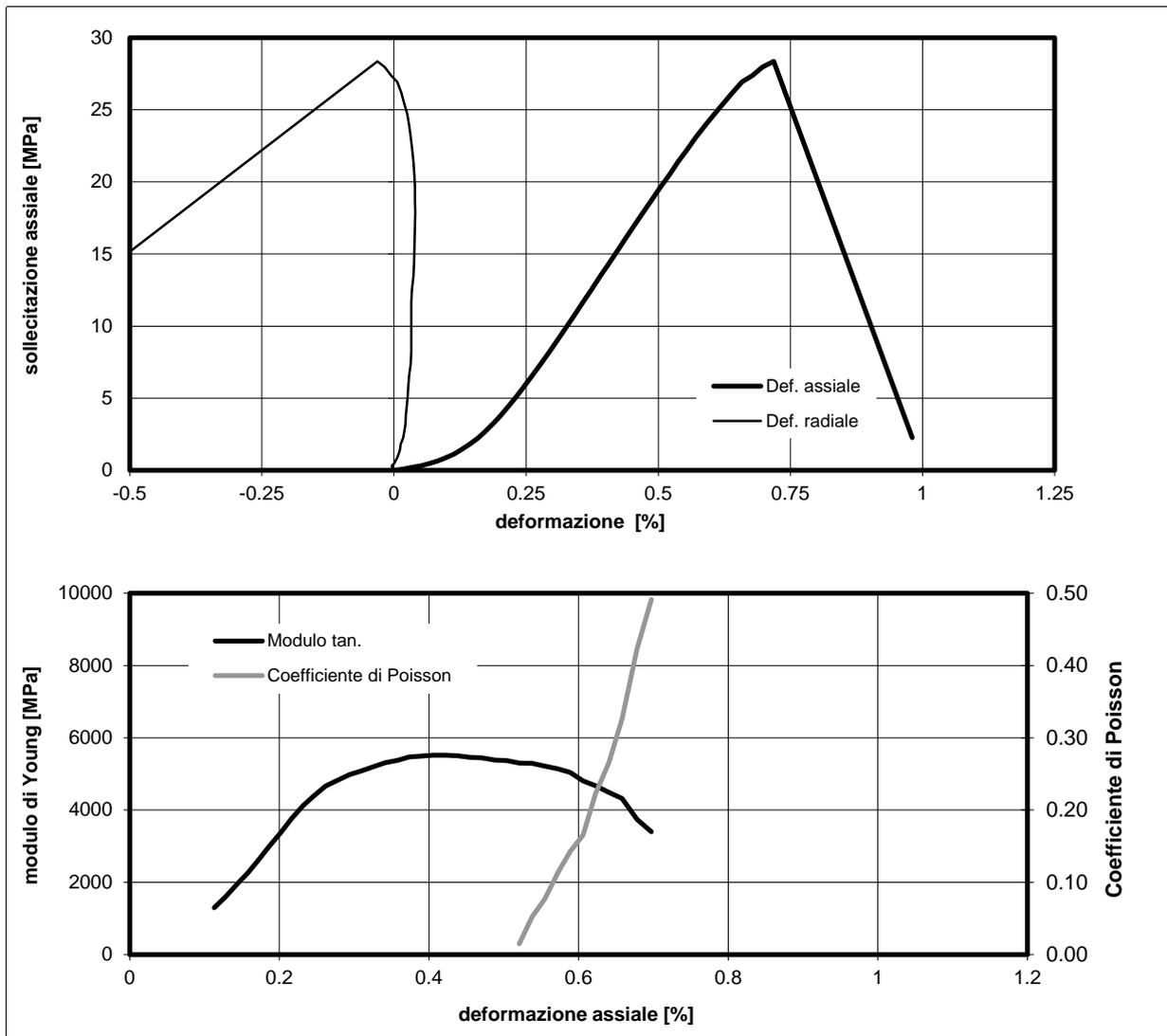
Normativa di riferimento: ASTM D7012/10

N° certificato di prova:

N° verbale di accettazione: 098/2019

Committente:	CESI S.p. A
Cantiere:	DIGA DI LEVANE
Sondaggio:	SS1
Provino:	C5
Profondità prelievo [m]:	37.83 - 37.99
Prova:	UXDC1
Data prova:	27/01/2020

Dati provino			
Altezza (cm):	15.46	Peso di volume (KN/m³):	25.78
Diametro (cm):	7.86	Contenuto d'acqua (%):	-



Risultati prova	Resistenza di picco σ_p [MPa]:	28.3
	Resistenza residua σ_r [MPa]:	-
	Modulo di Young tangente al 50% di σ_p [MPa]:	5520
	Coefficiente di Poisson tangente al 50% di σ_p :	-

Note:



DESCRIZIONE CAMPIONE RIMANEGGIATO E CARATTERISTICHE GENERALI

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

rev.	data emiss.	sperimentatore	direttore
0	23/03/2020	Angeloni	Saccenti

N° verbale di accettazione: 098/2019

N° certificato di prova:

Committente:	CESI S.p.A.
Cantiere:	DIGA DI LEVANE
Sondaggio:	SS2
Campione:	CR1
Profondità prelievo [m]:	4.00 - 4.30
Prova:	Dc
Data fine descrizione:	23/03/2020

Dati Generali del Campione

Tipo contenitore: Sacchetto PVC
Forma campione: -
Dimensioni Campione: $\Phi =$ - cm L= - cm
Classe del terreno: 1

Descrizione

(Normativa di riferimento: AGI 1977)

Ghiaia limosa sabbiosa debolmente argillosa

Risultati caratteristiche generali

Prova	Risultato della prova	Normativa di riferimento	N° certificato di prova
-	-	-	
-	-	-	
-	-	-	
-	-	-	
-	-	-	
-	-	-	
-	-	-	
-	-	-	
-	-	-	
-	-	-	
Gr 1	-	ASTM D422/90	

Note:

-

rev.	data emiss.	sperimentatore	direttore
0	23/03/2020	Angeloni	Saccenti

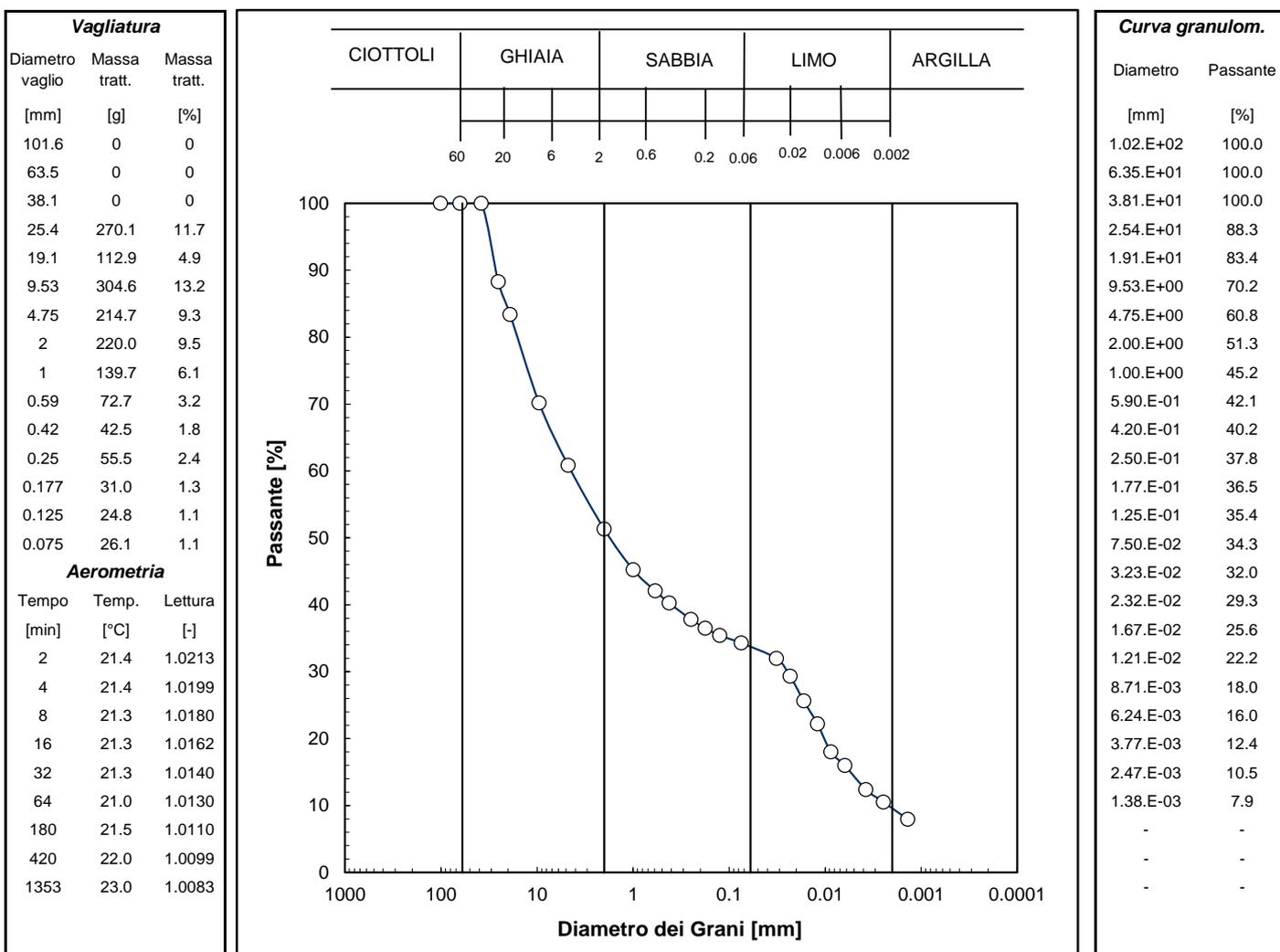
Normativa di riferimento: ASTM D422

Classificazione di riferimento: AGI 1977

N° certificato di prova:

N° verbale di accettazione: 098/2019

Committente:	CESI S.p.A.
Cantiere:	DIGA DI LEVANE
Sondaggio:	SS2
Campione:	CR1
Profondità prelievo [m]:	4 - 4.3
Prova:	Gr 1
Data prova:	21/02/2020





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: Diaby
Direttore: Saccenti
Data emissione: 30/04/2020
Rev.

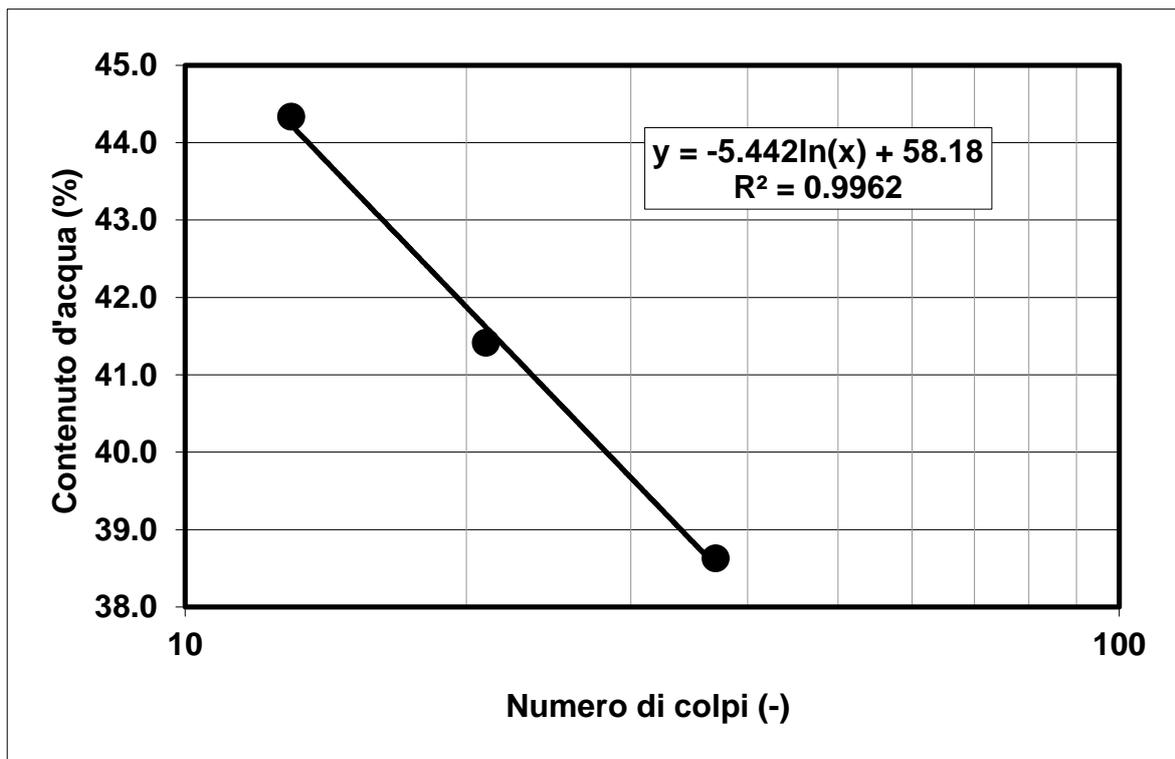
Normativa di riferimento: ASTM D4318
N° certificato di prova:
N° verbale di accettazione: 098/2019

Committente:	CESI S.P.A.
Cantiere:	DIGA DI LEVANE
Sondaggio:	SS2
Campione:	CR1
Profondità prova [m]:	4.00 - 4.30
Prova:	LLP1
Data prova:	03/02/2020

Limite Liquido			
	prova 1	prova 2	prova 3
numero colpi	21	13	37
massa tara (g)	22.15	22.48	22.49
massa umido + tara (g)	78.12	74.44	79.34
massa secco + tara (g)	61.73	58.48	63.50
umidità (%)	41.41	44.33	38.62

Limite Plastico		
massa tara (g)	22.21	22.13
massa umido + tara (g)	42.92	38.76
massa secco + tara (g)	38.99	35.61
umidità (%)	23.42	23.37

LL (%)	40.7
LP (%)	23.4
IP (%)	17.3



Note:



DESCRIZIONE CAMPIONE RIMANEGGIATO E CARATTERISTICHE GENERALI

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

rev.	data emiss.	sperimentatore	direttore
0	23/03/2020	Angeloni	Saccenti

N° verbale di accettazione: 098/2019

N° certificato di prova:

Committente:	CESI S.p.A.
Cantiere:	DIGA DI LEVANE
Sondaggio:	SS2
Campione:	CR2
Profondità prelievo [m]:	5.70 - 5.90
Prova:	Dc
Data fine descrizione:	23/03/2020

Dati Generali del Campione

Tipo contenitore: Sacchetto PVC
Forma campione: -
Dimensioni Campione: $\Phi =$ - cm L= - cm
Classe del terreno: 1

Descrizione

(Normativa di riferimento: AGI 1977)

Ghiaia con sabbia limosa debolmente argillosa

Risultati caratteristiche generali

Prova	Risultato della prova	Normativa di riferimento	N° certificato di prova
-	-	-	
-	-	-	
-	-	-	
-	-	-	
-	-	-	
-	-	-	
-	-	-	
-	-	-	
-	-	-	
-	-	-	
Gr 1	-	ASTM D422/90	

Note:

-

rev.	data emiss.	sperimentatore	direttore
0	23/03/2020	Angeloni	Saccenti

Normativa di riferimento: ASTM D422

Classificazione di riferimento: AGI 1977

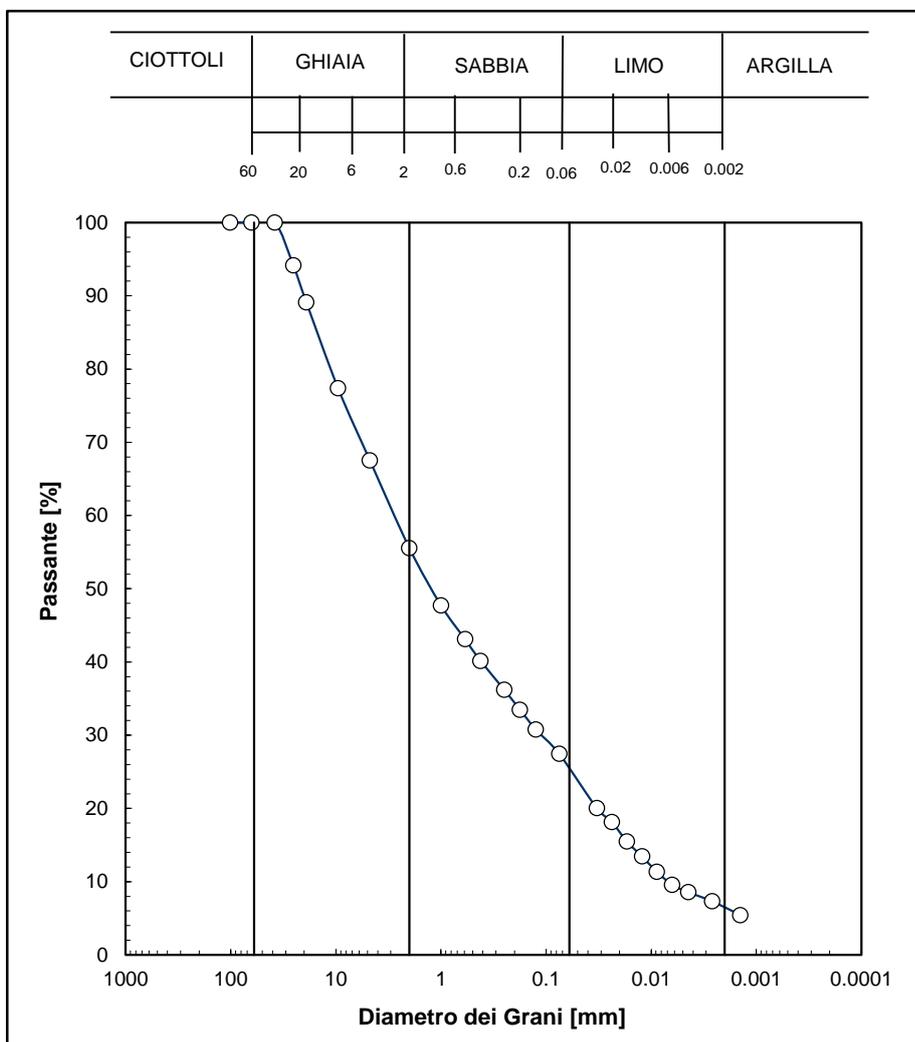
N° certificato di prova:

N° verbale di accettazione: 098/2019

Committente:	CESI S.p.A.
Cantiere:	DIGA DI LEVANE
Sondaggio:	SS2
Campione:	CR2
Profondità prelievo [m]:	5.7 - 5.9
Prova:	Gr 1
Data prova:	21/02/2020

Vagliatura		
Diametro vaglio [mm]	Massa tratt. [g]	Massa tratt. [%]
101.6	0	0
63.5	0	0
38.1	0	0
25.4	129.8	5.9
19.1	111.6	5.0
9.53	260.2	11.7
4.75	218.2	9.8
2	265.3	12.0
1	173.7	7.8
0.59	102.5	4.6
0.42	65.5	3.0
0.25	87.4	3.9
0.177	60.5	2.7
0.125	60.2	2.7
0.075	73.4	3.3

Aerometria		
Tempo [min]	Temp. [°C]	Lettura [-]
2	20.7	1.0203
4	20.7	1.0188
8	20.7	1.0167
16	21.0	1.0150
32	20.7	1.0134
64	20.7	1.0120
130	21.5	1.0110
370	22.0	1.0099
1303	22.0	1.0084



Curva granulom.	
Diametro [mm]	Passante [%]
1.02.E+02	100.0
6.35.E+01	100.0
3.81.E+01	100.0
2.54.E+01	94.1
1.91.E+01	89.1
9.53.E+00	77.4
4.75.E+00	67.5
2.00.E+00	55.6
1.00.E+00	47.7
5.90.E-01	43.1
4.20.E-01	40.1
2.50.E-01	36.2
1.77.E-01	33.5
1.25.E-01	30.8
7.50.E-02	27.4
3.29.E-02	20.0
2.36.E-02	18.1
1.71.E-02	15.5
1.22.E-02	13.4
8.81.E-03	11.3
6.31.E-03	9.6
4.42.E-03	8.6
2.63.E-03	7.3
1.42.E-03	5.4
-	-
-	-
-	-

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 ₆₀ [mm]	D ₅₀ [mm]
		da m	a m												
Gr 1	x	5.70	5.90	2216.8	VIA UMIDA	27	-	44	30	19	6	35	-	2.8.E+00	1.2.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: Diaby
Direttore: Saccenti
Data emissione: 30/04/2020
Rev.

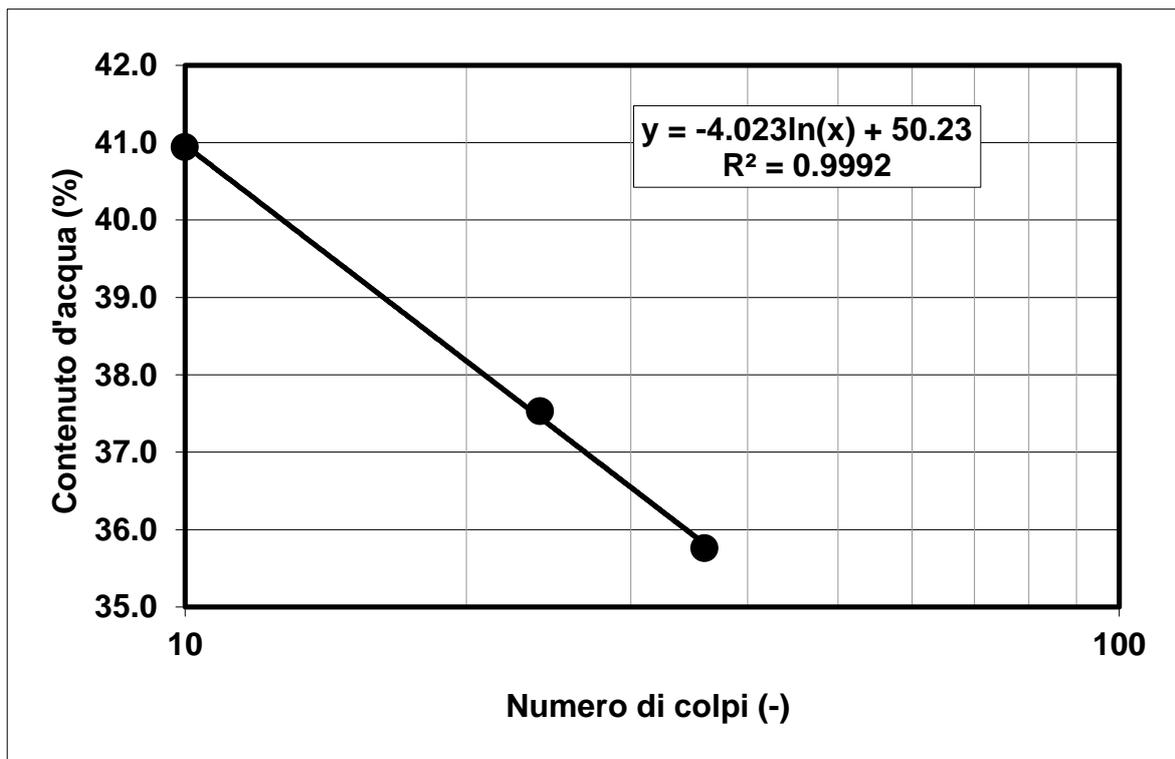
Normativa di riferimento: ASTM D4318
N° certificato di prova:
N° verbale di accettazione: 098/2019

Committente:	CESI S.P.A.
Cantiere:	DIGA DI LEVANE
Sondaggio:	SS2
Campione:	CR2
Profondità prova [m]:	5.70 - 5.90
Prova:	LLP1
Data prova:	03/02/2020

Limite Liquido			
	prova 1	prova 2	prova 3
numero colpi	36	24	10
massa tara (g)	22.66	22.31	22.76
massa umido + tara (g)	66.70	73.25	76.36
massa secco + tara (g)	55.10	59.35	60.79
umidità (%)	35.76	37.53	40.94

Limite Plastico		
massa tara (g)	22.37	22.44
massa umido + tara (g)	39.39	41.75
massa secco + tara (g)	36.59	38.49
umidità (%)	19.69	20.31

LL (%)	37.3
LP (%)	20.0
IP (%)	17.3



Note:

rev.	data emiss.	sperimentatore	responsabile
0	28/01/2020	Angeloni	Saccenti

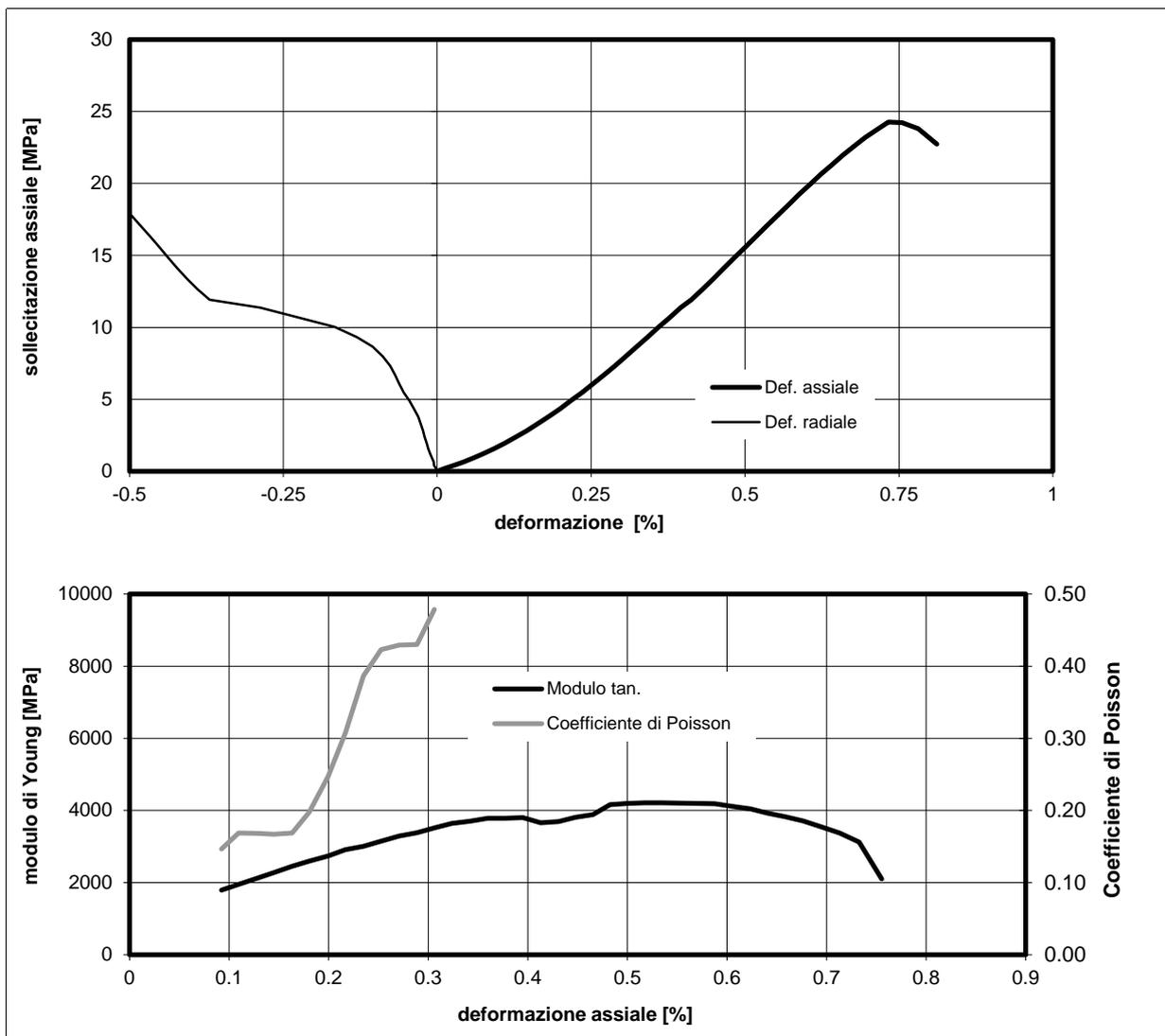
Normativa di riferimento: ASTM D7012/10

N° certificato di prova:

N° verbale di accettazione: 098/2019

Committente:	CESI S.p. A
Cantiere:	DIGA DI LEVANE
Sondaggio:	SS2
Provino:	C1
Profondità prelievo [m]:	12.22 - 12.38
Prova:	UXDC1
Data prova:	27/01/2020

Dati provino			
Altezza (cm):	15.84	Peso di volume (KN/m³):	24.71
Diametro (cm):	7.84	Contenuto d'acqua (%):	-



Risultati prova	Resistenza di picco σ_p [MPa]:	24.3
	Resistenza residua σ_r [MPa]:	-
	Modulo di Young tangente al 50% di σ_p [MPa]:	3670
	Coefficiente di Poisson tangente al 50% di σ_p :	-

Note:

rev.	data emiss.	sperimentatore	responsabile
0	28/01/2020	Angeloni	Saccenti

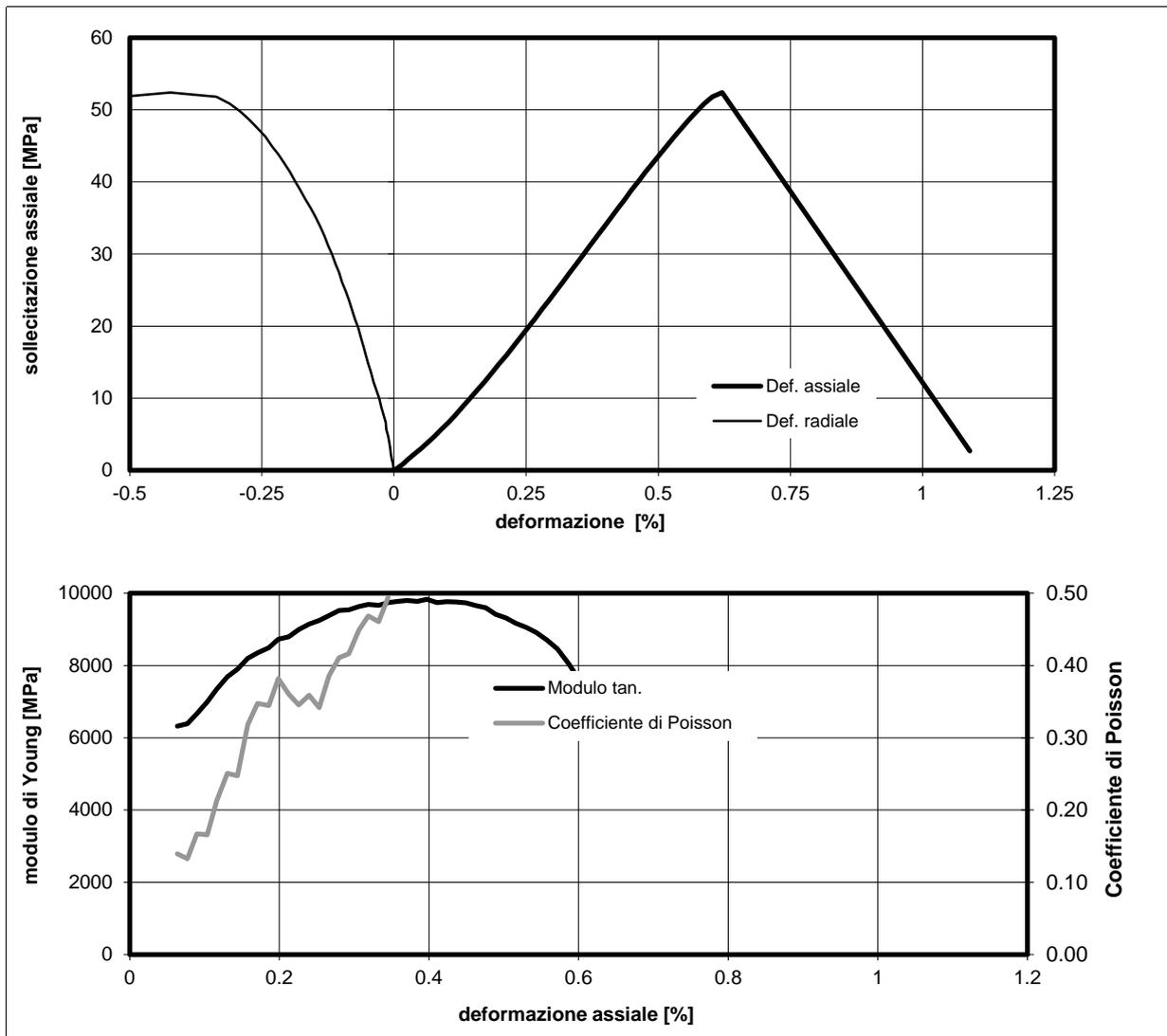
Normativa di riferimento: ASTM D7012/10

N° certificato di prova:

N° verbale di accettazione: 098/2019

Committente:	CESI S.p. A
Cantiere:	DIGA DI LEVANE
Sondaggio:	SS2
Provino:	C3
Profondità prelievo [m]:	18.52 - 18.68
Prova:	UXDC1
Data prova:	27/01/2020

Dati provino			
Altezza (cm):	15.58	Peso di volume (KN/m³):	25.70
Diametro (cm):	7.83	Contenuto d'acqua (%):	-



Risultati prova	Resistenza di picco σ_p [MPa]:	52.4
	Resistenza residua σ_r [MPa]:	-
	Modulo di Young tangente al 50% di σ_p [MPa]:	9700
	Coefficiente di Poisson tangente al 50% di σ_p :	0.46

Note:

rev.	data emiss.	sperimentatore	responsabile
0	28/01/2020	Angeloni	Saccenti

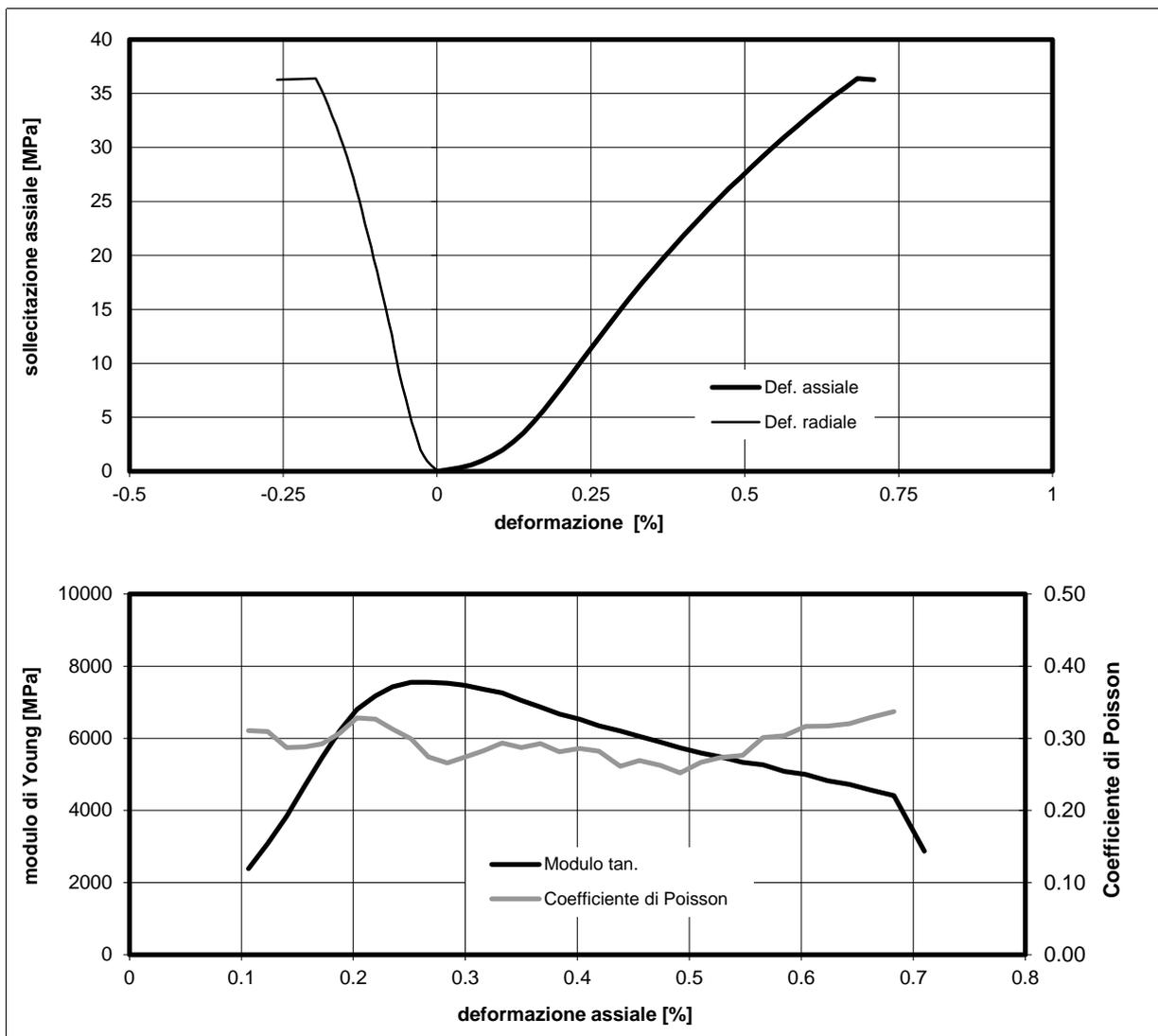
Normativa di riferimento: ASTM D7012/10

N° certificato di prova:

N° verbale di accettazione: 098/2019

Committente:	CESI S.p. A
Cantiere:	DIGA DI LEVANE
Sondaggio:	SS2
Provino:	C4
Profondità prelievo [m]:	21.28 - 21.44
Prova:	UXDC1
Data prova:	28/01/2020

Dati provino			
Altezza (cm):	13.16	Peso di volume (KN/m³):	26.07
Diametro (cm):	7.82	Contenuto d'acqua (%):	-



Risultati prova	Resistenza di picco σ_p [MPa]:	36.4
	Resistenza residua σ_r [MPa]:	-
	Modulo di Young tangente al 50% di σ_p [MPa]:	7130
	Coefficiente di Poisson tangente al 50% di σ_p :	0.29

Note:



PROVA DI COMPRESSIONE MONOASSIALE IN CONTROLLO DI DEFORMAZIONE

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

rev.	data emiss.	sperimentatore	responsabile
0	28/01/2020	Angeloni	Saccenti

Normativa di riferimento: ASTM D7012/10

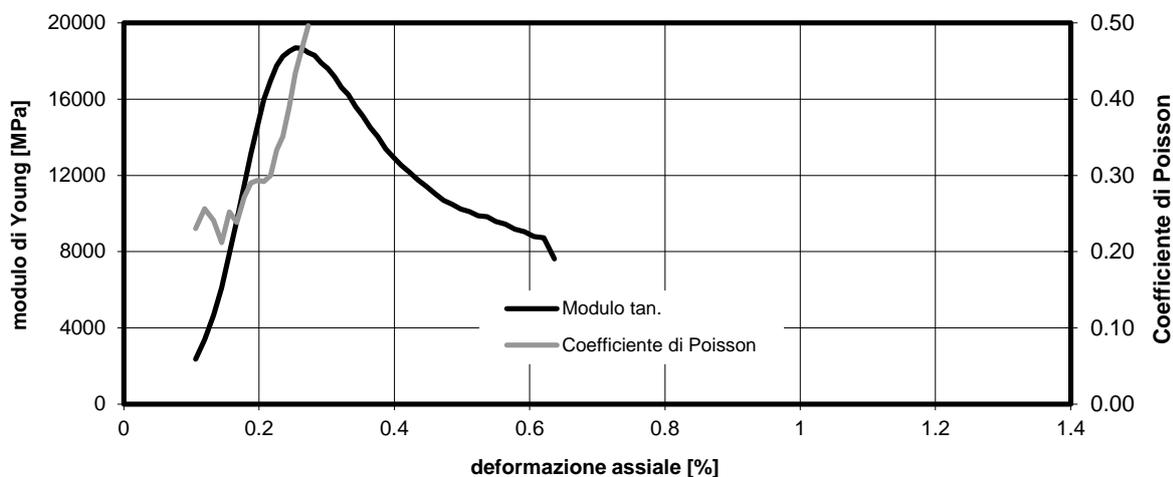
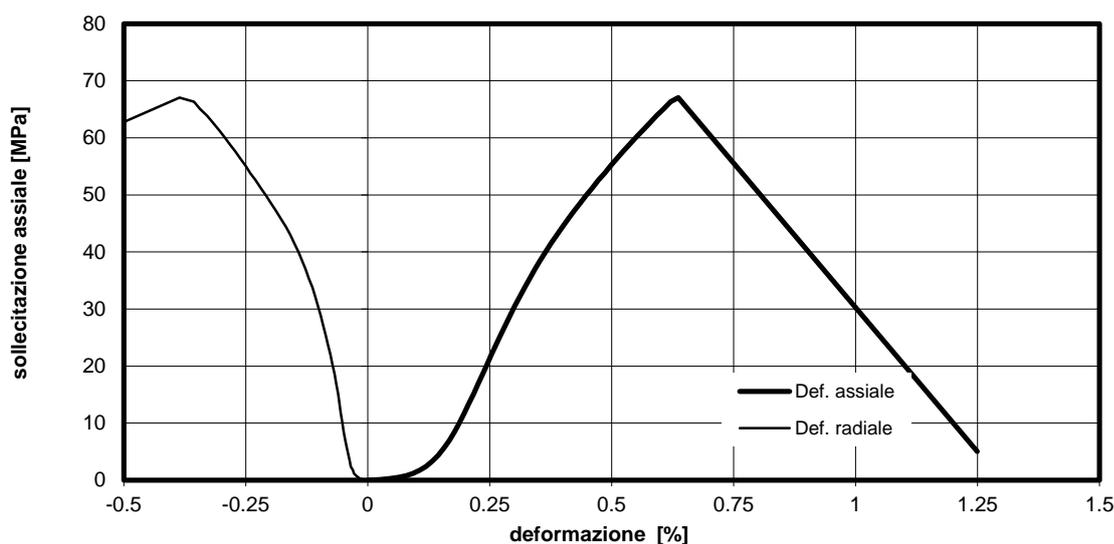
N° certificato di prova:

N° verbale di accettazione: 098/2019

Committente:	CESI S.p. A
Cantiere:	DIGA DI LEVANE
Sondaggio:	SS2
Provino:	C5
Profondità prelievo [m]:	24.73 - 24.89
Prova:	UXDC1
Data prova:	28/01/2020

Dati provino

Altezza (cm):	15.57	Peso di volume (KN/m³):	25.82
Diametro (cm):	7.84	Contenuto d'acqua (%):	-



Risultati prova	Resistenza di picco σ_p [MPa]:	67.1
	Resistenza residua σ_r [MPa]:	-
	Modulo di Young tangente al 50% di σ_p [MPa]:	16710
	Coefficiente di Poisson tangente al 50% di σ_p :	-

Note:

Allegato C

Analisi mineralogiche

Metodologie di prova

Analisi mineralogico - petrografica mediante microscopio ottico a luce polarizzata

Questa tecnica d'indagine si basa sull'osservazione al microscopio ottico polarizzatore di sottili lamine di materiali lapidei naturali e artificiali.

Essa consente di valutare gli aspetti composizionali, strutturali e tessiturali delle rocce e dei conglomerati cementizi attraverso le proprietà ottiche dei costituenti.

L'esame al microscopio è effettuato in luce trasmessa polarizzata.

Sono possibili tre diversi tipi di osservazione: osservazioni con solo polarizzatore, osservazioni a due polarizzatori (nicols incrociati) ed osservazioni in luce resa convergente mediante apposita lente (condensatore).

Queste tecniche di indagine consentono di distinguere tra minerali opachi, incolore e colorati e di evidenziare le caratteristiche morfologiche e ottiche dei minerali (rilievo, abito, sfaldatura, pleocroismo, colori d'interferenza, geminazioni, zonature, smistamenti, concrescimenti, tipo ed eventuale angolo di estinzione, allungamento ottico, figure d'interferenza).

Per quanto riguarda la roccia, in particolare l'analisi consente la definizione dei seguenti elementi che hanno notevole importanza relativamente al comportamento meccanico dei materiali:

- composizione mineralogica dei materiali;
- frequenza e dimensioni delle cavità;
- frequenza, andamento e natura dell'eventuale riempimento delle fratture;
- grado di alterazione dei materiali.

I campioni sottoposti all'osservazione microscopica sono rappresentati da sezioni sottili, ossia porzioni di materiale ridotte, per mezzo di apposita levigazione, a lamine di spessore costante (0.30 mm ca.) che vengono montate su vetrini mediante Balsamo del Canada.

Le sezioni sottili utilizzate hanno dimensioni di 2 x 3 cm.

X. INDAGINI MINERALOGICO - PETROGRAFICHE

Alcuni dei campioni di roccia precedentemente sottoposti a prove di laboratorio per la determinazione delle caratteristiche fisiche e di resistenza meccanica sono stati oggetto di indagini mineralogico – petrografiche mediante microscopio ottico da mineralogia atte alla definizione delle rispettive caratteristiche composizionali e tessiturali.

Di seguito vengono elencati, in ordine di sondaggio e profondità, i campioni esaminati.

Sondaggio (n.)	Provino (n.)	Profondità (m)
SS1	1	14,94 ÷ 14,97
SS2	3	18,48 ÷ 18,52
SS2	5	24,69 ÷ 24,73

I campioni esaminati sono rappresentati da rocce sedimentarie terrigene a tessitura clastica, a grana da molto minuta (siltiti) a media (arenarie), a struttura compatta e tessitura prevalentemente omogenea a scala macroscopica. In tutti i campioni si distinguono a tratti fini laminazioni, sottolineate da livelli submillimetrici di opachi (sostanze carboniose).

X.1 Analisi petrografica mediante microscopio ottico a luce polarizzata

Di seguito vengono riportate le descrizioni effettuate al microscopio ottico da mineralogia.

Di ciascun campione viene inoltre fornita una sintetica descrizione macroscopica.

Sondaggio SS1 - Provino 1 - Profondità 14,94 ÷ 14,97 m

Descrizione macroscopica

Rocchia sedimentaria terrigena di colore grigio - marrone, a grana molto fine, struttura compatta e tessitura prevalentemente omogenea.

Studio petrografico della sezione sottile: Siltite argillosa

All'esame microscopico la roccia è caratterizzata da una grana molto minuta, con prevalenza di granuli delle dimensioni del silt.

La composizione principale è data da miche (prevalenti), quarzo, carbonati, feldspati e minerali opachi.

Le miche sono rappresentate da lamelle di mica bianca (muscovite e sericite), biotite, prevalentemente alterata, clorite. Le lamelle sono prevalentemente isoorientate a sottolineare fini laminazioni sedimentarie parallele.

Il quarzo è in granuli prevalentemente monocristallini, in minor misura policristallini.

I carbonati sono rappresentati da granuli micritici, microsparitici e sparitici di calcite. Sono inoltre riconoscibili bioclasti calcitizzati, rappresentati principalmente da foraminiferi planctonici

I feldspati, nettamente subordinati, sono rappresentati da granuli di plagioclasio.

Tra i costituenti accessori compaiono principalmente gli opachi (sostanze carboniose) in films subparalleli alle laminazioni sedimentarie.

La porzione di campione esaminata comprende una microfrattura di apertura submillimetrica, parzialmente cementata da calcite spatica.

La matrice è di natura prevalentemente argillosa, in percentuale pari a ca. 20%.

La porosità è molto bassa.

RIPRESE FOTOGRAFICHE AL MICROSCOPIO OTTICO A LUCE POLARIZZATA

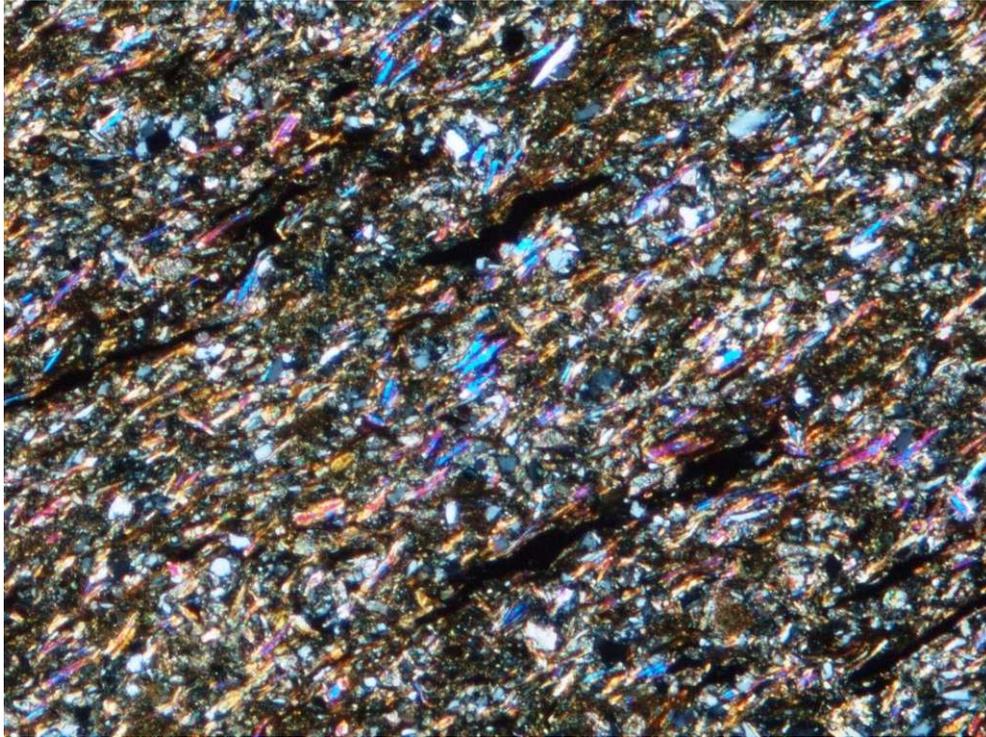


Foto n. 1 – Campione SS1/1 - NX, base ripresa 1,5 mm.
Sono riconoscibili le principali caratteristiche tessiturali e composizionali. Si distinguono in particolare le lamelle micacee ed i livelli carboniosi isoorientati.

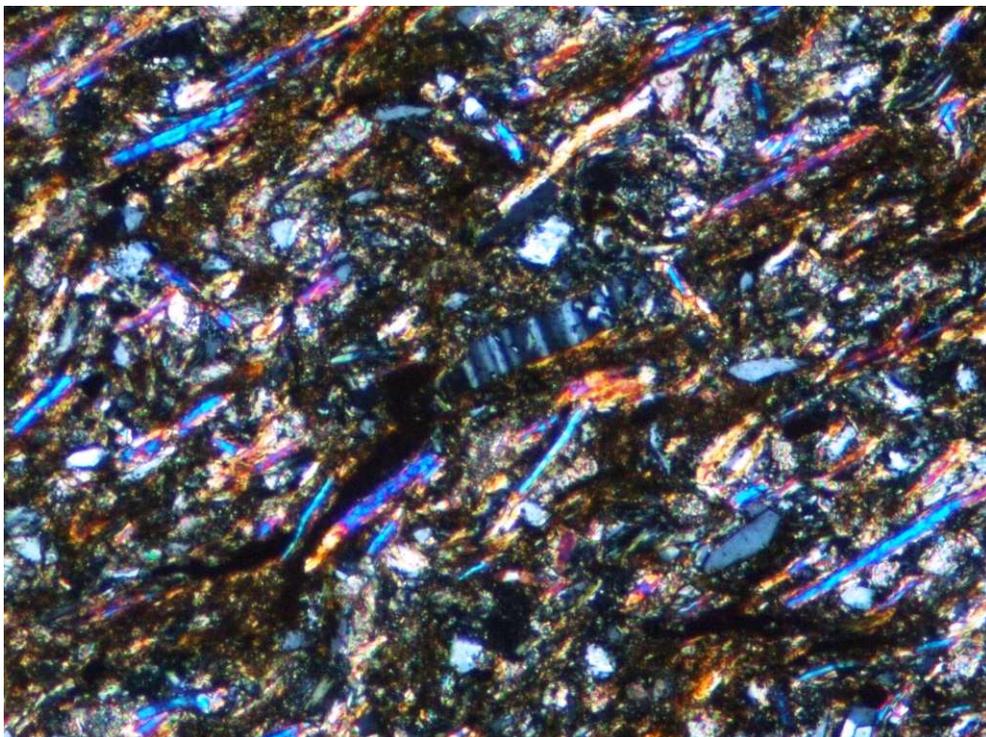


Foto n. 2 – Campione SS1/1 - NX, base ripresa 0,7 mm.
Oltre alle lamelle micacee si distinguono i granuli quarzosi e feldspatici (plagioclasio, al centro).

RIPRESE FOTOGRAFICHE AL MICROSCOPIO OTTICO A LUCE POLARIZZATA

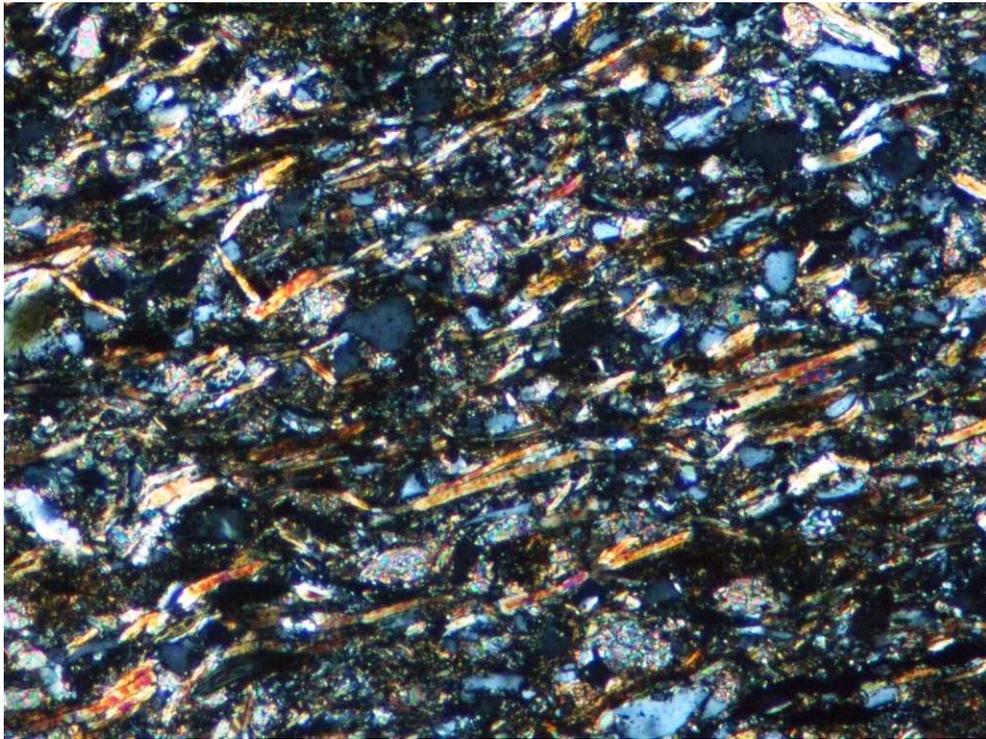


Foto n. 3 – Campione SS1/1 - NX, base ripresa 0,7 mm.
Miche, quarzo e granuli carbonatici.

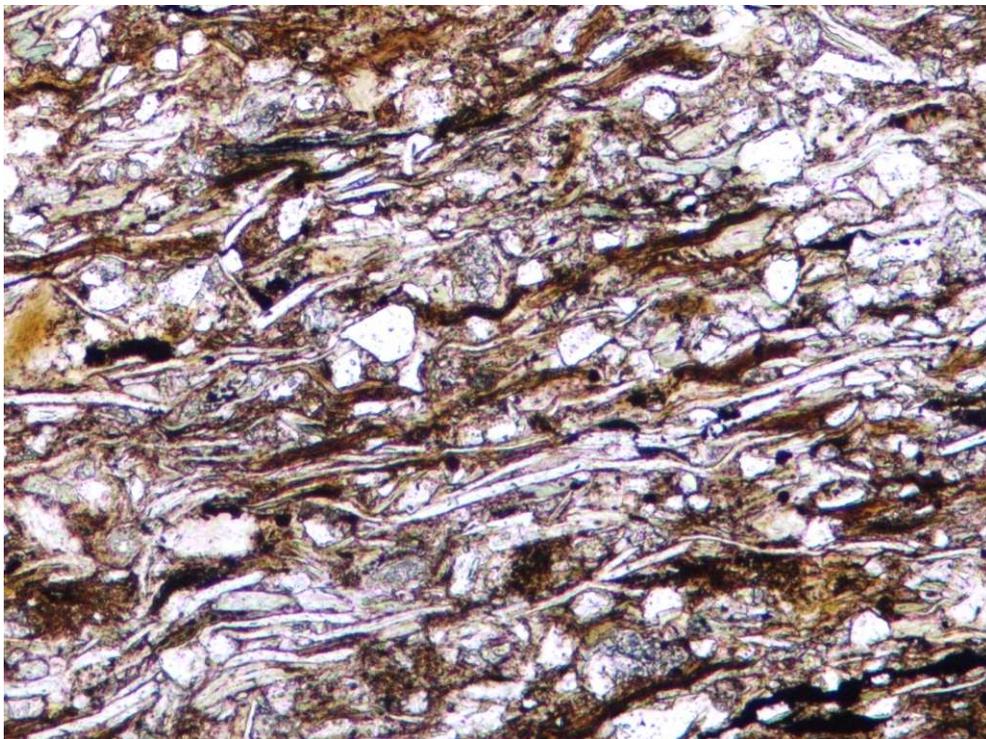


Foto n. 4 – Campione SS1/1 - N//, base ripresa 0,7 mm.
Ripresa analoga alla precedente, a nicols paralleli. E' riconoscibile la matrice argillosa.

Sondaggio SS2 - Provino 3 - Profondità 18,48 ÷ 18,52 m

Descrizione macroscopica

Roccia sedimentaria terrigena di colore grigio in massa, a grana fine, struttura compatta e tessitura prevalentemente omogenea. Presenza di minute laminazioni evidenziate da livelli discontinui di opachi (spessore submillimetrico).

Studio petrografico della sezione sottile: Arenaria a grana fine

Lo studio petrografico della sezione sottile evidenzia una composizione principale data (in ordine di abbondanza) da quarzo, miche, carbonati e feldspati.

Il quarzo è prevalentemente in granuli monocristallini, a media sfericità, angolosi.

Le miche sono di tipo mica bianca (muscovite e sericite), biotite e clorite (secondaria, di alterazione della biotite), in lamelle orientate secondo i piani di laminazione sedimentaria della roccia, spesso deformate plasticamente (kink bands) per fenomeni di compattazione del sedimento.

I carbonati sono rappresentati da granuli micritici, microsparitici e sparitici di calcite. In alcuni casi costituiscono il prodotto di trasformazione dei feldspati o il riempimento di microcavità. A tratti sono riconoscibili bioclasti calcitizzati (foraminiferi planctonici).

I feldspati sono principalmente rappresentati da granuli di plagioclasio, a geminazione polisintetica, e da subordinati granuli di feldspato potassico, entrambi frequentemente alterati in sericite o sostituiti da carbonati.

Sono inoltre riconoscibili sparsi frammenti vulcanici e di siltiti/argilliti.

Tra i costituenti accessori compaiono principalmente gli opachi (sostanze carboniose), in minuti livelli orientati.

La matrice è carbonatica (micritica), debolmente argillosa. E' inoltre presente subordinato cemento siliceo autigeno sviluppato attorno ai granuli di quarzo.

La tessitura della porzione di campione esaminata è caratterizzata da fini laminazioni sedimentarie parallele, evidenziate principalmente da livelletti di concentrazione di opachi o di lamelle micacee isoorientate.

La porosità molto bassa.

RIPRESE FOTOGRAFICHE AL MICROSCOPIO OTTICO A LUCE POLARIZZATA



Foto n. 5 – Campione SS2/3 - NX, base ripresa 1,5 mm.
Sono riconoscibili le principali caratteristiche tessiturali e composizionali. Si distinguono in particolare i granuli quarzosi, feldspatici e le lamelle micacee.

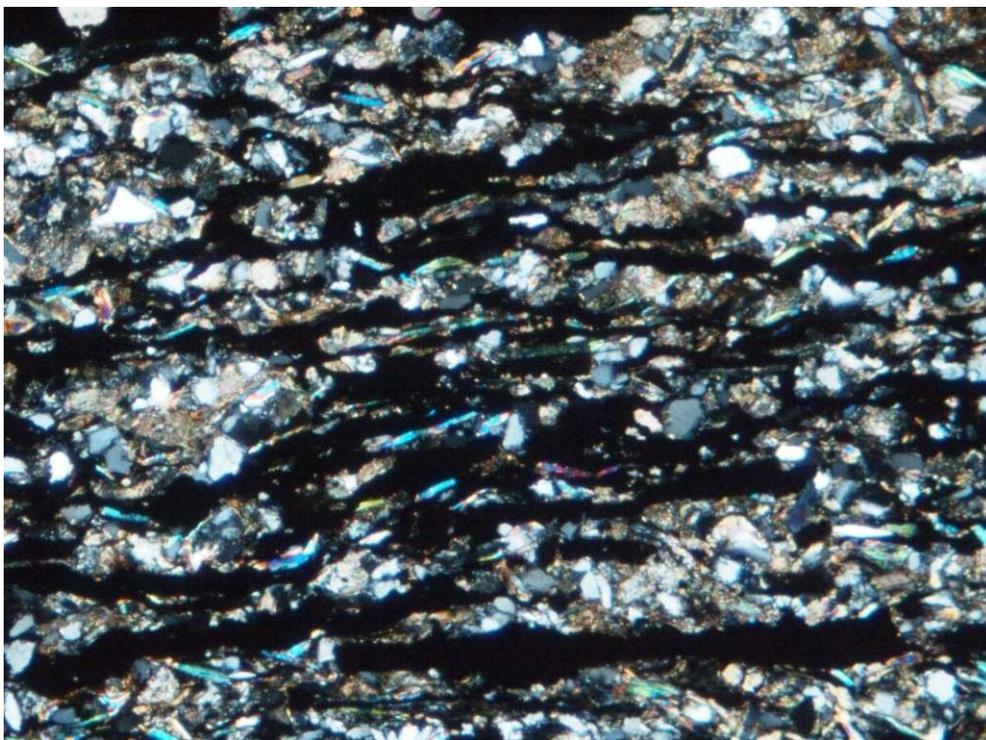


Foto n. 6 – Campione SS2/3 - NX, base ripresa 1,5 mm.
Porzione caratterizzata da maggiore concentrazione di livelli di opachi.

RIPRESE FOTOGRAFICHE AL MICROSCOPIO OTTICO A LUCE POLARIZZATA

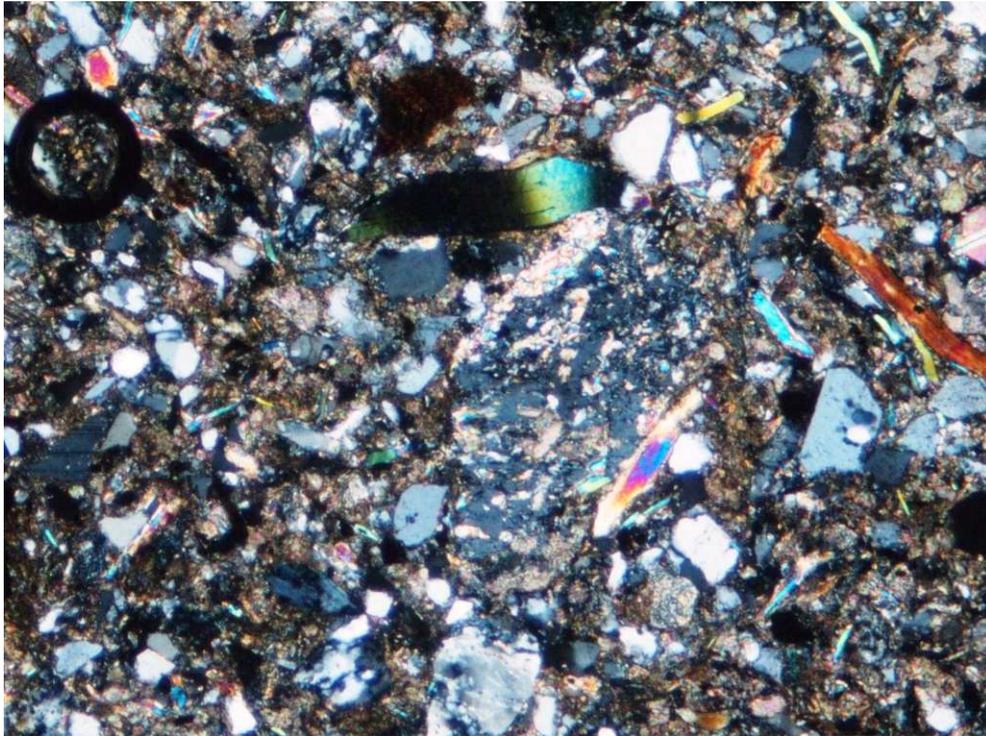


Foto n. 7 – Campione SS2/3 - NX, base ripresa 1,5 mm.
Oltre alle miche sono riconoscibili i granuli carbonatici e, al centro, un feldspato parzialmente sostituito da sericite.

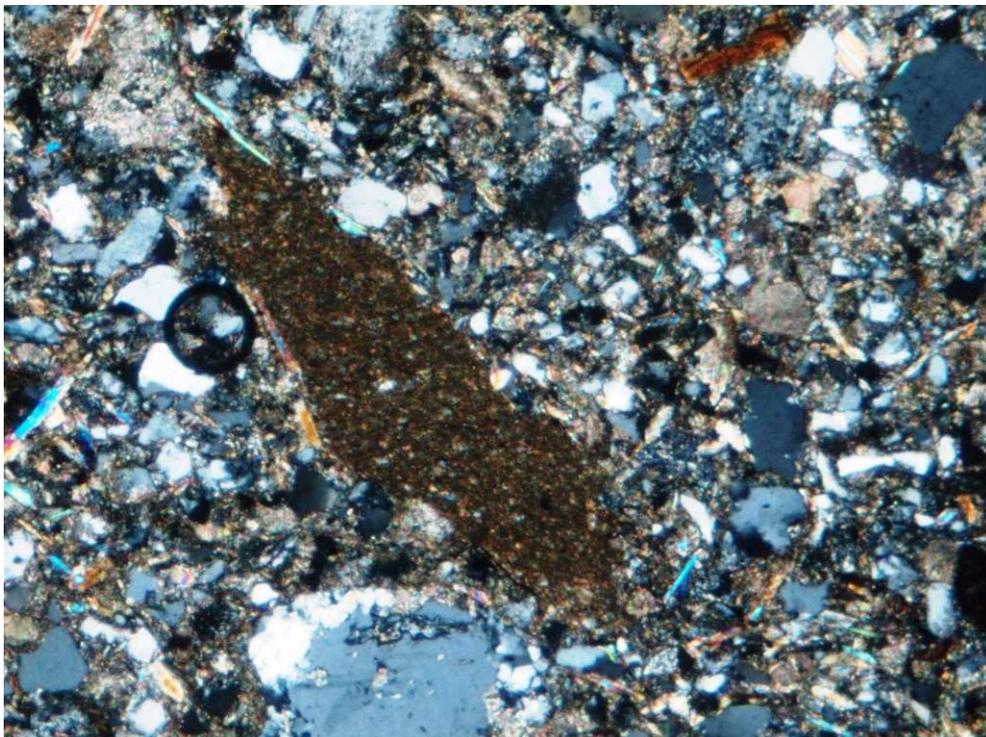


Foto n. 8 – Campione SS2/3 - NX, base ripresa 1,5 mm.
Quarzo, feldspati, carbonati, miche e, al centro, granulo di argillite siltosa.

Sondaggio SS2 - Provino 5 - Profondità 24,69 ÷ 24,73

Descrizione macroscopica

Roccia sedimentaria terrigena di colore grigio, a grana molto fine, struttura compatta e tessitura prevalentemente omogenea. Presenza di minute laminazioni evidenziate da livelli discontinui di opachi (spessore submillimetrico).

Studio petrografico della sezione sottile: Siltite argillosa

All'esame microscopico la roccia è caratterizzata da una grana molto minuta, con prevalenza di granuli delle dimensioni del silt.

La composizione principale è data da abbondanti bioclasti, lamelle micacee e granuli di quarzo.

Tra i bioclasti, calcitizzati, si distinguono foraminiferi planctonici (prevalenti), frammenti di bivalvi e piastre di echinidi.

Le miche sono rappresentate da lamelle di mica bianca (muscovite e sericite), clorite, e rara biotite. Le lamelle sono in parte isorientate secondo fini laminazioni sedimentarie.

Il quarzo è in minuti granuli prevalentemente monocristallini.

La porzione di campione esaminata è caratterizzata dalla presenza di livelli discontinui argillosi, di spessore submillimetrico.

Tra i costituenti accessori compaiono principalmente gli opachi (sostanze carboniose).

La matrice è di natura prevalentemente argillosa, in percentuale pari a ca. 30%.

La porosità è molto bassa.

RIPRESE FOTOGRAFICHE AL MICROSCOPIO OTTICO A LUCE POLARIZZATA

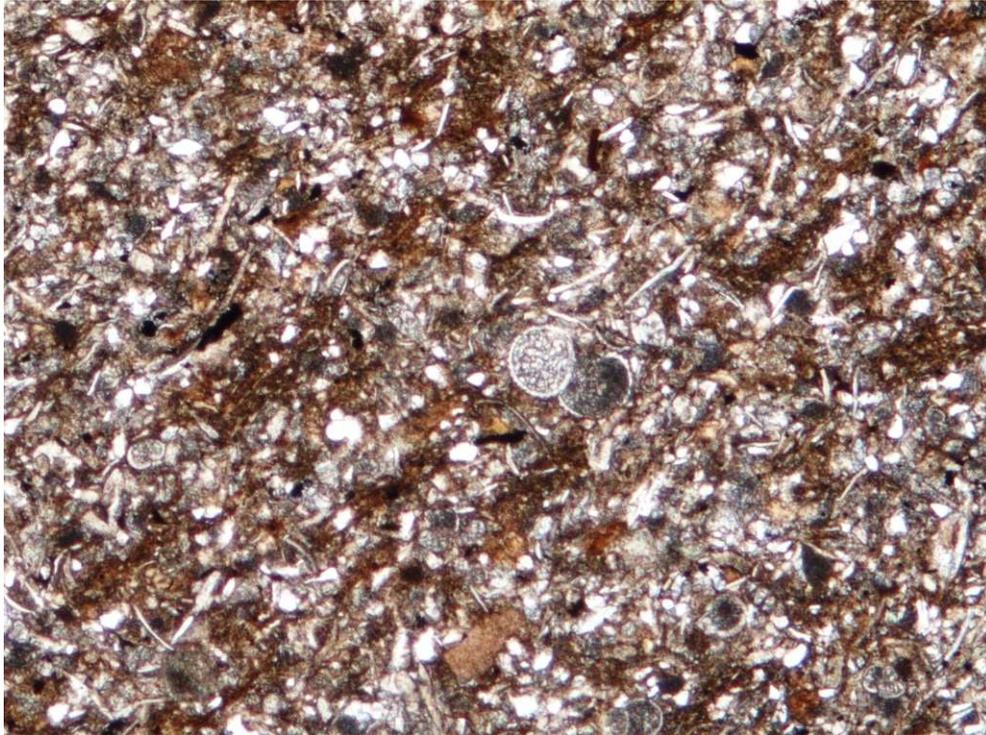


Foto n. 9 – Campione SS2/5 - N//, base ripresa 1,5 mm.
Sono riconoscibili le principali caratteristiche tessiturali e composizionali. Si distinguono in particolare i bioclasti e la matrice argillosa.

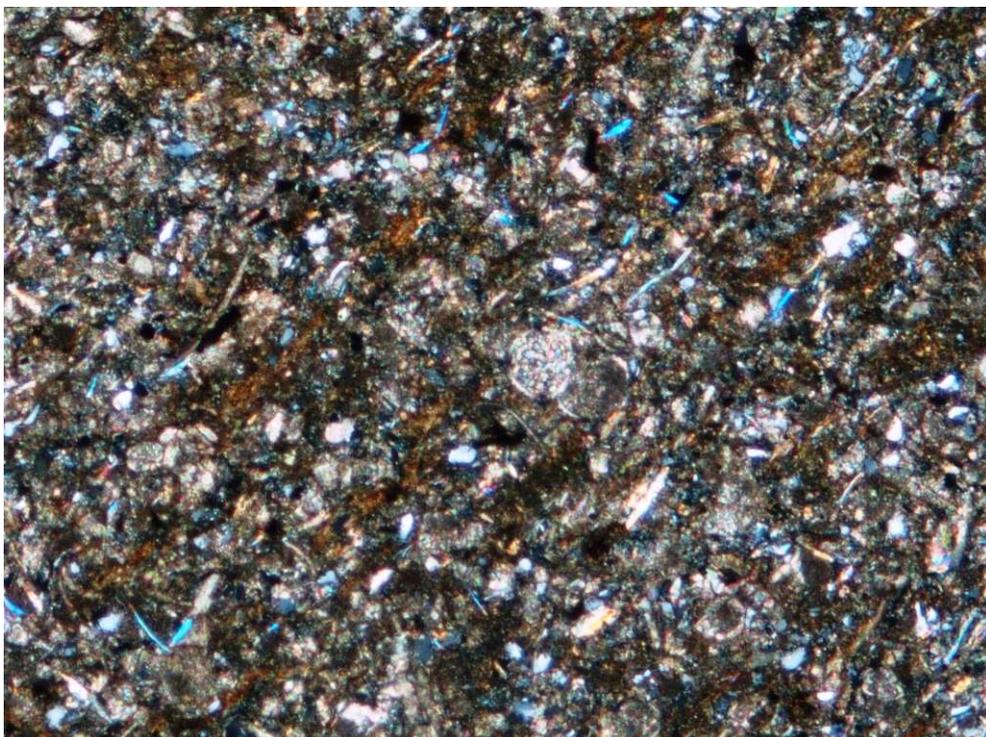


Foto n. 10 – Campione SS2/5 - NX, base ripresa 1,5 mm.
Oltre ai bioclasti si distinguono le lamelle micacee e sparsi minuti granuli di quarzo.

RIPRESE FOTOGRAFICHE AL MICROSCOPIO OTTICO A LUCE POLARIZZATA

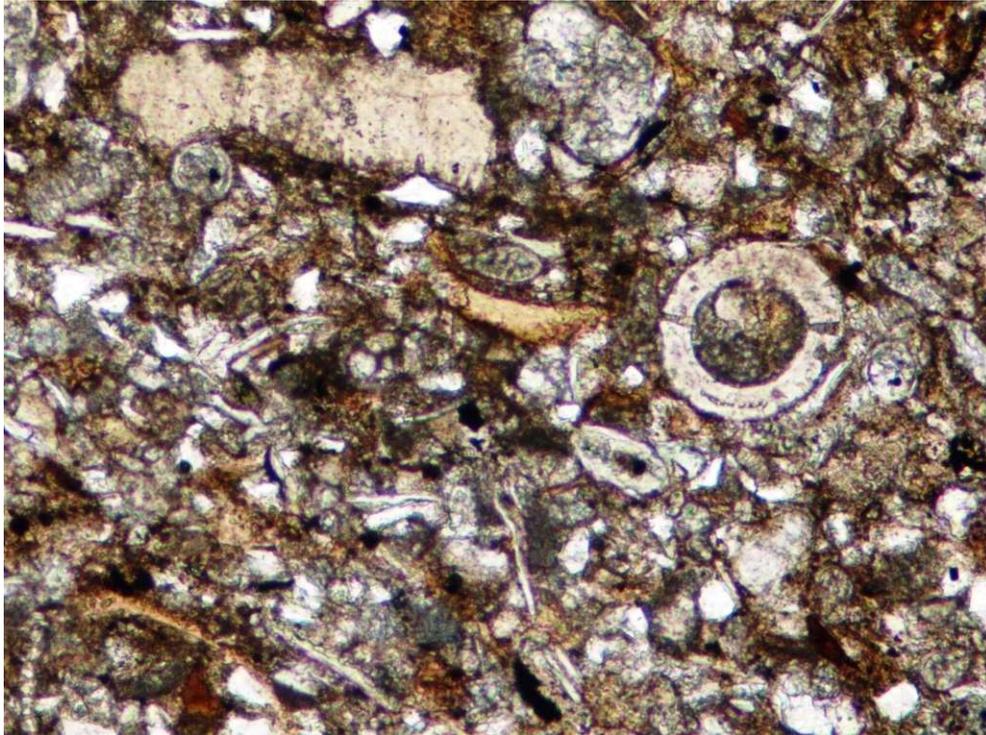


Foto n. 11 – Campione SS2/5 - N//, base ripresa 0,7 mm.
Dettaglio, con i bioclasti e la matrice argillosa.

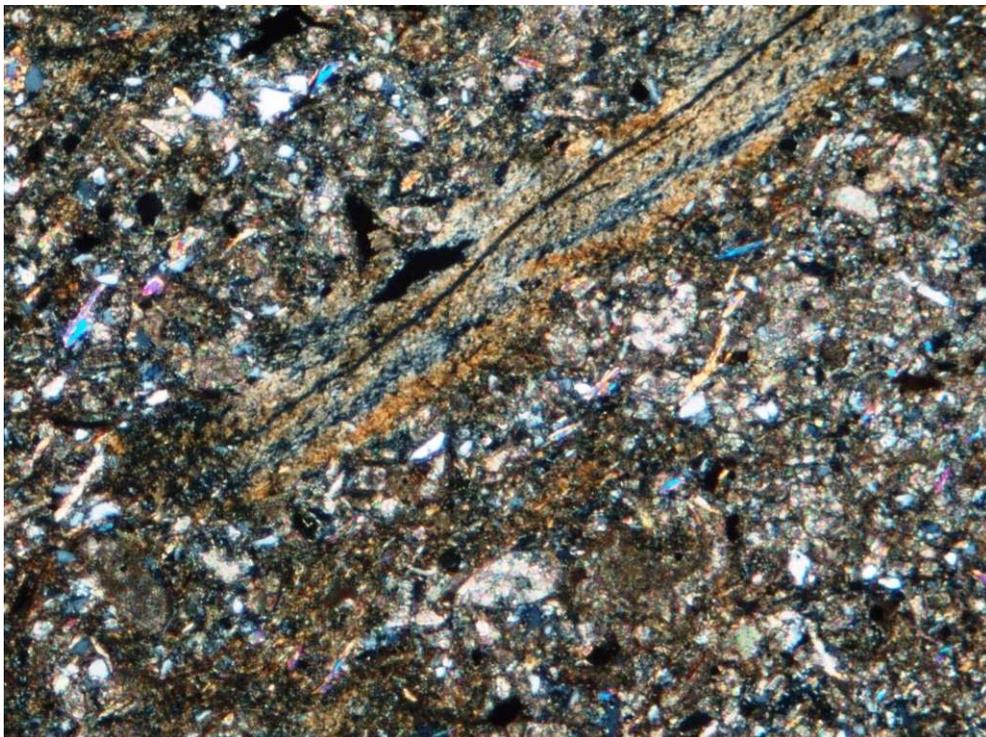


Foto n. 12 – Campione SS2/5 - NX, base ripresa 1,5 mm.
Porzione di campione con livello argilloso di spessore submillimetrico.