



Laboratorio SIGMA s.r.l. - Prove ed indagini geotecniche dal 1973

Autorizzazione Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti (Circ. 7618 - Sett.A)

D. M. n° 6064 del 17.07.2013 • Riconoscimento RINA - Associato A.L.I.G.

Sistema Gestione Qualità
Certificato RINA
ISO 9001:2008

N. di certificato: 615/G del 12/05/16

COMMITTENTE: INGEGNERIE TOSCANI S.R.L.

IMPRESA: Gaia Servizi Srl

CANTIERE: Diga di Cepparello - Poggibonsi (SI).

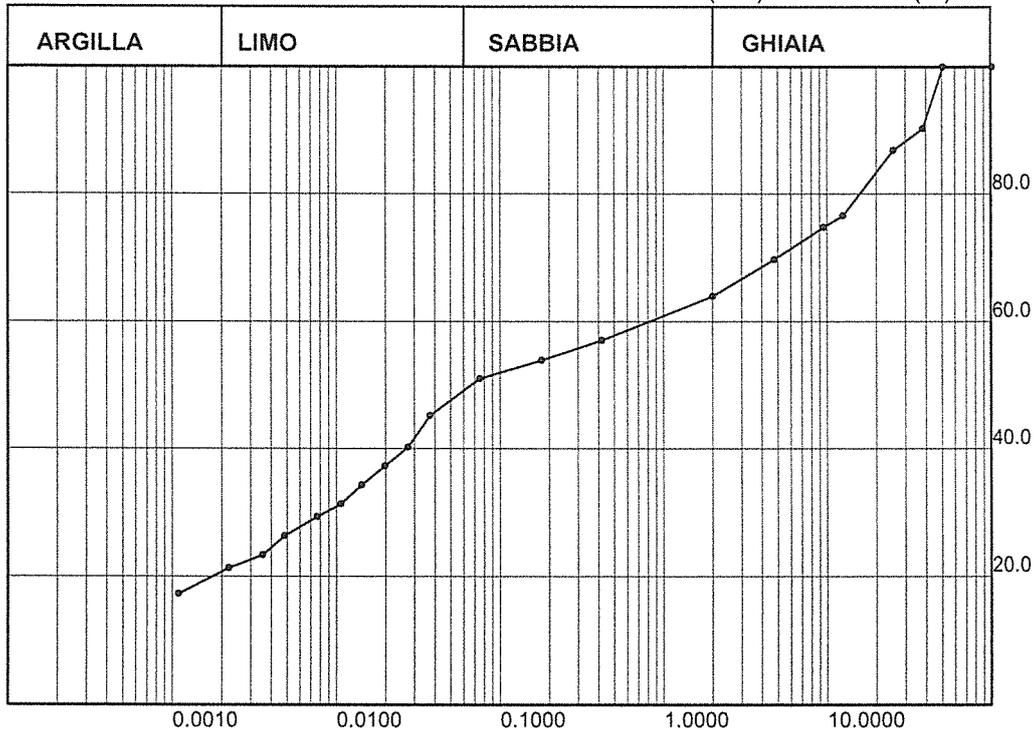
Verbale di accettazione: 52/499

SOND.: 6.16 CAMP.: 2

PROFONDITA', m: 3.2-3.6

ANALISI GRANULOMETRICA RACCOMANDAZIONI A.G.I. 1994

DIAMETRO (mm)- PASSANTE (%)



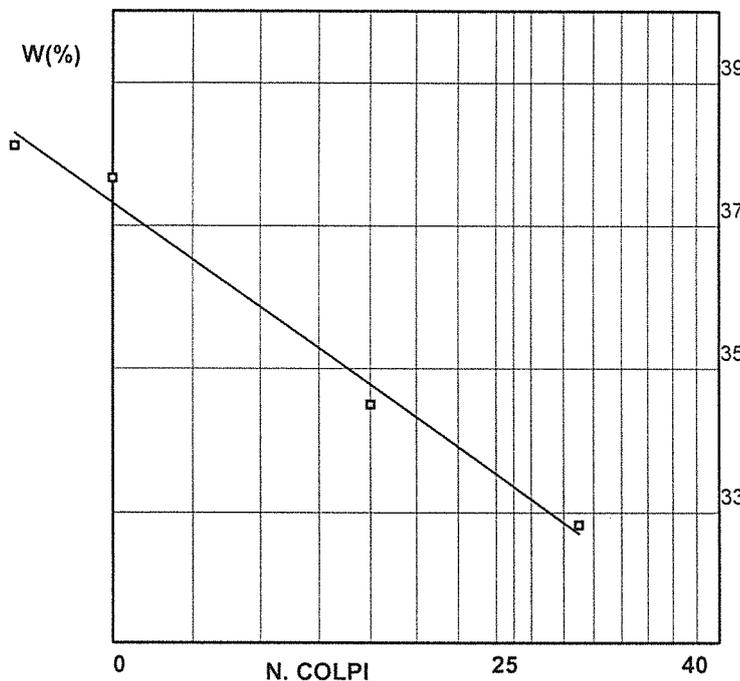


N. di certificato: 616/G del 12/05/16
COMMITTENTE: INGEGNERIE TOSCANI S.R.L.
IMPRESA: Gaia Servizi Srl
CANTIERE: Diga di Cepparello - Poggibonsi (SI).

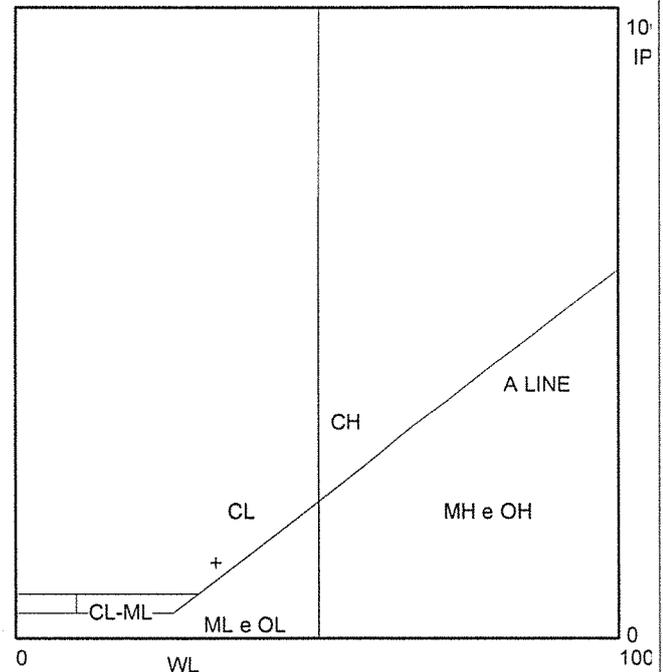
Verbale di accettazione: 52/499
SOND.: 6.16 **CAMP.:** 2
PROFONDITA', m: 3.2-3.6

PROVE DI CLASSIFICAZIONE

LIMITE LIQUIDO



CARTA DI PLASTICITA'



CONTENUTO IN ACQUA %= 20.15
 UNI EN ISO 17892-1

LIMITE LIQUIDO %= 33
 UNI CEN ISO/TS 17892-12

LIMITE PLASTICO %= 21
 UNI CEN ISO/TS 17892-12

INDICE PLASTICO %= 12

INDICE DI CONSISTENZA= 1.07

INDICE DI GRUPPO= 4

PESO DI VOLUME kN/m³= 20.40
 UNI EN ISO 17892-2

ARGILLA %= 20.6

ATTIVITA'= 0.6

CLASSIFICAZIONE CNR-UNI 10006 :A-6

CLASSIFICAZIONE USCS :CL

NOTA:

LABORATORIO SIGMA S.R.L. :

CARATTERISTICHE GRANULOMETRICHE
 RACCOMANDAZIONI A.G.I. 1994

SETACCIO	APERTURA	PASSANTE
mesh	mm	%
10	2	64.02
40	0.420	57.08
200	0.074	51.03

LIMITE DI RITIRO %= 12
 UNI CEN ISO/TS 17892-12

CONTENUTO IN SOSTANZE ORGANICHE(%)= -

TIPO DI CAMPIONE: Q1

Pagina: 1/1
 Lo Sperimentatore
 Geol. G. Gambetta Vianna

Data esecuzione prove: 21/04/16-06/05/16
 Il Direttore del laboratorio
 Ing. A. Manuelli



Laboratorio SIGMA s.r.l. - Prove ed indagini geotecniche dal 1973

Autorizzazione Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti (Circ. 7618 - Sett.A)

D. M. n° 6064 del 17.07.2013 • Riconoscimento RINA - Associato A.L.I.G.

Sistema Gestione Qualità
Certificato RINA
ISO 9001:2008

N. di certificato: 617/G del 12/05/16

COMMITTENTE: INGEGNERIE TOSCANI S.R.L.

IMPRESA: Gaia Servizi Srl

CANTIERE: Diga di Cepparello - Poggibonsi (SI).

Verbale di accettazione: 52/499

SOND.: 6.16 CAMP.: 2

PROFONDITA', m: 3.2-3.6

PROVA DI TAGLIO DIRETTO C.D. UNI CEN ISO/TS 17892-10

Condizioni del campione: Q1

Caratteristiche iniziali del campione

lato, mm= 60.00

altezza, mm= 20.00

	1	2	3
contenuto in acqua, %	20.68	20.42	20.02
grado di saturazione, %	85.73	85.27	84.67
peso di volume, kN/m ³	19.67	19.69	19.72
densità secca, kN/m ³	16.30	16.35	16.43
Peso specifico dei grani, t/m ³	2.78	2.78	2.78
Indice dei vuoti, -	0.67	0.67	0.66

PRESSIONI VERTICALI

kPa

49.03
147.10
245.18

RESISTENZA AL TAGLIO

kPa

34.10
83.24
159.44

RESISTENZA RESIDUA

kPa

-
-
-

PARAMETRI A ROTTURA

RESISTENZA AL TAGLIO

kPa

34.10
83.24
159.44

DEF. ORIZZONTALE

mm

3.17
3.70
6.14

DEF. VERTICALE

mm/100

-43.20
-31.00
-39.80

Velocità di taglio= 0.0037 mm/minuto

NOTA: Proveni ricostituiti con materiale passante al setaccio 2mm UNI

LABORATORIO SIGMA S.R.L. :

Pagina: 1/2

Lo Sperimentatore
Geol. G. Gambetta Vianna

Data esecuzione prove: 03/05/16-10/05/16

Il Direttore del laboratorio
Ing. A. Manuelli



Laboratorio SIGMA s.r.l. - Prove ed indagini geotecniche dal 1973

Autorizzazione Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti (Circ. 7618 - Sett.A)

D. M. n° 6064 del 17.07.2013 • Riconoscimento RINA - Associato A.L.I.G.

Sistema Gestione Qualità
Certificato RINA
ISO 9001:2008

N. di certificato: 617/G del 12/05/16

COMMITTENTE: INGEGNERIE TOSCANE S.R.L.

IMPRESA: Gaia Servizi Srl

CANTIERE: Diga di Cepparello - Poggibonsi (SI).

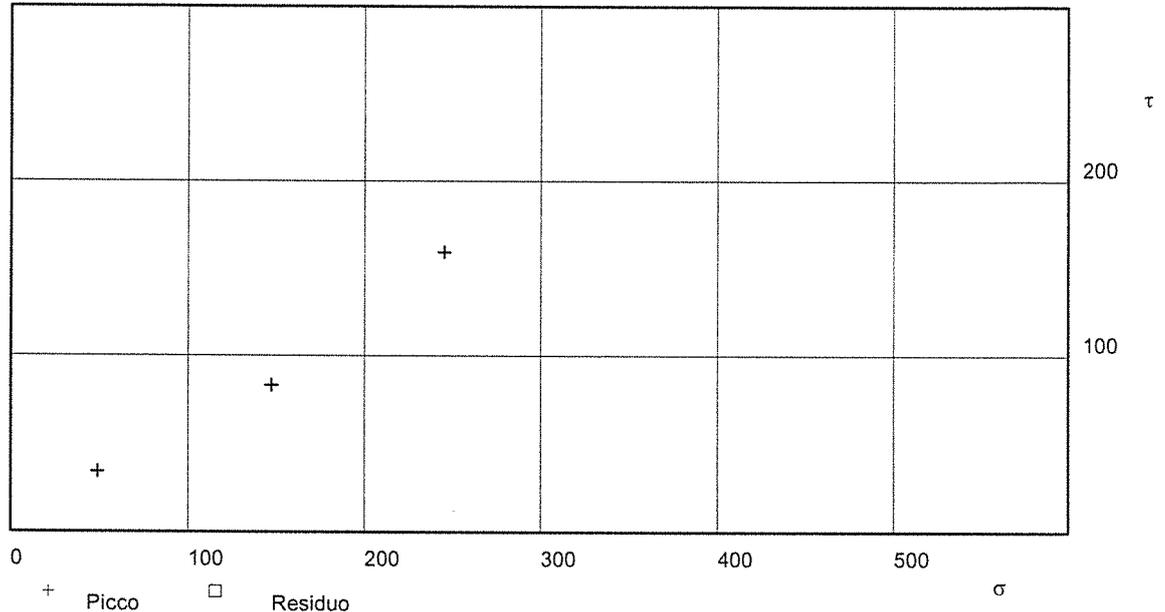
Verbale di accettazione: 52/499

SOND.: 6.16 CAMP.: 2

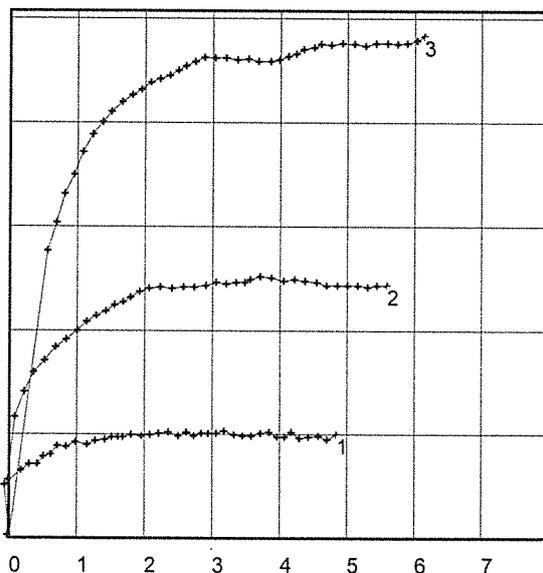
PROFONDITA', m: 3.2-3.6

PROVA DI TAGLIO DIRETTO C.D. UNI CEN ISO/TS 17892-10

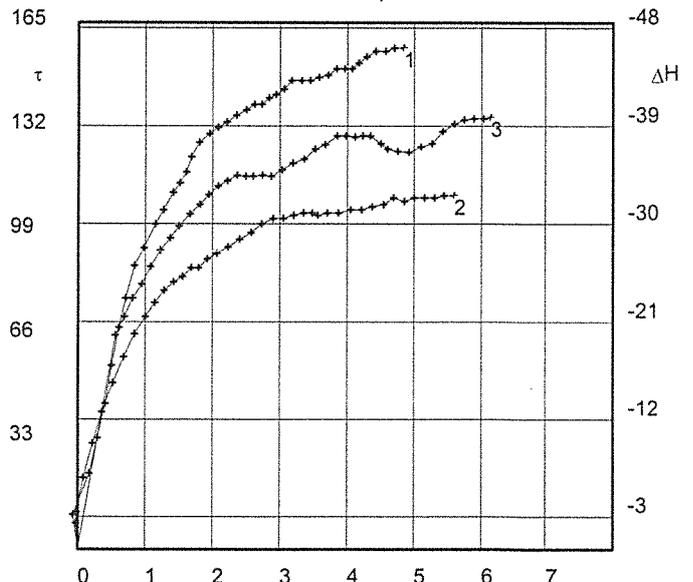
Sforzo di taglio, (kPa)-Pressione verticale (kPa)



SFORZO DI TAGLIO (kPa)



DEFORMAZIONI VERTICALI, mm/100



Deformazione orizzontale (mm)

NOTA: Provini ricostituiti con materiale passante al setaccio 2mm UNI

LABORATORIO SIGMA S.R.L. :

Pagina: 2/2
Lo Sperimentatore
Geol. G. Gambetta Vianna

Data esecuzione prove: 03/05/16-10/05/16

Il Direttore del laboratorio
Ing. A. Manuelli

Via P. Gobetti, 8 - 50013 Capalle CAMPI BISENZIO - FIRENZE - Tel. 055/89.85.519 (r.a.) - Fax 055/89.85.520
www.laboratoriosigma.it - e-mail: info@laboratoriosigma.it - pec: sigma-srl@legalmail.it

C.C.I.A.A. Firenze N. 240940 - Reg. Soc. Trib. di Firenze N.21921 - C/C Postale N.19025501 - Cod. Fisc./Part. I.V.A. 00667530489



Laboratorio SIGMA s.r.l. – Prove ed indagini geotecniche dal 1973

Autorizzazione Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti (Circ. 7618 - Sett.A)

D. M. n° 6064 del 17.07.2013 • Riconoscimento RINA - Associato A.L.I.G.

Sistema Gestione Qualità
Certificato RINA
ISO 9001:2008

Certificato n. 618/G del 12/05/2016 V.A. 52/499 del 01/04/2016

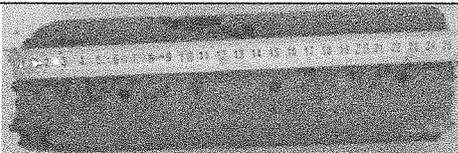
COMMITTENTE: INGEGNERIE TOSCANE S.R.L.
INDIRIZZO: Via de Sanctis, 49 – Firenze (FI)
IMPRESA: Gaia Servizi Srl
CANTIERE: Diga di Cepparello – Poggibonsi (SI)

MASSA VOLUMICA APPARENTE SECONDO UNI EN ISO 17892-02/2015

CONTENUTO D'ACQUA SECONDO UNI EN ISO 17892-01/2015

MASSA VOLUMICA REALE SECONDO UNI EN ISO 17892-03/2016

CAMPIONE S616C3

Classe del campione (Rif. tabella 3.1 della norma EN 1997-2:2007)	Q1
Caratteristiche del campione:	terra.
Campione consegnato in Laboratorio.	
Profondità di prelievo:	5.0-5.4m
Foto del Campione:	
Valori di pocket penetrometer (kgf/cm ²):	1.5 2.1 1.9

RISULTATI DI PROVA

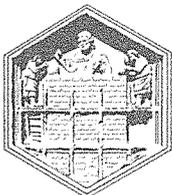
Contenuto d'acqua	=	18.86	%
Peso di volume	=	19.71	kN/m³
Massa volumica reale	=	2.76	Mg/m³
Densità secca	=	16.57	kN/m³

Data di inizio prova: 20/04/2016

Data di fine prova: 21/04/2016

Lo Sperimentatore
Geol. Gianni Gambetta-Vianna

Il Direttore del Laboratorio
Ing. Andrea Maruelli



N. di certificato: 619/G del 12/05/16

COMMITTENTE: INGEGNERIE TOSCANE S.R.L.

IMPRESA: Gaia Servizi Srl

CANTIERE: Diga di Cepparello - Poggibonsi (SI).

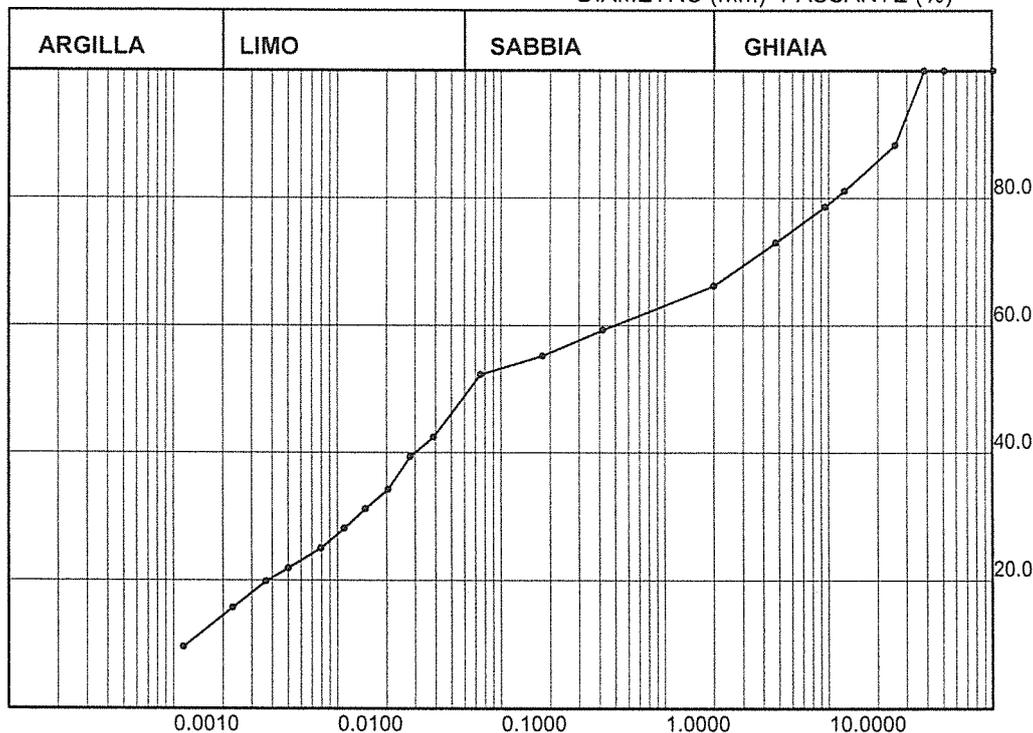
Verbale di accettazione: 52/499

SOND.: 6.16 CAMP.: 3

PROFONDITA', m: 5.0-5.4

ANALISI GRANULOMETRICA RACCOMANDAZIONI A.G.I. 1994

DIAMETRO (mm)- PASSANTE (%)



ANALISI PER SETACCI

Peso campione, g= 1000.00

Aperture setaccio mm	Peso trattenuto g	Passante %
101.600	0.00	100.00
50.800	0.00	100.00
38.100	0.00	100.00
25.400	117.06	88.29
12.500	71.70	81.12
9.500	24.87	78.64
4.750	56.30	73.01
2.000	67.63	66.24
0.420	69.09	59.34
0.180	41.16	55.22
0.075	29.44	52.27

ANALISI PER SEDIMENTAZIONE

Peso campione, g= 40.00

Diametro equiv. mm	Areometro -	Passante %
0.0387	1.024	42.42
0.0280	1.022	39.35
0.0205	1.020	34.22
0.0148	1.018	31.15
0.0110	1.017	28.07
0.0079	1.016	25.00
0.0050	1.014	21.93
0.0037	1.013	19.88
0.0023	1.011	15.78
0.0011	1.008	9.63

GHIAIA, %= 33.76
SABBIA, %= 18.04
LIMO, %= 33.96
ARGILLA, %= 14.24

Tipo di campione: Q1

NOTA:

LABORATORIO SIGMA S.R.L. :

Pagina: 1/1
Lo Sperimentatore
Geol. G. Gambetta Vianna

Data esecuzione prove: 26/04/16-28/04/16

Il Direttore del laboratorio
Ing. A. Manuelli

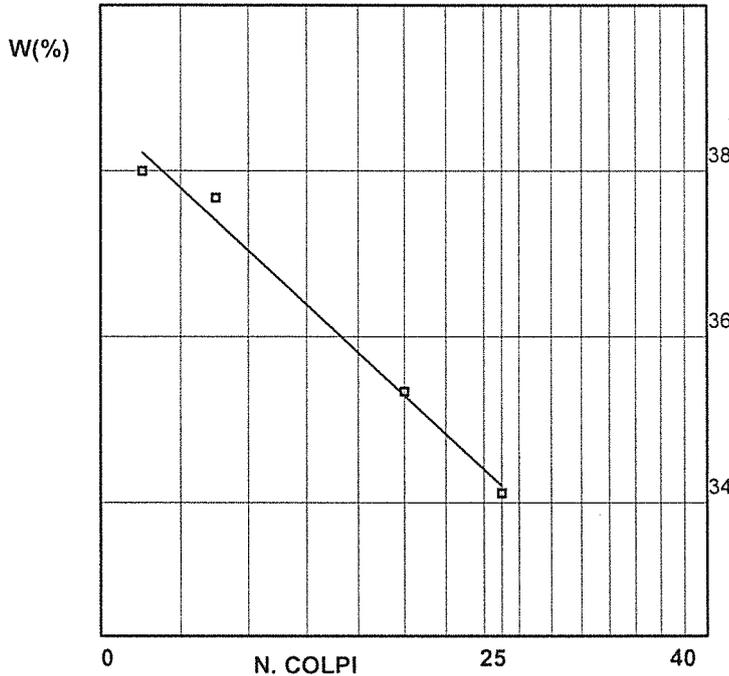


N. di certificato: 620/G del 12/05/16
COMMITTENTE: INGEGNERIE TOSCANI S.R.L.
IMPRESA: Gaia Servizi Srl
CANTIERE: Diga di Cepparello - Poggibonsi (SI).

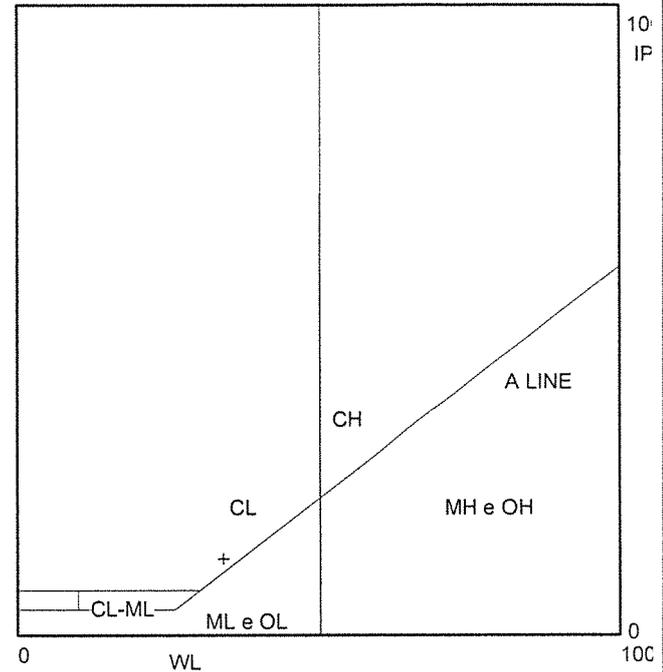
Verbale di accettazione: 52/499
SOND.: 6.16 **CAMP.:** 3
PROFONDITA', m: 5.0-5.4

PROVE DI CLASSIFICAZIONE

LIMITE LIQUIDO



CARTA DI PLASTICITA'



CONTENUTO IN ACQUA %= 18.86
 UNI EN ISO 17892-1

LIMITE LIQUIDO %= 34
 UNI CEN ISO/TS 17892-12

LIMITE PLASTICO %= 22
 UNI CEN ISO/TS 17892-12

INDICE PLASTICO %= 12

INDICE DI CONSISTENZA= 1.26

INDICE DI GRUPPO= 4

PESO DI VOLUME kN/m³= 19.71
 UNI EN ISO 17892-2

ARGILLA %= 14.2

ATTIVITA'= 0.8

CLASSIFICAZIONE CNR-UNI 10006 :A-6

CLASSIFICAZIONE USCS :CL

NOTA:

CARATTERISTICHE GRANULOMETRICHE
 RACCOMANDAZIONI A.G.I. 1994

SETACCIO	APERTURA	PASSANTE
mesh	mm	%
10	2	66.24
40	0.420	59.34
200	0.074	52.27

LIMITE DI RITIRO %= 17
 UNI CEN ISO/TS 17892-12

CONTENUTO IN SOSTANZE ORGANICHE(%)= -

TIPO DI CAMPIONE: Q1

LABORATORIO SIGMA S.R.L. :

Pagina: 1/1
 Lo Sperimentatore
 Geol. G. Gambetta Vianna

Data esecuzione prove: 22/04/16-05/05/16

Il Direttore del laboratorio
 Ing. A. Manuelli



Laboratorio SIGMA s.r.l. - Prove ed indagini geotecniche dal 1973

Autorizzazione Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti (Circ. 7618 - Sett.A)

D. M. n° 6064 del 17.07.2013 • Riconoscimento RINA - Associato A.L.I.G.

Sistema Gestione Qualità
Certificato RINA
ISO 9001:2008

N. di certificato: 621/G del 12/05/16

COMMITTENTE: INGEGNERIE TOSCANE S.R.L.

IMPRESA: Gaia Servizi Srl

CANTIERE: Diga di Cepparello - Poggibonsi (SI).

Verbale di accettazione: 52/499

SOND.: 6.16 CAMP.: 3

PROFONDITA', m: 5.0-5.5

PROVA TRIASSIALE U.U. UNI CEN ISO/TS 17892-8

Condizioni del campione: Q1

Caratteristiche iniziali del campione

	1
diametro, cm	8.50
altezza, cm	17.00
contenuto in acqua, %	23.25
grado di saturazione, %	91.48
peso di volume, kN/m ³	19.67
densità secca, kN/m ³	15.96
Peso specifico dei grani, t/m ³	2.78
Indice dei vuoti, -	0.71

Caratteristiche finali del campione

1
8.50
17.00
23.25
91.48
19.67
15.96
2.78
0.71

FASE DI TAGLIO

provino n.	1
pressione di cella (kPa)	110
velocità di taglio (mm/min)	0.30
$\sigma_1 - \sigma_3$ a rottura (kPa)	82.10
ε a rottura (%)	6.07

NOTA:

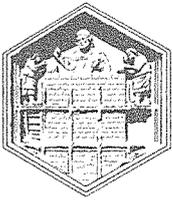
LABORATORIO SIGMA S.R.L. :

Pagina: 1/2

Lo Sperimentatore
Geol. G. Gambetta Vianna

Data esecuzione prove: 20/04/16-21/04/16

Il Direttore del laboratorio
Ing. A. Manuelli



Laboratorio SIGMA s.r.l. - Prove ed indagini geotecniche dal 1973

Autorizzazione Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti (Circ. 7618 - Sett.A)

D. M. n° 6064 del 17.07.2013 • Riconoscimento RINA - Associato A.L.I.G.

Sistema Gestione Qualità
Certificato RINA
ISO 9001:2008

N. di certificato: 621/G del 12/05/16

COMMITTENTE: INGEGNERIE TOSCANE S.R.L.

IMPRESA: Gaia Servizi Srl

CANTIERE: Diga di Cepparello - Poggibonsi (SI).

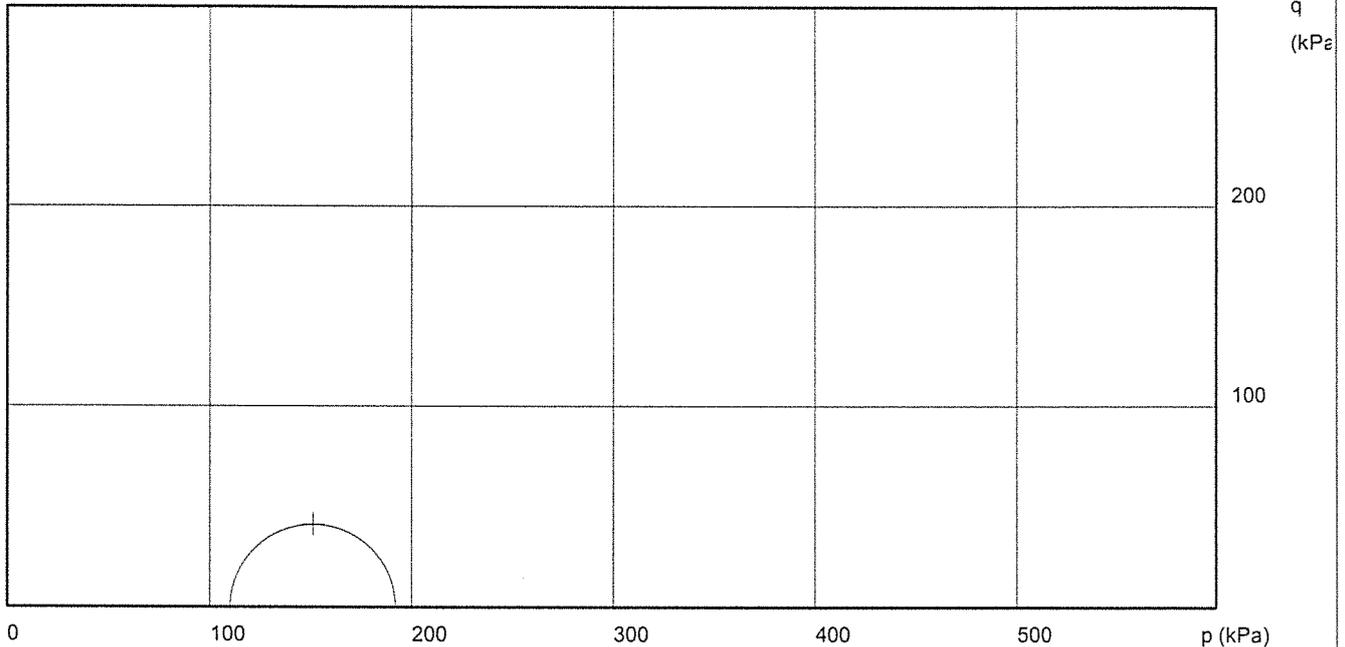
Verbale di accettazione: 52/499

SOND.: 6.16 CAMP.: 3

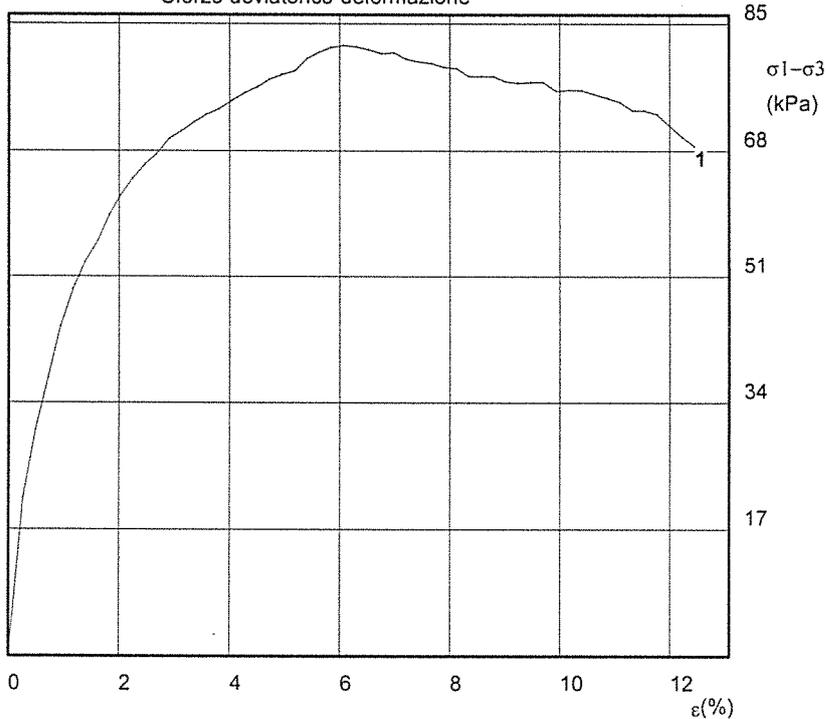
PROFONDITA', m: 5.0-5.5

PROVA TRIASSIALE U.U. UNI CEN ISO/TS 17892-8

Piano di mohr



Sforzo deviatorico-deformazione



NOTA:

LABORATORIO SIGMA S.R.L. :

Pagina: 2/2

Lo Sperimentatore
Geol. G. Gambetta Vianna

Data esecuzione prove: 20/04/16-21/04/16

Il Direttore del laboratorio
Ing. A. Manuelli

Via P. Gobetti, 8 - 50013 Capalle CAMPI BISENZIO - FIRENZE - Tel. 055/89.85.519 (r.a.) - Fax 055/89.85.520

www.laboratoriosigma.it - e-mail: info@laboratoriosigma.it - pec: sigma-srl@legalmail.it

C.C.I.A.A. Firenze N. 240940 - Reg. Soc. Trib. di Firenze N.21921 - C/C Postale N.19025501 - Cod. Fisc./Part. I.V.A. 00667530489

055-8985519



Laboratorio SIGMA s.r.l. – Prove ed indagini geotecniche dal 1973

Autorizzazione Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti (Circ. 7618 - Sett.A)

D. M. n° 6064 del 17.07.2013 • Riconoscimento RINA - Associato A.L.I.G.

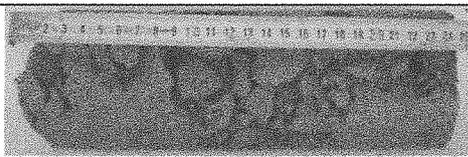
Sistema Gestione Qualità
Certificato RINA
ISO 9001:2008

Certificato n. 622/G del 12/05/2016 V.A. 52/499 del 01/04/2016

COMMITTENTE: INGEGNERIE TOSCANE S.R.L.
INDIRIZZO: Via de Sanctis, 49 – Firenze (FI)
IMPRESA: Gaia Servizi Srl
CANTIERE: Diga di Cepparello – Poggibonsi (SI)

**CONTENUTO D'ACQUA SECONDO UNI EN ISO 17892-01/2015
MASSA VOLUMICA REALE SECONDO UNI EN ISO 17892-03/2016**

CAMPIONE S716C1

Classe del campione (Rif. tabella 3.1 della norma EN 1997-2:2007)	Q1
Caratteristiche del campione:	terra.
Campione consegnato in Laboratorio.	
Profondità di prelievo:	1.5-1.8m
Foto del Campione:	
Valori di pocket penetrometer (kgf/cm ²):	NON ESEGUIBILE

RISULTATI DI PROVA

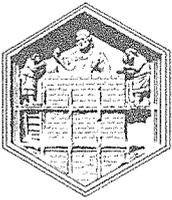
Contenuto d'acqua	=	11.79	%
Massa volumica reale	=	2.74	Mg/m ³

Data di inizio prova: 27/04/2016

Data di fine prova: 28/04/2016

Lo Sperimentatore
Geol. Gianni Gamberetta Vianna

Il Direttore del Laboratorio
Ing. Andrea Mannelli



Laboratorio SIGMA s.r.l. - Prove ed indagini geotecniche dal 1973

Autorizzazione Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti (Circ. 7618 - Sett.A)

D. M. n° 6064 del 17.07.2013 • Riconoscimento RINA - Associato A.L.I.G.

Sistema Gestione Qualità
Certificato RINA
ISO 9001:2008

N. di certificato: 623/G del 12/05/16

COMMITTENTE: INGEGNERIE TOSCANI S.R.L.

IMPRESA: Gaia Servizi Srl

CANTIERE: Diga di Cepparello - Poggibonsi (SI).

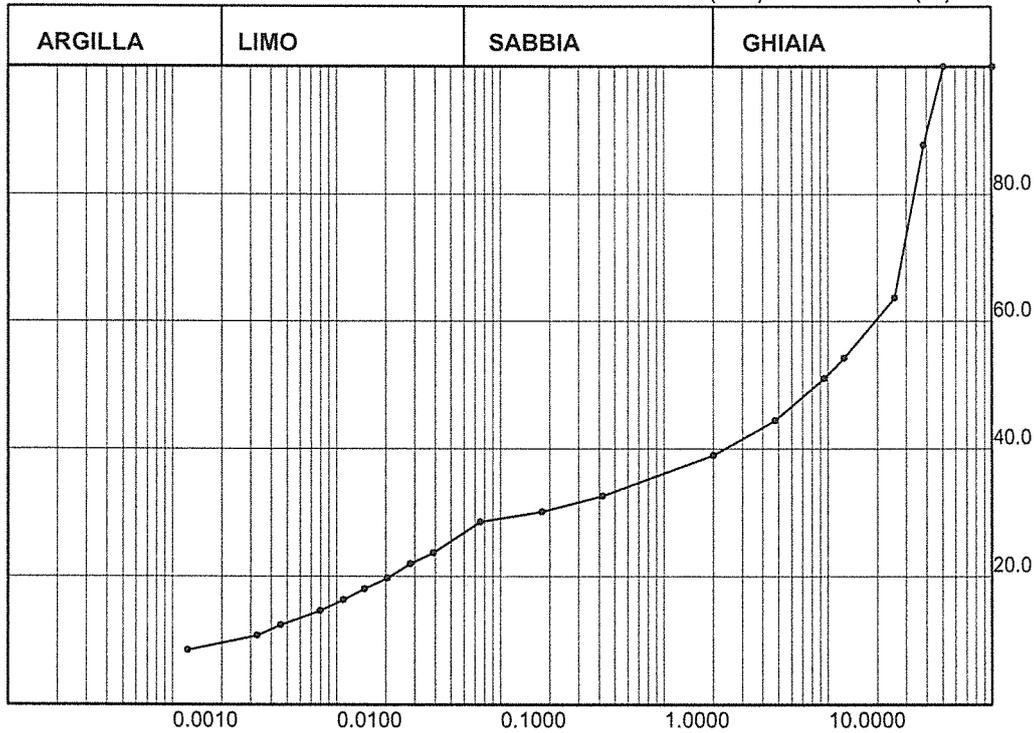
Verbale di accettazione: 52/499

SOND.: 7.16 CAMP.: 1

PROFONDITA', m: 1.5-1.8

ANALISI GRANULOMETRICA RACCOMANDAZIONI A.G.I. 1994

DIAMETRO (mm)- PASSANTE (%)



ANALISI PER SETACCI

Peso campione, g= 850.00

Aperture setaccio mm	Peso trattenuto g	Passante %
101.600	0.00	100.00
50.800	0.00	100.00
38.100	104.24	87.74
25.400	204.25	63.71
12.500	80.62	54.22
9.500	27.09	51.04
4.750	56.14	44.43
2.000	46.18	39.00
0.420	54.07	32.64
0.180	21.11	30.15
0.075	13.78	28.53

ANALISI PER SEDIMENTAZIONE

Peso campione, g= 40.00

Diametro equiv. mm	Areometro -	Passante %
0.0390	1.024	23.70
0.0282	1.022	22.01
0.0205	1.020	19.77
0.0148	1.019	18.08
0.0110	1.018	16.40
0.0079	1.016	14.71
0.0046	1.014	12.47
0.0033	1.012	10.78
0.0012	1.010	8.54

GHIAIA, %= 61.00
SABBIA, %= 12.48
LIMO, %= 17.15
ARGILLA, %= 9.37

Tipo di campione: Q1

NOTA:

LABORATORIO SIGMA S.R.L. :

Pagina: 1/1

Lo Sperimentatore
Geol. G. Gambetta Vianna

Data esecuzione prove: 02/05/16-05/05/16

Il Direttore del laboratorio
Ing. A. Manuelli

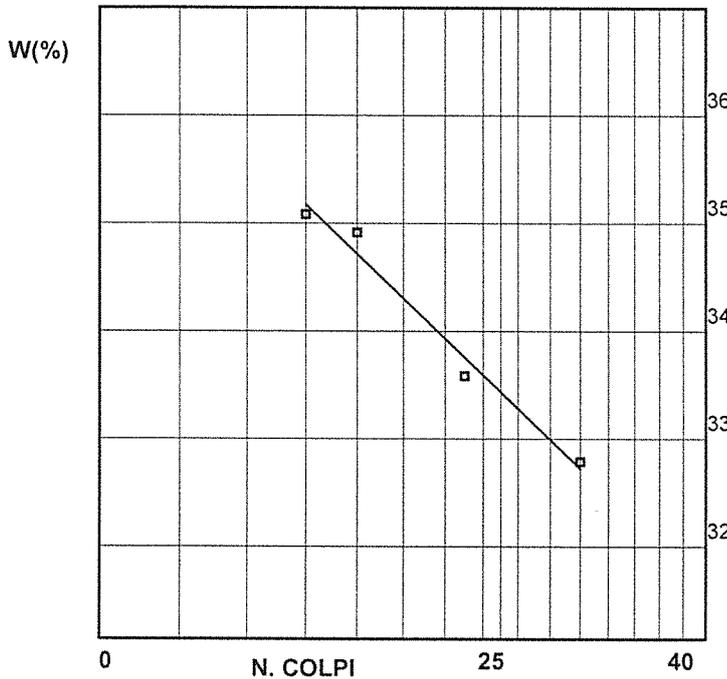


N. di certificato: 624/G del 12/05/16
COMMITTENTE: INGEGNERIE TOSCANE S.R.L.
IMPRESA: Gaia Servizi Srl
CANTIERE: Diga di Cepparello - Poggibonsi (SI).

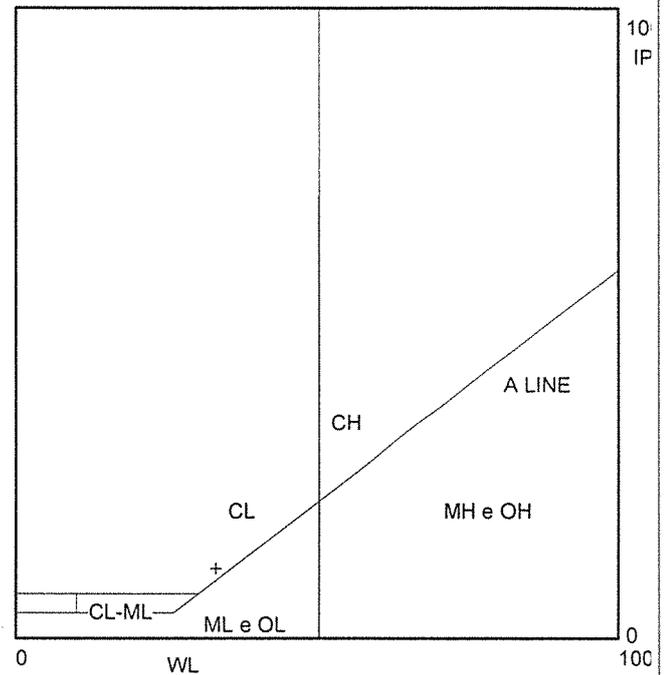
Verbale di accettazione: 52/499
SOND.: 7.16 **CAMP.:** 1
PROFONDITA', m: 1.5-1.8

PROVE DI CLASSIFICAZIONE

LIMITE LIQUIDO



CARTA DI PLASTICITA'



CONTENUTO IN ACQUA %= 11.79
 UNI EN ISO 17892-1

LIMITE LIQUIDO %= 33
 UNI CEN ISO/TS 17892-12

LIMITE PLASTICO %= 22
 UNI CEN ISO/TS 17892-12

INDICE PLASTICO %= 11

INDICE DI CONSISTENZA= 1.93

INDICE DI GRUPPO= -

PESO DI VOLUME kN/m³ -
 UNI EN ISO 17892-2

ARGILLA %= 9.4

ATTIVITA'= 1.2

CLASSIFICAZIONE CNR-UNI 10006 :A-2-6

CLASSIFICAZIONE USCS :

NOTA:

LABORATORIO SIGMA S.R.L. :

Pagina: 1/1
 Lo-Sperimentatore
 Geol. G. Gambetta Vianna

Data esecuzione prove: 29/04/16-10/05/16
 Il Direttore del laboratorio
 Ing. A. Manuelli

CARATTERISTICHE GRANULOMETRICHE
 RACCOMANDAZIONI A.G.I. 1994

SETACCIO	APERTURA	PASSANTE
mesh	mm	%
10	2	39.00
40	0.420	32.64
200	0.074	28.53

LIMITE DI RITIRO %= 15
 UNI CEN ISO/TS 17892-12

CONTENUTO IN SOSTANZE ORGANICHE(%)= -

TIPO DI CAMPIONE: Q1



Laboratorio SIGMA s.r.l. – Prove ed indagini geotecniche dal 1973

Autorizzazione Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti (Circ. 7618 - Sett.A)

D. M. n° 6064 del 17.07.2013 • Riconoscimento RINA - Associato A.L.I.G.

Sistema Gestione Qualità
Certificato RINA
ISO 9001:2008

Certificato n. 625/G del 12/05/2016

V.A. 52/499

del 01/04/2016

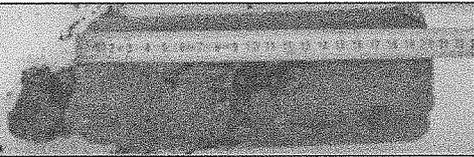
COMMITTENTE: INGEGNERIE TOSCANE S.R.L.
INDIRIZZO: Via de Sanctis, 49 – Firenze (FI)
IMPRESA: Gaia Servizi Srl
CANTIERE: Diga di Cepparello – Poggibonsi (SI)

MASSA VOLUMICA APPARENTE SECONDO UNI EN ISO 17892-02/2015

CONTENUTO D'ACQUA SECONDO UNI EN ISO 17892-01/2015

MASSA VOLUMICA REALE SECONDO UNI EN ISO 17892-03/2016

CAMPIONE S716C3

Classe del campione (Rif. tabella 3.1 della norma EN 1997-2:2007)	Q1
Caratteristiche del campione:	terra.
Campione consegnato in Laboratorio.	
Profondità di prelievo:	2.8-3.0m
Foto del Campione:	
Valori di pocket penetrometer (kgf/cm ²):	NON ESEGUIBILE

RISULTATI DI PROVA

Contenuto d'acqua	=	18.75	%
Massa volumica reale	=	2.72	Mg/m ³

Data di inizio prova: 27/04/2016

Data di fine prova: 28/04/2016

Lo Sperimentatore
Geol. Gianni Gambetta Vianna

Il Direttore del Laboratorio
Ing. Andrea Manelli



N. di certificato: 626/G del 12/05/16

COMMITTENTE: INGEGNERIE TOSCANI S.R.L.

IMPRESA: Gaia Servizi Srl

CANTIERE: Diga di Cepparello - Poggibonsi (SI).

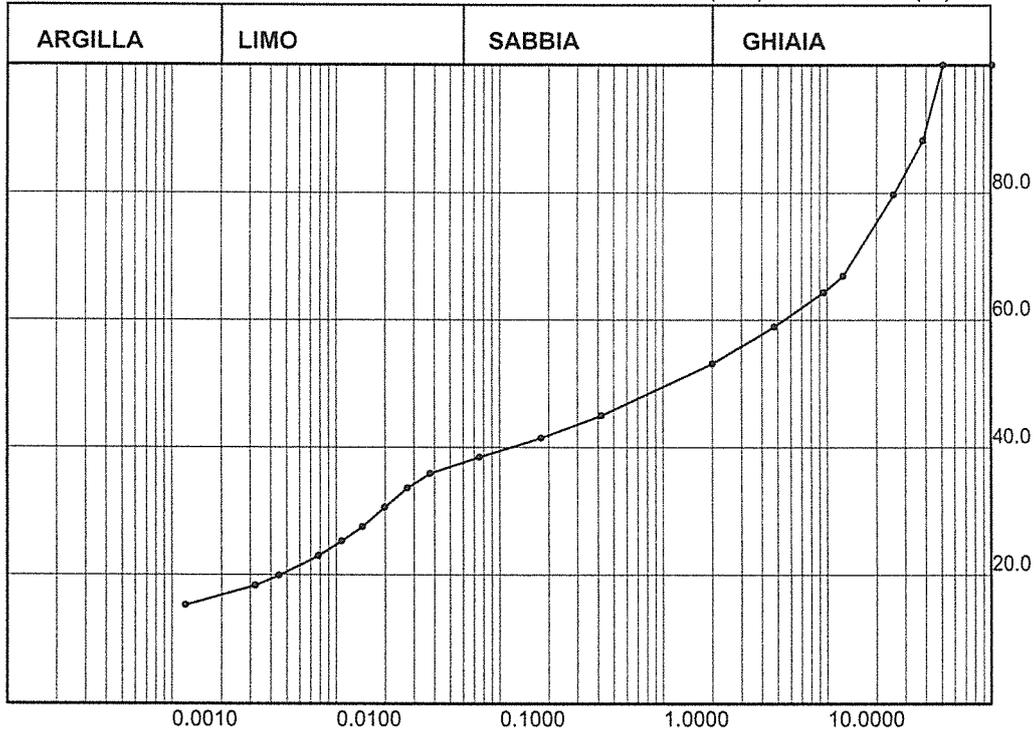
Verbale di accettazione: 52/499

SOND.: 7.16 CAMP.: 3

PROFONDITA', m: 2.8-3.0

ANALISI GRANULOMETRICA RACCOMANDAZIONI A.G.I. 1994

DIAMETRO (mm)- PASSANTE (%)



ANALISI PER SETACCI

Peso campione, g= 1000.00

Aperture setaccio mm	Peso trattenuto g	Passante %
101.600	0.00	100.00
50.800	0.00	100.00
38.100	117.48	88.25
25.400	85.43	79.71
12.500	127.92	66.92
9.500	25.72	64.34
4.750	53.80	58.96
2.000	57.59	53.21
0.420	82.04	45.00
0.180	35.06	41.50
0.075	30.55	38.44

ANALISI PER SEDIMENTAZIONE

Peso campione, g= 40.00

Diametro equiv. mm	Areometro -	Passante %
0.0377	1.026	35.87
0.0273	1.025	33.59
0.0199	1.023	30.55
0.0145	1.021	27.51
0.0108	1.020	25.23
0.0078	1.018	22.95
0.0045	1.016	19.91
0.0032	1.015	18.39
0.0012	1.013	15.35

GHIAIA, %= 46.79
SABBIA, %= 15.80
LIMO, %= 20.86
ARGILLA, %= 16.55

Tipo di campione: Q1

NOTA:

LABORATORIO SIGMA S.R.L. :

Pagina: 1/1
Lo Sperimentatore
Geol. G. Gambetta Vianna

Data esecuzione prove: 02/05/16-05/05/16

Il Direttore del laboratorio
Ing. A. Maruelli

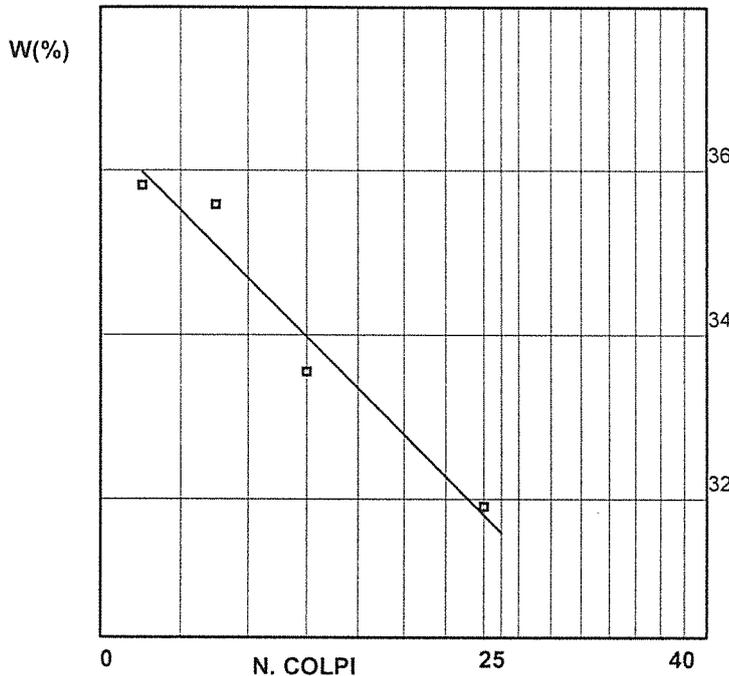


N. di certificato: 627/G del 12/05/16
COMMITTENTE: INGEGNERIE TOSCANI S.R.L.
IMPRESA: Gaia Servizi Srl
CANTIERE: Diga di Cepparello - Poggibonsi (SI).

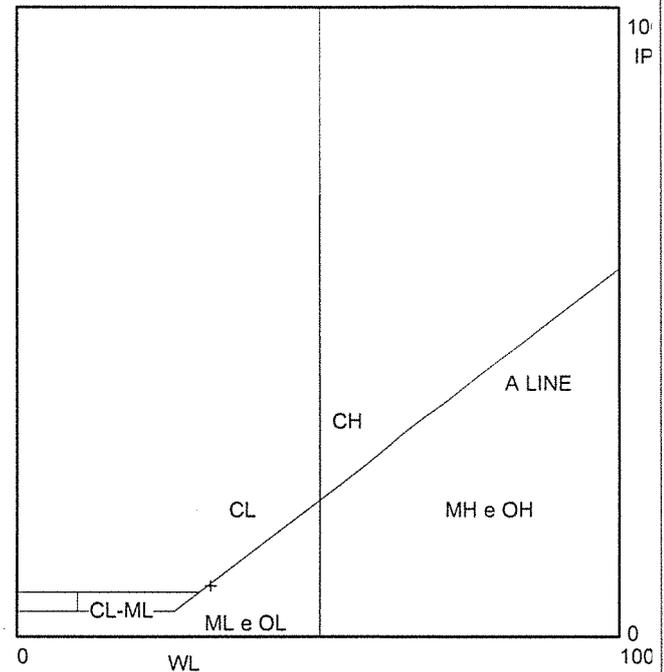
Verbale di accettazione: 52/499
SOND.: 7.16 **CAMP.:** 3
PROFONDITA', m: 2.8-3.0

PROVE DI CLASSIFICAZIONE

LIMITE LIQUIDO



CARTA DI PLASTICITA'



CONTENUTO IN ACQUA % = 18.75
 UNI EN ISO 17892-1

LIMITE LIQUIDO % = 32
 UNI CEN ISO/TS 17892-12

LIMITE PLASTICO % = 24
 UNI CEN ISO/TS 17892-12

INDICE PLASTICO % = 8

INDICE DI CONSISTENZA = 1.66

INDICE DI GRUPPO = 1

PESO DI VOLUME kN/m³ -
 UNI EN ISO 17892-2

ARGILLA % = 16.6

ATTIVITA' = 0.5

CLASSIFICAZIONE CNR-UNI 10006 :A-4

CLASSIFICAZIONE USCS :

NOTA:

LABORATORIO SIGMA S.R.L. :

Pagina: 1/1
 Lo Sperimentatore
 Geol. G. Gambetta Vianna

CARATTERISTICHE GRANULOMETRICHE
 RACCOMANDAZIONI A.G.I. 1994

SETACCIO	APERTURA	PASSANTE
mesh	mm	%
10	2	53.21
40	0.420	45.00
200	0.074	38.44

LIMITE DI RITIRO % = 13
 UNI CEN ISO/TS 17892-12

CONTENUTO IN SOSTANZE ORGANICHE(%) = -

TIPO DI CAMPIONE: Q1

Data esecuzione prove: 22/04/16-10/05/16

Il Direttore del laboratorio
 Ing. A. Manuelli

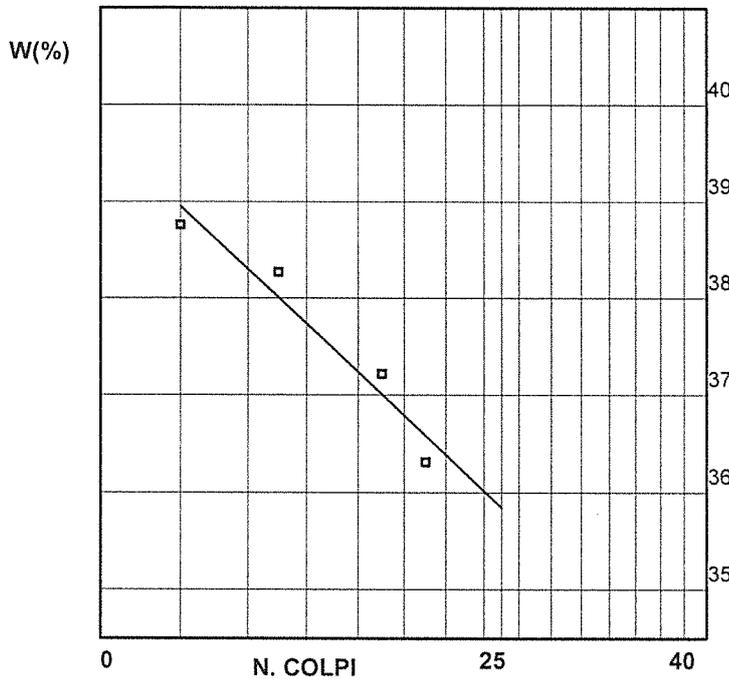


N. di certificato: 630/G del 12/05/16
COMMITTENTE: INGEGNERIE TOSCANI S.R.L.
IMPRESA: Gaia Servizi Srl
CANTIERE: Diga di Cepparello - Poggibonsi (SI).

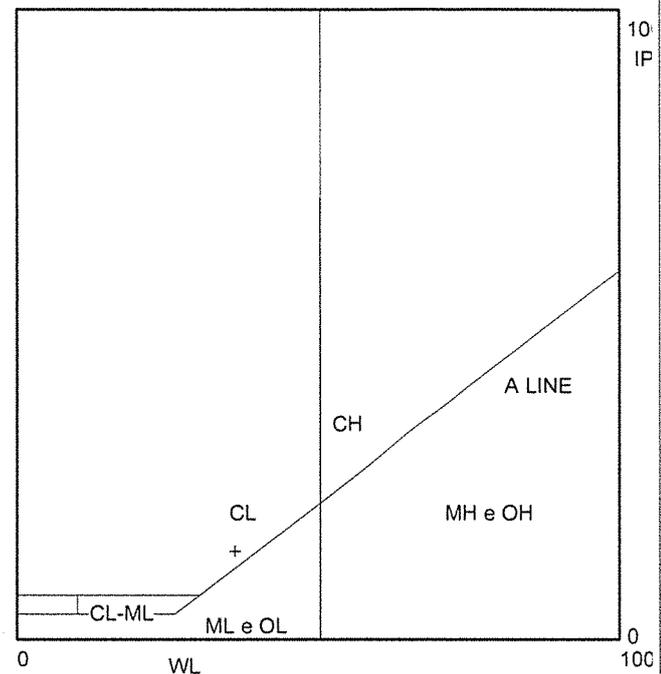
Verbale di accettazione: 52/499
SOND.: 7.16 **CAMP.:** 4
PROFONDITA', m: 3.0-3.4

PROVE DI CLASSIFICAZIONE

LIMITE LIQUIDO



CARTA DI PLASTICITA'



CONTENUTO IN ACQUA %= 16.33
 UNI EN ISO 17892-1

LIMITE LIQUIDO %= 36
 UNI CEN ISO/TS 17892-12

LIMITE PLASTICO %= 22
 UNI CEN ISO/TS 17892-12

INDICE PLASTICO %= 14

INDICE DI CONSISTENZA= 1.41

INDICE DI GRUPPO= 1

PESO DI VOLUME kN/m³= 19.71
 UNI EN ISO 17892-2

ARGILLA %= 13.3

ATTIVITA'= 1.0

CLASSIFICAZIONE CNR-UNI 10006 :A-6

CLASSIFICAZIONE USCS :

NOTA:

LABORATORIO SIGMA S.R.L. :

CARATTERISTICHE GRANULOMETRICHE
 RACCOMANDAZIONI A.G.I. 1994

SETACCIO	APERTURA	PASSANTE
mesh	mm	%
10	2	45.00
40	0.420	39.54
200	0.074	35.67

LIMITE DI RITIRO %= 14
 UNI CEN ISO/TS 17892-12

CONTENUTO IN SOSTANZE ORGANICHE(%)= -

TIPO DI CAMPIONE: Q1

Pagina: 1/1
 Lo Sperimentatore
 Geof. G. Gambetta Vianna

Data esecuzione prove: 29/04/16-11/05/16
 Il Direttore del laboratorio
 Ing. A. Manuelli



Laboratorio SIGMA s.r.l. - Prove ed indagini geotecniche dal 1973

Autorizzazione Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti (Circ. 7618 - Sett.A)

D. M. n° 6064 del 17.07.2013 • Riconoscimento RINA - Associato A.L.I.G.

Sistema Gestione Qualità
Certificato RINA
ISO 9001:2008

N. di certificato: 631/G del 12/05/16

COMMITTENTE: INGEGNERIE TOSCANE S.R.L.

IMPRESA: Gaia Servizi Srl

CANTIERE: Diga di Cepparello - Poggibonsi (SI).

Verbale di accettazione: 52/499

SOND.: 7.16 CAMP.: 4

PROFONDITA', m: 3.0-3.4

PROVA DI TAGLIO DIRETTO C.D. UNI CEN ISO/TS 17892-10

Condizioni del campione: Q1

Caratteristiche iniziali del campione

lato, mm= 60.00

altezza, mm= 20.00

	1	2	3
contenuto in acqua, %	16.85	16.39	16.55
grado di saturazione, %	78.56	77.32	77.66
peso di volume, kN/m ³	19.72	19.73	19.71
densità secca, kN/m ³	16.88	16.95	16.91
Peso specifico dei grani, t/m ³	2.73	2.73	2.73
Indice dei vuoti, -	0.59	0.58	0.58

PRESSIONI VERTICALI

kPa

49.03

147.10

245.18

RESISTENZA AL TAGLIO

kPa

34.89

78.96

152.22

RESISTENZA RESIDUA

kPa

-

-

-

PARAMETRI A ROTTURA

RESISTENZA AL TAGLIO

kPa

34.89

78.96

152.22

DEF. ORIZZONTALE

mm

4.24

2.17

4.57

DEF. VERTICALE

mm/100

-37.50

-31.80

-44.70

Velocità di taglio= 0.0037 mm/minuto

NOTA: Ricostituito su materiale passante al setaccio 2mm UNI

LABORATORIO SIGMA S.R.L. :

Pagina: 1/2

Lo Sperimentatore,
Geol. G. Gambetta Vianna

Data esecuzione prove: 06/05/16-10/05/16

Il Direttore del laboratorio
Ing. A. Manfelloni

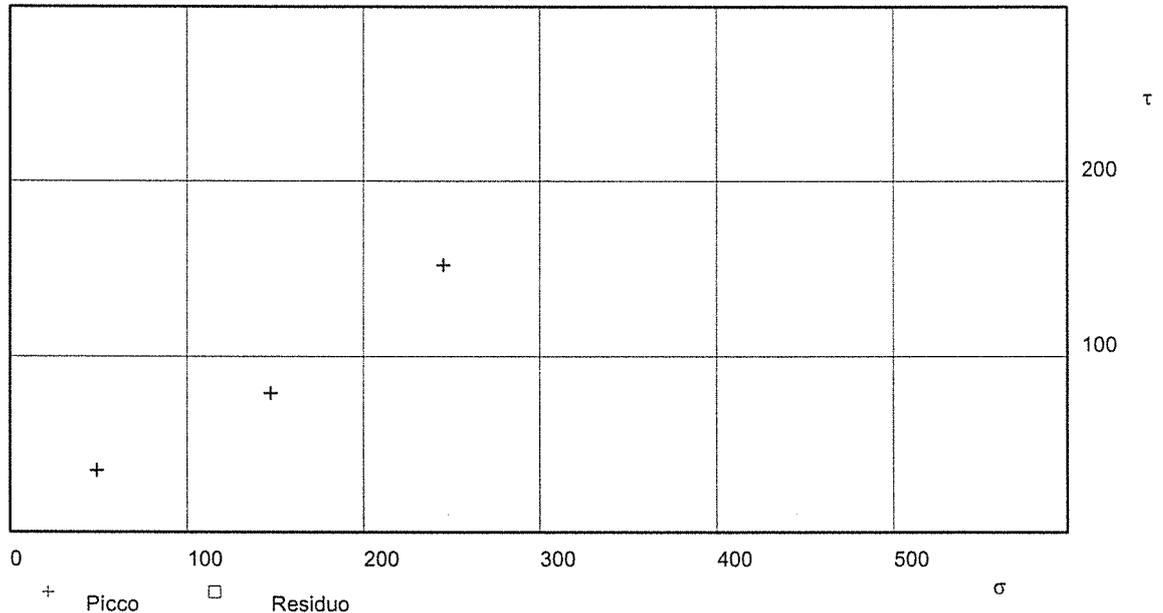


N. di certificato: 631/G del 12/05/16
COMMITTENTE: INGEGNERIE TOSCANE S.R.L.
IMPRESA: Gaia Servizi Srl
CANTIERE: Diga di Cepparello - Poggibonsi (SI).

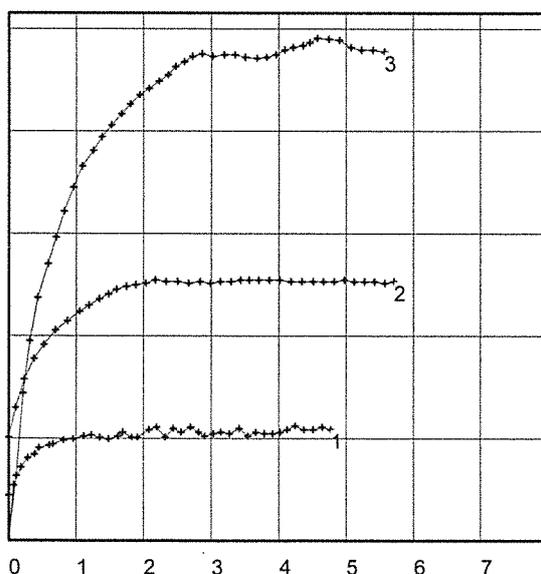
Verbale di accettazione: 52/499
SOND.: 7.16 CAMP.: 4
PROFONDITA', m: 3.0-3.4

PROVA DI TAGLIO DIRETTO C.D. UNI CEN ISO/TS 17892-10

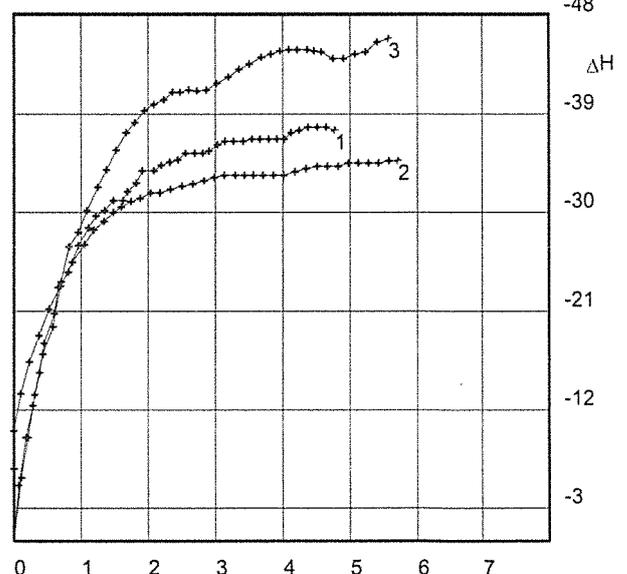
Sforzo di taglio, (kPa)-Pressione verticale (kPa)



SFORZO DI TAGLIO (kPa)



DEFORMAZIONI VERTICALI, mm/100



Deformazione orizzontale (mm)

NOTA: Ricostituito su materiale passante al setaccio 2mm UNI

LABORATORIO SIGMA S.R.L. :

Pagina: 2/2
Lo Sperimentatore
Geol. G. Gambetta Vianna

Data esecuzione prove: 06/05/16-10/05/16

Il Direttore del laboratorio
Ing. A. Manuelli



Laboratorio SIGMA s.r.l. - Prove ed indagini geotecniche dal 1973

Autorizzazione Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti (Circ. 7618 - Sett.A)

D. M. n° 6064 del 17.07.2013 • Riconoscimento RINA - Associato A.L.I.G.

Sistema Gestione Qualità
Certificato RINA
ISO 9001:2008

N. di certificato: 632/G del 12/05/16
COMMITTENTE: INGEGNERIE TOSCANE S.R.L.
IMPRESA: Gaia Servizi Srl
CANTIERE: Diga di Cepparello - Poggibonsi (SI).

Verbale di accettazione: 52/499
SOND.: 7.16 CAMP.: 4
PROFONDITA', m: 3.0-3.4

PROVA TRIASSIALE U.U. UNI CEN ISO/TS 17892-8

Condizioni del campione: Q1

Caratteristiche iniziali del campione

	1
diametro, cm	8.50
altezza, cm	17.00
contenuto in acqua, %	19.51
grado di saturazione, %	85.91
peso di volume, kN/m ³	19.74
densità secca, kN/m ³	16.52
Peso specifico dei grani, t/m ³	2.73
Indice dei vuoti, -	0.62

Caratteristiche finali del campione

1
8.50
17.00
19.51
85.91
19.74
16.52
2.73
0.62

FASE DI TAGLIO

provino n.	1
pressione di cella (kPa)	70
velocità di taglio (mm/min)	0.45
$\sigma_1 - \sigma_3$ a rottura (kPa)	62.04
ϵ a rottura (%)	7.35

NOTA:

LABORATORIO SIGMA S.R.L. :

Pagina: 1/2
Lo Sperimentatore
Geol. G. Gambetta Vianna

Data esecuzione prove: 27/04/16-28/04/16

Il Direttore del laboratorio
Ing. A. Manuelli



Laboratorio SIGMA s.r.l. - Prove ed indagini geotecniche dal 1973

Autorizzazione Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti (Circ. 7618 - Sett.A)

D. M. n° 6064 del 17.07.2013 • Riconoscimento RINA - Associato A.L.I.G.

Sistema Gestione Qualità
Certificato RINA
ISO 9001:2008

N. di certificato: 632/G del 12/05/16

COMMITTENTE: INGEGNERIE TOSCANI S.R.L.

IMPRESA: Gaia Servizi Srl

CANTIERE: Diga di Cepparello - Poggibonsi (SI).

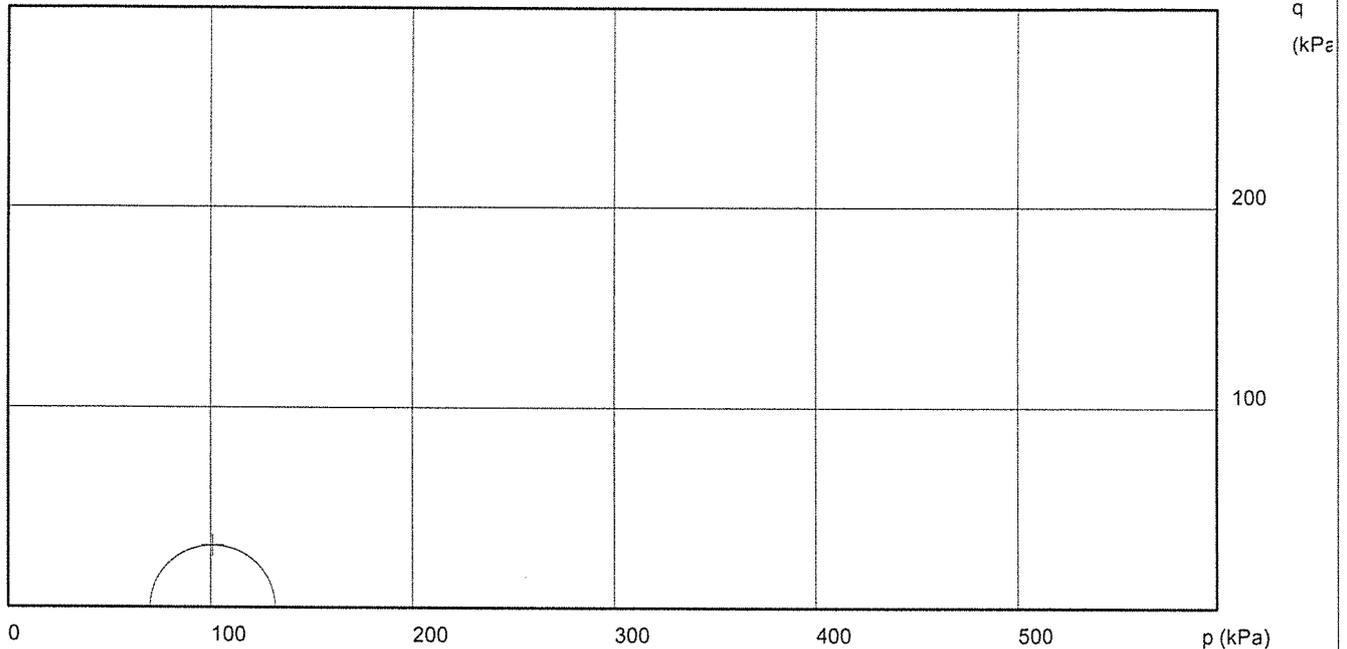
Verbale di accettazione: 52/499

SOND.: 7.16 CAMP.: 4

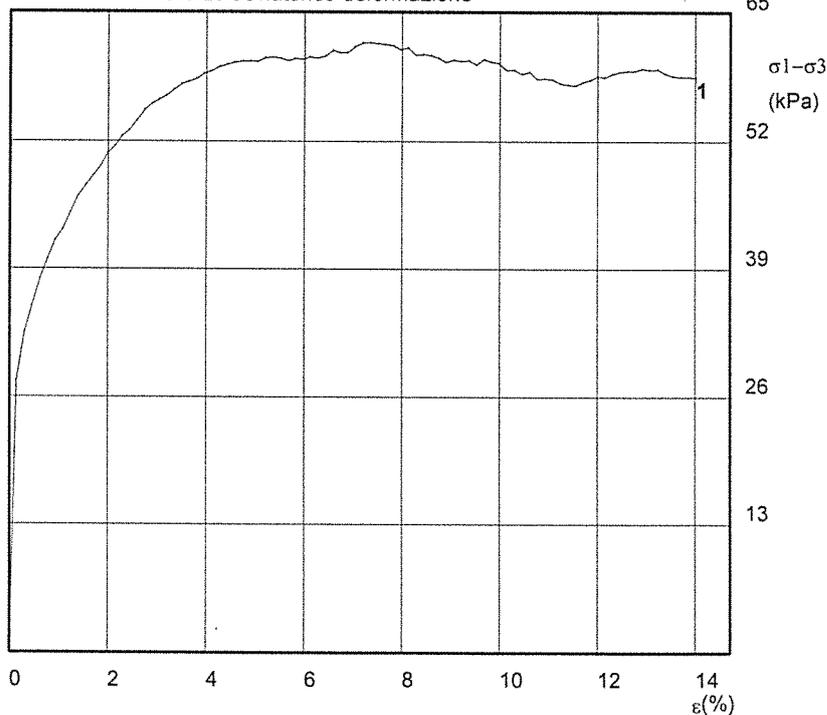
PROFONDITA', m: 3.0-3.4

PROVA TRIASSIALE U.U. UNI CEN ISO/TS 17892-8

Piano di mohr



Sforzo deviatorico-deformazione



NOTA:

LABORATORIO SIGMA S.R.L. :

Pagina: 2/2

Lo Sperimentatore
Geol. G. Gambetta Vianna

Data esecuzione prove: 27/04/16-28/04/16

Il Direttore del laboratorio
Ing. A. Manuelli



Laboratorio SIGMA s.r.l. - Prove ed indagini geotecniche dal 1973

Autorizzazione Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti (Circ. 7618 - Sett.A)

D. M. n° 6064 del 17.07.2013 • Riconoscimento RINA - Associato A.L.I.G.

Sistema Gestione Qualità
Certificato RINA
ISO 9001:2008

Certificato n. 633/G del 12/05/2016 V.A. 52/499 del 01/04/2016

COMMITTENTE: INGEGNERIE TOSCANE S.R.L.
INDIRIZZO: Via de Sanctis, 49 – Firenze (FI)
IMPRESA: Gaia Servizi Srl
CANTIERE: Diga di Cepparello – Poggibonsi (SI)

SCHEDA APERTURA CAMPIONE

CAMPIONE S716C5

Classe del campione (Rif. tabella 3.1 della norma EN 1997-2:2007)	Q4
Caratteristiche del campione:	terra.
Campione consegnato in Laboratorio.	
Profondità di prelievo:	4.1-4.6
Foto del Campione:	
Valori di pocket penetrometer (kgf/cm ²):	NON ESEGUIBILE

Data di inizio prova: 20/04/2016

Data di fine prova: 20/04/2016

Lo Sperimentatore
Geol. Gianni Gambetta Vianna

Il Direttore del Laboratorio,
Ing. Andrea Manuelli



Laboratorio SIGMA s.r.l. - Prove ed indagini geotecniche dal 1973

Autorizzazione Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti (Circ. 7618 - Sett.A)

D. M. n° 6064 del 17.07.2013 • Riconoscimento RINA - Associato A.L.I.G.

Sistema Gestione Qualità
Certificato RINA
ISO 9001:2008

N. di certificato: 634/G del 12/05/16

COMMITTENTE: INGEGNERIE TOSCANI S.R.L.

IMPRESA: Gaia Servizi Srl

CANTIERE: Diga di Cepparello - Poggibonsi (SI).

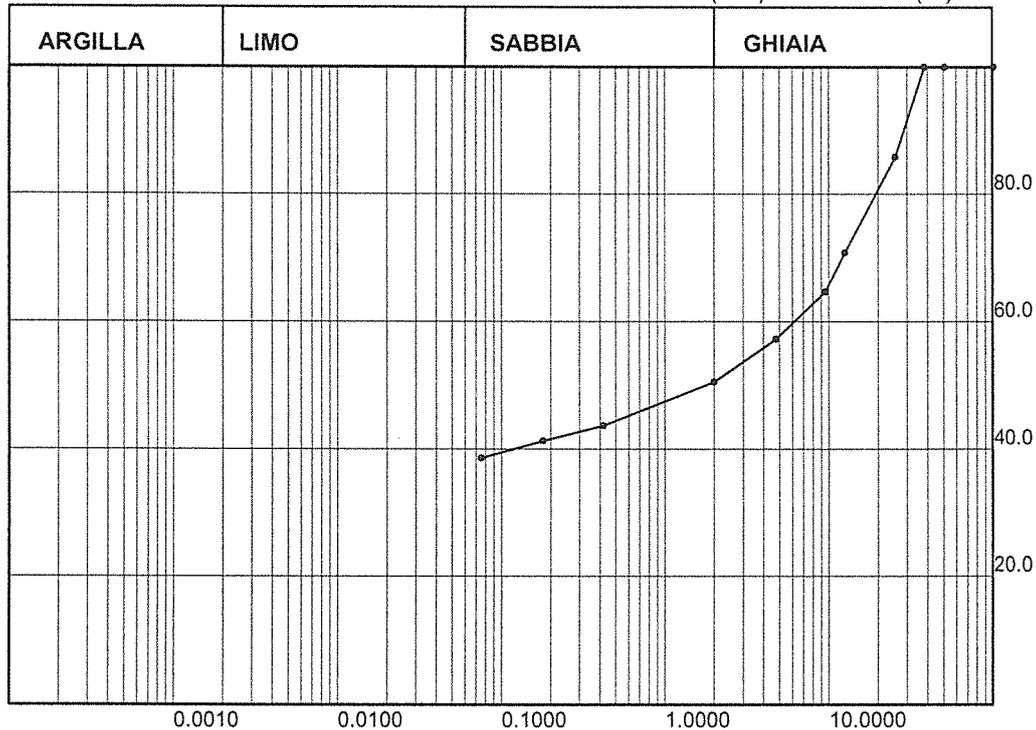
Verbale di accettazione: 52/499

SOND.: 7.16 CAMP.: 5

PROFONDITA', m: 4.1-4.6

ANALISI GRANULOMETRICA RACCOMANDAZIONI A.G.I. 1994

DIAMETRO (mm)- PASSANTE (%)



ANALISI PER SETACCI

Peso campione, g= 500.00

Aperture setaccio mm	Peso trattenuto g	Passante %
101.600	0.00	100.00
50.800	0.00	100.00
38.100	0.00	100.00
25.400	70.85	85.83
12.500	75.22	70.79
9.500	30.42	64.70
4.750	37.24	57.25
2.000	33.47	50.56
0.420	34.42	43.68
0.180	12.03	41.27
0.075	13.27	38.62

Tipo di campione: Q4

NOTA: Prova eseguita solo per vagliatura per carenza di quantitativo di campione

LABORATORIO SIGMA S.R.L. :

Pagina: 1/1
Lo Sperimentatore
Geol. G. Gambetta Vianna

Data esecuzione prove: 26/04/16-28/04/16

Il Direttore del laboratorio
Ing. A. Manuelli

Via P. Gobetti, 8 - 50013 Capalle CAMPI BISENZIO - FIRENZE - Tel. 055/89.85.519 (r.a.) - Fax 055/89.85.520
www.laboratoriosigma.it - e-mail: info@laboratoriosigma.it - pec: sigma-srl@legalmail.it

C.C.I.A.A. Firenze N. 240940 - Reg. Soc. Trib. di Firenze N.21921 - C/C Postale N.19025501 - Cod. Fisc./Part. I.V.A. 00667530489



Laboratorio SIGMA s.r.l. - Prove ed indagini geotecniche dal 1973

Autorizzazione Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti (Circ. 7618 - Sett.A)

D. M. n° 6064 del 17.07.2013 • Riconoscimento RINA - Associato A.L.I.G.

Sistema Gestione Qualità
Certificato RINA
ISO 9001:2008

Certificato n. 635/G del 12/05/2016 V.A. 52/499 del 01/04/2016

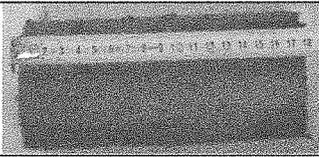
COMMITTENTE: INGEGNERIE TOSCANE S.R.L.
INDIRIZZO: Via de Sanctis, 49 – Firenze (FI)
IMPRESA: Gaia Servizi Srl
CANTIERE: Diga di Cepparello – Poggibonsi (SI)

MASSA VOLUMICA APPARENTE SECONDO UNI EN ISO 17892-02/2015

CONTENUTO D'ACQUA SECONDO UNI EN ISO 17892-01/2015

MASSA VOLUMICA REALE SECONDO UNI EN ISO 17892-03/2016

CAMPIONE S716C6

Classe del campione (Rif. tabella 3.1 della norma EN 1997-2:2007)	Q1
Caratteristiche del campione:	terra.
Campione consegnato in Laboratorio.	
Profondità di prelievo:	5.0-5.35m
Foto del Campione:	
Valori di pocket penetrometer (kgf/cm ²):	1.7

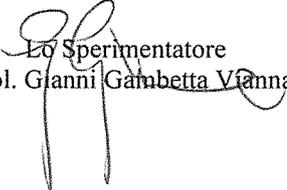
RISULTATI DI PROVA

Contenuto d'acqua	=	26.71	%
Peso di volume	=	19.81	kN/m³
Massa volumica reale	=	2.61	Mg/m³
Densità secca	=	15.59	kN/m³

Data di inizio prova: 26/04/2016

Data di fine prova: 27/04/2016

Lo Sperimentatore
Geol. Gianni Gambetta Vianna



Il Direttore del Laboratorio
Ing. Andrea Manuelli





N. di certificato: 636/G del 12/05/16

COMMITTENTE: INGEGNERIE TOSCANI S.R.L.

IMPRESA: Gaia Servizi Srl

CANTIERE: Diga di Cepparello - Poggibonsi (SI).

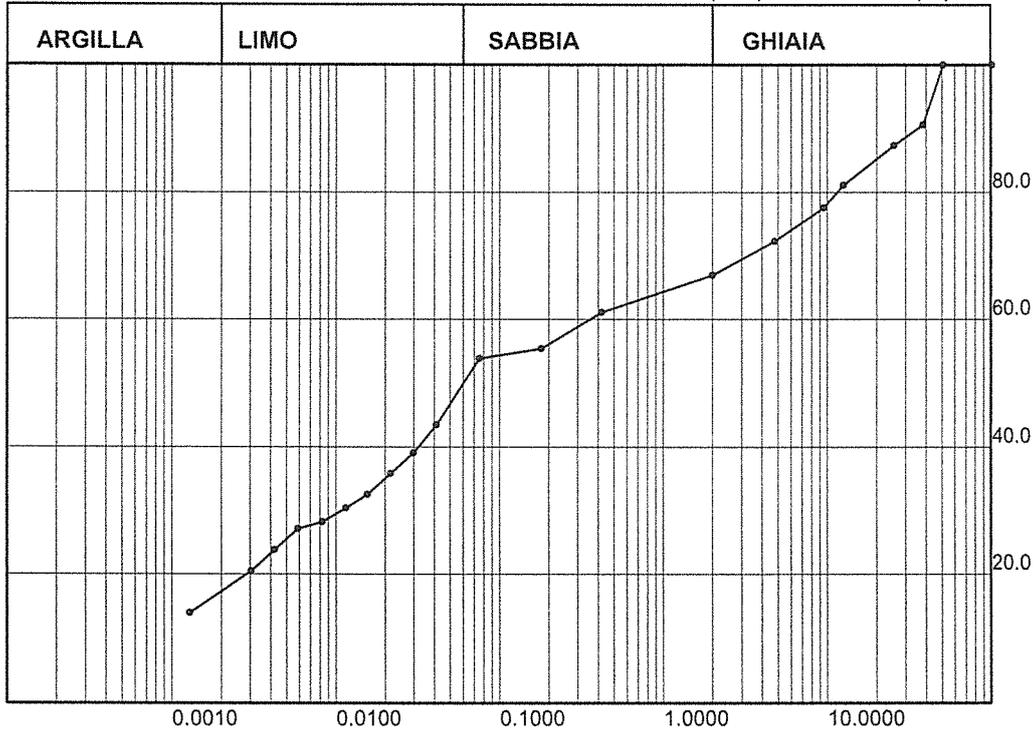
Verbale di accettazione: 52/499

SOND.: 7.16 CAMP.: 6

PROFONDITA', m: 5.0-5.35

ANALISI GRANULOMETRICA RACCOMANDAZIONI A.G.I. 1994

DIAMETRO (mm)- PASSANTE (%)



ANALISI PER SETACCI

Peso campione, g= 1000.00

Aperture setaccio mm	Peso trattenuto g	Passante %
101.600	0.00	100.00
50.800	0.00	100.00
38.100	93.72	90.63
25.400	32.17	87.41
12.500	63.00	81.11
9.500	35.41	77.57
4.750	52.53	72.32
2.000	53.51	66.97
0.420	58.56	61.11
0.180	56.59	55.45
0.075	15.81	53.87

ANALISI PER SEDIMENTAZIONE

Peso campione, g= 40.00

Diametro equiv. mm	Areometro -	Passante %
0.0411	1.023	43.46
0.0299	1.021	39.09
0.0216	1.020	35.82
0.0156	1.018	32.54
0.0115	1.017	30.36
0.0083	1.016	28.17
0.0059	1.016	27.08
0.0042	1.014	23.81
0.0030	1.012	20.53
0.0013	1.010	13.98

GHIAIA, %= 33.03
SABBIA, %= 17.71
LIMO, %= 32.61
ARGILLA, %= 16.65

Tipo di campione: Q1

NOTA:

LABORATORIO SIGMA S.R.L. :

Pagina: 1/1
Lo Sperimentatore
Geol. G. Gambetta Vianna

Data esecuzione prove: 27/04/16-29/04/16

Il Direttore del laboratorio
Ing. A. Mandelli



Laboratorio SIGMA s.r.l. - Prove ed indagini geotecniche dal 1973

Autorizzazione Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti (Circ. 7618 - Sett.A)

D. M. n° 6064 del 17.07.2013 • Riconoscimento RINA - Associato A.L.I.G.

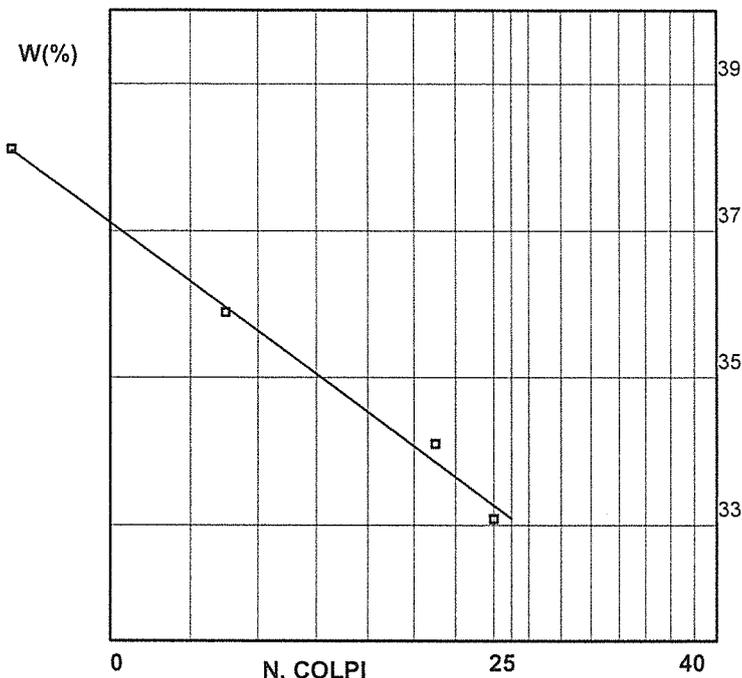
Sistema Gestione Qualità
Certificato RINA
ISO 9001:2008

N. di certificato: 637/G del 12/05/16
COMMITTENTE: INGEGNERIE TOSCANI S.R.L.
IMPRESA: Gaia Servizi Srl
CANTIERE: Diga di Cepparello - Poggibonsi (SI).

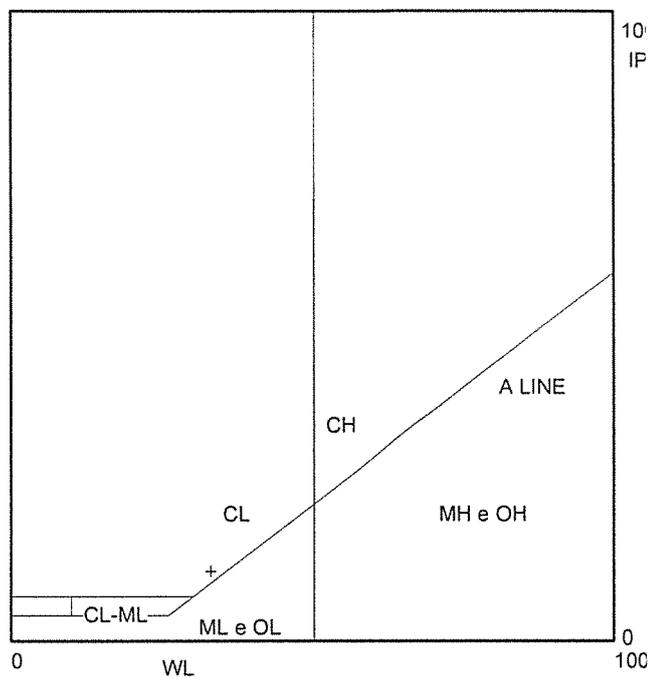
Verbale di accettazione: 52/499
SOND.: 7.16 CAMP.: 6
PROFONDITA', m: 5.0-5.35

PROVE DI CLASSIFICAZIONE

LIMITE LIQUIDO



CARTA DI PLASTICITA'



CONTENUTO IN ACQUA %= 26.71
UNI EN ISO 17892-1

LIMITE LIQUIDO %= 33
UNI CEN ISO/TS 17892-12

LIMITE PLASTICO %= 22
UNI CEN ISO/TS 17892-12

INDICE PLASTICO %= 11

INDICE DI CONSISTENZA= 0.57

INDICE DI GRUPPO= 4

PESO DI VOLUME kN/m³= 19.81
UNI EN ISO 17892-2

ARGILLA %= 16.6

ATTIVITA'= 0.7

CLASSIFICAZIONE CNR-UNI 10006 :A-6

CLASSIFICAZIONE USCS :CL

NOTA:

LABORATORIO SIGMA S.R.L. :

Pagina: 1/1
Lo Sperimentatore
Geol. G. Gambetta Vianna

Data esecuzione prove: 26/04/16-11/05/16
Il Direttore del laboratorio
Ing. A. Manuelli



N. di certificato: 638/G del 12/05/16
COMMITTENTE: INGEGNERIE TOSCANI S.R.L.
IMPRESA: Gaia Servizi Srl
CANTIERE: Diga di Cepparello - Poggibonsi (SI).

Verbale di accettazione: 52/499
SOND.: 7.16 CAMP.: 6
PROFONDITA', m: 5.0-5.35

PROVA DI TAGLIO DIRETTO C.D. UNI CEN ISO/TS 17892-10

Condizioni del campione: Q1

Caratteristiche iniziali del campione

lato, mm=	60.00			
altezza, mm=	20.00			
		1	2	3
contenuto in acqua, %		26.37	26.53	26.44
grado di saturazione, %		109.08	109.43	109.76
peso di volume, kN/m ³		19.80	19.80	19.84
densità secca, kN/m ³		15.67	15.65	15.69
Peso specifico dei grani, t/m ³		2.61	2.61	2.61
Indice dei vuoti, -		0.63	0.63	0.63

PRESSIONI VERTICALI	RESISTENZA AL TAGLIO	RESISTENZA RESIDUA
kPa	kPa	kPa
49.03	32.14	-
147.10	78.48	-
245.18	155.28	-

PARAMETRI A ROTTURA

RESISTENZA AL TAGLIO	DEF. ORIZZONTALE	DEF. VERTICALE
kPa	mm	mm/100
32.14	3.03	-37.50
78.48	3.60	-40.60
155.28	2.94	-41.60

Velocità di taglio= 0.0048 mm/minuto

NOTA: Provini ricostituiti su materiale passante al setaccio 2mm UNI

LABORATORIO SIGMA S.R.L. :

Pagina: 1/2
Lo Sperimentatore
Geol. G. Gambetta Vianna

Data esecuzione prove: 10/05/16-12/05/16
Il Direttore del laboratorio
Ing. A. Manuelli

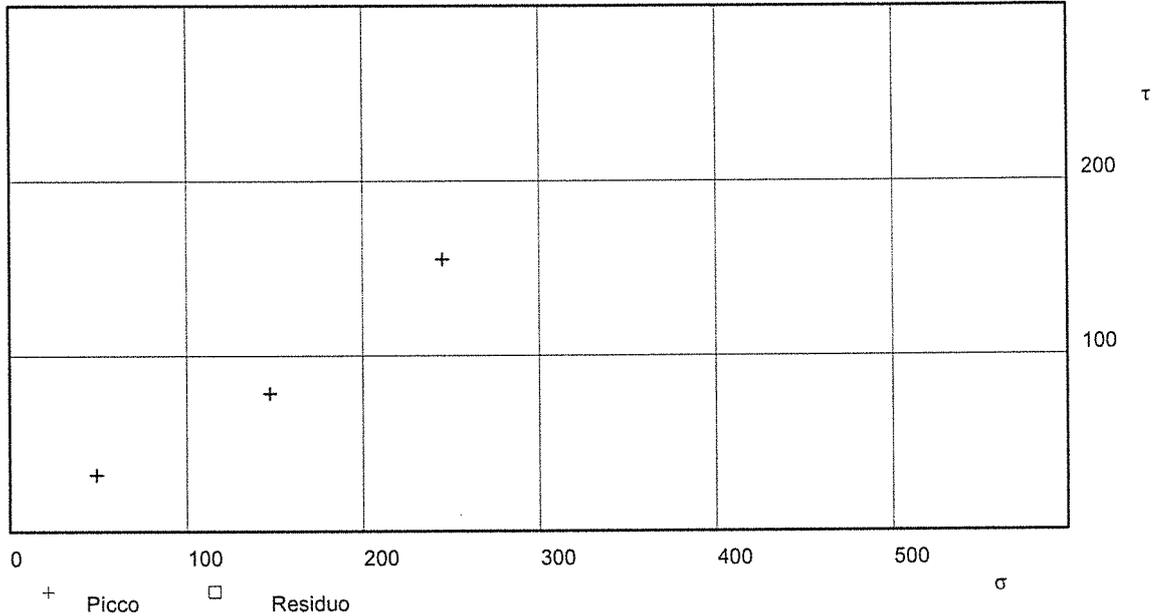


N. di certificato: 638/G del 12/05/16
COMMITTENTE: INGEGNERIE TOSCANI S.R.L.
IMPRESA: Gaia Servizi Srl
CANTIERE: Diga di Cepparello - Poggibonsi (SI).

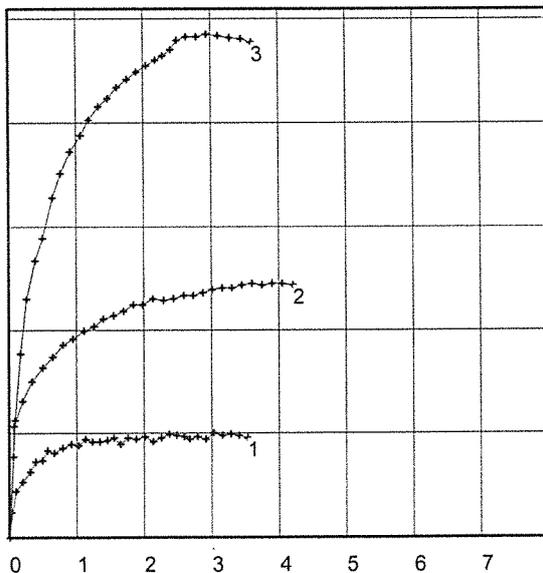
Verbale di accettazione: 52/499
SOND.: 7.16 CAMP.: 6
PROFONDITA', m: 5.0-5.35

PROVA DI TAGLIO DIRETTO C.D. UNI CEN ISO/TS 17892-10

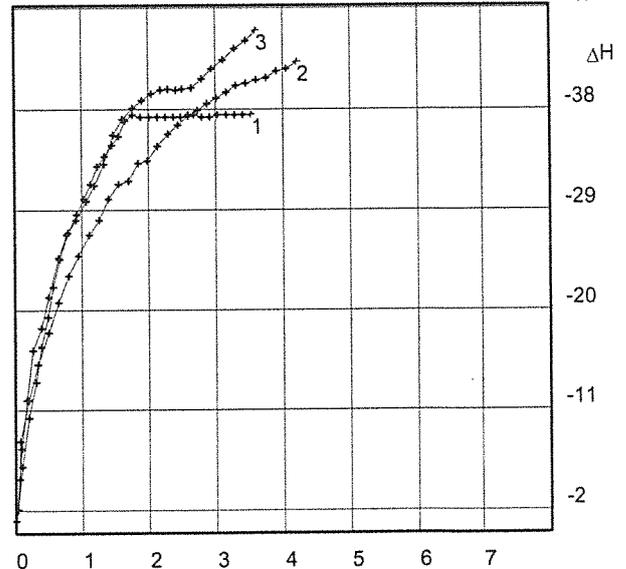
Sforzo di taglio, (kPa)-Pressione verticale (kPa)



SFORZO DI TAGLIO (kPa)



DEFORMAZIONI VERTICALI, mm/100



Deformazione orizzontale (mm)

NOTA: Provini ricostituiti su materiale passante al setaccio 2mm UNI

LABORATORIO SIGMA S.R.L. :

Pagina: 2/2
Lo Sperimentatore
Geol. G. Gambetta Vianna

Data esecuzione prove: 10/05/16-12/05/16

Il Direttore del laboratorio
Ing. A. Manicelli



Laboratorio SIGMA s.r.l. - Prove ed indagini geotecniche dal 1973

Autorizzazione Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti (Circ. 7618 - Sett.A)

D. M. n° 6064 del 17.07.2013 • Riconoscimento RINA - Associato A.L.I.G.

Sistema Gestione Qualità
Certificato RINA
ISO 9001:2008

N. di certificato: 639/G del 12/05/16
COMMITTENTE: INGEGNERIE TOSCANE S.R.L.
IMPRESA: Gaia Servizi Srl
CANTIERE: Diga di Cepparello - Poggibonsi (SI).

Verbale di accettazione: 499
SOND.: 7.16 CAMP.: 6
PROFONDITA', m: 5.0-5.35

PROVA TRIASSIALE U.U. UNI CEN ISO/TS 17892-8

Condizioni del campione: Q1

Caratteristiche iniziali del campione

	1
diametro, cm	8.50
altezza, cm	17.00
contenuto in acqua, %	26.71
grado di saturazione, %	110.17
peso di volume, kN/m ³	19.83
densità secca, kN/m ³	15.65
Peso specifico dei grani, t/m ³	2.61
Indice dei vuoti, -	0.63

Caratteristiche finali del campione

1
8.50
17.00
26.71
110.17
19.83
15.65
2.61
0.63

FASE DI TAGLIO

provino n.	1
pressione di cella (kPa)	110
velocità di taglio (mm/min)	0.45
$\sigma_1 - \sigma_3$ a rottura (kPa)	142.56
ε a rottura (%)	15.29

NOTA:

LABORATORIO SIGMA S.R.L. :

Pagina: 1/2
Lo Sperimentatore
Geol. G. Gambetta Vianna

Data esecuzione prove: 26/04/16-27/04/16

Il Direttore del laboratorio
Ing. A. Maruelli



Laboratorio SIGMA s.r.l. - Prove ed indagini geotecniche dal 1973

Autorizzazione Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti (Circ. 7618 - Sett.A)

D. M. n° 6064 del 17.07.2013 • Riconoscimento RINA - Associato A.L.I.G.

Sistema Gestione Qualità
Certificato RINA
ISO 9001:2008

N. di certificato: 639/G del 12/05/16

COMMITTENTE: INGEGNERIE TOSCANI S.R.L.

IMPRESA: Gaia Servizi Srl

CANTIERE: Diga di Cepparello - Poggibonsi (SI).

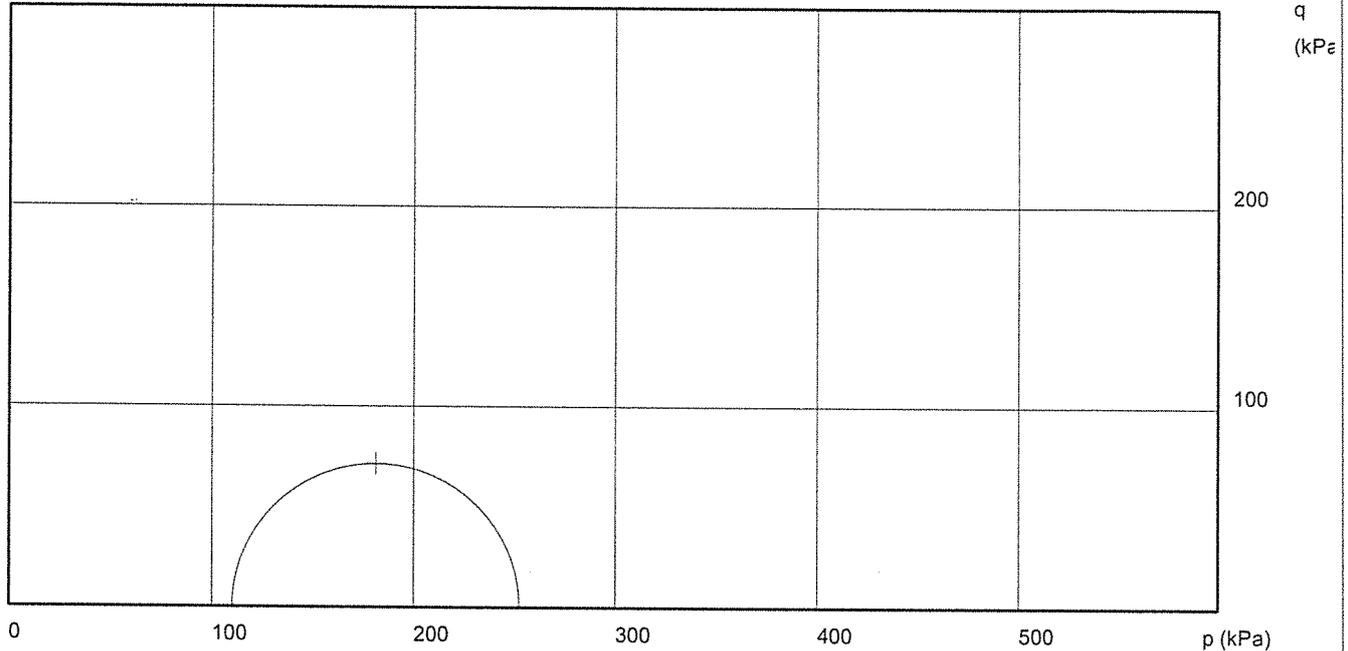
Verbale di accettazione: 499

SOND.: 7.16 CAMP.: 6

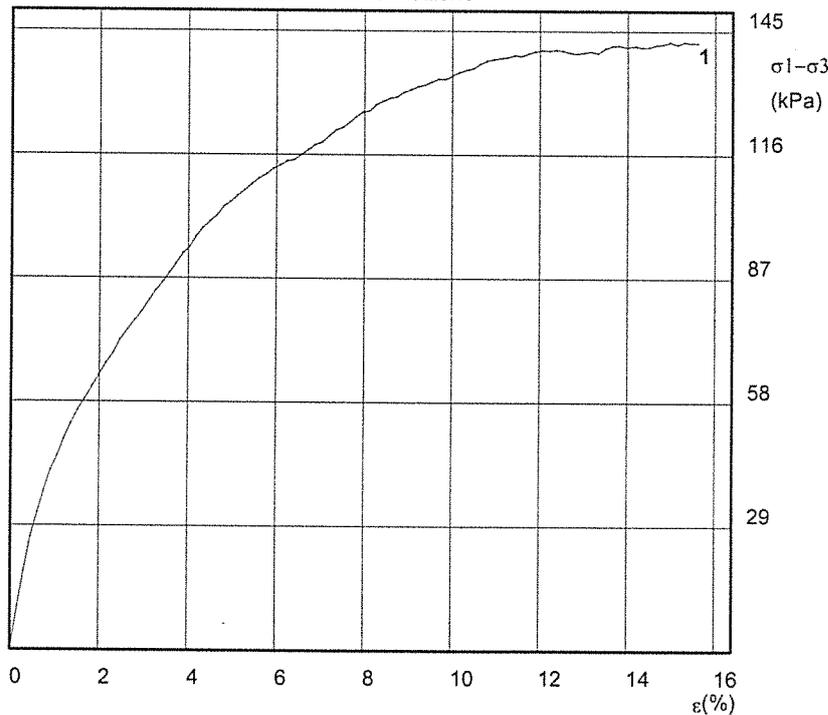
PROFONDITA', m: 5.0-5.35

PROVA TRIASSIALE U.U. UNI CEN ISO/TS 17892-8

Piano di mohr



Sforzo deviatorico-deformazione



NOTA:

LABORATORIO SIGMA S.R.L. :

Pagina: 2/2
Lo Sperimentatore
Geol. G. Garibetta Vianna

Data esecuzione prove: 26/04/16-27/04/16

Il Direttore del laboratorio
Ing. A. Manfelloni

Via P. Gobetti, 8 - 50013 Capalle CAMPI BISENZIO - FIRENZE - Tel. 055/89.85.519 (r.a.) - Fax 055/89.85.520
www.laboratoriosigma.it - e-mail: info@laboratoriosigma.it - pec: sigma-srl@legalmail.it

C.C.I.A.A. Firenze N. 240940 - Reg. Soc. Trib. di Firenze N.21921 - C/C Postale N.19025501 - Cod. Fisc./Part. I.V.A. 00667530489

ALLEGATO 5: P
ROSPEZIONI SISMICHE (Down-Hole e Sismica a Rifrazione)



IGETECMA s.a.s.

Istituto Sperimentale di Geotecnica e Tecnologia dei Materiali

Concessione Ministeriale D.M. 54143 del 7/11/05

Rapporto di Prova n°64/07/S

<u>SETTORE:</u>	Geofisica – sismica a rifrazione e sismica down-hole
<u>COMMITTENTE:</u>	Acque Ingegneria S.r.l.
<u>D.L. :</u>	Dott. C. Ferri
<u>CANTIERE:</u>	Lago Cepparello, Poggibonsi SI
<u>RIFERIMENTO:</u>	R.P.E. n°02/07 - 32/07

Indice:

Premessa

- 1 Indagine mediante sismica down-hole
 - 1.1 Correlazione tra velocità delle onde sismiche e parametri elastici e geomeccanici
 - 1.2 Procedure di campagna
 - 1.3 Metodo di elaborazione dei dati
 - 1.4 Risultati dell'indagine
- 2 Indagine mediante sismica a rifrazione
 - 2.1 Procedure di campagna
 - 2.2 Metodo di elaborazione dei dati
 - 2.3 Risultati dell'indagine
- 3 Presentazione dei dati
- 4 Caratteristiche della strumentazione

Il Direttore del Laboratorio

Ing. F. Politi

Il Tecnico

Geol. L. Gambassi

Premessa

Su incarico di Acque Ingegneria S.r.l. e sotto la D.L. del Dott. Ferri è stata eseguita una campagna di indagini mediante sismica down-hole con onde P ed SH e sismica a rifrazione con onde P presso il lago artificiale di Cepparello, Poggibonsi (SI).

Il sondaggio sismico down-hole è stato eseguito nel corpo diga mentre la sismica a rifrazione è stata eseguita, su indicazioni della D.L., nella parte a monte la strada di accesso al corpo diga. Scopo delle indagini è stata la caratterizzazione sismostratigrafica ed il calcolo dei parametri elastico-dinamici dei terreni presenti.

1 Indagine mediante sismica down-hole

E' stato eseguito un sondaggio sismico verticale secondo la metodologia "down-hole" nel sondaggio S1 eseguito in modalità di carotaggio continuo ed attrezzato con tubo di rivestimento, per un totale di 24 m indagati.

1.1 Correlazione fra velocità delle onde sismiche e parametri elastico-dinamici

Secondo i principi dell'elasticità dei materiali e le leggi che associano le deformazioni subite da un corpo agli sforzi ad esso applicati, è possibile stabilire relazione che forniscono i parametri elastici di un materiale conoscendo i valori di velocità delle onde sismiche di compressione P e di taglio S.

Poiché le tensioni e le deformazioni che si generano sotto l'azione del campo d'onda sismico sono di modesta entità, anche il terreno e le rocce sollecitate in questo ambito possono essere considerati in prima approssimazione come materiali omogenei, isotropi ed elastici, ed è quindi applicabile la legge di Hook (proporzionalità tra lo sforzo applicato s_{ij} e la deformazione prodotta ϵ_{kl}) espressa come:

$$s_{ij} = C_{ijkl} \epsilon_{kl}$$

nella quale le costanti di proporzionalità C_{ijkl} sono dette Moduli Elastici. Tali costanti definiscono le proprietà dei materiali, ed assumendo materiali isotropi ed elastici, diminuiscono da 81 a 5, di cui quattro hanno un preciso significato fisico (G , E , K , ν), mentre λ rappresenta una semplificazione nelle formule.

In senso più generale possono essere definite le costanti di Lamè λ e μ come caratteristiche elastiche indipendenti dalle direzioni lungo cui vengono applicate le tensioni o lungo cui vengono registrate le deformazioni. Queste due costanti sono definite dalle relazioni:

$$\lambda = (\nu E) / [(1 + \nu)(1 - 2\nu)] \quad \mu = E / 2(1 + \nu)$$

Analogamente i due moduli E e ν possono essere espressi in funzione delle costanti di Lamè:

$$E = \mu (3\lambda + 2\nu) / (\lambda + \nu) \quad \nu = \lambda / 2(\lambda + \nu)$$

Dimensionalmente i moduli elastici G , E , K e le due costanti di Lamè esprimono il rapporto tra una forza ed una superficie e sono quindi delle pressioni, mentre il rapporto di Poisson è adimensionale.

La costante E viene definita come rapporto tra sollecitazione e conseguente deformazione longitudinale rappresenta il modulo elastico del materiale (Modulo di Young). E' importante sottolineare che in campo dinamico si parla di modulo elastico dinamico, non statico, proprio perché tale modulo è ricavato dalle velocità delle onde sismiche.

La misura della resistenza del materiale al taglio viene definita come il rapporto tra deformazione e sforzo applicato, ed è chiamata Modulo di Taglio, G .

Il rapporto tra la tensione idrostatica e la deformazione cubica definisce il Modulo di compressione volumetrica o Bulk, k . Il Modulo di Poisson ν è definito come rapporto tra la deformazione trasversale e quella longitudinale.

Un'ultima costante entra a far parte delle relazioni tra caratteristiche elastiche e velocità, la densità ρ del materiale.

Le velocità sismiche possono essere espresse tramite le costanti elastiche con le seguenti relazioni:

$$V_p = ((\lambda + 2\nu) / \rho)^{1/2}$$

$$V_s = (\nu / \rho)^{1/2}$$

Pertanto avendo determinato i valori di V_p e V_s ed il valore ρ della densità del materiale attraversato, è possibile calcolare i valori delle costanti elastiche dinamiche che caratterizzano i terreni esaminati con le seguenti relazioni.

$$\nu = (V_p^2 - 2 V_s^2) / (2 (V_p^2 - V_s^2))$$

$$G = \rho V_s^2$$

$$E = 2 \rho V_s^2 (1 + \nu)$$

$$K = (2 \rho V_s^2 (1 + \nu)) / (3 (1 - 2 \nu))$$

Merita di essere ricordato infine che i parametri ricavati da misure dinamiche, cioè mediante l'utilizzo delle velocità delle onde sismiche, hanno in genere valori superiori a quelli ricavati da prove statiche di laboratorio proprio per il diverso campo di sforzo applicato e deformazione raggiunta: le intense ma brevi sollecitazioni provocate dalla propagazione delle onde sismiche si mantengono, infatti, nel campo elastico delle deformazioni del materiale, per cui sebbene in teoria il modulo di Poisson sia considerato stress-indipendente ed i suoi valori risultino compresi

tra 0.25 e 0.33, nei porous-media esso risulta stress-dipendente, e presenta un campo di variabilità più esteso e può addirittura arrivare, secondo GREGORY, a valori negativi.

I valori più bassi, in natura, si registrano per litotipi ad alta porosità, sottoposti a bassa pressione litostatica e gas saturati, in alcuni sedimenti incoerenti e saturi i valori possono risultare uguali o superiori a 0.49; nelle sospensioni assume il valore di 0.50.

Il rapporto fra V_p e V_s non è costante e dipende dallo stato di saturazione e dalla pressione interstiziale dei pori, in Tabella I sono riportati valori medi delle V_p per i principali litotipi e il range di V_s relative comprese fra i rapporti di V_p/V_s di 3.5 e 1.9; questi valori sono da ritenere indicativi in quanto in particolari condizioni il rapporto V_p/V_s può aumentare.

Materiale	V P m/sec	V SH m/sec.	
		VP/VSH 3.5-1.9	VP/VSH 3.5-1.9
Detrito superficiale alterato	300 - 600	86 - 158	171 - 316
Ghiaia, pietrisco, sabbia asciutta	500 - 900	143 - 263	257 - 474
Sabbia bagnata	600 - 1800	171 - 316	514 - 947
Argilla	900 - 2700	257 - 474	771 - 1421
Acqua	1430 - 1680	-	-
Acqua salata	1460 - 1530	-	-
Arenaria	1800 - 4000	514 - 947	1143 - 2105
Scisti argillosi	2500 - 4200	714 - 1316	1200 - 2211
Calcere	2000 - 6000	571 - 1053	1714 - 3158
Sale	4200 - 5200	1200 - 2211	1486 - 2737
Granito	4000 - 6000	1143 - 2105	1714 - 3158
Rocce metamorfiche	3000 - 7000	857 - 1579	2000 - 3684

Tabella I – Velocità delle onde sismiche nei principali materiali.

1.2 Procedure di campagna

Per la registrazione delle onde di compressione e delle onde di taglio in profondità viene utilizzato un geofono da pozzo munito di un ricevitore costituito da tre sensori sensibili alle componenti del moto lungo tre direzioni: uno verticale e due orizzontali ortogonali fra loro.

Il geofono da pozzo, munito di un sistema teleguidato di orientazione azimutale e di ancoraggio meccanico alle pareti del rivestimento, viene calato all'interno del foro di sondaggio, preventivamente attrezzato con un tubo di rivestimento, e ad intervalli determinati vengono registrati i treni d'onda prodotti dalle energizzazioni eseguite in superficie.

L'orientazione è garantita da una bussola posta all'interno del geofono che posiziona la terna con il 1° sensore orizzontale disposto secondo il Nord.

Energizzando su una piastra posta a diretto contatto con il terreno vengono generate predominanti onde di compressione P, mentre per le onde di taglio SH si utilizza una trave di legno posta a diretto contatto col terreno, gravata dal peso di un automezzo, che viene colpita lateralmente: le battute destra e sinistra vengono sommate con polarità scambiata in modo da migliorare l'individuazione dell'onda di taglio polarizzata in senso orizzontale che viene generata; orientando la sorgente di energizzazione in superficie a 45° rispetto ad punto cardinale, si può così avere un completo controllo nell'analisi del treno d'onda che attraversa i terreni da investigare. In questo modo per ogni punto di energizzazione si hanno due treni d'onda diversi: uno per le onde P e l'altro per le onde SH.

La distanza sorgente-boccaforo è stata fissata in 3.5 m mentre il passo delle registrazioni è stato di 1 m

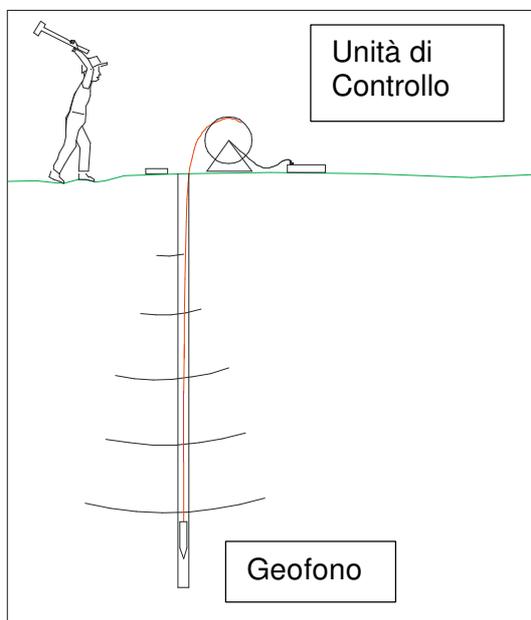


Fig. 1 – Schema del sistema d'acquisizione

Un'unità esterna di controllo gestisce le fasi di ancoraggio e registrazione del geofono da pozzo, mentre le tracce sismiche relative ad ogni intervallo di profondità vengono registrate mediante un sismografo digitale per la loro successiva elaborazione.

In allegato sono riportati i sismogrammi rimontati in profondità per le onde P e le SH e separatamente, le registrazioni di campagna per le onde P e le SH che sono così organizzate:

- canale 1 – componente verticale
- canale 2 – componente orizzontale n°1
- canale 3 – componente orizzontale n°2

1.3 Metodo di elaborazione dei dati

Questa tecnica di prospezione sismica prevede la misura dei tempi di propagazione delle onde di compressione P e di taglio SH tra il punto di energizzazione posto in superficie ed il punto di ricezione situato in profondità nel foro di sondaggio.

I tempi letti sui sismogrammi devono poi essere corretti poiché le onde sismiche non percorrono tragitti verticali tra la sorgente in superficie ed il sensore nel foro, ma inclinati rispetto alla verticale: indicando con t_z il tempo d'arrivo, con d la distanza orizzontale tra sorgente ed il boccaforo e con z la profondità del sensore, il tempo di arrivo corretto t_c alla profondità z sarà dato dalla relazione:

$$t_c = t_z * \cos (\alpha_z)$$

$$\alpha_z = \arctang (d / z)$$

La velocità delle onde P e delle onde SH viene calcolata mediante la pendenza della dromocrona.

Tali valori di velocità vengono quindi diagrammati per visualizzare le variazioni di velocità con la profondità, ed utilizzati per ricavare i moduli dinamici, secondo le formule di paragrafo 1.1. Dalla variazione delle velocità e dei parametri elastici con la profondità si risale al tipo di materiale in cui sta passando il treno d'onda a quella profondità.

In Allegato sono riportati i grafici delle dromocrone corrette, delle velocità delle onde P e delle onde SH rispetto alla profondità, e le Tabelle numeriche con i moduli elastici dinamici (rapporto di Poisson ν , modulo di Taglio G, di Young E, di rigidità volumetrica K espressi in MPa); i valori di densità utilizzati nei calcoli provengono dai risultati delle analisi di laboratorio

1.4 Risultati dell'indagine

Da piano campagna a 10 m di profondità le velocità delle onde sismiche hanno valori compresi tra 308 e 745 m/sec. per le P e tra 160 e 259 m/sec. per le SH, riferibili, sulla base della stratigrafia, a limi argillosi debolmente sabbiosi con clasti arenacei; da 10 a 21 m le velocità assumono valori compresi fra 914 e 1553 m/sec. per le P e fra 328 e 648 m/sec. per le SH, riferibili a limi argillosi debolmente sabbiosi consistenti con clasti arenacei ed a ghiaie; da 21 m a 23 m le velocità assumono valori compresi fra 1884 e 1897 m/sec. per le P e fra 1010 e 1060 m/sec. per le SH, riferibili a clasti arenacei e marnosi in limo argilloso. Da 23 a 24 m da p.c. le velocità hanno valori di 2974 m/sec. per le P e di 1648 m/sec. per le SH, riferibili al passaggio al substrato roccioso dell'area.

2. Indagine mediante sismica a rifrazione

Sono stati eseguiti n°5 profili di sismica a rifrazione superficiale lungo la strada di accesso al corpo diga, utilizzando una spaziatura di 2 m per un totale di 230 m di rilievo; la planimetria in scala 1:400 indica l'ubicazione dei profili sismici.

2.1. Procedure di campagna

Vengono stesi i cavi sismici lungo la zona di interesse e ad essi vengono collegati i geofoni precedente infissi nel terreno alle equidistanze prestabilite. L'energizzazione del terreno per generare onde elastiche può essere effettuata sia mediante massa battente da 5/20 Kg che tramite l'utilizzo del cannone sismico: l'impatto rende operativo, tramite un accelerometro reso solidale con la fonte di energizzazione (*trigger*), il sistema di acquisizione dati, permettendo così la registrazione ai geofoni della forma d'onda rappresentativa della velocità di spostamento del suolo.

Al fine di ottenere una migliore risoluzione della sismo-stratigrafia, i punti di energizzazione, detti punti di scoppio (*shot points*), vengono disposti simmetricamente rispetto al profilo: ai suoi estremi (*end*), esternamente (*offset*) ed a distanze variabili entro il profilo stesso (punti di scoppio centrali).

La profondità di investigazione è, in linea teorica direttamente correlata alla lunghezza del profilo, alla distanza degli offset e soprattutto al contrasto di velocità dei mezzi attraversati.

I tempi di arrivo delle onde sismiche nel terreno sono funzione della distanza tra i geofoni, delle caratteristiche meccaniche dei litotipi attraversati e della loro profondità.

2.2 Metodo di elaborazione dei dati

La procedura d'elaborazione dati consiste di due fasi: la lettura dei tempi d'arrivo ai vari geofoni dello stendimento per ciascuna energizzazione effettuata e la loro successiva elaborazione mediante metodi di calcolo.

I tempi di primo arrivo delle onde sismiche vengono riportati su diagrammi spazio-tempo (*dromocrone*) nei quali l'asse dei tempi ha l'origine coincidente con l'istante in cui viene prodotta l'onda sismica (t_0), mentre nelle ascisse si hanno le distanze relative fra i geofoni dello stendimento.

Tali diagrammi consentono di determinare, nei punti di flesso, le variazioni di velocità fra i vari strati attraversati dai raggi sismici e, tramite elaborazioni, le profondità a cui si verificano tali variazioni. In Tabella I sono riportate le relazioni tra le velocità medie delle onde sismiche compressionali P (espresse in m/sec) e le principali litologie, desunte da letteratura.

Il procedimento di elaborazione dei tempi d'arrivo per ottenere le profondità dei rifrattori, utilizza più metodi: il Metodo del tempo di ritardo (*delay time*), il Metodo del tempo di intercetta ed il Metodo reciproco generalizzato (G.R.M.) proposto da Palmer (1980).

Il G.R.M. è un metodo interpretativo che si basa su tempi d'arrivo da energizzazioni coniugate, effettuate cioè da parti opposte del profilo sismico: tramite la determinazione di due funzioni (analisi della velocità e tempo-profondità) si determinano le velocità e quindi le profondità dei rifrattori individuati sulle dromocrone.

La funzione di analisi della velocità corrisponde al tempo necessario al raggio sismico a percorrere un tratto di lunghezza nota sul rifrattore (distanza intergeofonica), per cui la sua determinazione permette di ottenere una precisa stima della velocità delle onde sismiche nel rifrattore stesso. Tramite un procedimento di migrazione dei dati, sia la funzione tempo-profondità che quella di analisi della velocità vengono calcolate per distanze intergeofoniche crescenti (da 0 a multipli interi dell'equidistanza dei geofoni): viene scelta poi quella distanza per la quale le curve presentano il miglior andamento rettilineo.

I limiti del metodo a rifrazione risiedono nella impossibilità teorica di rilevare successioni stratigrafiche composte da strati a velocità decrescente con la profondità, in tal caso lo strato o gli strati non possono essere messi in evidenza dalle onde rifratte in quanto l'energia incidente, al contatto fra la sommità dello strato e la base dello strato sovrastante a più alta velocità, subisce una flessione verso il basso e non può venire di conseguenza rifratta; tale situazione è nota come "orizzonte nascosto". Altra limitazione consiste nella presenza di uno strato a velocità intermedia ma di ridotto spessore; anche in questo caso l'orizzonte non produce alcun cambiamento di pendenza sulle dromocrone, e non è quindi sismicamente rilevabile. Ambedue le situazioni stratigrafiche portano a sovraestimare o sottostimare lo spessore delle coperture. Quando da altri rilievi si è a conoscenza della possibile presenza di orizzonti sismici nascosti è possibile, in fase di elaborazione dei dati con il metodo G.R.M., la verifica dello spessore di tali zone, poiché negli strati nascosti si ha sempre un aumento di velocità con la profondità, ma il loro spessore è sottile e/o il contrasto di velocità con lo strato sottostante è così piccolo, per cui i raggi sismici che partono da questi strati vengono oscurati dai raggi che partono dallo strato sottostante. Gli strati a bassa velocità presentano invece una velocità sismica minore rispetto allo strato sovrastante (inversione di velocità), per cui alla loro interfaccia non si verifica una rifrazione critica e così non vengono evidenziati sul grafico tempo-distanza. L'individuazione di eventuali strati nascosti e/o inversioni di velocità viene effettuata attraverso il confronto fra i valori delle funzioni tempo-velocità misurate e quelle ricalcolate in base al valore di XY utilizzata per l'elaborazione (Palmer 1980).

2.3 Risultati dell'indagine

Nel suo insieme l'indagine ha messo in evidenza la presenza di tre orizzonti sismici con le seguenti classi di velocità delle onde di compressione P:

$$V1 = 257 - 425 \text{ m/sec.}$$

$$V2 = 737 - 1092 \text{ m/sec.}$$

$V3 = 1606 - 4029 \text{ m/sec.}$

Lungo il profilo Ps5 è visibile un quarto orizzonte sismico con velocità $V4 = 2800 \text{ m/sec.}$

In base alle velocità sismiche e alla comunicazione della D.L., il primo orizzonte sismico può essere riferito a terreno naturale areato e a materiali di copertura, il secondo orizzonte alla completa alterazione del substrato o a materiali detritici, il terzo ed il quarto orizzonte al substrato roccioso formato da arenarie e siltiti della Formazione della Pietraforte.

Lungo i cinque profili, le variazioni orizzontali di velocità nel substrato roccioso possono essere riferite ad alcune cause, fra le quali la variazioni nella percentuale dei litotipi che costituiscono il substrato (variazione del rapporto arenarie/siltiti), l'andamento della stratificazione (giacitura) rispetto la linea sismica, le variazioni del grado e nell'orientazione della fratturazione. Abbassamenti di velocità si possono verificare per la diminuzione del rapporto arenarie/siltiti e nel caso in cui la linea sismica sia perpendicolare alla giacitura della stratificazione o all'allineamento di una serie di fratturazioni; viceversa, l'aumento della velocità delle onde sismiche indica una percentuale maggiore di arenaria, la stratificazione parallela alla linea sismica oppure la diminuzione della fratturazione.

Profilo Ps1 (46 ml): il primo orizzonte sismico ha uno spessore compreso tra 0.3 m e 2.3 m con velocità delle onde di compressione comprese fra 285 m/sec. e 369 m/sec. riferibili al terreno naturale areato. Il secondo orizzonte ha uno spessore compreso tra 3.0 m e 6.1 m raggiungendo profondità variabili tra 4.9 e 7.8 m, con velocità comprese tra 737 m/sec. e 886 m/sec. Il terzo orizzonte sismico ha mostrato forti variazioni laterali della velocità, con valori compresi tra 2327 m/sec. e 4029 m/sec. riferibili al substrato roccioso.

Profilo Ps2 (46 ml): il primo orizzonte sismico ha uno spessore compreso tra 0.7 m e 1.6 m con velocità delle onde di compressione comprese fra 303 m/sec. e 380 m/sec. riferibili al terreno naturale areato. Il secondo orizzonte ha uno spessore compreso tra 3.4 m e 6.7 m raggiungendo profondità variabili tra 4.3 e 7.9 m, con velocità da 931 m/sec. a 1092 m/sec. Il terzo orizzonte sismico ha velocità comprese tra 1725 m/sec. e 2286 m/sec. riferibile al substrato roccioso.

Profilo Ps3 (46 ml): il primo orizzonte sismico ha uno spessore compreso tra 0.8 m e 1.6 m con velocità delle onde di compressione comprese fra 341 m/sec. e 425 m/sec. riferibili al terreno naturale areato. Il secondo orizzonte ha uno spessore compreso tra 3.3 m e 7.2 m raggiungendo profondità variabili tra 4.5 e 8.4 m, con una velocità da 885 m/sec. a 888 m/sec. Il terzo orizzonte sismico ha mostrato forti variazioni laterali della velocità, con valori compresi tra 1606 m/sec. e 2239 m/sec. riferibili al substrato roccioso.

Profilo Ps4 (46 ml): il primo orizzonte sismico ha uno spessore compreso tra 0.5 m e 1.6 m con velocità delle onde di compressione comprese fra 307 m/sec. e 354 m/sec. riferibili al terreno naturale areato. Il secondo orizzonte ha uno spessore compreso tra 3.5 m e 6.2 m raggiungendo profondità variabili tra 4.0 e 6.9 m, con una velocità media di 960 m/sec. Il terzo orizzonte sismico ha velocità comprese tra 1861 m/sec. e 2460 m/sec. riferibile al substrato roccioso.

Profilo Ps5 (46 ml): il primo orizzonte sismico ha uno spessore compreso tra 0.5 m e 1.6 m con velocità delle onde di compressione comprese fra 257 m/sec. e 333 m/sec. riferibili al terreno naturale areato. Il secondo orizzonte ha uno spessore compreso tra 3.9 m e 5.3 m raggiungendo profondità variabili tra 4.4 e 6.3 m, con una velocità media di 829 m/sec. Il terzo orizzonte ha uno spessore compreso tra 3.2 m e 9.4 m raggiungendo profondità variabili tra 9.5 e 15.0 m, con velocità da 1620 m/sec. a 1678 m/sec. riferibile al substrato roccioso. Il quarto orizzonte sismico ha velocità media di 2800 m/sec. riferibile ad un passaggio a materiali meno fratturati sempre all'interno del substrato roccioso.

2.4 Ricostruzioni

Per la ricostruzione delle morfologie del substrato sono stati usati due metodi: il Kriging e la Triangulation with linear Interpolation.

L'analisi della distribuzione della velocità nel terzo orizzonte sismico mostra che, date le litologie in esame, i valori sono risultati non molto elevati: è probabile che siano presenti zone con roccia sana accanto a zone di fratturazione ed anche che fra strati competenti e rigidi di arenaria siano presenti interstrati siltitici con caratteristiche scadenti i quali abbassano la velocità media dell'ammasso. Le linee P2, P3 e Ps4 si intersecano con la linea Ps1 in corrispondenza di zone a bassa velocità.

3. Presentazione dei dati

Nella presente relazione vengono forniti i seguenti elaborati:

per l'indagine down-hole:

- ubicazione delle indagini;
- grafici delle dromocroni dei tempi di arrivo e delle velocità V_p e V_s
- tabulati numerici dei tempi d'arrivo, delle velocità sismiche e dei parametri geofisici
- registrazioni di campagna effettuate e rimontate per ogni canale di acquisizione

per la sismica a rifrazione:

- ubicazione delle indagini;

- sezioni sismiche interpretate, rappresentazioni bidimensionali delle velocità sismiche e degli spessori degli strati individuati lungo il profilo sismico;
- tabulati numerici dei tempi d'arrivo, delle velocità delle onde sismiche compressionali e degli spessori relativi ad ogni strato rilevato per ciascuna sezione sismica;
- registrazioni di campagna e dromocrone dei tempi d'arrivo
- ricostruzione dell'andamento delle velocità sismiche lungo il substrato, profondità del substrato.

4. Caratteristiche della strumentazione

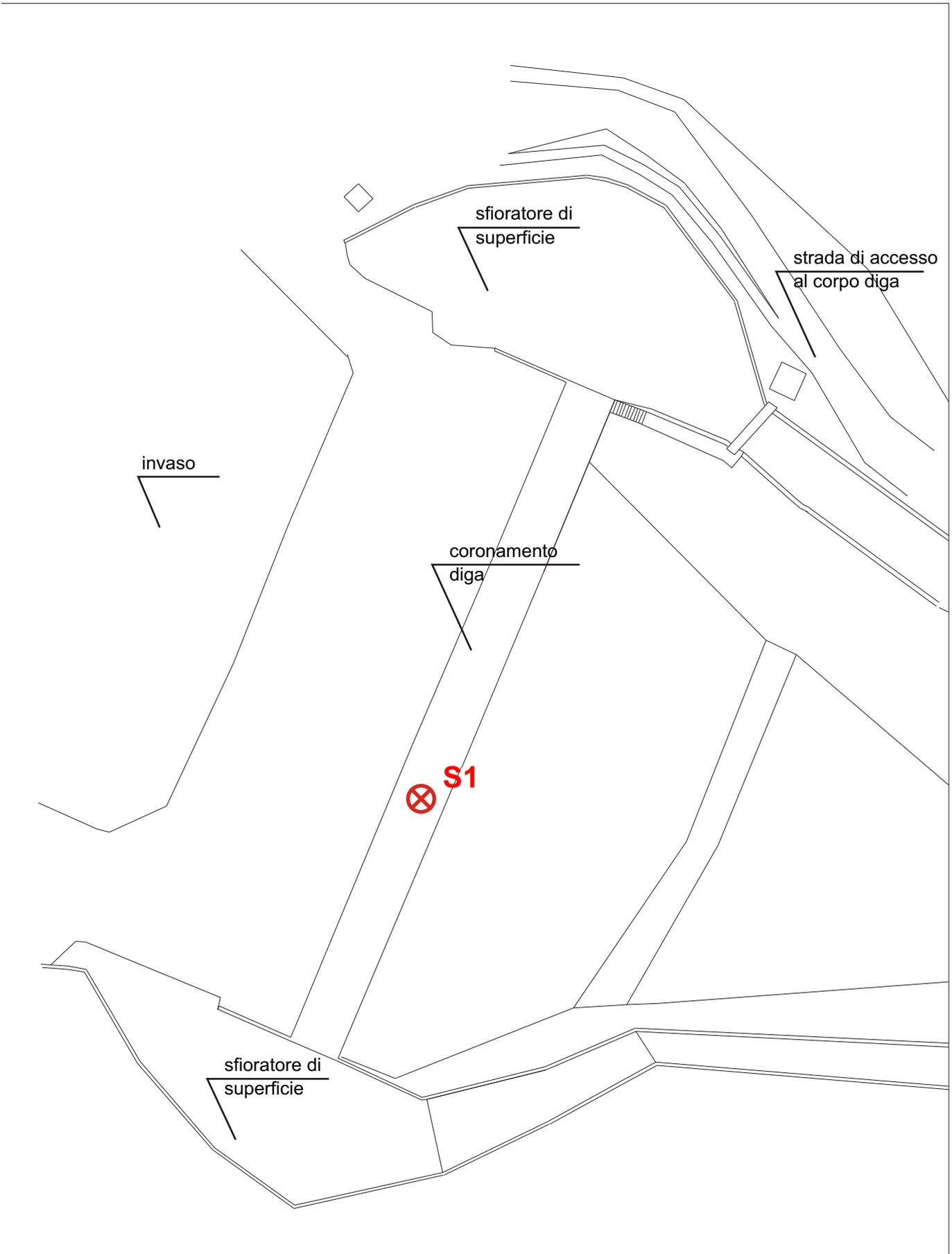
Il sistema di acquisizione usato nella presente campagna d'indagini è composto da un sistema modulare della Geometrics così configurato:

Sismografo GEODE 48 canali (2 moduli a 24 canali) con Controller Stratavisor NZC:

- Risoluzione segnale A/D 24 bit
 - Escursione dinamica 144 dB, 110 dB istantanea a 2 ms
 - Passo di campionamento da 0.02 a 16 msec indipendente dal tempo d'acquisizione
 - Fino a 64.000 campioni per traccia
 - Distorsione 0.0005% a 2 msec, 1.75 – 208 Hz
 - Amplificazione del segnale da 0 a 36 dB
 - Filtri analogici anti-aliasing a 90 dB della frequenza di Nyquist
 - Filtri digitali low-cut, high-cut, notch a 24 o 48 dB/oct
 - Precisione trigger in sommatoria 1/32 del passo di campionamento
 - Pre-trigger fino a 4096 campioni, delay sino a 10000 msec
 - Salvataggio dati in formato SEG-2 su hard-disk incorporato
 - Sistema di starter mediante accelerometro
 - Mazza da 5 Kg
 - Modulo di controllo GEOSTUFF mod. BHGC-1
 - Geofono da pozzo a con tripletta di sensori sismici OYO con frequenza propria di 10 Hz
-
-

Ubicazione down-hole S1

Scala 1:500



Sondaggio S1 - Tabelle

Z	Tp	Ts	Tpc	Tsc
m	msec	msec	msec	msec
1	11.50	22.06	1.63	3.12
2	11.44	21.75	4.51	8.57
3	11.44	22.38	6.65	13.01
4	12.08	25.00	8.54	17.68
5	13.81	27.81	10.90	21.95
6	15.00	30.94	12.65	26.10
7	16.50	34.56	14.53	30.43
8	17.72	38.50	16.06	34.89
9	19.23	42.25	17.78	39.07
10	20.38	45.75	19.12	42.93
11	21.20	48.31	20.11	45.83
12	22.06	50.63	21.10	48.43
13	23.00	53.19	22.15	51.22
14	23.85	56.06	23.09	54.27
15	24.88	58.31	24.18	56.68
16	25.88	60.38	25.24	58.89
17	26.69	62.50	26.11	61.14
18	27.36	64.94	26.83	63.68
19	27.96	66.88	27.47	65.71
20	28.65	68.69	28.20	67.61
21	29.38	70.15	28.96	69.15
22	29.88	71.06	29.49	70.14
23	30.38	71.94	30.02	71.08
24	30.69	72.48	30.36	71.69

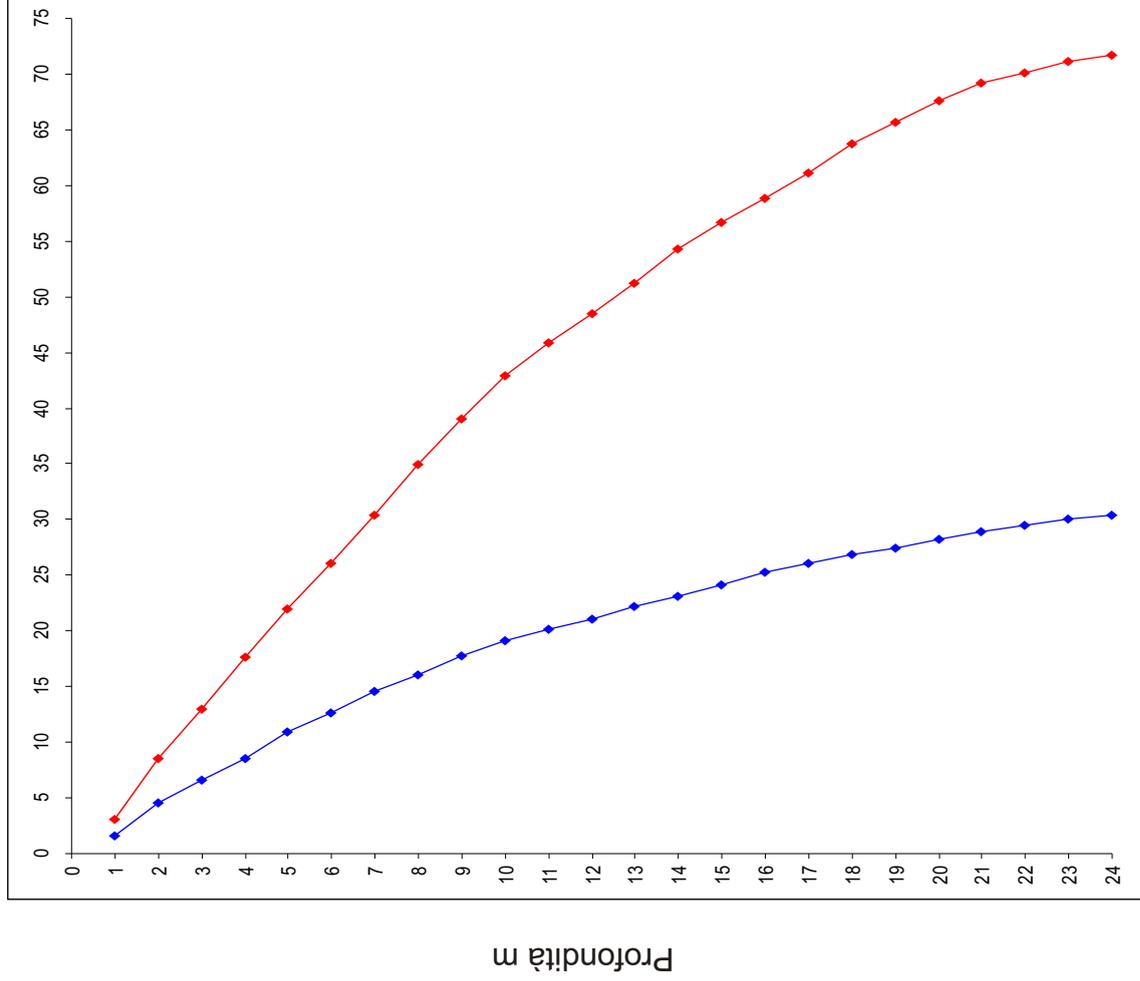
Z	Profondità
Tp	Tempo di arrivo onde di compressione
Ts	Tempo di arrivo onde di taglio
Tp Corr.	Tempo di arrivo corretto onde di compressione
Ts Corr.	Tempo di arrivo corretto onde di taglio

Z	Vp	Vs	G	E	K
m	m/sec.	m/sec.	MPa	MPa	MPa
1	308	160	51	135	121
2	347	184	67	176	151
3	466	225	102	274	300
4	528	214	92	257	436
5	424	234	109	280	214
6	570	241	116	324	495
7	534	231	107	295	428
8	654	224	101	289	720
9	580	239	114	320	520
10	745	259	134	384	932
11	1011	344	237	680	1730
12	1008	385	296	838	1637
13	958	359	258	731	1492
14	1065	328	215	622	1984
15	914	414	343	939	1215
16	944	453	410	1108	1236
17	1150	445	396	1118	2117
18	1390	394	311	905	3448
19	1553	492	484	1398	4177
20	1376	527	555	1571	3047
21	1313	648	841	2251	2327
22	1884	1010	2144	5565	4594
23	1897	1060	2359	6007	4410
24	2974	1648	6250	15979	12015

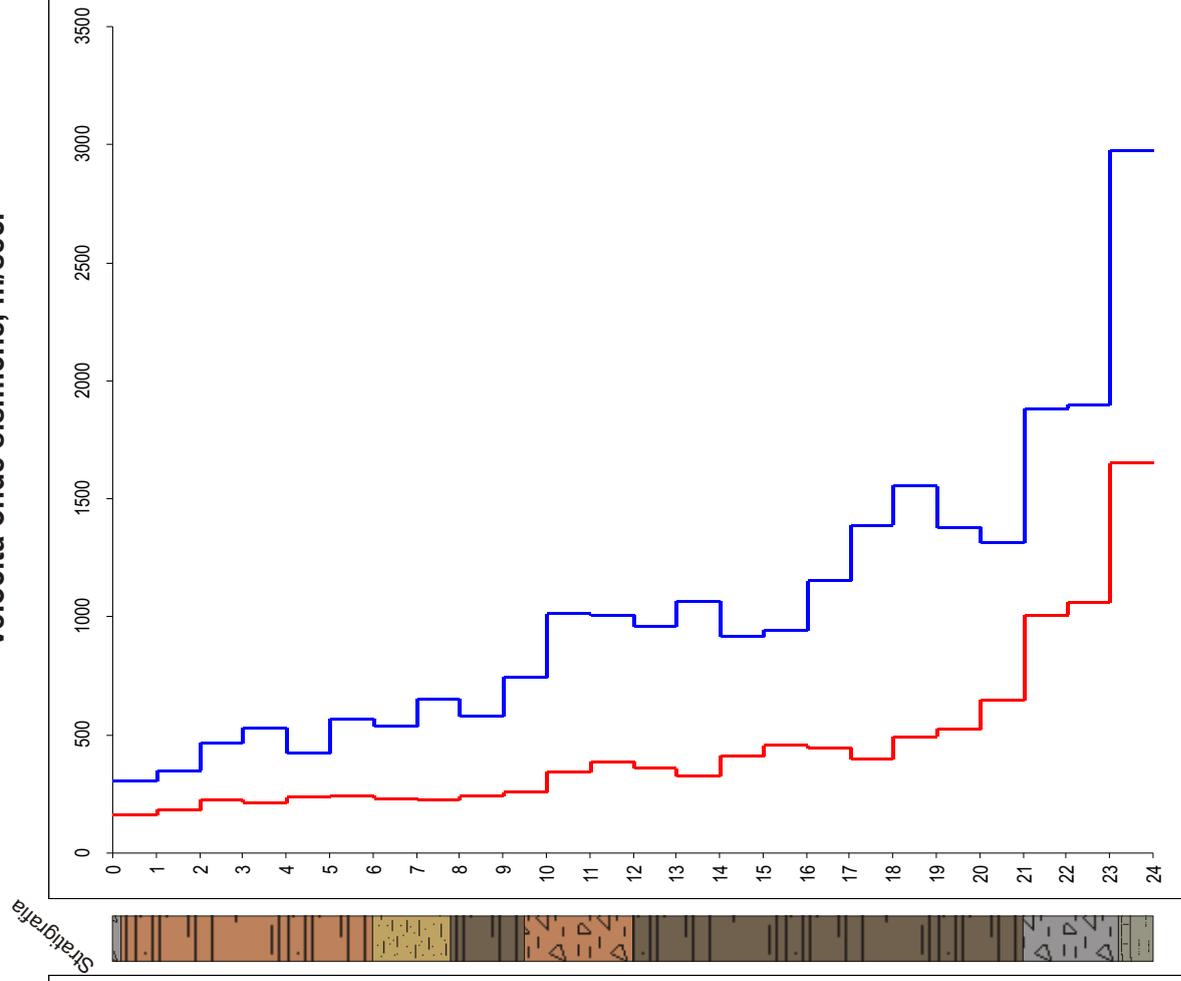
Z	Profondità
Vp	Velocità onde di compressione
Vs	Velocità onde di taglio
	Densità
G	Modulo di Poisson
E	Modulo taglio
K	Modulo di Young
	Modulo di rigidità volumetrica

Sondaggio S1 - Grafici

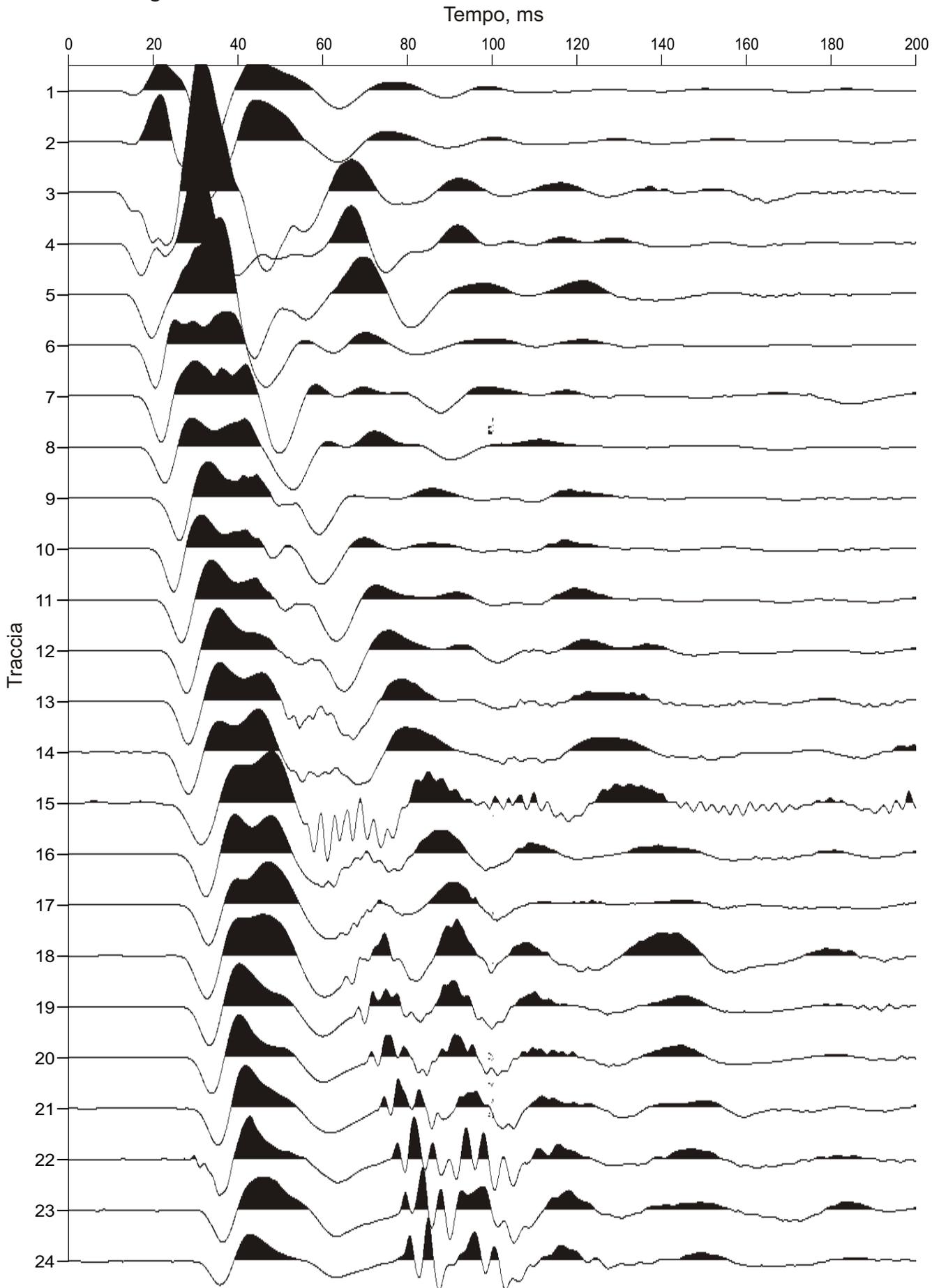
Tempo d'arrivo corretto, msec



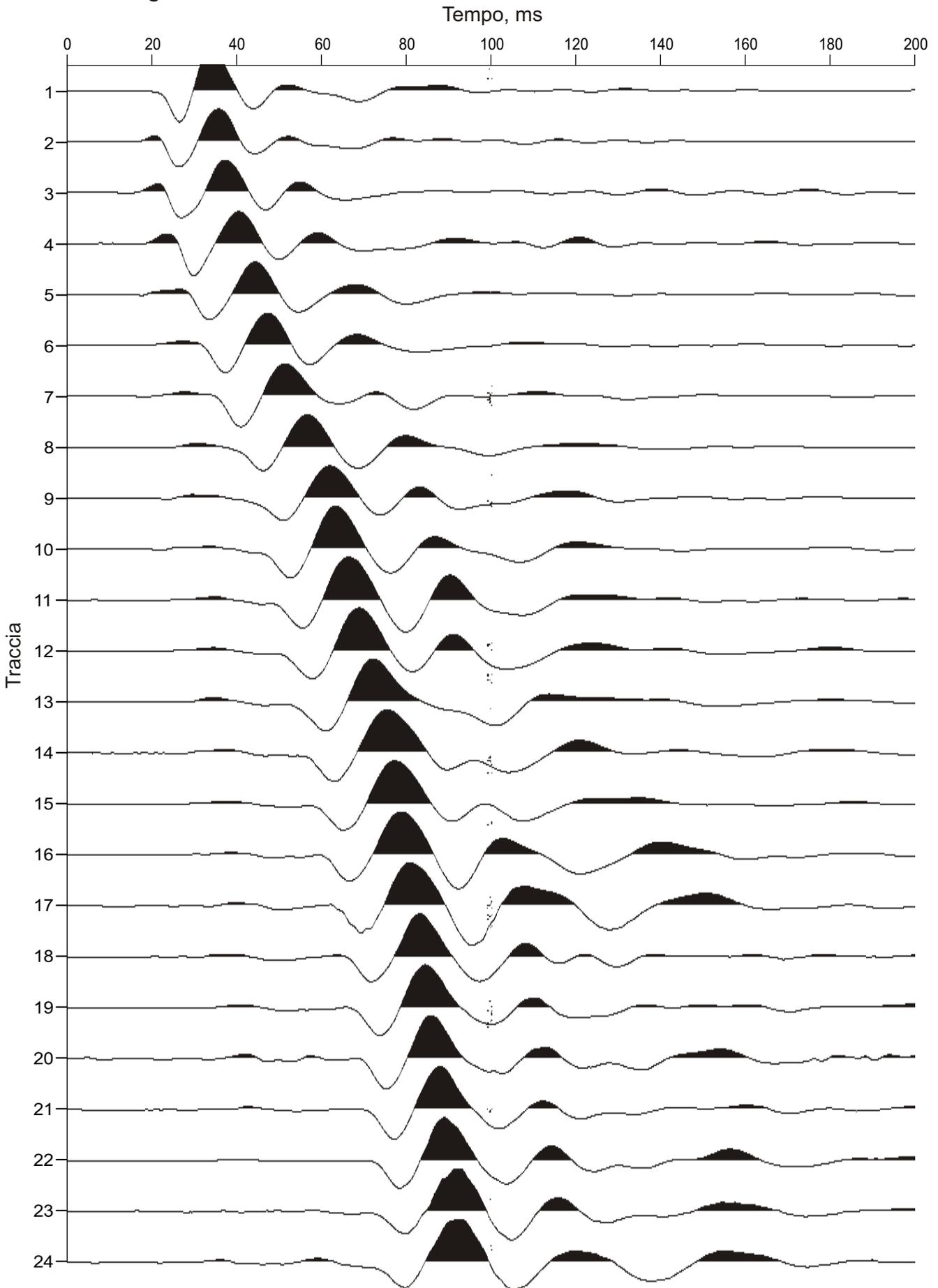
Velocità onde sismiche, m/sec.



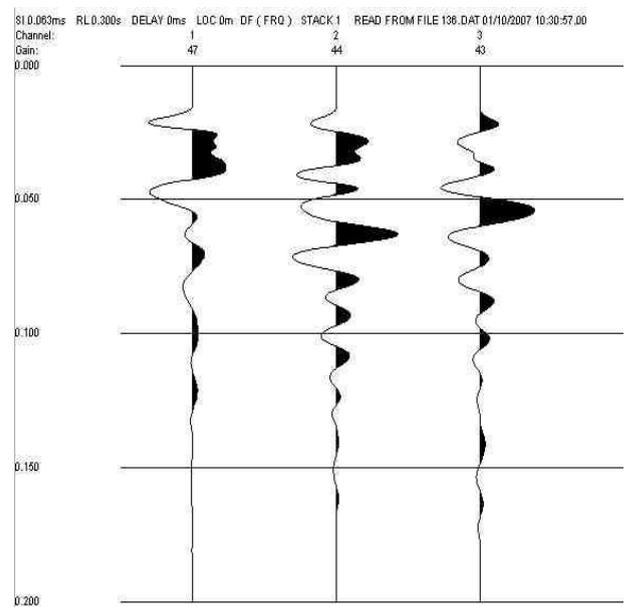
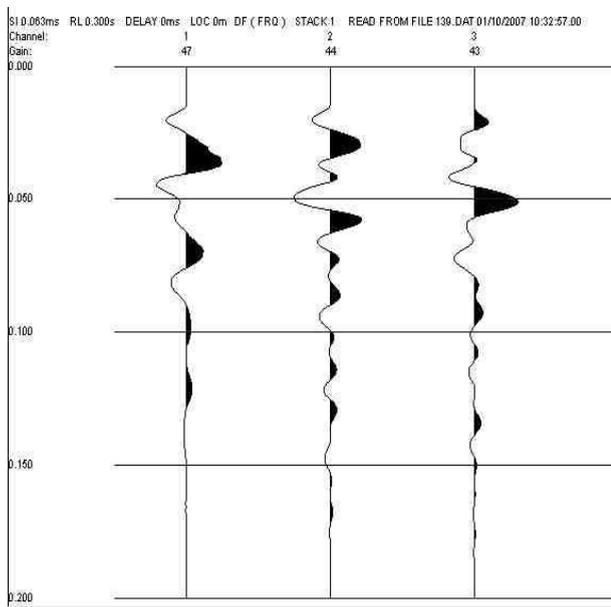
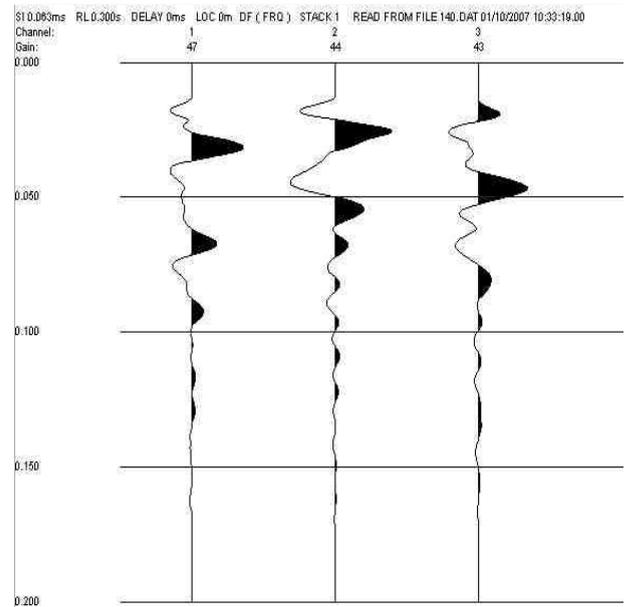
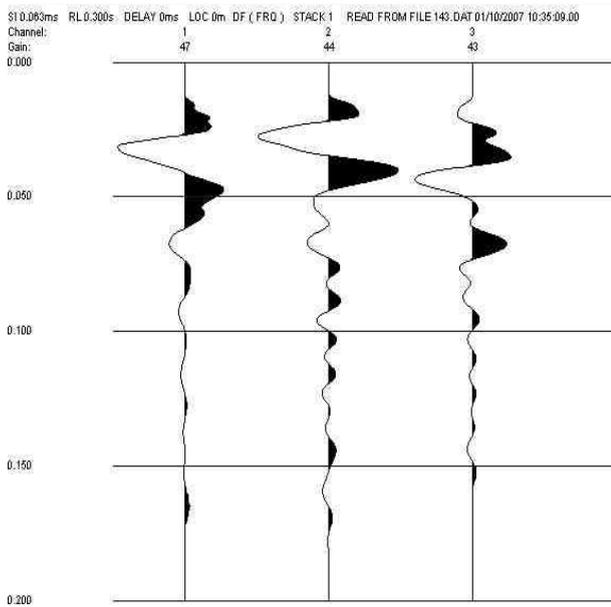
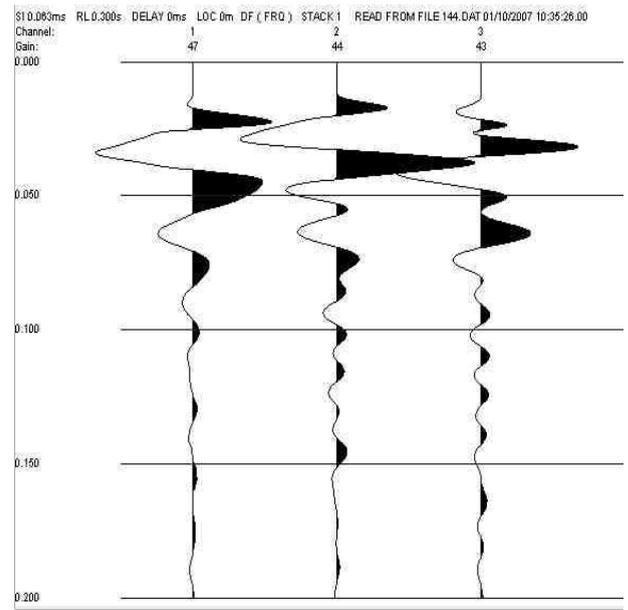
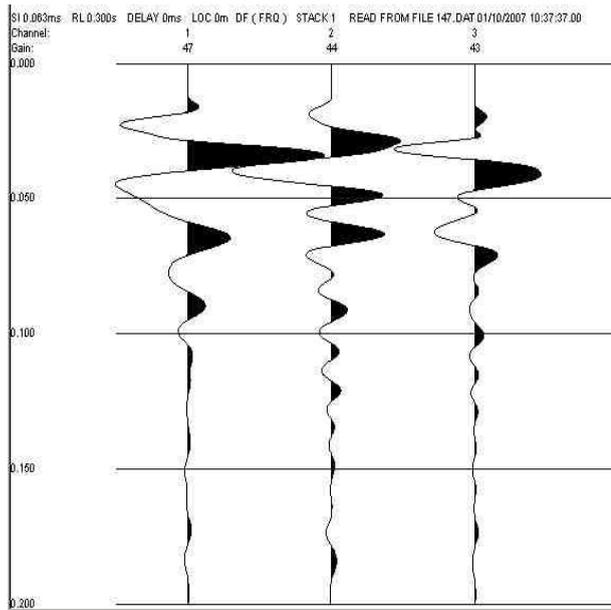
Sismogrammi onde P



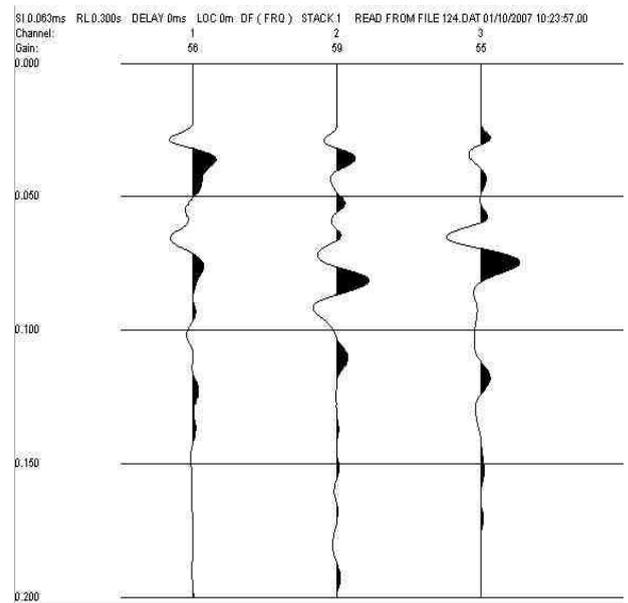
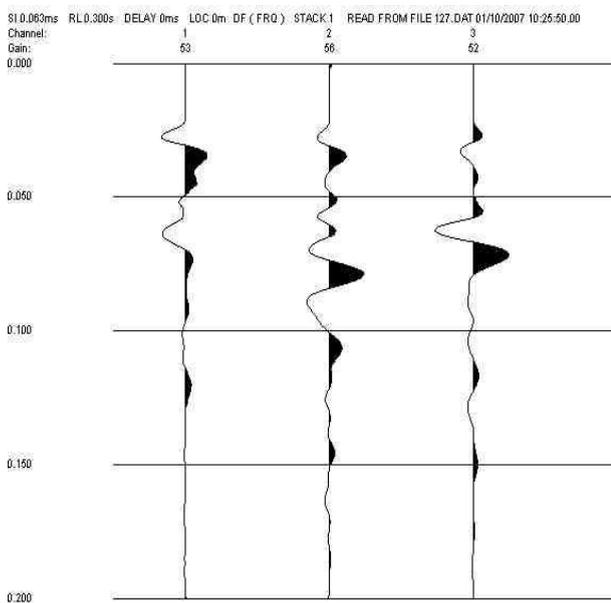
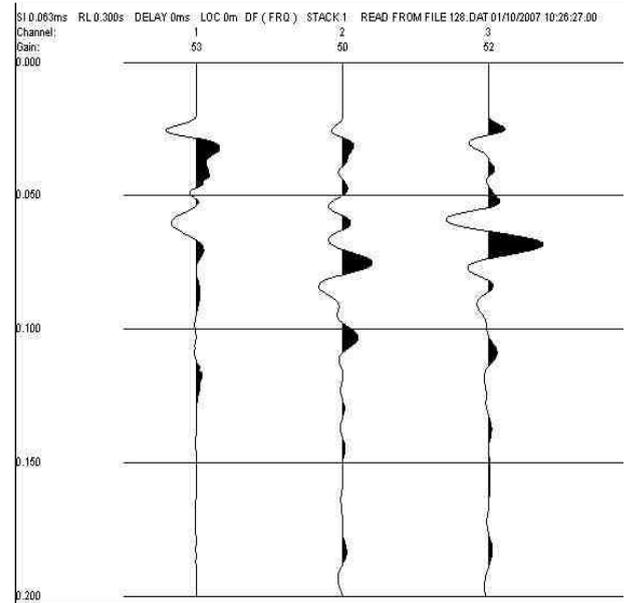
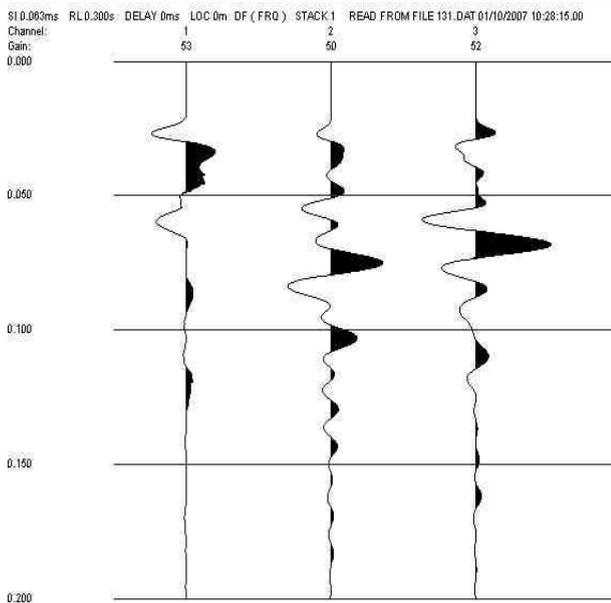
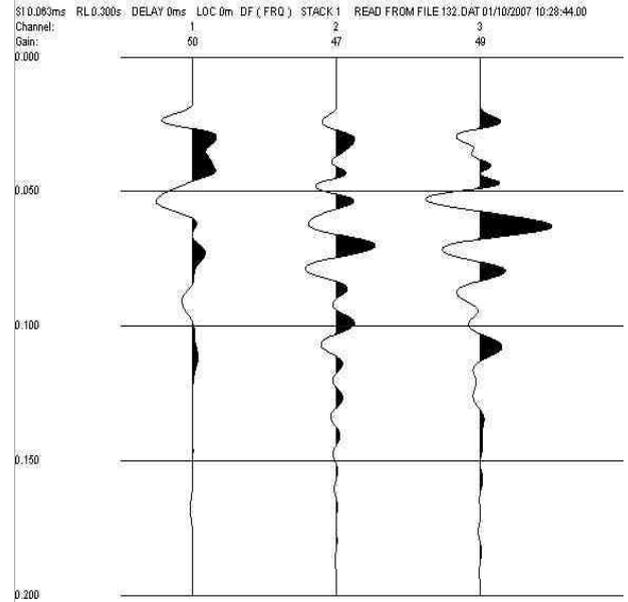
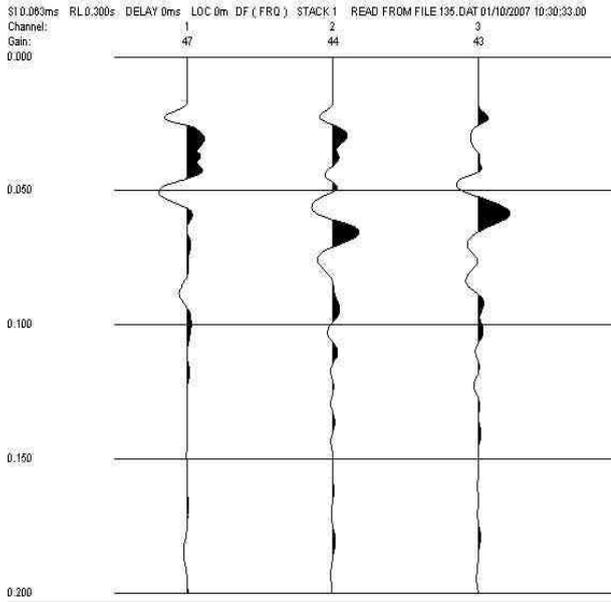
Sismogrammi onde SH



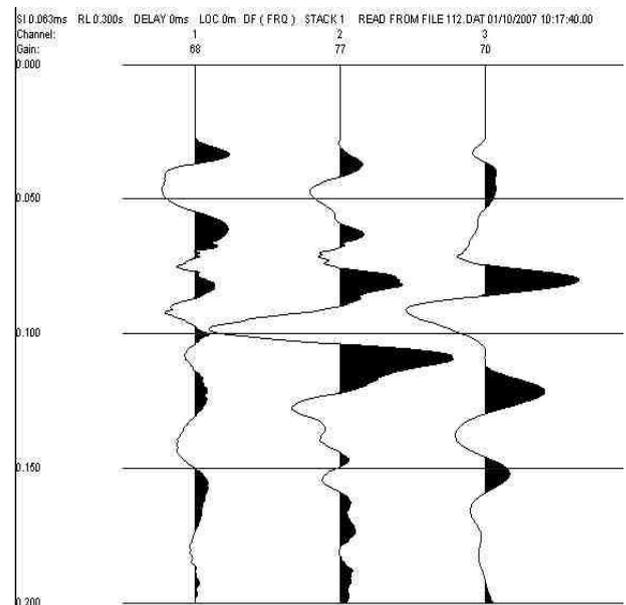
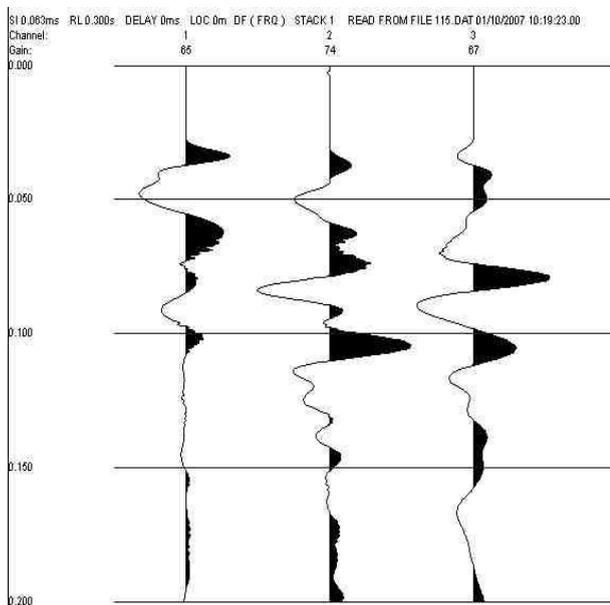
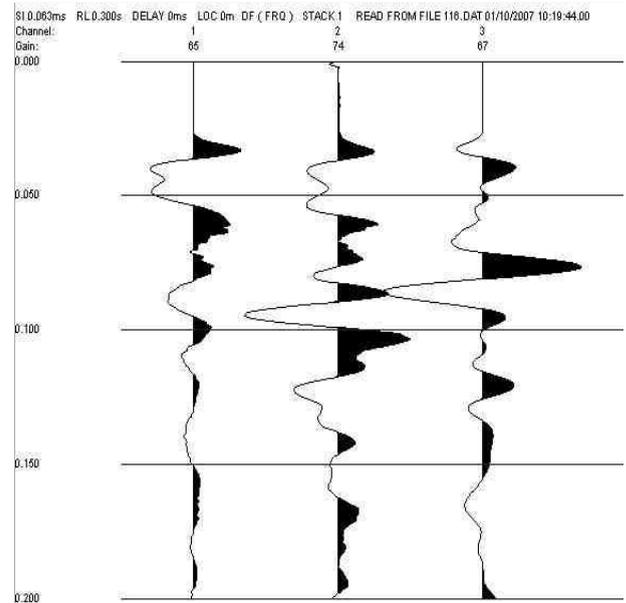
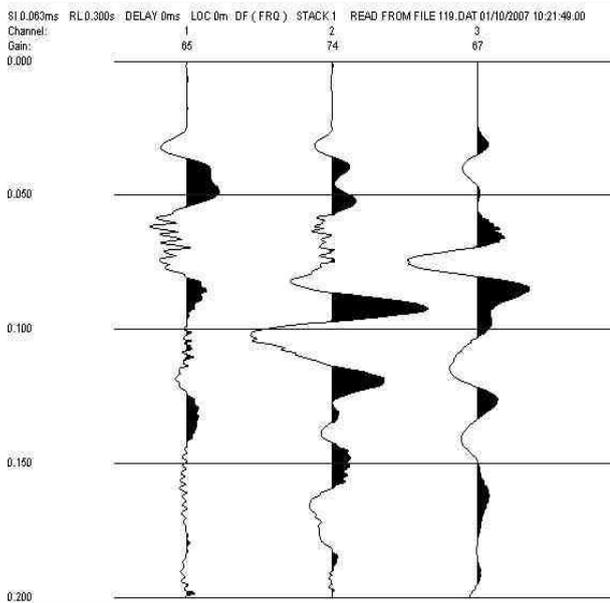
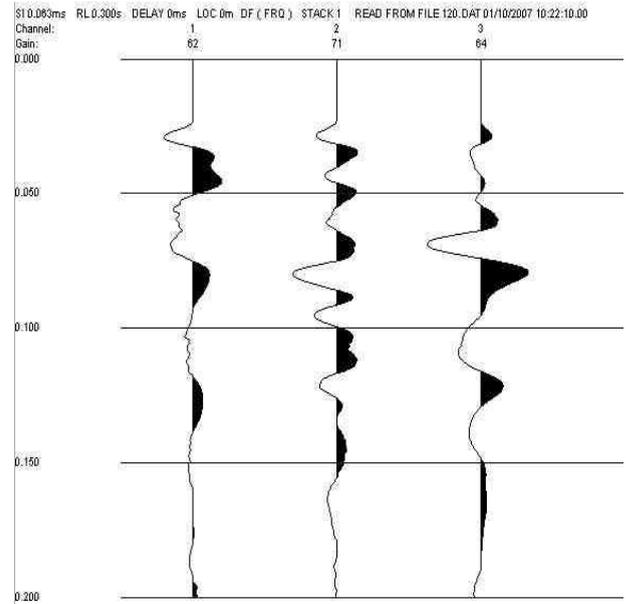
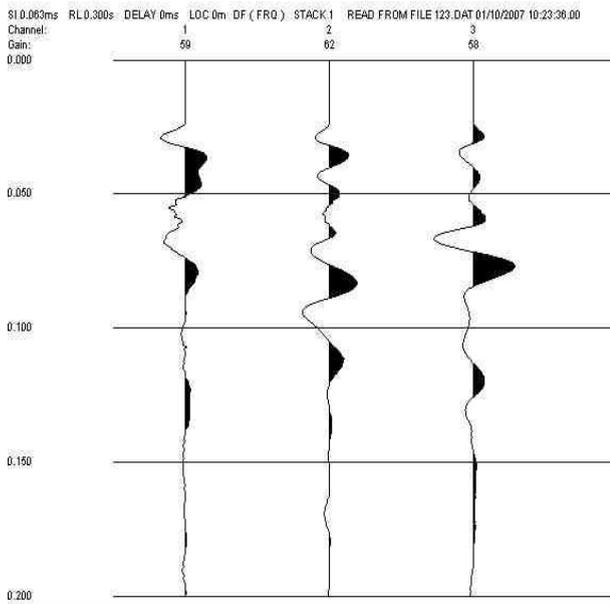
Registrazioni onde P



Registrazioni onde P



Registrazioni onde P



Registrazioni onde P

