



Certificato n° 92 del 25/01/2020	Verbale di accettazione n° 15 del 13/11/2019
----------------------------------	--

Committente: CONSORZIO HIRPINIA AV	Sondaggio: SME_06
Riferimento: 1° Lotto funzionale Apice - Irpinia	Data: 16/01/2020-24/01/2020
Coordinate: Rett.: X: 16712.0294; Y: 152888.8512	Quota: 361.6451 m
Perforazione: Distruzione di nucleo + carotaggio continuo	

SCALA 1 :200	STRATIGRAFIA - SME 06	Pagina 1/4
--------------	------------------------------	------------

Ø mm	R v	A r	Pz	metri batt.	LITOLOGIA	Campioni	RP	VT	Standard Penetration Test			prove in foro	RQD % 0 --- 100	prof. m	DESCRIZIONE	Cass.
									Prel. % 0 --- 100	m	S.P.T. N					
				1											Perforazione a distruzione di nucleo.	
				2												
				3												
				4												
				5												
				6												
				7												
				8												
				9												
				10												
				11												
				12												
				13												
				14												
				15												
				16												
				17												
				18												
				19												
				20												
				21												
				22												
				23												
				24												
				25												
				26												
				27												
				28												
				29												
				30												
				31												
				32												
				33												
				34												
				35												
				36												
				37												
				38												
				39												
				40												

Il Responsabile di sito
Dott. Geol. Pierluigi De Luca

SONDEDILE s.r.l.u.
Viale F. Crispi, 17
64100 TERAMO
P.IVA 00075830679

Il Direttore
Dott. Geol. Davide Cosentino



Certificato n° 92 del 25/01/2020 Verbale di accettazione n° 15 del 13/11/2019

Committente: CONSORZIO HIRPINIA AV	Sondaggio: SME_06
Riferimento: 1° Lotto funzionale Apice - Irpinia	Data: 16/01/2020-24/01/2020
Coordinate: Rett.: X: 16712.0294; Y: 152888.8512	Quota: 361.6451 m
Perforazione: Distruzione di nucleo + carotaggio continuo	

SCALA 1 :200

STRATIGRAFIA - SME 06

Pagina 2/4

ø mm	R v	A r s	Pz	metri batt.	LITOLOGIA	Campioni	RP	VT	Prel. % 0 --- 100	Standard Penetration Test		prove in foro	RQD % 0 --- 100	prof. m	DESCRIZIONE	Cass.
										m	S.P.T. N					
				41											Perforazione a distruzione di nucleo.	
				42												
				43												
				44												
				45												
				46												
				47												
				48												
				49												
				50												
				51												
				52												
				53												
				54												
				55												
				56												
				57												
				58												
				59												
				60												
				61												
				62												
				63												
				64												
				65												
				66												
				67												
				68												
				69												
				70												
				71												
				72												
				73												
				74												
				75												
				76												
				77												
				78												
				79												
				80												

Il Responsabile di sito
Dott. Geol. Pierluigi De Luca

SONDEDILE s.r.l.u.
Viale F. Crispi, 17
64100 TERAMO
P.IVA 00075830679

Il Direttore
Dott. Geol. Davide Cosentino

1



Certificato n° 92 del 25/01/2020

Verbale di accettazione n° 15 del 13/11/2019

Committente: CONSORZIO HIRPINIA AV

Sondaggio: SME_06

Riferimento: 1° Lotto funzionale Apice - Irpinia

Data: 16/01/2020-24/01/2020

Coordinate: Rett.: X: 16712.0294; Y: 152888.8512

Quota: 361.6451 m

Perforazione: Distruzione di nucleo + carotaggio continuo

SCALA 1 :200

STRATIGRAFIA - SME 06

Pagina 3/4

Ø mm	R v	A r s	Pz	metri batt.	LITOLOGIA	Campioni	RP	VT	Prel. % 0 --- 100	Standard Penetration Test			prove in foro	RQD % 0 --- 100	prof. m	DESCRIZIONE	Cass.
										m	S.P.T.	N					
				81												Perforazione a distruzione di nucleo.	
				82													
				83													
				84													
				85													
				86													
				87													
				88													1
				89													
				90										90.0			
				91												Marne alternate a livelli siltitici da centimetrici a decimetrici, a struttura compatta, grigiastre, con alterazioni da assenti a deboli. La rottura avviene secondo piani orizzontali e sub-orizzontali. Si rinvencono a luoghi resti di conchiglie e resti vegetali nerastri.	
				92													
				93													
				94													
				95		CR1) Rm			95.00 95.30								
				96													
				97													
				98													2
				99													
				100													
				101													
				102													
				103													3
				104													
				105		C11) In			105.00 105.35				Dilatometrica				
				106		CR2) Rm			105.70 106.00								
				107		AA1) Rm			106.70 107.00				Lugeon				
				108		C12) In			108.00 108.40								4
				109													
				110		CR3) Rm			110.00 110.30				Fratturazione Idraulica				
				111													
				112													
				113													5
				114		CR4) Rm			114.00 114.30								
				115		AA2) Rm			114.70 115.00								
				116		CR5) Rm			115.70 116.00								
				117		C13) In			116.45 116.75								
				118													
				119													
101				120													6

Il Responsabile di sito
Dott. Geol. Pierluigi De LucaSONDEDILE s.r.l.u.
Viale F. Crispi, 17
64100 TERAMO
P.IVA 09075830679Il Direttore
Dott. Geol. Davide Cosentino



Certificato n° 92 del 25/01/2020	Verbale di accettazione n° 15 del 13/11/2019
Committente: CONSORZIO HIRPINIA AV	Sondaggio: SME_06
Riferimento: 1° Lotto funzionale Apice - Irpinia	Data: 16/01/2020-24/01/2020
Coordinate: Rett.: X: 16712.0294; Y: 152888.8512	Quota: 361.6451 m
Perforazione: Distruzione di nucleo + carotaggio continuo	

SCALA 1 :200

STRATIGRAFIA - SME 06

Pagina 4/4

Utilizzata sonda perforatrice tipo FRASTE XL 175.
Eseguito rilievo masse metalliche in superficie.
Eseguito rilievo del gas in foro.
Perforazione a distruzione da p.c. a 90,0m; perforazione a carotaggio continuo da 90,0m a 120,0m.
Utilizzato carotiere doppio e corona diamantata da 90,0m a 120,0m.
Prelevati n. 3 campioni indisturbati.
Prelevati n. 7 campioni rimaneggiati.
Eseguita n. 1 prova Lugeon.
Eseguita n. 1 prova Dilatometrica.
Eseguita n. 1 prova Fratturazione Idraulica.
Eseguita misura della verticalità.
Installata cella di Casagrande a 115,00 m da p.c..
Installato chiusino con lucchetto.
*Ind: Campionatore triplo.
Normativa: A.G.I. 1977

Il Responsabile di sito
Dott. Geol. Pierluigi De Luca

SONDEDILE s.r.l.u.
Viale F. Crispi, 17
64100 TERAMO
P.IVA 09075830679

Il Direttore
Dott. Geol. Davide Cosentino



Sondaggio SME_06

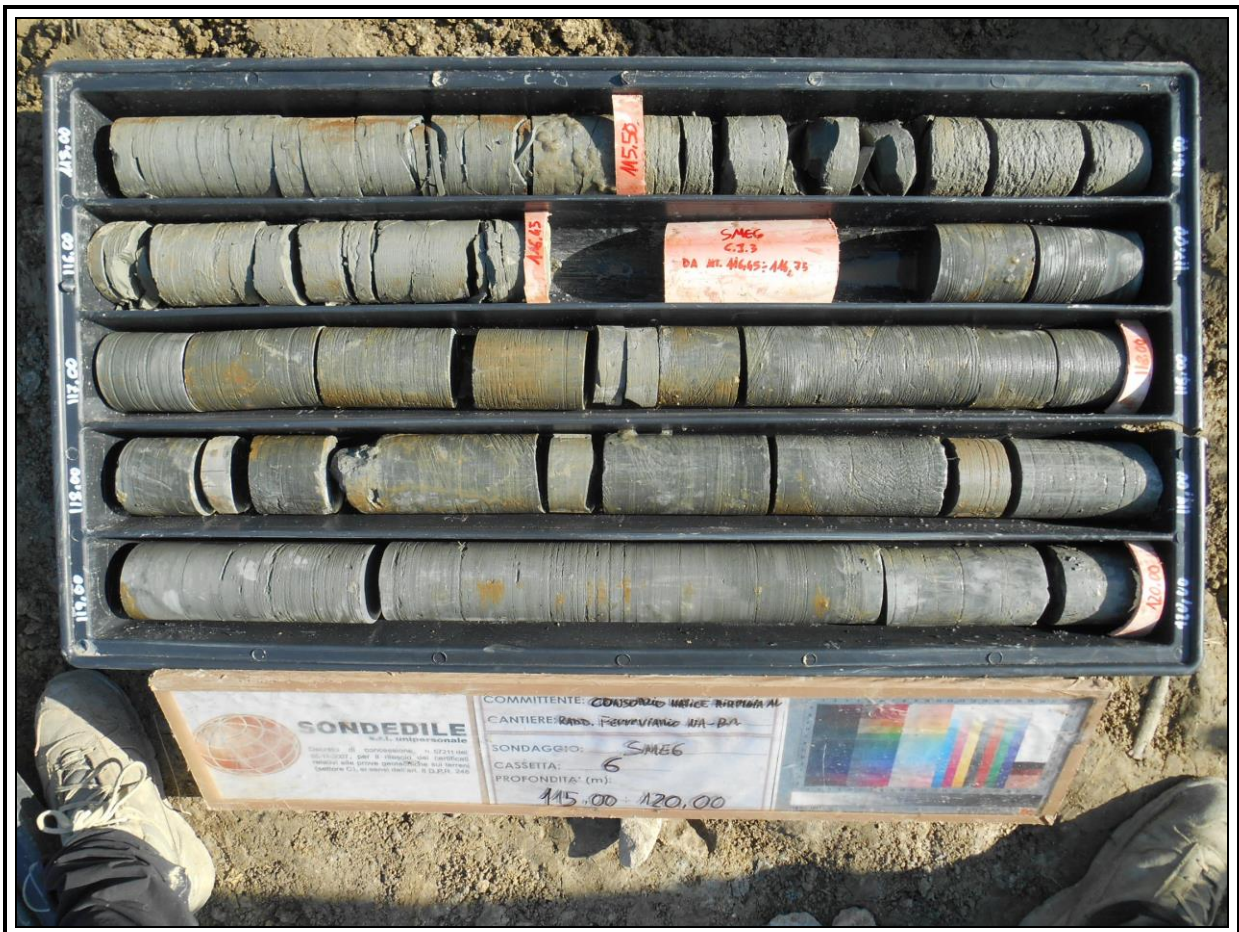


Sondaggio SME_06

SONDEDILE s.r.l.u.
Viale F. Crispi, 17
64100 TERAMO
P.IVA 00075830679



Sondaggio SME_06



Sondaggio SME_06



SONDEDILE s.r.l.u.
Viale F. Crispi, 17
64100 TERAMO
P.IVA 00075830679

Sondaggio SME_06

**PROVA LUGEON**

Certificato n° 97 del 25/01/2020

Verbale di accettazione n° 15 del 13/11/2019

Committente: CONSORZIO HIRPINIA AV

Riferimento: 1° Lotto funzionale Apice - Irpinia

Prova: 1

Località:

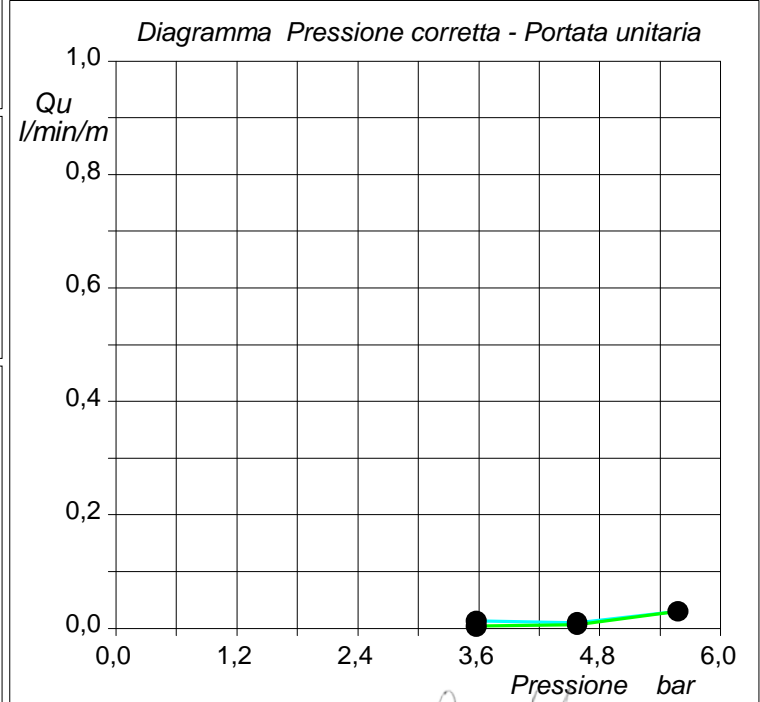
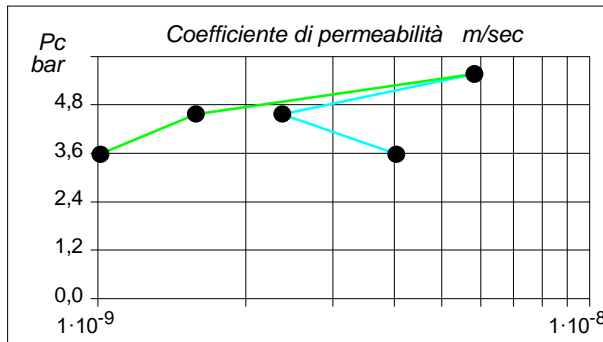
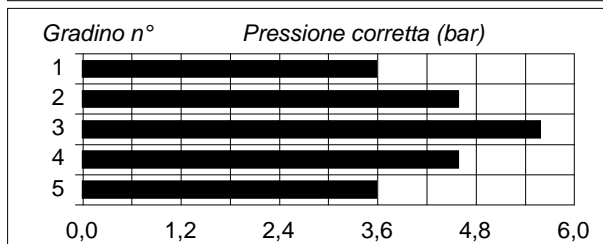
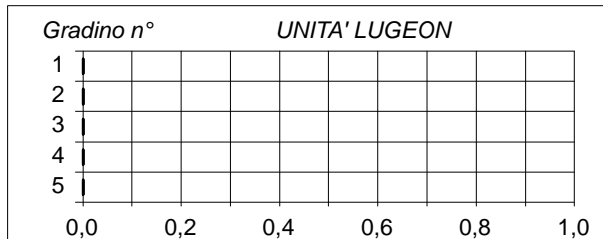
Data: 23/01/2020

Sondaggio: SME_06

Orario prova:

Caratteristiche generali		Assorbimento (litri)					
		min	1,0	2,0	3,0	2,0	1,0
Sezione di misura: profondità da m	105,00	0	21,8	22,3	22,8	23,5	23,7
Sezione di misura: profondità a m	108,00	2	21,9	22,3	23,0	23,5	23,7
Diametro del foro (mm):	101	4	22,0	22,4	23,2	23,5	23,7
Altezza immissione acqua dal p.c. (m):	0,25	6	22,1	22,5	23,3	23,6	23,8
Profondità della falda dal p.c. (m):	25,50	8	22,1	22,5	23,5	23,6	23,8
Inclinazione del sondaggio (°):	0,0	10	22,2	22,6	23,7	23,7	23,8
Packer tipo:		12					
Coefficiente di forma:	4,61	14					
UNITA' LUGEON (valore rappresentativo):	0,02	16					
Regime di Flusso:	Dilatazione	18					
		20					

Legenda	Pressione (bar):	1,00	2,00	3,00	2,00	1,00
Gradino n° 1 ●	Pressione corretta (bar):	3,58	4,58	5,58	4,58	3,58
Gradino n° 2 ●	Assorbimento (litri):	0,4	0,3	0,9	0,2	0,1
Gradino n° 3 ●	Portata (litri/minuto):	0,04	0,03	0,09	0,02	0,01
Gradino n° 4 ●	Portata unitaria (litri/minuto/metro):	0,013	0,010	0,030	0,007	0,003
Gradino n° 5 ●	UNITA' LUGEON	0,04	0,02	0,05	0,01	0,01
	Coefficiente di permeabilità (m/sec):	4,0E-9	2,4E-9	5,8E-9	1,6E-9	1,0E-9



A.T.I. tra	borehole	SME_06	probe depth m	104,5	mod DVT REV 2 MARZO 2018	code	1
SONDEDILE SRL - Teramo (mandataria)	Client:	CONSORZIO HIRPINIA		job	1925-28	v. accept.	1925-28
GEOSERVING SRL - San Vittore del Lazio (mandante)	Project	RADDOPPIO FERR.RIO NA-BA - TRATTA APICE - HIRPINIA		report	1925-28	DRT	
GEOTEC SPA - Campobasso (mandante)	site	MELITO IRPINO	coordinates	EAST	date	23.01.2020	pag 1/3
TRIVELSONDAGGI SRL - Crispano (mandante)				NORTH			

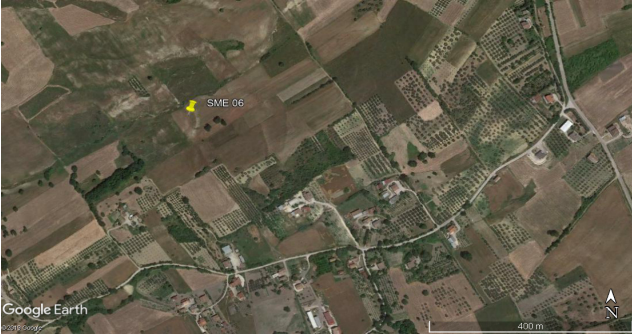


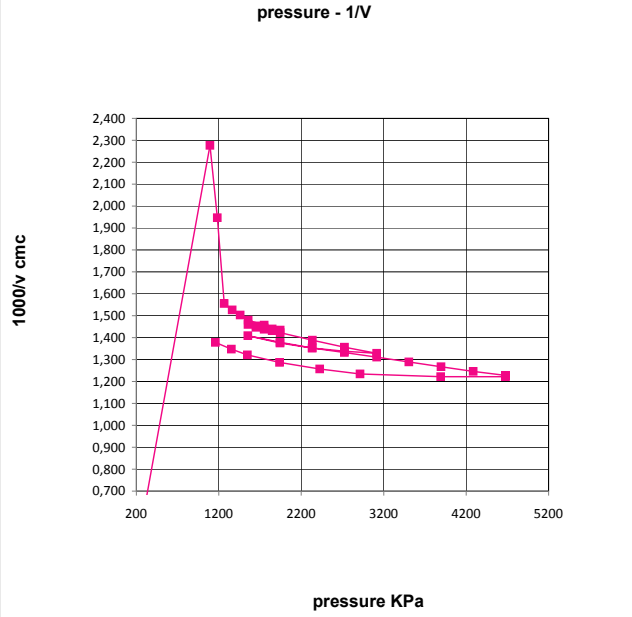
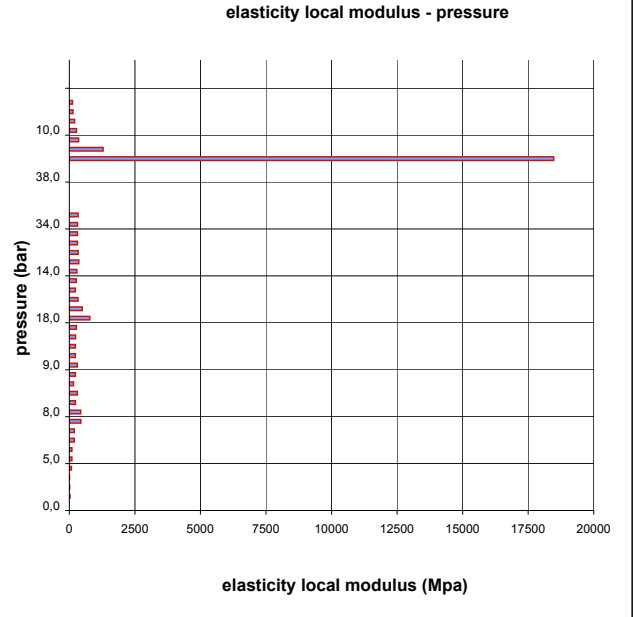
DILATOMETRIC ROCK TEST WITH VOLUME CHANGE MEASUREMENTS - ISRM 1987

Borehole				LITHOTYPE				PRESSURE								
SME_06				direction - displacement				STEP	P	Pcorr	Vol	e c	1/V	diameter	Dil. Diam	Modulo
test	1	depth m	104,50					bar	Kpa	cmc	%	1000/cmc	(mm)	(mm)	MPa	
slope (degree)	90	core barrel	DOPPIO					0	0,0	0	0,0	-8,616	0,000	95,795	0,000	0,0
Device:	CSM Type GEODV01 95 mm							1	1,0	1093	439,3	-2,928	2,276	101,757	5,962	22,7
Orientation capteur	Standard method: ISRM 1987							2	2,0	1183	513,6	-1,999	1,947	102,731	6,936	11,8
Probe diam 95 MM	Borehole diam 101 MM							3	3,0	1266	642,9	-0,402	1,555	104,405	8,610	6,4
Meteo	Temperatu re							4	4,0	1363	655,2	-0,252	1,526	104,563	8,768	79,9
lithotype	MARNA							5	5,0	1459	665,5	-0,126	1,503	104,695	8,900	95,9
water table	15,0							6	6,0	1556	675,8	0,000	1,480	104,827	9,032	96,2
Creep test P (Bars) =								7	8,0	1751	686,5	0,129	1,457	104,963	9,167	188,4
Temps min	PBAR	MM						8	10,0	1946	697,1	0,259	1,435	105,098	9,303	188,9
0	38,0	106,587						9	9,0	1848	694,8	0,231	1,439	105,069	9,273	436,5
1	38,0	106,593						10	8,0	1750	692,5	0,202	1,444	105,039	9,244	436,2
2	38,0	106,600						11	7,0	1653	688,1	0,150	1,453	104,984	9,189	232,9
3	38,0	106,612						12	6,0	1555	684,8	0,110	1,460	104,942	9,147	303,4
4	38,0	106,625						13	7,0	1652	691,1	0,187	1,447	105,022	9,227	158,6
5	38,0	106,637						14	8,0	1750	695,5	0,239	1,438	105,077	9,282	233,1
PROBE SCHEME								15	9,0	1848	698,8	0,279	1,431	105,120	9,324	304,2
								16	10,0	1945	703,1	0,332	1,422	105,175	9,379	233,5
rod adaptor								17	14,0	2335	720,3	0,541	1,388	105,394	9,598	234,1
electronic device								18	18,0	2725	737,5	0,750	1,356	105,613	9,817	235,1
double action piston								19	22,0	3116	752,7	0,934	1,328	105,806	10,010	267,2
expandable cylinder								20	18,0	2724	747,5	0,871	1,338	105,740	9,944	781,7
PROBE CALIBRATION								21	14,0	2333	739,3	0,771	1,353	105,635	9,840	495,3
probe	GEODV01 CSM TYPE							22	10,0	1942	727,1	0,623	1,375	105,480	9,685	332,1
membrane	CAUCCI' ARMATO							23	6,0	1552	709,8	0,414	1,409	105,261	9,465	234,5
measure cell height (cm)								24	10,0	1943	725,1	0,599	1,379	105,455	9,659	265,4
V0 cell volume at rest (cmc)	3423							25	14,0	2333	739,3	0,771	1,353	105,635	9,840	285,1
length cable (mt)	100							26	18,0	2724	750,5	0,907	1,332	105,778	9,982	362,8
Volume initial Vi (cmc)	383							27	22,0	3115	762,7	1,055	1,311	105,932	10,137	333,9
diam calibration tube (cm)	10,1							28	26,0	3505	776,0	1,214	1,289	106,100	10,304	309,5
tube calibration volume cmc	3806							29	30,0	3896	789,2	1,373	1,267	106,267	10,471	310,5
Calibration in air								30	34,0	4286	802,4	1,532	1,246	106,433	10,638	311,5
coeff m	0,11 Kpa/cmc							31	38,0	4677	814,6	1,679	1,228	106,587	10,792	338,1
Confined calibration								32	38,0	4677	815,1	1,685	1,227	106,593	10,798	-1,2
first load	11,3 cmc/Mpa							33	38,0	4677	815,6	1,691	1,226	106,600	10,804	-1,2
unload	6,9 cmc/Mpa							34	38,0	4677	816,6	1,703	1,225	106,612	10,817	-1,2
								35	38,0	4677	817,6	1,715	1,223	106,625	10,829	-1,2
								36	38,0	4677	818,6	1,727	1,222	106,637	10,842	-1,2
								37	30,0	3893	818,2	1,722	1,222	106,632	10,836	18471,9
								38	20,0	2913	810,1	1,625	1,234	106,530	10,735	1286,6
								39	15,0	2425	795,6	1,450	1,257	106,347	10,552	355,1
								40	10,0	1937	777,1	1,227	1,287	106,113	10,318	277,1
								41	6,0	1547	756,8	0,983	1,321	105,858	10,062	201,9
								42	4,0	1353	742,2	0,807	1,347	105,672	9,877	138,8
								43	2,0	1158	725,6	0,605	1,378	105,462	9,666	121,5
								i valori diametrali sono calcolati come valore medio della sonda cilindrica in espansione								
								FIELD LIMITS								
									P	P corr	V corr	creep	1000/V	diameter	Dil. Diam	loop
								min	6,0	1556,2	675,8	0,0	1,5	104,8	9,0	primo
								max	38,0	4677,1	814,6	1,7	1,2	106,6	10,8	carico
								max	10,0	1945,9	697,1	0,3	1,4	105,1	9,3	I
								min	8,0	1750,4	692,5	0,2	1,4	105,0	9,2	
								max	22,0	3115,8	752,7	0,9	1,3	105,8	10,0	II
								min	14,0	2333,2	739,3	0,8	1,4	105,6	9,8	
								max	38,0	4676,6	818,6	1,7	1,2	106,6	10,8	III
								min	20,0	2913,2	810,1	1,6	1,2	106,5	10,7	

SONDEDILE s.r.l.u.
 Viale F. Crispi, 17
 64100 TERAMO
 P.IVA 09075830679

A.T.I. tra	DILATOMETRIC ROCK TEST DRT		mod DVT REV 2 MARZO 2018	
SONDEDILE SRL - Teramo (mandataria)	borehole	SME_06	probe depth m	104,5
GEOSEVING SRL - San Vittore del Lazio (mandante)	Client:	CONSORZIO HIRPINIA	job	1925-28 v. accept 1925-28
GEOTEC SPA - Campobasso (mandante)	Project	RADDOPPIO FERR.RIO NA-BA - TRATTA APICE - HIRPINIA	report	1925-28 DRT
TRIVELSONDAGGI SRL - Crisnano (mandante)	site	MELITO IRPINO	coordinates	EAST NORTH date 23.01.2020 pag 3/3

DILATOMETRIC ROCK TEST WITH VOLUME CHANGE MEASUREMENTS - ISRM 1987

<p>PLACE</p>  <p style="font-size: small;">Google Earth</p>	<p>SECTION</p> 	
	 <p style="text-align: center;">pressure - 1/V</p>	 <p style="text-align: center;">elasticity local modulus - pressure</p>

SONDEDILE s.r.l.u.
 Viale F. Crispi, 17
 64100 TERAMO
 P.IVA 09075830679



TITLE:

AVAILABLE LANGUAGE: ITA

Prova di fratturazione idraulica eseguita nel sondaggio
geognostico SME_06 in località Orticello (AV)

00	13/01/2020	<i>Issued</i>	Gianfranco Draga	SONDEDILE s.r.l.u. Viale F. Crispi, 17 64100 TERAMO P.IVA 00075830679
----	------------	---------------	------------------	---



1. INTRODUZIONE	3
2. UBICAZIONE DEL SITO D'INDAGINE	3
3. MODALITA' DI ESECUZIONE DELLE PROVE	4
3.1. Log acustico	4
3.2. Verricello	5
3.3. Hardware e Software utilizzata.....	7
3.4. Parametri di acquisizione.....	7
3.5. Procedura per l'esecuzione dei log acustici.....	7
3.6. Modalità di esecuzione della prova di fratturazione	8
3.7. Tecnica della fratturazione idraulica	9
4. CARATTERISTICHE TECNICHE DELLA STRUMENTAZIONE UTILIZZATA	12
4.1. Sonda acustica o scanner acustico (BHTV).....	12
4.2. Sistema a doppio packer utilizzato per fratturazione idraulica	13
5. RISULTATI DELLE INDAGINI	14
5.1. Fratturazione idraulica	14

1. INTRODUZIONE

Su incarico della società Sonedile srl di Teramo in data 24.01.2020 nel foro di sondaggio SME_06 è stata eseguita una prova di fratturazione idraulica. Il foro di sondaggio verticale, di diametro \varnothing 101,00mm è ubicato nel Comune di Melito Irpino nella provincia di Avellino. Il tratto indagato dal punto di vista litologico ha attraversato una formazione di marne.

2. UBICAZIONE DEL SITO D'INDAGINE

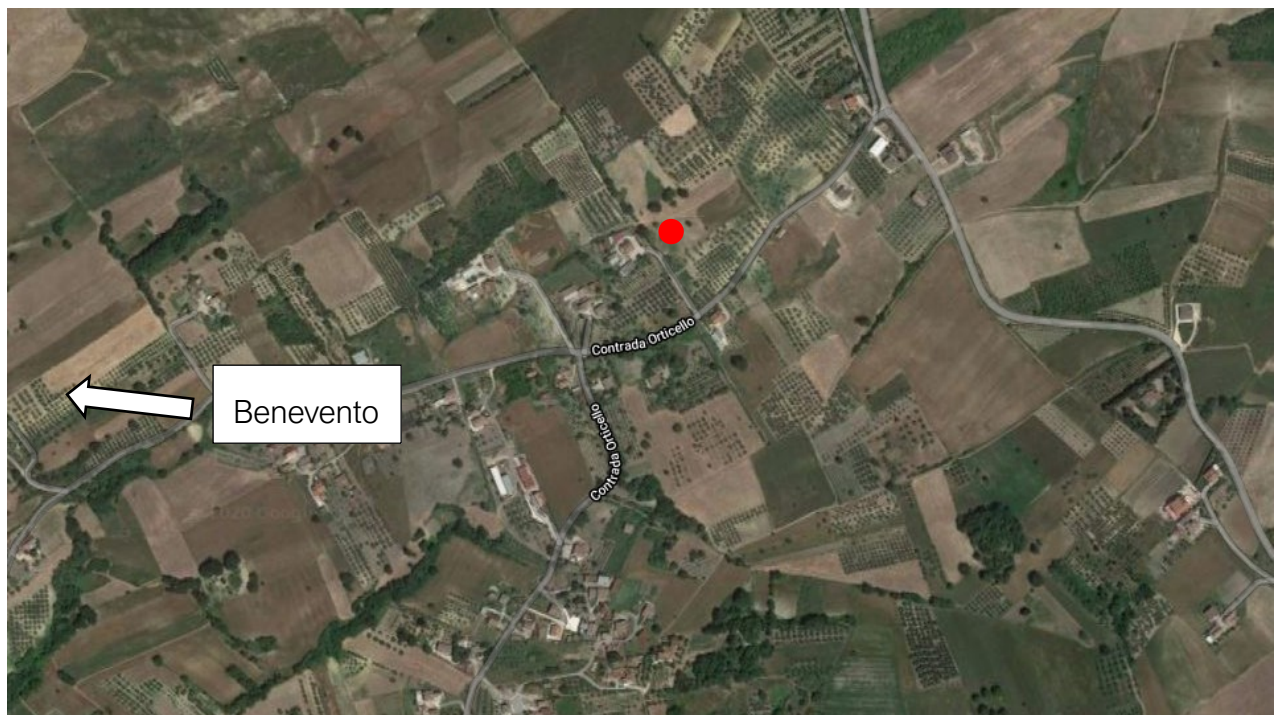


Fig. 1: Ubicazione approssimativa del sondaggio SME_06



Fig. 2: Foto del sondaggio SME_06

3. MODALITA' DI ESECUZIONE DELLE PROVE

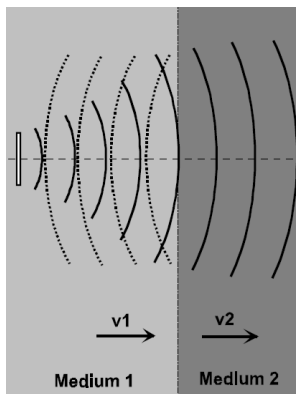
3.1. Log acustico

La sonda esegue una scansione ad ultrasuoni della parete del foro. Viene misurato il tempo di percorrenza di un segnale ad ultrasuoni dalla trasmittente alla parete del foro e viceversa e l'ampiezza del segnale riflesso. L'ampiezza dipende dalla geometria del foro e dal coefficiente di riflessione al passaggio tra fluido di circolazione e roccia (o calcestruzzo). Le ampiezze sono riprodotte a colori su uno sviluppo planare della parete del foro. Colorazioni scure indicano riflessioni ridotte (fratture, fessure e materiale tenero come per esempio argilla o materiale degradato), colorazioni gialle indicano forti riflessioni (materiale competente). La graduazione della scala di colori viene adattata in relazione alle unità di misura. Giunti, fessure o faglie vengono rappresentate mediante strutture sinusoidali. Per rappresentare con un simbolo la posizione tridimensionale di queste strutture e al fine di poterle classificare in modo semplice, vengono utilizzati i cosiddetti „Tad poles“. La posizione sull'asse orizzontale indica l'inclinazione della struttura (0 – 90 gradi) e la linea sul simbolo indica la direzione dell'immersione della struttura.

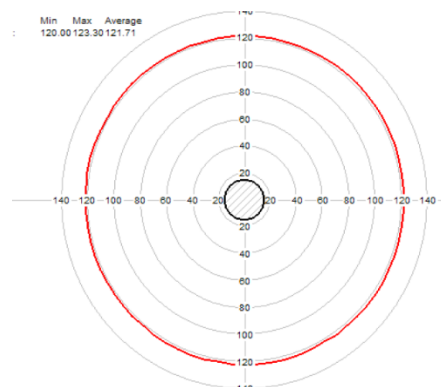


tad pole: giunto o fessura con direzione ca. N80 (ca. est) e inclinazione ca. 62°.

Le strutture riconosciute vengono rappresentate su appositi diagrammi come proiezione sferica (reticolo di Schmidt - come proiezione equi areale sull'emisfero sud). La sonda misura anche l'orientamento del foro di sondaggio; inclinazione (tilt) e direzione (azimut). Le curve dell'inclinazione (Dip, Tilt) e direzione (Azimut, riferito al Nord magnetico) indicano la deviazione del foro alle diverse profondità. La graduazione della scala di direzione avviene da 0 a 360 gradi. La sonda acustica (BHTV) non riesce a distinguere tra un indebolimento locale dell'ammasso roccioso, (come ad esempio una frattura o una piccola fessura) e la velocità più bassa dovute alla densità del materiale (come ad esempio depositi argillosi in roccia calcarea o materiale meno competente), pertanto la misura viene compensata con la sonda ottica. La sonda acustica fornisce inoltre la misura del diametro del foro di sondaggio e sue variazioni.



Propagazione delle onde acustiche



Misura del calibro del foro di sondaggio

3.2. Verricello

La sonda è stata calate all'interno del foro di sondaggio per mezzo di un verricello a motore. Il motore è stato alimentato con corrente elettrica a 220 Volt. La profondità massima che può raggiungere il verricello è di 1800 m.

3.3. Hardware e Software utilizzata

Come il verricello, anche l'Hardware e il computer sono stati alimentati con corrente elettrica a 220 Volt. L'Hardware viene connesso al computer, sul quale vengono registrati i dati. Per mezzo dei programmi LoggerSuite e WellCAD i dati possono essere visualizzati in tempo reale sul computer. I dati in un secondo momento vengono elaborati col programma WellCAD del fornitore Advanced Logic Technology (ALT).

3.4. Parametri di acquisizione

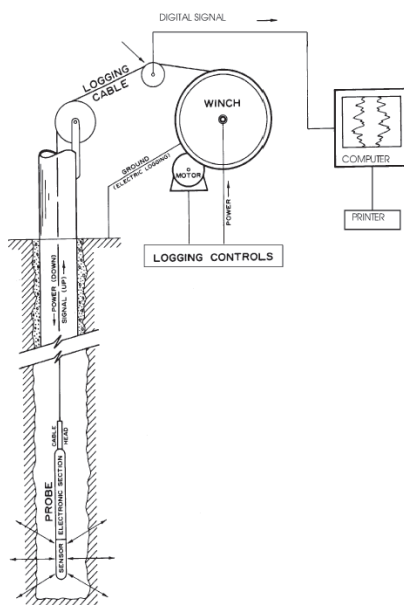
In fase di acquisizione sono stati impostati i seguenti parametri:

ABI: sampling rate: 0.5 scan/mm

Velocità d'acquisizione: 1m/min

3.5. Procedura per l'esecuzione dei log acustici

Per l'esecuzione di log geofisici, la sonda viene calata all'interno del foro di sondaggio per mezzo di un verricello a velocità costante, con l'acquisizione dei dati consultabili in tempo reale su un PC. Tutti i dati sono stati elaborati con il programma Well Cad e sono consultabile con l'apposito programma Well Cad reader messo a disposizione in allegato.





3.6. Modalità di esecuzione della prova di fratturazione

La prova di fratturazione idraulica è una tecnica che viene utilizzata al fine di stimare lo stato tensionale dell'ammasso roccioso ad una determinata profondità di un foro di sondaggio inducendo una fratturazione della roccia per mezzo di iniezione di un liquido. Le prove di fratturazione idraulica sono state condotte con un sistema a doppio packer che isolano un tratto adibito per la prova ($L=1,00m$), una pompa di iniezione ad alta pressione, una unità di flusso e controllo packer e da un sistema ad acquisizione automatica. Al di sopra del packer superiore è presente una valvola che garantisce lo sgonfiamento dei packers a fine prova. Il sistema dei packers è stato calato all'interno del foro di sondaggio per mezzo di aste cave capaci di resistere a pressioni maggiori di 40MPa, all'interno delle quali si ha il passaggio dell'acqua di iniezione per la prova di fratturazione idraulica. I packers vengono gonfiati per mezzo di acqua attraverso un apposito tubo separato.

Per rilevare l'inclinazione del sondaggio nel tratto di prova e per definire l'orientazione delle fratture indotte è stata utilizzata una sonda acustica ABHTV. Lo scanner acustico o ABHTV genera un'immagine delle pareti del foro di sondaggio trasmettendo impulsi ad ultrasuoni da un sensore roteante capace di registrare contemporaneamente l'ampiezza ed i tempi di percorrenza dei segnali riflessi all'interfaccia tra il fluido e le formazioni rocciose.

Le profondità delle prove sono state indicate dal committente.

Ogni prova è stata preceduta da una ispezione del foro di sondaggio per mezzo di telecamera acustica ABHTV, al fine di definire:

direzione ed inclinazione del sondaggio;

la presenza o meno nel tratto di prova di fratture preesistenti;

il diametro del tratto di prova.

I dati della prova sono stati registrati automaticamente.

Le fratturazioni idrauliche sono state eseguite in ottemperanza alle normative ASTM D 4645 - 87.

3.7. Tecnica della fratturazione idraulica

La fratturazione idraulica viene eseguita secondo le seguenti modalità

Rilievo del foro di sondaggio: misura dell'inclinazione, direzione e delle pareti del tratto di foro da indagare per mezzo di telecamera acustica BHTV

Pulse test: posizionata la strumentazione alla profondità di prova, i packers vengono gonfiati e portati in aderenza con le pareti del foro di sondaggio (ca. 5MPa > rispetto alla pressione presente). Segue un breve test di permeabilità (Pulse test, definito anche Formation Integrity Test – FIT) che comporta un'iniezione di liquido ad una pressione di ca. 1-2 MPa maggiore rispetto a quella presente. Lo scopo di questo test è di accertare che non ci siano fratture permeabili nel tratto di prova. Una volta definita questa situazione la pressione nel tratto di prova viene riportata a quella iniziale.

Breakdown cycle: l'iniezione nell'intervallo di prova avviene attraverso un flusso costante di acqua di ca. 3-15 l / min controllata da un conta litri digitale.

Inizialmente, nel tratto di prova la pressione sale rapidamente secondo un rapporto di ca. 40 MPa /l, fino a quando viene indotta una frattura assiale della parete della roccia (Breakdown). Durante la pressurizzazione del tratto di prova, per effetto di un fenomeno di autocompensazione si ha un medesimo aumento della pressione nei packers. Al generarsi della frattura, nel tratto di prova si ha un rapido decadimento della pressione. A questo punto viene immediatamente interrotta l'iniezione del liquido registrando per vari minuti il fenomeno di shut-in. Segue una apertura del circuito di pressione che riporta i valori di pressione a quello iniziale. A questo punto si ha un ritorno in superficie di una quantità di acqua che viene misurata.

Re-open cycles (Refrac cycles)

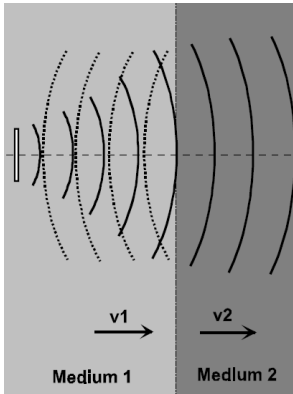
Una volta riportata la pressione nel tratto di prova ai valori iniziali la frattura indotta viene sottoposta a vari cicli di riapertura per mezzo di piccoli volumi di iniezioni di acqua (ca. 5-15 l). Lo scopo è quello di definire la pressione con cui le pareti della frattura vengono supportate solo da un cuscinetto di fluido. La pressione di riapertura è un valore, che in certe condizioni, può essere utilizzato per stimare lo stato tensionale principale sul piano normale all'asse del sondaggio, usando il metodo proposto da Bredehoeft et al. (1976). La teoria di Bredehoeft et al. (1976) presuppone che la zona di prova, sino alla riapertura della frattura sia impermeabile. La pressione di riapertura è un valore che può rappresentare la componente di sollecitazione normale al piano della frattura della roccia e viene definita 'pressione di chiusura' o 'jacking pressure'.

Rilievo delle fratture indotte

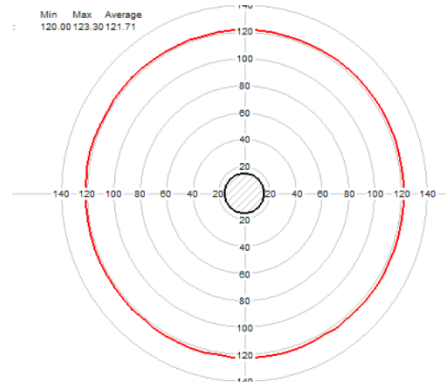
Una volta terminata la fratturazione idraulica si procede con il rilievo delle fratture indotte o per mezzo di un packer (impression packer) o con la telecamera acustica BHTV.

La sonda esegue una scansione ad ultrasuoni della parete del foro. Viene misurato il tempo di percorrenza di un segnale ad ultrasuoni dalla trasmittente alla parete del foro e viceversa e l'ampiezza del segnale riflesso. L'ampiezza dipende dalla geometria del foro e dal coefficiente di riflessione al passaggio tra fluido di circolazione e roccia (o calcestruzzo). Le ampiezze sono riprodotte a colori su uno sviluppo planare della parete del foro. Colorazioni scure indicano riflessioni ridotte (fratture, fessure e materiale tenero come per esempio argilla o materiale degradato), colorazioni gialle indicano forti riflessioni (materiale competente). La graduazione della scala di colori viene adattata in relazione alle unità di misura. Giunti, fessure o faglie vengono rappresentate mediante strutture sinusoidali.

Le strutture riconosciute vengono rappresentate su appositi diagrammi come proiezione sferica (reticolo di Schmidt - come proiezione equi areale sull'emisfero sud). La sonda misura anche l'orientamento del foro di sondaggio; inclinazione (tilt) e direzione (azimut). Le curve dell'inclinazione (Dip, Tilt) e direzione (Azimut, riferito al Nord magnetico) indicano la deviazione del foro alle diverse profondità. La sonda acustica fornisce inoltre la misura del diametro del foro di sondaggio e sue variazioni.



Propagazione delle onde acustiche



Misura del calibro del foro di sondaggio

4. CARATTERISTICHE TECNICHE DELLA STRUMENTAZIONE UTILIZZATA

4.1. Sonda acustica o scanner acustico (BHTV)



QL40.ABI acoustic borehole imager

Principle of measurement

The tool generates an image of the borehole wall by transmitting ultrasound pulses and recording the amplitude and the travel time of the reflected signal. The ABI is capable of detecting multiple reflections. This multi-echo system is achieved by digital recording of the reflected acoustic wave train. On line analysis of the acoustic data is made by a DSP (Digital Signal Processor). Sophisticated algorithms allow the system to detect the reflexion from the acoustic window and to separate all subsequent echoes.

- Direct linear 14 Bit, 10MHz A/D conversion (automatic gain settings)
- Dynamic range of amplitude measurement is 84dB
- Caliper resolution is better than 0.1mm
- Increased telemetry bandwidth (data transmission rate up to 500 Kbits depending on wireline), 166 kbps typical on 3000m four-conductor.
- Full wave form recording and real time display for quality control
- Multiecho mode to realize acoustic measurements through plastic pipes (require the plastic pipe to be centralized inside the borehole).
- Pipe-inspection mode to detect inner corrosion, outer corrosion, and wall thickness*
- Automatic optimization of measurement window under all borehole conditions
- Very high travel time resolution

Measurements / Features

- 360° orientated acoustic image (amplitude & travel time)
- Borehole azimuth and dip
- Tool internal temperature
- Relative bearing
- Magnetic field
- Gravity

Operating Conditions

- Water filled hole
- Open & cased hole
- Centralisation necessary
- Compatible with ALTLogger & Matrix
- Digital data transmission up to 500 Kbit per second depending on wireline
- Real time automatic telemetry tuning according to the cable length/type
- Measurement range : 2" to 20" borehole depending on mud conditions
- Logging speed : variable, function of resolution and wireline. i.e 2.0 m/min for 144 pt @ 3mm int.

Technical Specifications

- Diameter : 40mm (1,575")
- Length (min/max): 1.61/2,12 m (63/83")
- Weight (min/max): 6,7/8,7 kgs (14,7/19,2 lbs)
- Max temp : 70°C
- Max pressure : 200 bar

Acoustic sensor

- Fixed transducer and rotating focusing mirror
- Focus optimized for 6" borehole (152mm)
- Frequency : 1.2 Mhz
- Acoustic beam width : 1.5 mm (-3db) focal distance
- Rotation speed : up to 12 revolutions per second - automatic
- Samples per revolution : 72, 144, 288 user defined
- Caliper resolution : 0.08mm (0,003")

Orientation sensor

- APS 544 - 3-axis magnetometer - 3-axis accelerometer
- Inclination accuracy : +/- 0.5 degree
- Azimuth accuracy : +/- 1.2 degree

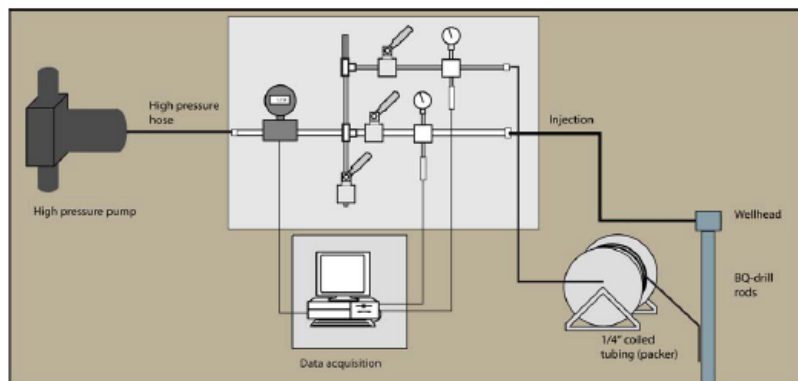
Natural gamma ray sensor

- 0,875" x 3" NaI (Tl) scintillation crystal

4.2. Sistema a doppio packer utilizzato per fratturazione idraulica



L'acqua per gonfiare i packer e per l'esecuzione della fratturazione idraulica viene pompata attraverso una pompa pneumatica ad alta pressione e controllata da un circuito dotato di manometri in grado di sopportare pressioni di 40MPa.



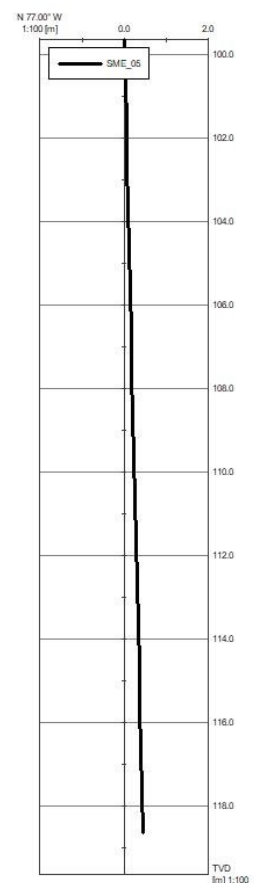
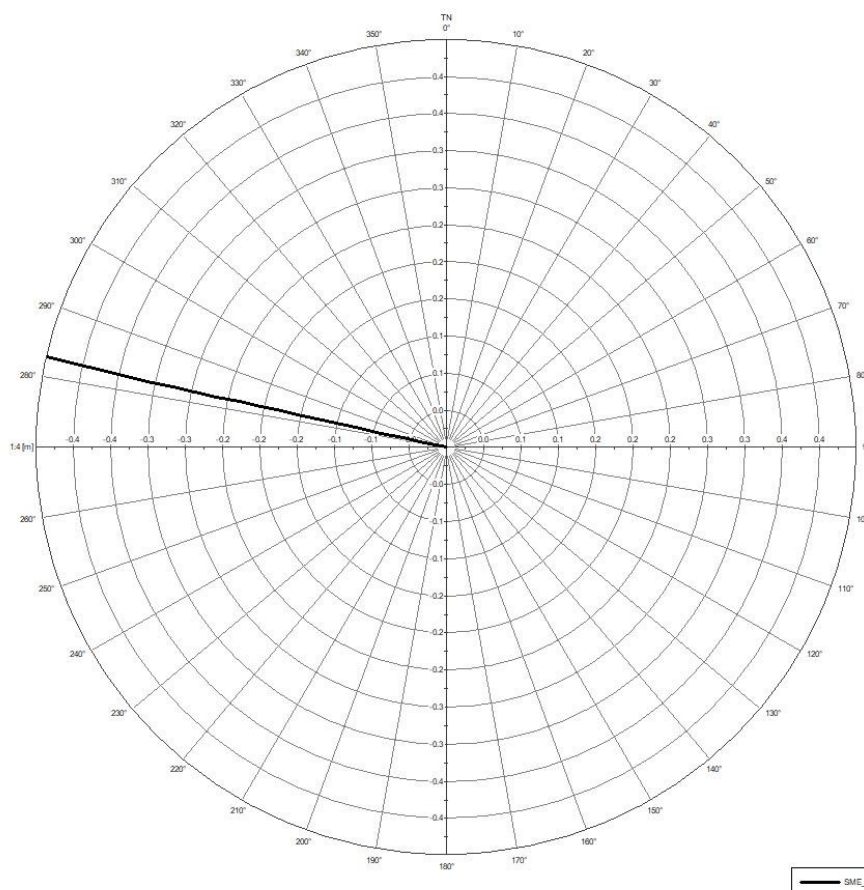
5. RISULTATI DELLE INDAGINI

5.1. Fratturazione idraulica

Condizioni del foro di sondaggio e modalità della prova

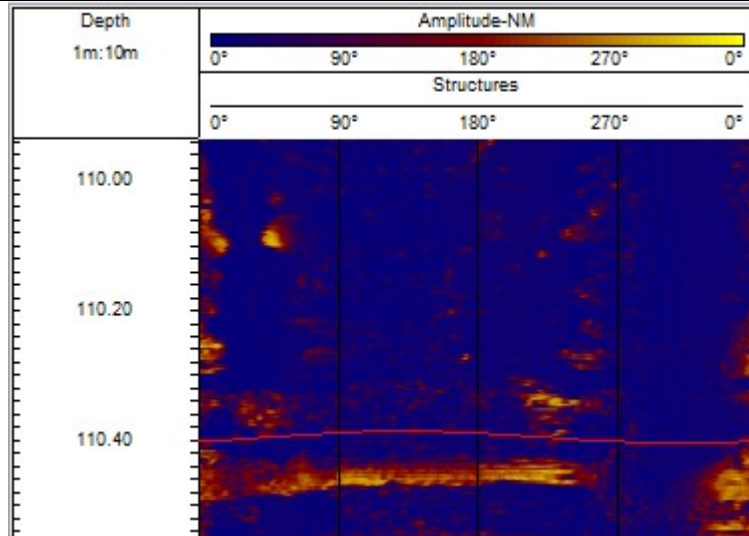
Per l'esecuzione delle fratturazioni idraulica si è proceduto calando la strumentazione all'interno del foro di sondaggio per mezzo di aste metalliche SPT. Al fine di evitare variazioni di pressioni i packer sono stati collegati a tubi di alimentazione di metallo. Prima dell'esecuzione della prova è stata misurata la verticalità del foro di sondaggio che è risultata avere una deviazione rispetto alla verticale di ca. 1.3° in direzione ca. N283°. La misura della deviazione del foro di sondaggio come anche la misura del diametro della camera di prova, è stato misurato per mezzo della sonda acustica. Il diametro della camera di prova è stato misurato sia prima che dopo la prova. I dati della fratturazione idraulica sono stati misurati digitalmente.

Prima di ogni campagna geognostica i manometri digitali vengono testati direttamente presso i nostri laboratori.



Prova	HF 1
Data esecuzione prove	24-01-2020
Profondità prova	110,00m
Litologia	Marne
Profondità della falda in data 24.01.2020	22 m

N Prova	Profondità tratto di prova da piano campagna m	Stima dei valori della tensione minima ricavata dai valori di shut-in (MPa) con il metodo delle tangenti	Stima della misura della tensione massima ricavati dai valori del primo ciclo di riapertura (MPa)	Stima dei valori del carico litostatico (MPa)
HF 1	110.00m	2.51	3.36	2,64
	H2o totali assorbiti Litri	Stima del peso specifico della roccia Kg/m3	Pressione dei pori dell'acqua (MPa)	Valore di K0 in termine di tensioni totali (MPa)
	78,48	2400	0,88	0.95 < K0> 1,27



La prova di fratturazione ha creato una deformazione della roccia e delle riaperture delle fratture preesistenti.

profondità della prova HF1 m	110	densità roccia T/m3=	2.4
Copertura quaternaria m	2	densità terreno T/m3=	2.2
Carico litostatico terreno Mpa	4.4		
Carico litostatico roccia Mpa	259.2		
Profondità della falda da p.c. m	22	Carico idraulico sul tratto di prova Mpa=	0.88

Ciclo	Breakdown MPa	Riapertura MPa	Metodo della tangente MPa
Breakdown	2.5		1.9
Riapertura 1		2.4	1.5
Riapertura 2		2.4	1.6
Riapertura 3		2.2	1.5

Dati registrati nella finestra di prova considerando il carico idraulico

Ciclo	Breakdown MPa	Riapertura MPa	Metodo della tangente MPa
Breakdown	3.38		2.78
Riapertura 1		3.28	2.38
Riapertura 2		3.28	2.48
Riapertura 3		3.08	2.38
	Mpa		
σ _{min} =	2.51		
σ _{max} =	3.36		
σ _{lit} =	2.64		

Pulse test: il test ha evidenziato l'integrità dell'ammasso roccioso in tutti i tratti di prova.



SME_06, 110m

