

Committente: CONSORZIO HIRPINIA AV	Sondaggio: SN_ME_05bis
Riferimento: 1° Lotto funzionale Apice - Irpinia	Data: 11/11/2019 - 20/11/2019
Coordinate: 41°06'34.11265"N - 15°02'03.31879"E	Quota: 380.5254 m s.l.m.
Perforazione: distruzione/carotaggio	

SCALA 1:100
STRATIGRAFIA - SN ME 05bis
Pagina 1/6

ø mm	R v	A r s	CH	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					
				1											Cutting a granulometria media e fine.	
				2												
				3												
				4												
				5												
				6												
				7												
				8												
				9												
				10												
				11												
				12												
				13												
				14												
				15												
				16												
				17												
				18												
				19												
				20												



Committente: CONSORZIO HIRPINIA AV	Sondaggio: SN_ME_05bis
Riferimento: 1° Lotto funzionale Apice - Irpinia	Data: 11/11/2019 - 20/11/2019
Coordinate: 41°06'34.11265"N - 15°02'03.31879"E	Quota: 380.5254 m s.l.m.
Perforazione: distruzione/carotaggio	

ø mm	R v	A r s	CH	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					
				21											Cutting a granulometria media e fine.	
				22												
				23												
				24												
				25												
				26												
				27												
				28												
				29												
				30												
				31												
				32												
				33												
				34												
				35												
				36												
				37												
				38												
				39												
				40												



Committente: CONSORZIO HIRPINIA AV	Sondaggio: SN_ME_05bis
Riferimento: 1° Lotto funzionale Apice - Irpinia	Data: 11/11/2019 - 20/11/2019
Coordinate: 41°06'34.11265"N - 15°02'03.31879"E	Quota: 380.5254 m s.l.m.
Perforazione: distruzione/carotaggio	

Ø mm	R v	A r	S	CH	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											Cutting a granulometria media e fine.	
					42												
					43												
					44												
					45												
					46												
					47												
					48												
					49												
					50												
					51												
					52												
					53												
					54												
					55												
					56												
					57												
					58												
					59												
					60												



Committente: CONSORZIO HIRPINIA AV	Sondaggio: SN_ME_05bis
Riferimento: 1° Lotto funzionale Apice - Irpinia	Data: 11/11/2019 - 20/11/2019
Coordinate: 41°06'34.11265"N - 15°02'03.31879"E	Quota: 380.5254 m s.l.m.
Perforazione: distruzione/carotaggio	

ø mm	R v	A r	A s	CH	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											Cutting a granulometria media e fine.	
					82												
					83												
					84												
					85												
					86												
					87												
					88												
					89												
					90												
					91												
					92												
					93												
					94												
					95												
					96												
					97												
					98												
					99												
					100										100.0		



Committente: CONSORZIO HIRPINIA AV	Sondaggio: SN_ME_05bis
Riferimento: 1° Lotto funzionale Apice - Irpinia	Data: 11/11/2019 - 20/11/2019
Coordinate: 41°06'34.11265"N - 15°02'03.31879"E	Quota: 380.5254 m s.l.m.
Perforazione: distruzione/carotaggio	

SCALA 1:100	<h2 style="margin: 0;">STRATIGRAFIA - SN ME 05bis</h2>	Pagina 6/6
-------------	--	------------

Ø mm	R v	A r	S s	CH	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					
101																	Alternanza di arenarie a matrice argillosa molto compatte, di colore grigio scure, e strati di argille marnose a struttura scagliosa, molto compatte. Talvolta negli strati arenacei è possibile individuare una gradazione normale degli stessi con strutture a laminazione piano parallela.	1
102																		
103																		
104																		
105																		
106																		
107																		
108																		
109																		
110																		
110.0																		2

Utilizzata sonda perforatrice tipo NENZI GELMA 1
 Perforazione a distruzione da p.c. a 100,0m; perforazione a carotaggio continuo da 100,0m a 110,0m.
 Utilizzato carotiere doppio e corona diamantata da 100,0m a 110,0m.
 Eseguito rilievo masse metalliche in superficie.
 Eseguito rilievo del gas in foro.
 Eseguita n. 1 prova Fratturazione Idraulica.
 Installato tubo in PVC da 3" per prova geofisica di tipo Cross-Hole fino a 110,0m da p.c.
 Installato chiusino con lucchetto.
 *Ind: Campionatore triplo.
 Normativa: A.G.I. 1977





Sondaggio SN_ME_05bis



Sondaggio SN_ME_05bis



Sondaggio SN_ME_05bis

*TITLE:**AVAILABLE LANGUAGE: ITA*

Prova di fratturazione idraulica eseguita nel sondaggio geognostico SN_ME_05B in località Melito Irpino (AV)

00

21/11/2019

Issued

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.....	5
3.4. Parametri di acquisizione.....	6
3.5. Procedura per l'esecuzione dei log acustici.....	6
3.6. Modalità di esecuzione della prova di fratturazione	7
3.7. Tecnica della fratturazione idraulica	8
4. CARATTERISTICHE TECNICHE DELLA STRUMENTAZIONE UTILIZZATA	11
4.1. Sonda acustica o scanner acustico (BHTV).....	11
4.2. Sistema a doppio packer utilizzato per fratturazione idraulica	12
5. RISULTATI DELLE INDAGINI	13
5.1. Fratturazione idraulica	13

1. INTRODUZIONE

Su incarico della società Geotec spa di Campobasso in data 21.11.2019 nel foro di sondaggio SN_ME_05B è stata eseguita una prova di fratturazione idraulica. Il foro di sondaggio verticale, di diametro \varnothing 96,00mm 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 argillose con strati di calcari litoidi.

2. UBICAZIONE DEL SITO D'INDAGINE

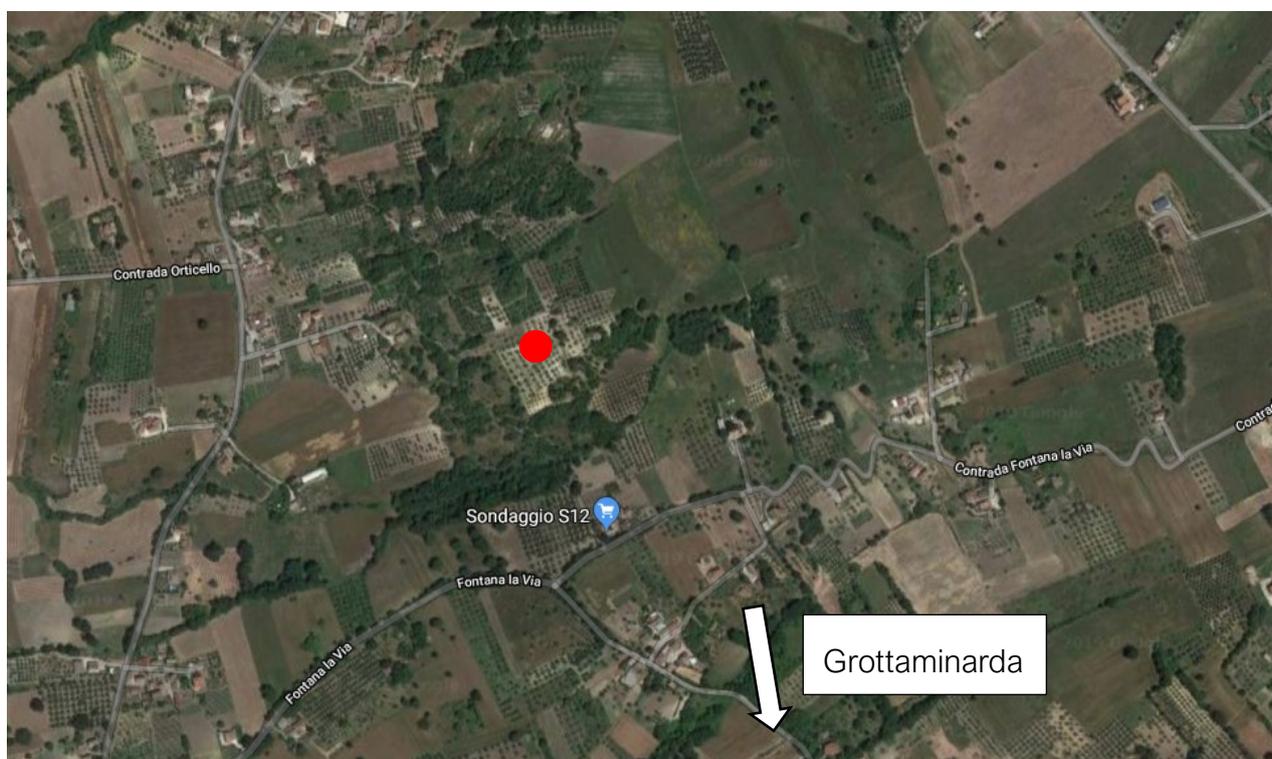


Fig. 1: Ubicazione approssimativa del sondaggio SN_ME_05B



Fig. 2: Foto del sondaggio SN_ME_05B

3. MODALITA' DI ESECUZIONE DELLE PROVE

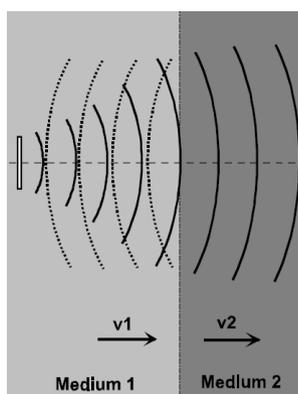
3.1. Log acustico

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.

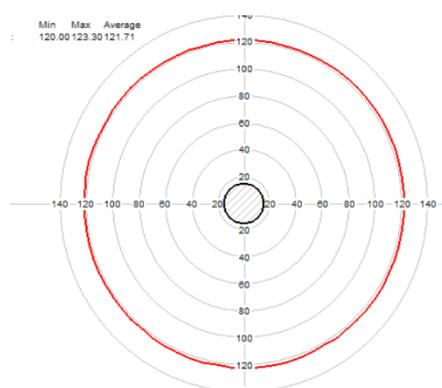


tad pole: giunto o fessura con direzione ca. N80 (ca. est) e inclinazione ca. 62°.

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
sondaggio



Misura del diametro del foro di

3.2. Verricello

La sonda è stata calata 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

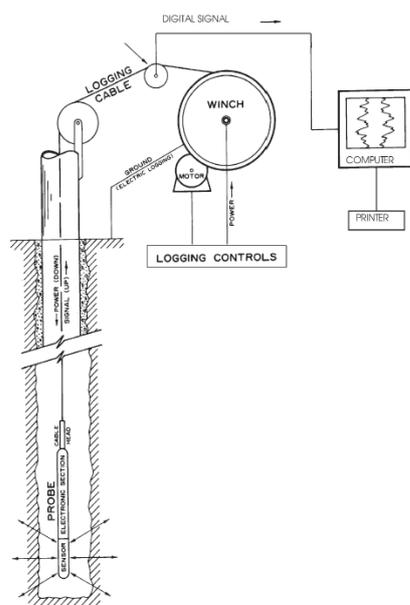
In fase di acquisizione sono stati impostati i seguenti parametri:

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 ($L=1,00\text{m}$), 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'.

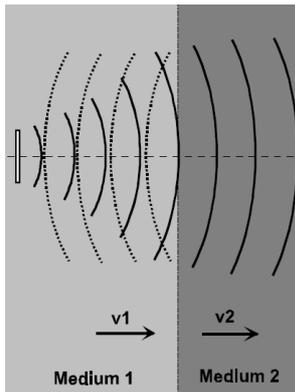
Rilievo delle fratture indotte

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.

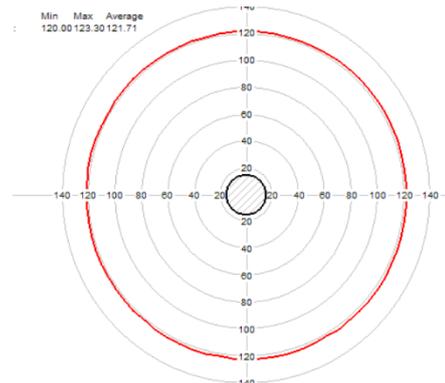
La sonda esegue una scansione ad ultrasuoni della parete del foro. Viene misurato il tempo di percorrenza di un segnale ad ultrasuoni dalla trasmittente alla parete del foro e viceversa e l'ampiezza del segnale riflesso. L'ampiezza dipende dalla geometria del foro e dal coefficiente di riflessione al 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

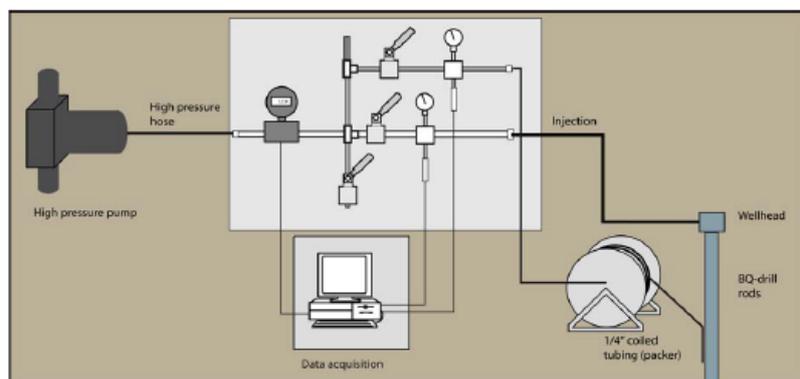
Natural gamma ray sensor

- 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.



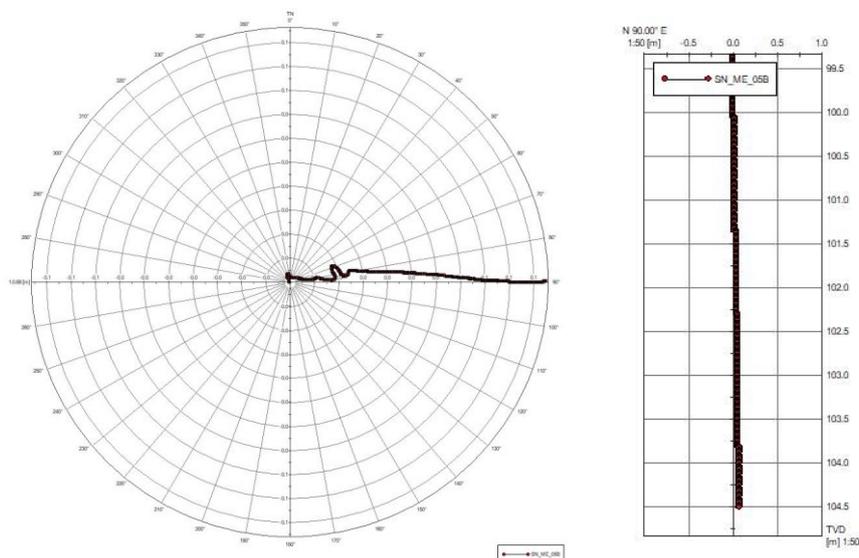
5. RISULTATI DELLE INDAGINI

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. $0,9^\circ$ in direzione ca. $N90^\circ$. 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.



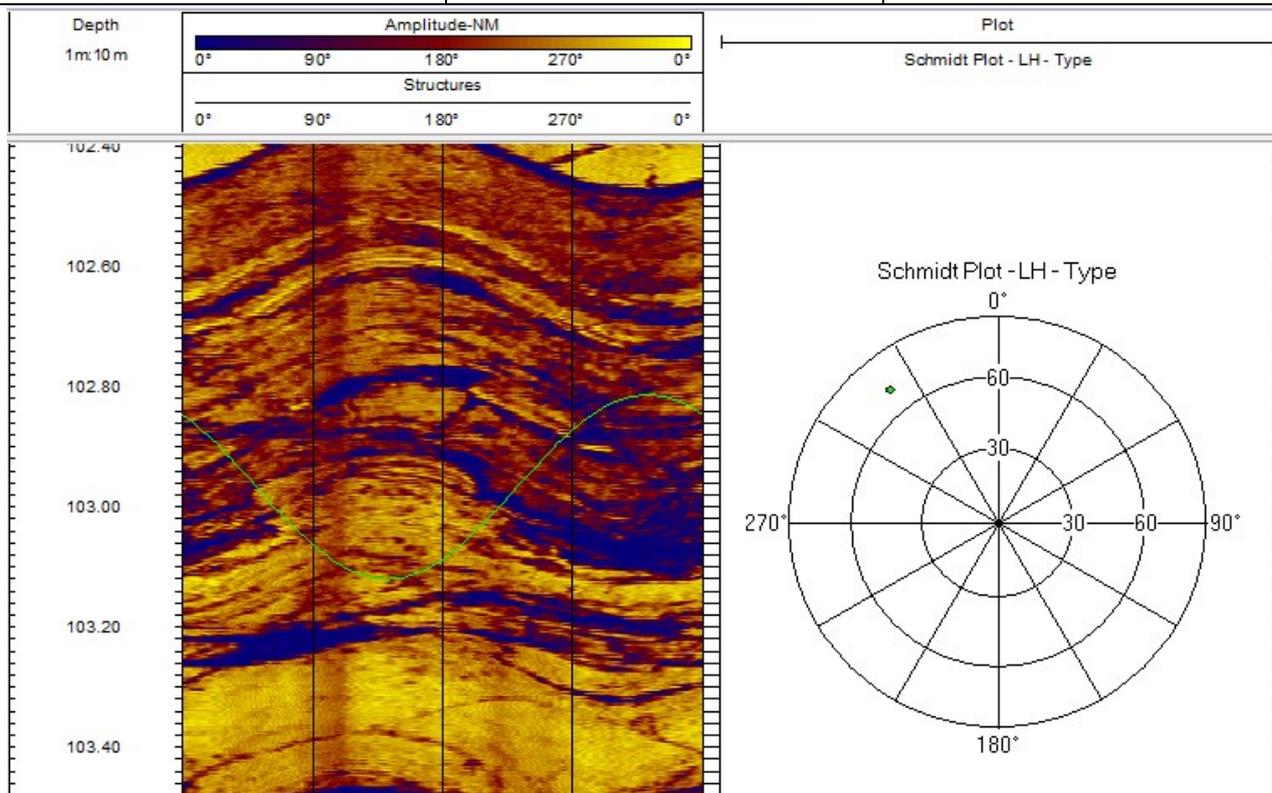
In totale è stata eseguita n 1 fratturazione idraulica a 34m.

Prova	HF 1
Data esecuzione prove	21-11-2019
Profondità prova	103,00m
Litologia	Marne argillose con strati calcari
Profondità della falda in data 21.11.2019	3 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	103.00m	3.38	2.43	2.47
	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)
	63.47	2400	1.00	0.98 < K0 > 1.37

La prova di fratturazione idraulica ha indotto n1 di fratture e delle riaperture delle fratture preesistenti.

Depth [m]	Azimuth	Dip
102.97	141.6	71.3



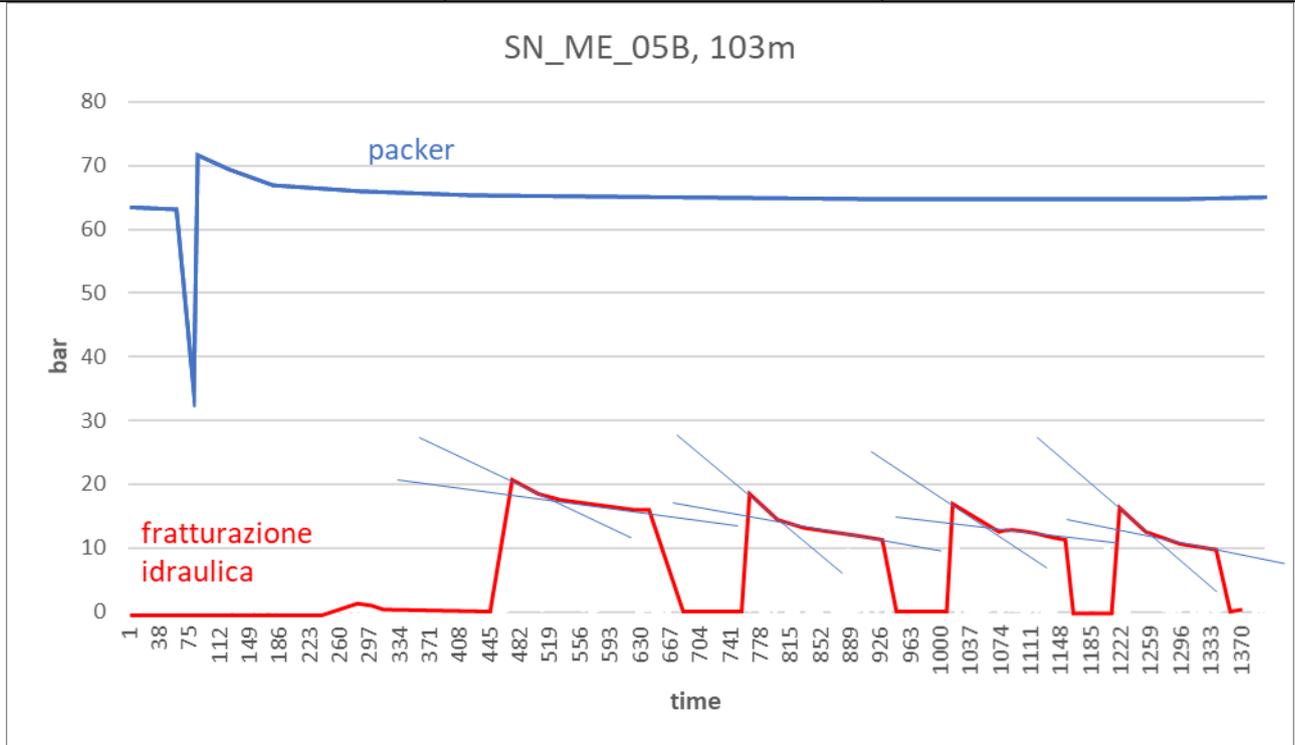
profondità della prova HF1 m	103	densità roccia T/m3=	2.4
Copertura quaternaria m	0.5	densità terreno T/m3=	2.2
Carico litostatico terreno Mpa	1.1		
Carico litostatico roccia Mpa	246		
Profondità della falda da p.c. m	3	Carico idraulico sul tratto di prova Mpa=	1.00

Ciclo	Breakdown MPa	Riapertura MPa	Metodo della tangente MPa
Breakdown	2.1		1.8
Riapertura 1		1.9	1.4
Riapertura 2		1.8	1.3
Riapertura 3		1.8	1.2

Dati registrati nella finestra di prova considerando il carico idraulico

Ciclo	Breakdown MPa	Riapertura MPa	Metodo della tangente MPa
Breakdown	3.10		2.80
Riapertura 1		2.90	2.40
Riapertura 2		2.80	2.30
Riapertura 3		2.80	2.20
	Mpa		
omin=	2.43		
omax=	3.38		
olit=	2.47		

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



TITLE:

AVAILABLE LANGUAGE: ITA

Prova di fratturazione idraulica eseguita nel sondaggio geognostico SN_ME_05B in località Melito Irpino (AV)

Gianfranco Draga

00

21/11/2019

Issued

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.....	5
3.4. Parametri di acquisizione.....	6
3.5. Procedura per l'esecuzione dei log acustici.....	6
3.6. Modalità di esecuzione della prova di fratturazione	7
3.7. Tecnica della fratturazione idraulica	8
4. CARATTERISTICHE TECNICHE DELLA STRUMENTAZIONE UTILIZZATA	11
4.1. Sonda acustica o scanner acustico (BHTV).....	11
4.2. Sistema a doppio packer utilizzato per fratturazione idraulica	12
5. RISULTATI DELLE INDAGINI	13
5.1. Fratturazione idraulica	13

1. INTRODUZIONE

Su incarico della società Geotec spa di Campobasso in data 21.11.2019 nel foro di sondaggio SN_ME_05B è stata eseguita una prova di fratturazione idraulica. Il foro di sondaggio verticale, di diametro \varnothing 96,00mm 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 argillose con strati di calcari litoidi.

2. UBICAZIONE DEL SITO D'INDAGINE

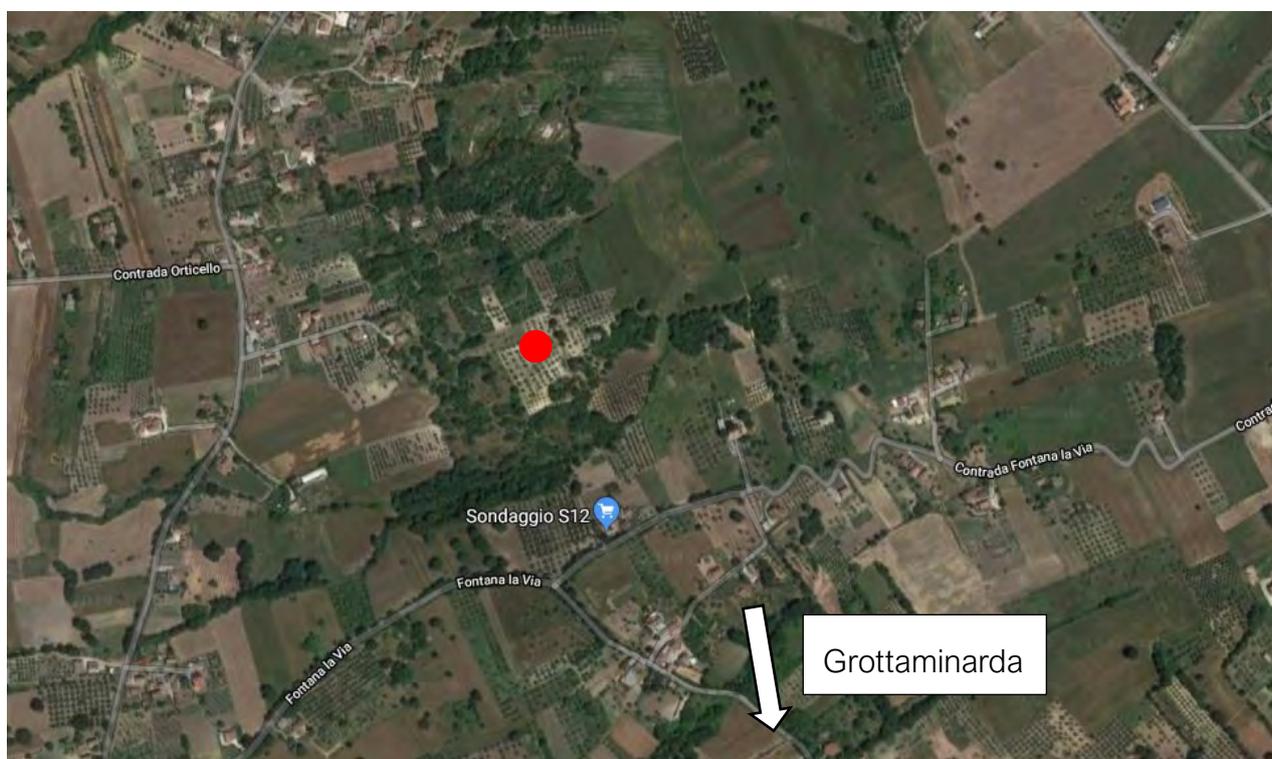


Fig. 1: Ubicazione approssimativa del sondaggio SN_ME_05B

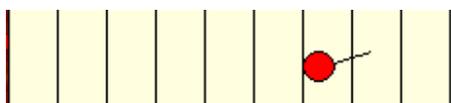


Fig. 2: Foto del sondaggio SN_ME_05B

3. MODALITA' DI ESECUZIONE DELLE PROVE

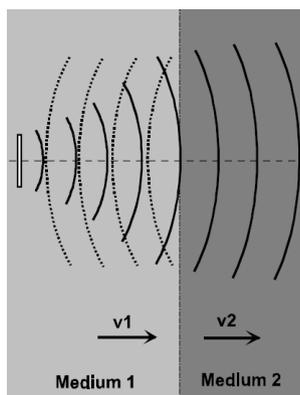
3.1. Log acustico

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.

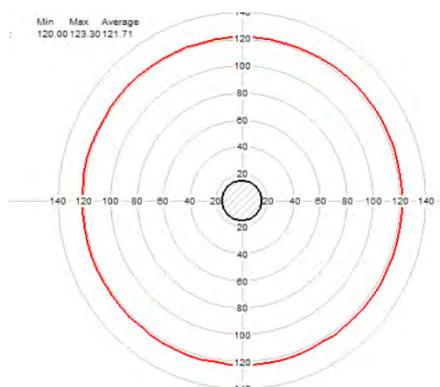


tad pole: giunto o fessura con direzione ca. N80 (ca. est) e inclinazione ca. 62°.

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
sondaggio



Misura del calibro del foro di

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

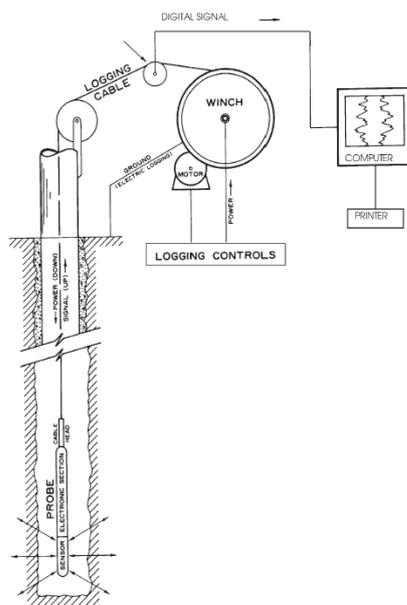
In fase di acquisizione sono stati impostati i seguenti parametri:

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'.

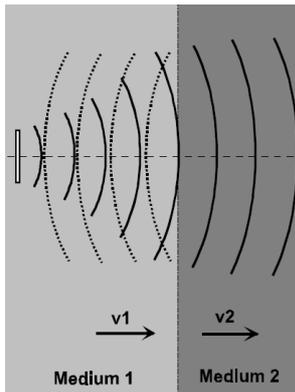
Rilievo delle fratture indotte

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.

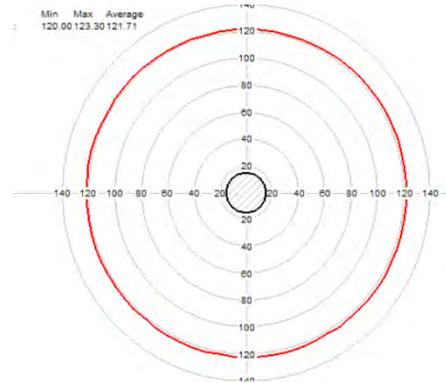
La sonda esegue una scansione ad ultrasuoni della parete del foro. Viene misurato il tempo di percorrenza di un segnale ad ultrasuoni dalla trasmittente alla parete del foro e viceversa e l'ampiezza del segnale riflesso. L'ampiezza dipende dalla geometria del foro e dal coefficiente di riflessione al 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

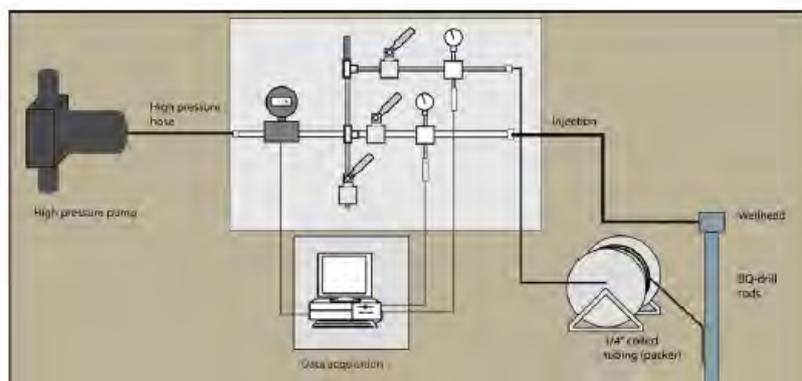
Natural gamma ray sensor

- 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.



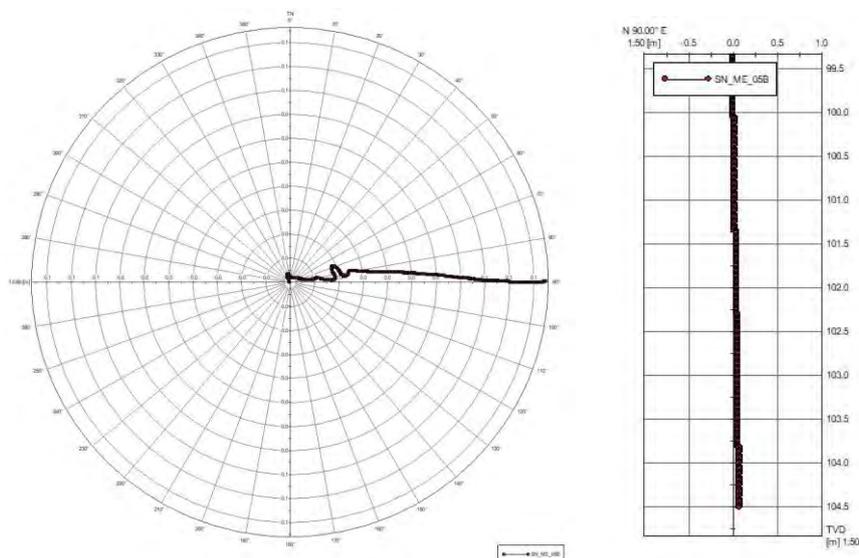
5. RISULTATI DELLE INDAGINI

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. 0,9° in direzione ca. N90°. 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.



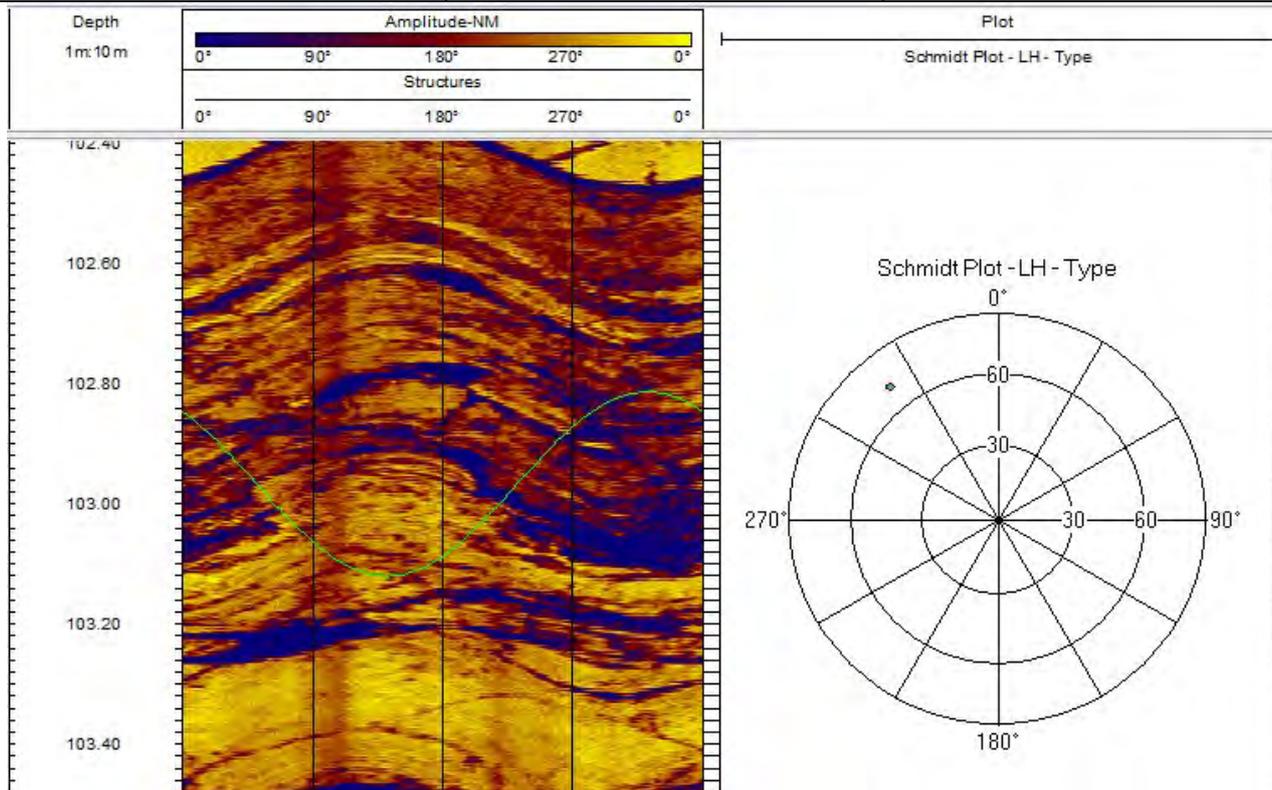
In totale è stata eseguita n 1 fratturazione idraulica a 34m.

Prova	HF 1
Data esecuzione prove	21-11-2019
Profondità prova	103,00m
Litologia	Marne argillose con strati calcari
Profondità della falda in data 21.11.2019	3 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	103.00m	3.38	2.43	2.47
	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)
	63.47	2400	1.00	0.98 < K0 > 1.37

La prova di fratturazione idraulica ha indotto n1 di fratture e delle riaperture delle fratture preesistenti.

Depth [m]	Azimuth	Dip
102.97	141.6	71.3



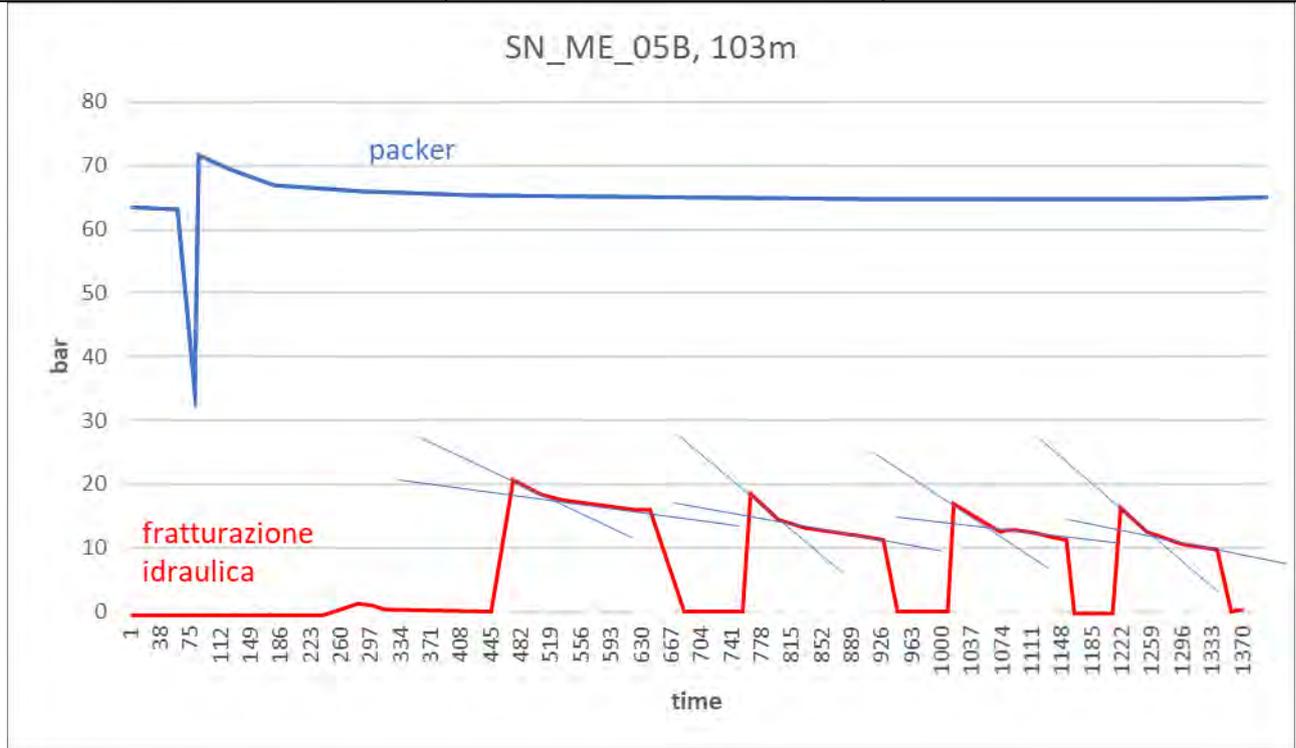
profondità della prova HF1 m	103	densità roccia T/m3=	2.4
Copertura quaternaria m	0.5	densità terreno T/m3=	2.2
Carico litostatico terreno Mpa	1.1		
Carico litostatico roccia Mpa	246		
Profondità della falda da p.c. m	3	Carico idraulico sul tratto di prova Mpa=	1.00

Ciclo	Breakdown MPa	Riapertura MPa	Metodo della tangente MPa
Breakdown	2.1		1.8
Riapertura 1		1.9	1.4
Riapertura 2		1.8	1.3
Riapertura 3		1.8	1.2

Dati registrati nella finestra di prova considerando il carico idraulico

Ciclo	Breakdown MPa	Riapertura MPa	Metodo della tangente MPa
Breakdown	3.10		2.80
Riapertura 1		2.90	2.40
Riapertura 2		2.80	2.30
Riapertura 3		2.80	2.20
	Mpa		
omin=	2.43		
omax=	3.38		
olit=	2.47		

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

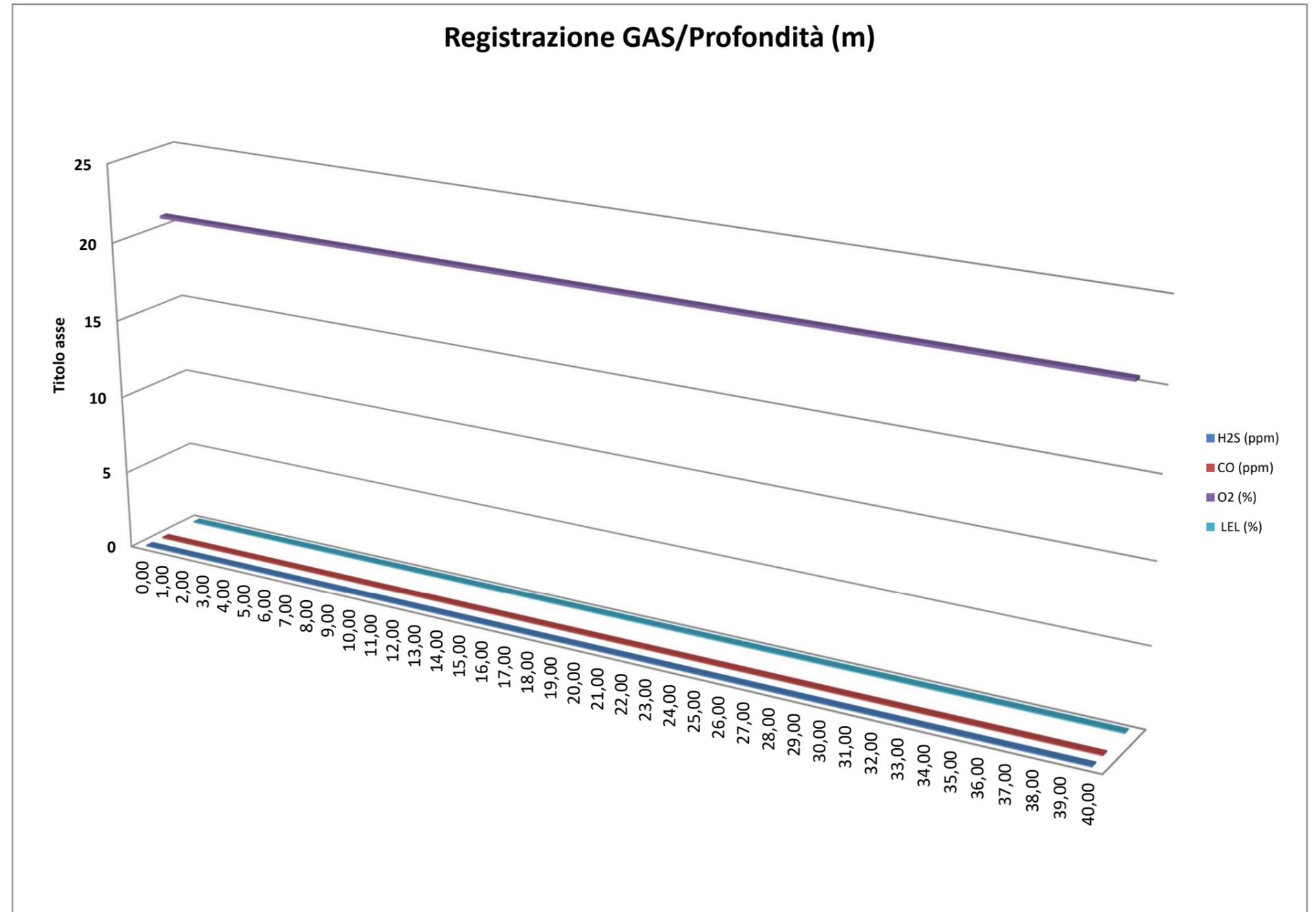


COMMITTENTE:	CONSORZIO HIRPINIA AV
CANTIERE:	1° Lotto funzionale Apice - Irpinia
SONDAGGIO:	SN_ME_05bis
Data:	11/11/2019 - 22/11/2019

TABELLA RILEVAMENTO GAS A BOCCAFORO

Profondità (m da p.c)	H2S (ppm)	CO (ppm)	O2 (%)	LEL (%)
0,00	0,00	0,00	20,90	0,00
1,00	0,00	0,00	20,90	0,00
2,00	0,00	0,00	20,90	0,00
3,00	0,00	0,00	20,90	0,00
4,00	0,00	0,00	20,90	0,00
5,00	0,00	0,00	20,90	0,00
6,00	0,00	0,00	20,90	0,00
7,00	0,00	0,00	20,90	0,00
8,00	0,00	0,00	20,90	0,00
9,00	0,00	0,00	20,90	0,00
10,00	0,00	0,00	20,90	0,00
11,00	0,00	0,00	20,90	0,00
12,00	0,00	0,00	20,90	0,00
13,00	0,00	0,00	20,90	0,00
14,00	0,00	0,00	20,90	0,00
15,00	0,00	0,00	20,90	0,00
16,00	0,00	0,00	20,90	0,00
17,00	0,00	0,00	20,90	0,00
18,00	0,00	0,00	20,90	0,00
19,00	0,00	0,00	20,90	0,00
20,00	0,00	0,00	20,90	0,00
21,00	0,00	0,00	20,90	0,00
22,00	0,00	0,00	20,90	0,00
23,00	0,00	0,00	20,90	0,00
24,00	0,00	0,00	20,90	0,00
25,00	0,00	0,00	20,90	0,00
26,00	0,00	0,00	20,90	0,00
27,00	0,00	0,00	20,90	0,00
28,00	0,00	0,00	20,90	0,00
29,00	0,00	0,00	20,90	0,00
30,00	0,00	0,00	20,90	0,00
31,00	0,00	0,00	20,90	0,00
32,00	0,00	0,00	20,90	0,00
33,00	0,00	0,00	20,90	0,00
34,00	0,00	0,00	20,90	0,00
35,00	0,00	0,00	20,90	0,00
36,00	0,00	0,00	20,90	0,00
37,00	0,00	0,00	20,90	0,00
38,00	0,00	0,00	20,90	0,00
39,00	0,00	0,00	20,90	0,00
40,00	0,00	0,00	20,90	0,00

Registrazione GAS/Profondità (m)



GEOTEC S.p.A.
 Via G. Barbato, 20
 Zona Industriale S. Giovanni in Golfo
 86100 CAMPOBASSO
 P.IVA 007 1263 070 6

COMMITTENTE:	CONSORZIO HIRPINIA AV
CANTIERE:	1° Lotto funzionale Apice - Irpinia
SONDAGGIO:	SN_ME_05bis
Data:	11/11/2019 - 22/11/2019

TABELLA RILEVAMENTO GAS A BOCCAFORO

Profondità (m da p.c)	H2S (ppm)	CO (ppm)	O2 (%)	LEL (%)
41,00	0,00	0,00	20,90	0,00
42,00	0,00	0,00	20,90	0,00
43,00	0,00	0,00	20,90	0,00
44,00	0,00	0,00	20,90	0,00
45,00	0,00	0,00	20,90	0,00
46,00	0,00	0,00	20,90	0,00
47,00	0,00	0,00	20,90	0,00
48,00	0,00	0,00	20,90	0,00
49,00	0,00	0,00	20,90	0,00
50,00	0,00	0,00	20,90	0,00
51,00	0,00	0,00	20,90	0,00
52,00	0,00	0,00	20,90	0,00
53,00	0,00	0,00	20,90	0,00
54,00	0,00	0,00	20,90	0,00
55,00	0,00	0,00	20,90	0,00
56,00	0,00	0,00	20,90	0,00
57,00	0,00	0,00	20,90	0,00
58,00	0,00	0,00	20,90	0,00
59,00	0,00	0,00	20,90	0,00
60,00	0,00	0,00	20,90	0,00
61,00	0,00	0,00	20,90	0,00
62,00	0,00	0,00	20,90	0,00
63,00	0,00	0,00	20,90	0,00
64,00	0,00	0,00	20,90	0,00
65,00	0,00	0,00	20,90	0,00
66,00	0,00	0,00	20,90	0,00
67,00	0,00	0,00	20,90	0,00
68,00	0,00	0,00	20,90	0,00
69,00	0,00	0,00	20,90	0,00
70,00	0,00	0,00	20,90	0,00
71,00	0,00	0,00	20,90	0,00
72,00	0,00	0,00	20,90	0,00
73,00	0,00	0,00	20,90	0,00
74,00	0,00	0,00	20,90	0,00
75,00	0,00	0,00	20,90	0,00
76,00	0,00	0,00	20,90	0,00
77,00	0,00	0,00	20,90	0,00
78,00	0,00	0,00	20,90	0,00
79,00	0,00	0,00	20,90	0,00
80,00	0,00	0,00	20,90	0,00
81,00	0,00	0,00	20,90	0,00

Registrazione GAS/Profondità (m)

