

NGU Rapport 2011.012

Geofysisk logging av borehull
ved Ciens Forskningspark Gaustad, Oslo

Rapport nr.: 2011.012		ISSN 0800-3416	Gradering: Åpen
Tittel: Geofysisk logging av borehull ved Ciens Forskningspark, Gaustad, Oslo			
Forfatter: Harald Elvebakk		Oppdragsgiver: NGU	
Fylke: Oslo		Kommune: Oslo	
Kartblad (M=1:250.000) Oslo		Kartbladnr. og -navn (M=1:50.000) 1814 I Asker	
Forekomstens navn og koordinater: Bh Ciens 1 595928Ø 6646165N 32V		Sidetall: 16 Kartbilag:	Pris: kr 110,-
Feltarbeid utført: 23.01.2006	Rapportdato: 08.05.2009	Prosjektnr.: 329500	Ansvarlig: <i>Jan S. Rønning</i>
Sammendrag: NGU har gjort geofysisk logging i en energibrønn ved Ciens, Forskningscenter for miljø og samfunn, ved Gaustad i Oslo. Hensikten var å kartlegge retningen til en syenittgang som skjærer gjennom kalkskifrene. Oppdragsgiver var NIVA. Geofysisk logging i brønnen ble også gjort for å kartlegge berggrunnens fysiske egenskaper. Det ble målt resistivitet, lyd hastighet, naturlig gammastråling samt temperatur, ledningsevne i vann og vannstrømning. Brønnen er inspisert med optisk televiwer. Det ble oppdaget flere åpne vannførende sprekker (hulrom). Det er målt og beregnet typiske verdier av resistivitet, 2000 ohmm, lyd hastighet, 4800 m/s og naturlig gammastråling i syenittgang i Oslofeltets kambrosilurbergarter. Resistiviteten er noe lavere enn hva som er kjent i ordinær syenitt. Avvik fra de oppgitte verdier (mindre) av resistivitet og lyd hastighet kan tyde på oppsprukket fjell.			
Emneord: Geofysikk	Borehullslogging	Elektrisk måling	
Temperaturmåling	Naturlig radioaktivitet	Lyd hastighet	
Optisk televiwer	Strømningsmåling	Fagrapport	

INNHOOLD

1. INNLEDNING	7
2. LOKALITET	7
3. MÅLEMETODER OG UTFØRELSE	8
4. RESULTATER	8
4.1 Temperatur	9
4.2 Temperatur, vannets ledningsevne, naturlig gamma, resistivitet, beregnet porøsitet, lydshastighet og strømming.	10
4.3 Data, fysiske parametere	13
4.3.1 Naturlig gammastråling	13
4.3.2 Resistivitet	13
4.3.3 Lydshastighet	14
4.4 Optisk televiever	15
4.5 Borehullsavvik	19
5. KONLUSJON	20
6. REFERANSER	20

FIGURER

<i>Figur 1. Bh Ciens 1, Gaustad, Oslo. Oversiktskart.....</i>	<i>7</i>
<i>Figur 2. Temperatur og temperaturgradient, Bh Ciens 1, Gaustad, Oslo.....</i>	<i>9</i>
<i>Figur 3. Bh Ciens 1, Gaustad. Temperatur, ledningsevne i vann, naturlig gamma, resistivitet, porøsitet, P- bølgehastighet.</i>	<i>11</i>
<i>Figur 5. Bh Ciens 1, Gaustad. Strømningsmåling som viser vanninnstrømning ved 75 og 95 m dyp.</i>	<i>12</i>
<i>Figur 5. Bh Ciens 1, Gaustad. Bilde av syenitt med mineraliserte sprekker.49 – 53 m dyp....</i>	<i>15</i>
<i>Figur 6. Bh Ciens 1, Gaustad. Sprekkestereogram over observerte sprekker. Data hentet fra optisk televiever, hvor de forskjellige sprekkesettene er gitt forskjellig farge.</i>	<i>16</i>
<i>Figur 7. Bh Ciens 1, Gaustad. Sprekkefrekvenshistogram. Data hentet fra optisk televiever, hvor de forskjellige sprekkesettene er gitt forskjellig farge. Kolonnen til venstre viser fallet til sprekken (0-90°), de midtre kolonnene viser sprekkefrekvens (sprekker/m) for hvert sett, og kolonnen til høyre viser borehullsavvik og total sprekkefrekvens (VJC).</i>	<i>17</i>
<i>Figur 8. Bh Ciens 1, Gaustad. Bilder av åpne sprekker ved 75 m og 95 m dyp.</i>	<i>18</i>
<i>Figur 10. Bh Ciens 1, Gaustad. Borehullsforløp,</i>	<i>19</i>
<i>Figur 12. Bh 11, Lutvann. Horisontalprojeksjon</i>	<i>19</i>

TABELLER

Tabell 1. Borehullsdata for Bh Ciens 1, Gaustad, Oslo.....	8
Tabell 2. Målte parametre i Bh Ciens 1, Gaustad, Oslo.	8
Tabell 3. Målte gammaverdier i Bh Ciens 1, Gaustad, Oslo	13
Tabell 4. Målte resistivitetsverdier i Bh Ciens 1, Gaustad, Oslo	13
Tabell 5. P- og S-bølgehastighet i Bh Ciens 1, Gaustad, Oslo.....	14
Tabell 6. Gjennomsnittlig lydshastighet, naturlig gammastråling og resistivitet i Bh Ciens 1, Gaustad, Oslo.....	14

1. INNLEDNING

NGU har gjort geofysisk logging i en energibrønn ved Ciens, Forskningscenter for miljø og samfunn, ved Gaustad i Oslo. Hensikten var å kartlegge retningen til en syenittgang som skjærer gjennom kalkskifrene. Oppdragsgiver var NIVA.

Som en del av data presenteres typiske verdier for resistivitet, seismisk hastighet og total gammastråling i de bergarter som finnes i hullet.

Målingene ble utført høsten 23.01.2006 av Harald Elvebakk med assistanse av Helge Skarphagen fra NIVA.

2. LOKALITET

Bh Ciens 1 er boret ved Forskningsparken, Ciens, mellom Gaustad og Blindern i Oslo, se figur 1 som viser et oversiktskart. Data for borehullet er vist i tabell 1. Borehullet går for det meste i en syenittgang som ligger i kambrosilursk kalkskifer. Dyp til fjell er 30.5 m og det er satt ned 33 m foringsrør.



Figur 1. Bh Ciens 1, Gaustad, Oslo. Oversiktskart.

Tabell 1. Borehullsdata for Bh Ciens 1, Gaustad, Oslo.

Lokalitet	Nord wgs 84	Øst wgs 84	Sone	Høyde m.o.h.	Dato logging	Fall	Diam (cm)	Dyp (m)	Boring
Ciens 1 Gaustad	6646165	595928	32V	80	23.01.06	lodd	14.0	120	Nov-04

3. MÅLEMETODER OG UTFØRELSE

Det er benyttet loggeutstyr produsert av Robertson Geologging ltd. (<http://www.geologging.com>). Følgende parametre ble logget, se tabell 1:

Tabell 2. Målte parametre i Bh Ciens 1, Gaustad.

Målt parameter	Loggehastighet	Samplingstetthet
Temperatur	3 m/min	1 cm
Ledningsevne i vann	3 m/min	1 cm
Resistivitet i fjell, porøsitet	5 m/min	1 cm
Lydhastighet, P- og S-bølge	4 m/min	20 cm
Naturlig gammastråling	5 m/min	1 cm
Borehullsavvik	5 m/min	1 cm
Optisk televiewer	1 m/min	1 mm
Strømningsmåling	5 m/min	1 cm

Alle logger er gjort ned til 115 m. Opptaket fra optisk televiewer ble meget bra.

Brukerbeskrivelser for de ulike målesondene ligger på NGU's hjemmesider på følgende link: <http://www.ngu.no/no/hm/Norges-geologi/Geofysikk/Borehullsgeofysikk/>

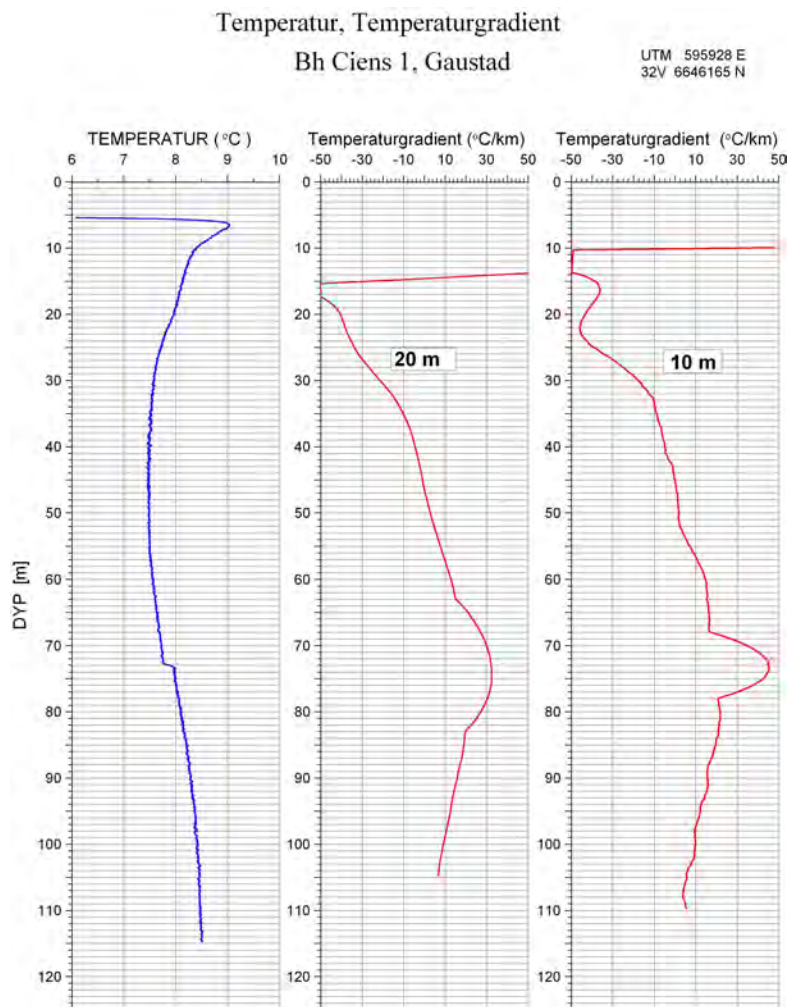
4. RESULTATER

Rapporten presenterer data både i kurveplott og i tabellform. Tabellene viser gjennomsnittsverdier for den lokale bergart og antas å være normale verdier for denne bergarten. Det er valgt ut områder i borehullet der det er liten oppsprekking basert på resultatene fra alle logger. Avvik fra disse normalverdiene kan bety endring i oppsprekningsgrad.

De fysiske parameterne har ingen betydning for bestemmelse av gangens retning og fall. Da nesten hele hullet går langs gangen er det også vanskelig med optisk televiewer å bestemme dette. Retninger og fall på sprekker som opptrer i syenittgangen er bestemt.

4.1 Temperatur

Figur 2 viser temperaturlogg med beregnet temperaturgradient. Gradienten er negativ ned til ca 55 m dyp hvilket betyr at temperaturen avtar ned til dette dyp. Temperaturen dagnært er trolig påvirket av sesongvariasjon (sommervarme). Vannspeilet er på 5 m og de øverste 30 m av hullet går i løsmasser. En kraftig lokal økning i gradienten ved 70 – 80 m kan tyde på vanninnstrømning.



Figur 2. Temperatur og temperaturgradient, Bh Ciens 1, Gaustad, Oslo

4.2 Temperatur, vannets ledningsevne, naturlig gamma, resistivitet, beregnet porøsitet, lyd hastighet og strømning.

Figur 3 viser temperatur, ledningsevne, naturlig gammastråling, resistivitet, porøsitet lyd hastighet og strømning.

Gammastrålingen de øverste 30 m avspeiler løsmasser (50 – 60 cps). En markert nedgang ved 32 – 35 m (30 cps) indikerer kalkskifer (kambrosilur), mens resten av hullet går i en syenittgang med forholdsvis høy gammastråling, ca 150 cps. Det er total gammastråling som måles og enheten cps er i API-standard, slik at data kan sammenlignes med andre data målt med samme standard.

Ledningsevnen i vannet er konstant ned til 75 m hvor den går tydelig opp. Dette tyder på vanninnstrømning ved dette dyp, jfr. økning i temperatur samme dyp.

P-bølge hastigheten er noe ujevn. Det registreres flere lavhastighetssoner som indikerer oppsprukket fjell, ved 55 m, 75 m og 95 m.. Det er en kjent sak at syenittganger i Oslofeltet kan være sterkt oppsprukket og føre mye vann. Gjennomsnittlig P-bølge hastighet er 4800 m/s mens det registreres soner med hastigheter ned mot 1000 m/s. S-bølgen var vanskelig (umulig) å registrere og data fra denne er ikke presentert.

Resistiviteten i syenittgangen er noe lavere enn det som er kjent i syenitt. Dette kan skyldes oppsprekking. Resistiviteten ligger mellom 1500 og 2000 ohmm. Sprekkesonene som ble indikert på P-bølge hastigheten indikeres også på resistivitetmålingene. Det måles resistivitetsverdier ned til 200 ohm. Dette er meget lavt og tyder på sterkt oppsprukket og ustabil fjell. Dette vises også tydelig på televieropptak, se senere. Resistivitetsdata er korrigert for vannets ledningsevne i borehullet, borehullsdiameter og sondens størrelse (diameter) (Thunhead 2004).

Porøsiteten er en relativ størrelse beregnet med en modifisert versjon av Archie's lov ut fra målt fjellresistivitet og ledningsevne i porevannet (Archie 1942). Porøsiteten Φ kan finnes ut fra følgende sammenheng:

$$\sigma = a \cdot \sigma_w^k \cdot \Phi^m + \sigma_s$$

der

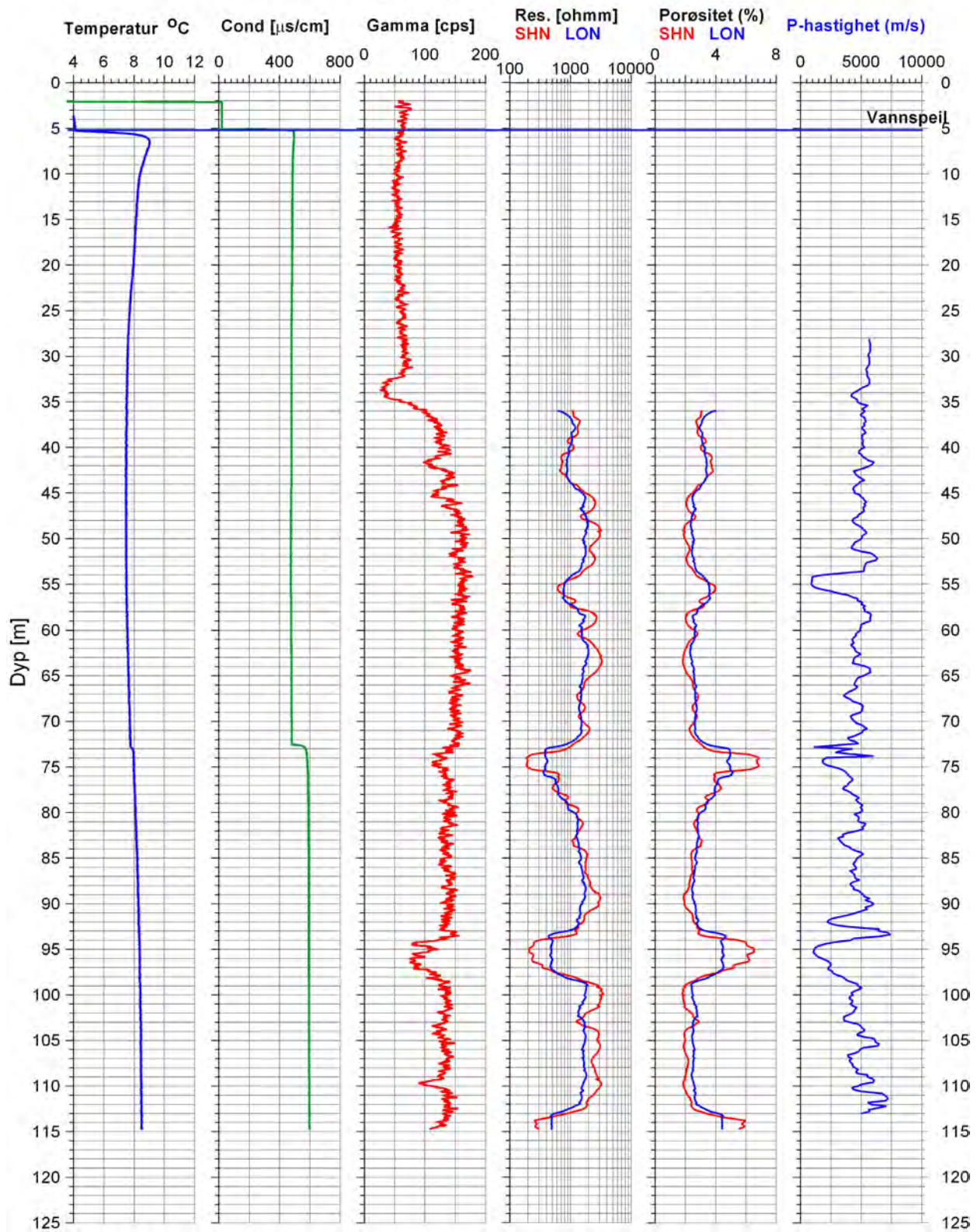
σ = bergartens ledningsevne

σ_w = ledningsevne i porevannet

σ_s = overflatekonduktivitet

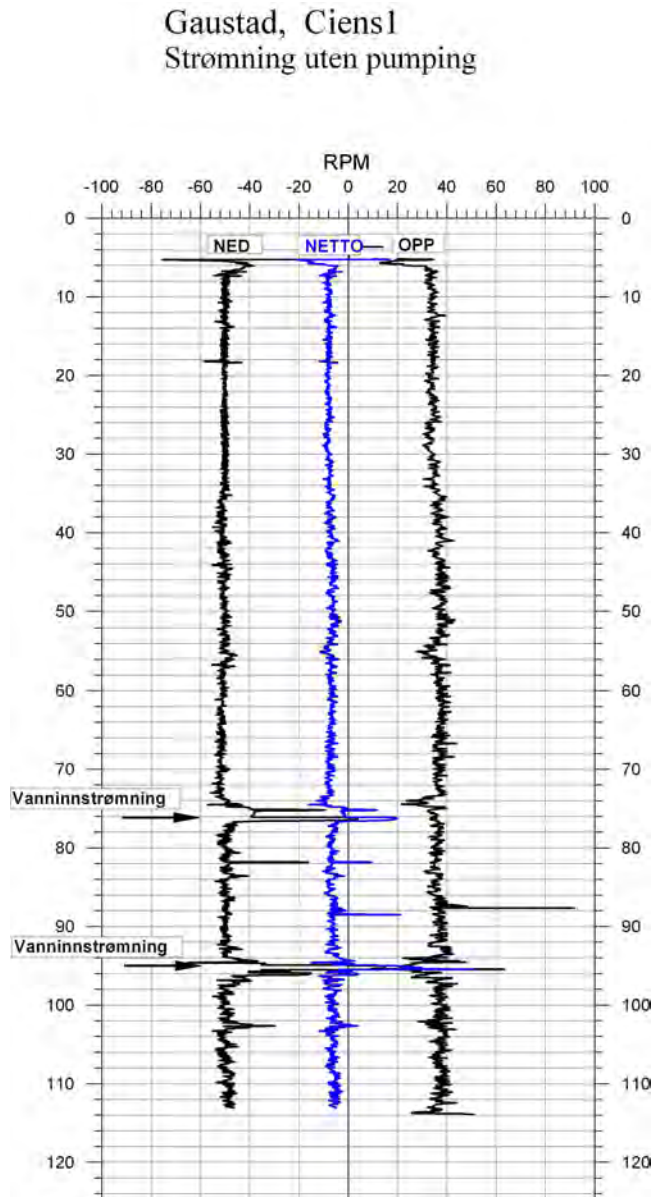
Faktorene a, m og k (kornform, sementeringsfaktor) er avhengig av bergartstype og bestemmes ved laboratoriemålinger. Archie's lov er egentlig tilpasset homogene sedimentære bergarter (sandstein) men ved å tilpasse (måle) faktorene kan en relativ porøsitet også beregnes for andre bergarter. En stor feilkilde ved denne tilpassningen vil være tilstedeværelsen av ledende mineraler (grafitt, sulfider, leire).

Gaustad, Ciens 1



Figur 3. Bh Ciens 1, Gaustad. Temperatur, ledningsevne i vann, naturlig gamma, resistivitet, porøsitet, P- bølge hastighet.

Strømningsmåling , figur 4, viser vanninnstrømning ved 75 og 95 m dyp. Det er målt opp og ned borehullet og beregnet netto vertikal strømning. Netto strømning viser en svak strøm oppover i hullet. Denne tolkningen er noe usikker da det ikke er samsvar mellom opp- og ned-data.



Figur 5. Bh Ciens 1, Gaustad. Strømningsmåling som viser vanninnstrømning ved 75 og 95 m dyp.

4.3 Data, fysiske parametere

I det følgende presenteres typiske data for total gammastråling, resistivitet og seismisk hastighet i ikke oppsprukket bergart. Dette er data fra antatt massiv bergart som er lite oppsprukket bedømt ut fra nevnte parametere og optisk televiewer. Bergarten er syenitt, her som syenittgang i kambrosilurske skifre i Oslofeltet.

4.3.1 Naturlig gammastråling

Tabell 3 viser data fra målt naturlig gammastråling i Bh Ciens 1, Gaustad, Oslo. Det er angitt maksimum, minimum, gjennomsnittsverdier og standardavvik.

Tabell 3. Målte gammaverdier Bh Ciens 1, Gaustad, Oslo

Bergart	Dyp [m]	Gamma [mean cps]	Gamma [min. cps]	Gamma [max. cps]	St.avvik.
Syenittgang i kalkskifer	46 - 53 80 - 90	144	122	173	12

4.3.2 Resistivitet

Tabell 4 viser målt resistivitet i Bh Ciens 1, Gaustad. Det er målt med ShortNormal og Long Normal elektrodekonfigurasjon. ShortNormal er resistiviteten i borehullsveggenes umiddelbare nærhet, mens LongNormal måler et større volum noen desimeter ut fra borehullsveggen. Målt resistivitet er korrigert for vannets ledningsevne, borehulldiameter og sondens diameter (Thunhead & Olsson 2004).

Tabell 4. Målte resistivitetsverdier i Bh Ciens 1, Gaustad, Oslo

Bergart	Dyp [m]	Resistivitet [Mean Ohmm]	Resistivitet [Min. Ohmm]	Resistivitet [Max. Ohmm]	St.dev.	LN/SN
Syenittgang i kalkskifer	46 - 53 80 - 90	2070	1070	3200	585	SN
Syenittgang i kalkskifer	46 - 53 80 - 90	1600	1150	1950	194	LN

4.3.3 Lydhastighet

Lydhastigheten viser P-bølgehastighet. Det er gjort full waveform prosessering ved programvare fra ALT (ALT 2006). Tabell 5 viser målt P-bølgehastighet i syenittgang i kambrosilurske skifer i Oslofeltet, Bh Ciens 1, Gaustad, Oslo.

Tabell 5. P-bølgehastighet i Bh Ciens 1, Gaustad, Oslo.

Bergart	Dyp [m]	P-bølgehast. [mean m/s]	P-bølgehast. [min. m/s]	P-bølgehast. [max.m/s]	St.avvik
Syenittgang i kalkskifer	46 - 53 80 - 90	4800	3100	6350	667

Tabell 6 viser en sammenstilling av gjennomsnittlige verdier for lydhastighet, naturlig gamma og resistivitet i Bh Ciens 1, Gaustad, Oslo.

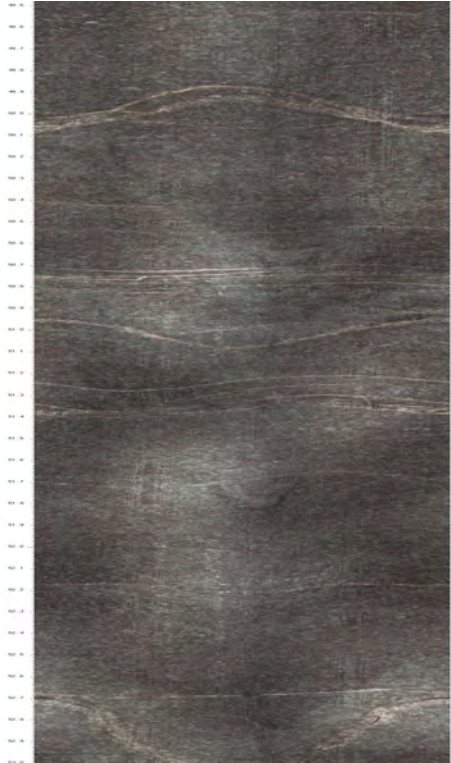
Tabell 6. Gjennomsnittlig lydhastighet, naturlig gammastråling og resistivitet i Bh Ciens 1, Gaustad, Oslo.

Bergart	Dyp [m]	P-bølge [m/s]	S-bølge [m/s]	Gamma [cps]	Resistivitet LN [ohmm]	Resistivitet SN [ohmm]
Syenittgang i kalkskifer	46 - 53 80 - 90	4800	-	144	1600	2070

4.4 Optisk televiewer

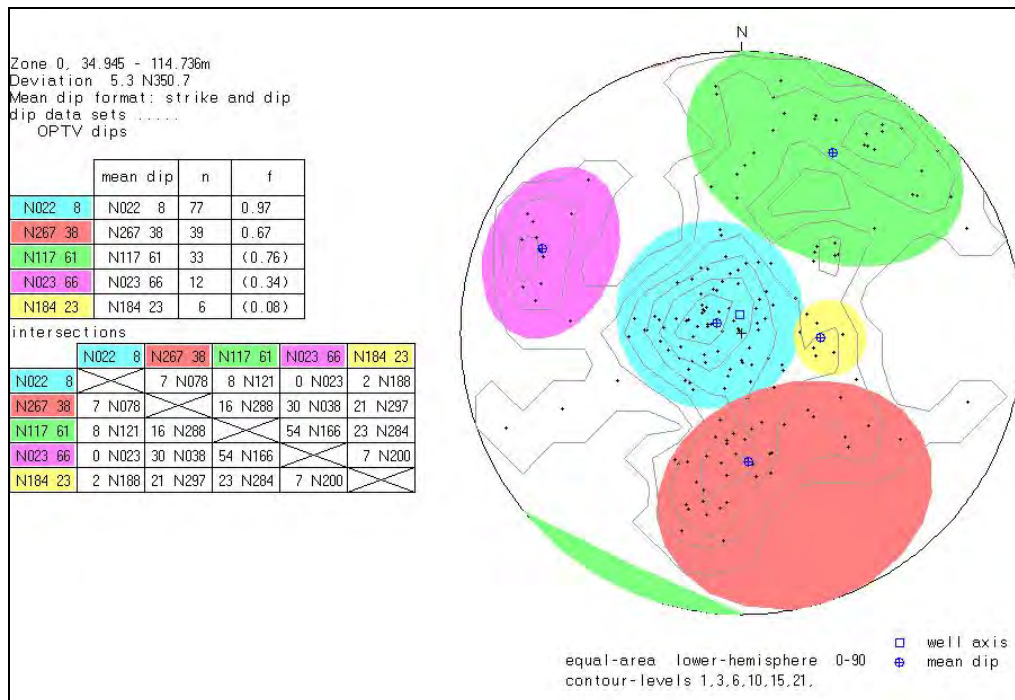
Det ble logget med optisk televiewer i Bh Ciens 1, Gaustad. Opptaksforholdene var gode som ga gode data.

Alle sprekker og strukturer er digitalisert med beregning av strøk og fall. Disse data er presentert i sprekestereogram og sprekkefrekvenshistogram. Flesteparten av sprekkenes er tynne sekundære mineraliserte sprekker fylt med kalk (?). Figur 5 viser bilde av syenitt med sekundære mineraliserte sprekker.



Figur 5. Bh Ciens 1, Gaustad. Bilde av syenitt med mineraliserte sprekker. 49 – 53 m dyp.

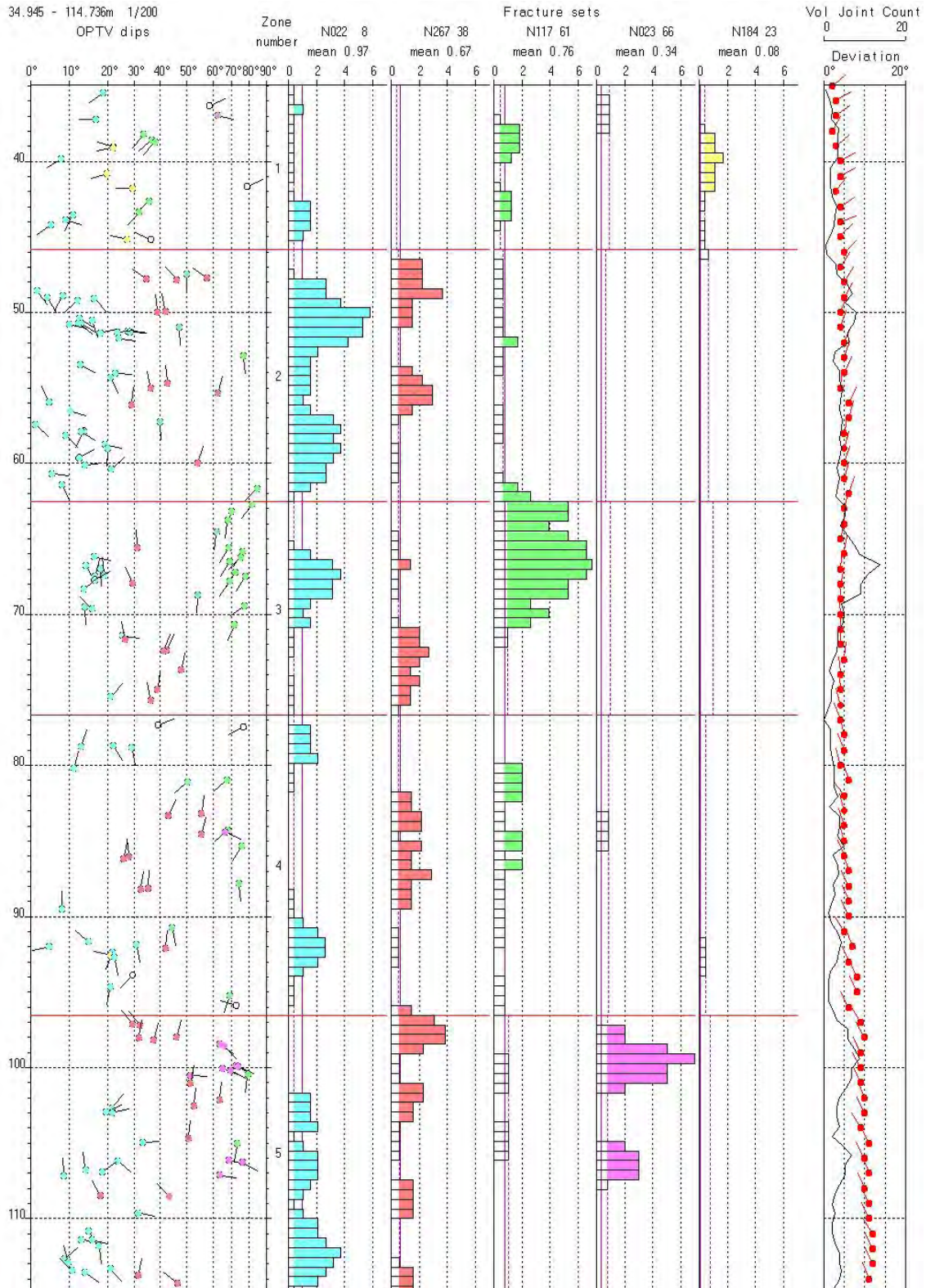
Figur 6 viser sprekkestereogram av alle observerte sprekker på OPTV-loggen. Dette plottet viser at det er generelt fire sprekksett; NNØ-SSV strøk og nært horisontalt, Ø-V strøk og ca 40° fall mot N-NNV, VNV-ØSØ og ca 60° fall mot S-SSV og NNØ-SSV og ca 60° fall mot SØ. De forskjellige sprekkesettene er gitt forskjellig farge for lettere å skille de fra hverandre. Som en ser ut fra diagrammet i figur 6, er det størst antall av de nært horisontale sprekkene (blå farge).



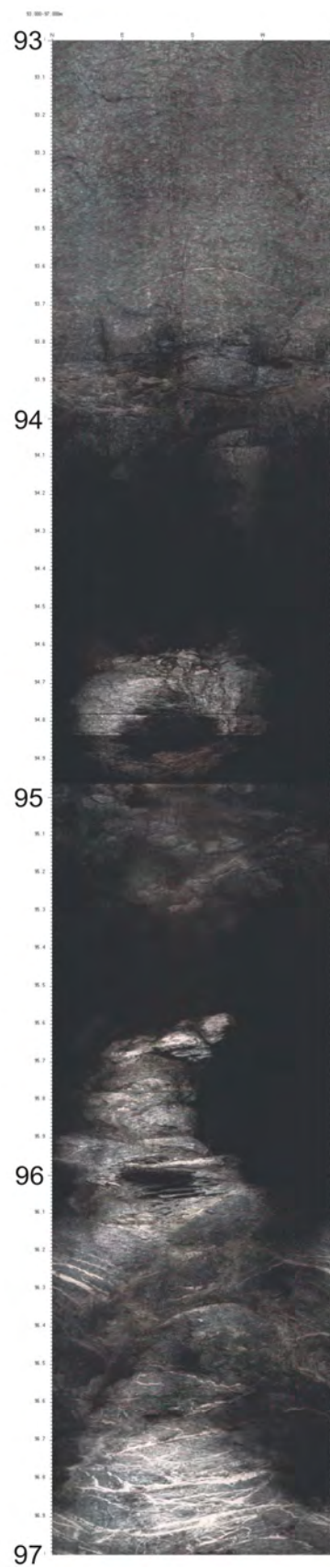
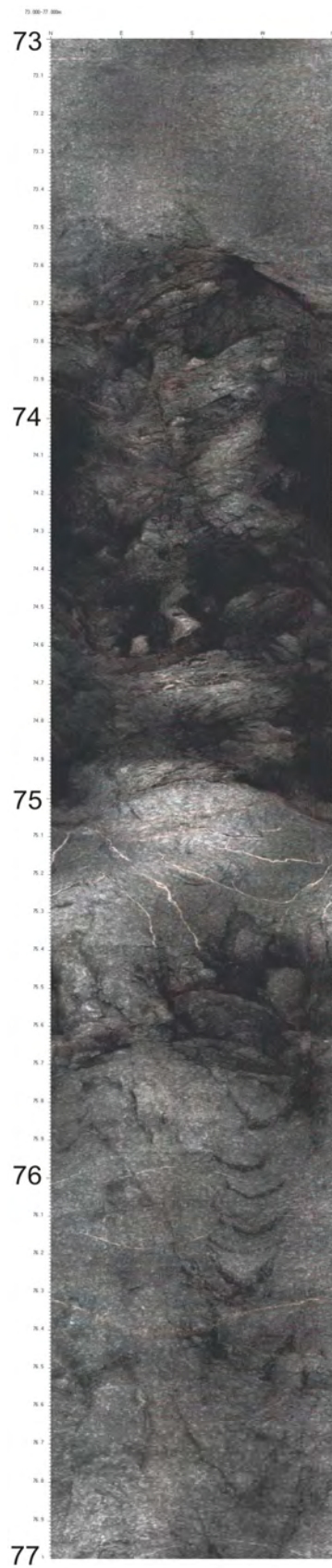
Figur 6. Bh Ciens 1, Gaustad. Sprekkestereogram over observerte sprekker. Data hentet fra optisk viewer, hvor de forskjellige sprekkesettene er gitt forskjellig farge.

Figur 7 viser frekvenshistogram som viser individuelle sprekker, sprekkfrekvenshistogram, og borehullsforløp. Her ser en at oppsprekningen varierer i dypet, og de forskjellig sprekkeretningen er ulikt fordelt i borehullet. Det er totalt høyest oppsprekking mellom 50 og 70 m, men sprekkfrekvensen er sjelden over 10 sprekker/m.

Det ble oppdaget flere åpne sprekkesoner hvor i alle fall den ene var vannførende på 75 m dyp. Sprekkene ved 75 og 95 m er åpne som hulrom med en tykkelse på ca 1 m. Figur 8 viser bilde av disse åpne sprekkene. I tillegg stoppet OPTV sonden ved en åpen sprekk (hulrom) som startet ved 113.7 m, sonden stoppet ved 114.5 m.



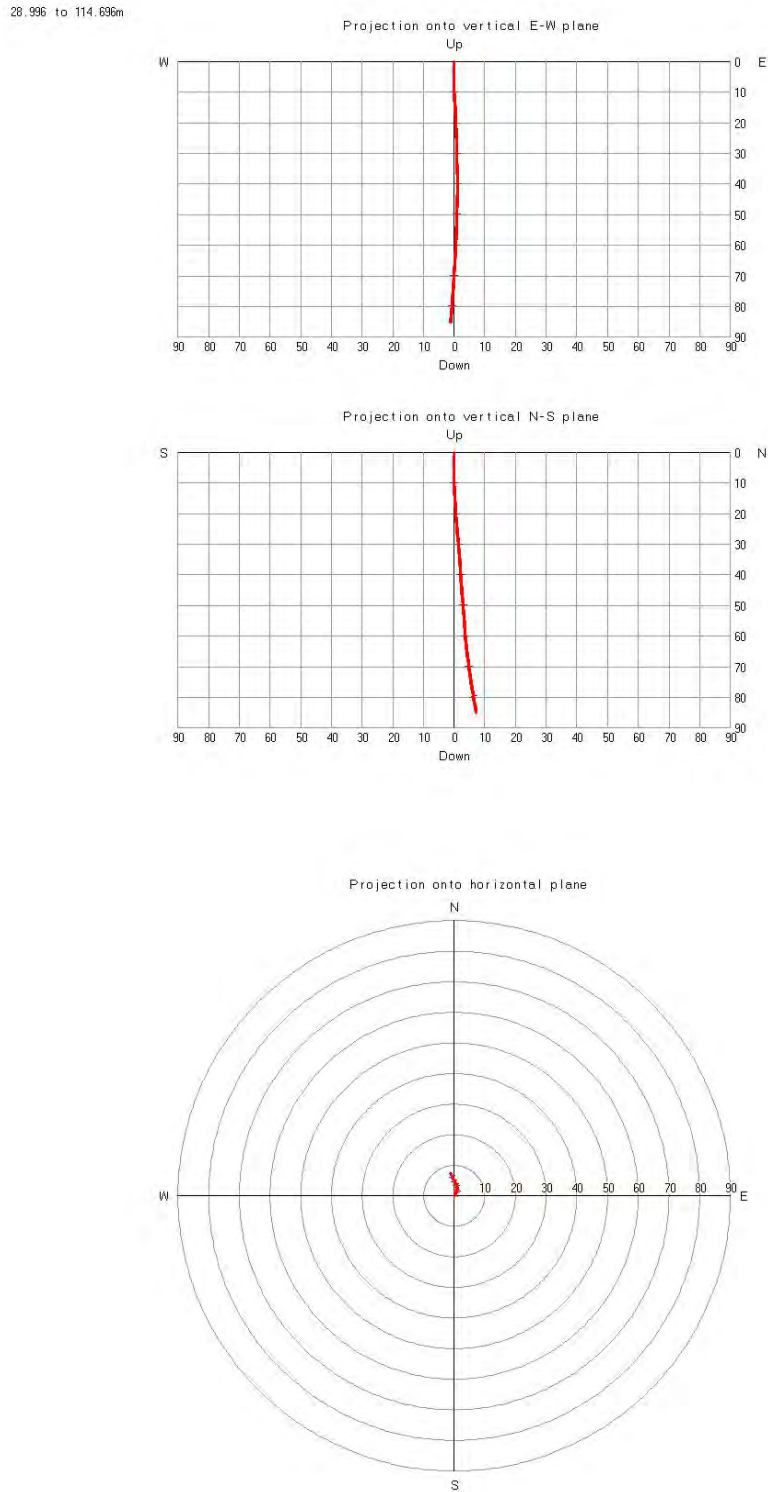
Figur 7. Bh Ciens 1, Gaustad. Sprekkefrekvenshistogram. Data hentet fra optisk televiwer, hvor de forskjellige sprekesettene er gitt forskjellig farge. Kolonnen til venstre viser fallet til sprekken (0-90°), de midtre kolonnene viser sprekefrekvens (sprekker/m) for hvert sett, og kolonnen til høyre viser borehullsavvik og total sprekefrekvens (VJC).



Figur 8. Bh Ciens 1, Gaustad. Bilder av åpne sprekker ved 75 m og 95 m dyp.

4.5 Borehullsavvik

Borehullsavvik er vist i figur 10. Borehullsforløpet ble målt med OPTV-sonden. Hullet ble boret loddrett og avviket er ca 8 m i bunnen. Retningen er mot nord.



Figur 10. Bh Ciens 1, Gaustad. Borehullsforløp,

5. KONLUSJON

NGU har gjort geofysisk logging i en energibrønn ved Ciens, Forskningscenter for miljø og samfunn, ved Gaustad i Oslo. Hensikten var å kartlegge retningen til en syenittgang som skjærer gjennom kalkskifrene. Oppdragsgiver var NIVA.

Geofysisk logging i brønnen ble også gjort for å kartlegge berggrunnens fysiske egenskaper. Det ble målt resistivitet, lydshastighet, naturlig gammastråling samt temperatur, ledningsevne i vann og vannstrømning. Brønnen er inspisert med optisk televiwer. Det ble oppdaget flere åpne vannførende sprekker (hulrom).

Det er målt og beregnet typiske verdier av resistivitet, 2000 ohmm, lydshastighet, 4800 m/s og naturlig gammastråling i syenittgang i Oslofeltets kambrosilurbergarter. Resistiviteten er noe lavere enn hva som er kjent i ordinær syenitt. Avvik fra de oppgitte verdier (mindre) av resistivitet og lydshastighet kan tyde på oppsprukket fjell.

6. REFERANSER

Advanced Logic Technology, 2006: WellCAD, FWS processing, version 4.1.

Archie, G.E., 1942: The electrical resistivity log as an aid in determining some reservoir characteristics. *Petroleum Technology*, 5, 1422 – 1430.

Thunhead, H. & Olsson, O. 2004: Borehole corrections for a thick resistivity probe. *JEEG*, December 2004, Volume 9, Issue 4, pp. 217