

NGU Rapport 2011.015

Geofysisk logging av borehull,  
Berger, Skedsmo kommune



Rapport nr.: 2011.015		ISSN 0800-3416	Gradering: Åpen
Tittel: Geofysisk logging av borehull, Berger, Skedsmo kommune			
Forfatter: Harald Elvebakk & Øystein Nordgulen		Oppdragsgiver: NGU	
Fylke: Akershus		Kommune: Skedsmo	
Kartblad (M=1:250.000) Oslo		Kartbladnr. og -navn (M=1:50.000) 1915 III Nannestad	
Forekomstens navn og koordinater: Berger, 6654660 N 615271 Ø 32V		Sidetall: 19 Kartbilag:	Pris: kr 65.-
Feltarbeid utført: 23.11. – 25.11.2005 og 24.11.2006	Rapportdato: 20.11.2009	Prosjektnr.: 329500	Ansvarlig: <i>Jan S. Rønning</i>
Sammendrag:  <p>NGU har gjort borehullslogging i en 705 m dyp brønn ved Bøler Avfallsdeponi for hageavfall, Berger i Skedsmo kommune. Hovedhensikten var å måle temperaturgradienten for varmestrømsberegning. I tillegg ble det utført geofysisk logging i hullet for å kartlegge berggrunnens fysiske egenskaper. Det ble målt resistivitet, lydshastighet, naturlig gammastråling, ledningsevne i vann, pH, Eh, O<sub>2</sub> og NO<sub>3</sub>. Deler av hullet ble filmet med optisk televiwer, men opptaket ble for dårlig til detaljert tolkning.</p> <p>Det er målt og beregnet typiske verdier av resistivitet, lydshastighet og naturlig gammastråling i granittisk dioritt (kvartsdioritt), dioritt/pegmatitt og amfibolitt. Data er tatt fra massiv bergart. Avvik fra de oppgitte verdier (mindre) av resistivitet og lydshastighet kan tyde på oppsprukket fjell.</p> <p>Gjennomsnittlig temperaturgradient er 14.2 °C/km. Typiske verdier for resistivitet er 5500 – 6500 ohmm i dioritten og 5000 ohmm i amfibolitten. Seismisk P-bølgehastighet er 5100 - 5400 m/s i dioritt og 5200 m/s i amfibolitt. Total gammastråling er lav 60 - 70 cps i dioritt og amfibolitt mens pegmatittganger har tydelig høyere stråling, 230 cps (API-standard).</p>			
Emneord: Geofysikk	Borehullslogging	Elektrisk måling	
Temperaturmåling	Naturlig radioaktivitet	Lydshastighet	
Optisk televiwer		Fagrapport	



## INNHold

1. INNLEDNING .....	7
2. LOKALITET .....	7
3. MÅLEMETODER OG UTFØRELSE .....	8
4. RESULTATER .....	9
4.1 Logging av televiever-opptak fra borehull ved Berger.....	9
4.2 Temperatur og vannkvalitet .....	11
4.3 Temperatur, vannets ledningsevne, naturlig gamma, resistivitet, porøsitet og lydhastighet .....	11
4.4 Data, fysiske parametere.....	15
4.4.1 Naturlig gammastråling.....	15
4.4.2 Resistivitet.....	15
4.4.3 Lydhastighet.....	16
4.5 Optisk televiever .....	17
4.6 Borehullsavvik.....	18
5. KONLUSJON .....	19
6. REFERANSER .....	19

## FIGURER

<i>Figur 1. Oversiktskart over lokalitet, Berger Bh, Skedsmo. ....</i>	<i>7</i>
<i>Figur 2. Borehullslogging ved Bøler avfallsdeponi, Berger, Skedsmo. ....</i>	<i>8</i>
<i>Figur 3. Temperatur og temperaturgradient, Berger Bh, Skedsmo. ....</i>	<i>12</i>
<i>Figur 4. Temperatur, vannets ledningsevne, pH, Eh, O<sub>2</sub> og NO<sub>3</sub>, Berger Bh, Skedsmo. ....</i>	<i>13</i>
<i>Figur 5. Berger Bh. Temperatur, ledningsevne, naturlig gamma, resistivitet, porøsitet og P- og S-bølgehastighet.....</i>	<i>14</i>
<i>Figur 6. Borehullsavvik Berger Bh. Nord- og østkomponent (venstre) og horisontalavvik (høyre). ....</i>	<i>18</i>

## TABELLER

Tabell 1. Borehullsdata for Bergere Bh, Berger, Skedsmo.....	8
Tabell 2. Målte parametre i Berger Bh.....	8
Tabell 3. Hovedtrekkene i geologien, Berger Bh.....	10
Tabell 4. Målte gammaverdier Berger Bh, Skedsmo.....	15
Tabell 5. Målte resistivitetsverdier i Berger Bh, Skedsmo.....	16
Tabell 6. P- og S-bølgehastighet i Berger Bh, Skedsmo.....	16
Tabell 7. Gjennomsnittlig lydhastighet, naturlig gammastråling og resistivitet i Berger Bh, Skedsmo.....	17



## 1. INNLEDNING

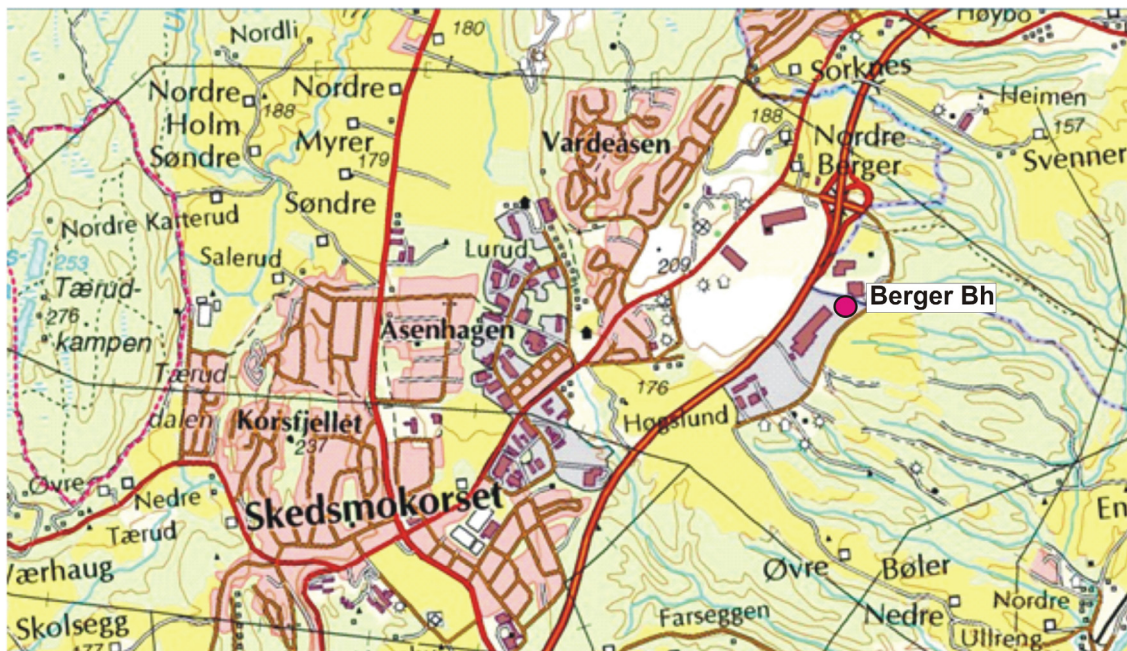
I forbindelse med et varmestrømsprosjekt i samarbeid mellom NGU og Statoil (Olesen et.al. 2006 og 2007) har NGU gjort borehullslogging i et 705 m dypt borehull ved Berger, Skedsmo. I prosjektets regi var man først og fremst interessert i temperaturen, men NGU logget en rekke parametre i tillegg, resistivitet, seismisk hastighet, naturlig gammastråling samt en del vannkvalitetsparametere. Denne rapporten viser resultatene fra alle geofysiske logger.

Som en del av data presenteres typiske verdier for total gammastråling, resistivitet og seismisk hastighet i uoppsprukket, massiv bergart.

Målingene ble utført i tiden 23.11. – 25.11.2005 og 24.11. 2006 av Harald Elvebakk.

## 2. LOKALITET

Borehullet er like ved Bøler Avfallsdeponi for hageavfall, Berger i Skedsmo kommune, se oversiktskart figur 1. Data for borehullet er vist i tabell 1. Berggrunnen består av kvartsdioritt/dioritt, pegmatittganger og amfibolitt (420 - 480 m). Bilde fra lokaliteten er vist i figur 2. Hullet ble logget i to omganger. I november 2005 ble det logget ned til 480 m (vinsj 500 m). I november 2006 ble temperatur (og vannkvalitet) logget til 705 m da større vinsj var anskaffet. Sonden satte seg fast i mud, som var brukt under boringen, og det var med nød og neppe at en fikk opp sonden. En tok derfor ikke sjansen på å logge med andre sonder.



Figur 1. Oversiktskart over lokalitet, Berger Bh, Skedsmo.

**Tabell 1. Borehullsdata for Bergere Bh, Berger, Skedsmo.**

Lokalitet	Nord wgs 84	Øst wgs 84	Sone	m.o.h.	Dato logging	Fall	Diam (cm)	Dyp (m)	Boring avsluttet
Berger, Skedsmo	6654660	615271	32V	152	23-25.11. 2005 og 24.11.06	vertikal	21.6	480 705	2002 2003



*Figur 2. Borehullslogging ved Bøler avfallsdeponi, Berger, Skedsmo.*

### 3. MÅLEMETODER OG UTFØRELSE

Det er benyttet loggeutstyr produsert av Robertson Geologging ltd.  
(<http://www.geologging.com>).

Tabell 1 viser målte parametre.

**Tabell 2. Målte parametre i Berger Bh.**

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
pH, Eh, O <sub>2</sub> , NO <sub>3</sub>	3 m/min	1 cm
Optisk televiewer	1 m/min	1 mm



Alle logger er gjort ned til 480 m bortsett fra temperatur og vannkvalitet som ble logget til 705 m. Det ble logget OPTV ned til 480 m, men opptaket er for dårlig til å få gjort en detaljert tolkning. Stor diameter på hullet førte til usentrert sonde og ujevn belysning. Opptaket er likevel benyttet til å beskrive hullet geologisk, se senere.

Metodebeskrivelser 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. I kapittel 4.1 beskrives borehullet geologisk ved hjelp av opptak med optisk televiewer (Øystein Nordgulen). Tabell 3 viser de geologiske hovedtrekkene i borehullet.

### 4.1 Logging av televiewer-opptak fra borehull ved Berger, (Øystein Nordgulen)

#### Innledning

Logging av televiewer-opptak ble utført av HE og ØN 13. mars 2006. Borehullet har et avvik på 4-5 grader fra vertikal i bunnen og har noe større diameter (21.6 cm) enn det som er optimalt for NGUs televiewer. Av den grunn blir bare halvparten av borehullsveggen belyst sterkt nok for et tilfredsstillende opptak. Det eksisterer data fra intervallet ca 45 - 475 m. Billedkvaliteten er brukbar og god nok til å kunne fastslå de viktigste trekkene i berggrunnen. Til støtte for tolkningen fantes logger som viser temperatur, konduktivitet i vann, total gammastråling og tilsynelatende motstand.

Hovedtrekk i berggrunnen er vist i tabell 3.

Loggingen av borehullet viser at hovedbergarten er en relativt mørk intrusiv bergart med antatt kvartsdiorittisk til diorittisk sammensetning. Det er en viss variasjon i forholdet mørke/lyse mineral, og noen få steder finnes mørke inklusjoner. Det ensartete inntrykket bekreftes av lite variasjon i gammarepons fra dioritten. Generelt er det ikke mulig å se en målbar foliasjon i bergarten.

Dioritten er gjennomvatt av lyse pegmatittiske til granittiske ganger og årer. I enkelte deler av borehullet er lyse bergartene dominerende og gir markant utslag i økt gammarepons. Langs grensen mellom dioritt og lyse årer og ganger ses mange steder en tydelig foliasjon.

**Tabell 3. Hovedtrekkene i geologien i Berger Bh (Ø. Nordgulen).**

<b>Dyp</b>	<b>Beskrivelse</b>
Fra vannspeil ca 45m	Middelskornet dioritt
57 – 58 m	Grov granitt/pegm.
60 m	Mørk inklusjon
60,0 – 62,4	Pegm.
63,9 – 69,1 m	Veksling pegm og mørk bergart; stedvis finkornet granitt
76,6 – 79,8 m	Lys granittisk bergart, ensartet
84,5 m	En del sprekker (skit på borehullsveggen?)
98 – 100,5 m	Parti med pegm., tildels svært grovkornet. NB Foliasjon fra 96 m.
110,2 – 112 m	En del lyse årer
113 – 117 m	Pegm. Dårlig bilde/skit. Sprekker?
126,3 – 177,9 m	Gjennom denne delen av borehullet er det vekslende dioritt og lyse pegm. ganger og årer og noe granitt. Merk høy gamma.
181,5 – 182,0 m	Åpne (?) sprekker
183,2 – 186,5 m	Lyse årer, folding tydelig i borehullsveggen
198,2 – 199 m	Grov pegm.
201,8 – 205,4 m	Pegm og blanding pegm/dioritt
219,8 m	Pegm
225,2	Tynne lyse årer (pegm)
228,5 m – ca 250 m	Kommer inn i et noe lysere parti, stedvis med lyse årer/flekker; dette kan forklare en noe forhøyet gammarespons. Merk lavere resistivitet i dette partiet – årsak ikke klar fra loggen.
255 m – ca 320 m	Parti med ensartet granodiorittisk? bergart som er noe grovere enn øverst i borehullet. Jevn resistivitet.
320,8 – 326 m	Pegm årer i dioritt.
337 – 340 m	Pegm årer i dioritt.
344 – 364 m	Veksling med dioritt og diffuse partier med pegm.
369,5 – 373,5 m	Lyse parti med irregulære årer i vekslende mengde.
378 – 380,5 m	Lyse årer.
406 m	Lyse årer.
412 – 421,4 m	Sporadisk lyse årer
422,2 m	Hvit åre i mørk, finkornet bergart (amfibolitt?)
431,5 m	Diffuse lyse årer.
445 – 450 m	En del irregulære lyse årer uten gammarespons. Loggen viser lavere motstand, ingen synlig oppsprekking.

Pegm = pegmatitt

## 4.2 Temperatur og vannkvalitet.

Figur 3 viser temperaturlogg med beregnet temperaturgradient. Gjennomsnittlig temperaturgradient er 14.2 °C/km (fra 200 m) med en temperatur i bunnen (705 m) på 14.8 °C. Lokale variasjoner (20 m kurve) kan tyde på vanninnstrømning i hullet.

Figur 4 viser data fra vannkvalitetssonde. Foruten temperatur og vannets ledningsevne måles pH, Eh, O<sub>2</sub> og NO<sub>3</sub>. Ledningsevnen i vannet er høy, 1000 – 1600 µS/cm. Ledningsevnen øker på flere nivåer. pH og Eh endres også ved de samme nivåer og kan bety innstrømning av vann i hullet.

## 4.3 Temperatur, vannets ledningsevne, naturlig gamma, resistivitet, porøsitet og lyd hastighet

Figur 5 viser temperatur, vannets ledningsevne, naturlig gammastråling, resistivitet, porøsitet og lyd hastighet. Det er total gammastråling som måles og enheten cps er i API-standard, og data kan sammenlignes med andre data målt med samme standard.

Gammastrålingen er lav i dioritt og amfibolitt. En ser flere områder i hullet med økt gammastråling og dette skyldes pegmatittganger.

P- bølgehastighet i dioritten ligger på 5100 – 5400 m/s. Flere lavhastighetssoner indikeres og kan bety oppsprekking. Spesielt kan nevnes en sone ved ca 115 m med svært lav hastighet som også har svært lav resistivitet. Televieropptaket er for dårlig til å bekrefte at dette skyldes oppsprekking.

Resistivitetsloggen viser flere soner med lav resistivitet som kan indikere oppsprekking. Flere av disse sonene er sammenfallende med soner med lav seismisk hastighet som ved 85 m, 115 m, 182 m, 422 m og 447 m dyp. Det er uvanlig stor forskjell på Long Normal og Short Normal konfigurasjon der Long Normal viser betydelig lavere resistivitet. Det kan skyldes den høye ledningsevnen i vannet (og porevannet?). Resistivitetsdata er korrigert for vannets ledningsevne i borehullet, borehulldiameter og sondens størrelse (diameter) (Thunhead & Olsson 2004). Svært lav resistivitet observeres ved 228 og 250 m. Også mellom disse dyp er resistiviteten lav. P-bølgehastigheten indikerer ikke oppsprekking i dette området, men den er tydelig lavere enn generelt i dioritten. Gammastrålingen øker i det samme området. Den geologiske loggen beskriver bergarten som noe lysere med lyse ganger. Sprekker kan ikke observeres på televier. Årsaken til den lave resistiviteten kan være ledende mineraler (sulfider).

Den beregnede porøsiteten er ikke en eksakt størrelse. Det er en relativ størrelse beregnet med en modifisert versjon av Archie's lov ut fra målt fjellresistivitet og ledningsevne i porevannet (Archie 1942). Porøsiteten  $\Phi$  kan finnes ut fra følgende sammenheng:

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

der

$\sigma$  = bergartens ledningsevne

$\sigma_w$  = ledningsevne i porevannet

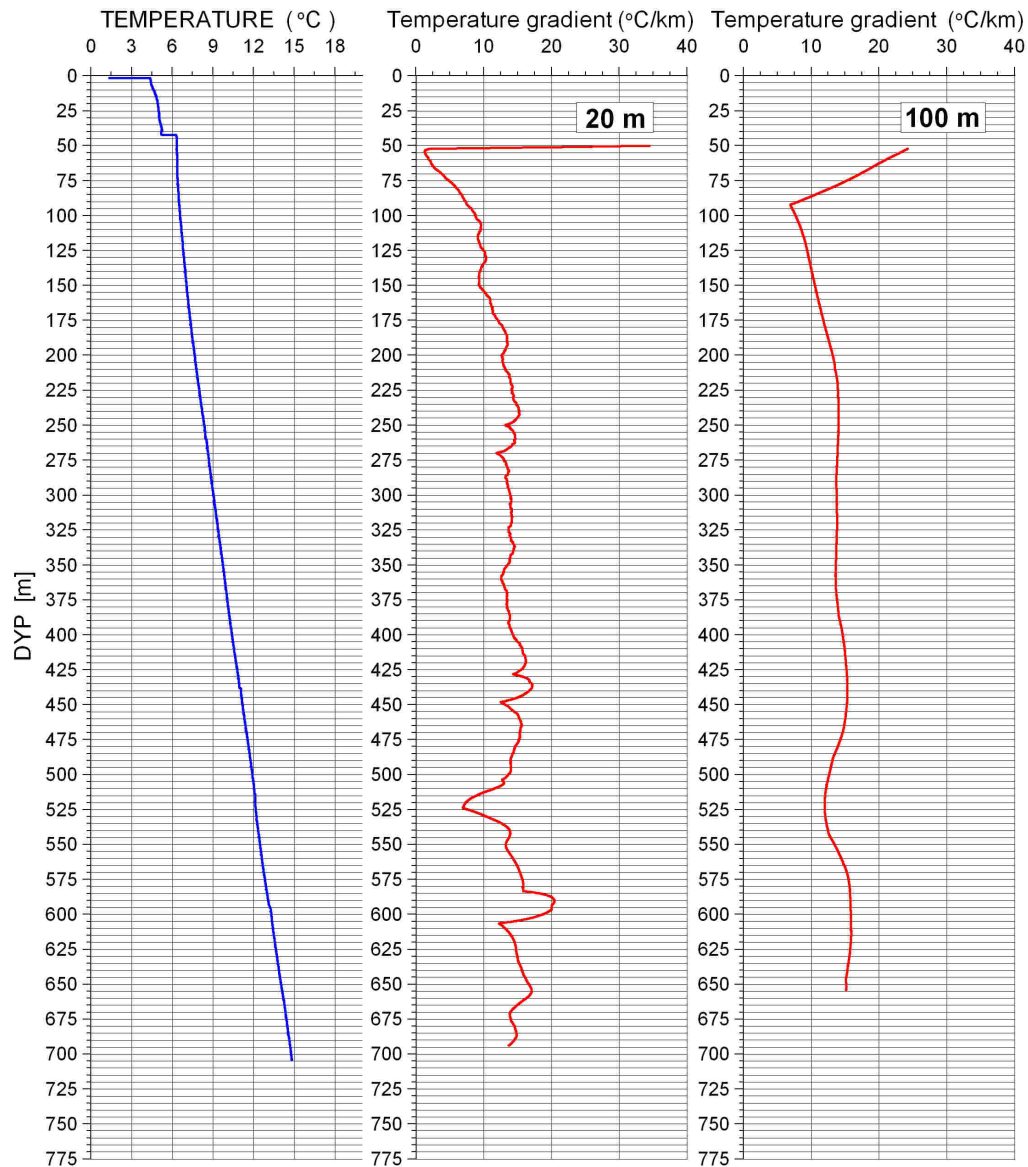
$\sigma_s$  = overflatekonduktivitet

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).

## Temperature, Temperature Gradient

Berger  
24.11.2006

UTM 615271 E  
32V 6654660 N  
152 moh.

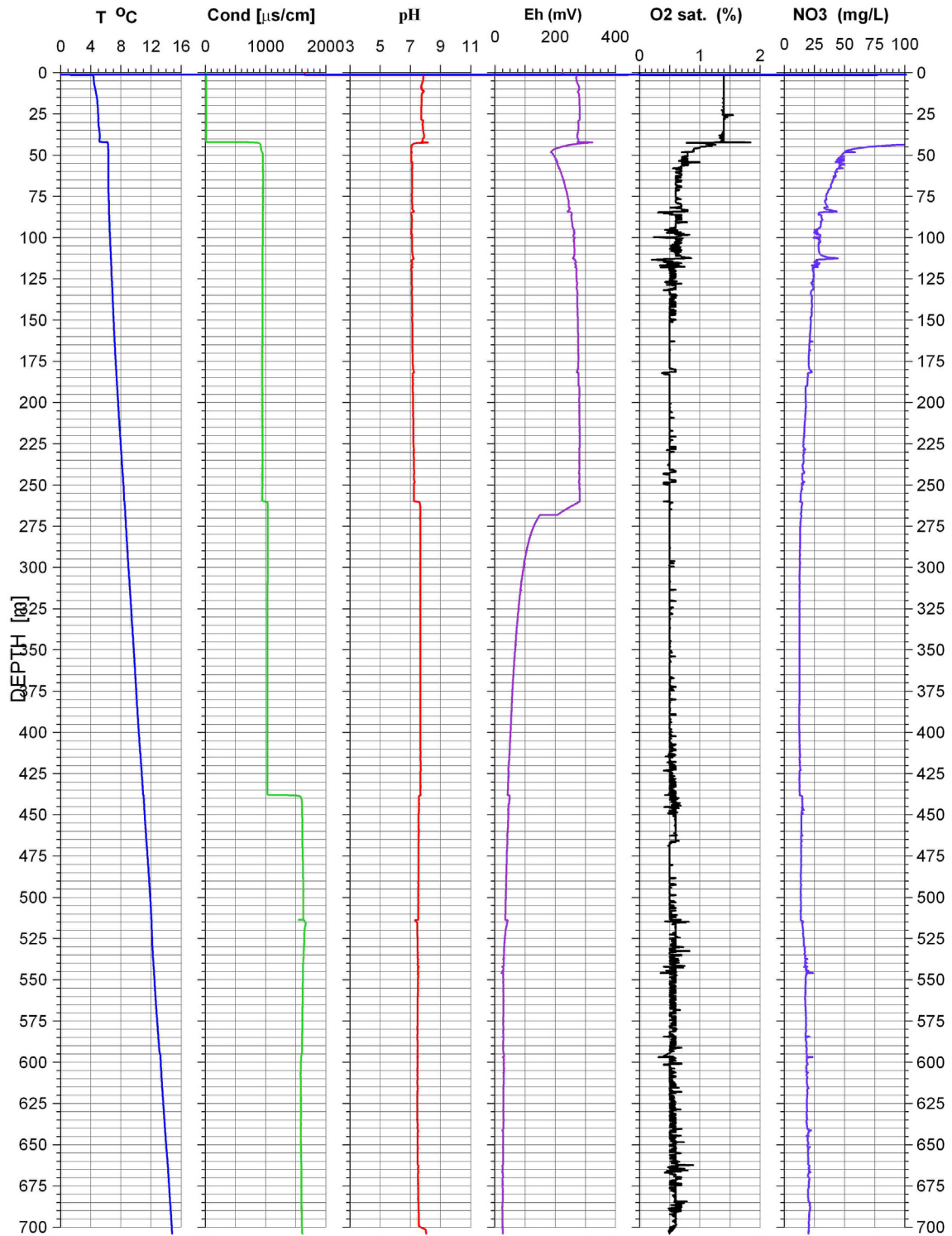


Figur 3. Temperatur og temperaturgradient, Berger Bh, Skedsmo.

# Berger

24.11.2006

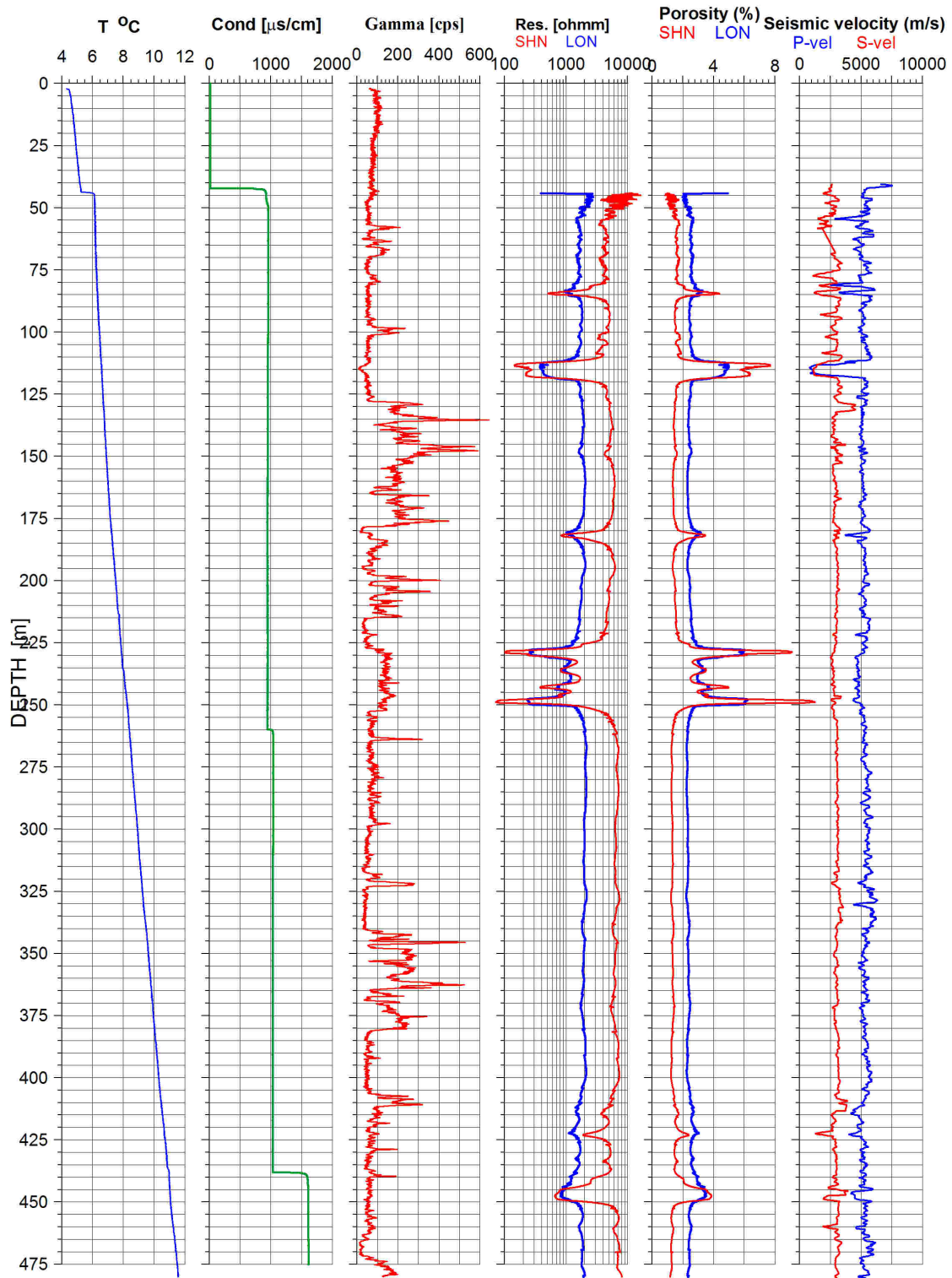
UTM 615271 E  
32V 6654660 N  
152 moh.



Figur 4. Temperatur, vannets ledningsevne, pH, Eh, O<sub>2</sub> og NO<sub>3</sub>, Berger Bh, Skedsmo.

# Berger

UTM 615271 Ø  
32V 6654660 N  
152 moh.



Figur 5. Berger Bh. Temperatur, ledningsevne, naturlig gamma, resistivitet, porøsitet og P- og S-bølgehastighet

#### 4.4 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 televiwer. Data er tatt fra forskjellige dyp og innbefatter tre bergartstyper, granittisk dioritt, dioritt/pegmatitt og amfibolitt. Avvik fra disse verdiene kan bety endringer i bergartens oppsprekningsgrad.

##### 4.4.1 Naturlig gammastråling

Tabell 4 viser data fra målt naturlig gammastråling i granittisk dioritt, dioritt/pegmatitt og amfibolitt i Berger Bh. Det er angitt maksimum, minimum, gjennomsnittsverdier og standardavvik.

**Tabell 4. Målte gammaverdier Berger Bh. Skedsmo.**

Bergart	Dyp [m]	Gamma [mean cps]	Gamma [min. cps]	Gamma [max. cps]	St.avvik
Dioritt/pegmatitt	130 - 175	230	60	650	88
Granittisk dioritt	255 – 320	70	25	325	25
Amfibolitt	425 – 437	60	35	200	21

##### 4.4.2 Resistivitet

Tabell 5 viser målt resistivitet i granittisk dioritt, dioritt/pegmatitt og amfibolitt i Berger Bh. Det er målt med ShortNormal og Long Normal elektrodekonfigurasjon. ShortNormal er resistiviteten i borehullsveggen 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). Som nevnt i kapittel 4.2 er det stor forskjell på LongNormal og ShortNormal der LongNormal viser lavest resistivitet. For granittisk dioritt er det en forskjell på 4600 ohmm (gjennomsnittsverdier). Det antas at den høye ledningsevnen i porevannet påvirker LongNormal mest da et større volum av bergmassen inngår i målingene ved denne konfigurasjonen sammenliknet med ShortNormal.

**Tabell 5. Målte resistivitetsverdier i Berger Bh, Skedsmo.**

Bergart	Dyp [m]	Resistivitet [Mean Ohmm]	Resistivitet [Min. Ohmm]	Resistivitet [Max. Ohmm]	St.avvik	LN/SN
Dioritt/pegmatitt	130 - 175	5550	4250	6250	467	SN
Granittisk dioritt	255 - 320	6600	4550	7200	410	SN
Amfibolitt	425 - 437	5000	4000	5500	361	SN

Dioritt/pegmatitt	130 - 175	1900	1600	2050	102	LN
Granittisk dioritt	255 - 320	2000	1750	2150	73	LN
Amfibolitt	425 - 437	1600	1400	1700	69	LN

#### 4.4.3 Lydhastighet

Lydhastigheten viser P- og S-bølge hastighet. Det er gjort full waveform prosessering ved programvare fra ALT (ALT 2006). Tabell 6 viser målt P- og S-bølge hastighet i granittisk dioritt, dioritt/pegmatitt og amfibolitt i Berger Bh.

**Tabell 6. P- og S-bølge hastighet i Berger Bh, Skedsmo.**

Bergart	Dyp [m]	P-bølge hast. [mean m/s]	P-bølge hast. [min. m/s]	P-bølge hast. [max.m/s]	St.avvik
Dioritt/pegmatitt	130 - 175	5100	4750	5500	133
Granittisk Dioritt	255 - 320	5450	4950	5900	202
Amfibolitt	425 - 437	5200	4900	5600	162

Bergart	Dyp [m]	S-bølge hast. [mean m/s]	S-bølge hast. [min. m/s]	S-bølge hast. [max.m/s]	St.avvik
Dioritt/pegmatitt	130 - 175	2950	2552	4500	347
Granittisk Dioritt	255 - 320	3050	2800	3200	67
Amfibolitt	425 - 437	2950	2650	3050	87



Tabell 7 viser en sammenstilling av gjennomsnittlige verdier for lyd hastighet, naturlig gamma og resistivitet for granittisk dioritt, dioritt/pegmatitt og amfibolitt i Berger Bh.

**Tabell 7. Gjennomsnittlig lyd hastighet, naturlig gammastråling og resistivitet i Berger Bh, Skedsmo.**

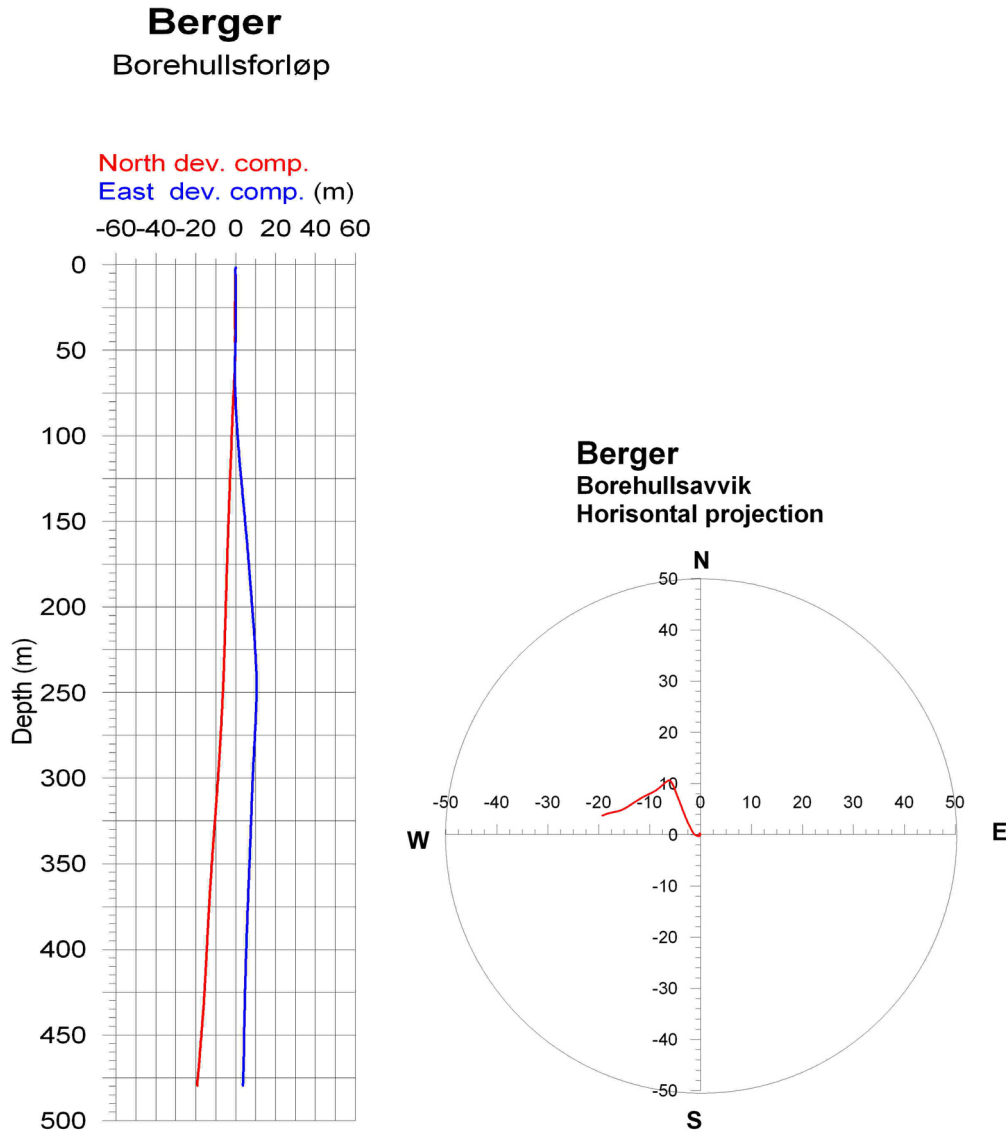
<b>Bergart</b>	<b>Dyp [m]</b>	<b>P-bølge [m/s]</b>	<b>S-bølge [m/s]</b>	<b>Gamma [cps]</b>	<b>Resistivitet LN [ohmm]</b>	<b>Resistivitet SN [ohmm]</b>
Dioritt/ pegmatitt	130-175	5100	2950	230	1900	5550
Granittisk dioritt	255 – 320	5450	3050	70	2000	6600
Amfibolitt	425 - 437	5200	2950	60	1600	5000

#### **4.5 Optisk televiewer**

Optisk televiewer er utført i deler av borehullet ned til 450 m. På grunn av at hulldiameteren var mye større enn størrelsen på sondens sentraliseringsfjærer ble ikke televieweren sentralisert i hullet. Bare en liten del av hulleveggen fikk dermed tilstrekkelig belysning og bildet ble veldig mørkt. Dette, sammen med dårlig sikt, gjorde det vanskelig å foreta en detaljert sprekketolkning. Opptaket, sammen med gammalogg, er likevel benyttet til å beskrive hullet geologisk (Øystein Nordgulen).

#### 4.6 Borehullsavvik

Borehullsavvik er vist i figur 6. Hullet går mot nordvest og har et avvik fra vertikalen på 480 m dyp på ca 19 m.



Figur 6. Borehullsavvik Berger Bh. Nord- og østkomponent (venstre) og horisontalavvik (høyre).

## 5. KONLUSJON

NGU har gjort borehullslogging i en 705 m dyp brønn ved Bøler Avfallsdeponi for hageavfall, Berger i Skedsmo kommune. Hovedhensikten var å måle temperaturgradienten for varmestrømsberegning. I tillegg ble det utført geofysisk logging i hullet for å kartlegge berggrunnens fysiske egenskaper. Det ble målt resistivitet, lyd hastighet, naturlig gammastråling, ledningsevne i vann, pH, Eh, O<sub>2</sub> og NO<sub>3</sub>. Deler av hullet ble filmet med optisk televiewer, men opptaket ble for dårlig tildetaljert tolkning.

Det er målt og beregnet typiske verdier av resistivitet, lyd hastighet og naturlig gammastråling i granittisk dioritt (kvartsdioritt), dioritt/pegmatitt og amfibolitt. Data er tatt fra massiv bergart. Avvik fra de oppgitte verdier (mindre) av resistivitet og lyd hastighet kan tyde på oppsprukket fjell.

Gjennomsnittlig temperaturgradient er 14.2 °C/km. Typiske verdier for resistivitet er 5500 – 6500 ohmm i dioritten og 5000 ohmm i amfibolitten. Seismisk P-bølge hastighet er 5100 - 5400 m/s i dioritt og 5200 m/s i amfibolitten. Total gammastråling er lav 60 - 70 cps i dioritt og amfibolitt mens pegmatittganger har tydelig høyere stråling, 230 cps.

## 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.

Olesen, O., Balling, N., Barrère, C., Breiner, N., Davidsen, B., Ebbing, J., Elvebakk, H., Gernigon, L., Koziel, J., Midttømme, K., Nordgulen, Ø., Olsen, L., Pascal, C., Ramstad, R. K., Rendall, H.O., Rønning, J. S., Skilbrei, J. R., Slagstad, T., & Wissing, B. 2006: KONTIKI Report 2005-2006, Continental Crust and Heat Generation In 3D. *NGU Report 2006.059*.

Olesen, O., Balling, N., Barrère, C., Breiner, N., Davidsen, B., Ebbing, J., Elvebakk, H., Gernigon, L., Koziel, J., Lutro, O., Midttømme, K., Nordgulen, Ø., Olsen, L., Osmundsen, P. T., Pascal, C., Ramstad, R. K., Rønning, J. S., Skilbrei, J. R., Slagstad, T., & Wissing, B. 2007: KONTIKI Final Report, Continental Crust and Heat Generation in 3D. *NGU Report 2007.042*.

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